

大科学的模式转换

——从“研究与开发”到“开发与研究”

费多益

(中国自然辩证法研究会, 北京 100081)

[摘 要] P. M. 布拉克的基础科学—应用研究—技术转化的线性模式虽然最终导致了开发,但它在新的形势下显得过分简单化了。如今,研究与开发越来越多地被看做本身就是开发与研究,R &D 变成了 D &R。一个“世界级的科学和技术事业”将会遵循所选择的领域发展,而不是等待机遇。研究领域的开发需要设计,需要明确的工程上的各种活动和正确观察事物各方面关系的能力。传统的研究与开发预算这块“馅饼”在大科学时代将会转变为开发与研究的“层状蛋糕”。

[关键词] 基础科学;研究与开发;社会资源;大科学

[中图分类号] G301 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 100025420(2004)0120080207

纵观过去一百多年的科学发展,科学技术日趋全球化,科学与社会的关系日益密切,这是科学革命两个具有重要历史意义的结果。这给科学和技术带来了预想不到的飞速发展,同时也显著地扩展了基础研究的范围、创造性和复杂性。

一、基础科学的战略地位

第二次世界大战结束后,万尼瓦尔·布什向当时美国新任总统亨利·杜鲁门提交了一份长达 45 页的有关美国科技发展咨询的报告——《科学:无止境的前沿》。万尼瓦尔·布什在这份报告中对若干基础学科的发展前景做了乐观的预测,并为

联邦政府开出了需要优先发展的重点科目“菜单”。他认为,新知识的最核心、最精华的部分将从基础研究中获取,新知识、新产业的主要推动力来自基础研究,因此,加强基础研究是催生新知识、培育新产业以及激发科学家创造力的基本前提。杜鲁门采纳了这个建议,他以前所未有的拨款力度积极投资于基础研究。作为成功案例,从晶体管的发明到集成电路、直至大规模集成电路的问世,直接推动了美国乃至全球的信息技术革命和产业革命,这在很大程度上得益于联邦政府部门对基础科学——物理学和化学的重点投资。此后,生物学领域赢得的领导地位同样得益于那份“菜单”。世界各国领导人相继认识到,国家安

[收稿日期] 2003209219

[作者简介] 费多益(1973-),江苏苏州人,哲学博士,中国自然辩证法研究会副研究员,山西大学科技哲学研究中心兼职副教授,研究方向为科技哲学。

全、社会稳定、经济繁荣、国民健康,以及国民财富增长的命运,很大程度上都取决于能否把握科学在未来一段时间内的发展脉络,能否制定出有针对性的科技政策和科技长期发展规划并对认准了的基础学科进行重点资助。

事实上,今天所有的技术都可以用类似的方式来描述。晶体管(20世纪50年代)出自关于凝聚态物质的基础研究(20世纪20年代和30年代)。在此案例中,实用技术从不可预见的工业目标的探索性研究中出现了:没有相应的降低每个回路元件价格的研究工作,无论是自我设计,还是计算能力的提高都是不可能的;没有基础研究,就不会有计算机的历史。20世纪80年代的核磁共振成像技术来自于拉比在1938年关于核磁运动的研究。光纤是正在引起变革的通信途径,头发丝那么细的玻璃或塑料线可以在海洋深处铺设几千海里从而把陆地联结在一起,而且能够以最有效和最低廉的造价方式进行电话、电视和计算机通信。为这种技术提供基础的是量子力学的研究,是从20世纪20年代到40年代,特别是在爱因斯坦关于自发辐射和吸收的研究工作上发展起来的。正是基础科学导致了新的认识并相继导致了进一步的基础研究,它在本质上是战略性的,当然也导致了基础应用研究,后者则发展起新的、可实现的技术。

