引论　科学的思想

——从自然观变革、方法论创新到科学革命

一、“大写的科学革命”：以自然观变革  
和方法论创新为基础

(一)“革命”的含义变化以及“科学革命”的提出

要弄清科学革命是什么，首先就要澄清“革命”(revolution)是什么。“‘革命’一词本来是一个天文学术语，由于哥白尼的《天体运行论》(De Revolutionibus Orbium Coelestium)而在自然科学中日益受到重视。在这种科学用法中，这个词保留了它精确的拉丁文意思，是指有规律的天体旋转运动。众所周知，这并非人力影响所能及，故而是不可抗拒的，它肯定不以新，也不以暴力为特征。相反，这个词明确表示了一种循环往复的周期运动，它是波利比乌斯(ἀνακύλωσις)完美的拉丁文翻译。ἀνακύλωσις也是一个起源于天文学的词，作为一种隐喻用于政治领域。如果用于地球上的人类事务，它就仅仅意味着，极少数为人所知的政府形式，以永恒轮回的方式，在有生有死的凡人中周而复始，具有一种不可抗拒的力量，就像使天体在宇宙中遵循预定轨道运动的力量一样。没有什么比一切革命的行动者拥有并为之着迷的观念，离‘革命’一词的原义更远的了。换言之，他们以为，在宣告一个旧秩序必然死亡，迎接一个新世界诞生的过程中，自己是一名当局者。”[[1]](#footnote-1)

上面的一段话难以理解，需要说明。事实上，英语中的revolution来源于古法语中revolucion，意指“天体的旋转”，或直接来源于中世纪的拉丁语revolutio，意指循环往复。哥白尼《天体运行论》中的Revolutionibus就是拉丁语，意为“天体的旋转”。不过，拉丁语的revolutio又源于古希腊ἀνακύλωσις。其中的ἀνα的意思有两个：一是位置，表示从下到上，完全穿过；二是时间，历经来回。在古希腊，作为源于天文学的词，ἀνακύλωσις表示的是天球的运行，只是这里的天球不是我们现代人所理解的在天空中运行的那些行星、恒星之类的星球，而是古希腊人观念中的组成球形宇宙的那些一层一层的天球。如对于“地心说”，ἀνακύλωσις表示的就是镶嵌在天球之上的其他各类星球围绕静止于宇宙中心的地球所做的匀速圆周运动。鉴于ἀνακύλωσις天文学上的循环意义，柏拉图(Plato)将此用于表达某种政体的变化，波利比乌斯(Polybius，公元前203-前121年)则直接将其用来形容自己的政体循环理论，而推动这种政体循环的是命运女神。

到了近代，情况有所改变。I. B. 科恩(I. B. Cohen，1914—2003)考证发现，上述含义在近代早期经历了双重演变：一是作为天文学周期性的或周而复始的活动(如公转)的专有名词，被引入社会政治和文化领域；二是在引入社会政治和文化领域的过程中，获得“打断连续性或每过一定时期的(即非循环)真正重大的一个变化”的新含义，而且在1789年法国大革命以后，这种新含义占据了优势，指的是根本性的变化和对传统的背离。[[2]](#footnote-2)从现在看，人们所称的“革命”几乎都是就第二种含义而言的，科学革命中的“革命”也是如此。

根据I. B. 科恩关于科学史的考察，把“革命”与“科学”联系在一起的出版物，最早可见于1620年首次出版的弗朗西斯·培根(Francis Bacon)的《新工具》。他在这里所说的“革命”，大多指的是学术中的革命(doctrinarum revolution)，而非科学中的革命。[[3]](#footnote-3)1751年达朗贝尔(法语：Jean le Rond D’Alembert，1717—1783)在为他与狄德罗(D. Diderot，1713—1784)主编的《百科全书》(Encyclopaedia)所撰写的引言中，较早使用“科学革命”，并将此作为科学发展历程中的根本变化进行了介绍。[[4]](#footnote-4)哈金(Ian Hacking)认为，第一个把“革命”这一概念推广到科学的人是康德(Immanuel Kant，1724—1804)。[[5]](#footnote-5)纵观“科学革命”一词的使用情况，在20世纪50年代之前很少出现，而在此之后，在学术界就受到重视。究其原因，这与柯瓦雷(法语：Alexandre Koyré，1892—1964)的《伽利略研究》(*É*tudes Galiléennes，法语第1版，1939年[[6]](#footnote-6)；英译版，1978年)、巴特菲尔德(Herbert Butterfield，1900—1979)的《近代科学的起源：1300—1800》(The Origins of Modern Science，1300-1800，1949年)、霍尔(A. R. Hall)的《1500—1800年的科学革命：现代科学态度的形成》(The Scientific Revolution 1500-1800：The Formation of the Modern Scientific Attitude，1954年)等著作的出版有关，也与科学转化为技术并进一步引发技术革命和产业革命有关。而且，随着库恩(Thomas Samuel Kuhn，1922—1996)《科学革命的结构》(The Structure of Scientific Revolutions，1962年)的出版，科学革命这个话题才逐渐流行起来。[[7]](#footnote-7)

(二)“大写的科学革命”的内涵确定

现在，“科学革命”成了一个流行的词语，但是对于其类别及其含义，仍有不清楚之处，值得探讨。I. B. 科恩在《科学中的革命》(*Revolution in Science*，1985年)把科学革命分为“大写的科学革命(scientific revolution)”和“科学中的革命”(revolution in science)。“大写的科学革命”，或者说狭义的科学革命，是指大规模的科学革命，“是对所有科学认识均有影响的革命”。[[8]](#footnote-8)对于这种革命，I. B. 科恩以近代科学革命为例，说道：“这种革命使科学的基础发生了彻底的变化，使实验和观察获得了重要的地位；它提倡一种新的数学理论的理想，强调预见的作用，并且大力宣扬：将来所作出的新发现不仅能使有关我们自己和我们这个世界的知识向前发展，而且还能增加我们对自然作用的控制范围”。[[9]](#footnote-9)“科学中的革命”包含两层含义，一层含义是指“较小规模之革命”[[10]](#footnote-10)；另一层含义则与广义的科学革命同义，指科学进步的模式[[11]](#footnote-11)。对于广义的科学革命，I. B. 科恩认为，都要经过四个主要的前后相继的阶段：①思想革命阶段，或者说“自身中的革命”阶段，这个阶段是科学革命的萌生期，科学家个人或群体从现有科学的母体中进行创新，带来了那时科学思想的根本性转变；②信念革命阶段，即一种新的理论、概念或方法比旧的体系能够解决更多的问题，科学家进入对之信奉和记录的阶段；③论著革命阶段，要使新的思想、新的理论或发现在整个科学界产生影响，就需要通过各种交流途径，以非正式或正式的形式，在科学共同体中广泛传播；④广泛影响阶段，新的思想和新的信念比旧的思想和信念更具有解释优势和实验证实，得到更多的科学共同体成员的承认，并促使他们开始以这样一种新的思想和新的信念方式从事科学研究，此时，科学革命的效力才会在科学中真正显现。[[12]](#footnote-12)但是，根据I. B. 科恩的说法，他在《科学中的革命》中讨论的革命，都属于“大写的科学革命”。[[13]](#footnote-13)

I. B. 科恩关于“广义的科学革命”的四阶段说值得商榷，就连I. B. 科恩自己也不否认“把科学革命分成四个阶段，仅仅是一种初步的尝试，最终肯定还需要加以修正或改进”[[14]](#footnote-14)。至于他的“狭义的科学革命”(即“大写的科学革命”)，倒是有一定道理。例如，巴特菲尔德在《现代科学的起源》(*The Origins of Modern Science*，1949年)虽然没有提出“大写的科学革命”这一词语，但是，根据他对近代科学革命的下述描写，近代科学革命就是一次“大写的科学革命”：“那场革命不仅推翻了中世纪科学的权威，而且推翻了古代科学的权威，最后不仅使经院哲学黯然失色，而且摧毁了亚里士多德物理学。因此，它使基督教兴起以来的所有事物相形见绌，使文艺复兴和宗教革命降格为一些插曲，降格为仅仅是中世纪基督教世界体系内部的一些移位。它在改变整个物理世界图景和人类生活结构本身的同时，也改变了人们惯常思想活动的特征(甚至在处理非物质科学时也是如此)，因此它作为现代世界和现代精神的真正起源显得异常突出，以致我们对欧洲历史的惯常分期已经成为一种时代误置(anachronism)和障碍。”[[15]](#footnote-15)

H. 弗洛里斯·科恩(H. Floris Cohen，1964—)在《科学革命的编史学研究》(The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry，1994年)一书中对科学革命进行了系统的编史学考察，区分了“诸科学革命”(Scientific Revolutions)与科学革命(Scientific Revolution)。他指出，“诸科学革命”是通称，“它代表一种关于科学发展进程的哲学观念，表示科学发现一般会以阵发性的方式进行”[[16]](#footnote-16)。其含义与库恩《科学革命的结构》(S*tructure of Scientific Revolution*)的“科学革命”含义相同。而“科学革命”(Scientific Revolution)则是特称，指的是近代科学革命。对于这次科学革命的实质，H. 弗洛里斯·科恩做了系统总结，认为表现在以下几方面：一是自然的数学化；二是概念上虽然有连续但是出现断裂；三是从证明性(demonstrative)科学到试探性(tentative)科学；四是从自然哲学[[17]](#footnote-17)到科学；五是对世界的祛魅；六是实验的兴起与“人造自然”的产生；七是科学社团等的出现等。[[18]](#footnote-18)

从H. 弗洛里斯·科恩上述科学革命的论述看，他主要还是从哲学的角度来论述“诸科学革命”与“科学革命”(近代科学革命)的。

在《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》(*De herschepping van de wereld. Het ontstaane van de modern natuurwetenschap verklaard*，2007年)一书中，H. 弗洛里斯·科恩更加明确地指出近代科学革命的过程和特征。他认为，从1600—1640年，近代科学经历了三种革命性的转变：一是以开普勒(Johannes Kepler)与伽利略(Galileo Galilei)为代表，从“亚历山大”(Alexandria)[[19]](#footnote-19)到“亚历山大加”(Alexandria-plus)，即从“抽象的-数学的”自然认识形式，走向“实在的-数学的”自然认识形式；二是以贝克曼(Isaac Beeckman)和笛卡尔[[20]](#footnote-20)(René Descartes)为代表，从“雅典”(Athens)到“雅典加”(Athens-plus)，具体而言，就是把自然看作是机械，或者把古代原子论的物质微粒与运动机制联系起来，产生新的解释模式；三是以弗朗西斯·培根、吉尔伯特(William Gilbert)、哈维(William Harvey)、范·赫尔蒙特(Jean-Baptiste van Helmont)为代表，从“精确的观察”到“发现的-实验”。[[21]](#footnote-21)

这里涉及“雅典的”和“亚历山大的”自然认识方式。[[22]](#footnote-22)H. 弗洛里斯·科恩用“自然认识形式”(formen der naturerkenntnis)这一概念作为历史分析的单位，来诠释各个历史时期人类认识的特征。对于古希腊自然哲学，H. 弗洛里斯·科恩认为这种认识自然的形式有两种：一是“雅典的”(Athenian)，为古希腊早期自然哲学认识世界的方式，代表学派有柏拉图学派、吕克昂(Luceion)学派、斯多亚(Stoa)学派和伊壁鸠鲁(Epicurus)学派，他们用一种第一原理来说明我们周围的世界，解释着地球与宇宙其余部分的关系，在哲学形式上表现为抽象的理论构建；二是“亚历山大的”(Alexandria)，指的是公元前300年左右，在亚历山大城出现的主要以数学方法解决问题并认识世界的思想潮流，代表人物有欧几里得(Euclid，拉丁文为Euclides或Eucleides，约公元前330—前275)、阿基米德(Archimedes，公元前287—前212)、阿波罗尼奥斯(Apollonius of Perga，约公元前262—前190)、阿里斯塔克(Aristarchus，公元前315—前230)和托勒密(Claudius Ptolemaeus，约90—168，150年为其盛年)等，表现形式为数学、计算着天空中行星轨道的模型等。前者与日常经验的实在有关，是基于某些确定无疑的第一原理来解释世界，理解可知觉的现象，而且以可知觉的现象说明着第一原理；后者与日常经验实在没有什么联系，说明的是一个理想的世界，仅仅代表自身，在此，某一陈述的正确性并不依赖于相邻领域的陈述是否为真。前者根据确定的、完全用语词表述的永恒不变的第一原理，导出定性的、非定量的或近乎非定量的无所不包的解释；后者只是对抽象的对象作数学分析，主要借助于思想而非感觉，这又称为“‘抽象的-数学的’(abstract-mathematical)自然认识”。[[23]](#footnote-23)

考察上述古希腊自然哲学的认识方式以及近代科学对古希腊自然哲学认识方式的革命性转变，都笛卡尔与自然观的转变和方法论创新紧密相关。

在第一种革命性变革形式中，开普勒逐渐改变柏拉图以来的“数学天文学”之“天上世界”和“地上世界”之不同的观念，以及理想的天球运动是圆周运动的观念，将类似于磁力的“太阳力”概念运用于星球的运动推动中，从而创立了物理的数学天文学，将经验的物理的因素融入星球的运动中；伽利略通过理想实验以及第一性质和第二性质的区分，一改数学只能应用到理想的天上世界的运动的传统观念，将数学运用于地上实验理想化了的物理对象上，从而实现了天上世界和地上世界的统一，并将“抽象的数学”应用于物理对象中，创立了“数学的物理学”。

在第二种革命性变革形式中，笛卡尔一改人类历史上神话宗教自然观以及万物有灵论自然观解释自然的方式，提出机械自然观，通过微粒之间的相互作用来解释自然，这是对自然的“袪魅”(disenchantment)[[24]](#footnote-24)。它提供了一种普遍解释自然的机械方式，引导着近代科学革命。更重要的是，一旦把自然看作是机械的，则在科学研究过程中采取简单性原则、还原性原则、因果决定性原则、袪魅性原则等方法论的原则，以及采取具体的数学方法和实验方法，就成了必然。

在第三种革命性变革形式中，笔者并不赞同H. 弗洛里斯·科恩将弗朗西斯·培根与吉尔伯特、哈维、范·赫尔蒙特之“实验”统称为“发现的-实验”的观点。事实上，弗朗西斯·培根之“实验”与吉尔伯特、哈维、范·赫尔蒙特之“实验”是不同的，这种不同更多地不是在“激扰”(vexing)自然的作用方式上，而是在对“自然”的理解，以及在“为什么做实验”“如何更好地做实验”上。具体而言，吉尔伯特、哈维、范·赫尔蒙特之“实验”是在自然主义泛灵论基础上进行的，而弗朗西斯·培根之“实验”是在对“自由的自然”(nature of free)、“出错的自然”(nature in error)、“技艺的自然”(nature in bonds)的三重理解下进行的。

另外，笔者也不赞同他对以上三次科学革命的次序排列。根据笔者的考察，笛卡尔提出机械自然观的时间要晚于弗朗西斯·培根提出实验思想的时间，而且，弗朗西斯·培根之实验思想很大程度上不是基于机械自然观，故本书把“发现的-实验的”科学革命放在“雅典的-微粒的”科学革命之前。

不仅如此，H. 弗洛里斯·科恩还进一步指出，在从大约1600年到1640年的三种革命性变革之后，从大约1665年到1687年又发生了第四种、第五种和第六种革命性变革。

