第五章　古希腊自然哲学

——从革命到衰落再到恢复

考察近代科学的起源以及科学革命的发生，若没有从泰勒斯到原子论者这些希腊哲学家对自然的探究，就不会有文艺复兴时期以后的机械自然观，也就不会有近代科学的诞生；若没有毕达哥拉斯的“世界的数的本质”和柏拉图的“数的理念”的思想，就不会出现数学在科学，尤其是天文学中的应用，也就不会出现科学的测量方法。出于这种考量，恩格斯指出：“因此，理论自然科学要想追溯它的今天的各种一般原理的形成史和发展史，也不得不回到希腊人那里去。”[[1]](#footnote-1)现在人们一般认为，古希腊自然哲学含有丰富的近代科学思想成分，成为近代科学革命的源流。既然如此，为什么近代科学革命没有在古希腊发生，而要等到一千多年以后文艺复兴时期才在西方世界发生呢？既然古希腊自然哲学可以作为近代科学革命的源流，难道就不能作为历史长河中的那一时期的一次科学革命？如果答案是肯定的，那么这是一次什么样的科学革命？为什么能够发生这样的科学革命？这样的科学革命为何没能延续下去从而使得近代科学革命在古希腊发生？近代科学革命又如何能以古希腊自然哲学为源流而发生？

一、古希腊自然哲学是一次“大写的科学革命”

(一)弗洛里斯·科恩的观点：“雅典的”和“亚历山大的”

考察古希腊自然哲学家，主要探讨以下四个问题。

(1)宇宙的本原是什么？他们或者把宇宙的本原归结为某种自然的对象，如“水”“火”“土”“气”“原子”等，或者把宇宙的本原归纳为物质的特定属性或结构——数及其数学。

(2)本原性的存在如何组织以构成宇宙？这属于宇宙学的问题。

(3)世界上的事物何以产生？这是一个因果性的问题，它涉及事物的运动和变化是如何发生的。

(4)人类是如何知道上述三个问题的答案并且如何知道答案是正确的？“这个问题在早期希腊传统中是缓慢发展的，因为这个问题在希腊人的自然哲学传统的起始阶段是不存在的，但是随着像亚里士多德和他的老师柏拉图这样的人物出现，这个问题最终还是出现了。”[[2]](#footnote-2)如对于亚里士多德自然哲学，“红色”这一理念就存在于玫瑰之中，即人们观察到了玫瑰是红色的，玫瑰就是红色的，“玫瑰是红色的”这一真理性的认识就包含在人们的日常观察以及关于事物和现象的日常描述中。

古希腊自然哲学对上述前三个问题的探讨属于本体论层面，对第四个问题的探讨属于认识论和方法论的层面，总体而言是哲学的层面。它告诉我们：世界万物是由最基本的本原性的自然对象生成或构成的；世上万物的运动变化是按照某种规则进行的；世上万物的运动变化是根据自然界的本原性对象的存在来解释的。照此，古希腊自然哲学就试图从混乱的世界中寻找某种秩序，并且从复杂的世界中寻求某种还原论的解释。这种看待并且认识自然的方式，就与史前人类认识自然的方式——“口头文化”“万物有灵论”“神话与宗教”——有所不同，在通过超自然的因素如万物的本质和倾向来解释自然的同时，努力通过自然的因素来解释自然。参照“大写的科学革命”的定义，这后一方面的认识范式与自然哲学紧密相关，可以称之为“哲学式科学”。“哲学式科学”相对于史前人类对自然的神话式的认识——“神话式科学”，应该是一次“大写的科学革命”。

上述观点可以从H. 弗洛里斯·科恩那里获得支持。他认为，前苏格拉底哲学家巴门尼德提出了他的“变化是不可能的，尽管有其外表”观点之后，对于变化问题，柏拉图学派、亚里士多德学派、斯多亚学派、伊壁鸠鲁学派等给出了他们各自不同的解决方式——柏拉图虽然承认变化是真实的，但却宣称变化是次要的，真正重要的实在(理念)并不受其影响；亚里士多德认为，变化就是由事物中的可能性的潜在向现实存在状态的展开；伊壁鸠鲁学派坚持原子的持续不断的组合与分离，造成世上万物的变化；斯多亚学派提出，变化表现为弥漫于整个宇宙的一种特殊介质——普纽玛之中无时无刻、无处不在的张力改变。H. 弗洛里斯·科恩进一步指出，这些哲学家之间确实有一些共同点，即都提出了一些能够解释一切的、无可置疑的、关于整个世界的一套第一原理来说明整个世界。这是“雅典的”自然的认识方式。[[3]](#footnote-3)

不仅如此，H. 弗洛里斯·科恩还提出了古希腊自然哲学的第二种认识自然的方式——“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)。他认为：“倘若不是在距离雅典不远的地方发展出了另一种方法，也许希腊思想就不再能够继续发展下去。亚历山大大帝征服地中海东部之后，到了公元前300年左右，雅典附近出现了第二个知识中心，这便是由亚历山大大帝建立的城市亚历山大城。”[[4]](#footnote-4)在亚历山大里亚城市及其周边，有一些数学家如欧几里得、阿基米德、阿波罗尼奥斯、阿里斯塔克和(几个世纪之后的)托勒密，他们发扬毕达哥拉斯主义和柏拉图学派的传统，将数学用于自然现象的研究中。[[5]](#footnote-5)对于和谐之音，欧几里得从数学上处理各个弦长之间数的比例，并作了精确推导和严格证明；对于光线，托勒密提出了一些基本定律，涉及光通过空气在水面的反射和折射；对于杠杆和液体中的平衡状态，阿基米德把其中物质性的东西抽象成数学加以表示，并进行数学证明；对于天体(太阳、地球、月亮和行星等)，那时的天文学家尤其是托勒密取得了巨大的成就。

为了更好地区分“雅典的”和“亚历山大的”这两种自然认识形式，H. 弗洛里斯·科恩把“亚历山大的”自然认识形式称为“抽象的-数学的”，并干脆称为“亚历山大的”；而把“雅典的”自然认识形式称为“自然哲学”(naturphilosophie)[[6]](#footnote-6)，并干脆称之为“雅典的”。[[7]](#footnote-7)

