



世界科学报告
WORLD SCIENCE REPORT

1993

中国科学技术信息研究所
联合国教科文组织 联合出版

世 界 科 学 报 告

WORLD SCIENCE REPORT

1993

(中文版)

1993 年世界科学报告

(中文版)

中国科学技术信息研究所
联合国教科文组织 联合出版

英文版出版说明

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

联合国教科文组织计划每两年出版一期的《世界科学报告》将从组织的和实质的观点对世界各地的科学现状进行评述。

本期由四大部分组成。第一部分为论文集，这些论文合在一起构成一篇世界各个地区科技状况综述，资料翔实，发人深省；第二部分介绍科学研究与发展是如何组织的——由何人、在何地以何种方式进行；第三部分讨论国际伙伴关系与合作；第四部分概述科学技术的最近发展。《报告》结尾附有国家与地区科学活动及人力的统计表格。

《世界科学报告》材料可信、文章易读。编写作者均为各自领域所公认的专家。文中列举大量事实、数据及对当今科学的探讨意见。作为一个信息源，本书无论是对全球科学状况感兴趣者、或者是对决策者、科学实践者、积极参与者和观察者都是一本很好的指南。

The designations employed and the presentation of the material throughout the publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of UNESCO concerning the legal status of any country, territory, city or area, or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

The ideas and opinions expressed in this book are those of the individual authors and do not necessarily represent the views of UNESCO.

Published in 1993 by the
United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
7 place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France

ISBN 92-3-102938-X

© UNESCO 1993

图书在版编目 (CIP) 数据

世界科学报告/联合国教科文组织, 中国科学技术信息研究所联合出版. —北京: 科学技术文献出版社, 1995. 1
ISBN 7-5023-2297-3

I. 世… I. ①联…②中… III. ①科学技术-现状-世界-年刊②科学研究事业-现状-世界-年刊 IV. G321-54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 15535 号

A Banson production
3 Turville Street
London E2 7HR, UK

Front cover image: Gregory Sams/Science Photo Library
Typography by Meredith Associates
Printed in the United Kingdom

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路 15 号 邮政编码 100038)

北京市建外印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

1995 年 1 月第 1 版 1995 年 1 月第 1 次印刷
787×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 540 千字
科技新书目: 349—068 印数: 1—2000 册
定价: 75.00 元

序 言

菲德里科·马约尔

在行将结束的本世纪内，科学技术对经济和社会发展起了关键作用。在基础研究加速发展及其成果应用日益迅速的总形势下，科学技术越来越显示出是促进实现联合国宪章主要宗旨之一的有力手段。这个宗旨就是：社会进步和在更大自由的条件下享有更高的生活水准。

然而，地区与地区之间、国与国之间，科学技术及其成果的分布仍然很不平衡。五分之四以上的研究与发展(R&D)活动只集中在少数几个工业化国家中。1990年，整个工业化世界的R&D经费占国民生产总值的2.9%，而许多发展中国家仅达到这一水平的1/10。这些数字充分说明联合国教科文组织——UNESCO——名称中的“S”(S代表Scientific，即“科学的”——译注)是有重要缘由的，因为这个组织的任务之一就是帮助纠正这种不平衡。

然而合作进行开发仅仅是UNESCO在更大范围内促进智力合作这一职责的一个方面。智力合作的目的是：在全世界促进与传播知识，特别是在国际合作证明越来越必要的领域里促进与传播知识；鼓励在合作过程中以道德上的团结作为智力交流不可缺少的辅助。UNESCO是联合国系统内唯一负责科学方面合作的机构，当这方面计划增多，足以定期出版各个领域一系列全球报告时，它自然作出决定，出版一种介绍今日世界科

学技术的报告。随后，在1991年11月UNESCO大会第26届会议上批准编写和出版这第一份《世界科学报告》。

《报告》的筹划是在一个顾问小组的帮助下进行的。顾问小组由若干对科学工作的组织与开展具有长期经历的人士组成。《报告》是众多专家的共同产品。一些资深科学家和富有经验的科学观察家应邀为《报告》撰写各个篇章，他们在科学问题上的知识和经验将使我们从中受益。

《报告》第一部分试图就今日世界的科学提出一个全球状况的报道。其中篇章或介绍整个一些地区，或介绍由于这种或那种原因其科学处于特别令人感兴趣的发展阶段的国家或国家群。原本请求作者们对其所在地区的科学作出个人评价。有些作者愿意撰写包括大量有关研究经费与人力未知数的报告，这反映出有些地区已掌握有关于科学研究、培训与开发的丰富资料；另一些作者则宁愿提出比较概念性的评述。

《报告》第二部分涉及科学与技术体系，介绍了科学的组织与开展方式，并说明怎样通过科学活动的指标了解世界科学的全貌。

国际合作，不论是政府间或非政府间的，是当今科学技术的一个重要特点。许多科学领域需要广泛的——而且往往是费用浩大的——研究，有时只能通过政府、研究所或个人的集体行动才

能完成。第三部分介绍了三个合作范例并讨论了通过国际合作关系所获得的众多利益与成就。

任何一部声称描述世界科学状态的著述都不可避免地要论及某些科学研究的**实质内容**。为了向读者介绍一些现代科学发现中令人振奋的事物，特请四位对其本学科的发展情况了解无遗的科学家各撰写一篇可读性强，但非专业内容的文章，介绍过去两三年来他们专业领域中的重大进展。相信这些篇章将使那些对相关领域不一定具有专业知识、但又希望了解其大致情况的人们感兴趣。当然，可用这种方式介绍的题材几乎是为数无穷。我们不得不有所选择，因此在本首刊中报道范围将限于四门基础学科：数学、物理、化学、生物。随后各期将详细介绍应用科学，包括地球与环境科学、工程学及计算机与信息科学。

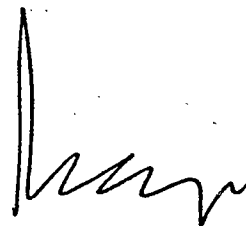
《报告》正文后刊有附录，其中包含一些国家科学人力与经费统计数字，系引自最近一期 UNESCO 统计年鉴。

《报告》是在较以往任何时候都更需要对决策过程加强科学投入的时刻问世的。决策往往完全出于经济与政治的考虑，有必要找到一些方法确

保政府与工业的决策能体现科学界的最佳合理意见。还需要科学家来承担另一些重要的开发任务，例如：选择、修改和保养引进的技术，为必须设置的新工作岗位（例如实施 21 世纪议程所必需的“生态工作”）配备人员，特别是市一级的人员，以便着手解决我们时代的若干重大难题——环境保护、水资源合理利用以及非再生能源管理。

出版任何一份旨在成为有关科学技术这一复杂课题的综合性最新报告的文献，可以说是一种冒险尝试。很明显，有些本来可能包括在内的领域，由于篇幅原因而不得留待以后机会。我们仍然希望本期及以后各期的《世界科学报告》对广大读者有用并使他们感兴趣，包括那些参与科学技术问题的决策人员，想读到一份概述性报告而屡不能获的研究与教学人员，以及仅出于兴趣想多了解一点今日世界科学状况的非专业读者。

UNESCO 总干事



中文版编者的话

梁战平

在当前知识飞速积聚、科学迅猛进步的形势下,联合国教科文组织于1993年首次组织出版了《世界科学报告》,旨在报道目前世界科学技术发展动态和趋势,探索当今世界科学技术分布及演变规律,以及寻求科学技术为全人类造福的途径和方式。

《世界科学报告》认为:当前世界科研活动的80%以上掌握在几个工业化国家的手中,分布极不平衡;并且认为今天富国与穷国之间的差距是知识的差距,以及知识的分享是未来最重要的公平因素。

中国目前是世界上变革较大、发展较快的一个国家,尽管从总体上讲还未根本改变贫困落后面貌,但是全国人民根据“科学技术是第一生产力”这一英明论断,努力发展科学技术事业,发展基础研究、应用研究和高新技术开发研究,促进科研成果商业化和产业化,保证国民经济持续快速发展;同时,满怀信心地坚信过去在人类科学史上作出过辉煌贡献的文明古国之一的中国必将在未来岁月中再度为人类进步作出更大的贡献。

现在,联合国教科文组织委托中国科学技术信息研究所翻译《世界科学报告》,并联合出版中

文版,这对中国人民了解世界科学发展全貌和推动中国科学技术进步无疑会起到一定的作用。

《世界科学报告》各个篇章,系邀请世界著名科学家分别撰写,因此,书中所有看法和见解是各位作者自己的观点,不一定代表合作出版双方——联合国教科文组织和中国科学技术信息研究所的观点。

本书中文版得以顺利出版,首先得感谢联合国教科文组织驻京办事处的B. E. Benozza先生和梁文秀女士,他们为了本书合作出版事宜进行多方联系和协助;其次感谢国家科委基础研究高技术司邵立勤同志、国际科技合作司蔡忠保同志和中国科学技术信息研究所王文汉、赵阳陵、冯安命等同志,他们不仅关心本书的出版,而且给予各种支持。此外,本书能在较短期间内编印出版,除了担任本书翻译、审校和编辑工作的一些专家们努力工作外,这与科学技术文献出版社领导与同志们的认真负责是分不开的,谨此一并致谢。

梁战平

1994年12月10日

世界科学报告（中文版）

编译委员会

顾 问 刘昭东 武井士魂 林 泉

主 编 梁战平

（以下均按姓氏笔划为序）

编 委 王章铤 刘志才 刘静华 张钰珍 祝友三 梁战平

翻 译 王建平 王章铤 刘世伟 刘静华 贡光禹 吴白芦

张保明 祝友三 贾 谦 梁战平

审 校 王章铤 任志英 刘静华 祝友三

责任编辑 王建平 卞建南

目 录

1. 世界科学状况	(1)	基础科学和创新.....	(129)
总论.....	(2)	指标：目的和局限.....	(132)
北美	(11)	全球综述.....	(135)
拉丁美洲	(28)	3. 科学伙伴关系	(149)
西欧	(43)	政府间合作.....	(150)
中欧和东欧	(57)	海洋学范例.....	(159)
俄罗斯	(63)	为发展而合作.....	(164)
阿拉伯国家	(71)	4. 新进展	(173)
非洲	(83)	数学.....	(174)
南亚	(92)	物理学.....	(192)
中国.....	(100)	化学.....	(209)
日本以及新兴工业化国家(地区).....	(107)	生物学.....	(224)
澳大利亚和东亚.....	(117)	附录：统计表.....	(237)
2. 科学与技术体系	(119)	(彩色插页包括彩图 A—J，插于第 200 页与第 201 页之间)	
机构.....	(120)		

英文版致谢

UNESCO would like to express its gratitude to the following individuals who served as members of the *Report's* ad hoc advisory board, and in doing so gave freely of their advice and help in the outline planning of the book:

Dr Rémi Barré (Director, *Observatoire des sciences et des techniques*, Paris); Dr Lennart Hasselgren (International Science Programs, Uppsala University, Sweden); Dr Abdul-Razzak Kaddoura (former Assistant Director-General for Science, UNESCO); Dr Thomas Odhiambo (President of the African Academy of Sciences, Nairobi, Kenya); Dr Geoffrey Oldham (former Director of the Science Policy Research Unit, University of Sussex, UK); Dr Raimundo Villegas (Chancellor of the Latin American Academy of Sciences, Caracas, Venezuela); Dr David Waddington (Professor of Chemistry, University of York, UK); Dr Kenneth Warren (Vice-President for Academic Affairs, The Picower Institute for Medical Research, New York).

1. 世界科学状况

总 论

M. G. K. 梅农

毫无疑问,近一千年来人类历史的一个突出特点是现代科学的诞生及其随后按指数率的增长。确实,从最早的年代开始,科学就是人类活动与人类社会的一个固有部分。对周围事物的惊异与好奇心,各个感官之间与手、眼、脑之间的协调,对问题寻求答案的过程,以及逻辑推理的演进,都是科学方法发展的基本因素。

人类文明与文化的中心,特别是中国、印度、美索不达米亚、中亚、南美、埃及、希腊与罗马等地,传留给我们许多重要发现,成为后来科学发现的基础。但是,在那些较早的历史时期里,有阵发的科学活动,却没有任何一贯性自我持续过程。之后,在数百年前,科学革命和工业革命在欧洲发生并植根。自此以后,科学的发展一直在积蓄力量,但只在某些地区兴旺发达——主要在欧洲、北美和日本。由于毁灭性冲突、封建结构、缺乏宽厚容忍态度以及殖民统治,以致地球上目前称为第三世界的一些地区落在后面;除了偶然闪现光辉的科学业绩外,仍然苦于缺乏以知识为基础的发展。

目前,一千年来最后一个世纪的特征是,通过科学研究取得的信息、知识和认识有了迅猛的增长。知识、技术应用的结果,使我们目睹几个时代同时出现。人类历史上几个较早时代,例如石器、铜器、铁器和青铜器时代,都跨越很长的期间。对比之下,20世纪却经历了原子能时代、

空间时代、电子学信息学时代、新生物学时代、新材料时代以及认识宇宙结构时代。

科学的统一性与跨学科性

在科学的进程中,许多学科领域通过广泛的观察与系统地提出有关的理论概念而发展起来,并具有各自的现象学所描绘出来的独特性质。然而,这些一度被视为独特和分立的领域可能在几个层次上继续保持分立,而由于某些目的可以集合到一个共同的理解体系内。

科学进步的另一重要方面是,不同学科汇聚一起相互支援,更重要的是孕育出崭新领域与学科。今天,数学与物理在化学领域中起着深远作用,物理与化学同样在生物学中起着深远作用。当前还发现数学、物理、化学与生物学对我们了解地球系统具有关键性,在地球科学与生态学领域中尤其如此。分子生物学、遗传工程与生物技术,正是通过跨学科途径才得以诞生。

除了自然科学之间的统一性与跨学科性外,基础科学与应用科学之间,特别是工程、农业、医学、兽医学等学科之间,相互影响日益密切。由于这些相互影响,科学发现在社会部门采用的产品与工艺技术中得到了大量应用。

然而介于自然科学与社会科学之间的跨学科领域仍然比较薄弱。有成效地研究地理、人类

学、心理学之类的学科，无疑需要跨越自然科学与社会科学；经济学正在越来越具有数学性质并利用来自物理、化学与生物系统的许多理论进展。可是，随着科学向社会的加紧渗透，在自然科学中如此富有成果的跨学科性也应在自然科学与社会科学之间向更深层发展。这一点极为重要。

现代科学的特征

在过去 30 年中，科学发展规模之大几乎达到彻底改观的程度；无论是按研究工作者人数、科研经费、研究出版物数量来衡量，或是按基于科学进展的全球生产范围来衡量，都明显如此。这样一个在活动规模上的重大变化必然要求科学本身的性质及其与社会的关系有一个深刻的改变。科学不再是社会边缘单独存在的活动，而是与医学、工业、农业及其他生产部门、以及政府与政府间的活动密切交织在一起，交织的方式与范围甚至达到遍布并影响整个社会的程度。

近代科学发展的第二个重要特征是科学发现投入实际使用的过程迅速。虽然有一部分生产，特别是在发展中国家里，来自传统的操作，但大部分生产是依赖而且直接来源于近代的科学发现。这些发现越来越多地是属于 20 世纪，而且是近几十年的成就。电子科学与信息技术，塑料与合成纤维，激素与抗生素，核能，空间技术及其全部应用，遗传工程等等领域都是基础的科学发现迅速转化为日常生活中使用的产品与方法的例证。

第三个特征是科学应用于军备。科学家和发明家对作战机器、对为军方提供咨询感兴趣并非新鲜事。以在创造性艺术方面的卓越才能而普遍闻名的达·芬奇也是一位大科学家。他向米兰公爵主动提供服务，在致后者的一封信中他大量介绍了他发明作战机器的技能；的确，他只是在信

尾提到他作为一名建筑师、雕刻家与画家所掌握的技巧在和平时可能有用。达·芬奇觉察到了可能出现有必要卷入军事研究的情况。他说，“当受到野心的暴君围困时，为了保护天赋的主要权利——自由，我找到了一种进攻和防卫的方法。”但他也清楚，所有发明可能按既非原来所设想的、也非发明者所情愿的方式使用。在谈论他所设想的潜水艇时，他说，“现在凭藉一种设备，许多人都能在水下停留一段时间。怎样和为何能做到这点呢？我不介绍我发明的水下长期停留方法……因为人性险恶，我不公布也不透露这种方法；人们会在海底进行暗杀，破坏潜艇底部，使它们连同艇上的水手一起沉没。”他因此反对不辨善恶地发展单纯用于征服和掠夺的恐怖武器。只是到了本世纪，第一次大战用上了雷达、声纳和威慑性原子武器，科学这才真正与军事发生联系。

在上半个世纪内，政府为了准备新的、更科学化的战争，对科学的补助连续大幅度地增长。战争的范围从两军近战扩大到全民皆兵。现代科学开始成为军事系统的一个必要部分，不仅体现在毁灭性武器本身，而且体现在需要庞大的众多支援机构作战方面。

到此前不久，人们所担忧的是一些拥有完备武器系统的国家与政府所卷入的战争。但是在炸药、自动化武器与生物武器生产方面的许多进展也可以被那些热衷于无政府主义和恐怖主义的小集团利用，这一事实将科学助长的恐怖提到了一个新的高度。

今天的科学与技术具有协同和共生关系。在技术开发早期阶段，主要是通过运用从实践中掌握的技能取得进展，对所涉过程的智力理解比较少。例如，蒸汽机是最突出的发明之一，对社会有重大影响，然而它不像人们一开始可能设想的那样是根据对热动力学的理解研制而成的。更确切地说，这类技术进展历来包含的是一些新颖

的、然而简单的概念，只有少量的创新成分。但在近几十年中，技术是通过有关工艺过程的基本科学理解而前进的。电气工程是技术的重要推动者，从一开始就完全以科学为基础。与此相反，化学工程在早期阶段主要是以实验为基础，尽管现在有着高度科学基础。核技术、生物技术、空间技术及信息技术等领域的进展都是在科学发现、知识与理解的基础上取得的。反过来，技术发展也在大大加速科学的进展。由于新型材料、电子设备与仪表的问世而产生的强大效能，促使科研工作提高了速度和可靠性。例如计算机技术，它今天在科学活动与进程中已处于核心地位。正是科学与技术之间这种密切关联使得两者的前进程度大大加快。

科学组织的变化

在整个现代科学的历史中，相当大一部分研究是在教育机构里进行的，这种情况一直持续到今天。最大的科学发现总是来源于强烈的内在动力、好奇心、直觉及个人智慧。要使这些属性开花结果，必须有一种环境，让思想在处于当前认识前沿的知识地平线上空自由驰骋。尽管毫无疑问需要有恰当的支托机构，但首要条件是思维与表达的自由以及培养学术的文化背景。青年人最富于创造力，他们不囿于大量既有的知识和经验，同时又拥有开展前沿研究所必需具备的技能。

在第二次世界大战前，科学还只是用少量资金开展的闲暇活动，参与活动的一些小集体中经常是有很能发挥作用的师生关系。大战以后，科学更加有组织了，投入研究的金额也大大增加，出现了大型设备、大型研究项目和计划。第二次大战期间，有组织地进行的项目如雷达的研制与部署及研制原子弹的曼哈顿计划，都取得了成功，证明了很具体的定向研究活动的威力。第

二次世界大战前就已存在的工业研究实验室在战后规模扩大，有的将研究扩展到科学的前沿领域，甚至纯科学领域。贝尔实验室就是一个典例。它培养了许多诺贝尔奖金获得者，发明了使电子技术彻底改观的晶体管。是它第一个报道获得暗示宇宙诞生时大爆炸余波的微波背景辐射实验证据，而余波无疑是今天宇宙温度的一个度量标准。事实上，射电天文学也可以说是在贝尔诞生的。此外，许多其他工业研究实验室也完成了若干赢得诺贝尔奖金的研究工作。

今天，工业承担着很大一部分科研经费，政府则承担国防研究，基础结构与测量设施及空间、气象、海洋学等大型研究计划的经费。在这种情况下，大学研究似已退居幕后，就财政拨款而言可能如此，但它仍然继续是科学的中心。

“大科学”的出现

第二次世界大战结束以来，重要的科学活动大多以大科学项目的方式进行。这类项目须设多种实验场所；或者单独设立一个综合性高级实验室，其装备与管理需要若干个大型科学小组和一笔国家难以独立承担的巨额经费。这类项目最初都属于高能基本粒子与空间科学领域，现在进一步包括例如地学与生物学之类的领域。

就高能物理学而言，大科学项目的原理不难理解。在探测物质结构时，观察的体积越来越小，需要使用波长尺度相当的探测器。由于波长与能之间是一种反比关系，因而制造这种探测器必须达到越来越高的能量，为此使用了巨型加速器。例如日内瓦的欧洲原子核研究组织（CERN）开始了一项协作研究，作为欧洲国家财团的一项计划，至今仍在继续执行。

卫星、发射系统及外层空间探测计划通常也占较大比重。卫星与空间探测器最初完全是由美国与前苏联发射。欧洲航天局（另一欧洲国家联

合组织)、日本、中国与印度继之而起,尽管规模较小。这些项目耗资越来越巨大,因此正在计划今后开展多国合作研究计划。

按序排列人类基因组的计划,有理由视之为代表生物学跨入大科学行列的第一步。目前,一些国家正在各自进行,从而出现了知识产权问题。很多人认为,人类基因组计划应当作为一项国际协作事业来组织进行。有些专家预测,到2000年可能测绘出人类基因组的共同特征,兹后不久可能测绘出基因组个体差异。

科学界很多人感到,随着大计划所需的资金有增无己,“小科学”可能会苦于资金告绌。令人担忧的后果将是科学的性质变形,也许变成更像工业那样进行组织和管理,以期完成某些既定的任务。这种组织形式实际上可能使科研人员丧失那种来自内心的迫切愿望,内在的动力与创新性的创造冲动。因此,在大科学时代至为重要的一点是保证同小科学及教学机构科研之间的平衡,继续支持青年科学家沿着自己的设想将研究进行下去。

全球情况变化及其对科学的影响

过去10年中地缘政治的巨大变化,即使是对世界大事最敏锐的分析家似乎也未预见到。在第二次世界大战后的40年中,以两个超级大国对抗为特征的冷战时期内,世界军国主义化螺旋上升,发展的武器越来越精,大规模摧毁能力越来越强。随后,两种政治经济体系之间的冲突由于中、东欧的指挥机构彻底瓦解而突然结束。全球重新组合和调整,出现了新的经济集团与战略性联盟。当前的主要经济状况所包含的内容是:市场力量,竞争,商品与劳务贸易自由流动,关税与补贴形式的壁垒最少。

这种事态的转变对科学的影响,人们尚未觉察到。人们的主要希望之一是,随着超级大国之

一的解体与军事对抗程度的相应缓和,作为二次大战之后时期特征而上升不已的庞大军费开支需要也会大大减少。国防经费的减少(即所谓“和平红利”)就很有希望移用于民用目的,特别是用于持续发展,并在此过程中对作为人类革新、创造与文化活动的科学事业给予资助。

阻碍实现这种预算调整的因素至少有两个。第一是过去10年中整个世界经济全面衰微。北美、西欧和日本几个最大市场经济体系处于经济衰退和失业增加的境地。中、东欧和前苏联的经济则接近危机。因此,看不到富国对穷国的援助有任何增长迹象,对科学的拨款也没有增加的迹象。

第二是政府从社会征集资金来援助属于政府范畴的活动越来越困难。这一点的重要性尚未引起普遍重视。换言之,资金分散在私人或企业手中(理当如此),虽然其中有相当大一部分是用于保护消费者利益的名义上。赚得这些资金的工业企业不大可能把资金投入纯科学和基础研究。在当前的竞争性市场上,对工业的挑战是拿出适销产品和制造工艺,因而投资可能是放在应用研究和技术革新上。为此需要寻求使政府和大法人团体能够获取资金的组织方式,以便开展全球合作科学计划中的科研项目,特别是基础研究(合作计划包括例如地球系统以及其他重要的大计划),并继续建立科学基础结构,使科学完成其创造性地显示人类精神的使命。

发展中国家的科学前景

在发展中世界的国家当中,有的由于拥有石油之类的资源,能够夸耀人均收入高;而大多数是穷国,但抱有一种信念,认为它们能沿着富国走过的道路前进,达到相似的水平。由于今天的信息技术——特别是电视——以及大规模空中旅行促成的民众大量流动,因而世界每一部分都

能了解另一部分的生活情况。所以，在拥有众多人口而且人口不断增长的发展中国家里，涌现了一股向往富庶国家生活的潮流。这就必然引出一个悬而未决的问题：如果世界全体人口都采取目前北方的高消费生活方式，地球的生命支持系统能否维持全体人口的生活呢？首先，也是最重要的一点，南方的贫穷国家必须为它们的人口提供基本的生活必需品并赋予人的尊严。朝此发展的道路不仅对南方、而且对整个世界来说，必须是可以持续前进的。这种发展只能通过最集约地和最恰当地运用科学技术使人类获得力量才能实现。北方必须树立一种减少其非必要消费的生活模式来作出自己的贡献。对社会-经济发展提供确切需要的劳力、资本与技术，在不同情况下差异很大，但普遍认为技术在全球近期的经济发展中所起作用占最大比重。也有理由说，妨碍发展进程的其他因素，例如人口压力和政治不稳定，是由于欠发展所致。

继第二次世界大战之后殖民主义结束的年代里，关于发展过程及科学技术(S&T)在其间的作用问题，有多种理论。一个日益明显的要点是发展不能始于外部，而必须植根于一国内部，因此需要具有一种内生S&T能力。当存在一个坚实的S&T基础结构时，外援便能起有力的催化作用，可被吸收和明智地利用。反之，一个国家内部不具备这种吸收力，则来自外部的援助大部分会被浪费掉。因而在第三世界里，促进科学技术势在必行。

工业化国家与中、东欧的经济政策虽各有不同，但它们的科学传统大致相似，即自工业革命以来都参加了近代科学的进军。其结果是科学技术深深植根于它们的文化之中。现在的日本亦复如此。

与此对照，在发展中世界里，对科学缺乏承受力。大部分人口缺少正规教育，他们的工作沿袭以往世纪的一套做法；这两个特点需要改变。

读写能力、普及性初等教育，特别是科学教育，必须列为国家议程的优先重点。还需要传播对钻研学术赋以高度声望的价值体系。早期阶段，在工、商业能够为研究与开发提供巨额资金之前，政府务必从通过海外援助计划与政府间组织从外国获得的任何援助中，为科学教育与科学能力的建立拨付必要的资金。唯其如此，才能为科学打下内部基础并建立起基础结构，使人民具备条件去参加以知识为基础的、富有创新精神的社会-经济发展工作。

全球科学与国际合作

科学家实际上一直形成一个国际团体。作为个人，他们已经跨越国界和洲界进行专业接触与合作。技术领域的情况则不然。较近，多国企业突出的一个特点是全球高度地互相依赖，使这一局面有所改变。

除了科学家个人或团体之间的协作外，现在需要国际合作的问题越来越多。首先是前面提到的大科学项目，其次是那些本身具有全球性的问题；它们要求有大范围的观察、测量和分析网络。早期的例子是测绘地球磁场须在地球表面设立无数个观测点。目前，有关气象学、海洋学与地球整个环境的问题都属于这类问题。这些计划的先决条件是大规模基础结构，包括船只、飞机、卫星、数据接收、贮存及分析系统，以及为数众多的观测点。此外，它们要求任务界限明确，研究拨款有保证，计划分阶段，有组织，有管理，有协调，以确保计划完成。

上半个世纪中，国际科学联合会理事会(ICSU)在组织国际科学活动，特别是有关环境的活动中，起了最主要的作用。这些活动除科学家个人参与外，还有政府间与非政府间组织参加。

为了支持大规模全球环境计划，理事会正在

会同世界气象组织及联合国教科文组织 (UNESCO) 的政府间海洋委员会 (IOC) 合作建立全球气候观测系统、全球海洋观测系统以及全球陆地观测系统, 预期这些系统将补充人与生物圈计划 (MAB) 及国际水文计划 (IHP), 使之趋于完善。这两个计划是 UNESCO 长期开展的计划。

上述全球计划为发展中国家的科学家提供了参加边缘科学研究的极好机会, 因为观测工作将在地面很多部位上进行, 其中很多就处于这些国家境内。参加这类计划还具有信息交流与培训的重要意义足以促进发展中国家内部 S&T 的成长。

利于持续发展的科学

人类历史较早期的人口很少, 人类活动的规模对地球环境不形成任何不可逆的压力。但世界人口从近代开始由估计的 3 亿增加到 1900 年的 17 亿, 预计到 2000 年将增加到 60 亿左右, 可能达到 80—150 亿的饱和数字, 视稳定人口手段奏效速度如何而定。人口的这种增长几乎全发生在发展中国家内。显然, 无论人口如何多, 人类社会在衣、食、住、用水、耗能、就业、基础教育及保健方面的最低需要, 必须予以满足。因此, 发展必须遵循一个保证提供这些基本必需物质的模式。自工业革命以来, 人类活动规模有极大的扩充, 工业生产增长了 100 倍以上。这不像人们所认为的那样完全是以自然资源与环境为代价实现的; 因为科学技术不断提供了新方法, 通过提高生产率与效率及开始采用新能源, 使自然资源获得更充分的利用。然而我们现在知道, 人类活动规模大大扩充的冲击力正在损坏地球的生命支持系统。由于人口众多并不断增长的发展中国家很自然地滋长着对发达国家高生活水平的向往, 并仿效它们的发展模式, 其结果对环境的

影响可能是不可逆的, 实际上可能危及地球人类生命的延续。

人类活动对环境的影响最初是局部性的, 表现形式是空气污染、水污染和森林减少。随后影响扩大到地区范围, 波及一个以上的区域或国家。酸雨、沙漠化、海上石油泄漏、工业对主要河流污染、核事故、化学事故等等, 都是不分地区和国界的。近来, 科学揭示了人们感官所感觉不到的环境恶化, 引起了人们进一步的忧虑: 平流层臭氧耗竭与温室气体迅速积聚是对人的生命有严重影响的两种现象。温室气体积聚有可能使地球变暖, 从而导致气候改变、海面上升。这些全球环境效应必须由人类社会所有部门为了共同利益协力处理。

依靠科学技术进步而维持富裕的现代工业社会的消费模式及发展中国家人口的高增长率是导致环境压力的两个重要因素。

发展中国家只能通过以人为核心的快速发展才能稳定人口。摆在我们面前的问题是要保证发展中国家继续发展, 但须沿着可持续的道路发展。在世界环境与发展委员会 (主席为格罗·哈莱姆·布伦特兰德) 的报告 (简称“布伦特兰德”报告) 中明确提出, 持续发展“必须保证在不损害后代满足需要的能力的情况下满足当前需要”。

在 20 世纪 60 年代后期, 罗马俱乐部提出一份名为“增长极限”的报告, 探讨人类以其对资源的需求是否有能力继续其当前的增长模式, 以及资源可获量的限度是否会严重抑制增长的潜力。在需要发展的命题下, 我们今天面临的问题与资源可获量的关联还不大, 而与地球生命维持系统对当前生活方式及发展模式正在产生的, 而且与时俱增的人为影响有多大承受能力很有关联。因此, 着重点已从单纯的资源保护转移到对环境无损的持续发展。

许多解决办法离不开科学技术, 这是毫无疑

问的,但是对环境无损的持续发展不可能通过单纯的技术安排来实现。社会还须了解和接受转向新的生活方式与生存方式的必要。因而我们面临的问题是以一种政府、群众、企业和工业都能接受并按之行动的方式提出结论和建议。

科学家在向决策者谈问题时,必须简化自己的意见,使用简明的语言,在建议中舍弃各种限制条件,当然应就自己很有把握的专业领域阐明自己的观点。另一方面,政治家活动的时标较短,受选举之类过程的限定,他们宁愿沿着一些很快见效的老路前进。涉及跨代权益的较远前景则不在他们行动和计划时帧以内。因此重要的是,自然科学及技术工作者会同社会科学家、企业家、工业家、政府内外的政治家、决策人员以及关心发展进程与基层社会的人士共同研究出一种使教育、知识培养、分析与决策之间相互配合的全新方法。此外,现在使用的术语,如:增长、发展、国民生产总值、成本-效益分析,由于定义狭窄不能再采用;它们的涵义应按未来将遇到的情况重新予以考虑。我们将需要部分地改造我们的教育制度,以达到增进对环境的认识和逐渐灌输将世代持续发展奉为神圣原则的价值准则。

必须认识到地球的承载能力是有限的,人口、人类活动同其他有生命、无生命的系统之间务须达到一定程度的协调与平衡。一部分人口不能以另一部分人口为代价继续自己的发展。这样就引出了以下问题:协调生存的状态能否稳定,或者说会不会衰落?答案是必须不断变革,必须实现这样一种动态平衡,即:通过利用资源的若干新方法来达到改善生活,而不是过度耗用很大一部分地球资源来达到改善生活。科学技术在设计创造性地利用资源的方法中能发挥巨大威力,但这些方法必须是社会可以接受的。这就是我们在探索可能给人类带来高质量生活的新的科学方向时所面临的挑战与任务。

UNCED 与 21 世纪议程

1992年6月在里约热内卢召开的联合国环境与发展会议(UNCED)之所以产生,缘起于数年前公布的布伦特兰德报告。报告要求一种能同地球生命支持系统及地球承载能力相协调的持续发展进程。报告将发展纳入一个远远超过仅仅经济学的范畴;发展必须保证当前一代的权益,同时也保证当前一代与子孙后代之间的权益平衡。它集中谈论改弦易辙的必要性,必须改变现代的发展及消费模式才能保证持续发展。联合国环发会议召开之前作了大量准备工作,它是最高层次的政府间讨论这些问题的一次尝试。

在里约的会议上,讨论的中心问题显然是21世纪议程。这是一份基础很广泛的行动纲领,包括在综合基础上讨论的环境与发展问题。重要的是要看到21世纪议程是与会各政府逐段逐句协商议定的文件。国际科学联合会理事会帮助编写了议程的第35章“科学与持续发展”。除此章节外,在其他各章中论述的许多问题,如:保护大气层、规划与管理土地资源、海洋及淡水资源、保持生物物种的多样性、无损于环境的生物技术管理、反对砍伐森林、管理脆弱生态系统、管理有毒化学制品及管理危险废物与放射性废物等等。第31章“科学技术界”详细论述科学、决策、公共信息三者之间应有的协作。第36章讨论如何促进教育、公众觉悟及培训工作。第37章讨论在发展中国家建立科技力量的国立机构与国际合作。后一章与科学界尤其有直接关系,因为科技力量的建立是实现持续发展的重要因素。

UNCED 达成的科学议程

按在里约达成的政府间一致意见所发展的科学议程对科学界至关重要。概括说来,议程可

归纳为以下三项：

以一种紧迫感去应用能在许多领域中大幅度减轻环境压力的已有知识；科学家必须联合社会科学家、工业企业及政府与非政府机构的决策者共同调查阻碍这类应用的因素并研究克服办法。

探索新途径，特别是对因须满足人们的需要与愿望而不易减轻或消除人为影响而造成环境压力的某些领域，更应探索其中的新途径。

制订了解地球环境的计划，使人们对由于人类活动而可能在一段时间内发生变化的众多参数，掌握一份有关它们的原始资料，藉此能在变化发生时予以监测，并对其潜在影响及时作出评估，以便采取预防措施。在全球范围内连续、扼要地进行观测后，须分析观测数据在构成地球环境的综合系统中的相互关系。因此，需要开创一个崭新的跨学科科学时代——“地球系统研究”时代。

伦理观点、人权及科学 在公众中的形象

由于科学技术以令人目眩的速度向前发展，它们影响人类社会（不论好或坏）的力量已经加大。伦理考虑、人权问题以及科学在公众中的形象等问题也随之引起越来越多的关注。考虑到这个论题的广度，在此只能就可能出现的问题类型举几个例子来讨论。

首先让我们考虑一下在科学实践范围内出现的问题。由于科学的产品可以得到知识产权的保护，于是信息传播自由，特别是讨论科学问题的自由以及科学内部交流的自由，都成了问题。过去对平行地开发科学设想或发现曾有过争议，但今天更常见的是关于重点项目的争论和法律争吵。这些问题，加上商业、战备与国防利益的

考虑，正在导致形成一种在科学研究上保密而不是开放的局面。新闻界不断在报道一些欺骗、剽窃和抹煞原始出处或援手的事件。公开调查这类事件正在成为科学舞台上一个令人遗憾的节目。

长期以来动物权利提倡者提出抗议，反对使用动物作经受痛苦或牺牲的科学实验。有些理由确实中肯，因为在一些特殊场合下动物实验过多，使用动物的方式也近乎残酷。认为精确的动物实验不可或缺者的驳论之一是：从长远来说，这类研究成果将为大量人群造福，很可能对动物自身也有裨益。

在新的生物科学中，“人类基因学工程”及其有关计划之类的活动正在提出许多极为复杂的伦理和社会问题：试验与操纵人类遗传物质及使用由此而来的信息应否有伦理界限？应否对人的繁殖细胞进行遗传操纵及对胚胎进行实验？这种实验会不会危险地修改人的遗传继承？对人类基因组进行解码的尝试会不会减少我们的人性？是否有可能防止对子孙后代“理想”品质的操纵？尽管基因是人类生命的核心，经过进化将我们同过去联系起来并决定着我们的未来。那么，教育、环境与文化因素在塑造人类中又起着什么作用呢？难道我们是遗传指令的无助产物，对自己的行动既无自由也无责任？遗传物质应否为警察及法医科学所用？在强制性的社会政治中，利用优生信息作为一种歧视手段的做法并没有完全消失。随着人类遗传学研究的日益深入，这些问题以及其他许多类似问题正在出现。

现代信息技术的威力也在引起某些伦理问题。它们涉及到对人的隐私的侵犯，涉及到以不同方式在不同时候收集可能日后用于歧视个人或团体的信息。

关于科学的形象，毕晓普说道：

“我们生活在一个科学时代，已经解决自然界许多大难题。科学的成果大大提高了人类的福利与认识。然而科学现在发现自身处于同社会的

矛盾冲突中，被赞赏而不被信任；为未来提供了希望，但又形成了有歧义的选择；得到充分支持，但没有能力履行全部承诺；自炫成就卓越，但被指责为未更直接地用于达到社会目标”。

结束语

在结束本文时，我想集中提出我认为对人类未来潜在影响最严重的两个突出问题。它们是当前科学能够且必须以最大紧迫感加以解决的问题。第一，世界人口，主要是在发展中国家，将增长到大大超过 80 亿的数字才会趋于稳定。而根据人口预测，这一数字可能达到 80—150 亿。为了实现一个处于预测低限的稳定而均衡的人口数，必须迅速而有效地执行开发和降低贫困的计划。届时世界将学会适应如此巨大的人口并公平地满足其基本需要。

第二，世界总能耗定将增加到超过现在水平的两倍。最近的估计表明，最高需求水平每年将达 22—26 万亿瓦（1 万亿瓦 = 10^{12} 瓦）。这一能量主要将继续取给于矿物燃料，至今还未出现其他能大规模产生能量的有效和适用的能源。由于世界必须承受较高的二氧化碳排放量，所以不能不开展大量的科学研究，做到相当确切地了解将产生哪些环境效应。还需设计捕集或消灭温室气体的方法，并深入研究新能源。

人口与能源仅仅是其中两个问题，还有大量有关问题需要解决，然后才能达到为世界人口提供最低必需物和满足人类尊严的基本要求。因此，科学作为人类伟大的创造性文化活动固然必须继续发展，但务必善加管理，使之满足社会的需要和实现社会的期望。

但必须承认，科学技术本身对我们目前大多数社会-经济问题并不能提供解决方案；不是像科学界有些人认为的那样，单靠技术就掌握了全部答案。较普遍的公认结论是：我们所探索的解

决方案，除科学技术外还涉及政治、经济与社会方面。因此科学技术必须同社会沟通并向更大的跨学科性发展。

今天，科学技术具有极强大的威力，但科学与科学教育本身却与道德及精神价值无关。因而，在保证科学技术进展的同时，使其威力受到制约和智慧调节的责任就落在科学家身上。但我认为，受到智慧调节的科学虽然会将我们引向光辉的未来，可是如果没有科学，再高的智慧也不能解决今天世界的社会-经济问题。

M. G. K. 梅农 (M. G. K. Menon) 国际科学联合会理事会 (ICSU) 主席；ICSU 系代表科学界的第一个国际非政府间组织。印度联邦院议员。梅农教授曾先后在孟买大学及英国布里斯托大学攻读物理学。历任：特塔基础研究院讲师，后晋升为院长；所创建的电子学委员会的主席兼印度电子工业部部长；印度政府国防研究、环境及科学技术部部长，印度空间研究组织主席；科学与工业研究委员会 (CSIR) 总干事，计划委员会委员；印度总理顾问；1989—1990 年印度科学、技术及教育部部长。

北 美

罗德尼·W·尼科尔斯 J·托马斯·拉奇福德

要 点

“北美的科学”这一速记式短语概括了完全集中在研究与发展(R&D)方面的加拿大、墨西哥和美国的工作。这些参差不齐的活动包括了政府和私营两个部门。1990—1992年用在研究与发展上的年度总经费约为1650亿美元,为将近4亿人提供了服务,这些国家的国内生产总值总计约达6万亿美元,涉及到不同国家以及国际目标和市场。鉴于在资源、基础设施、人口、语言和其他因素方面有极大的差别,北美集团是一个随意性的集团,与其他地区的集团相比其意义因而可能较小。然而,这三国之间的联系正在增强,共同的主题正在形成。

研究的机遇

近几年来科学的多方面进展对于产生诱人的研究新机遇是十分有利的。例如,海洋科学和大气科学的前沿以及从生态学到工业工程方面的工作,由于全球对环境保护意识的加强已成为高度优先的领域。同样,为了改善妇女和儿童的健康,为了了解大脑和解除老年疾病,更不用说战胜艾滋病,整个生命科学领域进行着强有力且卓有成效的研究,在生物研究相同基础上出现的生物技术,看来即将使农业发生革命。信息革命充满在

凝聚态物理、电子学、计算机、软件和远距离通信系统的进展中持续进行,而远距离通信系统建造了穿越每一家庭、办公室和国境的“信息高速公路”。关于宇宙起源的古老难题以及在基础研究中的许多其他问题,某些奥秘,正在物理和数学中形成强有力的新概念。

这样一些机遇使多数公众和政府官员深信,科学与技术——特别是经常在大学内或共同进行的基础科学研究方面——几乎具有无止境的知识和、社会和经济的潜力。多数私营公司也看到了新的,以经过改进的技术为基础的产品和服务所带来的巨大商业机会,这证明了在整个北美进行的私人投资是正确的。

限制

然而,有两种限制因素减缓了冷战后寻求这些机遇的积极性。一种限制因素是贯彻第一流科学研究的费用日益上涨。仅仅依靠政府不能为这种活动提供资金,而一些大型公司面对强烈的竞争,不愿意对无确定收益的研究与发展进行大量和长期的投资。这种收缩——当机遇超过资源时必然要作出的困难选择——目前在加拿大和美国都可看到,特别是在已具有大型研究与发展基础而经济情况又困难的条件下。

第二种限制因素是担心,重新强调短期的经济和社会应用将牺牲基础科学方面的长期投资。

在这三国中都显露出需要较快获得研究效益的目的。研究人员将其精力主要集中在特定的技术和计划目标上。特别是由“小科学”好奇心驱动的研究人员,更经常着重于政府或公司的近期目标。

所有的部门都深受这些限制因素的影响。由于受财力的限制,这三国政府旨在将其支持科学与技术的战略和它们对国民经济目标的追求紧密地结合在一起。高等院校和私营部门研究与发展的活力取决于政府和私营部门两者对研究与发展的结合程度,围绕着两者应如何结合才能发挥最佳作用展开了激烈的争论。

加拿大

紧缩的预算不仅使加拿大要在地理上更广泛地分布研究中心的愿望,而且使它为了将研究成果转化为改进经济效益的机制,从而使效益有所提高的愿望遇到了麻烦。加拿大政府机构最近发生了很重要的变化,而另外一些机构也处于过渡状况。例如,负责国外科学技术网的外事部(External Affairs Department)中的关键的科学技术部门已被取消。科学与经济委员会(Science and Economic Councils)业已解散。促使进行这些改革的理由之一,除经费削减外,是要将科学技术的权限结合到国家工业与经济政策之中。虽然,也存在着一种协调的努力以求维持加拿大科学界长期确认为优秀小组的经费。一种新途径是强调建立通信网络和加拿大国内科学机构优秀中心和全世界其他中心之间建立研究协作。

墨西哥

最近几年墨西哥将科学和技术放在高度优先的位置。在研究与发展经费于80年代初期和中期锐减之后,政府对研究的资助已经恢复,并建立了新的咨询机构。与加拿大一样,墨西哥特别关心建立广泛的科学基础以及将科学基础与国家的经济增长潜力相联系。墨西哥也在发展新的通信

系统以使在国家研究中心相互之间,以及与全世界相应机构之间建立联系。随着贸易和经济增长,研究与发展中的私人投资可能会加速与政府的资助相匹敌。

美国

美国以往在科学资助上的高增长率现已停止,看不出已经很大的投资会在未来有迅速增长的前景。美国政府已采用新的机制通过各种机构去管理科学技术预算,并拟定可获得公众支持的专门倡议,例如,在高性能计算和全球气候变化方面。政府部门研究和国家经济目标之间的联系受到了强调。美国继续大量投资于生物和医学研究方面,但是增长有所减缓。国防研究与发展处于削减之中。政府资助与商业有关的研究正在增加。关于诸如空间和超导超级对撞机这一些“大科学”与技术的相对优先和费用增加的问题正在进行着激烈的争论。

共同的主题

在这三国中,“科学政策”中出现的最重要而紧迫的问题是经济竞争力。甚至在讨论基础科学的政策时,就业、经济增长和国际经济竞争也变得更为重要;这些考虑是没有错误的。一种结果是,这种“技术政策”——犹如关于新材料,制造技术诀窍的推广应用和生物技术的进展这些目标所揭示的——是北美各国政府进行规划的一个主要特点。

另外一个共同的主题是研究工作日益国际化。这方面包括:加强了关于全球信息网络的工作;在认识环境方面加强合作;对于知识产权以及对于“大科学”,更加重视政府间谈判和协商;在国内、国家之间以及国营公司和政府机构之间更加广泛地采用节约经费的,联合工业研究与发展。这种强有力的发展趋势迫使研究密集的国家集团更加国际化,外交部门和国际机构更加通晓

科学与技术。

简言之，北美这三国目前全都比过去更加重视科学和技术对国家进步的关键作用。因此，整个90年代当中，在经济条件许可的任何时间和地点，投资都有可能会增加。然而，随着新的社会和经济需求的变化，科学和技术的作用也将发生变化，这些变化将反映在政府和私人投资两方面。所有这三国也都认识到了，随着每个国家对它的科学的投资更加有所选择，每个国家都将企望不但要对全球的基础研究作出贡献，而且也要加以利用。

评论的范围和限度

下列讨论将采用对政府和私人部门研究与发展的扩充定义。限于本报告的篇幅和论题划分，本讨论中并未涉及科学的特定领域。相反，着重于讨论政策、资金和结构性布局。仅附带涉及到与其他地区的比较。严格地说，从整体上看，北美的精确可比的统计数据是不齐全的，与经济合作与发展组织(OECD)、联合国教科文组织和各国资料来源之间存在着虽小却存在已久的差别；就本评论的目的而言，这些差别则无关紧要。然而，日益清楚的是，为了通过联合国教科文组织报告进行展望的目的，需要改进国际合作以便提供一致的和及时的数据。国家科学基金会在其每两年出版一期的指标体系(Indicators)中以及经济合作与发展组织为收集统计数据所制定标准方面所进行的开创性工作，是世界各国应该奉行的典范。

公众在想什么

在政治领域中有一种说法，即真实情况并不重要，重要的只是对真实情况的洞察力。如果这句话哪怕只是部分地正确，而且如果人们对科学的定义认可为“真实的习惯”的话，那么公众对科学与技术以及对科学家和工程师是什么样的想

法，对于政府制定政策的过程就十分重要了。

公众态度的重要性

公众对科学的态度对于科学家和工程师以及对普通百姓来说都是重要的。公众的洞察力和舆论影响着立法者在给予研究和教育预算拨款方面的行动，决定着资助研究与发展的私人基金会和公司的决策。更为重要的是，公众对科学的态度影响着对那些新技术的接受，它们会使我们更健康 and 富有，反之，在某些情况下，会对人们和环境形成危害。

有大量关于美国公众对科学与技术态度的调查数据，这可以追溯到50年代。加拿大和美国的公众对科学和技术的态度一般来说是相同的，但很少有关于墨西哥的调查数据。

美国公众支持科学

美国绝大多数公众认为，“由于科学，世界变得更美好了”。1957年，在苏联发射卫星之前所进行的一次调查中，同意这种看法的占88%。在1988年进行的一项同样调查中，88%的接受调查者再次表示同意。

与其他职业和机构相比，就公众的信任而言，美国的科学家处于接近金字塔顶尖的地位。此外，五分之四的美国人认为，在中学学生的课程中数学和科学学科每门都应学习4年。

在美国，对科学技术的赞同程度大大地超过了大多数其他国家。欧洲各国在这方面落后于美国，日本对科学赞同程度在工业化国家中是最低的。

对科学技术前景的考虑

以上所述并不表明科学技术的前景中不存在风暴与乌云。反对采用新技术和反对科学中的新概念可回溯到许多世纪以前。在19世纪，许多人拒绝查尔斯·达尔文的思想，即使今天仍有相当

一部分美国人不承认进化是一种科学的真实。内德·卢德 (Ned Lud) 是 18 世纪后期的一名英国工人，他破坏了纺织机器，而卢德派就是以他的名字命名的，这一名字至今仍用作反对采用新技术的人们的称谓。

包括科学家在内，有许多富有思想的公民，他们担心广泛采用新技术无意中可能带来的二次和三次效应。这种考虑，通过政治体系表现出来，导致了 1972 年美国国会技术评价局 (OTA) 的建立。自从成立技术评价局以来，由于公布了全面和可靠的技术评估，该局得到了应有的好名声，这些技术评估依靠科学和技术为广泛范围的问题制定决策的进程作出了贡献。

生物技术正开始为人类的健康和世界经济作出自己的贡献。生物技术对提高农业生产率的潜力是巨大的，但在美国和其他国家有许多公民对生物技术在食品生产中的应用存在着伦理方面和安全方面的担心。虽然如上所述，美国对科学和技术的兴趣和支持一般来说是很高的，但仅有三分之二的美国公众支持在农业和食品生产中采用生物技术。对使用生物技术改良的动物品种的接受程度远远低于改良的植物品种方面。在这方面的担心是感情、伦理、宗教和道德方面的，也是

经济方面的。许多公众担心生物技术在环境方面可能产生的影响，其中包括自然环境的变化以及对鱼类和野生植物的有害作用。

在加拿大，目前有关隐私的报告和公布私人信息的控制原则表明了对技术冲击社会的担忧。皇家委员会为期三年的有关新复制技术的报告即将发表。

美国的广泛调查表明，对科学技术感兴趣的人，在科学方面有文化知识的人，比其他人更支持给研究拨款，并支持新技术的应用，情况如表 1 的归纳。实际上，一般来说受过较正规教育，特别是在科学上受过更多正规培训的公民，绝大多数断定：科学研究的好处远超过其可能的害处。对于遗传工程、核电和空间开发的认识差别更小，受过良好教育的公众在很大程度上比其他人更加支持。

道德和宗教方面的担心也影响美国公众对科学和技术的态度。一半以上的美国成年人对进化论或者是拒绝，或者是不了解。1990 年的调查表明，45% 的美国成年人并不确信有必要将狗和黑猩猩用于实验室研究。

普通百姓对科学技术的担心，增强了提高公

表 1 美国公众对研究和某些技术的益处 (B)、风险 (R) 和费用 (C) 的评价

受教育程度	对研究的衡量		遗传工程 风险和效益		核电风险 和效益		空间开发效益 和费用	
	有益	有害	B>R	R>B	B>R	R>B	B>C	C>B
中学毕业以下	47%	20%	42%	31%	41%	36%	35%	47%
高中或相当大专水平	74%	13%	45%	41%	46%	45%	42%	49%
大学毕业	88%	4%	54%	29%	54%	38%	52%	39%

资料来源：National Science Board, 1991 and Miller, 1992.

众科学文化程度的重要性。一个社会只在具有文化和关心科学技术的情况下才能合理地讨论复杂问题,然后才能运用有效的政策策略去处理它们。

科学的完善化

目前在美国,研究人员的完善化也在详细讨论之中。包括杜撰或伪造研究结果,或出版物中的剽窃行为在内的一些科学上的胡作非为事例,在新闻媒介中有广泛的报道,并已引起国会的注意。研究人员对财政性兴趣的潜在矛盾已受到批评。为此,科学界对确保研究过程的完整给予了极大的关注。涉及到资助和执行政府拨款研究的大学和政府机构已制定了指导原则,其中包括更多地揭示可能存在的矛盾,以便处理这些问题。

另一种担心与司法程序中应用科学专门知识有关。一个问题是,是否能提出科学性质的专家证明,假若它不能满足科学交往通常合法的判据。对许多科学家和科学组织来说,主要关心的是,按传统的经评论的科学研究相同的基础来辨别“伪科学”。

就为研究提供资金的效益这样一些问题来说,“有科学知识”的公众的态度与其他美国人的态度的对比就可以表明,“你知道什么就会影响你想些什么”。但是,“你想些什么会影响你知道什么”也是正确的。动机影响学习并非是一种新概念。然而,观察科学文化水平和年龄之间的相关关系是十分有趣的。对许多国家来说,在这方面存在着相反的关系:平均来说,年轻的成年人比老年人知道更多的科学。然而,在美国,1990年时35—44岁的人群是最有科学知识的。他们是发射卫星之后的年代里接受教育的年轻人。

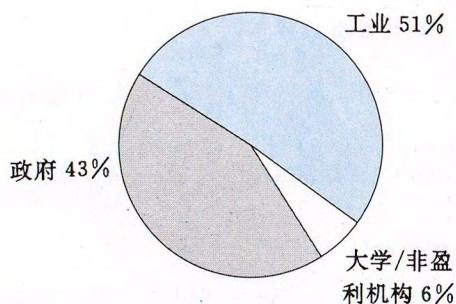
对科学的投资

本节简要地描述研究与发展的开支以及研究的主要执行者概况。

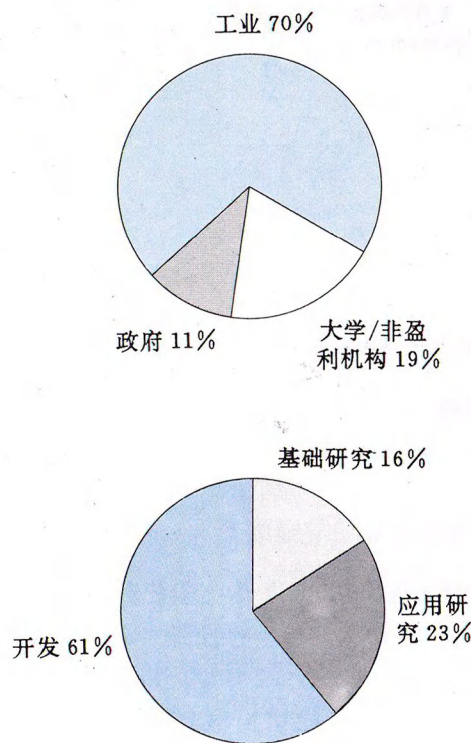
图1
1992年美国研究与发展工作

全国总经费为1570亿美元,
占国内生产总值的2.8%

按资金来源分:



按执行机构分:

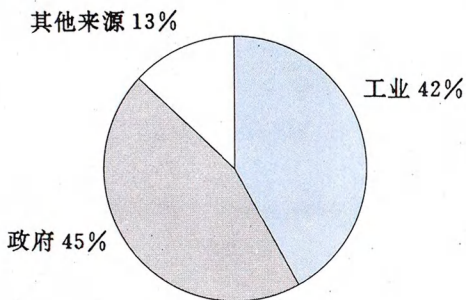


资料来源: National Science foundation, October 1992, NSF92-230

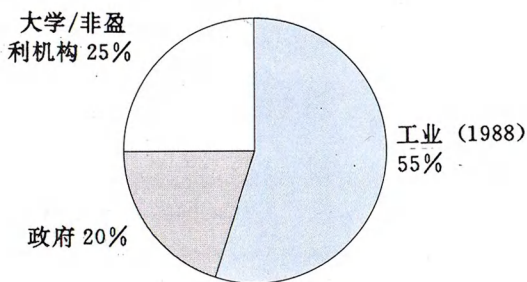
图 2
1991 年加拿大的研究与发展工作

全国总经费 75 亿美元，
占国内生产总值的 1.4%

按资金来源分：



按执行机构分：



注：经费按等价购买力 (PPP) 美元计

资料来源：OECD, 1992

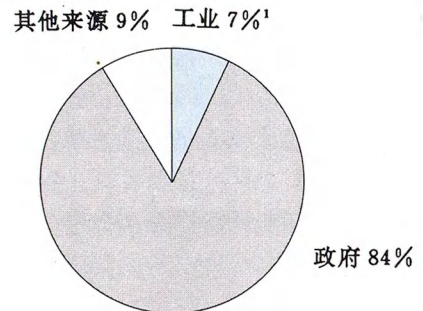
研究与发展总经费

图 1 描绘出 1992 年美国研究与发展的总投资，其中包括基础科学的投资。与 1975—1985 年期间相比，1985—1992 年期间以不变美元计算的研究与发展投资的增长率有所减缓（每年约为 1%）。1975—1985 年期间主要是由于生命科学研究和国防技术经费的增长，美国研究与发展的经费每年约增长 5—6%。最近几年，工业研究与发

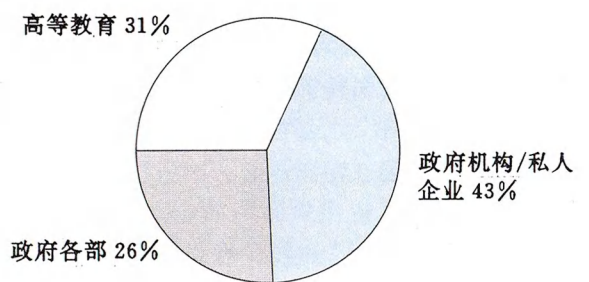
图 3
1991 年墨西哥的研究与发展工作

联邦总经费 11 亿美元，
占国内生产总值的 0.4%

按资金来源分：



按执行机构分：



注 1：目前初始数据表明，1989—1992 年期间工业对研究与发展的投资增长迅速。

资料来源：CONACYT, 1992

展的经费增长速度有所下降，但高等院校的研究经费增加较快。国内生产总值 (GDP) 用于全部研究与发展的比例从 1985 年的 2.8% 稍许下降到 1992 年的 2.6%。

相似的数据表明了 1991 年加拿大 (图 2) 和墨西哥 (图 3) 研究与发展资金的结构。由于这些国家之间定义不同，而不同年份的数据又是所能得到的最新数据；因此对这一地区内的直接对比是不可能的。最近发生在北美的最大变化是墨西

哥：继 80 年代初期对科学的投资有所减少之后，最近对科学的投资急剧增加，自从 1988 年以来用于科学的总经费每年增加 20% 以上。

表 2 根据各该国、世界银行以及经济合作与发展组织 (OECD) 的数据给出了这三国之间的比较。就总人口和国民生产总值的情况来看，仅用这些特征指标就足以表明这三国研究与发展的相对强度以及工业和大学的作用。例如，这些数据表明，一个国家的工业化水平越高，则该国的研究与发展的经济强度就越大，研究与发展活动就更加是私营企业导向的。

表 2 1990—1992 年某些比较指标

	美国 (1992 年)	加拿大 (1991 年)	墨西哥 (1991 年)
研究与发展总经费 (10 亿美元)	157	8	1
研究与发展总经费占 国内生产总值的 %	2.7	1.4	0.4
占研究与发展总经费的 %			
工业提供的资金占	51	42	7
工业执行占	70	55	无数据
研究与发展总经费中由大学 和非盈利机构执行的 %	18	25	31
人口 (1990 年) (百万)	250	27	86
人均国民生产总值 (1990 年千美元)	21.8	20.5	2.5

资料来源：与表 1 以及图 1 和图 2 相同，另加世界银行 1992 年数据。

表 3 人力资源的某些数据

	美国 (1989 年)	加拿大 (1988 年)	墨西哥 (1991 年)
从事研究与发展的科 学家和工程师总数 (千 人)	950	63	10
万名劳动力中从事研 究与发展的科学家和 工程师	76	46	5
1990 年每百万人口中从事研究与发展的 科学家和工程师			
北美	3 360		
拉丁美洲和加勒比海 地区	365		
欧洲	2 210		
非洲	120		
亚洲	400		

资料来源：NSF92-330；CONACYT，1992；OECD，1992；UNESCO (1991) 统计年鉴，巴黎。

人力资源和非政府机构

为了有助于判断人力资源——科学和经济开发的基石组分——表 3 将本地区的科学家和工程师数目，每万名劳动力中从事研究与发展的科学家和工程师人数与其他地区的数据进行了比较。1986—1991 年期间，墨西哥学习科学技术的大学毕业生人数大为增加。随着研究补助金的增加，许多墨西哥大学生在美国和加拿大接受教育，这因而有助于将北美地区联合到一起的进程。

美国继续接受大量的外国大学生 (1991 年为 400 000 名)，特别是在科学和工程学方面的。1990—1991 年总计约有 18 000 名加拿大学生和 7 000 名墨西哥大学生在美国学习 (所有学科的)。虽然收集科学密集的人力资源的所有数据是

困难的，和其他地区一样，在北美十分清楚的是，对各级教育进行投资和通过研究与技术推广知识进行投资，都是提高生产力并促进经济增长所不可缺少的。

非政府机构是科学和教育充满活力和多样性的巨大源泉，也是有关科学和技术政策问题争论的主要原因。特别是在美国而且在全世界各地也日益如此，这些机构——从专业协会到高等院校——提供了联系的网络和在诸如能源、教育和研究的道德准则等领域提供选择的私人建议。

资助的趋势

在所有这三国日益强调应用研究的同时，按实际经费计算，对基础研究的资助没有变化。同样地，国家和社会所关心的民用目标（即能源、通信、环境）和国际目标（即相对高技术产品市场和费用昂贵的科学领域中的国际合作）日益支配着对科学的投资。

表 4 美国政府对各领域基础研究和应用研究的资助

(1981年不变美元，10亿)

	1969年	1979年	1989年
生命科学	3.7	4.9	6.8
环境科学	1.1	1.5	1.7
数学/计算机科学	0.3	0.3	0.5
物理科学	2.5	2.3	3.0
工程学	3.4	3.3	3.3
社会科学	0.6	0.7	0.5
总计	11.0	13.0	15.8

资料来源：NSF, OTA

这三国在资助不同的科学领域方面存在着巨大的差别。例如，在美国，如表 4 所示，对生物

科学和医学的投资增长得特别快。20年前，美国在物理和工程方面的总经费比给生命科学的总经费要多得多；目前对这两个领域的资助大约处在同等的水平。很重要的是，信息产业的巨大增长主要是由私营部门提供资金的；可以看出，政府对数学和计算机科学提供的资金大体上不变。

对加拿大和墨西哥来说，似将出现类似的趋势。墨西哥对环境科学特别重视，1987—1991年期间环境方面的资金增加3倍。加拿大是通过三所大学的理事会来维持物理/工程、生物医学和社会科学的各项研究的。

美国军用研究与发展：变化和转移

这三国在各自历史上和正在进行的国防研究方面有巨大的差别。在美国，多年来军事研究和发展占政府对研究与发展总投资的一半以上。虽然这一部分的投资几年来有所减少，预计未来还将进一步减少，但军事方面的研究与发展仍将是美国研究与发展的重要部分。在加拿大，军事研究与发展是总研究基础中很少的部分（约占8%），并与民用研究与发展基础结合起来。墨西哥实际上没有政府资助的军事研究。

表 5 给出了 1992 年美国国防研究与发展资金与其他任务的资金的比较。1994 年克林顿总统的预算要求继续保持国防研究与发展经费的减少趋势，并作出一项削减（以不变美元计算），其中包括未曾料到的基础研究经费的大量减少（约减少5%）。

按同样的方针，1993年美国空间预算十分紧张，由于费用增加和兴建空间站的计划扩大，引起了激烈的国内和国际争论。由于这种压力，在国防部以及在国家航空和航天局内就研究与发展经费的长期方针正在进行重大的重新评价。这种重新评价的结果将影响空间科学更多的基础工作。

表 5 1992 年美国联邦研究与发展的分布情况

任 务	总研究与发展的 %	基础研究的 %
国 防	59	9
卫 生	14	41
空 间	10	12
能 源	4	7
普通科学	4	20
其他（包括环境 与农业）	9	11

资料来源：NSF, 1992a。

虽然有关国防和空间研究与发展的决策对美国科学的一般政策许诺不会产生重大的影响，但由此产生的摇摆将导致研究和发展经费的巨大变化，涉及许多传统的研究与发展的执行机构。由防务转移引起的预算变化所产生的影响将波及到所有的政府内部实验室以及许多国家实验室。这些实验室由大学承担或按照所签合同工作，其费用超过每年 200 亿美元。这些影响也波及到主要由国防、能源和空间计划资助的高技术公司。

能源部管辖的所谓“武器实验室”——洛斯阿拉莫斯实验室、利弗莫尔实验室和桑地亚实验室——按照变化了的国家安全目标，已就其任务、预算和人员编制进行了几年的审定。一种可能是将每个实验室的一部分计划转变为直接与环境和其他民用问题有关的工作，与工业和地方政府小组合作。因为每个实验室雇用约 8000 名工作人员，预算为 10 亿美元，任务和资源的任何这种转移都是巨大的，将造成经济混乱。实际上，美国在技术和人力资源的转移方面将进行大规模的试验。

在十分怀疑的态度中正在进行与第二次世界大战后的过渡时期以及前苏联和东欧一扫无遗的变化所作比较。某些观察家怀疑，任何长期存在

的政府实验室是否能全面而迅速到足以适应建立新的鼓励机制并重新安排大量有天才的工作人员去完成以市场为导向的或民用的任务。作为这种全部过程的一个部分，1993 年国防部高级研究计划局着手进行一个新的耗资 5 亿美元的竞争性计划，目的在于促进国防技术的转移，并强调“双向应用”的研究与发展（即技术计划既适合于经济也适合于国家安全目标）。

大学中的科学

多数国家资助在专门中心中进行的研究；某些研究所是独立的，主要由政府资助，其他研究中心位于大学的校园内，有各式各样的资助者作为政府的补充。在北美三国中，美国趋向于将基础研究集中在大学中进行，而加拿大和墨西哥则采取更加多样化的方式。本节概述了大学中研究与发展资金的可得数据以及某些相关政策的前景。

强调研究的美国大学

美国正在就资助高等院校机构的科学范围、水平、优先项目和地理分布进行重要的重新评价。美国历史上长期以来强调研究与高等教育相结合是与财政投资的增加相符的（1992 年研究与发展的经费约 190 亿美元）。30 年来高等院校研究与发展的规模增加三倍后，目前在美国约有 150—200 所主要的研究性质的大学，三分之二是州立大学，三分之一是私立的，这些大学的研究与发展合起来约占全部学院型研究与发展的 90%。

1992 年，美国总统科学技术顾问委员会提出报告说明大学研究的趋势，并极力主张提高政府和大学两者的选择性政策。1993 年春季美国总统克林顿的初步预算继续关注技术政策，通过联邦机构给基础科学的预算有少量的增加。表 6 给出了各联邦机构提出的研究预算建议。

表 6 1993 年春季美国政府按联邦机构
 投给基础研究以及大学的资金
 (美元, 10 亿)

	1992 年	1993 年	1994 年 (建议数)
基础研究总计	12.9	13.5	13.9
国立卫生研究院 (NIH)	5.5	5.7	5.8
国家科学基金会 (NSF)	1.7	1.7	2.0
国防部 (DOD)	1.1	1.3	1.2
能源部 (DOE)	1.7	1.7	1.7
国家航空与 航天局 (NASA)	1.8	1.9	2.0
美国农业部 (USDA)	0.6	0.6	0.6
其他	0.5	0.6	0.6
大学中研究与发展总计	10.9	11.0	11.2

资料来源: AAAS (1993 年 4 月) 和 NSF, OSTP

将注意力集中于科学政策, 特别是联邦关注以大学为基础的研究, 而将技术政策留给工业部门去考虑。这种倾向支配着第二次世界大战后大部分时期美国的见解, 至今并没有消失。此外, 对更为广泛的所有基础科学, 连同应用科学以及技术开发, 应用和制造的各种路线, 全都按国家经济的来龙去脉进行着极为重要的重新评价。在评价总的情况时, 一个明确的投资判据是如何加强经济竞争力。

相应的是, 许多经费已下发的大学被迫对正在进行的研究作大量的收缩; 研究单位已发现难于维持其工作人员、设备和供应的经费。与工业和州政府的联系不断加强, 部分是为了获得维持研究的经费, 部分是为了将研究成果进行转移以促使经济增长。如何为大学设备的现代化筹集资金这一长期未得以解决的问题在美国日益严重, 其中也包括为建立实验室筹集资金。加拿大在这方面的类似状况使各省坚决要求发挥宪法在教育

中的作用。

区域拨款的趋势

仅获得了有限的关于这三国高等学校总经费趋势的数据。表 7 中所给出的信息说明了在建设其大学及研究与发展基础方面, 墨西哥落后于加拿大和美国的几项指标。获得了有关加拿大的某些数据, 并间或与美国的数据进行比较, 这些数据列于表 7 的下半部分。

表 7 1987 年大学研究与发展经费
 (1980 年不变美元, 10 亿)

	经 费	占全国研究 与发展的 %	占国内生产 总值的 %
墨西哥	0.1	20	0.06
加拿大	1.4	23	0.32
美国 ¹	18.5	14	0.41

高等教育的研究与发展经费 (目前的等价购买力美元²)

	1986 年	1991 年
加拿大	1.4	1.9
美国	16.6	25.3

1. 包括联邦资助的研究与发展中心, 即附属于或由大学管理的专门机构。

2. PPP 即 purchasing power parity (等价购买力)

资料来源: CONACYT, 1992, 根据 OECD Observer 1990 年第 164 期, 和 1992 年 OECD 资料编写。

对美国来说, 联邦政府资助大学中的所有研究与发展比例已有所减少, 从 10 年前的约为三分之二下降到 1992 年的 57%, 与此同时来自工业、私人慈善事业、州政府和大学的独立基金的资助有所增加。1985—1992 年期间以实际费用计算, 工业给大学的资金增加了 89%, 占 1992 年美国大学研究与发展总经费的 7% (14 亿美元)。鉴于整个北美的政府部门经济上的限制, 工业向校

园和独立研究中心投放资金的这种增长趋势今后几年内在加拿大和墨西哥能很好地再现。然而,工业提供的经费或许仍只占大学总经费的很小部分。许多观察家同意这种看法,即只有政府才能对大部分基础科学以及对大学博士学位授予机构的主要援助提供关键性的资助。

指标评价和其他标准

在美国,向许多大学投放研究经费主要是根据竞争计划和评价系统,而不是根据一般的制度性的支持。这种存在于各个大学研究人员每一领域中全国性竞争的美国传统模式仍保持着。但是,由于各种原因,指标评价(或“同行评价”)方法正在仔细检查之中。产生失望情绪的一个原因是,鉴于有大量科学家而提供的经费很少,从适合的研究人员中,4或5名拨款申请者中仅约有1名申请者可以得到资助。因此,存在这样一种可以理解的担心,即:在最好和接近最好的申请之间是否能够进行精确的区分。

此外,按照传播研究技能和使研究设施现代化的巨大需求,政治方面的因素经常需要将经费拨给过去没有获得大量资金的某些地区或机构。在北美这三个国家都可以看到要求研究活动在地理上公平分布的压力。在美国,围绕优点评审以求将资金拨给特定的地区或机构的经费(所谓的“指定用途款项”)已增加到每年大大超过10亿美元,并成了激烈争议的内容。在加拿大各省以及在墨西哥(特别是在除墨西哥城以外的地区)也在进行着类似工作以分布科学和工程能力。

能力培养

“能力培养”这一术语通常是表示在发展中国家培养进行研究的能力以及将技术知识普及到全体人民中去的这种目标。然而这一术语也可用于发达国家。

例如,在美国或加拿大量的工作用于改革

K-12(从幼儿园到12年级,即小学到中学)在科学和数学方面的教育。其起因不仅是在国际评比中美国儿童成绩相对较差,而且也为了较高技能劳动力的需要,以便在21世纪进行经济竞争。在墨西哥,“能力培养”这一术语有其传统的意义,即随着墨西哥国民经济瞄准世界市场的繁荣,再次激活对科学和技术的托付。

简言之,在整个北美,在该地区的发达部分和发展中部分,在政府部门和私人部门都正在更经常地思考培育科学技术基础的长期能力。

科学和技术的国际化

科学和技术是人类活动中最国际化的。由于思想可无损地超越国界,数百年来的实际情况就是这样。不过,随着每个大学和研究实验室实际上都有互联的计算机、电话和传真机,国际联系几乎是瞬间进行的。目前,更加前所未有的是,科学家和工程师们超越国界和同行们一起工作,就像与他们自己实验室的同事在一起工作一样。在科学和工程教育方面的情况同样也是如此。各等级水平的大学生,特别是博士和博士后在寻找学校时并不考虑国界,美国的大学以及稍逊一筹的加拿大的大学,已从这一流动中受益。1991年有10万多名非美国公民进入美国的学院和大学的科学、工程和卫生领域的研究生课程学习。他们占学习科学的研究生总数的28%,占学习工程的研究生总数的47%。

为杰出而奋斗

全球科学技术的合作是在激烈的竞争气氛中进行的:在工业技术,在基础研究,以及在教育中。为了在高度竞争的领域中获得或维持领先地位,杰出正日益成为绝对必要的动力。

在研究与发展、服务和教育领域能明显地看到追求杰出这一原则的运用。在研究与发展中,在

不同国家主要的跨国高技术公司之间的联合不再能引起报界的特别注意。国外的工程服务目前经常被美国和加拿大公司所赢得。美国每年来自教育服务（大多数是国外大学生和研究生大学入学人数）经费收入目前每年为 10 亿美元，其中很大一部分来自这种代表性的科学和工程教育服务。在某些新兴领域——从环境科学到远距离通信——由于投资和科学工作者迅速增加，大学和工业集团似将组成更特殊的联盟。

加拿大-美国-墨西哥的合作

墨西哥、加拿大和美国研究人员之间日常的合作很活跃，多年来日益发展。大部分这种合作并未见诸官方文告，但是在大学校园和公司实验室，这种合作已十分明显。例如，美国和墨西哥物理和工程学会这样一些专业协会也已参与这种合作。

美国和加拿大政府级的科技合作十分活跃，涉及到许多美国的机构和它们的加拿大伙伴。一般来说，合作项目的范围从基础科学到空间、卫生、农业到能源研究，以上只是较重要领域的几例。特别引人注意的是美国和加拿大在实施以及规划某些大科学和技术项目方面的合作。这方面包括空间站、为不列颠哥伦比亚设计的核物理方面的 KAON 加速器，在得克萨斯兴建的超导超相对撞机以及与英国合作设计的一副 8 米望远镜。

墨西哥、美国双边科学技术协议提供了合作的重要框架，通过墨西哥和美国的机构之间约 30 个谅解备忘录进行着合作计划。特别强调的领域包括科学和工程教育、材料以及生物技术。耐旱作物的遗传工程在目前合作的议程中处于十分重要的地位。为支持美国、墨西哥的合作研究而在 1992 年创建独立的两国基金和对该基金的拨款充分预示了这种关系的不断发展。

目前墨西哥和加拿大的大学已与美国超高速计算网相连接；对所有这三国来说，连接更多一

些大学机构是优先考虑的一个问题。未来，北美自由贸易协定 (NAFTA) 将加速三国间业已开始的科学和技术一体化进程。

大科学合作

目前，许多现行的和建议的大科学项目的费用已超过任何一国的资金能力，不管这个国家有多么的大。这对单项设备（粒子加速器）和分散的工作（全球气候变化研究计划）都是如此。这两类大科学项目的特点都是要求对十分大量的数据进行管理和甚至有更大的预算。

认识到在大科学项目中需要进行更大的国际合作，美国和加拿大倡议在经济合作与发展组织 (OECD) 内建立“大科学论坛”的工作。经济合作与发展组织各国科学技术部长 1992 年 3 月的会议为其优先项目批准了这一论坛。1992 年 6 月第一次会议，该论坛发挥了分析和联系的功能。在并不打算为资源的分配或为更加广泛的大科学国际化的需要作出艰难的政治决策提供框架的同时，该论坛应该执行为大科学而努力的计划分享信息的功能。

科学技术政策

科学技术政策可以从其他领域中的政策或预算方案得以明确和估计。目前正进行的争论是科学技术（研究与发展）的预算是否应超前或滞后于明确的科学技术政策。

美国

在美国，科学技术预算经常是一个主要的政策指标。自第二次世界大战起的这个时期，美国的科技政策可以从对研究与发展预算的趋势进行分析来加以说明。

在私营部门，1960—1990 年研究与发展发展的经费以实际费用计算增加了三倍，1992 年总计为

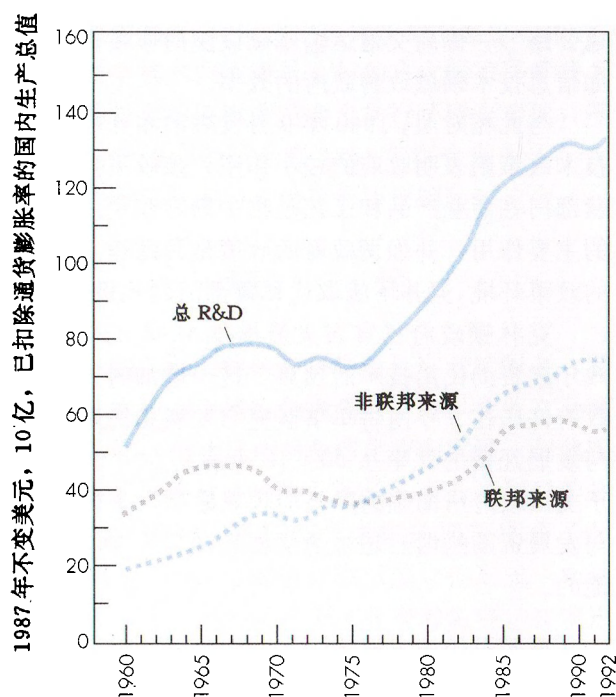
890 亿美元。这部分资金的 90% 以上是公司提供的。私营部门研究与发展经费的稳定增长反映了公司经理的信心，为了在高技术产品和服务的全球市场中取得进展，需要对研究与发展进行投资。为了更快地运行就必须在高技术方面运转得更快。1990 和 1991 年由公司提供资金的研究与发展按通货膨胀率调整后稍有减少，预计 1992 年的增长仅少许超过通货膨胀，这种趋势是混乱的。谈论这是或者不是一种暂时的波动现在还为时太早。

自 1960 年以来美国政府在全部研究与发展方面的经费是较不稳定的，如图 4 所示有 4 个截然不同的时期。1960—1968 年期间美国政府研究与发展经费急剧增长，反映了部署洲际弹道导弹和登月竞赛的需要。1968—1975 年期间美国政府研究与发展经费实际上有较大的下降，1975—1985 年的飞速增加，主要反映了里根政府时期增强军用技术以及生命科学的发展。1985 年以来政府在研究与发展方面的经费赶上了通货膨胀的发展，但是没有更多地增加。

美国基础研究方面的经费绝大部分是政府提供的资金。这方面的资金长期以来是较稳定的。1968—1975 年阿波罗登月后时期有所例外，当时，按通货膨胀调整后数字，政府方面的资助略有减少，美国基础研究的经费经历了稳定的大幅度增长。这方面费用的大部分增加来自生命科学方面，是通过国立卫生研究院的预算表现出来的。

这些趋势可以解释美国政府的政策：对基础研究给予强有力而稳定的支持，反映了政治上关于这种投资是明智的舆论；对应用研究与发展资助的波动反映了科学技术以外的政策变化，并且是出于关于国家安全、空间开发和国际经济竞争力方面的考虑。

图 4
美国国家研究经费按来源分类



资料来源：NSF92—330，1992年10月

美国的技术政策

目前美国在政策方面最大的变化与技术有关，却与科学无关。1993年2月克林顿总统宣布了将美国的技术集中于三个中心目标的技术计划：长期的经济增长以创造工作岗位和保护环境；一个更有效率和对话的政府；以及在基础科学、数学和工程方面处于世界领导的地位。克林顿总统的科学技术顾问，约翰·H·吉本斯为执行这一计划承担了很大的责任。

克林顿开始实施以促进技术发展作为经济增

长催化剂的政策的新推动,包括:增加政府对开发、商品化和新技术推广应用的直接资助;改变税收、贸易、管理和采购政策以改善创新的商业环境;对教育、“终生学习”和教育技术进行更多投资;加速采用高速通信基础设施(“信息超高速公路”);提高交通运输基础设施的质量;在诸如信息技术领域改善政府的效率。

与此相对照,1990年9月发表的布什政府对技术政策则表明政府的较小作用。该政策强调私营部门在商业产品和工艺过程中确定和利用技术的主要作用,并强调政府的政策是帮助建立良好的政策环境,但并不能取代私营部门的积极行动。

克林顿政府已宣布大量增加1994—1997财政年度资助民用技术的预算。这一增加的关键是政府许诺在5年内将军事研究与发展及民用研究与发展经费的比率从60:40改变到50:50。鉴于美国政府所面临的严格的预算限制,全部研究与发展资助的增长超过通货膨胀调节范围是不可能的。

墨西哥的技术政策

如前所述,墨西哥科学与技术的经费水平低于美国的标准。墨西哥目前的科学技术经费约占国内生产总值的0.4%,相比之下,美国占国内生产总值的2.8%,加拿大占1.4%。墨西哥占0.4%的比例,大约与1980年的水平相当,但是与80年代初期当时因石油价格下跌而导致科学技术经费的大力压缩的水平相比则有较大的恢复。墨西哥研究与发展资金的主要部分(84%)来自联邦政府。

与许多其他国家一样,墨西哥将资金集中于发展一系列关键技术,值得注意的是发展生物技术。这是为了经济增长而强调发展新技术。墨西哥的大多数新技术源自国外。但是,目前的调查表明,私营工业资助的科学技术费用所占的比重正迅速增加,1992年达到22%。墨西哥也正采

取措施参加主要的国际研究计划,诸如超导超级对撞机,以及全球气候变化和人类染色体研究方面的项目。

墨西哥联邦政府对人力资源以及对许多科学家和工程师的投资正在增加。墨西哥国家科学技术委员会(CONACYT)正表现出恢复的活力,自1989年以来预算增加了一倍多。该委员会也确认需要制定“科学指标”体系来检查和跟踪其投资,在这项工作中,与经济合作与发展组织(OECD)以及联合国教科文组织一样,美国正在与墨西哥进行合作。

加拿大的技术政策

加拿大研究与发展的经费约为美国水准的5%,政府和工业在这方面的经费大致相当。私营部门与政府科技经费这一正常的比率对一个相对较小的国家来说是很不寻常的,因为研究与发展的趋势是在跨国公司本国进行的。加拿大政府强有力的干预在很大程度上加强了工业的研究与发展。加拿大有十分慷慨的税收优惠,1993年的初步数据表明,即使在经济总增长减缩的情况下,公司的研究与发展经费也有所增长。

加拿大“繁荣计划”的目的是就瞄准高技能全球市场的计划取得全国共识。历时一年于1992年后期完成的影响竞争诸因素的调查报告《对我们未来的投资》的一个重要成果是,必须加强加拿大的科学技术基础设施、能力和技能。

1992年加拿大科学委员会被撤销,政府实验室经历了更适应于商业市场因素的进程。政府的静态研究与发展预算被更直接地用于科学技术基础设施、卫生和民用空间技术。某些时期加拿大政府对工业政策实行大量的干预,其强度大于美国,最近工业和科学部的成立表明,在这方面继续有较大幅度的修改。

科学与技术咨询机制

本节主要叙述科技政策。但是，就广义的政策（科学与技术政策）提供可靠和及时的建议也是重要的。在所有这三国的政府最高层都设置有为上述两个目的有效的咨询机构。

在墨西哥，共和国总统有科学顾问和科学顾问委员会（Consejo Consultivo de Ciencias 即 CCC）。科学顾问委员会由来自各部门和学科的杰出科学家和工程师组成。CONACYT 及其主任在制定政策方面也起重要的作用。

在前苏联于 1958 年发射卫星之后，美国任命了科学顾问和总统科学顾问委员会（PSAC）。该总统科学顾问委员会又于 1973 年被撤销，从 1981—1989 年白宫科学委员会起科学顾问的作用。1990 年根据美国总统命令成立了总统科学技术顾问委员会（PCAST），其成员由杰出的科学家和工程师组成。隶属总统布什之下设有科学技术政策办公室，该办公室主任为 D·阿伦·布朗利。总统科学技术办公室主任，科学技术咨询委员会定期与总统会面，发表有关重要政策问题的一系列报告。国家科学委员会制定国家科学基金会的政策，对美国主要的科学技术政策的发展也产生影响。

根据授权向总理提供有关如何在加拿大更有效地利用科学技术的咨询意见，1987 年成立了加拿大国家科学技术咨询委员会（NABST）。由总理任该委员会主席，成员来自加拿大的政府、商业、劳工和教育界。

北美自由贸易协定（NAFTA）

随着北美自由贸易协定的出现，加拿大、墨西哥和美国之间科学技术的关系将加速变化。当前议事日程中的问题是知识产权、工业研究与发展以及大学研究计划方面的合作等。美国在科学技术方面的主导作用引起墨西哥技术界的不安，

但是也为参加难得的研究工作提供了更多的机会。

在官方层次上，美国和墨西哥之间以及在加拿大和美国之间已成立了联合协商小组。该机构就各种广泛的问题在高级官员之间进行非正式交流以及为确定、讨论和促进合作活动提供了机会。美国科学技术顾问委员会与加拿大国家科学技术咨询委员会的咨询委员会也举行了联合会议，墨西哥科学咨询委员会在 1991 年联合发起了一个重要的科学技术与自由贸易协议国际讨论会。

结 论

在整个北美地区，尽管受到财政的限制，科学、工程和卫生研究是极其活跃的。企业在全面的国际化，而且日益向全球化方向发展，与此同时，随着国家目标本身的改变，企业也和科学技术如何达到国家目标做出贡献的期望结合了起来。私人竞争、政府资助和国际合作形成一个最佳的混合体是最近几年来在北美有关科学技术作用争论的中心所在。

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Jennifer Bond at the US National Science Foundation for cogent general advice and authoritative assistance on data. In addition, the authors thank Jesse Ausubel, Victor Bradley, Paul Dufour, Don Kash, Catherine McMullen, Jaime Martuscelli, Jon Miller, Philip Schambra, Jeff Schweitzer and Michael Stephens for their comments on an initial draft.

罗德尼·W·尼科尔斯 (RODNEY W. NICHOLS) 为具有 176 年历史的纽约科学院最高执行官员, 以前他先后任洛克菲勒大学副校长和常务副校长, 纽约卡内基公司常驻学者。

尼科尔斯先生毕业于哈佛大学, 作为应用物理学家、系统分析家和研究与发展经理, 任职于私营工业和政府。他曾任白宫科学技术政策办公室、国务院、国防部和能源部、国立卫生研究院、国家科学基金会以及联合国的顾问。他是国际武器控制谈判、技术转移大会的美国代表, 曾任前总统吉米·卡特有关卡内基委员会 1992 年 12 月《全球发展合作关系》报告的副主席。尼科尔斯先生由于卓越的和有功勋的文职服务被授予国防秘书勋章。目前他感兴趣的领域是能源、卫生和基础科学领域内的国际合作。

J·托马斯·拉奇福德 (J. THOMAS RATCHFORD) 是乔治·梅森大学 (George Mason University) 的国际科学与技术政策教授, 他讲授的课程和研究涉及科学与技术政策的多方面问题, 特别是贸易和技术的相互作用。

作为经过专业教育与培训的固态物理学家, 拉奇福德博士曾是华盛顿和李大学 (Washington and Lee University) 的一位教员并服务于多所私人 and 政府实验室。继负责制定并实施一项空军科学研究的基础研究计划之后, 他成了美国国会的一各专家成员。

以后, 拉奇福德博士任职于美国科学促进会 (AAAS), 是该会的副主任执行官员, 负责该会的教育与人力资源、国际计划、以及科学与政策计划这三项计划的主管。

在最近改任乔治·梅森大学的职务之前, 他是白宫科学技术政策办公室的政策与国际事务助理主任。

REFERENCES AND FURTHER READING

- Branscomb, L.M. (ed) (1993) *Empowering Technology: Implementing a US Strategy*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Carnegie Commission (1992) *Science and Technology in US International Affairs*, New York, Carnegie Commission on Science, Technology, and Government.
- Carnegie Commission (1992) *Enabling the Future: Linking Science and Technology to Societal Goals*, New York, Carnegie Commission on Science, Technology, and Government.
- Carnegie Commission (1993) *Facing toward Governments: Non-governmental Organizations and Scientific and Technical Advice*, New York, Carnegie Commission on Science, Technology, and Government.
- Carnegie Commission (1993) *Science and Technology in Judicial Decision Making: Creating Opportunities and Meeting Challenges*, New York, Carnegie Commission on Science, Technology, and Government.
- Carnegie Commission (1993) *Science, Technology, and Government For a Changing World*, New York, Carnegie Commission on Science, Technology, and Government.
- Clinton, W.J. and Gore, A., Jr (1993) *Technology for America's Economic Growth: A New Direction to Build Economic Strength*, Washington, DC, The White House.
- Committee on Technology Acquisition and Diffusion (1992) *Measuring Up to the Benchmark and Moving Ahead*, Ottawa, National Advisory Board on Science and Technology.
- CONACYT (1992) *Indicators, Scientific and Technological Activities: Mexico, 1992*, Mexico City, Secretariat of Public Education (SEP) and the National Council for Science and Technology (CONACYT).
- Einsiedel, E.F. (1990) *Scientific Literacy: A Survey of Adult Canadians*, Calgary, University of Calgary Press.
- Hoban, T.J. and Kendall, P.Å. (1992) *Consumer Attitudes about the Use of Biotechnology in Agriculture and Food Production*, Raleigh, North Carolina State University Press.
- Huber, P.W. (1993) *Galileo's Revenge: Junk Science in the Courtroom*, New York, Basic Books.
- Johnson Foundation (1992) *Proceedings of the Wingspread Conference on North American Higher Education Cooperation: Identifying the Agenda*.
- Latouche, D. (1992) *The New Continentalism: Prospects for Regional Integration in North America*, Montreal, INRS.

- Leclerc, M. and Dufour, P. International S&T collaboration, in *Science and Technology in Canada*, Ottawa.
- Martin, B.R. and Irving, J. Trends in government spending on academic and related research: an international comparison, in *Science and Public Policy* 19(5), Guildford, UK, International Science Policy Foundation.
- Miller, J.D. (1992) *The Public Understanding of Science in the United States, 1990*, Washington, DC, National Science Foundation, Division of Science Resource Studies.
- National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, Institute of Medicine (1992) *Responsible Science: Ensuring the Integrity of the Research Progress*, Washington, DC, National Academy Press.
- National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, Institute of Medicine (1993) *Science, Technology, and the Federal Government: National Goals for a New Era*, Washington, DC, National Academy Press.
- National Science Board (1989) *Science & Engineering Indicators - 1989* (NSB 89-1), Washington, DC, US Government Printing Office.
- National Science Board (1991) *Science & Engineering Indicators - 1991* (NSB 91-1), Washington, DC, US Government Printing Office.
- NSF (1993) *Foreign Participation in US Academic Science and Engineering: 1991* (NSF 93-302), Washington, DC, National Science Foundation.
- NSF (1992a) *Science and Technology Pocket Data Book, 1992* (NSF 92-331), Washington, DC, National Science Foundation.
- NSF (1992b) *National Patterns of R&D Resources: 1992* (NSF 92-930), Washington, DC, National Science Foundation.
- OECD (1992) *Main Science and Technology Indicators, 1992*, Paris, Organization for Economic Cooperation and Development.
- Office of Science and Technology Policy (1990) *US Technology Policy*, Washington, DC, US Government Printing Office.
- OTA (1991) *Federally Funded Research: Decisions for a Decade* (OTA-SET-490), Washington, DC, US Government Printing Office for Office of Technology Assessment.
- OTA (1993) *Annual Report to the Congress - 20th Anniversary Edition* (OTA-A-554), Washington, DC, Office of Technology Assessment.
- Porter, M.E. (1991) *Canada at the Crossroads: The Reality of a New Competitive Environment*, Canada.
- President's Council of Advisors on Science and Technology (1992) *Megaprojects in the Sciences*, Washington, DC, US Government Printing Office.
- President's Council of Advisors on Science and Technology (1992) *Renewing the Promise: Research-Intensive Universities and the Nation*, Washington, DC, US Government Printing Office.
- Science Council of Canada (1991) *Reaching For Tomorrow: Science and Technology Policy in Canada*, Ottawa.
- Selected Science and Technology Statistics - 1992* (1993) (Cat. No. CI-4/1992) Industry, Science and Technology, Canada, Ministry of Supply and Services.
- Task Force on Challenges in Science, Technology and Related Skills (1992) *Prosperity Through Innovation: Summary Report*, Ottawa, Conference Board of Canada.
- World Bank (1991) *World Development Report*, New York, Oxford University Press.
- World Bank (1992) *World Development Report*, New York, Oxford University Press.