达到更加成熟阶段的半导体工业和制药工业,其技术方向已经稳定了,它们所拥有的研究与开发的实验室已大大满足了它们对科学的需求。还有一些工业,其技术本身变化缓慢,这些工业对当前科学的依赖程度相对来说是比较弱的。上面两种类型的工业,无论哪一种,其产品利润的增加和市场优势在很大程度上来自设计方案和生产过程的改进,来自有远见的市场战略和管理人员,通过他们富有创造性的工作而获得效益。在这些工业领域,应特别注意日本的情况,尽管它缺乏学术性科学的优势,但它已成为世界强国。新型的以科学为依托的工业与研究的联系总是很紧密的和连续不断的。例如生物技术,在今天,它不是大型工业,但它有着巨大的潜力,这类诞生不久的工业,正以快速的技术进步和竞争的步伐行进,并依然需要新科学的不断输入以保持其增长势头。

二、科学面临“资本瓶颈”的制约

重视和加强基础科学研究,需要科研机构在迅速实现科学的近期社会价值和为未来发展储备雄厚的理论之间寻找一种张力,并且建立一种使两者相互促进、良性循环的机制;而作为国家、社会和科学管理行政部门,则应根据国力或集团财力的增长不断扩大科研投入,不仅从经费上而且从分配制度上保持基础研究与应用研究的合理而稳定的比例,这对于科学技术本来就落后于西方的众多发展中国家尤为重要,它是防止基础研究队伍萎缩乃至“智力流失”现象蔓延、避免科学与经济关系发生恶性循环、扭转世界经济结构畸形发展的关键。^[1]

同时,在基础研究方面也需要对自身的研方式加以改进:从目前以探索未知为目的的粗放式研究(以产生不可预知的损失为代价)转移到以满足已知需要为目的的集约式研究(把不可预知的损失降到最低);从以研究为企业服务的知识(如R&D)为主转移到以研究为国家和社会直接服务的知识(如科学发展研究、社会发展研究)为主。生产公共知识是科学共同体的任务之一,但科学共同体的发展过程,决不单纯由“增进公共知识存量”这种动机所推动,还要通过知识的生产而服务于创造和积累财富并改善人们的生活。事实上,不论是政府还是企业,都不可能使后一目标设计无阻碍地惠及全人类。如果说,公共知识转向现实财富的过程缓慢、路径模糊,国家间或企业间的竞争主要的应用研究领域展开时,政府或企业尚缺乏阻止公共知识自由溢出的足够热情,那么,如今在这种转化周期明显缩短、竞争明显前移到基础知识生产阶段时,政府或企业则开始充分强调科学研究与国家或企业利益之间的关联了。例如,1994年美国总统一克林顿与副总统戈尔提出《科学与国家利益》的报告,不但强调把“增进基础研究与国家目标之间的联系”作为重要目标之一,而且要求美国科学界在继续充满活力地探索科学知识新领域的同时,保证在实现国家目标时付出更大的努力。^[2]

科学的社会效果连同它的生命力在很大程度上取决于对其资源的利用程度,取决于科学面对

社会需求的自我调节和应变能力。效益作为科学资源配置方式的科学体制的内在要求,体现了对科学活动进行社会组织的崭新方式。“求真”知识的生产由于边际成本的递增和边际收益的递减,面临着“资本瓶颈”的严重制约。一方面,社会公众与政府对“求真”知识生产的关注热情呈边际递减趋势,“真”知给他们带来的福利正日趋遥远,知识生产者对社会所做出的承诺也更加含糊。这样,从知识消费的角度看,“求真”知识的生产进入了边际收益递减的阶段。另一方面,随着科学理论向更深远领域拓展,观察宇宙的物理现象、探讨物质更深层结构等科学活动的研究成本不断提高,甚至超出了社会公众与政府预算能容忍的限度。

效益在社会中体现的是人们生活水平或预期生活水平的提高,而要提高生活水平则要求创造出更多的财富以及对财富公平分配。因此,效益的内涵除了财富的创造外,还包含了财富的分配,要使财富的创造与分配有利于创造出更多的财富。这必然涉及两个方面:第一,研究所需的精致而复杂的技术使得许多项目越来越依赖于公共或私人的资助,而社会资源是有限的,那么如何在科学家、学科、社会的不同需要之间,对它们进行分配和使用呢?第二,研究的过程、研究的结果及其应用常常是有益于一部分人,而对另一些人形成负担或造成损害。^[3]