无论是“本原的-实在的”认识自然的方式——“雅典的”，还是“抽象的-数学的”认识自然的方式——“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)，在史前人类时期都是没有的，相对于史前神话自然观的认识自然的方式，古希腊自然哲学是一次“大写的科学革命”。不过，从现在看，H. 弗洛里斯·科恩并没有意识到这一点，仍用“自然认识形式”(formen der naturerkenntnis)称呼古希腊自然哲学的认识方式。

(二)施拉格尔的“经验的-理性的”科学革命论及评论

关于古希腊自然哲学是否是一次革命，施拉格尔(Richard H. Schlagel)持有肯定态度。他将以往的科学革命划分为三次：古希腊以及希腊化时期起于自然哲学探索的第一次转变，以现代古典科学的先驱——部分经验主义和理性主义的探究方法，取代了[[8]](#footnote-8)以前试图以神话的方式解释宇宙和人类存在的起源和本质的努力；起于近代科学产生的第二次转变，是由哥白尼对古老的“地心说”宇宙的拒绝引起的；19世纪晚期和20世纪向第三次科学革命的转变，电子、质子、中子等亚原子粒子的发现和电磁的证明，以及达尔文(Charles Robert Darwin)后来的自然选择进化论。[[9]](#footnote-9)施拉格尔认为，虽然古埃及人和美索不达米亚人在天文学、数学、生物学和医学方面比古希腊人的科学探索更早，也做出更大的贡献，但是，人们一般认为，是古希腊人首先开始了系统化的尝试，通过经验观察、逻辑和数学推理以及理性的解释，来取代先前的神话和神学的叙述，从而获得对宇宙更加“经验的-理性的”(empirical-rational)的理解。这是人类历史上关于世界观念的第一次科学转变，自然哲学作为之前的神话和神学的可供选择的替代物出现了。[[10]](#footnote-10)

不仅如此，他还认为，希腊化时期的科学成就值得重视。欧几里得在亚历山大里亚城工作和教学，撰写了《几何原本》；阿基米德在数学、物理学、力学等方面均有发现，提出了浮力原理、杠杆原理以及一系列其他的发现，在机械工程方面也有许多创造发明；希帕克斯主要研究天文学，尤以创立平面和球面三角学闻名；阿里斯塔克提出了“太阳是宇宙的中心”的论断，被称为“希腊哥白尼”；埃拉托色尼(Eratosthenes，公元前275—前195)是第一个真正测量地球大小的人，他测量子午线，其精确度极高，误差范围不到1%；赫罗菲拉斯(Herophilus，公元前335—前280)是科学解剖学和生理学的创始人，基于“水钟的系统使用”，研究了脉搏收缩期和舒张期所花费时间的比率，他的继任者是埃拉西斯特拉图斯(Erasistratus，前304年—前250年)，据说他也在公元前3世纪的亚历山大里亚进行了活体解剖；盖伦进行了大量的动物解剖，通过“宇宙灵气”(cosmic pneuma)、“自然灵气”(natural spirit)、“动物灵气”(animal spirit)，系统阐述了心肺血液循环系统、呼吸系统和营养系统的生理器官和功能。他进一步评论道：“尽管亚里士多德的科学著作具有深远的历史影响力，但都已被证明是错误的，而希腊化时期思想家在科学和数学上的一些贡献至今仍然有效。”[[11]](#footnote-11)这表明，在希腊化时期，自然的数学化研究取得巨大成就。数学成了亚历山大里亚学者研究的工具，也使他们关于自然的研究更加严密和更具有逻辑性。有学者认为，这一时期可以作为“第一个伟大的科学时代”，当时的人们所取得的科学成就超越了希腊人，所从事的科学研究和发现少了一些思辨性，多了一些实证和实用，更符合近代科学，他们被看作近代科学的鼻祖。[[12]](#footnote-12)

在施拉格尔看来，古希腊自然哲学以及希腊化时期发生于亚历山大里亚的科学是一次科学革命。这次科学革命分为两个阶段，具有不同的特征。前一阶段集中体现了经验的-理性的认识方式，后一阶段集中体现了自然的数学化的认识方式。这两种认识方式，以理性主导甚至支配着非理性，在史前万物有灵论和宗教神学的主干道上开辟出科学理性的新支路，这样的支路暗示着古希腊自然哲学(科学)包含了经验理性、数学理性、逻辑理性、公理方法等，使得科学理论体系得以构建。就此来说，罗素的断言，即“希腊哲学与理性科学属于同一时代”[[13]](#footnote-13)，有一定道理。而且，就施拉格尔的上述观点，事实上也含有了“哲学式科学”之意。就此，古希腊自然哲学革命也是一次“大写的科学革命”。

但是，也要区分古希腊自然哲学中的具体的经验认识、数学描述与哲学解释。在古希腊自然哲学中，是有一些涉及具体领域的经验性的、描述性的、数学确定的认识的，不过，更重要的还是基于自然哲学原理对这些现象的观察和解释，在此，哲学是先在于这些经验的，决定着这些经验的取舍，解释、预言甚至“拯救”相关的经验现象，前者如亚里士多德运用自然的内在目的论解释“重的物体比轻的物体先落地”，后者如柏拉图的“数学天文学”以拯救经验的“天文观察”现象。就此，施拉格尔将古希腊自然哲学革命当作“经验的-理性的”以及“数学的-推理的”，也是不很恰当的，没有揭示出这次科学革命的另外一个本质特征——“数学天文学”，更没有从“大写的科学革命”角度把古希腊自然哲学革命归结为“哲学式科学”革命。实际上，这次科学革命是理性哲学先在的、数学理念拯救现象的，经验的地位较低，数学的真理先在，与“经验的-理性的”认识方式还有一定差距。

(三)鲁索的“精确科学”革命论及评论

关于古希腊自然哲学是不是一次科学革命，鲁索(Lucio Russo)也有不同的看法。一般认为，古希腊时期开始于公元前8世纪，结束于公元前1世纪中叶，可以划分为四个阶段：爱奥尼亚阶段、雅典阶段、希腊化阶段和罗马阶段。对于这几个阶段，鲁索认为在希腊化阶段确实发生了科学革命，而且这样的革命是“精确科学”(exact science)革命，精确的自然研究只是在亚历山大里亚时期的希腊人那里才开始有的。[[14]](#footnote-14)