拉丁美洲

雷蒙多·比利加斯

吉列尔莫·卡多萨

第二次世界大战结束之前近 50 年的期间，在大多数拉丁美洲国家里科学尚处于初始阶段，或者至多是一种不确定的人类活动。由于国家的努力和国际合作，在很多场合下这种状况已有变化。遗憾的是，这些国家达到较高的程度后就停顿不前，最好的情况也只做到勉强维持最低增长率。迹象表明，要达到足以对整体发展产生推动力的科学进步水平，拉美国家还需在政策上有深刻的变化。

在大多数欠发达国家里，科学研究及有关活动为量很少，对社会与发展进程的推动力有限。相反，在发达国家里，科学除了通过其应用同社会系统（包括经济系统）密切连接外，还是教育与文化的必要组成部分。

本章的目的是介绍拉丁美洲科学的演化与现状，并对觉察到的限制科学进步的因素提出评判意见和如何加以克服的想法。

我们提到科学时，是就这个名词的广义而言，它包括研究及许多依据于研究的活动。我们认为研究——从基础与面向基础的研究到研究与发展（R&D）及技术创新——是科学的基本组成部分。这种认识想强调的一点是：通过研究我们获得新的科学知识，进行讲授、传播、应用并提出疑问，然后再次转变成一个新的研究课题。

拉丁美洲与加勒比国家

所谓的第三世界占有地球面积的 2/3，其中 1/4 为拉丁美洲和加勒比地区。第三世界集中了世界人口的 78%，有 10% 是分布在拉丁美洲的加勒比地区（世界银行，1991）。从政治、经济、社会角度看，第三世界各地区之间的差异很大，这种相异性在各地区的组成国家之间也很明显。

拉丁美洲的加勒比地区包含 27 个国家，总面积为 2000 万平方公里，居民人口共 4.21 亿。数字与加拿大和美国相加起来的数字相近（世界银行，1991）。综观这个地区，可以看到某种程度的相同性，但从绝对的角度衡量，目前的成就水平又各有不同。

拉丁美洲

传统上认为拉丁美洲包含 19 个西班牙语或葡萄牙语的国家，它们分布在由北到南的下列亚区：墨西哥、中美洲（哥斯达黎加、萨尔瓦多、危地马拉、洪都拉斯、尼加拉瓜及巴拿马）；安第斯亚区（玻利维亚、哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁及委内瑞拉）；巴西；南锥地带（阿根廷、智利、巴拉圭及乌拉圭）。中美洲与西班牙语加勒比地区有时也被视为是一个单一拉美亚区。此外，海地——法语加勒比岛屿——则被视为是加勒比地

区的一部分。

这些国家的历史、文化、宗教与语言（西班牙语与葡萄牙语相似）虽相同，但亚区一级的相同性似乎根据更足，尽管每一由3个或更多国家构成的亚区里，至少有一个国家与其他两个国家有明显差异。

加勒比国家

习惯上将加勒比国家看成是位于加勒比海岛屿上的国家。他们一般按语言分类，即：英语国家（巴哈马、巴巴多斯、格林纳达、牙买加、特立尼达和多巴哥）；法语国家（海地）；西班牙语国家（古巴及多米尼加共和国）。有趣的是，有些滨海的大陆国家如墨西哥、中美洲国家、哥伦比亚及委内瑞拉都自认为是加勒比美洲陆地的一部分，其中还包括英语国家圭亚那、荷兰语国家苏里南。后两个国家虽位于大西洋海岸，但历史和语言使它们传统地同加勒比联系在一起。

拉丁美洲科学的演化

哥伦布之前到本世纪末

在克里斯托夫·哥伦布到达拉丁美洲之前，阿兹特克、玛雅及印加文明在某些知识领域里已达到可观的发展水平。例如数学、天文学、农业及医学等领域的经验知识与理论知识，土著居民已能口头地及以文字形式传播（Sagasti 1978）。然而，西洋科学创造（即今天发达国家所说的科学）是在哥伦布及西班牙、葡萄牙征服者到来多年后才到达这个地区，因为15世纪末科学在欧洲还刚刚开始。

哥伦布于1492年首先在加勒比海西班牙岛登陆（该岛现为多米尼加共和国与海地两国的国土），其后于1498年在美洲大陆格拉西亚岛登陆

（现在的委内瑞拉）。另一方面，随着此后一个多世纪中科学院的相继设立（罗马的林琴科学院，1603；佛罗伦萨的西门托科学院，1657；伦敦的皇家学会，1660；巴黎的科学院，1666），科学制度化在欧洲开始。从16世纪最后1/3时期到18世纪末发生的大事件席卷了西班牙与葡萄牙，其中包括反改革、消灭西班牙-犹太居民区及拉丁美洲殖民地化（Lopez-Pinero, 1969）。其结果：一方面是西班牙同它的殖民地之间知识隔绝，达到了在菲利普二世统治期间禁止西班牙人到外国教书或学习的程度；另一方面是为了集中于实际问题与应用知识而放弃纯科学。矛盾的是，在专注实际问题的同时却不重视体力劳动（Sagasti, 1978）。体力劳动对实验科学的进步及人类全面工作的进步是非常必要的。上述大事件使西班牙未能参加到17世纪欧洲出现的现代科学行列中。

在西班牙查理三世统治期间，曾出现过值得重视然而短暂的科学复兴。这正是西班牙的启蒙时代，从这里，欧洲流行的哲学思想主要通过一些大学传到了殖民地拉丁美洲。同时传去医学、植物学与理科在教学上的新科学观点（Steger, 1974）。在拉丁美洲的形成过程中，科学创造虽不是一种重要的人类活动，但有过某些应用科学活动，例如研究大自然的探险活动及改造起源于欧洲的动植物物种的尝试（Roche, 1976）。

对大多数拉美国家来说，18世纪也标志着殖民时代的结束。19世纪初期，政治独立时代开始，随后是长时期地致力于巩固自治的国家政权。

在哥伦布登陆后的四个世纪中——从15世纪末到19世纪末——一批批自然主义者、自然的研究者和学者来到或出现在拉丁美洲。他们对科学发生了日益浓厚的兴趣，可举以下诸人为例：16世纪有墨西哥的弗兰西斯哥·赫南德兹；18世纪与19世纪初有厄瓜多尔的查尔斯·玛

丽·德拉康达米内, 路易斯·戈丹及皮尔雷·玻奎尔, 今属智利、秘鲁地方的伊波利托·鲁伊斯及何塞·安东尼奥·帕冯, 哥伦比亚的植物探险队队长何塞·塞莱斯蒂诺·穆蒂斯及随行的弗兰西斯哥·何塞·卡尔达斯、豪尔赫·培德奥·洛萨诺与弗兰西斯哥·塞亚, 穿越委内瑞拉、哥伦比亚、厄瓜多尔与秘鲁的亚历山大·冯洪堡。还有一些杰出科学家将上述诸人从事的科学活动一直继续到 19 世纪初期以后, 例如: 委内瑞拉的奥古斯丁·科塔齐, 阿根廷的弗兰西斯哥·哈维尔·穆尼兹, 从巴西旅行到阿根廷、智利、秘鲁及厄瓜多尔加拉帕戈斯群岛的查尔斯·达尔文。医学研究者有: 在秘鲁工作的何塞·阿波利托·尤南纽及丹尼尔·A·卡里翁, 在委内瑞拉工作的何塞·玛丽亚·巴尔加斯, 在古巴工作的卡洛斯·芬莱。有人认为这些人构成拉丁美洲科学传统的源泉 (Weinberg, 1978)。另一些人认为他们只是孤立的事例。不论哪种观点合理, 他们以及类似的人确是这个地区以往科学的一个重要构成部分。

专业性科学研究的起始

上面开列的人士之外, 还可加上 20 世纪前半期及更晚年代的其他人士。例如: 阿根廷的贝尔纳多·豪塞, 埃德瓦多·德·罗伯蒂斯及路易斯·勒莱尔; 巴西的奥斯瓦尔多·克鲁斯及卡罗斯·恰古斯; 墨西哥的阿尔杜罗·罗森布洛埃; 智利的埃德瓦多·克鲁斯-柯克; 乌拉圭的毕·德·里奥·霍尔迭加及克莱门特·埃斯塔夫莱; 秘鲁的卡洛斯·蒙赫; 委内瑞拉的奥古斯托·毕-苏勒尔及弗兰西斯哥·德·贝南齐。大多数出生于拉丁美洲, 部分为移民的后裔, 有两人出生于西班牙。落在他们身上的任务是使拉美国家科学研究走向正规化, 使它的教学与实践成为一门专业; 进入这一领域有一套入门、实践及长期从业的标准。

欧洲同拉丁美洲的联系并不出人意外, 但值得注意的是, 在本世纪中拉丁美洲国家和亚区的发展似乎与欧洲国家向拉美移民的潮流直接有关。例如, 南锥亚区、特别是阿根廷、智利、乌拉圭的科学发展早得多, 这似乎是某些科学家移民前往的结果。同样, 墨西哥与委内瑞拉较近期的科学发展可能同西班牙及其他欧洲国家一些科学的传人有关。

虽然如此, 使科学繁荣还需具备其他条件。例如需要有一些个别人士、研究员和学生作为接待移民科学家的东道主, 还需要有足够财力购置必要的器材。大学及研究中心通常具备这些条件。下一步是培训国家人才。所有这类研究组都是由大学生开始组织起来的, 他们继续在国外接受正规的研究生教育或接受高级训练, 通常是在拉美以外地区。

几个拉美国家某些大学的科系设立了科研小组, 首先一个影响是提高了几个有关专业 (即医学、农艺学、兽医及工程) 的教学与实践质量, 后来又设立了科学院系及研究机构, 使基础科学与某些方面的应用科学得到继续发展。

在拉美国家里, 令人感兴趣的是理论及应用生物学 (指医疗、农艺与环境科学) 一向是科学活动的开端。随后通常是工程研究, 从一些与人类生活密切相关的课题 (即: 住房建筑工程与卫生工程) 着手, 进而研究与基础科学 (化学、物理、数学) 有关的复杂领域, 再进而从事工业开发 (即: 化学、机械及电子工程)。

本世纪前半期期末, 大多数 (遗憾的是并非全部) 拉美国家的科学已发展到一定程度。大学研究单位及研究中心同国家、公用事业以及社区服务业挂钩; 某些研究与发展单位则同工业挂钩。

在有些国家里早已成立国家科学院, 通常称为国家精密科学院、物理科学院或自然科学院, 由国家建立并提供经费。终身院士为数不多, 约

30—40名。

在个别国家里，已经成立或正在成立各种学会，是由科学界同仁发起的私人性质的组织。其中称为科学促进会的一些组织对推动科学发展起了很重要的作用。这些学会在许多国家里已成为讲授科学实践若干基本规范的中心。

科学的正规化

第二次世界大战结束不久，我们目睹了联合国(UN)及其分管科学的专门机构——联合国教科文组织(UNESCO)——的诞生。UNESCO首要目的之一是促进和帮助欠发达国家发展科学，通过研究这些国家的科学状况提出有关具体改革和行动的建議。

国家研究委员会 在本世纪后半期，拉丁美洲最重大的事件之一是成立了促进与赞助科学活动的国家委员会。这一事件尔后对科学进展作出了显著贡献。这些委员会由政府、公立与私立研究组织、大学、工业、科学家、技术与知识用户等方面的代表组成(Comisión Preparatoria, 1965; Roche, 1992)。它们一般地称为国家科学技术研究委员会，大多与十分接近国家首脑的组织有联系。为了强调它们的自治与技术性质，通常是单独设立(即与中央行政部门分开)，仍拨给资金作科研与教育项目的经费。委员会最近取得成功的一项计划是“研究员事业计划”(或称“研究员晋升计划”)。它作为一种手段起到了表彰研究员，同时帮助他们扎根于自己国家的作用。

这种方法推行的结果虽然反映出这个地区科学活动一定程度的制度化，但还不能说已经达到公认的“社会合法性”程度。事实上，科学活动仍然是无足轻重的事物。拉美国家必须继续努力巩固真正的科学文化，促使广大群众意识到科学对发展所起的作用。

地区中心与网络 UNESCO在这个地区的另一重要行动是同几个国家的政府一道建立

了促进科学联合的若干个地区中心；中心通过组织讨论会、专题研究组及培训班将科学家聚集到一起。例如：拉丁美洲物理学中心(CLAF)，拉丁美洲生物学中心(CLAB)，国际热带生态学中心(CIET)及西蒙·玻利瓦尔国际科学合作中心(CICCSB)。上述第一所中心设在巴西，其余设在委内瑞拉。

拉丁美洲生物科学网络(RELAB)为国际生物科学网络(IBN)的一部分，是UNESCO、国际科学联合会理事会(ICSU)及美洲国家组织(OAS)在联合国开发计划署(UNDP)资助下建立的，历时不到20年。这一网络使许多研究员彼此得以沟通，并促成了若干双边及多边国家研究计划的实施。较近，在UNDP, UNESCO及联合国工业发展组织(UNIDO)的赞助下按同样方式建立了拉丁美洲生物技术网络。

此外，还建立了国际性的研究中心以促使人们关注对本地区至关重要的一些领域，例如农业。举以下为例：哥伦比亚的国际热带农业中心(CIAT)，秘鲁的国家马铃薯中心(CIP)，危地马拉的中美工业研究与技术学会(ICAITI)以及哥斯达黎加的泛美农业科学学会(IICA)。

地区科技计划 除上述科学中心外，地区及亚区组织还制定了科技计划。20年前，OAS计划作为美国与拉美国家之间南北合作的联络者起了颇为重要的作用。

安第斯亚区国家间订立的安第斯·贝略协定(SECAD)是亚区计划的典例，其秘书处设在哥伦比亚。协定所规定的任务之一是促进该亚区科学发展与科学一体化。由于科学在改进教育与提高生活质量方面的重要性，由于安第斯亚区国家的现代化，预料这一协定在未来将发挥很重要的作用。

目前，委内瑞拉在泛美开发银行(IDB)资助下主持的一项区域协定——玻利维亚计划——是为了使研究中心同地区各国的工业联系

在一起。

主管科技的部、秘书处、机关 过去几年在几个国家中制定了同政府各经济部门相关的科学技术 (S&T) 计划, 从而成立了政府一级的主管初期 S&T 的部、秘书处与机关, 并在某些情况下, 试图实行横向规划和协调, 越出研究或 R&D 机构同单一部门 (教育、卫生、农业、环境、自然资源或能源) 的联系与附属关系。这些部、秘书处与机关有时候也有效地起了促进和联络的作用。

非政府组织 (NGOs) 这类组织新近已承担起促进本地区科研工作的重要任务。它们在几个拉美国家的研究活动中担任了重要角色。

拉丁美洲科学院 10 年前, 一群科学家成立了拉丁美洲科学院 (ACAL), 宗旨是促进科学发展与拉丁美洲的一体化。ACAL 是一个非政府私立组织。新院士由现有院士按科学成就选拔, 不带任何歧视。科学院有一项地区合作计划, 主要活动包括: 信息及科学交流, 与地区中心合作, 协助组织各种网络。ACAL 地区计划是 ACAL 的西蒙·玻利瓦尔基金会 (FSB-ACAL), ICSU——发展中国家科学技术委员会 (ICSU-COSTED), UNESCO 及第三世界科学院 (TWAS) 的一项联合计划。

拉丁美洲科学现状

本节将根据 ACAL 数据库贮存的数据概括介绍拉丁美洲科学现状; 这些数据或系该院汇编 (Cardoza 及 Azuaje, 1992; Villegas 及 Cardoza, 1987, 1990, 1991), 或系图表脚注所示的提供单位汇编。大体上数字按亚区及按 1991 年科学出版物数量最多的 10 个国家细分。

表 1 所列为各拉美国家与亚区的人力资源配置与科学出版物数据。本文大多数数字所包含的值是使用这些数据计算的。关于观测结果潜在

含义的论述考虑了每个国家、每个亚区的人口、教育水平及经济发展状况。

人力资源

图 1 及图 2 分别列出了亚区及 1991 年科学出版物数量最多的 10 个拉美国家的人力资源配置 (表 1)。来自拉美 19 个西班牙语及葡萄牙语国家的研究员与副手录入 ACAL 数据库的总数为 142 964 人。

图 1 表明, 巴西、南锥亚区及加勒比亚区每 100 万居民有 400 人以上从事科学研究; 墨西哥、安第斯亚区及中美亚区每 100 万居民有接近 200 人从事科学研究。从图 2 可以看到, 将国家分成了两组: 第一组为巴西、阿根廷、古巴、哥斯达黎加及乌拉圭, 第二组为墨西哥、智利、委内瑞拉、哥伦比亚及秘鲁。虽然这些数据是各国按标准调查表由 ACAL 数据库提供的, 但很难完全排除对某些定义 (如: 研究员、副手、技术员、助手等) 在理解上的差异, 这种差异可能影响到数据。尽管如此, 我们认为得数还是反映出有些国家 (如: 阿根廷、古巴、哥斯达黎加、乌拉圭) 在促进科学方面作出了比较巨大的努力。

研究中心

图 3 所示为拉丁美洲 19 个西班牙语及葡萄牙语国家录入 ACAL 数据库的 2 280 个研究中心/单位, 按领域分布的情况。可以看到, 60.9% 从事生物学研究, 包括基础及应用医学、农业与环境科学、生物技术。其余 39.1% 接近于均等地分布在化学、地学、物理学及数学之间。分布情况显示拉丁美洲对生物学的重视; 一般认为这种偏重是由于人们的健康、营养及农业存在重大问题。最近, 保护环境、合理利用自然资源的活动也已上升到重要地位。

图 4 所示为按 1991 年科学出版物数量挑选的 10 个国家中研究中心同大学、政府及非政府

研究组织、工业之间的关联。令人感兴趣的是，在阿根廷、墨西哥、委内瑞拉、哥斯达黎加及乌拉圭等国国内，属于大学体制以内的研究单位的比

例数最高，而在巴西、秘鲁及古巴，同政府机构关联的研究单位比例数最高。在智利及哥伦比亚

表 1 拉丁美洲的科学

国家/亚区	R&D 人员	经费 (1991)		科学出版物		合作 ¹ (1990)	
		美元 (百万)	% 国内生产总值	总数 (1991)	每百万 居民	国内	国际
墨西哥	14 909 (1984)	961.0	0.35 (1991)	1 608	19.3	63	774
哥斯达黎加	1 453 (1989)	42.9	0.89 (1989)	108	38.5	10	102
萨尔瓦多	142 (1989)			3	0.6	2	5
危地马拉	2 021 (1990)	12.3	0.10 (1990)	75	8.9	0	38
洪都拉斯	703 (1990)	4.2	0.04 (1990)	18	3.9	2	65
尼加拉瓜	725 (1987)	10.0	0.37 (1985)	22	6.2	5	12
巴拿马	850 (1990)	20.7	0.41 (1990)	81	36.8	18	92
中美洲	5 894	90.1		307		37	314
古巴	12 052 (1989)	171.2	0.85 (1990)	155	15.3	10	95
多米尼加共和国	500 (1990)			25	3.7	10	29
加勒比	12 552	171.2		180		20	124
玻利维亚	890 (1986)			33	4.9	9	41
哥伦比亚	4 449 (1990)	68.8	2.20 (1987)	196	6.5	98	201
厄瓜多尔	760 (1984)	11.4	0.11 (1989)	61	6.1	7	46
秘鲁	4 858 (1981)	106.1	0.23 (1987)	176	8.5	18	156
委内瑞拉	5 457 (1990)	200.0	0.45 (1990)	494	27.1	61	215
安第斯	16 594	386.3		960		193	659
巴西	65 000 (1990)	3 179.0	0.89 (1990)	3 735	26.4	148	1 424
阿根廷	19 000 (1988)	466.0	0.80 (1992)	1 934	62.1	117	644
智利	4 009 (1987)	90.6	0.46 (1988)	1 151	92.0	90	566
巴拉圭	807 (1981)	1.5	0.03 (1990)	38	9.5	1	4
乌拉圭	2 093 (1990)	18.0	0.20 (1987)	96	32.0	15	36
南锥	25 909	576.1		3 219		223	1 250

1. 科学出版物共有著作权。

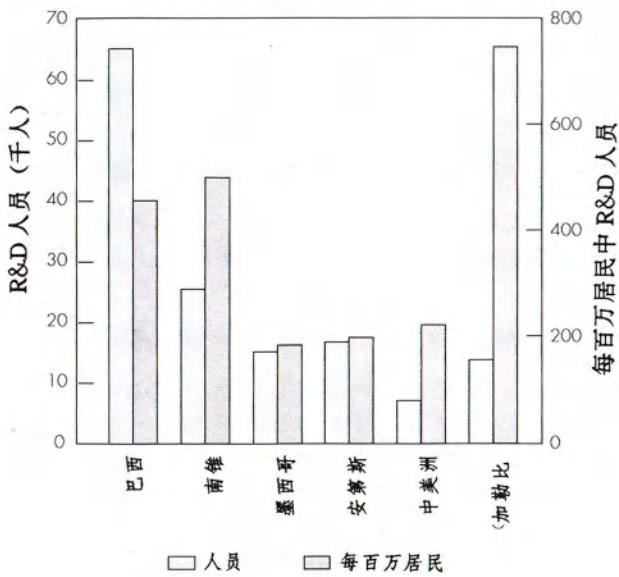
资料来源：拉丁美洲科学院 (ACAL)

亚，研究中心均等地分布在大学与政府及非政府组织之间。值得注意的是，在巴西、智利、委内瑞拉及哥伦比亚，同非政府组织的关联也十分显著；哥伦比亚有 29.2% 研究中心是同这类组织相关联的。

我们想着重指出，研究单位与工业之间关联

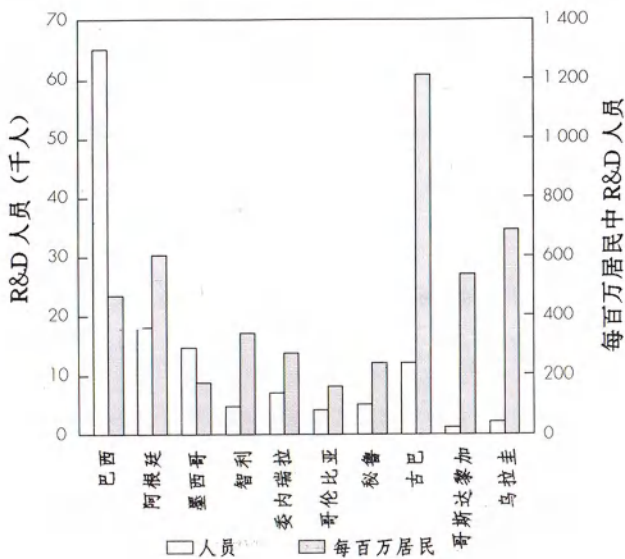
较少。科学出版物数量最多的 10 国中，研究中心设在工业部门内的大多不到 10%，哥伦比亚、哥斯达黎加与乌拉圭例外，后者这一比率最高 (15.8%)。在拉美国家中，对科学 (广义而言) 的最大挑战是发展和加强工业内部的研究力量 (Saldana, 1992)。

图1
亚区 R&D 人员, 1991 年



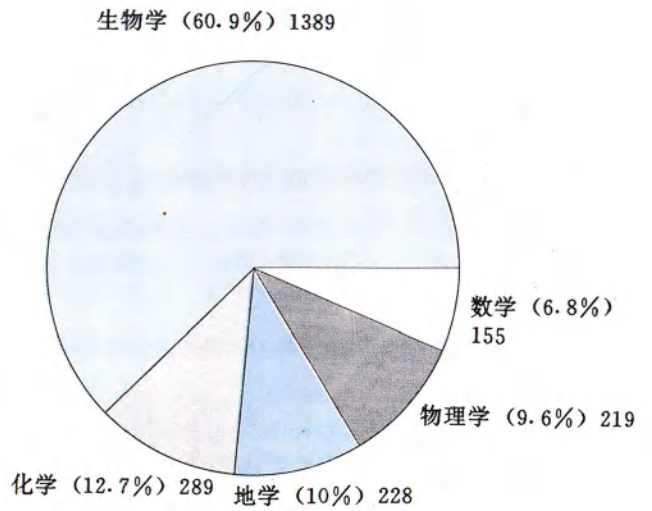
资料来源: ACAL 数据库, 1992

图2
R&D 人员, 1991 年



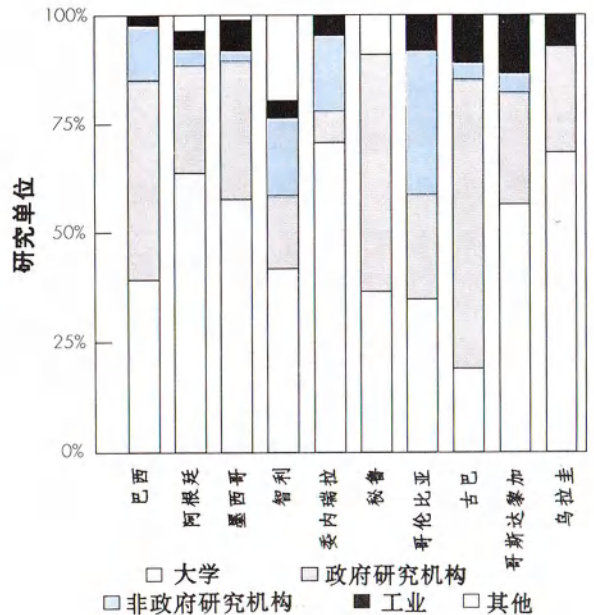
资料来源: ACAL 数据库, 1992

图3
按领域分布的研究单位数量



资料来源: ACAL 数据库, 1992

图4
研究单位的分布



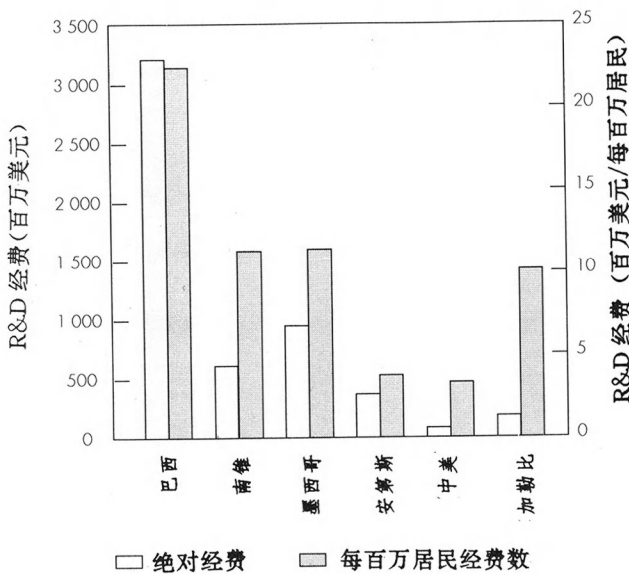
资料来源: ACAL 数据库, 1992

经费

据泛美开发银行介绍，拉美国家每年的科学（通常指 R&D）拨款为它们国内生产总值（GDP）的 0.3—0.7%（GRADE, 1991）。这个百分比无疑是各个国家对科学的关注及努力程度的重要指标。但须着重指出，各个国家在研究经费分类方法的差异影响了 R&D 占 GDP 百分比的计算。

1990 年拉丁美洲科学经费的估计额为 53.20 亿美元。图 5 及 6 分别给出了各个亚区及上述 10 个国家中每一国家的经费净额及每百万居民的经费额。从图 5 可以看到南锥、墨西哥及加勒比亚区的估计额接近为每百万居民 1000 万美元，巴西超过此数一倍略多，安第斯及加勒比亚区相反，每百万居民少于 500 万美元。

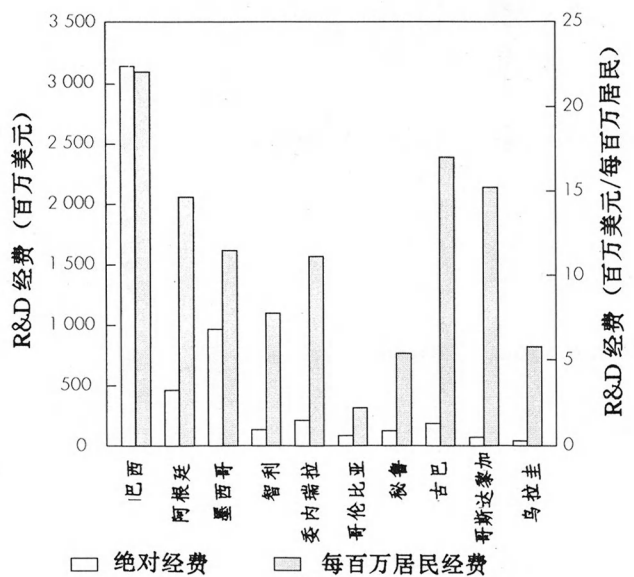
图 5
亚区 R&D 经费，1991 年



资料来源：ACAL 数据库，1992

从图 6 看到，除巴西、阿根廷、墨西哥及古巴外，安第斯及中美亚区的两个国家——委内瑞拉与哥斯达黎加——的科学经费均超过 1000 万美元/百万居民，而南锥的两个国家——智利与乌拉圭——的经费在 500 万与 1000 万美元之间。

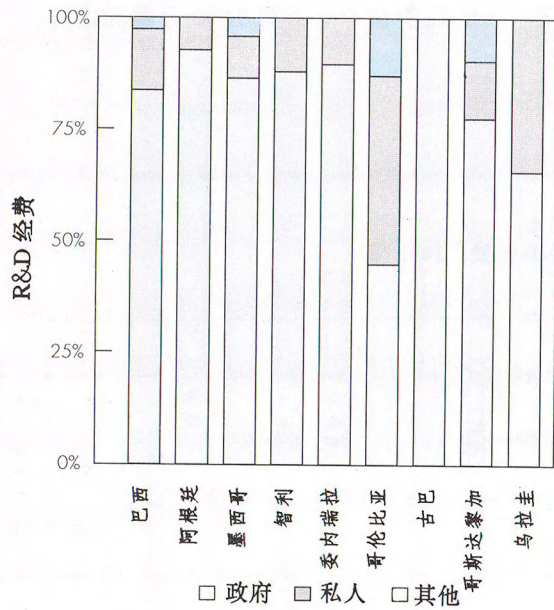
图 6
R&D 经费，1991 年



资料来源：ACAL 数据库，1992

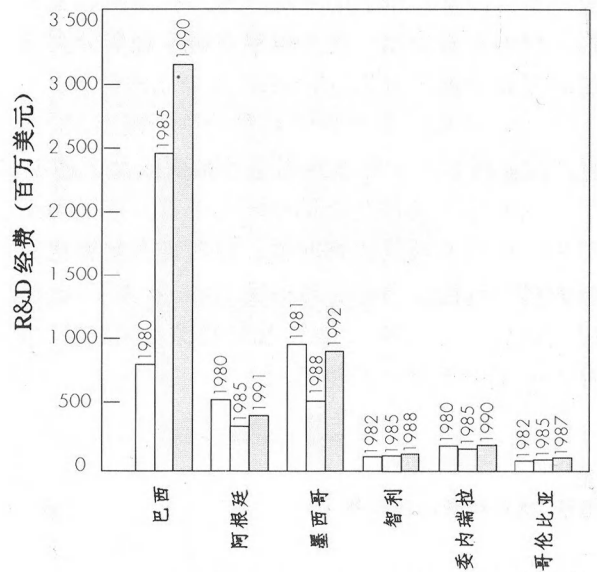
同时使人感兴趣的是，根据图 7 所示数据，10 个国家中有 8 个国家的科学资金 75% 以上来自政府。仅乌拉圭及哥伦比亚的科学资金有 30% 来自私营部门。

图 7
R&D 经费 (按来源分), 1991 年



资料来源: ACAL 数据库, 1992

图 8
R&D 经费, 按时间分



资料来源: ACAL 数据库, 1992

图 8 绘示了根据科学产量选择的 10 个国家中前 6 名 10 年来的经费净额。明显可见的一点是: 本世纪 80 年代初期与中期由于经济危机的影响, 这个地区进一步呈现萧条景象, 危机与一些国家为筹集发展资金借外债所带来的负担有关。贷款是由工业化国家的金融机构与银行按宽松条件提供, 最初的利息很低。然而欠息付款深深损害了拉美国家的经济, 降低了地区大部分人民的生活条件。

根据图 8 所示数据, 巴西是这 10 年中唯一大幅度增加科学经费的国家。墨西哥及阿根廷在本世纪 80 年代前半期的经费减少, 后半期部分地恢复。同期, 智利、委内瑞拉及哥伦比亚努力维持科学经费水平, 甚至微有增长。

科学产量

此处采用的科学产量指标是在经过同行评议的期刊内发表的科学论文或文章数量; 这些期刊的国际发行量须在科学引文索引 (SCI) (ISI, 1980, 1985 及 1989-91a) 中刊载过。SCI 被认为是适用于科学的最好指标。为了便于进行比较, 也采用每百万居民科学产量。

图 9 绘示了 1989 与 1991 年拉美各亚区的产量, 两年的出版物总数分别为 8 517 与 9 889, 为全世界年度科学出版物的 1% 左右。须注意巴西、南锥亚区及墨西哥在 1989 与 1991 年的出版物分别共占总量的 87.3% 与 86.6%。安第斯、中美及西班牙语加勒比地区在两年中分别共占其余的 12.7% 与 13.4%。从科学的角度看, 这些数据显

示后三个亚区处于最危急的状态。

研究前述 10 个国家的情况也很有意思；它们不因地理位置而异，在 1991 年都提供了最大数量的出版物。如图 10 所示，按它们在 1991 年净产量下降的顺序排列，它们的相对名次为：巴西、阿根廷、墨西哥、智利、委内瑞拉、哥伦比亚、秘鲁、古巴、哥斯达黎加、乌拉圭。1991 年，在拉美科学出版物总额中，这些国家的产量占 97.6%。

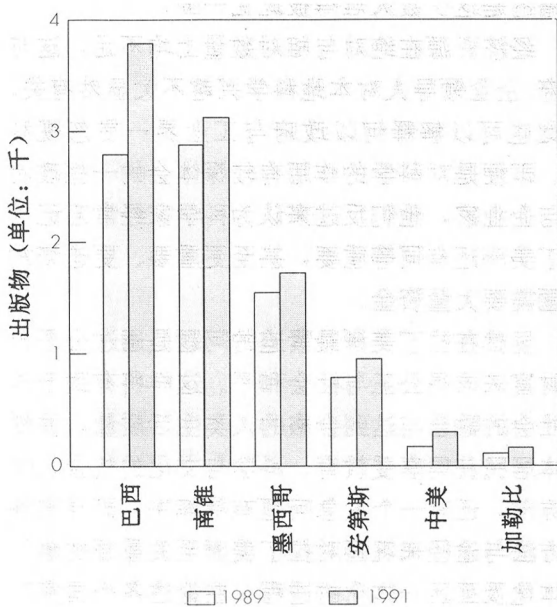
一般来说，这些国家相互间净科学产量的差别似乎与人口多寡有关，这也在预料之中。但是，当采用每百万居民科学产量作指标时，其他因素就可能比较明显。图 10 也显示了这 10 个国家对应于每百万居民出版物的数据，此时它们的相对

位置就出现变化，依次为：智利、阿根廷、哥斯达黎加、乌拉圭、委内瑞拉、巴西、墨西哥、古巴、秘鲁、哥伦比亚。令人感兴趣的还有下列现象：中、小型国家每百万居民科学产品数值高于人口较多的国家。考察其原因可能会找出一些关于拉丁美洲科学发展有利因素的线索，例如：基础教育水平、经济形势、移民潮流的文化影响、国际合作、国家科学政策质量等等因素。

科学合作

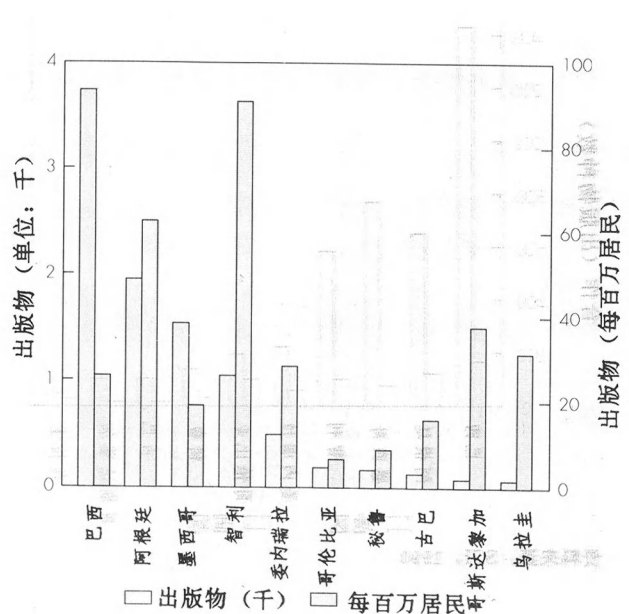
关于合作指标，我们的考虑是：属于地区合作者，以两个以上拉美国家的研究员合著出版物数量作为指标；属于国际合作者，以一个以上拉美国家的研究员与地区以外研究员合著出版物数

图 9
亚区出版物：1989 年和 1991 年



资料来源：SCI-CDE, 1989/1991

图 10
出版物 (1991 年)



资料来源：SCI, 1991

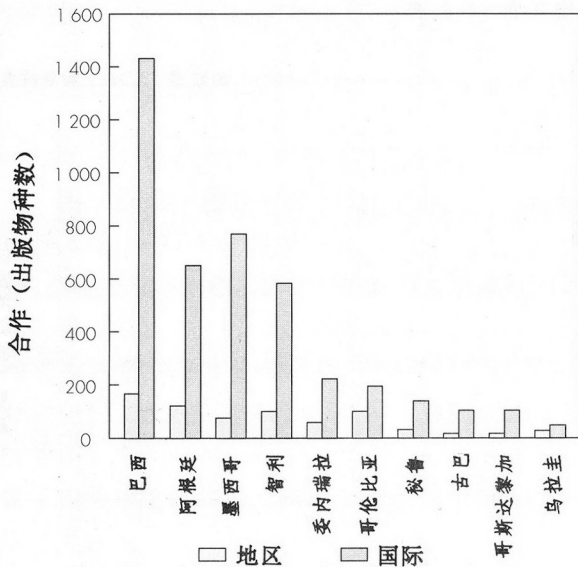
量为指标。

图 11 绘示了对按科学产量所选出的前 10 名国家的地区与国际合作评定结果。随着地区科学技术计划的推进、科学发展的加速以及联络方法的改进，预料区域合作会有类似程度的增长。

拉丁美洲新科学目标

前面几节中给出的数据显示出近来大多数拉美国家只能维持原状，至多实现很低的增长率。从科学的角度来看，过去几年来这些国家的相对地

图 11
地区与国际合作，按合作出版物计，1990 年



资料来源：SCI，1990

位保持不变。这表明，如果在短期内我们希望达到一个比今天高得多的水平，就必须修改现行科学政策。

阻碍科学发展的因素

我们认为，拉丁美洲的科学现在面临如下几方面的阻碍：人力资源欠缺；经济资源明显不足；某些极少加以扶植的知识领域中的研究人员相互隔绝；国际合作有限。再者，工业与科学之间关系疏远也增加了困难。

大体说来，人力资源缺乏是教育制度存在缺陷、奖学金计划稀少以及 R&D 人员报酬低微所造成。所有这些因素促使人们放弃这类工作并助长研究人员外流。

此外，虽然教育基本上免费，但生活费用之高使 4/5 以上的人口无法接受高等教育。同时，研究人员相互隔绝在所有欠发达国家中是普通现象；在这些国家里研究一个共同课题只有少数人，更糟的是这少数人难得彼此见一面。

经济资源在绝对与相对数量上均不足，这与政府、企业领导人对本地科学兴趣不大显然有关；由此也可以解释何以政府与工业界一贯忽视科学。即便是对科学的作用有较深体会的一些政治家与企业家，他们反过来认为科学家经常忘记了拉丁美洲还有同等重要，甚至更重要、更迫切的问题需要大量资金。

显然在拉丁美洲最紧迫的问题是通过公平分配财富来求得公正与社会和平。这样将有助于内部社会的融合与达到合格的人类生活质量，并使全体居民获得享受教育、科学与文化的机会。循此方向，还有一个紧急问题有待解决，即寻求各种方法与途径来巩固对拉丁美洲至关重要的地区一体化及亚区一体化的进程。在论述各个国家以及地区与国际机构的科学预算经费分配时，将上述问题考虑进去就会不时地出现一个明显的争议焦点。可是一旦认清科学及其应用正是实现财富

公平分配,一体化以至社会发展最有效的途径时,这个争议焦点似乎随之消失。

新科学目标

为了使拉丁美洲的科学发生类似第二次世界大战后 20 年中那种质与量的变化,必须设计与实施当时所采取的那样大胆的政策。下面我们将提出一些可能有助于拉丁美洲设计新政策的想法。

我们认为,新政策应当具有下列主要目标:

使科学融入拉丁美洲文化之中以克服它当前的次要性。

建立全球性拉丁美洲科学团体,通过直接接触或远程通信及信息处理(telematic)网络使生活在国外的拉美科学家参与本地区正在实施的研究与高等教育计划。

建立拉美科学 telematic 网络以克服科学家之间、特别是前沿研究领域科学家之间的隔绝状态。

强化科学与经济一体化计划。

科学融入文化

为达到此目的,看来首先必须:

加强基础科学研究,因为它构成科学真实的基础。

使科学同教育结合,尤其须将科学纳入基础教育,以便广大公众都能学到科学知识;以报道科学及鼓励公众对科学的兴趣作为一项人类活动及文化现代化的一个因素;提倡就科学与社会价值、宗教信仰的相容性问题展开讨论。

使科学同其余社会系统及部门挂钩、特别是同卫生、农业、交通、运输、能源、环境、自然资源等科学成分较大的系统及部门挂钩,对建立科学与工业之间的牢固联系尤须重视,为此工业需要学会将它的问题转换为研究项目,成为 R&D 用户,最终

建立工业内部的研究设施。

加强社会合作,使科学及其应用成为一体化进程中一个基本组成部分;针对由于国土小、人力与经济资源短缺而难以发展的国家,扩大这种合作。

促进建立实验室和从事某些前沿科学课题研究人员的联系网络,以缓解从事最新知识领域的科学家处于隔绝状态的问题。

在整个拉丁美洲推广若干国家试行和验证过的成功政策,例如:科学技术部或秘书处的设立;前述国家研究委员会;研究员事业计划(或研究员晋升制度);科学家回归计划;研究生奖学金计划,包括研究生学习、博士后指派或海外培训班;分散管理或区域化计划;重点供应计划。

为了使科学成功地纳入文化,我们必须执行上述行动;为此,科学技术部门的工作应积极配合其他部门,特别是政治、教育与经济部门。国际机构,尤其是 UNESCO 负有特别责任,该组织在自第二次世界大战后的几十年中,在拉丁美洲发生的质与量的变化中起了很重要的作用。

全球性拉丁美洲科学团体

资源短缺与隔绝状态是使越来越多的科学家从拉丁美洲移居工业化国家的根本原因。一个不可否认的现实是重要的研究员在拉丁美洲以外地方定居者为数日增。严重的现况要求我们将科学团体的概念扩大到将离开祖国到他地工作的科学家包括在内。全球性拉丁美洲科学团体这一新概念同地区团体不一样,它使我们可以设想一个规模更大的国际合作计划,依据是“留居国外的本国科学家”可在发展其本国与本地区的科学中发挥潜在作用。

全球性科学团体这一新概念是近期在圣保罗召开的一次 ACAL 理事会上提出的,它有助于设计一个新的地区科学发展模式:既以自我为中心

又关注外部,在不忽视本地、本国、本地区须优先考虑事项的情况下,使移居科学家的合作为拉丁美洲的利益发挥最大作用。为了成功地处理这一艰巨任务所涉及的各项工.作,我们可利用新的远程通信技术。事实上,学术性 telematic 网络是加强同国外居住的科学家联系的宝贵手段。ACAL 在 UNESCO, ICSU-COSTED 及委内瑞拉国家科学技术委员会 (CONICIT) 的支持下,已经为实现全球性科学团体设想开发了若干个数据库与信息系.统。

拉丁美洲科学远程通信及信息处理网络

建立一个 telematic 网络以克服科学家、特别是从事前沿领域研究科学家的隔绝状态是当前的一项艰巨任务。新的通信技术,尤其是 telematic 网络,能鼓励研究同一领域的同行之间交流信息。我们正在目睹所谓的“无形学院”开始在迅速发展。换句话说,我们正在从人与人之间非正式的、零星的接触进入一个新的结构性、持续性的连锁世界。

时空障碍的消除及学术 telematic 网络带来的成本下降定将有助于缓解发展中国家出现的隔绝状态。在拉丁美洲国家同行之间,本地交流也很有限,主要由于各种前沿知识领域的研究科学家人数很少。通过网络提供的接触而形成“假拟的评判群众”可以部分地克服这一局限性。

近来,拉丁联盟 (UNION LATINA) 与 UNESCO 及 ACAL 合作,对拉丁联盟的拉美-加勒比学术 Telematic 网络 (REDALC) 进行了可行性研究。虽然竞争肯定会继续成为科学家工作的一个特点,但这所崭新的全球“电子学院”所带来的团结定将有助于促成一种崭新形式的合作研究。

加强科学与经济一体化。

最近,由于经济大单元的组成和推动,一体

化进程再次兴起,为多国科技合作计划的拟定与实施提供了重要框架。安第斯国家 (Pacto Andino), 中美洲 (MCCA), 加勒比 (CARICOM), 南锥 (MERCOSUR) 以及三国集团 (哥伦比亚、墨西哥与委内瑞拉) 的经济一体化项目,还有美国及 NAFTA 在这方面的率先行动,都起了鼓励科学家参加制订地区与半球合作计划的作用。

还应努力巩固各项教育、科学技术、地区及亚区协定,使拉丁美洲人民受益。但是,过分强调具体问题与应用会损害基础研究,应予避免。因此说,拉丁美洲在 21 世纪的前途主要取决于明智地全面加强教育及科学与经济一体化进程。

结束语

在本文中,我们对拉丁美洲的过去作了简短评介,概略提到哥伦布之前、殖民地及独立三个时期以及本世纪的大事。我们能够证明科学进展与本地区及国家的发展有密切关联。各个时代科学的繁荣同政治、经济、社会状况之间的关系显而易见。已经取得本世纪中最大进展,已经作出并正在作出巨大努力来避免和克服当前正在削弱地区的政治、经济与社会危机。随着发展基础的进一步巩固、全民之间有形货物分配的改善,地区一体化程度的提高以及对科学在教育、文化与经济现代化中所起作用的进一步认识,我们希望能够走出危机。对此前景乐观的理由很多,也很充分。尽管存在各种问题,在过去 50 年中科学在拉丁美洲还是取得了显著效益。本地区现拥有: R&D 人员 142 904 名,包括研究员与副教授;研究单位 2 280 个,年投资额 53.2 亿美元;出版论文 10 255 篇;完成国际及地区合作项目 5 229 个。

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Lic. Marisela Azuaje, Lic. Ana Teresa Haustein, Dr Cecilia Castillo and Dr Gloria M. Villegas for their critical review of the manuscript; Dr H.R. Croxatto, Dr Carlos Monge C. and Dr Guillermo Whittembury for valuable information on Latin American scientific history.

雷蒙多·比利加斯 (Raimundo Villegas) 为拉丁美洲科学院 (ACAL) 院长及委内瑞拉加拉加斯国际高级研究院教授。他毕业于委内瑞拉医学院, 为范德比尔特大学及哈佛医学院研究员、美国康奈尔大学访问教授及达纳·法伯肿瘤研究所访问科学家。在委内瑞拉, 比利加斯教授先后担任过委内瑞拉肿瘤研究所所长及科学技术部长。他积极参与国际科学联合会理事会 (ICSU)、国际理论与应用生物物理学联合会及 ICSU 发展中国家科学技术委员会的活动。

吉列尔莫·卡多萨 (Guillermo Cardoza) 为委内瑞拉中央大学国际经济学与技术开发助教及 ACAL 行政秘书, 兼拉丁美洲科学简讯的编辑及国际科学出版物使用网络委员会委员。卡多萨先生是毕业于哥伦比亚国立大学的化学工程师, 在当地工业界工作多年, 随后在西班牙巴塞罗那的皇家高等学院及法国的巴黎大学完成研究生学习。1991 年他发起成立 ACAL 的拉丁美洲科学信息与研究中心。目前他在 ACAL 从事对拉丁美洲科学的研究。

REFERENCES AND FURTHER READING

- ACAL (1990-1992) *Base de Datos: Directorio de Instituciones Científicas de América Latina y del Caribe*, Caracas, Academia de Ciencias de América Latina.
- Behrman, D. (1979) *Science, Technology and Development: A UNESCO Approach*, Paris, UNESCO.
- BID (1988) *Progreso Económico y Social en América Latina, Informe 1988, Tema Especial: Ciencia y Tecnología*, Washington, Inter-American Development Bank.
- Cardoza, G. and Azuaje, M. (1992) *Proyecto REDALC: Diagnóstico Sintético de la Investigación en América Latina y el Caribe*, Caracas, Edición Academia de Ciencias de América Latina.
- Comisión Preparatoria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Venezuela (1965) *La Ciencia Base de Nuestro Progreso*, Caracas, Ediciones MIC.
- GRADE (1991) *Indicadores de Ciencia y Tecnología 1970-1990*, Lima, Grupo de Análisis para el Desarrollo.
- ISI (1980 and 1985) *Science Citation Index*, Printed Edition, Philadelphia, Institute for Scientific Information, Inc.
- ISI (1989-91a) *Science Citation Index*, Compact Disk Edition, Philadelphia, Institute for Scientific Information, Inc.
- ISI (1989-91b) *Social Science Citation Index*, Compact Disk Edition, Philadelphia, Institute for Scientific Information, Inc.
- Lopez-Piñero, J.M. (1969) *La Introducción de la Ciencia Moderna en España*, Barcelona, Editorial Ariel.
- Oro, L.A. and Sebastián, J. (eds) (1992) *Los Sistemas de Ciencia y Tecnología en Iberoamérica*, Colección Impactos, Madrid, Fundesco.
- Roche, M. (1976) Early history of science in Spanish America, *Science*, 194: 806-10.
- Roche, M. (1992) Gestación y desarrollo del CONICIT: 85-92, in *La Ciencia en Venezuela: Pasado, Presente y Futuro*, Cuadernos Lagoven, Caracas, Editorial Arte.
- Sagasti, F. (1978) Esbozo histórico de la ciencia y la tecnología en América Latina, *Interciencia*, 3: 351-9.
- Saldaña, J.J. (1992) (ed) *La Ciencia y la Tecnología para el Futuro de América Latina*, UNESCO Symposium, Acapulco, 1990, Mexico, Secretaría Ejecutiva del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República de México.
- Steger, H.A. (1974) *Las Universidades en el Desarrollo Social en América Latina*, Mexico, Fondo de Cultura Económica.
- UNESCO (1990) *Statistical Yearbook*, Paris, UNESCO.
- Villegas, R. and Cardoza, G. (1987) Evaluation of scientific

development and south-south cooperation in science and technology in Latin America and the Caribbean: 422-30, in Faruqi, A.M. and Hassan, M.H.A. (eds) *The Future of Science in China and the Third World*, Peking, World Scientific Publishing Co.

Villegas, R. and Cardoza, G. (1990) Latin American and Caribbean diversity in science: regional distribution of research units and publications, Proceedings of the 3rd General Conference of the Third World Academy of Sciences, Caracas, in press.

Villegas, R. and Cardoza, G. (1991) La investigación en ciencia y tecnología en las universidades, centros de investigación y de estudios avanzados de América Latina: el papel de la integración regional, in *Retos Científicos y Tecnológicos*, Reunión Internacional de Reflexión sobre los Nuevos Roles de la Educación Superior a Nivel Mundial: El Caso de América Latina y el Caribe, Futuro y Escenarios Deseables, 3: 62-73, Caracas, UNESCO/CRESALC.

Weinberg, G. (1978) Sobre la historia de la tradición científica latinoamericana, *Interciencia*, 3: 72-7.

World Bank (1991) *World Development Report*, New York, Oxford University Press.

西 欧

萨姆·劳埃德

在世界所有地区中，西欧将科学思想应用于经济与工业的传统最悠久；它保证了科学思想普及到生活的各个方面。科学思想的应用使战争与和平技术都得到发展，导致了向地球多处的探险活动及这些地区随后的殖民化，欧洲的文化概念也随之传播。与此同时，从事于探险和拓殖的人将世界的新知识与资源带回欧洲，加上同其他文化与理论的接触，几个世纪以来又丰富和提炼了欧洲思想与哲学。

今天，那些科学思想的种子已在世界各地开花结果，孕育出“高技术”工业。其经济果实有时似乎已辨认不出其欧洲渊源。那么，该怎样判断欧洲的科学技术状况呢？是否视欧洲科学为先导者，在要求运用更多智力的研究方面领导世界其余地区，或者将它看成已陷于自满和衰微境地？欧洲各国政府在作哪些努力来应付使欧洲在这直接通信时代保持世界卓越科学地位的挑战呢？

回答这些问题，不仅须考虑投资，重点项目的选定及是否拥有一批有教养、训练有素的熟练科学劳动力，还须考察科学家个人和科学、技术人员组成的整个小组的发现；他们利用必要的大型设备推进天文学、生物技术或物理学的前沿。此外，还有很多研究小组从事一般性的辅助研究，他

们为参加直接工业支援的应用科学家提供了必要的知识背景。

地理、经济及研究与发展组合

西欧是一个地理区域极其多样化、经济联盟集结、政治修好取得进展的大陆。它包含从摩洛哥、梵蒂冈及圣马力诺这样的小国到德、法、英、意这些拥有中型规模经济体系的国家。

撇开最小的国家不计，西欧分为两个主要经济区：由12个国家组成的欧洲共同体（EC）——比利时、丹麦、法国、德国、希腊、爱尔兰、意大利、卢森堡、荷兰、葡萄牙、西班牙与英国；包含7个国家的欧洲自由贸易区（EFTA）——奥地利、芬兰、冰岛、列支敦士登、挪威、瑞典与瑞士。此外还有三个传统上不结盟的欧洲国家为塞浦路斯、马耳他与前南斯拉夫。土耳其参加了欧共体，以色列则与欧共体订有自由贸易协定。

现在，欧洲国家正在进一步靠拢。上述两大集团密切结合成一个欧洲经济区（EEA），包括EC与EFTA国家，唯有瑞士不在内。其中的四个国家——奥地利、芬兰、挪威、瑞典——已申请欧共体正式成员资格。

表 1 欧洲共同体的研究与发展 (R&D)

国 家	R&D 人员 (FTE) ¹ (1990)	每千劳动力中 R&D 人员 (1990)	R&D 科学家 与工程师 (FTE) ¹ (1989)	R&D 科学家 与工程师/千劳动力 (1989)
比利时	38 773	9.3	17 583	4.2
丹 麦	25 070 ³	8.5 ⁵	10 962	3.8
德 国 ²	431 100	14.2	176 401	5.9
希 腊	9 586 ⁵	2.4 ⁵	5 461	1.4
西班牙	64 934	4.2	32 914	2.2
法 国	293 031	12.0	120 430	5.0
爱尔兰	11 379 ³	6.6 ⁴	6 340	4.9
意大利	144 917	5.9	76 074	3.1
卢森堡	尚缺	尚缺	尚缺	尚缺
荷 兰	68 170	9.9	26 680	4.0
葡萄牙	12 043	2.5	5 456 ³	1.1 ⁴
英 国	280 215 ³	9.8 ⁴	131 928 ³	4.6 ⁴
欧共体 12 国 ⁶	1 379 218	9.3	610 229	4.2
美 国	尚缺	尚缺	949 300	7.6
日 本	794 337	12.4	457 522	7.3

1. FTE (full-time equivalent) 相当于全日工作

2. 不包括前民主德国

3. DGXII/A4 根据趋势临时估计数

4. 指 1988 年

5. 指 1989 年

6. 欧共体 12 个成员国，卢森堡未计入

资料来源：OECD DGXII/A4

国家科学政策

这个地区有着强大的政治、经济及社会凝聚力，产生一种向心效应。但是，尽管有为数可观的协作组织和联合 R&D 计划，由于历史和文化原因，各个国家执行 R&D 政策的方式大不一样。

在简单分析四个最大的西欧国家的状态之前，应当提一提它们共有的几项主要任务。还须指出，尽管主题是普遍的，达到目的的方法却各

有千秋。

第一，过去 20 年来研究对工业发展及其竞争能力的重要性，所有的政府都看得越来越清楚，并在它们的科学政策中列在首要地位。

第二，仔细考虑了工业的技术转移问题，特别是中、小型企业的技术转移，因为它们被认为是主要的创新源。同时也看到，如果要使这些措施生效，必须细致处理知识产权的问题。

表 2 欧共体的 R&D 投资及与美国、日本的比较

国 家	GERD* 总额 (ECU* 百万)	GERD* 占国内生产总值 %	人均 GERD* (ECU*)	1990 年各资助部门 在 GERD* 中所占 %			1990 年各部门完成数 占 GERD* %		
				1991	1991	政府	工业	其他	政府部门
比利时	2 722 ¹	1.71	272	27.6	70.4	2.0	6.1	72.6	21.3
丹麦	1 675	1.59	325	45.5 ³	46.8 ³	7.7 ³	19.1 ³	55.0 ³	25.9 ³
德国 ²	35 519	2.58	445	37.2 ⁴	59.9 ⁴	2.9 ⁴	15.2 ⁴	68.4 ⁴	16.4 ⁴
希腊	402 ¹	0.70	39	68.9 ³	19.4 ³	11.7 ³	42.4 ³	22.3 ³	35.3 ³
西班牙	3 730	0.87	96	45.1	47.4	7.4	21.3	57.8	20.9
法国	23 511	2.42	412	48.3	43.5	8.2	24.2	60.4	15.4
爱尔兰	340 ¹	0.97	96	29.0	60.0	11.0	16.2	60.7	23.0
意大利	12 821	1.38	224	51.5	43.7	4.8	20.9	58.3	20.7
荷兰	4 630	2.00	307	45.1	51.1	3.8	18.1	56.2	25.7
葡萄牙	399 ¹	0.72	41	61.8	27.0	11.1	25.4	26.1	48.4
英国	18 435 ¹	2.26	320	35.8	49.5	14.8	14.0	66.6	19.3
欧共体 12 国 ⁵	104 184	2.02	302	41.2	51.7	7.1	17.4	64.5	18.1
美国	124 559	2.78	493	47.1	50.6	2.3	11.0	69.9	19.1
日本	77 700	2.86	627	16.1	77.9	6.0	8.0	75.5	16.6

1. 欧共体根据趋势临时估计的数字

2. 包括民主德国

3. 参照年为 1989

4. 参照年为 1991

5. 欧共体 12 个成员国, 缺卢森堡数据

* GERD 国内 R&D 支出总额

ECU 欧洲货币单位

资料来源: OECD, EUROSTAT, ECDG XII /A4

第三, 在近年全球经济停滞的期间, 在预算固定或充其量缓慢增长的限制下, 国家和国际的预算管理当局施加压力, 要求对计

划、项目和机构经常进行评价, 目的是在凡能够确定成本-效益之处谋求最高效率。对效率不够理想的概予裁删。面临科技活动

费用普遍上升的形势，这些行动被认定是必要的。

第四，所有这些国家都认识到通过国际合作可以获取很多利益。它们在政策中规定了开展科学与外交方面的国际合作。

最后，在大学、学院、实验室或车间内培训科学家、工程师、技术人员是所有这些国家国策中的优先重点。

法国

在法国，研究与技术政策问题主要由研究与技术部长集中管理，他直接负责政府研究机构及民用研究与技术开发预算所资助的研究团体，例如国立科学研究中心(CNRS)；并与其他部长共同负责一整批科学技术组织，例如国立卫生与医学研究所(INSERM)、国立空间研究中心(CNES)。

研究与技术部长兼任高级研究与技术委员会主席，对有关国营企业研究计划提供咨询。

在法国，集中了专门力量推动基础研究，严格管理大型技术开发计划及提高整个技术水平。

工业研究享有直接或间接的政府补助。直接补助的对象是被选定参加国家计划所选十一项技术之一的公司；这些计划的制订是为了促进工业技术并使工业研究所与公立实验室结合起来。民用航空、空间、民用核能、电信、重要国防计划等优先领域都制订了技术开发计划，全部由国家资助。间接补助的方式是减免税收，提供对象是承担R&D工作的企业，目的在于刺激工业发展。现在正在探索改进民用与国防R&D计划之间协合作用的途径。政府对两者的资助分别为63%与37% (见表3)。

长期目标是尽快使国内R&D总经费(GERD)从1991年的2.4% (235.11亿欧洲货币单位) 增加到3%。

表3 1991年欧共体各国政府对R&D的资助及与美国、日本的比较

国 家	政府对 R&D 的资助	
	民 用 (%)	国 防 (%)
比利时	99.8	0.2
丹 麦	99.6	0.4
德 国 ¹	89.0	11.0
希 腊	97.6	2.4
西班牙	83.2	16.8
法 国	62.6	37.4
爱尔兰	100.0	0.0
意大利	92.1	7.9
荷 兰	96.5	3.5
葡萄牙	99.1	0.9
英 国	55.7	44.3
欧共体 12 国 ²	77.9	22.1
美 国	40.3	59.7
日 本	94.3	5.7

1. 包括前德意志民主共和国

2. 欧共体 12 个成员国，缺卢森堡数据

资料来源：OECD

德国

德国的体制稍有不同。科技工作由三个方面分头负责：联邦政府主管非大学基础研究及工业部门的国际合作；州(邦)政府主管州内大学、医学院及独立科学研究机构，后者包括德意志研究联合会(DFG)、马克斯·普朗克学会(MPG)及弗朗霍夫学会(FhG)；大型研究机构联合会则主管其余科技组织。

联邦的职责落在联邦研究与技术部长

(BMFT) 身上, 由下议院研究委员会辅助, 后者具有控制与监督职能。联邦政府在制定研究政策的指导原则时, 向一些独立研究机构 (DFG, MPG, FhG) 咨询意见, 后者负责使科学同工业挂钩。除上述直接责任外, BMFT 还会同其他部长管理后者所属领域内的研究工作。其中一例是与工业部长共同负责中小企业的创新体制。

随着 1989 年东西德国合并的开始, 进行了一次较大规模的重新评审工作。在对前东德整个科学界作了一番审定之后, 原德意志民主共和国以科学院、农科院及土木工程与建筑学院为主的集中化科学结构改为德意志联邦共和国现有结构。

“研究自由”的原则及优秀科学家晋升时个人首创精神的重要性受到极大重视。为了促进工业 R&D, 政府提供直接或间接补助, 特别关注中小型企业, 对其研究人员费用予以津贴。德国 1991 年用于 R&D 的经费为 355.19 亿 ECU, 相当于其国内生产总值 (GDP) 的 2.6%; 民用占 89%, 国防占 11%。

意大利

1989 年, 意大利开始深入改革它的 S&T 体制, 设立了科学技术研究与大学部 (MURST), 作为单一的决策机构协调政府所资助的全部研究工作。此外, 大学与其他研究所在选择研究计划与管理有关资金方面, 现在享有很大程度的自由。

部长在制定科学政策的任务时, 由部际经济计划委员会与部际工业政策委员会协助, 并采纳国家科学委员会 (CNST) 的建议。后者是一个由科学界高层人士组成的团体。国家大学理事会 (CUN) 参与大学管理事宜。除 MURST 外, 其他如国防部、工业部、南意大利特别援助部也帮助提供其所属领域的研究基金。

意大利的国家研究委员会 (CNR) 有点类似于法国的国立科学研究中心, 是一个跨学科的研究组织, 专门负责政府 R&D 政策所指定的项目。这

些应用研究项目都属于国家感兴趣的课题, 由政府、工业、地区及地方组织在工业、能源、农业、卫生以及环境等领域内实施。

意大利科学政策的主要目标是将研究水平提高到与其他 GDP 相近的欧洲国家 (如法、英) 相当的水平。为了实现这一目标, 增加投资的方向是提高体系质量及改善各种类型研究之间、各部门之间、国家南北之间的平衡。当前正在增进参加国际与欧洲计划的能力, 并通过减、免税鼓励工业的 R&D。

1991 年, 其 GERD 经费总额为 128.21 亿 ECU, 占 GDP 的 1.4%, 其中 92% 用于民用 R&D, 8% 用于国防 R&D。

英国

到 1992 年为止, 英国的中央科学体制由 11 个向内阁与首相负责的政府部门构成。随着科学大臣的任命及一项以工业、科学、政府合作关系为基础的国家科学战略的公布, 上述体制有所变动。科学技术部办公室 (OST) 制定的此项战略将逐年由内阁批准, 其中并将包含年度经费拨款及对科学可能趋势的 5—10 年预测。国家科学政策的主要目的是提高生活质量和增加国家财富。

在过去的政策中, 所有接近市场的 R&D 都由工业负责。现在根本的不同是有意援助一些有前途的、但未得到商业支援的研究项目, 然而对承担 R&D 的企业并不提倡税收优惠。

鉴于需要已有变化, 正在对受政府资助的所有组织进行彻底评审, 以期查明应予保留的、适于私有化的以及可以停办的组织。

对 7 个部门委员会同行审定的项目发给研究补助金, 大学则由另外的高等教育资助委员会资助。1991 年的 GERD 总额达 184.35 亿 ECU, 为 GDP 的 2.3%, 其中 56% 用于民用 R&D, 44% 用于国防 R&D。

从上所述可清楚看出, 现在认为在争取西欧

国家的繁荣与社会福利的努力中，应将建立一个坚实的科学技术基地列为极优先的项目。

表 4 1990 年欧共体技术收支及与美国、日本的比较

国 家	技 术 收 支		
	收 入 (ECU 百万)	支 出 (ECU 百万)	差 额 (ECU 百万)
比利时	1 480	1 973	-493
丹 麦	尚缺	尚缺	尚缺
德 国 ¹	4 268	5 156	-887
希 腊	尚缺	尚缺	尚缺
西班牙	315	1 716	-1 400
法 国	1 493	2 004	-510
爱尔兰	尚缺	尚缺	尚缺
意大利	555	965	-410
荷 兰	504	947	-443
葡萄牙	尚缺	尚缺	尚缺
英 国 ²	1 788	1 865	-77
欧共体 12 国 ³	10 405	14 625	-4 220
美 国	12 936	2 461	10 475
日 本	1 848	2 025	-177

注：1. 不包括前德意志民主共和国
 2. 参照年 1989
 3. 欧共体 12 个成员国总额（包括英国 1989 年数字）

资料来源：OECD, EUROSTAT, DG XII /A4

科学产出

科学活动的一个共同要素是不可或缺的交流，工业科学家也许例外，因为他们的工作受商业考虑的约束。通过国际闻名的科学杂志上的报道，信息交流和分析非常便利。这种方法应当只看成

是定性的，因为它忽视了在例如针对特殊领域的技术报告之类的“灰色”文献中所发表的大量数据，也忽视了世界各地数据库中日益增积的知识。

同时，由于体会到信息需要及时，就可能出现牵强附会的现象，就像在“乐队花车”（赶浪头）效果中所看到的那样；一篇新闻稿或一份鼓动性预刊就可能引发一阵写作活动，其中或属于推测性，或属于客观、纪实性。数量之多足以掩饰对某一课题的实际理解水平。在这方面，围绕“冷聚变”的主张与反主张就是一个值得注意的例子。尽管如此，引文索引的采用的确可能做到对不同地区类似活动的份量作出一定的对比。下节拟归纳一下现有已发表的西欧科学计量数据。

评定科学活力的另一传统方法是根据获得国际奖、特别是诺贝尔奖的科学家数量。1945—1992 年间，西欧科学家获诺贝尔奖（物理、化学、生理学或医学）者为 112 人，北美 143 人，日本 5 人，如将经济科学奖计算在内，上述数字分别为 123，162 与 5。

发表的成果

在世界科学文献（物理、化学、数学、生命科学及技术科学）产出中，整个西欧地区所发表的文献各超过 33%，北美（美国、加拿大）超过 40%，日本为 7%。世界所有领域文献产出的前 10 名依次为英国、德国、法国、意大利、荷兰、瑞典、瑞士、以色列、西班牙及比利时，共占 30%。有意思的是，12 个欧共体成员国作为一个集团所占比例为 28%。

谈到主要科学领域，可以预料各学科的排名次序各异。

物理学 依次为德国、英国、法国、意大利、荷兰、瑞士、以色列、西班牙、瑞典、比利时，发表的文献占全球该学科总额 28%。

化学 德国是化学的传统发源地，居于首位，其后依次为英国、法国、意大利、西班牙、荷兰、

瑞士、瑞典、比利时、以色列、芬兰，共占世界该学科文献发表总额的30%。

数学 德国同样领先，其后依次为法国、英国、意大利、以色列、芬兰、西班牙、比利时、瑞士、瑞典，共占世界总额30%。

生命科学 依次为英国、德国、法国、意大利、瑞典、荷兰、以色列、瑞士、丹麦、比利时，共占世界总额33%。

技术科学 依次为德国、英国、法国、意大利、荷兰、瑞士、以色列、瑞典、西班牙、比利时，共占世界总额26%。

除将各国在某一领域内向世界发表的文献量按序排列外，研究一下它们的科学产出在各自国内分布情况，从而对它们于不同科学领域的重视程度获得一些感性认识，也很有意义。

就整个地区来看，生命科学居各学科之首，其文献产出在西欧所有国家中平均占57%。斯堪的纳维亚对这一学科的传统兴趣可从丹麦、芬兰、挪威与瑞典均各占70%以上得到说明。占比例较小的为希腊、葡萄牙、西班牙、土耳其，分别占39%至45%。

前南斯拉夫、希腊、葡萄牙、法国、瑞士、意大利的出版物总额中，物理出版物均占20%以上，瑞典最低，占10%。在所有国家中，物理产出均为第二位最重要的，但西班牙除外，它对化学的爱好强烈，占其文献产出的30%；其次的一组为前南斯拉夫、德国、意大利，属于20%级类。斯堪的纳维亚国家在化学产出方面似乎最不活跃。

数学由于它的性质，在任何地方研究者都较少。但它同时也不受设备或基础结构费用昂贵的限制。在大多数西欧国家中，这门学科文献产出只占2—3%左右。奥地利、意大利、法国、土耳其的这项产出只占到3—4%，希腊、以色列、葡萄牙则超过4%。

最后是技术科学。有些显然不太占优势的国家，看来对这门科学却相当重视。在土耳其、希腊、葡萄牙、前南斯拉夫、德国、奥地利等国，工程技术占全国文献总产出的10—20%。

上述比较不仅反映出工业化程度较高的国家一方面追求“大科学”的卓越，一方面保留对各部门学科的传统兴趣，还反映出社会结构及拥有健全学府与适当基础研究设施所产生的影响。科学传统各异的欧洲国家彼此差异很大，这可能使人们把这个地区看成为一个真正的“基因库。”

专利活动

通过对各国每10万居民获得专利件数的调查可以进一步判断出地区科学技术活动的差异程度。

将1987到1990三年的数字平均，可看到瑞士是专利领域的领先者。它每10万人口获得的专利为40.44件，仅次于日本（43.44件）。德国及瑞典次之。分别为28.14与22.91件。相比之下，美国为19.12件。再其次为奥地利、芬兰、法国，均在15件以上。包括英国、挪威、丹麦、荷兰、比利时、希腊在内的一组，专利件数在7.7与4.4之间。最低的是爱尔兰、意大利、葡萄牙、土耳其，每10万居民每年获得的专利件数小于1。

分析1985—1990年期间的趋势，丹麦、爱尔兰、芬兰、德国、挪威、奥地利、荷兰、西班牙与瑞典每年均有增加，瑞士、法国、土耳其、英国、葡萄牙、比利时、希腊与奥地利则逐年下降。增减率最高为+12.7%，最低为-11.7%。

大体说来，专利件数与其他指标之间的关联不很明晰，它似乎更多地是反映发表习惯与技术工业相对水平，而不是反映一国的科学文化程度。

表 5 1990 年欧共体国家专利申请件数及与美国、日本的比较

国 家	国内专利申请件数			居民向国外申请件数
	总 数	居 民	非居民	
比利时	43 544	912	42 632	7 947
丹 麦	35 998	1 288	34 710	10240
德 国 ¹	95 164	30 928	64 236	161 006
希 腊	18 765	389	18 376	536
西班牙	46 817	2 260	44 557	4 603
法 国	78 919	12 742	66 177	66 632
爱尔兰	4 735	734	4 001	1 226
意大利	尚缺	尚缺	尚缺	29 969
卢森堡	32 591	41	32 550	955
荷 兰	49 989	2 646	47 343	26 351
葡萄牙	3 642	101	3 541	86
英 国	90 978	19 474	71 504	80 320
欧共体 12 国 ²	344 043	71 515	272 528	199 531
美 国	175 333	90 643	84 690	295 202
日 本	376 371	332 952	43 419	129 835

注：1 不包括前德意志民主共和国

2 欧共体 12 国是成员国数字的总计，意大利未计入 1—3 栏内

资料来源：OECD, DG X II / A4

欧洲共同体的科学

欧洲国家相互靠拢的结果之一是采取了根据欧共体政策制定的科学技术规划中的若干行动；它们集体执行了旨在加强欧洲工业科学技术基础及扶助欧洲工业使之具有更强国际竞争能力的多年度纲要规划 (Framework Programme)。规划于 20 世纪 80 年代开始执行，其原则是在共同体一级完成的全部研究工作开展得更合适、更有效。头三

期实施过程中，规划进展稳定，1993 年年中在协商实施第四期规划。

进行中的 1991—1994 年第三期规划，预算约为 66 亿 ECU，较前一期 3.96 亿 ECU 有大幅度的增加。规划在三大主要领域内实施：辅助技术，包括信息技术、工业技术与材料技术；自然资料管理，包括人力资本与人才流动——这是一项主要为建立纯粹欧洲的科学潜力与劳动大军的计划。预算占欧共体预算总额将近 5%，同整个成员国总的 R&D 经费数额相当。欧共体目前建议为第四期

纲要规划拨款 131 亿 ECU，用以减少当前工作分散情况和促进科技成果转化为经济和商业成果。

纲要规划还规定共同体在研究、技术开发和技术示范等方面同第三方国家与国际组织合作。在建立欧洲经济区 (EEA) 的条约的补充协议中也包括了研究工作。

表 6 在美国获专利的西欧国家所占百分比 1963—1988

	1963	1969	1974	1979	1984
	1968	1973	1978	1983	1988
德国 ¹	33.74	35.62	37.16	40.10	40.91
英国	24.80	21.56	18.16	15.91	14.67
法国	13.42	13.99	14.45	14.29	14.60
荷兰	4.67	4.36	4.32	4.49	4.62
意大利	4.27	4.77	4.72	5.37	5.83
丹麦	0.92	1.08	1.03	0.93	1.03
比利时	1.63	1.88	1.84	1.64	1.55
爱尔兰	0.06	0.14	0.11	0.12	0.20
西班牙	0.42	0.47	0.59	0.40	0.57
希腊	0.06	0.08	0.07	0.04	0.05
葡萄牙	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
瑞士	8.66	8.41	8.81	8.33	7.31
瑞典	5.24	5.08	5.65	5.09	4.89
奥地利	1.33	1.57	1.76	1.85	1.89
挪威	0.50	0.53	0.62	0.56	0.60
芬兰	0.25	0.42	0.68	0.85	1.27
总数	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

1 不包括德意志民主共和国

资料来源: US Department of Commerce, Patent and Trademark Office

纲要规划所包括的研究活动按三种不同方式

完成:

第一种方式是“墙外”研究，即在费用分担基础上开展的研究，由欧共体支付很大一部分费用，另一部分费用由完成者（研究中心、大学或工业企业）承担。这类研究的规模很大，被认为是加强欧洲技术竞争能力的一种特别重要的方式。它提供了利用成员国研究小组和实验室的机会，并通过将目标一致的各个小组结合在一起而获得协同利益。因此，它也是一种有效的协作手段。

第二种方式是“内部”研究，在欧共体联合研究中心 (JRC) 的四个场所（意大利的伊斯普拉、比利时的海尔、德国的卡尔斯鲁厄、荷兰的佩滕）进行。JRC 特别适合于开展旨在支持共同体制定有关经济、工业社会政策方面的规章、标准的研究工作。它具有特别适合于研究跨境问题的条件，例如研究有关环境与险情分析的问题，并便于完成按定义应属国际性的研究，例如：创设标准化参考资料与测量技术；提供大型试验设备供来自成员国的科学家使用，以保证他们长期从事有利于欧洲的研究；确保所有成员国参加机会均等。

最后是“协作行动”方式，共同体某些活动（例如医学研究规划）采取了这种方式。不进行任何资金调拨，规划的各个部分分别由成员国完成，后者为国家承担的项目提供资金，负责其实施。欧共体委员会通过推动信息交流进行协调并支付有关费用。协同行动得以发掘共同体可资利用的多种技艺与传统，经费支出很少，并能产生异花受粉的有趣效果。纲要规划包括促进青年科学家与工程师的培训与流动。这类补助主要是针对博士后研究，所有欧共体国民均享受同等机会。原则上，研究工作必须在某

一成员国内，但不是在受资助者的国内完成。

在第四期纲要规划中，委员会的建议确定六大目标：

· 使国家、共同体、欧洲的活动进一步一体化。增强共同体的研究、开发与技术活动的选择性以达到加大经济影响。

· 对共同体的研究、发展与技术活动加强选择性，以求增加经济影响。

· 传播共同体研究、技术开发与示范活动的成果，并使成果达到最佳化。

· 发展研究训练的协合作用。

· 发展研究政策与经济、社会团结政策之间的协合作用。

· 增加共同体活动的灵活性以便对科学技术新变化作出迅速反应。

纲要规划包括了所有国际合作关系，并通过建立与国家计划、共同体计划、尤里卡计划及欧洲其他合作团体之间的协调关系，进一步促进欧洲研究的一体化。联合研究中心是共同体本身的研究中心，可以发挥网络焦点的作用。

其他政府间组织

第二次世界大战末期，国际科学合作的势头逐渐增强，建立了联合国教科文组织(UNESCO)，继之又成立了联合国系统若干其他专业机构，例如粮农组织(FAO)、国际原子能机构(IAEA)、世界卫生组织(WHO)及世界气象组织(WMO)，全都以某种方式涉及科学研究。在联合国的促成下建立的组织对欧洲与世界其他地方在科学探索领域里的相互关系有着特殊影响。

对欧洲在核 R&D 方面的科学生活有显著影响的另一组织是经济合作与发展组织(OECD)，它的核能源署(NEA)在 60 年代后期的活动之一是在挪威的哈尔登、英国的温弗里斯希斯建实验

原子堆，在比利时的德塞尔建一座回收高浓缩核燃料的工厂。这些装置中的第一座迄今还在运转并参与研究。

设在比利时布鲁塞尔的北大西洋公约组织(NATO)将欧洲大多数国家同美国、加拿大联系在一起，目的是集体防卫。但 NATO 在 1970 年制定了它自身的科学计划，力图全面推进科学前沿并促进 NATO 国家参与研究工作。这一行动自开始以来，又有来自盟国和其他国家的 50 多万科学家通过国际交换计划加入了这一行动；该计划着重科学家个人参加，而不是着重于机构参加。

不提国际标准组织(ISO)便不足以说明欧洲情况的全貌。ISO 是由各国的标准团体组成，按一系列工作小组与专家委员会达成的一致意见开展工作。在欧洲，标准化团体设立了欧洲标准化委员会(CEN)和欧洲电学标准化委员会(CENELEC)。西欧地区的愈趋一致使制定合理可行标准所要求的科学精密度也在成倍提高。

现在从介绍国际组织转而介绍欧洲政府间组织。欧洲核研究中心(CERN)于 1953 年在瑞士的日内瓦成立。1951 年 UNESCO 的一次会议为它的成立奠定了基础。从那时起，CERN 取得了一次又一次的成功，成为整个欧洲家喻户晓的名称。可以断然地将它看成为欧洲各种合作中最有影响者。除了它的著名科学成就和在最严格的建筑领域与甚大规模高能物理实验操作中所表现出来的工程技术水平外，CERN 还是众多其他科学组织的模式。

其中一个研究组织是欧洲南美观测台(ESO)，于 1962 年在德国的加尔兴建立。它的主要任务是为欧洲天文学家提供望远镜从若干个天文台观测南半球。ESO 用它的新技术望远镜(NTT)在观测仪器的研制中起了主导作用。NTT 是采用转向计算机或活动镜片来提高图像清晰度的第一台望远镜。该系统将用在预定于本世纪最后几年完成的甚大望远镜(VLT)上。

CERN 的另一重要后继者是欧洲分子生物学实验室，它在欧洲分子生物学组织 (EMBO, 1964 年成立) 的赞助下于 1974 年建立, 1977 年在德国兴登堡开放, 不久便以科学技术产出的质量闻名。它和 CERN 一样, 以培训青年科学家的高效能而著称。新近, 除设在德国汉堡的电子同位加速器协会 (DESY) 及设在法国格勒诺布尔的劳-朗容研究所的两个分部外, 又在英国剑桥设立一个分部——欧洲生物信息科学研究所 (EBI)。此外, 还计划再设一个小分部, 附属于也位于格勒诺布尔的欧洲同步加速器辐射研究所 (ESRF)。

欧洲国际航天局 (ESA) 是 1973 年由欧洲航天研究组织 (ESRO) 与成就不大的欧洲卫星发射组织 (ELDO, 1962 年成立) 合并而成。ESA 执行的科学计划卓有成效, 用于研究彗星的 Giotto 人造卫星就是一个显著例证。这项计划以下列四者为“基石”: 太阳地球物理学、行星探测任务、X 射线光谱学及毫米-波长射电频谱学。ESA 还经营了一项业务, 即利用极其成功的阿丽亚娜火箭为无线电通信、对地观测与气象发射了世界商务载重的约 50%。在农业统计学、作物预测、天气预报、海洋及环境研究等采用改良技术的应用科学中, 吸收了欧洲航天研究的大量副产品。

全欧范围最近的合作计划是 1985 年在法国政府倡导下组织的尤里卡计划, 它主要开展准市场研究, 经协议同意的泛欧项目的参加者向各自政府寻求资助。其集中化程度远不如欧共体行动, 而是采取一种更为“由下而上”的方法。目前, 大约有 675 个项目在进行中, 分布于 9 个高科技领域。

可以看到, 尽管欧共体及其纲要规划取得进展, 但其他一些受政府间资助的组织和机构继续与之并存, 而且在很多情况下还很兴盛。共同体规划的目标是改善共同体的社会状况和增进欧洲在整个世界的竞争能力, 而许多其他政府间组织所探索的是一些需要昂贵大型设备或需要充分交流

的特定领域。尤里卡是一个特殊例子, 它避免了关于投资过大、脱离实际行动的种种非难。评价它在对付工业挑战上的成就还为时太早, 但就 20 个国家之间在交叉领域方面的合作而言, 它已证明是一项值得推行的计划。如果考虑大科学项目及其不断扩充的趋势, 就会看到世界范围的协作, 特别是与北美的协作增加, 而且经常会看到有一种在原有势力范围以外寻求新伙伴的迫切愿望。EC 聚变计划在英国卡尔汉姆执行的欧洲联合核聚变实验装置 (JET) 项目目前正接近完成。下一个大型聚变实验可能属于世界规模, 因为经费需求已超出在欧洲伙伴提供的资金限度内可以合理取得的数额。前景最有希望的项目看来是国际热核实验反应堆 (ITER)。

总之, 我们可以说: 欧洲政府间组织所从事的主要是基础研究, EC 规划所承担的是竞争前研究, 尤里卡活动则属于准市场研究的范畴。

非政府组织

在本世纪后半期, 成立了一批国际非政府组织 (NGO), 为科学工作各个方面开展合作提供方便。它们为数众多, 在此只拟提出各种类型组织的典例, 包括: 为国际科研全面提供服务的组织, 如国际科学联合会理事会 (ICSU); 严格局限于欧洲或某一学科的组织, 如各国学会组成的欧洲生物化学学会联盟 (FEBS); 直接以科学家为个体的组织, 如作为杰出科学家论坛的诞生的欧洲科学院以及成立已久的欧洲物理学会。在政府间组织可能不很灵便或不适宜的场合下, 所有这类团体都适于在开放或限制不很严的基础上为科学家之间的交流提供机会。这一途径往往较之按政府指令或共同体促成的科学政策开展活动更具有“由下而上”的特点。

欧洲范围内最有影响的非政府组织也许是欧洲科学基金会 (ESF), 它于 1979 年在法国斯特拉

斯堡成立，集合了 21 个西欧国家的 59 个国家与国际公共补助金提供组织及研究所。会员包括国立研究委员会、EC 及著名的科学组织如德国的马克斯·普朗克学会、法国的国家科学研究中心 (CNRS) 与英国的皇家学会。

演变及公众的看法

总的来说，过去几十年来较大欧洲国家施行的政府科学政策表明了一种演变，即：国家资助的大研究中心大多已经从兴盛走向衰落。

本世纪 30 年代中期，由于要解决的实验问题更复杂、更难以处理，因而需要的设备日益精密。同时，技术进展提供了便于采用新方法或所得结果更精确的仪器设备，这就使科学家，特别是研究理科与生命科学中许多领域的科学家走出了个人实验室的小天地。

最大的研究机构通常是政府或多国公司所拥有和管理，而且往往是第二次世界大战中为满足军事需要而提供 R&D 资助过程中的经验产物；随后在探索安全可靠的核能源过程中，民用核 R&D 部门迅速扩大。

研究中心都是多学科的，在欧洲很多地方为了解决从农业到技术与开发各种技术问题的既定选择对象，对科学的管理本身成了一门运用矩阵结构的专业。要使大型项目分解成若干部分以便于各种专家小组分别执行，必须采用这种结构。

然而，由于 EC 纲要规划的目的业已实现，从事单个 R&D 项目的科学人力规模缩减，面向项目的 R&D 也趋向于被一般性计划所取代。研究重点的修改，加上经济压力，促使各国政府对这类科学家小组是否合适重新进行评定。

早期尝试将成本/效益分析应用于评价工程项目，由于难以确定有意义的投入参数与衡量产出，因而往往只能得出定性结果。科学计量学主要

是通过文献调查和引文分析计算可供使用的产出。即使是工业研究，如果有任何经济效益，也只能在了解生产、销售及其他成本的情况下才能进行充分分析。

同行评议制度因而开始成为重要和必需。质量管理和计划管理的效率成了评价计划的主要标准。大型研究机构经过严格检查后已经减少许多，或者划分成规模较易管理，适合于手头任务的若干单位。有些情况下，进而对原来公有的单位实行了私有化。

这种变化的一个结果是科学家与技术人员同外界隔绝的情况减少了。他们学会用比较灵活的态度对待承担的工作类型；承担一定数量的合同研究对搞基础研究的小组来说，已成为一种常规。在有些情况下，合同研究通过互补互利带来富裕，但在另一些情况下，科学家脱离本行从商或转业。

在欧洲，就业市场的压力也促使那些越来越习惯于短期合同的科学家和技术人员流动，他们不再习惯于过去直接补助研究的“终身制”特点。与此同时，在欧洲找不到职业的青年科学家当中掀起了一股“人才外流”风，在希腊、爱尔兰等大学毕业生供过于求的国家，人才外流一向是科学生活中的一个特点。在这方面，卓越的国际中心如 CERN 已做了一些工作来纠正这种状况。它为才能比较突出者建立了若干“人才公园”。

改革的其他压力来自公众对政府的活动要求有更大透明度。他们对科学家的看法也同时在演变。

起初，基本上囿于传统，大都未受过科学教育的欧洲公众不是把科学家看成模样滑稽的“疯教授”就是看成以向公众卖弄一些新奇而别无意义的玩意儿为职业的魔术师。从某种意义上来说，是第二次世界大战改变了这种看法；战争显示了技术能够提供复杂的进攻与防御武器，它们曾使欧洲的平民百姓受尽煎熬。

随着核能潘多拉盒子的开启，带来了一段时

期的心理安宁，指望科学家给社会提供基本上免费而且取之不尽的能源。与此同时，也把科学家看成是大毁灭的制造者，因而是一些危险的、无法控制的人物。有些当时名声显赫的科学界人士敏感地觉察到这份“清白的丧失”，开始不断地潜心考虑科学活动对道德、对社会福利的潜在影响。

在其他次要的科学发现中，如杀虫剂、溶剂、冷冻剂及其产品的发现，也引起了类似反响；过于热衷于应用这些产品招致了不幸的后果，遭到公众的摒弃。自此以后，受到良好教育的公众强烈感到有权利获悉、讨论、了解，并在可能情况下参与决策，确定 R&D 应遵循何种方向发展及如何加以控制，使之有利于全体人民。

由此又使人们认识到要对若干问题的社会与政治重要意义作伦理上的考虑。这类问题包括：释放遗传工程生物有机体，胚胎研究，基因疗法，人类基因学研究；使用实验室动物作医学研究；乃至考虑应对家畜、灵长目等特定种类的动物应用另一套更严格的管理法规。

今天，这些具有高度感情性质的课题不仅是科学家、决策者及新闻界应认真考虑的问题，它们已成为大众新闻媒体中耸人听闻的报道、而且经常是失真报道的题材。对渴望了解同他们日常生活有密切关系的问题，并渴望对这些问题形成自己看法的公众来说，媒体的这种做法是毫无帮助的。

结 束 语

由于具备瞬时通信与捷便国际旅行的条件，世界变得更小、相互依存更为密切。在大多数较发达地区里将会看到上述各种现象。科学家往往是进一步密切政治关系的大使；欧洲科学家就曾帮助发展中国家获得援助与教育的机会。

从事科学是一种充满活力的活动，西欧的科学也不例外。整个地区正在朝着进一步联合演变，而与此同时又保存各自在科学政策方针与做法上的特色。这一点应被看成是的大好机遇，能进一步发掘加强科学联系的途径、发掘条件较差地方所蕴藏的人才和增大这些地区参与发展欧洲科学的潜力。

萨姆·J·劳埃德 (Sam J. Lloyd) 为欧洲委员会研究核反应堆管理的顾问，负责通过高层科学家与管理人员组成的同行评议小组对欧洲原子能联营 (EKRA TOM) 的联合研究中心 (JRC) 8 个研究所进行评定。他同时担任若干其他组织的顾问。

劳埃德先生在英国皇家通信队服役后加入了哈雅尔原子能研究所，担任冶金部门实验官员。后被派往比利时的莫尔，负责气冷反应堆材料辐射损伤实验小组。他负责管理 JRC 的佩滕研究所辐射部达四年之久。尔后他建立了一个小“思想库”，设计研究所的新计划；继而接管材料研究实验室，兼任 IRC 科学技术秘书处的出版顾问。1982 年，劳埃德先生前往布鲁塞尔 JRC 总部，1984 年被任命为该总部总监的私人助理。从 1988 年至退休的四年中，他负责 JRC 理事会的秘书处。

FURTHER READING

- Editor *et al.* (1987) Science in Europe, *Science*, 237(4819): 1093, 1101-14.
- Editor *et al.* (1989) Science in Europe, *Nature*, 338(6218): 717-36.
- Editor *et al.* (1993) Science in Europe '93, *Science*, 260(5115): 1703-58.
- World Economic Forum and IMD (1992) *The World Competitiveness Report 1992*, Geneva/Lausanne.
- Schubert, A., Glänzel, W. and Braun, T. (1989) Scientometric datafiles, *Scientometrics*, 16(1-6).
- Patel, P. and Pavitt, K. (1992) Europe's technological performance, in van Raan, A.F.J. *et al.*, (eds) *Science and Technology in a Political Context*, Proceedings of conference on Science and Technology Indicators, October 1991, Leiden NL, University of Leiden.
- OECD (1992) *Main Science and Technology Indicators 1992*, Paris, Organization for Economic Cooperation and Development.
- Commission of the European Communities (1992) *EC Research Funding: A Guide for Applicants* (3rd edition), Luxembourg, Office for official Publications.
- Commission of the European Communities (1993) *Proposal for a Council Decision Concerning the Fourth Framework Programme of the European Community Activities in the Field of Research, Technological Development and Demonstration (1994-1998)*, Luxembourg, Office for Official Publications.
- BMFT (1993) *Bundesbericht Forschung 1993*, Bonn, Bundesministerium für Forschung und Technologie.
- Ministère de la Finance (1992) *Projet de la Loi de Finance 1993: état de la recherche et du développement technologique: activités 1991 et 1992 et perspectives 1993*, No. 2 063049 b 25, Paris, l'Imprimerie Nationale.
- ENEA (1993) *Energia e Innovazione*, 39(5-6), Rome, Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- UK Government (1993) *Realizing Our Potential: a Strategy for Science, Engineering and Technology*, UK Government White Paper No CM2250, London, HMSO.

中欧和东欧

布拉各维斯特·森德夫

为了考虑今天中欧和东欧的科学状况并试图评价其前景，我们必须知道和了解这些国家极权主义政权崩溃后正在发生的变化的历史意义。这个地区的前社会主义国家各有其特点，然而也具有有一些相似的问题，因为它们多年来被迫遵循同一发展模式。这种模式的特征之一是科学的组织和发展的方式。

在所谓“社会主义阵营”中整个政治、经济和文化生活均受共产主义思想所统治，共产主义思想声称是人类历史上第一次创立的基于科学理论建造社会的一种思想。因此，在共产主义政权

下科学具有特殊地位。

今天，普遍情况是否认和摒弃这些政府所做的每一件事情，但要从极权主义顺利过渡到民主则较费事。要否认社会和科学生活中许多成就是不合理的。表 1 所示为从事科学研究与发展 (R&D) 人员数字 (UNESCO, 1992)。这个数字在 1989 年前除匈牙利和波兰外，在其他国家都不断上升；这两个国家从 1980 年起开始下降。其原因也许是它们的科学家有比较大的自由可在国外工作，以及 80 年代出现在那里的经济和政治形势。

表 1 从事 R&D 人数

国 家	1970	1975	1980	1985	1987	1989
保加利亚	46 633	60 939	72 335	90 308	96 471	—
前捷克斯洛伐克	137 667	149 011	171 789	180 439	—	185 492
前民主德国	—	158 573	191 429	191 262	—	195 073
匈牙利	50 749	60 604	62 866	48 745	—	42 276
波 兰	196 200	299 000	240 000	181 000	—	—
罗马尼亚	46 382	62 918	—	—	167 049	169 964
前南斯拉夫	36 467	42 524	53 699	68 591	—	78 704

资料来源：UNESCO 统计年鉴，1992

在中欧和东欧变革开始时，享有声望的科学杂志《自然》(Nature, 1990) 刊载了标题为“改革斯大林的学院”的系列文章，其中有一篇写道：“斯大林主义最鲜明的遗迹之一是在东欧继续存在一些从未实现过目的的科学院。现在是改革它们的时候了。”改革这些国家的科学院是一个关键问题，这是由于它们的科学潜力以及科学和科学家对未来开放的市场经济和民主发展所具有的重要性。

中欧和东欧的改革在共产主义统治垮台的一个极短期间内就已开始并形成了一“多米诺”过程，但改革则决不就此终止。况且，如果民主化过程不伴以经济改进，则完全有可能在这个被推翻的政权的废墟上重新形成另一个权极主义政权。在美国科学促进会科学和政策计划董事会 1992 年 9 月份报告中写道：

“我们在东欧遇到的科学家中很多人都害怕在短期中会面临不稳定政府的更替，以及在长期社会中社会的不满情绪可能导致为一种新形式独裁统治提供基础。同时，他们认为在目前的政治情况下许多党派相互以最大的承诺竞争最少的经费，这对科学不利，因为科学研究对于大多数人来说成了一个次要项目。”(Cave 和 Frankel, 1992)。

从极权主义社会过渡到民主社会将是一个长期过程。在这个过渡过程中有关政治力量通常着重于建立某些新法制和以基于私有财产的市场经济取代旧的集中经济。这两项改革肯定是极为重要的，然而如果没有一些机构去研究和阐明事实，鼓励人们更有效和更负责地参与这个政治过程，真正的民主将证明不可能实现。这些机构就是科学研究所和大学。

科学结构

社会主义国家都采取三重的苏维埃科学组织

体制。科学院通过它们的研究所进行基础研究，大学大都着重于附带某些基础研究的教学工作，工业和农业研究所(附属于各有关部)则负责应用研究。

科学院

在社会主义时期，中欧和东欧所有的科学院，都模仿苏联科学院的结构模式，具有一些共同特点，主要有：

科学院是各该国家的最高科学机构。这一最高地位给予这些科学院大量权力和来自政府的财政支持。在某些方面，这是以削弱大学中的研究为代价的。

社会主义国家中的科学院具有某些接近于科学部职能的政府职能，但同时，它们又在国际民间组织内代表本国的科学界。例如，在最具声望的民间国际科学组织国际科学联合会理事会(ICSU)中，中欧和东欧国家通过其科学院曾作为理事会代表(迄今仍为代表)(ICSU, 1993)。

科学院实际上由两个部分组成：法人部分(corporate part)——同西方型科学院一样是科学家的专有法人组织；和事业部分(institutional part)——一大批由政府资助的研究单位。

科学院如以数量表示，通常代表国家 8% 和 12% 的研究力量。但如以质量表示，则此百分率还要大得多。例如，1988 年，保加利亚学者和研究人员的 12% 受聘于保加利亚科学院，在国外国际性杂志取自保加利亚的科学出版物的文章中，52% 是由科学院成员撰写的。

东欧和中欧科学院在改革期间，对各该国科学出版物的影响，可通过在科学院工作的科学家的出版物占每个国家出版物总数的百分率来表示(表 2)。

表2 若干国家科学院成员出版物占各该国出版物总数的百分比

国 家	1988 (%)	1989 (%)	1990 (%)	1991 (%)
保加利亚	64.2	65.1	60.9	59.4
前捷克斯洛伐克	41.4	39.1	40.0	39.8
波 兰	22.1	21.2	23.4	23.5
匈牙利	29.0	33.1	31.1	31.5

资料来源：科学信息研究所 (ISI) 科学论文索引

科学院的发展也不能不受国内矛盾的影响。科学院所属研究所的活动隐含和实际上削弱了科学院成员作为一群独立的具有高度才能的学者和知名人士所起的作用。

大学

在二次大战以前中欧和东欧所有国家中大学科学研究具有与西欧相同的精神传统，记住这一点很为重要。在采用社会主义科学院模式之前，最强有力的研究团体和研究潜力都集中在大学。在波兰和匈牙利，一些古老的大学，甚至在极权主义政权下，也仍旧是重要的科学中心。在论及科学院在波兰科学生活中的作用时，波兰科学院院长亚历克山大·盖伊茨托院士写道：“如同在其他欧洲国家一样，在我的国家里有关科学机构中，大学早于学会和科学院，后者又早于专业研究所，它们都成立于国家科学研究委员会之前。”（Gieytor, 1991）。

在社会主义时期，高等教育也是一个优先领域并且作出了大量成就。然而大学仍旧未被视为一支巨大的基础研究潜力。这种武断地将研究与教学分离对科学和教学均所不利。

前社会主义科学院模式的严重缺点之一是它实际上与大学和年轻人科学训练脱离。为克服这

一缺点，1972年在保加利亚开始一项实验，目的是使保加利亚科学院与索非亚大学相结合。主要想法是克服研究与大学教学分离的现象。这种结合，在理论上为大学中的所有科学家使用科学院的实验室和其他研究设施以及为科学院的所有科学家去大学任教提供了可能。

1986年10月，由13位美国科学家、工程师、科研管理人员和经济学家组成的小组访问了保加利亚，并与保加利亚同事参加了由保加利亚科学院和美国国家科学院所组织的专题讨论会。下面是有关科学院与大学结合的议论：

“保加利亚科学院研究所与索非亚大学有关院系在机构组织上的结合在东欧是独特的。虽然其时保加利亚科学院和索非亚大学在研究活动上仍存在较大的差异，可是科学家、大学生以及思想上的相互交流大有改进，因而双方均大大受益。”（Schweitzer, 1987）。

科学院和大学之间的结合，虽也经共产党正式赞许，可是并未引起热烈反应，因为它的一些概念有背共产主义政权某些基本信条。在社会主义期间，大学不仅被视为重要的专业和学术培训机构，并且也是对未来专家灌输思想的工具。发生过这样的情况：一些有才能的学者偶尔违背了党的指示，立即被调到科学院，仅仅是为了切断他们与学生的联系。科学院与大学分开并不是机构组织上的失误：它是制度运行的必要条件。保加利亚科学院和索非亚大学之间的结合，由于有违社会主义某些政治原则而告失败。

应用研究

科学和实践的结合证实对社会主义是一个难以超越的问题。尽管施加了压力和花费了金钱，仍未能建立起有效的机制。政府各部均设有大的研究所，但其研究结果很少付诸实施。需要学到的主要教训是：在应用科技的发展中缺少个人利益和个人主动性，这不是采取计划和行政压力所能补

偿的，不管压力多大多广。

目前，在从计划经济过渡到市场经济的期间，专门从事于应用研究的研究工作处境最难。它们的经费政府不予保证，一小部分研究所正在转变为私营研究公司。

科学的意识形态化

在极权主义政权期间，公理之一是强制性地
把科学分为真科学（社会主义科学）和伪科学（资产阶级科学）。这种划分在哲学和社会科学中是自然的和十分明显的，因为哲学在社会科学中思想观点构成准则和方法论。在大学中每个人都不得
不通过基于马列主义原理的思想学科考试。因而，在所有高等院校，设有思想讲座，成千上万的讲师和教授被用于讲授马克思主义、政治经济学和其他思想学科。甚至年长且已定型的科学家还得被迫再通过一次马克思主义的特殊思想课程，以追随社会主义革命。

当谈到极权主义政权时的科学，我们必然区分开硬科学（数学、物理、化学等）和软科学（社会和人文科学）。确实，共产主义政权使用科学并需要硬、软科学供多种目的使用。

软科学是用来建立极权主义政权的科学基础，以证明其历史合理性和前途光明。“在过去科学的任务是政治决策提供事后的辩护。”（Cave和Frankel, 1992）。在这个期间，造就出成千上万个“科学家”，他们唯一目的是找出这些政权经济和社会政策的“科学的”论证。

硬科学比较具有独立性，但也不是始终如此。对一些基于思想动机的科学理论，采取行动加以反对，严重影响了社会主义国家中自然科学的发展。遗传论和控制论过去被标为伪科学，这是思想干涉最为突出的例子。对遗传论的斗争颇为残酷，以致导致共产主义国家第一流生物学家的死亡。对于控制论和计算机的斗争也颇激烈，结果，使计

算机技术的发展受到严重耽误。

对科学家的思想控制十分严厉。科学事业中的所有升迁必须经某级党组织的批准。我们说所有科学家都处在命名过程之中。对非党员科学家并无绝对的禁令，但党员身份可使一个科学家一生称心如意。例如在保加利亚，所有公民只有10%是党员，但保加利亚科学院成员几乎80%是党员。

有意思的是尽管这所科学院是典型的极权主义科学组织，但科学院内的科学家思想极端自由和倾向民主，对此，波兰科学院院长作了如下解释：

“即使在共产党在社会生活中具有无上权威的年代中，这所科学院的政治倾向比某些大学要小得多。除一些例外情况外，尤其在成立初期，还一直保留有专家任命的专家代表机构。随着政治情况的不断变化，我们的科学院，如同匈牙利科学院一样，今天用不着去修改它的结构”（Gieysztor, 1991）。

作为对共产主义政权期间科学意识形态化的一种反应，另一种称为“非共产主义化”的开展目前正成为一个争论点。在1991年10月，捷克斯洛伐克联邦会议通过一项法律，规定凡在1949年到1989年间在共产党内占有一定地位的人，不论是谁，在五年内不准担任政府行政职务。在匈牙利，所有大学都设有一些委员会，专事审查大学各系负责人的政治资历。波兰议会也通过了一些非共产主义化的法案。这些法案中影响最大的是保加利亚议会在1992年12月投票通过专为“保加利亚科学非共产主义化”制订的一项立法。根据这个法案，凡在经最高级共产党组织批准的科学行政部门任职（如大学校长、科学院正副院长等职务）的科学家五年内不准担任科学部门的行政职务，包括最小的科研单位的行政职务，并且不准参加授予学位的科学理事会。这项法案是机械的，不允许对有关的科学家（约4000人）私人罪行的逐件审查有所松动。

非共产主义化这条法律的反对者和人权主义活动家承认确实犯有罪行的人应予惩处。但是根据联系而不是根据行动定罪，这样的法律就创下了危险的先例。对那些认为被错误控告的人缺乏正当程序，滥用法律的事例极多。除其他许多困难外，所有这些又增加了在后社会主义国家内的紧张状态。

人才外流

在 UNESCO 欧洲科学与技术地区办公室发表了有关欧洲人才外流的一份报告，其序言中有称：

“在中欧和东欧国家向市场经济过渡期间，目前正在发生的智力和文化外流可能使这些国家的潜力、甚至整个欧洲潜力受到严重损失。应予以指出的是“人才外流”是一个涉及多方面的过程，它甚至也发生在西方国家，有时对科学研究和文化发展都会引起严重的问题。”（Angell 和 Kouzminov, 1991）。

中欧和东欧的人才外流是在两个层次上发生的：科学家迁往其他国家；有前途的年轻科学家改行而从事科学以外的事业。造成这两种情况的主要原因是工资低下，研究经费缺乏和科学的基础设施不断恶化。

在后社会主义国家中，阻止人才外流是不可能的，实际上也不一定是必要的。许多来自这些国家的有才能的年轻和不太年轻的科学家找到可以继续其研究的良好条件。主要问题是目前要寻求一种减弱这种趋势的机制。一个重要的手段是与西方伙伴进行科学合作以及为合作项目提供资助，这样，就无须使科学家长期移居国外了。

前景瞻望

中欧和东欧新兴民主国家的科学和科学家所

处的困境，不仅可被看作是一个危机时期，更重要的，也可被看作是一个伟大的机遇。ICSU 阐述了它组织过一次特别会议讨论这个问题的基本原理：

“科学，就人力和基础设施而言，对重建民主的东欧极为重要，因为革新工业、农业、教育和文化、实现对环境无害的新技术、环境防治问题、参与包括北-南发展合作的国际合作科学项目及创造经济改革所需的条件等，都需要科学。”

这个地区的议会和政府都必须认识到科学对这些国家的经济和前途的潜在能力。从另一方面说，科学家必须重视现实情况，协助进行评价与必要的科学改革。国际科学界早已表明其协助的意愿。

改革

很明显，在实现民主化和向市场经济改变的过程中，新兴民主国家的科学院，势必进行改造。其中一些科学院可以直接改为西欧模式，并将其法人部分与事业部分分开。研究所则可以成为自给的或与一大学进行联合。这种解决办法适合法人部分信誉较差和力量薄弱的科学院。

在具有悠久传统和强大法人部分的科学院中，改革的方向将按新的经济和政治形势进行调整，而不是直接改革模式。保存现有科学潜力的政策是至为重要的，因为今后建立有竞争力的工业必须具备这种潜力。

资金

中欧和东欧的一般趋势是由于经济困难，政府已削减科研经费。例如，保加利亚科学经费占国民生产总值的百分率，在 1989, 1990 和 1991 年中分别为 1.09%，0.78% 和 0.47%。

在极权主义国家被推翻前若干年，在中欧和东欧若干国家就已开始实行西方资助基础研究项目——采用同行评议的制度。现在需要的是建立

类似国家科学基金会的政府机构，以便在强有力的竞争基础上资助科学项目。这也是使基础研究回到大学的一个办法。

为了挖掘私营企业不断增长的资助科学的潜力，极为重要的是制订特殊减免税立法和支持科学活动。

布拉各维斯特·森德夫 (Blagovest Sendov) 院士是保加利亚科学院前院长及该院信息科学和计算机技术中心主任。他以前担任过索非亚大学校长，并于 1986—1990 年任 UNESCO 政府间信息学计划副主任。他是近似理论、生物学数学模型和计算机科学领域中若干出版物的作者。

REFERENCES

- Angell, I.O. and Kouzminov, V.A. (eds) (1991) *Report of the Working Party on Brain-Drain Issues in Europe*, Technical Report No. 3, Venice, UNESCO-ROSTE.
- Cave, J. and Frankel, M.S. (1992) *Breaking from the Past*, Publication No. 92 - 34 S, American Association for the Advancement of Science.
- Gieysztor, A. (1991) The independence of academic institutions and government: the Polish Academy of Sciences, in Kuklinski, A. (ed) *Transformation of Science in Poland: 199-205*, Warsaw, 'Rewasz' publishing house.
- ICSU (1993) *1993 Year Book*, Paris, International Council of Scientific Unions.
- Nature* (1990) Reforming Stalin's academies, *Nature*, 343 (11 January 1990): 101.
- Schweitzer, G. (1987) Introducing research results into practice, the Bulgarian experience, *Technology in Society*, 9: 141-55.
- UNESCO (1992) *Statistical Yearbook*, Paris, UNESCO.

俄罗斯

谢尔盖·卡皮查

几年前发生，迄今仍在东欧和前苏联继续进行着的重大变革注定会对世界大部分地区的政治、经济和社会状况产生长远的影响。在这些国家甚至连边界都处于演化中的这段时间里，很难期望能对科学的现状及其未来的发展给予适当的注意。然而，如果我们对所发生的事件具有长远或者是更超然的观点，那就会看到科学的未来与这些变革是紧密相关的。短时期的社会发展对确定科学技术的现状和条件有用，但是就更长远的未来而言，科学本身将成为形成新的自由民主世界的关键因素。

如果我们分析一下俄罗斯的科学现状，其主要的特征是，大部分的国家资助已不复存在。不复存在的原因不仅是由于打击这个国家的巨大的经济危机，而且也因为俄罗斯对科学应该处在其中的地位正在经历深刻的反思。在旧体制 (ancien régime) 下，硬科学在很大程度上附属于军事工作，而军事工作在几十年期间促成了可怖的武器系统的建立。从核武器到火箭和制导导弹、军舰和飞机，枪炮和坦克，科学决定了武装力量的高水平和尖端化。

必须承认的是，大型军事导向计划的领导人在资助基础科学方面是十分慷慨的。在此应该认识到科学文化以及在世界范围内维持一个全球大国的发展水平所需背景的全部意义。但是在最近

20 年期间对所谓的“大科学”的资助却不断减少。例如，尽管有资助许诺，却没有一个大型加速器或研究用反应堆投入运行。一度雄心勃勃的空间计划也丧失了它的大部分动力。庞大的俄罗斯海洋学研究船队因缺乏资金而处于困境。随着苏维埃国家的瓦解，为实践所证实的苏联共产主义的死亡以及由于深重的经济危机导致工业生产的明显下降，硬科学已几乎失去了它的大部分支持和资助。

另一方面，由于为之服务的整个思想体系已经垮台，软科学处于更加混乱的状态。今天，数万名马克思主义、共产党党史和政治经济学方面的教师完全失去了他们的工作岗位，在许多情况下失去了存在的意义，因为他们的学说本质业已消失，这表明了意识形态危机的范围，换句话说，俄罗斯的科学必须使硬科学非军事化，软科学非意识形态化。

在前苏联，在很大程度上决定科学政策和科学至高地位的主要机构是苏联科学院。在科学院的成员中有许多非常杰出的科学家。遗憾的是，在苏联崩溃的年代，由于政治权术而经常牺牲了高标准。当新成立的俄罗斯联邦科学院与前苏联科学院合并时，科学院的标准明显降低了。之所以发生这种情况，是因为科学院这一苏联科学机构必然与反对改革的那些人联合在一起，这些改革

就是戈尔巴乔夫的改革或叶利钦的改革。科学研究机构的保守政策已导致学术界的深刻分裂，结果是另外又组织了一系列科学家学会、新的科学院甚至大学。在这些机构中应指出的一个机构是自然科学院。该机构力图广泛联合一系列机构的科学家，其中包括大学的科学家。

目前，俄罗斯的科研经费已经削减。据报告，俄罗斯科学院的经费及其研究所、图书馆、观象台和出版社网络的经费已减少了三分之一至五分之一。由于经费大量削减以及打开了参加商业和企业活动的新机会，目前许多科学家不再从事科学活动。这主要发生在年轻的和更活跃的一代科学家，或许所有科学家的四分之一会因而离开科学界，四分之一的科学家会离开俄罗斯，而留下来的科学家半数可能退休；最终如果现在积极从事研究的全部科学家中仅有 20—25% 留在俄罗斯的话，那也不足为奇。这一阶段现在还没有到达，但人们必须认识到这一未来趋势。

这种变革不仅是急迫的，而且更是必须的，然而这种变革可能会是痛苦而激烈的。前苏联的科学人员过多，并且头重脚轻。多年来它试图发展成一个在很大程度上与世界科学隔离的自我封闭的实体。这也是现在俄罗斯已经开放后需要进行改革的另外一个原因。正是在这种条件下我们应该尝试提出俄罗斯国家科学政策，确定它的新重点。

基础科学的需要

为了更好地了解现代的需求和挑战，我们应该研究现代科学和社会以及经济之间复杂的相互联系。首先让我们考虑基础科学，即为知识的需要而发展的科学。基础科学是以认识和解释我们周围的世界以及人类自身的深层需要为目的。另一方面，应用研究所追求的则是它的实用性。目前，已普遍认识到基础科学和文明之间所存在的

深刻联系，尽管日益增多的反科学和反知识的力量扭曲了这些微妙关系。应用科学密切联系着工业，对技术和经济的发展具有直接影响。

就投资而言，基础科学、应用研究与发展 (R&D) 和工业可以用 1 : 10 : 100 的比率来表示。然而，如果我们考虑按照从基础科学发展一系列概念，然后成为应用研究的趋向到最后对工业产生影响这一过程所花费的时间，则可得出逆关系式，即 100 : 10 : 1，因为在基础科学中形成一个传统或建立一所大学需要几十年，或许甚至要 100 年，或者说在应用研究中发展一个领域需要 10 年的时间，而一个工业企业则可以在一年左右的时间内将其转化成一个新产品或模型。例如，量子力学中的基本发现在一代人或两代人的时间内导致了晶体管的发明，然后是激光。在一个世纪以前，电磁理论为电力工业，然后是无无线电、电视、雷达和现代通信的发展奠定了基础。今天，或许是在较短的时间范围内，我们亲眼看到现代遗传学和分子生物学的发现对医学和农业以及进化和环境研究的巨大影响。天文学和宇宙论中的发现有可能为新技术所利用，特别是为宇航工业的空间技术所利用。这些新的方法和设施可用于观察地球，并形成观察行星现象的崭新方法。因此，基础科学与现代技术一起将对我们了解世界、对我们人类自身以及对我们的文明不断地产生非常深刻的影响。

正如所指出的那样，基础科学有一个很长的发展时间表。只有到今天，才看出了影响基础科学发展的长期因素，德国在第二次世界大战中被打败的大约 40 年后，才重新获得其在科学领域中的地位，在纳粹统治的年代里，德国的科学传统在很大程度上被破坏了。

今天，亚洲和太平洋地区新兴国家对工业乃至对应用科学的影响远远大于它们对基础科学研究的贡献。在基础科学方面建立地区性或国家传统的困难甚至可得出这样的见解，不应作出这种

尝试。因为目前的基础研究是作为全球性知识事业而进行的，实际情况迄今就是这样，但这并不意味着在一个发达的科学社会里不应进行基础研究，因为基础研究是我们现代文明的一个重要组成部分，只要是在一个国家的基础上进行基础研究，它对高等教育就可以直接作出贡献。正是由于这种原因，俄罗斯科学发展的任何中断或严重的停顿将产生长远的影响，应该引起科学界和整个俄罗斯的即时关注。

俄罗斯期当前进行的经济改革主要影响着工业，在很大程度上也影响应用研究。供求规律能够也必将确定新的发展模式，在此我们可能期望有崭新的和深刻的变革；这种变革也将影响前苏联巨大的军事工业综合体，在很大程度上向市场经济过渡也就是在以前不久以军事为导向的指令经济在发生变革。因此，是冷战中的军事失算正在支配着改革，这是一场从未真正发生的战争，然而其经济后果却累及现在。

正是在这种混乱的情况中，基础科学遭受到损失。首先，人们不能，也不应该根据市场的直接影响去进行基础研究。虽然科学的责任很清楚，虽然勤奋的科学家以某种方式从事其事业，然而短期的簿记和直接的资金管理并不能真正估算出基础研究当前成果的价值。如果有人希望计算出基础科学的效率，则应该在长期的基础上去计算，至少是几十年。众所周知的是，计算的结果对科学是十分有利的，但是这种结果不在于进行工作的那种方式，而是因为知识的力量有巨大的倍增因素。如果一项发明，或者是应用研究成果，或是研究与发展的成果有百分之几甚至一个数量级的收益，我们就可以看出基础科学的发现是如何开创了人类奋斗的新领域。这也就是为什么基础科学应由国家和社会支持的原因；这也是公众应该充分理解这种状况的理由。基础科学的水平和成就应主要由世界科学界和社会自由地进行评议，并将其视为现代文明的一个主要部分。

基础科学之所以对我们的文明有如此深刻的影响，是由于未来一代人在很大程度上受到新的科学思想和概念的影响。可以看出，这也是科学为社会服务的一项最重要的优先任务。这应该看作是科学和社会之间新的长期合同的一个最重要部分，作为新的一系列社会条件的结果，是前苏联各国及其组成国目前必须进行协商和贯彻的。以往为国家尊严而服务的，以大型和表面上给人以深刻印象的计划或以十足的军事威力所表现的俄罗斯的科学，现在必须重新确定其使命。

那么，我们应该让俄罗斯的科学做些什么呢？首先，俄罗斯的科学在很大程度上应与大学相结合，与对下一代科学家和工程师、医生、律师、教师和政治家的培养相结合。这一代新人正是改革的实际执行者，未来的主要希望。为了科学和为了俄罗斯，下一代人的后续教育和培训应是最主要的重点。

新政策

在社会的决定性变革之际，在现行体制面临挑战之时，会有助于新教育制度的建立。法国革命时期建立了大学（Grandes Ecoles）。俄国革命后在30年代的工业化的迫切要求下，建立了目前的技术学院体系，这在很大程度上使研究与教学的分离制度化了。第二次世界大战后，由于战后高技术 and 军备的需要，成立了目前很有名的莫斯科工程物理学院。该学院是在俄罗斯主要科学家的倡议下发展起来的，党和政府给该学院以全面支持。它成了一所非常成功的，尽管是唯一的，却是教学和研究相结合的一个范例，该学院强调由最好的科学家教学，通过全面的物理和数学课程来培养未来的科学家和工程师。目前，这一经验能够也应该用作高等教育的新政策。例如，很重要的一项发展是在莫斯科周围一系列科学中心成立教学部门以便扩大这些专业科学研究所培训大

学毕业生的能力。

比以往任何时候更为重要的是，俄罗斯必须维护和发展其高等教育的传统，除了石油和天然气外，人才有理由可以被视为主要的财富。在苏维埃制度下的那些伟大和优良的事物中，我们无疑会列举到长期保持的教育传统，一种尊重知识和科学的状态。目前，俄罗斯必须学会如何有所收益地利用这一主要财富。在此我们可以指望在新生的企业家阶级和科学与技术之间建立起联系。在共产主义制度下，实际上不能正确地管理以发展和利用社会的知识潜力，使之作为现代世界最具活力和进取的因素。确实，以教条的形式来解释工人阶级事业的马克思主义的思想，服从居统治地位的党的政治利益，最终导致了苏维埃国家的崩溃。这种情况或许没有任何一个领域会比对待计算机和信息技术那样能更加明显地说明问题。

遗憾的是，对待科学和技术的正确态度却处于巨大的压力之下。一个成功的暴发户可以在一天成为一个百万富翁，然后在一个晚上挥霍掉他的金钱。一个出租汽车司机的收入比一位医生或大学教授要多 10 倍以上。管理人员，甚至是科学院的管理人员，要比科学家本身生活得更好。作为文化现象的科学，以及科学技术新闻已从那个国家的报纸和电视以及公众的头脑中消失了。反科学的趋势猖獗，而占星术者和江湖医生却十分活跃。在很大程度上这是整个国家遭受的深重危机的征兆（参见 *Scientific American*, 1991 年 8 月号）。另一方面，这无疑反映了一场新的深刻的科学再调整。难道马克思主义的宣传家不是不止一次地说过，这是一个极好的新世界赖以建立在其上的唯一真实的科学思想体系吗？难道科学家，特别是核物理学家关于核能会带来无限幸福的论断不是以切尔诺贝利核电站的事故而告终了吗？其他一些名声较小的计划，不管是核聚变能源或者是预期的高温超导技术的出现，不是都没有能执

行吗？在最初轰动一时之后，我们现在该怎样评价其空间开发的成就呢？还有对于环境方面的困境我们该做些什么呢？

在此可以这样认为，切尔诺贝利核事故，与技术上的不完善相比，更多的是那个国家的工业和社会在社会和心理上尚未准备好就进入核时代的结果，以及世界科学界早期许诺或者暗示的热核能源和常温超导体的后果。我们应该承认，这些问题不仅要从前苏联和俄罗斯的科学指出，而且也应对科学家和广大全球选民指出：问题和许诺迟早都必须解决。就某种意义上来说，俄罗斯科学危机，或者甚至是前苏联的科学危机，就其一般的意义而言，都是一种现象，它以一种放大的方式反映出了作为总体而言的世界所存在的某些重大问题。这种观点并未得到全面的认同，甚至很少被继续探索，这种观点应该受到更严肃的对待。

与世界科学相结合

俄罗斯科学政策其次的一个重点应是将其科学与世界科学结为一体。由于俄罗斯的工业将逐步与世界经济相结合，俄罗斯的应用科学将及时地与世界科学相结合。人们只能希望在这一过程中俄罗斯不再热中于成为商品和武器的出口国，并设法为了更温和的目的去发展高技术 and 知识密集的工业。

由于基础科学与世界科学分离的传统根深蒂固，已有几十年的历史，俄罗斯的基础科学不可能立即与世界科学相结合。在此，俄国最主要的优先重点再次应该尽快为俄国年轻的一代向世界科学开放提供机会。在戈尔巴乔夫时代初期，距今约 7 年前，中华人民共和国至少有 2.5 万名大学生在美国学习。作者在华盛顿与当时的苏联驻美大使共进晚餐讨论这一问题时，向大使说明了这一数字，并问他目前有多少苏联大学生和科学

家在美国。得到的回答是不到 100 名。这一信息传给了戈尔巴乔夫。他的行动是即时而支持的,但是简直没有什么效果。目前据报告,中国已有 40 000 名大学生在美国,而俄罗斯在美国的大学生仅寥寥几千人。

目前有关人才外流谈论得很多了。尽管有全部公开的资料,然而到目前为止对这些数字仍然无须惊慌。科学家的外流应部分地看作是俄罗斯科学和整个世界之间进行正常联系的一种途径,俄国必须为几十年的自我封闭付出代价。从国际交流的统计资料中我们可能看出俄罗斯科学的趋势和发展(表 1)。随着俄罗斯政局有望恢复稳定,科学的重点将会重新确定,我们将会看到科学家们重返俄国。

表 1 俄罗斯科学院科学家所进行的人员交流和旅行

旅行目的	1991 年	1992 年
参加会议	6 956	5 058
合作交流	1 506	628
应邀	8 451	7 357
考察	329	112
合同(长期访问)	467	881
陪同人员	1 262	1 597
总计	18 971	15 630

表 1 中的数据系由俄罗斯科学院国际部提供,这些数据本身能说明并反映出国内的研究活动,特别是基础科学中的研究活动在减少。俄罗斯科学院约拥有俄国所有科学家的十分之一。

实际上极为重要的是,学术界一些关键性的人员已经离去,科学书籍停止出版,研究和教学的连续性消失了。例如,由兰道(Landau)和利夫希茨(Lifshitz)合著的世界著名的《理论物理学经典教程》的修订本,由于缺乏资金已在俄罗斯科学院出版社搁置了 2 年多。许多有名的物理

学派的高级研究人员也离开了俄罗斯,在这里一种为国际公认的传统连续性可能已遭到破坏。

人们肯定不会反对在世界范围内进行科学家交流。但是令人惊奇的是,当一个超级足球球星从一个俱乐部转到另一个俱乐部时,要付给球星几百万美元,这向世界表明那个人的重要性和实际价值。可是,当一位杰出的教授被邀请出国时,没有一个人曾经考虑过补偿多年来培养和教育这位卓越教授的机构。在这种环境下我们能希望在公众的脑海中产生强有力的科学的形象吗?或者会为培养这样一位有特殊天才的源头提供支持吗?

