

《联合国世界水发展报告》第四版

不确定性和风险条件下的 水管理

第一卷

联合国教科文组织 编著
水利部发展研究中心 编译



UNESCO
Publishing



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



《联合国世界水发展报告》第四版

不确定性和风险条件下的 水管理

——
第一卷

联合国教科文组织 编著
水利部发展研究中心 编译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

北京市版权局著作权合同登记号：图字 01 - 2013 - 0721

本出版物所使用的名称和引用的资料，并不代表联合国教科文组织对这些国家、领土、城市、地区或其当局的法律地位以及对边界或国界的划分表达任何观点和看法。

本出版物所表述的想法和观点均属于作者本人，并非联合国教科文组织所持观点，并不代表联合国组织机构的意见或决定。

Original title: The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk

First published in English by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 7, place de Fontenoy, 75732 Paris 07 SP, France under the ISBN: 978 - 92 - 3 - 104235 - 5.

© UNESCO 2012

© UNESCO/China Water & Power Press 2012, for the Chinese translation

图书在版编目 (C I P) 数据

不确定性和风险条件下的水管理 / 联合国教科文组织编著 ; 水利部发展研究中心编译 . -- 北京 : 中国水利水电出版社 , 2013.12

书名原文 : The united nations world water Development report 4:managing water under uncertainty and risk

ISBN 978-7-5170-1623-6

. 不... . 联... 水... . 水资源管理 - 研究 . TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 31840 号

审图号 : GS (2013) 2733 号

出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址 : www. waterpub. com. cn E - mail : sales@waterpub. com. cn
经 售	电话 : (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话 : (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京鑫丰华彩印有限公司
规 格	210mm×297mm 16 开本
版 次	2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
总 定 价	368.00 元 (共三卷)

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有 · 侵权必究



编委会人员名单

主 任 高 波

副 主 任 杨得瑞 吴文庆 刘志广 汤鑫华

编 委 (按姓氏笔画排列)

于兴军 刘 蓓 李 戈 李中锋 李训喜
吴宏伟 吴浓娣 谷丽雅 金 海 郝 钊
钟 勇 姜 斌 徐丽娟

翻译组组长 刘志广 金 海

副 组 长 姜 斌 郝 钊 刘 蓓 谷丽雅

成 员 (按姓氏笔画排列)

于 一 王妍炜 田 琦 刘登伟 刘 蓓
孙 凤 李发鹏 余继承 谷丽雅 沈可君
张南冰 张 稚 张 潭 陈 蓉 周天涛
周竹林 孟非白 姜付仁 姜 斌 夏 朋
徐 静 常 远 彭竞君 鲍淑君 蔡金栋
蔡晓洁 廖四辉

中文版序

2012年3月，在法国马赛举行的第六届世界水论坛上，联合国教科文组织隆重发布了《世界水发展报告》第四版。发布会后，我与联合国教科文组织总干事博科娃女士进行了愉快会谈，博科娃总干事向我赠送了《世界水发展报告》第四版，并表示支持中国水利部组织翻译和出版该书中文版，让丰富的全球水发展信息和知识与更多中国读者见面。

2003年3月以来，《世界水发展报告》每3年发布一次。这是当今世界水资源领域知名度最高、影响力最大的报告之一，也是联合国系统关于世界淡水资源开发、利用与管理的权威性文件。《世界水发展报告》第四版围绕“不确定性和风险条件下的水管理”这一主题，以全球视角、翔实数据和大量案例，全面分析了世界水资源领域最新进展、主要挑战、驱动因素和发展趋势，深刻论述了水与人类健康、减少贫困、粮食安全、能源安全、生态环境等可持续发展目标的纽带关系，从政策和管理层面提出了应对涉水挑战的建议方案和具体措施。全书篇幅宏大，资料翔实，图文并茂，堪称当今世界水资源管理的知识宝库。

水资源问题事关人类生存发展和人民福祉，是世界各国共同面临的重大挑战。中国政府历来高度重视水利工作，在水资源合理开发、高效利用、优化配置、全面节约、有效保护等方面取得显著成效，为经济发展、社会稳定和民生改善提供了有力保障，得到了国际社会的广泛赞誉。《世界水发展报告》第四版对中国治水实践给予特别关注，向国际社会介绍了黄河流域综合管理的成功案例。

特殊的自然气候和水资源条件，决定了中国是世界上水情最为复杂、水问题最为突出、治水任务最为繁重、水管理难度最大的国家，随着工业化、城镇化深入发展，全球气候变化影响不断显现，中国水资源形势日趋严峻。解决日益复杂的水问题，切实保障国家水安全，既要始终立足国情水情，坚定不移地走中国特色的水利发展道路，又要博采众长兼容并蓄，广泛借鉴世界先进治水理念、科学技术和管理经验。为此，水利部专门组织力量，翻译出版了《世界水发展报告》第四版中文版。报告中文版的出版发行，对于广大水利工作者把握世界水利发展大势，提升科学治水管水能力，具有重要意义。对于社会公众了解全球水资源情势，增进爱水节水护水意识，积极参与治水兴水实践，

必将产生积极的推动作用。

真诚感谢联合国教科文组织，特别是总干事博科娃女士对报告中文版翻译出版工作的大力支持。中国水利部将与世界各国水利部门一道，加强交流合作，分享成功经验，共谋治水良策，携手应对挑战，以水资源的可持续利用保障经济社会的可持续发展，让地球上的水更好地惠泽民生、造福人类！

A handwritten signature in black ink, consisting of two Chinese characters, '陈宝' (Chen Bao), written in a cursive style.

2013年10月

原版序一

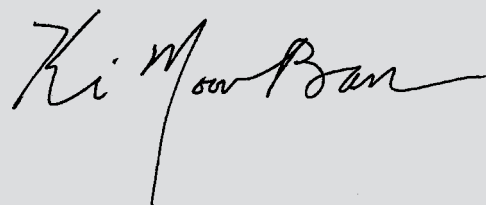
水跨越了当地与区域的界限，也将粮食安全、公众健康、城市化和能源等世界性的问题联系在一起。将如何使用和管理好水资源作为中心议题，可以让我们这个世界沿着更可持续和更加平等的方向发展。

让世界上所有人获得安全的饮用水和水资源是一条必须履行的原则，它贯穿了国际社会一致认可的所有发展目标，包括千年发展目标。推进人人皆获安全水，不但会改善我们的健康和教育水平，还可以提高农业生产力，提升妇女地位并促进男女平等。

然而，淡水所承受的压力正在不断增加，这些压力来自于农业、粮食生产和能源对水需求的不断增长、环境污染以及水管理的一些薄弱之处。气候变化已经成为一个实际并趋于增大的威胁。对水问题如果没有良好的规划和适应性策略，全球数亿人口就要面临饥饿、疾病、能源短缺和贫困等风险。

《世界水发展报告》第四版由联合国机构共同合作完成，主要由联合国教科文组织主持的联合国世界水评估计划负责。它着重研究水的使用，分析在不确定条件下如何管理水，并从始至终穿插了对性别问题的研究。报告的结论是呼吁采取行动，即强化全球协作的多种机制，改进国家管理体制，并将全球层面与国家层面的行动凝聚在一起。

该报告也旨在为联合国可持续发展大会（里约+20 峰会）作出贡献。联合国可持续发展大会若要取得圆满成功，就必须重申国际社会对世界淡水资源可持续管理采取统一措施的政治承诺。正如水是地球上所有生命之中枢一样，我们在打造新世纪可持续发展蓝图时必须将水放在核心位置。



潘基文

联合国秘书长

原版序二

世界水资源现状如何？未来会怎样？我们现在必须采取哪些行动才能创造一个更美好的未来？

这些问题关系到全世界无论男女能否有尊严地生活。这些问题触及以可持续的方式管理好地球日益有限资源的需要。这些问题也构成国际社会为实现所达成的多种发展目标，包括千年发展目标，所付出努力的核心。淡水是实现可持续发展的核心问题，但未得到应有的重视。


如今，对于淡水资源我们需要新的领导方式。这种新型领导方式必须将涉及到用水和管水的各方面人士会合起来，必须将不同行业及不同活动连接为一个有机的整体，必须将地方和国家相连、地区与全球相通。为了使淡水更好地造福于全人类，我们必须以更加可持续的方式管理好淡水。为此，我们必须对目前身在何处有清晰的认识。

《世界水发展报告》第四版为我们指明了方向。联合国教科文组织主持的世界水评估计划将联合国水计划的成员机构及合作伙伴组织起来，为世界淡水资源的现状、利用和管理绘就了独一无二的图画。报告按地区进行分析，并研究在不确定性和风险条件下全球淡水资源所承受的各种压力。我特别欣慰的是对性别问题的研究贯穿报告始终。

报告的结论非常清晰：淡水资源是跨领域的问题，在为发展所作的各种努力中处于中心位置。世界范围内淡水资源所面临的挑战在不断增加，这些挑战来自于城市化与过度消费，投资不足与能力欠缺，管理低下与浪费，以及农业、能源和粮食生产对水的需求等。从多种需要和多种需求的角度看，淡水没有被可持续地利用。准确信息缺乏关联性，管理职责被人为割裂。在此背景下，未来显得愈加不确定，而各种风险也进一步加剧。今天如果我们不能将水变成和平的工具，那么明天它可能会成为冲突的主要渊源。

与以往任何时候相比，我们都更需要以水资源综合管理来提供连贯一致的领导方式，我们都更需要就淡水资源状况、需求和利用的性质更好地进行信息收集与分享，我们都更需要在地地方、国家和全球层面建立更好的水测量和控制系统。我们必须尽快行动，将水问题纳入教育体系。我们还需要推动政府、私营部门和民间团体更加紧密地一起发挥作用，并将水融合为他们决策的内在组成部分。

在里约举行联合国可持续发展大会期间，我们必须开展下一步的行动。联合国可持续发展大会必须为 21 世纪制定一个路线图，为世界淡水资源的可持续利用和管理指明方向。水是生命之源，对于可持续发展和持久和平至为关键。护其明日，我们必须动于今日。这意味着我们要沿着《世界水发展报告》指示的方向坚定地走下去。



伊琳娜·博科娃

联合国教科文组织总干事

原版序三

应邀为《世界水发展报告》第四版做简要评论，我感到荣幸之至。

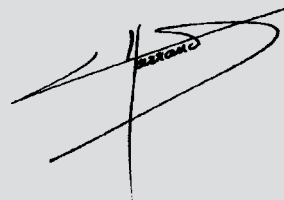
通过实施世界水评估计划，联合国水计划成员和合作伙伴通力合作完成了本报告，着重分析了我们在实现可持续发展和联合国千年发展目标道路上面临的挑战、风险和不确定性。

当前，水问题在国际议程上的重要性被提到了前所未有的高度，这得要特别感谢联合国秘书长富于启迪意义的领导，他曾指出“安全饮用水和基本卫生条件内化于人类的生存、福祉和尊严”。

联合国系统通过联合国水计划来运作，它十分强调水的跨领域属性和在这一关键领域开展国际合作的重要性，而这也是联合国水计划使命的内在元素。因而，这对我们采取行动十分必要，无论是向社会、经济部门提供知识、工具和技能的行动，还是支撑全球、区域和地方等不同层面高层决策的行动。

这在危机时代就显得特别重要，例如，当前我们遇到非洲之角发生连续数年干旱、数百万人口在生死线上挣扎的情况，于此就需要提供紧急粮食援助、卫生条件、能源生产以及其他多种形式的支持，以减轻灾害风险。

我期待 2012 年 6 月在里约热内卢举行的联合国可持续发展大会上进一步传达本报告的重要信息。由于本人近期刚刚担任联合国水计划的主席，在此我申明，本报告是联合国水计划过去三年集体合作取得的成果，不是我个人的功绩。



米歇尔·雅罗

联合国水计划主席、世界气象组织秘书长


前言

自 2003 年 3 月以来,《世界水发展报告》(WWDR) 每三年发行一版,该报告已成为联合国教科文组织出版的世界水发展方面的旗舰报告,是联合国系统关于世界淡水资源状况、用途和管理的权威性文件。这份报告主要的阅读对象是国家决策者和水资源管理者,同时也为更广阔的读者群包括政府、私人企业和民间团体等提供教育和信息素材。报告以地方、市、地区和国际层面跨行业政策实施为重点,着重论述了水在社会、经济与环境决策方面的重要作用。

通过世界水评估计划(WWAP)的组织协调,《世界水发展报告》第四版作为联合国水计划相关机构三年来的合作成果,汇聚了众多科学家、专业人士、非政府组织和联合国水计划合作伙伴的智慧。报告从所有重要政策指南的角度出发,包括从消除贫困与人类健康到食品与能源安全以及环境责任,阐述了最突出的战略层面和技术层面的相关问题,这些问题关系到为什么以及如何开展水资源利用、管理和分配以满足多用途通常是竞争性的用水需求。在描述水如何支撑各领域发展上,报告为我们提供了水与全球政策框架相互关联的关键性指标,如减少贫困、联合国千年发展目标、可持续发展、里约+20 进展、气候变化以及《联合国气候变化框架公约》缔约国大会(COP)进程等。

报告除了以事实为依据之外,还包含了我们所能获得的水资源知识状态的最新信息,覆盖了影响到水资源知识的最近的发展状况;同时,报告既从水资源管理的观点出发,又从更广阔的政治和产业的范围着眼,包括开发、融资、能力建设和体制改革等,为决策者们解决与水相关的诸多挑战提供了具体的方法范例和可能的应对措施。

《世界水发展报告》第四版立足于前三版。如最初的两版报告,第四版包括对几个关键挑战领域最新的综合性评价,例如水与粮食、水与能源、水与人类健康、治理方面的挑战如体制改革、知识与能力建设以及融资等,报告的各部分内容分别由联合国相应的机构独立完成。与《世界水发展报告》第三版一样,第四版运用全面和整合的方法,对水与产生各种压力的驱动因素之间的联系进行研究,这些驱动因素对资源、气候变化、生态系统以及人类安全构成压力,这些因素也是联合国千年发展目标及其他全球重要政策框架所涉及的内容。第四版继续关注“水箱”之外制定的决策如何影响水资源及其他用水户,将水与其他一系列跨行业问题联系在一起。通过这种方法,报告说明如何将水



与多重外部因素的互动关系融入不同领域和层面的分析与决策过程中。报告发布之时恰好是里约+20 峰会的前几个月，为峰会讨论地球未来创造了良好的条件，这格外彰显了水的中心地位。

本版报告包含几个突出的新亮点。一是从报告系列发布以来首次确定了一个突出的主题——“不确定性和风险条件下的水管理”，这为报告撰稿人和合作机构树立了导向，使不同编写素材和撰写风格得到统一。二是增加了五个区域报告，由联合国经社理事会的五个区域委员会撰写，分区域重点研究与水有关的问题和挑战，包括确定“热点话题”，对水挑战方面的内容进行了补充。三是汇集了世界水评估计划世界水情境项目第一阶段成果，该项目研究对水紧缺和可持续性有明显作用的外部性条件下未来可能的发展状况。最后一点是，为了确保性别和社会平等等重要问题得到适当和系统的阐述，整个报告将性别问题贯穿始终，并在这版报告中增添了新的章节专门开展性别与水的论述。

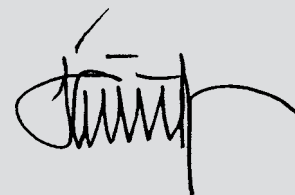
为帮助各国在现有优势和经验基础上提高自我评估能力，报告又一次采用了世界各地不同国家的案例研究，说明不同自然、气候和社会经济条件下的水资源状况。

集体的努力和通力合作，使得这份报告高度综合而凝练。在三年时间里，协作完成14个挑战领域报告、5个区域报告和3个专题报告，这些报告构成了全书第二卷的章节，同时还要处理补充材料以及大量来自合作伙伴、审稿人和一般公众的意见与建议，这是一项极具挑战性的工作。特别是世界水评估计划技术咨询委员会的成员不厌其烦地为工作组提供建议和专业指导。尽管水作为关键要素，其涉及的利益和行业相当广泛，所关系到的专业领域也十分广阔，但是，为了使报告达到结构平衡，同时能够连贯且协调地提供最新的知识和信息，对报告内容进行集中分析十分必要。

我们希望这一版报告和以前的几版一样，继续成为水领域的主要参考文件，并在人类发展各个方面发挥关键作用，继续成为所有关注全球淡水资源的读者——包括决策者、他们的顾问以及所有对此感兴趣的读者所必备的读物。希望这版报告能够拥有最广泛的读者群，将那些置身于“水箱”之外但对社会经济政策产生广泛影响的人亦包括进来。

我谨代表世界水评估计划的工作人员和《世界水发展报告》第四版的作者、作家、编辑和撰稿人，对联合国水计划成员机构及合作伙伴致以最诚挚的感谢！正是由于他们才使得这份极具权威和极为重要的报告得以出版，并成为世界各国理解和解决与水相关的诸多挑战的知识库。

还要特别感谢联合国教科文组织总干事伊琳娜·博科娃，她的全力支持使报告得以完成。最后，我要真挚地感谢世界水评估计划秘书处的所有成员，感谢他们在报告完成过程中展现出的敬业态度、专业水准和持之以恒的精神。



奥尔贾伊·云韦尔

联合国世界水评估计划负责人

感谢词

本报告的顺利编写和出版得益于意大利政府的资金支持和世界各地众多个人和机构所付出的努力。

联合国教科文组织总干事伊琳娜·博科娃本人的支持为报告的编写创造了稳定和良好的环境。

联合国水计划成员机构与合作伙伴之间的美好合作和及时供稿非常关键，报告的准备经过了无数次的交流和探讨，从最初的概念讨论直至最终的清稿，各方的努力贯穿始终。

我们要感谢联合国教科文组织自然科学部的管理和联合国教科文组织国际水文计划（UNESCO-IHP）同行的支持。

阿尔伯特·莱特、荷苏·迪恩、巴伊-马斯·塔尔和斯蒂芬·麦克斯维尔·科瓦莫·董科，以及联合国水计划非洲成员部门提供的稿件和意见建议，是成功完成报告非洲部分以及其他重点讨论非洲地区章节的关键。

我们要格外感谢大卫·寇兹、盖里·加罗威、杰克·莫斯、麦克·穆勒和尤瑞·沙米尔为报告提出的特别建议和特殊贡献。

我们要感谢国际私营水资源企业联盟（Aquafed）、全球水伙伴（GWP）和美国陆军工程师兵团（USACE）的大力支持。

我们要特别感谢所有参与报告案例研究编写的合作伙伴，是他们使报告的第三卷得以顺利完成，尤其是感谢劳拉·杜宾和马特尔·加里高的大力协助。

报告和文字中穿插的 20 张精美照片均由菲利普·鲍尔塞勒无偿提供。同时，我们也要感谢其他提供照片的摄影家（照片旁均已标注摄影师的姓名）。

《世界水发展报告》第四版编写小组

内容协调员

奥尔贾伊·云韦尔

首席作者

理查德·康纳

第二首席作者

丹尼尔·洛克斯

资深顾问

威廉·科斯格罗夫

进程协调员

西蒙·格莱格

案例研究和指标协调、第三卷作者

英吉·康卡古尔

出版协调

爱丽丝·弗兰克

进程和出版助理

瓦伦汀娜·阿伯特

编辑组

卡洛琳·安德热耶夫斯基、艾德里安娜·卡伦、邦妮·戴斯、爱丽丝·弗兰克、玛丽安·凯特、大卫·麦克唐纳、玛丽莲·史密斯、萨曼莎·沃科普和派克（Pica）出版公司

第三卷地图设计和编辑协调

派克（Pica）出版公司的罗伯特·罗斯

特别感谢凤凰设计（Phoenix Design Aid）的莱娜·索杰伯格女士和她的设计编排小组

联合国世界水评估计划

捐赠方

意大利环境、领土与海洋保护部

意大利翁布里亚大区府

挪威外交部（为第九章内容编写提供资金支持）

技术顾问委员会

尤瑞·沙米尔（主席）、迪帕克·贾瓦里（副主席）、法特曼·阿比德尔·拉曼·阿提亚、安德斯·伯恩特、姆克司瓦拉·柯普莱克里什汗、丹尼尔·洛克斯（至 2010 年 8 月 15 日）、汉克·范沙伊克、拉斯洛·索姆罗迪、卢西亚·乌博蒂尼和阿尔伯特·莱特

性别平等顾问小组

谷瑟尔·卡罗特和库瑟姆·阿图克罗拉（联合主席）、乔安娜·科尔索、伊莲娜·丹科曼、玛娜尔·艾德、阿特夫·哈姆迪、蒂帕·赫斯、芭芭拉·范科普恩、坎撒·罗宾森、白耶瓦·森吉卡和特丽莎·瓦斯科

秘书处

奥尔贾伊·云韦尔（协调员）和米歇尔·米莱托（副协调员）

高级助理：阿德瑞纳·福斯克

行政管理：弗洛莱娜·巴卡罗莉、丽莎·贾斯坦丁、芭芭拉·巴拉卡吉利亚、奥特洛·弗拉斯卡尼和汉克姆·沙克特

计划管理：丹尼尔·帕纳、英吉·康卡古尔、西蒙·格莱格和莱娜·萨拉米

沟通和网络联系：汉娜·爱德华兹、斯蒂芬妮·尼诺、西蒙娜·加勒斯、弗兰西斯卡·格莱克和阿比加尔·帕里希

出版：爱丽丝·弗兰克、瓦伦汀娜·阿伯特和萨曼莎·沃科普

安全：米歇尔·布兰萨奇、法比尔·比安奇和弗兰西斯卡·吉奥弗莱迪

临时雇员：李·莫林·伯纳德、皮特罗·福斯克和嘉布瑞拉·皮索尼娅

实习生：劳拉·杜宾、席宾·古纳尔、帕保罗·帕皮尼·帕皮和茜茜拉·萨德哈玛嘉拉·惠特汉娜赫奇

准备会议和研讨会参会人员

《世界水发展报告》第四版编写临时核心小组第一次会议（2009 年 4 月 23—25 日，法国巴黎）

与会者：阿克夫·阿尔图达斯、爱丽丝·奥莱利、理查德·康纳、威廉·科斯格罗夫、吉尔伯特·贾乐彭、西蒙·格莱格、英吉·康卡古尔、米歇尔·米莱托、阿尼尔·米

莎拉、杰克·莫斯、麦克·穆勒、安德斯·佐罗斯-纳吉、斯蒂芬妮·尼诺、丹尼尔·帕纳、瓦尔特·拉斯特、奥尔贾伊·云韦尔、萨曼莎·沃科普和詹姆斯·温佩尼

《世界水发展报告》第四版编写临时核心小组第二次会议（2009年5月21—29日，意大利佩鲁贾）

与会者：理查德·康纳、威廉·科斯格罗夫、让-马克·弗莱斯、杰拉德·加罗威、西蒙·格莱格、英吉·康卡古尔、乔安·盖兰斯蒂娜、米歇尔·米莱托、麦克·穆勒、斯蒂芬妮·尼诺、丹尼尔·帕纳、瓦尔特·拉斯特、乔安娜·泰勒菲里、奥尔贾伊·云韦尔、詹姆斯·温佩尼和阿尔伯特·莱特

《世界水发展报告》编写研讨会（2009年8月14日，瑞典斯德哥尔摩）

与会者：联合国水计划成员机构和合作方、世界水评估计划秘书处

《世界水发展报告》编写问题研讨会（2009年11月16—17日，意大利佩鲁贾）

与会者：尤格纳斯·艾迪克、盖伊·阿勒兹、柯德沃·安达赫、库瑟姆·阿图克罗拉、莱德·巴沙尔、安德斯·伯恩特、彼得·考富德·毕佳森吉奥格尔·策萨利、伊曼努尔·秦亚马克布夫、托马斯·切拉姆巴、鲁道夫·克莱文英格、理查德·康纳、威廉·科斯格罗夫、安德里·迪兹库斯、卡伦·弗兰肯、吉尔伯特·贾乐彭、乔金·哈林、皮埃尔·胡伯特、安琪罗·伊佐、南希·克格温雅尼、斯皮罗斯·克柯莱特萨斯、彼得·里斯藤森、亨瑞克·拉森、李利峰、乔森芬娜·马苏、阿尼尔·米莎拉、杰克·莫斯、麦克·穆勒、乔纳森·安古托拉、瓦尔特·拉斯特、大卫·迪克尼、哈肯·特洛普、卢西亚·乌博蒂尼、克莱德·维尔豪尔、恩里克·乌莱提亚·洛佩兹·德维纳斯普利和詹姆斯·温佩尼

内容协调会（2010年3月16—17日，意大利佩鲁贾）

与会者：莱德·巴沙尔、彼得·考富德·毕佳森、克劳迪奥·卡博尼、伊曼努尔·秦亚马克布夫、鲁道夫·克莱文英格、理查德·康纳、威廉·科斯格罗夫、瑞纳·恩德莱恩、卡伦·弗兰肯、麦特·海尔、梅尔文·凯伊、埃里克·米莫、阿尼尔·米莎拉、迪格·罗德里格斯、库瓦特·辛格、哈肯·特洛普和彼得·范德萨格

《世界水发展报告》世界水评估计划核心小组会议（2011年3月14—15日，法国巴黎）

与会者：安德斯·伯恩特、理查德·康纳、威廉·科斯格罗夫、西蒙·格莱格、英吉·康卡古尔、丹尼尔·洛克斯、米歇尔·米莱托、杰克·莫斯、汉克·范沙伊克、尤瑞·沙米尔、奥尔贾伊·云韦尔、詹姆斯·温佩尼和阿尔伯特·莱特

咨询

我们感谢参与以下利益相关者讨论活动和提出建议的有关人员（包括会议、网上咨询和调查），以及安德斯·伯恩特、白克特赫姆巴·冈博、霍华德·帕瑟尔、威利·斯塔克麦尔和克里斯汀·舒曼。

- 编写《世界水发展报告》第三版经验和教训的短期调查（2009年1—3月）
- 第五届世界水论坛期间举行的咨询会（2009年3月）
- 第五届世界水论坛《世界水发展报告》第三版边会（2009年3月）
- 《世界水发展报告》第三版编写小组会议（2009年3月）
- 世界水评估计划技术咨询委员会会议（2009年3月）
- 联合国水计划和利益相关者第一次网络调查（2009年6月）
- 联合国水计划德尔菲法咨询（2009年7月）
- 斯德哥尔摩世界水周边会（2009年8月）
- 目录公众咨询（2010年1月）
- 就影响因素开展专家调查（2010年4月）
- 斯德哥尔摩世界水周边会（2010年8月）
- 第三届非洲水周边会（2010年11月）
- 第一、二部分初稿公众咨询（2010年12月）
- 决策制定者政策调查（2011年1月）
- 斯德哥尔摩世界水周边会（2011年8月）

如有错误和遗漏，谨表歉意。

目 录

中文版序

中华人民共和国水利部部长 陈雷

原版序一

联合国秘书长 潘基文

原版序二

联合国教科文组织总干事 伊琳娜·博科娃

原版序三

联合国水计划主席、世界气象组织秘书长 米歇尔·雅罗

前言

联合国世界水评估计划负责人 奥尔贾伊·云韦尔

感谢词

主要讯息 1

引言 19

《世界水发展报告》第四版的新意 22

结构和内容 23

第一章 认识水的核心地位及其全球维度 25

1.1 超越水是单一行业的概念 27

1.2 超越流域：水资源管理的国际化和全球化维度 32

1.3 认知水在全球政策制定中的作用 38

结语 42

第一部分 现状、趋势和挑战

第二章 水需求：是什么拉动了消费？ 47

2.1 粮食与农业 49

2.2 能源 55

2.3 工业 62

2.4 人居 66

2.5 生态系统 71

第三章 水资源易变性、脆弱性和不确定性 81

3.1 水文周期、水资源外在压力及不确定性来源 83

3.2 自然长期储存的脆弱性：地下水与冰川 87

3.3 水质 96

第四章 水的社会和环境效益超乎预期·····	105
4.1 水与人类健康·····	107
4.2 水与性别·····	113
4.3 生态系统健康·····	114
4.4 涉水灾害风险·····	119
4.5 荒漠化对水资源的影响·····	124
4.6 平衡还是失衡?·····	127
第五章 水管理、机构和能力建设·····	137
5.1 水管理的缘由·····	139
5.2 水管理体制对可持续发展的重要性·····	145
5.3 机构拥有的知识和能力·····	151
第六章 从原始数据到知情决策·····	161
6.1 数据、监测和指标的用途·····	163
6.2 关键指标·····	166
6.3 数据和信息的现状·····	169
6.4 获得良好监测和报告的制约因素·····	170
6.5 提高数据和信息的可获得性·····	172
第七章 区域挑战与全球影响·····	179
7.1 非洲·····	181
7.2 欧洲和北美·····	189
7.3 亚洲及太平洋地区·····	197
7.4 拉丁美洲及加勒比地区·····	202
7.5 阿拉伯和西亚·····	212
7.6 区域—全球的连接：影响与挑战·····	218

第二部分 不确定性和风险条件下的水管理

简介·····	235
如何应对不确定性和变化的环境·····	237
第八章 在不确定性条件下工作并管理风险·····	241
8.1 不确定性和风险的概念·····	243
8.2 不确定性和风险如何影响决策·····	246

8.3 利用生态系统管理不确定性和风险	255
第九章 以关键驱动因素剖析不确定性和风险	265
9.1 主要驱动因素的演变	267
9.2 直面挑战：过往经验无法预知不确定的未来	272
9.3 洞察未来	273
9.4 水资源未来关乎更佳决策的制定	278
第十章 低估水资源价值使未来充满不确定性	281
10.1 水利投资的政治经济学：阐明效益	283
10.2 给水赋予价值	286
10.3 让效益和价值为水政策的制定服务	288
10.4 风险和不确定性条件下的水分配	289
第十一章 改革水管理机构、提高应变能力	293
11.1 简介	295
11.2 风险和不确定性条件下的水管理原则	297
11.3 风险和不确定性条件下的水管理方法	299
11.4 管理风险和不确定性的机构	302
11.5 传达风险和不确定性信息	307
结语	310
第十二章 为更可持续未来强化水利投融资	315
12.1 为可持续发展投资水利	317
12.2 投资治理、机构改革与管理	319
12.3 为信息投资	319
12.4 为应对气候变化和水短缺投资	320
12.5 投资多样化和需求管理	323
12.6 融资支持基础设施建设和服务	323
12.7 减少财务和政治风险	326
结语	327
第十三章 应对水管理的风险和不确定性	331
13.1 降低不确定性	333
13.2 规避危害、降低风险	339
13.3 适应风险和不确定性：涉水决策的取舍	344

第十四章 打破水界限束缚、应对风险和不确定性	349
14.1 减少贫困、促进绿色增长和绿色经济	351
14.2 应对气候变化：适应和减缓	352
14.3 降低风险和不确定性的商业决策	353
14.4 管理部门风险、为水创造效益	355
14.5 缓解风险和不确定性的影响	358
结语	360
结论	363
缩略语	369
术语汇编	376

主要讯息

编辑：威廉·科斯格罗夫



第一章 认识水的核心地位及其全球维度

水是所有社会经济活动和生态功能均依赖的重要自然资源。管好水资源需要有效的治理措施，将水从政府的边缘化问题提升为社会的核心问题。保护水资源、确保可持续发展和公平分配水衍生的效益，需要在国家和地方层面投资建设基础设施并建立有稳定投入的管理机制。

水资源的跨领域性及其对全球影响的广泛性突显了在当今国际发展进程中解决水问题的重要性。

满足人类对粮食、能源等的需求、维系生态系统所需要的用水量存在很大的不确定性。而气候变化对可用水资源量的影响使这种不确定性变得更加复杂。

我们需要认清一个事实：水不是单一层面的问题，不是仅从国家、地区或本地某个层面出发就能够单独治理的。相反，全球的相互依存性通过水交织在一起，国家、流域、地区或本地层面的用水决策通常不得不考虑全球发展的驱动因素、发展趋势及不确定性。

通常，水需求和使用像筒仓一样分别进行管理，满足其特定的发展目标，而不是将其作为整体战略框架的一部分，平衡各种不同的用水以期在全社会和经济体层面优化和共享水的多种效益。这种分割状态不仅增加了水资源可持续利用的风险，而且增加了不同的发展目标的风险，这些目标均依赖于（并可能是竞争于）有限的水供给。同时，气候变化进一步加剧了问题的严重性。

供水作为满足社会、经济和环境需要的工作，往往被确定为水行业的职责范围，主要是提供必要的基础设施和修渠引水到需要的地方。但在现实中，水与社会、经济和环境等所有活动都息息相关。因此，水管理不局限于某个部门，需要不同利益相关者和部门权利间的合作与协调。此外，可供水量受多种因素、趋势和不确定性的影响，受水循环条件的制约，

这些都超出了单一部门狭隘的管辖范围。

气候变化是直接影响水和所有用水户需求的核心外部驱动因素；缓解措施主要集中在减少能源消耗和碳排放上，而适应性措施则包括为日益增大的水文多变性和极端气候灾害如洪水、干旱和风暴等做好计划和准备。

为应对水挑战，我们需要整个经济体跨行业参与、强大执行机构的权威和领导力在水管理中发挥积极而非被动的作用，并在环境可持续框架内引导各部门有效地用水。水利界各单位有责任就水资源可持续利用与管理为决策者和主管部门提供信息和引导，使水效益得以优化和共享。

仅提高用水效率和生产率无法改变全球资源供给、消费或利益获取的不平等格局。为解决跨部门和全球层面的水问题，要求所有国家在全球论坛上采取积极的态度、作出特别承诺，并制定措施应对迫在眉睫的资源挑战。水利界，特别是水管理者，有责任向社会告知该进程。

各国的当务之急是落实全球政策协定取得的成果，同时各国应对制定国际政策负起首位



© Peter Prokosch / UNEP / GRID-Arendal (<http://www.grida.no/photolib>)

责任。制定政策框架需要水管理的所有利益相关者拓宽行业和空间视野。然而，许多全球政策协定未经妥善咨询地方和国家的意见就已确立，而且形成的协定多为一般协定，反映不出国家的政治经济水平和制度能力，因而使政策在国家和国家以下层面实施的整体效果大打折扣。

第一部分 现状、趋势和挑战

第二章 水需求：是什么拉动了消费？

农业用水占工业（含能源）、生活和农业总取水量的70%。因此，负责任地进行农业用水管理对未来全球水安全将是一项重大的贡献。

预测未来农业需水量充满了不确定性，因为这取决于粮食的需求量，而粮食需求量取决

于供养的人口，同时还取决于他们吃什么和吃多少。这一问题因季节性气候变化的不确定性、农业生产效率、作物类型与产量以及其他一些因素变得很复杂。

农业部门面临的主要挑战与其说是如何在40年内使粮食产量增加70%，不如说是如何保证餐桌上的食物增加70%。降低粮食储存和整个价值链的损失，可在不增加产量的情况下缓解对粮食增长的需求。

农业生产需要一系列创新技术，如提高作物产量和抗旱性能，研究更智能的施肥和用水方法，新型农药和保护作物的非化学方法；减少作物收割后的损失；确保更加可持续的畜牧业和海产品生产。工业化国家正享受着这些技术带来的好处，但他们也必须承担责任，确保最不发达国家有机会以平等、非歧视的条件获得这些技术。

降低干旱脆弱性要求我们既要投资建设工程设施，又要投资建设“绿色”设施，改进水



©Taco Anema

计量与调控，并通过已建水库和能够自然储水的湿地与土壤适当地增加地表水和地下水的储存量。

大多数效益的获得源自采用已有水管理技术并使其适用新的情境。

如今，超过十亿人缺乏电力供应和其他清洁能源。除了满足这些需求，外部挑战，包括人口增长与迁移以及经济活动的增加，将导致大量能源消耗的迅猛，特别是对于非经合组织国家。

能源和水有着盘根错节的关系。尽管获取能源和电力的来源不同，但无论哪种生产工艺都需要水，包括原材料的提炼、热力过程的冷却、材料的清洗、生物燃料作物的种植以及涡轮机的驱动等。反过来，将水提供给人类使用和消耗也需要能源，包括提水、输水、水处理、脱盐和灌溉等。

缺水地区面临的因缺水引起的能源短缺压力比其他地区严重，他们要寻求更高效的技术开发一次能源和电力。

水和能源政策通常由不同的政府部门或部委制定，这些政策需要进行整合，需要政策制定者们在工作中密切协作。

一个产业的有效运行需要可持续的供水，



©Philippe Bourseiller

这些水还要具备合适的数量、合适的质量、合适的时间、合适的地点以及合适的价格。

产业部门要发挥积极的作用，通过首先确定自身优先领域和价值品位，有效地解决世界淡水资源不可持续开发的问题。

据预测，世界城市人口将由 2009 年的 34 亿增长到 2050 年的 63 亿。该增量将是这一时期世界人口增长和目前农村向城市净转移人口之和。城市贫民窟地区已经存在大量无法获得供水、卫生以及排水服务的人口，而城市人口的增加势必会导致问题更加严重。目前，全球范围内正在积极推进创新计划，旨在满足城市水规划、水技术、水投资及相关运行事宜不断提高和综合化的需要。

制订更加综合化的城市规划，实施城市水综合管理 (IUWM)，可使城市水管理受益良多。城市水综合管理将淡水、污水和雨水作为资源管理构架中的不同环节，将一个城市地区作为一个管理单元进行管理。

生态系统支撑着极端干旱与洪涝条件下水的可获取性，也支撑着水的质量。

生态系统与社会经济部门之间不断加剧的用水竞争已经得到广泛关注，这也显示出我们在水资源综合管理和可持续发展方面取得了进步。

第三章 水资源易变性、脆弱性和不确定性

淡水供应时空分布不均。枯水和丰水年的年际变化以及旱季和雨季的季节差异巨大。因此，制定水资源管理规划和政策时要考虑淡水供应变化和分布情况。

只为满足社会经济需求的取水会对水资源状况造成影响。同时，取水也受到一些因素的影响，如人口增长、经济发展和饮食变化以及为保护洪泛区和易旱区居民需要进行的水资源调控。

在过去的 50 年，全球地下水抽取率至少增加了两倍。这从根本上改变了地下水在人类社

会中的作用，特别是在灌溉领域，已引发了一场“农业地下水革命”。

地下水是事关非洲和亚洲较贫困地区 12 亿~15 亿农村居民生计和粮食安全的至关重要因素，对世界其他地区很大一部分依赖地下水作为生活用水的人口来说也十分重要。

在许多流域，地下水抽取率超过补给率，这是不可持续的。

在世界许多地区，尽管不可持续的地下水开采和地下水污染的情况的确令人担忧，但是，如果对地下水资源进行妥善管理，将会对满足未来水需求和适应气候变化作出重大贡献。从短期来看，冰川融水带来的径流量超过年降水量，从而增加供水量；但从长远（几十年到几个世纪）来看，随着冰川的消失，冰川融水等新增的水源将减少，冰川对河川径流的缓冲作用将会降低。

量足质优的供水是人类健康与福祉、生态系统以及社会经济发展的一个关键要素。尽管



©UN Photo/Ky Chung

一些地区在改善水质方面已取得进展，但并无数据表明，水质在全球范围内有整体性改善。

在满足人类和环境基本需求上，水质与水量同等重要，但近几十年来，对水质方面的投资、科技支撑和公众关注要远低于水量。

恶劣的水质会造成许多与此相关的经济损失，包括生态系统服务功能的退化，与健康相关的支出增加，对经济活动如对农业、工业生产和旅游造成影响，增加水处理成本和降低房地产的价值。

预计在未来几年，淡水将越来越成为一种稀缺资源，解决水质问题的相关费用将会增加。

第四章 水的社会和环境效益超乎预期

改善水资源管理、提高安全饮用水和基本卫生设施的覆盖率、改善卫生条件可提高数十亿人的生活质量，对实现降低儿童死亡率、改善产妇保健和减少水传播的疾病等目标起着至关重要的作用。

以预防和合作的方式开展水安全规划有诸多的益处，包括节约成本和可持续地改善水质。风险管理的每个解决方案都应根据提出的供水问题量身订做，并要求主要利益相关者参与并致力于一个共同的目标。这些利益相关者包括向流域排放工业、农业或生活污水的土地用户或房主，监督环境法规执行和实施的政策部门，以及供水服务机构和自来水用户。

在经济危机来临时世界各地的贫困妇女首先会受到冲击，而且受教育程度低的妇女往往会更多地参与到工作中。

除了政策支持外，社会与资金投入可改善妇女获取与管理水资源的能力，会减少贫困的产生，确保妇女能够获得食物、维持生计、保持自己和家人的健康。

生态系统带来的多重效益或服务对于可持续发展必不可少。其中许多关键的服务是直接



©Shutterstock /Markus Gebauer

从水资源中获得或以水资源为基础的。因此，生态系统健康的趋势会反映获得整体效益的趋势，是人类活动是否与水资源之间达成平衡的一个关键性指标。

生态平衡已被打破，目前生态系统以及该系统支撑的生命体发展趋势已表明了这一点。政策制定者和管理者必须认识到，生态系统非但不消耗水，还提供水并形成水循环；以不可持续的方式从生态系统取水就会降低生态系统向我们提供诸多效益的能力。

尽管我们在挽救生命方面日趋完善，但挽救生计与财产仍然是一个关键的发展挑战：与水相关的灾害严重制约着人类为减贫付出的努力和千年发展目标等目标的实现。

缺水引起的荒漠化、土地退化及干旱(DLDD)造成的主要影响是粮食不安全和饥饿，特别是在干旱的发展中国家。

如果干旱国家努力减少荒漠化、土地退化及干旱对水资源的影响并实现水安全，那么实现粮食安全的几率将大为增加。

不同的发展部门都依赖有限的水资源，他们之间往往形成竞争。这些部门争水不难理解，但水的所有效益都要服从可持续性的经济发展。在水资源有限的国家和地区，某一部门作出的因水获益的决定往往会给其他部门带来负面影响。未来需求的不确定性将加剧挑战的复杂性。

在水资源有限的地区，需要权衡不同用途之间的水量分配，从而使不同发展部门供水效益最大化。这是一个既困难又复杂但却关键的问题。水量分配决策不仅涉及社会或伦理，同时也涉及经济，因为投资水利基础设施与管理可产生各种效益并使收益不断增加。

第五章 水管理、机构和能力建设

水的特性是，所有生物都从水中获益，但没有人了解其缘由，而且知道如何管好水的人更是少之又少。

水管理要求工程与非工程措施相结合。适应性水资源综合管理(IWRM)可以为水管理提供一种跨领域、跨政策和跨机构的必要整合，这是一个不断调整、持续进行的过程，目的是应对社会、经济、气候和技术等领域出现的快速变化。

用水集团(例如：水厂、农民、工矿业、社区、环保人士)的相互竞争会影响水资源开发和管理战略，这意味着，当发生整合和潜在利益整体出现时，这个过程会变得更加政治化而非纯技术性。

今天，水管理不得不考虑人口增长、人口迁移、全球化、消费方式的转变、技术进步、工农业发展等不可预知问题的性质和时机掌握。对气候变化的恐惧使我们关注到这些问题的重要性，并增添了新的视角。水博弈的规则往往取决于玩家而非水管理者，他们也没有将水作为中心焦点来对待，或者对水的至关重要性予以肯定。为了使制定的决策协调一致，且权衡各方面的利益，需要建立相应的体制机制，将关键部门的决策者与水管理者统一起

来。广大的利益相关者群体都应参与“规则制定”的过程。

目前涉水机构大部分仍然以技术和供水为主业。为了提高这些机构的效能，应将其工作重心逐渐从技术解决方案转移到过程和人的管理上来，而这就涉及到包容性决策和自下而上的工作方法。



©UN Photo/UNICEF/ZAK

在国家层面，很有必要建立一个可持续机构框架，为所有涉水利益相关者提供数据、信息和知识的采集、储存和传播服务，这将有助于提高水资源管理的决策水平。

在基层社区层面，实现信息与知识共享、促进决策和资源管理水平提高的具体措施应该包括创建由本地利益相关者及其协助服务机构共同参与的对话平台，诸如政府机构、延伸服务机构、非政府组织和其他服务提供者。

第六章 从原始数据到知情决策

供水和用水信息对于各国政府而言显得越来越重要，他们需要掌握可靠、客观的水资源状况和用水管水信息。

此外，相关信息还要告知农民、市政规划

人员、供水和污水处理公司、灾害管理部门、工商业和环保人士等。

缺乏系统和可靠的数据来计算指标，这个问题在全球、国家、地区或流域等各层面都存在。无法获得实际的数据，就无法对变化趋势进行监测跟踪，尽管这些趋势实际已很明显。

出于规划和设计的需要，工程师通常假定某一流域的水文过程可以用不随时间而变化的概率分布来描述，即这些水文过程的历史统计特征值随着时间的推移基本保持不变，或者说是静态的。由全球气候变化或不可预测的人类行为而引发的极端事件发生越多，对水资源规划和管理带来的挑战也就越大。问题是如何以最佳方式在水资源规划和管理中将水供给与水需求的不稳定因素综合予以考虑。

气候变化是导致人们对水指标更感兴趣的因素之一，对气候变化的诸多关切清楚地表明，“静态水文”的假设不能再作为评估可用水量的基础。这将人们的注意力集中到全球河川径流量可用数据有限这个问题上，而数据是评价可用水资源量的必备条件。虽然通过遥感测量技术人们已获取有关降水的大量数据，但是，对河川径流量变化或地下水补给量变化的测量却比这要难得多。

由于水资源估值相对较低且分布广泛，通常不对其使用直接计量。由于水资源常为不同行政区域“共享”，上游的用水户往往不愿意与下游的用水户分享水资源可用量和使用量的信息，因为这些信息可能会在出现分水争端时派上用场。

为实现水资源的均衡分配和保护，相关指标应该对精心选择和设计的政策手段提供支持，这包含法规（如技术标准、绩效标准等）、定额、准入规则和分配程序以及经济手段（尤其是价格机制和生态系统服务付费）。

由于水的自然属性，其状态常随季节变化而变化，即使测量径流这样简单的参数通常也造价昂贵。遥感技术为测量提供了相当可观的资源基础，但该技术至今还没有大量用于水资



©UN Photo/Albert Gonzalez Farran

源及其利用的信息采集。然而，在没有获得地面真实数据情况下使用遥感数据可能有些冒险，因此，强化现有水文气象站网络和服务，是妥善进行水资源管理、规划、设计和运行的一个必要条件。

政策制定者与决策者在社会经济领域活动中对信息的需求将成为改善水资源信息采集最有效的驱动力量。

从政府的视角看，经济政策制定者已认识到水资源对国民经济有着重大和无法解释的影响。如今诸多重大机遇已摆在全球水行业团体、用水户和广大的把利益与水捆绑在一起的团体面前，可以使信息提供的数量和质量获得实质性的提升，包括水资源、水资源利用、用水户、用水效益、效益分配方式，以及谁承担相应费用与负面影响等信息。

第七章 区域挑战与全球影响

非洲

撒哈拉以南的非洲面临着地方性贫困、粮食不安全、供水和卫生普及率很低以及普遍的欠发达等问题，几乎所有国家都缺乏人力、财力和体制有效开发和可持续管理水

资源。

总体来说，非洲只有 1/4 的人有电力供应。水电提供了非洲 32% 的能源，但只有 3% 的可再生水资源被开发用于水电。该地区具有巨大的水能开发潜力，足以满足非洲大陆所有的电力需求。

撒哈拉以南非洲地区主要受干旱气候威胁。干旱破坏了经济生活和农民的粮食来源，对该地区 1/3 国家的国内生产总值 (GDP) 增长构成严重的不利影响。洪水对基础设施与交通以及物流和服务流通等也造成极大破坏，并污染供水水源，导致水传染疾病的蔓延。

欧洲和北美

大部分欧美人生活相对富足，这使他们对当地水资源有大量的需求。北美的人均用水量是世界上最大的，为欧洲人均用水量的 2.5 倍，其中一个原因是与其他工业化国家相比，这里的水相对较为便宜。

欧洲约有 1.2 亿人无法获得安全的饮用水，还有更多的人缺乏卫生设施，从而引发与水有关的一些疾病。水质仍是欧洲很多地区一个由来已久的问题。随着氮、磷和农药流入河道，特别是农用化肥对整个区域水资源造成了有害的影响。

2000 年出台的欧盟《水框架指令》，以及近期颁布的标准和地下水指令，构成了欧盟最重要的涉水法典，同时也是世界上唯一的跨国家涉水法令。欧盟《水框架指令》加快且深化了跨界水管理的历史进程。

亚太

亚太地区是一个非常活跃的地区，正经历着快速的城市化、经济增长和工业化，农业发展势头强劲。虽然这些趋势在许多方面令人满意，但也构成影响该区域满足其经济社会对水资源开发需求能力的驱动因素。该过程导致资源使用的大量增加，对水生态系统构成巨大压力并使之逐渐恶化。

因为世界上约 2/3 的饥饿人口生活在亚洲，粮食安全是一个非常重要的问题。



©Shutterstock / Shi Yali

亚太地区是世界上抵御自然灾害能力最薄弱的地区，自然灾害不同程度地妨碍了当地经济的发展。这里的经济增长主要集中在沿海和洪水多发地区，如人口稠密地区和极易受到台风及暴雨袭击的地区。

太平洋小岛屿发展中国家（SIDS）应对环境自然灾害的能力尤为脆弱，热带气旋、台风和地震都可导致灾难的发生。气候变化导致的预期海平面上升、风暴潮危险及岸线侵蚀将加剧小岛屿发展中国家应对各种自然灾害的脆弱性。一个热带气旋就足以摧毁多年发展付出的努力。

该地区的水利基础设施建设正从短期规划向更具战略性、长期性的规划建设过渡，并在强调经济发展的同时重视生态效益。

拉丁美洲和加勒比

拉丁美洲和加勒比地区（LAC）尽管有部分地方非常干旱，但基本上属于湿润地区。该地区的用水模式可描述为空间呈零星分布和高

度集中在少数几个地区。

除墨西哥、巴西和中美洲部分小国外，拉美地区的经济依赖出口自然资源。近些年，全球对矿产、粮食及其他农产品、木材、海产品和旅游服务等产品的需求增长迅猛。这意味着该地区在水需求方面存在竞争，并已成为“虚拟”水的出口地区。

尽管该地区大多数国家水与卫生设施普及率高且完善，但服务质量差异较大，城乡以及国与国之间存在巨大差别。该地区目前仍有约4 000万人没有饮用水设施，近1.2亿人缺乏卫生设施。无法获得服务的大多数是穷人和生活在农村的人。

一般来说，管理不善是许多拉美和加勒比国家自上而下普遍存在的问题。管理不善并不仅局限于对水资源的管理，也包括大多数依靠水提供服务的领域。由于水资源管理能力相对薄弱，中美洲、加勒比地区以及安第斯山脉地区的最贫穷国家将是受气候变化影响的高风险地区。

阿拉伯和西亚

在阿拉伯和西亚地区，人口增长与迁移、耗水量增加、地区冲突及管理局限等因素导致水量和水质的风险不断上升，同时也伴随着水资源共享与利用的可持续管理以及促进农村发展和粮食安全政策的成功。

在阿拉伯地区，缺水是粮食不安全的主要原因。截至2000年，中东和北非每年进口粮食5 000万吨，他们因此消耗了大量“虚拟”水。这促使其他地区更乐于投资农业生产，这事实上增加了该地区虚拟水的进口。

冲突不断已成为阿拉伯地区的特征。在科威特与黎巴嫩贝鲁特，不同时期的暴力冲突破坏了水利基础设施，被毁的输水系统需要修复，无法扩大供水能力。阿拉伯地区约66%的可用地表水均发源于本地区以外。这就时常导致与上游国家之间的冲突。地方一级的水冲突也存在于行政区之间、社区之间以及族群之间。

地区—全球连接：影响与挑战

与水相关的自然灾害对实现人类安全和社会经济的可持续发展构成重大威胁。干旱对农业生产影响显著，会导致粮价飙升和粮食短缺。这些因素还会造成其他重大社会政治影响，并可导致严重的后果，如粮食短缺引起的骚乱和政治动荡。

缺水可导致不同强度和规模的冲突。虽然冲突可能在局部地区出现，但其构成的挑战可拓展到和平与安全等更广阔的领域。争夺水资源的冲突也可演变成或激化种族冲突。因为种族冲突多数由大众对未来产生恐惧引发，我们所看到的缺水就能演化为这种恐惧。

在考虑水资源问题时，我们有理由将市场的积极因素考虑进来。例如，水资源枯竭的一个原因就是低估了水作为一种资源的价值。因此给水赋予价值非常重要。给水贴上商品的标签是否就是给其定价的最好方式还值得商榷。

无论是通过制定标准还是估值，水资源都必须体现出其应有的价值，否则水资源恶化的趋势就会持续下去。



©UN Photo / Kibae Park

第二部分 不确定性和风险条件下的水管理

第二部分简介

政治和社会体系正在发生变革，其方式和影响并非总能被预测。技术在进步，生活水平、消费模式和人类的预期寿命在变化，人口持续增长并不断向日益扩张的城市地区迁移。结果，就像气候变化一样，土地利用和土地覆盖形式也发生了改变。变化发生速度往往呈增长趋势，所造成的长期影响通常也很不确定。变化可能会有中断，也可能存在临界点，一旦超过临界点，变化即不可逆转。

适应变化给我们带来了机遇。过去发生的虽然已无法改变，但现在所作的决策却可以影响未来。

水是一种重要媒介，通过这种媒介的变化，人类活动与气候影响可以作用于地球的表层、地球上的生态系统和地球上的人类。正是通过水与水质，人们才会最强烈地感受到变化的影响。

如果人类面对变化不作正确的应对或规划，那么数亿人将面临因水资源短缺、水污染或洪水而导致的饥饿、疾病、能源短缺和贫困等更大的风险。如何适应水量和水质的变化以及变化中的风险和不确定性，对水资源管理领域仍是一个挑战。

对风险或不确定条件下决策的后果可进行定性有时甚至是定量分析。鲁棒决策就是在极不确定条件下为不同管理行为试图提供支持的工具。

向决策者提供不同的决策工具，展示各种决策（作为、不作为）带来的更加广泛的水资源影响，这对改进资源的整体管理、减少诸多威胁和不利影响具有实质利好。

第八章 在不确定性条件下工作并管理风险

风险和不确定性集中反映了水管理者和社

会经济政策制定者所要处理问题的特征。他们对于这些风险和不确定性因素了解得愈充分，就愈能有效地开展水系统规划、设计和管理，以降低这些风险和不确定性。

目前，水利规划和工程技术人员尤为关注极端事件带来的尚未观察到的不确定性，这些极端事件超出了以往事件所定义的变量范围。如今，这些极端事件正在全球范围内发生。因此，水资源规划和管理人员在分析过程中就必须运用数量非常可观的判断，因为土地利用的变化、城市化的变化以及变化中的气候影响，都会影响到未来的降水量、蒸发量、地下水渗透量、地表径流量和河道流量。

无论选择何种设计方案，总会有失败的风险。任何人在作长远决定时都会受到一些问题的困扰，如可以承受哪些级别的风险；如果未来条件许可，现有设计怎样才能降低未来基础设施扩建带来的成本等。

一旦获得足够的信息用来确定决策结果的可能性并评价其影响，以风险分析为基础进行决策就可以实现。决策过程中可采用各种各样、从简单到复杂的分析工具和技术作为辅助。

我们应鼓励感兴趣的利益相关者团体积极参与决策。这将确保在风险评价和决策评估过程中，充分考量人们对风险和价值的不同观念。为方便利益相关者团体的参与，我们已经研发并成功使用了互动决策支持模型。

有些情况下我们难以对可能发生的事件或未来的结果进行概率排队，这是由于我们对人类和生态过程的认知有限，或是由于复杂动态系统具有的内在不可预测性，但我们仍可以设计一些情境，迫使我们去考虑出现不同结果的可能性以及我们是否要作出可能产生这些结果的决策。水资源的未来取决于人类即将要作出的选择。

拥有用水户和政策制定者的水资源管理机构需要参与替代方法的开发工作，这种替代方法考虑了非静态因素，同时会使水资源工程项目更具适应性、可持续性和稳健性。

如果人类生活受到水资源（于此别无其他选择）的限制，则必然也受到自然系统的限制，因为自然系统提供、处理和分配这些资源。人类需要将自然生态系统、连同现存设施以及决定水分配和使用的人类活动作为整体进行考量，使它们相互作用的同时相互受益，在流域统一体系内共同管理。认识和管理生命系统之间的相互关联性是降低短期和长期风险的一种手段。

第九章 以关键驱动因素剖析不确定性和风险

水资源面临的预期压力不在水管理者的掌控之中。这些压力会对水资源的供需平衡产生重大影响，有时其方式并不确定，因此给水资源管理者和用水户带来新的风险。与日俱增的不确定因素和风险迫使我们以不同的方式制定水资源策略。

对水紧缺和可持续性直接产生冲击作用的动因包括生态系统、农业、基础设施、技术和人口。而根本的动因则是管理、政治、道德和社会（价值观和平等）以及气候变化，这些动因主要通过代理动因施加影响而产生作用。

若没有技术进步或政策干预，在丰水和贫水国家以及各国内部的行业和地区间经济两极分化将会加剧。这可能意味着人口数量多和需水量大的人群不得不争夺愈加稀少且质量低劣的水资源。因为水资源总是被分配到付费最高的行业或地区，这将导致越来越多人的食物、能源、水和卫生等基本需求无法得到满足。这不仅是一种停滞，而且与现状相比明显是一种倒退。

随着城市人口膨胀以及城市供水和废水处理量不断增加，城市供水和废水处理技术的开发应用将有利于降低绝对取水量和废水排放量。这些技术的快速崛起将伴随着人类对环境影响全球意识的预期发生改变，尤其是对水短缺问题的了解将更加深入。

到2040年，一部具有法律效力的应对气候

变化国际公约将会产生，同时大量投资将用于提高低收入国家的认识和适应能力。由于通过水可以直接感受到大部分气候变化的影响，这对水资源总体投资水平将产生积极影响，意味着水利基础设施投资将会增加，并进而带来废水排放减少、可持续流动增加和卫生网络覆盖率提高。

在流域机构和其他团体的支持下，中央水资源管理机构将被赋予更多的权力和资源来有效管理国家水资源。这将促使水在用水户之间以动态的、能够应对气候变化的方式进行再分配，并通过完善的水价体系以及富有创造性的水权交易机制加以实现。面对一成不变的水资源管理模式带来的风险和不确定性，水情境设定显得比以往更为必要。

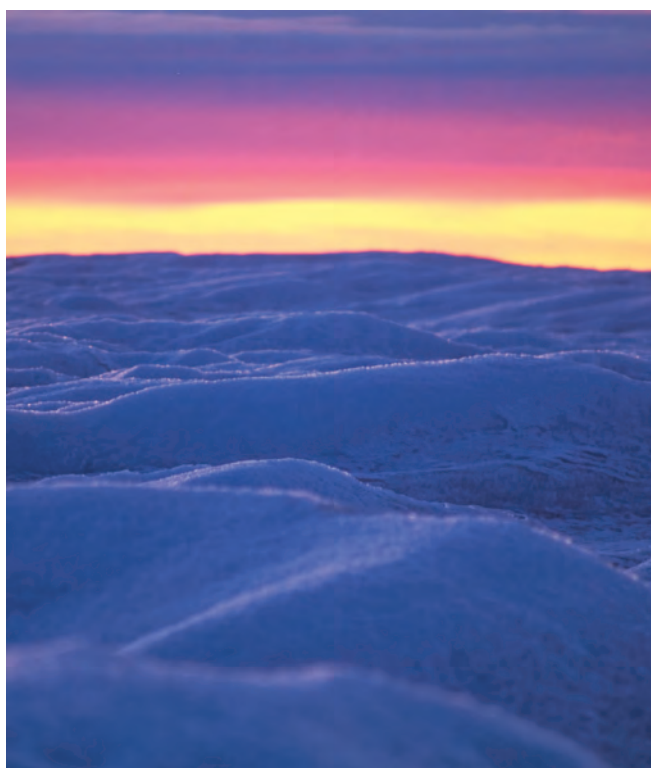
第十章 低估水资源价值使未来充满不确定性

对水资源产生深远影响的政策是由规划部门、经济部门、金融部门和用水部门的政治家以及官员制定的，他们在很大程度上会受到国家经济和金融状况的影响。此外，水资源投资、水资源开发和管理的改革通常也需要符合社会、道德、公平或公共卫生方面的要求。

水正逐渐成为工业、矿业、电力和旅游业等经济活动确定位置需要考虑的关键因素。正在或计划在水资源紧缺的地区投资的公司逐渐意识到其“水足迹”及其对当地的影响，因为这可能会给企业生意带来运行和声誉方面的损害。

评估水的多重社会效益对改进政府、国际组织、慈善团体和其他利益相关方的决策十分关键。反过来说，对水的各种用途所产生的全部效益不能作出全面的评估，也正是政治上忽略水及水资源管理不善的根源所在。

水资源管理的关键在于如何将稀缺的水资源分配给相互竞争的用水户。在世界很多地区，水资源面临的压力越来越大，导致水资源愈发短缺，需求得不到满足。水资源压力主要



©Philippe Bourseiller

受四个相互关联过程的制约：人口增长，经济发展，对粮食、饲料和能源（生物能源是来源之一）的需求增大以及不断加剧的气候变化。我们必须就如何在行业内部、用户群以及行业间对日渐稀缺的水资源进行共享、分配和再分配作出抉择。

第十一章 改革水管理机构、提高应变能力

我们的思维方式要从单纯考虑生态系统和社会系统向将社会生态系统合二为一的方向转变。水管理机构不能只对未来作一种明确的规划，而是要改进评估方法，应对未来可能出现的一系列不同情境，给出所有不确定性可能的出现概率。

无论新药开发，还是核电站或者水利基础设施建设，社会群体之间应持续开展对话，确定人类活动的社会风险容忍度和服务可靠性，这应成为我们承担社会职责的一部分。水资源综合管理（IWRM）理念就是通过这个过程不断树立起来的，它包含可持续发展的不同方面



© Shutterstock / Diane Uhley

(生态、生物物理、经济、社会 and 制度)，但这往往具有路径依赖特性。因此，有效的水资源综合管理应该属于知识密集型和具有适应性，在无力直接控制外部变化时可继续作出响应。适应性管理是对管理行动及其他事件的结果充分了解基础上，面对不确定因素推进灵活决策的制定。

由于世界本身的复杂性，我们作出的大部分对水构成影响的重要决策都超出了“水箱”管辖的范畴。这些决策由政府、私营部门和民间团体的领导层制定。因此，对于技术人员来说，将新措施和新方法告知政府决策者及受决策影响的人非常重要。这需要将技术专家、政府决策者及全社会作为一个整体构建一种规范化的关系结构。

我们最终要跳出传统意义上的水资源管理，走出“水箱”的管辖范围。从体制上加强水资源管理部门与土地管理以及农业、采矿和能源等行业的联系，这将有利于提高决策的效力。意识到这一点需要极高的领导能力。我们还要克服传统方法的惯性并应对不同参与方的

抵触情绪。决策者需要得到帮助，将这些概念变成现实，同时也需要有勇气接受批评并与其他人分享权力。

为了作好决策、管理好特殊不确定性和风险，我们必须对其有清楚的了解。因此，为决策者提供充分准确的信息，使决策者在不确定条件下有一定的控制能力就显得特别重要。只有这样，管理不确定性的压力才会减轻，并会产生更加积极和实在的效果。

第十二章 为更可持续未来强化水利投融资

水的方方面面都需要资金支持，需要程度远远超出目前的实际水平，不仅是硬件基础设施，还包括同样重要的软件措施，如数据采集、分析和传播，人力资源和技术能力建设，法规制定及其他管理事项。

投资水利基础设施，无论是实物资产还是自然资产，都可成为增长的驱动因素和减少贫困的关键手段。

为水治理提供充足的资金对减少不确定性和管理风险来说必不可少。通过环境控制、地下水监测、取水许可及污染监控等有效措施，可减少水资源过度开采、地表水严重污染和含水层发生不可修复污染等风险。这些管理功能可适当通过征收取水费和排污费来自我筹资加以运行。

忽视国家水观测体系建设并任其衰落下去，会导致重要水文数据严重缺失。国家水信息库升级技术方面的投资会带来非常可观的回报，国际开发集团正在把支持目标转向这个领域。这类信息对于国家来说十分重要，但经常被当作本地、流域、地区或国际公益产品，导致投入和供应严重不足问题。

由公共部门实施适应和减排项目可吸引大量发展基金，包括专门为适应项目新设立的基金。然而，适应/减排的大部分工作主要落在私人公司、农场主、家庭及其他独立经营的机构身上，出于特殊情况，他们不得不依赖其他



©Shutterstock /sootra

资金来源。

技术的大量应用如海水淡化和中水利用，与单纯依赖地表水和地下水相比，可减少和分散风险。由于海水淡化厂和中水项目（需要在废水处理厂进行大量投资）本身有独立承担商业风险的潜能，因此可通过股权融资或商业融资。

自2007年以来，由于全球金融形势不利，水领域的商业融资变得尤为困难。这一点在拉丁美洲特别突出，作为特定地区的典型问题，它使新的私人投资丧失了对水利基础设施的兴趣，还导致现有公私合作伙伴（PPP）联营体中出现合伙人不稳定状态。在为特许权交易提供金融服务方面，金融环境已影响到风险资本（如股权）和借贷资本的供应，原因是资金流动性变差，而且国际银行的问题对当地银行也形成了冲击。许多创新交易方式通过捐赠机构的技术援助和风险共享形式创建，因此存在一定的风险。

一般情况下，金融违约风险可以通过风险预测定制金融条款及预测相关项目的现金流来管理。对于复杂的大型项目，普遍的做

法是将不同的融资方式（商业贷款、特许借贷、赠款及股权）组合成共同可以接受的混合体。

在面临未知因素和风险情况下，有一种可行的融资方式。它融合了各项有效措施，如绩效测评、标准和技术选择的审核、收费率提高、由用水户更好地弥补成本、更多可预期的政府补助和官方发展援助（ODA）以及利用目前已有的风险分担排列手段，精减基本收入的使用以吸引可偿还资金。

第十三章 应对水管理的风险和不确定性

应对风险和不确定性的措施不可能世界通用。但通过研究其他人已经尝试过的各种方法，还是可以学习借鉴他们在不同情形下取得的成功经验或失败教训。这些应对措施通常包括利用各种工具对适用于发达国家和发展中国家不同地区的水资源规划、政策、基础设施设计和运行规程方案进行评估和确定。

减少不确定性最直接的方法是掌握目前和

将来可支配水量和水质的新问题和新情况。在减少不确定性方面，数据采集、分析能力和预测能力都非常必要，这将有助于水分配、水利用、水调度和水处理方面的决策制定。尽管有关水的风险没有减少，但我们对其却有了更好的了解。

适应性管理战略基于新的视角允许转变方向，可帮助人们建立和维持具有灵活性和容错能力的机构设置和技术体系，并为透明决策过程提供方便。投资建设各种蓄水工程，从小型雨水集蓄池和大型水库大坝到人工回补地下水层系统，再到改良土壤以提高其持水能力，这些都是为了满足不断增长的蓄水需要而作出的选择。在干旱时期，蓄水可提高粮食安全。就像现代消费者为降低风险对其拥有的金融资产进行多样化处理一样，小型自耕农场主可通过“水银行账户”组合，为应对气候变化影响争取缓冲时间。

对于决策者来说，在可用水资源有限、需求不断增长和变化，愈发稀缺的金融资源和实物资源使竞争趋于激烈条件下，必须面对相当大的风险和不确定性进行有效规划，并作出周全的决定实属不易。在处理风险和不确定性时，各国可采取预防措施或维持现状，这完全取决于他们在处理风险和不确定性时作出取舍的意愿程度。只有维持现状的费用超过实施改变的费用时，政策才会发生变化。但是，并不一定所有的折中都是负面的。实际上在处理水领域内外的风险和不确定性时，还是有不少双赢的实例，不仅使多个部门多方面受益，而且对水行业带来长远的好处。

第十四章 打破水界限束缚、应对风险和不确定性

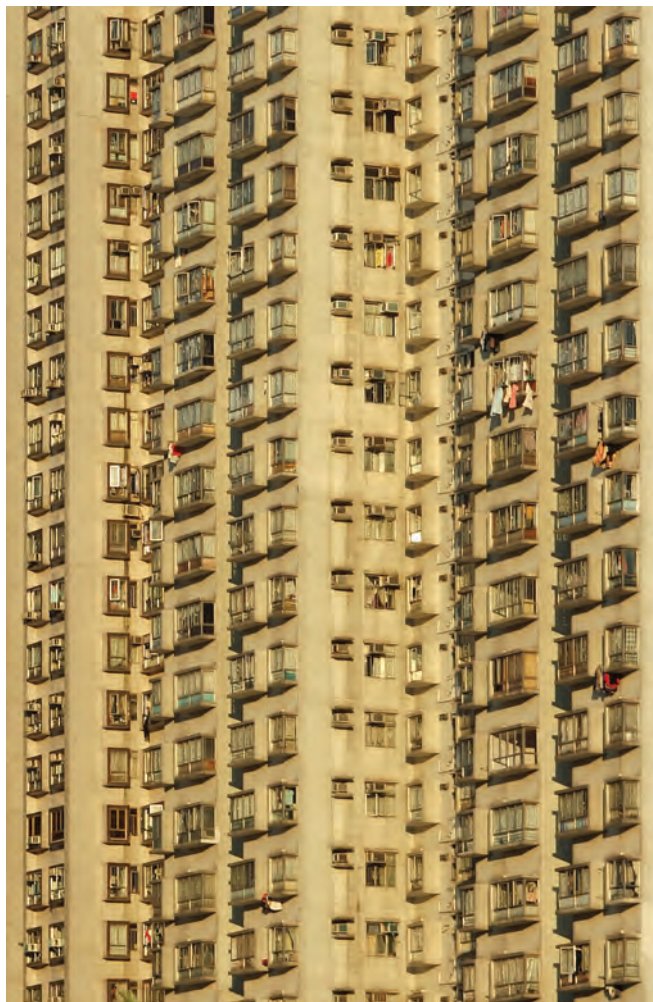
水行业的许多问题由其他部门的决策所导致，解决水问题的方案同样可以在这些部门里找到。无论身处水世界内部还是外部，大部分决策都涉及到某种形式的风险管理。与商业决

策一样，预测未来的效益或危害是部门决策不可分割的部分。这些决策并不总是把水问题考虑在内，但往往会对水造成影响，对水管理者不得不从中作出选择的决策和反应类型也构成影响。

除了保障粮食、饮水和卫生这些人类基本需求外，许多开发活动也会给水风险和不确定性带来影响。很多情况下，大量的开发活动意味着用更多的水，同时经济高速增长也会导致更多的水污染。

选择多样化的经济增长方式有助于解决与可用水量相关的风险和不确定性，可很少有国家选择这么做，因为交易损失和政治上的代价太高，而且会立即感觉得到。

某些情况下，绿色增长模式可将发展挑战转化为可持续发展机遇，例如缺少化肥供应。按照这个模式，当前的缺水问题可为技术创新



© Shutterstock / jaymast

创造条件，帮助各国向更加绿色的增长方式迈进，同时避免了其他国家通常会面临的风险。气候变化是当前人类社会面临的最高等级不确定性因素的代表之一。对全球而言，某些类型的影响，如温度上升和海平面上升，发生的可能性相对较高；但这些影响对地方而言很难预测。

大部分商业决策是基于风险和不确定性方法而制定。投资和生产模式领域的决策就是对未来作出的假设。许多单纯根据财力底线作出的决策，同样可以有效地减少与水相关的风险和不确定性。

政府的财政政策，如不同的税率或为某地吸引投资和招商制定的激励措施，连同法制工作框架，通过为投资环境设定一定的边界条件，从而有效降低不确定性。

政府还可通过为单位水量定最高的值来吸引投资，但可惜的是，这类决策的案例还比较少见。

对水资源的定价和评估可引导商业决策的制定，尤其是当水作为生产中一项关键投入时更是如此。这些措施还可帮助企业认清交易中的取舍权衡、成本和效益/共同效益，否则这些企业主无法了解这些情况。

随着全球对大规模传染病和快速传播的动物疾病和人类疾病关切度的提高，水与健康规划相互结合显现出双赢的效益。因为水在某些疾病传播流行中充当了传播媒介或是决定性的因素，因此加强全球大规模传染病预防（或准备）将对涉水风险和不确定性的管理产生多种效益。

许多国际组织都重视水-粮食-能源之间的关系，这也说明当今政策制定者面临着最为艰难的抉择、风险和不确定性。大量的实例表明，倾向于某一方面会对另一方面（如粮食安全对能源安全）造成各种有意或无意的影响。我们面临的重要挑战是如何把各种风险的复杂的、相互交织的关系统筹起来，形成具有整合性的应对策略，并考虑各相关利益方的利益。

保险是化解风险最古老的机制之一，它适用于所有部门，同时也有助于减少涉水风险的影响。基于指标（或参数）的保险还可作为各部门风险管理潜在的有力工具。

关于共享跨界流域水量分配的水协定或协议正在以成倍的速度增长，这些协定或协议通过确立信任建设机制，对利益相关方行为有一定程度的预测性，因此，可以说具有降低其他风险的附加效益。

签署的协议或协定不以水为目的也可减少涉水方面的风险和不确定性，特别是那些在自然资源利用上为对方的行为提供了双向担保的协议。



©UN-HABITAT

引言

作者：理查德·康纳

供稿：丹尼尔·洛克斯、玛丽莲·史密斯



在世界任何地方，没有人能保证用水户可以不间断地获取所需要或所想要的供水服务，也不能保证用水户可以不间断地从农业、能源和卫生等重点发展行业获取水资源所带来的利益。经济社会体系和环境系统对于世界各国的繁荣、各国人民的幸福至关重要。各国的案例提醒着我们，忽视水资源的核心重要性将最终导致经济社会体系和环境系统的崩溃。

固然，社会经济发展的各个方面，即通常所称的粮食-能源-卫生-环境“联合体”，都依赖于水。但仅有这样的认识还不够，因为它们之间是一种互相依赖的关系。推动经济社会发展的各项活动会促进重要政治、经济决策的形成，也会影响水资源的分配和管理方式，并对可用水量、水质以及其他发展行业产生重要作用。正是水将这个“联合体”所涉及的所有行业联系在一起。

人口增长，生活水平不断提高对资源需求的日益增大，以及其他各种外部变化的动力，共同形成了不断增长的需求，给地方和区域内用于灌溉、发电、工业和生活用水的水供应带了巨大压力。这些作用力表现出不断加快、不可预测的变化趋势，给水资源管理者带来新的不确定性，也增加了以水为纽带所有发展行业的风险。同时，气候变化也给淡水供给和农业、能源等主要用水行业带来新的不确定性，这进而加剧了未来用水需求的不确定性。总而言之，决定水资源供需变化的各种因素，本身就正在发生不可预测的变化。

水是生产一切商品和日用品，特别是粮食的关键元素，因此市场上销售的各种商品中都有水的存在。贸易全球化意味着所有的国家和商业机构都自觉或不自觉地参与到了虚拟水的“进口和出口”中，因而他们对国际贸易和国外投资保护体系给当地和区域带来的负面影响（包括日益恶化的缺水和水污染问题）也负有一定的责任。由于用水需求和水资源可利用量变得愈加不确定，各国社会都更容易受到水资源供给不足导致各种风险的威胁，包括饥饿、

干渴、高患病率和死亡率、生产率降低、经济危机、生态系统退化等。这些影响将水提升为一个全球关注的危机焦点。

《世界水发展报告》第四版归根结底阐述了一个观点：所有的用水户（不管是好是坏，也不管知情还是不知情）都是变化的动因，他们既影响水循环又受其影响。这说明在当今世界里，用“一切照旧”的方式进行水资源管理无异于像盲人一样无视维系生命和福祉的生态系统。过去的观点大多寄期望于政府把水资源作为一个“行业”进行管理，而粮食、能源、卫生等其他真实的行业决策者却甚少关心自己的行为会对水循环和其他用水者造成何种影响。这就造成了政策和行动的脱节，也导致对后续结果无人管理。不同的用水户、决策者与孤立的水管理者之间缺乏联系，使得水资源严重退化，也给其他依赖于水资源的行业带来了更大的风险。

这项评估最棘手的一点也许是，目前水循环反映出的变化率让专家们感到非常困惑。历史资料并不能为预测未来的用水需求和水资源可利用量提供可靠的依据。本版《世界水发展报告》在承认我们目前对水循环面临种种压力的认知如同沧海一粟的同时，也给所有的用水户和所有行业的领袖和决策者提出了挑战：要想知道自己的行为如何影响水资源的质量、数量、分配和使用，就必须向拥有和分享这方面知识进行投资。只有在集体的努力之下，我们才能找到降低不确定性和管理风险的途径，平衡和优化通过水提供给人类社会的多方面重要效益。

正如《世界水发展报告》第三版所言，全球化进程使几十亿人受益，但也在很大程度上放弃了“底层十亿人”的利益，这其中妇女和儿童占了很大比例。他们被边缘化，极易受到目前现有各种风险的威胁。小到一地，大到全球，学会如何合理地平衡水资源带来的各种益处将是应对改变的一把必要钥匙。如果解决涉水问题的措施没有明确地将平等问题纳入议程，最贫穷、社会地位最低下的人们可能仍将

无法分享这些解决措施带来的成果。

已有若干这样的成功事例，即多方面的利益相关者并肩工作，将影响水循环的各种因素的快速变化转变为提高水资源供给、使用和管理水平的新机遇。本书中所涉及的案例，特别是第十三章、第十四章提到的取得进步的案例，都强调了大范围的水利益相关者在知识构建、政策、技术以及更多的投入等方面的交互作用，但同时也强调了每个和每种情境的复杂性，过分强调某一方面都会导致着力点的失衡。

《世界水发展报告》第四版的新意

《世界水发展报告》第一版和第二版根据水资源面临的不同“挑战领域”，综合评估了影响到水和关系到水的各种问题、趋势和发展。在联合国牵头机构的协调下，这些挑战领域作为相应的单独章节，描述了资源和生态系统状况，人类卫生、粮食与农业、工业、能源和人居环境等主要用水行业以及风险管理、水资源共享、水资源价值、知识与能力提高和加强治理等面临的管理挑战。

《世界水发展报告》第三版采用了不同的方法和结构，根据对外部性及其对全球水资源状况、使用和管理的作用的认知，从整体上对水资源领域进行了分析。报告引入了“外部作用力”的概念，对导致变化的主要“驱动”以及这些因素如何最终影响人类对淡水资源的需求，进而对淡水资源产生影响进行了综合介绍。报告传达出的关键信息是，大多数与水有关的决策不是由水管理者制定的，而是由“水箱”之外的决策者，即公民社会、商界和政府部门的领导者制定的。这些决策涉及政策制定、资源配置以及其他政治方面和操作过程的种种问题，而这些问题会通过分配和需求直接地影响到水，通过各种驱动因素间接地影响到水。

《世界水发展报告》第四版在综合了以往三版不同要素的基础上，包含了一些全新的

内容。

第一，书中对曾作为第一版和第二版内容基石的12个挑战领域报告重新作了介绍，有关内容依然是在联合国牵头机构的协调组织下完成的。但以往版报告对挑战的介绍是全面而概括性的，本版报告与以往版本有所不同，涉及挑战的篇幅相对较短，且着眼于介绍重点挑战、最新进展、发展趋势，外部驱动因素及其给水系统带来的压力，以及如何引导人们更好地理解不确定性和风险管理，更好地发现机遇。报告通过具体的事例详细阐述了在此背景下进行水资源管理和制定水政策的途径，这些事例涉及的范围包括为基础设施或需求管理提供适应型设计的标准、机构能力建设以及不同发展行业的政策制定。

第二，除了这些挑战领域报告之外，第四版还新增了4篇报告，探讨前几版《世界水发展报告》中未曾专门论述的问题，它们分别是水质，地下水，性别问题，以及荒漠化、土地退化与干旱。

第三，认识到全球水资源面临的挑战在不同的国家和地区有所不同，《世界水发展报告》第四版新增了5个区域报告，这也是《世界水发展报告》第一次提出地区焦点问题。这些“区域报告”，采用与挑战领域报告相同的总体结构，由联合国各区域经济委员会负责协调编写。

第四，《世界水发展报告》第四版更加深刻地剖析了第三版报告所阐述的各种驱动因素，并分析了它们未来演变的可能性。这些分析源自世界水评估计划情境项目第一阶段的成果，该项目的有关情况在《世界水发展报告》第四版中也有所论述。

第五，《世界水发展报告》第四版设立了一个主题，即“不确定性和风险条件下的水管理”，这一主题是本版报告最突出的议题。但这并不意味着本书讨论的就是不确定性和风险，而是透过不确定性和风险审视水资源、水资源利用与水资源管理目前面临的挑战。本版报告将不确定性与各种外部驱动因素联系起来

考虑，从“水箱”内外两方面看待风险管理，这将《世界水发展报告》第三版采用的整体方法又向前推进了一步。

总之，在《世界水发展报告》第一版和第二版采用的综合方法及《世界水发展报告》第三版采用的整体观点基础上，《世界水发展报告》第四版阐述了水资源挑战领域和不同地区面临的关键问题，对与水关联的外部作用力，即驱动，进行了更加深入的分析。本书力图以此让读者了解情况，提高对源自已然加速的变化带来新威胁的认识，提高对产生不确定性和风险的多种相互关联作用力的认识，最终强调对这些作用力可进行有效管理，并通过在水资源分配、使用和管理领域采用创新方法，进而获取重要的发展机遇和效益。

结构和内容

《世界水发展报告》第四版包括四个部分。第一部分，“现状、趋势和挑战”，综述了最近的进展、出现的趋势和重要的挑战，包括对此产生驱动的外部作用力及其带来的不确定性和风险。第二部分，“不确定性和风险条件下的水管理”，是本书的中心部分，透过不确定性和风险这面镜子研究了影响水资源管理、制度、分配、融资等方面的各种决策，特别强调了气候变化和其他一些导致变化的驱动力。第三部分是本书的第二卷，“知识库”，由联合国水计划成员机构组织编写的每一个挑战领域报告和由联合国区域经济委员会组织编写的区域报告组成。第一、第二部分以及其他的辅助性资料的许多内容是从第二卷的这些报告中提取的。与前几版一样，《世界水发展报告》第四版也包含案例研究的内容，作为本书的第四部分，即本书的第三卷。15个国家层面的案例研究介绍了有关国家实现与水相关发展目标的进展情况及遇到的困难，这些困难可能会导致拖延，许多情况下会使问题恶化，这表明我们既要借鉴成功的经验，也要汲取失败的教训。

第一章是本书的开篇，从全球视角对水资

源进行了介绍，强调不能将水仅仅看作是一个单一的行业。第一章还讨论了在实现各种不同发展目标的过程中，水的中心地位和跨领域的特性，这在国际重要进程中正在演变为事实，如《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的磋商、联合国可持续发展委员会（UNCSD）组织的里约+20峰会的筹备等国际进程，或者说在各国体制框架内正在得到充分的实施。

第二章是本书第一部分的开始，重点介绍了粮食和农业、能源、工业、人居环境等主要行业的水需求。在介绍最新趋势和发展情况的同时，本章还描述了主要驱动因素面临的压力，与每个行业相关的不确定性和风险，对未来用水需求（可能的情况下）的预测，以及可能的应对措施。本章的最后一节将生态系统看作是一个水“用户”，认为生态系统的需水量取决于我们想要生态系统维持或恢复人类想要的利益（提供服务）所需的水量。

第三章关注的是水资源平衡中的供给侧的有关问题，概括了前几期发展报告提供的信息，本章探讨了大范围的气候驱动因素对全球水资源时空分布的影响。本章还论述了地下水和冰川这两个关系到水储备的非常重要的事项，指出了其脆弱性以及超采（地下水）和气候变化（冰川）带来的长期风险。第三章的最后部分探讨了最紧迫的水质问题以及由此可能产生的风险。

第四章从人类健康和生态系统两方面，重点介绍了水资源带来的各种益处，以及自然灾害和荒漠化带来的挑战，对这些问题的当前发展趋势和热点话题、与主要外部驱动因素相关的不确定性和风险以及应对措施进行了阐述。本章还有一节重点关注了与性别相关的挑战和机遇，并在最后一节探讨了目前全球水资源平衡情况，论述了水在联结有关行业中的作用，而这些行业关系到发展和消除贫困。

第五章介绍了不同的水资源管理体系和制度如何发挥作用，分析了它们面临的挑战，论证了知识建构和能力建设在解决愈演愈烈的不确定性和风险方面发挥的重要作用。

第六章探讨了完善数据和信息对改进决策

的必要性。本章描述了专注于一小组具体数据项的值可开发出大量的性能指标，还强调了几种具有发展前景的选项，如果这些方法应用得当，可为水资源管理者以及“水箱”内外的机构和决策者提供极有价值的信息。

第七章摘要介绍了本书第三部分（第二卷）中的5篇区域报告。这5篇报告分别涉及非洲、欧洲和北美洲、亚太地区、拉丁美洲和加勒比地区以及阿拉伯和西亚地区。报告从各地区的驱动力及对水资源的压力、主要挑战、与之相关的风险和不确定性、相关热点问题、应对挑战的案例以及可能的应对措施等方面分别进行了论述。本章以及整个第一部分，以对不同地区与全球挑战之间的相关联系的论述为结束，描述了各地区人们的行动如何给世界上其他地区带来负面影响的同时也产生机遇。

从第八章开始是本书的第二部分。第八章介绍了风险和不确定性的一些基本概念，包括阈值、临界点、非稳定性，及其对水资源管理、决策和政策制定的意义。本章还介绍了应对不确定性和风险的不同原则和方法，并列举了它们策略性运用的例子加以说明。

第九章建立在对主要外部作用力（即驱动）的分析上，这些作用力在《世界水发展报告》第三版中首次被引入。本章探讨了10个关键驱动可能的发展趋势及其带来的不确定性和风险。此外，本章还介绍了世界水评估计划世界水情境项目第一阶段的成果，揭示了这些推动变化的驱动之间存在的复杂联系。本章最后一节用几个简短的例子说明以水为中心的发展策略可以给人类带来怎样的未来。

第十章重点关注的是水资源的价值、水资源的效益和水资源的配置。本章阐述了水利投资以及水资源发展和管理模式改革所涉及的经济要素。论述从水资源给经济带来的综合效益入手，进而探讨了水资源在水循环不同环节的价值，并揭示了在水资源面临的压力、不确定性和与之相关的风险不断增大的情况下，这些效益和价值如何为水资源配置和政策制定提供

信息帮助。

第十一章为政府、私营部门和公民社团等机构的领导层介绍了一组不同的工具，大部分对水资源造成重要影响的决定由他们制定。支持决策的重要工具包括预测和情境分析，综合考虑未来可能出现的各种情况可以帮助决策者作出更稳健的决策。本章还介绍了一种用于开展急需性适应工作、具有主动适应性的水资源综合管理的重要工具。最后一节重点探讨了开展制度改革、更好地应对不确定性、进行风险管理的方法。

在第十章案例的基础上，第十二章指出水资源开发是可持续发展的关键，是绿色经济不可或缺的组成部分，并论述了对水资源开发的各方面加大投资的必要性，既涉及基础设施建设等“硬件”部分，也涵盖了与“硬件”同等重要的“软件”项目，如能力建设，管理，数据收集、分析和传播，制度规章及其他与治理相关的内容。本章还提出采用提高内部效率等方式减少资金缺口，通过用水户付费、加大政府预算和官方发展援助资金的投入等提高收入，并利用这些资金流来撬动债券、贷款和股本等应偿还融资。

第十三章从水资源管理角度介绍了一系列应对风险和不确定性的方法，给出了运用监测、建模、预测、适应性规划和主动管理等手段降低风险与不确定性的案例，同时还介绍了通过对基础设施 and 环境保护工程投资来降低威胁和使风险最小化的案例。最后一节介绍了在水资源管理决策过程中进行权衡和取舍的案例。

第十四章是本书第二部分的最后一章，重点关注了“水箱”之外如何应对风险和不确定性。本章还选取了一些案例来说明以减贫、推动绿色经济发展、应对气候变化（从适应和减缓而言）、为商业决策提供信息和管理行业风险等为目的的行动和政策对水资源产生的积极或消极影响。本章最后一节介绍了降低风险和不确定性的途径，解释了保险、条约以及跨行业合作的作用。

第一章

认识水的核心地位及其全球 维度

作者：理查德·康纳、汉娜·斯托达德

供稿：大卫·寇兹、威廉·科斯格罗夫、菲利克斯·多兹、乔金·哈林、
保罗·海格尔、凯伦·莱克森、杰克·莫斯





水是维持万物生命和百姓生计必不可少的资源。安全的水为人们饮用、卫生和提供食物之所需，能源生产以及支撑诸如工业、交通之类的经济活动也需要充足的水。自然环境中的水可以确保生态系统的各种服务功能满足人类的基本需求，并维持人类的经济和文化活动。长期以来，水问题一直无处不在，无时不有。水是地球的命脉，是人类社会的命脉，人类社会依水而繁荣，但水却经常为人随意取用，各个部门、各个层级的人都可以对用水作出决定，且不充分考虑对水资源及其他用水户的潜在影响。21 世纪治理面临的挑战是在作出各种决策时，要把水放在中心位置，横向而言涵盖各行各业，纵向来说涉及地方、国家、地区以及全球层面。要使之变为现实，必须满足两个关键的先决条件。

首先，人们要认识到水是自然资源的一种，是人类所有社会经济活动以及生态功能实现的基础。水涉及和影响到人类生活的方方面面，要逐一列出并不容易。水是人类生活的根本，也是生产其他必需品不可或缺的要素。例如：水是生产粮食、纤维、饲料、生物燃料，发电，以及各种产品工业生产和制造过程中必需的资源。水还具有可交易的一些特点，如通过管道、瓶装、油轮、货船等形式可直接进行交易，也可通过商品间接或者“虚拟”地进行交易。水虽然具有明显的公共物品的特性，但在很多情况下，它被认为是一种商品。认识水的多方面特点和水的多方面作用对有效治理水至关重要。

其次，人们需要更加清醒地认识到水不仅仅是某个地方、国家或地区的问题，仅从某个层面着手无法解决水资源问题。水将全球联系、交织在一起，地方、国家或地区作出的与水相关的决策都无法摆脱全球范围内各种驱动因素、趋势和不确定性的影响。对水资源造成影响的因素不但来自“水箱”之外，还来自于地方、国家和地区的“决策圈”之外，而且后者的影响更加重要。水是无处不在的，而且随着发展，水问题牵涉到各个层面。认识到这一点，对地方、国家、地区各层面的水治理进程都具有意义，也意味着我们应共享专业知识、向更完善的水资源管理迈进。

仅从地方、国家或地区的层面出发，不能应对气候变化、国际贸易模式、外商投资机制等动因和驱动因素带来的全球影响。认识到这些因素的全球性可能会影响各国的制度安排种类，以便对涉水挑战作出全球性应对。2012 年联合国可持续发展大会及其后续的行动方案¹ 为各国就这一问题继续开展交流提供了机会。《联合国气候变化框架公约》有关减轻和应对气候变化的协商，以及围绕联合国千年发展目标开展的 2015 年后发展议程，同样为各国就水问题交换意见提供了平台。与之相关的行动还包括《拉姆萨尔公约》、生物多样性公约和防止沙漠化公约。八国集团、二十国集团以及世界经济论坛、世界水论坛、世界社会论坛等各种官方和半官方的论坛、组织也影响了国际社会的意见。

本章围绕水是经济社会发展至关重要的自然资源、水资源管理具有一定的全球性等议题展开探讨。除了在地方、国家和地区层面采取应对措施之外，还需要采取全球性的应对行动。在地方和全球两个层面，人口增长、技术进步、生活方式的转变、不断增加的消耗以及气候变化等问题都给水资源管理带来不确定性。

1.1 超越水是单一行业的概念

水是经济社会各主要行业必需的资源，在各领域以不同方式发挥着作用。农业灌溉需要消耗大量的水，同时各种作物生产过程中对水质也有较高的要求。能源领域也离不开水，水力发电需要用水推动涡轮机，火电和核电需要用水冷却动力装置，生物燃料作物生长也需要水。获得安全用水和基本的卫生服务是维持公众健康的必要条件。健康的生态系统可以给人类提供重要的环境产品和服务，但维持生态系统的健康也离不开水。所有上述行业的效益都是通过水供给人类的。

《世界水发展报告》第三版关注的核心问题是“水箱”之外的决策给水资源带来的影响。公共健康、城市化、工业化、能源生产和农业发展等诸多规划相互制定过程中，经常将水资源主管部门和水资源管理者排除在外。不仅如此，水资源供需管理缺乏统筹考虑，常常用来满足具体发展目标的需要，而不是将其用来平衡对水资源的不同需求，以优化水资源带给人类的利益，并在不同的社会和经济体中分享这种利益。这种割裂导致水资源可持续性发展面临的风险加大，也使得建立在有限供给基础上、相互争夺这些供给的各种不同发展目标面临更大的威胁。气候变化使这一问题进一步恶化。气候变化对水资源的影响，以及对推动需求的各种因素的影响，将水问题由一个偶然发生的问题变成了全球许多地区都需面对的尖锐难题 (Steer, 2010)，也使得加强与“水箱”之外各方的共同协商变得尤为迫切。

满足社会、经济和环境的用水需要，通常被视作是水行业的职责，他们要建设必要的基础设施，将水引到合适的地方。但事实上，水涉及所有的经济、社会、环境活动。正因如此，水资源治理就需要各方利益相关者的合作和协调，涉及跨行业管理。而且，受到多种因素、各种趋势和不确定性的影响，水资源可供量必须要置于水循环的背景下考虑，远远不是某个范围狭窄的行业所能涵盖的。水资源综

合管理 (IWRM) 就充分体现了这一原则，这种管理方式意图统筹农业、能源、工业等行业对水的需求，并保障人类基本生活和生态系统功能所需要的水 (见第五章)。但这样的治理框架发展缓慢，因为水资源综合管理原则的落实，需要相应制度的配套以促使人类协调社会发展的各种目标，统筹考虑不同行业的水资源配置。在缺少制度化的水资源综合管理体制及相似协调机制的情况下，对水-粮食-能源-卫生-环境相互联系的认知逐渐加深，可以帮助依赖水资源的不同行业的管理人员在作规划时能更清楚地认识到自己的种种行为——包括对水资源的使用——会对水资源和其他用水者产生何种影响。

毋庸置疑，是水将专家、管理人员、官员以及其他利益相关者联系在一起，这些人担负着有效管理水资源、应对不断增长的需求的责任。因此，我们不能完全否认水作为一个行业的地位。水治理关键的一点是要认识到水不仅仅是一个单一的行业，各行各业都需要水来提供效益，这就要求依赖于水的各行各业和各个团体要积极主动相互磋商和协调。特别是，与水相关的各机构和个人都有责任为决策人士和主管部门就水资源的可持续使用和管理提供信息和指导，以优化和共享水资源带来的种种好处，将水纠纷降至最少。简而言之，应对水资源面临的危机需要经济体中各行业的参与，需要强有力的执行机构，具有相应的权力、能力和领导力，在水资源管理中发挥积极主动的作用，而不是消极被动地应对，并促使各行业在社会和环境可持续性容许的范围内有效地利用水资源 (Steer, 2010)。政治领导力对建立、评价和维持需求管理框架的重要作用不可轻视。本节将对这些领域中某些格外重要的部分进行简要介绍。

1.1.1 粮食

灌溉和粮食生产用水是淡水资源面临的巨大压力。农业用水大约占到了全球淡水消耗的70%，在一些快速发展的国家，这一数字甚至

会接近 90%。全球人口将在今后 40 年内增加 20 亿~30 亿，再加上饮食结构的变化，预计到 2050 年，人类对粮食的需求将会比现在增加 70%（见 2.1 节和第十八章）。但是，出于种种原因，作为最大的用水行业，粮食生产是未来全球水需求最大的不确定因素。

首先，预测未来几十年不同国家和地区的饮食结构变化非常困难，因此需要生产何种粮食（其所需的水量不同）很难确定。未来所需生物燃料的数量是未知的，生产生物燃料与农业生产对水土资源日益激烈的争夺对粮食生产会产生怎样的影响也将不得而知。我们还很难预测农业用水效率方面的技术进步对未来农业用水需求的影响程度。最后，气候变化给未来水资源可利用量及其时空分布带来了诸多不确定性。

短期内，粮食需求的不断增长对全世界的农民和农业生产者，特别是经济高度依赖农业生产和农产品出口的发展中国家而言，是个重大经济良机。应对不断增长的粮食需求有许多可持续性的解决办法，比如发展抗旱作物、鼓励提高灌溉用水效率、取消鼓励低效用水的补贴、完善规章制度以控制因化肥过度使用而产生的污染等（WEF，2011）。水资源管理者和农业生产规划人员之间的对话对保障人们正确认识和正确实施上述措施至关重要，这可降低与粮食安全、水安全相关的风险和不确定性。这种对话必须要有农业和生物燃料行业各层次的利益相关者的加入，以使决策层了解这些群体现在及未来的分配需要。

1.1.2 能源

水和能源之间是一种互惠关系（见 2.2 节和第十九章）。人们需要通过消耗能源来使用水，水的提取、分配和使用过程中各个环节都需要消耗能源来提水，运输、加工和处理水（USAID，2001）。全球生产的能源中，7%~8%用来提取和通过管道输送地下水以及地表水和用于废水处理（Hoffman，2011），在发达国家这一比例会高达 40%左右（WEF，2011）。

海水淡化对能源的消耗尤其大。废水处理也需要消耗可观的能源。2006—2030 年，全球范围内废水处理消耗的能源会增加 44%（IEA，2009），特别是非经济合作与发展组织成员国国家目前对废水很少进行处理或者根本不进行处理（Corcoran 等，2010）。

“水治理至为重要的一点是……认识到水不仅仅是一个行业。”

与此同时，生产和使用能源需要消耗水。火力发电和核能发电需要用水来冷却发电装置。对于水电、太阳能发电等替代能源或可再生能源而言，水也是必需的，水力发电更是需要水的直接参与。生物燃料是对水的一种额外需求，会和粮食生产争夺有限的水土资源。2009 年，无法获得供电的人口达 14 亿，约占世界总人口的 20%。2007—2035 年间，全球能源消耗预计会增加 50%，其中 84%的增长来自非经济合作与发展组织成员国国家（IEA，2010b）。因此，人们需要加大能源供给，以弥补目前能源供给的缺口，满足不断增长的人口和人们日益提高的生活水平的需要。但这会带来一系列的问题：未来不同地区的能源结构是怎样的？生产这些额外的能源需要多消耗多少水？这些未知的问题是造成未来水资源需求的不确定性的主要因素之一。气候变化使情况进一步复杂化，因为气候变化的缓解和适应措施会对能源产生影响（见 1.2.1 节）。为缓解气候变化，可再生能源投资面临更大的压力，这就可能带来水资源可观的折中交易。

水与能源的关系说明了其他发展行业中水的中心地位。比如：缺少洁净能源（如在室内烧柴做饭）引起的健康问题经常和缺乏洁净饮用水导致的疾病（见 4.1 节和第三十四章）一起出现。政府如何能在扩大能源供给范围的同时更好地满足生产生活用水需求？提高能源生

产效率和提取、运输、处理水的效率将至关重要，因地制宜选择合适的能源也极为关键。生物燃料是能源结构中越来越重要的组成部分，欧盟计划到 2020 年将交通运输消耗的燃料中生物燃料所占的比例提高到 10% (EU, 2007)。这一目标饱受争议，因为这实际会促使人们将原本用于生产粮食的土地改种生物燃料作物，使粮食价格上涨的压力更大，而且某些情况下还会导致森林被开垦成种植生物燃料作物的土地。各方对此的预期各不相同，但正如国际能源机构指出，最保守估计，2030 年生物燃料在公路交通运输消耗燃料中所占的比例也将达 5%，这可能会占到全球农业耗水量的 20% (《农业水管理的全面评估》，2007)。当然，如果生物燃料的替代技术（如：藻类光合反应器）可以大范围推广，那么我们的预期会产生巨大的改变。这也进一步说明了需求不同而又相互关联的各行业给未来水资源需求带来的不确定性正在日益加剧。

1.1.3 人类

人体内的水大概占人体重的 60%，除了生理上的这种水合作用，水还是满足人类基本生理需要的必需品，同时给人类提供各种各样的其他益处（见第四章）。获取饮用水供应和卫生（WSS）服务是满足人类许许多多需要中的关键。安全的饮用水和卫生服务对人类的健康、幸福和经济社会发展的重要性毋庸置疑，因此这也成为本书反复讨论的关键话题。

与供电一样，供水和卫生服务也属于“服务性行业”，需要设置相关机构和配套的财政机制，才能提供一系列基本的服务。事实上供水和卫生服务部门发挥着重要作用以致于人们经常错误地认为水与供水和卫生服务部门同义。这种认识是不对的。与农业、能源以及其他行业一样，水也是供水和卫生服务行业赖以生存的源泉。这种情况下，水既是供水和卫生服务行业最终提供的产品，又是这一行业提供供水和大部分城市卫生服务的媒介。这种情形往往让人困惑，甚至对于水利界也是如此。我

们必须将水与供水和卫生服务区分开来，因为水是基础性的自然资源，需要对其加以管理和保护，而供水和卫生服务是人类需要的服务。

提高供水和卫生服务引发了一系列与不确定性相关的有趣话题。比如：卫生会一直与水紧密相关吗？将来是否会为了生产而收集人类的排泄物？人们是否会进一步收集雨水或者对废水进行回用以浇灌花园和城市绿地？这自然会成为家庭生活用水的一个重要变化。

水对人类的种种好处通过供水和卫生服务行业提供的各种服务得以体现。水给人类生活条件带来的直接好处包括健康和尊严，此外还有增大人们获得更高收入和教育水平的机会、促进性别平等、妇女获得权利等间接的好处。但也有一些好处并不是与供水和卫生服务有必然的联系。比如：对于小农和没有土地的人而言，水是不可或缺的收入之源，比如说畜禽养殖。作为燃料的乔木和灌木以及木材、水果、药物都需要水。为家庭食用而进行的捕鱼是贫困家庭获得蛋白质的主要来源，也是小规模生产的渔民的收入来源。制砖、陶瓷、酿酒等各种小型产业和手工业也都需要水（WWC, 2000, p. 15）。运输和娱乐是我们通过水获得的其他好处。

水有助于塑造我们的价值观和道德观，无论我们是作为独立的个体，还是作为共同管理资源、分享资源带来效益的广大社会群体的一分子。让水资源的最终用户，特别是妇女，参与到水资源管理中来，有助于优化水利工程的效益（见 4.2 节和第三十五章）。我们还应注意，在非洲，妇女为家庭生产了 60%~80% 的粮食（FAO，日期不详）。生产粮食需要水和能源，妇女势必要通过地下水、地表水和雨水等渠道小规模地获得灌溉用水。这通常牵涉到土地和水的使用权，但也要求当地的水资源管理者还要考虑到女性在除了家庭生活之外的用水需求。水资源管理者可与供水和卫生服务的用户合作，弄清用户需要什么并找到最佳的解决方案。城乡社区可为城市规划和土地利用的新办法提供实际的帮助，并可确定最合适的技

术解决方案，包括技术、不同设施的选址，以及根据自己能负担的程度选择最合适的水源。社区可以通过调动资源以及在建设、运行和维护过程中投入人力的方式支持水利设施建设。

1.1.4 生态系统

生态系统给人类提供多种效益（生态服务），比如：生产粮食、木材、药物和纤维，调节气候，促进养分循环和土壤的发育与沉积。生态服务的一项内容是从质量和数量两个方面满足提供可直接使用的水资源的需求。反过来，生态系统的正常运转也依赖于水。但生态系统承受压力时，其提供的效益就会减少甚至完全消失（见 2.5 节、4.3 节、第二十一章）。

水循环是一个生物物理过程。就算地球上没有生命存在，水循环也依然存在，但情况会大为不同。生态系统从质量和数量两方面支撑可用水资源的可持续性。比如：土壤中的生命能通过调节土层中积蓄的水和营养循环，支撑地球上所有生命，包括粮食生产；森林通过植物的蒸腾作用调节本地和区域内的湿度与降水；湿地和土壤则可以减轻洪旱灾害。

对于水资源管理而言，生态系统有着两方面意义，这两个方面相互联系。首先，水资源必须要分配给生态系统，通过维持生态用水使生态系统提供满足人类需要的利益²。其次，人类可以通过保护和修复等手段对生态系统进行积极主动的管理，而不是通过将水分配给生态系统，以使生态系统提供我们需要的服务，满足与水相关的目标要求。比如：森林可以很好地提供洁净水；湿地可以有效地调蓄洪水，修复土壤功能，这是抵抗荒漠化的有力武器。

生态系统的稳定性正在受到人类不可持续的消费和发展模式以及全球气候变化带来的威胁，而且这种威胁越来越大。《千年生态系统评估》指出，“内陆及沿海湿地退化和减少的主要间接驱动因素就是人口增长和经济的不断发展”（MA，2005）。生态系统受到破坏的例子经常出现在承受着高度用水压力的地区，比

如西亚地区、南亚的恒河平原地区、华北平原地区以及北美的高地平原地区（Arthurton 等，2007）。过去 50 年里，农业、能源、工业和城市用水增长等带来的对地表水和地下水的过度抽取，导致世界上大部分地区取水速度超过了流域内水资源的再生速度，致使生态系统受到大范围的破坏（Molle 和 Vallée，2009）。某一特定时间段内，维持一个特定生态系统正常运转所需水资源量的准确值经常是不可知的，制定水资源分配方案也取决于生态系统提供服务的类型。由于这属于社会性判断，而且会随着时间的变化而改变，这就加大了预测未来水资源需求的难度。

1.1.5 水灾害

自然灾害给社会经济发展带来的许多影响都与水有关（见 4.4 节和第二十七章）。1990—2000 年间，在一些发展中国家，自然灾害带来的损失占到年度国内生产总值（GDP）的 2%~15%（世界银行，2004；WWAP，2009）。水灾害在自然灾害中所占比例高达 90%，其发生频率和强度普遍还在升高。2010 年，373 场自然灾害导致的死亡人数超过 29.68 万，受灾人口近 2.08 亿，造成的经济损失近 1 100 亿美元（UN，2011）。

近几十年来，自然灾害造成的损失不断增大，很大程度上是因为受自然灾害威胁的资产价值的提高（Bouwer，2011）。目前还没有证据可以证明气候变化与水灾害造成的损失不断增加有直接关系（Bouwer，2011），预计气候变化会提高包括洪水、旱灾在内的一些自然灾害发生的频率（IPCC，2007）。

水资源管理对降低自然灾害风险发挥着核心作用。通过水库和地下含水层回灌等途径进行蓄水是应对旱灾的关键，在缺水时期可以弥补供水不足并发挥重要效益。水库还可以调蓄洪水，与堤、堰、坝等一样起到防止河流决堤的作用，是物理防洪工程体系的重要组成部分。

这些基础设施使水资源综合管理体系的组

成范围更加广泛（见第五章、第十一章、第十二章）。该体系也包括生态系统和城市排水系统，其正常运行和合理维护可降低用水部门和实现发展目标所面临的不确定性和风险。极端事件的出现会不断提高不确定性和风险，这的确令人担忧，但也无须手足无措。未知也意味着发现更多的机会，风险也暗示了选择的存在，这的确是对立的两方面。我们可以努力化解不确定性和风险产生的后果，使风险最小化，减轻其造成的影响（见第八章）。

“以可持续的方式治水支撑了绿色经济和绿色发展道路总体目标，并满足了最重要的社会需要。”

1.1.6 水在绿色经济、绿色增长中的地位

在绿色经济发展过程中，认识到水资源对可持续发展的中心地位至关重要。在绿色经济中，人们应该承认、重视水资源对于维持生态系统服务和供水的作用，并对其付出给予一定的回报（UNEP，2011）。对于整个社会而言，直接利益的获得可以通过对供水和卫生领域增加投资而实现，包括加大对废水处理、流域保护以及对水资源至关重要的生态系统的维护等方面的投资。对不确定的未来制定适应性规划、应用绿色技术、提高供水效率、发展替代水源及管理新模式等新措施（例如：海水淡化、水资源再生和回用、生态服务补偿、生态环境保护、物权制度完善）将有助于跨行业绿色经济的转型。将供水服务的全部成本统筹考虑也是一个促进因素，但许多现实情况下，这个原则显得不切实际，特别是在发展中国家，很难在实践中应用。

可持续的水资源管理支撑绿色经济和绿色发展道路的总体目标，通过提供水与卫生服务满足了社会在扶贫、保障粮食和能源安全、健

康和尊严等方面的迫切需要。全社会作为一个整体，对水资源进行投资，保护水资源，实施可持续的水资源管理，是实现绿色经济的重要步骤，有助于在生态极限的范围内推动人类的长期福祉（见第十二章和第二十四章）。水资源管理和配置的方式会对社会和经济的各方面产生影响，对水资源的治理必须“从工程管理的机房转移到会议室”（Steer，2010）。将水资源管理提升到可持续发展的中心位置需要相应的制度配套，协商决定社会发展的目标和水资源的配置方式，优化并以公平的方式分配水资源的各种效益。因此，水资源管理者的作用就是要及时通报相关进展情况，并采取必要行动落实相关决定。

从环境服务中获益的群体是重要的利益相关者，而其他用水者则会因为对这些利益提供了更加公平的分配而获得补偿，这已成为绿色经济的主要概念。“谁污染、谁付费”是实现这一目标的基本原则，需要在流域实施强有力、具有前瞻性的管理，找出污染者并加大力度修复对环境造成的影响。而且，目前现有的健全的水政策中涉及减贫和两性平等的一些方面支持了绿色经济目标的实现，所有的水资源使用者也借此公平、公正地获得维护健康生态系统带来的好处。比如在秘鲁的利马，“人人享有水资源行动”为极端贫困的家庭提供了供水服务，降低了家庭在水和卫生保健方面的支出，使当地家庭的每月可支配收入提高了14%（Garrido-Lecca，2010；见专栏1.1）。

专栏 1.1

秘鲁的“人人享有水资源行动”

秘鲁的“人人享有水资源行动”不仅是扩大供水和卫生服务范围的有效机制，而且是缓解极端贫困和贫乏的一种“基于成本法”。

那些极端贫苦的家庭以前是按桶来买水，供水系统开通后，他们的用水量比之前的三倍还多。但是，他们每月花在水上的支出却降低了，使得家庭可支配收入增加了10%。这一行动也有助于降低由于缺乏基本服务和卫生条件不健全引起的肠胃疾病的发病率，降低了家庭在卫生保健方面的支出，额外增加了家庭的每月储蓄。仅计算消除急性腹泻病所降低的家庭支出，就相当于每月增加了4%的家庭收入（家庭每月可支配收入一共增加了14%）。

这项行动的目的在于通过降低不可避免的支出、释放现金流、提高可支配收入，最终使受惠家庭能够拥有小笔积蓄并摆脱贫困，使他们有可能融入正常的市场经济活动中去。

这项行动的另一个亮点是投资是一次性的。用户自己只为服务付费，而用户已经享有的小笔交叉补贴可以承担最基本的消费。因此，从可持续性和财政角度来看，这项行动有利于用水的可持续性，并有助于受益者摆脱极端贫困的状况。

资料来源：Garrido-Lecca (2010, 2011)。

1.2 超越流域：水资源管理的国际化和全球化维度

影响水资源利用和可用量的因素（许多影响我们尚不可知）不仅仅来自“水箱”之外的其他行业，还经常来自其他国家。尽管水资源在全球的分布不均，但其形成的水文循环或者水循环是全球循环的一部分，会受到本国以外的行动和现象的干扰（如：河流上游改道会产生地区性的影响，气候变化则对全球造成影响）。全球平衡涉及的其他因素包括水资源带来好处的国际性分配（主要通过农产品交易体现）、全球水需求的不断上涨、特定地区和时

间内水资源可利用量有限，以及一些发达国家对水资源过度消耗、生产各种产品和商品耗水高。根据上述现象，本节重点介绍涉及全球水资源管理维度的四个相互联系的主要因素，即：气候变化、跨界流域、全球贸易和国际投资保护、平等。

1.2.1 气候变化

气候变化突显了水在全球重大问题中的中心地位。首先，不断变化的水循环会导致不利的气候影响，为避免这些影响的发生，人们需要在全世界范围内就气候变化达成一致并开展合作。其次，在发展中国家，气候变化带来的影响不可避免，并通过水体现出来，发达国家有责任帮助发展中国家采取措施，适应气候变化造成的影响。再次，改善水治理措施的种种努力，实际上是适应气候变化的重点需求，在气候变化融资中必须对这一点有明确的认识。最后，气候变化缓解和适应措施相互关联，因为碳循环和水循环相互依赖。

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)认为，“气候变化背景下，水及其可利用量和质量是人类社会和环境面临的主要压力，是急需解决的主要问题”（Bates等，2008，p. 7）。通过水资源的分布变化及水资源的季节性和年度变化，人们可以最直接地感受到气候变化的影响（Stern，2007）。穷人最易受到气候变化的影响，而且受到的影响也最严重（Stern，2007）。气候变化还会给不同用水行业未来的用水需求情况带来不确定性。比如，全球变暖会使人们更多地使用空调，对能源的需求也相应增多；高蒸发率会使农业用水量上升。

特定区域内气候变化对水的确切影响依然未知而且难以预测，尤其是在地方或流域。由于气候变化可能对不同时间、不同地点的水循环造成不同的影响，因此政府间气候变化专门委员会研究的案例中，气候变化可能使不同地区变得更加“干旱”或者更加“湿润”。我们能够确定的就是气候变化产生的影响使水资源

管理面临的挑战上升到了全球范围，因此局部地区高效管理水资源的种种努力会受到气候引发的水文影响或不断增加的需求的阻碍。通过水循环限制气候变化的负面影响，需要全球共同努力降低碳排放量，“在地方、国家或流域层面超越了水管理者的治理领域”（Hoekstra, 2011, p. 24）。事实上，各国在温室气体（GHG）减排方面的责任和能力的磋商，正在《联合国气候变化框架公约》框架内有序进行。

即使目前实施的是最严格的温室气体减排计划，也无法彻底阻止气候变化的出现。气候变化在某一重要的粮食产区引发水动荡，可能会对世界上其他地区的粮食安全产生重要影响。这个例子证明了全球经济互相关联的性质。但是目前通过水循环适应气候变化的能力非常低下，特别是许多发展中国家，这也许会使水资源短缺日益加剧，而设计上的重大缺陷、低下的执行能力以及人力、财力资源的不足常常会限制机构、制度的适应能力。对温室气体排放量最少的国家而言，气候变化适应措施会给财政带来额外负担，如果没有温室气体排放大国的协助，就很难维持下去。

2020—2050年间，全球气温可能会升高2°C，全球每年需花费700亿~1000亿美元以适应气温的升高（世界银行，2010）。这其中，137亿（变得更加干燥的情况下）至192亿美元（变得更加湿润的情况下）的资金与水行业有关，主要花费在供水和洪水管理方面。但是这些预测都没有将水通过其他行业（粮食、能源、卫生等）提供的种种效益考虑在内，如果对通过水适应气候变化给予更高关注的话，上述预测将不能完全反映由此带来效益的全部价值。目前正在进行的有关绿色气候基金（GCF）³和其他融资机制的谈判中，应明确认识到水资源在适应气候变化以及经济社会整体发展中的中心地位。而且，优化水资源给不同的社会经济行业带来的利益对发展基础设施、改革相关制度提出了要求，这些也应该视作气候变化适应措施的重要组成部分。

就气候变化的减缓措施而言，对与土地利

用有关——特别是与林业、农业用地有关的全球干预和全球机制的适当性，应以多种方式予以分析，考虑到各种情况下土地利用对水资源的潜在影响。

《联合国气候变化框架公约》认识到森林砍伐对温室气体排放的作用（预计约占总排放量的20%~25%），通过“减少因毁林和森林退化导致的温室气体排放”（REDD）探讨相应对策（UN，2009）。“减少因毁林和森林退化导致的温室气体排放”方案提高了森林碳固存的潜力，号召发达国家向发展中国家提供资金，以保护森林，缓解气候变化。但是，水和森林之间的关系是复杂的。一方面，森林依赖于可利用的水资源量，森林的长期可持续性通过地下水、地表水和雨水来维持。另一方面，森林对提高水质发挥着核心作用，并可以维持和提高土壤的下渗和蓄水能力，影响供水时间（Hamilton，2008）。森林也对区域内的水循环发挥着自我调节的作用，森林拦截通过蒸发进入大气的水蒸气，并将其分配到森林中的不同部分（Hamilton，2008）。关键的一点在于，碳循环（与缓解气候变化相关）和水循环（与适应气候变化相关）是互相关联的：生态系统需要水来储存碳，也由此对水产生影响。

“碳循环（与缓解气候变化相关）和水循环（与适应气候变化相关）相互关联：生态系统需要水来储存碳，由此对水产生影响。”

近年来，农业成为了碳固存的潜在领域，各方就能够减少“常规”碳排放的可持续农业行为是否符合碳信用额度展开了讨论。但是人们仍然没有认识到水在这一等式中的作用。农业生产可以通过恢复土壤功能和土地覆盖率吸收更多的碳，但这都需要土壤中水分的积蓄。因此，碳、水和

可持续农业之间的关系通常很重要且相互包容，国际市场倡导的低碳耕作与水的关联性很大。这些例子强调了全球性、跨学科的水治理对有关气候变化目标实现的重要性。

联合国水计划的一份政策简报对水在适应气候变化中的地位作了介绍（见专栏 1.2）。

专栏 1.2

适应气候变化：水的中枢作用

水是气候变化影响地球生态系统，进而影响人类生活和社会幸福的基本媒介。气温升高和极端天气情况的变化会影响降雨、冰雪融水、河流和地下水的可利用量及分布情况，进而使水质恶化。穷人最容易受到气候变化的威胁，也更容易受到其带来的负面影响。

适应气候变化刻不容缓。这其中，水发挥着重要作用，但是政界并没有认识到这一点。由此带来的结果便是，国别方案或国际投资计划对水资源管理适应措施涉及不多。因此，我们需要大量的投资 and 政策的转变。以下几点可作为指导原则：

- 主流适应措施应置于更宽广的发展背景下；
- 强化治理，提高水资源管理；
- 提高在气候和适应措施方面的认识，并分享相关信息，对信息收集工作进行投资；
- 通过更强有力的制度建立长效适应性，对基础设施投资，为维护生态系统的良好运行投资；
- 对成本效益好、有适应性的水资源管理和技术转让活动进行投资；
- 通过提高水资源管理适应措施的国家预算份额和创新融资机制，调动其他资金。

以上原则的应用需要行业内、行业间以及跨学科机构的共同努力和从地方到全球层面的合作。

资料来源：节选自联合国水计划政策简报《气候变化适应：水的中枢作用》，详见 http://www.unwater.org/downloads/unw_ccpol_web.pdf（执行摘要，p.1）。

1.2.2 跨界流域

水不受国别疆域的限制。据统计，拥有国际河流的国家为 148 个（OSU，日期不详，2008 年数据），其中 21 个国家的河流全部都是国际河流（OSU，日期不详，2002 年数据）。此外，全球约有 20 亿人口依赖跨界地下水供水，涉及 273 个跨界含水层（ISARM，2009；Puri 和 Aureli，2009）。

大量的实例证明，跨界水可成为合作的起源，而非冲突的导火索。联合国粮农组织（FAO）确认，全球有 3 600 多个与国际水资源相关的条约（FAO，1984）。普遍认为世界上有记载的最早涉水国际条约是在世界上首场、也是唯一的一场水战争结束时达成的（发生于乌玛和拉噶什两个城邦之间）。1820—2007 年间，全球大约签订了 450 个有关跨界水的国际协定（OSU，2007 年数据）。

现存有大量双边或者地区性涉水协定，比如：《大湖水水质协定》（1978 年）、《多瑙河保护和可持续利用合作公约》（1994 年）、《湄公河流域可持续发展合作协定》（1995 年）等。印度和巴基斯坦于 1960 年签订的《印度河水条约》，避免了三次大规模冲突的发生，至今仍有效。与共享水资源相对的是利益共享，这是跨界合作一个重要而积极的方面，这一点在“尼罗河流域社会经济和利益共享倡议项目”（2010 年）中得到了证明。该项目建立了一个“由来自经济规划研究机构的专业人士、公私部门的技术专家、学者、社会学家和流域内社

会团体、非政府组织的代表组成的组织网络，研究尼罗河不同的开发计划和利益共享方案”⁴。但是，各种因素推动水资源使用不断增加，由此带来的不确定性极有可能给现有的跨界水协议带来巨大压力。农业、工业、能源和城市化对水资源的需求不断上涨，可能会给邻国之间的关系带来压力。因为巨大的用水压力下，各国可能寻求使河流更多的改道，储存更多的水，对含水层进行进一步开发等措施。未来30年间，对能源的需求将会上升60%，再加上投资清洁能源以缓解气候变化势在必行，水电和生物燃料已成为发展的关键因素（Steer, 2010）。非洲的水电开发率仅为5%（IEA, 2010a）。但许多水电站坐落在跨界河流上，这也就为邻国之间进一步开展利益共享、进行合作提供了重要机会。

跨界水面临着日益严峻的压力，这需要巨大的政治资本投入（Steer, 2010），或者对现有的跨界水协定中不恰当的地方重新进行必要的谈判，或者签订新的协定。尽管有关跨界水的协定不断增多，但仍有大量的流域和含水层缺乏开展合作所需的适当法律框架。最近的一项研究表明，世界上276个国际流域中，60%的流域没有形成任何合作管理的框架（De Stefano等, 2010）。

在这个问题上，全球通行的准则和法律规定十分重要。经过27年的努力，《联合国国际水道非航行使用法公约》于1997年正式通过。此公约规定了涉及国际水道（包括地下水）管理、使用和保护方面有关国家的权利和责任。迄今为止，只有24个国家批准承认该公约，还需11个国家批准承认后公约才能生效。无论批准与否，此公约体现的各项原则，包括某些被广泛认为是习惯法则的内容，为我们提供了有益的指导〔译者注：利益相关方对上下游权利和义务的理解不同，即对“合理开发利用原则”、“不造成重大损害原则”两条核心原则的理解存在较大分歧，有关国家在最终考虑是否接受该公约时顾虑重重。公约历经17年仍未正式生效，美国、俄罗斯、中国、印度等主要跨

界河流国家均没有加入该条约，在国际法领域实属罕见。〕。然而，公约的生效是进一步明确、发展、修订应对挑战的原则的重要一步，只有这样，公约才能有效发挥其管理和指导国与国之间关系的作用。联合国欧洲经济委员会1992年制定的《关于保护与利用跨界水道和国际湖泊的公约》是欧洲许多双边和多边协定的基础。此公约于2003年进行了修订，允许联合国欧洲经济委员会成员国以外的国家加入。修正案有望于2012年生效，使得这一成功的框架可以适用于所有的联合国成员国。国际共有含水层资源管理（ISARM）计划是由联合国教科文组织主导的全球性行动，涉及多个联合国机构，目的在于努力引起各国对跨界含水层这一问题的关注。第66届联大于2011年12月9日重申了跨界含水层及相关条款草案的重要性。会议决议鼓励各国妥善安排跨界含水层管理事宜，联合国教科文组织—国际水文计划将继续为各国提供相关的科学和技术支持。同时，联大决定将《跨界含水层法》列入第68届联大的临时议程，以审查条款草案最后可能采取的形式。

水资源超越了政治意义上的疆域是不可回避的事实，这证明水资源具有超出国家范围的特性，我们有充分的理由在水资源管理方面开展国际合作。水资源面临着多重和不断增加的全球性压力，要求各国谨慎对待而不是满足于现状。在全球水资源拮据时代即将到来之时，人们有必要对水资源保护、可持续性以及国与国间的利益共享给予重点关注，为此设立健全和公平的流域、地下水、河口和海岸管理体系和机制，并以强有力的国际水法体系作为支撑。

1.2.3 全球贸易

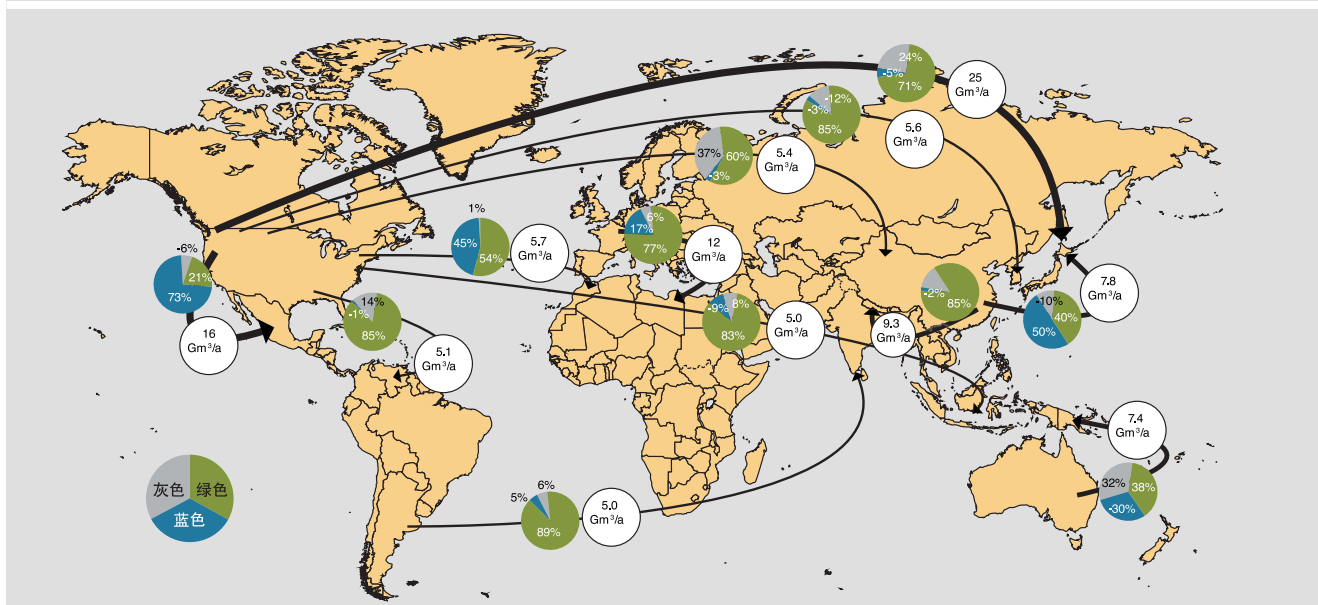
水确实是一个的全球性问题，因为它以“虚拟水”（也称为“嵌入水”）的形式进行交易。这指的是生产某种商品或者提供某种服务的用水总量。这一过程中，各国通过商品贸易进行水交易，而不是对水本身进行实物运输，后者要更加困难、成本更高。如今，数十亿吨的粮食和其他商品在国际市场上流通，它们的

生产都需要水。包括中东一些国家在内的缺水国家已经成为虚拟水的纯进口国，他们依赖从国外进口农产品以解决本国日益增长的人口的粮食问题。随着人均水资源短缺情况的加剧，越来越多的国家愈加不能依靠本国可利用的水资源养活自己的国民，不得不在其经济、农业和贸易政策中进行权衡。其他国家，包括欧洲的一些国家，由于消费者的喜好以及本国居民对某些特定的进口商品的需求，也已经成为了虚拟水纯进口国 (Hoekstra, 2011)。

某种程度上看，虚拟水交易的过程反映出各国在水资源需求与本国的环境和经济条件之间作出了明智和双赢的重新排序，起码从表面价值来看是这样。分析显示，很多情况下，虚拟水交易会形成某种有效的节约。图 1.1 显示了每年节水量在 50 亿立方米以上的贸易流通。美国向日本和墨西哥的农产品出口（主要是玉米和大豆制品）占全球节水量的比例超过了 11%，所占的比例最大 (Hoekstra 和 Mekonnen, 2011)。

图 1.1

与国际农产品贸易相关的全球节水情况（1996—2005年）



注：仅显示节水量最大的（水贸易）(>5 Gm³/a)。资料来源：Mekonnen和Hoekstra (2011, p.24)。

虽然将水从相对丰沛的地区转移到相对缺乏的地区，这一虚拟的运输过程可以给一个国家节约可观的水资源量，但贸易本身并不能从根本上给可持续的水资源管理提供保障。事实上，虚拟水出口国日益对全球需求作出响应，可持续水资源管理的责任向度也随之提升成一种复杂的、超越国家的消费者和生产者之间的关系。

提高水的使用效率和生产率的难题之一在于人们缺少将之付诸实践的最直接动因。那些可以利用的刺激因素受全球贸易需要的影响，但这显然超出了水资源管理的管辖范畴。如果高耗水产品仅在一国内交易，那么建立以市场

为导向政策体制、激发水资源可持续管理的应用可能会相对比较容易，可采用“水短缺租赁”或“外部效应内在化”等方式。比如：将产品对淡水生态系统的影响纳入其成本，就会刺激生产者降低或者消除自己对环境造成的影响。但是经济全球化的背景下，在国家或者地区层面制定这样的政策会面临很大的挑战，因为这会人为地增加了当地产品的成本，从而降低了产品的竞争力。

虚拟水交易为可再生淡水供应相对充裕的发展中国家提供了通过持续增加粮食出口发展经济的机会，但前提是这些国家能够承担治水

所需的基础设施建设投资，而且国际贸易中没有人设立的壁垒。不幸的是，许多国家依然需要某种形式的财政援助以发展基础设施建设，保持本国在国际市场的竞争力。发展中国家面临的另一个麻烦是缺水且贫穷的本国居民买不起进口食物。在全球化进程中，大多数情况下，虚拟水交易会导导致世界上最贫穷的人口被进一步边缘化。

|||||

“在全球化进程中，大多数情况下，虚拟水交易会导导致世界上最贫穷的人口被进一步边缘化。”

大宗土地获取呈增长趋势⁶，某些情况下，这会显著推动基础设施开发，但也引发了人们就利益是否在国家和人民之间进行了公平分配的担忧。尽管水资源短缺是投资者大规模获取土地的一个重要动因，但在已公开的土地交易中，却没有明确地提到水。即便是在对水有所提及的为数不多的案例中，也未披露获得批准的水资源开采量。农村地区的贫困人口要与更加强势和技术装备优良的一方争夺愈加稀缺的水资源及其掌控权。另一个令人担忧的原因是，国与国之间可能会出现紧张局面和冲突，特别是涉及跨界河流问题时。

国际投资协定可能对国家在水资源管理和公共服务管理方面的能力产生何种影响是与水资源管理和公共服务相关的一个问题（Solanes 和 Jouravlev, 2007; Bohoslavsky, 2010; Bohoslavsky 和 Justo, 2011）。在全球化的影响下，许多提供公共服务和掌握水权的企业属于外国投资保护体系或者特殊纠纷解决机制的管辖范围，这意味着外部司法权会干涉本地事务。这些凌驾于国家法律之上的协定限制了政府开展最有利于公众和当地社区利益的行动的权力。许多国家尚未评估国际投资协议对本国

经济、社会、环境的可持续性、水资源使用效率以及公共服务提供等产生的影响。

1.2.4 平等

为了提高用水效率并鼓励在生产的源头对水资源进行可持续利用，人们围绕水价体系和其他激励政策展开了讨论。考虑到全球水资源面临的压力不断增大，以及人们对水资源需求的不断增长（主要通过粮食和农产品体现出来），在地方和国家层面提高用水效率和生产率对满足不断增长的全球总需求至关重要。在提高用水效率和生产率的同时，努力降低需求也很重要。如果社会在生态允许的范围内运转，并认识到任何时候全球水资源的可利用量都是有限的，那么人们就不会像目前用水量最多的人（和国家）那样用水。因此，在不对含水层造成严重消耗或者不对淡水生态系统造成不可恢复的破坏的前提下，即便新兴经济体和发展中国家对水资源不断增长的需求仅能得到部分满足，发达国家也需要努力应对过度的需求，以更加公平地在全球范围内分配水资源带来的各种利益。尽管水循环对全球水资源的物理分配具有不均匀的特性（见 3.1 节和第十五章），但是如何配置各种商品、产品和效益的水量受全球水管理体系、国家水管理机制等政策的影响。

除了要解决全球水需求和消费的不公平性，我们还要解决全球水资源交易给地方和国家带来的影响和利益方面的不平等。目前，许多国家或地区的水资源管理和配置机制不能充分支撑资源的可持续性保护，不能公平分配水资源产生的各种利益。某些干旱地区在满足本地对水资源的需求方面已面临很大压力，生产和出口大米、棉花等高耗水作物，更加剧了本地或本国面临的挑战，会给粮食安全带来隐患。而且，通常情况下，生产和出口这些产品带来的利益并没有反馈给当地的社区（例如：以卫生保健或基础设施建设等形式）。虚拟水的概念对于强调商品贸易中水的全球运输很有帮助。但是我们需要设计新的工具，促进可持

续治理机制和政策的发展，重新平衡水资源面临的压力，公平分配降低本地水资源可利用量所带来的各种好处。在这一点上，对妇女和儿童的不公平对待也需要考虑在内，妇女和儿童在世界上底层的十亿人中占的比例最大。

联合国人权理事会（HRC）2010年9月一致通过决议，确认享有饮水和卫生设施是一项人权，这为在国家层面对水及其带来利益进行公平分配提供了支持。2010年7月，联合国大会决议⁷承认享有清洁水和卫生设施是一项人权。在此基础上，联合国人权理事会的决议指出，“有安全饮用水和卫生设施的人权来源于人类享有基本生活水准的权利，与享有可得到的最高水平的生理和心理健康的权利、享有生存和尊严的权利有着不可分割的联系”⁸。这将促使各国加强治理，保障饮用水和卫生服务的供应，并为未来探讨水通过农业、能源、卫生和其他生产性活动给经济和社会带来的好处及其公平分配方式奠定了基础。但是，这些决议并没有为如何准确监测人权状况的进步，以及如何在维持贫困人口可以接受的价格的同时为实施决议所需要的基础设施提供建设、运行和维护资金提供指导性的帮助。

1.3 认知水在全球政策制定中的作用

认识到水在经济社会发展中的中心地位正当其时。目前有三项全球政策正在制定当中，它们可从其中受益：联合国千年发展目标、《联合国气候变化框架公约》和联合国可持续发展大会（通常被称作“里约+20”峰会）。

鉴于其重要作用和国际影响，以及涵盖了人类健康和发展、环境和气候变化、范围更广的可持续发展目标等涉及全球水资源治理的各个方面，这三项活动得到了广泛关注。它们都是在联合国的支持下开展的——这一点很重要，使得这三项活动与本书的出版尤其相关。但是，我们也应该注意到，八国集团、二十国集团、世界经济论坛、世界水论坛等国际论坛

也会给人们认识水在经济社会发展中的中心地位产生影响，八国集团水行动方案（Evian，2003）就是个例子。

虽然这些活动会对国家政策产生重要影响，但其议程和磋商过程实际上是由成员国来推动的。因此，领导权掌握在各国自己手中，他们应确保将水纳入这些活动的议程。

1.3.1 千年发展目标

在千年之交之际，我们应清醒地认识到世界上许多地区仍持续存在着令人担忧的贫困现象，人们无法平等地获得基本服务。千年发展目标着重强调了发展的权利以及国际社会有责任使全球摆脱苦难。虽然千年发展目标中许多目标的实现过程脱离了既定轨道，但是有明确时间限制的目标框架可以使社会和公众推动政府更好地承担责任，而且一个相对较短的“截止期限”有助于推动各国在众多领域加快行动。

但千年发展目标有其自身的局限性，尤其是在制定发展目标时没有充分体现水与其他领域相互交叉的性质。例如，改善水供应可提高教育的成果（目标2）和性别平等以及妇女地位的提高（目标3）。生产粮食（目标1）、改善经济的各个方面以及消除贫困（目标1）都需要水。这些仅是部分例子，说明了水和千年发展目标提出的发展纲要之间存在着积极的、跨行业的互动关系。能源是经济社会发展中另一个依赖于水的重要互动元素，在千年发展目标也没得到重视。

千年发展目标第7项的总体目标是确保环境的可持续能力，其中一个目标是到2015年将无法持续获得安全饮用水和基本卫生设施的人口比例减半（目标7c）。但是，目前的表述没有考虑到供水和卫生服务的一些关键方面，比如服务质量、提供或获取服务的模式以及可承受性等。在实现“将无法持续获得安全饮用水的人口比例减半”方面，虽然不同地区的进展情况有所差异，而且撒哈拉以南非洲和阿拉伯地区的进展滞后，但国际社会整体上正朝着这个目标前进。比较而言，就目前的情况来看，卫

生领域的目标（除卫生清洁外、与水并无必然联系的领域）似乎不可能实现，因为发展中国家一半的人口仍旧无法享有基本的卫生设施⁹。

考虑到目前的进展情况和持续面临的挑战，我们应继续努力并进一步加大工作力度，努力在 2015 年实现千年发展目标水与卫生领域目标。这给国际社会带来了真正的挑战，特别是联合国人权理事会已认识到，要满足水与卫生权利所要求的特点和标准，就要废弃制定千年发展目标时采用的旧标准。到目前为止，除了采用世界卫生组织/联合国儿童基金会供水及卫生联合监测计划（JMP）以及世界卫生组织/联合国水计划全球卫生系统和饮用水分析及评估（GLAAS）的相关标准，国际社会没有更好的办法来测量和监控千年发展目标的进展，以上两项标准都建立在获取“‘改善的’卫生设施和饮用水”这一概念的基础上。不过，人们正在研究新的监测办法以监测目标的实现情况。

|||||

“在千年之交之际，我们应清醒地认识到世界上许多地区仍持续存在着令人担忧的贫困现象，人们无法平等地获得基本服务。千年发展目标着重强调了发展的权利以及国际社会有责任使全球摆脱苦难。”

千年发展目标的另一局限性是忽略了水对于其他目标的重要作用。提供饮用水和卫生服务应继续作为人类健康和发展的要点，同时需要进一步清楚地认识到水资源和水治理对实现千年发展整体目标的重要性。饮用水和卫生问题不应削弱我们对强化水管理体系和水资源配置机制的努力。合理的水资源配置机制应将满足人类基本需要作为水资源的首要用途，并有助于促进水资源使用及管理效率和生产率的提

高。例如，对灌溉进行补贴有助于千年发展目标 1——“消除贫穷和饥饿”的实现，但该政策往往不利于水资源的高效使用，使水资源消耗水平上升，最终可能会危害到水源，影响千年发展目标 7 以及其他依赖水的千年发展目标的可持续性。

这些发现在众多方面与水相关，本章所表达的信息也的确关系到 2015 年后我们对待千年发展目标的方式。首先，淡水是一种有限的宝贵的自然资源，对发展的各个方面都很重要。其次，水不仅使各个目标相互关联，而且是诱发其冲突的潜在源头。在向 2015 年后迈进的过程中，关键的一点在于新目标的提出应该体现出水对于实现目标的作用。

1.3.2 联合国气候变化框架公约

2008 年 6 月，政府间气候变化专门委员会第 II 工作组发布了一份有关水与气候变化的技术文件，提出“气候变化和淡水水源之间的关系是人类社会首要关注的问题，对所有的生物物种都有影响”（Bates 等，2008，p. vii）。

公约第四条中提到了水资源；2009 年在哥本哈根召开的《联合国气候变化框架公约》缔约国第 15 次会议（COP15）上，会议成果文件的脚注中提到了水资源管理对于气候变化适应的重要性。根据公约规定，缔约国在其国家信息通报¹⁰和国家适应性行动计划（NAPA）¹¹中提供了与淡水相关的影响和脆弱性的信息，并详尽说明了适应和发展的优先领域。

《坎昆协议》中新设立的制度，特别是坎昆适应框架和适应委员会，为应对与水有关的各种问题提供了新的更多机会。2010 年在坎昆召开的《联合国气候变化框架公约》缔约国第 16 次会议（COP16）上，缔约国同意建立“坎昆适应框架”¹²，目的在于通过国际合作和对涉及《联合国气候变化框架公约》内适应性措施的问题给予连续性考虑等方式来推动适应气候变化方面的行动。在谈到“规划适应行动、安排其轻重缓急并加以执行，包括项目和方案”¹³时，《坎昆协议》明确提及了水资源、淡水、

海洋生态系统和沿海地带。

作为坎昆适应框架的一部分，发展中国家将有机会在其国家适应方案中提出水问题，这将有助于明确行动目的。此外，各国同意将水和洪旱灾害等与水相关的极端事件纳入“损失与破坏工作计划”¹⁴。对各成员国（即“缔约国”）而言，当务之急是确保在接下来的磋商中将水作为一项关键问题来对待。

在《联合国气候变化框架公约》科学技术咨询附属机构（SBSTA）2011年6月召开的第34次会议的临时议程中，水被当作正式议题加以讨论，要求秘书处在第35次会议上准备有关水与气候变化影响和适应策略的技术文件。会议最终同意，水问题将在有关气候变化影响、脆弱性及适应对策的内罗毕工作计划（NWP）的框架下加以应对。内罗毕工作计划的目标是在考虑到当前和今后的气候变化及脆弱性的情况下，帮助所有国家，特别是最不发达国家（LDCs）和小岛屿发展中国家（SIDS）等发展中国家提高对气候变化影响、脆弱性和适应行动的认识、评估能力，在合理的科学技术和社会经济基础上，就切合实际的适应行动和气候变化应对措施作出有充分依据的决策。内罗毕工作计划虽然未明确针对具体的目标脆弱部门，但其知识成果，如适应实践界面¹⁵和本地应对措施数据库¹⁶等可以为实施过程中不同层面的适应规划和实践提供信息。

一些合作伙伴组织承诺开展研究和评估，增强技术能力和制度能力，提高认识，并根据实际情况实施适应行动。这些行动有助于提高人们对与水资源管理相关的脆弱性和适应实践的理解和评估。内罗毕工作计划中与水相关的文件包括一本气候变化和淡水资源的综合出版物（UNFCCC，2011），以及一份水和气候变化影响及适应策略的技术文件¹⁷。

内罗毕工作计划的各项任务要求将水问题进一步主流化和综合化，成为《联合国气候变化框架公约》决策更有效实施的基石。在《联合国气候变化框架公约》内，将有关水的讨论限制在适应项目下就意味着除非各方联合

向前行动，发挥一定的领导作用并认识到全面应对水的多样性和跨领域特性的必要性，否则将很难全面把握水资源的跨领域性和多面性。

另外一点也很重要，即水问题的应对需要有适应委员会和绿色气候基金（GCF）等《联合国气候变化框架公约》下不断涌现的重要机构的参与。适应委员会的职能之一是为各方提供技术支持和指导。这种技术支持和指导可以包括提供与水和适应相关的专业知识。

《联合国气候变化框架公约》至今仍是解决可持续发展的最重要的全球性公约。虽然现在有了众多重要的多边环境协定，但在过去的10年里，与环境或可持续发展领域的其他行动相比，《联合国气候变化框架公约》更能获得国际政策制定者和普通民众的认可和投入。在这种情况下，确保水问题在《联合国气候变化框架公约》内得到重视仍将是水利界的首要问题。

1.3.3 联合国可持续发展大会之后

2012年联合国可持续发展大会，或通常所说的“里约+20”峰会，在1992年第一届里约地球峰会举办20年之后，又在里约热内卢召开。1992年里约峰会成功地将水资源管理作为一项全球议程写入了《21世纪议程》（会议成果文件）第18章，致力于“保护淡水资源的质量和供应”。这一章的内容对推动水资源综合管理具有里程碑式的意义，水资源综合管理是一种覆盖多种用户的水资源管理模式¹⁸。2002年可持续发展世界峰会（WSSD）就水资源综合管理（IWRM）的具体目标达成了一致。“水资源综合管理”这一概念在当时已经是全球水对话的一个既定部分。2002年可持续发展世界峰会提出的水资源综合管理目标（第26条）包括呼吁到2005年底前在各个层面“建立水资源综合管理制度和高效用水方案”。水资源综合管理是一种整体的水资源管理框架，考虑到了包括生态环境在内的多种用水者。因此，可持续发展世界峰会所呼吁的为水资源综合管理制定计划是向着正确的前进方向迈出了重要一步。虽然在这一呼吁下出现了多个国家

层面的倡议和监测行动，但对于到 2005 年实现相关目标，以及与这一呼吁试图推进的原则相比，这些还远远不够。对于尚未制定本国计划的国家而言，许多工作还没有开展起来。此外，这些计划注定要具有适应性，换言之，它们是某一正在进行的行动的一部分，因此要对变化的条件和新的不确定性具有适应性。

2006 年，联合国水计划设立了一个水资源管理特别工作小组。在其 2008 年向联合国可持续发展委员会第 13 次会议提交的报告中指出，在被调查的 27 个发达国家中，只有 6 个国家全面实施了水资源综合管理方案；发展中国家中，只有 38% 的被调查国家完成了水资源综合管理方案的制定或者正在实施方案。应联合国可持续发展委员会要求，联合国水计划于 2011 年为“里约+20”峰会开展了一项类似的调查，以测定利用综合途径开展水资源可持续性管理的进展情况。经过分析 125 个国家的数据，初步发现水资源综合管理途径被广泛采用，在国家层面对发展和水资源管理实践产生了重大影响。调查发现，64% 的国家根据《约翰内斯堡实施计划》(JPoI) 的要求制定了水资源综合管理方案，34% 的国家进入了实质性的实施阶段。但是，自 2008 年的调查以来，人类发展指数 (HDI) 处于中等和偏低水平国家的进展缓慢。

虽然对这些行动以及对其他一些具体目标的适当性的争论和对话将持续到 2012 年 6 月举行的“里约+20”峰会之后，但水资源领域出现的一致信息将有助于集中和动员水利界，并将有望影响其他利益相关者，确保将水作为优先议题出现在全球关于可持续发展的对话中。但是，对目标加以明确并进行监测是一项困难的行动，特别是考虑到水的中心地位、跨领域的特性以及水能扮演的角色和提供的利益的范围之宽广。水利界应该和各成员国、非政府组织 (NGO)、联合国机构以及其他利益相关者携手行动，为认识水在实现各种不同发展目标过程中的中心地位制定一系列的原则。而且，在应对不断增大的不确定性时，如果没有为公平地优化水带来的各种好处做好相应的制度安

排，无法为水利基础设施融资（包括运行和维护），未能提高以综合和适应的方式管理水资源的能力，大多数发展目标的实现和绿色经济本身将继续大打折扣。

在咨询了各成员单位和合作方的意见后，联合国水计划发表了一份声明，表明了其成员单位对于绿色经济的集体观点，并将其作为“里约+20”峰会的成果。该声明包括联合国水计划对峰会参与者提出的建议以及支持绿色经济的一系列行动。声明的主要内容见专栏 1.3。

专栏 1.3

联合国水计划给联合国可持续发展大会的建议及可能采取的对绿色经济的支持行动

1. 绿色经济的成功依赖于水资源可持续管理以及安全、可持续地提供水和足够的卫生服务。人们必须通过社会和环境可持续性指标及时度量经济表现以对此提供支持。
2. 《21 世纪议程》明确指出，水资源综合管理措施仍是面向绿色经济策略不可缺少的组成部分，而且处于中心地位。
3. 在解决水资源获取不公平性的问题上，必须要将“底层的十亿人”置于最优先的地位，这与能源安全和粮食安全紧密相关。
4. 在变化的气候情况下，对水的多变性、生态系统的变化以及由此带来的对人类生活的影响进行高效管理，是能够适应气候变化的强劲绿色经济的中心。
5. 供水和卫生服务的普遍覆盖必须成为 2015 年以后的一个中心发展目标。联合国水计划敦促各国从实际出发制定中期目标。

6. 同时，必须承诺建立水资源高效利用的绿色经济的基础。

7. 考虑到全球面临的挑战和城市化的趋势，有必要提高城市在水资源领域的弹性和可持续性。

8. 水资源面临的挑战是全球关注的问题，需要在各个层面开展国际行动和合作，并将之纳入绿色经济。

9. 只有得到绿色社会的支持，绿色经济才能实现。

资料来源：2011年11月发布的《绿色经济中的水：联合国水计划对2012年联合国可持续发展大会（“里约+20”峰会）的声明》。

结语

本章对水的跨行业特性和水在全球范围内的影响进行了讨论，这超越了传统的水治理范畴。由于社会和经济各行业对水资源的需求持续上升，不对其进行监管将对生态系统造成不可逆转的影响，因此，需要建立强有力的水治理机制，帮助人们讨论确定社会目标，在各行业之间进行水资源配置以实现这些目标。同

样，地方、国家和地区层面的水治理框架必须得到全球治理进程、框架和制度的补充，只有这样才能超越流域的界限，妥善地解决水资源效益涉及的全球性问题。长期以来，水早已不是单纯的某个地方性问题。许多流域和地下含水层不仅超越了国家的边界，而且，水可通过商品进行国际贸易和受制于国际投资保护协定，另外，气候变化可通过对某些地区带来毁灭性后果对全球水循环带来影响，这都促使水成为了全球性的问题。鉴于人们对有限水资源的需求面临越来越大的不确定性，有必要从公平的角度考虑全球水资源利用。单单提高效率和生产率不能改变全球范围内资源供给、消耗以及利益获取的不公平格局。针对水资源跨领域和全球性的特点，各国应积极参与国际对话，为应对迫在眉睫的资源挑战提供解决方案。水利界，特别是水管理者，有责任提供相关情况信息。各国对落实全球政策协商取得的成果责无旁贷，同时，需要所有与水管理相关的人在确定水管理体制和机制时拓宽行业 and 空间视野。根据地方和国家的情况达成全球政策协定，可反映各国的政治经济和制度能力，有助于在国家和地方两个层面确保相关政策的有效性。

注 释

- 1 在编写《世界水发展报告》第四版最终草稿时，联合国可持续发展大会的后续行动方案还未制定。
- 2 生态用水的概念指出生态系统也是水资源的使用者，为了正常运转和向人类提供必需的服务，水资源分配必须从数量和质量两方面满足生态系统的需要。
- 3 有关绿色气候基金的更多信息请参见 <http://unfccc.int/5869.php>。
- 4 更多信息请参见 <http://www.nilebasin.org/newsite/>。
- 5 题为“跨界含水层：挑战与展望”的国际共有含水层资源管理2010年国际会议于2010年12月6—8日在法国巴黎举行。详见 <http://www.isarm.net/publications/360>。
- 6 根据本书写作目的，“获取”指的是通过购买、租赁、特种经营或其他方式得到大面积土地的使用权。
- 7 2010年7月28日通过的64/292号决议。
- 8 联合国人权理事会，《促进和保护所有人权，公民政治、经济、社会和文化权利，包括发展权》，第15页。《人权与享有水和卫生设施》，2010年9月24日。
- 9 有关进展情况的进一步分析参见相关文献（UN，2010，pp. 58-60）。
- 10 更多信息请参见 <http://unfccc.int/1095.php> 和 <http://unfccc.int/2716.php>。
- 11 更多信息请参见 http://unfccc.int/cooperation_support/least_developed_countries_portal/items/4751.php。
- 12 《联合国气候变化框架公约》缔约国第16次会议报告。

- 13 选自《〈联合国气候变化框架公约〉缔约方第16次会议报告》第5页,该报告可参见 <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf>,该会议于2010年11月29日至12月10日在坎昆举行。
- 14 更多信息请参见 <http://unfccc.int/6056.php>。
- 15 适应实践界面可参见 <http://unfccc.int/4555.php>。
- 16 本地应对措施数据库可参见 <http://maindb.unfccc.int/public/adaptation>。
- 17 参见 http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&preref=600006592#beg。
- 18 1992年联合国环境与发展大会《21世纪议程》。

参考文献

- Arthurton, R., Barker, S., Rast, W. and Huber, M. 2007. *Water. Global Environment Outlook 4*. Nairobi, UNEP, pp. 115-56.
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. and Palutikof, J. P. (eds). 2008. *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Geneva, IPCC.
- Bohoslavsky, J. P. 2010. *Tratados de protección de las inversiones e implicaciones para la formulación de políticas públicas (especial referencia a los servicios de agua potable y saneamiento)*. LC/W.326. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/40484/Lcw326e.pdf>
- Bohoslavsky, J. P. and Justo, J. B. 2011. *Protección del derecho humano al agua y arbitrajes de inversión*. LC/W.375. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/2/42342/Lcw0375e.pdf>
- Bouwer, L. M. 2011. Have disaster losses increased due to anthropogenic climate change? *American Meteorological Society*, Vol. 92, No. 6, pp. 39-46.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London/Colombo, Earthscan/International Water Management Institute (IWMI).
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. and Savelli, H. (eds). 2010. *Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development. A Rapid Response Assessment*. The Hague, UN-Habitat/ UNEP/GRID-Arendal.
- De Stefano, L., Duncan, J., Dinar, S., Stahl, K. and Wolf, A. 2010. *Mapping the Resilience of International River Basins to Future Climate Change-induced Water Variability*. World Bank Water Sector Board Discussion Paper Series 15. Washington DC, The World Bank.
- eFlowNet (Global Environmental Flows Network). n.d. Website. <http://www.eflownet.org/viewinfo.cfm?linkcategoryid=4&siteid=1&FuseAction=display> (Accessed 10 May 2011.)
- EU (Council of the European Union). 2007. Energy efficiency and renewable energies. *Presidency Conclusions of the Brussels European Council (8/9 March 2007)*. Brussels, EU, pp. 20-22.
- Evian. 2003. *Water - A G8 Action Plan*. Document presented at the 2003 Evian Summit, 1-3 June, 2003, Evian-les-Bains, France. http://www.g8.fr/evian/english/navigation/2003_g8_summit/summit_documents/water_-_a_g8_action_plan.html
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1984. *Systematic Index of International Water Resources by Treaties, Declarations, Acts and Cases, by Basin. Vol. II, Legis. Study No. 34*. <http://faolex.fao.org/watertreaties/index.htm>
- . n.d. Women and Population Division. Web page. <http://www.fao.org/sd/fsdirect/fbdirect/FSPO01.htm>
- Garrido-Lecca, H. 2010. *Inversión en agua y saneamiento como respuesta a la exclusión en el Perú: gestación, puesta en marcha y lecciones del Programa Agua para Todos (PAPT)*. LC/W.313. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/41044/lcw313e.pdf>
- Garrido-Lecca, H. 2011. Design and implementation of and lessons learned from the Water for All Programme. *Circular of the Network for Cooperation in Integrated Water Resource Management for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean*, No. 33. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/dnri/noticias/circulares/2/42122/Carta33in.pdf>
- Hamilton, L. S. 2008. *Forests and Water*. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment. Rome, FAO. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/.../i0410e01.pdf>
- Hoekstra, A. Y. 2011. The global dimension of water governance: Why the river basin approach is no longer sufficient and why cooperative action at global level is needed. *Water*, Vol. 3, No. 1, pp. 21-46. <http://www.mdpi.com/2073-4441/3/1/21/>
- Hoekstra, A. Y. and Mekonnen, M. M. 2011. *Global Water Scarcity: Monthly Blue Water Footprint Compared to Blue Water Availability for the World's Major River Basins*. Value of Water Research Report Series No. 53, Delft, The Netherlands, UNESCO-IHE. <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report53-GlobalBlueWaterScarcity.pdf>
- Hoffman, A. R. 2011. *The Connection: Water Supply and Energy Reserves*. Washington DC, US Department of Energy. <http://waterindustry.org/Water-Facts/world-water-6.htm> (Accessed 10 May 2011.)
- IEA (International Energy Agency). 2009. *World Energy*

- Outlook 2009. Paris, IEA.
- . 2010a. *Renewable Energy Essentials: Hydropower*. Paris, IEA. http://www.iea.org/papers/2010/Hydropower_Essentials.pdf
- . 2010b. *World Energy Outlook 2010*, Paris, IEA.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Fourth Assessment Report*. Geneva, IPCC.
- ISARM (International Shared Aquifer Resources Management). 2009. *Transboundary Aquifers of the World* (2009 update). Presented during a special meeting at World Water Forum 5. Utrecht, The Netherlands, ISARM. <http://www.isarm.net/publications/319#>
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington DC, World Resources Institute.
- Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. 2011. *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption*. Value of Water Research Report Series No. 50. UNESCO-IHE, Delft, Netherlands. <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf>
- Molle, F. and Vallée, D. 2009. Managing competition for water and the pressure on ecosystems. *United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris/London, UNESCO Publishing/Earthscan, pp. 150-9.
- OSU (Oregon State University). n.d. TFDD: Transboundary Freshwater Dispute Database. Corvallis, Oreg., Department of Geosciences, Oregon State University. <http://www.transboundarywaters.orst.edu>
- Puri, S. and Aureli, A. (eds.) 2009. *Atlas of Transboundary Aquifers - Global Maps, Regional Cooperation and Local Inventories*. Paris, UNESCO-IHP ISARM Programme, UNESCO. [CD only.] <http://www.isarm.org/publications/322>
- Solanes, M. and Jouravlev, A. 2007. *Revisiting Privatization, Foreign Investment, International Arbitration, and Water*. LC/L.2827-P. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/32120/lcl2827e.pdf>
- Steer, A. 2010. *From the Pump Room to the Board Room: Water's Central Role in Climate Change Adaptation*. Washington DC, The World Bank. http://www.d4wcc.org.mx/images/documentos/Presentaciones/andrew_steer_keynote_presentation_water_event_december_2_final.pdf
- Stern, N. 2007. How climate change will affect people around the world. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, pp. 65-103.
- UN (United Nations). 2009. *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Copenhagen Accord*. UN Conference of the Parties.
- . 2010. *The Millennium Development Goals Report*. New York, UN. <http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/MDG%20Report%202010%20En%20r15%20-low%20res%2020100615%20-.pdf#page=60>
- . 2011. *United Nations Secretary General Report to the 66th General Assembly on the Implementation of the International Strategy for Disaster Reduction*. New York, UN.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2011. *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. Nairobi, UNEP. http://www.unep.org/GreenEconomy/Portals/93/documents/Full_GER_screen.pdf
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)). 2011. *Climate Change and Freshwater Resources. A Synthesis of Adaptation Actions Undertaken by Nairobi Work Programme Partner Organizations*. Bonn, Germany, UNFCCC. <http://unfccc.int/4628.php>
- UN-Water. 2008. *Transboundary Waters: Sharing Benefits, Sharing Responsibilities*. Thematic paper. Zaragoza, Spain, UN-Water/International Decade for Action (UN-IDA).
- USAID. 2001. *USAID Global Environment Center Environment Notes, The Water-Energy Nexus: Opportunities for Integrated Environmental Management*. Washington DC, USAID.
- WEF (World Economic Forum). 2011. *Water Security: The Water-Food-Energy-Climate Nexus*. Washington DC, Island Press.
- World Bank. 2004. *Natural Disasters: Counting the Costs*. Washington DC, The World Bank.
- . 2010. *The Economics of Adaptation to Climate Change: Synthesis Report*. Washington DC, The World Bank.
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2009. *United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris/London, UNESCO Publishing/Earthscan.
- WWC (World Water Council). 2000. *World Water Vision - Results of the Gender Mainstreaming Process: A Way Forward*. Marseilles, WWC.



