

· 工作研究 ·

# 论自然科学基础和应用基础研究

李喜先

(中国科学院科技政策局)

**【摘要】** 本文主要论述自然科学基础和应用基础研究的性质、作用、地位和特征,以使我们系统地、全面地认识和大力地增强这类研究。

## 前 言

现代科学技术的系统结构和分类是极其复杂的。在科学技术活动中,依据不同标准,形成各种分类。

一些国际组织,如联合国教科文组织(UNESCO)和经济合作与发展组织(OECD)等定义科学研究和实验发展(R&D)为:任何为增加科学、技术知识储备和发明新的应用所从事的系统的、创造性的活动。并对R&D提出了现在国际通用的分类法,即在科学、技术和生产的相互转化过程中,根据距生产实践的远近及其目的性,将科学研究活动分为三类:基础研究、应用研究和发展研究。相应的研究成果形成三大门类的知识形态:基础科学、应用科学(技术科学)和应用技术(工程技术)。这三类研究既有区别又相互联系,共同构成科学研究的系统结构。

本文仅限于论述在自然科学研究活动中基础和应用基础研究的性质、作用、地位和特征。其中应用基础研究属于在应用研究中再细分的一部分,其称谓在我国科技界已约定俗成,并经常引起广泛的议论,是值得强调的研究活动。

## 一、性 质

科学研究是人类认识自然界的一种创造性的活动,它包括思维和实验活动。在这种认识活动中,结晶成一个个知识单元(各项事实陈述和理论陈述),并按照特定的逻辑程序结合起来,形成理论化和系统化的知识总和——科学。

联合国教科文组织将科学研究分为<sup>[1]</sup>:

“基础研究——主要为获取有关各种现象和观察事实的内在基础的新知识而进行的工作,不考虑任何特殊的或专门的应用和使用。基础研究如果是系统地朝着一个准确的、科学技术以外的目标进行,就称为‘定向的’;否则称为‘非定向的’。

应用研究——为了获取新知识但主要是以新知识的专门实际应用而进行的工作。”

可以看出,上述两类研究之间有着“目的性”的不同,这是在本质上的差异。此外,它们在性质上还有许多差异:

基础研究旨在具有探索性、创造性、发现新的规律、揭示自然界新的现象,从而建立新的理论和原理的研究活动。它的研究对象一般地是整个自然界,包括未被人类改造或干预过的天然自然界,即第一自然界或“纯”自然界,以及纳入人类认识与实践范围的人化自然界,即第二

自然界;研究内容主要是物质的结构和运动的普遍规律;研究目的主要是为了获得新知识,没有或者只有笼统的社会应用设想,因而往往表现为“好奇取向(curiosity-oriented)”;研究成果便构成科学系统结构中的基本理论部分,即基础科学。

应用研究,有时又称技术研究,旨在把基础研究发现的新理论应用于特定目标的研究活动,即主要是确定基础研究成果可能的用途,或者是确定为达到一些具体的、预定的目标应采取的新方法或手段。它既有象基础研究那样认识自然的一面,又有发展研究而改造自然的一面,是介乎两者之间的桥梁。它的研究对象一般地是人化自然界,其中大部分是人工自然界;研究内容是应用和技术中的特殊规律,即把普遍规律拟化为特定专业的具体规律;研究目的是实际应用,即把基础研究所获得的新知识转化为改造自然的能力,因而往往表现为“任务取向(mission-oriented)”;研究成果便构成科学系统结构中的普遍技术理论部分,即应用科学。我国科技界特别从应用研究中再细分出应用基础研究部分。这一部分研究是应用研究中探索性、基础性和原理性更强的研究,即针对实际目的、为获得规律性新知识而进行的独创性研究,与基础研究更接近的环节。实际上,它注重将科学或学科理论转化为实际应用的技术原理,而不在于技术细节上;大量的应用基础研究既可以从基础研究而来,也可能从生产和技术应用中上升而来;而且,科学家在具体研究过程中,对于同类课题的研究究竟是基础还是应用基础研究,往往要由动机来决定,特别是现代科学研究正在向综合性、整体化、理论与应用结合方向发展的情况下,这些类似的研究经常是相互交叉、重叠而混然一体的。

## 二、作 用

### 1. 在科学研究的系统结构中的作用

基础研究的性质决定着有可能回答自然界存在的根本性问题,从而才可能使人类对自然的认识在一定的历史阶段上达到最高水平。因此,从本源上来说,基础研究的水平决定着应用研究的水平,以致最终会决定发展研究的水平。

几千年来科学和技术的发展遵循着自己的道路,并形成了各自的传统。但是,到了近代,它们的关系更加密切,使得技术越来越以科学为基础,从而摆脱其经验形态,建立起自己的理论体系,即技术科学化,到19世纪中叶便形成了技术科学或应用科学。在现代,应用科学的发展更加依赖于基础科学的发展,先有科学,后有技术;先在基础研究中有突破性的成就,接着才在应用研究中取得巨大的进展,这种现象已是十分明显的了。