目前,比以往任何时候都需要在更大程度上培育和发展科学的形象和提高科学家的地位。俄罗斯痛苦的教训对许多其他国家来说传递了一个信息,一些人士认为在很大程度上科学的衰退是一种危机的全球现象。作者不同意这些由此引出的悲观结论,尽管遗憾的是,科学家自己经常参预到散布厄运之中。在大多数情况下这是现代伪科学的末世学中极其原始的传统做法。如同十分费力的待解难题,这些信息经常引起失望而不是希望,损坏士气,而无助于面对世界和我们文明的现实问题。

自从理性时代以来,科学已许诺得太多了。现在似乎最后审判日已经来临,这或许是世界科学界开始在评估和确定科学的重点方面表现较少自得和更多坚强意志的适当时间。在发展中面对挑战的俄罗斯科学在这一方面应该采取比以往更严肃认真的态度。旧的和保守的学术机构能够制定出这些新的发展重点吗?或者将会出现新的领导吗?在多大程度上能将科学留给科学家自己来进行管理呢?能有人对古老的格言“战争这件事太重要了,以致不能交给将军们来办”作出解释吗?不要认为,作者是为了提倡对科学的行政管理(在俄罗斯,我们在这方面有许多非常不幸的经验),但是目前的危机状况确定需要有新的方法去

解决科学界所面临的复杂问题,在多大的范围内,国际的建议有助于这样的决策,是一个十分重要的问题。或许外界的权威有助于克服这个并非没有某些成绩,曾经运转前苏联和俄罗斯科学,直到现在还存在的“老同学”俱乐部的既得利益。

前苏联大部分的科学(不仅仅是科学)是以命令主义的方式进行管理的,存在着许多问题,要将新的民主思想扩大到科学管理方面。这不是一件容易的事,而是必须重视和要用这种或那种方式加以解决的问题。或许应该设想一种新的政府管理基金的手段,类似于美国国家科学基金会(NSF)或德意志研究学会(DFG),将咨询与决策分开。对这种机构来说极重要的是,由科学家并希望由议会来完成新科学政策的制定。这只能寄希望于成立新的立法机关。

外部援助

应恰当地提及世界科学界对俄罗斯所提供的帮助和援助。已经为提供科学出版物的连续性和可得性做了很多事情。因为俄罗斯和前加盟共和国图书馆的大部分经费已经削减。降价出版和发行《自然》杂志(月刊)的倡议开辟了一条与世界科学联系的重要通道,因而深受欢迎。作为对需要进行保护的杰出人才的中心的资助,对个别科学家小组的赠款很有帮助。为旅行提供经费是重要的,特别是对年轻的科学家。在来自基金会的对俄罗斯科学的援助中,特别值得提出的是美国的索罗斯基金会的资助。

在变革和受挫折的时刻,当脆弱的科学团体很可能要崩溃之际,这些捐款是十分重要的。但是,人们不能依靠这种手段来维持一个长期的科学政策;有些人甚至认为,这样的援助可能会破坏俄罗斯的科学结构,或者倒不如不要这种援助。在对个别科学家和科学项目提供资助方面,这极易颠倒性质不同小组和主要研究所之间极为重要

的平衡,而正是这些研究所提供了大部分基础设施和一个健全的研究中心的知识传统。在全部研究中心之中,大学比任何其他科研机构具有更加持久的性质。今天我们看到这些以任务为导向的研究中心是什么状况了,它们曾一度被认为是杰出的中心,但是现在为达到它们的目的,在寻求资助和社会可接受的生存手段上存在着很大困难。对军事研究机构来说能更好地看出这种情况。最后,人们应该牢记的是,只有俄罗斯自身才能够而且应该真实地确定其科学重点并管理俄罗斯的科学。新上任的总理在其被任命后不久就拜访俄罗斯科学院,这是一个有希望的迹象。

可预见的将来,实验研究似将遭受最大的损失,因为实验研究比纯理论性的工作要花费更多资金,而纯理论研究在前苏联已得到强有力的支持。业已指出,俄罗斯在发展大科学方面长期来是严重落后的。在目前按任何标准来判断这些大型实验室已丧失了时间、人员以及这些实验室应提供的大部分成果的情况下,国家应该继续资助它们吗?另一方面,大型项目需要以对国家目标和世界科学有重大贡献为根据来加以选择。在此要再次提出必须确定新的重点。遗憾的是,以往承担的义务、庞大而往往仍有权力的既得利益集团的压力以及连续性的传统,使之更难做出正确的决策,而任务也因而难以完成。

由于缺少硬通货,目前由俄罗斯科学履行的前苏联科学院与国际机构、学会和项目签订的合同全部处于冻结状态。为了满足这些付款和债务要求,国际财政援助和救济是最受欢迎的。目前提供给技术援助的资金可能分配给国际机构以便资助由俄罗斯科学家和目前没有找到办法在国家一级上参与的其他国家科学家所进行的研究。

保持信心

在困难和奋斗的时刻,信心因素变得特别重

要。使部分科学家丧失决心和信心的所有原因中，对他们的工作，特别是对他们在社会中的地位缺乏了解或许是最重要的原因。目前在俄罗斯发生的价值观的变化对年轻一代的态度具有很大影响。由于放松了检查制度和对社会的责任感，在宣传媒介中可以看到反理智的趋势，结合猖狂的国家主义和排犹主义表现，加上年轻而有为的一代，特别是在研究生和博士后这一层次所受到的挫折和失望，迫使他们脱离科学或是离开祖国。对这些问题和社会公众对科学的态度通常并无人加以考虑，但这些问题都是十分重要的。目前，根据欧洲科学院的倡议，一个国际评审委员会将20项奖金授给了前苏联的青年科学家，以此行动对年轻一代在他们事业的决定性时刻给予支持。前一代人和世界科学家的实际责任之一是清楚地认识这种情绪，因为在可以通过金钱修复实体状态的同时，精神则难捉摸得多，然而它对科学的成功和未来却是起决定性作用的。

要特别关心的是核武器实验室。也许正是在这里最能看出军事工业综合体的研究部门转产的某些根本性困难。从一开始这些机构就是禁区——除了在资金和资源上不受限制外，不仅与世界科学界的接触，即使与国内大多数同行的接触也都是禁区。目前这些机构已向世界开放——它们不得不重新确定其发展的重点，并为使用它们的这些具有特殊专门才能的科学家和工程师，以及在它们支配下的巨大资源寻找新的途径。这不是一件简单的事情，因为这种任务转向的研究机构是被高度分隔成各自独立的部分的。必须认识到的另外一个因素是，这些机构中的高平均年龄，这只会使转产甚至更加困难。人们唯一能指望的是，这一难题的解决及随后产生的变化将不导致一种知识领域方面的核扩散。在这些著名的研究中心的科学家和工程师中形成的责任感现在已变成了对全世界，而不是对于国家在核武器扩散方面所负的责任了。

各独立国家的科学

前苏联分解为一系列独立的共和国以及东欧各国推行新的政策，为科学的发展创造了新的条件。科学家常常是共和国新独立时对新自由最响亮的发言人，在独立的幸福感之后，现在许多科学家不得不面对生活现实。例如，前苏联两个加盟共和国的国家首脑是物理教授——白俄罗斯总统S·舒斯柯维奇和吉尔吉斯斯坦总统A·阿卡叶夫。如果说俄罗斯对科学的资助较少的话，则在许多这些新独立的国家事情往往甚至更糟，必须进行大量的再认识和再思考。一开始与俄罗斯变得艰难的专业联系现在在逐渐修复，在培养大学生，授予学位，出版书籍和杂志，组织联合会议等方面，换言之，就是在支持科学的基础设施方面，有许多工作要做，以重新确定在讲俄语的世界中的联系。科学可能也应该成为这些国家一体化的因素，在这一方面世界国际专业组织具有特殊的使命。例如，过去的科学和工程学会、协会已重新改组，作为前苏联的新独立的这些共和国的学会的联合会。以同样的方式，苏联物理学会按照欧洲物理学会的方针已转变为欧亚物理学会。这些新成立的国际组织能够在多大的程度上团结按民族特征而划分的世界的这一部分科学家还有待进一步观察。

虽然这些国家中的每一国都有其本国特殊问题，其中许多国家是根据前苏联所组织的事物办事的，并受到其前盟国仿效。在这些国家中研究机构的危机或许是它们的共同特点之一。例如，在德国，前东德的科学院已解散，与此同时，在其他国家也发现了深刻改革是势在必行的。通过基金来资助科学，直接给特定的项目和个人拨款而不是资助研究机构被认为是具有重大意义的。在这种情况下，国际上认可的专家评价在评定研究项目中是一个重要的因素。外部专家更具独立性

和客观性的意见有可能引入了参考世界科学评价杰出成果的共同标准，导致发展个人和机构的联系，并有助于确定国家科学政策中新的优先重点。

然而，这些国家情况是多样的，而俄罗斯的状况有特殊意义。在此，改革的挑战是最尖锐的。这不仅是因为在俄罗斯所实施的比任何其他地方都要更长的达70年之久的政策目前必须改变，而且还因为目前在这个极度混乱的国家中的社会形势的严峻程度和复杂性。然而，不管这些变革是如何的痛苦甚至是创伤性的，我们必须在深刻的社会变革的条件下观察这些变革，这些变革的实际规模只有未来的历史学家才能够进行判断。

谢尔盖·卡皮查 (SERGEI KAPIZA) 教授
1928年生于英国剑桥，现任职于莫斯科俄罗斯科学院物理研究所。他也任教于莫斯科技术物理学院。在莫斯科航空学院受培训后，曾从事流体力学、磁学、应用电动力学、加速器设计和核物理学方面的工作。卡皮查教授为俄罗斯的主要电视提供关于科学的节目达20多年之久。曾于1978年获联合国教科文组织颁发的卡林加 (Kalinga) 奖金，以表彰他为普及科学所作的贡献。他还撰写有关于科学和大众主题的专著5种和大量文章。

阿拉伯国家

法勃鲁丁·A·达吉斯坦尼

第二次世界大战以后阿拉伯地区政治觉醒，随之俱来的是一个决心，即依靠科学技术建立现代国家，以及阿拉伯国家之间进行合作以达到高度自立和经济一体化。如果用结果来判断过去所作的努力，那末这个地区在经济上可说是失败的，因为经济分割支离，地区间贸易萧条不振，过分依赖技术贸易，以及本地科技力量薄弱。统计指标表明，1990年阿拉伯国家的平均成年文盲率达42%。中学和大学入学率分别为52%和13%，而中等技术学校入学人数仅占中等学校入学人数的12%。另一方面，约有68%的大学生攻读社会科学和人文科学，仅有32%攻读科学的其他领域。研究与发展(R&D)活动仍极有限，因为相当于全时研究人员数每百万人口约为318人，而R&D投入约为1990年国民生产总值的0.75%。科学是加速发展的有力工具，假如要用科学来促进阿拉伯社会，那末这个社会就必须自行改革以创造科学能够成长的一个环境。

阿拉伯文化中的科学

在信奉伊斯兰教之前，邻近地中海和北非部分地区生活的阿拉伯人享有拜占庭科学与技术知识，而那些生活在其他地方的阿拉伯人，则很少分享到这种知识。可是，在公元7世纪中叶采用

伊斯兰教之后，情况就有所变化。伊斯兰教作为一种宗教信仰，通过科学探讨促进了获取和产生有关人类和自然现象的知识，并作为一种考验信仰力量的行为，达到改善生活条件的目的。伊斯兰教采用道德标准来规范人们与他人之间的关系，并用伊斯兰国家(乌玛)的观念将所有穆斯林统一起来。此外，伊斯兰鼓励贸易、自由企业、手工技能以及经济建设。这些因素促使产生一种情况，即将下列各项结合成一个单一的体制：

- 使用归纳和演绎的智力进行科学探索(知道为何)；
- 用学习和教学方法获取和传输知识(教育)；
- 为人类利益有效使用知识(科学知识)；
- 自由贸易、企业家行为和社会安全；
- 一个包括了伊斯兰国家版图的大大的共同经济市场。

在这种体制下，加上具有洞察力的开明领导，穆斯林业已建立了一个生气勃勃和各种各样的文明，这种文明高举科学与技术旗帜并建成了已持续六个世纪的强有力的经济。

当伊斯兰国家这个观念减弱和知识界在伊斯兰受折磨之时，科学开始衰微，从而在已揭示知识文化价值和靠理智获得知识文化价值之间形成了一条裂缝。在伊斯兰，在社会和宗教事务

中进行判断的源泉是神圣的可兰经，亦即回教律法（穆罕默德的言行），根据情理的独立判断，大众舆论和类推与推断。当社会上的学者支持专横领导时，表达的自由受到抑制，根据情理的独立判断所起作用就大大降低。因此，归纳推理在文化中占有微不足道的地位，而对科学探索的动力大为降低。

在这种背景下，阿拉伯国家在二次大战后变成独立。就在这个阶段，阿拉伯社会的较大部分开始需要更多的教育。在很多情况下，政治当局对此予以热烈响应。就一般而言，阿拉伯国家的教育制度侧重于学习事实和积累资料，而不是发展观察和分析能力；因此，吸收“科学方法”和使用这种方法来产生新科学知识的能力则一无提高。换言之，归纳推理的使用尚未得到足够的改进。由于今天当代阿拉伯文化是与伊斯兰紧密交织在一起的，科学如无真正复兴而在宗教和世俗事务中充分打开按情理独立判断作用的大门，则它在文化中不能占有突出的位置。

简言之，科学在当代阿拉伯文化中的地位可以简述如下：

学习和教学正迅速得到社会重视；

“科学思想”或归纳推理的价值逐渐为将科学与进步相结合的社会大部分人士所认识；

社会上一小部分人将科学与外国统治相联系并认为科学是一种文化入侵；

科学与技术的许多领域与人力劳动相联系，但是这种劳动在阿拉伯社会的若干阶层还不能公开加以接受。

除非上述情况迅速改变，否则，科学要在阿拉伯社会立定脚跟，需两代人左右的时间。

对经济增长的投入

经济增长的出现是由于如下两种主要投入的

结果：定量投入，如劳力，资金和土地；另一种是定性投入，是由包含在人力技能和组织中的科技硬件和软件所提供的。一般认为由工业市场经济所获得的大部分（60—70%）的经济增长，是由于在生产商品和服务中产生和应用科技知识所致。在另一方面，阿拉伯国家中的经济增长，定量投入的作用大于科技投入。在过去40年中，大多数阿拉伯国家都取得了经济增长，但是，这种增长是由于出口自然资源的收入或向国外举债所致。生活的高水平可能在富油国家出现，而其余一些国家早已面临经济萧条、失业、社会动荡不安以及偿付外债的困扰。在所有情况下，阿拉伯国家严重依赖技术贸易，在很大程度上忽视真正的、考虑到发展符合持续发展需要的本地科技知识的技术转让。

这些过错不能完全委过于决策者，因为整个社会尚未由“科学文化”所推动，没有它整个社会即使在政府当局统治下也不能把适当的事情办得十分正确。在这种背景下，读者或许能理解到，如本章所示指标所描述的阿拉伯经济和科学困境的原因所在。

土地与人口

阿拉伯国家占有一战略位置，其面积为1 367万平方公里（为美国面积的145%），其中72.7%在非洲，27.3%在中东，阿拉伯海湾国家占总面积的18.1%。领土面积相差悬殊，小如巴林仅680平方公里，大如苏丹，达250万平方公里。除苏丹外，阿尔及利亚、沙特阿拉伯、利比亚、毛里塔尼亚和埃及诸国，其土地面积也都超过100万平方公里。本地区约96%是干旱区和半干旱区，仅4%是可耕地，0.8%是水浇地。干旱地和半干旱地约占非洲阿拉伯国家总面积的95.6%，占属于海湾合作理事会（GCC）成员国土地的99.5%，而占其余的中东诸国土地的89.3%。可耕和可垦地的百分率在黎巴嫩、摩洛哥、叙利亚、突尼斯

和巴勒斯坦（西岸和加沙地带）是在 20% 至 30% 之间，伊拉克则属例外（12.5%），其余各阿拉伯国家的这个比率都小于 5%，而这些国家占阿拉伯所有国家总面积的 90.9%。水浇地面积，在阿尔及利亚、科威特、利比亚、毛里塔尼亚、阿曼、沙特阿拉伯、索马里以及阿拉伯联合酋长国所占的百分比均小于 0.2%，在约旦和也门则约在 0.6% 左右。在下列国家，则百分比较大，如黎巴嫩为 8.4%，伊拉克 5.8%，叙利亚 3.2% 和埃及 2.6%。这些指标都反映一个事实，即阿拉伯国家必须作出特别努力发展其科技力量，以便利用日渐增大的 1 312 万平方公里的干旱和半干旱土地，通过采用实用技术生产足够粮食以克服粮食不足，并且开发有效的水管理技术，以优化水的使用和进一步开发地下水资源。

若干阿拉伯国家矿物资源丰富，有些资源也早被开发。阿拉伯国家探明和可采油气储量分别为 6 000 亿桶和 249 000 亿立方米，分别占世界储量的 60.6% 和 22%。与经济合作与发展组织储量相比，这些百分率份额都相当高，因后者分别仅占世界储量的 5.9%（石油）和 13.8%（天然气）。这要求发展科技能力以发展石油化学及有关制造工业的竞争力量以使石油和天然气资源的收入达到最大，而且，增强全国对油气的勘探和对这些资源的管理工作，以及进一步开发尚未发现的矿产资源。

1990 年，阿拉伯国家的总人口达 2.218 亿人。这是由于 80 年代平均增长率 3.1% 所致。这个增长率是相当高的。因工业化国家仅为 0.6%，世界仅为 1.7%。人口则相当年轻：0—24 岁年龄组为 62.5%，0—14 岁年龄组为 43.5%。这些数字高于工业化国家的这两个年龄组（分别为 36.8% 和 21.8%）。埃及、阿尔及利亚、摩洛哥和苏丹的人口在 1990 年都超过 2500 万人。海湾合作理事会成员国人口则较少，因而劳动力也较少，通过国外移居的人得到补偿。这些人在沙特阿拉

伯占人口的 25%，在科威特、阿拉伯联合酋长国和卡塔尔均占人口的 70% 左右。阿拉伯国家中年轻人的比例较大，这意味着需要大量经费以满足各级教育日益增长的需要；以及，每年进入劳力市场的人数在继续不断增长，超过其经济活动的吸收能力。

收入、工业和农业

就人均国民生产总值（GNP）而言，阿拉伯国家各国悬殊甚大，如在 1990 年，索马里为 120 美元，而阿拉伯联合酋长国则高达 19 860 美元。有 5 个国家，如吉布提、埃及、毛里塔尼亚、索马里和苏丹，占总人口的 39.4%，其人均收入低于 630 美元的贫困线。在另一方面，如科威特、卡塔尔和阿拉伯联合酋长国，占总人口的 1.9%，可列入高收入国家名单，其人均收入超过 15 800 美元。其他一些阿拉伯国家则在这两个极端之间。在 1990 年，阿拉伯国家国内生产总值达 3 820 亿美元，其中 39.5% 是由海湾合作理事会成员国所创造。这个国内生产总值相当于西班牙国内生产总值（920 亿美元）的 77% 或意大利国内生产总值（10 910 亿美元）的 35%。

主要靠定量投入的经济增长并没有使阿拉伯国家富裕起来；这可由以下事实清楚地说明：海湾合作理事会 6 个成员国的国内生产总值为 1 510 亿美元，这个数字低于一些较小的国家如奥地利（1 570 亿美元）和瑞典（2 280 亿美元）。因为这 6 个海湾合作理事会成员国依靠天然资源，而奥地利和瑞典的经济发展则依靠科学与技术。14 个更为贫穷的阿拉伯国家外债负担沉重。在 1990 年，外债达 1 500 亿美元，这相当于国内生产总值合计的 93%。其外债利息达到其出口的 39.6%，因而很少再有硬通货用于进一步经济建设。阿拉伯国家经常依靠定量投入来促进其经济增长而其科学与技术能力的薄弱导致了目前的状况。

1990 年，阿拉伯国家的工业在其国内生产总

值中所占平均份额是 41.5%，但制造生产的平均份额仅为 11.8%。这就是说制造业的份额仅为工业生产的 28%。而其余是主要由于开采石油和天然气等自然资源所致。这一点可从下述事实中看得清楚，即在 8 个石油出口国家工业占国内生产总值的份额超过 42%，而制造业仅为 10% 或更少。所有阿拉伯国家制造业产值达 445 亿美元，但此产值小于两个欧洲国家如奥地利（455 亿美元）和瑞典（547 亿美元）。阿拉伯国家这个部门的软弱也说明了本国科技能力的匮乏无力。这一点可以从下一事实进一步加以证明，即阿拉伯出口的 81.5% 是原材料和其他初级商品（石油和矿产品占 72.7%），而在同时，进口的 73% 都是制成品。

阿拉伯国家的农业生产，雇用劳动力达 38%，其生产总值达 450 亿美元，占国内生产总值的 11.8%。这个产值数字小于法国（480 亿美元），而法国农业雇用劳动力仅为 4%。所有阿拉伯国家是粮食净输入国；平均粮食输入依赖度从 1981 年的 35.3% 上升到 1989 年的 38.1%，而谷类输入已自 1986 年 3 500 万吨左右上升到 1989 年的 4 000 万吨左右。

文盲和中等教育

文盲

阿拉伯国家总的成人文盲率已自 1970 年的 66% 降到 1985 年的 47% 和 1990 年的 42%，平均年下降率为 2.3%。这就是说在 1990 年约有 6 000 万不识字的成年人，其中 3 900 万（即总数的 65%）是在埃及、苏丹、摩洛哥和阿尔及利亚。如果 1990 年后，仍按过去的下降率，那末阿拉伯人民要达到 10% 文盲率这个理想的指标就需用 60 多年的时间。由于妇女的文盲率大于男子一倍，以及农村地区的文盲率较高，所以在社会的这些方面，消灭文盲需要作出特别的努力。

文盲率低于 23% 的仅有约旦、巴勒斯坦、黎巴嫩和巴林诸国，在另一方面，超过 60% 的则有吉布提、索马里、苏丹和也门诸国。在阿尔及利亚、埃及和摩洛哥，这个数字超过该地区的平均数 42%，其余国家约在 27—38% 之间。约旦、巴勒斯坦、沙特阿拉伯和巴林在 1970—1990 年间（见表 1）在降低文盲率上取得了好成绩。到 2004 年，约旦、巴勒斯坦和巴林有希望能够争取达到 10% 文盲率这个目标，再等若干年后，科威特和沙特阿拉伯或许也能达到这个目标。

降低文盲率，特别在妇女中间，应视为发展的最大优先项目。文盲率较高的国家是不能指望从科技知识成果中获得利益的。

中等学校的人学率和科学

文盲率降低较慢的原因之一是小学入学率较低。尽管阿拉伯国家小学入学率已自 1970 年的 62.5% 上升到 1989 年的 84.2%（年平均增长率为 1.6%），但要达到计划的 95% 尚需花上几年的时间。

阿拉伯国家中等教育以年龄组划分的平均入学率在 1980—1989 年间已自 38% 上升到 51.5%，达到平均年增长率 2.26%。这意味着如能保持这个增长率，到 2014 年，入学率就能达到 90%。有些国家这个比率很低，只有 20% 甚至更低，这些国家有吉布提、毛里塔尼亚、索马里、苏丹和也门（见表 1）。平均比率超过 51.5% 的国家则有阿尔及利亚、巴林、埃及、约旦、科威特、黎巴嫩、卡塔尔、叙利亚和阿拉伯联合酋长国。

中等技术专科学校的入学率对科学和经济发展特别重要。在阿拉伯国家中报考中等水平技术学校学生的比例极小。在 1980 年，这个比率仅 10.7%，到 1989 年提高到了 12% 左右，但与工业化国家的 37% 相比，还是很低。如果 1989 年后能保持增长率 1.28% 的话，那末到 2075 年这个比率才可达 37%。中等技术学校入学率之低在我们

了解到阿拉伯国家的年龄组统计平均入学率仅为 34.1% 的时候，或许才会进一步加以重视。6.2%，而在工业化国家中这个比率已高达

表1 阿拉伯国家人口、文盲率、入学率和公共教育经费

国家/地区	人口 1990 (百万)	成人文盲率		1989 入学率 ¹				公共教育经费 (占 GNP%)
		1990 (%)	年下降率 (1970—1990) (%)	中 学 %	学 术 技术 %	大 学 %	科 学 %	
阿尔及利亚	25.0	43	2.82	61	4.9	11	14	10.0
巴 林	0.5	23	4.26	84	18.0	15	—	5.6
吉 布 提	0.4	80	0.97	16	—	—	—	3.0
埃 及	52.4	52	1.12	81	21.8	20	38	6.8
伊 拉 克	18.9	40	2.54	47	13.7	14	33	5.0
约 旦	4.0	20	4.99	70	8.0	35	47	6.2
科 威 特	2.0	27	2.70	90	0.3	18	35	5.1
黎 巴 嫩	2.7	20	2.22	67	—	28	45	—
利 比 亚	4.5	36	2.84	—	—	10	—	11.0
毛里塔尼亚	2.0	—	—	16	3.1	3	12	6.0
摩 洛 哥	25.1	50	2.25	36	1.4	11	59	8.5
阿 曼	1.5	—	—	48	5.1	4	34	5.5
巴 勒 斯 坦	1.6	20	4.99	70	8.0	30	47	—
卡 塔 尔	0.4	—	—	85	3.5	24	10	6.0
沙特阿拉伯	14.1	38	4.46	46	1.9	12	34	8.6
索 马 里	7.5	76	1.23	10	—	3	18	1.5
苏 丹	25.1	73	0.64	20	—	3	27	5.5
叙 利 亚	12.5	35	2.73	54	6.9	20	31	4.5
突 尼 斯	8.2	35	3.54	44	13.3	8	31	7.0
阿拉伯联合酋长国	1.6	—	—	64	0.8	9	46	2.5
也 门	11.7	61	2.08	21	—	2	12	6.1
合 计	221.8	42	2.29	52	12.0	13	35	7.0

1. 入学率是以总入学人数占该年龄组人口百分率表示，该年龄组人口根据国家规定应在中学或大学注册入学。

2. 估计数字。

资料来源：联合国开发计划署（1990，1991 和 1992），联合国教科文组织（1992），世界银行（1992），有些是估计数字。

中等技术学校学生比率超过上述平均数的只有埃及（21.8%）、巴林（18%）、伊拉克（13.7%）、

突尼斯（13.3%）以及或许还有黎巴嫩，但在下列各国，这个数字则十分低，阿拉伯联合酋长国

(0.8%)、沙特阿拉伯(1.9%)、卡塔尔(3.5%)、阿曼(5.1%)、摩洛哥(1.4%)、阿尔及利亚(4.9%)以及其他一些阿拉伯国家。这些低入学率背后的原因可能是技术学校较缺,虽然还有一个可能的理由,即有些手工劳动在某些社会部门仍旧不为社会所接受。也存在一种对要求人力劳动的科技活动持否定的态度。中等技术学校技术人员很少产出也是说明制造业和农业生产率低的原因之一。

阿拉伯国家中等教育可分成两种趋势,入学学生各占一半。一种趋势是文学为主,着重人文和社会科学,自然科学比重甚小;一种是科学为主,着重于数学和自然科学。这两种趋势的体系使一半中学生不能充分接受自然科学教育。

高等教育中的科学

入学率

按年龄组分第三阶段教育(包括大学和超过第二阶段教育的较低阶段教育)的平均入学率在阿拉伯国家从1970年的4.1%提高到1980年的9.5%,到1985年的10.8%,随后又增加到1989年的13%,在1970—1980年期间,平均年增长率为8.77%,在1980—1985年期间为3.55%,而在1985—1989年期间为4.74%。13%这个比率与工业化国家的37%相比,仍是很低的。入学率较高的国家有:约旦(35%)、黎巴嫩(28%)、卡塔尔(24%)、埃及(20%)、叙利亚(20%)和科威特(18%)。入学率较低,即小于10%的国家有吉布提、毛里塔尼亚、阿曼、索马里、苏丹和也门。

在1950年前,阿拉伯世界的大学教育是极有限且有高度选择性的,因为仅共有9所大学。随着阿拉伯国家获得独立,又建立了一些大学。在

1950—1969年间,建立大学24所,在1970—1979年间为31所,在1980—1990年间为29所。这样,到1990年,阿拉伯地区共有大学93所。除少数阿拉伯国家的第三阶段教育入学率很低外,其他一些国家都设有高等教育部或委员会,以制订政策和高等教育计划。

一般科学领域中的大学生

已有数据指出阿拉伯国家大学生(包括在阿拉伯地区内或国外就读的)人数已从1980年的99万人增加到1985年的147万人,年平均增长率为8.2%(Qasem, 1989)。假如在1985—1990年期间能保持这个增长率,那末在1990年此数字估计可达218万人。在80年代,这个年增长率各国不尽相同。有些海湾合作理事会成员国,如沙特阿拉伯、卡塔尔、阿拉伯联合酋长国和阿曼,均以高于13%的比率而领先。这个比率在阿尔及利亚和摩洛哥也较高,分别为12.3%和11.8%。其他一些国家的比率接近或小于总平均比率。大多数的大学生仅集中在少数几个阿拉伯国家中,埃及占有总数的44.2%、摩洛哥11.8%、阿尔及利亚8.6%以及叙利亚7.3%。这4个国家的大学生占总数的71.9%,其余17个阿拉伯国家的份额相当小,例如,在6个海湾合作理事会成员国内,这个比率仅为7.3%。

在这一点上应予以指出的是在20—24年龄组的阿拉伯人口共1490万人(1980年),在1985年为1700万人,而在1990年则为1960万人。使用这些数字和大学生人数,则可计算出这个年龄组的入学率1980年是6.7%,1985年是8.6%以及1990年是11.1%。这些数字诚然还是很低的。

表2说明按一般科学领域的大学生分布情况。社会科学与人文科学领域中的比例最大,在1990年已增加到67.8%,其余32.2%则分布在其他领域。自然科学领域中的比例稍有增加,从1985年的9.2%增长到1990年的10.1%,医学

科学领域中的比例自 9.2% 下降到 8.1%，工程领域中的比例则自 9.2% 下降到 8.1%，农业科学领域中的比例也自 5.5% 下降到 4.1%。

表 2 阿拉伯大学生（包括在本地区内或国外就读）人数及其按一般科学领域的分布情况

领 域	平均年 增长%	大学生人数 (千人)		占总数的%	
		1980—1985	1985	1990 ¹	1985
自然科学	10.4	135.6	222.0	9.2	10.1
医学科学	5.6	134.8	176.9	9.2	8.1
工程科学	4.4	172.9	214.8	11.8	9.9
农业科学	1.7	81.2	88.4	5.5	4.1
社会科学与 人文科学	9.4	945.6	1478.5	64.3	67.8
合 计	8.2	1470.1	2180.6	100.0	100.0

1. 根据 1980—1985 年期间年平均增长估计数字。

资料来源：Qasem, 1989

这些趋势并不健康，因为阿拉伯国家目前的发展阶段需要更多的医生、药剂师、护士、工程师、农业科学家和其他专家以应付发展的迫切需要。例如，农业部门的需要远远超过农业科学大学造就的人力资源。这一点很明显，因为只有 4.1% 的大学生学农业科学。假使 1990 年在这领域中的 88 400 个大学生中四分之一在 1991 年毕业，则毕业生可达 22 100 名，但这个产出看来仍很小，因为阿拉伯国家粮食进口依赖率相当高（38%）且在继续上升。就保健情况而言，阿拉伯国家平均五岁以下死亡率约为每 1 000 个儿童中有 100 人死亡。这比工业化国家要高 5.6 倍。此外，阿拉伯约有 5 600 万人口尚未得到保健服务。如上所述，阿拉伯国家制造工业的生产率很低，因此明显地强调需要更多的各个领域的工程师。即使在约旦，这个国家虽然以人力资源供应较好著

称，但其工业中整个劳动力也仅 5% 是工程科学专业人才。

大学生按科学领域划分的悬殊性可能是由于在自然科学、医学、工程学和农业科学中缺少设施所致，但其主要原因恐怕还是第二阶段（中学）教育划分成文学和自然科学两种趋势所致。一些完成文学的中学生仅报考大学的社会科学和人文科学，仅那些在科学趋势中获得较好考试成绩的中学生才被允许进入自然科学、工程学、医学和农业科学大学。这就自然而然地阻止约三分之二的中学毕业生进入这些自然科学领域学习。

一般科学领域中的研究生

在阿拉伯地区内外攻读硕士或博士学位的研究生总数在 1980 年为 51 400 人，到 1985 年上升到 78 700 人，年均增长率为 8.9%（Qasem, 1987）。假定这个比率在 1985—1990 年间能保持的话，那末在 1990 年，这个人数将达 120 400 人。在 80 年代，这一比率较高的有海湾合作理事会成员国（13% 甚或更高）、阿尔及利亚（12.2%）、约旦（12.4%）、摩洛哥（11%）及叙利亚（12%）。埃及具有最多的研究生人数，在 1990 年，占全阿拉伯地区总数的 45.9%。阿尔及利亚次之，占总数的 15.8%，摩洛哥为 12.8%，沙特阿拉伯 8.2%，伊拉克 4.8% 和约旦 3.6%。这 6 个国家加在一起，则占阿拉伯国家研究生总人数的 91.1%。

表 3 示明研究生按一般科学领域划分的分布情况。这里的情况与社会科学和人文科学中就读大学生的高比率颇不一致。在社会科学和人文科学中研究生的百分率已从 1985 年的 40.8% 下降到 1990 年的 38%。此外，研究生在其他领域的分布人数比较令人满意，因为在 1990 年自然科学领域中的百分率为 13.1%，医学科学 27.1% 和工程科学 11.9%。可是，农业科学领域的百分率 9.9% 应该说还是太低了。

表3 阿拉伯研究生（包括在本地区内或国外就读）
人数及其按一般科学领域的分布情况

领域	年均增长率%	研究生人数 (千人)			占总数的 %	
		1980—1985	1985	1990 ¹	博士%	1985
自然科学	7.35	11.0	15.7	27	14.0	13.1
工程科学	8.41	9.5	14.3	31	12.1	11.9
农业科学	8.18	8.0	11.9	43	10.2	9.9
社会科学与 人文科学	7.39	32.1	45.8	23	40.8	38.0
总计	8.88	78.6	120.4	28	100.0	100.0

1. 按 1980—1985 年平均年增长率估计数

资料来源: Qasem, 1987

这种似乎比较均衡的分布, 有利于发展的需要, 是必要的, 但还不够, 因为硕士和博士生总数太少。这可由研究生与大学生的百分比来说明。这个百分比在 1980 年是 5.2%, 1985 年为 5.4% 和 1990 年为 5.5%。换言之, 在 80 年代几乎没有变化。除非这个比率上升到 10% 左右, 对硕士和博士学位持有者的需求才能得到满足。由于研究生人数较低, 大学中的学生与教师比率将继续增高, 并且 R&D 必然仍将处于人员不足情况。

在 1990 年, 约有 28% 的研究生攻读博士学位, 即总人数达到 22 000 人。如我们考虑大学的需要, 即在它们师资中博士学位持有者的比率 57% 要有所提高的话, 上述人数还是相对少的。从表 3 可见, 在农业科学中, 博士生的比率 (43%) 是相当高的。在其他领域, 按目前需要来说, 比率都相当小。

大多数阿拉伯大学吸收硕士研究生的能力日益增长, 因为这些硕士生中仅 15% 需要在外国攻读。然而, 博士生计划仍为数极为有限。在埃及约有 25% 的博士生在外国学习, 其他阿拉伯国家

的这个比率一般大于 80%。但是, 必须说明的是, 对于由比较新的本地大学提供高的能力以吸收大量博士研究生一事不应抱有太大希望, 因为在工业化国家要得到这个阶段的良好教育最终是为了发展需要。因此, 对大多数阿拉伯大学来说, 在这个阶段最好集中力量扩大和改进其硕士研究生计划。

公众对高等教育的投资

在阿拉伯国家各阶段教育的公众投资, 以占国民生产总值百分率计算, 已自 1980 年的 4.4% 增加到 1985 年的 6.2%, 并将在 1990 年达到估计的 7%。这使总的投资在 1985 年约达 240 亿美元, 在 1990 年约达 300 亿美元, 也即用于教育的人均国民生产总值在 1985 年约为 126 美元, 1990 年为 135 美元。阿拉伯国家对教育的投资占国民生产总值的百分率各不相同, 达 8% 的国家有阿尔及利亚、利比亚、摩洛哥和沙特阿拉伯, 不到 3% 的国家有吉布提、索马里和阿拉伯联合酋长国 (见表 1)。

公众对高等教育的投资占对各阶段投资的百分率, 仅少数几个阿拉伯国家有此资料。据所得资料, 可知这个比率略高于 20% 的国家有埃及、伊拉克、约旦和叙利亚, 其他国家的比率都较此为低 (联合国开发计划署, 1990, 1991 和 1992)。如果我们估计其平均数为 25%, 那末 1990 年对高等教育各个阶段的投资约为 75 亿美元, 或国民生产总值的 1.74%。这个比率相当于同年军事费用的 14%。可以有把握地说, 1990 年大学平均经费的上限等于各阶段教育经费总数的 20%, 或 60 亿美元。

研究与发展 (R&D)

关于所有或大多数阿拉伯国家的研究与发展投资的最新数据尚付阙如。然而, 我们可以使用

S. 卡塞姆 (Qasem) 教授所提供的 1987 年的数据, 进行合理假定和外推以求得 1990 年的数据 (Qasem, 1987)。大多数阿拉伯国家都已建立了一些组织, 如高等教育和科学研究部, 或科学技术委员会等以制订科学与技术政策和计划。本节将力图对大学生和 R&D 中心研究状况进行介绍。

大学中的 R&D 活动

大学中的研究与发展活动主要是由科系个人在研究助理人员协助的基础上进行的, 或者由大学配备有少数干部利用科系研究的人员服务的专门研究中心进行的。这些研究中心的建立大多是为了适合经济建设的需要, 并且 R&D 活动是在多学科基础上进行的。这些大学设立的研究中心大约有 45 个左右, 专事农业、医学、水资源及海洋科学、环境、计算机、遥感、经济和其他应用科学有关的研究与发展。

阿拉伯大学在所有一般科学领域中的科学家 (科系人员) 人数自 1980 年的 35 800 人增长到 1985 年的 51 300 人, 年增长率为 7.5%。如这个增长率在 1985—1990 年期间持续的话, 则在 1990 年此人数可达 73 500 人。同年, 博士学位持有者可达 40 600 人, 或占研究生所有学位持有者的 55.2%, 同时硕士学位持有者可达 32 900 人 (44.8%)。埃及一些大学中的科学家占阿拉伯科学家总数的 45% 左右, 阿尔及利亚则占 13%, 摩洛哥 9%, 沙特阿拉伯和伊拉克各占 8%。这 5 个国家共占阿拉伯地区在大学工作科学家的 83%。

表 4 示出科学家的人数及其按一般科学领域的分布情况。相当全时 R&D 科学家人数是假定教学人员将其 20—25% 的时间用于 R&D 活动计算而得, 同时, 再加上相当于全时的研究助理人

数, 而得到总的数字。这样, 相当于全时科学家和研究助理人员的总人数在 1990 年下限为 29 400 人, 上限则为 36 800 人, 亦即每百万人口中相当于全时的科学家分别为 132 人和 166 人。研究科学家按各科学领域分布情况, 如表 4 所述, 是比较合理可取的, 而农业则属例外, 其研究人员所占份额尚不相称。

对大学的科研投资包括薪金、福利、设施和服务, 此外还有来自各种不同来源的捐助和合约研究基金, 科威特、沙特阿拉伯和其余一些海湾合作理事会成员国大学提供的科研捐助较多; 另一方面, 在其他阿拉伯国家, 这种捐助为数极为有限。假如各阶段教育投资 20% 用于大学教育, 则在 1990 年对大学的投资达 60 亿美元。因为, 如大学的科学家一般将他们的时间 20% 用于 R&D 活动作为其下限, 而 25% 作为上限, 则大学中的 R&D 经费将分别达到 12 亿美元或 15 亿美元, 并且, 如 10% 用于对外资助, 则大学的 R&D 经费将在 13.2 亿美元和 16.5 亿美元之间。这两个数字相当于 1990 年国民生产总值的 0.31% 和 0.38%。大学教学人员的 20% 用于 R&D 是合理的, 因为在约旦进行的一项对于科技力量的全面研究所得出的此项百分率为 18% (Daghestani 和 Shahateet, 1988)。

大学的 R&D 经费并不按一般科学领域的科学人力数字分布, 如表 4 中所示; 因为就平均而言, 在阿拉伯国家社会科学与人文科学研究估计经费约为其他科学领域的 60%。因而 R&D 经费按领域的分布估计自然科学为 23%, 医学科学 25%、工程科学 16%、农业科学 13%、社会科学和人文科学 23%。

表4 阿拉伯国家大学中持有博士和硕士学位科学家（科系成员）
和研究助理人数及其按一般科学领域分布情况

领 域	年平均增长率	持有硕士或		相当于全时			占 R&D	
	1980—1985 (%)	博士学位科学家 (千人)		R&D 科研人员 (千人)			经费	
	1980—1985	1980	1990 ¹	科学家 ²	助理	合计	占总人数%	%
自然科学	8.2	9.9	14.6	3.6	3.6	7.2	19.6	23
医学科学	7.6	10.7	15.4	3.9	3.9	7.8	21.2	25
工程科学	8.0	7.0	10.3	2.6	2.6	5.2	14.1	16
农业科学	5.9	6.0	8.0	2.0	2.0	4.0	10.9	13
社会科学与 人文科学	7.3	17.7	25.2	6.3	6.3	12.6	34.2	23
合 计	7.5	51.3	73.5	18.4	18.4	36.8	100.0	100.0

1. 根据 1980—1985 年期间年平均增长率进行估算。

2. 依假定 25% 时间用于 R&D 估定其人数。

资料来源: Qasem, 1987

R&D 机构

阿拉伯国家开始建立 R&D 中心, 以在大学完成科研工作, 如进行应用科学研究, 增进实验开发工作, 采取多学科手段以解决问题, 并与生产部门建立较为密切的联系。研究机构的名称繁多不一, 如研究室、指导部、研究所和研究中心等; 然而, 为本章行文方便计, 我们将均以“中心”一词代表。

据估计, 阿拉伯地区 R&D 中心的数字 1990 年共达 265 个。其中 65 个中心建立于 1950—1969 年间, 170 个建于 1970—1979 年间, 30 个建于 1980—1990 年间 (Qasem, 1987)。R&D 工作人员 (科学家和助理) 各中心悬殊颇大——多的超过 3 000 人, 少的仅 50 人。在 1985 年, 持有硕士或博士学位的 R&D 科学家共达 8 800 人左右。

尽管这些研究中心的实际雇员数比此数字大三倍, 而研究助理员的人数约为科学家的两倍, 因此, R&D 工作人员总数在 1985 年达 26 400 人, 或每百万人口 138 人。使用同样公式, 并假定人数以年增长率 5% 计算, 则相当于全时 R&D 工作人员数在 1990 年估计达到 33 700 人, 或每百万人口 152 人。

表 5 示出 1990 年按 9 个科学领域划分的估计工作人员的分布情况。可以看到, 农业和食品的份额为 44%, 石油、石化和化工居第二位, 为总额的 13.9%, 再其次是能源 (8.9%), 采矿 (8.6%) 和自然科学 (6.2%)。同时也可看到, 表中 9 个领域实际上可缩为文中前述的 5 个领域, 因为农业、水资源和灌溉以及旱地可视为农业的一部分, 此外, 能源、石化工业和采矿可并入工程科学。

表5 阿拉伯国家 R&D 中心按科学领域划分相当于全日制的 R&D 工作人员估计数, 1990

领域	科研中心数	相当于全日制 R&D 人员 (千人)	占总数 %
农业科学	87	16.7	49.7
农业和食品	61	14.8	44.0
水及灌溉	16	1.0	3.0
旱地及遥感	10	0.9	2.7
自然科学	41	2.1	6.2
医学科学	32	1.6	4.7
工程科学	92	10.6	31.4
能源 (核电, 太阳能, 等)	29	3.0	8.9
石油、石化和化学制品	22	4.7	13.9
采矿、材料、电子学等	41	2.9	8.6
社会科学 (经济学)	13	2.7	8.0
合计	265	33.7	100.0

资料来源: Qasem, 1987

表5所以包括9个领域的原因,是为了说明相当于全日制的科研人员在水和灌溉、旱地、石油、石化和化学工业等领域人数是如何之少。如本文前面所述,水和旱地在大多数阿拉伯国家是一些最严重的问题,但是专门从事这些工作的研究人员数就这些工作的模规而言,实在是太少了。尤其是专门从事石油、石化和化学工业的相当于全日制研究人员数(4700人)远远不能满足阿拉伯世界在制造业开发技术诀窍以有效使用巨大的石油和天然气资源的需要。此外,在工程科学中相当于全日制的研究人员数为10600人,如就过去15年中阿拉伯国家向工业的投资超过1200亿美元的过程而言,这个数字实属太少了。

R&D中心大多数的人力都集中在埃及,在1990年占总数的56%,伊拉克为11%,沙特阿拉伯12%,其余则分布在其他18个阿拉伯国家。

阿拉伯国家R&D中心的经费,目前尚无资

料可得,但可作出合理估计数,如把阿拉伯一些大学的R&D经费数字,再根据R&D中心和大学相当于全日制科研人员数进行估算,结果,我们估得此数是15.1亿美元,约占本地区国民生产总值的0.35%。

R&D 工作人员及经费概要

迄今为止所提供的数据指出,一些大学中和R&D中心的R&D人员总数已从1985年的52100人增加到1990年的70500人,年平均增长率为6.2%。最后一个数字说明每百万人口为318个科学家(相当于全日制),此人数与发达国家平均3600人相比仍然差之甚远(联合国教科文组织,1991)。表6说明阿拉伯地区科学家按一般科学领域分布的情况。

表6 1990年阿拉伯国家大学和R&D中心相当于全日制科学家估计数

领域	相当于全日制 (千人)			占总数 %	每百万人中相当于全日制人数
	大学	R&D中心	合计		
自然科学	7.2	2.1	9.3	13.2	42
医学科学	7.8	1.6	9.4	13.3	42
工程科学	5.2	10.6	15.8	22.4	71
农业科学	4.0	16.7	20.7	29.4	93
社会科学与人文科学	12.6	2.7	15.3	21.7	69
合计	36.8	33.7	70.5	100.0	318

资料来源: 据表4和表5计算得出

在大学和R&D中心的总投资自1985年的23亿美元左右增加到1990年的32亿美元,后者为国民生产总值的0.75%,如与发达国家的平均数(占国民生产总值的2.92%)相比,则是很低很低(联合国教科文组织,1991)。表7表示使一

般科学领域划分的 R&D 总投资的估计分配情况。

表 7 1990 年阿拉伯国家大学和 R&D 中心的 R&D 经费估计数

领域	R&D 经费		
	10 亿美元	占总数%	占 GNP%
自然科学	0.46	14.4	0.11
医学科学	0.46	14.4	0.11
工程科学	0.78	24.4	0.18
农业科学	1.04	32.5	0.24
社会科学与人文科学	0.46	14.4	0.11
合计	3.20	100.0	0.75

资料来源：据本文和表 4 计算得出

问题与趋势

大学内进行 R&D 活动，不仅是以产生新的知识作为其本身的一种高尚目的，而且也提高教师的教学能力，特别教导研究生的能力，以及为国家的社会和经济需要服务。在另一方面，R&D 中心是专为产生新知识和运用这些知识为国家服务而建立的。在这两种情况下，尽管进行了应用研究，却很少有发展。一般而言，阿拉伯国家中的 R&D 活动对经济各部门并没有造成可以看得见的影 响，因为社会-经济体制常常绕过科学界，这是由于对技术贸易、交钥匙项目，以及对外国公司特许协议过分依靠所致。对本国的 R&D 缺乏需要，因而造成 R&D 科学家和投资缺乏供给。

尽管如此，科学界不应放弃进行有关实际需要的 R&D 活动并探索应用 R&D 成果所需的开发工作。科学界终究要制订出自己的章程和规则，以促进 R&D 成果的出版，但对出版以外的进一步活动则不存在同样的鼓励。阿拉伯国家若干 R&D 研究所在 80 年代开始与生产部门订立合约

研究。例如，科威特科学研究所 50% 的年度经费来自合约研究。同样，约旦的皇家科学会，进行工业研究和提供科技服务，在 1992 年以同样方法解决了其经费的 100%。为鼓励向此方向发展，阿拉伯国家 R&D 研究中心必须探索一种新的运行方式，以便在它们得不到公众投资时，证明自己有财力保证。

还应该指出，私营组织很少有其自己的 R&D 中心，如有的话，一般是从事质量管理研究等科技服务工作。工业研究单位在以出口为主的、在国际市场中竞争的工业或有设立，但为数甚少。其他以进口替代为主的工业，它们经常有高进口关税予以保护，这导致受控制的地方市场；因此对 R&D 的需求是确乎很小的。

法勃鲁丁·A·达吉斯坦尼 (Fakhruddin Al-Daghestani) 是约旦皇家科学会国际研究中心主任。达吉斯坦尼博士为皇家科学会前主席，在美国密苏里大学获机械工程博士学位，并于 1985 年由联邦德国总统授予大十字勋章。他是伊斯兰科学院创始人之一，并自 1986 年起为该学院理事会成员之一。

REFERENCES

- Daghestani, F. and Shahateet, M. (1988) *Scientific and Technological Potential and Services in Jordan, 1987*, Amman, Royal Scientific Society.
- Gasem, S. (1987) *Science and Technology Situation and its Environment in the Arab World*, Amman, unpublished report (in Arabic).
- Gasem, S. (1989) *Higher Education in the Arab World*, Amman, Arab Thought Forum.
- UNDP (1990, 1991 and 1992) *Human Development Reports*, Oxford, Oxford University Press.
- UNESCO (1991) *Estimation of World Resources Devoted to Research and Experimental Development (Document CSR-S-25)*, Paris, UNESCO.
- UNESCO (1992) *Statistical Yearbook*, Paris, UNESCO.
- World Bank (1992) *World Development Report*, New York, Oxford University Press.

非 洲

托马斯·R·奥亥姆勃

在《泰特勒》(The Tatler)月刊1993年1月号中,一位作家对英雄和名人作了区别。他将英雄描绘成为“在勇敢、气质和领导才能等方面超人一等的男女”(作者不详,1993)。的确,英雄是一些“坚持准则以外的种种价值观念而表现出胆识的人”。他们既非半神半人,也非希腊诸神,诚如作者提醒我们的:

“希腊人确实虚构了一些英雄,但从来无意说他们是真实的。英雄是神或神的儿子,他们永远也不会被认作是有妻室儿女、有日常工作、也会腰酸背痛和头皮掉屑的常人。希腊人称一些想模仿神和英雄的人为狂妄自大,自以为能像个超人,这种傲慢荒诞的设想,往往会遭到天谴和神的惩罚。”

非洲不需要半神半人,需要的是真正的当代英雄,他敢同传统意识、偏见、顽固、不公作斗争。非洲需要能革新这个大陆并使它从目前发展昏睡症和依赖性的综合症候中解救出来的英雄。

科学及其孪生伙伴——技术,本身内部就存在一种希望,使科技专业人员打破常规,面对生命、生存和生活的挑战走出一条新路子。正是在这个意义上,非洲在科学和教育、企业和工业,以及经济管理和开发各个方面都需要英雄,以进行长期持久的再开发。这个大陆在历时长达500年的时间中,人民纷纷向国外散居,实际上英雄主

义这个观念早已丧失殆尽,直到近30年前重新获得政治独立以后,这种散居情况才告终止。政治独立这一英勇事业需要人才、知识、观念和技术不断跨境交流。

埃及的法老文明,持续达3000年(公元前3700至750年),其成就的主要原因之一,就是在埃及与近东、其他非洲地区,特别是与尼罗河苏丹以及撒哈拉以南非洲各人口聚居中心频繁交往。考古发现,尼罗河流域广泛使用当地所无的敬神香料和黑曜石的迹象,可以证明在埃及和其他非洲国家已有了频繁密切的交通和贸易联系(Mokhtar, 1981)。这种跨境联系和智力交往,特别是科学技术(S&T)交往的意识,在当今的后殖民时代,对非洲今后的进步乃是一种新的绝对的必要。

非洲内部科技合作政策机构

本世纪上半叶,非洲国家大都与其宗主国的科学技术研究所进行合作。非洲内部合作情况较少,除非同一宗主国殖民区内部,例如比利时地缘政治势力范围(后殖民地时代卢旺达、布隆迪、扎伊尔的前身)或法属领地(如中非地区,包括现在的刚果共和国、加蓬、中非共和国、喀麦隆和乍得)。非洲内部科技合作最早的尝试始于50

年代初期非洲大陆大多数国家正竞相争取政治独立之时。

一位英国淡水生物学家和科技政策分析家 E·B·沃辛顿博士,其大半生在非洲工作,在其具有创造性的《发展中的非洲科学》一书中,对非洲内部科技合作情况作了强有力的论证:

“在 20 世纪竞争激烈的世界中,任何一个小组很难不依赖其邻国而在同时为其人民提供现代文明的需要,除非其本国具有异常丰富的自然和人力资源。这一原理在非洲尤为适用,因为非洲的地区条件已导致了经济上的专业化,这不仅在主要工业、农业和矿业是如此,而且具体部门如棉花、可可或铜矿也是如此。任何吸收专业不同的邻国资源的措施,都会取得减少经济危机的全面效果。在经济方面,同样在科学方面,不同地区已出现了相当程度的专业化,因而进行合作,甚至充分交流信息,都将大大获益”。(Worthington, 1958)。

由于宗主国政府的这种考虑,最终导致非洲撒哈拉以南地区技术合作委员会(CCTA)的建立。这是由其时在非洲掌权的 6 个殖民政府——比利时、英国、法国、葡萄牙、罗得西亚和尼亚萨兰联邦以及南非联盟——于 1950 年建成的。同年,这 6 个国家的科学家发出相似的倡议,结果成立了非洲撒哈拉以南地区科学理事会(CSA)。这样,这两个组织的成立,各有其渊源所自:CCTA 是宗主国由于管理和政治上原因而相互提供援助服务;CSA 则是根据这些国家科学家提出的愿望而提供科技合作和咨询服务。实际上,这两个机构相互密切配合、协调统一行动。

CSA(总部设在扎伊尔布卡武)在这个相互支援体系中起主要科技顾问的作用,重点放在科技政策的制订和实施上;而 CCTA(总部设在英国伦敦)是执行当局和财政主管,侧重于管理政策的制订和资源的分配。

为保证使现有非洲的科技研究机构都依附于

CSA, CCTA 于 1954 年 1 月在伦敦签订的组织协议中公布了一项条款,规定下列非洲组织概属 CSA 主持:非洲动物流行病学、常设非洲采采蝇和锥虫病防治局、非洲土壤和农业经济局、非洲劳动研究所,以及非洲土壤学服务局。其后,撒哈拉以南非洲一些类似的科学合作机构加入这个群体之中。

1962 年 2 月, CCTA 在科特迪瓦阿比让召开的 17 届会议上,其地理范围有所更改,“撒哈拉以南”字样从委员会标题中删去,要求大会秘书长唤起埃塞俄比亚、苏丹、多哥和北非地区的政府对委员会活动的重视。这是一个大胆的步骤,是工业化国家在后殖民地时代毁约的一种手段。同年 9 月在肯尼亚莫古加召开的 CSA 13 届会议上也采取了相似的步骤。因此,这两个组织的范围就扩大到整个非洲大陆,同时采取了必要步骤“终止所有与南非和葡萄牙的关系”(CCTA 出版物第 92 号,拉各斯,1964)。1961 年,尼日利亚在拉各斯提供 CCTA 总部场址(与伦敦原址相去较远),在迁移这个重要的技术合作组织时, CCTA 当局清楚表明下列基本原则:

“CCTA 是非洲团结的一个工具,也是欧洲科学和非洲需要之间的一座桥梁。还有其他一些更加宽阔的桥梁,可能承载更多的交通量,但是委员会所建造和维护的这座桥梁,无论出现何种政治波动,均将保持畅通(CCTA/CSA/FAMA:非洲内部合作,1962)。

CCTA 之所以成为非洲一个有效的政府间机构,部分也因为大大依靠其姊妹组织 CSA 的科技政策能量。后者也极力捍卫自身的独立性。这样,其成员均应以完全公平和客观的精神服务,不问政治考虑如何,也不同各国政府商量”。在 CSA 表现的有效性中有三种自由似乎是不可或缺的:

选择成员的自由,不论成员的国籍为何(这些任命仅需通知 CCTA);

在任一 CCTA 成员国中召开会议的自由;

与其他科技组织及其他国家协同工作的自由，尽管须与 CCTA 保持密切联系。

因而在 1964 年 CCTA 由最近成立的全洲性组织——非洲统一组织 (OAU) 所取代时，CSA 已被证明是 CCTA 一个特别强有力的支柱。

新秩序

OAU 的科学、技术和研究委员会 (STRC) 是 CCTA 的后继组织。诚然，1963 年在达喀尔召开的 OAU 部长委员会第一次常会上所讨论的一些问题中，有一个是关于 CCTA 前途的问题。这一项提议需从非洲统一组织宪章上下文来领会；在第二条有关非洲统一组织宗旨中的第二节称：“为了所有这些目的，成员国应在六个领域内使其总方针协调一致”，其中两个领域涉及“保健、卫生和营养合作”与“科技合作”，以期“协调和加强这些方面的合作，努力使非洲各民族获得一个较好的生活”。

非洲科学理事会 (SCA) 同样地成为 CSA 的后继组织。CCTA 领导下的一些其他机构大部分都改组成 STRC 的地区办公室，其中包括非洲动物资源局 (IBAR)，设于肯尼亚内罗毕；非洲植物卫生协会 (IAPSC)，设于喀麦隆雅温得；非洲土壤局 (BIS)，设于中非共和国班吉，目前已停止工作。但 STRC 经过一段时期开展了其他新的活动，如半干旱地区食物粮食研究和开发项目 (SAFRAD) 协调办公室，总部主要设于布基纳法索瓦加杜古；非洲肥料开发中心，设于津巴布韦哈拉雷；以及非洲农业管理训练计划 (AMTA)。

毫无疑问，非洲各地区经济必须审慎地走向一体化——这不应是一个遥远梦想，而应是一个亟需解决的现实问题。(Odhiambo, 1991)。对这种合作体制，在联合国非洲经济委员会的 1991 年政策报告中作了生动的阐述：

“这个大陆被政治割据成为随意的民族国家，在非洲引发了一种可以理解的冲动，想将这个支

离破碎的区域重建成一个较团结和强大的经济与政治实体。非洲人的整体和团结一致的意识也激起了加强社会经济作用的自然情感。在经济水平上，一些非洲国家由于经济空间有限和割裂，它们的真正发展遇到很多障碍；这就提出了一个客观的理由激励非洲人决心共同去追求和实现自力更生的目标。总的说来，非洲把自力更生既看作是一个目标，又看作是一种手段，通过这个手段，这个地区最终将找到真正的自我、完全的尊严和历史的力量。它也是目标和手段，借以使这个地区找到掌握其资源、发展和前途的能力。”(UN-ECA, 1989)。

OAU 以同样精神生动地表达了非洲大陆的目标：在一个自力更生和持续发展环境中，实现一体化社会-经济发展，如同 1980—2000 年非洲经济发展拉各斯行动计划中所表明的那样。这个行动计划体现了非洲国家和政治首脑 1980 年 4 月在尼日利亚拉各斯会晤中所作的保证：

拉各斯行动计划清楚地表达了其原则，即由于非洲最大的资产是其人力资源，因此，充分动员和有效使用人力以使国家发展和社会进步，应成为一种主要开发手段”（第 91 节）。

“为达到工业发展目标……成员国决定在国家、亚区、地区各级在人力资源和自然资源方面采取一切措施资助和促进研究机构，为全部和充分动员所有力量打下基础，以保证从事的巨大任务取得胜利。”（第 53 节）。

成员国应协调其国家自然资源开发政策，“旨在为合作事业创造一个有利环境……使自然资源的开发符合其人民的社会-经济需要。”（第 78 节，e）。

为了运用科学发展非洲，需对科学政策进行重大改革：“这就尤其要求非洲政策的决策者开辟财源，增强政治意志和勇气，对

应用科学技术作为社会-经济发展基础以产生深远影响和深刻变化。这在目前历史生死关头,实为当务之急。”(第119节)(OAU, 1981)。

在OAU存在的最初30年中,其运作议程是一个彻底的政治议程:非殖民化,废除种族隔离,安置难民,解决州际冲突等等。这种情况是可以理解的,因为是历史重要性所使然。在自1963年到1982年的20年里,OAU部长理事会所通过的925项决议中,仅3%是关于纯科学技术的问题(约有12.5%涉及相关的科学技术问题)。非洲缺少建立在科学基础上的发展,在当今以技术为主的世界中显得十分突出。因此,OAU及其机构,以及其他地区和全国性发展实体对研究与发展予以同等重视并将其视之为社会-经济发展的动力,这一点应是十分重要的。

这种根本的改革要求将目前软弱无力的STRC改造成一个健全和有效的机构;要求OAU秘书处和STRC董事会主管人员之间加强联系,要求STRC的议程符合非洲大陆选民以及国家和亚区级类似的国家机构的需要。

OAU 科技结构的业绩

在接近本世纪未出现的STRC形象,并不是OAU有效的科技臂膀。STRC在非洲一些专家和少数政府计划人员的小圈子外并无名气,至于SCA则名气更小,几乎不为人知。把今天的STRC和SCA同昨天的CCTA和CSA相比,并无起色。

CCTA当初每年至少开会一次,并刊印较全面的年度报告。这些年度报告成为未来科学和技术的建议和指南。CCTA这个委员会过去是制订政策和调动资源的活动中心,其会员国政府都重视其建议。而STRC,按其目下的业务状态,却缺乏影响和可信度,其建议很少引起人们注意,仅

在传统医学和牛瘟治疗领域偶被采用。

SCA暮气沉沉,自1990年成立以来仅开过两次会,不能说它拥有一个制订计划或科技政策的核心,也不能把它看成是能向非洲任何重要机关提供合理建议的咨询机构,更遑论STRC了。

现有的亚区办事机构(IBAR和IAPSC)对其战略方针和科学成效未曾有过重要的外部评论。因此,它们失去了寻求一个新前途的机会以适应非洲大陆正在变化的需要,同时也没有经常针对自己的使命不断重新考虑自己的成绩,IBAR在数年前曾制定过召开兽医服务主管人和负责家畜发展的部长会议制度;这种会议迄今为止共召开过两次,对发展优先项目提供了重要信息投入。这样的论坛如果加以正规化,很可能成为确定研究开发优先项目的一种手段。

一些新的计划(例如,AMTA,几内亚富塔贾隆高原综合开发计划,沿海冲蚀防治计划)已被批准实施,但未经过全面考察STRC实施这些计划所具备的相对优势——尽管这些计划本身具有价值。

科技专业人员的士气相当低沉。这是由于项目选择程序避开了同行审议过程;对保持卓越缺乏鼓励;缺少一种着重科学成就和项目顺利实施成效的定期评价制度。此外,对STRC及其有关研究机构的财政资助既不可靠又不重视。例如,在1983/1984到1987/1988的五年计划中,STRC及其附属机构的预算,只有65.1%到位(表1)。

非独OAU对于支持非洲研究与发展(R&D)较为吝啬。1980年非洲R&D经费仅占国民生产总值的0.28%,而亚洲的R&D经费占国民生产总值的1.4%,北美洲则达2.23%之多。到1990年,非洲的这个百分率越来越小,下降到了0.25%,而在亚洲和北美洲则分别上升到2.05%和3.16%(UNESCO, 1992)。1990年非洲R&D费用仅占世界R&D总额的0.2%,财政支援水平之低极为突出(见图1)。

表1 STRC 及其附属机构
1983/1984—1987/1988 的拨款和支出

	拨款 (百万美元)	实际支出 (百万美元)	资金 利用率 (%)
行政管理及其他费用	5.18	3.88	74.9
业务费	2.48	1.11	44.8
总事业费	7.66	4.99	65.1

然而,我们认为 OAU 提供了一个独特机会,使非洲地缘政治领导得按 STRC-SCA 轴心所示的互补方式同科学领导密切合作。我们现在需要扩大这个机会,开始将非洲视为人类在地球上的最后前沿。

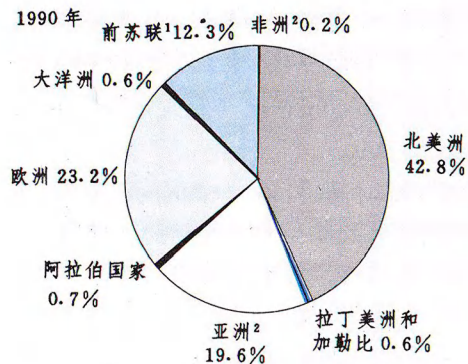
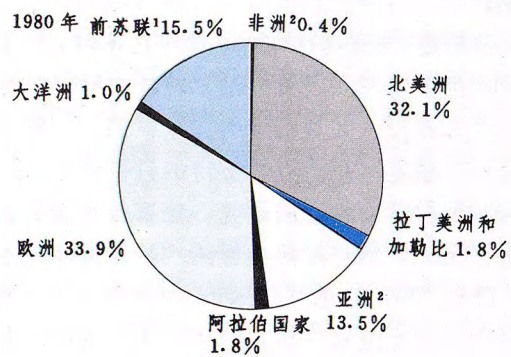
非洲是人类在地球上的最后前沿

《科学美国人》月刊编辑杰拉德·皮尔预言:“非洲前沿早已作好凭借本地力量和外部支援进行开发的行动准备。”(Piel, 1992)。

如果非洲根据这种看法与这种看法的吸引力进行建设,它一开始就必须对自己的前途痛下决心,并创造必要环境,使决定的前途能够实现和发展。

非洲在其社会的关键活动领域——科学研究和技术开发、工业部门和商业企业、地缘政治和地域经济、伦理和文化——的领导是残缺不全和软弱无力的。非洲展现的前景是:不完整的自我形象,不完整的社会和不完整的前途。

图1
各洲国家群 R&D 经费: 1980 年和 1990 年估计百分率



注: 1. 数据指的是“科学经费”。
2. 不包括阿拉伯国家。

资料来源: UNESCO《统计年鉴》, 1992年

当前是非洲人民历史中罕有的时刻。其他地区和其他民族在以前都曾遇到过这样一些划时代的激变时刻: 犹太人自埃及大批出走; 二次大战中日本被彻底破坏和打败; 美国的经济大萧条。非洲大陆已达到了其最坏的境地; 它现在需要一个新的憧憬并设计一个新的前途。这个前途不能再继续再承受物质贫困和科学文盲的沉重负担了, 正是这些挫败了非洲现有的发展计划, 使之无从实

现。非洲约 11.16 亿人民的生活大大低于每年 370 美元的贫穷线，其中 60% 是妇女，整个非洲人民的 47% 是贫穷的 (Repnik, 1991)。科学的贫困较物质的贫困更为关键，因为科学很可能决定前途。

很清楚，在我们接近 20 世纪之末时，处于现代发展前沿的一些国家，是那些长时期以来在下列三大方面投入大量资源的国家：第一，建立和培育一个稳定而获得有力支持的科技体系；第二，促进基础科学中的定向研究，兼有技术发展远期战略；第三，制订衔接良好的“培养大批技术人力”计划 (Brown 和 Sarewitz, 1991)。在一贯体现科学带动发展这一观点的实例中，以韩国最为突出。在仅仅一代的时间里，即从 1962—1988 年，韩国的国民生产总值自 23 亿美元增加到 1 690 亿美元，与此同时，其国家的 R&D 经费占国民生产总值的份额自 1962 年的 0.24% 增长到 1988 年的 2.1%。台湾和泰国情况与此大致相同 (Brown 和 Sarewitz, 1991)。

在 30 年的时间内，从一个沉闷的、农业和维持生存的经济一跃成为一个蓬勃的、农商混合的和工业生产的经济，其所以可能是由于在教育体系的各个不同水平上树立专心一致的国民教育和培训的风尚。这里教育体系包括 R&D、工程实施和技术支持，以及商业和经济企业的管理等。国家的承诺很清楚，一直注视着长期目标，而且未因外援有可能超过国内对目标的投入势头而转变方向。

这个启示应成为非洲的指路明灯，因非洲的这艘发展航船在从殖民统治下获得独立后约 30 年来仍在经济逆流中飘荡。将这艘航船从虚弱、退化和不健全的死水中推向一个新的充满阳光、自信和有希望的目的地的马达，只能是非洲对自己所向往的前景有意识地承担起义务。非洲的友人对这个大陆的发展所提供的支援是有限的。

此外，非洲必须开始对他人送来的礼物考察

其优劣，特别在这些外援用于建立和培育非洲自己的科技能力之时，因为这对非洲大陆社会和经济的可持续发展的现代化和加速化是一个极为关键的因素。

让我们先看一下对世界发展中地区的发展作出较大贡献的资助国之一美国。尽管美国与发展中国家正式签订了大量的科技协议，但美国政府为执行这些协议提供的资金相对较少 (Brown 和 Sarewitz, 1991)。到 1989 年，美国与 38 个发展中国家在科技领域中实施双向合作协定达 165 项。在同年，为实施这些协定美国共拨资金 3 100 万美元，其中 2 600 万美元用于 4 个国家 (中国、埃及、印度和巴基斯坦) 的合作协议，其余 500 万美元用于其余 34 个国家的科技合作。这表明一些科技基础设施较好的国家受到美国的资助较多。

国会议员乔治·布朗最近断言，韩国和其他一些亚洲新兴工业化国家 (地区) 的实例尚未能说服美国签订一些真正能促使发展中国家成为强大的、以科学为主导的自给经济的合作协议。

“尽管存在这些实例 (韩国、台湾和泰国)，美国在国外促进经济发展所作出的努力还从未包括一个全面解决科学和技术的办法，虽然“技术援助”自 40 年代末期以来是美国对外发展援助的一个组成部分，但是对发展中国家增加科技独立能力并没有真正起到作用，尤其是国际开发署 (AID) 的科技预算几乎全部投入由美国科学家所进行的研究项目中。这些项目主要研究一些特定的、往往是紧迫的发展问题，而不是用于机构建设。1991 年 AID 科技局 3 亿美元事业预算中，仅 15 000 美元被指定用于同来自欠发达国家的科学家的合作研究。” (Brown 和 Sarewitz, 1991)。

结果，有些国家对待发展中国家的准则继续是着重于提供技术和专家，而不是努力帮助建立和发展自给和坚固的本国科技能力。

另外一些国家则赞成为建立科技能力提供技术援助，赞成双向国际合作，如瑞典与发展中国

家研究合作署 (SAREC) 所做的那样。

SAREC 与非洲一些国家和世界上其他一些发展中地区的双向合作具有两种形式：一种是着重于提高科技能力的合作，集中于建立和加强（特别是科技基础结构较弱国家的）研究能力。这些国家包括与 SAREC 签订有合作协议的大多数非洲国家；另一种是着重于效果的合作。这种合作对象是一些科技能力较大的国家（如拉丁美洲的阿根廷和南亚的印度），以解决发展中地区明显列入发展议程中的一些研究问题（Bhagavan, 1992）。这些科技发展合作战略背后的原则是这些国家以科学为主导的发展中建立一个健全而富有生命力的基础，正如巴加凡最近在 SAREC 政策制订中所说：

“为了最终能够自给自足，建立科技能力这一过程必须在发展中国家研究院本身深深扎根，有充分的资源可供它们支配，使它们确信与国外科学先进的研究所的联系将是长期而持久的，以保证学习过程的巩固性和连续性。”（Bhagavan, 1992）。

无论聘用移居国外的科学家和工程师来充实发展中国家的科研院所（这是独立后最近 30 年来大多数非洲国家最常采用的办法）或派学生在其最易受影响的年龄（从科学立场而言）去国外长期留学，这两种办法本身都不能达到“持续建立科技能力”的目的（Bhagavan, 1992）。科技能力建立过程必须牢固地和一贯地扎根于发展中国家本身内部，并与有效利用能力相结合。

这并不是说非洲必须关闭门户，杜绝国际影响和国际合作，远非如此。非洲在集中精力从事科技能力建立和利用的同时，必须通过至少三条创新性的途径彻底影响发展意识抬头的科技界：

第一，使非洲博士研究生的科技经验国际化。这就是将完成全部大学和研究生教育的非洲学生安排在国外第一流先进实验室进修一二年。这些实验室可在发展中国家，

也可在工业化国家，只要正在从事对口的 R&D 即可。这项战术的目标是加强他们专业保证的同时，进一步扩大其知识概念结构。因为这些旅居国外的科学家在国内之时已经有了一个坚实的基础，他们大概都知道在国外期间应具体学到些什么，以及如何去形成牢固的科学联系。

第二，在非洲卓越人才中心内部，对已在工业化国家读过大学和研究生预科的非洲学生，在非洲卓越人才中心加强其研究实习工作。这种实习研究对攻读博士学位的学习人员是十分有用的。非洲学位论文实习研究奖励计划（ADIAP）就是此种形式的计划。它由非洲科学院主办，而由洛克菲勒基金会资助。这个计划可帮助非洲研究生在美国攻读社会科学、卫生和农业领域内的博士学位，并且可在其美国和非洲导师配合管理下在非洲进行现场调查研究。非洲科学院担任监督和跟踪作用，并定期召开获奖者研究会议，其间由非洲资深科学家举办各种各自专业的讨论会。此项计划自 1987 年实施以来，已有 168 个硕士生得到 ADIAP 的资助。我们需要将这个办法扩大应用于在美国、欧洲、亚洲和远东所有攻读博士学位的非洲学生。

第三，为年轻科技工作者创设初级专业助理培训计划，利用新出现的非洲卓越人才中心作为其中心点。无疑在今天的科学发展速度下，新毕业的年轻专业人员往往对自己缺乏信心，他们也可能在其科学教育或专业训练过程中已掌握了必要的一套思考方法和科技实践方法。这可看作是他们掌握工具的阶段，然而他们迫切需要的是进入运用工具的阶段。在一位工具运用和工具制造大师指导下，并在一个能提高能力的环境中工作，在那里，运用或制造工

具成为一种令人振奋和充实自己的经历。假如我们能小心地将我们这些聪明有为和渴求知识的年轻男女博士生置于非洲的这样一个环境中，使课堂教学与工厂实习相结合，每年三至六个月，连续三至五年，那么，我们将可培养出一批新的、有前途的、自信的、有进取心的专业人员、科学家和学者。他们将扎根在非洲的科技土壤中，在R&D、教育事业和工商企业中形成新的生长点。

要使这种以科学带动发展的新模式在非洲顺利再现，其先决条件是非洲人民必须重新将科学结合到其文化中。非洲人民散居世界各地的情况，不仅破坏了非洲社会的社会和经济结构，而且冻结了各民族的文化自然演变成为一个仅为这个社会的生存的统一体。这种冻结状态已存在达500多年，只是在目前发展模式影响下像冰河般缓慢地在运动着，这种模式受外来概念所支配，在非洲人心理上并没有牢固扎根。

我们必须从头开始。我们的孩子必须开始理所当然地把科学看成日常游戏、唱歌和生活的一部分。我们的妇女们必须开始把科学列为民间传说和工作轶事中不可缺少的部分素材。我们界公众，不论是在社区或是在国家各级政府工作，都必须学习如何将科学充分结合到企业和地缘政治任务中。

在从头开始之时，我们或许会想起科学人文主义者埃里柯·坎托尔在约16年前为其所写一书《科学人》序言中的一段十分透彻的观察：

“本书主题是科学作为一种文化存在，是为人类历史发展的一个主要因素……我开始觉察科学具有人的特性，这不仅因为它是由人产生的，而且它本身是一种以新教养方式塑造人的力量。”(Cantore, 1977)。

故而当今的非洲人应该关心科学，掌握科学和运用科学。这样，我们21世纪以科学为主导的

非洲世界就将在“卓越”的涵意范围内达到概念上的整体性与文化上的完善性。卓越人才中心在实现这个目标方面将发挥重要作用。

卓越人才中心

许多非洲领导人——不论在政府、教学机构或专门行业——即使对卓越人才中心谈得不少，但似乎对筹办和建立它们都有惧心。他们宁愿筹办“专业中心”、“地区中心”或其他形式的机构，而不愿去筹办这个大胆且具有高度竞争性的“卓越人才中心”。非洲需要系统地 and 积极地采纳和利用“卓越人才中心”这一观念以便创立本地解决问题的能力核心。这些核心如与较大的国家和地区研究机构联合起来，就能为长远和持久的国家和地区发展提供一种创新的原动力。

在这方面的任何决定性行动都需要极高层次的国家和地区承诺，正如两年前一些高级农业科学家在喀麦隆杜阿拉举行的一次会议上所称：

“政治意愿包括勇敢地、从根本上和断然地决定我们目前和将来在非洲需要哪种农业类型或哪种社会类型的能力。需要更多的政治意愿和承诺为研究人员创造一个拥有自由、利于思考和发挥创造性的环境（非洲科学院，1991）。”

到1980年，在非洲共有400多所研究所。但是它们没有保持在50年代和60年代那种明显的劲头，也没有提供急需清除经济与社会发展中主要障碍的高质量教学和有关的研究。的确，在非洲，“发展大学”这个观念根本尚未建立。非洲大学界试图在提供高水平教学和专业培训以外，还在“国家发展中发挥直接的、短期的介入者的作用，以证明应享有其预算和应取得社会上的特殊地位”，结果，基本上未获成功（ICIPE, 1991）。政府与大学之间非但没有建立预期的合作关系，反而由于“收入再分配和分享政治权力这些唯心主义观念”而发生矛盾（ICIPE, 1991）。

可是，人民大众要求对非洲的教育和培训（包括大学水平的教育和培训）继续加以强化。困难之处在于：虽然就长期而言，这个大陆应该依靠自己的人才为其经济繁荣和社会进步提供基础，但它的教育基础结构由于人口众多已不胜负担，并由于过去 20 年来极端缺乏财力资源而陈旧不堪，因而“教育系统目前已无能力培养出卓越人才，也无力奖励创新和成就。”(ICIPE, 1991)。

这种明显而未缓和的情况，已导致非洲国家逐渐热衷于外部解决办法，其情况与亚洲和拉丁美洲恰好相反。目前在非洲，移居国外的科学家、学者和咨询人员比 30 年前政治独立后的全盛时期还多，这实际上每年使 20—30 亿美元的发展援助转回北方。60 年代后期起，在非洲大陆突然出现高水平研究集体（或者从殖民地时期起就继续存在）。它们大都是由国际发展或援助组织资助，专事解决农业生产和卫生等方面的特定问题。这些集体所未完成的、或与其问题解决任务并行或相结合的任务，是发展和培育国内解决问题的能力。这个 10 年及其后非洲大陆领导人最重要的任务便是坚决而长期地承担起责任，迅速建立和保持非洲以科学为主导的发展能力。

托马斯·R·奥亥姆勃 (Thomas R. Odhiambo) 在马凯莱学院和剑桥大学接受科学教育后，1970 年受聘为内罗毕大学昆虫学第一教授。1978 年起，任内罗毕国际昆虫生态研究中心 (ICIPE) 主任。

奥亥姆勃教授是非洲科学院院长和第三世界科学院副院长，兼任若干国家和国际科学院研究评议员职务。他的专业兴趣包括科学技术政策和发展问题。

REFERENCES

- AAS (1991) *Enhancement of Agricultural Research in Francophone Africa* (Proceedings of the Pan-African Conference on Agricultural Research in Africa, held in Douala, Cameroon, 6-8 November 1990), Nairobi, Academy Science Publishers.
- Anonymous (1993) The idol rich, *Tatler*, 288(1): 82-7.
- Bhagavan, M.R. (1992) *The SAREC Model: Institutional Cooperation, and the Strengthening of National Research Capacity in Developing Countries*, Stockholm, Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries.
- Brown, J.R., G.E. and Sarewitz, D.R. (1991) Fiscal alchemy: transforming debt into research, *Issues in Science and Technology*: 70-6.
- Cantare, E. (1977) *Scientific Man: The Humanistic Significance of Science*, New York, ISH Publications.
- ICIPE Foundation, African Academy of Sciences, and US National Academy of Sciences (1991) *The New Challenge of Science and Technology for Development in Africa* (Proceedings of a Symposium on Scientific Institution Building in Africa, held at the Rockefeller Foundation Conference Center, Bellagio, Italy, 14-18 March 1988), Nairobi, ICIPE Science Press.
- Mokhtar, G. (1981) Introduction: 1-26, in Mokhtar, G. (ed) *A General History of Africa, 2*, Paris, UNESCO.
- OUA (1981) *Lagos Plan of Action for the Economic Development of Africa, 1980-2000*, Addis Ababa, Organization of African Unity.
- Odhiambo, T.R. (1991) Designing a science-led future for Africa: a suggested science and technology policy framework: 80-89, in Golden, W.T. (ed) *Worldwide Science and Technology Advice to the Highest Levels of Governments*, New York and London, Pergamon Press.
- Piel, G. (1992) *Only One World: Our Own to Make and Keep*, New York, W.H. Freeman and Company.
- Repnik, H.P. (1991) Change the framework conditions to combat poverty, *Development Cooperation*, (4): 4-6.
- UNECA (1989) *African Alternative Framework to Structural Adjustment Programmes for Socio-economic Recovery and Transformation (AAR SAP)*, Addis Ababa, United Nations Economic Commission for Africa.
- UNESCO (1992) *Statistical Yearbook*, Paris, UNESCO.
- Worthington, E.B. (1958) *Science in the Development of Africa*, London, Commission for Technical Cooperation in Africa South of the Sahara and the Scientific Council for Africa South of the Sahara.

南 亚

普拉巴卡·J·拉瓦卡莱 基肖尔·辛格

南亚科学与技术的发展可追溯到约公元前2500年的印度平原文化。自那时起,在市政规划、冶金、医学、外科以及天文学和数学等纯科学等领域已有应用科学知识的迹象。较近期间一些截然不同的国家边界的出现,结果引起一些新的国家发展各自的科学基础设施。这些基础设施或许可描述为它们的传统学术、来自殖民地时期的影响与应付今天经济难题所提出挑战的需要这三者的混合物。当代的印度,以其相对丰富的资源,在南亚国家中居科学领先地位,尽管也遭遇到影响其余南亚诸国科学与技术的许多问题。因此,讨论一下印度在科技方面所达到的成就,并以此为背景分析一下南亚其他各国对广泛依靠科学的发展的需求是有所裨益的。

印度科学思想的悠久传统反映在其1947年取得政治独立后不久的国民计划中,其时印度的第一任总统尼赫鲁在发展计划中采用科学(和技术)这一原则作为建国任务的基础。1958年,他使议会通过科学政策决议——一项至今仍被视为加强、促进和持续发展印度科学活动的官方指导文件。诚然,印度宪法中有一条款是增进人民中的“科学倾向”。目前的印度政府继续重视科学与技术。1993年,讨论了一项新的技术政策草案文件。该政策着重于利及社会、促进对环境更无污染、提高技能、加强与工业发展的联系等问题。这

项政策正处于辩论阶段。在印度,科学已成为国家发展议程上的一项重要课题。

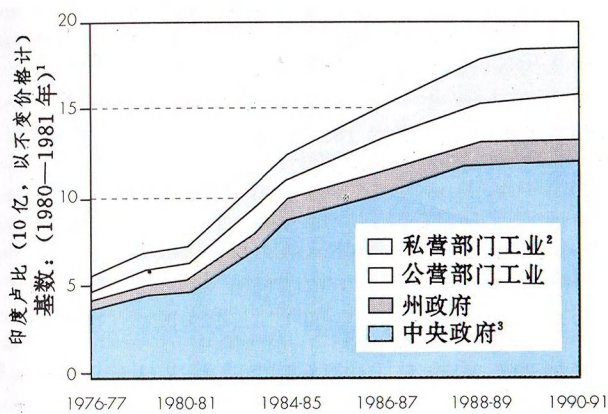
印度的科学技术资源

财力资源

为与加强和促进科学的原则保持一致,印度政府承担了支持这个国家科学与技术的主要责任。数年来,国家研究与发展(R&D)经费占国民生产总值的比率逐步增加,已从1958—1959年度的0.18%上升到1986—1987年度的1%左右。新技术政策草案(1993)提出,到2000年时对R&D的投资应达到国民生产总值的2%。政府的计划依靠私营部门增加对R&D的投资,为达此目的,正在拟订对工业给予适当的奖励办法。

图1说明中央政府对国家R&D工作所作的重大贡献。在1990—1991年期间,政府R&D经费占68.9%,而公、私营部门一起仅为23.2%。这个比例正好比发达国家和技术先进国家如美国和日本所见到的相反,在这些国家中工业R&D部门所作贡献较大。

图1
国家 R&D 经费，部门分担情况



注：1. 使用按生产因素成本计算的国民生产总值。为计算不变价格，采用1991—1992年经济调查的GNP价格减缩指数。

2. 私营部门单位数每年各不相同。

3. 中央政府不包括公营部门工业。

资料来源：印度政府科学技术部

人力资源

印度计划负责人P·C·马哈兰诺比斯教授明确声称“科技人员的可获得性是经济建设和国家‘伟大性’的一个重要因素”。科学政策决议也重视为这个国家的社会-经济建设而培养科学人力。每十年对国家科技人力资源进行一次调查，政府计划委员会定期对科技人员的人数进行估计，如表1所示。

1990年大学毕业的科学家和工程师人数约为20万人。可是，由于印度就业机会有限，科技人员不能全部有效使用。据报道，1990年共有近400万科技人员，其中仅30万人受雇于R&D机构，妇女占7.3%。

表1 印度科学与技术人员

领域	科技人员数 (千人)		增长率 (%)
	1985	1990	
工程学士学位持有者	372.6	454.4	4.0
工程学文凭持有者	564.2	734.8	5.5
医科毕业生 ¹	268.2	314.4	3.2
农科毕业生	133.3	162.8	4.1
兽医科毕业生	28.3	33.4	3.4
科学毕业生 ²	1419.0	1684.2	3.5
科学研究生	350.3	419.7	3.7
护士毕业生	3.7	5.5	8.3
合计	3139.6	3809.2	

1. 包括牙医外科

2. 包括 BEd (商科学学士)

资料来源：印度政府计划委员会

在印度，每1000人中约有4.5个科学家、工程师和技术员，而在加拿大则有184.8人，在日本有111.1人，在德国有77.8人。像印度这样一个大国，如要科技人员在发展过程中起到重要作用，则不仅其人数要增加，并且其使用率也应增加。至于人才外流范围的问题正在研究中，应采取必要措施加以制止。

印度的科学组织

由于印度的科学资助主要来自政府，科学组织结构清楚地显示出政府部门和政府资助的实验室在支配着这个国家科学的进程。

政府结构

在1948—1985年间,建立了一些训练有素的政府部门以从事原子能、宇宙、国防研究、电子学、生物技术、海洋发展、工业研究、非传统能源、环境等方面的工作,同时还建立了一些农业和医学研究的自治委员会。这些机构大多数得益于由科学家担任主要领导。在1971年,又设立了一个独立的科学和技术部起协调各种科技活动的作用。政府也不时为内阁和总理设立一些科学顾问委员会。1971年设立的国家科学技术委员会在1973年制订了一份科学技术计划(1974—1979),首次提出将科技与国家社会-经济发展结合的战略,从而作出了较大贡献。这个计划的确曾提供了一条十分合理的发展途径,但是即使在今天,其有效实施仍面临着一些组织上和管理上的问题。科技部门仍然处于孤军作战状况,只有一些领域(如农业和宇航科学)例外。这些领域已为科技应用于整个印度社会-经济发展树立了极好的榜样,其他科学组织或许应加以仿效之。

工业 R&D

如前所述,工业 R&D 活动约占 1990—1991 年国家对 R&D 投资总额的 23%。据 1990 年 4 月 1 日统计,共有 1138 个公营和私营部门 R&D 单位,雇用职工达 6 万余人。按部门划分平均每单位工业 R&D 经费如表 2 所示。

根据政府最近提出的政策,将鼓励工业部门对国家的 R&D 工作作出更大的贡献。随着最近推行经济自由化,工业部门将遇到比过去大得多的竞争,故而在面临市场压力的情况下,将需要较多地依靠本国自己的 R&D 能力。但是,在另一方面,转向一个更为开放的经济很可能便于进口技术,同时会有一些签订合作协议的多国公司进入本地市场,这些恐将成为本地 R&D 工作的制约因素。

表 2 按部门划分印度每单位工业 R&D 经费, 1990—91

工业分类	每单位 R&D 经费 (万卢比)		
	公营部门 工业	私营部门 工业	工业部门 总计
国防工业	1621.3	—	1621.3
燃料	707.8	22.7	365.3
化肥	274.8	125.0	194.1
交通	58.7	163.5	152.6
橡胶产品	28.9	120.6	115.8
冶金工业	274.0	34.0	101.8
电信	295.0	17.3	96.7
电子学和电气设备	244.3	44.6	72.4
制药	82.7	70.2	71.1
食品加工工业	8.0	68.5	66.7
工业机械	14.2	49.4	45.9
化学制品 (化肥除外)	140.3	34.9	40.1
其他	107.9	46.1	52.8
合计	286.5	52.2	84.1

注: 一个单位即为进行 R&D 的一个研究所。据 1990 年 4 月 1 日统计, 全印度有 1138 个工业部门 R&D 单位。

资料来源: 印度政府科学与技术部

教育部门

在教育部门, 研究与发展活动的组织多少是无计划的, 或者为数极少, 但有一些优秀的基础研究小组是在少数教育机构中发展起来的。在教育机构中的补充活动, 主要通过固定条件的研究补助金资助, 可是这些补助金仅能奖励给极少数的研究人员。1990—1991 年注册的大学有 180

所，而 1950—1951 年仅为 27 所。若干大学的研究质量仍较差，或许主要是由于多数大学研究机构的设施很不齐全。在过去 5—10 年中，有些政府计划和研究项目有选择地改进了一些基础设施，从而提高了一些大学的研究质量。

国家级组织

在过去十年左右，印度集中力量在其 25 个邦内建立了合适的科技规划基础设施。预料一些国家级的科技委员会将采用国家 R&D 成果，以保证通过将科学技术有效用于发展问题而给各邦人民带来社会经济效益。这种方法需予加强。

科学技术的整个组织结构，不就其投资而言，而就其协调和管理而言，或许发展过于庞大。这个管理机器需大加精简，力求反应迅速。如果印度直接目标是追求科学的卓越的话，就应当严格注意质量和选择性。

结果

政府承诺使用科学技术以求取全国发展，目前已在若干领域中取得了成果，这些领域有农业、卫生、资源调查、交通、国防和能源生产。尽管人口不断增长，这个国家粮食能自给自足，这是由于农业研究的科学投入。在广袤的国土上，以国家人造卫星为基础的电信服务已全部网络化。空间技术也正用于国家资源调查和天气预报，这些是对以农业为主的社会极为重要的领域。改进的卫生服务，虽离理想尚远，但已降低了死亡率，如从 1950 年每 1000 人为 27.4 人下降到 1985 年的 11.9 人，生活寿命则自 32 岁提高到 56 岁。电力生产的增长和农村的电气化是应用科学技术的重大好处。利用现代大众媒介技术并通过田间小组努力，识字率已上升到 50% 以上，15—35 岁年龄组的识字率，通过一项技术任务步骤，可望达到 100%。尽管这些发展颇为顺利，但科学潜力还

须充分加以开发。科学活动需要进一步加强，若要通过科学技术实现综合的社会经济发展，并在科学的生产者、使用者以及其最终受益者——印度人民之间加强密切联系，需要作出创造性的和有效的管理投入。

南亚的科学技术组织

与印度的情况相比，其余南亚诸国科学技术的发展面临更为复杂的问题。人均收入和识字率十分低下（平均分别为 290 美元和 40%，但斯里兰卡除外，其人均收入和识字率都大大超过本地区的平均数），本地区落后于大多数其他发展中国家。有些国家，如不丹和马尔代夫，甚至还没有第三层次教育（大学）体系。

这些国家（一如在其他发展中国家中）的政策总是承认科学技术在发展规划中的作用。这一点反映在巴基斯坦的第六个计划（1983—1988），尼泊尔第七个计划（1985—1990），斯里兰卡的第六个计划（1983—1987），孟加拉的第三个计划（1986—1990）以及不丹的第六个计划（1986—1991）之中。科技发展的方向与协调都由为此而设立的最高层政府机构主管。这一事实说明科学与技术被列在最优先的地位。孟加拉的国家科学技术委员会是所有与科学有关决定的决策中心，而国家科学技术理事会则调整和监督全部科学政策；尼泊尔皇家科学技术科学院则在皇家资助下促进科技发展；斯里兰卡的自然资源、能源和科学局可向总统建议科技发展政策、计划和项目；巴基斯坦科学技术理事会协调科技计划和项目。

科技体制基础结构

在发展科技的全国工作中，十分重视科技体制基础结构的建立；在一系列学科中已经建立具有竞争能力的一些科学研究与发展研究所，主要

是在科学与工业研究理事会的资助下建立的。巴基斯坦的科学与工业研究委员会(PCSIR)有9个实验室,其中3个是多功能的;孟加拉科学与工业研究委员会(BCSIR)有3个实验室;斯里兰卡科学与工业研究委员会(CISIR)有几个实验室;尼泊尔应用科学与技术研究中心(RECAST)是特里布凡大学的一个组成部分,此外,另有4个自治研究所。本地区还有许多研究农业和医学科学的研究所以及其他社会-经济发展领域的研究所。

同时,培养科技人员的高等院校也是体制基础结构的另一组成部分。

巴基斯坦除了53个研究所外,还拥有23所大学,包括4个工程大学和3所农业大学,170所工业学院和职业培训学院和101所专科学校。

斯里兰卡除了20个主要研究所外,还有9所大学,24所技术学院均由高等教育部管理,其中包括8所工业大学,12所初级技术研究所,3所农业学校和一些由政府机构设立的专业培训所。

在孟加拉,除了18个研究所外,还有4所工程学院,9所工业大学和54个职业培训所。孟加拉正在建立一所科技大学。

尼泊尔除了RECAST外,在特里布凡大学(负责该国所有高等教育事宜)保持4个研究中心以及4所技术教育与研究的自治研究所。

不丹虽然还未建立大学教育体系,但已建有一些工业和技术研究所,如国立林业研究所,综合农业培训与研究中心和国立兽医研究所。马尔代夫没有大学教育设施,但建有两所中等技术专科学校。

南亚科技资源

细察南亚各国科技政策声明,可知大多数的社会经济问题和发展任务,包括广大的优先领域,正在成为科技部门的责任。南亚地区国家的科技政策普遍强调需要:

开发技术力量,在某些情况下,包括新的、先进的技术,作为国家自力更生发展战略的一个组成部分;

培养具有所需专业技术的人员;

获得技术,加以应用并进一步发展;

最有效地应用当地技术;

促进和传播科学技术并将科学技术广泛应用于社会经济建设。

这些目标要求严格,但如果不受到严重的科技资源限制,就有可能实现。本地区国家内的全国R&D经费(包括国外根据发展合作提供的捐赠和社会科学经费)不到国民生产总值的0.5%。80年代中期,在孟加拉、尼泊尔和巴基斯坦,低到仅占国民生产总值的0.3%,遗憾的是用于整个科技的资源仅比全国R&D经费稍高一些。

尽管政策宣称科技需要面向解决发展问题,可是R&D通常侧重于基础科学而不是应用科学,并且大量R&D经费用于日常行政事宜。而且往往是大批项目一起上,结果使R&D力量变得破碎支离。

私营部门工业R&D在本地区各国实际上是不存在的。如在斯里兰卡,1985年所占全国R&D的份额仅为7%,而在本地区其余诸国,情况甚至更差。

本地区各国科技发展所需合格人员一般都很缺乏,这是由于进入大学的人数比例极低,因此,特别是R&D人员尤为稀缺。在巴基斯坦,R&D人员约为6000人(1988—1989),其整个科技人力的增长也极缓慢。斯里兰卡的R&D人员在80年

代中期不到 3 000 名科学家和工程师。在尼泊尔，科技人员中从事 R&D 活动的科学家和工程师共 334 人，技术员仅 75 人。不丹在 1987 年仅有工程师 17 人，以致该国几乎完全依赖外国科技人员以及海外培训技术人员方式的支援。

技术人力——一般系指工程师和技术员——的短缺，是由于中等技术学校入学率极低，仅占中等教育的 1.6%。高等教育体制的方向，如已经发展的那样，是为科技研究机构和工业部门（大部分是国营工业部门）培养出更多的科学家和工程师，而不是为小型和私营部门培养必需的技术员，但在本地区国家的经济活动却大部分是由后两个部分进行的。

科研的工业化

以创造性活动作为量度的科研效能指标显示出一个相当阴暗的景况：尼泊尔在 1965 年和 1982—1983 年两次颁布专利法其间仅有 15 项工艺过程和 15 项工业设计获得专利。这比孟加拉和斯里兰卡平均每年申请专利 200 项还少。巴基斯坦平均每年有 400—500 项专利申请，但其中大多数专利为外国所有。科研的工业化程度极为有限；由 R&D 机构开发出来的工艺很少用于生产。

在巴基斯坦 PCSIR 开发出来的工艺仅有少数达到商业化——实际上到 1985 年还不足 100 项。在斯里兰卡，1982—1987 年间，CISIR 承担的 19 个 R&D 项目中只有 2 个项目、国家工程研究和发展中心承担的 36 个项目中只有 3 个项目投入商业生产。在孟加拉，BCSIR 自成立起到 1985 年止，共开发 180 项专利工艺，其中 106 项租赁出去，而实际上仅 20 项投入生产。

本地区科技不能有效地使用，其主要障碍是：

所从事的项目缺乏生存能力；

R&D 机构与工业的联系极少，这个缺点反映在缺少委托或合约研究，这就使科技部

门无法作出可能的贡献；

在工业联系和技术支援方面，缺少专业化服务，此外，R&D 机构的工程力量薄弱；缺乏能弥补技术革新中固有风险的风险资金；

R&D 机构管理不善，往往被当作政府部门来管理，而不是按法人精神加以管理。

对科技的主要制约是政策集中于把 R&D 作为一种投入活动，而投入技术革新的资源和力量极为有限。除开发技术以外，很少进行 R&D 工作，至多也只是在发明阶段进行；可是，投资于产品开发的需要，根据巴基斯坦和印度的经验，往往要大 10 倍，事实上，政策对 R&D 的关心，随着越来越接近市场而逐渐减少。

南亚的科学教学和研究

高等技术教育体系与生产部门的分离远甚于与 R&D 机构的分离。大学里的研究常常过于学术性，缺乏足够的财政支援，有时缺乏质量和不切需要。高等教育体系与工业和商业部门并无密切联系，可是事实上后者迫切需要科技投入。

在巴基斯坦，R&D 人员短缺，主要是由于大学中教学与研究水平相对下降以及对研究的重视与日俱减所致。根据巴基斯坦科学技术委员会的调查，大学中科学人力从事于研究工作的不到 25%。

在斯里兰卡，教育经费用于研究的基本投资为数甚小，平均不到教育经费的 0.25%。

在尼泊尔，特立布凡大学科研和出版经费仅占 1988—1989 年预算的 1.3%。

在孟加拉，对于扩大高等教育，很少计划，与市场需要一无挂钩，结果各级技术教育大批毕业生与劳力市场需要严重失衡。

高等技术教育的基本要求是要更适应工作的

需要，而不是造就一些古典式的毕业生。这要求对课程编排有一个考虑周全的措施，以更好地适应社会-经济在一些重要领域，如粮食和农业、灌溉和水资源、能源、保健和服务部门、技术和环境等领域中的需要，并使高等院校在传统学科中的科学教学与科技中所发生的快速进展保持同步。

职业教育一直是发展中的故障，严重缺乏合格的师资和设备以及实践用工作设施，是整个地区都明显存在的问题。职业教育没有对提高传统技能给予必要的重视，也不注意加强其对小型和农村发展计划的切题性和实用性。

主要趋势

市场经济和技术引进

走向市场经济和私有化的趋势已遍及整个南亚，且正在创建一种新的、不同的科研环境。刻不容缓的是使 R&D 机构更具竞争力和生产效率，并使之适应需求导向的途径。科技政策已在审慎考虑创造一个合适环境和建立一些机构以吸引外资和技术。

技术转让机构

为更好地对待技术转让中所遇到的一些问题，正在建立新的机构，例如，巴基斯坦最近建立了一个全国技术转让中心，作为技术转让和发展的集中点。孟加拉和尼泊尔也正打算建立类似的中心。

巴基斯坦还建立了一个新的机构，名为科技发展协会，隶属于巴基斯坦科学与工业研究委员会，旨在促进发明和更有效地开发和转让本地发展的工艺。

研究与工业的联系

走向市场经济的趋势直接影响到研究和工业之间的联系。私营工业 R&D 在巴基斯坦通过在工业机构设立 R&D 中心而受到鼓励。私营部门也越来越认识到这是走向发展的一条主要通道。在尼泊尔，在工业内部的 R&D 和合作研究正在促进工业参与技术开发；事实上，工程研究所从其咨询服务中获得其资源的 10—20%。斯里兰卡 1987 年工业政策报告强调了需要创造一些条件，以刺激对技术的需求和调整 R&D 机构，使之成为需要导向的技术开路。

私有化及其对高等技术教育的影响

斯里兰卡的经验表明，就人类技术发展和技术能力而言，从自由化所得的持久利益可能是最小的，除非采取一些有意识的和审慎的政策使这些利益达到最佳化。例如，私有化计划，在孟加拉由于资源（技术、财力和人力）缺乏而受阻。因此，正在通过对至今属于高等技术教育的范畴提出私有化要求来影响科学与技术。

国家对基础科学和技术培训的要求

由于科技的迅速发展，采用培训和再培训师资的办法来加强大学基础科学教育，对所有发展中国家来说都已成为当务之急。巴基斯坦和孟加拉都已认识到硬科学和数学培训计划的必要性，巴基斯坦特别重视培训工程师。在孟加拉和尼泊尔，培训基础科学方面的专家越来越成为政策关心的问题。孟加拉最近引进了生物化学教学，并建议建立一个国家生物技术研究中心。

最不发达国家学校中的科学教学是很差的，其主要要求是“使达到学龄的儿童都接受科技培训”。为达到这个目标，联合国教科文组织正在马尔代夫首都马累的职业培训中心成立一技术课程小组，以改进技术教育计划。不丹也认识到应优

先进行工业发展，故而科学教育和技术人员培训工作呈现了新面貌；并修正国家教育政策，使其更侧重于科学和技术教育。

新的先进技术的科技计划

科学技术进步正在急剧地改变科学、技术和经济建设之间的关系，南亚地区正努力参与这些新兴领域。巴基斯坦在下列一些领域，如电子学、海洋学和硅技术等领域已建立了一些 R&D 研究所，在一些专门领域如生物技术和遗传工程等的研究所也正在筹建中。可再生能源、材料科学、激光及光学纤维等也将成为重点领域。此外，巴基斯坦已发起一项海外专业培训计划，目前已有 100 名科学家受过训练。同样，斯里兰卡有关培养高技术能力的政策，看来侧重于基础研究所，计算机和信息技术协会以及斯里兰卡现代技术中心等人才培训中心。孟加拉的国家科技政策（1980 年制订）中认为，对新出现的技术如生物技术、遗传工程、微电子学、新的、可再生能源等的支持是极为重要的。在 80 年代末制订的尼泊尔科技政策中，规定国家的 R&D 计划应当力求尽可能地发展如运用生物技术等现代科学的能力。不丹认为以科学为基础的技术是为改进其人民生活水平所必需的，因而也重视采用如微电子学、可再生能源和生物工程学等新兴技术。这些技术与其社会-经济情况有直接关系。同时也重视有必要保证新技术与传统技术适当的融合。

目前走向市场经济和研究工业合作的趋势将使南亚地区呈现新的科技前景，管理文化与科学之间的平衡将发生一个变化，即趋向于少些管理，多些科学。对新的先进技术的关心也就意味着将给予技术发明以更多的政策关心。将采取更多活动来灌输和促进科学，并动员本地区的创造性力量将科学广泛应用到社会-经济发展，这将使科学与社会的共同问题提到一个新高度，从而使当代科学技术更深入地渗透到本地区文化中。

ACKNOWLEDGMENT

P.J. Lavakare is grateful to the Department of Science and Technology, Government of India, for making available the latest statistical data on research and development in the country.

P·J·拉瓦卡莱 (P·J·Lavakare) 是印度联邦教育基金会执行主任和新德里科学与工业研究委员会名誉科学家。拉瓦卡莱博士是一位物理学家，曾任孟买泰特基础研究研究所和汉普夏大学研究科学家多年。其后，先后被任命为电子学委员会科学行政官和新德里科学技术部的行政官。在此期间，拉瓦卡莱博士任印度总理科学顾问委员会秘书和印度政府计划委员会的名誉科学技术顾问。

基肖尔·辛格 (Kishore Singh) 博士负责本章南亚诸节，是国际科学政策研究委员会成员，并任联合国机构在科技发展政策和技术转让领域专家顾问十年以上。辛格博士在巴黎第一大学获硕士学位，并在巴黎第五大学讲授技术转让。他最近就任丹麦洛斯基尔德大学客座教授。

FURTHER READING

UNESCO (1991) *Funding for Higher Education in Asia and the Pacific*, Bangkok, UNESCO (PROAP).

Singh, K. (1991a) Challenges for science policy in some least developed countries of Asia, *Higher Education Policy*, 4(3): 14-19

Singh, K. (1991b) Science teaching and S&T development, *Impact*, (164): 377-90.