第一部分 现状、趋势和挑战

第二章 水需求：是什么拉动了消费？

第三章 水资源易变性、脆弱性和不确定性

第四章 水的社会和环境效益超乎预期

第五章 水管理、机构和能力建设

第六章 从原始数据到知情决策

第七章 区域挑战与全球影响

第二章

水需求：是什么拉动了消费？

作者：大卫·寇兹、理查德·康纳、丽沙·莱克乐科、瓦尔特·拉斯特、
克里斯汀·舒曼、迈克尔·韦伯





通常我们将人类的水需求划分为以下五个领域：

- 粮食与农业，占全球用水量的大部分；
- 能源，这部分用水量的报告很少，因此情况不详；
- 工业，绝大部分用水属于营利性的开发活动，对当地水资源数量和质量以及环境会造成一定的影响；
- 居民区，包括饮用水以及烹调、洗涤、保洁和卫生¹ 等家庭用水；
- 生态系统，这部分的水量取决于维持或修复社会需要生态系统提供的人类福利（生态服务）的需水量。

水管理者和决策者在关切人类基本用水需求的同时，面临以下几个重要问题：我们现在用水量是多少？我们的用水效率如何？30年后我们的需水量将是多少？50年后会怎样？尽管这些问题看起来简单，想要获得准确的答案却并不像看起来那么容易。

每个用水部门都受到一系列外部因素的影响（比如人口变化、技术开发、经济增长和繁荣、饮食变化以及社会文化价值观等），这些因素对当前和未来的水需求起到支配作用。遗憾的是，预测这些驱动因素在未来几十年如何演变以及它们最终将如何影响水的需求受到很多不确定因素的制约。未来的水需求不仅仅取决于满足人口增长和社会经济变化所需要的粮食、能源、工业活动以及城乡涉水服务的数量，同时也取决于满足这些需求的过程中我们对有限供水的使用效率。

本章汲取了第三部分/第二卷挑战部分的内容，例如第十八章“畜牧价值链上的水管理”、第十九章“全球能源与水的纽带关系”、第二十章“工业用水”、第十七章“人居环境”和第二十一章“生态系统”，强调各用水领域当前面临的挑战和发展趋势、主要驱动因素、相关的不确定性和风险以及潜在的应对方案。其中2.1节（粮食与农业）的内容全部从报告的挑战部分截取。本章还包括由于受报告篇幅限制没有包括在第三部分章节中的补充资料。

2.1 粮食与农业

水与粮食的关系相对简单。种植作物和饲养牲畜都需要水，而且需求量很大。在农业、城市和工业（包括能源）总用水量中，农业用水占到了70%。

水是粮食安全的关键。从全球的角度看，水资源量能够满足我们未来的需求，但全球水资源总量相对充足的现象却掩盖了局部地区缺水的真相，这将对数十亿人造成影响，其中很多是贫困和弱势群体。要想确保现有水资源的最佳使用以满足对粮食和其他农产品不断增长的需求，必须改进整个农产品链条的政策和管理。

2.1.1 农业用水

与其他用水部门相比，农业部门的整体用水覆盖面（水足迹）很广，特别是在生产环节。由于畜产品需求的不断增长，进一步增加了水需求，不仅仅是在生产环节，而是遍布整个畜牧业价值链。农业用水同样也影响到水质，从而减少了可供水量。

全球年农业耗水包括粮食、纤维和饲料生产（蒸腾）的作物水消耗，加上土壤和农业相关露天水的蒸发损失，如稻田、灌渠和水库。每年7 130立方千米的农业耗水量中，仅有约20%是“蓝水”，即用于灌溉的河流、溪流、湖泊和地下水。虽然灌溉只占农业耗水中的一小部分，但却发挥着关键的作用，占全球耕地面积不到20%的灌溉耕地，生产量却占全球的40%还要多。

目前，全球对粮食安全越来越担心，但人们对粮食生产取决于水这一点却没有给予或很少给予重视。对世界已有70%的淡水用于灌溉农业（见图2.1）这样的事实还没有清楚的认识。不仅如此，未来还需要更多的水来满足不断增长的粮食和能源（生物燃料）需求；相对而言，农业用水在技术发展水平不断提高的条件下会逐渐减少。

在很多国家，不仅仅是最不发达国家

(LDCs)，农业可用水量已经十分有限并且无法确定，这种情况还将恶化。经合组织（OECD）国家中，农业用水取水量占取水总量的44%，但这个比例在其中8个严重依赖灌溉农业的国家则高达60%。在金砖四国（巴西、俄罗斯联邦、印度和中国）²，农业占总取水量的74%，但这个比例从俄罗斯联邦的仅20%到印度的87%不等。在最不发达国家，这个数字更是高达90%以上（FAO，2011c）。

在全球范围内，灌溉农业的产量是雨养农业的2.7倍，因此灌溉将继续在粮食生产中发挥重要作用。灌区面积从1970年的1.7亿公顷增长到了2008年的3.04亿公顷。这一数字还有增长的潜力，特别是在撒哈拉以南非洲地区和南美洲地区等水量充足的地区。提高生产率和灌溉产量的方法包括提高供水服务的数量、可靠性和准时性，提高灌溉用水的使用效率，提高农艺或经济生产率，从而提高单位耗水的产出（FAO，2011a）。

尽管耕地面积还有增长的潜力，但由于土地退化的加速（见4.5节和第二十八章）和城市化（见2.4节和第十七章），现在每年都损失大约500万~700万公顷（0.6%）的农田。随着越来越多的人涌进城市，很多农业用地不再用于生产，农田数量也减少了。不断增长的人口也意味着人均耕地占有量的锐减：从1961年的0.4公顷减少到2005年的0.2公顷。

2.1.2 可预见的需求增长

世界人口预计将从2010年的69亿增至2030年的83亿，到2050年增至91亿（UN-DESA，2009）。到2030年，粮食需求预计将增长50%（到2050年增长70%）（Bruinsma，2009），而对水电和其他可再生能源的需求也将增长60%（WWAP，2009）（见2.2节和第十九章）。 these 问题是相互关联的，例如增加粮食生产就会大量增加水和能源的消耗，导致与其他用水部门的用水竞争增加。

预测未来的农业水需求有很大的不确定性，特别受到粮食需求的影响，而粮食需求部

分取决于需要养活的人口数量，部分取决于人类饮食的内容和数量。而其他一些因素又使得这种情况更加复杂，包括季节性气候变化的不确定性、农业生产的效率、粮食的种类和产量。

尽管有各种说法的预测，但根据不同的情景假设和方法论，到 2050 年全球农业耗水量（包括雨养农业和灌溉农业）大约增长 19%，每年耗水量达到 8 515 立方千米（农业水管理综合评估，2007）。联合国粮农组织（FAO）估计 2008—2050 年期间灌溉耗水量将增长 11%，这将会使当前 2 740 立方千米的灌溉取水量增加 5%。尽管这个增加量看起来并不大，但却主要发生在目前已经缺水的地区（FAO，2011a）。

从根本上说，农业部门面临的主要挑战不是如何在未来的 40 年里多生产 70% 的粮食，而是如何保证餐桌上的食物增加 70%。减少储存环节和整个粮食价值链的损失能够大大缓解

对粮食增产的需求。

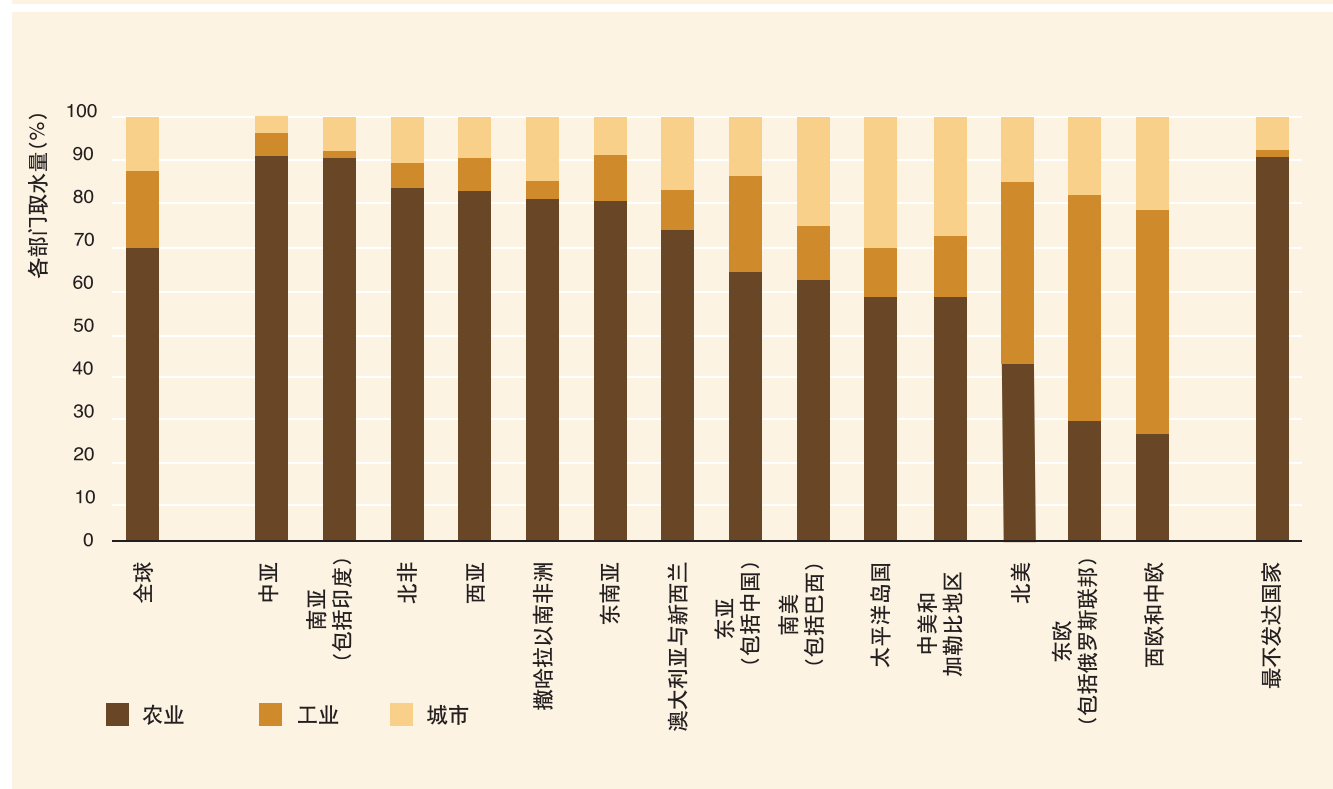
2.1.3 农业对水与生态系统的影响

农业用水的管理方式对生态系统有着广泛的影响，对生态系统服务功能也起到了一定削弱作用。农业水管理已经改变了淡水、海岸湿地的物理和化学特性，水质和水量以及陆地生态系统的直接和间接生物变化。农业部门对人类和生态系统造成的损害以及清洁过程的外部成本非常重大。例如，美国每年在这方面的成本约为 90 亿~200 亿美元（引自 Galloway 等，2007）。

因农业而造成的土地使用改变已经对水质和水量产生了广泛的影响（Scanlon 等，2007）。湿地尤其受到影响。由农业污染造成的水质不良在欧洲、拉丁美洲和亚洲的湿地最为严重（见图 2.2）。淡水和沿海湿地的物种状态比其他生态系统恶化的更快（MA，2005a）。

图 2.1

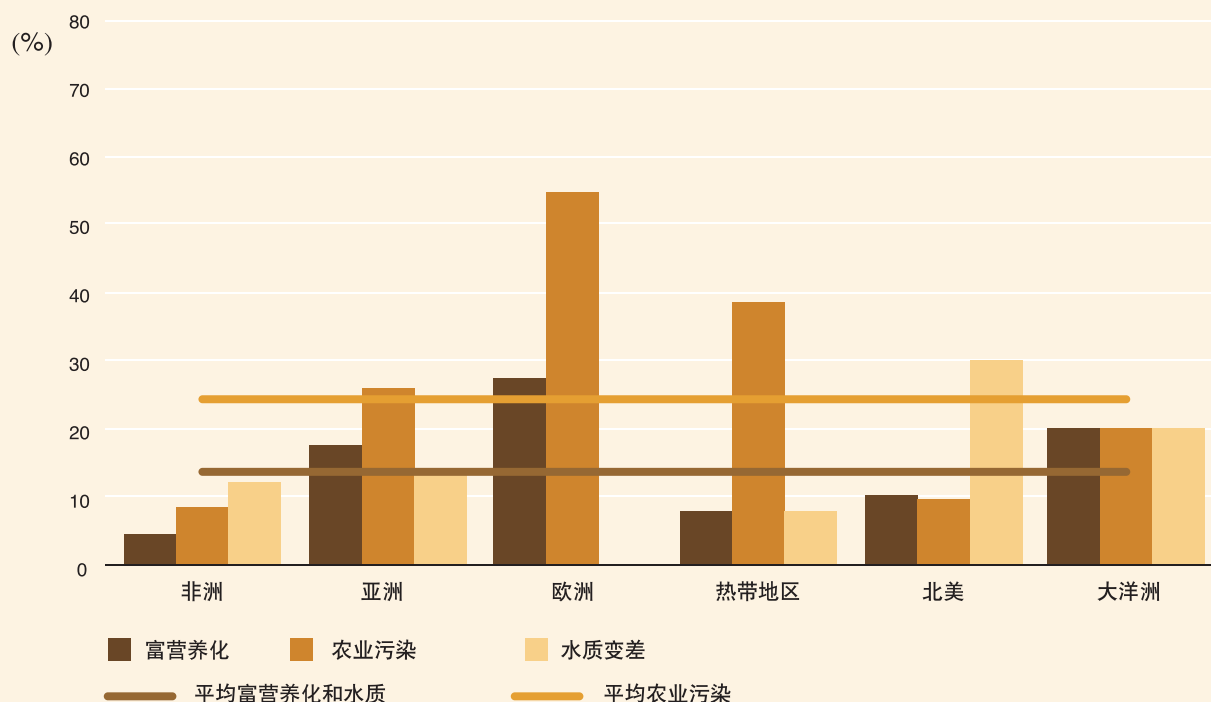
各地区不同部门的取水量 (2005年)



资料来源：联合国粮农组织全球水信息系统（FAO AQUASTAT）(<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>, 2011年访问)。

图 2.2

各大洲湿地水质状况变化



资料来源：FAO (2008, p. 50)。

来自农田的面源污染仍是世界很多流域的主要问题（见 3.3 节和 4.3 节）。由农业径流带来的富营养化是加拿大、美国、亚洲和太平洋地区的首要污染问题。澳大利亚、印度、巴基斯坦和干旱中东的许多地区都面临着不良灌溉措施导致的越来越严重的盐碱化。

氮是世界地下水资源中最常见的化学污染物。根据联合国粮农组织全球水信息系统 (2011c) 的现有数据，美国是现今农药消耗量最大的国家，欧洲国家紧随其后，特别是西欧国家。如果按照单位耕地面积使用量计算，日本是农药使用量最密集的国家。在干旱的北非地区和阿拉伯半岛地区，农业发展加剧了浅层地下水的过度开采和深层地下水开采，这正对水资源带来不可调和的压力。

2.1.4 来自人口增长和饮食变化的压力

不断增长的人口（根据前文，到 2050 年将

达 91 亿）对土地和水资源的压力越来越大。与此同时，经济增长和个人财富的变化也使饮食结构由原来的以淀粉类为主转变为耗水量更大的肉类和奶制品。比如，生产 1 千克的大米须耗水 3 500 升，生产 1 千克的牛肉则需要耗水 15 000 升，生产一杯咖啡需耗水 140 升 (Hoekstra 和 Chapagain, 2008)。这种饮食变化在过去 30 年中对水资源消耗的影响最大，并且这一影响还将持续到 21 世纪中期 (FAO, 2006)。

对畜产品的需求与经济增长密切相关

世界粮食经济越来越受到人们食物品种变化和食品消费类型向畜产品转变的驱动影响 (FAO, 2006)。2008 年，33.5 亿公顷的土地被用作永久性草场和牧场，是用于可耕地种植和长期作物的土地的两倍还多。畜牧业不仅提供了肉，还有奶制品、蛋类、毛织品和皮类等。在世界增长最快的几个经济体中 (Steinfeld 等, 2006)，对畜产品的需求不断上涨，从

而使畜牧业正在以前所未有的速度变化。畜牧业已经贡献了全球农业产值的 40%。受人口增长、财富积累和城市化的影响，畜牧业仍将是农业经济最具活力的部分。

但对畜产品需求的增长也同时伴随着对其环境影响的担忧。在一些国家，畜牧用地的扩张已经导致了森林的退化（比如巴西），而且密集的牲畜养殖（主要在经合组织国家）已经成为了一个主要的污染源。畜牧业对全球国内生产总值（GDP）的贡献率仅为 2%，但却产生了 18% 的温室气体（GHGs）（Steinfeld 等，2006b）。因此，有评论认为畜牧业带来的弊端远远超过了其益处，但也有人认为这种观点严重低估了畜牧业对经济和社会的重要作用，特别是在一些低收入国家。不论这两种观点如何争论，对畜牧业的需求似乎还在继续增长（FAO，2006）。这意味着畜牧业生产中的资源利用效率已成为一个焦点，这其中包括了水的管理。

畜牧业生产和加工造成的水污染

在生产阶段，牲畜需要饮水，还需要用水来降温 and 清洁，但需水量根据动物的种类、养殖方法和地点的不同而有所不同。放养式的牲畜养殖系统会增加对水的需求，因为动物外出寻找食物需要耗费更多的体力。但集中式或工业式的养殖系统也会因制冷或清洁系统而需要更多的水。全球范围看，牲畜年饮用水需求量约为 16 立方千米，而相关服务则还需要 6.5 立方千米（Steinfeld 等，2006）。

种植饲料的需水量则更大。这部分的需水量不仅取决于牲畜的数量和种类以及它们需要的饲料数量，同时也取决于饲料的生长地点。据估计，畜牧业每年的耗水量约为 2 000 ~ 3 000 立方千米，占隐含在全球粮食产品中的水的 45%（农业水管理综合评估，2007；Zimmer 和 Renault，日期不详），尽管这些估计很不精确。这些水大部分用于种植雨养草场和非耕种饲料作物，而这部分消耗通常认为是没什么环境价值的。事实上，如果这部分土地不用于畜牧，其可以节约的水资源也不多，用于其他用

途的可能性也不大。在生产饲料和畜牧的过程中，灌溉用水量仅占很小的比例，但却发挥着重要作用，比起旱作种植也有更大的机会成本。

在肉类加工过程中，屠宰场是肉类加工价值链（生产阶段以后）上的第二用水大户，对当地生态系统和社区来说也是一个潜在的重要点源污染。但食品消耗最严重的方面是食品浪费，在工业化国家更是如此。这些国家食品遭到浪费，原因是易腐食品生产的太多又没有卖掉，产品在储存的过程中变质，买来的食品没有吃掉，所以只好倒掉。所有这些既造成了严重的食品浪费，也是对生产这些食品的水资源的严重浪费（Lundqvist，2010）。

2.1.5 农业部门对水资源的其他压力

气候变化

农业因其排放温室气体加剧了气候变化，而气候变化反过来又影响了地球的水循环，给粮食生产带来又一层不确定性和风险。气候变化的影响主要是通过水情来体验到的，表现为更加严重和频繁的旱涝灾害，同时还伴随有降雨分布、土壤湿度、冰川和冰雪融化以及地表和地下水变化所带来的可以预见的对可用水资源量的影响。这些气候变化导致的水文变化将对全球灌溉农业和雨养农业的规模及生产率都产生影响，因此其应对策略将重点集中在减轻整体的生产风险上（FAO，2011b）。



“粮食安全正遭受潜在浪费的威胁，因为农产品生产的价值链从田间到餐桌经过了很多的环节和过程。”

据预测，到 2030 年，南亚和南部非洲将是最容易受到气候变化导致的食物短缺威胁的地区（Lobell 等，2008）。这些地区人口的粮食安全

全得不到保证，因为他们依赖的粮食作物的生产环境极易受到气候变化造成的温度和降雨变化的影响。

粮食、经济和能源危机

粮价危机以及紧随其后的 2009 年经济危机造成了世界范围的严重饥荒。粮食价格远远高于 2006 年。尽管人们认为粮食价格上涨主要是由一些暂时性因素导致的，比如小麦生产区的干旱、粮食储存量的不足以及导致化肥价格上涨的石油价格暴涨等，但到 2010 年粮食价格还是没能恢复到 2006 年以前的水平。在危机中，世界各地的贫困妇女不仅受到经济危机的冲击，而且由于教育程度低会花更多的时间工作 (FAO, 2009)。

近年来对生物燃料的需求也在急剧增长。为了生产乙醇和生物燃料，美国正在大量种植玉米，欧盟 (EU) 则是小麦和葡萄籽，撒哈拉以南非洲部分地区以及南亚和东南亚地区是油椰子，巴西则正在生产大量糖类作物。2007 年，生物燃料的生产以巴西和美国占主导地位，其次是欧盟。2005 年，生物和垃圾满足了世界初级能源需求的 10%，比核能 (6%) 和水电能源 (2%) 加起来还要多 (IEA, 2007)。

如果到 2050 年³ 生物能源供应量预计达到相当于 60 亿~120 亿吨石油的话，则全世界农业用地的 1/5 都要用于生物能源的生产 (IEA, 2006)。生物燃料也是用水大户，会加大对地方水文系统的压力，增加全球温室气体的排放。

土地获取和土地使用变化

相对近来发生的大规模国际土地征购现象正导致土地使用的变化，而这一变化反过来也影响了水的使用。2007—2008 年，在非洲、亚洲和拉丁美洲地区，一些经济合作与发展组织国家和金砖国家的主权基金和投资公司已经购买或者租用了大块的农田以保证他们的燃料和粮食需求。这种现象部分是由燃料危机和生物燃料代替汽油产品的需求引发的，详细解释见第七章 (见专栏 7.14)。问题是，这些签订土

地征购合同的大部分国家中，水权还没有融入到“现代”法律体系，而是完全按照当地习俗、效力不强和落伍的水法规，有些国家甚至没有关于水权的任何正式法律规定 (Mann 和 Smaller, 2010)。

2.1.6 食品链中的浪费

当缺水发生时，仅仅考虑生产粮食的需水量还不够 (Lundqvist, Fraiture 和 Molden, 2008)。必须对整个价值链上水的使用方式进行考察，从生产到消费等。这点在工业化国家尤其如此，某种程度上，在金砖国家的城镇地区也是如此。这些地区的食品越来越多地来自于不同的来源，常常需要远距离运输，有些情况下还来自于不同的国家。食品安全受到潜在浪费的威胁，因为农产品的生产经过了漫长的价值链，从田间到餐桌经过了农民、运输商、储存机构、食品加工者、商店和消费者多个环节。这个价值链上的每一个环节都存在食品浪费，也就意味着浪费了生产这些食品的水。

水管理过去一直是政府的职责，但一些大型的国际食品企业已经开始认识到水对于他们生意的重要性，特别是当这些企业的价值链位于缺水国家时。尽管他们的担心与消费者的观念和利润安全性密切相关，但更加用心地利用水资源可产生有利于全局的潜在连带好处。为促进价值链上水资源高效利用而开展的倡议活动包括“CEO 水之使命”和“水管理联盟”。

2.1.7 “水智能型”粮食生产

世界已进入到了水管理的新时代，人们可清晰地认识到水和其他资源的关系，认识到粮食收割后不良管理所造成的经济社会影响以及价值链上的食品浪费。

技术的作用

在高收入国家，科技早已成为全球繁荣的主要推动力。未来无疑仍将如此。粮食生产将需要更加“绿色”、更加可持续，以确保不会

加重气候变化和生态系统恶化的负担。

我们将需要技术创新来提高粮食产量和抗旱能力，以更加科学的方式来使用化肥和水资源，使用新型农药和非化学方式来加强作物保护，减少作物收割后的损失，使畜牧业和海产品生产更具持续性。工业化国家当然很容易获得这些技术带来的好处，但他们也有责任确保那些最不发达国家（LDCs）有机会以平等、非歧视的条件获得这些技术。

人的能力和制度是财富

最不发达国家的农业发展主要依赖小农户，而他们大部分是妇女。能满足她们需求的水技术将在应对粮食安全挑战中发挥关键作用。但在很多最不发达国家，妇女能够获得的有形资产十分有限，也缺乏资产管理方面的经验。多种用水机制能够给妇女提供机会，扩大她们对水资源分配与管理的影响力。

需要对政策和管理做出重大调整，以尽可能地实现现有水资源的最佳使用。需要建立新的制度安排，将水法规管理的职责集中化，而将水经营管理的责任分散化，同时增加用水户的所有权和参与程度。还需要制定新的部署以确保贫困人口和弱势群体有水喝，特别是妇女，使他们长久地获得土地和水安全。

关注价值链

农业价值链上的各个环节都需要改善。早期可以在减少最不发达国家作物收割后损失以及高收入国家食品浪费方面取得进展，进而节约这些环节中蕴含的水资源。中期看，有可能实现“气候智能型”粮食种植技术的创新。远期看，牲畜饲料和草料向能源智能型转换也是可能的。在价值链所有环节的水循环利用上，如果处理过的废水出于文化因素无法被用于其他用途所接受，那么则可以用于环境以有助于环境用水安全的需要。

创造性地管理风险

为减轻对干旱的脆弱性，我们既需要投资建设结构性的基础设施，同时也需要投资建设

“绿色的”基础设施，以改进水的测量和调控手段，在合适的条件下，增加已建水库以及湿地、土壤等天然水库中的地表水和地下水蓄水量。将现有水管理技术适用于新形势预期会带来很多的效益。“为管理而设计”这个在20世纪80年代推行的理念，要求在基础设施设计中要明确其管理者和管理方式，这在今天依然很有意义，对于未来水管理也十分重要。

虚拟水交易

随着水资源丰富的国家向那些愈加难以种植足够的主要粮食作物的缺水国家出售粮食，虚拟水将发挥越来越重要的作用。但粮食进出口与自给自足这些水政治问题，解决起来并不容易。当粮食安全受到威胁时，粮食生产国家可能不愿意出口，而低收入国家和最不发达国家可能需要继续过度开采水资源来养活他们的人口，以避免市场上粮食价格的上涨。粮食和其他产品的补贴会扭曲市场，对虚拟水概念的使用会造成潜在的负面影响。

实行“水智能型”生产

我们需要采取一种双轨并行的方法来实现现有水资源的最佳利用：一方面进行需求管理，提高水生产率（“让每滴水生产更多的粮食”）；另一方面进行供给管理，通过储水来增加可用水量，以应对季节变化和日益增加的降雨的不确定性。

农业用水管理需要更多的投资，而有些国家的优先考虑重点却格外让人担忧。2010年，全球大约仅有100亿美元投资于灌溉系统，这个数字相对于水资源对农业部门的重要性而言，少的令人惊讶（相比之下，全球市场瓶装水同一年的市场份额为590亿美元）（Wild等，2010）。现在全世界都应清醒地认识这样一个事实，那就是农业部门是一个重要和有效的水消费者，这方面的投资对于粮食和水安全的未来至关重要。当水资源短缺时，全球都有责任科学、高效和高产地使用水资源。农业要变得更加“水智能型”，并要给予正确的信号和激励手段使目标能够实现。

“各种能源在其生命周期的某些环节都需要水，包括生产、转化、输送和使用。”

2.2 能源

能源与水紧密交织在一起。尽管能源和电力有不同的来源，但各种生产过程都需要水，包括原材料的开采、热力过程的冷却、材料的清洗、生物燃料作物的种植以及水轮机的驱动。反过来，在将水资源提供给人们使用和消耗的时候，也需要用能源来进行抽水、运输、处理、脱盐和灌溉。这两种资源的互相依赖形成了能源与水的纽带关系，也导致跨行业脆弱性的产生。

外部驱动因素为这个纽带关系的管理带来了挑战，这些因素的影响只能对其进行估计却不能完整为其规划。气候变化就是直接影响水与能源的主要外部驱动因素；减轻措施主要围绕减少能源消耗和碳排放展开，而适应措施是指为不断增加的水文脆弱性和旱涝、风暴等极端天气事件作好规划。其他外部压力来自于人口发展（包括人口增加和移民）以及经济活动的增加和生活水平的提高，这些都会导致能源消耗的急剧上升，特别是在非经济合作与发展组织国家。最后，政府追求更多的水资源密集型能源和能源密集型水资源的政策选择也常常会加剧这些压力。

2.2.1 能源用水

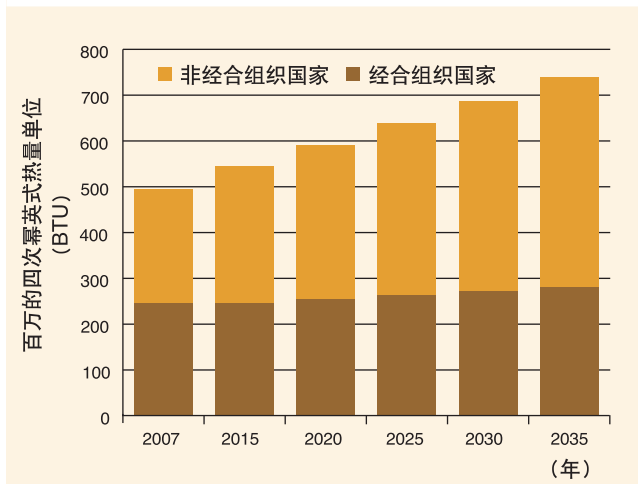
不同类型能源需求的趋势和预测

据美国能源信息管理局（EIA）估计，2007—2035年之间，全球能源消耗将增加约49%（见图2.3）。这种能源消耗的增长在非经济合作与发展组织国家（84%）要比经济合作与发展组织国家（14%）更高，主要原因是预期国内生产总值的增长和相关经济活动的增加。

能源主要分为初级能源和二级能源。初级能源是指开采、捕捉或培育的能源，包括原油、天然气、煤、生物质和地热。二级能源则指经过转化而成的汽油产品、通过热力过程（煤、化石燃料、地热和核燃料）产生的电以及水能、太阳能/光伏电（PV）和风能产生的电（Øvergaard, 2008）。

图 2.3

2007—2035年世界市场能源消耗



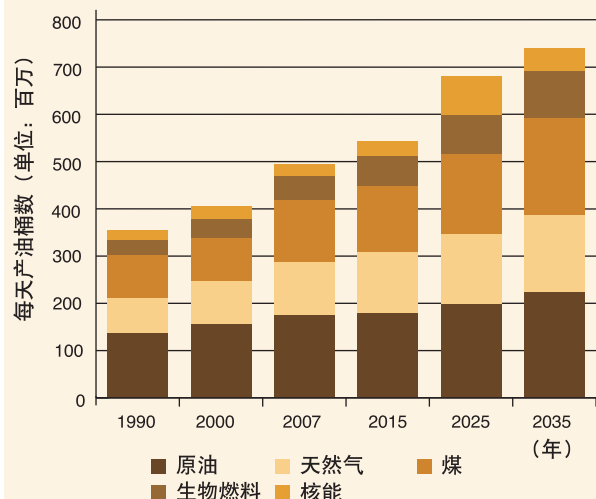
资料来源：EIA (2010, p. 1)。

关于初级能源的载体，图2.4表明燃料生产在2035年前会一直增长。虽然原油生产不会有太大增长，但生物燃料、煤和天然气的生产预计将会有大幅度增长。特别是生物燃料的生产将会对水产生重大影响，因为作物生长中的光合作用需要水，作物炼制过程也需要水。

同样，2035年前的电力生产趋势也将呈现巨大的差异。从图2.5可以看出，液化化石燃料生产的电力将不会有任何增长，核电生产的增长也很小。显然，2011年3月日本福岛核电站事故对全球核政策产生了重要影响，将进一步影响未来的核电生产。但是，煤、可再生能源和天然气生产的电力将有大幅度增长。预计到2035年，可再生能源生产的电力将翻一番（见图2.4）。水电生产总量会增长，但增长速度将比不上风电、太阳能发电和光伏发电（EIA, 2010; WWF, 2011）。

图 2.4

1990—2007年世界燃料生产历史数据及对2035年的预计



资料来源: 数据源自 EIA (2010)。

初级能源的水需求

各种能源在其生命周期的某些环节都需要水, 包括生产、转化、输送和使用。本章主要关注水量需求, 而不是水质影响。煤、天然气和铀作为燃料在其生产过程中需水量虽然不是没有, 但比起电厂发电时的需水量, 还是小很多的, 因此可以忽略不计。相形而言, 生产用于交通使用的煤、天然气和汽油的水需要则比较重要 (因为交通车辆在路上没有用水需要)。每种燃料和技术都有稍许不同的要求。

原油

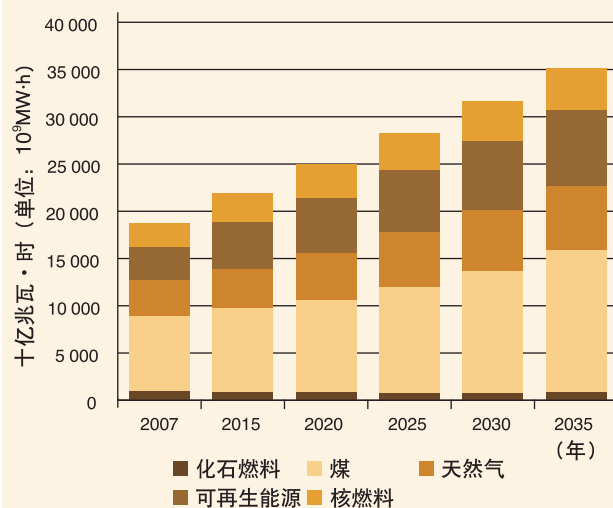
原油是目前全球最主要的初级能源, 其不同生产阶段都需要水, 包括钻井、抽油、炼油和加工。平均用水量约为每吉焦 (GJ) 1.058 立方米 (Gerbens-Leenes 等, 2008)。非传统石油生产则会多消耗 2.5~4 倍的水, 而到 2035 年前, 这种非传统石油生产在北美洲、中美洲和南美洲将会增长 (WEC, 2010)。

煤

煤是全球第二大初级能源, 到 2035 年之前煤的使用还将增长 (见图 2.4)。Gerbens-

图 2.5

2007—2035年世界净电力生产预测



注: 此表中, 化石燃料指石油和液化气等液态燃料。煤和天然气单独考虑。

资料来源: 数据源自 EIA (2010)。

Leenes 等 (2008) 估计, 每吉焦需要约 0.164 立方米的水用于煤的各种生产工序, 其中开采地下煤矿的用水量要比开采露天煤矿的用水量多出许多 (Gleick, 1994)。

天然气

预计到 2035 年, 天然气的生产量将会有大幅增长 (见图 2.4)。传统天然气生产在钻井、开采和运输过程的需水量比较少, 大约为每吉焦 0.109 立方米 (Gerbens-Leenes 等, 2008)。但是页岩天然气的生产用水密集度则要稍微高于传统天然气, 因为水力压裂这种开采方法需要向每个井中喷射数百万升的水。而页岩天然气的开采预计在亚洲、澳大利亚和北美洲地区还将增长。

铀

铀在全球能源消耗中的比重预计将从现在的 6% 增长到 2035 年的 9% (见图 2.4) (WEC, 2010)。Gerbens-Leenes 等 (2008) 估计铀矿开采和加工的需水量相对较少, 约为每吉焦 0.086 立方米。

生物质和生物燃料

生物质包括木材、农业燃料、垃圾和城市

副产品，在很多非经济合作与发展组织国家的家庭，它是烧火和取暖的一个重要来源（WEC，2010）。此外，生物原料取代化石燃料的使用在经济合作与发展组织国家正变得越来越商业化，这种趋势让人开始担心作物的用水需求。但水资源的密集度取决于原料，取决于作物生长的地点和方式，以及作物是否是第一代或第二代作物（Gerbens-Leenes 等，2008；WEF，2009）。由于这种生产过程的多样性，想要给生物燃料生产的耗水量确定一个单一的数值或者是一个代表性的数值范围都是不切实际的。

发电需水量

火电

火电厂（煤、天然气、石油、生物质、地热或铀）通过加热水或者气体来发电，并通过蒸汽或燃气涡轮的运转来驱动发电机。经过涡轮机后，蒸汽循环中的水通常会在一个冷凝器中冷却然后再进行循环利用（通过冷却水回路）。这些发电过程目前占到了世界电力生产的78%（EIA，2010），而且发电量还将增长，这意味着将需要更多的冷却水。

当前使用的主要有两种水冷却技术和一种干冷却技术（WEF，2011）。直流冷却需抽取大量的水，这些水经过冷凝器冷却后被放回到下游水体中。虽然会蒸发损失掉一些水（WEC，2010），但实际的耗水量还是很小的。但是，当回放到下游的水温度明显高于周围环境时，或者水生生物被夹带进入冷却系统中时，就会对下游的水生生物产生巨大的影响（DOE，2006）。封闭回路系统将经过冷凝器冷却的水进行循环利用，将多余的热量经过冷却塔或者水池排放出去（WEF，2011）。这些封闭系统比直流式技术的抽水量要少95%，但这部分水将全部蒸发损失掉，因此不会再直接排放到自然系统中。干冷却系统不需要用水来进行冷却，但会有寄生效能损失，并且性能会根据当地温度和湿度的变化而不同。

火电厂的耗水值根据现有技术和燃料来源的不同而有所区别，气候条件也是影响因素之一，因为气候会影响蒸发和冷却工艺的选择。

水电

水电是电力生产最大的可再生能源（2007年占全球电力生产的15%），据估计，全球具备经济可行性的水电尚有2/3的开发潜力（WEC，2010）。水电主要用水推动水轮机，然后将水释放到下游水体中。在这个过程中，水并没有受到污染，水电生产过程也因此被认为是不耗水的。但是，在水库蓄水过程中会有一部分蒸发，因此有些人认为这是水电的水消耗，尽管水库其他的相关用途通常是不考虑蒸发损失的。水电的耗水量很难估算，因为这取决于模型计算而不是测量（WEF，2009）。关于这个课题的最新研究主要出现在美国，研究结果认为水电的耗水量为0.04~210立方米/（兆瓦·时），预期中值为2.6~5.4立方米/（兆瓦·时）（Gleick，1994）。这些估值反映了水库建成后比流域保持自然径流状态水面面积时多出的蒸发量。需要注意的是，这些蒸发损失不是由水力发电本身产生的，而是由水库的水面面积以及当地具体的气候条件产生的，因此任何有水库的用水方式都会产生这样的损失，不管是人工水库还是天然水体。专栏2.1对此进行了介绍，并指出对水电生产过程中水资源使用和消耗的认知要比其他类型的能源更加复杂，还提出了几个有关测量蒸发损失的观点，不仅仅有关水电蒸发损失，还包括不同用途或者多种功能水库的蒸发损失。

风能、太阳能和光伏电

风能发电和太阳能光伏发电占到了全球电力生产的3%。在运行中，除了清洗风机叶片和太阳能电池以外，这些发电技术的确无需用水（WEF，2009）。但是，对于建在沙漠里或沙漠附近的太阳能电站而言，清洗太阳能电池板上的尘土非常重要。还有，在大规模使用集中的太阳能电力时，和火电厂一样，也要用蒸汽循环来发电，因此也会需要冷却水，这对于炎热和干旱地区会是一个挑战（Carter 和 Campbell，2009）。

从整体来看，世界各地能源和电力消耗在今后的25年里都将增加，增加的部分主要发生

在非经济合作与发展组织国家。这种趋势将对支持这种能源增长的水资源产生直接的影响。表 2.1 显示，如果继续保持当前的能源消耗模式的话，预计能源生产的需水量到 2050 年将增加 11.2%。假设能源消耗模式的能源利用率有所提高，WEC (2010) 估计，能源生产的需水量到 2050 年将减少 2.9% (见表 2.2)。不幸的是，在规划新的能源生产设施时，人们常常不考虑能源生产的需水量。同样，水系统中的能源需求也常常被忽视。

专栏 2.1

将水电用水及消耗与其他类型能源用水及消耗进行比较的复杂性

20 世纪 90 年代早期，美国最先开始研究水电厂水蒸发问题，旨在量化几种能源的用水量。近年来的测量不多，因此美国自 20 世纪 90 年代以来的数据常被用来代表全球范围内水电的用水需求 (见图 2.6)。Pegasys (2011) 指出在考虑水电对水资源影响时需要考虑以下几点：

- 水资源“使用”、“消耗”和“损失”。弄清楚水力发电的“非消耗性”用水的概念和相关术语非常有必要。虽然水电生产不“消耗”水，但却有：①水库建成后比流域维持自然径流状态水面面积时多出的蒸发量造成的损失；②改变流态之后对下游产生的影响也需要考虑。也许最复杂的问题来自于水的使用，这种使用主要是通过水库蓄水量的调节来分配年内不同时间的流量。比如，在智利等很多地方，水电生产就会和其他用水方面争水，因为水电站为满足电力需求而改变的流量往往与其他用水方面的季节需求相矛盾

(Huffaker, Whittlesey 和 Wandschneider, 1993; Bauer, 1998)。

- 发电能力的性质。我们很难超出国家或地区发电系统范畴来理解一项发电技术及其涉及的领域。每一项发电设施都有专门的性能和成本要求，由此决定其调度指令和相应的水用途。这个作用只有在和其他发电形式相比较时才能理解。比如，水电在发电系统中存在多种用途，可以作为基本负载，可以用于调峰，也可以作为支持辅助。此外，水电站的水库还有多种潜在用途，包括休闲、航运、防洪和蓄水，因此，很难将其影响在这些众多的服务中进行分配。

- 能源供应链。每一种发电技术都有一个不同的供应链。全面考虑这个供应链从原材料开采到最后产品的各个环节对于理解该技术的足迹十分关键。对供应链的忽略使该项技术的需水量变得比较模糊，使不同技术之间的比较更加复杂。

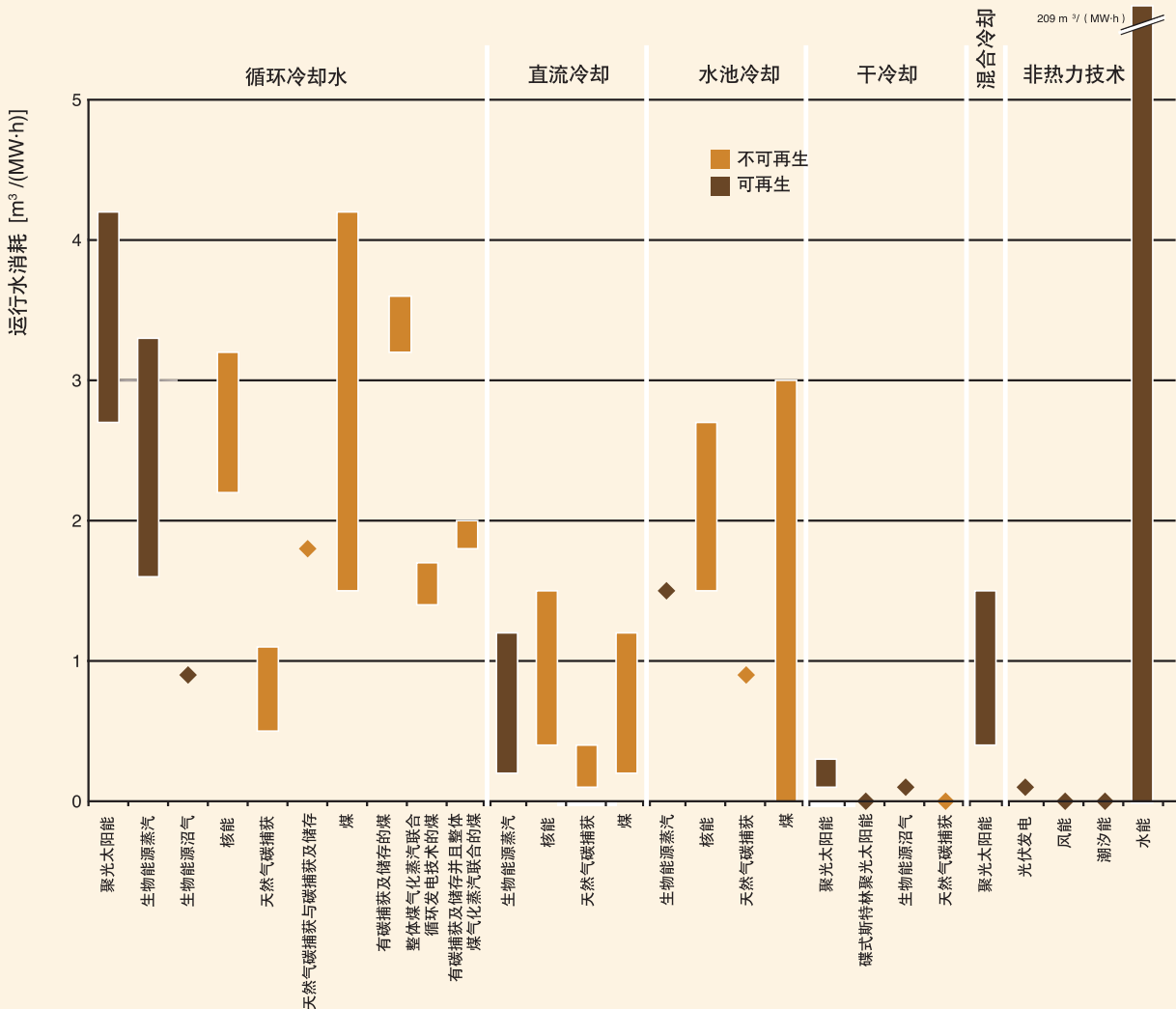
- 损失的属性。水电在很多情况下只是多目标工程项目功能的其中一项，因此在考虑水电的足迹和使用时，必须将水库的蒸散损失归属于所有的用途。

- 水电系统的结构。每个水电系统都会根据自然条件和河流系统的水流来设计不同的结构。水库的面积、深度和形状以及装机容量取决于先前存在的地理条件，也决定了水库的蒸发量和发电量，因此有必要根据每个水库的具体情况来进行具体的评价。

- 气候条件。对当地流域水资源足迹的影响 (或者叫机会成本) 有很多争论。同样的足迹，对于一个水资源丰沛的流域和一个缺水的流域，意义则不同。

图 2.6

各种类型能源生产运行的水消耗



资料来源: IPCC (2011, 图9.14, p. 49), 能源用水需求趋势。

由于地球上的水资源分配不均, 有些地区面临的能源用水压力比其他地区更加严峻。世界经济论坛 (2010) 估计, 在中国、印度和中东等已经存在水短缺问题的国家和地区, 其电力生产预计还将增长 5 倍, 因此格外需要探索初级能源处理和发电的新技术。其他地区虽然能源生产的需水量也在增加, 但因为拥有足够的资源, 不太可能出现用水危机或缺水问题。世界经济论坛 (2010) 估计, 北美、南美和加勒比的大部分地区将属于这种情况。

2.2.2 水资源的能源需求

水资源的抽取 (地表水、地下水)、转换 (处理以达到饮用水标准、脱盐)、供应 (城市用水、工业用水和农业用水)、再生 (污水处理) 和排放过程中都需要能源。但是, 现在很少有国家对水资源的能源需求进行研究。

美国电力研究院 (EPRI) 估计, 美国电力消耗的 2%~4% 是用于水厂和污水处理厂的水供应。包括最终用途在内, 美国每年水资源的能源消耗约为总能耗的 10% (Twomey 和 Webber, 2011)。利用地表水的能耗一般比提

取地下水的能耗低 30% (EPRI, 2002)。随着有些地区地下水位的下降,地下水开采的能耗将更大。此外,当地表水不足时,往该地区调水的能耗将比抽取可用地下水的能耗更大。

通常,水中的盐类、化学和生物污染物消除之后才能达到饮用水的标准。由于水质 (WEF, 2011)、使用技术 (Strokes 和 Horvath, 2009) 和国家饮用水标准的不同,地表水和地下水处理所需能量量有很大的差别。根据国际生命周期分析中的观察得知,当地水资源脱盐处理的能耗要远远超过从外地调水 (Strokes 和 Horvath, 2009),比污水处理的能耗还要高出 6 倍 (WEF, 2011)。对脱盐电力需求的研究相对比较深入,而且 Strokes 和 Horvath (2009) 发现全球传统的和过滤膜海水脱盐技术每立方米平均每年耗电 0.38 千瓦·时,而每立方米含盐地下水的脱盐每年则需要耗能 0.26 千瓦·时。因此,脱盐水的价格与能

源价格紧密相关,尽管过去十年价格有所波动,但总体呈稳定上升趋势 (EIA, 2010)。然而,这种全球平均数只具有理论意义上的用途,实际中饮用水的极端重要性使得当地在供水选择方面往往只能依赖于现有的资源。另外,脱盐过程还会产生浓度很高的废盐水,必须处理掉。沿海的脱盐场将废盐水排放到附近水域中,对沿海海洋生态产生了不利影响。内地脱盐场也同样面临着寻找生态友好型废水处理方式的挑战。

如表 2.3 所示,污水处理也要耗费大量的能源 (WEF, 1997)。污水排放规定严格的高收入国家使用的污水处理技术耗能都较高。滴滤处理技术利用一种生物活性基质进行好氧处理,其耗能尚可接受,平均每百万升耗电 250 千瓦·时 (EPRI, 2002; Stillwell, 2011)。扩散空气曝气作为活性污泥法的一部分,是一种更加耗能的污水处理技术,由于鼓风机和气体

表 2.1

人口、能源消耗和能源耗水 (2005—2050年)

世界	2005年	2020年	2035年	2050年
世界人口 (百万)	6 290	7 842.3	8 601.1	9 439.0
能源消耗 ($\times 10^{18}$ J)	328.7	400.4	464.9	518.8
人均能耗 ($\times 10^9$ J/人)	52.3	51.1	54.1	55
年均耗水 ($\times 10^9$ m ³ /a)	1 815.6	1 986.4	2 087.8	2 020.1
人均耗水 (m ³ /人)	288.6	253.3	242.7	214.0

资料来源:摘自WEC(2010,表1,p.50,不同的数据来源)。

表 2.2

提高能效后人口、能源消耗和能源耗水 (2005—2050年)

世界	2005年	2020年	2035年	2050年
世界人口 (百万)	6 290	7 842.3	8 601.1	9 439.0
能源消耗 ($\times 10^{18}$ J)	328.7	364.7	386.4	435.0
人均能耗 ($\times 10^9$ J/人)	52.3	46.5	44.9	46.1
年均耗水 ($\times 10^9$ m ³ /a)	1 815.6	1 868.5	1 830.5	1 763.6
人均耗水 (m ³ /人)	288.6	238.3	212.8	186.8

资料来源:摘自WEC(2010,表2,p.51,不同的数据来源)。

表 2.3

美国水生产平均的能耗

水源/处理类型		能源使用(kW·h/10 ⁶ L)
水	地表水	60
	地下水	160
	苦咸地下水	1 000 ~ 2 600
	海水	2 600 ~ 4 400
废水	滴滤	250
	活性污泥	340
	无硝化作用的高级处理	400
	有硝化作用的高级处理	500

注：此表未包含水配送所用能源。

资料来源：CEC(2005)；EPRI(2002)；Stillwell(2010)；Stillwell等(2010, 2011)。

输送设备，需耗电每百万升 340 千瓦·时 (EPRI, 2002; Stillwell, 2011)。更先进的污水处理使用过滤和硝化作用技术，耗电则达到了每百万升 400~500 千瓦·时 (EPRI, 2002; Stillwell, 2011)。事实上，较先进的污泥处理技术可占污水处理厂全部能耗的 30%~80% (可持续性系统研究中心, 2008)。通过厌氧消化进行废水污泥处理也可以生成富含甲烷的沼气，从而产生能量。这种可再生的燃料最多可满足污水处理厂 50% 的电力需求 (Sieger 和 Whitlock, 2005; Stillwell, King 和 Webber, 2010)。

因为污水处理比一般的水处理更耗能，所以，当未来部分国家收入增长后，水处理标准的提高将很可能带来污水处理的单位能耗的上涨 (Applebaum, 2000)。但有可能引进高效能源技术后，可以减缓水处理高标准带来的能耗增加，减少污水处理厂将来的用电增长。想达到的环境标准越高，在污水处理方面的人均能源开支就越高，这是所有社会在实现富裕的过程中会不断重复的循环——国家越富裕，需要的能源就越多。作物的灌溉也需要使用能源。在经济合作与发展组织国家，灌溉耗能仅占全部水资源耗能的一小部分 (水的加热、处理和排放需要的能源更多)。但是，在非经济合作与发展组织国家，水的处理和加热并不普遍，灌溉占到了水资源耗能的较大比重。

人口不断增长，其用水需求也不断增长，水资源短缺迫使各国积极开发更加耗电的非传统水源。因此，一方面能源技术变得越来越高效 (Strokes 和 Horvath, 2009)；另一方面，水源地更远、更不方便，水质差等造成的输水和水处理问题导致能源需求进一步增加，从而抵消了高效能技术节约下来的能源。

2.2.3 水与能源纽带关系的推动力、挑战和应对策略

如前文所述，全球能源消耗将在今后的 20 年大幅增长。这一趋势主要是由发展中国家人口和经济的增长造成的。有关水与能源的主要挑战就是提供水资源以满足增长的能源需求。这一需求需要决策者推广更加高效和综合的能源用水技术和水资源耗能技术。实现这些政策的第一步是对本国范围内的水资源量进行评估。第二步，需要整合不同政府机构和部委制定的水与能源政策，使决策者之间的合作更加紧密。

上述所有提到的情况表明，采用高耗能的水生产方式逐渐成为了一种趋势。很多高收入国家正在朝着耗能更高的水生产方式发展，因为供水机构需要从更加偏远的地方取得水源，且水质变得更差，因此需要更多的能源来进行水处理和输水。除了水质需要达到更高的标准

之外，淡水从水源地输送到人口密集城镇的距离也越来越远。这类工程包括开挖比以往更深的地下水库和通过大型工程远距离调水（Stillwell, King 和 Webber, 2010）。

在政治稳定的地区，国家层面决策机制的作用将极有可能被削弱，而针对水与能源作出的决策将更多的受到超越国家层面的影响，政府之间通过流域组织和电力联营体来相互合作，前提是（如第一章中提到的）这些过程和相关协议能够反映该国家的政治、经济和体制能力。相反，给偏远地区提供水和能源更多的是采取本地化的措施，以便强化地方的作用和促进可持续发展。这些措施包括为社区提供电力的小水电、微水电和其他小型可再生能源（GVEP, 2011），还有为农村地区提供水资源的沙坝（Excellent, 2011）和能源独立的水泵。

要实现能源领域的高效用水还有一些技术解决方案。比如，咸水、矿井水、生活污水以及干冷技术都已经为发电厂冷却所使用（NETL, 2009）。关于生物燃料的用水效率（Gerbens-Leenes 等, 2008）、脱盐的能源利用效率（AFF, 2002）和减少水库蒸发的研究也正在进一步深入开展。

水与能源纽带关系将超越仅仅考虑到水资源使用和消耗的数量。能源生产也会影响水质。热力、化学、放射性或生物污染会对下游生态系统产生直接的影响；在气体排放没有严格控制的地区，相当面积的农业土地可能会受到酸雨的影响。同样，当水资源短缺迫使人们使用非传统水源时（例如海水淡化和苦咸水），作出选择时应考虑使用这些水源所需的电力对水与环境的影响。

2.3 工业

2.3.1 现状与趋势

尽管工业在全球范围内耗水相对较少，但其供水却要求方便、可靠并且有利于环境的可

持续性。粗略估计，全世界大约 20% 的淡水资源用于工业，但这一比例在不同国家和地区有所区别。此外，如 2.2 节中所述，工业用水常常和能源用水合并在一起报告。另外，小型工商业用水常常和家庭用水相混淆。结果是，我们对工业中有意图的制造、转化和生产等用水需要，它们究竟抽取了多少水，消耗了多少水，所知是令人吃惊得少。



“我们对工业中有意图的制造、转化和生产等用水需求，它们究竟抽取了多少水，消耗了多少水，所知是令人吃惊得少。”

一个国家工业部门需水量占全国需水量的百分比总是和这个国家的平均收入水平成正比的。在低收入国家，这一比例仅为 5% 左右，而在一些高收入国家则高达 40%（见图 2.1）。这表明，一个国家或地区的经济发展是其工业用水的重要推动力，最终对水资源使用产生的影响将和人口增长一样。

工业部门的水管理主要是从工业取水和工业耗水来考虑的。工业取水总量的计算方法为：取水量 = 耗水量 + 废水排放量（Grobicki, 2007）。

工业部门从地表和地下抽取的总水量要远远大于其实际耗水量。改善水管理就主要体现在减少工业取水或者加强废水处理，也就是要突出提高生产率与降低消耗和废水排放以及减少污染之间的关系。

工业领域各行业对水质的具体要求千差万别。很多行业对水质的要求不高，因此也就推动了水的再利用和回收。相反，有些行业对水质的要求甚至超过饮用水，比如食品加工。医药和高科技产业对水质的要求也非常高，需要

在初级供水基础上进行另外的处理。而其他一些部门，如旅游、发电和交通，对水质也会有不同的要求。

排出的废水会对环境造成巨大的影响，特别是在区域和当地范围内（UNEP，2007）。农业加工、纺织品染色、屠宰和制革等小型工业行业会给当地水资源带来有毒污染物。污染物不仅使得水不能饮用，还会毒死鱼类，而鱼类对很多贫困人口而言是蛋白质的一个主要来源。当污水或未经处理的工业废水用于农业之后，某些有毒化学物质就会进入食物链。工业污染物通常比较集中，毒性较强，并比其他部门或其他活动产生的污染物更加难以治理。这些污染物的滞留以及它们在环境和水文循环中的迁移往往会对水资源造成长期损害（UNEP，2007）。

尽管工业发展追求的是经济产出和利润，但除了水量和水质问题以外，工业也需要考虑水的使用效率和科学性。水生产率这个概念是指单位用水生产的价值。第三版《世界水发展报告》（第七章）指出，各个国家的水生产率从每立方米超过100美元到低于10美元高低不等。随着技术的改进，水生产率一般也会提高。因此，水生产率低要么是因为定价偏低，要么就只是因为水多，这也就使得成本成为了主要因素。水生产率高与水循环利用率高及取水量减少相互联系。水生产率也是决策者进行水资源配置时感兴趣的话题。

除了取水之外，影响水文循环的重大工业干预因素还包括进入地表水体的废水排放、渗入地下水的污染物以及污染物在大气中的分布与落入水体的污染。尽管工业还在发展，但减少或避免工业活动带来的环境破坏的一种方法是进行清洁生产和可持续实践。清洁生产有很多方面，其中主要目标之一就是朝着废水零排放迈进，将工业废水转化为对其他生产过程、产业或产业集群有用的材料。

2.3.2 外部因素

工业受到外部因素的强烈影响，这些因素

会间接增加工业用水需求的复杂性和不确定性。总体而言，经济增长和发展是工业用水的主要推动力，而且这种关系是相互的：经济力量影响水，而水资源的可用性和状况也会影响经济活动。生态压力、社会价值和安全同样也是重要的因素，但这些因素在性质上一般比较当地化。

国际贸易作为工业和水的驱动力，要求来自出口国的产品必须满足目的国的环境规定。一些全球多边环境协议（MEAs），例如《巴塞尔公约》⁴，也促成了一些国际标准的制定。在达到发达国家环境要求方面，发展中国家尤其面临着贸易障碍，包括国际标准化组织（ISO）认证、环境管理系统（EMS）和企业社会责任（CSR），这些可以被看作是非关税贸易壁垒。因此，发展中国家的工业面临着那些购买他们货物或服务的跨国公司更加严格的要求和控制，而这些要求和控制有些清楚了，有些含糊不清。但是这些要求反过来也可以促成更好的产品制造标准，包括对能源效率和气候变化（碳足迹）的考虑等，使产业受益于更好的管理（包括水资源管理），效率得到提高。最终，在2012年“里约+20”峰会上对“绿色增长”和“绿色经济”的关注将有可能使成员国在采用标准或协议方面达成一致，这点反过来会对工业产生重大影响。对于商业来讲，这里的挑战和机遇就是要理解绿色经济的实际可能性，及其在众多领域和不同国家背景下的机遇和风险。各国政府需要联合起来，以避免某些执行不力的国家成为污染的避难所。

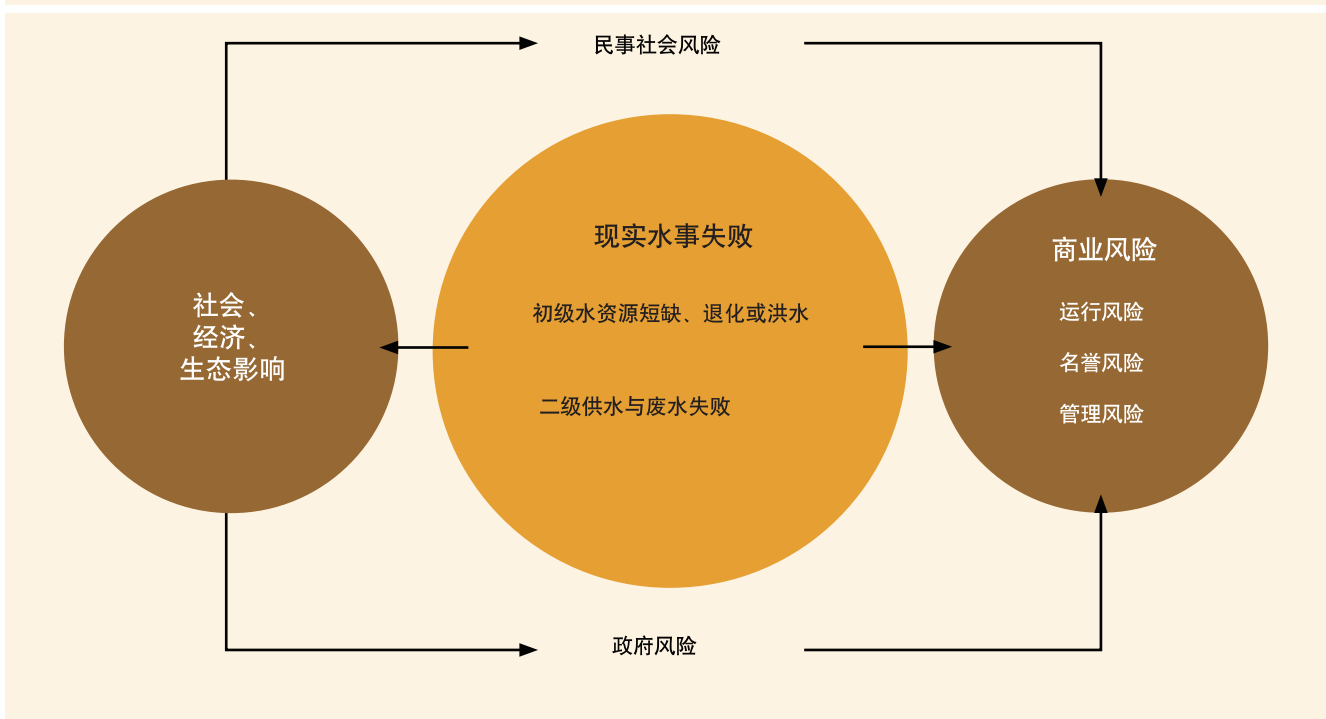
水资源的工业使用，包括供水质量和污水处理，受到技术革新的重大影响，而技术革新可以促进清洁生产和可持续发展。假设所有人都可以获得恰当的技术（实际上对于发展中国家的地方工业，情况并非如此），水处理的制约因素主要是成本问题，而不是缺乏技术能力来获得优质的水。尽管水处理革命性的技术突破在目前看来不太可能，但不断的技术进步可以降低成本，满足一个主要的工业目标，那就是确保达到水质要求的系统最经济合算。

在过去，水被认为是工业过程中一个相对比较确定的组成部分。的确如此，人们总是认为能够很容易并且以比较低廉的价格获得所需要的供水。污水排放是一个较大的挑战，尽管废水在达到水质（或水处理）标准后是允许排放的。但是，很多新的影响水资源及其管理的外部因素，使得用水成为工业发展一个更具风

险性的条件（见图 2.7）。一个产业的有效运行需要可持续的供水，且做到数量合适、质量合适、时间合适、地点合适和价格合适（Payne, 2007）。工业部门会发现越来越需要去竞争有限的水资源，因为各个部门的水资源需求和消耗都在增加，特别是农业部门，需水量巨大。因此，所有这些因素都具有更大的不确定性。

图 2.7

商业、政府和社会的水风险之间的关系



资料来源：SABMiller Plc 和 WWF-UK (2009, 图 2, p. 5, 参见 www.sabmiller.com/water)。

由于工业供水安全取决于资源的充足性，因此缺水问题已经成为一种越来越大的商业风险。地理和季节变化以及水资源配置和特定地区的用水竞争使得这个问题更加严重（比如农业用水和饮用水的竞争，或者家庭用水和工业用水的竞争），这种情况可能已经超出了工业的控制范围。这个问题在涉及跨界水的情况下尤其如此，两国或更多的国家可能会因水而产生矛盾或冲突。

与供水和废水排放相关的水质风险会影响工业，限制工业的发展。在供水方面，许多部门需要优质水，因此就需要进行额外的水处理。如果来自地表或地下的供水受到污染，那

么工业部门就需要增加成本来进行额外的水处理。尽管这会促使工业部门更多地考虑水的回收和再利用，但也会使公司更多地考虑工业活动选址的问题。

在工业废水排放方面，绝大部分发展中国家是不经处理直接排放或者仅做少量处理（WWAP, 2009）。因此，工业在净化废水方面面临着很大的压力。虽然遵守规定无疑将变得更加严格和繁重，但实际的要求和标准的严格性却因辖区不同而有差别。投资新的处理技术还有一个风险，那就是新技术几年之内就会过时。此外，工业事故，如无控制排放，有可能是因为经济或其他因素促使工业在特定情况下

急于扩张而没有考虑合理性，比如可能是使用了一项未经批准的技术或者是所处地点对污染比较敏感。因此，水质不好会限制工业的发展。同样的，工业发展也会使水资源面临不可可持续发展的压力。

国家的水政策往往必须要考虑国家和地方的各方面计划。政府的优先重点和政策不可避免地会随时间变化。这些变化，特别是那些不可预见的变化使得工业部门，尤其是跨国公司，想在某个国家成功选址特别困难。比如，不良的政策决策会导致水资源在某些地区的过度使用，而另一些地区又会开发不足。此外，政府对某一特定情况下水风险的认识可能会与工业领域的认识相左。公众、特定利益群体和商业领域对于环境的担忧和压力会进一步影响政府的水资源决策。

2.3.3 应对与解决方案的选择

毫无疑问，商业和工业会对可持续水实践产生重要的作用。要成功地应对水资源短缺——不仅仅包括缺水，还包括供水基础设施不足和/或者水管理不善——商业或工业就必须了解其具体的用水需求。比如，建立水资源核算技术和衡量水的影响就可以使一个产业更好地明确可以提高用水效率的领域。但是，要想达到这个目标，就需要积累精确的数据，并保持连贯的水资源测量和监督方法。另一种提高水生产率的方法是“以少做多”，最理想的目标就是实现零排放（就是说使用一个封闭式循环生产系统）。在这个目标的支撑下，当前的产业生态学（生态创新）成为了解决工业经济系统与自然系统之间关系的一种途径。

工业已经基本上习惯了以相对较低的成本获得水资源。但是，越来越严重的水资源短缺将导致成本的增加，包括进行水处理和排放的额外费用。有一种观点认为，应该针对工业用水建立一种不同的价格机制，也就是要求工业的单位用水价格要高于普通民众，而且超出的用水量越多，单位用水量的费用就越高。这种措施将自然推动工业用水效率的提高，因为水

的经济成本将会提高相关产品的价格。这些效应将会对发展中国家的工业化进程产生影响。在这些国家通常水的成本都较低，有的地方甚至都没有水费；而在这些国家，水生产率和清洁生产的概念要么是无人知晓，要么就是在制造产品和创造就业的面前被搁置一旁。

在这一背景下，最大的挑战就是工业要发挥恰当的作用，来解决全球淡水资源的不可持续开发和污染问题。这包括工业对供水的影响和减轻这些影响的挑战，从而造福所有用水户和环境——只有承担起企业、社会和环境责任时才能达到的目标。尽管已经有办法来解决水生产率的问题、风险和挑战，但还需要有效的实施和监管，包括应用环境友好型技术来帮助保护自然环境和资源以及控制人类活动的不利影响等。但是知而不行或者信息不公开都算不上真正的进步。集中迎接这个挑战，将以可持续的方式给工业领域提供一个提高生产率、效率和竞争力的机会。

“一个产业的有效运行需要可持续的供水，且做到数量合适、质量合适、时间合适、地点合适和价格合适。”

有关工业水生产率的问题与更广泛的全球水资源问题是相互关联的。因此，需要综合的管理、战略、规划和行动来提供有效的解决方案。为迎接这些挑战，必须首先审视工业的优先管理领域和管理风格，以及公司的价值观和文化，从而鼓励产业内一种积极的应对方式。一种综合的管理方式能够推动企业采取积极的措施。这种管理方式同时兼顾利益相关者和环境的需求和利益，不仅能够预测未来，而且还能够帮助塑造未来（商务社会责任国际协会和太平洋研究所，2007）。创新、投资与合作是实现这个目标的关键因素，而实现这个目标需

要采取战略性的方式，包括以下几点：

- 检测产业运行和供应链的用水情况（“无检测、无管理”）⁵。准确的水资源影响评价要考虑一个产品的水含量，以及生产过程中较少的水投入和使用（虚拟水）。还要进一步明确用水的时间、地点及用途。做到这一点需要有精确的数据和连贯的测量和监督方法。

- 衡量产业面临的水风险，包括不同情况下水文、经济、社会、政治和环境等相关因素的风险评估。

- 一个企业的水政策，涉及从企业价值观到沟通等方面的战略，其中包括：

- 推动企业的社会责任（CSR）

- 鼓励从摇篮到摇篮的产业运行理念⁶

- 利用预防原则来促进行动、策划选择方案并支持决策

- 引入环境管理系统（EMS）

- 制定有关用水效率、节水及其影响的可测量的目标和任务，并将相关数据向公众公布

- 将材料与能源消耗分开，将能源需求与用水需求整合在一起

- 就不同产业政策、战略和措施的不同经济和环境成本及其所带来的利益与公众和地方利益相关者保持持续和有效的沟通

- 与政府机构合作

- 通过 CEO 水之使命和可持续发展世界商业理事会等途径，加入到有相同理念的公司行列中，分享和推广成功的做法，进而在可持续的行动中起到积极的领导作用。

- 一种创新实施战略，既涵盖现有的需要加强的项目，也涉及可能为未来考虑的项目，包括：

- 通过水资源审计、零排放和水资源优化技术、水循环和再利用等来减少水的使用，提高水生产率，解决基础设施老化带来的水资源损失，还需要连贯和到位的监管行动

- 引进新技术，包括使用新的环境技术、引入自然水处理系统、将环境友好型技术与环境管理会计（EMA）一起进行转让

——应用产业生态学（生态创新），在工业设计和规划中应用环境设计，对环境和生态修复进行投资，在封闭式回路系统中使用生命周期理论。

2.4 人居

2.4.1 城市化和人口趋势

2009—2050 年间，世界人口将增加 23 亿，从 68 亿增长到 91 亿（UNDESA, 2009）。与此同时，城市人口将增加 29 亿，从 2009 年的 34 亿增加到 2050 年的 63 亿。因此，在今后的 40 年间，城市地区将吸纳世界增加的全部人口，同时还将吸收部分农村人口。此外，未来城市地区人口增长将主要集中在较不发达国家的城镇。亚洲人口预计将增加 17 亿，非洲的城市人口预计将增加 8 亿，而拉丁美洲和加勒比地区的城市人口则将增加 2 亿。1950 年，全世界只有纽约和东京两个城市的人口超过 1 000 万。到 2015 年，这样的城市将有 23 个，其中 19 个将位于发展中国家。预测还显示发展中国家的城市化还将继续加快。到 2030 年，预计发展中国家和发达国家的城市人口数量将分别达到 39 亿和 10 亿。因此，人口增长将成为主要集中在发展中国家的一个城市现象（联合国人居署，2006）。

从农村迁移到城市的人口给城市规划提出了巨大的挑战。给在城郊和贫民窟中居住的最贫困人口提供基本的饮用水和卫生服务，对于避免在这些往往过分拥挤的地区发生霍乱和其他水生疾病具有十分重要的意义（WHO/UNICEF, 2006, p. iii）。

贫民窟往往会产生一系列问题，包括住房困难、安全用水和卫生条件不足、过度拥挤和工作不稳，因此，居住在贫民窟的人福利受到严重影响（Sclar, Garau 和 Carolini, 2005）。气候变化与贫民窟的关系为我们敲响了警钟，要警惕气象现象导致的灾害脆弱性。此外，贫民窟一般处在比较危险的地段，不适合人类居

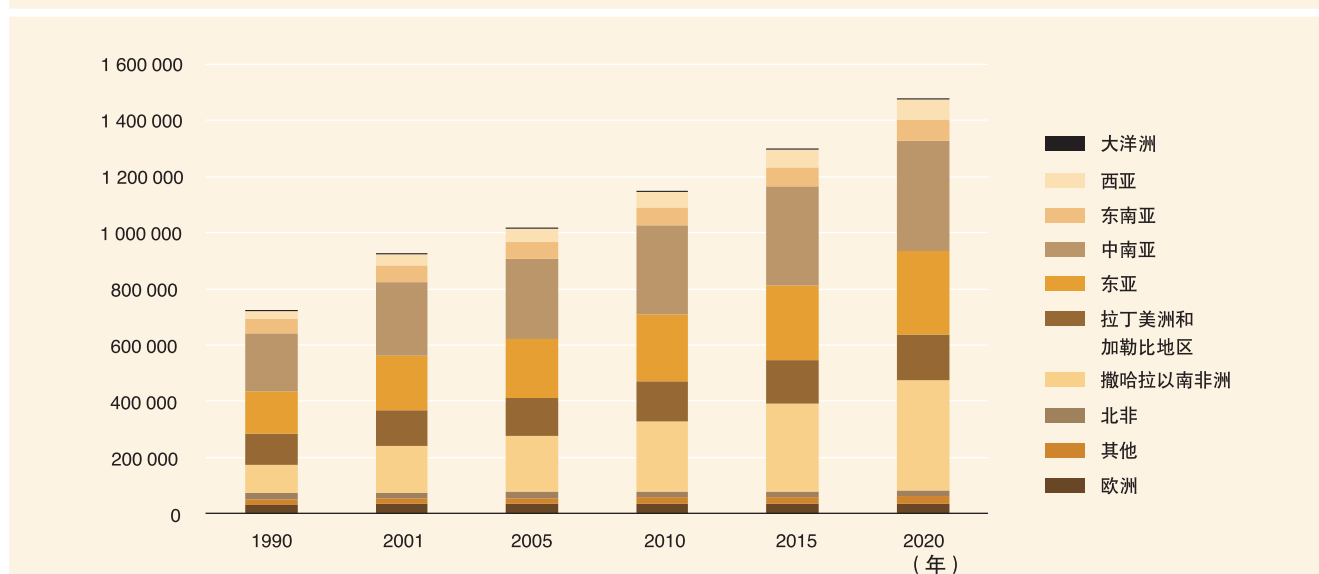
住，这也使得情况更加复杂。比如，布宜诺斯艾利斯附近的棚户区就建在洪水易发区，而居民往往被迫在安全、健康和住所需求中间作出艰难选择 (Davis, 2006)。在有些城市，比如孟买，几乎有一半人口居住在贫民窟和棚户区 (Stecko 和 Barber, 2007)。图 2.8 表明，贫民窟的人口不仅在增加，而且高度集中在发展中国家，特别是撒哈拉以南非洲地区、南亚、中亚和东亚地区。而在拉丁美洲和加勒比地区，

居住在边缘地区的城市人口数量锐减，从 1990 年的 37% (1.1 亿) 减少到了 2005 年的 25% (1.06 亿) (联合国, 2010)。

发展中国家的城市在住房、基础设施和服务以及供水不足、卫生恶劣和环境污染方面面临着大量积压待办的工作。人口的增长和快速的城市化将造成更大的水资源需求，从而进一步削弱了生态系统提供更加规律和清洁的服务的能力。

图 2.8

1990—2020年各地贫民窟人口数量(单位：千人)



资料来源：由联合国人居署根据以下网址数据提供，<http://ww2.unhabitat.org/programmes/guo/documents/Table4.pdf> (公布于《2001年世界城市状态报告》)。

气候变化给城市供水又增加了一项挑战，因为气候变化会改变可供水量，并会加剧洪涝和干旱等涉水灾害。比如，越南的胡志明市过去很少发生热带风暴。但在过去的 60 年里，先后有 12 次热带风暴袭击了该市，包括域士 (Vae) (1952 年)、琳达 (1997 年) 和榴莲 (2006 年)。这些风暴总是带来强降雨，造成局部洪水和沿海地区的风暴潮，洪水常常深达 1.0~1.2 米。在胡志明市的 322 个公社和行政区中，154 个有经常性洪水的历史。这些洪水影响面积将近 110 000 公顷，受灾人口约 971 000 (占总人口的 12%)。预计到 2050 年，经常遭受洪灾的地区将增加到 177 个 (占全市

公社数量的 55%)，占城市总面积的 61% (ADB, 2010)。

2.4.2 供水与卫生覆盖率：随着城市的发展不断提高

全世界 87% 的人口可通过改善的水源获得饮用水，即便是在发展中国家，这个数字也高达 84%。但是，城市地区的获得率 (94%) 要远远高于农村地区，农村人口仅有 76% 能够获得改善的饮用水水源 (WHO/ UNICEF, 2010)。但是，这些数字并没有考虑服务质量 (例如供水间断、消毒) 或支付能力。另外，考虑到有关边缘社区 (也就是贫民窟) 人口数

量的数据缺乏可靠性，有关政府和国际机构很可能大大低估了缺乏足够饮用水的城市人口数量。此外，随着很多地区城市化进程的进一步加快，这个数字实际上也在增长（联合国人居署，2003，2010）。

有报告显示，2010年全世界有26亿人没有良好的卫生设施（WHO/UNICEF，2010）。1990—2008年间，大约13亿人得到了良好的卫生服务，其中64%生活在城市地区。但尽管比农村地区的服务好些，城市地区还是要想办法来满足不断增长的城市人口需要（WHO/UNICEF，2010）。未来城市地区的人口增长让人担忧，如果仍以目前的工作速度，卫生设施的覆盖率将会仅仅增长两个百分点，从2004年的80%增加到2015年的82%（多出8100万人）（WHO/UNICEF，2006）。

将2008年最新的估计数字与2000年的数字相比，就会发现城市地区的供水和卫生服务覆盖率都在下降。在这8年当中，不能在家中或紧邻地区获得自来水的城市人口增加了1.14亿，而没有私人卫生厕所（基本卫生）的城市人口增加了1.34亿。这两种情况意味着城市居民中无法获得基本设施的城市人口增加了20%（AquaFed，2010）。

如果到2015年仍保持现在的供水与卫生（WSS）服务覆盖率不变，并且还能跟上城市人口增长的速度，就需要在今后的10年中为新增的7亿城市居民提供服务（WHO/UNICEF，2006）。目前，城市人口的增长速度要超过供水与卫生服务改善的速度，但是目前解决这些问题的努力并非无用（UNDESA，2009）。比如，2000—2008年间获得改善后的供水与卫生服务的人口百分比有所下降，但获得自来水的城市人口的绝对数量则增长了约4亿（AquaFed，2010）。

还有一些其他的进展，例如在北非、东南亚、东亚、拉丁美洲和加勒比地区，改善后的供水与卫生服务就大大增加（WHO/UNICEF，2010）。但在亚洲仍有约50%的城市人口缺乏足够的供水，约60%缺乏足够的卫生服务（联合

国人居署，2010）。在撒哈拉以南非洲地区，无法获得自来水的城市人口数量在8年间增加了43%。

2.4.3 城市地区对水的压力

取水

与其他部门相比，城市用水的取水量是相对较低的。在全球范围内，工业（包括能源）用水约占20%，家庭用水约占10%，而农业用水则高达70%（WWAP，2009）。不断增加的用水需求导致地下水的过度开采以及从城市以外地区或上游流域甚至是农村地区取水，侵占其他用水户的水资源，也对生态系统的功能造成了影响。

在没有地表水资源可用的情况下，地下水就成了主要的水源（UNEP/GRID-Arendal，2008）。地下水的过度开采造成地下水位下降、水质恶化，同时还有地面沉降（见3.2.1节），亚洲的一些城市就是如此，如曼谷、北京、金奈、马尼拉、上海、天津和西安（Foster，Lawrence和Morris，1998）。

1992年，墨西哥城的地下含水层下降了10米，导致的地面沉降最高达9米。沿海地区地下水的过度开采导致盐水入侵：在欧洲，126个地下水水域中有53个出现了盐水入侵，而这些水域大部分都是公共和工业供水的水源（Chiramba，2010）。越来越多的城市中心地下含水层正面临着来自有机化学物质、农药、氮、重金属和水生病原体的污染（UNEP/GRID-Arendal，2008）。

污染与废水

城市居住区也是点源污染的主要来源。城市污水若是和工业废水相混则更是特别危险。在很多发展迅速的城市（人口不到50万的中小型城市），污水处理设施要么没有，要么不足或过时。拥有900万人口的雅加达，每天产生1300万立方米的污水，其中只有不到3%经过处理。相反，在拥有400万人口的悉尼，几乎全部的污水都能得到处理（每天1200万立方米）（Chiramba，2010）。智利在城市污水处理

方面取得了巨大的进展，污水处理率从1989年的仅8%提高到了2010年的87%（SISS, 2011），并计划到2012年实现城市污水全部处理（Pickering de la Fuente, 2011）。在全世界

范围内，估计有超过80%的污水没有进行收集或处理（Corcoran等, 2010）。如图2.9所示，10个地区中，发展中国家未经处理就排入水体的污水所占比例比经过处理的污水要高得多。

图 2.9

排入水体的经过处理和未经处理的污水的比率



注：废水处理率（2010年3月）。

资料来源：UNEP/GRID-Arendal [http://maps.grida.no/go/graphic/ratio-of-wastewater-treatment1, 由H.Alhenius改编自UNEP-GPA(2004)的一幅地图]。

污水会导致海洋和淡水水域的富营养化和死区。约有245 000平方千米的海洋生态系统受到死区的影响，给渔业、生计和食物链造成影响。不经处理就排放的污水会将问题带到下游地区。在沿海地区，海草生态系统或栖息地就遭到了破坏，在河口生态系统中有越来越多的入侵物种。

20世纪90年代的经济衰退加上高污染企业的倒闭使得东欧的污水和污染物排放减少了一些，部分减轻了很多地区河流水质的压力。但同时也导致了供水和污水处理系统的瘫痪，并最终引起了位于下游的工业和矿区城市河流和饮用水的严重污染。澳大利亚、佛罗里达湾（美国）和地中海地区的海草栖息地数量锐减，而加勒比和东南亚地区的海草栖息地数量则有

所增长（Chiramba, 2010）。

非法和不经报告就排放污水仍是一个世界性问题。比如，近来马萨诸塞州的里维尔市投资约5 000万美元，从污水收集系统到独立的雨水管道系统进行系统整治，从而减少排放到环境中的未经处理的污水，并因违反清洁水法案缴纳了130 000美元的罚款（CTBR, 2011）。Corcoran等（2010）的报告中指出，发展中国家90%的污水不经处理就排放到河流、湖泊和丰产的沿海地区，威胁人们的健康、粮食安全，并导致人们无法获得安全的饮用水和洗漱用水。

2.4.4 城市地区的水管理

城市水资源综合管理

城市综合规划和城市水资源综合管理

(IUWM) 有利于城市地区水的管理。城市水资源综合管理将淡水、污水和雨水作为资源管理框架中的不同环节，将一个城市地区作为一个管理单位。这种方法的目标是要推动城市水资源服务的多功能性质，以优化整个系统的产出。这种方式涵盖水管理的不同方面，包括环境、经济、技术和政治以及社会影响。Tucci 等 (2010) 和 Mays (2009) 的文章中介绍了干旱、半干旱和湿润地区存在的问题、解决措施和案例。

城市农业

城市与郊区农业 (UPA) 指城市内部和周边地区农业和家畜产品的安全生产活动。在全世界范围，它所涉及的城镇人口为 8 亿 (Smit 等, 1996)，帮助解决了一些城市化问题，如增加食品供应，特别是新鲜食品的供应；给城市居民提供了就业机会，增加了他们的收入，保障了食品安全和营养；绿化了城市，也实现了废物的再利用。这些地区可以使用质量较差的水，这些水中含有的营养物质对农业有利，同时还可以避免对下游的污染。联合国环境规划署估计，在那些市区或市郊种植粮食的地区，大约有一半的花园、路边绿化带和小面积田地是用污水来灌溉的。这为人们如何安全使用这种传统资源提供了新的视角 (Corcoran 等, 2010)。

中东和非洲的部分大城市正在和当地合作伙伴——包括农村妇女小组——一起开展城市粮食安全项目。比如，伊斯坦布尔就有一个城市农业项目，为 Gürpınar 的无业贫困妇女提供支持和培训，以便她们开展城市农业活动 (比如堆肥、加工、推销和组织)，从而帮助她们在未来养活自己 (ETC 城市农业, 2011)。Hovorka 等 (2009) 开展的一项研究证明，妇女在家庭食品生产、花园和城市空地蔬菜种植、牲畜饲养以及新鲜食品和烹饪食品交易中发挥了重要的作用。

基础设施与维护

对进行水处理和输水的基础设施 (包括水

源地、处理厂和输水系统) 进行保护 (和融资) 是确保公共健康和环境安全的重要步骤。但是，全世界大多数城市多年来都忽视了对蓄水、水处理和输水系统的维护。这些基础设施中有很很大一部分已经有上百年的历史，由于设施老化，漏水、堵塞和故障的风险越来越高 (Vahala, 2004)。漏水率较高意味着水资源损失加大，水的渗入和渗出的可能性增高，这也增大了饮用水遭到污染或者爆发水生疾病的风险 (Vairavamoorthy, 2008, p. 5)。

由于全世界水资源设施老化严重，其修复的成本也越来越大。美国土木工程师学会预测，五年内美国饮用水和污水基础设施系统的改善和运行费用将有 1 086 亿美元的资金缺口 (ASCE, 2009)。一项对 19 个美国城市供水网络的早期研究 (Olson, 2003) 发现，“污染、老化和破旧管道提供的饮用水有时会对居民健康造成威胁” (NRDC, 日期不详)。

由于施工不善、较少或没有维护和修复、缺乏记录以及超出设计能力的运行，老化损坏问题在发展中国家更加严重。比如，撒哈拉以南非洲国家供水服务部门长期面临公共供水机构运行不良的困扰。除了供水覆盖率不足 60% (WHO/UNICEF, 2006) 以外，困扰供水设施的其他问题还包括大量的未计量水 (UfW)，约为 40% ~ 60%，还有人员过多的现象 (Mwanza, 2005)。此外，由于水价低、不良消费记录、结算和回款效率不高等综合因素，服务提供者还常常面临着财政问题 (Foster, 1996; Mwanza, 2005; 国际复兴开发银行/世界银行, 1994)。

除此之外，常常有非正式部门为家庭供水，这些供水不规范且难以监管。城市里的最贫困家庭往往居住在缺乏公共服务的非正式住地，这些家庭往往将大部分收入都用于购买饮用水，但这些饮用水却可能并不安全 (Briscoe, 1993; Jouravlev, 2004; Garrido-Lecca, 2010)。缺乏基本安全饮用水的地区面临的健康风险最大 (Howard 和 Bartram, 2003)。从街上的摊贩那里购买便宜饮用水的

家庭可能也有不够卫生的问题。一项雅加达的研究表明，从雅加达东部贫民窟家庭提取的饮用水样本中 55% 存在粪便污染（Vollaard 等，2004）。

未来的城市

全世界正在开展一些项目来改善城市水资源综合规划、技术、投资和相关运行。比如，国际水协会（IWA）已经发起了一个“未来的城市”计划，项目重点关注世界城市的水安全以及如何使城市的设计更加和谐，尽量减少短缺自然资源的使用，提高水与卫生在中低收入国家的覆盖率。其中，城市设计包括水管理、水处理及相应的输水系统。2009 年在伊斯坦布尔第五届世界水论坛期间通过的《当地和区域政府伊斯坦布尔水共识》是一个当地和区域政府宣言，要求签署的城市制定面向千年发展目标（MDGs）的水管理战略，并要在地方层面上解决城市化、气候变化和其他全球性压力。国家层面的一个例子是高度城市化的澳大利亚。该国政府近来在国家水计划框架内对城市水部门进行了再评估，并确定了政策和机构设置方面的改革和变化（国家水委员会，2011）。

城市地区水资源管理，与城市地区土地使用规划一道，如要变得更加高效，就需要面向多方面的用水户，通过采取技术、投入以及综合而统一的规划等措施，满足当前和不断增长的需求。水教育可以通过改变全社会的行为和态度来发挥重大的作用。实践证明，联合国人居署推动的“以人类价值为基础的水、卫生与清洁教育项目”是一个好方法，可以纳入到当前的教育课程中，又不会给老师和学生带来很大的负担。

投资饮用水供水和卫生系统、提高服务效率以及保护水资源免受污染和过度开采，对确保所有人获得安全的水，特别是对于那些常常被忽略的城市贫民十分必要。

2.5 生态系统

生态系统支撑着可用之水，包括其极端情

况干旱和洪水，也包括其质量。水资源管理往往涉及不同生态服务之间的取舍交易和风险转移。生态系统的需水量取决于维持和修复我们希望生态系统为人类提供益处（服务）所需要的水量。为促进水资源综合管理和更可持续的水资源开发，我们需要格外关注如何解决生态系统与社会、经济部门之间的用水竞争问题。

人类与“环境”或“生态系统”之间的用水之争已经讨论了几十年。最初未达成一致的根本原因是将两者当成两个不同的问题，造成发展与环境或自然保护之间的利益冲突。近年来，两者之间的利益有了更好的结合，因为人们更好地认识到，维持环境或生态系统完整性实际上也是支撑人类需求的一种途径，因为这可以保证一个健康的生态系统所能给人类提供的利益。这些利益就叫作“生态服务”（见专栏 2.2）。

生态系统，包含的成分例如森林、湿地和草原等，它们位于全球水循环的核心。所有的淡水最终都依赖于生态系统持续、健康的运行，认识到水循环是一个生物物理过程对于实现可持续水管理至关重要（见图 2.10）。

过去，有人认为生态系统是一个没有产出的“用水户”，因为生态系统不使用水、只是循环水，这完全是错误的。现在人们已经改变了这种观点，认为应该管理人类与生态系统（“环境”）的相互作用以便支持与水相关的各种发展目标。所有的陆生生态系统服务，比如粮食生产、气候调节、土壤肥力和功能、碳储存和营养循环等，都是由水来支撑的。当然，所有的水生生态系统服务也是如此。在人类的直接使用方面，水的获得和质量也属于生态系统服务，正如生态系统减缓极端的干旱和洪水的功能一样。大部分的生态系统服务都是相互关联的，特别是通过水关联在一起。因此，如果一个决定会使一种服务增加超过另一种服务，或者为增加某种服务而牺牲另一种服务，那么这个决定必然包含一种取舍。重要的是，这种不同生态系统服务之间的取舍也会通过相关的生态系统变化而导致风险的转移。8.3 节中提供了一些关于这种取舍的案例。

专栏 2.2

水与生态系统服务

生态系统服务（对人类的利益）可以根据不同的方式来分类。千年生态系统评估已经提供了有关全球环境最新状况的最全面评估，并已经将生态系统服务分为以下几类。

支撑性服务：生产其他各项生态系统服务的必须服务。支撑性服务包括土壤形成、光合作用、初级生产、营养循环和水循环。

供应性服务：从生态系统获得的产品，包括粮食、纤维、燃料、基因资源、生化用品、天然药物、草药、装饰资源和淡水。

调节服务：从生态系统过程的调节作用获得的利益，包括空气质量调节、气候调节、水调节、侵蚀调节、水净化、疾病调节、病虫调节、授粉和自然灾害调节（包括水资源获得的极端情况）。

文化服务：人们通过精神扩充、认知拓展、反思、休闲和审美体验从生态系统获得的非物质利益，包括景观（水景观）价值。

水在生态系统服务中是多维的。水的获得和质量是生态系统提供的产品（服务），但是水也影响着生态系统发挥功能的方式，因此是所有其他生态服务的支撑。这也就使水在管理生态系统以造福人类方面具有了至关重要的作用。

千年生态系统评估总结道，人类发展曾倾向于以牺牲某些生态服务为代价来促进某些特定的服务（特别是供应性服务）。这就导致了不同服务之间的不平衡，并使得发展的道路越来越不可持续。

资料来源：改编自《生态系统服务》（2011，皇家版权）。

生物多样性有时也被认为是一种生态系统服务，因为它确实有直接的价值（例如文化、审美、休闲效益，生物价值）；但是，人们更多的认为生物多样性支撑了生态系统的功能，因此也支撑了生态系统保持继续提供服务的能力（见专栏 2.3）。

专栏 2.3

生物多样性可提高生态系统的效率

对于大部分水资源管理政策而言，控制整个流域的营养物水平是其最主要的一个目标。很多研究已经表明，物种较多的生态系统比物种较少的生态系统能够更有效地输送土壤和水当中的营养成分。比如，近来的实验就表明，一条溪流的每一个栖息地都有不同类型的藻类，群落的多样性程度越高就越能具有较高的生物量和较强的氮摄取能力。实验中如果将栖息地的多样性消除，这些生物膜层便崩溃，变成一种单一的占统治地位的物种，营养物循环效率也降低了。因此，保持生态系统的物理多样性（栖息地）和生物多样性能够帮助生态系统更好地抵抗营养物污染，这也证明保持生物多样性是管理氮摄取和储存的有用工具。

资料来源：Cardinale（2011）。

生态系统“水需求”话题涉及明确生态系统的“产出”和进行相应的水管理。这些服务的价值评估是这个问题的关键，而过去 20 年的发展催生了一系列技术并在实践中应用。即使对很多陆生生态系统（如森林）而言，与水服务相关的价值也要超出很多显而易见的效益（如森林产品和碳储存）。比如，热带森林提供的涉水服务包括流量的调节、废物处理、水净化和水土流失控制。由此产生的价值加起来相

当于每年每公顷 7 236 美元，比森林的总价值还要多 44%，也超出了碳储存、食物、原材料（木材）和休闲与旅游服务价值的总和（TEEB，2009）。

生态系统服务综合价值评估还未成为一门精确的科学，但这个过程表明了一些潜在的利害关系，并且为我们确定工作重点提供了较好的比较性提示（见第二十一章和第二十三章关于生态系统服务价值评估的相关内容）。虽然有些服务很难评价，但其他一些则相对容易些，因为关于失去这些服务的成本代价信息是可知的。水利物理基础设施的资本投入和运行成本中，相当大一部分是用于补偿生态服务的非有效性支出，可以用来指示该项生态服务的价值。最典型的例子就是水质，几乎毫无例外，健康的生态系统都会提供清洁的水，人们为治理人为造成的水质问题而花费资金，是由于失去了生态系统原本可以免费提供的这种服务。

因此，生态系统的水“需求”，乃至任何其他用途的水需求，在很大程度上可以根据社会经济标准来评估。实际上，允许水资源支撑生态系统的健康并因此保证服务的提供，可以带来净经济收益或者可以节省成本，这从经济收支表上可以很明显地反映出来（见专栏 2.4）。

专栏 2.4

以生态系统服务框架重新思考生态系统的水需求：美国密西西比河三角洲灾害风险的转移与缓解

河流三角洲是一个动态、复杂的生态系统，主要由水文作用驱动，其中包括泥沙和营养物质从上游到下游与河口的正常输送。河流三角洲的功能支持了很多生态系统服务，特别是土地的控制与塑造。这

反过来又通过维持海岸的稳定性和对水土流失的控制而带来了很多好处，比如说减轻了灾害的脆弱性。和很多河流相同，密西西比河三角洲已经高度整治，水文条件发生了很大变化。取水（主要用于农业）、水库建设和水电开发等，干扰了泥沙的输移。有些人认为，因此而导致的相关湿地服务的恶化是造成飓风灾害中大规模经济和人员生命损失的主要因素。如果作为经济资产，考虑到飓风及洪水防护、供水、水质、休闲和渔业等方面，这个三角洲的最低资产值将有 3 300 亿~13 000 亿美元（以 2007 年价值计算）。这种天然基础设施的修复和重建每年将会带来 620 亿美元的净收益，包括降低灾害风险的脆弱性、节省相应的人造基础设施的资金和运行成本（考虑到重新分配水资源用途对现有用水户造成的成本）。

农业是水资源分配政策的主要驱动因素，然而农业生产出的粮食、纤维和饲料的价值仅仅是生态系统——特别是湿地——提供的多种其他服务的一部分。过去，密西西比河的水资源开发政策为保障三角洲的其他生态系统服务而牺牲了农业生产的增长，从整体看来造成了很大的净经济损失。但是在不确定性和风险的背景下，历史表明，降低农业生产的风险（也就是保证更加稳定的作物用水）会将风险转嫁给下游并加大风险，2005 年的新奥尔良卡特里娜飓风的影响就是一个很好的例证。

资料来源：Batker 等（2010）。

“环境流量”或“最低流量”，是一个关于健康生态系统运行需水量的越来越常用的水文生态学词汇。这个词的起源或出发点是考虑到维持河流生物多样性生命循环的流量需求，通常与水资源分配和大坝等水利基础设施设计

和运行有关。但在过去的十几年里，环境流量的概念以及科学依据更倾向于将更多的社会经济考虑包括进来（见专栏 2.5），以评估维持或修复某一地区生态系统服务达到满意水平所需的条件。这种方法因此成为一种有效的决策支

持工具。全面应用这种方法不仅需要考虑地表水流量，还要考虑更广泛的生态系统流量（例如，考虑蒸腾、土壤湿度和地下水的管理，如图 2.10 所示），并且作为促进水资源综合管理（IWRM）整体措施的量化工具。

图 2.10

生态系统在水循环中作用的简化概念框架图



注：此表中蓝色虚线圈出了水循环提供的和所支撑的部分涉水生态系统服务。在实际中，这里所列的各种服务和其他一些服务则更加分散、相互关联，并受到土地和用水活动（未完全显示）的影响。
资料来源：改编自MRC（2003）。

过去，水资源管理最严重的失策之一就是按照各部门的用水需求来进行水资源分配，而更严重的失策则是忽视了可持续性供给。无疑，这导致了冲突、危机、过度使用和环境退化。但情况正在改善，人们越来越多地认识到了生态系统在可持续供水方面的作用。此外，正如 8.3 节中所述，一个新的观念正在形成，那就是对“生态系统”（环境）的理解从过去

的“发展的不幸却必然的代价”转变为“发展之道不可分割的有机组成”。

人们越来越多地将生态系统看作是解决水问题的方案，而不是一个牺牲品。正是由于人们逐渐认识到生态系统所提供的服务及价值，以及让这些服务功能保持下去的意愿不断增强，才使得人们的观念产生了变化，将生态系统也视为一个“需水”部门。这就不可避免地

导致了部门需求和“生态系统”需求之间的“竞争”和争论。但这是一个令人鼓舞和积极的趋势，因为这说明我们在开展对话方面取得了进展，也朝着水资源综合管理以及更可持续发展迈进了一步。

专栏 2.5

东南亚湄公河流域

1995年，柬埔寨、老挝、泰国和越南签署了《湄公河协议》，根据该协议成立了湄公河委员会。《湄公河协议》对湄公河的最低流量提出要求，即“不能低于可接受的旱季每月天然流量的最低值”（1995年《湄公河协议》，第6条，A点）。2004年开始实施一项流域综合流量管理计划，以支持政府间开展有关可持续发展和合理及公平地分享跨界河流效益等话题的讨论。这个过程主要包括对生态系统服务和以环境流量为代表的不同服务之间关系的评估、对满足多种用途的不同水“需求”的考虑以及对相应取舍的认可和同意。

注：更多信息请参见MRC（2011）。有关环境流量的更多信息，包括22个不同的案例研究，请参见Le Quesne等（2010）。

本栏引用的文字来自于1995年四国签署的《湄公河协议》，该协议可从以下网址获得：<http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/agreements/agreement-Apr95.pdf>。

注 释

- 1 关于供水与卫生覆盖率的详细报告以及千年发展目标（MDG）实施中饮用水与卫生（MDG7，Target 7c）进展情况，请参见供水与卫生（世界卫生组织、联合国儿童基金会）联合监督计划（JMP）的最新报告（见网址：www.wssinfo.org），以及全球卫生系统和饮用水分析及评估（GLAAS）（UN-Water/WHO）（见网址：http://www.who.int/water_sanitation-health/glaas）。
- 2 现在南非已经加入金砖国家，首字母简称变为BRICS（而不再是BRIC）。但是由于此处的统计不包含南非的数据，本段还是使用了原来的名称。
- 3 国际能源署（IEA）（2006）称，考虑到科技进步发展尤为迅速，这个数字的高值可能是262亿吨油当量，而不是120亿吨。但是，国际能源署也指出，基于较慢的产量增长，一个更现实的评估值应该是60亿~120亿吨。取一个比较中间的评估值95亿吨的话，世界农业土地的1/5将需要进行生物质生产。
- 4 《控制危险废料越境转移及其处置巴塞尔公约》是关于危险废料和其他废料的最综合的全球环境协议。此公约有175个签约方，旨在保护人类和环境健康免受危险废料和其他废料产生、管理和越境转移的负面影响。《巴塞尔公约》于1992年生效。
- 5 水足迹的生态或社会影响显然不仅仅取决于用水量，同时也取决于用水的时间和地点。
- 6 从摇篮到摇篮方法是基于一种生命循环或生态系统的观点，目的不仅仅是要减少工业和发展的负面影响，还要创造一种平等或积极的环境和社会足迹。从摇篮到摇篮的产品将是完全零废料的产品，在生产过程中使用可再生能源，并能在产品使用过程中确保水与能源的使用效率。

参考文献

- ADB (Asian Development Bank). 2010. *Ho Chi Minh City: Adaptation to Climate Change*. Mandaluyong City, Philippines, ADB. <http://www.adb.org/documents/reports/hcmc-climate-change/hcmc-climate-change-summary.pdf>
- AFF (Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry). 2002. *Introduction to Desalination Technologies in Australia*. Canberra, AFF. <http://www.environment.gov.au/water/publications/urban/pubs/desalination-summary.pdf> (Accessed 2 May 2011.)
- Applebaum, B. 2000. *Water and Sustainability, Vol. 4: US Electricity Consumption for Water Supply and Treatment – The Next Half Century*. Report 1006787. Palo Alto, CA, Electric Power Research Institute (EPRI). <http://dc213.4shared.com/doc/BJ17AQaE/preview.html>
- AquaFed. 2010. *Access to Drinking Water is Deteriorating in the Urban Half of the World*. Press release issued 6 September 2010. Stockholm, AquaFed. http://www.aquafed.org/pdf/AquaFed_UrbanTrends_PressRelease_Stockholm_EN_Pd_2010-09-07.pdf
- ASCE (American Society of Civil Engineers). 2009. *Drinking Water. 2009 Report Card for America's Infrastructure*. Reston, Va., ASCE. <http://www.infrastructurereportcard.org/fact-sheet/drinking-water>
- Batker, D., de la Torre, I., Costanza, R., Swedeen, P., Day, J., Boumans, R. and Bagstad, K. 2010. *Gaining Ground – Wetlands, Hurricanes and the Economy: The Value of Restoring the Mississippi River Delta*. Tacoma, Washington DC, Earth Economics. <http://www.earthconomics.org/Page12.aspx>
- Bauer, C. J. 1998. *Against the Current: Privatization, Water Markets, and the State in Chile*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Bruinsma, J. 2009. *The Resource Outlook to 2050: By How Much do Land, Water and Crop Yields Need to Increase by 2050?* Prepared for the FAO Expert Meeting on 'How to Feed the World in 2050', 24–26 June 2009, Rome.
- BSR (Business for Social Responsibility) and Pacific Institute. 2007. *At the Crest of a Wave: A Proactive Approach to Corporate Water Strategy* San Francisco/Oakland, BSR/The Pacific Institute.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London/Colombo, Earthscan/International Water Management Institute.
- Cardinale, B. J. 2011. Biodiversity improves water quality through niche partitioning. *Nature*, Vol. 472, pp. 86–9.
- Carter, N. T. and Campbell, R. J. 2009. *Water Issues of Concentrating Solar Power (CSP) Electricity in the U.S. Southwest*. Washington DC, Congressional Research Service (CRS). <http://www.circleofblue.org/waternews/wp-content/uploads/2010/08/Solar-Water-Use-Issues-in-Southwest.pdf>. (Accessed 2 May 2011.)
- CEC (California Energy Commission). 2005. *California's Water – Energy Relationship*. Prepared in Support of the 2005 Integrated Energy Policy Report Proceeding (04-IEPR-01E). Calif., US, CEC. <http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-700-2005-011/CEC-700-2005-011-SF.PDF>
- Center for Sustainable Systems. 2008. *US Wastewater Treatment Factsheet*. University of Michigan. <http://css.snre.umich.edu/facts/factsheets.html> (Accessed 9 March 2008.)
- Chiramba, T. 2010. *Ecological Impacts of Urban Water*. A presentation for World Water Week in Stockholm, 5–11 September. Nairobi, UNEP.
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. and Savelli, H. (eds). 2010. *Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development. A Rapid Response Assessment*. UN-Habitat/UNEP/GRID-Arendal.
- CTBR (Clean Technology Business Review). 2011. *Lindsey Construction to Pay Civil Penalty for Clean Water Act Violations*. CBTR Website. 2 September 2011 <http://waterwastemanagement.cleantechnology-business-review.com/news/lindsey-construction-to-pay-civil-penalty-for-clean-water-act-violations-020911>
- Davis, M. 2006. Slum ecology: inequity intensifies Earth's natural forces. *Orion*, March/April. <http://www.orionmagazine.org/index.php/articles/article/167> (Accessed October 2009.)
- DOE (US Department of Energy). 2006. *Energy Demands on Water Resources*. Report to Congress on the Interdependency of Energy and Water. Washington DC, US DOE. <http://www.sandia.gov/energy-water/docs/121-RptToCongress-EWwEIAComments-FINAL.pdf> (Accessed 30 April 2011.)
- Ecosystem Services. 2011. Website. <http://www.ecosystems-services.org.uk/ecoserv.htm>
- EIA (US Energy Information Administration). 2010. *International Energy Outlook 2010: Highlights*. Washington DC, Office of Integrated Analysis and Forecasting, EIA, US Department of Energy. <http://www.eia.gov/oiia/archive/ieo10/highlights.html> (Accessed 3 November 2011.)
- EPA (US Environmental Protection Agency). 2006. *Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions: 1990–2020*. Washington DC, EPA.
- EPRI (Electric Power Research Institute). 2002. *Water and Sustainability (Volume 4): U.S. Electricity Consumption for Water Supply and Treatment – The Next Half Century*. Palo Alto, Calif., EPRI. <http://www.circleofblue.org/waternews/wp-content/uploads/2010/08/EPRI-Volume-4.pdf> (Accessed 2 May 2011.)
- ETC Urban Agriculture. 2011. Website. Leusden, The Netherlands. <http://www.etc-urbanagriculture.org/>
- Excellent. 2011. *Sand Dams*. Online article. Brentford, UK. <http://www.excellentdevelopment.com/dams.php> (Accessed 7 May 2011.)
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. *World Agriculture: Towards 2030/2050 –*

- Interim Report – Prospects for Food, Nutrition, Agriculture and Majority Commodity Groups*. Rome, FAO.
- , A. Wood and G. E. van Halsema (eds). 2008. *Scoping Agriculture-Wetland Interactions: Towards a Sustainable Multiple-Response Strategy*. FAO Water Reports 33. Rome, FAO.
- , 2009. *The State of Food Insecurity in the World (SOFI) 2009: Economic Crises – Impacts and Lessons Learned*. Rome, FAO.
- , 2011a. *The State of the World's Land and Water Resources: Managing Systems at Risk*. London, Earthscan.
- , 2011b. *Climate Change, Water and Food Security*. FAO Water Report 36. Rome, FAO.
- , 2011c. AQUASTAT online database. Rome, FAO. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>
- Foster, S. S. D., Lawrence, A. R. and Morris, B. L. 1997. *Groundwater in Urban Development: Assessing Management Needs and Formulating Policy Strategies*. World Bank Technical Paper 390. Washington DC, The World Bank.
- Galloway, J. N., Burke, M., Bradford, G. E., Naylor, R., Falcon, W., Chapagain, A. K., Gaskell, J. C., McCullough, E., Mooney, H. A., Oleson, K. L. L., Steinfeld, H., Wassenaar, T. and Smil, V. 2007. International trade in meat: the tip of the pork chop. *Ambio*, Vol. 36, No. 8, pp. 622-9.
- Garrido-Lecca, H. 2010. *Inversión en agua y saneamiento como respuesta a la exclusión en el Perú: gestión, puesta en marcha y lecciones del Programa Agua para Todos (PAPT)*. LC/W.313. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/41044/lcw313e.pdf>
- Gascoyne, C. and Aik, A. 2011. *Unconventional Gas and Implications for the LNG Market*. Global Facts Energy. Jakarta, Pacific Energy Summit. http://www.nbr.org/downloads/pdfs/eta/PES_2011_Facts_Global_Energy.pdf (Accessed 30 April 2011.)
- Gerbens-Leenes P. W., Hoekstra, A. Y. and Van der Meer, Th. 2008. *Water Footprint of Bio-Energy and Other Primary Energy Carriers*. Value of Water Research Report Series No. 29. Delft/Enschede, The Netherlands, UNESCO-IHE Institute for Water Education/ Delft University of Technology/University of Twente. <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report29-WaterFootprintBioenergy.pdf> (Accessed 30 April 2011.)
- Gleick, P. H. 1994. Water and energy. *Annual Review of Energy and Environment*, Vol. 19, pp. 267-99.
- Grobicki, A. 2007. *The Future of Water Use in Industry*. Technical report for the UNIDO TF Summit. Technology Foresight Summit 2007, 27-29 September 2007, Budapest, Hungary, organized by UNIDO in cooperation with the Government of Hungary.
- GVEP (Global Village Energy Partnership International). 2011. Website. London, GVEP. <http://www.gvepinternational.org/en/community/products-services> (Accessed 7 May 2011.)
- Hoekstra, A. Y. and Chapagain, A. L. 2008. *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Oxford, UK, Blackwell Publishing.
- Hovorka, A., de Zeeuw, H. and Njenga, M. (eds). 2009. *Women Feeding Cities – Mainstreaming Gender in Urban Agriculture and Food Security*. Warwickshire, UK, Practical Action Publishing.
- Howard, G. and Bartram, J. 2003. *Domestic Water Quantity, Service Level and Health*. Geneva, WHO.
- Huffaker, R., Whittlesey, N. K. and Wandschneider, P. R. 1993. Institutional feasibility of contingent water marketing to increase migratory flows for salmon on the upper Snake River. *Natural Resources Journal*, Vol. 33, No. 3, pp. 671-96.
- ICOLD (International Commission on Large Dams). 2009. *World Register of Large Dams*. Paris, ICOLD.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris, IEA.
- , 2007. *World Energy Outlook 2007*. Paris, IEA.
- IHA (International Hydropower Association). 2009. *IHA Statement on Evaporation from Hydropower Reservoirs*. London, IHA.
- International Bank for Reconstruction and Development/ World Bank. 1994. *World Development Report 1994: Infrastructure for Development*. New York, Oxford University Press.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2011. *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN)*. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, IPCC.
- Jouravlev, A. 2004. *Drinking Water Supply and Sanitation Services on the Threshold of the XXI Century*. LC/L.2169-P. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/19539/lcl2169i.pdf>
- Le Quesne, T., Kendy, E. and Weston, D. 2010. *The Implementation Challenge: Taking Stock of Government Policies to Protect and Restore Environmental Flows*. Washington DC, The Nature Conservancy/Worldwide Fund for Nature (WWF).
- Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P. and Naylor, R. L. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, Vol. 319, pp. 607-610.
- Lundqvist, J. 2010. Producing more or wasting less. Bracing the food security challenge of unpredictable rainfall. L. Martínez-Cortina, G. Garrido and L. López-Gunn, L. (eds) *Re-thinking Water and Food Security: Fourth Marcelino Botín Foundation Water Workshop*. London, Taylor & Francis Group.
- Lundqvist, J., de Fraiture, C. and Molden, D. 2008. *Saving Water: From Field to Fork – Curbing Losses and Wastage in the Food Chain*. Policy Brief. Stockholm, Stockholm International Water Institute (SIWI).

- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Fresh water ecosystem services. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington DC, Island Press, pp. 213-255.
- Mann, H. and Smaller, C. 2010. Foreign land purchases for agriculture: What impact on sustainable development? *Sustainable Development Innovation Briefs*, Issue 8. http://www.un.org/esa/dsd/resources/res_pdfs/publications/ib/no8.pdf
- Mays, L. (ed.). 2009. *Integrated Urban Water Management: Arid and Semi-Arid Regions*. Urban Water Series. Paris/London, UNESCO-IHP, Taylor & Francis.
- MRC (Mekong River Commission for Sustainable Development). 2011. *The Mekong River Commission*. Website. <http://www.mrcmekong.org>
- . 2003. *Mekong River Awareness Kit*. Website. Phnom Penh/Vientiane, MRC. http://ns1.mrcmekong.org/RAK/html/rak_frameset.html
- Mwanza, D. 2005. Promoting good governance through regulatory frameworks in African water utilities. *Water Sci. Technol.*, Vol. 51, No. 8, pp. 71-79.
- NETL (National Energy Technology Laboratory). 2009. *Use of Non-Traditional Water for Power Plant Applications: An Overview of DOE/NETL R&D Efforts*. Pittsburgh, Pa., NETL.
- NRDC (Natural Resources Defense Council). n.d. What's on Tap? Website. New York, NRDC. <http://www.nrdc.org/water/drinking/uscities/contents.asp>
- NWC (National Water Commission). 2011. *Urban Water in Australia: Future Directions*. Canberra, NWC. http://www.nwc.gov.au/resources/documents/Future_directions.pdf
- Olson, E. 2003. *What's on Tap? Grading Drinking Water in U.S. Cities*. New York, Natural Resources Defense Council (NRDC). <http://www.nrdc.org/water/drinking/uscities/pdf/whatsontap.pdf>
- Øvergaard, S. 2008. *Issue Paper: Definition of Primary and Secondary Energy*. Prepared as input to Chapter 3: Standard International Energy Classification (SIEC) in the International recommendation on Energy Statistics (IRES). Oslo, Division of Energy Statistics, Statistics Norway. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting13/LG13_12a.pdf (Accessed 30 April 2011.)
- Payne, J. G. 2007. *Matching Water Quality to Use Requirements*. Technical Report for UNIDO Technology Foresight Summit 2007, 27-29 September 2007, Budapest.
- Pegasys. 2011. *Conceptual Framework for Assessing Water Use in Energy Generation with a focus on Hydropower*. Cape Town, Pegasys.
- Pickering de la Fuente, G. 2011. El hito ambiental de 2012. *Newsletter ANDESS*, No. 25. Santiago, Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios (ANDESS). <http://www.andess.cl/news/News25/nota1.html>
- SABMiller Plc and WWF-UK. 2009. *Water Footprinting: Identifying and Addressing Water Risks in the Value Chain*. Technical report. Woking/Surrey, UK, SABMiller Plc/World Wide Fund for Nature UK.
- Scanlon, B. R., Jolly, I., Sophocleous, M. and Zhang, L. 2007. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: quantity versus quality. *Water Resources Research*, Vol. 43, W03437.
- Sciar, E. D., Garau, P. and Carolini, G. 2005. The 21st century health challenge of slums and cities. *The Lancet*, Vol. 365, pp. 901-903.
- Sieger, R. B. and Whitlock D. 2005. Session for the *CHP and Bioenergy for Landfills and Wastewater Treatment Plants* workshop, Salt Lake City, UT, 11 August 2005. <http://www.docstoc.com/docs/22892252/CHP-and-Bioenergy-for-Landfills-and-Wastewater-Treatment-Plants>
- SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios). 2011. *Informe de Gestión del Sector Sanitario 2010*. Santiago, SISS. http://www.siss.gob.cl/577/articles-8333_recurso_1.pdf
- Smit, J., Ratta, A. and Nasr, J. 1996. *Urban Agriculture: Food, Jobs, and Sustainable Cities*. New York, United Nations Development Programme (UNDP).
- Stecko, S. and Barber, N. 2007. *Exposing Vulnerabilities: Monsoon Floods in Mumbai, India*. Unpublished case study prepared for the Global Report on Human Settlements 2007.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. and de Haan, C. 2006. *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Rome, FAO/LEAD. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>
- Stillwell A. S. 2010. Energy Water Nexus in Texas, Master's Thesis, University of Texas at Austin.
- Stillwell, A. S., King, C. W. and Webber, M. E. 2010. Desalination and long-haul water transfer as a water supply for Dallas, Texas: A case study of the energy-water nexus in Texas. *Texas Water Journal*, Vol. 1, No. 1, pp. 33-41.
- Stillwell, A. S., King, C. W., Webber, M. E., Duncan, I. J. and Hardberger, A. 2011. The energy-water nexus in Texas. *Ecology and Society* (Special Feature: The Energy-Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future), Vol. 16, No. 1, p. 2.
- Strokes, J.R. and Horvath, A. 2009. Energy and air emission effects of water supply. *Environmental Science and Technology*, Vol. 43, No. 8, pp. 2680-7.
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2009. *TEEB Climate Issues Update*. Geneva, United Nations Environment Programme (UNEP). <http://www.teebweb.org/InformationMaterial/TEEBReports/tabid/1278/language/en-US/Default.aspx>
- Tucci, C., Goldenfum, J. A. and Parkinson, J. N. (eds), 2010. *Integrated Urban Water Management: Humid Tropics*. IHP Urban Water Series. Paris/Boca Raton, Fla., UNESCO-IHP, CRC Press.
- Twomey, K. M. and Webber, M. E. 2011. Evaluating the energy intensity of the US public water system. *Proceedings of the 5th International Conference on Energy Sustainability*. Washington DC, American Society of Mechanical Engineers (ASME).
- UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division). 2009. *World Population Prospects: The 2008 Revision, Highlights*, Working Paper No. ESA/P/WP.210. New York, UN.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2007.

- Global Environment Outlook 4*. Nairobi, UNEP.
- . 2010. *UNEP Yearbook: New Science and Developments in Our Changing Environment*. Nairobi, UNEP.
- UNEP/GRID-Arendal. 2008. *Vital Water Graphics. An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters* (2nd edn). Nairobi, UNEP. <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article48.html>
- UN-Habitat (United Nations Human Settlements Programme). 2003. *The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements*. Nairobi, UN-Habitat.
- . 2006. *Meeting Development Goals in Small Urban Centres: Water and Sanitation in the World's Cities*. Nairobi/London, UN-Habitat/Earthscan.
- . 2010. *The State of the World's Cities 2010/2011: Cities for All: Bridging the Urban Divide*. Nairobi, UN-Habitat.
- United Nations (under the coordination of A. Bárcena, A. Prado and A. León). 2010. *Achieving the Millennium Development Goals with Equality in Latin America and the Caribbean: Progress and Challenges*. LC/G.2460, Santiago, United Nations Publications. <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/5/39995/portada-indice-intro-en.pdf>
- Vahala, R. 2004. European Vision for Water Supply and Sanitation in 2030. *Water Supply and Sanitation Technology Platform*.
- Vairavamorthy, K. 2008. *Cities of the Future and Urban Water Management*. Paper presented on 27 June 2008 during Thematic Week 2 of the Zaragoza International Exhibition, 2008.
- Vollaard, A. M., Ali, S., van Asten, H. A. G. H., Widjaja, S., Visser, L. G., Surjadi, C. and van Dissel, J. T. 2004. Risk factors for typhoid and paratyphoid fever in Jakarta, Indonesia. *J. Am. Med. Assoc.*, Vol. 291, pp. 2607-2615.
- WEC (World Energy Council). 2010. *Water for Energy*. London, WEC. http://www.worldenergy.org/documents/water_energy_1.pdf
- WEF (World Economic Forum). 2009. *Energy Vision Update 2009: Thirsty Energy: Water and Energy in the 21st Century*. Geneva/Englewood, Colo., WEF/Cambridge Energy Research Associates. <http://www.weforum.org/reports/thirsty-energy-water-and-energy-21st-century?fo=1> (Accessed 30 April 2011.)
- . 2011. *Water Security: the Water-Food-Energy-Climate Nexus: the World Economic Forum initiative*. Washington DC, Island Press.
- WEF (Water Environment Federation). 1997. *Energy Conservation in Wastewater Treatment Facilities Manual of Practice*. Alexandria, VA, WEF.
- WHO/UNICEF. 2006. *Meeting the MDG Drinking Water and Sanitation Target: the Urban and Rural Challenge of the Decade*. Geneva/New York, WHO/UNICEF. http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmpfinal.pdf
- . 2010. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. *Progress on Sanitation and Drinking-Water: 2010 Update*. Geneva/New York, WHO/UNICEF.
- Wild, D., Francke, C-J., Menzli, P. and Schön, U. 2010. *Water: A Market of the Future. A Sustainable Asset Management (SAM) Study*. Switzerland, SAM.
- WWF (World Wide Fund for Nature). 2011. *The Energy Report. 100% Renewable Energy by 2050*. Gland, Switzerland, WWF. http://wwf.panda.org/what_we_do/footprint/climate_carbon_energy/energy_solutions/renewable_energy/sustainable_energy_report/ (Accessed 2 May 2011).
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2009. *United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris/London, UNESCO Publishing/Earthscan.
- Zimmer, D. and Renault, D. n.d. *Virtual Water in Food Production and Global Trade: Review of Methodological Issues and Preliminary Results*. FAO, Rome.

第三章

水资源易变性、脆弱性和不确定性

作者：拉佳格帕兰·巴拉吉、理查德·康纳、保罗·格兰尼、
佳可·范德甘、佳瑞斯·詹姆斯·劳伊德、高顿·杨
供稿：塔仁达·拉汉喀





《世界水发展报告》前几版从不同的侧面，以相互补充的方式对世界水资源问题进行了探讨。《世界水发展报告》第一版通过全球范围水循环中的不同单元，对水资源量的长期平均值及普通模式进行论述。《世界水发展报告》第二版则着重分析了水资源在空间和时间分布上的“易变性”程度，同时还在水资源数量及质量方面侧重描述了人类活动对水资源所造成的影响。《世界水发展报告》第三版则探索了水循环与其他生物地球化学循环之间所存在的关系；气候变化对水循环存在影响的观测证据；以及提高观测及监控水平的迫切需要。

本章以《世界水发展报告》前三版所提供的信息作为依据，着重探讨以往《世界水发展报告》未曾详细涉及过的具体部分。为更好地理解水资源的易变性以及相关不确定因素的来源，本章开篇将把水资源的外在压力作为在水循环过程中出现不确定性的首要原因进行分析，其中包括复杂而相互关联的动态自然过程集合，例如科学家称为“气候应力”的厄尔尼诺现象。然后，本章将重点放在长期自然储存和水循环因素中两个特殊和经常被忽视或误读的要素：地下水及冰川，比较它们的效益及脆弱性。本章的结论部分论述了水体质量及数量如何成为水资源量不可或缺的关键环节，如何加剧了我们理解及解决供水和水资源量问题的不确定性及复杂性。

除了有关冰川的章节是第一章原有内容外，本章中的其余部分取材于第二卷挑战部分的内容，以及第十五章“资源状况：水量”、第十六章“资源状况：水质”和地下水的专题报告（第三十六章）。

3.1 水文周期、水资源外在压力及不确定性来源

降雨产生的水在年际之间呈不均匀分布状态。水量在干旱及湿润气候条件下以及湿季与旱季之间存在着巨大的易变性。因此，不同国家和地区在一年中获得的水量差别很大，造成淡水供应量分布不均衡。

各国的平均年可再生水资源总量（TARWR，见图 3.1）在区域分配上呈现很大差异，有些国家的水资源量要多于其他国家。但是，考虑到国家的规模会在很大程度上对国家之间的变率造成巨大影响，因此这样的计量方式并不准确。所以，将人均可用水量纳入考量范畴（见图 3.2）是一个比较实用的办法，这个办法提供了一个从社会或经济角度出发¹更加恰当的水资源可用量指标。但要注意的是，亚洲及非洲的某些人口较多的热带国家，其可用淡水量较少。这就给未来水资源开发与管理（见第四章，4.6.1 节）提出了一个大难题。

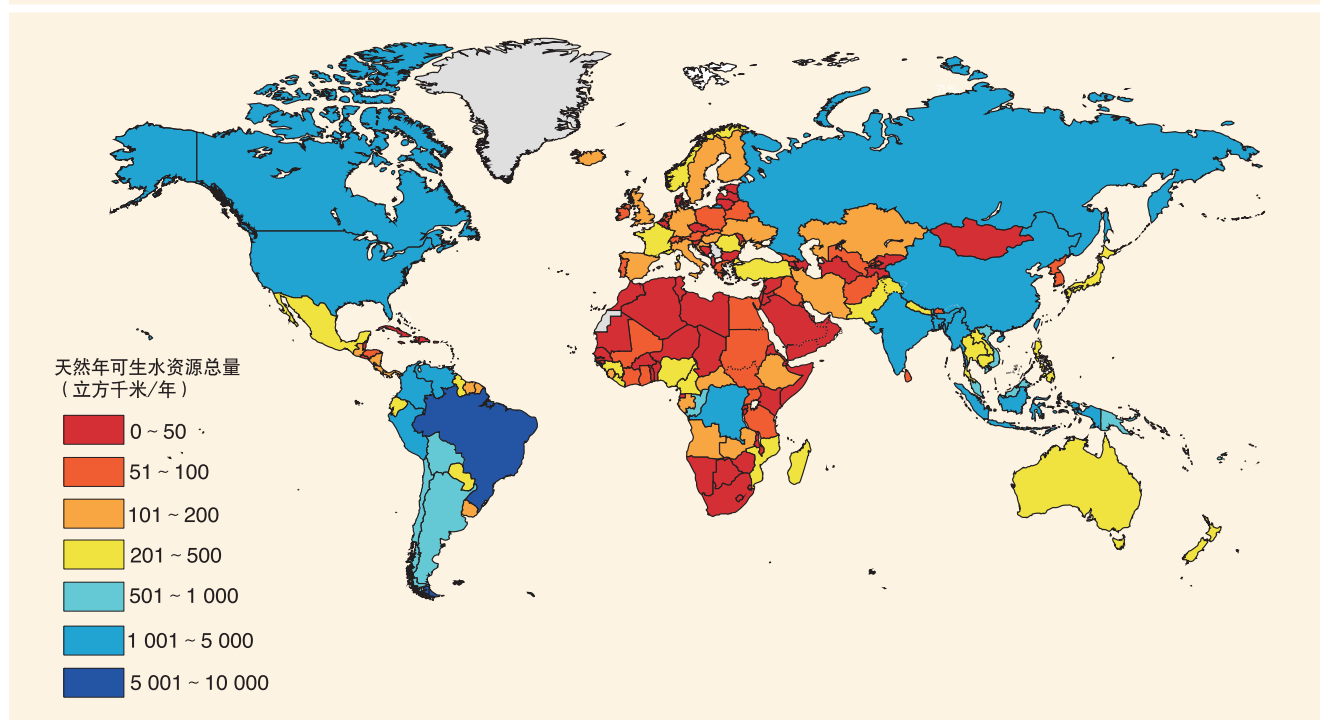
了解水资源的空间及时间分布和运动，对于有效地水资源管理具有决定性作用。在制定水资源管理计划及政策时，必须要考虑到淡水供应量的易变性及分布情况。

水循环的动力来自于一个复杂而又互相关联的动态自然过程集合，也就是科学家们所称的“气候应力”。地球的倾斜及绕日公转是造成降水及水资源可用性季节变化的主要驱动因素之一。大气循环模式、海洋循环模式及其之间的相互作用也是天气、气候及水循环的同等重要驱动因素。更好地理解上述各类现象（例如厄尔尼诺-南方涛动现象）以及不同驱动因素之间的“遥相关”²，能够提高在很多地区的预测能力。

人类正在逐渐改变地球的气候，从而日渐改变全球的降雨循环方式。想要对水循环分布进行控制是不可能的，但人类可对水循环的其他方面产生重大影响。人类的某些干预措施属于主动性干预措施，例如通过蓄水及跨流域调水改变径流。前者可以削减洪水及干旱的影

图 3.1

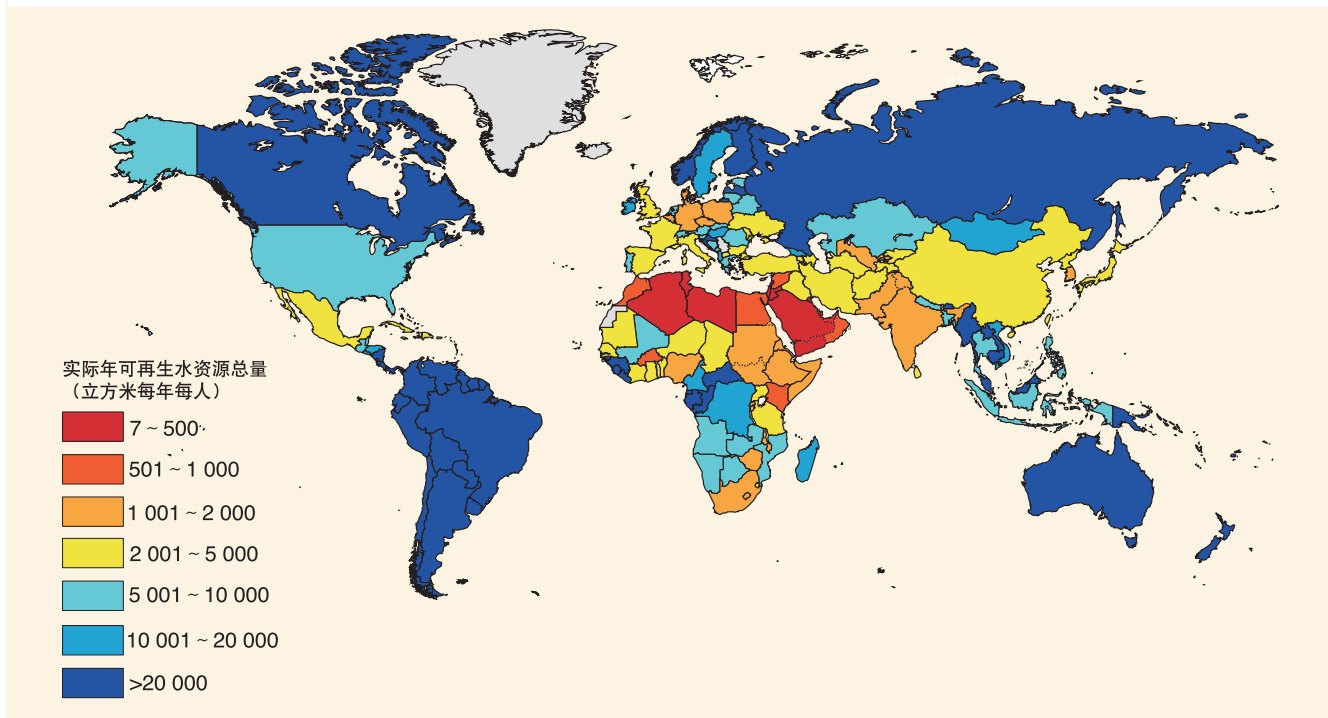
按国家计年可再生水资源总量（TARWR）——最新估计值（1985—2010年）



资料来源：FAO AQUASTAT 数据库(<http://www.fao.org/nr/aquastat>，访问于2011年)。

图 3.2

按国家计人均年可再生水资源总量 (TARWR) ——人口数据取自2009年



资料来源: FAO AQUASTAT 数据库 (<http://www.fao.org/nr/aquastat>, 访问于2011年)。

响, 从而确保能够在有需要的时候有水可用, 并在水量过多时将其造成的破坏或影响降到最低; 后者则能够将水运到任何有需要的地方。其他一些干预措施, 例如通过改变地表情况影响城市居住区或农业, 会因为改变渗透性、径流及蒸发蒸腾作用而对水循环造成严重影响。

源于地球气候系统的天然易变性因素、人为改变因素以及对水循环有调节作用的地表情况因素, 水资源的状态会不断地变化。其对水资源和水循环造成的具体影响包括:

- 年际间及多年代际间的气候易变性, 以及因气候变化造成的气候易变性改变平均地表径流;
- 气候变化增加洪水发生的可能性;
- 气温升高造成水资源损失率提高;
- 流量季节性 (或时间) 的变化, 特别是在融雪流域;
- 因冰川消退造成的流量变化;
- 降雪量及永久冻土的减少;
- 地下水耗尽——失去抵御降雨量变化

的缓冲;

- 土壤水分的改变。

水资源状态还受社会经济用水需求的影响。而这些因素又受到人口增长、经济发展、饮食结构变化以及受保护冲积平原及易干旱地区控制措施的影响。这些影响因素以及未来的可能发展趋势将在第九章进行讨论。除了现有的、与地球气候系统及水循环有关的不确定因素之外, 这些造成变化的原因以及各原因之间的相互作用也会给水资源的利用及可利用量方面带来新层次的不确定因素。因此, 我们认为未来的水文记录绝不会沿袭历史的数据。

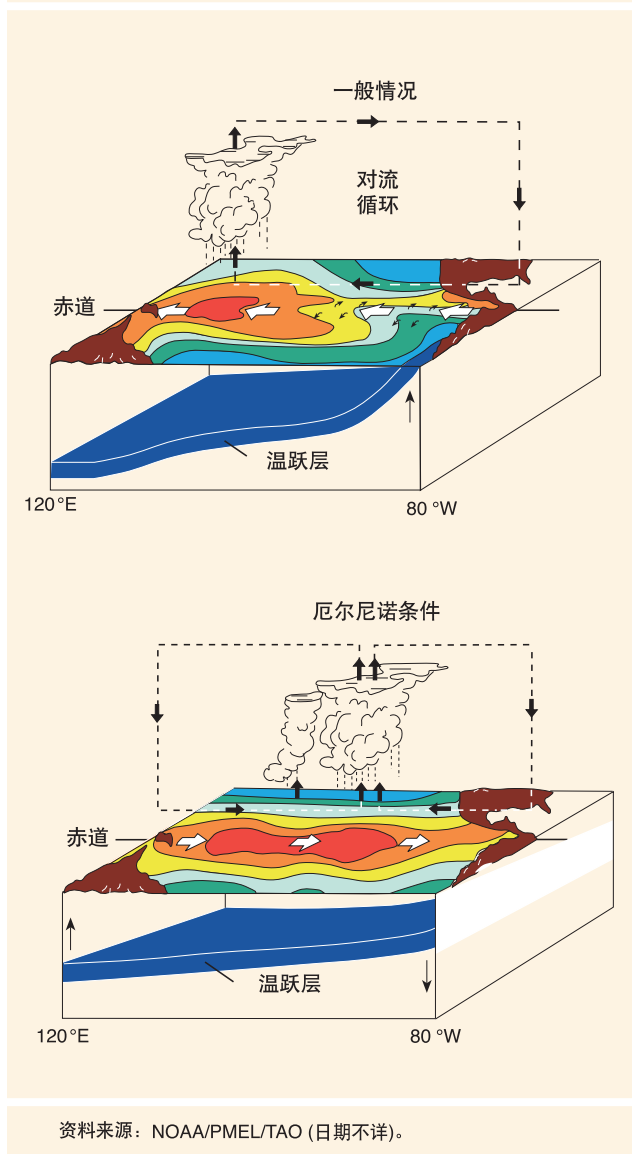
3.1.1 全球气候及水文易变性的驱动因素

水在地球上的时空变化是造成丰水和缺水地区的关键因素。很明显, 这种运动是由厄尔尼诺-南方涛动现象 (ENSO)、太平洋年代际振荡 (PDO)、北大西洋涛动 (NAO) 以及大西洋年代际振荡 (AMO) 等几个大型气候驱

动因素共同作用的结果。通过提高对这些驱动因素的认识，使我们能够运用它们对水文及气候进行年际间预测，并作出高效的资源规划。本节将对厄尔尼诺现象、太平洋年代际振荡及北大西洋涛动进行简要介绍。

图 3.3

热带太平洋海域一般情况及厄尔尼诺现象时的图解



“我们不要设想未来的水文记录将沿袭历史。”

厄尔尼诺现象

厄尔尼诺-南方涛动现象是热带太平洋地区的一个组合式海洋-大气现象，同时也是全球气候季节性及其年际间转变的一个主要驱动因素。来自西太平洋赤道的暖水，每隔3~8年会流至中部及东部地区（见图3.3）。其导致的直接后果就是：热带西太平洋地区及澳大利亚北部地区降雨量减少，南美洲的东部热带地区降雨量增多。而在热带太平洋地区，这些对流变化会引发世界其他地区出现遥相关反应（见图3.4），特别是在南亚、东南亚及非洲。这些转变还会对中纬度急流的位置及强度造成影响，从而对北美洲的天气形成影响。有关厄尔尼诺-南方涛动现象对全球降水量、气温、风暴及热带气旋、生态系统、农业、水资源及公众健康的影响，特别是对居住有全球大多数人口的热带国家造成影响的文字材料不胜枚举。图3.4、图3.5以及图3.6显示了厄尔尼诺的全球遥相关及中纬度急流转变图解。

了解厄尔尼诺的遥相关效应，能够帮助我们提高在很多地理位置的预测能力。自20世纪90年代中期以来，随着对热带太平洋海域观测的不断深入，这方面的工作取得了大幅度的进步，同时也给我们带来了长期预测厄尔尼诺现象的技术，对社会具有重大意义。美国国家海洋和大气管理局（NOAA）已建立了一个专门观测厄尔尼诺现象的观测站³，可为厄尔尼诺-南方涛动现象的监控及预测提供信息，并能够对厄尔尼诺现象的各种影响以及诸多参考值进行记录。

太平洋年代际振荡

太平洋年代际振荡经证明存在于影响北太平洋海域的大规模海平面温度场，但其中也包括部分热带太平洋地区。该温度场与厄尔尼诺-南方涛动的温度场类似，但相对略宽阔一些；除此之外，其指标显示出在数十年时间范围内其表现出的易变性较为显著。

据观察，太平洋年代际振荡对美国西北部的渔场存在影响，同时，越来越多的文献也证

明了其对水文环境及干旱等极端事件的发生存在影响，特别是针对同一地区的影响。图 3.4 显示了该现象发生的空间方式及时间序列。

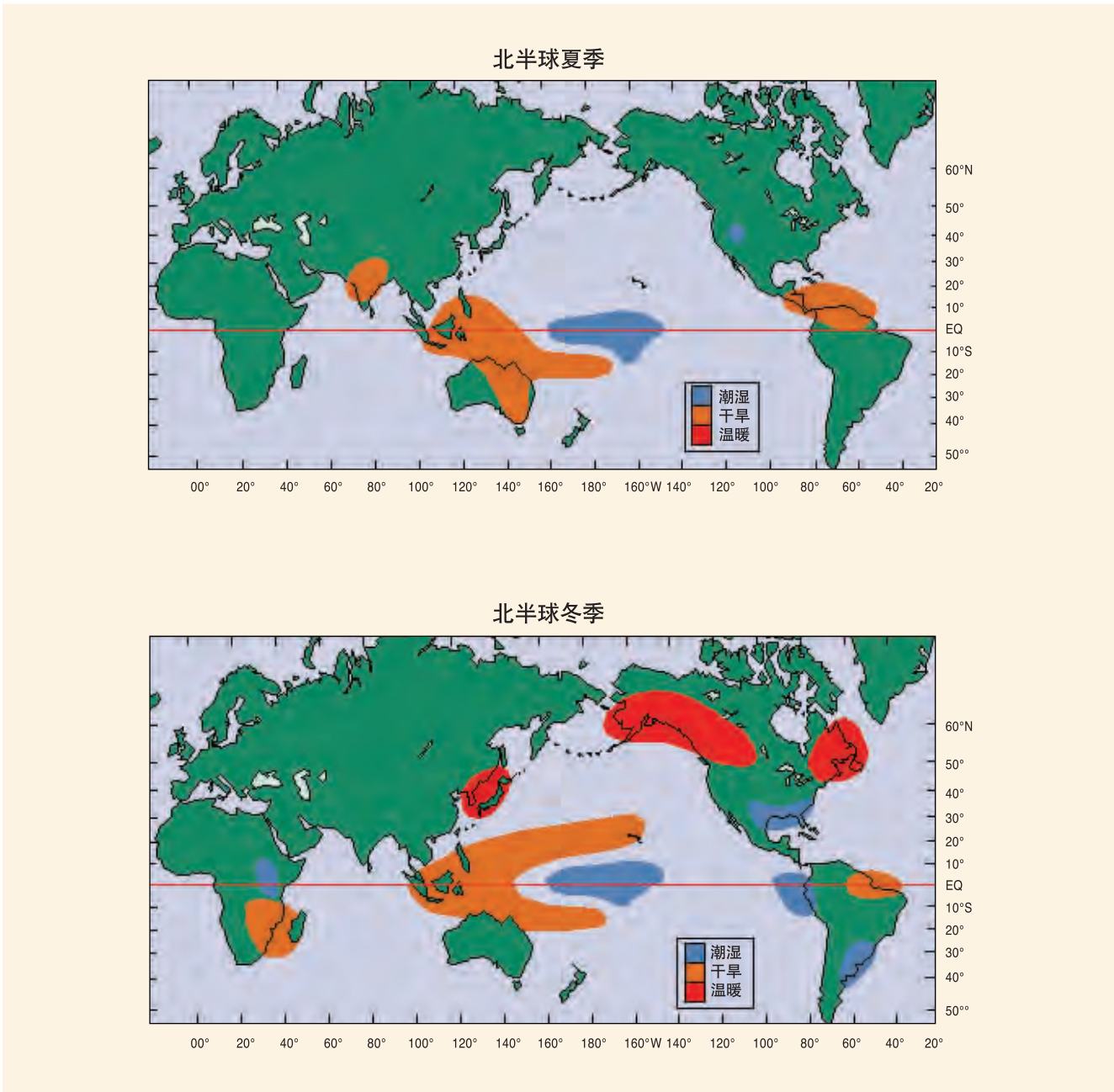
大气和海洋研究联合学会 (JISAO) 设立的一家网站，可提供大量有关太平洋年代际振荡的详细资料：包括数据、影响及文献目录⁴。

北大西洋涛动

北大西洋涛动是北大西洋海域气候变化的驱动因素之一，其主要在冬季起到大气特征的作用。其特点主要通过其位于北大西洋的副热带高压及近极地低压的位置和强度体现 (见图 3.5)。这些

图 3.4

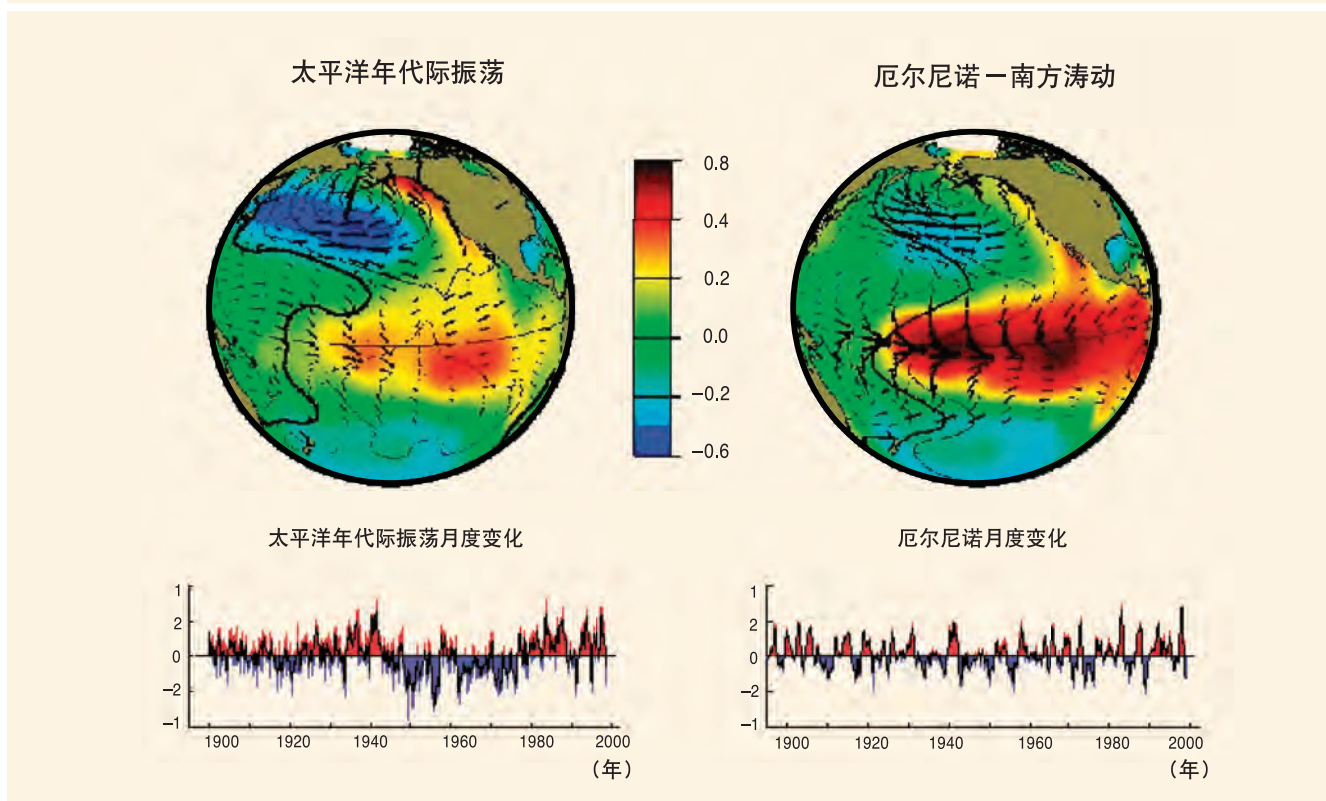
厄尔尼诺现象在北半球夏季及冬季对全球气候的影响



注：拉尼娜现象的影响较为对称。请留意ENSO会影响降雨量及温度，尤其是影响地处热带的发展中国家的降雨量及温度。
资料来源：NOAA/PMEL/TAO (n.d.)。

图 3.5

太平洋年代际振荡和厄尔尼诺时空变化



资料来源：JISAO (2000)。

气压中心的位置和强度，对急流以及风暴路径起着导向作用，并最终影响局部地区的气候及水文环境。北大西洋涛动在调节欧洲及北美气候方面起到的作用已被发现多年，但其物理机制以及其在调节海平面温度方面的作用一直是很多研究的主要课题。近期的研究还证实了北大西洋涛动是波及半个地球的一系列气压中心，即北极振荡（AO）的一个组成部分。而北极振荡变率的时间跨度也为数十年⁵。

其他驱动因素

其他在多年代跨度范围内驱动全球气候及水文环境变化的气候因素还在研究当中。其中包括了大西洋多年代际振荡（AMO）以及与温盐环流相关的大西洋经向翻转环流（AMOC），而墨西哥湾流则是其中的一个组成部分⁶。

3.2 自然长期储存的脆弱性：地下水与冰川

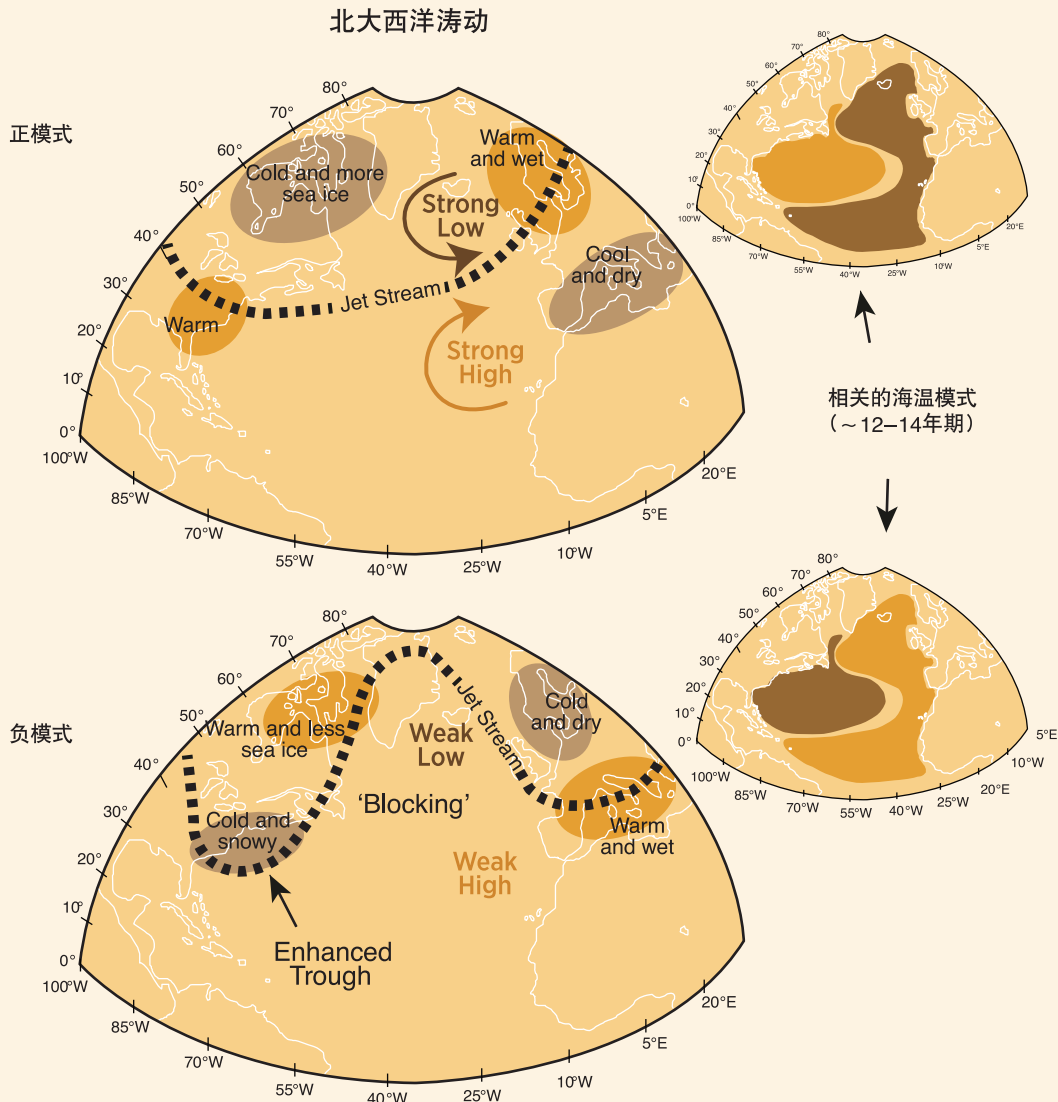
3.2.1 地下水过渡期的弹性资源

地下水在世界上的地位正在发生改变

在世界上的许多地方，地表水已经被开发利用了几千年，与地表水不同，地下水的开采历史不过一百年，而且开采范围也不如地表水那样遍布全球。然而，进入20世纪，全球的地下水开采发生了史无前例的“悄然变化”（Llamas 和 Martínez-Santos, 2005）。人口的快速增长，以及随之而来对供水、食物和收入、经济和技术发展需求的增加，是驱动大规模开发地下水的直接原因。密集的地下水开发行为发生在20世纪50年代之前，始于意大利、墨西哥、西班牙和美国等少数国家，到20世纪60年代开始向全世界蔓延（农业水资源管理综合

图 3.6

北大西洋涛动的空间格局以及对西风急流的影响和对北美和西欧的气候影响



资料来源: AIRMAP (日期不详, 图4) (J. Bradbury 和 C. Wake)。

评价, 2007)。此时, 地下水在人类社会中的作用发生了根本改变, 在灌溉部门激发了一场“农业地下水革命”(Giordano 和 Villholth, 2007), 因为地下水的开发, 促进了农业食品增产和农村发展。地下水的开发和使用, 显著地改变了局部和全球水资源循环系统和生态环境系统。

2010 年全世界地下水开采量每年达到 1 000 立方千米, 其中 67% 是农业灌溉用水, 22% 是生活用水, 11% 是工业用水 (AQUASTAT,

2011; EUROSTAT, 2011; IGRAC, 2010; Margat, 2008; Siebert 等, 2010)⁷。亚洲地区开采量占开采总量的 2/3, 其中印度、中国、巴基斯坦、伊朗和孟加拉国是主要的地下水使用国 (见表 3.1、表 3.2)。过去 50 年里, 地下水开发速率每年增加 1%~2%, 致使目前地下水开发速率增至三倍。一些国家开发速率已经达到了顶峰, 现在维持在稳定的开发量, 部分国家开发量出现了下降的趋势 (农业水资源管

理综合评价, 2007), 正如图 3.7 所示。这些估算也许不够精确, 但是他们提出当前全球地下水开采量大约占全球取水总量的 26%, 而平均地下水补给率不足 8%。

表 3.1

2010年地下水开采量最大的10个国家

国家	开采量 (立方千米/每年)
1. 印度	251
2. 中国	112
3. 美国	112
4. 巴基斯坦	64
5. 伊朗	60
6. 孟加拉国	35
7. 墨西哥	29
8. 沙特阿拉伯	23
9. 印度尼西亚	14
10. 意大利	14

注: 这十个国家的地下水开采量占全世界开采总量的72%。
资料来源: IGRAC (2010), AQUASTAT (2011) 和 EUROSTAT (2011)。

目前, 地下水已经成为人类用水的重要来源, 据世界水评估计划 2009 年统计, 人类一半以上的饮用水来自于地下水, 同样, 大约 43% 的农业灌溉用水⁸ 依赖地下水供给 (Siebert 等, 2010)。然而, 社会经济的发展对地下水的影响要远远高于这些百分率。大多数含水层都具有一定的缓冲能力, 那些地下水蕴藏丰富的地区, 即使经历长期干旱缺水, 地下水依然能够为人类提供稳定的水资源供应, 而那些仅依靠地表水和降水的地区将遭受严重的干旱。最惊人的例子是, 不可再生的地下水资源也能形成这种缓冲能力: 地球上各类巨大的含水层系统目前仍然蕴藏了大量的地下水资源, 尽管近千年来一直没有得到有效的补充 (Foster 和 Loucks, 2006)。然而, 无论这些地下含水层中蕴藏的地下水的储量有多么丰富, 其不可再生的属性决定了如果不合理开发和使用, 终究有一天这些资源会消耗殆尽。尤其是在一些热点地区不可再生的地下水资源已经达到了开发的极限 (如文下论述)。

表 3.2

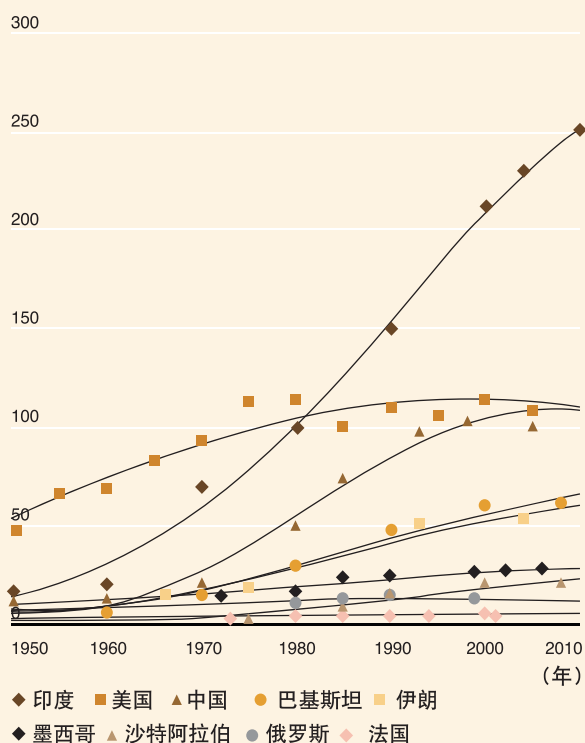
全球各大洲地下水可开采量评估(基于2010年水平)

大洲	地下水开采量 ¹				与取水总量比较		
	农业	生活	工业	总量	取水总量 ²	地下水份额	
	km ³ /a	km ³ /a	km ³ /a	km ³ /a			%
北美洲	99	26	18	143	15	524	27
拉丁美洲和加勒比地区	5	7	2	14	1	149	9
南美洲	12	8	6	26	3	182	14
欧洲 (包括俄罗斯联邦)	23	37	16	76	8	497	15
非洲	27	15	2	44	4	196	23
亚洲	497	116	63	676	68	2 257	30
大洋洲	4	2	1	7	1	26	25
世界	666	212	108	986	100	3 831	26

注: 1. 基于IGRAC(2010), AQUASTAT(2011), EUROSTAT(2011), Margat(2008)和Siebert 等(2010)数据评估。
2. 1995—2025年《商业通常情景分析》, 由Alcamo 等(2003)评估。

图 3.7

部分国家地下水开采趋势(km³/a)



资料来源：摘自Margat (2008, 图 4.6, p. 107)。

在非洲和亚洲贫困地区，地下水为大约 12 亿~15 亿人提供食品安全保障和生活供水保障 (农业水资源管理综合评价, 2007)，同时为世界其他地区的生活供水提供有效保障。此外，依靠地下水灌溉的农业比依靠地表水灌溉的农业具有更好的抗旱性。这可能是，西班牙 (Llamas 和 Ganrido, 2007) 和印度 (Shah, 2007) 等地单位水产出具有很高的经济回报率的直接原因。因此，地下水在社会经济效益评价中，其经济效益比例往往高于水量占总取水的比例。

地下水系统的显著变化

地下水流入和流出量、蕴藏体积、水位和水质等因素是所有地下水系统的主要状态指标。不断增加的地下水开采率以及人类社会对地下水的干扰 (如人类土地利用的变化和污染物的排放)，将严重影响地下水的水文状态。

气候变化和人类的水资源管理措施也将对地下水的状态产生一定的影响。结果，世界上大多数地下水系统不再是动态的平衡状态，而是出现了显著的变化趋势。随着地下水平均再生率变化，实践中我们观测到自然出流量减少、蕴藏量减少、水位降低和水质恶化等现象普遍存在。

全球地下水资源地图计划 (WHYMAP, 2008) 制作的全球地下水资源地图，比较清楚地展示了当前世界地下水分布的有利区和不利地区，以及地下水的蕴藏体积和可更新率。地球大部分地下水 (大约 80%~90%) 储存在主要地下含水层，仅仅覆盖了不到 35% 的陆地面积。全球总地下水蕴藏量仍然是个未知数，粗略估计大约在 1 530 万~6 000 万立方千米之间，这其中包括 800 万~1 000 万立方千米的淡水，其余的为盐碱水，而且埋藏得很深 (Margat, 2008)。

近年来通过模拟研究已经计算出了全球地下水每年的补给率模型，该模型显示地下水补给率与全球年平均降水地图具有高度的相关性。这些模型估计的全球地下水年平均补给量为 1.27 万立方千米 (Döll 和 Fiedler, 2008) 或 1.52 万立方千米 (Wada 等, 2010)，这些数字分别比估算的地下水总量小了三个数量级。这些估算并没有考虑到气候变化的可能影响。然而，最近 Döll (2009) 完成的研究，基于政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 提供的四种气候变化情景，模拟了气候变化对地下水补给的影响，这个模型计算的结果与 1961—1990 年间计算的结果进行了比较分析。该研究表明，到 2050 年地下水补给量在北纬地区将有所增加，但是在当前某些半干旱地区将显著减少 (30%~70% 或更多)，包括地中海、巴西东北地区 and 非洲西南地区。大量的位于气象干旱区的狭窄和潜层冲积含水层，处于世界易受气候变化影响的脆弱地区 (van der Gun, 2009)。

地下水的开采导致了地下水蕴藏量减少，直到建立起新的动态平衡，在减少自然流出量

或减少补给量的情况下。在世界干旱和半干旱地区，面对地下水大量被开采，大多数地下水系统不具有足够恢复能力⁹。显然，这是不可再生的地下水面对的现实（Foster 和 Loucks, 2006），但是当前有一些地下水含水层伴随着水位不断下降的同时，也得到了一定补给。Konikow 和 Kendy（2005）估计在 20 世纪期间美国有 700~800 立方千米地下水消耗殆尽。地球重力和气候试验室对一些大型地下含水层的地下水消耗速率（Rodell 等，2009；Famiglietti 等，2009）和全球地下水消耗速率（Wada 等，2010）进行了模拟。结果显示，在地下水取水密集区，地下水存储量消耗速度明显加快¹⁰。地下水物理性消耗仅对浅层地下水产生了威胁。同时，地下水消耗最主要的影响来自于地下水水位下降带来的负面影响，包括抽取地下水成本的提高（需要功率更大的水泵）、诱发盐碱化以及其他水质方面的影响、地表沉陷、泉水枯竭以及地表生态基流的减少。

全球地下水资源大部分存储在浅层或中等深度，这些水资源足以为人类提供足够的高质水量；然而，一些地区地下水水质发生了一定

变化。最普遍的变化是由人类产生的污染导致的，这些污染源包括液体和固体废物，农业化学农药的大量使用，牲畜产生的粪便，灌溉产生的退水，采矿残留物以及污染的空气等。第二类污染来自于水质较差的潜流侵入含水层区，比如发生在海岸地区的海水入侵，再如当抽取地下水时发生的深层盐碱水混入上层淡水等。同时，气候变化和与之相关的海平面上升将是沿海地区地下水水质变坏的直接威胁。

影响自然环境的其他因素

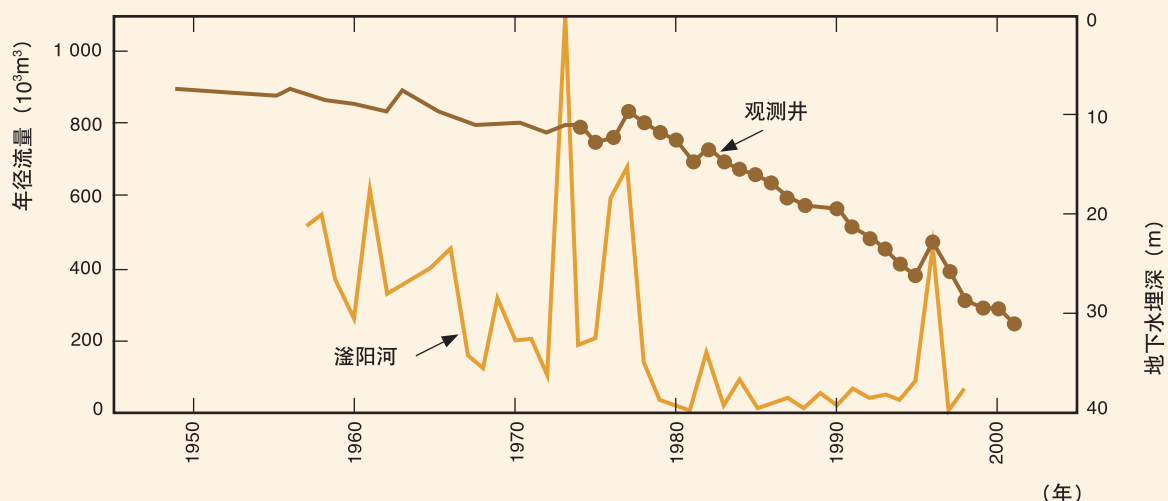
地下水储藏区的开采和其他相关的变化给地下水系统带来的最显著影响就是减少。在世界许多地区，河流基流减少或消失，泉水补给和地下水相关的生态系统已经对周边自然环境产生了显著影响，这种现象在干旱和半干旱地区最为显著。

图 3.8 显示了因地下水消耗殆尽而导致地表径流大量减少的案例。在平原地区，由于水文地质结构特点，可能导致与这些地表径流直接相连的相邻含水层径流大量流失而使地表径流枯竭。

在世界许多地区由于地下水的过量开采导

图 3.8

中国华北平原区地表径流和井水深度变化曲线（证明地下水过量消耗导致了地表径流的减少）



资料来源：Konikow 和 Kendy（2005，图1，p. 318），由施普林格科学+商业媒体允许转载。

全球气温的升高，对降雨和降雪产生了显著影响，同样对冰川融化速率也产生了巨大影响。总体上看，世界范围内高山冰川逐渐萎缩的现象比较明显。但是也有一些例外，比如在喀喇昆仑山区（Hewitt, 2005）。从短期来看，冰川萎缩带来径流增加和降水增加，这意味着增加了水资源供给量。但从长期来看（几十年或几百年尺度），随着冰川消失，这些增加的水资源将会消耗殆尽，冰川对径流的缓冲作用将会减少。Dyurgerov (2010) 和太空观测环球陆冰计划 (GLIMS) 对全球冰川系统的水量平衡进行了较为系统的概述。

在某些山区，冰川洪水是非常重要的，下面这些例子将进行详细描述。

全球受冰川融水影响的区域

图 3.9 显示了全球冰川和冰原的分布。大部分巨型冰川分布在人口稀少的地区。然而，位于阿尔卑斯、安第斯山、中亚地区、高加索、挪威、新西兰和加拿大西部等地的冰川对人类水资源供应至关重要。受前文所述因素的影响，这些地区的大部分冰川正出现不断萎缩的状况，其产生的径流正不断减少。

这些地区人口数量不断增长，同时用水需求也在不断增加。许多地区替代性的水源正在不断枯竭，尤其是地下水资源。许多地区，需水量远远超过供水量。可以说需水量的变化通常远大于供水量的变化。那么，在评估水资源时，应当考虑供水与需水两方面的平衡。

喜马拉雅地区的例证

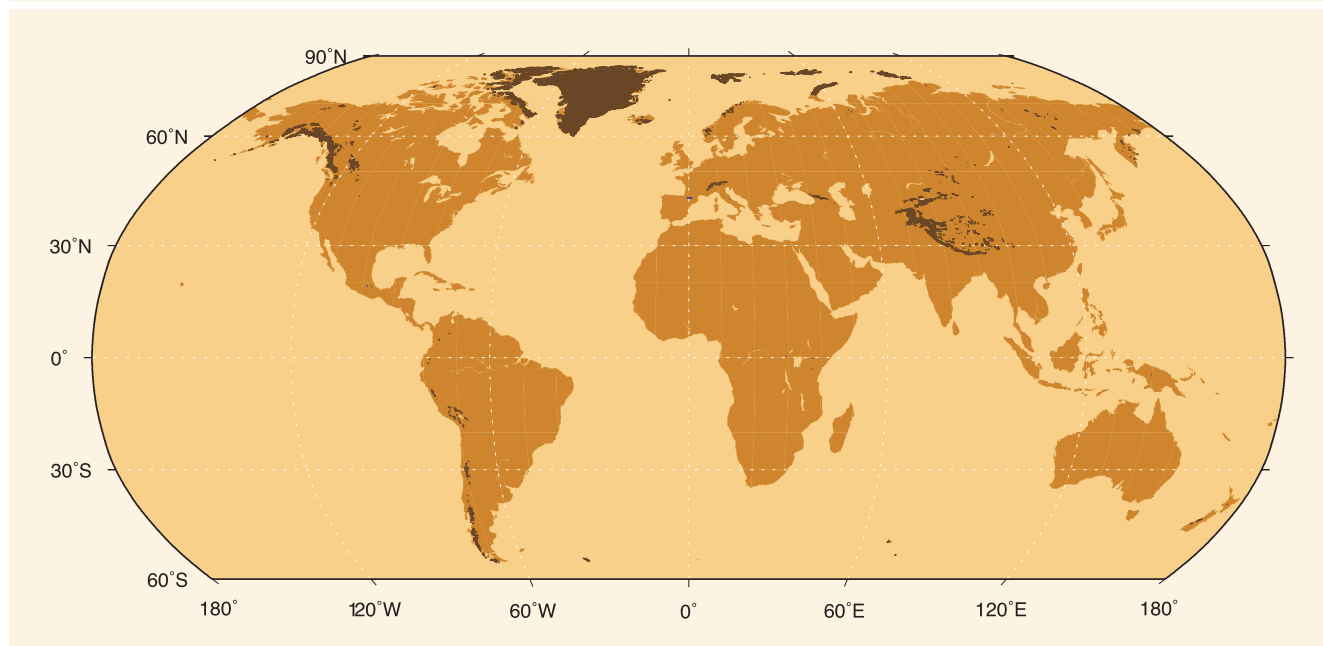
喜马拉雅山脉和喀喇昆仑山脉的冰川，对于源于这些山脉的雅鲁藏布江（布拉马普特拉河）、恒河和印度河来说意义重大（见图 3.10）。在这些流域内，大约有 8 亿人口依赖这些河流以及冰川洪水供水。

这一地区以气候、冰川和水文多样性而著称。喜马拉雅东部地区盛行夏季季风，季风气候向西延伸逐渐减弱，然而进入喀喇昆仑山区，只有在特殊年份，夏季才会有丰沛的降水。降水空间变化差异较大，从喜马拉雅山脉东南部的侧翼到北坡，降水量从每年 5 000 毫米减少到 250 毫米（Young, 2009）。

图 3.11 显示了这一地区的冰川分布状况。喜马拉雅山脉地区的冰川面积都比较小，它们

图 3.9

全球冰川和冰原分布图(南极洲除外)



资料来源：Armstrong 等 (2005, B. H. Kaup提供, 国家冰雪数据中心, GLIMS)。

都分布在高海拔地区，对全球气候变暖反应非常敏感。大型冰川主要分布在喀喇昆仑山区，许多冰川面积都超过了 500 平方千米。大部分冰川属于涌浪式冰川，分布在海拔 3 000 米以下地区，受气候变化影响较为迟缓。目前，许多冰川面积处于增长状态，也许体积也在增长。

冰川融水对径流的贡献

冰川融水对径流的显著作用可以分为两个方面：

- 沟谷地区的冰川融化。这部分地区的冰川融化，平均净损失较大。这样的融化变化在喜马拉雅地区是非常重要的。东部地区的冰川溶解完全被季风带来的降雨或降雪所掩盖，冰川融水对年径流的贡献率不到 3%。在喀喇昆仑山区，冰川融水贡献率较为突出，有时暮夏融水贡献率能达到年径流量的 20%。

- 来自于全球气候变暖影响下的冰川萎缩而带来的径流。这意味着，水从永久存储状态释放出来，增加了地表径流量。喜马拉雅山区的大部分冰川正在慢慢地减少，而喀喇昆仑山区的冰川却在大规模的增加（Hewitt, 2005）。有证据显示这一区域不同地区的冰川正在以不同的速率发生萎缩（也有少部分正在增加）（Scherler 等，2011）。冰川萎缩的速度较慢，每年对年径流的贡献率不到 1%。这意味着，许多大型冰川按照这样的融化速率和贡献率来增加径流，大约会持续几十年甚至上百年。然而一些冰川最终会退缩或消失[就像在秘鲁，（Oblitas de Ruiz, 2010）]，进而会带来供水减少，尤其是在阿根廷、智利和秘鲁等地区（ECLAC, 2009）。

冰川洪水

该地区大约有与冰川相关的洪水。一种是冰湖突发洪水（GLOFs），一种是冰川堰塞湖溃坝洪水（冰岛语中称作 jökulhlaups）。

冰湖突发洪水缘于小型的近冰川湖，这些湖水被终端或两侧冰碛物快速浸入，产生了强度较高历时较短的洪水。由于全球气候变

暖及冰川的不断退缩，这些湖变得越来越大。洪水可能缘于冰碛物的突然崩塌或者滑坡体的突然倒入湖中，而引起湖水的突然位移。发生这种洪水的风险正在逐步增加。该地区有成千上万的这种类型的湖泊。冰湖突发洪水会给下游地区带来巨大的损失，导致经济和生命财产损失，破坏桥梁、水利工程以及其他基础设施（Ives 等，2010）。在不丹，大约有 2 400 多座这样的湖泊，其中已经标示出 24 座可能会带来巨大灾难的湖泊（见图 3.12、图 3.13）。

冰川堰塞湖溃坝洪水是由冰川冰碛物突然倾倒入冰湖内，导致了湖水的突然释放而引起的。湖水的突然释放对于喀喇昆仑山区来说是灾难性的（Hewitt, 1982）。图 3.14 显示，在 20 世纪 20 年代，连续的洪水发生在什约克（Shyok）河，使得阿托克（Attock）河下游以下 1 400 千米，河床被抬高 18 米，给印度的旁遮普邦的平原带来了灾难性的影响。

喜马拉雅山区应对冰川风险和不确定性的政策选择

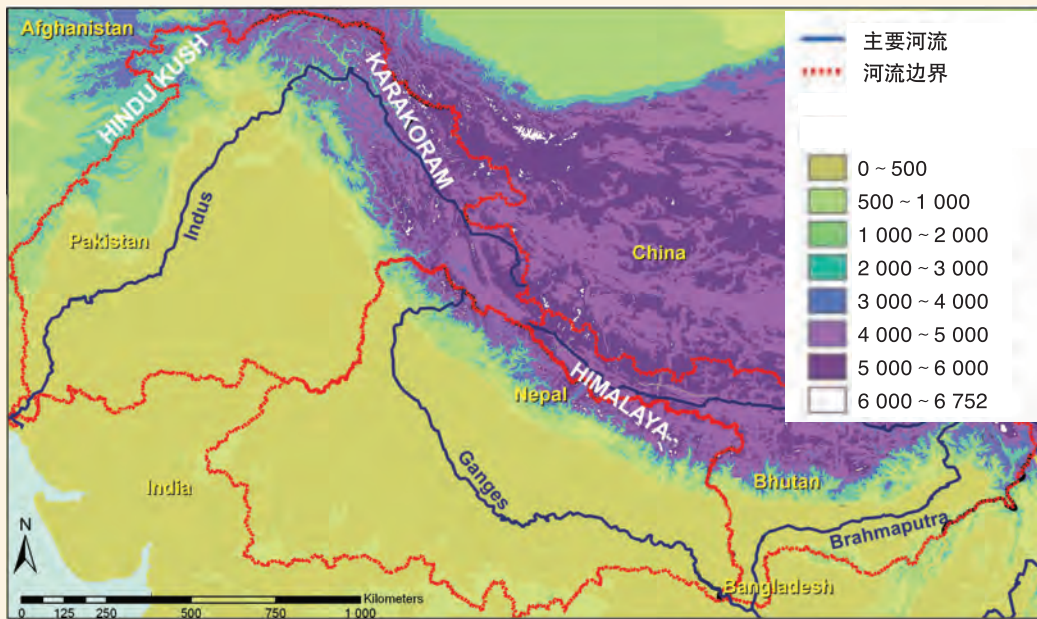
该地区的三条河流都属于跨界河流，其发源地都是中国，中游流经尼泊尔、不丹或者印度，下游流经巴基斯坦或者孟加拉国，这意味着水资源管理需要关注政策抉择问题，尤其是考虑政治和经济背景。如何分享水资源对这些国家来说是一个挑战。

随着人口快速增长，人类对水资源需求不断增加。同时随着大量人口从乡村迁移至城市定居，情况变得越来越复杂。此外，经济快速发展和人类对生活质量要求的提高，导致对水资源的需求越来越多。所有这些因素进一步增加了水资源管理的难度。替代性的水源，尤其是地下水资源对印度西北地区人们的生计来说至关重要，然而这些水资源正在不断地耗竭（见图 3.11）。

国际山地综合开发中心（2009）提交的一份简要报告中提及该地区相关国家正在采取相应的措施适应气候变化的影响。然而，在大多

图 3.10

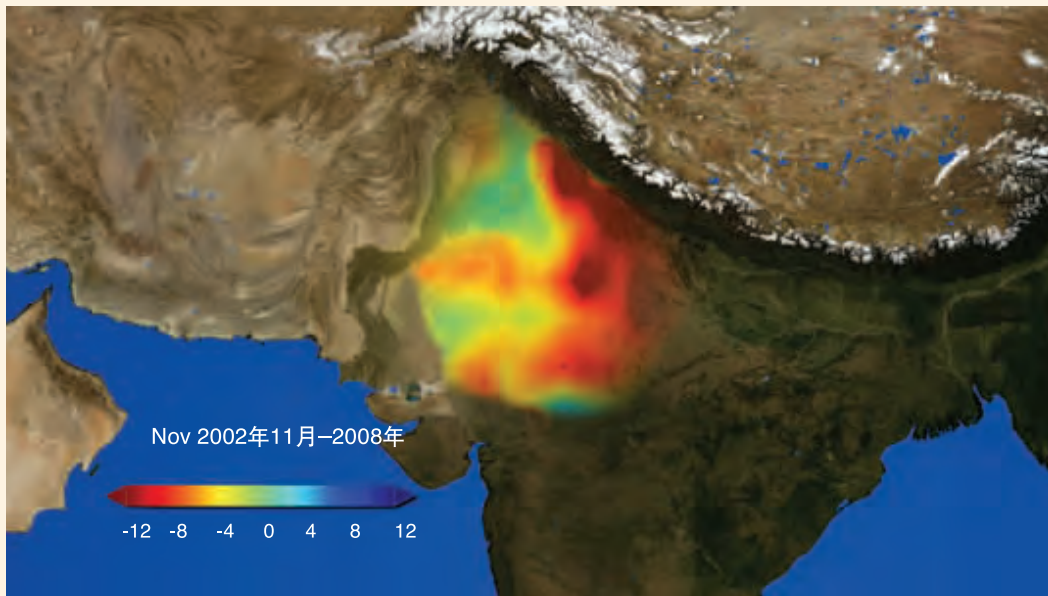
布拉马普特拉河流域、恒河流域和印度河流域范围划分



资料来源：Miller 等（2011，使用美国地理调查ESRI数据）。

图 3.11

显示喜马拉雅—喀喇昆仑山区冰川覆盖情况以及印度西北地区地下水消耗状况的GRACE卫星图



注：在过去的6年期间显著消失了109km³。

资料来源：美国国家航空航天局（NASA）GRACE卫星影像（http://www.nasa.gov/topics/earth/features/india_water.html），T. Schindler 和 M. Rodell.