第四种革命性变革形式首先是由惠更斯(Christiaan Huygens)进行的，他从1652年到1656年，研究笛卡尔的碰撞定律。“研究碰撞时，惠更斯在历史上第一次造就了一种融合。在部分范围内，他把‘雅典加’与‘亚历山大加’结合在一起。如果考察自柏拉图以来的自然哲学史，我们就会看到，此前从未有人如此自由地处理过这两种自然认识。”[[25]](#footnote-25)之后，他更是将这一革命性变革应用于光学的研究中。另外，从1655年到1668年，牛顿(Isaac Newton)独立于惠更斯，在碰撞、摆和圆周轨道的研究中，完成了第四种变革，即微粒说与数学的结合。

关于第五种革命性变革，按照H. 弗洛里斯·科恩的说法是“培根式的综合”，典型代表人物是波义耳(Robert Boyle)、胡克(Robert Hooke)和年轻的牛顿。1669—1679年，他们接受笛卡尔的机械论自然观(虽然这样的接受不是纯粹的)及其进一步的微粒说，贯彻培根的“实验哲学”，将微粒学说与实验结合起来，从微粒的角度解释实验结果，通过发现型实验来限制运动微粒。[[26]](#footnote-26)

第六种革命性变革发生在1684—1687年，H. 弗洛里斯·科恩认为：“思想已经成熟的牛顿完全独立地作出了第六种转变”[[27]](#footnote-27)，即他把微粒说、数学和实验结合起来，实现了“伟大的综合”，完成了革命[[28]](#footnote-28)。H. 弗洛里斯·科恩之所以说牛顿独立“完成革命”，是就科学认识自然的形式而言的，即在机械自然观的基础上，科学认识方法论原则以及具体的方法已是确定的了。之后，科学研究就是在“雅典加”、“亚历山大加”和“发现的-实验的”综合基础上，也就是说在牛顿科学研究纲领的指导下向前迈进的。

从上述H. 弗洛里斯·科恩关于近代科学革命的相关观念变革的叙述中可见，近代科学革命之所以能够发生，自然观的变革是根本。一旦自然观变革了，那么科学认识自然的方式就会发生革命性的变化，同时，科学就会取得一系列革命性的认识成果。这是“基于自然观变革、方法论创新的科学革命”式的科学革命。从其对所有科学知识均有影响来看，属于I. B. 科恩所称的Scientific Revolution(“大写的科学革命”)；从其着眼于科学发展进程的革命性哲学变革来看，属于H. 弗洛里斯·科恩所称的Scientific Revolutions(“诸科学革命”)。为了与他们所称的科学革命相区别，笔者用“大写的科学革命”(The Scientific Revolutions)表示之。

概括“大写的科学革命”的内涵，就是：随着时代的不同，人们的认知概念框架就不相同，主导人们的自然观的要素就不相同，人们就会有不同的自然观以及相应的对待自然的不同态度，从而也就有不同形式的认识自然的活动和不同的认识成果。自然观的变革是方法论创新的基础，方法论创新是科学认识革命的前提，两者的结合促成了具体化的科学认识的革命。科学革命就是自然观变革、方法论创新基础上的科学认识革命。林德伯格(David Lindberg)就说：“科学革命从一整套新的自然观念或一整套新的适合于探索自然奥秘的恰当方法中汲取能量，从而得以发生。”[[29]](#footnote-29)[[30]](#footnote-30)

(**三**)“大写的科学革命”不止一种

以上的“大写的科学革命”是通过对近代科学[[31]](#footnote-31)革命特征的分析得到的。对于具有这种特征的“大写的科学革命”是否仅仅只有近代科学革命这一种呢？

根据现代认知科学的研究，人类对自然的认识绝不是简单的复现，而是依赖于人类的认知概念框架，主动地对自然进行同化和建构的结果。认知概念框架包括语言、神话、宗教、艺术、科学甚至政治等诸种观念，在此基础上形成了关于自然的总的看法——自然观，并在人类认知概念框架中占据着主导地位。这些自然观来自于人类历史上到那时为止的知识的全部，代表着每一个时代的人类对自然和自身的认识，体现着人类关于自然的秩序以及人类在自然界中地位的信念，支撑着人类的各种活动，界定着一个个特殊的时代。如此，“大写的科学革命”不应该只有一种。本书的后续研究也表明，“大写的科学革命”除了近代科学革命外，还有其他多种。

——史前人类时代，特别是旧石器时代晚期和新石器时代，人类的思维处于原始思维阶段，科学处于萌芽状态，人类对自然的认识主要依赖于人类对自然的直观感觉以及神话自然观，可称为“神话式科学”。

——古希腊时代，思想家们提出了各种各样的关于世界的本原、运动及其变化的学说。例如，爱奥利亚学派，试图通过自然的因素来解释自然；毕达哥拉斯(Pythagoras)学派，通过自然的本原“数”来认识自然；爱利亚学派，认为世界的本原是“不变的一”；元素论者和原子论者，强调由基本的构成解释宏观世界；柏拉图，坚持理念论，倡导数学的天文学；亚里士多德(Aristotle)，由自然的内在目的论作为根本原因解释事物的运动，属于哲学物理学；等等。所有这些学说主要是以哲学的方式进行的，对自然的认识也是以哲学的方式展开的，可称为“哲学式科学”[[32]](#footnote-32)，又称为“自然哲学”。H. 弗洛里斯·科恩就说，自然哲学以其提出的第一原理为逻辑基点，对所有的经验现象进行统摄和解释。所谓“第一原理”，“是用一个既不能被省略或删除，也不能被违反的一个最基本的命题或假设，……如同数学中的公理，对经验现象的解释，‘任何经验现象都可以毫无问题地纳入本质上由第一原理确定的整体图景’”[[33]](#footnote-33)。回顾科学发展的历程，这种哲学式的或者自然哲学式的以第一原理认识自然的方式一直持续到近代科学革命。[[34]](#footnote-34)

——中世纪，特别是中世纪晚期，占据统治地位的是基督教信仰和亚里士多德自然哲学的结合体，还有指导巫术、炼金术以及医药学派的自然主义万物有灵论(泛灵论)，从而使这一时期的科学呈现出“混杂状态”，既有“宗教式科学”，也有“哲学式科学”，还有“泛灵式科学”。当然，后面这两种科学是为“宗教式科学”服务的。

——“现代科学革命”是由科学自身的发展引发的，可以看作是科学内部引发的革命。科学的新发展，如复杂性科学、生态学等的发展，向我们展现了新的自然观，如返魅性(reen-chantment)的自然观、复杂性的自然观、整体性的自然观、非决定性的自然观，这就需要新的方法论原则乃至具体的方法去展开认识，从而进行新的科学革命。相对于近代科学革命，这是一次新的科学革命，被称为“现代科学革命”。本书中的“现代科学”，指的就是“现代科学革命”意义上的科学。

——与“现代科学革命”不同，随着科学的社会应用以及对自然的改造，人类社会进入工业文明时代，创造出了丰富灿烂的物质财富，满足了人类各种各样的需要，但同时也产生了一系列的环境破坏，影响到人类的可持续发展。鉴此，探讨科学与环境问题的产生及其解决之间的关联，就成为全社会必须关注的问题。解决环境问题需要新的科学革命吗？如果需要，其原因是什么？如果要进行新的科学革命，这样的科学革命形态应当如何？即自然观需要什么样的变革，方法论需要什么样的创新，以最终获得什么样的有利于环境保护的科学认识？

这是又一次新的科学革命，是近代科学的应用所造成的人类生存危机所引发的科学革命。它不同于“现代科学革命”，不是由科学认识自身的发展趋势即科学内部引发并驱动的科学革命，而是由科学的外部，即科学应用所造成的环境问题的解决所引发并驱动的，是面向未来的，可称为“未来科学革命”。“未来科学革命”产生的是“未来科学”。“未来科学”是就其经济发展和环境保护的特质而言的，指的是既能够发展经济也能够保护环境的科学，是人类历史上迄今为止还没有出现过的科学。

这样一来，“大写的科学革命”不止一种，也不止近代有，古代、现代以及未来都有。所有这些都应该成为本书的研究内容，也是本书之“大写的科学革命”(The Scientific Revolutions)之“革命”用复数形式(Revolutions)表示的原因。

既然本书研究的是“大写的科学革命”，即主要研究各个历史时期自然观的变革、方法论创新与科学革命，那么，如何对此展开研究呢？如此研究的编史学依据何在呢？

二、主要研究方法：从内史论、外史论到语境论

(一)传统科学史研究的内史论和外史论

20世纪30年代之前，科学史的研究基本上都是“内史”研究，聚焦于科学自身发展过程中科学认识的获得，而不考虑科学外部的社会因素对科学的影响。萨顿(George Sarton，1884-1956)的编史学研究是其代表。之后，柯瓦雷的科学史研究虽然转到科学思想史方面，将科学思想的发展史提升到科学史的主流位置，以此彰显科学思想的变革对科学发展的重大影响，但是其仍然是基于科学发展的内部之形而上学背景对科学认识的影响进行的，核心仍然是内史研究。柯瓦雷认为，近代科学之所以在17世纪诞生，不是因为哥白尼、开普勒、伽利略、牛顿等发现了某种方法，而是因为他们采用了一种全新的、不同于以往的形而上学背景，即相信自然从根本上是数学的和可量化的——柏拉图主义(Platonism)和新柏拉图主义(Neoplatonism)的。在柯瓦雷那里，科学的内部是概念背景以及形而上学，它们对变革以及断裂式的科学革命起着决定作用，科学的外部因素对科学革命并不重要。[[35]](#footnote-35)

20世纪中期，兰德尔(John Herman Randall)和克龙比(Alistair Cameron Crombie，1915—1996)认为，科学的内部或者科学的本质就是科学方法，这可以追溯到亚里士多德，发展于中世纪，成就于17世纪伽利略、牛顿等人，科学革命史是一个缓慢的、连续的发展史。

比较柯瓦雷以及兰德尔和克龙比的观点，他们虽然在科学内部要素以及科学革命究竟是断裂的还是连续的方面表述不同，但是他们都是内史论者，都认为科学有一个受特权保护的、自治的内部。

上面的内史论受到外史论的科学编史学的挑战。他们认为，近代科学伴随着资本主义的产生而产生，中世纪并无资本主义，因此中世纪不会产生近代科学，近代科学是近代资本主义的产物。

这方面的典型人物有黑森(Boris Hessen，1901—1971)和贝尔纳(John Desmond Bernal，1901—1971)。黑森于1931年发表了会议论文《牛顿〈原理〉的社会和经济根源》(“*The Social and Economic Roots of Newton*’*s* Principia”)。他认为，商业资本主义的很多问题在本质上是应用物理学(弹道学、造船、流体力学、采矿)的问题，而牛顿的《自然哲学之数学原理》(简称《原理》)就是关于物理学的，因此，牛顿的《原理》就应该是对这些问题的回答。[[36]](#footnote-36)贝尔纳赞同黑森的观点，出版了4卷本《历史上的科学》(Science in History，1959年)。他认为，16和17世纪商业(不是工业)资本主义的出现，跨国贸易、国际银行业务的剧增，以及殖民地资本主义和帝国主义战争的发生，在一些领域如采矿、战争、航海和化学等，导致了一系列的技术和实践难题，而为了解决这些难题，科学就以一种系统的和协调的方式产生了。[[37]](#footnote-37)

比较内史论和外史论，它们既有共同点也有不同点。共同点在于：都承认科学既有内部也有外部，科学的“内部”仅仅由科学思想内容即科学的概念、理论和方法构成；科学的“外部”由社会的、政治的、经济的、宗教的、文化的等因素构成，科学总是在一定的外部环境中产生和变化的。不同点在于：内史论者认为，科学的思想内容只与内部逻辑和内部动力有关，除非外部因素已经成为障碍，否则科学与外部无关，由此，只有着眼于科学内部的思想内容才能理解科学史，研究科学的外部因素既不重要也没必要；外史论者认为，科学是思想成果的集合，但是，如果不通过科学的外部因素来解释科学内部的思想内容，就不能理解科学史，也就是说，科学的外部形成并决定着科学内部的思想内容。[[38]](#footnote-38)

考察上述内史论和外史论，它们都是存在欠缺的。科学的内部并非只有形而上学或科学方法，柯瓦雷以及兰德尔和克龙比的内史论就其自身来说就是片面的；牛顿的《原理》的内容并不直接关涉于技术的社会应用，黑森的观点牵强附会；科学革命的主要发展如哥白尼的天文学、牛顿的物理学、哈维的血液循环说等，并不是由技术问题推动而产生，然后再应用于社会的，贝尔纳的观点也无法解释这一点。

不仅如此，比较这一时期的内史论和外史论，都有一个共同的预设，即科学(典型的是近代科学)是一个具有特殊本质的统一体，这种特殊的本质就在于其内部的思想内容(一系列的观念、方法和概念)是确定的、无疑的、独一无二的，不同的是前者认为科学内部的思想内容是与内部的逻辑一起进化的，后者认为科学内部的这种思想内容不能自我说明，要通过外在的或外部的因素来解释。具体情形见图0.1。



图0.1　传统的外史论与内史论[[39]](#footnote-39)

(二)默顿传统科学社会学视域的“新的外史论”

默顿(Robert King Merton，1910—2003)在科学社会学的研究中涉及“内史论”和“外史论”。对于默顿来说，科学是有其“内部”的，其内部规范来自古老的方法——“经验主义”和“理性主义”，它们综合而成科学内部的“技术规范”。除此之外，科学也是一种社会建制，具有那种可使科学得以存在并确保其基本属性(功能)的“社会规范”。这样的“社会规范”有四种(四原则)：公有主义(communism)——科学知识是开放的、公共的，虽然有发现的优先权，但是一旦发现公布之后，就为全人类所共有；普遍主义(universalism)——科学是不分性别、国籍、种族、阶级、个人品性的，每个人都可根据天赋参与科学研究；无私利性(disinterestedness)——科学工作者是无私利的，科学行为和科学评价遵循公正性和客观性原则；有条理的怀疑主义(organised scepticism)——对科学认识要展开一种批判性的、有依据的怀疑，科学观念应该树立在细致的辩护基础上。它们规范着科学共同体的行为，从而使得科学呈现出开放性、普遍性、客观性和自我纠错性等特征。[[40]](#footnote-40)就此而言，“先前的内史论和外史论都是错误的。社会性也是科学的部分特征[尽管真正的内部只是古老的科学方法——正如哲学家所说的那样]；也就是说，科学的社会建制是由社会规范决定的，而社会规范本身则来自更为广阔的(先前的外部)环境”[[41]](#footnote-41)。

默顿研究了17世纪英国新教与科学的社会规范形成之间的关系，认为新教的理念包含着特定的规范/观点，这种规范/观点支持并规训着某些行为和行动。因此默顿不得不分析新教的理念，从那些理念中提取他所谓的对科学至关重要的规范，并且把它们用来建构科学的社会建制。他说：“17世纪英国的清教提供了这样的社会环境，并且践行了这种社会规范，这些规范被转让给科学，从而创造了近代科学的社会建制。”[[42]](#footnote-42)这包括四个方面：第一，上帝的超验和全能不能仅仅通过思辨和论证辩护，而应该考察上帝创造的自然“事实”，在寻求自然知识时，应该践行经验主义和有条理的怀疑主义；第二，新教徒对“自然之书” (Book of Nature)和《圣经》之书(*Book of the* Bible)是一视同仁的，两者都是上帝的旨意和产物，这再次意味着应该从经验事实中获得可靠知识，即走向经验主义和有条理的怀疑主义；第三，新教徒坚持，一个人即使不是一名侍奉上帝的牧师，只要他以创造性的、对社会有益的和神圣的方式进行，即以公有性、普遍性、无私利性以及有条理的怀疑的方式进行，他也可以获得救赎，如此，科学也应该以这种方式进行，并成为一种神圣的颂扬上帝的活动；第四，新教徒认为，只有上帝才会知道谁能获得救赎，在现实社会中，正是那些以神圣的方式从事对社会有益的活动的人，才是注定获得救赎的人，由此人们应该以公正性和客观性来行事，这也应该成为科学的特性。[[43]](#footnote-43)