中 国

沈澄如 张绍宗

改革是今日中国最主要的主题。在各个活动领域内部可看到变化，而最深远的改革是发生在国民经济中。由于科学与技术是一种生产力已为大家所公认，改革对这一部门越来越重视，尽管基础研究多半仍然仅为科学界所关心的问题，因为有人认为它与生产无大关系。很多公众还必须理解基础科学的潜在价值；他们认为基础科学研究人员是一些学究式人物，缺少实际能力。相反，一些技术人员却在公众之间享有较好印象。

本文简述基础研究在中国的整个状况，介绍中国最大的基础研究中心——中国科学院，并说明中国传统文化与科学技术的一致性。

基础研究的地位

基础研究的概念，各国不尽相同。在中国，科学与技术通常由三种形式所组成。第一种形式由研究与发展 (R&D) 形式组成，它将直接为在本世纪末力求国民生产总值翻一番服务，因而是科技活动的一个主要领域。第二种形式包括高新技术中的 R&D，旨在开发和建立高新技术。基础研究是为第三种形式，其任务是系统和合理地去了解自然现象，以提出新的概念、理论和方法去解释自然。基础研究还可分成三类。第一类是有方向的基础研究且有一应用背景，第二类是积累的

基础工作，目的在于收集原始资料和数据，第三类是纯基础研究。在传统上，纯基础研究就是指数学、物理和化学中的理论探讨，而天文、地球科学和生物学则属于第二类。

管理体制

中国的科技体制由中国科学院、高等院校和政府部委研究所组成。国家科学技术委员会则负责整个体制的协调工作。本来这个体制的设计是按照一个经济计划进行设计的。在这个计划下大部分科技项目是由中国政府所指定和资助的。承担这些项目的研究单位仅向国家负责。这种体制的缺点，尤其在第三级水平上，是很明显的，这是由于其与生产部门联系很少。过去十年左右引入市场机制以来，这个体制的许多方面有所改变，但其主要特点不变。很清楚，研究体制中最根本的改变将有赖于市场经济的全面发展，而中国刚刚开始向放宽政府对经济的限制迈出其立法的一步。

在过去，国家用在科技的年度经费不多，约占国民生产总值 (GNP) 的 1%，而用于基础研究经费则仅为其中的 4.8%。这两个投入部分均低于世界平均数。

国家自然科学基金会，成立于 1986 年，在分

散资助以改革中国的科技体制上采取了最初的一些步骤。自此以后,许多政府部门和生产部门成功地建立了其自己的 R&D 基金,这样,第一级和第二级水平的科学技术接受到了前所未有的资助。比较之下,基础研究为国家自然科学基金会所忽视;因此,基础研究在中国科技政策体制中的地位,显然视其所得资助程度而定。

由于在对经济放宽限制上作出努力,独立于国家管理体制之外的私营科技部门在中国东南部,特别是在深圳、珠海、厦门、温州和宁波等经济特区不断涌现出来。这些私营科技部门以市场为导向直接联系生产,故而比国有科学机构更为灵活、主动。由于其工资丰厚,自国有部门(包括著名科学研究所和大学)吸引越来越多的科技专业人员。这些私营科技部门的前途,有赖于其是否不断进行改革。

基础研究现状

尽管科技按前述的分类进行管理,但有关这类的统计数字尚待作出,因此,要正确描述中国的基础研究尚有困难。然而,有些信息可自一个题为“国家自然科学基金基础研究学科调查”的报告(以下简称“报告”)中取得,这个“报告”,是国家科学技术委员会委托中国科学院进行编写的,由中国科学院和其他研究所的 100 余位专家通过 1987 年 7 月到 12 月数月调查写成。包括 15 个学科分报告,这些学科有:数学、物理、化学、天文学、地球科学、生物学、基础农学、基础医学科学、能源科学、光电科学和工程科学。“报告”是首次对中国的基础科学所作的权威性调查,尽管其统计资料不够充分。

“报告”宣称中国已建立有一个大的基础研究结构,它包括许多最基础水平的学科,并已对国家的经济建设、国防和科学,以及对中国的自尊和自信作出了重大的贡献。这些科学设施力量最

突出事例是中国发展自己的原子弹、氢弹和人造卫星的成功。这个“报告”也列举了一些作出世界公认的个人或合作贡献的科学家,并指出了中国在地质学、地理学、地震学、土壤学、气象学、生态学、动物学、植物学等领域的研究和探索已经帮助我们更好地了解我们这颗星球。

然而,不能不说基础研究结构还是软弱和低效的。例如,在基础数学中,“报告”指出中国的总体水平仍远低于发达国家,并且在某些重要领域也落后于印度和巴西。在约有 20 000 个会员的中国数学学会,仅有数千人从事基础研究。根据该学会 1985 年统计,仅 400 人左右的中国数学家完成了两篇以上的论文并曾被翻译后在国际数学杂志刊出;而拥有 14 000 会员的美国数学协会有 4 000 人完成两篇以上的论文——比中国多 10 倍。

该“报告”对化学领域也作了相似的分析。根据对 15 个研究所(包括中国科学院和国家教委所辖 11 所重点大学)所作调查的统计资料,1983 和 1984 年从事化学研究人员总数为 10 000 人,其中 6 500 人在中国科学院各研究所,3 000 人在大学。在大学的 3 000 人中,有 700 人是研究生。据估计,在 10 000 个化学专业人员中有 60% (即 6 000 人)从事基础研究。根据美国《化学文摘》资料,1985 年世界共出版有关化学的论文 380 000 篇,专著 4 700 种,获得有关化学的专利共 73 000 件,使世界化学总产出约达 460 000 件。美国在这个生产上领先,占 27%,前苏联和日本则分别占 14.9% 和 11.3%。联邦德国、英国、法国、印度和加拿大次之。中国名列第 9,占 2.6%。中国化学专业人员在 1985 年发表论文 11 906 篇,其中 10 532 篇以中文发表,其余则以外文发表。“报告”指出在化学成就方面,中国和三个领先国家之间存在很大差距。

“报告”在评价整个生物学的学术水平时,明确地指出,中国的分子生物学,一般而言,无论

在科研人员的人数上和每年出版论文的质量和数量上都不能与美国中等州的水平相比；实际上落后发达国家 5—10 年，而由一些发展中国家如印度和一些南美洲国家所领先。关于分类学，即划分子第二类基础研究的生物学的一个分支，中国则取得了一般的进步。中国的本地昆虫品种较美国和前苏联要多得多，但是这两个国家各已证实有 85 000 种和 50 000 种，而中国仅 15 000 种。在另一方面，《中国植物》(Flora Sinica)，计划编纂成 80 卷，自 1959 年不断出版至今，其第 65 卷于 1992 年内出版。然而它的出版晚于《英国印度植物志》(1872—1897) 几乎一个世纪。中国鸟类学会会员 360 人，其中 83 人为合格的鸟类学者，而日本的鸟类学会拥有会员 1 000 人。同样，中国有 400 名专业人员从事昆虫分类研究，而美国则有 2 000 人。

1988 年北京正负电子对撞机顺利完成是高能物理学领域中的一项巨大成就，但“报告”指出有些学科如：凝聚态物理、光学物理学、原子和分子物理学等研究比较薄弱。据国家自然科学基金会统计结论，该“报告”提出警告：许多有突出成绩的研究小组近年来已日见衰退。

值得关心的是中国基础研究缺乏创造和发明，大部分研究都模仿国外已经做过的原始工作。有些研究仅是为了填补基础科学研究中的空白，本身就缺乏生命力。也有些研究是重复劳动。例如，政府各部、中国科学院和各省所属地质研究所不下 50 余个，它们的研究领域常常交叠重复。70 年代末和 80 年代初，研究单位的数量急剧上增，中国科学院的研究所从 64 个增加到 119 个。各大学和工业部门采用竞争机制也纷纷建立自己的研究所。

“报告”突出强调的一个问题，即是缺乏研究经费。根据对 1986 生物学研究经费的调查，平均每个课题的经费中科院研究所为 28 800 元 (1986 年 1 美元约等于人民币 3.45 元)，高等院校研究

所为 16 000 元以及地方研究所为 7 600 元。为将这些数字说得更确切些，可以指出最后一个数字当时仅为两台电视机的价格。在 80 年代，拨给大学的基础研究资金总额平均每年为 1 亿元。每个课题的平均经费却自 1983 年的 43 000 元下降到 1987 年的 29 300 元。至于拨给数学的经费，则更低于平均数字，每个课题为 8 000 元。

中国科学机构面临的另一重大问题是基础研究人员年龄都相当大。年轻科学家较少，其原因越来越清楚，即 1966 年到 1976 年的政治动荡剥夺了一代人的科学教育和训练而造成的。

抉 择

显然，中国基础研究结构无法满足国家的社会、政治、经济和文化发展的需要。因此，必须进行改革，缩减规模和增加投入。

大多数的中国分析家通常强调基础研究结构对国民经济的不适宜性。就研究经费而言，在这方面的不满足是极为普遍的，即使在发达国家中，研究人员受到私营部门和富豪们的丰厚资助，也总对经费感到不足。同时可看到，在历史上有些研究人员从事基础研究多半是为了知识上的好奇心，而不是为了满足名誉和财富的欲望。即使中国的科技预算自国民生产总值的 1% 左右增加到 1.5% 或 1.8%，以及基础研究的份额由科技投入的 4.8% 提高到 10—15%，如同一些科学家所提出的那样，将还是要求增加投入，因为基础研究和教育一样，实质上是一种文化的需要。因此，必须在基础研究与文化之间维持一种联系，尽管政府资助是绝对必要的，但研究界不应单单依靠中央政府；它应向包括私营部门的整个社会寻求资助。

成就

近些年来，国家科学技术委员会在改革中国的科技体制方面作出了巨大的努力。自第七个五年计划以来，国家科委制订的星火计划、火炬计划以及“863”计划都已实施。星火计划的目的是通过科技改变中国边远和穷困地区的落后面貌，火炬计划则旨在地方水平上发展高新技术工业，“863”计划的宗旨是开发高技术。这些计划都受到相当大的经济支持，并已将中国的科技体制推向活动的主要舞台。

为了稳定基础研究，中央政府也在尽全力增加对这一领域的投入；1993年的总投入将超过3亿元。此外，1994年和1995年还将每年增加投入7000万元。

1992年，国家科委发起攀登计划，作为一个国家级的努力以改进中国的基础研究。这个计划包括30个项目，由国家科委第一流专家自一些领域选择而得，这些领域是中国目前的能力能加以突破并在不久将来占有优势地位。在第八个五年计划期间，对这些项目的每一个项目的年投入为1百万元，比一般项目的投入要多得多。尤其，在第七个五年计划中建立了77个重点实验室，并计划再建立同等数目的另一些实验室。对所有这些实验室的总投入估计约100万元。尽管作出了这些努力，中国的基础研究力量还不够充实，许多基础研究人員不愿离开其原有工作岗位。

中国科学院

简史和规模

中国科学院是中国最大的和最综合的自然科学中心。中国科学院的宗旨是发展自然科学中的新概念、新理论和新方法，以解决重大社会和经

济发展问题并培养科学家和技术员。四十余年来，中国科学院已为中国的经济增长和科学发展作出了重要的贡献，根据1989年的初步统计，中国科学院有900多个研究项目获得了该年的国家级奖励。

中国科学院成立于1949年11月1日，由前中央科学院和北平科学院两个研究机构合并而成。在初期，中国科学院仅有21个研究所和300名左右专业人员。到1989年底，中国科学院已有121个研究所和9万名工作人员，其中，研究人员和技术员约56000人（见表1，表2和表3）。这些研究所分布于21个省、市和自治区。中国科学院在12个主要城市设立分所。此外，它设有6个学部：数学学部，物理学学部，化学学部，地球科学学部和生物科学学部，以及两个技术科学学部。科学学部委员均为选自中国科学院和其他研究所的著名科学家和技术专家，他们在中国享有最高荣誉。学部委员在过去有400人，1992年新选出200人，这是在北京召开的学部全体大会第六次会议上选出的，学部全体大会被认为是中国最高的科技咨询机构。

改革——时标

影响中国科技体制的一般缺点，在中国科学院也存在。尤其，大学和工业部门附属的研究所数字日在增加，中国科学院已丧失前所享有的优越地位。大学具有教育体制优势，而工业部门则直接拥有经济力量。因此，中国科学院的改革，在目前情况下势在必行，因其优越地位已受到威胁。同时，中央政府规定中国科学院必须将其工作重点转向科技活动主要领域。换言之，其基础研究必须减少。因此，中国科学院领导已制定改革方针，即向R&D转变，建立有限且有目标的基础研究结构，面向全国甚至全世界。

1981年，采用了一种新的拨款方式。各部门

的平均拨款有所减少,由同行评议或竞争而选择的研究项目,其经济资助则予增加。这样,研究项目的分类管理,是按一个资助比例进行的,即R&D、以公众福利为导向的科技以及基础研究三者的比例为4:3:3。在同一年,中国科学院为了全国的利益建立了科学基金会。1986年,中国科学院以3500万元支援了655个选出的基础研究项目,而其科学基金会提供1.72亿元资助了全国共4424个研究项目。国家自然科学基金会也于1986年建立,它以类似中国科学院的科学基金会方式独立行使职责而不受中国科学院管辖。

表1 中国科学院所设研究所, 1985

类别	数量
研究所	121
政策和管理研究所	1
历史和自然科学研究所	1
中国科技大学(包括研究生院)	1
北京管理干部学院	1
工厂	9
书刊、出版社	7
其他	29
合计	170

表2 中国科学院固定编制人员(按职能划分), 1985

职能	百分率
基础 R&D 和教学	45.2
其他领域技术人员	11.9
辅助人员	1.8
研究所工作人员	11.2
工厂和实验室工作人员	19.9
行政干部	10.0

表3 中国科学院固定编制人员(按部门划分), 1985

部门	百分率
研究所	82.6
教育与训练	4.6
科技服务	8.1
行政	4.7

1984年,中国科学院提出一项建议,要求科学机构摒弃封闭的政策,建立起一批便于科学家流动且适于国际合作的更为开放的研究实验室。结果,在1985年宣布正式创建第一批“开放”的科学机构,它们包括2个研究所和17个实验室。到1990年,另有63个这样的实验室,2个研究所和8个野外测试站相继对外开放。

在1984年,中国科学院也决定开发高技术产品,以达到国家经济目标。在1989年,约有7000名以上的科学家和技术人员离开其实验室进入这些“高技术”企业。

1987年中国科学院院长提出一项改革政策,目的是动员中国科学院主要力量直接为国民经济服务,同时保留一支学术性队伍从事基础研究和高技术项目。翌年3月,科学院院长提出了“一院两制”的观念,即两种不同体制将在中国科学院同时并存:科学院体制和高技术开发体制。这个观念受到了明显的支持,许多著名科学家甚至因而建议成立一个中国技术科学院。

在1993年初,中国科学院院长再次明确其1987年改建中国科学院的方针,并为其今后结构提出了一个两层模式。中国科学院将由少数科学中心形成的一个核心组织以及技术中心所组成,技术中心将是一些具有国际学术水平的研究机构。模式的外层由许多可赢利和高效的高技术企业所组成。这些企业是由中国科学院所建立的独立公司,它们与中国科学院及其研究所均具有密切的联系。基础研究应加以改进并集中于少数领域。在这些领域的工作不应仅仅处于国际科学研究前沿,而且也应对国家的长远经济发展具有战略意义。

最近的资料表明拟议中的中国技术科学院即将建立。如果中国技术科学院的科技人员部分来自中国科学院,部分来自政府各部委,那末“一院两制”的观念将进一步发展,同时目前正在进行的辩论,即目下中国科学院这样一个大科学

院好，还是一个集中在基础研究的小科学院好将最终得到结论。

中国科学院拥有 90 000 名职工和 170 个单位，故而其改革是一件相当艰巨的事，不仅因为科学院的科学家和工程师一时不易克服在计划经济下所形成的习惯。但是已渐渐感觉到了市场经济的影响，中国科学院的基础研究人员正在经历到经济困难，并且，“攀登计划”不能永远适合于所有的中国科学院研究人员，他们之中大多数人必须寻求其他领域。

科学与中国传统文化

中国传统文化与近代科学是可和谐共存的，而且中国人民在接受科学时并不感到有任何文化障碍。在中国，崇拜祖先甚于宗教，并且文化代表人物如孔子和老子，也从不反对科学而是力图适应科学。事实上，最近由中国科协所进行的一次民意调查，发现 70% 以上的公众赞成科学。

了解中国文化需要接受这一事实，即统治中国人思想的有两个原则。第一个是“中国中心论”；“中国”一词即指中央的国家。这也说明中国人是如何理解他们的国家的。“中国中心论”自公元前 11 世纪就已成为中国文化的一部分，其后到 17 世纪时，这种思想才受到西方文化的挑战，其中现代科学是其一部分。自此以后，中国作为一个民族，一直处于防卫地位，并且感到其光荣的文化已成为一个沉重负担。中国中心论超越思想和政治机构并渗透到所有领域。就是这种文化思想导致在中国发展中过分急于求成的思想。这种思想在科技中的表现，在基础研究任务的重要性以及在为实现上述任务而努力雇用干部方面都十分显而易见。

第二个原则，可代表中国文化的特征，是其与宇宙的一致观点。宇宙被视为一个整体，其所

有实体，不论是个人，一群人或整个人类，都是环境的组成部分。这种文化倾向阻碍了在古代中国出现科学，因为科学思想要求超然的观察。例如，尽管在孔子时代出现了逻辑学和几何学，可是这些学科的发展，无法与亚里士多德的逻辑学和欧几里得的几何学相比。古代中国人民的才能主要表现在技术和艺术方面。在现代科学中，中国研究人员证明他们在解决问题上才能非凡，而在证实问题上则能力较差。这种在基础研究上缺乏创造性和新观念可能是由于受到自然整体概念的反复灌输所致。在另一方面，整个世界面临的许多问题，如环境污染、全球变暖以及同温层臭氧耗竭等，都需要一个全面的方法。尤其，计算机科学的进步已使这些方法成为可能。

一些长期受到中国文化巨大影响的国家，如日本、新加坡、韩国、泰国和马来西亚，其快速的经济发展，迫使全世界的中国问题专家重新评价中国文化。我们相信中国文化和西方文化两者组成一互补体系，它在谋求合理解决现在和将来全球问题中将起到关键作用。

沈澄如是中国科学院的一位研究人员。他是联合国教科文组织中文版期刊《科学对社会的影响》和双语版《世界科技》的主编。

沈教授曾在一所大学外语系任系主任多年，现致力于科普工作。

张绍宗在中国科学院地质研究所工作，现为《中国地质科学》(Scientia Geologica Sinica) 英文版执行编辑。

张先生获有中国科技大学研究生院硕士学位，对科学、文化和社会颇具兴趣。

FURTHER READING

INBRDNS (1989) *Investigation of the National Basic Research Disciplines of the Natural Sciences – Current Status, Trends of Development and Tentative Ideas Concerning Strategy for Development*, selections from *Bulletin of CAS*, 3: 64-252, Beijing, Science Press.

Zhang Yungang and Yang Anxian (1990) *Chinese Academy of Sciences' Ten-Year Reform in Retrospect*, selections from *Bulletin of CAS*, 4(2): 141-51, Beijing, Science Press.

Zhou Guangzhao (1989) *Accelerating Reforms and Establishing a New Institutional Pattern of 'One Academy, Two Systems'*, selection from *Bulletin of CAS*, 3: 3-11, Beijing, Science Press.

日本以及新兴工业化国家(地区)

岗村宗吾 雷吉·亨利

自从 1868 年日本改革了它的经济生产基础并影响其社会和文化以来,科学在日本的发展中起着关键作用。克服了许多自然资源的限制而成为在科学研究和技术创新方面领先世界的工业化国家之一。日本依然认为,它的未来繁荣在很大程度上取决于科学和技术。同样,自 60 年代以来在亚洲新兴工业化国家(地区)奇迹般的经济增长中,科学技术的重要作用怎样讲也不过分。由于缺少日本当时所拥有的科学传统和工业化程度,这些国家和地区开展了一个朝气蓬勃的获取科学技术能力的计划以便支持其正在开展的外资工业。本文简要评述了日本以及新兴工业化国家(地区)利用科学技术达到工业发展和经济繁荣的方式。

日本的科学状况和科学机构

对于日本在科学技术方面取得的迅速进展有两个因素是关键:政府在促进科学技术发展中的作用以及私营部门在采纳、促进和利用科学技术方面的卓越成绩。

日本政府在促进、规划、管理以及给科学技术提供资金方面的作用是巨大的。目前日本政府运行着一个制定和实施日本科技政策的庞大机构网络。这一网络包括有在每个生产部门规划和推

动日本科技政策的政府各部级部门;诸如科学技术厅和文部省等职能机构和科学技术委员会以及文部省科学委员会等咨询机构。1992 年 4 月日本政府通过了“科学技术政策大纲”决议,该大纲建议制定积极的和全面的科学技术政策,并考虑下列三个目标:“人类与地球协调共存”,“扩大知识储备”以及“建立一个具有吸引力的社会,使人们能以和平的心态生活”。为了达到这三个目标,该大纲指出了一些优先采取的措施,诸如科学技术与人和协调社会协调发展,为了科学与技术而推动人力资源的开发,增加研究与发展的投资,改进研究发展的基础设施,鼓励灵活的和创造性的研究,促进日本科学技术活动的国际化以及日本国内地方一级的科学与技术的发展。

日本政府也给研究与发展提供资金,并实施研究与发展工作。日本科学技术政策大纲责成政府资助如表 1 所示的研究与发展活动。

1991 年日本在自然科学研究与发展中的投资占国民生产总值的 2.76%,成为世界上最高的比例,经费总额达 12.7 万亿日元(944 亿美元),仅美国超过了这一数字。1990 年在日本自然科学研究发展的总经费中,政府提供的资金占 16.5%(1.99 万亿日元),并执行了价值 1.78 万亿日元的研究与发展工作(参见表 2)。

表1 日本科学技术政策大纲资助的研究与发展领域

基础和最主要的科学技术：
材料科学技术；
信息/电子科学技术；
生命科学和生物技术；
软科学技术；
先进的基础科学技术；
空间科学技术；
海洋科学技术；
地球科学技术。
为了人类共存的科学技术：
包括全球环境在内的自然环境保护；
能源的开发和利用；
资源的开发和回收；
粮食的连续生产。
富裕生活和社会的科学技术：
保持和改善健康；
改善生活环境；
改善社会经济基础；
加强对疾病的预防和安全措施。

表2 日本政府部门投资和执行的研发

	1980年		1990年	
	总额 (万亿 日元)	所占 比例 (%)	总额 (万亿 日元)	所占 比例 (%)
政府执行的研 究与发展开支	1.09	23.4	1.78	14.7
政府研究与发 展经费	1.21	25.8	1.99	16.5

尽管日本对自然科学与发展的总投资给人以深刻的印象，但是按所占国内生产总值的比例来量度，日本政府提供资金所占的比重仅是主要发达国家政府的一半，与私营部门的开支相比并没有增加。相反，日本政府在这方面的支出在逐年减少。实际上，目前日本许多公司的研究与发展经费已超过了在工厂和设备方面的资本投资。然而，政府部门研究与发展总支出是重要的，因为其中的32.8%用于基础研究，相比之下非政府部门的研究与发展经费仅9.2%用于基础研究。而且，1992年日本科学技术政策大纲提出了增加政府对基础研究的投资。最后，日本政府仍然是为大学研究与发展提供经费的主要机构，虽然工业部门给大学研究与发展经费从1980年的占11.2%已增加到目前的占35%。大学和政府基础研究总经费中所占比例已从1980年的64%下降到1990年的55%。

过去10年期间，在多数工业部门中私营部门的研究与发展经费几乎增加了三倍（表3），使之在1990年国家研究与发展总经费中所占比例增加到了80.6%，而大学研究与发展经费在全国研究发展总经费中的比例为11.6%，政府机构在这方面的比例则为7.8%。这种趋势使日本研究的基础结构向下述方向倾斜，即私营工业中的设施和设备比大学和政府研究所的要好得多。私营部门研究与发展投资也有所倾斜，因为全部研究经费的71.8%以上用于发展，21.8%用于应用研究，仅6.4%用于基础研究。所有这些说明了日本的基础研究存在三个问题。首先，虽然私营部门的研究与发展经费占日本全部基础研究的45%，但私营部门在基础研究方面的研究与发展经费所占低比例，仍然留下了许多领域有待由政府负责提供资金。第二，私营部门基础研究的动力与政府或大学实验室仍不相同。最后，与美国和欧洲相比，除了如通信和电子学这些特殊领域外，日本基础研究的总体环境较差。

表3 按产业类型分类的日本私营部门研究经费

	1981年 (万亿日元)	1990年 (万亿日元)
机电	1.01	3.15
运输设备	0.63	1.50
化学制品	0.62	1.42
通用机械	0.24	0.65
精密仪器	0.12	0.34
钢铁	0.12	0.30
陶瓷	0.08	0.22
其他制造业	0.50	1.09
非制造业	0.26	0.61
总计	3.58	9.28

由于公司不愿意发表其基础研究的成果，科学产出也是不均衡的。学术出版物很少，形成了与日本专利申请的强烈反差，1988年日本的专利申请占美国专利申请总数的20%，占欧洲专利申请总数的15%。

日本高等教育深受私营部门对科学技术和研究与发展人员大量需求的影响。虽然所有部门对人才的需求在不断扩大，但是私营部门研究与发展人员的增加是令人吃惊的。在过去10年期间，私营公司研究与发展人员数目所占的比重增加了7%，与此同时，研究所和大学研究与发展人员数目所占的比重分别减少了2%和5%（表4）。文部省科学委员会所进行的一项调查表明，大部分私营公司的研究实验室计划按国民生产总值的增长成比例地增加研究与发展人员的数量，而研究所和大学也跟着这样办就将发生严重困难，除非政府显著增加所提供的资助。

表4 日本从事自然科学方面研究与发展的人员数

	1981年		1991年	
	人员数	比重(%)	人员数	比重(%)
私营公司	184 889	58.2	330 996	65.5
研究机构	30 006	9.5	37 084	7.4
大学	102 592	32.3	136 815	27.1
总计	317 487	100.0	504 895	100.0

1986年日本每千名雇员中有9.2名研究人员，在这方面已超过了美国。由于日本也在经历着青年人拒绝从事科学和工程专业的国际趋向，对科学家和工程师的需求超过了供应。

为了对科学技术政策大纲以及各省厅许多委员会和理事会主张基础研究重要性的其他报告做出响应，日本政府已作出努力以增加研究与发展投资。

日本成功地利用科学技术的第二个重要因素是私营企业在促进和利用科学技术方面的成绩。日本私营部门采取两种途径来促进和利用科学技术，从某种意义上来说这两种途径已确定了全国科学技术发展的模式。第一种途径是在确定科学技术战略时私营部门把重点放在市场需求和产品需要上。这种政策最终促进了日本科学技术的发展，虽然它在开始时削弱了科学技术的基础。第二个途径是技术创新的过程被看作是包含许多创造因素，而不仅仅是新技术本身。这种对创新过程的全面看法有利于基础研究，因为私营企业使其研究与发展投资多样化，并从中寻求各种应用。

私营部门对日本科学技术所采取的这两种途径产生了另外一些不一般的研究与发展特性。例如，研究和发展人员以及工程师积极参与整个创新过程；由于工业在科学研究和生产之间维持着紧密的联系，在每个阶段都进行研究和开发；公司按“技术的复杂性”将其生产线多样化，而不

是合并投资使生产线多样化；公司更多地受新的核心技术所推动，而不是受其最初的商业领域所推动；新技术之间的互补性促使日本企业在技术上是相互依赖的，其结果是，日本私营企业在促进研究与发展方面的技术竞争日益明显减少。此外，自从1985年日本公司将研究与发展工作部署在海外以及外国公司增加其在日本的研究与发展投资，特别是增加在汽车和半导体工业中的投资以来，日本研究与发展在国际层次上的相互依赖性也出现了。

所有这些政府和私营部门的特点和趋势形成了目前日本科学的每个方面。目前，日本政府努力于建立诸如国际半导体技术中心，ERATO计划，新一代技术研究所等这样一些研究集团。这些组织对加强大学-政府-工业的合作以及国际合作是十分有用的。

日本科学的趋势

作为日本科学的主要因素，近年来所出现的两种趋势是科学的全球化和对环境的关心。这些因素可能会在迫使日本改善政府实施和资助基础研究的同时，放弃对科学的竞争和民族主义的态度。日本科学的另外一个主要趋势是对国际环境问题作出反应，通过运用科学研究以确定全球气候变暖、酸雨和平流层臭氧层破坏的原因并采取对策。

科学与新兴工业化国家 (地区)模式

尽管自从第二次世界大战以来日本经济取得引人注目的成功，80年代初期表明，作为发展中国家的样板，日本受到亚洲新兴工业化国家(地区)(NICs)的挑战。东亚的两个共和国和两个地区——韩国、新加坡和台湾乃至较小管辖范围的

香港——提供了社会经济取得快速成就的样板。这些新兴工业化国家(地区)的主要特点是运用科学促进经济迅速增长。目前，亚洲新兴工业化国家(地区)模式是采用科学以达到发展的范例，并继续向不很成功的发展中国家提供希望。

新兴工业化国家(地区)在明确采纳以利用科学技术促进发展作为战后策略的中心原则之后，科学对新兴工业化国家(地区)来说已是极为重要的了。这种策略要求政府必须实施既建立本土的科学技术能力，又将它应用于工业生产的政策。虽然自从60年代以来多数新独立的发展中国家采取了这种政策，但亚洲新兴工业化国家(地区)是最成功的。不过香港是个例外，因为直到1980年，香港完全依靠私营企业。

新兴工业化国家(地区)成功的原因是它们创造性地实施了该战略。最重要的是，新兴工业化国家(地区)将其科学技术政策建立在国际市场需求、国外技术和国外投资这样一些因素之上；即它们没有认为科学技术将自动地促进经济增长而盲目促进本土科学技术的能力。此外，新兴工业化国家(地区)将对科学技术的促进与着重实效的政策紧密结合以便解决诸如贸易赤字、债务和失业这样一些国内问题。例如，1980年韩国面对制造方面的相对劣势要求其私营工业建立研究与发展设施或组成研究与发展集团。同样，70年代后期，当国际环境发生变化后，新加坡修改了它对工业技术依靠国外合作的政策，并开始同时促进本地的研究与发展。这种使科学技术政策的制定与发展政策着重于实效的结合仍然是新兴工业化国家(地区)的主要特点。

科学和规划的发展

起初，这种科学技术政策的创新、务实精神和科学技术与经济发展的结合都来自新兴工业化国家(地区)政府的政策和行动。管理新兴工业

化国家（地区）富有经验的发展机构能很容易地提供这些技能，因为这些国家（地区）已将科学技术作为其资本主义发展模式的基本组成部分。指令规划新兴工业化国家（地区）的机构，按政府官员管理方式管理这些国家（地区）的社会并经营国有工业企业和法定的机构，诸如韩国的经济计划局、台湾的经济计划与发展委员会或新加坡的经济发展局，它们同时促进了科学的发展并刺激了对技术的获取。

新兴工业化国家（地区）政府也建立特定的机构以促进、管理和资助科学技术。这些机构包括了韩国的科学技术部和国家科学技术委员会，台湾当局的“国家科学委员会”和新加坡的国家科学技术局或科学委员会。这些机构通过促进大学研究和教育，建立如韩国的先进科学技术研究所或台湾当局的“国家科学委员会研究实验室”这样一些国家（地区）研究与发展研究所以及建立现代化的科学基础设施，成功地建立了本国（地区）的科学技术能力。新兴工业化国家（地区）还通过计划和促进科学发展提供贸易保护和津贴，给予特殊的减免税优惠和研究与发展津贴，提高教育和规划人力资源开发，鼓励外国投资和技术，以及制定特别的法律等措施来鼓励地方的研究与发展。

这些旨在吸引私营部门促进科学技术发展的政策取得明显的进展。所形成的私营部门对科学的促进涉及两个不同的方面。第一个方面是担当了工业研究与发展工作。第二个方面是提高了私营部门的科学技能以促进对国外科学技术的利用。新兴工业化国家（地区）政府在促进私营部门在科学技术战线采取行动方面是特别成功的。它们的成功是由于它们对整个发展环节的灵活管理以及适应私营部门需要的灵活的科学技术促进政策。由于像韩国的吸引外资协商委员会（FCIDC）或台湾的工业发展和投资中心（IDIC）这样一些机构所提供的一步到位的投资管理的结

果，新兴工业化国家（地区）的私营部门得以获得接触国外技术的机会，这是表现得最明显的。像出口加工区（EPZs）和自由贸易区（FTZs）在为新兴工业化国家（地区）的制造厂商吸引新技术方面，这样一些创新的合作措施也是十分明显的。

长期以来，这两个新兴工业化国家和一个地区将其科学技术政策中的政府和非政府成分结合在一起。由于科学技术基础结构的改善使新兴工业化国家（地区）的私营部门工业能以改变藉以在获取国外技术、技术分享和改进技术扩散上获得更重要的合伙关系的条件，使政府的科学技术基础设施和私营部门的科技型工业结合到一起。这一加强了私营部门的科学技术能力使得发展更高附加值工业的政府政策更为可行。新兴工业化国家（地区）国内的科学技术能力目前已使这些国家（地区）可以进行创新，而台湾和新加坡正在推行业已被韩国电子和微型芯片技术所达到的“发明推动”过程。

回想起来，科学之所以能在新兴工业化国家（地区）成功地建立起它的地位，是一系列因素造成的。最基本的是，政府的发展政策成功地将新兴工业化国家（地区）的工业与第一世界的经济相连接，控制国外投资和促进与跨国公司的合作。这就创造了一个范围，在这一范围中新兴工业化国家（地区）的私营部门能为了工业发展的需要利用进口技术。在政府政策和管理良好的机构协助下，私营部门的企业也能以上下结合并深化其地方工业的技术能力，最后成为利用其国内能力的科学技术创新者。

这也就是新兴工业化国家（地区）同非新兴工业化国家在实施科学技术促进发展策略上的明显差别所在。至今，非新兴工业化的发展中国家没有将促进地方的科学技术与对进口的科学技术的管理结合在一起，以创造能使它们仿效新兴工业化国家（地区）后工业化的国内科学技术能力。其结果是，它们仍然没有为未来以科学为基础的

发展作好准备。与此同时，第一个亚洲新兴工业化国家的韩国则明确地认识到国内科学技术的重要性，已缩小了与日本的差距，新加坡在明确地促进其国内科学技术的发展，台湾当局也在其十年科学技术发展计划（1986—1995）下促进科学技术的发展，即使是香港也在弥补其科学技术的不足。

当前的科学趋势

新兴工业化国家(地区)的政策目前所关心的是维持其发展的成功。因此，促进科学技术的发展是新兴工业化国家(地区)的教育、研究和工业发展的重要特征。这可以从两个新兴工业化国家及一个地区的国家或当局的研究或发展经费的高支出以及经费的绝对数值的不断增长及其在国民生产总值中所占比例的扩大这两方面看出(表5)。

目前，亚洲新兴工业化国家(地区)政府对研究与发展的投资有很大的变化。与韩国相比较，台湾当局和新加坡政府在研究与发展投资中显然占较高比例，韩国政府在研究与发展投资中比例已减少到16%，其投资水平相当于日本(表6)。然而，目前由于私营部门对研究与发展投资所占比例的迅速增加，台湾当局和新加坡政府在研究与发展投资中所占的比例也在下降。

历史对80年代中期台湾当局和新加坡政府

研究与发展投资所占高比例作了解释。当时这两地所采取的政策是扩大政府的科学技术活动而不是依赖私营部门的企业。例如，1979年台湾当局第一个科学技术发展规划确定了8个主要科学技术项目以加速经济发展，提高公众福利，巩固防务和促进现代化。新加坡从1980年开始实施它的新战略，向研究机构、大学和工业中的研究与发展提供政府资助，同时鼓励中小企业通过研究与发展寻求附加值较高的产品生产。

韩国的经济表明，台湾当局和新加坡政府的研究与发展经费在未来将不断减少。所有这四个新兴工业化国家和地区的研究与发展目前都取决于并受私营部门所主导，不论过去其科学技术是由国家推动还是依赖于自由企业。这种状况在一方面缩小了台湾和韩国之间的历史差距，在另一方面缩小了新加坡和香港之间的历史差距。

这种私营部门为主的趋势是政府政策和通过大、中、小型企业成功地促进研究与发展，利用科学园区吸引国外的科学技术，并促进地方的研究与发展这些因素的结果。这种趋势也是政府对研究与发展不断提供政府补助的结果。例如，台湾对关键的零部件和产品的开发实行补贴，并进行合作以促进消费电子产品、计算机、通信、自动化和先进材料这五个最优先的工业的发展。这个趋势由于新兴工业化国家(地区)的政府放宽对国外投资者的管理，放松对国外投资的控制，促

表5 以实际值和国民生产总值比例表示的新兴工业化国家(地区)的研究与发展经费

	1981年		1985年		1990年	
	实际值	占国民生产总值的%	实际值	占国民生产总值的%	实际值	占国民生产总值的%
韩国(百万美元)	418	0.64	1 298.0	1.48	4 481	1.91
台湾(百万新台币)	16 414	0.93	28 702.0	0.98	71 500	1.65
新加坡(百万新加坡元)	81	0.3	241.3	0.6	572	1.10

进技术的进口，特别是改变其管理作风而得到帮助。目前，计划目标是通过诱导而不是通过直接控制来达到的，研究目标是在与私营部门的合作安排下达到的，私营部门受到了增加研究与发展经费的鼓励以便“繁育”高技术获胜者。与此同时，政府本身仅起监督和促进作用以便提高附加值的制造。

表 6 新兴工业化国家（地区）研究与发展
总经费中政府经费所占百分比

	1981年	1985年	1990年
韩 国	44	19	16
台 湾	53	60	46
新 加 坡	45	50	46

新兴工业化国家（地区）最近在特别基础研究计划和给研究特别拨款方面，政府的这种新作用十分明显，其中许多作用都在促进着高技术合作。1992年，台湾在它的中期六年计划（1991—1996）中宣称，研究与发展的目标是与私营部门合作以加速科学技术的全方位发展。新加坡国家科学技术局于1991年为12个政府和私营部门联合的研究与发展项目提供了1100万新加坡元的资金，比上一年增加了一倍，1992年成立了合作的磁技术中心以加强新材料的研究与开发。这样的一些在新加坡、台湾和韩国科学技术园区内进行的合作活动都得到了政府机构的支持。这些措施使亚洲新兴工业化国家（地区）在政府、大学和私营部门之间的研究合作方面处于领先于其他发展中国家的地位。

因此，新兴工业化国家（地区）的政府在为研究与发展提供资金和负责进行研究与发展方面

仍负有重要责任，特别是在促进高技术发展的起始阶段和基础科学方面。例如，新加坡目前给8个研究所以及公共部门的研究与发展部门提供资金。这些国家或地区的政府还在管理上担负主要的责任。这种作用部分源于老的研究机构在为发展推动科学技术方面的惯性，部分源自韩国、台湾和新加坡的国（地区）有企业。这些企业原先对科学技术教育、研究与发展设备或经过培训的人力所提出的要求，而这些目前在与私营部门合作方面形成了对新的科学技术的预先联系。韩国采取这种合作所获得的早期成功已被新加坡和台湾所模仿；新加坡已建立了公共部门公司和研究所，自从1988年以来它们已被用于促进自动化和生物技术的研究与发展，以及在1991年按一项人员交流计划培训私营部门的研究人员。

新兴工业化国家（地区）科学研究的产出是不平衡的，因为最初科学是以应用性开发为目的。例如，新兴工业化国家（地区）在申请专利和研究出版物数量之间有着很大的差距。另一方面，从批准的专利数增加量来看，新兴工业化国家（地区）强调应用研究仍然是很明显的。1981年韩国授予的专利为1808项，1989年为3972项，而台湾1981年授予的专利为6265项，1991年为10123项，自1985年以来香港每年约授予1000项专利，虽然大部分是给外国人的。尽管外国人在台湾新一代发明中占主导位置，但新设计和实用新型现在绝大多数是当地人进行的。从被授予美国专利权的台湾人和韩国国民数字可以看出新兴工业化国家（地区）应用科学技术的成就也十分明显，1990年分别为807名和236件，排名第11位和16位。另一方面，科学引文索引（Science Citation Index）按所发表的科学技术论文排名中将新兴工业化国家（地区）排在其他发展中国家的后面（表7）。

表 7 新兴工业化国家（地区）所发表的科学技术论文

	1988年	1989年	1990年	1990年在世界上的排名
台湾	2 001	2 302	2 861	28
韩国	1 227	1 567	1 780	33
香港	904	1 081	1 150	40
新加坡	653	739	843	44

然而，这种历史上的不平衡状况正在发生变化。例如，台湾科学出版物的排名已从1985年的第37位上升到1990年的第28位。台湾在工程研究方面也获得了突出的成就，1990年在世界上排名第13位，并且在电子学、信息和通信工程领域的研究方面位于美国和日本之后在世界上排名第3位。

新兴工业化国家（地区）研究与发展人员的增长也十分迅速。1978—1988年期间新加坡每万名劳动力中的研究人员数已从8名增加到27名，1991年在每万名劳动力中有32名研究人员。韩国在1965年以来的25年期间，每万名雇员中的研究人员从1名增加到16.4名，但仍落后于台湾，台湾1990年每万名雇员中有22.6名研究人员。最近数据表明，研究人员数目的扩大正在加速（表8）。

表 8 新兴工业化国家（地区）研究人员（科学家和工程师）数目

	1981年	1990年	1991年
韩国	20 718	70 503	无数据
台湾	19 604	46 060	无数据
新加坡	2 741	4 329	5 019

对研究人员日益增长的需求已导致高等教育入学人数，特别是研究院入学人数引人注目的增加。在韩国，自从1970年以来已增加10倍。伴随这一增长而来的是高等教育机构研究与发展经费迅速增加。在新加坡，它的两所大学的研究与发展经费从1981年的2 430万新加坡元增加到1992年的18 042万新加坡元，尽管同期内它们在国家研究与开发经费中的比例有所下降。香港高等教育的研究与发展经费也在增加，现有的7所高等院校受到了政府大学和工业赠款委员会的支持。香港最新的大学，香港科技大学是专门设立来促进科学、技术和工程的研究的，因为在该辖区中没有国家或重要的合作研究与发展实验室，然而香港力求建成一个以高技术为基础的经济。

地区的趋势

因此，亚洲新兴工业化国家（地区）模式从科学的所有方面来看都是十分重要的，部分原因是这些国家（地区）在发展中极为重视科学技术的重要作用，部分原因是这些国家（地区）极为重视灵活的政府政策和管理的的重要性，但是最重要的是，这些国家（地区）使所有发展中国家确信，科学技术对它们的未来来说是决定性的。

新兴工业化国家（地区）在为工业发展从国外获取新技术的同时，继续促进其国内和区内科学技术能力的发展。新兴工业化国家（地区）为了促进科学技术已通过所有各种规章制度阶段发展到了目前的“小巧政府”阶段。目前新兴工业化国家（地区）本身的科学技术可以使它们通过研究与发展确定新的国家和地区目标，进行技术飞跃进入未来，就像韩国在使其电子工业从微型芯片制造转向高附加值产品时的做法。此外，随着在新兴工业化国家（地区）出现环境问题，其科学技术已转向满足新的研究与发展重点。

然而，新兴工业化国家（地区）面临着一些

与科学有关的问题，它们打算提高总体科学技术水平，因为这些国家和地区仍然落后于美国和欧洲，特别是在技术创新方面。即使是在最成功的亚洲新兴工业化国家（地区）韩国和台湾，也面临着一些问题；对它们技术能力所进行的估计表明，尽管发展迅速，但它们的技术能力仍低于美国和日本的水平（按 1987 年的指标，美国的技术能力为 100，日本为 99.5，韩国为 6.0，台湾为 9.2）。此外，尽管韩国和台湾在增加它们的技术密集产品出口方面取得了成功，但是它们的技术付款额以极快的速度增加，导致了技术付出的负平衡，这将对新兴工业化国家（地区）未来科学成功的一种考验。

岗村宗吾 (Sogo Okamura) 东京电气大学教授。也是联合国大学校长的高级顾问，东京大学的退休教授。

除了大学职位外，岗村教授还担任经济合作与发展组织科学技术政策委员会的副主席，联合国教科文组织日本国家委员会科学部主席、日本科学委员会工程部主任、日本无线电管理委员会主席和日本促进科学发展学会会长。岗村教授也任职于一些专业联合会中，并由于他的工作获得了日本的多项国家奖。

雷吉·亨利 (Reg Henry) 澳大利亚布里斯班格里菲斯大学环境和科学政策高级讲师。在墨尔本大学和拉特罗布大学接受法律和政策科学培训后，到 1977 年 1 月在格菲斯大学任教之前，亨利先生曾在印度和拉特罗布大学任高级教学研究员。曾多次担任联合国教科文组织的顾问，特别是有关联合国科学技术应用于亚洲发展会议第二届会议地区科学技术部长级会议的顾问。

FURTHER READING

- Amsden, A.H. (1989) *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*, New York, Oxford University Press.
- Arnold, W. (1989) Science and technology development in Taiwan and South Korea, *Asian Survey*, XXVIII(4) (April 1989): 437-50.
- Berger, P.L. and Hsiao, H.H.M. (eds) (1988) *In Search of an East Asian Developmental Model*, New Brunswick and Oxford, Transaction Books.
- China, Republic of (1989) *National Science and Technology Development*, Taipei, Taiwan, Science and Technology Advisory Group (Executive Yuan).

- China, Republic of (1990) *NSC Review 1989-90*, Taipei, Taiwan, National Science Council.
- China, Republic of (1991) *Indicators of Science and Technology*, Taipei, Taiwan, National Science Council.
- Japan, Government of (24 April 1992) *General Guideline for Science and Technology Policy*.
- Johnson, C. (1987) Political institutions and economic performance: the government-business relationship in Japan, South Korea, and Taiwan in Deyo, F.C. (ed) *The Political Economy of the New Asian Industrialism*, Ithaca and London, Cornell University Press.
- King, C.M.L.L.; Nga, T.B. and Tyabji, A. (1986) *Technology and Skills in Singapore: Effective Mechanisms for the Enhancement of Technology and Skills in Singapore*, Singapore, Institute of Southeast Asian Studies.
- Kodama, F. (1991) *Analyzing Japanese High Technologies: The Techno-Paradigm Shift*, London, Pinter.
- Korea Industrial Research Institutes (1989) *Major Indicators of Industrial Technology 1989*, Seoul, KIRI.
- Korea, Republic of (1991) *Report on the Survey of Research and Development in Science and Technology*, Seoul, Ministry of Science and Technology.
- Kuo, NH. (June 22 1992) *Accelerating the Development of Practical Science and Technology in ROC*, Taipei, Science and Technology Advisory Group (The Executive Yuan).
- Rushing, F.W. and Gonz Brown, C. (eds) (1986) *National Policies for Developing High Technology Industries. International Comparisons*, Boulder and London, Westview Press.
- Science and Technology Agency (ed) (1992) *White Paper on Science and Technology 1991, Globalization of Scientific and Technological Activities and Issues Japan is Facing*, Tokyo, Japan Information Centre of Science and Technology.
- Science Council of Singapore (1990) *Annual Report 1988-89*.
- Singapore, Republic of (1992) *Synergy*, 3, Singapore, National Science and Technology Board.
- Steering Committee Taiwan 2000 Study (1989) *Taiwan 2000*, Taipei, Taiwan.
- UNESCO (1985) *Science and Technology in Countries of Asia and the Pacific: Policies, Organization and Resources* (Science Policy Studies and Documents No. 52), Paris, UNESCO.
- UNESCO (1990) *Statistical Yearbook*, Paris, UNESCO.

澳大利亚和东亚

雷吉·亨利

东亚地区的科学与技术的进展是在日本以科技为基础的发展成就的激励下取得的，目前正进一步得益于亚洲的四个新兴工业化国家（地区）（NICs）的最新成就。这些国家和地区——韩国、台湾、新加坡和香港——通过熟练的科学管理提高生产率和增长率，证明了科学与技术在经济建设中的价值。一些邻近的非新兴工业化国家如印度尼西亚、泰国、马来西亚和菲律宾都试图通过模仿 NICs 的科学管理技术赶上其经济成就。它们很可能达到类似新兴工业化国家（地区）在工业部门的增长，因为它们早已具备极为相似的科学机构和基础设施以及几乎不相上下的科技实力。

一些国家最近竞相模仿 NICs 科学管理的趋势是合乎逻辑的，因为这些国家位于同一地区，而在这个地区中，科学衍生出于同源，建立的科学促进组织相似，显现出的特点和问题也类似。例如，在殖民地时代所建立的相似的政府科学服务部门和大学，在独立后，都同样地得到扩展和改造，以满足一般科技发展需要。这就形成了一种地区模式，即由政府各部协调科学政策，进行管理并资助大学和研究机构，促进和指导私营部门的科研工作，以及支持和监督科技基础设施的各个方面。这些组织体系所遇到的一些问题迫使某些东亚国家去模仿 NICs 的研究所，为了获得、改

造和创立新的科学与技术或者鼓励私营部门的研究与发展。其结果是出现一种地区性趋势，像日本一样，建立一种具有政府指导特点的强大的私营部门科学力量。

虽然发展中国家应该模仿 NICs 是很合理的事，可是令人费解的是本地区一些发达国家如澳大利亚和新西兰等国的科学竟然也受到新兴工业化国家（地区）的影响。在澳大利亚，模仿 NICs 成就的政策，正在改进基础较稳固的科学研究机构和改变科学的职能。这部分由于澳大利亚的科学也反映了本地区由政府科技政策各个方面负责并起有主要作用的组织模式。尽管澳大利亚政府由一些专家团体担任咨询，如澳大利亚科技委员会、科学院或部门委员会，但它仍控制科学政策。澳大利亚政府也支配科学研究，因为一些官方组织如联邦科学和工业研究组织（CSIRO），澳大利亚核科学与技术组织，国防科学技术组织（DSTO）以及大学中有 60% 的 R&D 是政府的项目。

在工业制造部门重新调整研究政策而侧重应用技术之时，即可体会到 NICs 的这种影响。与新兴工业化国家（地区）相比较，可以看到澳大利亚的 R&D 在持续发展经济或不断提高国际竞争能力上是不够的；此外澳大利亚私营工业 R&D 水平仍然太低，尽管在近十年内它对国家 R&D

的贡献已迅速自 20% 增加到 40%，这是由于受到同韩国和日本进行坦率对比的激励所致。再者，澳大利亚官方对科学的评论主张明确地根据 NICs 的经验进行体制改革。最明显的改革是：在 1987 年改进了与生产部门的联系，办法是将 CSIRO 的许多研究部门及其 7 000 名工作人员改组成为 6 个主要研究所，设立了一个工业、技术和商业部 (DITAC) 以替代科学技术部，以及通过改造高等教育和使大学科技研究与工业相结合以增进同经济建设有关的技能。

尽管澳大利亚和东亚国家之间 R&D 经费占国内生产总值的百分率 (澳大利亚为 1.3%，东亚各国为 0.2% 或 0.3%) 有所不同，但澳大利亚地区科学目前的显著特点是其制度化的力量。正是这种制度化使得 NICs 的科学成就对其他国家说来也不难达到，并且说明了地区政府促进私营和公营部门研究合作，改进政策手段，完善基础设施和协调工作以达到最大竞争力的趋向。共同目标是通过促进高技术实现经济增长，满足市场需求和吸引投资。不管模仿 NICs 成就而进行的体制和政策改革的结果如何，这些改革确实使科学

对该地区的前途将始终居于主要地位。

表 1 澳大利亚联邦对主要科学和创新计划的资助

	1990—1991 澳元 (百万)	1991—1992 澳元 (百万)	实际 变化 (±%)
CSIRO	421.1	448.2	+3%
DSTO	227.2	221.1	-6%
其他 R&D 机构	211.6	222.4	0%
澳大利亚研究委员会	172.4	241.8	+37%
其他高等院校 R&D	815.0	840.0	-6%
合作研究中心	—	19.5	无数据
工业 R&D 和奖励	360.4	361.7	-3%
农业 R&D	82.2	104.7	+23%
NH 和 MRC	94.7	103.3	+6%
其他卫生 R&D	11.6	18.7	+56%
其他 R&D 捐赠	26.2	26.0	-4%
总计	2422.0	2607.0	+4.3%

资料来源：科技预算报告 1991—1992，澳大利亚政府出版署，堪培拉，1991

表 2 80 年代研究与发展水平的增长和外国专利申请——澳大利亚与经济合作与发展组织 (OECD) 国家的比较

	19 个 OECD 国家平均			澳大利亚		
	1981 或最近一年 (每单位 GDP)	1989 或最近一年 (每单位 GDP)	平均年实际 增长 (%)	1981 或最近一年 (每单位 GDP)	1989 或最近一年 (每单位 GDP)	平均年实际 增长 (%)
R&D 总支出	1.55	1.87	+5.7%	1.00	1.23	+6.7%
R&D 政府资助	0.71	0.74	+3.3%	0.73	0.67	+2.2%
R&D 商业资助	0.78	1.05	+8.0%	0.24	0.52	+15.2%
政府机构和大学 R&D 支出	0.61	0.65	+3.7%	0.75	0.72	+2.4%
商业企业 R&D 支出	0.91	1.18	+7.4%	0.25	0.51	+14.0%
居留人提出外国专利申请 ¹	5.8	8.8	+9.2%	2.7	6.1	+17.5%

1. 由于比率的分子不再以国内通货单位表示，故所用 GDP (国内生产总值) 以 1985 年不变价格美元 (百万) 表示。

资料来源：科技预算报告 1991—1992，澳大利亚政府出版署，堪培拉，1991

2. 科学与技术体系

机 构

皮埃尔·帕蓬 雷米·巴雷

科学研究与技术发展是全人类所努力的领域，没有哪一个社会能够加以垄断。中国和一些伊斯兰国家比任何一个欧洲国家都要早得多就设法对科学活动赋予了一种相对有组织和发展的形式。在磁学、声学 and 光学等领域的一些重大发现的殊荣，理应属于他们。科学技术在我们当今社会里所起的主导作用是长期进化过程的结果，这一进程使得“现代科学”和技术所凭藉的基础——实际知识逐步出现。科学及其应用乃是历史的成果。

社会组织的形式每每使科学技术活动或多或少地在和这个社会紧密共生的情况下开展，故而每一种文明无不对社会组织的形式打上它的烙印。因此，很早以来，在伊斯兰国家中几乎每一座大城市都设有一座天文台。那些在巴格达、开罗、撒马尔罕的天文台，自9世纪以来就对天文学的发展起过重要作用。同样，在中国，帝国政府设置了具有多重功能的公众服务部门，在这些部门中，科学技术有着较大的重要性。自此，天文学在一定程度上被视为一种官方科学，因为在农业国家中，天文学家被雇来从事历法的编制。数学、物理学、尤其水力学也都同样如此。大多数社会因而从很早期起就寻求稳定科学与技术知识的成果，这种进程正就是我们今天所说的技术的研究与发展。

然而，在文艺复兴时期的西欧，科学获得了

一种固定的制度形式，从而能声明它独立于哲学和神学之外。此后许多世纪，一些学者的工作（已可称为科学研究）就限于在科学院或大学、专科的教学人员进行。第一个现代的科学机构，多半要数1609年创建于罗马的林琴科学院（Accademia dei Lincei）了，伽利略就隶属于这个科学院。于1660和1666年分别建立的恺撒·伦敦科学院和巴黎科学院是真正的体制创新的产物。它们的目的是用观测和实验来取代单纯的哲理推论。它们还在科学和政权之间创立了一种新关系，因为它们使“科学研究”成为官方的事务。

从那时起，科学发现的逻辑过程就逐渐一点一点地变得制度化了。19世纪时，范围逐渐有了变化，因为科学家、有远见的大学管理者和相当数量头脑清醒的政治家已经认识到这样的事实：在欧洲，科学知识的产生再也不能只是一些虽然卓越但与世隔绝的个人的事务了。科学研究要求一些重要的资源：实验室和复杂的设备，带有助手的教授、学生、研究小组和技术人员。因此在大学之内创办了研究机构，并且后来又成了独立的研究机构。德国是第一个理解到需要创办一种新型的研究机构以适应于手头现有任务的。在1911年建立的恺撒·威廉皇家研究学会（即现在的马克斯·普朗克学会）是一个真正的转折点，一个国家首次在大学外创办了一个研究机构。

与此同时，工业也建立了自己的研究实验室，

它们作出的科学发现成为第一流的技术革新的源泉，尤其是在化学方面。

今天，在现代社会里，科学技术是人类活动的基本组成部分。为科学研究提供支持以产生新的认识，从而激励技术革新，以及提出广泛规模的科学或技术计划，在目前连同其工业的、军事的相关项目和共同战略，都是国家政策的组成部分。促进工业研究的创新和策略，满足社会的需要，组织国际合作计划并培训专家，所有这些全都要求有大批的带头人、机构和决策程序。所有这些在一起就形成了拥有国内和国际两个部分的、一个真正的科学技术“体系”。国家的研究与技术政策，以及工业团体的那些政策，是为了不仅使这一体系在国立和私立机构内保持活力，而且逐渐发展，以使目标不断更新，并使必要的选择和决策成为我们共同目的和愿望背后的战略的一部分。

研究与技术的主要目的

科学研究如同技术发展所涉及的大部分工作一样，在今天都意味着动员广泛专业人员，从大学学者和科学家到工程师和技术员的技能。他们工作的目的，以及所涉及的专业人员的职能因而自然是极不相同的。广义而言，它们可以分为以下五种类型：

产生基础科技知识

这是基础研究的主要宗旨，其成果以文章形式在科学杂志上发表（若包括所有学科，据记载，定期出版的专业刊物已超过了 75 000 种），或在集会和会议上传播。这类活动也向数据库提供输入。

培训

在大多数大学系统中，教师也参与研究工作。

这为高等教育提供了一定的质量保证，同时对学生，尤其是对研究生具有指导意义。应该强调的是，目前在许多国家，这类培训工作也由国立或私人实验室的科学家或研究工程师担任。

产生国家政策所要求的知识和技术专长

大量政府工作包括了用各种形式可称之为“科学专长和技术评价的日常实践”的程序，来制定各种技术标准和规章。这包括化学和医药新产品管理委员会、工业和技术评价、以及水质监测等等。所有这些都是以大部分为公共机关工作的科学家的专长为基础的。环境、公共卫生以及食品工业都是这类部门的例子，这些部门在我们的社会中正发挥着越来越重要的作用；包括：鉴定、诊断、情况分析报告和所有各种技术问题（例如：环境状况、工业设施安全性等等）。

促进国家战略计划

现代国家通常都有“战略”目标，就这个词的广义而言，作为它们力量逻辑的一部分，它们要求不依赖于外国专门技术知识的复杂武器系统，需要它们自己控制的通信卫星，以及希望能源独立。为达到这些目标，它们必须在其主要公立研究机构中制定大规模的技术研究与发展计划，包括如核能或航天研究。至少在发达国家中这些计划已在国营或私营部门工业公司的实验室中实施，其领域包括电子学或航空等。这种研究成果一般不发表，从而形成国际竞争的基础，这些并不遵循自由市场的原则。

参与工业革命

所谓研究与发展阶段均发生在革新之前，即货物或服务的第一次使用或商业化之前。科学家和研究工程师，特别是在工业公司中，因此便投入一个生产过程以进行新产品设计和新工艺开发，并加以工业化且在市场销售。研究工作，一

般以应用为主，往往要服从于以促进共同革新为根据的经济法则。但是，必须指出，并不是每一项革新都是研究工作的结果。设计和工程技术办公室、制造部门、重工业、以及服务业也是革新的源泉（例如软件系统本身就是不断革新的产物）。

人们可能会说，按科学研究来推论，专利就是技术活动的基本成果。它是一种无形的财产，犹如一种科学出版物，不过，它给被授予者一种专有权利并具有市场价值，而这些是科学出版物所不具有的。专利认可一种工业工艺流程，或是一件新产品或一种材料为一项发明。把所有的技术领域都包括在内，1990年美国向不同国籍的发明人共授予了85 000件专利，而欧洲则为55 000件（指直接通过欧洲渠道所注册的专利）。

技术革新也和资本货物以及公司为了生产目的而开发或采用的零部件结为一体。例如：汽车工业的一条装配线，它可以采用不同的计算机来控制生产过程中的机器人。革新因而是极为不同的工艺过程的产物。

所有这些科学技术活动，都体现在从60年代初期逐步形成的研究与发展这个概念之中，并且一如我们所知，这些活动当中有一些在许多世纪以前就已经开始。经济合作与发展组织（OECD）对研究经费所作的统计工作，在由专家们议定共同的分类学时起了重要作用，在过去的30年中，它已发展成人们所称的弗拉斯卡蒂手册（Frascati Manual）。该手册定义了三类研究与发展。

基础或基础研究包括从可观察的现象及事件中获取基本知识所进行的全部实验性和理论性工作，而没有科学家事先知道其工作的未来用途。许多科学界的著名人物如阿尔伯特·爱因斯坦、马克斯·普朗克、万塔卡·拉曼、雅克·莫诺德，以及许多其他人都是在这种思想状况下完成或继续从事研究的，他们可以恰如其分地被看作是“基础主义者”。另一方面，应用研究适合于革新工作，

其目的是为实际应用（例如工业）获取新的知识。路易斯·巴斯德在19世纪关于发酵或蚕病害的研究属于应用研究，尽管他在这些过程中得到的某些发现，其性质是属于“基础”的。第三类研究工作，即实验性开发。它包括通过研究或实验工作获得的现有知识为基础所进行的系统工作，以制造新产品或发展新的工艺流程。例如，由研究实验室发现的新聚合物导致塑料的制造，但是转变到工业阶段，需要进一步对开发工作进行投资，并建立试验和改进用的试制工厂以后才有可能。

我们由此可以看到，基础研究、应用研究与发展在我们的科学技术分类中（即前文提出的5种类型）是如何衔接的。尽管在基础研究和应用研究之间的界限往往比较模糊，可是在几乎所有国家的科学与技术系统中有一点却是分明的，即基本上是一些商业公司和国家技术组织（如：民用和军用核电站或石油研究机构）在进行开发工作，从而与促进工业革新的目标，或与国家战略性计划有所联系。基础研究常常和培训相联系，而应用研究则常常见之于那些产生国家政策所需的知识和技术专长的机构中，例如在那些涉及国家战略性计划发展的机构，当然也在工业研究实验室中。

弗拉斯卡蒂手册和任何其他形式的分类学一样，都可加以批评。可能会有人问：我们为何需要一个每人都认可的科学和技术活动的分类学呢？可是，分类不仅只是统计学家或研究与技术管理人员所关心的。它的动力在于全世界每一个国家的政治与行政当局以及工业巨头们都愿意其战略决策具有坚实的基础。

再者，发展的概念在涉及工业活动时多少比较明确，可是值得注意观察的是，这个概念如用在军事方面（例如新武器的开发）则又模糊得多了。主要工业化国家（美、英、俄等）国防部在这一标题下划分的原型试验工作（例如军用飞

机), 一般而言其费用是极其昂贵的。因此, 在分析一个国家的研究与发展战略时必须谨慎从事, 因为对某些国家而言, 需要说明这一事实, 即发展的概念已扩大到把某些军事目的的工作也包括在内了。

同样, 基础研究和应用研究之间的二分法, 无论从科学的观点还是经济的观点来说, 并不总是贴切的。关于二氧化碳和其他化学物质在“温室效应”中所起作用的研究是基础研究还是应用研究呢? 应该说, 界限有时是似是而非的。在某些工业化或发展中国家中, 国立研究部门十分庞大, 促使我们要分清拨给基础(或基本)研究和拨给共同利益研究计划的国家研究与发展经费。在诸如公共保健、环境、能源、电信和运输这些领域中, 国家研究机构进行基础和应用研究, 这些研究在广义上是直接和国家委派的任务相联系的, 例如增进人民的健康、了解环境的演变等等。因为他们的工作是因此要最终确定的, 我们可以认为他们的研究将被同样地确定, 目的在于满足一项社会需要。在盎格鲁·萨克逊的研究与发展这一专门术语中, 这种形式的研究是被称为“定向的”。这就是在一定程度上最终把研究工作确定在基础研究和应用研究之间的分界线上。在这一类中, 我们可以把大部分工作列入生物医学(例如关于人类免疫系统缺损病毒或关于热带病)范畴, 列在环境、能源控制、工程科学领域, 而将基础技术研究列入数据处理和机器人等方面。这些工作是在政府部门的研究所、协会和机构中进行的。

国家科学技术系统中的带头人

国立机构、公司实验室、科学家、研究工程师、技术人员以及行政管理人员都是组成国家科学与技术系统的带头人。虽然每一国家依照其自身的历史、文化和习惯构成其国家的研究与发展系统, 但仍可超越每个国家所需特定机构形式来

描述一般的技术研究与发展系统, 重点描述依照这些带头人在系统内的作用和职能所确定的带头人类型。

大学

最初的一些研究实验室就是由大学所建立的, 至少在欧洲是这样(尽管我们已在前面提到, 在一些伊斯兰国家和中国早就设立了天文台)。在高等教育机构(“古典”的大学、工业学院、以及独立的工程学校)中的研究实验室具有两重不同的任务: 一方面它们培训科学家和工程师, 另一方面它们开展研究以产生新的科学技术知识。就传统和使命来说, 大学是为了培养学术和工业研究所需的具有基本知识、技术、专业交往和网络的科技人员的场所。这个系统着重于知识的获取和年轻科学家准备硕士论文和进行答辩。大学又是进行基础研究的场所, 也就是说在那里产生基本科学知识, 在为数日益增加的领域中, 目的在于预测模型的建造, 其中一些随着新典例的出现, 能对技术创新具有重要影响。例如, 这对今天分子生物学和生物技术之间的相互作用也是适用的; 又如应用量子物理学进行物质形态研究也是其中一个范例。

大学类型研究的基本特征是其研究受到发表所获知识的惯例所支配, 因而具有公共财富的性质。

在工业发达国家的研究总经费中, 大学占10—20%之间。在许多发展中国家, 这一百分率较高, 因为这些国家的学术系统为国家研究系统提供了组织框架。大学研究主要由国家一级的年度预算拨款资助, 并且正越来越多地由地区一级进行资助。在工业化国家, 大学研究预算中不断增加的一个部分来自工业合同, 而由研究组织或机构分配的工程和计划则来自政府资金。

国家研究组织

这些乃是为国家实施研究与发展工作的机构，属于政府当局除培训以外众多职责的一个部分，因此这些组织机构中的研究均具有业经确定的目标，以与明确的项目相适应。它们的法定地位以及它们的名称，各国之间甚至在一个国家内都大不相同。在英语国家中，它们往往被划分在“政府实验室”或“行政研究”名下。在其他一些国家，它们被叫做“院（所）”、“中心”甚至“科学院”。按照其目的，可划分成三种类型的研究机构：

一般定向的研究所，其任务是以其自有人员建成实验室或研究所，对有关计划所有学科的基础研究进行支持。法国的国家科学研究中心（Centre national de la recherche scientifique，简称 CNRS），德国的马克斯·普朗克学会（Max-Planck-Gesellschaft，简称 MPG），意大利的国家研究学会（Consiglio Nazionale delle Ricerche，简称 CNR），以及拉丁美洲和亚洲国家的一些类似研究所（如巴西的国家科学与技术发展委员会 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico，简称 CNPq），它们通常都是为了弥补大学研究之不足（至少在欧洲是如此）而建立的机构的原型。俄罗斯、波兰、匈牙利和中国的科学院也都属于这一类型。值得一提的是，这些机构和大学研究之间的联系是极为稀疏的，在某些情况下甚至毫无联系，而其他研究机构如法国的国家科学研究中心则与大学的研究有着密切的联系。

一些研究所为了对有关的一些领域如公共保健或环境，以及为了对国有森林或沿海地带实施管理和履行国家立法职责的需要

而开展研究。相应的国立研究机构在其他事务方面还具有一种作为有关政府当局专家的作用，尤其是在起草立法方面；一般说，它们往往在它们的专业领域方面开展定向研究，为它们有关的专业部门提供支持。最近几十年，在许多工业化国家和发展中国家，已经以简化形式建立了大量这种类型的国立研究机构，如国家医学、农业、海洋或环境研究所。

为满足实施国家负责的大规模设施及科学技术基础设施之需而开展研究的机构。这是导致复杂技术系统的国家战略目标的领域。在这一类中，包括航天工业、原子能、电信及先进武器系统等领域，以及大规模科学设备和系统，如：粒子加速器、核聚变设施、科学卫星和海洋船舰。这些往往是年度费用达若干亿美元的长期项目（计划中的粒子加速器，其年度费用甚至达数十亿美元）。这些项目往往随相关工业部门的发展而发展，如电子或航天工业。这些发展计划产生于民用或军事中心，例如：原子能、航天或通信的国家研究中心或委员会。

这些国家研究组织的数量和规模，各国大不相同，这是由于对官方当局职责的看法不同和军事开支水平不同所致。造成各国间大不相同的另一因素是：直接由国立机构实施研究的百分比和分包给工业企业实施研究的百分比各不相同。

国家研究-资助机构

关于技术研究与发展阶段的这一类型与前述两类的不同是：此类机构本身并不开展研究，而是对由企业、大学或国立研究组织以合同方式进行的研究予以资助。这种研究作为该机构从政府当局给它的指令的一个部分，即在理论上意指实施研究的一项指令，从一项专门预算拨款中资助。

因此，这种办事机构的任务除以下情况而外，和一个国家研究组织的任务相似，即：因为它们没有实验室，它们将研究全部向外分包出去。但是应该加以强调的是，它们的确起着作为项目设计人、协调人和管理人的极其重要的作用。在多数情况下，这些机构具有国家机构的身份，这给予了它们极大的灵活性。它们的项目能包括基础研究、应用或最终确定研究，但绝少发展研究（尽管航天是个值得注意的例外）。我们从而发现，在这一类中有美国的国家科学基金会（NSF）、德国的德意志研究联合会（DFG）、瑞士的国家科学研究基金会、中国的国家自然科学基金会，法国的国家空间研究中心（CNES）这类空间机构，以及在环境研究、能源节约、科学合作政策支持等方面的一些机构。

工业研究实验室

工业研究实验室是由大学或综合工业学院培训出来的科学家和研究工程师开展技术革新的场所，这些实验室有时被认为是工业经济发展的关键因素。工业研究效率的关键在于：与工业共同战略的协调、与销售和生产部门的相互交流，以及为了满足开发、设计、营销、生产及分发需要而带来进一步投资的能力。为了革新的目的而由某一家企业采用的技术，并不是完全由其自己的研究实验室提供的，有时却完全是由大量的其他来源提供的。这可能包括专门聘用的科学家和工程师的专门技术知识，科学和专门的会议，更为通常的是，与主顾、供应商、竞争对手间的信息交流，以及对竞争对手推出的产品进行监控。

所有这些科技信息的媒介，对于技术由地方水平向世界水平不停地循环流通，乃是很有力的工具。然而并不是说技术是无主的，或属于公共的财富。在所有情况下，技术的真实性质，即其部分默认的和公司独有的性质就意味着：该项技术在引进（或仿制）公司的产品及工艺流程的

有效结合上，需要花费时间和金钱。结果，工业研究与发展常被看做是结合并传播技术和运用科学诀窍的最佳手段。因而公司要通过申请专利来保护其发现和革新，并与国立研究实验室，特别是大学，一起参加联合项目。

19世纪末，化学工业首先施行了一种动态的工业研究策略。在这期间，第一批工业研究实验室在德国建立，美国追随其后。甚至在二次世界大战前，跨国公司就已在海外开始建立研究中心来分散其研究工作。60年代以来，全球经济多国化的进展加强了这一现象，与此同时，公司之间技术性联合的发展，在以许可证交换、为开发某给定形式的技术建立联合附属公司、以及联合R&D项目中的合作等形式并行地开展着。

在那些属于经济合作与发展组织（OECD）的大多数工业化国家中，国家研究与发展的约60—75%是在工业实验室内进行的，部分由政府合同投资（特别是军事方面的），而在相当一部分国家中，将同一领域公司联合起来的技术中心或协会，担任本行业的全部研究工作。尤其是在建立已久的工业如机械工程、纺织和材料等有关部门中，情况就是如此。

在国家科学技术系统的研究与发展中，各领导部门作用的重要性，在很大程度上取决于不同国家制度上的惯例、它们的政治与经济体系，以及工业在国民经济中所起的作用。我们可就这一主题作若干评述。那些具有盎格鲁·萨克逊背景的国家，以及像瑞士、奥地利和比利时这些欧洲的小国，均给予大学以对基础研究的很大优先权。大学比其他系统享有较大的独立性，因此具有规定研究政策的能力和意愿。美、英第一流的大学尤其如此。在其他工业化国家和许多发展中国家中则采用一种“混合的”解决办法。基础研究由大学实验室和带有自己的实验室和工作人员的国立研究机构来进行。在东欧国家中，科学院担负大部分的基础研究，而大学的研究一般在量的方

面是很小的。

大多数工业化国家和为数有限的发展中国家在其国家科技系统内，把优先权给予政府科研机构，以就国防、能源、运输和通信等领域有关的战略性任务，行使政府特有权利。原子能、航天及军事研究当然是这些部门中最为明显的例子。在这些部门中已建立了这种类型的国立机构，以与所谓重大科技计划政策一起用于新武器系统（飞机与导弹）、核反应堆、地球观测及通信卫星的建造。

至于工业研究，首先是由最发达的工业化国家，多数是经济合作与发展组织中的那些国家来开发的。确实，发展中国家很少能有公司拥有投资于工业研究与发展的财政资源，而跨国公司的研究预算往往高达数十亿美元。

科技政策机构

只有当现代国家认识到科学研究的“作用”价值（及其丰富的潜在应用），并且承认科学研究也是政治和经济力量的真实同盟时，科学研究才能获得其重要而值得羡慕的社会和政治地位，从而得到其发展所需的和不断增加的财政资源。

二次世界大战出现了在科学、技术和政治力量之间关系的真正转折点。应用研究计划动员成百上千的科学家使当时从军事观点看具有战略性的目标得以完成，例如：通过发展新武器系统（如原子弹或雷达）以及确保以新工业产品取代主要原材料。此时，这种转折点就变得更为清楚了。

对一个现代国家来说，今天的科学技术分三个层次说明了一个问题。首先，研究的目的是为了产生新的科学专门知识（自然和社会科学），以了解我们所生活的世界与社会。这因而构成了一个文化问题。技术创新，如前所指出的，形成了工业发展的基础，而技术的竞争力对国营企业来说，在任何国家的政策中都是个关键因素。因此，科学技术在今天比一个世纪以前更能说明经济和

社会问题。最后，研究与技术日益引起战略性问题。在某种意义上，科学技术专门知识的掌握极为重要，以便对一个国家或一个国家集团提供独立的手段：包括通信及保证供应能源和某些主要原材料的能力。因此，有关能源系统（核能和热核聚变）、有关微电子及信息技术、电信、航天和海洋地理的研究计划都具有一定重要性。

当然，军事研究本身也意味着一个战略问题，在美国、法国、英国、俄国和中国，以及在一些发展中国家，都动员了大规模的资源。

在几乎每一个工业化国家和越来越多的第三世界国家里，对科学技术现在在国家政策中所起作用的认识日深，因而导致这些国家实施研究与技术政策。通过规定重点，这些政策的目的在于为国家科学技术工作确定发展目标，动员国家和私人研究资金，激励技术创新，并对财政和人力资源的分配作出决定。各项政策也致力于实施国家研究计划，特别在对那些重大经济、社会或战略问题起着作用的部门。它们也促进国际合作计划。

每个国家的政府因此在技术研究与发展系统中起着重大作用。广义地说，它们涉及三个主要方面：

它们为科学与技术（主要选择、首要重点）以及为国家研究组织，有时在较小程度上对大学的项目、方向和运作模式确定国家政策的主要目标。

它们确定对国家研究的资助水平，以及作为具有研究规模的国家委托机构的一部分，确定与公司签订合同的性质和数量。发达国家政府对研究的资助，通常占国家研究与发展总费用的20—65%；在发展中国家，国家资助于研究的经费通常全部由国家拨付。

它们为能够对合作意愿以及对研究和创新能力产生影响的企业环境，确定会计、财

政和立法上的参数。

以上三个方面基本上构成了对研究、技术发展和革新的国家政策。

在科学技术中，“政府”职能是同时在不同水平上加以实施的，并正日益从传统的国家水平向地区水平扩展。这样，在像德国这样的联邦国家中，州在向公共研究机构的工作提供资助和为技术提供支持方面起着重要作用。在美国也是如此，个别州为技术提供主要的财政后盾。在法国，自1982年的分散经营法实施以来，地区当局也对研究与发展的实施给予财政上的支持。在中国，省和某些市的当局，例如上海，就为应用研究机构和技术项目提供了大量的财政支持。

在欧洲，欧洲共同体的研究与发展政策在财政决策等级森严的制度下占有一种主要地位。它具有超国家的性质，这一特性在某些部门具有日益加重的份量，并且在世界上任何其他地方都没有相似的情况。值得注意的是在一些国家中，部级机关具有特别预算（一般称为“奖励基金”）用来促进新的研究工作或鼓励工业研究和创新。

就全球而言，政府的作用乃是对公共研究和技术系统的“调节器”，意思是指它执行如下职能：

在国家水平上进行战略性分析和预测。例如，根据目前或未来的外部的威胁和机会（国际竞争、社会需要等），对技术和开发系统的内在力量和弱点进行分析。

评价公共研究机构、大学及研究代理机构的工作和作用。

跟踪研究全国研究与技术系统同工业与教育部门之间的相互作用，国家干预的其他领域（财政、工业、社会政策等等），以及最后，整个社会（例如关于伦理问题）等。

科学技术在所有国家中都逐渐成为“国家事务”导致建立研究所和政府机构的网络，以使其优先事项得以表明，战略得以发展，以及分配资源所必要的决策得以制定。结果，在大多数国家

中设有一个部级的办公室，一般地说，它的目的就是发展、推动和协调国家科学技术政策。不过，这个部在政府体系中具有高度可变的位置。

在美国，总统制往往在总统治理权下集中若干职能，以协调对国家政策极为重要的活动。恰恰就是科学技术计划的战略性和无数的选择性，使艾森豪威尔总统在白宫建立一个科学技术政策办公室，它的作用从此有所增强。在它不管理计划的同时，该办公室以可观的份量发挥联邦研究局的作用，在那里，各项决策必须就美国国内和国际的战略选择和优先考虑事项加以制定。总的来说，那些国家，它们把最高优先地位给予了大规模科学技术计划，而这些计划具有必须加以实施的详细计划项目，并把确定总体研究与技术政策的任务委托给一个强有力的部级机构。（在美国，1992年前国家研究与发展预算的80%用于重大民用和军事计划，在法国、英国和俄国，所占百分比也一样地大，但在德国和日本则略低。）

这样，在德、法两国都设有一个负责国家政策的科学与技术部（法国的情况是与大学共同负责）。在日本，科学技术厅具有相似作用，其厅长为部级。不过通产省在推进新技术方面特别是在日本工业中起有特定作用。英国自1992年起，科学部长是内阁的一名成员，并设有一个小型的部级机构（科学技术办公室）以执行其职责，此办公室由首相科学顾问负责管辖。

在俄国，由一名研究与技术部长负责科学技术政策；在中国，由国家科学技术委员会负责同样的职能。

在许多国家，研究与技术的部级责任是与教育（或大学）与科学部相联系或属于后者的，一名科学研究国务秘书有时负责所有关于科学政策事务。意大利、西班牙和阿尔及利亚的情况与此类同。在有些国家中，如葡萄牙，研究部隶属于计划部门，也有直接隶属于总理的。

皮埃尔·帕蓬 (Pierre Papon) 巴黎理化工业高等学校物理学教授、法国海洋开发研究所 (IFREMER) 所长。他也是科学技术观测所 (OST) 主席、法国国家科学研究中心 (CNRS) 前主任。

雷米·巴雷 (Remi Barre) 民用工程师和经济学家，自科学技术观测所 (OST) 于 1990 年成立以来，一直任该所所长。现任某一经济顾问公司主任，并在法国研究技术部任职和国立工艺博物馆任教。

基础科学和创新

基思·帕维特

基础研究在使社会现代化方面具有经济和社会效用是早已认识到了的事。然而，基础研究对为之投资的国家是否有用，又如何和为何有用的争论仍在继续。

一个极端是，我们有一些所谓线性模型的拥护者，他们认为：科学发现是技术以及继之而来的经济与社会变革的主要源泉。科学家揭示自然法则并以论文发表其成果，而后工程师和商业公司把它们转变成有用的有形物。显著的例子是电磁学、有机化学和核裂变。政府应该对基础研究提供大量的支持，因为如果任其自流，一些商业公司如若目光短浅，且没有能力捕捉一项公布了的一—因而是免费可得的一—成果的全部利益，则其投资必将远低于最佳数额。

另一极端是，基础研究的成果被看成至少大多数是无用的，并且至多只对世界上任何希望利用它们的人有用。因为，一旦它们被发表，就成了一种“免费物品”。一个国家技术变革的速率和方向，受到经济和社会条件的影响极大。因此，各国政府用于基础研究的开支，要是和政府花在艺术、体育和类似活动上的开支相比，应该被认为是（文化上的）挥霍浪费。特别在发展中国家，情况更属如此，同样的一些集团认为，世界上的基础研究成果有发表的地方且可免费获得，而发展中国家当地的基础研究质量低劣。

通常听到的有关这方面的一些争论都是误导，而且常常是没有结果的，因为它们把基础研究与技术发展之间关系的多重不同性质过于简单化了。特别是，除了现代可用的书面信息的产生和转让外，基础研究还通过生产和转移知识、技能、工具和形成许多解决复杂问题能力的专业联系网络而使技术发展受益。这对于政策具有重要的潜在含义。

作为相互作用体系的 基础研究和技術

公众争论中常常含有这样的观点，即基础研究和技术开发的主要“成果”都是十分相似的经过整理的知识的形式：基础研究以发表的论文形式出现；技术开发则以专利、蓝图、操作手册和软件规程的形式出现。这是通过科学的社会学（Merton, 1942）和技术经济学（Arrow, 1962）中这两种主流理论使之带有学术份量的一种观点。

然而，近来的研究表明，尽管基础研究与技术开发起着较大的相互作用，但其目的和性质都不相同。为了解和预测起见，基础研究常常通过创造“理想的”实验室条件，或假定“其他事情都是相等的”加以简化。另一方面，技术开发最终考虑的是要在实验室以外的多种技术、经济和

社会交相作用和制约的世界里,实施制造产品、工艺和系统。这些产品、工艺和系统的实现,对理论上把握地去进行预测,几乎是太复杂了(Kline, 1991)。这就是为何商业公司的主要活动不是研究,而是成本高得多的设计、原型的开发和测试以及试制车间、生产工程和质量管理的原因为所在。这也是为何基础研究和培训要在多种工程学科内建立的原因所在,是为了训练解决技术问题的人才,将各种学科知识结合到复杂技术系统的开发和使用中去,以及为了鉴别一些实际问题,而这些问题的解决需要有更多的基础科学知识(Rosenberg and Nelson, 1992)。

直接的相互影响大不相同

对从基础研究经过整理的知识直接转变为技术的广义概括,不可避免地是误导的,如果在各领域和行业之间还有重大差异存在的话。这一点已从对美国专利文献的分析中得到证实,这些文献揭示出刊物上论文对专利引用的频率在各工业之间大相迥庭(Narin and Olivastro, 1992)。引用数量最多的是在化学和食品加工业(其中的引文集中在化学、生物学和医药方面的基础研究上),其次为仪器仪表业(纯科学和应用研究的各个领域,引文的分布极不平均),以及电气和电子产品(引文集中在物理学和工程学方面的应用研究)。有意思的是,运输部门(包括航空和航天以及汽车),刊物对专利引用的频率最低(集中在应用工程学方面)。这些表明基础科学研究的成果对于在这些部门中占主要地位的复杂机械系统的设计、测试和操作,并无多大直接贡献。

间接的相互作用更为重要

但是,如果设想专利引用能反映出基础研究对技术开发的全部(甚或较多)作用的话,就会

导致误解。过去的研究提出这是通过大量未经整理(不言而喻)的知识和技能的转移而得来的,而这些知识和技能则体现在这些研究人员解决问题的能力、他们的方法、以及在他们工作过程中所发展的、往往是非正规的专业联系网络之中(Gibbons and Johnston, 1974; Irvine and Martin, 1980)。一项对600多名美国工业研究与发展主管人员进行的调查表明,学术研究对技术开发最重大的贡献中,有四分之三是以未经整理的知识和技能转移的方式进行的;只有四分之一是经过整理的知识形式(Nelson and Leaven, 1986; Nelson, 1987)。经过整理的知识的转移,往往来自应用性较强的学科(计算机科学、材料科学或冶金学)并在相对较少的工业中应用。另一方面,有用的未经整理的知识和技能则来自广泛范围的学科,并具有一种更为渗透的作用。

分析和政策的含义

我们关于基础研究与技术开发间关系理解的这些进展,对分析和政策有着重大含义。

基础研究效益的性质

与一般看法相反,基础研究的主要经济效益,并不是直接可应用于小范围的一些部门中的知识,而是在大得多范围的一些部门中可产生经济效益的背景知识、研究技能、手段和方法。于是,这对一些分析家和决策者提出了一个挑战,这些人继续认为,基础研究的主要(或唯一)的经济“产出”是一种易得且无偿利用的信息,而不是向一项技术开发费用更大和工序更复杂的不可置换的投入(Pavitt, 1991)。

这对发展中国的政策具有重要含义。特别是,它表明基础研究的成果并不是免费应用的,而是必须形成一种与国际专业性网络紧密联系的本土解决问题的能力,为复杂的技术系统所吸收。这

将要求政策去建立大学研究能力——在基础工程学科——并鼓励去国外接受研究生培训，以改进素质并（更重要的是）参加国际专业性网络。因为基础研究的经济效益主要通过个人接触和活动而流动，故而这种基础研究似将在经济上更为有益，如果它和高等教育以及有关的研究培训紧密联结的话。

本国能从其基础研究的投资中获益吗？

据上所述，也很难断言基础研究不能为所投资和实施的国家带来额外的利益。基础研究大部分的经济与社会效益体现在经过培训的科学家和工程师身上，包括一些具有研究能力的人。这些人将在当地受雇于商业公司及其他技术部门，假如这些部门强烈愿望改进其解决问题的能力的话。发达国家的经验表明，这需要有向外看的政策来鼓励国际竞争，并为商业公司提供投资以支持并贯彻其自身的技术改进活动。

若是这些公司不能从对这些活动的投资中获取全部经济效益（如果仅仅是由于经培训的劳动力可变更雇佣），则政府对私营公司给予某些资助可以被证明在经济上是正确的。这对基础研究和有关培训是恰当的。因为私营公司不可能现实地被指望对当地事业共同利益的活动作出资助。

不论是何种特殊政策，其一般目的应是在商业公司和其他机构造就解决技术问题的能力（Bell and Pavitt, 1993）。没有这种能力，则基础研究、有关培训、以及时兴的举措如“科学园”都将凋零乃至消亡。

基思·帕维特 (Keith Pavitt) 英国苏塞克斯大学科学政策研究部 (SPRU) 的 R. M. 菲利普斯科学技术政策研究教授。曾在剑桥和哈佛攻读工程学及工业管理和经济学，后任职于巴黎经济合作与发展组织 (OECD)。在 SPRU 工作的 20 年期间，曾发表大量有关技术管理及科学技术政策的文章。帕维特教授是若干国内与国际实体技术变革政策顾问，也是《研究政策》的主要编辑。

REFERENCES

- Arrow, K. (1962) Economic welfare and the allocation of resources for invention, in Nelson, R. (ed) *The Rate and Direction of Inventive Activity*, New Jersey, Princeton UP.
- Bell, M. and Pavitt, K. (1993) Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries, *Industrial and Corporate Change* (forthcoming).
- Gibbons, M. and Johnston, R. (1974) The roles of science in technological innovation, *Research Policy*, 3.
- Irvine, J. and Martin, B. (1980) The economic effects of Big Science: the case of radio-astronomy, *Proceedings of the International Colloquium on Economic Effects of Space and Other Advanced Technologies*, ESA SP 151, Paris, European Space Agency.
- Kline, S. (1991) Models of innovation and their policy consequences, in Inose, H., Kawasaki, M. and Kadamu, F. (eds) *Science and Technology Policy Research. What should be done? What can be done?*, Tokyo, Mita Press.
- Merton, R. (1942) Science and technology in a democratic order, *Journal of Legal and Political Sociology*, 1.
- Narin, F. and Olivastro, D. (1992) Status report: linkage between technology and science, *Research Policy*, 21: 237-49.
- Nelson, R. (1987) *Understanding Technical Change as an Evolutionary Process*, Amsterdam, North-Holland.
- Nelson, R. and Levin, R. (1986) The influence of science, university research and technical societies on industrial R&D and technical advance, Policy Discussion-Paper Series No. 3, *Research Program on Technological Change*, New Haven, Yale University.
- Pavitt, K. (1991) What makes basic research economically useful?, *Research Policy*, 20: 109-19.
- Rosenberg, N. and Nelson, R. (1992) *American Universities and Technical Advance in American Industry*, Center for Economic Policy Research, Stanford University.

指标：目的和局限

雷米·巴雷 皮埃尔·帕蓬

科学与技术指标是度量参数的定量单位，用以说明研究与技术系统的现状和动态的。这些指标的可能用途是极其多种多样的：例如供科学政策的决策者或立法当局使用的国家综述，研究机构决策用的战略分析、科学技术调查、计划评估等等。人数日增的科技领导因此面对一些必须以这些指标为根据的决策和选择。

对指标的需要导致在 60 年代建立工业和国家研究的年度调查。70 年代初，美国国家科学基金会 (NSF) 开始出版两年一期的《科学与工程指标》。与此相似，经济合作与发展组织 (OECD) 按国际规模进行协调其调查和指标制定工作，使它们能有可比性，为此拟定弗拉斯卡蒂手册 (Frascati Manual)，确立了概念并制定了调查方法。

80 年代中期以后，对指标的要求愈加多样化，因而正好是可能开拓新信息源的时期。越来越多试图产生定量数据的调查，被作为评估和战略定向工作的一个部分和社区计划管理的一个部分。结果，相当数量的国家为此改进了它们有关编制科学技术数据的常规制度。例如，在法国，科学与技术观测所 (OST) 就是为了这一目的而在 1990 年建立的。

最近几年的特点是：政府当局和企业对指标的强大需求——这种情况业已存在多年，现在通过加强数据资料的制作和供应能力已经能够适应

了。这是由于国际上对协调统计作出的努力和生产指标新方法 (编目技术) 的发展，以及更为广泛的是，资料贮存、存取和处理的电子手段不断改进所致。

本文所用指标

实际上存在着一大批可能的指标，但是，科学技术的指标可以按以下任一标准来加以阐明：

度量的对象和参数：人员 (研究科学家、教师-研究人员、工程师、研究后勤人员，如必要，说明资格、年龄、性别、专业等)；资金来源 (管理、投资、来自政府预算或外来合同)；所整理的知识 (科学出版物或专利，所获证明)；以及“物化”的知识 (工具仪器、部件或技术密集的生产资料 (购置或销售，进口或出口)。

参数度量的范围：机构 (实验室、公司、政府机构、大学等) 或地域 (城镇、地区、国家、多国范围)。

度量工作类型：学科或科学领域、领域或技术专业、部门或工业分支，国家政策目标、研究的类型 (基础研究、最终确定研究、发展研究)。

度量的规模：微观的 (实施决策机构、公

司、实验室或大学),中等的(学科、领域或部门),宏观的(全国规模)。

度量的类型:估量参数,它度量一个量(或水平);或者两个实体间的关系参数(流动或关联)。

在本部分的全球综述中使用的指标必须可在国际间或区域间相比较。因此我们采用了中等或宏观规模的,在国家或多国水平上,对各有关科学学科、技术领域和工业部门进行基本度量的指标。

在此一节中,我们提出了三种类型的指标,概述如下。

用于科技活动资源的度量——投入

资源的度量是通过对各国研究与发展经费和科技人员的调查而作出的。这些调查结果然后由不同的国际机构,特别是经济合作与发展组织、联合国教科文组织和欧洲共同体委员会进行再加工并加以发表。本文提出的一些表格就是以这些组织发表的资料为根据的。

科学出版物的度量——产出

科学活动是以其科学出版物成果(科学图书计量学 science bibliometry)来量度的。科学出版物诚然是科学活动的基本成果,但正如我们所知,它并不是唯一的成果:科学也产生出其他一些形式的“成果”,例如,高等教育和技术专长。本指标因此集中于科学研究的某一特定方面。

使用美国费城科学信息研究所(ISI)建立的《科学引文索引(SCI)》数据库对这些指标进行了计算。每种出版物都分别列在作者的实验室所在国家名下。如有来自不同国家(例如3个国家)的数名作者,则在每一国家项下列出出版物的1/3;这被称为“分数”计算法。编入该科学信息研究所数据库的科学杂志共3500种,分为8个学科。因此处理过程就包括:计算出每年、每国、每学

科论文的篇数。这里的主要问题是,想编写一份全球综述须处理的数据为量之大;该所(ISI)每年编目出版物就达600000份。也可以建立效果指标(每篇论文被引用的次数和世界平均数的比较),以及国家共同出版物指标(不同国家作者共同署名的出版物的相对数字)。

技术成果按专利度量——产出

技术活动由其专利成果(专利图书计量学)来度量,它表示技术为工业目的的发明和创造水平。

这些指标是以欧洲专利(在单一欧洲市场继续有效的专利)以及美国专利(美国市场上继续有效的专利)为根据计算的。因为这两个市场规模最大并且竞争最激烈,我们可以认为,其具有的专利决定因此可代表世界工业公司的技术创新和能力。再者,指标必须容许一种世界的概观,它需要处理每个数据库中的全部数据,包括每年欧洲授予的约4万件专利和美国授予的约8万件专利。我们又一次按发明人标称国家划分的分数计算法,然后按照国际专利分类(IPC),对这些专利按各个领域进行分类。

指标的局限

从以下两个观点对这些指标及其可行性进行评价是必要的。第一个观点是基本概念模型的有效性;第二个观点是有关人们想要度量的和实际上所度量的这两者之间的关系:这是对从个别资料到指标的统计制作过程技术上不足之处所作的评价。让我们依次观察这两个方面。

概念评价

指标的构造有赖于对参数的选择,这些参数明确地或暗含地涉及科学/技术/社会系统基本概念模型。这些选择发生在指标制定过程的每一阶段:在每家公司、研究机构、出版物或是专利收

集资料的这一层次,选择我们要考虑的各个方面;在系统统计这一层次上,选择我们使用的地理和主题目录及分类;最后,在指标设计阶段作出选择,确定在表征情况的各不同参数之间哪些关系是有意义的。这些选择都是或明或暗地根据以有关科学/技术/社会系统“作用”方式的假说为依据的,亦即以概念模型为依据的。

问题是,为了作出这些选择,我们不一定能理解或得到我们所需的信息。要说明有关科学/技术关系的现象,就碰到了这个难题。正是在这方面,对技术变革的经济学、工业经济学、创新社会学以及科学政策的研究工作,因应了那些必须构造科技指标的人们所关切的问题。

相反地,由于缺乏任何度量它们的工具,中肯的概念或许也只能弃之一旁。例如,任何国家的科学家的重要任务之一就是为政府当局完成科学评价和提供技术专长;可惜的是没有一种国际可比的度量这种活动的方法。

技术评价

作为资源指标,一方面,困难来自什么是研究活动以及什么是研究人员这两者的定义,这个定义各国之间有很大的不同(例如,在前苏联,这个定义就极其广泛)。并且,这一问题随经济合作与发展组织弗拉斯卡蒂手册的出版也仅得以部分解决,该手册作出的定义须尽可能进一步加以精确。另一方面,问题来自不具备许多国家“等价购买力”的可靠兑换率,这意味着货币换算不明确,无从进行国际间比较。另外一点是,资源指标在科技学科之间很少或根本没有作出区别。

对科学成果(出版物)指标的评价包括对有关数据库所用科学期刊的代表性的质疑,在这方面科学引文索引(SCI)即为其例。尽管这一数据库对科学刊物选择的“客观”性质(期刊的声望是通过每种刊物中发表文章所收到的引文索引平均数来加以衡量的),清楚的是,一些发达国家的刊物,尤其是英语国家的期刊似乎被过度介绍了。在此度量的是“占优势的”科学,对发达国家的著作比对其他国家的著作计及较多。

作为技术成果的指标由专利来度量时,评论并未涉及数据库(它们甚为详尽而准确),但能由指标阐明的是:设若其他所有条件相同,专利注册在某些公司和某些国家是欠认真的,随它们的战略和市场而定。专利指标表示了一些公司的活动,这些公司想利用创新带来的竞争利益进行出口。换句话说,专利指标对发达国家公司的活动给予更多的信任,特别是因为它仅仅考虑在美国和在欧洲授予的专利。

重要的是要记住,每项指标只阐述了现实的一个方面(而且甚至是不完全的):资源指标丝毫不提及成果,科学出版物指标丝毫不提及培训或技术专长方面的工作,专利指标丝毫不提及未授有专利的技术领域,也不提及专利对创新的用处。显然,指标只有在被结合在一起考虑时才有意义。因为很明显,对于这样一个复杂的系统,不可能存在单一的度量单位。

尽管现有指标存在有局限性,但可以被认为是,对它们度量的参数给出了正确的尺度,并且,作为一个整体来考虑,给出了一个十分可靠的真实描述。

全球综述

雷米·巴雷 皮埃尔·帕蓬

财力和人力资源

我们可在对财政资助进行估测的基础上,描绘出世界研究与发展(R&D)活动的概貌(表1)。这表明:仅经济合作与发展组织(OECD)地区一些国家的R&D就占了世界总量的80—88%,视对前苏联R&D的计算方法而定。我们因此可以说全球R&D的五分之四是由西方发达国家和日本(广义而言,也就是OECD国家)所作出的。其特征是高度的不平衡状况,甚至比国内生产总值(GDP)分布的不平衡更为突出。

国内R&D总支出与国内生产总值之比是研究“成效率”的一项指标。1990年日本居首位,为3.1%;其后是美国,为2.8%;欧洲自由贸易联盟各国(EFTA)为2.2%;而欧共体为2%。对前苏联的估测难以作出:若采用传统所提供的按R&D广义定义的数据,则所得有关支出的比率将超过其他所有国家,达3.4%;若采用更接近于世界通用的定义,则其成效率就居于发达国家与发展中国家之间,为1.1%。在发展中国家里,国家

在R&D上的支出大大低于其国内生产总值的1%。例如中国,尽管它拥有悠久的科学遗产,据官方数字,R&D经费仅占国内生产总值的0.7%。在最贫穷的一些国家中,国家收入中仅有很小一部分,约0.2—0.4%用于科学技术。但值得一提的事实是,亚洲一些新兴工业化国家(地区)(NICs)的成效率已经高过经济合作与发展组织内某些国家。

就研究工作人员和工程师人数分析R&D资源,则呈现出另一番景象(表2)。在这方面,经济合作与发展组织各国仅略高于或略低于世界总额的一半。分别为58%与47%,视对前苏联数字的计算方法而定。

如对上述研究人员数与人口比较,发达国家与发展中国家之间的区别极其分明,前者每千人中为1.9人或稍高,而日本则高达4.7人;至于后者,每千人中则为0.1—0.5人之间。前苏联的情况再一次不易分析,其比率或为世界最高,或则居于中等水平,取决于对R&D活动的实际要求是采用外延定义还是国际定义。

表 1 1990 年世界不同地区国内生产总值 (GDP)、研究与发展国内总支出 (GERD) 以及研究与发展国内总支出占国内生产总值的百分比 (GERD/GDP)

	GDP ¹	GERD ^{1,2}	GERD/GDP (%)
欧共体 ³	5 110	101.9	2.0
欧洲自由贸易联盟 ⁴	571	12.3	2.2
中欧和东欧 ⁵	332	5.7	1.7
以色列	45	0.8	1.7
前苏联 ⁶	1 673	18.9/56.9	1.1/3.4
美国	5 392	149.2	2.8
加拿大	512	7.2	1.4
拉丁美洲	715	2.9	0.4
北非	154	0.4	0.3
中、近东 ⁷	526	1.9	0.4
撒哈拉以南非洲	257	0.7	0.3
日本	2 180	67.0	3.1
亚洲新兴工业化国家 (地区) ⁸	499	8.2	1.6
中国	442	3.6	0.8
印度	308	2.5	0.8
远东其他国家	277	0.5	0.2
澳大利亚/新西兰	340	3.9	1.2
世界总计	19 334	387.7/425.7	2.0/2.2

1. 货币单位为现行价 10 亿美元 (G\$), OECD 国家按等价购买力 (PPP) 计算, 其他国家则按汇率计算。

2. 研究与发展国内总支出 (GERD) 计入了本国领土所有财政来源 (含来自海外的部分) 的全部科技活动支出。

3. 欧共体 (EC): 比利时、丹麦、法国、德国、希腊、爱尔兰、意大利、卢森堡、荷兰、葡萄牙、西班牙、英国。

4. 欧洲自由贸易联盟 (EFTA): 奥地利、芬兰、冰岛、列支敦士登、挪威、瑞典和瑞士。

5. 中欧和东欧各国。

注: OECD 国家采用 OECD 数字, 对其他国家采用 UNESCO 数字; 无 UNESCO 统计数字的国家, 则按我们拥有其资料并在经济上与之相近似的国家的数字加以推定。

6. 对前苏联 GDP 和 GERD 的计算, 由于采用国际水平的定义而遇到连贯性的问题: 我们采用一个高估计值, 以与通常发表的数字相一致, 这些数字是以 R&D 广义定义为基础的; 我们也采用另一个低估计值——为前者的三分之一——以大致与 OECD 的 R&D 定义相一致 (资料来源: CSRS 和 IMEMO)。由于缺乏等价购买力换算率, 我们采用了 1989 年的汇率, 同时使用了 1989—1990 年的美元通货紧缩率。

7. 中、近东指: 从土耳其到巴基斯坦。

8. 亚洲新兴工业化国家 (地区) (NICs): 韩国、马来西亚、香港地区、新加坡、台湾省。

资料来源: OST, 据 OECD 及 UNESCO 资料, (OST, 1993)

表 2 1990 年世界不同地位 R&D 科学家和工程师与人口的比率

	R&D 科学家和 工程师人数 (千人)	人 口 (百万)	每千人中 科学家人数
欧 共 体 ¹	6.11.4	327.2	1.9
欧洲自由贸易联盟 ¹	72.3	32.1	2.2
中欧和东欧 ¹	263.5	124.0	2.1
以 色 列	20.1	4.6	4.4
前 苏 联 ²	465.7/1397.0	288.0	1.6/4.9
美 国	949.3	251.5	3.8
加 拿 大	62.5	26.6	2.3
拉 丁 美 洲	162.9	296.7	0.5
北 非	38.1	152.5	0.3
中、近 东 ¹	19.0	301.6	0.1
撒哈拉以南非洲	35.0	494.3	0.1
日 本	582.8	123.5	4.7
亚洲新兴工业化国家 (地区) ¹	92.3	89.6	1.0
中 国	410.5	1135.5	0.4
印 度	119.0	853.4	0.1
远东其他国家	99.7	585.9	0.2
澳大利亚/新西兰	47.5	20.5	2.3
世界总计	4 051.7/4 983.0	5 107.5	0.8/1.0

1. 参见表 1 的说明。

2. 关于前苏联,对发表的科学家和工程师人数采用 3 比 1 的比率,以符合 OECD 的定义(参见表 1 第 6 条说明)。

注:OECD 国家的数字按 OECD 的公布数字,其他国家则按 UNESCO 数据。

资料来源:OST,据 OECD 及 UNESCO 资料,(OST,1993)

世界不同地区的科技产品

作为衡量科技活动的一种手段,出版物指标或许给予我们以一种略微有损真实的景象,其中这个指标很少说明出版于东欧及第三世界的科学刊物中所发表的研究成果。因而,作为世界科学产品分布编目根据的主要工具——科学引文索引(SCI),在所分析的 3 500 种科学杂志中仅考虑了在第三世界出版的科学评论中的很小部分。在那些科学人口数量较大的国家中,例如阿根廷、巴

西或中国,仅有很少数的科学评论在数据库中有表述,尽管多方面的调查已经着重指出,第三世界国家在对它们具有特别重要性的领域,如热带农学及土壤科学等方面,进行了大量的研究。

同样,在美国和欧洲授予专利的程序,对于来自第三世界的发明人或公司来说,是不易达到的。特别由于它十分昂贵。因此在第三世界适用技术这一整个领域被置于我们分析的范围之外。东欧各国的情况亦复如此。宏观指标对于 OECD 地区外各国的科技情况因而必然几乎描述欠详。显然,在这里所衡量的乃是“主流”科技产品,这

绝非科技产品的全部，尽管是其中的一个重要部分。

科学出版物

作为世界科学产品出版物的指标，已通过示出 R&D 经费支出，证实了在知识产品方面不平衡的极强烈的印象（表 3）。我们发现科学出版物的 40.2% 出自北美科学家（大多出自美国），34.4% 出自欧洲科学家（东欧及西欧）。其余 25.4% 分别出自日本（8%），前苏联（6.4%），其他工业化国家（3.7%）以及亚洲新兴工业化国家（地区）（1%）。非洲、拉丁美洲和亚洲的发展中国家约占 6.5%。

在从 1983 年到 1991 年的 8 年中，主要增长的地区是日本、亚洲新兴工业化国家（地区）和中国。这些国家在 1983 年占有的份额为 7.4%，8 年后为 10.1%，表明增加了 1/3。在中、近东也有较大的增长，但其起点较低。北非及拉美也有进展，虽然步伐较慢。除日本、加拿大和欧共体外，所有工业化国家都发现其份额减少，例如前苏联和印度也是如此。

世界各地的科学产品展示各自的专业（表 4）。欧洲的强项是临床医学，在生物医学研究、化学、物理学方面也居于较前列，但工程科学及生物学显得较弱。工业化亚洲的专业十分不同，生命科学、地球与空间科学和数学较弱，但物理学、化学和工程学较强。北美的专业则几乎与此完全相反。从总体上说，发展中国家长于生物学和地球及空间科学，而弱于临床医学和生物医学研究。

表 3 1991 年世界不同地区的科学产品（出版物）¹

	1991 年占以 1983 为 100 世界份额 ² 计 1991 年的 (%)	百分数 ³
欧 共 体 ⁴	27.7	103
欧洲自由贸易联盟 ⁴	4.4	98
中欧和东欧 ⁴	2.3	91
以 色 列	1.0	89
前 苏 联	6.4	79
美 国	35.8	96
加 拿 大	4.4	107
拉 丁 美 洲	1.4	117
北 非	0.4	113
中、近东 ⁴	0.6	180
撒哈拉以南非洲	0.9	96
日 本	8.0	117
亚洲新兴工业化国家（地区） ⁴	1.0	309
中 国	1.1	128
印 度	2.0	57
远东其他国家	0.1	67
澳大利亚/新西兰	2.7	92
世界总计	100.0	100

1. 国家的科学产品是按实验室位于该国的科学家的科学出版物数量计算的。表中所列指标是由科学与技术观测所使用科学信息所 (ISI) 所建立的科学引文索引 (SCI) 数据库计算而得。
 2. 本表所列指标是各地区在世界总额中所占的份额百分率，所有学科一起计算。
 3. 以 1991 年所占份额除以 1983 年所占份额再乘以 100。
 4. 参阅表 1 的说明。
- 资料来源：OST，据 SCI 数据，(OST, 1993)

表 4 1991¹ 年按地区划分的科学专长

	欧洲	前苏联	北美	拉美	伊斯兰 国家 ²	撒哈拉 以南非洲	工业化 亚洲国家 ³	远东 其他各国	澳大利亚 /新西兰
临床医学	1.13	0.40	1.05	0.88	0.78	1.34	0.81	0.46	1.17
生物医学	1.02	0.61	1.12	0.92	0.54	0.65	0.97	0.44	0.87
生态学	0.82	0.40	1.14	1.61	1.27	2.47	0.85	1.08	2.19
化学	1.00	2.08	0.70	0.84	1.70	0.59	1.42	1.80	0.60
物理学	0.95	2.10	0.83	1.30	0.76	0.32	1.17	1.81	0.45
地球与空间科学	0.86	1.25	1.16	1.31	1.07	1.53	0.41	1.10	1.47
工程科学	0.77	1.17	1.04	0.60	1.74	0.56	1.56	1.51	0.69
数学	0.90	0.51	1.28	0.98	0.94	0.46	0.60	1.15	0.76
总 计	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

1. 本表所列指标为 8 个科学学科的科学专业指数：它是国家某学科方面出版物在世界份额中所占百分数与世界各学科合计份额百分数的比率（指数大于 1 表明该国具有相对的专业实力，如指数低于 1 则表明专业相对软弱或不足）。

2. 北非及中、近东。

3. 日本及亚洲新兴工业化国家（地区）。

资料来源：OST，据 SCI 数据（OST，1993）

获准专利

使用表明在美国和在欧洲获准专利的指标（表 5），就可能评价世界技术产品，至少能达到初步的近似值。令人震惊的是 OECD 以外的国家几乎未获专利，它们分别仅占欧洲及美国所批准专利的 1.6% 和 2.7%。1991 年，美国在经欧洲批准的专利中占世界总数的 1/4，而它在本国批准的

专利中则占半数以上。这种情况反映在西欧（欧共体加上欧洲自由贸易联盟诸国），则有 1/4 的专利是在美国获准和近半数在欧洲获准。而日本在上述两系统中均占近 1/4。

细审这些发展，可见两个突出现象：即日本实力上升，以及亚洲新兴工业化国家（地区）的实力也在上升。

表5 1991年世界不同地区在欧洲和美国获准的专利占世界的份额，
及1991年以1981或1986年=100作基数之比

	欧洲专利 ^{1,3}		美国专利 ^{2,3}	
	1991年占 世界份额(%)	1991年 (以1986年 =100)	1991年占 世界份额(%)	1991年 (以1981年 =100)
欧 共 体 ⁴	42.6	92	20.1	90
欧洲自由贸易联盟 ⁴	5.8	82	3.6	81
中欧和东欧 ⁴	0.3	71	0.2	66
以 色 列	0.4	122	0.4	124
前 苏 联	0.1	51	0.2	102
美 国	24.7	93	45.6	95
加 拿 大	0.6	62	2.4	113
拉 丁 美 洲	0.1	139	0.2	102
北 非	0.0	不详	0.0	不详
中、近东 ⁴	0.0	不详	0.0	不详
撒哈拉以南非洲	0.1	67	0.1	89
日 本	24.4	149	25.0	120
亚洲新兴工业化国家(地区) ⁴	0.5	246	1.5	338
中 国	0.1	119	0.1	765
印 度	0.0	不详	0.0	不详
远东其他国家	0.0	不详	0.0	不详
澳大利亚/新西兰	0.2	23	0.6	94
世界总计	100.0	100	100.0	100

1. 欧洲专利数据库在专利申请后18个月加以登记，不论专利是否在该日获得批准。为简化起见，我们均称为“获准专利”，特别因为在实际上各国所占世界份额相差不大。

2. 获准的专利。

3. 专利的获准被用作一个国家技术产品的指标：因为专利被认为是其发明者所在国的成果。这些指标是根据美国授予的专利（“美国专利”）和欧洲授予的专利计算，具体地说：“欧洲专利”通过欧洲专利局授予，使专利能同时在几个欧洲国家获准。

对于美国专利，以及美国籍的专利持有者（即有一美国地址者），我们计入了公司和机构，但未计入个别专利持有者。这是在授予美国专利中减轻美国人“家乡优越性”的一种手段。

美国专利的指标，是以CHI-研究公司在美国专利局（USPTO）数据库进行的工作为基础的；欧洲专利的指标则是利用EPAT数据库图书计量法计算的，该数据库由欧洲专利EPAT数据库建立，而由法国专利局（INPI）编制。欧洲专利指标从1986年往后才开始计算，因为这一年是授予专利的“欧洲通道”形成概念的年份，因此成为具有技术活动代表性的一年。

4. 参见表1的说明。

资料来源：OST，摘自EPAT及CHI-Research-USPTO资料（OST，1993）

科技产品和国内生产总值

科学出版物与国内生产总值之比的指数大体上表明，大体上，工业国家比其他国家更加“科学密集”（表 6）。以色列、欧洲自由贸易联盟成员国、加拿大、澳大利亚和新西兰拥有特别高的指数。美国、中欧和东欧国家及欧共体各国次之。印度指数高出平均数很多，而日本指数明显低于平均而特别令人注目。就这一指标而言，非洲、拉

丁美洲、中国和亚洲新兴工业化国家（地区）约居于平均数即 50% 以下，接近于日本和前苏联。

至于从专利产品与国内生产总值的关系（表 6）则可看出，日本在欧共体及美国二者专利中达到了全世界的最佳成绩，从而在美国及欧洲本身领土上超过了美国人和欧洲人。亚洲新兴工业化国家（地区）已超过了澳大利亚和新西兰等国，接近于欧共体各国。欧洲自由贸易联盟国家及以色列的整个成绩也值得一提。

表 6 1991 年科学出版物和专利产品相对于国内生产总值的指数

	相对于国内生产总值的指数 ¹		
	科学出版物	欧洲专利	美国专利
欧 共 体 ²	105	161	76
欧洲自由贸易联盟 ²	150	196	121
中欧和东欧 ²	131	17	13
以 色 列	433	172	172
前 苏 联	73	1	2
美 国	128	89	163
加 拿 大	166	23	90
拉 丁 美 洲	25	3	5
北 非	48	不详	不详
中、近东 ²	21	不详	不详
撒哈拉以南非洲	66	8	10
日 本	71	216	221
亚洲新兴工业化国家（地区） ²	40	19	58
中 国	46	4	4
印 度	128	不详	不详
远东其他国家	9	不详	不详
澳大利亚/新西兰	151	11	34
世界总计	100	100	100

1. 世界平均数定为 100。某一国家科技产品相对于国内生产总值的指数是对该国科技密集度的一种度量。比率的数值本身并不重要，这就是何以用世界平均数等于 100 为基数的函数来表示的原因，这也使国际间的对比更简易可行。

2. 参见表 1 的说明

资料来源：OST，据 EPAT 及 CHI-Research-USPTO 资料（OST，1993）

科学与技术的世界概况

若全球科学活动的宏观数据已得，则一个事实是清楚的：三个地理单位形成了“三极”（美国、日本及欧共体的 12 国）合在一起几乎集中了全世界科技知识生产潜力的四分之三。这个三极（欧洲自由贸易联盟诸国可以考虑在内），具有或多或少相同的科学与技术开发的节奏，尽管个别国家的 R&D 经费支出和战略存在很大差异。中欧和东欧以及前苏联各国，其科学潜力较大，现正在极其不利的经济背景下，经历一个根本的重组过程。而这些前社会主义国家和发展中国家一道，形成了对科技知识的生产作出重要贡献的由不同成分组成的集团，但它们想赶上大多数工业化国家的节奏，仍旧困难重重。

美国、欧共体和日本之间的比较

R&D 的资金和实施

虽则三极各国属同一市场经济体系，但其国

家在经济发展中所起作用在传统和实践上却差异较大，因此在技术政策上的作用差异也大。这也就是 1990 年在研究与发展国内总支出中由国家资助（民用与军用目的）的百分率差异较大的原因，其变化范围从日本的 27% 到美国（主要是军事研究与发展）和欧共体（主要是民用研究与发展）的均接近 50%（表 7）。换句话说，日本研究与发展总支出的 73% 由公司资助，这表明日本工业公司对其 R&D 战略的重要性，成为控制技术及其市场的一种方法。像通产省就协助既为私营企业也为日本政府视为优先的部门（如电子业）制定共同政策。虽然在这三极中差别不很明显，但如果比较一下由公司部门执行（但不一定资助）的 R&D 在研究与发展国内总支出中所占的份额：欧共体为 65%，日本为 71%，美国则保持在 70%。因此，在 R&D 的执行中，欧洲政府（通过政府研究机构和大学）的作用是最为明显的；国家介入的历史传统（以法国为最），在国家研究政策的定向上起了其最重要的作用。

表 7 1990 年度“三极”研究与发展国内总支出（GERD）按资助和实施划分的比较（%）

	欧共体 (%)	美国 (%)	日本 (%)	合计 (%)
GERD 资金				
国家/民用	36.2	18.5	25.4	25.6
国家/军用	11.5	30.9	1.5	18.5
产 业	52.3	50.6	73.1	55.9
总 计	100.0	100.0	100.0	100.0
GERD 实施				
国 家	18.9	14.1	11.6	15.1
大 学	16.3	16.0	17.6	16.4
产 业	64.8	69.9	70.8	68.5
总 计	100.0	100.0	100.0	100.0

资料来源：OST, OECD 资料 (OST, 1993)

另一值得注意的事实是，三极内的某些国家如美国、英国和法国，以及三极之外的俄国和中国，为了政治上的原因，对军事研究给予了高度优先。一些重要的技术计划如 50 年代在美国（在一定程度上是始自二次大战期间制造原子弹的曼哈顿计划的延续）、在前苏联、然后在英国、法国和中国发起的，无不是由于把军备竞赛置于科学发现与技术创新基础上这种需要的结果。日本和德国不同于其他重要的工业化国家，缺少通向原子武库的有效途径，没有发动大规模军事研究工作。因此这一点并不令人惊讶，即在三极内部，为防务目的研究的 R&D 资金百分比也有着很大差异：在美国，1990 年国家 R&D 资金的 63% 用于军事研究；在欧共体仅为 24%（英国达 50%，法国为 34%）；而在日本仅为 6%。俄国和中国把相当可观的资源用于军事研究乃是肯定的，其准确数字则得不到。研究成就的地域分布可由军事的 R&D 而轮廓分明。这在三极内部对比鲜明，而且更广泛地说，在各国之间也是如此。从整体说，军事 R&D 工作采取国家合同形式，它是主要由属于空间与电子两个部门的工业公司进行的。

专利的专业化和技术力量的演变

对 80 年代发展的约略叙述表明，日本在欧洲和美国取得专利方面有了非凡的进步（表 8）。欧共体和美国在欧洲和美国这两个专利系统中正在失去它们的份额。

对三极各国在每一技术领域情况的研究（表 9）表明，在欧洲，日本是电子和电气产品的主要专利权持有人，在工具仪表领域紧随欧共体居第二，与美国处在同一水平。对 80 年代趋势的分析揭示，在这些领域中日本的专业化有所增强。在欧洲的工具仪器、化学和制药学领域，美国力量不弱。欧共体在欧洲的强项则在工业工艺过程、机器、机械工程及消费商品等领域，但在电子和电气产品方面则较为软弱。

在美国的专利系统中的相对地位（表 9）证实了日本在电子和电气产品（超过全部专利的三分之一）及工具仪器方面的专业性；在这两个领域中欧共体的弱点也得到了证实，虽然欧共体在化学、制药和工业工艺过程方面领先于日本。

表 8 三极各国在欧洲和美国取得专利份额比较

	在欧洲取得的专利占世界的份额 (%)		在美国取得的专利占世界的份额 (%)		
	1986 年	1991 年	1981 年	1986 年	1991 年
欧共体	46.5	42.6	23.4	22.3	20.1
美国	26.5	24.7	52.7	48.0	45.5
日本	16.3	24.4	14.3	20.8	25.0

资料来源：OST，EPAT 编目，CHI-Research 资料，USPTO（OST，1993）

表 9 1991 年按技术领域划分获准专利所占份额

欧 洲	欧洲专利占世界份额 (%)			1991 年 (1986 年=100)		
	欧共体	美国	日本	欧共体	美国	日本
电子、电气商品	30.4	27.7	36.7	75	93	155
工具仪器	35.6	28.6	28.1	88	93	157
化学、制药	39.4	29.4	24.3	99	90	129
工业化流程	47.4	23.7	18.4	98	94	130
机器、机械工程	55.5	17.9	16.9	98	96	146
家用消费品、民用工程	60.3	15.8	8.7	102	93	151
总计 (所有领域)	42.6	24.7	24.4	92	93	149

资料来源: OST, EPAT 资料 (OST, 1993 年)

美 国	美国专利占世界份额 (%)			1991 年 (1986 年=100)		
	欧共体	美国	日本	欧共体	美国	日本
电子、电气商品	14.2	45.5	34.4	83	89	111
工具仪器	16.1	45.8	30.4	86	99	115
化学制药	24.8	48.1	19.9	103	94	122
工业化流程	22.8	47.5	19.1	93	96	115
机器、机械工程	23.8	41.6	23.6	91	97	106
家用消费品、民用工程	20.3	47.6	12.4	93	94	120
总计 (所有领域)	20.1	45.5	25.0	90	95	126

资料来源: OST, CHI-Research-USPTO (OST, 1993)

国际性的学生流动

全世界有 1 200 万学生在外国的大学中学习。国际性的学生流动是一种大规模的现象。这种流动使欠发达国家的学生有可能进入让人满意的较高级教育设施,但它也带来了“人才外流”的

风险;但不管怎样,它有助于加强世界范围的科学网络和有效地传播科学知识。

出国学生的地区来源

全世界大约有 6 100 万大学生,其中 2%在国外学习(表 10)。下列地理区域送往国外的学生最多:中、近东,北非,撒哈拉以南非洲,亚洲新

兴工业化国家（地区）和中国。欧共体和欧洲自由贸易联盟国家也有大量学生在某一外国学习。但这往往是在某个欧洲国家，我们在这里看到的是学生在地区之内流动的现象。按出国的学生的比例（移居国外率），撒哈拉以南非洲居首位，其

比率为 14%；其次是北非和中、近东，比率接近 7%。亚洲新兴工业化国家（地区）和中国也占有高于平均的比率。美国、前苏联及中欧、东欧国家的比率最低。发展中国家的学生占世界总数的 40%，但在某个外国学习的学生占总数的 70%。

表 10 1990 年不同地理区域学生的国际流动

	学生总数 (千人)	在国外学习的学生 (千人)	出国学生所占比率 (移居国外率) (%)
欧 共 体 ¹	8 484.0	181.3	2.1
欧洲自由贸易联盟 ¹	863.0	34.2	4.0
前苏联及中欧和东欧 ¹	8 314.0	33.4	0.4
美 国	13 975.5	24.9	0.2
加 拿 大	1 359.0	21.0	1.5
拉丁美洲	7 113.0	81.3	1.1
北 非	1 486.0	101.9	6.9
中、近东 ¹	2 641.5	183.1	6.9
撒哈拉以南非洲	691.0	99.2	14.4
日 本	2 683.0	40.0	1.5
亚洲新兴工业化国家（地区） ¹	1 989.0	106.0	5.3
中 国	2 147.0	95.0	4.4
印 度	4 806.0	33.6	0.7
远东及大洋洲国家	4 998.0	70.2	1.4
国籍不明 ²		63.0	
总 计	61 550.0	1 168.0	1.9

1. 参见表 1 的说明。

2. 在某一外国的国籍不明的学生。

注：有关学生国际性流动统计由联合国教科文组织发表，是以各成员国资料为根据的。由于各国之间对资料收集的定义与方法可能各不相同，人们对在此刊登的数字应该看作是象征意义的，而不是有效统计数。

资料来源：OST，采自 UNESCO 资料（OST，1993）

表 11 1990 年接受外国留学生最多的 12 个国家

	外国留学生人数 (千人)	占国际流动学生比率 (%)	外国学生占接纳国 本国学生总数比率 (%)
美 国	408	34.9	2.9
法 国	136	11.6	8.0
德 国 ¹	92	7.9	5.3
英 国 ²	71	6.1	6.0
前 苏 联	67	5.7	1.3
加 拿 大	35	3.0	2.6
比 利 时 ²	33	2.9	12.3
澳 大 利 亚	29	2.5	6.0
日 本 ²	24	2.0	0.9
瑞 士	23	1.9	16.5
意 大 利	21	1.8	1.5
奥 地 利	18	1.6	9.0
12 个领先国总计	957	81.9	
世界总计	1168	100.0	1.9

1. 1988 年

2. 1989 年

资料来源: OST, 采自 UN-
ESCO 资料 (OST, 1993)

接受出国学生的地区

很久以来, 美国就是接受外国学生最多的国家 (表 11), 数字超过 40 万, 占全球国际流动学生总数三分之一以上, 而它自身发生的流动只占 2%。次重要的接纳国依次为: 法国、德国和英国, 这三国共接受了美国所接受留学生数的 75%。列英国之后的是前苏联, 其接受学生的数字日益下降。

就外国学生占各该接纳国学生总数的比例而言, 比利时和瑞士是最为开放的国家, 其次是奥

地利和法国。日本的比率很低, 不过前苏联和意大利的比率也较低, 值得注意。

一个对比鲜明的世界和新的挑战

必须再一次强调的是, 尽管采用全球指标时, 科学与技术的地理分布呈现为一个极度不平衡的世界, 可是这些指标并非完全尽如人意。它们对撒播极差的“本地”科技产品很少提及, 并对某些国家中一些一流成就不能公正地加以对待。因此, 像印度、中国、巴西这些国家的科技潜力, 尽

管就数量而言难以和三极各国相比,但绝非不重要。中国在80年代期间经历了值得重视的科技发展时期,而现在已经拥有核能与航天技术的前缘知识。印度亦复如此,它已建立有以大规模国立研究机构网为基础的全国科技系统,并发展了高质量的大学研究。巴西在60年代和70年代做出了第一流的成就,但是通货膨胀和外债重负使其在某些领域中属于国际水平的成就蒙受影响。最后,为免疏漏,应该指出北非的几个阿拉伯国家(阿尔及利亚、摩洛哥、突尼斯),以及近东的埃及、叙利亚已经能够建立并发展研究机构,这些机构是完全和国际科学社会结合为一体的。

但也必须指出,非洲国家,几乎整个拉丁美洲国家、中东的某些国家及亚洲的大部分国家的形势是十分令人担忧的。由于这些国家仅仅产生很小一部分科学知识和技术诀窍,它们接近全球科技潜力的机会是极其有限的。

科技的发展,近几十年在很大程度上受经济和政治力量问题所影响,虽然如此,扩充知识范围的主旨仍不失为科学研究的根本动力。几乎每一个国家科技系统都是以这些考虑作为基础并得到推动的。但是,某些国家已经开始对国家科学与技术政策中的业已存在的平衡提出质疑。许多科技领域是和“社会需求”紧密相连的,也就是说,是和社会问题与政策相连的,例如:公共卫生、环境的演变和保护,社会内部的联系,天气预报及其长期影响等。

一些与关键的社会需求相对应的社会问题,往往需要有一个合适的科学方法,以便能够提供诊断问题的基础,提出可能的解决方法,并帮助决策者制定战略。国家科技系统必须决定新的优先事项,并获得财政上和结构上的资源,使研究

更加贴近于社会问题。这也将意味着必须提高人文和社会科学在研究政策中的地位。它们所涉及的问题的价值必须由其本身加以确认,以使研究计划的开展能将社会和自然科学结合到一起。

在第三世界国家中对社会需求提出答复的问题特别尖锐。由于它们自身所处的条件,在数十年时间中要使任何一种科学与技术得以起飞将是极其困难的。这些国家的优先考虑事项是支持科技研究,有助于为社会与经济的发展奠定基础,有助于解决这些国家的人口所面临的基本问题(例如卫生和食品),以及有助于培训一些管理人员和技术人员,他们能将那些对任何现代社会所必须的基本技术与科学方法传播到整个社会机体。

在发达国家中对科技系统的挑战之一是,要通过合作政策,为其南半球的伙伴们的科学与技术的起飞,寻求作出贡献的最适当的方法。

工业化国家的国家R&D系统需要重新调整其技术政策。考虑到美国与前苏联签订的削减战略武器协议(特别是签订于1991和1993年的限制战略武器条约——START)。这些条约将导致军备竞赛速度显著放慢。这已经表现在一些工业国家军事研究预算增长停止,其中有些甚至已开始下降,特别是在美国。关于军事R&D支出会影响到产业的技术竞争力的争论,特别是在三极内部已经进行了多年。这一争论只能导致对政策进行重行检查,这有时可能是极为费力的,必然对许多国家构成一个重大的问题。

90年代无疑将是国家研究与技术系统中意义深远的变革的开端,因为对于必须加以提出的问题,不仅要求重新检查政策,而且还要求改变基础结构。

FURTHER READING

Arvanitis, R. and Gaillard, J. (eds) (1992) *Les indicateurs de la science pour les pays en développement*, Paris, ORSTOM Editions.

