

PASTEUR'S QUADRANT

基础科学与技术创新

巴斯德象限

Basic Science
and Technological
Innovation

[美] D.E.司托克斯 著



基础科学与技术创新

巴斯德象限

〔美〕D. E. 司托克斯 著

周春彦 谷春立 译

陈昌曙 审校

科学出版社

1 9 9 9

图字：01-98-2433 号

内 容 简 介

本书从历史的、现实的和理论的观点讨论了科学与技术的关系，强调了由应用引起的基础研究的重要意义，并立足于此探讨了科研议程和科技项目的形成、科研体制环境的创设和科研资助渠道等政策，特别是政府的科技政策问题。

本书作者是美国社会问题研究的著名人士，书中探讨的内容对认识和研究基础科学与技术创新的关系具有极为重要的意义。

本书可供科技政策的研究人员和管理干部、从事科研和技术开发的专家、高校理工科教师和研究生等阅读、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

基础科学与技术创新 巴斯德象限/[美] D. E. 司托克斯著；
周春彦 谷春立译. —北京：科学出版社，1999. 10
ISBN 7-03-007808-X

I. 基… II. ①司… ②周… III. 基础科学-关系-技术发展 IV. G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 38927 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码：100717

源海印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999 年 10 月第 一 版
1999 年 10 月第一次印刷
印数：1—3 000

开本：850×1168 1/32
印张：5 3/4
字数：137 000

定价：11.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换〈杨中〉)

前言

这本书所探讨的问题最初映入我的脑海，是在我任密歇根大学研究生院院长的时候。那时，我有一个任务，就是经常为《科学美国人》杂志撰稿。

当我涉足于我的范围的许多科学领域时，我常感到极为震惊：天才的科学家是那么经常地谈论起研究目标——特别是基本的认识追求与应用性考虑这两种目标之间的关系，这在某种程度上似乎让我不可思议。在奇怪和无助的情况下，我觉得既然我的前辈们对这一关系，以及由此引出的基础与应用两种研究范畴间关系的看法妨碍了他们对事物的观察，那么就有必要对它们加以探究。

当我在“国家科学基金会（NSF）”的主席顾问委员会工作了几年，并在许多场合听到这个同样的表述时，这个感觉进一步加深。一天上午，一位著名的科学家又说出了这些想法，于是我提出了自己的看法；这个允许有不同观点的委员会如此地震惊，以至于在下午讨论伊始，就把我的想法作为头号问题提了出来。这次讨论的新结果可参见第三章的一些图示。在我公开发表了送给主席的论文后，这一基本观点变得更加复杂^①。后来，我主持了全国科学研究委员会（NRC）的专门小组，研究联邦政府对社会问题研究的支持，这使我有机会探讨了问题的其他方面^②。

① D. E. 司托克斯，“Making Sense of the Basic/Applied Distinction: Lessons for Public Policy Programs,” in Categories of Scientific Research, papers presented at 1979 National Science Foundation seminar, Washington.

② The principal report of this study is National Research Council, The Federal Investment in Knowledge of Social Problems (National Academy of Sciences, 1978).

我在普林斯顿大学的伍德罗·威尔逊学院当了很多年的院长，一直保持着对这一研究的兴趣。这个学院主要从事社会科学的认识和应用方面的研究。如果不对科学与技术关系的深思熟虑，便不可能沿着这个方向研究下去。我在这里无约束地吸取到学院人口研究办公室和发展研究的经验。最终确信，这些问题值得用一本长篇著作加以探讨。

我用了较长的时间确认要写这本书。本书的前面部分章节涉及科学史和智力活动史的内容，虽然我在这个领域没有特殊的建树，但我提出的问题包括三个方面：研究议程的建构、研究体制环境的创设和研究资助的渠道。后面的章节阐述的是基础科学与技术创新的关系，包括对这一领域每个科学政策的新的见解。