对于什么是“精确科学”，鲁索认为，它就是科学理论的全部。对于这样的科学理论，鲁索认为它具有以下三个基本特征：“第一，它们的陈述不是关于具体的对象(concrete objects)，而是关于特定的理论实体(theoretical entities)；第二，它们有严格的演绎结构；第三，它们应用到现实世界是基于理论实体与具体对象之间的对应规则。”[[15]](#footnote-15)这样的理论特征如图5.1所示。

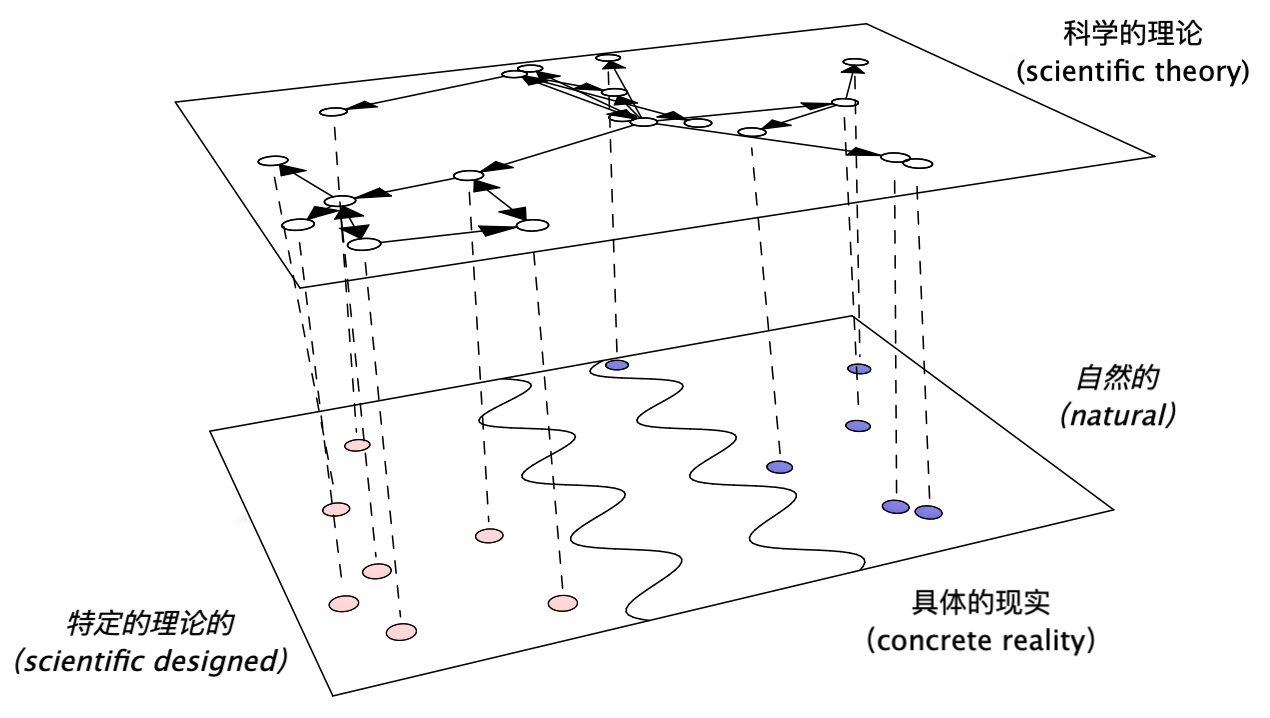


图5.1　科学的技术的作用(The role of scientiﬁc technology)[[16]](#footnote-16)

在图5.1中，上方的平面代表的是科学的理论，其中的淡色圆圈代表的是特定的理论实体，通过逻辑推论(箭头)，它们在理论平面上的对应项与许许多多的其他结构相关联，这些结构可能有也可能没有具体的对应项。其中一些理论结构按照对应规则(虚线)产生了新的下方平面上的深色圆圈，所代表的是自然界中的具体对象，它们具有具体的自然实在性。

从上述描述与“精确科学”对应的“科学理论”的一段话中可以看出，所谓“精确科学”，事实上就是提供关于现实世界的模型。对于这些模型，鲁索认为：“有一种可靠的方法可以辨别真伪；自然哲学未能实现对世界做出绝对真实的陈述的目标，科学却成功地保证了其自身主张的真实性，代价是把自己局限于模型的领域。这样的模型允许人们描述和预测自然现象，方法是通过对应规则将自然现象转化为理论水平，然后求解由此获得的‘运动’，并将获得的解转换回现实世界。还有另一种更有趣的可能性：在理论内自由移动，从而达到与对应规则无关的任何具体点。从理论水平的这一点出发，人们通常可以构建相应的现实，从而修改调整现有世界。”[[17]](#footnote-17)如此，鲁索进一步说道：“正是在所谓的希腊化时期，我们第一次——在世界任何地方——看到了现在所理解的科学的出现：不是事实的积累，也不是基于哲学的推测，而是有组织地对自然进行建模，并应用这些模型或科学理论(是在某种意义上精确的)，解决实际问题，并加深对自然的理解。”[[18]](#footnote-18)

考察希腊化阶段科学的成就，上述陈述有一定道理。阿基米德在《论浮体》(On Floating Bodies)中首次阐述了流体静力学的原理。他证明了引力的简单假设(从本质上说，正如亚里士多德所认为的那样，引力是指向地球中心的球对称拉力)，再加上关于流体的简单假设，就推导出“静止情况下海洋是球形的”结论；同样地，他根据流体的质量以及浮力定律，推导出“地球的形状也是球形的”结论。这表明，“精确科学”的典型代表阿基米德定理根据相应的逻辑关系，不仅阐释了地球的地质历史，而且还产生了重要的天文和宇宙学成果；流体静力学有一个精确的演绎的科学理论，即基于自然规律，推导出详细的、定量的、非常重要的、可经过经验检验的结果。

