

科学技术政策译丛

主编 孙家广 方新

经济如何塑造科学

How Economics Shapes Science

〔美〕保拉·斯蒂芬 (Paula Stephan) 著
刘细文 译



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

科学技术政策译丛

经济如何塑造科学

How Economics Shapes Science



〔美〕保拉·斯蒂芬 (Paula Stephan) 著
刘细文 译



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

著作权合同登记号 图字:01-2012-7357

图书在版编目(CIP)数据

经济如何塑造科学/(美)保拉·斯蒂芬(Paula Stephan)著;刘细文译. —北京:北京大学出版社,2016.6

(科学技术政策译丛)

ISBN 978-7-301-27259-6

I. ①经… II. ①保… ②刘… III. ①科学经济学—研究 IV. ①F062.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 148537 号

HOW ECONOMICS SHAPES SCIENCE by Paula Stephan.

Copyright © 2012 by the President and Fellows of Harvard College.

Published by arrangement with Harvard University Press through Bardon-Chinese Media Agency.

Simplified Chinese translation copyright ©2016 by Peking University Press.

ALL RIGHTS RESERVED.

书 名 经济如何塑造科学

JINGJI RUHE SUZAO KEXUE

著作责任者 [美]保拉·斯蒂芬 著 刘细文 译

责任编辑 黄 炜

标准书号 ISBN 978-7-301-27259-6

出版发行 北京大学出版社

地 址 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址 <http://www.pup.cn>

电子信箱 zpup@pup.cn

新浪微博 @北京大学出版社

电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752021

印 刷 者 北京大学印刷厂

经 销 者 新华书店

730 毫米×1020 毫米 16 开本 20.75 印张 377 千字

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价 56.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

目 录

C O N T E N T S

第一章 经济学与科学有什么关系?	1
成本	2
激励	3
作为公共产品的知识	6
政府支持科学研究的动机	7
经济学与科学	11
本书的主要关注点	12
本书撰写安排	13
第二章 科学难题与优先权	15
科学难题	16
认同	18
认同的形式	23
基于优先权奖励系统的功能特性	25
科学的竞赛特性	29
不均衡	31
政策问题	33
结论	34

第三章 金钱 35

 学术薪酬 36

 薪酬与生产率的关系 41

 许可证和专利的许可费 44

 重大专利的案例 47

 创新活动的财富效果 50

 申请专利的激励 50

 其他国家教授申请专利 52

 创办企业 52

 咨询 56

 政策问题 58

 结论 60

第四章 科研生产:人员与合作形式 62

 时间和智力投入 64

 实验室 68

 科研合作与共同作者 72

 推动合作的因素 76

 政策问题 81

 结论 82

第五章 科研生产:设备和材料 83

 设备 84

 活体生物 103

 实验原材料的获取 107

 科研空间 109

 政策问题 112

 结论 113

第六章 科研资助	115
资金来源	118
其他国家	127
科研的重点领域	131
资金分配机制	133
不同经费分配机制的优缺点	139
NIH 预算翻倍:一个警示性的故事	145
经济刺激法案	149
政策问题	150
结论	153
第七章 科学家和工程师劳动力市场	156
博士教育市场	157
工作机遇	164
人才短缺?	169
博士后教育市场	172
学术市场	176
组群效应	181
案例研究	182
政策问题	187
结论	188
第八章 海外人员	189
海外人员的生存现状	189
挤出效应?	200
发表论文	203
政策问题	205
结论	209

