

# 对科学思想进行一些重大的重新组合

## ——兼评科恩的科学革命观

罗顺元

(厦门大学 哲学系,福建 厦门 361005)

摘 要:以18世纪的拉瓦锡化学革命、19世纪的达尔文生物革命以及20世纪的爱因斯坦革命为例,分析了美国科学史学家和哲学家科恩的科学革命观点“革命就是对科学思想进行一些重大的重新组合”。

关键词:科学革命;科恩;重新组合;科学思想

中图分类号:G301

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)22-0175-04

### 0 引言

美国科学史学家、科学哲学家I.伯纳德·科恩(I. Bernard Cohen)的作品——《科学中的革命》,是继托马斯·库恩(Thomas S. Kuhn)的《科学革命的结构》之后在国际学术界产生了不小影响的经典著作。这部著作对17—20世纪这4个世纪以来的革命概念进行了历史性的探讨和研究。在文章中,科恩划分了科学革命的4个阶段,阐述了检验科学革命是否发生的4项标准,并且依据他自己制定的标准精辟地分析、评价了这400年来的科学史料。他论述的主要观点之一——“革命就是对科学思想进行一些重大的重新组合<sup>[1,3]</sup>”,视角新颖、内涵丰富,值得细细琢磨和深刻思索。

### 1 社会革命与科学革命

革命通常是指人们改造社会的重大变革,即社会革命。对于改造自然的重大变革,人们也称之为革命,如技术革命、产业革命等。科恩说,英语中革命(revolution)这个词是从拉丁文中(revolutus一词)演化过来的,而这个词最初起源于数学中的几何学和天文学,有循环、环绕→重复、使后退→转一周、回转等意思,进而拓展到历史车轮、颠覆、推翻和回归等意思。也就是说,它随后进入了论述政治变化和社会变化的领域,然后又从社会科学及政治理论的多种文献中返回到对科学变化的讨论中。

在中国,革命一词出于《易经·革卦》:“汤武革命,顺乎天而应乎人,革之时大矣哉。”《晋书·王敦传》上疏:“昔汉主以神武革命,开建帝业,继以文帝之贤,纂承洪绪。”这里的革命,原指组织人民举行武装起义、行顺乎历史激流和民心民意之举。汉代的儒者把它诠释为“改变天命”或“改

革天命”,即实施变革以应天命。由于当时认为帝王受命于天,因此称朝代更替为革命,这就削弱了原词中的暴力和战争含义。革命还有浓厚的革故鼎新之意,《易·序卦》曰:“困乎上者必反下,故受之以井。井道不可不革,故受之以革。革物者莫若鼎,故受之以鼎。”又《杂卦》曰:“革,去故也;鼎,取新也。”后遂称除旧立新为革古鼎新。《文苑英华》八八回《唐·张说·梁国公姚崇神道碑》曰:“夫以革故鼎新,大来小往,得丧而不形于色,进退而不失其正者,鲜矣。”日本人借儒典中的“革命”一词翻译“revolution”,非常贴切。今谓社会政治、经济之大变革为革命。

政治革命和科学革命具有两个共同特点,即“新”和改宗现象。科恩在讨论“新”时指出“革命意味着‘一种全新的局面、一种鲜为人知或闻所未闻的情况即将呈现出来<sup>[1,8]</sup>’”;科学革命与政治革命一样,也有大小革命之分。采用新的观察仪器,有可能“导致一种新的思维方式或一种新的知识基础”这种小革命,也有可能“引起大规模的革命性影响<sup>[1,9]</sup>”这样的大革命。望远镜的发明就带来了科学史上大规模的革命性变化。新因素能引发不同层次的科学革命:第一层次为数据在量和范围方面发生巨大变化,但数据自身的根本属性并未变化,如望远镜引发的革命就是如此;第二层次是科学的思维和理论发生了根本性的变化,如概率论的出现就产生了这样的变化,“计算机的使用也是如此,因为逻辑上相关的命题和形式数学陈述已被综合的计算机模型取代了”。“除了‘新’以外,科学中的革命与社会政治革命都具有另一个特点,就是改宗现象”,科恩举了开普勒改信哥白尼天文学所经历的几个阶段来说明科学改宗者的革命热情<sup>[1]</sup>,他还用一章的篇幅专门论述科学革命特征的改宗现象。改宗现象(conversion)指观念、信仰上的改变。科学改宗是非常困难的,科恩说:“人们常常引用普朗克的话