不仅如此，在古希腊时期，特别是在希腊化时期，“精确科学”确实取得了巨大成就。除了上文所述的欧几里得、阿基米德、赫罗菲拉斯、阿里斯塔克、埃拉托色尼、希帕克斯外，还有以下一些人物取得了重大成就。克特西比乌斯(Ctesibius，公元前285—前222)是气体力学的创始人，也是亚历山大力学学派的创始人；希罗(Hero of Alexandria)延续了西提比乌斯(Ctesibius)的工作，其著作《力学》涵盖诸多方面的力学和工程；克律西普斯(Chrysippos，公元前280—前207)，对逻辑学有着特别的贡献；狄西阿库斯(Dicaearchus，公元前约355—公元前约285)制作地图，首先在地图上画下了从东到西的纬线；在下一个世纪之交，阿波洛尼乌斯(Apollonius，公元前约262—公元前约190)的著作问世了，是他发展了圆锥截面理论；丢番图(Diophantus，约公元246—330年)创立了代数学，其《算术》用纯分析的角度处理数论问题。

根据上面的论述，鲁索特别强调希腊化时期“精确科学”概念中科学理论与具体现实世界之间的关系，他把它称为“科学的技术的作用”(the role of scientific technology)。鲁索认为，古希腊还有一系列“科学的技术”，如机械工程(mechanical engineering)、工具化(instrumentation)、军事技术(military technology)、航海与导航(sailing and navigation)、液气压设施(naval architecture)等[[19]](#footnote-19)；还有医学和其他经验科学(medicine and other empirical sciences)，如解剖学和生理学(anatomy and physiology)、植物学和动物学(botany and zoology)、化学(chemistry)[[20]](#footnote-20)；也有一系列古希腊的科学方法(the Hellenistic scientiﬁc method)，如科学说明的起源(origins of scientific demonstration)，假设或假说(postulates or hypotheses)，拯救现象(saving the phainomena)，定义、科学术语和理论实体(definitions，scientific terms and theoretical entities)，认识与技术(episteme and techne)，数学以及物理的假设与意义(postulates and the meaning of“mathematics”and“physics”)，古希腊的科学与实验方法(Hellenistic science and experimental method)，科学和口语(science and orality)等[[21]](#footnote-21)；甚至还有这一次科学革命的其他方面(some other aspects of the scientiﬁc revolution)，如城市规划(urban planning)，有意识和无意识的文化演化(conscious and unconscious cultural evolution)，梦的理论(the theory of dreams)，命题逻辑(propositional logic)，哲学的和语言的研究(philological and linguistic studies)，形象的艺术(The figurative arts)、文学和音乐(literature and music)。[[22]](#footnote-22)对于古希腊“精确科学”中科学理论与具体现实世界(“科学的技术”)的关系，鲁索认为：即使是出于描述自然现象的目的而创建的科学理论，也能够通过演绎方法来扩大自身，因此，它们通常会发展成为技术活动领域的模型。科学技术是由目的性的规划刻画的，并且是在某些科学理论或其他科学理论中完成的，它内在地与精确科学的方法论结构相关，并且不可能与后者同时出现。“每个科学理论都有一个有限的应用领域。通常，它只能用于建模与促动其创建的现象‘相差不远’的现象。为此目的，必须替换证明不足以描述新现象集的理论。但是根据我们的定义，它们仍然是科学理论，并且可以继续在其自身的有效性范围内使用。”[[23]](#footnote-23)在上述认识的基础上，鲁索认为，现在的人们广泛传播的“古代科学”(ancient science)有三个相互关联的论断——古人不知道实验方法，是一种推测性的不关心应用的认识形式，以及创造了数学但不是物理学，在古希腊都可以找到反例，都是应该反对的。[[24]](#footnote-24)

鲁索的上述论断及其论证值得商榷。不能说古希腊人不知道实验方法以及没有应用实验方法，但是当时他们确实没有实验方法之观念；也不能说古希腊没有物理学、解剖学和生理学、化学，只是这类科学更多处于初级阶段，不是近代科学意义上的；更不能说古希腊没有科学的技术，但是，这样的技术应用并非如近现代的科学那样走在技术前面，并且作为技术创新的基础。一句话，这样的一些表现在古希腊或者是个别的，或者是初步的，或者是低层次的，还未达到一种范式的程度，还不能把它们作为古希腊自然哲学科学革命的基本组成或特征。至于他所称的“科学革命的其他方面表现”，似乎与科学革命并无紧密关联。相反，如果有关联的话，可以设想，古希腊自然科学就有了社会应用基础，古希腊自然哲学就可以成为社会的主流，古希腊自然科学革命就可以延续下去而不会中断。这从另外一个方面表明上述论断的不恰当。分析上述鲁索的观点，其所称的“精确科学”有一定道理。但是，根据鲁索的上述论述，基本上可以断定他所称的“精确科学”更多地属于具体的自然科学学科，而且集中在各个具体的自然科学领域中数学方法的应用。照此，他的古希腊时期的“科学革命”就不是自然哲学意义上的科学革命，而是数学方法在具体的自然对象认识应用中的革命，是“小写的科学革命”，就此而言，他对古希腊时期科学革命的认识，还是存在欠缺的。

首先，对古希腊时期自然科学的认识存在偏颇。事实上，古希腊关于自然的认识是沿着两种方式展开的：一种是“雅典的”自然认识方式，它从泰勒斯就开始了；另外一种是“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)自然认识方式，它起源于毕达哥拉斯学派。由此来看，鲁索所谓的希腊化时期的“精确科学”革命，一是缩短了这次革命的时限，二是忽视了另外一种认识自然的方式的革命——“雅典的”自然认识方式革命。其次，对希腊化时期与现代之“精确科学”的区分不够。根据鲁索的论述，他所称的精确科学最关注的并非所要研究的对象，而是研究对象时所运用的理论。这点与现代学者对“精确科学”的定义异曲同工——考察对象时撇开对象的其他一切特性而仅仅考虑其数目和几何形状的能力，这样就有了数和形的概念的产生，有了数量关系和空间形式的初步知识，从而使人类开始学会了精确思维。[[25]](#footnote-25)事实上，现代之“精确科学”之数学模型的应用在于数学方法与实证方法的结合，而希腊化时期之“精确科学”数学模型的应用则是基于相应的自然哲学，如毕达哥拉斯主义、柏拉图主义等展开的。