这本书融会了很多领域的内容，如果没有经过深入研究，要写出和读懂这本书都是不可能的。我所提出的论点是在政府内外与科学技术政策相关的人们，以及在大学、政府和独立科研院所及公司里的科学组织感兴趣的问题。因为我吸取了几个工业化国家的经验教训，所以我的论点可能也会引起这些国家的科学和政策组织的兴趣。由于我让已经熟知的光线通过新的棱镜，所以我的论点也可能引起科学史专家和思想史专家们的兴趣，这也许是

xi 我在这些学术领域里的综合学术成就。

社会科学家将会把此书看作社会科学专著。事实上，我的政治学同行也不难把它看作政治学和学术分析的专著。但是，我的论点遍及所有科学领域的研究，包括物理学和工程学、生物学和生物医学，以及社会科学。因为各门科学的统一对我的论点是至关重要的。但是这并不意味着各门科学在所有方面都是相同的；可以肯定地说：没有任何一门社会科学能像生物学那样接近自然的科学，或者说是接近物理学。

倘若没有朋友和同事们的帮助，我是不可能形成我的观点的。太多的人将他们的智慧和鼓励给予了我。我要特别地感谢普林斯顿大学的许多同事，包括 Clinton Andrews, Peter Eisenberg, Harrold eiveson, Charles Gilispie, Frank von Hppel, Daniel

Kammen, Walter Kauzmann, Michael Mahoney, Harold Shapiro, Robert Socolow, Toas Spiro, Thomas Stix 和 Norton Wise; 此外, 这本书也是对普林斯顿大学的智能商业化的赞扬。许多“无形学院”里的成员从遥远的地方提供了见解和鼓励。应当特别指明的是著名人士哈维·布鲁克斯 (Harvey Brooks) 仔细地阅读了手稿, 并提出了真知灼见。我还要特别提到 Max Kaase, Richard Nelson, Stephen Nelson, Albert Teich 和 John Servos, 是他们给了我无私的帮助。除了这些以外, 我还获益于许多政府官员的帮助, 包括 Jennifer Sue Bond, Patricia Garfinkel 和 Carlos Kryt-bosch 等人。

曾两度担任我的研究助手的 Carolyn North 为这项研究收集整理了详细资料, 为整个研究工作倾注了关注、见解和智慧; Mary Huber 为这项工作准备了背景材料; Besty Shalley Jensen, Robert Sprickle, Frank Hoke, Chris Tompson, Michael McGovern 和 Esra Diker 对这一研究进行了严格的把关, 对此我表示深深的感谢。

我还要强调四个研究组织对我的卓有成效的帮助。在 1992—1993 年的秋、冬两季, 日本东京国际工商业研究所, 帮助我开展了日本科学技术政策经验教训的研究。在 1993 年春, 英国皇家学会和苏塞克斯大学科学政策研究所, 把我的观点引伸到英国和欧洲。我真诚地感谢皇家学会的 Peter Colins 和 Michael Ringe, 感谢 Christopher Freeman, Michael Gibbons, Diana Hicks, Ben Martin, Keith Pavitt, Margaret Sharp 和他们在苏塞克斯大学的同事。

最后我要说的是, 布鲁金斯学会主席 Bruce MacLaury 先生和政府研究项目主任 Thomas Mann, 对我在科学技术领域所从事的跨学科的研究给予了一如既往的支持, 使我能触及西方国家的几百万个科学及科学哲学成果, 并能探讨当代几个主要工业化国家所采取的科学技术政策。我感谢他们, 也感谢 Thomas Mann 的前任 Paul Peterson 和我的临时的布鲁金斯学会的同事们。因

为，布鲁金斯学会本身的使命就是这样清晰地包含了认识和应用两个目标。事实证明它是一个理想之所，我在那里归纳了我的分析，并写成了这本教科书。

唐纳德·E. 斯托克斯

1996年9月

第一章 问题的陈述

17 世纪的科学革命和 19 世纪的工业革命释放的力量，促成了现代世界的创生。然而，随着 20 世纪步入尾声，各主要工业国家为利用这些现代化双引擎而采用的措施，正处于相当大的混乱中。