图 3.12

不丹境内因冰川融化形成的堰塞湖分布图



资料来源：Mool 等 (2001a, p. 109)。

图 3.13

不丹境内的Lugge Tsho 冰川湖



资料来源：Mool 等 (2001b, 照片9.13, p. 93)。

数政府圈子中有一种普遍认识，冰川融化或者萎缩会给水资源供给带来不利影响。这种认识在某种程度上来说是错误的。大多数冰川将慢慢萎缩，在年均降水补充径流基础上，再增加

额外径流，但是与降水量相比这些数量相对较少。

联合国开发计划署适应学习机制计划中提及了不丹如何解决洪水风险问题案例。该项目目标是减少气候变化诱发冰川湖突发洪水的风险。通过该项目不丹政府将实施综合性的长期管理框架，减少气候变化诱发的洪水风险，降低灾难发生的可能性。该案例提及了不丹政府通过采取有效措施减少冰川湖突发洪水风险，比如通过水泵抽水，降低湖水水位同时建立早期预警系统，旨在对下游居住的人们提早发出洪水警报。

3.3 水质

水的“质量”是一个相对的术语。水质的“好”与“坏”的概念不仅指其状态或其内涵，还取决于其用途。自然界不存在“纯净”水，“纯净”水仅存在于实验室中，而且水中的任何物质在达到一定浓度时都可能是污染物。这

水层，盐分含量的升高也会影响水的质量，例如塞浦路斯与加沙地带的案例（Stellar, 2010）。通常由盐水侵入造成的最直接的问题就是可供人类用水的数量减少，但其同时还对其他用途有着直接影响，例如农业及工业相关用水等。

河湖等地表水的过度使用，会造成因污染或矿物质淋溶等原因存在于水中的有害物质浓度提高。“有关这方面一个显著的例子就是格兰德（Rio Grande）河，这条河在夏季的几个月中随着流量减少出现水质的大幅恶化。在旱季，病原体的浓度会提高近 100 倍”（Stellar, 2010）。

政策制定部门必须努力将水量及水质问题提到日程上来。同时，还需要科学家的帮助将问题量化和找出补救的办法。如果没有适度的干预，所有与水质相关的重大社会经济问题、环境风险和不确定性乃至影响都会出现恶化的趋势。

水质对社会经济发展起着决定作用。水质下降会给人类及生态环境的健康带来危害，从而对社会经济发展造成威胁。生态系统的健康，在历史上一直是较富有、较发达国家以及这些国家的环保团体所关注的问题。但是，随着国际社会逐渐认识到生态系统产品和服务的众多效益（包括废水处理等），生态系统健康问题开始逐渐成为了一个重要的社会经济问题，即便是最贫穷的国家也不例外。被无机化合物及未处理废水等有毒物质污染的水体，会因为水体所能提供的多层面产出及服务的减少，而使水生态系统的功能出现恶化。由于世界上很多贫穷人口的生计直接依赖于这些产出及服务，这一情况使得减贫工作更加复杂化（MA, 2005a, 2005b）。

在对策方面，我们需要找出成本效率比高的方法来收集、处理和清理人类的废弃物。据估计，全球范围内有 80% 使用过的水没有经过收集或处理（Corcoran 等, 2010）。废水的管理解决方案还需要与个人卫生及环保教育等公共教育工作相结合。研究显示，通过提高卫

生水平并保证饮用水安全可将腹泻疾病的发生率降低近 90%（WHO, 2008b）。同时，还需要对使用或制造有毒物质的工业企业采取直接的手段。清洁技术以及替代工艺的发展结合高成本效率的垃圾处理技术是最优方案。非点源污染控制，特别是对会造成水体富营养化的营养物进行控制，是一个日益严峻的国际难题。法规以及有效的执法非常必要，同时还要加强制度建设以提高应急反应能力，特别是在自然灾害发生使饮用水安全受到损害时。在气候变化影响不断构成威胁的情况下，问题的重要性会进一步提高。

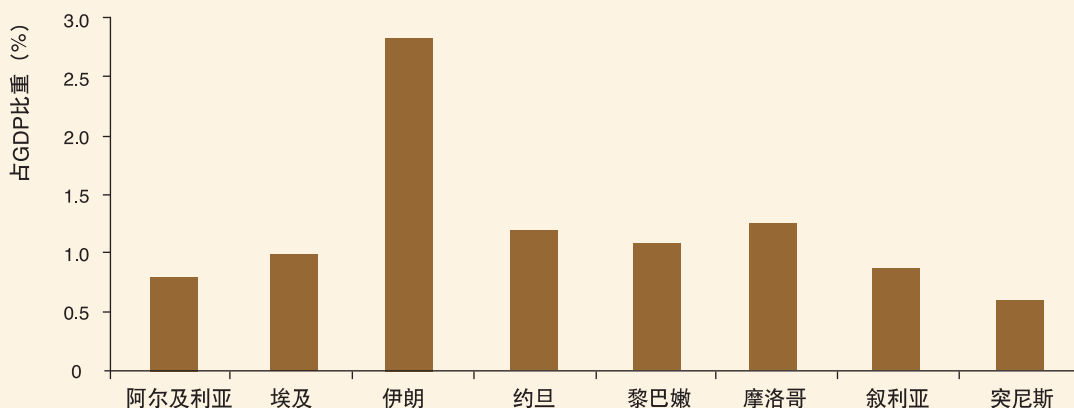
水质与人类健康密切相关。人类健康无疑是与水质联系最直接和最广泛的问题。每年大约 350 万人死于缺乏完善的水供应、卫生和保健，这在发展中国家尤其如此（WHO, 2008a）（见 4.1 节和第三十四章）。痢疾通常与饮用水污染有关，每年可导致超过 150 万五岁以下儿童死亡（Black 等, 2010）。千年发展目标提出水生疾病与不安全的饮用水供应相关说明了它是威胁世界脆弱的贫困人口最主要的因素之一。

有毒水污染物尽管分布并不广泛，但仍然是很多地区所存在的一个大问题，特别是在一些新兴经济体国家。废料排放场及工业企业排放出来的有毒废水，也是发展中国家提供安全饮用水面临的一个主要难题及必须承担的代价。通过改善饮用水、环境卫生、个人卫生，并采用环境管理及健康影响评估机制（见 4.1 节），可使全球疾病发生率中将近 10% 的部分得以预防。

使用低质量的水成本会更高。水的质量低会带来很多经济成本，如生态系统服务功能恶化，健康付出的代价，对农业、工业生产、旅游等经济活动造成影响，水处理成本提高以及土地的价值贬值。在某些地区，这些成本将是巨大的（UNEP, 2010）。图 3.15 以国民生产总值百分比估算了中东及北美国家每年由于水质差而增加的成本（世界银行, 2007）。对这些地区以及其他地区的预测显示，在接下来的

图 3.15

水资源环境恶化年度成本



资料来源: 世界银行 (2007, 图4.4, p.109, 取自文中所引用的资料来源)。

时间里, 淡水将会越来越稀缺。因而, 解决水质问题所需的成本将可能会提高。

反过来, 如果能采取措施改善或保证水的质量, 则可拯救很多生命, 还可节约高昂的成本, 具体体现在: 可以降低工业生产成本, 并可以使用淡水生态系统所提供的天然废弃处理服务。虽然为更好地了解工业及生态系统服务的经济成本及效益并进行量化还需要很多研究, 但有证据显示, 今天解决水质问题所产生的社会及经济效益将会远远超出因不作为或反应迟缓而产生的成本。

全球水质评估框架十分必要。虽然要解决水质问题有很多可行的办法, 既包括国际层面的, 也包括家庭层面的, 但目前仍缺少支持决策及管理过程的水质数据。目前我们需要一项全球水质评估框架, 将现有国家、地区及关键流域层面的资料源整合起来。该框架将不仅局限于目前的全球环境监测系统 (GEMS)¹², 还包括国际、地区或国家级的计划项目。根据 Alcamo (2011), 此框架将对淡水资源的产出及服务进行评估, 提供对水质及数据推送的评估, 对国际水质指南的开发及应用提供支持, 推动国际上对支持水质保护进行监管及建立制度, 并收录对某些恢复水质生态技术的评估

结果。

该框架还会帮助我们增加对水质现状和造成原因以及近期发展趋势的了解, 找出热点所在, 测试并验证政策及管理辦法, 为用于理解及规划未来合理行动的方案打下基础, 并提供亟须的监控基准 (Alcamo, 2011)。如第六章所述, 各个方面的利益相关者对数据、信息及相关账目的关注与日俱增, 而这些信息都需要转化成可用度较高的资料。技术进步也使得对水资源各方面的监控及报告更加简便。尽管提高水质监测的效益会超过其成本, 我们仍面临着制度结构、授权以及政治意愿的束缚, 特别是在人类居住密集和农业活动密集的地区。

3.3.1 水质风险及潜在干预措施

水质参数、不确定因素以及影响的多样性对水资源管理提出了复杂而多面的问题, 特别是涉及人类活动方面。在不断变革且充满不确定性的时代, 提高对水资源脆弱性及风险性的管理水平是应对目前未知和无法预测因素的核心问题。表 3.3 将水质风险和各类风险涉及的主要驱动因素以及潜在的应对办法进行了总结和概括。除了表 3.3 之外, 表 3.4 也提供了一些常用的应对方法。

表 3.3

水质风险

风险	水传播疾病	有毒污染物	缺氧及富营养化	中毒	生态系统变化
严重性					
	百万例趋势增加	在热点区域出现上千起严重影响案例缺乏可靠文件记载	数千平方米海滨渔场衰落旅游价值下降	数百平方米渔场被毁	入侵物种增加 入侵害虫增加 浑浊度增加
主要驱动因素					
自然过程	洪水事件增加	盐水侵入	热浪		海水侵入 森林大火后的热侵蚀
社会	城市人口迁移 贫困	垃圾处理态度 贫困	废料使用不当	垃圾处理态度 贫困	贫困
经济	废水处理投资不足	工业废弃物及垃圾倾倒	农业集约化 开矿 城市废水 工业废水	农业 城市废水 工业废水 开矿	农业 林业 城市废水 工业废水 水力发电
应对办法					
干预措施	城市废水处理	工业废水处理 清洁技术 预警系统	可持续农业模式 移除废水中的营养物质	工业废水处理 清洁技术 集成式害虫管理	可持续农业模式 可持续林业模式 移除废水中的营养物质

表 3.4

按规模分类的可能水质干预办法概述

规模	教育及素质培养	政策/法律/监管	财政/经济	技术/基础设施	资料/监控
国际/国家级	培训/提高意识和宣传教育	制订综合办法 制订污染预防措施	建立“谁污染/谁受益谁付费”体系	提倡和鼓励好的做法并提高整体素质	建立监督体系
流域级	在战略层面上提高个人对自身给水质造成影响的认识 给从业人员进行培训，并制订最佳行为规范	创建基于流域的规划单位 制订水质目标	制订定价体系 制订成本回收目标 创建效率激励	对基础设施及适当的技术进行投资	建设收集及处理水质资料的地区能力
社区/家庭	将个人/社区行为与水质影响相联系 建设改善卫生/废水处理条件的能力	修改规范 集思广益找出水处理的办法 拓宽信息来源	鼓励投资	考虑分散式处理技术	实施并分析家庭/社区调查

资料来源：根据UNEP (2010, p.73)改编。

注 释

- 1 该措施并非是测定一个国家应对水相关挑战潜力的关键指标。例如，加拿大和巴西的人均可用水量很高，但仍存在各种水问题。
- 2 气候异常彼此相关，但常常随时空变化而变化。两种气候类型之间的关系不一定存在因果关系。通常情况下，异常气候现象常常由第三种因子引起，如当厄尔尼诺事件发生时，可以造成美国西南部 1—3 月降水量增加，也使得印度尼西亚 6—8 月的干旱频率增加。其他信息可参见 http://earthobservatory.nasa.gov/Features/HighWater/high_water1a.php。
- 3 其他信息参见 http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/nino-home.html。
- 4 其他信息参见 <http://jisao.washington.edu/pdo/>。
- 5 NAO 提供的信息非常多，欲获得更多信息，可参见 <http://www.ldeo.columbia.edu/res/pi/NAO/>。
- 6 欲获得更多信息，可浏览主页 <http://www.atlanticmoc.org/>。
- 7 本段中所提及几乎所有的数据都是取用全球平均值，在地方尺度或区域尺度条件下不能直接使用这些数值用于推导结论。
- 8 Siebert 等人 2010 年估算的全球灌溉用水大约为每年 1277km³，或者说占全球农业用水量的 48%。他们估计地下会开采量为每年 545km³，这一数据与全球地下水开采用于灌溉的数据相当的一致，当然是在考虑灌溉损失的情况下。
- 9 在这一分类中，大型含水层的例子主要有美国的高原平原和中央山谷含水层，印度西北地区平原含水层，中国华北平原含水层和澳大利亚大自流盆地含水层。
- 10 详细信息请参见第三十六章。
- 11 详细信息请参见第三十六章。
- 12 联合国 GEMS/ Water 项目提供了准确和科学的有关各国和全球内陆水质需求趋势的数据和信息，可用于支撑全球淡水可持续管理和全球环境评估和决策过程（请参见 <http://www.gemswater.org/>）。

参考文献

- AIRMAP (J. A. Bradbury and C. P. Wake). *El Nino, The North Atlantic Oscillation and New England Climate. Winter Season Teleconnections and Climate Prediction*. Durham, NH, Climate Change Research Center, Earth Sciences, University of New Hampshire. <http://airmap.unh.edu/background/nao.html>
- Alcamo, J. 2011. *The Global Water Quality Challenge*. A presentation at the UNEP Water Strategy Meeting, Nairobi, 7 June 2011.
- Alcamo, J., P. Döll, P. Henrichs, Th. Kaspar, F. Lehner, B., Rösch, Th. and Siebert, S. 2003. Global estimates of water withdrawals and availability under current and future 'business-as-usual' conditions. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 48, No. 3, pp. 339–48.
- AQUASTAT. 2011. Online database. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html> (Accessed August 2011).
- Armstrong, R., Raup, B., Khalsa, S. J. S., Barry, R., Kargel, J., Helm, C. and Kieffer, H. 2005. *GLIMS Glacier Database*. Boulder, Colo., National Snow and Ice Data Center. <http://nsidc.org/glims/> and <http://nsidc.org/glims/glaciermelt/index.html>.
- Black, R. E., Cousens, S., Johnson, H. L., Lawn, J. E., Rudan, I., Bassani, D. G., Jha, P., Campbell, H., Walker, C. F., Cibulskis, R., Eisele, T., Liu, L. and Mathers, C. 2010. Presentation for the Child Health Epidemiology Reference Group of WHO and UNICEF. Global, regional, and national causes of child mortality in 2008: a systematic analysis. *The Lancet*, Vol. 375, No. 9730, pp. 1969–87. http://www.who.int/child_adolescent_health/data/cherp/en/index.html (Accessed 3 October 2011.)
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London/Colombo, Earthscan/International Water Management Institute.
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. and Savelli, H. (eds). 2010. *Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development. A Rapid Response Assessment*. The Hague, UN-Habitat/UNEP/GRID-Arendal.
- Döll, P. 2009. Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment. *Environm. Res. Lett.* Vol. 4, 035006.
- Döll, P. and Fiedler, K. 2008. Global-scale modelling of groundwater recharge. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Vol. 12, pp. 863–885.
- Dyrgerov, M. B. 2010. *Reanalysis of Glacier Changes: From the IGY to the IPY, 1960–2008*. Data of Glaciological Studies, Publication 108, Moscow, October (in English).
- ECLAC (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean) (coordinated by L. M. Galindo and C. de Miguel). 2009. *Economics of Climate Change in Latin America and the Caribbean: Summary*. LC/G.2425. http://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/38133/02_Economics_of_Climate_Change_-_Summary_2009.pdf
- EUROSTAT. 2011. Online database. Brussels, European Commission (EC). <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- Famiglietti, J., Swenson, S. and Rodell, M. 2009. *Water Storage Changes in California's Sacramento and San*

- Joaquin River Basins, Including Groundwater Depletion in the Central Valley*. PowerPoint presentation, American Geophysical Union Press Conference, 14 December, 2009, CSR, GFZ, DLR and JPL.
- Foster, S. and Loucks, D. 2006. *Non-renewable Groundwater Resources*. UNESCO-IHP Groundwater series No. 10. Paris, UNESCO.
- Giordano, M. and Vilholth, K. (ed.) 2007. *The Agricultural Groundwater Revolution*. Wallingford, UK, Centre for Agricultural Bioscience International (CABI).
- Hewitt, K., 1982. *Natural Dams and Outburst Floods of the Karakoram Himalaya*. Proceedings of the Symposium on Hydrological Aspects of Alpine and High Mountain Areas. International Association of Hydrological Sciences (IAHS) Publication No. 138. Wallingford, UK, IAHS Press.
- Hewitt, K. 2005. The Karakoram Anomaly? Glacier expansion and the 'elevation effect', Karakoram Himalaya. *Mountain Research and Development*, Vol. 25, No. 4, pp. 332-40.
- ICIMOD (International Centre for Integrated Mountain Development). 2009. *Water Storage: A Strategy for Climate Change Adaptation in the Himalayas*. Publication no. 56. Kathmandu, ICIMOD. http://books.icimod.org/uploads/tmp/icimod-water_storage.pdf
- IGRAC (International Groundwater Resources Assessment Centre). 2010. *Global Groundwater Information System (GGIS)*. Delft, The Netherlands, IGRAC. <http://www.igrac.net>
- Ives, J., Shrestha, R. and Mool, P. 2010. *Formation of Glacial Lakes in the Hindu Kush-Himalayas and GLOF Risk Assessment*. Kathmandu, International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD).
- JISAO (Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean). 2000. *The Pacific Decadal Oscillation*. University of Washington, Seattle, Wash., JISAO. <http://jisao.washington.edu/pdo/>
- Konikow, L. and Kendy, L. 2005. Groundwater depletion: A global problem. *Hydrogeology Journal*, doi:10.1007/s10040-004-0411-8
- Konikow, L. 2009. *Groundwater Depletion: A National Assessment and Global Perspective*. The Californian Colloquium on Water, 5 May 2009. <http://youtube.com/watch?v=Q5s0Uit8V6s>.
- Llamas, M. R. and Garrido, A. 2007. Lessons from intensive groundwater use in Spain: economic and social benefits and conflicts. M. Gordano and K. G. Vilholth (ed.) *The Agricultural Groundwater Revolution*. Wallingford, UK, Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), pp. 266-95.
- Llamas, M. R. and Martínez-Santos, P. 2005. Intensive groundwater use: a silent revolution that cannot be ignored. *Water Science and Technology Series*, Vol. 51, No. 8, pp. 167-74. London, IWA Publishing.
- Margat, J. 2008. *Les eaux souterraines dans le monde*. Paris, BGRM/Éditions UNESCO.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005a. *Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands And Water Synthesis*. Washington DC, World Resources Institute (WRI).
- . 2005b. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington DC, Island Press.
- Miller, J. M., Rees, H. G., Young, G., Warnars, T., Shrestha, A. B. and Collins, D. C. 2011 (in press). *What is the Evidence for Glacial Shrinkage Across the Himalayas?* Systematic Review No. CEE10-008 (Collaboration for Environmental Evidence [CEE]). Wallingford, UK, Centre for Ecology and Hydrology (CEH).
- Mool, P. K., Bajracharya, S. R. and Joshi, S. P. 2001a. *Inventory of Glaciers, Glacial Lakes, and Glacial Lake Outburst Floods: Monitoring and Early Warning Systems in the Hindu Kush-Himalayan Region – Nepal*. Kathmandu, International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD).
- Mool, P. K., Bajracharya, S. R., Joshi, S. P., Wangda, D., Kunzang, K. and Gurung, D. R. 2001b. *Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods: Monitoring and Early Warning Systems in the Hindu Kush-Himalayan Region – Bhutan*. Kathmandu, International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD) and United Nations Environment Programme (UNEP). <http://www.icimod.org/publications/index.php/search/publication/130>.
- NOAA/PMEL/TAO (National Oceanic and Atmospheric Administration)/ Pacific Marine Environmental Laboratory/ Tropical Atmosphere Ocean Project). n.d. *El Niño Theme Page*. Seattle, Wash., NOAA/PMEL/TAO. http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/nino-home.html
- Oblitas de Ruiz, L. 2010. *Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. LC/W.355. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/41764/lcw355e.pdf>
- Oude Essink, G. H. P., van Baaren, E. S. and de Louw, P. G. B. 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: a modelling study in the Netherlands. *Water Resources Research*, Vol. 46. Washington DC, American Geophysical Union (AGU).
- Rodell, M., Velicogna, I. and Famiglietti, J. 2009. Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. *Nature*, Vol. 460, pp. 999-1002.
- Scherler, D., Bookhagen, B. and Strecker, M. R. 2011. Hillslope-glacier coupling: the interplay of topography and glacial dynamics in High Asia. *J. Geophys. Res.*, Vol. 116, F02019.
- Shah, T. 2007. The groundwater economy of South Asia: an assessment of size, significance and socio-ecological impacts. M. Giordano and K. G. Vilholth (eds) *The Agricultural Groundwater Revolution: Opportunities and Threats to Development*. Colombo, Sri Lanka/Wallingford, UK, International Water Management Institute (IWMI)/Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), pp. 7-36.
- . 2009. Climate change and water: India's opportunities for mitigation and adaptation. *Environm. Res. Lett.* Vol. 4, 035005.
- Siebert, S., Burke, J. Faures, J., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. and Portmann, T. 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Vol. 14, pp. 1863-80.
- Stellar, D. 2010. Can we have our water and drink it, too? Exploring the water quality-quantity nexus. *State of the*

- Planet blog. New York, Earth Institute, Columbia University. <http://blogs.ei.columbia.edu/2010/10/28/can-we-have-our-water-and-drink-it-too-exploring-the-water-quality-quantity-nexus/> (Accessed September 2011.)
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2010. *Clearing the Waters. A Focus in Water Quality Solutions*. Nairobi, UNEP. http://www.unep.org/PDF/Clearing_the_Waters.pdf
- . 2011. *Policy Brief on Water Quality*. Nairobi, UNEP. http://www.unwater.org/downloads/waterquality_policybrief.pdf
- Van der Gun, Jac A. M. 2009. Climate change and alluvial aquifers in arid regions: examples from Yemen. *Climate Change and Adaptation in the Water Sector*. London, Earthscan, pp. 143-58.
- Viviroli, D., Weingartner, R. and Messerli, B. 2003. Assessing the hydrological significance of the world's mountains. *Mountain Research and Development*, Vol. 23, No. 1, pp. 32-40.
- Wada, Y., Van Beek, L. P. H., Van Kempen, C. M., Reckman, J. W. T. M., Vasak, S. and Bierkens, M. F. P. 2010. Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters*, Vol. 37, L20402. doi:10.1029/2010GLO44571
- WHO (World Health Organization). 2008a. *The Global Burden of Disease: 2004 Update*. Geneva, WHO.
- . 2008b. *Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health*. Geneva, WHO.
- WHYMAP, 2008. *Groundwater Resources of the World*, Map 1: 25 M. Paris, UNESCO/IAH/BGR, CGMW, IAEA.
- World Bank. 2007. *Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa*. Washington DC, The World Bank. <http://siteresources.worldbank.org/INTMENA/Resources/04-Chap04-Scarcity.pdf>
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2009. *Water in a Changing World. World Water Development Report 3*. Paris/London, UNESCO Publishing/Earthscan.
- Young, G. J. 2009. *The Elements of High Mountain Hydrology with Special Emphasis on Central Asia*. Proceedings of Workshop, Almaty, Kazakhstan, 28-30 November 2006. Joint Publication of UNESCO-IHP and the German National Committee for IHP/HWRP, 9-18. http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/Glacier%20in%20Asia_lowres.pdf

第四章

水的社会和环境效益超乎预期

作者：拉佳格帕兰·巴拉吉、杰米·巴特拉姆、大卫·寇特斯、理查德·科纳、
焦恩·哈丁、莫利·汉姆斯、利扎·莱勒克、瓦苏哈·潘格尔、简尼
佛·甄泰·谢尔斯





水给人类带来的效益多种多样，远远不止第二章中提到的五个方面。水关系着人类健康，带来各种效益。健康的生态系统能为个人与社会群体提供更为广泛的效益与服务。除了产生这些效益外，水多或水少还会带来风险灾害，如洪灾或旱灾，特别是对于易受荒漠化或土地退化影响的地区更是如此。水的效益在世界的不同地区分布不均，与水相关的风险也因地制宜，对最贫困人口特别是妇女和儿童产生的影响最大。本章将就这些重要议题与水的关系进行探讨。

本章 4.1 节“水与人类健康”重点介绍在公共卫生干预、水资源管理、饮用水供应和卫生、个人卫生等背景下，关注与水相关的疾病，确定其发展趋势与多发地区、关键外部诱因和相关的不确定因素，并洞悉不同层次和与水相关疾病抗争的行动。4.2 节叙述了水资源获取及控制方面的性别差异，这是世界普遍面临的涉水难题。4.3 节探索了健康的生态系统在实现与水相关的目标时，如何提供解决方案，并通过产生多重效益保证可持续发展，来帮助降低不确定性及风险，其中许多主要服务功能直接来源于水且由水来支撑。4.4 节阐述了与水相关风险，对最新趋势进行分析，并从财产、生命及民生等几个方面研究灾害引发的新增风险。4.5 节详细论述了荒漠化、土地退化及干旱（DLDD）过程如何加剧了水资源负担，从而为已经缺水的地区更添不确定因素与风险；同时还提出世界范围内正实施的降低荒漠化、土地退化及干旱影响的举措。

本章的结尾部分讨论了如何在有限、多变的供水（第三章）与主要用水户日益增长的需求之间取得平衡（第二章），如何保持效益并降低风险（本章）。这一部分阐释了水紧张与水短缺的概念，认为在水效益之间取得平衡、使水资源及其多元用途回报最大化，对可持续发展及消除贫困至关重要。

除 4.6 节外，本章的素材主要来自报告第二卷中关于挑战部分的内容，即第三十四章“水与健康”、第二十一章“生态系统”、第二十七章“涉水灾害”、第二十八章“荒漠化、土地退化及干旱以及它们对旱地水资源的影响”和第三十五章“水与性别”专题报告。

4.1 水与人类健康

改进水资源管理、扩大安全饮用水和基本卫生设施覆盖面和改善卫生条件 (WaSH) 可提高几十亿人的生活质量。在联合国制定的改善健康千年发展目标 (MDGs) 中, 充分论述了水、环境卫生和个人卫生在全球的重要性, 即目标第 7 则 c 条, 2015 年之前将无法长期获得安全饮用水和基本卫生设施的人口减少一半。水资源管理、饮用水供应和卫生、个人卫生是实现千年发展目标第 4、5、6 条, 并维持已取得的成绩, 如降低儿童死亡率、改善产妇保健和减少疟疾侵袭的关键。

作为改善公共卫生的干预措施, 水资源管理、饮用水供应和卫生与清洁是预防全球与水相关疾病的重要前提条件。这些疾病包括腹泻病、砷和氟中毒、肠道线虫感染、营养不良、沙眼、血吸虫病、疟疾、盘尾丝虫病、麦地那龙线虫病、日本脑炎、淋巴丝虫病和登革热。我们在实行 WaSH 公共卫生改善措施应对这些疾病时付出的努力是极大的, 因为每一种疾病都与一系列经济、社会、环境因素有着复杂的联系。政府部门的职能被分割开来, 由不同级别的机构和部门承担, 因此协调政府部门间和行业间的关系仍然是一个挑战。此外, 由于目前缺乏掌握大量信息, 无法对其发展趋势与热点地区做出足够的预测。不过, 通过例证可以揭示这些干预行动如何有助于减少或预防疾病。

4.1.1 发展趋势和热点地区

由于在实施监测和撰写报告过程中存在的挑战, 而且对卫生的环境决定因素、非环境决定因素的相互影响缺乏了解, 我们很难明确水与卫生相互作用的发展趋势和热点地区。然而, 现有的一些观点确实为有效的行动提供了基础。尽管缺乏本地化的疾病发病率估计, 一些疾病显然呈上升趋势 (如霍乱, 见专栏 4.1), 而造成这种上升趋势的一部分原因可以得到解决。下面提供的三个例

子说明了疾病风险的复杂特征, 并着重阐释为抗击这些风险正作出的战略调查和实施方式。

4.1.2 驱动因素

据预计, 一系列全球性驱动因素将经由水环境对人类健康产生最大影响, 包括人口、农业、基础设施和气候变化。

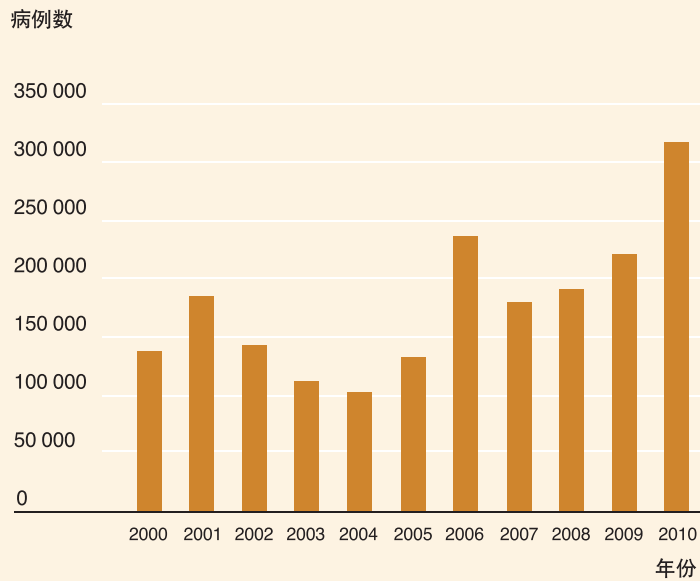
人口增长和城市化造成水需求增加、水污染加剧, 而这会对人类健康产生显著影响。不断增长的水资源需求可能会加剧缺水问题, 并有潜在可能会影响饮用水获取、水质和个人卫生等的可靠性。在缺乏足够的安全用水洗涤和个人卫生, 或当有接触受污染的水的情况下, 将会有传播疾病发病率增加的趋势。这些疾病包括腹泻疾病, 肠道线虫感染和沙眼。市区或近郊区缺乏安全饮水、基本卫生服务及固体废物管理, 这些地区的人口迅速增长可导致小型蓄水池的增加 (Bradley 和 Bos, 2010), 水污染和病原体接触人口比例增大 (WHO, 2007)。这种情况下, 腹泻、肠道线虫感染、沙眼、血吸虫病、登革热和淋巴丝虫病等疾病的感染率则会上升。

随着全球城市化进程日益加快, 水系统设计欠佳或管理不善、公共场所 (如医疗保健中心、学校、公共办事处) 的个人卫生设施欠缺等问题更为显著。这带来的后果是疾病暴发的风险增加, 而减少公共场所的疾病风险也成为公共卫生的一项优先行动。由卫生相关的感染造成的发病率和死亡率意味着全球健康事业与家庭资源的损失。在学校中, 尤以农村和城郊地区的学校为甚, 往往缺乏饮用水、卫生设施和洗手设施, 相应引发的疾病传播致使大量学生无法上课。在公共场所, 人们可以有机会向游客宣传有针对性的尽量降低疾病传播, 并展示“示范”安全环境, 这方法在人们家里也可以模拟。国家的相关政策、标准、指导旨在帮助人们在安全实践、训练与推广过程中减少疾病感染的数量 (WHO, 2011c; WHO/UNICEF, 2009)。

专栏 4.1

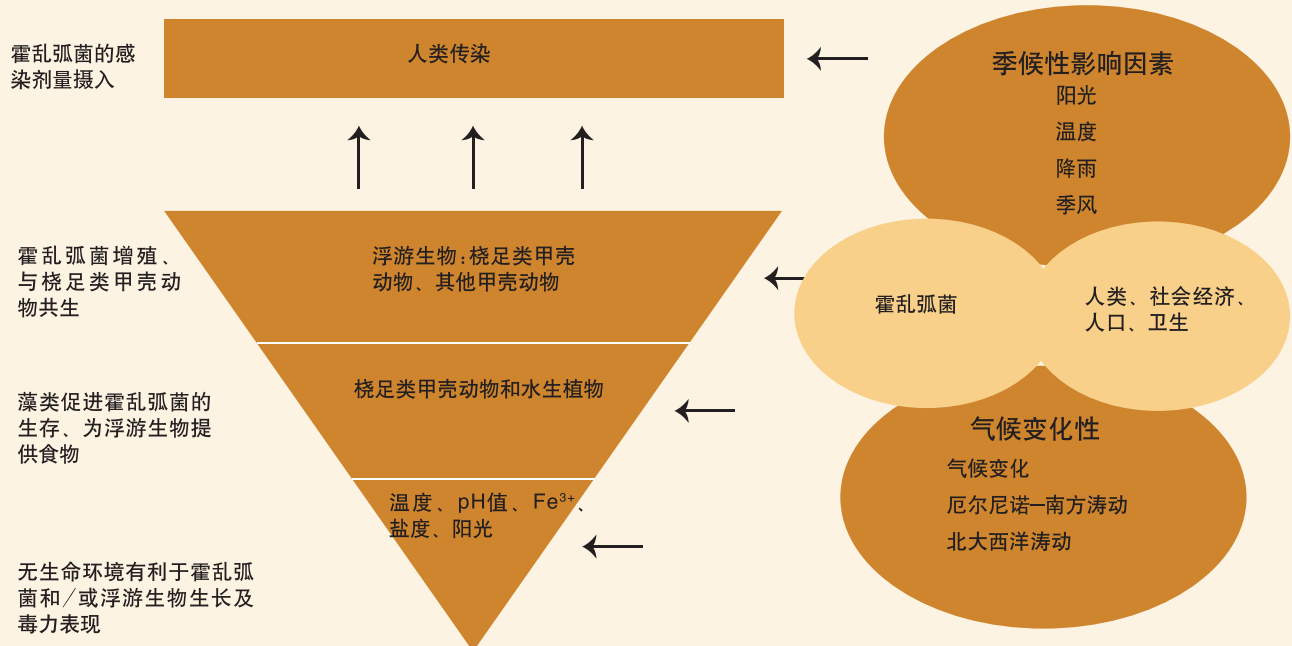
霍乱

世界卫生组织报告的2000—2010年间霍乱病例数



资料来源：WHO（2011a,图1）。

环境中霍乱传播的分级图



资料来源：Lipp等(2002,p.763,图1,经美国微生物学会同意复制)。

霍乱

霍乱是由于摄入的食物或水受到霍乱弧菌的污染而引起的一种急性腹泻疾病。据估计，每年有 300 万~500 万霍乱病例，10 万~12 万人因霍乱死亡（世界卫生组织估计，正式上报的病例只有总数的 5%~10%）。此外，霍乱病例数继续上升（见上页图）：向世界卫生组织报告的病例数显示从 2008—2009 年增加了 16%，2009—2010 年增加了 43%，2000—2010 年十年间总共增加 130%（WHO，2010a）。2010 年大幅增加主要是由于海地继 2010 年 1 月的地震后，又于 2010 年 10 月爆发了霍乱。

霍乱流行地区往往社会经济条件差、基本卫生设施落后、缺乏污水处理、缺少公共卫生与安全饮水（Huq 等，1996）。具体来说，霍乱在亚洲、非洲的许多地区流行，并于近年来传播到南北美洲。疾病流行地区的风险因素可能包括紧邻地表水、人口密度高、受教育水平低（Ali 等，2002）。而影响霍乱弧菌的因素包括温度、盐度、阳光、pH 值、铁、浮游植物和浮游动物的增长（Lipp 等，2002）。“专栏”所绘为环境中霍乱传播的分级图。霍乱爆发风险在人道主义危机时期会加剧，比如发生冲突、洪水、大量人口迁移时。典型的危机地区包括没有基本的水和卫生基础设施的城市周边的贫民区，以及无法满足最低安全供水与卫生条件的难民营。实际上，霍乱的重新爆发往往与不卫生环境中的人口增长有关（Barrett 等，1998）。例如，20 世纪 80 年代的经济危机造成供水、卫生与医疗服务质量的下降，是导致 1991 年秘鲁霍乱爆发的主要原因（Brandling-Bennett, Libel 和 Miglioni, 1994）。

80%的霍乱病例通过口服补液盐简单给药，可以成功医治。然而，霍乱的预防取决于安全饮用水的获取与使用，和包括废水处理及个人卫生等条件的改善。预防措施对于防止或减少霍乱爆发至关重要。在海地霍乱中，由该国卫生与人口部指导、世卫组织及其他合作伙伴支持的国家公共卫生应对策略，为减少由霍乱导致的发病率和死亡率，已提出了多个健康措施减少霍乱的发生，如：提供肥皂洗手；提供氯和其他家用水处理产品或设备；厕所建设；改善公共场所卫生（如市场、学校、医疗机构和监狱）；通过包括社区动员的多种媒介进行健康教育宣传等（WHO，2010b）。事实上，要防治霍乱，安全水供应可能比抗生素或疫苗更重要。最近的一项研究表明，2011 年 3—11 月间在海地的安全水供应可能已经避免了 105 000 例霍乱病发（95%置信区间 88 000~116 000）及 1 500 人死亡（95%置信区间 1 100~2 300），比抗生素或疫苗单独产生的预期效果更好（Andrews 和 Basu，2011）。随着城郊贫民窟和难民区人口增加，同时越来越多的人受到人道主义危机的影响，霍乱在全球的影响也会增大，从而更需要安全饮用水、足够的卫生条件，以及在这种条件下养成更好的个人卫生行为习惯。

农业是粮食安全和充足营养的必要前提；但某些做法可能对人类健康产生不良影响，比如加大灌溉取水、改变农业生态系统中的水制度、增加水体污染等。据报道，农业与工业的增长是地表水和地下水水质恶化的主要原因（WWAP，2006）。使用杀虫剂、污染物、营养物和沉积物等不良农业行为可能会导致地表水

和地下水污染。这些影响还包括形成病媒生长环境、动物粪便中的病原体污染水的供应等。随着农业扩张与集约化，可能还会增加疾病包括腹泻病、沙眼、血吸虫病、淋巴丝虫病和疟疾的发病率（Jiang 等，1997；Nygard 等，2004；Prüss 和 Mariotti，2000；Rejmankova 等，2006）。如果使用废水（污水）和排泄物灌

溉、施肥作物，受污染的水体更易传播腹泻疾病。这种做法更多见于世界上许多城郊地区，尤其是在干旱与半干旱地区，农业用水与城市用水竞争激烈，而且城市人口的饮食习惯多种多样，给健康带来真正的威胁（Drechsel 等，2010）。由于一些地区寻求扩大农业用地面积，农业扩张可能会造成植被退化。而森林的消退会减弱其缓冲作用，无法控制非点源污染物进入河道，增加下游污染物浓度，继而影响人类健康。这些非点源污染物包括营养物质、化学品、沉积物和病原体（如引起腹泻的病原体）。除了加剧水污染，植被砍伐还会引发病媒与宿主的生态、行为的改变，影响疾病发病率，也可能加大疟疾和盘尾丝虫病的发病率（Adjami 等，2004；Walsh 等，1993；Wilson 等，2002）。

基础设施建设包括修建水坝和灌溉工程等，在满足水需求方面起到关键的作用。然而，尽管这些水利工程有利于粮食生产和能源开发，有利于控制水危机状况，但是这些基础设施反过来会影响人类健康。这些水坝和灌溉工程如果设计不合理、管理不善，就可能成为传播盘尾丝虫病的黑蝇繁殖的温床，以及传播疟疾、淋巴丝虫病及日本脑炎的蚊子的繁殖地（Erlanger 等，2005；Keiser 等，2005a；Keiser 等，2005b）。这些工程地也会为血吸虫幼虫的寄主——钉螺提供大量繁殖的场所（Molyneux 等，2008）。

全球气候变化会加剧目前人口增长与土地利用对水资源造成的压力，也会提高极端天气和水文事件（如内陆洪水）的发生频率。水体温度升高、降水强度增加、低流量持续时间增长等情况预计会加剧水污染，增加如疟疾、血吸虫病和腹泻等疾病的压力（Bates 等，2008；Koelle 等，2005；Zhou 等，2008）。例如，人们发现在一些国家地区的霍乱动态受到气候的影响，如孟加拉国（Bouma 和 Pascual，2001；Colwell，1996；Koelle 等，2005；Pascual 等，2000；Rodo 等，2002）、秘鲁（Colwell，1996；Speelman 等，2000）和非洲五国（Constantin de Magny 等，2007）。更为频繁的暴雨

降水也可能令下水道系统超负荷，导致未经处理的污水携带相关病原体一并流入水体，并呈现增大腹泻疾病的患病率和突然爆发的趋势。

专栏 4.2

有害的赤潮

大多数藻类无毒，是构成海洋与淡水生态系统的自然部分，而与之不同，有害赤潮是对人体、植物或动物有害的藻类。虽然赤潮没有被认为是全球的主要灾害之一，但对藻类的监测正在逐渐加强，表明藻类发生率有大幅增长的趋势，藻类监控也随之严格起来。这种增长的原因是多种多样的，其中包括物种扩散的自然机制和人为原因，例如：污染、气候变化、船舶压舱水传输等（Granéli 和 Turner，2006）。每年发生的人类个体、群体中毒事件大约有 60 000 例（Van Dolah 等，2001）。尽管人们尚未充分研究出赤潮影响人类健康的机制，但政府权威机构正致力于监测赤潮情况、完善卫生行为的指导，以减少其对公众的影响。例如，美国环保署（EPA）已将与赤潮相关的特定藻类添加至其《饮用水污染物名单》，该名单明确了优先调查的生物体和毒素。直接控制赤潮比减缓赤潮更为困难、更具有争议，控制策略包括机械、生物、化学、基因及环境控制。相反，由于缺乏对许多地区赤潮形成原因的认识，对已知的决定因素又无法修改或控制，赤潮的预防目前受到了限制。例如，从农业、住宅和工业中来的营养物流入也是许多赤潮的成因之一。然而，大部分的营养物质流入来自于面源污染（Anderson 等，2002），这往往难以控制。最有效的策略包括土地用途管制、地貌完整性维护、采用结构性与非结

构性做法来减少面源污染（如修建雨水滞洪池和改善基础设施设计）（Piehler, 2008）。随着世界人口持续增长，对沿海资源的需求则一定会增加，我们也需要更了解赤潮现象，并制定健全的政策予以践行。

专栏 4.3

登革热

2004年，大约有900万人染上发热性疾病登革热（WHO, 2008）。全球发病率持续上升，现在约有25亿人处于危险之中。由于没有对付病毒的药物或疫苗，因此，安全饮用水和卫生设施是干预这种疾病传播的关键措施。登革热是由两种蚊虫物种传播：埃及伊蚊和白纹伊蚊，这两种蚊子可在家用的临时贮水容器中繁殖。因此，保障家庭贮水容器的安全是预防登革热的重要措施，特别是在人们习惯雨水收集、利用大型家用储水容器的地区（Mariappan等, 2008）。家用贮水容器可以装置屏障或合适的盖子防蚊，然而这些设备很难完善维护，也不适合长期使用。用杀虫剂处理过的遮盖物可以进一步降低登革热病媒的密度，并可能阻滞登革热的传播（Kroeger等, 2006；Seng等, 2008）。自来水供应可以完全取代水容器的使用。自来水管从城市延伸到农村，通过这些不可靠的管道供水，迫使从前依靠井水的农村家庭在家里储水的时间更长，从而扩大了登革热的传播范围（Nguyen等, 2011）。实际上，在发展中国家和发达国家的家庭和社区中，有必要采用家用水的加工与安全储存的综合方法，减少腹泻及其他与水有关疾病的感染（如登革热和疟疾）。

《2030年愿景研究》（WHO/DFID, 2009）主张将水与卫生设施整体纳入饮用水与卫生规划、决策与管理中，以适应并有效地应对气候变化带来的潜在不利影响。对饮用水与卫生体系和服务中“一切照旧”的做法作出改变，是适应气候变化、化危机为机遇的关键。优化水与卫生设施将使未来投资健康的效益最大化，确保在气候变化引发极端天气时，饮用水与卫生设施仍然可以正常运作。

目前，我们迫切需要参照这些影响人类健康的驱动因素，来更好地认识其动态情况：产生这些因素的一系列复杂要素是哪些、相关人口的脆弱性增强的特质如何、怎样确认面临这些威胁的高危人群（Myers和Patz, 2009）。改进对此的认识也能够提供降低与水有关疾病的风险的基础，从而帮助资源管理者与政策制定者确定其所作决定的健康影响，同时让协助机构更有效率地找准目标资源。

4.1.3 措施选择和后果

关键信息

1. 一些全球性驱动因素预计将对通过水环境传播的疾病发病率影响最大，这些因素包括人口增长和城市化、农业、基础设施和全球气候变化。这些因素的发展趋势直接和间接地影响全球疾病负担，在很大程度上造成不利影响，而且会增加在未来人类健康的总体不确定性。

2. 有许多非与水相关环境卫生分析和非环境卫生分析将卫生发展趋势和热点错误地归因为水。

3. 通过概括主要与水相关疾病有关的环境-健康纽带关系，确定了五个关键解决方案：安全饮水、基本卫生条件、个人卫生状况改善、环境管理与健康影响评估办法的使用。实施这些行动可改善多种疾病负担，提高数以十亿计的人口生活质量。

4. 对潜在的强大驱动因素的未来影响（如本报告中明确的影响）展开深入研究，准确确定有关水和卫生的风险与机遇。与《2030年愿景研究》类似，这些研究将评估围绕人口、发

展和城市化的复杂关系，来确定在应对气候变化时，与供水和卫生的适应力相关的主要风险、不确定性和机遇。

5. 保护人类健康需要包括来自非水行业、非卫生行业的参与者和利益分享者的跨行业通力合作。

确定过去和现在（以及预计未来）哪些因素是造成了疾病的缘由，对制定上述基本预防策略非常必要。通过理清每种主要水性疾病的传播途径，就可制定五种关键行动来对抗这些疾病，如安全饮水、基本卫生条件、个人卫生状况改善、环境管理和采用健康影响评估等。采取这些行动不仅可减少疾病产生，还可提高数十亿人的生活质量。

2011年5月，第64届世界健康大会（WHA）再次重申上述主题。大会一致通过“饮用水、卫生设施与健康”决议（WHA, 2011b）和“霍乱的预防与控制机制”应对方案（WHA, 2011a）。这些协议建立的政策框架由以下机构遵守并采取相应行动，如世界卫生组织、联合国儿童基金会（UNICEF）（大会的联合国姊妹机构）以及联合国193个会员国的国家卫生部门，以促进安全清洁的饮用水、基本的卫生条件和健康的卫生习惯。协议敦促各成员国重新确定将饮水、环境卫生与个人卫生纳入国家的公共卫生战略。

针对与水有关的疾病的抗击行动可以在不同层次实行：

- 制定国家政策，构建体制框架：通过这些努力，可提供有利环境下普遍和有效的安全饮水供应和卫生服务。

- 网络资源：网络聚集了专业人士分享的信息和经验，在抗击与水相关的疾病负担时发挥关键作用。例如，世界卫生组织主办的国际网络（如饮用水监管网络与小型社区供水管理网络）、世界卫生组织/联合国儿童基金会家用处理和安全储水网络、世界卫生组织/国际水协会（IWA）运营与维护网络等。

- 法律建设：加强法律建设可增强疾病防御能力。例如，世界卫生组织制定了第四版

《饮用水质量准则》（WHO, 2011b）及其后续的水安全规划实施办法（WHO/IWA, 2009）。

- 监督实施：世界卫生组织/联合国儿童基金会供水与卫生联合监测方案（JMP）与联合国水计划（UN-Water）/世界卫生组织实施的全球卫生与饮用水分析评估（GLAAS）以人人都能获得水与卫生权利为宗旨，为全球政策制定、资源分配及行动提供了保障，为实现千年发展目标提供了建立指标与目标的平台，为2015年后开展监测工作奠定了基础，为人类水权和卫生权利提供了保障（WHO/UNICEF, 2011）。

健康影响评价（HIAs）可以用来在即将实施的水资源政策或即将投建的水利项目前期客观评估其健康效益，提供建议来增加积极的健康成果、尽量减少不良健康影响，来作为公共健康管理计划的一部分。健康影响评估体系可用于全面解决在决策过程中面临的公众健康问题，这些问题包括不属于传统的公共卫生领域的发展规划：交通运输、农业、土地使用、能源和基础设施。将公众健康后果置于考虑过程的“上游”，作为早期规划过程的一部分，为设计和管理的干预提供了契机，而这些干预都是一旦项目运作开始便无法操作的。体系还发展跨行业的做法，以减少病原体的传播，防止随后“隐性成本”转移到卫生部门。

通过确定过去、现在和预计未来的驱动因素如何加重与水有关疾病的负担，也能判断出主要的风险、不确定性和机会，例如老化水利基础设施故障增加的风险，以及通过改进管理来提高整体的水资源影响和供水和卫生基础设施的机会。这些行动带来的影响是，提高有限财政资源的利用效率，从而促进水和卫生的获取，提高相关的服务质量，并间接改善如营养不良等问题更广泛的健康指标。

若要更准确的确定与水与卫生有关的风险与机遇，需要更多深入研究。受英国国际发展部和世界卫生组织委托，《2030年愿景研究》分析了在面对气候变化时，与供水和卫生设施弹性有关的主要风险、不确定性和机遇

(WHO/DFID, 2009)。这项研究汇集了气候变化的预测证据、技术应用的发展趋势、饮用水和卫生条件的适应能力和弹性方面的知识进展，目的是确定适应气候变化需要的关键政策、规划及操作上的变化，尤其是在供水与卫生服务更为有限的中低收入国家。本研究包括五个关键结论：

1. 人们往往将气候变化视为一种威胁而非机会。在适应气候变化时，可能会有明显的健康和发展综合效益。

2. 要使目前和未来的投资不被浪费，就需要在政策和规划上作出重大变化。

3. 潜在的适应能力很高，但很少能实现。饮用水和卫生设施的管理需要有更大的弹性，以应付目前的气候变化。这将是控制未来变化的不利影响的关键。

4. 尽管还不确定一些区域的气候变化趋势，大部分地区仍有足够的认知储备来公布政策与规划中紧急但审慎的变化。

5. 我们的了解还不够全面，仍有重要部分的空白，可能已经或即将阻碍有效开展行动。为了发展简单易行的行动手段，提供气候变化问题的区域信息，迫切需要有针对性的研究，以填补在技术和基本信息方面的空白 (WHO/DFID, 2009, p. 3)。



“在饮用水水质管理方面普遍的观点是：处理水污染，相比事后做出反应，更为有效和可持续的办法是从源头上解决问题。”

与水相关疾病的驱动因素和人类健康之间的关系很复杂，因此，保护人类健康需要各行各业的合作。为了避免意外的公众健康不良后果，以及提高综合效益，非水或非卫生部门的政策、项目应反映出决策制定过程中水资源管

理和卫生之间的联系。要做到这一点，需要医疗专业人士和机构的参与。

在饮用水水质管理的过程中，人们日益认识到，应对产生的问题的一个更为有效和可持续的方法，是解决水体污染复杂的根源。第四版《饮用水质量准则》(WHO, 2011b)中，强调各利益相关者的合作，这些人包括往集水区排放工农业废水的土地使用者或户主；监督环保法规的实施与执行的各大部委的决策者；供水行业从业人员；以及自来水的消费者。这种预防性、合作式的水安全规划方法已经显现出效益，包括节省成本、促进水质不断改善。而过去的经验也表明（最新在东亚和南亚也有类似做法），在取得进展的同时，实施这样一个“无捷径”的做法仍然是一个挑战。每一个风险管理解决方案都需要按照供水问题量身订做，也要求关键利益相关者参与其中，一同致力于共同的目标。

4.2 水与性别

由于性别导致水资源获取和控制存在差异，这一点在与水相关的各种挑战中比较突出，尤其是在如何面对缺水危机、水质恶化、处理水与粮食安全的关系以及改进管理的需求等方面。据估计，由于不确定性和风险增强，各种用水需求的增加、气候变异和自然灾害，造成可用淡水资源总量和质量降低，这些挑战在未来将变得更加严峻。

水被广泛应用于各种社会经济活动，如公共卫生、农业、能源和工业领域。在这些活动中，如采取不可持续的短期决策，会对水资源产生影响，同时也会对社会中男性和女性带来不同的社会经济后果。从长远来看，水资源短缺会造成当地男性和女性在获取和控制当地水资源时的不平等，尤其对贫困妇女影响最大。

有关不同用途的跨区域水资源的分享、分布和分配的决策往往是高层决策者作出，而他们更多关注经济和政治问题，而不是社会问题。这些决策影响了当地的水资源供给，而受

到影响的恰恰是那些可能无法获得维持生计和满足用水需求的人群。农村女性通常依赖小池塘和溪流满足用水需求；但在许多地区，这些水源也已经受到侵蚀或因土地开发而消失，或因发展的需要被当地政府和工业部门征用或被用来向城区供水。

针对不同的用途和目的，水的利用价值不同。同一水源可用于社会及经济目的。在地方，社会和环境价值更为普遍，水源可能有不同的用途，如饮用水、日常用水（洗浴、盥洗等，取决于水质）或被视作神圣的宗教用水。人们将水视作能带来经济效益的好东西，例如灌溉计划中供应的灌溉用水；不仅如此，水更有对当地社区的社会价值。尤其是对女性来说，相同的水源，她们可能会留作家用或农用。以性别平等的观点来分析水资源的价值，就能发现其中改善女性获取水资源、安全用水状况的机遇。

水资源政策如果只是基于宽泛的、广义的角度来考虑，就较有可能忽略当地的文化、社会和性别方面的特点及其反映的问题。认识这些地方性水资源如何在社区中为不同群体的男女所用，可有助于人们将性别方面的因素考虑到水资源管理和诸如城市供水、农业、工业和能源等行业中，帮助解决在水的分配和淡水资源需求方面发生冲突的问题。若政府机构、私营企业、民间组织的决策者都与这些行业合作，那么在向当地社区中不同群体男女提供水资源利用的过程中，他们就可了解并应对潜在的协作与平衡。这种做法将帮助人们预见风险和不确定性、计划保障措施，保护社会中最脆弱的群体。

有充分的证据表明，在发展经济时，提高对性别问题的敏感度有利于水的干预和水资源保护的有效性、可持续性。在水资源干预的设计与实施中就考虑进男性和女性，有助于产生新的解决水问题的有效方案；有助于政府避免无益投资、错误决策的昂贵代价；促进项目更可持续发展；确保发展基础设施获得最大的社会效益；并推进减少饥饿、降低儿童死亡

率等发展目标，促进性别平等。（乐施会，2005，2007）。

一方面，人们需要克服许多社会构成的障碍，使男性与女性都参与到水资源决策与管理中；另一方面，随着女性参与水资源管理的能力得到加强、领导角色的机会增加、经济条件改善，传统的性别角色已经受到了挑战。然而，这些成绩的取得往往受制于当地环境，比较突出的问题如赋予女性水资源权利等仍受到外在因素的制约。这些因素不仅超出管理的范围，也涉及在短期内难以改变的传统、文化和政治现实，需要政策制定者、政府、政治家与宣传机构付出长期的努力。

几十年来，联合国在促进两性平等方面取得重大进展，包括通过具有里程碑意义的协议，如《北京宣言和行动纲要》、《消除一切形式的妇女歧视公约》（CEDAW），并且建立联合国妇女署（UN Women），以加快实现两性平等和提高妇女地位。水与性别被列为联合国水计划“2010—2011年工作的优先主题领域计划”之一，与此同时，促进两性平等也成为联合国教科文组织2008—2013年的两个全球优先领域之一。

4.3 生态系统健康

生态系统及其效益的整体趋势说明生态严重失衡，而这个系统的不稳定和退化加剧了不确定性并增加了风险。生态系统正在迅速接近临界点，达到这个临界点后，损失将会加速，并无法挽回，引发高风险和潜在的重大社会经济影响。好消息是目前的情况已越来越多地引起人们对生态系统的关注，并实施了相应的有效措施，水、生态、环境、生物多样性和人类发展利益之间的分歧正逐渐缩小。实现与水有关的目标、减少不确定性和风险，可以从生态系统中找到解决方案，我们的任务是使其得到更广泛的应用和推广。

生态系统带来的多重效益（或服务）对于可持续发展必不可少。其中许多关键服务直接

源于水或基于水。因此，生态系统健康的趋势，就表明了水带来上述综合利益的趋势，也是体现人水和谐的一个关键指标。如今，生态系统本身及系统内生物的发展趋势清晰无误地表明，两者已经失去平衡。

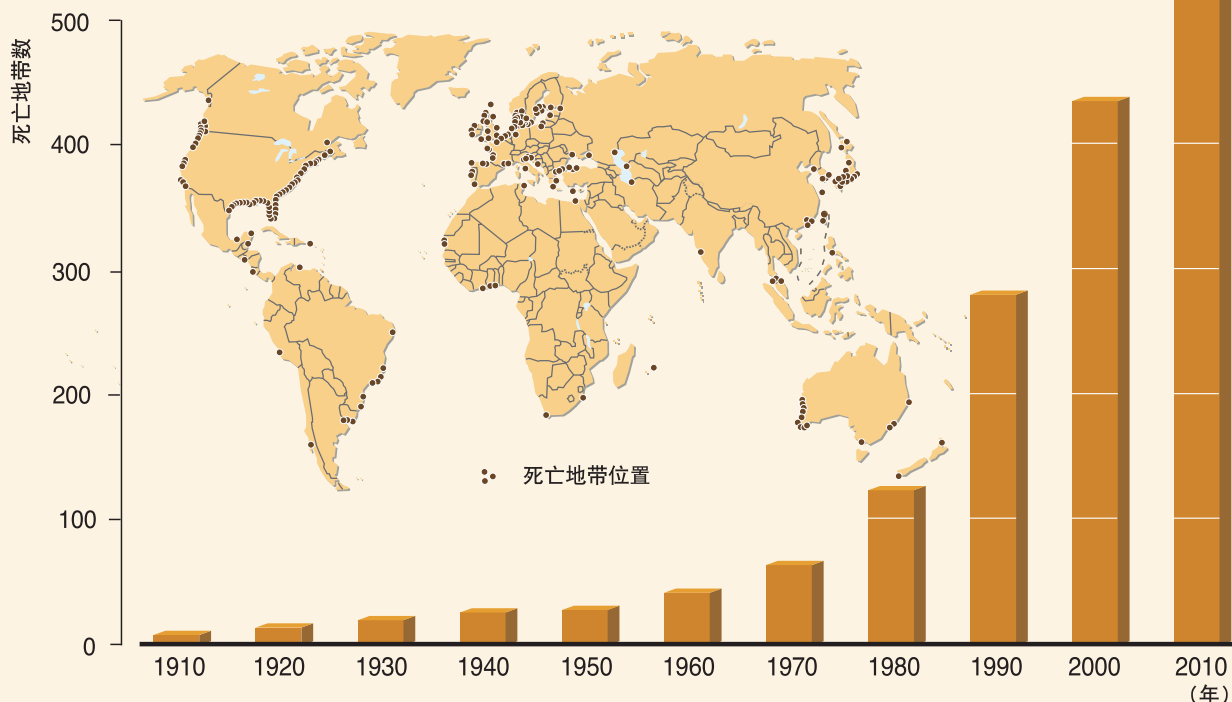
《世界水发展报告》第二版（WWAP，2006）和第三版（WWAP，2009）总结了淡水生态系统面临的主要压力和影响，重点涉及的与水相关的直接驱动因素包括生态系统的转换（如排水和湿地转换）、断裂（如大坝和水库）、退化（主要是供水/流量和水质/水污染）。造成这些情况的间接驱动因素一方面是由发展过程中的社会（包括人口）和经济变化带来的，另一方面是由于大部分人类需求与人类活动都会直接或间接地影响有限的水资源。不论在全球还是地区范围内，这些驱动因素的本质在很大程度上仍然保持不变。即使有相对比重的一

些变化，大部分驱动因素呈现整体加剧的消极趋势。

由于有这些驱动因素，目前生态系统的整体健康无疑又表现出加速退化的态势。第二版和第三版《世界水发展报告》指出，这种负面趋势正在加速，在《千年生态系统评估》（MA，2005）中也有全面论述，这些都是基于最近几次的详细评估，包括第四期《全球环境展望》（UNEP，2007），第三期《全球生物多样性展望》（CBD，2010a），以及在非洲等地开展的区域评估（UNEP，2008）。回顾2010年内陆水域生物多样性的目标的进展，得出的结论是：2010年内陆水域生物多样性的目标和子目标尚未实现，造成生物多样性损失的驱动因素仍未改变，且均在升级；营养物负荷过剩已成为内陆（和沿海）水域生态系统变化的一个重要的直接驱动因素（见图4.1），地下水污染仍

图 4.1

内陆和沿海水域的营养物负荷



注：沿海区域由于水中的氧气水平下降太低，以致无法支持大多数海洋生物，观测到的“死亡地带”数自1960年以来几乎每10年翻一番。死亡地带大多集中在许多大江大河的河口附近，形成原因主要是由于内陆农业地区的肥料冲进河道，造成了大量营养物质的积累。营养物质造成更多藻类死亡后海底分解，消耗水中的氧气，威胁到渔业、民生和旅游业。

资料来源：CBD（2010a，P.60，图15）。

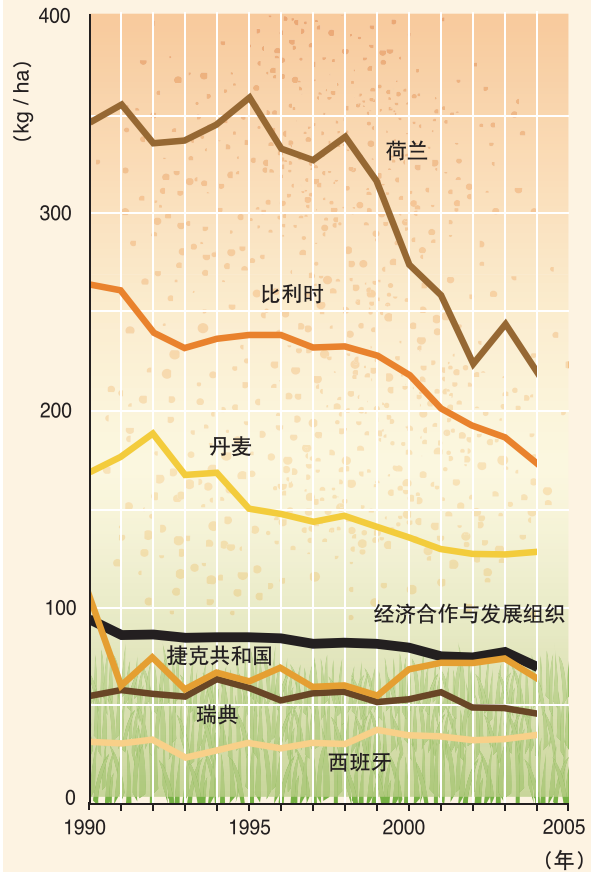
然是一个严重的问题；地表水和地下水循环受制于由人类在本地、区域和洲际水资源直接利用活动的巨大变化；可提取水资源的生态可持续性正面临危机（见专栏 4.4）。虽然在政策制定与实施过程中已经取得成效（如指定保护区），但进展速度正在放缓，大部分指标正在持续或加速下降（Butchart 等，2010）。虽然湿地保护区面积正在增加，但大部分湿地地区正在退化（CBD，2010b）。

发达地区所表现出的积极一面，如加强营养物负荷管理（见图 4.2），修复湿地或减缓甚至逆转生物多样性损失，正在被发展中国家的加速退化所抵消。一个潜在的问题是，富裕国家有维持或增加其自然资源消耗的倾向（世界自然基金会，2010），但他们将“水足迹”转嫁给其他生产者，而且通常是较贫穷的国家。例如，英国 62% 的“水足迹”为包含在国外进口的农产品中的虚拟水，只有 38% 来自国内水资源（Chapagain 和 Orr，2008）。此外，许多富裕国家在控制本国的污染后将工业生产转移到其他地方，如转移到中国。包括虚拟水交易，是典型的造成与水有关影响的方式。更重要的是这也将不确定性和风险转嫁给了发展中国家，而后者往往较难应对这些问题。只有当发达国家消费者关注自己的全球“水足迹”，并承担相应责任，我们才能抓住其根源，找到恰当的解决方案。

有充分证据表明，人类正在不可持续地过度消耗自然资源。评估结果表明，长此以往，需要约 3.5 个地球的资源才能维系全球人口按照目前欧洲或北美的平均水平继续生活。水资源的可持续性为解决这一难题的关键。最新研究表明，现在有可能已经达到或超过了水资源可持续性的全球极限（见专栏 4.4）。目前尚未标出生态系统服务功能退化的“热点”地区，但这些地区往往与用水紧张（见 4.6 节）、高污染负荷密切相关（见图 4.1）。经济发展迅速、人口密度高、人口增长快、工业化程度高、取水有限，通常是生态系统最受影响地区的显著特点。

图 4.2

欧洲的氮平衡



注：选定欧洲国家农业用地平均每公顷氮平衡（与作物和牧草的用量相比，氮作为土地肥料的用量）。在一些国家，时间减少意味着化肥的使用效率升高，因此会降低因养分流失对生物多样性的损害风险。

资料来源：CBD(2010a, p.61, 图16)。

专栏 4.4

水资源可持续性是否已经触及全球的底线？

根据对全球生态系统可持续供应的评估，Rockström 等（2009a）认为安全和可持续的“蓝水”资源消耗（江河、湖泊、地下含水层和灌溉水源的蒸腾和蒸发）应

不超过每年4 000立方千米。据估计，目前蓝水消费量为每年2 600立方千米。但是Molden（2009）在注解中说明，依据更广泛的全球供水和需水研究，4 000立方千米这个确定的限额可能过高。由这些研究得出：已经接近全球可持续用水量的底线。

然而，水的分布与消耗并不平衡，许多地区已经超过可持续取水限额。例如，澳大利亚的墨累-达令河、中国的黄河、巴基斯坦和印度的印度河、中亚的阿姆河和锡尔河、尼罗河、美国和墨西哥的科罗拉多河以及中东的大部分河流，只有很少甚至没有额外的径流量或地下水补给，其中许多流域是重要的粮食产区。这种压力反映在生态系统的健康，所有这些流域都遭受了过度污染、河流枯竭、供给矛盾及其他生态系统退化（Molden，2009）。在全球范围内，世界上只有极少部分河流未受人类影响，多数流域现已表现出类似的压力迹象（Vörösmarty等，2010）。

“人们常常认为自然环境中的可用水很容易获取和转移。例如，许多国家的政府设计了宏伟的规划，从富水流域调大量的水到贫水流域”（Molden，2009，p. 116）。这些跨流域调水对生态系统健康的影响虽然还不能确定，但可能是巨大的。水资源管理也往往只关注地表水和地下水对生态系统的损害，以及其在水循环中的作用。人们需要更多地认识到，保护和恢复土壤水分，是土壤生态系统健康的基础，且十分重要；地表植被覆盖率与本地湿度、区域湿度的关系也至关重要。政策制定者和管理者必须了解的是，生态系统不消耗水，只是提供和再利用水，不可持续地从生态系统中取水会降低水能力，阻碍水提供社会需要的效益。

生态系统和生物多样性经济学（TEEB，

2009）指出，生态系统退化或破坏并不会马上被觉察到，它的服务功能丢失是一个递进的过程。但是早晚会达到一个“临界点”，在经过一段看似平稳的时期后，很快会发生灾难性的快速崩溃（例如：Lenton等，2008）。这可能对可持续发展和人类福祉进程造成颠覆性的破坏。面对这种变化，穷人通常最早受到影响而且最为严重，最终所有人将因此遭殃（CBD，2010a）（见专栏4.5）。

专栏 4.5

生态系统的临界点：理论还是现实？

森林砍伐导致地区降雨减少，因为这减少了森林降雨云的形成。森林砍伐引发当地气候干燥，从而加速生态系统的变化。如亚马孙流域20%的森林砍伐率就可能意味着已经达到临界点，一旦超过这个点，整个流域的森林生态系统将会崩溃（世界银行，2010a）。这将对水安全和其他生态系统服务功能产生破坏性的影响，波及范围将远远超出亚马孙河流域本身，包括对区域农业和全球碳存储的影响¹。遗憾的是，亚马孙森林砍伐率已经达到18%左右。

在近期发生的干旱事件中，南美洲的原始热带雨林从缓解大气中二氧化碳含量转化为加速其增长；这在非干旱年也是无法补偿的。如果干旱事件继续，无论不是因为气候变化、森林砍伐或直接用水，亚马孙原始森林减少大气中二氧化碳含量的时期可能都已经过去了（Lewis等，2011）。

Nkem等（2009）提供的证据表明，现实中这个临界点正在临近或已然超过，这也被《联合国气候变化框架公约》的国家报告证实（中美洲情况尤其如此）。这

些都表明，森林砍伐已经逐渐影响到供水（如可持续水电开发）。受调查国家非常清楚地看到，管理不确定性和风险就是如何处理好气候变化-水-森林的关系。

除了水和二氧化碳之外，多重诱因都可导致临界点的突破。Rockstrom 等（2009b）确定了九个环境安全界限，一旦超越，生态系统就会崩溃，它们是：气候变化（温室气体水平）、海洋酸化、平流层臭氧、氮和磷负荷（循环）、全球淡水使用量、土地制度改变、已明确极限的生物多样性损失速度、化学污染和大气气溶胶（正在等待度量）。他们估计人类已经超越了三个环境安全界限：气候变化、生物多样性损失速度和全球氮循环（注意之前所提淡水利用也可能接近或超过了极限）。“逾越界限造成的社会影响主要是受到影响后的生态修复功能。‘环境安全界限’概念的提出为我们转变管理理念和治理措施奠定了基础，让我们从原来单纯降低负面作用的行业分析方式，转变为估算（及管理）整个人类发展的安全空间”（Rockström 等，2009b）。

专栏 4.6

中国的湿地修复：趋利避害

事实证明变化正在发生。中国令人瞩目的经济增长无疑造成了严重的环境问题，主要表现在湿地快速退化和消失、华北地区严重缺水和遍布全国的废水污染。一份报告指出，从 1990 年至 2000 年仅仅 10 年间，超过 30% 的天然湿地面积可能已经消失（Cyraoski，2009）。这是自然栖

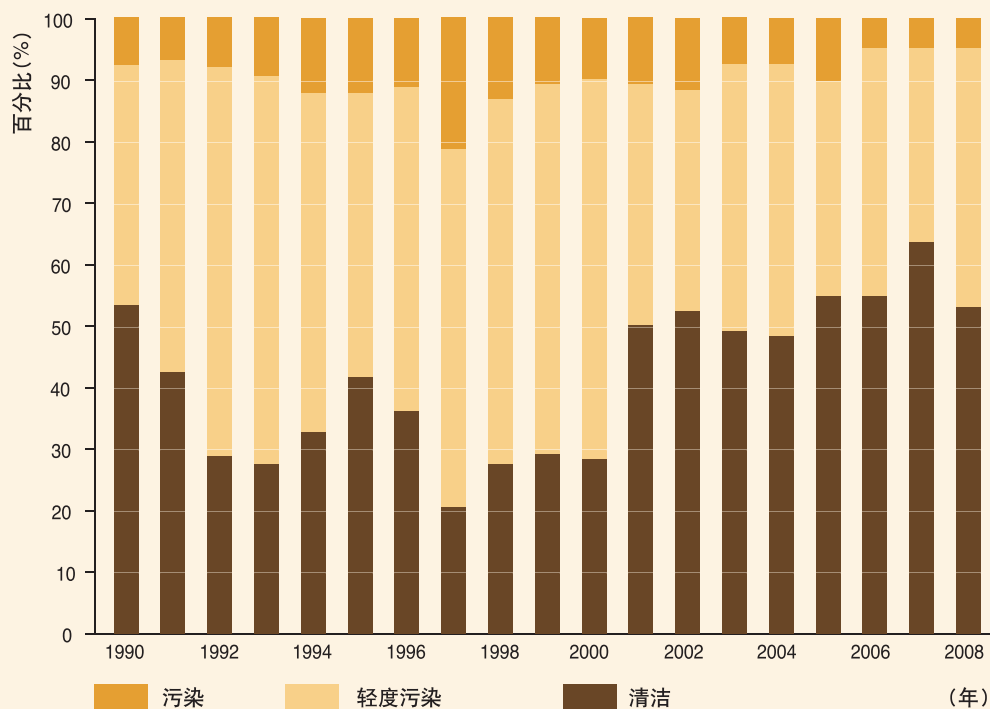
息地丧失率最高的记录之一，超过了全球森林的损失趋势，但却也是发展带来的典型影响。在经济合作与发展组织国家中，有数据统计的区域，湿地消失更为广泛；例如，新西兰湿地消失率达 90% 以上（Ausseil 等，2008）。然而，中国的湿地政策已经发生变化，为湿地修复作出了巨大努力。最近的一项调查显示，2000 年后的五年里，中国的湿地面积已趋于稳定，甚至可能略有增加（Xu 等，2009）。推动这项政策实施的动力是人们认识到与水相关湿地生态系统的服务价值，湿地修复作为高效低成本的手段和措施可解决水资源管理问题。

人们越来越重视整合现有的知识和数据集，以便更好地解释和说明水、生态系统和人类的相互依赖。对环境趋势、生态系统和生物多样性的评价继续在朝这个方向转变，但主要还是对几个学科领域发展趋势的单独评价。目前比较显著的进展是整合了不同数据集和知识源，如 Vörösmarty 等（2010）采用相关数据，将 23 个驱动因素分别描述为代表影响环境的四个方面（流域功能失调、污染、水资源开发和生物因素），用来评价“累计威胁框架”。结果表明，基于 2000 年的数据，近 80% 的世界人口面临高度水安全威胁，这意味着风险级别比以前预期的要高得多。

对全球或地区的评估不能忽略本土和国家层面取得的良好进展。虽然水质整体继续恶化，但有迹象表明，来自农业的非点源污染仍是一个挑战，几乎所有地区都在采取有效措施控制污染物排放（见图 4.3）。一个积极的趋势是人们开始普遍关注依托生态系统措施实现水资源管理目标，也出现了一些实际案例。尽管要实现造福全球的目标，这些方法还有待于提升与推广，但前景乐观（见专栏 4.6）。

图 4.3

自1997年以来,马来西亚的河流流域被定级为清洁的比例一直在升高



资料来源: CBD(2010a, p.43, 图11)。

4.4 涉水灾害风险

涉水灾害属于自然灾害的一个分支, 影响较大的涉水灾害包括洪水、泥石流、风暴及相关的海洋风暴潮、热浪、寒潮、干旱和水源性疾病。大多数灾难都是多种灾害共同作用的结果, 有些灾害因水而起, 有些是由地理和生物因素造成, 比如由地震引起的海啸、修建大坝引起的山体滑坡、防洪堤和大坝断裂、冰川湖水泛滥、与海平面异常或海平面上升相关的沿海洪涝灾害以及干旱或洪水导致流行病暴发、病虫害肆虐。

涉水灾害占有所有自然灾害的 90%, 而且总的来说, 发生频率和强度在不断上升。“2010 年共发生约 373 起自然灾害, 夺去 29.68 万人的生命, 将近 2.08 亿人受到影响, 损失近 1 100 亿美元”(UN, 2011)。

涉水灾害中的干旱很少被纳入影响数据统计。《联合国全球评估报告》(The United Na-

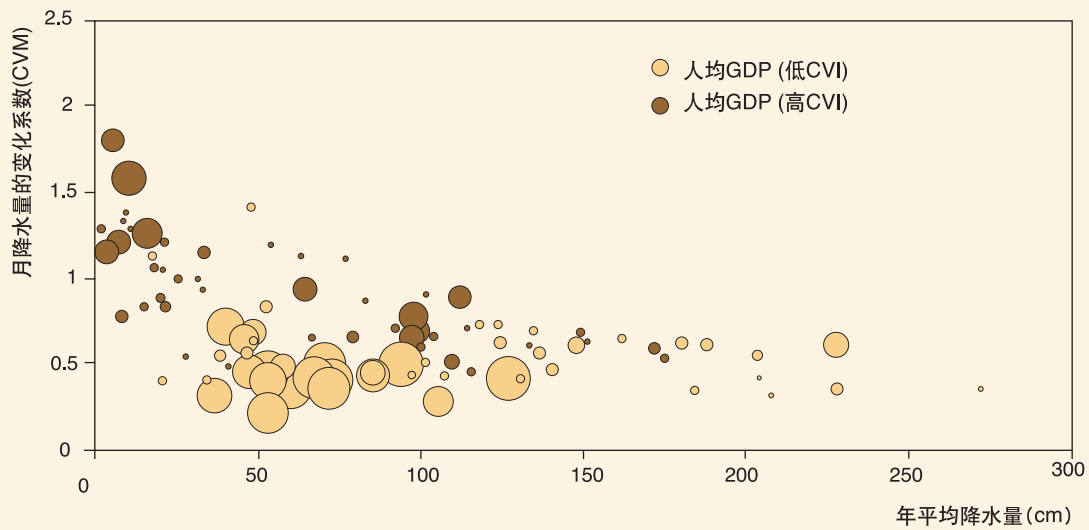
tions Global Assessment Report) 中指出, 自 1900 年以来, 干旱共造成 1 100 多万人死亡, 20 多亿人受干旱影响, 造成的影响居全部自然灾害之首 (UNISDR, 2011)。但是, 由于鲜有国家系统记录并报告干旱带来的损失和影响, 实际造成的死亡人数和受影响人数很可能要大于这一数据。该报告还指出, 许多国家 (如美国) 只报告其投过保的损失。

涉水灾害带来的灾难不仅威胁着人类生命, 影响人类生活, 而且还给国家的发展带来了负面影响。气候变率与发生与水相关的灾害联系紧密, 总会对发展造成影响; 实际上, 气候变率较强的国家通常人均国内生产总值较低 (Brown 和 Lall, 2006) (见图 4.4)。1990—2000 年间, 一些发展中国家发生的自然灾害造成的损失占其年均国内生产总值的 2%~15% (世界银行, 2004; WWAP, 2009)。

据预计, 气候变化将会导致某些自然灾害更为频繁地发生 (IPCC, 2007)。目前没有证

图 4.4

气候变率对GDP的影响



注：本图说明，气候变化指数(CVI)较高的国家(深棕色点)通常人均GDP较低(由该点的大小反映)。表中较大的深棕色点代表科威特、阿曼和阿拉伯联合酋长国等产油国。

资料来源：Brown 和 Lall (2006, p.310)。

据显示气候变化会直接增加涉水灾害造成的损失 (Bouwer, 2011)，但是由于其影响越来越大，极端情况发生的频率越来越高，许多国家都在寻找降低灾害风险的方法作为适应气候变化的措施 (UNISDR, 2011)。

世界银行 2010 年发布的一项报告对具体预防措施的成本和收益进行了研究。该报告研究了政府在灾害预防方面的开支，发现政府的灾害预防支出通常低于灾害救援支出，一场灾难发生后政府通常会增加救援支出，并在接下来几年内保持高救援支出水平。但是有效的灾害预防不仅取决于有多少防灾资金，更取决于资金用在了哪些方面。例如，孟加拉国将适当数额的资金用于建造避难所，进行准确的天气预报、发布预警信息、安排人员转移，从而降低了气旋灾害造成的死亡人数。所有这些花费比建造大型堤坝花费少，但是效果更好 (世界银行, 2010b)。

灾害造成的经济损失和人员伤亡不断增加，促使政府和人道主义组织更加关注对灾害

准备、预防以及脆弱性根本原因的解决。实际上，虽然捐助者对灾害预防和降低风险的兴趣增加了，但是新的资金或新项目的实际数量却并没有上升 (Martin 等, 2006)。

4.4.1 涉水灾害的影响和风险趋势

涉水灾害不仅会造成直接影响 (如损害建筑物、农作物和基础设施，造成人民生命财产损失)，而且还会产生间接影响 (如生产和生活损失，增加投资风险、债务和对人类健康产生影响)。飓风、台风和气旋产生的影响取决于以下因素：风速 (1~5 级)、受风暴袭击的地区所在的位置、引发的洪水规模、受影响地区的人口密度、建筑和基础设施的质量。风暴通过狂风、龙卷风、风暴潮 (在 80~160 千米范围内横跨海岸线)、风暴浪潮 (潮汐力加强的风暴潮) 和暴雨引起的洪水造成影响。风暴潮是海岸线一带人们生命和财产安全的最大威胁。这种类型的风暴能够在几秒钟内瞬间造成巨大的破坏和人员伤亡。

洪水是最常发生的自然灾害之一，而且几乎每个国家都会发生。山洪暴发、河水泛滥和城市洪水的严重程度取决于降雨强度、降雨的空间分布、地形和地表条件。据预计，气候变化会造成更严重且更频繁的洪涝灾害（IPCC，2007）。干旱是所有自然灾害中在全球范围内影响人数最多的灾害（UNISDR，2011）。虽然干旱有可能引发饥荒，但是干旱不会破坏基础设施或直接造成人类死亡（然而，与粮食安全相关的一系列复杂因素相互作用最终会导致人类死亡）。2011年，非洲之角出现饥荒，1 330万人的生计问题受到威胁 [联合国人道主义事务协调办公室（UNOCHA），2011]，这突出表明了造成降雨量减少的气候现象、灾害应对能力有限的牧区弱势群体、以及政治冲突环境这些因素之间复杂的相互作用（以及可能造成的灾难性后果）。

观察一下洪水和干旱“在全球范围内的风险模式和趋势，就能确定风险主要集中的地区，看出不同国家不同时间灾害风险的地理分布，以及这些风险模式和趋势的主要驱动因素”（UNISDR，2011）。1970—2010年间，世界人口

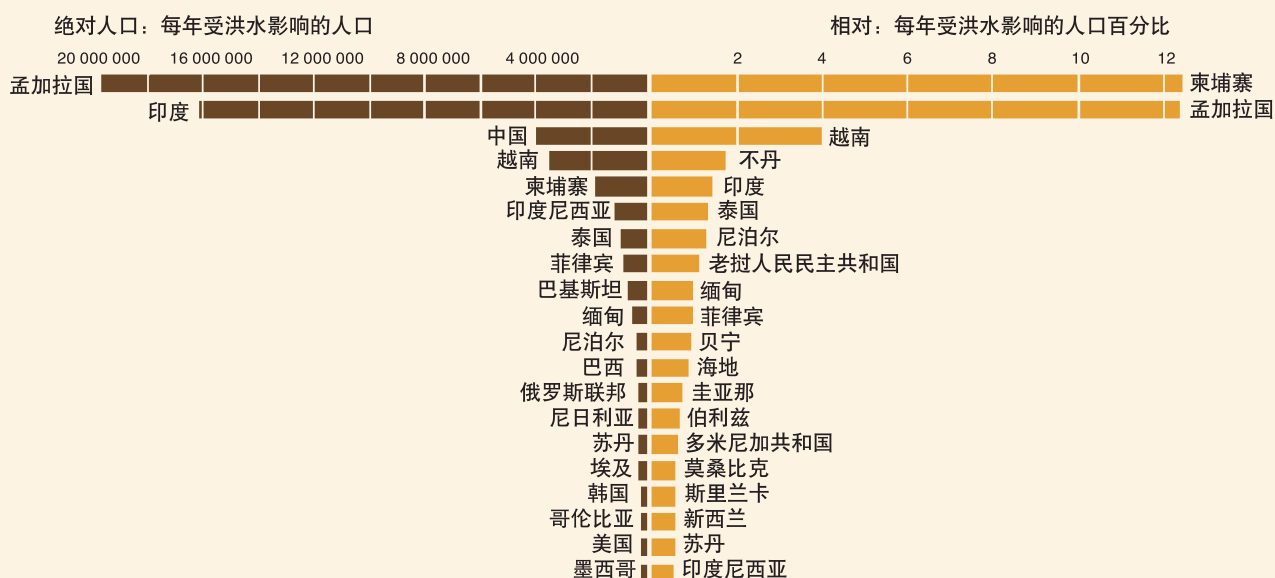
增长了87%（从37亿到69亿）（UNISDR，2011）。这40年内全世界受洪水影响的人口平均年增长率为112%（从每年3 330万人到每年7 040万人）（UNISDR，2011）（见图4.5）。

“所有地区的国家已经加强了他们对降低主要天气灾害（如热带气旋和洪水）中死亡风险的能力”（UNISDR，2011，p.18）。图4.6是三种天气灾害（热带气旋、洪水和暴雨引发山体滑坡）中死亡风险的最新全球分布图。从图中可以看出，死亡风险最高的地区与频繁遭受恶劣天气灾害的弱势群体聚居的地区是相对应的。

相比之下，各国在成功应对其他风险过程中遇到的困难更大。由于受灾害影响的经济资产迅速增加，超过了抵御灾害能力的提高速度，热带气旋和洪水造成的经济损失风险呈现出上升趋势（IPCC，2007）。在人口密集分布且增长迅速的农村地区以及管理薄弱的国家，洪水造成的死亡风险是最高的。面对所有涉水灾害，国内生产总值较低且管理薄弱的国家与治理能力良好的国家相比，前者人口死亡率要远远高于后者（UNISDR，2011）。

图 4.5

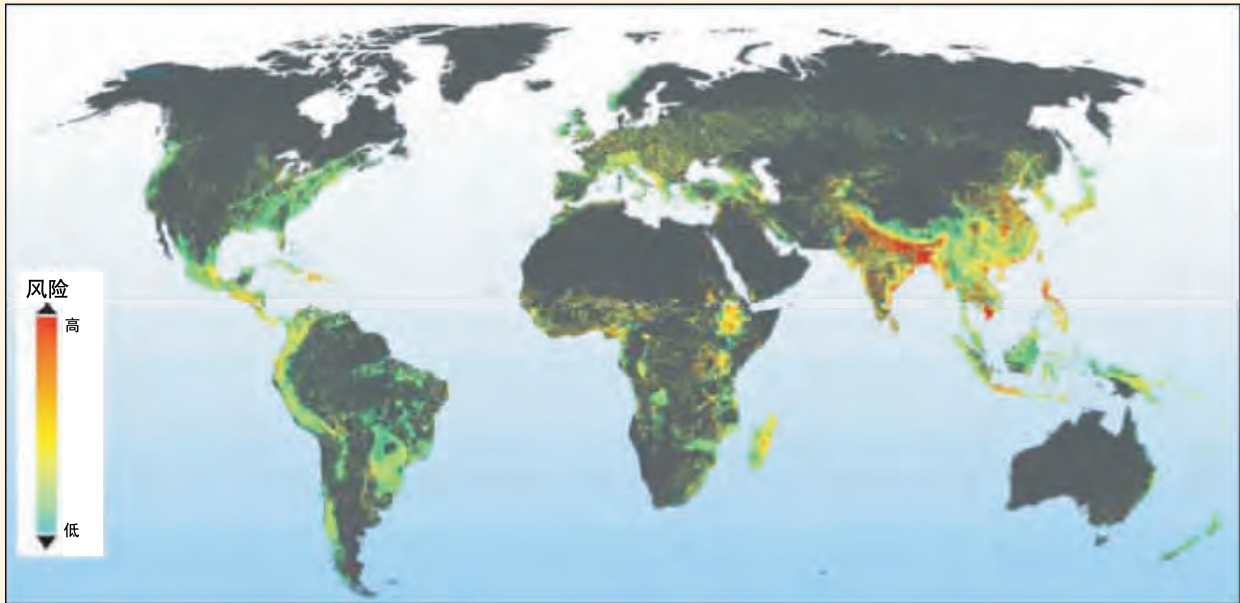
受洪水影响的人口



资料来源：UNISDR（2009，p.36，图2.14）。

图 4.6

灾害带来的死亡风险（洪水、热带气旋和降水引发的山体滑坡）



资料来源：由联合国国际减灾战略 (UNISDR) 的全球预警暨因应组 (GAR) 绘制。

“尽管我们加强了防范措施，但灾害仍可能发生，我们必须提高预防和应对能力。”

涉水灾害直接或间接地影响着人类的健康。水资源受到污染或者水资源供应不足导致的灾后水源性疾病（如霍乱）暴发，有时会影响成千上万人的健康，造成人口大量死亡，还有可能引起传染病的暴发。例如，根据哥伦比亚、斯里兰卡和委内瑞拉的文件记载，厄尔尼诺-南方涛动造成的枯水期过后，（疫情高发地区）疟疾发生得更加频繁（PAHO, 2000）。

在复杂灾害多发地区，营养不良、人满为患以及缺乏最基本卫生设施等现象十分常见，因此灾难性肠胃炎（由霍乱或其他疾病引起）时有发生（PAHO, 2000a）。2010年，海地地震发生后，海地政府发布的数据显示，地震造

成20万人死亡，许多人流离失所，十分容易感染疾病，却不得不面对即将来临的飓风季和潜在疫情的暴发。在地震和洪涝灾害过后，霍乱疫情造成将近15万人就医，约5000人死亡（USAID, 2011）。

4.4.2 趋势背后：变化的驱动因素

要减少灾害风险及其未来的影响，首先必须了解形成涉水灾害风险的根本原因。导致涉水灾害频繁发生的因素包括气候变率等自然压力；缺乏合适的组织体系以及不合理的土地和水资源管理等管理压力；还有高风险地区人口增长、资产和安置点等社会压力（Adikari 和 Yoshitani, 2009）。

过去几年中，自然灾害造成的损失增加主要是因为受灾害影响的资产价值升高，而人为因素造成的气候变化对损失没有明显的影响（Bouwer, 2011）。到2050年，洪水易发地区人口不断增长、气候变化、森林砍伐、湿地丧失和海平面上升预计会将易受涉水灾害影响的人口增加至20亿 [联合国大学 (UNU),

2004]。

4.4.3 迎接未来的挑战

要应对涉水灾害带来的挑战，必须投入并实施有效的降低灾害风险（DRR）措施。尽管灾害预防工作已经取得很大进步，但灾害仍会发生，因此，提高灾害预防和反应能力至关重要。在人道主义者、政府、水资源管理者、私营部门和发展机构的领导下，最佳管理措施比比皆是，但是要普遍实施这些措施以满足实际需要仍面临重要挑战。

灾害预防工作取得了很大进步；开始对早期预警和预防行动予以投资 [红十字会与红新月会国际联合会（IFRC），2009]。例如，对将气候信息纳入应急计划和准备行动的能力和 method 予以投资，目前正在改善灾害预防和有效反应资源，提高人民的生计和生活（Hellmuth 等，2011）。对易受洪灾地区（如莫桑比克）的社区能力和早期预警系统进行投资，提高了当地的洪水防备和反应能力（德国国际合作协会，2007）。在博茨瓦纳，季节性预报可以提前几个月预报有可能出现的疟疾疫情，非常实用（Hellmuth 等，2009；Thomson 等，2006）。

为降低不断增加的损失，各国政府更多地采用保险机制和天气指数来帮助他们更有效地管理风险。出现极端天气事件时，这些措施的效果就会体现出来，增加投入资金会带来关键的优势，反应更及时。另外一个优势是，在灾害来袭之前就能够制定实际计划，确保需要资金时能够获得资金。加勒比地区、埃塞俄比亚、印度、马拉维和墨西哥根据救灾指数投保的例子很多（Hellmuth 等，2009）。

对降低灾害风险（DRR）进行投资，目标在于解决容易受灾害影响的根本原因（通常是由政治、经济和社会力量以及变化较大的降水影响共同造成的）。例如，在粮食安全长期得不到保障的地区，要帮助人们摆脱贫困，必须建立补充粮食援助和加强抗灾能力及生产力的项目（Trench 等，2007）。例如，有些家庭也

许会通过正式和非正式的保险机制分担风险的方式来增强其抵御风险的能力或者降低风险带来的影响。

最近对 141 个国家进行的一项研究发现，在极端自然灾害事件中，女性死亡人数要大于男性死亡人数，而且这种差异与妇女的社会经济地位联系最为紧密。“女性社会经济地位高的地区，自然灾害发生期间和灾害过后男性和女性的死亡人数基本相等。而女性死亡人数高于男性（或女性死亡年龄比男性低）的地区，女性的社会经济地位较低”（Neumayer 和 Plumper，2007，p. 5）。将性别观点纳入到降低灾害风险中有助于提高抗灾能力，促进性别平等和可持续发展。但是，在降低灾害风险中引入性别观点需要决策者和执行者转变其态度。每个人在降低灾害风险方面都可以发挥作用，但是政府可以为女性和男性的参与创造一个有利的环境，例如，使女性获得灾害信息通报和分享预警系统带来的服务，充分利用她们的知识和技能，对管理和处理风险都非常重要（UNISDR 等，2009；见专栏 4.7）。

尽管对降低灾害风险的投资（包括水资源基础设施建设）仍然十分滞后，但人们的意识增强了，而且其相对成本效益的量化证据正在形成。人道主义者已经改变了他们过去几十年的做法，从灾害反应和灾后恢复转变为一种包括减少风险在内的更平衡的方法。但是，填补二者之间的空白只需要互补性能力建设和融资机制。鉴于洪涝灾害造成的损失越来越大，洪涝灾害越来越频繁，要降低灾害的风险和影响，必须对与灾害防备活动相关的基础设施、冲积平原的政策制定、集水区土地使用的高效规划、洪水预报和预警系统以及反应机制进行投资（UNISDR，2011）。对涉水灾害风险进行综合评估，不仅是为了更好地掌握不断变化的风险，同时也有助于更好地进行决策、规划和实施可持续的解决方案。

最后，政治、经济和社会各方面力量的综合作用迅速发生着变化，而且有时不具有连续性，因此未来的风险是未知的。构想未来可能

发生的场景并进行思考，可以帮助决策者从长远的角度看待问题。

专栏 4.7

灾害发生时妇女的作用

妇女通常负责照顾老人和孩子，因此，灾难来临之前以及灾难发生期间，女性和男性的责任有很大差别。遇到突发灾害时，人体从有所警觉到做出反应，时间十分有限。这种情况下，区分女性和男性的不同责任尤为重要。《区别灾难恢复和重建中的性别作用》(Dimitrijevic, 2007) 报告中给出实例：救灾管理人员在受灾现场搭建起托儿设施后，受灾地区的女性在灾后仍然可以帮助有需要的人。这种在现场就地决策的事例说明，常规的应急计划向参与早期预警和应急响应的女性提供儿童保育设施可造福更多的人。上述事例还说明，对性别差异的了解、包容和尊重以及强有力的社会准则能够改进应对措施，并改善救援物品的规划与管理 (UNISDR 等, 2009)。

4.5 荒漠化对水资源的影响

不合理且不可持续的土地使用及管理方式，正在导致世界范围内的荒漠化和土地退化、加剧水资源短缺。最近一项估计表明，世界上将近 20 亿公顷的土地（是中国国土面积的两倍）已经严重退化，有些甚至是无法逆转的 (FAO, 2008)。1981—2003 年，土地退化加剧，占全球土地总面积的 1/4。全球对土地退化的关注主要集中于干旱地区，但是湿润地区同样在经历土地退化，而且其严重程度令人吃惊，完全超出了人们之前的预期 (Bai 等, 2008)。

4.5.1 认识荒漠化、土地退化和干旱的紧迫性

荒漠化、土地退化和干旱 (DLDD) 构成了世界上干旱地区面临的普遍挑战 (见图 4.7; 专栏 4.8)，但是目前所有的农业生态区都出现了这些问题，因此越来越多的人将其看作是全球性问题，其程度范围以及后果都会给环境和社会的脆弱性造成影响。全球范围内，DLDD 影响着耕地的开垦，土地变荒芜，人类的生活和福祉受到威胁，贫困加剧，人们被迫迁居别处，忍受缺乏食物、营养不良甚至饥荒的折磨。

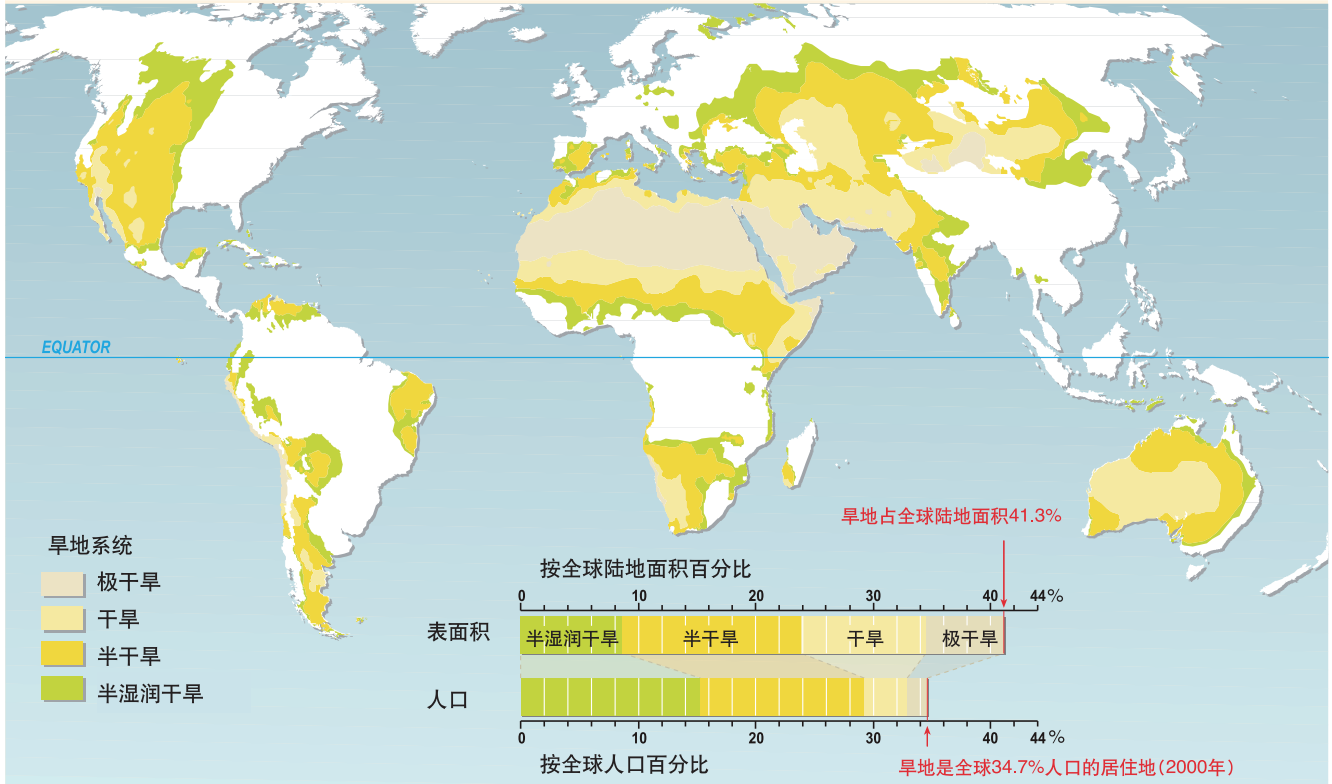
从全球来看，受 DLDD 影响的人口约为 15 亿，这些人赖以生存的土地在不断退化，这一问题又与贫穷紧密联系在一起。42% 赤贫人口生活在土地退化的地区，中度贫困和非贫困人口生活在土地退化地区的比例分别是 32% 和 15% (Nachtergaele 等, 2010)。据估计，每年有 240 亿吨的肥沃土壤在消失，过去 20 年间消失的地表面积相当于美国所有的农用土地面积之和。据估计，地球上很大一部分自然森林由于荒漠化、土地退化和干旱已经遭到破坏，60% 以上的生态系统服务已经退化。在未来半个世纪内，这一消极趋势还会继续加速蔓延。例如，从 1900 年起到现在，非洲西部 90% 的沿海雨林已经消失不见 (MA, 2005b)。

受影响人群包括世界上最贫困的人口、大多数被边缘化以及政治上处于弱势地位的人群。仅印度一个国家就占了这一人口总数的 26%，中国占 17%，撒哈拉沙漠以南的非洲占 24%，亚太地区的其他国家占 18.3%。世界上其他地区情况也不乐观，拉丁美洲和加勒比地区占 6.2%，非洲东北部以及北非占 4.6% [印度国际热带半干旱作物研究中心 (ICRISAT), 2008]。尽管全世界都面临荒漠化、土地退化和干旱的问题，但是非洲所受影响最为严重，因为非洲 2/3 的陆地都是沙漠或旱地。

荒漠化和土地退化使许多旱地国家水资源短缺的问题越来越严重。大多数干旱地区的气

图 4.7

2000年全球旱地范围和程度分布图



注：旱地包括所有因为缺乏水资源，农作物、饲料作物和木材的生产以及其他生态系统都受到限制的陆上区域。通常，对旱地的定义包括所有气候类型为半湿润干旱、半干旱、干旱或极干旱的土地。分类的依据是干旱指数（AI）值。AI是某一地区平均年降水量与平均潜在蒸发量的长期比值。

资料来源：MA（2005c，附录A，p.23，来自其中引用数据）。

专栏 4.8

荒漠化的事实数据

- 气候变化或人类活动等各种因素导致干旱、半干旱和半湿润干旱地区土地退化，最终引发荒漠化。
- 荒漠化并不像人们通常认为的那样是由现有沙漠的扩张造成。
- 受荒漠化影响的人口约为 10 亿，占世界总人口的 1/6。
- 70% 的干旱地区都存在荒漠化问题，占地球陆地总面积的 1/4。
- 世界上 73% 的牧场退化是由荒漠化造成的。
- 非洲的荒漠化问题尤为严重，该地区 2/3 的土地是沙漠或旱地，73% 的农用旱地已经严重退化或中度退化。
- 亚洲受荒漠化影响的土地面积是所有大洲中最大的——将近 14 亿公顷。
- 拉丁美洲将近 2/3 的土地严重或中度荒漠化。
- 据估计，全世界每年由荒漠化造成的生产力损失达 400 多亿美元。

资料来源：根据 Rogers（1995）重新整理。

候为极干旱、干旱、半干旱和半湿润干旱。这些地区几乎全部靠雨水来补给有限的水资源。由于地区之间地理条件各不相同，降水情况也千差万别。在极为干旱时期，有些地区的干旱可能会持续两三年甚至更久。因此，在水资源分布极为不均的干旱地区，许多人无法享用水资源。

撒哈拉沙漠以南的非洲人口为 8 亿，人口增长率超过 2.5% (Carles, 2009)。对非洲某些干旱地区降雨模式的数据分析表明，这些地区的降雨量在 20 世纪 70 年代陡然下降，之后一直保持在低降雨水平。对这一现象的分析显示，该地区降水量减少了将近 20%，导致其地表径流降低 40% (EU, 2007)。

4.5.2 荒漠化、土地退化和干旱对水资源的影响

许多人类活动都会改变地貌，如森林砍伐、草原火灾以及农业和畜牧业开发不当等。这些人类活动会导致水域和集水区的荒漠化和土地退化，减少下游可用的安全水量。通常，这种地貌的改变会加剧水土流失，降低土壤的蓄水能力，而且会减少地下水的补给和现有地表水的储量。河流和水库内泥沙日积月累的淤积和沉淀，最终导致水资源短缺。此外，湿地面积的减少会降低地下水补给的可用水量，从长期来看，地下水位下降会导致水资源短缺。除此之外，以服务农业（灌溉）或工业的河流改道使河流湖泊的水量减少，导致内陆地区水资源短缺。

荒漠化直接引起淡水储量的减少，是造成水资源短缺的罪魁祸首。河水浑浊度增加直接影响河水流速，反过来会增加地表水水库和河口地区的泥沙淤积。荒漠化还会降低降雨期土壤的透水能力，对地下水位造成消极影响。荒漠化及其造成的水资源短缺、为满足社会经济发展的需要而过度开采和使用地下水资源逐步导致的地下水耗竭，进一步加剧水资源短缺。

旱地面积广阔的国家（如澳大利亚）也面临着水资源短缺的问题。干旱造成澳大利亚大部分地区、非洲、亚洲和美国水资源的严重短缺 (Morrison 等, 2009)。澳大利亚城市人口平均每人每天消费 300 升水，欧洲人平均每人每天消费 200 升水，而撒哈拉沙漠以南的非洲人平均每人每天仅消费不到 20 升水 (Natarajan, 2007)。在中国、印度、巴基斯坦等国家，除了干旱，积雪覆盖面积的减少也会降低河水流速以及水资源供给。这些国家超过 10 亿人口无法获得安全的饮用水，也没有完备的卫生设施 (Morrison 等, 2009)。



“在干旱地区，由于缺乏对干旱时间和技术的掌握，贫困家庭常常无法采取灵活的方式，对干旱管理措施进行调整以减少损失。”

有些受干旱影响地区缺乏有效、可靠的早期预警机制，无法向当地的居民提供与荒漠化、土壤退化和干旱 (DLDD) 有关的灾害预警。在干旱地区，干旱来临时，贫困家庭常常因缺乏掌握合适的技术而无法采取灵活的方式来调整干旱管理措施以减少损失 (Pandey 等, 2007)。如果降雨比预期来临得晚，大多数农民选择延迟种植或者等到合适的时候再重新种植，这样也许可以减少化肥的使用。干旱和水资源短缺出现的时间较晚时，农民通常无法依靠调整作物种植来减少损失。

与 DLDD 相关的水资源短缺造成的一大影响就是受灾国家或地区的粮食安全受到威胁、出现饥荒，位于干旱地区的发展中国家情况尤为严重。与 DLDD 相关的水资源短缺会带来不确定因素，最终削弱该国家或地区的生存能力。最严重后果是最终导致农业歉收，因为农

业是脆弱的经济体内耗水量最大的部分 (Carles, 2009)。也就是说, 如果旱地国家可以减少 DLDD 对水资源的影响, 并确保水资源安全, 那么保障粮食安全的机会就大大提高。因此, 要进一步确保水资源和粮食安全, 各国很有必要采取恰当措施应对 DLDD 这一紧迫的难题。

为了应对 DLDD, 一些国家的政府部门和水务机构倾向于投资水资源的供给环节, 以此来增加水资源的开采量。例如, 给河流改道、兴建水库和抽取地下水。其他投资领域包括节水工艺、节水灌溉工程和水的回收和再利用。这些措施一方面增加了可用水水量和水资源占有量, 改善水资源安全的前景, 另一方面却造成了环境和财政上的更大损失, 削弱了下游的水资源安全并加剧了水资源压力。

例如, 由于上游水利设施的兴建, 咸海 (Aral Sea) 和乍得湖 (Lake Chad) 正在逐渐消失。从 20 世纪 60 年代起, 乍得湖的面积不断缩小, 如今只剩下原有面积的 5%。给河流改道同样会引发冲突。共享某一流域的沿岸国家之间也会因河流改道而引发冲突。例如, 在非洲, 有许多流域由沿岸 5 个以上的国家共享, 如刚果河 (13 个国家)、尼日尔河 (11 个国家)、尼罗河 (10 个国家)、赞比西河 (9 个国家)、乍得湖 (8 个国家) 和沃尔特湖 (6 个国家) (Carles, 2009)。这种跨国水资源的监管和管理更加复杂, 而且如果管理不善会带来荒漠化、土地退化和干旱等更大的风险, 对位于下游的国家来说尤其如此。

4.5.3 应对荒漠化、土地退化和干旱, 缓解水资源短缺的压力

荒漠化的形成过程不是孤立的, 因此缓解荒漠化的措施也不是孤立的。降低荒漠化程度是社会经济发展的主要组成部分, 要求土地和水资源管理必须是可持续的。因此, 治理荒漠化是一个非常复杂和困难的过程, 通常需要改变当地导致荒漠化的土地管理方式, 否则荒漠化问题就无法解决。

世界各地正在采取多种多样的措施来减少

土地退化, 扭转荒漠化, 解决水资源短缺的问题。亚洲山区的水稻种植地区通常采用梯田耕作的方式来减少水土流失。坡度较缓的地区非常适合进行等高条植。保护性农业包括免耕和少耕, 是保护土壤的另一种方法。在阿根廷、澳大利亚、巴西、加拿大、美国、非洲的某些地区、亚洲和欧洲, 保护性农业的实施比较广泛 (Brown, 2006)。

推广土壤、水资源和植被保护以及其他一些修复、维护和保护环境的措施是可持续土地管理 (SLM) 的前提。实施可持续土地管理是为数不多的有助于维持生计的几个选择之一, 能够提高收入而不会对土地质量和水资源造成危害。土地质量和水资源是农业生产、粮食安全、保护生态多样性以及缓解和防治 DLDD 所必需的。

要选择应对 DLDD 的最有效的办法, 首先需要进行确切的科学和经济分析, 要意识到当地跨领域土地管理和水资源管理的重要性, 把关注点从使用淡水资源这一技术问题转移到淡水集水区在形成生态系统和社会服务方面所发挥的作用上来。任何政策都应该有助于促进主要利益相关者的参与并将他们的生态知识纳入多层次治理体系的体制结构中去。因此, 解决方案的发展一定是具有包容性、跨越多个行业的 (美国气候研究所, 2009)。

最后, 成功的政策会考虑到淡水系统复杂性、适应性以及系统退化的不可逆转性 [斯德哥尔摩国际水研究所 (SIWI), 2009] 等因素。DLDD 造成的影响遍及全球, 但是解决方案大多数情况下都是地方性、国家性或者区域性的。要应对与水资源短缺相关的各种问题, 就必须在地方、国家和国际水平上采用一个防治 DLDD 的综合协调的办法, 并制定一体化政策。

4.6 平衡还是失衡?

4.6.1 实现用水和供水平衡: 认知水紧张和水短缺

正如第二章描述的那样, 据预计, 全球所

有主要用水部门对水资源的需求将大幅上涨。

虽然农业部门（目前用水量最大的部门）未来的用水需求充满了不确定性因素，按照估计，到 2050 年，全球农业用水量会增加约 20%。如果旱作和灌溉农业的生产率大幅提高，却依然无法满足人口增长和饮食习惯改变引起的不断增加的用水需求，那么全球农业用水量的增幅会更高。

不断上涨的能源需求也将增加对水资源的压力，撒哈拉沙漠以南的非洲以及南亚最不发达的国家尤其如此，全球无电可用的 15 亿人口中，这些国家和地区的人口占 80%。对生物燃料和其他耗水能源（如沥青砂和页岩气）日益增长的需求只会给能源部门增加越来越多的水足迹。

随着国家发展进入更高水平，工业部门的用水量也会按比例增加。经济不断发展，以农业为基础的经济会逐渐转向更为多元化的经济。在经济发展速度最快的国家，水资源需求的增长速度也会达到历史最高峰。

和能源以及工业部门一样，水资源和卫生服务的需求也会增加，在发展中国家尤其如此。尽管千年发展目标已经把这些服务提升到了国家和国际政策的议事日程，但是我们还需要做出更多的努力。此外，国家和地方政府为了履行扩大内需的责任，仍然要和其他行业竞争有限的水资源供给。

生态系统既是用水者（见第二章），也是供水者（见 4.2 节）。有些水是保护和维持健康的生态系统所必需的，健康的生态系统反过来又可以提供与水质相关的一些重要的服务，预防极端事件的发生，有助于维系人类生存。

人类健康（见 4.1 节）也将从健康的生态系统、安全的水资源以及供水及卫生服务中受益。人类依靠水资源保持身体健康，进而转化为生产力。

过早死亡、腹泻等疾病减少、病人数量减少因而提供医疗服务减少，运送病人以及病人进行药物治疗产生的直接费用降低，目前享受

不到服务的人群因就近获得水资源并享受卫生设施节省了时间，这些都是水资源增加给人类带来的好处。

正如在本章前面的部分所描述的那样，与水资源相关的灾害及造成的损失在增加，带来了许多不良影响，直接威胁着人类的生存和国家的发展。

在大多数工业化国家，人均用水量正在减少，但是主要用水领域的水资源总需求量却在上涨，这主要是由发展中国家和新兴经济体日益增长的粮食和能源需求推动的。这些都会给地球上有限的水资源带来更多压力，世界上许多地区已经出现了不同程度的水资源紧张局面。世界正在向一个新的时代过渡，水资源不足会制约经济的增长和发展，而且人们越来越清楚地意识到，如果不认真进行管理，即使拥有可再生水资源也难以满足供水需求（Patterson, 2009）。

水紧张和水短缺

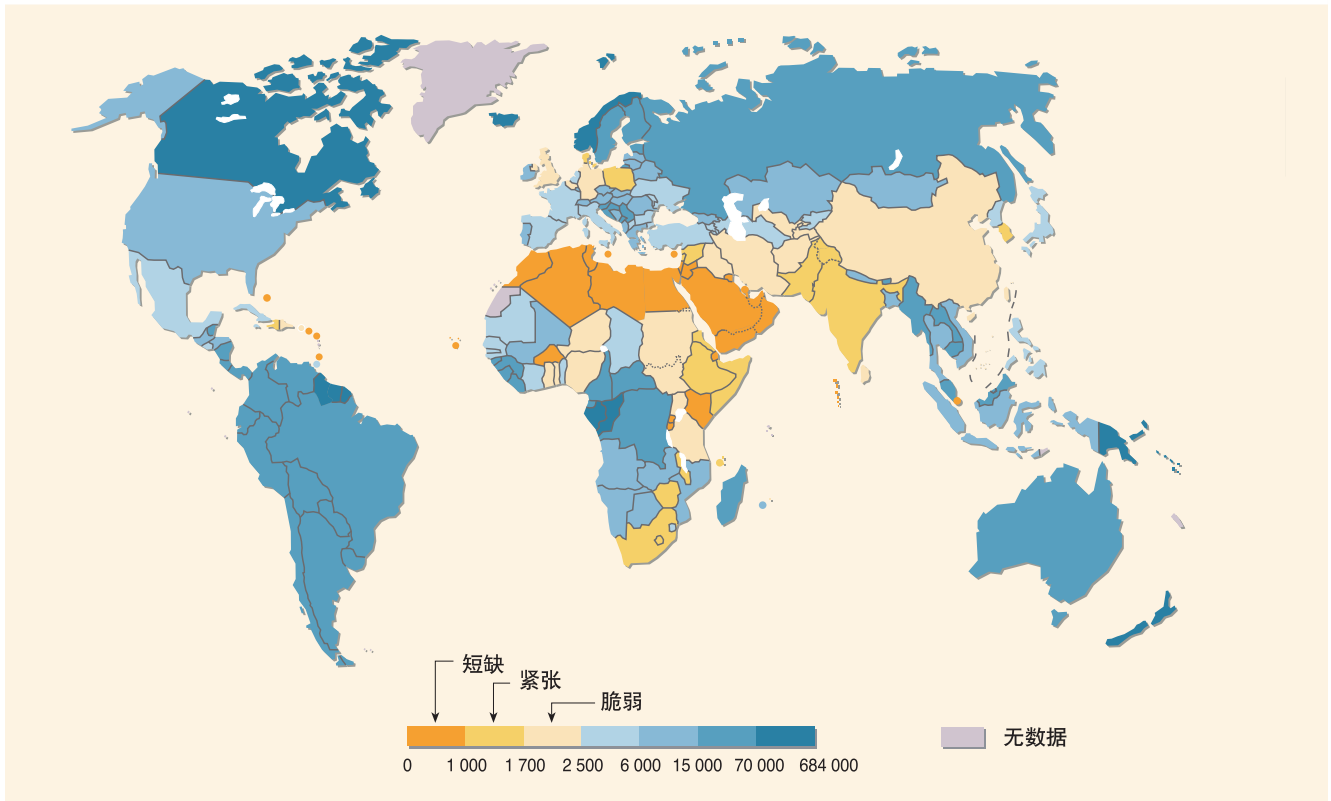
“水文学家一般通过人口与水之间的关系式来判断水短缺程度。当某地区年均供水量降到人均不足 1 700 立方米时，该地区正在承受水紧张；当某地区年均供水量降到人均不足 1 000 立方米时，该地区正在经受水短缺，降到人均不足 500 立方米时，被认为是极度短缺”（联合国水计划，日期不详）（见图 4.8）。

水紧张和水短缺的概念看上去有些相似，但是实际上却并不总是这样。这两个概念代表两种不同的定义，有时很容易混淆。例如，水紧张一词通常用于描述用水量（即从自然的水文系统中抽取的水量）与可用再生水水量之间的比率。因此，用水量与可用再生水水量之间的比值越高，水资源供给系统的紧张程度就越大。

一些研究人员和科研机构通过计算家庭生活、工业和农业用水与降水量、河水流量及地下水蓄水量之间的比值，得出集水区和水域网的水紧张程度。图 4.9 表现了世界各地的水紧张程度，和其他几幅图是连贯一致的（Maplecroft 公司，2011；Smakhtin 等，2003；威

图 4.8

2007年全球年人均可用淡水量 (m³)



资料来源: UNEP/GRID-Arendal (2008) [(<http://maps.grida.no/go/graphic/global-waterstress-and-scarcity>), P. Rekacewicz (制图员)]
(法国《世界外交论衡月刊》源自FAO和WRI)。

立雅水务, 2011), 因为每幅图所用的数据集都是相似或相同的。阿拉伯地区的国家水紧张程度最严重, 中国东部、印度和美国西南部主要地区也是如此。

但是, 按照这一定义, 水紧张程度低并不意味着可以随时获得水资源, 这是目前全世界大多数人面临的一种矛盾。水紧张是一个可用水资源函数, 水短缺同样也是一种函数。因此, 经济型短缺(可用水量并不受资源可用性的限制, 而是受人类、制度和资金等因素的制约, 影响对不同用水人群的水资源分配)是这一矛盾的主体。图 4.10 体现了全球自然型和经济型水短缺。

联合国水计划² 对水短缺的定义如下: 当所有用水户的累计作用对目前体制下的水供应和水质产生明显影响时, 包括环境在内的所有行业的水需求都无法得到全部满足的时候。因此, 水“紧张”是一个自然概念, 水“短缺”

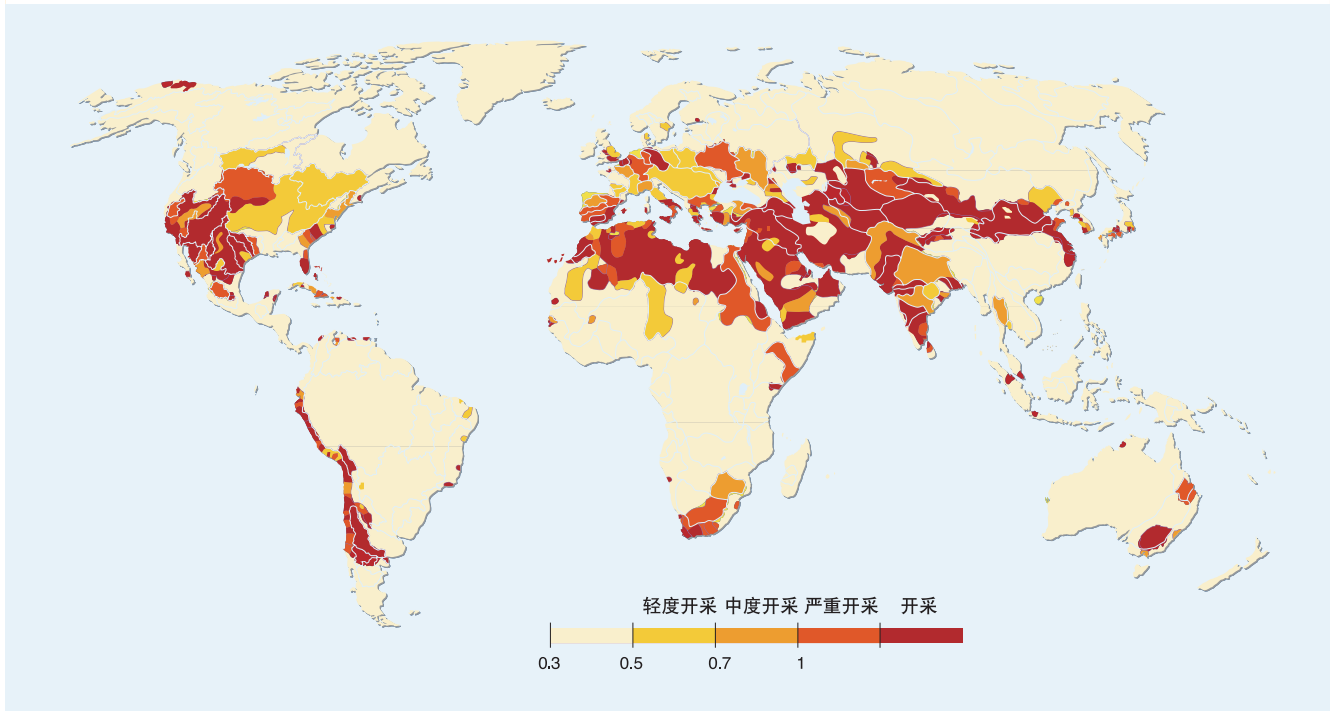
则是在任何一个供应或需求水平上都可能出现的相对概念。“短缺也许是一种社会构成(富裕程度、期望值和行为习惯的产物)或者是供应模式改变(如气候变化)引发的后果”(联合国水计划, 日期不详)。

图 4.9 中, 自然型水短缺的地区与高度水紧张的地区是吻合的。但是, 在中部非洲、印度东北部、南美洲东北部和东南亚等地区, 水紧张程度为中等或较低水平(见图 4.9), 这些地区的水资源短缺纯粹是由体制和经济障碍造成的。

正如第三章中所描述的那样, 作为气候变化的函数, 全世界的淡水资源不但有限, 而且在不同的时间和不同的河流流域会有很大的变化。未来, 气候变化不仅会影响降水模式, 还将影响冰、雪的融化方式, 导致地表水水流量发生剧烈变化。而我们使用的绝大多数淡水资源都来自地表水域。

图 4.9

全球主要流域的水紧张指标 (WSI)

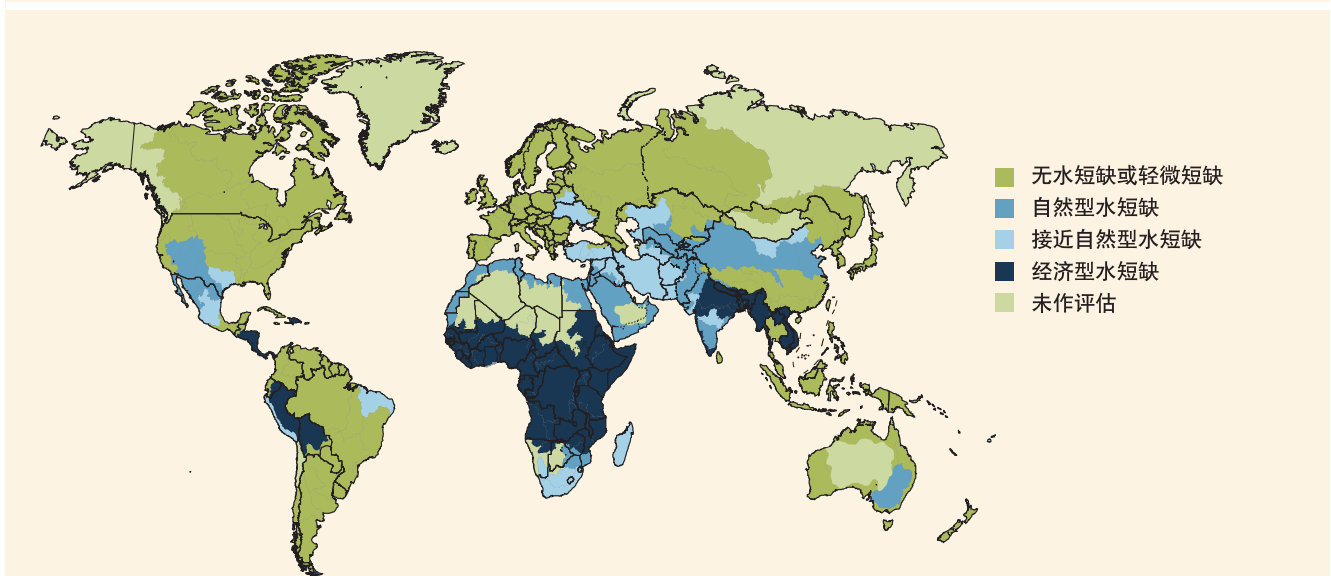


资料来源: UNEP/GRID-Arendal(2008)

[<http://maps.grida.no/go/graphic/water-scarcity-index>, P. Rekacewicz(制图员), 源自Smakhtin, Revenga and Döll(2004)]。

图 4.10

全球自然型和经济型水短缺



定义和指标:

- 无水短缺或轻微短缺。与用水量相比,水资源相对丰富,人类用水量占河流总水量的25%以下。
- 自然型水短缺(水资源发展接近或已经超过了可持续限制)。75%以上的河水被用于农业、工业和家庭生活(构成回流的循环利用)。这一定义将可用水量和用水需求联系在一起,这意味着干旱的地区不一定缺水。
- 接近自然型水短缺。超过60%的河水被抽取。这些流域在不久的将来会经历自然型水短缺。
- 经济型水短缺(尽管某一地区的水资源按自然使用量可以满足当地人的需求,但是该地区可用水总量受人类活动、工业、资金的制约)。与用水量相比,水资源相对丰富,25%以下的河水是用于人类活动的,但是该地区居民中存在营养不良的现象。

资料来源:《农业水资源管理全面评估》(Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture)(2007, 地图2.1, p. 63, © IWMI, <http://www.iwmi.cgiar.org/>)。

|||||

“经济、社会和政治危机已经在加速出现。通常人们喜欢分别描述这些危机，如‘粮食’危机、‘能源’危机、‘金融’危机、‘人类健康’危机，或者‘气候变化’危机等，但这些危机互相关联并互为因果。出现危机的根本原因往往可归结为对少数几种关键（通常是有限的）资源日益激烈争夺的结果，而这几种资源中最常见的便是水资源。”

气候变化模型在不断完善，而且产生了新的信息，但是还需要进一步开展研究，更新我们有关未来潜在气候条件的知识，尤其是地区和流域气候条件的相关知识。此外，水资源十分有限且弥足珍贵，由于水资源的大量使用，世界上的几个主要含水层（尤其是干旱和半干旱地区的含水层）正在干涸。

因此，仅仅依靠增加水资源供给量来满足我们日益增长的用水需求是不大可行的。相反，解决全球（绝大多数地区）水危机的关键在于我们必须更好地管理需求，努力平衡水资源带来的各种效益，并将其最大化。

4.6.2 水作为发展和减少贫困取得平衡的关系纽带

粮食、能源、经济增长的机会、人类及环境健康、预防与水相关的灾害，还包括增加收入和减少贫困这些都是发展的必要组成部分，全都依靠水资源来实现。但是人们常常将这些挑战割裂开来，而不是将其看作是社会经济全局性战略框架的一部分。因此，不同的发展部门之间通常会为争夺其赖以生存的有限水资源相互竞争。在水资源有限的国家和地区，对

某一部门有利的水资源决定往往会给其他部门造成不良影响，某一部门的经济和发展总收益与另一部门的损失最后会相互抵消。

这种情况最终会导致短期、不可持续的决策产生，增加受缺水影响的人口数。气候变化加剧了这一问题（Steer, 2010）。现代经济思维和政策制定创造出的经济与其赖以生存的生态系统很不协调，因此这种经济正濒临崩溃（Brown, 2011）。改变这一现状需要考虑到所有部门和地区（无论是区域性的还是全球性的）现有管理框架下的水资源，通过有一定权限的代表机构来管理。反过来，水资源管理者应该熟悉衡量其干预措施的社会及经济影响的工具。对他们来说，在启动一个项目之前，了解社会背景和现有的权利关系并将其告知决策者非常重要。这一方法将有助于选出最适合该社区的解决方案，而且这一方案从长期来看一定是可持续的。

经济、社会和政治危机已经在加速出现。通常人们喜欢分别描述这些危机，如“粮食”危机、“能源”危机、“金融”危机、“人类健康”危机，或者“气候变化”危机等，但是这些危机互相关联并互为因果。出现危机的根本原因往往可归结为对少数几种关键（通常是有限的）资源日益激烈争夺的结果，而这几种资源中最常见的便是水资源。这些互相关联的危机会对增长和发展前景造成不良影响，对贫困和脆弱地区的负面影响尤为严重。

第一章中阐述的不同国际管理措施，无论是千年发展目标或追求可持续发展的里约+20和“绿色经济”，都没有认识到水资源作为减少贫困和可持续发展关键组成部分所发挥的重要作用。在这些措施中，水资源都被看作是另外一个“部门”，好像是或多或少独立于其他部门之外的“部门”。如果单纯考虑“饮用水和卫生服务”，这种方法看上去是合理的，MDGs中有关饮用水和卫生的实现目标就是如此。提倡对基础设施、水资源政策改革进行投资，以及对弥补全球供水量和用水量之间差距（UNEP, 2011）的新技术进行投资，发展绿色经济时的这些措施看起来也是合理的。但是，

这种一刀切的方法进一步将国家的水资源政策分割为不同部门的政策，每个机构只负责它们各自承担的健康、食物、农业、能源或城市聚落等责任。事实上，水资源的分配最终由制定的政策决定。因此，“水资源政策改革”（如上述绿色经济所要求的）实际上是国家政策广泛的改革，也就是说，将水资源问题纳入所有涉及的政府部门决策中。水资源管理者由此可以将相关进展情况及时通报。

对上述各种全球危机也出现了类似的争论，因为提出的解决方案通常相互割裂，没有或很少考虑水资源的重要性。

过去几年中，人们采用“关系纽带”一词描述社会、经济和（或）环保部门之间相互关联的点。气候变化和能源是极好的例子；在这种情况下，温室气体变成了关系纽带。在农业领域，粮食作物和生物能源作物之间为争夺土

地和水分竞争越来越激烈，从而产生“粮食-能源关系纽带”。认识到水资源的重要作用，管理水-粮食-能源-气候联系关系纽带已经成为分析和讨论的主题。与争夺水资源相关联的生态系统、人类健康和城市化/移民相交，构成一个关系纽带。

虽然不同行业“竞争”水资源可以理解，但水资源带来的所有效益都应服务于可持续发展。水资源有限的地区需要开展某种交换，以便根据不同的用途进行水分配，这样可以最大限度地提高不同的发展部门从水资源中获益所构成的整体回报。这是一个关键的而且十分严峻和复杂的挑战。第十章将重点论述这一挑战，举例说明了有关水资源分配的决定不仅仅是社会决定或道德因素决定的，更是由经济因素决定的，通过这些效益的发挥，投资水利基础设施和管理将产生更大的回报。

注 释

- 1 见 3.1 节关于全球水循环各驱动因素之间遥相关关系的论述。
- 2 见联合国水计划有关 2005—2015 年“生命之水”行动国际十年（International Decade for Action ‘Water for Life, 2005–2015’）的网站，网址：<http://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>。
- 3 UNEP (2011) 界定的 11 个“绿色经济”的关键领域是农业、建筑、城市、能源、渔业、林业、制造业、旅游业、运输、废物处理和水资源。

参考文献

- Adikari, Y. and Yoshitani, J. 2009. *Global Trends in Water-Related Disasters: an Insight for Policymakers*. UN World Water Assessment Programme. Insights. Paris, UNESCO.
- Adjami, A. G., Toe, L., Bissan, Y., Bugri, S., Yaméogo, L., Kone, M., Katholi, C. R. and Unnasch, T. R. 2004. The current status of onchocerciasis in the forest/savanna transition zone of Côte d'Ivoire. *Parasitology*, Vol. 128, No. 4, pp. 407-14.
- Ali, M., Emch, M., Donnay, J. P., Yunus, M. and Sack, R. B. 2002. Identifying environmental risk factors for endemic cholera: a raster GIS approach. *Health & Place*, Vol. 8, pp. 201-10.
- Anderson, D. A., Gilbert, P. M. and Burkholder, J. M. 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, Vol. 25, No. 4b, pp. 704-26.
- Andrews, J. R. and Basu, S. 2011. Transmission dynamics and control of cholera in Haiti: An epidemic model. *The Lancet*, Vol. 377, No. 9773, pp. 1248-1255.
- Ausseil, A., Gerbeaux, P., Chadderton, W. L., Stephens, T., Brown, D. and Leathwick, J. R. 2008. *Wetland Ecosystems of National Importance for Biodiversity: Criteria, Methods and Candidate List of Nationally Important Inland Wetlands*. Contract report LCO708/158. Lincoln, New Zealand, Landcare Research New Zealand Limited/Department of Conservation.
- Bai, Z. G., Dent, D. L., Olsson, L. and Schaepman, M. E. 2008. Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management*, Vol. 24, No. 3, pp. 223-34.
- Barrett, R., Kuzawa, C. W., McDade, T. and Armelagos, G. J. 1998. Emerging and re-emerging infectious diseases: The third epidemiologic transition. *Annual Review of Anthropology*, Vol. 27, pp. 247-271.
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. and Palutikof, J. P. (eds). 2008. *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, IPCC.
- Bouma, M. J. and Pascual, M. 2001. Seasonal and interannual cycles of endemic cholera in Bengal 1891-1940 in relation to

- climate and geography. *Hydrobiologia*, Vol. 460, pp. 147–56.
- Bouwer, L. M. 2011. Have disaster losses increased due to anthropogenic climate change? *American Meteorological Society*, Vol. 92, No. 6, pp. 39–46.
- Bradley, D. J. and Bos, R. 2010. Water storage: Health risks at different scales. J. Lundqvist. (ed.) *On the Water Front: Selecting from the 2009 World Water Week in Stockholm*. Stockholm, Stockholm International Water Institute (SIWI).
- Brandling-Bennett, D., Libel, M. and Miglionió, A. 1994. *El cólera en las Américas en 1991*. Notas de población, No. 60, LC/DEM/G.149. Santiago, Latin American and Caribbean Demographic Center (CELADE).
- Brown, C. and Lall, U. 2006. Water and economic development: The role of interannual variability and a framework for resilience. *Natural Resources Forum*, Vol. 30, No 4, pp. 306–317.
- Brown, L. R. 2006. *Restoring the Earth: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble*. New York, W.W. Norton & Company.
- . 2011. *World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse*. Washington DC, Earth Policy Institute.
- Butchart, S. H. M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J. P. W., Almond, R. E. A., Baillie, J. E. M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K. E., Carr, G. M., Chanson, J., Chenery, A. M., Csirke, J., Davidson, N. C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J. N., Genovesi, P., Gregory, R. D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J. F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M. A., McRae, L., Minasyan, A., Morcillo, M. H., Oldfield, T. E. E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J. R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S. N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T. D., Vie, J. C. and Watson, R. 2010. Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science*, Vol. 328, pp. 1164–1168.
- Carles, A. 2009. *Water Resources in Sub-Saharan Africa*. Peace with Water, 12–13 February 2009, European Parliament, Brussels. http://www.theworldpoliticalforum.net/wp-content/uploads/wpf2009/02_peace_with_water_brussels/doc/report_africa_eng.pdf
- CBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). 2010a. *Global Biodiversity Outlook 3*. Montreal, Canada, CBD. <http://gbo3.cbd.int/>
- . 2010b. *In-Depth Review of the Programme of Work on the Biological Diversity of Inland Water Ecosystems*. Paper presented at the 14th meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice, Nairobi, 10–21 May 2010. <http://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-14/official/sbstta-14-03-en.doc>
- Chapagain, A. K. and Orr, S. 2008. *UK Water Footprint: The Impact of the UK's Food and Fibre Consumption on Global Water Resources. Volume 1*. Godalming, UK, World Wide Fund for Nature (WWF).
- Climate Institute. 2009. Website. Washington DC, Climate Institute. <http://www.climate.org/topics/water.html>
- Colwell, R. R. 1996. Global climate and infectious disease: The cholera paradigm. *Science*, Vol. 274, pp. 2025–31.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London/Colombo, Earthscan/International Water Management Institute (IWMI).
- Constantin de Magny, G., Guégan, J. F., Petit, M. and B. Cazelles, B. 2007. Regional-scale climate-variability synchrony of cholera epidemics in West Africa. *BMC Infect. Dis.*, Vol. 7, No. 20.
- Cyranoski, D. 2009. Putting China's wetlands on the map. *Nature*, Vol. 458, p. 134. Dimitrijevic, A. 2007. *Mainstreaming Gender into Disaster Recovery and Reconstruction*. Washington DC, The World Bank.
- Drechsel, P., Scott, C. A., Raschid-Sally, L., Redwood, M. and Bahri, A. (eds). 2010. *Wastewater Irrigation and Health*. London, Earthscan.
- EC (European Commission). 2007. *Water Scarcity and Droughts*. Second Interim Report, June 2007. Brussels, EC. http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/comm_droughts/2nd_int_report.pdf
- Erlanger, T. E., Keiser, J., Caldas De Castro, M., Bos, R., Singer, B. H., Tanner, M. and Utzinger, J. 2005. Effect of water resource development and management on lymphatic filariasis, and estimates of populations at risk. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* Vol. 73, No. 3, pp. 523–33.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2008. *Sustainable Land Management*. Rome, FAO. http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd16/documents/fao_factsheet/land.pdf
- GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2007. *Mozambique: Early Warning System Protects Effectively Against Natural Disasters*. Eschborn, Germany, GIZ.
- Granéli, E. and Turner, J. T. (eds) 2006. *Ecology of Harmful Algae*. Ecological Studies 189. Berlin/Heidelberg, Germany, Springer-Verlag.
- Hellmuth, M. E., Mason, S. J., van Aalst, M. K., Vaughan, C. and Choularton, R. (eds). 2011. *A Better Climate for Disaster Risk Management*. Climate and Society No. 3. New York, Columbia University, International Research Institute for Climate and Society (IRI).
- Hellmuth M. E., Osgood, D. E., Hess, U., Moorhead, A. and Bhojwani, H. 2009. *Index Insurance and Climate Risk: Prospects for Development and Disaster Management*. Climate and Society No. 2. New York, Columbia University, International Research Institute for Climate and Society (IRI).
- Huq, A., Xu, B., Chowdhury, A. R., Islam, M.S., Montilla, R. and Colwell, R. R. 1996. A simple filtration method to remove plankton-associated *Vibrio Cholerae* in raw water supplies in developing countries. *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 62, No. 7, pp. 2508–12.
- ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 2008. *Climate Change and Desertification Put One Billion Poor People at Risk*. Hyderabad, India, ICRISAT. <http://www.icrisat.org/Media/2007/media14.htm>
- IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies). 2009. *World Disasters Report 2009: Focus on Early Warning, Early Action*. Geneva, IFRC.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007.

- Fourth Assessment Report. Geneva, IPCC.
- Jiang, Z., Zengh, Q. S., Wang, X. F. and Hua, Z. H. 1997. Influence of livestock husbandry on schistosomiasis transmission in mountainous regions of Yunnan Province. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, Vol. 28, No. 2, pp. 291-5.
- Keiser, J., Caldas de Castro, M., Maltese, M. F., Bos, R., Tanner, M., Singer, B. H. and Utzinger, J. 2005a. Effect of irrigation and large dams on the burden of malaria on a global and regional scale. *American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 72, No. 4, pp. 392-406.
- Keiser, J., Maltese, M. F., Erlanger, T. E., Bos, R., Tanner, M., Singer, B. H. and Utzinger, J. 2005b. Effect of irrigated rice agriculture on Japanese encephalitis, including challenges and opportunities for integrated vector management. *Acta Tropica*, Vol. 95, No. 1, pp. 40-57.
- Koelle, K., Rodo, X., Pascual, M., Yunus, M. and Mostafa, G. 2005. Refractory periods and climate forcing in cholera dynamics. *Nature*, Vol. 436, pp. 696-700.
- Kroeger, A., Lenhart, A., Ochoa, M., Villegas, E., Levy, M., Alexander, N. and McCall, P. J. 2006. Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: Cluster randomised trials. *BMJ*, Vol. 332, pp. 1247-52.
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhube, H. J. 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS*, Vol. 105, No. 6, pp. 1786-93.
- Lewis S. L., Brando, P. M., Phillips, O. L., van der Heijden, G. M. F. and Nepstad, D. 2011. The 2010 Amazon Drought. *Science*, Vol. 331, p. 554.
- Lipp, E. K., Huq, A. and Colwell, R. R. 2002. Effects of global climate on infectious disease: The cholera model. *Clin. Microbiol. Rev.*, doi:10.1128/CMR.15.4.757-770.2002
- Maplecroft. 2011. *Maplecroft Global Water Stress Index*. Bath, UK, Maplecroft. http://maplecroft.com/about/news/water_stress_index.html
- Mariappan, T. 2008. *A Comprehensive Plan for Controlling Dengue Vectors in Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia*. Pondicherry, India, Vector Control Research Centre.
- Mariappan, T., Srinivasan, R. and Jambulingam, P. 2008 Defective rainwater harvesting structure and dengue vector productivity compared with peridomestic habitats in a coastal town in Southern India. *J. Med. Entomol.*, Vol. 45, 148-56.
- Martin, S. F., Fagen, P. W., Poole, A. and Karim, S. 2006. *Philanthropic Grant-making for Disaster Management: Trend Analysis and Recommended Improvements*. Washington DC, Georgetown University, Institute for the Study of International Migration.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005a. *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands And Water Synthesis*. World Resources Institute (WRI), Washington DC.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005b. *Living Beyond Our Means. Natural Assets and Human Well-Being: Synthesis from the Board*. World Resources Institute (WRI), Washington DC. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.429.aspx.pdf>
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005c. *Ecosystems and Human Well-Being: Desertification Synthesis*. World Resources Institute (WRI), Washington DC.
- Molden, D. 2009. Planetary boundaries: The devil is in the detail. *Nature Reports Climate Change*, 910: 116. <http://www.nature.com/climate/2009/0910/full/climate.2009.97.html>
- Molyneux, D. H., Ostfeld, R. S., Bernstein, A. and Chivian, E. 2008. Ecosystem disturbance, biodiversity loss, and human infectious disease. E. Chivian and A. Bernstein (eds) *Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity*. Oxford/New York, Oxford University Press, pp. 287-323.
- Morrison, J., Morikawa, M., Murphy, M. and Schulte, P. 2009. *Water Scarcity and Climate Change: Growing Risk for Businesses and Investors*. Boston, MA, Ceres. http://www.pacinst.org/reports/business_water_climate/full_report.pdf
- Myers, S. S. and Patz, J. A. 2009. Emerging threats to human health from global environmental change. *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 34, No. 1, pp. 223-52.
- Nachtergaele, F., Petri, M., Biancalani, R., Van Lynden, G. and Van Velthuisen, H. 2010. *Global Land Degradation Information System (GLADIS): Beta Version. An Information Database for Land Degradation Assessment at Global Level*. Land Degradation Assessment in Drylands Technical Report No. 17. Rome, FAO.
- Natarajan, G. 2007. Water scarcity is a real threat. *Financial Express*. Dehli, Indian Express. <http://www.financialexpress.com/news/water-scarcity-is-a-real-threat/205820/>
- Neumayer, E. and Plümpner, T. 2007. The gendered nature of natural disasters: The impact of catastrophic events on the gender gap in life expectancy, 1981-2002. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 97, No. 3, pp. 551-66.
- Nkem J., Oswald, D., Kudejira, D. and Kanninen, M. 2009. *Counting on Forests and Accounting for Forest Contributions in National Climate Change Actions*. Working Paper 47. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Nguyen, L. A. P., Clements, A. C. A., Jeffrey, J. A. L., Yen, N. T., Nam, V. S., Vaughan, G. V., Shinkfield, R., Kutcher, S. C., Gatton, M. L., Kay, B. H. and Ryan, P. A. 2011. Abundance and prevalence of *Aedes Aegypti* immatures and relationships with household water storage in rural areas of Southern Viet Nam. *International Health*, Vol. 3, No. 2, pp. 115-25.
- Nygård, K., Andersson, Y., Røttingen, J. A., Svensson, Å., Lindbäck, J., Kistemann, T. and Giesecke, J. 2004. Association between environmental risk factors and campylobacter infections in Sweden. *Epidemiology and Infection*, Vol. 132, pp. 317-25.
- Oxfam International. 2005. *The Tsunami's Impact on Women*. Briefing Note. Oxford, UK, Oxfam. http://www.oxfam.org.uk/what_we_do/issues/conflict_disasters/downloads/bn_tsunami_women.pdf
- . 2007. *Climate Alarm – Disasters Increase as Climate Change Bites*. Briefing Paper. Oxford, UK, Oxfam. http://www.oxfam.org.uk/resources/policy/climate_change/downloads/bp108_weather_alert.pdf

- PAHO (Pan American Health Organization). 2000. *Natural Disasters: Protecting the Public's Health*. Scientific Publication No. 575. Washington DC, PAHO.
- Pandey, S. Bhandari, H. and Hardy, B. (eds) 2007. *Economic Costs of Drought and Rice Farmers' Coping Mechanisms*. International Rice Research Institute. <http://www.philjol.info/index.php/IRRN/article/viewFile/1078/971>
- Pascual, M., Rodo, X., Ellner, S. P., Colwell, R. and Bourna, M. J. 2000. Cholera dynamics and El Niño-Southern Oscillation. *Science*, Vol. 289, pp. 1766–9.
- Patterson, K. A. 2009. Case for integrating groundwater and surface water management. D. Michel and A. Pandya (eds) *Climate Change, Hydropolitics, and Transboundary Resources*. Washington DC, Henry L. Stimson Center, pp. 63–72.
- Piehler, M. F. 2008. Watershed management strategies to prevent and control cyanobacterial harmful algal blooms. H. K. Hudnell (ed.) *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs*. (Advances in Experimental Medicine and Biology, Vol. 619). New York, Springer, pp. 259–73.
- Prüss, A. and Mariotti, S. 2000. Preventing trachoma through environmental sanitation: a review of the evidence base. *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 78, pp. 258–266.
- Rejmánková, E., Grieco, J., Achee, N., Masuoka, P., Pope, K., Robert, D. and Higashi, R. M. 2006. Freshwater community interactions and malaria. S.K. Collinge and C. Ray (eds) *Disease Ecology: Community Structure and Pathogen Dynamics*. Oxford, Oxford University Press, pp. 90–105.
- Rockström J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J.A. 2009a. A safe operating space for humanity. *Nature*, Vol. 461, pp. 472–5.
- . 2009b. Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, Vol. 14, No. 2, p. 32.
- Rodo, X., Pascual, M., Fuchs, G. and Faruque, A. S. 2002. Enso and cholera: a nonstationary link related to climate change? *Proc Natl Acad Sci USA*, Vol. 99, pp. 12901–6.
- Rogers, A. (ed). 1995. *Taking Action: An Environmental Guide for You and Your Community*. Nairobi, UNEP and the United Nations Non-Governmental Liaison Service. <http://www.nyo.unep.org/action/Text/TOC-t.htm>
- Seng, C. M., Setha, T., Nealon, J., Chantha, N., Socheat, D. and Nathan, M. B. 2008. The effect of long-lasting insecticidal water container covers on field populations of *Aedes Aegypti* (L.) Mosquitoes in Cambodia. *Journal of Vector Ecology*, Vol. 33, No. 2, pp. 333–41.
- SIWI (Stockholm International Water Institute). 2009. *Resilience: Going from Conventional to Adaptive Freshwater Management for Human and Ecosystem Compatibility*. Swedish Water House Policy Brief No. 3, Stockholm, SIWI. http://www.sivi.org/documents/Resources/Policy_Briefs/PB3_Resilience_2005.pdf
- Smakhtin, V. U., Revenga, C., Döll, P. and Tharme, R. 2003. *Putting the Water Requirements of Freshwater Ecosystems into the Global Picture of Water Resource Assessment*. Washington DC, WRI (World Resources Institute). http://earthtrends.wri.org/features/view_feature.php?fid=38&theme=2
- Speelman, E. C., Checkley, W., Gilman, R. H., Patz, J., Calderon, M. and Manga, S. 2000. Cholera incidence and El Niño-related higher ambient temperature. *JAMA*, Vol. 283, pp. 3072–4.
- Steer, A. 2010. *From the Pump Room to the Board Room: Water's Central Role in Climate Change Adaptation*. Washington DC, The World Bank. http://www.d4wcc.org.mx/images/documentos/Presentaciones/andrew_steer_keynote_presentation_water_event_december_2_final.pdf (Accessed 23 April 2011.)
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2009. Website. Geneva, United Nations Environment Programme (UNEP). <http://www.teebweb.org> (Accessed 26 January 2011.)
- Thomson M. C., Doblaz-Reyes, F. J., Mason, S. J., Hagedorn, R., Connor, S.J., Phindela, T., Morse, A. P. and Palmer, T. N. 2006. Malaria early warnings based on seasonal climate forecasts from multi-model ensembles. *Nature*, Vol. 439, pp. 576–9.
- Trench, P., Rowley, J., Diarra, M., Sano, F. and Keita, B. 2007. *Beyond Any Drought. Root causes of chronic vulnerability in the Sahel*. Sahel Working Group. London, International Institute for Environment and Development.
- UN (United Nations). 2011. *United Nations Secretary General Report to the 66th General Assembly on the Implementation of the International Strategy for Disaster Reduction*. New York, UN.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2007. *Global Environment Outlook 4*. Nairobi, UNEP.
- . 2008. *Africa: Atlas of Our Changing Environment*. Nairobi, UNEP. <http://www.unep.org/dewa/Africa/AfricaAtlas>
- . 2011. *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. Nairobi, UNEP. <http://www.unep.org/greeneconomy> (Accessed 6 May 2011.)
- UNEP/GRID-Arendal. 2008. *Vital Water Graphics. An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters* (2nd edn). Nairobi, UNEP. <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article48.html>
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat). 2009. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction – Risk and Poverty in a Changing Climate. Invest Today for a Safer Tomorrow*. New York, UNISDR. http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/documents/GAR_Chapter_2_2009_eng.pdf
- . 2011. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Geneva, UNISDR.
- United Nations University (UNU). 2004. *Two Billion People Vulnerable to Floods by 2050: Number Expected to Double or More in Two Generations*. News Release. Tokyo, Japan, UNU.

- UNOCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs). 2011. *Eastern Africa Drought Humanitarian Report*. UNOCHA. <http://reliefweb.int/home>
- UN-Water (n.d.). International Decade for Action (UN-IDA): Water for Life, 2005–2015. Website. Zaragoza, Spain, UN-Water/UN-IDA. <http://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- USAID (US Agency for International Development). 2011. *Haiti - Earthquake and Cholera*. Fact Sheet 3, Fiscal Year 2011, 15 April, 2011. Washington DC, USAID.
- Van Dolah, F. M., Roelke, D. and Greene, R. M. 2001. Health and ecological impacts of harmful Aagal blooms: risk assessment needs. *Human and Ecological Risk Assessment*, Vol. 7, No. 5, pp. 1329–45.
- Veolia Water. 2011. *Finding the Blue Path for a Sustainable Economy*. White paper. Veolia Water/International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Vörösmarty C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C. and Davies, P. M. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, Vol. 467, pp. 555–61.
- Walsh, J. F., Molyneux, D. H. and Birley, M. H. 1993. Deforestation: Effects on vector-borne disease. *Parasitology*, Vol. 106, Suppl.: S55–75.
- WHA (World Health Assembly). 2011a. *Cholera: Mechanism for Control and Prevention*. 64th World Health Assembly, WHA64.15 Agenda item 13.9, 24 May 2011. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA64/A64_R15-en.pdf
- . 2011b. *Drinking-Water, Sanitation and Health*. 64th World Health Assembly, WHA64.24 Agenda item 13.15, 24 May 2011. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA64/A64_R24-en.pdf
- WHO (World Health Organization). 2007. *Our Cities, Our Health, Our Future: Acting on Social Determinants for Health Equity in Urban Settings*. Report to the WHO Commission on Social Determinants of Health from the Knowledge Network on Urban Settings. Kobe City, Japan. Geneva, WHO.
- . 2008. *The Global Burden of Disease: 2004 Update*. Geneva, WHO.
- . 2010a. Cholera, 2009. *Weekly Epidemiological Record*, Vol. 85, No. 31, pp. 293–308. Geneva, WHO.
- . 2010b. *Haiti: Cholera Response Update*. 13 December 2010. Geneva, WHO.
- . 2011a. Cholera, 2010. *Weekly Epidemiological Record*, Vol. 86, No. 31, pp. 325–340. Geneva, WHO. <http://www.who.int/wer/2011/wer8631.pdf>
- . 2011b. *Guidelines for Drinking-Water Quality* (4th edn). Geneva, WHO.
- . 2011c. *Water Safety in Buildings*. Geneva, WHO.
- WHO/DFID (UK Department for International Development). 2009. *Vision 2030: The Resilience of Water Supply and Sanitation in the Face of Climate Change*. Geneva/London, WHO/DFID.
- WHO/IWA (International Water Association). 2009. *Water Safety Plan Manual: Step-by-Step Risk Management for Drinking-Water Suppliers*. Geneva/London, WHO/IWA.
- WHO/UNICEF. 2009. *Water, Sanitation and Hygiene Standards for Schools in Low-Cost Settings*. Geneva/New York, WHO/UNICEF.
- . 2011. *Post-2015 Monitoring of Water and Sanitation*. Report of a first WHO/UNICEF Consultation. (Berlin, 3–5 May 2011). Geneva/New York, WHO/UNICEF.
- WHO/UN-Water. 2010. *GLAAS 2010: UN-Water Global Annual Assessment of Sanitation and Drinking-Water*. Geneva, WHO.
- Wilson, M. D., Cheke, R. A., Flasse, S. P., Grist, S., Osei-Ateweneboana, M. Y., Tetteh-Kumah, A., Fiasorgbor, G. K., Jolliffe, F. R., Boakye, D. A., Hougard, J. M., Yameogo, L. and Post, R. J. 2002. Deforestation and the spatio-temporal distribution of savannah and forest members of the Simulium Damnosum Complex in Southern Ghana and South-Western Togo. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 96, No. 6, pp. 632–9.
- World Bank. 2004. *Natural Disasters: Counting the Costs*. Washington DC, The World Bank.
- . 2010a. *Assessment of the Risk of Amazon Dieback. Main Report*. Washington DC, The World Bank.
- . 2010b. *Natural Hazards, UnNatural Disasters, The Economics of Effective Prevention*. Washington DC, The World Bank/International Bank for Reconstruction and Development (IBRD).
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2006. *World Water Development Report 2: Water: A Shared Responsibility*. Paris/New York, UNESCO/Berghahn Books.
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2009. *World Water Development Report 3: Water in A Changing World*. Paris/London, UNESCO/Earthscan.
- WWF (World Wide Fund for Nature). 2010. *Living Planet Report 2010: Biodiversity, Biocapacity and Development*. Gland, Switzerland, WWF. http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report
- Xu, H., Tang, X., Liu, J., Ding, H., Wu, J., Zhang, M., Yang, Q., Cai, L., Zhao, H. and Liu, Y. 2009. China's progress toward the significant reduction of the rate of biodiversity loss. *BioScience*, Vol. 59, No. 10, pp. 843–52.
- Zhou, X. N., Yang, G. J., Yang, K., Wang, X. H., Hong, Q. B., Sun, L. P., Malone, J. B., Kristensen, T. K., Bergquist, N. R. and Utzinger, J. 2008. Potential impact of climate change on schistosomiasis transmission in China. *American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 78, No. 2, pp. 188–94.

第五章

水管理、机构和能力建设

作者：理查德·康纳、帕德里克·克林顿伯格、安东尼·特顿、詹姆斯·温佩尼

供稿：杰仁·阿尔斯、丹尼尔·洛克斯、克里斯·帕利、沃尔特·拉斯特、乔斯·蒂默曼





如前四章所述，水作为发展的核心要素，对社会经济各部门具有决定性作用。因此，人类管理水的方式对于公众和社会的繁荣发展至关重要。然而，即便在水利专家的口中，“水管理”这一术语也常常被赋予多种含义，而且经常被误用。那么，这一术语的含义究竟是什么？是保护和管理自然资源，提供与水相关的各种服务，还是在不确定需求日益增多的情况下，为了满足水分配和权利协议所规定的要求，而把（有时是有限的）资源分配给各类纷繁复杂、相互关联的用途？最简单的答案是：除了上述所有内容外，还包括更广泛的含义。

前几版《世界水发展报告》(WWDR)呼吁以可持续、改良和综合的方式管理水资源。以上这些概念，包括适应性管理，在第四版《世界水资源报告》中也被反复强调，如第七章“区域挑战与全球影响”、第十章“低估水资源价值使未来充满不确定性”、第十一章“改革水管理机构、提高应变能力”以及第十三章“应对水管理的风险和不确定性”。

在前几版《世界水发展报告》已涉及的水管理问题基础上，本章首先对水管理的含义进行描述，包括简短回顾过去 100 年中部分地区水管理方式的演变，以及这些方式将如何继续发生变化，以应对日益突显的不确定因素和随之而来的风险（在第十一章中将继续展开讨论）。此外，本章还对涉水机构进行整体回顾，正是这些机构确定了水管理的“游戏规则”，同时罗列了这些机构在未知的将来将要面临的挑战。本章的结论部分重点强调了知识和能力在确保机构有效性方面的重要性。

除 5.1 节之外，本章均取材于第二卷（第三部分）有关挑战部分的内容，即“水状况和体制转变：应对眼下和未来的不确定性”（第二十五章）以及“储备知识和能力”（第二十六章）。

5.1 水管理的缘由

水是难以控制的资源，流经不同的国家和多样的地貌，具有空间和时间上的流动性。万物均受益于水，但几乎无人真正知晓水该如何管理。水管理并不是简单的技术问题，而是综合了对政策、价格及其他激励措施所做出的调整，还包括对基础设施和实体装置的规划。水资源综合管理（IWRM）着重强调跨越行业、政策和体制的界限进行水资源一体化管理的必要性。

水管理受不确定性程度高低的影响。由于全球人口、消费方式、移民及气候的变化，这些不确定性始终处于变动之中，导致风险不断升级（见第八章和第九章）。在适应不确定性的基础上制定策略，减轻不断出现的风险，可使水管理政策、体制和规章更具灵活性，从而为社会创造更多效益。适应性水管理致力于以更加灵活的管理过程应对不确定性，并且将涉水界的决策者们列入其内，但目前这些决策者们尚未积极参与到水管理的过程中。由此，适应性水管理与水资源综合管理紧密联系起来。

5.1.1 水管理系统的特征

在时间和空间上，水的运动和水文循环相一致，因此，“水管理”这一术语涵盖多种活动和多门学科。从广义上来讲可分为三大类：管理资源、管理水服务和和管理冲突的用水需求以实现供需平衡。水资源管理则是对河流、湖泊和地下水的管理。它包括水的分配、评估和污染控制，水生态系统以及水质保护，可以再分配和存储水资源的自然及人工基础设施以及地下水补给。水服务管理涵盖了对一个完整用水过程的管理：从水供应商到水处理，以及满足最终用户需求；再对废水进行回收，通过管网流回废水处理厂进行处理以便可以安全排放。管理冲突的用水需求则牵涉一系列行政行为，这些行为在符合广泛社会经济利益条件下促使水分配和权利达成一致。虽然上述各项活动有着各自的诉求，但正是它们的组合构成了

水管理。

水管理具有独特性。它几乎涉及人类福祉的各个方面，与社会经济发展、安全、人类健康、环境，甚至文化和宗教信仰息息相关（Dalcanale 等，2011）。例如，世界上无论是发达国家还是发展中国家，面对罕见和极端洪水事件都无一例外地变得十分脆弱。以下灾难事件足可以给以说明：2005年，美国南部遭受卡特里娜飓风的严重破坏；2010年，巴基斯坦被大规模洪水所侵袭；过去十年间，海啸引发的内涝使东南亚许多地区遭受重创。虽然不甚显著，但干旱同样带来灾难性的后果，如2011年非洲之角经历的干旱（庄稼歉收危及到上万人口的生命）；还有慢性灾害同样让人岌岌可危：咸海面积的不断缩小已经影响了许多人的生活；从南非多处矿区排出有毒酸性液体（Coetzee, 1995; Coetzee 等, 2006; Hobbs 等, 2008; Winde, 2009; Winde 和 van der Walt, 2004)；供水匮乏和卫生设施短缺在世界许多地区引发多种疾病并造成人员死亡。然而，社会经济发展依赖于可利用水资源；正因如此，支撑社会经济发展便成了水的功能之一。当今世界，人类对于水这种相对有限却具有可再生潜力资源的需求日益增长；因此，合理的水管理方式对于人类社会至关重要。

20世纪的水管理主要表现为大型基础设施建设，如大坝和河流引水工程（WCD, 2000）。有些作者称之为“刚性措施”（Wolff 和 Gleick, 2002），也有人称之为经济发展阶段的“水利使命”（如 Allan, 2000）。人们建造这些工程的目的是应对水资源缺乏和过多的状况，如建造人工蓄水设施（大坝）或者开发自然资源（地下含水层的水资源储备和补给）不但能在缺水时期蓄水，还可在洪涝时期控制其破坏力。迄今为止，人类发展的历程并没有控制在自然承受能力范围之内；由于社会经济不断发展，包括农业生产、城市化和工业化进程在内的人类活动规模不断扩大，在很多地区对水资源的需求已大大超出其承载能力，自然会导致用水需求的冲突。于是，对平衡这种此消彼长

关系的管理诉求便随之产生。全球水资源都面临匮乏的巨大压力，地下水现状尤为堪忧。由于钻井和提水技术的改进，地下水开采量激增，导致许多国家地下水量骤减（见第三章）。全球正进入一个新的时期：水资源的有限性正在制约未来经济的增长和发展。若不认真加以管理，即使是可再生的水资源也无法满足人类的需求（Patterson, 2009）。



“世界正进入一个新的时期：即有限的水资源正在制约未来经济的增长与发展。”

20 世纪以建造大坝为显著特征，随着工程设计水平逐步提高，高质量的钢筋混凝土得以应用。这个做法我们可称之为“基础设施法”，它是“刚性措施”或“水利使命”的组成部分。这个时期的人们相信，仅凭建设硬件设施便可满足人类对水的各种需求（Allan, 2000）。随着时间的推移，硬件基础设施建设的弊端开始逐一显现（Snaddon 等, 1999）。例如在荷兰，人们意识到持续加高堤坝最终将难以为继。于是，新的方法应运而生，这种新方法重视自然水文条件，并承认硬件设施建设所带来的效益是有限的（van Stokkom 等, 2005）。经验告诉我们，如今的跨流域调水（Snaddon 等, 1999）等干涉自然的行为已导致水文状况特别是自然洪水节奏（Junk 等, 1989；Puckridge 等, 1993）发生重大异变，引发了意想不到的后果，这被称之为“复仇效应”（Tenner, 1996）。这些效应包括生态系统特别是湿地的退化。如果湿地不被破坏，将会为人类“维持城乡地区的基本生活水平”提供各种效益（Emerton 和 Bos, 2004, p. 20）。在保持供水质量和数量方面，自然生态系统如森林和湿地可产生重要的经济效益。此外，它们还能缓解和防止其他与水有关的灾害，如洪水和干旱（Emerton 和 Bos, 2004）。

如今的水管理者不得不应对更加复杂的局面。其职责包括管理易变的、不确定的供水以满足快速变化和不确定性的需求；平衡持续变化的生态、经济和社会价值；面对高风险和愈来愈多的未知因素；有时还要随时应对可能发生的事件和趋势。简而言之，水管理越来越重视风险和不确定性；不断出现的驱动因素和影响因素常常超出传统水管辖范畴。此外，全球共有 276 个跨界流域，占据地球表面近一半的面积（Bakker, 2007；De Stefano 等, 2010；美国俄勒冈州立大学、美国俄亥俄州立大学、俄克拉何马州立大学，日期不详，2008 年数据）；大约有 273 个跨界地下含水层（Puri 和 Aureli, 2009），关乎多国的国民经济发展。在这种大环境下，要实现对水资源进行有效管理，跨界协调势在必行。

因此，水管理不单纯是技术问题，要以细化但全面综合的方式实现目标。20 世纪，水管理的重点放在了传统的工程措施上，即修建水利工程来“驯服”或“控制”水。如今，由于不确定因素愈来愈多，那些在水利工程建设方面已取得重大进展的国家需要更多关注非工程措施来应对工程设施破坏水文系统所带来的弊端。我们可以这样认为，正在兴起的 21 世纪水管理愈来愈多地关注“软件设施”，最明显的表现是，管理水的供需平衡更多地依赖体制、政策、立法以及用水户之间的交流沟通（见第十一章）。有些作者称之为“柔性措施”（Brooks 等, 2009；Wolff 和 Gleick, 2002）。通过数十年的基础设施建设，发达国家已获益良多，他们如今面临的最大的挑战是如何将柔性策略纳入当下的水管理框架中。然而，大多数发展中国家仍处于水利基础设施建设的初级阶段，这些国家面临的挑战在于如何刚柔并济，在两种措施之间取得平衡，将两者效益最大化，同时将成本和风险降到最低。

通过基础设施开发进行水管理

通常情况下，水管理硬件措施侧重于建设蓄水、调水、水处理、防洪以及调度和传送（分配和收集）系统、水电站、地下水井和水

泵等设施，主要目的是寻求额外的水供给。通常根据流量、阶段和需求的历史记录对未来或重现期（频率）的各个数值进行预测，从而设计工程容量。目前，一些国家正在大力兴建水利设施，对时常紧缺的水资源加以利用，比如灌溉、居民生活和工业用水，有时还包括生态用水。其他国家则花费大量的精力保护不断增长的人口免受洪水的侵害；还有一些国家出于提高环境和生态系统服务功能及相关效益的目的，对一些硬件设施进行拆除或改造。

硬件基础设施法会因维持水利设施性能和延长其寿命而产生较高的成本，且设施性能会随着时间的推移逐渐下降。有些国家由于经济性缺水仍然需要大规模建造硬件设施（见 4.6 节），因为这类措施所带来的社会和经济效益大大超出其发生的成本。但为降低硬件措施所带来的预料之外的不良后果可能需要付出高昂的代价。因此，我们在面临不确定性带来诸多困扰的同时，必须作好长期规划。为平衡硬件措施对生态系统的不良影响及其潜在效益之间的关系，应重视利益相关方的参与。尽管这种方式更加民主，但是这对政治领导和管理体系提出了更高的要求，有时还可能会推迟工程实施，因此也并非完全没有风险。

尽管水需求管理可大大降低对水的需求量，并将始终是健全管理的重要组成部分（见第十一章），但考虑到社会经济发展和气候变化等因素，全球对水的需求将只增不减。新开发的蓄水设施有助于在克服硬件设施弊端的同时保持其优势的发挥。因此，通过使用“绿色”基础设施（如湿地）和对自然影响较小的大坝与自然实现“合作”的前景十分乐观（Wolff 和 Gleick, 2002）。例如，在城市路面使用透水表面涂层而非混凝土可在减轻雨水溢流的同时改善城市生态系统；然而，采用这种措施的决策权通常不属于水管理部门。一旦认识到需要新型水利硬件设施来保障粮食、能源和防洪安全，提高蓄水能力以适应气候变化，我们就应将该措施应用到规划乃至实施等各个阶段。这要求所用的硬件基础设施，无论是农

业、城市还是工业用水设施，都要进行新建和升级。这势必增加水管理的复杂性，因为更广泛的参与者和参考意见将被纳入到决策过程中。也就是说，风险性和脆弱性不断升级是水管理系统的内在属性。

21 世纪的水管理：一系列柔性措施的涌现

为应对硬件设施建设带来的弊端，我们逐渐转向了政策措施，重点依托体制改革、采取刺激性措施和行为改变（见第十一章）。此类方法旨在通过吸收传统水领域之外的非传统元素，降低不确定性，管理与水资源相关的风险因素。在这里，水管理者的作用在于为其他人员作出明智决策提供建议。其中包括人们用水习惯的改变和水管理过程与体系的改进。它们在总体上进行互补，如文化价值、为水定价、节水、水的再配置、经济激励/抑制措施、公众对于减少低效用水行为的认可、水资源多样化以及相类似行为。由于以上这些并不归属于传统水领域范畴，即跳出了“水箱”之外，因此软件措施需要部门间进行高度协调并采取一致行动。正因如此，“水资源综合管理”中的“综合”变得愈发重要。过去半个世纪的经验表明，软件措施在处理水资源问题方面表现出巨大的潜力，但由于实行软件措施需要对以往步调并不一致的多方行动者加以整合，软件措施也变得日益复杂。在制定软件措施时，需要利益相关方的加入和广泛参与，这就给体制和政治领导层提出了新的要求。

包含软件措施的解决方案将利用预报和模型优势实现更加精准的风险评估，由此提高水体系的应对能力和修复能力；同时它将水行业之外的各方包括进来，跨域和超越传统水资源管理的范畴进行运作。这可为那些受到水资源管理影响但并未享受其服务的水资源使用者和利益相关方提供有用的信息，就好像是为那些对不甚明朗的风险感到担忧的股票经纪人或机构投资者提供信息一样（ACCA, 2009; Chang, 2009; Klop 和 Wellington, 2008）。

公众对目前水资源使用如何影响了水质和水量不甚明了。因此，有时公众并不清楚可以

采用何种方式解决相关问题。对公众进行知识普及和提高其思想意识可促进利益相关方采取相应的行动，尤其是在减少用水需求和减轻污染方面；这也增加了各国政府和其他政策制定者的压力。与此同时，为了实现可持续和公平的改变，水管理者在实施的初始阶段就必须理解水资源使用者和公众团体的问题和观点，同时注意他们的想法，加强体制建设。只有认清权力关系的差异、认识妇女的需求和她们可能作出的贡献，水体系的作用、人民生活以及粮食安全才能真正发生改变。进而，公众可以施加压力，促使政府机关、其他用户和利益相关方改进其用水政策和计划。

实施非工程管理措施除了需要那随着时间流逝而不断减少的有限资金外，还要求具备强大的运作能力。另外，与工程措施不同的是，当非工程措施未达到预计目标时，我们无需额外的开支便可对其进行修改或终止。非工程措施具有较高的灵活性，但同时也对政治领导力和管理相互竞争利益集团之间关系的能力提出了更高的要求。

5.1.2 水资源综合管理

水资源综合管理被定义为“促进水、土地和相关资源的协调开发和管理，以便以均等的方式将其产生的经济社会效益最大化，同时不损害关键生态系统的可持续性”的过程 (GWP-TAC, 2000, p. 22)。水资源综合管理明确了区域水资源系统各组成部分之间的相互关系：如过量的灌溉用水需求和农业污水排放将导致饮用水与工业用水量减少；城市和工业废水会污染河流和破坏生态系统；废弃煤矿排放的酸性水若不进行控制将导致慢性灾害的发生；大量使用河流水来保护养殖业和维持生态系统将导致灌溉用水减少。

水资源综合管理全面考虑了水资源的各种用途。水资源配置和管理决策应考虑各种用途之间的相互影响，因此要将全部社会和经济目标纳入考量，其中包括可持续发展目标、医疗和安全性目标的实现。这也就意味着各个部门

制定的政策应保持连贯性，特别是涉及国家水安全、粮食安全和能源安全领域的决策。在水资源使用这个问题上意见相左的各团体（农民、团体、环保主义者等）会影响水资源开发和管理战略的制定，同时，随着“综合”管理过程的推进和潜在利益的慢慢浮现，水开发和管理过程变得不再是单纯的技术性问题，而是政治利益的纷争 (Phillips 等, 2006, 2008)。它所带来的附加效益是被许可的用水户会针对当地的水资源和流域保护问题申请地方自治管理 (全球水伙伴技术咨询委员会, 2000)。与综合管理不同，分部门管理的特点在于，不同的机构分别负责饮用水、灌溉用水、能源和矿井水以及环境用水等。各部门之间如果沟通不畅会导致水资源开发和管理缺乏协调，造成混乱、冲突及资源浪费 (CapNet, 全球水伙伴和联合国开发计划署, 2005)，最终的局面将会是各部门退而求其次，制定出一个妥协方案。



“公众常常对目前水资源使用如何影响了水质和水量不甚明了。”

水资源综合管理最主要的目的在于以更高效、更有效的方式管理水。水资源综合管理意味着“协调众多水和相关自然资源管理机构和部门所制定的政策、体制、规章框架……规划、操作方案、维修和设计标准”十分必要 (Stakhiv 和 Pietrowsky, 2009, pp. 4 - 5)。因此，跨学科和跨机构协调合作成为水资源综合管理的一个重要特征。

本报告是国际社会和世界各国对水资源综合管理所作承诺的一次升华 (见 1.3.3 节)。它表明，尽管我们在全球范围内取得了长足进展，但各国国家水资源综合管理规划的编制和实际实施情况都不尽如人意，离目标仍存在一定的距离。“在割据的管理体制下 (如联邦体

制下的澳大利亚、巴西和美利坚合众国), 水管理可以有效运行(但不一定高效); 在这种体制下, 决策制定和公众参与高度透明, 规划的编制和实施都有充足的资金支持。而在不具备此条件的情况下, 大多运行状况欠佳。因此, 建立合理的体制框架是迈向水资源综合管理的第一步”(见 11.2 节)。

水资源综合管理的目标之一就是调和经济发展和生态保护的关系。这是一项挑战, 因为经济发展目标和生态环境需要涉及不同的范畴, 且两者都依托传统的水管理概念, 并没有将与软性措施相关的意外风险和不确定性纳入考量。因此, 在水资源综合管理规划中更多地包含了生态系统的功能和服务及其定价。然而, 出于各种原因, 它们也有可能成为不确定因素的主要源头。

可行的和可持续的水管理解决方案可通过整合得以实现: 如土地和水管理的整合, 不同城市水系统管理的整合, 水、能源、矿产及农业部门的整合; 建设、运行和维修过程的整合。一般来讲, 整合可以分步骤在一定时间内逐步实现。利益相关方之间开展对话尤其可促进整合的发生, 但该过程本身也受具体情况的影响。

上述过程以及利益相关方之间开展对话同样可以帮助解决水资源综合管理范畴之外更为广泛的协调和整合问题。这类问题的产生通常是由于水资源及其使用和管理受到非涉水行业决策者为达到其他目标而采取行动的影响, 如第三版《世界水发展报告》中明确的目标(WWAP, 2009)。

5.1.3 不确定需求下的水资源管理

与降雨和径流量相关事件的频率、规模、持续时间和发生率相关的水文气候信息应当是大多数水管理决策制定的最基本依据。它们已经和更为基本的经济、环境和社会经济信息与目标结合在一起, 以便作出更加明智的水管理决策。在其他信息当中, 土地使用规章、重点经济任务、贸易政策和成本-效益标准也会用

作参考, 以便作出更优的水管理决策(Stakhiv 和 Steward, 2009)。这一些促使现在的水管理不得不开始考虑人口增长、移民、全球化、消费方式的转变、技术进步、工农业发展在性质和时机选择上不可预知的变化。虽然这些问题已然出现, 但大多时候未受到重视。气候变化的阴影持续蔓延, 已经开始让人们注意到了这些问题的严重性, 为由上述诱因导致的严重局面提供了一个新的审视角度。

鉴于依托稳定状态体系所做的假设已不合时宜, 当前我们面临新的挑战, 即如何确定水资源系统中新基础设施的容量或性能, 因为它们未来的来水量和设计流量都无法根据历史记录进行预测或计算。在充满不确定性的情况下, 我们已经不可能基于过去的经验、使用当下的科学知识来预测未来的需求(Turton, 2007)。在加速变化的时代预测需求这一挑战增加了局面的复杂性。水驱动因素相互之间也存在影响(见第九章), 由此产生了新的不确定因素和相关风险, 以及多样的复杂组合方式和可能途径。这远远超出了这些应对多种管理性挑战人们的预知能力。例如, 土地使用变化和城市化已经造成了污染, 混凝土对地面的密封、森林和湿地面积减少使地面径流量增加, 加大了洪水、沉降和富营养化的风险。包括人口增加、消费模式变化和移民问题在内的人口统计学变化经常会提高对水和食物的需求。水资源压力加大的情况通常集中在受气候变化影响最大的沿海地区, 这些地区已经处在水资源紧张的状态, 而这种持续增加的压力经常导致地下水盐碱化; 土壤层中上升的水位将稀释的盐分推向土地表面, 而没有被充分冲刷干净(WWAP, 2009)。生物燃料的生产也需要消耗大量的水, 因此能源消耗量的增长也在影响水资源; 火力发电厂需要使用大量的水进行冷却, 进一步推高了由气候变化引起的水温上升; 硫元素循环、雨水酸化引发生物多样性和水质的变化。最后, 如果大坝、灌溉系统等基础设施状态不佳, 可能会导致水资源浪费, 给水资源造成压力, 且增加事故发生的风险。这

两类风险都会加重气候变化带来的影响 (UNECE, 2009)。

整个社会，特别是工程专业领域普遍认为：“通过历史经验的积累，以及法律、工程实践、规章方面获得的信息，我们对‘预计发生事件’明确了一个狭义的可接受范畴，并且有选择地去适应，例如为防洪减灾设定了百年一遇标准；为应对较小而频发水灾事件设定城市排水系统设计标准；为保证大坝安全而设计的溢洪道，以应对发生可能性极小的洪水（如万年一遇）。这些都是根据诸多因素而产生的社会性判断，包括可承载性、相关人群受危害程度以及国家和地区经济效益。它们并不是基于历史经验和仿真模拟所产生的决定性标准。定义社会风险承受能力和设施可靠性是‘社会公约’的一部分，它通过政治过程和公众参与而产生” (Stakhiv 和 Pietrowsky, 2009, p. 8)，这一点包含了柔性措施不确定性的主要成分。

贴现是将大量的未来成本和效益压缩转换成当前价值量的方法，是一个很重要的概念，因为它会对成本-效益的计算结果产生重要影响。贴现率较高可避免当前适应性成本，而贴现率低则有利于促使行动立刻开展。因此，设定贴现率基本等于决定了未来的社会福利指数，同时对已经采取的措施具有深远影响。为应对所有的不确定性，我们根据基于社会价值所作的决定设置了不同的情境，描绘未来可能发生的情况。基于这些情境，模型可以预计这些情况对水文条件产生的影响，帮助辨别水管理措施可能会帮助解决的漏洞 (UNECE, 2009)。

5.1.4 适应性管理

由社会经济发展和气候变化引发的水管理复杂性和不断增长的不确定性使得传统的“命令加控制法”收效甚微了。水资源综合管理的适应性措施正是用来解决这个问题的。通常，适应性管理被定义为“从已实施的管理策略产生的效果中汲取教训，改进管理政策和实践的系统过程” (Pahl-Wostl 等, 2007)。这是一个

为应对社会、经济、气候和技术等方面快速变化的持续性调整过程。实质上，适应性水管理的基础是将系统中出现的问题再反馈到系统中，在灾难性问题发生前进行逐步调整。这是一个通过学习而学会管理的过程。

水管理的学习领域包括在生态、经济和社会政治方面验证工程和非工程措施的有效性。这个管理过程的质量至关重要，包括对在此过程中管理战略和目标需要被迫改变这一事实的领悟 (Pahl-Wolstl 等, 2007)。成功的适应性水管理应在综合水管理措施之外，还包括其他一些手段和方法 (Mysiak 等, 2010)：

- 基于协同管理的方法，即政府、社会和科学界的通力合作保证措施的有效性和可持续性。建立信任和社会资金是保证问题解决过程得以进行的重要条件。

- 需要一个赋能授权的“温床”，即政治、制度和法律的制定要有利于学习的开展和适应性方法的产生 (UNECE, 2009)。

- 从供水管理向需水管理转变，基线是可利用水资源，而不是需水量。提高用水效率将有助于确保在水资源缺乏时不同用途的用水要求得以持续满足。

- 更注重非工程（软件）措施，法律和政策协议帮助促进各行业水资源的可持续使用，同时考虑实施措施促进公平、减轻贫困。

- 认识到水管理要适应不断变化的情况，如能源和粮食价格、人口变化趋势、移民情况、生产和消费方式的转变；以及认识到气候变化是一个长期的持续性过程，并非通过一系列一次性措施便可解决。

- 通过对水资源使用量化和定价为水管理提供资金，同时避免过多地影响弱势群体和对地区竞争力造成不合理的损害。

实施以上建议迫在眉睫，它要求管理者克服传统方式带来的惯性和来自各方的阻力。对于国家及地方权威监管机构而言，面临的最大挑战是如何实现这幅“蓝图”达成协调一致，“使这些想法付诸实施并勇于同其他行动者一起面对批评、共用行使和分担权力” (Timmer-

man 和 Bernardini, 2009, p. 2)。

5.2 水管理体制对可持续发展的重要性

5.2.1 体制：游戏规则的制定

诺贝尔经济奖得主道格拉斯·诺斯 (Douglass North) 认为, “体制是人类创造的限制条件, 决定了政治、经济和社会之间的相互作用”。体制由非正式限制因素 (制裁、禁忌、习俗、传统和行为准则) 和正式规定 (宪法、法律、规章制度和物权) 组成 (North, 1990, p. 97)。

体制构成了“游戏规则”, 为人们界定角色和程序, 具有永久性和稳定性, 并决定什么是合适的、合法的、合理的 (见第二十五章)。这些“规则”已随着历史、地理、文化和政治的变化发生了有机进化, 反映着技术进步、行业行为和地区能力的进化。有时“水世界”的游戏规则是由水领域以外的人制定的。大多数情况下, 这些规则的制定并非以水为中心, 忽视了水的重要性。

体制决定了水资源管理和对于人类健康福利及经济增长至关重要的设施建设。全球水问题的缘由可归咎于各层面缺乏合理体制而引起的治理上的缺陷, 以及现存体制体系功能的逐渐衰退 (Lewis 等, 2005)。水管理机构只是各国宏观体制框架中的一个组成部分 (见第十一章和第二十五章)。这种水管理体制框架将促进或阻碍采取有效的水资源措施和相关的服务。通常情况下, “水箱”之外的法律、政策、私有或公有团体以及利益相关方都会在一定程度上影响水相关机构的行为和表现。

5.2.2 何种体制奏效, 为何它们如此重要

涉水体制在不同范围的层面上运行, 从地方社区到跨国层面, 监督水资源及有关设施的配置、分配、管理、规划、保护和调度。体制

界定了角色和程序, 由此决定了什么是合适的、合法的、合理的 (见第二十五章)。此外, 传统和当代的社会规则也可以运用到水的使用和管理当中。

非正规的水权体系并不仅仅是“合乎习俗”、“符合传统”或者“自古以来的”。相反, 它们可以是与当代问题密切相关的规则、原则和组织形式的动态组合。它们结合了区域、国家和全球层面的规定, 常常也吸纳本地的、殖民国家的和当代的准则及权利。区域水权在法律多元化的条件下存在, 在这样的条件下, 不同发源和经过不同合法化途径的规则和原则相互共存、相互作用 (Boelens, 2008)。

中东许多国家广泛使用的“阿夫拉贾灌溉系统”就是一个非正规水资源配置的实例¹。庇护主义²甚至腐败都会对不同部门和行业间的水资源和设施配置起到决定性作用。有时非正规体系可以被纳入正规的经济体系中。例如在巴拉圭, 小型非正规私人饮用水供水系统已经得到认可, 且地区政府和小型私有水供应商之间也已经达成协议, 结果对设施定价和质量的控制和监测都变得容易了 (Phumpiu 和 Gustafsson, 2008)。

2010年, 联合国大会和人权理事会设立的目标明确了获取和使用安全水和卫生设施是一项人权 (见 1.2.4 节)。这就要求成员国在各自的管辖范围内确保将水和卫生设施的使用权逐渐惠及每个公民。希望此举能够促成必要的进展, 为目前尚未享用到其利益的数十亿公民提供这种基础设施。根据联合国千年发展目标 (MDGs) 提出的衡量方法和标准、供水及卫生联合监测计划 (世界卫生组织/联合国儿童基金会) (JMP) 报告、以及全球卫生系统和饮用水分析及评估 (世界卫生组织/联合国水计划) (GLAAS) 程序, 仍有 8.84 亿人口将未经处理的水源作为饮水来源, 26 亿人口未享用到改善的卫生设施 (世界卫生组织/联合国儿童基金会, 2010)。如今, 通过使用在水权界定下更精确和严格的标准计算得出的数据显示, 上述数据存在严重低估。某些数据显示, 在自

宅中无法使用到安全可靠自来水的的人口数在 30 亿~40 亿之间。使更多的人享有饮用水和卫生设施，满足他们获取水的权利，将是推动水服务未来发展的主要驱动因素。

5.2.3 与目标吻合的体制

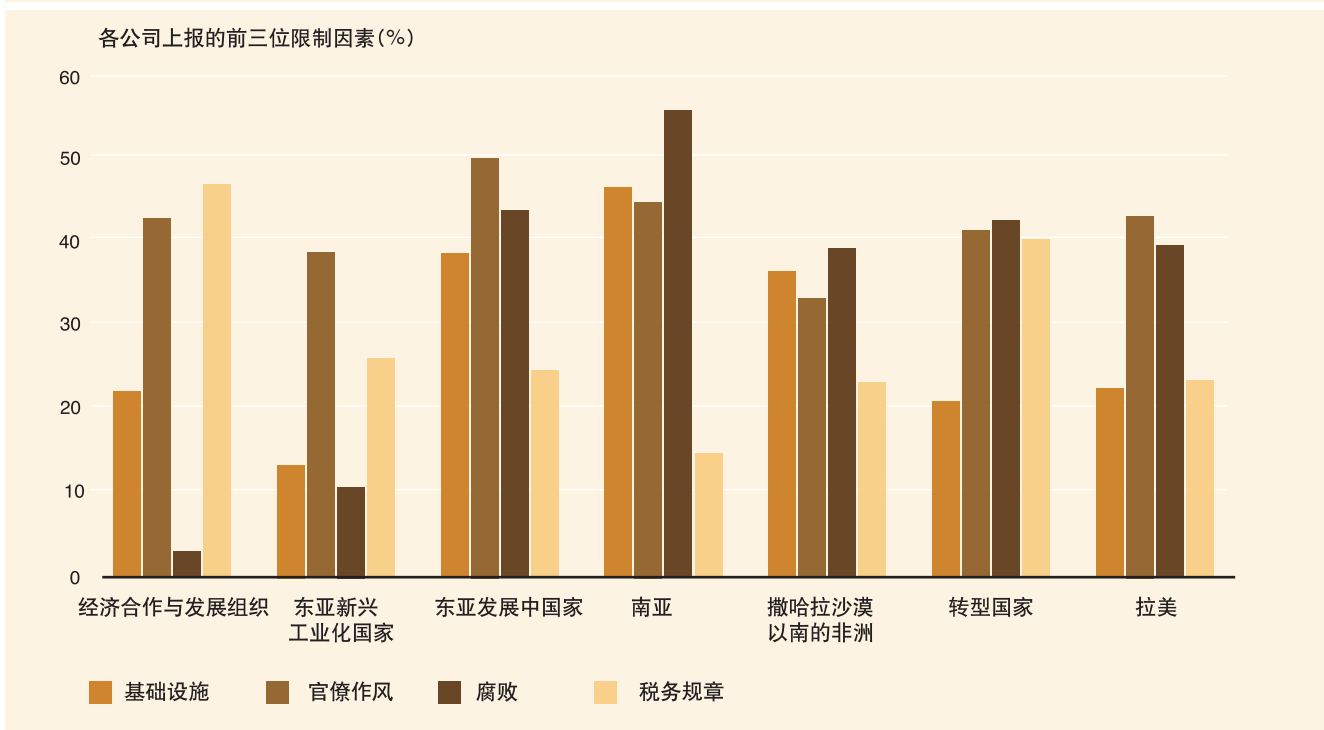
《世界水发展报告》第二版提到，造成无法获取水资源和使用卫生设施的主要原因并非水资源短缺，而在于“体制抗变性”，“缺乏合适的体制机制”为能力建设和硬件设施提供管理和保障（WWAP，2006）。譬如，有些国家（特别是那些水需求量最高的国家）无力吸收利用如今为卫生设施和/或饮用水所发放的救援。这些发展中国家必须加强国家和基层的管理体制，对卫生和饮水设施的建设和使用进行规划、实施、监督，着重考虑那些尚未获得服务的人口（世界卫生组织/联合国水计划，2000）。世界卫生组织和联合国水计划的全球卫生和饮用水分析评价（2010）中指出，定义

合理的体制角色和职责对卫生设施和饮用水来讲仍然是一项挑战。即使在国家策略制定良好、政府体制高度协调、资金充足的国家，卫生设施和饮用水的进展也有可能受到缺乏训练有素的专业人员和有利于有效产出工作环境的制约（世界卫生组织/联合国水计划，2000）。《世界水发展报告》第二版谈到了在很多发展中国家水监管的混乱状态，将“涉水体制的缺失”和“分散的体制结构”列为需要即刻引起重视的问题。全球卫生和饮用水分析评价提议，“健全的政策结合有效的体制，对于优化设施服务的实现至关重要。若要实现长足进展，为涉及卫生设施和饮水的不同体制创建合理的角色和职责同样不可忽视。”（世界卫生组织/联合国水计划，2000，p. 2）。

近期开展的一项商业调查要求不同公司在有关国家展开商业活动时可能遇到的限制因素类型进行选择，调查结果给出了由现行体制触发的限制因素（见图 5.1）。在撒哈拉以南的

图 5.1

部分地理和经济区域从事商业活动的主要限制因素



注：要求各公司作答的题目是“请在以上14种限制因素中选出在贵国从事商业活动最令人困扰的5种因素”。
资料来源：Kaufmann (2005, 图2, p.85)。

非洲和南亚一些地区，与体制和监管相关的问题，如抑制官僚作风和反腐问题的排名居于设施质量问题之前³。这意味着在很多情况下，水资源开发投资要求首先进行体制改革，刚柔并济，同时重视良好的监管、有效的规章制度、强大的行动力和防止腐败。

不同国家的体制格局大相径庭。在某些国家和地区，如中国、中东和北非，涉水体制表现出强有力的政府控制、自上而下的管理模式和等级管控。而在其他地方，权利分散于政府、民间和市场，对于透明度、多方利益相关方的参与和责任制有不同程度的强调。不管何种体制类型，其管辖的问题大致相同，即资源配置、质量保护和规划等。配置正逐渐成为一个普遍问题，尤其在已经开发了易于获得的水源，且额外供水成本将会很高的中东国家。如今，此地区许多国家将90%的水用于灌溉，但与此同时农业对国内生产总值的贡献越来越小，而越来越多充满经济活力的行业却面临严重的水资源缺乏（Beaumont, 2005）。

有效的体制可以减少来自自然、经济、技术和社会方面的不确定因素。譬如，针对共有水资源的紧张和冲突局面进行成功协商将会为相关方降低不确定性，使水资源的使用和配置更加合理。有效的体制会达到以下目的：

在不同层面界定角色、权利和职责。“体制体系界定了谁来管理资源和产权制度的程度”（Ananda等，2006）。体制在建立可行的规则、规定权利和职责，确定多个或共同使用者之间以及他们和某种自然资源之间的关系时十分重要。肯尼亚最近开展的水行业改革就清楚地划分了涉水服务和流域管理相关机构的角色和职责安排。这样的改革鼓励实行“全行业规划法”（SWAP）⁴，为合作伙伴、具体操作、投资规划、协调、监督和决策制定提供好的做法，旨在实现提高服务水平和明晰部门间责任的目的。

决定限制条件、化解和调停冲突。体制设立了水使用方面个人和集体的限制条件：谁能够使用何种水、用多少、何时用以及用做何种

用途。如果供水和需水之间失衡加大将激化用水者、地区、经济部门之间的竞争和冲突。这将对资源配置和管理机构施加压力，同时也凸显了通过经济刺激处理利益冲突机制的重要性。湄公河流域可以说明国家间的复杂关系以及水机构之间的竞争关系。在这一流域，跨界水冲突总体上得到了控制，但是，环境和发展因素导致水资源短缺加剧，未来可能会引发严重冲突，并促使规章和配置机制进行改革。许多情况下，涉水冲突加快了体制的转变。

降低交易成本、刺激投资。体制是优化和有效利用投资的基础。不完善的体制推高投资风险，影响国家竞争力和公司绩效。而有效的体制可降低交易成本，即进行商业交易、参与市场营销的各种花费（如搜寻信息、进行价格协商和决策制定以及政策制定和实施方面的成本）。

5.2.4 水体制：现状和未来挑战

水覆盖广泛的行业部门和自然循环中的许多用途，分布于不同的层面，且没有统一的管理和监管体系。即使我们可以使水管理具有连贯性，不管是何种意义上的连贯性（如水资源综合管理模式的运用），水领域之外的力量也将持续给水带来重要影响，如地区发展、国际贸易、旅游业、住房、能源、农业和粮食安全、环保等方面的国家政策。鉴于这些复杂因素，水体制很难适应如今和未来的风险及不确定性，也很难形成具有连贯性的方法。

在应对多种与水资源和使用/设施相关的问题方面，水管理结构的多样性在现有水监管和管理体制的复杂性和分割性中体现出来。除了玻利维亚、印度或坦桑尼亚，很少有国家由一个“水利部”统一负责所有的涉水事务。普遍的情况是，由许多部委分别负责水资源、灌溉、环境、电力、交通、医疗卫生、城市供水、农村水资源等领域。其中每个领域都对水有影响，但是它们分别隶属于不同的职能部门和行政机构，水利资金投入也经常由其他领域的团体独自决定。

水管理的“游戏规则”是在分散的体制环境中设立的，在这种体制环境中，为应对气候变化或保持环境可持续性而急需采取的措施很大程度上受到其他部门具体需要的影响，而水成了次要考虑因素。针对此类重大问题以及伴随而来的此消彼长的关系来制定具有连贯性的决策，需要一种体制机制将重点部门的决策制定者与水管理者相连接。广泛的利益相关方也需要参与到制定规则的过程当中（见图 10.2）。

尽管有些国家在提高水监管有效性方面取得了进展，但是体制改革的成果却是喜忧参半：很多国家并没有克服监管、资金和能力领域的缺陷。例如在加纳、印度和南非等国采取的从经济改革延伸到体制改革的做法并不十分成功。

水体制改革的一些共同特征是，采用了水资源综合管理框架，包括采取水资源规划、设立流域管理机构、鼓励多方利益相关方参与以及实施成本有效性、成本回收、成本-效益分析等措施来决定优先投资的项目。最近取得的另外一些进展还包括基于权利的水设施管理方法以及整合法和责任标准的采纳。

由于文化、经济、政治、社会和环境的变化，水管理和政策制定本身得以被不断赋予新的定义。这些推动其转变的力量向体制改革提出了各种挑战，其中的部分因素详细列举如下：

体制的综合性。若要有效应对不断涌现的问题，水监管体制本身在很多方面需要具备高度的综合性，水管理政策需要具有足够的连贯性。一个典型的例子便是气候变化，目前它是促进体制改革的主要驱动因素。对很多部门来讲，水将会是它们感受气候变化影响的主要媒介，整个过程的管理方式将决定可持续发展和扶困济贫的结果。可获得的水量和需水量的变化会加重诸如医疗、粮食生产、可持续能源和生物多样性等领域业已沉重的压力，而由暴雨、风暴潮和山体滑坡等极端事件引发的涉水风险可能也会增加。因此，有效的体制必须能够将水的再配置纳入考量，以应对可利用水量

的变化。体制方面的应对办法应囊括为实现有效需水管理推行成本-效益较高的保护措施及效能提高。强化地方体制和社会网络是成功适应管理不可分割的部分（见专栏 5.1）。

专栏 5.1

大喜马拉雅地区如何适应水紧张

在大喜马拉雅地区进行的五个案例研究主要侧重于在水多（如洪水、内涝）和水少（如干旱、水紧张）情况下人们如何应对。研究在以下地区进行：位于巴基斯坦吉德拉尔（Chitral）的干旱山谷，尼泊尔的山地地区，位于科西（Koshi）河流域的印度比哈尔邦洪泛平原，位于印度阿萨姆邦的布拉马普特拉河洪泛平原，以及中国云南山区。

对适应性的研究发现，这些地区制定了组合战略，包括生活多样性开发、利用和加强区域体制和社会网络等。文化规范和准则影响人们的适应行为，但它们是动态的，随着时间的推移和需求的变化可能发生转变。此外，虽然普遍认为国家体制和政策强烈影响着当地人们的适应能力，但在国家层面很少知道有关适应性涉及的问题和优先考虑方面的信息。

资料来源：国际山地综合开发中心（ICI-MOD）（2009）；也可见第二十五章。

体制必须具备足够的灵活性和适应性来应对供水和需水方面的不确定性。对于非官方水设施供应商可给予一定程度的官方认可和吸纳，因为他们通常为官方用水网络不能涉及的边缘用水户提供服务。

综合、透明和责任制。为克服管理不当、腐败、官僚惰性和官僚习气所做的努力可成为体制变革的主要推动力。腐败是不良监管的典

型症状，它扭曲投资、抬高交易成本、扼杀创新。腐败对于贫穷和弱势群体的影响尤为明显。这就要求我们首先对设施提供商的运行和花费实行监管。在大多数发展中国家，这类监管或者缺失或者不存在。现存的监管、政策制定、惩罚和激励体系并未得到系统应用，且时常遭受来自官官相护和腐败的阻力（见专栏 5.2）。

专栏 5.2

拉丁美洲的责任监管制度

责任监管在公用设施管理方面受到广泛重视，而且监管单位对受其监管的公用设施机构行使职责的方法格外关注。一般情况下，如果无权界定这些机构的职责范围，监管单位将无法有效地开展工作。20世纪90年代，阿根廷的公共供水事业向私营机构开放，这就意味着有必要建立一个监管框架，引导私营机构的供水标准努力达到国家制定的目标。阿根廷供水公司（Aguas Argentinas）是本地区首批进行水与卫生服务责任监管的试点单位之一。在实行有效监管过程中，当地总结了以下经验教训：

- 应最大限度地将监管体系的运用通过监管方和受监管方之间共同合作来完成。双方均需具备高度敬业且知识全面的团队。

- 应当尽快形成实行监管体系的支撑团队，包括技术、运行、商业、行政和信息技术人员，保证协作和支持的有效性。

- 我们必须明白，责任监管体系实行过程中信息系统和程序的改变发生在如今的大型公司中，这限制了权力的任意性，有可能会延长将改变付诸实施的时间。

- 为防止意外的发生，为必要的调整赢得时间，应当考虑实行责任监管体系对于公用供水设施企业和监管机构的工作文化可能产生何种影响。

国内外经验显示，对公用供水设施企业的监督和管理中均存在着信息不对称的现象。当阿根廷供水公司的合约于2006年取消后，设施服务也于2006年大都移交给了阿根廷国有的撒米托供水公司（AySA）。届时新的监管框架规定，国有公司也需实行责任监管体系。

资料来源：Jouravlev（2004）和 Lentini（2009a，2009b）。

能力建设和资源。将职责下放到地方水管理机构的过程应当伴随着相应权力、设施和资源的移交，简而言之是职能的移交。任何权力下放都应当以审慎的分析为基础，以便确定合理的权力分散和集中的层面，且应与技术问题和经济规模与范围相适应。由于水管理和设施机构具有不引人注目和老套的特征，其资源和能力的逐渐流失往往无人理会。若相关机构需要应对发生的变化，就必须扭转这种趋势。

保证充足和长期稳定的资金。在许多发展中国家，水管理机构相对薄弱，缺乏足够的资金支持（Dinar 和 Saleth，2005）。体制能力和适应力建设需要新的资金来源，但同时，有效地使用现有资金同等重要。大多数涉水资金用于基础设施建设，小部分用于设施运行和维护、体制建设和人员能力建设。在2009—2010年中央统计办公室（CSO）和全球卫生系统和饮用水分析及评估（GLAAS）的调查报告中，有11个国家的周期性开支对于卫生设施和饮用水总费用的贡献比例为13%~78%不等，其中包括薪酬、非薪酬、城市补贴（注意此处仅将政府支出的内部资金包括在内）（世界卫生组织/联合国水计划，2010）。公有和私有部门都应通过创新融资的方式得以加强。

传统的水规划太过死板，无法应对未来的挑战，这就要求我们建立适应性监管框架和体制。我们已发出呼吁，实行更具灵活性的体制和措施（GWP，2009）。事实上，负责水管理和水利利用的体制并非一成不变，它具有随着环境、尤其是危机产生而发生变化的能力。许多改革就是由矛盾激化而产生（见专栏 5.3）。

专栏 5.3

水冲突成为变化的诱因

最近，冲突导致了治水和流域管理领域发生了许多变化。在澳大利亚墨累达令流域，环保人士和农民之间长期以来一直存在冲突，从早期的土地保护运动发展到利益相关方共同探讨如何治水经历了很长一个历史时期。而在相对更长的一个时间段，各州之间的需水竞争为墨累达令流域水管理框架的体制发展奠定了基础。流域管理目标愿景相互矛盾（如参与模式的多与少）对新南威尔士州的水管理体制的形成产生影响。

冲突规避本身可以成为水监管创新的驱动因素。在东南亚，共享湄公河的国家间由资源引发的冲突一直是湄公河流域可持续发展委员会合作的驱动力，也是为委员会提供官方援助的重要原因。越南硒圣河（the Se San）问题就是一个典型的例子。越南的雅礼瀑布大坝（Yali Falls Dam）对于柬埔寨东北部沿河下游地区产生的影响将来自于一个相对弱势国家的少数本地土著居民置于不得不面对强大邻国政府水资源开发带来影响的境地。虽然并不能够百分之百为当地群体提供服务，这样的流域机构可改善现状，并带来创新的方法，如最近出版的快捷流域范围评估工具。

在泰国，关于是否起草国家水法已有了不同意见的冲突，引发了就水的立法和监管问题广泛而热烈的公众讨论，如水价选项问题以及是否创立一个全面包容的国家政策日程。这使得改革过程放缓。而在老挝和越南，这一过程相对较快，两国水法分别于 1997 年和 1998 年在国民大会上通过，并没有进行公众讨论。然而，即使是在关于起草水法草案公众讨论很有限的越南，水法草案也经过了 20 多次修订，且在最终通过之前，国民大会也进行了广泛的讨论。

资料来源：Boesen 和 Munk Ranvborg (2004)。要获得更多信息，请访问：<http://www.mrcmekong.org/news-and-events/news/innovative-tool-for-mekong-basin-wide-sustainable-hydropower-assessment-launched/>。

体制改革可能会增加自身转变的成本，由此抵消部分预期效益。例如，在肯尼亚，一些利益相关方认为，引入“大部门规划法”体制会助长官僚作风、增加复杂因素并将决策制定过程渐渐推离大众。对于“大部门规划法”可能抬高交易成本这一问题，许多人表示担忧，有些非政府机构则担心“大部门规划法”会降低他们的融资水平。这些体制改革要求我们具备更高的透明度和政府监督能力，而这两者如今在涉水界均是薄弱环节。

水行业建立的体制不可避免地成为整个社会体制的映照。英格兰、威尔士和智利采取的将水利设施私有化以及智利水市场的增长，都是在政治法律环境有利于将资产转化为私营管理和私人所有条件下进行的。相比那些传统上以“中央集权”为主导的国家，利用收取水费和水市场对稀缺的水供应进行配置，在私人生产商所占份额较大的经济体中实行的可行度会更高。尽管在水设施建设和管理机构方面，国与国之间存在的公有和私有比例不尽相同，而

绝大多数国家由于政治、理念和经验等因素决定公共部门仍占据着主导地位。发达国家的实践证明，目前还无法断定哪种所有权形式更为合理，这也是存在大量权衡利弊案例分析的原因（Renzetti 和 Dupont, 2003；Vickers 和 Yarrow, 1988）。

在风险和不确定性因素不断增加的背景下，有人提倡应允许不同的体制模式共存，这样可能会有利于增强体制的灵活性和政策与技术的创新潜力。

5.3 机构拥有的知识和能力

5.3.1 知识吸收和转移的重要性

涉水问题通常是由于体制效能低和水管理缺失造成的。改善水管理要求我们具备综合技巧以及多方面的知识经验，如工程和设施维护、资金和体制管理及政策分析。另外一个宝贵的知识来源就是当地水利专家在管理实践中积累的经验。这些本地经验经常得不到记录甚至得不到认可。重要的是，当地管理者了解很多与他们直接操作运行的水体系相关的风险和不确定性，而且他们常常是最先发现新课题、新问题和解决方案的人。由于本地解决方案反映了本地的、个性化的实践和知识，旨在解决本地最首要的问题，因此往往是可行的。本地经验应当被妥善记录并传达给高层决策制定者，以便更好地为国家层面的政策制定服务。这个过程同时也使我们获得宝贵经验并加以应用，提高当地机构和文明社会的能力建设，强化地方的能力。

“知识必须是涉及多领域的，是基于对社会和自然的理解，并且有助于实施综合管理措施。”

一般情况下，能力被定义为“做某事或理解某事的才能或魄力”。联合国开发计划署将能力定义为“在一段时期内，个人、团体、机构和组织认知和解决发展中问题的才能”（UNDP, 1997）。根据经济合作与发展组织发展援助委员会治理网络（OECD-DAC GOV-NET）定义（2006, p.12），能力建设是指“在一段时期内，个人、机构和团体整体上释放、强化、创造、适应和保持能力的过程”。在国际层面，能力建设或能力开发对于完成联合国千年发展目标（Pres, 2008）至关重要。这就意味着需要为管理体系提供资金和资源，使有关机构能够制定和实行相关的政策，使水资源得以有效和可持续的利用。持续不断获得新知识的能力对于改良运作情况、适应变化的外部物理和社会条件来讲不可或缺。

在“公众焦点”和“技术方法”之间取得平衡需要强大和理智的领导和权威，在由下至上和由上至下的方法之间找寻平衡点。然而，我们必须铭记一点，对于能力建设来讲，最重要的一点是要具备集中全力运用知识的态度。

5.3.2 转变体制使其更有效

很多发展中国家并未将供水和卫生设施列为优先考虑的部门，而十分重视医疗和教育领域的投资。而且，“自1997年以来，分配给卫生设施和饮用水的发展援助比例由8%降至5%，而分配给医疗的发展援助从7%升至11.5%；教育领域的援助比例则持平，大约为7%左右”（世界卫生组织/联合国水计划，2010, p.15）。

然而，基础设施和人力资源领域均面临投资不足，导致水管理状况堪忧，进而普遍引发了水源性疾病的产生（见4.1节）。这些疾病在发展中国家被列为致命杀手，最贫困人群所受影响最大（Jønch-Clausen, 2004）。“腹泻对于儿童的影响比人体免疫缺陷病毒/获得性免疫缺陷综合症（HIV/AIDS）、肺结核和疟疾影响的总和还要大”（世界卫生组织/联合国水计划，2010, p.2）。因此，我们必须要加强涉水

体制来增强其有效性。自上世纪 90 年代以来，能力发展已经成为达此目的备受青睐的方法 (OECD DAC GOVNET, 2006; Pres, 2008)。

能力发展要求一个整体分析，通过它人、组织和社会可以持续运用、维持、适应和扩充其能力来管理自身的可持续发展 (Batz, 2007)。遗憾的是，传统的水管理方法有时不足以应对高度动态的系统 (Timmerman 等, 2008)。这就要求我们从传统的水管理方法向基于学习而非仅仅控制的管理方法转变，且要将人的因素融入管理系统之中。因此，有人提议，水资源综合管理应当以适应性水管理 (AWM) 方法为基础 (见 5.1 节)，这是一个通过学习已经实施的管理策略产生的结果来持续改进管理政策和做法的系统过程” (Pahl-Wostl, 2007, p. 51)。不同的体制改革的要求各有不同，这取决于其不同的核心功能和职责。此外，每个国家和地区在水资源现状和体制框架方面都有各自不同的特点和要求 (Hamdy 等, 1998)。这就意味着，普遍通用的解决方案是不存在的，必须为各个国家和地区量身制定个性化的解决方法和体制安排，以满足和符合其特有条件。

水利机构仍侧重于依赖技术，并以供水为主业。传统知识和能力建设仍以获得学科知识为中心，来源则是实际技术知识和自然科学。所获知识的绝大部分都属于自然类，与水文学、生物学、地质学和其他生物物理学学科相关 (Chambers, 1997)。这些传统的知识和能力对于涉水机构和决策制定者来讲非常重要，也需要继续传承下去，但是，为增强这些机构的效力，应将重点从技术性解决方案转向对过程和管理，采用全方位决策制定和自下而上的方法 (Tropp, 2007)。

知识必须是多领域和多学科的，在对社会和自然充分了解的基础上，促进综合措施的实现。

因此，为提高水利机构的效率，必须要求所有利益相关方参与，并对其赋予职权。为达成水资源管理的目标，不同机构之间的协调一

致十分必要，同时，对下至社区上至政治高层的所有利益相关方进行意识提高和知识普及也同样重要。流域管理委员会就是一个所有利益相关方都能参与机构的实例。流域管理委员会是水资源综合管理的核心，它为水资源综合管理提供一个平台，使利益相关方可以发表他们对流域水资源管理方面的意见和看法以及忧虑所在 (Jønch-Clausen, 2004; 更多的地区案例和问题请参见 Dourojeanni, Jouravlev 和 Chávez, 2002; Dourojeanni, 2001)。

专栏 5.4

提高湄公河流域的适应能力

2000 年，湄公河三角洲遭受了 40 年来最严重的洪水。约 800 人死亡，900 万人受到影响，损失超过 4.55 亿美元。自此，一系列措施在洪水防治与管理计划 (FMMP) 下得以实施。其中包括洪水预报能力，综合洪水风险管理最佳行动指南，区、省级洪水预案计划一体化制定过程指南，洪水概率测绘和土地使用区划，以及年度湄公河洪水论坛。

洪水防治与管理计划 (FMMP) 2009 年度洪水报告特别强调了气候变化对于洪水风险的意义。气候变化也是洪水减低和管理方案 2010 年度湄公河洪水论坛的主题。论坛推进了湄公河流域国家之间的相互学习。它使得政府和其他参与此活动的组织机构有机会收集水流动态的变化数据和不同层面的洪水风险数据，通过经验分享寻找这些数据的意义和应对方法。例如，亚洲灾害预防中心 (ADPC) 正在为许多国家提供区、省级洪水风险一体化管理的经验教训，在这些国家，非中央集权的灾害管理系统面临的挑战具有相似性。

在国家层面上，亚洲灾害预防中心，

包括国家非政府组织和政府灾害管理委员会都参与了柬埔寨国家减少灾害风险（DRR）论坛，这已成为亚洲灾害预防中心和湄公河流域可持续发展委员会（MRC）学习研究灾害风险降低方法的平台。同时它也是沟通地区层面试验计划和国家灾害风险管理（DRM）政策过程的桥梁。同时，湄公河流域可持续发展委员会也举办了许多地区峰会和交流访问，促进信息共享和流域国家之间的互相学习。有趣的是，此方案正在促进民间组织和湄公河流域可持续发展委员会之外专家间的对话。为持续不断地学习和反思本流域气候变化情况，还将在国际气候变化适应行动（CCAI）下成立湄公河气候变化专门小组。

资料来源：Mitchell 等（2010）。

为使流域管理委员会有能力为决策制定过程作出贡献，就必须有明确的职责，规划出体制的角色和责任。同时还必须给委员会提供足够的资金，使其能够为关键位置填补人员，积极为流域管理作出贡献。还要有可靠的数据库，提供最新的生物物理学、社会学、金融和技术信息，为监测、评估和决策制定提供依据。最后，在所有的因素中，充足的人力资源能力也是不可或缺的，它能使所有利益相关方得到公平，也能够使委员会为各层面的管理和决策制定作出有意义的贡献。

涉水界专家可以扮演推进者和知识中介者的角色，与各层面的利益相关方交流接洽，充当连接他们的桥梁。他们可以协助本地团体、用户协会、工商企业、当地政府和其他利益相关方更加响亮地表达出自己所关心的问题和优先任务，交流看法，分享经验。他们还可以协助更加清晰地表明需求。比如，在纳米比亚，水资源综合管理规划能力建设组成部分的一个核心因素便是政府成立性能支持团队。此小组由涉水专家组成，为地区当局完成诸如建立更

换水表的相关政策、协助泄漏检测和维修、水暖和一般水网维护这样的任务提供直接支持。这些都将在与地区当局技术和行政人员的密切配合下完成，以确保能力发展和所有权的实现（MAWF, 2010b）。在纳米比亚，性能支持团队这一概念是作为水资源综合管理规划整体的一部分来实行的。然而，无论一国是否采用水资源综合管理，都可以运用这一概念。支持团队的主要任务在于为各机构和部门提供直接支持，增强其能力，使之能够更加出色地完成任务。

专栏 5.5

政治领导成为取得水管理成果的驱动因素

近年来，来自发展中国家被委任为水和环境部长的妇女数量有所增加。这已成为促进长期水安全和生活、生产均等用水的重要驱动力。例如，玛丽亚·穆塔甘巴（Maria Mutagamba）（乌干达水利与环境部部长）、布耶卢瓦·松吉卡（Buyelwa Sonjica）（南非水利部前部长）以及埃德纳·莫莱瓦（Edna Molewa）（2010年被任命为南非水利和环境事务部部长）采取了一种扶持性行动，通过赋予非洲妇女更多的权利来改善用水状况。以上三位部长均担任过非洲水利部长理事会（AMCOW）主席，一直致力于使更多的女性参与到非洲水管理当中来。当然，在其他地区，水、卫生和健康（WASH）妇女领导会在供水与卫生合作理事会（WSSCC）之下开展的工作也改善了妇女的参与状况。2010年9月，非洲水利部长理事会启动了非洲涉水界性别问题战略（2012—2014），为使女性参与水和卫生设施管理的扶持行

动提供了指南。在莱索托、南非和乌干达，这类扶持行动方案提供专门费用和激励措施，对女性进行培训，使她们加入到包括科学和工程在内的水和卫生设施相关职业当中。

资料来源：Brewster 等（2006）。要获得更多信息，请访问网站：<http://www.am-cow.net>。

尽管在适应性水管理当中水资源管理的传统技术知识和能力仍十分重要，水机构和管理者吸收、采纳和实施新型管理方式的能力也同样需要附加的知识和能力。在适应性水管理当中，能力发展是指管理者和专业组织获取知识、开发能力、树立态度，以便增强其适应能力，并在风险和不确定性不断增加的情况下，建立足够灵活、具有应对能力、可支持其发展的体制（van Scheltinga 等，2009）。专栏 5.4 为我们提供了在不同层面夯实适应性能力的一个优秀实践范例。

非洲的案例（见专栏 5.6）说明，体制转变过程中采取“性别敏感方法”是通往成功的另一个重要因素。

专栏 5.6

资源综合管理论坛（FIRM）：来自纳米比亚乡村的范例

资源综合管理论坛（FIRM）为生活在社区管理农场上的农民提供相关途径，使其能够为自己的发展负责（Kruger 等，2003）。其中心是社区组织（CBO），可能是农民组成的，也可能是带头组织、规划和监测自己内部活动和发展行动，同时协

调服务提供者干预活动的引水点委员会。服务提供者包括传统当局、政府或私有推广服务、非政府组织、其他社区组织以及短期或长期项目或方案……

资源综合管理论坛的关键在于由社区组织领导和代表、社区参与的协作规划、实施和监测过程（Kambatuku，2003）。通常以年度或半年度会议的形式展开，邀请所有社区组织成员和相关服务提供者参与。会议期间将对社区愿景、目的和目标进行回顾，或给予肯定，或给予修订。会议将对上一年的规划和活动所进行的正式或非正式监测结果进行充分讨论，以总结和学习经验教训。此种分析所产出的“来年行动计划”为下一步年度会议打下了基础。在此过程中，各服务提供者在其职责范围内做出自己的承诺，根据各社区内部协议达成的目标为其提供特定的支持。这种方法将确保授权服务提供者和项目合作伙伴所提供的服务有利于在社区组织和更广泛的社区之间达成一致的需求和愿望。同时也将社区与服务提供者会面的时间压缩到最少，进一步确保了本区域内采取干预行动的社区所有权。

资料来源：根据 Seely 等（2007，p.112）重新整理。

5.3.3 信息和通信系统

为使水管理者能够适应变化或者为不确定的未来变化做好准备，他们必须能够获得最新的信息，还要具备处理信息、根据新知识做出改变的能力（Pahl-Wostl，2007）。本地管理者能够以对其有意义的形式持续获取及时可靠的信息使得他们可以参与决策制定，促使服务提供商和政府对其负责。信息和通信系统（ICS）对于促进地区、流域、

国家，有时甚至是全球层面的信息和知识的共享尤其有效。在国家层面，为实现获取、储存和向涉水界所有利益相关方传播数据、信息和知识建立可持续信息和通讯系统框架尤为重要。这大大促进了水资源管理决策制定的改善 (MAWF, 2010a)。在社区层面，为实现信息和知识共享、有益于优化决策制定和资源管理，应采取的具体措施包括建立本地利益相关方和协助服务提供商共同参与的对话平台（如政府机构、扩展服务、非政府组织和其他服务提供商）。专栏 5.6 为这种平台提供了一个范例：资源综合管理论坛。这种基于本地社区支持的论坛的关注点不是解决纠纷，而是制定规划和作出明智的决定。

“持续获取及时可靠的信息并且这些信息对当地管理者有用，可使他们参与决策制定的过程，促使服务提供方和政府更好地承担相应的职责。”

科学研究，如物理、技术或社会方面的研究，有助于改善水资源管理。科学家们需要“以能够被政策制定者、政界人士和民众理解进而易于即刻实施的方式传播成果、交流所得。同时，他们必须吸取各层面使用者通过具体实践得来的经验” (Seely 等, 2008, p. 236)。一系列信息和通信技术 (ICT) 工具的存在使得科学知识得以有效交流，包括动画和角色扮演。有关水的热点问题可以帮助提高公众意识和加深其理解。在丹麦和瑞典之间修建的厄勒大桥是成功运用信息通讯技术的典范。参与这项工程的专家来自不同的领域，他们必须和包括公

众在内的不同利益相关方合作。基于信息通讯技术的实时涉水信息服务的设立使得所有的利益相关方能够监测项目的进程、不同场景的结果，比较积极地参与决策制定过程 (Velickov, 2007)。根据 Seely 等 (2008) 的研究，有几个因素对推进研究成果在各个层面的应用起到媒介的作用，包括有益于知识传播、调动积极性和能力建设的翻译、信息传递、通讯、交流平台、边界组织和领导力。鼓励“研究中介”和科学记者参与到学科间政策制定的讨论中会进一步促进这一过程。一项评估调查关注了丹麦科学记者和传播工作者向大众和政策制定者传达信息时的角色。调查显示，科学传播对于帮助大众更好地理解科学知识、将科学放置在一个对决策和政策制定者有所裨益的、更加广泛的社会和民主环境之中具有举足轻重的作用 (Hvidtfelt-Nielsen, 2010)。

5.3.4 知识和能力建设：一个正在进行的过程

多项近期评估显示，涉水发展项目相比上世纪 90 年代中期以前无疑更加有效、更加可持续 (世界银行, 2010)。这在很大程度上归功于发展中国家强有力的机构、良好的监管以及技术和管理能力的提高，这些国家的能力已得到了进一步加强 (Alaerts 和 Dickinson, 2009, p. 29)。

通过适当指导和实际经验积累，能力将会很快提高。然而，无论是个人、组织还是机构都必须认识到，能力进步是一个永无止境的过程，正如我们的知识以及水管理所处的自然、社会、经济环境一样，是不断变化的。能力进步的一个关键因素就是把变化的持续性以及如何适应和应对变化的状况和条件这两个概念深深植入脑海。专栏 5.7 举例说明了知识开发和能力建设为何要分步和持续进行，并触及了本节之前涉及的几个要素。

印度南部下波瓦尼 (Bhavani) 河项目的社会学习和适应性水资源管理

下波瓦尼河项目 (LBP) 控制区位于印度南部的泰米尔纳德邦, 占地 84 000 公顷。在众多不确定因素中, 最突出的一项是降雨量的变化。LBP 项目因水资源匮乏和居高不下的不可预见性而受阻, 农民们不得不在没有渠道供水的情况下忍受并适应频繁更迭的旱季和雨季。多年实践证实, 农民们确实可以从中学习经验并适应这种状况。本地区大规模的水井挖掘展示了农民是怎样成功地增加可获得的水源, 在无水的旱季平衡水资源供求的。同时, 农民也学会了迅速调整种植模式以适应不可预见性极高的季节渠道供水以及完全旱作条件。

整个体系的变化链条表明, 社会学习正在 LBP 项目内部发生。不同行动者已经学会了如何在技术设施允许的范围内优化系统、水库蓄水能力和运河泄洪能力, 以及由不稳定降水导致的可获得供水量的变化。农民学习和互相启发的方式, 正如贯通使用地下水和接受灌溉旱地作物的效益一样, 是短期内行动者之间社会学习的范例。从长期来看, LBP 项目系统之内的所有行动者已从环境的反应结果和彼此的做法中学到了经验。他们共同为监管体系的变化做贡献, 并开发出了创新的实践方法, 且未受到现存技术设施原本用途的局限和束缚。因此, 所有的行动者都接受了这种变化, 但几乎不会有人思考引发系统改变的因素和原因。

分析显示, 随着时间的推移, LBP 项目已经愈来愈能够达到复杂适应性系统的标准。许多变化已经发生, 早期错误和失败也已经一步步被克服, 成为了现今这个复杂的人类-环境技术体系。结果证明, 此系统具有适应能力, 农民不仅可以采取权宜之计, 也可以开发不同的适应性策略。很大程度上来讲, 整个系统满足适应性体系的要求。社会学习在体系层面和农民个人层面均在进行。不确定性在系统变化周期期间正在被逐步加以考虑, 且已被纳入系统设计之中。系统正在由自上而下的模式转变为多方行动者参与的管理系统。多年来, 农民和当局都在学习, 现在他们之间的交流渠道更加顺畅。

资料来源: 根据 Lannerstad 和 Molden (2009, p. 26 - 27) 改写。

注 释

- 1 阿夫拉贾灌溉体系为传统系统, 有时具有正式的法律地位, 为不同时期不同用户间水的配置设立传统办法。这一传统系统有一个基于所有权和租赁的用户权利程序 (见第二十五章)。
- 2 庇护主义是指一种社会组织形式, 在很多地区十分普遍, 以恩庇-侍从关系为特征。在这些地区, 相对有权有钱的“赞助人”承诺为“被保护人”提供工作岗位、保护、设施和其他好处, 以换取包括选票和劳动力在内的其他忠诚表现行为。
- 3 普遍认为, 某一地区内不同国家间存在很大差异。调查结果应当被视作相对的结果, 不适合用作地区间比较。
- 4 这是一种贡献者同意将其资源用于支持一个专门领域, 且遵循通用政策, 包括使用国家政府程序支出和记录援助基金的方法。

参考文献

- Alaerts, G. J. and N. L. Dickinson (eds). *Water for a Changing World: Developing Local Knowledge and Capacity*. Proceedings of the International Symposium 'Water for a Changing World Developing Local Knowledge and Capacity', Delft, The Netherlands, 13-15 June 2007. Abingdon, UK, Taylor & Francis.
- Allan, J. A. 2000. *The Middle East Water Question: Hydropolitics and the Global Economy*. London, IB Tauris.
- ACCA (Association of Chartered Certified Accountants). 2009. *Water: The Next Carbon?* London, ACCA.
- Ananda, J., Crase, L. and Pagan, P. G. 2006. A preliminary assessment of water institutions in India: An institutional design perspective. *Review of Policy Research*, 1 July. <http://business.highbeam.com/2032/article-1G1-152886460/preliminary-assessment-water-institutions-india-institutional>
- Bakker, M. H. N. 2007. *Transboundary River Floods: Vulnerability of Continents, International River Basins and Countries*. PhD thesis. Oreg., US, Oregon State University.
- Batz, F. J. (ed.) 2007. *Capacity Development in the Water Sector: How GTZ Supports Sustainable Water Management and Sanitation*. International Water Policy Project. Eschborn, Germany, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Beaumont, P. 2005. Water institutions in the Middle East. C. Gopalakrishnan, C. Tortajada and A.K. Biswas (eds) *Water Institutions: Policies, Performance and Prospects*. Berlin, Springer.
- Boelens, R. A. 2008. *The Rules of the Game and the Game of the Rules: Normalization and Resistance in Andean Water Control*. PhD thesis. Wageningen, The Netherlands, Wageningen University.
- Boesen, J. and H. Munk Ravnborg (eds). 2004. *From Water Wars to Water Riots? Lessons from Transboundary Water Management*. Danish Institute for International Studies (DIIS) Working Paper no 2004/6. Copenhagen, DIIS. http://www.diis.dk/graphics/Publications/WP2004/jbo_hmr_water.pdf
- Brewster, M., Herrmann, T. M., Bleisch, B. and Pearl, R. 2006. A gender perspective on water resources and sanitation. *Wagadu*, Vol. 3, pp. 1-23.
- Brooks, D. B., Brandes, O. M. and Gurman, S. (eds) 2009. *Making the Most of What we Have: The Soft Path Approach to Water Management*. London, Earthscan.
- Chambers, R. 1997. *Whose Reality Counts? Putting the First Last*. London, Intermediate Technology Publications.
- Chang, S. A. 2009. A watershed moment: Calculating the risks of impending water shortages. *The Investment Professional*, Vol. 2, No. 4. New York, New York Society of Security Analysts. http://www.theinvestmentprofessional.com/vol_2no_4/watershed-moment.html
- CapNet, GWP and UNDP. 2005. *Integrated Water Resources Management Plans*. Training Manual and Operational Guide. Issued with the support of the Canadian International Development Agency (CIDA), within the framework of the Partnership for African Waters Development (PAWD) programme. http://www.cap-net.org/sites/cap-net.org/files/Manual_english.pdf
- Coetzee, H. 1995. Radioactivity and the leakage of radioactive waste associated with Witwatersrand gold and uranium mining. B. J. Merkel, S. Hurst, E. P. Löhnert and W. Struckmeier (eds) *Proceedings Uranium Mining and Hydrogeology 1995, Freiberg, Germany: GeoCongress 1*. Köln, pp. 34-9.
- Coetzee, H., Winde, F. and Wade, P. W. 2006. *An Assessment of Sources, Pathways, Mechanisms and Risks of Current and Potential Future Pollution of Water and Sediments in Gold-Mining Areas of the Wonderfonteinsspruit Catchment*. WRC Report No. 1214/1/06. Pretoria, Water Research Commission (WRC).
- Dalcanale, F., Fontane, D. and Csapo, J. 2011. A general framework for a collaborative water quality knowledge and information network. *Environmental Management*, Vol. 47, No. 3, pp. 443-55.
- De Stefano, L., Duncan, J., Dinar, S., Stahl, K. and Wolf, A. 2010. *Mapping the Resilience of International River Basins to Future Climate Change-induced Water Variability*. World Bank Water Sector Board Discussion Paper Series 15. Washington DC, The World Bank.
- Dourojeanni, A. 2001. *Water Management at the River Basin Level: Challenges in Latin America*. LC/L.1583-P. Santiago, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/7/7797/Lcl.1583-P-I.pdf>
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A. and Chávez, G. 2002. *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. LC/L.1777-P. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/dnri/publicaciones/xml/5/11195/lcl1777-P-E.pdf>
- Dinar, A. and Saleth, R. M. 2005. Can water institutions be cured? A water institutions health index. *Water Science and Technology: Water Supply*, Vol. 5, No. 6, pp. 17-40.
- Emerton, L. and Bos, E. 2004. *Value: Counting Ecosystems as an Economic Part of Water*. Gland, Switzerland/Cambridge, UK, International Union for Conservation of Nature (IUCN).
- GWP (Global Water Partnership). 2009. *Institutional Arrangements for IWRM in Eastern Africa*. Policy Brief 1. Stockholm, GWP.
- GWP-TAC (Global Water Partnership - Technical Advisory Committee). 2000. *Integrated Water Resources Management*. TAC Background Papers 4. Stockholm, GWP-TAC. <http://www.gwpforum.org/gwp/library/TACNO4.pdf>
- Hamdy, A., Abu-Zeid, M. and Lacirignola, C. 1998. Institutional capacity building for water sector development. *Water International*, Vol. 23, No. 3, pp. 126-33.
- Hobbs, P., Oelofse, S. H. H. and Rascher, J. 2008. Management of environmental impacts from coal mining in the Upper Olifants River Catchment as a function of age and scale. M. J. Patrick, J. Rascher and A. R. Turton (eds) *Reflections on Water in South Africa, Special Edition of the International Journal of Water Resource Development*, Vol.

- 24, No. 3, pp. 417–32.
- Hvidtfelt-Nielsen, K. 2010. More than 'mountain guides' of science: a questionnaire survey of professional science communication in Denmark. *Journal of Science Communication*, Vol. 9, No. 2, pp. 1–10.
- ICIMOD (International Centre for Integrated Mountain Development). 2009. *Local Responses to Too Much and Too Little Water in the Greater Himalayan Region*. Kathmandu, ICIMOD.
- Jönch-Clausen, T. 2004. *'Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005' Why, What and How?* Stockholm, GWP.
- Jouravlev, A. 2004. *Drinking Water Supply and Sanitation Services on the Threshold of the XXI Century*. LC/L.2169-P. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/19539/lcl2169i.pdf>
- Junk, W. J., Bayley, P. B. and Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. D.P. Dodge (ed.) *Proceedings of the International Large Rivers Symposium (LARS), Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, No. 106, pp. 110–27.
- Kambatuku, J. R. (ed.) 2003. *FIRM, the Forum for Integrated Resource Management: Putting Communities at the Centre of their own Development Process*. Windhoek, Namibia, Namibia's Programme to Combat Desertification (NAPCOD).
- Kaufmann, D. 2005. Myths and realities of governance and corruption. *Global Competitiveness Report 2005–2006*. New York, World Economic Forum (WEF), pp. 81–98.
- Klop, P. and Wellington, F. 2008. *Watching Water: A Guide to Evaluating Corporate Risks in a Thirsty World*. New York, JP Morgan Global Equity Research.
- Kruger, A. S., Gaseb, N., Klintonberg, P., Seely, M. K. and Werner, W. 2003. Towards community-driven natural resource management. N. Allsopp, A. R. Palmer, S. J. Milton, K. P. Kirkman, G. I. H. Kerley, C. R. Hurt and C. J. Brown (eds) *Namibia: the FIRM Example*. VIIIth International Rangelands Congress, Durban, South Africa, pp. 1757–9.
- Lannerstad, M. and Molden, D. 2009. *Adaptive Water Resource Management in the South Indian Lower Bhavani Project Command Area*. IWMI Research Report 129. Colombo, International Water Management Institute (IWMI).
- Lentini, E. 2009a. Regulatory accounting for drinking water and sanitation services. The experience of the Metropolitan Area of Buenos Aires. *Circular of the Network for Cooperation in Integrated Water Resource Management for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean*, No. 29. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/dmni/noticias/circulares/2/34862/Carta29in.pdf>
- . 2009b. Regulatory accounting for drinking water and sanitation services. The experience of the Metropolitan Area of Buenos Aires. *Circular of the Network for Cooperation in Integrated Water Resource Management for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean*, No. 30. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/dmni/noticias/circulares/1/36321/Carta30in.pdf>
- Lewis, K., Lenton, R. and Wright, A. 2005. *Health, Dignity, and Development: What Will It Take?* UN Millennium Project. Stockholm/New York, Stockholm International Water Institute (SIWI)/UN Millennium Project, pp. 64–6.
- MAWF (Ministry of Agriculture, Water and Forestry). 2010a. *Integrated Water Resources Management Plan for Namibia Theme Report 4: The Formulation of Information and Knowledge Systems*. Windhoek, Namibia, MAWF.
- . 2010b. *Integrated Water Resources Management Plan for Namibia – Theme Report 6: Integrated Framework for Institutional Development and Human Resources Capacity Building*. Windhoek, Namibia, MAWF.
- Mitchell, T., Ibrahim, M., Harris, K., Hedger, M., Polack, E., Ahmed, A., Hall, N., Hawrylyshyn, K., Nightingale, K., Onyango, M., Adow, M. and Mohammed, S. 2010. *Climate Smart Disaster Risk Management, Strengthening Climate Resilience*. Brighton, UK, Institute of Development Studies (IDS).
- Mysiak, J., Henriksen, H. J., Sullivan, C., Bromley, J. and Pahl-Wostl, C. (eds) 2010. *The Adaptive Water Resource Management Handbook*. London, Earthscan.
- North, D. 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- North, D. C. 1991. Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 5, No. 1, pp. 97–112.
- OECD-DAC GOVNET (Organisation for Economic Co-operation and Development-Development Assistance Committee Network on Governance). 2006. *The Challenge of Capacity Development: Working Towards Good Practice*. Paris, OECD Development Co-operation Directorate (DCD).
- Pahl-Wostl, C. 2007. Transition towards adaptive management of water facing climate and global change. *Water Resources Management*, Vol. 21, No. 1, pp. 49–62.
- Pahl-Wostl, C., Sendzimir, J., Jeffrey, P., Aerts, J., Berkamp, G. and Cross, K. 2007. Managing change toward adaptive water management through social learning. *Ecology and Society*, Vol. 12, No. 2, Art. 30.
- Patterson, K. A. 2009. Case for integrating groundwater and surface water management. D. Michel and A. Pandya (eds) *Climate Change, Hydropolitics, and Transboundary Resources*. Washington DC, Henry L. Stimson Center, pp. 63–72.
- Phillips, D., Daoudy, M., McCaffrey, S., Öjendal, J. and Turton, A. R. 2006. *Transboundary Water Cooperation as a Tool for Conflict Prevention and Broader Benefit-Sharing*. Stockholm, Ministry for Foreign Affairs Expert Group on Development Issues (EGDI).

- Phillips, D. J. H., Allan, J. A., Claassen, M., Granit, J., Jägerskog, A., Kistin, E., Patrick, M. and Turton, A. R. 2008. *The Transcend-TB3 Project: A Methodology for the Transboundary Waters Opportunity Analysis (the TWO Analysis)*. Prepared for the Ministry of Foreign Affairs, Sweden. http://www.siwi.org/documents/Resources/Reports/Report23_TWO_Analysis.pdf
- Phumpiu, P. and Gustafsson, J. E. 2008. When are partnerships a viable tool for development? Institutions and partnerships for water and sanitation service in Latin America. *Journal of Water Resources Management*, Vol. 4, No. 3/4, pp. 304-10.
- Pres, A. 2008. Capacity building: a possible approach to improved water resources management. *Water Resources Development*, Vol. 24, No. 1, pp. 123-9.
- Puckridge, J. T., Sheldon, F., Boulton, A. J. and Walker, K. F. 1993. The flood pulse concept applied to rivers with variable flow regimes. B. R. Davies, J. H. O'Keefe and C. D. Snaddon (eds) *A Synthesis of the Ecological Functioning, Conservation and Management of South African River Ecosystems*. Water Research Commission Report No. TT 62/93. Pretoria, South Africa, Water Research Commission (WRC).
- Puri, S. and Aureli, A. (eds.) 2009. *Atlas of Transboundary Aquifers - Global Maps, Regional Cooperation and Local Inventories*. Paris, UNESCO-IHP ISARM Programme, UNESCO. [CD only.] <http://www.isarm.org/publications/322>
- Renzetti, S. and Dupont, D. 2003. Ownership and performance of water utilities. *Greener Management International*, Issue 42.
- Seely, M., Dirkx, E., Hager, C., Klintenberg, P., Roberts, C. and von Oertzen, D. 2008. Advances in desertification and climate change research: Are they accessible for application to enhance adaptive capacity? *Global and Planetary Change*, Vol. 64, No. 3-4, pp. 236-43.
- Seely, M., Klintenberg, P. and Shikongo, S., 2007. Evolutionary process of mainstreaming desertification policy: A Namibian case study. C. King, H. Bigas and Z. Adeel (eds) *Desertification and the International Policy Imperative*. Hamilton, Canada, United Nations University, pp. 107-115.
- Snaddon, C. D., Davies, B. R. and Wishart, M. J. 1999. *A Global Overview of Inter-Basin Water Transfer Schemes, with an Appraisal of their Ecological, Socio-Economic and Socio-Political Implications, and Recommendations for their Management*. Water Research Commission (WRC) Report No. TT120/00. Pretoria, South Africa, WRC.
- Stakhiv E. Z. and Pietrowsky, R. A. 2009. *Adapting to Climate Change in Water Resources and Water Services*. Perspectives on water and climate change adaptation 15. Co-operative Programme on Water and Climate (CPWC), the International Water Association (IWA), IUCN and the World Water Council (WWC).
- Stakhiv E. Z. and Steward, B. 2009. *Needs for Climate Information in Support of Decision-making in the Water Sector*. Draft White Paper. World Climate Conference 3, Geneva.
- Tenner, E. 1996. *Why Things Bite Back: Technology and the Revenge of Unintended Consequences*. New York, Knopf.
- Timmerman, J. G., Pahl-Wostl, C. and Moltgen, J. (eds) 2007. *The Adaptiveness of IWRM: Analysing European IWRM Research*. London, IWA Publishing.
- Timmerman, J. G. and Bernardini, F. 2009. *Adapting to Climate Change in Transboundary Water Management*. Perspectives on water and climate change adaptation 6. Co-operative Programme on Water and Climate (CPWC), the International Water Association (IWA), IUCN and the World Water Council (WWC). http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Library/Publications_and_reports/Climate_Change/PersPap_06_Transboundary_Water_Management.pdf
- Tropp, H. 2007. Water governance: Trends and needs for new capacity development. *Water Policy*, Vol. 9, No. 2, pp. 19-30.
- Turton, A. R. 2007. *Can we Solve Tomorrow's Problems with Yesterday's Experiences and Today's Science?* Des Midgley Memorial Lecture presented at the 13th SANCIAHS Symposium, 6 September 2007, Cape Town, South Africa.
- UNDP (United Nations Development Programme). 1997. *Capacity Development*. New York, UNDP.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2009. *Guidance on Water and Adaptation to Climate Change*. Geneva, UNECE. http://www.unece.org/env/water/publications/documents/Guidance_water_climate.pdf
- van Scheltinga, C. T., van Bers, C. and Hare, M. 2009. Learning systems for adaptive water management: Experiences with the development of *opencourseware* and training of trainers. M. W. Blokland, G. J. Alaerts and J. M. Kaspersma (eds) *Capacity Development for Improved Water Management*. Delft, The Netherlands, UNESCO-IHE Institute for Water Education, pp. 45-60.
- van Stokkom, H. T. C., Smits, A. J. M. and Leuven, R. S. E. W. 2005. Flood Defense in the Netherlands - A New Era, a New Approach. *Water International*, Vol. 30, No. 1, pp. 76-87. <http://www.informaworld.com/10.1080/02508060508691839>
- Velickov, S. 2007. *Knowledge Modelling for the Water Sector: Transparent Management of our Aquatic Environment*. Discussion Draft Paper for the International Symposium 'Water for a Changing World Enhancing Local Knowledge and Capacity', Wednesday, 13 June 2007, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- Vickers, J. and Yarrow, G. 1988. *Privatization: An Economic Analysis*. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Press Series on the Regulation of Economic Activity, No. 18. Massachusetts, The MIT Press.
- WCD (World Commission on Dams). 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision-Making*. London, Earthscan.
- WHO (World Health Organization)/UN-Water. 2010. *GLAAS 2010: UN-Water Global Annual Assessment of Sanitation and Drinking-Water*. Geneva, WHO.
- WHO (World Health Organization)/UNICEF (United Nations Children's Fund). 2010. *Progress on Sanitation and Drinking-Water*. Update. Geneva/New York, WHO/UNICEF.
- Winde, F. 2009. *Uranium Pollution of Water Resources in Mined-out and Active Goldfields of South Africa: A Case*

Study in the Wonderfonteinspruit Catchment on Extent and Sources of U-Contamination and Associated Health Risks. Paper presented at the International Mine Water Conference, 19–23 October 2009, Pretoria, South Africa.

Winde, F. and Van Der Walt, I. J. 2004. The significance of groundwater-stream interactions and fluctuating stream chemistry on waterborne uranium contamination of streams – a case study from a gold mining site in South Africa. *Journal of Hydrology*, Vol. 287, pp. 178–96.

Wolf, A. T., Natharius, J. A., Danielson, J. J., Ward, B. S. and Pender, J. K. 1999. International river basins of the world. *International Journal of Water Resources Development*, Vol. 15, No. 4, pp. 387–427.

OSU (Oregon State University). n.d. TFDD: Transboundary Freshwater Dispute Database. Corvallis, Oreg., Department of Geosciences, Oregon State University. <http://www.transboundarywaters.orst.edu>

Wolff, G. and Gleick, P. H. 2002. The soft path for water. P.H. Gleick (ed.) *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources, 2002-2003*. Washington DC, Island Press, pp. 1–32.

World Bank. 2010. *Cost Recovery in the Water Sector*. Project Concept Note. Unpublished. Washington DC, The World Bank.

WWAP (World Water Assessment Programme). 2006. *World Water Development Report 2: Water: A Shared Responsibility*. Paris/New York, UNESCO/Berghahn Books.

———. 2009. *World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris/London. UNESCO/Earthscan.

第六章

从原始数据到知情决策

作者：麦克·穆勒

供稿：理查德·康纳、英吉·康卡古尔、詹姆斯·温佩尼、
茜茜拉·萨德哈玛嘉拉·惠特汉娜赫奇





很多国家由于没有开展系统的数据搜集，不能定期公布水资源数据及用水趋势。目前，人们对获取完善、精确、更连贯的水数据及相关记录的需求不断增加，要求我们提高水数据的可靠性和质量，改进数据获取结构以及提供更为有用的信息。遗憾的是，自《世界水发展报告》第三版公布以来，在数据观测方法、网络以及监测方面（参阅该报告第十三章“填补观测的空白”）没有取得任何重大进展。

世界水评估计划（WWAP）这样的全球项目，需要将精力集中在核心数据项目上，这样不同的用户可据此计算出各自关注的指标。除此之外，科技进步也使得对水资源各方面数据的监测和公布更为容易。这些新技术的开发和应用应该成为该领域的开发重点。

6.1 数据、监测和指标的用途

《世界水发展报告》第四版的主题是不确定性，这表明我们缺少足够的有关水资源以及用水趋势方面的信息，或者已有的信息没有被利用好。无论我们开展何种业务（如家庭果园管理或跨国食品公司），还是指导国家经济，成功地开展风险管理都依赖于能够获得和搜集到足够的信息，以便对风险和不确定性作出正确的判断。水资源及其利用方面的风险管理意味着要对涉水活动进行监测，以获取必要的信息，生成有关各方所需要的信息。一旦已经积累了足够多的数据，就可以指标的形式对其进行总结概括，以解决所关注的具体问题。

自2003年首次公开发表以来，《世界水发展报告》全面搜集了关于水资源及其利用各方面的数据和指标，并且力争在之后的版本中不断更新这些信息。在第四版的报告中，有关数据和指标主要在第一卷中介绍（见表6.1）。

表6.1所示的指标是由世界水评估计划和具有这方面经验的组织（联合国水计划成员、非政府机构、大学等）共同开发出来的。该表按照《世界水发展报告》提出的重点挑战领域进行分类，每个指标都标注了驱动力、压力、状态、影响和响应（DPSIR），作为这一分析框架（DPSIR）下的一个或多个要素。指标的开发过程与世界水评估计划在全世界范围内进行的水资源监测和报告中心任务联系密切。《世界水发展报告》中的指标被系统地更新和修订，以实现最终目标：开发一系列能够在整个联合国范围内被广泛接受的指标，不仅在自然环境（如水文周期、水环境、水质、可供水量和使用）领域，并且在社会经济和政治环境（如管理、定价和评估）领域，用来对运行状况进行监测和对变化进行追踪。

这项工作的目的不仅是获取信息，而且阐明了世界各地不同地区的水资源及其利用如何随着时间发生变化。其前提是，假设为了更好地管理有限的水资源要进行系统的监测，以确定水资源的公共和私营政策目标是否得到实

现。报告还力图使读者和用户更好地了解与水资源相关的风险和不确定性。

水信息对于下列群体正变得越来越重要。

- 各国政府：许多国家将水安全当作民族生存问题，必须掌握水资源状况以及水资源利用和管理等方面可靠和客观的信息。这些国家特别关注有关趋势方面的信息，因为这将影响他们的未来。此外，这些国家还力图通过确定基准性指标以及与其他国家和地区进行比较，了解本国目前的水资源状况。

- 多边组织：一些多边组织，如经济合作与发展组织（OECD），已制定政策目标，其中包括环境目标，如“使环境压力与经济增长脱钩”（OECD, 2011, p. 11）。监测相关参数，如用水趋势，对实现这些目标具有至关重要的作用。许多其他的地区组织和专业机构，从欧盟（EU）、非洲联盟（African Union）到八国集团（G8），都提出了相关的问题。

社会各阶层都格外关注水问题，从当地的社区到全球多边组织乃至不同行业的各部门。农民、市政规划、自来水公司和污水处理厂、灾害管理委员会、商业及工业企业以及环保机构也对当前的水形势格外关切。

- 一个全球都特别关注的问题是如何为不断增长和生活水平不断提高的人口提供充足的粮食。水是粮食生产的基本要素，无论是雨水、河湖取水还是地下水，因此掌握水资源的可用量、可持续性以及变化十分重要。与水相关的事件会影响当地粮食生产或粮食价格，这已成为一个越来越重要的政治焦点。

- 人口增长和不断发展的城市化进程为政府规划者提出了新的问题，即他们如何为发展提供足够的水量，如何处理所产生的废水。未来资源压力的不确定性会影响水资源管理，但可用水源本身的不确定性也可能对经济活动以及城市发展带来风险。

- 在社区层面，极端天气事件所产生的威胁正在加剧已经存在的挑战，包括保证充足的供水以及避免废水排放对水质产生不当影响，这促使人们对抵御洪水等灾害的各种措施

开始进行评估。

- 对商业活动来说，水被看作是未来的一个重要风险因素。许多大企业正在试图更好地了解这个风险因素对公司运行所带来的挑战，包括信誉风险。他们还要考虑获取水的可能性及其公司运行对这一资源所产生的影响。

缺乏明确的信息会影响他们的投资决策，甚至导致业务缩减。

- 环保人士认为水资源本身就是一个生态系统，同时也是维持其他生态系统健康的重要因素。尽管各国法律以及国际法都规定了要保护环境，但重要的是要对水生态系统的状况

表 6.1

联合国《世界水发展报告》指标

主题	指标	因果关系分类法 ^a	指标类型 ^b
资源压力水平	水资源不可持续利用指数	驱动力、压力、状态	关键
	农村和城市人口	压力、状态	基础
	相对缺水指数	压力、状态	关键
	当代氮负荷来源	压力、状态	关键
	大型水坝和水库沉积物影响	压力	关键
	气候湿润指数的变异系数	状态	关键
	水的再利用指数	压力、状态	关键
管理	信息获取、参与和公正	响应	发展中的
	评估在实现水资源综合管理目标方面取得的进展	响应	关键
居住状况	城市人口百分比	压力、状态	关键
	居住在贫民窟中的城市人口比重	压力、状态	关键
资源状况	实际可再生水资源总量	状态	关键
	人均实际可再生水资源总量	状态	发展中的
	实际可再生水资源总量中从其他国家流入的水量（依赖率）	状态	发展中的
	可再生淡水资源总量中的取水比例：千年发展目标水指标	状态	发展中的
	地下水开发压力	压力、状态	发展中的
	浅层和深层地下苦咸水/盐水	状态	关键
生态系统	截流和流量管理：大坝强度	状态、影响	关键
	溶解氮（硝酸盐+二氧化氮）	状态	关键
	流域保护的发展趋势	状态、反应	关键
	淡水物种的种群趋势指数	状态	关键
健康	伤残调整生命年	影响	关键
	5岁以下儿童发育迟缓患病率	影响	发展中的
	5岁以下儿童死亡率	影响	发展中的
	获取改善的饮用水	影响	关键
	获取改善的卫生条件	影响	关键

续表

主题	指标	因果关系分类法 ^a	指标类型 ^b
粮食、农业和农村生计	营养不良人口百分比	状态	关键
	农村贫困人口百分比	状态	关键
	全部国内生产总值 (GDP) 中农业国内生产总值	状态	关键
	耕地面积中灌溉面积百分比	压力、状态	关键
	总取水量中农业取水量	压力	关键
	灌溉导致的土地盐碱化程度	状态	关键
	总灌溉用水中的地下水用水量	压力、状态	关键
工业和能源	工业用水趋势	压力	关键
	主要部门用水量	状态	关键
	工业部门有机污染排放 (生化需氧量)	影响	关键
	ISO 14001 认证发展趋势	响应	关键
工业和能源	发电能源	状态	关键
	按来源的初级能源供应总量	状态	关键
	发电的碳排放强度	影响	关键
	淡化水的产量	响应	关键
	通电情况	压力	关键
	水电发电能力	状态	关键
	风险评估	死亡风险指数	状态
风险和政策评估指标		响应	关键
气候脆弱性指数		状态	关键
资源评价与收费	水在公共开支总额中的份额	响应	发展中的
	饮水供给中公共实际投资与所需投资的比率	响应	发展中的
	基本卫生设施中公共实际投资与所需投资的比率	响应	发展中的
	供水与卫生设施运行与维护的成本回收率	驱动力、响应	发展中的
	水费与卫生费占各种家庭收入的百分比	驱动力、响应	发展中的
知识基础和潜力	知识指数	状态	发展中的

注：除“实际可再生水资源总量”下的二级指标外，大多数指标可在联合国教科文组织网站的指标概况表^a中找到，该表详细描述了这些指标的定义以及如何计算，网址如下：<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/indicators/>。

a. 分类基础为DPSIR（驱动力，压力，状态，影响，响应）框架，细节请参阅《世界水发展报告》第一版（第三章，第32~47页；<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001297/129726e.pdf#page=53>）和《世界水发展报告》第二版（第一章，第33~38页；<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001454/145405e.pdf#page=21>）。

b. 基础指标提供基本的信息，已经得到广泛的建立和应用，并且对所有的国家来说其数据一般都能够获得；关键指标经过严格的定义和验证，覆盖全球，并且与政策目标直接挂钩；发展中的指标目前处于形成阶段，在对其方法进行修正以及对其数据进行开发和验证后，最终有可能形成关键指标。

进行监测，以评估这种监管的有效性。

• 气候变化使人们更加关注涉水问题，并且提高了相关因素的不确定性，例如水资源供给。根据历史记录，这些因素以前被认为基本上是固定的以及从统计上可以预测的。另外一个担心是极端天气事件将更加频繁地发生。这就要求对水资源系统进行更为密切的监测，以便尽早地发现其发展变化趋势，以及帮助开发对水资源系统的有效响应。目前正在开发全球性方法以应对气候变化这一全球性挑战。与此同时，非常重要的是对气候变化缓解战略对水资源系统的影响以及适应性战略的有效性进行监测。

针对这些不同领域的活动，有必要在广泛的目标以及管理策略上达成一致，无论这些策略是直接的基础建设方面的干预，还是适应性的“软政策”。一旦目标和策略确定下来，就需要对其有效性进行监测，这需要选择适当的指标，对其进行定义，并且要搜集足够的信息。关键目标是降低水资源及其利用的不确定性，从而加强对复杂的自然系统的风险管理，因为水资源也是这一系统的组成部分。

|||||

“联合国统计司将继续支持其成员国建立水账户，以便更好地了解他们的水来自何处以及是如何使用的。”

6.2 关键指标

出于不同的目的，大量的指标体系已经开发出来或已提出，以监测水资源状况、使用及管理情况。《世界水发展报告》第一版曾报告过超过160个指标，但在第四版报告中只涉及49个。指标的减少，一方面是由于在更新这些指标数据时遇到了极大的困难，另一

方面也反映了对这些指标的性质和目的的深入思考。正如两位经济合作与发展组织专家最近提到的：

“各种指标的开发反映和影响社会、政治、技术以及制度等各个层面……与政府分析师普遍采用的信息工具相比，由一个环保方面的非政府组织开发的综合性指标可能会更好地激发公众意识。”（Scrivens 和 Iasiello, 2010, p. 9）

我们已开发并计算出很多用于反映部门情况的具体指标。除了简单的用水趋势，能够反映不同部门用水效率的指标，即每单位用水量的产出，是一个有用的指标；同样地，监测生活污水处理率有助于理解水资源利用对自然环境的影响。然而，关注气候变化同样强调要选择适当的指标。例如在南非，能源规划需要在二氧化碳（CO₂）排放与用水效率之间进行权衡（见专栏 6.1）。

在更广泛的社会层面，国家用水压力（见 3.1 节和 4.6.1 节）是一个被普遍使用的概念，它仅仅考虑一个国家的人均水资源总量（Falkenmark 等，1989）。而另一个极端，由 Sullivan（2002）提出的水贫困指数则试图包含多种参数，包括可用水资源量、三大产业用水量、水质的四项检测指标、化肥和杀虫剂的使用信息、环境监管能力、环境影响评估指南的数量以及受威胁物种的比例等。获得关键问题数据本身也是该指标的正式组成部分。

自 2009 年《世界水发展报告》第三版公布以来，许多寻求确定水资源问题以及决定涉水政策的全球进程获得迅猛发展。例如联合国“CEO 水之使命”工作组，包括世界自然基金会，呼吁全球各界采取步调一致的行动，其重点是鼓励其成员公司更好地了解他们的用水行为，包括他们自己直接的用水行为以及其供给链中的用水行为。作为国家间虚拟水贸易研究的副产品，“水足迹网络”同样鼓励企业了解并且减少水资源使用及其“足迹”¹。

专栏 6.1

南非在水力发电用水上的折中方案

在大多数国家，经济活动和社会稳定都依赖于充足的和可靠的电力供应，南非国家水资源战略中也明确阐述了这一点，认为用水发电具有重要的战略意义。然而，该战略明确指出“同其他用途一样，具有重要战略意义的用水也要遵守同样的效率标准和用水需求管理要求。当新建电站时，在可行的地方应建立空冷电站。”（南非水利林业部，2004，p. 52）

自 1970 年首次确定目标以来，南非一直鼓励将“用水强度”作为衡量发电性能的指标之一。南非国家电力公司报告说，从 1986 年到 2006 年，该公司的发电用水量从 2.85L/(kW·h) 下降到接近 1.32L/(kW·h)，主要是由于该公司在其国内电站中用空冷代替了湿冷。南非国家电力公司最新的 4 000 MW 马丁巴 (Matimba) 电厂，号称是世界上最大的直接空冷电站，用水量约为 0.1L/(kW·h)（南非国家电力公司，2009）。

空冷电站不仅需要巨大的成本，并且由于碳氢燃料的使用以及二氧化碳的排放高于水冷电站，因此也会产生环境影响。然而，考虑到南非的水资源压力，这种替代被认为是可接受的，并且由于使用了超过 40 年历史的衡量指标，能够对其绩效进行跟踪和维持。现有的电力规划预计，在未来十年中，即使发电量在增长，实际用水总量也将下降，因为将出现更高效的发电厂和可再生能源的组合。

在国家层面，联合国粮农组织全球水信息系统 (AQUASTAT)² 从各国搜集了水资源方

面的统计信息和数据，这些数据经过系统地审查，确保同一流域不同国家之间定义的一致性。此外，还定期对国家之间水资源数据进行比较分析。在此基础上，全球水和农业信息系统编译和更新每个国家水平衡主要元素的最优估值。针对非洲、亚洲、拉丁美洲和加勒比海地区，尽管有些数据缺口仍然需要利用联合国 (UN) 数据进行补充，但全球水和农业信息系统主要是从国家层面的政府主管部门获得这些国家的取水信息。欧盟统计局 (Eurostat) 和经济合作与发展组织 (OECD) 则是欧洲、澳大利亚、日本、新西兰以及北美地区的重要数据来源，并且也被用于补充数据缺口。

供水及卫生联合监测计划 (JMP)³ (世界卫生组织/联合国儿童基金会) 是联合国监控饮水与卫生千年发展目标 (千年发展目标 7c) 的官方机制。千年发展目标指标衡量饮水和基础卫生的获得情况：

- 使用经过改善的饮用水源的人口比例；
- 使用经过改善的卫生设施的人口比例。

为实现这一目标，供水及卫生联合监测计划 (JMP) 每两年发布一次关于国家、地区和全球层面的不同类型饮用水源和卫生设施利用情况的更新数据。其成功之处主要是由于该计划关注基础数据的生成，而这些基础数据是该报告的基础。

所有这些方法均依赖于在水资源及其利用领域存在大量的、可比较的和可靠的原始数据，以及经过处理的信息。同样的，在这一领域，也有一些令人鼓舞的进展。联合国统计司一直鼓励其成员国开展水资源核算体系，以便更好地理解其水资源的来源以及如何被开发利用的。同时，在国家层面，澳大利亚正面临严重的水资源管理压力以及困难的选择，因此正在开发复杂的水账户系统以支持其决策（见专栏 6.2）。

2007 年，世界水评估计划的利益相关者们力图创建一组核心指标，以展示高层次的信息和政策目标。作为联合国水计划三大执行计划之一，世界水评估计划面临巨大的挑战，即对

不同的指标进行系统的审查，同时还要解决来自数据的挑战，以指导其未来的工作。

2009年8月，由世界水评估计划领导的联合国水计划指标监测与报告小组（IMR）向联合国水计划⁴报告了他们的成果。该小组的首要目标是通过改进的监测和报告，在水和包括卫生的相关行业中，在全球和国家层面推进公共信息和知情决策。尤其是，它旨在支持国际上的和国家层面的决策者，推进已经达成国际协定的水和卫生方面的目标的实现。

这涉及监测方法的定期发展，水资源及其开发利用的状态，以及政策和管理措施的影响，其中包括一套支持国家决策者和国际社会的衡量指标。目前，已经提出一个包含15个指标的指标体系，其中每个指标都有详细的描述和使用方法⁵。

专栏 6.2

澳大利亚水会计准则

澳大利亚是有人居住的最干燥的大陆，是世界上人均用水量最多的国家之一。社区、灌溉、企业以及环保集团在不断地争论关于水资源的公平分配问题。水是一种基础性资源，随着竞争的增加，对其进行充分的和可比较的核算变得越来越重要，包括如何对水资源进行管理、维持以及分配，以满足经济、社会和环境的需要。

作为对这些问题的响应，澳大利亚政府委员会将开发水会计账户作为一项指令纳入了国家水计划（2004年）中。这将有利于对水信息进行标准化、比较、核对和汇总。2006年，一份总结性报告指出，作为一个科目，与财务会计账户相似，水会计账户的建立一方面要满足外部用户的需要，另一方面也要满足水务企业的管理需求。

澳大利亚水会计账户的建立是一个系统的过程，包括对水、水权和其他对水的诉求以及相关责任等方面的信息进行定义、识别、量化、报告、确认以及出版等。与目前国际上其他已有的水账户类型不同的是，澳大利亚水会计账户的开发是建立在财务会计账户的基础上，而不是以统计为基础；它更关注水量信息，而不是其经济价值。此外，由于报告对象可扩展性较强，因此潜在读者的数量要大得多。

澳大利亚气象局负责制定水会计准则，为此该部门建立了一个独立的顾问委员会，即水会计标准委员会，协助开发水会计准则。从2007—2010年，在会计和水文行业的大力支持和协助下，该委员会开发了水会计概念框架（WACF）和澳大利亚水会计准则第一版征求意见稿（EDA-WAS1），并且成功地进行了试点。这份文件为通用水会计报告（GPWAR）的编制和发布提供了原则性方法。

水会计报告主要是帮助用户对水资源分配进行决策以及决策评估，报告采用了可比较和可靠数据的形式，为水资源管理者担负起对公共事业的责任提供了条件。报告的另一个目的是希望增强公众和投资者对水资源的信心，清楚地知晓水量到底有多少、谁有权使用以及水是如何被使用的。

随着水资源的信息变得越来越容易获得，人们能够对更多的涉水问题进行评估决策。例如：

- 如何分配这一资源？
- 如何对更好的量化技术或基础设施进行投资？
- 如何决定私人公司在何处能够兴建需要用水的新工厂？
- 如何解决社会公众不断扩张的用水需求？

- 如何对有显著的涉水风险的公司进行投资？

虽然水会计账户的开发和应用在很短的时间内已经取得了显著的进展，但这一科目仍处于起步阶段。最终，将由用户来决定他们需要什么样的信息，以使用来对水资源分配进行决策和决策评估。

注：更多信息请参阅网站 www.bom.gov.au/water/wasb。

尽管这些指标无法用来对相关问题进行深入分析，但有利于在全球层面向社会公众公开那些已经十分严峻的水问题。联合国水计划指标监测与报告小组注意到，指标的开发和应用是一个动态的过程，人们提出的指标清单永远都不会是最终的或最后的一个。指标会随着知识的进步和数据的更新而变化。任何适应性较强的指标都必须同时具备准确、及时以及在国家层面数据一致性等特征。开展这项工作的一部分内容是为其提供技术援助或技术工具。

6.3 数据和信息的现状

监测水资源及其利用情况是一项巨大的挑战，尤其是考虑到水资源具有的可再生性和复杂性、时间和空间分布上的变化以及所表现出的不同形式，并且监测目标的多样性也带来了额外的挑战。此外，在全球、国家、地区或流域层面，为指标提供系统和可靠的数据都是一件很难的事情。

图 6.1 显示了南部非洲开发共同体 (SADC) 成员国获得数据的程度，表明了数据缺乏的严重性。

另一个挑战是维持这些可比较数据的连续性，连续的数据能够被用来监测不同参数随时间变化的发展趋势。由于我们经常用模型来填补数据缺口，因此信息的质量则依赖于是否能够获得足够的现场数据，以便对模型进行校准

和检验。

世界水评估计划的指标监测与报告专家组对数据的提供以及采取行动提高数据流进行了研究。一个发现是存在一组有限的关键“数据项”，可被用来计算许多其他的指标。例如，一项可用来计算许多国家层面指标值的关键数据就是包括流域、州、国家或地区层面的实际可再生水资源总量 (TARWR)。在过去，实际可再生水资源总量是通过一个超过 30 年的数据序列 (1960—1990 年是一个被广泛使用的时间段) 计算出来的。其他重要指标，例如水的稀缺性 (人均实际可再生水资源总量) 和水的生产能力 (每单位实际可再生水资源量的国内生产总值产出)，都是基于这些关键指标计算出来的。

“如果没有真实可用的数据，即使数据的量很大，仍无法为提高水生产力所用。”

实际可再生水资源总量并没有定期地被监测，也没有现成的方法对其进行系统更新，所以，当某些指标——如国家水资源稀缺度——在过去 10 年发生了变化，这些变化通常只反映了基本人口数量的变化。可用水量资源量的变化并没有被系统地加以记录，通常不能用作反映全球水资源稀缺度的数据。一般做法是假设水文是固定不变的，即水文 (如降雨、径流) 特征不随时间发生变化 (见第五章、第八章和第十一章)。

但是，对气候变化的担忧是使人们对水指标越来越感兴趣的一个原因，这使我们清晰地认识到，“水文固定不变”的假设已经不能再作为可用水量高级复核的基础。这促使我们的注意力集中到了有限可用的全球径流数据上，这些数据是计算水资源量的基础。虽然大量降水数据可通过遥感技术获取，但河川径流的变

图 6.1

南部非洲开发共同体国家可用数据表

	地表水和地下水	基础设施	供水源及环境回流	用水及分配	污水	用水效率	水费(费、税和补贴)	GDP	水融资及生产成本
安哥拉	●	●	●	●	●	●	●	●	●
博茨瓦纳	●	●	●	●	●	●	●	●	●
刚果民主共和国	●	●	●	●	●	●	●	●	●
南部	●	●	●	●	●	●	●	●	●
马达加斯达	●	●	●	●	●	●	●	●	●
马拉维	●	●	●	●	●	●	●	●	●
毛里求斯	●	●	●	●	●	●	●	●	●
莫桑比克	●	●	●	●	●	●	●	●	●
纳米比亚	●	●	●	●	●	●	●	●	●
塞舌尔	●	●	●	●	●	●	●	●	●
南非	●	●	●	●	●	●	●	●	●
斯威士兰	●	●	●	●	●	●	●	●	●
坦桑尼亚联合共和国	●	●	●	●	●	●	●	●	●
赞比亚	●	●	●	●	●	●	●	●	●
津巴布韦	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● 少资料 ● 有大量资料
● 部分但是有限资料 ● 无资料

资料来源：SADC (2010, 表4, p. vii)。

化和地下水补给的测量却要困难得多。总之，可用的地下水和水质数据尤其缺乏。

用水数据经常比资源本身状态的数据更加难以获取。例如，为评估水生产力，需要单位用水产生的国内生产总值数据，以便能够监控经济活动与资源使用相分离的政治目标的实现情况；同样，不同工业过程的用水效率应该有效地被监控，以确定需水管理项目的功效。然而在实践中，用水通常是按照特定工业部门耗水的标准假设进行估算的。如果没有真实可用的数据，即使数据的量很大，仍无法为提高水生产力所用。技术进步的影响可能会因此被忽视，除非对特定部门的用水数据展开详细调查。同样，缺乏对许多部门用水情况的了解，意味着提高用水效率的机会和优先性可能无法确定。

这些例子强调了更多关注数据产生的必要性，它能够使水管理者追踪政策制定者的最关注某些发展趋势。

6.4 获得良好监测和报告的制约因素

6.4.1 制度和政治限制

许多制度和政治的限制阻碍了人们对水资源及其利用信息进行更好的监测和报告。良好的管理会产生好的数据；较差的管理通常产生糟糕的数据，同时也导致更大的数据差距。

由于水资源相对价值较低且分布广泛，水的使用（尤其是灌溉用水）通常没有被直接测量。从操作运行的角度，在缺水情况下，决定

供水的优先性和分水比例，比准确地测量水量更重要。在许多管辖区，对不同等级的用水户，水量分配根据不同水平的可靠性进行制定，以避免详细的定量测量。

更重要的是，由于水的产生是一个自然而非人工的过程，大多数情况下的初始供水是不确定的。这使得它区别于其他公共事业运营和其他自然资源。例如，在电力生产中，从矿厂运往发电站的煤炭数量是能够确定的；同样，从发电厂输出的电量可以通过发电公司测量，这些公司的生存依赖于对用户供电量进行测量和收费。然而对于水资源，没有像燃煤或其他较为常规的测量方法可对进入系统内的水量进行测量。

另外，由于水资源通常是在许多不同管辖区之间进行分配的，经常存在一些不利因素，阻碍上游管辖区与下游管辖区共享可用水资源及其利用信息，因为这些信息可能在水资源分配的争端中用到。对于私企而言，隐瞒和避免披露可用水资源及其利用信息的现象也是很常见的，他们声称这些数据对自己公司的经营活动具有战略重要性。

这种现象在流经不同国家的河流流域最为常见（如恒河和湄公河这样的大流域）；但是，同样的逻辑也适用于联邦政府系统的国家，它们的水资源管理由省或州政府负责，具有相似动机。因此，在可能存在潜在冲突的邻国，应对数据的挑战性也许将成为处理争端的一个重要机制（见专栏 6.3）。

专栏 6.3

水资源信息用来防止中亚冲突

1989年，前苏联的解体给新成立国家的水资源管理带来困难和挑战。在此之前，中央政府决定不同地区之间的水资源如何使用和分配；后来，这些地区变成独

立国家的省份，他们有不同的准则。因此，在他们之间存在潜在的冲突。这反过来又被确定为潜在的风险，它会加剧相邻国家已有的冲突。为了对此作出明确的响应，美国提出将提供完善的水资源信息作为关键的第一步。

提供基准数据用于改进水管理

中亚和南亚国家，不管其发展水平如何，普遍缺乏可公开获取的有关供水、径流和用水的连续和可比较数据，这造成上游和下游国家水管理的紧张形势。对美国而言，向所有国家提供基本的技术信息是帮助其开展善意的讨论和协商水管理基础的一种建设性方法。美国应该帮助其开展获取数据的相关活动，特别是测量和监测重要河流和流域的流量和水量。我们也应当提高地区的技术合作，共同观测冰川、跟踪季风转化和模拟多种气候情景下的径流变化。（美国参议院，2011，p. 2）

6.4.2 绩效衡量面临的挑战

制约改善水资源领域数据监测和发布情况的另一个因素是，人们未就真正应该被监测的对象达成一致。例如，建立可有效衡量的绩效指标对实现政策目标十分重要，如可持续发展和千年发展目标，但是人们还不能确定什么数据条目最有利于这个目标的实现。

在成本-效益分析中，有必要强调所需决策的一些潜在影响。同时需要一些准则来指导措施的选取，这些准则包括考虑生态系统服务价值，使得优化更为复杂，但是可能更为有效。此外，还需要决策支持系统将传统的成本-效益分析与参与式多准则分析结合，以考虑不同水平的不确定性。

为了实现水资源的平衡分配和保护，一些指标应当有助于政策工具的精心设计和选择。它们可能包含管理规则（技术标准、绩效标准

等)、定额、准入规则和分配程序以及经济手段(尤其是对于生态系统服务的定价机制和支付)。

虽然经济理论指出定价政策对于实现目标可能是有效的,但在实际生活中,价格表现为几种对立的目标:水相关基础设施的融资,鼓励稀缺资源的有效利用,以及公平和公正分配(见第十章)。简单地监控水价不一定是衡量政策成功与否的有用的参考指标,除非它能够反映提高水资源管理的现实生活目标。

6.4.3 技术和资金的限制

除了制度和政治对可用水资源量和使用信息的产生和公布形成阻碍之外,也存在大量的技术和资金的限制。

由于水产生于自然结构,它的行为通常随不同季节而变化,测量像径流这样简单的参数会特别昂贵。中等河流的一个水文站的成本就很容易超过100万美元,其持续的运行、维护和公布的成本对贫穷国家来说是难以接受的,因为这些活动会与基本供水之间竞争有限资金,并且这些活动不会带来即时效益。

遥感技术是一项重要而未被充分利用的新技术,然而,这项技术至今还没有给水资源及其利用信息带来重要进步。虽然农田作物的直接用水现在能够很可靠地用遥感获取的数据进行估算,但是确定从河道或者大坝实际取水至灌溉农田的水量却更为困难,因为通过遥感信息仍然不能确定河道径流等参数。这就意味着我们无法确定引入农田的总取水量与实际用于作物生长的水量之间的比例这一关键指标。

通过遥感还能够观测水质相关的参数,这将有助于解决管理上的挑战,如富营养化以及基于系统基础上的自然生态系统保护(如湿地)。现有的遥感技术有一些重要应用,然而,水资源监测相对低的优先权,意味着它们不能被应用到这一领域。

虽然遥感被证实是一个有用的工具,但它永远不会代替收集当地信息的需求。使用遥感数据而没有地面真实数据可能是有风险的,建

议政府不要花费在有利于遥感数据的水文气象网上是不明智的。遥感和水文气象观测网并不是相互排斥的,加强水文气象网建设和服务是良好的水资源管理、规划、设计和运行的必要条件。

6.5 提高数据和信息的可获得性

6.5.1 更优数据和指标的市场需求

虽然世界水评估计划的任务是收集和公布全球范围水资源及其利用现状的可用信息,但很明显这个计划受到了数据不足的制约,尤其是缺乏显示重要趋势的系统监测数据。为有效地完成任务,必须确定数据需求才能够跟踪关键的政策目标和变化趋势,并努力建立可获取数据的监测系统。

促进水信息交流最有效的驱动力是政策制定者和决策者在社会经济活动中对信息的需求。可喜的是更多的人对获取完整数据的必要性给予了关注,这推动了水资源及其利用情况监测水平的提高。

从政府的角度,经济政策制订者已经认识到水作为资源对国民经济有着重要影响,但他们需要用更多的行动加以证明,因此,大家对水以及更广泛的环境核算越来越有兴趣。联合国水环境经济核算系统(SEEAW)和欧盟统计局的倡议在这方面特别重要,这正是经济合作与发展组织(OECD)最近的努力方向。

水资源数据对国家和区域安全的重要性从上面的中亚案例可以得到证明。当企业开始要控制水带来的风险时,他们发现“数据匮乏”(IBM, 2009, p. 10)会加剧已有的不确定性。

2007年,商界提出了一个重要倡议,即联合国全球契约“CEO水之使命”,因为他们认识到水服务和水资源危机在对私有部门带来风险的同时也带来了机遇。他们还认识到现有的水资源管理实践无法提升水作为资源的重要性。加入这项倡议的企业意识到,为了以更具可持续性的方式运行,他们有责任将水资源管

理作为优先领域，并且跟政府、联合国机构、非政府组织和其他利益相关者合作，来应对全球水挑战。同时，他们也注意到数据不足带来的挑战。在2009年世界经济论坛上，商界领袖一致呼吁，提高对水挑战的认识并采取行动。这些企业承诺采用统一的水资源数据收集、管理及公布方式（见专栏6.4）。

专栏 6.4

数据为水资源可持续管理铺路搭桥

2009年举行的世界经济论坛（WEF）上，数据和信息被认为是一个关键的领域，需要引起更多的关注。为什么这个议题会如此重要？

在一些水资源紧缺的国家，水安全和水污染问题已经成为很多企业越来越关注的问题，特别是一些从事能源、矿业、食品和饮料、半导体行业的企业。在最近的几年时间内，商业团体、财政分析师和公司企业关于水安全战略重要性的报告越来越多。联合国全球契约“CEO水之使命”就是这种新兴趋势的一个很好的例子。

企业越来越被要求对其投资者提供水相关风险的细节，对公众公开其提高水利用效率的措施。这些问题同样将会引起一些水资源管理政策健全的国家关注。对于企业和投资者而言，水安全风险很难评估，因为基本供水条件等信息的缺乏，以及个别企业不完善、不规范的公布和披露实践（Levinson等，2008）。

一些量化指标可以用来识别问题、追踪趋势、区别先进与落后者、突出最佳的管理实践……令人震惊的是国家之间在方法论一致的基础上可用的水数据那么少。很多现有的水数据搜集过程中没有考虑国

家间的比较（Daniel C. Esty，美国耶鲁环境法律和政策中心主任，引自 WEF，2009，p. 12）。

在国家层面也需要完善的数据。在印度举行的一个参与式分会得出结论，推行能解决国家水问题方法所遇到的主要障碍之一是对问题缺乏足够的了解和关注：

与会者一致认为，随着问题的更加显而易见，水安全已经成为印度的一个关键问题，但是公众和领导阶层对于该问题的紧迫感有待进一步提高。通过一个相对独立的机构或团体以得到质量更好，并且更加公开透明的数据将有助于对这种境况的深入认识……

数据、透明度和分析：水问题的影响需要被不同的利益相关者量化，这样他们可以清楚地了解问题的严重程度。需要由独立行为者来进行额外的分析，这将有助于或者迫使政府和其他利益相关者采取实际行动（比如附加的水度量单位/指标/基准工具/水足迹）（WEF，2009，p. 52）。

“从政府的角度，经济政策制订者已经认识到水作为资源对国民经济有着重要影响，但他们需要用更多的行动加以证明。”

还有很多倡议也正在进行中。世界可持续发展工商理事会（WBCSD）推出一种“水工具”，用于企业更加系统地监控水的使用情况及自己对水资源的影响。与此类似，水足迹网络组织（The Water Footprint Network）呼吁企业、企业客户和其他利益相关者更加关注他

们产品和运营中的水含量 (Hoekstra 等, 2011)。

不同的方法相辅相成：一些方法关注企业的用水；另一些方法则寻求了解流域范围内的资源状况，即“超越工厂的界限”。由于两种监测和评估水资源及使用状况的方法都以足够的可用数据为支撑，由此得出属实的结论，因此它们都是有效的。

水资源在得到众多政府和企业关注的同时，也吸引了广大公众的普遍关注。一些民间社会组织，如世界资源研究所，在制定促进提高公众获得环境信息的整体计划时，将水资源信息的可获取性作为目标之一。该计划传统上只关注于一些更加有争议性的资源，如矿产和森林资源⁶。

由此看来，经过几十年的下降，水相关数据市场将不断增长，并且由供给驱动转变为需求驱动。这表明，对于水从业人员、用水户和持有水股份的公众群体而言，目前正处于对有关水资源信息的可用性和质量做出实质性发展和进步的关键时期。此外，聚焦水资源监测有利于提高公众对目前可用信息局限性的认识。

6.5.2 技术契机和数据创新

技术对数据获取也做出了贡献。例如，遥感技术的发展使不同作物蒸散发量可直接测量 (Hellegers 等, 2009)。新的合作关系也可能发挥作用，例如借助移动电话信号发射塔间信号衰弱的信号可以精确估算降雨量大小，这意味着通讯服务提供商将有助于填补数据空白。另一个重要的开发项目是部署重力恢复和气候实验 (GRACE) 家族卫星，该卫星可以监测地球表面重力场的变化情况，由此得出特定地理空间水资源总量的变化情况。尽管只在大尺度上进行试验和运行，但该技术还是证明了其在监测冲积平原地下水储量变化的潜力。在地下水储量面临不可逆转消耗威胁的前提下，这项技术引起了许多政策的关注。

世界水评估计划的一项试点行动是合作建立一个动态评估的基础数据项，即实际可再生

水资源总量 (TARWR)。实际可再生水资源总量在很多关键指标中都作为一个变量，但目前只是在 1960—1990 年系列评估的河流流量的基础上作为一个静态指标。关键创新是结合水文气象数据和地面高程数据评估水资源可用量，进而得出长系列均值。这种方法将去除“水文固定不变”的约束，预测实际可再生水资源总量的变化趋势。虽然该方法仍然需要进一步完善，但很可能成为国家可用水量数据观测和动态监测的重要参考依据 (见专栏 6.5)。

专栏 6.5

世界水评估计划与纽约城市大学和全球水体系项目合作完成实际可再生水资源总量试点项目

世界水评估计划 (WWAP) 的试点项目是通过与纽约城市大学 (CUNY) 及全球水体系项目 (GWSP) 的合作，共同实现对实际可再生水资源总量 (TARWR) 的动态评估。

实际可再生水资源总量是衡量水资源可用量的基本方法 (在国家、流域或者区域层面)，在很多指标中都被使用。它是国家 (或其他单位) 实际可用水资源的理论最大值，由以下几个方面计算得到：

- 国家自身拥有的水资源。
- 流入国家的水。
- 流出国家的水 (条约规定)。
- 可用性水资源，定义为国家每年的可再生的地表和地下水资源量，表示在可持续发展的前提下理论上可用的水资源量。

具体而言，TARWR 是以下各项之和：

进入该国家的外来水量：

- 该国家自产地表水径流 (SWAR)。
- 该国家的地下水补给量 (GAR)。

减去：

- 由于地表地下水相互作用同时流经地表水系统和地下水系统的有效水资源总量，不减去这个量会导致其被计算两次（即地表地下水重复量）。

- 根据正式或非正式的协议或条约流入下游国家的水量。

世界水评估计划的指标试点研究（PSI）项目是在美国陆军工程师兵团（USACE）的支持下，由纽约城市大学的 Charles Vörösmarty 与全球陆地水文网络（GTN-H）和地球观测组（GEO）/综合地球观测战略（IGWCO）水循环主题合作承担。这个合作团队目前已经研究出一种在国家层面上评估实际可再生水资源总量的创新性方法。这种方法以水文气象学和高分辨率（6' 河网和 ESRI 国家边界）地表高程数据相结合为基础（但不局限于上述内容），使得识别实际可再生水资源总量的变化趋势（如某个国家正在变湿或变干）和改变量（如可供水量的年际变化）变成可能。

“动态实际可再生水资源总量”用于提供国家人均可用水量的另一套数据项。这套数据项将在未来得到进一步发展。基于其实际观测为基础和动态变化的特性，它很有希望最终成为主要参考对象，因为该数据项实现了随时间追踪长系列可用水量变化的目的。面对气候变化和相关挑战，固定水文假设是不成立的，而上述方法将有效解决由此造成的局限性。

目前的实际可再生水资源总量系列数据是由联合国粮农组织的全球水信息系统项目（TARWR - FAO, 2003）生成的。该数据系列基于可用国家水资源数据表和国家水平衡电子数据表计算得到。联合国粮农组织认为这个数据系列是“最好的估算值”，在进一步提供数据信息时，相关数据系列可以更新升级。

正如 6.4.3 节中提到的，很多领域可以利用遥感技术来改善关键水资源参数的信息质量，尤其是水质和环境保护。在这些领域进一步的工作也有可能产生新的方法来加强全球趋势的系统监测，如水体富营养化和湿地范围变化。但是，正如前文所述，完全依赖没有地面实况信息的遥感数据是有风险的，遥感技术不可能完全替代大量的实地数据信息采集。

6.5.3 机构责任、约束和机遇

虽然很多组织机构通过合作获取水资源信息，但是对于他们中的大部分而言，水并不是他们首要关注的焦点。这可能会带来一定的挑战。在联合国系统中，三大主要涉水机构是联合国教科文组织（UNESCO）、联合国粮农组织（FAO）和世界气象组织（WMO）。同时，联合国环境规划署（UNEP）通过全球环境监测系统（GEMS）水项目也对水资源产生越来越浓厚的兴趣。世界气象组织通过其科学平台和全球径流数据中心（世界河流径流数据库）公开基本的水文数据；而联合国粮农组织的全球水信息系统项目提供了水资源及其利用的数据平台，这个数据平台远远超出了农业范畴。然而，三大国际组织都被赋予了很多职责：联合国粮农组织负责全球粮食和农业领域，联合国教科文组织负责科学、文化和教育，世界气象组织负责监测与大气有关的天气和气候。因此，水资源并不是这些国际组织的首要任务，虽然他们实施了大量水合作项目。例如，联合国粮农组织最近宣布成立“水平台”，目的是要协调整个组织内部与水有关的活动。其他例子还包括世界气象组织的水文与水资源项目，联合国教科文组织的科学-教育-评估体系中的国际水文计划（IHP）、致力于水教育的国际水教育学院（IHE）和世界水评估计划（WWAP）及区域水文学者网络等。作为联合国系统的内部协调机制，联合国水计划可在这些不同的项目联系中充当主要角色，联合国水计划指标、监测和发布工作组已经开始关于建立联合水监测体系和关键水指标门户网站的相关工作。

水循环中，地表径流数据的采集大部分是从当地获取的，这给未来工作带来了挑战。科学界更多地关注于全球对地观测；但对地表径流的系统性观测相对较少。因此，共同组成全球气候观测系统的项目中，以较大范围和本地局部对比方式研究水问题的报告数量极少。只有一个项目例外，即全球水体系项目 (GWSP)，但是，该项目可用的数据比天气和气候方面的资料少很多。

国家采用的方法可以弥补全球方法的不足，如果数据不匹配的话，可通过促进国家水账户的形式加以改进。方法的多样性也是一样，例如联合国水环境经济核算系统 (SEE-

AW) 的模型系统主要是解决水量问题 (很少涉及水质)，而澳大利亚采用的是以财务账户为基础的国家水账户。这些方法都不得不考虑一个国家经济社会产生的剧烈变化，并应对和管理这些变化，这是一个巨大的挑战。正如之前提到的，类似的分歧同样影响着商业企业的行动；有些企业更关注企业自身的水足迹，有的则从一个更大的范围关注“超越工厂的界限”的水资源问题。这些方法的多样性可以被看作是对模糊混乱状态的一种反映。无论如何，它都应该被视为一个重要指标，反映了全球对水资源目前的状态、管理和利用情况越来越重视。

注 释

- 1 Muller (2012) 对采用的不同方法及其应用作了总结回顾。
- 2 见 <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>。
- 3 更多信息参考网址 <http://www.wssinfo.org/about-the-jmp/introduction/>。
- 4 更多信息参考网址：<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/indicators/un-water-tf-on-imr/>。
- 5 更多信息参考网址：<http://www.unwater.org/indicators.html>。
- 6 更多信息参考网址：<http://www.accessinitiative.org/tai-global-meeting-2008/node/1>。

参考文献

- DWAF (Department of Water Affairs and Forestry). 2004. *National Water Resource Strategy* (1st edn), Pretoria, South Africa. DWAF.
- ESKOM. 2009. *Reduction in Water Consumption*. Sandton, South Africa. ESKOM. <http://www.eskom.co.za/cf/article/240/water-management/> (Accessed 20 October 2011).
- Falkenmark, M., Lundqvist, J. and Widstrand, C. 1989. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Natural Resources Forum*, Vol. 13, No. 4, pp. 258-67.
- Hellegers, P. J. G. J., Soppe, R., Perry, C. J. and Bastiaanssen, W. G. M. 2009. Remote sensing and economic indicators for supporting water resources management decisions. *Water Resource Management*. 24 December.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M. 2011. *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London: Earthscan.
- IBM. 2009. *Water: A Global Innovation Outlook Report*. Armonk, NY, IBM Corporation. http://www.ibm.com/ibm/~/media/ibm_gio_water_report.pdf.
- Levinson, M., Lee, E., Chung, J., Huttner, M., Danely, C., McKnight, C. and Langlois, A. with Klop, P. and Wellington, F. 2008. *Watching Water: A Guide to Evaluating Corporate Risks in a Thirsty World*. New York, JP Morgan Securities Inc.
- Muller, M. (forthcoming 2012). Water accounting, corporate sustainability and the public interest. J. M. Godfrey and K. Chalmers (eds) *International Water Accounting: Effective Management of a Scarce Resource*. London, Edward Elgar.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2001. *Environmental Strategy for the First Decade of the 21st Century*. Paris, OECD.
- SADC (South African Development Community). 2010. *Economic Accounting of Water Use Project: Baseline Study Report* ACP-EU Water Facility, Grant No. 9ACP RPR 39-90. SADC.
- Scrivens, K. and Iasiello, B. 2010. *Indicators of 'Societal Progress': Lessons from International Experiences*. OECD Statistics Working Papers, 2010/4. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publishing. doi: 10.1787/5km4k7mq49iq-en.

Sullivan, C. 2002. Calculating a water poverty index, *World Development*, Vol. 30, pp. 1195–210.

TARWR-FAO (Total Actual Renewable Water Resource - Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. *Review Of World Water Resources By Country*. Water Reports 23. Rome, FAO. <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4473E/Y4473E00.HTM>

US Senate. 2011. *Avoiding Water Wars: Water Scarcity and Central Asia's Growing Importance for Stability in Afghanistan and Pakistan*. A majority staff report prepared for the use of the Committee on Foreign Relations, United States Senate, 112th Congress, first session 22 February

WEF (World Economic Forum). 2009. *World Economic Forum Water Initiative: Managing Our Future Water Needs for Agriculture, Industry, Human Health and the Environment*. Draft for Discussion at the World Economic Forum Annual Meeting, Davos, January 2009. <https://members.weforum.org/pdf/water/WaterInitiativeFutureWaterNeeds.pdf>

第七章

区域挑战与全球影响

作者：简·巴尔、西蒙·格莱格、伊鲁姆·哈桑、
马迪欧迪欧·尼亚斯、沃尔特·拉斯特、乔安娜·泰勒菲里
供稿：理查德·康纳





《世界水发展报告》第四版首次将区域水资源现状、利用及管理内容包括进来，这主要集中在 5 个区域报告（第二卷暨第三部分）及本章的概要介绍。这些报告涉及的区域分别为：

- 欧洲和北美
- 亚洲及太平洋地区
- 拉丁美洲及加勒比地区
- 非洲
- 阿拉伯及西亚地区

这 5 个区域的划分遵循了联合国区域经济委员会〔联合国欧洲经济委员会（UNECE）、联合国非洲经济委员会（UNECA）、联合国西亚经济社会委员会（UNESCWA）、联合国拉丁美洲和加勒比经济委员会（UNECLAC）、联合国亚洲及太平洋经济社会委员会（UNESCAP），本章相应部分列出了成员国地图〕的区域划分原则，但是非洲区域报告和阿拉伯及西亚区域报告没有遵循联合国区域经济委员会的区域划分原则。在得到联合国非洲经济委员会和联合国西亚经济社会委员会同意后，所有阿拉伯国家的情况都包括在阿拉伯及西亚区域报告中，而不是非洲区域报告涉及一部分阿拉伯国家、西亚区域报告涉及另外一部分阿拉伯国家。除非洲区域报告外，各区域报告由相应的区域经济委员会起草；而非洲区域报告则由世界水评估计划（WWAP）与联合国水计划非洲分部（UN Water/Africa）、非洲水利部长理事会（AMCOW）及联合国非洲经济委员会协商起草。

区域报告强调了各区域目前面临的主要问题以及近年来这些问题是如何演变的。每份报告都列出了各区域最重要的外部驱动因素，分析了这些驱动因素对水资源及其利用和管理所产生的压力和影响。为切合《世界水发展报告》第四版的主题，报告集中讨论了各区域面临的主要风险、不确定性、机遇、地域性等热点问题以及各部门特别关注的问题。报告使用了具体实例对结论进行说明并提出了一系列应对方案，帮助决策者找出解决具体问题的方法。

本章概要介绍了各区域报告（第二十九章到第三十三章）的主要内容。本章结尾对不同区域与全球挑战之间存在相互联系进行了阐述，说明世界一个地区的某些行动如何对世界另一部分地区带来负面影响或创造机遇。

7.1 非洲

地图 7.1 展示了联合国非洲经济委员会成员国。本章所包含的非洲区域仅局限于 46 个国家，不包括非洲最北面国家，如阿尔及利亚、吉布提、利比亚、毛里塔尼亚、摩洛哥、苏

丹、南苏丹和突尼斯，7.5 节“阿拉伯及西亚地区”将这些国家包括了进去。这说明本报告所指的非洲区域差不多与政治上定义的撒哈拉以南非洲地区一致。本区域总面积 2 400 万平方千米，约占世界陆地面积的 18% (FAO, 2008)。非洲气候受赤道影响，划分为两个热

地图 7.1

联合国非洲经济委员会 (UNECA) 成员国



资料来源：联合国非洲经济委员会，第3975号地图，2011年11月第8次修订。联合国外勤支助部制图科绘制。

注：本区域划分为下列分区域。

北部地区：阿尔及利亚、埃及、利比亚、摩洛哥、突尼斯。

苏丹—萨赫勒地区：布基纳法索、佛得角、乍得、吉布提、厄立特里亚、冈比亚、马里、毛里塔尼亚、尼日尔、塞内加尔、索马里、南苏丹、苏丹。

几内亚湾地区：贝宁、科特迪瓦、加纳、几内亚、几内亚比绍、利比里亚、尼日利亚、塞拉利昂、多哥。

中部地区：安哥拉、喀麦隆、中非共和国、刚果、刚果民主共和国、赤道几内亚、加蓬、圣多美和普林西比。

东部地区：布隆迪、埃塞俄比亚、肯尼亚、卢旺达、乌干达、坦桑尼亚联合共和国。

南部地区：博茨瓦纳、莱索托、马拉维、莫桑比克、纳米比亚、南非、斯威士兰、赞比亚、津巴布韦。

印度洋岛国：科摩罗、马达加斯加、毛里求斯、塞舌尔。

带地区和两个主要的沙漠地区：北半球的撒哈拉沙漠和南半球的卡拉哈里沙漠。降雨时空分布极不均匀，严重影响了非洲大陆人民的生计和福祉 (FAO, 2005)。

水在实现非洲大陆发展目标中的重要作用得到了普遍认可。非洲面临着地方性贫困、粮食安全 and 普遍不发达的问题，几乎所有国家都缺乏有效的、可持续开发和管理水资源的人力、财力和体制能力。撒哈拉以南非洲地区每年可再生淡水利用率仅为 5%。然而，该地区城市和农村获得改善供水的机会仍为世界最低水平。大多数国家没有充分利用现有耕地进行农业生产、扩大灌溉面积，大多数地方水电欠发达。非洲经济委员会指出解决非洲主要问题的关键在于“投资非洲潜在水资源的开发，大幅度降低无法获得安全饮用水和充足卫生设备的人数，通过扩大灌溉面积确保粮食安全，通过有效管理干旱、洪水和荒漠化保护经济发展成果” (NEPAD, 2006, p. 2)。

《2025 年非洲水资源展望》已被非洲政府、非洲发展新伙伴计划 (NEPAD) 和非洲联盟采纳，这说明水资源以及更具针对性的投资和更高效的水管理成为新的关注焦点。《2025 年非洲水资源展望》呼吁强化体制框架，从战略上采取水资源综合管理 (IWRM) 原则。大多数非洲国家已经实施了以水资源综合管理为基础的水治理和水管理。国际水政策建议将继续发挥着宝贵的和决定性的作用。

7.1.1 水资源驱动力和压力

人口高速增长、贫困和不发达是影响该区域如何进行水管理的主要驱动因素。在非洲，开发饮用水、制定卫生方案以及开展其他水务部门活动都需要考虑人口、经济、政治和气候环境等主要因素以及它们对水资源和水需求的影响。

人口特征

非洲人口增长正在加剧水需求，加速许多国家的水资源退化。到 2011 年中期，非洲人口 (不包括最北面国家) 约为 8.38 亿，年平均自然增长率为 2.6%，而世界人口年平均增长率为 1.2%。据估计，到 2025 年非洲人口将增至 12.45 亿，到 2050 年非洲人口将增至 20.69 亿 (PRB, 2011)。

估计 61% 的非洲人口生活在农村地区，超过世界平均水平 (50%)，平均人口密度为每平方千米 29 人。2005—2010 年，非洲城市人口增长了 3.4%，比农村人口增长率高 1.1% (UNEP, 2010b)。如果政府不立即采取积极行动，预计到 2020 年撒哈拉以南非洲国家城市贫民窟人口将翻倍，约为 4 亿 (联合国人类住区规划署, 2005)。但是，由于保持灵活性是一种生存策略，因此城市贫民窟人口流动性较大，难以评估人口数量。然而，在撒哈拉以南非洲地区，生存条件的改善显然跟不上城市贫民窟人口的快速增长 (联合国人类住区规划署, 2010)。城市面积 (特别是城郊贫民窟) 的快速、无序扩张已经使得大多数的市政供水服务设施不堪重负，成为水与卫生发展的主要挑战。

另一方面，人口增长正在趋稳：人口增长率已经从 1990—1995 年的约 2.8% 逐步减少到 2010—2015 年约 2.3% 的预计值 (FAO, 2005)。伴随经济增长的加快，这种趋势可能有助于促进社会经济发展，包括实行更好的水管理、提供与水有关的服务。

经济发展与贫困

撒哈拉以南非洲是世界上最贫困、最不发达地区，半数人口生活费低于每天 1 美元。《人类发展指数》指出该地区约 2/3 的国家处于世界最低生活水平 (FAO, 2008)。即使有机会解决非洲地区突出的水问题，但是其深刻而广泛的贫困制约了许多城市和社区提供适当的水与卫生服务、满足经济活动所需的水资源及防止水质恶化的能力 (UNEP, 2010b)。

整个非洲大陆的经济改革影响深远，已经在许多国家取得积极成效。国内生产总值 (GDP) 的负增长已经让位于逐步增长的态势，增长值约为发展中国家的平均水平。《经济学家》杂志分析表明：截止到 2010 年的 10 年内，撒哈拉以南非洲国家占世界十大经济增长最快国家中的六席 (《经济学家》杂志, 2011)。但

是，非洲人均国内生产总值仍然远远低于其他地区。

作为经济增长的主要驱动因素，旱作农业是大多数非洲国家的经济支柱。它代表了该地区 20% 的国内生产总值、60% 的劳动力、20% 的出口商品和 90% 的农村收入。农业耗水量最大，约占总取水量的 87% (FAO, 2008)。在提高贫困人口收入方面，对农业尤其是灌溉农业进行投资所产生的效益至少是其他行业投资效益的 4 倍 (UNEP, 2010b)。

7.1.2 挑战、风险与不确定性

水文变化

非洲的气候比较极端化：赤道地区是潮湿的赤道气候，中部地区是热带和半干旱气候，北部和南部边缘是干旱气候。撒哈拉以南非洲降雨相对充沛，估计年平均降雨总量为 815 毫米 (FAO, 2008)，但是这些降雨季节性很强、空间分布不均 (见表 7.1)，导致洪水和干旱频发。赤道地区 (特别是从尼日尔河三角洲到刚果河流域) 降雨量最大，而撒哈拉沙漠则几乎没有降雨。在西非和中非，降雨尤其变化无常和不可预测。

纵观整个非洲大陆，可再生水资源仅占总降雨量的 20%，不到全球可再生水资源量的 9% (FAO, 2005)。在撒哈拉以南非洲地区，

人均可再生水资源量从 1960 年的 16 500 立方米降至 2005 年的 5 500 立方米，这主要是人口增长造成的 (FAO, 2008)。地下水占非洲可再生水资源总量的 15%，但是估计 75% 以上的非洲人使用地下水作为主要的饮用水源 (UNEP, 2010b)。由于可再生水资源的短缺，截留和贮存降雨非常重要。更重要的是，较少的可再生水资源部分解释了非洲大陆特有的干旱的原因。虽然无法获得水资源是导致经济匮乏的主要原因 (见 4.6.1 节和图 4.10)，但是分区域之间和其内部的显著变化也造成了该地区较低的人均取水量 (247m³/a) (FAO, 2005)。

约 66% 的非洲是干旱或半干旱地区，撒哈拉以南非洲 8 亿人中有 3 亿多人生活在缺水环境中，这意味着他们的人均水资源量少于 1 000 立方米 (NEPAD, 2006)。人口增长，尤其是城市人口增长，导致了水需求的增长，加上一些地方存在生活水平提高的趋势，加剧了水资源短缺，造成供水量萎缩、水资源管理不善。这些情况给非洲供水构成巨大的挑战，导致许多地方，尤其在旱作农业为重要生计的地方，粮食不安全、健康状况差以及生态系统遭到破坏 (UNEP, 2010b)。

饮用水和卫生设施

虽然水以多种方式与非洲文化、宗教和社会密切相关，但是现代非洲社会还没有充分开发他们所需要的适应能力，以保障家庭基本生

表 7.1

非洲分区域可再生水资源总量和比例

分区域	水资源总量 (m ³ /a) (2008年)	非洲内部水资源的百分比 (%)
中非	2 858.08	50.66
东非	262.04	4.64
西印度洋岛国	345.95	6.13
北非	168.66	2.99
南非	691.35	12.25
西非	1 315.28	23.32
整个非洲	5 641.36	100

资料来源：联合国环境规划署 (2010b, 表1.2, p.15; 原始数据来源：联合国粮农组织全球水信息系统)。

活用水和其他必要的服务。通常情况下，主要是妇女和儿童长距离运水。在城市和城郊地区，经常只能从供水商那里高价购水，这些水的水质往往较差。如果政府不立即采取积极行动，预计撒哈拉以南非洲城市贫民窟人口将翻倍，即从 2005 年的 2 亿增至 2020 年的 4 亿（联合国人居署，2005）。

撒哈拉以南非洲地区饮用水供应的覆盖率¹ 仅为 60%，而世界平均水平约为 87%。全球仍有 8.84 亿人使用未经改善的饮用水水源，该地区人口占 37%。1990—2008 年，城市提供改善的饮用水水源覆盖率保持在 83%。虽然 2008 年的农村覆盖率比 1990 年的增加了 11%，但是也仅为 47%。换句话说，增加了 1.1 亿人可以获得改善的饮用水供应（WHO/UNICEF，2010）。图 7.1 列出了各国使用改善的饮用水水源的人口比例。

卫生设施匮乏是非洲水资源管理面临的更大挑战。许多水体和其他水源正在遭受随意堆放排泄物的微生物污染，通过水源性疾病，如腹泻、霍乱、沙眼、血吸虫病等损害人类健

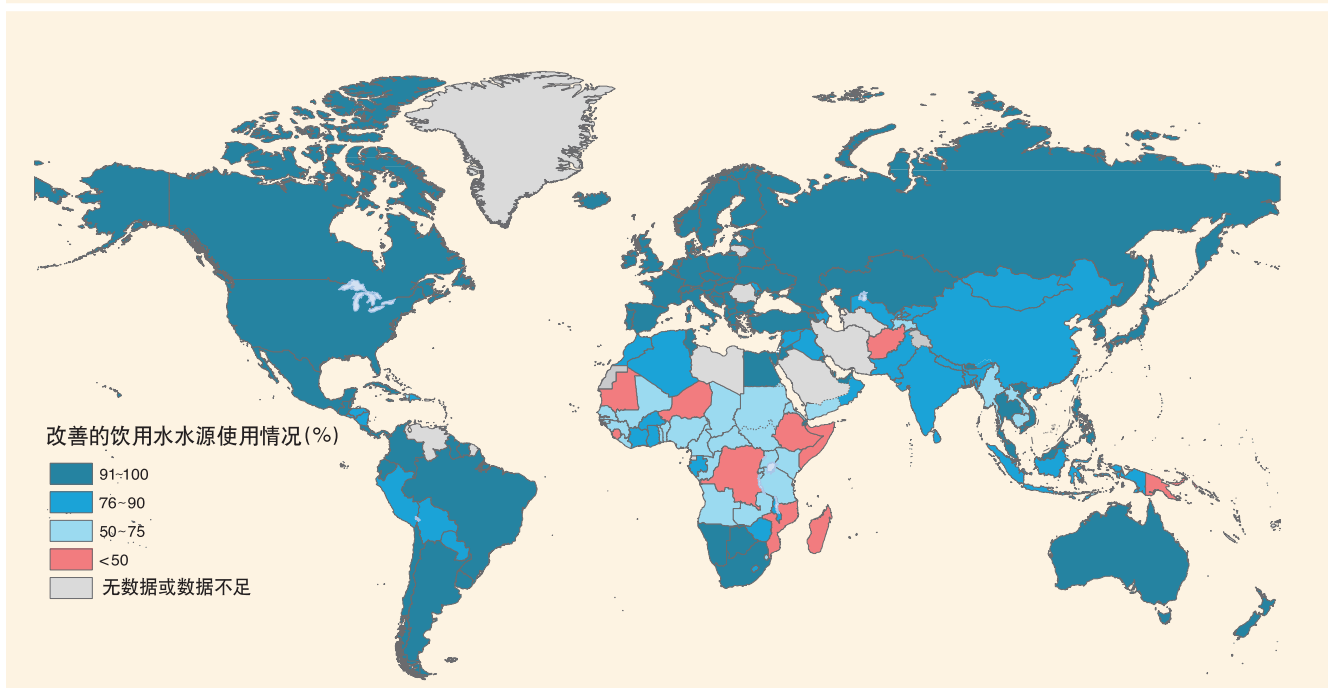
康。与水有关的病媒传染病如疟疾，也是一个重大的健康问题。在撒哈拉以南非洲，只有 31% 的居民拥有经过改善的卫生设施，而城市和农村卫生设施覆盖率相差很大：2008 年，城市卫生设施覆盖率约为 44%，农村卫生设施覆盖率为 24%。虽然该地区露天排便的人口比例正在下降，但其绝对数字已从 1990 年的 1.88 亿增至 2008 年的 2.24 亿（AMCOW，2010）。

“66% 的非洲地区位于干旱和半干旱地区，其中撒哈拉以南非洲地区的 8 亿人口中有 3 亿多人生活在缺水环境中。”

千年发展目标（MDGs）设定的水目标是“到 2015 年将无法持续获得安全饮用水和基本卫生设备的人数减半”。据估计，撒哈拉以南非洲地区只有 5 个国家能够实现 75% 以上的饮

图 7.1

改善的饮用水水源使用情况(2008年)



资料来源:WHO/UNICEF(2010, 图4, p.7)。

用水目标；只有 2 个国家，即肯尼亚和南非，能够实现 75% 以上的卫生设备目标（WHO/UNICEF, 2009）。安全饮用水和适当卫生设备的缺乏不仅影响人类健康和福祉，而且阻碍了经济增长和安全。

粮食不安全

2000—2007 年，25.5% 的非洲人营养不良，30% 的 5 岁以下儿童营养不良。20 世纪 90 年代中期至 2008 年，撒哈拉以南非洲地区营养不良人数从 2 亿增至 3.5 亿~4 亿（FAO, 2008）。气候变化和变异可能严重危害许多非洲国家的农业生产和粮食安全（Boko 等, 2007）。

自 20 世纪 60 年代中期，该地区农业产量年平均增长率小于 2%，而人口增长率约为 3%（联合国非洲经济委员, 2006）。该地区约 97% 的耕地种植干旱作物，是非洲人的主要食品（UNECA, 2008）。如果到 2025 年非洲要实现粮食安全目标，那么需要每年提高 3.3% 的农业总产值。为了养活非洲人口，水的作用至关重要，因为灌溉耕地仅占其灌溉潜力的 20%。实际上，该地区所有国家（4 个国家除外）耕地的灌溉面积都小于 5%，因此可以大幅度扩大灌溉面积，加强粮食安全（UNEP, 2010b）。

另一方面，有分析表明灌溉面积增加 3 倍也只能实现到 2025 年粮食增产目标的 5%（联合国水计划非洲机构, 2004）。但是，还可以扩大旱作农业面积，收集降雨径流，合理使用有些地方的大量未开发的地下水储量（UNEP, 2010b）。

能源不安全

撒哈拉以南非洲是世界上最大的生物能源（包括木材、农作物废料、木炭、粪便、蜡烛和煤油）消耗地（见 2.2 节和第十九章）。生物能源占南非能源消耗的 15%，占其他撒哈拉以南非洲国家能源消耗的 86%，占农村人口能源消耗的 90% 以上。总体上讲，非洲只有 1/4 的人口用的上电。投资匮乏、日益增长的用电需求、冲突、不可预测的可变的气候条件以及电力设备老化等原因也经常导致电力供应不稳

定，所有这些原因都阻碍了经济活动的开展。水力发电提供了 32% 的能源，但非洲水电开发欠发达，只有 3% 的可再生水资源用于发电（UNEP, 2010b）。联合国环境规划署出版的《非洲水图》标明了进一步开发水电的许多制约因素，包括非洲各分区域能力的不一致。例如，尽管中非地区的水电潜能巨大，但是其电气化程度最低。《非洲水图》还指出气候变化将加剧降雨量的变化，从而在某些方面阻碍水电潜能的开发。

非洲水电潜能巨大，足以满足整个非洲大陆的用电需求。发展水电将刺激经济增长、改善人类福祉，有助于避免使用生物能源、降低温室气体排放（与化石燃料相比）、提供可靠的基础电荷，从而促进其他可再生能源的再生。以适当方式开发水电，可以消除由来已久的大型水坝建设造成的环境和社会影响（UNEP, 2010b）。

基础设施和维护融资

虽然亟需加大非洲水利基础设施融资已成为共识，但是很难确定所需的金额。关于供水、卫生和灌溉基础设施成本投资，该区域近期致力于《非洲基础设施国家诊断报告》（AICD）（Foster 和 Briceno - Garmendia, 2010）。针对提供基础设施服务和融资所带来的挑战，该研究史无前例地分析了基础设施的状况及解决办法，预计供水和卫生部门（WSS）每年需要 220 亿美元的投资，以弥补基础设施的缺失、实现千年发展目标以及非洲国家十年目标（见专栏 7.1）。

专栏 7.1

非洲供水和卫生部门（WSS）投资需求

据估计，每年约 220 亿美元（约为非洲国内生产总值的 3.3%）的投资可以实现非洲水与卫生设施千年发展目标。这个估计是建立在假设城市和农村基础设施分

布与 2006 年的情况相同的基本情境之上的。

2006—2015 年水和卫生设施支出需求 (×10 亿美元/年)

	总额	投资	维护
水	17.2	11.5	5.7
卫生设备	5.4	3.9	1.4
合计	22.6	15.4	6.1

估计每年资本投资需求为 150 亿美元，约为该地区国内生产总值的 2.2%。基于最低可接受的资产标准，对基建投资（包括新建基础设施和修复现存资产）进行预算。另外，假设 2006—2015 年获取饮用水和卫生设施的方式（或者相对普遍的供水和卫生服务模式）大致一样，并且假设相应的服务升级只针对最少数量的消费人群。

每年维护费用约 60 亿美元（占该地区国内生产总值的 1.1%）。有管网和无线网服务的运行和维护费用各占已安装的基础设施重置价值的 3% 和 1.5%。基于一个兼顾了每个国家基础设施管网维护存在积压情况的模型，对维修费用进行了估算。

资料来源：Foster 和 Briceno-Garmendia (2010)。

《非洲基础设施国家诊断报告》还估算了非洲灌溉系统所需的投资额。以 50 年为一个投资期限，小型灌溉系统需要近 180 亿美元的投资，大型灌溉系统需要 27 亿美元的投资（见专栏 7.2）。

跨界水管理

世界上的主要国际河流流域（流域面积大于 10 万平方千米）约有 1/3 分布在非洲。实际上，所有撒哈拉以南非洲国家和埃及至少共享一个国际河流流域。根据不同的国际河流划定办法，非洲大陆跨界河流和湖泊流域有 63

个（UNEP, 2010b）至 80 个（UNECA, 2000）。下游国家河流的总流量大部分源于境外，加剧了水的相互依赖性（UNECA, 2001）。与上游邻国相比，下游国家通常处于劣势。此类情况出现在尼日尔河流域、朱巴-谢贝利（Juba - Shabelle）河流域和奥卡万戈（Okavango）河流域。

跨界水管理面临的另一个挑战是缺少完整、可靠和一致的跨界水资源（尤其是地下水）数据（见专栏 7.3）。因此，这些水资源存在潜在冲突。但是，为了有助于管理非洲大陆国际河流流域，有关国家签订了 90 多项国际水协议（UNEP, 2010b）。例如，《2000 年南部非洲发展共同体（SADC）共享水道议定书》（SADC, 2008）推动了相关共享水道协议的签订，还规范、体现了合理使用和无害环境的水资源开发原则。

非洲跨界水管理的另一种模式是“尼罗河流域倡议”。它由尼罗河流域国家水利部长理事会在 1999 年 2 月正式发起，“旨在以合作的方式开发河流、分享重大的社会经济利益、促进区域和平与安全”（UNEP, 2009, p. 50）。

气候变化与极端事件

政府间气候变化专门委员会（IPCC）确信“气候变化将加剧一些国家目前面临的水压力，而目前尚未面临水压力的一些国家也将濒临水压力”（Boko 等，2007, p. 435）。越来越多的证据表明：无法缓解的水文气候变化与发展中国家（特别是非洲国家）经济增长缓慢紧密相联。在大多数贫困国家，气候变化大，基础设施薄弱，国内生产总值与降雨量密切相关。

撒哈拉以南非洲地区主要受干旱气候威胁。干旱破坏了经济生产和农民的粮食来源，严重影响了该地区 1/3 国家的国内生产总值增长。例如，1998—2000 年，拉尼娜现象引起的干旱造成肯尼亚国内生产总值下降了 6%。洪水也对基础设施、交通、货物和服务流程造成极大破坏，造成水源污染，导致霍乱等流行性水源疾病的爆发。

专栏 7.2

非洲灌溉系统的投资需求

以 50 年为一个投资期限，把灌溉系统分为两类进行评估：

- 基于水坝的大型灌溉系统与用于水力发电的水库密切相连，而这些水库都伴有水力发电配套研究。此类灌溉系统假定：农场发展需要中等规模的投资费用为每公顷 3 000 美元，供水和输水成本为每立方米 0.25 美元，一名渠道运行和维护代理人，农场灌溉系统运营和维护成本为每公顷 10 美元。假设有充分理由将相关水坝成本完全计入水力发电项目，那么这里没有考虑水坝成本。

- 小型灌溉系统包括小型水库、农场池塘、脚踏泵以及雨水收集装置。假设 5 年为一个投资周期，此类灌溉系统假定：农场发展需要中等规模的投资费用为每公顷 2 000 美元，农场灌溉系统运营和维护成本为每公顷 80 美元。

根据 2004—2006 年特定商品的国际价格，结合各国价格政策和市场交易成本差异，对农作物价格进行调整。

基于空间分析研究，结合水文地理和经济参数，对灌溉所需投资进行估算。

	大型灌溉系统			小型灌溉系统		
	灌溉面积增加 (百万公顷)	投资费用 (百万美元)	平均内部收益 率 (%)	灌溉面积增加 (百万公顷)	投资费用 (百万美元)	平均内部收益 率 (%)
苏丹—萨赫勒地区	0.26	508	14	1.26	4 391	33
东部地区	0.25	482	18	1.08	3 873	28
几内亚湾地区	0.61	1 188	18	2.61	8 233	22
中部地区	0.00	4	12	0.30	881	29
南部地区	0.23	458	16	0.19	413	13
印度洋岛国	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—
合计	1.35	2 640	17	5.44	17 790	26

注：

苏丹—萨赫勒地区：布基纳法索、佛得角、乍得、尼日尔、塞内加尔、南苏丹、苏丹。

东部地区：埃塞俄比亚、肯尼亚、卢旺达、坦桑尼亚、乌干达。

几内亚湾地区：贝宁、科特迪瓦、加纳、尼日利亚。

中部地区：喀麦隆、刚果民主共和国。

南部地区：莱索托、马拉维、莫桑比克、纳米比亚、南非、赞比亚。

印度洋岛国：马达加斯加。

资料来源：Foster和Briceño-Garmendia (2010, 表15.2, p.291)；You (2008)。

2000 年莫桑比克发生洪水，200 多万人受影响，估计经济损失为国内生产总值的 20% (Brown 和 Hansen, 2008)。对整个撒哈拉以南非洲地区而言，尤其在高度依赖农业、基础

设施不足的地区，这些水文极端事件可以造成毁灭性影响。在未来几十年内，当气候变化的影响可能进一步加剧时，气候变化带来的干旱与洪水将继续让非洲国家的弱势群体饱受

灾难。

虽然非洲农民早已掌握了应对天气变化的技术，但是这些技术还远远不能适应气候变化和气候变异导致的不同程度的多重压力相互作用所产生的综合影响（Boko 等，2007）。

数据挑战

非洲大陆在水资源领域面临着一些重大挑战，包括不充分、不一致、不可靠的水资源、水需求（根据社会经济指标推断）和极端气候事件数据（Young 等，2009）。例如，经济规划者不顾数据的高度不确定性，将假设的人口结构变化，如人口增长和城市化，纳入国家规划。由于种族、宗教或政治原因，对人口普查结果存在争议，就是特别明显的实例。《非洲水图》指出“建立详细、一致、精确和可用的数据库是解决非洲未来水问题的核心挑战之一”（UNEP，2010b，p. 38）。例如，就科学信息而言，水文地质数据集的缺乏制约了乍得湖流域地下水资源的可持续利用（见专栏 7.3）。