最后，没有理解“大写的科学革命”与“小写的科学革命”之区分。从鲁索的陈述看，他主要着眼于“小写的科学革命”，即具体的数学方法在自然认识中的应用，而没有正确认识古希腊时期自然哲学的作用。事实上，“希腊的天才人物是富于哲学性的，思路也是明晰的，并且长于逻辑。这一派人物主要是提出哲学问题。他们问：自然的始基是什么呢？……这派人对数学也很感兴趣……他们的头脑里充满了一种酷爱一般原则的热忱。他们要求得到清晰而大胆的观念，并且用严格的推理方法把这些观念加以推演”[[26]](#footnote-26)。

在古希腊时期，自然哲学是最主要的认识自然的方式，它是一种“统摄性原理”(over-arching axiom)，规定了有待使用的知识体系。大卫·福特(D. Ford)就认为，科学理论是由概念、命题、定理、原理、统摄性原理等组成的，统摄性原理是用作原理的基础命题，陈述了理论的宽泛预设(postulate)，并且不能被单一的研究所直接挑战。[[27]](#footnote-27)舒斯特认为：“古希腊人也创造了众多的技术科学(在这里我确实想使用科学一词)。这些技术科学是探究具体自然的狭窄的、技术性的、专业的领域，希腊人认为，这些技术科学应当不悖于，且受制于某种包罗万象的、系统化的一般的自然哲学。”[[28]](#footnote-28)“希腊人把自然哲学设想为提供了一种包罗万象的、系统的理论的哲学，狭窄的具体科学就在这种理论中得以探索。”[[29]](#footnote-29)

如对于天文学研究，古希腊人就是在毕达哥拉斯主义的宇宙和谐、柏拉图的数学天文学以及亚里士多德的世界的等级制的自然哲学观念下展开的；对于物理学研究，与天文学研究有所不同，古希腊人是在亚里士多德自然内在目的论的框架内进行的。相较于那一时期的具体的自然科学认识，总体性的、普遍性的、抽象性的自然哲学占据主导地位，由它统摄性地规定着具体的自然科学研究。在那时，天文学、物理学等具体的自然科学，并没有从自然哲学中独立出来，各门具体的自然科学如光学、静力学、声学、解剖学等并没有充分发展，自然哲学作为研究天上的世界和地上世界的本质的权威和制度化了的框架而存在。在这种思辨哲学仍然统摄科学研究的情况下，何来所谓希腊化时期“精确科学”革命？

(四)古希腊自然哲学之科学革命发生的原因

根据上面的论述，古希腊自然哲学是一次科学革命，而且是一次“大写的科学革命”。既然如此，这次科学革命为什么会发生呢？为什么会在古希腊发生呢？亨利(John Henry)和鲁索从不同的视角和方面，对这些问题作了回答。

亨利虽然没有提出古希腊自然哲学科学革命论，但是他从地理环境和社会制度方面，解释了为何古希腊人会出现一种用少数几种本原或原则来解释变化的世界，而不继续使用喜怒无常的神来解释。他认为，古希腊文明不像其他的早期文明如埃及、巴比伦、波斯，后者是由强大的君主统治臣民。古希腊是由一种经常不稳定的独立城邦如雅典、斯巴达、科林斯(Corinth)等组成的。即使在希腊大陆，城市的发展也局限在狭窄的谷底，被山区地形与其他城市隔开。其他的城市坐落在希腊群岛的小岛上，或者在现在的土耳其海岸，或者在意大利海岸，甚至是北非。这种水系发达的状况，导致内地城市之间的旅行也不得不走海路，也形成这些城市的管理方式和政治形式。他们形成的群体是小的，所发生的政治冲突是面对面的，冲突解决的方式是相对自主的，以至于从公元前6世纪，就开始建立自己的民主形式的治理，以取代早些时候的寡头政治或专制。这样做的一个结果是，希腊所有城市的人民都具有政治知识、批判精神，并习惯于以前所未有的程度参与政府决策和治理。这种民主的强调，形成了一个重要的具有独立思想的居民群体，也意味着形成了一个更加平等的社会(至少在那些被允许参加民主进程的公民中是这样)。[[30]](#footnote-30)

不仅如此，亨利还认为，上述对民主的强调还带来了社会组织的复杂性，由此需要复杂的立法来管理。法律作为一种具有其自身特点的抽象且真实的实体概念，逐渐得到了人们的承认。“法律并不仅仅被看作是一个转瞬即逝的暴君的武断的想法，而是被看作是社会本质的自然伴生物——法律是社会本质固有的。人们认为，没有法律，社会就无法运作，也就无法建立自身。”[[31]](#footnote-31)

可以说，“古希腊社会和政治结构为哲学家提供了重要的生态位，这是任何社会都不曾有过的”[[32]](#footnote-32)。古希腊上述审视社会运作方式的批判性方式，以及法律在维持这些功能中的作用，被带入了对自然的研究中。古希腊自然哲学家就认为，宇宙系统本身不是一个毫不相关的事物的集合，而是像一个管理良好的有秩序的城市，按照自然法则(natural law)运作，自然法则统治一切，自然法则为宇宙所固有。

当然，如果认为每个古希腊人都清楚地看到了这一点，并本能地认为自然是由自然法则统治的宇宙，那显然是不合理的。但是，可以肯定的是，古希腊自然哲学家大多是这样想的，而且，希腊各地都建立了学校，以便更广泛地向人民灌输这些思想。

鲁索所提出的“精确科学”革命论虽然不是“大写的科学革命”，但是他从另外一个角度对“精确科学”革命何以在希腊化时代发生进行了分析。这一分析也可用于回答“作为‘大写的科学革命’的古希腊自然哲学为什么会在古希腊发生”这一问题。他认为：虽然希腊人的文化取得了诸多成就，但从技术角度看，古典时代的希腊人仍然落后于埃及人和美索不达米亚人。造成这种情况的主要原因在于古希腊、古埃及和美索不达米亚这三种古老文化背景下的技术发展都是通过经验知识的逐渐积累和传播进行的，而后两种文明更古老，要比古希腊文化早出千年，这必然会给这两种更古老的文明带来技术优势。当希腊人迁移到亚历山大征服的新王国之后，他们必须管理和控制那些他们不熟悉的，而且是更为先进的经济和技术，为此，他们必须发挥前几个世纪由希腊文化传统发展起来的复杂的理性分析方法的作用，这是他们的优势，也使得他们能够创造出大量的“精确科学”成果。[[33]](#footnote-33)