应用研究在基础研究与发展研究之间突出地起着中介作用。应用研究是由基础研究转化而来,又向发展研究转化而去,或者反过来。我国在科技政策上强化应用基础研究的作用,主要在于加速实现这种转化的第一步,以提高其转化效率;或者是为了从纵向上强化理论与应用的结合,缩短从科学到生产的距离,以充分地发挥其在科学研究的系统结构中的中介作用。

### 2. 在社会系统中的作用

在人类社会发展的长时期内,科学研究对社会进步一直起着伟大的推动作用。古代科学研究使人类社会摆脱了蒙昧状态,建立起古代文明;近代科学研究使人类从宗教迷信中解放出来,建立起近代文明;而现代科学研究对于改变人类的思维方式,进一步确立正确的世界观,以及建立现代文明乃至高等文明(对地球上人类而言,即掌握太阳系和银河系的文明)都起着革命性的作用。因此,在一切人类社会形态中,科学研究在本质上是推动社会进步的强大因素,

是“最高意义上的革命力量”<sup>[2]</sup>。

科学研究与社会生产、经济、政治、军事、教育、文化和意识形态等方面有着强烈的相互作用。这里,着重论述基础和应用基础研究对经济、生产和教育等方面的巨大作用。

基础和应用基础研究对经济繁荣起着决定性的作用。在一个足够长的时间尺度里和相当广的范围内,应该坚持这一战略观点。人们通常容易认为,大多数基础研究甚至应用基础研究成果要向生产转化,一般都要 10 至 20 年时间,乃至半个世纪,而不象发展研究那样,即刻生效。但是,现代社会高速发展的事实表明,它们却能以惊人的程度呼唤出巨大的自然力,从而从根本上繁荣经济,推动社会的发展。这类研究愈深入,新的知识愈取之不尽,而成为从发展研究转化为生产力的源泉,以至最后成为技术和生产水平达到高级阶段的决定性因素;这类研究愈充分,其转化越有效,并以一种从容不迫的方式导致新技术、高技术的产生,从而增强经济上的竞争力,产生令人难以置信的经济效益,以至引起产业结构、经济结构和管理体制的急剧变化。当今,在国际经济的激烈竞争中,要稳定地、持久地保持优势,并不断地获胜,都是以储备着深厚的基础和应用基础研究作为后盾的。

当然,这类研究与经济之间的相互作用是多种多样、错综复杂的,因而在一定时期内,对于一些国家或地区来说,这类研究虽然达到了很高的水平,但是经济却并不成正比例地增长,也不如想像的那样发达。这种特殊现象的存在是与其它因素有关的,如政治制度、经济体制、管理和经营战略等不佳,以至成为发挥其作用的羁绊,而不是这类研究自身引起的后果。从本质上说,这类研究越加强,越能促进经济的高速发展,这一总的趋势已越来越明显了。可以说,现代社会的巨大生产力就是物化的现代科学力量。

基础和应用基础研究对教育有着重大的推动作用。而且,只有这类研究才能积累和创造新的知识,才能引起教育内容、手段和方法的变革,从而提高整个教育,特别是高等教育的水平。从广义上讲,通过这类研究过程,可以直接培养基础知识扎实、理论坚实、思维敏捷而具有适应性宽广和善于创造的优秀人才。这对提高人类的智力来说起着重大的作用。

### 三、地 位

基础和应用基础研究的性质和作用决定着它们具有重要的地位。

#### 1. 在科学研究的系统结构中的地位

基础研究、应用研究和发展研究在相互联系、相互关系中处于不同的位置,并构成了三个不同的层次:基础研究居于内层,应用研究居于中层,发展研究居于外层。内层是中、外层的发源地带,中层是内、外层的联结地带,而外层是内、中层的扩展地带。基础研究对于其他研究来说是处于主导和指导的地位,因而内层是核心位置。越是接近核心,理论性越强;越是远离核心,应用性越强。它们共同构成为科学研究的辐射状结构模式。

#### 2. 在社会系统中的地位

基础和应用基础研究的外界环境是社会系统,它们是嵌在其中的开放系统,并在与其它子系统相互作用中起着巨大的作用,从而占有显著的重要地位。

一般地说,三类研究在各个国家所占的地位不尽相同。在一些发达国家,基础研究占有更重要的地位,这表现在:往往把它具有的优势视为国家在国际上居于领先地位的象征,把创造性的重大成就作为本国的荣誉;在科学政策上给予高度重视和支持,投入 R&D 的经费比例很

高并有支持基础研究的巨型计划等。而一些发展中的国家容易忽视或无力重视基础研究,比较重视应用研究、发展研究和技术引进。这样,就难以受益于基础研究,往往只能长期处于被动的跟踪状态,难于摆脱困境。

当然,不同国家在不同时期,根据国情,可侧重某一类研究。但是,在战略观点上,应使三类研究各有恰当的地位和适当的比例。从人类社会发展的趋势来看,科学研究在社会系统中所占的地位将会不断地提高。其中基础和应用基础所获得的知识形态,就其对人类社会的进步、人类文明来说,始终将处于核心的地位。