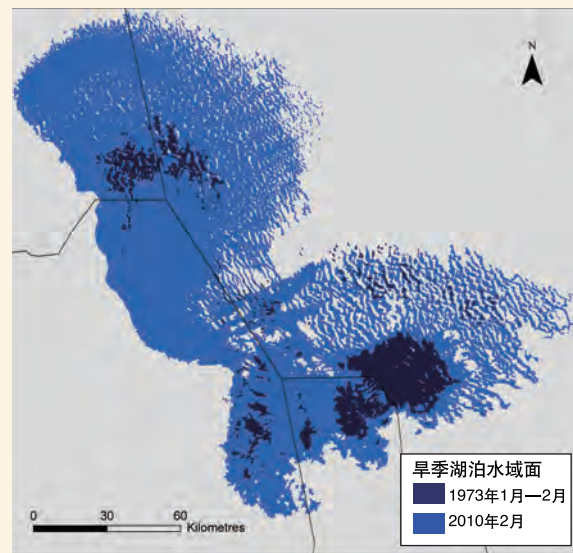
专栏 7.3

乍得湖流域地下水资源

乍得湖是萨赫勒（Sahel）地区最大的淡水水库之一，300 多万人口生活在以湖泊为中心、方圆 200 千米范围内，他们大多数以农业、畜牧业和渔业为生。该地区季节性、年度和年代际降雨量变化极大。该流域汇集了沙里（Chari）河、洛贡（Logone）河和科马杜古约贝（Komadougou Yobé）河，但是，自 20 世纪 60 年代中期，干旱、引水和灌溉导致这些河流流量下降了 75%（见下图）。生态系统已经无法快速适应这种变化，渔民不得不迁走，旱季牧场质量下降、面积萎缩。

乍得湖流域 3 500 万人口都受到不同程度的影响。尽管有研究表明降雨量的减少已经影响了乍得湖流域的第四纪地下含水层水位，但是水资源短缺仍然导致了地下水使用的增加。虽然关于乍得湖流域地下水储量的资料不多，但是亟须提高水文地质数据集的可用性和完整性，以便政策制定者能够对乍得湖流域水资源的减少作出适当反应（UNEP，2010b）。

陆地卫星影像数字化显示的乍得湖水域面积（1973–2010年）



信息来源：UNEP（2010b，p.49）

7.1.3 应对措施

体制、法律和规划应对措施

非洲联盟发起、成立的组织机构和项目，如非洲水利部长理事会（AMCOW）、非洲水基金，越来越重要的非洲开发银行（AfDB）、农村供水和卫生项目等，生动地体现了对与水资源相关的开发所作出的持续承诺。最重要的

活动之一是于2004年2月在利比亚苏尔特召开的主题为农业和水的“非洲联盟国家和政府首脑第二次特别会议”，另外一个重要活动是于2007年7月在埃及沙姆沙伊赫召开的“水与卫生非洲联盟国家首脑峰会”。由非洲水利部长理事会（AMCOW）主办的“非洲水周”进一步提高了水资源开发和管理意识、促进了相关信息共享。但是，为了配合正在开展的欧盟（EU）合作项目，亟须开展更为广泛的国际合作，扩大区域和整个非洲大陆的协作。许多实例表明跨界水协议已经成功地解决了共享水域的潜在冲突（见专栏7.4）。

专栏 7.4

塞内加尔河联合管理

对塞内加尔河流域实行联合管理，各方作出了建设性的让步，避免了潜在冲突。1972年成立了塞内加尔河开发组织（OMVS），2002年通过了《塞内加尔河宪章》，利用融资机制保障了流域四国获得相应的收入和利益。

乍得湖流域协议具有局限性，因为有些沿岸国家还未加入2008年有关乍得湖的法律协议和战略行动计划。对于正在执行的跨界水协议，有关国家仍需要提高对相关国际水法的认识、明确区域观点。

非洲国家也已开始寻求与水电开发相关的跨界水问题解决方法，特别是通过电力联盟，如南部非洲电力联盟（SAPP）和西部非洲电力联盟（WAPP），促进区域一体化。此类电力联盟可以降低各国供电成本，一旦电力系统出现故障可以提供相互帮助，共享社会效益和环境效益，加强跨界关系（UNEP，2010b）。

整个非洲正致力于应对气候变化的不确定性。非洲气候机构，如非洲气象应用发展中

心、政府间发展组织管理局（IGAD's）、气候预测和应用中心（ICPAC）、南部非洲开发共同体（SADC）干旱监测中心等，已经就气候风险管理办法与国际气候与社会研究所开展合作。它们正在加强能力建设，以便顺利融入各部门决策过程，如农业生产、粮食安全、水资源管理、健康保障、灾害风险管理等。这些气候机构也有助于同步制定区域法律框架，通过利益共享模式保护和维护共享的水资源。它们可以安排跨流域调水计划，以拯救濒临死亡的水生态系统，如乍得湖生态系统（见专栏7.3），或者从丰水流域调水至干旱地区。

面对气候变异和气候变化，区域、非洲大陆和国际层面的共同努力，可以帮助非洲国家应对水资源利用可持续发展带来的挑战。因此，为了解决共同面临的挑战，重点是要集中所有的人力和机构资源，提高对各种来源的不确定性的定量和定性认识。同样重要的是改进知识传播方式，将这些知识传递给水资源管理者和其他利益相关者，将不确定性更好地纳入水资源管理决策（Hughes，2008）。

这些挑战不完全是基础设施方面的，也包括早期预警系统。早期预警系统可预测雨季的开始时间和持续时间、季节交替之际的干旱期、基于跨半球远程并置对比的降雨异常以及厄尔尼诺和拉尼娜现象影响的前置期。

7.2 欧洲和北美

联合国欧洲经济委员会（UNECE）包括56个国家，所辖区域包括了欧盟，东、中、西部欧洲，高加索地区，中亚地区和北美地区；北美地区指美国（USA）和加拿大（见地图7.2）。

修建大坝和导流设施除了水力发电、灌溉和防洪等作用外，也使该区域流域状况发生了显著改变。当大坝、堰和导流设施提供水管理服务时，它们也改变了水文条件，中断了河流和动物栖息地、河流与邻近湿地和洪泛平原的连接，改变了侵蚀过程和泥沙输移。大多数发

地图 7.2

联合国欧洲经济委员会成员国



资料来源：欧洲经济委员会，第3976号地图，2011年11月第11次修订。联合国外勤支助部制图科绘制。

注：北美洲成员国已列出，但未在地图上显示。在本章中，联合国欧洲经济委员会成员国分组如下。

欧盟国家：奥地利、比利时、保加利亚、塞浦路斯、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、爱尔兰、意大利、

拉脱维亚、立陶宛、卢森堡公国、马耳他、荷兰、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、英国。

西欧国家：安道尔共和国、奥地利、比利时、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、冰岛、爱尔兰、意大利、列支敦士登、卢森堡公国、

摩纳哥、荷兰、挪威、葡萄牙、圣马力诺、西班牙、瑞典、瑞士、英国。

西欧地区欧盟15国：奥地利、比利时、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、爱尔兰、意大利、卢森堡公国、荷兰、葡萄牙、西班牙、瑞典、英国。

中欧和东欧国家：阿尔巴尼亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、保加利亚、捷克共和国、克罗地亚、塞浦路斯、爱沙尼亚、匈牙利、拉脱维亚、

立陶宛、马耳他、黑山、波兰、罗马尼亚、塞尔维亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、马其顿、土耳其。

中欧和东欧的新增欧盟成员国：保加利亚、塞浦路斯、捷克共和国、爱沙尼亚、匈牙利、拉脱维亚、立陶宛、马耳他、波兰、

罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚。

巴尔干国家(中欧和东欧国家的一部分)：阿尔巴尼亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、克罗地亚、马其顿、黑山、塞尔维亚。

地中海国家：阿尔巴尼亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、克罗地亚、塞浦路斯、法国、希腊、以色列、意大利、马耳他、摩纳哥、黑山、葡萄牙、塞尔维亚、斯洛文尼亚、西班牙、土耳其。

东欧、高加索和中亚国家：亚美尼亚、阿塞拜疆、白俄罗斯、格鲁吉亚、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、摩尔多瓦共和国、俄罗斯联邦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌克兰、乌兹别克斯坦。

高加索国家：亚美尼亚、阿塞拜疆、格鲁吉亚。

中亚国家：哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦。

北美国家：加拿大、美国。

达国家已经解决了大部分源于工业和城市污水的点源污染问题，但是，东欧、东南欧(SEE)、高加索地区和中亚地区，未经处理或

未经充分处理的废水排放依然给水体造成巨大的压力。

农田污水中的营养物质成为整个联合国欧

洲经济委员会地区日益关注的问题。此外，灌溉农业对该区域尤其是比较缺水地区造成的压力日益加大，同样，城市发展也导致水需求日益增长。同时，气候变化正在威胁可用水资源，加剧了用水户之间的竞争。该区域有些地方洪水和干旱灾害频发，并且气候变化加剧了这些威胁。

除了3个岛国以外，联合国欧洲经济委员会区域内所有国家至少与另外一个国家共享水资源，跨界河流流域面积约占该区域欧洲和亚洲部分面积的40% (UNECE, 2007a)。该区域单个流域面积超过1 000平方千米的国际河流有100多条，还有100多个跨界地下水含水层 (UNECE, 2011a)。针对这些共享水域，必须加强双边和多边合作，签订相关协议。

在水质和水管理方面，欧盟和北美洲国家与东欧和中亚国家存在显著差异。欧盟和北美洲国家很早就通过公约和议定书，进行包括水管理在内的环境立法，并辅以相关规定、建议和行动准则。东欧、高加索及中亚国家，还有一些欧盟新成员国，仍在竭力做好供水和污染治理。

7.2.1 水资源驱动力和压力

人口、富裕和贫穷

欧洲和北美地区共有12亿多人口。北美地区人口仅占该区域人口总数的1/3多。1960—2000年间，中亚（人口增加了120%多）和高加索（人口增加了60%）地区人口增长率大大超过了其他国家，而西欧和中欧大多数国家人口数量稳定或呈下降趋势 (PRB, 2008)。许多东欧人永久性移民或季节性迁移到经济前景较好的西欧城市。

在北美洲，美国在2000—2010年间人口增长了9.7%，预计在1990—2050年的60年间人口增长超过50%（美国人口统计局，日期不详）。1970—1980年美国总取水量增加，而1980—1985年美国总取水量则下降了9%多，从那时起，尽管人口数量继续增长，总取水量保持相对稳定（美国国家地图集，2011）。加

拿大总取水量持续稳定上升 (CEC, 2008)。在过去的10~17年间，24个欧洲国家总取水量下降了约12%，但是仍有1/15的欧洲人口（约1.13亿居民）生活在缺水的国家 (EEA, 2010)。

欧洲和北美洲通过进口粮食和产品消耗了大量的虚拟水。有计算表明：与亚洲人均虚拟水消耗量1.4立方米/天和非洲人均虚拟水消耗量1.1立方米/天相比，北美洲和欧洲（不包括苏联国家）人均最少消耗含在进口粮食里的虚拟水量为3立方米/天 (Zimmer 和 Renault, 日期不详)。

在过去的几十年里，西欧和北美洲用于粮食生产的人均耗水量已大幅下降 (Renault, 2002)。

用水效率的提高，经济因素、相关法规和节水意识的日益增强，降低了总耗水量。欧洲转型国家的经济仍在复苏，随着生活水平的逐步提高，预计其耗水量将增加。

在西欧、中欧和北美洲国家，初级加工业和重工业对经济的贡献已经下降，而服务业和知识型产业对经济的贡献已经上升。因此，点源水污染已经下降 (UNEP, 2006b)。尽管东欧、中亚和高加索国家已明显过渡到后工业经济时代，但是由于严重依赖农业、矿业和其他出口商品，这些国家可能保持较高的水需求。低收入国家（如亚美尼亚、格鲁吉亚、乌兹别克斯坦、摩尔多瓦共和国、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦）的穷人经常无力支付基本的家庭生活用水服务的费用。

气候变化

欧洲和北美洲国家在导致气候变化方面的“贡献”中占了相当大的比例。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 指出“淡水资源脆弱，可能受到气候变化的严重影响” (Bates 等, 2008, p. 135)。预计北半球高纬度地区将经历最极端的气候变暖，随着冰雪条件发生巨大的变化，北极地区土著居民的生存风险加大。因为最贫穷和最脆弱的人群几乎没有应对气候变化的资源，所以他们可能深受其害。

对于联合国欧洲经济委员会的成员国而

言，气候变化可能给各国造成的影响大不相同，但是预计气候变化将造成南欧、高加索和中亚国家气温上升、干旱、供水减少、农作物产量下降。水电开发潜能和夏季旅游业也可能受到影响。预计中欧和东欧国家夏季降雨减少，从而造成较高的水压力。当然，气候变化可能对北欧国家造成短期的积极影响，但随着气候变化的进展，预计这些积极影响将与消极影响相抵消 (UNECE, 2009a)。

预计北美洲国家气温上升、降雨增加、夏季干旱频发，极端气候事件（如龙卷风和飓风）将更加强烈、频繁。后面将讨论与气候变化影响有关的风险和不确定性。

水与农业

在过去的几十年里，该区域农业生产已发生很大变化，经历了机械化、加大化肥和农药的使用、农场专业化、扩大农场规模、农田排水、发展畜牧业，这些已经对水环境造成不利影响，导致某些特定分区域的用水和水污染分化。例如，中亚国家、希腊、意大利、葡萄牙和西班牙的农业和畜牧业用水量占这些国家总耗水量的 50%~60%；而其他国家农业用水量仅约占 20%，制造业和冷却用水却占总耗水量的绝大部分份额。



“欧洲和北美洲通过进口食物和粮食产品消耗了大量的虚拟水。”

随着氮肥、磷肥、杀虫剂流进河道，农用化学品对整个区域的水资源造成了不利影响。在东欧、高加索和中亚国家，这些面源污染造成的压力“广泛但不严重” (UNECE, 2007a, 2011a)。但是，随着经济复苏，这些压力将增加，对国内、国际水资源以及人类健康构成威胁。在一些流域，特别是中亚地区的流域，灌溉已造成土壤盐渍化、水体矿物盐含量高（见

专栏 7.5)。

自 20 世纪 60 年代起，加拿大农田灌溉面积翻番，美国农田灌溉面积增加了 50%，美国主要在干旱或半干旱地区增加了灌溉面积。许多地方的地下水抽取超过了回补，地下水水位正在下降 (CEC, 2008)。自 20 世纪 50 年代起，农田污水中的硝酸盐大量流入密西西比河，美国相邻的 48 个州 40% 以上农田污水都排入这条河流 (EPA, 2008)。

专栏 7.5

中亚地区农业与用水

中亚地区农业部门用水占抽取的地表水的 90% 以上和地下水的 43%，但是养活了该地区一半人口。灌溉农业和整个以水为基础的部门对该地区国内生产总值的贡献率约为 40%~45% (Stulina, 2009)。中亚地区灌溉面积占前苏联总灌溉面积的 50% (FAO, 2011)。

农业造成的水污染、污染物的淤积、大量繁殖的藻类已经造成了严重影响，并且许多资料翔实地记载了包括生物多样性的丧失、整个生态系统的毁灭、饮用水水质恶化、人类健康问题、粮食产量下降、贫穷、失业、移民和冲突风险在内的影响 (Yessekin 等, 2006)。虽然已经采取了许多措施来消除这些影响，但是资金匮乏延误了这些措施的实施。最近人们才认识到利益相关者参与水资源（尤其是跨界水资源）分配谈判的重要性。拯救咸海国际基金正在引领利益相关者参与水资源分配谈判，以期改善咸海状况。

不久前，欧盟和北美洲国家建立了相关法律框架，实施了最佳管理办法，以减少农业污染。在地中海流域、东大西洋沿岸和黑海流域

的欧盟国家里，这些框架和最佳管理实施办法的实施滞后，水质依然很差。西欧农场大量使用矿物和有机肥。污染源解析研究表明水体总含氮量的50%~80%一般源于农业，其余大部分源于废水（EEA，2005）。在过去的几十年里，氮肥用量大幅增加。虽然现在氮肥用量普遍下降，但是，需要很长一段时间才能把氮肥用量的减少转化为水体氮化合物浓度的降低（UNECE，2011a）。

工业和市政部门用水

现代污染治理技术已经对西欧和北美大型工业生产中最严重的污染进行了控制。最近关注较多的是包括新药和激素类药物在内的现代化学品污染。东欧、高加索和中亚地区以及几个欧盟新成员国的许多小型、大中型工业企业以及小型市政污水处理厂没有按标准排放，仍为水污染的重要源头（见专栏7.6）。尽管西欧国家提供了援助，但是废水处理仍不见效，水体继续受到重金属、磷、氮和石油产品的污染，因此，仍然可见20世纪90年代经济衰退造成的影响（EEA，2010）。采矿业造成的影响更多局限在东南欧、高加索地区以及北欧的一些地区。

专栏 7.6

摩尔多瓦共和国的废水处理设施

20世纪90年代，经济衰退导致摩尔多瓦市政污水处理厂的废水处理能力大幅下降。到2010年，只剩下24%的污水处理厂仍在运行，其中只有4%的污水处理厂按法律规定处理废水。农村地区70%的家庭没有接入排水系统，因此，越来越多的未经处理的废水直接排进河流。欧盟和其他基金启动了一个巨大的援助方案，以恢复市政基础设施建设、改善农村卫生条

件。以欧盟法律为蓝本，根据“国家政策对话”进程，新制定的废水管理法于2008年10月生效，取代了过时的苏联式的法律。现在既可以改造现有的污水处理厂，也可按照最先进的废水处理技术建设新的污水处理厂（UNECE，2011b）。

河道基础结构变化

整个区域的流域结构调整已经改变了河道的自然流向，干扰或破坏了野生动物栖息地和生态系统服务功能，并且切断了河流与洪泛平原的联系，因此增加了许多地方的洪水风险。有些国家计划重新恢复河道的自然状态。西欧和中欧国家评估了水体改变的程度，部分出于此因，公众提高了对此类问题的认识，并开始采取应对措施解决这些问题。河流修复需要消耗大量的时间和财力，多瑙河流域的诸河便是一个例证（见第三十章中的专栏30.5“多瑙河流域水文地貌变化”）。目前的经济状况阻碍了修复进程，前景不及预期。

美国环保署正在资助一些州政府进行河流和小溪的生态修复，被拆除的大坝数量也日益增多，因为大坝带来的环境和其他方面的损害超过其带来的好处（美国河流协会，日期不详）。

自16世纪起，为满足发电、防洪和航运之需，多瑙河流域河道发生了变化，30%的河段都进行了蓄水发电。1998年《多瑙河保护公约》生效，解决了水力发电问题以及农业、市政等污染排放问题，现在计划根据此公约改善流域生态系统质量（ICPDR，2007）。在西欧，根据《水框架指令》开展了加强和保护水生生态系统服务的项目，联合国欧洲经济委员会所属国家正在探索创新型的生态系统有偿服务方法（Wunder，2005；UNECE，2005）。

表7.2汇总了对各分区域而言相对重要的各种水资源压力（UNECE，2007a）。但是，随着经济增长或复苏，尤其在东欧、高加索和中亚国家，相对重要的水资源压力将会发生变化。

表 7.2

水资源主要的压力（从高到低排序）

东欧、高加索和中亚国家	欧盟15国和北美国家
<p>水质压力： 市政污水处理，无下水管道人群，老工业设施，非法排放废水，在流域、尾矿坝、危险垃圾填埋场非法丢弃生活垃圾和工业废料</p>	<p>水质压力： 农业污染（尤其是氮肥）和城市污染源</p>
<p>取水压力： 农业用水</p>	<p>取水压力： 农业用水（特别在南欧和美国西南部）、主要城市中心</p>
<p>水文地貌变化： 水力发电大坝、灌溉水渠、河道改变</p>	<p>水文地貌变化： 水力发电大坝、河道改变</p>
<p>其他压力： 农业化学污染（越来越严重）、采矿业、采石业</p>	<p>其他压力： 排放有害物质的特定行业、采矿业、采石业</p>

资料来源：第三十章。

7.2.2 挑战、风险和不确定性

欧洲和北美洲不确定性和风险最明显的地方人口稠密，容易发生洪水和干旱。预计气候变化的影响也包括了发生极端水文事件风险的增加。当日益减少的有限的水资源或者日益污染的水资源被处于变化（如新兴城镇）中的不同部门或不同人群分享时，这种不确定性和风险会导致冲突。对东欧和中亚国家而言，一个特别的挑战就是提高灌溉农业的用水效率。最终，在供水与卫生设备不足的地方人类健康会受到威胁。

洪水与干旱

过度取水、缺水和干旱直接影响居民生活和经济部门，欧洲和北美洲许多地方已经受到了影响（见专栏 7.7 和 7.8）。气候变化将造成该区域气温升高，干旱加剧。

1976—2006 年，欧盟受干旱影响的面积和人口增加了一倍（见图 7.2）。这些影响包括谷物和水电产量的下降（俄罗斯 2010 年的情况就是最好的例证）和经济衰退。许多西欧国家已经起草或正在准备起草干旱管理计划（EC, 2009）。为了解决干旱和缺水对人类健康的影

响，联合国欧洲经济委员会和世界卫生组织欧洲区域办事处已制定了包括排水、污水和废水处理应对措施在内的具体指导意见和建议（UNECE, 2009a）。

专栏 7.7

北美大草原的不确定性和风险

在加拿大草原地区和美国部分草原地区，河流流量变化很大。当发生严重的水灾和旱灾时，这种现象就会出现。冰川和积雪融化（气候变化的结果）加剧了不可预见性，而不可预见性对经济产生影响，导致了农业、石油工业、天然气工业和日益膨胀的城市之间发生用水竞争。已经制定了流域规划和管理战略，试图应对不断变化条件所带来的风险，其中包括 1971—2004 年加拿大大草原的产水量下降了 20 立方千米（UNEP, 2007；加拿大统计局, 2010）。

专栏 7.8

满足易旱地区的市政用水需求

在干旱年份，政府已无法向1 200万伊斯坦布尔居民和400万安卡拉居民充分供水。因此，当地实行了用水配额。政府间气候变化专门委员会预计伊斯坦布尔需水量将增加，而供水量将下降。为了应对这种情况，当地正在采取一些补救措施，如开展节水运动。从150千米以外的地方调水等（Waterwiki.net，日期不详）。

在2008年干旱期间，巴塞罗那关闭了市政喷泉和海滨浴场，禁止人们浇灌花园和给游泳池注水。同年，塞浦路斯采取了包括减少30%供水在内的应急措施（EEA，2007，2010）。在越来越多的城市，如此严重的紧急限制措施成为与利益相关者协商的部分内容，这也是受《奥胡斯公约》影响而产生的变化（UNECE，1998）。

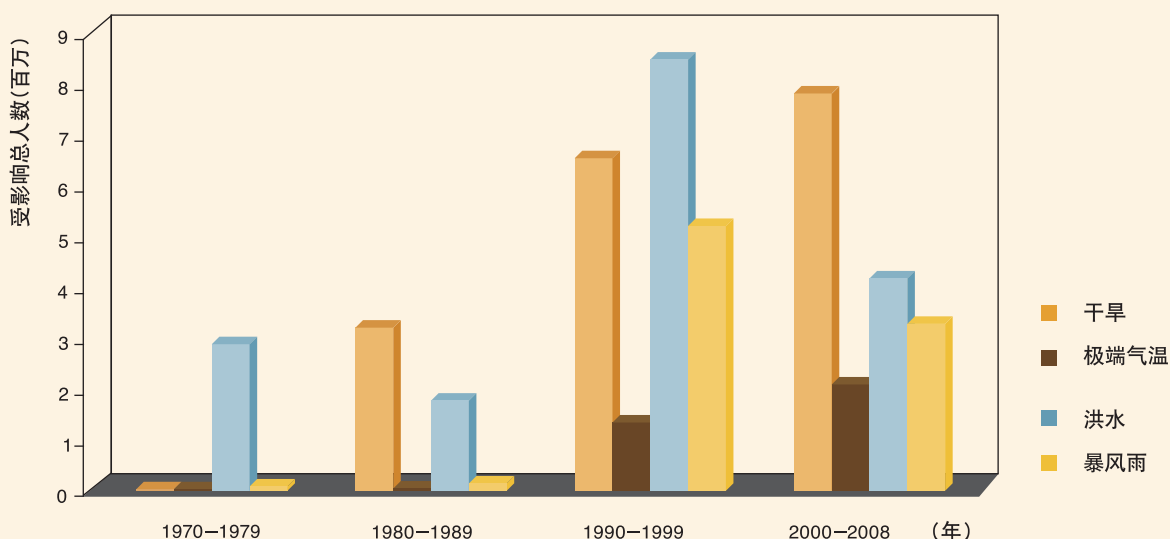
自本世纪初，联合国欧洲经济委员会所辖区域遭受洪灾影响的人数达300万以上，相关费用迅速增加。洪灾给人类带来各种健康问题，造成死亡、移民和经济损失。洪灾诱因包括洪泛区人口增长、森林采伐和湿地丧失。许多欧洲和北美洲国家已经认识到自然行洪对生态系统的好处以及湿地在防洪中的作用，从而转变为采取综合措施管理洪水，并已经对许多跨界流域启动水资源综合管理计划（Roy等，2010；UNECE，2009b）。

气候变化、不确定性和风险

政府间气候变化专门委员会确信：中欧和南欧的水压力将增加，到21世纪70年代，受影响的人数将从2 800万增至4 400万。南欧国家和中东欧部分国家的河流夏季流量可能下降80%。到2070年，预计欧洲水电潜能平均下降6%，但是地中海地区的水电潜能将增加20%~50%（Alcamo等，2007）。政府间气候变化专门委员会同样确信：在北美洲，气候变化将加剧用水户对超额分配水资源的竞争。气候变化还将使得美加两国关系因共享的大湖区²而

图 7.2

联合国欧洲经济委员会所辖区域受特定极端天气事件影响人数（1970—2008年）



注：必须满足下述标准的至少一项：据报道10人以上死亡，据报道100人受影响，宣布进入紧急状态，或者呼吁国际援助。

资料来源：根据天主教勒芬大学灾害流行疾病研究中心（CRED）EM-DAT数据库数据，由意大利国家环境保护研究所（ISPRA）于2009年制作。

趋于紧张：湖泊水位可能下降，而人口增长将加剧水需求（Field 等，2007）。正如在东欧、高加索和中亚地区一样，特别在财力和人力普遍受到贫困制约的地方，相关国家水管理机构如何适应这些变化存在很大的不确定性。另外，减缓气候变化的措施可能给水资源管理带来不良的副作用，加剧了不确定性和风险（UNECE，2009a）。例如，粮食生产用水和生物能源作物用水就存在争议。

水与人类健康

欧洲有 1.2 亿人无法获得安全的饮用水，更多的人缺乏卫生设施，导致与水有关的疾病蔓延。在北美洲，原住民经常得不到良好的自来水供应和卫生设施。例如，在加拿大保留区，1 万多户家庭没有自来水，1/4 保留区的供水或污水系统不达标（UNDESA，2009）。

自 20 世纪 90 年代末，国际社会共同努力解决该区域与水有关的健康问题，最终在联合国欧洲经济委员会《水公约》框架下签订了《水与健康议定书》，旨在确保每人都有足够的饮用水和卫生设备，努力实现并超越与水有关的“千年发展目标”（UNECE，2010）。流域组织机构，如莱茵河、默兹（Meuse）河、斯凯尔特（Scheldt）河和多瑙河的流域管理委员会，也要求流域国家采取更加协调的方法，消除高风险和不确定性对人类健康和水资源管理造成的影响，并且随着人们对新风险有了更加深刻的认识，流域国家也会制定适当的应对措施（UNECE，2011a）。

7.2.3 应对措施

体制、法律和规划应对措施

该区域很早以前就从体制上和战略上寻求水问题管理的对策。20 世纪 70 年代，北美地区通过了一系列法规以加强水治理，例如美国颁布了《清洁水法》和《安全饮用水法》，加拿大也通过了包括《加拿大水法》在内的类似法律。但是，由于宪法划分了省政府和联邦政府的权力，加拿大的水治理通常比较分散和零散。近期，一项联邦水政策的呼声渐高，这是

一个自 2008—2012 年为期 4 年的项目，旨在建立《水安全框架》（Norman 等，2010）。最近，美国水治理职能已从联邦政府下放至州政府，因此增加了地方参与水管理的积极性（Norman 和 Bakker，2005）。

转型期国家的水管理机构仍然普遍薄弱，水管辖权分散在执行能力较弱的管理机构。欧盟在许多方面给予新成员国支持，与其他东欧、高加索和中亚国家相比，欧盟新成员国在建立新的体制结构方面已经取得了较好的进展（UNECE，2010）。除了最近的一些标准和地下水指令以外，《水框架指令》（WFD）于 2000 年制定完毕，是欧盟最重要的水法（EC，2000）。直接与水质和水质保护相关的其他指令有城市废水处理指令（1991 年）、控制和限制农业硝酸盐污染指令（1991 年）、规范饮用水水质指令（1998 年）以及其他与水和健康相关的指令。《水框架指令》将保护范围扩大到所有水体，要求到 2015 年欧盟国家的所有水体达到“良好状态”。《水框架指令》除了改善欧盟国家的水管理之外，对于欧盟东部边境国家（白俄罗斯、摩尔多瓦共和国、乌克兰、亚美尼亚、阿塞拜疆、格鲁吉亚）而言，还在改善水管理和降低污染方面发挥了重要作用。

1992 年颁布的联合国欧洲经济委员会《水公约》指导跨界水的使用及保护，要求有关各方签订具体的双边或多边协议，成立联合水管理机构。欧盟《水框架指令》加速并深化了欧盟 40 个国际河流流域的跨界水管理历史进程，多瑙河和莱茵河流域管理委员会就是最好的例证（EC，2008）。

加拿大和美国特别成立了“国际联合委员会”，在共享水域双边管理方面一直处于领先地位。此举，大大改善了该区域许多河道的状况，该区域内基本没有关于共享水域的纠纷（UNECE，2009c）。但是，许多联合机构（也许西欧有些国家例外）还没有充分开展跨界地下水方面的工作，导致跨界地下水问题尚未解决。

7.3 亚洲及太平洋地区

本章节所提及的亚洲及太平洋地区（简称亚太地区）³，主要包括5个区域，分别为中亚区域、东北亚区域、大洋洲-太平洋区域、南亚区域及东南亚区域，由联合国亚洲及太平洋经济社会委员会（ESCAP）的55个成员组成（见地图7.3）。该区域情况极其复杂，有7个世界人口大国及许多领土面积最小的国家，其

中多个位于太平洋上（ESCAP，2011）。

该区域的人口占世界人口的60%，拥有的水资源却仅占世界水资源总量的36%（AP-WF，2009）。然而该区域所消耗的可再生淡水资源却是世界上最多的，年平均值达211 350亿立方米。由于人口数量巨大、经济增长迅速，该区域的取用水比率也非常高，大约占其年平均可再生淡水资源的11%，与欧洲的取用水比率不相上下，同时这也使得该区域成为世

地图 7.3

联合国亚洲及太平洋经济社会委员会成员国



资料来源：亚洲及太平洋经济与社会委员会，地图编号：3974，2011年11月，第17次修订，联合国外勤支助部制图科绘制。

注：亚太地区的亚洲及太平洋经济社会委员会成员名单如下。

东北亚区域：中国、朝鲜、日本、蒙古、韩国、俄罗斯。

中亚及高加索区域：亚美尼亚、阿塞拜疆、格鲁吉亚、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦。

东南亚区域：文莱、柬埔寨、印度尼西亚、老挝、马来西亚、缅甸、菲律宾、新加坡、泰国、东帝汶、越南。

南亚及西南亚区域：阿富汗、孟加拉国、不丹、印度、伊朗、马尔代夫、尼泊尔、巴基斯坦、斯里兰卡、土耳其。

太平洋区域：美属萨摩亚、澳大利亚、库克群岛、斐济、法属波利尼西亚、关岛、基里巴斯、马绍尔群岛、密克罗尼西亚、瑙鲁、新喀里多尼亚、新西兰、纽埃、北马里亚纳群岛、帕劳、巴布亚新几内亚、萨摩亚、所罗门群岛、汤加、图瓦卢、瓦努阿图。

界上继中东地区后第二大缺水区域 (ESCAP, 2010a), 人均占有水资源率也为世界最低 (ESCAP、ADB 和 UNDP, 2010)。

金砖国家 (BRICKS) 中有 3 个 (俄罗斯、中国、印度) 位于该区域, 随着其经济的突飞猛进, 用水需求也飞速增长。快速增长的人口数量、不断推进的城市化及工业化进程、迅猛向前的经济形势以及日益加剧的气候变化, 正使得该地区的水资源压力持续增加, 使得原本就缺水的亚太地区雪上加霜。该区域社会经济的繁荣发展, 很大程度上依靠的是廉价的自然资源及劳动力, 因而造就了两种并行的经济现象: 突飞猛进的经济业绩和持续的贫穷及自然环境恶化。

1990—2008 年, 为实现“千年发展目标”, 该地区在饮水安全方面取得了巨大进展。但除东北亚及东南亚地区外, 卫生条件的改善还比较缓慢。2008 年, 仍有大约 4.8 亿人口处于缺水状态, 19 亿人口的卫生条件堪忧⁴。即使是情况已经得以改善的区域, 自然灾害及运行水平仍对饮水安全及卫生系统能否满足当地需要构成影响。由于应对极端天气的能力比较薄弱, 再加上气候变化的加剧, 亚太地区的气候变异度、洪涝干旱的规模和发生频率都将不断增加。

亚太地区的水资源可用量、分配和质量也都是严重的问题。灌溉农业的用水量最大。在该地区某些国家, 如柬埔寨、老挝等, 灌溉用水仅占其可用水资源总量的 1%; 而在其他国家, 情况恰恰相反, 大部分的地表水及地下水被用于灌溉, 这也是咸海由来的原因。快速增长的人口及用水量、日益恶化的自然环境、饮鸩止渴式的农业活动、疏于管理的流域环境、不断推进的工业化进程及过度开采的地下水, 导致了水资源质量的急剧下降。

7.3.1 水资源驱动力和压力

由于快速的城市化和工业化、高速的经济增长及广泛的农业发展, 亚太地区是一个特别

活跃的区域。尽管这是积极的趋势, 但这也是影响该地区满足自身社会经济发展所需水资源能力的因素。

人口分布

从 1987—2007 年, 亚太地区的人口从不足 30 亿上升至 40 亿左右 (UNEP, 2007), 平均人口密度为每平方千米 111 人, 居世界首位 (UNEP, 2011)。人口转变也在不同的时间段以不同的速度在这些国家上演。尽管这一地区的出生率有所下降, 但部分区域的人口增长速度依然很高。在这种情况下, 粮食安全十分重要, 因为世界上 2/3 的饥饿人群居住在亚洲 (APWF, 2009)。国家内部的人口流动和城市化进程使得亚太地区的大城市数量不断增加 (ESCAP, 2011)。世界上扩张速度最快的城市中, 有很大一部分位于亚太地区; 依赖城市供水系统的人口数目巨大, 自 2010—2025 年, 预计还将有大约 7 亿人口加入到这一不断增大的数目中来 (ESCAP, 2010a)。

“世界上 2/3 的饥饿人群居住在亚洲, 因此, 粮食安全十分重要。”

经济发展

自 2000 年开始, 亚太地区的 GDP 增长率已经超过了 5% (UNEP, 2007)。各种工业活动持续增长, 其中大部分是从其他地区转移自此。工业活动的增长常常伴随着资源使用的猛增, 这也给水生态系统带来了巨大的压力, 使之逐渐恶化。2008 年底, 全球性的粮食、石油和金融危机, 使得数百万人民的生活水平在紧随其后的经济大萧条中降至贫困线以下; 但 2010 年, 迅猛的经济增长势头又重新在中国、印度以及其他一些国家出现。2010 年, 联合国亚太经社会指出, “技术进步、基础建设和增加就业都迫在眉睫, 收入的增加有利于提高这

三方面的投入，但目前的经济增长模式使得资源压力增大，同时也促使资源竞争变得愈发激烈” (ESCAP, 2010a, p. 3)。

农业用水占亚太地区可再生水资源总量的80%，但逐渐恶化的生态环境正使得增加粮食生产变得越来越困难 (APWF, 2009)。此外，现有的灌溉系统以及需求管理机制还相对低效。工业发展、城市化及农业集约化也给水资源质量带来了负面影响 (APWF, 2007)。

水资源冲突

水资源竞争已经导致地区内水资源冲突不断增加，特别是最近的20年。1990年以来，各国内部水资源冲突不断，仅中国国内水纠纷事件就高达12万起⁵。各邦之间的“冲突管理”已经成为印度水资源管理及物力消耗的重点。地方性的冲突事件最为常见，通常的原因包括考虑不周的水坝建设、模糊不清的用水权益及日益下降的水质等。

水资源总量日渐稀少，如何分配水资源已经是解决水冲突亟须处理的重要问题，而其中最大的挑战是如何平衡各种用水需求之间的关系以及降低其对经济、社会、环境的负面影响。在水资源紧张的国家，人类生活所依赖的城市、工业、农业及生态系统之间也在进行激烈的用水竞争。另外，流域间调水也引发一系列的水纠纷事件，对环境、社会及金融秩序也构成严峻的挑战。

7.3.2 挑战、风险与不确定性

热点区域

亚太地区水资源所面临的多种威胁实质上反映了该地区复杂的总体情况，同时也需要多方面的共同协作才能解决。为了更好地按次序采取区域性措施，联合国亚太经社会依据各地水资源面临的各种威胁，将亚太地区划分为不同的热点区域。所谓的热点区域，是指水资源面临多种威胁（例如水资源匮乏、卫生条件低下、水资源有限、水质恶化、缺乏应对气候变化措施及水相关灾害等）的国家、区域或生态系统。以2010年夏季为例，巴基斯坦约1/5的

领土被洪水淹没，印度河沿岸洪灾区大约两亿巴基斯坦人民流离失所，洪水还造成了160万英亩的农田颗粒无收 (Guha - Sapir 等, 2011)。特别是东南亚各国，其国家发展正处于关键的十字路口 (见图7.3)。尽管经济的快速增长可以为更好的水资源管理提供资金保障，但现有的发展重点往往忽视了自然灾害、气候变化、家庭用水和卫生设施缺乏所引起的各种风险。例如，印度应对自然灾害和气候变化的措施明显匮乏，而巴基斯坦和乌兹别克斯坦的用水模式则缺少可持续发展的考虑，孟加拉国的卫生条件则令人担忧。

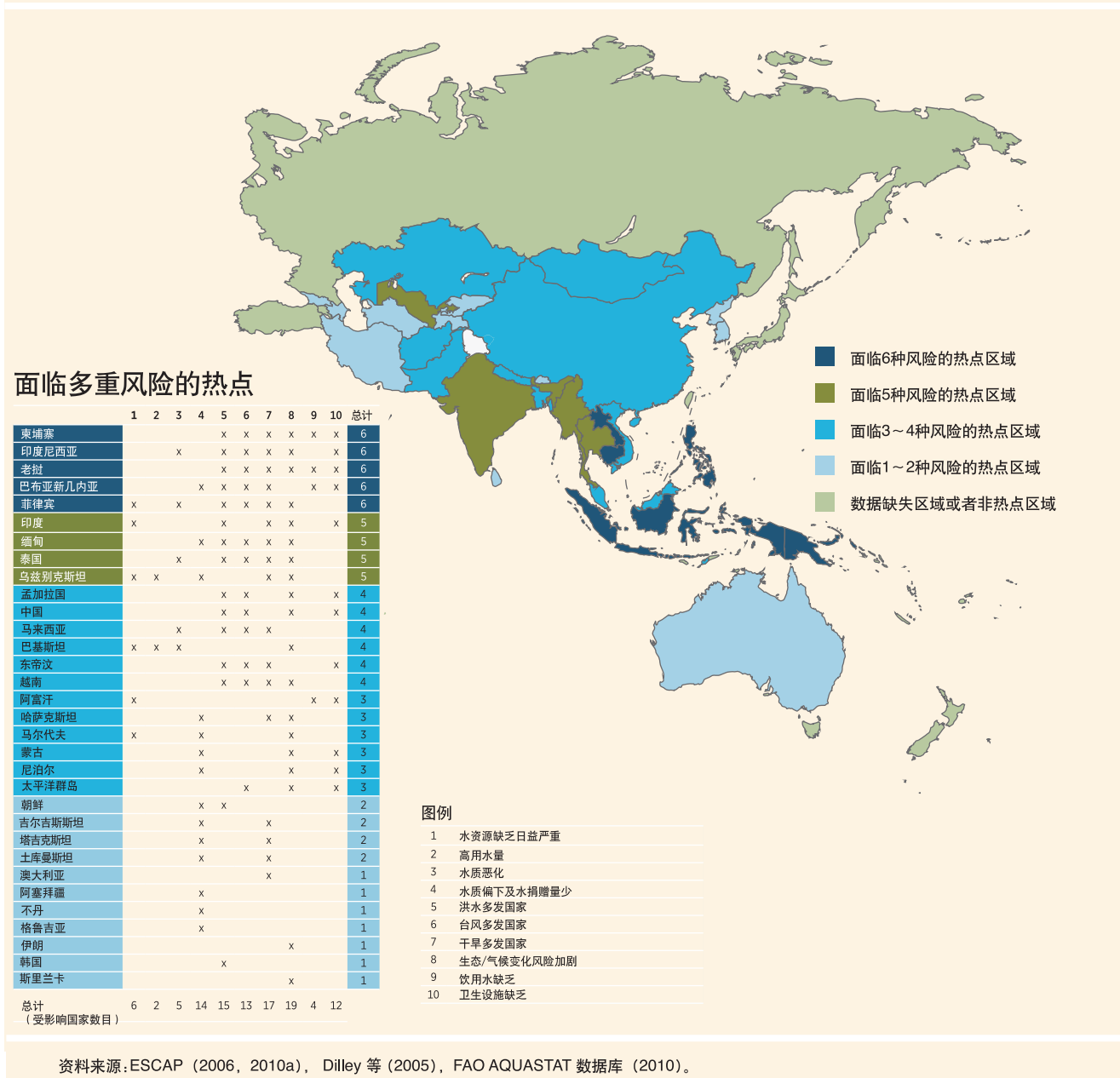
亚洲的主要粮食产区，例如印度的旁遮普地区、中国的华北平原，也都是值得关注的区域。这些地区的地下水位正以每年2~3米的速度下降，给农业和粮食生产带来严重的威胁。热带的三角洲区域，粮食生产过程中原本偏低的水资源生产力现在正变得更低，加上海平面上升的影响，处境堪忧。粮食安全在亚太地区的很多区域来说，都是一个充满挑战的命题，全球65%的营养不良人群主要聚集在7个国家，其中有5个处于亚太地区：印度、巴基斯坦、中国、孟加拉国和印度尼西亚 (APWF, 2009)。

不管是高用水群体还是低用水群体都受到水资源匮乏的威胁，因为仅仅依靠水捐赠，无法保证用于支持社会经济发展的持续性供水。甚至对于那些水资源丰富的国家，如果不在生活用水、工业用水及环境安全上对水资源进行有效的节约、使用及分配，也可能面临水资源短缺的问题 (ESCAP, 2010a)。

水质下降使亚太地区的生态承载能力也受到了影响，甚至已经影响到了那些水资源相对丰富的国家（如马来西亚、印度尼西亚、不丹和巴布亚新几内亚等）的城市供水及水质。生活污水问题需要特别关注，因为生活污水直接影响人口密集区域的生态系统。每天从城市区域排入地表水体或渗入地下的未经处理的污水高达1.5亿~2.5亿立方米，引发了居民健康水平下降、儿童死亡率上升、自然环境整体恶化等一系列问题。城市水道的退化原因有多个

图 7.3

亚太地区水热点区域



方面，包括用地需求增加、缺乏卫生消毒系统、清淤不足，甚至还可能因为还未意识到水道系统在经济、环境和生态方面的重要性。

饮用水及卫生设施

亚太地区的饮水供应及卫生设施并不平均，特别是城乡之间、贫富之间差异巨大，其中最为突出的是卫生设施上的差异。而已经投入使用的供水及卫生设施，其资金保证、功能性、可依靠性、经济可承受性、需求响应速度、不同性别社会接受度及成人和儿童共同适

用性等都需要纳入考量范围。许多社会项目尽管提供了一些卫生设施，但仍无法满足女性的需求，例如学校缺乏分隔开的厕所会直接影响女生上学的出勤率。

1990—2008年间，亚太地区享有良好饮用水源的人口增加了12亿，占总人口比例从73%上升到了88% (ESCAP, 2010a)。期间，全球新增的18亿享有良好饮用水源的人口中，47%来自中国和印度。自1990年以来，大约新增5.1亿东亚的人口、1.37亿的南亚人口

及 1.15 亿的东南亚人口开始使用管道供水 (WHO - UNICEF, 2010)。

但卫生设施配置的情况就没有这么乐观了。全球 26 亿缺乏良好卫生设施的人口中, 72% 来自亚洲地区 (WHO - UNICEF, 2010)。1990—2008 年, 东北亚地区的卫生设施配置进展迅速, 增幅为 12%, 东南亚地区的增幅为 22%。但西南亚地区的情况令人担忧, 尽管在此期间该区域卫生设施配置翻了一番, 但 2008 年时, 其覆盖率仅为 38%, 缺乏卫生设施的人口较 2005 年不减反增。1990—2008 年, 尽管南亚地区在户外直接排便的人口降幅最大, 从 66% 降至 44% (WHO - UNICEF, 2010), 但全球 64% 的在户外直接排便的人口依旧来自这个地区, 其中仅印度就有 6.38 亿。

气候变化及极端事件

亚太地区是全球最易受自然灾害影响的区域, 自然灾害在不同程度上影响各国经济的发展。该地区的经济增长点多位于沿海及洪水多发区域, 极易受到台风及风暴的袭击。气候变化的加剧及极端天气事件的增加将大大影响该地区的经济发展, 洪水和干旱灾害的发生频率及规模都将大大增加。根据 2000—2009 年间的统计数据, 平均每年有 20 451 人死于与水相关的灾害, 其中还不包括海啸造成的人员伤亡。在此期间, 全球死于水相关灾害的年平均人数为 23 651 人 (CRED, 2009)。

太平洋地区的小岛屿发展中国家 (SIDS) 对热带风暴、台风、地震等自然灾害的应对能力较差。一次海啸或热带风暴可能就会使得几年的发展付诸东流。气候变化导致的海平面上升、风暴潮活动及岸线侵蚀, 会使得小岛屿发展中国家及其他沿海低海拔区域更加容易遭受各种自然灾害的影响。

两性关系结构是社会文化的重要组成部分, 对一个社会群体防灾、灾难应对、灾后重建等能力的形成影响重大。例如, 在许多太平洋岛国, 一般由男性从事与海洋相关的工作, 女性则从事与陆地相关的工作。这种分工是与他们防灾过程各自的角色相对应的, 即在面对即将

到来的灾难面前, 男性一般进行体力劳动, 例如准备独木舟等, 而女性则负责收集食物、照顾家人等。在制定减灾方案时, 这种不同的劳动分工也必须考虑在内 (Herrmann 等, 2005)。

这些关于风险和不确定性的分析引发了另一个话题, 那就是供水与卫生系统的可持续性。例如, 公共基础设施的建设应该将持久性纳入考核标准, 以防成为一次性设施。同样, 建设成果的功能保证、可依赖性、经济可承受性、需求响应速度、经济可持续性都是必须确保的方面。然而依据现有的信息, 该区域已经建成的公共基础设施由于缺乏有效管理、资金保障不到位等原因, 大多不能高效发挥作用, 因而成效也大打折扣。

7.3.3 应对措施

体制、法律及规划应对措施

整个亚太地区在水资源管理的政策、战略、规划及法律框架上, 正不断深入推进水资源综合管理 (IWRM) 的模式。但由于必须综合考虑水资源管理过程中各级政府及民间机构的利益相关方, 建立综合的协商机制, 因此在实际推行过程中并非易事。

在亚太地区, 人们为持续的生态服务系统流程付出了各种努力 (见 2.5 节专栏 2.2)。创新型生态系统服务付费正在逐步建立, 或者已经被纳入考虑范围, 在越南、印度尼西亚、菲律宾及斯里兰卡已经有了一些成功的例子。提升家庭用水安全、提升适应气候变化必要性的认识, 以及推进污水处理改革, 这些都已经成为地区合作对话的重点, 而这些也都是水资源管理失当导致发展遭遇瓶颈的症结所在。一些国家已经在其国家发展计划中将卫生设施建设作为发展重点, 例如泰国在过去的 40 年中就已经将农村环境卫生设施项目纳入到其国家经济社会发展规划中, 类似的例子还有西孟加拉邦及南亚其他地区的总体环境卫生运动 (CSD, 2008)。

亚太地区正尝试通过走绿色发展道路来扭转目前高能耗的生产模式, 例如中国现在就已

已成为全球最大的绿色科技输出国家之一。2005年3月第五届亚洲及太平洋环境与发展部长会议决定正式开始实施绿色增长，这是促进地区全面可持续发展的关键性政策，是实现绿色发展的最有效途径（见第一章和第四章）。如果将绿色增长理念应用于水资源管理，则可以有效解决水资源发展困境，在确保环境可持续性的同时，保证经济持续增长并提供基本供水及卫生服务。



“各国政府须为可持续性、生态效益型水基础设施建设创造有利的市场条件，使之能够提供更好的水服务。”

基础设施应对措施

亚太地区的水基础设施建设正从起初的短期性规划建设向战略性、长期性规划建设过渡，在促进经济发展的同时积极尝试生态效益型道路。各国政府须为可持续性、生态效益型水基础设施建设创造有利的市场条件，使之能够提供更好的水服务。要实现这一目标，亚太地区需从三个方面发力。首先是面对城市化带来的问题，必须引入生态城市的理念。可供选择的方案包括城市河流修复、模块化水治理、集成式风暴与水管理、分散式污水处理以及水回收与水循环等。其次还必须特别关注农村地区，由于远离城市中心，传统基础设施建设成本昂贵。农村地区必须大力发展现代化灌溉系统、分散式饮用水及卫生服务、水回收及水循环以及雨水收集利用等。最后必须尽快推行“污水改革”，净化水道。污水净化及再次使用是最重要的方式。集中式污水处理的持续运行维护需要大片的场地、巨大的资金及技术支持。但在某些区域，集约式小型污水处理工程技术已经非常成熟，相比大型集中式污水处理方式优势更为明显。

亚太地区的水资源管理目前正从供给导向型方式向需求管理型方式转变。资源使用效率的提高以及消耗总量的降低，可以节约大量的水、能量及经济资源。需求管理型方式面临的其他挑战还包括流域水资源可利用量和需求评估、现有水库储水的增加或再分配、水资源使用的公平及效率平衡、立法及管理机制的欠缺、水基础设施老化带来的经济负担等。

尽管需求管理型水资源管理模式在亚太地区的发展并不均衡，但各地对于提升水资源使用效率却都高度关注。家庭用水安全、绿色增长、污水处理、应对气候变化等一系列问题使得这种关注程度不断提升。例如新加坡将其城市生活用水从1994年的人均每天176升降至2007年的人均每天157升（Kiang，日期不详）。曼谷和马尼拉的管道漏水检测工程降低了水资源损耗，从而推迟新的基础设施投入（WWAP，2009，第九章）。从2008年开始，澳大利亚悉尼水务公司开始为霍克顿（Hoxton）公园区域的住户提供一种双管道供水服务，分别提供两种自来水：一种为饮用水，另一种为循环使用的一般用水（悉尼水务，2011）。

7.4 拉丁美洲及加勒比地区

拉丁美洲及加勒比地区（简称拉美地区）（见地图7.4）各国的水资源管理历史悠久，但不同国家、不同产业之间的管理效果却相差很大。各国在水资源管理上取得的进展存在一定的相似性，但取得这些进展的速度却是不一样的，而且尚未取得水资源使用效率的全面提升及水质层面的全面提高。

尽管如此，水资源对社会及经济发展的贡献作用却越来越明显。虽然水资源管理机制上只有孤立的一些进步，但众多的国家也正在进行宏伟的水资源管理改革，其中最显著的包括巴西和墨西哥，另外还有阿根廷、智利、哥伦比亚和秘鲁等。

地图 7.4

联合国拉丁美洲和加勒比经济委员会成员国图



资料来源：联合国拉丁美洲和加勒比经济委员会，地图编号：3977，2011年5月，第4次修订，联合国外勤支助部制图绘制。

注：为便于讨论，以下成员国未包括在内：加拿大、法国、意大利、荷兰、葡萄牙、西班牙、英国、美国；

下文仅将准成员国中的阿鲁巴岛、英属维尔京群岛和开曼群岛纳入讨论。

拉丁美洲及加勒比地区水资源管理面临的主要问题，在过去几年中并未发生太大的变化（见专栏 7.11）。普遍的问题都是在水资源日渐稀少、水资源冲突日益严重的情况下，依然严重缺失能够有效处理各种问题的水资源管理机制。究其背后的原因，除管理机制相对不成熟外，还包括运行能力不足、缺乏规范性、自行融资能力不足与过分依赖不够稳定的财政支持，以及水资源管理大部分领域缺乏可靠信息，包括水资源本身、使用方式、使用者以及未来需求等信息。

此外，各国水资源管理差异巨大，不仅仅因为气候及水文地理上的不同、管理规模的不同（例如巴西的国土面积是多米尼克的 10 万倍之巨），还因为，或更加因为管理机制本质以及有效性的不同、人口分布和结构的不同以及国民收入的巨大差异。一些国家在水资源管理某一方面取得的成就是令人瞩目的，例如，智利的城市用水供应及污水处理服务就非常发达。

7.4.1 水资源驱动力和压力

一直以来，拉美地区的水资源管理面临的问题不仅仅包括水资源本身的问题，还包括影响水资源管理和水资源本身的外部问题。这些问题包括各种经济事件，例如不断变化的国内政策、全球性金融危机（如 2008—2009 年的金融危机）、政局不稳等。经济社会逐渐变化造成的各种外部影响还会引发各种难以察觉的变化。极端气候事件，特别是加勒比海地区的飓风，长期以来一直严重影响该地区的水资源管理。另外，近年来全球气候变化带来的不确定性，也是影响水资源管理的因素之一。

人口变化

拉美地区的人口占世界总人口的 8% 以上，大约为 5.81 亿，其中一半来自巴西和墨西哥（UNEP, 2007）。拉美地区正在经历人口分布快速变化的时期。19 世纪六七十年代大量人口迁移进城市以后，目前该地区人口的主要特征是出生率急速下降，导致人口增长速度放缓。目前拉美地区人口年增长率约为 1.3%，预计

2050 年这一数字将下降至 0.5% 以下。如果目前的人口发展趋势持续下去，那么某些国家的人口总数甚至可能开始下降，例如古巴、乌拉圭等（CELADE, 2007）。但与之形成鲜明对比的是，拉丁美洲中部一些国家的人口年增长率依然超过 2%。人口的不断增加会导致整个区域的用水需求增加（UNEP, 2010a）。

即使人口总数不变，出生率的下降也可能导致某些区域人口总数的下降，特别是农村及偏远地区。人口总数的不足意味着保证基础设施运转和维护的人力、财力资源不足。当管理责任比较分散时，这一点就显得特别重要。就供水系统及污水处理而言，人口下降意味着可能出现设施过剩的问题，反而妨碍设施正常发挥作用。对于目前还在扩张供水及污水处理设施的国家来说，这也是必须面对的难题之一。

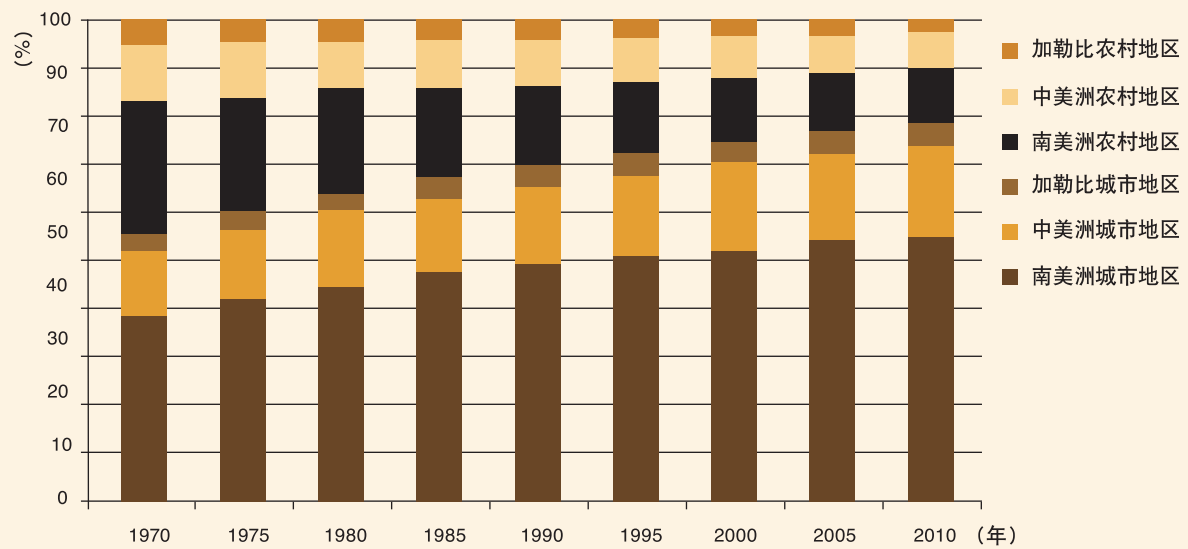
拉丁美洲及加勒比地区是世界上城市化程度最高的发展中区域，80% 的人口居住在城镇地区（ECLAC, 2010a）（见图 7.4）。在过去 40 年中，该地区的城市人口已经增加了两倍，预计到 2030 年，这一数字将达到 6.09 亿。拉美地区人口超过 100 万的城市有许多，在一些国家最大的几个城市，人口密度甚至更高（UNEP, 2010a）。目前，中小型城市人口也呈现上升趋势。一些曾经荒无人烟的地区，目前也逐渐开始有人类进驻，特别是亚马孙河与奥里诺科（Orinoco）河流域。

经济发展

经济社会变革给用水及资源需求带来的变化是显而易见的。这些变革所带来的影响，要远比全球金融危机的影响久远，甚至要比 1994 年墨西哥比索危机和 2001 年阿根廷金融风暴带来的金融动荡严重得多（Klein 和 Coutiño, 1996）。尽管此类事件可能对正在进行的项目造成影响，但很少会产生长期的作用。地区社会以及全球经济长期变革所引起的新的用水需求，这才是需要关注的重要问题，特别是出现各种截然不同的用水需求时，例如加勒比地区主要是旅游业用水，而其他地区主要是能源产业用水，而这两种用水需求都与当地甚至全世

图 7.4

1970—2010年城市人口增长



资料来源: UNEP (2010a, p.28, 数据来自CEPAL STAT数据库<http://www.pnuma.org/geo/geoalc3/ing/graficosEn.php>)。

界的人均收入增加息息相关 (OECD, 2009)。水资源发展带来的物资和服务需求的增长, 有时也会给水资源管理部门带来棘手的问题。这方面的例子有很多, 特别是与大型水电站建设相关的, 其中就包括巴西政府批准建设的位于亚马孙河支流辛古 (Xingu) 河的贝罗蒙特 (Belo Monte) 大坝, 以及智利政府计划建设的贝克 (Baker) 河上的数座水电站, 这些都在全球范围内引发了激烈的争论。

由于人均收入的增加, 中产阶级迅速扩张, 该地区的贫困人口也已经减少。拉美地区的许多国家, 平均收入在贫困线 1.8 倍以上的人口约占总数的 1/2, 而在乌拉圭、智利及哥斯达黎加, 这个数字可以达到 2/3 (ECLAC, 2009)。然而在整个拉丁美洲和大部分的加勒比地区, 贫穷依然是一个还没有得到妥善解决的问题。尽管贫困率在过去的 20 年中持续下降, 但仍有 30% 的人口, 约 1.7 亿, 生活在贫困线以下, 其中还有 12% 的特别贫困人群⁷ (ECLAC, 2011)。由于许多经济活动, 例如农业、矿业、发电等, 都离不开水资源, 因此水资源管理和分配的合理决策与降低贫困率联系紧密, 前者可以通过

提供公共事业服务和创造经济发展利好形式的方式, 达到后者的目的。

中产阶级规模扩大带来的结果之一就是人们对环境冲突问题的关注度增加, 例如前文所提及的反对大坝建设、智利政府提高收费标准以提供城市污水处理资金 [截至 2010 年底, 约 87% 的城市污水已经得到处理 (SISS, 2011)] 以及阿根廷的马坦萨-里亚丘埃洛 (Matanza - Riachuelo) 河流域污染治理计划等。

“中产阶级规模扩大带来的结果之一就是人们对环境冲突问题的关注度增加。”

除中美洲部分小国和墨西哥外, 拉美地区其他国家的经济支柱都是自然资源出口。由于近些年来, 全球自然资源需求增长迅猛, 且自然资源开采项目大多依靠外资, 开采设施也大多属于其他国家, 因此, 该地区的经济支柱对水资源需求巨大, 且受外部因素影响很大, 当

地政府的控制力有限。

由于当地经济对自然资源开采的依赖性，水资源管理也因为开采地点的不同而变得复杂起来。智利和秘鲁的采金、采铜产业主要位于较为干旱的地区，且发展迅速，加上这些地区本来水资源就稀少，采矿业就与出口农业、当地人口之间的竞争十分激烈。旅游业的发展也给加勒比地区的岛国带来更大的用水需求（见专栏 7.9）。咖啡种植需要大量的水资源，且咖啡加工对水质的影响巨大。其他自然资源的开采也会带来类似的问题。在巴西，尽管甘蔗种植的灌溉用水主要来自降雨，生物燃料种植的灌溉用水仅占 3.5%，但未来生物柴油的大面积推广也可能使得这方面的灌溉用水需求大大增加（de Fraiture 等，2008）。

专栏 7.9

巴巴多斯的水资源管理

巴巴多斯的人口总数约为 29 万，属于全球人口平均密度最大的国家之一，同时也是一个极易发生干旱的岛国，几乎完全依靠地下水供应，每年人均可用水量不足 390 立方米，因此属于水资源绝对缺乏的国家。

巴巴多斯政府采用了差别化水费政策，依据全面用水测量测得的用水总量，执行不同的收费标准。但由于刚开始时制定的收费标准过低，尽管推广使用了高效的节水措施，但随着人们生活水平的不断提高，用水量不降反增。对于该国经济贡献极大的旅游业的用水量特别巨大。巴巴多斯的水资源管理总体是有效的，但水主管部门的管理却相对低效。最近，巴巴多斯从美洲开发银行获得贷款资助，用以改进水主管部门的低效管理，改善海岸区域管理，提升气候变化适应能力（IDB，2009）。

资料来源：BWA（2009）。

随着全球经济的整体起伏，拉美地区经济规模也不断扩大、缩小或进行调整，这意味着水资源管理决策制定和政策实施的环境也不断发生着变化，宏观水资源层面的不确定性、全球市场需求及其多变性，使得拉美地区水资源管理愈加错综复杂。

可用水量及使用

拉美地区每人年均可用水量大约为 7 200 立方米。然而，加勒比地区的这一数字仅为 2 466 立方米。小安的列斯群岛的水资源压力最为紧张，因为雨水是这一区域最主要的水源（UNEP，2010a）。在南美大陆地区，用水需求较低，但在空间分布上集中在某几个区域。拉美地区取水量约占其可用水量资源的 1%，但这个数字在加勒比地区要高出许多，甚至那些位于陆地的国家⁸也是如此，约占可用量的 14%（ECLAC，2010a）。但人口并不总是集中在水源丰富的区域。拉美地区大约有 1/3 人口集中在干旱或半干旱区域。墨西哥北部、巴西东北部、秘鲁沿海区域及智利北部等区域都是面临严重用水问题的区域。人口增长，工业活动的增加，特别是安第斯山区国家采矿活动，以及大量的灌溉用水已经使得该地区的用水总量在过去的一个世纪中增长了十倍之多。仅从 1990—2004 年，用水量就增加了 76%（UNEP，2010a）。到 21 世纪中叶，预计年用水量将高达 263 立方千米，其中墨西哥和巴西两国将占其中的一半以上（UNEP，2007）。

7.4.2 挑战、风险及不确定性

拉美地区水资源管理面临最大的风险及不确定因素可能主要来自以下几个方面：

1. 全球经济的影响；
2. 地区城市化及生活水平提高引起用水需求不断上升；
3. 地区城市化及生活水平提高引起用水和卫生服务质量改善需求，特别是城市及城市周边地区；
4. 气候变化影响，特别是极端事件对水资源的影响。

提高水资源管理、服务及基础设施建设水平，加大有关资金投入，改进相关立法及组织机构，这些措施的有效性与宏观经济政策及其形成的金融环境密切相关。“宏观经济政策对水资源领域激励机制及绩效有着无处不在的影响”（Donoso 和 Melo，2004，p. 4）。如果宏观经济形势欠佳，即使水资源管理政策有效性再高，发挥的作用也可能受到限制，这一点在拉美地区的国家显而易见。例如，高通胀率可能会阻碍水费政策的高效运行，从而不利于规范用水和保护水质。同样，长远来看，宏观经济的不稳定性，会造成经济发展停滞或投入不足，因而引起基础设施维护不到位，这些问题将对水资源可持续利用造成严重影响，而这些影响是任何水资源管理政策都难以弥补的。

但反过来，宏观经济政策如果带来过快的经济增长，例如在 20 世纪 90 年代的巴西以及近几年的阿根廷与秘鲁，同样也会给水资源管理带来挑战，因为过快的经济增长必然导致用水需求的猛增。当水资源管理问题变得越来越复杂，传统的管理政策可能对新经济环境下的新问题束手无策，这就需要进行体制创新。这对于水资源有限的小国来说尤为重要，特别是创新型专业技术人员的培养，否则体制创新将进展缓慢。

未来用水需求及水资源竞争

随着地区经济的持续增长，再加上全球对南美矿产、农产品及能源需求的上升，水资源需求也会不断增加。例如，拉美地区能源产业的用水需求会随着经济的增长而持续增长。水电占拉美地区总发电量的 53%，2005—2008 年，装机总量增长了 7%，可满足很大一部分新增能源需求（UNEP，2010a）。不同的用水需求之间（包括生态系统及生态服务等）相互竞争，如何进行平衡将是一个棘手的问题。由于国际市场的驱动，拉美地区矿产开采量近年来的增幅高达 56%，尽管目前全球金融发展有放缓趋势，但这一数字预计还将继续增长。矿产开采需要大量用水，特别是贵金属、铜、镍等矿产的开采。被污染了的有毒废水直接进

入水体，使得矿业成为该地区水资源污染的主要原因之一，引发了当地人民的健康与安全問題（Miranda 和 Sauer，2010）。

农业用水需求也在增长。拉美地区大约 14% 的耕种土地需要进行灌溉（FAO，2011），且灌溉规模自 20 世纪 60 年代起不断扩大。随着全球粮食和生物能源需求的不断增长，拉美地区一些国家将在提供这些资源方面扮演更加重要的角色，那么其灌溉用水的效率也必须提高。

拉美地区的城市供水和卫生设施总体较好，但农村地区的情况却要差得多。另外，许多城市的饮用水和污水管网系统质量还不够高。随着城市人口的不断增加，供水和卫生需求越来越高，这很可能会引发危机。除了家庭用水的增加外，城市面积的扩张还可能意味着占领部分泛洪区域或集水区域，这就可能造成水资源管理方面的问题，特别是在解决水资源不足、用水冲突等方面（见专栏 7.10）。

专栏 7.10

科皮亚波的用水竞争

因全球市场需求，对水资源紧缺地区的大规模投入可能引发用水冲突，位于智利北部的科皮亚波（Copiapo）就是典型的例子。科皮亚波地区是铜矿和其他矿场的集中地，这些矿场甚至已经开始考虑使用海水淡化来满足将来的用水需求；作为重要的出口农作物生产地，科皮亚波每年出产大量的鲜食葡萄；此外，当地人民的的生活用水也在不断增加。该地区的地表水已完全不足以满足需求，果农之间的地下水使用竞争也非常激烈，使得取水井不断被加深，取水速度远高于补给速度。尽管智利对用水组织和水市场运作的管理较严，但依然不能解决问题。水权交易对于当地

的用水冲突也丝毫没有缓解作用。地下水权界定方式、可控性的缺乏以及无法就应对措施及其有效实施达成共识（例如“搭便车”现象），这些都导致了该地区水资源过度开发的现状。

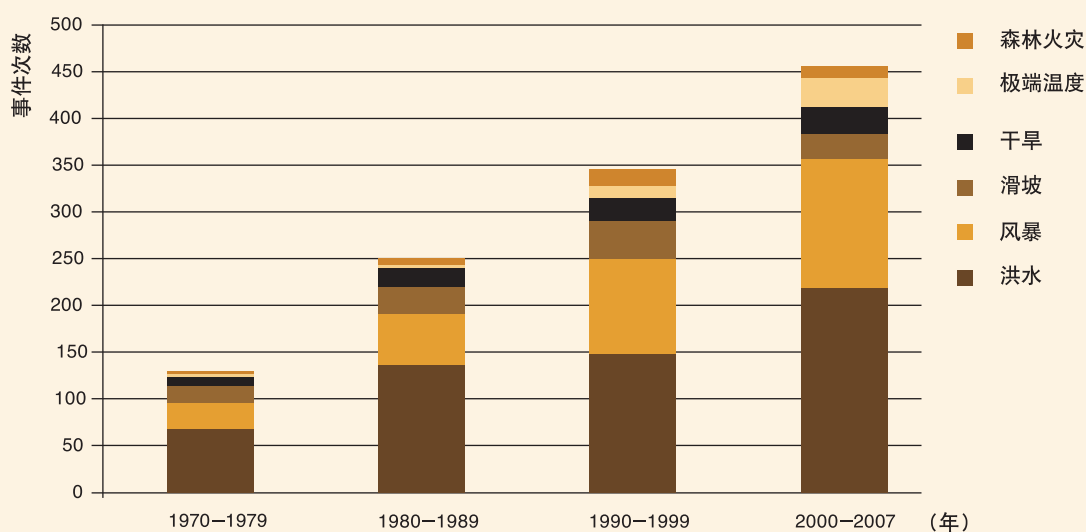
资料来源：Michael Hantke - Domas 与 Humberto Peña 在 2011 年的个人通信，于智利圣地亚哥。

气候变化及极端事件

拉美地区的许多区域都容易遭受洪水、干旱等极端天气事件的侵害，特别是与厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）现象相关的气候变化事件。随着气候变化的加剧，极端天气事件的发生频率、持续时间、规模预计都将增大，使得风险管理的必要性大大增强。图 7.5 表明，自 20 世纪 70 年代以来，极端天气事件数量已经大大增加。

图 7.5

1970—2007年间水文气象学灾害事件发生频率



资料来源：UNEP (2010a, p.40, 数据来自CEPAL STAT数据库<http://www.pnuma.org/geo/geoalc3/ing/graficosEn.php>)。

不管是在洪水多发区还是干旱地区，山洪及干旱严重影响生态系统的生产效率、人们的生活水平和安居乐业（IPCC，2007）。对于拉美地区，城市洪水也是潜在的威胁之一。例如，拉普拉塔（La Plata）河流域的大部分城市都曾遭遇洪水，许多城市缺乏雨水管道，使得情况进一步恶化。在一些人口高度密集的城市，例如加拉加斯和里约热内卢，由于大部分房屋建造在陡坡上，洪水引发的山体滑坡等灾害严重加重了灾情。

由于气候变化的影响，拉美地区的冰川已经开始消退。冰川消融预计将给该地区 3 000 万人口

的供水产生影响（UNEP，2010a）。厄瓜多尔首都基多和玻利维亚首都拉巴斯分别有 60% 和 30% 的水资源供应来自冰川。秘鲁的冰川消融已经造成 70 亿立方米的水资源流失，这些水资源足以供应其首都利马 10 年的用水需求。与此同时，干旱的发生频率也开始增高，2000—2005 年，干旱已经给当地经济带来了极其严重的损失，约有 123 万人口受到影响（UNEP，2010a）。

如不考虑气候变化影响，已经出现水资源紧张流域的人口约有 2 200 万。政府间气候变化专门委员会 2008 年报告预计，在气候变化影响下，到 21 世纪 20 年代，这个数字将增加至

1 200万~8 100万；而到 21 世纪 50 年代，这个数字将达到7 900万~17 800万。模型研究表明，由于地理环境因素的变化，疟疾和登革热的传播也变得容易，增加人们感染的几率。

气候变化还可能给加勒比地区的旅游业带来致命的破坏 (UNEP, 2007)。海平面上升不仅影响岛屿国家，还将影响大陆的沿海区域及河流水情，引起水资源总量下降、质量恶化、可用性降低等问题 (ECLAC, 2010b)。拉美地区的潘塔纳尔 (Pantanal) 湿地是全球最大的湿地之一，湿地本身具有一定的蓄水能力，对巴拉圭河及其支流具有调节流量的作用，气候变化也可能危害潘塔纳尔湿地的这些功能 (Roy, Barr 和 Venema, 2010)。

中美洲、加勒比地区以及安第斯山脉地区最贫穷的国家，由于水资源管理能力相对薄弱，受气候变化及极端事件影响的风险也相对较高。海地由于滥伐森林、地质条件差、极度贫穷以及公共基础设施缺乏，特别容易遭受极端事件的危害 (ECLAC, 2010a)。

水文及气象观测系统的不健全也是影响极端事件响应能力的原因之一。从好的方面来说，诸如厄尔尼诺-南方涛动（受其影响的国家如秘鲁）和巴西东北部干旱湿润年份的循环等事件引发一系列后果，拉美地区可以从适应这些事件引起的后果得到教训，从而推动气候变化下水资源管理层面的技术革新，提升人力资源能力 (NOAA, 日期不详)。极端事件带来的人员伤亡、水资源及基础设施破坏，其损失是不可估量的。但如果水基础设施建设能够抵御这些破坏，或者在破坏后能够快速恢复功能，水资源及相关服务就能赢得公众认知，其政府内部的影响力也将提升。

饮用水及卫生设施的获取

过去 20 年中，拉美地区各国在提供用水及卫生设施上缓慢地取得了一定的进步。2008 年，97%的城市人口和 80%的农村人口已经享受到改善的饮用水供应（享受卫生设施的人口比率分别是 86%和 55%），已经完成地区千年发展目标的发展要求 (WHO 和 UNICEF,

2010)。尽管总体数字可观，但饮水供应及卫生设施的服务质量差别很大。在不少国家，饮水供应及卫生设施已经陷入了所谓的“恶性循环”。政局不稳、管理不当、收费低，这些都是造成服务质量偏低的原因。维修保养的不到位还会造成供水中断或水压不足等问题，这两者都容易引起供水系统的内部污染以及污水处理厂的污水泄漏 (Corrales, 2004)。

各国内部的饮水供应及卫生设施也存在较大的差别。例如在墨西哥中部和南部、洪都拉斯、尼加拉瓜，许多市镇的饮水供应仅能覆盖不到 10%的人口。对于卫生设施，由于卫生设施条件改善概念模糊，拉美地区许多国家的相关统计数据对于改进现状意义不大 (ECLAC, 2010a)。该地区估计仍有 4 000 万人口缺乏安全饮用水，1.4 亿人口缺乏卫生设施。由于缺乏供水服务、用水需求激增及其他复杂的饮水问题，一些区域的用水成本正在不断上涨，造成的结果往往是最贫穷和最弱勢的群体为水资源付出的最多，因为这部分人口的生活用水依靠槽罐车运输，为此要支付昂贵的购买费用 (UNEP, 2010a)。

不可否认，大部分国家在这方面已经取得了一定的进步，但这又引发了其他的一些问题。就拉美地区整体而言，已经处理的污水仅占总排放量的 28%，城市生活污水和工业污水直接排入水体，这导致了严重的水资源污染，其中也包括海洋污染 (Lentini, 2008)。但智利在这方面堪称典范，其国内污水处理覆盖率基本已达百分之百（见专栏 7.11）。由于政治及技术层面的复杂性，采取污染防治措施的结果往往难以预料，例如我们仍无法判断哥伦比亚对污水排放实行收费后减排效果是否明显。

7.4.3 应对措施

体制、法律及规划应对措施

拉美地区水资源管理面临的最大的挑战依然是持续提升总体治理水平，而目前各国政府已经意识到这一点的重要性（安第斯国家共同体，2010）。面对这一挑战，各国政府需进行

有效的制度建设，切实保护公众利益，推行水权和排污许可制度，制定相应的衡量标准、支配管理、监察监督机制，以及投入大量的资金。

专栏 7.11

智利的卫生设施建设投入

智利城市供水和卫生设施服务非常到位，其成功的关键因素之一就是国家高水平的投资。1999—2008年间，智利总计投入28亿美元，用于城市供水和卫生设施建设。此外，还投入数百万美元的资金，用于控制工业污染和建设专用的雨水排放系统。智利农产品出口的政府保护是促使政府作出这一决定的重要因素。智利城市供水和卫生设施改革成功的原因可以归结为：

- 制定长远的、可靠的、高质量的管理制度；
- 严格执行资金投入标准；
- 管理责任到位，进行优先建设；
- 促成管理者与从业者之间的广泛共识；
- 采取兼顾国情及总体一致性的、切实可行的渐进式策略。

资料来源：Valenzuela 和 Jouralvlev (2007)。

要想在水资源管理急需改进的方面有所作为，各国政府必须有效区分政策监管活动与日常运营活动，改进效率激励机制，开展管理培训，提高决策过程的透明度，通过明确框架协定解决冲突，从而提高利益相关方参与管理决策的积极性。

水资源管理者与决策者不应该由于面临巨大的挑战而放缓改革步伐，尤其不应该放缓社

会经济产业内的水资源改革，前者对后者存在较强的依赖性。一些国家已经对水资源管理进行了大张旗鼓的改革，特别是墨西哥、智利、巴西等。然而这其中也存在一定的执行问题，例如在巴西，大宗用水和消耗使用费用的收缴并没有做到定时定量 (Benjamin, Marques 和 Tinker, 2005)。而在其他国家，管理机构往往缺乏推行大规模改革的能力，还不能就水资源管理达成一致的共识。

在过去的几十年中，除设立行业部门外，在水资源管理部门的设立上，一些国家进行了有益的尝试。例如墨西哥的水资源由其国家水资源管理委员会 (CONAGUA) 管理；巴西则在近期成立了国家水务署 (ANA)，其主要目的就是为了解决传统体制下职能部门单一负责制引起的矛盾与不足，而这种体制直到近期才有所改变。其余国家还设有与水资源分配及管理间接相关的管理机构，例如哥伦比亚的环境住房与国土开发部、牙买加的水资源监督局、委内瑞拉的环境与自然资源部、智利公共工程部的水资源理事会等。大多数国家已经开始了改革水资源相关法规的讨论，但受现实情况所限，这些改革及创新还未能有效落实 (Solanes 和 Jouravlev, 2006)。近些年来，也有一些国家和地区 (例如阿根廷的一些省份、尼加拉瓜、洪都拉斯、秘鲁、乌拉圭及委内瑞拉等) 已经进行了新的立法，还有其他一些国家完成了相关法律的改革工作 (例如智利和墨西哥)。这些做法的共同趋势都是采用水资源综合管理、提升水资源管理品质、建设水资源监管制度、成立流域机构、提升公众关注程度和水资源使用者参与度、综合规划使用水资源以及采用经济手段促进管理等。尽管这些还处于实施的初期阶段，但一些国家的水资源管理已经发生了显著变化。

实际上，所有拉丁美洲国家都对供水及卫生行业进行了改革，这些改革的重点包括划分职能和部门政策制定的权限、经济管理与服务提供、权力的进一步下放、提高私营部门的参与度 (尽管由于跨国私营机构从大部分国家退

出，致使情况有所变化，许多服务被重新收归国有)、具体规章制度的建立以及水资源服务必须自负盈亏及国家补贴向低收入群体倾斜等。但遗憾的是，很多国家在进行改革时没有考虑到国民经济结构的局限性，涉及公共利益的原则不合理、所提供服务的经济因素和公共设施服务管理等方面考虑不足，这些因素导致改革未能完全达到预期的效果。玻利维亚和厄瓜多尔等国已经承认水权，阿根廷、智利及哥伦比亚等国已经开始建立调控水资源服务的价格机制，并为贫困群体提供资金补助。至于鼓励私人机构参与，一些地区的经验表明，它不可能成为解决供水及卫生服务等多方面问题的万能钥匙。

“地区经验证明，鼓励私人机构参与并非解决供水及卫生服务的多方面问题的万能钥匙。”

拉美地区总计有跨界流域 61 个以及跨界含水层 73 个 (UNESCO, 2010)。许多国家之间已经达成了跨境水资源协议，特别是在水电开发上。但许多阻碍这方面合作的政治障碍依旧存在，有些甚至可能会引发冲突。尽管双边或多边的合作协定越来越多地考虑到了水资源综合管理及可持续发展目标等环境问题，但这些协定的执行目前还处于初级阶段 (Roy, Barr 和 Venema, 2010)。不过至少在跨国合作的科学研究上，已经取得了一些进展，瓜拉尼含水层研究就是一个典型案例 (见专栏 7.12)。

这些积极的尝试说明，政府之间可以就亟须解决的问题达成广泛共识，从而促进水资源管理的改革。但如果仅仅想通过自上而下的政府行动，或者通过成立新的负责组织，也或照搬其他国家立法和机构经验来解决水资源相关的复杂问题，是极其错误的。

专栏 7.12

瓜拉尼含水层 (GAS) 项目：跨国界的地下水管理

瓜拉尼含水层由阿根廷、巴西、巴拉圭及乌拉圭共同所有。含水层所覆盖地理区域面积达 120 万平方千米，大约 1 500 万人口居住在这一区域内。在世界银行的支持下，阿根廷、巴西、巴拉圭、乌拉圭四国协同开展了 2003—2007 年间的使用情况调查。瓜拉尼含水层估计蓄有淡水资源 4 万立方千米，目前已开采量还相对较小，但随着开采需求的不断增加，瓜拉尼含水层也存在过度开采的风险。

2010 年 4 月，四国总统签署了共同研究含水层及关键区域的合作协定。由于目前跨界含水层相关的合作协定还相对较少，因此此项合作具有重要意义。阿根廷、巴西、巴拉圭、乌拉圭四国将主要进行“促进瓜拉尼含水层资源及环境保护，确保水资源利用的多重性、合理性、可持续性 & 公平性” (《瓜拉尼含水层协定》第四条)。

另外，仅仅只有专家参与制定的改革方案是远远不够的，若要切实执行改革，还必须取得绝大多数公众的支持。水资源方面的专家在改革过程中应扮演信息提供者的角色，从而促成正确改革方向内的广泛共识。如果缺乏这种共识，则不能形成对变革充满信心的有利氛围，任何改革方案，甚至是已经执行的立法，都不可能达到预期效果。改革面临的最大挑战是如何让全社会都参与到改革中来，只有全民参与，水资源相关行业才能在现有的基础上，继续为拉美地区各国社会经济的腾飞作出贡献。

7.5 阿拉伯和西亚

阿拉伯地区的 22 个国家，包括联合国西亚经济社会委员会 (ESCWA) (见地图 7.5) 的 14 个成员国，涵盖了世界上最缺水的一些国家，其中至少有 12 个国家属于“绝对”缺水类型，因为他们每年人均仅可获取的再生水资源不足 500 立方米 (见第三十三章)。即使相对而言拥有较丰富水资源的那些阿拉伯国家，也常常是经济十分不发达或处于经济危机的国家。各种社会、政治与经济推动因素更加剧了水资源短缺，增加了与水质水量问题有关的风险与不确定性。

农村的发展与食品安全政策使区域水资源问题更加复杂化。为了和谐应对这些区域性挑战，阿拉伯国家成立了阿拉伯国家联盟 (LAS) 领导下的阿拉伯部长级水理事会 (AMWC)。针对 2009 年 1 月在科威特召开的阿拉伯经济政治峰会提出的一些要求，阿拉伯部长级水理事会已经作出了回应，将制定一项阿拉伯战略，帮助该地区应对目前和将来的区域水资源短缺及可持续发展等挑战性问题。由此而产生的阿拉伯水资源安全战略 (2010—2030 年) 提出了应对这些挑战的措施，包括实施一些项目，引导水资源的利用效率、非传统

地图 7.5

联合国西亚经济社会委员会成员国



资料来源：联合国西亚经济社会委员会，2011年12月第11次修订，地图编号3978。联合国外勤支助部制图科绘制。

注：本章中阿拉伯地区的国家指那些阿拉伯国家联盟的成员国：阿尔及利亚、巴林、科摩罗、吉布提、埃及、伊拉克、约旦、科威特、黎巴嫩、利比亚、毛里塔尼亚、摩洛哥、阿曼、巴勒斯坦、卡塔尔、沙特、索马里、苏丹、叙利亚、突尼斯、阿联酋、也门。

水资源、气候变化、水资源综合管理 (IWRM) 以及水安全等。在制定水资源领域战略时，通过将水资源问题包含到国家发展规划中，进行机构与法律改革，以及应对有关国际共享水资源管理的一些不确定性问题，区域内各国研究出了国家层面上的降低风险的方法。

7.5.1 水资源驱动力与压力

影响阿拉伯地区的主要推动力有人口增长、移民、增多的消费方式、地区冲突以及治理方式的限制。这些推动力给已经稀缺的淡水资源增加了压力，也增加了与水质水量、国际共享水资源的可持续管理以及促进农村发展和食品安全政策的不确定性有关的风险。

人口特征与社会经济发展

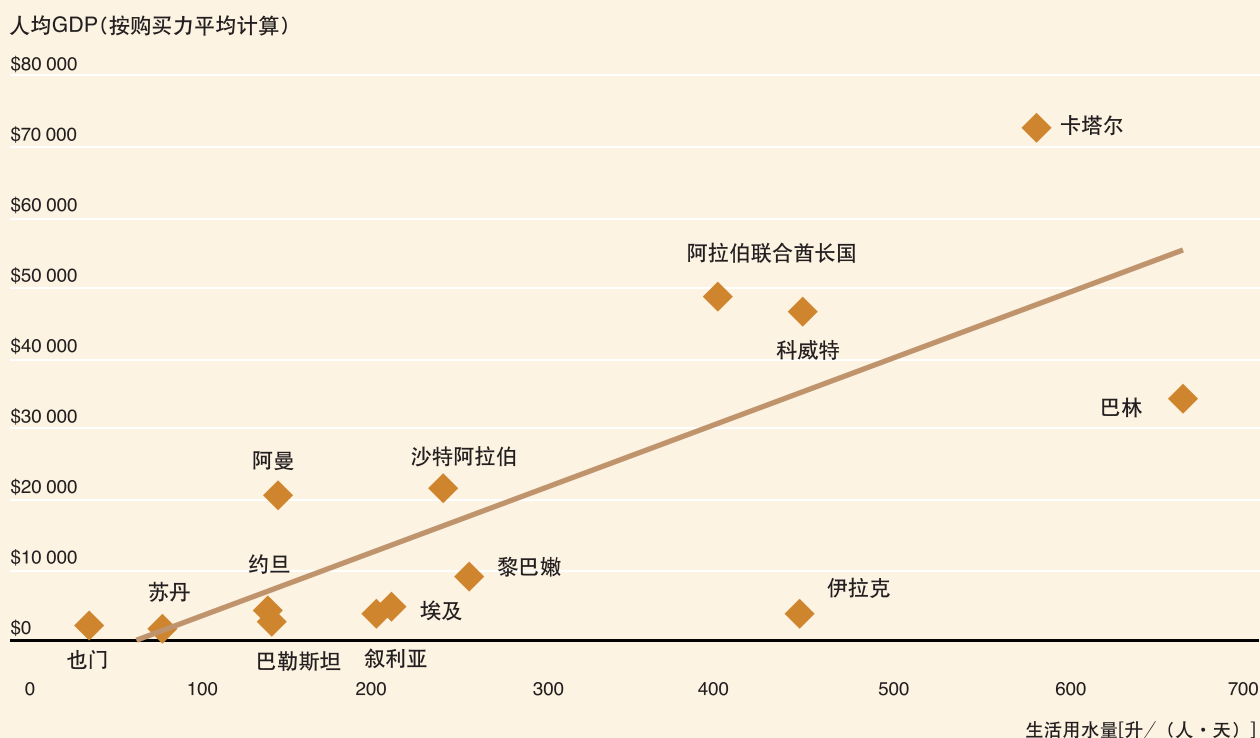
在过去的二十多年里，阿拉伯地区人口增长了大约 43%。2010 年总人口估计超过 3.59 亿，到 2025 年预计将达到 4.61 亿 (ESCWA, 2009b)。超过总人口的 55% 居住在城市，埃及、

黎巴嫩、摩洛哥、阿拉伯叙利亚共和国与突尼斯人口有从农村迁移到城市的趋势 (UNDESA, 2007)。这种向城市迁移的原因主要可能是因为农业部门收入和就业机会的减少，再加上迅速增加的年轻人口。各阿拉伯政府已经在试着通过衔接农业生产和农村发展的农村生计政策来减缓这种趋势，然而这种衔接导致了这一区域大部分地方短缺的水资源偏离分配至农业领域。城市的水需求也由于经济发展带来的移民及因地区冲突而迁移的人口大量涌入而增加。城市化除了集中于沿海一带，也在改造的沙漠地带，沿着延伸海岸线与城市边缘推广建立移居地。这也增加了公共和私营部门对非传统水资源的投资，特别是海水淡化，以确保有充足的淡水资源。

西亚经济社会委员会成员国的水消耗与国内生产总值紧密相关 (见图 7.6)，尽管这主要是各国严重依赖海水淡化的结果。阿拉伯地区其他国家的水消耗与对国内生产总值仅有很少

图 7.6

UNESCWA地区相对于人均GDP的生活用水



资料来源: ESCWA (2009c, p. 7)。

贡献的农业活动有关。海湾国家合作委员会 (GCC) 成员国家的淡水消耗持续增长, 这是高收入、安逸的生活方式、房地产开发、海水淡化所需能源的获取以及旅游产业的发展而造成的结果。与此相反, 区域农业用水是以低生产力为特征的, 而且近些年受到干旱的严重影响。

地区冲突与流离失所者

阿拉伯地区数十年来以周期性的冲突为特征, 导致了区域内大量的人口迁移。这也造成了区域内移民增加, 给接收移民地区的水资源和服务设施带来了较大压力。西亚经济社会委员会成区域容纳了世界上 36% 的迁移人口 (ESCWA, 2009d)。例如 200 万伊拉克难民生活在约旦和叙利亚, 索马里难民在也门, 巴勒斯坦难民在难民收容所, 以及利比亚导致政权解体的暴动中逃离至埃及和突尼斯的移民劳工和利比亚人。不同时期的暴力冲突毁坏了科威特与黎巴嫩的水利基础设施, 所以需要做的是修复被毁的体系, 而不是扩大供水。

该区域的许多主要河流是跨界河流这一事实使淡水资源的管理更加复杂。这类河流包括底格里斯河、幼发拉底河、奥伦特 (Orontes) 河 (又称 Ali - Assi 河)、约旦河 [包括雅尔穆克 (Yarmouk) 河]、尼罗河及塞内加尔河。乍得湖也是跨国界的, 有时会引起湖边邻国的政治冲突。估计阿拉伯地区 66% 的可用地表淡水都源自于区域外。水引起的地方性冲突也可能发生在行政区、社区与部落之间 (见专栏 7.13)。

专栏 7.13

也门的水冲突

也门的萨那与塔伊兹 (Taiz) 遭受严重的水资源短缺, 如何获取水成为一个生存问题, 这构成了冲突的一个主要原因。研究人员认为这个国家 70%~80% 的农村地区冲突是由水引起的。这种状况受到各

种因素的影响, 如人口增长、水资源管理不善、违法打井取水、法律实施不力、供水依赖于能源安全、城市和农村用户对水的竞争、索马里难民的大量涌入、农业用水水资源配置的不可持续性 (包括阿拉伯茶, 一种该地区常见的具有轻度麻醉性的植物, 其所需水量是葡萄的 5 倍)。

也门是世界上水资源最短缺的国家之一, 这使得冲突进一步加剧。与全球的平均量 2 500 立方米相比, 也门年人均可用水量仅 125 立方米。根据他们现在的用水速度, 专家预计萨那的水井将于 2015 年干涸 (Kasinof, 2009)。

然而, 2010 年 12 月开始席卷该地区的“阿拉伯之春”运动同时也提供了重建水管理机构, 为社区一级提供更多咨询的机会。例如, 在各自政权更换之后不久, 突尼斯和埃及的政府官员进行了这方面工作, 促进地方公众更多地参与水资源领域的规划和决策。

7.5.2 挑战、风险与不确定性

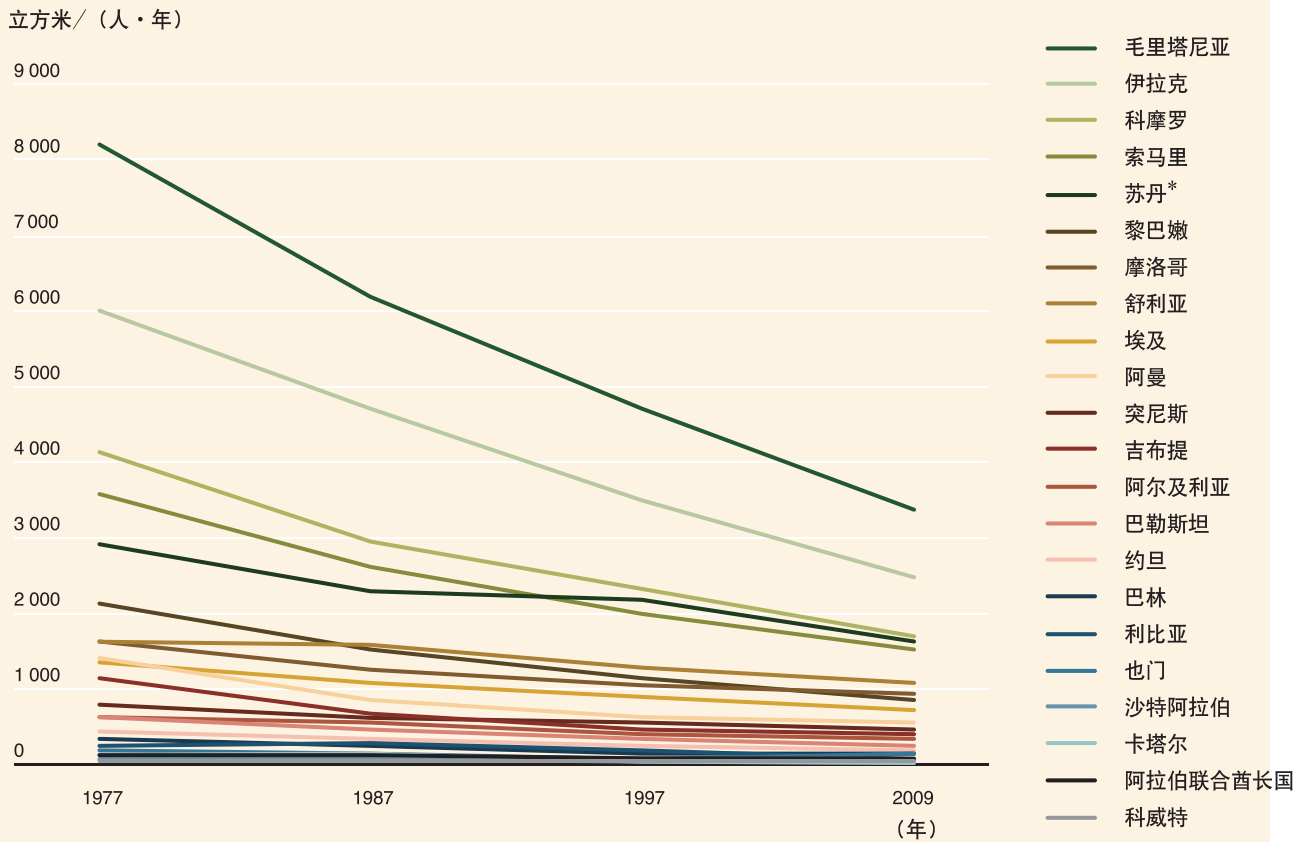
水资源短缺

几乎所有的阿拉伯国家都面临着水资源短缺的问题, 阿拉伯地区的水消耗远远超出了可再生供水总量。可以说, 几乎所有的阿拉伯国家都缺水, 而那些形式上拥有较好水资源的阿拉伯国家因为人口增长使年人均享有可再生水资源总量在过去的 40 年里下降了一半 (见图 7.7)。这种下降趋势揭示了阿拉伯地区水资源领域面临的最严重挑战。

埃及、伊拉克、约旦、黎巴嫩及苏丹从常流河获取 70% 的淡水资源。地表水是阿曼、沙特阿拉伯、叙利亚、阿联酋及也门的主要水源, 这些国家也有间歇性河流 (仅在雨季有水), 利用它们的季节性洪水补给地下含水层。其他阿拉伯国家常规供水总量的至少 1/3 源于地下水含水层, 而开采程度的提高已经威胁到

图 7.7

阿拉伯地区人均可再生水资源的下降



注：带*地区包括南苏丹和苏丹。
资料来源：FAO AQUASTAT。

许多国家级或国际共享含水层的可持续性，从而增加了冲突的风险性。

该地区国际共享的不可再生含水层或“化石”含水层被持续开采的有努比亚砂岩含水层，由乍得、埃及与利比亚共享；西北撒哈拉含水层，由阿尔及利亚、利比亚与突尼斯共享；以及约旦与沙特共有的玄武岩含水层。

水质

政府对水质问题的重视程度取决于淡水体系和水资源短缺情况的不同。过度开采地下水给沿海含水层管理带来了很大挑战，如沿着埃及北海岸、黎巴嫩海岸、加沙地带以及东阿拉伯海湾几个城市周边的含水层。

预计海平面上升将进一步加重沿海含水层与河流出水口的压力，如尼罗河三角洲与阿拉伯河。许多地方农业径流中的农药和化肥、收

获期后的加工处理、服装制作及家庭污水都在污染着地表水和地下水。造成的影响有黎巴嫩的富营养化和死鱼事件；突尼斯湖的鱼数量下降 (Harbridge 等, 2007)；对埃及三角洲水产业的负面影响，从而提高了食品安全的风险。一些地方石油生产的污染也是一个问题，尽管这主要与海洋生态系统有关。阿拉伯地区人口的迅速增长、移民压力、城市规划不足和法规执行不力、大量的生活在贫困线或接近贫困线的人群，这些方面结合在一起使保护市政水源不被污染更加困难。多头的部级水管理机构、部级与市级管理职权的重叠使这种情况更加复杂。

粮食安全

农业是造成阿拉伯地区水资源紧张的一个主要因素。在大多数西亚经济社会委员会成员国里，

农业用水占到水需求总量的 70% 以上。在伊拉克、阿曼、叙利亚及也门，农业用水占 90% 以上。然而，该区域的粮食生产不能自给自足，西亚经济社会委员会成员国谷物消耗总量的 30%~40% 需要进口。而且情况似乎可能恶化，研究人员预测，到 2080 年气候变化将导致该地区大多数国家的农业生产力减少 25% 之多。

过去几年内，全球谷物市场价格持续增长，加上不稳定的供应，也威胁到粮食安全，尤其因为一些国家需要从国外购买谷物需求总量的一半或更多。目前的社会结构也增加了粮食供应的脆弱性。有些国家财富集中在上层群体中，与之对比的是大多数人生活在贫困线左右或贫困线以下。干旱频率增加、依赖于粮食进口及人口增长让阿拉伯地区对粮食不安全高度敏感。在有些国家，如埃及和苏丹，一些人认为种植获益更多的商业生物燃料作物将与粮食作物争夺短缺的水资源 (ESCWA, 2009e)。

实际上，该地区还未在国家或地区层面上通过粮食自给自足来实现粮食安全。包括埃及、约旦与沙特在内的一些国家最初采用补贴和保证价格支持来鼓励粮食生产。随后采取了加大投资灌溉网络、扩大水库容量、抽取更多地下水等措施促进谷物生产，通过《大阿拉伯自由贸易协定》鼓励区域内农业贸易。因此，阿拉伯国家一直有从粮食自给政策走向更广泛的粮食安全概念的转变，让那些有可用财政资源的政府能够在全世界市场采取灵活方法实现粮食需求。其他国家正在重新审视自己的发展和贸易政策。

例如，有些国家正在境外长期租赁土地，用于粮食生产，从而增加虚拟水进口，以应对水资源日益短缺，提高粮食安全。农业综合企业与投资基金正在引领这种趋势。这样的土地交易得到推广，数量也很可观。自 2004 年以来，非洲国家同意出让近 250 万公顷土地 [不含 1 000 公顷以下的土地出让 (Cotula 等, 2009)]，这些就包括了阿拉伯国家的投资。尽管其中的某些方面引起争议，但这为一些阿拉伯国家提供了相对稳定的粮食供应，同时也给

土地出租国提供了基础设施投资和潜在的经济利益回报。

气候变化与极端事件

阿拉伯地区尤其易受气候变化的影响，因为它已经遭受了极端的气候变异和水资源短缺。气候形式的稍许变化就可能对地平面产生巨大影响。尽管影响还不确定，但气候变化可能带来的后果包括土壤温度和干燥度增加、季节性降雨模式改变 (已经在一些旱作农业区发生，如叙利亚和突尼斯)、地下水补充速度下降、极端气候事件更加频繁 (包括洪水与干旱，降雪减少与山区雪融) 以及海平面上升与沿海含水层水中盐分增加。过去的 20~40 年间，阿尔及利亚、摩洛哥、叙利亚、索马里及突尼斯已经更加频繁地出现干旱了。

更多的人口、更高的生活水准及因此增加的用水需求促成了该区域对干旱的脆弱性 (ESCWA, 2005)。例如摩洛哥的干旱周期从 1990 年以前的平均 5 年一遇变成 1990—2000 年间的两年一遇 (Karrou, 2002)。2011 年非洲之角经历了数十年间最严重的一次干旱。干旱脆弱性对严重依赖旱作农业为主要经济来源的阿拉伯国家来说尤其重要。干旱也促使土地退化和荒漠化增多。该区域内，山谷等高风险地区的洪水脆弱性也在增加，这是进行快速无计划开发造成的结果。不严格的建筑法规、欠缺的规章制度及执行力也是一部分原因，导致建筑物和基础设施不能承受重大洪水灾害。

数据与信息

缺乏连贯的、可靠的水资源数据与信息阻碍了阿拉伯地区进行有根据的决策，也阻碍了关于共享水资源管理、评估变化和进展方面协调的合作政策框架的发展。该地区已经作出一些努力提高水资源知识基础，包括区域性和全球性统计报告相关的政府间进程，通过区域性报告机制或者学术活动建立了其他进程。

然而，缩小知识基础差距的困难很大程度

上取决于政治敏感性和国家安全关注度，这些有时束缚了信息的获取。结果是研究人员和专业团体使用的是拼凑自不同来源的信息数据，而官方数据往往保持一个来源，那样有时很难从政府机构获取信息。

7.5.3 应对措施

体制、法律和规划应对措施

认识到阿拉伯地区需要一种共同的办法来改善水资源管理和实现可持续发展后，阿拉伯部长级水理事会（AMWC）在2011年通过了阿拉伯水安全战略（2010—2030年），以迎接挑战和适应未来可持续发展的需要。此战略确定了本区域优先行动重点如下：①社会经济发展的优先事项（包括获得供水和卫生，以及农业用水），金融和投资，技术，非传统水资源和水资源综合管理；②政治优先事项，包括共享水资源管理和保护阿拉伯水权；③机构的优先事项，与能力建设、提高认识、研究、涉及民间社会的参与办法有关。

地区性组织和措施也已在阿拉伯地区推出，以应对这些优先事项。这些措施包括阿拉伯部长级水理事会，其第一次部长级会议于2009年6月在阿尔及利亚举行。该理事会是阿拉伯国家联盟框架内设立的一个理事会，由执行局、科学技术顾问委员会和技术秘书处组成。另一个例子是阿拉伯国家水资源公用事业协会（ACWUA），以供水和卫生方面的对话和能力建设为重点。这些机构与其他机构一起协调了阿拉伯地区的一些区域水资源倡议，侧重于气候变化、共享水资源、水资源综合管理、千年发展目标等。

在国家层面上，阿拉伯地区不同的部委和部门有责任管理水资源和提供水服务。虽然只设立了少数几个联合委员会或单位以支持共享水资源，但各国一直都在或正在改善水行业的体制和法律框架，包括增加议题汇编，而以前仅限于水资源综合管理规划。摩洛哥、埃及、也门、约旦、巴勒斯坦及黎巴嫩都已经设立了为解决与这些目标相关的各

种问题的机构（Makboul, 2009）。各种机制的范围包括权力下放、公私伙伴关系、公用事业表现指标、水资源管理一体化纳入发展规划、地下水管理、基础设施管理及卫生与水资源管理。

为提高粮食安全的可靠性和储备能力，一些阿拉伯国家已试图通过与其他国家的贸易、投资和合同的方式来确保粮食安全。在其他国家长期租赁农业用地已成为一种措施，用以克服由于水、土地、能源和技术限制造成的国内农业生产问题，从而降低粮食安全风险。土地出租反过来可以确保在约定时间范围内的投资，以发展租赁地区的交通、水利与能源基础设施，同样也加强了初级和中级的农产品加工业。阿拉伯地区今后有针对性的投资区域有埃及、苏丹、土耳其、埃塞俄比亚、菲律宾和巴西。私营部门和私人投资公司也参与其中。但事实证明，这些努力是很有争议的，尤其是这些租赁土地正是土著群体和牧民们一直在使用的土地。第三十三章提供了关于这一主题的更多细节。

“为提高食品安全的可靠性和储备能力，一些阿拉伯国家已试图通过与其他国家的贸易、投资和合同的方式来确保食品安全。”

《阿拉伯气候变化部长级宣言》（2007年）致力于提高适应气候变化的能力和改进灾害预防，明确承诺更加关注适应和减缓气候变化，有关国家随后起草了该地区气候变化行动计划。同时，阿拉伯国家一直通过评估气候变化对天然水资源的影响这一方式，将本国的应对气候变化计划与信息通知政府间气候变化专门委员会（IPCC）。阿拉伯国家联盟（LAS）与联合国一些机构发起了一种统一评估方式，在评估气候变化对阿拉伯地区水资源和社会经济

脆弱性影响的区域倡议下为该地区服务，并向阿拉伯部长级水理事会（AMWC）和联合国区域协调机制汇报。

有关气候变化和极端气候事件的风险和不确定性也促进了国家和区域致力于减少灾害风险、规划和预防。2010年由阿拉伯环境部长委员会（CAMRE）通过并得到联合国国际减灾战略（UNISDR）和区域合作伙伴支持的《2010—2015年阿拉伯降低灾害风险战略》，着重于国家灾害详细情况，及致力于改善土地使用规划、法律框架、融资、用户友好信息和交流工具方法的能力建设。

基础设施应对措施

所有阿拉伯国家都采用了供应端方法，以满足日益增长的用水需求。这包括了大坝建设、海水淡化和水的再利用、水库以及提高传统和非传统方法效率的新技术，如水收集。虽然大坝可能有重大的负面环境和社会影响，但也有助于减少有关洪水和气候变化的不确定性和风险。

一些阿拉伯国家已增加了本国的大坝总库容。埃及走在最前列，自从2003年以来至少增加了169立方千米。伊拉克用于供水的大坝总库容在1990—2000年间从50.2立方千米增加到139.7立方千米，几乎增至原来的3倍。而叙利亚的库容也从1994年的15.85立方千米增加到2007年的19.65立方千米。大坝也一直用于应对洪水造成的损失。西奈和阿斯旺大坝在2010年洪水时有效蓄水，保护了埃及的纳马（Ne'ama）湾、努威巴（Nuweiba'a）和达哈布（Dahab）免遭洪水（埃及政府，2010），同时也提高地下水水位和防止沿海海水倒灌。

阿拉伯国家正在采用的应对与水有关的风险和不确定性的另一种方法是更好地管理含水层补给，这既可应对沿海含水层（特别是沿地中海和阿拉伯海湾的海岸线）的海水入侵，又可为海湾国家合作委员会（GCC）国家满足将来用水需求或海水淡化储备额外的水源。

阿拉伯海湾国家严重依赖于海水淡化作为淡水资源。沙特目前拥有世界上最大的海水淡化能力，阿联酋紧随其后位居第二大生产者。

它们共同生产的淡水占全球海水淡化产量的30%以上（ESCWA，2009c）。阿尔及利亚、埃及、伊拉克和约旦的海水淡化也提供了越来越大份额的淡水。热电联产可以让电力和淡水利用共同的设施生产，在海湾地区得到推广（Zawya，2011），尽管对于能源贫乏的国家这不是一个经济有效的解决方法。约旦、摩洛哥、沙特和阿联酋正在推进核能海水淡化。加沙地带约10万家庭正在使用小型家用海水淡化装置作为次级饮用水源（世界银行，2009），虽然无法找到替代品而过度使用过滤器时就会出现健康问题。

在埃及、伊拉克、沙特、叙利亚和阿联酋，经过处理的废水再利用目前约占非传统来源产水总量的15%~35%。雨水集蓄已在阿拉伯地区得到推广，而且各国正在越来越多地考虑通过森林冷凝集水。其他创新方法包括雾采集和播云。先进的遥感技术（Shaban，2009）有利于查明该地区的水下源泉，虽然这种做法可能导致海洋和海底共享资源的领土争端。阿拉伯和西亚区域报告提供了阿拉伯地区非传统水资源的更多详细情况。

面对固有的缺水，加上人口与用水的不断增加，需求端管理是另一种策略，以应对该地区与缺水有关的风险。这类行动包括减少水消耗，增加水的利用效率，并采用新法规，如改善供水服务的许可证和关税制度。

尽管有各种各样的风险和不确定性，水依然是阿拉伯文化和意识的核心。然而，阿拉伯地区面临着持续的水资源短缺、人口增长、粮食安全、气候变化、极端气候事件以及关于共享水资源存在的冲突和潜在的新冲突。这些因素将继续分别或共同影响阿拉伯国家管理该地区地表水和地下水资源的能力。

7.6 区域—全球的连接：影响与挑战

7.6.1 将区域与全球连接在一起

在全球范围内，人类活动、气候变化和其

他外部压力已经造成了人类获取水资源和水质方面的损失。这些也削弱了水生态系统履行支持可持续发展的基本作用的能力 (UNEP, 2006a)。过去的 20 年中, 国际上已经认识到需要对水资源进行更加可持续的利用。

第九章的阐述说明, 若干个相互关联的环境、经济、政治、科技和社会推动力构成了一幅世界图画。为了理解区域水资源的挑战和全球水问题之间的复杂关系, 有必要了解区域挑战是如何与全球水问题相联系的。水资源的挑战不会发生在真空中, 它们通过一系列网络在许多方面影响不同的国家和社区。不只是这些, 活动发生的地区在承担供水和过度取水造成环境退化的负面影响时, 同样感觉到了其对全球的影响。然而, 通过关注水资源更丰富地区的水密集活动, 以及与当地水资源无法满足不断增长人口的所有基本需求的地区分享这些利益, 用贸易和其他方式的国际合作可以帮助缺水地区缓解当地压力 (见第一章)。通过检查区域威胁和全球影响, 审视经济贸易政策影响区域水资源管理的方式以及通过考虑一些管理挑战, 本次将对这种相互联系加以阐述。

国际社会承诺解决水资源匮乏和短缺, 但这些国际目标和实际情况之间的现实差距似乎越来越明显。这种情况强调了区域重点需要。例如, 各种解决水问题的全球性文件已经在过去 10 年里制定: 联合国大会和联合国人权理事会分别在 2010 年 7 月和 9 月认可, 水与卫生权利是一种人权 (见 1.2.4 节); 八国集团同意“埃维昂行动计划”; 2010 年世界经济论坛通过水倡议, 鼓励公私伙伴关系, 致力于一个更加安全的水世界; 其他一系列举措也已实施, 包括成立世界水理事会和举办世界水论坛。

然而, 实际情况是许多国家的水资源变得更加不安全, 获取水资源的差距正在增加, 并且所有水管理者往往缺乏运营能力, 在努力解决水问题时变得不够协调。世界各地数十亿人生活在水资源无法满足基本需求的国家。因为

预期的人口增长将大量出现在粮食生产越来越无法自给自足的地区, 会给拥有得天独厚土地和水资源的周边国家和其他地区带来更多的压力。这可能造成一个非常特别的动态区域间依赖, 需要维持“有”与“无”之间的脆弱平衡。

跨界流域为我们提供了非常实际的例子, 我们发现仅有 40% 的跨界流域在提供饮用水、卫生、农业和工业用水方面签署了协议, 指导流域的使用和管理 (De Stefano 等, 2010)。这是非常令人担忧的, 因为非洲已被政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 确定为最易受到水短缺影响和荒漠化很高的大洲之一 (IPCC, 2007)。除非在区域一级解决这些问题, 否则全球性的承诺根本无法实现。

“对外商投资土地的监管不力可能给粮食安全的脆弱状况带来全国性的灾难性后果, 而这些土地本来可以为当地人口提供食品。”

大规模收购土地的实例

当解决区域问题时, 情况变得清晰了, 那就是在一个地理区域实施的政策和行动在其他地区也有反响。例如, 在努力保护其稀缺的水资源时, 一些国家正在投资于国外农业 (见专栏 7.14)。主要有三种法律来源管理外商投资农业: 国内法律、国际投资合同、国际投资协定 (IIAs)。它们之间的相互作用决定了任何特定的实例中, 国际法比国内法占优势的程度, 及国际法给外国投资者提供额外权利和补救措施的程度。在发达国家, 国内法提供了一个广泛的基础, 保护国内利益相关者和政府, 并规定所有投资者的义务。当情况并非如此时, 例如在许多发展中国家, 关于社会、经济、环境问题的国内法律基础薄弱或不完整, 可以允许

在跨国土地收购中激增的用水规模

事实上，目前大规模的跨国土地收购（也可称之为“霸占”）浪潮使一些推动因素在几十年的时间累积起来，如人口增加、消费习惯的变化、对农业的投资停滞及减少对农业的援助、改革和结构调整方案，还有最近用于生物燃料作物的土地面积增加，这经常是以削减粮食作物种植面积为代价的。土地退化和水资源枯竭也制约了农业部门应付粮食需求不断升级的能力。这些推动因素使许多发展中国家增大了对粮食进口的依赖，也使小农场主及广大的农村和城市贫困人口比以前更容易受到国际粮食价格波动的冲击。引发抢占土地的更直接原因是 2008 年粮食价格上涨、2007—2008 年石油价格上涨以及主要谷物生产国在同期经历的不利的天气条件。

由于目前还没有对这些交易设立监管和监督机制，根据来源和日期，跨国收购土地的面积变化很大，范围从 2009 年的 1 500 万—2 000 万公顷 [von Braun 和 Meinzen Dick (2009) 中所列的土地交易总额] 到 2012 年的超过 7 000 万公顷 [Anseeuw 等 (2012) 引用的土地矩阵项目数据]。矩阵的数据库包含超过 2 000 笔交易，其中约一半，共约 7 000 万公顷，已交叉检查。非洲似乎始终是这些交易的首要目标，撒哈拉以南的非洲占土地交易面积的 2/3。

大规模跨国土地收购中最活跃的一些投资者是石油资源丰富但粮食不安全的海湾国家，土地稀缺、人口众多的亚洲国家，以及发达国家。非国有投资者包括西方的粮食生产、加工、出口企业，还有与投资基金有关、被生物燃料需求和机会吸引的新的参与者。

国际合同和条约享有更自由的权利和待遇。这与外商投资农业特别有关系，农业领域的国内土地使用权、水权、有关化学品的环境管理制度、农场劳动法等都可能薄弱或缺乏 (Mann 和 Smaller, 2010)。沙特阿拉伯，中东最大的谷物种植国之一，宣布每年将削减 12% 的谷物产量，以减少地下水的不可持续利用。为了保护其水和食品安全，沙特政府颁布激励措施，鼓励沙特公司租赁非洲的大片土地进行农业生产。通过在非洲投资生产主要农作物，沙特每年相当于节省了数亿加仑的水，也降低了其化石蓄水层消耗的速度。沙特投资者已在苏丹、埃及、埃塞俄比亚和肯尼亚租赁了土地。印度在埃塞俄比亚、肯尼亚、马达加斯加、塞内加尔和莫桑比克种植玉米、甘蔗、扁豆和水稻，提供给国内市场；而欧洲公司正在寻求 390 万公顷的非洲土地，以期到 2015 年满足其 10% 的生物燃料目标 (Cotula 等, 2009)。

这清楚地表明，如何在一个区域制定政策，可以通过水影响他人。但在这样的交易正在许多非洲国家发生，可能有不可预见的负面后果。例如，在埃塞俄比亚这样的国家，印度已购买了 100 万公顷的土地，而这是世界上粮食最不安全的国家之一。对外商投资土地的监管不力可能给粮食安全的脆弱状况带来全国性的灾难性后果，而这些土地本来可以为当地人口提供食品。其他后果包括民众流离失所、土地被剥夺、因为各种团体被清除导致潜在的冲突和不稳定。而且对环境也有相当大的负面影响，因为大规模产业化农业需要化肥、农药、除草剂及大规模运输、储存和配送。许多正在发生这类活动的国家管理结构薄弱，对当地社区几乎没有法律保护，也没有利益共享机制。世界银行最近的一份报告指出，这样的农业投资剥夺了当地人民的权利，尤其是最脆弱的那些人的权利，没有提供适当的补偿，而忽略了环境和社会保障 (Deininger 等, 2010)；报告还建议设立尽责的农业投资原则，从国外农业投资中获得互惠互利共同利益。

虽然土地收购背后的推动因素已在最近的文献中有详细的讨论，但在推动土地跨国搜索中获取水资源的重要性（特别是用于灌溉）还没有得到足够重视。

对于中国和印度，缺水制约了应对日益增长的粮食需求的能力，很难通过增加国内农业生产应对粮食安全挑战，必须寻找替代方式。这些国家的农业用地也在不断减少。由于迅速消耗化石地下水资源，沙特不得不降低小麦产量，导致在2007年恢复小麦进口（Cotula等，2009；Smaller和Mann，2009；Woertz，2009）；大约在同一时间（2008），沙特为促进农业境外投资设立了农业基金（Smaller和Mann，2009）。

由于旱作农业越来越不可靠和淡水越来越稀缺，投资者的农作物往往需要灌溉，因此水的安全供应是决定投资与否的一个重要方面。农业贸易专家早就注意到了虚拟水贸易的概念。如今，在外国的水权投资是通过购买或租赁与水权和取水有关的土地，这是一个重要动力和确保农业长期投资的新进程的一部分。

然而，在披露的土地交易中，通常没有明确提及水。在少数提到水的案例中，允许取水的数量没有规定。埃文斯（2009）引述雀巢公司首席执行官的话：“伴随土地而来的是与其有关的取水权，在大多数国家基本上是免费赠送，这越来越可能是交易的最有价值部分。而且，因为这些水没有价格，投资者几乎可以免费利用。”这一趋势带来的后果对农村贫困人口有害，他们被迫与经济上更强大、技术上装备更好的参与者争夺越来越稀缺的水资源。国家间潜在的紧张局势和冲突，特别是在跨界流域，也是引起人们关注的一个原因。目前的土地收购步伐和对投资者有关水权的优惠，给许多河流体系的跨

界合作带来极大的威胁，如尼罗河、尼日尔河与塞内加尔河流域。

在这种情况下，不断减少获取土地的途径和没有水权的土地使用权越来越不安全，土地管理部门过时和传统的解决方案在许多情况下将不再有效。水和土地已成为重要的战略资源，比以往任何时候都相互关联，所以在应对这些资源退化和枯竭的挑战时，采取综合管理办法，可能会比孤立地考虑它们更有效。投资者在早期的规划阶段即考虑这些项目可能造成的影响，并纳入适当的措施，这势在必行。

资料来源：Madiodio Niasse（国际土地联盟秘书处），Praveen Jha（德里大学），Rudolph Cleveringa（农业发展基金）及Michael Taylor（国际土地联盟秘书处）。

除上述国家外，中国为实施生物燃料政策，已在印尼、泰国、马来西亚、莫桑比克和刚果民主共和国投入巨资购买土地。预计到2020年，中国交通能源需求的15%将由生物燃料满足。作为减少温室气体排放的庞大计划的一部分，中国每年将用200万吨生物柴油和1000万吨生物乙醇取代1200万吨石油（Kraus，2009）。尽管中国为“绿色和清洁”能源投资设立了积极的目标，但干预措施也带来了负面效应，如森林砍伐、单一栽培给生物多样性造成的威胁、粮食价格上涨和粮食库存下降（国际货币基金组织估计，2006—2008年间，玉米价格增量的70%和大豆价格增量的40%归因于对生物燃料需求的增加）。干预也造成人口流动，因为土地转换成种植园；同时也造成缺水，因为水是增长的主要生物燃料商品的主要投入（Kraus，2009）。生物燃料种植园需水量可能带来灾难性的后果，尤其是对西非这样的地区，那里的水已经严重紧缺（第十二届联合国贸易和发展会议，2008）；而种植能够提取出1升乙

醇的甘蔗需要 18.4 升水和 1.52 平方米土地 (Periera 和 Ortega, 2010)。

7.6.2 区域威胁和全球影响

天气引起的区域自然灾害和全球影响

世界上大部分地区正在更深刻地感受到自然灾害的影响 (见 4.4 节和第二十七章)。在所有自然和人为灾害中, 与水有关的自然灾害是最常发生的, 对实现人类安全和社会经济可持续发展构成很大的障碍 (Adikari 和 Yoshitani, 2009)。

人们认为, 导致与水有关的灾害造成的较为严重影响的因素包括自然的压力, 如气候变异; 管理的压力, 如缺乏适当的组织制度和土地管理不当; 及社会的压力, 如高风险地区的人口增加和安置, 特别是弱势群体 (Adikari 和 Yoshitani, 2009)。干旱, 除了造成某些社区取水下降外, 已大大影响了农业生产, 这已导致了粮食价格飞涨和食品短缺 (Krugman, 2011)。例如, 小麦的成本在 2010 年夏季与 2011 年夏季之间几乎翻了一番, 导致世界产量急剧下降。美国农业部认为, 这次小麦产量下降主要归因于俄罗斯和中亚, 其在 2010 年夏季经历了创纪录的干旱和炎热 (Krugman, 2010)。俄罗斯火灾和随后作出的暂时停止小麦出口的决定导致世界各地小麦价格急剧上涨 (Hernandez, 2010)。提高小麦这类商品的价格, 并不仅仅影响其副产品及相关食品, 还会造成重大社会政治影响, 可以产生深远的后果, 如食品骚乱和政治动荡。

埃及现在的小麦价格比 2010 年高出 30% (Biello, 2011)。埃及消耗大量的小麦, 面包成本上涨, 加上其他社会政治问题, 导致相当严重的政治动荡和内乱。埃及食品价格上涨和政治动乱之间的关系并非没有被其他中东国家注意到, 如阿尔及利亚、约旦、利比亚、摩洛哥、沙特、土耳其、卡塔尔和也门都已经在世界市场购买了较大量的小麦, 以限制价格飞涨。这清楚地表明干旱造成的食品短缺与较大的社会政治影响之间的联系。

同样, 洪水可以对安全供水造成破坏性影响, 并且对全球的影响远远超出区域范围。洪水, 如政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 总结的那样, 预计将大量增多, 这是全球变暖及其对水文循环影响的结果 (IPCC, 2007)。预计这些对作物产量和牲畜的影响将超出平均气候变化的影响。全世界易受洪水灾害影响的人口数量, 预计到 2050 年将迅速增加到 20 亿, 这是气候变化、森林砍伐、海平面上升及水灾易发地人口增长的结果 (Adikari 和 Yoshitani, 2009)。

正如干旱一样, 洪水造成的损失也会带来全球性的后果。例如, 2011 年 1 月澳大利亚洪水中, 昆士兰州超过 90 万平方千米被洪水淹没。洪水对澳大利亚社会经济结构的破坏性影响是可以预料的, 但令人意外的是, 洪水对一些新兴经济体也有影响。昆士兰州是澳大利亚最大的煤炭出口枢纽, 占到了世界煤炭交易总量的 28%。尤其是澳大利亚生产冶金煤, 全球钢产量的 70% 依赖于此。日本、印度、中国及韩国均受到昆士兰州水灾的影响, 因为其经济增长严重依赖于煤炭。这样的后果不仅仅限制了经济产出, 也对民众生活和基础设施发展造成了影响。

7.6.3 冲突、竞争与合作

水资源短缺可能会导致不同强度和规模的冲突。虽然冲突可能会只在局部地区出现, 但对更广范围的和平与安全提出了挑战。冲突的多方面影响, 如流离失所、大量移民、影响生计、社会崩溃、暴力、健康风险和人员伤亡, 会使全球都感受到这种涟漪效应。争夺水资源的冲突也可以变成燃料冲突或种族冲突。种族冲突常常是由对未来的共同恐惧引起的 (Lake 和 Rothchild, 1998), 人们很容易看到缺水如何加深了这种担忧。

水从来没有成为引发任何一场大规模战争的唯一原因, 因为我们所知道的国家还从未经历过那种可预见的水资源短缺。虽然还没有出现过单纯地因为争夺水资源而爆发的战争, 但在历史上, 水已引起足够的暴力及国家内部和

国家之间的冲突，值得关注 (Postel 和 Wolf, 2001)。在水稀缺的地方，水可以被看作和被解为为一种安全威胁 (Gleick, 1993)。

研究巴基斯坦和印度的案例发现，在两国开展合作对话和谈判时，水可能成为使双方产生分歧的一个因素。例如，为了满足其急速发展、人口增长和飞涨的能源需求，印度正在建设众多的多用途大坝。目前，正在执行中的 33 个项目处于不同阶段，引起了巴基斯坦的关注。最有争议的项目是吉申根加 (Kinshanganga) 河上 330 兆瓦的大坝，这引起了巴基斯坦的格外注意。美国参议院外交关系委员会 2011 年报告的研究表明，《印度河水条约》规定，不能因为修建一座大坝就停止或减少对巴基斯坦的供水，但印度修建的这些大坝的累积效应可能会减少向巴基斯坦供水，特别是在作物生长的关键时期。然而，值得注意的是，印度的政府官员对该报告存在争议。

在今天的全球安全背景下，没有一个地区是真正不受冲突或不受另一个地区的冲突影响的。尽管政治局势紧张，各国已经设法成功地在水资源领域开展合作。例如，尽管印度和巴基斯坦在 1956 年和 1971 年发生了战争，并在 2001—2002 年面临跨境对抗，但两国一直在设法遵守 1960 年订立的《印度河水条约》。因此，在水资源问题上的合作是可能的，是各国合作的潜在领域。拉丁美洲跨界水资源领域的成功合作也有悠久的传统 (Querol, 2002)。

经济和贸易政策对区域水资源管理的影响

经济和贸易政策对促进水资源的可持续利用发挥着至关重要的作用。出现的问题是什么样的政策是最有利于确保国家、区域及全球各层面的可持续成果。目前有一种趋于保护主义政策的趋势，就是保护国家和区域资源，特别是水资源变得更加稀缺和更珍贵之时。保护主义认为，利用经济手段和市场机制风险，将水资源调到更有经济实力的地区，让弱势地区进一步边缘化。然而，制定保护主义政策也可能进一步造成了不均等的环境，缺水地区负担不起高耗水产品。

决策者必须认识到，市场化的方法和完全依赖指挥和控制的方法，都不可能是“适合所有情况”的方法。毕竟，在一个地方可能看起来好像有益的干预，考虑到国家和区域之间联系的复杂性，可能会对其他地方造成意想不到的结果。正如一些理论家建议的，资源稀缺的地区，可能对国际社会有重要的间接影响。例如，资源稀缺会鼓励有实力的群体捕捉脆弱的资源，并迫使边缘群体迁移到生态敏感地区。这可能会导致区域权力斗争和国际社会的不稳定，可能是范围更大的国家内部和国家之间冲突的导火索 (Homer-Dixon, 1994)。

在智利，安全的水权似乎已经对农业产值的增长作出了显著的贡献 (Lee 和 Jouravlev, 1998)。水务市场的推出恰逢农业生产和生产力大幅度增加之时。然而，水务市场的影响不能完全与经济稳定和其他经济改革的影响分开，尤其是贸易自由化和安全的土地使用权。无论如何，交易确实似乎已经成功地重新分配水权，伴随着小冲突，以达到更高的使用价值，如外向型农业、城市供水和采矿业 (Donoso, 2003)。

在考虑水资源时，纳入市场机制的积极方面是很有用的。例如，水资源枯竭的原因之一是，水作为一种资源已普遍被低估。因此，给水评定一个价值就很重要。是否将水看作一种商品，就是给它评定价值的最好方式，这也有待讨论。然而，无论是通过规范或价值，都必须给水资源评估价值，否则水资源下降的趋势将随之而来。正如《千年生态系统评估》中强调的，水的异质性使得它既不是一种公共商品，也不是私有物品，它不应该被单向对待 (MES, 2005)。

当试图在特定区域选择如何给水资源评估价值时 (以便融入贸易和经济政策)，在联合国已通过的以权利为基础的方法范围内进行决策可能会有所帮助 (见 1.2.4 节有关水与卫生是人权一部分的内容)。尽管不同地区如何对待水资源有不同趋势，以权利为基础的方法可以提供提供一个基准，即水权保护，尤其是对最脆

弱的水权保护，可以为其他企业、立法及管理各项事务的政策打好基础。

“国家在融入国际进程时需要协调设定的水目标和治水方法，除此之外，我们还要面对各国在水的价值观和资源管理方法方面无法达成共识所带来的挑战。”

7.6.4 治理挑战

“水治理是指在政治、社会、经济和行政制度的范围内，适当地规范水资源开发和管理以及不同层次供水服务的规定”（GWP，2003，p. 7）。虽然各国已制定了许多举措解决水治理中的不足，但在区域治理和全球治理结构之间仍然存在着很大的差别。

国家层面的措施通常无法解决区域性水资源问题，其中有些问题可能对全球都有影响。当地方或国家结构不足以解决水问题时，区域和全球机制的干预就很有必要。各国正在逐步协调其用水观念和方法并融入到国际进程中来。尽管如此，各国对水资源评价观点不同，也以不同的认识处理水资源，因此给我们带来挑战（Langridge，2008）（见第十章）。这些挑战涉及将一个地区的治理结构转换到另一个地区以及协调水政策目标，目前这些还是可望而不可即的。由于水与社会、经济和环境如此紧密相联，没有任何简单或容易的答案可以确保适当的治理。虽然治理可在不同的组织系统中体现，其正式的内容也可不同（如法律和体制安排），为某个社会设计治理体系必须考虑该社会特有的自然条件、权力结构和需求。

由于国际治理是在成员国的推动下开展

的，因此不难发现，它往往是支离破碎的。然而，也有积极的例子，个别体系的不同要素可以复制。例如，美国、法国和澳大利亚已经建立起高度复杂和灵活的流域综合管理制度（Shah等，2001）。许多发达国家根据供应经济学政策基础设施解决自然变异，以确保可靠的供应和降低风险。尽管发展中国家因为各自不同的实际情况可能无法导入这些结构（例如仅凭供应经济学政策解决方案不足以满足人口、经济和气候压力导致的不断增长的需求），这些国家可以复制其他方面，如废水处理和中水回收，也可以推动需求管理措施，以应对供水不足的挑战（联合国水计划，2008）。第十四章强调了其他这类案例，不同体系的各种要素可以被水管理者采用，以适应特定的情况。

特殊团体的需要一定是任何有效的区域管理机制的核心。虽然某些措施曾在一个地区有效，但不一定对另一个地区同样有效。比如“使用者付费”的原则，在澳大利亚成功实施；但在所罗门群岛未被采用，认为这个原则不是持续可行的，因为两国在政治结构、国家优先事项、人民生活水平、技术能力、财政与基础设施增长及变化的管理能力等方面都有较大不同之处（Shah等，2001）。但不同体系的共同方面可以探讨。

尽管在区域治理框架中可能出现变化，但也存在共性，可以组成有效结构的基础，包括：

- 改善水资源管理的技术系统；
- 加强地方管理人员；
- 地方有效的资源管理；
- 改进各级部门横向和纵向之间的协调；
- 改进信息和监测系统；
- 达成共识，特别是对专业团体而言，提高公众对水资源知识管理的参与；
- 促进区域合作与国际合作。

尽管实施这些改进措施的方式不同，但都会起到加强地区管理结构的作用。

加强管理结构的挑战之一是融资，对于

国际社会和各国而言都是如此。改造效率不高或落后的管理体系的资金往往不足。水资源短缺成为一个紧迫的问题，要求人们必须在不同行业寻求协同效应。水资源问题不会仅仅通过可持续发展或扶贫计划解决，还将更多地结合国际合作、外交、安全和移民方面的努力。

在开展专业研究时，不能将水法规和科学技术作为不相关的领域看待。它们应将看似无关的领域纳入进来，如教育、城市规划和社会发展等领域。解决未来水资源短缺的问题必须以跨行业和跨地区的模式进行思考，总体考虑和提高协作水平，并且以长远的观点解决现有问题。

注 释

- 1 世界卫生组织对北非和撒哈拉以南非洲（SSA）的定义，请参见 <http://www.who.int/about/regions/afro/en/index.html>。SSA 不包括阿尔及利亚、埃及、利比亚、摩洛哥和突尼斯。
- 2 兼顾通航需要的最低水位，情况变得更为复杂。
- 3 “Asia and the Pacific” 和 “ESCAP region” 指联合国亚洲及太平洋经济社会委员会的成员国和准成员国。
- 4 根据“联合监测计划”2010 年度报告，由联合国亚洲及太平洋经济社会委员会工作人员计算得出，于 2010 年 5 月 10 日公布在：<http://www.wssinfo.org/datamining/introduction.html>。
- 5 为了该项分析，冲突不仅限于武装冲突，还包括需要调解的水纠纷。无论是否诉诸暴力，这些纠纷已经威胁到该地区社会经济发展进程的稳定性。
- 6 根据联合国环境规划署 2002 年数据，由联合国亚洲及太平洋经济社会委员会计算得出。
- 7 联合国环境规划署的数据基于联合国拉丁美洲经济委员会 2009 年对“极度贫困”的定义：即使所有的钱都用于购买食物，也不能满足基本的营养需要。
- 8 中美洲和南美洲的加勒比国家指苏里南、圭亚那、法属圭亚那和伯利兹。

参考文献

- Adikari, Y. and Yoshitani, J. 2009. *Global Trends in Water-Related Disasters: An Insight for Policy-makers*. An Insight report for the United Nations World Water Assessment Program side papers series. Paris, UNESCO Publishing.
- Alcamo, J. et al. 2007. Europe. M.L. Parry et al. (eds), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, Cambridge University Press, pp. 541-80.
- AMCOW (African Ministers' Council on Water). *A Snapshot of Drinking Water and Sanitation in Africa - 2010 Update: A Regional Perspective Based on New Data from the WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water and Sanitation*. Prepared for AMCOW as a contribution to Third Africa Water Week Addis Ababa, Ethiopia 22-26 November, 2010. http://www.childinfo.org/files/Africa_AMCOW_Snapshot_2010_English_final.pdf
- American Rivers. n.d. American Rivers Home Page. <http://www.americanrivers.org> (accessed 28 March, 2011).
- Anseeuw, W., Alden Wily, L., Cotula, L. and Taylor, M. 2012 (forthcoming). *Land Rights and the Rush for Land: Findings of the Global Commercial Pressures on Land Research Project*. Rome, International Land Coalition (ILC).
- APWF (Asia Pacific Water Forum). 2009. *Regional Document: Asia Pacific*. 5th World Water Forum. http://www.apwf.org/archive/documents/ap_regional_document_final.pdf
- . 2007. Policy brief for the 1st Asia Pacific Water Forum in Beppu, Japan. http://www.apwf.org/archive/documents/summit/Policy_Brief_2007_080124.pdf
- BWA (Barbados Water Authority). 2009. InterAmerican Development Bank, IDB, confirms strong support for Barbados and announces new Country Strategy. Press release, 26 November. Water for Life, <http://www.barbadoswater.net>
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. and Palutikof, J. P. (eds). 2008. *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, IPCC Secretariat.
- Benjamin, A. H., Marques, C. L. and Tinker, C. 2005. The Water Giant Awakes: An Overview of Water Law in Brazil. *Texas Law Review*, Vol. 83, No. 7 2185-244.
- Biello, David. 2011 Are High Food Prices Fuelling the Revolution in Egypt? *Scientific American*, 1 February, 2011. <http://blogs.scientificamerican.com/observations/2011/02/01/are-high-food-prices-fueling-revolution->

in-egypt/

- Boko, M. et al. Africa. 2007. M. L. Parry et al. (eds), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge UK, Cambridge University Press, pp. 433–67.
- von Braun, J. and Meinzen-Dick, R. 2009. 'Land Grabbing' by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities. IFPRI Policy Brief 13 (April). Washington DC, International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Brown, C. and Hansen, J. W. 2008. *Agricultural Water Management and Climate Risk*. Report to the Bill and Melinda Gates Foundation. International Research Institute for Climate and Society Technical Report No. 08-01, Palisades, New York, IRI. http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt/gateway/PTARGS_0_5280_2210_0_0_18/IRI-Tech-Rep-08-01.pdf
- Business News Americas*. 2010. INRH to repair water network over 10–15 years – Cuba. 12 January <http://www.bnamericas.com>.
- CEC (Commission for Environmental Cooperation). 2008. *The North American Mosaic: An Overview of Key Environmental Issues. Water Quantity and Use*. Montreal, Quebec, CEC Secretariat. http://www.cec.org/Storage/32/2366_SOE_WaterQuantity_en.pdf
- CELADE (Latin American and Caribbean Demographic Centre). 2007. *Proyección de Población*. Observatorio Demográfico No. 3, LC7G.2348-P. Santiago, CELADE.
- Chile, Dirección General de Aguas. 2008. Ministro Bitar anuncia 99 por ciento de tratamiento de aguas servidas al bicentenario. http://www.dga.cl/index2.php?option=content&do_pdf=1&id=1306
- Cline, W. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington DC, Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- Comunidad Andina de Naciones. 2010. *El Agua de los Andes: un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*. Lima, Secretaría General de la Comunidad Andina. http://www.comunidadandina.org/public/libro_120.htm
- Corrales, M. E. 2004. Gobernabilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en América Latina. *Rega*, Vol. 1, No. 1, pp. 47–58.
- Cotula, L., Vermeulen, S., Leonard, R. and Keeley, J. 2009. *Land Grab or Development Opportunity? Agricultural Investment and International Land Deals in Africa*. London/Rome, IIED/FAO/IFAD.
- CRED (Center for Research on the Epidemiology of Disasters) 2009. EM-DAT: *The International Disaster Database*. Brussels, CRED. <http://www.emdat.be>
- CSD (United Nations Commission on Sustainable Development). 2008. *Water and Sanitation: Progress on the Implementation of the decisions of the Commission at its 13th session*. Prepared for CSD, 16th session held in New York, 5–6 May, 2008.
- Deininger, K. et al. 2010. *Rising Global Interest in Farmland: Can it Yield Sustainable and Equitable Benefits?* Washington DC, The World Bank. http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/ESW_Sept7_final_final.pdf
- De Stefano, L., Duncan, J., Dinar, S. Stahl, K. and Wolf, A. 2010. *Mapping the Resilience of International River Basins to Future Climate Change-Induced Water Variability*. World Bank Water Sector Board Discussion Paper Series No. 15. Washington DC, The World Bank.
- Dilley, M., Chen, R. S., Deichmann, U., Lerner-Lam, A. L., Arnold, M. et al. 2005. *Natural Disaster Hotspots: Global Risk Analysis*. Synthesis Report. Washington DC, The World Bank. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/hazards/hotspots/synthesisreport.pdf>
- Donoso, G. 2003. *Mercados de agua: estudio de caso del Código de Aguas de Chile de 1981*. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Donoso, G. and Melo, O. 2004. *Water Institutional Reform: Its Relationship with the Institutional and Macroeconomic Environment*. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- EC (European Commission). 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October establishing a framework for the Community action in the field of water policy. Official Journal L327, 22/12/2000 P. 0001-0073.
- . 2008. *Water Note 1: Joining Forces for Europe's Shared Waters: Coordination in International River Basin Districts*. Water Notes on the Implementation of the Water Framework Directive. http://ec.europa.eu/environment/water/participation/pdf/waternotes/water_note1_joining_forces.pdf
- . 2009. The 1st River Basin Management Plans for 2009–2015. http://ec.europa.eu/environment/water/participation/map_mc/map.htm
- ECLAC (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean). 2009. *Social Panorama*. Santiago, ECLAC.
- . 2010a. *Millennium Development Goals, Advances in Environmentally Sustainable Development in Latin America and the Caribbean*. Santiago, ECLAC. http://www.un.org/regionalcommissions/MDGs/eclac_mdgs09.pdf
- . 2010b. *Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean*, 2009. Santiago, ECLAC.
- . 2011. *Social Panorama*. Santiago, ECLAC.
- EEA (European Environment Agency). 2005. *Source Apportionment and Phosphorus Inputs into the Aquatic Environment*. EEA Report No. 7. Copenhagen, EEA.
- . 2007. *Europe's Environment: The Fourth Assessment*. State of the Environment Report. Copenhagen, EEA. http://www.eea.europa.eu/publications/state_of_environment_report_2007_1
- . 2010. *The European Environment – State and Outlook 2010*. Denmark, EEA. <http://www.eea.europa.eu/soer>
- EPA (The US Environmental Protection Agency). 2008. Home Page. <http://www.epa.gov/roe/index.htm> (Accessed


- 19 November 2010.)
- ESCAP (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific). 2006. *State of Environment in Asia and the Pacific 2005 Synthesis*. Bangkok, ESCAP. <http://www.unescap.org/esd/environment/soe/2005/download/SOE%202005%20Synthesis.pdf>
- . 2010a. *Statistical Yearbook for Asia and the Pacific*, 2009. Bangkok, ESCAP.
- . 2010b Preview: *Green Growth, Resources and Resilience: Environmental sustainability in Asia and the Pacific*. Bangkok, ESCAP. [http://www.unescap.org/esd/environment/flagpubs/GGRAP/documents/Green%20Growth-16Sept%20\(Final\).pdf](http://www.unescap.org/esd/environment/flagpubs/GGRAP/documents/Green%20Growth-16Sept%20(Final).pdf)
- . 2011. Population Dynamics: Social Development in Asia-Pacific. <http://actionbias.com/issue/population-dynamics>
- ESCAP, ADB (Asian Development Bank) and UNDP (United Nations Development Programme). 2010. *Achieving the Millennium Development Goals in an Era of Global Uncertainty*. Asia-Pacific Regional Report. Bangkok, ESCAP, ADB and UNDP. http://content.undp.org/go/cms-service/stream/asset/?asset_id=2269033
- ESCWA (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2005. *ESCWA Water Development Report 1: Vulnerability of the Region to Socio-Economic Drought*. E/ESCWA/SDPD/2005/9. New York, ESCWA. <http://www.escwa.un.org/information/publications/edit/upload/sdpd-05-9-e.pdf>
- . 2009a. *Compendium of Environmental Statistics in the ESCWA Region, 2008-2009*. 2nd Issue. New York, ESCWA. <http://www.escwa.un.org/information/pubaction.asp?PubID=653>
- . 2009b. *The Demographic Profile of the Arab Countries*. E/ESCWA/SDD/2009/Technical Paper9. New York, ESCWA. <http://www.escwa.un.org/information/publications/edit/upload/sdd-09-TP9.pdf>
- . 2009c. *ESCWA Water Development Report 3: Role of Desalination in Addressing Water Scarcity*. E/ESCWA/SDPD/2009/4, New York, ESCWA. <http://www.escwa.un.org/information/publications/edit/upload/sdpd-09-4.pdf>
- . 2009d. *Trends and Impacts in Conflict Settings: The Socio-Economic Impact of Conflict-Driven Displacement in the ESCWA Region*. Issue 1. E/ESCWA/ECRI/2009/2. New York, ESCWA. <http://www.escwa.un.org/information/publications/edit/upload/ecri-09-2.pdf>
- . 2009e. *Increasing the competitiveness of small and medium-sized enterprises through the use of environmentally sound technologies: Assessing the potential for the development of second-generation biofuels in the ESCWA region*. E/ESCWA/SDPD/2009/5. New York, ESCWA.
- Evans, A. 2009. Managing scarcity: The institutional dimensions. *Global Dashboard*, 25 August.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. *Irrigation in Africa in Figures: AQUASTAT Survey - 2005*. FAO Water Report No. 29, Rome, FAO. ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/wr29_eng.pdf
- . 2008. Mapping poverty, water and agriculture in sub-Saharan Africa. Faurès, J.-M. and Santini, G. (eds), *Water and the Rural Poor: Interventions for Improving Livelihoods in sub-Saharan Africa*. Rome, FAO. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0132e/i0132e03a.pdf>
- . 2011. General Summary for the Countries of the Former Soviet Union. Rome, FAO. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/regions/fussr/index5.stm> (accessed March 31, 2011).
- Field, C. B. et al. 2007. North America. M.L. Parry et al. (eds), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, Cambridge University Press, pp. 617-52.
- Foster, V. and C. Briceño-Garmendia (eds). 2010. *Africa's Infrastructure: A Time for Transformation*. Africa Infrastructure Country Diagnostic (AICD). Washington DC, The World Bank. http://siteresources.worldbank.org/INTAFRICA/Resources/aicd_overview_english_no-embargo.pdf
- Foster, S., Kemper, K., Garduño, H., Hirata, R. and Nanni, M. 2006. *The Guarani Aquifer Initiative for Transboundary Groundwater Management*. Washington DC, The World Bank.
- de Fraiture, C., Giordano, M. and Liao, Y. 2008. Biofuels and implications for agricultural water use: Blue impacts of green energy. *Water Policy*, Vol. 10, Supplement 1, pp. 67-81.
- Gleick, P. 1993. Water and conflict freshwater resources and international security. *International Security*, Vol. 18, No. 1, pp. 79-112.
- Government of Egypt. 2010. Mubarak receives report on facing floods in future. *ReliefWeb*, 13 February. <http://www.reliefweb.int/node/345133>
- Guarani Aquifer Agreement. 2010. International Water Law Project. http://www.internationalwaterlaw.org/documents/regionaldocs/Guarani_Aquifer_Agreement-English.pdf
- Guha-Sapir, D. et al. 2011. *Annual Disaster Statistical Review 2010: The Numbers and Trends*. Brussels, CRED. <http://www.undp.org/crmi/docs/cred-annualdisstats2010-rt-2011-en.pdf> <http://www.globalwaterintel.com/archive/9/9/analysis/world-water-prices-rise-by-67.html>
- GWP (Global Water Partnership). 2003. Effective Water Governance, Peter Rogers and Alan W. Hall, GWP Technical Committee Background Papers No. 7.
- Harbridge, W. et al. 2007. Sedimentation in the Lake of Tunis: A lagoon strongly influenced by man. *Environmental Geology*, Vol. 1, No. 4, pp. 215-25.
- Herrmann, T. M., Ronneberg, E., Brewster, M. and Dengo, M.. Social and economic aspects of disaster reduction, vulnerability and risk management in small island developing states. *Small Island Habitats*, pp. 231-33 http://www.sidsnet.org/docshare/other/20050126112910_Disaster_Reduction_and_Small_Islands.pdf
- Hernandez, M. A., Robles, M. and Torero, M. 2010. *Fires in Russia, Wheat Production, and Volatile Markets: Reasons to*

- Panic?* 2010 International Food Policy Research Institute, 6 August. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/wheat.pdf>
- Homer-Dixon, T. 1994. Environmental scarcities and violent conflict: Evidence from cases. *International Security*, Vol. 19, No. 1, pp. 5–40.
- Hughes, D. 2008. Identification, estimation, quantification and incorporation of risk and uncertainty in water resources management tools in South Africa. *IWR Water Resource Assessment Uncertainty Analysis*. Project Inception Report. Grahamstown, South Africa, Rhodes University. <http://www.ru.ac.za/static/institutes/iwr/uncertainty>
- ICPDR (International Commission for the Protection of the Danube River). 2007. *Issue Paper on Hydromorphological Alterations in the Danube River Basin*. IC/WD/265, document version, 12. Vienna, ICPDR. www.icpdr.org/icpdr-files/14717
- IDB (Inter-American Development Bank). 2009. IDB confirms strong support for Barbados and announces new Country Strategy. Press Release, Washington DC, IDB, 26 November.
- Indus Waters Treaty. 1960. <http://siteresources.worldbank.org/SOUTHASIAEXT/Resources/223546-1171996340255/BagliharSummary.pdf>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson (eds), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-intro.pdf>
- . 2008. *Climate Change and Water*. IPCC Technical Paper IV. <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>
- Karrou, M. 2002. *Climatic Change and Drought Mitigation: Case of Morocco*, INRA, Rabat, Morocco. Presented at the first CLIMAGRImed Workshop, FAO, Rome, 25–27 September. http://www.fao.org/sd/climagrimed/pdf/ws01_38.pdf
- Kasinof, S. 2009. At heart of Yemen's conflicts: Water crisis. *The Christian Science Monitor*, 5 November. <http://www.csmonitor.com/World/Middle-East/2009/1105/p06s13-wome.html>
- Kiang, T. T. n.d. Singapore's experience in water demand management. http://www.iwra.org/congress/2008/resource/authors/abs461_article.pdf
- Klein, L. R. and Coutiño, A. 1996. The Mexican Financial Crisis of December 1994 and lessons to be learned. *Open Economics Review*, Vol. 7, pp. 501–510.
- Kraus, M. 2009. *Fuelling New Problems: The Impact of China's Biodiesel Policies*. Asia Paper: Brussels Institute of Contemporary China Studies. Brussels, BICCS.
- Krugman, P. 2011. Droughts, floods and food. *New York Times*, 9 February. <http://www.nytimes.com/2011/02/07/opinion/07krugman.html>
- Lake, D. and Rothchild, D. (eds). 1998. *The International Spread of Ethnic Conflict*. Princeton, NJ and Chichester, UK, Princeton University Press.
- Langridge, R. 2008. Developing global institutions for governing water. *Journal of International Affairs*, Vol. 61, No. 2.
- Lee, T. and Jouravlev, A. 1998. *Prices, Property and Markets in Water Allocation*. LC/L.1097. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/4/4704/lcl1097i.pdf>
- Lentini, E. 2008. Servicios de agua potable y saneamiento: lecciones de experiencias relevantes. Document presented at the regional conference on *Políticas para servicios de agua potable y alcantarillado económicamente eficientes, ambientalmente sustentables y socialmente equitativos*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), Santiago, Chile, 22–24 September 2008.
- Lloret, P. 2009. Water Protection Fund (FONAG). *Circular of the Network for Cooperation in Integrated Water Resource Management for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean*, No. 29. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/dnri/noticias/circulares/2/34862/Carta29in.pdf>
- Makboul, M., 2009. Loi 10-95 sur l'eau: Acquis et perspectives. UNESCO Country Office in Rabat, Cluster Office for the Maghreb, *L'Etat des Ressources en Eau au Maghreb en 2009*, Rabat, UNESCO, pp. 47–59.
- Mann, H. and Smaller, C. 2010. Foreign land purchases for agriculture: What impact on sustainable development? *Sustainable Development Innovation Briefs*, Issue 8. http://www.un.org/esa/dsd/resources/res_pdfs/publications/ib/no8.pdf
- MES (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Policy Responses*, Volume 3. Chopra, K. R. et al. (eds). Washington DC and London, Island Press.
- Miranda, M. and Sauer, A. 2010. *Mine the Gap: Connecting Water Risks and Disclosure in the Mining Sector*. World Resources Institute Working Paper (WRI). Washington DC, WRI. http://pdf.wri.org/working_papers/mine_the_gap.pdf
- National Atlas of the United States. 2011. *Water Use in the United States*. http://www.nationalatlas.gov/articles/water/a_wateruse.html (Accessed 7 May 2011.)
- NEPAD (New Partnership for Africa's Development). 2006. *Water in Africa: Management Options to Enhance Survival and Growth*. Addis Ababa, United Nations Economic Commission for Africa (UNECA). <http://www.uneca.org/awich/nepadwater.pdf>
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). n.d. El Niño Theme Page. <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elinino/impacts.html> (Accessed 9 November 2010.)
- Norman, E. and Bakker, K. 2005. *Drivers and Barriers of Cooperation in Transboundary Water Governance: A Case Study of Western Canada and the United States*. A report presented to the Walter and Duncan Gordon Foundation, November 8. http://www.watergovernance.ca/PDF/Gordon_Foundation_Transboundary_Report.pdf

- Norman, E., Bakker, K., Cook, C., Dunn, G. and Allen, D. 2010. *Water Security: A Primer*. Program on Water Governance. Vancouver, BC, University of British Columbia. <http://www.watergovernance.ca/wp-content/uploads/2010/04/WaterSecurityPrimer20101.pdf>
- OECD (Organisation for Economic Development and Co-operation). 2009. *Fact Book*, 2009. Paris, OECD.
- Pereira, C. L. and Ortega, E. 2010. Sustainability assessment of large-scale ethanol production from sugarcane. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, No. 1, pp. 78–82.
- Postel, S. and Wolf, A. 2001. Dehydrating Conflict. *Foreign Policy*, 1 September.
- PRB (Population Reference Bureau). 2011. *World Population Data Sheet: The World at 7 Billion*. Washington DC, PRB. http://www.prb.org/pdf11/2011population-data-sheet_eng.pdf
- . 2008. *World Population Growth, 1950–2050*. <http://www.prb.org/Educators/TeachersGuides/HumanPopulation/PopulationGrowth.aspx> (Accessed 31 March 2011.)
- Querol, M. 2003. *Estudio sobre los convenios y acuerdos de cooperación entre los países de América Latina y el Caribe, en relación con sistemas hídricos y cuerpos de agua transfronterizos*. LC/L.2002-P. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/2/13672/lcl2002e.pdf>
- Renault, D. 2002. *Value of Virtual Water in Food: Principles and Virtues*. Paper presented at the UNESCO-IHE Workshop on Virtual Water Trade, 12–13 December. Delft, The Netherlands. <http://www.fao.org/nr/water/docs/VirtualWater.pdf>
- Roy, D., Barr, J. and Venema, D. H. 2010. *Ecosystem Approaches in Transboundary Integrated Water Resources Management (IWRM): A Review of Transboundary River Basins*. International Institute for Sustainable Development and United Nations Environment Programme.
- SADC (Shared Watercourse Systems in the Southern African Development Community Region). 2008. SADC Revised Protocol on Shared Watercourses. <http://www.sadc.int/index/browse/page/159>
- Shaban, A. 2009. *Monitoring Groundwater Discharge in the Coastal Zone of Lebanon Using Remotely Sensed Data*. Presented at Stockholm World Water Week, 16–22 August.
- Shah, T., Makin, I. and Sakthiradivel, R. 2001. Limits to Leapfrogging: Issues in transposing successful river basin management institutions in the developing world. C. L. Abernathy (ed.) *Intersectoral Management of River Basins*. Colombo, IWMI–DSE.
- SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios). 2011. *Informe de Gestión del Sector Sanitario 2010*. Santiago, SISS. http://www.siss.gob.cl/577/articles-8333_recurso_1.pdf
- Smaller, C. and Mann, H. 2009. *A Thirst for Distant Lands. Foreign Investment in Agricultural Land and Water*. Winnipeg, Canada, International Institute for Sustainable Development (IISD).
- Statistics Canada. 2010. *Human Activity and the Environment: Freshwater Supply and Demand in Canada 2010*. Ottawa, ON, Statistics Canada.
- Stoltman, J., Lidstone, J. and Dechano, L. (eds). 2004. *International Perspectives on Natural Disasters: Occurrence, Mitigation and Consequences*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Stulina, G. 2009. *Climate Change and Adaptation to it in the Water and Land Management of Central Asia*. CACENA and Global Water Partnership.
- Sydney Water. 2011. Hoxton Park Recycled Water Scheme. <http://www.sydneywater.com.au/Majorprojects/SouthWest/HoxtonPark> (Accessed 14 October 2011.)
- The Economist online. 2011. Africa's impressive growth. *The Economist online*, 6 January. http://www.economist.com/blogs/dailychart/2011/01/daily_chart
- United Nations (UN). 2009. *State of the World's Indigenous Peoples*. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs. http://www.un.org/esa/socdev/unpfi/documents/SOWIP_web.pdf.
- UNCTAD XII (United Nations Conference on Trade and Development). 2008. *Biofuels Development in Africa: Supporting Rural Development or Strengthening Corporate Control?* UNCTAD XII Workshop held in Accra, Ghana 12 May. [https://files.pbworks.com/download/qbexQtTcy3/np-net/12638865/ACORD%20et%20al%20\(2008\)%20Biofuels%20in%20Africa%20Rural%20Development%20or%20Corporate%20control.pdf?id=1](https://files.pbworks.com/download/qbexQtTcy3/np-net/12638865/ACORD%20et%20al%20(2008)%20Biofuels%20in%20Africa%20Rural%20Development%20or%20Corporate%20control.pdf?id=1)
- UNDESA (UN Department of Economic and Social Affairs). 2007. *World Population Prospects: The 2006 Revision, Highlights*. ESA/P/WP.202. New York: United Nations. http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/WPP2006_Highlights_rev.pdf
- . 2010. *State of the World's Indigenous Peoples*. New York, United Nations. http://www.un.org/esa/socdev/unpfi/documents/SOWIP_web.pdf
- UNECA (United Nations Economic Commission for Africa). 2000. *Transboundary River/Lake Basin Water Development in Africa: Prospects, Problems, and Achievements*. Addis Ababa, UNECA. http://www.uneca.org/awich/Reports/Transboundary_v2.pdf
- . 2001 *State of the Environment in Africa*. Addis Ababa, UNECA. http://www.uneca.org/water/State_Environ_Afri.pdf.
- . 2006 *African Water Development Report*. Addis Ababa, UN Water/Africa and UNECA. http://www.uneca.org/awich/AWDR_2006.htm
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 1998. *Aarhus Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters*. Aarhus, Denmark, 25 June. <http://www.unece.org/env/pp>
- . 2005. *Seminar on Environmental Services and Financing for the Protection and Sustainable Use of Ecosystems*. Geneva, 10–11 October. http://www.unece.org/env/water/meetings/payment_ecosystems/seminar.htm
- . 2007a. *Our Waters: Joining Hands Across Borders – First Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters*. New York and Geneva, UNECE. <http://www>

- unece.org/env/water/publications/pub76.htm
- . 2007b. *Recommendations on Payments for Ecosystem Services in Integrated Water Resources Management*. New York and Geneva, UNECE. <http://www.unece.org/index.php?id=11663>
- . 2009a. *Guidance on Water and Adaptation to Climate Change*. New York and Geneva, UNECE. http://www.unece.org/env/water/publications/documents/Guidance_water_climate.pdf
- . 2009b. *Transboundary Flood Risk Management: Experiences from the UNECE Region*. New York and Geneva, UNECE. http://www.unece.org/env/water/mop5/Transboundary_Flood_Risk_Management.pdf
- . 2009c. *Capacity for Water Cooperation in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. River Basin Commissions and Other Institutions for Transboundary Water Cooperation*. New York and Geneva, UNECE. http://unece.org/env/water/documents/CWC_publication_joint_bodies.pdf
- . 2010. *The MDGs in Europe and Central Asia: Achievements, Challenges and the Way Forward*. Prepared by UNECE in collaboration with UNDP, ILO, FAO, WFP, UNESCO and other partners. New York and Geneva, UNECE. http://www.unece.org/commission/MDGs/2010_MDG.pdf
- . 2011a. *Second Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters*. New York and Geneva, UNECE. <http://www.unece.org/?id=26343>
- . 2011b. *Setting Targets and Target Dates to Achieve Sustainable Water Management and Reduce Water-Related Diseases in the Republic of Moldova*. Report prepared in collaboration with the Swiss Agency for Development and Cooperation and the Government of the Republic of Moldova. <http://www.unece.org/index.php?id=26819>
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2006a. *Challenges to International Waters: Regional Assessments in a Global Perspective*. Global International Waters Assessment (GIWA) project. Nairobi, UNEP in collaboration with GEF, the University of Kalmar and the Municipality of Kalmar, Sweden, and the Governments of Sweden, Finland, and Norway.
- . 2006b. *Environmental Indicators for North America*. Nairobi and Washington DC, UNEP. http://www.unep.org/pdf/NA_Indicators_FullVersion.pdf http://www.unep.org/dewa/giwa/publications/finalreport/giwa_final_report.pdf
- . 2007. *Global Environment Outlook 4*. <http://www.unep.org/geo/geo4.asp> (Accessed 10 October 2011.)
- . 2009. *Assessment of Transboundary Freshwater Vulnerability in Africa to Climate Change*. Nairobi, UNEP. http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Assessment_of_Transboundary_Freshwater_Vulnerability_revised.pdf
- . 2010a. *Global Environment Outlook: Latin America and the Caribbean (GEO LAC) 3*. Panama City, United Nations Environment Programme, Regional Office for Latin America and the Caribbean. http://www.unep.org/pdf/GEOLAC_3_ENGLISH.pdf
- . 2010b. *Africa Water Atlas*. Nairobi: United Nations Environment Programme, Division of Early Warning and Assessment (DEWA), 2010. <http://na.unep.net/atlas/africaWater/book.php>
- . 2011. *GEO Data Portal*. 2011. <http://geodata.grid.unep.ch/>
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 2010. *Aspectos Socioeconómicos, Ambientales y Climáticos de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas*. ISARM Americas Series No 3. Montevideo/Washington DC, UNESCO-IHP/OAS. [http://www.oas.org/dsd/WaterResources/projects/ISARM/Publications/ISARMAmericasLibro3\(spa\).pdf](http://www.oas.org/dsd/WaterResources/projects/ISARM/Publications/ISARMAmericasLibro3(spa).pdf)
- UNESCO-WWAP (World Water Assessment Programme). 2006. *La Plata Basin Case Study, Final Report. WWDR2*. Paris, UNESCO Publishing. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/case-studies/>
- UN-Habitat. 2005. *Financing Urban Shelter: Global Report on Human Settlements 2005*. London and Nairobi, Earthscan and UN-Habitat. <http://www.unhabitat.org/content.asp?typeid=19&catid=555&cid=5369>
- UN-Habitat. 2010. *The State of African Cities 2010: Governance, Inequality and Urban Land Markets*. Nairobi, UN-Habitat and UNEP.
- UN Water/Africa and AMCOW (African Ministers' Council on Water). 2004. *Outcomes and Recommendations of the Pan-African Implementation and Partnership Conference on Water (PANAFCON)*. Presented in Addis Ababa, 8-13 December, 2003. UN Water/Africa and AMCOW. http://www.uneca.org/eca_resources/publications/sdd/panafcon%20outcomes.pdf
- . 2008. *Status Report on Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans*. UN-Water. http://www.unwater.org/downloads/UNW_Status_Report_IWRM.pdf
- US Census Bureau. n.d. *Population Profile of the United States*. <http://www.census.gov/population/www/pop-profile/natproj.html> (Accessed 31 March 2011).
- United States Senate. 2011. *Avoiding Water Wars: Water Scarcity and Central Asia's Growing Importance for Stability in Afghanistan and Pakistan*. A report prepared for the use of the Committee on Foreign Relations, United States Senate. Washington DC, US Government Printing Office.
- Valenzuela, S. and Jouravlev, A. 2007. *Servicios urbanos de agua potable y alcantarillado en Chile: factores determinantes del desempeño*. LC/L.2727-P. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/28650/lcl2727e.pdf>
- Waterwiki.net. 2009. *Facing Water Challenges in Istanbul*. http://waterwiki.net/index.php/Facing_Water_Challenges_in_Istanbul (accessed 7 May 2011).
- WHO (World Health Organization)/UNICEF (United Nations Children's Fund). 2010. *Progress on Sanitation and Drinking-water: 2010 Update*. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Geneva/New York, WHO/UNICEF. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/9789241563956/en/index.html
- Woertz, E. 2009. Gulf food security needs delicate diplomacy. *Financial Times*, 4 March. <http://www.ft.com/cms/s/0/d916f8e2-08d8-11de-b8b0-0000779fd2ac.html#axzz1BJ6wrOYH>
- World Bank. 2009. *Assessment of Restrictions on Palestinian*

- Water Sector Development: West Bank and Gaza*. Report No. 47657-GZ, Washington DC, The World Bank. http://pwa.ps/Portals/_PWA/08da47ac-f807-466f-a480-073fb23b53b6.pdf
- Wunder, Sven. 2005. *Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts*. Center for International Forestry Research (CIFOR) Occasional Paper No. 42, Bogor Barat, Indonesia, CIFOR. http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf
- Yessekin, B. et al. 2006. *Implementing the UN Millennium Development Goals in Central Asia and the South Caucasus: Goal 7: Ensure Environmental Sustainability, Conserving Ecosystems of Inland Water Bodies in Central Asia and the South Caucasus*. Almaty, Kazakhstan and Tashkent, Uzbekistan, The Central Asian Regional Ecological Center and the Global Water Partnership for Central Asia and Caucasus. http://www.cawater-info.net/library/eng/gwp/ecosystem_e.pdf.
- You, L. Z. 2008. *Irrigation Investment Needs in Sub-Saharan Africa*. Background Paper 9, Africa Infrastructure Country Diagnostic. Washington DC, The World Bank.
- Young, C., Jacobi, S. and Andah, K. 2009. *Deriving Optimal Information from Inadequate Data Collection Networks for Water Allocation in Ghana. Proceedings of a Symposium held on the island of Capri, Italy on 13-16 October, 2008*, under the auspices of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS) and UNESCO.
- Zawya. 2011. MARAFIQ - Yanbu Power and Desalination Plant - Phase 2. *Projects Monitor*, 29 April.
- Zimmer, D. and Renault, D. n.d *Virtual Water in Food Production and Global Trade: Review of Methodological Issues and Preliminary Results*. Rome, FAO Water.