鲁索的上述观点还是比较恰当的，既看到了古希腊自然哲学自身的特征以及演化的趋势，也看到了社会文化环境的变化对古希腊自然哲学发展和演化的影响，它们一道导致希腊化时期所谓“精确科学”的产生。

对于古希腊自然哲学，无论笔者的“大写的科学革命”论，还是施拉格尔的“经验的-理性的”科学革命论，抑或鲁索的“精确科学”革命论，都承认古希腊自然哲学确实是一次“科学革命”。既然如此，为什么这样的科学革命在古希腊之后没有延续下去并且充分显现，使后人不能充分享受其恩惠并意识到其存在呢？这与古希腊自然哲学在公元前2世纪的突然衰落有关。可以说正是这一衰落，使得近代科学革命不可能在古希腊发生。

二、古希腊自然哲学的衰落与科学革命的中断

(一)古希腊自然哲学在公元前2世纪突然衰落的原因

“古希腊自然哲学在公元前2世纪突然衰落”这一观念，已经成为科学史学者的共识。H. 弗洛里斯·科恩认为，在公元前150年左右，整个自然哲学和自然认识中的数学开创性工作几乎已经过去，尽管在其他文化领域还很繁荣甚至即将繁荣，但是，希腊自然认识的黄金时代于公元前2世纪突然结束了。至于之后托勒密等个别人物所做出的巨大成就，是一种补燃效应(nachbrenneffekt)。[[34]](#footnote-34)

劳埃德(G. E. R. Lloyd)认为，在公元200年以后，古希腊自然哲学就衰落了，丧失了从事新的研究的原创精力，而把大量的时间和精力用在保存此前所获得的科学成果上。当然，在这样说时，3世纪的丢番图(Diophantus)、5世纪的普罗克洛斯(Proklos)和6世纪的菲洛波诺斯(Philoponus)等人要除外。至于其原因，劳埃德认为古希腊所涉及的自然哲学家(科学家)太少了。除此之外，他认为，核心的欠缺在于：发展科学是为了纯粹的知识而不是为了实际的应用，如此，就没有通过应用科学生产物质财富来证明科学认识自然的合理性，从而也使得科学或科学家本身在古代思想或古代社会中没有一个得到承认的位置。[[35]](#footnote-35)

本-戴维(Joseph Ben-David)对最后一个问题进行了专门研究。他认为，科学繁荣和衰落的这种间歇性模式的根本原因在于，传统社会中缺少一种由科学家来实现的独立的社会角色。[[36]](#footnote-36)为什么这么说呢？本-戴维是这样论证的：科学要想繁荣，科学家就要获得独立的社会角色；科学家要想获得独立的社会角色，就要使其关于自然的认识富有价值并且得到社会认可；在传统社会中，要想获得社会认可，东方文明中的一般模式是，只要在某个地方发展出对自然的研究，那么这种活动要么服务于被认为有益的实际追求，要么仍然被包裹在更全面的思想体系中，该体系旨在查明“人在宇宙中的位置，人的命运是什么，人应当如何行事才能达到完美状态”。[[37]](#footnote-37)

以此对照古希腊思想史(古希腊自然哲学)，第一阶段是前苏格拉底阶段，它符合传统模式，尽管与其他传统社会中常见的其他类型的哲学相比，它更加注重数学和自然；第二阶段的标志是波斯战争所导致的不确定状态，现在希腊人需要一种哲学，它虽然基于对宇宙结构的洞察，但可以指向正确和正义的生活方式，柏拉图学派和亚里士多德学派是其典型代表；第三阶段是一个独特的阶段，出现了诸如阿里斯塔克、埃拉托色尼、希帕克斯、欧几里得、阿基米德和阿波罗尼奥斯那样善于思考的人，他们的工作可以被视为专业化的专门科学。

考察这第三阶段科学家的活动，他们正在摆脱亚里士多德的哲学框架，而独立开展科学活动。这是好事还是坏事呢？本-戴维认为这是坏事：“这种发展也许看起来像是科学家角色的开端，它具有社会认可的目的和自己的尊严，但事实上，这种发展却是失败的标志。新分化出来的角色被赋予的尊严从来也不能与道德哲学家相比。从哲学中独立出来使科学家的地位非升反降。在柏拉图和亚里士多德试图重建希腊社会的道德宗教基础和希腊思想的理智基础期间，科学被拖入了社会思想关切的中心。……但是从公元前3世纪开始，主要是在亚历山大城有少数几位天文学家、数学家、博物学家和地理学家完全脱离了任何一般的思想运动或教育运动。……[因此]专门科学失去了道德意义。”[[38]](#footnote-38)

“专门科学失去了道德意义”为什么说是坏事呢？本-戴维认为，这种道德意义的失去，对于科学家以及科学来说是致命的。它虽然能够使得古希腊自然哲学获得独立性，“但是，新的自主性并没有赋予科学家更大的尊严。恰恰相反，它使科学家的关切明显边缘化。结果，从公元前2世纪开始，科学家的角色再没有任何进一步的发展，科学活动也衰落了”[[39]](#footnote-39)。

本-戴维的上述观点有一定合理性，但是也不尽然。本-戴维所称的第三阶段的科学——专业化的专门科学，与古希腊自然哲学相比，是少了一些道德成分，但是，也不能就说这样的一些科学从哲学中独立了出来。事实上，此时的科学仍然具有深厚的古希腊自然哲学的特征。如对于那时的光学，肯定不是我们今天的光学，它虽然也有几何光学的成分，但是其也含有许多哲学和认知心理学等的思想成分，而且介质在其中发挥着巨大的作用。再如阿基米德的平衡，也不是像我们今天这样的具体的物理性的平衡，它含有更多的理性成分，是高度数学化的、抽象的，哲学在其中发挥着重要作用。因此，本-戴维借口科学的独立而宣称科学家角色的变化并导致科学的衰落的论证，也是没有多少道理的。

H. 弗洛里斯·科恩对这一问题也进行了研究。他认为，无数手稿已经在古代亡佚，大多数时候我们只能见到古代著作的少数残篇；斯多亚学派的自然哲学几乎完全亡佚，亚里士多德和原子论者越来越退居幕后。这必然导致古希腊自然哲学的衰落。[[40]](#footnote-40)