那么,我们有限的智力、物质和财政资源用在科学所研究的哪类智力问题上正当的呢?今天,几乎每个国家都存在着资源短缺的问题,在给定社会总资源条件下,在科技与其他投资领域、当前与未来相互争夺资源的情况下,所有国家均面临着资源合理配置问题,每单位资源的使用都存在着机会成本,任何一种过度投资行为都将带来损失。从更加精确的层面讲,任何资源的使用均受到边际收益递减规律的制约,任何产品的输出均受边际成本递增规律的制约,当将给定资源连续投资于某一给定领域,就会出现边际收益递减、边际成本递增的现象。正是由于资源稀缺事实的存在,人们不得不在解决长期问题与现实问题之间取舍,对机会成本和比较收益做出权衡。当解决其他问题比解决基础研究问题更加突出时,政府必须从社会总需求出发,合理地规划将要进行

的研究与开发项目,以最大限度地避免科技资源的闲置与浪费,实现科技资源与其他资源最优配置,最终实现经济和社会利益最大化。

相应地,科学的学术评价也不像以往所设想的那样具有充分的独立性,相反,它同社会评价不可分割地结合在一起。其原因在于,政府要以最优的方式配置国家范围内的科技资源,以提高国家的国际竞争力。在这种情况下,人们试图解决的主要问题不再是专业或学科内部不同理论间的选择,而是专业之间或学科之间在优先发展上的选择。这种学科间评价,应当确定国家重点发展哪些学科,在学科中的哪些领域力求突破;应明确扶持哪些薄弱学科,在哪些方向进行紧密的追踪研究,以图适时地实现超越。

三、学术评价与社会评价的结合

事实上,早在 20 世纪 60 年代,敏锐的科学家就已充分认识到这种结合的必要性,如美国科学家温伯格便以研究科学各分支学派和领域的优先权为目的,建立了一套包括内部和外部两方面的评估准则。他认为,人们需要对以下问题做出判断:(1)这项科研在潜在应用方面具有巨大社会价值吗?(2)此项科研对现存的或拟议的技术能带来相当明显的改进吗?(3)这一领域的发展对科学的其他领域有重要后果吗?(4)此项科研已经成熟到足以开发的程度吗?(5)在那个领域有有益的事情要做吗?(6)这个课题并不陈腐且未超负荷吗?(7)存在此项科学研究可以利用的优秀人才吗?^{[4](P230)}在温伯格看来,上述问题(1)至(3)涉及选择的外部标准,问题(4)至(7)涉及选择的内部标准。内部标准旨在从学科发展的自身出发,评定各学科在新问题方面具有的前景、潜力和成熟程度,以及该学科在人力方面具有的基础。外部标准则试图评价各学科发展对其他学科的支持作用,以及对解决技术和人类问题的影响。

而是否注意到这种结合,对国家创新系统的绩效将产生不同的影响。正面的例证可见于美国国家科学基金会(NSF)的发展。NSF 是美国基础研究的重要资助者,对基础研究的推动始终未游离于经济和社会目标之外。20 世纪 60 年代,NSF 受到企业界的抨击,后者认为 NSF 不重视应

用研究和工程发展,国会也要求 NSF 反映企业界的利益和需要,于是在 1969—1977 年实施了 RANN 计划(应用于国家需要的研究计划),最后发展成为相对独立的工程科学局。相反,英国在基础研究领域长期奉行自由放任的政策,这一政策使其科学共同体的生长较多地受制于内部固有的“系统惯性”,突出研究的国际目标,而忽视了研究的国家目标,因而妨碍了有限资源流向那些从国家利益出发希望发展的科学领域,或流向科研效率较高但尚未在国家科学资源分配过程中获得有效发言权的科研组织和个体。许多政策分析家认为,这种科学政策所固有的学术评价与社会评价的分离,是造成英国工业衰退、经济停滞不前的重要原因之一。