Barré, R. and Papon, P. (1993) *Economie et politique de la science et de la technologie*, Paris, Hachette-Pluriel.

Chesnois, F. (1990) *Compétitivité internationale et dépenses militaires*, Paris, Economica.

Dunning, J.H. and Cantwell, J. (1989) *Technological Innovation and Multinational Corporations*, Oxford, Blackwell.

Freeman, C. (1982) *The Economics of Industrial Innovation*, London, Penguin Books.

National Science Board (1991) *Science and Engineering Indicators*, Washington, DC, US Government Printing Office.

Niosi, J. (1992) *Technology and National Competitiveness*, Montreal, McGill-Queen's University Press.

Observatoire des sciences et des techniques (1991) *Science et technologie – indicateurs 1992*, Paris, Economica.

OECD (1992) *Technology and Economics*, Paris, OECD.

Porter, M. (1990) *The Competitive Advantage of Nations*, Macmillan.

Rosenberg, N. (1982) *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press.

Salomon, J.J. (1990) *Guerre et paix*, Paris, Economica.

Sharp, M. and Walker, W. (1991) *Technology and the Future of Europe*, London, Pinter.

The tables used in this section are taken from OST (1993) *Science et technologie – indicateurs 1994*, Paris, Economica.

3. 科学伙伴关系

政府间合作

米歇尔·巴蒂塞

任何学科的科学知识，都是由许多研究人员长时间作出的无数贡献的总和。科学家之间交换意见和信息往往是科学进步的主要推动力，科学进步本身就属于一种累积性质。地中海和中东各国伟大思想家曾经云集一处，例如古希腊时代聚集在亚历山大，阿拉伯文化鼎盛时期聚集在巴格达。17世纪，西欧现代科学思想日趋成熟，各国卓越才智的人开始频繁交流思想和经验。巴黎神父默森在这方面提供了一个鲜明的例子。他20年如一日作为一个联系人，通过通信与访问，在博伊尔、德斯卡特斯、伽利略、海金斯、帕斯卡尔和托里切利等人之间牵线。类似的精神激励了英国的奥尔登伯格，导致1660年皇家学会的建立。在那些日子里，国际信息交换只在科学家个人之间进行。18世纪，随着科学的迅速发展以及同哲学明显脱钩，这种交换方式采用得更多，由于大会、研讨会和个人接触的频次激增，这种方式直到今天的确还继续存在。

科学与政府

随着科学某些方面在工业和军事应用上的重要性日益突出，许多国家的政府对科学的兴趣迅速扩大，而以往它们的兴趣仅限于航海时间或方法之类的知识。随着19世纪工业革命和20世纪

核物理学、信息学、分子生物学和其他新领域里的大发展，各种技术工具和工艺层出不穷，科学应用之广遍及人类生活的各个方面。科学与技术日益交织在一起，成为经济和政治权力的源泉，很大程度上影响着自由交流科学信息的传统方式。在国家利益考虑的直接或间接指引下，专利或保密规定制止公开交换许多方面的知识，学术界往往不愿承认发达世界许多科学家已变成某种形式的犯人，受到工业或军事方面的限制，失去通信自由。这种做法或多或少地腐蚀了传统科学道德 (Batisse, 1973)。

每当考虑到国际科学合作时，都应当想到这种情况。但与此同时，国际科学合作及随之而来的共享知识，对大多数学科的进展仍然必要。政府本身也不得不承认有这种需要。两国为了达到一个共同的科学目标而首次进行的正式联合，也许是18世纪末英法两国在大地测量学所建立的联合。在更广泛的国际一级上，第一个真正的科学合作项目是1824年开始的。当时欧洲天文学家同意绘制一张国际天体图。1860年后，开始组织一些主要学科的大型会议。1875年在巴黎附近成立了第一个为科学目的服务的永久性国际组织——国际度量衡局。与此同时，基础学科方面的合作准备在稳固的基础上更有组织地开展。后来，逐步建立了各种“国际联合会”。第一次世界大战

刚结束后的1919年,成立了一个理事会,也就是后来的国际科学联合会理事会(ICSU)。理事会为这些联合会提供了共同框架与方向,给各国科学院提供了一个相互接触的场合。当时,越来越多的国家成立了各自的科学院(Baker, 1982a)。

在这个过程中,政府并未起显著作用,因此,国际科学联合会理事会及其中的联合会都被认为是非政府组织。事实上,这个发展顺利的国际综合机构是半政府性质的。有些联合会,例如地球物理学联合会和地质学联合会,都是在存在强大的国家公共设施的基础上建立起来的。国立研究院也脱离不了政府对它们的资助。事实上,在具有长期自由传统的国家里,科学领域中的政府组织和非政府组织有十分明显的区别。但是在大多数国家里,特别是在发展中国家里,这种区别意义不大。正如前面所说的,科学同政府的结合在任何情况下都与科学作为技术主要来源的作用直接有关。与此同时,必须强调指出,科学联合会坚持科学道德的基本信条,尽力设法维护科学家之间自由交流和最小限度受政治影响的传统。

国际计划

国际合作的不仅仅在于交流现有的信息。它常常还有更大的目的,那就是通过共同研究计划来获得新知识,参与计划的所有合作者同意把他们的智力、财力和后勤资源集中在一起。这就是高斯(Gauss)首次开始协调研究地球磁力时在头脑中所想的东西。1882年,国际地极年组织采用了这种合作研究方法。当时11个国家同意通过一批观察站同时研究北极现象和通过一个国际委员会检查协调情况(Baker, 1982b)。50年后,第二个国际地极年开始了。虽然它在开发其成果方面为第二次世界大战所阻碍,但是仍有44个国家参加了这项活动。很显然,在这些艰难地区进行如此大规模的活动,只有在参与国政府的积极

支持下才能办到。这种情况在1957—1958年度所组织的第三次地极年时显得更加清楚,当时地极年取了更为合适的名字,即国际地球物理年(IGY),它的活动是在国际科学联合会理事会领导下进行的。

通过完成南极全面考察,发射第一颗卫星和发现范·艾伦带等巨大任务,国际地球物理年为国际科学合作开辟了一个崭新的领域。它的成功使它决定继续进行它的很多活动。接着而来的就是开始了类似的计划,例如研究太阳的“寂静太阳”国际年(1964—1965年)、研究地球整体的上层地幔计划(1962—1970年)和国际地球动力学计划(1970—1980年)。与此同时,国际地球物理年大大加强了合作研究大气层的工作。鉴于天气信息的实际重要性,这项工作很早就已开始了,并由此于1873年成立国际气象组织。从1967年至1970年,国际科学联合会理事会和国际气象组织(后来改名为世界气象组织)联合推行全球大气层研究计划。随着人们日益关心温室效应可能给气候带来变化,关于大气层的这类主要合作活动势必会在世界气候研究计划这样的框架内或在其他计划中得到进一步开展(Davies, 1990)。

值得注意的是,刚刚提到的这些研究计划都涉及到地球物理学的某些方面。虽然将各国气象服务机构集中到一起的世界气象组织,越来越多地介入这些研究计划,但是人们往往有这种误解,以为这些计划属于非政府性质,因为它们大部分依靠国际联合会的工作。事实上,只有为数有限的国家能够拥有足够人力和财力来参加这些地球物理学的协作研究,而这种研究还无需世界各地地面工作的配合。换句话说,大多数发展中国家是这些大合作舞台的观众,而不是演员。然而,国际地球物理年的成就在于鼓励了其他科学家团体,间接表明属于他们本学科范围的全球性研究计划将提供大量的成果和急需的信息。对生物学家来说正是如此,他们特别关心的是,由于人口

和自然资源消耗同步增加，世界各地出现越来越多的环境问题。其结果是很快就在国际科学联合会理事会主持下组织了国际生物学计划（IBP）。这个计划从1966年开始执行，至1972年完成，产生了大量的新知识，对现代生态观念做出了很大的贡献。然而，生物学和地球物理学两者工作方式大不相同。国际生物计划在取得重大成就的同时，至少有一个很大的缺点。该计划的科学指挥者巴顿·沃辛顿明确指出这个缺点，他说：“计划证明不可能让最有可能从生态研究中得到好处的发展中国家全都参加”（Worthington, 1983）。之所以出现这种情况，不仅由于这些国家缺乏科学设备，而且由于第三世界大部分科学研究是由政府承办，这些政府现在想参加，因为现场工作是在其国土上进行。早在1966年，有些人就已经懂得必须通过直接参加政府间机构才能达到继续和适当地推广国际生物计划，于是联合国教科文组织于1968年召开了合理使用和保护生物圈资料会议。这次会议为人与生物圈计划（MAB）奠定了基础（Bourlière and Batisse, 1978）。

联合国教科文组织出面

当然这不是联合国教科文组织在促进国际科学合作方面所作的首次重要努力。虽然第二次世界大战期间教育部长们在伦敦举行的头几次讨论会上，还没有预见到科学会被置于联合国教科文组织管理之下，但是特别是在广岛事件之后，科学发现在公共事务中的重要性，国与国之间恢复科学交流渠道的必要性，促使联合国教科文组织（UNESCO）插进“科学（S）”这个词。作为一种象征，著名生物学家朱利安·赫克斯利被推选为领导联合国教科文组织的首任总干事。联合国教科文组织从一开始就专门致力于科学上的两件大事：一是支持和保持与国际科学界，特别是与国际科学联合会理事会及其中联合会的紧密联系；

二是帮助发展中国家加入促进知识的行列，特别是在亚洲、中东和拉丁美洲设立“科学联络处”。除这两大目标外，不久又增加了一个目标，但不是明确列入。这个目标是动员全世界科学家努力探讨某些重大问题的解决办法，牢记政府间组织的注意力必须放在成员国面临的问题上。

朝着这个方向迈出的第一步是，1948年与法国政府共同建立国际自然保护联合会（IUCN），现在该联合会取名世界保护联合会（WCU）。大约在同一时期里，在印度的建议下，联合国教科文组织开始探讨建立国际干旱地区学会的可能性，主要研究如何解决世界上一些地区缺少雨水问题。这个决定将对联合国教科文组织开展科学工作产生重大影响。被召来研究建立学会可能性的专家小组非常英明地指出，单独一个中心必然将远离大多数干旱地区，而且管理起来很不方便。他们主张改为建立国际顾问委员会。该委员会于1951年在阿尔及尔举行了首次会议，从而开始了干旱地区计划。1964年在焦特布尔举行的最后会议上，终于成为联合国教科文组织的一个“主要项目”。长期努力所取得的成果是：出版了30卷最新知识的书，在一些地方进行了跨学科研究工作，训练出数百名专家，建立了若干国家研究中心，最重要的是建成了世界范围联络网络。这项计划对联合国教科文组织推动国际科学合作的工作方法产生了深刻的影响。尤其是可以从这15年经验中得出以下教训：

包括研究工作、信息交流、技术援助和培训工作等等的国际计划，可以由精心挑选出来的人组成一个顾问委员会来指导。所有有关国家，无论是发达国家还是发展中国家，都对动员全世界科学资源，解决全球或大地区的共同现实问题表示极大兴趣。

政府间组织非常适合于推动科学合作计划：它们的焦点集中在社会-经济问题上，

要求采取多学科研究方式，要求同时开展基础研究和应用研究，兼顾自然科学和社会科学。

这样的计划除了取得某一级的支持外，要求政府给予更明确的承诺和更正规的资助，以期在国家一级具有决定性和持久性的影响。

地理范围的政府间计划

这里必须注意到，在 60 年代初期，许多新独立国家诞生，它们纷纷要求发展。以前联合国所属机构有节制地提供的技术援助，突然显得很不够，尽管自从联合国开发计划署 (UNDP) 成立以来，这种援助有所增加。这种情况使人们重新评价科学、技术和发展之间的关系，第三世界国家纷纷要求参加国际行动和得到这样做的基本资金。发展中国家的急切要求，加上快速旅行和通信设备的出现，以及国际地球物理年和干旱地区计划取得的显著成就，如此等等，使人们不难理解科学合作活动迅猛增加之所以成为这个时期的特征。

海洋学领域需要大量后勤设备，其中包括研究船只和远程通信设备。至今这个领域的研究还是少数国家在开展，其他国家越来越担心它们自己的海上资源可能被他国利用。联合国教科文组织一直在促进这方面的研究工作，它成为协调活动的当然机构。它的第一个目标是组织国际印度洋远征队 (1959—1965 年)，13 个国家的 40 艘船参加了这个队 (Behrman, 1981)。选择的办法是在联合国教科文组织内部成立一个国际海洋委员会 (IOC)，所有国家都可以派代表参加政府之间的合作以及与科学团体的合作，都可以通过这个委员会顺利疏通。远征的成功持久地促进了国际海洋委员会的工作，委员会随后制定出一些地区性和全球性计划。这些计划涉及海洋研究的各个

方面以及对发展中国家的技术援助，从而为海洋科学提供了政府间合作的框架，正如世界气象组织在研究大气层方面所做的那样。

另一方面，干旱地区计划证明了淡水在发展干旱地区中的重要作用。人们开始知道，世界各地实际上面临着越来越严重的用水问题。因此，紧接着这个中等规模计划之后的是世界范围合作研究用水问题：国际水文十年计划 (1965—1974 年)。这是一项共同工作的计划，在固定的时限内了解和分析地球水循环、评估地表水和地下水资源、训练必要专家以及加强水文学在各国的地位。规模之庞大可以与国际地球物理年和政府间海洋委员会相比。然而它的办法却不同。其协调机构是理事会，由联合国教科文组织全体会议按轮流制推选为数有限的国家参加，代表成员多半是专家，指导一致商订的共同研究和监测计划。因此这个理事会是一个政府间指导机构，其人手少于政府间海洋委员会一类正式的委员会，但是要比单纯的科学委员会更能代表世界的多样性。虽然所有国家不全是理事会成员，但是它们通过代表各国的管水组织机构的专设国家委员会参加这个计划并由国际水文十年计划秘书处向这些国家委员会提供服务 (UNESCO, 1991)。

这个协调机构证明能够充分自主和灵活地保证国际水文十年计划的成功。通过这一进程，人们认为在水文领域里宜于进行更长期的合作。在十年结束时，鉴于世界气象组织无力接管整个主题，决定了在联合国教科文组织框架内沿着类似的路线继续开展活动，每 4 年对各连续阶段进行一次检查。这导致国际水文计划 (IHP) 的诞生。今天，140 个国家都设立国家委员会执行这个计划。

同样地，人们认为现在应该探讨同一程式是否可以应用于其他越来越需要政府间合作的全球性学科，例如生态学、地质学或地震学。前面已谈到人与生物圈计划 (MAB) 的由来。这个计划

是这种组织结构的首次试验，采用同样的政府间协调理事会模式(理事会有30个当选国家加上其他政府和非政府组织的代表)，一个类似的国家委员会网络，以及设在联合国教科文组织内的中央秘书处。人与生物圈计划同水文计划两者主题相比较，前者内涵较多样化但不如后者集中，因为前者所涉及的不但是人类活动与地球上各种自然的或人工改变过的生态系统之间相互影响的全部情况，而且因为它本质上遵循一种跨学科与面向问题的途径，这样的组织结构业经证明基本上是适宜的。这个计划已经执行了20多年，今天仍在执行中。为这个计划而工作的有：大约110个国家的国家委员会和由位于80个国家境内的300多个生物圈保留地组成的全球网络(Batisse, 1980)。

在国际水文十年计划之前，水文学在某种程度上是被人们所忽视的学科。在人与生物圈计划之前，应用生态学在广义上说只是一个未经开拓的领域，从国家和国际的角度来看都是如此，尽管国际生物学计划(IBP)在更基础的水平上开辟了道路。但是地质学的情况则完全不同，大多数国家拥有健全的勘测队和机构，此外还有一个坚强的新国际联合会。当通过一个国际地质协调计划(IGCP)来协调全球关于地球历史的描述的想法提出时，便已感到了国际水文十年计划及人与生物圈计划的程式不适合。看来需要将国际地质科学联合会(IUGS)内部科学家与服务机构之间已经建立的牢固合作同联合国教科文组织提供的政府间支持结合在一起，因为发展中国家在联合国教科文组织内能发挥积极作用。最后的结果是建立了由联合国教科文组织和国际地质科学联合会共同指定的专家局来领导这个计划，并由一个科学委员会提供技术援助。至今也仍在执行中的这个办法，使得人们对这样一个具有高度技术性质的计划感到极为满意。在地质学方面也试探过类似的办法，但证明并不适合，部分原因是在这

个领域里采取政府间行动多半是地区一级而不是全球范围的。但是，随着地区性地震监测网之间联系的增强，这一情况会逐渐发展。

从前面的历史叙述中可以十分清楚地看到，当涉及具有“地理”范围的学科时，真正世界范围政府间科学合作——无论是在所谓的非政府级进行，还是通过一个政府间组织进行——最为合适，因而也比较容易开展。这种办法适用范围是有限的，这一点也很清楚。因而自从1973年国际地质协调计划开始执行以来，一度中止出现此类新计划，这就不足为奇了。在那以前，联合国教科文组织积极参与的范围包括海洋、淡水、地球科学和地球生态系统；世界气象组织则包括大气层、气候和水文学的某些方面。卫星等新工具的出现和人们对地球环境变化等方面的关心，只不过是给大体上已经具有规模的机构增加了新的活动范围。目前，国际陆圈-生物圈计划，在国际科学联合会理事会的领导下正在加速进行，它是连续一组关于地球的大规模比较研究中的最新发展，政府在这个计划中肯定会扮演重要角色。

国际中心和计划

联合国教科文组织在遇到不直接涉及国家主权或政府服务机构的“非地理”课题的科学合作时，往往会自然而然地采取一种纯粹非政府途径，例如在开展脑研究或细胞研究时，在它促进下，1950年成立国际脑研究组织(IBRO)，1962年成立国际细胞研究组织(ICRO)，1970年成立世界人工养殖采集联合会(WFCC)。这些组织都是由有关科学家管理的灵巧机构。事实上，国际脑研究组织在1976年与国际科学联合会理事会联合，国际细胞研究组织在1985年与国际科学联合会理事会联合，世界人工养殖采集联合会成为国际微生物学会联合会的一个组成部分。同样，联合国教科文组织也主要是通过非政府渠道来开展再

生能源、微生物和生物技术计划。但是相反，后来在某些领域则采取严格的政府间途径，并取得了不同程度的成绩。这些领域不牵涉领土问题，诸如物理学和信息学。第一个突出的例子是欧洲核研究中心(CERN)，它是早在1954年在联合国教科文组织的积极推动下成立的。这个事实被这个庞大机构的名声所掩盖。今天这个中心登上了这个领域的世界领导地位。与这一成就直接有关的两个特殊因素是：某一地区的一群工业化国家的共同愿望，它们对新领域（核物理）怀有较大兴趣，而且拥有这方面的人才；这些国家政府没有一个有能力单独承担建设费用和运作巨型加速器。能再次出现类似的成就吗？经过长时间犹豫不决之后，1961年成立了罗马国际计算中心，在新兴的信息领域进行尝试。这个雄心勃勃的尝试是为了向所有国家提供公开交流知识和使用大规模计算工具的机会。但是这个领域处于迅速演变的状态，而且与私营企业有着巨大的利害关系。最后只有少数国家加入这个中心。干旱地区计划在建立一个有效的国际中心方面遇到困难，这个教训没有得到充分考虑。罗马中心后来变成一个独立的国际信息科学局。1988年这个局宣告解散。确实如此，当一些国家有强烈的共同动机和足够均等的科学能力，地区性政府间研究中心才能十分成功。欧洲共同体今天正在各个科学技术领域探讨这种方法。

在全球范围内，为了促进信息交流和让发展中国家进一步得到科学技术，联合国教科文组织尝试在需要更好地组织活动的某些领域里推动政府间合作。广阔的科学技术信息综合领域，被认为属于这种情况。1971年开始建立一个以“世界科学技术信息系统 (UNISIST)”命名的世界系统。这项努力不仅仅限于科学领域，而是要把一切学科都包括进去，后来它发展成为综合信息计划 (GIP)。联合国教科文组织的该项计划正在执行中，它是按照同国际水文计划及人与生物圈计

划极为相似的路线组织的，但它的性质与后两个计划完全不同，因为它不是一致的研究行动，而基本上是一种促进和实现合作的手段。1985年按类似精神开始执行的国际信息学计划，注意力放在建立地区技术信息网络、开展职业培训和发展国家一级的基础结构方面。

政府间计划的价值和局限性

前面对政府间科学合作发展所作的简要介绍，以及联合国教科文组织在创造新办法以组织科学合作方面所扮演的重要角色，都表明将发展中国家与至今几乎处于垄断地位的工业化世界结合在一起，越来越变得重要。在目前这个阶段，值得回忆政府间计划的一些共同特点，这些计划是联合国教科文组织发起的（事实上是世界气象组织共同发起，有的计划国际科学联合会理事会也参与发起）。通过回忆可以突出说明这种办法的下列优点及种种局限性：

这些计划由于其主题或待解决问题的性质，通常要求国际合作在世界范围进行。发达国家和发展中国家都对参加这些计划产生极大兴趣，因为这些计划帮助人类更好地了解自然界现象，更好地认识自然资源，或更好地共享信息。

这是一些由国际指导机构制定的协作或协调计划，主要靠参加国在国家专设委员会指导下执行。政府机构、大学或研究所在国家特别委员会中都派有代表。

通过在联合国教科文组织内部设立的小型秘书处，这些计划将得以协调行动和转移知识。通过各国家委员会之间的直接接触，双边合作或地区合作在这些计划中才能发挥重要作用。

这些非学术性计划是为了解决问题，包括采用跨学科办法、开展现场活动、鼓励研

生物圈保留地

过去,保护动植物工作,通常是由大型国家公园或位于较原始地区的小型生物保留地来进行,这些地区不准从事经济活动。许多这类保护区,特别是在发展中国家,遭到周围寻找耕地和木材的人们的侵犯。另一方面,没有资格被列为传统保护区的风景区,保存着各种各样生物,包括农作物或驯化动物的野生品种。这些地区、国家公园和生物保留地的周围大片地区,常常适合于建立生物圈保留地——这一保留地构成非传统性的较新保护区。

生物圈保留地的概念,是70年代初期引入联合国教科文组织人与生物圈政府间研究计划的。这个概念十分灵活,以适应世界各地极为多样化的情况。实质上,每个生物圈保留地都有以下三种功能:

1. 保护功能: 保证系统地就地保护原生资源和物种,保护自然和半自然生态系统。
2. 发展功能: 促进和保持那些能使当地人从经营生物圈保留地中得到充分和直接好处的土地使用习惯。

生物圈保留地概念

3. 后勤功能: 提供研究、监测和培训的设备,保证国际生物圈保留地网络内部的联系。

要圆满完成这三大功能,自然是一大挑战,只有通过适当的管理机构,才能逐渐适应这个挑战。这就特别要依赖一种创新的并广泛被采用的分区系统,其中包括一个或几个保护陆上或沿岸生态系统或风景名胜的分布不广的核心区,其周围是界限明确的缓冲区,专门用于开展一些活动,包括传统的土地使用、娱乐旅游、土地修复、环境教育和研究工作等等。这些活动要与核心区保护目的相一致。最外层是过渡区,须在那里与当地人民合作,努力形成可持续的资源管理作风。

今天,联合国教科文组织提供的国际网络,由位于81个国家境内的311个生物圈保留地组成,总面积为大约1.7亿公顷。它为更好地保护和管理生态系统与风景,为保存生物多样性,为交流信息和人员,以及为在地区和全球范围共同从事生态学研究 and 监测工作,提供了政府间合作的典例。



究人员与决策者相互配合，以便恰当地制定出解决问题的方案和找出成果实际应用的方法。

这些计划并不限于研究工作和交流信息，而且包括严格的培训工作，这对培养国家人才，积极参加国际活动，同时达到国家有关的目标，是至关重要的。

执行这些计划，需要联合国其他机构和有关的非政府科学组织的积极参加。这些组织在理事机构中都有其法定代表。

还须补充一点，此类政府间科学合作是通过国家一级分散进行的，拨给中央和地方供协作和工作用的资金，由于在执行的时候得到双边和国家捐款而大大增加。同样，将国家级和地方级所有活动都算在内，参加任何这种计划的科学家人数可能很多。

相反，全世界政府间机构可能出现某些危险，其主要危险是经过一定时间，由于项目在某种程度上具体化而流于例行公事，除非经常重新评估其效果，对研究工作详细检查。也会存在某些国家委员会趋于过分垄断其国家的参与而形成某种包办作用。此外，理事机构的某些国家代表的科学素质可能不合格。这些危险不管怎样全是可以克服的。计划最好有具体期限，如无期限就应定期进行严格评价。理事会和秘书处应当鼓励各国各地科学家充分参与，应当向发展中国家提供适当的支持，使他们尽可能都参加。在这方面，某些政府间项目可能倾向于步伐迈得慢些，但是在要求普遍参加的情况下，这是必须付出的代价。

促使各国政府重视科学合作的运动是不会减弱的，正如最近签订一系列世界公约所证明的那样；这些关于气候变化和生物多样性等方面的世界公约，经过艰难谈判之后才签订。在上述诸方面，还有许多决定有待作出，而这将有赖于对可能困难重重和变化无常的局势作出科学估计。发

展国家对公平分享科学知识的要求必定日益强烈，因为这是它们实现梦寐以求的技术转让的基础。从这方面情况来看，科学的传统完整性及信息和科学家的自由交流，要不惜任何代价地保持下去。联合国教科文组织和国际科学联合会理事会在组织新的合作研究项目时必须时时记住这一点。这些新的合作项目将来都会得到发展，而且大部分合作项目不管以什么名字命名，都会得到各国政府的直接或间接参与。从一开始，联合国教科文组织就面临世界上多种多样的文化、自然条件和发展水平问题。它不得不自问，怎样才能实现主要智力目标方面取得一致意见。经验表明，科学合作是一个多产的和较为开放的领域。在这个领域里，联合国教科文组织能够达到它的具体目标。早在1947年，法国哲学家马里顿(Maritan)就主张确定一个“共同的实事求是思想”作为该组织工作最坚强的轴心。联合国教科文组织拥有50年的经验，它的种种科学计划显然成功地迎接了这个挑战。

米歇尔·巴蒂塞 (Michel Batisse)：法国工程师和物理学家，大部分生涯是在联合国教科文组织内部度过的，是环境和自然资源计划的制定者。最初担任“干旱地带主项目”协调员，后来是国际水文十年计划及人与生物圈计划的组织者。他特别提出了生物圈保留地概念。退休之前，他担任联合国教科文组织助理总干事，负责科学事务。目前他担任地中海蓝色计划主席，兼任联合国经济计划和教科文组织高级顾问。

REFERENCES

- Baker, F.W.G. (1982a) A century of interdisciplinary cooperation, *Interdisciplinary Science Reviews*, 7: 270-82.
- Baker, F.W.G. (1982b) The International Polar Years, *Nature & Resources*, XVIII(3): 15-20, Paris, UNESCO.
- Batisse, M. (1973) Environmental problems and the scientist, *Bulletin of Atomic Scientists*, XXIX(2): 15-21, Chicago, Science & Public Affairs.
- Batisse, M. (1980) The relevance of MAB, *Environmental Conservation*, 7(3): 179-84, Geneva.
- Behrman, D. (1981) *Assault on the Largest Unknown: The International Indian Ocean Expedition*, Paris, UNESCO.
- Bourlière, F. and Batisse, M. (1978) Ten years after the biosphere conference: from concept to action, *Nature & Resources*, XIV(3): 14-17, Paris, UNESCO.
- Davies, A. (1990) (ed) *Forty Years of Progress and Achievement – A Historical Review of WMO*, No. 721, Geneva, WMO.
- UNESCO (1991) *International Symposium to Commemorate the 25 Years of IHD/IHP*, Paris, UNESCO.
- Worthington, E.B. (1983) *The Ecological Century: A Personal Appraisal*, Oxford, Clarendon Press.

海洋学范例

乌尔夫·利

“伙伴关系”是国际合作词典中一个较新的词汇。它意味着平等的双向交往，交往程度远远高于以前常说的“技术转让”或“技术援助”。术语的这一改变不是偶然的。在过去 10 年当中，越来越明显的是：世界面临着环境恶化、粮食短缺、人口增加、战争连绵等问题，它们影响到我们每一个人。为解决这些问题，从而避免出现大规模动荡和冲突所作的努力，需要国际合作中的真正协作关系。

环境科学领域尤其迫切需要协作关系。生物圈、水圈和大气层等自然界系统，在整个世界都受同样的基本作用支配，因此科学合作和信息交流是共同的利益。

科学合作当中的相互依赖是在世界范围内建立科学能力的重要因素。交流科学数据和信息，需要有普遍承认的质量标准，而这又与人员训练的水平和设备可获性有关。因此，促使所有国家的科学能力提高是利益与共的事。

伙伴关系与国际海洋学

在合作研究海洋中，的确需要伙伴关系的概念。海洋是相通的，带有生命物（如鱼）和无生命物（如污染物）的海水自由地流动，穿过政治疆界。一个国家在其近海水域过量捕鱼或污染环

境，那么邻国沿海区域将受到它的影响。这是一个明显的冲突根源。

随着 20 世纪初期欧洲水域海洋渔业的迅速发展，人们逐渐认识到需要国际合作提供必要的科学数据来支持渔业 (Roll, 1983)。这导致 1902 年国际海洋考察委员会 (ICES) 的成立，从 1964 年起，便以一项正式公约作为基础。委员会成立之时只有 8 个欧洲成员国，而今天已增加到 18 个欧洲和北美成员国，国际海洋考察委员会虽然最初目的只是从事支持渔业的科学研究工作，但是后来成为北大西洋地区海洋科学研究的主要组织。今天它在为成员国制定渔业政策和管理这一地区共享的鱼种方面起决定性作用。

国际海洋考察委员会是第一个证实了国与国之间在研究和管理海洋及其资源方面成功建立伙伴关系的组织。以此为范的有一系列海洋合作调查活动。这些活动对发展海洋科学产生了重大影响。

国际印度洋考察范例

19 世纪和 20 世纪上半叶，著名的海洋考察工作其大部分是由国家考察队进行的 (Roll, 1983)，但是第二次世界大战后，靠单独一艘船进行活动，显然无法对海洋的动态变量得出一个概

要的观念。为了成功地研究这些现象，就需要若干艘船只和科学家小组一起合作。

合作研究海洋最著名的事例是国际印度洋考察队 (IIOE) 的活动。这次考察活动从 1959 年开始，一直持续到 1965 年；进行这次考察的倡议是由国际科学联合会理事会 (ICSU) 的海洋研究科学委员会 (SCOR) 提出的。作为世界主要海洋盆地的印度洋及其物理、化学、生物和地质的特征，正如南北极海域，鲜为人知。对印度洋的综合研究，有待国际海洋学家的共同努力。

世界主要海洋学机构设想出这个国际印度洋考察队，为其制定计划，并参与其大部分的活动。工业化国家在考察队内占据支配地位，但是加入考察队的 40 艘船只中，有来自印度、巴基斯坦、泰国、印度尼西亚以及印度洋地区的其他 6 个国家 (Behrman, 1981)。海洋调查工作中的伙伴概念从而扩大到包括发展中国家，考察队生物部门的活动证明了这一点。

从一开始就明白，把收集到的大量生物物质，特别是浮游生物运往世界各地科学研究机构进行分类和鉴定，是一项麻烦、效率低的工作。因此，有人建议在印度洋地区建立生物分类中心，在那里当地科学家和技术人员可以与来自世界各地的主要浮游生物学家一起合作，对国际印度洋考察队收集的生物标本进行合作，对国际印度洋考察队收集的生物标本进行分类、鉴定和计算含量。1963 年在印度喀拉拉邦建立了印度洋生物中心，从此它就成为位于果阿的国家海洋学协会的一个部门。印度洋生物中心和印度国家海洋研究委员会——该委员会的建立是为了协调国际印度洋考察队的印度计划 (Qasim, 1982)——是印度要发展为海洋学研究大国的重要核心。国际印度洋考察队内部的科学伙伴关系也在很大程度上刺激了巴基斯坦、泰国和印度尼西亚等印度洋地区国家海洋科学的发展。

政府间海洋委员会

国际印度洋考察队对国际海洋科学机构安排产生过重大影响。当国际印度洋考察队还处在计划阶段的时候，人们很快就明白，大规模海洋考察工作需要各国政府的参加，而非政府组织——海洋研究科学委员会不太适合管理这个计划。在计划和执行国际印度洋考察队任务的国际海洋科学团体的建议下，联合国教科文组织在 1960 年全体大会第 11 次会议上成立了政府间海洋委员会 (IOC)，其目的在于“通过成员国一致行动，更多地了解海洋的性质与资源” (IOC 规章，第一条)。

从 1961 年起，政府间海洋委员会负责管理国际印度洋考察队的工作。这个委员会开始时只拥有 40 个成员国，其中大部分是工业化国家，但是今天成员国增加到 123 个，发展中国家在数量上占支配地位。

后来在政府间海洋委员会的协调下，按照国际印度洋考察队的样板，开展了一系列对重要海洋地区合作调查的工作，例如 1963—1964 年在大西洋热带地区，1965—1977 年在西太平洋黑岛及其毗邻地区，1967—1976 年在加勒比及其毗邻地区。这些调查工作大大促进世界海洋科学的发展，并导致政府间海洋委员会两个小组委员会 (IOCARIBE 和 WESTPAC) 的成立。

国际公约规定下的合作关系

在管理海洋环境公约规定下的国际合作出现的时间比科学合作晚得多，因为海洋污染到 50 年代才成为严重问题。第一个控制海洋污染的国际协定是 1952 年防止海洋遭原油污染的国际公约。这个公约于 1962 年和 1969 年作了修改。公约的目的在于防止海洋被船只外泄的原油所污染。在此之后，出现了若干全球公约，例如 1972 年伦敦

倾倒入海公约（防止由于倾弃废料和其他物质而污染海洋的公约），以及一些地区性公约，例如 1972 年关于船只和飞机倾弃有害物质的奥斯陆公约和 1974 年防止陆地污染源污染海洋的巴黎公约。今天有许多全球性和地区性公约，保护海洋环境和控制对海洋资源的开发。这些公约对海洋环境状况及其资源都产生很大影响。

联合国海洋法公约

第三届联合国海洋法会议使国家之间在科学研究海洋、保护海洋环境和合理使用海洋资源方面伙伴关系的长期历史达到鼎盛期。这届会议从 1973 年开始到 1982 年结束，这样长时间的谈判也许同最终签订的关于发展世界海洋科学的公约一样重要（Lie, 1990）。海洋环境及其资源在国际政治议程上居于首要地位，也是新闻媒介热门话题。所有负责海洋事务的主要国际组织都参加讨论这个议题。许多发展中国家开始认识到发展它们海洋科学能力的必要性。

1982 年签订的联合国海洋法公约（UNCLOS），是对国际海洋事务确立综合管理的一次尝试。公约共有 320 段落，其中近三分之一关于海洋科学的，大力呼吁科学合作。公约第 244 条特别写道：

“……各国应单独地或与其他国家合作或与主管的国际组织合作，积极促进科学数据和信息交流；促进转让，特别是向发展中国家转让来自海洋科学研究的知识，促成加强发展中国家独立进行海洋科学研究的能力，特别是通过各种计划向它们的科学技术人员提供教育和培训。

这就是联合国海洋法公约为建立伙伴关系以加强发展中国家海洋科学能力而发出的呼吁。

联合国海洋法公约中具有深远意义的段落之一是关于建立专属经济区，也就是说每个沿海国家或岛国对距离其海岸线 200 海里之内的海域享

有全部管辖权。许多小国从而大大扩大它们管辖的区域，并因此取得了可用海洋资源。对许多沿海发展中国家说来，这事实上构成了历史上自然资源的最大转让（Lindén, 1990）。这一事实基本上没有引起人们的注意。

沿海国家有权（第 246 条）：“……在其专属经济区内和大陆架上管理、授权和进行海洋研究工作……”，从而有权许可或拒绝其他国家或国际组织在那里从事研究工作。沿海国家对建议中的研究计划作出许可或不许可的决定需要具有评价这些计划的能力，即每个沿海国家必须拥有最低限度受过训练的科学人员。因此，需要大大增加培训与教育设施。

伙伴关系和政府间海洋委员会的教育培训与互援工作委员会

国际印度洋考察队的经验表明，真正的国际调查或全球调查有赖于拥有海运权益的所有国家的积极参加。然而，同样清楚的是，海洋科学水平差距悬殊是进一步前进的重要障碍，为了使科学伙伴关系达到所需要的同等水平，需要技术援助和技术转让。政府间海洋委员会为了强调能力培养的重要性，于 1972 年成立于教育培训与互援工作委员会（TEMA）。正如参考材料第三段所叙述的那样，这个工作委员会最重要的任务是：

“在海洋事务的海洋科学方面，向发展中成员国提供技术转让和技术援助，以期培养它们国家的能力，使它们能充分参加其感兴趣的海洋研究工作，包括政府间海洋委员会计划，并在整个海洋科学方面达到自力更生；……”

从一开始就很清楚，教育培训与互援工作委员会的目的有两个：一是使成员国充分参加海洋研究工作；二是使它们在海洋科学方面达到自力更生。”

在70年代,教育培训与互援工作委员会的计划是列在政府间海洋委员会活动的首位:工作委员会在世界若干地区举行地区性会议,讨论发展中成员国的需要并与它们一起寻求解决办法;制定和执行研究基金计划和其他培训计划;设法为教育培训与互援工作委员会工作计划建立长期性基金系统。

自从教育培训与互援工作委员会成立以来,政府间海洋委员会积极制定培训和互援计划,但是回顾起来,似乎期望超过了计划的制定速度。一个原因是教育培训与互援工作委员会的成立不巧正处于全球经济衰退开始之时,教育培训与互援的活动基金十分有限。但是最重要的原因还是,在第三届联合国海洋法会议的推动下,对海洋重要性的认识发生迅速变化。新的认识使得政府间海洋委员会的成员数目迅速增加,对教育培训与互援计划的要求也随之增加。

为了满足对教育培训与互援计划的需要,政府间海洋委员会制定了联合国教科文组织政府间海洋委员会提高发展中国家海洋科学能力的大型援助计划综合方案。此方案的目的在于帮助发展中国家:

“……通过地区性或全球性科学计划的一致行动,实现国家在海洋事务方面的目标,并促成国家对海洋的全面管理和保护……”

1982年政府间海洋委员会大会第12次会议采纳的综合方案是一项为期20年的战略方案。从采纳之时起,这个方案就一直指导着教育培训与互援工作委员会的活动。在这个综合方案的基础上,政府间海洋委员会又制定了一些具体行动方案。

虽然国家和国际组织在培养海洋科学能力方面作出了巨大努力,但是发达国家与发展中国家之间科学技术能力的差距近几十年来一直在扩大(Lie, 1992)。从1970年至1983年,工业化国家海洋科学家人数从4900人增加到14400人

(294%),而发展中国家是从800人增加到3600人(450%)。虽然发展中国家增长率确实引人注目,但是工业化国家新产生的海洋科学家在人数上比发展中国家多三倍以上。再者,近几十年来海洋科学尖端设备发展得非常迅速。发展中国家的科学家很少能得到这种科学设备。为了获得海洋科学伙伴关系的充分好处,发展中国家必须在培养能力方面做出更加大的努力。

伙伴关系与未来

人类即将面临的主要问题是温室气体进入大气层使地球温度升高,人口增加与自然资源日益减少造成全球粮食短缺。为了对付这些问题和设计必要的政治解决方案,世界各国需要科学家提供最好的建议。必须在全球范围及地区范围谋求这种建议,这就需要伙伴关系概念指导下的国际合作。

海洋科学在研究全球气候变化方面可起到重要作用,部分因为海洋系统在很大程度上控制大气层变化发展的过程,部分因为全球变暖可能产生海平面上升之类的效应,也许会对世界各国造成显著的社会经济后果。因此,国际组织(包括政府间海洋委员会)的成员国积极参与组织科学研究和估计气候变化的后果。政府间海洋委员会作为世界气候研究计划的发起者(另两个发起单位是世界气象组织和国际科学联合会理事会),正参加一项大型科学研究项目,即世界海洋环流实验(WOCE)。这个实验的目的在于测量和了解大规模海水环流和海水控制因素,以及它们与全球气候系统的关系。

此外,政府间海洋委员会与世界气象组织等一道采取步骤,建立全球海洋观察系统(GOOS),该系统将监视海洋环境情况,并提供数据以便于作出管理海洋及其资源的决定。

与气候变化问题相关联的是满足全球能源需

要的能力问题。假定世界石油和天然气产量急剧下降,可以想象许多国家势必使用其他矿物燃料,诸如煤或页岩油。这样的能源变化也许将进一步加强温室效应,加速它的不利后果。从这方面看,必须尽一切力量来研究驾驭海洋巨大能源潜力的可能性。这包括海浪和潮汐能,特别是可从海洋垂直温差提取能量(海洋热能转换)。

海洋在全球粮食生产方面的作用是伙伴关系概念指导下国际合作的另一个重要课题。粮农组织(FAO)估计,如果平均分配的话,1985年世界粮食产量可以满足世界60亿人口,即今天世界人口的需要。对于哪年才能达到稳定的世界人口,有不同的预测。根据联合国估计,2050年时世界人口可能将达到100亿,最后增加到大约116亿时才能稳定。这样,结论必定是,在50年至60年的时间内世界粮食产量必须等于1985年产量的两倍,才能保持目前粮食产量与人口数量的比例。单靠传统的农业要达到这个目标是不可能的,因此必须尽一切可能增加海产品的总捕获量。

目前来自海洋的食物产量只占世界总消费量的5—10%。格兰(Gulland)1970年估计,世界最高商品鱼年产量大约为1亿吨,而最近渔业统计表明,现在较为稳定的捕获量为每年9000万吨。海洋养殖水产产量目前正在增加,但其增长率远远跟不上需要。鉴于下个世纪世界人口将翻一番,因此我们必须动员全球科学力量,寻找新办法来解决海洋生产力问题,以便增加海洋生产食物的能力。

乌尔夫·利(Ulf Lie) 环境科学教授和挪威卑尔根大学环境和资源研究中心主任。利博士是海洋生态学家,有许多以他名义出版的关于底栖动物、浮游生物和鱼类生态学的著作。在1962年至1970年期间,他在美国西雅图华盛顿大学作为海洋学专家担任研究副教授一职。随后,他回到卑尔根。从1987年至1991年,他担任联合国教科文组织政府间海洋委员会主席。

REFERENCES

- Behrman, D. (1981) *Assault on the Largest Unknown: The International Indian Ocean Expedition*, Paris, The UNESCO Press.
- Gulland, J. (1970) *The Fish Resources of the Ocean*, FAO Tech. Paper No. 97: 425.
- Lie, U. (1990) The history of scientific and technical assistance in oceanography, *Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Ergänzungsheft, Reihe B*, Nr. 22: 535-40.
- Lindén, O. (1990) Human impact on tropical coastal zones, *Nature & Resources*, 26(4): 3-11.
- Qasim, S.Z. (1982) New ocean regime and marine scientific research, *IOC Workshop Report No. 32 - Supplement*: 89-113, UNESCO.
- Roll, H.U. (1983) Partnership in intergovernmental cooperation: for a better understanding of the oceans, *Impact of science on society*, 33(3/4): 301-11.

为发展而合作

阿卜杜勒·萨拉姆

我之所以有资格为《世界科学报告》撰稿，是因为在过去 30 年里我参与了建立和指导一些为发展中国家服务的科学机构。我一直相信，科学是人类的遗产；因此，虽然在过去的几个世纪里，科学在欧洲和新世界有了很大发展，但却没有任何理由说明世界上较穷的国家不应当推动科学进步，不应当从科学成果中得到好处。在我所从事的事业中，我认识到在我工作的所有阶段伙伴关系和团结一致的重要性。我曾经在意大利的里雅斯特城居住过很长时间，当时许多伟大天才人物——科学家、管理人员、国际机构官员、政府官员和国家元首——曾经帮助我在的里雅斯特建立机构和发展一个由有共同理想的个人和机构组成的世界网络。在这篇文章中，我将举例说明在我一生从事的科学事业中伙伴关系的重要性。

科学曾经在人类历史不同时期在世界各地繁荣昌盛过，首先在古希腊（包括埃及、意大利南部、土耳其和叙利亚），然后在中国、印度、波斯、阿拉伯、土耳其和阿富汗，直至公元 1100 年，欧洲开始出现在科学舞台上。只是在 1450 年之后，现在被称为第三世界的国家才开始让位给欧洲。

现在主要是西方和日本在从事科学工作。科学实践是耗资颇多的，特别是所谓“大科学”，例如物质基本结构的研究或太空研究。前者是在巨型粒子加速器（如美国或日内瓦欧洲核研究组织

的粒子加速器）上进行的。这些活动计划费用之大，是单独一个国家无法单枪匹马从事的。它们必须将其资金、科学家和技术知识汇集在一起。在一些规模不甚宏大的科学领域里，其设备也是很昂贵的。例如，化学催化研究用的高压装置价值几百万美元，更不用说天气预报和气候学研究所需要的快速电子计算机的价格。西方已经取得惊人进步，因为其高超技术、生产方法和经营管理为之带来经济富裕，所以其政府有支持与其他国家合作研究大科学或支持国内大学或专业机构开展研究工作的政治愿望。值得注意的是，虽然科学进步可以靠杰出个人取得突破与实现，但是研究方面的进展还要靠若干小组的共同努力，这些小组可能是由多到几十名甚至几百名科学家组成。

科学也是个数字问题。自从第二次世界大战结束以来，从事科学研究工作的科学家人数大大增加。根据联合国教科文组织统计，1990 年工业化国家每百万人当中拥有 3 600 名科学家和工程师从事研究工作。以从事研究和发展的总人数而言，日本和以色列居领先地位，每百万人当中有 5 500 人。另一方面，从数量上看，发展中国家科学全貌则完全不同。总的来说，第三世界每 100 万人当中只能集合大约 200 名科学家和工程师。从这个角度看，南、北之间的差距与经济及生活质量

方面的差距一样巨大。

除了印度、巴西、阿根廷这样大国和少数其他国家之外，没有一个国家拥有足够数目的科学家以达到“临界质量”，也就是指，全体研究人员的数量使他们通过工作及通过同国内外同行交互联系，能够在连续基础上产生重要成果。

在殖民统治年代里，目前所指的发展中国家缺少科学基础，除了拥有少数名人，例如印度的博塞和拉赫曼。大部分这些国家在60年代取得独立时，必须白手起家开始建立高等教育和研究机构。

正是在那些日子里，我开始考虑我的祖国和其他发展中国家目前和未来的科学事业。在剑桥取得了理论物理学博士学位和在普林斯顿高级研究所进行一段时期的研究工作之后，我于1951年回到祖国巴基斯坦，开始在拉合尔政府学院教书。在这个岗位上，我发现自己非常孤立。作为国家唯一理论物理学家，我在周围找不到一人可以与之交谈、讨论或持有同样的看法。学术气氛毫不使人感到振奋。三年之后，我认识到再逗留下去已没有任何意义，我的工作将退步，我在物理学方面的成就将付诸东流，我将成为对祖国无用之人。我只好决定重返剑桥，加入亚洲人和拉美人的俱乐部，俱乐部里许多人在我之前就选择前往更加催人进步的北方研究机构。于是，我乘船回到欧洲，决心发明点东西献给发展中国家的男男女女，这些人正处在是呆在国内葬送自己的专业，还是移居北方保持自己科学竞争力的进退两难境地。从那时起，我的工作日程分为两个部分：一部分为研究工作，另一部分思考如何克服人才外流和帮助来自南方发展中国家的科学家充分估量自己才能的问题，从剑桥，我搬到伦敦帝国学院；帝国学院的理论物理系成立于1957年。

在整个这段时间里，我梦想这么一个地方，来自发展中国家和工业化国家的理论学家能够在那里并肩工作，拥有一个令人兴奋的研究环境，拥

有完善的图书馆和理论学家需要的良好计算设备。1960年，我的这个梦想开始实现，当时作为参加维也纳国际原子能机构大会的巴基斯坦政府代表，我建议成立国际理论物理中心(ICTP)。这是走向组织、政府和个人之间伙伴关系这个大运动的第一步。在国际理论物理中心成立之后，我把工作转向成立第三世界科学院(TWAS)、世界科学组织网络(TWNSO)和国际科学与高技术中心(ICS)。1983年在的里雅斯特和德里建立的国际遗传工程和生物技术中心大体上也受到国际理论物理中心模式的鼓舞。

的里雅斯特国际理论物理中心

为国际原子能机构建立一个像我所想象的中心，在当时是一个不寻常的建议。这个建议在受到发展中国家热情支持的同时，却遭到工业化国家的冷遇，只有当时的苏联、丹麦和意大利是例外。一些著名物理学家提出一份初步研究报告，在他们的建议下，1962年夏在的里雅斯特的米尔马尔城堡的一所附属建筑物内召开了一次理论物理学国际讨论会。这次讨论会成为这个新中心的成功试验场。经过国际原子能机构理事会和全体大会上几次辩论之后，国际理论物理中心终于在意大利的里雅斯特临时场所成立。中心的年度预算中，30万美元由意大利政府提供，5.5万美元由国际原子能机构提供，2万美元由联合国教科文组织提供。

一些国家纷纷申请当国际理论物理中心东道主，但是意大利政府和的里雅斯特当局的一揽子计划最吸引人。这个一揽子计划除了向中心活动提供捐款之外，还包括盖一幢新楼（已于1968年建成）和为图书馆提供第一批科学书籍和定期刊物。后来，意大利当局定于1983年再盖一座可容纳100人的宾馆，并于1989年把第一座大楼扩大一倍。第三座大楼目前正在主楼旁边兴建，建筑

费用也由意大利政府支付。国际理论物理中心全部服务机构均将设立在这座新楼里。

国际理论物理中心迅速起飞，成为一个杰出的多学科研究中心。这个中心成立后的头一个月就发表了关于高能物理和等离子体物理的优秀成绩。来自先进国家的著名物理学家，为在这个中心工作的前景所吸引，因为他们在那里可以同来自第三世界的同行一道讨论，分享经验和帮助那些需要他们指导的人。在那些冷战的岁月中，来自苏联的理论学家与来自美国和西欧的专家们，在长期被当作机密的等离子体和聚变物理领域里，一起工作了大约两年时间。国际理论物理中心从一开始就确立了科学信誉。

国际理论物理中心具备着有利于第三世界科学家的必要条件，而且从一开始就规定几种方式以帮助发展中国家物理学家抵御迁往工业化国家有吸引力机构的诱惑，并帮助他们受到在自己国家没有任何机会受到的一些研究领域最高水平的训练。

准成员计划是这些方式中的第一种。国际理论物理中心的准成员是来自发展中国家的物理学家或数学家。他们已经在自己学科里取得了重大成果。通过约定，他们有权在6年时间内定期访问国际理论物理中心。按规定，准成员可以访问中心3次，每次时间不少于6周，不多于3个月，旅费和食宿费由中心提供。原则上，这6年约定时间可以延长，但是在执行当中由于预算上原因，被允许延期的人数是很有限的，因为申请延期的人太多。在中心停留期间，准成员可享受那里的一切方便，即与同行相互接触，需要时还可以使用那里的图书馆和计算设备。他们的义务就是从事自己的研究工作。这就保证了更新自己的知识和积累种种建议的可能性。这些建议可以被国内机构所采纳和发展。这样做可以有效地制止人才外流，有杰出成就的以前副研究人员，可以被任命为名誉准成员。有一笔固定款项，专供他们在

5年时间内赴国际理论物理中心作短期访问之用，而他们的旅费则需靠其他来源。

对经验较少的科学家，国际理论物理中心为他们计划了高水平培训课程——最初是属于原子核和凝聚态物理方面——及与一些机构共同分担费用的办法，即所谓联合计划。联合机构有权派其年轻科学家前往国际理论物理中心访问，访问总天数每年为40—130天不等，具体天数根据该机构与的里雅斯特之间地理距离远近而定。这些访问是用来参加研究实习班、上课、会见专家、在图书馆收集科学数据或在来访者国内没有足够计算设备的情况下使用中心的此项设备。中心负责来访科学家的食宿费，他们的旅费则由派出机构支付。

这项安排每年要重订，保证了联合机构可以享有与学术研究中心定期接触，从而保证了它们保持并改进其研究水准的机会。有些这类机构（目前有20个）的科学成就得到承认，被授予特殊地位。这些所谓附属中心，在5年时间内每年可得到2万美元以改进它们的研究能力。

根据1970年与国际原子能机构签订的一项协定，联合国教科文组织正式参加国际理论物理中心的管理工作。通过联合国教科文组织的伙伴关系，国际理论物理中心得以扩大活动范围，超出了国际原子能机构管辖的领域——即那些大体上涉及和平使用核能的学科。如此经过一些年，国际理论物理中心课程表上增添了新课目。在过去10年当中，中心每年开办40—50个高水平培训班、研究实习班和会议，科目包括基础物理（高能和粒子物理、相对论、宇宙论和天体物理学）、凝聚态物理（固态、原子和分子物理学、材料和统计力学）、数学、物理学和能源（核、等离子体和聚变物理学以及非传统能源）、物理学与环境（地球物理学、气候学、气象学、海洋学、沙漠化与土壤）、生命态物理学（神经物理学、生物物理学和医疗物理学）、应用物理学（微处理机、通信、

光纤、激光、超导性和计算物理学)和物理学教学。训练班和实习班将来自发展中国家的60—80名参加者集中在一起,其时间长达4周。这些训练班和实习班上讲授的内容从基本知识直到目前工艺水平。如果微处理机、激光、光纤和高温超导体的实验室需要的话,还让参加者动手实验,或让他们使用微型电子计算机和个人电子计算机。

总的来说,国际理论物理中心的训练班与实习班是解决理论倾向者的需要。对于实验主义者,1983年一些意大利实验室开展研究培训计划。此计划最初得到意大利合作发展部的资助,它使得每年有70—80名第三世界科学家能有几个月至一年的时间在位于意大利的大学或工业实验室工作。意大利国家核物理学院(INFN)、国家研究委员会(CNR)和国家能源与环境局(ENEA)还在它们的实验室里设有可延续的额外研究奖金。大约300个实验室有能力接待研究员。

来自发展中国家的科学家必须要有自信心,必须鼓励他们在自己的国家和地区里建立起科学团体。为了这个目的,1985年成立了对外活动局,向在发展中国家组织训练班、实习班、大会、科学讨论会或学者访问等提供智力和财力援助。每年为此目的提供的补助金大约有100项。

在过去10年里,国际理论物理中心大大加强其研究工作。目前,它在高能、凝聚态、聚变物理和数学等学科拥有若干名长期高级研究员。他们负责指导博士后科学家,并与访问者一起帮助副研究员这类的科学家。他们还讲授最近设立的物理学和数学学位课程。

每年,国际理论物理中心接待4000多名来自第三世界和工业化国家的科学家。平均停留时间,工业化国家科学家为10天,第三世界科学家为大约5个星期。国际理论物理中心研究人员和访问学者每年发表300多篇科学论文。自从1964年以来,在来自发展中国家的5万名访问学者中以各种资格参加国际理论物理中心活动的科学家

总数达3.5万人。国际理论物理中心的成就,及其对第三世界研究条件的影响,是由于国际组织(国际原子能机构和联合国教科文组织)、意大利政府(它提供国际理论物理中心预算来源的90%)、瑞典国际开发局(SIDA)、的里雅斯特地方当局以及整个世界科学界相互间建立了密切的伙伴关系。

意大利政府、国际原子能机构和联合国教科文组织三方,最近签订了一项关于把国际理论物理中心的行政管理权交给联合国教科文组织的协定。这个协定目前正等待意大利议会的批准。

遗憾的是,国际理论物理中心目前仍然基本上是一个特备的机构。据我们所知,至今还没有一个同等规模的中心能与它相比拟或超过它,正在美国建立中的一个中心除外。

第三世界科学院

第三世界科学家必须联合他们的力量。没有这样的联合,发展中国家的科学就不能在我们当今目睹的科技全球化中表现自己。1981年我怀着这个目标,与教皇学院同事讨论关于建立第三世界科学院的想法。两年后,第三世界科学院(TWAS)成立。1985年7月,联合国秘书长佩雷斯·德奎利亚尔主持它的开幕式。

第三世界科学院的主要目标是:承认和鼓励第三世界科学家个人在其完成的科学研究中所达到的卓越水平,向南方发展中国家有前途的科学家提供推进他们工作的必要条件;促进南方发展中国家研究人员与世界科学团体之间的接触;对第三世界认识与了解科学提供信息和支持;鼓励对第三世界主要问题进行科学研究。

目前,第三世界科学院拥有来自54个发展中国家的311名成员,其中包括9名第三世界出身的诺贝尔奖金获得者。第三世界科学院是一个非政治非赢利组织。1984年,它成为国际科学联合

会理事会的科学准会员。1985年,联合国经济社会委员会(ECOSOC)授予第三世界科学院正式的非政府组织资格。自从1991年以来,联合国教科文组织负责对第三世界科学院的行政监督。第三世界科学院的预算,大约是国际理论物理中心预算的十分之一。虽然如此,这个科学院却根据它的目标成功地开展几项计划。这些计划包括:

1. 第三世界科学院奖(1万美元):此奖金颁发给在生物学、化学、数学、物理学和医学等领域作出突出贡献的发展中国家科学家个人。
2. 第三世界各研究院和研究委员会为发展中国家年轻科学家所设的种种奖励。第三世界科学院在这方面提供财政援助。
3. 第三世界科学院研究补助金,最高额为5000美元,提供给第三世界中开展的有前途的科学研究工作与计划。
4. 向一些实验室提供它们所需要的科学设备零件(每个实验室不超过500美元)。
5. 南-南研究奖金向到第三世界科学机构访问的研究人员提供旅费,访问最短期限为4周,食宿费由当地支付。阿根廷、巴西、智利、中国、哥伦比亚、加纳、印度、伊朗伊斯兰共和国、肯尼亚、朝鲜民主主义人民共和国、马达加斯加、墨西哥、菲律宾、叙利亚、委内瑞拉、越南、西印度群岛和扎伊尔的政府与科学组织,遵循这个计划共组织了200多次访问。此外,第三世界科学院与中国科学院还一道开展研究奖金计划,在中国实验室培训来自第三世界国家的年轻科学家,培训时间为1个月至1年。与印度科学研究委员会(CSIR)也作了类似的安排,包括向研究生提供助学金。
6. 支持在发展中国家召开国际会议,其方法是向外界地区发言者和本地区与会者提供

旅费。这些国际会议是讨论农业、生物化学、生物技术学、化学、地质学、工程学和医学等问题。

与国际科学联合会理事会、联合国教科文组织和英联邦科学委员会合作实施一项讲学计划,向发展中国家科学家提供与其他国家著名科学家一起讨论和进行合作的机会。

7. 与联合国教科文组织一起实施一项联合研究奖金计划,使得发展中国家科学家能够在分子生物实验室里从事研究工作,参加人类基因组项目。设在发达国家里的这些实验室,向前来访问的研究员提供在分子生物学分解技术领域的一般性训练,特别着重于人类染色体组排序的必要方法。

8. 提供由工业化世界个人和机构捐赠给第三世界科学图书馆的书籍与刊物。

第三世界科学院每两年举行一次全体会议。上次全体会议是1992年11月在科威特召开的。全体会议除了讨论科学院事务之外,还为成员们提供了聚会和相互接触的机会,颁发第三世界科学院奖,举行小组讨论会和专题会议,讨论会议所在地区的科技问题。前几次全体会议的地点是:的里雅斯特(1985年)、中国(1988年)和委内瑞拉(1990年)。

第三世界科学组织网络

第三世界科学院不仅与第三世界科学组织网络(TWNSO)合作,而且是后者中心办事处的东道主。这个网络是由69个发展中国家的26个政府科技部、39个科学院、42个科学理事会和20个其他组织组成。第三世界科学组织网络是1988年建立的,其目标如下:鼓励南方政府分配足够的科技资金;鼓励第三世界国家把科技列入国民发展计划;鼓励南方捐助并参与全球科学项目和前

沿科技计划；促进研究机构之间在对南方发展具有极重要意义的科技与环境领域开展合作计划；承认和鼓励对南方经济和社会发展具有实质性好处的科技革新。

这个网络颁发两项年度奖金，即农业奖和技术奖（各为1万美元），以奖励其科技革新能有效而持久地解决第三世界所遇到的问题的机构或个人。这个网络还向其他成员提供财政援助，表彰他们为促进公众对科学的了解设立年度奖。此外，第三世界科学组织网络还发行年鉴，提供关于成员计划的信息，并正在准备编制一本优秀研究机构目录。第三世界科学组织网络在一些地区设立了地区事务所，非洲地区事务所设在尼日利亚的拉各斯，阿拉伯地区事务所设在突尼斯，拉丁美洲和加勒比地区事务所设在墨西哥，亚洲及太平洋地区事务所设在吉隆坡。两个分网，一个设在英国，一个设在美国，联结第三世界科学组织网络与工业化国家科学机构。

国际科学与高技术中心

虽然国际理论物理中心在纯粹和应用科学方面训练年轻男女很有成效，但要使发展中国家更多地参与技术进步，必须建立另一类型的培训和研究机构。技术尤其是具有充分科学内容的高技术（如构成通信、激光、医药和新材料工业基础的技术），是掌握这种技术的国家的财富源泉。训练这些领域的科学家和工程师，当然可以在先进国家机构中进行，但是这样训练出来的人，人才流失的危险非常大，因为这些先进国家企业的经济待遇具有吸引力。

因此我设想这样一个场所，在联合国组织主持下，第三世界科学家可以在那里接受纯科学与工业研究发展之间交叉领域的研究训练。1988年2月，我向意大利外交部长建议在的里雅斯特建立一个新中心。4个月后，意大利政府拨出资金供

对这个计划进行可行性研究之用。这项研究工作是在联合国工业发展组织（UNIDO）指导下与发展中国家著名科学家、意大利和其他工业化国家（包括3位诺贝尔奖金获得者，瑞士的马勒、瑞典的西格巴恩和德国的克利特津）协商进行的。按照可行性研究期间提出的建议，意大利政府为示范研究计划提供了资金。第二阶段从1990年开始，计划集中于三个方面：纯粹化学与应用化学；高技术和新材料；地球、环境与海洋科学和技术。

相对于上述三个方面，建立了3个国际研究所。它们一起构成了国际科学与高技术中心（ICS）。国际纯粹与应用化学研究所的研究领域为活性和大分子。国际高技术与新材料研究所由以下4个研究领域组成：光子学、合成材料、超导体和光导体。中心的第三个组成部分为国际地球、环境与海洋科学技术研究所，其研究领域涉及气候与地球变化、生态相互影响、地球物理勘探、海洋科学与技术及沿海地区管理等方面。

国际科学与高技术中心的研究工作，是在位于国际理论物理中心，或在的里雅斯特大学和的里雅斯特研究地区的一些临时实验室里进行的。1991—1992年，国际科学与高技术中心这三个研究所的实验室共接纳了66名科学家和受训人员，人-时为600个月。研究成果发表在63篇论文中。中心在训练方面非常活跃。1992年，它组织了15次培训班、实习班和会议，以研究领域计划为主题，对来自发展中国家的科学家进行训练。总共958名科学家（其中602名来自第三世界）接受了训练。培训班和实习班是在的里雅斯特开办，但有些活动是在一些发展中国家举行的。1992年在埃塞俄比亚首都亚的斯亚贝巴举办的数学生态学培训班就是一例。1993年，阿根廷、埃及和印度分别主办超导电性、太阳能和有机合成法培训班。此外，中心在跨学科计划中，还定期举办关于研究和管理新方法的培训班，其中之一是1992年在俄国莫斯科举办的。1993年，在阿根廷和匈牙利也

主办过这类培训班。

资金有限的国际科学与高技术中心，以最有效和灵活的方式满足发展中国家的需求。其示范计划的成果得到了联合国工业发展组织评定小组的好评。该中心已作好充分准备，一旦得到资金，立即进入实验阶段。

结束语

回顾这 33 年的活动，我承认是众多的真诚的友好关系与伙伴关系帮助我实现我的设想。作为一个国际文职人员，我首先得承认联合国教科文组织和国际原子能机构在的里雅斯特建立国际理论物理中心与帮助第三世界科学院以及联合国工业发展组织设立国际科学与高技术中心所起的作用与重要性。这些组织除了提供财政援助外，还提供了—个框架，便于来自世界各地的科学家参加的里雅斯特各机构的计划，并有助于提高他们的知名度。

除了这三个组织之外，联合国开发计划署 (UNDP)、世界气象组织 (WMO)、联合国环境计划署 (UNEP)、世界卫生组织 (WHO) 和欧洲经济共同体等组织，也都曾以这种或那种方式支持我们的计划。

意大利是一个大伙伴。的里雅斯特机构 90% 的活动得到意大利政府的支持。的里雅斯特地方当局也做出了重要贡献。意大利各大学特别是的里雅斯特大学，以各种形式与国际理论物理中心、国际科学与高技术中心和第三世界科学院合作，有名望的全国性组织，如意大利国家核物理研究院、国家研究理事会和国家能源与环境局也是如此。

其他伙伴是：瑞典研究合作署 (SAREC)、加拿大国际开发署 (CIDA) 和石油输出国组织的基金会。我必须提到，最后但并非最重要的一点是世界科学家们——来自四面八方的科学家们

——常常支持我们的工作。

我们在的里雅斯特的出现激励着其他首创精神，这些首创精神今天已经变成现实，其中之一是位于国际理论物理中心旁边的国际高级研究院。另一个是同步加速器光辐射实验室。这座位于 13 公里之外的实验室，将于 1994 年开始投入工作。

的里雅斯特荣获“科学城”的称号。然而，它的科学机构数目还不足以满足第三世界的需要。这就是为什么我在 1990 年加拉加斯第三届第三世界科学院全体会议上，呼吁在发展中国家建立国际或地区科学、高技术与环境中心的缘由。迄今为止，第三世界科学组织网络已经从 23 个发展中国家收到了关于把现有的中心升级到优秀水平以达到在地区基础上发挥作用的建议。所有这些建议是由总理们或科学技术部提出的，将经过几个阶段的审查，由一个部长级委员会对这些建议是否适用作出决定。联合国工业发展组织正积极参加这个评定过程。我相信，这又是在的里雅斯特获得成功各种形式的伙伴关系大显身手的好机会。我诚挚地希望，世界科学界将一如既往抓住这一机会加强南北团结。

阿卜杜勒·萨拉姆(Abdus Salam)教授是里雅斯特国际理论物理中心创办人和主任,兼第三世界科学院院长和第三世界科学组织网络主席。他曾经在巴基斯坦旁遮普大学和英国剑桥圣约翰学院学习,后来担任拉合尔政府学院和旁遮普大学教授。自1957年以来,他担任伦敦帝国学院教授。他获得过许多奖,其中以1979年诺贝尔物理学奖和1990年科普利奖章最为光荣。1979年诺贝尔物理学奖是嘉奖他在联合电磁微弱相互作用研究工作中取得的成就。他是24个第三世界和工业化国家中国科学院和学会的成员,已在28个国家里荣获40多个名誉博士称号。他的著作包括几部科学专著和许多关于基本粒子物理学和发展中国家科学与教育政策的文章。

4. 新进展

数 学

伊恩·斯图尔特

随着 20 世纪终点的临近，数学研究进展顺利，解决了许多长期悬而未决的难题，出现了许多新的研究领域。所有这一切中，最令人鼓舞的是数学与应用科学之间的联系越来越密切，双方互换新的观点。数学的重要性并不在于它在某一特定学科中的应用，而是它在不同应用领域间“转移技术”的能力。被转移的技术是数学的概念与技巧，而不是硬件，但影响却同样大。因为数学概念具有普遍性，在某一领域开始明显化的概念可以容易地转移到另一个与之明显不同的领域。在我们后面讨论的例子中将包括结点理论的最新进展，它来自数学物理而应用于分子生物学；一个音乐难题，它的解答阐明了波动理论；一个最优化问题，它引出了可计算性的最基本的问题；以及一种新的几何学，它起源于古典力学，而现在却是量子物理学的核心。

从根本上讲，数学是通过向人类提供实际应用来证明其价值的，但许多重要的概念并不是源于某一实际应用。它们来自数学本身的内在需要。如果不能解决最基本的问题，数学的认识就会存在一个空白。这会在整个学科引起许多困难，不论是理论还是实践都是如此。所以从长远的观点看，纯数学中的关键问题也和应用同样重要。数

学可以在它能够得到启示的任何场合，接纳这种启示。

数学中有数百个重要领域，都是人们努力研究的课题，并有数千个严格定义的子学科。不可能在此给出当今数学研究的全部概述。我选出了六个领域，它们代表了 20 世纪末数学的道路。对每一领域，我只能给出一个现在正在进行的工作的例子。这些领域是：结点和低维拓扑学，非线性动力学（通常称为混沌理论），丢番图方程，辛几何学，算法与复杂性，以及拉普拉斯算子频谱（“听出鼓的形状”）。

结点和低维拓扑学

拓扑学研究形状在不断的变形中保持不变的性质——例如：联接，扭结和有无“洞穴”。至少已有一个世纪，拓扑学家一直在努力探索区分不同结点的有效办法；但直到最近，唯一可用的方法是本世纪 20 年代引入的一些方法。这一课题在本世纪 80 年代发生了革命性的变化。这是由于发现了一种截然不同的方法——新西兰数学家沃恩·琼斯^①发明的琼斯多项式。区分结点是一个核心问题，因为它是一个普遍问题最简单、最自然的事例，辨识把一个空间嵌入另一个的不同方法

^① 美国伯克利加利福尼亚大学

之间的区别。结点理论的实际应用确实存在；包括从量子物理中的范曼图，到用酶切割 DNA 分子。但结点理论的魅力在于它们出乎意料地精细。

一个数学结点是一个三维空间的闭环。如果结点中的一个可以通过拉伸和弯曲其周围的空间而连续变形为另一个结点，则这两个结点拓扑等价。任何可以变形为环形形状的为不打结的，其余均为真结点。正是这种结点的自由变形，使得它们十分微妙：为证明两个结点不同，所有可想象的变形都要被排除。所有已知方法归结为找出不变式——变形后保持不变的性质。不变式不同结点的拓扑必然不同。

经典时期——本世纪 20 年代，关键的不变式是 J. W. 亚历山大发现的。它把任一结点与一个代数式即亚历山大多项式相关联。多项式不同的结点，不可能从一个变形为另一个。例如：一个三叶形结点的亚历山大多项式为 $t^2 - t + 1$ ，而一个 8 字形结点为 $t^2 - 3t + 1$ 。因为多项式不同，所以结点也不同。但不幸的是，反之则不然：亚历山大多项式相同的结点不一定拓扑等价，三叶形结点与其镜像的亚历山大多项式相同。又如，一个对 8 结和一个松 8 字结（图 1）的亚历山大多项式都是 $(t^2 - t + 1)^2$ ，尽管它们不同——这是过去已被更复杂的方法证明了的。

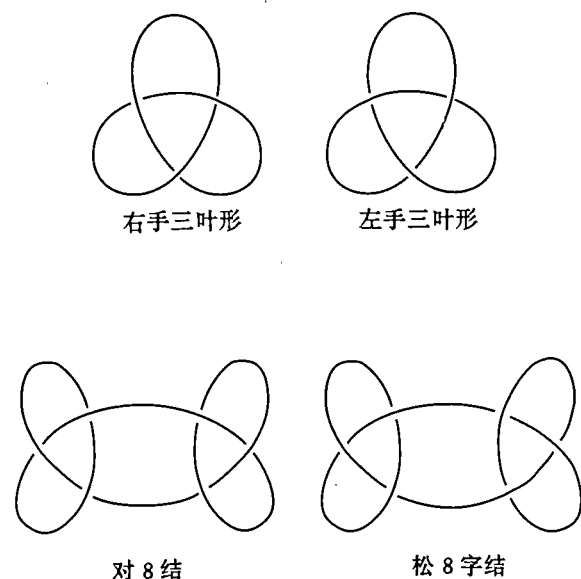
1984 年，琼斯发明了一种全新的结点不变式，仍是一个多项式。他当时正在进行解析，研究源于数学物理学的冯诺伊曼代数。他发现一些奇特的结构特征，与埃米尔·阿尔廷对辫理论所做的经典性工作类似——辫是多股结点。继续探索这些类似之处，他找到了一个完全出乎意外的结点不变式，足以顺利解答一些使经典方法无计可施的问题。例如，三叶形结点的琼斯多项式 $t + t^3 - t^4$ ，其镜像的多项式是把 t 变为 t^{-1} ，给出 $t^{-1} + t^{-3} - t^{-4}$ ，明显不同。同样，对 8 字结点的琼斯多项式为：

$$-t^3 + t^2 - t + 3 - t^{-1} + t^{-2} - t^{-3}$$

明显区别于松 8 字结的琼斯多项式：

$$t^8 - t^7 + t^6 - 2t^5 + 2t^4 + t^2。$$

图 1
结点不变式



三叶与其镜像拓扑不等，但亚历山大多项式相同，琼斯多项式区别它们没有困难，对 8 结与松 8 字结的情况相同。

此后其他数学家又发现了琼斯方法的多种变体，导致了一系列乍看令人费解的新的结点不变式。

然而，来自数学物理学的几个领域中的概念大大阐明了这些不变式。最初，琼斯只是注意到了与统计力学有奇特的联系，这是一个表面上与结点根本没有联系的学科。它起源于物理学家为了解大块物质——气体、液体和固体的特性——

所做的努力。最有趣的物理学是研究相变——从固体到液体或从液体到气体的变化。相变不是逐渐发生的，而是在某一非常特殊湿度下突然发生的。研究这一现象的方法之一，是使用状态模型——其元素称为格点的几何排列。1971年，远在琼斯开始他的工作之前，H. N. V. 坦珀利和 E. H. 利布发现了统计力学中两类不同的完全可解模型之间的联系，它们是波茨模型和冰模型。他们对这种联系的解释，使用了与琼斯所研究的代数相似的冯诺伊曼代数，在统计力学中称为坦珀利-利布代数。结点图可以看成是状态模型。它的格点是它的交叉，交互作用由联接它们的结点的几何形状决定。坦珀利-利布代数的奇特叠合，启示我们或许有望用力学解释琼斯多项式。安久津原弘^②与和田三木^③在1987年这样做了，同年路易斯·坎夫曼^④发现了琼斯多项式的统计力学解释，并用它（肯定地）解答了经典结点理论中一个长期存在的难题——泰特猜想。许多经典猜想都服从这些新的不变式。

这些新的概念在其他科学领域里也十分重要，其中最令人惊奇的是分子生物学。40年前，詹姆士·沃森和弗朗西斯·克里克发现了DNA分子结构，这是遗传信息存贮和复制的构架。DNA形成一个双螺旋，像一根双股绳，当一个细胞分裂时，通过分开一长段绳的双股，复制它们，并把新的股成对地连接到旧股上，从而把遗传信息转移给新细胞。任何曾尝试将一长段绳的双股分开的人都知道，当把两股拉开时，它们会缠结起来。基因生物化学必须快速地、反复地、无误地松开这些缠结的绳股并使之再缠结；生命之链就有赖于此，何以会这样呢？

生物学家用酶把DNA链切割成能够深入研

究的小段，一个DNA片断是一个极复杂的分子结点，而同一个结点会由于几次卷缩、拧扭已经改变了它的形状而看上去十分不同。不久前还没有区分这些缠结结构或找出相关的化学反应的系统方法。亚力山大多项式之类的方法并不十分有效。但新的结点多项不变式要高级得多，现在结点拓扑学已成为分子生物学的一个重要应用的产物。

根据定义，结点是内在的三维，但琼斯多项式和随之而来的所有方法都是按结点的二维图像运算的，即按平面、交叉和上跨交叉图解运算。一个真正的三维结点不会“涉及”这些。1988年，迈克尔·阿蒂亚^⑤爵士为给琼斯多项式找出一个内蕴三维方法向数学家和物理学家发出了挑战。同年，数学物理学家爱德华·威滕^⑥恰好发现了这联系，他称之为拓扑量子域理论，主要推论是有一个显然是拓扑不变式的公式——来自统计力学，但现在冠以量子二字。在这个函数中含有整组其他不变式——包括琼斯不变式和它的推广式。该公式用于嵌于三维空间的结点本身，不依赖任何二维图解或表示，从而回答了阿蒂亚的挑战。

作为额外的收获，威滕的方法解决了另一个深奥的难题：如何把琼斯多项式推广到不限制在普通三维空间内，而是限制在一个任意的三维流形内的结点（一个流形是一个多维的弯曲“面”）。甚至可以不考虑这些结点，而得到一个用于三维流形的新的拓扑不变式。

但结点仍有许多用处。就在最近，又发现了一个新的结点不变式，它不是一个多项式，而是一个数。设想在一根长橡皮绳上打结，结点越复

② 日本横滨名古屋大学

③ 日本东京大学

④ 美国芝加哥伊利诺斯大学

⑤ 英国剑桥大学

⑥ 美国普林斯顿高级研究所

杂，你就越要弯曲橡皮绳才能打成结点，也就需要更多的弹性能。但现在看来，对于结点来说，最有趣的能量概念不是弹性能，而是静电能——正如1987年福原真井^⑦指出的。把结点想象成一个有固定长度可弯曲的金属线，必要时结点可以穿过自身，为自身提供一定的静电电荷。由于很像电荷的排斥作用，一个可自由移动的结点会尽力使相邻的绳股保持尽可能远的距离。这就是说，它将静电能减至最小，这个最小能量值是一个不变式，具有许多令人鼓舞的性质。例如，1991年，琼·奥哈拉^⑧证明，当结点更加复杂时，结点的能量也一定随之增加：许多能量小于或等于选定值的拓扑不同的结点仅仅是有限地存在。对于结点的复杂性有一个自然数值，结点处于低能量一端，结点越复杂，能量便越高。

按照这一标度，什么是最简单的结点？史蒂文·布赖森^⑨，迈克尔·费里德曼^⑩，何正熙^⑪（译音），王正汉^⑫（译音）最近证明，它们恰巧和预料的一样，是一个“圆圈”——即日常所指的圆而不只是拓扑上的圆。一个圆圈的能量是4，所有其他的闭环的能量都比它高。任何能量小于 $6\pi+4$ 的结点都是拓扑无结点。更一般地说，一个有 c 个交叉的结点（在二维投影上），其能量至少为 $2\pi c+4$ （这个最小值是或许可能的，不是最可能的：一个反手结的已知最小能量为74）。能量为 E 的拓扑不同的结点数量最多为 $0.264(1.658)^E$ 。

非线性动力学和混沌理论

阿尔伯特·爱因斯坦认为上帝并不是在玩掷骰子的游戏；也就是说宇宙万物是受精确的规律支配，而不是受偶然性支配。现今广为人知的混

沌理论通过一种悖论来阐明这个问题：精确规律可能产生随机性。结果，动摇了我们珍视的关于宿命论，可预测性和错综性等等信念。例如，为什么潮汐是可预测的，但是天气却不能。潮汐是由于太阳和月亮的引力所造成的，天气则是由于大气在太阳的热量影响下产生运动造成的。可以说引力定律同流体动力学两者难易程度相差无几，那么为什么我们能够提前几年预测潮汐，而却连几天后的天气也难以预料呢？

这一迹象是如此简单的一种感觉，以至它的重要性直到大约20年前才为人所注意。每个厨师都知道，你要把蛋清充分搅匀，只要你有规律地并按可预测的方式转动搅蛋器。不过，你如果试图跟踪蛋白的粒子和运动；你就会发现它们的行为是非常无规律的和不可预测的，可预测的混合产生不可预测的结果。

为了弄清简单的搅拌会得到什么，我们必须介绍一些动力系统的一般概念。这种系统可能存在于每一瞬间 t 的某一状态 x （可能包含很多变量）中。有两种系统：或者是由下一微分方程求出的连续时间系统

$$dx/dt=f(x)$$

或者是由下一差分方程求出的离散时间系统

$$x_{t+1}=f(x_t)。$$

这里 f 是一个固定的，非随机的函数。就唯独初始条件确定系统的所有未来行为这个意义来说，动力系统是确定性的。这很容易从离散时间系统看出来。设 $t=0$ 时刻的状态为 x_0 ，我们会随之发现

$$x_1=f(x_0)$$

$$x_2=f(x_1)=f(f(x_0))，$$

⑦ 日本高知县 Tsuda 大学

⑧ 日本东京市立大学

⑨ 美国埃默斯 NASA

⑩、⑪ 美国圣地亚哥加利福尼亚大学

⑫ 美国普林斯顿大学

一般地

$$x_t = f^{(t)}(x_0) = f(\dots f(f(x_0))\dots) \quad (f \text{ 出现 } t \text{ 次})。$$

这种过程被称为函数 f 的迭代。连续系统的结果更难解，要用唯一性定理对微分方程求解。

确定性法则如何能导致随机行为和混乱呢？最简单的例子之一出现在下列情况下： x 是一个数，写成十进小数，函数 f 是“去掉小数点前所有整数，然后乘以 10”。即，

$$f(x) = 10(x - [x])$$

这里 $[]$ 表示整数部分，这个系统呈现了几种动力过程：有的正规，有的混沌。例如：当 $x = 10/3 = 3.3333\dots$ ，我们去掉整数 3，得到 $0.3333\dots$ ，然后乘 10 得到一个同开始相同的数 $3.3333\dots$ 。所以 $f(10/3) = 10/3$ ，这个特殊的初值是这个动态系统的稳定状态。如果我们代之以从分数值 $40/33 = 1.212121\dots$ ，开始，它的数字交错，那么，第一次运用同样的规则，得到 2.121212 ，第二次运用，又回到 $1.212121\dots$ 。这一次动力系统是周期性的，周期为 2。

为获得更复杂的行，从 $\pi = 3.1415926535\dots$ 开始，它的数字从不循环系统的逐次状态为

$$x_0 = 3.14159265\dots$$

$$x_1 = 1.41592653\dots$$

$$x_2 = 4.15926535\dots$$

$$x_3 = 1.59265358\dots$$

$$x_4 = 5.92653589\dots$$

$$x_5 = 9.26535897\dots$$

依此类推……十进制数字每一步向左移动一位：前面一位去掉。因为 π 的数字永远不会落入重复循环，动力系统也就不会。它不是一个稳态的，也不是周期性的。

想一想用这个规则去预测出现的逐次数。假定我们用初值 π' 代替 π ， $\pi' \neq \pi$ 直到百万分之一位都相同，但此后便以一种任意方式与 π 相异。数 π' 对 π 是一个很好的近似，其密近程度远远超过任何物理量度。对很多动力规则的迭代 f 来说，

两种预测集合几乎是相同的。但是误差却沿着数字向左不断蠕变。一个时间步长后，误差就不发生在百万之一位，而是发生在 999 999 分之 1 位上。两个时间步长后，误差发生在 999 998 分之 1 位上。重复上述过程 999 999 次之后，这种误差便出现在第一个小数位上。这时以 π' 为初值的预测结果与以 π 为初值的预测结果就已经相去甚远了。下一个值可能是……任何值，取决于 π' 的第 1 000 001 个小数位是什么。从这一点开始，基于 π 做初态的预测结果与那些对 π 有令人难以置信的近似程度的 π' 为初态的预测结果是完全无关的。可能看起来，一个预测在一百万步后才开始出错没什么问题。但是如果你是在试图预测一场赛马的获胜者，而在计算中每一时间步长是百万分之一秒，那么，你在你的马冲出起跑线装置之前就已经不知其去向了。

明显不可预测性的原因是，系统的状态是在连续不断地被拉开，但又折迭回到原来的约束空间——状态混合就如同揉一个生面团。任何这样的系统都将显示混沌——确定性系统中明显的随机行为。描述潮汐的方程组是非混沌的动力系统：长期预测效果好；但描述天气的方程组却是混沌的。混沌系统同非混沌系统的区别很简单。在经典动力系统中，初态所产生的误差不会增长得太快。在混沌系统中，这种误差将按指数律增长。在将来的某一点上（这点取决于误差的大小和预测的时间步长短），误差变得比真实预测结果大，从那一时刻起，你作的预测就不会与真实行为有任何有效关系了。

虽然混沌是不可预测的，但也有较强的稳定性基础，通过用几何方式来表示动力过程可以看出。状态 x 的集合形成一个空间，叫做系统的相空间。当一个起点随时间变化时，此点在相空间中移动，形成一条曲线（连续时间）或点系统（离散时间）。这些曲线或点称做它的轨迹。很多系统拥有一个或一个以上的吸引子，即在相空间

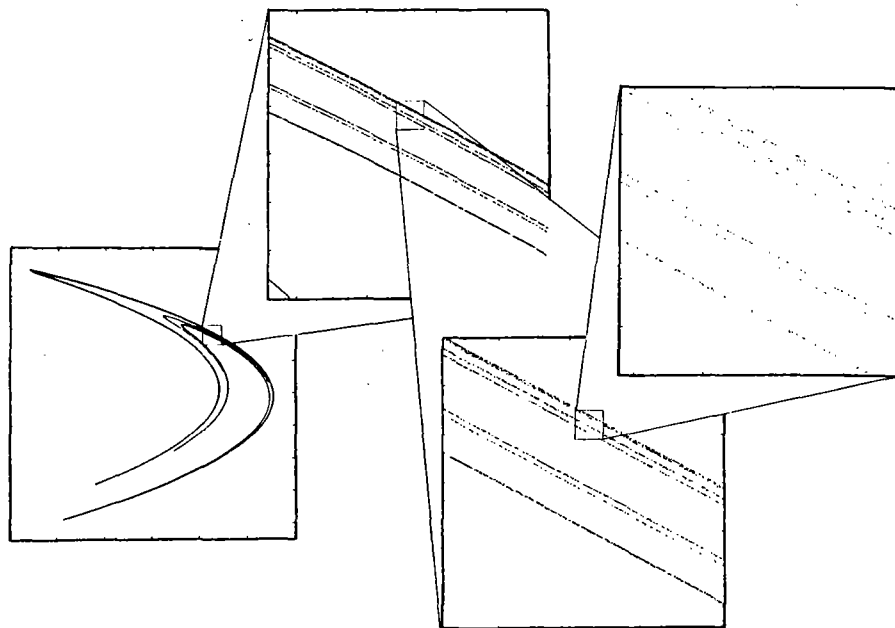
中的几何体，所有在其附近起始的点的轨迹都向它们趋近。一个稳态是一个点吸引子；相应于一个周期轨道的吸引子是一个闭环或循环。混沌吸引子通常都是分数维 (Fractals) —— 在所有尺度下均有结构精细的几何形状。例如埃农 (Hénon) 系统

$$f(x, y) = (1 - ax^2 + y, bx)$$

式中 a 和 b 是常数。对这些参数的某些值，如

$a=1.4, b=0.3$, 该系统有一个类似于相当模糊的抛物线的吸引子。计算机模拟表明，当吸引子被放大后，看上去像是单独一根根的曲线分裂为不断增多的层次 (图 2)。新近由迈克尔·本尼迪克斯^① (Michael Benedicks) 和伦纳特·卡尔森^② (Lennart Carleson) 取得的重要进展就是证明，他们发现，情况的确如此，至少对于足够小的 b 和非零测度的一组 a 值集合来说是如此。

图 2
埃农吸引子



埃农吸引子的精细结构。分量曲线不断地分裂为较稀疏的伸缩层。

吸引子附近的起始点形成的轨道不定期地向它们靠拢,在这个意义上,吸引子是稳定的。在趋近吸引子的运动中产生混沌;趋向于它的运动是稳定的,而且也不减弱。对不同的吸引子产生不同类型的混沌。

图3
曼德尔布罗特结合



资料

来源: Peitgen H.-O. and Saupe, D. (1988) *The Science of Fractal Images*, New York, Springer-Verlag: 195, Figure 4.16.