第九章 科学与经济增长的关系 210

 经济增长的重要性 211

 公共部门的作用 212

 公共研究、新产品与新工艺 214

 大学和经济增长 215

 公共研究和经济增长间的联系 217

 知识从公共研究机构转移到私营机构,最终被企业使用的机制 222

 培训 225

 政策问题 229

 结论 231

第十章 可以更佳吗? 233

 现有研究结果 233

 可能的解决方案 237

 三个其他效率问题 240

 振奋人心的趋势 244

附 录 246

参考文献 248

致 谢 294

索 引 298

经济学与科学有什么关系？

本书主要讲述在公共研究机构的实践中，经济学是如何塑造科学的？在美国，¹公共研究机构主要是大学和医学院。但是，在欧洲和亚洲，大多数公共研究活动是由研究所承担。本书重点分析公共研究机构在创造知识中的重要作用。例如，在美国，大约 75% 的科技期刊论文是由工作在大学和医学院中的科学家与工程师撰写；^①同样重要的是，60% 的基础研究项目由大学和医学院承担。^②

经济学与科学有什么关系？确实，它们之间有着密切的联系。首先，经济学是研究激励与成本，研究稀缺资源如何通过需求与供给的竞争进行配置。科学研究需要使用资金，激励也在科研活动中起到十分关键的作用。在各类科研设备中，成本最高的是大型强子对撞机(the Large Hadron Collider, LHC)，于 2009 年秋季启用(第二次启用)，成本大约 80 亿美元。^③同时，还有很多其他案例。一个典型的拥有 8 名研究人员的大学实验室，人力成本是 35 万美元，这包括了除工资、奖金之外的福利，不包含核心科学家的时间或间接成本。^④公共研究机构通常需要花费大量资金建立和维护研究设施，还需要花费大量经费为新设施的雇员提供启动支持。²近年来，这部分费用逐步扩大，大学中这部分费用大约是教职人员薪水的 4—5 倍。^⑤即使是实验中广泛使用的实验鼠，也需要相当可观的经费去购置和饲养。

① National Science Board, 2010, 附录, 表 5-42。

② 精确的数据是 58.7%，包括了大学和大学附属的联邦支持的研究开发中心(FFRGCs)。如果排除 FFRGC, 56.1% 的基础研究由大学和医学院承担。National Science Board, 2010, 附录, 表 4-4。

③ LHC 于 2008 年 9 月 10 日开始运行，但是由于机械性氦泄露，不到两周就关闭，进行维修。见参考文献；Meyers, 2008

④ 参见第六章。亨利·绍尔曼(Henry Sauermann)和迈克尔·罗奇(Michael Roach)在 2010 年一个调查中发现，跨科学与工程领域的中型实验室规模是 8 人。

⑤ 参见第六章。

为某种疾病研究目的订制实验鼠,如研究糖尿病、老年痴呆症、肥胖症等,成本约是3500美元/只。饲养一只实验鼠每天成本是0.18美元,貌似非常便宜,但是我们发现一个实验室饲养大量试验用鼠的年度成本超过了20万美元。^①

在公共研究领域,科研活动的花费是巨大的。美国每年花费GDP的0.3%~0.4%用于大学和医学院的研发(R&D),2009年经费达到550亿美元,全国人口人均约170美元。^②其他国家略少,但是,瑞典、芬兰、丹麦、加拿大等国家用于大学和医学院研发费用占GDP的比例更高。^③

成本

研究表明,成本影响着科研方式。成本是欧洲决定建造超大望远镜(E-ELT),而不是建造极大望远镜(OWL, Overwhelmingly Large Telescope)的一个主要因素。^④成本因素阻碍了大型研究项目进度,至少会拖延项目执行。原计划耗费几十亿欧元的国际热核聚变实验堆项目(ITER),拟于2016年开始运行,但是按现在情况,最早也要在2018年才开始运行;如果到时还不能运行,就只能建立一个精简版,同时需要建立额外的等离子发生器。建造过程中,ITER的成本一路攀升。^⑤例如,2010年春季的新成本计算,建议欧洲承担的费用是原先估计的2.7倍,美国是2.2倍。^⑥