来表明改宗之难,‘新的科学真理不是由说服他的反对派,使他们接受而获得胜利,而是这些反对派最终死去,熟悉它的新一代人成长起来,使科学真理获得胜利。’半个世纪前,哈佛大学的教授约瑟夫·洛维林表达过类似的观念<sup>[1]</sup>。”尽管这个过程很难,但科学革命的这一特征具有普遍性,科恩把它的烈度作为从理论革命向科学革命转化的标志。

社会政治革命与科学革命有两个不同点:一个是“控制”,另一个是“目的”。在社会革命中大多伴随着暴力活动,而且社会革命是要控制整个国家政权;科学革命中鲜有暴力行为,最多只是控制科学界和教育部门的权力宝座,并不要控制国家政权。从某种意义上讲,这两种革命都有一个特定的目的,但它们的真正区别是:在大部分社会政治革命中,目的被说成是即刻便可以达到的,它没有一系列无止境的革命前奏,理想国家一旦建起,就没有再进行革命的必要了;而科学中的革命却要进行一系列没有终点的革命,因为科学中不存在这个一旦实现就不再会有革命发生的特定目标。在科学中,一次成功的革命为下次的革命制订了一个革命纲领,而一场政治革命和社会革命(至少在理想上)有一个最终的希望实现的革命纲领<sup>[1]</sup>。

不管是科学革命还是社会革命,在革命发生之时或之后都有思想上的重大变化。而按照科恩的说法,科学革命“就是对科学思想进行一些重大的重新组合”。

## 2 他们为什么认为自己的贡献是富有革命性的

历史上有科学家把自己的研究成果描述成一场革命,科恩对这个情况进行了大约15年的研究。结果表明,那些科学家直言不讳地称自己的贡献富有革命性的事例充其量不过十几个。按年代顺序,这些科学家分别是:罗伯特·西默,T.-P.马拉,A.-L.拉瓦锡,贾斯特斯·冯·李比希,维廉·罗恩·汉密尔顿,查尔斯·达尔文,鲁道夫·菲尔绍,乔治·康托尔,阿尔伯特·爱因斯坦,赫尔曼·闵科夫斯基,马克斯·冯·劳厄,艾尔弗雷德·魏格纳,阿瑟·H.康普顿,欧内斯特·埃弗雷特·贾斯特,詹姆斯D.沃森,以及伯努瓦·马德布罗特<sup>[1]</sup>。下面将选择几个典型代表进行论述。这几位科学家不但宣称自己的贡献是富有革命性的,而且也确实引起了科学上的重大革命。

### 2.1 拉瓦锡与化学革命

拉瓦锡是18世纪著名的法国化学家,他的卓越贡献是为近代化学奠定了基础,被西方化学界尊称为“近代化学之父”。化学革命在科学革命史中占据重要地位,因为它是最早被普遍认识并且被他的发起者——拉瓦锡称为革命中的主要革命。拉瓦锡在1773年一本实验记录中写道:“这个学科的重要性又一次促使我从事这项工作。在我看来,这项工作注定要引起物理学和化学中的一场革命。”他在1791年写给夏普塔尔(Chaptal)的信中说:“所有年轻的科学家都接受了新的理论,因此我断定,这场革命是在化学中完成的<sup>[1]</sup>。”拉瓦锡在未开始工作时就预言自己的贡献将在化学