半个世纪以前，在第二次世界大战中涌现出以美国为首的一些主要的科学国家，它们的政策是以基础科学在技术创新中起作用这一被广为接受的见解为根据的。这些政策在几十年来一直相当稳定地保持着。但是，近年来，这个战后的框架已经面临着极大的压力。美国和其他工业国家，诸如英国、法国、德国和日本等，已经开始重新审视他们的科学技术政策。

美国经常将这一转变的原因归咎于冷战的结束。尽管这一理由是美国的特例，但是为对付原苏联所储备的几十亿美元研究与开发（R&D）资金的释放，不可避免地会产生联邦的科技投资问题。在冷战初期形成的科学界与政府间的联系开始瓦解，科学与政策组织都在积极协商以达成新的一致。

然而，即使在美国，简单地将目前的无序状态归咎于苏联威胁的消失也是错误的。从更深的层次上讲，这是由于：战后人们对科学技术间关系的信念的减弱淡化了政府与科学间的协约关系。远在冷战结束前，这些问题就已引起人们对现行政策的相当深重的疑虑，这些政策在有苏联威胁的几十年里并没有清楚地实行过¹。我们需要对基础科学与技术创新的关系有一个更为现实的认识，以制定新世纪的科学技术政策。在本书观点完全展开之前，寻求一种新的理解，将引出围绕基础科学在政治民主中的作用的最深刻的一些问题。

塑造战后范式

1944年下半年，即第二次世界大战结束前的那年，罗斯福要求当时的战时科学研究与开发办公室主任万尼瓦尔·布什预测科学在和平年代的作用。布什的报告还没有完成，罗斯福总统就去世了。当时，美国正准备在新墨西哥沙漠中试爆原子弹，使战争年代它的科学成就达到顶峰。布什以《科学——无止境的前沿》这一报告回答了罗斯福的问题，对战争结束后国家怎样才能保持对科研的投资提出了自己的看法。五年以后，布什报告中提出的基础科学及其与技术创新之关系的观点，成为战后几十年里国家科学政策的基础²。

布什报告有深远影响的原因，不单单在于他制定了详细的政策蓝图，更在于：当他和他的同事们争取让政府在和平年代加强对基础科学的支持，对研究进程的政府干预明显减少时，提出了对科学与技术的框架的思考。事实上，这一概念框架的意义，在后来远远超出了布什想要成立国家研究基金会，使其与战后解散了的战时科学研究与开发办公室一样庞大的意义；科学共同体为实现它的目标转而求助于布什的概念前提。

像弗朗西斯·培根留下格言一样，布什用两句格言来说明这些前提，这两句格言都是关于基础研究的表述。第一句是“基础研究的实施不考虑实际结果”。尽管这听起来像一个定义，并且常常被人们当作定义³，但布什进一步明确了基础研究的确切特征：是对“一般知识以及自然界及其规律的认识”⁴的贡献。布什关于基础研究的第一句论述表明：基础科学一旦受命于不成熟的实际应用目标，就会断送它的创造力。他看到了就研究目标而言，基础研究和应用研究之间存在着内在的矛盾，进而认识到基础和两种研究间的内在分离。的确，他一直赞同格雷沙姆关于研究的定律，依据这一定律，如果将应用研究和纯研究放在一起，则“应用研究总是排斥纯研究”⁵。两者间的这一矛盾可以很容易地通过我们熟悉的一维谱线看到，这个一维谱线能很好地表

达战后范式的静态形式；任何研究都不能既靠近这一端，又不远离那一端。

如果说布什的第一句格言表达了战后范式的静态形式，那么他的第二句则为动态形式奠定了基础。他写道：“基础研究是技术进步的先驱。”⁶这句话表明了这样一种观点：使基础研究远离应用的过早考虑是合适的，基础科学将被证明是技术进步的一个长远而强大的动力，因为应用研究与开发能把基础科学的发现转化为技术创新，以满足社会经济、国防、健康及其他需要。代表动态形式的一维图像是“线性模式”，即基础研究引起应用研究与开发；再依据创新是一种产品还是一种工艺，转到生产或经营。⁴