3 在研究工作中,成本因素决定了采用雄性鼠还是雌性鼠(雌性鼠更贵),决定了核心科学家是雇用博士后还是研究生,决定了实验室工作人员为什么是雇用研究生、博士后、实验科学家等临时工作人员,而不是雇用永久雇员。高额的电费使得LHC在冬天停止运行,而只是在一年中其他季节电费十分便宜时才运行。^⑦同样,

① 参见第五章。

② Britt 2009。

③ OECD 2010年, Main Science and Technology Indicators, 1。

④ 参见第五章的讨论。E-ELT的口径直径是42米,OWL的口径直径是100米。

⑤ Clery 2009c, 2009d。我们很难准确知道ITER项目的成本,因为7个国家分别建设特定组件,而没有固定数量的资金。可以肯定,ITER项目建造费用需要突破最初50亿欧元预算,20年的运行费估计为50亿欧元。

⑥ Clery 2010b。

⑦ 参见 <http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch/lhc-machine-outreach/faq/lhc-energy-consumption.htm>。因为2008年延期试验,2009/2010年冬天是例外。见 Large Hadron Collider, 2011, *Wikipedia* (维基百科), http://en.wikipedia.org/wiki/Large_hadron Collider#Cost。

成本决定大学实验设备的跨实验室共享,而不是单个实验室独享的主要因素。另外,成本因素还在大学以非终身教职代替终身教职的决定中起到主导作用,同时也将风险最小化。

成本影响了科学发现的步伐。1990年,人类基因工程项目中一个基因对的成本是10多美元,随后基因测序成本快速下降,2007年达到了一个基因对测序成本不到一个便士。从此,新一代的测序技术极大地降低了成本。在本书出版前,对于基因组学的 Archon X 奖可能会授予第一个建立测序装置的小组,实现在10天内测序100个基因组,使得重复测序成本低于1万美元/每个基因组。^①

激 励

大学响应了激励政策。2000年前后,大学进入了一个前所未有的建楼狂潮,建设了一批生物医学研究的新设施。在不到五年时间内,美国各医学院生物医学研究设施的建设和翻修花费从每年3.48亿美元,一路飙升到每年11亿美元(所有数据为1990年调整美元计算)。^② 主要原因是生物医学的主要研究资助者——美国国立健康研究院(NIH)的预算在1998年到2003年间翻了一倍,为大学扩张研究工作提供了一个新的机会,并在这一过程中医学研究机构也提高了声誉。这不是美国各医学院第一次对经费扩张的响应。过去40年中,最大规模的医学院扩张应该是1965年的医疗保健计划(Medicare)和医疗救助计划(Medicaid)的实施,该计划为大学的医学院提供了新的资金。

科学家和工程技术人员也对激励措施积极响应。尽管科学家有相反表述,钱并非不重要。行动胜于语言。科学家经常向可以取得丰厚收入的岗位移动,就说明了这点。近年来,特别是2008年金融危机前,一批公立大学流失教师,因为私立大学可以提供更为丰厚收入的岗位。的确,2009—2010年学年,仅有一个公立大学(UCLA),其支付全职教授的薪水列入研究性大学前20名,位列第20名,支付薪水比排名前列的哈佛大学低4.3万美元。2009年,加州大学大幅削减教职工

① 基因组学 Archon X 奖的标准有明确的要求,即是:要求基因测序错误率低于1/10万,要完成基因组的98%的基因序列,每个基因组的测序重现成本低于10000美元。——来源于 Archon 基因组学 X 奖网站。第一个在10天内完成100个人类基因组测序的团队获得1000万美元的奖励。[Http://genomics.xprice.org/archon-x-proze-for-genomics/prize-overview](http://genomics.xprice.org/archon-x-proze-for-genomics/prize-overview)。

② Heinig et al. 2007。

资,在伯克利引起一片质疑声。加州大学伯克利分校的全职教授比哈佛大学、哥伦比亚大学的同行本来就少挣 25%,现在他们就赚得更少了。^①

科学家也响应了选择什么刊物发表论文的激励。比如,向 *Science* 投稿的文章量,可能与科学家所在国家给予在 *Science* 发表文章的奖励以及资金回报有关。^② 有些情况下,奖金还非常丰厚,大约为本人基础薪金的 20%~30%。