20 世纪 20 年代,德国物理学家海森堡提出了著名的量子力学的测不准原理:我们不能精确测定亚原子粒子的位置和动量。它开辟了高能物理学的新纪元。20 世纪 90 年代,美国阿尔贡国家实验室科学家施里塞姆提出了美国实验室面临的一种新的测不准原理:我们不能以很大的准确度来预测我们的国家研究机构的位置、动量或社会的目标、国家的政治议事日程同科学的价值之间的问题的交点。^[5]新测不准原理正在使美国的国家实验室的管理和方向发生革命性的变化。

美国的国家实验室系统,是一次“热战”——第二次世界大战的产物,而在“冷战”时期发育成熟。不管是在“热战”还是“冷战”时期,国家在战争和防务方面的需要、公众的利益、社会的舆论和科学本身的利益大体相符,公众对科学和科学界高度尊重,而科学界本身又开始将科学研究几乎视为一种肯定会给国家和人民带来好处的“特权”,因此,科学研究计划一般都能得到政府和公众的认同和支持。

但随着苏联的解体,美国主要的“冷战”假想敌不复存在,国防研究的需要、规划和预算遭到大大削减,一些对科学发展具有重大意义的大型科研计划再也得不到支持,这种新的情况的出现,使美国的科研体制面临一种根本性转变的冲击。形成新的测不准原理的原因包括,20 世纪下半叶经济全球化造成的巨大的市场经济竞争压力,使任何一个国家都要与那些具有不同生产成本的竞争者进行市场博弈;而且,随着人口的老化,人们对

社会福利的需求日益增加,工业化国家所面临的政府开支日益加大,社会目标和政治议事日程复杂多变,而这些还不包括超越目前的科学技术水平而进行冒险本身的不确定性。

也许是化学家首先对环境问题发难,能源实验室从石油输出国组织的禁止石油出口、三里岛和切尔诺贝利核泄漏事件中得到了警告。高能物理领域的工作人员也碰到了类似问题,这就是超级超导对撞机(SSC)计划遭到取消——用来演示“希格斯”玻色子的超级超导对撞机实验室,已经耗资达 20 亿美元,但在最后关头被美国国家能源部放弃和关闭;在“多项计划”的国家实验室中,有三个“武器实验室”目前正在为重新明确它们的使命和它们的形象而进行巨大的努力,其他的非武器实验室也在大力改变它们的研究重点。

较多的新挑战转移到处于后冷战时期的美国的前沿,国家的科技体制开始感受到一种根本性转变的阵痛和希望。如今,工业正在日益寻求发展新技术方面与其他研究与开发部门(包括竞争对手)的合作;所有的与国家需要关系更密切的公共投资,受到越来越大的政治压力,因为这些需要都被华盛顿的政治当局所察觉;全面质量管理原则,正在日益被整个工业和政府部门所采用,包括研究机构在内;联邦的研究与开发机构之间的传统界限正变得更加模糊,因为国家所追求的是形成多功能的机构和协调的方法以使国家的能源需要得到满足。

“不惜任何代价而求发展”的思想行不通了,于是美国政府提出了一种科学“可持续发展”(sustainable development)的新战略,它的定义是:这种为满足现实需要的发展,不得以损害未来的利益为代价。这就提醒科技部门在制定科技政策和科研计划时,不应片面强调科学发展本身的价值和需要,而要从一种科学技术推动的观念转向一种市场推动的观念,要充分考虑政府的利益和财政支持的能力、环境和生态责任、产品的国际竞争力和成本效率、创造就业机会等各种综合因素。例如,整体快速反应堆计划(IFR)是一种液体—金属冷却的、安全而高效的反应堆。它消耗燃料较少,产生的废料也少得多,而且它产生的废料的寿命要比其他反应堆的废料的寿命更短。它还能将轻水反应堆的废料和过剩的核弹头转化成家