布什的基础科学与技术创新关系的观点含有另外一层含意——与他关于基础科学的第二句格言密切相关，即随着科学的进步，对基础科学投入的那些人，能通过技术转化过程将科学成果转化为技术创新，进而在技术方面得以回报。他用一个相应的形式表述了这一信念，即“一个在基础科学新知识方面依赖于他人的国家，将减缓它的工业发展速度，并在国际贸易竞争中处于劣势”⁷。

50多年过去了，我们只能钦佩布什的成就。正如我们看到的，他所选择的两句格言的中心思想，在西方科学传统和科学哲学中有着强烈的共鸣。其中之一可以追溯到古代科学探索的发明，另一个关于科学的信念则回荡着近代欧洲弗朗西斯·培根等人的声音。布什将这些思想融入促进国家发展目标的计划当中，使科学家能够在基础研究领域里自由地探索。他的计划在战后几十年中被纳入科技政策中，极大地促进了国家的发展，也使许多最有能力的、训练有素的科学家得以在公共经费的资助下自由地徜徉于基础科学。

我们也只能钦佩布什选择了一个多么好的时机，将战时科学成就的动能转化为和平年代政府支持科学的势能。科学的力量给太平洋战争划上了令人惊异的句号，使整个世界为之震惊不已。

原子弹的爆炸使全美上下不得不重新审视那篇关于科学在国家生活中的角色的报告。结果，布什的观点给人留下了极为深刻的印象，为在 20 世纪后期理解科学及其与技术的关系提供了主要的范式。至今，在科学与政策组织、新闻媒体与知识界中，仍然可以听到这些思想。美国在战后科学中的领导作用，也使这些思想在国际社会中普遍传播。

- 5 然而，这一范式的影响是有代价的，因为这种影响既朦胧又深刻。布什关于基础科学根本目的的表述，对科学工作的动机的解释过于狭隘；而他关于基础研究对技术进步的重要意义的论述，在说明技术创新的实际源泉方面也过于狭隘。结果，这些局限性使利用这一范式思考一系列政策问题的难度加大。这就需要我们对于科学研究目标及科学发现与技术进步的关系有更清晰的认识。

这些局限性在今天比战后更为突出，因为当时布什的观点似乎为美国在科技领域的杰出成就所证实。包括美国在内的许多国家都把他们对科学的投资作为保持其国际经济竞争力的手段。这促使我们不禁要问：一个国家能否真正地将其基础研究成果应用于新技术而获得竞争优势，或者变成科学认识的一部分也为其竞争对手所利用？实际上，科技政策的变化给基础研究作为发展的长远动力的观点施加了很大的压力。尽管对流行范式的一般批评才刚刚出现，但随着时间的流逝将会越来越多。

重新审视科学的目标及其与技术的关系，正是本书的主要内容。书中再次探讨了基本认识的驱动力与实际应用的驱动力之间的联系，说明了这种联系如何经常被曲解，以及我们为此所付出的代价；并在这些科学目标间的相互作用及基础科学与技术创新的关系方面提出了新的观点；最后指出这一修正过的结果可使人们更加清楚地认识科技政策的多个侧面。总的安排如下：第一章描述战后范式中存在的问题；第二章审视这一范式思想发展的历史过程，以解释由这一范式被广泛接受而产生的一个佯谬；第三章是论证的核心，就认识与应用之间，以及基础与应用两种研

究之间的协约关系提出了新观点，并对基础科学和技术创新的联系提出了相当不同的看法；第四章阐明如何借助这一新观点更 6 新科学与政府间的协约关系；第五章尝试找寻一个途径，使美国式的民主通过这一途径，将研究目标的确定与社会需求相关联，从而建立应用引起的基础研究的议程。