收入激励可以鼓励大学教师以研究成果为基础创办新企业。近些年来,一些科学家通过创办企业或者作为专利权人从大学收取专利许可费等方式取得不菲收益。哈佛大学教授戴维·辛克莱(David Sinclair),Sirtris 制药公司创办人,2008 年在 Glaxo 收购 Sirtris 后,他得到 340 万美元的股权收益。钱泽南(Robert Tjian)在担任加州大学伯克利分校教授期间,共同创办了 Tularik 公司,2004 年将公司以 13 亿美元出售给 Amgen 公司,他获利数百万美元。2003 年,奥尔良大学的物理学教授斯蒂芬·许(Stephen Hsu)向 Symantec 出售了其创办的两个软件公司中的一个,获得 2600 万美元的现金收益。拉斯洛·比托(László Z. Bitó),由于其研究工作而推动了治疗青光眼 Xalatan 药物的发明,每年从哥伦比亚大学的药物专利费中赚取数百万美元,该专利保护于 2011 年过期。^③ 2005 年,埃默里大学将治疗 HIV 的药物(恩曲他滨)出售给 Gilead Sciences & Royalty Pharma 公司,三位研究人员分得了 2 亿美元。尽管很罕见,这样的事件发生的频率还挺高的,几乎在美国的每一个研究型大学的校园里,总有 2~3 个教师因其研究工作而变得富裕。

没有科学家,特别是高产科学家,只是得到“穷人工资”(pauper's pay)。2006 年,在美国私立研究大学顶尖的全职数学教授,其年薪为 18 万美元。相对应级别的公立大学教授收入为 15 万美元。在生物学领域,私立大学教授收入为 277 700 美元,而公立大学教授收入为 20 万美元。^④ 因此,并不奇怪,美国吸引着大量欧洲的高产科学家。美国不仅有支持 PI 创新研究领域的传统,而且薪水也较高,薪水以科研产出为基础。与此相对应,欧洲大学和研究所的科学家是公务员待遇,工资

① 北卡莱罗纳教堂山分校 2010。

② Franzoni, Scelatto, Stephan 2011。研究中使用了 *Science* 提供的数据,参考了不同国家提供的不同激励方式。这项研究考虑了一系列可变因素,包括每年研究资源留存、延迟后一年,编委会的国家组成,国际合作程度等。

③ John Simpson, 2007; Eisenstein and Risnick 2001。

④ 博士毕业生调查(SDR) 2006 年数据显示,他们的薪水在第 90 个等分。见第三章,NSF 2011b 年报和附件。

较低并与业绩考核无关。例如,在法国相对高级的教授收入约为 7 万美元^①。

相对薪水的高低,影响着吸引什么样的人从事科学研究。美国民众,特别是男性,选择科学研究职业的意愿下降,部分原因是科学家和工程师的薪水比其他行业的薪水低。哈佛大学的精英们去了华尔街。277 700 美元的薪水不是个小数字,18 万美元的薪水也不低,但是,这是源于多年的严酷训练和刻苦的学习。华尔街支付给学士学位人员的工资是博士学位人员工资的 2/3。^② 参加顶极 MBA 培训的人员在银行工作 10 年后,有希望获得大学教员工资的 3 倍,准确地说是 559 802 美元。^③

奖学金越来越容易获得,奖金额度也越来越大,吸引了更多学生继续选择研究生学习。在美国,学习过程中可以获得研究助理的职位,以及完成研究生学业后在美国工作的广泛可能性,这是引诱外国学生来美学习和工作的有力激励因素。