界引发一场革命,他是第一个预言自己的成果将引发革命并且事实上也如此的科学家。几乎在拉瓦锡提出新理论的同时,科学界就公认了这场化学革命。拉瓦锡的朋友和合作者让-巴蒂斯特-米歇尔·比凯在1778年出版的一本小册子中提到了这场革命;安托万·鲍姆在他1773年出版的化学著作中也提到了这场革命。对宣传拉瓦锡化学革命起最大作用的是富克罗伊,因为他在《自然史初级教程》里宣扬并在一篇评论中指出“化学在近年所经历的革命实际上是M·拉瓦锡先生所做的一系列实验的结果”。1899年,拉瓦锡的实验室记录由M·贝洛特整理后发表,书名为《化学革命:拉瓦锡》,在历史记录中普遍并永久地确定了化学革命这个名称<sup>[1]</sup>。

拉瓦锡的主要贡献有:建立燃烧理论并推翻燃素说、提出质量守恒定律、建立近代化学方程式雏形和提出化学命名新法则。拉瓦锡的化学革命推翻了统治欧洲近一个世纪的燃素说,以自己的燃烧氧化理论取而代之。他通过实验证明可燃物质的燃烧或金属变为煨灰并不是分解反应,而是氧化反应;证明了燃素说坚持的“金属-燃素=煨灰”是不对的,正确的应该是“金属+氧=煨灰(氧化物)<sup>[2]</sup>”。1777年,他向巴黎科学院提交了《燃烧理论》报告,正式确立了燃烧理论的新学说<sup>[3]</sup>。从思想上看,燃烧理论就是一个“新”的因素,它将使人们放弃旧学说(燃素说),根据新理论(燃素说)去重新认识燃烧以及有关的各种概念。人们的科学思想因此而重新组合、发生转换,这就是革命。拉瓦锡的其它贡献如运用定量分析方法研究糖发酵,提出质量守恒定律,建立了现代化学反应方程式的雏形<sup>[4]</sup>。他批判了古代哲学家的四元素说,提出了近代自然科学中化学元素的概念,并建立元素分类体系;他参与制定化学命名法则,1787年他与另外3位化学家合作出版的《化学命名法则》体现了他的思想框架,“不仅新的名称依赖于拉瓦锡对化合物的分析,而且名称次序也可以提供关于氧气饱和的相应程度的情况<sup>[1]</sup>”。这些贡献引发了科学界思想的“改宗现象”,人们在面对所有相关事物时,都得用重新组合的观念去理解。

### 2.2 达尔文革命

达尔文是19世纪英国博物学家、生物学家,进化论的奠基人,他引发的革命是19世纪科学中的主要革命。达尔文革命与其它革命不同的是,他在自己的正式出版著作中公然宣布自己的理论将引发一场革命,这在科学史上似乎是没有先例的,因为其他科学家都是在通信、手稿、笔记或日记中写到自己研究成果将引发革命。他在《物种起源》中写道:“我在本书内所提出的和华莱士先生所主张的观点,或者有关物种起源的类似观点,一旦被普遍采纳后,我们就可以隐约地预见在自然史中将引起重大的革命<sup>[5]</sup>。”达尔文革命得到了同时代科学家和思想家的普遍认同。英国植物学家休伊特·C.沃森在《物种起源》发表前夕写信给达尔文,其中写道“你是本世纪(即使不是所有世纪)自然史中最伟大的革命者”;20世纪的科学家、哲学家和历史学家(如恩斯特·迈尔,迈克尔·鲁斯,D.R.奥尔德罗伊和格特鲁德·希梅尔法伯)也一直认为,科学中的达尔文革命确曾

发生,而且达尔文的理论自1859年以来对生物学和古生物学的历史产生了深远的长期影响<sup>[1]</sup>。马克思、恩格斯给予达尔文很高的评价。恩格斯称达尔文的发现是19世纪三大发现之一,并将达尔文的发现与马克思的功绩相提并论,他说,“正像达尔文发现有机界的发展规律一样,马克思发现了人类历史的发展规律<sup>[2]</sup>。”