第二部分 不确定性和风险 条件下的水管理

简介

第八章 在不确定性条件下工作并管理风险

第九章 以关键驱动因素剖析不确定性和风险

第十章 低估水资源价值使未来充满不确定性

第十一章 改革水管理机构、提高应变能力

第十二章 为更可持续未来强化水利投融资

第十三章 应对水管理的风险和不确定性

第十四章 打破水界限束缚、应对风险和不确定性

简介

作者：丹尼尔·洛克斯



如何应对不确定性和变化的环境

整个世界正经历着巨大的变化。政治和社会体制正在发生变革并变得难以预测，产生的影响也是多种多样。技术的进步带动了人类生活水平和预期寿命的提高及消费模式的变化。人口日益增长，城市不断扩张；为满足食物的需求，农业生产也在不断扩大。其结果像气候一样，土地利用和土地覆盖层正在发生改变。在多数情况下，这些变化的速度呈增长趋势，所造成的长期影响往往无法确定。尽管会出现不连贯或临界点，但变化不可逆转。这些变化足以改变淡水供需的水质、分配和水量，最终影响到区域水循环。

日常生活、生活方式、技术和环境的改变将会持续加速。每一天都能带来新的风险、不确定性和机遇。人类期待着以更快的速度、更有效的方式及更少的资源完成更多事情的时候，却承受着更大的压力。变化已成为每个人生活和每件事物不可避免的事实。季节变换、人员变化、目标和情感的变化以及行业变化等，在某种程度上都是由生活方式和技术变化所引起的。因此，供水及水质也要满足由于改变所产生的需求（Jackson等，2001；Kates和Clark，1996；Marien，2002；Ostrom，1990；Tansey和O'Riordan，1999）。

水资源管理者在水资源面临的不确定性日益增加的条件下应如何规划和适应未来的变化？用水者应如何规划和适应未来供水和水质的不确定性？我们作为创建、管理和改变水治理结构的人，无论是在地区还是全球范围，都在这个结构中运转和相互影响，我们应如何满足现代人的用水需求乃至将来用水者的需求？这些用水者包括环境和处于贫困阶层以及没有话语权的人。在未来变化和不确定条件下，我们全社会如何团结一致共同将可持续性更提高一步（Vincent，2007；Watkins和McKinney，1997）？

适应变化的同时也带来机遇。过去发生的事实虽然已无法改变，但现在所作的决策可以

影响未来。水是主要的介质，人类活动和气候变化通过它与地球表面、生态系统和人类之间相互影响和作用。人类正是通过水和水质感受到最强烈的变化冲击。如果人类面对变化不作出适当的应对或规划，那么数亿人口将面临饥饿、不健康、能源短缺和贫困、水资源短缺和污染及/或洪水泛滥等更大风险（Anderies等，2004；Folke等，2002；Ganoulis，2004；Holling等，2002；Lu，2009；NRC，1983；Pahl-Wostl等，2007）。

很多人都关注环境，但大多数人都倾向于不采取行动或不提倡环境行动。因为人们普遍认为环境补救所花的费用是近期成本，而效益的发挥是未来的事。不采取行动的另一个原因是不确定因素的存在，导致无法肯定这些行动的相对优势。为了制定有效的公共政策，水利专家需要认真地研究未来的不确定性，研究如何减小不确定性以及采取哪些行动，以便在面临这些不确定性时为达到预期效果提供最好的保障（英国内阁办公室战略部，2002）。

未来存在不确定性不是不采取行动的理由。如果要在未来获得效益，则必须在近期作出水利基础设施投资、运行和管理的决策。为获得肯定的了解等待数十年后再采取行动是不可行或无法接受的借口。在水利基础设施投资和运行决策发挥效益之前，我们就必须制定这些决策，因此，这些决策无疑将建立在不确定的数据和假设基础之上。确切地了解 and 掌握未来绝对是不可能的。何种因素影响可供水资源量、如何对水资源进行管理、如何对其进行利用，即使是间接地利用等问题，都需要在无法获得精确信息的情况下制定决策（Cosgrove和Rijsberman，2000；Funtowicz和Ravetz，1990；Morgan和Henrion，1990）。

公众与科学界和政策制定者之间互动的增加有利于决策制定过程的改进。互动可对所提出的、讨论的和实施的政策建议进行质疑和详细讨论。应帮助政策制定者和公众了解情况，而公众也应对不采取行动持否定态度。利益相关者应在讨论如何管理社会和自然的政治辩论

中提出新的想法。他们可尝试利用各种方法对各自的相对优势进行评估。所有利益相关者都应设想他们的未来，制定出能满足他们未来需要的政策，并对可能的影响和不确定性进行评估（NRC，1996；Wildavsky 和 Dake，1990）。

目前哪些是已知的？或者说我们可以做什么样的假设？以下几点显得至关重要：

- 认识到政府、私营部门和民间团体决策者及我们所有个体都要应对风险和不确定性所带来的问题。某些决策无论是否将水资源问题考虑进去，都可能对水资源产生影响。

- 更广泛地认识和了解其他经济和社会部门的情况，帮助这些部门的决策者了解他们制定的决策对水会产生的影响，以及水对它们产生的影响。在一个领域采取协调和协作管理的方式可提高整体的效果，毕竟这些部门和相关领域同水管理者和使用者一样，面临着相同或类似的不确定性，都在不断地进行着风险管理。

- 接受未来持续发生变化的现实，承认大部分变化超出人类社会掌控的范围；水管理方法应具有适应性、响应性和预见性。

- 将开展可持续水管理当成是适应性过程而不是终点。

- 将适应性决策当成是处理经济、社会和生态系统中不确定性的优选方法。

- 通过加强监测网络与淡水指标体系，寻求新的模式及作出响应。

- 由“考虑影响型思维”向“考虑适应性思维”转变，采取将遗憾最小化策略。

- 在国家、流域和地方水资源管理阶层培养适应变化的能力。

- 将环境流量作为水资源管理的核心目标之一，使各方均衡受益。

- 采取“智能型应对气候变化”的方式，对现有、新建和正在运行的水利基础设施进行管理。

- 在应对方案中纳入“生态基础设施”（如湿地、洪泛平原等），并在可行的情况下尽可能地加以运用。

- 提高淡水生态系统的连通性和完整性。

“考虑影响型思维”的关键是对决策影响进行预测的能力。目前的做法是更加注重分析人员预测某项决策特定影响的能力，这导致了或至少影响或改变了适应性活动。这就是反应性的“考虑影响型思维”。问题是分析者所做的假设以及选择的影响范围可能过于狭窄，通常也不确定。这反映在预计的影响或结果中。“考虑适应性思维”认为基于模型的影响预测总是具有固有的不确定性，并出于多重原因，将经济、社会和生态系统作为与当前和过去状态不同的动态的实体来进行处理。这种方法更为灵活，并且能不断促进方案的研发和分析（Alcamo 等，2000；van Notten，2005）。

不确定性束缚了我们准确地定性和定量分析不同管理行动所带来的各类风险的能力。预防原则表明，不确定性越大（即我们精确定义或量化风险的能力越小），则可能产生结果的灾难性就越大，管理行动则应更加谨慎和更具“可逆性”（UNESCO，2005）。尽管对未来的研究可能有助于降低一些不确定性，但也可能会发现一些新的不确定性，这实际上提高了我们对不确定内容以及不确定性范围的认识。不确定性会削弱对未来的推断，有些不确定性还包括对不确定的内容缺乏信心。社会目标和社会需求中出现的意外和不可预知的转变是由他们本性中的不确定因素决定的，因此也不能被准确地预测。

水资源规划、管理和使用者以及以任何方式对水量、水质、水分配和水利用产生影响的人都应积极地面对不确定性。并非所有的不确定性都可以通过进一步研究来减少，而且，即使是有可能减少，也需要付出一定的成本。科学有助于找出和减少不确定性，并阐明哪些条件下无法降低不确定性。但科学知识本身和科学家在决策制定所起的作用具有一定的局限性。

《世界水发展报告》第三版的最后一章阐述了重视风险和不确定性的必要性，并强调了不采取行动的后果。对于所有经济部门和地区

的水资源管理者和使用者而言，风险和不确定性早已成为普遍的挑战。我们还无法认知的新情况是气候变化导致的水文过程不稳定性，这也是社会和经济快速发展和不可预测以及人口动态变化导致的（Koutsoyiannis, 2006；Milly等，2008）。这加剧了不确定性和相关风险，使风险管理的任务变得更为复杂，并伴随决策制定的过程。

本报告第一部分阐述了人类为实现社会和经济目标所面临的国家和全球层面的挑战，以及未来的情景会是怎样。本报告的第二部分讨论了在不确定性和风险条件下决策制定的概念和后果，以及如何将它们纳入影响水资源决策的制定过程。水作为经济活动和生命本身的一个要素，会受到许多不同部门和领域所制定的决策的影响，这些部门或领域其本身通常不直接与水相关。决策制定者同时也面临多种不确定性和风险。在各个部门或领域，决策制定和风险管理的方法都不尽相同。为决策制定者提供一些工具，告诉他们不同决策（采取或不采取行动）对水资源产生的深远后果，可大大有助于更好地实施资源综合管理以及减少威胁和负面影响（Bier等，1999）。

考虑到未来气候的不确定性和土地利用变化会改变水流量和储藏量，水管理者会提出这样的问题：对堤坝或水库蓄洪能力采取特别设计能否提供保护作用？水库特定的有效库容加上特别运行调度能否抵御干旱？滞洪区土地利用分区或制定保险政策时，能否提出确切的百年一遇边界在哪里？负责制定政策或有影响力的人和投资方也在提出问题：如果必须作出权衡，哪个是优先考虑范围内最重要的？可以采取哪些措施来降低风险？

第二部分讨论了分析和应对挑战和风险的方法。最后用实例总结了如何利用水资源管理和社会经济政策来应对不确定性和与之相关的风险。

参考文献

- Alcamo, J., Henrichs, T. and Röschm, T. 2000. *World Water in 2025: Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century*. University of Kassel, Germany, Center for Environmental Systems Research.
- Anderies, J. M., Janssen, M. A. and Ostrom, E. 2004. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*, Vol. 9, No. 1, p. 18.
- Bier, V. M., Haimes, Y. Y., Lambert, J. H., Matalas, N. C. and Zimmerman, R. 1999. A survey of approaches for assessing and managing the risk of extremes. *Risk Analysis*, Vol. 19, No. 1, pp. 83-94.
- Cabinet Office Strategy Unit. 2002. *Risk: Improving Government's Capability to Handle Risk and Uncertainty*. London, HM Government Cabinet Office Strategy Unit. <http://www.strategy.gov.uk/2002/risk/risk/home.html>
- Cosgrove, W. and Rijsberman, F. 2000. *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*. London, Earthscan.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S. and Walker, B. 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, Vol. 31, No. 5, pp. 437-40.
- Funtowicz, S. O. and Ravetz, J. R. 1990. *Uncertainty and Quality in Science for Policy*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer.
- Ganoulis, J. 2004. Integrated risk analysis for sustainable water resources management. I. Linkov and A. B. Ramadan (eds) *Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making*. (NATO Science Series 38). Dordrecht, The Netherlands, Springer.
- Holling, C. C., Gunderson, L. and Ludwig, D. 2002. In quest of a theory of adaptive change. L.H. Gunderson and C.S. Holling (eds) *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington DC, Island Press, pp. 3-22. <http://www.resilience.osu.edu/CFR-site/enterpriseresilience.htm>
- Jackson, R. B., Carpenter, S. R., Dahm, C. N., McKnight, D. M., Naiman, R. J., Postel, S. L. and Running, S. W. 2001. Water in a changing world. *Ecological Applications*, Vol. 11, No. 4, pp. 1027-45.
- Kates, R. W. and Clark, W. C. 1996. Environmental surprise: expecting the unexpected. *Environment*, Vol. 38, No. 2, pp. 6-11, 28-34.
- Koutsoyiannis, D. 2006. Nonstationarity versus scaling in hydrology. *Journal of Hydrology*, Vol. 324, pp. 239-54.
- Lu, Z. 2009. *Applying Climate Information for Adaptation Decision-Making: A Guidance and Resource Document*. New York, National Communications Support Programme.
- Marien, M. 2002. Futures studies in the 21st century: a reality-based view. *Futures*, Vol. 34, pp. 261-81.
- Milly, P. C. D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R. M., Kundzewicz, Z. W., Lettenmaier, D. P. and Stouffer, R. J.

2008. Stationarity is dead: whither water management? *Science*, Vol. 319, No. 5863, pp. 573–74.
- Morgan, M. G. and Henrion, M. 1990. *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- NRC (National Research Council). 1983. *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington DC, National Academies Press.
- . 1996. *Understanding Risk: Informing Decisions in a Democratic Society*. Washington DC, National Academies Press.
- Ostrom, E. 1990. *Governing the Commons: the Evolution of Institutions for Collective Action*. New York, Cambridge University Press.
- Pahl-Wostl, C., Sendzimir, J., Jeffrey, P., Aerts, J., Berkamp, G. and Cross, K. 2007. Managing change toward adaptive water management through social learning. *Ecology and Society*, Vol. 12, No. 2, pp. 30.
- Tansey, J. and O’Riordan, T. 1999. Cultural theory and risk: a review. *Health, Risk and Society*, Vol. 1, No. 1, pp. 71–90.
- UNESCO (United Nations Economic, Scientific and Cultural Organization). 2005. *The Precautionary Principle*. Paris, UNESCO World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge (COMEST).
- van Notten, P. W.F. . 2005. *Writing on the Wall: Scenario Development in Times of Discontinuity*. Boca Raton, FL, Dissertation.com.
- Vincent, K. 2007. Uncertainty in adaptive capacity and importance of scale. *Global Environmental Change*, Vol. 17, pp. 12–24.
- Watkins, D. W. and McKinney, D. C. 1997. Finding robust solutions to water resources problems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 123, No. 1, pp. 49–58.
- Wildavsky, A. and Dake, K. 1990. Theories of risk perception: who fears what and why? *Daedalus*, Vol. 119, No. 4, pp. 41–60.
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2009. *World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris/London, UNESCO/Earthscan.

第八章

在不确定性条件下工作并管理风险

作者：大卫·寇兹、丹尼尔·洛克斯、杰仁·阿尔斯、苏姗·范特克卢斯特
供稿：尤瑞·沙米尔、威廉·科斯格罗夫



水资源管理者和使用者都习惯于在不确定性和风险条件下工作和制定决策。流域供水的可预见性在某种程度上取决于其自然条件，但降水的特性却呈现出多样性，如汇入小溪和河流或渗入地下水含水层。用水户的需求也会呈现出多样性，且受人口规模和分布的不确定性、天气的不可预测性以及社会和经济条件的变化的影响。水处理、分配和使用的成本和效益始终受市场（及其他）条件的不确定性制约。技术在发展并带来新的解决方案，但有些技术仍未知或无法想象。那些经济和社会福利都依赖于可靠供水和水质的用水户，在此仅列举公共社区、企业和灌溉等几个用户，在意识到气候变化、人口增长、生活方式转变和流域条件变化将加剧不确定性和风险之前，已经开始采取行动，防止可能出现的水资源短缺和水污染。

水对于万物的生长都是至关重要的。生产一个汽车轮胎平均耗水约 2 立方米；生产一吨钢耗水 237 立方米；生产一个鸡蛋耗水约 0.5 立方米；生产一个给电脑供电的 200 毫米半导体消耗 28 立方米的超纯净水。随着“水足迹”的蔓延，个人、企业和整个城市将面对这样的威胁，即河道内外的水都不足以满足所有的用水需求（Hoekstra 和 Chapagain, 2008）。

有些人可能认为水资源短缺是不值得关注的问题，毕竟地球是被水覆盖的。然而，地球上 97.5% 的水是咸水。剩余的 2.5% 中只有一部分属于可用的地表水和地下水，主要用于维持基本功能，如生命、种植食物、各种经济活动和生态过程、生产能源、运输货物和吸收废物等（Kumma 等, 2010; Palmer 等, 2008; 联合国水计划, 2006）。

由于水供需方面缺乏完整可靠的数据，这增加了不确定性的严重程度。在所有的地区，没人能预测干旱或洪水何时会发生及发生的程度如何。干旱和洪水都可能会带来灾害，换言之，就是风险，同时也为采取什么行动和何时采取行动带来不确定性（Berstein, 1998; Brugnach 等, 2008; Giles, 2002; Hoffmann-Riem 和 Wynne, 2002; Kasperson 等, 2003; Rayner, 1992; Slovic 等, 2004; Tversky 和 Kahneman, 1974）。

8.1 不确定性和风险的概念

8.1.1 定义

风险通常指决策所带来的负面效应或后果(见 8.1.2 节; 也见 Aven, 2003; Bedfore 和 Cooke, 2001; Cooke, 2009; Covello 和 Mumpower, 2001; Kaplan 和 Garrick, 1981; Kasperson 等, 1988; Mays, 1996; Slovic, 1992; Yoe, 1996)。

不确定性经常和风险联系在一起(有时甚至可以互换)。最普遍采用的不确定性含义是指由于缺乏对当前存在的事物以及对未来将发生或不发生的事物的了解而存疑问的一种心理状态。它与确定性相反,确定性是对特定情形保持确信(Bogardi 和 Kundzewicz, 2002; Morgan 和 Henrion, 1990; Pindyk, 2007)。

置信度或置信区间适用于人口抽样调查,其中存在意见的不同或差异。假设需要进行一项调查,确定一个滞洪区内未来 10 年免受水灾影响住户的比率,或未来 10 年不发生水灾情形下模拟滞洪区发展情景的比率。根据人口数量确定抽样规模后,即被调查提问的人数或被模拟的方案个数,就可确定置信度或置信区间。如果两种情况下的结果都是 85%,则结果可被描述为“我们 95%地确信居住在滞洪区内的 85%住户认为,他们在未来 10 年内可以避免遭受任何洪灾,其误差幅度为 $\pm 3\%$ ”。换言之,一个人可以 95%地确信,有 82%~88%的人认为在未来 10 年内他们将不会遭受水灾(Berger, 1985; Coles, 2001)。

8.1.2 水的风险和不确定性

我们无法全面地预测水资源系统未来运行情况的好坏。水资源系统将受到变化和不确定性因素的影响,并为不断变化和不确定的需求提供服务。风险和不确定性决定着水管理和社会经济政策制定采取应对措施的特征。对风险和不确定性了解得越多,就会更加有效地规划、设计和管理水资源,以此降低风险和不确定

定性。

依赖水或水所提供服务的群体不能确定他们是否可以一直拥有所需要或想要的水或不会遭受水灾(洪水、干旱或水污染)的侵扰。没人能确保江河中水的休闲娱乐功能可以长期使用;没有人能确保水电的可靠供给。事实上,任何能源都无法确保可以提供可靠的供给,这是因为所需要的水存在不确定性。这就是为什么要提倡水资源和能源和谐发展的根本原因。

我们通常根据以往的经验、观测和记录应对风险和不确定性。可未来人口增长和人口空间分布、水资源消耗模式、社会经济发展、气候易变性和气候变化等方面变化带来不确定性,我们没有足够的风险和不确定性指标提供给水资源规划者、管理者、使用者和政策制定者使用。因此,了解不确定性的来源和学会如何分析、把握和应对由不确定性造成的风险就变得至关重要。

8.1.3 了解不确定性的来源和类型

不确定性的形成来自于潜在过程的可变性或对该过程的了解不充分。决策制定者经常要做出各种决策,有时决策带来一定的后果,涉及巨额的资金投入,而他们并不确切地了解产生的后果和花费的程度(Knight, 1921)。

与水系统及水管理不确定性有关的因素包括:数据的缺乏或数据采集、记录和存储过程中产生的随机和系统错误,不能预测未来水供需确定的过程以及水循环的自然或物理过程中存在的不确定性。

不确定性另一个诱因是社会的不确定性。人类行为是不可预测的,而且个人、社会及社会制度的行为也是不确定的,如市场行为。技术创新,技术的认知和应用以及技术对环境的影响也不可预测,因而也是不确定的。

实证数量价值的不确定性也可由于信息描述语言的不精确以及不同专家对如何解读证据意见不统一而形成。



“风险认知和风险容限取决于人受到伤害的可能性、伤害控制、伤害或危害程度、对可能遭受伤害的承受度及对风险信息来源的信任度。”

最后，还有一些未知的情况。水文系统的某些方面仍旧不为人所了解，对其中的某些方面甚至是一无所知，因此，不了解问题所在那么问题本身就是一个无法了解的未知数。这甚至会导致无法提出正确的问题，即所谓的“未知的未知数”。我们经常探询所知或未知的事物，通过研究一般可获得更好地了解。但有些我们不了解的事物连我们自己都没有意识到，只有我们对所听到的、见到的、判断和分析的事物采取一贯质疑的态度才有可能发现 (Walker 等, 2003)。

8.1.4 预测不确定性的范围和期限

人口数量及其在地球上的分布、人类的生活方式和习俗的变化以及气候变化无疑都将在未来几十年或下个世纪改变水环境。问题是怎样改变。水供需的不确定性将在短期和长期都存在。尽管通过实测与分析能减少这些不确定性，但在多数情况下，没有任何证据或实验结果可以给出消除这些不确定因素的明确答案。实际上，随着时间的推移，相反的情况则很可能出现。当进一步展望未来，决策者和负责向决策者提供建议的规划人员以及对决策在未来可能产生的影响进行预测的研究人员正面临着逐渐增加的不确定性。然而，每一个决策者所作的决策都将影响到未来的活动，因此他们应被告知未来可能的情况，即使这些论断并不确定。对关键数量的概率估算有助于进行规划和评估，例如由于大气中温室气体浓度的增加而导致气候变得更干、更湿、更热或更冷的范围；估算随着地球平均温度的上升而升高的海

平面高度；或者各种因人口数量及生活方式的变化而发生的对粮食需求的增长，同时这也将影响灌溉用水的需求和水资源利用效率。分析者们寻求将概率描述纳入到模型和分析之中，通常是在高速计算机上进行多种模拟，每种模拟采用不同的输入情境或一套有关被模拟系统的设计及/或运行的设想。分析的结果可连同它们的概率一起展示。通过大量的模型输入得到的设计或政策，其产生的结果被利益相关者所接受，这样的设计或政策被认为能应对未来条件的变化。确定这些政策所采用的一些工具将在本章的以后部分进行描述。

8.1.5 了解风险

风险及对风险的各种描述受到个人和社会认知的高度影响。风险认知和风险容限取决于一个人受到伤害的可能性、对伤害的控制、伤害或危害的程度、遭受可能伤害的自愿性以及风险信息来源的信任度。由于风险认知能影响集体和个人的选择，因此风险更明确化可使决策受益。目前与水相关的风险的例子包括水资源短缺、水质恶化、生态系统服务的丧失以及极端危害事件，它们反之也会受到社会经济发展和决策的影响 (Ganoulis, 1994)。

风险意识及其重要性在某种程度上取决于时限。对气候变化来说，时限是一个问题，因为变化会在数十年而不是几年之内发生。我们还没有好的办法对付那些发生概率非常低但如果确实发生则会引起严重后果的事件，如垮坝、千年一遇的洪水或灾难性的水传染病。这些难题促使我们提出了相关准则，如预防原则以及安全最低标准概念等，这些内容在随后会予以讨论。然而，过多地关注低概率事件的极端后果而不去应对发生概率更高和更为普通发生的事件，这种作法并不可取。

8.1.6 不确定性模型

社会或自然系统模型其实是这些系统的一种简化的近似形式。采用模型可以更好地了解这些系统并对影响这些系统的各种决策进行

评估。

一般来说，首选的和有用的模型是最简单的、最便于理解的模型，能够提供需要的或想要的信息及精确性。分析时对模型的选择在一定程度上取决于可用的科学知识和数据，以及模型结果的预计用途。从这个意义上说，模型的选择是主观并且注重实效的。

正如模型输入数据的质量会产生不确定性一样，模型的功能型（内置的假设）也会产生不确定性。两者都可导致不同专家对如何解读模型结果产生不同意见。不确定性的一个根本问题和潜在来源是，从事分析的人员常常对他们应假定和纳入到模型中的目标和决策规则不清楚。在这种情况下，模型操作者向利益相关者和决策制定者提供多种选项则十分有意义，其中每个选项代表不同目标的各种组合。

8.1.7 阈值和临界点

“临界点”一词通常指的是一个关键阈值，在这个值上，一个相对小的扰动可从性质上改变，甚至是不可逆转地改变系统的状态或发展（Brugnach 等，2003；Gladwell，2000；Lenton 等，2008；Keller 等，2008；Walker 和 Meyers，2004）。与大西洋温盐环流变化、亚马孙雨林枯死和减少，以及格陵兰冰盖融化相关的临界点最近引起了新闻界的关注。科学家相信，在以上每种情况下，这些系统状态中逐渐发生的变化随着时间的推移，有在某个节点发生不可逆转的可能。这样将给这些系统带来长期的影响。

临界点的定义原则上也可随时应用于其他情形，例如，针对国家治理或军事行动而制定的决策。有关临界点更为普通的应用例子是工程师设计的结构物。金属疲劳是与飞机有关的著名现象。随着使用的增加，飞机的机翼和尾部结构上会开始出现裂纹。裂纹临界点将导致整个机翼失效或由于尾部部件损失造成控制失灵，而定期检查是监测并防止这些裂纹达到临界点的一种方式。

专栏 8.1 所指的临界点也被视为是情境中

的“分支点”。有人可能会质疑这些分支点或决策点并不是严格科学意义上的临界点。

专栏 8.1

荷兰三角洲的做法

2007 年，荷兰政府针对由气候变化、地面下沉、城市化和主要河流的洪峰流量增加等造成的海平面上升进行了一项调查。调查的目的是确定荷兰如何适应最糟糕的气候变化条件。如何在受到气候变化、城市化和地面下沉影响的脆弱的三角洲地区维持长久的生计，是我们普遍面临的问题，但应对策略要充分考虑当地的实际情况。荷兰三角洲委员会负责监督调查，成员包括知名的科学家（水资源、粮食、空间规划和气候领域），以及来自金融部门和私营承包商的代表。各方的利益都得到了充分的体现。他们的任务是探讨当前政策中在应对最糟糕的（气候）变化方面存在的不足之处；找出“临界点”及其可能出现的时间，即政策或措施在技术上不可行或者财务上和社会上不可接受的点；为三角洲居民制订一个 2100 年希望居住地的未来愿景；制定自临界点开始如何实现愿景或向其迈进的策略；采取无遗憾措施，保持灵活度适应或慢或快的变化以及后代价值改变；通过设立三角洲基金、三角洲委员会主席和《三角洲法案》确保项目的长期实施。荷兰政府用三年的时间完成了气候适应国家愿景报告、在国会通过了《三角洲法案》、创建了三角洲基金、任命了一位三角洲委员会主席并通过了三角洲实施计划。

资料来源：政策研究公司（2009）。

8.1.8 非稳定性

对特定地区进行水资源管理以及水利基础设施规划和设计时，需要水循环和水力学方面的知识。进行规划和设计时，工程师们通常假定某一流域的水文过程可以用概率分布来说明，且概率分布不随时间而变化，即这些水文过程的历史统计特征值被认为随着时间的推移基本恒定或不变。由全球气候变化或不可预测的人类行为而造成的极端事件发生越多，对水资源规划和管理挑战性就越大。问题是如何以最佳方式将有关水资源供需不稳定性的考虑纳入到水资源的规划和管理中。由于土地利用、城市化和气候变化影响未来降雨、蒸发、地下水渗流以及地表径流和河道径流，因此，水资源规划和管理者在分析中必须运用大量判断（Aerts 等，2011；Block 和 Brown，2009；Folke 等，2004；Hamilton 和 Keim，2009；Holling，1986）。

气候变化或不可预测的人类行为造成的极端事件越多，水资源规划和管理面临的挑战就越大。如何了解河流和含水层发生的改变对水资源管理构成重要挑战。中心问题是如何将水资源供需不稳定性因素在水资源的规划和管理中考虑进去。

8.1.9 其他重要概念

缺乏对未知事物的了解是不确定性的一种极端状态。许多近期发生的事件、技术进步和科学发现，在几十年前都是未知领域甚至是不可想象的。

不确定指由于不能全面了解复杂系统的性能特征而造成的不确定性。它的产生是由于可靠地计算结果概率需要对复杂的系统进行全面了解，而这几乎不可能。正因如此，潜在结果的所有领域通常是未知的。

可靠性指认为满意的一个或多个性能指标值的概率。其概念取决于将每一个性能指标或度量值的满意值和不满意值分离开来的阈值。与多阈值级别有关的可靠度可能处于不同的水

平（Duckstein 和 Parent，1994；Hashimoto 等，1982；Plate 和 Duckstein，1988）。

稳健性指系统在不确定作为可能的投入情景下运行时所表现的稳定程度（Hashimoto 等，1982）。

适应性指对变化适应能力和从干扰中恢复能力的一种衡量，同时为未来发展提供选择方案（Fiering，1982；Hashimoto 等，1982；Holling，1973；Walker 等，2004）。

遗憾是对决策导致不满意状态的一种衡量。系统可以通过设计和运行将可能发生的最大（最差）遗憾最小化或将最低（最差）的性能水平最大化。极大法和极小法的目标都是为了降低最极端的风险或失效产生的后果。

意外指发生在自然或社会经济系统中的突出事件或非连续性的变化。

脆弱性是一个重要的衡量指标，连同可靠性，与任何性能指标都相关。它的各种形式（预期的、最大的、置信度）表示在发生失效时所产生的失效后果（Hashimoto 等，1982；Heltberg 等，2009）。

8.2 不确定性和风险如何影响决策

水资源决策者通常在并不知晓决策后果时就要作出选择。结果的不确定性和决策者对风险的态度通常会对他们所作的决策产生影响（Walker 等，2003）。

例如，一个农民必须在不了解降雨量及作物生长季节中雨水的分布情况下作出种植决策。种植决策的结果要等到作物收获时才会知晓。还比如，一个公司扩张需要为修建的新建筑物选址。选择新奥尔良虽然可获得巨大的回报，但该公司无法确定该地区的天气（如飓风）是否会来袭并造成重大损失。另一个例子是一个潜在买主愿意为一所房屋支付的价格可能取决于它受水灾影响的风险有多大。虽然不能确定房屋是否会遭受水灾，但如果是建在洪泛平原上，那么风险就存在。通过采取防洪措

施或购买洪水保险等弥补经济损失的方式可以减轻一些风险。

人们在不确定条件下作决策时还取决于他们对风险所持的态度。例如，某市在决定是否将投资用于提高堤防能力从而大幅降低洪水损失，还是将资金用于道路维护时，该市长必须将水灾发生可能性与改善城镇道路会得到的公众赞赏和持久支持进行对比衡量。如果市长选择了道路维护，而水灾确实发生并造成损坏，那么就会失去公众的赞赏和支持。如果市长倾向于风险规避，尽管水灾发生的概率可能很低，他或她可能也不希望因为缺乏足够的防洪措施而冒招致巨大损失和失去公众支持的风险（见专栏 8.2）。

不同人对风险的认识不同，具体取决于制定决策时的背景或环境。管理者认为风险并非某种情况下所固有的，也不愿意将风险视为可以掌控对象而承担风险。许多人相信通过运用技术可以降低风险。其他人更依赖于他们的主观判断而不是基于计算和分析的判断。错误的决策产生后果的灾难性越大，管理者在制定决策时接受风险的可能性就越小。

专栏 8.2

澳大利亚昆士兰州的洪水风险警告

昆士兰州洪水科学工程和技术专家小组编制了题为《了解洪水：问题与答案》的中期洪水调查报告，对全州截至 2011 年 1 月的洪灾进行总结，提出了重新检验什么才是恰当发展的观点。报告中提到，洪水风险规划应综合考虑“洪水发生的可能性和洪水对人员、财产和基础设施造成的后果”。

“预计截至当年（2011 年 8 月），洪水泛滥已经对昆士兰州地方政府基础设施造成损害共计 20 亿澳元，对公共基础设施造

成的总损失可能接近 60 亿澳元。洪水给新南威尔士州和维多利亚州造成的经济损失将超过 300 亿澳元……共有 37 人死亡，其中昆士兰 35 人。”这表明，某地区的洪水泛滥会对更大范围的区域造成巨大经济和社会影响。

资料来源：Hoffman（2011）。

当管理者面对风险或制定决策涉及风险时，可以选择要么接受风险要么试图在制定决策之前降低风险。降低风险的方法包括进行进一步分析和收集更多信息。在有些情况下，如为避免遭受洪灾，可以购买洪水保险。这样可以将风险转移给第三方，减轻风险的后果。也可以在制定重大基础设施决策之前开展试验性研究，例如，先进的海水淡化或污水处理技术，或让供应商承担部分风险，可在采购合同中清楚地说明。总之，决策制定时应尽可能留出在今后对其进行修改的余地，如果不能做到这一点，则决策应尽可能考虑到未来的情况（Alerts 等，2008；Burton，1996；Callaway 等，2008；Dessai 和 van der Sluijs，2007；DETR，2000；Elshayeb，2005；Liu 等，2000；Lofstedt，2003；Miller 和 Yates，2006；NRC，2000；UNDP，2004；van Aalst 等，2007；UNDRO，1991）。

8.2.1 风险和不确定条件下的知情决策措施

决策可在风险分析的基础上来制定，但需要有足够的信息用于确定决策结果的概率以及对后果进行评估。采用简单和成熟的分析工具及技术可协助决策的制定（Downing 等，1999；Frederick 等，1997；Green 等，2000；Hobbs，1997；Karamouz 等，2003；Li 等，2009；Loucks 和 van Beek，2005；NOAA，2009；Simonovic，2008；Willows 和 Connell，2003）。根据模型演算的目的，可选择收益-成

本-风险分析（或简单的成本-风险分析）或可靠性分析。不管怎样，任何风险分析方法都要估算置信度，这样才能满足特定性能指标或标准（见专栏 8.3）。

专栏 8.3

美国陆军工程师兵团的风险分析

美国陆军工程师兵团已经开始使用风险分析的方法，并广泛应用于决策的制定。风险分析不仅用于极端或低概率的事件，也用于存在各种可能性的任何情况。目前采用风险分析的领域包括：

- 检查各种河湖堤防修复的经济效益，并考虑风暴、河流或湖泊水位和堤坝性能的不确定性。

- 比较各种可选的水力发电机/涡轮的修复计划，考虑发电机和涡轮的失效概率以及维护和修复成本。

- 在尽可能减少驳船通行延误，并考虑牵引过程和时间不确定性的基础上，检查海湾沿岸水道部分航道的改进计划。

- 在制订和评估减灾计划过程中，采用可进行综合水文和经济分析的软件系统进行洪灾损失评估。这体现了基于风险的分析过程来量化超流量概率、水位-流量和水位-损害功能中的不确定性。这些方法用于路易斯维尔、新奥尔良、莫比尔、沃思堡、加尔维斯顿、檀香山、堪萨斯城、洛杉矶、奥马哈、波特兰、旧金山、萨凡纳、圣路易斯和圣保罗等地区。

资料来源：Males（2002，p. 3-4）。

知情决策正逐渐转变为一个自下而上的过程。当风险和不确定性处于主导地位时，专家们对于将来会发生什么或什么是可持续的没有控制权。因此需要听取每个人的意见，特别是

受影响的又能决定决策成败的利益相关者的意见。从定义上看，水资源综合管理（IWRM）涉及所有感兴趣的利益相关者的参与。通过开发交互式决策支持模型，利益相关者已经能够成功地参与进来。这类模型工具的目的是帮助达成一个共识，即特定水资源系统将如何运转，并了解决策对系统运转可能带来的影响。

8.2.2 应对不确定性的策略

在过去的几年中，减少（水）系统工程脆弱性的重要性引起了越来越多的关注。具有高灵活性——或稳健性——水资源管理战略和水利基础设施肯定有助于提高系统的适应性，包括从超预期情况中恢复的能力。然而，问题依旧在于如何评估这些策略的合适性。传统的做法是通过基于历史数据和统计分析的风险管理方法结合选取的策略来实现，如成本-收益-风险分析。当风险不能被量化或找出的情况下，需要使用其他的决策支持工具，如在第一章中所描述的各种因素相互交织的情况。

在各种水资源管理问题中，气候变化是其中一个，许多年或数十年后，人们对该问题了解将会增加，但不确定性也会增加。在社会经济和行为的不确定性方面，情况更是如此。有两种决策/管理策略可以帮助决策者了解不确定性：

- 适应策略：当对眼前的问题以及未来的发展有更多的了解时，选择能够进行修改的策略，以获得更好的实施效果。这些适应性策略可对系统运行的新目标或目的以及今后输入数据的改变作出响应。

- 稳健策略：确定未来情形的范围，并设法找出在这个范围内都能很合理运行的方法。这种策略特别适用于那些将来不容易或经济有效地进行修改的决策。

适应策略的基础是假设现在所作的任何决策对未来的影响不可知。这样，可以进一步研究以更好地了解决策的潜在结果，并在成功完成研究后再制定决策。然而，在此期间，可能会错失一些增加经济和环境效益或降低成本或

损失的机会。另外，也可根据目前最好的判断和掌握的知识来制定决策，随后再对结果进行监测，查看决策是否正确或在未来需要做进一步调整。后者被称为“适应决策制定”。监测对于适应策略的成功至关重要。当决策的时间进度与所观测的变化良好吻合时，适应策略最为有效（见专栏 8.4）。

专栏 8.4

应对南亚旱灾和水灾的适应策略

“旱灾和洪水是南亚所面临的重要挑战，这些灾害的影响程度涉及更加广泛的水资源管理问题。目前对应对旱灾和洪水的手段主要是人道主义救援，并没有建立有效制度支持，制订长期的适应措施体系。在当前全球化时代……在全球气候变化的时代，必须寻求有效的全球和地区应对策略。”

“虽然受一系列经济、人口和社会因素的影响，但有效的、小规模、创新的区域应对策略确实存在，这些策略应当引起关注，但是要将它们升级到一个更高层次则十分困难。缺乏双向信息流是一个主要的原因。尽管在此领域交流的网络正在逐步扩大，但只有少数拥有实质性的区域策略，也仅有少数地方组织参与到地区和全球的争论。”

“印度曾发起了一个适应策略项目，试图在气候和社会变化的背景下协调对极端气候事件认知的分歧，并对其作出响应。该项目是通过在四个区域开展一系列的综合研究，对更有效的水资源管理和防洪减灾方法的概念和机会进行记录和充实。这四个区域包括两个受干旱影响的区域：印度拉贾斯坦邦和古吉拉特邦的干旱地区；两个受洪水影响的区域：印度和尼

泊尔边境的罗希尼（Rohini）河流域和巴格马蒂（Bagmati）河流域。”

研究确定了目前受干旱和洪水影响地区的应对策略，提出了社会和经济变化的模式，这些模式影响着生活对水旱灾害的脆弱性，同时还为这些地区应对这类事件降低损害和风险提出建议。

资料来源：转载自 ISET（2010）。

“制定适应策略的前提是假设我们不清楚现在作出的决策对未来的影响。”

稳健策略通常在未来情境下运行较好。它特别适用于适应策略难以实施的情况，如库容较大的水库或运行寿命较长的防洪设施。稳健策略与最佳设计策略相比较，在假定不同的输入值和参数值时，其性能可能会迅速降低。这种策略的结果可能稍逊于最佳策略，在不可能事件确实发生时可对其性能进行改进。

稳健设计的性能在很多未来情景条件下是令人满意的，但弹性系统与稳健系统不同，它在失效或不能令人满意的状况下可迅速修复（即系统可以相对迅速地恢复或达到一个令人满意的状况）。恢复力的一个定义是，在一个不满意的状况下，经过一系列时间段达到令人满意程度的概率。一个适应性系统可从失效状态中迅速得以恢复。通常运用一些设计和运行方案可使系统变得更为稳健和更具恢复力，从而降低其脆弱性。

通常风险规避决策采用极小极大遗憾原则，确定哪个决策方案是“最佳”的。该原则的采用是在使最大遗憾最小化的可选方案的基础上，或者在决策可能导致“风险”基础上作出的决策。决策的后果取决于未知的结果。例

如：决定钻一口水井，如果井不出水，则将承受投入损失的风险，但如果确实有水，则会带来巨大收益。

有关适应政策和稳健政策应用于水资源和水生态系统管理的更多信息也可参见 Blumenfeld 等 (2009); Carpenter, Brock 和 Hanson (1999); Chen 等 (2009); Folkes 等 (2002), MA (2005); Sanders 和 Lewis (2003); Stuij 等 (2002); Tallis 等 (2008); 及 Le Quesne 和 Matthews (2009, 2010)。

8.2.3 情境分析

针对不确定性，情境是一种合适的并经过检验的方法，原因如下。

需要长远的眼光：在可持续发展的背景下分析水资源的问题需要长远的眼光，因为水文和社会发展的过程相对缓慢，水利工程投资产生收益需要一定的时间。

系统不确定性高：在难以确定可能事件或未来结果的概率时，不管怎样，仍旧可以得出关于未来似乎会发生什么的可能情境，这些情境会对所规划、设计或运行的系统的性能产生影响。尽管所创建的情境实际发生的概率可能性为 0，但这些可能的情境能帮助规划者、设计者和运行者了解他们的系统在各种可能的未来运行的效果。未来的情境一般包括不可控的自然事件以及人类决策。人类和机制未来的行为表现和气候一样都属于情境的一部分。

需要纳入不可量化的因素：为了解生成的情境对系统的影响，通常要对每个情境在一段时间进行模拟，而且对每个模拟时段的各种指标数值进行计算。这些指标必然包括定性值和定量值。定性和定量模拟是了解和评价特定系统可能产生的文化和政治影响的一种合适的方法。

需要具备一体化、大幅度和多角度的情境：供水系统服务于农业、居民和工业等多种需求以及休闲和环境流量的需求。系统受土地利用、人类生活方式、经济和社会条件、政治决策和能源需求变化的影响。情境开发必须适

当地抓住各系统组成部分之间的相互依赖性和复杂性，还必须提供一个适当的视角，能涵盖当地、地区和全国范围内所有利益相关者的利益和关切点。

需要了解决策制定的过程：情境和相关仿真模型的使用满足了模拟决策制定和利益相关者参与的需求。在理想情况下，这类模拟属于交互式行为，涉及潜在的规划者和决策者以及利益相关者，通过模拟作出决策来应对模拟过程中发生的事件。另外，可以制定决策规则，帮助在模拟运行中进行决策制定，但是如果在模拟过程中仿真模型和参与者之间存在互动则更好。这样使得更多关注能够集中在原因与结果、何时需要制定决策、分支点的构成以及人类行为在哪些方面可对未来产生重大影响。这类模拟应致力于在对系统运行持有不同观点的利益相关者之间达成系统运行方面的共识。

人们普遍认为变化、非连续性、未知因素、可能的意外和其他改变的条件发生的概率很低，即使其影响巨大，通常会忽略或视而不见 (Marien, 2002; Rahmstorf 和 Ganopolski, 1999; van Notten, 2005, 2006)。

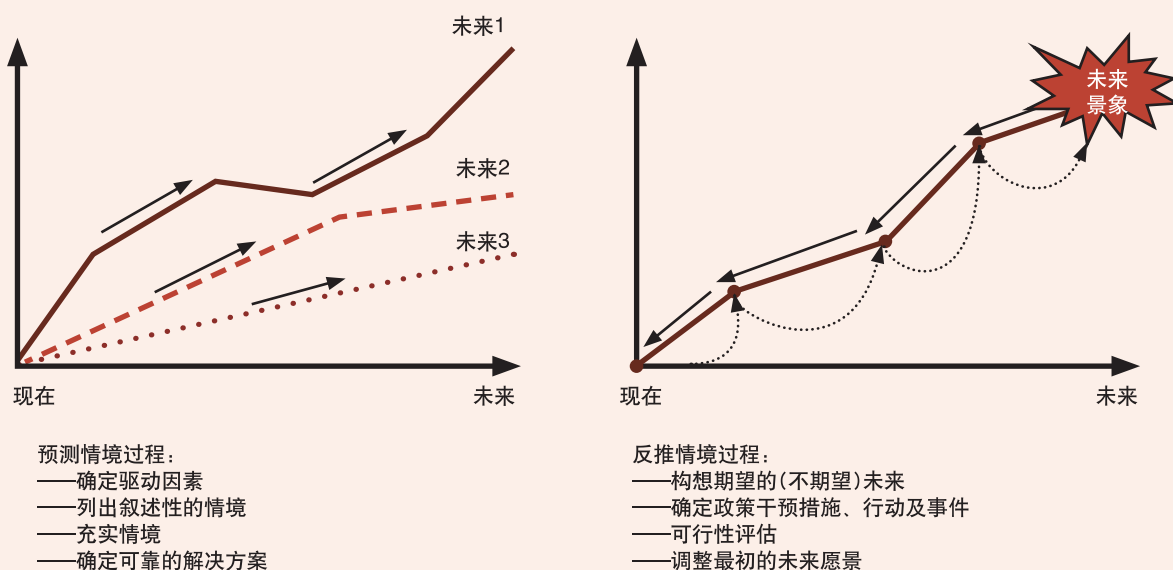
意外情境是使这类不确定性具有可操作性的一种方式。还有其他类型的方法，如“历史类比法”或“意外理论”，以“思考无法想象的问题”的方式系统研究意外原理，即对未来不可能的事件进行设想，然后建立与之相关的可能情境。

8.2.4 反推法

反推法是探索未来情况的一种替代情境方法。它的目的是避免将未来当作过去的一种渐进式延续趋势，并尽可能提供更多关于未来不确定性的信息。反推法不是将过去作为一个起点，而是着眼于一个或多个期望（或不期望的）未来的连接点，试图找到帮助实现理想未来的行动和妨碍理想未来实现的瓶颈。反推法是一个迭代的过程，在这个过程中应不断（重新）调整未来愿景和政策干预措施（见图 8.1）。迭代法通常用来解决内部的不一致性，

图 8.1

反推情境对比预测情境



资料来源: van't Klooster等(2011)。

并减少分析过程中发现的经济、社会和环境不利影响。反推法研究的主要成果是产生各种未来可能的情境，并对其可行性和后果进行全面的分析。

反推法演算一般有四个步骤，第一步是一个创意过程，确定期望的（或不期望的）未来；第二步从所确定的未来进行反推，以找出将未来与现在结合的策略、措施、政策及计划。创意阶段之后是对未来可能设想的可行性及未来景象的后果进行评估，并在制定短期政策时仔细考虑远景的影响。在确定实现期望的未来（或避免实现不期望的未来）所需要的政策干预措施、行动及事件之后，通常再对最初的未来愿景进行调整。

多年来，反推法通常用来制定减缓气候变化的策略（为减少温室气体排放）。反推法是一种相对较新的水管理方式。世界水理事会所做世界水展望（Cosgrove 和 Rijsberman, 2000）采用的是一种定性反推方式，它使用了三种情境中的一些元素。最近，反推法被用于制订荷兰“抵御气候”的适应策略。

8.2.5 制度决策原则及范例

当今社会，决策通常在风险和不确定性的条件下制定，而风险和不确定性发生的概率却非固定的。在当前的模拟条件下，我们不知道也无法估算风险值和不确定性的数值。这样，实际上使得为水管理和水利用而进行的风险不利影响评估变得毫无意义。因此，在应对非固定概率时，应采用本质上完全不同但以当前原则和评估技术为基础的水管理方法。这种方法本质上是改进现有的已被证明的原则和技术，被命名为“可靠决策”：是一种为不确定情境制订评估及项目论证原则的过程，减少对最优结果的关注，而更多地关注可靠的解决方案。

由于种种因素，对那些使用寿命可达几十年的水利基础设施进行设计和运行规划，是一项具有挑战性的工作，尤其是那些建成后不能轻易被拆除或拆除代价太大的设施，如水库。原因之一是水文特征的变化以及这些变化的不确定性。未来的 50~100 年，水文将如何变化

的确是未知的。但我们可以利用水文情境进行猜想。未来一二十年中水文的变化很可能并不明显，这样我们完全可以利用历史记录来帮助预测未来的情境。另一个原因是，如果将基础设施项目或系统未来的效益和花费折算到现在，可以忽略不计，但对那些今后还要运行 50 或 100 年的设施来说则不能忽略。这就需要一套评估标准来评估可持续系统在现在和未来的价值。还需要对系统未来用户实施效益/成本分析时所使用的利率作出响应，同时要对风险和不确定性等级作出响应，尽管风险和不确定性等级无法进行量化（Bardhan, 1993; Hall, 2003; Keeny 和 Raiffa, 1993）。

8.2.6 承认需要修改设计程序

毫无疑问近年来土地利用、水消耗和全球气候都发生了变化，并且未来变化的不确定性及变化的速度的确令人担忧。水管理部门和科学家一样都受到这个问题的困扰，并且急需改进评估方法，从而将由缺乏稳定性造成的不确定因素纳入到未来的情境当中。

“根据科学和经济规律获得的定性定量分析结果相对于政治因素、情感、宗教信仰及直觉预感而言，其重要性没有得到应有的重视。”

目前水利规划和工程设计遇到的主要问题是：处于非稳定性条件下，何种方法可以更好地规划、设计和运行水资源系统，使其具有可持续性、可靠性、适应性并且不易受到冲击？

如果稳定性的假设已不再适用，则需要一个替代策略来满足规划和设计的要求。如果科学家和工程师在最佳替代策略上达成一致，此策略还必须获得政府水管理机构的认可并得到执行。

负责某些议题和政策事项的水管理机构应参与制订考虑了非平稳定性的替代方案，从而使水资源项目更具有适应性、可持续性和可靠性。将水文和社会过程中的非稳定性纳入到改进的规划和设计方法中，水管理机构参与这一过程将有助于这些方法在机构体制内的实施。这样可能需要新的立法和授权。

在新项目规划和设计过程中使用新的方法要比在现有项目运行规则中实施要简单一些，因为现有项目运行规则通常由相关法律规定并且较难改变。为了使运行规则能够考虑非稳定性，有必要决定是否要制订并采用新的运行计划。对非稳定性所导致的可能变化进行模型研究，其结果表明有必要提高灵活性，这样能够根据不同标准灵活地管理运行系统并提高系统的性能。参与规划模型运行的机构，应当就受非稳定性影响的那些确切参数以及区域范围内的变化幅度达成某种程度上的共识。模型运行的方法必须前后一致并且可重复。更改大型政府机构已经建立的程序是相当困难的。因此在实施更改之前，应进行大量的研究，并在所有利益相关者之间进行协调与沟通。

在新方法上达成一致前，相关机构将继续使用现有程序，即使由于气候变化与土地利用变化的潜在影响，这些现有程序的不确定性在增加。同时，如果使用已建立的程序，评估的风险就会降低，尽管这些程序可能比不上其他程序。

如果没有有说服力的论点表明有更好的方法可以达到更好的效果，水管理机构不太可能愿意修改现有的水管理方法，至少他们都很慎重。因此需要对替代方法进行大量研究。最终必然涉及采用多领域方法进行科学研究，并在制定标准和法规时将相关科学纳入到水资源规划方法和活动中（Baggett 等，2006；Frederick 和 Major, 1997；Palmer 等，2008；Wardekker 等，2008）。

8.2.7 行为决策理论

现实社会中大多数重要的决策都由一个以

上的决策者作出。决策由政府部门、私营部门和民间团体制定并执行。根据科学和经济规律进行定性定量分析得出的结论往往不及依靠政治因素、情感、宗教信仰及直觉预感作出的决定有说服力。在不确定性条件下进行决策，重要的一点与组织结构内部的程序有关，因为组织结构对是否能成功地应对不确定性产生影响；同时，他们采取的战略措施使其不易接受失败的结果。

在行为决策理论或风险型决策文献中有大量这方面的论述。决策分析论述了面对不确定性时如何制订决策，而行为决策理论讲述的是在不受分析过程的影响，或没有采用分析过程如决策分析或收益-成本-风险分析，人们在实践中如何作出决策的。它阐述的是决策过程中人类理性和情感因素如何相互作用的（Camerer 和 Weber, 1992；Loewenstein 和 Cohen, 2008；Marris 等, 1997；Wolt 和 Peterson, 2000）。

8.2.8 预防原则

在不确定性情况下，为增加经济、环境和社会效益而采取的行动和决策会产生现在无法预计的影响。如果这些影响将来对人类或环境造成损害，就需要采取行动来降低风险，预防原则要求那些提议采取行动的人证明建议的决策（包括那些保护人类及环境免受将来危害的决策）将来不会对任何人或任何事物带来伤害。在决策制定前有些条件必须得到满足，而且决策者有责任满足这样的条件。预防原则源于这样的观点，即社会有责任保护人类和环境免受任何决策可能带来的损害。根据预防原则，只有在确信没有危害特别是不可挽回的危害产生时，才能决定开始一个项目或一项计划（UNESCO, 2005）。

8.2.9 多样化

为提高在不确定性条件下制定决策的可靠性，另一个策略是接受失败是不可预测的，并致力于在现有知识基础上制定方法和措施。当

前的水系统种类越多，决策对意外事件的适应性就要越强。

实现水管理决策及投资多样化需要几个步骤。第一步是评估可能的干扰及其相关成本。例如，假定一个半干旱地区的主要经济活动依赖于水，即属于旱作农业区。当地经济取决于旱作物的收成，那么水管理单位所面临的挑战是提出新的抗旱措施，如增加地表水储存容量，增加地下水储量以及为当地村庄设计灌溉方案。水管理单位还应让决策者了解这些情况，因为他们可采取水价政策、补贴和其他财政政策以及不同的发展战略等手段。采取哪项措施取决于预算、公众（选民及纳税人）主要用户的接纳程度及地理条件。各项措施的成本效益取决于气候变化趋势或未来经济条件发展的趋势对各项措施效果的影响程度，以及各种措施组合的成功率。

如果一个国家的条件许可，投资多样化，即采取类似于股票市场的投资组合，能够降低水利措施总投资的风险。与水管理措施无直接关系（或部分相关）的投资，如果也想获得类似回报，在同样的未来条件下可能产生不同的效果。例如，投资可持续灌溉可能对节水量产生深远影响，但只有在水和投资都具备的情况下才可行。提高水价也可以节水，但只有公众接受才有效。第三种增加地下水储量的投资是可通过减少蒸发量来节水，但这项措施是否能长期有效还取决于地下水的保护程度。

关键是要找到三种投资类型的组合，使其不仅能获得最大的可供水量收益（成本-效益分析），还要使水管理投资组合能应对意外事件的发生，换言之，该组合重视不确定性并将其作为决策制定过程的一部分（Brown 和 Carrquiry, 2007；Figge, 2004；Johansson 等, 2002；Perrot-Maitre, 2006）。

8.2.10 长期与短期决策

根据不同的时间跨度、问题和政治范畴，各种不确定性与决策制定过程的相关程度也不同。时间跨度在信息不明确或时间不可逆条件

下起着至关重要的作用。长期决策与基础设施项目资本投资相关，资本投资涉及大量固定成本（与项目规模及工程量无关的成本），而且需要在项目开始前进行投入。与基础设施设计或土地利用政策相关的长期投资决策通常将维持较长时间。大部分情况下，这些决策一经执行就很难取消。例如，作出修建水库的决策比较容易，而拆除已建成的水库就要难得多。由于未来供需条件的不确定性，长期决策的挑战在于要充分考虑未来的影响。

以防洪或减灾方面的决策为例。美国密西西比河沿岸或荷兰海岸堤坝的设计是有关长期决策的实例。即使是对过去的水文事件进行分析，或者对基于目前的气候变化知识所做的未来预测进行分析，也没有人能够预测未来需要的保护程度。因此，无论选择何种设计都存在失败的风险。困扰决策者制定长期决策的问题包括什么样的风险水平是可接受的，如果资金允许的话，有多少资金应该花在设计上，用来减少未来基础设施扩建的成本（未来条件允许的情况下）。考虑了未来不确定性的能力扩展模型可以为此类决策提供指导，但是其结果也是不确定的。与长期决策相比，短期决策更易做出，因为其影响更易预测。短期决策通常涉及运行政策的变化，决策效果取决于所作的长期决策。例如，水库用于防洪和有益的水服务（农业、生活及工业供水、水电、休闲及环境）的库容比例，根据使用目的有些可以互补，但有些则构成竞争。这些决策可能受到近期水文和经济条件的影响，对农民来说，还可能受到农作物未来市场价格预测的影响。

和长期决策一样，在不确定环境下制定的短期决策同样具有风险。但是与许多长期风险不同，短期风险更可控也更容易降低。那些面临风险的人应学会与风险共存或管理风险。降低个人风险的一种方式就是保险。不是所有的情况都有保险，但如果有保险时，可以降低洪灾、导致的庄稼歉收或颗粒无收的干旱，或者过度污染引起的疾病等所带来的经济损失。它是降低经济损失风险的一种方式。保险公司遇

到的问题是要在气候变化的条件下确定风险，而变化本身是不可预知。指数保险避免了需要在实际损失基础上做出判断，比如说由于气候变化或人为失误等原因造成的损失（这是一项艰巨的任务），因为指数保险支付是基于结果但不受被保险个体影响的独立指标或单位（Brown 和 Carriquiry, 2007）。

8.2.11 政策的不确定性

任何长期或短期决策的结果一定程度上都取决于外部因素。其中能对决策是否成功或决策效果产生重大影响的因素是公共部门制定的政策、规章、条例或法律。修改公共政策对污染防治政策的效果以及为满足能源需求或减灾进行的水库梯级开发等产生重要影响。这种不确定性与自然事件带来的不确定性一样重要（Camerer 和 Weber, 1992）。

8.2.12 监测数据的必要性和不确定性

如本报告第六章和《世界水发展报告》第三版第十三章所述，对世界水资源系统及土地利用方式开展全面系统的监测非常必要。有迹象表明，即使气候并没有改变许多地区水文过程的性质，但正在改变水文过程的速度。因此有必要开展更多的研究了解这些现象、其产生的原因、发展的方向和变化的速度。水文气候模拟和降尺度方法是水资源规划和管理急需的手段，因为我们面临的问题很多需要在小规模流域范围内解决，即比全球甚至是区域气候模型范围小得多的范畴。

除了需要对气候模型进行更多的研究，还需要从上个世纪的水文记录资料中获取更多信息。在过去的一个世纪里，人类对土地的利用产生了重要影响，并且向大气排放了过多的温室气体，全球大气中的二氧化碳浓度比工业革命之初增长了 35%。二氧化碳浓度的增加及随之而来的气候变暖对水循环产生了重大影响，而这些影响应当可以通过研究水文记录来发现。由于气候和土地覆盖层的变化，需要对水文变化（如土壤湿度、冻土、养分动态及藻类

动态)进行监测和深入了解。对决策制订的改进不仅依赖模拟土地-水-大气相互作用和在流域和小流域尺度上模拟气候及气候影响的更好方式,还依赖于对水文记录的持续监测和分析(Murdoch等,2000;Naiman和Turner,2000;Vörösmarty等,2000)。

“与长期风险不同,短期风险通常更可控也更易降低。”

监测和测量是判断流域内变化性质的唯一方式。这需要年复一年的保存水文记录并对记录进行分析。水流、蓄水量、水质和水利用在空间和时间上的概率分布是非固定的,这一事实使得持续监测、数据管理及分析变得更为重要。知情决策依赖对所管理系统的观察,对观察结果的理解以及在理解的基础上所采取的持续行动。

8.3 利用生态系统管理不确定性和风险

历史表明水资源压力会降低生态系统的复原能力,从而增加与生态系统相关的风险和不确定性,因此减少对水资源的压力可以降低风险和不确定性。生态系统不仅可用于减少不确定性,帮助管理风险,还能帮助获得水安全、水质改善、休闲、水电、航运、野生动物和防洪等方面的增加效益。生态系统包含水循环的所有组成部分,如流域、湿地和洪泛区内的土地覆盖(植被)及土壤功能。

生态系统被广泛应用,并且已经显示了他们的效用,特别是在减少与水质、水极端事件(干旱与洪水)及蓄水需求相关的不确定性方面的效用。发达国家采取硬工程措施(见第五章)成功化解了的风险,但却是以高昂的资金和维护成本(有时还有环境成本)为代价。并不是所有发展中国家都有充足的资金来采用同

样的策略。随着风险和优先领域发生变化(如气候变化或城市扩张),修改和拆除工程设施变得非常困难也非常昂贵。在不断变化的条件下,这种情况将会限制适应性方案,从而增加风险。为抵御中长期风险,应对修建基础设施和采用天然基础设施的方案同时进行考虑。

历史表明,许多与水相关的风险,源于管理时忽视了对生态系统造成的变化及生态系统带给人类的影响。生态系统对维持水循环至关重要,因此了解生态系统的作用可以为我们提供一种评估风险产生及转移的手段。应采取综合一体的和参与式的水政策和水管理方法,让人们充分认识生态系统的服务功能,了解哪些是风险、谁易受到风险的影响以及原因。提高信息水平可降低不确定性,但无法彻底消除。因此需要一种新的模式,这种模式已经出现(如2.5节所述),它不再将生态系统(环境)作为发展的牺牲者,而是必须的代价,将其视为发展出路(见专栏8.5)的组成部分。

减少人类用水的直接需求也可减少水的压力,从而提高生态系统的持续性,促进生态系统效益的供给,进而降低风险。本报告的其他章节提出了减少水足迹的方式,包括提高用水效率。在执行层面,可以召集水管理人员积极参与管理生态系统的各要素和/或通知相关责任人。确定主动管理生态系统的时机以降低不确定性和管理风险,可分为三个步骤:

(1) 确定水管理目标,而非着力于基础设施建设(例如目标为蓄水或清洁的水源,而非修建大坝或水处理厂)。

(2) 为满足确定的管理目标(如蓄水、减少污染),探讨生态系统可以提供的服务,包括通过生态系统保护和/或恢复而得到的生态服务。

(3) 在各种管理方案中直接考虑生态系统服务,或认为管理方案可能对生态系统服务带来影响,通过这种方式降低决策中的不确定性及风险。这包括需要评估各种共同利益并权衡各种利益,从而制定合适的行动方案。

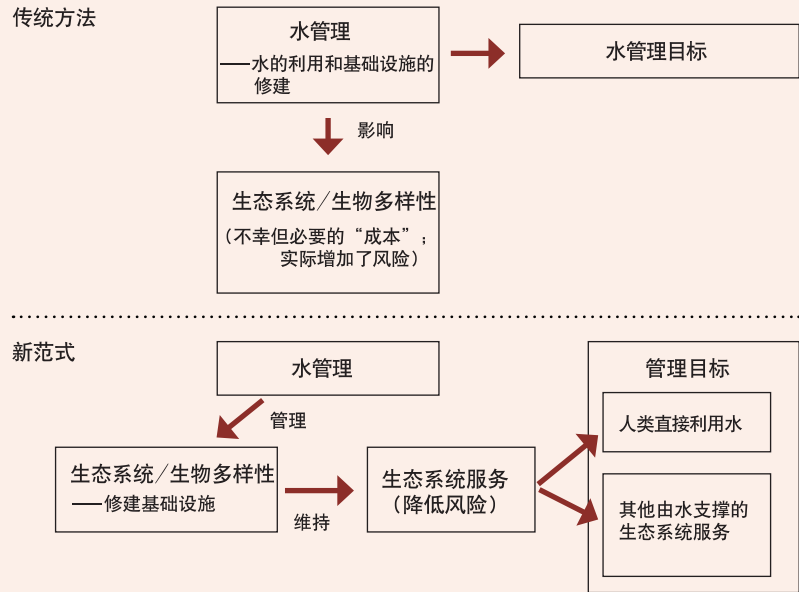
依托生态系统措施可将生态系统的功能转

专栏 8.5

为水管理改变范式

传统方式是认识到水管理影响生态系统，却假定（人类）水利用比生态系统（环境）更重要。因此在制定决策时并未考虑生态系统所提供的全套效益（服务）价值。结果是增加了生态系统的总体风险和被认为与人类需求冲突的生态系统需求。

在新范式中，通过管理生态系统（以及修建基础设施）来达到水管理的目标，即提供全套生态系统服务（包括水量和水质），从而降低整体的系统风险。生态系统此时不是作为一个问题，而是作为一种解决方案。



化为水利基础设施，在提高了适应性的同时还产生多种效益和具有可持续和经济高效的特点，可应对风险。“生态系统”（或“自然”）基础设施（见 5.1 节“柔性设施”）这一术语说明了一个事实，与传统、水利工程设施所提供的与水相关的服务相比，生态系统可以起到类似和互补的作用。自然基础设施的投入及运营成本应反映生态系统服务丧失功能的成本。例如，处理饮用水的成本应通过生态系统退化成本来表示（失去清洁水作为生态系统服务的一部分）。一个充分体现成本效益的案例是公众和/或私人投资绿色基础设施，这说明该项措施在应对气候变化上具有巨大的潜力（TEEB, 2009）。

通过对风险管理方面的研究，我们认识到了过度依赖硬工程措施带来的全球性后果。例如，Batker 等（2010）关于密西西比河三角洲的案例研究很有说服力。该地区采用生态系统恢复方案解决三角洲不断增加的风险，尤其是历史上遗留的硬工程措施为主导的水管理方法所带来的灾难风险，获得了显著的经济回报（见 2.5 节专栏 2.3）。过去的 20 多年里，工程技术人员与环保主义者一直在争论是否采用大

规模硬（实体）工程方法来降低水风险的政策。这方面的讨论促使我们倾向于更为严谨的科学态度，对风险采取一种更为平和、公正和平衡的策略（见专栏 8.6）。

专栏 8.6

反思工程措施

Vörösmarty 等（2010）描述了同一空间计算格局内人类水安全和生物多样性的前景。他们使用 23 种应激物（驱动因素）数据，将其分为四个主题分别代表环境影响：流域干扰、污染、水资源开发及生物因子。2000 年的数据显示，近 80% 的世界人口的水安全面临严重威胁，风险等级比以前评估的结果高出许多。

发展中国家尤其需要降低水风险。除了“硬件”工程措施，当缺乏资金来源无法开展合理的基础设施建设时，明智的选

择是尽可能采用生态措施。这样也可降低中期风险，也可降低将来富裕后拆除工程设施以实现可持续平衡发展的几率。

论证忽视生态系统方法隐患本身就是一个有说服力的案例。但是，用生态系统解决方案应对不确定性和风险最好是通过实践来证明，而目前的实践基本上都倒向该方法。商业部门从事的商业活动就可以提供一些实例（见专栏 8.7）。例如，世界资源研究所（WRI）与世界可持续发展工商理事会（WBCSD）一起开展了“企业生态系统服务评估”，帮助公司认识和衡量由于他们对生态系统服务的影响和依赖性所带来的风险与机遇（世界资源研究所，子午线研究所和世界可持续发展工商理事会，2008），水在其中的生态系统服务中起着主导作用。世界可持续发展工商理事会（2011）也把生态系统的估价作为企业规划和公司决策制定一个必不可少的组成部分。该方法可应用到所有其他相关经济活动中。

使用或修复生态基础设施来维持或改善水质，这种做法通过广泛的实践已经得到了证明（见专栏 8.7）。运用生态基础设施管理与洪水相关的风险是一个新的领域，它很快引起了人们的兴趣，有关的实践和可行性论证都得到了快速发展。洪水管理也充分显示了水管理涉及风险转移（见专栏 8.8）。

专栏 8.7

水质风险的生态解决方案

目前，采用天然基础设施保障供水特别是城市饮用水供给的做法非常普遍。例如，巴西国家水务署开展的水生产者计划向农民提供补贴，以保护为圣保罗大都市

圈 900 万人供水的重要水源。该项计划的成功促使巴西的其他地区也开展了类似计划（自然保护协会，2010）。同样，哥伦比亚安第斯地区 Chingaza 国家公园的 páramo 草原，对哥伦比亚首都波哥大市 800 万人的供水保护起着至关重要的作用。创新型公私合营企业建立了环保信托基金会，水公司支付的资金通过该基金会转移，用于可持续地管理 páramo 草原。该基金会每年为水公司可能节省约 400 万美元的资金（Forslund 等，2009）。第二十一章专栏 21.5 介绍了法国雀巢（Nestlé S. A.）公司在面对面源或点源污染源所造成的潜在污染并给瓶装水生产带来严重的商业风险时是如何应对的。解决方案的关键机制是生态补偿机制，即一项服务（如清洁水）的使用者向他人支付以获得服务持续的供给。2006 年，《跨界水道和国际湖泊的保护和使用公约》建议将生态系统服务付费（PES）作为水资源综合管理（IWRM）的一部分（UNECE，2007）。

专栏 8.8

生态系统和降低洪水风险

特大洪水正成为加剧脆弱性最重要的因素之一，主要原因有三个：洪水高风险地区（特别是发展中国家的特大城市）日益增长的人口和增加的基础设施建设，调节水流的湿地减少，最可能的是气候变化引起的极端天气事件发生的频率及强度不断增加。

大部分现代洪水管理计划现在都将河漫滩和湿地的利用包括在内。这些土地提供的主要服务包括其迅速吸收而缓慢释放

(调节) 水的能力, 以及通过调节泥沙输移增加生态系统适应性的能力。仅这些服务就说明, 有些土地(自然)的最高价值远远超出计算, 例如在美国, 每公顷湿地对减少飓风风险的价值可达 33 000 美元 (Costanza 等, 2008)。对于暴风雨、沿海及内陆洪水和滑坡可能造成的灾害, 可以通过细致的土地利用规划和修复生态系统加强土地缓冲能力的方式来大大地降低。例如, 越南的一份报告 (Tallis 等, 2008) 显示, 种植和保护近 12 000 公顷红树林需要花费 110 万美元, 但每年可以将堤坝维护的费用降低 73 万美元。根据 Emerton 和 Kekulandala (2003) 的报告, 位于斯里兰卡北部的穆图雅佳维拉 (Muthurajawela) 沼泽地, 属于人口密集地区的沿海湿地, 为人类提供了很多生态系统服务 (农业、渔业和木柴), 为当地经济作出了直接贡献 (总价值: 每公顷每年 150 美元), 但对更广大的人群而言, 最可观的效益是防洪 (每公顷 1 907 美元) 和工业生活污水处理 (每公顷 654 美元)。

然而, 有关天然基础设施的经济论据并不总是很明确。以美国梅普尔 (Maple) 河流域为例, Shultz 和 Leitch (2001) 指出其生态系统修复对减少风险的程度有限。

中国开展了世界上最大的生态补偿的项目之一: 防止水土流失的退耕还林项目。水土流失被认为是引发 1998 年特大洪水的一个主要原因。通过在陡坡上植树造林或限制放牧恢复了 900 万公顷的农田。除了减少洪水风险以外, 产生的协同效益还包括野生动物保护, 例如积极保护了大熊猫栖息地 (Chen 等, 2009)。

对风险进行控制性转移可以作为风险综合管理的方法。例如, 伦敦非常容易受到洪水影响并且其防洪基础设施老化很快。目前, 洪水风险管理的重点放在了河流恢

复以便给洪水以出路, 如伦敦河流行动计划 (RRC, 2009)。历史上, 河流的上游地区修建了堤坝来保护农业, 这导致洪水流向伦敦的速度加快, 从而产生了更大的风险。伦敦地区拥有着众多的国家级名胜、重要的金融中心和高级住宅, 并且人口密度较大, 其经济价值远比农作物、牲畜及农业基础设施高, 考虑这种情况, 有些洪水管理策略开始将拆除堤坝、恢复湿地及对农民进行补偿包括进来以便降低风险。这个过程使大型基础设施的维护费用及城市居民洪水保险金普遍降低。该项措施对农业产出的影响不大, 实际上还增加了农业产出, 除非偶尔遇到极端洪水事件, 由此证明恢复河漫滩并不一定造成农业产出的长期损失。这个问题显然是属于风险问题而非产出问题, 而解决方式是对风险变高的地方进行补偿, 从而增加总体效益。

另一个例子是厄瓜多尔水资源保护基金 (FONAG) 取得的成功经验。该基金是一个水信托基金, 对给基多及附近都市区提供水源的流域实施保护, 并寻求中长期可利用的水资源 (见专栏 8.9)。水资源保护基金取得成功, 厄瓜多尔其他地区 (安巴托、里奥班巴、昆卡、洛哈和埃斯平多拉) 和其他国家 (哥伦比亚和秘鲁) 都开始争相效仿 (Lloret, 2009)。

专栏 8.9

实施和运行水资源保护基金经验介绍 (厄瓜多尔水资源保护基金)

- 厄瓜多尔水资源保护基金的资金由直接用水户提供, 支付的部分资金用于保

护水源。该信托基金由当地的基金补充，不依赖于国外或政府资金。

- 由于对自然资源，尤其是对水的管理较弱，因此要用长期的金融手段保障水资源保护行动和计划的可持续性。

- 只有持久的和长期的计划才能产生深远影响，而信托基金正代表了实现具有深远影响行动的一种方式。

- 由于基金计划是以参与式的方式制订的，因此他们通常被视为与金融手段相互补充，从而使得行动者可以高度参与行动。

- 基金会的规则明确规定了投资对象、行政管理费用的最大限额、目前的支出及其他费用，从而保证了投资的数量和质量。

资料来源：Lloret（2009，p.6“获取的经验”，有少量改动）。

与水相关的生态基础设施包含水循环的所有生物或生态内容，并不局限于管理可用地表水和地下水量及水质。第四章 4.3 节介绍森林在维持地区水平衡起作用的实例，包括如何避免临界点的到来。土地覆盖层（植被）和土壤可减少水文风险说明我们应该对生态系统中的蓄水作用进行反思（见专栏 8.10）。

专栏 8.10

生态系统蓄水的反思：恢复土壤功能

土壤湿度为水循环的一个重要组成部分，它有利于补充地下水并保护着地表植被和土壤的健康。土壤生态系统具有丰富的生物多样性，支撑着重要的及相互依赖的生态系统服务，包括养分循环、碳储存、

侵蚀调节、水循环和净化，特别是农业生产。

水土流失会导致土壤退化和荒漠化（见 4.5 节“荒漠化对水资源的影响”）。土壤退化的主要原因不仅是降雨方式的改变，还由于土地利用方式不当，特别是土地物理干扰（过度耕作）、土地覆盖层（植被）的污染和流失。土壤水分流失是农业面临的一项重大风险挑战，而恢复土壤的涵养能力是发展可持续农业的关键。《农业水资源管理综合评估》（2007）指出，改进旱作农业，包括恢复退化的土地，是增加农业生产、实现全球粮食安全的重要机遇。而该议题就是探讨如何管理土壤生态系统中的水分。

保护性农业采用三个原则解决水土风险问题：土地物理干扰最小化、持久的土壤覆盖层以及作物轮作。农业效益包括有机物增加、土壤内水分保持和土壤结构及根区的改善。其他扩展的生态系统服务包括控制土壤侵蚀（降低道路、大坝及水电站的维护成本）、水质、空气质量、碳汇、生物多样性/自然效益和可用水量（包括降低洪水风险）。保护性农业在各种规模的农场、农业生态系统及地区使用都具有巨大潜力。采用基于生态的管理方法，可以实现有经济效益的可持续的农业生产，并且极大地提高环境效益，包括降低洪水风险及控制土壤侵蚀。这种方法得到广泛应用，如在巴西和加拿大等国。它也被广泛用于解决水风险以保护干旱地区的粮食安全。在干旱地区，相对于高风险及资本密集型灌溉方案，这种方法所获得的多种效益具有明显的优势。

请登录联合国粮农组织（FAO）网站：<http://www.fao.org/ag/ca/index.html> 阅读更多关于保护性农业的信息。

由于缺乏对生态系统功能及其对生态系统服务影响的了解,以及对监测手段和数据认知不足等原因,造成了水资源管理方面日益增加的不确定性。以往对自然/环境利益与“保护”科学的关注也是造成不确定性的部分原因。水资源管理目标本身固然重要,但在一些开发优先的地区,尤其是水资源有限的地区,保护利益对水政策的影响(进而对自然保护的影响)尚不稳定且受限制。过去的20年,人们的观念发生了明显的变化,自主地转向自然保护利益,并提出了水问题的解决方案。多数主流的非政府国际自然保护组织现在都将自然放在一个更广阔的发展背景下考虑。生物多样性更是如此,它俨然已成为一个备受瞩目的议题,在提供生态系统服务方面逐步发挥着核心作用。但是与这种变化趋势相关的科学的发展则略显滞后。物种、人口及栖息地的发展趋势越来越多地被用作评估生态系统变化的指标,而它们仍然是生物多样性监测的基础。有关湿地条件与分布的有限数据仍然制约着科学的发展—研究湿地水文功能的重大缺口。人类在监测荒漠化(原则上由可用水驱动的进程)、荒漠化对沙漠生态系统服务和公众社区福祉的影响的技术方面取得了进步(UNCCD, 2011),但关于水质的数据仍然不完整。最大的信息缺口与直接监测生态系统服务时不断面临困难有关。目前,生态系统服务监测最先进的领域仍然局限于人们直接受益的领域,如食品和水电,其他关键生态服务中的差距明显,尤其是养分循环、泥沙搬运与沉积(陆地形成、海岸侵蚀调节)、水调节(包括土壤水分蒸发蒸腾作用)和从涉水灾害对经济与人口影响的数据中梳理出对生态系统影响的能力(防洪减灾的服务)。人类建立水、生态系统与人三者之间相关性的努力正在取得进展,但基本上仍处于虚拟情节关联阶段,且多基于案例研究和有限的全球数据。此课题值得投入更优质的资源来支持监测、促进理解,进而减轻当前对复杂的、时有争议的科学的过度依赖。

生态基础设施解决方案的一个特征是,它

们可以减少产生滋生腐败的机会,这也很可能是这些方案在水资源管理的残酷现实中未被广泛使用的重要原因,但它们正逐渐成为水资源管理对话的组成部分。实践者需要特别加强方案经济评估的严格性,必须避免将改善生态系统基础设施视为管理所有涉水风险的万能灵药;最好将其置于一系列选项中(包括工程措施方案)并基于具体情况具体分析的原则应对风险,然后通过透明和参与式的方式加以评估,在获得高质量信息的同时降低不确定性。这种方法有利于最经济全面和可持续风险管理策略的制定。当前证据表明,在上述条件下,生态措施将成为水资源安全的基础。

参考文献

- Aerts, J., Botzen, W., Bowman, M., Ward, P. and Dircke, P. 2011. *Climate Adaptation and Flood Risk in Coastal Cities*. Oxford/New York, Earthscan.
- Aerts, J. C. J. H., W. Botzen, W., van der Veen, A., Krywkow, J. and Werners, S. 2008. Dealing with uncertainty in flood management through diversification. *Ecology and Society*, Vol. 13, No. 1, p. 41.
- Aven, T. 2003. *Foundations of Risk Analysis: A Knowledge and Decision-oriented Perspective*. Chichester, UK, John Wiley.
- Baggett, S., Jeffrey, P. and Jefferson, B. 2006. Risk perception in participatory planning for water reuse. *Desalination*, Vol. 187, No. 1-3, pp. 149-158.
- Bardhan, P. 1993. Analytics of the institutions of informal cooperation in rural development. *World Development*, Vol. 21, No. 4, pp. 633-39.
- Batker, D., de la Torre, I., Costanza, R., Swedeen, P., Day, J., Boumans, R. and Bagstad, K. 2010. *Gaining Ground - Wetlands, Hurricanes and the Economy: The Value of Restoring the Mississippi River Delta*. Tacoma, Washington DC, Earth Economics. <http://www.eartheconomics.org/Page12.aspx>.
- Bedford, T. and Cooke, R. 2001. *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Berger, J. B. 1985. *Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis*. New York, Springer.
- Berstein, P. L. 1998. *Against the Gods: the Remarkable Story of Risk*. Chichester, UK, John Wiley.
- Block, P. and Brown, C. 2009. Does climate matter? Evaluating the effects of climate change on future Ethiopian hydropower, planning for an uncertain future - monitoring, integration, and adaption. R. M. T. Webb and D. J. Semmens (eds) *Proceedings of the Third Interagency Conference on Research in the Watersheds: United States Geological Survey Investigations Report 2009-5049*.

- Blumenfeld, S., Lu, C., Christophersen, T. and Coates, D. 2009. *Water, Wetlands and Forests. A Review of Ecological, Economic and Policy Linkages*. CBD Technical Series No. 47. Montreal/Gland, Switzerland, Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Secretariat of the Ramsar Convention on Wetlands.
- Bogardi J. J. and Kundzewicz, Z. W. (eds) 2002. *Risk, Reliability, Uncertainty, and Robustness of Water Resources Systems*. UNESCO International Hydrology Series. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Brown, C. and Carriquiry, M. 2007. Managing hydro-climatological risk to water supply with option contracts and reservoir index insurance. *Water Resources Research*, Vol. 43, W11423.
- Bruognach, M., Bolte, J. and Bradshaw, G. A. 2003. Determining the significance of threshold values uncertainty in rule-based classification models. *Ecological Modelling*, Vol. 160, No. 1-2, pp. 63-76.
- Bruognach, M., Dewulf, A., Pahl-Wostl, C. and Taillieu, T. 2008. Toward a relational concept of uncertainty: about knowing too little, knowing too differently, and accepting not to know. *Ecology and Society*, Vol. 13, No. 2, p. 30. <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art30/>
- Burton, I. 1996. The growth of adaptation capacity: practice and policy. J. Smith, N. Bhatti, G. Menzhulin, R. Benioff, M. I. Budyko, M. Campos, B. Jallow and F. Rijsberman (eds) *Adapting to Climate Change: An International Perspective*. New York, Springer-Verlag, pp. 55-67.
- Callaway, J. M., Louw, D. B. and Hellmuth, M. E. 2008. Benefits and costs of measures for coping with water and climate change: Berg River Basin, South Africa. F. Ludwig, P. Kabat, H. van Schaik, and M. van der Valk (eds) *Climate Change Adaptation in the Water Sector*. London, Earthscan, pp. 191-212.
- Camerer, C. and Weber, M. 1992. Recent developments in modelling preferences: uncertainty and ambiguity. *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 5, No. 4, pp. 325-70.
- Carpenter, S., Brock, W. and Hanson, P. 1999. Ecological and social dynamics in simple models of ecosystem management. *Conservation Ecology*, Vol. 3, No. 2, p. 4. <http://www.consecol.org/vol3/iss2/art4/>
- Chen, X. D., Lupi, F., He, G. M. and Liu, J. G. 2009. Linking social norms to efficient conservation investment in payments for ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, Vol. 106, pp. 11812-17.
- Coles, S. 2001. *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer Series in Statistics. London, Springer-Verlag.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London/Colombo, Earthscan/International Water Management Institute (IWMI).
- Cooke, R. M. 2009. A brief history of quantitative risk assessment. *Resources*, Vol. 172. Washington DC, Resources for the Future.
- Cosgrove, W. and Rijsberman, F. 2000. *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*. London, Earthscan.
- Costanza, R., Pérez-Maqueo, O. M., Martínez, M. L., Sutton, P., Anderson, S. J and Mulder, K. 2008. The value of wetlands for hurricane protection, *Ambio*, Vol. 37, No. 4, pp. 241-248.
- Covello, V. T. and Mumpower, J. 2001. Risk analysis and risk management: an historical perspective. S. Gerrard, R.K. Turner, I. Bateman (eds) *Environmental risk planning and management*. Cheltenham, UK, Edward Elgar.
- Dessai, S. and van der Sluijs, J. P. 2007. Uncertainty and Climate Change Adaptation – a Scoping Study. Report NWS-E-2007-198. Department of Science Technology and Society, Copernicus Institute, Utrecht University.
- DETR. 2000. *Guidelines for Environmental Risk Assessment and Management – Revised Departmental Guidance*. Prepared by the Institute for Environment and Health. London, The Stationery Office.
- Downing, T. E., Olsthoorn, X. and Tol, R. S. J. 1999. *Climate, Change and Risk*. London, Routledge.
- Duckstein, L. and Parent, E. 1994. Systems engineering of natural resources under changing physical conditions: a framework for reliability and risk. L. Duckstein and E. Parent (eds) *Natural Resources Management*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer.
- Elshayeb Y. 2005. Overcoming uncertainties in risk analysis: trade-offs among methods of uncertainty analysis. I. Linkov and A. B. Ramadan (eds) *Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making*. NATO Science Series 38. Dordrecht, The Netherlands, Springer.
- Emerton, L. and Kekulandala, L. D. C. B. 2003. *Assessment of the Economic Value of Muthurajawela Wetland*. Occ. Pap. Sri Lanka, International Union for Conservation of Nature (IUCN).
- Fiering, M. B. 1982. Estimates of resilience indices by simulation. *Wat. Resour. Res.*, Vol. 18, No. 1, pp. 41-50.
- Figge, F. 2004. *Managing Biodiversity Correctly – Efficient Portfolio Management as an Effective Way of Protecting Species*. Cologne, Germany: Gerling.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson L., Holling, C. S. and Walker, B. 2002. *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations*. Scientific Background Paper on Resilience for the process of the World Summit on Sustainable Development on behalf of the Environmental Advisory Council to the Swedish Government. Interdisciplinary Center of Natural Resources and Environmental Research, Stockholm University, Sweden.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. and Holling, C. S. 2004. Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol. 35, pp. 557-81.
- Forslund, A., Malm Renöfält, B., Barchiesi, S., Cross, K., Davidson, S., Farrell, T., Korsgaard, L., Krchnak, K., McClain, M., Meijer, K. and Smith, M. 2009. *Securing Water for Ecosystems and Human Well-Being: The Importance of Environmental Flows*. Swedish Water House Report 24. Stockholm, Stockholm International Water Institute (SIWI).

- http://www.siwi.org/documents/Resources/Reports/Report24_E-Flows-low-res.pdf
- Frederick, K.D. and Major, D.C. 1997. Climate change and water resources. *Climatic Change*, Vol. 37, No. 1, pp. 7-23.
- Frederick, K. D., Major, D. C. and Stakhiv, E. Z. 1997. Water resources planning principles and evaluation criteria for climate change: summary and conclusions. *Climatic Change*, Vol. 37, No. 1, pp. 291-313.
- Ganoulis, J. G. 1994. *Engineering Risk Analysis of Water Pollution*. New York, VCH.
- Giles, J. 2002. Scientific uncertainty: when doubt is a sure thing. *Nature*, Vol. 418, pp. 476-78.
- Gladwell, M. 2000. *The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference*. New York, Little Brown.
- Green, C., Nicholls, R. and Johnson, C. 2000. *Climate Change Adaptation: A Framework for Analysis and Decision-making in the Face of Risks and Uncertainties*. NCRAOA Report 24. London, Environment Agency.
- Hall, K. 2003. An old problem in a new form. *International Water Power and Dam Construction 2003*. London, Global Trade Media, pp. 28-31.
- Hamilton, L. C. and Keim, B. D. 2009. Regional variation in perceptions about climate change. *Int. J. Climatol.*, Vol. 29, No. 15, pp. 2348-2352. http://pubpages.unh.edu/~lch/Hamilton_climate_perception.pdf
- Hashimoto, T., Loucks, D. P. and Stedinger, J. R. 1982. Robustness of water resource systems. *Water Resources Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 21-26.
- Hashimoto, T., Stedinger, J. R. and Loucks, D. P. 1982. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. *Water Resources Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 14-20.
- Heltberg, R., Siegel, P. B. and Jorgensen, S. L. 2009. Addressing human vulnerability to climate change: toward a 'no-regrets' approach. *Global Environmental Change*, Vol. 19, No. 1, pp. 89-99.
- Hobbs, B. F. 1997. Bayesian methods for analysing climate change and water resource uncertainties. *Journal of Environmental Management*, Vol. 49, No. 1, pp. 53-72.
- Hoekstra, A. Y. and Chapagain, A. L. 2008. *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Oxford, UK, Blackwell Publishing.
- Hoffman, B. 2011. Queensland warned of flood plain risk. *Sunshine Coast Daily*, 1 August 2011. <http://www.sunshinecoastdaily.com.au/story/2011/08/01/we-develop-our-own-risk-expert/>
- Hoffmann-Riem, H. and Wynne, B. 2002. In risk assessment, one has to admit ignorance. *Nature*, Vol. 416, p. 123.
- Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 4, pp. 1-23.
- Holling, C. M. 1986. The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. W. C. Clark and R. E. Munn (eds) *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, pp. 292-317.
- ISET (Institute for Social and Environmental Transition). 2010. Adaptive Strategies for Responding to Drought and Flood in South Asia. Website. Boulder, Colo., ISET International and ISET Nepal. http://www.i-s-e-t.org/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=49
- Johansson R. C., Tsur, Y., Roe, T. L., Doukkali, R. and Dinar, A. 2002. Pricing irrigation water: a review of theory and practice. *Water Policy*, Vol. 4, No. 2, pp. 173-99.
- Kaplan, S. and Garrick, B. J. 1981. On the quantitative definition of risk. *Risk Analysis*, Vol. 1, No. 1, pp. 11-27.
- Karamouz, M., Szidarovszky, F. and Zahraie, B. 2003. *Water Resources Systems Analysis*. Boca Raton, FL, Lewis Publishers.
- Kasperson J. X., Kasperson, R. E., Pidgeon, N., Slovic, P. 2003. The social amplification of risk: assessing fifteen years of research and theory. N. Pidgeon, R. E. Kasperson, P. Slovic (eds) *The Social Amplification of Risk*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Kasperson, R. E., Renn, O., Slovic, P., Brown, H., Emel, J., Goble, R., Kasperson, J. X. and Ratick, S. 1988. The social amplification of risk: a conceptual framework. *Risk Analysis*, Vol. 8, No. 2, pp. 177-87.
- Keeney, R. L. and Raiffa, H. 1993. *Decisions with Multiple Objectives*. Cambridge, UK/New York, Cambridge University Press.
- Keller, K., Yohe, G. and Schlesinger, M. 2008. Managing the risks of climate thresholds: uncertainties and information needs. *Climatic Change*, Vol. 91, pp. 5-10.
- van 't Klooster, S., Pauw, P. and Aerts, J. C. J. H. 2011. Dealing with uncertainty through (participatory-) backcasting. J. C. J. H. Aerts, W. Botzen, Ph. Ward (eds) *Climate Adaptation and Flood Risk in Coastal Cities*. Abingdon, UK, Earthscan.
- Knight, F. H. 1921. *Risk, Uncertainty, and Profit*. Boston, MA, Hart, Schaffner & Marx/Houghton Mifflin Company.
- Kummu, M., Ward, P.J. de Moel, H. and Varis, O. 2010. Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. *Environ. Res. Lett.*, Vol. 5 (July-September).
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhube, H. J. 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS*, Vol. 105, No. 6, pp. 1786-93.
- Le Quesne, T. and Matthews, J. 2009. *Adapting Water Management: A Primer on Coping with Climate Change*. (WWF Water Security Series No. 3). Washington DC, World Wide Fund for Nature (WWF). http://assets.wwf.org.uk/downloads/water_management.pdf
- . 2010. *Flowing Forward: Freshwater Ecosystem Adaptation to Climate Change in Water Resources Management and Biodiversity Conservation*. Working Note #28. Washington DC, World Wide Fund for Nature (WWF). http://assets.panda.org/downloads/flowing_forward_freshwater_ecosystem_adaptation_to_climate_change.pdf
- Li, Y. P., Huang, G. H. and Nie, S. L. 2009. Water resources management and planning under uncertainty: an inexact multistage joint-probabilistic programming method. *Water Resources Management*, Vol. 23, pp. 2515-38.

- Liu, A., Sty, T. and Goodrich, J. A. 2000. Land use as a mitigation strategy for the water-quality impacts of global warming: a scenario analysis on two watersheds in the Ohio River Basin. *Environmental Engineering and Policy*, Vol. 2, No. 2, pp. 65–76.
- Lloret, P. 2009. Water Protection Fund (FONAG). *Circular of the Network for Cooperation in Integrated Water Resource Management for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean*, No. 29. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/dnri/noticias/circulares/2/34862/Carta29in.pdf>
- Loewenstein, G., Rick, S. and Cohen, J. D. 2008. Neuroeconomics. *Annu. Rev. Psychol.*, Vol. 59, pp. 647–72.
- Lofstedt, R. E. 2003. A European perspective on the NRC 'Red Book,' risk assessment in the Federal Government: managing the process. *Human and Ecological Risk Assessment*, Vol. 9, No. 5, pp. 1327–35.
- Loucks, D. P. and van Beek, E. 2005. *Water Resources Systems Planning and Management*. Paris, UNESCO.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis*. Washington DC, World Resources Institute (WRI).
- Males, R. M. 2002. *Beyond Expected Value: Making Decisions Under Risk and Uncertainty*. Alexandria, Va., US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources. http://www.iwr.usace.army.mil/docs/iwrreports/O2r4bey_exp_val.pdf
- Marien, M. 2002. Futures studies in the 21st century: a reality-based view. *Futures*, Vol. 34, pp. 261–81.
- Marris, C., Langford, I., Saunderson, T. and O'Riordan, T. 1997. Exploring the 'psychometric paradigm': comparisons between aggregate and individual analyses. *Risk Analysis*, Vol. 22, No. 4, pp. 665–9.
- Martin, R. 2002. *The Responsibility Virus: How Control Freaks, Shrinking Violets – and the Rest of us – Can Harness the Power of True Partnership*. New York, Basic Books.
- Mays, L. W. 1996. The role of risk analysis in water resources engineering. *Water Resources Update*, Vol. 103, pp. 8–11.
- Miller, K. and Yates, D. 2006. *Climate Change and Water Resources: A Primer for Municipal Water Providers*. Denver, CO, Awwa Research Foundation (AwwaRF)/University Cooperation for Atmospheric Research (UCAR).
- Morgan, M. G. and Henrion, M. 1990. *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Murdoch, P. S., Baron, J. S. and Miller T. L. 2000. Potential effects of climate change on surface-water quality in North America. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, Vol. 36, No. 2, pp. 347–66.
- Naiman, R. J. and Turner, M. G. 2000. A future perspective on North America's freshwater ecosystems. *Ecological Applications*, Vol. 10, No. 4, pp. 958–70.
- Nature Conservancy. 2010. *South America: Creating Water Funds for People and Nature*. Website. Arlington, Va., The Nature Conservancy. <http://www.nature.org/wherework/southamerica/misc/art26470.html>
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2009. *Restoration Economics: Risk and Uncertainty in Environmental Restoration Programs*. Washington DC, US Department of Commerce.
- NRC (National Research Council). 2000. *Risk Analysis and Uncertainty in Flood Damage Reduction Studies Committee on Risk-Based Analysis for Flood Damage Reduction*. Washington DC, National Academies Press.
- Palmer, M. A, Reidy Liermann, C. A., Nilsson, C., Flörke, M., Alcamo, J., Lake, P. S. and Bond, N. 2008. Climate change and the world's river basins: anticipating management options. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 6, pp. 81–9.
- Perrot-Maitre, D. 2006. *The Vittel Payments for Ecosystem Services: a 'Perfect' PES Case?* London, International Institute for Environment and Development (IIED).
- Pindyk, R. S. 2007. Uncertainty in environmental economics. *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 1, No. 1, pp. 45–65.
- Plate, E. J. and Duckstein, L. 1988. Reliability based design concepts in hydraulic engineering. *Wat. Resour. Bull.*, Vol. 24, pp. 234–45.
- Policy Research Corporation. 2009. *Netherlands*. Brussels, European Commission. http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/climate_change/netherlands_en.pdf
- Rahmstorf, S. and Ganopolski, A. 1999. Long-term global warming scenarios computed with an efficient coupled climate model. *Climatic Change*, Vol. 43, pp. 353–67.
- Rayner, S. 1992. Cultural theory and risk analysis. S. Krinsky and D. Golding (eds) *Social Theories of Risk*. Westport, Conn., Praeger.
- RRC (River Restoration Centre). 2009. *The London River Action Plan*. London, RRC.
- Saunders, J. F. and Lewis, W. M. 2003. Implications of climatic variability for regulatory low flows in the South Platte River basin, Colorado. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, Vol. 39, pp. 33–45.
- Shultz, S. D. and Leitch, J. A. 2001. *The Feasibility Of Wetland Restoration To Reduce Flooding In The Red River Valley: A Case Study Of The Maple River Watershed, North Dakota*. Agribusiness & Applied Economics Report No. 23597. North Dakota State University, Department of Agribusiness and Applied Economics.
- Simonovic, S. P. 2008. *Managing Water Resources: Methods and Tools for a Systems Approach*. London, Earthscan.
- Slovic, P. 1992. Perception of risk: reflections on the psychometric paradigm. S. Krinsky and D. Golding (eds) *Social theories of risk*. New York, Praeger, pp. 117–52.
- Slovic, P., Finucane, M, Peters, E. and MacGregor, D. G. 2004. Risk as analysis and risk as feelings: some thoughts about affect, reason, risk, and rationality. *Risk Analysis*, Vol. 24, No. 2.
- Stuip, M. A. M, Baker, C. J. and Oosterberg, W. 2002. *The Socio-economics of Wetlands*. Wageningen, The Netherlands, Wetlands International and the Dutch Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA).

- Tallis, H., Kareiva, P., Marvier, M. and Chang, A. 2008. An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, Vol. 105, No. 28, pp. 9457-64.
- TEEB (The Economics of Ecosystems & Biodiversity), 2009. *TEEB Climate Issues Update*. Geneva, United Nations Environment Programme (UNEP). <http://www.teebweb.org/InformationMaterial/TEEBReports/tabid/1278/language/en-US/Default.aspx>.
- Tversky, A. and Kahneman, D. 1974. Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science*, Vol. 85, pp. 1124-31.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2011. *Scientific Review of the UNCCD Provisionally Accepted Set of Impact Indicators to Measure the Implementation of Strategic Objectives 1, 2 and 3*. White-Paper – Version 1, Unpublished draft. New York, UNDP Bureau for Crisis Prevention and Recovery.
- . 2004. *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development*. New York, UNDP Bureau for Crisis Prevention and Recovery.
- UNDRP (United Nations Disaster Relief Organization). 1991. *Mitigation of Natural Disasters: Phenomena, Effects, and Options. A Manual for Policy Makers and Planners*. New York, United Nations, Office of the Disaster Relief Coordinator.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2007. *Recommendations on Payments for Ecosystem Services in Integrated Water Management*. New York/Geneva, United Nations. <http://www.unece.org/index.php?id=11663>
- UNESCO (United Nations Economic, Scientific and Cultural Organization). 2005. *The Precautionary Principle*. Paris, UNESCO World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge (COMEST).
- UN-Water. 2006. *Coping with Water Scarcity: A Strategic Issue and Priority for System-wide Action*. UN-Water Thematic Initiatives. Geneva, UN-Water.
- van Aalst, M., Hellmuth, M. and Ponzi, D. 2007. *Come Rain or Shine: Integrating Climate Risk Management into African Development Bank Group Operations*. Tunis, Tunisia, African Development Bank.
- van Notten, P. W. F. 2005. *Writing on the Wall. Scenario Development in Times of Discontinuity*, Boca Raton, FL, Dissertation.com.
- . 2006. Scenario development: a typology of approaches. *Think Scenarios, Rethink Education*. Paris, OECD. <http://www.oecd.org/dataoecd/27/38/37246431.pdf>
- Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J. and Lammers, R. B. 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth, *Science*, Vol. 289, No. 5477, pp. 284-8.
- Vörösmarty C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C. and Davies, P. M. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity, *Nature*, Vol. 467, pp. 555-61.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. and Kinzig, A. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, Vol. 9, No. 2, p. 5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- Walker, B. and Meyers, J. A. 2004. Thresholds in ecological and social-ecological systems: a developing database. *Ecology and Society*, Vol. 9, No. 2, p. 3. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art3>.
- Walker, W. E., Harremoës, P., Rotmans, J., van der Sluijs, J.P., van Asselt, M. B. A., Janssen, P. H. M. and von Krauss, M. P. K. 2003. Defining uncertainty: a conceptual basis for uncertainty management in model based decision support. *Integrated Assessment*, Vol. 4, No. 1, pp. 5-17.
- Wardekker, J. A., van der Sluijs, J. P., Janssen, P. H. M., Kloprogge, P. and Petersen, A. C. 2008. Uncertainty Communication in environmental assessments: views from the Dutch science-policy interface. *Environmental Science & Policy*, Vol. 11, No. 7, pp. 627-641. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2008.05.005>
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2011. *Guide to Corporate Ecosystem Valuation: A framework for improving corporate decision-making*. Geneva, WBCSD.
- Willows, R. I. and Connell, R. K. (eds) 2003. *Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making*. UKCIP Technical Report. Oxford, UK Climate Impacts Programme (UKCIP).
- Wolt, J. D. and Peterson, R. K. D. 2000. Agricultural biotechnology and societal decision-making: the role of risk analysis. *AgBioForum*, Vol. 3, No. 1. http://www.wbcsd.org/DocRoot/iv9e2wIURXHjP8inORVN/WBCSD_Guide_CEV_April_2011.pdf
- WRI (Water Resources Institute), Meridian Institute and WBCSD. 2008. *Corporate Ecosystem Services Review: Guidelines for Identifying Business Risks and Opportunities Arising from Ecosystem Change*. Geneva, WRI/WBCSD/Meridian Institute. http://pdf.wri.org/corporate_ecosystem_services_review.pdf
- Yoe, C. E. 1996. *An introduction to risk and uncertainty in the evaluation of environmental investments*. IWR Report 96-R-8, prepared for the US Army Corps of Engineers. Alexandria, VA, Institute for Water Resources.

第九章

以关键驱动因素剖析不确定性和风险

作者：凯瑟琳·科斯格罗夫、威廉·科斯格罗夫、伊鲁姆·哈桑、
乔安娜·泰勒菲里

供稿：理查德·康纳、吉尔伯托·伽略平





水管理就是管理已经存在和新出现的风险。水管理包含的内容有风险管理和对水循环及其自然过程的管理。水管理还属于跨行业，水管理者在尽量满足公平需求的同时还需要满足不同经济部门及环境的需求，而这并非易事。水系统是动态变化的，呈现降雨和径流时空变化大的特点，并滋生洪水和干旱等风险。管理用水户之间水分配的体系并不能够完全与现实情况相吻合，例如水资源量的内在变化。而且，各行业的发展变化常常形成新的或意想不到的水需求，增加了社会和环境两方面的供水压力。

联合国世界水评估计划（WWAP）目前正在实施一个项目，预测到 2050 年世界水资源及其使用的各种可能情境。最近一次全球水预测成果是十多年前发布的（Cosgrove 和 Rijsberman, 2000），尽管这些预测考虑了当时已知的大多数未确定性和风险因素，但没有考虑气候变化。此外，人口增长、科技、政治、社会价值、管理和法律等呈现出快速变化的趋势或失衡的局面。项目预测的情境在全球的层面上也建立了与其他预测过程的链接，包括新的全球环境情境预测（《全球环境展望 4》）和新的政府间气候变化专门委员会（IPCC）气候变化预测等。本章介绍的是最新的研究成果¹。

9.1 主要驱动因素的演变

传统上，与随机分析一起开展的以往气候分析为极端水文条件下的水循环调查奠定了可靠基础。水管理者通常以历史气候和水文信息为出发点，而定期对过去进行推断是为了模拟将来的水文条件。然而，水管理者对预测的水资源压力无法掌控。这极大地影响着水供需平衡，有时候是以不确定的方式，从而给水管理和使用带来了新的风险。面对不断加剧的不确定性和风险，需要采取截然不同的方法来解决水管理策略方面的问题。

联合国世界水评估计划（WWAP）世界水情境项目的第一阶段对10个变化驱动因素开展了研究。这些因素的关联性在世界不同地区表现各不相同。

供水压力和可持续性是有水资源的两大函数。资源和消耗为变量，依诸多因素而定。对供水压力和可持续性产生直接影响的驱动因素包括生态系统、农业、基础设施、技术、人口和经济等。政府管理、政治、伦理和社会（价值和公平）、气候变化和安全这些终极驱动因素大多通过它们对类似驱动因素的影响而发挥它们的作用。有人提出请熟悉这些驱动因素的专家阅读这10份报告中的一份，并对已经确认的将来发展趋势发表意见和看法。他们要求这些专家确定发展趋势的相对重要性以及这些发展趋势何时可能实现，并开展相关调查研究。另外一些专家则需要完成一项调查，指出哪些发展趋势发生的可能性更大、何时会发生。本文以下章节重点说明最重要或者最有可能发生的发展趋势。

9.1.1 水资源：地表水、地下水和生态系统

对水资源系统战略、规划、设计、运行和管理的研究必须以水源和供水系统的可变性为基础。现在必须考虑的新维度是这些可能变量的重要性及其范围的不确定性。

参与 WWAP 世界水情境项目调查的专家将农业中的水生产率列为影响水的最重要发展趋势。

1961—2001 年间粮食生产的水生产率增加了近 100%。参与调查的专家估计到 2040 年可能会再增加 100%。他们进一步估计，2040 年左右全球旱作农业粮食平均产量可能达到每公顷 3.5 吨。

影响水的第二重要发展趋势是易受干旱影响的耕地比例。参加调查的专家估计，到 2040 年，在极端事件下易受干旱影响的耕地比例至少会增加 50%，严重干旱条件下会增加 40%，中等干旱条件下会增加 30%²。水的可利用率已经成为 2050 年前最可能发生的发展趋势之一。

参加调查的专家认为 2020 年之前，全球取用水量可能在 2000 年水平基础上增加 50%；2030 年之前，世界上大多数人口密集地区的年平均径流量可能减少 10%。到本世纪 30 年代初，在 2010 年已存在供水压力的地区的地下水补水率会减少 20%。参加调查的专家还认为，到 2020 年全球的农业实际水交易量能达到全球粮食生产总取水量的 20%。

可用水量监测和管理方面的解决方案被认为短期内不可能实现。地下水和地表水联合管理也被认为在 2040 年前几乎在任何地方都不可能实现。同样不可能实现的还有对含水层取用水的管理，无法确保取用水不超过前十年的平均补水率。

参加调查的专家预测，到 2020 年，人们将了解太平洋年代际振荡、厄尔尼诺南方涛动和北大西洋涛动现象，因此在气候预测模型之中将包含这些现象。本世纪 30 年代初后，人们将能认识非平稳气候以及所有水管理规划和运行方面的水文和人口压力。

“参加调查的专家预测，2040 年前将在国际范围内形成一个强有力的有效应对气候变化的国际协定；这被当作是一个相当重要的事件。”

海水淡化并不被看作是本世纪 40 年代结束

前可用水量的一种可能解决方法。大家认为本世纪 40 年代结束时海水淡化能生产城市饮用水的 25%，到本世纪中期时能生产粮食生产用水的 5%。海水淡化技术的较低采用率也在回应农业、经济和技术方面的专业咨询上反映出来。

物种多样性的丧失必须高度重视，极有可能在本世纪 30 年代初发生。淡水生物物种的多样性的极大减少早在本世纪 20 年代初就能发生，由于气候变化造成的气温增高、流量减少以及大气中二氧化碳和氮增加，到本世纪 30 年极有可能出现淡水生物物种多样性显著减少情况。在本世纪 30 年代初，具有对极端环境变化很强适应能力的生物将逐渐在生态系统中占据统治地位。到本世纪 40 年代初将很可能实施遏制生物多样性丧失的适当对策，损失率能减少 50%。然而，参加调查的专家认为在 2050 年之前完全控制水携带外来入侵物质的出现和蔓延的可能性不大。

9.1.2 农业

参加调查的专家认为，与水资源有关的最重要的发展趋势是农业取用水量的不断增加。目前的取用水量每年大约为 31 000 亿立方米，到 2020 年——或更有可能到 2030 年——会增加到 45 000 亿立方米。实际上，在南亚、拉丁美洲、非洲等几个地区，特别是撒哈拉以南非洲，不可能达到这个级别的可用水量。在其他的地区，大规模投资蓄水设施对一些国家来说经济条件可能不允许。

第二重要发展趋势是森林砍伐。有些地区通过继续扩大森林砍伐，虽然速度不快，设法增加他们的农业面积。参加调查的专家认为这种发展趋势比受生态关注影响而减缓农业用地扩张来说更有可能发生。

从可能的发展趋势来看，化肥价格将很可能继续跟踪能源价格。如果能源价格继续上涨，生产的成本也将继续上涨，除非有其他措施抵补。另外一个可能性是，到 2020 年，基础设施投资将改善旱作农业生产潜力（即通过改

善雨水收集和存储系统）。这种发展将会更有效地利用现有水土资源。

9.1.3 气候变化和变化率

气候变化将影响水文循环，从而影响用户的可用水量。可以预期，洪水和干旱等极端水事件将会更为频繁，而且强度会更大（Bates 等，2008）。利用历史数据进行推算不再适用于这些事件——因为水文循环是一个整体——这增加了将来的不确定性。此外，全球气候变化模型的空间分辨率相对较粗。结果证明，转换为水管理者必要的更为详细的尺度很困难。在行政管辖一级（州和地方）或者流域管理一级（大多数水资源规划在这一级进行）无法进行这些预测，使这个问题变得更为严重。

本驱动因素的重要发展趋势与可用水量有关。参加调查的专家估计处于用水压力风险的人数在 2030 年之前（最快在 2020 年前）将可能达到 17 亿人，2030 年初达到 20 亿人。在 2050 年前，这个数字达到 32 亿人的可能性不大。尽管可能稍有提前，但与政府间气候变化专门委员会排放情境特别报告（SRES）（Nakicenovic，2000）大致吻合。

另外一个重要发展是易受严重洪涝影响的三角洲面积在增加。扩大 50% 的情况极有可能在本世纪 40 年代初之前发生。

这些事件能对农业产生极大影响。到本世纪 40 年代，年际淡水短缺加上洪水将很可能使全球作物总产量减少 10%。

另外一个重要发展趋势是潜在的世界范围内生活水平提高和人口增长，大大增加能源需求量，导致温室气体排放增加 20%。这被认为将可能在本世纪 30 年代开始前出现。在这前后，很可能大量出现替代能源技术和方案。到本世纪 30 年代，电动汽车将占世界汽车市场 30% 的份额。到本世纪 30 年代末，风力发电能满足世界电力需求量的 20%。到本世纪 40 年代，世界 30% 的用电量将与“智能”电网联网，氢燃料电池能为世界市场上 20% 的汽车提供动力。碳搜集和储存可能在 50% 的新建火力

发电厂中应用，大约在本世纪 50 年代后，现有的电厂将进行更新改造或者关闭。

参加调查的专家认为，到 2040 年有望达成一个应对气候变化的、强有力的、有效的、具有普遍约束力的国家协议；这被看作一个极其重要的事件。

积极态势的雏形有可能最早出现在本世纪 20 年代初，那时全球将开展大规模、规划详尽并有财政支持的各种活动，对公众进行气候变化真相、原因、影响和代价方面的教育。在这之后，有可能出现有关气候的更多的公共信息和知识传递。例如到 2020 年，可公开报道无法改变的全球降雨和气温变化；到 2030 年，可开展有效的国际合作，在气候分析及缓解、适应气候变化等方面展开行动，并继续交换最新数据、知识和经验。到 2030 年，我们还可能见证将适应气候变化基金与适应性水管理基金协调统一，形成以水为依托的社会各经济优先领域。

9.1.4 基础设施

老化的水设施、数据短缺以及恶化的监测网络是几乎所有地区将来面临的主要风险。

参加调查的专家认为拥有饮用水和适当的卫生设施是这方面最重要的发展趋势。他们认为，到本世纪 40 年代初，全球 90% 的人口将可能拥有合理的、可靠的安全饮用水源。专家预计，到本世纪 30 年代初，超过 30 个国家将常规性地使用纳米过滤器处理饮用水，这也会对该评估产生影响。技术调查为这项技术的推出提供了类似的时限；大家认为到 2030 年，经济可行的纳米技术（如碳纳米管）极有可能产生新的有效薄膜和催化剂，用于海水淡化和污染控制。参加调查的专家还认为，到 2040 年底，全球 90% 的人口将会拥有比较完善的卫生设施。

第二个重要的发展趋势是对超过 50 年的所有大坝和堤防，以及那些有着巨大结构危害风险的大坝和堤防进行年检。估计最可能在本世纪 30 年代开始这项工作。为这些大坝和堤防制

定职责分明的紧急疏散方案也最有可能在本世纪 30 年代出现。由于气候变化和森林砍伐导致大坝泥沙淤积增加，很多大坝的预期寿命会缩短 30%，因此这点尤其重要。本发展趋势应予以高度重视，与先前所述发展趋势同时出现的可能性极大。

基础设施投入也被认为很重要。涵盖全球水设施的所有运行成本和折旧的水服务收入（用水收费、税和转让费）被认为很可能在本世纪 40 年代初实现。取消低收入国家外债情况也是如此，这能腾出资金投入水利基础设施。

内陆航运需求将继续影响河流运行和水流分配。本世纪 20 年代，各国可能在国家水规划的水设施调度中适当考虑环境流量。

本世纪 30 年代初，将至少有 10 个国家可能使用可靠的机器人进行地下管道远程修复，同时使用化学、生物、辐射和原子能（CBRN）传感网络监测水系统中的危害事件。参加调查的专家还估计，到本世纪 30 年代，遥感技术和全球定位系统将被作为地方水资源监测系统和其他技术的补充，查找位置不明或遗忘的水下设施，对其进行测绘和勘查。

9.1.5 技术

参加调查的专家预计，在 2020—2030 年期间，大部分大型用水户将使用节水产品，包括减压阀、水平轴洗衣机、节水型洗碗机、灰水再利用系统、低冲洗水箱马桶、低水流或无水厕所等。

到 2020 年，将可能出现低成本、大规模海水淡化技术，使海岸线周边 100 英里（160 千米）范围内的几乎每个人都能拥有饮用水和工业用水；到 2030 年，这种可能性更大。这与经济可行的纳米技术（如碳纳米管）相关联，能产生新的有效薄膜和催化剂用于海水淡化和污染控制，去除水中重金属和其他溶解污染物。参加调查的专家认为这可能在 2020—2030 年间实现，反映出对推迟适用和建造新技术系统的理解。

大范围采用已知集雨技术并结合新的、简单且廉价的集水净化方式也被认为可能在2020—2030年间实现。同样可能的还有农业从业者相应地使用经济上可承受的技术采集实时作物数据和土壤含水量数据使其能做出明达、高效的灌溉计划决策。这些都有助于增加水土利用效率。

9.1.6 人口

人口动态学包括人口增长、年龄分布、城市化和人口迁移，由于水需求量增大，污染水平更高，导致淡水资源压力增加。

因此，世界总人口规模被认为是人口发展趋势的一个重要问题。参加调查的专家认为，世界人口到2034年将达到79亿，到本世纪50年代初达到91.5亿，2050年后达到104.6亿。这与联合国人口司2008年订正本的中位变差预测一致，估计到2050年世界人口为91亿人(UNDESA, 2009)。

人口增长会蚕食过去在水和卫生方面取得的成就。参加调查的专家(主要是人口专家)认为，到本世纪30年代，大部分发展中国家的人口增长会使自1990年以来取得的供水和卫生条件改善的人口比例减少10%。

妇女教育和就业被看成影响生育率的一种发展趋势，尤其是在最不发达国家。到本世纪30年代，在大多数最不发达国家妇女教育和就业增长能带来生育率显著下降。

最不发达国家在降低死亡率方面的努力被认为是可能最早出现的发展趋势。在艾滋病患病率高于1%和/或艾滋病人口超过50万的58个国家中，到2020年，大多数国家能实现对艾滋病毒携带者或艾滋病患者的抗逆转录病毒治疗覆盖率达到或高于60%。同时，这些国家防止儿童经母体感染艾滋病的干预率平均能达到60%。在2007年，对艾滋病毒和艾滋病的干预覆盖率为36%。

在2030年之前，全球每年死于腹泻和疟疾的人数能降低到154万人或以下(2008年为253万人)，在2040年之前将降低到71万人。

儿童死亡率可能下降。2005—2010年间在不发达国家的平均死亡率估计为每1000活产儿死亡78例³。到2030年，这一死亡率预计在60个发展中国家降低到每1000活产儿死亡45例。我们预计可以成功地应对这些挑战，因为参加调查的专家们估计，到2040年所有发展中国家人口预期寿命将达到70岁或以上。

寿命减短的趋势可能会出现。到本世纪30年代，流行病传播、重新出现的病原体以及耐药性疾病的进化，使流行病学环境恶化，可能会妨碍世界平均预期寿命增长到75.5岁以上。到本世纪30年代末期，肥胖病带来的延迟影响将成为阻止预期寿命增长到75.5岁以上的制约因素。

城市人口增长也要引起高度重视。到本世纪30年代末，世界70%的人口将可能居住在城市。到本世纪40年代末，生活在贫民区的世界人口比例将可能从今天的33%降低到25%。

本世纪30年代生活在沿海地区的世界人口比例将从2010年的60%增加到75%。本世纪40年代，由于气候变化影响造成的人口迁移数可能达到2.5亿。由于自然灾害和冲突事件造成的人口迁移常常主要发生在沿海城市地区，包括较少或根本没有基本服务而且暴露于疾病和传染病风险加大的近郊大规模贫民区。

9.1.7 经济与安全

参加经济与安全调查的专家对两种可能发展趋势给予几乎同等重视。

首先，发展中国家对水的需求能在2011年水平上增加50%。参加调查的专家们认为这可能在2020—2030年间出现。这证实了调查农业发展的专家们提出的预测。

其次，到2020年，超过40%的国家将经历严重的淡水短缺。这大多会发生在撒哈拉以南非洲和亚洲低收入国家和地区。更有可能的是2020—2030年间，享有水的权利上的不平等将造成新的经济极化。这种经济极化将增大发生政治动乱和随之发生冲突的危险。



“2020—2030 年，水足迹措施将会被广泛采用，并按年度进行大范围的公布。”

2020—2030 年间，水足迹措施将可能得到应用，并且会每年进行大范围颁布（也就是说，2030 年的生态足迹预期将是地区表面规模的两倍左右），这种措施将为决策者们提供有用的信息。2020—2030 年间将有多种经济有效的海水淡化或其他技术可以应用，将增加 20% 的安全供水。这适用于饮用水和工业用水，但是，海水淡化造价可能高得惊人，除非用于高价值作物或新的、更为精细类粮食生产。

9.1.8 治理

很多参加调查的专家认为许多城市供水设施失效问题很重要（强调需要对城市水系统进行更新）。到 2030 年，在 20 多个主要城市能实现这个目标。在一次有关治理的检查中发现这个问题如此严重，专家们感到城市水系统治理亟须得到高度重视。

对地方政府和民间团体的网络在线水问题论坛的开发也需要给予高度重视，它能缩小用户、供水者和政策制定者之间的信息不对称。建设国家一级的网络化协调机制，在地方水务机构之间分享信息和最佳实践，这一点同样也很重要。2020—2030 年间，可能在至少 95% 的国家能实现这一目标。很明显，公众咨询和信息共享被认为是关键因素，有着广阔前景和极大可能性。

专家特别强调了通过一项特别适用于地下水的国际公约的重要性，这反映出人们过去缺少对地下水的重视。然而，虽然参加调查的专家认为很重要，但可能要到 2030 年才能实现，也许这与 1997 年通过的《联合国国际水道非航行使用法公约》迟迟未获批准有关（截至 2011 年 10 月该公约得到了 24 个国家的批准）。

9.1.9 政治

参加政治调查的专家对在水治理事务上确立和落实透明、参与式程序的重要性上有着类似的观点。然而，他们注意到要在 2020—2030 年间至少 120 个国家实现这个目标的可能性极小。同时他们还认为需要关注生活在有着极大崩溃风险的不安全或不稳定国家的人口数量。根据《2010 年失败国家指数》——即和平基金和《对外政策》杂志合作开展的一项调查，利用 12 项国家凝聚力和表现指标评价 177 个国家的脆弱性⁴——2010 年生活在这种条件下的人口为 20 亿。到 2030 年要将这一数字降低到 10 亿人以下被认为几乎不可能。如前文所述，水（和相关食物和能源）短缺将会对实现这一目标产生重大不利影响。事实上，参加调查的专家认为社会不稳定和暴力现象会蔓延到大多数面临着长期缺水问题的国家，而且这种可能性会更大。

政治调查对象认为来自政府内部和既得利益者的阻力会使政府远离更具参与性、更为灵活和更为透明的状态，导致进一步的不信任或者加剧激进活动。专家组认为在 2020—2030 年间，可能至少有 100 个国家能划入这个范畴。他们认为同样几乎可能的是大多数人在生命系统相通性这点上能达成一致。参加调查的专家认为，尽管人们最终可能会同意采取行动，但是现在的政府还没有能力作出反应。

9.1.10 道德和文化

道德和文化调查组认为人类价值转变呈现出一个重要发展趋势，即大家会一致认为有义务为将来保留一些机会。这极有可能在 2020—2030 年间发生。这一发展趋势与对生命系统相通性的认识相关联，与政治小组参与调查人员得出的概率相同。公众认知方面的这种转变为改善管理提供了机会。

该小组还认为由于贫穷国家水短缺状况的不断发展，造成当前用水权利不公平的加剧，这种情况需引起重视，这极有可能在 2020—

2030 年间发生。

安全饮用水作为人类的基本权利被世界上大多数国家所认知，这点也很重要。然而，尽管国际上已认识到这一点，参加调查的专家认为，对该权利的尊重可能到接近 2030 年时才能实现。同样需要注意的是制定与水有关的减贫战略，包括在引水点、灌溉和食品生产上雇佣贫困人口等方面。参加调查的专家认为，在这一时期，这些战略至少能在 50 个国家得以实施。随着国际合作研究和用水道德的提高，在 2020—2030 期间很可能实现知识共享。

9.2 直面挑战：过往经验无法预知不确定的未来

水管理者们处在一个不确定的世界。他们的第一优先考虑是确保供水安全。而这取决于支配着可用水量（降雨、径流、渗透）的地球物理参数与影响着水的质量和自然流量（即土地利用如何影响暴雨径流）的具有决定性的人类活动因素，以及其时空分布。直到最近，对历史数据的分析加上随机⁵分析为确定过去气候变化条件下供水的极端情况和敏感性以及其稳健性、恢复力和可靠性奠定了一个良好基础。对于水管理者来说，这是在大多数管理系统中进行常规性实际分析的出发点。然而，由于气候变化，将来供水变化性增加的可能性将使基于历史数据的分析不再那么可靠。

由于可供选择的方式增多及其复杂程度增大，在需求方面也存在着更大的不确定性，这超出了管理者们理解分析数据和决策的能力范畴。例如，在预测具体商品和服务（包括能源）时存在困难，这影响着水的生产、运输和处置，给水管理者带来了新的不确定性和相关风险。技术开发可应对这些挑战，但并非总是这样。新技术的开发能帮助解决水生产和水质问题，因此可降低风险，但是，那些没有考虑水影响、针对性强的技术开发会使现存风险进一步加剧（如当前第一代生物燃料技术）。

水管理者意识到他们运作的系统中存在着

潜在的弱点。然而，他们能力掌控之外的力量聚集速度对水管理构成挑战，影响着现有应对这些挑战的财政和体制资源。就有关问题——特别是那些地区性和国际性问题——的解决方案达成一致并实施相关方案，可能会耗时数十年。变革的步伐缩短了可用于认识问题以及在合适的时候认可和实施正确决策的时间。“水箱”之外的决策者们本身受不确定的塑造力发展的影响。水管理者能作到的仅仅是公开他们的决策并用现有工具进行管理。从这点上讲，尽可能地拉近他们的工作距离进行信息传递非常重要。图 9.1 阐明了各种驱动因素以及它们之间复杂的相互关系。

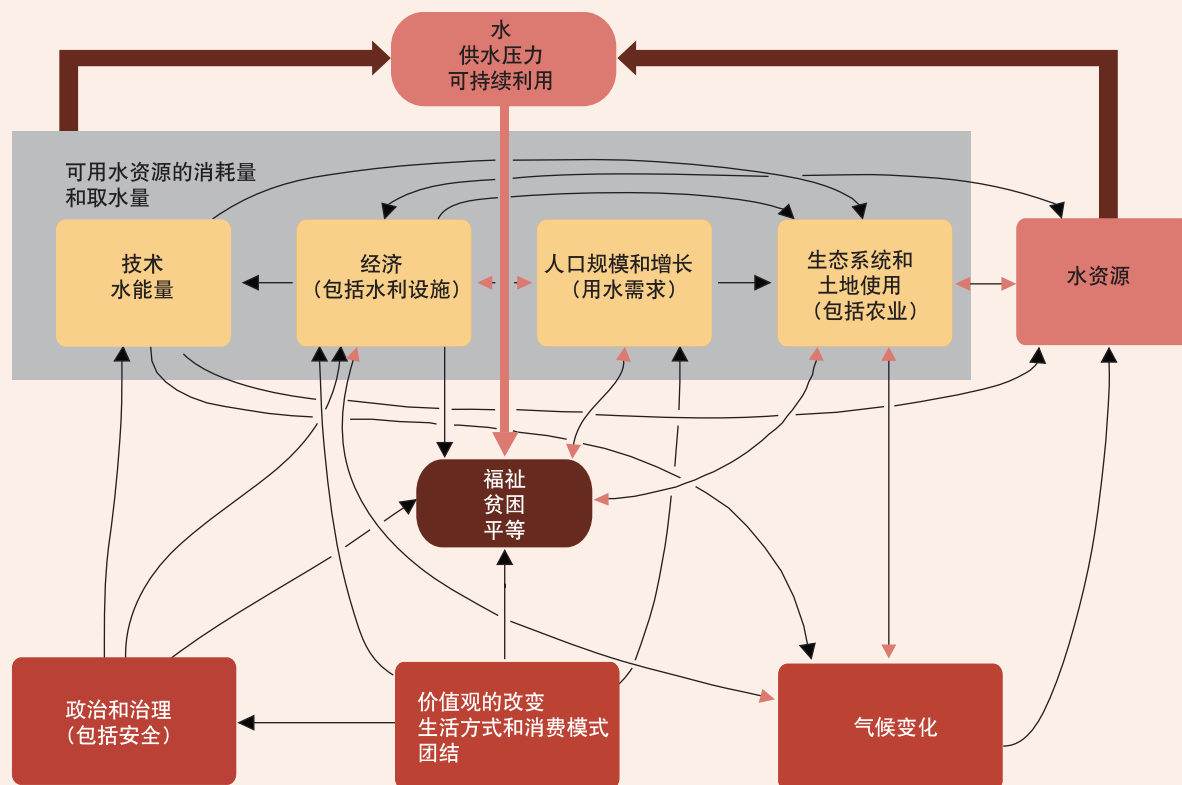
9.2.1 情境预测分析

情境预测分析是评价可能产生剧烈变化未来的一种规划工具，它取决于主要驱动因素如何发展及其相互作用。决定将来形势的驱动因素有很多；因此，几乎不可能同时考虑所有因素（前面讨论了 10 种因素）。所以，情境分析时一次仅采用有限的几个驱动因素，分析它们可能对塑造未来（即人口增长和分布、农业规模、所用水量等）有着特别意义的变化因素的综合影响。对没有明确包含在内的驱动因素进行了敏感性分析，以确认所产生情境的有效性。然后，这些预测可用于应对政策和规划评价，最大限度地发挥效益并/或减少达到理想状态所造成的损失。

“达成一致解决方案的时间跨度可能会是几十年，特别是牵涉到一个地区和国际范围的问题。可是，改变的步伐如此之快使我们没有足够的时间认识问题并达成一致，并在正确的时间实施正确的决策。”

图 9.1

影响供水压力和可用水量以及人类福祉的主要驱动因素及因果联系



资料来源：Gallopian (2012, 图2, p. 8)。

世界水情境项目

世界水情境项目⁶ 主要关注将来可用水量及其对人类福祉——包括对为人类生命提供支持的生态系统的健康——的影响。构建该情境的逻辑关系所需的主要因果联系已初步确定。如图 9.1 所示，供水压力和可持续利用（顶部椭圆形）是可用水资源及其取水量和消耗量的函数。反过来，资源和消耗又是它们的变量，这些变量取决于诸多因素（仅显示了最为相关的因素）。主要驱动因素以从上至下的次序排列，显示了直接驱动因素（方框顶端行）和根本驱动因素（方框底端行）。直接驱动因素直接对供水压力和可持续发展产生影响，根本驱动因素主要通过其对直接驱动因素的影响来发挥作用。箭头表示驱动因素与各因素之间的因果影响。有些情况下，驱动因素互为因果关系（反馈）。预测项目的下一阶段将需要开发情境及其开发工具以便能为决策者所用。

9.3 洞察未来

9.1 节强调了在今后 40 年可能影响水及其主要驱动因素的几种最为重要的趋势，并深刻阐述了所产生的水资源利用和管理方面的压力、不确定性和风险。9.2 节展示了这些变化因素之间复杂的相互联系。随着世界水评估计划下的世界水情境项目不断推进，将通过模型对它们进行定性和定量分析。

即便在世界水情境项目中没有借助系统分析方法之利，为了仔细分析水资源的可能未来，有必要考虑某些驱动因素如何相互作用以及这些趋势是如何形成的。在此对将来可能出现的一系列成果，从它们最可能产生的正面和负面压力，以及它们演变会产生的不确定性和风险的类别等方面，从地区性和全球性角度进行分析。

各种未曾预料到的压力或驱动因素结合产

生了食品、能源、贫困、健康、经济、环境恶化、气候变化等一系列当代危机。在反映这些危机和探寻可能的解决方法时，需要尝试一些方式来避免将来可能发生的危机。本节简要探讨 9.1 节讨论过的不同趋势结合可能产生的几种结果，分析每种情况所涉及的短期和长期风险。下面分析的三种情形涉及：我们如何能养活全世界的人口；技术演进如何有助于实现这个目标；政策在鼓励向可持续经济转变中的作用。

9.3.1 能否养活 90 亿人口

一种可能的未来致力于分析现状政策下对水的影响，或者描述在缺少干预的情况下会发生什么。

或早或晚，到 2050 年全球的人口很可能达到 91 亿。仅这一点就会对自然资源，特别是水，构成压力，带来潜在的可怕后果。深入观察人口的趋势可对 2050 年人们生活的状况提供更为具体的描述。根据联合国人口司的预测，这 91 亿人口中将有 68% 的人在城市落户。世界总人口中 32% 以上的人年龄在 24 岁以下，人口平均寿命将更长（75.5 岁）（UNDESA, 2009）。正如 9.1 节提到的，人口增长将使获得供水和卫生条件改善的人口比例减少 10%。

人口增长以及营养结构的改变造成食物需求增长，加上城市化进一步发展，将可能导致水需求成倍增长。对人类居住区的其他影响也将随着对脆弱或边缘土地的侵占、森林砍伐和污染而增加。大多数气候变化情境预测不断增加的变化性和不可预测性将严重影响全球可用水量。第 9.1 节谈到，可用水量预计在很多方面（地下水补水、河流径流、降雨）会下降。然而，到 2050 年，全球农业用水（包括干旱农业和灌溉农业）估计将增长 19% 左右，在缺少技术进步或政策干预的情况下增长量甚至会更大（见第二章）。事实上，当前的发展趋势表明，发展中国家取水量预计将增加至少 25%（UNEP, 2007）。

构成人类生活基础的自然资源和生态系统

不断承受着来自高强度且常常不可持续利用的压力。例如，世界 227 条最大河流中 60% 被大坝或调水工程不同程度（中度到高度）地拦截（UNEP, 2007），而且，全世界的建坝率还在不断提高。能源供应和农业扩张造成的森林砍伐正在导致水土流失和土壤肥力下降以及很多水体和水库泥沙淤积（降低大坝效率）。因为土地开垦使保水量减少，所以含水层补水减少，径流形成的水流失量增加。无法理解的是农业土地开垦并不总是极大地或成比例地增长产量，特别是长远看，因为土壤肥力快速下降，耕种更多地转化为劳动密集型（Gibbons 等, 2009; Jao 等, 1995）。

由于全球农业用水继续占到总用水量的至少 70%，其他经济领域将继续为水资源而竞争，有些竞争非常激烈，且没有明确的水资源分配决策机制。大多数情况下，水将继续成为经济和部门政策的事后考虑。由于工业发展，特别是在新兴国家以及积极追求非农业多样化计划的国家，各部门呈现出用水急剧增加的可能。部门间水分配决策常常不受特定政策规定的制约，尽管有些国家明确对饮用水给予优先考虑。

自然资源的压力和国家经济之间的相互联系的不不断加强意味着这个世界很可能需要继续努力解决周期性的危机，如近期的食品和金融危机，以及即将可能发生的能源危机。这些密切联系的复杂情况增加了不确定性，例如，由于运输和肥料成本的缘故，食品价格与能源价格紧密联系在了一起。由于政治（如石油生产国冲突）或者气候（农作物生产国干旱条件）极端情况造成的单一市场扰动很难预测，造成的影响超出传统部门边界之外且有深远和持久的不良后果。

应付这些危机的同时也会对水资源和管理产生负面影响，因为这些应对措施不经意间使指向某一特定用水户——往往是密集型用水户——的既定解决方案重心发生偏移。例如，通过将土地和用水从粮食生产转移而且创造出一个更为赚钱的竞争性行业的做法，生产生物燃

料或开发更难得到和用水更为密集的矿物燃料矿床（油砂、页岩气）来替代能源危机的尝试会产生负面影响。例如，在美国用于电厂冷却的水占全美工业用水的40%，到2030年这个比例在中国预计将达到30%⁷。因此，应用当前技术，在当前效率水平下，能源生产的增长将可能对稀缺的水资源产生成倍的压力。

在缺少技术改进或政策干预的条件下，在富水国家与贫水国家之间，以及国家内部不同部门或地区之间，将增加经济的两极分化。这意味着更多有着更高水需求的人口竞争越来越少或者说水质越来越差的水。由于水分配将不可避免地偏向购买力最高的部门、地区或国家，这会造成很大一部分人口（而且越来越多）无法满足他们对食物、能源、水和卫生的基本需求。这不仅意味着停滞，与当前情况相比，还将可能呈现出明显的倒退趋势。

更为重要的是，这种可能的结果预示着高度的风险和不确定性。这因为不同驱动因素之间潜在的联系尚未得到很好地了解，或者未被看作是决策的一部分，还因为很大程度上忽视了关键部门决策对水的长期影响。因此，这种与水相关的未来将极不稳定——鉴于对所有经济部门来说水是一种资产——无论任何一种驱动因素如何演进或结果如何，影响都会非常严重。荒谬的是，长远来看，这种未来结果说明整个社会具有最高风险、将来可用水量和水管理方面具有高度不确定性，同时也说明将来个人、政府和私有部门在他们进行日常决策时会尽量回避风险因素，关注短期利益而非长期潜力。

9.3.2 技术进步与提高绿色经济意识

第二种可能的未来将由当前技术发展进程决定，这在前面章节简要强调过。在这种情况下，假设技术发展几乎完全是由私有部门推动的产物，与发达国家增加利润率的认识、条件和压力水平相适应。为此所考虑的技术并不一定仅适用于水管理活动（如过滤技术），同时也适用于用水部门（如农业、能源）。此外，

假定它们都有着减少水需求和废水产生或者改善水管理的效果。

今后10年里最有可能出现的发展趋势是海水淡化。它具有增加可用水量的潜力，而且会变得更有效和负担得起。虽然实际操作较慢，今后50年海水淡化具有为沿海地区提供饮用水的潜力。然而，目前还没有这项技术潜在负面影响的预测，在污染排放和对生态系统产生瞬间过度盐化条件下，结果是其效率出现前所未有的下降。如果不善加处理，虽然这项技术能对供水产生极高的正面影响，但由于副产品（盐水）或过量抽取，将对海洋和沿海环境产生负面影响（WWF, 2007）。海水淡化使用大量能源，这就提出了供水和能源生产之间另外一个需要权衡的问题。太阳能海水淡化厂——目前正在几个国家（如沙特阿拉伯）进行试验——能给阳光充足国家提供一种更为合适的途径。

应用到农业上的各种技术的完善结合可促使最主要用水部门获得大量的节水，尽管这会降低私营部门的积极性，但无需权衡取舍，因此具有更广阔的前景。进一步推广集水技术、高效灌溉（如滴灌）、以及城市周边农业灰水回用技术也能增加粮食生产的可用水量。可持续都市农业的发展也能为确保当地食品供应提供充满活力的途径。联合国粮农组织估计，发展中国家70%的城市家庭参与了农业活动（FAO, 2010）。生物肥料技术的发展，通过促进高营养吸收和作物生长率，也将增加用水效率。及时提供农业气候信息（帮助处理气候和降雨条件的不断变化）、预警系统和机械化——虽然在很多国家仍很落后——所带来的田间用水效率的提高，也可整体提高用水效率。

生产者对这些赚钱技术形成的反应可能会抵消（甚至完全消除）在水利用效率上取得的成果，这种风险依然存在，例如，如果生产者继续侵占边缘或者脆弱地区（如湿地、坡地或林地）扩大农业用地，会造成森林砍伐和土壤侵蚀率加快。无论怎样，这些技术发展结合起来意味着农业用水需求将增长接近20%~25%（见第二章），而不是9.2.1节所描述的70%~

90%农业用水需求增长。

人口增长促使城市水生产和废水处理技术进一步发展，可减少绝对取水量和废水产生量。例如，9.2.1节描述的最有前景的技术——纳米技术的发展将有助于减少污染，通过加快过滤速度，使水回用成为可能并越来越划算。灰水回用加上简单的城市节水技术应用（更有效的厕所、室内灰水回收、更有效的淋浴器）也将使城市居民承担得起节水成本。对于个人和社区而言选择生态方案的机会成本都会下降。这意味着将出现更为有效的城市规划方案和更多的绿色建筑，这将促进新城市移民与新环境的有效整合。

预计可再生能源技术也将出现类似的增长，在当前能源资源压力驱动下，高效能源措施也将不断涌现。由于水是几乎所有能源生产（从取水到冷却）的一个关键投入，在人口增长与能源需求增长相伴而生的情况下，工业用水需求势必会增长。因此，可再生或者可替代能源技术的增长将对水需求产生有益影响，有助于解放资源用于效率更高的用途——或许用于农业。由于光伏电池板和风轮机生产过程中需水量很少且维护时几乎不需要水，近来在很多国家发展迅速。城市发展通过使用廉价的太阳能将减少水需求。

对这些技术的迅速接纳将伴随着人类对全球环境影响的整体意识提高，特别是对水短缺问题的理解而加深（见9.1节）。发达国家市场已经开始显示出对“负责任”产品的偏爱，这将推动技术的开发，同时，随着价格合理的绿色产品、实践和方案的出现，将引导人们逐步向绿色经济转变。这适用于食品以及其他消费品，还有可能影响农业实践逐渐向有机农作、局部或城市周边农业以及总体上更为可持续和更公正的农业转变，减少杀虫剂使用，最大限度地提高水等投入的使用效率、产量及社会效益。最新数据显示，有机食品和有机饮料市场在2000—2007年间每年平均扩大10%~20%，可持续管理农田也相应扩大（UNEP, 2011）。

联合国环境规划署将绿色经济定义为：“能给人类生活带来改善，同时大大减少环境风险和生态稀缺的一种经济”（UNEP, 2010, p. 4）。自然演进的绿色经济——即随着技术发展和意识提高双重作用促成、无需有意识地采取政策而形成的绿色经济，由于节水增加、水回用和循环利用以及更高效率，将促使大多数用水部门，特别是农业领域水足迹减少。这也将对减少贫困以及社会经济发展产生正面影响。

按照这个方向发展，根据产品的用水效率和用水情况自愿在产品上贴标签的情况将会越来越普遍（尽管未必依照既定规则 and 标准）。公平交易、绿色或可持续标签将逐渐包含一定分量的水足迹。

这些称之为自发性的技术发展（顺应当前形势演变而来）将为水带来效益，但由于下列原因不大可能产生整套预期的绿色经济效益。首先，由于技术接纳存在文化障碍（例如，不愿意将处理的废水用于饮用），因此在技术采用上会有拖延；其次，由于知识产权障碍，或者缺少科研和推广投入（特别在农业领域），或者缺少资金，在技术转让和技术传播上可能存在结构或政策障碍，这会导致区域差别，可能会进一步加剧当前的收入差距。在只有小部分私有部门利益拥有着大部分的公共利益专利权和知识产权的情况下，这种差距业已存在。缺乏对技术开发生的管理将导致拥有者和非拥有者之间长期存在两极分化；最后，不适宜的管理和决策体系会造成市场向无效率技术偏移，例如，给予不恰当的补贴或缺乏长远眼光。结果是，尽管第二种可能未来在有些目标地区或人群可以实现，但并非最理想，这说明我们需要一系列的政策或手段以促成更加快速、更加公平和更为可持续的变革。

然而，这种可能的未来预示着我们在面临不确定性时的一种显著变化，在意识提高和私有部门对新出现机遇更感兴趣的前提下，这意味着水管理不再被短期利益所蒙蔽。由于研发资金投入以及技术所带来的机会更为显著，不

同部门或利益决策对水的影响更容易了解和掌握。由于长期风险较为明显且对潜在效益也有更清楚的了解。在这种可能未来条件下，有些私有和政府部门通过投资科研和开发以及创造新市场而承担了一部分短期风险，然而，用水户和用水部门所面临的长期风险和不确定性还没有完全得到消除。而且，尽管这种自行出现的更为绿色的经济可能对水有积极影响，但是不利影响以及需要权衡取舍的不确定性仍然存在。

9.3.3 政策鼓励向可持续水经济转变

第三种可能的未来通过对目前人口和技术趋势以及今后 20 年能采用的一系列政策干预推演而来。它提出了基于财政、减少贫困、气候变化、科学以及水管理和总体经济政策等方面的关键或重要决策可能影响未来的情景。

正如 9.2.2 节强调的，到 2040 年，将可能出现一个具有法律约束力的应对气候变化的国际协议，同时，低收入国家在意识提高和适应力上将给予大量的财政投入。由于大多数气候变化影响都是通过水而深切感受到，因此这将对水方面的整体筹资水平产生积极影响。这意味着在水利设施上的投资更多，使废水减少，可持续发展的动员积极性提高，而且卫生网络覆盖面得到扩大。在抑制温室气体排放方面采取协调一致的行动将向私有部门发出有关进一步发展替代和可再生能源的明确信号，对上述技术的开发前景予以肯定。因此，取水和水分配的技术发展，以及减少工业用水（特别是能源部门用水），也应采取改善气候变化的方式。

扶贫措施通过强有力和协调一致的行动，可增加对水相关项目的资金投入，也将产生水和卫生方面的巨大效益。由于水是农业生产率和经济发展的一个制约因素，水管理和节水，以及卫生方面的投资将可能产生成倍的扶贫效益。另外，减免债务作为国际政策决策中可能采取的措施，将会引导更多的资金投入水利设施建设与发展中。

在国家层面，将建立公平的水价作为另外一个关键政策。这取决于完善的产权制度、成

文的土地占用制度，以及明晰的水权和水分配体系。然而，如果公众意识不断提高以及对水问题的认识水平普遍较高，将更有可能将水问题融入到发展规划，特别是城市规划之中。适当的水管理收入也将起到维持水设施的日常维护以及降低污染和泄漏的作用。

“减免债务作为国际政策决策中可能采取的措施，将会引导更多的资金投入水利设施建设与发展中。”

其他政策变化包括取消不可持续的农业补贴以及农业贸易全面自由化。鼓励土地、水和肥料的低效使用会造成市场向高端用水户补贴的扭曲局面，这将逐渐被灵活的、基于指标的保险计划所取代，在鼓励农业实践采取季内创新和技术更新的同时，允许生产者能根据气候变化情况和极端条件作出短期耕种决策。随着农业技术、推广和研究（作为经济恢复的引擎）费用的增加，将使农业部门本身大大提高用水效率。联合国环境规划署绿色经济计划近期开发的模型显示，贸易自由化可减少缺水地区用水、增加丰水地区用水，这意味着在全球范围内，水将被分配到最有效的用途（Calzadilla 等，2010）。然而，当地水分配体系缺乏透明度和公平的风险依然存在，这种现象进一步扩大会导致较小的生产者用水出现障碍或困难。

另一个政策转变是由于人们认识到健康环境可提供关键服务特别是水服务，因此地方、地区和国家各级政府开始投资恢复重要生态功能，结果是不损害关键环境服务功能的同时提高了生产率。这在目前的技术发展趋势以及意识的提高的情况下，特别是在发达国家，将得到极大的促进。在人们对健康环境维持当地人民生活的同时有助于适应气候变化影响的认识提高基础上，这将得到更为有力的支持。近期

研究表明，健康生态所提供的与水有关的服务，如红树林、森林、湿地等，胜过人造建筑（如水处理厂）提供的服务。这些人造建筑提供的服务通常成本较高（见 TEEB，2010；世界银行，2010），使用寿命较短，应对预期气候变化的能力也比较弱。

全球及国家意识的提高，加上获取信息量增加和各利益相关方的更多参与，也能导致国家和国家间水管理方式的转变。随着人们对在地方一级进行水管理是最佳选择这一点的认可，赋予流域机构更大权力和更多资源和权力下放可促进国家水资源的有效管理。这将推动地方用水户之间根据气候情况进行水分配，形成良好的价格体系以及具有创新性的水权交易机制。在推进最有效用水方式的同时，这将确保基本水需求以及环境用水得到满足。对于跨界流域，只要其他的市场阻碍被清除且贸易更加自由化，公开透明的水分配过程就可以实现。

更深层的价值变革非常必要，包括减少个人和地方特别是发达国家消费主义倾向以及有意识地减少能源消耗。这需要弱化掌控粮食主权的强烈愿望（如所有食品由当地生产而不考虑对水的影响），以便能够出现更为公平的国际贸易体系。虽然水一直以来都被认为是人类的一种权利，但仍需要改变观念以便使公平水价得以出现。

随着更多信息出现、用水户参与和用户之间对话的开展，以及应用全方位措施的长久观念（和接纳），社会和国家将会较好地应对不确定性做好准备，而且更适应管理长期涉水风险。这预示着我们将在考虑潜在风险和权衡的基础上统一思想及采取一致的行动。随着信息和知识的增多，不确定性将有所减少，而且明确的政策将给市场提供信号，进一步降低风险。这种未来情况下，社会各部门在改变政策或实

践以及开发新产品和市场过程中都承担着一部分短期风险，从而降低了全球的长期风险。

9.4 水资源未来关乎更佳决策的制定

对未来的这些思考帮助人们大致了解了未来可能的状况，阐明了各种驱动因素之间的相互联系。这些思考对当今看起来困难（或具有风险）、但最有可能在各层面快速产生经济和生活效益并减少长期风险和不确定性的一系列强力政策和选择的可能影响进行了解读。

但是，有必要建立更加具体、合理和科学的水未来模型，对这些可能未来进行更好的校准和探索，包括开发区域性和全球性水情境模型。知识缺乏是上述部分措施实施受到制约的关键因素之一。要作出知情、“无遗憾”的决策，无论是国际、国内或是地方决策，必须目标明确和具备相关的知识。在个人、社会和国际层面知识有助于减少不确定性，使风险更易于掌控。

这些知识包括：以科学为基础和基于共识获得各种产品水足迹的方法；提高能源供应技术、基本设备和作物用水效率的方法；以流域为基础进行水分配决策的缩小规模气候水文模型；提供有关各种政策方法和投资，包括基础设施、生态恢复或生态多样化等回报率的财务信息以及不行动的长期成本信息的经济学模型方法。作为世界水资源评估方案世界水情境项目的一部分、正在开发的具有综合性和缜密性的水情境模型，将为我们提供政策导向，确定水未来的方向或规避之处。在面对继续奉行墨守成规水管理模式的风险和不确定性条件下，水情境开发显得更加必要。

注 释

1 对涉及全球和其他层面各种水情形进行了认定和考查，以确定 WWAP 情境项目应审查的驱动因素。通过审查

- 确定了10个驱动因素，由具有研究生学位的研究人员进行深入研究以确定各个领域将来可能的发展趋势，同时设法确定与选定的其他驱动因素之间的相互联系。见WWAP“2050年全球水未来”的两个出版物：《5种程式化的情境》(G. Gallopin)和《全球水未来动向：驱动力2011—2050》(C. E. Cosgrove和W. J. Cosgrove)。
- 2 干旱的发生很大程度上是由于海洋表面温度变化，特别是在热带地区，通过大气环流和降雨决定。在过去的30年，由于地面降雨减少、温度升高，干旱分布更广、更密集、更持久，导致蒸发蒸腾和干燥增加。
 - 3 根据联合国人口司五年一次的估计和预测。《世界人口前景》(2006修订本)和联合国公用数据库，代码13600。
 - 4 更多信息见和平基金网站。网址：<http://www.fundforpeace.org>。
 - 5 随机分析定义为具有一个概率分布，通常带有限方差。
 - 6 世界水评估计划(WWAP)的一个项目，由联合国水计划提供部分资助。
 - 7 UNEP(2011)(《绿色经济报告4》)，引自全国科学研究委员会(2010)和2030水资源专家组(2009)。

参考文献

- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. and Palutikof, J. P. (eds). 2008. *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Geneva, IPCC Secretariat.
- Calzadilla, A., Rehdanz, K. and Tol, R. J. S. 2010. *The Impacts of Climate Change and Trade Liberalisation on Global Agriculture*. Working Papers. Hamburg, Germany, Sustainability and Global Change research unit, Hamburg University.
- Cosgrove, C. and Cosgrove, W. 2011. *Using Water Wisely: Global Drivers of Change*. Paris, UNESCO.
- Cosgrove, W. J. and Rijsberman, F. R. 2000. *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*. London, Earthscan.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. *Fighting Poverty and Hunger – What Role for Urban Agriculture?* Policy Brief No. 10. Rome, FAO.
- Fund for Peace. 2011. *The Fund for Peace* website. Washington DC, Fund for Peace. <http://www.fundforpeace.org>. (Accessed 30 May 2010.)
- Gallopin, G. C. 2012. *Five Stylized Scenarios*. Perugia, Italy, UNESCO-WWAP.
- Gibbons, P., Briggs, S. V., Ayers, D., Seddon, J., Doyle, S., Cosier, P., McElhinny, C., Pelly, V. and Roberts, K. 2009. An operational method to assess impacts of land clearing on terrestrial biodiversity. *Ecological Indicators*, Vol. 9, No. 1, pp. 26–40. New York, Elsevier.
- Juo, A. S. R., Franzluebbbers K., Dabiri A. and Ikhile B. 1995. Changes in soil properties during long-term fallow and continuous cultivation after forest clearing in Nigeria. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 56, No. 1, pp. 9–18.
- Nakicenovic, N. (ed.) 2000. *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*. Prepared by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group III for COP 6. Geneva, United Nations Environment Programme (UNEP) and World Meteorological Organization (WMO).
- Sahota, A. 2009. The global market for organic food and drink. H. Willer and L. Kilcher (eds) *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2009*. FIBL-IFOAM Report. Bonn/Frick/Geneva, International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM)/Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)/International Trade Centre (ITC). <http://orgprints.org/18380/16/willer-kilcher-2009.pdf>
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. Geneva, United Nations Environment Programme (UNEP).
- UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2009. *World Population Prospects, The 2008 Revision – Executive Summary*. New York, UNDESA.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2007. *Global Environmental Outlook 4 – Environment for Development*. Nairobi, UNEP.
- . 2010. *Driving a Green Economy Through Public Finance and Fiscal Policy Reform*. Nairobi, UNEP. http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER_Working_Paper_Public_Finance.pdf
- . 2011. *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. Nairobi, UNEP. http://www.unep.org/GreenEconomy/Portals/93/documents/Full_GER_screen.pdf
- World Bank. 2010. *The Economics of Adaptation to Climate Change*. Washington DC, The World Bank.
- WWF (World Wide Fund for Nature). 2007. *Making Water – Desalination: Option or Distraction for a Thirsty World?* Gland, Switzerland, WWF.