庭、学校、医院和商务用电。没有人对 IFR 在科学上和技术上的明显优越性表示疑义。尽管如此,反对者还是成功地将它扼杀了,1994 年国会投票决定了它的命运。反对者们其实与科学或技术毫不相干,但同政治和社会有着千丝万缕的联系。这样做的结果,使我们能够继续发展主要的核相关技术……比如说一种处理使用过的核燃料的装置。这种装置被称为电精炼器,是一种快速的、易于操作的机器,它可以处理使用过的核燃料,缓解核废料处理问题,而且可以节省美国纳税人数十亿美元。事实上,仅从这一装置上就可以节约比已经花费在整个 IFR 计划上更多得多的钱。而在此之前不久,美国政府已砍掉了国家航空和航天局的“探索地外智慧”计划,向火星(太阳系中最有可能存在其他文明的地方)发射载人火箭的设想也被无限推迟了。美国在取消这些科学探索活动计划时,并没有否认“求真”的意义,而是认为相对于一系列迫切需要解决的其他问题,耗资数百亿美元仅仅获得关于“我们是什么”、“我们来自何方”、“我们将走向何处”之类的观念性知识,而置数百万人的失业于不顾,置社会经济发展、社会福利事业等许许多多现实问题于不顾,是不合适的。

杰出的海洋生物学家尤金尼亚·克拉克在 1969 年曾描绘道,那些令人费解的、默默无闻的研究者在紧张地从事研究工作的一生中,也许根本就看不到他们的发现有任何实际的用途,但他们仍不断地探索未知,而没有想过这样做会带来什么财政上或实际上的效益。^{[4](P231)} 这种情形在今天也许未必适合,因为在科学的重大决策中,总是包含着两类要素:事实要素是我们决策的外在依据,价值要素是我们决策的内在动力和目的,如果不能处理好它们之间的关系,往往将导致严重的损失,甚至灾难性的后果。泽尔博格尔指出,未来的数学家并非都会去关注绝对的必然性,自然的恒等式也许值不得为其完整证明花那么多金钱,我们将有把握以小得多的代价获得其“几乎必然性”的证明。在半严格数学时期,各种定理将被附上价格标签,如“在某一精确意义下,我们证明了哥德巴赫猜想成立的概率大于 0.999 9,但要彻底证明其精确性,则需一笔 100 亿美金的预算”^[5]。这不仅是对完全解决一个难题的附加度

量,而且也是在数学中引入了一种全新的价值判断。如果承认科学研究的最终目的是为人类造福,那么我们就不仅要看到一个猜想的重要性,而且也要看到求证它付出的相应代价。对于发展中国家来说,当 100 亿美元被认为是一笔巨额财富时,当这笔费用竟能挽救上百万饥民时,我们应该拿它去证明某个猜想呢,还是可以不花分文地把它或它的否定作为公理应用,或者可以暂时满足于价格不太昂贵的“概率性真理”?

四、从 R & D 到 D & R

英国皇家学会前会长 P. M. 布拉克曾提出基础—应用—开发—技术—经济的线性模式:“成功的技术创新可以设想为由下列相关的步骤序列组成:纯科学、应用科学、发明、开发、构造样品、生产、销售与赢利。”但后来,人们发现这只是技术发展模型之一。布拉克的基础科学—应用研究—技术转化的线性模式虽然最终导致了开发,但它在新的形势下显得过分简单化了。自 20 世纪 90 年代以来,布拉克模型受到越来越多的批评:因为许多根本性的知识是头脑中想着某种特定用途的基础研究产生的,基础研究可以同时由好奇心和用途驱动。基础研究和技术创新之间的关系并不是简单的单向线性关系,并不是所有的联系都是科学研究流向技术,也并不是所有的创新都源于基础研究。我们需要保持一支在国际科学前沿上自由探索的力量,但是面临着未来资源短缺、环境恶化和人口增长等巨大难题,我们的科学不能不对解决这些难题做出贡献。问题的难点在于,如何在运行机制上保持求知和应用之间的张力。既要保障创造与产生新思想的环境和条件,又要促使新思想能运用于国家发展的重要领域;采取的支持方式是在强调确保自由探索的基础上,在关键领域予以有目标的引导和支持。

过去,研究与开发的预算在某些情况下可能被描述成“研究与为更多研究进行开发”、“研究与研究的开发”或“研究与为进一步研究所进行的理论的开发”,而现在却已经被看成是自我服务的。研究与开发越来越多地被看做本身就是开发与研究,R & D 变成了 D & R,或者可能甚至变成“开发与为开发的研究”。在现有的分配资助的系统中,