这有很多方面的应用。由木星引力场所引起的混沌能够把小行星抛出轨道,并朝向地球。传染病、蝗灾、以及无规律的心跳是更现实的混沌

的例子。反过来,混沌又是当今数学研究的主要发展领域之一:非线性动力系统理论的一个部分(如果一个系统的函数 f 不只是 x 坐标分量的线性组合,例如 $2x_1+5x_2-x_3$,那么这个系统就是非线性的。例如,埃农系统包含有非线性项 x^2)。

混沌的一个显著特性是,从简单规则产生很复杂的行为。函数 $f(x) = 10(x - [x])$ 非常简单,但当你用 π 作为初始条件,迭代 f 函数时, π 所产生的逐项数字是非常复杂的。对这些数字没有可识别模式。最有名的混沌例子是曼德尔布罗特 (Mandelbrot) 集合。该集合以其发明者贝努瓦·曼德尔布罗特^⑬的名字命名。他也是分数维理论的创立者——这一集合更加鲜明地表现了这一点。此结果来自一个简单的函数

$$f(z) = z^2 + c$$

式中 z 是一个复数, c 是一个复常数。对于 c 的每一个数值,从初值 $z=c$ 开始迭代 f 。曼德尔布罗特集合 M 是所有 c 数值的集合,这些数值是有界的。 M 看起来有点像从中间切开的一只猫、一棵仙人掌和冬天里的一棵树之间的交叉(图3)。曼德尔布罗特集合有一个不定的复杂边界,如果你观察靠近边界的一个小区域并加以放大,你会看到越来越细微的复杂几何结构——螺旋、小圆块、海岸线、扇形、花体、树木、晶体、花饰窗格等等(见图A,彩色插页i)。这种小尺度复杂图案层出不穷、不可预测,而且正如我们下面将要看到的那样,不可计算。曼德尔布罗特集合的边界是一个分数维。与任何分数维联系在一起的是一个数:它的豪斯多夫-贝西科维奇 (Hausdorff-Besicovich) 维数,是它在比例改变时行为的度量。猿仓光大^⑭最近证明:曼德尔布罗特集合边界的豪斯多夫-贝西科维奇数精确地等于2。这意味着边界的某些区域几乎同填满空间的曲线一样地皱

⑬ 美国约克镇高地 IBM 托马斯 J·沃森研究中心

⑭ 日本东京技术学院

缩。它的图形极端复杂，但产生它的过程却很简单。科学试图通过观察自然规律的结果推导这些规律。而曼德尔布罗特集合用实例说明了一个要点。观测值看起来可能很复杂，但它们背后的规律很简单。这就鼓励我们在看似复杂的数据中去寻求简单。混沌给整个科学上了重要的一课。

丢番图方程

在数学中，一个最出名的未解难题是费马最后定理。大约在1650年，律师和聪明的业余数学家皮埃尔·德·费马（Pierre de Fermat）在他《丢番图算术》一书的底稿边上写下了这个难题。用现代的符号表示就是费马方程

$$x^n + y^n = z^n$$

在 n 为 ≥ 3 的整数时没有整数解 $x, y, z \neq 0$ 。得整数解的方程则称为丢番图方程。几个世纪以来，一些数学家证明了它的特例：费马自己证明他的猜想在 $n=4$ 时正确；欧拉（Euler）证明 $n=3$ 时正确；狄利克雷（Dirichlet）和勒让德尔（Legendre）证明了 $n=5$ 时正确。恩斯特·库默（Ernst Kummer）为了扩大可以证明该定理正确的值的范围，提出了代数理想论。由于乔·布勒^⑦（Joe Buhler）、理查德·克兰德尔^⑧（Richard Crandall）、陶乐·梅尔桑屈莱^⑨（Tauno Metsänkylä）和雷约·埃恩瓦尔^⑩（Reijo Ernvall）等人最近所做的一次计算机辅助研究，人们得知费马最后定理对所有 $n \leq 4\,000\,000$ 均正确。

如果 (x, y, z) 是费马方程的解，则 (cx, cy, cz) 也是解， c 为任意整数。如果 x, y, z 无公因子，则称这组解为原始解。直到最近，我们知道，当 $n \geq 3$ 时，如果费马定理有一个例外，那

么对于该 n 指数就只会有有限多个原始解。这一认识的出现是丢番图方程理论有了重大突破的结果。费马方程被改写为

$$X^n + Y^n = 1$$

式中 $X=x/z, Y=y/z$ 。这个二元方程式的有理解与费马方程的整数解严格对应。一个二元方程 $f(X, Y) = 0$ 可视作是定义一条复杂曲线，该曲线是一个二维实体，它定义了一个面。该面与有 g 个洞的环拓扑等价， g 是一个称为亏格的数。1922年，列奥·莫德尔（Leo Mordell）发现，只有那些已知有无数个有理数解的方程 $f(X, Y) = 0$ 才是使 f 有0或1亏格的方程，提出了莫德尔猜想：如果 f 的亏格大于或等于2，则解的个数是有限的。费马方程的亏格为 $1/2(n-1)(n-2)$ ，当 $n \geq 3$ 时它大于1。所以莫德尔猜想意味着任何费马方程的原始整数解的个数是有限的。1983年格尔德·法尔廷斯^⑪（Gerd Faltings）证明了莫德尔猜想，成为现代数学界的大事之一。自那以后，D·R·希斯-布朗^⑫（Heath-Brown）证明费马最后定理几乎总是正确的：当 n 变大时，没有任何整数解的整数 n 的比例接近100%。

1993年6月，传来令人震惊的消息：费马最后定理已被普林斯顿大学的安德鲁·怀尔斯（Andrew Wiles）完全证明。这个证明（据不同报道，长达200—1000页）采用了与法尔廷斯相同的一般观点来解决难题。80年代，肯·里贝特（Ken Ribet）在让-皮埃尔·塞尔（Jean-Pierre Serre）所做工作的基础上，研究曲线 $Y^2 = X(X-x^n)(Y-y^n)$ ，其中 (x, y, z) 是假设的费马方程的解。这是通常所说的椭圆曲线的一个例子。椭圆曲线是形式为 $Y^2 = aX^3 + bX^2 + cX + d$ 的曲

⑦ 美国波特兰里德大学

⑧ 美国雷德伍德城 NeXT 计算机公司

⑨、⑩ 芬兰图尔库大学

⑪ 美国普林斯顿大学

⑫ 英国牛津大学

线。对于椭圆曲线的算法，人们知之甚多。使用这一强有力的理论，里贝特证明费马最后定理是韦尔-谷山 (Weil-Taniyama) 猜想的一个推论。韦尔-谷山猜想是：任何一个在有理数上定义的椭圆曲线都可被椭圆模函数参量化（这与用三角函数 $X = \sin\theta, Y = \cos\theta$ 使圆 $X^2 + Y^2 = 1$ 参量化类似）。怀尔斯证明谷山猜想的一个特例（半稳定曲线），并表明该方法足以证明费马最后定理。完整的韦尔-谷山猜想仍未被证明，怀尔斯的证明仍有待检验，但大多数专家似乎都表示信服。

两个数的立方相加不可能成为另一个数的立方，那么三个数的立方相加呢？可能，事实上， $3^3 + 4^3 + 5^3 = 6^3$ 。伦哈德·欧拉 (Leonhard Euler) 猜测，对于所有的 n ， n 个 n 次幂相加可以得到一个 n 次幂，而对 $n-1$ 来说，则不可能。然而，欧拉的猜想是错误的。1966 年，L·J·兰德^② (Lander) 和 T·R·帕金^③ (Parkin) 发现，4 个 5 次幂相加仍为一个 5 次幂。

$$27^5 + 84^5 + 110^5 + 133^5 = 144^5.$$

1988 年，诺姆·埃尔克斯^④ (Noam Elkies) 发现了欧拉猜想用于 4 次幂的第一个反例：

$$2682440^4 + 15365639^4 + 187960^4 = 20615673^4.$$

他是通过对曲面 $x^4 + y^4 + z^4 = 1$ 进行仔细研究后发现这一反例的。他采用从老的有理数解构造新的有理数解的通用过程证明了：有理数点在该曲面上是稠密的，即存在无数多个整数解。

在埃尔克斯发现存在一个解之后，罗杰·弗赖伊^⑤ (Roger Frye) 通过计算机搜索，发现了最小的可能解：

$$95800^4 + 217519^4 + 414560^4 = 422481^4$$

许多关于丢番图的难题仍未解决，但出现了许多有助于解决这一难题的新思想。

辛几何

物质的运物是产生数学概念最丰富的源泉之一。从伽利略的实验和开普勒的经验法则、牛顿和拉格朗日的方法和哈密顿的光学/机械模拟，到当今数学主流：微分方程、流形、李群、测度论、二次形式、傅立叶级数和泛函分析等，可以找出一条连续的脉络，但所有概念中最有影响的大概是哈密顿力学一般形式体系的几何表示所产生的概念：辛几何。它对力学的重要情况已十分清楚，这特别要归因于美国和俄国动力系统学术界在过去 30 年中所作的努力，但一个更为广泛的运动正方兴未艾。弗拉基米尔·阿诺德^⑥ (Vladimir Arnold) 已坚定地宣称，辛数学是 21 世纪的应用数学。

辛 (symplectic) 一词是赫尔曼·韦尔 (Hermann Weyl) 在他的《典型群》一书中创造的词汇。他在一个附注中说明，此词出自希腊语中表示“复杂”的词。韦尔的书论及几种基本多维几何的刚体运动群。在普通欧氏几何中，刚体运动构成正交群。韦尔用非常小的篇幅论及辛群——当时它还是一个使人困惑的怪物，估计它有某种用途，但当时还说不清楚。现在我们知道它可用于动力学。

在普通的欧氏几何中，核心概念是距离。为了从代数上捕捉距离的概念，我们利用两个向量 x 和 y 的内积（或称为点积）， $x \cdot y$ 。如果 $x = (x_1, x_2)$ ， $y = (y_1, y_2)$ 是平面上的向量，则

$$x \cdot y = x_1 y_1 + x_2 y_2,$$

较高维的空间也有类似的公式。所有欧氏几何的基本概念都可以从这个内积获得。特别是，当一

②、④不详

③ 美国哈佛大学

④ 美国思想机器公司

⑤ 俄国莫斯科国立大学

个变换 T 保存内积, 而且只有当它保持内积 (即 $T_x \cdot T_y = x \cdot y$) 时, 它便是刚体运动。

用其他类似的代数式替换内积就产生了新的几何种类。辛几何的对应形式是 $x_1 y_2 - x_2 y_1$ 。这是向量 x 和 y 构成的平行四边形的面积。注意减号: 它在辛几何领域中随处可见。这种辛形式给平面提供了一种新的几何学, 其中每一个向量的长度为 0 并与其自身成直角。在任何偶数维空间中都有类似情况。

这些奇怪的几何学能有实际应用吗? 确实能有。它们是古典力学的几何学。在哈密尔顿形式体系中, 力学系统的描述采用位置坐标 q_1, \dots, q_n , 动量坐标 p_1, \dots, p_n , 和这些坐标的一个 H 函数 (现称为哈密尔顿函数), 可以认为该函数是总能量。牛顿的运动方程形式很简洁:

$$\begin{aligned} dq_i/dt &= \partial H / \partial p_i, \\ dp_i/dt &= -\partial H / \partial q_i. \end{aligned}$$

在解哈密尔顿方程时, 变换坐标常常会有用的。但如果位置坐标发生某种变化, 对应的动量也必须发生一致的变化。循着这一概念, 我们发现这样的变换必须是刚体欧氏运动的辛模拟。动力学中自然坐标的变化为辛变化。这是哈密尔顿方程非对称性的结果。从而 dq/dt 为正 $\partial H / \partial p$, 而 dp/dt 为 $-\partial H / \partial q$ 。这里又出现负号。

对于辛拓扑, 我们必须灵活些, 使用像辛刚体运动的小规模变换。我们称它们为辛映射。在平面上, 辛形式代表面积, 所以一个刚体运动是一个保持面积不变的线性变换。为增加灵活性, 我们放松其线性条件, 因此, 平面的一个辛映射是任何保持面积不变的变换, 但其形状可以发生很大的变化。为了构成一个思维图像, 我们把平面想象成一种不可压缩的流体, 把辛映射想象成一种搅拌流体的物体 (这不仅是一种图像, 流体力学可以有效地用辛语言加以改写)。

微分拓扑研究流形的平滑映射。类似地, 辛拓扑研究辛流形的辛映射。早在这样的学科存在之前, 就已发现的最早的辛拓扑定理是亨利·波因凯尔 (Henri Poincaré) 最后的几何定理。它起源于天体力学的一个问题。该定理指出: 一个圆环域 (两个圆之间的区域) 的面积保持变换 (即辛变换, 它向相反方向移动两个边界圆) 至少有两个不动点。这类“不动点定理”非常有“威力”: 这个 1913 年由乔治·伯克霍夫 (George Birkhoff) 证明的定理, 暗示三个物体在引力作用下运动存在周期性轨道。如果变换不是辛变换, 就不需要任何不动点, 所以辛拓扑有自己的特征。一个很重要的难题是关于周期性弹道存在性的温斯坦 (Weinstein) 猜想。这个猜想于 1987 年被克洛德·维泰尔博^② (Claude Viterbo) 证明。此外还有辛形式的结点理论以及许多辛领域中特有的难题。

辛几何的传统应用领域是力学和光学。但现在最重要的应用也许是量子场论。辛几何语言大大揭示了量子化 (从经典系统过渡到量子系统) 的奥秘。

算法与复杂性

计算机科学家唐纳德·克努斯 (Donald Knuth) 曾指出: 数学和计算机科学之间的主要区别在于数学家不关心计算的代价。他不是指金钱方面的代价, 他指的是为得到一个答案所需要的计算工作量。迅速崛起的一个新的数学领域使这种观念更加明确, 它提出了一些涉及计算本质的极其根本的问题。这就是大家知道的复杂性理论 (或称为计算复杂性理论, 以区别于研究非常复杂系统中出现次序的另一种复杂性理论)。

许多常见的数学过程是在原理上而不是在实

② 法国巴黎 CNRS

践上求解。例如，我们可以用一直到 \sqrt{n} 的所有除数去试除 n ，以检验 n 是否为素数。但这个检验方法对于50位数来说是不适用的。它需要 10^{25} 次试除。在每秒能做10亿次这种运算的超级计算机（这已远远快于现有的计算机）上，这一检验将要进行3亿年（简单的改进可以略为缩短这个时间：只被奇数和2除，要花费1.5亿年。但如果我们检验一个52位数，无论哪种方法都要花费比检验50位数多10倍的时间，因此这种改进也是无济于事的）。但是，实际工作中完全有可能要检验一个100—120位的数是否为素数——但不是用试除法，而须用更好的数论方法。

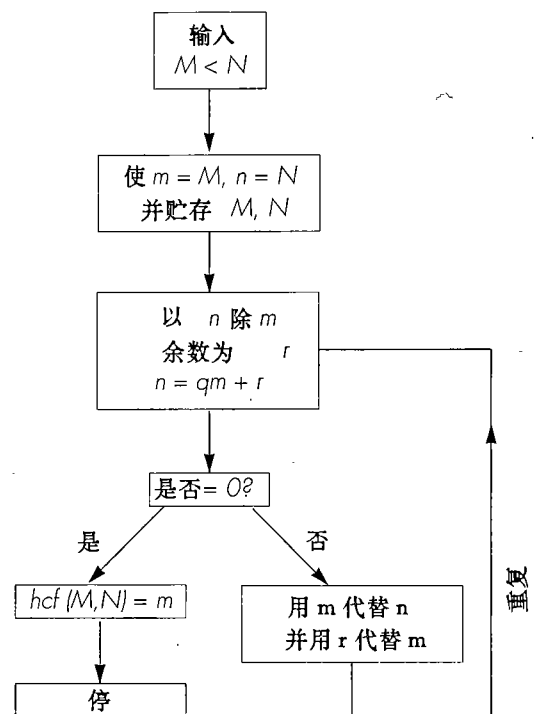
本领域所关注的目标不是数学问题的答案，而是用来求得答案的过程——算法。粗略地说，一种算法是一组保证可以得到答案的计算。那种“随机试算所有因子直至找到为止”的过程不是素数检验的算法，因为它可以无限制地执行，而得不到任何确定的结论。“算法”一词的准确定义，要求对计算过程有形式定义；但对目前的实际目的而言，可认为它是一个计算机程序。

许多计算问题取决于输入——一个数或者一组较复杂的数据。素数算法取决于输入数 n 。我们用表示输入的二进制数位（0或1）的个数来度量输入量。在这里，输入量大致为 $\log_2 n$ ，我们所关心的是算法的运行时间——计算步骤数——是如何随输入量而变化的。这似乎取决于计算步骤的精确类型——例如，乘法比加法花费更多的时间——但最本质的区别并不受这些考虑的影响，这不是精确的运行时间，而是当输入量增加时运行时间的增长方式。

这种不适用的试除法运行时间的数量级大致是多少？对一个有 n 个二进制位的数，其数量级为 2^n ，所以，它的平方根的数量级为 $2^{n/2} = (\sqrt{2})^n$ 。当 n 增加时，它迅速地按指数增长，这表明即使是中等大小的数字 n ，这种算法也不适用。求两个数的最大公约数的标准欧几里得算

法（图4），当输入的数为 n 个二进制位的数时，其运行时间的数量级为 $16n$ 。对于 n ，它是线性的，所以增长慢得多；对于100万位的数，只需1600万次运算。在我们假设的超级计算机上，只用不到1秒钟时间。

图4
欧几里得算法



用欧几里得算法求两个整数 (m, n) 最大公约数的框图

运行时间大约为 n^2 或 n^3 的算法，或更一般地，为 n 的某固定次幂的算法也是“实用”的。从

理论上,运行时间最多为 Kn^a (K 与 a 为常数) 的算法和运行时间大于 Ln^b (L 与 b 为常数) 的算法是有本质区别的。前者被称为以“多项式时间”运行(或称属于 P 类),后者则以“指数时间”运行。介于两者间的算法是比“多项式”快,比“指数”慢的算法。最著名的素数检验算法事实上就是这类算法。

复杂性理论的核心是算法运行时间如何随输入数据规模而增加的,这就给算法可能有的效率加上了极限。中心难点在于证明有些问题必然导致低效算法。主要困难是,如果一个问题的最著名算法是以指数时间运行的,那么我们就不能得出结论说,解决同一问题的每一种算法也都是以指数时间运行的。可能存在一种迄今未知的,运行速度快得多的算法。

一个最恰当的例子是巡回推销员问题。它于本世纪 30 年代运筹学产生初期首次出现在美国。一个推销员要周游一些城市并回到出发地。当给定这些城市和它们之间的距离时:最短的路线是什么?同素数检验一样,最显然的方法是试遍所有可能的路线,其效率低得无法接受。对于 n 个城市,旅行次数为 $(n-1)!$ 远远超过指数增长速度。

对巡回推销员问题存在高效算法吗?特别是,是否存在 P 类算法?至今尚未有人发现。目前对于这类问题的研究把注意力集中在一类被称为 NP (non-deterministic polynomial time, 非判定性多项式时间) 的特殊问题上。大概地说,这是对任何可能的解均存在一种有效验证过程的问题。例如,虽然要用几天时间去解一种复杂的拼板图 (Jigsaw Puzzle),但只要看一眼便知答案是否正确。巡回推销员问题属 NP 类。在有效地检

验一个解法和有效地找到一个解法之间存在着巨大的概念空白。请想一下拼板图游戏。确实在整个领域内最大的悬而未决的难题是: NP 是否与 P 不同。

1971 年,史蒂文·库克^⑧ (Stephen Cook) 发现了似乎是最难的 NP 问题。他阐明了,如果一个特定的数理逻辑问题已知是 NP 类,但实际上却是 P 类,那么每个其余的 NP 类问题都是如此。换言之,如果这一特定的逻辑问题属于 P 类,则 $NP=P$ (尤其是,一定存在一个对巡回推销员问题的高效算法)。这类问题被称为 NP -完备问题。但后来证明了这一特定问题并不像它看上去的那样特殊:实际上每个未知属于 P 类的 NP 问题都是 NP -完备问题——包括巡回推销员问题。原因是这些问题中的任一个问题都可以以一种多项式方式改变运行时间的方法将它转变为其余问题中的任何一个问题的特例。如果有人能证明巡回推销员问题确实很难算(不属于 P 类),则他们将自动证明大量其他问题也都很难算。但甚至无人知道如何下手。

实际上,大量巡回推销员问题可以用特殊方法来解。目前的记录是 3038 个城市(图 5)。但是制造计算机芯片的问题(一束激光依次在不同位置上移动并打出微孔)与一个大于 100 万个城市的巡回推销员问题是等价的。实际上,与最优解有良好的近似就足够了,无需与最优解完全相同。目前已找到许多问题的有效近似算法。然而,1992 年,桑吉夫·阿罗拉^⑨ (Sanjeev Arora)、马德胡·苏丹^⑩ (Madhu Sudan)、拉吉夫·莫特瓦尼^⑪ (Rajeev Motwani)、卡斯滕·伦德^⑫ (Carsten Lund) 和马里奥·圣格迪^⑬ (Mario Szegedy) 等

⑧ 加拿大多伦多大学

⑨ 美国伯克利哥伦比亚大学

⑩ 美国伯克利加利福尼亚大学

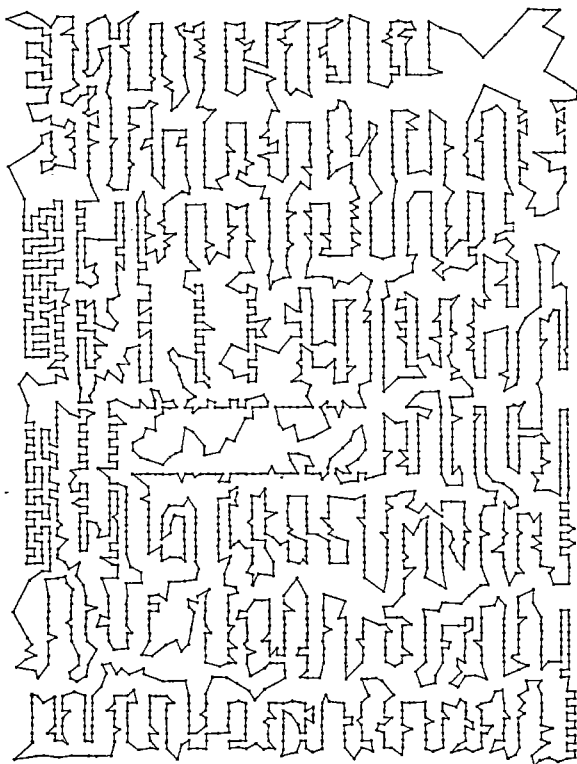
⑪ 美国斯坦福大学

⑫、⑬ 贝尔实验室

人证明：如果 $NP \neq P$ ，则存在一个输入数据的阈值，超出该值时，近似必然恶化。

图 5

巡回推销员问题



目前巡回推销员问题的记录——在一块印刷电路板上通过 3038 个点。

复杂性理论是最有发展前途的领域。基本问题是是否 $NP \neq P$ 是个难题；但为实际问题发明

新的和更有效的算法——精确或近似的，以及为发现已知算法的运行时间发明新技术都有着很大的余地。也有一些重要的扩充。勒努瓦·布卢姆^⑤ (Lenore Blum)、迈克尔·舒布^⑥ (Michael Shub) 和史蒂芬·斯梅尔^⑦ (Stephen Smale) 已发展了一种在实数上模仿数值分析技巧的计算理论。根据该理论，计算可认为达到了无限精度。一项成果是验证罗杰·彭罗斯^⑧ (Roger Penrose) 猜想——曼德尔布罗特集合是不可计算的。任何使用无限精度实数的算法都不可能确定一个给定的数是否属于该集合。复杂性理论为混沌之不可计算性提供了严格的证明。

拉普拉斯算子频谱

宇宙万物都在振动。从遥远的星河系到达我们这里的光线以及传至我们耳朵里的夜莺的歌声，分别靠时空连续统和大气的振动带给我们。一把斯特拉第瓦里小提琴的音调和车轮的稳定性都取决于它们的振动方式。每一物体不仅仅只有一种振动，而且有许多特征谐振频率的振动，这称为正规振动方式。数学上，任何介质的小振幅振动都是用波动方程描述的。这最初在 18 世纪由伦哈德·欧拉在研究乐器时发现的，但约瑟夫·路易斯·拉格朗日把它扩展到声波，紧接着又进行进一步的扩展。波动方程已成为所有数学物理方程中最重要方程式。它的数学形式为

$$\frac{d^2 f}{dt^2} = \Delta f$$

式中拉普拉斯算子 Δ 定义为

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}.$$

⑤ 美国伯克利国际计算机服务所
 ⑥ 美国约克镇高地 IBM 托马斯 J·沃森研究中心
 ⑦ 美国伯克利加利福尼亚大学
 ⑧ 英国牛津大学

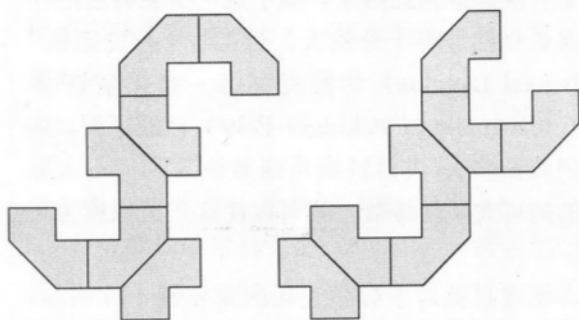
一种振动形状 (Shape) 的特征频率对应于拉普拉斯算子的特征值 λ , 即 $\Delta f + \lambda f = 0$ 的解。在这个方程中, 应认为在其余形状振动时其边界保持不变, 就像鼓或小提琴弦那样。

小提琴振动的基本频率是由弦的松紧程度决定的。但它也能产生基本频率的谐振——二倍、三倍或四倍于基本频率的振动。其模式很容易描述: 可能的频率按整数级数 $1, 2, 3, \dots$ 。但形状越复杂, 产生的频率级数也越复杂。赫尔曼·韦尔证明: 如果边缘平滑, 所有形状以一系列频率振动

$$\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \lambda_3 \leq \dots$$

这个序列称为该形状的频谱。

图 6
两面不同的鼓, 振动频谱相同



1966年, 马克·卡克 (Mark Kac) 提出了这

样的疑问: 不同形状是否一定有不同频谱。他问道: 你能听出一面鼓的形状吗? 他指出, 鼓的面积和周长——平面上的二维形状——是由鼓的频谱确定的 (韦尔曾证明过一条定理, 它间接指出面积是这样确定的, 见下文)。四分之一世纪以后, 他的问题已由卡罗琳·戈登^⑩ (Carolyn Gordon)、戴维·韦布^⑪ (David Webb) 和斯科特·伍尔珀特^⑫ (Scott Wolpert) 作出了否定的回答。他们制造了有相同频谱的两面不同的鼓 (图 6)。自 1964 年以来, 人们发现了更高维数上的类似例子。1964 年, 约翰·米尔诺^⑬ (John Milnor) 发现了在两个不同形状的 16 维圆环具有相同的频谱。1985 年, 砂田俊和^⑭ (Toshikazu Sunada) 发现了两个不同形状具有相同频谱的通用判断标准。据此, 彼得·比泽^⑮ (Peter Buser)、罗伯特·布鲁克斯^⑯ (Robert Brooks) 和理查德·蔡^⑰ (Richard Tse) 发现了三维空间中两个不同曲面 (钟) 具有相同的频谱。

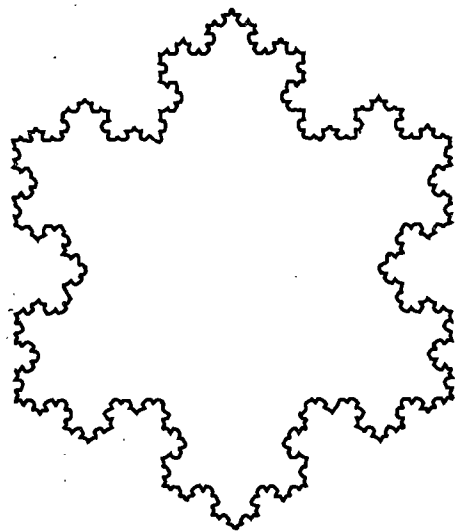
赫尔曼·韦尔的早期成就之一是证明了: 一个流形的频谱永远确定其多维“体积”。他完成这一证明是靠证明一个描述高频振动的渐近性质的公式。具体地说, 设 $N(\lambda)$ 为小于一个给定值 λ 的特征频率, 他证明, $N(\lambda)$ 渐近 $k\lambda^{n/2}$, 其中 n 是振动物体的维数, 常数 k 取决于物体的体积。“渐近”一词的意思是当 λ 趋于无穷大时, 真正的解答与韦尔给出的答案之比趋于 1。但这很粗糙。要改进韦尔公式, 我们必须先问误差可能有多大。1980 年, 迈克尔·贝里^⑱ (Michael Berry) 根据物理学猜想: 韦尔结果的更准确的形式能成立, 它

⑩、⑪ 美国达特茅斯大学
⑫ 美国马里兰大学
⑬ 美国普林斯顿高级研究所
⑭ 日本名古屋大学
⑮ 瑞士洛桑 Ecole 综合工艺学校
⑯ 美国南加利福尼亚大学
⑰ 不详
⑱ 英国布里斯托尔大学

不仅适用于韦尔所想象的平滑边界，而且适用于具有分数维边界的形状。

分数维是在所有尺度下均有精细结构的形状。许多自然界的物体都由分数维模拟，而不是用光滑表面模拟。分数维物体的振动非常重要。这样的例子包括湖岸不规则的湖中水的振动；整个地球地震颤动；墙面形状不规则的音乐厅的声学特征。原型分数维是雪花曲线（图7）。从一个等

图7
雪花曲线



资料

来源：Peitgen H.-O., Jürgens, H. and Saupe, D. (1993) *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science*, New York, Springer-Verlag: 99, Figure 2.29.

边三角形开始。在每一边上加上一个三分之一大小的等边三角形。无限重复加上越来越小的三角

形。一个雪花形的鼓是如何振动的呢？根据贝里的理论，在观察微小细节以前，它很像一面边缘平滑的鼓；高频振动透进边缘的微小裂隙中，所以 $N(\lambda)$ 数会更大。贝里给出论据说明误差为 $\lambda^{d/2}$ ，其中 d 是雪花边界的维数。

边界为一个不规则的分数维时，边界的维数又是什么意思呢？贝里的猜想为：它应当是分数维的维数，或豪斯多夫-贝西科维奇维数。这一概念对分数维的分析十分重要，它度量分数维在尺度变化情况下的行为。特别是它不像较常用的维数概念，不一定是一个整数。雪花的 d 值为 1.2618。因此，韦尔公式的误差的数量级为 $\lambda^{0.6309}$ ，而平滑边缘鼓面的韦尔公式误差的数量级为 $\lambda^{0.5}$ 。

关于贝尔猜想，第一点要说的是，它是错误的。1986年让·布罗萨德^⑧ (Jean Brossard) 和勒内·卡蒙纳^⑨ (René Carmona) 证明了这一点。看上去事情好像到此结束，除了这一猜想背后的物理直觉仍然显得十分诱人。迈克尔·拉皮德斯^⑩ (Michael Lapidus) 和雅克利娜·弗莱金格-佩莱^⑪ (Jacqueline Fleckinger-Pellé) 已经证明，如果把豪斯多夫-贝西科维奇维数换为人们不太熟悉的闵可夫斯基维数，就可以使这一猜想成为正确。

物理直觉对于数学发现的重要性十分明显，对韦尔这一经典结果的重要扩展正是这一点的极好例证。但它也给我们许多教训。一是需要适当的数学精确性。没有这一点，人们还不会发现分数维最通用的定义在此处不合适。二是虽然直觉可以提示某些结果正确，但它并不总是给出正确的求证方向——这里需要的是经典的解析方法。三是在纯数学中相对被忽视的概念——这里是闵

⑧ 法国格勒诺布尔大学

⑨ 美国欧文加利福尼亚大学

⑩ 美国阿森斯佐治亚大学

⑪ 法国图卢兹大学

可夫斯基维数——可能突然在新的应用中焕发活力。

数学需要科学，而科学也需要数学！

1990年菲尔兹奖

没有为数学家设立的诺贝尔奖。但如果从金钱上看，有一个与之具有同样威望的奖，这就是菲尔兹奖。这是加拿大数学家J·C·菲尔兹(Fields)捐助的，每四年在国际数学家大会(ICM)上颁发一次。同样还有一个为计算机研究而设立的奖——罗尔夫·内范林纳(Rolf Nevanlinna)奖，也在ICM大会上颁发。最近的一次国际数学家大会于1990年在东京举行，会上颁发了四项菲尔兹奖和罗尔夫·内范林纳奖，以下是获奖者的简介。

菲尔兹奖

弗拉基米尔·德林菲尔德(Vladimir Drinfeld, 俄罗斯哈尔科夫FTINT) 因参加朗兰德(Langlands)计划而获奖。该项计划主要是试图弄清局部和全局一维场中的伽罗华群；瞬子的分类；量子群——对经典李群的令人瞩目的推广，这项工作是在霍卜夫(Hopf)代数的框架中进行的。

沃恩·琼斯(Vaughan Jones, 美国加州大学伯克利分校) 研究重点是冯·诺伊曼代数的指数定理，它与新的结点不变式的关系以及它与统计力学和量子群的关系。

森重文(Shigefumi Mori, 日本京都大学)

主要研究三维代数簇分类——这是对由多项式方程定义的曲线和曲面的三维模拟。

爱德华·威滕(Edward Witten, 美国普林斯

顿高等研究所) 主要研究超对称和莫尔斯理论；狄拉克(Dirac)算子的指数定理；串论(string theory)中的刚性定理；通过运用拓扑量子场论和爱因斯坦引力理论中能量为正的证明来给出结点不变式的内蕴解释。

内范林纳奖

亚历山大·拉兹博罗夫(Alexander Razborov) 推导出各种计算问题复杂性的下界，此研究是在布尔电路模型基础上进行的。

关于计算机的争论

随着大容量内存计算机、快速算法和良好图形的不断出现，数学家们获得了强有力的实验工具。他们可以彻底试验问题的特例，看看计算机得出什么结果。这样，他们就可以考虑这些实验所揭示的模式，设法证明它们在一般情况下也会出现。然而，实验——即使是大规模的实验——也可能出现误导。例如，计算机实验表明，在几十亿的上限之内， $4k+1$ 型素数少于 $4k+3$ 型素数。这似乎是有力的证据。但事实上人们已证明 $4k+1$ 型素数最终会赶上 $4k+3$ 型素数。这方面一个早期的定理证明： $4k+1$ 型素数在达到 $10^{10^{34}}$ 的上限之前一直领先，这个上限是如此之大，直接实验永远无法发现。

数学实验并不是什么新奇东西。例如，卡尔·弗里德里希·高斯(Carl Friedrich Gauss)的笔记本就记录了无数项计算结果，他试图从这些计算中推测数论问题的答案；牛顿的论文也包含大量的实验计算。新奇的是计算机，它可以进行大量的实验，远远超过人的大脑的能力；数学家更愿意披露他们利用实验的情况。现在他们发表这些实验结果，即使它们缺乏严格的证明。事实上，一种实验数学的期刊已经问世。

实验数学引起了争议。一些数学家，包括美

国华盛顿大学的史蒂文·克兰茨 (Steven Krantz) 和西北大学艾凡斯顿 (Evanston) 分校的约翰·弗兰克斯 (John Franks), 非常不喜欢这种方法, 并撰文加以批评。他们认为这有损于这门学科的完整性。他们指出, 实验可能会产生误导: 例如, 曼德尔布罗特集合的图形使它看上去是不连通的, 但它实际上是连通的。

实验数学的提倡者 (包括曼德尔布罗特本人) 争辩说, 反对派尚未完成其家庭作业。他们认为, 对于数学研究人员——尤其是未来的一代人——来说, 不仅要看到漂亮的证明, 而且还要看到导出这些证明的证据, 这一点是非常有价值的。他们指出, 所有实验都需要仔细地设计和解释。当曼德尔布罗特第一次画出他的集合的图形时, 他发现了一些与图形其余部分分开的微小斑点。但任何从事计算机图形研究的人都会很快发现, 在图形的分辨率极限以下, 可能有更细微的不可见结构。确实, 曼德尔布罗特猜想该集合是连通的; 这成了一个著名的数学问题。

实际上, 美国里士满 (Richmond) 大学的约翰·哈伯德 (John Hubbard) 和法国巴黎南部 (Paris-Sud) 大学奥尔赛 (Orsay) 分校的阿德里安·杜阿迪 (Adrien Douady) 用严格的方法证明了曼德尔布罗特集合确实是连通的。哈伯德解释说, 计算机图形在发现证明方面起了重要的作用。这些图形用多色轮廓线表示集合, 结果发现, 它们不包围那些斑点, 而如果斑点真的不连通, 则不该如此。相反, 他们看上去好像镶嵌在这些斑点与曼德尔布罗特集合主体之间的细丝周围。这个实验根本没有误导, 而是直接指明了真理。

解决这个争议是比较直接了当的。如果不好好地做计算机实验, 或忘记了计算机图形没有显示的东西而草率地得出了不成熟的结论, 那么就很可能得出谬论。但解决这些问题的正是任何实验者的技巧和经验。大多数数学家很高兴使用计算机作为启示有意义定理的工具。他们承认, 实验

不是证明, 但他们发现实验十分有用。他们既不排斥计算机, 也不完全相信计算机的结果, 像在其他科学领域一样, 在数学领域中理论和实验可以携手同行。

关于开普勒的争论

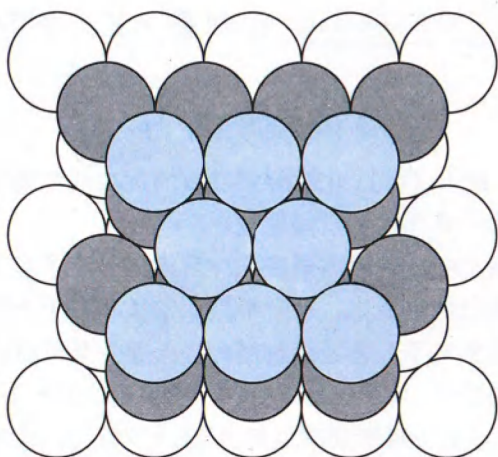
数学中最古老的难题之一是比费马最后定理早提出 30 年的开普勒问题。在将近 400 年的时间里没有丝毫进展。直到 1991 年, 美国加州大学伯克利分校的项武义 (音译 Wu-Yi Hsiang) 宣称得出了证明, 但其正确性目前正在争论之中。

约翰内斯·开普勒以他的天体运动定律而闻名于世。但在一本作为送给他的资助人的新年礼物的他的著作中, 他仔细思考了雪花的形状: 为什么雪花是六角对称的? 这个疑问引导他对晶体结构进行了令人瞩目的深入观察, 这比物理学家开始探讨物质的原子理论要早三个世纪; 与此同时, 他研究了如何把一些完全一样的球体充填在尽可能小的空间内的数学问题。他考虑了三种充填办法。这些方法被晶体学家称为立方晶格、六角形晶格和面心立方晶格 (见图)。开普勒断言, 可能最紧凑的方法是面心立方晶格。开普勒问题就是要证明这一点——不仅对这三种充填方法, 而是对任何规则或不规则的充填方法。充填的密度 (球体所占空间比例) 为 $\pi/\sqrt{18}$, 大约为 74%。

项的证明完全使用经典的球面几何语言——向量和微积分。在第一版中, 错综复杂的几何占了 100 页。该论文尚未出版, 但预印本已广泛散发。大约经过一年时间, 人们对此证明才公开提出疑问。美国普林斯顿大学的约翰·哈顿·库韦 (John Horton Conway) 与芝加哥大学的托马斯·黑尔斯 (Thomas Hales) 首先公开了他们的怀疑。他们指出了项的预印本原文中的几个明显错误。此前, 项已经对此作了修正, 并大大精简了他的证明。但现在许多数学家对花费很多时间去

了解那个新证明抱谨慎态度，因为原来的证明错误百出。

广泛推测连续三层面心立方晶格是在空间内充填相同球体最有效的方法。



在试图了解新证明的数学家中，挪威奥斯陆大学的约恩·雷德 (Jon Reed) 确信现在的证明是正确的。被最广泛接受的结果是美国麻省贝都福 (Bedford) 市迈特公司 (Mitre Corporation) 的道格拉斯·穆德 (Douglas Muder) 所做的工作。他证明任何球体——充填的密度最大为 77.386%。项所尝试的证明中作了穆德所说的“无根据的断言”。穆德对此仍感忧虑。他情愿相信有可能精确地证明这些断言是正确的，但他又说，现在的证明还做不到这一点。另一方面，项相信这只不过是等待其他人的几何直觉能够赶上他的几何直觉。

每当开始出现对未解难题的又冗长又复杂的证明时，数学家会花费很长时间去仔细检查它们：

理解主要思想，摸清证明思路。定理越是重要，数学界的最初反应就往往越是怀疑重重。复杂证明的最初版本几乎总是包含着一些错误：有些错误是致命的；有些错误是可以修正的。对于开普勒问题，还没有终审结果。数学证明的社会问题几乎同逻辑一样复杂。

伊恩·斯图尔特 (Ian Stewart) 英国瓦立克大学数学研究所教授，曾在德国、新西兰和美国任客座教授。他是数部数学著作的作者，并为《科学美国人》杂志的“数学游戏”专栏撰稿。目前他研究对称对动力学的影响及其在图样形成、动物迁移和混沌等方面的应用。

FURTHER READING

Technical Surveys: Mathematical Society of Japan (1991) *Proceedings of the International Congress of Mathematicians, Kyoto 1990*, 2 volumes, Tokyo, Berlin, Heidelberg and New York, Mathematical Society of Japan and Springer-Verlag.

Informal Discussion: Stewart, I. (1992) *The Problems of Mathematics* (2nd edition), Oxford: Oxford University Press.

物 理 学

菲利普·F·舍韦

从被认为是所有粒子中最小（也许小到呈点状）、最基本的粒子——夸克开始，随尺度增大到原子核、原子、固体、行星、星系，直至整个宇宙，回顾在距离标度如此浩大的范围内增添的新知识，对物理学近期的进展，或许可能获得一个最清晰的全貌。

在理论前沿，作了很大努力使各部分知识统一起来，无论是亚原子粒子间相互作用所特有的小尺度还是星系形成与碰撞这种巨大尺度方面的知识。

在实验前沿，激光器、显微镜、原子陷阱、加速器和望远镜等一直在改进着，从而使我们能在空前的温度（从万亿分之几度至几万亿度）、波长（从来自太阳系边缘的长波射电波至来自银河系中心的极短伽马射线）、时间（Z 粒子在 10^{-24} 秒内衰变，而宇宙微波要花 150 亿年才能到达地球）范围内取样研究大自然。

粒子物理学的标准模型

物质的基本成分是什么？早期有希腊人认为大自然的砌块是“原子”。中世纪的思想家们则认为，所有物质均由火、气、水、土这四种要素组成。近几个世纪，随着越来越多的化学元素的发现，认为原子是物质基本单元的看法又重新流行

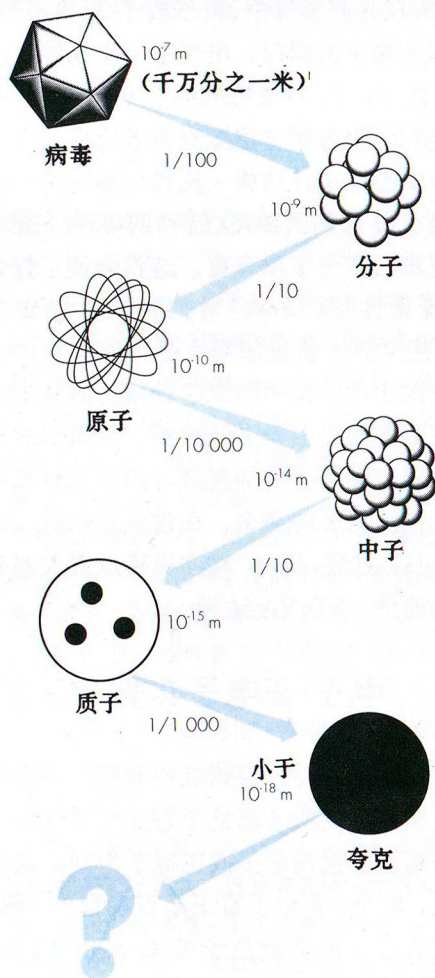
起来。到 19 世纪，化学元素性质的规律性日渐明显，终于整理出元素周期表。

到 1911 年，欧内斯特·卢瑟福证实原子本身还有自己的组成物，即一个重原子核和若干个绕核旋转的电子。他是通过用 α 粒子轰击金箔而证实这一点的。只有在金原子有一个重核的情况下， α 粒子才会出现所观察到的散射。后来发现，核本身又是由中子和质子组成的。现在知道，即使这些到 60 年代末仍被认为是基本粒子的中子和质子也有称为夸克的组成物。

在过去 20 年左右的时间中，正在出现一种对粒子物理学的全面概念，其中包括对已知物理力的描述以及关于基本粒子由何构成的一致意见。这种理论框架称为标准模型，它认为，有两个主要的基本粒子族：夸克和轻子。前者有六种类型，即六种“味”：上、下、奇、粲、顶、底；后者也有六种“味”：电子、电子中微子、 μ 子、 μ 子中微子、 τ 子和 τ 子中微子。标准模型断定，所有其他粒子均由这些最基本的粒子构成。在实验室中可以探测到轻子，直接加以研究，但夸克从不单独出现，而仅以组的形式出现，两个一组（束缚态）的称为介子（例如像 π 介子和 k 介子），三个一组的称为重子（如质子和中子）。粒子大体可以进一步划分为两大类：费米和玻色子，前者具有半整数自旋，后者则具有整数自旋（0 或 1 或 2，

等)。

图1
物质的结构 (以米计的特征尺度)



标准模型的另一个重要法则是,所有粒子通过四种力相互作用,每种力由一个特殊的“规范

玻色子”(规范这个词是早期理论遗留下来的)携带。这四种力是:

强力 由胶子携带,仅在原子核内起作用,使原子核保持为一整体;

弱力 由 Z^0 、 W^+ 、 W^- 粒子携带,也在原子核内起作用,但比强力弱得多,是它引起某些类型放射性衰变;

电磁力 由光子携带,它将多个原子聚集在一起,是它引起所有的电磁现象和化学反应;

引力 体现为引力子的粒子形式,是四种力中最弱的力,但在宇宙的大距离、大质量尺度上却是强有力的。

标准模型包含几种专门理论,称为规范场论,均蕴含规范玻色子携带四种力的概念,其中之一是量子电动力学(QED),即电磁力的理论。QED对多种电磁现象,特别是原子尺度上的电磁现象,作出了许多高度准确的预测,大量的实验也证实了该理论的正确性。弱电理论将电磁力和弱力统一进一个数学方程。今天看来,这两种力性质明显不同,但人们认为,在宇宙较早的寒冷时期,它们是同一种基本力的两种表现形式。第三种理论是量子色动力学(QCD),描述强力。凡是借助强力相互作用的粒子(无论是介子还是重子)通称为强子。按照QCD,夸克具有一种特殊的负荷,称为色荷(类似于电荷);因此,夸克之间的强力有时叫做色力,色动力学一词即源于此。还有一种理论,即大统一场论(由于未包括引力,这一名称有些不妥),它试图将强力与弱电力统一起来。

对于所有这些理论都必须用实验加以检验。由于对粒子性质的研究及对新的力的探索通常都是通过使粒子在高能下碰撞来进行的,粒子物理学常常被称为高能物理学。加速器可将粒子束加速到接近光速,的确可与在尽可能最小的尺度上展示物质的巨型显微镜比美。随着加速能量的提高,“分辨率”,即探知物质细节的能力,也越来越高。

由于这个原因，粒子物理学中的许多术语都源于将粒子加速到高能的需要。例如，已成为能量标准单位的电子伏(eV)，其定义为一个电子因1伏电位差而加速所获得的能量。今天，加速器通常产生数十亿eV(GeV，即吉电子伏)甚至数万亿eV(TeV，即太电子伏)的粒子束。以至质量也用eV这个单位表示：质子的质量为 $0.938\text{GeV}/c^2$ ，式中c为光速。

质子-反质子实验

为了在更小的距离尺度上探查物质，科学家需要越来越高的能量，越来越大、越来越昂贵的“显微镜”。能量最高的机器是两束质子在其中对撞的加速器。在得克萨斯州达拉斯附近正在建设的超导超级对撞机(SSC)中，两束独立的质子将沿83公里的圆形轨道疾行，并将以40TeV的总能量在几个指定的相互作用区对撞。这项110亿美元的工程预定下世纪一开始时完成。

正在建造中的另一台大型质子-质子对撞机是大型强子对撞机(LHC)，它可能使用日内瓦欧洲原子核研究组织(CERN)实验室的大型电子-正电子对撞机(LEP)目前使用的那条27公里长的地下隧道。LHC(其总能量为16TeV，略低于SSC的总能量)工程尚未被CERN的多国委员会完全批准。上述两台对撞机的目标相似：在小距离尺度上——或许小至 10^{-18} 米——研究物质，并探索新粒子，例如假设的希格斯玻色子。

目前位于伊利诺斯州芝加哥附近的费米国家加速器实验室(简称费米实验室)的7公里Tev.对撞机所产生的碰撞能量在现有加速器中是最大的，质子和反质子束碰撞的总能量高达1.8TeV。除了产生对撞的粒子束之外，Tev.对撞机也产生能轰击静止靶的粒子束。这些粒子束既可以由质子构成，也可以是各种次级粒子如介子和中微子。

或许费米实验室当前最重要的目标是探索顶

夸克(见图B，彩色插页ii)。顶夸克是标准模型所规定的6种夸克中唯一的一种迄今尚未在实验室实验中观察到的夸克。CDF(费米实验室对撞机探测器)协作组最近的报告排除了顶夸克的质量小于 108GeV 的可能性。D0探测器报道了一个类似值， 103GeV 。这两台巨型探测器(每台聘用400余位物理学家，由许多国家合作)已经记录了几起(CDF正式记录2起，D01起)暗示顶夸克产生的事件，在这些事件中，由于质子-反质子对撞，在产生其他粒子的同时，出现了一个高能 μ 子或电子。然而，Tev.对撞机的科学家承认，这些事件也可能归因于各种非顶夸克背景反应。

费米实验室主任约翰·皮普尔斯认为，每台探测器至少要探测到10次这样的事件才能够考虑明确宣布已产生了顶夸克。这就强调了探索顶夸克的统计性质：Tev.对撞机的能量要产生 200GeV 甚至更大质量的夸克是绰绰有余的，但在任何一次相互作用中出现这种情况的几率太小了。现在需要的是多得多的数据，而做到这一点的一条重要途径是要增加亮度，即可以将束粒子带到相互作用点上的速率。在预定的停机(1993年6—10月)之后，Tev.对撞机将以更大的亮度和更高的能量(2TeV)运转。

电子-正电子实验

SSC、LHC和Tev.对撞机均使用质子束或反质子束，质子和反质子都是含夸克的复合物。某些类型的实验以使用电子或正电子为好；诚如理论家所说，电子、正电子真正是点状粒子，例如，弱力携带者之一的Z玻色子是80年代初期首先在CERN的质子-反质子对撞机上探测到的。但是，自此以后，研究Z玻色子主要是用电子-正电子对撞机进行。从电子与正电子相互碰撞并湮灭时所产生的微小火球中产生Z玻色子(如果碰撞能量适当，产生的数量很大)。

的确，LEP的四台探测器已记录了100万个以上的Z玻色子，而加利福尼亚斯坦福直线加速器中心（SLAC）的斯坦福直线对撞机（SLC）记录到的数量要少得多。LEP和SLC的碰撞能量均为100GeV。LEP是一个传统的贮存环式加速器，电子和正电子束绕磁铁环运行千百万次，而SLC上的粒子跑完3公里长的直线加速器通道之后即被引入（电子沿一个方向，正电子沿另一个方向）半圆形短臂，随后在探测器区域内碰撞一次，

便不再循环。

Z玻色子的特性

在SLC和LEP上进行的实验主要是研究Z玻色子的特性及弱电力的各个方面。让我们来看一张以观察到的湮灭事件次数作为碰撞能量函数的曲线图。曲线在91GeV能量附近的峰相当于Z玻色子的共振产生；也就是说，虽然Z玻色子并不作为自由粒子存在，但自然界已作此安排：当

用捕集的原子进行实验

各种原子物理学实验均有赖于捕集为数不多的原子和分子并加以研究的能力。捕集装置通常使用有时候称为“光学糖浆”的一组激光器来降低原子的运动速度，有时还借助于静电场及磁场使原子整齐地固定在适当位置上。这种慢原子小样品的“温度”极低。例如，美国斯坦福大学的史蒂文·楚及其同事将钠原子样品冷却，然后使用另一个激光器将它们向上推入一个空腔中，空腔中可以凭借速度进一步筛选原子。用这种方法得到了速度扩展（一维）仅270微米/秒（相当于“一维温度” $24 \times 10^{-12} \text{K}$ ）的次级原子束。

麻省理工学院戴维·普里查德领导的小组以20—100倍于过去的精度重新测定了原子的质量（见图C，彩色插页ii）。氢、氘、氧、氮、氩的质量均已重新测定，误差为 $1/10^{10}$ 。研究人员测量原子质量用的是彭宁陷阱，这种装置将一个孤立离子在磁场中的回旋运动同一个参考离子对比；两个回旋频率之比就确定了二者的相对质量。然后，将相对质量换算成以C-12为基准的质量尺度。麻省理工学院的

科学家还提到，他们希望“称量”化学键的结合能；但这需要将精度提高10倍。普里查德认为，这一数量级的改进要求开发一种让两个离子同时占据彭宁陷阱的技术。华盛顿大学的罗伯特·范戴克业已报道，用彭宁陷阱测量的氦-3与氦之间的质量差为18590.1eV，误差1.7eV。这一测定为研究非零中微子质量可能性而进行的氦β衰变实验提供了系统验算的手段。

科罗拉多州博尔德城国家标准和技术研究所的乌利·艾克曼小组进行了一次新方式的杨氏干涉实验，不使用屏上的一对狭缝，而使用原子陷阱中的一对汞离子来散射光波和产生干涉条纹。研究人员用一束激光将被约束在原子陷阱非均匀电场中的这对离子冷却到 10^{-6}K ，同时用这束激光作为产生干涉效应的光源。在这对离子的几个相对间隔（典型情况为几微米）上产生了稳定的干涉图案。反之，这种干涉图案可用来作为各种陷阱实验中测量离子温度或间隔的诊断手段。

一个电子和一个正电子在 91GeV 碰撞能量下湮灭时所释放的能量应当以一个 Z 玻色子的形式出现。虽然 Z 玻色子寿命非常短，很快就发生衰变，但科学家仍能弄清很多有关它的问题。例如，图中峰的中心出现在与 Z 玻色子质量相等的数值处。目前 LEP 测量结果得到的该值为 91.187 (误差 0.007) GeV/c²。

峰的宽度也很重要，海森堡测不准原理规定，Z 玻色子共振峰的宽度反比于 Z 玻色子的寿命，寿命又取决于有效衰变几率。基本粒子的种类或“世代”（至少是质量小于 Z 玻色子质量一半的粒子世代）越多，Z 玻色子的寿命就越短，峰宽也就越大。标准模型通常容纳三代——电子、 μ 子和 τ 子——但并不明显排除其他世代的可能性。业已计算出，每一代对 Z 玻色子共振峰宽度的贡献约为 160MeV，所以，精确测定这一宽度就能提供出粒子的世代的可能数目。在 LEP、SLC 甚至在 TeV 对撞机中进行的实验表明，粒子世代总数恰好是我们已经知道的三代。确定了这一点不仅对粒子物理学家是重要的，而且对于正试图解决早期宇宙动力学的宇宙学家也很有意义。

注意到如下一点是很有意思的：月亮的潮汐效应是造成 Z 玻色子质量测定误差的主要原因。CERN 的科学家在 SLAC 和洛桑大学工作人员的帮助下已发现月亮的引力使 LEP 对撞机（总周长 27 公里）变形 1 毫米。这使 Z 玻色子质量估计值的误差约 10MeV。今后，对粒子束能的校准将会考虑月相。

大统一场论

在 LEP 中进行的其他实验旨在检验粒子物理学的大统一场论 (GUT)。大统一场论预言，在非常高能量下 (10¹⁵GeV) ——相当于大爆炸之后很早时期的普遍条件，电磁力、弱力和强力在强度上应当是可以相比的。在粒子加速器中可以得到的较低能量下，这三种力的相对强度表为 3 个

“耦合常数”。科学家们利用 LEP 的数据业已外推出“耦合常数”的值，这些常数一直达到了发生统一的能区。有些科学家声称 3 条曲线未相交于一点是新物理效应可能在起作用的证据，而所谓的标准模型对这些效应未能解释。

“超对称”模型

“超对称”模型对上述行为给出了一种解释。超对称模型是以费米子与玻色子之间假设的对称关系为基础的一种理论。例如，这一理论预言，光子和胶子之类的玻色子有费米子对应物（在此情况下为光微子和胶微子），而轻子和夸克之类的费米子则会有玻色子对应物（在此情况下为新粒子：Sleptons 和 Squarks）。这一理论的目标之一是要将包括引力在内的所有物理力统一到一个框架内。虽然像 LEP 或 TeV 对撞机这些加速器都希望直接在实验室观察到这样的超对称粒子，但 LEP 关于耦合常数的外推值至少提供了关于超对称性的一些间接信息。

SLC 产生的 Z 玻色子远比 LEP 所产生的少，但它能部分地使其电子束极化。在极化的电子束中，某些电子已被特殊定向，使其自旋或与运动方向相同或与运动方向相反。这样极化的电子称为右旋电子或左旋电子。结果表明，弱电子对极化敏感，因此，Z 玻色子产生的过程中应该存在左右不对称。也就是说，就左旋和右旋电子而言，Z 玻色子的产率应该是不同的。SLC 的实验中已经观察到这样的不对称性。

这种左右不对称性可用以测量温伯格角（更准确地说，是温伯格角正弦的平方），这是以得克萨斯大学物理学家史蒂文·温伯格名字命名的系数。它描述了弱电力的理论中 Z 玻色子和光子的相对重要性。SLC 测得的这一系数的新值为 0.2378，其精度可与其他相互作用实验中进行的测量相比。不过，随着 SLC 工作的继续，随着极化水平的提高（迄今极化已达到 50% 以上），温伯

格角的测量精度也将提高。

探索质子的内部结构

到此为止所描述的实验或涉及质子-反质子相互作用,或涉及电子-正电子相互作用。另一类重要的相互作用是电子(或 μ 子或中微子之类的其他轻子)与质子间的相互作用。由于轻子不受核力影响,所以可作为探测质子内部结构的极好探针;它们能透入质子内部,常常达到如此深度,以至于不是被整个质子散射,而是被组成质子的夸克之一散射。CERN的自旋 μ 子合作小组(SMC)进行了一次这样的实验;在实验中,极化的 μ 子被极化的氘(氢的同位素,由一个质子和一个中子组成)散射。这次实验的一个有趣结果是测定出一个质子或中子的自旋中只有很小一部分(不到12%)是来自组分夸克的自旋的。

在SLAC, E142合作小组进行了一次类似实验,采用极化氘-3原子静态靶散射极化电子,得到了完全不同的测定结果:组分夸克承担了核子自旋的60%甚至更多。SLAC的CERN的小组都计划进行更进一步的测量以检验这一重要问题。

能量最高的轻子-质子散射是在德国汉堡的强子-电子环形加速器(HERA)上使30GeV的电子与820GeV的质子相撞时出现的(见图D,彩色插页iii)。HERA的两个参数——质心总能量和动量传递——至少为其他加速器的10倍;在其他加速器上要测试轻子-强子碰撞必须依赖固定靶实验。由于动量传递较大,科学家可以探查质子内物质在极小距离尺度上的分布,就HERA而言,距离尺度可以小到 10^{-18} 厘米,即质子尺寸的万分之一。迟自1992年底起,HERA才进行物理学实验,在这段时期,其科学家仍在努力将运行条件提高到最佳值。

核物理学

轻子和夸克被认为是点状粒子;质子和中子由夸克组成。较大的其次物质组合是原子核。人们有时可以通过被动观察原子核的放射性衰变来研究它,但要使原子核激发到新的奇异能态需要用数百万甚至数十亿电子伏的能量。因此,像粒子物理学家一样,核物理学家也要求助于加速器。

近年研究的一种新型物质是原子序数超过106的超重元素。元素周期表中刚好低于这些元素的重元素是用中子或 α 粒子轰击较轻元素得到的。但由于上述超重元素的固有不稳定性,这种轰击方法不能用于合成原子序数超过106的元素。为此,德国达姆施塔特的重离子研究所(GSI)的科学家不得不使用比较稳健的技术。他们确实使用了加速的重离子束,但使用的能量比较适度,以便入射核与核重量几乎相同的靶核成功地“融合”为一体,产生一个重的复合原子核。新原子核的存在和特性可以从探测其一系列衰变产物如 α 粒子和较轻的下代原子核推断出来。这项研究最终发现了107、108和109号元素,最近已分别按尼尔斯·玻尔、德国黑森州及利斯·梅特内尔的名字正式命名为:Nielborhium、Hassium和Meitnerium。

所有的或几乎所有的电子被剥除的重离子束的出现,使科学家能够研究各种各样的核现象。例如,GSI研究人员最近观察到第一例束缚态 β 衰变。在普通 β 衰变中,一个原子核实质上是通过将它的一个中子转变为一个质子使自身衰变的;在这一过程中,从衰变原子核中逸出两个粒子:一个电子和一个反中微子。但在GSI的实验中则出现了不同的情况:放射出来的电子被束缚在下代原子内;这种所谓束缚态 β 衰变早在1947年就预测到了。GSI科学家是在储存环中循环的完全电离(+66)的镅原子中观察到这一衰变的。虽然

中性的铯原子是稳定的，但它在电子被完全剥离的情况下通过束缚态 β 衰变成为高度电离(+66)的铯(原子序数为67)，以测得的子代铯离子储存时间推算出铯的半衰期为47天。GSI科学家报道说，束缚态 β 衰变对中性原子来说重要性不大，但很可能是高度电离原子(例如原子核合成期间恒星等离子体内的这类原子)的主要衰变形式。研究这些衰变(它随之放射出一个实质上是单能的反中微子)可能得出更精确的反中微子质量范围。

测量S系数

近年进行的另一类核物理实验同天文学家有关联。巨大恒星上氢燃烧的速率，特别是3个氦核融合成1个碳-12以及氦和碳融合成氧-16这两个反应的比率，决定着恒星核心中重元素形成的时序以及巨大恒星接近超新星条件的关键年代表。氧产生的速率，即所谓S系数，业已在两个独立的实验中进行了测量(以前已经测量过碳产生速率)，一个实验是在康涅狄格州耶鲁大学进行的，另一个则是在加拿大不列颠哥伦比亚省温哥华的“胜利”(Triumph)加速器上完成的。在这两个实验中，科学家们研究了氧-16衰变成碳和氦的情况。其所以必须测量这一逆向反应，是因为碳与氦的融合速率小得无法测量，至少在地球上实验室条件下是如此。这两个实验的结果颇为相似，而且基本上与理论计算相符。

超变形原子核是核物质的另一种奇异的形式，它们是因高能碰撞而呈现扁圆形或拉长并迅速旋转的核。这些原子核常常通过射出一串高能(γ 射线)光子而消除自身的受激状态。近年，许多实验室^①的科学家都已观察到，超变形铯-152和铯-151发射的 γ 射线串(或带)与原子量范围为190的原子核(如汞)所发射的 γ 射线带图案

惊人地相似。在能谱上，这种惊人的相似性称为能带孪生现象。据玛丽-安·德兰普兰克(Marie-Anne Deleplanque)^②说，“按我们目前对核结构的认识，对这些特性中的任一种都作不出任何解释。”

带晕圈的原子核

锂-11原子核由9个核子以及稍远处围绕着这9个核子的一对中子组成。这对中子构成弱束缚的晕圈。5年前第一次推测到这一晕圈的存在。当时，核散射实验证明，锂-11的反应几率明显比预期的大，这暗示锂-11原子核的尺寸比普通原子核大得多。今天的一个新实验实际上已经测出了锂-11原子核行将破裂时这个晕圈的大小。在密执安州立大学国家超导回旋加速器实验室，通过用氧-18离子轰击薄锂箔产生出一束放射性锂-11。然后这束锂-11被铅原子核靶散射，后者的电场锂-11相当和缓地破裂为锂-9和一对中子。若锂-11不是被铅原子核而是被诸如铍-9这样的轻原子核散射时，则由于强核力的作用而破碎。这两类散射表明，锂-11的晕圈比铍-9原子核的尺寸大4倍。由于这个晕圈代表了一种“中子物质”，因此，在密执安州立大学以及其他几个实验室(如法国的加尼和萨克莱以及日本的里轩)进行的实验都希望弄清两个晕圈中子间的相互作用以及寻找出带晕圈的其他原子核。

夸克-胶子“等离子体”

在加速器实验中，科学家在寻找的最奇异的核物质形式或许就是所谓的夸克-胶子“等离子体”。这是一种假设的状态，在这种状态中，被约束在原子核中的质子和中子内的组分夸克和胶子

^① 包括美国加利福尼亚州劳伦斯伯克利实验室、芝加哥附近的阿贡国家实验室、英国的达斯顿实验室、加拿大乔克里弗及美国田纳西州橡树岭国家实验室。

^② 美国加利福尼亚州劳伦斯伯克利实验室。

会在高能碰撞导致的高温高压条件下流聚在一起。在迄今采用的最高能量下，所用的最重原子核是硫(原子量 32)，而对迄今用过的最重原子核所采用的最高能量约为每个核子 1GeV。这不足以获得夸克-胶子等离子体，所以核物理学家正在计划更大的实验，使用更重的原子核——能较轻核提供更多的潜等离子体离子——和更高的能量。

在 CERN 的 SPS 对撞机上(80 年代初在这里发现了 Z 粒子和 W 粒子)，铅离子将(大概在 1994 年)被加速到最高达每个核子 180GeV 的能量。纽约的布鲁克海文国家实验室正在兴建的相对论性重离子对撞机(RHIC)到 1997 年将能够以高达 40TeV 的总能量碰撞金离子。在这些极端条件下的相互作用，每次事件应该产生 10 000 个带电粒子，远多于 SSC 对撞机上一次典型碰撞中产生的粒子。

原子和分子物理学

继夸克、质子和原子核以后，原子是宇宙中次最大的物质集聚体。原子和分子的研究大多借助于激光的功能性、可调谐性、高能及窄能谱。中性原子束的使用也很重要。例如，利用通常处理光束的技术来处理原子束越来越普遍了。强激光束所提供的高强电场以及亚微米加工的出现促进了各种原子束分裂器、透镜、反射镜和干涉仪的发展。一个例子是：靠全内反射穿过电介质的激光束将展现一个损耗场，紧靠介质外侧的真空中一个按指数形式衰减的光场。这种光已用于反射中性原子。马丁·西格尔(Martin Sigel)和朱尔

根·姆利内克(Jurgen Mlynek)^④证明，如果能够采用这样或那样的原子反射镜设计，用以构成一个能约束原子驻波或行波的空腔，那么就有可能储存冷原子甚至产生相干原子束。

原子干涉

科学家们^⑤也已使用原子光学来验证原子干涉。干涉是这样一种现象：波(如激光器发出的光波)被分裂并彼此干涉，从而产生一种相长、相消的干涉特征图案。以前曾验证了电子和中子——按量子力学说法，它们均有类波特性——的干涉现象。现在，这一过程已扩展到原子。戴维·E. 普里查德(David E. Pritchard)^⑥使一束高度准直的钠原子束(其德布洛意波长，即钠物质波的波长，为 0.16 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ 米}$))穿过 3 组衍射栅，前两组衍射栅产生干涉图，第三组对衍射图取样。

在另一实验中，O. 卡纳尔(O. Carnal)和 J. 麦林奈克(J. Mlynek)^⑦使一束德布洛意波长为 $0.56 - 1.03 \text{ \AA}$ 的原子氦穿过一组狭缝，在 64 厘米外的一块探测平板上产生干涉图。原子干涉可用于对量子力学进行某些新的研究，而且可能有助于检验广义相对论。或许还可以用于对旋转进行极为灵敏的测量，在惯性导航系统中有潜在用途。例如，史蒂文·楚(Steven Chu)^⑦认为，对局部引力的测量精度可达 10^{10} 甚至 10^{12} 。

原子物理学家当然喜欢研究反原子。制造反氢的第一步即产生正电子和反质子已经相当困难，可想而知，用这些反粒子构成稳定的反原子似乎就更困难了。杰拉尔德·加布里埃列斯

③ 德国康斯坦茨大学。

④ 美国麻省理工学院和斯坦福大学、德国康斯坦茨大学和不伦瑞克大学。

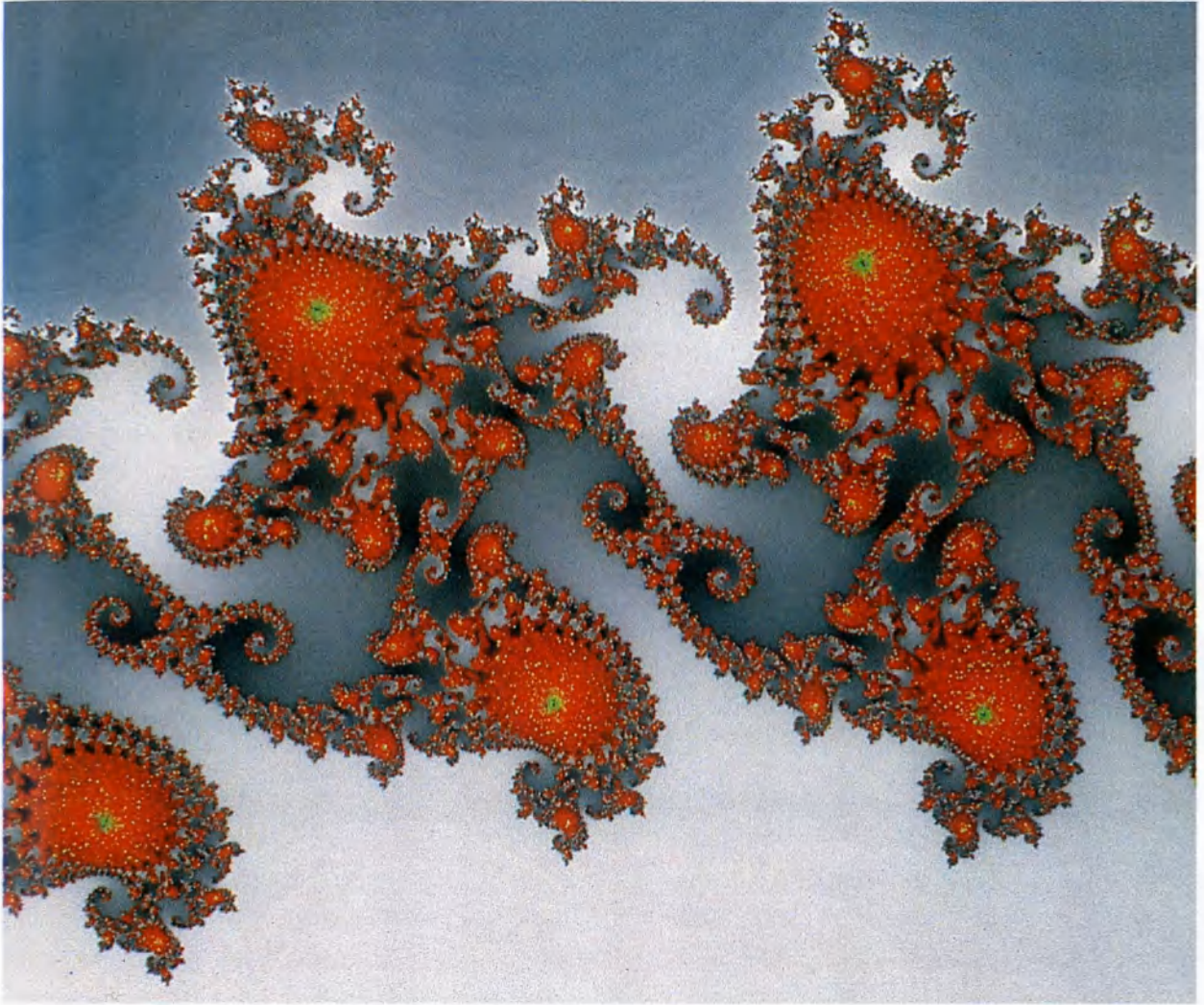
⑤ 美国麻省理工学院。

⑥ 德国康斯坦茨大学。

⑦ 美国加利福尼亚州斯坦福大学。

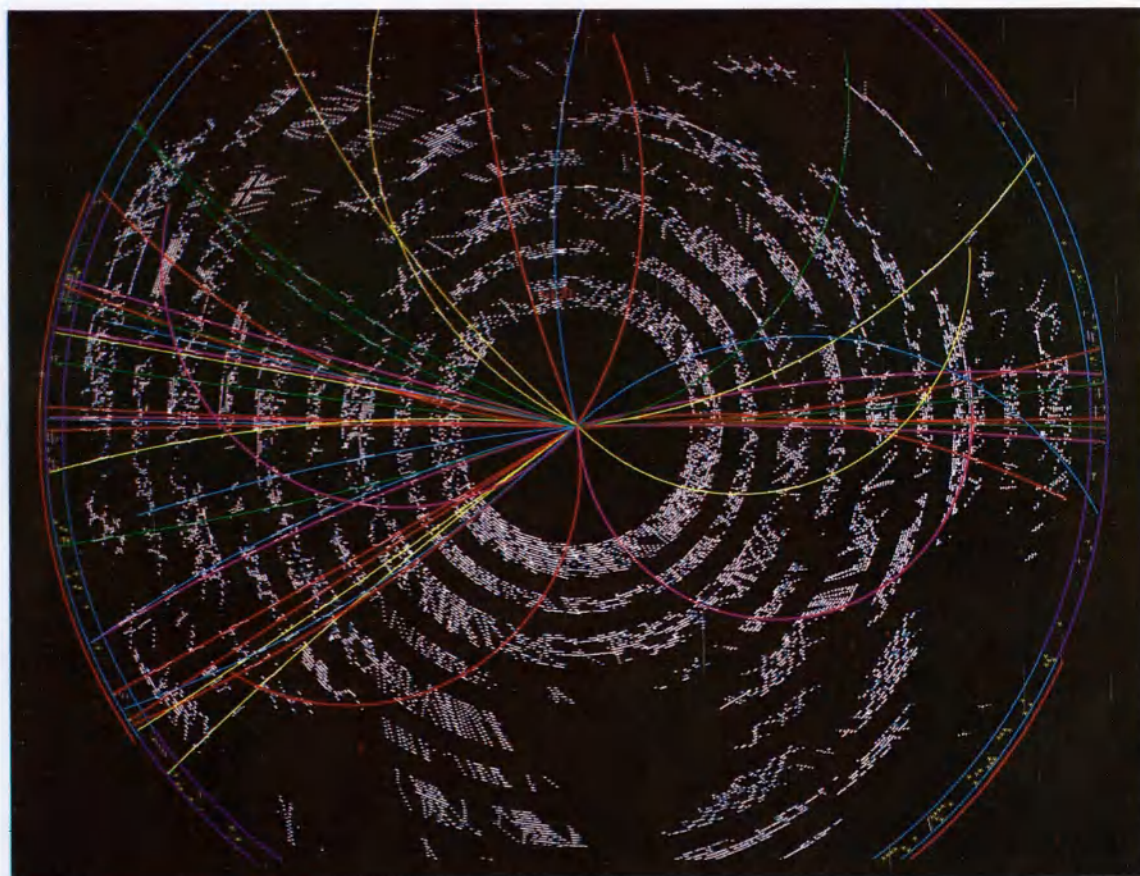
图 A

曼德尔布罗特集合的精细结构



Source: Peitgen, H.-O. and Richter, P.H. (1986) *The Beauty of Fractals*, New York, Springer-Verlag: 85, Map 44.

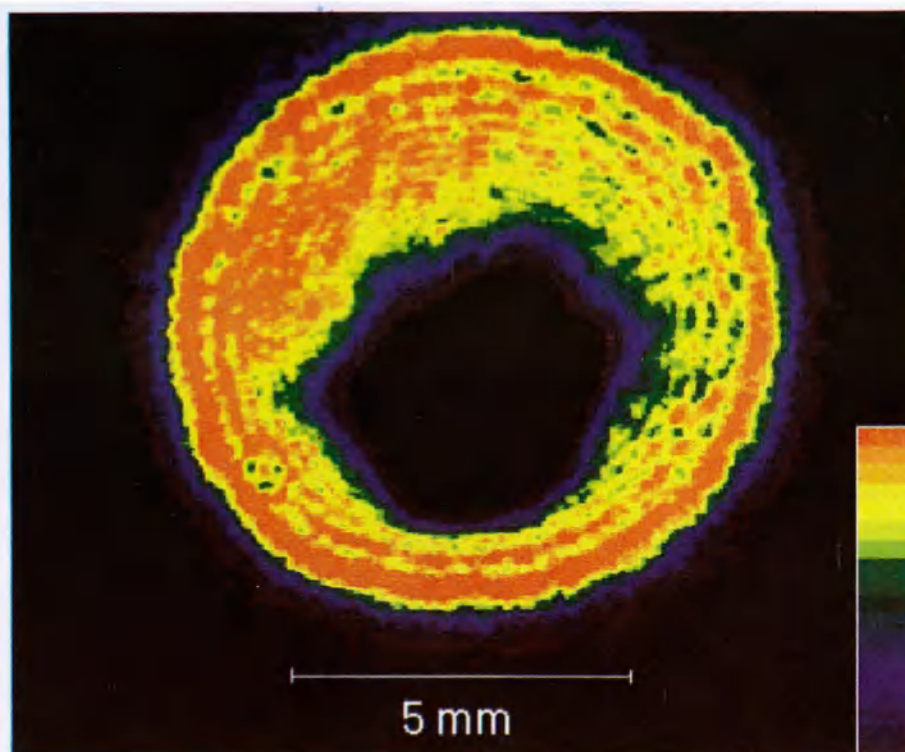
图 B
质子-反质子对撞



这帧计算机重建图中的每条彩色轨迹代表费米加速器实验室一次质子-反质子对撞所发射的一种不同的基本粒子。费米实验室的物理学家目前正在寻找难以捉摸的顶夸克，以期加深对物质结构的了解。

Photo courtesy of Fermilab.

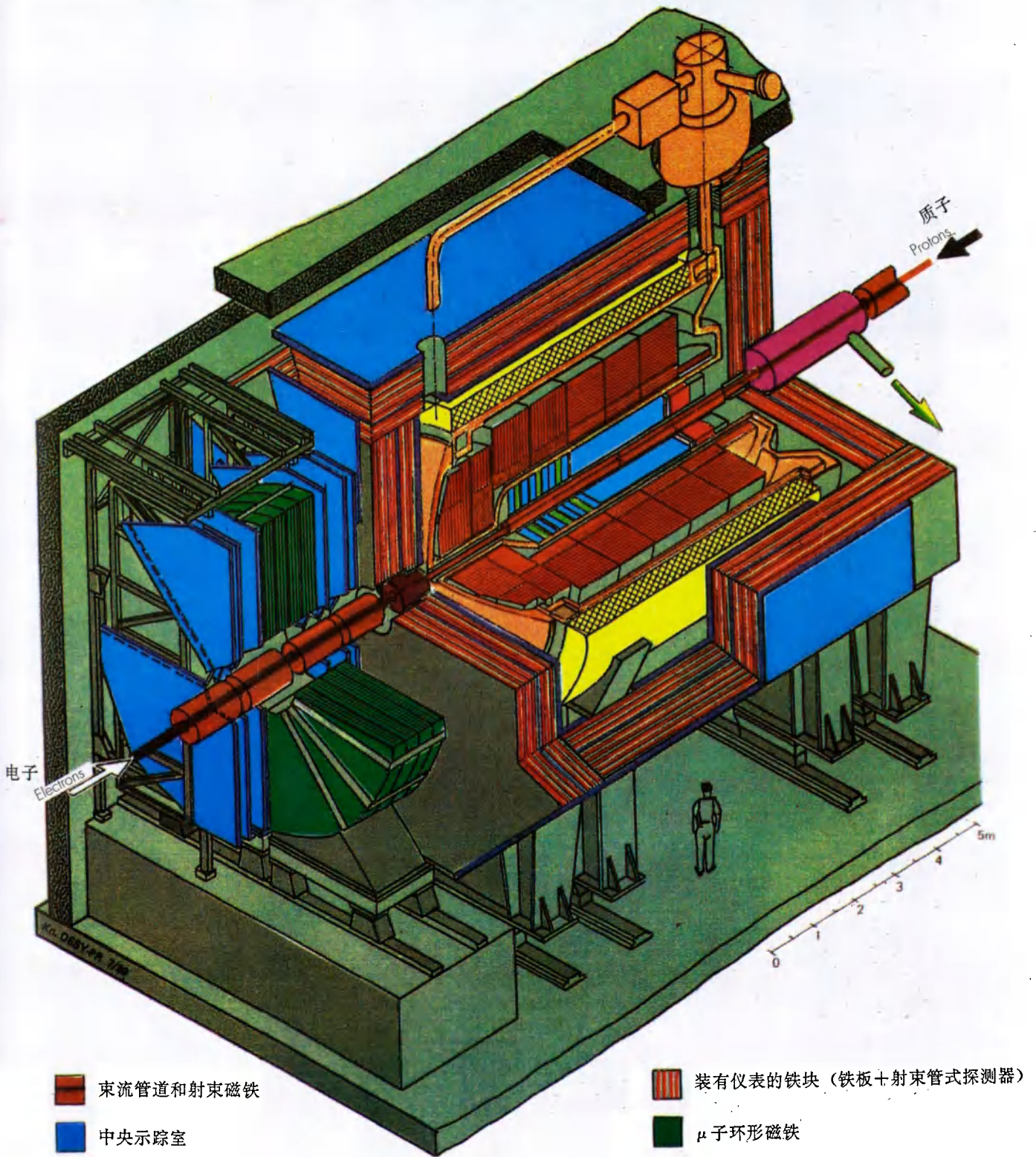
图 C
原子密度


















麻省理工学院一个磁光陷阱中捕集的原子的影像。原子的密度很大——几乎每立方厘米 10^{12} 个——以致激光无法穿透。

图D

强子-电子环加速器(HERA)的探测器:沿粒子束的垂直剖面



- | | | | |
|---|--|---|----------------------|
|  | 束流管道和射束磁铁 |  | 装有仪表的铁块 (铁板+射束管式探测器) |
|  | 中央示踪室 |  | μ 子环形磁铁 |
|  | 前示踪室和跃迁辐射器 |  | 温电磁量热器 |
|  | 电磁量热器 (铅) |  | 插入式量热器 (铜, 硅) |
|  | 强子量热器 (不锈钢) |  | 混凝土屏蔽 |
|  | 超导线圈 (1.2 特斯拉) |  | 液氦低温装置 |
| |  补偿磁铁 | | |
| |  氮低温装置 | | |
| |  μ 子室 | | |

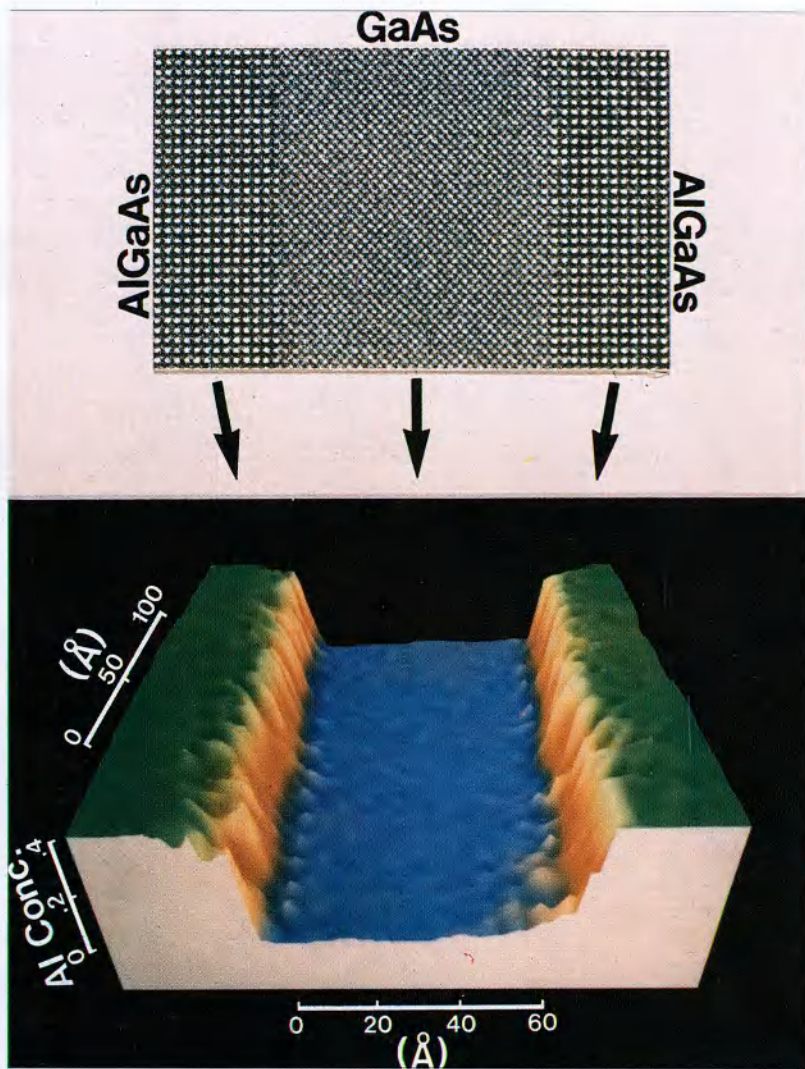


图 E
量子阱

上：由两层 AlGaAs 与其间夹的一些 GaAs 构成的一个量子阱结构的原子分辨率显微图。

下：显示铝浓度在一两个原子层内逐渐下降的三维标绘图。

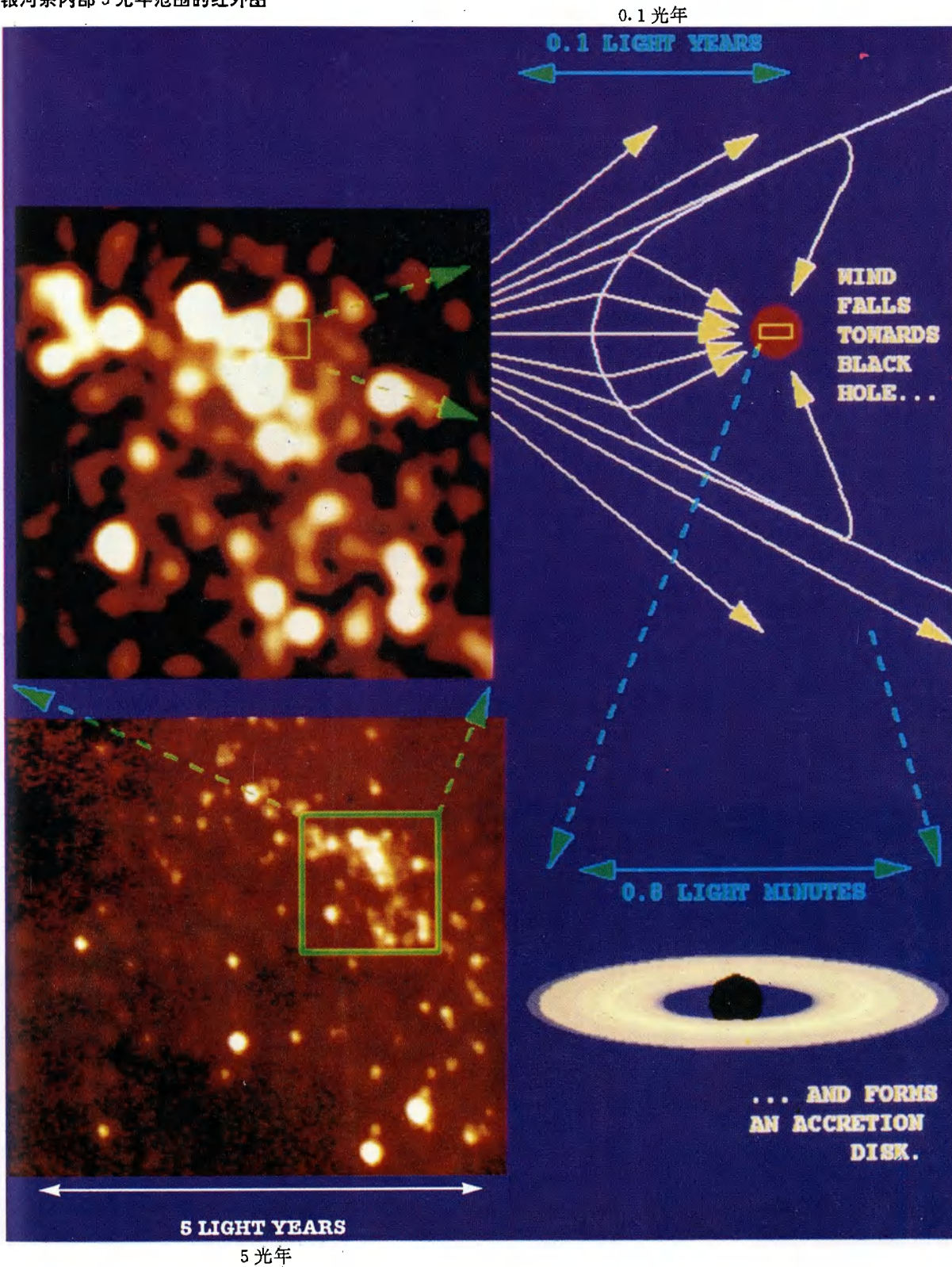
Photo courtesy Ourmazd, Kim and Taylor (AT&T Bell Labs).

图 F 1990 年 6 月德国 ROSAT 卫星记录的月球 X 射线图



来源：Rosat.

图 G
银河系内部 5 光年范围的红外图



风落向
黑洞

0.8 光分钟

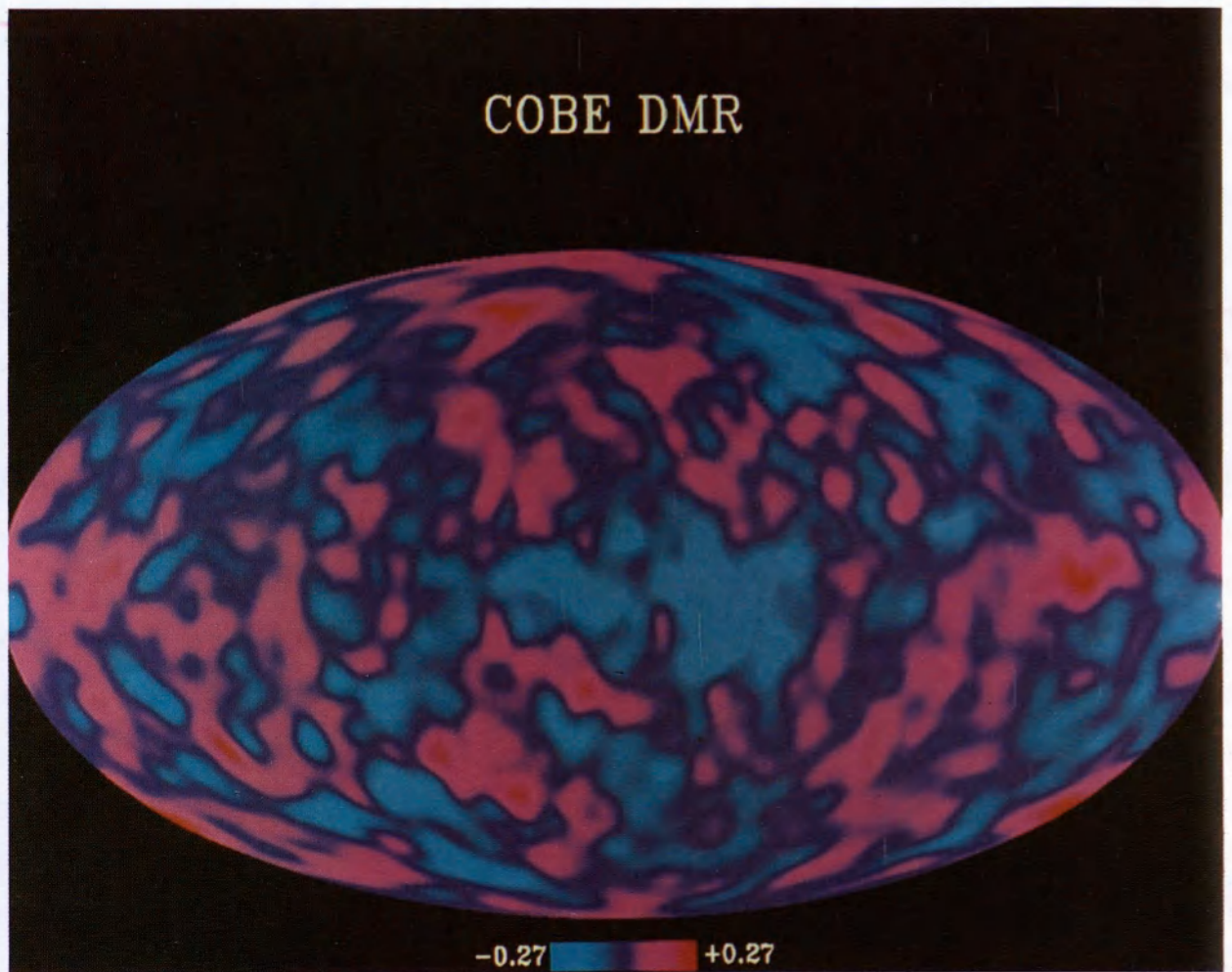
……形成一个递增
的圆盘

使用亚利桑那州图森附近基特峰上的斯图尔德天文台望远镜拍摄的银河系内部 5 光年范围的红外图像。在这一超密星团的中心有一个巨大的黑洞候选对象 Sgr A*。左上图是左下图中内部 1.5 光年范围的加工放大图。在这里，人们能够看到（第一次）一个微弱的（但真实的）红外发射点源位于 Sgr A* 处（从射电图得知，Sgr A* 的位置在左上图的绿色小框内）。

这一点源的亮度与 Sgr A* 是百万个太阳质量的黑洞这一模型所作预测相符。按这一模型，局部强大的恒星“风”被 Sgr A* 的重力吸引所捕捉（见图右上方的图解）。在即将到达黑洞之前，风的角动量迫使陷入的风平息在薄盘内（见右下图）。这个圆盘发射红外光（摩擦所致），而且很可能圆盘平面与我们的视线成一夹角（参见照片）。气体粒子间的摩擦使气体慢慢穿过圆盘，经过多次盘旋运动后最终落入黑洞。

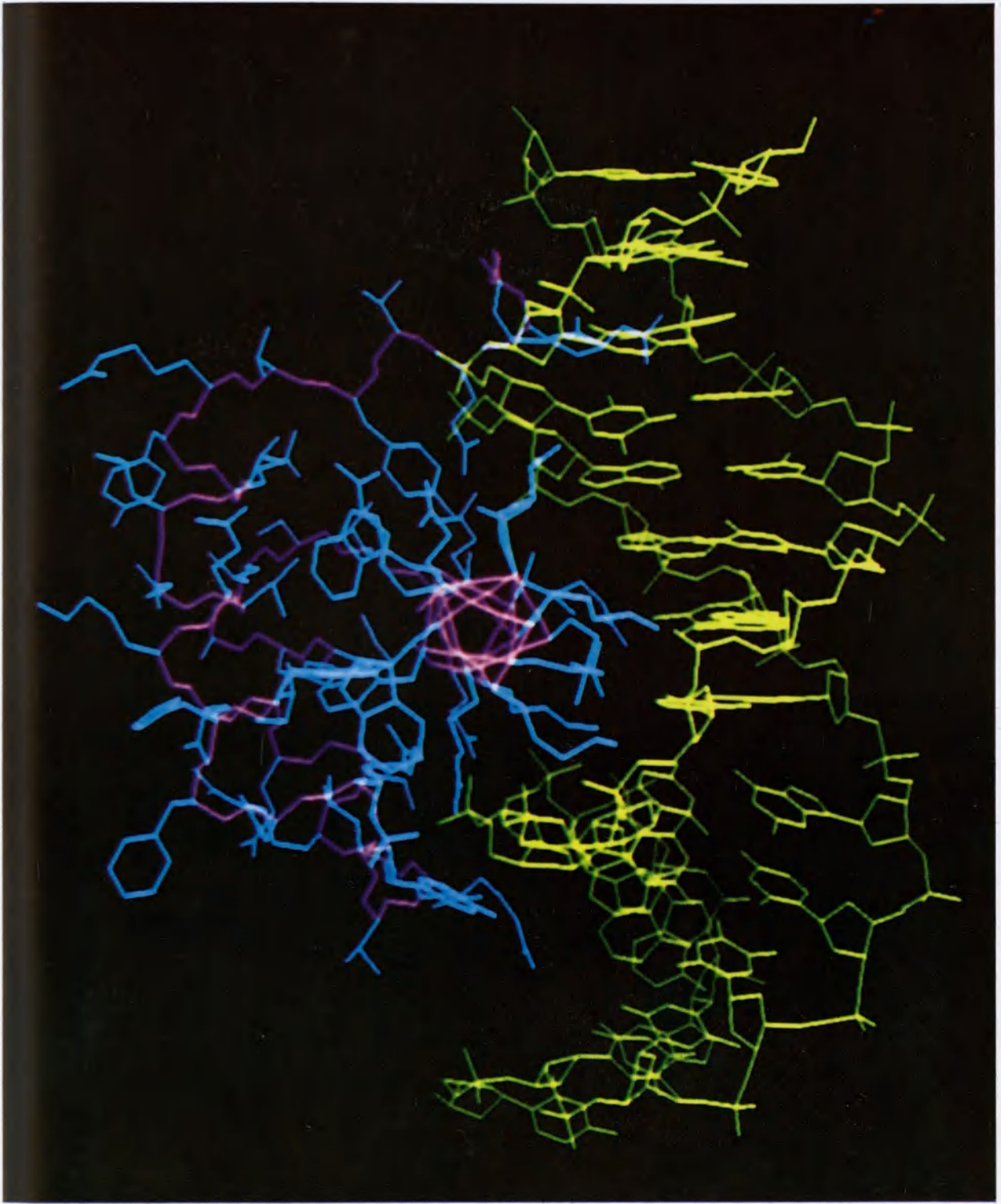
Photo courtesy Laird M. Close, Steward Observatory, University of Arizona.

图 H
宇宙背景探险者(COBE)卫星所摄照片



COBE 星载微分微波辐射计 (DMR) 揭示天空中的宇宙温度有微小波动：红区和蓝区分别相应于温度略高于或略低于平均温度的区域。

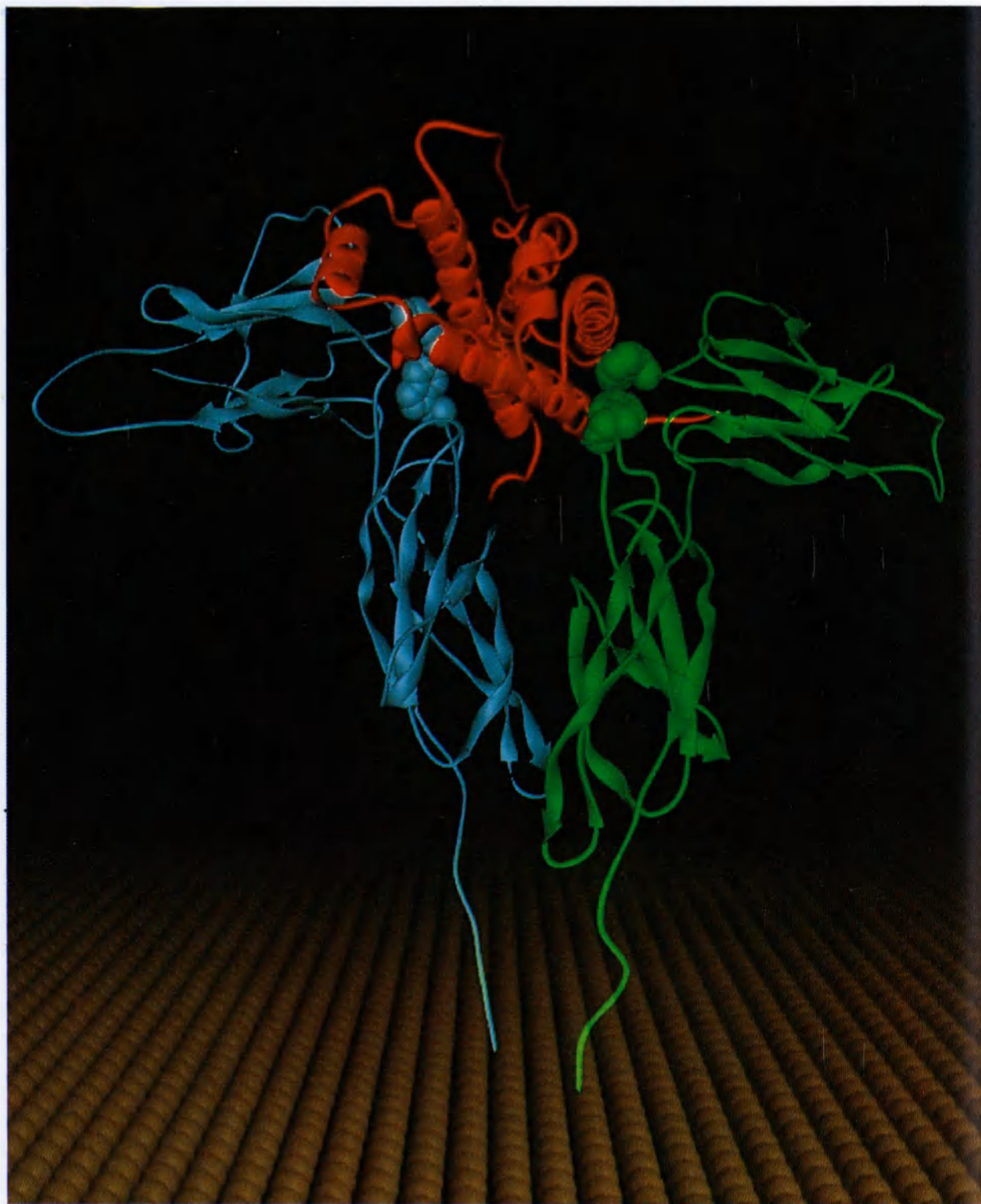
图 I DNA 开关的三维结构



核磁共振技术三维显现蛋白质手（蓝色和品红色）与 DNA 双螺线上开关（黄色）的相互作用。

Source: Gehring, W.J. and Wüthrich, K. Structural and functional analysis of homeodomain:DNA interactions, *Structure*, 25 April 1993: v.

图J
配合体-受体结合



X 射线衍射技术三维显现人生长激素的一个分子（红色）与其受体的两个分子（蓝色和绿色）的结合。每个受体分子的一端附着在一个细胞壁上。

Source: Kossiakoff, A.A., Ullsch, M. and de Vos, A.M. Human growth hormone-receptor complex, *Structure*, 25 April 1993: xvii.

(Gerald Gabrielse)^⑥ 使用 CERN 的低能反质子环 (LEAR) 以及他自己的静电原子陷阱来减慢 (并贮存) 能量最低达 0.3meV 的反质子。要使这些反质子与正电子结合在一起 (或许是采用一个双陷阱) 将是几年以后的事。费米实验室 SLAC 的查尔斯·芒格希望寻找到反氢原子, 他猜想, 当一束反质子撞击氢靶产生电子-正电子对时可能

产生为数很少的反氢原子; 所产生的正电子可能偶然地与反质子之一结合。一种直接的方法是让反质子束与正电子束碰撞, 但是, 据加布里埃列斯说, 这很可能导致粒子彼此反弹而不是结成对。科学家预料, 一旦能制造出反氢, 对引力和量子力学研究会很有用。

诺贝尔奖

位于巴黎的法国学院的皮埃尔-吉勒·德热纳因“发现为研究简单系统的有序现象而设计出的一些方法可以推广用于更复杂的物质形式, 特别是可以推广用于液晶和聚合物”而荣获 1991 年诺贝尔物理学奖。德热纳由于将清晰性和严密性带进复杂物理系统研究的能力以及由于为促进不同领域间学科交叉联系所作的努力而在物理学界享有盛誉。

特别是, 德热纳的成就包括如下几项。他在使聚合物物理学具有更多数学基础方面起了很大作用。例如, 他导出了包含聚合物某些性质 (如像聚合长度、分子量和回旋半径) 的一些遵从定标规则的无量纲参数。也就是说, 这些参数表明了广泛实验条件 (例如温度或聚合物密度) 下聚合物的组成和行为。

他提出了描述聚合物沿其纵轴方向 (通过周围介质) 运动的理论, 即“表面蠕动”理论。某些科学家认为, 德热纳的工作成果的确是在分子水平上搞清聚合物粘滞性和弹性的基础。

他是研究界面聚合物的先驱, 这是一门在诸如湍流抑制、润滑、采油、免疫学和废物处理等许多领

域中有实用意义的学科。

1992 年的诺贝尔物理学奖授予了乔治·查帕克, 以表彰他在高能加速器实验仪器方面作出的众多贡献。近几十年中发现了许多新粒子都是利用查帕克研制或做了重大改进的探测器发现的, 特别是他在本世纪 60 年代研制成功的多线正比室 (盖革计数器原理的一种推广) 能够在数米甚至更远处以不到 1 毫米的空间精度跟踪高能碰撞产生的粒子的轨迹。此外, 该多线正比室从进行测量、复原到能进行一次新的测量的重复率高达每秒数千甚至数万次。

查帕克探测器的高空间分辨率、高重复率特征对于研究罕见的相互作用或产生短寿命奇异粒子很重要。这类实验往往需要使用很强的粒子束并在很短的时间内对大量事件采样。的确, 查帕克的工作有助于为在数据采集过程中纳入更多的计算机铺平道路。查帕克是法国人, 他的大半生都效力于日内瓦 CERN。

^⑥ 美国哈佛大学。

研究电荷

通常假定反质子的电荷与质子的电荷大小完全相同（虽然电性相反），但是否确实如此呢？对此已采用来自回旋加速器频率实验（用以观测粒子在磁场中的行为）的数据以及含反物质的短寿命态（如正电子素和反质子原子）的光谱测量结果研究了反质子以及正电子的电荷；在上述实验中对质子与反质子、电子与反电子分别作过比较。理查德·休斯 (Richard Hughes)^⑨ 和 B. I. 多伊奇 (B. I. Deutch)^⑩ 计算出正电子与电子的电荷相等，相差约亿分之一，而反质子的电荷与电子电荷相差约十万分之一。如果研究人员能够研究反氢原子，这些计算的精度还会提高。

纵使原子完全是电中性的，原子内正电荷的中心是否真与负电荷的中心重合？原子有没有电偶极矩？对原子内非零电偶极矩的探索有可能检验超对称理论。这种理论强调费米子与玻色子间的假定对称性，试图将弱电力与强力统一于一个框架内。这一模型预言，存在非零电偶极矩，其大小为 10^{-27} 厘米（乘以电子电荷），也就是说，在某些原子内，负电荷与正电荷的中心不重合，偏离的距离小于每单位电荷 10^{-27} 厘米。当所进行的桌面偶极子实验^⑪ 达到进行这类测量所需要的精度水平——目前精度仅达要求的 1/10——时，它们将补充试图研究超对称性的加速器实验。

凝聚态物理学

凝聚态物理学研究固相、液相和稠密气相中的物质的性质。这种情况下的物质不是由孤立的夸克或质子或原子组成，而是由无数的原子或分

子（每立方厘米 10^{24} 个）组成。不适用于孤立原子的许多性质——光学、电学、力学或热学性质，对于研究固体而言都是十分重要的。研究这些性质能产生新的物理见解，也能发展新的技术产品和技术。

的确，今天的许多杰出技术，如计算机、激光和电信，都取决于开发具有新颖性质的新材料。超导体是一个例子，超导性就是某些材料在冷却到低于一个特定转变温度时失去其所有电阻。研究超导性可以得到速度更快、功能更佳的器件。今天，超导性的好处部分地被材料冷却成本所抵消，所以最好是能发现在尽可能高的温度下仍保持超导性的化合物。目前转变温度最高的（133K）材料是瑞士苏黎世 ETH 实验室开发出来的含汞氧化铜。

改进电子器件性能（速度、功耗、存储容量等）的另一个关键因素是提高器件微型化的程度。这一趋势可能不久导致分立元件小到接近于单个原子的水平，或至少极近似于单个原子的行为。这样的“人造原子”实质上是零维系统——通常包含专门定制的纳米（nm）半导体结构，在这样的系统中，单个电子的存在和运动可能很重要。一个著名的例子是量子点，即点状“量子阱”结构（这种结构中，在非常薄的半导体层中的电子被捕获在两层半导体外层之间）。形成这种结构的方法是在一块衬底上通过选择性地浸蚀去掉衬底材料形成一根微小短柱，或者在半导体夹层内用叠加金属电极去掉少量有电场的材料，形成一个类点孤立区（见图 E，彩色插页 iv）。在这样的系统内，正如在电子内一样，量子力学规定，约束在足够小的空间（就半导体内的电子而言，约 10 纳米）中的粒子只能取分立的能量。

⑨ 美国新墨西哥州洛斯阿拉莫斯国家实验室。

⑩ 丹麦奥胡斯大学。

⑪ 美国阿默斯特的马萨诸塞大学、西雅图的华盛顿大学、伯克利的加利福尼亚大学和耶鲁大学。

单电子器件

如果量子点是人造原子，那么上百万个这种点的平面阵列即构成一种人造晶体。科学家已经能制造出这样的阵列，但尚未能控制晶体的均匀性，亦未能充分控制电极配置，因此尚不能像研究“真实”晶体那样研究该系统中的能带结构。除了空间约束效应之外，电荷量子化效应也能影响量子点的行为。也就是说，能够使量子点仅接受一个电子或少数几个电子，而且可以监控电子的进出；当出现电压时，新的电子就能够克服已在点上的电子阻止新电子进入的静电“库仑阻塞”。依赖单个电子的这种作用，有可能开发出一系列新器件。

事实上，单电子器件有朝一日可能使集成电路每平方厘米含 100 亿个电子器件。这是传统集成电路所能达到的密度的 1000 倍。自 80 年代中期以来发展的这类器件是由两个电极（典型宽度为 30 纳米）组成，两电极之间为一个 1 纳米深的绝缘层，单个电子能够隧穿这一绝缘层。在过去几年中，研究人员已制成共一个中间电极的双结器件。这些器件称为单电子晶体管。因为像传统晶体管一样，其电流能通过改变中间电极上的表面电荷来加以控制，从而使之成为集成电路的理想元件。然而，单电子器件构成的电路必须在 4K 或更低温度下工作，以减小热效应对固体中单个电子运动的干扰。

半导体的光学性质

半导体的光学性质也很重要，因为将来的计算机和通信系统很可能是电子设备（信息以电子形式编码）和光子设备（信息以光子形式编码）的混成系统。在这方面，尽管硅已广泛用于无数电子电路，但却有难题，因为它通常并不发光。由

周期表上 III、V 族元素构成的半导体如 GaAs 中，电子与空穴（空穴仅仅是电子缺位）复合时放出的能量可能以光子形式出现；这一过程可应用于光电子器件。对比之下，硅内的复合能量通常以热的形式出现。利·坎汉姆 (Leigh Canham) 及其他科学家^⑩ 成功地使一些细小的硅丝发出各种颜色的光。硅丝的制法是：将硅浸放在酸浴内蚀成一些细硅丝构成的多孔结构。科学家已经假定光可能来源于某种量子效应；也就是说，非常细小的硅丝（有的仅几纳米）改变了材料的“能带结构”，即许可能级。

光发射性质

在此期间，器件开发也利用了其他半导体的光发射性质。周期表上 III、V 族元素构成的半导体化合物（如 GaAs）易于发光，但主要在红外波段。为得到更短波长的光，即可见光，科学家一直在研究 II、VI 族化合物（如 ZnSe）；这些化合物中的带隙能量通常超过 2eV。掺杂问题以及在发光材料（II-VI）与衬底材料（III-V）之间适当晶格匹配问题阻碍了器件的开发。新的外延技术（外延中，能够在一种原子层的上面铺设非常薄一层另一种原子）已经部分地改变了这种状况。例如，使用 II 或 VI 族元素的激光器已在功率最高达 700 兆瓦、温度最高达室温的条件下工作，其工作循环（激光发射时间占总时间的百分比）高达 40%。用 II-VI 族半导体制成的发光二极管已发射波长短至 490 纳米的光。在这种蓝-绿激光器商用之前，还有几个问题必须解决，例如，上例中能-光转换效率低和过热的的问题。

“禁带”

叶利·雅布洛诺维奇 (Eli Yablonovitch) 及

^⑩ 英国皇家信号和雷达研究所。

其同事^③已经研制出一种光波“半导体”。在这种材料内，某些光子波长会受到排斥——实际上形成了一种类似于半导体内电子能量禁带的光子带隙。他们在一块电介质板的上表面钻了三组孔洞，形成交叉结构。理论家们曾预言，这样一种多孔结构会排斥某些波长的光。的确，当雅布洛诺维奇把微波射入一个样品（由于内部钻孔，样品有78%是空的）时，发现了所寻找的“禁带”，即光不能穿过这种材料的频率范围。令孔洞布置适当，还能诱发出光波“禁带”。这将使这种“光子晶体”在各种研究领域如原子物理学和微电子学中甚为实用。

这一概念的一项新近应用是麻省理工学院的科学家和雅布洛诺维奇研制的安装在光子晶体上的天线。他们制造的这个光子晶体天线装置使微波辐射同集成电路上的器件耦合。这一结构使集成电路器件能接收微波辐射，或者反过来说，能将电流转变成微波信号。传统上用于这一目的的结构是在半导体衬底上安装天线，但仅能将总功率的百分之几发射到大气中；其余的都射入了半导体。新研制的天线效率高得多，因为装天线的光子晶体在微波波段有相当大的能隙。

太 阳 系

近年用高倍望远镜和卫星观察所有行星（除冥王星）使科学家对太阳系有了更多了解。在这种探索中，甚至采用了计算机。例如，计算机模拟太阳系在千百万年演变过程的研究揭示了混沌行为的迹象。也就是说，即使运用运动定律，由于各行星间的复杂相互作用，长期轨道预测变得不太可靠。杰拉尔德·萨斯曼（Gerald Sussman）和杰克·威兹德姆（Jack Wisdom）^④对于各行星

在今后很长一段时期（一亿年间）的运动进行了迄今最详细的计算，结果发现，预测行星在仅约400万年后的位置就不具有任何可靠性了。这些新的计算耗用了大量计算机时间，计算结果证实了雅克·拉斯卡（Jacques Laskar）^⑤近年（1989）进行的详细程度不及上述计算的研究，他的研究指出了整个太阳系的混沌行为。

“太阳中微子问题”

太阳位于太阳系的中心，而在太阳的中心发生的聚变反应产生称为中微子的神秘粒子。这些中微子穿出太阳到达地球，在地球上能够间接探测到它们。包含了最新太阳内核反应理论的标准太阳模型预言，雷·戴维斯在南达科他州一个金矿内操作了20年的Homestake中微子探测器平均每天应能观察到1.8个太阳中微子，然而戴维斯观察到的数目一直远远低于这一数值。另外两个研究小组近年抓住了这一“太阳中微子问题”，他们也记录下了令人迷惑不解的结果。日本Kamiokande II探测器在三年中观察到中微子的日平均产数约为标准模型预测值的一半，大致等于戴维斯同一时期观察到的平均值。Kamiokande和Homestake探测器仅仅对太阳中硼的 β 衰变所释放出的较高能量中微子敏感。与之不同，在高加索山脉进行的苏-美镓实验（SAGE）旨在观察来自太阳内更大量的质子-质子聚变反应产生的较低能中微子。在运行的五个月中，SAGE实际上完全没有观察到中微子，使这个谜更加费解。某些理论家认为，一个可能的解释是，在其向地球行进的途中，太阳中微子可能从一种中微子类型（电子、 μ 子、 τ 子）“振荡”为另一种类型，因而逃避了对它们的探测。

③ 美国洛杉矶加利福尼亚大学

④ 美国麻省理工学院

⑤ 法国巴黎经度局。

第四台探测器是 Gallex, 它观察到的中微子到达地球的频率为 83 太阳中微子单位 (SNU), 1 SNU 等于每个原子每秒捕获 10^{-36} 个中微子。这项多国合作用安置在意大利阿布鲁齐山下大萨索 (Gran Sasso) 隧道中的 5 万升氯化镓浴池探测太阳中微子。这些中微子多半产生于太阳内质子-质子聚合反应, 但也产生于太阳内铍和硼的衰变; 它们到达地球, 进入此探测器后将其中的镓-71 原子核转变为锗-71 原子核。每三个星期提取一次放射性锗, 置于另一容器内密切加以监测。所计算出的 83 SNU 这一产率要与理论估计值 124—132 SNU 进行比较。在 132 SNU 这一估计值中, 74 SNU 应该来自 (较低能量的) 质子-质子反应, 34 SNU 来自铍-7 衰变, 14 SNU 来自硼-8 衰变, 10 SNU 来自氮-13 和氧-15 衰变。同仅仅对较高能量中微子敏感的南达科他或者 Kamiokande 探测器的结果相比, Gallex 探测器的结果与理论估计值接近得多。Gallex 的结果与 SAGE 的结果形成了鲜明的对照。

金星上火山仍然活跃

麦哲伦宇宙飞船从太阳移向金星后, 取得了金星第一帧全球图; 它新近拍摄的照片表明, 这第二颗行星上的火山依然活跃。例如, 金星赤道北部如澳大利亚大小的一片熔岩上没有任何陨星坑, 意味着这片熔岩年龄不超过数千万年。金星上大多数撞击坑似乎都相当年轻; 较老的陨石坑可能被许多巨大熔岩流所覆盖。另一些研究表明, 金星上没有地球上那样的“海中”山脊。认为金星奥天达·雷吉奥区的山脊是由外壳延展所致的见解已被麦哲伦宇宙飞船新近拍摄的雷达照片所否定。

金星上的闪电可能已被伽利略宇宙飞船在飞近金星的飞行中观察到了。由于与金星浓厚大气有关的一些特性, 大多数行星科学家从不认为金星会是一颗有闪电的行星。然而, 伽利略宇宙飞

船探测到 6 次类似闪电的电能释放使研究人员不得不寻求这一现象的解释。一种可能性是, 金星上的闪电可能源于火山, 特别是来自上升到表面的热岩流中粒子的相互摩擦。业已知道, 火山卷流造成地球上的闪电。的确, 麦哲伦宇宙飞船已经探测到 (并正在继续寻找) 金星上火山灰的迹象, 尽管都认为金星上活火山很稀少。

木星及以远

自 70 年代旅行者号飞行以来, 尤利西斯是第一艘访问木星 (1992 年 2 月) 的宇宙飞船, 它预定于 1994 年夏天飞越太阳南极的下方。在此期间, 尤利西斯对木星的附带访问已提供了木星环境的大量信息: 木星的磁力球已膨胀得比旅行者当年访问时大得多; 证实了磁球内存在硫离子和氧离子, 多半产生于木星的火山型卫星 Io (以每秒 1 吨的速率); 木星附近很少发现尘埃; Io 主要的洛基火山很平静。尤利西斯测量了木星的磁场, 这是太阳系中最强的磁场。磁球比预期的要扁平。负责这一飞行任务的科学家安德烈·巴洛格将这一点部分地归因于 Io 环上存在一股百亿安培的巨大电流, 即 Io 发出的一层硫离子和氧离子。

远离冥王星轨道以外、正好构成太阳系边缘的是日光间歇, 从太阳发出的太阳风粒子在此与定向的星际介质粒子流相遇。最近, 两艘旅行者号宇宙飞船测到了来自日光间歇的射电信号。飞行任务科学家提供的解释是: 1991 年 5—6 月份, 太阳出现强大的耀斑, 导致太阳风粒子涌浪般产生, 随后这些粒子同日光间歇相互作用, 产生巨大的射电脉冲 (超过 10^{13} 瓦, 太阳系最强的射电源), 从 1992 年 7 月开始旅行者号宇宙飞船便测到它们。这些射电信号虽然功率很大但频率很低 (2—3 千赫), 在太阳系内探测不到。然而, 旅行者 1 号在 52AU (AU 为天文单位, 等于地球与太阳间的距离) 处, 旅行者 2 号在 40AU 处, 恰好处于能进行这一探测的位置。对信号的计时表明,

至日光间歇的距离可估计为 80—130AU。

恒星和星系

观察太阳系以外的恒星和星系需要大型望远镜。沿轨道运行的哈勃太空望远镜已经在可见光波段内进行了值得注意的观测，尽管其聚焦安排略有缺陷，但这一问题可以很快通过安装矫正光学元件而得到纠正。在此期间，几个重要的地面光学望远镜已接近完成。安装于夏威夷冒纳凯阿火山山顶的凯克望远镜有 36 块六角形反射镜，直径 10 米，是世界上最大的光学和红外望远镜，聚光本领为 200 英寸海尔望远镜的 4 倍。欧洲南方天文台 (ESO) 正在智利巴拉纳尔山山顶建造的甚大型望远镜 (VLT) 将更大。VLT 将由 4 台 8.2 米的望远镜组成，其中的第一台预定于 1995 年安装；该组合望远镜的有效直径为 16 米，远远大于 10 米的凯克望远镜和 6 米的海尔望远镜。

改进天文观察的另一因素是更多地采用数字技术。按照拉里·斯马 (Larry Smarr)^⑩ 的说法，天文学将是第一门全数字科学。电荷耦合器件 (CCD) 作为进行观察的一种手段正在盛行起来，这种器件可将入射光子转化为微弱的电信号；CCD 效率很高 (可将最高达 80% 的入射光子记录下来，而照相底片仅能记录 2%)，而且其数据形式很容易用计算机加以处理。这将便于实施大型半自动化的项目，如芝加哥大学绘制 100 万个星系和 10 万个类星体的五年计划。

在可见光之外进行观察

天体物理学在可见光之外的波段绘制天空图方面也有了长足进步。X 射线卫星如德国的飞船 Rosat 及日本的飞船银河号 (Ginga)， γ 射线卫星如美国的 γ 射线天文站和日本的太阳观测卫星

Yokohoh，紫外卫星如 ASTRO 和远紫外探险者，都已发现了许多新的天体，从而迫使天文学家解释许多新现象。例如，与以前记录的 X 射线图像相比，Rosat 业已拍摄了距离更远处的照片，这等于说，将时间向回推移得更多 (见图 F，彩色插页 iv)。这些照片揭示类星体在红移为 1—2 之间有很高密度，暗示存在星团。Rosat 用了大量时间以 X 射线波段作全天空观测。

Rosat 还扫描了宇宙 X 射线背景辐射，第一次测得背景辐射是 1971 年，它可能主要是由不同类星体发出的辐射构成。Rosat 的科学家考察了天空一个特定的遥远视域，发现 39 个 X 射线源；用光学望远镜进行的跟踪研究表明，其中 24 个是类星体。科学家推断至少 30% (或许几乎是全部) 的 X 射线背景辐射 (至少在 1 keV 能量范围) 来自类星体。

γ 射线波段活动激烈

在能量更高的波段内，即 γ 射线范围内，宇宙活动看去特别剧烈。例如，类星体 3C279 在一星期时间内以 γ 射线形式发射能量约 10^{54} 尔格，大约相当于太阳内的所有粒子消亡转化成的能量。虽然科学家们迄今尚不清楚产生如此惊人数量 γ 射线的机制，但 1991 年 4 月发射的康普顿 γ 射线观测台 (GRO) 至少能够清点并研究这些辐射源。GRO 现已发现，除 3C279 之外，还有 3 个新的类星体，它们以每秒 10^{48} 尔格的速率发射 γ 射线 (尽管不是连续发射)。所发现的前两个类星体 (Crab 和 Vela) 每旋转一周发射两次 γ 射线，第三个类星体——Circinius——则发射一次。

GRO 其他结果包括观察到 600 多个 γ 射线喷射体，即神秘的短寿命高能 γ 射线猝发源；它们在天空的分布保持各向同性，几乎毫无疑问地推翻了它们起源于银河系平面的看法。对于这一

^⑩ 美国伊利诺斯大学。

各向同性的两种主要解释也带来了它们自身的有趣问题：如果这些喷射体坐落在银河晕内，那么银河晕就必须比以前认为的大得多，半径应在 15 万光年以上。如果这些喷射体是在银河系外，如此之多的 γ 射线又如何能传播这么远？

最后，GRO 已监测了来自银河系中心的电子-正电子湮灭辐射，而且发现：与以前其他探测器不太灵敏的测量结果不同，这种湮灭辐射似乎并不随时间变化。

紫外和红外波段

远紫外 (EUV) 是地面望远镜不可能通过大气进行观察的波段 (5—100 纳米)。因此，Rosat 卫星上的远紫外探测器为天文学开辟了一个无缺损的观测窗。负责 Rosat 卫星远紫外观察的英国科学家已报道了 700 多个远紫外源，而其中仅 12 个是过去知道的。一个结果是向下修正了太阳系内氢密度的估计值；过去认为，太阳系内的氢会限制远紫外辐射到达地球，很多远紫外辐射来自热恒星。

由于远紫外被多半由氢、氦组成的星际气体所吸收，因此，Rosat 卫星和远紫外探测器 (EUVE) 卫星上的望远镜能够看到它们所看到的那么远这件事令人感到惊奇。远紫外测量是受益于如下事实：太阳系似乎处于一个汽泡之中，这个汽泡至少有一部分驱除了星际物质 (或许是被过去的超新星驱除的)。这就使远紫外望远镜能够看到数百光年外的天体 (大多数是炙热白矮星)。在某些方向上，观察条件非常清晰，以至能看见遥远的星系。

在射电波段上，天文学家业已发现行星环绕脉冲星运行的迹象。亚历山大·沃尔斯克赞

(Alexander Wolszczan)^⑦ 和戴尔·福雷尔 (Dale Frail)^⑧ 已经报道了两颗、也可能 3 颗行星环绕脉冲星 PSR1257+12 的迹象。两颗经过更切实推断的行星，其轨道大小与环绕太阳的水星轨道大致相同，而第三颗行星如果存在的话，其轨道与地球的相似。对这一行星假说的佐证是：测出了来自 PSR1257+12 的射电波比预期的到达有所延迟。

新近在红外 (IR) 波段进行的研究是要解决银河系中心是否存在一个黑洞的问题。特别是在称为 Sgr A* 的天体的位置上发现了一个红外辐射源。新的红外观测结果加强了以前在射电、X 射线、 γ 射线波段对 Sgr A* 观测后提出的看法：银河中心有一个黑洞。莱尔德·克洛斯 (Laird Close)^⑨ 使用基特峰 2.3 米望远镜绘制了 1.6—2.2 微米波段内银河核的图 (见图 G，彩色插页 v)。上述观察第一次使用了自适应光学技术，分辨率很高，足以证明这个红外源的直径不大于 0.006 光年。亚利桑那大学的天文学家约瑟夫·哈勒提出了对恒星的速度与其至 Sgr A* 的距离的函数关系独立进行红外研究的结果，证明恒星距 Sgr A* 1.4 光年处时速度几乎为零，而运动到距 Sgr A* 0.7 光年处时速度增加到几达每秒 100 公里。这种变化模式，加上业已测定在这一 0.7 光年距离内所存在的质量至少超过所有可观察到的恒星总质量的 100 倍，向哈勒启示：在 Sgr A* 处应有一个质量为 90 万个太阳的黑洞。

黑洞确实存在吗？

许多天文学家相信存在质量超重的黑洞，但不能仅凭趋近某些星系中心的星光亮度激增这一点承认它们的存在。按照艾伦·德雷斯勒 (Alan

⑦ 美国纽约州康乃尔大学。

⑧ 美国新墨西哥州国家射电天文台。

⑨ 美国亚利桑那大学。

Dressler)^② 的说法, 黑洞存在的确证会来自对黑洞附近恒星运动的光谱研究。用更新的哈勃空间望远镜或用智利冒纳凯阿火山顶正在建造的新光学望远镜也许能获得必要的高分辨率。根据对恒星运动的初步研究, 最可能包含巨大质量黑洞的星系是仙女座 (Andromeda), 其卫星星系 M32 以及 NGC3115 (其候选黑洞质量会超过 12 亿个太阳质量)。长远地说, 在上述较平静的星系中可能较易于寻找黑洞, 因为那里没有伴随活跃星系的能量眩耀, 只会使观察星系核附近恒星运动的工作较易进行。至于我们推断的银河系黑洞, 由于另一种观察问题 (即尘埃的存在) 阻碍了对银河中心附近区域的研究。然而, 间接测量恒星运动的结果与银河核存在黑洞的看法一致。

宇宙学

宇宙学研究宇宙的起源、演化和总体结构。像粒子物理学一样, 宇宙学也有一个“标准模型”; 意见一致的这一理论认为, 宇宙是在空间自身的一次大爆炸中产生的, 大爆炸之后, 宇宙膨胀并冷却下来。宇宙中物质分布的微小不平衡后来导致恒星、星系和太阳系群的形成。

根据观察, 宇宙中能够加以研究的最大结构是宇宙微波背景 (CMB), 即大爆炸留下来的遍及宇宙的辐射能。长期以来人们一致认为, 这一微波背景应该显示出与各星系形成中造成的那种物质不匀度相对应的微小波动。然而, 许多年来的测量似乎表明, CMB 是平稳的。如果确实如此, 那么星系借以生长起来的“种子”何在呢?