不是所有的激励都是金钱。对院系、研究所来说,非金钱式激励也很重要。如果询问科学家为什么成为科学家,几乎所有的答案都无一例外是对解决疑难问题的兴趣。大多数科学家从发现的喜悦中得到满足。从解决疑难问题中获得满足感也是从事科学研究回报的一部分。然而,科学家从事科学研究的动机还来源于获得认同(recognition)的利益。声望(reputation)在科学活动中十分重要。声望是通过首次提出科学发现来逐步建立,也就是科学发现的优先权。通常声望是计算该科学家的工作被其他论文和科研团队引用的次数。近年来,一个以引文为基础测量科学家影响的方法—— h 指数得到了广泛认同。 h 指数经常作为科学家简历的一部分,或者在科学家个人的主页中。^④ 大学各系在制订雇用决定时也经常使用 h 指数从工作候选人中选择。

科学共同体对于科学发现优先权的认同也是各式各样,依赖于科学发现对于 6 共同体的重要性。最高的是命名,以科学家的名称命名发现。例如,地震里氏级就是以查尔斯·里克特(Charles Richter)命名的,他与贝诺·古滕贝格(Beno Guten-

① European University Institute 2010。

② 参见 2010 年《投资银行:薪金研究》, <http://www.careers-in-finance.com/ibsal.htm>。奖金包含在其中。

③ 薪金为中位数,折算为 2006 年美元。他们的起始薪水为 815 914 美元,文中的平均薪水为工作 10 年以上的工资收入。见 Bertrand, Goldin, Katz 2009, 表 2。

④ 例如佐治亚理工学院 Zhong Lin Wang 个人主页的 h 指数, <http://www.nanoscience.gatech.edu/zhwang/>。

berg)于1935年在加州理工共同发明了地震分级。^①哈勃望远镜以埃德温·哈勃(Edwin Hubble)命名,他于1929年发现宇宙处于膨胀之中。还有另外的命名,例如哈雷彗星、萨尔克疫苗、普朗克常数、霍奇金(Hodgkin)病。

认同同样以奖励形式出现。最有名的是诺贝尔奖。还有数百种的其他奖项,每年都会有新的奖项设立。如Kavli奖,在三个领域设奖,奖金各100万美元,^②第一次是在2008年秋,由挪威国王颁奖。

不仅科学家、工程师追求声望,大学同样也在寻求好的声望,例如按照生产率(计算研究结果的引用和研究经费)、诺贝尔奖获得者数量或院士数量进行排名等。追求这种排名,毋庸置疑是大学继续要求教授争取研究项目的原因(有些教授说这是一种压力)。尽管大学经常抱怨在研究项目上赔钱。^③

作为公共产品的知识

鼓励科学家们及时地分享他们的发现的奖励是高度有效的。原因是:知识具有经济学中所讲的公共产品属性:它是非排他性和非竞争性的。经济学中公共产品最典型的例子就是灯塔。它是非排他性的:一旦建成,任何人可以使用;它又是非竞争性的:新增加的使用者不能减少其他人所得到的亮光。知识也同样:一旦研究结果公开,很难阻止他人利用知识;共享并不能损耗知识。^④

经济学家已经清楚地说明,市场不适用于具有这些特点的公共产品的生产。^⑤就是因为没有激励。如果不能限制获取,就不可能获得利润。公共产品带来搭便车,使用公共产品无须付费。同样搭便车的问题,在科学家中也存在。不像葡萄酒

① “里氏”,2010,Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Richter_magnitude_scale。

② 见 Norwegian Academy of Science and Letters,2010。

③ 兰德公司的报告指出,大学中70%~90%的人员费用和管理费用来源于联盟政府项目(Goldman et al. 2000,xii)。

④ 经济学家并不是第一个认识到知识的公共性特征的人。大约在200年前,托马斯·杰斐逊(Thomas Jefferson)写道:“如果说自然创造了一种东西比其他所有财富都易于接受的话,它就是思考能力的行动,即思想。只要他在思考,每个人都会毫无例外地拥有这个能力。但是,当思想传播时,可以让每一个人都拥有这样的思想,接收者不能强占思想。思想还有一种特别的特性,没有哪一个拥有者会少些,因为每一个人都拥有思想的全部。他从我这接收了一个思想,并没有由于他的接收而减少我的思想。他用蜡烛照亮了我,并没有使得我变黑暗。”(Jefferson 1967, vol. 1, 433, sec. 4045)。