考察默顿的科学编史学思想，他仍然承认有一个独一无二的普适的科学，在这样的科学“内部”有一个科学的技术规范——“科学方法”，一旦这样的内部——科学方法(经验方法和理性方法)被发明，科学的技术性部分的历史就成了科学方法应用的历史，就此，他是一个内史论者。同时，他认为科学的外部环境能够影响到科学的选题、组织、规模和效率，但是不能影响科学研究的内容和方法以及科学认识的客观性，影响科学认识客观性的是科学的社会建制以及科学共同体的社会规范。由此，他在科学的内部和科学的外部之间增加了一个科学的中观区域(middle realm)——科学的社会建制以及科学共同体的社会规范，而且认为科学的外部环境决定了科学的中观区域，就此，他又是一个外史论者。当然，作为外史论者，他与传统的外史论者有所不同，增加了一个中观区域，因此，他就不是一个传统意义上的内史论者或外史论者。

舒斯特(J. A. Schuster)对默顿的内史论和外史论进行了分析。他认为，默顿既是一个内史论者，也是一个外史论者，但更多是一个外史论者，而且是一个新的外史论者。舒斯特的理由是：“他致力于将科学当作一种社会制度来研究，并将对科学共同体以及科学制度的研究界定为外史论者的任务：首先，因为他避免触及科学‘内部’的技术和思想性内容；其次，因为他试图寻找他所宣称的科学健康发展所必需的社会规范。”[[44]](#footnote-44)鉴此，舒斯特就称默顿的“科学社会学的模型”为“一种新的外史论”，把默顿看作一名新的外史论者，见图0.2。



图0.2　默顿的科学社会学模型——一种新的外史论[[45]](#footnote-45)

舒斯特虽然认为默顿是新的外史论者，但是，他也对这种“新的外史论”展开了批判。他根据解释社会学(interpretative sociology)，认为：“规范和反规范不会产生行为，它们只是辩护性的(或‘解释性的’)资源，行为者运用它们是为了给自己的行为找理由或者证明自己的行为是正当的。”[[46]](#footnote-46)“一套单一的规范，提炼于科学公开形象的传统颂词，既不能解释科学家沟通谋略的细节及流变，也不能解释他们的成就和此时被视为理所当然的知识主张的建构的方向及形式。”[[47]](#footnote-47)在舒斯特看来，默顿试图为科学提供一套一成不变的规范，这是对科学的神话以及固定本质的认定。不仅如此，舒斯特还从历史的角度，对默顿的“资本主义清教决定了科学的社会规范”这一观点展开批判。他认为：第一，潜心进行科学研究的人并不一定需要用清教思想去支持并奉行自然哲学，新教并不能解释哥白尼学说和机械自然观；第二，通过新教教义与科学共同体的社会规范之间的关联，并不能解释传统哲学向机械论哲学的转变，也无法解释弗朗西斯·培根的哲学以及机械论哲学为何会发生在17世纪30年代到90年代的英国，并历时三到四代人之久；第三，默顿所述的那一时代，清教徒有多种且不断分化，默顿的模型究竟针对的是哪一部分清教徒或者是不是所有的清教徒，并不明确；第四，默顿是在解释近代科学的起源，但是他并不清楚他所解释的仅仅是英国的培根主义-机械论自然哲学，事实上，科学有多种，科学在不同地方传播与发展，非清教的宗教对科学革命也有贡献，如从长远眼光来看，欧洲天主教对科学革命的贡献与新教对科学革命的贡献一样多，甚至比新教更多。[[48]](#footnote-48)

根据舒斯特的上述论述，默顿的“科学社会学模型——一种新的外史论”是不完备的。不过，这样的不完备不是对默顿的“新的外史论”的完全质疑，而是对其中社会规范“四原则”的普遍适用性以及清教对此社会规范的完全决定性的质疑。可以说，默顿所提出的科学共同体社会规范“四原则”以及资本主义清教决定了这样的规范，有一定的合理性。顺理成章地，默顿基于科学社会学研究所提出的“新外史论”就有一定道理。

(三)夏平科学知识社会史研究及其对“内史论”“外史论”的消解

20世纪70年代，受后经验主义科学哲学特别是库恩历史主义的影响，以爱丁堡学派为代表的一些欧洲学者，试图将曼海姆知识社会学的古典信念——社会因素影响人类的社会认识，推进到科学认识领域，通过科学认识的社会学考察，将科学认识与产生它们的社会因素联系起来，以说明相关社会因素不仅影响科学研究的选题、规模及其效率，也影响科学认识的内容。

史蒂文·夏平(Steven Shapin)是这方面的代表人物。他的最突出的研究特点是通过科学史的社会研究，展现社会因素对科学认识的影响。

1974年，夏平与其导师萨克里(Arnold Thackray)将集体传记方法作为科学史的研究工具，展现了1700—1900年英国科学共同体的行为和背景之间的关系。[[49]](#footnote-49)1975年夏平在运用集体传记方法的基础上，首次使用“利益模式”(interests model)，分析了19世纪早期爱丁堡地区的关于颅相学的争论，并以争论各方所持有的学术观点与他们的社会地位、利益和价值的关联来解释争论。[[50]](#footnote-50)1982年，夏平系统梳理了科学知识社会学纲领以及后库恩科学史研究的状况，提出了科学编史学的新主张：一是科学的社会研究(Social Studies of Science)应该吸收科学哲学和科学社会学的最新成果，展开科学史研究；二是科学编史学应该关注科学知识形成的社会基础，重构科学的历史叙事。[[51]](#footnote-51)这种科学编史学的新主张在他与谢弗(Simon Schaffer)1985年合著的《利维坦与空气泵：霍布斯、玻意耳与实验生活》中得到充分体现。

夏平和谢弗运用“陌生人的说明”(stranger’s accounts)[[52]](#footnote-52)方法，在《利维坦与空气泵》中，研究了发生于英国近代早期(1660—1670年)波义耳和霍布斯(Thomas Hobbes，1588—1679)之间的争论。结果表明，这场争论虽然最终以波义耳获胜而霍布斯落败结束，但是，这不是英雄对蠢材、科学对非科学、客观对主观、事实对杜撰、正确对谬误的胜利，其中渗透了非常复杂的社会因素。首先，波义耳所获得的实验事实的客观性不是来自于自然和实验发现的可靠性，而是波义耳运用物质技巧——包括空气泵的制造和使用等，文学技巧——让那些未直接见证空气泵实验现象的人们熟知并接受的手段，社会技巧——包括实验哲学家在彼此相处和做出知识声明时的约定，所建构出来的；其次，空气泵实验的可靠性存在“实验者的回归”(experimenters’regress)难题，即实验事实的可靠性是通过运行良好的仪器获得的，而运行良好的仪器则又是通过实验事实的可靠性保证的。实验事实的可靠性可以通过可重复实验佐证，但是，空气泵实验可重复性很差，很少有复制成功的案例。如此，空气泵的可重复性实验的确立就需要磋商；最后，在这场争论中，波义耳之所以战胜霍布斯，还因为波义耳的实验哲学和方法代表了一种生活方式——在那里，争论可以安全地进行，危险性的错误可以很快地得到纠正，这与王政复辟时期维护政权的安全要求相一致。[[53]](#footnote-53)

1994年，夏平出版了他的另一部重要著作《真理的社会史——17世纪英国的文明与科学》。这可以看作是《利维坦与空气泵》的续篇，仍然是以近代英国实验研究为题材。在这部著作中，夏平通过相应的科学社会史考察，表明认识是一项集体事业，任何个人所能做的只是将证据、论证和陈述说明提交给集体(共同体)去评价。而这样的评价很大程度上并非基于个人认识的预见性和正确性，而是依赖于评价者对知识提供者的信任。这样的信任不是对认识者个人知识的信任，而是对认识者个人与评价者集体所构成的道德关系的承诺。前者针对的是一种认识秩序，后者针对的是一种社会秩序。认识的真理性就是在这种将社会秩序和认识秩序“接合”起来的信任的作用下，得以确立。如此，科学认识就不单纯是“关于事的知识”，而是“关于人的知识”和“关于事的知识”的混生体。夏平通过科学史上的四个案例说明了这一点。这四个案例分别是：第一，波义耳关于寒冷现象的研究，其中对旅行者的证言具有不可避免的依赖；第二，波义耳对冰山漂浮在水面上的物理原因的解释，兼容并包了来自遥远时代和地域的经验；第三，波义耳对“水压是否存在”问题的回答，从实践上判断不同的潜水者是否值得信任；第四，英国皇家学会对两位同样有名望的天文学家海维留斯(Johannes Hevelius)和奥祖特(Adrien Auzout)关于彗星的争论裁决，信任两者并且作出“两颗行星”的假说。[[54]](#footnote-54)

正是在上述研究的基础上，夏平否定了传统的实证主义科学观，而走向新的科学史的社会认识：实验方法并非确定的、有效的，实验事实并非确定的、客观的，实验并非显而易见的、可重复的，科学认识的客观性和真理性并非由牢固的科学认识方法所确立。科学认识方法的有效性、科学事实的客观性、科学认识的真理性等等，都是通过科学争论，也就是通过争论双方运用各种物质资源和社会资源建构出来的。

进一步地，夏平于1996年出版《科学革命：批判性的综合》一书，在系统梳理传统科学革命观念的基础上，通过对相关知识如何获得以及有何作用的科学知识社会史的考察，说明根本就不存在唯一确定的如柯瓦雷所展现的那样的科学革命——“空间的几何化(数学在科学中的普遍应用)”“‘思想实验’方法论的确立(理性与逻辑的力量)”“机械自然观与无限宇宙概念的确立”等，存在的则是处于那一社会情境中的社会活动，以及这样的社会活动所带来的认识因素的变化。

在该书第一章，夏平将叙述的主题集中在近代科学革命获得了什么样的认识，得出相关结论：伽利略运用望远镜对太阳黑子的观察，由于望远镜的理论尚未确立而存疑；16世纪末和17世纪，信奉和发展哥白尼观点的自然哲学家并不必然相信人类中心论，他们从根本上攻击人类中心论；在科学革命前夕，传统物理学有一个人性化的特征，甚至17世纪，许多新自然哲学家们还抓住亚里士多德的目的论和文艺复兴时期的万物有灵论不放；17世纪的机械自然观解释都将自身定位为反传统，反对把目的、意图或感觉的能力归因于自然及其组成部分，但是，开普勒、第谷(Tycho Brahe)、培根、波义耳等都相信占星术，相信脱离实体的精神、女巫、魔鬼在自然界中发挥的作用；尽管对所有的自然现象能够轻易地设想出微观机械论的解释结构，但并非所有的解释结构都能够从人类经验所在的中等尺度物体的范围内找到机械对应物，从而获得可理解性；尽管那一时代的人们普遍承认机械论和数学结构的解释天然“匹配”，但是，实际上很少有机械论哲学被数学化，而物理规则或定律能够用数学形式明确表述的能力也不依赖于对机械论原因的信仰，如牛顿就提出了非物质的“活力”概念。[[55]](#footnote-55)

在该书第二章，夏平考察了知识如何产生的问题：一是有关阅读**自然之书：**走向自然并且读**自然之书**时，个人经验及其通过仪器观察到的是不可靠的；相信个人观察而非相信古人著作，并非古人错了，而是古代文本被玷污和破坏了，需要观察来鉴别；**自然之书**是神所书写的，阅读**自然之书**以理解上帝旨意以及上帝的伟大。二是有关经验的构成及其控制，日常的经验并非完全不可靠，实验的经验并非可靠，实验的经验需要社交技巧和语言技巧来辩护；整个17世纪，亚里士多德的自然哲学传统，连同与之联系在一起的经验概念，始终保持着活力；培根所倡导的一种真正的、实际发生的、明确的经验在当时并未普遍实现，盛行的仍然是日常的社会知识流通办法。三是有关事实制造的技巧和途径，17世纪占据主导的是，必须对感觉进行系统的训练，以产生出真正的、赖以展开哲学推理的事实材料，这方面培根的归纳法是其典型，但是，与此同时，其他类型的哲学家则利用多种多样的演绎方法论，以证明理论化的重要性强于事实特例之累积；实验事实的产生还没有得到普遍认可，甚至也没有得到同时代机械论哲学家的普遍认可。四是关于知识的范围和知识的公众化。机械论并不足以解释人类经验中的现象，人们普遍承认，神学的、道德的、形而上学的以及政治的讨论导致了种种分歧和冲突。知识是一种公共的、共享的东西，为了确保知识的可信性，并使之获得应有的地位，个人如波义耳除了操控实验以及标准化地撰写实验报告外，还有依据可重复性实验。不过，很多时候实验是难以重复的，为了增强可靠性，波义耳采取了“虚拟的目击者”策略，即在读者的头脑中形成实验现场的图像，好像重复了一样，另外就是使得实验报告者显得公正无私、谦逊、不好名声等等，以获得他人信任。[[56]](#footnote-56)

在该书第三章，夏平着眼于知识有什么样的功用。一是自然哲学的自我救治：通过原有的自然哲学思辨来寻求真理的信念受到质疑，面向自然之书，通过明确的推理规则和对经验的控制获得知识，得到提倡，目的是通过正确的方法消除哲学的混乱；二是自然知识与国家权力：13世纪以来封建秩序的崩溃和强大民族国家的兴起，新大陆的发现，印刷术的发明和应用，16世纪新教的改革运动，等等，改变了人们对于知识以及知识对于秩序的维护和颠覆的作用的看法。对以往知识的怀疑和寻求新的认识方法如实验方法，需要来自自然秩序(神)和社会秩序(国家权力)的支持。虽然从中世纪到17世纪，许多甚至大多数自然哲学家都是神职人员，在神学院或宗教机构工作，但是，“宫廷科学家”的出现，绅士文化和贵族文化的流行，军事和经济的需要，以及16世纪末人文主义思潮的出现，等等，都促进了科学向社会的开放以及贡献，国家权威也要求专业团体内的私密性的知识向社会开放，并通过新的科学学会有序开展。三是科学与宗教的关系不像传统观念所认为的那样水火不容，相反，自然哲学与神学互相支持，以至于对传统自然哲学的任何系统的挑战，都被看成是对基督教自身原理的攻击；对于那些传统的有机论哲学和万物有灵论哲学给出的自然的复杂性、活性的和目的论的解释方面，如自然的神的设计、上帝的第一推动等，机械论哲学也给出了相应的回答。那一时期的自然哲学家和科学家绝大多数都是“自然的牧师”(波义耳所言)，对自然的机械理解引导他们承认一个本身不是自然的而是超自然(miraculous)的、不是物质的而是精神的终极因，即对自然的研究“始于自然而终于自然背后的上帝”，如此，也就承认了神秘事物在科学世界中的位置，目的论解释在机械自然哲学的认识中仍然存在。四是自然知识的无私利性与它的用途。一方面，17世纪的自然认识力图摆脱传统自然哲学、个人的情感因素以及社会因素对认识的影响，以获得认识的客观性和确定性；另一方面，却又在宣扬它对于宗教事务和国家事务的有用性，从而形成这样一个悖论——某一知识越是被认为是客观的、无私利性的，它作为道德和政治活动的工具就越有价值。[[57]](#footnote-57)