宇宙背景探险号 (COBE) 卫星终于以十万分之一的几率发现了原始种子。目前盛行的宇宙学

理论如膨胀大爆炸模型 (按照这一模型, 早期的宇宙曾经历了一个极为特殊的膨胀时期才平静下来, 呈现目前的膨胀速度) 预言, 宇宙微波背景的测量结果应能揭示出整个天空宇宙温度的细小波动。这些波动——天空中温度略高或略低于周围区域的“补片”——相当于早期宇宙中物质密度略大或略小的区域。这一物质模式可以用作宇宙演化的一种模板。尽管观察到的这些密度加大的补片很小, 但被认为已经提供了足够的引力“谷”, 能将周围物质吸入谷中。这一过程经过数十亿年之久, 估计可能导致我们今天看到的星系群集现象。

负责 COBE 的科学家们所观察到的这种波动 (见图 H, 彩色插页 vi) 相当于在 2.73K 的天空平均温度上约 3×10^{-5} K 的极微小起伏。操作 COBE 卫星上三种主要仪器之一的微分微波辐射计 (DMR) 小组负责人乔治·斯穆特 (George Smoot)^③ 报道说, 这些结果所根据的是计算机对一年观察数据的详细分析, 这一分析必须仔细减去地球、银河系等附近天体的微波辐射, 并计入地球 (以及银河系) 通过宇宙的运动效应, 这一运动对天空温度测量图形上施加了双极漂移。

爱德华·赖特 (Edward Wright)^④ 断言, 这些新结果佐证了某些宇宙学理论, 如认为存在黑物质的理论; 同时也推翻了另一些理论, 如认为存在“纹理” (即时-空皱纹) 的理论。例如, 若无黑物质, 温度 (或等效地说, 物质密度) 的波动应该比已经看到的要大。

在早期宇宙膨胀期间, 引力波可能也是组成物质的一个重要成分, 而且可能是造成所测到的 CMB 各向异性的部分原因, 甚至是很大的原因。按照劳伦斯·克劳斯 (Lawrence Krauss) 和马丁

^② 美国卡内基协会。

^③ 美国加利福尼亚州劳伦斯伯克利实验室。

^④ 美国洛杉矶加利福尼亚大学。

• 怀特 (Martin White)^②的说法, 长波引力波 (波长与可视宇宙本身一样大) 会导致 CMB 四极各向异性, 其大小与 COBE 实测值不相上下。的确, 冷黑物质模型仅根据密度波动预测四极各向异性, 所得出的值总是太小, 所以克劳斯断言, 合理的解释是: 四极各向异性中一部分应该归因地引力波背景。未来的高灵敏度 CMB 测量, 加上寻找超对称粒子的粒子物理实验, 有可能区分引力波和物质密度这两种波动对 CMB 的相对影响。

菲利普·F·舍韦 (Phillip F. Schewe) 是美国物理学会首席科学记者。他也是《物理新闻》(一种年鉴) 及《最新物理新闻》(一种电子邮件形式发行的物理新闻文摘周刊) 的编辑。舍韦博士在伊利诺斯大学研究物理学。由于他在费米国家加速器实验室所开展的高能物理领域研究而获得密执安州立大学博士学位。他也曾在布鲁克海文国家实验室工作过。

FURTHER READING

- Chaisson, E.J. (June 1992) *Scientific American*, 266(44): summary of results from the Hubble Space Telescope.
- Chu, S. (February 1992) *Scientific American*, 266(70): the use of lasers to trap neutral particles.
- Gleick, J. (1987) *Chaos: Making a New Science*, New York, Viking: the growing importance of studies into nonlinear phenomena.
- Lightman, A. (1992) *Great Ideas in Physics*, New York, McGraw Hill: a collection of lectures delivered to undergraduates.
- Overbye, D. (1991) *Lonely Hearts of the Cosmos: The Scientific Quest for the Secrets of the Universe*, New York, Harper-Collins: a survey of recent cosmology.
- Reed, M.A. (January 1993) *Scientific American*, 268(118): the fabrication of nanometre-sized circuits, such as quantum dots.
- Weinberg, S. (1992) *Dreams of the Final Theory*, New York, Pantheon: a survey of recent particle physics research.
- Will, C. (1986) *Was Einstein Right? Putting General Relativity to the Test*, New York, Basic Books: a review of relativity and gravity research.

^② 美国耶鲁大学

化 学

迈克尔·弗里曼特尔

在过去 20 年中，化学是基础学科中发展最迅速的学科。这可能预示在 21 世纪它会有更快的进展。推动这一迅速发展的主要因素，是广泛利用化学中的发现，如将材料和方法应用到从高级烹调术到高技术工业等众多人类活动领域。目前，每年发表的化学论文约 50 万篇，批准和化学有关的专利约达 10 万件。

为了对过去三年中化学的发展提供一份有代表性而且简洁的调查报告，需要从大量信息中根据若干标准选择题目。这些标准首先应是在特定领域中进行大量研究活动所探索的主题。国际化学界认为，某些所谓“热点”可以从有关这些题目的日益增长的论文数字得到确认，这些热点在化学的每一主要分支，如物理化学、无机化学、有机化学、分析化学和高分子化学中都可见到。因此，本调查所选作特色的题目就是那些成为广泛研究目标的论题，有些论题，如氟氯烃、超导体和富勒碳，都已成为世界各国报纸上广泛讨论的焦点。

这些题目中的某些具有跨学科性，因而也是入选的理由。例如，对于原子水平的化学和新的超导体，化学家和物理学家都感兴趣。氟氯烃及其替代物不仅是理论化学和应用化学，而且也是环境科学许多分支的注意焦点。在此次调查中，另一跨学科题目的例子是分子电子学，这门学科涉

及化学、物理、生物学、电子学和信息技术。

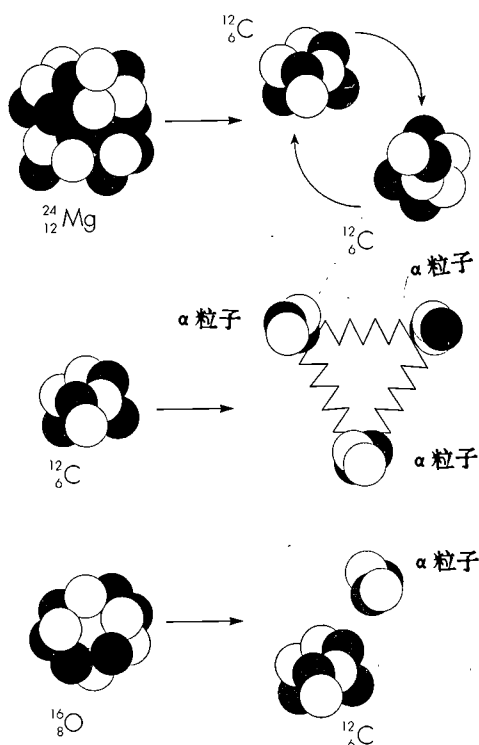
选择题目时的第三个考虑是对人类的潜在利益。不对称合成，特别是手性药物的研制就是重要例子。如果 60 年代初的科学家就获得不对称合成的知识和现有的有关技术，那末象酞咪哌啉酮等的悲剧就不致出现。化学发展中可能造福人类的另一个例子是富勒碳，它在许多领域，包括医学，都具有潜在的用途。

原子水平的化学

利用单个原子并逐个以原子构筑化学结构的前景，不仅引起化学家的兴趣，而且还吸引了材料科学家、矿物学家和电子工程师等的注意。这些科学家预言，这可能导致各种潜在的应用，从而使各种高科技更为有力和完美。例如，称为纳米技术的研究领域，用单个粒子作为电子装置可能导致发展新一代的微型芯片。实际上，某些人员已提出，将来有可能将美国国会图书馆的全部藏书贮存在一片直径为 30 厘米的硅片上。另一种可能的应用是生产具有目前大型计算机贮存能力的袖珍计算机。纳米技术专家重视原子水平的传感器的发展，这种传感器可以植入人体以监测血液成分的浓度。此外，还设想开发一种可进入血液中并除去动脉栓塞或修补大脑损伤的装置。由

于这些装置的制造必须具备原子核中粒子排列和稳定性的知识，故而，近年来加强了对原子核的研究工作。

图1
核子簇



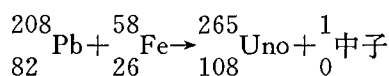
镁(上)可作为一个核分子存在，两个碳核相互运动。
碳(中)和氧(下)也可有一复杂的结构。

资料来源: New Scientist 6, April 1991: 21

在原子核中含有的质子和中子总称为核子。英国伯明翰、牛津和约克等大学的科学家研究了核内核子的排列，他们使用了核结构设备(NSF)，这种设备能产生快速射向的核束，发生的高能碰撞引起核分裂。用固体硅检测器对这些高能碰撞

的衰变产物的研究发现，核子排列成簇。例如，具有16个核子的氧原子(因此符号为 O^{16})分列成四个核子组成的 α -粒子和一个含12个核子的碳核(C^{12})。镁(Mg^{24})原子进行对称的分裂，形成两个(C^{12}) (图1)。这些被叫做核分子的核子簇的寿命约为 10^{-20} 秒。

近几十年来，美国加州的劳伦斯伯克利(Lawrence Berkeley)实验室、德国达姆施塔特(Darmstadt)的重离子研究所和俄罗斯莫斯科附近的杜布纳(Dubna)核反应实验室的研究小组一直在进行合成超铀元素——原子序数为93或更大者。这些研究小组使用回旋加速器和直线加速器以中子或以其他元素的核子轰击一元素。当进行轰击的中子或核子穿透核靶时，生成新元素。在本世纪40年代和50年代初，合成了原子序数为93(镎)到100(镆)的元素。最近合成了元素101(钷)到109(暂命名为Unnilennium)。例如，用铁-58(原子序数26)的核轰击铅208(原子序数82)，生成元素108(称为Unniloctium，符号为Uno)：

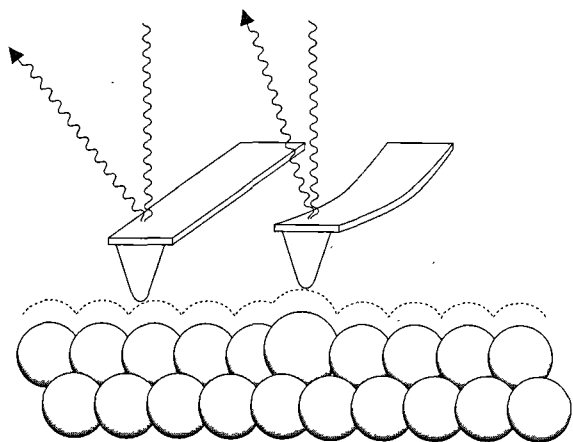


这些超铀元素极不稳定。随着其原子序数的增加，合成更加困难。仅合成了三个原子的元素109(Unnilennium)，存活仅3.4毫秒。因此，在这种研究工作中检定新元素是主要问题之一。1951年获得诺贝尔奖金的格伦·西博格(Glenn Seaborg)及其劳伦斯伯克利实验室的研究小组已合成了10个超铀元素。他们认为，提高检测器的灵敏度是最近工作的主要目标之一。

在过去几年，在扫描隧道显微镜(STM)等装置的利用和发展方面也取得迅速的进展。STM可使科学家从原子水平上检验材料的表面状况。STM使用由金属(如金或钨)组成的电子探头。探头的顶尖只有几个原子厚，可进入表面几个原子的距离。探头的附近引起试样表面放出次级电子，

此试样可在阴极射线屏上加以检测，并显示出图像。随着探头移过试样，可在屏上看到试样的表面轮廓。

图 2
原子力显微镜



通过位于一悬臂梁上探头尖的偏转，原子力显微镜感知表面的特征，此处，从该梁反射的光用于测定偏转。

资料来源：Chemistry & Industry, 21, September 1992, 687

最初，STM 仅用于消极地产生试样表面原子的图像，然而近来已用于积极地开发原子水平的电子装置。通过用 STM 探头精确地操作原子和分子可创建试样表面的新结构。STM 在这方面的首例是在 1987 年报道的。当时，贝克尔 (Becker) 及其同事^①通过将上面的电压突然增到

4 伏，使 STM 探头顶尖上的单个锗原子转至锗表面上。

最近怀特曼 (Whitman) 及其同事^②报道，运用由 STM 顶尖上产生的电场可使原子和分子吸附在室温下的表面上。这种操作的一个例子是使吸附在半导体如砷化镓 (GaAs) 表面上的铯原子诱导定向扩散。

廖英皇 (In-Whan Lyo) 和菲登·阿芙利斯 (Phaedon Avouris)^③还利用 STM 进行在纳米级 (10^{-9} 米) 控制操作强键合的硅原子或原子簇以制成新型电子装置。STM 的另一个大量报道的用途是构建原子开关。在这样的装置中，将 STM 的钨尖保持在镍表面上 0.5 纳米。镍的陷阱中含单个原子的惰性气体氦。通过调节电压脉冲，氦原子可从镍表面转至顶尖和背部。开关的状态 (氦原子的位置) 可通过测定跨间隙的电导来确定。

一种有关的技术是原子力显微镜 (AFM)。通过使一金属尖同表面接触并前后移动在一固体表面上产生原子图像 (见图 2)。罗伯特·巴雷特 (Robert Barrett)^④已将此技术用于在薄的氮化物-氧化物-硅三层绝缘体上贮存大量电荷，在 1 平方厘米记录介质上能贮存 100 亿比特的信息——相当于 31000 页以上的原稿。

毫微微秒化学

近年来，使用各种分子束和先进的激光技术研究基本化学反应和主要的光化学反应的动力学，吸引了众多的注意。过去 40 年中，已能够检测短寿命的化学中间体。最初，这些反应以毫秒 (10^{-3} 秒) 计，以后逐步进行毫微微秒 (10^{-9} 秒) 级的测定。随着激光和同步加速仪器的发展，已能

① 美国电话电报公司贝尔实验室

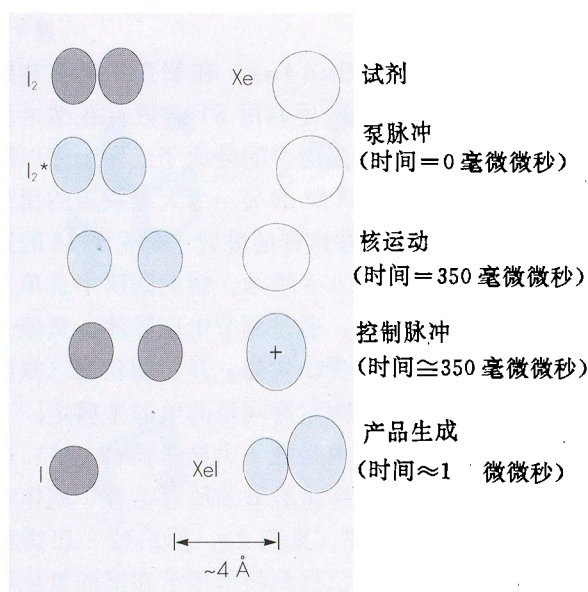
② 美国国家标准和技术研究院

③ 美国纽约州约克镇高地 IBM 公司

④ 美国加州斯坦福大学

检测寿命微微秒 (10^{-12} 秒) 的中间体。

图 3
利用毫微微秒脉冲



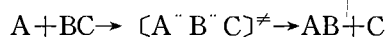
毫微微秒泵激光使一个 I_2 分子达到激发态 (I_2^*)，其 I-I 键长 2.5 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ 米)。350 毫微微秒后，键长增加到 4.5 \AA 。然后加以控制脉冲，得到产物 XeI。

资料来源：Chemical & Engineering News, 6 January 1992; 7 (摘自 Nature)。经 Nature, 1992 年 1 月 2 日, 355 卷同意转印。

在 1991 年 6 月，阿迈德·泽韦耳 (Ahmed Zewail) 及其同事^⑤报道了能“快拍”下化学反应中呈现的寿命为毫微微秒 (10^{-15} 秒) 级的过渡态的实验。在该方法中，使分子束的各个分子经受激光脉冲以引发化学反应。反应产生的激发态的中间体用一电脉冲源作为探头进行波谱研究。所得到的电子衍射图用一线性二极管阵列加以检测。

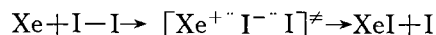
此种技术已用来研究碘化氢和二氧化碳之间的反应。首先用泵脉冲破裂碘和氢之间的键，产生的游离氢进攻二氧化碳，并与之结合约数百毫微微秒。然后氢从二氧化碳中除去一个氧原子，并在反应开始后约 5 微微秒出现游离氢羟基 (OH)。

在对基本反应动力学研究中，考虑了在通常基本化学反应中的原子与分子的运动，例如：



在某些反应中，反应物 A 和 BC 以无限短的时间经过渡态 $[A^{\ddagger} B^{\ddagger} C^{\ddagger}]^{\ddagger}$ 生成产物 AB 和 C。由于近来一些新方法，如过渡态分光术和表面排列光化学法 (SAP) 的出现，从而使这些反应的动力学研究得以进行。SAP 是一个快速发展的领域，在此方法中，将单晶装在超高真空中，并用不多于一个单分子基体涂布。然后用激光辐照基体以诱发光化学反应。SAP 反应被认为是相似于生物前化学 (一些导致地球上生命起源的化学反应)、高层大气臭氧层耗竭和半导体的刻蚀。

毫微微秒脉冲可以用来在过渡态形成和分解中影响一个反应的过程。利用两个相续的相干激光脉冲，碘分子 (I_2) 同氙原子 (Xe) 生成碘化氙 (XeI) 的反应，可以在下述的两步过程中经过渡态 $[Xe^{\ddagger} I^{\ddagger} I]^{\ddagger}$ 激发反应物来控制 (图 3)。



通过利用所谓的转换效应 (通过在脉冲之间改变时间延迟来达到)，科学家可以开动或关闭产物 XeI 的生成。

用分辨率达 10^{-15} 秒的实验来研究化学反应，是一个革命性进展，使化学家在反应中随着分子中原子的重排，可以监测复杂分子中单个原子的运动。这种方法对其他学科科学家也是极为有效

⑤ 美国帕萨廷纳加州理工学院

的工具；生物学家能用其研究酶和激素的作用模式，而表面科学家则可研究异相催化中原子的运动——异相催化过程广泛用于制造传统的化学品，如氨和硫酸。

新超导材料

1986年高温超导体的发现，在科学界（特别是化学家和物理学家）和世界新闻界引起了极大的震动，并设想其未来的潜在应用，从超导计算机芯片到悬浮列车。

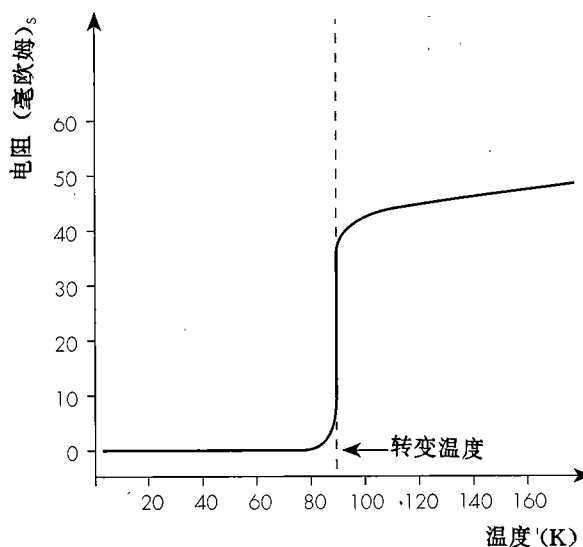
超导体是一种能在无电阻下导电的材料，因此，电流能流经超导体而不损失能量。这意味着，称作超电流的电流可以无限地流经一超导材料环，只要此材料保持在超导转变温度（低于此温度物体变为超导体）以下（图4）。

在1986年前，最高的转变温度是23.3K，这是由铌锆合金达到的。在1986年1月，乔治·白德诺兹（Georg Bednorz）和亚历山大·默勒[®]（Alexander Müller）发现，含元素镧、钡、铜和氧的陶瓷材料在35K能无电阻导电，为此，作者获得了1987年诺贝尔物理学奖。次年，发现了另一种含钇、钡和铜（ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ）的陶瓷材料——称为1-2-3超导体——其转变温度为94K，高于液态氮沸点（77K）。在此发现前，需用比液氮贵得多的液氦将合金冷却至其转变温度之下。

含铜和氧的超导体称为铜酸盐超导体，其通式为 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ ， $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ 和 $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ ，其中M是铈或钕等金属。这些材料具有像钙钛矿的结构（图5），含有 CuO_2 平面，沿此平面呈现超导。这些平面之间是金属和/或金属氧层，其作用是支持 CuO_2 ，并作为电荷贮库（图5）。

从1987年以来，由这些发现引起乐观气氛有

图4
超导



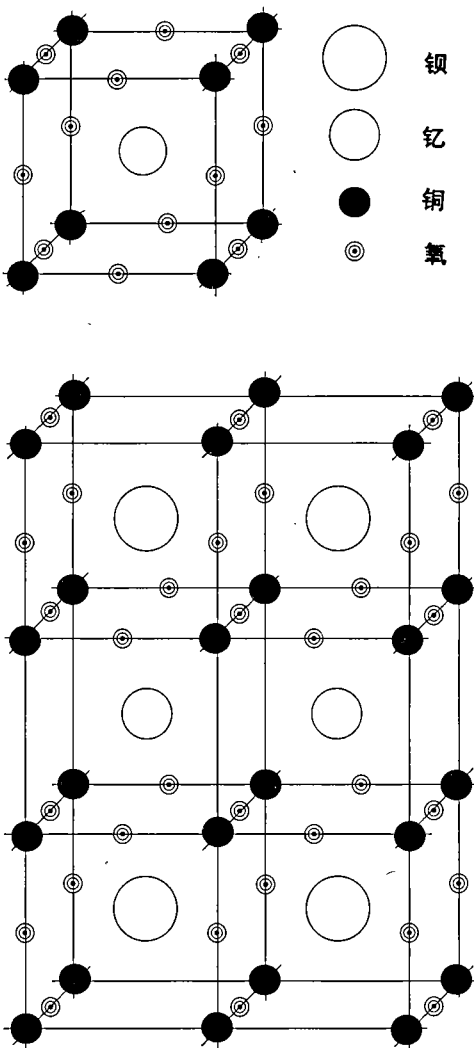
当冷却超导体时，在转变温度下其电阻降为零。

资料来源：Impact of Science on Society (1989), 154: 134

所消沉，尽管关于此题目的研究论文、综述和新闻报道仍在不断涌现。存在的主要问题之一是，陶瓷超导体脆而不柔，不适于用作需绕成线圈的电线。而且，其临界电流密度（可载电流量）有限。最近，一些实验室报道，成功地制成了柔韧超导电线，并且制成第一个使用高温超导线圈的发电

® 瑞士吕希里康的IBM研究室。

图 5
超导材料



钙钛矿材料具有立方晶结构（上），其中一个大的金属原子（如钇）位于立方体中心，小的金属原子（如铜）位于立方体的顶角。立方体的边含氧原子。1-2-3 超导体具有钙钛矿的结构（下）。但钇原子周围垂直边和钡原子周围水平边上无氧原子。

资料来源：Impact of Science on Society (1989), 154: 140

机，输出了可供利用的电能。此线圈由含铋的超导体制成，可在液氮温度下运转。

用于检测磁场和电流微小变化的高温超导量子干涉装置（SQUID）现已商业化。一些高温超导薄膜滤波器和包括屏蔽以及拾波线圈等厚膜装置也已商业化。

对 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 的研究已持续了多年。根据一篇报告，已能提高此材料的临界电流密度。在美国洛斯阿拉莫斯国家实验室（Los Alamos National Laboratory）的另一个研究小组采用在真空室中以电离气体分子轰击材料的溅射法沉积了 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 薄膜。用扫描隧道显微镜和原子力显微镜对薄膜加以检测。

寻找新的氧化铜陶瓷材料和其他类型的超导体的工作仍在继续。一项令人兴奋的进展是发现了“全层”铋、铌、铜和氧化合物在 40K 以下呈现超导性。还发现了含元素镱的一类新型超导体，其通式为 $\text{LnSr}_2\text{Cu}_2\text{GaO}_7$ ，其中 Ln 代表铋或 14 个镧系元素中的任何一个。在这些物质中，在 30K 和 73K 观察到超导现象。彼得·爱德华兹（Peter Edwards）和刘路世（译音）（Ru Shi Liu）^①以及跨学科超导研究中心（英国剑桥）研究了含铋的超导体，其通式为 $\text{Tl}_2\text{Ca}_2\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ 。这些物质的超导转变温度高达 128K，这是迄今（1992 年末）所报道的最高者。某些科学家预计，对这些超导体的进一步实验会使转变温度达到 180K 以上。

在 1983 年某些含硫的有机盐在 10.4K 显示超导性。这些有机超导体具有夹层结构，其中，平面有机分子导电层为无机离子绝缘层所分隔。通式 $\text{K}-(\text{ET})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Cl}$ 化合物的转变温度 12.8K，这是这种盐有关报道的最高转变温度。通式中 ET 代表有机化合物双-（亚乙基二硫醇基）四硫富瓦烯。

1991 年，阿瑟·F. 赫伯特（Arthur F.

① 英国伯明翰大学

Hebard)、罗伯特·C. 哈登 (Robert C. Haddon) 和其同事^⑧发现, 钾掺杂的富勒碳 K_3C_{60} 在 18K 成为超导体。几个月以后, 日本人^⑨用 Cs_2RbC_{60} 将富勒碳的转变温度提高到 33K。此后, 这个记录又提高了 10K (参见下文)。

具有日益升高的转变温度超导体的合成反映了研制室温超导材料领域科学家的努力。这种超导体的工业应用将会带来巨大的经济效益。目前, 沿供电线输电, 由于电阻而造成大量电能损耗。高温超导电缆由于无电阻几乎消除了电能损失。这些材料也是热的良导体, 所以可以用于制造小型计算机。因为使用超导材料防止了过量热的积累, 这是目前计算机芯片小型化存在的问题。

最近的超导材料正在用作大功率电磁铁和线性马达的线圈。事实上, 日本已经建成试验型的悬浮于磁场的列车。

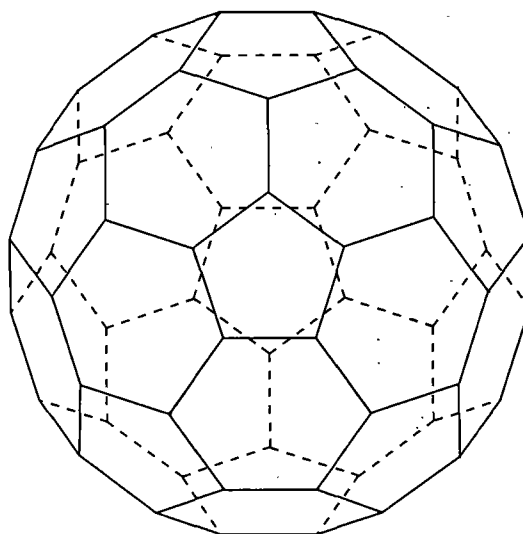
富勒碳

在过去三年中, 化学领域内没有其他课题能比富勒碳更引人注目。1992 年一年内科学家共发表了这方面的研究论文约 700 篇, 几乎每 13 小时就有一篇。

富勒碳分子的结构中具有排列成封闭中空笼状的偶数碳原子。这类分子首先发现于 1984 年, 当时, 在汽化的石墨中观察到含有由 40—100 个偶数碳原子组成的碳原子簇, 其中最著名的是由理查得·E. 斯莫利^⑩ (Richard E. Smalley)、哈里·F. 克罗陶^⑪ (Harry F. Kroto) 及其同事在激光辐照石墨产生的碳蒸气中鉴定出来的特别稳定的簇 C_{60} 。 C_{60} 分子中的 60 个碳原子排列成酷似足球的网格状。 C_{60} 的英文名称就是以美国建筑学

家和发明家理查得·布基明斯特·富勒 (Richard Buckminster Fuller) 的名字命名的。富勒在 1947 年完成的圆屋顶结构使用了给定量的材料, 而包括的容积却比任何结构都大 (图 6), 被视为本世纪最有意义的结构发明。

图 6
 C_{60} 的结构



资料来源: Chemistry International (1987), 9 (6), 212

虽然在几年前就鉴定出 C_{60} , 但直到 1990 年才制得常量的产品, 并由此导致有关 C_{60} 及相关分子 (如形状似橄榄球的 C_{70}) 大量论文的发表。在这些论文中, 研究了 C_{60} 的四氧化钨衍生物的 X-射线晶体结构, 使用 STM 探讨在砷化镓上 C_{60} 有

⑧ 美国新泽西州美国电话电报公司

⑨ 日本 NEC 公司

⑩ 美国得克萨斯州休斯敦赖斯大学

⑪ 英国布赖顿苏塞克斯大学

序的复层增长,以及使用原子力显微术(AFM)和X-射线衍射法研究氟化钙基体上C₆₀膜的形状等。

C₆₀是最简单的富勒碳成员,其所有60个碳原子占据同等的位置,因而在核磁共振谱上仅有1个峰。C₇₀则有5个峰,而C₇₆有19个峰。1991年日本住雄新岛(Sumio Iijima)^②报道了新型富勒碳结构的制品。该结构由纳米(10⁻⁹米)级中空针状石墨管组成,被称为“布基管”。这些由许多六边形排列的碳原子片卷曲而成的布基管已用作可控制直径仅几纳米的金属丝的模具。T. W. 埃布森(Ebbesen)和P. M. 阿杰燕(Ajayan)^③采用合成富勒碳的标准的电弧放电法在氦气下制成了克量级的布基管。罗伯特L. 惠顿(Robert L. Whetten)及其同事^④和弗朗西斯·迪德利希(Francois Diedrich)在热的浓蒸气中使C₆₀和C₇₀稠合形成稳定而更高级的富勒碳和大分子,如C₁₂₀、C₁₄₀和C₂₄₀。麻省理工学院的一个小组用常规的光谱法从燃烧烃的火焰中收集的烟息和冷凝化合物样品中也鉴定出C₆₀和C₇₀。而三位澳大利亚科学家在用激光辐照褐煤时,鉴定出C₆₀和高级富勒碳。由煤得到的焦制得常量的富勒碳,并用离子回旋加速质谱仪进行了鉴定。此外,许多高级富勒碳,包括C₇₆、C₈₄、C₉₀和C₉₄均已被分离和部分鉴定。

彼得·R. 布塞克(Peter R. Buseck)、西米昂·J·齐普斯基(Semeon J. Tsipursky)和罗伯特·赫蒂奇(Robert Hettich)^⑤报道了在俄罗斯的舒加(Shunga)镇附近发现的一个稀有的富碳岩石的古煤样品中有天然呈现的C₆₀和C₇₀。此岩石的起源未定,但据说已有6亿年之久。然而,

某些天体物理证据表明,呈富勒碳构型的碳不是地球特有的。在星际物质的红外发射光谱中许多神秘谱线(据认为来源于富碳物质)可以很好地与C₆₀的饱和氢化物C₆₀H₆₀的计算的振动光谱数据相符合。

表1. C₆₀和相关分子的潜在用途

催化剂	富勒碳材料可用作高分散金属催化剂的载体。
超导体	C ₆₀ 用碱金属(如钾和铷)掺杂后可无电阻地导电。
光学限制器	富勒碳可用作光学限制器以保护光学传感器免受强光照射。
工业金刚石	C ₆₀ 可在室温和高压下形成比金刚石还硬的固体。
治疗癌症	将肿瘤细胞的抗体附在C ₆₀ 分子上,然后将此C ₆₀ 分子引向肿瘤。
药物分配系统	可将药物置于富勒碳的中空碳笼内,并在体内释放出药物。
分子电池	可将各种原子置于富勒碳笼内而制成分子电池。
计算机芯片	超薄碳纳米管可用作纤维以取代铜线连接计算机芯片,从而使处理器的速度大为提高。
火箭燃料	因为C ₆₀ 可抗高压,所以可用于火箭燃料。
超纤维	目前用的碳纤维强度很高。富勒碳纳米管纤维会更强。
润滑	被氟原子环绕的富勒碳的物理和化学性质都很稳定,所以是理想的润滑材料。

② 日本 NEC 公司基楚研究室

③ 同上

④ 美国洛杉矶加州大学

⑤ 瑞士苏黎世联邦工学院。

⑥ 美国亚利桑那州立大学

⑦ 美国田纳西州橡树岭国家实验室

富勒碳是纯碳的第三种形式。其他两种形式是石墨和金刚石，已被使用了几百年。由于每个碳原子的全部价键都已共价饱和，并且其形状为球形或接近球形，无伸出的活性位置可受到进攻分子的攻击，所以富勒碳是非活性的。 C_{60} 分子仅在 3000K 温度下才分解。

富勒碳的一个潜在用途是作为金属催化剂的高分散载体。已经发现，通过 C_{60} 与有机金属铈和铂试剂反应，可使金属直接连接在碳架上。在氩气中，将加热到 1200℃ 的氧化镧和石墨复合棒用激光气化，制得含镧的富勒碳。另一个化学家小组^①报道了类似的进展，即在 $Fe(CO)_5$ 气氛下气化石墨，制成在碳笼内含一个过渡金属原子（如一个铁原子）的富勒碳。

阿尔特·赫巴德 (Art Hebard)^②及其同事发现，用各种碱金属（如钾）掺杂的富勒碳薄膜在隔绝空气下可导电，从而为富勒碳开辟了另一个可能的用途。随后的工作又阐明，当 C_{60} 掺杂少量钾原子时，在 18K 成为超导体。在阐明其晶体结构的研究中发现，纯的掺杂钾的富勒碳 K_3C_{60} 试样由面心立方晶体组成，钾原子占据所有八面体和四面体的间隙。更近的研究发现，掺杂铯和铷的 C_{60} 的超导转变温度为 33K。现已知，将铯加入到铷和钾掺杂的 C_{60} 中可使碱金属掺杂的 C_{60} 的超导转变温度提高到 42K。塞肯 (Sekin) 及其同事^③观察到转变温度可进一步提高到 57K。研究人员还发现，用有机化合物四（二甲胺基）乙烷 (TDAE) 掺杂的 C_{60} 在 16.1K 成为有机分子铁磁体。

C_{60} 在甲苯溶剂中同二甲苯反应生成不溶的褐色化合物。道格拉斯 A. 洛伊 (Douglas A.

Loy) 和罗杰 A. 阿辛克^④ (Roger A. Assink) 等根据核磁共振谱、热重量分析和元素分析发现，此产物可能是 C_{60} 与二甲苯的 1:3.4 的共聚物。

还发现了富勒碳的几种不寻常的光学性质具有潜在的应用价值。研究表明，光激发的 C_{60} 对光的吸收要好于其基态。此性质可用于限制光学传感器，保护传感器当使用激光和电弧焊机时免受强光的损伤。

C_{60} 分子具有高度对称性，物理性质非常稳定。法国格勒诺布尔的一个研究小组曾在室温下施加高压将 C_{60} 变成金刚石。此发现可能导致工业生产金刚石新方法的出现。

氯氟烃 (CFC) 及其替代物

近几十年来，氯氟烃 (CFC) 和相似的含氯和溴的化合物广泛用作致冷剂、气溶胶罐、发泡剂、洗涤溶剂等。在 1970 年前，由于这些化合物无毒、不燃、不挥发、无腐蚀性和高度稳定，所以从工程角度看无害于环境且又急需。例如，CFC-12 (二氯氟代甲烷 CCl_2F_2 ，也称为 FREON-12) 原被认为是一种优异的致冷剂，所以到 70 年代，CFC 的世界年产量高达约 100 万吨。

70 年代初首先提出了有关平流层臭氧层的耗竭问题，1974 年首次将此现象与 CFC 联系起来。氯自由基可催化分解平流层的臭氧。所以科学家提出，在平流层内，主要的人为氯源 CFC 可能是臭氧层耗竭的原因。他们估计，如果 CFC 的产量以目前的增长速度继续下去，即每年可在平流层积累 100 万吨氯。并且预测，这些可使臭氧的自然分解速度加倍，结果使平流层的臭氧耗掉 7—13%。

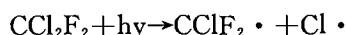
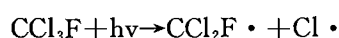
① 印度班加罗尔印度科学研究所

② 美国新泽西州美国电话电报公司贝尔实验室

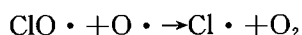
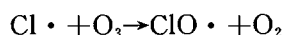
③ 日本都渥 (Tsakuba) 国家金属研究所

④ 美国新墨西哥州桑地亚国家实验室

在平流层的下部,CFC 经光分解而产生氯自由基($\text{Cl}\cdot$),典型的反应,如 CFC-11 和 CFC-12 分别如下:



然后,在平流层各高度, $\text{Cl}\cdot$ 自由基催化分解臭氧。反应涉及一系列过程,包括一氧化氯($\text{ClO}\cdot$):



科学家估计,一个氯自由基可和 100 个臭氧分子反应。他们还认为,由于 CFC 的稳定性高,可在平流层存在达 100 年之久。

一类与 CFC 相关的广泛用于灭火的称为 halons (商名) 的含溴化合物 (CF_2BrCl 和 $\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$) 则更为有害。这类化合物放出溴自由基 ($\text{Br}\cdot$),后者在类似于上述反应中生成一氧化溴 ($\text{BrO}\cdot$)。在平流层中 halons 的浓度一直以每年 5% 以上的速度在增长。

目前,平流层中氯的总浓度约为 3ppb (即每十亿个分子中有三个氯),而一个世纪之前为 0.6ppb,70 年代末为 2ppb。在平流层内,氯主要以 CFC 和其他光化学产物(如一氧化氯)的形式存在,而溴则以 halons 和一氧化溴的形式存在,浓度为 0.02ppb。

CFC 还是高效的温室气体,其对地球变暖承担 15—20% 的责任。一个 CFC-11 或 CFC-12 分子的温室效应约比一个 CO_2 分子大 1 万倍。

过去 20 年中,全球社会逐渐认识到几种形式的全球污染。这些污染造成诸如臭氧耗竭、温室效应、酸雨和化学烟雾等危及地球的生命现象。

根据积累的科学证据,在 70 年代中期,各国和国际机构开始承认 CFC 可能是全球污染的主要因素。1976 年,美国环境保护局宣布了禁止将 CFC 不必要地用作气溶胶罐的打算。但到 1984 年,全世界 CFC 的产量已超过预警水平,每年达

到 100 万吨以上。

为了防止平流层臭氧的进一步耗竭对生物圈可能产生的灾难性影响,1987 年 9 月 16 日在联合国环境保护署的主持下,有 24 个国家签署了蒙特利尔协议书。下面是该协议书的三项主要要求:

1989 年中期后,CFC-11、-12、-113、-114 和-115 的消耗量不得超过 1986 年水平。

自 1993 年 7 月 1 日起,必须将 1986 年的生产水平降低 20%,至 1998 年 7 月 1 日再降低 30% (使总水平降低 50%)。

至 1994 年,halons 的消耗量应保持在 1986 年的水平。

在 1989 年 3 月在伦敦召开的有 123 个国家代表参加的和 1989 年 5 月在赫尔辛基举行的两次国际臭氧会议上,有更多的国家同意该协议书。在 1990 年作为 CFC 替代物的氯氟碳 (HCFC) 被引入协议书作为过渡物质。

预计 CFC 和有关化合物在下一个十年左右的产量将急剧下降。因此,CFC 生产商一直在着重投资于开发和试验对环境无害的 CFC 替代品和可满足社会需求的替代技术。然而已认识到,在许多情况(例如致冷和空调设备)下可简单地通过在使用过程中回收和再循环 CFC 来大幅度降低 CFC 的排放量,特别是短期内。

几家公司参与了开发活性碳系统以回收泡沫塑料制造过程中用作发泡剂的 CFC。此系统价格高昂,但可回收 40% 的发泡剂。某些工业专家认为,节约 CFC 和利用替代品或技术可使对 CFC 的需求减少 60%。但仍余约当今市场的 40%,每年约 50 万吨 CFC。

具有讽刺意义的是,未来 CFC 的高稳定性是使其受到重视的一个因素,但现在却成为对环境的威胁。通过在分子中引入氢,使这种化合物易受羟基自由基 ($\text{OH}\cdot$) 的降解,也就使该化合物在大气中的稳定性降低。部分卤代的甲烷和乙烷

(都含氢)已研制出并已大规模生产。这些化合物以 HCFC 表示,但它们仍会造成臭氧耗竭,当然要比 CFC 要轻得多(表 2)。许多工业研究和开发工作正致力于寻找新途径以合成不含氯或溴的对环境无害的氢氟碳(HFC)等化合物。CFC 或 HCFC 对臭氧层的破坏能力取决于其含氯量以及其在大气中的寿命。臭氧耗竭潜力(ODP)可量度各种 CFC 及其可能的替代品破坏臭氧层的效力(相对于 CFC-11 的 CFC 值为 1.0)。全球变暖潜力(GWP)已用计算机模型算出,也是相对于 CFC-11,后者的值为 1.0。表 2 示出最近报告中的一些数值。

表 2 CFC、HCFC 和 HFC 对臭氧耗竭潜力(ODP)和全球变暖潜力(GWP)的值

化合物	通式	ODP	GWP
		(相对于 CFC-11 =1.0)	(相对于 CFC-11 =1.0)
CFC-11	CCl_3F	1.00	1.0
CFC-12	CCl_2F_2	1.00	2.8—3.4
CFC-113	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$	0.80	1.4
CFC-114	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$	1.00	3.7—4.1
CFC-115	CClF_2CF_3	0.60	7.5—7.6
HCFC-22	CHClF_2	0.05	0.34—0.37
HCFC-123	CHCl_2CF_3	0.02	0.017—0.020
HCFC-124	CHClFCF_3	0.02	0.092—0.10
HCFC-141b	$\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$	0.10	0.087—0.097
HCFC-142b	CH_3CClF_2	0.06	0.34—0.39
HFC-125	CHF_2CF_3	0	0.51—0.65
HFC-134a	CH_2FCF_3	0	0.25—0.29
HFC-152a	CH_3CHF_3	0	0.026—0.033

1988 年 1 月,建立了代用氟碳化合物毒性评试计划(PAFT),以评价适宜的 CFC 替代品的安全性。对 HCFC-123、HFC-134a 和 HCFC-141b 的急性、亚急性与亚慢性研究连同体外突变性和致畸性试验表明,这三种化合物的毒性在许多方面类似于 CFC-11 和-12。最近正在对这些产品进行两年期慢性/致癌联合试验,预计即将公布。对 HCFC-124 和 HFC-125 的研究结果预期在 1994—1995 年发表。

1987 年蒙特利尔协议书及其附录于 1992 年 11 月在丹麦哥本哈根召开的世界环境部长会议上进行了修改。要求在 1986 年水平基础上进一步降低 CFC 及有关化合物的生产和消费(表 3)。

表 3 1992 年 11 月在哥本哈根修订的蒙特利尔协议强制截止时间

化合物	用途	第一次削减		停止使用
		年	%	
CFC	气溶胶、致冷			
	空调、洗涤、			
	泡沫剂	1994	75	1996
HCFC	替代 CFC	1996	全额	2030
Halons	灭火剂			1994
CCl_4	溶剂	1995	85	1986
CH_3CHCl_3	溶剂	1994	50	1996
CH_3Br	熏蒸剂	1995	全额	未制定

在 1990 年曾在蒙特利尔协议中推荐 HCFC 作为过渡替代品,但在哥本哈根会议上也对 HCFC 施加了使用限制:从 1996 年起,其用量将停止在 1989 年水平再加 3.1%。今后,HCFC 用量将逐步降低:2004 年减少 35%,2010 年减少 65%,2015 年减少 90%,2020 年减少 99.5%,到 2030 年完全停止使用。

用作熏蒸剂以杀死土壤和贮藏水果中害虫的

溴代甲烷 CH_3Br , 也被列入哥本哈根协议中。1995年; 其产量将冻结在 1991 年水平, 然后再考虑进一步降低。

有机合成

1992 年 7 月, 在加拿大蒙特利尔举行的第九届有机合成国际会议上发表了约 600 篇论文, 说明了有机合成化学范围的广泛。这些论文涉及各种有机化合物的合成, 包括氨基酸、碳水化合物衍生物、抗体、多芳族化合物、酯类、纤维素、有机金属化合物、抗病毒化合物、维生素、抗肿瘤剂和醇类。特别是, 大量的论文涉及研究和设计和开发治疗或预防人类和动物疾病用的新的化合物分子。不仅在蒙特利尔会议如此, 从 1991 年 8 月于布达佩斯举行的第三十三届 IUPAC 会议“生物活性有机化合物的化学和生物化学”部分所发表的 400 篇论文中也可看出这种趋势。

最近合成的具有治疗价值的化合物包括: 与田菁酰胺 A 和麻桑胺 A 有关的两种结构新奇并具有抗肿瘤活性的生物碱; 称为 MK-679 或 Verlukast 的新的抗气喘药物; 含胍基化合物; 麻醉受体的合成以及提纯、作用机制和鉴定; 胰岛素和胰岛素受体的研究; 以及可用于临床治疗和预防血栓病的多肽抗凝剂的开发等。

最近许多研究工作集中于不对称合成, 特别是称为手性药物的对映体药物的合成。当一个分子不对称时, 则可存在两种形式, 其中一种是另一种的镜像, 从而出现对映现象或手性。一对对映体除了具有不同的光学性质外, 其物理和化学性质完全相同。

大多数氨基酸分子中的碳原子之一是不对称的。因此, 这类氨基酸是手性的和光学活性的, 如同葡萄糖和其他单糖碳水化合物一样。手性在生物系统中是特别重要的, 酶和其作用的大多数化合物是光学活性及对映选择的。例如, 动物能代

谢和酵母能发酵的仅是两个葡萄糖对映体中之一。

近年来引起化学家强烈兴趣的是生物活性化合物, 特别是药物的不对称或对映选择合成。不幸的是, 传统的光学活性化合物的有机合成方法, 仅得到消旋混合物, 即等量的光学性能相反化合物的混合物。

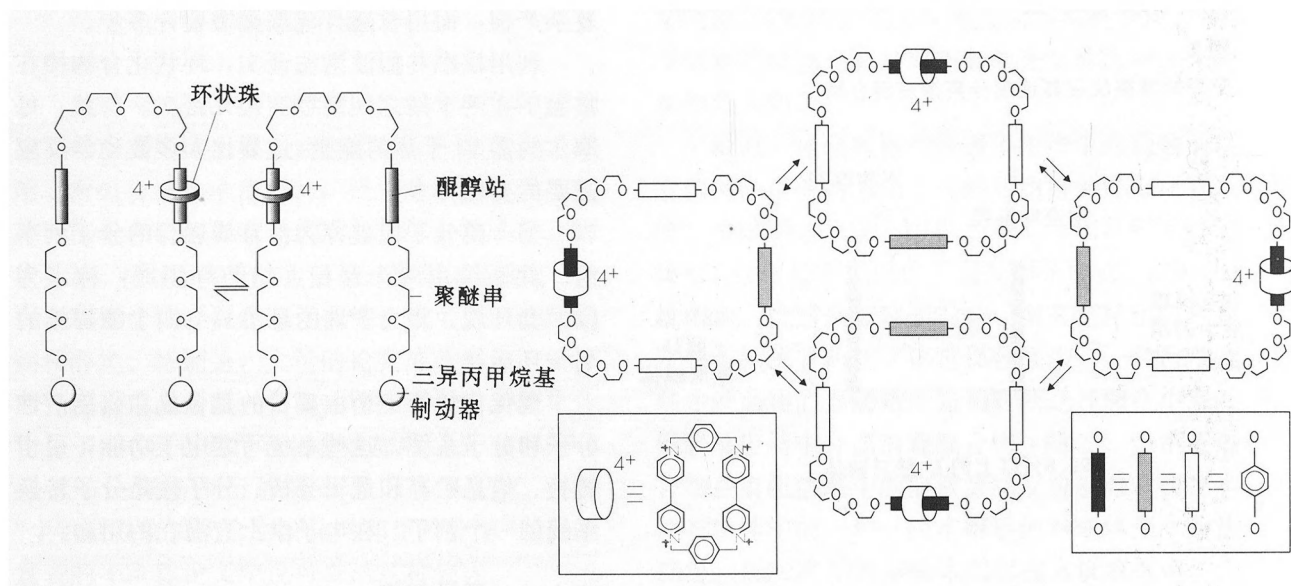
最近一项研究报告概述了生产手性药物的现有和将来可能的方法。这些药物可治疗心血管系统、生殖泌尿系统、中枢神经系统和呼吸系统的疾病。这项报告还讨论了消炎和止痛药、抗癌药、抗菌素、抗感染和抗病毒药; 激素; 抗组胺剂和止咳与抗感冒药的立体选择合成法。一种生产这些手性药物的方法是用固相对映选择酶在中空纤维膜反应器中分离消旋混合物(图 7)。当消旋混合物在有机溶剂中的溶液流经反应器时, 酶仅水解对映体中的一种。经水解后的对映体用水溶液洗出, 而所需要的对映体则留在有机溶剂中。

化学家还设计了高产率高选择性制备取代烯烃方法, 这种烯烃用于商业化生产对映体药物、农药、信息素(动物分泌的化合物, 它可影响其他的通常为同类动物的行为)和芳香味化合物。

近来, 合成自复制分子也很引人注目。实验表明, 非酶复制在各种合成化学系统是可能的, 并可提供线索以解释约 40 亿年前存在于生物前演化系统中的化学与物理的作用。此工作也是迈向合成原始生命系统的一个步骤。对分子复制的兴趣的增长是受脱氧核糖核酸(DNA)双螺旋结构和核酸复制机理早期工作的启发。对于生物前化学的研究, 现已开始把重点放在可能是核酸前身的简单复制多聚物可能起的作用。

自装配和自复制是合成化学家需要向自然界学习以便建立分子电子装置的关键。生成能完成各种机械和电子任务的超分子结构和机器将取决于分子识别现象的了解与应用。这涉及了主分子间自发的相互作用, 从而产生超分子结构的自组

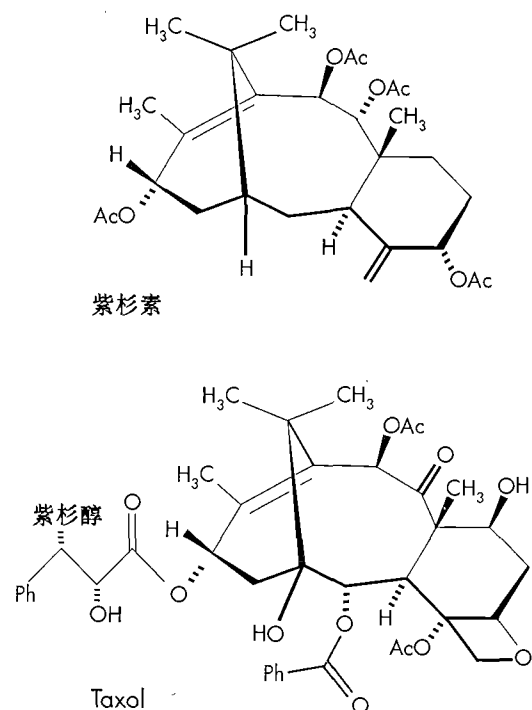
图 8
分子梭



分子梭：(左) [2] rotaxane 系统，环状梭在串上两个站之间穿梭。(右) [2] 套环烷系统，一个环像一分子列车组一样沿环线由一站到另一站运行。

资料来源：(左) Bradley, D. How to make a molecular shuttle, *New Scientist*, 27 July 1991; 20; (右) Stoddart, F. Making molecules to order, Scheme 6, *Chemistry in Britain*, August 1991; 717

图 9 紫杉醇：天然的抗癌药



资料来源：Chemistry International (1993), 15 (1): 9

迈克尔·弗里曼特尔 (Michael Freemantle) 牛津国际纯粹和应用化学联合会 (IUPAC) 的情报官员。他编辑 IUPAC 新闻杂志《Chemistry International》，并负责 IUPAC 分会会员项目。弗里曼特尔博士曾任伦敦南岸工学院的物理化学讲师和阿曼的约旦大学物理化学副教授。他还担任联合国教科文组织的科学教育的编辑部顾问。他写过 8 本关于科学方面的书，包括《化学的作用》。

近年来，对合成诸如紫杉醇等的抗癌药投入了巨大的努力。这种天然的产物对卵巢癌、乳腺癌和肺癌等显示出良好临床效果。但是，美国国家癌症研究院发起的试验由于缺少紫杉醇而被迫延缓。这促使化学家和其他科学家加强研究活动以扩大这种药的来源。

目前，紫杉醇只能由太平洋水松树皮提取。太平洋水松是美国临近太平洋的西北部原始森林中的一种有限资源，也是濒危的斑点猫头鹰的栖息地。现在正在通过全合成和部分合成、叶子提取、组织培养和栽培等来满足日益增长的对这种药物的需求。

结构复杂的具有生物活性的紫杉烷分为两类：紫杉素和紫杉醇 (见图 9)。紫杉醇与家杉素比较，它具有一个羟基 (—OH)。

佛罗里达州立大学的罗伯特 A. 霍尔顿 (Robert A. Holton) 及其同事已经研究成功一种紫杉醇的半合成法，并取得专利。该法使用一种紫杉醇的前体，10-脱乙酰基浆果赤霉素 III，它存在于水杉的针叶和嫩枝——两者都是可再生资源。计划在 1993 年开始用这种方法生产。1994 年用此法生产紫杉醇的这家公司计划获得 10-脱乙酰基浆果赤霉素 III，甚至通过由选择的树干生长的水杉直接提取得到紫杉醇。

FURTHER READING

- Adrian, F.J. and Cowan, D.O. (1992) The new superconductors - chemistry and physics converge to pin down mechanisms, *Chemical & Engineering News*, 21 December: 24-41.
- Bruce, D.W. and O'Hare, D. (eds) (1992) *Inorganic Materials*, Chichester, John Wiley & Sons.
- Freemantle, M. (1990) CFCs and their alternatives, *Impact of science on society*, (157): 59-69.
- Goh, M.C. and Markiewicz, P. (1992) The atomic force microscope, *Chemistry and Industry*, 21 September: 687-91.
- Smart, I. and Moore, E. (1992) *Solid State Chemistry. An Introduction*, London, Chapman & Hall.
- Stinson, S.C. (1992) Chiral drugs, *Chemical & Engineering News*, 28 September: 46-79.

生物学

彼得·纽马克

现代生物学研究中最激动人心的特点可能是，在一个领域内的探索却意外地在另一个领域取得成果。例如，在一个系统中由于其活性而被发现的一种物质，稍后却在另一完全不同的系统中发现有不同的活性。这可能是随着愈来愈多的细胞和组织成分被鉴定，从而发现全新的成分的几率减少了。或许反映了进化较革命过程更为适应的事实。不管是什么理由，其结局是传统的生物学研究分科基本上已经完结，然而尚未改变的是，常常新技术的发明或老技术的发展推动了发现过程。

本章所讨论的全部五个主题，由于技术发展而取得迅速的进展，但其包含的内容则基于其他方面的考虑。蛋白质结构代表了物理、化学和生物学的交接：物理学提供关键的技术，化学解释该结构如何保持三维形态，以及说明蛋白质的生物功能。信号传递的研究不仅是一个极为活跃的研究领域，而且还是理解外部因素如何能控制细胞内活动，包括细胞核基因活性程度的关键。另外两个题目的内容则是基因操作能力日益发展的成果。基因失效是一项理解基因功能和创建人类疾病模型的新技术，由此可试验可能的治疗，包括基因治疗。基因“添加”虽不太新颖，但在植物方面正在接近商业化。最后为免疫学留下一点位置。免疫学近来已解决了几个长期未解的秘密，为了解免疫系统最重要活动之一——即淋巴细胞

对病原体感染细胞进行识别，展现了曙光。

结构

蛋白质和其他生物大分子三维结构的测定在技术上要求很高，在科学上也很重要。没有三维结构，许多关于蛋白质活动模式的推测和争论需进行试验才能理解。有了三维结构，大多数推测和所有争论可被消除。自1957年完成第一个蛋白质三维结构以来，到1989年，共讨论了约500种结构。而由于作为蛋白质结构测定基础的化学、物理学和计算技术的发展，过去三年内就报道了500种新的三维结构。权威人士估计，到本世纪末，此数目将增至20000。这些知识对许多领域都是重要的：例如，有助于理解基因的调节，酶的作用，激素传递信息给细胞的方式，免疫系统的运转和日益重要的药物设计。

传统上解决蛋白质三维结构的方法是X-射线晶体衍射学——高和低技术的结合。第一个要求（也是通常最容易失败的）是制备高质量的蛋白质晶体。虽然在获得进行结晶所需的大量纯蛋白的方法上已取得长足进展，但要找到形成晶体的正确条件则仍需依靠经验。有时往往需耗费数月甚至几年时间才能获得满意的晶体，以供下一步用X-射线从不同取向照射晶体。正是从穿过晶体的X-射线的衍射图样，可计算出蛋白质分子中

原子的三维排列。这不是一个简单的过程，但由于有关技术和计算方法的发展，大大地加快了这一过程。

最近采用先进的核磁共振代替 X-射线晶体衍射法，大幅度加快了蛋白质结构测定的速度。这种新方法在技术上尚有待进一步改进，但因为这种方法可用于蛋白质溶液，从而避免了制取晶体的问题。另一方面，和 X-射线晶体衍射法不同，核磁共振只能用于较小的蛋白质。过去曾有过溶液中和晶体中蛋白质结构是否相同的问题，但通过多次直接比较发现，它们基本上是相同的。

明显受益于结构测定进展的一个生物学研究领域是基因调节。多年来已知，蛋白质是操纵“开关”基因的“手”。开关是靠近所操纵基因的 DNA 短片段，在许多情况下，DNA 开关的核苷酸序列和蛋白质操纵手的氨基酸序列是已知的。但是这种一维信息对精确定理解开关如何开启和关闭的用处不大。因为此机制涉及双股螺旋 DNA 和折叠蛋白质之间的三维相互作用。现在已解决了几种蛋白质和 DNA 复合体的三维结构，从而可以详细了解它们如何相互作用以操纵开关（见图 1，彩色插页 vii）。然而这仅仅是个开端，因为这些结构的大多数只限于蛋白质手的“手指”和开关的“钮”；整个结构将来会具体化。

在蛋白质和 DNA 之间还有其他的活跃的相互作用。这些对理解机制很重要，并开始见诸于三维结构中。例如，每个 DNA 转录和复制的复杂过程都需几种蛋白质和酶。随着过程的进展而形成各种复合物。最近已测定出某些单个成分的三维结构。例如，对细菌 DNA 复制极为重要的一种酶的几个亚单元之一已被阐明是一种面包圈形的蛋白质。这种“面包圈”的尺寸正好容纳 DNA。这与生物化学试验得到的概念是一致的，即酶的功

能如同 DNA 上的滑动夹。

RNA 转录和艾滋病

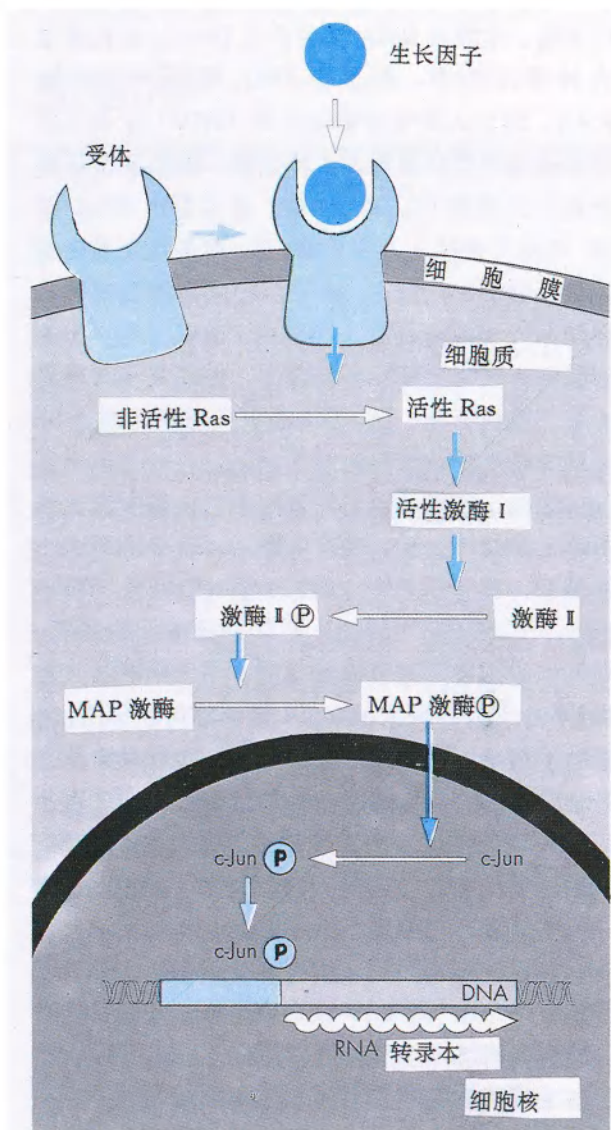
另一个研究较多的同核酸相互作用的酶是逆转录酶。此酶从 RNA 模板产生 DNA，而在通常的转录过程中，则是由 DNA 模板产生信使 RNA。因为人类免疫缺陷病毒（HIV）正是通过逆转录过程将自身掺入人类细胞，所以逆转录酶受到广泛的研究。由于 HIV 基因组由 RNA 组成，不能直接掺入人类 DNA 中，而是首先要转变为相应的 DNA 形式。由于执行此功能的逆转录酶是 HIV 的酶，而非人类的酶，所以它是理想的抗艾滋病药物的靶标。实际上，如同其他有前途的抗艾滋病药物一样，原先的抗艾滋病药物 AZT 也是一种逆转录酶的阻抑剂。

为此，已经进行了大量测定工作阐明逆转录酶的三维结构。经过多次失败后，获得了足够好的晶体。终于在 1992 年由汤姆·斯坦茨（Tom Steitz）及其同事^①解决了逆转录酶的结构问题。此结构的阐明有助于理解该酶在 RNA 模板上合成 DNA 和降解原来的 RNA 模板如何起作用，也有助于制造更好的抗艾滋病药物。随着对涉及逆转录酶功能的三维相互作用的精确了解，理论上应能设计和合成出能有效阻抑这些功能的药物。如果此理论能加以实践，其结果将能得到比 AZT 效果更好且副作用更小的药物。

类似的理由说明了其他的 HIV 蛋白质结构的重要性。其一是 HIV 蛋白酶。病毒可利用此酶由较大的前体生产某些病毒成分。用 X-射线晶体衍射法成功地测定了 HIV 蛋白酶的三维结构后，科学家试图利用此结构信息设计出能阻抑该酶的药物。据估计，目前至少有 100 种可能的药物同此蛋白酶复合体的三维结构。因为其中多数尚未

① 美国耶鲁大学

图1
激酶的阶式反应



在一个细胞表面上生长因子同其受体的啮合可以引发细胞质内发生一系列变化，包括由激酶催化的一系列磷酸化反应，这在细胞核内基因转录中达到高潮。Ⓟ代表磷酸酯基。

问世，而仅在制药公司内测定，这些公司至少暂时为了对付竞争者而保密。所以，至今尚无真正的有前景的药物出现。

细胞受体

在结构研究中另一个最近取得成就的重要领域是镶嵌于细胞表面膜并作为环境中化学配体的传感器的受体。如果是单细胞有机体，该配体可以是食物，而使有机体游向它；如果是多细胞有机体，则配体通常是激素或生长因子，经血液或其他体液被带至靶细胞或器官。由于这些结构是卓越的药物靶，因此再次引起药物学家的兴趣。但更重要的是了解受体（通常是蛋白质）及其配体（某些也是蛋白质）相互作用的方式，这些相互作用可导致携带受体的细胞的生物化学和行为改变。对于信号传导过程之后细胞内的变化已经进行了广泛的研究，但因缺少结构信息（刚开始出现），以致无法了解最初的触发过程。

测定受体三维结构的最大障碍是，天然状态的受体是部分地嵌在有高含量类脂的膜内，很难将受体完整地从中提取出来使之进入溶液，以备核磁共振或结晶目的的研究。有幸的是受体结合配体的部分不在膜内，而是悬于其外表面，这些部分更像可溶性蛋白质。1992年首先完成了两种受体的结合配体部分的结构测定。一种是某些的菌表面上的天冬氨酸受体，结合天冬氨酸的结果是使该细菌向天冬氨酸源运动。金松胡 (Sung Hou Him, 译音) 教授及其同事^②测定了此结构。另一种是人类生长激素受体，已由托尼·科希亚克夫^③ (Tony Kossiakoff) 博士领导的研究小组完成。在这两种情况，所获得的受体的结构均包括其本身和与配体结合的部分 (见图 J, 彩色插页 viii)。从而得到由于配体结合于受体而导致

② 美国伯克利加州大学

③ 美国加州 Genentech

结构变化的第一份可靠信息。

这些研究中一个非常重要的成果是第一个清晰地说明单个配体分子如何能结合到其受体的两个分子上的图像(见图J, 彩色插页 viii)。显然, 涉及了配体和人类生长激素的两种不同表面, 但有趣的是, 它们结合于两个受体分子的位置却没有明显的差别。虽然在无激素时受体分子对为弱缔合, 而当存在激素时, 则强烈地促使其配对。配对的作用是将激素的信号传入细胞内部。很可能是, 这造成位于膜内或更重要的在细胞内的那些两个受体分子成对结构发生变化。然而, 已经测定的结构只是位于细胞外的受体部分, 所以尚得进一步研究。

信号

无论因配体结合于细胞外受体部分而产生细胞内受体部分结构变化的精确类型是什么, 其直接结果是触发细胞内的活动。在过去几年中, 关于被称作信号传导的活动的知识, 从概念到数量上都有所发展。由于在传导过程中任何干扰均可导致恶性肿瘤形成的事实, 所以近年来引起人们对信号传导的强烈注意。癌症发病常和参与信号传导编码蛋白质的基因发生突变有关, 此证据仍在不断增加。很可能需在几个基因中发生变异。

一种过时的概念是, 信号传导中的许多活动涉及在蛋白质上加入或除去磷酸基团以及蛋白质活化或失活功能的变化。这是一个老概念, 并早已有证据说明在信号传导过程中将磷酸加到蛋白质上需要有激酶存在和参与。实际上在许多情况下, 细胞内受体部分本身就具有激酶活性。当配体结合于细胞外受体部分时即激活。最近已鉴定出许多可将蛋白质上的磷酸基团除去的磷酸酶。

特别提出的是两条其他的研究途径。一是最

近已深刻了解了一种蛋白质类型, 这种蛋白质可将活化受体内部连接于其他蛋白质, 而作为信号传导过程的一部分。该连接的蛋白质在许多方面发生大幅度改变, 但却有一个共同的特征, 即在一个对连接是必须的称为 SH2 的功能区。经含有 SH2 的蛋白质连接于对手的受体的是其细胞内部分具有激酶功能者; 对手则是具有传递信号至终点功能的各种酶中的一个。

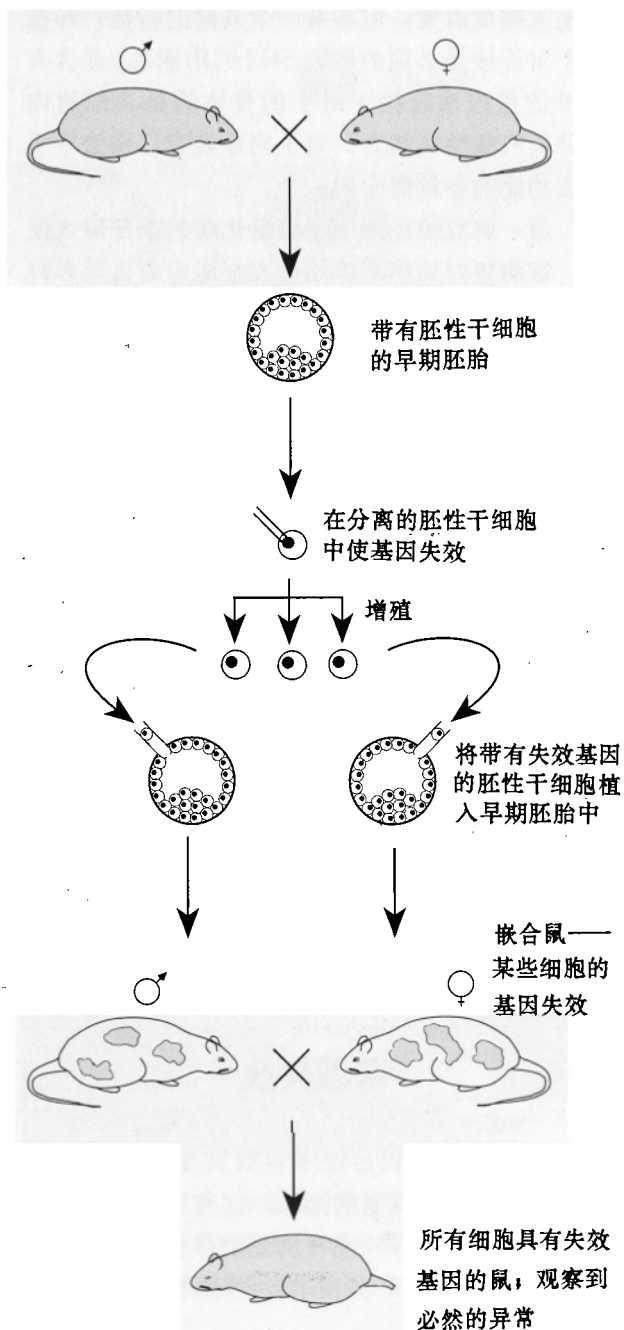
另一研究途径阐明了磷酸化酶的全部阶式反应。该酶暂时地将配体结合在细胞表面直至多种形式的信号传导的终点, 关闭或开启基因转录。已较好表征的一个例子是一组包含有三种激酶的阶式反应。当生长因子结合到细胞表面的相应受体时, 即开始运行此阶式反应(图1)。受体本身是一种激酶, 其活化的早期结果是促使 Ras 蛋白质的活化。由此触发磷酸化阶式反应的第一个激酶, 接着活化第二个, 然后又同样地激活第三个或 MAP 激酶。最后, MAP 激酶将称为 c-Jun 的蛋白质磷酸化。c-Jun 是结合于某些基因上的复合体的一部分并能开启基因。这方面研究的主要学者是埃德温·克雷布斯(Edwin Krebs)教授^④。他以其研究蛋白质磷酸化的开拓性贡献而于 1992 年获得诺贝尔奖。越来越多的证据说明由酵母到哺乳动物等有机体细胞内存在类似的阶式反应。至今, 几乎可以肯定, 这种机理已保存于进化中, 并已适应于各种信号传导至同样多种终点的功能。

基因失效

许多生物知识传统来自对突变有机体的研究。这些是随机突变的结果。这些突变可以自发呈现(无人为干涉)或在诱变剂存在下发生。然而, 最近已开发了一些技术, 可将随机因素除去,

④ 美国西雅图华盛顿大学

图 2
基因失效动物产生方法的简略说明



而使所选基因突变。这些技术首先是在简单有机体内进行的，但通常所称基因“失效”技术目前也能在普通的实验动植物中进行。以鼠为对象发展起来的这种标准技术(图 2)首先是在取自早期鼠胚胎的一个细胞中完成基因失效，然后将带有失效的基因植入另一早期鼠的胚胎中，由后一胚胎发育为成熟的嵌合鼠。这类小鼠的许多细胞，包括某些生殖细胞(精子或卵子取决于鼠的性别)将缺少失效的基因。这对鼠本身不会有严重影响，但通过饲养此种嵌合鼠，可以得到在所有组织中该失效基因两种拷贝都丢失的后代。这些后代鼠将会显示基因失效的全部影响。

使基因失效的技术有两种重要的用途。第一是建立由遗传基因突变引起的入类疾病的动物模型。第二是试图确认一个基因的功能。

通过基因失效试图确认基因功能一个最近的例子将说明为什么需这项技术，以及能得到何种信息。对果蝇 (*Drosophila*) 的研究已鉴定出涉及确认果蝇体高度分节性能的许多基因。这些基因中的一个被称为无翅基因，因为没有它果蝇就无翅。如果一个类似于无翅基因的基因根据 DNA 序列中相似性原理在鼠中被鉴定出来，那么，问题是所谓的 *Wnt-1* 基因在鼠体中起什么作用？第一个线索来自对哪种鼠组织中和在什么阶段该基因才启开进行的试验。明确的答案是，该基因仅在发育的中枢神经系统的特定区域内才是活性的。但不幸的是，有关此基因所产生的 *Wnt-1* 蛋白质实际功能的线索很少。

当安第·麦克马洪 (Andy MacMahon) 及其同事^⑤分析了丢失 *Wnt-1* 基因的嵌合鼠的中枢神经系统发育时获得许多线索。其结果是，缺失两种 *Wnt-1* 基因的胚胎后代，其发育中枢神经系统的一部分具有严重的异常。成鼠患有缺失小脑功能的症状。在发育中枢神经系统内，正常基因是

⑤ 美国新泽西州努特莱罗奇分子生物学研究所

活性的，并非所有区域在缺少该基因时会显示出异常。这证明在某些区域内其他基因能代替缺失的 *Wnt-1*。有时，确认基因功能的试验会受到挫折，因为缺失的基因非常重要，以致于无此基因的有机体在胚胎期就死亡，从而难以详细研究该基因的功能，或如我们刚解释过的，由其他基因代替了缺失的基因。一个理由是，许多支持系统已进化以防止重要基因的丢失。日益积累的实验证明，编码一个重要蛋白质的基因可以通过实验从一细胞删除或失活。预期的结果是，该细胞将不能存活。但在某些情况下，实际结果却是该细胞几乎没有问题。难以想象该蛋白质在细胞内不起作用。所以，最可能的解释是，另一种蛋白质承担了此功能。

基因失效一度被认为是超出了实验的可能性。但在过去几年中已成为小鼠试验中的标准方法。它还将成为获得一个基因（这个基因仅由DNA测序发现的）的功能类型的某些证据的强有力的工具。然而，应当注意的是，它仍不能提供有关基因功能的精确信息。因此，缺失 *Wnt-1* 基因的鼠具有中枢神经系统异常的事实，在鼠体内几乎缩小了这种可能性。其他的证据表明，该蛋白质是某种信号分子。此信号分子由产生它的细胞分泌出，并送至其他细胞。但基因失效实验不易试验这样的推测。

当基因失效用于产生一种疾病的动物模型并允许试验可能的形式治疗时，其重要性更为明确。例如，一旦鉴定出囊性纤维化患者的突变基因时，就可以使鼠体内的相应基因失效。这些动物具有许多，但不是全部的囊性纤维化年轻病人的特征：肠道梗塞，呼吸道病变，寿命大幅度缩短等。通过基因失效以产生人类疾病动物模型的另一个例子是使称为葡萄糖苷酯酶的基因失效。人类如果缺失这一基因就会引起高歇氏病，这是最流行的

一类疾病，通常为酶降解的物质累积在溶酶体中。遗传缺失葡萄糖苷酯酶基因的儿童受到的影响最为严重，常在出生后不久死于神经系统疾病，具有葡萄糖苷酯酶失效基因的鼠会产生许多与神经系统机能障碍相关的症状，并在出生一天内死亡。

对具有缺失基因的动物实验治疗的最重要形式是基因治疗。方法是向该动物提供携带该失效基因完全功能的模式。一般来说，其目的是将此基因模式嵌入因基因缺失而受到严重影响的细胞或组织内，例如，肌肉营养障碍的肌肉或囊性纤维化的上皮细胞。最近，克里斯托费·希金斯(Christopher Higgins)[®]博士及在牛津和其他地方的同事表示，基因治疗将可至少治疗因基因失效而引起的囊性纤维化样病鼠的某些症状。通过提供一种特殊结构的人类基因模式进入鼠的气管以达到治疗，目的是促进基因掺入呼吸道和肺的细胞内。已经获得基因掺入和发挥功能的证据。更重要的是，鼠的上皮细胞中异常的氯化物输送已恢复正常。因为这些异常非常相似于那些成为囊性纤维变性患者早死重要原因的异常。所以，可乐观地认为，这种基因治疗也有助于囊性纤维变性患者。这些试验已获批准并正在实施。但在儿童疾病基因治疗的第一批高水平试验中，涉及的仅是几例腺苷脱氨酶缺陷症。这种致死性但罕见的酶缺陷是由于遗传缺乏腺苷脱氨酶基因而引起的。主要的后果是，这些患者免疫系统严重缺陷。正在进行的试验是在病人的循环血液细胞中植入该功能的基因模式，使之产生足够量的酶以期合理地恢复有效的免疫系统。

基因定位图谱

任何形式基因治疗的前提是该基因的获得。在许多由于全部或部分基因缺失或变异而导致的许多疾病中，所涉及的基因尚未分离出。即使没

有想到基因治疗，仅仅是为要发现遗传疾病的原因，则最直接的方法是找出该缺陷的基因或基因组。这种需要已导致测定全部人类基因组序列的宏伟计划，并藉此找到所有的基因，尽管它们仅构成全部 DNA 的一小部分。

一个补充的不太急迫的计划是确定整个人类基因组的“图谱”。一个完整的基因图谱能使找出与疾病有关的基因变得相当简单。因为基因图谱提供了一系列参考标志，可精确搜寻出一个未知基因。这些标志沿每一染色体需有一特殊的顺序，染色体的 DNA 构成了完整的基因组。在每一对标志之间需有确定的距离。标志对之间的距离越短，搜寻一个基因越精确。

1989 年鉴定了新的有效的标志系列，从而极大地提高了基因图谱的质量。1992 年，琼·维森巴赫 (Jean Weissenbach) 及其同事^① 制定出有 800 个标志的人类基因组图谱。即使这样，这些标志之间的距离仍相当于 500—1000 万碱基，使得寻找一个基因非常艰难。然而，不久即将制出仅有 1—200 万碱基距离标志的基因图谱。一旦实现，几种不同基因控制下人类疾病（如糖尿病和高血压）的分析任务将要容易得多。

基因添加于植物

基因定位图谱和操作，对于植物学家来说，就像研究人类和其他动物一样活跃。在植物中，操作的最重要形式是基因添加，这是比基因失效更老也更简单的技术。除掉一个基因需对那个基因精确瞄准——如同在干草堆中找针，而添加一额外基因则要求不高。因为当添加一额外基因于植物（或动物）的染色体时不需要精确定位。此项技术已用于探讨基因功能和创建“有用的”变异体。无疑，在过去几年内，十分重要的用途是为

生物工程公司、植物育种者和有时为全人类的利益而改变植物。

西红柿可能是具有额外基因的最先进的商品植物。成熟的西红柿软而易受损伤。结果是，如果需要远距离运输，则常需在硬和绿时就提前采摘。虽然这些提前采摘的西红柿仍会成熟和变红，但其质量和味道不能与真正成熟的西红柿相比。一个有关的问题是，成熟西红柿变为过熟和不可口的时间很短，因而它们不能在货架上放置足够长的时间。

植物生物工程学家一直在寻求改变西红柿的途径，使其在收获前果实成熟期能持久一些，在变为不可口之前能保持久些。他们的目的是对涉及成熟的酶加以研究，然后向该植物提供能改进成熟过程的额外基因。已经采取了几种不同的方法，其中最先进的导致了在 1993 年美国市场上出现“Flavr-Savr”西红柿。

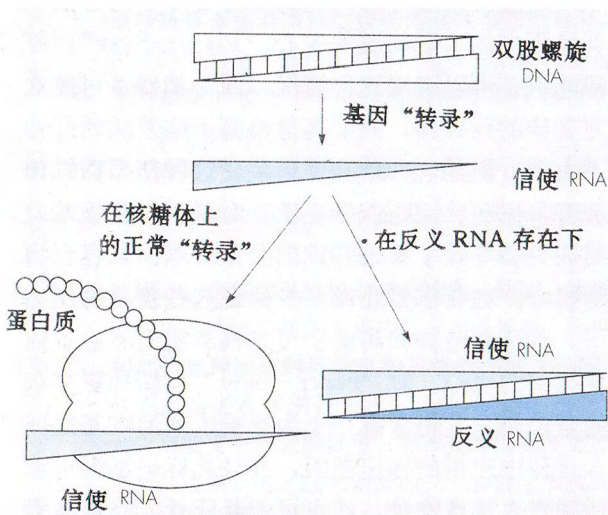
参与西红柿成熟过程的酶之一是多半乳糖醛酸酶。像任何其他酶或蛋白质一样，多半乳糖醛酸酶是按照信使 RNA 携带的指令合成的。至少在理论上此过程可以通过截获信使而加以阻止。从科学上说，最好通过使其同互补或反义 RNA 成对而截获信使 RNA (图 3)。从功能上说，尽管效果不是那么绝对，但结果仍相当于基因失效。植物生理学家已经懂得如何合成会产生反义 RNA 的基因以及如何使它们在植物中起作用。“Flavr-Savr”西红柿含有反义 RNA 的附加基因，可与多半乳糖醛酸酶 RNA 结对并阻止产生该酶。结果，使西红柿留在成熟期更长一些且味道也有所改进。

西红柿反义 RNA 的第二个成功目标涉及乙烯合成酶的信使 RNA。乙烯在天然成熟过程中起重要作用。唐·格里尔森 (Don Grierson) 教授的

^① 法国巴黎 Genethon

实验室^⑥已证明，用这种方法可能明显延缓成熟。已成功地用于抑制乙烯产生的另一方法是在西红柿中添加一个细菌基因。此基因能编码一种可以破坏植物内乙烯合成中间体的酶。这样的西红柿与普通的西红柿相比，保持硬的状态至少要长6周。

图3
改进基因功能



反义 RNA 阻止基因作用的方法：携带由该基因到细胞中蛋白质合成位置指令的信使 RNA 被反义 RNA 截获。

改进超级市场西红柿的味道，是植物基因工程比较普通的成就，但是，只要硬西红柿获得成功，其他植物将会随之跟上。抗致病昆虫、病毒

和微生物是生物工程学家们试图通过基因添加使植物获得的性能。一个目标是添加苏云金杆菌的基因到植物中，然后它们可产生一种对昆虫有毒的化合物。实际上，芽孢杆菌属毒素本身早已广泛地用于作物的杀虫剂。但是如果作物本身能产生足量有效的毒素，则不再需要外施杀虫剂。然而，这或许难以达到，有幸的是，最近已发现，此种细菌基因稍加改进就可以使植物大幅度增加毒素产量。某些大田试验已证实，含此种细菌毒素的植物具有抗昆虫的性能，棉花则可能是第一种内含抗昆虫能力的商品化作物。

为提高植物抗病毒感染的能力，大多数探讨的基因添加的种类涉及给植物提供病毒本身的基因。这里因为正在产生病毒外壳蛋白质的植物不易受到病毒感染。先期进行的抗烟草花叶病毒的烟草，此方法表明是成功的。最近，成功地实现了创建抗番木瓜环斑病病毒的番木瓜植物。

另一种基因添加改良植物的形式是使植物抗多种微生物病菌。在这种情况下，应首先找到天然开启防止病菌存在的植物基因，然后将这些基因额外改进的拷贝加于植物。这种改进可以确保连续产生保护蛋白质，而不是只在植物遭到攻击时才产生，或还确保对攻击反应所产生的保护蛋白质的量要比正常时高得多。这种技术现尚处于由实验室进入大田阶段。

大多数基因添加技术主要对象是西红柿、烟草和土豆。但更重要的目标是世界的主要粮食作物，如稻谷、小麦和玉米。对这些植物的研究成果还很落后。因为，以其他植物为目标发展起来的基因添加技术在这些植物中的效果不佳，因此需开发其他方法。迄今最成功的方法是将基因直接给予胚性谷物的组织，所用方法是将含有 DNA 的微发射物攻击胚胎细胞，或用电或渗透法使原

⑥ 英国诺丁汉大学

生质体“休克”，使之可透过达到 DNA。无论哪种方法均使新基因适宜地嵌入某些细胞内。由这些细胞再生的植物将携带此新的基因。1988、1990 和 1992 年分别对稻谷、玉米和小麦进行了实验。一旦此方法完善化，即可迅速进行将有用基因添加给这些植物的试验。例如，迈克尔·科齐耳 (Michael Koziel) 博士及其同事^⑨已公布了证据，即将苏云金杆菌基因添加给玉米，可使此作物提高对欧洲玉米螟虫 (北美和欧洲的主要害虫) 的抵抗性。

目前几乎没有这种带有添加基因的植物在实验室外生长。部分原因是担心所添加基因可能通过交叉受精进入密切相关的野生植物，或是有许多理由尚不受欢迎。因此，大多数国家已规定确保在实验室进行仔细试验前不能使携带添加基因的植物在大田生长。在小规模试验完成和批准前不允许大规模种植。推迟的第二个原因，需要肯定添加一个基因给植物应不会对植物本身产生有害的效果。因此，如果具有高度抗病菌的稻谷仅有正常产量的一半，则无推广的价值。然而据估计，在 1992 年进行了 400 块的大田试验基因改良作物，主要是在北美、欧洲和中国，并且会很快推广某些作物。

还有许多其他的基因工程用来改进植物的化学组成以提高其价值。例如，植物淀粉用于化学和食品工业，从植物中获得的淀粉的质和量影响该植物的价值。现已分离出许多在淀粉的生物合成中起重要作用的酶的基因，并开始生产将这些基因阻抑或改性的植物，或将植物或细菌的一些基因添加其中。类似的实验已开始用于改变植物种子的含油组成。一个例子是用一种反义 RNA 方法可以显著提高葡萄籽油的硬脂酸含量。在其他着眼于未来的基因添加方法中，植物将成为生产医学或工业上有用的非植物源的化合物的“工

厂”。例如，将用于产生天然聚合物 (这种塑料可用作生物降解塑料) 的一对细菌基因植入植物中，则该植物即可生产少量类似聚合物。含有哺乳动物免疫系统基因的植物可以产生抗体。

应当指出，当植物培育者忙于“改进”其所喜欢物种的基因组成时，由于各种原因，他们采用的基因工程技术已引起相当多的反对意见。

第一个担心是关于方法的安全性，特别是因为被添加到一物种的基因常比非取自另一种的多。这种担心引起开发安全措施。由于许多早期的担心被发现是无根据的，因而已经松懈了。

最近对猜想中的问题的关心要多于对方法和其结果中的实际问题的关心。“Flavr-Savr”西红柿的例子可以说明这种情况。因为消费者可能欢迎美味的西红柿，只要其价格高于味差的西红柿不太多。但是，为什么美国接受这种新型西红柿会有争论呢？问题似乎在于，对基因工程极端应用的关心导致了缺乏知识的公众对基因工程食物的担心。在要求禁止或至少标记这些食品的压力下，食品制造商和店铺宁可忽视事实而不愿冒商业损失的风险。对“Flavr-Savr”西红柿更复杂的争论是，它仍含有一个为影响成熟而在基因嵌入过程中应用的标记基因，并且此标记基因可能传播进入其他物种，或也可能起降低人类抗菌素的效果。即使这些可能性能有效排除，似乎也未必能很快消除一些对基因工程食品不满的意见。

抗原加工

抗体是免疫系统的有生命的产物，因为它能识别体内的外来物质并加以排除，因此，也部分承担限制病菌活动的任务。尽管在许多情况下抗

^⑨ 美国北卡罗来纳州 CIBA-GEIGY 农业生物工程研究单位

基因治疗和生物伦理学

所有全新的临床方法常伴随着伦理问题，但基因治疗提出的伦理问题更多。这部分是由于它不同于其他治疗方法。但更多的因素是，基因治疗的目的不能与优生学完全分离，通过鼓励培育那些认为需要的基因，研究可能对人类世系的改进。在优生学倡导者中，这意味着压制和灭绝被认为不需要的基因。

为考虑基因治疗的伦理学，如最近想象的，最好将体细胞基因治疗和幼体基因治疗区分开。两者的差别是，前者仅试图对患有基因病的个人进行缺陷的校正，而幼体基因治疗不仅影响个人，而且影响其后代。

至今，只有体细胞基因治疗正在进行试验，并且一般认为伦理上可以接受。第一批试探性实验是对身患危及生命疾病，并且无其他有效疗法的病人。这种情况伦理上容易接受。然而，体细胞基因治疗将广泛用于威胁性不大的疾病。即使如此，这种治疗的目的也如其他治疗形式一样，只不过是提高预期寿命和病人的生活质量。因此，只要安全和无副作用，将不会遇到伦理上的反对。有时，由于技术的原因，一种抗生素抗性基因随着该基因用于治疗时也能导入，从而引起反对意见。当使用这一技术时，一般有机会促使抗生素抗性扩散，这显然是一伦理问题。但是，由于抗生素抗性扩散或有更多的途径。这是较不重要的，而且一旦此技术被取代，就会除去。

就幼体基因治疗来说，涉及伦理问题要多得多。幼体治疗的医学目的与其说是治疗基因疾病，不如说是通过校正或克服精子、蛋或胚胎中的基因缺陷防止疾病出现。理论上，其优点是缺陷不能传至后代，但这也引起严重的伦理问题。

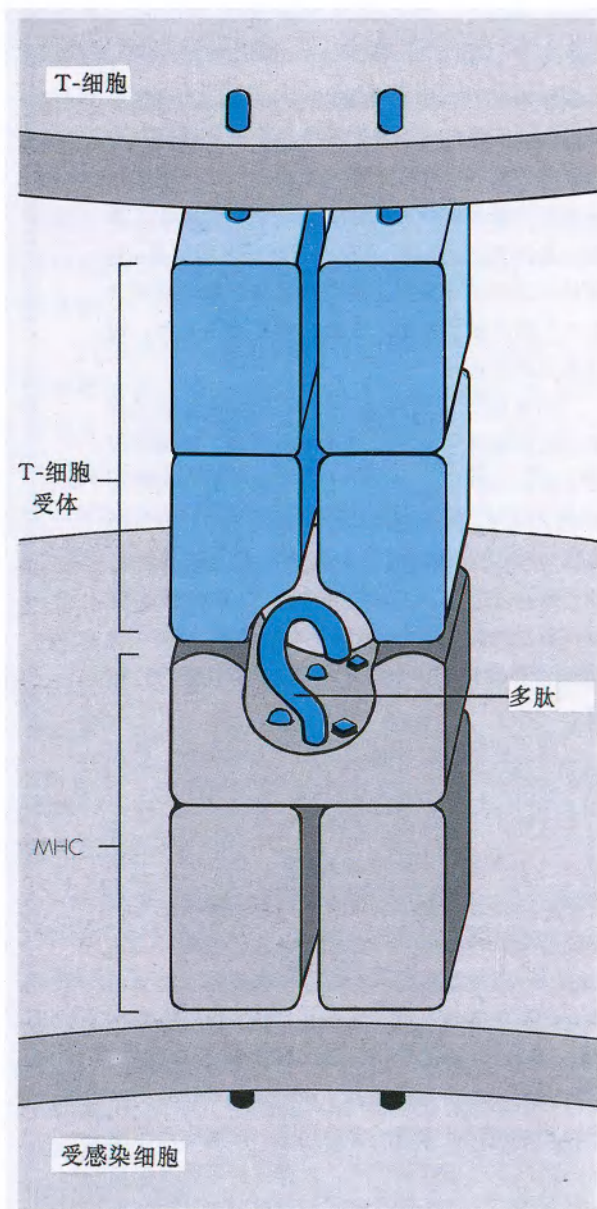
问题的产生主要是由于幼体基因治疗不仅

影响个人而且也影响未来几代，并且方法是不可逆的。一个伦理问题是，是否我们有权利改变未来几代人的基因组成。另一个是，幼体基因治疗将要在不需得到病人同意下进行，从而违背了医学的基本概念。当然，父母能代替病儿的同意，但就幼体基因治疗来说，决定常是在怀孕之前或之后不久做出的。当然，决定不仅是对于儿孙，而也是对所有后代。

如果能保证幼体基因治疗不会发生不可预见的长期副效应或其他不希望的结果，则将其应用于潜在的严重疾病治疗上，可能不会有太严重的伦理问题。因为基因治疗是添加一个“好”基因以克服缺陷基因问题，副效应肯定是可能有的。因为基因添加不是一个精确过程，无疑会留下长期副效应。然而，当用可靠的技术用“好”的基因代替缺陷基因时，将会大大减少可能的危险。

如果试图用幼体基因治疗为人类提供“所希望”的特性，而不是防止疾病，那将会引发一个更为重要的伦理问题。例如，矮身材的双亲可能要对其幼体添加一生长激素基因，这样其儿女和孙辈将达到正常高度。或者，如果一种基因可以增长智力，则会受到广泛要求将此基因拷贝到幼体中。可以理解的是，大多数双亲要其儿女和未来后代至少是“正常”的，在某些方面应高出平均值。但许多人认为，“正常”定义是任意的，变异对人的一生是很重要的。而且，高度和智力是遗传和环境因素两者综合的结果，因此很难预见任何幼体基因治疗的结果。因此，为防止疾病以外的理由，试着改变人类天然基因组成，在伦理上是有激烈争论的。

图 4
多肽识别



T-细胞表面上的 T-细胞受体与固定于病菌感染细胞表面上 MHC 分子上的多肽之间相互作用概略图解。

体是有效的,但在消除已受病菌感染的细胞时,用途并不大。为此,免疫系统产生能识别和杀死受感染细胞的细胞。此识别过程涉及免疫细胞表面分子和受感染细胞的相互作用。最近关于这种相互作用及使其成为可能的活动过程已经知道不少。

参与此过程的免疫细胞称为 T-细胞(因为它们来自胸腺),密切参与识别受感染的细胞的其表面分子称为 T-细胞受体。被识别的是病菌蛋白质片段(图 4)。这些片段(为约含 10 个氨基酸的多肽)出现在受感染细胞的表面上,而这些受感染的细胞固定在主要组织性复合物或 MHC 蛋白质的表面(这些蛋白质的全称与其发现有关,在个体之间的这类蛋白质需要完全匹配,以使组织或器官移植植物不受排斥)。

最近,汉斯-乔治·拉孟斯(Hans-Georg Rammensee)博士及其同事^①通过用极为灵敏的多肽(可从高度纯化的 MHC 分子释出)分析法获得了固定于同 MHC 复合物上的多肽的大小和特性等知识。这种信息表明,在所有多肽中一些氨基酸是相同的,说明它们参与了将多肽固定于 MHC,而其他氨基酸则变化多端。另一个重要的进展是,以帕梅拉·比约克曼(Pamela Bjorkman)和唐·威利(Don Wiley)^②博士为首的科学家们得到了第一个清晰的 MHC 和多肽复合物的三维结构,显示出这种短的多肽适配于 MHC 分子表面的槽内。正是这个槽“朝向”T-细胞受体,在受体、多肽和识别过程起主要作用的 MHC 之间直接接触。

细胞内病菌的多肽片段如何能到 MHC 复合物的表面?此问题引发了许多研究工作,但对许多有关过程的理解仍不完全。最重要的发现是,存在着两种使多肽到达表面的不同途径,也相应地

① 德国马克斯·普朗克研究所
② 美国哈佛大学

存在两种不同类型的 MHC 分子（各称为类 I 和类 II）。这种区分与细胞内两个主要部位有关，在那里常可发现病菌的蛋白质。

特别是在病毒感染的情况下，病毒可以利用受感染细胞本身的机制，产生更多的病毒蛋白质。这些蛋白质存在于细胞质内，并分裂成多肽。其中某些多肽被送入该细胞的内质网，在此与正在等待的 MHC 类 I 分子形成复合物。一旦形成复合物，就被转送至细胞外。其他的病菌，包括会引起麻风病和结核病的病菌，则在细胞内的泡囊中复制或降解。无论那种情况，都可使泡囊中的一些蛋白质分裂成多肽，并被正向细胞表面行进并途经泡囊的 MHC 类 II 分子捕获。

对一个具体的多肽-MHC 复合物 T-细胞受体进行识别是高度专一的过程。在此过程中，受体的许多形式中只有那些对识别此具体复合物具有精确正确形式的 T-细胞才被活化。然而，一种存在于 T-细胞受体、MHC 类 II 分子和病菌分子之间的很不相同形式的相互作用最近已经阐明。在这种情况下，参与的是完整的病菌蛋白质而不是病菌的多肽片段。蛋白质与 MHC 分子和受体的表面起相互作用，而不是在适配的槽内。已知的这类蛋白质是引起中毒性休克综合症的葡萄球菌的毒素。这些蛋白质被称为超抗原，因为它们与多肽片段不同，可激活许多 T-细胞。从功能上说，两种类型激活的结果也是不同的；多肽激活的 T-细胞能破坏感染细胞，而由超抗原激活的 T-细胞则是产生毒素的病菌可延迟或避免破坏机制的一部分。因此，由超抗原激活的 T-细胞可能产生抑制对病菌起免疫反应的化合物，从而可能变得对这些病菌的感染更敏感。

由于对 T-细胞识别和病菌蛋白与多肽激活过程知识的积累，开辟了许多导向免疫系统治疗调节的研究途径。但在了解任一实际治疗方式是否会出现之前，尚待进一步观察。

诺贝尔奖

在对基础科学和医学中每年最伟大成就的各种奖励中，诺贝尔奖是最著名也是最有价值的。尽管伟大的成就常依赖于许多人的贡献，但分享一种诺贝尔奖的人不能多于三位，这是诺贝尔奖存在的缺陷。但是，诺贝尔奖有助于提高科学事业的地位和公众对科学的认识。所以，应记住，在过去两年中有许多其他有成就的人本来应获得诺贝尔奖。这里是指一些获得此奖的对生命科学做出贡献的科学家。

两位德国生理学家分享了 1991 年生理和医学诺贝尔奖。他们的成就是发展一种新方法，用以研究构成许多生物过程基础的离子流动。离子藉形成开启和关闭毛孔的膜蛋白离子穿过生物膜。在欧文·内尔 (Erwin Neher) 和伯特·萨克曼 (Bert Sakmann) 决定试图测定通过单通道的离子流动时，一些生理学家仍只能注视通道群。由于他们成功地发明了“补片钳”，使膜的一个微区紧紧地密封在与电子测量装置相联结的微吸量管的末端，从而使通过单通道的离子流动的测定相当容易。

美国生物化学家埃德温·克雷布斯 (Edwin Krebs) 和埃德蒙·费希尔 (Edmond Fisher) 因发现激酶 (这种酶可将一个磷酸基加到其他酶上并使之激活) 的重大成就而获得 1992 年度的生理和医学诺贝尔奖。他们找到涉及肌肉活动的一种激酶，而从那以后还发现了涉及许多代谢过程的上百种激酶。

前景

在这篇文章中只能概述近三年来生物科学范畴内某些重要领域的进展。另外一些重要领域尚未涉及。其中之一是神经生物学。事实上，并不缺乏一些叙述性工作，鉴定出不断增长的与神经间传输信息过程有关的分子及其受体。现在有迹象表明，许多信息可用于理解神经回路的调节以及学习和记忆的神经基础。而且，可用于设计比现有药物更好的治疗精神病的药物。发育生物学也在进入高速发展时期。在简单的有机体（如果蝇）中，广泛探讨了涉及发展早期阶段的某些基本原理。日益清楚的是，许多原理也适用于脊椎动物。一个系统所获得的信息能有助于另一系统，因此，发育研究是值得探索的。

彼得·纽马克 (Peter Newmark) 《现代生物学》(Current Biology) 的编辑和现代生物公司的经理。他曾是《自然》(Nature) 的生物部编辑，以后又担任责任编辑共 16 年。纽马克博士毕业于牛津大学和研究生院，并在伦敦的 St Bartholomew's Hospital Medical College 作为博士后研究科学家进行研究多年。

FURTHER READING

Structures

Receptor structures are reviewed by Wayne Hendrickson in *Current Biology*, 2(2) (February 1992): 57-9.