⑤ 1848年,米尔(Mill)以灯塔作为例证说明公共物品,“没有人因为个人利益建设灯塔,除非可以从州政府获得税收补偿”(1921,975)。罗纳德·科斯(Coase,1974)研究了英国的灯塔系统,在某一时期,灯塔由私人机构建设。

制造商那样,顾客喝酒付费;篮球队也可以出售门票。而研究人员在论文已经发表的情况下,不能阻止他人使用其成果。因此,科学家没有任何合适的方式获取金钱回报。基础研究获益更加困难,从基础研究到形成产品市场需要很长时间,也可能研究成果毫无经济价值。缺乏金钱的激励,导致了经济学家常说的“市场失灵”,社会中产生的研究成果大大少于社会的需要。

“但是,社会比市场更加精巧。”^①在科学领域,优先权制度已演化出鼓励知识生产和共享的奖励机制。宣称对知识拥有优先权,首先要求科学家共享科学发现。通过分享,科学家拥有了研究成果,在这个过程中,他们获得职业声誉,进而间接以较高工资、咨询机会,在某些情况下,成为上市公司的科学咨询委员会成员等多种形式带来金钱回报。

这并不意味着科学家要将一切公开,鱼和熊掌还可以兼得。某些研究工作可以形成专利。部分研究发现可以共享,同时研究技术依然可以保密。科学家通常也不会与同领域的同事分享研究材料。科学家的荣誉是第一位的,其他竞争者将失去科学发现的优先权。^②

政府支持科学研究的动机

优先权为科学研究提供了激励,但是不能为科学研究提供其必需的资金。科学研究,特别是基础科学研究,传统上都是由政府或者慈善机构提供支持的。政府支持科学研究的动机,一部分源于以下理由:由于“市场失灵”,私营企业不会承担大量的科学研究。^③政府支持科学研究的动机还基于社会需要的以及不能直接由市场提供的特殊产品(如健康和国防)研发的重要性。1940年以来,由于科学技术进步,例如,抗生素的开发和心血管病的有效治疗,^④使得人均寿命增加了14年多。寿命延长后的获益是明显的。研究表明,延长寿命给民众带来的年度利益高达 8

① Arrow 1987, 687。

② 参见第五章的讨论。

③ 政府也通过研发税收信用,或者利用专利和版权形式授予发明者独占权,鼓励私营企业从事研究。

④ 1940年,美国男性期望寿命为60.8岁,现在为75.1岁。同样,在70年间,女性寿命从65.2岁提高到80.2岁。数据来源于美国统计局2011年公布的2006年的数据,表104选择的生命表的数值来源于http://www.census.gov/compendia/statab/cats/births_deaths_marriages_divorces/life-expectancy.html。1950年的数据请看2007年数据库。

3.2 万亿。^①

科学研究在国防中也发挥着重要作用,曼哈顿计划清晰地说明了这点。另外一些科技创新,如雷达和计算机的研发,^②不仅支持了国防的发展,而且还在商业上广泛应用。

国家支持科学研究,还期望在“科技奥林匹克”中赢得胜利。如第一个到达月球,第一个构建人类诱导性多功能干细胞都是十分值得夸耀的资本。政府支持科学研究的动机还源于人类对自然深入了解的愿望。我们可以想到很多这方面的例子,2009 年秋修复好的哈勃望远镜所发回的壮美的影像或许是最好的例子。如果什么时候,LHC 成功地观测到希格斯玻色子(物理学家称其为“上帝的粒子”),科学将会在认识宇宙起源方面向前迈进一大步。^③