在达尔文革命之前,人类历史上长期占统治地位的思想是神创论、物种不变论和目的论等观点。这些观点认为,地球上的一切生物都是上帝按照一定的目的创造出来的,猫被创造出来是为了吃老鼠,老鼠被创造出来是为了给猫吃,整个世界被创造出来是为了证明造物主的智慧;而物种一旦被创造出来,就永远不会发生变化<sup>[6]</sup>。在宇宙观上是人类中心说占统治地位,认为人是宇宙的中心,万物由神为人创造。达尔文的主要贡献就是引起了科学界以及人文社会界的双重革命。《物种起源》强调“物竞天择,适者生存”,它论证了两个问题:第一,物种是变化的,生物是进化的;第二,自然选择是生物进化的动力。达尔文在科学史上的贡献使人们的科学观发生改变——由相信物种不变论改变到相信自然选择的进化论。达尔文的思想在科学领域外也产生了革命性的影响,“它摧毁了以人为宇宙中心的宇宙观,而且‘在人的思想中引发了一场比在文艺复兴时期科学得以再生以来任何其它科学的进步更伟大的变化<sup>[1]</sup>’”,它在许多不同的思想和信仰领域产生深远的影响,它使人们“对世界产生了新的看法,它把世界看作是一个动态的、进化的世界,而不是一个静态的、有系统的世界,并且认为人类社会是一种进化的模式向前发展的<sup>[1]</sup>。”由此可见,之所以称这场革命为达尔文革命,就是因为他的理论在生物界和社会界都引起了思想上一次重大的重新组合。

### 2.3 爱因斯坦革命

阿尔伯特·爱因斯坦被称为人类历史上最有才华的科学家之一,是20世纪最伟大的科学家。他的相对论在20世纪简直就是“科学革命的同义语”<sup>[1]</sup>,另外,他还是另一场科学革命——量子论的主要贡献者之一。爱因斯坦为人谦虚,他仅把自己在1905年所做的三大贡献之一——“光子假说”看作是“非常革命的”,其它两项(狭义相对论、对布朗运动的解释)都当作是物理学上的进步。这是爱因斯坦唯一一次使用‘革命的’这一词汇来描述他自己的工作和本世纪的物理学发展<sup>[1]</sup>。量子论给我们提供了新的关于自然界的表述方法和思考方法,它揭示了微观物质世界的基本规律,广泛渗透到许多科学中,几乎所有自然科学家(只要涉及微观粒子领域)都会经常性地使用量子论。量子论的革命性是毫无疑问的。W·维克斯普夫说:“M·普朗克发现量子这一壮举,……创立了一门最富成果的学科,也是自然科学最具革命性的发展”。P·戴维斯写道:“关于物质的量子论的出现导致科学和哲学界发生了一场革命”,他认为“革命所蕴含的摧枯拉朽之力几乎超出了人们的想象——甚至超过了科学革命本身<sup>[1]</sup>。”