正是在上述研究的基础上，夏平指出：“我不认为存在着这样一种东西，即17世纪科学或者甚至是17世纪科学变革的‘本质’。因而，也就不存在任何单一连贯的故事，它能够抓住科学或者让我们在20世纪末的现代正好感兴趣的科学或科学变革的所有方面。我想象不出任何在传统上被认作近代早期科学革命本质的特征，它当时没有显著不同的形式，或者当时没有遭到那些也被说成是革命的‘现代主义者’的实践者的批评。既然我认为不存在科学革命的本质，就有理由讲述多种多样的故事，而每个故事都意图关注那个过去文化的某种真实特征。”[[58]](#footnote-58)

根据上面的介绍，夏平很大程度上否定了内史论和外史论预设的“科学内部”的存在，认为在科学革命时期“科学内部”不是唯一的、确定的，是存在争论的，科学的世界观是多元的，科学实验方法和数学方法是不成熟的，科学事实并非无疑的，科学认识是存在争论的，科学认识的辩护是通过科学共同体成员运用科学的外部因素加以争论、协商、妥协等的结果。如此，科学很大意义上不是由自然决定的，而是由各种社会因素决定的。

(四)舒斯特后库恩主义的科学知识社会学和语境论科学史

舒斯特继承夏平科学史的科学社会学研究传统，在《科学史与科学哲学导论》一书中系统地否定了科学的内部，并且针对近代科学革命时期代表性人物以及典型的科学史案例的社会学考察，超越了内史论和外史论，走向了后库恩主义的科学知识社会学和语境论科学史。

无论是传统的内史论者还是外史论者，抑或是默顿这样的“新外史论者”，都预设了一个“科学的内部”，而且这样的内部都有以下三个预设：一是预设了科学家已经发现并且完善了科学研究的方法，这个方法就是一套发现事实，并且从事实中推导出理论并对理论进行检验的简单的规则和程序，它是唯一的、正确的，应用它于各门具体科学中，就能获得科学知识；二是要想这种方法得到有效应用，就必须让科学成为独立自主的存在，远离社会偏见、意识形态和宗教等的恶劣影响；三是通过这样的科学方法的应用，实验室和研究机构就可以源源不断地生产出各种各样的事实以及关于这些事实的被证明的理论。在此，科学方法是有效的、普遍的；科学(科学方法)是独立自主的，不受外界干扰的；科学认识是累积性的、客观的和正确的，因而也是进步的。

对此，舒斯特加以否定。舒斯特认为，上述内史论者和外史论者对科学内部的承认及其上述观念，是对科学的迷信和“事实崇拜”。实际上，自然界的事实不是等着科学家去发现并以镜像的方式呈现，而是受着相关的社会文化因素、宗教因素或主观因素的渗透和影响，以及科学家的知觉的格式塔转换，先验知识、理论、信念等“概念网格”的形塑，日常的和非日常的生活经验的启发。[[59]](#footnote-59)因此，上述有关科学方法的观念、科学自主性的观念以及科学进步的观念就不是科学事实——科学家在科学研究中获得的事实，不是客观世界“所予”(given)的，而是科学家在科学研究实践过程中的自然的和社会的建构，是科学家的观点和旨趣的产物；历史学家和科学史家的任务，就是针对这样的科学进行“理论渗透”的叙事式的解释。[[60]](#footnote-60)

这样的解释如何进行呢？舒斯特认为，应该摒弃科学史研究中的“好汉战胜蠢蛋”“真理战胜谬误”的“辉格式的”[[61]](#footnote-61)思维模式，采取“非辉格式的”解释模式，展开科学史研究。[[62]](#footnote-62)

他是这样说的，也是这样做的。在《科学史与科学哲学导论》“第二篇 科学中的冲突和革命：哥白尼对阵亚里士多德”之“第5章”中，他介绍了亚里士多德的自然哲学和宇宙论，之“第6章”介绍并且分析了托勒玫(托勒密)天文和希腊/中世纪世界观的合理性，之“第7章”分析了哥白尼天文学的贡献与不足，在“第8章”提出“哥白尼学说是正确的吗”以及“何以接受哥白尼学说的条件”的问题。总的结论是：占统治地位的、已经确立的亚里士多德的来自宇宙论与天文学的世界观，受到哥白尼日心说所蕴含的世界观的挑战，这种挑战不是“好汉战胜蠢蛋”“真理战胜谬误”，因为哥白尼日心说的建立基于“宇宙和谐”的信念以及新柏拉图主义，而且该学说与日常经验观察事实不符，在其提出后的一段时间并没有战胜托勒密的地心说，地心说也有一定的合理性。[[63]](#footnote-63)这也说明：“事实和理论的建构与颠覆并非那些取决于与实在的本性的真实联系的历史现象——好汉发现了事实与理论间的关联，坏蛋则否。相反，这些现象取决于建构及颠覆事实和理论的个人的、社会的、政治的和制度的策略及其方式和方法。”[[64]](#footnote-64)

以上述“第二篇”研究及其结论为基础，舒斯特在“第三篇 科学方法神话——两个传说”中，批判了普遍认可的科学方法神话——事实是客观的，理论被严格检验，反驳了波普尔(Karl Popper，1902—1994)拯救科学方法的尝试——证伪主义以及科学与非科学的划界，引出了预设和形而上学在科学中的作用。[[65]](#footnote-65)所有这些表明：事实不是人类头脑中的实在之镜；事实是文化风格中的观念、目标、价值观和非事实的外部输入所形成的口头报告或书面报告；理论不是事实的简单归纳，包含着广泛的文化预设，其中最重要的是“形而上学背景”；理论的选择不是基于理论与事实的一致，并且得到事实的牢固检验。

既然如此，科学家究竟是怎样进行研究的呢？舒斯特在“第四篇”对此进行了具体研究。结果表明，第谷和哥白尼学说被接受，不是由于该理论被事实所证实，而是正反两方面妥协、协商和政治策略运用的结果；开普勒的行星运动定律的创立，不是事实的归纳性的“发现”，而是基于“宇宙和谐”以及“精神性的力”“力与距离反比”的观念，结合第谷的数据，“制造”出来的；伽利略运用望远镜所作出的一系列天文学观察发现并不是不可怀疑的，那时望远镜仪器理论并未确立，支持哥白尼理论的这些天文学观察证据也支持第谷理论，人们尤其是公众之所以接受伽利略的望远镜观察事实，是由于17世纪上半叶的著作的劝说艺术，以及17世纪三四十年代机械哲学的信徒同时也是哥白尼学说信徒。[[66]](#footnote-66)

这也表明，“科学知识和科学变革(发现的出现或整个理论的改变)是争论、协商和说服的结果，这些争论、协商、说服是在极可能分离的但相互作用的活动中持续发生的。甚至仪器及其使用和意义都包含于那些争论中，而不是与它们相隔绝的，所以科学知识和科学变革不是使用仪器和更加精确地揭露自然的好汉们的结果”[[67]](#footnote-67)。

正是在上述研究的基础上，舒斯特开展了“第五篇 尝试重新理解科学是如何运作的”研究。该项工作是通过考察以及反驳库恩科学革命之“范式”转换进行的。

库恩根据历史学和社会学的研究，提出科学革命的“范式”理论：前科学→常规科学→危机→革命→新的常规科学→新的危机。其中，“范式”概念居于核心地位。所谓“范式”，“是一个在特定的时刻或时期规范科学工作的统摄性理论框架”[[68]](#footnote-68)。它包括：某一时期某一科学的基本定律和概念(理论)；获得事实归纳得出科学假说；检验科学假说的各种实验过程和仪器操作程序(实验)；使得相应的理论和实验成为可能的形而上学背景(自然哲学或自然观)。在常规科学阶段，“范式”不变；在“危机”以及“革命”阶段，“反常”出现，旧的范式受到挑战，新的范式被提出，并被进一步质疑、争论乃至最终接受。[[69]](#footnote-69)

针对库恩的科学革命理论，舒斯特认为，库恩夸大了科学革命时期“范式”的“不可通约性”以及常规科学时期“范式”的静止不变性。常规科学时期的范式不仅仅是一个工具箱，而且是一个能够被解决问题的工匠所改变的工具箱，有许多科学的“发现”是通过修改范式而不是推翻范式得到的；所谓的科学革命并不像库恩所想的那样剧烈和狂暴，也可以是对某个旧的范式做一些相对较大的改造。[[70]](#footnote-70)如果是这样，则可以对范式进行调适(fit)和扩展(extension)，以缩小范式预测与数据之间的差距以及使范式对新的现象领域作出解释和预测。[[71]](#footnote-71)

这就是说，在常规科学时期，范式并非固定不变的；在科学革命时期，范式也并非呈现断裂的。如果是这样，则库恩所称的“范式转换”及其“范式的不可通约”就不存在，科学革命也就不存在。就此，舒斯特发出这样的感慨：“库恩提出的范式革命发生在哪里？”[[72]](#footnote-72)

既然在舒斯特看来，“库恩式”的科学革命不存在，那么存在的是什么呢？存在的是思想冒险，即在一种社会、政治、文化、宗教背景下的科学变革。这是舒斯特著作的“第五篇”所要探讨的内容。

在该篇“第17章”“第18章”中，舒斯特对伽利略与天主教会之间的冲突以及“宗教审判”进行了梳理和分析，认为这不是我们现代人所理解的科学与宗教的对抗，而是一种科学与宗教共同体同另一种科学与宗教共同体的对抗，即不是科学对迷信、真理对谬误的决战，而是争论双方论战的策略都不太高明并且都犯了错误的结果。[[73]](#footnote-73)在该篇“第19章”“第20章”中，舒斯特梳理了17世纪上半叶机械论自然哲学的提出及其发展，表明其是在与亚里士多德自然哲学的抗争以及哥白尼学说的联合中确立的；其被接受并非因其是正确的，而是因其被接受了才被看作是正确的，其被接受的重要原因是巫术型新柏拉图主义的覆灭以及其与培根主义的联盟。[[74]](#footnote-74)在该篇“第21章”“第22章”中，舒斯特针对牛顿万有引力概念以及万有引力定律的提出进行了分析，指出万有引力是一种奇怪的、非机械的超距引力，不是被牛顿基于机械自然观发现的，而是牛顿基于后机械论自然哲学、神学以及他个人的生活经历建构的。[[75]](#footnote-75)

经过上述研究和分析，舒斯特得出下面总的结论：一个唯一有效的科学方法是不成立的，在科学革命过程中，事实、观察、仪器设备以及理论检验及其选择的标准，都是“社会的”和“政治的”，建立在小的专业团体和自然哲学家的亚文化的狭小基础之上，像他在第二篇(第5章至第8章)和第四篇(第12章至第14章)所描述的那样。不仅如此，所有的协商和互动总是发生在更宏大的制度和背景中，像他在第六篇(第17章至第22章)所考察的那样。

这样一来，内史论和外史论(包括默顿的新外史论)所预设的唯一有效的、独立自主的、进步性的科学的内部(科学的思想内容，包括概念、理论和方法)是不存在的，存在的应该是作为科学内部的每门具体学科所具有的一种社会-政治亚文化和作为科学外部(语境)的社会-经济文化的因素，在此，科学共同体成员针对某一具体科学，调动各种资源所展开的博弈和协调，这样的各种资源就是随附于科学共同体成员所组成的社会亚系统所具有的社会-政治亚文化中。

正是在这样的基础上，舒斯特认为：“我们在科学的内部没有发现什么思想性的东西，如观念、概念或理论。我们发现的是一种社会建制：处于社会关系和建制关系中的人——作为该具体科学的专业实践者的人。”[[76]](#footnote-76)这些人，有的有权力，有的有金钱，有的有专长，有的有其他各种各样的资源，他们利用所有的这些资源或者亚文化，反驳他人的观点，辩护自己的主张，形成自己的小型的亚社会系统。这样一来，科学的内部就不是如“内史论者”和“外史论者”那样的科学观念、理论和方法，而是“每一门具体科学的内部”。“任一具体科学的内部是大型社会中的小型亚社会或亚文化，并且，作为一种亚文化，该科学有着特定的社会性质和社会结构。”[[77]](#footnote-77)“科学事实和主张是在这样的小共同体的社会和政治结构中并通过这样的结构被接受或拒绝、协调的。”[[78]](#footnote-78)

这是一种基于库恩科学革命理论的批判性分析(可以称为“后库恩主义的方式”)，对传统的“内史论”“外史论”和“科学的内部”的反对，也是对默顿“新外史论”的超越，给出了关于科学的“内部”和“外部”的新见解，见图0.3。

在图0.3中，“默顿认为是‘外部’的一个组成部分的中观区域图结果被证明在某种程度上是‘内部’；实际上，在知识的创造过程中，任一科学都是认知与社会的结合点，从这个意义上说，任何科学最终都只有‘内



图0.3　超越默顿：用后库恩主义的方式反思科学的“内部”和“外部”[[79]](#footnote-79)

部’”[[80]](#footnote-80)。“科学的内部即社会和政治的微观文化，科学的外部即一切可以在社会大环境中找到的影响科学的内部的因素。”[[81]](#footnote-81)“内外部之间的界限现在是互相渗透的，并且通过经验研究，人们可以弄清楚，在每一特定的情况下，在每一门处于任意特定历史阶段的具体科学中，内部和外部是如何渗透或分离的。”[[82]](#footnote-82)

这样的科学史的研究框架及其假设，与科学知识社会学(SSK)的科学史相一致，舒斯特称其为“后库恩主义的科学知识社会学”，它关注的是特定亚文化内的科学知识的社会建构，是从社会学的视域展开的科学史的研究。

与此相对应，舒斯特认为：“另外一个相关的或部分研究相交叉的学者群，受的主要是历史研究训练，他们更多地关注在任何特定情况下的外部决定因素是什么的问题，以及对任何特定情况下的事实的提出和废弃所做的详细研究，这些学者被称为‘语境论科学史家’。”[[83]](#footnote-83)语境论的科学史家研究的是特定情形下的科学“事实”以及科学的“外部决定”问题，科学知识社会学研究的是特定科学共同体(亚文化内)科学知识的社会建构，它们两者都以科学的社会和政治的微观文化(科学的内部)为前提，来研究科学的外部对此的影响，它们两者的研究框架是相同的，见图0.4。“科学知识社会学家和语境论科学史家全都在这种新框架中从事研究。”[[84]](#footnote-84)



图0.4　新兴的科学知识社会学和语境论科学史的深刻见解[[85]](#footnote-85)

三、主要研究策略：综合科学的历史、哲学和社会学研究

(一)科学内部难以消解：走向科学思想史研究“综合论”

夏平和舒斯特的前述观点有一定道理：避免了内史论和外史论各自的片面性以及共同的欠缺，摆脱了那种“独一无二的科学”成见，扩大了某种具体科学的“内部”，使其包含某种微观政治以及某种社会场域(social site)、某种亚文化，并在其亚文化中使得科学事实和理论主张得以建构、协商和解构。如果是这样的话，则以科学内部变革为标志的那种“范式”的科学革命就不存在了。