Signals

Part of the signalling process is the subject of the article by Maurice Linder and Alfred G. Gilman on G proteins in *Scientific American* July 1992: 36-43.

Current Opinion in Cell Biology, 5(2) (April 1993) contains a number of brief reviews on aspects of cell signalling. Those by Beverly Errede and Daniel Levine (pp. 254-60) and by Alan Hall (pp. 265-8) are the most relevant.

Gene knock-outs/gene maps/gene add-ons to plants

A special supplement in *Science* 256: 766-813 (8 May 1992) consists of a number of reviews on gene knock-outs, gene add-ons and gene therapy.

Charles S. Gasser and Robert T. Fraley write on genetic crops in *Scientific American*, June 1992: 34-9.

Antigen processing

Two good reviews appear in *Current Opinion in Immunology*, 5(1) (February 1993). They are by Jacques Neefjes and Frank Momburg (pp. 27-34) and by Hans-Georg Rammensee, Kirsten Falk and Olaf Rotzschke (pp. 35-44).

附录：统计表

说 明

统计表中有关某些数据的注释在相关的国家或地区标以脚注符号†。其相应的注释可在有关统计表的末端找到。

各统计表在国家注释之前还有通用注释。

各统计表中还使用了以下符号：

- | | |
|---------|---------------------------|
| — | 数量为零 |
| 0 或 0.0 | 数量小于使用单位的一半 |
| ooo | 数据尚缺 |
| □ | 在统计中没有适合的分 |
| * | 暂定值或估计值 |
| ./. | 数据包含在别处其他范畴中 |
| → | 此符号紧左边的数字包含此符
号出现的该栏数据 |

科 技 统 计

本附录提供若干科技数据，这些数据取自联合国教科文组织(UNESCO)1992年版统计年鉴，这是该组织努力收集世界范围科技领域数据工作的成果。大部分数据是通过近年来 UNESCO 向其成员国发送关于研究和试验性发展(R&D)有关人力和经费状况的年度统计调查表答案而得到的，然后把早期调查、官方的报告以及出版物中所收集的数据加以汇总、补充而成。

定义

本附录所用术语定义如下：

人员分类

科学家和工程师 指以这些身份工作的人员，即在下述规定科学领域经过科学或技术培训（一般完成了第三阶段教育）从事 R&D 活动方面的专门工作人员、高级行政管理人员以及指导 R&D 活动实施的人员。

技术员 指从事 R&D 活动的人员，即经过任何学科或有一定标准的技术方面专业或技术培训（一般完成了第二阶段第一级的教育至少三年）的人员。

辅助人员 指从事与 R&D 活动直接有关工作的人员，即办事员、秘书和行政人员，各行业的熟练技工、半熟练技工和非技术工人以及

所有其他辅助人员。从事房屋管理工作的保安、门卫和维修人员不包括在内。

应当指出，通常而言，所有人员均按适当类型进行划分，而不考虑其身份或国籍。

科技人力

合格人力资源的总人数指标，是根据总人力储备或者从具有科学家、工程师或技术员所需资格的有经济活动人员数量中获得。

合格人力的总储备(ST)：人员的数量如上所述，不考虑经济活动、年龄、性别、国籍或其他特征，系一个国家国内地区在某一参照日期的数量。

经济活动合格人力数量(EA)：这一类人包括所有性别，如上所述，他们在某一参照日期某一经济部门已经从事或正在寻求工作的人员。

全时和非全时 R&D 人员以及相当于全时工作量

有关人员，特别是科学家和工程师的数据通常按相当于全时工作工作量(FTE)计算。它是以代表一个人在一定时期内全部时间工作为计算单位；用于把部分时间工作人员数折算为全部工作时间工作人员的相等数量。

研究和试验性发展 (R&D)

通常研究和试验性发展 (R&D) 系指为了增进知识 (包括关于人类、文化和社会的知识) 以及利用这些知识去开创新的用途而进行的系统的创造性工作。它包括基础研究 (即进行实验或从事不能立见实际用途的理论工作), 应用研究, 例如农业、医学、化工等领域 (即主要面向一个专门实际目的或目标的研究), 以及导致出现新发明、新产品或新工艺的试验性发展工作。

学科领域

在本统计表中所用广义科技领域如下:

自然科学, 工程和技术, 医学, 农业科学, 社会科学和人文科学, 以及其他领域。

R&D 支出

R&D 活动国内总支出是指本国领土上建立的各种机构和设施, 及地理位置处于国外的设施在一参照年期间为此目的所开支的全部费用。

R&D 的总支出包含日常支出, 其中包括管理费和基建费。日常内部支出还可以细分成劳务费用和其他日常费用。

资金来源

R&D 活动国内支出的资金来源如下:

政府资金: 包括由中央 (联邦)、州或地方政府提供的资金。

生产企业资金和特别资金: 由生产部门中划为生产单位的一些机构为开展 R&D 活动所拨的资金和从“技术和经济发展基金”提供的所有款项以及其他类似的资金。

外国资金: 来自国外的用于本国 R&D 活动的资金。

其他资金: 不能列入上述各项中的资金。

统计表

表 1 提供的数据是按学科领域划分, 即按其资格的学科领域分布, 并根据其是否为全时或非全时从事 R&D 的科学家和工程师人数。还给出相当于全时工作量和尽可能的妇女单独的数据。

表 2 说明从事 R&D 的所有人员以及三种类型人员——科学家和工程师、技术员和辅助人员的近期趋向。

表 3 示明科技人力。它表明潜在的科技人力, 即具有成为科学家、工程师或技术员所必需的资格者, 并示出总人口中从事 R&D 的科学家、工程师和技术员人数; 此外提供潜在科学家和工程师与从事 R&D 的科学家和工程师之间的关系, 如对科学家和工程师的支持比, 即每位从事 R&D 的科学家或工程师所配备的技术员人数。

表 4 中可看到 R&D 的经费结构, 表 4 给出了主要由 4 种资金来源构成的总支出 (或日常支出) 的分布状况。另外, 该表还给出各国通货以及各种资金占总资金的百分比, 这些资料被认为比较完备, 使读者能对各国 R&D 活动的各种财政支持者的努力进行比较。

表 5 按 R&D 活动类型即基础研究、应用研究或试验性发展给出日常开支分布的绝对数字和百分比, 因而表明每种 R&D 活动就财政来源而言的相对重要性。

表 6 给出用于 R&D 活动的总支出和日常支出数据。日常支出与总支出之间的关系也以百分比的形式表示, 因此可以显示出 R&D 费用结构方面的变化。

表 7 的统计指标与 R&D 财政来源有关, 它表明 R&D 经费与总人口和从事 R&D 的科学家和工程师人数的关系, 还给出 R&D 经费占国民生产总值 (GNP) 的百分比。

表 8 给出近若干年份的货币兑换率, 以便和表 4、5、6 和 7 中所用各国货币表示的经费数据

相比较。

读者如需进一步的科技统计资料，可请参考 UNESCO 每年出版的《统计年鉴》。研究人员若有兴趣获得更为详尽的信息或拟对本附录表格中所

给数据中有关特定国家的各该国定义、范围或限制因素等进一步了解，请将问题函寄 Division of Statistics, UNESCO, 7 Palce de Fontenoy, 75352 Paris 07-SP, 当予奉答。

表 1 按学科领域分布的从事研究和试验性发展 (R&D) 的科学家和工程师人数

国家/地区	年份	性别	数据类型	总计	学科领域					
					自然科学	工程和 技术	医学	农业科学	社会科学和 人文科学	其他 领域
非洲										
布隆迪†	1989	男女	FT+PT	170	49	15	3	75	22	6
刚果†	1984	男女	FT+PT	862	145	68	50	285	245	69
埃及†	1982	男女	FT	9 950	1 605	2 605	2 050	3 143	547	—
		男女	PT	29 967	8 152	3 735	6 390	2 782	8 908	—
		男女	FTE	19 939	4 322	3 850	4 180	4 070	3 517	—
		女	FT+PT	11 503	3 075	1 189	3 109	1 186	2 944	—
利比亚	1980	男女	FTE	1 100	230	198	130	221	321	—
毛里求斯	1989	男女	FT	178	9	38	8	99	24	—
		男女	PT	43	10	14	7	2	10	—
		男女	FTE	193	12	43	11	100	27	—
		女	FTE	33	—	6	4	17	6	—
塞舌尔†	1981	男女	FT	2	2	—	—	—	—	—
		男女	PT	—	—	—	—	—	—	—
		男女	FTE	2	2	—	—	—	—	—
		女	FTE	—	—	—	—	—	—	—
北美洲										
哥斯达黎加	1988	男女	FT+PT	1 528	451	110	250	378	339	—
危地马拉†	1988	男女	FTE	858	103	111	189	249	206	—
墨西哥	1984	男女	FTE	16 679	3 786	2 690	3 866	2 385	3 952	—
		女	FTE	4 319	980	697	1 001	618	1 023	—
尼加拉瓜	1987	男女	FT+PT	725	200	87	78	228	132	—
南美洲										
阿根廷	1988	男女	FT	7 019	3 003	1 143	937	838	1 014	82
		男女	PT	16 369	5 292	2 195	2 078	2 401	4 034	371
		男女	FTE	11 088	4 543	1 689	1 407	1 487	1 793	169
		女	FTE	4 798	1 796	411	666	457	1 339	129
巴西†	1985	男女	FTE	52 863	11 768	7 765	6 107	7 607	11 007	8 609
智利	1984	男女	FT	466	123	218	31	66	24	4
		男女	PT	3 844	988	838	1 061	155	758	44
		男女	FTE	1 587	485	474	284	110	220	14
哥伦比亚†	1982	男女	FT	831	288	49	21	334	139	—
		男女	PT	3 938	1 238	544	1 088	358	710	—
		男女	FTE	1 083	341	150	299	98	195	—
圭亚那†	1982	男女	FT	000	43	22	000	21	3	—
		男女	PT	—	—	—	—	—	—	—
		男女	FTE	000	43	22	000	21	3	—
乌拉圭	1987	男女	FT	752	90	132	189	172	126	43
		男女	PT	1 341	161	234	336	307	225	78
		男女	FT+PT	2 093	251	366	525	479	351	121
		女	FT+PT	720	86	126	181	165	121	41
委内瑞拉†	1983	男女	FT+PT	4 568	1 457	727	558	874	802	150
		男女	FTE	2 175	786	300	204	437	388	60
		女	FT+PT	1 479	438	134	302	171	375	59
亚洲										
印度†	1988	男女	FTE	*119 027	20 599	32 068	1 494	16 306	1 212	*47 348
		女	FTE	5 552	1 832	1 526	247	1 089	199	659
印度尼西亚	1983	男女	FT+PT	18 533	5 317	3 285	1 615	4 083	4 233	—

续表1 按学科领域分布的从事研究和试验性发展 (R&D) 的科学家和工程师人数

国家/地区	年份	性别	数据类型	总计	学科领域					
					自然科学	工程和技 术	医学	农业科学	社会科学和人 文科学	其他 领域
以色列	1984	男女	FT	14 173	5 900	5 000	500	500	2 200	—
		男女	PT	25 576	4 300	7 300	4 300	1 200	8 500	—
		男女	FTE	20 100	6 900	6 900	1 200	400	4 300	—
		女	FT+PT	10 400	3 300	800	1 300	300	4 600	—
日本†	1981	男女	FT	379 405	80 442	142 316	64 408	26 598	41 316	24 325
		女	FT	22 475	2 277	775	7 850	904	4 108	6 561
约旦†	1982	男女	FT+PT	1 241	310	340	118	92	381	—
韩国†	1983	男女	FT	30 309	4 706	16 371	3 964	3 589	—	1 679
		男女	PT	1 808	171	1 373	101	130	—	33
巴基斯坦†	1982	男女	FT	000	—	929	821	2 149	—	606
		男女	PT	000	1 211	730	—	729	—	—
		男女	FTE	5 397	406	1 172	821	2 392	—	606
		女	FTE	418	152	114	80	56	—	16
菲律宾	1984	男女	FT+PT	4 830	576	1 419	421	1 272	1 011	131
		女	FT+PT	2 319	322	480	344	471	630	72
卡塔尔†	1986	男女	FT+PT	229	160	53	2	5	—	9
		女	FT+PT	58	57	—	1	—	—	—
新加坡†	1987	男女	FT+PT	3 361	863	2 007	436	55	—	—
斯里兰卡	1985	男女	FT	2 526	1 503	229	195	—	599	—
		男女	PT	794	169	191	40	—	394	—
		男女	FTE	2 790	1 560	293	208	—	729	—
		女	FTE	667	416	27	74	—	150	—
泰国	1987	男女	FT+PT	8 498	1 669	1 176	1 570	1 849	2 229	—
土耳其†	1983	男女	FTE	7 309	891	1 040	1 350	1 590	531	1 907
欧洲										
奥地利†	1985	男女	FTE	4 591	1 500	739	590	282	1 480	—
保加利亚	1987	男女	FTE	50 585	5 162	11 861	4 653	2 551	5 919	20 439
		女	FTE	22 268	2 185	3 463	2 163	720	2 906	10 831
芬兰	1983	男女	FTE	10 951	2 291	5 211	890	572	1 947	40
德国†	1989	男女	FTE	127 449	15 480	88 542	9 232	8 376	5 819	—
前民主德国†		男女	FT+PT	38 232	3 983	18 155	3 735	2 935	9 130	294
匈牙利†	1987	男女	FT+PT	11 122	1 207	3 498	1 426	779	4 055	157
		女	FT+PT	34	3	7	10	—	14	—
马耳他†	1987	男女	FTE	34	3	7	10	—	14	—
挪威	1985	男女	FTE	9 692	1 833	4 421	945	456	1 797	240
波兰†	1989	男女	FT	15 700	3 700	6 500	1 700	1 300	2 300	200
		男女	PT	50 600	13 900	13 500	8 800	5 300	7 500	1 600
		男女	FTE	32 500	8 300	11 000	4 600	3 100	4 800	700
葡萄牙†	1980	男女	FT	1 790	529	246	123	307	300	285
		男女	PT	2 023	561	410	304	162	293	293
		男女	FTE	2 663	808	416	251	383	430	375
前南斯拉夫†	1980	男女	FT+PT	27 135	4 988	8 357	2 982	3 098	5 014	2 696
大洋洲										
澳大利亚†	1986	男女	FTE	33 768	7 625	4 498	3 049	3 720	6 683	8 193
法属波利 尼西亚†	1983	男女	FT	17	8	1	7	—	1	—
		男女	PT	—	—	—	—	—	—	—
		男女	FTE	17	8	1	7	—	1	—
新喀里 多尼亚†	1985	男女	FT	77	48	8	3	14	3	1
		男女	PT	2	—	2	—	—	—	—
汤加†	1981	男女	FTE	77	48	8	3	14	3	1
		男女	FT	9	—	—	—	9	—	—
		男女	PT	2	—	—	—	2	—	—

表 1

通用注释

FT=全时

PT=非全时

FT+PT=全时加非全时

FTE=相当于全时工作量

— 数量为零

* 暂定值或估计值

ooo 数据尚缺

→ 此符号紧左边的数值包含此符号出现的该栏数据。

† 国家注释

非洲

布隆迪：不包括生产部门的数据。

刚果：不包括军事和国防 R&D。

埃及：不包括军事和国防 R&D。

塞舌尔：不包括军事和国防 R&D。

北美洲

危地马拉：不包括生产部门（不附有 R&D 者）的数据。

南美洲

巴西：既不包括私营企业的科学家和工程师人数数据，也不包括军事和国防 R&D 数据。

哥伦比亚：不包括生产部门（不附有 R&D 者）的数据。

圭亚那：不包括军事和国防 R&D。一般服务部门和高等教育部门中的医学也未包括在内。

委内瑞拉：不包括军事和国防 R&D。

亚洲

印度：在最后一行科学家和工程师总人数中包括了在高等教育部门中的 2.21 万人（1982 年估计数）。

日本：该数据仅指固定研究人员。不包括生产部门（附有 R&D 者）中的社会科学和人文科学。

约旦：不包括军事和国防 R&D。

韩国：不包括军事和国防 R&D，也不包括社会科学和人文科学。

巴基斯坦：该数据表示主要集中在政府资助的研究机构的 R&D 活动；在高等教育部门中的社会科学和人文科学和一般服务部门未包括在内。不包括军事和国防 R&D。

卡塔尔：不包括高等教育部门中的社会科学和人文科学。

新加坡：不包括社会科学和人文科学中的 R&D。

土耳其：不包括生产部门的数据。一般服务部门的社会科学和人文科学也未包括在内。

欧洲

奥地利：不包括生产部门（附有 R&D 者）的数据。

德国：

前民主德国：在社会科学和人文科学一栏的数据仅涉及经济学和计算机科学。

匈牙利：不包括在 R&D 行政管理部的科学家和工程师。在军事 R&D 中，仅把在民用机构开展的那部分包括在内。

马耳他：数据仅指高等教育部门而言。

波兰：不包括生产部门（附有 R&D 者）的数据，也不包括军事和国防 R&D。

葡萄牙：最后一行数据指生产部门（附有 R&D 者）的科学家和工程师，但不清楚他们按学科领域的分布状况。

前南斯拉夫：不包括军事和国防 R&D。

大洋洲

澳大利亚：最后一行数据系指生产部门（附有 R&D 者）的科学家和工程师，但不清楚他们按学科领域的分布状况。

法属波利尼西亚：该数据仅涉及 1 个研究所。

新喀里多尼亚：该数据仅指 11 个研究所中的 6 个研究所。

汤加：该数据仅涉及 1 个研究所。

表 2 从事研究和试验性发展的人员：近若干年的数据

国家/地区	年 份	从事 R&D 人员			
		总 计	科学家和工程师	技术员	辅助人员
非洲					
布隆迪†#	1984	515	114	90	311
	1989	814	170	168	476
科特迪瓦†	1973	000	368	000	000
	1974	877	463	92	322
	1975	000	502	000	000
埃及†	1978	000	18 350	5 254	000
	1982	46 796	19 939	6 678	20 179
	1986	51 183	20 893	7 532	22 758
加蓬†	1985	000	188	000	000
	1986	000	211	000	000
	1987	000	199	000	000
加纳	1974	8 906	3 704	5 202	→
	1975	9 351	3 889	5 462	→
	1976	9 819	4 084	5 735	→
马达加斯加†#	1987	1 673	205	688	780
	1988	1 714	228	724	762
	1989	1 837	269	956	612
毛里求斯	1980	1 069	152	108	809
	1985	1 113	267	191	655
	1989	1 021	193	172	656
尼日尔†	1974	000	53	000	000
	1975	000	79	000	000
	1976	94	93	1	—
尼日利亚†	1985	13 924	1 422	6 565	5 937
	1986	12 845	1 499	6 005	5 341
	1987	12 880	1 138	6 042	5 500
卢旺达	1983	149	64	55	30
	1984	164	69	60	35
	1985	* 183	71	* 67	* 45
塞内加尔#	1971	000	416	000	000
	1972	000	609	516	000
	1976	000	522	000	000
塞舌尔†	1980	3	2	1	—
	1981	3	2	1	—
	1983	33	18	6	9
苏丹#	1971	6 378	1 299	222	4 857
	1974	16 598	3 324	1 798	11 476
	1978	22 675	4 345	3 271	15 059

续表 2 从事研究和试验性发展的人员:近若干年的数据

国家/地区	年 份	从事 R&D 人员			
		总 计	科学家和工程师	技术员	辅助人员
赞比亚	1970	000	*75	*210	000
	1973	1 060	260	800	→
北美洲					
加拿大†	1980	63 190	29 320	17 460	16 410
	1985	76 985	37 853	21 497	17 635
	1988	109 330	61 130	27 080	21 120
古巴†	1980	21 521	5 637	6 556	9 328
	1985	34 150	10 305	9 238	14 607
	1989	32 614	12 052	8 830	11 732
萨尔瓦多†#	1980	000	533	1 547	000
	1981	000	564	1 971	000
危地马拉	1970	000	*230	*134	000
	1972	000	*267	*255	000
	1974	000	310	439	000
牙买加†	1984	100	23	21	56
	1985	121	21	31	69
	1986	104	18	15	71
墨西哥†	1971	*13 525	*4 064	*7 181	*2 280
	1974	000	8 446	000	000
	1984	68 972	16 679	29 467	22 826
尼加拉瓜 #	1985	1 803	650	212	941
	1987	2 005	725	302	978
圣卢西亚	1982	000	40	103	000
	1983	000	46	81	000
	1984	000	53	86	000
特立尼达 和多巴哥	1982	588	174	182	232
	1983	625	187	205	233
	1984	806	275	254	277
特克斯和凯科斯群岛	1975	3	3	—	—
	1976	2	2	—	—
	1984	—	—	—	—
美国†	1980	000	658 700	000	000
	1985	000	849 200	000	000
	1988	000	*949 200	000	000
南美洲					
阿根廷	1980	000	*9 500	*13 300	000
	1985	*28 900	*10 800	*7 100	*11 000
	1988	22 855	11 088	6 241	5 526
巴西†#	1983	000	38 713	000	000
	1984	000	47 870	000	000
	1985	000	52 863	000	000

续表 2 从事研究和试验性发展的人员:近若干年的数据

国家/地区	年 份	从事 R&D 人员			
		总 计	科学家和工程师	技术员	辅助人员
智利†#	1981	000	3 469	000	000
	1985	000	4 907	000	000
	1988	000	5 323	000	000
厄瓜多尔	1970	000	595	508	000
	1973	000	544	217	000
圭亚那†	1980	720	94	250	376
	1982	623	89	178	356
秘鲁†#	1970	000	1 925	000	000
	1975	000	3 750	000	000
	1980	000	9 171	5 218	000
委内瑞拉†#	1973	5 198	2 809	783	1 606
	1980	000	3 673	000	000
	1983	10 687	4 568	2 692	3 427
亚洲					
文莱†#	1982	104	23	81	—
	1983	188	21	70	97
	1984	243	20	116	107
塞浦路斯†	1982	125	47	78	→
	1983	129	49	80	→
	1984	131	51	80	→
印度†	1984	*244 049	*100 136	72 233	71 680
	1986	*262 797	*107 409	70 233	79 093
	1988	*289 716	*119 027	80 956	86 398
印度尼西亚#	1985	000	21 160	3 888	000
	1987	000	30 486	000	000
	1988	000	32 038	000	000
伊朗	1970	6 432	3 007	482	2 943
	1972	9 865	4 896	857	4 112
	1985	000	3 194	1 854	000
伊拉克†	1972	248	170	78	→
	1973	316	205	111	→
	1974	365	240	125	→
以色列†	1974	000	12 200	000	000
	1978	000	14 722	000	000
	1984	000	14 173	000	000
日本†	1980	601 192	441 186	86 970	73 036
	1985	730 432	548 249	99 280	82 903
	1989	830 855	636 817	105 430	88 608
约旦†	1975	000	235	213	000
	1985	000	400	29	000
	1989	463	422	41	000

续表 2 从事研究和试验性发展的人员:近若干年的数据

国家/地区	年 份	从事 R&D 人员			
		总 计	科学家和工程师	技术员	辅助人员
韩国†#	1980	30 473	18 434	7 417	4 622
	1985	73 516	41 473	24 152	7 891
	1988	104 737	56 545	35 720	12 472
科威特†#	1982	1 864	1 013	443	408
	1983	2 064	1 157	470	437
	1984	2 539	1 511	561	467
黎巴嫩†	1978	160	160	—	—
	1979	175	170	5	→
	1980	206	180	6	20
巴基斯坦†	1981	22 922	5 144	6 476	11 302
	1982	24 723	5 397	7 138	12 188
	1988	28 990	6 641	9 286	13 063
菲律宾#	1982	17 992	7 884	3 500	6 608
	1983	9 949	4 394	1 867	3 688
	1984	10 185	4 830	1 855	3 500
新加坡†#	1981	2 741	1 193	807	741
	1984	4 886	2 401	1 359	1 126
	1987	5 876	3 361	1 526	989
斯里兰卡	1983	ooo	1 939	*480	ooo
	1984	ooo	2 619	592	ooo
	1985	ooo	2 790	693	ooo
土耳其	1984	27 007	9 914	6 284	10 809
	1985	29 241	11 276	7 367	10 598
越南†	1976	24 560	11 230	13 330	→
	1978	25 050	13 050	6 040	5 960
	1985	ooo	20 000	ooo	ooo
欧洲					
奥地利	1975	15 392	5 387	4 944	5 061
	1981	18 599	6 712	6 145	5 742
	1984	20 161	7 609	6 817	5 735
比利时	1975	30 131	13 883	6 570	9 677
	1986	36 203	15 705	20 498	→
	1988	36 770	16 646	20 124	→
保加利亚†	1980	72 335	38 706	10 483	23 146
	1985	90 308	48 008	13 099	29 201
	1987	96 471	50 585	11 662	34 224
捷克斯洛伐克†	1980	171 789	53 659	60552	57 578
	1985	180 439	61 046	47 337	72 056
	1989	185 492	65 475	42 876	77 141

续表 2 从事研究和试验性发展的人员:近若干年的数据

国家/地区	年 份	从事 R&D 人员			
		总 计	科学家和工程师	技术员	辅助人员
丹麦	1981	16 476	6 785	9 691	→
	1985	19 914	8 567	11 347	→
	1989	25 448	10 662	14 786	→
芬兰	1981	18 004	9 722	8 282	→
	1985	*23 551	000	000	000
	1989	*28 925	000	000	000
法国	1980	236 200	74 900	161 300	→
	1985	273 000	102 300	170 700	→
	1988	283 099	115 163	167 936	→
德国†					
前民主德国†	1980	191 429	120 473	70 956	→
	1985	191 262	122 292	68 970	→
	1989	195 073	127 449	67 624	→
联邦德国†	1981	359 419	124 678	103 214	131 527
	1985	398 328	143 627	118 080	136 621
	1987	419 206	165 614	122 458	131 133
希腊†	1979	4 308	2 634	984	690
	1983	4 873	2 441	1 067	1 365
匈牙利†	1980	62 866	25 589	23 707	13 570
	1985	48 745	22 479	17 869	8 397
	1989	42 276	20 431	14 113	7 732
冰岛	1981	744	398	346	→
	1985	818	512	306	→
	1989	1 177	773	404	→
爱尔兰	1981	5 474	2 635	1 408	1 431
	1985	6 264	3 741	1 340	1 183
	1988	8 590	6 351	1 291	948
意大利	1980	95 803	46 999	27 605	21 199
	1985	117 887	63 759	33 058	21 070
	1988	135 665	74 833	38 287	22 545
马耳他†	1983	46	34	5	7
	1985	46	34	5	7
	1988	46	34	5	7
荷兰†	1980	53 560	26 430	27 130	→
	1985	61 400	33 620	27 780	→
	1988	64 420	37 520	26 900	→
挪威†	1980	15 005	7 427	7 578	→
	1985	18 781	9 692	9 089	→
	1989	*20 700	*12 100	*8 600	→

续表 2 从事研究和试验性发展的人员:近若干年的数据

国家/地区	年 份	从事 R&D 人员			
		总 计	科学家和工程师	技术员	辅助人员
波兰†	1980	240 000	93 000	57 000	90 000
	1985	181 000	57 000	54 000	70 000
	1989	ooo	32 500	ooo	ooo
葡萄牙	1980	7 711	2 663	2 867	2 181
	1984	9 267	3 475	3 059	2 733
	1988	10 883	5 004	3 571	2 308
罗马尼亚	1987	167 049	58 647	42 195	66 207
	1988	167 711	58 879	42 362	66 470
	1989	169 964	59 670	42 931	67 363
西班牙†	1980	30 905	13 732	4 710	12 463
	1985	40 653	21 455	7 024	12 174
	1988	54 337	31 170	9 914	13 253
瑞典†	1981	42 214	17 696	24 518	→
	1985	49 599	21 899	27 700	→
	1987	51 811	22 725	29 086	→
瑞士	1977	*36 920	*16 000	*20 920	→
	1979	37 945	16 410	15 840	5 695
	1986	45 200	14 910	10 710	19 580
英国†	1972	258 746	77 086	80 220	101 440
	1975	259 100	79 300	75 800	104 000
	1978	261 400	86 500	76 600	98 300
前南斯拉夫†	1980	53 699	22 951	13 431	17 317
	1985	68 591	30 564	16 363	21 664
	1989	78 704	34 770	18 780	25 154
大洋洲					
美属萨摩亚†	1970	14	2	12	→
	1971	15	3	2	10
澳大利亚	1981	45 211	24 486	12 284	8 441
	1985	53 258	30 406	14 848	8 544
	1988	64 820	38 568	16 535	9 717
斐济†#	1984	140	28	82	30
	1985	146	30	86	30
	1986	156	36	90	30
法属波利尼西亚†	1980	101	19	13	69
	1982	101	21	14	66
	1983	97	17	16	64
关岛†	1979	52	21	19	12
	1985	*46	19	*11	*16
	1989	*52	*21	*11	*20

续表 2 从事研究和试验性发展的人员:近若干年的数据

国家/地区	年 份	从事 R&D 人员			
		总 计	科学家和工程师	技术员	辅助人员
吉尔伯特群岛	1980	3	2	1	—
	1981	3	2	1	—
新喀里多尼亚†	1983	17	7	5	5
	1984	82	12	33	37
	1985	334	77	71	186
新西兰†	1973	000	* 2 950	000	000
	1975	8 003	3 659	3 164	1 180
	1979	8 080	000	000	000
太平洋岛国	1973	66	23	24	19
	1978	22	5	11	6
	1979	23	4	11	8
巴布亚新几内亚	1971	000	* 110	000	000
	1972	000	* 115	000	000
	1973	000	131	000	000
萨摩亚群岛†	1976	254	135	82	37
	1977	266	140	87	39
	1978	280	140	92	48
汤加†#	1979	000	9	1	000
	1980	000	10	4	000
	1981	000	11	4	000
瓦努阿图	1973	29	2	1	26
	1974	39	4	1	34
	1975	39	3	1	35
前苏联					
前苏联†	1980	000	1 373 300	000	000
	1985	000	1 491 300	000	000
	1990	000	1 694 400	000	000
白俄罗斯†	1980	000	38 130	000	000
	1985	000	42 500	000	000
	1988	000	44 100	000	000
乌克兰†	1980	000	195 782	000	000
	1985	000	210 300	000	000
	1989	000	348 600	000	000

表 2

通用注释

除标有 # 标记的国家,数据均用相当于全时工作量 (FTE)表示

表示全时加非全时 R&D 人员数

— 数量为零

ooo 数据尚缺

* 暂定值或估计值

→ 此符号紧左边的数值包含此符号出现的该栏数据

据

† 国家注释

非洲

布隆迪:不包括生产部门的数据。

科特迪瓦:该数据仅表示全日制的科学家和工程师。

埃及:不包括军事和国防 R&D。

加蓬:不包括生产部门的数据。

马达加斯加:不包括高等教育部门的数据。

尼日尔:该数据仅指高等教育部门而言。

尼日利亚:该数据仅涉及联邦科技部下属 26 个研究所中的 23 个。

塞舌尔:不包括军事和国防 R&D。

北美洲

加拿大:由于计算方法的改变,1986 年的数据不能和在此之前的数据相比较。不包括生产部门(附有 R&D 者)中的社会科学和人文科学。

古巴:不包括军事和防务部门的 R&D。

萨尔瓦多:该数据系指从事于公有企业的科学家、工程师和技术员。

牙买加:该数据仅涉及科学研究委员会。

墨西哥:1971 年和 1974 年的数据表示的是全时加非全时人员。

美国:不包括法学、人文科学和教育学的的数据。

南美洲

巴西:不包括军事和国防 R&D。也不包括从事于私营生产企业的科学家和工程师。

智利:不包括军事和国防 R&D。

圭亚那:不包括军事和国防 R&D。一般服务部门和高等教育部门的医学的数据也未包括在内。

秘鲁:数据还包括科技服务机构(STS)。

委内瑞拉:不包括军事和国防 R&D。

亚洲

文莱:仅为 2 个研究所的数据。

塞浦路斯:不包括生产部门的数据。

印度:高等教育部门中的技术员和辅助人员的数据

未包括在内。1984、1986 和 1988 年在高等教育部门的科学家和工程师人数为 2.21 万人(1982 年的估计值)。在 1986 年和 1988 年,该栏总数中包括分类不详人员分别为 6062 人和 3335 人。

伊拉克:该数据仅涉及科学研究基金会。在 1974 年有 1862 人(其中 1486 人为科学家和工程师)在与科学活动有关的政府部门中工作。

以色列:数据仅指在民用部门的全时科学家和工程师,不包括社会科学和人文科学。

日本:数据系指全时人员。不包括生产部门(附有 R&D 者)中社会科学和人文科学数据。

约旦:不包括军事和国防 R&D。

韩国:不包括军事和国防 R&D,也不包括社会科学和人文科学。

科威特:数据系指科技活动(STA)。

黎巴嫩:仅为黎巴嫩大学科学系的部分数据。

巴基斯坦:不包括军事和国防 R&D。数据系指主要由政府资助的研究机构所开展的 R&D 活动。在高等教育部门和一般服务部门中的社会科学和人文科学未包括在内。

新加坡:不包括社会科学和人文科学。

越南:1976 年和 1978 年的数据不包括高等教育部门的技术员和辅助人员。在 1985 年的数据中未包括一般服务部门。

欧洲

保加利亚:数据不包括高等教育部门中的技术员和辅助人员。

捷克斯洛伐克:由于统计方法改变,自 1981 年以来的数据不能与在那以前的数据进行严格的比较。从事 R&D 行政管理的科学家和工程师与辅助人员包括在内;至于军事 R&D,仅在民用机构中开展的那一部分包括在内。

德国:

前民主德国:在 1985 年和 1989 年的数据中,除经济学和计算机科学以外,社会科学和人文科学的 R&D 也未包括在内。

联邦德国:未包括生产部门的社会科学和人文科学。

希腊:数据仅表示政府活动。

匈牙利:由于统计方法的改变,自 1981 年以来的数据不能与在那以前的数据相比较。不包括从事 R&D 行政管理的人员。熟练工算作技术员而不算作辅助人员。辅助人员中还包括保安和维修人员。至于军事 R&D,仅把在民用机构开展的那一部分包括在内。

马耳他:数据仅指高等教育部门。

荷兰:由于统计方法改变,自 1981 年以来的数据不能与在那以前的数据相比较。不包括生产部门(附有 R&D 者)中的社会科学和人文科学研究。

挪威:1980年的数据不包括生产部门中的私营企业。

波兰:由于计算方法的改变,自1985年以来的数据不能与在那以前的数据相比较。不包括军事和国防R&D。1985年的数据中不包括高等教育部门的技术员和辅助人员。1989年的数据中未包括生产部门(附有R&D者)。

西班牙:由于统计方法的改变,自1984年以来的数据不能与在那以前的数据相比较。不包括私营非盈利机构。数据中未包括高等教育部门中的技术员和辅助人员。

瑞典:不包括生产部门和一般服务部门中的社会科学和人文科学的数据。

英国:不包括高等教育部门的数据。

前南斯拉夫:不包括军事和国防R&D。

大洋洲

美属萨摩亚:数据仅涉及1个研究所。

斐济:数据仅涉及1个研究所。

法属波利尼西亚:数据仅涉及1个研究所的全时人

员。

关岛:数据仅涉及高等教育部门。

新喀里多尼亚:数据述及研究所的数量:1983年,2个;1984年,3个;1985年,6个。

新西兰:1975年的数据不包括高等教育部门的辅助人员。

萨摩亚:数据系指全时科学家和工程师。

汤加:数据仅涉及1个研究所。

前苏联

前苏联:数据系指所有具有高级学位或者科学称号的人,而不考虑其工作的性质,如在科学机构从事研究工作的人员和在各高等教育研究所工作的科学教育人员;也包括在工业企业中从事科学工作的人员。

白俄罗斯:同前苏联的注释。

乌克兰:同前苏联的注释。

表3 科技人力与从事研究和试验性发展人员的若干指标

国家/地区	年份	数据类型	合格人力		从事 R&D 人员			潜在科学家和工程师与从事 R&D 的科学家和工程师之比
			每百万人口中潜在科学家和工程师数	每百万人口中潜在技术员数	每百万人口中科学家和工程师数	每百万人口中技术人员数	为每位科学家或工程师配备的技术员数	
非洲								
贝宁	1989	EA	299	000	177	54	0.3	59.2
布隆迪	1989	□	000	000	32	32	1.0	000
中非共和国	1984	□	000	000	76	149	2.0	000
刚果	1984	□	000	000	458	783	1.7	000
埃及	1986	□	000	000	439	158	0.4	000
加蓬	1987	□	000	000	192	17	0.1	000
几内亚	1984	□	000	000	263	125	0.5	000
肯尼亚	1982	EA	906	989	000	000	000	000
利比亚	1980	EA	14 373	2 964	361	493	1.4	2.5
马达加斯加	1989	□	000	000	23	82	3.6	000
毛里求斯†	1989	ST	7 662	10 825	180	160	0.9	2.3
尼日利亚†	1987	ST	281	1 014	14	61	4.5	5.0
卢旺达	1985	□	000	000	12	*11	*0.9	000
塞内加尔	1981	□	000	000	342	468	1.4	000
塞舌尔	1983	□	000	000	281	94	0.3	000
北美洲								
加拿大†	1988	EA	63 440	119 752	2 347	1 040	0.4	3.7
哥斯达黎加†	1988	EA	21 029	000	534	000	000	2.5
古巴†	1989	ST	14 233	000	1 146	839	0.7	8.0
萨尔瓦多	1989	□	000	000	27	316	11.5	000
危地马拉†	1990	□	2 967	000	99	106	1.1	3.3
海地	1982	EA	2 538	3 224	000	000	000	000
牙买加	1986	□	000	000	8	6	0.8	000
墨西哥	1984	□	000	000	215	379	1.8	000
尼加拉瓜	1987	□	000	000	207	86	0.4	000
圣卢西亚	1984	□	000	000	396	642	1.6	000
特立尼达和多巴哥	1984	□	000	000	237	219	0.9	000
美国	1988	EA	21 576	000	*3 874	000	000	*18.0
南美洲								
阿根廷	1988	EA	22 044	7 771	*352	*198	*0.6	*1.6
巴西†	1985	ST	11 231	000	390	000	000	3.5
智利	1988	□	000	000	363	231	0.6	000
哥伦比亚	1982	□	000	000	39	36	0.9	000
圭亚那†	1982	EA	1990	443	115	230	2.0	5.8
巴拉圭†	1981	□	000	000	248	→	000	000
秘鲁	1981	ST	16 465	9 348	274	000	000	1.7
乌拉圭†	1987	ST	*19 166	000	686	000	000	3.6
委内瑞拉†	1983	EA	21 820	000	279	165	0.6	1.3
亚洲								
巴林	1981	ST	30 359	32 811	000	000	000	000
文莱†	1984	EA	11 531	22 401	93	540	5.8	0.9
中国	1988	EA	8 157	→	000	000	000	000
塞浦路斯†	1987	EA	*34 200	*28 931	77	121	1.6	0.2
香港	1986	EA	32 617	21 487	000	000	000	000
印度†	1990	EA	2 897	749	*145	*99	*0.7	5.0
印度尼西亚†	1988	ST	1 280	11 026	181	000	000	14.1
伊朗†	1985	ST	6 992	4 056	67	39	0.6	1.0
以色列	1984	EA	41 992	42 058	4 836	1 035	0.2	11.5
日本†	1989	EA	71 223	40 695	5 183	858	0.2	7.8

续表3 科技人力与从事研究和试验性发展人员的若干指标

国家/地区	年份	数据 类型	合格人力			从事 R&D 人员		
			每百万人 口中潜在 科学家和 工程师数	每百万人 口中潜在 技术员数	每百万人 口中科学 家和工程 师数	每百万人 口中技术 员数	为每位科 学家或工 程师配备 的技术员数	潜在科学家和 工程师与从事 R&D 的科学家 和工程师之比
约旦	1986	EA	8 564	ooo	119	8	0.1	1.4
韩国†	1988	EA	*2 428	*49 790	1 343	849	0.6	55.3
科威特†	1985	ST	35 115	41 269	925	344	0.4	2.6
黎巴嫩	1980	□	ooo	ooo	67	2	0.0	ooo
马来西亚†	1988	ST	1 792	ooo	327	69	0.2	18.2
尼泊尔	1980	EA	247	*494	22	5	0.2	9.1
巴基斯坦†	1990	EA	2 340	1 713	58	81	1.4	2.5
菲律宾†	1984	ST	36 649	ooo	90	35	0.4	0.2
卡塔尔†	1986	EA	23 781	13 208	746	199	0.3	3.1
新加坡†	1987	EA	15 849	10 737	1 283	583	0.5	8.1
斯里兰卡	1985	EA	1 337	ooo	173	43	0.2	13.0
泰国	1987	□	ooo	ooo	104	52	0.5	ooo
土耳其†	1985	ST	15 932	18 678	224	146	0.7	1.4
越南	1985	□	ooo	ooo	334	ooo	ooo	ooo
欧洲								
奥地利†	1984	EA	17 781	3 768	1 007	903	0.9	5.7
比利时	1988	□	ooo	ooo	1 691	2 045	1.2	ooo
保加利亚†	1987	EA	36 101	77 039	5 461	1 301	0.2	15.6
捷克斯洛伐克†	1989	EA	35 443	ooo	4 195	2 747	0.7	11.8
丹麦†	1989	ST	22 740	62 304	2 074	2 877	1.4	9.1
芬兰†	1989	ST	55 416	49 315	2 283	1 993	0.9	4.1
法国†	1988	□	ooo	ooo	2 071	3 020	1.5	ooo
德国†								
前民主德国†	1989	EA	38 270	66 913	7 819	4 149	0.5	20.4
联邦德国	1987	EA	45 571	32 466	2 713	2 006	0.7	6.0
希腊†	1986	ST	33 905	16 049	54	49	0.9	0.2
匈牙利†	1988	EA	45 786	→	1 936	1 337	0.7	4.2
冰岛†	1989	□	ooo	ooo	3 080	1 610	0.5	4.3
爱尔兰†	1988	EA	40 618	201 252	1 737	353	0.2	ooo
意大利†	1988	EA	20 784	62 381	1 310	670	0.5	6.3
马耳他	1988	□	ooo	ooo	97	14	0.1	ooo
荷兰†	1988	EA	67 129	→	2 543	1 823	0.7	3.8
挪威†	1989	ST	28 915	ooo	*2 882	*2 048	*0.7	10.0
波兰†	1988	EA	38 658	131 513	854	ooo	ooo	2.2
葡萄牙	1988	□	ooo	ooo	488	348	0.7	ooo
罗马尼亚	1989	□	ooo	ooo	2 582	1 858	0.7	ooo
圣马力诺	1989	EA	22 783	80 565	—	—	—	—
西班牙	1988	EA	39 602	→	799	254	0.3	2.0
瑞典†	1987	□	ooo	ooo	2 712	3 472	1.3	ooo
瑞士†	1986	EA	55 081	ooo	2 299	1 652	0.7	4.2
前南斯拉夫†	1989	EA	23 995	18 418	1 471	795	0.5	6.1
大洋洲								
澳大利亚†	1988	EA	32 638	19 864	2 115	1 004	0.5	6.5
斐济	1986	□	ooo	ooo	50	126	2.5	ooo
法属波利尼西亚	1983	□	ooo	ooo	104	98	0.9	ooo
关岛	1989	□	ooo	ooo	*179	94	*0.5	ooo
吉尔伯特群岛	1980	□	ooo	ooo	34	17	0.5	ooo
新喀里多尼亚	1985	□	ooo	ooo	507	467	0.9	ooo
汤加	1981	□	ooo	ooo	113	41	0.4	ooo
前苏联								
前苏联†	1990	EA	55 275	71 756	5 871	ooo	ooo	10.6
白俄罗斯†	1988	EA	58 000	73 000	4 345	ooo	ooo	7.5
乌克兰†	1989	EA	56 850	74 976	6 736	ooo	ooo	11.8

表 3

通用注释

表示从事 R&D 的人员的数据按相当于全时工作计

EA= 经济活动合格人员

ST= 合格人力储备

S&E= 科学家和工程师

— 数量为零

0 或 0.0 其数量小于所用单位的一半

ooo 数据尚缺

□ 无合适范畴

* 暂定值或估计值

→ 此符号紧左边的数值包含此符号出现的该栏数据。

† 国家注释

非洲

毛里求斯：数据系 1983 年合格的科技人员。

尼日利亚：数据系 1980 年合格的科技人员。

北美洲

加拿大：数据系 1986 年合格的科技人员。

哥斯达黎加：数据系 1980 年合格的科技人员。

古巴：数据系 1981 年合格的科技人员。

危地马拉：数据系 1988 年合格的科技人员。

南美洲

巴西：数据系 1980 年合格的科技人员。

圭亚那：数据系 1980 年合格的科技人员。

乌拉圭：数据系 1985 年合格的科技人员。

委内瑞拉：数据系 1982 年合格的科技人员。

亚洲

文莱：数据系 1981 年合格的科技人员。

塞浦路斯：数据表示的是 1984 年从事 R&D 的人员。从事 R&D 的技术员中包括辅助人员。

印度：数据系 1988 年合格的科技人员。

印度尼西亚：数据系 1980 年合格的科技人员。

伊朗：数据系 1982 年合格的科技人员。

日本：数据系 1987 年合格的科技人员。

韩国：数据系 1981 年合格的科技人员。

科威特：数据系 1984 年从事 R&D 的人员。

马来西亚：数据系 1982 年合格的科技人员。

巴基斯坦：数据表示在 1988 年从事 R&D 的人员。

菲律宾：数据系 1980 年合格的科技人员。

卡塔尔：数据系 1983 年合格的科技人员。

新加坡：数据系 1980 年合格的科技人员。

土耳其：数据系 1980 年合格的科技人员。

欧洲

奥地利：数据系 1981 年合格的科技人员。

保加利亚：数据系 1986 年合格的科技人员。

捷克斯洛伐克：数据系 1980 年合格的科技人员。

丹麦：从事 R&D 的技术员人数，其中包括辅助人员。

芬兰：从事 R&D 的技术员人数，其中包括辅助人员。

法国：从事 R&D 的技术员人数，其中包括辅助人员。

德国：

前民主德国：数据系 1988 年的合格的科技人员。从事 R&D 的技术员人数中包括辅助人员。

希腊：数据系 1981 年合格的科技人员。

匈牙利：数据系 1984 年合格的科技人员。从事 R&D 的技术员人数包括熟练工人。

冰岛：从事 R&D 的技术员人数中包括辅助人员。

爱尔兰：数据系 1981 年合格的科技人员。

荷兰：数据系 1985 年合格的科技人员。从事 R&D 的技术员人数中包括辅助人员。

挪威：数据系 1987 年合格的科技人员。从事 R&D 的技术员人数中包括辅助人员。

波兰：数据系 1984 年合格的科技人员。

瑞典：从事 R&D 的技术员人数中包括辅助人员。

瑞士：数据系 1980 年合格的科技人员。

前南斯拉夫：数据系 1988 年合格的科技人员。

大洋洲

澳大利亚：数据系 1986 年合格的科技人员。

前苏联：

前苏联：数据系 1987 年合格的科技人员。

白俄罗斯：数据系 1986 年合格的科技人员。

乌克兰：数据系 1986 年合格的科技人员。

表4 以资金来源划分开展研究和试验性发展的总支出

国家/地区	参照年份	货币名称	全部资金来源	政府资金	资金来源		
					生产企业资金和特别资金	外国资金	其他资金
非洲							
布隆迪†	1989	法郎	536 187	211 064	—	325 123	—
		%	100	39.4	—	60.6	—
中非共和国†	1984	法郎 ^①	680 791	406 684	144 515	75 592	54 000
		%	100	59.7	21.2	11.1	7.9
刚果†	1984	法郎 ^①	25 530	17 575	6 500	1 455	—
		%	100	68.8	25.5	5.7	—
毛里求斯†	1989	卢比	54 300	19 000	1 300	—	34 000
		%	100	35.0	2.4	—	62.6
尼日利亚†	1987	奈拉	000	86 270	000	000	000
卢旺达†	1984	法郎	235 540	189 040	—	46 500	—
		%	100	80.3	—	19.7	—
塞舌尔†	1983	卢比	12 854	6 274	—	6 580	—
		%	100	48.8	—	51.2	—
北美洲							
加拿大†	1989	元	*8 568 000	*3 170 000	*3 583 000	*907 000	*908 000
		%	100	*37.0	*41.8	*10.6	*10.6
哥斯达黎加	1986	科郎	612 000	562 000	./.	50 000	—
		%	100	91.8	./.	8.2	—
古巴†	1985	比索	182 478	176 791	—	5 687	—
		%	100	96.9	—	3.1	—
萨尔瓦多†	1989	科郎	000	290 881	—	000	—
危地马拉†	1988	格查尔	31 859	11 692	170	5 430	14 567
		%	100	36.7	0.5	17.0	45.7
墨西哥†	1989	比索	1 050 283	997 720	52 563	→	→
		%	100	95.0	5.0	→	→
尼加拉瓜†	1987	科多巴	*988 970	*799 470	—	*189 500	—
		%	100	*80.8	—	*19.2	—
巴拿马	1986	巴波亚	173	173	—	—	—
		%	100	100.0	—	—	—
特立尼达和多巴哥	1984	元	143 257	131 005	6 276	4 090	1 886
		%	100	91.4	4.4	2.9	1.3
美国†	1988	美元	135 231 000	62 136 000	67 855 000	—	5 240 000
		%	100	45.9	50.2	—	3.9
南美洲							
阿根廷	1988	比索	3 466 700	2 946 700	277 300	69 300	173 400
		%	100	85.0	8.0	2.0	5.0
巴西	1982	克鲁赛罗	*305 500 000	*204 300 000	*60 500 000	16 100 000	24 600 000
		%	100	*66.9	*19.8	*5.3	*8.1
智利†	1988	比索	23 161 300	16 308 900	4 218 200	757 500	1 876 700
		%	100	70.4	18.2	3.3	8.1
秘鲁†	1984	索尔	159 024 000	76 289 000	43 255 000	33 367 000	6 113 000
		%	100	48.0	27.2	21.0	3.8
亚洲							
塞浦路斯†	1984	镑	1 173	1 159	—	14	—
		%	100	98.8	—	1.2	—
印度	1988	卢比	34 718 100	31 080 240	3 637 860	./.	./.
		%	100	89.5	10.5	./.	./.
以色列†	1983	谢克尔	56 300	35 934	12 223	./.	8 143
		%	100	63.8	21.7	./.	14.5

续表 4 以资金来源划开展研究和试验性发展的总支出

国家/地区	参照年份	货币名称	资金来源				
			全部资金来源	政府资金	生产企业资金和特别资金	外国资金	其他资金
日本†	1988	日元	10 627 572	2 117 781	8 501 469	8 323	—
		%	100	19.9	80.0	0.1	—
韩国†	1988	圆	2 347 000	416 000	1 922 000	—	9 000
		%	100	17.7	81.9	—	0.4
科威特†	1984	第纳尔	71 163	24 437	45 736	—	990
		%	100	34.3	64.3	—	1.4
巴基斯坦†	1987	卢比	5 582 081	5 582 081	—	—	—
		%	100	100.0	—	—	—
菲律宾†	1984	比索	612 750	373 290	144 860	79 740	14 860
		%	100	60.9	23.6	13.0	2.4
卡塔尔	1986	里亚尔	6 650	6 650	—	—	—
		%	100	100.0	—	—	—
新加坡†	1987	元	000	145 448	223 389	000	5 907
斯里兰卡†	1984	卢比	256 799	214 960	→	41 839	—
		%	100	83.7	→	16.3	—
泰国	1987	铢	2 664 380	1 825 780	259 450	387 550	191 600
		%	100	68.5	9.7	14.5	7.2
欧洲							
奥地利	1990	先令	*24 281 600	*11 293 400	*12 361 200	*561 500	*65 500
		%	100	*46.5	*50.9	*2.3	*0.3
比利时†	1988	法郎	91 265 100	24 377 200	65 327 800	931 000	629 100
		%	100	26.7	71.6	1.0	0.7
保加利亚	1989	列弗	1 042 400	433 600	608 800	—	—
		%	100	41.6	58.4	—	—
捷克斯洛伐克†	1987	克朗	24 684 000	9 505 000	15 179 000	—	—
		%	100	38.5	61.5	—	—
丹麦	1989	克朗	11 892 000	5 408 000	5 573 000	368 000	543 000
		%	100	45.5	46.9	3.1	4.6
芬兰†	1989	马克	7 207 800	1 800 800	5 322 300	58 400	26 300
		%	25.0	73.8	0.8	0.4	—
法国	1987	法郎	121 364 000	63 021 000	50 785 000	7 171 000	387 000
		%	100	51.9	41.8	5.9	0.3
德国†							
前民主德国†	1989	马克®	11 880 000	3 204 000	8 676 000	—	/
		%	100	27.0	73.0	—	/
联邦德国†	1987	马克®	57 241 000	19 861 000	36 404 000	738 000	238 000
		%	100	34.7	63.6	1.3	0.4
希腊	1986	德拉克马	18 331 000	13 646 000	4 248 000	437 000	—
		%	100	74.4	23.2	2.4	—
匈牙利†	1989	福林	33 441 000	8 477 000	24 252 000	226 000	486 000
		%	100	25.3	72.5	0.7	1.5
冰岛	1989	克朗	3 123 000	2 186 100	718 290	93 690	124 920
		%	100	70.0	23.0	3.0	4.0
爱尔兰	1988	镑	185 800	85 600	100 200	→	→
		%	100	46.1	53.9	→	→
意大利†	1988	里拉	13 281 284	6 883 493	5 834 146	563 645	—
		%	100	51.8	43.9	4.2	—
马耳他†	1988	里拉	10	10	—	—	—
		%	100	100.0	—	—	—
荷兰†	1988	盾	10 163 000	4 328 000	5 431 000	232 000	172 000
		%	100	42.6	53.4	2.3	1.7

续表4 以资金来源划分开展研究和试验性发展的总支出

国家/地区	参照年份	货币名称	资金来源				
			全部资金来源	政府资金	生产企业资金和特别资金	外国资金	其他资金
挪威	1989	克朗	*12 000 000	*5 800 000	*5 700 000	*200 000	*300 000
		%	100	*48.3	*47.5	*1.7	*2.5
葡萄牙	1988	埃斯库多	29 910 800	19 006 000	8 185 300	795 900	1 923 600
		%	100	63.5	27.4	2.7	6.4
罗马尼亚	1989	列伊	20 866 000	1 100 000	19 766 000	—	—
		%	100	5.3	94.7	—	—
西班牙	1988	比塞塔	287 688 658	140 444 476	136 714 972	7 267 720	3 261 490
		%	100	48.8	47.5	2.5	1.1
瑞典†	1987	克朗	30 554 000	11 297 000	18 662 000	481 000	114 000
		%	100	37.0	61.1	1.6	0.4
瑞士†	1986	法郎	ooo	1 481 00	5 534 000	ooo	ooo
英国†	1989	英镑	11 531 700	4 213 800	5 809 400	1 138 400	370 200
		%	100	36.5	50.4	9.9	3.2
前南斯拉夫†	1989	第纳尔	2 152 032	772 324	1 153 094	76 073	150 541
		%	100	35.9	53.6	3.5	7.0
大洋洲							
澳大利亚	1988	元	4 187 100	2 314 700	1 722 200	56 400	93 900
		%	100	55.3	41.1	1.4	2.2
斐济†	1986	元	3 800	2 800	—	1 000	—
		%	100	73.7	—	26.3	—
法属波利尼西亚†	1983	法郎 ^①	324 720	269 950	3 820	—	50 950
		%	100	83.1	1.2	—	15.7
关岛†	1989	美元	ooo	*1 706	ooo	ooo	*220
新喀里多尼亚†	1983	法郎 ^②	83 000	61 500	21 500	—	—
		%	100	74.1	25.9	—	—
汤加†	1980	邦加	426	106	—	320	—
		%	100	24.9	—	75.1	—

①FRANC C. F. A.，非洲金融共同体法郎。

②DDR MARK，前民主德国马克。

③DEUTSCHE MARK，联邦德国马克。

④FRANC C. F. P.，太平洋法兰西共同体法郎。

表 4

通用注释

— 数量为零

ooo 数据尚缺

* 暂定值或估计值

./ 表示该数据包含在别处另一种类型的资料中

→ 此符号紧左边的数值包含此符号出现的该栏数

据

† 国家注释

非洲

布隆迪：不包括生产部门的数据，也不包括公共卫生部的劳动成本。

中非共和国：不包括综合服务部门的数据。

刚果：不包括军事和国防 R&D。

毛里求斯：数据仅指日常经费。

尼日利亚：数据仅表示联邦科技部下属的 26 个国家级研究所中的 23 个研究所。

卢旺达：不包括生产部门的数据。

塞舌尔：不包括军事和国防 R&D。

北美洲

加拿大：不包括生产部门中的社会科学和人文科学研究（附有 R&D 者）。

古巴：不包括军事和国防 R&D。

萨尔瓦多：不包括高等教育部门的数据。

危地马拉：数据仅表示生产部门（附有 R&D 者）和高等教育部门。

墨西哥：数字以百万计。

尼加拉瓜：数据仅表示经费。不包括军事和国防 R&D。

美国：数据仅表示经费。不包括法学、人文科学和教育学的的数据。

南美洲

智利：不包括军事和国防 R&D。

秘鲁：数据系指科技预算分配。

亚洲

塞浦路斯：不包括生产部门的数据。

以色列：不包括大学目下预算资助的人文科学和法学研究的数据。

日本：数字按百万计。不包括生产部门（附有 R&D 者）中的社会科学和人文科学的数据。

韩国：数字按百万计。不包括军事和国防 R&D，也不包括社会科学和人文科学的数据。

科威特：数据系指科技活动（STA）。

巴基斯坦：数据仅表示主要由政府资助的研究机构所开展的 R&D 活动；高等教育部门和一般服务部门中的社会科学和人文科学未包括在内。不包括军事和国防 R&D。

菲律宾：由于资金来源分布状况不清楚，因此其中有 67 万比索未包括在内。

新加坡：不包括社会科学和人文科学。

欧洲

比利时：不包括社区和地区的数据。

捷克斯洛伐克：在军事 R&D 中，仅民用机构中开展的那一部分研究包括在内。

芬兰：由于不清楚资金来源的分布状况，所以高等教育部门的 16.8 亿马克未包括在内。

德国：

前民主德国：数据系指日常科技经费。

联邦德国：由于计算方法的变化，数据不能和前些年相比较。生产部门中的社会科学和人文科学未包括在内。

匈牙利：在军事 R&D 中，仅包括民用机构开展的那一部分在内。

意大利：数字按百万计。

马耳他：数据仅指高等教育部门。

荷兰：不包括生产部门（附有 R&D 者）的社会科学和人文科学数据。

瑞典：不包括生产部门和一般服务部门中的社会科学和人文科学的数据。

英国：不包括在国外开展的 R&D 资金。

前南斯拉夫：数字按百万计。不包括军事和国防 R&D。

大洋洲

斐济：数据仅涉及 1 个研究所。

法属波利尼西亚：数据仅涉及 1 个研究所。

关岛：该数据仅表示高等教育部门的日常经费。

新喀里多尼亚：数据仅涉及 2 个研究所。

汤加：数据仅涉及 1 个研究所。

表 5 按 R&D 活动类型划分研究和试验性发展的日常支出

国家/地区	参照年份	货币名称	按 R&D 活动类型划分日常支出			
			所有 R&D 活动	基础研究	应用研究	试验性发展
非洲						
布隆迪†	1989	法郎	536 187	42 883	493 304	→
		%	100	8.0	92.0	→
塞舌尔†	1983	卢比	6 083	—	5 400	683
		%	100	—	88.8	11.2
北美洲						
古巴†	1985	比索	182 478	29 197	140 508	12 773
		%	100	16.0	77.0	7.0
墨西哥†	1989	比索	1 050 283	216 319	475 408	358 556
		%	100	20.6	45.3	34.1
美国†	1988	美元	135 231 000	18 460 000	30 897 000	85 874 000
		%	100	13.7	22.8	63.5
南美洲						
阿根廷	1988	比索	2 724 800	940 100	1 618 500	166 200
		%	100	34.5	59.4	6.1
亚洲						
日本†	1988	日元	9 759 566	1 347 078	2 361 349	6 051 139
		%	100	13.8	24.2	62.0
约旦†	1986	第纳尔	5 587	1 388	2 701	1 498
		%	100	24.8	48.3	26.8
韩国†	1981	圆	293 131 000	70 367 000	84 283 000	138 481 000
		%	100	24.0	28.8	47.2
菲律宾†	1984	比索	612 740	88 950	322 770	201 020
		%	100	14.5	52.7	32.8
新加坡†	1984	元	144 700	4 900	37 900	101 900
		%	100	3.4	26.2	70.4
斯里兰卡	1984	卢比	174 335	17 685	128 535	28 115
		%	100	10.1	73.7	16.1
欧洲						
奥地利†	1985	先令	13 468 647	2 938 181	6 411 946	4 118 520
		%	100	21.8	47.6	30.6
保加利亚	1989	列弗	932 900	132 700	800 200	→
		%	100	14.2	85.8	→
捷克斯洛伐克†	1989	克朗	22 100 000	1 402 000	20 698 000	→
		%	100	6.3	93.7	→
丹麦†	1989	克朗	4 872 000	2 068 000	1 994 000	810 000
		%	100	42.4	40.9	16.6
德国†						
联邦德国†	1987	马克	49 578 000	9 576 000	40 002 000	→
		%	100	19.3	80.7	→
匈牙利†	1989	福林	20 993 000	3 555 000	7 906 000	9 532 000
		%	100	16.9	37.7	45.4
爱尔兰	1986	镑	143 252	21 206	61 093	60 953
		%	100	14.8	42.6	42.6
意大利†	1988	里拉	13 281 284	2 374 191	5 864 928	5 042 165
		%	100	17.9	44.1	38.0
马耳他†	1983	里拉	10	—	10	—
		%	100	—	100.0	—
荷兰†	1989	盾	6 025 000	872 000	1 775 000	3 378 000
		%	100	14.5	29.4	56.1

续表 5 按 R&D 活动类型划分研究和试验性发展的日常支出

国家/地区	参照年份	货币名称	按 R&D 活动类型划分日常支出			
			所有 R&D 活动	基础研究	应用研究	试验性发展
挪威	1987	克朗	9 104 400	1 251 500	3 259 800	4 593 100
		%	100	13.7	35.8	50.5
波兰†	1985	兹罗提	83 801 000	13 857 900	27 826 500	42 116 600
		%	100	16.5	33.2	50.3
葡萄牙†	1986	埃斯库多	19 867 700	3 734 600	7 777 600	8 355 500
		%	100	18.8	39.1	42.1
西班牙†	1988	比塞塔	224 435 577	39 946 760	92 875 676	91 613 141
		%	100	17.8	41.4	40.8
瑞典†	1981	克朗	12 240 000	3 016 000	2 131 000	7 093 000
		%	100	24.6	17.4	58.0
瑞士†	1986	法郎	7 015 000	2 850 000	→	4 165 000
		%	100	40.6	→	59.4
英国†	1989	英镑	6 762 400	323 400	1 877 500	4 561 500
		%	100	4.8	27.8	67.4
前南斯拉夫†	1989	第纳尔	1 336 951	329 149	547 063	460 739
		%	100	24.6	40.9	34.5
大洋洲						
澳大利亚†	1988	元	4 187 200	1 149 800	1 671 900	1 365 500
		%	100	27.5	39.9	32.6
法属波利尼西亚†	1983	法郎 ^①	324 720	—	324 720	—
		%	100	—	100.0	—
关岛†	1989	美元	*1 926	*1 356	*570	—
		%	100	*70.4	*29.6	—
新喀里多尼亚†	1983	法郎 ^①	83 000	1 500	—	81 500
		%	100	1.8	—	98.2
汤加†	1980	邦加	279	—	279	—
		%	100	—	100.0	—

①FRANC C. T. P. , 太平洋法兰西共同体法郎。

表 5

通用注释

— 数量为零

* 暂定值或估计值

→ 此符号紧左边的数值包含此符号出现的该栏数据。

† 国家注释

非洲

布隆迪：数据仅指在高等教育部门 and 一般服务部门中按 R&D 活动划分的总支出，不包括公共卫生部的劳务费用。

塞舌尔：不包括军事和国防 R&D。

北美洲

古巴：数据表示的是按 R&D 活动类型划分的总支出。不包括军事和防务部门的 R&D。

墨西哥：数字按百万计。数据表示的是按 R&D 活动划分的总支出。

美国：不包括法学、人文科学和教育数据。

亚洲

日本：数字按百万计。数据表示的是按 R&D 活动类型划分的在自然科学和工程研究所开展的 R&D 活动的总支出。

约旦：数据表示按 R&D 活动类型划分的总支出。不包括军事和国防 R&D。

韩国：数据表示按 R&D 活动类型划分的总支出。不包括军事和国防 R&D，也不包括社会科学和人文科学。

菲律宾：数据表示按 R&D 活动类型划分的总支出。由于不清楚按 R&D 活动类型划分的分布情况，所以未包括 67 万比索。

新加坡：数据仅表示在生产部门和一般服务部门中按 R&D 活动类型划分的总支出，不包括社会科学和人文科学。

欧洲

奥地利：由于各省级医院按 R&D 活动划分的分布不

详，所以未包括省级医院支出的 429 418 000 先令。

捷克斯洛伐克：在军事 R&D 中，仅包括民用机构开展的那一部分在内。

丹麦：不包括生产部门的数据。

德国：

联邦德国：由于不清楚日常支出与基建费用之间的细目划分，因此 6.44 亿马克的有关部分未包括在内。生产部门中的社会科学和人文科学未包括在内。

匈牙利：由于按 R&D 活动划分的细目不详，因此第一列总计中未包括 84.17 亿福林。在统计军事 R&D 时，仅包括民用机构开展的那一部分在内。

意大利：数字以百万计。数据表示的是按 R&D 活动类型划分的总支出。

马耳他：数据系指高等教育部门。

荷兰：数据表示生产部门（附有 R&D 者）中按 R&D 活动类型划分的总支出。不包括社会科学和人文科学。

波兰：不包括军事和国防 R&D。

葡萄牙：数据表示按 R&D 活动类型划分的总支出。

西班牙：由于日常支出和基建费用之间的分布状况不详，因此 2 267 589 000 比塞塔的有关部分未包括在内。

瑞典：生产部门和一般服务部门中的社会科学和人文科学未包括在内。

瑞士：数据表示按 R&D 活动类型划分的总支出。

英国：数据仅指生产部门（附有或不附有 R&D 者）。不包括在国外开展的 R&D 资金。

前南斯拉夫：数字以百万计。不包括军事和国防 R&D。

大洋洲

澳大利亚：数据系指按 R&D 活动类型划分的总支出。

法属波利尼西亚：数据系指 1 个研究所按 R&D 活动类型划分的总支出。

关岛：数据系指高等教育部门。

新喀里多尼亚：数据系指 2 个研究所按 R&D 活动类型划分的总支出。

汤加：数据仅涉及 1 个研究所。

表 6 研究和试验性发展支出：近年若干数据

国家/地区	参照年份	货币名称	总计	R&D 支出	
				合计	日常支出 占总支出的百分比
非洲					
阿尔及利亚†	1971	第纳尔	77 500	67 500	87.1
	1972		78 000	68 000	87.2
布隆迪†	1984	法郎	173 197	000	000
	1989		536 187	000	000
埃及†	1976	镑	33 440	26 686	79.8
	1982		40 378	34 242	84.8
加蓬†	1984	法郎 ^①	415 000	265 000	63.9
	1985		424 000	274 000	64.6
	1986		380 000	250 000	65.8
马达加斯加	1986	法郎	7 046 815	603 815	8.6
	1987		6 478 136	962 638	14.9
	1988		14 371 515	993 515	6.9
毛里求斯	1980	卢比	36 500	29 700	81.4
	1985		26 000	17 700	68.1
	1989		104 300	54 300	52.1
尼日尔†	1974	法郎 ^①	40 140	40 140	100.0
	1975		92 794	92 794	100.0
	1976		141 703	141 703	100.0
尼日利亚	1985	奈拉	82 952	72 941	87.9
	1986		80 319	69 965	87.1
	1987		86 270	69 615	80.7
卢旺达	1983	法郎	283 920	96 400	34.0
	1984		260 750	92 760	35.6
	1985		918 560	99 280	10.8
塞舌尔†	1973	卢比	402	290	72.1
	1981		1 037	337	32.5
	1983		12 854	6 083	47.3
苏丹	1972	镑	2 291	000	000
	1973		3 012	2 444	81.1
	1978		5 115	4 294	83.9
赞比亚	1970	克瓦查	000	*1 980	000
	1972		6 261	4 726	75.5
北美洲					
加拿大†	1980	元	3 491 000	000	000
	1985		6 709 000	000	000
	1989		*8 568 000	000	000

续表 6 研究和试验性发展支出：近年若干数据

国家/地区	参照年份	货币名称	R&D 支出		
			总计	日常支出	
				合计	占总支出的百分比
哥斯达黎加	1983	科郎	300 000	000	000
	1985		693 000	000	000
	1986		612 000	000	000
古巴†	1980	比索	95 889	76 796	80.1
	1985		182 478	138 294	75.8
	1989		222 000	158 691	71.5
萨尔瓦多†	1986	科郎	226 275	000	000
	1987		258 125	000	000
	1989		290 881	195 964	67.4
危地马拉	1974	格查尔	* 5 139	* 3 721	* 72.4
	1978		13 526	000	000
	1983		44 797	000	000
牙买加†	1984	元	5 033	3 390	67.4
	1985		3 605	3 297	91.5
	1986		4 016	3 886	96.8
墨西哥†	1985	比索	194 842	000	000
	1988		875 236	000	000
	1989		1 050 283	000	000
巴拿马	1974	巴波亚	2 908	2 707	93.1
	1975		3 296	000	000
圣卢西亚	1982	东加勒比元	15 137	000	000
	1983		13 157	000	000
	1984		12 150	000	000
特立尼达和多巴哥†	1970	元	5 171	4 371	84.5
	1984		143 257	109 921	76.7
特克斯和凯科斯群岛	1973	美元	51	000	000
	1974		8	000	000
	1984		—	—	—
美国†	1980	美元	63 810 000	62 214 000	97.5
	1985		116 796 000	113 745 000	97.4
	1988		139 255 000	135 231 000	97.1
南美洲					
阿根廷†	1978	比索	195 278	136 550	69.9
	1980		1 480 800	1 006 900	68.0
	1981		2 321 932	000	000
巴西†	1983	克鲁赛罗	673 919	000	000
	1984		1 482 604	000	000
	1985		5 390 540	000	000

续表 6 研究和试验性发展支出：近年若干数据

国家/地区	参照年份	货币名称	R&D 支出		
			总计	日常支出	
				合计	占总支出的百分比
智利†	1983	比索	7 104 314	000	000
	1985		11 403 365	000	000
	1988		22 205 438	000	000
厄瓜多尔	1970	苏克雷	90 515	000	000
	1973		142 310	000	000
圭亚那†	1980	元	824	000	000
	1982		2 800	000	000
秘鲁†	1981	索尔	29 508 000	000	000
	1983		83 742 000	000	000
	1984		159 024 000	000	000
乌拉圭	1971	比索	* 1 673	* 1 401	* 83.7
	1972		1 858	000	000
委内瑞拉†	1980	博利瓦	851 280	000	000
	1985		1 411 720	000	000
	1986		1 294 930	000	000
亚洲					
文莱†	1980	元	4 300	2 900	67.4
	1983		7 560	4 560	60.3
	1984		10 880	8 220	75.6
塞浦路斯†	1982	镑	937	000	000
	1983		1 044	000	000
	1984		1 159	000	000
印度†	1980	卢比	7 605 200	000	000
	1985		20 687 800	15 585 950	76.2
	1988		34 718 100	29 318 170	84.4
印度尼西亚†	1984	卢比	279 000 000	217 980 000	78.1
	1985		242 120 000	203 488 000	84.0
	1988		259 283 000	194 638 000	75.1
伊朗†	1972	里亚尔	3 531 807	2 246 789	63.6
	1984		21 527 000	11 584 000	53.8
	1985		22 010 713	12 546 398	57.0
伊拉克†	1972	第纳尔	2 361	1 794	76.0
	1973		2 310	1 791	77.5
	1974		3 471	2 743	79.0
以色列†	1981	谢克尔	7 485	000	000
	1982		19 217	000	000
	1983		56 300	000	000

续表 6 研究和试验性发展支出：近年若干数据

国家/地区	参照年份	货币名称	R&D 支出		
			总计	日常支出	
				合计	占总支出的百分比
日本†	1980	日元	5 246 248	4 312 249	82.2
	1985		8 890 299	7 304 291	82.2
	1988		10 627 572	8 943 096	84.2
约旦†	1985	第纳尔	* 5 501	ooo	ooo
	1988		* 5 592	ooo	ooo
	1989		* 5 583	ooo	ooo
韩国†	1980	圆	211 727	162 594	76.8
	1985		1 155 156	642 259	55.6
	1988		2 347 000	1 422 000	60.6
科威特†	1982	第纳尔	43 746	40 500	92.6
	1983		67 250	60 616	90.1
	1984		71 163	63 016	88.6
黎巴嫩†	1978	镑	ooo	9 400	ooo
	1979		ooo	11 500	ooo
	1980		22 000	ooo	ooo
马来西亚†	1988	林吉特	87 100	ooo	ooo
	1989		97 200	ooo	ooo
巴基斯坦†	1984	卢比	3 834 287	2 293 617	59.8
	1985		4 200 325	2 788 753	66.4
	1987		5 582 081	ooo	ooo
菲律宾†	1980	比索	623 000	474 030	76.1
	1983		514 590	439 680	85.4
	1984		613 410	514 800	83.9
卡塔尔	1984	里亚尔	13 910	8 300	59.7
	1985		7 120	6 520	91.6
	1986		6 650	6 650	100.0
新加坡†	1981	元	81 900	59 350	72.5
	1984		214 300	160 000	74.7
	1987		374 700	223 700	59.7
斯里兰卡†	1975	卢比	45 097	32 662	72.4
	1983		217 608	148 971	68.5
	1984		256 799	174 335	67.9
泰国	1983	铢	2 126 000	ooo	ooo
	1985		3 473 000	ooo	ooo
	1987		2 664 380	2 120 700	79.6
土耳其	1984	里拉	128 885 000	ooo	ooo
	1985		192 465 000	143 315 000	74.5

续表 6 研究和试验性发展支出：近年若干数据

国家/地区	参照年份	货币名称	R&D 支出		
			总计	日常支出	
				合计	占总支出的百分比
越南†	1983	盾	331 000	000	000
	1984		516 000	000	000
	1985		498 000	000	000
欧洲					
奥地利	1981	先令	12 331 026	10 201 527	82.7
	1985		17 182 272	13 898 065	80.9
	1990		*24 281 600	000	000
比利时†	1985	法郎	79 831 700	000	000
	1987		87 788 600	000	000
	1988		91 265 100	000	000
保加利亚	1980	列弗	470 800	407 800	86.6
	1985		812 300	716 500	88.2
	1989		1 042 400	932 900	89.5
捷克斯洛伐克†	1980	克朗	18 302 000	15 979 000	87.3
	1985		21 298 000	18 477 000	86.8
	1989		24 721 000	22 100 000	89.4
丹麦	1981	克朗	4 484 000	4 038 000	90.1
	1985		7 692 000	6 513 000	84.7
	1989		11 892 000	10 517 000	88.4
芬兰†	1981	马克	2 595 000	2 310 000	89.0
	1985		*5 214 000	000	000
	1989		*8 887 800	6 114 400	84.8
法国	1981	法郎	62 472 000	56 858 000	91.0
	1985		105 917 000	95 152 000	89.8
	1988		130 631 000	117 729 000	89.4
德国†					
前民主德国†	1987	马克®	000	11 476 000	000
	1988		000	11 892 000	000
	1989		000	11 880 000	000
联邦德国†	1979	马克®	32 869 000	28 523 000	88.4
	1985		49 519 000	43 096 000	87.6
	1987		57 240 000	49 578 000	87.6
希腊†	1981	德拉克马	4 039 000	000	000
	1982		5 019 000	000	000
	1983		6 067 000	000	000
匈牙利†	1980	福林	21 258 000	18 211 000	85.7
	1985		24 077 000	20 767 000	86.3
	1989		33 441 000	29 410 000	87.9
冰岛	1981	克朗	160 000	000	000
	1985		845 000	000	000
	1989		3 123 000	000	000

续表 6 研究和试验性发展支出：近年若干数据

国家/地区	参照年份	货币名称	R&D 支出		
			总计	日常支出	
				合计	占总支出的百分比
爱尔兰	1981	镑	83 332	73 003	87.6
	1985		146 702	125 335	85.4
	1988		185 800	ooo	ooo
意大利†	1980	里拉	2 897 274	2 442 501	84.3
	1985		9 132 902	7 373 662	80.7
	1988		13 281 284	11 423 405	86.0
马耳他†	1983	里拉	10	9	90.0
	1985		10	9	90.0
	1988		10	9	90.0
荷兰†	1980	盾	6 348 000	5 731 000	90.3
	1985		8 748 000	7 801 000	89.2
	1989		10 283 000	9 105 000	88.5
挪威	1980	克朗	3 629 800	3 307 200	91.1
	1985		8 109 900	7 276 700	89.7
	1989		*12 000 000	*10 700 000	*89.2
波兰†	1980	兹罗提	42 400 000	37 400 000	88.2
	1985		100 396 900	83 801 000	83.5
	1987		257 321 000	220 704 300	85.8
葡萄牙	1980	埃斯库多	4 118 500	3 160 600	76.7
	1984		11 307 600	9 328 800	82.5
	1988		29 910 800	23 520 300	78.6
罗马尼亚	1987	列伊	19 848 000	17 468 000	88.0
	1988		20 415 000	18 010 000	88.2
	1989		20 866 000	18 449 000	88.4
西班牙†	1980	比塞塔	61 110 462	52 316 874	85.6
	1985		155 340 938	126 450 000	81.4
	1988		287 688 658	224 435 577	78.6
瑞典†	1981	克朗	13 320 000	12 240 000	91.9
	1985		24 989 000	22 365 000	89.5
	1991		36 410 000	ooo	ooo
瑞士	1977	法郎	*3 430 000	*3 110 000	*90.7
	1980		ooo	3 611 100	ooo
	1983		ooo	4 643 000	ooo
英国†	1981	英镑	5 921 200	ooo	ooo
	1985		7 919 200	ooo	ooo
	1989		11 531 700	ooo	ooo
前南斯拉夫†	1980	第纳尔	14 105	ooo	ooo
	1985		94 688	ooo	ooo
	1989		2 152 032	1 336 950	62.1

续表 6 研究和试验性发展支出：近年若干数据

国家/地区	参照年份	货币名称	R&D 支出		
			总计	日常支出	
				合计	占总支出的百分比
大洋洲					
美属萨摩亚†	1970	美元	100	80	80.0
	1971		120	100	83.3
澳大利亚	1981	元	1 561 800	1 365 800	87.5
	1985		2 747 400	2 422 700	88.2
	1988		4 187 100	3 596 900	85.9
斐济†	1984	元	2 260	2 000	88.5
	1985		2 750	2 250	81.8
	1986		3 800	3 000	78.9
法属波利尼西亚†	1980	法郎 ^①	236 990	230 970	97.5
	1982		304 320	301 650	99.1
	1983		324 720	308 440	95.0
关岛†	1984	美元	431	000	000
	1985		418	000	000
	1986		502	000	000
新喀里多尼亚†	1983	法郎 ^①	184 224	154 924	84.1
	1984		484 741	456 485	94.2
	1985		800 820	707 547	88.4
新西兰†	1975	元	*99 776	*91 449	*91.7
	1977		117 322	110 936	94.6
	1979		175 373	157 768	90.0
太平洋诸岛国	1978	美元	185	185	100.0
	1979		185	185	100.0
萨摩亚	1976	塔拉	1 385	380	27.4
	1977		2 341	341	14.6
	1978		2 500	500	20.0
汤加†	1978	邦加	240	226	94.2
	1979		475	256	53.9
	1980		426	279	65.5
瓦努阿图	1973	法郎	13 119	13 119	100.0
	1974		20 925	20 925	100.0
	1975		21 603	21 603	100.0
前苏联					
前苏联†	1980	卢布	21 300 000	000	000
	1985		28 600 000	000	000
	1988		37 800 000	000	000

①非洲金融共同体法郎。

②DDR MARK，前民主德国马克。

③DEUTSCHE MARK，联邦德国马克。

④太平洋法兰西共同体法郎。

表 6

通用注释

— 数量为零

ooo 数据尚缺

* 暂定值或估计值

† 国家注释

非洲

阿尔及利亚：数据仅涉及高等教育部门。

布隆迪：不包括生产部门的数据。在 1989 年的数据中，公共卫生部的劳务费用也未包括在内。

埃及：未包括军事和国防 R&D。

加蓬：未包括生产部门的数据。

尼日尔：数据仅涉及高等教育部门。

尼日利亚：数据仅涉及联邦科技部下属的 26 个国家级研究所中的 23 个。

塞舌尔：未包括军事和国防 R&D。

北美洲

加拿大：未包括生产部门（附有 R&D 者）的社会科学和人文科学。

古巴：未包括军事和国防 R&D。1989 年的数据为政府资金。

萨尔瓦多：数据表示的是国有企业 R&D 活动的的数据，不包括高等教育部门和外国资金。

牙买加：数据仅涉及科研委员会。

墨西哥：数字按百万计。

特立尼达和多巴哥：1970 年的数据中未包括法学、教育和艺术部门。

美国：未包括法学、人文科学和教育的数据。总支出不包括生产部门的基建费。1980 年的数据中，私营非盈利机构的 R&D 的基建费用也未包括在内。

南美洲

阿根廷：数字按百万计。

巴西：数字按百万计。未包括私营生产企业。

智利：未包括军事和国防 R&D。

圭亚那：不包括军事和国防 R&D。一般服务部门和高等教育部门中的医学数据也未包括在内。

秘鲁：数据为科技预算分配。

委内瑞拉：数据表示的仅是政府资金，且不包括军事和国防 R&D。

亚洲

文莱：数据仅涉及 2 个研究所。

塞浦路斯：未包括生产部门的数据，仅指政府资金。

印度：1985 年的数据中，总支出包括高等教育部门的 2.437 亿卢比，由于日常支出与基建费用之间的分布状况不详，所以未计算该数值的百分比。

印度尼西亚：数据仅为一般服务部门中的政府支出。

伊朗：数据仅为政府支出。

伊拉克：部分数据。1974 年的数据中，仅与科学活动有关的政府部门的 R&D 支出为 740.9 万第纳尔，其中 490.9 万第纳尔为日常支出。

以色列：未包括大学现行预算所资助的人文科学和法学的的数据。

日本：数字按百万计。不包括生产部门（附有 R&D 者）中社会科学与人文科学数据。

约旦：未包括军事和国防 R&D。

韩国：数字按百万计。未包括军事和国防 R&D。1980 年的数据未包括法学、人文科学和教育；1985 年和 1988 年的数据未包括社会科学和人文科学。

科威特：数据仅涉及科技活动（STA）。

黎巴嫩：仅为黎巴嫩大学科学系的部分数据。

马来西亚：数据仅为政府支出。

巴基斯坦：数据指的是主要由政府资助的研究机构进行的 R&D 活动。在高等教育部门和一般服务部门中的社会科学和人文科学未包括在内。不包括军事和国防 R&D。

菲律宾：1980 年的数据中未包括私营非盈利部门。

新加坡：1987 年的数据未包括外国资金，也未包括社会科学和人文科学。

斯里兰卡：1975 年的数据中未包括高等教育部门的基建费用。

越南：数据仅涉及政府支出。

欧洲

比利时：未包括社区和地区。

捷克斯洛伐克：在军事 R&D 中，仅包括民用机构开展的那一部分在内。

芬兰：1989 年的数据中，总支出包括了高等教育部门的 16.8 亿马克，由于日常费用与基建费用之间分布状况不详，所以数字未计算百分比。

德国：

前民主德国：数据为科技支出。

联邦德国：1979 年、1985 年和 1987 年的总支出，分别为 6.15 亿、3.5 亿和 6.44 亿马克，由于日常费用与基建费用之间的分布状况不详，因此未计算该数值的百分比。不包括生产部门的社会科学和人文科学。

希腊：该数据指的是政府活动。

匈牙利：由于计算方法的改变，自 1981 年以来的数据不能与以前的数据相比较。在统计军事 R&D 中，仅包括民用机构开展的那一部分在内。

意大利：数字按百万计。

马耳他：数据指的是高等教育部门。

荷兰：未包括生产部门（附有 R&D 者）中的社会科学和人文科学。

波兰：不包括军事和国防 R&D。

西班牙：1988 年的数据中，总支出包括了 226 758.9 万比塞塔（由私营非盈利机构支付），但由于日常费用与基建费用间的分布状况不详，所以未计算这些数值的百分比。

瑞典：未包括生产部门和一般服务部门中的社会科学和人文科学。

英国：未包括在国外进行的 R&D 资金。1987 年和 1985 年的数据中未包括社会科学和人文科学。

前南斯拉夫：数字按百万计。未包括军事和国防 R&D。

大洋洲

美属萨摩亚：数据仅涉及 1 个研究所。

斐济：数据仅涉及 1 个研究所。

法属波利尼西亚：数据仅涉及 1 个研究所。

关岛：数据表示的是高等教育部门。

新喀里多尼亚：数据表示的研究机构数为：1983 年，3 个；1984 年，4 个；1985 年，6 个。

新西兰：1977 年的数据中，总支出未包括建房用的基建费用。

汤加：数据仅涉及 1 个研究所。

前苏联

前苏联：数据表示的是来自国家预算和其他来源的科学经费。

表7 研究和试验性发展经费的若干指标

国家/地区	年份	货币名称	R&D 支出		
			占 GNP 的百分比	人均 (以国内货币计)	R&D 科学家和工 程师年人均经费 (以国内货币计)
非洲					
贝宁	1989	法郎 ^①	0.7	745.3	4 216 200
布隆迪	1989	法郎	0.3	101.0	3 154 000
中非共和国	1984	法郎 ^①	0.2	264.4	3 473 400
刚果	1984	法郎 ^①	0.0	13.6	29 600
埃及	1982	镑	0.2	0.9	ooo
加蓬	1986	法郎 ^①	0.0	380.0	1 900
利比亚	1980	第纳尔	0.2	7.5	20 800
马达加斯加	1988	法郎	0.4	1 276.3	* 53 425 700
毛里求斯	1989	卢比	0.3	97.3	540 400
尼日利亚	1987	奈拉	0.1	0.9	64 500
卢旺达	1985	法郎	0.5	150.5	12 937 500
塞舌尔	1983	卢比	1.3	200.8	714 100
北美洲					
加拿大	1989	元	*1.4	* 326.0	* 140 200
哥斯达黎加	1986	科郎	0.3	225.5	ooo
古巴	1989	比索	0.8	21.1	18 400
萨尔瓦多	1989	科郎	0.9	56.3	2 048 500
危地马拉	1988	格查尔	0.2	3.7	37 100
牙买加	1986	元	0.0	1.7	223 100
墨西哥	1989	比索	0.2	12 107.6	ooo
尼加拉瓜	1987	科多巴	0.0	282.5	1 364 100
巴拿马	1986	巴波亚	0.0	0.1	ooo
圣卢西亚	1984	东加勒比元	2.9	90.7	229 200
特立尼达和多巴哥	1984	元	0.8	123.5	520 900
美国	1988	美元	2.9	568.4	* 146 700
南美洲					
阿根廷	1988	比索	0.4	110.0	312 700
巴西	1985	克鲁赛罗	0.4	39 763.8	101 971 900
智利	1988	比索	0.5	1 757.6	4 838 800
哥伦比亚	1982	比索	0.1	98.0	2 543 200
圭亚那	1982	元	0.2	3.6	31 500
秘鲁	1984	索尔	0.2	8 373.7	ooo
委内瑞拉	1985	博利瓦	0.3	81.5	ooo
亚洲					
文莱	1984	元	0.1	50.6	544 000
塞浦路斯	1984	镑	0.1	1.8	23 000

续表7 研究和试验性发展支出的若干指标

国家/地区	年份	货币名称	R&D 支出		
			占 GNP 的百分比	人均 (以国内货币计)	R&D 科学家和工 程师年人均经费 (以国内货币计)
印度	1988	卢比	0.9	42.4	*291 700
印度尼西亚	1988	卢比	0.2	1 461.0	8 093 000
伊朗	1985	里亚尔	0.00	462.2	6 891 300
以色列	1985	谢克尔	3.1	215.2	*45 300
日本	1988	日元	2.8	86 901.8	17 284 700
约旦	1986	第纳尔	0.3	1.6	13 400
韩国	1988	圆	1.9	55 756.2	41 506 800
科威特	1984	第纳尔	0.9	43.6	47 100
黎巴嫩	1980	镑	0.00	8.2	122 200
马来西亚	1989	林吉特	0.1	5.6	*17 600
巴基斯坦	1987	卢比	1.0	50.6	*840 500
菲律宾	1984	比索	0.1	11.4	127 000
卡塔尔	1986	里亚尔	0.0	21.7	29 000
新加坡	1987	元	0.9	143.1	111 500
斯里兰卡	1984	卢比	0.2	16.2	*92 000
泰国	1987	铢	0.2	50.0	481 000
土耳其	1985	里拉	0.7	3 822.9	17 068 600
越南	1985	盾	0.00	8.3	24 900
欧洲					
奥地利	1985	先令	1.3	2 273.4	*2 258 200
比利时	1988	法郎	1.7	9 273.0	5 482 700
保加利亚	1989	列弗	2.7	115.9	0.00
捷克斯洛伐克	1989	克朗	3.3	1 583.9	377 600
丹麦	1989	克朗	1.6	2 316.6	1 115 400
芬兰	1989	马克	*1.8	*1 793.3	*785 300
法国	1988	法郎	2.3	2 348.8	1 134 300
德国					
前民主德国	1989	马克 [®]	4.3	728.8	93 200
联邦德国	1987	马克 [®]	2.9	937.6	345 600
希腊	1986	德拉克马	0.3	1 841.2	0.00
匈牙利	1989	福林	2.0	3 168.3	1 636 800
爱尔兰	1986	镑	1.1	50.8	29 300
意大利	1988	里拉	1.1	232 414.8	177 479 000
马耳他	1988	里拉	0.0	0.0	300
荷兰	1989	盾	2.2	692.5	0.00
挪威	1989	克朗	*2.0	*2 857.8	*991 700
波兰	1989	兹罗提	1.2	32 222.0	37 752 700
葡萄牙	1988	埃斯库多	0.5	2 917.0	5 977 400
罗马尼亚	1989	列伊	2.6	902.9	349 700
西班牙	1988	比塞塔	0.7	7 376.1	9 229 700
瑞典	1991	克朗	2.8	4 308.3	0.00
瑞士	1989	法郎	1.8	834.2	582 700
英国	1989	英镑	2.3	201.9	0.00
前南斯拉夫	1988	第纳尔	1.4	91 060.5	61 893 400

续表 7 研究和试验性发展支出的若干指标

国家/地区	年份	货币名称	R&D 支出		
			占 GNP 的百分比	人均 (以国内货币计)	R&D 科学家和工 程师年人均经费 (以国内货币计)
大洋洲					
澳大利亚	1988	元	1.3	255.2	108 600
斐济	1986	元	0.3	5.3	105 600
法属波利尼西亚	1983	法郎 ^①	0.2	1 980.0	19 101 200
关岛	1989	美元	0.00	*16.5	*91 714
新喀里多尼亚	1985	法郎 ^②	0.6	5 268.6	10 400 300
汤加	1980	邦加	0.9	4.4	*38 700
前苏联					
前苏联	1988	卢布	6.5	133.5	24 800

①非洲金融共同体法郎。

②DDR MARK, 前民主德国马克。

③DEUTSCHE MARK, 联邦德国马克。

④太平洋法兰西共同体法郎。

表 7

通用注释

在缺少 R&D 兑换率的情况下, 那些以国内货币研究的数据可以通过使用在表 8 中所列各国货币对美元的官方兑换率进行国与国的比较。当然, 应了解这些兑换率并不总是反映 R&D 活动的实际费用。就前民主德国和前苏

联来说, 表中 R&D 支出的第一栏数字系指经费占净物质产值的百分比; 就古巴来说, 该数字是占总的社会产值的百分比。

ooo 数据尚缺

* 暂定值或估计值

表8 美元与各国货币兑换率

国家/地区	货币名称	1 美元可兑换各国货币					
		1980	1982	1984	1986	1988	1989
非洲							
阿尔及利亚	第纳尔	3.838	4.592	4.983	4.702	5.915	7.609
安哥拉	宽扎	29.918	29.918	29.918	29.918	29.918	29.918
贝宁	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
博茨瓦纳	普拉	0.777	1.030	1.298	1.879	1.829	2.015
布基纳法索	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
布隆迪	法郎	90.00	90.00	119.709	114.171	140.395	158.667
喀麦隆	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
佛得角	埃斯库多	40.175	58.293	84.878	80.145	72.068	77.978
中非共和国	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
乍得	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
科摩罗	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
刚果	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
科特迪瓦	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
吉布提	法郎	177.721	177.721	177.721	177.721	177.721	177.721
埃及	镑	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.852
赤道几内亚†	法郎 ^①	110.63	219.72	321.52	346.3	297.85	319.01
埃塞俄比亚	比尔	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07
加蓬	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
冈比亚	达拉西	1.721	2.29	3.584	6.938	6.709	7.585
加纳	塞地	2.75	2.75	35.986	89.204	202.346	270.00
几内亚	西里	18.969	22.366	24.09	333.453	474.396	591.646
几内亚-比绍	比索	33.81	39.87	105.29	203.95	1 111.06	1 811.42
肯尼亚	先令	7.42	10.922	14.414	16.226	17.747	20.573
莱索托	马洛蒂	0.779	1.086	1.475	2.285	2.273	2.623
利比里亚	元	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
利比亚	第纳尔	0.296	0.296	0.296	0.315	0.286	0.299
马达加斯加	法郎	211.28	349.74	576.64	676.34	1 407.11	1 603.44
马拉维	克瓦查	0.812	1.056	1.413	1.861	2.561	2.76
马里	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
毛里塔尼亚	乌吉亚	45.914	51.769	63.803	74.375	75.261	83.051
毛里求斯	卢比	7.684	10.873	13.80	13.466	13.438	15.25
摩洛哥	迪拉姆	3.937	6.023	8.811	9.104	8.209	8.488
莫桑比克	梅蒂卡尔	32.40	37.77	42.44	40.43	524.64	744.92
尼日尔	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
尼日利亚	奈拉	0.547	0.674	0.767	1.755	4.537	7.365
卢旺达	法郎	92.84	92.84	100.172	87.64	76.445	79.977
圣多美和普林西比	多布拉	34.771	40.999	44.159	38.589	86.343	124.672
塞内加尔	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01
塞舌尔	卢比	6.392	6.553	7.059	6.177	5.384	5.646
塞拉利昂	利昂	1.05	1.239	2.51	16.092	32.514	59.813
索马里	先令	6.295	10.75	20.019	72.00	170.453	490.675
南非	兰特	0.779	1.086	1.475	2.285	2.273	2.623
苏丹	镑	0.500	0.952	1.30	2.50	4.50	4.50
斯威士兰	里兰吉尼	0.779	1.085	1.475	2.285	2.273	2.623
多哥	法郎 ^①	211.28	328.61	436.96	346.3	297.85	319.01

续表 8 美元与各国货币兑换率

国家/地区	货币名称	1 美元可兑换各国货币					
		1980	1982	1984	1986	1988	1989
突尼斯	第纳尔	0.405	0.591	0.777	0.794	0.858	0.949
乌干达	先令	0.07	0.94	3.60	14.00	106.14	223.09
坦桑尼亚	先令	8.197	9.283	15.292	32.698	99.292	143.377
扎伊尔	扎伊尔	2.80	5.75	36.13	59.63	187.07	381.45
赞比亚	克瓦查	0.789	0.929	1.813	7.788	8.266	13.814
津巴布韦	元	0.643	0.759	1.258	1.667	1.806	2.119
北美洲							
安提瓜和巴布达	东加勒比元	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
巴哈马	元	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
巴巴多斯	元	2.011	2.011	2.011	2.011	2.011	2.011
伯利兹	元	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
百慕大	元	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
加拿大	元	1.169	1.234	1.295	1.39	1.231	1.184
哥斯达黎加	科郎	8.57	37.407	44.533	55.986	75.805	81.504
古巴	比索	0.71	0.85	0.90	0.793	0.776	0.791
多米尼加	东加勒比元	2.7	2.7	2.70	2.70	2.70	2.70
多米尼加共和国	比索	1.00	1.00	1.00	2.904	6.113	6.34
萨尔瓦多	科郎	2.50	2.50	2.50	4.852	5.00	5.00
格林纳达	东加勒比元	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
危地马拉	格查尔	1.00	1.00	1.00	1.875	2.62	2.816
海地	古德	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
洪都拉斯	伦皮拉	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
牙买加	元	1.781	1.781	3.943	5.478	5.489	5.745
墨西哥	比索	22.95	56.4	167.83	611.77	2 273.11	2 461.47
蒙特塞拉特	东加勒比元	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
荷属安的列斯	盾	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.793
尼加拉瓜	科多巴	000	000	000	000	000	000
巴拿马	巴波亚	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
圣基茨-尼维斯	东加勒比元	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
圣卢西亚	东加勒比元	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
圣文森特和格林纳达	东加勒比元	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
特立尼达和多巴哥	元	2.40	2.40	2.40	3.60	3.844	4.25
美国	美元	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
南美洲							
阿根廷†	比索	184.00	2592.0	0.068	0.943	8.753	423.340
玻利维亚†	比索	24.52	64.07	3 135.91	1.922	2.350	2.692
巴西	克鲁赛罗	0.053	0.180	1.848	13.654	263.00	2 833.92
智利	比索	39.00	50.909	98.656	193.016	245.048	267.155
哥伦比亚	比索	47.28	64.085	100.817	194.261	299.174	382.568
厄瓜多尔	苏克雷	25.00	30.03	62.54	122.78	301.61	526.35
圭亚那	元	2.55	3.00	3.832	4.272	10.00	27.159
巴拉圭	瓜拉尼	126.00	126.00	201.00	339.17	550.00	1 056.22
秘鲁	索尔	0.289	0.698	3.467	13.948	128.83	2 666.19
苏里南	盾	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785
乌拉圭	比索	9.10	13.91	56.12	151.99	359.44	605.51
委内瑞拉	博利瓦	4.293	4.293	7.018	8.083	14.5	34.681

续表 8 美元与各国货币兑换率

国家/地区	货币名称	1 美元可兑换各国货币					
		1980	1982	1984	1986	1988	1989
亚洲							
阿富汗	阿富汗尼	44.129	50.6	50.60	50.60	50.60	50.60
巴林	第纳尔	0.377	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376
孟加拉	塔卡	15.454	22.118	25.354	30.407	31.733	32.27
不丹	努尔特鲁姆	7.863	9.455	11.363	12.611	13.917	16.226
文莱	元	2.151	2.149	2.141	2.22	2.013	1.951
中国	元	1.498	1.893	2.32	3.453	3.722	3.765
塞浦路斯	镑	0.353	0.475	0.588	0.518	0.467	0.494
香港	元	4.976	6.07	7.818	7.803	7.806	7.807
印度	卢比	7.863	9.455	11.363	12.611	13.917	16.226
印度尼西亚	卢比	626.99	661.42	1 025.94	1 282.56	1 685.7	1 770.06
伊朗	里亚尔	70.615	83.603	90.297	78.76	68.683	72.015
伊拉克	第纳尔	0.295	0.299	0.311	0.311	0.311	0.311
以色列†	谢克尔	0.005	0.024	0.293	1.488	1.599	1.916
日本	日元	226.74	249.08	237.52	168.52	128.15	137.96
约旦	第纳尔	0.298	0.353	0.384	0.35	0.374	0.575
韩国	圆	607.43	731.08	805.98	881.45	731.47	671.46
科威特	第纳尔	0.27	0.288	0.296	0.291	0.279	0.294
老挝	基普	10.128	35.00	35.00	95.00	392.012	583.015
黎巴嫩	镑	3.44	4.74	6.51	38.37	409.23	496.69
澳门	澳门元	5.095	6.226	8.045	8.357	8.05	8.05
马来西亚	林吉特	2.177	2.335	2.344	2.581	2.619	2.709
马尔代夫	卢非牙	7.55	7.174	7.05	7.151	8.785	9.041
蒙古†	图格里克	2.85	3.27	3.79	3.18	2.95	2.99
缅甸	元	6.599	7.79	8.386	7.33	6.395	6.705
尼泊尔	卢比	12.00	13.244	16.459	21.23	23.289	27.189
阿曼	里亚尔	0.345	0.345	0.345	0.382	0.385	0.385
巴基斯坦	卢比	9.90	11.848	14.046	16.648	18.003	20.542
菲律宾	比索	7.511	8.54	16.699	20.386	21.095	21.737
卡塔尔	里亚尔	3.657	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64
沙特阿拉伯	里亚尔	3.327	3.428	3.524	3.703	3.745	3.745
新加坡	元	2.141	2.14	2.133	2.177	2.012	1.95
斯里兰卡	卢比	16.534	20.812	25.438	28.017	31.807	36.047
叙利亚	镑	3.925	3.925	3.925	3.925	11.225	11.225
泰国	铢	20.476	23.00	23.639	26.299	25.294	25.702
土耳其	里拉	76.04	162.55	366.68	674.51	1 422.35	2 121.68
阿联酋	迪拉姆	3.707	3.671	3.671	3.671	3.671	3.671
越南	盾	0.21	0.94	1.03	18.00	480.00	3 532.78
也门							
前民主也门	第纳尔	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345
前阿拉伯也门	里亚尔	4.563	4.563	5.353	9.639	9.772	9.76
欧洲							
阿尔巴尼亚§	列克	7.00	7.00	7.00	7.00	6.00	6.40
奥地利	先令	12.938	17.059	20.009	15.267	12.348	13.231
比利时	法郎	29.242	45.691	57.783	44.672	36.768	39.404
保加利亚†	列弗	0.85	0.85	0.98	0.94	0.83	0.84

续表 8 美元与各国货币兑换率

国家/地区	货币名称	1 美元可兑换各国货币					
		1980	1982	1984	1986	1988	1989
捷克斯洛伐克†	克朗	14.27	13.71	16.61	14.99	14.36	15.05
丹麦	克朗	5.636	8.332	10.357	8.091	6.732	7.31
芬兰	马克	3.73	4.82	6.01	5.07	4.183	4.291
法国	法郎	4.226	6.572	8.739	6.926	5.957	6.380
德国							
前民主德国 §	马克 ^②	1.95	2.50	3.05	2.00	1.87	1.79
联邦德国	马克 ^③	1.818	2.427	2.846	2.171	1.756	1.880
希腊	德拉克马	42.617	66.803	112.717	139.981	141.861	162.417
匈牙利	福林	32.532	36.631	48.042	45.832	50.413	59.066
冰岛	克朗	4.798	12.352	31.694	41.104	43.014	57.042
爱尔兰	镑	0.487	0.705	0.923	0.743	0.656	0.706
意大利	里拉	856.45	1 352.51	1 756.96	1 490.81	1 301.63	1 372.09
列支敦士登	瑞士法郎	1.676	2.03	23.50	1.799	1.463	1.636
卢森堡	法郎	29.242	45.691	57.784	44.672	36.768	39.404
马耳他	里拉	0.345	0.412	0.461	0.393	0.331	0.348
摩纳哥	法国法郎	4.226	6.572	8.739	6.926	5.957	6.380
荷兰	盾	1.988	2.67	3.209	2.45	1.977	2.121
挪威	克朗	4.939	6.454	8.161	7.395	6.517	6.905
波兰	兹罗提	44.2	84.8	113.20	175.30	430.50	1 439.20
葡萄牙	埃斯库多	50.062	79.473	146.39	149.587	143.954	157.458
罗马尼亚	列伊	60.35	50.292	71.348	54.159	47.867	50.029
圣马力诺	里拉	856.45	1 352.51	1 756.96	1 490.81	1 301.63	1 372.09
西班牙	比塞塔	71.702	109.859	160.761	140.048	116.487	118.378
瑞典	克朗	4.230	6.283	8.272	7.124	6.127	6.447
瑞士	法郎	1.676	2.03	2.35	1.799	1.463	1.636
英国	英镑	0.43	0.573	0.752	0.682	0.562	0.611
前南斯拉夫†	第纳尔	0.003	0.005	0.015	0.038	0.252	2.876
大洋洲							
澳大利亚	元	0.878	0.986	1.14	1.496	1.28	1.265
斐济	元	0.818	0.932	1.083	1.133	1.43	1.483
法属波利尼西亚	法郎 ^④	76.829	119.49	158.902	125.935	108.31	116.003
新喀里多尼亚	法郎 ^④	76.829	119.49	158.902	125.935	108.31	116.003
新西兰	元	1.027	1.333	1.764	1.913	1.526	1.672
巴布亚新几内亚	基纳	0.671	0.738	0.899	0.971	0.867	0.859
萨摩亚	塔拉	0.919	1.207	1.862	2.236	2.08	2.27
索罗门群岛	元	0.830	0.971	1.274	1.742	2.083	2.293
汤加	邦加	0.878	0.986	1.14	1.496	1.28	1.264
瓦努阿图	瓦图	68.292	96.208	99.233	106.076	104.426	116.042
前苏联							
前苏联 §	卢布	0.66	0.73	0.85	0.684	0.612	0.633
白俄罗斯 §	卢布	0.66	0.73	0.85	0.684	0.612	0.633
乌克兰 §	卢布	0.66	0.73	0.85	0.684	0.612	0.633

①非洲金融共同体法郎。

②DDR MARK, 前民主德国马克。

③DEUTSCHE MARK, 联邦德国马克。

④太平洋法兰西共同体法郎。

表 8

通用注释

本表列出了表 4、表 5、表 6 和表 7 中以各国货币表示的支出或收入数字的兑换率。该兑换率以 1 美元所能兑换的各国货币来表示。

对于大多数国家来说，这些数据可由国际货币基金组织提供，它表示年平均兑换率。

表中前苏联的国家（用符号 § 表示）的兑换率摘自联合国《统计月报》。

ooo 表示数据尚缺

† 国家注释

非洲

赤道几内亚：在 1986 年以前，该国货币为 Bipkwele。

南美洲

阿根廷：1984 年以前，该国货币兑换率为 Australes/百万美元。

玻利维亚：1986 年以前，该国货币兑换率为 Bolivianos/百万美元。

亚洲

蒙古：在 1986 年以前，对于旅游和卢布区以外的汇款的非商业汇率的数据取自联合国出版的《统计月报》。

欧洲

保加利亚：在 1986 年以前，对于旅游和卢布区以外的汇款的非商业汇率的数据取自联合国出版的《统计月报》。

The *World Science Report*, which is planned by UNESCO for publication every other year, will review the current state of science around the world, from an organizational and a substantive point of view.

This present issue is made up of four major parts. The first is a collection of essays which together constitute an informative and thought-provoking review of the state of science and technology in various regions of the world. The second part describes how scientific R&D is organized – who carries it out, where, and with what means. International partnership and cooperation are discussed in Part 3, while the fourth part carries overviews of recent developments in the basic sciences. The *Report* concludes with an appendix of statistical tables on national and regional scientific activity and manpower.

The *World Science Report* is both authoritative and readable. Written by authors recognized in their respective fields, the text is packed with facts, figures and discussion on present-day science. As a source of information, this work is a guide for all those with an interest in the shape of science and technology around the globe, be they decision makers, practitioners of science, active participants or observers.

92-3-102938-X



9 789231 029387

ISTIC
UNESCO

ISBN 7-5023-2297-3



9 787502 322977 >