

# 增进对科学的理解 提升原始创新能力

## ——谈科学家的科学素质

金吾伦\*

(中国社会科学院哲学研究所 北京 100010)

关键词 科学家,科学素质

科学家的科学素质主要是指科学涵养和基本品质。科学涵养和基本品质主要体现在对科学有深刻的理解,透彻领悟科学的内涵,把握其实质,并能在科学实践中做出成就。理解科学,增强理论思维能力,是提升原始创新能力的重要途径。

从事科学研究首先必须对科学有深刻的理解。因为科学是人类力图对世界有总体的把握,是人类试图掌握自然秩序以影响未来的一种努力,也是人类试图从自然界取得更大自由的一种行为方式。诺贝尔奖获得者丁肇中总结自己成功的经验时说:“我一生所学的可归纳为:准确选择自己感兴趣的一个学科,透彻地理解它,摒弃一般流行见解,坚持自己的科学观点。对自己的成就要有所怀疑,十分仔细地去验证自己的工作。”美国佛罗里达理工学院物理与空间科学系前主任詹姆士·帕特森在《写给下一代的公开信》中总结自己的教训说:“在芝加哥大学读书期间我主要执著于获高分,而忽视了对问题作全面和深刻的理解。”这使他长期“被一些基本问题及其相关细节所困扰。”(《世界科学》,2004年第10期)

综观世界科学的发展历程,大凡在科学上有杰出贡献的人,必定是对科学有深刻理解的人,一个科学家的科学成就无一不与他对科学的理解密切相关。20世纪的两位科学巨人——爱因斯坦与玻尔的争论,实质上就是对科学理解不同的争论,例如关于“上帝是否掷骰子”的争论就是关于科学揭示什么规律的争论,这场争论大大推动了量子力学的发展,正是诸多基于对科学本质的理解的争论一次又一次地推动了科学的发展。

对科学的理解关键是对科学内涵乃至其哲学意义的理解。著名物理学家、量子力学波函数的阐述者马克斯·玻恩曾意味深长地指出:关心哲学的每一个现代科学家,特别是每一个理论物理学家,都深刻地意识到自己的工作同哲学思维错综地交织在一起的,要是哲学文献没有充分的知识,他的工作就会是无效的。

具体而言,对科学的内涵的理解包括理解科学本质、科学精神、科学结构、科学假设、科学理论、科学推理、科学方法、科学实验,助发现法(heuristics)等与科学活动相关的内在结构与规律,就是对科学探究过程与方法的了解。在当前的科学普及与科学传播工作中,让公众理解科学逐渐受到关注和支持;然而,鉴

\* 中国社会科学院哲学研究所研究员  
收稿日期:2005年1月4日

于当前国内基础研究中原创性与高新科技创新不足的现状,科学家理解科学比公众理解科学显得更为迫切,因为他们是从从事科学研究的,有了对科学的深刻的了解才能去揭示尚未发现的现象和规律。虽然有些科学家对科学的内涵和本质也作过许多思考,但往往是拘泥于专业的视角,以“自明的方式”或“直观的方式”实现的。显然,对此问题是“自觉全面的了解”还是只有“自明方式”的零星思考,在科学研究效果上是有明显差异的。

理解科学有多重涵义,首先应从哲学的高度理解科学。这需要哲学的头脑和理论思维能力。毕竟,从历史发展过程看,科学来自哲学,在古代,哲学与科学合二而一,统称自然哲学,直到19世纪30年代,才由英国科学史家和科学哲学家惠威尔提出“科学”和“科学家”的概念以取代原来的“自然哲学”与“自然哲学家”,成为今日的科学。此前,牛顿的经典名著是《自然哲学数学原理》,道尔顿的化学名著叫《化学哲学》等。今天科学与哲学形式上的分离并不意味着科学与哲学的关系割断了,互不相关了,只能说明相互渗透彼此交融在一起了。吴大猷先生就强调,物理学哲学是物理学内在的一部分。他在许多文章中都曾谈到过科学与哲学的关系问题。例如,他在谈到“几率”概念时说:“直到最近,‘古典唯理论’一直支配着许多著名人士的哲学和科学思想。古典唯理论认为:知识或科学应当建立在某一精密的命题(或定律)之上,不应当建立在经验之上(通过观察和实验)。这些精密的定律是‘必然的’,‘自明的真理’和‘可由理智直接得到的’。(爱因斯坦在晚年相信这些自然规律的可能性和合意性)只有当人们一方面仍然信仰唯理论,一方面又不得不承认人类在某些事情上的无知和启发知识时,才被迫引入几率论。”(《吴大猷科学哲学文集》,社会科学文献出版社,1996年,35页)科学上具有重大意义的理论总是与哲学思想紧密地联系在一起的。大凡在科学上有杰出成就的人都无不关心