政府的 R & D 的预算是每一个单独部门的机构的 R & D 的总和,而政府的科学和技术预算是由确定为首要的重要性上升和减弱的领域构成的,然后分配数量不等的资助,并且相信它们对于保证国家优先的重点领域(而不是对于单个的部门和机构的研究课题)必须是足够的。一个“世界级的科学和技术事业”将会遵循所选择的领域发展,而不是靠机遇发展。换言之,研究领域的开发是需要设计的——需要明确的工程上的各种活动和正确观察事物各方面关系的能力。在这个建议下,一些传统的研究与开发预算这块“馅饼”将会转变为一类开发与研究的“层状蛋糕”^[6]。

之所以如此,是因为过去人们关注的多是小科学的“自由研究”,它在课题方向的选择上受个人兴趣的驱动,在研究资源的获得上对社会的依赖性小。而与古代自然科学相比,现代自然科学的纯基础研究与应用研究之间的交叉渗透、并肩合作的趋势越来越强,由应用激发的有导向的研究越来越居于主导地位。这主要表现在以下两个方面:第一,从科研活动的组织方式来看,科研行为的主体表现出明显的团体化趋势。科学研究在过去只是有钱人资助的私人活动,自 17 世纪以后才成为一种职业。今天的科学作为一种直接的生产力,是由企业和政府来资助的。从某种意义上讲,它已经摆脱了以探索宇宙奥秘为惟一目的的传统格局,也就不再是“为科学而科学”的纯粹智力和精神活动。同时,科学的高度发达和超越国界,使得每一个科学突破都不是孤立的现象,它可能影响到整个人类的命运。基金制的普及,以及大学关键科研设备的广泛应用,促进了科学研究与技术开发所占资源的社会化趋势。以课题制为主的管理体制,决定了研究主体以团体为主的课题组形式,从而,从课题申请到管理实施直至成果评估的整个创造过程,都打上了鲜明的社会化印记。第二,从科研活动的具体内容来看,当代自然科学发展本身的特点也恰恰在于理论研究与应用研究的内在关联与相互作用。人们经常发现,在纯粹的基础理论研究中会出现令人惊异的应用上的特征,而在应用研究的范围内又发生了理论上的突破;有的应用研究本身就包括了基础研究,有的基础研究则可能是应用研究的结果。医学、计算机科学及当代生物学中,应用研究与基础研究

都已成为同一研究过程的两个不同侧面,而不是两个极端。

大科学对社会资源的高强度需求和依赖,以及对科学研究投入高回报率的不懈追求,深刻地改变了传统科学中的学术评价方式。可以说,在大科学运作方式中,有限的科研经费、人员以及设施等科学资源与科学各分支学科之间的合理分配和适时调整,是提高科学研究整体效率和科学质量的关键所在。要解决这个分配和调整问题,学术评价不但要指向学科与学科、专业与专业之间,而且应该贯穿于科学研究活动的始终。如果说,在自由研究的小科学时代,科学共同体的学术评价主要聚焦于作为输出的成果,那么在国家创新系统中的大科学运行方式中,学术评价是基于全过程的,不仅最终体现为对输出的研究成果的评价,而且更重要的是表现为对输入的研究前的预测评价,以及对输入最大效率转化为输出的研究中的过程评价。^[7]

现代科学体系以其在现实中的作用雄辩地证明了自己已成为左右时代的最强大的力量。科学家的人数和科学文献数量以指数方式增长,科学研究所耗用的经费达到令人咋舌的天文数字。庞大的科技人员队伍的组织管理、科研资助、物资筹措及合理配置、研究方向的选择等问题,都需要社会对大科学予以有效的控制。同时,人们越是深刻地认识到科学的巨大社会功能,就越是迫切地要求从各方面来利用它,对它的发展进行干预,使它为各利益集团服务。这使得各国政府不可避免地总体上对本国科学体系进行资助和管理,并由此发展起来一套由国家、高校、企业和私人基金联合会组成的现代科学支持系统。而研究界为使重大的科研计划得到各方面的理解和支持,也纷纷从投资回报率方面进行论证,争取政府和社会的支持,更多地与政界发生联系、沟通信息;同时,加强科普工作,让公众了解这些科研计划给人民带来的好处,以得到公众舆论的支持。总之,科学界除了在制定科研计划选题时综合考虑各方面的利益外,还逐步运用政治家、企业家、社会各界和人民群众都能理解的语言和表达方式阐明他们所从事的科研工作的重大意义和作用。