## 四、特 征

在现代科学研究中,基础和应用基础研究具有下述若干基本特征。

### 1. 向极端方向广延

探索的时空范围向极端扩展。在时间尺度上,从小于  $10^{-23}$  秒的短暂过程直到宇宙年龄(200 亿年);在空间尺度上,从粒子世界( $10^{-15}$  厘米)扩展到整个宇宙(“物理宇宙”,  $10^{28}$  厘米)。可见,无论是在时间还是空间上都延伸了 40 个以上的数量级。由于研究领域的扩展,使得在自然界中原来未知的联系建立起来了,“关于最早的知识与关于最小的知识紧密地依靠着”<sup>[3]</sup>如在宇宙学中,关于宇宙起源最早的知识,与在粒子物理学中关于追究组成物质世界最小单元的知识,竟显现出一种共生关系。

在探索物质的结构中,向最基本和最复杂的极端发展。如在分子、电子层次上研究生命现象,一直扩展到在群落、生态系统层次上研究复杂的生命现象。

在极端条件下,研究物质的性质和变化。如在变重力、超真空、强辐射、超高温、超低温、超高压、强激光、强电磁场、极高速等极端条件下,研究物质的物理、化学和生命现象。

### 2. 在观念上的根本变化

相对于经典的科学研究来说,现代科学的基础和应用基础研究使得人类对自然界的认识正在经历着许多在观念上的根本变化。“普里戈金的范式之所以令人感兴趣,就在于它把注意力转向了现实世界的那些方面:无序、不稳定、多样性、不平衡、非线性关系(其中小的输入可以引起大的结果)以及暂时性——对时间流的高度敏感性”<sup>[4]</sup>。这些观念可能很好地代表着下一次的科学革命的方向。

随着这类研究内容的深化、研究方法的改善,以及科学能力的增强,还引起一系列挑战性的新概念、范畴、理论和哲学观点的变化,以致引起科学观的变化,许多问题需要重新审视,如:物质是否无限可分,两极可否分离(如磁单极子的存在性),如何理解质能关系、严格决定性和概率统计性理论,偶然性与必然性能否重新装在一起,时空是否有层次,如何理解宇宙的无限性(是否有起点和有界)等。

### 3. 高度数学化

在古代和近代科学研究中就使用了数学方法,使数学与其他学科互相促进。由于数学的高度抽象性、严格的逻辑性和数学语言的简明性,使得在现代科学的基础和应用基础研究中数学化的程度越来越高,特别表现在精密科学如理论物理、理论天体物理、理论化学、理论生物物理学等研究中,使其理论表述方法更加简明和更加准确。

### 4. 整体化的趋势

古代科学研究只能以原始的方式,从宏观上和整体上观察自然界。近代科学研究主要运用分解的方法,即把复杂的整体分离成各个要素,以进行分门别类的研究,从而形成各种专门化的经典学科,并推动了科学的进步。

现代科学研究,特别是基础和应用基础研究,在进行学科分离研究的同时,综合的和系统的研究已成为普遍的趋势。在这些研究过程中,各门学科之间、各门科学之间发生着强烈的相互作用,产生了一系列交叉科学、综合科学和横断科学(cross-cutting science),致使现代科学密集而成为一个多层次并具有系统结构的有机整体。由此必须强调,在科学的认识论和方法论上,必须更加注重整体观和系统观,才有利于在一定程度上再显现出永恒运动着的、演化着的物质世界所具有的统一性和整体性的固有属性。

### 5. 物化过程的速度

基础和应用基础研究所获得的知识形态要物化为直接的生产力,需要经过复杂的转化过程。虽然,它们距实际应用和直接生产可能非常遥远和比较遥远,而且各种知识形态(各门学科)实现这种转化的速度也不尽相同,但总的趋势都在加速地转化着。这表现在,当科学上的新发现、新发明出现后,在技术上很快地就变得成熟起来,直到物化为产品或商品,而且这种时间间隔有越来越缩短的趋势。

在这种物化过程中,还通过多种多样的方式和途径来加速实现。这主要是渗透到生产力诸要素中和管理中,使得生产现代化和管理科学化,从而提高整个的生产水平。

## 参 考 文 献

- [1] "Survey of National Scientific and Technological Potential (STP) Definitions and Instructions", UNESCO/NS/ROU/419/Def. prov.5, Paris August 1980.
- [2] 《马克思恩格斯全集》,第19卷,第372页。
- [3] 汪克林等:《近代物理学展望》,中国科学技术大学出版社,1988年,第72页。
- [4] 伊·普里戈金和伊·斯唐热:《从混沌到有序》,上海译文出版社,1987年,第10页。

## DISCUSSING THE BASIC RESEARCH AND APPLIED-BASIC RESEARCH OF NATURAL SCIENCE

Li Xixian

(Bureau of Science & Technology Policy, Chinese Academy of Sciences)

### Abstract

This paper discusses mainly the nature, function, position, and characteristics of the basic research and applied-basic research of natural science so as to make us recognize systematically and all-sidely and strengthen energetically these research.