真的如此吗？奥昔亚(L. A. Orthia)指出，虽然现在有很多人一定程度上赞同抛弃科学史“旧的大图景”，但是，在要不要彻底放弃作为旧图景核心的“科学革命”这一点上，则是有各种不同的观点。[[86]](#footnote-86)拉吉(K. Raj)就指出，现在虽然有很多学者认同“科学革命”是特殊时代“发明”的观点，但是，20世纪上半叶之后所兴起的科学革命研究热潮，是冷战驱动的结果，具有欧洲中心主义色彩，服务于特殊时期意识形态斗争的需求，是存在欠缺的。[[87]](#footnote-87)比亚吉奥利(M. Biagioli )宣称，科学革命是不死的。[[88]](#footnote-88)亨利(J. Henry)认为，科学革命的概念作为历史学家的一个方便的术语，并非仅仅是想象的虚构，没有历史现实的依据。[[89]](#footnote-89)赫利尔(M. Hellyer)认为，科学革命作为一个“简略的表达方式”，确实还有相当大的用处，并且肯定也没有任何消失的迹象。[[90]](#footnote-90)迪尔(P. Dear)相对委婉地指出，科学革命作为我们的历史遗产，它将继续为我们制定议程，并将我们导向特定的问题领域，他还强调，完全拒绝与“科学革命”相关的事件为时尚早，因为这些事件的价值取决于所提出的问题。[[91]](#footnote-91)迪尔进一步指出，虽然科学革命这一概念和研究领域不会“死亡”，但是，科学革命的大规模历史叙述的日子似乎已经一去不复返了。[[92]](#footnote-92)

从上述学界关于近代科学革命是否存在的问题的回答看，绝大多数学者还是持肯定态度的，即认为科学革命还是存在的。既然科学革命是存在的，即科学内部存在，那么夏平和舒斯特消解科学的内部从而否认“范式”意义上的科学革命有道理吗？

1. 夏平和舒斯特对科学内部的否定是不合理的

不可否认，在近代早期科学革命时期，机械论的自然哲学以及在其之上的科学研究方法论原则如祛魅性原则、简单性原则、还原性原则、因果决定性原则，以及具体的方法如数学物理的方法、实验方法并没有确立；科学也没有从社会中独立出来，从而不受到社会政治、经济、宗教以及自然观的影响。这些影响导致了科学研究的事业不是在一种有效的自然观、方法论和具体的方法、仪器设备、价值观等的指导下进行，从而也使得科学不是一种累积性的事业。鉴此，一种有效的、确定的、标准化了的、独立于社会的、累积性的科学并不成立，此时，科学家个人或者科学共同体成员就只能调动各种社会资源如宗教的、自然哲学的、社会文化的等，对所涉论题展开争论、协商、调和与博弈。就此，夏平和舒斯特依据科学社会学和语境论的科学史研究方法对此展开研究，具有一定的合理性。

但是，夏平和舒斯特由此否定科学内部的存在，是不合理的。事实上，无论什么时期的科学，都是有其内部的，即都有其科学认识所依赖的自然观、认识论、方法论和价值论以及具体的科学理论、方法以及认识手段，不同的则是所有的这些方面的内涵。在科学革命的早期，与近代科学相对应的、新的哲学基础以及认识方法还处于争论之中，还没有确立。没有确立并不能表明所有的这些方面不存在，只是表明这些方面还处于创立时期，还没有被牢固确立。还没有牢固确立表明其还存在争论，还需要通过调动各种社会资源来进行争论、协商、调和、博弈等加以确立。此时，科学事实是不牢固的和不充分的，科学理论的提出是多种路径的而非只由牢固的科学事实获得且得到有效的检验，科学也并非完全独立于社会的且是累积的。不过，随着科学革命的推进以及科学认识的深入，科学事实可以是牢固的，科学的方法论原则和具体的方法可以是有效的，科学理论的提出可以是有根据的且得到牢固的科学事业的辩护的，科学也是可以从宗教以及哲学的教条中独立出来成为一项累积性的事业的。因此，从科学革命的历史回溯，即使在科学革命的早期，也是存在科学的内部的，而且这样的内部与科学革命完成时期的内部，有相同之处。当然，需要说明的是，此时科学的内部是新旧科学内部的混杂，是需要各种资源加以争论、协商、辨别和甄选的。

2. 库恩的科学革命的范式及其范式转换是否定不了的

第一，根据库恩的科学革命理论，不存在一个唯一的普遍的科学，但是，这也没有否认在常规科学时期存在一个唯一的统一的科学，这样的科学具有相同的范式。类似地，根据库恩的范式理论，也不存在一个只包含观念、理论和方法的科学，科学思想还应包含社会各方面的因素，但是，这也没有否认在科学的内部还存在那样一个只包含观念、理论和方法的科学认识(知识)的部分。

第二，不可否认，在常规科学时期，科学层面的范式是可以改变的而不完全是不变的；在科学革命时期，哲学层面的范式是可以调整的而不完全是剧烈变革的。但是，由此否定哲学层面的范式转换以及科学革命，是不恰当的，哲学层面的范式的转换是革命性的，从而标志科学革命的发生。如对于本书，探讨的是自然观变革基础上的方法论创新与科学革命，是哲学层面的范式革命，引发的是本体论的、认识论的、方法论的和价值论的革命。这是一种“大写的科学革命”，与人类发展的各个阶段相对应，呈现出相应的特征，形成各个时代各具特色的科学。史前人类有史前人类的科学——神话式科学，古希腊有古希腊的科学——哲学式科学，中世纪有中世纪的科学——神学式的、哲学式的和万物有灵论式的“混杂的科学”，近代有近代的科学——实证式科学(机械式科学)，现代有现代的科学——复杂性科学(有机式科学)，未来有未来的科学——可持续性科学(地方性科学)，等等。这些科学的产生及其存在表明，科学革命是存在的，不同科学发展阶段，哲学层面的范式可以是不同的，甚至是不可通约的。在不同的科学发展阶段，一种确定的科学内部是存在的。“科学的内部”作为一种理想是研究者所追求和逼近的。

3. 以自然观变革、方法创新为基础的科学革命“综合论”

以上述认识为基础，基于自然观变革、方法论创新的科学思想或“大写的科学革命”，就由以下两个部分组成。

一是科学的内部，它包括科学的形而上层面，如本体论(自然观)、认识论(真理论)、方法论(含数学、实验等方法)、价值论(求智与求利等)；科学的形而下层面——具体化的科学理论、科学方法以及科学仪器等的发展；科学共同体所在的社会-政治亚文化区域。科学的形而上层面乃至形而下层面相对独立于科学的社会-政治亚文化，并且包含于科学的社会-政治亚文化之中，受到社会-政治亚文化的影响。

二是科学的外部，涉及的是社会-政治文化因素。这里的“社会”不是指科学共同体内部“小社会”，而是指科学共同体之外的“大社会”。这种“大社会”，即科学外部社会政治-文化因素会影响到“小社会”以及科学的形而上和形而下层面。“大社会”虽然一般不能直接影响科学理论和具体的方法，但是，它们能够影响科学内部的社会-政治亚文化，从而较为直接地影响哲学层面的自然观、认识论、方法论和价值论取向，间接地影响具体化的科学理论和科学方法的产生。

所有这些构成科学思想的内容，也构成基于自然观变革、方法论创新基础上的科学革命研究模型，见图0.5。



图0.5　科学思想史研究模型：基于自然观变革、方法论创新的科学革命“综合论”

对于“综合论”的科学史研究纲领，它将科学史研究的历史学、社会学、哲学研究纲领综合了起来，扬弃了内史论、外史论、新外史论、语境论以及科学哲学视域下的科学史论，展现了科学思想史研究从内部到外部，从科学知识到科学共同体，从科学的社会-亚文化到科学的社会文化综合的趋势，也就是展现了科学思想史研究从科学到综合的研究趋势。这样的研究趋势决定了科学思想史研究不仅需要研究科学内部哲学的和具体科学的历史史实，还要进一步探讨科学共同体的社会-政治亚文化是如何影响甚至决定科学的形而上层面和形而下层面的，最后，如有必要，还要探讨科学外部的社会-经济文化等因素是如何影响上述所涉及的科学内部各层面的。这是关于科学思想的历史学、哲学和社会学(History, Philosophy and Sociology of Science，简称“HPSS”)的综合性研究。

(二)基于自然观变革、方法论创新展开科学哲学研究

既然科学思想史研究需要探讨科学的哲学基础，那么，对于这样的哲学基础，应该按照什么样的主线进行呢？如前所述，本书是按照“大写的科学革命”进行的。这决定了本书的研究主线是：在“大写的科学革命”发生及其演进过程中，自然观是如何变革的；这样的自然观的变革是如何导致方法论(包含实验和数学方法)创新的；而这种创新获得了什么样的认识以及存在什么样的欠缺——认识论；将这样的认识加以应用，又会产生什么样的社会影响和环境影响——价值论；对于这种影响，如果产生较大乃至巨大的问题，应该进行什么样的“大写的科学革命”，以解决这一问题——实践论。

如此，基于自然观变革、方法论创新的科学革命研究，就是“大写的科学革命”思想史研究，也是关于这一研究过程中所涉及的科学哲学研究。这样的主线，是笔者在如此这般地、先验地预设的哲学观念前提下，经过科学史的案例研究“归纳”获得的？或者是笔者在对科学思想史的研究过程中，基于科学史上的客观事实，经过哲学“提炼”得到的？这些问题值得深入分析和回答。

不言而喻，本文是基于科学史上的客观事实，经过哲学“提炼”得到的。就此来说，它与科学哲学研究中的历史主义转向有相同之处，也应该受到与库恩的“科学革命的结构”以及拉卡托斯(Imre Lakatos，1922—1974)的“科学研究纲领方法论”等同样的责难。

1973年，吉尔(Giere)就说，这些科学哲学家们虽然从科学史的案例中为他们相关的科学哲学论断提供支持，但是这种支持仅仅停留在启发式的(heuristic)层面上，未能展现这些科学史的案例为科学哲学的相关结论提供了重要的、必然性的支持。一个真正的历史主义的科学哲学是需要展示这种支持的，否则，这样的科学哲学与科学史之间就不是“亲密的关系”(intimate relationship)而是“权宜的联姻”(marriage of convenience)，科学哲学的历史主义进路在思想上无法自洽。[[93]](#footnote-93)

对于上述责难，切克诺(Schickore)认为有一定道理。他进一步探讨了引起这种责难的科学史的科学哲学研究纲领的困难处境，这表现在三个方面：

第一，科学史案例如此丰富多样，以至于它既可以为科学哲学家所提出的任何方法论或科学变化规律模型提供支持，也可以提供反驳，如此，历史主义的科学哲学结论就很难成立，相反的结论也可以同时成立。这样一来，对于费耶阿本德(Paul Feyerabend，1924—1994)的反对科学合理性的“怎么都行”，以及拉卡托斯坚持科学合理性的“精致证伪主义”，就可以同时是正确的。

第二，在某些历史主义的科学哲学家所提出的方法论理论和科学演化模型中，不少概念并不明晰，存在着广泛的争论，应用起来也比较困难。比如，库恩的“范式”和“范式革命“的概念就受到大量质疑。

第三，某些历史主义的科学哲学家所提出的方法论理论和科学演化模型并不确定，科学哲学家们在对科学哲学的某些观念进行研究时，还会发现某些与此观念不相符合的科学史案例，此时就需要参照这些新的科学史案例修补、完善乃至修改原先的那些观念。拉卡托斯“精致证伪主义”之于波普尔的“证伪主义”就是如此。[[94]](#footnote-94)

除此之外，还有学者还对历史主义的科学哲学提出了另外的责难——“辉格主义”，认为他们是用当今的科学概念和标准来理解和评价昔日的科学，从而造成科学史研究的“时代错乱”。

对于本书的写作，是否存在上述四个方面的问题呢？下面逐一回答。

第一，就本书所提出的普遍性的、规范性的“大写的科学革命”原则虽然是由考察科学史而来，但是，该原则的确立又是基于人类认知概念框架。如此，从科学认识的起源看，自然观先于科学认识。史前人类基于神话宗教自然观“神话式的科学认识”，古希腊自然哲学“哲学式的科学认识”，以及近代科学基于机械自然观“实证式的科学认识”，都是如此。尽管到了现代科学革命时期，“有机整体式的科学认识”是以科学认识所呈现出来的新的自然观为基础，但是，未来科学革命时期“可持续式的科学认识”或“地方性科学认识”，仍是基于人类环境保护和可持续发展需要而树立的“人与自然和谐发展”的自然观为基础的。这样，本书所提出的科学革命的原则，就可以避免上述通过特定的科学史的案例考察归纳得出普遍的科学哲学原则的困难——一是“归纳难题”：有限的事实归纳不能保证普遍的结论；二是“反例难题”，科学史上总会出现各种各样的反例。

不仅如此，为了保证本书所提出的上述“大写的科学革命”的哲学原则的正确性，本书对科学发展历史上科学革命的考察，既不只是共时性的考察，也不只是历时性的考察，而是基于共时性考察基础上的历时性考察。具体而言，就是基于科学史对人类历史各个时期“大写的科学革命”进行横向的共时性考察，揭示其所具有的突出特点，然后再进一步进行纵向的历时性的考察，比较它们的不同和共同点，最终得出上述“大写的科学革命”的原则的。如此操作之后，就最大程度上避免了共时性考察所带来的欠缺，也避免了历时性考察所带来的欠缺，因为“专注于共时分析及之后的比较，研究者易于在到达历史独特论式的、彻底地情景化的、充满戏剧感的历史之具体时，忘却或否认科学思想的相似性和连续性，进而断言断裂在科学史上以及整个历史上几乎无处不在，革命即是科学乃至全部人类文化的本质，或断言科学和人类文化均无本质可言。相反，采用历时分析优先进路的历史家，在进入长时段历史研究时，可能会像归纳论者那样，先用一把历史型的奥康剃刀，无情地剃除历史的细枝蔓叶，借以把握历史的主线”[[95]](#footnote-95)。

第二，本书所提出的科学革命的哲学原则，确实是一种“范式”，而且此“范式”的概念由库恩所提出的“范式”而来。库恩所提出的范式以及范式革命概念，确实存在许多不明确之处，既有信念范式和形而上学范式，还有科学认识的理论范式、方法范式、工具范式以及社会范式。这些范式没有很好地区分并且针对特定的认识语境加以规定，混合在一起，从而引发许多争论。既然如此，本书所提出的“大写的科学革命”的哲学原则即范式，是否也存在库恩范式概念所存在的问题呢？