政府支持科学研究活动还由于科学研究与经济增长的关系得到进一步强化。对应的观点(现在看似很熟悉)包括:经济增长是由上游研究(upstream research)推动,这些研究距离形成新产品和新工艺还有好些年。而且,基础研究在更加广泛的领域还能有多种用途的潜力。也正是由于大多数基础科学研究的多用途特点,同时也由于从科学发现到科学应用间存在比较长的时间差,任何个人、企业、产业等没有足够的力量来支持基础研究,以其期望速度实现创新。在基础研究中,经济刺激不能发挥作用。基础研究的结果具有溢出效应,其他人,包括竞争对手等都可以以低成本的方式使用这些知识。溢出效应对于经济增长有重要意义,但是并不能引导建立以市场为基础的科研机制去支持基础研究活动。因此,政府需要在支持公共科学研究中发挥作用。

有许多例证可以证明,公共科学研究可以推动新产品和新工艺的发展。改变我们导航方式的全球定位仪,如果没有原子钟的开发是不可能的。^④ 利用原子振动计量时间的想法是洛德·开尔文(Kelvin)爵士在 130 年前的 1879 年首次提出

① Murphy and Topel 2006。利用意愿支付的方法计算价值,将近 50% 的价值来源于心脏病发病率的降低。

② 关于计算机的进一步讨论,参见纳尔逊和内森博格(Rosenberg and Nelson 1994)。

③ LHC 重构宇宙大爆炸的条件,以进一步理解为什么宇宙的物质由暗物质控制。如果暗物质是由新的粒子组成,ATLAS 探测器就可以发现它们,揭开暗物质之谜。参见 Lefevre 2008。

④ 公共研究以另外一种形式支持了全球定位系统的开发。例如,内华达大学雷诺分校(University of Nevada, Reno)的理论物理学家弗里德瓦特·温特贝格(Friedwardt Winterberg)1956 年提出一个利用载有原子钟的在轨人造卫星测量广义相对论的方案;随后,斯坦福大学航空航天教授布拉德·帕金森(Brad Parkinson)组织军方建设了 GPS。

来的,20 世纪 30 年代由伊西多·拉比(Isidor Rabi)开发成功。^① 可以增加食物供应的杂交水稻,首次是由密歇根州立大学的研究人员培植出来的。^② 对通讯、娱乐、医疗以及国防有主要影响的激光技术,主要归因于受到 20 世纪 50 年代哥伦比亚大学研究生工作的影响。^③ 磁共振成像技术(MRI)是一个世纪以来最重要的诊断技术,主要归功于哈佛大学爱德华·珀塞尔(Edward Purcell)和斯坦福大学的费利克斯·布洛克(Felix Block),他们分别于 1946 年独立发现核磁共振。^④ 1952 年,二人因“发明了核磁精确测量方法以及相关发现”分享了诺贝尔奖。^⑤ 如果没有两名欧洲物理学家阿尔贝·费尔(Albert Fert)和彼得·格伦伯格(Peter Gruenberg)的研究,大容量存储磁盘的发明是不可能的,他们在 20 世纪 80 年代分别独立发现了巨磁现象。这一现象是在微小空间存储大量信息的科学基础。二人于 2007 年分享了诺贝尔奖。在医药领域,到处都存在基础研究的贡献。1965—1992 年间,3/4 的新药都源于公共基础研究。^⑥

这仅仅只是序幕。以科学研究为基础的新产品、新工艺还存在大量的可能性。如果实用化的高温超导体研发成功,超导现象将会用于无损耗的电力传输^⑦(现行高温超导体的使用温度是 138 开,比我们实际电力使用的温度低很多。常温是 300 开)。^⑧ 对致命皮肤创伤的无伤疤愈合,需要深入研究了解其内在机制,一旦了解其内在机制可以产生类似于超导的成果。^⑨ 基因治疗为天生视力障碍人恢复光明提供了可能。^⑩ 对于 ITER 的巨额投资,是希望发生在托克马卡反应器中的氢聚变(恒星产生能量的方式)能产生大量的能量,以期成为能量的来源。^⑪ 干细胞研究让我们具备修复受损伤器官的能力。传感器、成像工具的进步和新软件技术的研