第十章

低估水资源价值使未来充满不确定性

作者：詹姆斯·温佩尼





水治理政策通常由政治家和负责规划、经济、财政和用水的部门制定。因此，国家的经济和财政关切点对水治理政策影响巨大。而投资水利及其发展与管理改革通常与其他因素相关，如社会、道德、公平或者公共健康等。在制定决策时，改革的绝对重要性并非总能得到应有的关注。在快速变革和不确定性发生时，存在局势持续或恶化的风险，进而产生更大的挑战。因此，改革应从经济层面着手考虑，这一点至关重要。本章对经济领域的诸多要素进行阐述，从水的总体效益到整个经济体系，还考虑了水循环过程中不同阶段水的价值。在制定水分配和用水政策过程中，特别是在资源压力、不确定性和风险不断加剧的形势下，这些效益和价值可为我们提供信息参考。

10.1 水利投资的政治经济学： 阐明效益

水利投资可产生多种经济效益，尤其是通过以下方式可提高国民收入：

- 提供安全保障和防止可用水量的波动（防洪抗旱）并增强长期气候适应能力。
- 通过开展以往不可行的新的经济活动创造一种增长催化剂。
- 贯穿整个水文循环周期水的附加价值和用户福利两方面持续不断的效益。这些用水户包括农业、工业、水电、航运、娱乐和旅游、家庭等与经济相关的生产部门。水还是生态系统的重要资源和所有水生生物的栖息地，除了提供经济价值服务外，还为人类生命的基本需要提供支撑。

下面三个小节将对这些效益进行逐一分析。

10.1.1 水是对抗气候波动的缓冲器和增强气候适应力的关键

目前，水安全还没有一个大家普遍认可的定义；情况不同，其内容会有所不同。一般来说，它反映一个国家在遭受水威胁时有效应对的能力。它被解释为（如 Grey 和 Sadoff, 2008）：作为水安全的基础，需要全社会为水机构和水利设施投资设置的一个底线。在这个底线之下，我们很容易受到水冲击并且无法获得可靠的生产生活供水：“社会结构受到极大影响，无法对经济增长进行可靠和可预知的管理”（Grey 和 Sadoff, 2008, p. 7）。一旦达到这个底线要求，人类的基本需求就能得到满足，进一步开发水资源就能刺激经济增长。

与这个概念有关系的国家经常受到极端气候的破坏，无法满足国民的基本生活需要，无法为农业和工业部门提供可靠的水服务。在这种经济状况下，农业投资不被看好，供水缺乏保证率也阻碍了工业和服务业的发展（AICD, 2010）。加强应对气候变化的能力可降低极端干旱和洪灾造成的损失。在肯尼亚，1997—

1998 年厄尔尼诺现象引发的洪水和 1998—2000 年拉尼娜现象引发的干旱，造成的损失为当时全国国民生产总值的 10%~16%。莫桑比克由于水事件导致国民生产总值增长每年减少 1%。赞比亚水文变化估计使农业增长每年降低 1%。坦桑尼亚 2006 年干旱对农业造成的损失相当于国民生产总值的 1%（Mckinsey, 2009）。减少水文变化造成的破坏性影响对宏观经济带来的效益将是巨大的（AICD, 2010）。

气候变化极有可能发生是实施水安全项目的另外一个缘由。但即使这种情景不出现，很多项目也是必要的。无论气候变化的影响和后果如何，“无遗憾”和“少遗憾”项目都能产生净社会效益和/或净经济效益。不管将来如何变化，这些项目都将有助于提升经济应对现有气候变化的能力。

10.1.2 水利设施是经济增长的催化剂

在历史长河的各个阶段，水资源开发和治理一直都是很多国家经济增长的基本驱动力。例如，在整个 20 世纪，它构成了美国西部经济社会发展的主要刺激因素，使 20 世纪 30 年代大萧条时期田纳西流域地区经济得以恢复（Delli Priscoli, 2008）。Mays（2006）曾多次列举水资源开发对美国亚利桑那州、韩国和土耳其经济增长发挥的作用。

修建大坝已成为颇具争议的话题。因此，必须对各种方案进行充分评估，充分认识并正确处理大坝的社会和环境影响（世界大坝委员会，2009）。不过，某些地区投资大坝（如非洲的阿斯旺、卡里巴、沃尔特大坝）对当地经济的发展和多样化产生了极大的刺激作用（Granit 和 Lindstrom, 2009）。基于上述因素，气候变化促使非洲和其他一些地方为扩大蓄水能力强化现有设施建设。

10.1.3 水在整个循环过程中的效益

降雨和其他降水产生的水大部分储存在水库或含水层等地方，用于各种用途，再回到河流、湖泊或地下水以供将来使用¹。尽管水通常

被误认为是一个行业，但实际上它作为媒介无所不在，在水文循环的各个阶段都能创造效益（见图 10.1）。水的许多方面也可被看成是一个价值链（OECD，2010）。

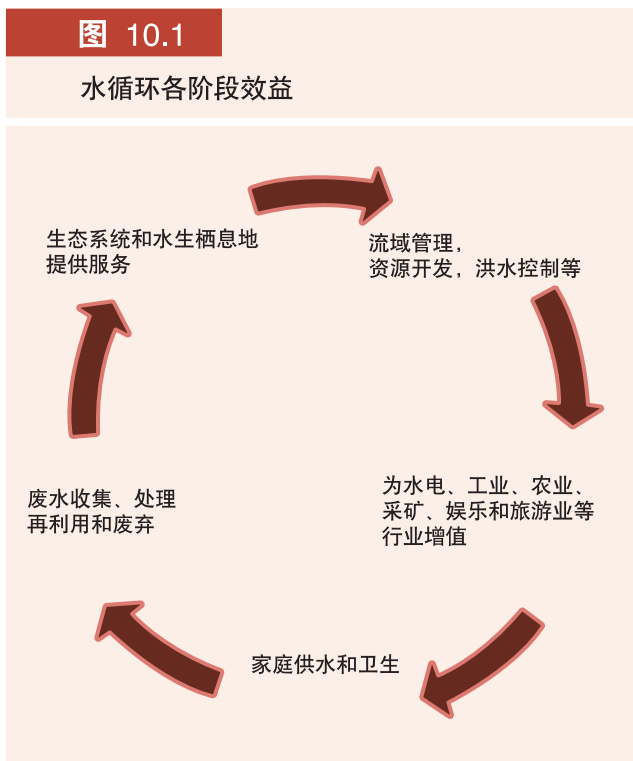
流域开发和管理涉及各种各样的活动，既有“硬”措施，也有“软”措施。范围从主要多目标蓄水项目到加强和保护流域功能（植树造林、流域管理、土地利用控制等）等各类活动。其中很多活动由土地利用者自己实施，如农民对激励措施和制裁所作出的响应。这些活动为下游地区节约了成本并创造了效益。在纽约州，一个流域管理项目鼓励流域上游地区农民向更为环境友好的耕作实践转变，这大大节省下游纽约市用水的水处理成本（Salzman, 2005；OECD，2010）。从美国其他城市（俄勒冈州波特兰、缅因州波特兰、西雅图）获得的数据可以证实，与修建新的水设施和过滤系统的成本相比，流域保护能节约巨大的财政资金（Emerton 和 Bos，2004）。拉丁美洲也存在类似情况，如巴西、哥斯达黎加、厄瓜多尔、萨尔瓦多（Dourojeanni 和 Jouravlev，1999；Jouravlev，2003）。

上游进行投资和管理可以使下游用户直接和间接受益。形成高质量水循环系统可节省城市水网、工业取水、农民和其他用水户储存、开发和处理水的成本。维持河流最小流量为废水排放（否则需要预处理）吸收创造了条件，并为携带大量泥沙的河流提供“冲沙能力”。在这些情况下，任何由于不恰当管理造成的对河流自然功能的损害，都需要人类投入大量费用进行干预。

在决定工业、采矿、电力和旅游等有关经济活动的位置时，水越来越成为一个关键要素。在供水紧张地区进行投资或打算投资的公司逐渐意识到，他们的“水足迹”和对地方社会的影响，如果处理不好，会给他们的生意运作和声誉带来风险。越来越多的国家难以向规模越来越大和用水越来越多的城市、农场和工业供水。在这种情况下，要确保未来的发展必须向实现水供需平衡的措施进行投资。

在四个快速发展的国家和地区，即中国、印度、巴西圣保罗州和南非，通过研究水供需平衡发现，目前的发展轨迹和政策产生的增长预期与到 2030 年的水蕴藏量有很大出入。要想实现预期的增长目标必须采取行动，消除潜在的水供需缺口，将加强供水能力的投资与需求管理方法相结合（Mckinsey，2009）。

水循环最易见、研究最透彻的方面是有关家庭服务的效益，即个人及其家庭以可靠的方式或在居住地附近获得清洁、安全用水和相关卫生设施。获得这种服务的人感染水携带疾病的风险降低、花在取水上的时间更少、买水的费用减少，可将有更多时间和资源用于个人清洁、烹饪和家庭卫生。同样，家庭卫生条件的改善为公共健康提供众多效益，而且寻求隐私花费的时间更少，尊严更多，窘迫更少，妇女有更多受教育机会，能更有自豪感及获得更多社区和个人声望²。Lentini（2010）和 Oblitas de kuiz（2010）对一个典型的发展中国家水服务的不同效益进行了详尽的论述，而 Lentini（2010）也介绍了这些效益的货币化估价方法。



“废水处理的主要效益是避免给下游用水户，如其他城市、工业、农业和旅游业等带来污染成本和使用受污染的水。”

尽管有证据表明效益和投资回报的规模，但无法从经济角度量化这些潜在效益。世界卫生组织和其他机构开展的经验研究显示，供水和卫生干预方面的投资能获得很高的经济效益成本率。这些效益通常表现为节省家务活动包括取水在内花费的时间，从小的方面讲还有疾病和治疗各种花费的节省（Hutton 和 Haller, 2004）。

在上述研究中，对以下几种干预措施进行了模拟：

1. 饮用水供应方面的目标，即“到 2015 年，无可持续安全饮用水和基本卫生条件的人口比例减半”，优先考虑那些卫生条件已经改善的人群（UN, 2010, p. 58, 目标 7c）；
2. 针对水和卫生两方面的上述目标；
3. 人人享有改善的水和卫生条件；
4. 除第 3 点外，还需对用水点普遍进行消毒；
5. 人人可以获得自来水并且每个家庭都接有污水管。

世界卫生组织 17 个地区和 5 个干预模型的每一个效益成本值都是正值，其中的一些效益很高³（Hutton 和 Haller, 2004, p. 35 和 p. 64）。

卫生的经济效益包括公共厕所排队或在野外寻找隐蔽场所所节省的时间；提高就学率，特别是少女就学率；以及在提供了合适卫生设施的领域更容易雇佣妇女所产生的国家生产力收益。地方卫生标准也对有关地区的旅游业产生影响（OECD, 2010, p. 33）。

世界银行研究估计，由于卫生条件差，印度尼西亚在 2006 年损失了 63 亿美元（国民生产总值的 2.3%）。结果是健康成本、经济损失

以及其他领域的抵补成本增加（世界银行, 2008b）。菲律宾作为本次研究的一部分，相应的损失达 414 亿美元，占国民生产总值的 1.5%（世界银行, 2008a）。

对废水——包括工业废水——的安全收集和处理进行投资，也能消除对经济活动的潜在影响。据估计，南非的水污染处理花费了国家 1% 的年国民收入（Pegram 和 Schreiner, 2010）。废水处理的主要效益是避免给下游用水户，如其他城市、工业、农业和旅游业等带来污染成本和使用受污染的水。在情况严重时，水体污染会造成工厂关停和迁址的巨大代价，或者妨碍农业和渔业产品进入国际市场。

水在经过家庭、工业和其他使用后继续产生效益。在很多地区，不断增长的供水压力使人们对废水的经济价值有了更多的认识。城市废水循环利用于农业、城市景观、工业冷却、地下水补水、恢复环境流和湿地，以及用于城市进一步消费等。在缺水国家，这种废水回用发展迅速。

水设施的一个重要部分是森林、流域和湿地等自然系统。它储存水，调节水流，帮助保持水质。如果这些自然系统受到破坏或损害，其功能将不得不由人工设施来替代，常常要付出巨大代价。斯里兰卡的一个泥炭沼泽——穆图雅佳维拉（Muthurajawela）沼泽——的防洪效益，每年价值在 500 万美元。如果这个沼泽消失，那么缓解和避免洪灾就会需要发生费用。同样的情况出现在乌干达的纳基武博（Nakivubo）湿地，这个湿地横穿乌干达首都坎帕拉，起着确保城市水质的作用。大量未经处理的家庭废水和城市废水进入该湿地，之后流经维多利亚湖，该湖非常接近城市饮用水供水工程取水点。该沼泽起着对废水的自然过滤和净化作用；具有类似废水处理功能的水设施每年的花费则高达 200 万美元（Emerton 和 Bos, 2004）。

与水灌溉为非经济投资这种看法相反，撒哈拉以南非洲供水和灌溉工程的（加权）平均经济回报率对比显示，它们比其他类型的水设施更具优势（见表 10.1）。

表 10.1

撒哈拉以南非洲基础设施项目经济回报率 (%)

铁路恢复	灌溉	公路恢复	公路升级	公路维护	发电	供水
5.1	22.2	24.2	17.0	138.8	18.9	23.3

资料来源：AICD (2010, p.71)。

10.2 给水赋予价值

10.2.1 水的多方面价值

上文提到的水服务效益是基于水在不同状态和使用过程中的经济价值。评价水的多重社会经济效益对改善政府、国际组织、慈善团体、民间团体以及其他利益相关方的决策至关重要。相反，未能充分评价水在其不同使用中的各种效益是政治上忽视水及其管理的根本原因。这导致：对水的重要性的认识不充分，将水利设施投资放到次要位置，在国家发展计划、扶贫战略和其他政策中降低水政策的优先地位。最后，这还导致无法实现国际社会的经济目标。

评估水的价值将有助于对水资源进行补充说明或比较或者分配，使其产生的社会福利最大化。然而，并非水的所有效益都可进行量化或以货币形式来表示。已开发的和从水的不同用途中得出水经济价值的方法存在着很多局限性：有些存在争议，有的数据要求高，有的较为复杂，或者有技术或经济技能要求。价值评估是一个折中原则，对不同利用和不同政策目的采用的技术不同。尽管建立水的综合经济价值系统是一项很艰巨的工作，但在特定地方或地区通过拥有各种不同主观评价的多方利益相关者的参与，仍获得了一些有用成果。

通过政治和技术对话可形成广泛共识，这有助于政策的制定。然而，不同人群对水进行价值评价采用的方式不同，甚至在同一人群中随着条件的变化他们的看法也不尽相同。Moss 等 (2003, p. 46) 认为“各利益相关方之间交往的复杂性，以及对水的偏好经常引起强烈的

情绪，这常常导致‘价值差异’演变成‘价值鸿沟’”。这还会导致两极分化，阻碍对话以及采取合理的管理方案。提高对价值差异的理解有助于找出共性和相关性，从而有助于通过协商达成一致。

经济合作与发展组织 (2010) 认为，缺乏对水和卫生整个价值链投资效益相关性分析的原因是提供水服务的市场处于割据状态。尽管部委担负着制定总体政策方向的职责，但投资却由水厂和管水机构进行，而这种投资往往没有经过协调。结果导致水管理和服务整个价值链的各类投资效益（和成本）没有得到恰当的评价。

10.2.2 水在不同用途中的经济价值

《都柏林水和可持续发展声明》(1992 年) 指出“水的所有竞争用途都具有经济价值，应该看作是具有经济益处”。水的价值、成本和价格要进行区分，它们之间的相互差异很大。水的经济价值在缺水时特别明显。水在不同用途上的经济价值不同。水供给时有经济成本，在不同条件下以及不同用途时也不同。在特定地点、特定时间、提供给特定用户的水产生经济效益，同时也带来经济成本。特定效益和特定成本之间的关系是决定向用户供水经济理由的基础。最后，水的价格是供水方和用水户之间的一种金融交易（或称之为财务交易），常常由政府当局牢牢控制，与特定用途的价值或者供水的成本往往没有联系。

仅仅根据这类经济原则进行水分配在实践中应用很复杂，也很困难 (Turner 等, 2004; Winpenny, 1997)。然而，在特定地点和为特定用水户供水时，进行成本效益比较对于水政

策制定非常必要，特别是供水紧张越来越严重的情况下。这需要对水在不同状态下以及不同用途下的大概价值进行估算。

给水定价的方法具有折中性，取决于所涉及的部门、用水类型和可用信息（Winpenny等，2010）。家庭消费通常采用固定问卷或“选择式实验”调查，以支付意愿（WTP）为依据进行定价。这种“设定价值”方法可采用显示性偏好证据进行补充和反复核对，比如在水费变更后通过用水户消费的改变或通过估算他们的实际支出来推断用户的偏好。

灌溉用水可采用以下两种方式中的任意一种进行定价。水的边际生产力（可从水的附加应用中获取的额外输出价值）可根据作物水试验期间作物产量的变化来估算。另一种方式（“净回值”方法）更常见，从农场预算数据中推算水的价值，将考虑了所有其他成本后的剩余部分视为水的价值。第二种方法假设农场剩余或者无法解释的盈余完全是由于水而非其他因素产生的价值。

工业用水定价问题较大。对于许多工业（和商业）企业来说，水只是他们总成本的一小部分。因此，灌溉用水评估所采用将整个剩余盈余归因于水的剩余方法会令人误入歧途。大多数大规模工业用水通过井水和河水自行供给。很多公司通过处理和回用废水来循环利用水。一种定价方法将水循环利用成本作为工业支付意愿（WTP）的上限，通常公司会选择循环利用水而不会超过限值购买水。

上述几种用途都与取水有关。水在河道内也具有价值，如废物吸收和稀释、泥沙冲刷、生态系统功能、航运以及娱乐休闲（水上运动、观光、垂钓、漫步游览等）。这些用途可采用不同的定价方案。通常，水的有些自然功能（吸收、稀释、冲刷）可与替代方案（河道疏浚、水处理）的额外成本进行对比。水的航运价值属于其相对于其他运输方式（如铁路）的成本优势。水的娱乐价值和生态价值（维持低流量流态和湿地）一般通过支付意愿（WTP）或出行成本⁴调查来估算。

在获得环境影响经验值方面，普遍使用的方法是效益转移法。该方法将定价证据从目前的情况转化为可以广泛进行对比的地区和项目⁵。

水力发电用水通常根据水电相对于热电和其他发电方式的成本优势进行定价。在这种情况下，就像其他情况那样，在同类事物中进行比较非常重要，并应搞清楚估算的依据⁶。

人们对水不同用途的经济价值进行了大量的综合研究，并有大量的选择性运用。虽然早期研究使用的是美国的数据，近年来，其他地区的研究大多与之相吻合。表 10.2 显示了最近在美国开展的一项对比研究的结果。

Turner 等（2004，p. 91）提出的证据显示，许多低价值农作物（典型代表是粮食作物和动物饲料）灌溉用水的价值非常低。同样地，高价值农作物（水果、蔬菜、花卉）的水价值在供水得到保障时会很高。为抗旱进行补充灌溉也属于这种情况。市场的实际水价证明了这一点。简言之，灌溉用水的附加值很大程度上取决于供水可靠性以及生产的农作物类型。私人拥有的地下水价值普遍高出公共地表水供水项目的价值。

“真正用于基本需求的家庭用水，如饮用水、烹饪、基本卫生需要等，仅仅占典型日常用水的小部分，余下的用于满足“生活方式”或生产性需要。”

家庭用水价值相对较高，但不能完全归为一类。真正用于基本需求的家庭用水，如饮用水、烹饪、基本卫生需要等，仅仅占典型日常用水的小部分，余下的用于满足“生活方式”或生产性需要。在气候温暖的富裕地区，大部分水被用于室外目的，如花园和草坪浇水、洗车、游泳池充水等。通常，家庭室内用水的价

值高于室外用水，当然，这不适用于生产性用水情况。在某些地方，家庭生活可用水的大部分被用作农作物生产和牲畜喂养（即多用途使用）。实践中，普遍认为家庭生活用水的水价值就是平均水价，而水价通常低估了供水的经济成本，忽略了消费者盈余⁷。

上述研究中没有充分体现环境用水方面的价值，这方面的价值主要表现在使用价值，特别是娱乐方面。事实上，娱乐价值根据游客情

况、游乐点的位置、水的质量、娱乐类型（有些国家颁发垂钓和狩猎许可设定高收费）等有很大差异。在水定价时未包括这些效益会导致低效率的水分配决策。对水的非使用性环境效益的定价采用了多种技术手段，尽管标准值通常介于农业和城市/家庭用水价值水平之间，但却得出了差异巨大的结论（Turner 等，2004，p. 92）。

表 10.2

美国的用水经济价值：1995年每英亩－英尺水的价格（美元）

用途	平均值	中间值	最小值	最大值	观测次数
废水处置	3	1	0	12	23
娱乐和栖息地	48	5	0	2 642	211
航运	146	10	0	483	7
水电	25	21	1	113	57

注：英亩－英尺相当于一英尺深度的水覆盖一英亩土地所需水量。用公制单位换算，1英亩－英尺相当于0.1233m³/ha。
资料来源：Turner等（2004，表9，p.92）。

10.3 让效益和价值为水政策的制定服务

在水管理中，认识到水在不同状态和不同用途下的经济价值非常重要。因为在流域以及多目标蓄水工程的日常管理中，水分配必须每天实时作出决策。它同样适用于应对季节性干旱，尤其是在不断增长的供水紧张压力和供需失调形势下制定战略性决策时更应如此。

在运作良好的水市场，可通过交易价格确定水的经济价值。然而，水市场存在着不同程度的不完全竞争、外在性、不确定性、不对称信息和分配影响的特点。这些特点影响着作为衡量价值的市场价格的合适性（Saliba 等，1987）。因此，如果提供的补充水量相对于区域总供水量不多，大多数现地市场价格则根据支付意愿的理想衡量尺度制定，仅作为区域补充供水边际价值的一个粗略参考指标。

在制定决策时，最好是对水的差分价值和

市场失灵问题进行一个更为完善的分析，以便开展水交易并对之进行管理，特别是当水权持有人之间的交易成为公共利益的需要。例如，澳大利亚在近八年的干旱期间，农户之间的水权交易极大缓解了旱灾对墨累－达令河流域农业的影响。从低价值用水向高价值用水转移的结果是，70%可用水量的减少仅仅造成30%的生产价值减少（Sadoff 和 Muller，2009）。

用水价值指导水管理和分配并不意味着在制定此类决策时最终由市场说了算。就像在其他行业的情况一样，市场是一把双刃剑。政府当局要进行干预，建立规则防止转向不利的外部条件，确保提供恰当的水和卫生服务来满足基本需求，并保障公共健康。

政府需要干预的另一个方面是向自然环境提供足够的供水，这需要公众积极的参与。在墨累－达令河流域，不断加剧的干旱增加了蒸发损失，威胁着以水为生的生态系统，政府不得不将它的需求与其他用水需求一起权衡

(Young 和 McColl, 2009)。

10.4 风险和不确定性条件下的水分配

水的经济价值得到认可和接受使水分配在社会、道德、公共健康和公平等考虑因素中增加了经济尺度，因为这些因素本身无法吸引所需要的投资，以便实现社会经济发展目标。

水管理的核心是在竞争性用途之间分配稀缺的水资源。世界的许多地方由于水资源紧张不断加剧造成水短缺而无法满足所有的水需求。一般来说，四种相互关联的过程会形成供水压力：人口增长，经济增长，食物、饲料和能源（生物燃料为来源之一）需求增长，气候变化加快。我们必须作出抉择，在各行业部门之间以及各行业部门内部不同用户群之间分享、分配和再分配越来越稀缺的水资源。在这种两难情况下，需要我们商榷如何确定指导水

分配的原则，在特定条件下如何较好地协调权利和公平、经济效率、可持续发展和现有行为规范和价值之间的关系。

通常，水分配是各利益相关方之间对话的结果。需要各方在他们的价值观上求同存异（见图 10.2 和图 10.3）。

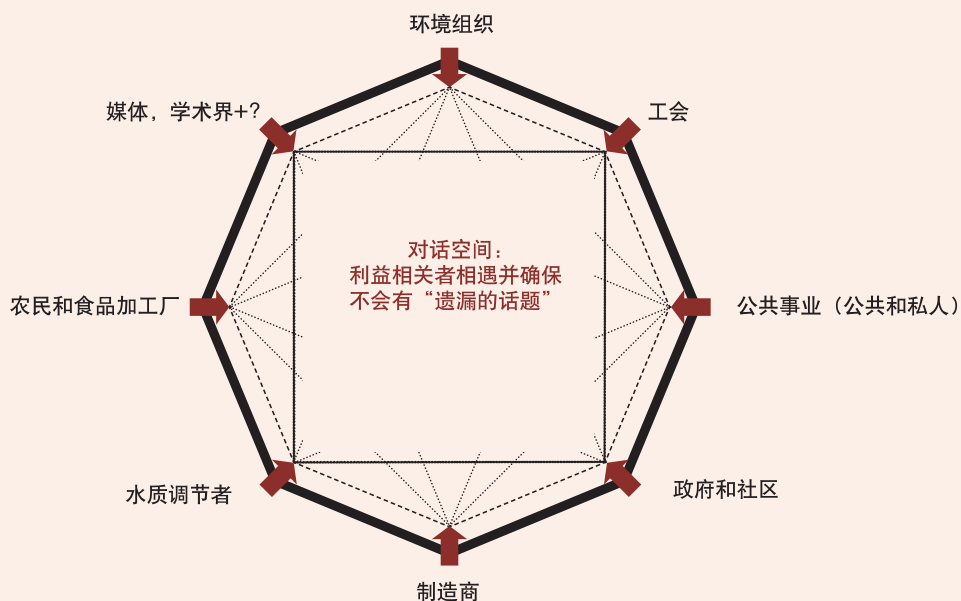
水分配实践在规模到持续时间上差异很大，授予大型灌溉项目的水权或许可长达数十年甚至只要是能使用就可以无限期地继续下去；而对于灌溉的水分配计划是根据小时计算的；短期水库泄水是为了满足电网的极端峰值需求；在干旱期间，可采用用水定额计划安排工业、基础服务、发电、农业和家庭的用水需要。

水分配系统有四个主要方面：

- 水权（正式或非正式），即授予水权持有者取水的权力，用于普遍认可的合理用途（Le Quesneet 等，2007）。取水人的权利必须由他人承认是合法的。

图 10.2

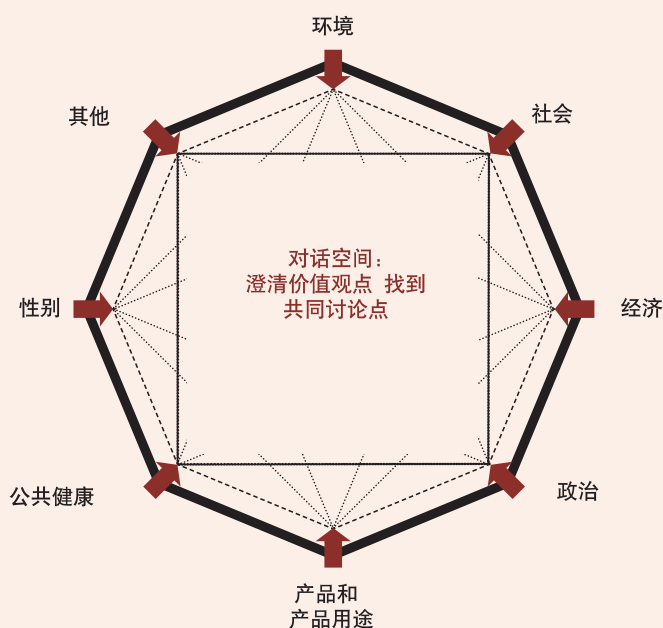
水对话空间中的各方



资料来源：改编自Moss等(2003, p.37)。

图 10.3

水对话空间中的价值方面



资料来源：改编自Moss等(2003, p.36)。

• 水分配，即可用水量在合法使用者之间共享的过程 (Le Quesneet 等, 2007)。

• 提供水服务 (或业务控制)，即向给那些有权以有效方式使用水的持有者供水的行为。

• 用水，即将水有计划地应用于某一特定目的 (Perry, 2007)

水权、水分配、提供水服务和用水之间以动态的方式相互关联，并受特定时间可用量的约束。现在的水使用方式预示着将来的情况可能是类似的。如果一个水权长时间持续存在，要忽视或者要求收回这个水权会很困难；然而可用水量又受自然和人为波动和变化的影响。

水文循环持续变化使水资源可用量在时间和空间上更加不确定。未来的人口、技术、经济和政治发展以及不断改变的人类价值加剧了水资源的长期不确定性。因此，制定能灵活有效地处理各种变化、不确定性以及相伴而生的

各种风险的水分配机制至关重要。

估算将来不同时间跨度内地表和地下水可用量的能力和无法预测将来水需求和使用的现实是两个重要因素。最大的不确定性风险是体制方面缺少对亟待解决的现实问题的适应力，以及水管理组织作出错误决策的可能性。

考虑到这些不确定性，解决水分配问题将面临以下四项重要挑战：

1. 在缺水期应如何开展水分配或再分配？如何应对自然和经济条件的变化？
2. 在水权分配过多，无法满足所有水权拥有者干旱时的水需求，或者某特定水源的可用水量长期衰减的情况下有什么解决方法？
3. 水体制应如何演进以跟上并预知变化？
4. 什么样的体制手段能应对不断上升的、引发冲突和争端的用水紧张形势？如何才能将这些紧张形势转化成合作形式？

为促使利益相关方积极参与，水分配决策

的透明和公正很必要。使用水户获得充分的情权也很重要，但不能确保他们做出最佳决策。与利益相关方保持经常性的会商和咨询不等于交出权力，而是由某个机构掌控水管理，

这样可使解决方案更加合法和有效，有利于项目的实施。世界水评估计划情境项目（详见第九章）的咨询专家预测说，将来公众会有更多知情权，公众的参与领域将更为广泛。

注 释

- 1 例外的情况是水的消耗性使用，水从湖泊、水库、树木和农作物蒸发 [这包括绿水，《世界水发展报告》第三版（2009，p.161）将绿水定义为“由于降雨渗透到土壤而产生的土壤湿度，可用于植物吸收和蒸发蒸腾。”如果以降雨形式直接降落在地上，“从土壤和天然水域蒸发，那么绿水为非生产性水”]。排入大海或高度污染的淡水，除非投入大量资金，否则无法再用于有益用途，也视为有效地消耗掉。
- 2 供水与卫生合作理事会（WSSCC）理事长乔恩·雷恩（Jon Lane）在2010年6月7日给《金融时报》的一封信中提到，现在拥有手机的非洲人比拥有厕所的非洲人还多。然而，他补充说，“在一些国家，厕所就是新手机，它说明你成功地完成了一件事”。据报道，在全社会卫生计划项目，某些社区的家庭决定拒绝那些有在公共场所撒尿陋习村庄里的人向他们女儿的求婚（Kar，2003）。这说明了人们已经认识到，卫生条件是健康和繁荣的标志。
- 3 最高值为191.05。
- 4 旅行费用评价方法推演出对游客在一段时间内享受的舒适生活以及到达旅游点产生的费用的价值评估。
- 5 Turner等（2004）对多项结果进行了复审。
- 6 在采用短期方法时，假定两种比较方案的容量固定不变。在采用长期方法时，两种方案都有新投资。两种方案的边际成本和平均成本也有所不同。
- 7 消费者愿意支付的与他们实际必须支付的数额差别。

参考文献

- AICD (Africa Infrastructure Country Diagnostic) (V. Foster and C. Briceno-Garmendia, eds). 2010. *Africa's Infrastructure: A Time for Transformation*. Washington DC, The World Bank/Agence Française de Développement.
- Delli Priscoli, J. 2008. *Two Stories*. A presentation at the First African Water Week, Tunis, March 2008.
- Dourojeanni, A. and Jouravlev, A. 1999. *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. LC/R.1948. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/8/5668/LCR1948-E.pdf>
- Emerton, L. and Bos, E. 2004. *Value: Counting Ecosystems as Water Infrastructure*. Gland, Switzerland/ Cambridge, UK, International Union for Conservation of Nature (IUCN).
- Granit, J. and Lindström, A. 2009. *The Role of Large Scale Artificial Water Storage in the Water-Food-Energy Nexus*. Stockholm, Stockholm International Water Institute (SIWI).
- Grey, D. and Sadoff, C. 2008. *Achieving Water Security in Africa: Investing in a Minimum Platform*. Paper and presentation at the First African Water Week, Tunis, March 2008.
- Hutton, G. and Haller, L. 2004. *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*. Geneva, World Health Organization (WHO).
- Jouravlev, A. 2003. *Los municipios y la gestión de los recursos hídricos*. LC/L.2003-P. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/7/13727/lcl2003e.pdf>
- Kar, K. 2003. *Subsidy or self-respect? Participatory Total Community Sanitation in Bangladesh*. Working Paper No. 184. Brighton, UK, Institute of Development Studies (IDS).
- Lentini, E. 2010. *Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. LC/W.335. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/41140/lcw335e.pdf>
- Le Quesne, T, Pegram, G. and von der Heyden, C. 2007. *Allocating Scarce Water – A Primer on Water Allocation, Water Rights and Water Markets*. WWF Water Security Series 1. Godalming, UK, World Wide Fund for Nature UK (WWF-UK).
- Mays, L. 2006. *Water Resources Sustainability*. New York, McGraw-Hill.
- McKinsey & Company. 2009. *Charting our Water Future: Economic Frameworks to Inform Decision-making*. 2030 Water Resources Group. http://www.2030waterresourcesgroup.com/water_full/
- Moss, J., Wolff, G. Gladden, G. and Gutierrez, E. 2003. *Valuing*

- Water for Better Governance: How to Promote Dialogue to Balance Social, Environmental and Economic Values?* White paper for the Business and Industry CEO Panel. Calif., Pacific Institute.
- Oblitas de Ruiz, L. 2010. *Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. LC/W.355. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/41764/lcw355e.pdf>
- OECD (Organization for Economic Co operation and Development). 2010. *Benefits of Investing in Water and Sanitation: An OECD Perspective*. Paris, OECD.
- Pegram, G. and Schreiner, B. 2010. *Financing Water Resource Management: South African Experience*. A Case Study Report prepared by Pegasys Consultants for the OECD Expert Meeting on Water Economics and Financing, March 2010. European Water Initiative (EUWI) and Global Water Partnership (GWP).
- Perry, C. 2007. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations. *Irrigation and Drainage*, Vol. 56, No. 4, pp. 367–78.
- Sadoff, C. and Muller, M. 2009. *Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses*. GWP Technical Committee, Background Paper no. 14. Stockholm, Global Water Partnership (GWP).
- Saliba, B. C., Bush, D. B., Martin, W. E. and Brown, T. C. 1987. Do water market prices appropriately measure water values? *Natural Resources Journal*, Vol. 27, pp. 617–51.
- Salzman, J. 2005. Creating markets for ecosystem services: notes from the field. *NYU Law Review*, Vol. 870. <http://www1.law.nyu.edu/journals/lawreview/issues/vol80/no3/NYU302.pdf>
- Turner, K., Stavros, G., Clark, R., Brouwer, R. and Burke, J. 2004. *Economic Valuation of Water Resources in Agriculture*. FAO Water Report No. 27, Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- UN (United Nations). 2010. *The Millennium Development Goals Report 2010*. New York, UN.
- Winpenny, J.T. 1997. Sustainable management of water resources: an economic view. R. M. Auty and K. Brown (eds) *Approaches to Sustainable Development*. London, Pinter.
- Winpenny, J., Heinz, I., Koo-Oshima, S., Salgot, M., Collado, J., Hernandez, F. and Torricelli, R. 2010. *The Wealth of Waste: The Economics of Wastewater Use in Agriculture*. FAO Water Report No. 35. Rome, FAO.
- World Bank. 2008a. *Economic Impacts of Sanitation in the Philippines. Summary*. Research Report published for the Water and Sanitation Programme (WSP). Jakarta, The World Bank.
- . 2008b. *Economic Impacts of Sanitation in Indonesia*. Research Report published for the Water and Sanitation Programme (WSP). Jakarta, The World Bank.
- World Commission on Dams. 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision-making*. London, Earthscan.
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2009. *United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris/London, UNESCO Publishing/Earthscan.
- Young, M. and McColl, J. 2009. More from less: when should river systems be made smaller and managed differently? *Droplet*, No. 16, email newsletter, 13 April. Adelaide, University of Adelaide.

第十一章

改革水管理机构、提高应变能力

作者：汉娜·爱德华兹、丹尼尔·洛克斯、安东尼·特顿、詹姆斯·温佩尼
供稿：理查德·康纳、尤瑞·沙米尔、乔斯·蒂默曼





从事水资源管理的个人、机构和组织都清楚，他们制定的决策不一定会获得期望的结果。影响经济、环境和社会效益的因素，以及管理决策产生的后果都具有不确定性且不可预知。这种不确定性可能导致不同程度的脆弱性，同时也带来更高的依赖性和弹性。水资源管理者及其所在机构必须认识到，环境中的不确定性总是以一种不确定的方式发生改变，在如此不确定的环境里作出的决定可能会产生任何后果。

水资源系统脆弱性评价是在充满不确定性和风险的环境中进行水资源管理的重要基础。

政府、私营部门及民间团体的领导人所制定的决策大部分都与水相关。因此，这部分人必须认识到水的作用，并将这种认识在他们所制定的决策之中反映出来。预测和情境分析都是重要的决策支撑工具，而利用不同手段对未来可能出现的情况进行预测，将有助于提高决策的正确性，而水资源管理机构的设立和改革都必须考虑这一点。

11.1 简介

不确定性已无法避免，我们要实现可持续发展必须做出改变。我们要加大数据方面的投入并加强能力建设，以适应资源紧张所带来的压力。我们应重点强化水利工程管理结构的稳健性和弹性，并将其作为日常工作来抓。正如第五章所阐述的那样，这种基础性的改变最有可能反映在水资源非工程管理措施中。在这个错综复杂的世界里，政府部门、私营部门以及民间团体的领导人尽管不在“水箱”之内，却是大部分涉水决策的制定者。因此提出新办法、向政府决策者以及受此决策影响的人群提供专业信息就显得格外重要（Falkenmark, 2007）。我们必须在专业技术人员、政府决策者和整个社会阶层构建一个关系网（见图 11.3，下文附有解释）（Hattingh 等，2007；Turton 等，2007a, 2007b）。

近年来，这种变化已经渗透到全球气候、金融市场、土地利用及消费规律等诸多领域，进一步加剧了未来水资源管理的不确定性。这种不确定性是系统本身固有的。同时，属性还与以下两点相关：一是水文、金融、社会及生态等多个系统之间的互相联系；二是人们普遍不了解生态系统如何对新出现的需求作出反映。已有人提出，不应将生态和社会系统分开，而应综合考虑社会生态系统（简称 SESs）（Burns 和 Weaver, 2008）。基于这点认识，应该看到，人类活动的影响十分巨大，经济活动及相关社会事业已不能和生态系统区别对待，社会生态系统已经和生态系统捆绑在一起共同进化。这与近年来作为新的地质年代概念日渐兴起的“人类世”不谋而合（Zalasiewicz 等，2008）。水资源管理机构需要不断改进评估方法，以应对未来的各种可能，而不是只针对一个设想好的未来进行规划，而且所有这些可能都充满不确定性，所具备的可能性也各不相同。为应对所有可能出现的未来，我们需要关注的主要工程问题包括如何规划、设计和运行具有可持续性、可靠性、应灾能力、稳健

的水资源系统，特别是在各种驱动因素充满不确定性条件下。其最终目标在于运用多学科的方法制定水资源规划、综合科学、经济决策准则、监督及评估过程的指导方针和法律法规，而且上述每一项都需要考虑各种未来的现实情况。

正如第五章所述，传统水资源管理是自上而下的行为。而“适应性水资源管理”是在不确定性无法避免的条件下进行水资源管理的一种手段，采用自下而上的方式。经验表明，将这两种方法结合起来对于解决不确定性和风险来说最为有利。自上而下的方法在导向性上更具战略性，因而能够抓住宏观态势，并对水资源管理活动以及计划的制定和实施提供总体框架。而自下而上的方法在导向性上更具有操作性，能够准确反映出众多行动者及利益相关者所面临的现实问题、水需求以及不确定因素的状况。一般来说，地方对解决涉水问题的热情和支持度最高，因为当地社区距离实际影响最近，因此只要他们的立场得到充分重视并且有能力有效解决问题，对需要采取的行动也比较容易接受。

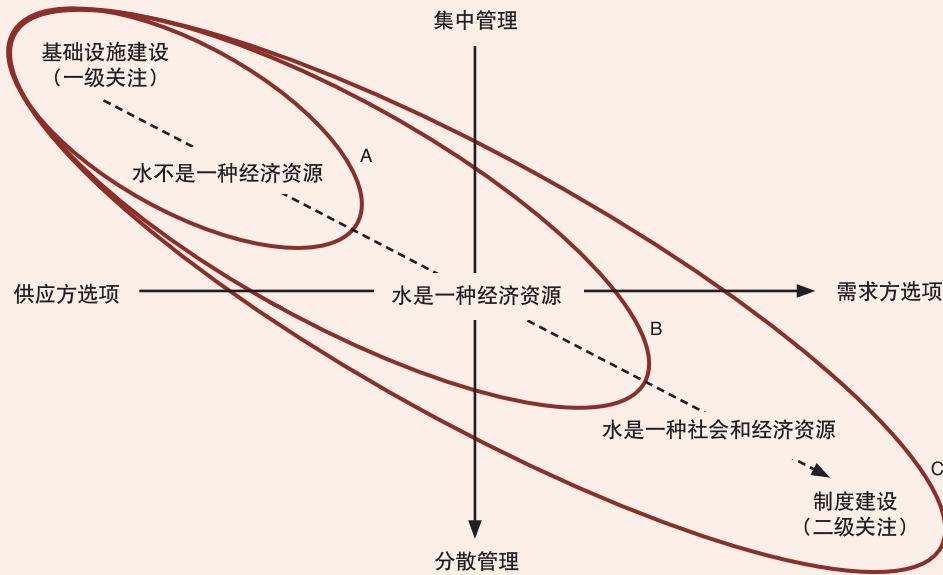
制定并实施有效的水资源管理计划能很好地整合这个管理体系的两个端点，尤其是在工作重心从基础设施建设向制度建设转移的时候（见图 11.1）。然而，在不同的社会、政治、经济和环境条件下，各个方法的相对重要性也会有所差别。在解决固有的不确定性和风险时，一项主要的挑战是将更具适应性的方法引入管理体制，而不考虑水资源综合管理是否已作为政策框架得到运用。适应性管理的根本是特定的原则和方法。

11.1.1 将适应性管理引入水资源综合管理

作为实现可持续发展的管理框架，水资源综合管理在全球已获得普遍接受（Ashton 等，2006）。水资源综合管理根据不同方法而有不同的定义，而最广泛接受的定义是将其视为过程而非工具。此外，水资源综合管理是一种手

图 11.1

概念模型显示水资源管理者适应大范围驱动因素和问题时的总体改变趋势



资料来源: Turton等 (2007a, 图1.1 p.5, 已获得Springer Science和Business Media的许可)。

段, 其自身并非目的。虽然通过第一章 (见 1.3.3 节) 阐述我们了解到水资源综合管理在发展中国家取得了一些进展, 但仍难以执行。

治水及水资源综合管理是在相对有限的水资源基础上解决各部门需求竞争的主要手段。不同部门有其偏好的管理原则、规章制度及激励手段, 经常会与其他部门相冲突。对社会风险容忍程度及服务可靠度进行定义, 这是社会契约的一部分, 无论是新药研发、核电站修建还是水利基础设施建设, 都需要社会内部各个方面通过持续不断的对话进行决策 (Nyambe 等, 2007)。水资源综合管理在这一过程之中不断进化, 以涵盖可持续性的各个不同维度 (生态、生物物理、社会和制度), 但这种综合管理制度经常也具有“路径依赖”的特点 (即根据不同条件而采用不同的实施方法。见 11.4.4 节)。因此, 有效实施水资源综合管理需要大量的知识作为支撑, 并且必须具备适应性, 在外界出现无法直接控制的变化时才能适时作出响应。

适应性管理是“对管理行动及其他事件的

结果有了更好的理解之后, 在面对不确定性时对决策进行灵活处理的过程” (美国国家研究委员会, 2004)。本报告对“适应性管理”的定义是“为了跟上未来的变化而对过去所作的决定进行定期修订, 以适应难以预测的变化”的方法。其适用范围是未来能够影响决策结果的社会、经济、气候或技术条件无法准确预测的情况。

必须了解过去持续发生的变化, 以及原有决策所作出的响应, 这对于保证适应性管理的效率至关重要。监测、数据库管理及通信对于任何适应性管理方法都是十分重要的组成元件。这种方法与经济增长数据、人口趋势、食物消费规律变化、采动影响、能源需求等“水系统外部”的驱动因素相互关联。适应性管理适用于水资源管理的许多方面, 同时也可用于应对洪旱灾害及其对粮食生产的影响、财产损失、人员转移及其他社会影响。为了有效贯彻“预防原则” (见 11.2.3 节)、实现可持续发展的各个目标, 在各种固有的供需不确定情境下, 有必要对影响水利基础设施的所有驱动因

素进行全面考量。通过提高水利工程的灵活性，提高工程的稳定性和抗灾能力。

11.2 风险和不确定性条件下的水管理原则

为实现政策制定者确定的目标，水管理必须处理当今世界各种变化中的不确定性和多变性。Lempert 和 Groves (2010) 认为，要实现这个目标，必须坚持以下主要原则。

- 推行稳健的工程或策略，并按照可持续发展的要求，对当前用于日常水管理的经济及优化决策规则进行修订。

- 实施适应性战略以实现稳健管理；必须清楚地制定近期策略，在信息获得更新的时候能够及时修订策略。

- 利用计算机辅助进程对各种假设、选择及可能情况进行互动性探索。

这些原则正被越来越多的水资源从业者及学术人士所倡导，并在技术创新、工程设计变化、多目标流域规划、公共参与，以及法规、金融及政策激励措施中得以体现。其中一个例子是澳大利亚推行的水账目框架（见第六章），旨在将过去各自为政的部门及机构之间的报告进行整合（AASB, 2011；Godfrey 和 Chalmers, 2011）。现有的预测方法正不断得到改进，利用大量不完美却可能出现的未来情境，分析师及决策者就可以基于多种情境对未来一系列中短期行动制定计划，而不是仅仅依赖单一概率进行预测。

当高需求与低可用性同时出现、且事先未能预料到时，压力就会产生。因此另一个重要原则是要预测这种压力出现的时间。

应考虑若干选择，以部分缓解干旱压力。从长远的角度看，增建基础设施可以提高储水能力，采取相关措施可以减少输水渠道及配水系统的漏水现象，此外还可以提高灌溉系统的效率，并利用诸如海水淡化等手段增加供水量。开发替代能源，如地热、风能和太阳能，可以减少传统能源的耗水现象。而短期可采取

需求管理措施，减少用水量并提高水资源的重复利用率。

11.2.1 多样化是适应性水资源管理的核心原则

适应性水资源管理的目的在于通过提高妥善应对意外事件的能力，以增强应变能力。这些原则大多属于“弹性理论”（Burns 和 Weaver, 2008）的范畴，源自于生态系统理论（Holling, 1973），并主张多样化系统能够更好地应对极端事件。一个可以借鉴的例子是“投资组合理论”，即将投资分散到截然不同的风险产品上，以降低整个投资组合的总体风险。我们同样可以采取若干步骤以及多样化的形式进行水资源管理决策和投资。比如，半干旱雨养农业区的主要挑战是开发新的抗旱措施，可搭配实施提高地表水的储蓄能力、增加地下水供给、针对当地农耕社区制定灌溉计划、运用卫星技术推广精细农业、开发抗旱种子等措施。水资源管理人员应建议决策者建立相应的政策框架，积极推行水价和补贴政策或实行其他金融激励机制。

11.2.2 脆弱性评价

Hashimoto 等（1982）引入了分类学方法，将水资源管理水平评估中固有的风险与不确定性包含进去。他们利用简单的原则代表一组描述符，用来描述传统工程可靠性分析的关键构件。本质上，他们关注的是参数的敏感度和不确定性的决策变量，包括战略不确定性中的某些方面。主要原则包括（Hashimoto, 1982）：

- 可靠性：成功的几率；
- 稳定性：不同情境下系统性能的满意度；
- 恢复力：系统从故障（洪水、旱灾、污染物泄漏）中恢复的速度；
- 脆弱性：故障后果的严重性。

这几个原则通过关注参数的敏感度和不确定条件的决策变量，对传统工程可靠性分析的关键构件进行拓展。人们越来越注重通过改进

设计提升系统的应变能力，进而降低水工系统的结构脆弱性。关键是，要如何评价这些战略？传统做法是基于历史数据及统计分析进行风险管理，但现在人们已经意识到，由于非线性复杂性的增加，历史经验并不能用来预测未来现实（Turton, 2007）。例如，如今采用“成本-收益”风险分析对战略进行选择。经济分析中的“贴现率选择”是水利工程经济变量的重要决定因素。而对于生命周期长或具有重要社会及环境效益的工程，贴现率水平是否适用在工程界引发了激烈的讨论。“可接受风险”和不确定性的水平也是同样的情况，哪怕这两项都无法完全量化。在无法对风险进行量化或隔离时，需要有辅助性决策支撑工具，而在第九章所述众多因素相互发生作用时，也将有同样的需要。

11.2.3 预防原则

预防原则认为，当某种行动或政策的结果可能对人民或环境带来不良影响时，在对其可能出现的后果未能达成科学共识时，采取这种行动的人有责任证明其行动和政策不会造成不良影响。这里暗含的意思是，当发现某种可能存在的风险时，决策者有相应的社会责任采取预防性措施，以保护公众和环境免受伤害。这种趋势在复杂经济体的公司管理结构中，特别是同时在多个国际股票市场挂牌上市的公司已表现得越来越明显。除非后来的科学发现能确凿证明这样的行动或政策不会带来危害，否则相关的限制条件就不应有任何松懈。

11.2.4 满足不确定性和风险条件下的信息共享需求

在固有不确定性背景下降低与水资源管理相关的风险，这需要更为丰富的信息作为支撑。水文信息经常是针对某个特定用途而进行收集，比如用于水电规划的应用与设计、供水系统及污水处理厂。为了开展适应性水资源综合管理，需要提供更为丰富的信息。水资源在时间和空间上的流动总是在不断变化，但传统

做法经常将其视为静态的资源。这种工作方式在以前并没有太大问题，因为以前对资源的需求相对没那么复杂（Turton, 2008, 2010）。但时至今日，各种依赖于水资源的因素已相互交织、变得越来越复杂，如果没有准确的信息作为支撑，决策者面临的挑战将日益增大，尤其是管理选择很多，比如水资源保护及需求管理策略。商业公司拒绝公开数据甚至操纵数据、公众及监管人员无法获取数据的问题日益严重（见专栏 11.1）。从现有的政府部门和水资源数据源中或许能够获取一部分信息，但对于那部分没有的数据，则需要通过监测活动来获取。监测需要大量工具设备、较高的数据传输能力以及人员配备，长期运作下来成本会很高，因此这一方面的工作也面临着越来越大的压力（见第六章）。

专栏 11.1

南非矿山关闭事件是体现复杂性的典型案例

南非约翰内斯堡市内没有多少河流、湖泊和海岸，这样的城市十分罕见。实际上，处于大陆分水岭之上的约翰内斯堡之所以存在，是因为地下的金矿（Turton 等，2006）。这些地区埋藏的黄金由黄铁矿构成，富含硫化物，地面覆盖了大片的喀斯特地貌（Buchanan, 2010）。然而，采矿活动停止之后，遗留下来的矿坑充满了酸性极高的水，给当地房地产带来了极大的不便（Coetzee 等，2002, 2006）。这不但给房屋所有者带来了难题和一定程度的不确定性，也使水资源管理者所面临的问题变得更加复杂。

核心问题是计算矿坑中的水上涨的速度。这需要进入场地，对水位进行观测。

然而，控制矿井的公司不愿意公开数据，因为他们希望自己承担的责任越少越好（Adler 等，2007）。在这种情况下，以前被视为与水资源管理毫不相干的新数据现在却有了需求，因为矿区的水注入两个主要流域的上游河道，分别是奥兰治（Orange）河和林波波（Limpopo）河，这两条河流与下游至少五个国家（博茨瓦纳、莫桑比克、纳米比亚、南非和津巴布韦）的社会经济利益密切相关。水资源管理所面临的挑战之一是，在缺乏法规、缺失跨部门制度联系而造成所需数据无法正常传递的情况下，在矿山关闭之后如何对矿山进行管理（Strachan 等，2008；van Tonder 和 Coetzee，2008）。

11.3 风险和不确定性条件下的水管理方法

有必要区分水资源系统的脆弱性和社会对经济中断甚至崩溃的敏感性。水资源系统的脆弱性是指水文敏感性的功能以及水资源管理系统的相对水平。而社会生态系统的脆弱性指的是水利基础设施敏感性的功能以及社会生态系统的应变能力。这两者紧密联系在一起，但随着人口增长，原本就比较紧张的水资源系统所承受的压力越来越大，使得社会生态系统的脆弱性也越来越突出。其结果是应变能力普遍下降，可允许出错的空间越来越小，直至灾难性错误出现。资源既被用作取水源又被作为收水坑，本身已日趋紧张，人类对其的依赖却越来越大，导致脆弱性的迹象越来越明显。

大量水资源管理决策背后的驱动原因恰恰是不受水资源管理者控制的经济、环境和社会因素，而任何水资源决策的有效性同样也会很大程度上取决于“水箱”以外的影响力量。作决策的时候，必须考虑这些决策机构在面对各

种变化因素带来的不确定性时自身的脆弱性。在对水资源利用和管理提出建议或作出决策时，尤其是作出长期决策时，必须问这样的问题：50年后，这样一个特定的决策或发展政策还会是明智和有益的吗？它是否还能适应水资源综合规划和政策？

对于水资源管理机构来说，采取综合规划与管理策略并不容易，其职责和决策范围可能会受制于现有的法律规定。因此，在检验相关机构决策的综合程度时，应首先明确实施综合规划和政策的责任人（见专栏 11.2），谁有责任来确保所有结果、驱动因素及受影响的利益相关者都在决策过程中得到考虑？谁有责任思考未来，并判断某些决策是否因未来可持续发展的需要而得到重视？这些问题的答案将用于衡量适应性水资源综合管理的执行力度。

我们必须经常审视这些问题，只有这样，才能在现有制度设置和决策过程无法妥善应对重大挑战时从容应对。

专栏 11.2

气候脆弱性指数

人类在全球变化面前的脆弱性受当下及未来水资源可获取量影响，并由一系列社会、经济及环境因素影响。这些方面共同影响了人类应对变化状况的能力。气候脆弱性指数（简称 CVI）是一种复合指数方法，它抓住了脆弱性定义的本质，有助于确定脆弱性，进而确定工作重点，保护当地民众。气候脆弱性指数结合了全球影响因素（简称 GIFs），包括地球空间变量、资源量化、水资源及产权可得性信息、人民及制度的能力、水资源利用以及生态完整性的保护等。该指数为百分制，分值越高，脆弱性越高。通过建立未来气候和社会经济各种预测情境，获得当前气候脆弱

性指数分值的变化，并反映出全球影响因素在不同情况下如何变化。气候脆弱性指数或许能够吸引利益相关者参与其中，因而所产生的结果在受影响人群的眼中不仅具有合法性，同时具有可操作性。

资料来源：Sullivan 和 Meigh (2005)。

11.3.1 适应性管理方法的关键要素

适应性管理方法发展缓慢的原因在于，如果基于历史记录，在非线性系统中对未来情境做出预测，其不确定性将不断增加。也正因如此，水资源管理者面临的重大挑战才会越来越难以预测，而未能充分应对挑战本身才会构成不断加剧的风险。必须采取实用的“主动适应管理”，这种方法与第五章讨论的“零遗憾”原则形成对比。适应性水资源综合管理方法包含以下几个元素：

- 加强所有工程的应急管理和预案制定，包括提高公共参与程度和情况判断能力，在需要的时候宣布采取特别措施、进入公共紧急状态，以及这些措施的局限性（比如权力机构及用户的权力与责任）；

- 能够制定渐进、慎重的适应性措施，并确定采取这些措施的阈值；

- 高效的信息与交流策略，以传递信息、建立与相关部门的对话机制和影响其他部门的决策并获取公众的支持（Nyambe 等，2007）；

- 加强不同部门之间的合作，建立联动机制，开展应用研究，以应对气候变化；

- 基于风险，对基础设施进行规划与设计，以对定义好的不确定性范围进行解释；

- 采用新一代基于风险的标准对应对极端事件（洪水与干旱）的基础设施进行设计；

- 老旧基础设施的运行、维护和生命周期管理过程中，应加强检查、监督和调控；

- 开展水利基础设施脆弱性评价，并对发生故障时社会经济所受影响进行评价；

- 针对水文变化和多变性加强研发；
- 改进预测手段；
- 制定统一原则，在过程中不断重申并对所有阶段进行引导。

几乎所有国家的水资源量及利用情况的相关信息和数据都不完整，无论这个国家处于什么样的发展阶段。而且仅有的信息也常常是不可信、残缺和不完整或者是基于大致测算得出的，因此在时间（不同时期之间）和空间（国家之间、水系统之间、水用户之间、流域之间）上经常会出现不一致的现象。

11.3.2 将情境作为适应性管理方法的要素之一

通过采用适应性管理方法，大量对未来的不完美的预测正在逐步得到改善，这取决于合理的未来预测，允许分析师和决策者确定一系列近期和远期的选择，并保证这些选择在未来多种情境之下保持稳定。这种方法并不是仅仅依靠对单一未来情境的概率预测，而是努力探讨今天能采取什么样的行动，以塑造出未来我们期待出现的若干种可能（Lempert 和 Groves，2010；本报告第八章和第九章）。

这要求我们提高监测系统的复杂程度，以获取并整合所需要的数据。这种要求同时会给整个决策过程增加新的压力。适应性管理本身就要求复杂的数据和硬接线，以形成反馈回路，尤其各种系统需要对累加的变化进行管理，包括跟踪这些变化的手段（Stakhiv 和 Pietrowsky，2009）。事实上，随着核心问题被重新界定，新的反应机制通过修改决策过程而产生，就会创造机构不断学习的氛围。

11.3.3 将建模作为适应性管理方法的要素之一

早在复杂的建模、风险与可靠性分析以及可用于确定水文多变性风险及不确定性需求的数据库出现之前，全世界范围内已构建了船闸、大坝、堤防、灌溉渠道及输水隧道体系。在未能预见各种供需的情况下，这些水工结构

仍屹立不倒并高效运行着。简而言之，这些工程运行相当稳定，且具有较强的抗灾能力。而另一方面，目前尚不清楚基于特定气候参数制定的设计规程在不断变化的气候条件下将有什么样的表现。

各行各业都有其既定的惯例和准则，而担负公共安全职责的工程师也不例外。这些在一定程度上是根据过去成功的或至少被社会大众所接受的实践而获得，同时也是工程承包商需要满足相关法律法规的结果。广为应用的百年一遇洪泛标准就是这类安全标准的一个例子，它描述了哪些地方容易受洪水淹没、哪些地方是安全的。很明显，这样的标准十分随意，因此常常无法反映现实的风险和实际破坏的程度。另外一个例子是荷兰的堤防保护标准，其抵御的洪水从1250年一遇的洪水到万年一遇的风暴潮。更多时候，防洪标准取决于公众为了“安全”所愿意支付的费用。

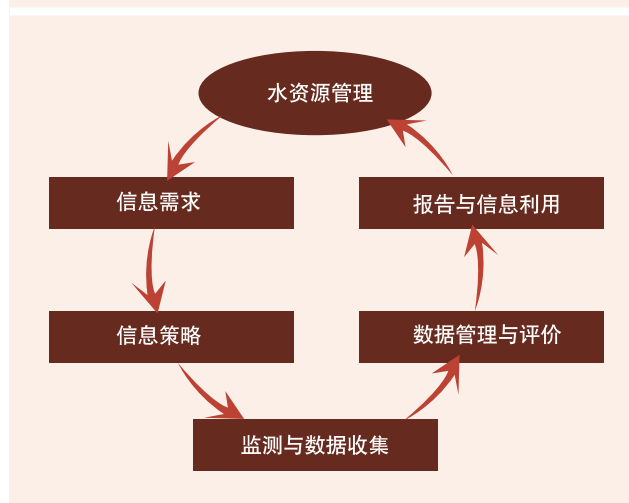
模型有助于确定决策所需的数据类型及精准度。然而，从现有监测项目获取的数据本意虽然都希望对未来的管理人员有所价值，但是未来管理人员所需要的数据及精准度却很难预测。因此，设计监测系统的第一步是确定当前决策过程中所需要的信息。信息需求决定监测的参数、收集的数据类型以及采用的分析种类。

虽然降水频率、强度、持续时间和发生率，以及径流事件相关的水文气候信息是大多数水资源管理决策过程所需的最基本数据，它们也是经济、环境和社会经济信息及目标的基础，而且后者的信息及目标更为基础，通常也是大多数水资源管理决策的依据。事实上，正是这些非水文信息引导并限制了基本的决策原则，而各个社会也会根据这些原则，挑选出适用的选择，部署相应的方案，以解决水资源管理方面所面临的问题。未来收益和成本在当前时期的价值，取决于土地利用法规、经济工作重心、贸易政策、收益-成本标准甚至是贴现率的选择，而水文信息往往处于次要地位。(Stakhiv, 2010, p. 22 页)

监测活动的频率以及监测站点的分布密度取决于某个属性或参数的价值时间和空间跨度的多变性。一旦监测网络设计确定之后，就需要确定数据收集、存储和分析的过程，并对相关结果进行报告和传播的途径进行规划，在监测战略之中应该包含这些考量，同时随着时间推移可能会出现变化和加强，以反映知识和目标的变化、方法和工具的改进，以及预算的修订。基于监测数据采取相关措施以提高系统管理的效率，将直接导致信息需求的变化。随着这些变化的出现，监测计划也应该做出相应的修改(见图 11.2)(UNECE, 2006)。这种方法可支持适应性监测项目的开发，并在新信息出现、科研课题改变过程中不断进化(Lindenmayer 和 Likens, 2009)。它是机构学习的固有属性，同时也是妥善适应变化的表现。

图 11.2

监测与评价循环



资料来源: UNECE(2006,图3, p.16)。

11.3.4 充分考虑不确定性和风险的决策

适应性水资源综合管理是为现代水资源管理人员提供的一种灵敏且实用的方法。它是水资源综合管理的一种延伸，是针对现代社会生态系统固有且不断加剧的不确定性而设计(Burns 和 Weaver, 2008)。自然环境可以视为“基础设施”，是因为它和人造基础设施一样提

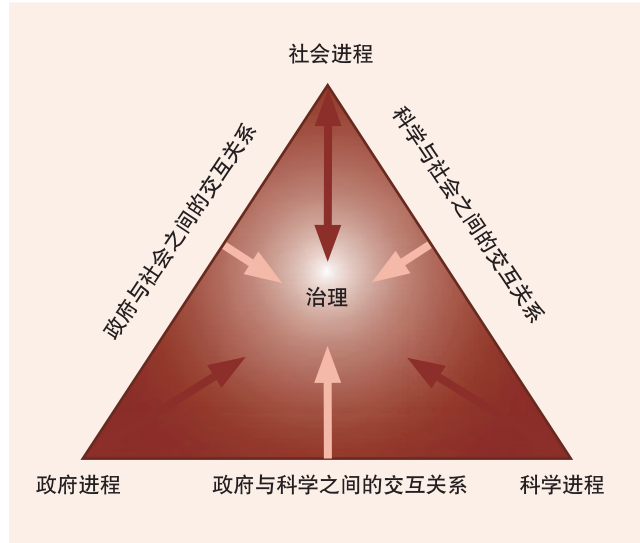
供了众多相同的服务。像污水处理厂一样，湿地可吸收众多有机废物。土壤水分和地下水是潜在战略储备的重要水源。不断加强生态系统水需求领域的研究与监测有利于在基础设施的大背景下优化自然环境的利用。

节水与需求管理是在适应性水资源综合管理大背景下加强资源管理的一个重要组成部分，要求在各种水资源利用之间进行妥协，以提升利益相关方的参与程度及管理的灵活性。用来解决未来需求的水资源管理工具包括制度改革和政策更改，以支持需求管理和更为高效的水资源利用，比如相关技术的合理利用。采用这种方法管理水资源十分重要，因为它蕴含着行为的改变、经济以及其他方面的激励机制 (Brooks 等, 2009)。为实现最有效的目的，必须提高公众意识和公众参与程度。这需要提高分析工具和模型的水平，使得出的结果可信、便于理解且可以向广大非技术人员传播，包括公众、媒体和政界等，如图 11.3 所示 (Ashton 等, 2006; Hattingh 等, 2007; Turton 等, 2007a, 2007b)。这种多学科方法广泛涉及利益相关方、心理学家、经济学家、水文师、水资源管理者以及政治科学家等众多人群，而且已经成为优化基础设施设计和制定用水政策普遍采用的方式。

满足供水需求、保护人民生命和财产免遭洪旱侵害，这是所有国家都面临的极大挑战，但发展中国家无法建设必需的基础设施来减少此类事件负面影响的问题更突出。对于这些国家来说，这种威胁尤其明显。现实情况是，由于当前水文多变性的条件下各种极端事件都可能出现，水资源管理体系并不能满足所有需求。在应对各种灾害对社会造成的危害时，水资源管理体系不仅要最大限度减少风险还要降低成本。各地不断地在风险与成本之间求得平衡，这也是许多国家在设定基础设施防洪抗旱标准时采用多少年一遇具体数据的原因。当然，随着城镇地区人口密度的提高和生活方式的变化，这些标准会不断变化，有些国家像荷兰和日本开始采用风险规避的标准。新设计标

图 11.3

三方对话模型在政府、社会和科学三个主要行动人群之间构建结构化的交互关系，对适应性水资源综合管理十分有益



资料来源: Hattingh 等 (2007, 图1, © CSIR 2007)。

准和规划原则的设定可能是所有适应性策略中最为重要的方面。

水资源管理正伴随着适应性管理的原则一起进化，它运用各种各样的工具，采取不同的组合方式，以降低脆弱性、提高系统的抗灾能力和稳定性、并保证水资源相关服务的可靠性。“这些工具包含众多技术创新、工程设计变革、多目标流域规划、公众参与，以及法规、金融和政策方面的激励。然而，还需要功能健全的机构对这组错综复杂、分布广泛、造价昂贵的措施组合进行有效管理。因此，解决管理的中心议题是所有策略适应需求变化的关键之处 (Stakhiv, 2010, p. 23)，它是适应性体制的产物 (Falkenmark, 2007; Nyambe 等, 2007; Priscoli, 2007)。

11.4 管理风险和不确定性的机构

总体上讲，目前水机构都不具备应对当下面临挑战的能力，比如土地与水资源综合管理、协同工作、保证透明度和问责制、获取足够的能力和资源，以及拥有适应性能力。应对

不确定性的机制应具备提供流域服务、降低事件处理成本、创建各部门之间的联系、建立新的领导风格的能力。

改进机构要求加强制度建设，创建学习型体制，解决制度缺陷，并在水资源管理之中引入非正规机构。这意味着加强水箱之外的能力建设，这在主流做法之中仍不普遍。

机构能力建设需要清楚地定义各个部门的角色与职责，特别是在紧急或缓慢出现的灾害发生时更是如此。适应性制度能力包括：清晰的决策步骤、通信协议及应急规划，并通过定期培训和模拟演练加以巩固（UNECE，2009；WWAP，2009）。

传统水资源规划往往比较僵化，而水管理机构又通常缺乏与其他机构的紧密联系，有效管理水资源和开展服务（Funke等，2007）。二者叠加后的挑战在于如何建立适应性管理框架和体制，以响应社会急需抗灾能力更强的体制和方法的呼声（GWP，2009）。近年来，水资源管理方面的发展集中体现在管理的改善和制度的变革，包括官方和非官方领域的变化，以及公共和私人之间分界线的变化（Falkenmark，2007；Priscoli，2007；Nyambe等，2007）。有些国家已取得了不少进展，但体制改革仍是功败参半，他们仍然面临着管理、财政以及能力建设方面的缺陷，难以实施新的体制结构（见专栏11.3）。

专栏 11.3

尼日利亚水质监测

水质监测的目标在于获取对水资源管理有用的信息。在尼日利亚，大部分生活及工业用水取自河道与地下水。大多数人口的用水取自河道及浅井，而对水质进行持续监测不仅能发现并避免污染，而且也能根据监测结果将标准提高。这对于城镇

地区尤其实用，因为城市中人口和工业的密度大，排入水体的废弃物总量也比较大。在尼日利亚，水质监测仅仅意味着每个州每年对地下水位进行一次监测，由各个州的水利机构负责执行，参照的标准由尼日利亚联邦环境保护局制定。全国并没有统一的水质监测规划。虽然立法、技术、操作环境等条件都十分不利，但尼日利亚水质监测面临最主要的制约因素却是体制上的障碍：机构框架无法保障监测工作的有效实施。最大的问题在于资金不足且到位不及时、人员不足、组织活动缺乏中央协调机构、基础设施维护不力、对体制改革需求的响应不足。因此，对于犯罪行为只有轻微甚至没有惩罚措施。此外，信息匮乏对于污染管理也构成严重妨碍。监测并非只是技术问题，而且还是机构和体制的问题。

资料来源：Ekiye和Zejiào（2010）。

11.4.1 创建适应和灵活的机构

需要更具适应性的水资源综合管理（见5.1节）的观点已获得认可，因此也使得通过跨部门和跨学科合作实现可持续发展的做法日益受到重视。这给健康的体制变化创造了良好的机会。如果机构无法承受不确定性，那气候及其他外部变化将给用水户和以水为生的地区带来巨大的成本，最终限制经济增长潜力。确定内外因素对管理过程的影响，可提高机构的适应性并提高效率。保持健康体制演变所面临的主要挑战有如下几点。

整合

整合包括在规范土地及水资源相关行为的官方和非官方体制内所进行的政策调整和统一。高效的体制鼓励低成本的保护措施和效率提高手段，例如需水管理实践，同时保持灵活性和可适应性，以应对气候预报中日益增长的

不确定性。同时，在对供水重新配置时，如果管理不当，极可能造成不稳定性。因此高效的体制还需要保持稳健，以应对可获水资源变化。在整合无法实现的时候，有必要做出妥协，加强各方协作，以达到资源优化配置和减少不良影响的效果。主要挑战是如何将传统上不受管理的非官方机构纳入官方的供水体系。

实施协作

不同机构采取的措施可能会影响到其他的机构。例如，欧盟通用农业政策（CAP）在实现欧盟水框架指令（WFD）的目标上发挥了积极的作用。这种协同作用对至少一个机构是有益的。找出机构之间微弱或强健的联系，有助于确定协同作用（或避免干扰）的可能性，制定改革任务，并确定机构的优先重点（Wettesstad, 2008）。同样，在缺水地区，采矿业管理部门所推行的政策可能在总体上惠及全社会，但未进行规划而直接封闭矿山的话，则有可能产生意料之外的后果，进而对国家粮食安全造成严重的负面影响，南非就发生过这样的案例（van Tonder 和 Coetzee, 2008）。

廉政与问责

打击腐败行为要求决策过程透明与信息披露，因为腐败严重影响水资源配置以及水与卫生服务的效率和公平，贫困与弱势群体受到的影响尤其严重。腐败不仅是管理危机的症结所在，还增加了政策执行的成本（Allen, 1999; Lund, 1993），并且打击投资者的积极性（Earle, 2007）。因此，它对改进问责所需的体制改革构成影响（Marin 等, 2007）。在大多数发展中国家，担负这些职责的管理者往往没有被赋予足够的权力，甚至缺位（van Wyk 等, 2007）。水账目在澳大利亚等缺水国家已经开始出现，其背后的驱动因素是所有利益相关方要求改善用水报告的廉洁度（AASB, 2011; WWAP-UNSD, 2011）。

能力建设与资源

实施高效的水服务，提高解决廉政与问责等基本管理问题的能力和权威，这些都需要有

足够的资金和适当的人力调配。其中一个案例是南非林波波（Limpopo）河流域的马旁古布维（Mapungubwe）地区。当地政府在分配采矿权时并未考虑水资源的约束条件以及附近联合国教科文组织世界遗产地的文化敏感性，结果引发了激烈的争论，之后在采矿业、政府及野生动植物保护者之间达成了新的协议，建立起新形式的补偿贸易机制，以满足所有参与方的诉求¹。

应对风险与不确定性的机构适应性能力

技术与基础设施建设以及可获得的金融资源对于提高用水效率都至关重要。

大素潘斯堡（Greater Soutpansberg，林波波河流域的一部分）新开发的煤矿就是一个案例。由于水资源短缺，通过采矿业增加就业位的计划一直受到严重制约。南非水利部（DWA）提出了一个解决的办法，即创建特殊目的载体（SPV），用于买断农户手中现有的水权，并与矿业达成包销协议。这是适应性管理的一个例子，政府在促使水资源从低用水效率行业（农业）转向高用水效率行业（矿业）中发挥了积极的作用。

拓宽可持续的融资渠道

在发展中国家，许多水机构都存在融资和能力不足的问题。为建立有效的体制，不仅需要新的资金投入，而且也需要更高效地利用现有资金。涉水资金大多数流向基础设施建设，而不是投入体制和人才队伍建设。政府与私营部门应提供更有吸引力的激励措施，以创新融资手段，改善制度的执行力，进而减少影响人民生计以及水资源与服务的不确定性。

另外一个机制是减少搭便车现象和降低转型成本（Nicol 等, 2001）。水资源机构决定谁能够使用哪一部分的水、如何使用、什么时候、能用多少，并且制定管理职责和水价并收取费用。为了维护机构的正常运转，各方都需要在财政上有所投入。搭便车现象是指合法用水户获取的水资源超过他们分配到的份额，因而有可能导致水配置纠纷。非法用水户在未获

得合法权利、许可或授权时也有可能私自取水，私采地下水的现象尤其普遍，也更加难以管控。正因为如此，农村地区基于社区的供水项目经常无法维持下去，许多社区无法筹集到足够的资金，用于公共水资源日常运作与维护。监督巡查用水户的执行成本如此之高甚至超过了收益，特别是在农村地区用水户常常分散在大片的区域内。而如果社区在水分配和成本分摊方面不够公平的话，也常常会出现这种情况。社会道德约束或许是减少搭便车现象的有效手段（Clark, 1977; Olson, 1965）。由于社会道德约束的存在，社区成员违反规则时，会受到惩罚，还会冒着被社会隔离和失去尊重的风险（Breier 和 Visser, 2006; Ostrom, 1990）。

筹措资金克服制约因素的做法由来已久。印度的 Swayam Shikshan Prayog (SSP) 项目成立了超过 1 000 个妇女储蓄和信用小组，调动公众用自己的资金为他人提供贷款。非营利性组织 Sakhi Samudaya Kosh 创立于 2006 年，旨在为妇女提供小额贷款，为农业、水与卫生事业以及受灾地区低收入群众提供保险²。而孟加拉乡村银行（Grameen Bank）则是另一个成功的典范，并成为 2006 年诺贝尔奖的共同获得者之一³。

11.4.2 完善机构采取的行动

促使水管理机构内部发生变化的原因既包括内部因素（缺水、性能下降、资金不足），也包括外部因素（宏观经济危机、政治改革、自然灾害、技术进步）。在这些因素的共同作用下，机构改变的机会成本升高，相应的转型成本降低，并创造了有利于改革的制度文化。专栏 11.4 所列举的建议将有助于调动这些因素中相对更支持改革的力量，以推动机构改革的实现。

机构的水资源管理只有在联合治理时才最有效。建立在政府、社会和技术部门共同协作基础上的水资源管理能确保其有效性和可持续性（Hattingh 等, 2007; Turton 等, 2007）。

这要求跳到水箱之外看待事物，加快学科整合，以在技术和政策层面上涵盖水资源、农业、矿业、环境、规划、金融、农村发展等各个领域。要实现这一目标，需要建立信任和社会资金（Fine, 2001; Ostrom, 1994, 2001）以保证问题解决过程的有效进行（Timmerman 等, 2010）。

机构改革需要围绕利益相关方及其领导核心贯彻执行。如果机构在公众眼里并不具有合法性，将得不到支持，而利益相关方也会更倾向于维护现状，甚至自行制定非官方的规则，这将削弱整个体系的完整性。因此，一个重要机制是通过提高政治意愿和领导力来改进机构的表现。这对于水资源决策者而言仍然是个挑战。

专栏 11.4

回顾 11 个国家的水资源管理机构和改革

Saleth 和 Dinar（1999）通过对墨西哥、智利、巴西、西班牙、摩洛哥、以色列、南非、斯里兰卡、澳大利亚、中国和印度等 11 个国家的水资源管理机构和改革进行研究，发现在这些国家当中，只有澳大利亚和智利（在美国境内，只有加利福尼亚和科罗拉多两个州）处于机构变革的高级阶段。

本次研究对机构变革提出的建议如下。

- 孤立地解决水资源管理中存在的个别问题将影响到其他方面。最好采取综合的方法，其核心应该是机构变革，对水资源管理所有领域的司法、政策和行政手段进行强化和更新改造。
- 各地出现的机构变革表明，其机会

成本（和净收益）超过其转型成本。但各地机构变革并不一样，表明机会和转型成本各不相同。

- 出资机构的工作重心和资源投入，应该是那些已经积聚足够机构建设能量的国家、地区和分部门，以保证成功率，降低转型成本。

- 改革的顺序和步伐应依照现实，顾及该地区选民的经济状况和政治压力。可能的话，应充分利用政治经济加速改革。

资料来源：Saleth 和 Dinar（1999，对研究发现进行的摘编）。



“打击腐败行为要求决策过程透明与信息披露，腐败严重影响水资源配置以及水与卫生服务的效率和公平，贫困与弱势群体受到的影响尤其严重。”

所有运行的争端解决系统，其基础是在其他解决途径都已失败的情况下，仍可诉诸独立行政管理人员或拥有争端裁决强制司法权的司法制度。否则现行制度受益者将不会有意提请（自愿型）争端解决机制进行裁决。

有效的机构变革，以及这种变化在多大程度上能够应对固有的不确定性，与路径依赖紧密相关。路径依赖用最简单的方式解释了以往决策是如何决定任何环境下水资源决策者所面对的目前状况，即使过去的环境可能与当前或未来的情况没有任何关联。正因为水制度普遍存在的路径依赖，水资源决策者必须努力采取以下措施，采取激励机制以实现有意义的机构变革。

完善水机构：在任何新机构上位之前，应解决执行过程中的挑战，如既有的政治利益和问责制度，这将有助于机构自身的加强。许多国家都受到执行问题的困扰，原因可能是缺乏人员能力、信息流动或融资。而造成水机构执行不力和妨碍机构设置的首要管理问题仍然十分棘手。管理体系中普遍存在老板/客户关系，因而腐败和既有政治利益将继续存活下去。在这样的环境下，改变决策实践，使之透明且可问责，这将比能力建设和科学信息改善更为有效。

创建学习型机构过程：经验表明，机构改革是一个互动的学习过程，在不同的人群之间可以对变化进行协商。世界上没有完美的解决方案，只有在特定环境中可操作的方案，因此最合适的往往比最佳的做法更重要（Baietti 等，2006）。

在国家层面推动对话及共识，这是成功的关键，能够保证社会所有部门的完全参与。

找出机构的不足：在水质和地下水管理领域设置机构常常受到限制。这些地区的可持续管理经常与变化的人口分布、社会经济发展和气候变化有着更为密切的联系。

超越官方管理界限将非官方机构融入风险与不确定性分析：在世界上许多地方，由当地的非官方机构负责对水资源进行分配，而官方的监管体系对这些决策过程的影响力有限。是直接面对贫穷和被边缘化的社会团体是一项重大挑战，这些人通常依赖非官方的水资源分配和服务体系。

超越传统意义上的水资源管理界限，跳出水资源管理的思维定式，这将是不可避免的做法。在制度层面将水资源管理和土地管理及农业、采矿业和能源产业等部门联系起来，将提高有效决策的概率（Ashton 等，2006）。实践这种方法要求强有力的领导，需要克服传统做法的惯性，并化解各方参与者的抵触情绪，这样的任务十分艰巨。决策者在将这些想法付诸实践时，需要各方的支持以及社会的鼓励，以抵挡批评的压力，同时还需要决策者有与其他

参与者分享权力的意愿。以往的经验表明，倡导政策变革的人经常在他们成功发起行动的过程中成为牺牲品（Huitema 和 Meijerink, 2009）。

11.5 传达风险和不确定性信息

管理过程中为了作出合理的决定，尤其是在管理不确定性和风险时，必须首先对此有清楚地了解。相比风险概率高的事件（比如走路或骑自行车时被车撞到），人们通常更担心风险概率低的事件（比如飞机坠毁或核电站泄漏）。如果正确的信息未能清楚、简要地传递，事件所涉及的任何风险和不确定性的强度就很容易被错误判断。错误地高估某些事件所具有的风险，不仅会造成不必要的恐慌，还会导致个人以某种方式危害到自己（Thaler 和 Johnson, 1990）。不确定的情况会出现不确定的后果，如果沟通不畅，担忧和恐惧将可能被放大。因此，必须充分提供正确的信息，使个人在面临不确定性时能有一定的控制。这样一来，可以减轻不确定性管理的压力，同时还能获得更为正面和现实的结果。

11.5.1 媒体影响

不确定性容易以负面的方式传播，这在媒体中经常可以发现。出现高度不确定性时，一些立志报道特殊事件的人会抓住这个机会颠倒是非，故意以一种误导或操纵的手法对信息进行传播，并经常引起担忧或恐慌。如果初衷是将群众引向正面行动的话，以这种方式作为控制手段进行沟通，反而会产生相反的效果，制造恐慌的气氛和无助的情绪。

总体来说，如何以一种对比和负责任的方式报道某个事件，对于报业和媒体来说是一个显而易见的挑战。尤其在持续进行的社会辩论中，针对某种不确定性立即做出评论，并以不同甚至相抵触的方式进行解读时，更容易出现这种局面。

不确定性同样可以是创造效益的重要机

会，因此在可能的情况下，应寻找各种途径，使交流不确定性的过程能产生正面效果、具有建设性且强调可能带来的效益。

另一方面，不确定性有时会给公众带来疑惑，多数信息交流活动的确如此，因为同时出现了众多不同的声音，有专家见解也有普通人的观点。如果争论的双方都是被视为可信且受人信赖的，如媒体、专家、政府部门或著名的个体和公众人物，将给公众造成极大的困惑。

不同人群对互相矛盾的信息可能会有不同的反应：有的人可能会选择接受与其生活方式或信仰体系最为接近的观点，而另外一些人如果足够感兴趣，可能会进一步挖掘、深入研究，使支撑某个观点的论据更为充分。还有一些人可能无法或不愿意接受相互冲突的观点，因而采取完全不理睬这个话题的做法，即“不偏听偏信”。

为了应对眼前出现的全球变化和挑战，涉水团体应同心协力，发出同一个声音，强有力和团结的声音，这将是工作的优先重点，尤其当我们需要鼓励领导人、决策者以及各行各业的利益相关方携手合作，为全人类的福祉共同行动的时候。必须用协调一致的方式、前后连贯地传递重要信息，绝不能低估这样做的重要性。

11.5.2 解密不确定性和风险

无论专家还是非专业人士都在不断管理不确定性和各种各样的可能性。虽然在细节上可能会犯错误，但许多人成功地掌控着某些事件发生的可能性等非技术概率信息，比如河道流量、湖泊水位、天气状况、水短缺、洪水和污染程度。当受争论的决策从本质上讲属于技术性时，如何交流不确定性和风险的各个方面着实是个挑战。制定决策的不仅包括水管理者，还包括用水户、政治家、领导人以及社会大众等在不同层面上参与了现代水资源管理决策的人们，他们有时无法完全理解标准技术概念，比如百年一遇的洪水或五级风暴潮。将不稳定现象中不确定和未知的方方面面面向决策大众解

释清楚难度相当大。其难点在于如何最有效地帮助公众、利益相关方和决策者理解不确定性及其需要决策的问题所带来的影响，只有这样才能让他们在参与讨论哪项决策是最佳选择时，对事情有一个充分的了解。因此，我们的目标之一就是使用透明、非技术、能听懂的词汇传递概率信息和专家观点。

在科研与决策者之间架设桥梁是变革的关键。沟通交流在决策过程中扮演了重要的角色，绝不可以低估。

我们现在所经历的极端事件和变化，多数仍处于自然历史气候变化的范围之内。今天，地球上绝大多数水利基础设施都是针对一定数量级的变化而设计的。标准工程实践通过在设计中计入冗余（安全系数），以考虑不确定性。同时，参与制定洪水和粮食保险费率，设定洪泛区和堤坝、水库、雨洪排水道、高速公路涵洞的所有人都需要了解这些风险和不确定性，及其可能带来的经济、环境和社会后果。

大多数人喜欢确定的事情，讨厌不确定性。人们希望天气预报能清清楚楚地告诉他们今天会下雨，或是明天不会下雨，或是航班能否准点出发。即使人们知道，这些清清楚楚的表述并不一定准确，但还是不希望别人告诉他们降雨几率为 64%，因此航班延误的几率仍然存在。如果预报不真实，民众必然对预报者失去信任。人们对不确定性的反应，部分取决于他们对不确定事件的态度，比如洪灾。如果可能发生的事件存在较高的危害风险，希望得到确切信息的人将很难得到，而不在乎灾害的人则对此更加不关心，聪明的做法是让公众知道可能出现什么样的危害，甚至发生这种事件的可能性，以降低灾害的风险。

预警和消除疑虑也是同样的道理。压制不确定性和表达自信的做法古来有之，但最好制止这种做法。如果过度自信用错了地方，可信度将会受损，有效沟通的能力也会被削弱。可能的话，应该告诉民众，哪些是肯定的，哪些几乎可以肯定但也并非绝对，哪些有可能出现，哪些是冒险行为，哪些可能发生但可能性

不大，哪些几乎不可能出现。不确定性是可以设置边界的：如采用专家的观点来表达不确定的风险。不确定性越大，警惕性随之更高，因为风险可能会更严重。

试图预测或量化风险和不确定性的人必须承认，他们采用的预测和量化手段本身就是不确定的。比如，今天的降雨几率是 10%，这种表述的确信度究竟有多大？不确定性程度高使风险和不确定性的沟通交流变得更为复杂，即使不为人知它依然存在。如果想等到对自己预测的事件有百分之百信心才敢于对风险等级作出评价，那他可能永远都没有机会。

对不确定性进行沟通交流是一个良好的开端，但这还远远不够。我们的目标是尽可能准确地传递我们现在所想或已知的，并说明不确定性的等级。

利用数字标识不确定性的等级是比较简单的办法。“1/1 000 000”的概率表示不大可能发生；“1/100”表示高度不可能但可能性仍然存在；“1/10”的可能性相对高一些，但一旦发生，仍然会出乎大多数人的意料。处于可能性分布另一端的类似预测包括“9/10”、“99/100”以及“999 999/1 000 000”的概率。而当概率为“50/50”的时候，表示目前掌握的证据分布较为均匀，或是现有的证据不足以做出判断。在预测风险的后果时，决策经常取决于当时所处的环境（比如受威胁的对象是什么）：工程师在设计时可能不会冒“1/10”的风险，但在降雨几率为“1/10”的时候，人们可能就会把雨伞扔在家里。

还可以采取较长的表述，对不确定性的不同水平合理和清楚地进行沟通交流。比如：

- “现有的证据表明 X 并非不可能，但仍然十分值得怀疑。

- 我们几乎可以肯定，X 并不会发生，未来也将基于这种假设，但仍然会持续监控，一旦发现假设有误，我们也能够及时做出更正。

- 我们认为，可能会是 X 或 Y，如果是其他的情况，我们会很震惊。虽然 Z 不太可

能，但可能性依然存在。”

11.5.3 有针对性的沟通

当我们表达诸如“更有效地解决风险将带来效益并降低脆弱性”这样的观点时，往往被认为是虚无缥缈。虽然人们对表达的观点表示赞同，但并不一定知道如何实现。有效的沟通是将笼统的表述进行拆分，转化为有目的性的个别阐述，使之更容易理解。提出的问题可以是：实现这个目标的最佳途径是什么？实现这一目标所能采取的现实步骤是什么？为了成功实现目标，谁能做出有意义的贡献？他们怎样才能做到这一点？

将听众分成几个目标人群，并针对每个人群采取不同的沟通方式，这将有助于明确表述相关信息，并扩大信息的影响。其中一个重要的目标人群是各种各样的媒体。许多重要的信息都是通过媒体传递出去的，无论是以正面还是负面的方式进行传播。媒体无论在本地还是全球范围，都是一股强大的沟通力量，能够在各种话题中影响大众的观点，进而影响其行动。媒体的一个特色是需要“诱饵”。大体上讲，这个“诱饵”越具戏剧性，相关的信息就越有可能被印在报刊上或进行广播（比如，骇人听闻的数据可能会上头版头条，而相同话题的正面陈述则不大可能）。必须在吸引媒体和对信息负责之间保持平衡，对提供给媒体的信息可能造成的影响必须负责。

为了引导目标听众留意预先设定的目标信息，必须清楚地定义每个人群，并了解能够吸引他们的是什么。每个人群对沟通信息做出的响应以及采取的行动可能会不同。面对不确定性，能够激发政治领导人采取行动的事情跟激发教师或小企业主兴趣的事情可能完全不同。每一条信息都可以从多种角度去解读，而作为参考点，对特定信息进行撰写和编辑将是决策分析的关键因素（Kahneman 和 Tversky, 1979）。为了达到理想的沟通目标，正确的角度、关键字以及行文风格都需要针对不同人群进行谨慎、正确的选择（见专栏 11.5）。

专栏 11.5

信息传播中的性别考虑：以孟加拉国灾害预警系统为例

出于文化背景和分工的不同，男人和女人获取、处理、解读、响应信息的方式不同。世界各地的灾害统计数据表明，性别中立的早期预警系统可能产生不良后果。1991年，台风造成孟加拉国女性死亡的人数是男性的五倍，部分是因为早期预警信息在公共场所通过男人向男人进行传递，很少直接传递给女人。而“性别中立”的早期预警系统则无法有效地传递给女性，造成女性准备不足，最终导致伤亡出现。考虑到性别不同，要通过监测与预警服务、利用覆盖女性人群的媒体传播信息以及响应能力，对早期预警系统进行加强。在对预警做出响应的时候，女性作为第一响应者，若能够采取合理、及时的行动，将发挥重要的作用。

资料来源：UNISDR, UNDP 和 IUCN (2009)。

设置问卷可帮助了解个人信息和确定能够激发每个人群兴趣的不同因素。这要求进行一定程度的概括，在准确判断某一特定人群特点时务必十分肯定（避免格式化的词汇），尤其是当设计问卷的人不属于目标人群时。因此，这项活动应在不同的小组分头进行，以确保扩大社会认知。每个人群都可以提出的问题包括：

- 他们平均受教育程度如何？
- 他们经常或可能会买哪份报纸或杂志？
- 什么因素会激发他们购买某种特定的商品或采取特定的行动？
- 在当地或全球范围内，什么事情会让

他们感到担心？

- 他们会或可能会采取什么样的行动？

什么因素会制止他们采取这类行动？

- 他们认为自己的短处和长处各是什么？

别人又是如何看待的？

一旦确定目标听众并充分了解他们的兴趣及渴求，对他们进行有效的信息沟通就会比较容易。针对某一特定人群准备的沟通材料，如果不是所有目标听众都能理解那也没关系，重要的是这个特定人群能够读懂。有针对性沟通交流的语言和语气可以更强烈、表达可以更清楚一些，因为这些并不是要“掩盖什么”。用目标人群最熟悉的语言，这个特定人群才更容易理解。例如，针对某个人群，也许可以大量使用技术信息，但对于另外一个人群，就要进行大量修改或是尽量避免使用。

在不确定性和风险的沟通交流过程中，为了在行动上达到最有效的结果，要让每个目标

人群都适度地感到受威胁（1%的震惊因素可能是必要的），但避免引发恐慌和无助情绪。

结语

不确定性和风险可以通过有针对性、准确、有用的信息进行沟通传递，而无需造成厄运或灾难临头的印象。在这个过程中，沟通者应在专家（大部分是技术人员）和社会大众之间搭建桥梁。当通过媒体或其他途径进行沟通时，需要强调不确定性和风险也能带来机遇，并有可能带来正面的变化。

知识赋予人力量，是人们充分了解相关情况后作出积极决策的基础。如果信息清晰、具有针对性且以统一的口径进行传播，就可帮助人们更好地了解现状并对相关风险作出自己的判断。同时，它赋予人们责任感，并鼓励人们采取行动，成为变革的重要推动力量。

注 释

- 1 更多信息请参见 <http://www.savemapungubwe.org.za/media.php>。
- 2 更多信息请参见 Swayam Shikshan Prayog 项目官方网站 <http://www.sspindia.org/>。
- 3 更多信息请参见 http://en.wikipedia.org/wiki/Grameen_Bank。

参考文献

- AASB (Auditing and Assurance Standards Board). 2011. *Consultation Paper: Assurance Engagements on General Purpose Water Accounting Reports*. Melbourne, AASB.
- Adler, R. A., Claassen, M., Godfrey, L. and Turton, A. R. 2007. Water, mining and waste: an historical and economic perspective on conflict management in South Africa. *Economics of Peace and Security Journal*, Vol. 2, No. 2, pp. 32-41.
- Allen, D. 1999. Transaction costs. *Encyclopedia of Law and Economics*. Cheltenham, UK/Ghent, Belgium, Edward Elgar/University of Ghent, pp. 893-926. <http://encyclo.findlaw.com/0740book.pdf>.
- Ashton, P. J., Turton, A. R. and Roux, D. J. 2006. Exploring the government, society and science interfaces in integrated water resource management in South Africa. *Journal of Contemporary Water Research and Education*, Vol. 135, pp. 28-35.
- Baietti, A., van Ginneken, M. and Kingdom, W. *Characteristics of Well-Performing Public Water Utilities*. 2006. Water Supply and Sanitation Working Notes, no. 9. Washington DC, The World Bank.
- Breier, M. and Visser, M. *The Free Rider Problem in Community-Based Rural Water Supply: A Game Theoretic Analysis*. 2006. Southern Africa Labour and Development Research Unit (SALDRU) Working Paper Number 06/05. Cape Town, South Africa, University of Cape Town.
- Brooks, D. B., Brandes, O. M. and Gurman, S. (eds). 2009. *Making the Most of the Water We Have: The Soft Path Approach to Water Management*. London, Earthscan.
- Buchanan, M. (ed.) 2010. *The Karst System of the Cradle of Humankind World Heritage Site: A Collection of 13 Issue Papers by the South African Karst Working Group*. Pretoria, South Africa, Water Research Commission (WRC).

- Burns, M. J. and Weaver, A. v. B. (eds). 2008. *Advancing Sustainability Science in South Africa*. Stellenbosch, South Africa, Stellenbosch University Press.
- Clark, C. W. 1977. The economics of overexploitation. G. Hardin and J. Baden (eds) *Managing the Commons*. San Francisco, Freeman, pp. 82–95.
- Coetzee, H., Wade, P. and Winde, F. 2002. Reliance on existing wetlands for pollution control around the Witwatersrand gold/uranium mines of South Africa – are they sufficient? B. J. Merkel, B. Planer-Friedrich and C. Wolkersdorfer (eds). *Uranium in the Aquatic Environment*. Berlin, Springer, pp. 59–64.
- Coetzee, H., Winde, F. and Wade, P. 2006. *An Assessment of Sources, Pathways, Mechanisms and Risks of Current and Potential Future Pollution of Water and Sediments in Gold Mining Areas of the Wonderfonteinsspruit Catchment*. WRC Report No. 1214/1/06. Pretoria, South Africa, Water Research Commission (WRC).
- Earle, A. 2007. The role of governance in countering corruption: an African case study. *Water Policy*, Vol. 9, No. 2, pp. 69–81.
- Ekiye, E. and Zejiao, L. 2010. Water quality monitoring in Nigeria: Case study of Nigeria's industrial cities. *Journal of American Science*, Vol. 6, No. 4, pp. 22–8.
- Falkenmark, M. 2007. Good ecosystem governance: balancing ecosystems and social needs. A. R. Turton, H. J. Hattingh, G. Maree, D. J. Roux, M. Claassen and W. F. Strydom (eds) *Governance as a Dialogue: Government–Society–Science in Transition*. Berlin, Springer-Verlag, pp. 60–79.
- Funke, N., Oelofse, S. H. H., Hattingh, J., Ashton, P. J. and Turton, A. R. 2007. IWRM in developing countries: lessons from the Mhlathuze catchment in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol. 32, pp. 1237–45.
- Fine, B. 2001. *Social Capital Versus Social Theory: Political Economy and Social Science at the Turn of the Millennium*. London, Routledge.
- Godfrey, J. and Chalmers, K. (eds) 2011. *Water Accounting: International Approaches to Policy and Decision Making*. London, Edward Elgar.
- GWP (Global Water Partnership). 2009. *Institutional Arrangements for IWRM in Eastern Africa*. Policy Brief 1. Stockholm, GWP.
- Hashimoto, T., Stedinger J. R. and Loucks, D. P. 1982. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. *Water Resources Research*, doi:10.2166/wp.2007.130
- Hattingh, J., Maree, G. A., Ashton, P. J., Leaner, J. J. and Turton, A. R. 2007. A dialogue model for ecosystem governance. *Water Policy*, Vol. 9, No. 2, pp. 11–18.
- Heys, P. S. V. 2007. Governance of a shared and contested resource: a case study of the Okavango River Basin. *Water Policy*, Vol. 9, No. 2, pp. 149–67.
- Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 4, pp. 1–23.
- Huitema, D. and Meijerink, S. (eds) 2009. *Water Policy Entrepreneurs: A Research Companion to Water Transitions around the Globe*. Cheltenham, UK, Edward Elgar.
- Kahneman, D. and Tversky, A. 1979. Prospect theory: an analysis of decisions under risk. *Econometrica*, Vol. 47, No. 2, pp. 263–91.
- Lempert, R. J. and Groves, D. G. 2010. Identifying and evaluating robust adaptive policy responses to climate change for water management agencies in the American west. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 77, No. 6, pp. 960–974. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V71-506SX76-1/2/6b7303c489efa3d9254714a083d81045>
- Lindenmayer, D. B. and Likens, G. E. 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 24, No. 9, pp. 482–86.
- Lund, J. R. 1993. Transaction risk versus transaction costs in water transfers. *Water Resources Research*, September, Vol. 29, No. 9, pp. 3103–7.
- Marin, L. E., Sanchez Ramirez, E. and Martinez, V. 2007. The role of science in improving government accountability to society. *Water Policy*, Vol. 9, No. 2, pp. 113–25.
- Nicol, A., van Steenberg, F., Sunman, H., Turton, A. R., Slaymaker, T., Allan, J. A., de Graaf, M. and van Harten, M. 2001. *Transboundary Water Management as an International Public Good*. Stockholm, Ministry for Foreign Affairs.
- Nyambe, N., Breen, C. and Fincham, R. 2007. Organizational culture as a function of adaptability and responsiveness in public service agencies. A. R. Turton, H. J. Hattingh, G. A. Maree, D. J. Roux, M. Claassen and W. F. Strydom (eds) *Governance as a Dialogue: Government–Society–Science in Transition*. Berlin, Springer-Verlag, pp. 197–214.
- Olson, M. 1965. *The Logic of Collective Action. Public Goods and the Theory of Groups*. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Ostrom, E. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- . 1994. Constituting social capital and collective action. *Journal of Theoretical Politics*, Vol. 6, No. 4, pp. 527–62.
- . 2001. Social capital: a fad or a foundation concept? P. Dasgupta and I. Serageldin (eds) *Social Capital: A Multifaceted Perspective*. Washington DC, The World Bank, pp. 172–214.
- Priscoli, J. 2007. Five challenges for water governance. A. R. Turton, J. Hattingh, G. Maree, D. J. Roux, M. Claassen and W. F. Strydom (eds) *Governance as a Dialogue: Government–Society–Science in Transition*. Berlin, Springer-Verlag, p. xxix.
- Saleth, R. M. and Dinar, A. 1999. *Water Challenge and Institutional Response (A Cross-Country Perspective)*. World Bank Policy Working Paper No. 2045. Washington DC, The World Bank.
- . 2004. *The Institutional Economics of Water: A Cross-*

- Country Analysis of Institutions and Performance*. Cheltenham, UK/Washington DC, Edward Elgar/The World Bank.
- Sandman, P. M. 2004. Acknowledging uncertainty, *The Synergist*, Nov., pp. 21–22, 41. A longer version of this article is available at <http://www.psandman.com/col/uncertain.htm>
- Stakhiv, E.Z. and Pietrowsky, R. A. 2009. *Adapting to Climate Change in Water Resources and Water Service*. Alexandria, Va., US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources.
- Stakhiv, E. Z. 2010. *Practical Approaches to Water Management under Climate Change Uncertainty*. Colorado Water Institute Information Series No. 109. Workshop in Nonstationarity, Hydrologic Frequency Analysis, and Water Management, 13–15 January 2010, Boulder, Colo.
- Strachan, L. K. C., Ndengu, S. N., Mafanya, T., Coetzee, H., Wade, P. W., Msezane, N., Kwata, M. and Mengistu, H. 2008. *Regional Gold Mining Closure Strategy for the Central Rand Goldfield*. Council for Geosciences Report No. 2008-0174. Pretoria, South Africa, Department of Mineral Resources.
- Sullivan, C. A. and Meigh, J. R. 2005. Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the Climate Vulnerability Index. *Water Science and Technology*, Special Issue on Climate Change, Vol. 51, No. 5, pp. 69–78.
- Timmerman, J. G., Koepfel, S., Bernardini, F. and Buntzma, J. J. 2010. Adaptation to climate change: challenges for transboundary water management. W.L. Filho (ed.) *The Economic, Social and Political Elements of Climate Change. Climate Change Management*. Berlin, Springer, pp. 523–41.
- Thaler, R. H. and Johnson, E. J. 1990. Gambling with the house money and trying to break even: the effects of prior outcomes on risky choice. *Management Science*, Vol. 36, No. 6, pp. 643–60.
- Turton, A. R. 2007. *Can we Solve Tomorrow's Problems with Yesterday's Experiences and Today's Science?* Des Midgley Memorial Lecture presented at the 13th SANCIAHS Symposium, 6 September 2007, Cape Town, South Africa.
- . 2008. A South African perspective on a possible benefit-sharing approach for transboundary waters in the SADC region. *Water Alternatives*, Vol. 1, No. 2, pp. 180–200.
- . 2010. The sustainability approach: managing water as a flux. J. Wilsenach (ed.) *The Sustainable Water Resource Handbook: South Africa: The Essential Guide*. Vol. 1., pp. 58–64. <http://www.waterresource.co.za>
- Turton, A. R., Schultz, C., Buckle, H., Kgomongoe, M., Malungani, T. and Drackner, M. 2006. Gold, scorched earth and water: the hydrogeopolitics of Johannesburg. *Water Resources Development*, Vol. 22, No. 2, pp. 313–335.
- Turton, A. R., Hattingh, J., Claassen, M., Roux, D. J. and Ashton, P. J. 2007a. Towards a model for ecosystem governance: an integrated water resource management example. A. R. Turton, H. J. Hattingh, G. A. Maree, D. J. Roux, M. Claassen and W. F. Strydom (eds) *Governance as a Dialogue: Government–Society–Science in Transition*. Berlin, Springer-Verlag, pp. 1–28.
- Turton, A. R., Godfrey, L. Julien, F. and Hattingh, H. 2007b. Unpacking groundwater governance through the lens of a dialogue: a Southern African case study. S. Ragone, N. Hernández-Mora, A. de la Hera, J. McKay and G. Bergkamp (eds) *The Global Importance of Groundwater in the 21st Century: Proceedings of the International Symposium on Groundwater Sustainability*. OH, National Groundwater Association Press, pp. 359–70.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2006. *Strategies for Monitoring and Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters*. ECE/MP.WAT/20. Geneva, UNECE. <http://www.unece.org/env/water/publications/documents/StrategiesM&A.pdf>
- . 2007. *Recommendations on Payments for Ecosystem Services in Integrated Water Resources Management*. Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes, Geneva, UNECE. http://www.unece.org/env/water/publications/documents/PES_Recommendations_web.pdf
- . 2009. *Guidance on Water and Adaptation to Climate Change*. Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes, Geneva, UNECE. http://www.unece.org/env/water/publications/documents/Guidance_water_climate.pdf
- UNISDR, UNDP and IUCN. 2009. *Making Disaster Risk Reduction Gender-Sensitive: Policy and Practical Guidelines*. Geneva, UNISDR, UNDP and IUCN. http://www.preventionweb.net/files/9922_MakingDisasterRiskReductionGenderSe.pdf
- US National Research Council. 2004. *Adaptive Management for Water Resources Planning*. Washington DC, The National Academies Press.
- Van Tonder, D. and Coetzee, H. 2008. *Regional Mine Closure Strategy for the West Rand Goldfield*. Council for Geosciences Report No. 2008-0175. Pretoria, South Africa, Department of Minerals and Energy.
- Van Wyk, E., Breen, C. M., Sherwill, T. and Magadla, D. 2007. Challenges for the relationship between science and society: developing capacity for ecosystem governance in an emerging democracy. *Water Policy*, Vol. 9, No. 2, pp. 99–111.
- Wettstad, J. 2008. *Interaction between EU Carbon Trading and International Institutions: Synergies or Disruptions?* EPIGOV Papers No. 34. Berlin, Ecologic – Institute for International and European Environmental Policy. http://ecologic.eu/projekte/epigov/documents/epigov_paper_34_wettstad.pdf
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2009. *World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris/London, UNESCO/Earthscan.
- WWAP and UNSD (World Water Assessment Programme and United Nations Statistics Division). 2011. *Monitoring Framework for Water: The System of Environmental-Economic Accounts for Water (SEEA-Water) and the International Recommendations for Water Statistics (IRWS)*. Perugia/New York, WWAP/UNSD.
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Smith, M., Barry, T. L., Coe, A.L.,

Bown, P. R., Brenchley, P., Cantrill, D., Gale, A., Gibbard, P., Gregory, F. J., Hounslow, M. W., Kerr, A. C., Pearson, P., Knox, R., Powell, J., Waters, C., Marshall, J., Oates, M., Rawson, P. and Stone, P. 2008. Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today*, Vol. 18, No. 2, pp. 4-8.

第十二章

为更可持续未来强化水利投融资

作者：詹姆斯·温佩尼





投资水与公共卫生对于仍缺乏相关服务的家庭而言至关重要。水是现代经济各个领域的支撑，同时，它的有效利用对减少贫困发挥着重要作用。水发展是绿色经济不可或缺的一部分，在应对全球气候变化和确保世界粮食安全方面起着至关重要的作用。

无论是作为“硬件”的基础设施，还是同等重要的“软件”体系，如：管理、数据的采集、分析和传输、监管和治理等，对于水发展的各个方面而言，增加融资都非常重要。本章提出的融资方式较为全面和实用，探讨如何通过以下努力实现融资目标：通过提高内部效率和采取其他措施最大限度地减少资金缺口；通过向用户收费、政府财政拨款和官方发展援助（ODA）提高水服务收入；并通过这些收入进行可偿还融资，如债券、贷款和股权。

目前的国际金融形势不容乐观，因此开发一切可用的风险分担工具非常必要。国际融资机构（IFIs）将扮演着重要角色。

12.1 为可持续发展投资水利

业已出现的问题正在挑战着长期以来固有的经济发展模式如应对气候变化、抑制物价波动、关注粮食安全、为应对全球金融危机增强基础设施公共投资的作用、政府期望避免遭到国际游资冲击等问题。

基础设施建设给当今环境造成的影响是巨大的，因此迫切需要探索新的方式进行水利工程设计、运行和维护，以最小的代价最大程度地降低环境负面影响（Fay 和 Toman, 2010）。公共政策应鼓励私人部门的投资和消费行为，体现环境可持续发展所带来的社会效益和实施各种环境保护所花费的成本。在国际层面，应加强环境领域的研发，鼓励清洁技术的国际转让。

《绿色经济议程》的出台顺应形势发展，旨在强化和加快可持续发展进程¹。该议程包括公共政策、个人和集体企业倡议以及个体消费者行为。该议程对涉水基础设施建设产生了深远影响，它强调提高资源使用效率，减少废物和温室气体排放，力求转变投资和消费模式，节约自然资源。

绿色经济主要涵盖 11 个关键行业：农业、建筑、城市、能源、渔、林、制造、旅游、交通运输、废物处理、水²。水发展议程与《绿色经济议程》交叉的领域主要有：污染防治，污水回收、处理和回用，水的连续使用、水使用效率，水和污水处理的能源使用、分配和回用，能源回收，减排（污水处理和灌溉过程中的沼气提取），灌溉，水电，以及自然水生态系统管理（包括湿地管理）。

这些项目的大多数属于多目标开发，因此融资比较容易。水开发项目通过引入绿色经济使经济/财务协同效应得以实现。然而，凭“绿色”含量来判定其他活动可能会给水管理带来麻烦，除非他们被纳入影响因素并且降低了对水的潜在影响。开发生物燃料技术就是一个例子（用于水资源管理的生物燃料及其使用，详见 Saulino, 2011）。另外，除了将水包

含在 11 个绿色经济行业之外，将水作为其中的一个行业或辅业都显得过于狭隘。

无论作为工程资产还是自然资产，投资水利基础设施都可促进经济增长和减少贫困（Garrido-Lecca, 2010；UNEP, 2010）。尽管近年来的全球金融危机阻碍了一些国家对水的投入（Winpenny 等, 2009），造成的影响各不相同，但是很多国家政府通过采取反周期财政措施坚持不懈地排除不利影响。2008 年以来，绿色投资在可再生能源、能源效率、材料高效利用、清洁技术、减少浪费、生态系统和生物多样性的可持续利用及修复等领域为 20 万亿美元，大约占经济刺激计划的 20%。水是这些计划的受益者之一，尽管人们还没有完全认识到它的重要性。

联合国贸易和发展会议（UNCTAD，简称“贸发会议”）指出，“在未来几十年里，通过对可再生能源、环境友好型技术、低碳设备和装备以及更可持续的消费方式的结构调整，经济发展还有很大的上升空间”（UNCTAD, 2009, p. 168）。进入这些新兴市场，有助于发展中国家及转型经济体将应对气候变化的政策与加快经济增长和创造就业有机结合起来（UNEP, 2008）。发达国家打着“一切为了环境”的幌子主宰着全球市场，同时发展中的经济体却在牺牲他们相对优越的自然资源建立其市场份额。

12.1.1 千年发展目标 and 可持续发展

没有发展，没有效率，环境目标就无法实现。缺乏充足食物、营养、水和卫生条件的穷人，为了生存，只有不断恶化他们赖以生存的环境，即便这样做会威胁到他们长久的生存。因此，如果没有健全的环境管理体系，可持续发展目标就无法实现和保持。投资减贫计划将对环境政策产生重要影响，反过来，投资环保计划也将直接影响着减贫的成败。可许多发展中国家对实现千年发展目标的投资还远远不够。

联合国千年工程和《联合国千年生态系统

评估》(MA, 2005; 见 2.5 节) 强调了在实现减贫和整体富裕的过程中, 经济发展和环境管理的相互关系。每年都会有数百万人死于贫困、干旱、庄稼减产、饮用水匮乏以及其他与环境恶化相关的疾病。超过 10 亿人因为缺乏安全饮用水而染上疾病, 导致生产能力降低。贫困群体的危急处境使得其所处的经济、环境和生态系统付出了很大代价 (见专栏 12.1)。Lentini (2010) 公布了一项对一典型发展中国家通过水服务获益的评估调查, 尤其是针对低收入群体。

专栏 12.1

改善饮用水和公共卫生的经济回报

改善水的安全状况和基本的公共卫生条件可带来巨大的经济回报。世界银行对 5 个东南亚国家的研究表明, 由于卫生条件恶劣, 他们损失了国内生产总值之和的 2%。更有甚者, 柬埔寨达到了 7% (世界银行, 2008)。改善健康环境所带来的经济效益包括: 医疗费用降低, 由于生病或照顾生病家属误工或误学时间减少, 还有节约时间 (Hutton 等, 2007)。与卫生和水相关的疾病预防可每年节约大约 70 亿美元的卫生医疗费用, 再加上避免死亡而创造的价值, 按未来工资的现值计算, 每年又可增加 36 亿美元 (Hutton 等, 2007)。事实上, 世界卫生组织预测, 到 2015 年, 如果水和公共卫生条件较差的人口比例减半, 由此带来的经济效益和投资成本的比率为 8:1 (Prüss-Üstün 和 Corvalán, 2006)。尽管由于水和公共卫生条件的改善使个别国家的经济和医疗事业得到发展, 但很多国家对水和公共卫生的投入还远远不够, 无法满足千年发展目标的要求。相比其他行业 (如: 教育和医疗), 无

论是官方发展援助 (ODA) 还是国内财政分配, 均未给予公共卫生和水合理的发展地位 (WHO/UN-Water, 2010, p. 2)。

事实上, 1997—2008 年, 对水行业的各类援助已从 8% 降到了 5% (WHO/UN-Water, 2010)。另外, 并未把国内和国际援助很好地对准需求最迫切的群体 (如: 最贫困及弱势群体)。来自外部机构对水和公共卫生的援助资金投放到低收入国家的还不足一半, 且只有少部分资金用在了最关乎千年发展目标实现的基础服务行业 (WHO/UN-Water, 2010)。利益相关者应继续支持水和公共卫生投入, 促进经济和社会进步。另外, 与其他行业相比, 水和公共卫生领域必须继续开展适度资源水平的研究。

除了联合国千年发展目标中关于消灭贫困、消灭饥饿、全球普及基础教育、改善健康、健康环境修复等计划外, 《千年生态系统评估》还研究了生态系统变化对人类健康的影响, 分析了生态环境改善将对人类社会产生的积极贡献。环境恶化是人类可持续发展和实现千年发展目标的一个主要屏障。《千年生态系统评估》对 24 个使人类获益的生态系统服务项目进行研究后发现: 在过去的 50 年里, 只有 4 个生态服务项目提高了生产率, 15 个降低了生产率 (包括捕鱼业、水净化、自然灾害管理和区域气候管理)。11 亿贫困人口中有超过 70% 的人每天靠不到 1 美元来维持生活, 他们居住在直接依赖生态系统服务的农村地区 (Sachs 和 Reid, p. 1002)。

投资环境资产及其管理有助于国家减少贫困、饥饿和疾病。投资改善农业实践以降低水污染可促进沿海渔业发展。湿地保护可帮助农村地区免于修建造价昂贵的防洪设施 (Sachs 和 Reid, p. 1002)。

反过来, 实现环境目标需要逐步消除贫

困。贯穿始终和雄心勃勃的减贫战略可通过降低人口出生率实现，使穷人能够在他们所处的环境下做长久打算。在这方面，定期的环境或生态评估会有所帮助³。通过构建一个由资深生态学家、经济学家和社会学家组成的全球网络体系，可向决策者和公众提供科学知识，进行必要调研，澄清某些群体为谋取个人利益发布的不实信息（Sachs 和 Reid, p. 1002）。

12.2 投资治理、机构改革与管理

为实现有序和可持续发展，必须确保水资源管理和供水相关服务等各方面有充足的资金支持，不仅包括基础设施采购和维护，也包括水资源管理、环境保护、污染防治，还有那些不可忽视的方面，如政策发展、调研、监测、行政管理、法律法规制定颁布、公共信息发布、反腐、协调利益冲突和股权人利益等（见第十七章）。

为水治理提供充足的资金对减少其不确定性和管理风险至关重要。向政策制定者和管理者提供有效信息有助于降低不确定性。有效开展环境保护、地下水监测、取水许可、污染监控和防治等可降低水资源过度开发，预防灾难性的地表水污染和不可逆转的地下含水层污染。其中的一些治理经费可通过对取水和污染收费自筹获得。

调控也是一样。无论是公共还是私人运营的水机构，均应在独立的调控方监管之下，及时提供完整信息。有远见的服务商认识到了这种调控的价值所在，这种透明的目标管理可使其业务接受公众监督和约束，确保合法合规，杜绝贪图短期政治回报的草率行为的出现。许多调控方的运行成本来自水费的专用税款（如英格兰、威尔士和苏格兰）（见第二十五章）。

《世界水发展报告》第三版（2009年）强调，有必要超越水管理的“孤岛思维”模式，战略性地认识到水决策对其他经济领域的深远影响，这也是水资源综合管理的一个中心目标。作为其他开发机构之一，世界银行旨在通

过贷款项目提高水资源统一管理的能力，克服多层次管理对水资源利用的不利影响。其措施之一就是：世界银行将水的跨领域特性纳入国家计划，通过其他行业的工程项目对水进行统一干预。在水项目开发中，世界银行重视依靠项目将不同内容联系起来，将对资源管理、服务、水质和生态系统等进行独立投资贯穿始终（世界银行，2010b）。

许多水治理问题都出在跨界河流上，这里充满潜在的风险和冲突。跨界水机构的能力建设和管理支撑需要适当的资金支持，特别是多边和双边机构、当地和其他各方的协同支持和努力。

12.3 为信息投资

本报告第六章强调，国家监测系统的疏忽和作用下降导致重要水文资料缺失。投资国家水和与水相关的信息平台技术升级会有良性回报，因此，世界银行和其他机构支持这样的目标（世界银行，2010b）。这些资料信息应是每个国家关注的重点，也是区域乃至国际的共同财富，可目前面临着“投资严重不足导致信息严重缺失的状况”（Winpenny, 2009, p. 8）。究其原因主要有三点：

- 两个或多个邻国政府开展项目和机构间合作，因为参与方均不富裕，所以各国通常优先考虑本国要事，而跨界问题退而求其次，这种情况尤以战争时期更为严重⁴。

- 由于划分各国收益很难，因此分摊成本就成了问题，无法形成一个切实可行的预算和投资分配模式⁵。

- 出于这个原因，官方发展援助（ODA）中的援助方和接受方可能将国家计划摆在高于区域公益项目的位置。援助方出于个人利益考虑，也可能优先支持国际公益项目而不是区域项目，因为他们认为从事全球关注的项目，收益更多。一项评估显示，尽管区域公益项目具有高回报，但官方发展援助投资只占到3%~4%。

这一问题在非洲尤为严重：非洲有 60 多条跨界河流，国际流域占非洲面积的 60%。事实上，非洲的所有河流均流经数个国家：尼罗河流经 10 个国家、尼日尔河流经 9 个国家、塞内加尔河流经 4 个国家、赞比西河流经 8 个国家。为确保水安全，非洲需要建设大规模的区域型和共享型的水基础设施并协同管理，同时也需要大力加强区域气候和水文信息系统的建设。

更加详细准确的河流状况和地下水储备等水文信息，对降低不确定性和预测气候的可变性具有十分重要的作用，许多国家曾为此付出过沉重的代价。在肯尼亚，由于厄尔尼诺现象造成的 1997—1998 年洪灾和拉尼娜现象造成的 1998—2000 年旱灾，使当时的国内生产总值降低了 10%~16%。莫桑比克因水问题使国内生产总值每年降低 1%。据估计赞比亚由于水文可变性导致每年农业减产 1%。同样，坦桑尼亚由于 2006 年干旱农业减产导致国内生产总值降低 1% (McKinsey, 2010)。降低水文可变性带来的破坏性影响将大大改善宏观经济 (AICD, 2010)。提高对天气和洪水的预测能力，对洪水风险控制尤其是减少洪水影响至关重要。投资天气预报和水文气象服务将会产生高成本收益。

举例而言，水资源管理非常需要更详细准确的水文和气象信息，这些基础数据应从国家公共机构和国际机构掌控下的相关系统获取 (包括卫星观测)。但是通常没有机构收集和共享这些数据。私人机构也可在数据生成、分析、应用等方面发挥重要作用。在法国，一家名为 Infoterra 的私人公司提供卫星观测资料，帮助农场分析和预测气候变化影响。在德国，一家名为 RapidEye 的私人卫星运营商向保险公司出售卫星观测信息，向政府推销粮食保险以应对干旱和饥荒风险。同样，从事石油勘探和开发的公司也可提供无与伦比的地下含水层勘探和开采服务 (Winpenny, 2010)。

12.4 为应对气候变化和水短缺投资

预测表明，发展中国家的工业和生活用水供水部门，每年应对气候变化的费用为 99 亿~109 亿美元 (净支出) 和 185 亿~193 亿美元 (毛支出)；河道防洪费用为 25 亿~59 亿美元 (净支出) 和 52 亿~70 亿美元 (毛支出) (见专栏 12.2)⁶。

专栏 12.2

水行业应对气候变化的成本

世界银行的一项研究 (见第二十四章) 评价了 2010—2050 年发展中国家应对气候变化对水务部门所产生的影响。该评估是基于社会-经济基准和两种气候变化情境完成的 [其中的一种由澳大利亚联邦科学与工业研究组织 (CSIRO) 提出，另一种由美国国家大气研究中心 (NCAR) 提出]。

该适应成本分为硬件成本和软件成本。硬件成本包括修筑水坝和堤堰，软件成本包括预警系统、应急准备计划、流域管理和城乡规划。

下表为应对气候变化的年均水资源适应成本，包括河道防洪和工业、生活原水供应。根据估算，若把发展中国家作为一个整体，为应对气候变化每年的适应成本将增加 130 亿~170 亿美元，占发展中国家 GDP 的 3%，其中非洲地区所占比例最大。

年均水资源应对成本（2010—2050年）单位：10亿美元（%GDP）

地区	基准线*	CC (净成本) **	
		CSIRO**	NCAR
东亚和太平洋	29.4 (0.06)	2.1 (0.00)	1.0 (0.00)
欧洲和中亚	15.8 (0.03)	0.3 (0.00)	2.3 (0.00)
拉丁美洲和加勒比	13.4 (0.03)	3.2 (0.01)	5.5 (0.01)
中东和北美	11.9 (0.02)	0.1 (0.00)	-0.3 (0.00)
南亚	34.9 (0.07)	4.0 (0.01)	-1.4 (0.00)
撒哈拉沙漠以南非洲	9.8 (0.02)	7.2 (0.01)	6.2 (0.01)
总计：发展中国家	115.1 (0.22)	16.9 (0.03)	13.3 (0.03)
总计：非发展中国家	56.2 (0.11)	7.4 (0.01)	13.3 (0.01)

* 基准年是2050年。各行业都有设定的发展基准线，是假定气候不变的一条增长线，以确定各行业绩效指标，均统一采用2010—2050年国内生产总值和人口预测方法（世界银行，2010a, p.2）。

** 0.00是正值，四舍五入小数点后保留两位，并不等于0。

注：折现率=0%；负值指净效益。

资料来源：世界银行（2010d, 2011）。表内数据来自世界银行（2010e, 表5.4, p.41）。

气候变化主要是指气温和水文条件发生较大变异。在很多情况下，适应当前变化是相当关键的第一步。正如政府间气候变化专门委员会所观察到的，“为应对当前极端的天气条件，很多适应气候变化的措施和工作正在实施和开展”（Adger 等，2007，p. 719）。

气候平均值的较大变异和改变还掺杂了变异范围存在较大的不确定性、可能出现的新影响因子、阈值的存在、不可逆性和临界点等因素（见第二章）。不确定性对决策分析和标准制定具有较大的影响（见专栏 12.3）。

专栏 12.3

气候变化的不确定性对水决策的影响

气候较大的可变性和基本的不确定性，对决策是否建设涉水基础设施（通常具有较长使用寿命），将产生深远的影响。这些影响具有较多层次和多个种类。

应该在部门和/或项目层面，对这些基础设施的气候风险进行评估。

充分利用传统的成本-效益分析中处理风险的方法很有必要，这些方法包括敏感性分析、交换价值和风险-效益分析。

决策规划应考虑相关机构的风险偏好（极小化极大、极大化极小、最小遗憾）（Ben Ta 等，2009）。

这些传统的、有助于人们在不确定性和风险条件下制定政策的方法、手段，需要辅以情境建设法。该办法是设计一系列似乎合理的虚拟未来情境，这些虚拟情境不一定是根据当今趋势进行论断过的。如果项目在不同虚拟情境下均表现良好，则可认定该项目是稳健可靠的（世界银行，2010a）。

项目设计要充分考虑气候较大的可变性，要给不可预见事件留有弹性处理的空间。这种弹性处理空间的初始投资成本（如更大的存储能力，但可能并不需要；或者放弃当前的经济规模而着眼于未来更大自由度的调控）可被视作为避免未来气候变化情境损失投保的保险金。

资料来源：Winpenny（2010，p. 1-2）。

注：

敏感性分析——计算可变因素对项目回报率的影响。

交换价值——将回报率降为零所需的具体变量。

风险-效益分析——比较风险行动（指成本）和行动效益（指避免的损失）。

极小化极大——将预期的最大损失最小化。

极大化极小——将可能的最小产出最大化。

最小遗憾——尽可能缩小最坏可能与其他情况下的差距。

如果考虑气候变化影响以及其他外力驱动变化等的残余不确定性，风险管理的共同要素就是零遗憾原则，即不考虑发生任何变化而制定的社会/经济净效益政策。例子包括需求管理措施、提高配水效率、污水回用、洪水、干旱和其他极端天气事件的预警体系以及利用保险计划来分担风险等。

尽管零遗憾项目在财务上是合理的，无需考虑所面对的风险和不确定性，却迟迟没有得以实施。原因有以下几点：缺少项目准备；缺乏资金和信贷；对投资赞助方而言，他们提供的财政资金没有向项目的社会效益倾斜。水需求管理计划就存在上述几个问题，例如，在某些情况下，尽管纸面上承诺可以快速获得回报，但家庭和工业用户仍不情愿接受项目有些产品和技术。零遗憾项目可能在理论上具有吸引力，但仍需要积极地推动。虽然气候变化影响可能会激发项目的额外效益和驱动，使之成为现实还要靠他们本身。

相比之下，只有当气候和水文预测模型是准确的，才能判定仅凭气候变化预测的这些项目具有合理性，包括新建蓄水和供水基础设施、现有设施改造、运行方案调整，以及新水

源开发和水转让。为应对未来的不确定性，需要规划和实施以气候为判定条件的项目，并完善其相关政策。这些项目的重要标准是可恢复性、稳健性、灵活性和智能性（在很多情况下能够提供服务和管理）。有时，其中某些项目可能因气候变化以外的因素获益。根据政府间气候变化专门委员会的观察，“应对气候变化措施很少只针对气候变化一个因素”（Adger等，2007，p. 719）。

提高我们的能力应对气候变化和其他改变力量（见第一章和第九章）所带来的更大的变异性和不确定性，是涉水基础设施面临的更广泛的挑战。政府、公共机构和国际研究机构需要采取切实可行的措施。同时，还需要各类私人和非政府实体的共同努力，奉献更多的资源、采取不同的工作方式、新方法和创新产品。公共机构实施的气候变化适应和减缓项目，可利用各种开发资金，包括为此专门新设立的适应基金。目前可供公共机构使用的气候变化专用基金有 20 多种⁷。除了专属林业或能源的基金外，还有约 12 种基金可用于水等其他领域，其中包括由世界银行和其他主要国际融资机构（IFIs）主导的“气候适应能力试点计划”（PPCR）基金。

“气候适应能力试点计划”下的试点计划和项目是在国家领导下，在《国家适应性行动计划》（NAPA）和其他相关的国家研究和战略基础之上制定的，并随着其他财政支持形式变化而进行战略性调整，使项目获得足够资金，目的是培育有价值的经验和技能，不断完善气候变化适应措施（CIF，2011）。

“气候适应能力试点计划”的资金运作方式是向发展中国家提供技术援助，帮助发展中国家“将气候适应能力融入国家发展计划中”（CIF，2011）。

这里存在的风险是这些气候变化基金可能会加重接受国的行政负担（Porter 等，2008），虽然这些资金主要是用来完成试点项目（即“气候适应能力试点计划”），但接受国往往更愿意尽可能多地把它用于本国要务，而不愿意

将其作为公共投资项目的辅助资金，而且资金使用还需要独自的程序和准则。

减灾和适应性项目的实施更多会给予那些无法获得发展基金支持的私营公司、农民和家庭。对他们而言，商业性资金来源至关重要。小额信贷特别适用于小型农场主提高灌溉效率。通过各种契约以股权的方式融资也是一种可行的方式，它的回报主要以考核项目目标的成功完成而实现，例如签订减少水漏损率等与绩效挂钩的合同形式。

12.5 投资多样化和需求管理

随着技术手段的增加，水的来源也趋多样化，如海水淡化和再生水，与单纯依赖自然水源相比，水源多样化可提高用户（农民、居民和机构）自给能力，从而减少和分担风险。其中一些项目通过常规手段融资较为容易，其他则不然。海水淡化厂和一些需要大规模投资的污水处理厂（WWTPs）的再生水项目，要么以公益服务为主，要么通过股权和商业融资独立经营，尤其是在特许经营合约形式下进行融资。在墨西哥，Atotonilco 污水处理厂将城市污水处理后用于灌溉。根据近年的相关合同条款，对建设—经营—转让（BOT）项目可进行邀请招标，49%的资金来自国家基础建设资金，其余由私人受让者提供。Matahuala 和 Ei Morro 污水处理厂有着相似的目的和融资结构，即设计—建设—经营—转让（DBOT）和 BOT（GWI，2009，pp. 51 - 52）。

解决未来缺水问题还须实施需求管理。需求管理的融资方法有所不同。在南非，根据当前政策和运行模式预测，到 2030 年，城市、农业和工业增长计划与国家水资源不匹配。到 2030 年，南非将面临 17% 的用水缺口，另外气候变化还要加大这个缺口。在有限的供水能力下，像约翰内斯堡、比勒陀利亚、德班和开普敦这样的大城市，取水竞争将会更加激烈。预计居民用水需求将会随着收入提高和水服务领域扩大而增长。根据目前对瓦尔（Vaal）河系

统（约翰内斯堡、比勒陀利亚及周边区域）构建的情境，预计需求管理的实施，会降低该区域正常情况下需水量增长的 15%（尽管还没有成为现实），而这 15% 将构成沉重的投资负担。农业不被看作是投资增长行业，分配给农业的水有减少的趋势，必须通过用水效率的提高来解决。无论怎样，能推动收入增长的行业，如工业、发电、采矿和农业，均是用水大户。

“向小农户提供小额信贷是提高灌溉效率的有效办法。”

解决南非到 2030 年的用水供需矛盾并实现增长潜能，需要不同的投资组合措施：供水方转让技术方案、新建水坝、改造现有建筑物、重新设计现有灌溉系统以提高用水效率、提高采矿和工业用户用水效率。总之，需要有效平衡供应和需求管理措施。需求管理所需的大部分资金，尽管政府会通过补贴和减税提供帮助，但绝大部分还会由用户承担（居民、农民和工业用户）（McKinsey，2010）。

12.6 融资支持基础设施建设和服务

为应对日益增加的挑战和风险（本报告通篇所强调），每个国家在不同发展阶段都会面临涉水基础设施建设的资金压力。

根据最近一期的《世界银行研究》（2010c），全球金融危机已经严重阻碍了千年发展目标的实现。危机也有可能加大业已庞大的融资需求。该报告用了三个宏观经济现象来阐明所涉及的风险，并披露：全球性的资金不足可通过水发展指标窥见一斑。预测到 2015 年，有 1 亿多人缺乏安全的饮用水。因此，需要重新思考融资策略，确保公共支出效率的提高能带来额外的收益。

《非洲基础设施国家诊断报告》(AICD, 2010)明确了非洲撒哈拉以南地区投资基础设施建设的投资需求。该工具帮助政策制定者对该地区的基础设施建设设置投资优先权,并为实施监控奠定了基础。AICD估计,要达到千年发展目标的水和公共卫生标准,每年需投入220亿美元[大约占非洲国内生产总值(GDP)的3.3%]。基于可接受的最低资产标准得出的估计显示,每年150亿美元资本金和700万美元运营费,其中不包括水电或灌溉的投资成本。有关拉丁美洲和加勒比地区的相关估算,参见泛美开发银行报告(IDB, 2010)中的“拉丁美洲和加勒比地区的饮用水、公共卫生和千年发展目标”。

为了筹到需要的资金需要采取综合和务实的办法。第一步,通过提高效率、合理收费、提升服务水平、增强技术解决能力等手段将融资需求降到最低(AICD, 2010);第二步,通过提高水费收入以及政府和官方发展援助之间合理的预算拨款来提高可持续成本回收率。在这点上,用水户付费的意愿要比政府的财政拨款更具主动性;第三步,利用这些收入来吸引可偿还融资,通过有效手段降低、减缓和分担融资风险(Winpenny, 2003; OECD, 2010a)。

2007年开始的全球金融危机使得涉水领域的商业融资变得更加困难,这使私营部门丧失了投资新涉水基础设施项目的兴趣,也扰乱了现有的公私合伙关系(PPP)。早在2009年,据国际金融中心报告,价值2000亿美元的PSP项目被推迟建设或处于“待定状态”,其中15%~20%属于供水和公共卫生领域。金融环境影响了风险资本(权益)和借贷资本供给,导致无法对这些特许项目进行融资,原因是资金的流动性不足,且国际银行问题也对各国国内银行产生负面影响。很多通过资助机构获得技术支持和风险分担的创新项目处于待定状态(Winpenny等, 2009, p. 18)。

根据由世界银行和公共-私人基础设施咨询机构维护的“私人参与基础设施数据库”(PPI)报告,与2008年相比,2009年因资金

或合同方面的原因而终止的水利工程项目减少了46%,同期的年投资协议签订率下降了31%。2009年,7个低收入和中等收入国家开工建设了有民间参与的35个水利项目,总投资额约为20亿美元,但是此类工程绝大部分集中于阿尔及利亚、中国和约旦这三个国家(见第二十四章)。

在金融危机爆发时很多面临终止投资的项目,通过向当地公共银行或公共机构融资而得以继续。即使金融危机有所缓解,水和其他行业的融资条件依然十分苛刻,倾向于更为保守的融资结构(即高权益、低债务、低风险)。而这样的开发大多由少数仍留在市场内等待新的国际许可项目的西方跨国公司进行市场和项目类别甄选后进行实施(Winpenny等, 2009, p. 18)。

但是,越来越多来自拉丁美洲、中东、东南亚、东亚和其他区域的新入市者正在加入这些跨国公司的行列(Winpenny, 2006)。

公私合伙关系在发展中国家的城市水务机构中的表现毁誉参半,一些国家相对成功(如:智利),一些国家则出现问题(如:阿根廷和玻利维亚)(Jouravlev, 2004; Ducci, 2007; Lentini, 2011),但更多的是提高了效率而不是直接带来了新的投资(Marin, 2009)。这一点尤为重要,因为许多城市的输配水系统在水和能源利用效率上还处于很低的水平(AICD, 2010; Kingdom等, 2006)。成本控制能力的提高和良好的资金流间接地提高了公司的融资能力。这对能源成本也有影响。水是能源消耗大户,又是一个能效不高的用户。即便是电价水平比较低的情况下,输水的成本也相当可观。当水短缺时,边际资源的开源和处理也将增加能源需求(GWI, 2009)。

融资的另一个潜在途径就是提高水费的收缴率,在非洲,每年的水费缺口达5亿美元。提高水费的收缴率,是在不提高水费的情况下显著增加水收入的一个途径。尽管非洲运营较好的水务机构可收回80%或更多水费(Mehta等, 2009),长期不付费,特别是公共部门和

水务机构往往导致希望自负盈亏的水务公司账目资金缺口巨大。

自 2007 年国际金融危机爆发后，国家和国际公共机构逐渐成为涉水基础设施建设主要的资金提供者。尽管很多国家政府受财务状况所困，但仍有一些国家通过坚挺的物价获益并利用财政资源投资包括水在内的基础设施建设 (Winpenny 等, 2009)。尽管自 20 世纪 90 年代中期开始，官方发展援助对水行业的资金分配比重开始下降，但绝对量仍在提高 (见专栏 12.4)。2007—2008 年，经合组织发展援助委员会 (DAC) 成员国在水和公共卫生领域的双边援助协议额达到每年 53 亿美元。包括多边机构许可的资金流出，当期水和公共卫生的官方发展援助总额已经达到 72 亿美元 (OECD - DAC, 2010)，而 2006 年则为 56 亿美元。

专栏 12.4

增加水和公共卫生领域的援助： 2002—2008 年

从 2002—2003 年报告期开始，水和公共卫生的援助力度强势上升，援助款项从 33 亿美元提高到 2007—2008 年 (最后报告期) 的 72 亿美元 (包括 DAC 成员国的捐款和多边机构许可的资金流)。在最后报告期内，DAC 成员国中最大的捐助国是日本 (年均捐助额为 19 亿美元)、德国 (7.71 亿美元)、美国 (6.44 亿美元)。2003—2008 年的资金援助，主要给予以下亟须改善水和公共卫生条件的地区：撒哈拉以南的非洲地区，获得总援助款项中的 29%；南亚、中亚地区则占 18%。被划分为“低收入”的贫困国家得到了行业援助的 43%，其中 2/3 以专款形式划拨。被划分为“大型”的项目优先得到援助，2007—

2008 年，此类项目的援助款占水和公共卫生改善援助总经费的 57%。“大型”项目中，68% 的官方发展援助资金以贷款形式划拨，其中，河流开发融资中的贷款所占比例为 33%。而对于饮用水和公共卫生的建设资金，捐助国则几乎完全 (90%) 依靠官方发展援助的赠款，且赠款被优先用于水资源政策、行政管理、水资源保护和教育培训等领域。

资料来源：OECD (2010b)。

官方发展援助对水和公共卫生领域的投入可平分为赠款和软贷款 (OECD - DAC, 2010)，除了官方发展援助以外，公共国际开发银行 (世界银行、区域开发银行、欧洲投资银行) 在近年的金融危机期间，利用商业贷款缺失的机会，凭借其吸引人的贷款条件已经在基础设施建设投资市场占据了一席之地 (如世界银行, 2010b)。亚洲和中东的主权财富基金和公共资金投入的公司也日渐成为自然资源和基础设施开发的又一批重要资金 (ICA, 2007)。上述公共拨款和商业贷款仍是大型水利工程，特别是非洲水利工程的重要资金来源。

几乎所有由水产生的收入均为本国货币 (除了跨界水和电力的销售收入，以及通过产品出口获得的外汇间接收益)。

就境外筹得的贷款和股本金而言，即便是优惠贷款 (即从国际融资机构获得)，仍存在外汇风险。对于一些明确要求用外币还贷的饱受关注的特许经营项目，货币贬值导致的后果将是灾难性的⁸。对于水利工程和资金提供方，无论是公共还是私人部门，货币贬值都是危险的潜在风险。套期保值应对贬值风险的手段并不可行，长期有效的解决办法是通过征税来提高国内收入，并尽可能依靠本国金融和资本市场，智利和巴西的经验就证明了这一点 (Jouravlev, 2004; Lentini, 2011)。很多捐赠方和国际融资机构提供风险分担产品 (见 12.7

节), 鼓励利用本国货币进行水和其他基础设施的投融资⁹。

12.7 减少财务和政治风险

很多地方性水务公司从用户或财政拨款获得的收入无法满足其日常运营支出, 因此, 他们缺乏足够的现金流进行借款。这些机构如果得不到财政补贴, 将无法获得长期融资。但很多有充足现金流的机构可能也无法筹集到资金, 原因是借款人可能认为风险过高, 或者是潜在评级结果导致只能对其进行短期贷款和高利率贷款。

金融市场有多种途径应对本报告中提到的借款人和投资方风险。保险和担保可解决多边和双边开发机构所面临的政治、合约、制度和信贷风险。这些担保具有开发的动机, 有其商业目的, 而不像出口信贷和投资保险, 仅限于对本国公司提供担保。同时, 大型私人市场也积极提供规避政治、合约和信贷风险的保险。除了这些外部担保外, 主权担保还包括由国家政府为其公民、公司或非主权实体提供的担保, 以满足他们贷款或吸引直接投资的需要。还有一些其他的“准担保”工具, 如“舒适之伞”, 是由国际融资机构和其他机构建立的通过参股 (“B 贷款”) 和“市政支持协议”为其他借款人和投资者提供担保 (Winpenny, 2005)¹⁰。

政治风险不仅影响借款人和投资者, 也影响水务机构, 因为有关规则和目标、税费或者补贴分配等政治决策对他们影响巨大。水务机构在收入可充分预测的情况下才能通过借款进行筹资。许多投资项目被推迟, 缘于税费未能根据经济状况的变化而调整——这通常出于政治原因。无法预期的公共补贴并不能作为借款的根据。

担保有以下几个作用: 降低项目关键环节的特定风险; 提高有偿证券 (比如: 债券) 的信誉度; 改善借款人和项目责任方的贷款和投资条件; 使得出借方和投资者可接触他们以往

所不熟悉的市场和产品 (Winpenny, 2005; Matsukawa 和 Habeck, 2007; OECD, 2010a)。

与其他领域相比, 在水服务项目上的投资担保还没有完全普及。由国际融资机构自 2001 年提供的 124 个担保中, 只有 4 个涉及水和公共卫生行业。这是治理和刺激因素共同作用的结果, 既影响发起机构的资金提供, 又影响借款人和当地政府部门的态度和作为。担保可降低特定风险, 但不能抵消水服务中经常出现的基本风险 (Winpenny, 2005; Matsukawa 和 Habeck, 2007; OECD, 2010a)。不过, 担保可以在复杂战略基础设施的财务计划中发挥重要作用, 如老挝南屯水电站项目。世界银行多边投资担保机构 (MIGA) 对政治和特定监管风险而提供的担保, 被证明有助于水利项目的融资 (世界银行, 2010b)。

合并机制是降低认知风险的另一个工具。一些国家设有开发滚动基金, 按照已经成熟的美国模式运作。另一个例子是, 2010 年哥伦比亚几个社区共同决定成立一个信托机构, 在哥伦比亚证券交易所向本国投资者发行价值 9 200 万美元以比索计价的债券。由哥伦比亚基建集团公司赞助的该笔交易, 允许小型和中等城市通过竞争方式快捷获得长期基金, 进行当地水和污水处理项目的建设 (GWI, 2010)。

所有潜在的金融家都关注承建某种基建项目所需承担的信用风险。世界银行把这样的项目定义为“高风险-高回报”。国际融资机构的一个重要工作目标就是开发一整套流程和运行导则, 以确保“高风险-高回报” (HRHR) 的项目风险得到有针对性的解决和有效减轻 (世界银行, 2010b)。

按照一般原则, 可以根据项目相关的风险预测和预期现金流调整财务条款, 实现金融违约风险的控制。对于大而复杂的项目, 越来越趋向于采用多种融资渠道 (商业贷款、特许贷款, 财政拨款和证券) 以获取足够资金。目前, 有很多这样的国际平台 (如“欧盟-非洲基建信托基金”和“欧盟地区投资机构”), 他们根据借款人的偿还能力和特定风险, 为大型

基建项目提供相应的资金。

进行风险管理的另一个途径就是将财务条款调整到项目产出水平。当现金流出现还贷困难时，将可转换贷款转换成股权。一些贷款的利率是按照项目产出商品或服务的价格来进行调整的，而这些对于出资方都无法控制。

另一个以成果为指导的财务工具是基于产出的援助（OBA），当项目完成、投运、正常运行后向项目责任方提供的援助。出资方要保证拨款按时到位，以实现商业贷款的筹集，而业主（当地政府和国际代理机构）要确保他们的资金不会被浪费。目前，世界银行的 OBA 供水和公共卫生项目有 31 个（世界银行，2010b）。

为应对水管理日益增高的风险，创新的融资办法还有指数保险和适用于农民的天气衍生品（Winpenny，2010）。降低风险的其他措施还包括水库蓄水和城市水务机构购买的期权合约，便于干旱时期为农民合理分配水权。所有这些措施均为应对水的多变性提供了保障，避免耗资巨大的新基础设施建设。

最近有关水行业金融创新的一份综述表明，各种类型的商业融资均遭受到全球金融危机的影响。担保这类工具已很少使用，并且复合金融产品的信誉度也已下降，为此，包括私人部门在内的长期商业融资、依靠管理和运营改革的水融资和新的金融机制将继续受限。然而，正如上述例证，来自财政拨款和商业的特许基金组合仍有较大的利用空间（OECD，2010a）。

“对水利行业充分投资的前

注 释

- 1 绿色经济：使人类长久共同富裕，使子孙后代免受环境和生态威胁的经济（UNEP，2010，p. 4）。
- 2 更多信息请参考 http://www.unep.org/GreenEconomy/Portals/93/documents/Full_GER_screen.pdf。
- 3 参考联合国千年评估报告、《全球环境展望》（GEO）系列或经济合作与发展组织（OECD）的《环境观察》。
- 4 萨赫勒地区各国国内动乱和边界地区的武装冲突使得这些国家沙漠地区的蝗虫防治由于缺少地区信息和监测系

提条件是充分认识水利为社会经济作出的贡献。”

结语

水行业如果要克服资金不足的现状，就必须采取各种手段吸引更多的融资，满足未来不断扩大的粮食生产需求，满足不断增长的人口需要，包括 2015 年后千年发展目标为现代和日益发展的经济继续提供全方位服务。建设绿色经济的新动力，为水管理提供了契机，也带来了挑战。气候变化的应对有其自己的方案设置，与上述有部分相同，包括降低温室气体（GHG）排放，涉水基础设施及水服务的适应性改变等。水也是防灾最重要的环节，水在应对未来气候变化中的重要性日益彰显。

水行业无法获得充足资金的另一个根本原因是，人们没有充分认识到它所涉及领域的广泛性，然而事实上它支撑了宽泛的经济领域，每个领域都会因缺水、水污染或本报告中提到的其他因素而受到严重威胁。因此，获得足够水融资的一个先决条件是，充分认识水在社会和经济发展中发挥的重要作用。

尽管如此，水的金融环境仍然不容乐观，我们需要采取务实可行的融资渠道。本章所阐述的方法，融合了多种有效措施，如评估标准和技术选择、提高水费征收率、让用户分担更多的成本、政府部门预算以及官方发展援助计划的资金更加落实并通过时下适用的一系列风险分担工具，充分利用基本收入筹措还贷资金。

统而受到严重影响。

- 5 Birdsall (2006) 举证南部非洲水库和波罗的海的清理、非洲萨赫勒荒漠地区的盘尾丝虫病防治和拉丁美洲对美洲锥虫病的防治等。
- 6 总费用包括应对气候变化发生的所有费用。净费用为总费用扣除因气候变化节省的费用。
- 7 更多信息参见 <http://www.climatefundsupdate.org/listing>。
- 8 布宜诺斯艾利斯、原西马尼拉特许协议和雅加达。西马尼拉特许协议承接了此前应偿还世行和亚洲开发银行的债务。
- 9 例如：美国开发信贷代理机构，法国开发署，英国国际发展部（DFID）、瑞典国际发展署（SIDA）等支持的 GUARANTCO 计划。
- 10 一种借贷形式，欧洲复兴开发银行借款给非主权实体，如当地水务机构。该借款以正式协议的形式规定相当市政当局将竭尽所能确保借款方忠实履行债务责任。

参考文献

- Adger, W. N., Agrawala, S., Mirza, M. M. Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, P., Smit, B. and Takahashi, K. 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson (eds) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, UK, Cambridge University Press, pp. 717–43.
- AICD (Africa Infrastructure Country Diagnostic). 2010. *Africa's Infrastructure: A Time for Transformation*. Washington DC, The World Bank/Agence Française de Développement.
- Ben-Tal, A., L. El Ghaoui, L. and A. Nemirovski, A. 2009. *Robust Optimization*. New Jersey, NY, Princeton University Press.
- Birdsall, N. 2006. Overcoming coordination and attribution problems: meeting the challenge of underfunded regionalism. I. Kaul and P. Conceicao (eds) *The New Public Finance: Responding to Global Challenges*. Oxford, Oxford University Press.
- CIF (Climate Investment Funds). 2011. Pilot Program for Pilot Resilience. Washington DC, CIF. <http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/ppcr>
- Ducci, J. 2007. *Salida de operadores privados internacionales de agua en América Latina*. Washington DC, Inter-American Development Bank (IDB). <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=957044>
- Fay, M. and Toman, M. 2010. Infrastructure and sustainable development. *Post-Crisis Growth and Development*. Washington DC, International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, pp. 329–82.
- Garrido-Lecca, H. 2010. *Inversión en agua y saneamiento como respuesta a la exclusión en el Perú: gestión, puesta en marcha y lecciones del Programa Agua para Todos (PAPT)*. LC/W.313. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/41044/lcw313e.pdf>
- GWI (Global Water Intelligence). 2009. *Global Water Intelligence*. August, pp. 51–2.
- . 2010. *Global Water Intelligence*. Briefing, 9 December.
- Hutton, G., Haller, L. and Bartram, J. 2007. *Economic and Health Effects of Increasing Coverage of Low-cost Household Drinking-Water Supply and Sanitation Interventions to Countries Off-Track to Meet MDG Target 10*. Geneva, World Health Organization (WHO).
- ICA (Infrastructure Consortium for Africa). 2007. Annual Report. Tunis Belvedere, Tunis, ICA.
- IDB (Inter-American Development Bank). 2010. *Drinking Water, Sanitation, and the Millennium Development Goals in Latin America and the Caribbean*. Washington DC, IDB Water and Sanitation Initiative. <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35468495>
- Jouravlev, A. 2004. *Drinking Water Supply and Sanitation Services on the Threshold of the XXI Century*. LC/L.2169-P. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/19539/lcl2169i.pdf>
- Kingdom, B., Liemberger, R. and Marin, P. 2006. *The Challenge of Reducing Non-revenue Water (NRW) in Developing Countries – How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-based Service Contracting*. Water Supply and Sanitation Board Discussion Series, No. 8. Washington DC, International Bank for Reconstruction/The World Bank.
- Lentini, E. 2010. *Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. LC/W.335. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/41140/lcw335e.pdf>
- Lentini, E. 2011. *Servicios de agua potable y saneamiento: lecciones de experiencias relevantes*. LC/W.392. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/43139/Lcw392e.pdf>
- MA (UN Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Living Beyond our Means. Natural Assets and Human Well-being*. Statement from the Board. March 2005
- Marin, P. 2009. *Public-private Partnerships for Urban Water Utilities: A Review of Experiences in Developing Countries*. Washington DC, International Bank for Reconstruction/The World Bank.
- Matsukawa, T. and Habeck, O. 2007. *Review of Risk Mitigation Instruments for Infrastructure Financing and Recent Trends and Developments*. Washington DC, International Bank for Reconstruction/The World Bank.

- McKinsey & Company. 2010. *Charting our Water Future: Economic Frameworks to Inform Decision-making*. 2030 Water Resources Group. http://www.2030waterresourcesgroup.com/water_full/
- Mehta, M., Cardone, R. and Fugelsnes, T. 2009. *How Can Reforming African Water Utilities Tap Local Financial Markets?* Insights and recommendations from a practitioners' workshop in Pretoria, South Africa, July 2007 (Revised in 2009). Washington DC/Tunis, Tunisia, Water and Sanitation Programme (WSP)/Public-Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF)/African Development Bank (AfDB).
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2010a. *Innovative Financing Mechanisms for the Water Sector*. Paris, OECD.
- . 2010b. *Financing Water and Sanitation in Developing Countries: The Contribution of External Aid*. Paris, OECD.
- OECD-DAC (OECD Development Assistance Committee). 2010. *Focus on Aid to Water and Sanitation*. Paris, OECD. <http://www.oecd.org/dac/stats/water>.
- Porter, G., Bird, N., Kaur, N. and Peskett, L. 2008. *New Finance for Climate Change and the Environment*. Washington DC, World Wide Fund for Nature (WWF)/Heinrich Böll Foundation.
- Prüss-Üstün, A. and Corvalán, C. 2006. *Preventing Disease through Healthy Environments: Towards an Estimate of the Environmental Burden of Disease*. Geneva, World Health Organization (WHO).
- Sachs, J. D. and Reid, W. V. Investments toward sustainable development. *Science*, Vol. 312, p. 1002. http://www.unmillenniumproject.org/documents/ScienceMag_19-05-06.pdf
- Saulino, F. 2011. Implicaciones del desarrollo de los biocombustibles para la gestión y el aprovechamiento del agua. LC/W.445. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2009. *UNCTAD Trade And Development Report 2009*. Geneva, UNCTAD. http://www.unctad.org/en/docs/trd2009_en.pdf
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2008. *Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-carbon World*. Nairobi, UNEP.
- . 2010. *Green Economy Report: A Preview*. Nairobi, UNEP.
- WHO (World Health Organization)/UN-Water. 2010. GLAAS 2010. *UN-Water Global Annual Assessment of Sanitation and Drinking Water: Targeting Resources for Better Results*. Geneva, WHO/UN-Water.
- Winpenny, J. 2003. *Camdessus Report. Financing Water for All: Report of the World Panel on Financing Water Infrastructure*. Stockholm/Marseilles, France, Global Water Partnership (GWP)/World Water Council (WWC).
- . 2005. *Guaranteeing Development? The Impact of Financial Guarantees*. Paris, OECD.
- . 2006. *Opportunities and Challenges Arising from the Increasing Use of New Private Water Operators in Developing and Emerging Economies*. Background paper for OECD Global Forum on Sustainable Development, Paris.
- . 2009. *Investing in Information, Knowledge and Monitoring*. UN WWAP, Side Publications Series. Scientific Paper. Paris, UNESCO Publishing.
- Winpenny, J., Bullock, A., Granit, J. and Löfgren, R. 2009. *The Global Financial and Economic Crisis and the Water Sector*. Stockholm, Stockholm International Water Institute (SIWI).
- Winpenny, J. T. 2010. *Private Providers of Climate Change Services: The Role and Scope for the Private Sector in the Provision of Non-financial Climate Change-related Services Relevant to Water Infrastructure*. Water Working Notes No. 26. Washington DC, The World Bank.
- World Bank. 2008. *Economic Impact of Sanitation in Indonesia: A Five-country Study Conducted in Cambodia, Indonesia, Lao PDR, the Philippines, and Vietnam Under the Economics of Sanitation Initiative*. Water and Sanitation Program. Washington DC, The World Bank.
- World Bank. 2010a. *The Cost to Developing Countries of Adapting to Climate Change. New Methods and Estimates*. The Global Report of the Economics of Adaptation to Climate Change Study. Consultation Draft. Washington DC, The World Bank.
- . 2010b. *Sustaining Water for All in a Changing Climate: World Bank Group Implementation Progress Report of the Water Resources Sector Strategy*. Washington DC, International Bank for Reconstruction/The World Bank.
- . 2010c. *Global Monitoring Report 2010: The MDGs After the Crisis*. Washington DC, The World Bank.
- . 2010d. *The Economics of Adaptation to Climate Change: New Methods and Estimates*. Washington DC, International Bank for Reconstruction/The World Bank.
- . 2010e. *The Economics of Adaptation to Climate Change. Background Papers: Costs of Adaptation Related to Industrial and Municipal Water Supply and Riverine Flood Protection* (P. J. Ward, P. Pauw, L. M. Brander, Jeroen, C. J. H. Aerts and K. M. Strzepek) Discussion Paper No. 6. Washington DC, The World Bank. http://siteresources.worldbank.org/EXTCC/Resources/407863-1229101582229/DCCDP_6Riverine.pdf
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2009. *United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris/London: UNESCO Publishing/Earthscan.