哲学。著名科学家牛顿、爱因斯坦和哥德尔等都极重视“哲学对他们的科学工作的有力的促动”及关注“哲学和科学的相互影响。”(王浩:“哥德尔思想概说”,《科学文化评论》,第1卷,第6期,2004,95-96页)这对我们今天的科学研究仍具有重要的现实意义。

下面我们来深入探讨理解科学中的几个基本问题,以说明哲学思维方式对科学研究取得成果的重要意义。

科学研究是一项求知活动。求知活动都预先假定存在着一些观念,科学家大都从这些观念出发来进行探索。从而形成科学的世界图景。这就是求知过程的科学预设,其中主要有四种观念,成为科学家探索的基本出发点。这四种观念是:

## 1 科学研究的对象

实体主义,本质主义是关于世界存在方式的断言,这些断言是科学探索的前提,否则无法进行探索,例如实论假定。但科学哲学中有关实论与非实论的争论很激烈,例如:“上帝是否掷骰子”,“理论是否真正反映实在”(EPR到Bell不等式),以及惠勒的“参与者的宇宙”,……甚至包括李-杨关于弱相互作用下宇称是否守恒?甚至霍金的黑洞中信息是否守恒?(黑洞中上帝是否掷骰子?)等等。

这些都是自然科学中最重大的基本问题。一旦有突破就是大成就(即使提出问题也很了不起)。中国科学家在这些方面(即开辟科学的新领域、大思路方面)尚属厥如,更多的是在别人提出的或开拓出的领域中作研究、出成果。这样做出的成果只能是二三流的结果。

## 2 科学探索的方法

科学方法在科学探索中的极端重要性,不但科学家十分重视,哲学家也给予高度评价。亚里士多德有《工具论》,培根有《新工具》。20世纪英国著名哲学家维特根斯坦把方法看作是唯一的科研成果,他说:“我所能给你的一切,就只是一种方法。”另一位著名哲学家的

怀特海在赞扬了 19 世纪的科学技术成就之后说：“19 世纪最大的发明就是找到了发明的方法，一种新方法进入人类生活中来了。如果要理解我们这个时代，有许多变化的细节，如铁路、电报、无线电、纺织机、综合染料等等，都可以不必谈，我们的注意力必须集中在方法的本身。这才是震撼古老文明基础的真正新鲜事物。”怀特海进而又说：“这整个的变化是在新的科学知识基础上产生的。科学被人们认识到的地方多半是它的结果而不是它的原理，因而便显然成为实用观念的储存所。但我们如果要理解这个世界发生了一些什么事情，那么把它比成一个矿藏要比储存所更恰当些。同时，我们如果认为科学概念的本质就是人们所需要的发明，因而只要拿起来就可以用，那便大错特错了。在科学概念与发明中间隔着一个绞尽脑汁的构思设计阶段。新方法中有一个因素便是设法把科学概念与最后成果之间的鸿沟填起来。这是有组织有步骤地向一个又一个的困难进攻的过程。”（《科学与近代世界》，商务印书馆，1989 年，94 页）。

可见，科学方法是多么重要！但我们究竟应该怎样正确理解方法呢？我们常常总结做科研的方法：先从观察实验开始，得到数据，提出假设，重复操作，验证结果……，以为这是唯一的科学方法。其实这只是经验主义的方法，或者说只是归纳法，事实上科学方法比这要多得多。就创立归纳法的培根来说，他推崇经验，但也注意引导经验的“烛光”。烛光是指那种可导致真正原理的“光”，是可以推演并通过实验加以检验的假设。原创性的科学研究大都是先有观念、问题、假设，再去设计实验，例如从量子纠缠态到量子通讯，其中先有量子力学中纠缠态的预设。这应该首先是演绎法，或是归纳与演绎两者的结合。