由于追究认识引起的研究和源于应用考虑的研究之间的关系，有助于解释我们的主要问题，所以我们将研究基础研究和应用研究的本质开始分析。随着分析的展开，我们会看到，流行的范式在哪些方面是真实的，在哪些方面是扭曲的，还会看到科学目标间相互作用的真实情况，乃至基础科学和技术创新的关系。

基础研究与应用研究的概念

研究是不断作出选择的过程。虽然探索新信息或新知识的科研行为千差万别，但总是由一系列的决定或选择组成的。有时涉及问题或探索领域的选择；有时涉及理论模型的构建；有时涉及预测、推理或假设；有时涉及仪器或手段的开发；有时涉及实验设计和数据分析；有时涉及分析技巧的使用；有时涉及后续课题的选择；有时则涉及与其他科学家进行研究结果的交流。哈维·布鲁克斯抓住了研究的共同点，他说：“任何研究过程都可看作是一系列的、阶段性的决策过程，在每一个阶段的下一步都有许多不同的道路供选择⁸。”基础研究和应用研究间的本质差别成为每次选择的决定因素。

有三个观察事实启动了我们的论点。第一个事实是：

基础研究与应用研究目标的不同决定了它们在概念上的不同。

不管从哪个角度去看基础研究和应用研究的目标，都无疑会 7 发现这两种研究在概念上大相径庭。基础研究确切的本质，是拓宽人们对某一科学领域的现象的认识。虽然基础研究有各种各样的定义，包含若干不同的步骤，但其根本特点都是增进对某一科

学领域的基本认识。本着这一特点，经济合作与发展组织(OECD)将基础研究定义为“为获取以现象和观察事实为基础的新知识而进行的实验或理论工作”，虽然这一定义，就我们将提到的基础科学要归于实际应用说来，增加了一个否认者⁹。有时，人们利用基础与应用研究相区别的某些方面，来定义基础研究。比如它的起源、研究者的自由度、研究成果的评价、科学发现与其实际应用之间的时间间隔，等等。但是，这些导出性质不能当作基础研究的标志特征——向更广泛地理解某一领域现象的方向延伸扩展。

从研究年鉴上我们随便就能找到很多体现这一特征的实例。一个有利于进一步讨论的实例是路易斯·巴斯德的研究。这项研究开创了他的科学研究生涯。当巴斯德在巴黎高等师范学校就读时，他探索了亚酒石酸之谜。当时，柏林的化学家米特舍里希已经发现两种十分相似的酸——酒石酸和亚酒石酸——对光有不同的作用。酒石酸可将平面偏注光的偏注面转过一定的角度，而亚酒石酸则不能——尽管它们似乎有相同的化学成分、晶体结构、密度和其他特性。

米特舍里希对这一异常现象的报告，引起了巴斯德寻求答案的兴趣。在显微镜下观察亚酒石酸的晶体结构时，他发现亚酒石酸有两种晶体结构：一种与酒石酸一致；另一种则与之成镜像对称。将这两种晶体分开，他发现和酒石酸结构相同的晶体也和酒石酸一样将偏振面转过相同的角度；而与之成镜像对称的晶体将偏振面向相反的方向转过同样的角度。因此，由等量的这两种晶体形成的混合物是光学中性的，即不使偏振面产生任何旋转。巴斯德的令人兴奋的“找到了一切”(tout est trouve)，在科学发现的历史上占据着一席之地。他确切地证实了亚酒石酸是由两种相反结构的晶体组成，两者混合后对光的作用相互抵消。探索未知世界的目标指引着巴斯德科研工作的每一阶段，并使晶相学前沿不断向前发展。