第十三章

应对水管理的风险和不确定性

作者：伊鲁姆·哈森、丹尼尔·洛克斯、乔安娜·泰勒菲里
供稿：威廉·科斯格罗夫





水资源可利用量、水质及其用途所涉及的不确定因素越来越多，为决策者带来特殊的挑战 (Shaw 和 Woodward, 2010)。这些前所未见、不断增加的不确定性及其伴随的风险，源于在外部压力和驱动力作用下发生的快速、且有时不可预见的变化 (见第八章和第九章)。为妥善管理风险和把握机遇，要求所有利益相关方采取行动，其中有些人还从未考虑过他们的决策和行为对水产生怎样的影响。

水管理者依据当地或国家机构制定的“规则” (见第五章和第十一章)，采取不同的方式应对与水资源相关的风险和不确定性 (见第十一章)，他们有根据地进行自主选择，把传统的静态规划和管理办法转化为更适用、更灵活的实践手段，以提高水系统的恢复能力。例如，向水的决策者阐明改变水资源配置以满足不同用途以及在性能指标之间做出取舍等可能产生的代价和潜在的益处。尽管水管理者在这一过程中起着主导作用，社会层面和经济层面 (以及最终受益者) 的专业意见也必不可少。

水管理者在不同条件下发挥着不同的作用：当政府预测到水短缺及变动采取预警时，水管理者要发挥作用适应这些情况；政府也可以选择保持现状，在政策制定方面不考虑对水资源产生影响的变化。尽管情况不尽相同，水管理机构都必须对风险评估手段及管理措施进行反复斟酌。此外，他们必须提高广大利益相关者的认识，使他们既要认识到通过风险管理应对不确定性所带来的利益，又要认识到不采取此措施所带来的危害。对水资源管理中的不确定性和风险达成一致认识，对水资源按各项需求进行配置和供应，是进行深入分析的基础。

收集信息和分享信息是另一个重要因素。有了这些补充性工具，加上多领域专家的参与，对外部驱动力的研究可以更加全面。他们的经验，无论是成功的或是失败的，都为现在需要采取的行动提供了多种选择。如果无法肯定风险及不确定性是否降低，水管理机构会采取什么行动？大多数决策者作出的水资源决定都是基于各种事前的成本效益分析 (Shaw 和 Woodward, 2008)。但是，相比成本来说，效益的估算更加困难，这使得有关水的决策充满不确定性。因此，决策者也许能够估算介入行动产生的成本，但这些行动的效益仍是未知数。

本章列举了在供水系统和治污系统的规划、设计及运行时处理不确定性的应对措施，以满足不断变化的需求。这些应对措施通常包括采取各项措施，制定并评估适用于发达国家和发展中国家不同地区的水资源计划、政策，基础设施设计及运作方式。这些措施以及措施实施后产生的结果，除了包括取得的成功经验，也反映出实现预期水规划和管理目标所面临的困难，以及数据搜集、生成、管理项目在决策支持中的起到的作用。同时，还为我们如何利用科学技术解决诸如适应变化及应对风险及不确定性等问题提供了示例。

本章还着重强调，在突发性、不连续性及不可预测性使不确定性加剧的情况下必须作出决策。这些决策有可能带来附加风险，而有些则带来机遇。决策者可以借鉴管理风险及不确定性成功或者失败的案例，包括采取适应性措施的经验。最后，本章深入分析了政府在应对风险及不确定性时需要作出的权衡。以下各节并非是将水管理者应对风险及不确定性所采取的措施逐一列举，而是举例说明如何通过各种方法和手段降低或缓解风险和不确定性。

13.1 降低不确定性

降低不确定性最直接的办法就是提高认识、了解影响现有及将来可利用水量、水质的各种因素。要降低不确定性，就要进行数据搜集、分析和预测，从而为水的配置、使用、运输、治理等决策提供依据。即使水的风险未被降低，我们也会对其有进一步的了解。

鉴于直接或间接影响水的因素错综复杂，这项实践并非想象的那样，否则各国就不会如此受到水资源危机的震撼。以下各小节举例说明降低不确定性或更好地了解风险的方法和手段。

13.1.1 通过监测、建模和预测以降低不确定性并了解风险

随着科学技术不断发展，预测未来水量的手段得到进一步改进，能够把多种变量及动因考虑在内。第六章列举了有关水资源的各项数据和信息，也提到了水管理进程中面临的挑战。以常规的监测和基本数据搜集作为基础，可以制作趋势图以及搭建更复杂的模型。

利用跨学科的方法可以获得贴近实际的效果，因为它综合利用了生态学家、工程师、经济学家、水文学家、政治学家、心理学家以及水管理者的各种方法。面对风险和不确定性，来自各部门的有关人员可就如何管理水资源提出更具洞察力的见解。水与其他领域存在千丝万缕的联系，融合各方面的专业知识将使不确定性及风险更明朗化。

我们已经认识到，要解决水资源问题，“必须综合技术、经济、环境、社会及其他方面，形成统一的分析管理框架。自 20 世纪 60 年代以来，计算机系统结合优化工具和模拟工具被用来制定和评估水资源发展策略。这些前期工作，虽然让我们进一步了解到经济目标及条件限制的互相作用，但对于整个系统的复杂性却没有进行全面的考量”（Mayer 和 Munoz-Hernandez, 2009, p. 1177）。专栏 13.1 说明使用广泛的跨学科工具会带来诸多益处，但即

使采用综合分析和建模等工具，不确定性和风险仍会对其构成挑战。

专栏 13.1

水资源综合优化模型

水资源综合优化模型（IWROMs）是近几十年开发的在不同行业优化水资源配置的工具。该模型采用最优方法从经济学的角度去寻找最高效的水资源配置策略，同时也考虑了对环境的影响。根据目标功能，对各用水行业的经济效益进行模拟，其中也包括与环境相关的经济效益。水文模拟模型可提供可变参数，模型工程经济效益评估，对工程进行校正；在近期项目中还被用来评估环境影响。对水资源配置、经济效益模型、生物学模型、经济和环境的影响等进行实时评估与考量，是水资源综合优化模型的主要特性。

水资源综合优化模型旨在寻找有效进行水资源配置的策略，通过策略的实施使经济效益最大化，或者使成本或受影响人群最小化。此外，该模型还支持对某地未来可能发生的情景进行预测，例如气候变化、地表植被和土地利用变化、基建设施改善、人口和消费习惯改变等。通过情景预测，有关部门可以估算出一项决策最终会对环境或经济带来怎样的影响。

假如某些地区的水资源竞争激烈，各领域水利用价值又可估量，备选管理方案的经济效益及运作效果较佳，且具备可支持模型的数据，那么水资源综合优化模型就会发挥作用。水资源综合优化模型支持对水资源相关的经济政策及水利设施的投资进行模拟和评估。该模型主要是模拟人与自然的关系，驱动力影响和环境反馈，以便有效地分析可持续性。鉴于生态模型

可反映空间水环境和各分区的用水情况，因此水资源综合优化模型可支持流域范围内的决策。

（利用水文模拟器和水资源综合优化模型的）计算方法解决优化问题。建议水资源综合优化模型应：①建立模拟人与自然的关系和水资源管理政策对整个流域影响的模型；②对涉水经济政策进行模拟及评估；③可支持流域范围内的决策；④特别适合缺水地区的使用。

（尽管水资源综合优化模型非常有效，但不确定性仍对其应用构成了挑战。举例说明）根据水资源综合优化模型寻找模型的错误源，对不确定性作出准确的量化非常困难（Jakeman 和 Letcher, 2003），单个模型的错误源很难确定和量化，水资源综合优化模型中的水文模拟器和经济模型就是实例：由于校正数据不足，模型的标准和确认成了普遍存在的问题。由于综合模型涉及的面广、问题复杂，“很多不确定因素具有难以解释的不可测性，完全超出了传统和客观的科学理念所能理解的范畴”（Rothman 和 Robinson, 1997；Jakeman 和 Letcher 引证，2003 年）。此外，由于综合系统的反馈信息过于复杂，通过水资源综合优化模型传达的错误往往难以理解。尽管验证该模型的工具目前尚未开发出来，有些专家学者正在尝试利用历史用水数据对该模型进行校正（Cai 和 Wang；2006；Draper 等，2003）。

综合上述问题，应用水资源综合优化模型时，我们必须对模型得出的不确定性影响持谨慎态度；此外，模型本身的设计参数与实际的研究环境相差甚远。水资源综合优化模型或其组合模型在某些情况下的数据会受到质疑，不确定性程度的量化也是难以预测。该模型合适的计划期限可以是 10~30 年，但该模型还没有建立。模

型存在多方面的不确定性，涉及物价及成本的经济模型尤为如此，导致该模型的长期利用价值备受质疑。情境分析（如第八章所述）可用于为不确定性建模。然而，考虑到情景中量化的短暂趋势可能是非静态的（例如气候、土地使用情况、人口变动等），因此，构建贴近实际的情境可能很困难。

资料来源：Mayer 和 Munoz-Hernandez（2009，p. 1176，1187-8，1191-2）。

13.1.2 应对风险和不确定性的适应性规划

适应性规划及管理是水管理者在环境变化、不确定性增加等情况下可利用的合理的、实际的方法。适应性管理常被用来降低不确定性和优化决策，同时确保在过程中学习。适应性规划及管理整合了项目的设计、管理、监测以及评估，目的是验证假设，从结果中学到知识。从根本上说，适应性规划是“从实践中学习的过程”（Kato 和 Ahern, 2008）。

“适应性规划和管理整合了项目的设计、管理、监控以及评估，目的是验证假设，从结果中学到知识。”

Kato 和 Ahern（2008）提到，从字面上和实际应用来看，适应性管理的关键概念和原则是：①将管理行为当作实验；②同时实施多个计划/实验以便快速学习；③将监控作为重点；④边做边学。因此，适应性管理既是一个社会化过程，也是科学的过程。参与方通过报告学习进度发挥主导作用。

适应性管理把不确定性作为管理方法中的一项基本原则。根据实践中得到的信息，适应性管理策略允许决策者改变项目或改变计划的目标。

采用适应性管理会面临挑战，如舍弃短期效益以达到长期目标；要求利益相关方长期参与等。要求利益相关方长时间保持一定的参与程度，这可能无法实现（Lockwood 等，2006）。适应性管理在有些情况下会陷入危机，变得无法运作，譬如：监控尚未完成，监控数据尚未经过分析或准确评估，也或是分析结果不准确的情况下就是如此（Moore 和 McCarthy，2010）。再者说，如果这个过程没有关键利益相关方的参与，适应性管理就不能达到最佳效果。

由于水行业以外的决策对水资源以及用水也构成影响，一些人设想采取综合适应措施，作为水系统可持续管理的重要基础。适应性水管理是水资源综合管理的延伸，其目的是全面地应对未来的不确定性。改进水资源综合管理的重要环节是建立应对环境变化的反馈机制及不断提高认识；适应性建模把人类用水及生态用水一并考虑，也利用了反馈机制。

例如，荷兰开展的一项支持长期水管理规划的研究，考虑到气候变化产生的不确定性，集中研究了水管理的三个方面：防洪、饮用水供应以及鹿特丹港保护。研究的着眼点在于，当前的水管理策略在面对各种气候变化的情形下，是否依然有效，有效的时间有多长。为达到这一目的，该研究利用了“适应性临界点”这一概念（见第八章 8.1.5 节）。如果变化影响较大，以致当前的管理策略再也不能达到既定目标的时候，研究就会认为临界点已经达到，应该使用其他的适应性策略。因此，这一方法结合了建模预测以及适应性管理这两方面的要素，提供了反复验证的流程以考虑管理方法的有效性。触发点，或者临界点的提出及应用，是评价不同管理目标的有效方法。如果水管理领域以外的人也对此认可，将有利于在制定涉水决策时使所有用户有效达成共识。

灾害风险管理（DRM）也采用了类似的概念，其中，紧急情况的触发点也可以视为“适应性临界点”。事实上，基于一套在特殊条件下事先达成的管理调整方案，灾害风险管理可为快速适应性管理创造条件。这并不是一个新方法，但发挥作用的大小，要视情况而定。成功运作一个迅速、灵活的灾害风险管理系统需要多个基本条件，例如数据的可用性、监控技术手段、快速反应体系等，但这些并非每个国家都具备。然而，在这个案例中，不确定性虽未降低，但通过事先制定的应急管理策略，使不确定性的危害得以减轻。此外，2011 年联合国国际减灾战略发布的全球评估报告中着重指出，灾害风险管理框架也有助于满足其他“非紧急情况”的需求，例如水电、农业等其他需水项目的规划。灾害风险管理不应该独立于水领域中其他的降低风险和不确定性的措施。“然而，事实（见专栏 13.3）表明，基于生态系统的灾害风险管理，在诸如江河流域和城市洪水、干旱和林野火灾等方面的问题上，是一个越来越有吸引力的解决方案。”（UNISDR，2011，p. 127）

专栏 13.2

适应性管理——荷兰洪水管理的适应性临界点

为保证洪水期间的安全，荷兰所有防洪设施的设计都要求能抵挡特定频率的暴风雨，使海岸边界条件利于防潮堤的抬高。对采砂和护砂的管理必须满足生态的要求。尽管如此面对最极端情境中的海平面上升，现行的砂质海岸保护政策仍无法达到适应性临界点的要求。但适应性临界点的提出很可能会触及社会和政治层面的问题。例如，民众对生活在庞大的堤防背后越来越无法接受，不断加高的堤坝也会

引发更大的争议，这些都可能政策的改变。

马仕朗 (Maeslant) 挡潮闸对保护鹿特丹港及其潮汐河区免受洪水侵袭起着重要作用。该地区的堤坝设计标准是能抵御四千年一遇到万年一遇的洪水。为达到这个安全标准，当出水口水位超过 3 米，或者 Dordrecht 上游水位超过 2.9 米时，挡潮闸就会关闭，这种情况大概是十年一遇。海平面上升意味着挡潮闸会关闭得更频繁。然而，关闭马仕朗挡潮闸将阻碍进出鹿特丹港的运输，鹿特丹港当局称最多只能接受挡潮闸每年关闭一次。这可以视为适应性临界点。马仕朗挡潮闸的关闭频率根据海平面高度、暴风持续时间以及河流径流量而定；另外一个适应性临界点是海平面上升的高度达到挡潮闸设计可承受的高度 50 厘米。

潮汐河流地区对荷兰西南部的淡水供应（饮用水和农业用水）至关重要。海平面上升以及干旱夏季河道径流量减少，导致地下水和地表水咸化加重。如果在海平面上升的同时，河流流量减少，此时该区域水的含盐量就无法维持在一个较低的水平以满足其关键功能，就会达到适应性临界点。配水方案在一系列国家与地方政府间签订的协议中均有所体现。根据规定，内陆水系统氯化物浓度最高不得超过 250 毫克/升。按照目前的情况，淡水的入水口需要每 5~10 年关闭一次，以防止海水入侵。然而，由于海平面上升和径流量减少，关闭淡水入水口的频率正在迅速增加。

资料来源：Kwadijk 等 (2010)。

专栏 13.4 对灾难模型，即基于规划和风险管理观念开发的另一个应对灾害的模型，进行了介绍。

专栏 13.3

风险处理案例

流域洪水

中国湖北省实施的湿地恢复项目将阻断的湖泊与长江重新连接起来，并恢复 448 平方千米湿地，蓄洪量达到 2.85 亿立方米。随后，当地政府将另外的 8 个湖泊连接起来，覆盖面积达 350 平方千米。湖泊的闸门周期性开启，违法的水产养殖设施被取缔或修善。湖泊和沼泽地被列为自然保护区。这除了有助于防洪，由于湖泊和河漫滩得以恢复增加了生物多样性，渔业收入提高了 20%~30%，水质也达到了饮用标准 (WWF, 2008)。

2005 年，英国政府启动了一项名为“给水出路”的创新项目，利用生态系统取替昂贵的工程项目，对河岸洪水和海岸侵蚀进行风险管理。该项目在 1998 年、2000 年和 2005 年特大洪水发生后开始启动，包括了 25 个试点项目，范围遍及全国的河域和海岸，并构建了地方政府和当地居民的联手行动。自 2003 年 4 月—2011 年 3 月，英国政府的总投资为 44 亿~72 亿美元。这个项目覆盖了北约克郡里庞市西部 Laver 河和 Skell 河大约 140 平方千米的区域，措施包括种植防护林、沿河岸设立植被缓冲带、建立林地、把现有的林地和牲口用栅栏隔开、用篱笆保护植物以及修建蓄水池和湿地提高蓄洪能力。这些举措通过截留、拦蓄及减缓坡面流等有效手段减少了洪水期间的地表径流量，同时保护了野生动物的栖息地，并提高了水质 (PEDRR, 2010)。

城市洪水

植被的功能非常广泛，包括贮存、过滤雨水；蒸发冷却、遮阴；减少温室气体

等。城市发展用钢筋水泥取代了植被，使这些功能完全丧失。尽管城区绿化设施经常被忽视，但地方政府已经开始把恢复“绿色基建”（Gill 等，2007）作为城市水管理和对抗城市升温的可行措施。例如，在纽约，每逢遇上暴风雨，未经处理的雨水和污水就会漫上大街，这是因为陈旧的排水系统已无法应付大雨。暴雨过后，泛滥的洪水未经处理就直接涌入河流水系。美国环保署估计，在今后 20 年里需要投入约 3 000 亿美元改造整个国家的排水系统。仅仅是纽约市的老旧管道和贮水池，就要花费 68 亿美元进行升级改造（纽约市，2009）。作为替代方案，纽约市计划投资 53 亿美元在屋顶、街道和人行道进行绿色基建，这将产生多重效益。新的绿色空间将吸收更多的雨水、减轻城市排污系统的负担、改善空气质量、降低水和能源的使用成本。

干旱

30 年前，两项不同的农业生态工程在尼日尔南部和布基纳法索中部平原几乎同时开展。结果是，两地可利用水量增加，土壤恢复肥沃，旱地的粮食产量得到改善。几乎没有借助外部力量，当地农民利用低成本的传统农业技术与农业生态技术，解决了自家的问题。现如今成百上千的农民已熟悉这些技术并且从中受益，使以往贫瘠的土地焕发生机。在布基纳法索，超过 20 万公顷的旱地得以修复，每年可多产 8 万吨粮食。在尼日尔，超过 2 亿棵果树得以再生，每年可多产 50 万吨粮食，同时也带动了商品和服务市场。此外，可用水量、木材燃料和植物产品的增加，尤其令女性居民受益（Reij 等，2010）。

澳大利亚北部的土著人很久以前就懂得用火来协助起居饮食。由于定居方式的

改变和被边缘化等原因，用火管理范围变得大而分散，导致热带草原火灾事件愈发频繁。传统的用火管理，例如早期采用的旱季计划性烧荒，在与现代科技结合后得以恢复。例如，利用卫星定位技术确定燃烧的位置。

通过对 28 000 平方千米的阿纳姆地（Arnhem Land）西部进行用火管理，土著消防员减少了大量火灾的发生，也因此减少了温室气体的排放，相当于每年减少 10 万吨二氧化碳排放。达尔文液化天然气站向土著居民每年补助 100 万澳元（约 100 万美元），支持贫困地区减少碳排放和创收。用火管理其他的好处还包括保护生物多样性和保护土著文化（PEDRR，2010）。

资料来源：根据 UNISDR，2011，p. 129，重新制作。

13.1.3 主动管理

水管理中另一应对风险及不确定性的方法，是预测主要驱动因素未来的情形以及定位主要用水需求。通过研究用水需求的决定性因素，有效降低涉水不确定性。很多国家已经把需求管理应用于水资源的配置、管理、保护和规划等方面。用水需求近几年不断上升，特别是城市地区，预测也显示用水需求将持续上升（Butler 和 Memon，2006）。主要的影响因素在第二章已提到，包括人口增长、迁移、生活方式和经济的改变、人口变化以及气候变化等。这些因素为不确定性的产生创造了条件，也为满足日益增长的需求设下挑战。第五章重点强调的需求管理阐述了消耗性需求，提出要延缓或避免开发新的资源（Butler 和 Menon，2006），以此限制由于无约束用水需求及未来潜在缺水产生的不确定性和风险。

例如，需求管理是英国政府可持续发展政策的核心要素。政府通过实行“绿色计划”来

推行这项政策。该方案承诺于 2015 年前向供水和污水处理企业投资 220 亿英镑，并开发新设备和新技术，鼓励家庭和企业通过节能和节水联合进行有效用水（EA，2011）。

南非也实施了一项需水工程——大赫曼努斯水保项目，目的是利用长期综合节水计划，应对需求增长和保护自然水源。它基于以下几个原则：失水管理，包括那些未计量用水、非法接水和跑冒滴漏；向家庭和企业提供节水设备（如果用户不按时安装设备将受到处罚）；通过研究机构查明用水量大的地点和原因；确保每月在收取定额水费后供水，履行政府对每家每户的供水承诺；水费累进加价收费；节水的园艺种植方式；把“灰水”用于粮食生产；健全涉水法律法规等（WMO，2001）。

随着耗水量不断增加，不确定性等级也随之提高，将来出现缺水的风险也不断加剧。水需求管理是限制风险的一种方式，但也面临着未知的挑战。例如，水需求管理要求清楚了解需求方及需求量的情况，这需要大量的知识和信息。如果缺少这些知识和信息，政策就会有利于次要的用户群体，很可能因疏忽诱发未来风险。因此，水资源监控和用水信息库亟须改进。这些新的宝贵资源可改进对水需求的预测，使计划能保障更多人的水需求，尤其是饱受缺水困扰的贫困人口（WMO，2001）。

当需求管理在政策上得以重视的同时，另一项挑战出现了。一些新提出的观点认为环境也应当作为用水户。以往环境用水通常被忽视，因此，南非的国家水法案中提出“环境储备”这个概念。法案规定，政府有责任“满足环境储备的需求，保证预留一定数量水质达标的水”（DWA，1997）。该政策对南非的水资源管理影响深远，但也提出了一个难题，即一条河或水源需要提供多少环境储备（WMO，2001）？

需求管理面临的另一个挑战是它需要各层次相关部门的参与，这也限制了它降低风险和不确定性的能力。它要求各群体积极投入、承诺、监控并遵守需求管理的各项规定。它还要

求信息透明易于传播。例如，查清不明用水原因，包括非法接水、漏水和其他失水情况。

专栏 13.4

保险业通过灾害模型进行风险评估

灾害模型是私营企业开发的工具，用于保险行业，是一种“综合灾后全部有关科学、数据、工程知识以及承保人和被保人行为的集成机制”（Shah，2008，p. 5）。时至今日，它已经发展成为确认风险和预防风险的工具。在 20 世纪 80 年代后期，出现了将灾害定位和测量两者捆绑整合的方法。

人们通常认为，利用概率方法最适合模拟灾难内部的复杂性，但是概率法本身也具有多面性。它要求：模拟数千个在时间和空间上有代表性的或者随机的灾难性事件；收集详尽的建筑数据，估算建筑遭受的各种内外损害；把损害折算成财产损失；最后，综合形成该建筑物的整套数据。灾难模型的建模和验证需要大量数据（Grossi 和 TeHennepe，2008，p. 7）。

灾害模型原本是保险界用于计算和反映财产损失，目前这个工具越来越多地被各级政府用于管理风险和预防风险。灾害模型能提供一体化的模型，用以量化损失、权衡选择、在规划中整合适应性措施。

资料来源：《评论》（2008）。

然而，需求管理需要参与的特点使认定和排列风险和不确定性优先顺序的过程带有“民主化”的意味（Baroang 等，2010）。各相关部门需要平衡自身多方面的利益，向政策制定方提出反馈要求。详见专栏 13.5 的举例说明。

专栏 13.5

印度安得拉邦农民地下水管理系统

安得拉邦农民地下水管理系统（AP-FAMGS）是一个依靠社区组织开展的项目，参与方包括 28 000 位男性和女性农民，来自于 7 个旱灾易发区的 638 个村庄。项目的重点是提高地下水使用者的管理能力，让他们以可持续的方式管理地下水资源。项目从需求方入手进行管理，教育农民认识地下水系统如何运作，使他们在用水时能理性地选择。该项目的核心理念是，只有让用水者全面地了解地下水，如产生、循环、有限的可利用量等，并认识到通过集体决策保护地下水可最终使自身受惠的基础上，可持续地下水管理方可实现。因此，控制地下水开采量的重担被交到已了解“动因”和知情的社区个体手中，而不是由政府发号施令。

此项目既强调了以可持续的方式使用共有的水资源，又不断提升地下水使用者的自身能力。项目从需求方入手，允许农民进行水资源管理，认识地下水系统的运作原理，在充分了解情况的基础上做出用水决定。安得拉邦农民地下水管理系统给我们的启示是，只有让用水者了解地下水的产生、循环、存量有限等状况，通过集体决策，才可以有效管理水源。由于取水是由社区的个体完成，他们对取水的“动因”充分知情，所作出的决定主要根据全面完整的信息而不是政府的条条框框。

该项目没有得到任何财政支持或补贴。完全是项目设想的获得科学数据和知识使农民得以做出恰当的选择和决定，合理利用地下水资源。

项目的目的是让农民拥有必要的知识、

数据和技能，通过控制需求，以可持续的方式管理可用地下水资源。该项目也提供了节水灌溉技术、先进农业技术和用水管理方法等。与集中式地下水管理方案不同，安得拉邦农民地下水管理系统并未要求农民减少使用地下水——农民可以按自己的意愿种田取水，社区也没有就地下水利用自主管理签署任何协议。该项目依靠教育去影响数以千计的农民作出各自的用水决定，比如雨季后庄稼种类和灌溉面积的选择。

项目成功地使地下水成为农民的可持续水源。没有人会造成地下水供应的减少——尽管这很可能发生。该项目成功的原因有很多，其中包括：及时通报地下水可利用量的数据、反映需求、使种植决策有数据支撑、大力支持农民的风险管理；减少因个人决定引起的地下水超采。因此，在计划执行时不需要通过政府主导（GWP，2008）。

资料来源：安得拉邦农民地下水管理系统（APFAMGS）（2008）；世界银行（2010）。

13.2 规避危害、降低风险

以上专栏提到的案例阐述了减少不确定性的方法，接下来介绍的是降低风险的各种工具。其中，最关键的办法是分析风险因素，如概率或成因，降低或减少影响水资源或依赖这些水源的人群所承受的风险。

13.2.1 投资基础设施建设

新型的水利设施可降低因气候变化、水量变动引起的涉水风险。新建基础设施可有效利用新技术。如一些地区的水库正被拆除，以减少对生态系统如鱼类的影响；而另一些地区正在增加水库容量蓄水预防洪水，这在缺水地区

显得尤为重要。

为应对风险和不确定性，各国可投资建设的设施分为几种类型。其中一种是修建水库，目的是改变水的时空分布，以满足人类和环境的需求。目前，修建水库颇具争议，很多水和能源紧缺的地区正在不断修建水库，而其他地区为保护生态系统正在将其拆除。基于目前的条件和变数，大坝和水库都是防范风险的必备设施。

据国际水管理研究所 (IWMI) 预测，气候变化将引发严重的粮食问题，对不断增长的全人口构成威胁，尤其是非洲和亚洲，这些地区的大部分农民仅靠雨水灌溉庄稼。在亚洲，66% 庄稼属旱作；而撒哈拉以南非洲地区 94% 的农田完全依靠雨水灌溉。这些地区的水利设施发展缓慢，有大约 5 亿人口处于食物短缺的边缘。

因此，国际水管理研究所建议对各种水利设施进行投资，从修建小规模雨水收集池和大规模的堤坝，到人工回灌地下水，用以提高土层的蓄水能力。及时储备水源可以保障粮食安全。“正如现代消费者分散投资以降低风险，小农要利用‘水账户’等措施以应对气候变化带来的做法” (McCartney 和 Smakhtin, 2010; 引自 IWMI, 2010, p. 1)。

政府与农民共同参与规划的制定可使小型蓄水工程取得显著成效。例如，津巴布韦的小型集水池确保玉米在旱季和雨季都获得丰收。在印度的拉贾斯坦邦，10 000 个地下水回灌设施使灌溉面积达到 34 600 英亩 (14 000 公顷)，约 70 000 人的温饱问题得到解决 (Eichenseher, 2010)。预计到 2030 年，印度的供水量和需水量之间将有 50% 的缺口，决策者意识到保障供水可带来长期经济效益，已开始投资兴建蓄水项目 (IWMI, 2009)。

为降低未来风险，投资基础设施建设也面临着作出权衡和产生不确定后果的情况。例如，在美国萨凡那 (Savannah) 河，50 年前建造的三个大坝和水库改变了径流的自然流淌模式，对河流和河口地区的生态系统带来负面影

响。尤其值得关注的是，萨凡那河下游地区对支撑当地生物多样性起着极大的作用，该河中本地鱼类达 108 种，是流入大西洋的河流中鱼类种类最多的一条河流 (Hickey 和 Warner, 2005)。建设基础设施之前必须对其在水功能方面的影响作全面的考量。决策者只有在透彻了解风险和不确定性并权衡利弊后，才能得出最优的决定。

萨凡那河的例子说明，经过反复咨询论证才能取得积极的结果。2002 年，美国陆军工程师兵团 (USACE) 和美国大自然保护协会 (TNC) 发起了可持续河流项目，恢复河流生态 (Hickey 和 Warner, 2005)。其中，最主要的措施是确定河流的水文状况，保障下游生态系统，同时也满足其他的人类需求如发电 (供应补给)、休闲 (文化) 及防洪 (法定要求) 等。这个项目在 2003 年 4 月份开始，论证专家组由 50 多位顶尖科学家组成，分别来自乔治亚州和南卡罗来纳州政府、联邦机构、学术机构和其他非政府组织。历史数据被用于确定支持淡水、河漫滩与河口的季节性水流量。项目组很难让流量建议研讨会的参与者直接提出一个定量的流量指标，但是当告知他们“该建议指标只是先作为一个近似值，之后会通过适应性管理对其进行完善”后，该指标最终得以确定。与大批科学家和机构共事可能繁琐而费时，但如果将这些工作任务都交由一个研究团队来负责，该局限就会得以避免。此报告被项目里的其他科学家作为理论基础，使大家在流量建议讨论会上更易达成共识。

最后，一系列季节性控制放水流量指示计划已完成设计并进行测试。在五天内，美国陆军工程兵团从瑟蒙德 (Thurmond) 大坝定量排水 450 立方米/秒，相比目前每天排放 130 立方米水量有显著增加。从 2004 年 3 月至今已经实行了几次定量排水。这种定量排水可以在大坝建筑前模拟已有的水流情况。数个项目评估了对生态系统的影响，比较突出的是监测能力变化的项目，包括：评估定量排水对河口盐度的影响；检验河漫滩森林是否恢复生机；跟踪

短吻鲟、河漫滩上的无脊椎动物和鱼群。这些监测活动为有关部门提供了可靠的数据，有助于保护野生动物。

专栏 13.6

越南的红树林修复项目

自 20 世纪 50 年代以来，越南已经失去了 80% 的红树林。其主要原因，一是越战期间使用了落叶素；二是 20 世纪 80 年代初水产养殖业的快速发展。红树林修复项目自 1991 年以来作为一项补救政策一直延续下来。修复项目的目标是减缓海平面上升和沿海风暴带来的影响。然而，对于红树林修复，不同群体的关注点各异，优先次序和倾向各有不同。

越南极易受气候变化的影响。不同机构对天气变化情况的预测大相径庭，有的预测降水增加，有的则预测减少，因而造成气候不确定性。预测也指出热带风暴的频率和强度将有所增加，海平面会因此上升。

气候变化预测的不确定性程度较高显而易见。然而，即使预测中提到的气候变化没有出现，越南农业也正不断地受到盐渍化和洪灾的威胁。气候变化可能引发海水倒灌，而地下水是沿海地区宝贵的淡水来源。湿地被强占并排水开发，河流上游的基础设施建设引起径流变化，这些都导致了洪灾和旱灾出现频率的增加。风暴潮也会对沿岸建筑、大坝造成严重破坏，影响水产业发展。洪水和风暴引发的潮水将导致盐度上升，对水陆生态系统均造成大范围的冲击，首当其冲的是原生物种及经济价值高的物种。

与单一措施如筑堤建坝相反，红树林修复项目被当作“低/零遗憾措施”进行推

广。该项目作为适应气候变化的预防措施，通过消除当前多部门的薄弱环节和应对未来风险，达到双赢的效果。越南北部的关注点是防灾减灾，因此红树林修复项目的保护功能得以优先考虑。这一地区大部分的树林被列为“保护林”，由政府拥有并管理。在南部，红树林修复项目在许多情况下都被推介列入可实现多目标的发展计划。“生产性树林”可以私有，所有者具有“使用树林的一切权利，包括发展农林渔业相结合的生产模式”。越南北部处于台风带，极易受到风暴潮的影响，因此各区域的着眼点不同并不奇怪。

结合“低/零遗憾”行动计划，红树林修复项目比其他单一目标的措施带来了更多的益处，惠及更广泛的群体，即使在充满不确定性的将来也有明显的作用（红树林行动计划，2008）。

资料来源：安得拉邦农民地下水管理系统项目（APFAMGS）（2008）；世界银行（2010）。

专栏 13.7

菲律宾巴亚万市人工湿地污水处理系统

湿地具有过滤和转化营养成分的功能，因此，人工湿地被用作废水处理和酸性矿排水（Hammer, 1989, 1992; Wiedner, 1989）。巴亚万（Bayawan）市开展的湿地建设在菲律宾尚属首次。它的用途包括保护沿海地区免受内陆废水污染；通过废水治理和改善卫生条件，保障居民的健康；为菲律宾其他地区树立典范，展示湿地建设的功能。

该项目坐落于内格罗斯（Negros）岛

西南部，总面积为 7 万公顷，涉及人口 11.3 万。项目所在区域是巴亚万市的城市边缘地区，用于安置沿海地区那些无正式居所、饮水安全和卫生条件无法得到保障的居民。卫生官员发现，在这些非正式居住地里，水传播疾病引起的发病率和死亡率极高。

该村庄和人工湿地都建在离海岸较近的地方。每逢雨季，地下水都涌出地表。在工程建设中，用混凝土建设了若干单元，每个单元底部都设有排水系统，单元被分隔层和过滤层覆盖，过滤层采用的植物是当地一种叫卡开芦（tambok）的芦苇，这些芦苇也可阻隔填充过程中产生的气味。

污水处理系统由 4 个混凝土集水池和一组带孔高密度聚乙烯（HDPE）管组成。该系统由手动操作，包括水泵开关以及将集水池中的水排空至配水系统。集水池每天充水 2~3 次。系统自投入使用后不断得到改进：集水池被覆盖起来，以减少填充过程产生的气味；两个湿地单元之间和之后的集水槽也被覆盖起来以抑制藻类生长；此外，还建立了大型蓄水池来存放处理后的水。

当地的水利机构定期检测人工湿地进水和排水的情况。检测项目包括溶解性总固体（TDS）、pH 值、生物需氧量（BOD）、氨、硝酸盐、磷酸盐以及微生物指标（大肠杆菌）等。处理后的水质测试分析显示，污染物被有效地去除（BOD 的去除率达 97%）。

处理后的水最开始应用于建筑业的混凝土生产，以降低生产成本，现在也开始用于当地有机鲜花栽培和蔬菜种植。当时，人工湿地的出水只有一个基本的微生物指标控制。但从 2008 年 11 月起，开始对粪大肠杆菌进行更高频率、更加精确的

测试分析。出水中理想的氮磷含量正好可作为鲜花栽培和蔬菜种植的灌溉施肥。对总大肠菌群更先进的检测表明，其中病原体含量过高，不适宜进行无限制的灌溉。但是，湿地出水中的大肠菌群总量比同一地区其他河流的实际含量 [每 100 毫升河水约 1 万~10 万（不含）CFU] 要低。人工湿地的投入为多项经济活动提供了赖以依存的水资源，降低了不确定性（Lipkow 和 von Münch, 2009）。

资料来源：安得拉邦农民管理地下水系统（APFAMGS）（2008）；世界银行（2010）。

13.2.2 环境工程

自然环境也可以像人工建筑那样发挥作用，因此也可以看成是“基础设施”（见 8.3 节）。例如，湿地可以减缓洪峰流量，吸收多种有机废料，其功能与污水处理厂无异。人类在进行用水配置时，经常忽视了生态系统的需要，为生态系统的可持续运转带来了隐患。有关生态系统需水量的研究和监测不断增多，有助于让规划者和管理者把自然环境作为水资源基础设施加以利用。基础设施规划，特别是对生态系统的投入，一样可以采用“零遗憾”的方法，在制定可持续发展规划时要预先考虑到较大的变化。

尽管自然灾害引起的不确定性可以通过人工设施进行解决，事实说明生态系统也可以降低因自然变异带来的风险。以下关于减少洪灾损失的例子证明，加强生态系统的作用有助于应对气候引起的不确定性和风险。自然生态系统也可以作为减少洪灾损失的备选方案，请参看 8.3 节。

除了国家，利益相关方也可以对环境进行投资。以下关于印度和巴西的例子说明，对环境资源的投资和管理可以通过团体组织管理获得成功：

印度和巴西的社区流域管理

印度和巴西的团体组织进行的流域管理，证明了女性团体在保护水资源活动中的重要价值。在印度古吉拉特邦的半干旱地区，妇女自主就业协会（SEWA）在1995年发起了“妇女、水、工作”运动，通过水源收集、流域管理、管道及设施维修维护等方式对水资源进行保护。妇女自主就业协会的集体行动结合了强大的妇女基层组织以及众多女性技术骨干。由于协会成功推行了护水运动，会员数量大增。妇女在多方面受惠：增加了收入，减小了劳动强度，改善了生活水平，减少了家庭搬迁的频率，提高了对协会其他活动的参与度。妇女自主就业协会成为协调水管理事务有力的非政府组织（NGO），以前这类组织完全由男性主宰（Panda, 2007）。

在巴西中部的德圣若昂阿利安萨（São João D'Aliança），当地农村工会联合巴西利亚大学（UnB）开展了一项社区水利项目，目的是减少 das Brancas 河流的污染，并恢复河岸原有的植被。在一个由女性发起的名为“水与女性”的运动中，项目小组的妇女们把有利环保的举措应用到日常生活中。该组织教育当地群众不要往河里排污，以及如何在河岸种植本地品种的植物。结果，河里的污染物明显减少，河岸上也出现了相当数量的当地植物，水土流失得以控制。女性的政治影响力得以提升，公众对于女性的领导能力的看法也有所改观（Souza, 2006）。

13.2.3 南非蒙蒂（Mondi）湿地计划

水是南非最稀缺的自然资源。由于滥耕、

森林砍伐、城市发展、污染、筑堤、水土流失、火灾等原因，如今南非 55% 的湿地已经消失。此外，大部分南非居民的饮用水都得不到保障，只能依靠小溪、河流、沼泽和湿地等满足用水需求。倘若目前的供需比维持不变，到 2025 年，南非的水资源将全部耗尽（MWP，日期不详）。

蒙蒂湿地计划（MWP）在南非豪滕省（Gauteng）和夸祖鲁-纳塔尔省（KwaZulu - Natal）两地实施，由南非两个最大的非政府保护组织联合发起，分别是世界自然基金会南非办事处（WWF-South Africa）与南非野生动物和环境协会（WESSA），同时也联合了两个企业赞助商，马自达自然基金会和蒙蒂公司。自 1991 年计划开展以来，蒙蒂湿地计划成为南非最成功的非政府湿地保护项目，被其他地区的伙伴组织视为典范。

2001 年 1 月，蒙蒂湿地计划项目组发起了一项公共湿地计划，管理和恢复公共使用的湿地。该计划的主要目标是促进公共湿地的有效管理和可持续利用，这个目标通过以下行动实现：与政府延伸服务机构建立伙伴关系，使其参与到湿地管理中；确定团体组织对湿地进行管理时可能出现的问题与争端；传达团体组织的积极信息和湿地的重要性；促进、建立、支持各机构向团体组织提供帮助，提升组织可持续利用湿地的能力；协助修复退化的湿地等。

通过多方参与，包括政府机构、族群领袖和非政府组织，该计划取得多方面的成果。例如，蒙蒂湿地计划已经开始修复南非退化的湿地，预算达几百万兰特；超过 30 300 公顷的湿地已被评估，当中很多已经开始修复；在保护区周边 21 个主要地区已经开始了湿地保护活动；60 个机构的 1 050 名人员接受培训，学习湿地评估和湿地运行；有关湿地的教育活动得以推广。团体组织的积极投入和有关部门的参与通过一整套程序得以保证：公共湿地计划的负责人负责唤起部落地区对湿地的重视，提高政府推广人员的能力，游说机构决策者着手开

展湿地保护，协助建立湿地治理架构，并促进健康湿地管理措施的实施（Rosenberg 和 Taylor, 2005）。

湿地对水管理有着至关重要的作用。湿地具有“净水、贮水、补充蓄水层、调节径流等作用。此外，湿地可以保持水土、减轻洪灾、保护生物多样性、对整个国家也非常重要。但目前，湿地是一种濒危且管理不到位的环境资源，在南非以至全世界都是如此”（世界自然基金会南非办事处，日期不详）。然而，投资湿地保护是非常困难的，特别是对于非政府背景的参与者。人们通常认为，相对于土地和水体的其他用途而言，湿地的价值非常小，甚至毫无价值（Schuijt, 2002）。出现这种困境的部分原因在于，湿地并不能为降低风险带来立竿见影的效果。然而，投资湿地可以防范将来的风险和不确定性。因此，作为世界上两大严重缺水地区之一的非洲（UNEP, 2002），需要湿地来维持人民长期的健康、安全和幸福（Schuijt, 2002）。

可是，非洲大部分的湿地正受到威胁。对此，利益相关各方难辞其咎。事实上，与湿地相关的各方都代表着不同的利益，各方诉求不一，结果导致湿地资源被用作开发（Schuijt, 2002）。这也正是蒙蒂湿地计划引人注目的原因：它成功地得到了社会各阶层的利益相关方的支持。面对未来的风险及不确定性，该项目起到了支撑自然生态，提供天然滤水器，保护水资源，降低了未来发生干旱、洪水、气候变化、水土流失等风险。

利益相关方的参与是管理风险和不确定性的有效方法，但也会构成一定挑战。风险存在是因为相关方某一天也许不愿意，或无能力参与到水管理的过程中。虽然后者的问题可以通过有效的能力建设得以解决，但需要额外的资源。相比而言，要取得利益相关方的主动配合更加困难，这涉及态度和价值观的转变和强化教育，过程相当缓慢。

|||||

“在充满不确定性与风险的环境中，政策制定者较倾向于最具实用性的决策，在不确定的情况下，也许会选择维持现状。”

13.3 适应风险和不确定性：涉水决策的取舍

为满足人类和环境对水的需求，水管理者一直要处理在某种程度上由自然变异引起的风险与不确定性。但是新问题层出不穷，尤其是气候变化、土地使用情况变更以及其他外部因素的相互作用，带来了更多的不确定性和随之而来的风险，使我们更难估算成本或评估政策改变的影响。未来的行动不能简单地以现状为基础，必须考虑全球未来趋势，如气候变化、人口迁移速度加快等因素。变化速度日益增长，水的驱动因素，例如消耗量、人口状况、技术等也随之变化，某些因素之间可能变得不再协调，从而加剧了不可预测性。决策者也许有各种办法应对因气候变化带来的不确定性，其中之一就是把不确定性看作实际风险。换句话说，就是假设风险确实存在，把这种可能性纳入管理或政策当中。但是，这种方法要求对每项政策的取舍有很清晰的了解。

如下文所述，澳大利亚在应对气候变化时采取了预防措施。然而，案例显示，政府往往会采取预防措施来防范未来风险，但其政策决定可能会带来不可预见的后果，从而产生新的不确定性。

澳大利亚政府开展了国家水安全计划以解决公众对水资源问题的忧虑，尤其是越来越严重的干旱和未来供水不足等问题。这个包括 10 项内容的计划预期在未来 10 年内向水资源领域投入 100 亿美元。为实现预防措施，资金中的绝大部分，共计 60 亿美元，将被投入到工程措

施，发展灌溉农业和改善水资源利用率。此措施背后的目标是节约水资源，为环境可持续发展奠定基础。这项计划也设计了一个回购机制，以解决过度分配的问题，避免在未来引起水资源匮乏。

然而，这项计划出现了未曾预料的后果。除了大量投资工程技术外，在水管理中，由工程师占据主动而非农民导致不应有的结果出现。工程为主的方案会干扰农民的决定，长远来看效果也许不如对农民开展教育。此外，利用回购机制解决水配置问题除了需要考虑支付能力；还要考虑一旦灌区水资源被用作他用，部分灌溉用户出局，原有的灌溉设备使用率将随之下降，会为留下的用户增添大量的经济负担 (Cruse, 2008)。

另一个不可预见的后果是，在关注灌溉用水的同时，却放松了对地下水法规的重视。法规政策严格限制地表水使用的同时使地下水的需求量增加。这促使立法者加快步伐控制地表水过度使用的同时监督和控制地下水开采 (Cruse, 2008)。因此，地下水的使用可能引发新的不确定性和挑战。

这个例子说明需要政府主动权衡以降低未来的涉水风险和不确定性。然而，正如上述强调的不可预见后果所证明的，政策的效果难以确定。在充满不确定性与风险的环境中，政策制定者更倾向于采取能提供最高功效的决策，在不确定的情况下，也许就是维持现状。一些研究表明，决策者在应对不确定性的时候，往往更倾向于选择维持现状。即使面对众多选择时，这种倾向也会更强 (Samuelson 和 Zeckhauser, 1988)。鉴于涉水不确定性不断增加，一切照旧的水管理模式实际上是在满足短期需要而放弃不得不承受短期财政和政治资本损失的长期方案之间作出的取舍。

在水量有限、需求不断上升、对稀缺资源的竞争愈演愈烈条件下，决策者必须作出艰难的取舍，在风险和不确定性中作出有效的部署。在应对风险和不确定性时，各国可选择采取预防措施或维持现状，这取决于该国在风险

和不确定性面前如何作出权衡。只有在维持现状的成本大于改变现状的成本时，政策才有可能发生改变 (Saleth 和 Dinar, 2004)。这种情况下，各国可以从不同的角度看待执行新政的成本：有的可能把水环境恶化仅仅看作是负面的外部因素，不足以引发现行政策的改变；有的则认为未来水挑战构成巨大代价，为了以后的利益，必须对现行政策进行改变。

然而，并非所有的取舍都有负面作用。应对风险和不确定性的措施也会带来双赢的局面，既给各方带来多重效益，也有利于水资源的长期有效供给。以下例子讲述了一个私营企业——陶氏化学，如何平衡用水成本、污染控制和社会责任等问题，以惠及所有用水者的方式管理自身风险。

本章重点讲述了水领域内如何管理风险和不确定性。下一章则通过例子说明，管理其他领域日益增长的风险和不确定性，对水资源将产生或好或坏的影响。由于风险和不确定性逐渐扩大并且变化日益加剧，制定具有广泛效益的管理政策尤显重要。

专栏 13.9

保障工业用水、控制水污染

陶氏化学致力于创新型化学、塑料及农业产品的研发及生产，并提供相关的服务。公司位于荷兰泰尔讷曾 (Terneuzen) 的工厂需要大量淡水。然而，当地的水是苦咸水，淡水要从 100 千米外的地方运送过来。淡水既是生产用水又是生活用水，淡水不足或成本上涨均构成潜在的商业风险，陶氏化学必须设法降低这些风险。

泰尔讷曾项目的目的是为生产企业提供长期、成本划算、可靠的供水。“生活污水回用计划”始创于 2005 年，并在 2007 年初实行。陶氏与其地区合作伙伴——设备

提供商艾威迪斯 (Evides) 以及当地水管会联手推出了一个健全的水综合管理体系。此方案的实施,使得原本直接排放到河道中的处理后的生活污水,现在被用于泰尔纳曾工厂的生产,而且实行两次利用:首先用于制造水蒸气,然后用于冷却塔中,最后才蒸发到大气中。

自 2007 年起,工厂每天接纳超过 990 万升的市政生活污水。通过收集生活污水并循环利用,陶氏化学的淡水使用量减少了一半。通过这种管理模式,公司对苦咸水的需求量也有所削减。

除了工厂的淡水使用量减少之外,这

项计划也产生了巨大的环境效益——由于生活污水净化时所需的压力小于过去咸水淡化时的压力,因此,能源消耗比以前降低了 65%,且每年少用了 500 吨的化学药剂,二氧化碳的年排放量也因此降低了 5 000 吨。此外,现在每公升水都被利用三次,而以前只有一次。

该计划的实施,为工厂带来长期可靠的供水,提高了成本效益。项目的关键是陶氏与艾威迪斯和水管会的合作,让陶氏可以享受与以往相同的水价购水。

资料来源:引述自世界可持续发展工商理事会 (WBCSD) (2010)。

参考文献

- APFAMGS (Andhra Pradesh Farmer Managed Groundwater Systems Project). 2008. Project Completion Report supported by FAO in cooperation with Bharati Integrated Rural Development Society (BIRDS), Andhra Pradesh, APFAMGS.
- Baroang, K. M., Hellmuth, M. and Block, P. 2010. *Identifying Uncertainty and Defining Risk in the Context of the WWDR4*. Issues Workshop Discussion Paper prepared for the World Water Assessment Programme (WWAP). New York, Earth Institute, Columbia University, International Research Institute for Climate and Society.
- Butler, D. and Memon, F. A. 2006. *Water Demand Management*. London, IWA Publishing.
- Cai, X. and Wang, D. 2006. Calibrating holistic water resources-economic models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 132, No. 6, pp. 414-23.
- Cruse, L. (ed.) 2008. *Water Policy in Australia: The Impact of Change and Uncertainty*. Washington DC, Resources for the Future. http://admin.cita-aragon.es/pub/documentos/documentos_CRASE_2-5_b8e6f4de.pdf
- Draper, A. J., Jenkins, M. W., Kirby, K. W., Lund, J. R. and Howitt, R. E. 2003. Economic-engineering optimization for California water management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 129, No. 3, pp. 155-64.
- DWA (Department of Water Affairs). 1997. *South Africa's White Paper on Water Policy*. Section B (New National Water Policy), sub-section 5.2.2 (Environmental Requirements). Pretoria, Government of South Africa.
- EA (UK Environment Agency) 2011. *National Infrastructure Plan – A Vision for Water*. London, EA. <http://publications.environment-agency.gov.uk/PDF/GEHO0111BTJC-E-E.pdf>
- Eichenseher, T. 2010. How to Stem a Global Food Crisis? Store More Water. *National Geographic*. 7 September.
- Gill, S., Handley, J. F., Ennos, A. R. and Pauleit, S. 2007. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*, Vol. 33, No. 1, pp. 115-33.
- Grossi, P. and TeHennepe, C. 2008. Catastrophe modelling fundamentals. *The Review. A Guide to Catastrophic Modelling*. London, Informa, pp. 6-9.
- GWP (Global Water Partnership) Integrated Water Resources Management Toolbox. 2008. *India: Andhra Pradesh Farmer Managed Groundwater System; Demand Side Groundwater Management*. Stockholm, GWP. http://www.gwptoolbox.org/index.php?option=com_case&id=277
- Hammer, D. A. 1989. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial, and Agricultural*. Fla., Lewis Publishers.
- Hickey, J. and Warner, A. 2005. Sustainable Rivers Project – A Corps and Conservancy Partnership: River project brings together Corps, The Nature Conservancy. *The Corps Environment*, April.
- IWMI (International Water Management Institute). 2009. Flexible water storage options and adaptation to climate change. *Water Policy Brief*, 31. Colombo, IWMI. http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Water_Policy_Briefs/PDF/WPB31.pdf
- . 2010. In a changing climate, erratic rainfall poses growing threat to rural poor, new report says. R&D by EurekAlert. Battaramulla, Sri Lanka, IWMI. http://www.iwmi.cgiar.org/News_Room/pdf/RDMAG-In_a_changing_climate_erratic_rainfall_poses_growing_threat_to_rural_poor.pdf
- Jakeman, A. J. and Letcher, R. A. 2003. Integrated assessment and modelling: features, principles and examples for catchment management. *Environmental Modeling Software*, Vol. 18.

- Kato, S. and Ahern, J. 2008. Learning by doing: adaptive planning as a strategy to address uncertainty in planning and management. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 51, No. 4, pp. 543–59.
- Kumar, M. D., Sivamohan, M. V. K., Niranjana, V. and Bassi, N. 2011. *Groundwater Management in Andhra Pradesh: Time to Address Real Issues*. Hyderabad, India, Institute for Resource Analysis and Policy.
- Kwadijk, J. C. J., Haasnoot, M., Mulder, P. M., Hoogvliet, M. M. C., Jeuken, A. B. M., van der Krogt, R. A. A., van Oostrom, N. G. C., Schelfhout, H. A., van Velzen, E. H., van Waveren, H. and de Wit, M. J. M. 2010. Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: A case study in the Netherlands. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, Vol. 1, No. 5, pp. 729–40.
- Lipkow, U. and von Münch, E. 2009. *Constructed Wetland for a Peri-urban Housing Area Bayawan City, Philippines – Case Study of Sustainable Sanitation Projects*. Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA). http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-51-en-susana-cs-philippines-bayawan-constr-wetlands-2009.pdf
- Lockwood, M., Worboys, G. and Kothari, A. 2006. *Managing Protected Areas: A Global Guide*. London, Earthscan.
- Mangrove Action Project. 2008. *Vietnam's Mangrove Restoration Program*. Port Angeles, Wash., US, Mangrove Action Plan. http://mangroveactionproject.org/news/current_headlines/vietnams-mangrove-restoration-program
- Mayer, A. and Muñoz-Hernandez, A. 2009. Integrated water resources models: An assessment of a multidisciplinary tool for sustainable water resources management strategies. *Geography Compass*, doi:10.1111/j.1749-8198.2009.00239.x
- McCartney, M. and Smakhtin, V. 2010. *Water Storage in an Era of Climate Change: Addressing the Challenge of Increasing Rainfall Variability*. Blue Paper. Battaramulla, Sri Lanka, International Water Management Institute (IWMI).
- Moore, A. L. and McCarthy, M. A. 2010. On valuing information in adaptive-management models. *Conservation Biology*, Vol. 24, No. 4, pp. 984–93.
- MWP (Mondi Wetlands Programme). N.d. Website. Irene, Pretoria, South Africa, MWP. <http://www.wetland.org.za/>
- New York City. 2009. *NYC Green Infrastructure Plan – A Sustainable Strategy for Clean Waterways*. New York, City of New York.
- Panda, S. M. 2007. *Women's Collective Action and Sustainable Water Management: Case of SEWA's Water Campaign in Gujarat, India*. CAPRI Working Paper No. 61. Washington DC, International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- PEDDR (Partnership for Environment and Disaster Risk Reduction). 2010. *Demonstrating the Role of Ecosystems-based Management for Disaster Risk Reduction*. Background Paper prepared for the ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2011, Geneva, UNISDR.
- Reij, C., Tappan, G. and Smale, M. 2010. *Resilience to Drought through Agro-ecological Restoration of Drylands, Burkina Faso and Niger*. Case study prepared for the PEDRR Background Paper to the 2011 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, UNISDR.
- The Review*. 2008. *A Guide to Catastrophic Modelling*. London, Informa. <http://www.rms.com/Publications/RMS%20Guide%202008.pdf>
- Rosenberg, E. and Taylor, J. 2005. *Mondi Wetlands Project Evaluation. Final Report*. Irene, Pretoria, South Africa, Mondi Wetlands Project (MWP).
- Saleth, R. M. and Dinar, A. 2004. *The Institutional Economics of Water: A Cross Country Analysis of Institutions and Performance*, Washington DC, The World Bank.
- Samuelson, W. and Zeckhauser, R. 1988. Status quo bias in decision-making. *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 1, pp. 7–59.
- Schuijt, K. 2002. *Land and Water Use of Wetlands in Africa: Economic Values of African Wetlands*. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis. <http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/IR-02-063.pdf>
- Shah, H. 2008. Learning lessons from the unexpected. *The Review. A Guide to Catastrophic Modelling*. London, Informa, p. 5.
- Shaw, W. D. and Woodward, R. T. 2010. Water management, risk and uncertainty: things we wish we knew in the 21st Century. *Western Economic Forum*, Vol. 9, No. 2, pp. 7–21. <http://agecon2.tamu.edu/people/faculty/shaw-douglass/wef.pdf>
- Souza, S. M. 2006. *Gender, Water And Sanitation: Case Studies on Best Practices* (Advance Version). New York, United Nations. http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/casestudies_bestpractices.pdf
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2002. *New Partnership for Africa's Development (NEPAD) Action Plan for the Environment Initiative*. Midrand, South Africa, NEPAD. <http://www.unep.org/roa/Amcen/docs/publications/ActionNepad.pdf>
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction). 2011. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Geneva, UNISDR.
- WBCSD (World Business Council on Sustainable Development). 2010. *The Dow Chemical Company – Utilizing household wastewater in the large-scale*. Geneva, WBCSD. <http://www.wbcd.org/Plugins/DocSearch/details.asp?DocTypeId=24&ObjectId=MzkkMDA&URLBack=%2Ftemplates%2FTemplateWBCSD5%2Flayout%2Easp%3Ftype%3Dp%26MenuId%3DODY%26doOpen%3D1%26ClickMenu%3DRightMenu>
- Wieder, R. K. 1989. A survey of constructed wetlands for acid coal mine drainage treatment in the eastern United States. *Wetlands*, Vol. 9, No. 2, pp. 299–315.
- World Bank. 2010. Deep wells and prudence: towards pragmatic action for addressing groundwater overexploitation in India. *A Groundswell of Change: Potential of Community Groundwater Management in India*. Washington DC, International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, pp. 59–77.

WWF (World Wide Fund for Nature). 2008. *Water for Life: Lessons for Climate Change Adaptation from Better Management of Rivers for People and Nature*. Gland, Switzerland, WWF.

WWF South Africa. n.d. *Mondi Wetlands Programme*. Website. Cape Town, South Africa, WWF Africa. http://www.wwf.org.za/what_we_do/freshwater/mondi_wetlands/

WMO (World Meteorological Organization). 2001. Technical reports. *Hydrology and Water Resources*, No. 73. Geneva, WMO. <http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/TD73.pdf>

第十四章

打破水界限束缚、应对风险和不确定性

作者：伊鲁姆·哈桑、乔安娜·泰勒菲里

供稿：丹尼尔·洛克斯、威廉·科斯格罗夫





前一章谈到，水管理者可利用多种机制以降低所面临的风险和不确定性。水政策的响应可采取多种形式，可以是风险防范，也可以是先行适应性管理。然而，风险和不确定性隐藏在人类生活的方方面面，因此，应对水资源的挑战必须将有效解决其他领域的风险和不确定性当作首要的一环（有些情况下没有成功地应对）。

《世界水发展报告》第三版提到，水领域面临的很多问题源自其他领域作出的决策，而解决水问题的办法只能从其他领域中找到。无论是否涉及水领域，大部分的决策都涉及风险管理。各领域的决策，包括商业决策，都离不开对未来收益或威胁的预测。这些决策不一定都会考虑到水的问题，但对水都会存在影响，同时对水管理者的决策和行动产生重要影响。

本章探究如何管理“水箱”之外的风险和不确定性，为水管理带来益处。

14.1 减少贫困、促进绿色增长和绿色经济

水是社会和经济发展的核心，因此，很难只解决其中一方面的问题而不顾及其他。然而，短期的减贫和经济发展计划往往没有对水资源的潜在影响进行长期的分析，因此脱离了可持续发展轨道。

尽管水资源可满足人类多方面的基本需求，例如食物、饮水、卫生等，很多开发计划却为水资源带来了风险与不确定性。多数情况下，发展意味着消耗更多的水，经济发展程度越高，水污染也越严重。例如，集约型农业是发展中国家和新兴国家发展经济和摆脱贫困的主要方式。尽管如此，集约型农业大大影响了其他方面的水供应。选择其他的经济发展模式有助于消除水供应的风险和不确定性，但这样做的经济和政治成本太高而且立竿见影，因此很少国家愿意这样做。

专栏 14.1 展示了古巴如何在保持农业生产作为主要的减贫措施的同时，利用政策鼓励有机农业，提高单位产量，从而达到降低水污染、有效用水的目的，既减少了对稀缺的水资源的影响，又降低未来发生水危机的风险，为构建经济可持续发展奠定了基础。

专栏 14.1

古巴利用有机农业实现可持续增长

1993年9月，古巴政府为应对粮食危机，把大部分国有农场撤销，转变为数支合作生产小队。近80%的国有农地被分配给农民，并转化为农民自有的企业。尽管农民并没有土地的所有权，但只要他们田地里的主要农作物产量达到标准配额，他们就可以无限期地租用土地，且无需租金。

超出配额的粮食作物，农民可以自由销售，这激发起农民的生产积极性，有效利用新型有机技术，例如利用生物肥料、蚯蚓、堆肥，以及放养牲畜等方法。农民也不断改进传统的技术，例如使用间作和粪肥等方法以提高农作物产量。

公共政策也支持城市生态农业，1994年颁布的《城市农业国家计划》，目的是鼓励城市居民种植品种多样、健康和新鲜的农产品。哈瓦那的市民把他们闲置的空地和后院改造成小型农场和牧场，创造了35万个回报丰厚的工作岗位（城市岗位总量为500万个），每年为哈瓦那市生产400万吨蔬果（在10年内增长了10倍），220万人口通过农作实现自给自足。

古巴向有机农业的过渡，不但在贸易封锁期间保障了国家的粮食安全，还保障了大部分人拥有稳定收入，对人民的生活起到积极的作用。此外，农业生产中不使用农药，这对古巴人民的福祉有积极和长期的影响，因为这些化学品往往会对人体健康造成危害，引起诸如癌症等疾病。

资料来源：引自 UNEP (2011)；另见 Alvarez 等 (2010)。

某些情况下，绿色增长可以把发展障碍，如化肥的缺乏，转化为可持续发展的机会。遵循这种模式，水资源不足的现状可能成为科技创新的基础，使这些国家实现绿色经济的跨越式发展，避免遭遇其他国家通常遇到的风险。在一些缺水国家里，以用水为主的卫生设备由于成本昂贵无法普及，在农村地区尤为如此。普及使用旱厕或堆肥厕所是一个有效的办法，既保障了基本的卫生设施条件，又避免了对水产生额外的需求和降低风险。利用节水或无水设备，各国可以避免多种涉水风险，包括疾病相关的风险、缺水的风险或自身财力不足的风险。

14.2 应对气候变化：适应和减缓

气候变化是人类社会面临的最大的不确定性。从全球的角度看，气候变化很可能引发气温升高、海平面上升等现象；但其对局部的影响却很难预测。

目前正致力于开发一种被称为“零遗憾”的适应方法。这意味着，不管气候变化的结果如何，这些方法总会产生效益，也许是发展效益，也许是环境效益。在局部影响难以确定的情况下，制定灵活多变的计划应对各种气候状况显得十分重要。

气候对水会产生影响，目前全世界很多人都投身于预测和应对这种影响，特别是可利用水量日益增长的不确定性最能反映出气候的变化，如降雨变化和干旱等。如前一章所述，适应性管理为决策提供了有用的框架，在精确的模型和数据的支持下，可以一定程度上降低不确定性。

应对气候变化的研究也为水资源风险和不确定性等问题提供了解决办法。例如，在一些农业产量低的国家里，“零遗憾”的气候应对措施包括了实施农业多样化、利用可持续增产技术，以及为推动更可持续的投入（例如农田、水、肥料、劳动力等）而进行的技术转移。这些措施提供了减少用水、提高产量的方法，有效降低了涉水风险和不确定性。在水资源日益稀缺的情况下，为了适应气候而对农业发展的投入也为水资源的不确定性提供了解决办法。

森林管理和水资源管理的协调配合就是一个互惠互利的例子（见专栏 14.2）。

专栏 14.2

减少因毁林和林地退化引起的温室气体排放、实现林水共同受益

“联合国减少因毁林和森林退化引起的

温室气体排放”（UN-REDD）计划是联合国就发展中国家减少因毁林和森林退化引起的温室气体排放（REDD）而提出的一项联合计划。该项目的基础是政府间气候变化专门委员会（IPCC）的报告。该报告指出，林业的碳排放量主要来自于林木砍伐，约占全球温室气体排放的 17%，仅次于能源业。该项目的基本设想是，减少伐林和林地退化可以在减缓和适应气候变化中起到重要作用，有利于可持续发展，并为发展中国家的可持续森林管理提供新的资金支持。如果减少因毁林和森林退化引起的温室气体排放能提高减排的成本效益，减缓大气中二氧化碳浓度的增长速度，就可以让各国充分的时间进行技术升级来降低排放（FAO/UNDP/UNEP, 2008b, p. 1）。

在妥善管理之下，森林可提供很多无碳服务：保护生物多样性，“保持水土，确保木材和非木材林产品的持续供应，有助于维持和改善当地居民的生活和粮食安全”（FAO/UNDP/UNEP, 2008a）。然而，森林与水可能会产生冲突，各地区的用地情况可能会对水构成不同的影响。例如，森林植被有时候会导致当地的年径流量减少，引发新的水风险；反之，森林有助于减少泥沙淤积，降低水力发电厂和防洪的风险。因此，应根据当地的具体情况，识别出 REDD 计划里提到的涉水风险或共同效益，并对各种共同效益进行排序，这样才能够合理利用 REDD 计划中的各种有效手段，达到减缓气候变化、减轻涉水风险及不确定性的目的。

厄瓜多尔利用 REDD 策略，通过实行社会丛林计划（一个解决伐林问题的激励性政策），获得环境共同效益。在此计划中，森林所有者及当地群体自愿对森林进行 20 年的保护，并因此每年获得一定的经

济奖励。自 2008 年 9 月起，该计划通过签署协议保护的面积达到 40 万公顷，惠及 4 万人口。通过建立这种保护措施，实现了对社会和环境效益（包括预期的水效益）的识别、排序、监控，并纳入 REDD 的监控体系。这有助于降低由于气候变化产生的水量、水质等涉水风险，使目标群体受益。

资料来源：世界银行（2011）。

14.3 降低风险和不确定性的商业决策

多数商业决策都是基于风险和不确定性而制定的。投资和生产模式的决策影射出对未来的设想。单纯以财务能力底线作出的决策同样有利于降低涉水风险和不确定性。

决策会受到政府制定政策的激励，如为招商引资提出的税收优惠或财政激励；也可以是法律框架，界定投资鼓励政策的范围以减少不确定性。企业创造岗位和财富后，往往能获得税收优惠和其他的便利，其中就包括：可以在靠近水体的地点或容易取水的地方设址，而这有可能对水资源产生影响。例如（见第九章），外资食品生产企业可为当地产生巨额效益，政府会主动协助其进行购地，而往往忽视了企业对水资源的影响。

与上述情况相反，政府也可能支持对水资源最有利的企业，尽管这种例子只是凤毛麟角。在专栏 14.3 中，某商业决策本来是利益驱动和需要消耗自然资源的，但通过建立水资源保护区，该项目为居民和环境带来了好处，从而降低了缺水的风险和不确定性。

合理定价及对水资源价值的准确评估（包括抽水费、治污费、水权转让费等）等手段可以鼓励企业作出这种积极的决定，尤其当水源是主要的生产要素时。这些定价手段可以向企

业鲜明地展示了利害关系以及投入产出比。下面举一个政府主导的例子，加拿大西北领地的省政府建立了一个综合水资源计划框架，规定了目标、策略以及达到各领域可持续发展的行动计划。该计划也包括了对水资源各种价值的研究，包括市场价值、生态价值以及文化价值等（NWT, 2010）。

专栏 14.3

干旱地区的蓄水措施

斯塔普拉姆（Sitapuram）石灰石矿是一个被围起来的机械化露天矿场，由祖阿里水泥公司（Zuari Cement Ltd，属于意大利水泥集团）运营。它位于印度东南部纳尔贡达（Nalgonda）区的东达帕都（Dondapadu）。该地区为农业区，有两条常流河穿过矿区，流进东达帕都村。该地区属热带气候，平均降水量为 64 厘米，最大湿度为 82%，气温变化范围从 22℃~50℃。

公司的目标是开挖走上层的石灰岩，达到基岩（砂岩），并利用岩土水力学模型，平衡地下水，把开挖区域转化成湖泊（占采矿区面积的 75%~80%），然后把周边开发建设成一个休闲景点。公司也决定在湖周围建设绿化带，以保持水土，保护动植物群落。

把开挖区转化成湖泊的计划中，既包括了创建小型池塘和大型水体等项目，也包括对水质和地下水位进行常规检测。修建了排水系统，并使其与水坑相连，用于阻滞流出矿区的淤泥和沉积物。通过建设水保护区和降低采矿的潜在污染，降低了不确定性。

该露天矿场于 1986 年起开始动工，紧邻的绿化带在 2000 年建成。水坑的坡上种满灌木，用以挡土，防止墙身倒塌。矿场

周围的绿化带起着屏障作用，隔离了采矿产生的尘土和噪声。2007年，工厂居住区附近栽种了300株植物。为保护植物，在种植前，从矿场第一台阶挖走的表层土被覆盖在暴露的土地上。矿场四周又种了20英亩的桐油树（用于生产生物柴油）。还铺设了聚氯乙烯管道，用于对植物进行持续的水源补给。

该项目的效果如下：

- 建造了大型水体，吸引了众多鸟类，例如鸭子、鹤、犀鸟，有鱼的时候还会有翠鸟等，有利于生态保护。此水库也让当地居民受惠，既解决了水资源匮乏的问题，又可以利用水库进行农业灌溉或鱼类养殖。

- 对地下水层的回灌，提升了周边地区地下水水位，有利于植被的生长。

- 对淤泥沉积进行监控和管理，防止了沉积物溢流出矿区，避免了对周边动植物群落的影响，用于阻滞淤泥的水坑一般都要很长时间才能填满。

- 在矿区周边种植了绿色植物，保持了水土，减少了二氧化碳的排放。

资料来源：世界可持续发展工商理事会（WBCSD）（日期不详）。

专栏 14.4

应用价值评定降低企业和水资源风险

力拓（Rio Tinto）铝业在澳大利亚的韦帕铝土矿区内有几种水源，每一种水源都有各自的成本和附加价值。四个主要来源是：

- 来自尾矿坝的过滤水（循环水或再生水，原料的杂质常常夹杂于水中，包括

泥土、渗滤液、化学残留物以及碎石等）；

- 被矿区内的沟槽（类似于小的集水井）和其他小型储水区截留的降雨径流；

- 矿区的浅层地下含水层；

- 大自流盆地的深层含水层。

不同水源的可用性在年内不断变化，尤其是前两项。力拓认为，在正常的环境风险管理下，浅层地下水的敏感度水平与大自流盆地关系密切。通过与关键利益相关者（包括大自流盆地协调委员会和非政府组织）订约，使管理得以加强，后者（非政府组织）的关注点放在浅层地下水和河流的联系上。

这些方法有助于对各种资源进行排序，结果如下：首先是来自尾矿坝的过滤水，然后是沟渠，再次是浅层地下水含水层，最后是大自流盆地含水层。

总体来说，利用尾矿坝和沟槽的成本比开采地下水的成本要低。然而，由于采矿的面积广大，有些情况下也许使用后面的方法的成本更低。

为水源排序的方法为自然水资源赋予了隐含的价值。关于大自流盆地，考虑到它的补给期较长，应着眼于资源长期的可持续性；浅层地下水在气候适宜的情况下很快可以得到补给，但它又与河流生态系统息息相关。

资料来源：摘自世界可持续发展工商理事会（WBCSD）（日期不详）。

风险管理是企业不可缺少的组成部分。正如2011年的世界经济论坛中提到，风险管理随着风险和不确定性自身的演化而变得日益重要，对当今的企业和政府产生了复杂且相互关联的影响。工业和企业学习应对不确定性以保护其投资，政府和社区也可以采用类似的风险管理模式，保护群众的生活、安全和发展。

其他因素也日益驱动着企业作出某些决定，特别是关系到企业或品牌形象，信誉风险和社会责任等方面的决策。澳大利亚环境战略教育研究中心（CERES）在2010年的一份报告中提到，随着资源越来越匮乏，消费者和股东期望企业在保证可持续发展和考虑到公平等因素时承担更多的社会责任，而不是仅仅持有经营许可证。

不幸的是，并不是所有善意的和重视信誉的企业决策都能对水资源带来好的影响。最近的研究发现，“利用废纸进行再造的纸类企业，实际上比用原料生产要花费更多的水，以便去除纸浆里的墨水、污渍、塑料及其他污染物；第二，重复用水增加了污水的化学需氧量，使污染物更难降解”（Klop 和 Wellington, 2008, p. 30）。使用再生材料，尽管可以赢得良好的公众形象，但如果缺乏对生产过程的全面考虑，就有可能对环境带来不良后果。

专栏 14.5 展示了企业的某项决策如何既能获得关键生产资料，又能提升企业的正面形象。百事公司（Pepsico）在2010年年报中描述了公司为减少环境影响所作出的努力，包括提高水利用效率以及与非政府组织（大自然保护协会）合作进行环境修复和环境保护工作。

专栏 14.5

提升商业形象的企业决定为水资源带来效益

水的利用率一直是百事公司的环境关注点。2010年的第三季度，公司全球的食品及饮料业务的用水强度比2006年降低了19.5%。公司正为实现旗下工厂2015年的目标而努力，而设备升级正是达到目标的重要方式。例如，公司在亚利桑那州卡萨格兰德的菲多利工厂配备了最先进的滤水净化设备，可以对75%的生产用水进行循

环使用。类似的科技也应用在澳大利亚的Tingalpa工厂，那里的水资源紧缺……

2009年，百事在印度的公司取得了良好的用水平衡，公司回馈社会的水比生产用水还要多。为在缺水地区推广这一成果，公司开展了数个项目。例如，2010年，百事公司与大自然保护协会合作，为识别水的高风险区开发方法，使百事公司可以集中精力和资源，在最脆弱的缺水地区实现“净良性影响”。百事公司选择了中国、墨西哥、欧洲、印度和美国的流域进行示范，建立灵活健全的机制，使百事公司的工厂不单单是防范水风险，更多的是确定当地相应的修复对策，提高水的可利用性。

资料来源：摘自百事公司（2011, p. 33）。

14.4 管理部门风险、为水创造效益

政策选择时的权衡变得越来越复杂，在缺少综合性管理框架的情况下，其中的一个解决方法是管理各领域的风险，以求水效益最大化，或为用水者降低风险和不确定性。这样可以减少政策或商业决策中各变数的数量，有助于创造双赢局面。以下内容通过案例介绍了如何达到这种双赢局面。

14.4.1 在交通领域降低风险和成本

建造大型基础设施前，要进行一定的预测以确保方案的可行性。大多数大规模的交通项目都包含了降低未来不确定性的机制，尤其是应对气候变化，同时也考虑到其他的因素，例如人口和消费模式等。

专栏 14.6 介绍了一家公司，为了延长基础设施的使用寿命，并节省维护成本，采取措施降低了受损风险，这些措施也为水资源

带来积极作用，降低了周边地区未来水量的不确定性，为地区发展和环境保护产生了附加效益。

专栏 14.6

Autovia 公司的水路计划降低了道路维护成本，同时为巴西最重要的地下含水层进行补水

大部分的公路问题出现在雨季，雨水积聚在路面然后流走，导致道路的侵蚀和损坏。因此，西班牙 Obrascon HuarteLain S. A. (OHL) 集团下属的 Autovias 公司，开展了一个新的项目，把高速路上的积水引入瓜拉尼地下水层补给区内。这个计划的目的是保护宝贵的水资源。Autovias 并没有因为补给地下水而直接获利，但项目减少了道路的维护次数，防止了冲刷，因而节省了成本。

Autovias 被特许管理巴西圣保罗境内 316.5 千米的高速路，其中涉及很多项工作，包括基础设施建设。基础设施建设通常会引起地貌变化，改变区域内的水动力学，引起水土流失、沉降、地下水渗入量减少等，尤其会影响地下水的补给能力，直接破坏当地的水循环。

Autovias 承诺对现在及未来的环境负责，保障水循环的质量，高效利用并回用水资源，提高公众正确用水的意识。

瓜拉尼含水层是世界上已知的最大含水层，面积超过 120 万平方千米，位置就在公司管理的高速公路底下。这个巨型含水层贯穿了巴西、巴拉圭、乌拉圭和阿根廷等国家，储水量约有 40 万亿立方米，比全世界的河流流量的总和还要多。

该水路计划包括在公司负责管理的公

路网沿线建造雨水收集坝，特别是在有公用泉水、水流、源头等地区，这些地区分布在 Sapucaí-Miri 河、Pardo 河及 Grande 河流域。

项目建造了约 520 个雨水收集坝，每个的平均容量为 4 000 立方米，在雨季可以贮存来自降雨、收费公路网及相邻地区的降雨径流等约 200 万立方米的水量。受益的流域面积约 5 200 公顷。

这个项目收集了来自路面及相邻区域的雨水，降低了水冲刷的速度，回灌了地下水，避免了地下水位下降和地表侵蚀脱落。

资料来源：摘自世界可持续发展工商理事会 (WBCSD) (日期不详)。

14.4.2 降低健康风险的同时降低涉水风险

生活方式的选择往往会在无意中或因为误解而对自然资源产生影响。肉类为主的饮食在发达国家十分常见，在新兴国家也迅速普及，这对土壤、土地以及水资源都产生一定影响。

Capon 和 Rissel (2010) 在一篇文章中阐述了气候变化与慢性疾病的关系，其中的主要原因就是饮食。在发达国家里，人们食用大量肉类，缺乏锻炼引起了严重的健康隐患。很多项目已经开始倡导更积极的生活方式和更健康的饮食，例如使用公共交通等。这些政策也会减少温室气体的排放，减少污染，推动健康的生活方式。同时，水资源也因此受益：肉食消费的减少，相应的水的消耗量也随之减少；不可持续的低效率的交通方式得以改善，也使水污染的风险大大降低。

在另一个例子里，水和健康政策也取得了双赢的效果。流行病及人畜传染疾病在全球范围内备受关注，而由于水是传播媒介，或者是某些传染病扩散的主要途径，预防（或应对）全球性传染疾病的行动可为管理涉水风险和不可

定性带来好处。世界卫生组织的一份研究报告指出，在发展中国家，为改善水和卫生条件每投入的 1 美元，将得到 5~28 美元的回报 (Hutton 和 Haller, 2004)。

专栏 14.7 讲述了如何通过群策群力降低从灾难到传染病等各领域的风险及不确定性，并为水管理带来好处。

专栏 14.7

源自群众的健康信息降低了涉水风险及不确定性

在日本 2011 年发生海啸后，各方发起了一系列收集信息的行动，内容包括生还者数量、辐射程度和营救的进度等。作为一个国际群众性的平台，Ushahidi 援助建立了一个网站，向人们指示危险区域，协助寻找失散的亲人。网站支持人们通过移动电话或智能手机发布在那些难以到达或危险地区的幸存者的情况，然后这些信息被传递给救援行动组织。反过来，网站为公众提供便捷的信息，公布距离最近的紧急救护站，以及饮用水和食物的供应地点 (Bonner, 2011)。Pachube 提供了另一个网站，可以显示市民遭受辐射情况的实时数据，结合官方的数据，上传到地图软件上，以跟踪辐射的走向。这也对自来水水质的分组监测有效。

谷歌开发的另一款应用软件可以用于被动地收集群体健康信息。在对某一给定地区的搜索词进行数据分析后，该服务可以显示或者预测在美国和加拿大爆发流感的情况，而且准确度很高 (Google, 2011)。政府部门或水管理者可以利用类似的工具，获取实时的水质水量报告。事实上，现在已经有很多这样的应用程序，

可以让用户上传当地的水位和水质情况 (见 CreekWatch)。

伯克利的学生在印度开展了“下一滴水” (NextDrop) 项目，协助家家户户预测水资源可利用量，证明了来自群众的信息有助于降低水资源的不确定性。“在水务员工开阀输水的时候，当地管网输水情况通过他们手机上的呼叫交互式语音应答系统进行报告。这些报告用于生成实时的可用水信息，在输水到达前的 30~60 分钟内就可以获取。此外，‘下一滴水’项目还利用群众信息对报告的准确性进行验证，并形成反馈机制，为涉水工程提供了实用可行的信息” (“下一滴水”项目，日期不详)。

谷歌和联合国人居署在坦桑尼亚桑给巴尔岛联合发起了一个类似的项目，使当地居民可以通过监控设备对新增水资源进行检测和管理。此外，项目还开发了一个系统，可收集地理位置信息，区分性别、社会经济群体，并支持收集健康信息和环境状况。项目还开发了实施标杆管理的服务供应商，不但扩大了服务的范围，提高了效率，也增加了客户的信心 (联合国人居署, 2010)。

注：如需更多关于 CreekWatch (溪流观察) 内容请查看 <http://creekwatch.research-labs.ibm.com/>。

14.4.3 能源领域的风险与不确定性陡增

多个国际组织认为，水-食物-能源三者的联系为决策者设下了一大难题，隐含着诸多风险与不确定性。大量事实证明，倾向于某个产业 (例如，倾向于粮食安全或能源安全) 都会在有意或无意中产生重要影响。例如，据国际能源协会 (IEA) 预测，“(在 2030 年前) 至少有 5% 的全球道路运输将使用生物燃料，相当

于每天 320 万桶石油。然而，如果技术和生产工艺维持不变，生产这些燃料需要消耗目前世界农业用水总量的 20%~100%” (WEF, 2011, p. 31)。另一个例子，提取页岩气可以获取更多的化石燃料储备，但其用水量大，且可能会导致水质恶化。

因此，一个关键的挑战就是：如何将各种风险的复杂关联纳入到考虑各利益相关者的综合性响应策略中。

14.4.4 通过更好的城市总体规划减少不确定性，获得双赢

在考虑各种因素和政策选择时，进行建模有助于减少不确定性。一直以来，城市规划都把水资源纳入考虑范围，但只是在最近才开始综合水的各种价值和用途，并把相互影响的风险和不确定性考虑在内。专栏 14.8 举例说明了一个城市如何利用建模工具，在考虑水对群众的用途后作出取舍。

专栏 14.8

以俄勒冈为例说明景观分析可降低城市规划中的不确定性

对景观的分析是研究人类活动与自然变化的联系的主要方法。利用地理信息系统和相关工具，我们可以获得数字或纸质的图像，描绘俄勒冈州西部 320 平方千米流域过去、现在以及将来的情况。这些工具用来识别一定时空里人类居住和自然资源的状况。通过与市民合作，工作人员了解了市民对未来环境的要求和期望，并通过数码手段，利用水文学和生态学的模型，评估未来环境对水质和生物多样性的影响。水质评估模型，是一个针对面源污染来源的地理信息系统模型，它基于现场

实测数据，对过去、现在以及五种未来的假定情况下的污染负荷进行综合计算，并以此为基础模拟暴风雨事件。生物多样性评估模型可以结合过去、现在及几种未来的假定情况，对物种数量的变化和栖息地状况的改变进行估量。

水质模型的结果显示，在以发展为主导的未来，居民生活水平显著提高，山坡水土流失严重，导致地表径流增多，悬浮物的数量增加。生物多样性模型显示，在每一个模拟的未来里，所有的当地物种都尚可找到合适的栖息地。如果流域内的土地使用模式不加以改变，甚至变本加厉地开发利用，将对当地现有物种产生巨大的风险。在（模型中）几个以发展为主导的未来里，濒危的物种各不相同，风险的程度也比过去高，显示了目前栖息地的变化状况与预测的结果有所不同。

资料来源：摘自 Hulse 等（2000，威斯康星大学董事会，威斯康星大学出版社）。

14.5 缓解风险和不确定性的影响

当风险和不确定性不可避免时，有时候我们可以通过风险分担的机制，或者消除某一方面的负面效果，从而达到缓解影响的目的。保险就是这么一个由来已久的机制，适用于各行各业，也有助于降低涉水风险的影响。如果一个团体比另一团体能承受更多的风险（例如，大型跨国公司相对于落后地区），风险分担机制就显得非常有用。

“分担风险的方式各有不同，其中一种是地理风险延伸机制。”

14.5.1 通过保险机制使风险最小化

分担风险的方式各有不同。当互补的气候出现在不同地域时，可以采取地理风险延伸机制。例如，在非洲，东部地区的旱季常常与南部地区的雨季一起出现，反之亦然。这种现象与厄尔尼诺南方涛动有关：非洲东部的降雨减少、非洲南部的降雨增加与拉尼娜现象密切相关，而在厄尔尼诺现象影响下，就常常出现相反的情况。这时可以引入风险共担机制，为降水量的风险和不确定实现跨地区分担。

指数保险渐成为各领域进行风险管理的强大工具。这种类型的保险与实际损失无关，而是与指数或现象相关联，例如降水量、温度、湿度、作物产量等。相对于赔付损失，这类型保险对发展中国家的客户尤具吸引力，而对于承保人来说，此类保险也具备财务上的可行性。

专栏 14.9 举例说明了结合各种机制，包括损失模型、地理风险分担、分摊采购保险等，达到降低风险和不确定性的目的。

专栏 14.9

加勒比巨灾风险保险基金

加勒比巨灾风险保险基金（CCRIF）以地理风险分担机制为基础，目的是减少极端天气现象的影响，例如飓风、暴雨、地震等。当参数显示特定现象出现时，加勒比巨灾风险保险基金将提供资金援助。

该基金原来的资金主要来自日本，经过多方捐助的信托基金进行资本调整后，由 16 个政府成员付费维持，包括安圭拉、安提瓜和巴布达、巴哈马、巴巴多斯、伯利兹、百慕大、开曼群岛、多米尼加、格林纳达、海地、牙买加、圣基茨和尼维斯、圣文森特和格林纳丁斯、特立尼达和

多巴哥以及特克斯和凯科斯群岛。

参与各国把自身特定的风险集中在一个多元化的保险协议内。由于各种自然灾害每年随机在加勒比群岛各处发生，该合同的保险费用低于每个国家单独购买各项保险的费用。实际上，保险费用减少了近一半。

该基金也利用灾难建模工具（见第十三章），了解特定风险可能引致的损失，以此作为向某一国家收取保险费的基础。

资料来源：CCRIF（2011）。

14.5.2 通过条约降低不确定性

自然资源使用者之间的冲突和动乱会对水资源产生直接或间接的影响。条约和协议的一贯作用就是降低各种不确定性，以保障未来的安全、保证服务以及资源的供给。共享跨界流域的水量分配方面的条约和协议成倍增加，于此，有学者认为，通过建立互信机制以及各利益相关方行为的大量可预测性，有助于降低风险。

Dreischova 等（2001）提到，水资源条约与合作框架不一定能全面反映水的不确定性。在协议中引入灵活、开放的策略，说明了大家对水的不确定性有了进一步的了解，并意识到它对政策的影响。例如，尼罗河流域国家组织和南部非洲开发共同体（SADC）在共享水道系统中都利用了风险管理机制，用以商定水资源配置，推进共同标准。

另一方面，即使协议和条约的签订并不以水资源为目的，它们也可能有助于减少涉水风险和不确定性，尤其是它们约束了协议方对自然资源的使用。和平条约对减少水资源风险（至少对供人类使用的水资源）最为明显。

但也有人认为贸易条约会对水产生不利后果，或增加涉水风险。其中一个例子，是自由贸易协定对北美水资源造成的影响。在签订

《北美自由贸易协定》之前，对于能否从水源充足的加拿大大量出口水已是争议不断。在协定签订后这些争议加剧，尤其是“关于以天然状态存在的地下水和地表水（例如河流和湖泊）是否被纳入协定范围。有些人认同，但加拿大、美国和墨西哥政府都表示该协定不适用于天然状态下存在的水”（Johansen, 2002, p. 19）。

14.5.3 跨部门合作解决水问题和安全隐患

不确定性的持续增长，有的与气候变化有关，有的是资源匮乏引起的，有的是由于经济波动，但所有政策制定者最关注的都是安全问题。在这一点上，水是各种风险的交集，有时候会带来极其严重的后果。

例如，近来在东非发生了严重的旱灾，加上索马里与苏丹冲突不断，导致局势高度动荡，数百万世界上最贫困人口遭受暴力和饥荒的威胁。水资源匮乏引起了农牧业崩溃，又引发了居民迁移和对资源的争夺。冲突不断升温，动用了武器，已经发展成一桩大范围的人间惨剧。

应对未来水风险和不确定性机制的形成，为国内和地区安全创造了条件，也为水带来了多种利益。水资源合作可以为和平发展创造条件，建立互信，设立共同目标，建设合作机构。阶段性成果将为全面合作奠定基础。

反过来，在安全事务上的合作也有助于解决涉水问题，并为各方发展和增长创造条件。欧洲安全与合作组织（OSCE）最近认可了这一观点，该组织正致力于在中亚国家就水管理（地表水和地下水）事务建立合作关系（见专栏 14.10）。

最近美国对阿富汗的一项研究指出，水在饱受战乱的国家里起着平息纷争的重要作用。该研究建议，重建计划中应着重发展可抵御冲击与风险的设施，以及设立地区间或国家间有效的水管理系统（美国参议院，2011）。

专栏 14.10

在中亚建立以水为中心的合作安全机构

欧洲安全与合作组织与吉尔吉斯斯坦和哈萨克斯坦共同合作，为推动实行《关于楚河和塔拉斯河跨境使用水利设施的协议》成立了跨国委员会。欧洲安全与合作组织协助委员会的建立和多功能水利设施的维修。这个计划也包括在两国间斡旋，使两国政府达成共识。

欧洲安全与合作组织继续支持中亚的国家间水协调委员会（ICWC），高度重视区域合作，以及水管理和环境可持续发展相关政策的宣传等。在与 ICWC 的合作中，欧洲安全与合作组织通过举办研讨会，优化涉及水管理的经济体制，改善环境，促进地区合作。

在可持续水管理、涉水生态系统等层面，各国进行了紧密合作，这是保障地区安全与发展的关键。

资料来源：摘自 OSCE（日期不详）。

结语

本章重点介绍了我们采取的措施如何解决影响社会经济各领域的涉水风险和不确定性，并对其产生正面或负面的影响，如何制约了水管理者的决策，或赋予他们更多的选择。风险管理，无论是以防范、减少或减缓的形式出现，都是政策制定中不可缺少的一个环节。此外，社会将承受更多和更复杂的风险和不确定性。

了解各种选择对水资源的影响，有助于我们进行优化选择，使各领域的利益最大化，为发展奠定长期、稳定、可持续的基础。这也要求我们要以清晰的思维，考量短期、中期和长期计划的利害关系。

参考文献

- Alvarez, M., Bourque, M., Funes, F., Martin, L., Nova, A. and Rosset, P. 2010. *Surviving crisis in Cuba: the second agrarian reform and sustainable agriculture*. P. Rosset, R. Patel and M. Courville (eds). 2006. *Promised Land: Competing Visions of Agrarian Reform*. Institute for Food and Development Policy. Oakland, Calif., FoodFirst. <http://www.foodfirst.org/files/bookstore/pdf/promisedland/12.pdf>
- Bonner, S. 2011. RDTN.org: *Crowdsourcing and Mapping Radiation Levels*. Blog entry posted to boingboing, 19 March 2011. <http://boingboing.net/2011/03/19/rdntorg-collects-cro.html>
- Capon, A. G. and Rissel, C. E. 2010. Erratum to: Chronic disease and climate change: understanding co-benefits and their policy implications. *New South Wales Public Health Bulletin*, Vol. 21, No. 10, p. 196.
- CCRIF (The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility). 2011. Website home page and Q&A document. <http://WWW.CCRIF.ORG/content/about-us> and <http://www.ccrif.org/sites/default/files/publications/BookletQuestionsAnswersMarch2010.pdf> (Accessed 4 November 2011.)
- CERES. 2010. *The 21st Century Corporation: The CERES roadmap for sustainability*. Boston, CERES. <http://docs.google.com/viewer?url=http://www.ceres.org/resources/reports/ceres-roadmap-to-sustainability-2010&chrome=true> (Accessed 19 October 2011.)
- Dreischova, A., Fischhendler, I. and Giordano, M. 2011. The role of uncertainties in the design of international water treaties: an historical perspective, *Climatic Change*, Vol. 105, pp. 387–408.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)/UNDP (United Nations Development Programme)/UNEP (United Nations Environment Programme). 2008a. *UN-REDD Programme Framework Document*. Geneva, FAO/UNDP/UNEP.
- , 2008b. *Role of Satellite Remote Sensing in REDD*. Issues Paper. Geneva, FAO/UNDP/UNEP. <http://www.un-redd.org/LinkClick.aspx?fileticket=p7Ss-fE7AR0%3D&tabid=587&language=en-US>
- Google. 2011. *Google.org Flu Trends* website. Calif., Google. <http://www.google.org/flutrends/ca/#CA>
- Hulse, D., Eilers, J., Freemark, K., Hummon, C. and White, D. 2000. Planning alternative future landscapes in Oregon: evaluating effects on water quality and biodiversity. *Landscape Journal*, Vol. 19, NO. 1&2, pp. 1–19.
- Hutton, G. and Haller, L. 2004. *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*. Geneva, WHO. http://www.who.int/water_sanitation_health/wsh0404.pdf
- Johansen, D. 2002. *Bulk Water Removals, Water Exports and the NAFTA*. Ottawa, Government of Canada, Law and Government Division. <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection-R/LoPBdP/BP/prb0041-e.htm>
- Klop, P. and Wellington, F. 2008. *Watching Water: A Guide to Evaluating Corporate Risks in a Thirsty World*. New York, JP Morgan Global Equity Research. http://www.questwatersolutions.com/Quest%20Water%20Solutions%20Inc./News_files/JPMorgan-WatchingWater-April%202008.pdf
- NextDrop. n.d. Website. A collaboration of UC Berkeley School of Information, Department of Civil and Environmental Engineering, and Goldman School of Public Policy. <http://www.nextdrop.org>
- NWT (Northwest Territories). 2010. *Northern Voices, Northern Waters. NWT Water Stewardship Strategy*. Yellowknife, Canada, Department of Environment and Natural Resources (GNWT). http://www.enr.gov.nt.ca/_live/documents/content/NWT_Water_Stewardship_Strategy.pdf
- OSCE (Organization for Security and Co-operation in Europe). Website. Vienna, OSCE. <http://www.osce.org/eea/45910> (Accessed 4 November 2010.)
- PepsiCo. 2011. *Annual Report 2010: Performance with Purpose. The Promise of PepsiCo*. Purchase, NY, PepsiCo. <http://www.pepsico.com/annual10/performance/performance.html?nav=environmental>
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2011. *Green Economy Report*. Nairobi, UNEP. <http://www.unep.org/greeneconomy/SuccessStories/OrganicAgricultureinCuba/tabid/29890/Default.aspx>
- UN-Habitat. 2010. *Google and UN-HABITAT Partnership to Improve Data Collection*. UN-Habitat website. Nairobi, UN-Habitat. <http://www.unhabitat.org/content.asp?cid=7751&catid=460&typeid=6>
- US Senate. 2011. *Avoiding Water Wars: Water Scarcity and Central Asia's Growing Importance for Stability in Afghanistan and Pakistan*. A majority staff report prepared for the use of the Committee on Foreign Relations, United States Senate, 112th Congress, first session 22 February 2011.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). n.d. Website. Repository of Case Studies. Geneva, WBCSD. http://www.fundacionentorno.org/Data/Documentos/Sustain30_090908_proof2173545873.pdf (Accessed 17 October 2011.)
- WEF (World Economic Forum). 2011. *Global Risk 2011, Sixth Edition: An initiative of the Risk Response Network*. Geneva, WEF.
- World Bank. 2011. *Estimating the Opportunity Costs of REDD+: A Training Manual*. Washington DC, The World Bank Institute/Forest Carbon Partnership Facility. <http://wbi.worldbank.org/wbi/Data/wbi/wbicms/files/drupal-acquia/wbi/OppCostsREDD+manual.pdf>

结论

作者：理查德·康纳、乔安娜·泰勒菲里

供稿：威廉·科斯格罗夫



《世界水发展报告》(第四版)不仅全面揭示了当今水资源所面临的挑战,并且阐述了今后日益严重的复杂性、不确定性和风险,为将来如何应对这些挑战指明了方向。水在社会发展中处于核心位置,与人类生活的各个环节息息相关:不仅关系到粮食、健康和能源等基本要素,而且关系到工业、贸易和经济等不同领域。目前,大多数行业都面临着危机,迫切需要我们提高对未来的洞察力,采取分阶段措施创造繁荣的未来,以避免即将发生的灾难。《世界水发展报告》(第四版)为我们指出了通过妥善处理水问题来解决这些危机的途径,并阐明了只有解决当下的水问题,才能确保全球的未来和人类的繁荣。

然而,自2009年《世界水发展报告》第三版发布以来,全球的状况并未发生较大改变。仍有近10亿人口无法获得安全的饮用水,而且,与20世纪90年代末相比,目前城市中无法使用自来水的人数还在增加。此外,14亿人口的家中无电可用,近10亿人还承受着营养不良的痛苦。虽然一些国家和地区在实现涉水千年发展目标方面取得了一定进展,但未完成的工作还很多,尤其是最易受到全球贫困冲击的弱势群体——妇女和儿童,他们的特殊需要应给予更多的关注。

水对可持续发展的制约已经成为热点问题,它对我们构成多重挑战,使贫穷、不确定性和不稳定性等因素相互交织。虽然不同地区问题产生的根源不同,但所有地区均面临着同样的挑战。在非洲,水利基础设施建设和供水方面的投资严重不足,而且,技术水平较低、制度建设能力不足、用水消耗过度和水污染等问题,加剧了这种态势的发展,特别是北非国家的经济越来越受到上述因素的制约。在亚洲,日益增长的人口和城市化对卫生设施构成挑战,用水争端、自然灾害和极端事件频发,使已有的水资源匮乏、风险和不确定性日益加剧。在部分阿拉伯和西亚国家,虽然早已面临非常严重的缺水问题,但对水的需求还在不断增加。此外,在拉丁美洲和加勒比海地区,工

业、贸易和日益增长的经济体对燃料需求的增长正对这些国家的管理体制构成挑战,但其目前的能力还不足以应对这些挑战。

从部门角度来讲,用水压力还在继续增加,而且,迫切需要的节水技术革新目前尚未全面实施。农业是世界上最大的用水行业,许多国家还在继续以效率低下的方式用水,在发展中国家,这主要是由于缺乏能力或政府支持所致。较高的人均能源消耗和快速增长的能源需求也对水施加着越来越大的压力,高耗水能源依然是大多数国家能源结构的重要组成部分。在有条件提供卫生服务的城市,卫生行业还在大量使用淡水,而且,按照千年发展目标第7c项目的要求,淡水需求还在持续增长。大量的污水未经处理就直接向周边排放,对人类和生态系统健康构成风险。

正如第二章所述,影响水需求的因素有多种,我们无法确定将来这些因素将怎样变化,但是我们能够确定的是用水需求会增加,这给我们提出了疑问:它们存在何处?影响程度究竟有多大?我们还可以确定的是,如果所有的情形都保持原样,而我们的管理模式依然一成不变,继续沿着目前的发展轨道继续下去而不作出任何改变,水资源将无法以满足未来的所有需求。事实上,目前许多地区和国家就面临着水短缺(见第七章)。

正如本报告第二部分所描述的那样,全世界正在以比以前更快的速度发生改变,而且变得越来越复杂。水的可利用性和用水需求的不确定性也在不断扩大,而且,与人类生存和发展、社会和环境相关的风险也在不断扩大。除非我们从现在开始就提高意识,充分调动政府的积极性,否则,我们面临危机的可能性将逐步上升,而且,实现我们发展目标的可能性也将逐步减少。尽管《世界水发展报告》(第四版)通篇描述的挑战使我们不得不面对严酷的现实,我们还要看到《世界水发展报告》第三版公布之后取得了重要进展。

事实上,2011年11月在波恩举行的以“水安全、能源安全和粮食安全”为主题的国

际会议上提出，水和其他发展要素之间的联系已经得到广泛认同。这种认同有利于水利发展，尤其是很多重要的计划项目由能源和粮食等部门发起，这说明人们对水在发展中重要性的认识正在不断加深。由于水资源综合管理计划不能充分实施，“协调”对话为“水问题”以外的决策创造了重要的实践机会。在水资源综合管理方面也有一定改进，如为确定水资源综合管理进展，于2011年开展了“联合国水机制”全球调查，其初步结果显示，在国家层面采取更广泛的综合措施，对发展和水管理实践将产生重要影响（见第一章）。此外，最近召开的联合国气候变化框架公约多边会议也取得了一些进展（见第一章）。

遗憾的是，当许多利益相关者在理论上认识到水对于实现全球目标很重要的同时，在国际和国内层面如千年发展目标等，仍然把水看成是独立于其他问题和挑战之外的问题，如气候变化谈判以及联合国可持续发展委员会（UNCSD）2012进程（里约+20峰会）。正如本报告所阐述的，不能妥善地解决水问题，对于所有的发展性行业，包括农业、能源、工业、健康和生活的，以及全球贸易和经济增长，都会带来无法回避的风险和不确定性。

水政策制定者和水资源管理者已经开始认识到，长期的跨部门行动对妥善管理水资源是必需的。其他部门的政策制定者需要看到采取这种做法所产生的效益，积极参与并采取综合措施，应对多部门挑战、处理关联风险和减少不确定性。政府和水管理者有责任与利益相关者和用水户进行合作，为实现国家的发展目标制定决策，将水分配到最适合和公平的用途上。但与水有关的问题已经超出国界，延伸到全球经济的所有领域，各国政府应推动国际政策的制定，各国政府有责任将水问题提升到国际层面，为共同的问题找出共享的解决方案。

正如在第五章中提出的那样，“水是瞬间即逝的资源”，水在全球经济中的作用无处不在，但是却难以掌控。如果我们在决策各种日常事务中继续忽视水的基本作用和价值（或低

估其许多效益的价值），那么，我们将会找到替代方案之前耗尽所有可用的水资源。水管理者需要发挥主观能动性，教育并告知所有部门的决策者关于：水的各种价值、水对发展产生的多种效益以及为使水带给人类社会经济健康发展的效益最大化而有效降低其潜在负面影响的一些做法。这种双赢的实例在第十三章和第十四章中列举了许多，有的是属于行业管理，如适应性管理，主要依托科学手段、经济措施和其他政策机制等，这些措施均有助于多种效益的发挥。

在不确定性越来越多和越来越复杂的背景下，水管理需要采取跨部门和跨制度的新方法，在用水户和供水单位之间建立新的契合点。这种管理方法已经在许多场合使用，有的国家已积累了一些经验。很多发达国家和发展中国家都开始采用跨界流域管理、多学科情景预测规划和“绿色账户”等方法。同时，为应对快速变化的环境，还需要大幅度提高机构的能力，建立灵活的和基于对话的磋商机制，长期开展社会宗旨和目标问题的讨论，对水资源配置和管理进行快速决策。

成功的水管理还需要充分认识到水的经济价值和各种效益，正如第十章提到的，加强水利基础设施和机构投资非常必要，如果不进行投资，水将变成让人始料不及的“机器幽灵”，目前采用的经济模型都是以增长情境为前提倡导进行投资，其假设主要针对自然资源（主要是水）。如果没有正确理解水对当今全球和本地经济发展的支撑作用，只会导致持续增长的不合理预测；而认识到水的全部价值和效益，并确保在供水中实现这些效益的公平合理分配以及操作的连续性，就能帮助减轻未来的经济风险和不确定性。

除此之外，各国政府和国际社会需要更多的投资实现成功的水管理，以便达到国家和全球的发展目标。成功的水管理既需要对固定和持续使用的基础设施进行“硬件”投资，确保长久有效的供水和减少风险，还需要在能力建设、科学、数据收集和分析以及水信息方面进

行“软件”投资，不断降低不确定性。另外，还将需要在提供水服务方式选择以及创新方面进行投资，包括健康生态系统提供的水服务修复等，而这些在以往的水管理中经常被忽略。第五章、第八章和第十一章指出，“硬件”和“软件”措施相结合有助于可持续地提高可用水量和水质。

只有当经济政策、工业计划、城市设计、粮食、能源和贸易政策中更多地体现水的价值时，优化水效益和公平合理水分配才能得以实现。随着新的计划工具不断出现，如建模、风险管理、低遗憾和零遗憾计划工具等，多方协调及其产生的共同效益将更加直观（见第八章）。这有助于减少与水有关的不确定性以及经济不确定性和风险，并且能为经济的高速增长做出贡献。公共和私人部门可充分利用公众对环境可持续性意识的提高，完成20年前难以作出的决定。公众意识的不断提高表明，公众具有承担短期风险以减少长期不确定性（社会风险承受能力，见第十一章）的意愿。

私有部门作为风险承担者通常是技术革新的发起人。在这方面，获取利润可成为他们开展水资源可持续利用的有效推动力，适当的管理可激励技术进步朝着资源利用率更高、浪费和污染更少的方向发展。事实上，许多企业会领先于政府开展活动，因为他们认识到：从长远看，环境可持续性或水管理是经济可持续性的先决条件。实际上，某些大的私营公司已经开始投资生态工程，表示了他们愿意共同承担责任的意愿，作为交换，他们可获得有效和持续不断的资源供应。然而，这种措施尚未成为私营部门决策的主流方向，原因是公共政策的制定较为落后，还有采纳“绿色”技术方面仍存在资金阻力。第十三章中也提到，有些绿色措施，虽然出发点是好的，但可能对水带来不利的影响。

因此，对于政府来说，在作权衡时，特别是进行有关水的决策时，向私营部门决策者发出正确的信号和给予一定的激励非常重要。民间团体，特别是环境领域的非政府组织也要发

挥一定的作用。尤其是他们一度被看作是很多决策制定的反对方，他们的积极参与有利于联合开展决策，确保不同的关注点和相关利益在公共和私营部门制定决策中得以充分的体现。

积极采取措施预测和应对变化可为实现有益的改变提供更多的机会，并避免冒过多的风险。我们应充分认识到过去的经验已不再是预期未来的良药（详见第八章），应根据目前的发展趋势对未来的结果进行预测。正如第九章所阐述的，对关键驱动因素演变的分析有助于把握以下情况，即如果我们今天不作为，可能会发生什么；或如果我们今天做出决策，将来会发生什么。展望世界未来的前景将为我们现在的发展指明方向。采取对策适应气候变化为我们提供了实用模型，可进行“零遗憾”发展规划，它展示了在不确定性（或确定性）条件下如何进行决策，以实现不同情景下的最大利益（见第十三章）。如果公共和私营机构在获得新的信息后能灵活地（或合理地）作出修正，那么所有部门都可采用适应管理和“零遗憾”计划。正如第五章和第十一章指出的，采取水资源综合管理适应性措施，与水资源管理者和非水资源管理者都日益相关。

与应对变化相类似，在规划我们的未来时还需要加大投入，强化我们对系统如何运作方面的知识和理解。在制定公共政策时，气候变化预测、模拟和场景应成为重要的手段。对水系统知识的掌握也是一样，例如地下水（见第三章）或生态系统可起到维持和调节水流的作用，并具有持续提供各种类型服务的能力（见第四章和第八章）。这些知识应当成为日常决策中不可缺少的组成部分，不应只有水利专家才具备，必须将知识传递给更多直接的和间接的用水户。知识和技术创新在降低水相关风险和不确定性方面发挥着重要作用，使我们从高耗水的发展模式向高用水模式转变。第六章中介绍过，大多数国家由于缺乏系统的数据收集，从而无法定期地报告水资源开发利用情况以及发展趋势。因此，有必要获取更加完善的水相关数据并记录在册，使人们更容易获取数

据、开展有计划的数据采集和掌握高质量的水信息，使不同的用户可通过这些信息得到他们感兴趣的指标数据。

目前面临的难题是如何在日常决策和商务活动中作出权衡和妥协。我们做出的每一项决策都可能对水产生深远的影响，例如，政府最近做出的取消核能的决定可能对用水产生影响，导致耗水型能源行业的开发（如油沙开采）。在应对灾难或处理公众热点问题时，如果不从跨部门和长远视角考虑，而只是仓促地做出决定，可能会导致严重的后果。对未来渴望实现的目标加以明确，即明确“终点”或最期望的结果（或未来），有助于我们权衡近期、中期和远期可接受的折中方案。此外，在对未来进行展望时，无论是针对水的还是总体发展，该方法的使用都需要作出一些改进。我们在提出千年发展目标时，就错失了将水与其他发展要素有机结合的机会，采取的措施总体上都比较单一和片面。

因此，我们要摒弃以往的那种以部门为基础制定决策的老办法，从广泛和长远的角度综合考虑发展涉及的各种问题、多重风险和不确定性、成本和效益及每一个决定。在这方面，各国政府应当大有作为，可以建立更加强大、更具合作性、更富有弹性的制度，可以通过有

效的融资机制确保水服务和基础设施的长期有效性，确保在每天的政策制定以及国际事务管理过程中将水作为重点考虑的因素。水管理者有责任不断地传达这样的信息，努力提高人们对水在发展中位居核心位置的认识。

这就是为什么将近期发生的经济危机看成是机会，因为它不仅为我们提供了对共同的理想和未来进行反思的机会，同时也为我们提供了洞察国家、部门和政策之间具有关联性的机会。通过水问题观望未来，有助于提高我们制定决策的洞察力，为人类、环境和全球经济创造最大的效益。

单独发生的危机如金融、粮食、燃料和气候变化等已构成严重问题，如果叠加起来对于全球的可持续发展将是灾难性的。《世界水发展报告》（第四版）以风险和不确定性为视角，为我们寻求新的方法和探索水的真实状况指明了方向。报告鼓励人们以不同的思维模式思考世界共同的未来，并采用能使每个经济部门用水效益最大化的手段和措施。报告用实例证明双赢的确可以实现。政界和商界的领导者及水管理者、用水户和普通百姓都面临着这个独一无二的机会，我们应回顾过去、直接面对挑战和风险，以水为纽带，为我们大家的可持续繁荣作出长久的改变。

缩略语

AASB	澳大利亚审计与担保标准委员会	BAU	一切照旧
AC	阿尔布费拉公约 (葡萄牙)	BEP	最佳环境实践
ACCA	特许认证会计师 (英国)	BGR	德国联邦地球科学和自然资源研究所
ACCRA	非洲气候变化适应联盟	BIRDS	帕拉提农村综合发展协会
ACMAD	非洲气象学应用促进发展中心	BMAP	流域管理行动计划
ACWUA	阿拉伯国家水资源公用事业协会	BMWS	大麦、玉米、小麦和大豆
ADB	亚洲开发银行	BOD	生物 (或生化) 需氧量
ADPC	亚洲灾害预防中心	BOT	建设-经营-转让
ADSS	高级决策支持系统	BRIC (S)	金砖国家: 巴西、俄罗斯联邦、印度、中国 (以及南非)
AfDB	非洲开发银行	BSE	牛海绵状脑病 (疯牛病)
AFED	阿拉伯环境与发展论坛	BSR	商业的社会责任
AI	干燥指数	CAD	中央亚平宁区
AICD	非洲基础设施国家诊断报告	CADA	中央亚平宁区管理局
AMCOW	非洲水利部长理事会	CADC	葡萄牙应用与发展公约委员会
AMO	大西洋多年代际振荡	CAMRE	阿拉伯环境部长委员会
AMOC	大西洋经向翻转环流	CAP	欧盟通用农业政策
AMWC	阿拉伯部长级水理事会	CATIE	热带农业调查与教学中心 (哥斯达黎加)
ANA	巴西国家水务署		
AO	北极涛动	CBD	生物多样性公约
APFAMGS	安得拉邦农民地下水管理系统	CBO	社区组织
APWF	亚太水论坛	CBRN	化学、生物、辐射和原子能
ARH	葡萄牙地区水文管理	CBSR	加拿大社会责任商会
ARPA	意大利地区环境保护署	CCAI	国际气候变化适应行动
ASCE	美国土木工程师协会	CCRIF	加勒比巨灾风险保险基金
ASEAN	东南亚国家联盟	CD	能力建设
ATP	适应性临界点	CDA	印度吉尔卡发展局
AWB	地区水理事会	CEC	加利福尼亚能源委员会
AWC	阿拉伯水委员会	CEC	北美环境合作委员会
AWDR	非洲水资源开发报告	CEDARE	阿拉伯地区和欧洲环境与发展中心
AWF	非洲水基金		
AWICH	非洲水信息交流中心	CEDAW	联合国消除对妇女一切形式歧视公约
AWM	适应性水管理		
AWM	农业水管理	CEH	英国生态与水文中心
AWTF	非洲水事工作组	CELADE	拉美和加勒比人口统计中心
BAT	现有最佳技术	CEPMLP	能源、石油和矿藏法案政策中

	心 (邓迪大学)		行动模型 (世界卫生组织)
CHRAJ	加纳人权和行政司法委员会	DRI	灾害风险指数
CIDA	加拿大国际发展署	DRM	灾害风险管理
CIF	气候投资基金	DRR	降低灾害风险
CIFOR	国际林业研究中心	DWA	南非水利部
CILSS	萨赫勒抗旱委员会	DWAF	南非水利林业部
CIS	共同实施战略 (欧盟)	EAWAG	瑞士联邦水生生物科技研究所
CLIMPAG	气候对农业的影响	EC	欧盟委员会
CNE	国家风险防范和应急委员会 (墨西哥)	EC-IFAS	拯救咸海国际基金执行委员会
COD	化学需氧量	ECOWGA	西非国家经济共同体
CONAGUA	国家水委员会 (墨西哥)	EDC	内分泌干扰化合物
Cop	实践社区	EEA	欧洲环境署
COP	公约缔约国大会	EHP	环境健康工程
CPA	清洁产品评定	EIA	美国能源信息管理局
CPWC	水与气候合作项目 (联合国教 科文组织国际水教育学院)	EMA	环境管理会计
CRED	天主教勒芬大学灾后流行疾病 研究中心	EMCA	环境管理与协调法案 (肯尼 亚)
CRM	气候风险管理	EMS	环境管理系统
CSDRM	气象灾害智能管理	ENERGIA	性别与可持续能源国际网络
CSE	科学环境中心 (新德里)	ENSO	厄尔尼诺南方涛动
CSEC	水与气候最高委员会 (摩洛 哥)	EPA	美国环境保护署
CSIRO	联邦科学与工业研究组织 (澳 大利亚)	EPRI	电力研究院 (美国)
CSR	企业社会责任	EU	欧盟
CVI	气候变化指数	EUWI	欧洲水行动方案
CWA	清洁水法案 (美国)	EWP	生态系统劳动力计划 (俄勒冈 大学)
CWPP	刚果跨边界水管道工程	EWRA	埃及水监管署
CWSA	加纳社区水与卫生管理局	FAO	联合国粮农组织
DAC	经合组织发展援助委员会	FIRM	资源综合管理论坛
DBOT	设计—建设—运营—转让	FMMP	洪水防治与管理计划
DEWATS	分散式废水处理系统	FO	农民组织
DFE	环境设计	FONAFIFO	墨西哥国家林业融资基金
DFID	英国国际开发署	FONAG	厄瓜多尔水资源保护基金
DLDD	荒漠化、土地退化及干旱	FWRA	佛罗里达水资源法
DO	溶解氧	GAR	全球评估报告
DOE	美国能源部	GAR	地下水回灌
DPSEEA	动力-压力-状况-暴露-影响-	GAS	瓜拉尼含水层体系
		GCC	海湾阿拉伯国家合作委员会
		GCF	绿色气候基金会 (联合国气候 变化框架公约)

GCM	大气环流模型	ICE	墨西哥哥斯达黎加电力学院
GDP	国内生产总值	ICID	国际灌排委员会
GEF	全球环境基金 (《联合国气候变化框架公约》)	ICIMOD	国际山地综合开发中心
GEMS	全球环境监测体系	ICLEI	国际地方环境行动理事会
GEO	全球环境展望	ICLOD	国际大坝委员会
GHG	温室气体	ICPAC	气候预测与应用中心 (非洲政府间发展组织)
GIF	全球影响因素	ICPDR	多瑙河保护国际委员会
GLAAS	全球卫生系统和饮用水分析及评估 (世界卫生组织/联合国水计划)	ICRAF	国际农林研究中心
GLIMS	太空观测环球陆冰计划	ICRISAT	国际半干旱热带地区作物研究所
GLOF	冰川湖突发洪水	ICS	信息和通信系统
GLOWS	全球水可持续计划	ICT	信息和通信技术
GPOBA	基于产出的全球伙伴援助项目	IDB	泛美开发银行
GPWAR	通用水会计报告	IDRC	国际开发研究中心
GRACE	重力场恢复及气候试验	IDS	英国发展研究所
GTN-H	全球陆地水文网络	IEA	国际能源署
GVEP	全球村庄能源合作伙伴	IEG	独立评估小组 (世界银行)
GWC	绿水信贷	IFAD	国际农业发展基金
GWCL	加纳水资源有限公司	IFAS	拯救咸海国际基金
GWD	地下水指令 (欧盟)	IFI	国际融资机构
GWI	全球水智能	IFPRI	国际粮食政策研究所
GWP	全球水伙伴	IFRC	红十字会与红新月会国际联合会
GWSP	全球水体系项目	IGAD	政府间发展组织管理局
HAB	有害藻类水华	IGRAC	国际地下水资源评估中心
HDI	人类发展指数	IGWA	跨部门水小组
HEPP	水电厂	IHA	国际水电协会
HIA	健康影响评估	IIA	国际投资协定
HKJ	约旦哈希姆王国	IIED	国际环境与发展研究所
HRC	联合国人权理事会	IIRR	国际乡村建设研究所
HRHR	高风险高回报	IISD	国际可持续发展研究所
HVBWSHE	以人类价值为基础推动水与卫生和健康措施	ILC	国际土地联盟
IAHS	国际水文科学协会	ILEC	国际湖泊环境委员会
IBNET	水与卫生设施国际基准化网络	ILWRM	土地和水资源综合管理
IBRD	国际复兴开发银行	IMR	联合国水计划指标监测与报告小组
IBWT	跨流域调水工程	IPCC	政府间气候变化专门委员会
ICA	非洲基础设施联营体	IRB	印度河流域
ICCP	公民及政治权利国际公约	IRTCES	国际泥沙研究培训中心
		IRWS	水统计国际建议

ISARM	国际共享含水层资源管理	MAP	地中海行动计划 (联合国环境规划署)
ISET	社会和环境转型研究所		
ISNAR	国家农业研究国际服务中心	MAR	管控下的地下含水层回补
ISO	国际标准化组织	MAWF	农业、水与林业部
ISPRA	意大利国家环境保护研究院	MCED	亚太环境与发展部长级会议
ISRIC	国际土壤信息中心	MDB	墨累达令流域
ISWM	雨洪综合管理	MDBA	墨累达令流域管理局
ITCZ	赤道辐合带	MDG	千年发展目标
IUCN	世界自然保护联盟	MDWPP	多方捐助水伙伴计划
IUWM	城市水综合管理	MEA	千年生态系统评估
IWA	国际水协会	MEA	多边环境协议
IWLP	国际水法项目	MEDAWARE	欧盟委员会欧洲-地中海合作伙伴关系
IWM	水综合管理		
IWMI	国际水管理研究所	MIGA	多边投资担保机构 (世界银行)
IWRM	水资源综合管理		
IWROM	水资源综合优化模式	MINAET	环境、能源和通讯部 (墨西哥)
JISAO	大气和海洋研究联合学会		
JMP	供水及卫生联合监测计划 (世界卫生组织/联合国儿童基金会)	MPM	马赛普罗旺斯大都会城市社区
		MRB	马拉河盆地
JRV	约旦裂谷	MRC	湄公河流域可持续发展委员会
KDP	世界银行资助的印度尼西亚可卡马坦发展项目	MRI	死亡风险指数
		MTWN	交通和水管理部 (荷兰)
LAC	拉丁美洲和加勒比地区	MWI	水资源和灌溉部 (肯尼亚)
LAS	阿拉伯国家联盟	MWP	蒙蒂湿地计划 (南非)
LBP	波瓦尼低地项目	MWRWH	水资源、工程与住房部 (加纳)
LCB	莱尔马查帕拉流域	NADMO	国家灾害管理组织 (加纳)
LCBC	乍得湖流域委员会	NAFTA	北美自由贸易协定
LCRBC	莱尔马查帕拉流域委员会	NAO	北大西洋涛动
LDC	最不发达国家	NAPA	国家适应性行动计划 (项目)
LHWP	莱索托高地水项目	NAS	国家科学院
LLDC	内陆发展中国家	NCAR	美国国家大气研究中心
LLIN	经长效杀虫剂处理的蚊帐	NCASI	国家大气与水域改进委员会 (美国)
LME	大型海洋生态系统		
LNMC	利比亚国家气象中心	NCMH	国家宏观经济与卫生委员会 (印度)
LPI	生命地球指数		
LVBWO	维多利亚湖流域	NDMA	国家灾害管理局 (巴基斯坦)
LWATSANI	维多利亚湖地区水与卫生行动计划	NDMP	国家灾害管理计划 (加纳)
		NEPAD	非洲发展新伙伴计划
MA	千年生态系统评估	NETL	国家能源技术实验室

NFUS	全国农民联盟 (苏格兰)	PID	省水利厅 (中国)
NGO	非政府组织	PMEL	太平洋海洋环境实验室 (美国国家海洋和大气管理局)
NMHS	国家气象和水文服务局	PNA	太平洋北美模式
NOAA	国家海洋和大气管理局 (美国)	PNRC	遏制全球变暖国家计划 (摩洛哥)
NRC	国家研究理事会 (美国)	POP	持续有机污染物
NRW	无收益水	PoU	利用点
NWC	国家水资源委员会 (澳大利亚)	PPCPs	药品和个人护理产品
NWC	国家水资源理事会 (葡萄牙)	PPCR	气候适应能力试点计划
NWI	国家水行动 (澳大利亚)	PPI	私人参与基础设施数据库 (世界银行)
NWL	国家水法案	PPP	公私合伙关系
NWM	印度国家水使命	PPWSA	金边供水局
NWP	内罗毕工作计划	PRB	美国人口参考局
NWP	国家水政策 (墨西哥)	PRESA	非洲环境服务扶贫奖
NWS	国家水战略 (约旦)	PRTA	水保护地区规划 (意大利)
NWSC	国家水与污水处理公司 (乌干达)	PSI	指标试点研究 (世界水评估计划)
OAU	非洲统一组织 (现非洲联盟)	PUB	未测量流域预测
OBA	基于产出的援助	PURC	公用事业管理委员会 (加纳)
ODA	官方发展援助	PV	太阳能光伏
OECD	经济合作与发展组织	PWTOA	私人水运船主协会 (加纳)
OKACOM	奥卡万戈河流域跨界管理委员会	R&D	研究与开发
OLADE	拉丁美洲能源组织	RAED	阿拉伯环境与发展网络
OMVS	塞内加尔河开发组织	RBB	流域董事会
ONE	国家电力办公室 (摩洛哥)	RBC	流域委员会
ONEP	国家饮用水办公室 (摩洛哥)	RBDA	流域开发管理局 (尼日利亚)
OSCE	欧洲安全与合作组织	RBDC	流域地区委员会
OSU	美国俄勒冈州立大学	RBF	基于结果的融资
OTA	优化国土面积 (意大利)	REDD	减少因毁林和森林退化引起的温室气体排放 (联合国气候变化框架公约)
PAHO	泛美卫生组织	RMC	地区成员国
PCaC	农民一对一培训计划 (尼加拉瓜)	RRC	河道整治中心 (英国)
PCB	多氯联苯	RWSSI	农村供水和卫生计划 (非洲开发银行)
PDO	太平洋年代际振荡	SAARC	灾害管理综合框架 (印度)
PEDDR	环境与灾害风险降低伙伴机构	SABEP	圣保罗基本卫生设施公司
PER	公共开支审查	SACI	南部非洲能力建设倡议
PES	生态系统服务付费		
PGDAC	中央区管理计划 (意大利)		

SADC	南部非洲开发共同体	SWAP	全行业规划法
SADC-DMC	南部非洲开发共同体干旱监测中心	SWAR	地表水径流
SAFE	手术、抗生素、面部清洁和环境改善	SWE	行业用水效率
SALDRU	南部非洲劳工及发展研究组	SWOT	优势-劣势-机遇-挑战
SAP	战略行动计划	TAC	全球水伙伴技术咨询委员会
SAPP	南部非洲电力联盟	TAO	热带大气海洋项目
SARPN	南部非洲地区贫困网络	TARWR	实际可再生水资源总量
SAWAF	南亚水论坛	TDS	溶解固体总量
SAWUN	水设施网络（南亚）	TEEB	生态系统和生物多样性经济学
SBSTA	科学技术咨询附属机构（联合国气候变化框架公约）	TEST	环境友好型技术转让
SDWA	安全饮用水法案（美国）	TMDL	日最大总负荷
SEE	东南欧	TNC	大自然保护协会
SEEAW	联合国水环境经济核算系统	TRB	台伯河流域
SEI	斯德哥尔摩环境研究所	TRB	塔霍河流域
SEM	马赛自来水公司	TRBA	台伯河流域管理局
SENARA	国家地下水、灌溉和排水服务机构（墨西哥）	TSG	技术知识战略小组（美国）
SEPA	苏格兰环境保护局	TWB-MRB	为马拉河流域生物多样性和人类健康的跨境水
SES	社会生态系统	UFW	丢失的水
SEWA	妇女自主就业协会（印度古吉拉特）	UN ECOSOC	联合国经济与社会发展委员会
SIDS	小岛屿发展中国家	UN	联合国
SISS	港务监督与卫生服务（智利）	UN-HABITAT	联合国人居署
SIWI	斯德哥尔摩国际水研究所	UNAG	全国农民和农场主联盟（尼加拉瓜）
SIWW	新加坡国际水周	UNCCD	联合国防治荒漠化公约
SJRB	圣约翰河流域	UNCSD	联合国可持续发展委员会
SJR-WMD	圣约翰河流域水管理局	UNCTAD	联合国贸易和发展会议
SLM	可持续土地管理	UNDESA	联合国经济和社会事务部
SME	中小企业	UNDP	联合国开发计划署
SOC	土壤有机碳	UNDRO	联合国救灾组织
SOM	土壤有机质	UNECA	联合国非洲经济委员会
SOPAC	太平洋岛屿应用地球科学委员会	UNECE	联合国欧洲经济委员会
SPI	标准化降水指数	UNECLAC	联合国拉丁美洲和加勒比经济委员会
SST	海面温度	UNEP	联合国环境规划署
SSWM	可持续卫生与水管理	UNEP/GEMS	全球环境监测系统（联合国环境规划署）
SWA	卫生与水全球行动	UNESCAP	联合国亚洲及太平洋经济社会委员会
		UNESCO	联合国教科文组织

UNESCO-IHE	联合国教科文组织-国际水教育学院	WaterSHED	水、卫生、健康企业发展
UNESCO-IHP	联合国教科文组织-国际水文计划	WBCSD	世界可持续发展工商理事会
UNESCWA	联合国西亚经济社会委员会	WCD	世界大坝委员会
UNFCCC	联合国气候变化框架公约	WDM	水资源需求管理
UNICEF	联合国儿童基金会	WEC	世界能源理事会
UNIDO	联合国工业发展组织	WEF	水环境联合会
UNISDR	联合国国际减灾战略	WEF	世界经济论坛
UNOCHA	联合国人道主义事务协调办公室	WESSA	南非野生动物和环境协会
UNSD	联合国统计司	WFD	水框架指令 (欧盟)
UNSGAB	联合国秘书长水与卫生顾问委员会	WFP	世界粮食计划署
UNU	联合国大学	WFP	水融资计划 (亚洲开发银行)
UNU-WIDER	联合国大学世界发展经济研究所	WFPF	水融资伙伴基金计划
UNWAIS+	联合国水活动信息系统	WHA	世界卫生大会
UNW-DPAC	联合国水宣传与交流十年计划	WHO	世界卫生组织
UNW-DPC	联合国水能力建设十年计划	WHYCOS	世界水文循环观测系统 (世界气象组织)
UPA	城市与郊区农业	WIN	水诚信网络
USACE	美国陆军工程师兵团	WMO	世界气象组织
USAID	美国国际开发署	WRC	水资源委员会 (加纳)
USBR	美国垦务局	WRI	世界资源研究所
USDA	美国农业部	WRMA	水资源管理局 (肯尼亚)
USDOE	美国能源部	WSS	供水与卫生
USEPA	国家环境出版物服务中心 (美国)	WSSCC	供水与卫生合作理事会
USEPA	美国环保署	WSSD	可持续发展世界峰会
VBD	病媒传染疾病	WTP	支付意愿
WACF	水会计概念框架	WUA	用水户协会
WAJ	约旦水务局	WWAP	世界水评估计划
WAPDA	水电开发管理局 (巴基斯坦)	WWC	世界水理事会
WAPP	西部非洲电力联盟	WWDR	世界水发展报告
WASH	水、卫生和健康	WWF	世界水论坛
		WWF	世界自然基金会
		WWTP	污水处理厂
		YRB	黄河流域
		YRCC	黄河水利委员会

术语汇编

人类世 (anthropocene): 一个新的地质世, 之所以如此命名是因为人类通过对地球环境物理、化学以及生物等方面产生影响开始与之竞争。

消融 (ablation): 物体的表面物质受到汽化、碎裂以及其他侵蚀作用的影响发生损耗。消融是冰川物质平衡的重要组成部分。消融区指冰川的低纬度地区或冰床, 这些地区由于受到融化、升华、蒸发或崩解作用存在总体冰量的净流失。

取水 (abstraction): 将水从某个暂时或者永久的水源取出的过程。

酸雨 (acid rain): 强无机酸稀释液的降雨, 由混合在大气中的各种工业污染物构成, 基本成分是二氧化硫和氧化氮以及自然界中的氧气以及水蒸气。

适应 (adaptation): 一个生物体、一个机构或是一个社会, 因外部环境的变化, 其结构、功能或行为发生转变, 从而在不断变化的环境中能更好的生存和壮大, 进而实现自身的目标。

适应临界点 (adaptation tipping point): 气候变化产生的成本、风险和影响随着时间加剧, 当到达某一个时间点时, 将对资源管理和工商界的预期构成挑战。

适应能力 (adaptive capacity): 在所处的环境不断发生变化时, 一个系统 (如生态系统或人类社会) 所具备的适应能力。

适应性决策 (adaptive decision-making): 随着时间的推进, 在不断变化的情况下, 对产生的问题做出回应所需的方法和技术。

适应性管理 (adaptive management): 对自然资源进行管理的一种方法, 通过对项目监管、新信息以及社会条件变化做出响应, 明确行动方式需要做出的改变, 其目的是了解系统并不断改进系统的表现。

适应性规划 (adaptive planning): 指规划方法要适应随着时间推移变化和不确定性的情况, 以便获取更佳表现、更高效率和更有效的资源利用、提高效益和降低成本等。

适应策略 (adaptive strategy): 指规划或管理战略根据环境条件或目标变化可做出相应的改变。

适应性水管理 (adaptive water management): 水管理政策可随着时间推移根据外部情况以及目标的变化做出调整。

先期市场承诺 (advance market commitment): 一种捆绑式契约, 通常由政府或者其他金融机构提出, 用来保证某个产品成功开发后有适合其生存的市场条件。

阿夫拉贾灌溉系统 (Aflaj): 利用人工开凿的地下暗渠将地下水输送到村庄的系统, 抽取的水用作农业灌溉或居民用水。

农业 (agriculture): 与饲养牲畜和生产农作物产品有关的人类活动, 要么在自然的降雨模式之下进行 (雨养农业), 要么需要额外利用水资源来进行 (灌溉), 通常是利用地表水或地下水。

从农业到城市的水权转让 (agriculture-to-urban water transfer): 传统上一直分配给农业活动的供水转而分配给了城市地区用以满足其用水需求。

水产业 (aquaculture): 也称作水产养殖, 对水生动植物以及水生植物, 如鱼类、甲壳动物和软体动物等进行饲养。商业捕鱼是针对野生鱼类进行的捕捞。

全球水信息系统 (AQUASTAT): 由联合国粮农组织 (FAO) 土地和水资源司开发的全球水信息系统。

地下含水层 (aquifer): 占据地球孔洞或地表

之下岩层空间的水体，化石含水层的形成以及恢复（或补给）需要数千年时间。

可耕地种植 (arable cropping)：在可耕种土地上种植农作物的过程。

北极涛动 [Arctic Oscillation (AO)]：又称作北半球环状模，是描述北纬 20 度以北非季节性海平面压力变化主要模式的一项指数，以北极某一标志物的压力异常或北纬 37 度至 45 度间的反向异常为特点。

干旱地区 (arid region)：特征是可获取的水资源极度匮乏，其匮乏程度甚至会使得植物和动物的生长受到阻碍甚至致其无法存活。对于“极度干旱”或“半干旱”的等级没有统一的划分。

干燥指数 [Aridity Index (AI)]：指表示某地气候干燥程度的数字指数。已经提出了一些干旱度指数，这些指数被用来识别、明确或界定可供水资源不足的地区，因无法对土地进行有效利用，缺水使这些地区的农业生产或牲畜饲养等活动受到严重影响。

大西洋经向翻转环流 [Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC)]：将上层温暖海水带到北方高纬度地区，并且将深层寒冷海水退回到赤道以南地区。这种热量转移对欧洲的大陆性和海洋性温暖气候贡献巨大。

大西洋多年代际振荡 [Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO)]：北大西洋海面温度的变化性。

反推 (Backcasting)：反向预测技术以未来的某个具体结果作为开始，逆向推导以确认政策和计划是否符合当前的实际情况。预测是根据当前趋势分析进行推导的过程。

压载水 (ballast water)：储存在运输船舶水箱或者货舱中的淡水或海水，有时其中含有沉淀物，用于增加船舶在运输途中的稳定性和可操作性。压载水舱的水排放携带的物种可带来环境和经济损失。

流域终结 (Basin closure)：在一年的部分时间段或全年，流域内或河口地区的供水无论是水质还是水量均无法满足需求，说明流域即将终结或者处于终结状态。流域终结可以称作是人类活动引发的过程。

贝叶斯网络 (Bayesian network)：一种图形模型，对一些变量之间的关系进行基于概率的编码。它可以被用来了解因果关系，对干预措施进行结果预测。

决策行为理论 (behavioural decision theory)：关于人类如何做出判断和抉择的理论，以及利用心理学、经济学、统计学以及其他方面概念和工具改进决策的过程。人类的行为是基于其对现实的认识而非现实本身。

收益转移方式 (benefit transfer approach)：利用在其他地区或背景之下完成的研究所获得的信息，对生态系统服务进行价值估算的方法。

生化需氧量 [biochemical oxygen demand (BOD)]：在特定的温度和特定的时间条件下，微生物消化单位水量中的有机材料所需的氧气量。

生物多样性 (biodiversity)：所有源自陆地、海洋和其他水生生态系统以及它们所属的复合生态系统中的生存有机体的变化性。某个地区所有基因、物种和生态系统的集合。

生物燃料 (biofuel)：有机材料——由植物、动物或微生物——如甘蔗秆、叶子或动物粪便等产生，可以直接燃烧产生热源或者将其转化为气态或液态燃料。这些燃料有多种用途，但主要用在交通运输行业。

生物质能 (biomass energy)：从生物质中的碳、氢和氧等元素转化而来的能源。生物质能的来源分为截然不同的五种：垃圾、木材、废物、填埋气体以及酒精燃料。

生物群系 (biome)：依赖本地气候维持的复杂的生物群（包括人类），其特征是植被差异明显，比如冻原、热带雨林、干草原和沙漠。

黑水 (black water): 含有排泄物的废水。

蓝水 (blue water): 自然状态的地表水和地下水。

底层的十亿人 (bottom billion): 生活在约六十个贫困国家的将近十亿人口, 尽管获得了国际援助和支援, 但状况依然没有得到改善。该词是由 Paul Collier 在其 2007 年名为最贫困国家何以失败, 我们能够做些什么? 的书中首次提出。

自下而上的方式 (bottom-up approach): 一种由利益攸关方为主导的规划和决策制定方式, 与政府自上而下、命令利益攸关方应制定何种决策的方式相反。

金砖国家 [BRIC (S)]: 巴西、俄罗斯联邦、印度、中国 (以及南非)。世界水发展报告第四版采用两种方式 (BRIC 和 BRICS) 来表示金砖国家这个概念, 因为 BRICS 是新提出的, 并非所有的统计数据 and 描述都已修订并将南非纳入到金砖国家。

脆弱性 (brittleness, 作为解决方案的一个特征): 如果设定的变量值偏离预期或据其设计解决方案而导致发生失败的可能性。

一切照旧 (business-as-usual approach): 依照通常规定的方式, 不做任何政策或计划方面的改变, 按照过去的方式行事。

能力 (capacity): 承担和完成一项任务的能力。能力建设和能力开发通常指利用特别设计的教育计划赋予个人知识和技能, 以便完成给定的任务。

碳信用额度 (carbon credit): 一条专业术语, 指任何可交易凭证或许可证, 赋予排放一吨二氧化碳或其他含有与一吨二氧化碳相等数量的二氧化碳温室气体的权利。碳信用和碳市场是各国和国际上试图降低温室气体浓度行动的组成部分。碳交易是排放交易方式的一种实际应用。

碳循环 (carbon cycle): 使碳交换在地球的生

物圈、土壤圈、岩石圈、水圈和大气层中发生的生物地球化学循环。碳循环使碳元素可以在生物圈及其所有的有机体内被回收和重复利用。

碳固存 (carbon sequestration): 将排放到大气中的碳排放物收集并且储存在碳汇中 (如海洋、森林或者土壤中), 以达到缓和或推迟全球变暖的速度, 避免危险性的气候变化。

经济作物 (cash crop): 为销售而种植的农作物, 区别于那些在农场种植用于消费的农作物 (口粮作物)。

灾难建模 (catastrophe modelling): 开发和利用模型对灾难事件进行风险预测。

清洁能源 (clean energy): 能源的来源不对环境造成污染、或者不向大气中排放温室气体, 比如获取太阳能、潮汐能和风能。通常也认为水力发电和核能亦为清洁能源。

侍从主义 (clientelism): 用来描述政治体系的术语, 这种体系的核心是政治家团体之间存在的被描述为保护人和侍从的不对称关系。

气候变化 (climate change): 气候变化指气候在一段持续的时间内 (几十年或更长) 发生的巨大改变 (比如气温、雨量或者风等因素)。自然因素或人类活动均能引起气候变化。缓解指能够减慢或者逆转气候变化影响的措施; 适应指当变化的气候对系统造成改变时为了更好地管理所采取的措施; 强制是改变气候系统能量平衡的过程, 即改变来自太阳的太阳辐射与地球发出的红外辐射之间的相对平衡。

气候脆弱性指数 [Climate Vulnerability Index (CVI)]: 依赖于气候暴露性、复原性和适应性的一种功能。气候脆弱性指数以水作为焦点, 因为水是人类生活安康和生态良好运行的关键因素。

气候智能型种植 (climate-smart cropping): 保持营养物质、水和生物多样性以提高作物产量的措施。

闭环生产系统 (closed-loop production system): 环境友好型生产系统, 其中任何工业生产残渣都会被循环利用, 用以制造另外一种产品。

命令和控制方法 (command-and-control approach): 这种方法是由一个监管机构或一个政治权利对一种行为发号施令, 或者指示应该如何达成某个目标。在环境政策方面, 主要涉及保护或改善环境质量标准的建立。

有条件现金支付 [conditional cash transfer (CCT)]: 以接收者的行动为条件、制定福利项目以实现削减贫困目标的计划。政府只将钱发放给那些符合特定标准的人。

保护性农业 (conservation agriculture): 通过最大程度降低土壤干扰、保持永久土被以及轮作, 实现可持续和可盈利农业, 最终可改善农民生计的实践。

可转换贷款 (convertible loan): 放款人 (或者是贷款债券的持有人) 有权在特定的时间以特定的兑换率将贷款转变为普通股票或者优先股票 (普通股或者优先股) 的贷款。

企业社会责任 [corporate social responsibility (CSR)]: 一种融入商业模式的企业自我管理形式。其目的是将责任纳入到公司的行动, 通过其开展的活动对环境、消费者、雇员、社会团体、利益相关者以及公众等带来正面的影响。

腐败 (corruption): 利用不正当或非法的手段, 比如贿赂引诱他人犯错。

成本—效益—风险分析 (cost-benefit-risk analysis): 计算和评估推荐项目的效益、成本以及风险的程序。

从摇篮到摇篮 (cradle-to-cradle): 根据这个原则和对追求价值的理解, 为生产和材料研发以及教育和培训等进行的工业设计和采取的运行模式。从摇篮到摇篮原则倡导将废物转换成食品或燃料, 就像大自然所作的那样; 这些原则除了寻求建立高效的系统, 还力争做到不产生任何废物。

每滴水农作物产量 (crop per drop): 某个产品的数量或价值与其生产过程中所消耗或者吸收的水量或者价值的比值。

跨行业 (问题) [cross-cutting (issue)]: 涉及不同领域或不同利益主体令人感兴趣的问题, 包括教育、财政和预算、人事管理和安全、贸易、技术转移、消费和生产模式、科学、能力建设和信息。

低温层 (cryosphere): 地球表面的一些部分, 水以固态形式存在, 包括海冰、湖冰、河冰、积雪层、冰川、冰冠和冰盾以及冻土 (包括永久冻土)。

决策规则 (极小极大, 极大极小) [decision rules (minimax, maximin)]: 将可能发生的最坏事物最小化的策略或政策 (如将系统运行措施的最大负面影响或作用最小化) 或者将系统运行措施的最小利益方面最大化的策略或政策。

决策尺度 (decision-scaling): 确定何种气候变化可能引发问题, 然后利用气候模型来预测那些气候变化是否有可能发生。

决策支持工具 (decision-support tool): 参与决策制定过程的工具, 如模型。这种工具常常是交互式的、具有菜单显示器的计算机应用程序。

森林采伐 (deforestation): 以农业、城市或工业发展为目的所进行的森林和森林植被砍伐。

三角洲 (delta): 地貌的一种, 多形成于河流汇入海洋、大海、江河、湖泊、水库、平坦而干旱的地区或者与另一条河流汇流的河口处, 由水 flowing 河口时遗留下的沉淀物构成。

需求硬化 (demand hardening): 当一个消费者已经提高了用水效率, 那么在发生干旱或者面临水短缺时, 节约增加的水量会变得愈加困难。

需求管理措施 (demand management measure): 确保资源更大数量的可供量来满足需求水平的

行动。

人口统计学 (demography): 针对人口数量特征进行的研究, 如规模、增长、密度、分布以及关键统计数据等。

脱盐作用 (desalination): 去除海水或含盐地表水或地下水中的盐分以及其他杂质。

荒漠化 (desertification): 干旱和半干旱以及干旱半湿润地区的土地退化, 可以由多种因素引发, 包括气候变异以及人为活动。

灾害风险管理 [disaster risk management (DRM)]: 采取措施降低人类遭受由自然和技术性灾害造成的风险以及经济损失。

降低灾害风险 [disaster risk reduction (DRR)]: 通过采取有步骤的措施降低灾害风险的行动, 用以分析和降低导致灾害发生的偶然因素。

贴现 (discounting): 在确定早些时期一定数量金钱的价值时, 将金钱的时间价值考虑在内。这与复利完全相反, 要求使用的利率适用于时间上的间隔。

溶解氧 [dissolved oxygen (DO)]: 某种媒介中的氧气含量, 比如水中的氧气含量。相对于饱和浓度的 DO 赤字是一项反映某个水体有机物污染的常用指标。

多样化 (diversification): 生态系统中生物或物种类别或者投资组合中投资种类的变化和丰富程度, 用以降低生态系统发生严重事件或投资遭受严重经济损失的风险。

驱动因素 (driver): 利益系统之外的力量或事件, 能够对其行为或表现产生直接的或间接的作用。

干旱 (drought): 当降雨量大幅度低于正常记录的水平时所发生的自然现象, 会引发严重的水文失衡, 对土地资源生产系统造成负面影响。

耐旱作物 (drought-resilient crop): 在干旱持续发生期间能够存活并且得以恢复的农作物。

典型的耐旱作物指的是那些经过培育、在持续缺水时期生存能力得到提高的农作物。

旱地 (dryland): 除了极地和近极地地区的干旱、半干旱和干旱半湿润地区, 这些地区的年降水量与潜在蒸腾蒸发量之比在 0.05 到 0.65 之间。

干旱年份选项 (dry-year option): 干旱时期自愿提供临时性调水的协议合同。

耐用品消费率 (durable consumption rate): 产品的消费率, 这些产品不会被快速消耗, 或者特指产品经久耐用, 而不是一次性完全被消费。

早期预警系统 (early warning system): 针对即将来临的危险或其他事件提供预先警报的技术。

生态高效水利基础设施指南 (eco-efficiency water infrastructure guidelines): 水利基础设施设计程序, 旨在提供具有价格竞争力的产品和服务, 以满足人类的需求和改善生活质量, 同时减少对生态系统的影响以及降低资源使用量。

生态创新 (eco-innovation): 能够直接或间接促进生态改善方面知识的商业运用。

生态足迹 (ecological footprint): 一个人或者所有人在全球范围内所产生的资源消耗以及吸收利用主流技术产生的废物所需要的具有生物生产力的土地和水域。

生态系统 (ecosystem): 集植物、动物和微生物群落以及它们作为一种功能实体发挥非生命性环境作用的动态合成体。

生态系统/环境基础设施 (ecosystem/environmental infrastructure): 可提供生态系统服务的基础设施, 比如水净化、防洪、娱乐休闲和维持气候稳定性。

生态系统服务 (和产品以及功能) [flood control, recreation and climate stabilization] eco-

system services (and goods and functions)]: 对于定居者来讲, 生态系统结构和功能中任何具备为人所知或不为人所知的经济、社会或文化价值的方面, 皆可称之为生态系统服务。

生态系统失衡点 (ecosystem tipping point): 生态系统中相对较小的变化引发快速变化的临界点。过了这个临界点后, 生态系统也许再也无法恢复到原先的状态。

污水 (effluent): 废水处理厂或用水户排出的废水。

厄尔尼诺南方涛动 [El Nio-Southern Oscillation (ENSO)]: 复杂的准周期气候模式, 发生于热带太平洋地区, 基本上每五年为一周期, 能引发洪水和旱灾。

能源 (energy): 初级能源是自然界中发现的能源来源, 没有经历过任何转化或者转换过程。有些可再生有些则不可再生。二级能源来自于初级能源, 比如电力是由煤炭、石油、天然气和风等类型的初级能源转换而来。

能源-气候-水循环 (energy-climate-water cycle): 水循环与决定地球气候并且能够引发自然界大多气候变化的大气、海洋以及陆地中的能源交换存在密切的关系。

环境流量 (environmental flow): 流域管理的核心目标。河道内或者河流流量以及管理制度的设计都致力于维持江河水生生态系统的健康。分配给环境流量的水不得被河道外的用户取用。

环境管理会计 [environmental management accounting (EMA)]: 为使商业对于更加洁净以及产生废物更少的生产过程产生内部需求所设计的一种商业工具。

环境管理系统 [environmental management system (EMS)]: 对于一个组织的环境项目以综合、系统、有计划和有记录的方式进行管理。环境管理系统可构建一个框架, 将环境因素的考虑纳入日常运行管理。

环境/生态系统评估 (environmental/ecosystem assessment): 对人类活动以及人为污染给生态系统造成的负面影响进行评估。

河口 (estuary): 通常指位于河流河口的海湾和进水口, 此地常混杂了大量的淡水和咸水。

富营养化 (eutrophication): 水体中营养物的富集刺激水体中发生一系列的变化, 包括藻类和大型植物增加、水质退化以及不良的或干扰用水户的其他变化。

蒸腾蒸发 (evapotranspiration): 通过蒸发将水从土地、水体表面以及植物叶片 (蒸腾) 释放到大气中。

提取 (extraction): 探明、提取、移动和出售资源的过程。

极端 (水文) 事件 (extreme (hydrological) event): 通常难以观测到的水文状态, 比如洪水、干旱、高温、强风和暴雨。

适合用途的结构 (fit-for-purpose structure): 针对某项工作设计的结构, 这个结构要合适并能胜任该项工作。“适合用途”是保证质量的一个基本原则。

山洪暴发 (flash flood): 山洪暴发属于短期事件, 在诱发因素 (暴雨、溃坝、决堤、积雪快速融化和冰凌等) 出现六小时之内发生, 而且通常在高强度降雨发生两个小时内出现。

洪泛平原 (floodplain): 与河流相界的平坦土地, 大多由河流运动形成。洪泛平原有益于减少洪水发生的频率和降低洪水的严重程度。

粮食安全 (food security): 在任何时候都具备获取足够的食物的自然和经济条件, 以维持生命的健康和生产力。粮食安全的根本在于食物的获得、获取及使用。

食物浪费 (food wastage): 在食物的处理、储藏、贩卖、配制、烹饪和食用过程中所产生的有机残留物。食物浪费是发达国家消费主义的征兆。

化石燃料，碳氢化合物 (fossil fuel, hydrocarbon): 地球上发现的一系列燃料的总称。这些燃料之所以被称作化石燃料，是因为他们或许由古代生物体腐烂之后的残骸形成。

搭便车 (free-riding): 在经济学、集体谈判、心理学和政治学中，搭便车是指消耗某种资源时不必支付任何费用或者支付低于全部费用的行为。当这种现象导致某种公共资源不生产、生产不足或者某种公共资源过度使用时，搭便车通常被认为是一个经济问题。

淡水 (freshwater): 每升含有 1000 毫克以下溶解固体通常为盐类的水，一般以自然状态存在于地球表面的冰原、冰盖、冰川、沼泽、池塘、湖泊、河流和溪流，以及地表之下的地下蓄水层和地下河流中。该术语专门把海水和半咸水排除在外，但是他们包括富含矿物质的水，如铁泉水。

冰川 (glacier): 巨大的永久性冰块，由消融的积雪多年堆积形成（融化和升华），通常需要几个世纪的时间。冰川是世界上最大的淡水资源库。

冰川湖突发洪水和冰川堰塞湖溃坝 [glacier lake outburst flood (GLOF) and outbursts of glacier dammed lakes (jökulhlaups)]: 受到气温升高的影响，冰川开始消融，冰川湖开始形成，并且迅速地将冰川底部或者顶层的冰碛或者冰坝填满。含有冰块或者沉积体的湖泊会突然决口，引发水和岩屑的大量倾泻。

水资源的全球交易 (global trade in water resources): 水以直接或间接的（虚拟的）方式长距离转移，其中虚拟水指用于生产某种商品的水量，由于隐藏其中所以处于虚拟状态。

全球变暖 (global warming): 全球大气层和海洋的平均温度上升，而且预计将持续发生。

全球化 (globalization): 全球范围的文化、人类和经济活动更加紧密的关系。

治理 (governance): 授予权力或者判定表现的

决定。治理可以是管理的一部分，也可以是领导的过程或者独立的过程。通常情况下，这些过程或系统都由政府负责管理。水治理是一系列正式和非正式过程的组合，由此作出与水管理相关的决定。

绿色经济 (green economy): 一种经济形式，其结果是人类的福祉得到改善、社会更加趋于平等、环境风险大大降低、生态损失大幅下降。它与以往经济制度的区别在于，在绿色经济中，自然资本和生态服务所具有的经济价值得到直接的定价。

绿色基础设施 (green infrastructure): 自然生态系统网络提供的“生命支撑”功能的集合，侧重于互联互通以维持长期的可持续性。实例包括洁净水和健康的土壤、防洪以及以人类为中心的比如娱乐以及为城镇内部和周边提供阴凉和遮挡等功能。

绿水 (green water): 没有汇入到地表径流或回补地下水，而是含在土壤中或暂时留在土壤或植被表面的雨水。这部分降水最终被直接蒸发或通过植物蒸发掉。绿水有助于作物的生长（但不是所有的绿水都能够被作物吸收，因为土壤蒸发持续发生，还因为一年里并非所有的时间或所有的地区都适宜作物种植）。

温室气体 [greenhouse gas (GHG)]: 大气中在热红外范围内吸收和发射辐射的一种气体。地球大气层中的主要温室气体有水蒸气、二氧化碳、甲烷、一氧化二氮和臭氧。

灰水 (grey water): 清洁用途（如洗碗、淋浴）以外的用水所产生的污水。

国内生产总值 [Gross Domestic Product (GDP)]: 一定时期内，一个国家生产的所有制成品和服务所具有的市场价值总和。人均国内生产总值通常被用来衡量一个国家的生活水平。它不可与国民生产总值相混淆 (GNP)，国民生产总值是所有权基础上的产量分配。

地下水 (groundwater): 地下含水层储量根据

一个时间段的取水量（提取）和回补量（补给）发生变化，地下含水层储量可以充当缓冲器，在回补量低时进行取水；在回补量相对较高时弥补差额。

硬件基础设施，硬工程措施 (hard infrastructure, hard engineering approach)：维持现代化国家运转所需的大型工程网络。

健康影响评估 [health impact assessment (HIA)]：利用定量、定质和参与性技术，对政策、计划和工程在不同的经济领域所造成的健康影响进行评估的手段。

家庭水安全 (household water security)：所有居民用途的家庭用水具有的安全可靠性，该术语包含水量和水质两个方面。

人类发展指数 [Human Development Index (HDI)]：联合国开发的用以衡量、追踪和比较各国社会和经济水平发展的工具，主要基于以下四项指标：平均寿命、平均受教育年限、预期受教育年限和国民人均毛收入。

人类福祉 (human well-being)：处于健康、幸福和繁荣的状态，在这种环境下，人类的需求可以得到满足、每个人都可以按照自己的意愿行事、追随自己的目标、享受高质量的生活。

水电 (hydroelectricity)：水电厂产出的电力，特指用水库中的蓄水带动水轮机进行发电。

水文地质数据库 (hydro-geological dataset)：包括水文和地质参数以及变量的数据库。

水文网络 (hydrographic network)：地上所有水体和河流（河流、湖泊、沼泽和水库）的总和。

水文循环 = 水文周期 = 水循环 = 水周期 (hydrological cycle = hydrologic cycle = H₂O cycle = water cycle)：土地表面或附近的水的循环流动。

水文记录 (hydrological record)：记录由观测得来的水文变量时间系列数据，包括水流流

速、降雨量、地下水水位和水质成分浓度等。

水文气象 (hydrometeorology)：气象学和水文学的一个分支，研究地表和低空大气层的水和能量转移。

水文形态改变/修正 (hydromorphological alteration/modification)：人类对地表水体的自然结构所造成的压力，如改变河床结构、泥沙/栖息地构成、排放规律、梯度和坡度等。

影响思维 (impacts thinking)：指已经受到外部事件影响的思维。

不确定 (indeterminacy)：某物具有的不确定或不可预知的特性。

指标 (indicator)：显示其他事物状态的衡量方法。在生态学领域，如果某种生物体或生物群落与特定的环境条件具有十分密切的关联，那么这种生物体或生物群落就对这些条件的存在具有指示意义。在经济学领域，用来显示经济健康状态的任意一组统计数值都被认定为指标。

机构 (institution)：为处理社会问题形成的由个人群体（非正式机构）组成的人际关系网络，这些问题是随着社会经济向市场经济为基础的正规机构发展过程中出现的，如由议会形式提出法律而构建的结构体系。

综合虫害管理 (integrated pest management)：根据虫害的生活周期以及虫害与环境互动等综合信息，采取有效且环境敏感的虫害管理措施。这些信息与虫害控制措施相结合能以最为经济的方式对虫害造成的破坏进行管理，而且对人类健康和财产以及环境造成的伤害最小。

综合植物营养管理 (integrated plant nutrition management)：以产量目标、特定耕地和土壤条件为基础的营养物使用；了解不同营养物之间的相互作用；联合使用矿物质和有机肥料；以耕作/轮作系统为基础供应营养物；通过回收对农场内外的废弃物进行循环利用。

城市水综合管理 [integrated urban water management (IUWM)]: 以城市地区作为管理的基本单位, 在资源管理结构内将淡水资源、废水和雨洪联系起来进行管理的做法。

水资源综合管理 [integrated water resources management (IWRM)]: 以实现社会、经济和环境等目标为背景, 对水资源进行可持续开发、分配及监测的系统过程。

灌溉 (irrigation): 向土地或土壤进行人工供水的科学。在地表灌溉系统中, 水仅仅借助重力的作用流经土地表面并深入到土壤中。在滴灌系统中, 水被滴到作物的根部附近。地下水和雨灌的方式分别通过地下含水层或降水获取水源。

射流 (jet stream): 集聚在大气层狭窄通道中相对较强的风。

知识管理 (knowledge management): 管理学的一个分支, 通过提高某机构的学习能力、创新力和解决问题的能力, 实现改善业务表现的目标。

土地和水权 (land and water rights): 人类与土地之间的关系, 无论个人或群体、由法律规定还是约定俗成。水权实质上是一种法律权属, 包括从某个天然水源提取或调取和使用一定量的水; 利用大坝或其他水利设施存蓄或储存一定量的水; 或者利用某个天然水源的水。

土地退化 (land degradation): 由于下列过程引发土地的生物和经济生产力降低以及复杂性丧失的过程, 包括由于人类活动和居住模式引发的过程, 如 (i) 风和/或水造成的土壤侵蚀; (ii) 土壤的物理、化学及生物或经济属性出现退化; 及 (iii) 自然植被的长期破坏。

土地管理 (land management): 使土地资源在环境和经济方面发挥良好作用的过程。

地面沉降 (land subsidence): 由于孔隙坍塌使地下含水层的水缓慢排出及水量逐渐减少, 造成地表的高程沉降。

大规模征地 (large-scale land acquisition): 通过购买、租赁、特许权或其他方式获取的大范围土地使用权。

最不发达国家 [least developed countries (LDCs)]: 由于国民生产总值低、人力资产薄弱以及经济的高度脆弱性, 被联合国确定为“最不发达的”的一批国家。

生计 (livelihood): 谋生和维持生活的一种手段。

低流量装置 (low-flow appliance): 在不降低其性能的情况下, 用来减少水消耗的装置。

有计划的地下水回补 [managed aquifer recharge (MAR)]: 以日后抽取使用为目的, 向地下含水层注入水源如可回收利用水的过程, 或者将水源当作阻止咸水或其他含有污染物质的水入侵地下含水层的屏障。

特大城市 (megacity): 人口超过一千万的城市, 通常由两个或以上的城区组成, 经过不断扩张使其逐渐连接在一起。

小额信贷 (microfinance): 小额信贷的目的是为低收入者提供一个机会, 通过提供一种省钱的方法、从小额信贷借用少量的资金、或者为价值较低的财产购买小额保险等方式, 促他们能够自给自足。

千年发展目标 [Millennium Development Goal (MDG)]: 其目标旨在改善人类的福祉, 包括减少贫困、饥饿、儿童和产妇死亡率、保证每个人都能够接受教育、控制和管理疾病、缩小性别不平等、确保可持续发展以及奉行全球合作等。

千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment): 确定生态系统的变化给人类福祉带来的影响, 并确定加强生态系统保护和实现可持续利用采取行动的科学基础。

模块化水处理设计 (modular water treatment design): 设计预制的、独立的且可移动的水处理设施。

季风 (monsoon): 印度洋和南亚的季节风, 夏季为西南风, 冬季为东北风。

冰碛 (moraine): 由冰川携带和积累而产生的泥土和石块的沉积物。

多边环境协定 (multilateral environmental agreement): 由联合国和多个国家共同达成的协定, 承诺采取限制对环境产生负面影响的方式开展贸易活动。

纽带关系 (nexus): 一个相互关联的群体或者由一系列独立单元组成。

硝酸盐污染区 (nitrate vulnerable zone): 有硝酸盐污水排入的地区或者水被硝酸盐污染的地区。

非消耗性生产过程 (non-consumptive production process): 使用但不消耗水的生产过程, 如用于水力发电生产的水和热电厂使用的冷却水。

非平稳、非平稳概率 (nonstationarity, non stationary probabilities): 随着时间变化的概率分布或其参数。

零遗憾决策 (no-regrets decision): 如果不考虑未来外部条件变化, 家庭、社区或机构做出的从经济、社会和环境角度认为合理的决策。

北大西洋涛动 [North Atlantic Oscillation (NAO)]: 大气团在副热带高压和极地低压之间的大规模波动。

官方发展援助 [official development assistance/aid (ODA)]: 某个国家通过赠款或者其他发展援助项目支出的费用, 依据占国民生产总值的百分比计算。

基于产出的援助 [output-based aid (OBA)]: 发展援助战略将为发展中国家提供的公众服务与他们的既定表现津贴联系在一起。

太平洋年代际振荡 [Pacific Decadal Oscillation (PDO)]: 太平洋气候变异模式的一种, 变化周期至少为一个跨年代时间段, 通常是 20 年到

30 年。

路径依赖 (path dependence): 说明为什么以往做出的决定会限制当下在任何情况下做出决定, 即使是以往的环境与当下无任何关系。

生态系统/环境服务付费 [Payment for Ecosystem/environmental services (PES)]: 为鼓励农场主或者土地所有者所采取的措施, 促使他们在土地管理中提供一些生态服务。

生态用水峰值 (peak ecological water): 生态破坏和损毁的总成本超过人类用水总价值的截点。

再生水峰值 (peak renewable water): 指一定时间内流量限制对总供水量的制约。

渗透率 (percolation rate): 水穿透可渗透颗粒状物质的比率。

城郊贫民窟/区 (peri-urban slum/area): 全球约三分之一的贫民窟人口定居于传统的市中心地带, 但绝大部分居住在城市边缘附近, 形成杂乱和不断扩张的郊外贫民窟。

光生物反应器 [photobioreactor (PBR)]: 一种安置和培养藻类的装置。它能为藻类的培养提供一个适宜的环境, 供应光源、营养物质、空气和热量; 除此以外, 还能保证培养藻类的过程中不受污染。

地下水湿生植物农业 (phreatophytic agriculture): 侧重于深根植物的农业类型, 这些植物从地下水层或者地下水层以上的土壤中获取水源。

工程防洪体系 (physical flood defence system): 指堤防、拦河坝、堤坝和水库等保护某地区免于洪水破坏的系统。

用水点水处理/技术 [point-of-use (PoU) water treatment/technology]: 一种水处理技术, 用来改善目标用途的水质, 水处理过程不是通过集中化的处理设施而是在用水地点完成。

污染者付费原则 (polluter pays principle): 在

环境法律中污染者付费原则已经得以采用，使制造污染的一方负责赔偿对自然环境造成的破坏。

污染治理技术 (pollution abatement technology): 降低水中或土壤中污染物浓度的技术。

污染物/污染 (pollutant/pollution): 自然环境中的污染物，引起生态系统不稳定、紊乱或者不适，或者降低环境介质充当其他用途的价值。点源污染属于单一和能够确定其地点的污染源。面源污染以空降沉积、或者以降雨和融雪以及地面裹挟等方式携带分散状态的污染物。面源污染没有特定的污染排放地点。

投资组合理论 (portfolio theory): 该投资理论通过慎重选择不同的资产组合，在给定的投资组合风险条件下，旨在将投资组合的预期回报最大化；或者说在给定预期回报的条件下将风险降到最低。

饮用水/非饮用水 (potable/non-potable water): 饮用水适合于人类使用；非饮用水则不适合。

预防原则 (precautionary principle): 如果某个行动或政策具有潜在的风险，可能对公众或环境带来伤害，在没有取得科学共识证明此行动或政策有害的情况下，那么采取行动的一方就要举证来证明这个行动无害。

贸易保护主义政策，贸易保护主义 (protectionist policy, protectionism): 通过某种方式对国与国之间的贸易进行限制的经济政策，这包括对进口商品征收关税、限制性配额以及其他一系列来自政府的管制，这些管制的目的在于维持进口商品和服务于本国生产的商品和服务之间的“公平竞争”。

公私伙伴关系 [public-private partnership (PPP)]: 由政府 and 一家或一家以上私营公司共同出资和运营的政府服务或私营商业企业。

拉姆萨尔公约 (Ramsar convention): 一项政府间协议，签约国承诺保护国际重要湿地的生态特征，并为实现其领土内所有湿地的“审慎利

用”和可持续利用制定规划。

回补 (recharge): 地下水回补是将水输送到地下的水文过程。地表水回补是将水输送到地表河道的水文过程。

回用水 (reclaimed water): 之前的废水（污水）在经过处理后，固体物质和特定的杂质被去除，继而被用于景观美化、农业灌溉、工业冷却或者用于对地下水进行回补等。这个过程的目的目的是节水，而不是将处理过的水排放到河流和海洋等地表水体中。

水库运行导则/指导曲线 (reservoir rule/guide curve): 为水库放水特别制定的政策，根据水库原有的蓄水位、水量以及一年的放水时机行，或者明确一年特定时间的特定蓄水值，有时是入流量，进行放水。

恢复力 (resilience): 衡量一个系统从不理想的状态中恢复原状能力的指标。

基于结果的融资 [results-based financing (RBF)]: 将补贴（或援助）支出与实际结果交付之间构成联系。例如：碳融资策略就涉及缓解政策和市场机制，以便创造出一种环境，来推动多类型能源以及鼓励新能源和更清洁技术的使用。

保水能力 (retention capacity): 指储存和保留水的能力，比如土壤。

依据权利措施 (rights-based approach): 以人的权利作为基础来指导发展过程。

风险 (risk): 不符合期望值结果出现的可能性。

风险管理 (risk management): 对风险进行明确、评估和排序，随后对资源采取有序和节约性利用，通过监测和控制使不幸事件发生的可能性及其影响最小化，或者使机遇变成现实的可能性最大化。

河流水文站 (river gauging station): 测量和记录河流径流量或水位的场所和设施。

河岸防洪 (riverine flood protection): 保护洪泛平原地区不受洪水破坏的措施, 如洪水防犯、筑堤及在河流上游修建水库提高洪水调控能力等。

稳健性 (robustness): 对一个系统、一种策略或一项决策在拥有一系列可能的投入后所给出的表现或产生的作用进行评价的方法, 但并非所的内容都可以预测。

径流 (runoff): 一场暴雨或降雨过程中或之后一个地区的地表径流。

径流式坝 (run-of-the-river dam): 由水坝形成一个水库, 其蓄水量保持不变, 流入量等同于流出量减去一些损失。

农村区划 (rural zoning): 土地的利用和开发, 被限制在乡村利用和乡村活动的范围之内。

咸水入侵 (saltwater intrusion): 咸水向地表淡水或地下水水体的渗透或流入。

卫生设备 (sanitation): 为安全处理人类粪便而提供的基础设施、设备和服务。卫生设备的缺失是引发全球疾病的主要原因。

情境 (scenario): 对行动、事件或情况进行预测的记录或概要。情境开发可用于政策规划和机构发展, 但普遍用于机构测试一项战略在不确定未来条件下如何发展。

行业用水效率 [sectoral water efficiency (SWE)]: 以投入和产出为基础, 测量 (比率) 用水的效率。

全行业规划法 [sector-wide approach to planning (SWAP)]: 这种方式以所有的规划和行动都是以全行业的整体水平为基础, 将行业的许多方面 (人员能力、机构优势、利益相关方磋商、执行程序、监测、融资等) 都被纳入考量范畴。

敏感度分析 (sensitivity analysis): 研究模型在投入发生变化的条件之下产出如何发生变化。

污水管理 (sewage administration): 针对废水

收集和处理系统的管理, 由此获得足够的收入以资助其管理活动。

污水、污水系统 (sewage, sewerage): 通常排水沟或沟渠收集的家庭废水, 经废水处理厂进行处理或者排入到水体之中。

小佃农 (smallholder): 在一小块土地上进行的个体农业耕作, 规模比小农场还要小。

积雪场 (snowpack): 高海拔地区的多层积雪, 这些地区一年之中寒冷天气可持续很长时间。

社会学习 (social learning): 观察式学习, 它的发生与某个真实的人表现出期望的行为有关, 即某个人详细地描述了期望的行为, 并通过媒体如电影、电视、互联网、文学以及广播等媒介, 对参与者如何保持这种行为提供示范。

社会生态系统 [socio-ecological system (SES)]: 生物-地理-物理单位和相关的社会成员和机构。社会生态系统复杂且具有适应性, 并且受到空间或周围特定生态系统及其问题背景的功能边界限制。

软件基础设施 (soft infrastructure): 维持一国经济、健康、文化和社会标准所需的所有体系, 包括金融体系、教育体系、卫生体系、政府体系、执法和应急服务等。

软路径 (soft path): (方法、措施、基础设施、政策) 软路径整合了供应和需求两个概念, 认为水是满足商品和服务需求的一种手段, 并质问多少水以及何种水质才能有效和可持续地满足这些需求。

利益相关者 (stakeholder): 一个人、一个团体、一个组织或者系统影响一个组织或者被组织的行动所影响。

静止水文 (stationary hydrology): 水文过程不随时间改变的的概率特性。

随机分析 (stochastic analysis): 对随时间出现的随机程序进行分析。

风暴潮 (storm surge): 近海地带的涨水现象, 通常伴随着低气压气象系统的发生。

风暴轨迹 (storm track): 大西洋和太平洋上的相对狭窄的区域, 大部分大西洋或太平洋温带气旋或飓风沿着这个区域移动。

供应端基础设施 (supply-side infrastructure): 为满足需求提供符合水质标准的供水或能源所设计的基础设施。

地表水 (surface water): 位于地球表面的水, 如溪流、河流、湖泊、大海和海洋。

突袭 (surprise) (在一个系统中): 未料到或预见的系统行为或表现。

可持续性、可持续发展 (sustainability, sustainable development): 指持续的能力, 长期保持环境、经济和社会各方面水平以保证生活质量获得持续改善。

可持续土地管理 [sustainable land management (SLM)]: 考虑到人口增长以及土地利用所面临的日益增大的压力, 对土地进行管理以维持其农业和林业的生产能力, 同时提供环境保护以及生态系统的服务。

可持续水资源管理 (sustainable water management): 在水文循环完整性及其所依赖的生态系统不遭受损害的情况下, 水利用可使人类社会具备持续和保持未来繁荣的能力。

实际可再生水资源总量 [TARWR (total actual renewable water resources)]: 在可持续的基础上, 一个国家在理论上每年可获取的最大水资源总量。

技术专家知识 (technocratic knowledge): 以专业知识和表现为基础, 通过官僚程序而非民主选举挑选的专家从事管理和治理的模式。

远程并置对比 (teleconnections): 全球气候异常之间的联系。远程并置对比倾向于一种循环的和持久的跨越广阔地域的大型压力和循环变异模式。

临界点 (tipping point): 经过此点之后, 缓慢和可逆的变化转变为不可逆的变化, 通常引发显著的后果。

自上而下的方式 (top-down approach): 由主管、决策者或其他个人或实体做出决策的一种方式, 决策由高层负责向低层传递, 低层在某种程度上受到高层的制约。

跨界流域、含水层 (transboundary basin, aquifer): 一个流域或地下含水横跨多个管辖区, 由边界所分割。

三边对话途径 (trialogue approach): 在科学界、政府和社会之间建立的联系。

丢失的水 [unaccounted-for water (UfW)]: 产出的水在到达消费者手中之前“丢失”的部分。

不确定性 (uncertainty): 对某项事物缺乏肯定, 不确定性所指的范围包括缺乏肯定性, 直至几乎完全缺乏把握和了解, 特别是对结果或后果。

城市和郊区农业 [urban and peri-urban agriculture (UPA)]: 在村庄、城镇、城市或者其周边地区对食物进行种植、处理和派送的活动, 涉及牲畜饲养、水产养殖、农林业以及园艺等。

城市化 (urbanization): 由于全球变化导致的城区自然增长。城市化可反映城市占总体人口的水平, 也可反映城市比例增长的速度。

价值链 (value chain) (农业, 粮食): 为实现价值最大化, 将一个产品 (或一种服务) 从概念开始, 经过不同的生产阶段将其输送到最终消费者手中, 并且在使用后进行处置的所有活动。

虚拟 (嵌入) 水 [virtual (embedded) water]: 生产某种商品或提供某种服务所使用的水。

脆弱性 (vulnerability): 人类、财产、资源、体制和文化、经济、环境及社会活动等所能承

受的不期望发生的结果、伤害、退化或破坏的程度。

峡谷 (wadi): 从阿拉伯语引用的术语, 指干涸河道或溪流。

废水 (wastewater): 由于人类的染指对水质带来了所有负面影响。

水账户 (water accounting): 对一个流域的水资源进行追踪, 了解水的去向、如何利用的以及可供将来使用的剩余水量。

水配置系统 (water allocation system): 水分配体制结构, 而结构的选择是资源的自然属性与人类对政策的反应以及各种社会目标竞争之间达成妥协的最终产物。

水平衡 (工业) [water balance (in industry)]: 指工业系统中水流入和水流出。

水银行 (water bank): 一种制度性机制, 用来为各种类型的地表水、地下水以及水资源储蓄权利的合法转移和市场交换提供便利。

水箱 (water box): 评价、开发和管理水资源活动和组织的统称。主要是与其他经济领域的活动和组织进行区别, 这些活动和组织所做的决定对水箱内做出的决定和选择会产生影响。

节水 (water conservation): 减少清洁、制造和农业灌溉等各种用途的水使用量和废水循环利用。

输水 (water conveyance): 将水从一地转移到另外一地, 比如通过运河、管道或者沟渠。

水需求管理 (water demand management): 改变水需求所采取的措施, 对应于满足水需求的供水管理措施。

水发展议程 (water development agenda): 一项由机构和主要团体完成的关于水发展对人类福祉产生影响的综合行动蓝图。

水对话空间 (water dialogue space): 为利益相关者群体中的个人进行参与提供的空间, 解决真实存在但“悬而未决”的问题, 以此建立相

互信任和尊重。

水分布/水输送 (water distribution): 淡水量的咸水量的百分比, 包括在地球表面之上和之下的水。还指从水处理厂中向城市特定用水户输送的水供应。

引水 (water diversion): 将水从一个地方抽取出来 (比如从自然水体中), 输送到另外一个地方 (进行利用), 主要通过运河或管道等方式。

用水效率 (water efficiency): 利用尽可能最小的水量履行一种功能、完成一项任务、承担一个工序或取得一个结果。重点是减少浪费。

水权 (water entitlements): 由分配机构赋予的获得水的权利。在一些地方, 水权是通过国家与许可证持有人之间签定非正式契约的方式由国家赋予。也有一些地方, 水权是通过司法保障的正式财产权。无论是正规还是非正规, 水权的契约属性都加大了制度变革的成本。

水足迹 (water footprint): 个人或社会或一家商业机构为生产商品和服务所消耗掉的淡水总量。一个消费者或生产者 (或一个消费者团体或生产者团体) 的直接水足迹指与消费者或生产者用水相关的淡水消耗和污染。直接水足迹与间接水足迹有区别, 间接水足迹指水和污染与消费者消费生产商品和服务有关, 或者与被生产方使用的投入有关。某种商品的灰色水足迹是反映淡水污染可能与这种商品的整个供应链有关的一项指标。它是根据现有周围环境水质标准将污染物稀释所需的淡水量, 计算出将污染程度稀释到高于接受水质标准时所需的水量。

水收集 (water harvesting): 增加和搜集雨水的活动, 例如森林冷凝、雾气收集、云种散播 (向空气中散播物质充当云凝结核或者冰核, 已达到改变云中微观物理学进程的目的) 以及直接收集雨水等。

水利基础设施 (water infrastructure): 为不同

的用水户提供一定水量和水质的实体和组合建筑物。

水市场 (water market): 一个合法实体向另一个合法实体对涉及货币价值交换的水权进行全部或部分地购买、销售和租赁。

水生产力 (water productivity): 产品与服务与生产所需水量之间的比率, 是衡量用水效率的一种手段。

水质 (water quality): 水的物理、化学和生物特质, 是测量与一种或多种生物种类需求相关, 或者与人类需要和目的相关的水状况。

水再分配 (water reallocation): 水从一种用途向另外一种用途的转移。

水改革 (water reform): 采取措施改变当前的水管理现状, 提高用水户和环境效益, 主要涉及根除或减少效率低下、腐败及缺乏竞争力等行为。

水的可再生性 (water renewability): 随着时间的推移, 通过生物、物理或其他自然进程水所获得的更新能力。通过水文循环过程使水得到再生。

水资源管理 (water resources management): 管理、分配、开发以及规划水资源供应和使用的活动。以实现有效利用为目的, 通过工程和非工程措施提供和管理自然或人工的水资源系统。

水安全 (water security): 长时期内可提供的可靠且安全的水量。

水行业 (water sector): 通常指所有涉及为居民、经济领域相关的商业和工业部门提供饮用水和废水服务 (包括废水处理) 的活动、贸易和专业机构和个人。

水服务管理、提供和监控 (water service management, delivery, control): 水服务的控制系统包括地下水总管、至少一家位于总管下游的水客户站点、一条地下水输送通道和控制从总

管到水客户水流的阀门。

蓄水 (water storage): 农业上的一个术语, 用来定义为将来使用而储存水的地点。

水紧张 (water stress): 水短缺 (物质上或经济上) 引发的后果, 紧张可表现为各领域用水冲突加剧、服务水平下降、农产品欠收、粮食不安全等。通常以供给和需求之间的差异程度来衡量。

供水与卫生 [water supply and sanitation (WSS)]: 通常指由供水单位提供的服务, 如按照一定的时间的地点提供保质保量的水, 并提供废水收集、净化和处理。

水道 (watercourse): 任何流动状态的水体。

与水相关的效益 (water-derived benefit): 通过对水的特定使用或管理而获得的经济、生态或社会效益。

涉水灾害 (water-related hazard): 由于水的过量使用、短缺或污染导致人类健康、经济或社会方面受到的损害。

流域 (watershed): 指所有的水无论是处于地下还是排出都流向同一个地点的一块区域。健康的流域可提供多种服务, 包括水净化、地下水和地表水的水量调节、侵蚀控制和稳固河岸。

湿地 (wetland): 常年或季节性地充满了水的一块地面 (沼泽、湿地、泥炭地、浅水湖)。

支付意愿 [willingness to pay (WTP)]: 一个人为了获取某项好处或避免不期望事物如污染的发生, 愿意支付、付出或者交换的最大值。

抽水 (water withdrawal): 为人类的使用将水从某些水源比如地下水将水取出。那些没有消耗掉的水在使用后回流到环境中, 但其水质可能与取出前不一样。抽取出的水使用时可能不被消耗 (比如冷却用水)。

黄水 (yellow water): 指仅含有尿液的厕所污水。

责任编辑 徐丽娟 张 潭

销售分类：水利水电

ISBN 978-7-317-1825-2



9 787317 182522 >

总定价：368.00元（共三卷）