爱因斯坦在量子论的创立过程中作出了重要贡献。当

普朗克在量子论的道路上犹豫时,爱因斯坦提出了光子假说,揭示了光的波粒二相性的本性。他认为用连续空间函数来运算光的波动,描述纯粹的光学现象已被证明是十分卓越的,可是把这个理论应用到光的产生和转化的现象上去时,就会与经验相矛盾。要解决这个矛盾,就要用新的假设:“从点光源发射出来的光束的能量在传播中不是连续分布在越来越大的空间之中,而是由数个有限的、局限在空间各点的能量之和所组成,这些量子能够运动,但不能再分割,而只能整个地被吸收或产生出来<sup>[7]</sup>”,即光的能量不是连续的,而是具有“微粒”性质,是一粒粒地发射出来的。最基本的能量颗粒是独立不能分割的,称为光子。按照光子假说,光子的能量等于光频率乘以普朗克常数,光子的能量与光的强度无关。紫光由于频率较高,光子的能量比较大,所以微弱的紫光也能打出电子;而红光由于频率较低,光子的能量不够大,所很强的红光也打不出电子。这样,爱因斯坦就成功地解释了光电效应的实验难题。后来,密立根精确的“光电效应”实验与康普顿的“康普顿效应”研究都证明了光子假说的正确性。光子理论克服了解释光电效应的困难,使人们认识到光同时具有波动和微粒两种属性,结束了关于光本性的长期争论,直接推动了量子力学的产生与发展。光子理论这个新思想把人们对光的认识提高到一个新的阶段,使光学乃至整个物理学思想进行了一次重新组合,是物理学发展史上的一次革命。

不论是18世纪的拉瓦锡化学革命,抑或19世纪的达尔文生物革命,还是20世纪的爱因斯坦革命,虽然革命发生的年代各异,革命发生的科学领域也不相同,但是这些革命都体现出科恩所说的“革命就是对科学思想进行一些重大的重新组合”这一观点。

## 3 科学思想的重新组合

美国科学哲学家库恩提出了“规范变革”的科学革命观,他把科学的进步看成是革命变动和平静发展的波浪式前进过程,认为科学体系发展的模式是:前科学→常规科学→反常和危机→科学革命→新的常规科学……<sup>[8]</sup>;科学革命在这里是指科学发展中的非积累性事件,其中旧范式全部或部分地为一个与其完全不能并立的崭新范式所取代<sup>[9]</sup>;革命是世界观的改变,范式一变,这世界本身也随之改变了<sup>[9]</sup>。科恩也同意这种观点,认为“革命就是一组科学信念的转换<sup>[1]</sup>”。我国著名科技哲学家刘大椿<sup>[10]</sup>认为“科学革命的实质就是思想革命”。

范式,库恩解释为“一个公认的模式或模式(Pattern)”,在科学上是一个由基本定律、理论、应用以及相关的仪器设备等构成的一个整体,它的存在给科学家提供了一个研究纲领;在哲学上是一种信念、一种形而上学的思辨。范式是结构化的,一个大范式由许多小范式构成。换句话说,范式就是信念、思想、概念、原理等的组合,这些信念、思想、概念等的组合方式和组合规律决定了范式的性质,它们一

旦重新组合,原来的范式就会发生转变,成为了另外一个范式。在科学上有这样的情况:组合不同学科的观念,用另外一个学科的视角去研究该学科的问题,就形成了一门新兴学科。如化学跟生物学组合在一起,从化学的角度来解读生命便形成了生物化学;社会学跟生态学组合在一起,从生态学视角来研究社会便形成了社会生态学;物理学与生物学组合在一起,用物理学的眼光来研究生物便形成了生物物理学。这些交叉学科的形成,在相关学科领域会引起范式的变化,用库恩的观点看,这就是一场小范围的科学革命了。