如果说基础研究目的在于拓展对世界的基本认识，那么应用

研究则直接面向个人、团体或社会的需求。巴斯德随后所从事的一个应用研究：解决甜菜酿酒中遇到的困难的实例很好地说明了这一点。当时，里尔地区的一位工业家找到巴斯德，要他解决这些困难。作为里尔地区科研机构的负责人，巴斯德鼓励他的学生们在从事工业生涯之前先做些工业方面的实际工作。他访问了一家工厂，把甜菜汁的样品提取到他的实验室进行显微测试。

巴斯德透过假象发现了发酵与微观组织有关，而且这些微观组织能离开游离态的氧而存在；实际上，这些微观组织发酵酿酒的机制是：它们从发酵汁中的糖分子中夺取氧。这一发现为他的工业客户提供了一种控制发酵、减少浪费的有效方法。詹姆斯·B. 考南特在研究巴斯德这一科研案例时曾指出：应用研究最宝贵的特征就是“减少实际技艺中的经验主义成分”¹⁰。巴斯德的研究工作大大减少了发酵工业中的经验主义成分。

总之，如果说基础研究的目标是认识，应用研究的目标是应用，那么，毋庸置疑，这两类研究在概念上或分析上是不同的。但是，科学研究的流行观点常常包含另一个因素，即支持上述论 9 点的第二个观察事实：

一般认识目标和实际应用目标之间的内在张力决定了基础研究和应用研究的范畴在实际上分离。

根据这一观点，一个具体的科研项目只能属于这两种当中的一种，而不能同时属于两种。这正是布什在《科学——无止境的前沿》中的观点，他提及了“一个支配研究的反常定律”，从属于“应用研究总是排斥纯研究”的思想¹¹。基础研究目标与应用研究目标间的固有矛盾，划出了两种探索间的实际界限。

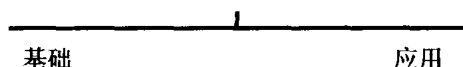
在布什的眉宇间产生的智慧并没有摆脱人类原本已有的信念。在第二章里，我们回顾了两千年来的纯探究思想。但布什的报告确实对基础研究目标和应用研究目标间的矛盾进行了前所未有的透彻分析。这个假想的矛盾暗示着基础研究与应用研究间的分离，并被融入科技政策的主要范式、政府对科学的态度等，也被融入学术交流和传播媒体当中¹²。不考虑这种观点对我们的科

研有多么大的影响，便不可能评价近几十年来的科学成就。基础研究与应用研究相分离的思想已有相当长的历史，第二章我们将介绍，在 19 世纪和 20 世纪，这种思想是怎样因欧洲和美国科研机构的发展而被逐渐加强的。

范式的静态形式与动态形式

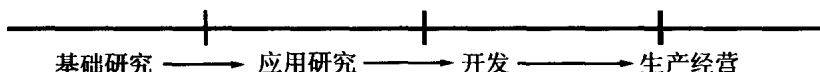
认识目标与应用目标相矛盾、基础研究与应用研究相分离的观点可以用一个图示很好地展现出来。这一图示代表了现行范式的“静态”形式，即从基础研究到应用研究的一条直线：

10



在欧几里德空间中的这个一维图像体现了认识和应用之间的固有矛盾，符合布什的第一句格言，因为在这里任何科学活动都不可能靠近一端而不远离另一端。

战后范式的动态形式展示了基础研究与应用研究之间的差别。实际上，体现了布什第一句格言的静态“基础-应用图像”，只是体现他的第二句格言的动态图像的初始阶段。这一动态图像是一个广为接受的“线性模型”，是从基础研究向应用研究延伸的过程：



利用由科学到技术的动力流将科学新成果转化为实际应用，几乎已成为所有研究与开发（R&D）人员的想法。布什又进一步将其强化为：基础科学进步是技术创新的“主要源泉”，这被纳入科技关系的现行模式中。所以，国家科学基金会在早期的一份报告中，把基础科学到技术的过程称为“技术程式”，后来又称为“技术转移”，主要包括以下内容：