① 原子钟的历史。2010, *Wikipedia*, http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_clock#History。

② 杂种优势。2010, *Wikipedia*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Heterosis>。

③ 参见第九章的讨论。

④ Ellard, 2002。20 世纪 30 年代,伊西多·拉比曾经观察到核磁共振成像,但是他认为是实验误差。

⑤ “1952 年诺贝尔物理学奖获得者: Felix Bloch, E. M. Purcell,” http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1952/。

⑥ 参见第九章。

⑦ 高温超导是零电阻现象。

⑧ 高温导电性。2010, *Wikipedia*, http://en.wikipedia.org/wiki/High-temperature_superconductivity。也见 Cho 2008。

⑨ 参见 Kong et al. 2008。

⑩ 2008 年两个独立的研究报告,基因治疗技术部分恢复了 4 位天生视力障碍的年轻人的视力(Kaiser, 2008e)。

⑪ Clery 2010b。

发以创造探测爆炸物的新途径。^① 如果科研人员能够把碳纳米管集成到高性能电子元件中,将有可能制造出微型晶体管。^②

近些年来,公共研究与经济增长的关系已经成为争取科研资金的口号。2007年,美国国家研究理事会(NRC)发布了“未雨绸缪”(Rising Above the Gathering Storm)的报告,将这一口号喊到了最高,警告美国如果没有在科学研究上的大量投入,将会拖累新兴经济。科学是保持国家竞争力的精灵,这个精灵同样需要抚养。大学校长经常在申请基金资助过程中详细说明大学的经济贡献,游说建设研究性大学的地方团体也坚信研究性大学将带来经济增长。

那种认为经济增长建立在公共研究基础上的观点不是不正确的。但它太简单化了。大学和公共研究机构的科研成果不能立刻转化为新产品和新工艺。这需要时间。原子钟和杂交水稻就是清晰例证。当然,也会有例外,万维网从最初出现就产生了巨大影响,而从发现巨磁现象到存储盘片也就几年时间。同样也有希望落空的。有些非常有前景的研究工作并不能按照期望的时间表进行。如,1989年发现囊性纤维化基因,为基因治疗带来希望,时至今日,“研究回报依然是即将到来。”^③

科学研究成果转化为新产品和新工艺不仅需要时间,而且需要大量的投入和技术诀窍。产业部门擅长于这些,学术研究机构不擅长。^④ 我们在为科研机构唱赞歌的同时,不要忘记创新源于研究与开发(R&D),而开发一直是产业部门的工作领域。

在产业部门工作的科学家与工程师通过参加学术会议和阅读大学研究人员发表的学术论文了解公共研究机构的科研工作。他们也经常与研究机构的科研人员合作。大学与产业部门的合作关系靠大学经常向产业部门输送的人才维系着。在有些领域,如工程、化学领域,大学也把大量新培养的博士放到产业部门中。大学教授也受聘为产业部门顾问,从产业部门获得大约6%的研究经费。^⑤

知识的流动并不是单向从研究机构到产业部门。与企业有关联的大学研究人员经常报称他们的学术研究问题经常或者绝大多数来源于企业咨询。^⑥ 另外,许多影响公共科学的技术是由企业研发的。

① Bhattacharjee 2008a。

② Service 2008。

③ Couzin-Frankel 2009。

④ 引用罗森伯格和纳尔逊(Rosenberg and Nelson)(1994,323):“产业部门处理市场问题更加有效”。

⑤ 参见第六章。

⑥ 参见第九章。