现代科学方法中有逻辑经验论的“证实”方法、波普尔的“证伪”方法、范弗拉森的“经验建构论”方法等等。我们只有在科学方法上有重大突破与创新，才有可能在科学技术上实

现原始性创新。原始性创新总是与科学方法上的突破紧密联系在一起的。

### 3 科学研究的推理规则

推理规则主要指归纳和演绎。许多科学家都认识到，中国近代科学落后的一个重要方面是中国古代只重归纳，不善演绎。这归结到中国古代思维方式的影响。西方欧几里德几何方法，由公理到定理再到证明；笛卡尔的演绎推理成为西方近代科学发展的重要推理形式，牛顿力学就是例子。牛顿虽然声明过“我不需要假设”。但实际上，他仍然需要假设。不用假设，他就无法得到“万有引力”这样的普遍命题和普遍规律。麦克斯韦则在得到 maxwell 方程同时应用了三种方法。他在 1865 年写了三篇文章：第一篇用归纳法，第二篇用类比法，第三篇用演绎法，推出电磁波存在，并预言了光是电磁波。再例如，古希腊的原子概念、原子论，“它的价值不仅在于提出了一切物质由‘原子’构成的想法，更重要的可能还在于：它隐含了一种假设——演绎推理模式。中国传统哲学中某种原子概念（“端”）的萌芽，不仅概念本身含糊不清，主要还在于它未能构成一种假设，因而也不可能成为后世科学的一个出发点。”（纪树立：《理性与心性之间》，江苏人民出版社，2004，18 页）

贝耶斯机器学习运用概率论中的贝耶斯统计学开发程序，解决了基因怎样发挥功能，揭示了有关不确定性这一计算机科学中的难解之谜。尽管我们可以做这件事情之后的一系列工作，但概率论、贝耶斯统计学等这些最基本的工作我们就很难做得出来，这也涉及到我们的理论思维能力，我们甚至连想都不一定去想它。这就使中国科学家不能在科学的源头做出成果重要原因之一。

### 4 科学研究的概念

概念在科学发展中起重要的、有时甚至可能起到划时代的作用，例如普朗克的“量子”概念在科学中产生划时代的意义。又如时空概

念、物质、能量概念等。但我们常常把概念看作是不变的,或看作为不言而喻的假定,不去质疑它们,更不去深思新的概念,这就导致我们总是循规蹈矩,不能有大的发现。我们可以从爱因斯坦狭义相对论革命中领悟到概念及其对它的理解的重要性。

以下我们引述杨振宁在“爱因斯坦对二十一世纪理论物理学的影响”一文中的一段话:

“相对论这个名词,并不是爱因斯坦,而是庞加莱 (Henri Poincare, 1854—1912)发明的。庞加莱在 1905 年的前一年的一次演讲中就讲到:

‘按照相对论原则,不论是对于一个不移动的,或者是以均速运动的观察者来说,物理现象的定律应该是相同的。因此,我们不能,也没有任何方法可以分辨我们是否在从事这样的运动。’

这段话不仅提出了相对论这个名词(概念),而且描绘出在哲学上绝对正确的、令人吃惊的洞察力。不过庞加莱并没有了解此想法在物理学中的全部含义。在同一演讲后面的段落显示出他没有能领悟‘同时性’是相对的这个关键的和革命性的概念。

爱因斯坦也不是第一个写出下面这组极为重要的变换公式的人:

$$x' = \gamma(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z$$

$$t' = \gamma(t - vx/c^2)$$

$$\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$$

这是洛伦兹 (Hendrik A. Lorentz, 1853—1928) 早已提出来的。这个变换至今仍是以洛伦兹的名字命名。可是洛伦兹也没有领悟‘同时性’是相对的这个革命性的概念。他在 1915 年写道:

‘我没有成功的主要原因是我墨守只有变量  $t$  可被看作是真正的时间,我的局部时间  $t'$  最多只被认为是一个辅助的数学量。’

这就是说,洛伦兹懂了相对论的数学,可是没有懂其中的物理学,庞加莱则是懂了相对论的哲学,但也没有懂其中的物理学。

庞加莱是当时伟大的数学家,洛伦兹则是当时伟大的理论物理学家。可是这个革命性的、反直观的发现,即‘同时性’实际上是相对的,却有待于 26 岁的瑞士专利局爱因斯坦来完成。正是这个概念导致了物理学的革命。

这个革命还将另一个重要的概念带进了物理学,即对称的概念。对称今日已成为 20 世纪物理学的中心主题之一,而且肯定将引导并决定 21 世纪理论物理学的发展。”(杨振宁:在德国纪念爱因斯坦诞生 125 周年大会上的讲演)

我们可以从中懂得,提出概念与理解概念对科学发现来说是何等的重要!

我们知道,科学的主要进展通常是由于新的理论、新的技术程序、新的仪器出现而带来的结果。而一个新理论的起点,最初的思想火花,往往是一种新的概念,这一点并没有很好地被人们所理解。而概念乃是一种思想,理论正是围绕着它而得以建立起来的。所以概念是理论和事物本身的核心,如原子、电子、基因等。

新概念的提出,新思想火花的迸发,一个极其重要的条件是理解力和思维的活跃。

从这个意义上说,为了要提升原始性创新能力,作出原创性的科学发现,就必须深刻理解科学、理解科学中的理论、对象、概念、方法和推理规则并加以灵活地运用。