除了重新组合原本就存在的观念外,另一种重组类型是在有新观念、新思想出现的前提下进行。有些新观念与旧观念不能并存,这些新观念要求推翻旧观念,以新观念为基础重新构建科学界所遵从的范式。这种情况往往会引起某学科乃至整个科学界的重大科学革命,甚至还会波及到社会领域。前文所叙述的拉瓦锡化学革命、达尔文进化论革命和爱因斯坦革命都是这种情况。因为这些伟大科学家的科学贡献引起了科学领域思想的重新组合,推翻了旧范式,建立了新范式。所有重大科学革命莫不如此。17世纪的牛顿革命是科学史上耀眼的巨星,牛顿的《自然哲学的数学原理》导致了数学革命和物理学革命,他在数学上的革命包括“微积分的发明(他与莱布尼茨共享此荣)”和“数学在物理学和天文学上的应用<sup>[1]</sup>”两个方面;在物理学上主要是提出了牛顿三大定律以及万有引力定律。牛顿之前的数学是一种常量数学,只能描述静态事物,而牛顿的微积分则是真正的变量数学。这种发明使数学观念发生了巨大的转变,因为客观世界的一切事物,小至粒子,大到宇宙,始终都是运动变化着的,常量数学是不好描述的,微积分却能把这些运动现象用数学加以描述。他在物理学上的贡献更是引人注目:牛顿三大定律以及万有引力定律共同构成了力学大厦的基础,在此基础上建立了经典力学体系;另外,在人们的意识形态领域,牛顿建立了经典的绝对时空观,他的物理学为机械唯物主义自然观奠定了基础。牛顿在物理学的贡献,不仅引起了当时物理学领域的重新构建,而且引起了社会思想领域人们世界观的重大转变。20世纪的地球科学发生了一次重要革命,这次革命由阿尔弗雷德·魏格纳提出的大陆漂移说引起。“魏格纳最根本、也是最富创造力的贡献在于,他首次提出‘大陆和海底是地表上的两个特殊的层壳,它们在岩石构成和海拔高度上批次不同<sup>[1]</sup>’,‘认为陆地之间存在一种相对的横向运动<sup>[1]</sup>’;而那时传统地学‘认定大陆是静止的,地表是固定不动的<sup>[1]</sup>’,

“地球显然是刚性的<sup>[1]</sup>”。这里的“大陆漂移新理论”跟旧观点不能并存,接受新观念就意味着必须推翻旧观念;而且还要以这个新观念为基础,在所有相关思想领域进行重新组合。正如南非地质学家亚历山大·杜·托伊特所说,接受大陆漂移说意味着要“重修我们全部的教科书,不仅是地质学的,而且还包括古地理学、古气象学和地球物理学的教科书<sup>[1]</sup>”。

科学思想的重新组合,主要有两种方式:一种是在原有思想基础上进行。从历史上看,这种重组方式的影响较小,一般是引起交叉学科的产生或者说引起科学思想上的“小型革命”;另一种重组方式是科学家有新发现、新思想,而这种新思想与旧思想不能并存,接受新思想就意味着要以新思想为基本元素重组人们的思想体系。事实上,重大科学革命多属于这种方式。当然,这两种重组方式的界限也不是很严格,当新思想与旧思想不冲突时,新旧思想会重新组合形成一个新的思想体系,如微积分的发明在数学上引起的革命就是如此。微积分出现后,常量数学和变量数学共同构成了如今的数学体系,二者各有分工。科学思想的重新组合过程实际上就是思想上的旧范式向新范式的转变过程,重组一旦完成,范式转换也就完成了,人们科学信仰的转变也在此过程中完成。

#### 参考文献:

- [1] 科恩.科学中的革命[M].北京:商务印书馆,1999.
- [2] 江泓.世界著名科学家与科技革命[M].天津:南开大学出版社,1992:80-83.
- [3] 杨沛霆.科学技术史[M].浙江:浙江教育出版社,1986:173.
- [4] 凌永乐.拉瓦锡[M].北京:中国社会科学出版社,2007:164-169.
- [5] 达尔文.物种起源[M].北京:科学出版社,1972:318.
- [6] 李国秀.揭示物种起源的伟大科学家达尔文[M].合肥:安徽人民出版社,2001:110.
- [7] 爱因斯坦全集[M].长沙:湖南科学技术出版社,2002:132.
- [8] 李庆臻.简明自然辩证法词典[M].济南:山东人民出版社,1986:512.
- [9] 托马斯·库恩.科学革命的结构[M].北京:北京大学出版社,2003.
- [10] 刘大椿.科学技术哲学导论[M].北京:中国人民大学出版社,2000:286.

(责任编辑:胡俊健)