- 技术程式由基础研究、应用研究及开发等阶段构成。
- 基础研究影响着实际应用的过程，能避免无谓的劳动，

使应用科学家和工程师们能快速、高效、经济地实现其目标。基础研究简单地面向对自然界及其规律更完整的认识，揭示未知世界，扩大可能王国。

——应用研究着重考虑已有知识的加工和运用，其目标是可能变成现实；论证科研或工程开发的可行性，探索通向实际应用的合适途径与方法。¹¹

——开发是技术程式的最后阶段，是将研究发现最终转变成实用的材料、装备、系统、方法、工艺……的阶段。

从上述定义可以清楚地看到：每个后续阶段都要依赖前一个阶段¹³。

如果将基础科学转化为新产品、新工艺的最后阶段——生产经营——考虑进来，那么就形成了线性模型。沿着这种动态线性模式的思路，国防部划分了不久以后在战后联邦研究投资中占有主要份额的研究开发的种类。静态线性模型与动态线性模型共同构成了揭示研究本质的范式，并在科技界和政治界广为流传，直至今日仍被普遍接受¹⁴。

还有一个人对战后范式的传播起了十分重要的作用，他就是牛津大学林肯学院的终身院长、英国高校资助委员会主席凯思·A. H. 慕瑞。他给澳大利亚总理罗伯特·门齐兹及其同僚们送上一份报告，阐明了澳大利亚在战后第二个十年里对高校的需求。在慕瑞委员会 1957 年报告中说：

很显然，自然界的许多秘密还没有为人类所揭示，因为研究者只是被好奇心所驱动，只是出于个人的缘故而探求新知识。新知识的应用往往滞后，而且经常滞后得很多。应用的过程通常是由那些具有不同天赋、不同兴趣的人来完成的¹⁵。

这段陈述表达了两个观点：①基础研究和应用研究是不关联的过程，由“具有不同天赋、不同兴趣”的不同的人们来进行；②基础科学的发现在时间上具有超前性。

在考查上述观点的效果时，我们必须牢记：划分基础和应用

- 12 两种研究的目标绝对不会耗尽驱动科学事业的动机。对研究科学家的动机给出一般或特殊解释的那些人，为研究的实际激励描绘了一幅极为不同的图像，其中有些与科学的规范结构密切相关，如罗伯特·K. 默顿对科学出版物的发展速度进行的出色研究所表明的那样¹⁶。但是，不同研究动机的存在并未削弱深入探讨认识和应用目标间关系的重要性，因为战后范式的主要特征就是相信这些研究目标必然相互矛盾，基础研究与应用研究类型必然相互分离，以及技术创新来源于基础研究的进步。

科学的经历

从研究年鉴中我们能形成对前述各种关系极其不同的看法，第三个观察事实正说明了这个问题：

认识目标与应用目标在本质上相矛盾、两种研究必然分离的观点，与科学本身的经历不符。

虽然许多研究都完全由认识目标或应用目标驱动，但是，一些重要的研究表明：研究过程中不断进行的选择活动往往同时受两个目标的影响。

19世纪微生物学的崛起极好地说明了这种可能。在此我想还是列举巴斯德的例子为好。毋庸置疑，巴斯德使人们彻底认清了疾病的机理及其他一些生物过程，并将这些认识应用于食醋、啤酒、白酒和牛奶的防腐，以及蚕蛹霉斑、牛羊炭疽、家鸡霍乱和人畜狂犬病的控制当中。

- 13 在年轻的巴斯德身上，并没有体现出这两个目标的融合。这位22岁的化学家抱着纯认识的目的沉醉于亚酒石酸之谜的研究。然而，随着研究的深入，巴斯德产生了新的疑惑：为什么亚酒石酸只神秘地出现在一些地方而不是另外一些地方。他特别怀疑这是微观成分在作怪，这一设想极大地激发了他对微观组织的兴趣。他在里尔地区的研究中发现：这些微观组织与甜菜汁发酵酿酒有关。在进行这一研究的过程中，他开始形成对一些自然现象的认识，并获得了某些微生物在无氧条件下也能生存的惊人的独