为了避免库恩范式在本书中的应用所存在的问题，笔者在本书中特别对范式加以了区分和规定。本书把科学认识的范式分为抽象的哲学层面的范式和具体的科学层面的范式，哲学层面的范式包括科学认识的本体论、认识论、方法论、价值论、实践，是科学认识的形而上学基础；科学层面的范式包括认识的理论体系(概念、命题、假说、理论等)、方法体系(观察、实验、数学、测量、比较、分类、类比、假说-演绎等)、工具体系(仪器、设备、操作、程序、技艺等)。在这样区分之后，笔者把抽象的哲学层面的范式变革与“大写的科学革命”联系起来，同时把具体的科学层面的革命与“小写的科学革命”联系起来，认为“大写的科学革命”就是科学认识的本体论的、认识论的、方法论的、价值论的和实践论的变革带来的，而“小写的科学革命”就是科学认识的理论体系的、方法体系的、工具体系的变革带来的，“大写的科学革命”可以带来“大写的科学革命”形成过程中的科学认识的理论、方法和工具的变革，这样的变革相对于“大写的科学革命”之前的科学认识来说是翻天覆地的，如伽利略的数学物理学的提出、牛顿的经典力学的建立、波义耳的实验化学的诞生等，“小写的科学革命”是在“大写的科学革命”所形成的既成的哲学层面的“范式”基础上或背景下展开的，它也可以带来科学认识的巨大变革，如麦克斯韦(James Clerk Maxwell)的电磁理论的建立、沃森和克里克(Watson and Crick)DNA双螺旋结构的发现等。本书聚焦于哲学层面的范式变革所带来的“大写的科学革命”的科学思想变革，辅之以“小写的科学革命”之科学认识脉络呈现。

第三，经过上述认识特别是经过区分“大写的科学革命”与“小写的科学革命”之后，本书很大程度上解决了科学发展历史的特殊性与科学哲学历史研究的普遍性之间的矛盾，从而也就避免了波普尔“证伪主义”所面临的窘境，不需要像拉卡托斯那样，针对科学史的反例(事实上也没有出现这样的反例)来修补、完善和修改笔者所提出的“大写的科学革命”之科学思想原则。

至于前述“辉格主义”的责难，要具体情况具体分析。在科学史、科学思想史以及科学革命史的研究过程中，将科学哲学意义上的先见、成见乃至偏见当成研究的前提，对科学史进行筛选和重建，是错误的。关于这点，马赫(Ernst Mach，1838—1916)是典型代表。他在《力学史评》中借着撰写力学史，肆意宣传自己的实证主义观念，从而使得科学史的客观性受到损害，所获得的科学史成为论证科学哲学观念的工具。鉴此，应该让科学史成为科学哲学研究的基础以及相关结论的检验工具，而不只是为科学哲学观念或结论作注解。

不过，也不能把反“辉格主义”的立场理想化。自从智人出现后，人类社会发展的历史虽然呈现出不同的发展阶段，但是是连续的。与此相伴随的，科学发展的历史虽然也呈现出阶段性，但是也是连续的，前后相关的。近代科学革命是在古希腊自然哲学以及中世纪晚期古希腊自然哲学复兴及其反思批判的基础上产生的，因此，参照古希腊自然哲学的特点，厘清近代科学革命的相同和不同之点，或者参照近代科学革命之哲学基础，反思挖掘提炼古希腊自然哲学所蕴含的近代科学思想，就是合理的。更何况，现代科学革命是在近代科学革命及其发展的基础上产生和突破的，参照近代科学革命的特点，分析现代科学革命的内涵，也在情理之中。至于未来科学革命，更是要参照近代科学、现代科学的发展及其应用对自然和社会的影响，反思其哲学基础，从而实现人与自然的和谐一致。可以说，本书就是在这样的思想认识基础上展开的。

(三)有针对性地将科学(知识)社会学研究融入其中

根据上面的论述，对于科学革命之思想的研究不是不可以从科学知识社会学的路径进行，而是要在承认科学革命之“科学内部”逐渐形成的基础上，即在系统梳理和评价科学内部之科学数学化、科学实验方法以及机械自然观的形成及其综合的基础上，再参照科学史的或科学革命的科学知识社会学的研究方法及其成果，系统地呈现这样的“科学内部”并非先在地确定的，而是科学共同体运用各种物质资源和社会资源，进行争论、博弈、协商乃至妥协的结果。关于此，集中体现于本书之第七章、第八章、第九章、第十章的撰写中。

在“第七章 近代科学革命(一)——从抽象的数学理念到数学的实在”中，首先按照柯瓦雷的科学思想史研究方式，系统地阐述“哥白尼由新柏拉图主义创立日心说”“开普勒开创物理的数学天文学”“伽利略实现数学的物理学思想”的思想历程，并以此为主线展现在此过程中新旧自然观以及方法论的观念转变。这主要属于科学革命史的科学哲学研究。不仅如此，为了呈现这一过程中科学数学化转变的完整图景，笔者还吸收了舒斯特的相关研究成果，从科学知识社会学之“社会-政治亚文化”的角度，探讨“哥白尼的‘日心说’是如何被接受的”。

在“第八章 近代科学革命(二)——从泛灵的经验到激扰的实验”中，首先，按照克隆比三卷本《欧洲传统科学中科学思维的风格》的研究方式[[96]](#footnote-96)，系统地呈现科学实验的发展历程——区分experience和experimentum，梳理从泛灵的经验走向“附魅”的实验的Experimentum内涵演变，展现“附魅”自然观基础上的实验实践，如巫术型实验、炼金术实验、帕拉塞尔苏斯医药化学学派实验；其次，针对弗朗西斯·培根“激扰”自然的实验思想内涵，从其人生经历、自然哲学的革新以及历史的启示等角度，探讨其提出“激扰”自然的实验的缘由；最后，从自然哲学和科学哲学的角度，参照“激扰”自然的实验思想提出之前、提出之时以及提出之后，阐述“激扰”自然实验思想的贯彻及意义。

在“第九章 近代科学革命(三)——从万物有灵论到机械自然观”中，首先，从科学史和科学哲学相结合的路径，探讨“万物有灵论与自然的‘精神’解释”“机械自然观与自然的‘物质’解释”；其次，吸收舒斯特的相关研究，从社会-政治亚文化的角度，阐述“机械自然观建构和被接受的原因”。

在“第十章 近代科学革命的集成——微粒说、数学与实验相结合”中，首先按照科学史的哲学研究方式，系统探讨“惠更斯将运动微粒说与数学相结合的历程”“波义耳将机械论的‘微粒说’与‘实验’相结合的过程”以及“牛顿如何将运动微粒说、实验与数学相结合”；之后吸收夏平以及舒斯特的相关科学知识社会史研究成果，对波义耳实验之争论以及牛顿万有引力提出所涉及的社会政治文化因素以及自然观因素进行分析。

如此，就在肯定科学认识有正确和错误、客观与主观、自主与依赖之分的基础上，由科学史与科学哲学的研究展现近代科学革命的发生及其进步性；也在近代科学还没有从宗教神学中独立出来的背景下，从科学知识社会学的角度探讨社会政治、宗教、文化等因素对近代科学革命的影响。可以说，近代科学革命的过程就是从“神学式科学”“宗教式科学”到“实证式科学”的转变过程，也是从蕴含于社会到独立于社会的过程。

如果说，17世纪是近代科学普遍开展的世纪，那么，18世纪、19世纪乃至20世纪科学的发展，就是在17世纪确立起来的机械自然观以及数学方法和实验方法的引导下进行的。期间，虽然也有一系列革命性的认识成果诞生，但是，它们是在近代科学革命之自然观变革、方法论的创新和具体方法的应用下产生的，属于“小写的科学革命”。

如果说在18世纪科学还没有从西方社会中完全独立出来，那么，到了19世纪、20世纪，近代科学的机械自然观念、方法论的原则和具体的方法已经确立，一个成熟的、确定的、有效的科学的内部已经形成。对这一时期的科学思想史的探讨，就可以很大程度上着眼于科学的内部，进行科学思想史的哲学考察。这也是笔者撰写“第十一章 近代科学革命的推进——范式的遵循、坚守与反抗”的原因。

不可否认，在这一阶段，随着科学的发展，出现了“以太悖论”与“相对论”、“黑体辐射”与“量子论”对原有机械自然观和方法论原则范式的冲击，但是，这样的冲击并没有导致对原有范式的彻底的革命，这仍然属于“小写的科学革命”。而且，也不可否认，在这一阶段，科学的社会应用逐渐展开，社会对科学的作用也逐渐增加，但是，这样的作用更多的是对科学认识的选题、规模、速度等产生影响，对科学认识的自然观、方法论和具体的方法应用几乎没有产生影响，科学内部的自主性没有受到破坏，因此，科学沿着原来的道路向前迈进。

这样的迈进并不是一如既往的。随着科学的发展，传统科学的研究深入到了新的微观领域，出现了量子力学革命；新兴科学的研究深入到了复杂性的对象如地球自身以人类思维，对自然的研究和对人类思维的探讨，需要科学家对对象自身的特征进行分析，需要用一种不同于近代科学的新的自然观和新的方法论原则乃至具体的方法，对这些对象进行探讨。这样的探讨既是一种科学的探讨，也是一种哲学的探讨，更是一种自然观和方法论的革命。这就是现代科学革命。这也是笔者运用科学哲学的思维方式撰写“第十二章 现代科学革命的肇始——新的自然观与新的方法论”的原因。

不可否认，无论是近代科学革命，还是现代科学革命，它们都会产生相应的社会影响和环境影响。而且，考察近代科学革命的推进及其所产生的环境问题，从科学的外部向我们提出了近代科学应用的合理性问题，进而需要我们反思并且回答科学认识与环境问题的产生及其解决之间的关联。由此，就需要我们研究近代科学的本质问题，即近代科学的自然观基础如何，方法论创新如何，由此获得了什么样的科学认识，这样的认识又会产生什么样的环境影响。这就需要我们从科学哲学的角度反思近代科学究竟是什么，近代科学应用究竟产生了什么样的环境影响，要解决环境问题是否需要进行新的科学革命等诸如此类的问题。这也是笔者撰写“第十三章 未来科学革命的提出——始于环境问题的产生及其解决”“第十四章 未来科学革命的抉择——走向‘地方性科学’”的原因。这样的研究属于科学史研究的“语境论”，虽然这样的科学史是还没有发生的虚拟的、有可能发生于未来的“科学史”。

这样一来，科学思想史的研究还应该在图0.5的基础上加上一个反向的箭头，以说明科学认识不单纯来自社会语境以及社会-政治亚文化的影响，而且还来自科学自身的认识及其应用所产生的影响，见图0.6。



图0.6　基于自主性科学的科学思想史研究双向综合论

说到这里，有一点需要说明，在近代科学革命发生之前，科学没有获得独立的地位，科学或者深蕴于神话宗教之中，或者深蕴于哲学思辨之中。前者如史前人类关于自然的认识，是依据神话宗教自然观，由超自然来认识自然的，对于这样的认识，应该放到那一时期人类发展的大背景中去理解，并且从人类生存的角度来阐释它的意义。对于后者，典型地体现于古希腊自然哲学之中。

为了更好地理解古希腊自然哲学之“科学”的含义，笔者参照劳埃德在《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》一书中的做法，在近代科学革命的背景下，挖掘古希腊自然哲学中的科学革命思想，由此完成“第二章 古希腊早期自然哲学——由世界的本原认识自然”“第三章 古典希腊自然哲学——由数学理念和内在目的认识自然”两章。这是一种带有“辉格式”的科学哲学的研究方法，在参照这一时期自然哲学家的著作以及他人研究的相关著作的基础上，这一研究是有客观性的。

而且，为了完整地呈现古希腊自然哲学的演变，本书还探讨了“第四章 晚期希腊自然哲学——由解决个人的人生问题认识自然”以及“第五章 古希腊自然哲学——从革命到衰落再到恢复”。“第四章”表明古希腊自然哲学的一个转向——从单纯关注世界的本原问题，转而探究人的幸福和快乐问题，认识自然的目的是为快乐哲学作注，为人类的生活(主要是精神生活)服务。这是哲学伦理化的倾向。这种倾向对于科学发展亦有一定意义，但其意义大不如之前的自然哲学。“第五章”从历史的长河视域分析古希腊自然哲学(科学)的特征，揭示古希腊自然哲学是一次“大写的科学革命”。只是这样的科学革命只有开端没有延续，而且由于种种社会原因和自身的原因于公元前2世纪突然结束了。它的重新恢复漫长又曲折。到了文艺复兴时期，古希腊自然哲学，尤其是亚里士多德的自然哲学，得到了全面恢复和重视。这直接引向近代科学革命。近代科学革命的发生有一定的历史必然性。[[97]](#footnote-97)这两章可以看作是科学史的“语境论”以及科学哲学的综合研究。

至于中世纪之科学思想史，笔者主要是在中世纪宗教神学的背景下展开，采取的是“语境论”的科学史、科学内史以及科学哲学的研究方式，以期呈现这一时期古希腊自然哲学与神学、古希腊自然哲学与近代早期科学之间的关系，然后再进一步说明近代科学革命需要变革自然观。

这就是笔者在研究过程中所持的基本态度，以科学史研究为基点，批判性地参考科学哲学以及科学(知识)社会学的相关研究，尽量增强并且实现相关研究的客观性，以恰当地实现科学思想研究史研究的科学史、科学哲学与科学社会学的综合。

为了达到上述目标，笔者在本书撰写的过程中，采取了以下一系列措施。

一是系统收集并且研读国内外相关的科学(思想)史著作(包括译著)和期刊论文，尤其是古希腊自然哲学家以及近代科学革命时期代表人物所撰写的著作，厘清基本的科学史实，阐述不同历史发展时期自然哲学家或科学家的科学思想的内涵，提炼其科学思想的突出特征及其演变历程。这方面的书籍很多，不再一一列举，其中也包括一些科学史与科学哲学综合研究的著作。

二是系统收集并且研读国外与科学(革命)史相关的科学(知识)社会学的著作和论文，如夏平和舒斯特的著作等，对此进行扬弃，将相关成果应用于近代科学革命时期的科学思想研究中。

三是针对现在较少有人研究的现代科学革命的哲学基础，在具体分析科学新发展的基础上，抽象出其本体论的特征以及方法论的诉求；对于未来科学革命，展开独立研究，分析近代科学之自然观、方法论以及具体方法与科学认识的特征之间的关系，揭示近代科学不自然、非自然的本质特征是其应用造成环境问题的根本原因。如此，就从环境保护需要新的科学革命的角度，提出了“既经济又环保”的未来科学的哲学基础。

这种做法能够使我们澄清科学史家的各种不同观点甚至对立的观点，明确笔者自己的观点，弄清笔者的观点究竟是出于科学史家，还是为了使得自己的观点更合理而选择科学史家。

本书就是在上述研究方法的指导下开展的——尽可能重现真实的历史事实，梳理历史事件的脉络，理解历史背后的语境，挖掘历史深处的思想观念乃至科学发展的一般规律，以体现“历史与逻辑的统一”。就此而言，本书按照“自然观变革、方法论创新与科学革命”的主线，综合科学的历史学、哲学和社会学进行科学思想史研究，就是恰当的了。

四、主要研究内容：自然观变革引发“大写的科学革命”

第一章，主要包含史前人类所持有的自然观以及关于自然的认识等。涉及以下主要问题：旧石器时代、新石器时代人类制造工具、展开活动、认识自然的特征是什么？这种认识是科学的还是非科学的？史前人类持有什么样的神话宗教自然观？这种自然观导致史前人类以什么样的方式认识自然？这样的认识方式是一次“大写的科学革命”吗？这种关于自然的认识对于史前人类的意义如何？

第二章至第四章，主要包含古希腊阶段自然哲学家所持有的自然观及其科学思想蕴涵。

第二章，主要包含古希腊早期自然哲学家所持有的自然观与自然认识，涉及以下主要问题：

(1)爱奥利亚学派的代表人物如泰勒斯(Thales)、阿那克西曼德(Anaximander)、阿那克西美尼(Anaximenes)关于世界本原的思想如何？有什么样的特征？他们的集大成者赫拉克利特(Heraclitus)关于世界本原的思想如何？又具有什么特征？这样的特征对于近代科学具有怎样的意义？