当然,有目标的引导和支持并不意味着我们仅仅根据目前的利益来决定科学研究。基础研究

必须面向国民经济,这不是要求科学家在短期内创造出多少产值,而是指服务国民经济的长远发展。17 世纪欧洲第一次科学革命的最高成就是牛顿经典力学和天体力学,但它却意想不到地带来了第一次工业革命的“日出”。知识创新是技术创新的源泉,知识创新的源头枯竭了,技术创新之流就无法持续。一个科学理论在最初被提出时,其实用性或应用价值往往很难看出,甚至根本看不到。先于晶体管发明的固体物理学就证明了这一点。在此案例中,实用技术从不可预见的工业目标的探索性研究中出现了。爱因斯坦说:“作为一个普遍的规律,科学所创造的知识和方法只是间接地有助于实用的目的,而且在很多情况下,还要等到几代人以后才能见效。”^[8]尤其是随着现代科学的发展,许多科学理论的抽象程度大大提高,它们不一定直接作用于生产和生活,而是常常被物化为某项专业技术以后才给人类带来巨大的

变化。例如,今天为无数患者带来福音的基因工程,源于科学家们对生物遗传奥秘的好奇,而限制性内切酶在 1970 年被发现的时候,没有人料到它们会迅速带来一场医学革命。如果对科学研究抱着实用主义的态度,那么造福人类的可能性将被扼杀。此外,许多科学理论的提出和证明并非是针对解决实际问题或用来改善社会的问题的。即使是深层的理论化最终产生出了实用的副产品,这也基本上是偶然,这种幸运的应用既非研究的动力,也非一般的规律。^[9]

综上所述,科学从“研究与开发”到“开发与研究”的模式转换,是不再仅仅强调自由探索,而是求知和应用并举:既要保障创造与产生新思想的环境和条件,又要促使新思想能运用于国家发展的重要领域;采取的支持方式是在强调自由探究的基础上,在关键领域有目标的引导和支持。

[参考文献]

- [1] J. D. Bernal. After Twentyfive Years, The Science of Science[M]. London, 1964. 218.
- [2] 克林顿,戈尔.科学与国家利益[M].北京:科学技术文献出版社,1999.
- [3] 朱葆伟.科学技术伦理:公正和责任[J].哲学动态,2000,(10).
- [4] 齐曼.元科学导论[M].长沙:湖南人民出版社,1988.
- [5] 施里塞姆.新测不准原理[J].世界科学,1995,

- (12).
- [6] Alan Schriesheim. Vital Speeches of the Day [J]. Science, 1995,(2).
- [7] 泽尔博格尔.标明价格的定理[J].数学译林,1995,(2).
- [8] Henry Petroski. American Scientist[J]. Science, 1997, No. 5 - 6.
- [9] 曾国屏,李正风.试论国家创新系统中的科学共同体与学术评价[J].自然辩证法研究,2001,(12).

(责任编辑 林 间)

The Conversion of the Pattern of the Mega2science ——from R &D to D &R

FEI Duo2yi

(The Society for Dialectics of Nature of China, Beijing 100081)

Abstract : The linear pattern of the development of science seems to be excessively simplified under new circumstance although it finally leads to exploitation. Actually, R &D is more and more considered to be exploitation itself, R &D turns into D &R. A world2class science and technology will keep to the selected domain, but not wait for opportunities. The domain of research needs the design and perspective. In mega2science epoch, the traditional R &D “pie” will become D &R “layer cake”.

Key words : base2science; research and development; social resources; mega2science