至于这一衰落发生的原因，H. 弗洛里斯·科恩的观点是：导致其他文明衰落的两大因素——大规模的毁灭性入侵和宗教冲突，并没有发挥作用；中世纪晚期那样的科学与宗教的冲突似乎也不存在，因为在基督教出现以前，人们不会认为古希腊自然哲学有什么亵渎圣灵的地方；当时自然哲学的衰落可能更多地是在内容方面——对于“雅典的”自然认识方式，怀疑论学派通过“悬置一切判断”，使得整个希腊思想的历险仿佛已经结束了，而且，即使不考虑这一点，依据“雅典的”自然认识方式，也很难想象继续向前迈进，因为适合应用的第一原理的储备似乎已经用尽；对于“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)自然认识方式，情况有所不同，直到17世纪，数学自然认识的兴衰成败都取决于是否能够得到君主的支持，可能出现的情况是在公元前150年左右，这种支持中断了。在过了3个世纪之后的罗马统治时期，这种支持又重新出现，这可以从托勒密的出现以及他的“地心说”创立获得支持。[[41]](#footnote-41)

在这样的情况下，H. 弗洛里斯·科恩认为，创造力之流枯竭了。“在自然哲学中，令人振奋的新真理之间原本富有成果的竞争，退化成了对某一学派固有看法的无何止反刍和一套套的陈腐说辞。不仅如此，已知的思想还被重新整理，并且为了教学为的目的而被简化。”[[42]](#footnote-42)H. 弗洛里斯·科恩进一步指出，在那时，也在对自然哲学中的四个学派努力调和，只是在此过程中，最多会有一些深思熟虑的变种被设计出来，比如普罗提诺对柏拉图学说的进一步精神化，或者普罗克洛斯以柏拉图的精神来反思欧几里得几何学的基础。此外，还出现了针对各个雅典学派学说所写的解释性的、甚至是批判性的评注。但是，所有这一切都无法阻止“自然哲学”在整个哲学中的比重持续下降。[[43]](#footnote-43)

应该说，H. 弗洛里斯·科恩的上述观点还是值得商榷的。他的“战争所导致的文明的衰落以及科学与宗教的冲突，对古希腊自然哲学的衰落没有影响”的观点，太绝对了；他的“古希腊自然哲学的‘雅典的’自然认识方式的发展演化特征，以及统治阶层对古希腊自然哲学的支持的匮乏，对古希腊自然哲学的衰落有重要影响”的观点，有一定道理。

卢西奥·鲁索的观点与H. 弗洛里斯·科恩有所不同。他认为，在希腊化时期科学革命发生后的公元前2世纪，科学就陷入危机并且衰落了，其主要原因在于以下三方面：第一，那一时期恢复对古代知识的研究时，不但没有产生任何意义上的新的科学理论，甚至还拒绝了科学方法本身[[44]](#footnote-44)；第二，更为严重地阻碍科学活动的可能是罗马和希腊国家的战争，最为著名的就是公元前212年对锡拉库扎的掠夺和对阿基米德的屠杀，在这一次战争中，大量书籍和艺术品被掠夺，大量文集作品被销毁，希腊人被作为奴隶驱逐出境；第三，图书馆的消亡加快了希腊化文化和科学的衰落。[[45]](#footnote-45)应该说，他的这种探讨还是有一定道理的。

总之，由于种种原因，古希腊自然哲学在公元前2世纪衰落了，这种衰落随之也导致古希腊自然哲学所代表的那样的“大写的科学革命”中断了，没有持续下去。试想，如果这样的情况没有发生，那么古希腊自然哲学之科学革命的状况如何呢？

(**二**)假如古希腊自然哲学之科学革命没有中断会怎样

1. “哲学式科学”导致这样的科学革命处于长期停滞状态

分析古希腊自然哲学，无论是泰勒斯学派，还是毕达哥拉斯学派，或者是元素论者和原子论者，都是通过世界的本原来认识自然，虽然到了柏拉图学派以及亚里士多德学派那里，情况有所不同，但是，他们都有一个共同点，就是通过一种关于自然的哲学观念来说明世界的起源、事物的变化以及解释所观察到的各种各样的现象。这样的认识方式虽然是通过自然来认识自然，但是，是通过自然的哲学观念——大前提来认识自然的，只要大前提正确，那么由大前提所推演出来的结果也应该正确，而如果这一推演能够说明世界的起源、事物的变化以及解释所观察到的现象，那么，这样的大前提的正确性也就得到了保证。可以说，古希腊自然哲学就达到了这样的状态。

如对于亚里士多德，被称为古希腊百科全书学者，其研究领域涉及天文学、物理学、生物学、逻辑学等，但统领其中的仍然是他的“自然的内在目的论”，由此使得他不仅能够提出并且解释世界的等级图景，而且还能够解释一系列的具体的物理的和生物的现象。亚里士多德自然哲学知识体系与被说明和解释的世界之间构成了个自洽的系统，从而表明亚里士多德自然哲学的正确。

将上述论证用于其他的古希腊自然哲学体系，也可以得到相类似的结论。如果不用今天的科学知识来对古希腊自然哲学体系反思批判，而仅就他们的这种自然哲学体系自身而言，是能够解释当时所观察到的经验现象的，因此，也是正确的。

有人会说，随着人类的发展，人类所观察到的现象将会越来越多，这更多的现象当中将会产生与古希腊自然哲学体系不一致的结论，从而使得古希腊自然哲学受到挑战乃至证伪。事实上，对于古希腊自然哲学体系，尤其是柏拉图自然哲学体系和亚里士多德自然哲学体系，在一个相当长的时间内，还真没有遇到过这种挑战。

对于柏拉图，他倡导“理念论”，对于天上的世界，遵循“数学的真理”高于“经验的观察”，天文学成了“数学天文学”；对于地上的世界，提出不完美的“经验”世界通过理想的“理念世界”复制，“理念世界”优于“经验世界”。对于天上的世界，随着天文观察资料的增多，会出现越来越多的与原先的“数学天文学”——“地心说”不一致的观察，但是通过对天文学数学体系的调整，仍然能够保持“地心说”大前提的成立。