(2)毕达哥拉斯学派世界的“数”的本原思想内涵如何？其对于天文学的发展以及自然的数学化和科学的数学化有何意义？

(3)爱利亚学派的代表人物巴门尼德(Parmenides)是如何提出“世界的本原是不变的存在”的观点的？他的学生芝诺(Zeno)又是如何通过“芝诺悖论”来为他的这种观点辩护的？

(4)元素论者恩培多克勒(Empedocles)的“四根说”的主要内容是什么？阿那克萨戈拉(Anaxagoras)“种子说”的主要内容是什么？原子论者留基伯(Leucippus或Leukippos)和德谟克利特(Democritus)的“原子论”的主要内容是什么？它们各自具有什么样的科学思想和意义？这样的学说如何受到爱利亚学派的影响？

第三章，主要包含古典希腊自然哲学家所持有的自然观与自然认识，涉及以下主要问题：

(1)柏拉图理念论的主要内容是什么？据此，他是通过什么原则来认识可感世界的？对于天上的世界，他给出了什么样的自然观和认识原则？这样的原则对于以后的天文学的发展有何影响？

(2)亚里士多德的世界等级与自然的内在目的论的内涵如何？他是如何进行世界的逻辑化和知识的系统化的？又是如何认识事物的经验方面和理念方面(或形式方面)的呢？由此使得亚里士多德关于世界的认识呈现出什么样的特征呢？

第四章，主要包含晚期希腊自然哲学家所持有的自然观与自然认识，涉及以下主要问题：

(1)伊壁鸠鲁学派的代表人物的“原子论”内涵如何？对留基伯和德谟克利特的“原子论”有何发展？具有什么样的科学认识意义？

(2)斯多亚学派的形体主义、宇宙生机论、宇宙循环论的内涵是什么？有什么样的科学认识意义？

(3)怀疑论学派之早期皮罗(Pyrrhon)主义的“悬置判断”之本体论、认识论和方法论意义如何？对于事物的认识有何意义？赛克斯都·恩披里克[[98]](#footnote-98)(Sextus Empiricus)的主要思想内涵是什么？有什么样的科学认识意义？

(4)新柏拉图主义思想的主要内涵是什么？自上而下的“流溢”和自下而上的“净化”之间的关系是什么？新柏拉图主义思想有什么样的科学认识意义？

(5)在进行上述研究的同时，阐明每一种理论提出的价值论诉求，即其人生目的如何？

第五章，主要包含古希腊自然哲学的历史命运，涉及以下三方面的问题：

(1)既然古希腊自然哲学蕴含丰富的科学思想，成为近代科学革命的源流，那么，古希腊自然哲学或者自然科学是不是一次科学革命呢？如果是，是一次什么样的革命？是“大写的科学革命”吗？这样的科学革命形态如何？

(2)既然古希腊自然哲学是一次科学革命，那么这样的科学革命为什么没有延续下去，而在公元前2世纪突然衰落了呢？既然古希腊自然哲学可以作为近代欧洲科学革命的源流，那么近代科学革命为什么没有在古希腊发生，而要等到1000多年以后在西方发生呢？古希腊自然哲学又是如何衰落并恢复的呢？

(3)古希腊自然哲学作为近代科学革命的源流是如何可能的呢？这涉及古希腊自然哲学的保存和恢复。古希腊自然哲学是如何被保存和被恢复的呢？

第六章，主要研究中世纪自然哲学、自然神学与早期自然科学，涉及以下主要问题：中世纪自然哲学与自然神学的关系如何？是服务还是到独立？中世纪自然哲学与近代早期自然科学之间的关系如何？是延续还是断裂？早期自然科学的产生，也就是近代科学的肇始，需要对中世纪自然哲学或者自然观进行变革吗？

第七章至第十章，主要研究近代科学革命阶段自然观变革、方法论创新与科学革命之关联，章节安排基本按照前述H. 弗洛里斯·科恩六种科学革命性变革进行。第七章至第九章，分别叙述前三种科学革命性变革，第十章集中叙述第四种、第五种、第六种科学革命性变革。

第七章，主要包含近代科学革命性变革之“第一种”——从“抽象的数学理念”到“数学的实在”，涉及自然的数学化与数学方法的应用问题：

(1)哥白尼何以能够提出“日心说”？其与“地心说”的提出所依据的自然观有何不同？“日心说”的提出与新柏拉图主义有何关系？“日心说革命”究竟是一种什么样的革命？

(2)开普勒何以能够提出“开普勒三定律”？他的自然哲学思想在其中起着怎样的作用？开普勒的“日心说”与哥白尼的“日心说”有何不同？

(3)伽利略为什么能够将数学运用到物理对象运动过程的描述中？伽利略为什么要进行理想化实验？伽利略的物理学与亚里士多德的物理学有何不同？

(4)哥白尼的日心说为何经历很长时间才被人们接受？其中，第谷、开普勒、伽利略的作用如何？为什么说哥白尼“日心说”的接受与机械自然观的提出及确立紧密相关？

第八章，主要包含近代科学革命性变革之“第二种”——从“泛灵的经验”到“‘激扰’的实验”，涉及以下问题。

(1)古典时期、中世纪和近代早期的“经验”与“实验”在词汇与内涵上的区别与联系如何？中世纪晚期和近代早期实验的主要特征是什么？

(2)赫尔墨斯(Hermes)传统下的罗吉尔·培根(Roger Bacon)、吉尔伯特，以及炼金术和医药化学学派的实验有什么样的特点？它们以什么样的自然观为基础？由此，会导致什么样的实验结果以及相应的科学认识？

(3)弗朗西斯·培根为什么会提出运用实验方法来认识自然？为什么会提出运用“激扰自然”的实验方法来认识自然？他的“激扰自然”实验的哲学基础是什么？与传统的哲学有何不同？如何贯彻“激扰自然”的实验？弗朗西斯·培根的实验思想有什么样的科学意义？

第九章，主要研究近代科学革命性变革之“第三种”——从万物有灵论到机械自然观，涉及以下问题。

(1)在笛卡尔提出机械自然观之前，人类是通过什么样的自然观认识自然的？它们对人类认识自然有什么样的影响呢？

(2)笛卡尔机械自然观的主要内涵是什么？笛卡尔的机械自然观是如何对自然进行祛魅的？在笛卡尔提出机械自然观之后，人类又是通过什么样的自然观认识自然的？

(3)机械自然观在当时的历史条件下是如何被建构的？又是如何被接受的？它的提出与接受和新柏拉图主义以及宗教有何关联？

(4)机械自然观如何引导近代科学革命？其对于17世纪及其之后的科学革命意味着什么？

第十章，主要研究上述三种近代科学革命性变革后的综合集成，涉及以下问题。

(1)惠更斯、牛顿是如何实现微粒说与数学的结合的？这样的结合对于科学革命有何意义？

(2)波义耳、胡克、早期的牛顿是如何实现微粒说与实验的结合的？这样的结合对于科学革命有何意义？

(3)牛顿是如何实现微粒说、数学和实验三者大统一的，这样的统一对于科学革命有什么样的意义？根据机械论哲学能够导出万有引力概念吗？牛顿是根据什么样的自然哲学提出万有引力概念的？

(4)牛顿的科学研究纲领的内涵如何?又是如何被贯彻到后续的科学发展中的？

第十一章，主要研究近代科学革命在17世纪集成之后，是如何向前推进的，以及这样的推进对机械自然观的冲击。包括：在机械自然观背景下，近代科学是如何向前推进的？它在生物领域与非生物领域有何不同？在这一过程中所应用的科学认识的方法论原则如何？科学的进一步发展出现了什么样的反常现象？科学家又是如何坚守以及反抗近代科学范式的？这方面涉及“以太悖论”与“相对论”，“黑体辐射”与“旧量子论”，“新量子论”的提出及其诠释。“相对论”以及“旧量子论”“新量子论”是“大写的科学革命”还是“小写的科学革命”？

第十二章，主要探讨现代科学如复杂性科学、生态学等的进一步发展，以及所呈现出来的新的有机论自然观和方法论创新。涉及以下内容：科学的新发展与自然有机论的产生及其内涵之关联？有机论自然观下现代科学革命的新的方法论原则有哪些？对于这些方法论原则，如返魅性原则、复杂性原则、整体性原则、非因果决定性原则等，应该如何针对具体的研究情境加以综合地应用？

如果说第十二章是从科学内部即科学认识的内部来论述现代科学革命的肇始，那么第十三章至第十四章，则是从科学认识的外部，即科学的应用与环境问题的产生之间有一个什么样的关联，以及要保护环境，应该发展一个什么样的科学的角度，进行未来科学革命的构想。

第十三章，主要研究未来科学革命这一问题是如何被提出来的。这涉及以下问题：科学应用造成环境问题是人们滥用科学的结果，是技术制造产品并进而被人类利用废弃的结果，还是科学本身就存在很大的问题从而使得其应用造成环境问题？科学认识究竟具有什么样的特征，从而导致其应用破坏环境问题？要解决环境问题，是否必须进行新的科学革命？

深入的研究表明，科学应用造成环境问题是内在于科学的、不可避免的，而且随着这样的科学的发展及其应用的推进，将会出现越来越复杂、越来越剧烈、越来越难以控制的环境问题。这就是说，如果不进行新的科学革命，是不可能解决环境问题的，生态文明也不能实现。要保护环境并且实现生态文明，必须进行新的科学革命。由此引出第十四章。

第十四章，主要研究未来有利于环境保护的科学革命之科学的新形态，涉及以下问题：未来科学革命是不是回归古代科学传统，如博物学传统和地方性知识等？回归古代科学传统能否解决现代人类所面临的环境问题？如果不能，则应该采取一种什么样的新的科学革命？这样的科学革命需要一种什么样的自然观和方法论原则？

最后是本书的结束语，主要是在上述研究的基础上，对“大写的科学革命”的历程、特征以及诉求进行总结和探讨，以树立正确的“大写的科学革命”观念，并进一步提出推进现代科学革命和未来科学革命。

就上述研究内容的简述看，基于“自然观变革、方法论创新与科学革命”的科学思想史研究，就是一个集本体论的、方法论的、认识论的、价值论的乃至实践论的综合研究，虽然这样的研究主要集中在本体论的和方法论的方面。

1. [美]阿伦特：《论革命》，陈周旺译，南京：译林出版社，2011年，第31页。 [↑](#footnote-ref-1)
2. [美]I. 伯纳德·科恩：《牛顿革命》，颜锋、弓鸿午、欧阳光明译，南昌：江西教育出版社，1999年，第43-44页。 [↑](#footnote-ref-2)
3. [美]I. 伯纳德·科恩：《科学中的革命》(新译本)，鲁旭东、赵培杰译，北京：商务印书馆，2017年，第737-746页。 [↑](#footnote-ref-3)
4. [美]I. 伯纳德·科恩：《牛顿革命》，颜锋、弓鸿午、欧阳光明译，南昌：江西教育出版社，1999年，第49页。 [↑](#footnote-ref-4)
5. Hacking I. Introduction essay//Kuhn T S. The Structure of Scientific Revolution. Chicago: The University of Chicago Press, 2012. [↑](#footnote-ref-5)
6. 虽然柯瓦雷的这部著作的法语版出版于1939年，但是，由于第二次世界大战的爆发，它的学术影响在第二次世界大战后20世纪40年代末、50年代初才显现出来。 [↑](#footnote-ref-6)
7. 鲁旭东：《科学革命的另一种解读——科恩与库恩的比较研究》，《哲学动态》，2014年第10期，第82页。 [↑](#footnote-ref-7)
8. [美]I. 伯纳德·科恩：《科学中的革命》(新译本)，鲁旭东、赵培杰译，北京：商务印书馆，2017年，第148页。 [↑](#footnote-ref-8)
9. [美]I. 伯纳德·科恩：《科学中的革命》(新译本)，鲁旭东、赵培杰译，北京：商务印书馆，2017年，第148页。 [↑](#footnote-ref-9)
10. [美]I. 伯纳德·科恩：《科学中的革命》(新译本)，鲁旭东、赵培杰译，北京：商务印书馆，2017年，第586页。 [↑](#footnote-ref-10)
11. [美]I. 伯纳德·科恩：《科学中的革命》(新译本)，鲁旭东、赵培杰译，北京：商务印书馆，2017年，第6页。 [↑](#footnote-ref-11)
12. [美]I. 伯纳德·科恩：《科学中的革命》(新译本)，鲁旭东、赵培杰译，北京：商务印书馆，2017年，第53-74页。 [↑](#footnote-ref-12)
13. [美]I. 伯纳德·科恩：《科学中的革命》(新译本)，鲁旭东、赵培杰译，北京：商务印书馆，2017年，第148页。 [↑](#footnote-ref-13)
14. [美]I. 伯纳德·科恩：《科学中的革命》(新译本)，鲁旭东、赵培杰译，北京：商务印书馆，2017年，第883页。 [↑](#footnote-ref-14)
15. [英]赫伯特·巴特菲尔德：《现代科学的起源》，张卜天译，上海：上海交通大学出版社，2017年，前言，第1-2页。 [↑](#footnote-ref-15)
16. [荷] H. 弗洛里斯·科恩：《科学革命的编史学研究》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第25页。 [↑](#footnote-ref-16)
17. 拉丁语的“自然哲学”(philosophia naturalis)是对亚里士多德所使用的希腊语的“自然知识”[φΰσικός έπίστήμη(physike episteme)]的翻译，在拉丁语中可以被称为“physica”或者“physice”，后面这两个单词与“philosophia naturalis”词义相同。就此来看，自然哲学起自古希腊，中心原则是揭示自然现象的原理和原因。在中世纪，自然哲学最初是被用来指明亚里士多德所描述的三门沉思性哲学中的一门，是与数学和形而上学并列的。随着自然哲学从13世纪起在中世纪基督教世界大学中被体制化，它就开始由对亚里士多德有关自然书籍的研究和注释内容构成。众所周知，文艺复兴时期自然哲学是建立在对其他可供选择的古代哲学的知晓、宗教异议的复兴、新近经验的观察和发现上的，亚里士多德的自然哲学必然面临着诸多挑战。但是这个结果很难说是对亚里士多德的背离。在16、17世纪，自然哲学逐渐与新权威(如波义耳及其“实验的自然哲学”)、新实践(牛顿及其《自然哲学之数学原理》)和新机构(如伦敦的皇家学会)联系在一起。自然哲学在这一时期的革新中得到了改造，但是，同时也引起了顽强的抵制。在17世纪的大部分时间里，传统的自然哲学(书斋式的自然哲学，主要指亚里士多德的那种自然哲学)，继续在大学的教育中盛行。不过，到了1700年，除了最保守的大学，传统的自然哲学差不多在所有大学中都明显地屈从于笛卡尔主义和牛顿主义的机械的、数学化的自然哲学。这似乎预示着自然哲学的终结。但是，事实上，“自然哲学”这一术语通过转变其方法以及解释原则，继续流行于整个18世纪(尤其在英语中)，涉及到几乎所有领域。直到19世纪早期，由于我们今天所熟悉的专门的科学学科(从生物学和动物学到化学和物理)的出现以及专业化，这个观念和术语才开始被“科学”这一术语和观念所取代。具体内容参见安·布莱尔：《自然哲学》//[美]凯瑟琳·帕克(Katharine Park)、[美]洛兰·达斯顿(Lorraine Daston)主编：《剑桥科学史(第三卷)：现代早期科学》，吴国盛主译，郑州：大象出版社，2020年，第307-345页。 [↑](#footnote-ref-17)
18. [荷] H. 弗洛里斯·科恩：《科学革命的编史学研究》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第70-271页。 [↑](#footnote-ref-18)
19. 现在看来，将H. 弗洛里斯·科恩的Alexandria译作“亚历山大的”似乎不太合适。“亚历山大”是人名，指亚历山大大帝(Alexander the Great，公元前356—前323)。“亚历山大里亚”(Alexandria)是地名，指亚历山大大帝建立在埃及的城市，继雅典之后成为古典文化中心，因此，以“亚历山大里亚”来指活动在其中的各学派，统称“亚历山大里亚学派”，更为合适。为了引用规范和方便，本书在引用H. 弗洛里斯·科恩的文献时，仍然使用“亚历山大的”，但在其后加“(‘亚历山大里亚的’)”，以表明此处实质上指的是“亚历山大里亚的”，其他地方一律用“亚历山大里亚的”。 [↑](#footnote-ref-19)
20. 也有译者译作“笛卡儿”。本书统一采用笛卡尔，但对具体译著的引用，仍沿用原译者译名。 [↑](#footnote-ref-20)
21. [荷]H. 弗洛里斯·科恩：《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第82-114页。 [↑](#footnote-ref-21)
22. 这里将古希腊关于自然哲学分为“雅典的”和“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)，这是就认识形式，而不是严格地就时间和地点界定的。如果按照时间界定，“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)似乎在“雅典的”之后，但是，就其各自反映的认识形式看，并无严格的时间界定。如果按照地点界定，亚历山大里亚的哲学家多是从雅典而来的，这如何区分呢？柏拉图的宇宙论是属于“雅典的”，但是就其理论内涵而言，是属于“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)，这又如何界定呢？而且，对于某些理论，如托勒密的地心说体系，已经被公认是对整个柏拉图学派和亚里士多德学派的天文学理论的继承，将它们冠以“雅典的”和“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)，如何能够对它们加以区分呢？一言以蔽之，这里的“雅典的”和“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)是就认识形式而非时间和地点界定的。 [↑](#footnote-ref-22)
23. [荷]H. 弗洛里斯·科恩：《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第17-18页。 [↑](#footnote-ref-23)
24. “祛魅”一词源于马克斯·韦伯(Max Weber，1864—1920)所说的“世界的祛魅”(the disenchantment of the world)，也可翻译为“世界的解咒”，是指对世界的一体化宗教性解释的解体，也就是消除自然的神性、精神性。马克斯·韦伯所使用的“祛魅”具有其复杂的意义。他在《新教伦理与资本主义精神》一书中把“祛魅”看作是将“魔力”(magic)从世界中排除出去，并使世界理性化的过程。([德]马克斯·韦伯：《新教伦理与资本主义精神》，于晓、陈维纲等译，北京：生活·读书·新知三联书店，1987年，第79页。) [↑](#footnote-ref-24)
25. [荷]H. 弗洛里斯·科恩：《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第178页。 [↑](#footnote-ref-25)
26. [荷]H. 弗洛里斯·科恩：《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第180-189页。 [↑](#footnote-ref-26)
27. [荷]H. 弗洛里斯·科恩：《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第175页。 [↑](#footnote-ref-27)
28. [荷]H. 弗洛里斯·科恩：《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第189页。 [↑](#footnote-ref-28)
29. [美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》，王珺、刘晓峰、周文峰等译，北京：中国对外翻译出版公司，2001年，第378页。 [↑](#footnote-ref-29)
30. 这里之所以用《西方科学的起源》2001年版的译著而非2013年的译著，是因为在2013年的译本中没有发现这段译文。事实上，2013年版的译著是根据英文2007年版翻译的，2001年版的译著是根据1992年版的英文原著翻译的，而2007年版的英文原著与1992年版的英文原著在第十四章的章目录上没有变动，都为“古代和中世纪的科学遗产”(The Legacy of Ancient and Medieval Science)，但是，在节目录上有变动，即由1992英文版的节目录“关于科学发展连续性的论战”“中世纪的科学成就”变为2007英文版的节目录“连续性问题”(The Continuity Question)、“革命性地位的候选者”(Candidates for Revolutionary Status)、“科学革命”(The Scientific Revolution)。这里引用的是2001年版的中文译本的第378页内容，即第十四章第二小节，而2013年版的中文译本在第十四章第二节开始改动较大，甚至删去部分内容了，所以没有在新版本译文中找到对应的语句或者大意。本书其他地方如引用林德伯格《西方科学的起源》2001年的中文译文版本，情况与此类同。 [↑](#footnote-ref-30)
31. 需要说明的是，对于所谓的“近代科学”，人们往往赋予两方面的含义：一是就时间而言，参照古代和近代，与近代科学革命及其推进有关，时间大约从文艺复兴时期晚期(也有说从1700年)到19世纪末20世纪初的量子论和相对论提出之前；二是就近代科学的本质特征而言，是以机械自然观为基础，以数学方法和实验方法为应用，体现了实证主义的特征，这类科学并未随着现代科学革命的肇始而结束，相反在20世纪以及21世纪的今天，仍占有重要的甚至是主导的地位。为了涵盖这两者，本书统一用“近代科学”表示，至于具体指的是第一种含义的“近代科学”，还是第二种含义的“近代科学”，要依据语境而定。 [↑](#footnote-ref-31)
32. 在此，笔者之所以用“哲学式科学”，主要是就古希腊自然哲学基于日常经验的哲学思辨认识形态而言的。就科学(science)的词根以及在不同时代、不同国家的表现来看，在古希腊的“哲学”倒是从属于“科学”(ἐπιστήμη，episteme)这个概念之下的，它属于思辨科学之下。这点与德语中代表“科学”这个词的Wissenschaft一样，指的是一切理性知识。本书所用的“科学”显然不是就此意义而言的，而是就“自然的认识”而言的，与古希腊的“自然科学”(φυσική，physics)相对应。 [↑](#footnote-ref-32)
33. [荷]H. 弗洛里斯·科恩：《世界的重新创造：近代科学是如何产生的》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2012年，第11页。 [↑](#footnote-ref-33)
34. 这里的概括是就那一时期科学认识的总的特点来说的，具体到某些分支科学，如天文学、光学等，是有一些经验性的、描述性的、确定的认识的，如古希腊时代阿基米德(Archimedes，公元前287—前212)的物理学、古罗马时代托勒密的地心说、中世纪时代的博物学等。但是，科学不但是描述的，而且还是解释和预言的，一旦将科学认识扩展到对对象的解释和预言上，以古希腊为代表的西方古代科学就呈现出哲学思辨的特征。这种状况一直延续到近代科学产生。 [↑](#footnote-ref-34)
35. 关于此，只要参考柯瓦雷的以下著作就可得知：[法]亚历山大·柯瓦雷：《从封闭世界到无限宇宙》，张卜天译，北京：商务印书馆，2016年；[法]亚历山大·柯瓦雷：《牛顿研究》，张卜天译，北京：商务印书馆，2016年；[法]亚历山大·[柯瓦雷](http://search.dangdang.com/?key2=%BF%C2%CD%DF%C0%D7&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00)：《伽利略研究》，[刘胜利](http://search.dangdang.com/?key2=%C1%F5%CA%A4%C0%FB&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00)译，北京：[北京大学出版社](http://search.dangdang.com/?key3=%B1%B1%BE%A9%B4%F3%D1%A7%B3%F6%B0%E6%C9%E7&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00)，2008年。 [↑](#footnote-ref-35)
36. Hessen B. The Social and Economic Roots of Newton’s Principia, [http://www. doc88. com/p-9915241383980. html](http://www.doc88.com/p-9915241383980.html), 2020-01-28. [↑](#footnote-ref-36)
37. [英]约翰·德斯蒙德·贝尔纳：《历史上的科学》(卷一至卷四)，伍况甫、彭家礼译，北京：科学出版社，2015年。 [↑](#footnote-ref-37)
38. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第438-440页。另外，需要说明的是，本书的英文版的书名是The Scientific Revolution：An Introduction to the History and Philosophy of Science，在翻译成中文出版时，不知为何丢掉了主标题The Scientific Revolution。没有将此翻译出来并作为译著的主标题，是不恰当的。在此特别说明。 [↑](#footnote-ref-38)
39. [澳]约翰·A.舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第476页图26.1。 [↑](#footnote-ref-39)
40. [美]R. K. 默顿：《科学社会学》(全2册)，鲁旭东、林聚任译，北京：商务印书馆，2010年。 [↑](#footnote-ref-40)
41. 转引自[澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第465-466页。 [↑](#footnote-ref-41)
42. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第461页。 [↑](#footnote-ref-42)
43. [美]罗伯特·金·默顿：《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》，范岱年、吴忠、蒋效东译，北京：商务印书馆，2009年。 [↑](#footnote-ref-43)
44. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第458页。 [↑](#footnote-ref-44)
45. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第466页图25.1。 [↑](#footnote-ref-45)
46. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第467页。 [↑](#footnote-ref-46)
47. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第467页。 [↑](#footnote-ref-47)
48. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第468-470页。 [↑](#footnote-ref-48)
49. Shapin S, Thackray A. Prosopography as a research tool in history of science: the British scientific community，1700—1900. History of Science, 1974, 12(1): 3. [↑](#footnote-ref-49)
50. Shapin S. Phrenological knowledge and the social structure of early nineteenth-century Edinburgh. Annals of Science, 1975, 32(3): 222. [↑](#footnote-ref-50)
51. Shapin S. History of sciece and its sociological reconstructions. History of Science, 1982, 20: 157-211. [↑](#footnote-ref-51)
52. 所谓“陌生人的说明”(stranger’s accounts)，指的是以陌生人的角色，有意识地悬置那些存在于研究者头脑中的关于被考察对象的知识、成见等，以获得对被考察对象的不偏不倚的认识。 [↑](#footnote-ref-52)
53. Shapin S. Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life. Princeton: Princeton University Press, 1985; 夏平、谢弗：《利维坦与空气泵：霍布斯、玻意耳与实验生活》，蔡佩君译，上海：上海人民出版社，2008年。 [↑](#footnote-ref-53)
54. Shapin S. A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England. Chicago and London:University of Chicago Press, 1994；[美]史蒂文·夏平：《真理的社会史》，赵万里等译，南昌：江西教育出版社，2002年。 [↑](#footnote-ref-54)
55. [美]史蒂文·夏平：《真理的社会史》，赵万里等译，南昌：江西教育出版社，2002年，第15-61页。 [↑](#footnote-ref-55)
56. [美]史蒂文·夏平：《真理的社会史》，赵万里等译，南昌：江西教育出版社，2002年，第63-115页。 [↑](#footnote-ref-56)
57. [美]史蒂文·夏平：《真理的社会史》，赵万里等译，南昌：江西教育出版社，2002年，第117-163页。 [↑](#footnote-ref-57)
58. [美]史蒂文·夏平：《科学革命：批判性的综合》，徐国强、袁江洋、孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2004年，第9页。 [↑](#footnote-ref-58)
59. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第46-66页“第4章 事实和知觉的‘理论渗透’”。 [↑](#footnote-ref-59)
60. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第17-32页“面对事实的历史学家和科学史家”。 [↑](#footnote-ref-60)
61. 辉格式的历史(whiggish history)又叫“历史的辉格解释”(whig interpretation of history)。这一词语是由英国史学家巴特菲尔德首先创用的。在19世纪初期，辉格党的一些历史学家从辉格党的利益出发，用历史证据来论证他们的政见，从而也就依照现在的观念来安排并且解释历史。巴特菲尔德用“辉格式”这个词形容这样的科学史——对于每一位科学家所做贡献的大小，是按照他们对我们现代科学建立来评价，而不是根据当时他所从事的认识的背景来衡量。就此，就弃置了早期科学家所赖以从事研究工作的全部概念和问题的前因后果。 [↑](#footnote-ref-61)
62. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第33-45页“第3章 科学史中的辉格史观问题”。 [↑](#footnote-ref-62)
63. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第69-143页。 [↑](#footnote-ref-63)
64. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第70页。 [↑](#footnote-ref-64)
65. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第145-208页。 [↑](#footnote-ref-65)
66. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第209-280页。 [↑](#footnote-ref-66)
67. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第279页。 [↑](#footnote-ref-67)
68. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第289页。 [↑](#footnote-ref-68)
69. [美]托马斯·库恩：《科学革命的结构(第四版)》(第2版)，金吾伦、胡新和译，北京：北京大学出版社，2012年。 [↑](#footnote-ref-69)
70. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第313-316页。 [↑](#footnote-ref-70)
71. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第288-294页。 [↑](#footnote-ref-71)
72. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第487页。 [↑](#footnote-ref-72)
73. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第321-356页。 [↑](#footnote-ref-73)
74. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第357-399页。 [↑](#footnote-ref-74)
75. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第400-431页。 [↑](#footnote-ref-75)
76. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第477页。 [↑](#footnote-ref-76)
77. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第477页。 [↑](#footnote-ref-77)
78. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第455页。 [↑](#footnote-ref-78)
79. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第472页图25.2。 [↑](#footnote-ref-79)
80. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第472页。 [↑](#footnote-ref-80)
81. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第479页。 [↑](#footnote-ref-81)
82. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第479页。 [↑](#footnote-ref-82)
83. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第479页。 [↑](#footnote-ref-83)
84. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第479页。 [↑](#footnote-ref-84)
85. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第479页图26.2。 [↑](#footnote-ref-85)
86. Orthia L A. What’s wrong with talking about the scientific revolution? Applying Lessons from History of Science to Applied Fields of Science Studies. Minerva, 2016, 54(3): 353-373. [↑](#footnote-ref-86)
87. Raj K. Thinking without the scientific revolution: global interactions and the construction of knowledge. Journal of Early Modern History, 2017, 21(5): 445- 458. [↑](#footnote-ref-87)
88. Biagioli M. The scientific revolution is undead. Configurations, 1998(6): 141-148. [↑](#footnote-ref-88)
89. Henry J. The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science. London: Palgrave Macmillan, 1997: 1. [↑](#footnote-ref-89)
90. Hellyer M. The Scientific Revolution: The Essential Readings. Malden: Blackwell, 2003: 14. [↑](#footnote-ref-90)
91. Dear P. The mathematical principles of natural philosophy: toward a heuristic narrative for the scientific revolution. Configurations, 1998, 6(2): 173—193. [↑](#footnote-ref-91)
92. Dear P. Historiography of not-so-recent science. History of Science, 2012, 50(2): 197-210. [↑](#footnote-ref-92)
93. Giere R. History and philosophy of science: intimate relationship or marriage of convenience? The British Journal for the Philosophy of Science, 1973, 24(3): 282-297. [↑](#footnote-ref-93)
94. Schickore J, More thoughts on HPS: another 20 years later. Perspectives on Science, 2011, 19(4): 453-481. [↑](#footnote-ref-94)
95. 袁江洋、佟艺辰：《回到历史还是穿越历史——科学的历史哲学的反思》，《科学技术哲学研究》，2021年第2期，第24页。 [↑](#footnote-ref-95)
96. Crombie A. Styles of Scientific Thinking in the European Tradition. London: Duckworth, 1994. [↑](#footnote-ref-96)
97. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年。 [↑](#footnote-ref-97)
98. 又译为“恩披里柯”。 [↑](#footnote-ref-98)