对于亚里士多德，他遵循的是“自然内在目的论”，即事物是通过内在目的产生并且解释的。这样，亚里士多德的物理学就成了定性的物理学，有关定量的经验和人工的经验也就几乎不存在，经验现象归结为定性的观察经验，对观察经验的认识也就成了哲学式的认识，亚里士多德的物理学就成为“哲学物理学”。在他看来，数学方法不能揭示事物的本质，因此也就不需要通过数学方法来认识事物；而且，由于实验是在对事物干涉的基础上认识事物的，因此，在亚里士多德那里，也就不可能提出实验方法。

不运用数学方法和实验方法来认识事物，导致的结果是不会获得事物的定量观察现象以及实验人工现象，而只能得到定性的自然发生的观察现象。如此，所得到的观察现象就大大减少了。更何况，对于近代科学诞生之前或者农业社会，每个个人在他的一生中所观察到的现象是不断增加的，但是，就人类而言，所观察到的现象与他的前辈相比，并没有增加多少。结果是，在所观察到的自然现象中，并没有遇到多少与亚里士多德自然哲学相悖的案例。

这样一来，古希腊自然哲学就在很长的时间内没有受到怀疑，被当作真理的知识体系，而被人们视作理所当然；古希腊自然哲学能够运用其所构想出来的基本原理来解释所观察到的各种各样的现象，从而形成一种普遍解释的状况。如根据亚里士多德的重的元素“土”具有回归地球的本质以及轻的元素“气”具有远离地球的本质等等，就可以普遍地解释地球上的“重的物体先落地、轻的物体后落地”之普遍现象。

概括古希腊自然哲学，它可以在不发现新的自然现象的基础上，“真理性地”解释自然界的普遍现象。凡是与古希腊自然哲学相一致的，就是正确的；凡是与之不一致的，就是错误的，是需要调整的。由此，古希腊自然哲学成为裁决自然现象真理的标准，成为统领观察事实的普遍性的原理，成为一个内在的、自洽的、故步自封的存在。如果这样的古希腊自然哲学延续下去，即作为“大写的科学革命”的古希腊自然哲学延续下去，科学革命也会处于停滞状态。关于这一点，国外学者关于古希腊自然哲学的相关认识特征分析，给我们以启发。

休厄尔(W. Whewell)认为，古希腊哲学家们“在其哲学中引入任何抽象的一般概念，就仅仅凭借内在的心灵之光对它们进行细察，而不再向外打量感觉世界。……他们本应通过观察来改造和确定通常的概念，却只是通过反思来分析和扩展概念；他们本应通过反复试验在出现于心灵的概念中找出能够精确运用于事实的概念，却武断从而错误地选取了对事实进行组织和安排的概念；他们本应通过思想的归纳行为从自然界中收集清晰的基本概念，却只是由他们所熟悉的某个概念通过演绎导出结果”[[46]](#footnote-46)。

这就是说，希腊人满足于用没有得到充分说明的抽象的概念解释现象，不能将概念与事实结合起来弄清楚所有相关的事实。古希腊自然哲学用理性代替感性，用理论代替实验，用先验代替经验，用演绎推理代替经验归纳，从而使得古希腊自然哲学成了终极真理，对自然的新的现象和新的解释的探索也不再需要，古希腊自然哲学关于自然的认识停滞了。对此，休厄尔评论道：“我们只能将其视为发现事物原因的努力的彻底失败，其最终结果就是亚里士多德的自然学论著；在到达了这些论著所标示的地点之后，人类心灵在所有这些主题上停滞了至少近两千年。”[[47]](#footnote-47)

戴克斯特霍伊斯(又译作“戴克斯特豪斯”：Eduard Jan Dijksterhuis，1892—1965)与霍伊卡(R. Hooykaas)持有与休厄尔类似的观点。戴克斯特霍伊斯认为：“一般希腊思想家都低估了研究自然的困难。无论是否对自然持经验态度，他们无一例外地高估了不加约束的思辨在自然科学中的力量；他们丝毫不知道那种往往迷失在琐碎细节中的艰苦费力的工作，而做不到这一点，就不可能获得对自然的任何理解。”[[48]](#footnote-48)霍伊卡指出，古希腊自然哲学有一个缺陷，就是理性高于经验，从而导致理性的思想体系成为自然认识的桎梏：自然必须如此这般，否则就会违背人们对于理性事物的看法。这种对待古希腊自然哲学和自然的态度，使得古希腊自然哲学停滞不前。[[49]](#footnote-49)

在这种情况下，即使“大写的科学革命”的古希腊自然哲学发生了，但是，这样的科学革命鉴于其认识特征，也只会处于长期的停滞状态。

2. 有可能发生在某些方面类似于近代科学革命那样的科学革命

考察古希腊自然哲学，主要就是通过世界的本原来认识世界。这样的本原有两个，一个是“元素”和“原子”等实体性的存在，另外一个就是数以及数与数之间量的关系。

对于古希腊自然哲学之世界本原“元素”和“原子”，前者体现于“元素论”，后者体现于“原子论”。“元素论者”是依照万物有灵论，通过“元素论”中的典型元素“水”“火”“土”“气”来说明世界的形成并解释这个世界的，照此延续下去，物理学的数学化以及实验方法就没有必要产生也不可能产生，类似于近代科学革命那样的科学革命也是不可能由古希腊自然哲学的演化而发生的。

关于这点，霍伊卡指出，古希腊自然哲学反映了一种有机论的世界观，而近代早期的实验却要求一种机械论的(“类似于机器”意义上的)世界观。[[50]](#footnote-50)桑博尔斯基(Samuel Sambursky)认为，古希腊自然哲学家们持有有机论的自然观，对有生命的宇宙存在着某种神秘依附，从而不能实现地界物理学的数学化和实验化，不能进入机械论的视角，将自然物和人工物结合起来。[[51]](#footnote-51)

根据上述两位学者的观点，实验和数学方法不可能应用于地上世界的认识，因为古希腊自然哲学和自然哲学家们持有的是有机论的自然观。

上述两位学者的观点失之偏颇。事实上，古希腊自然哲学(自然哲学家)除了持有有机论自然观外，还持有机械论自然观。这方面典型的代表是“原子论者”。如此，他们是按照机械的方式来看待自然的，照此延续下去，是有可能诞生实验方法和数学方法在物理学等学科中的应用，引致类似于近代科学革命那样的科学革命的。

需要说明的是，考察古希腊自然哲学家，他们习惯于通过有机自然观来考察世界，而且还习惯于通过价值对立来考察世界，如柏拉图理想的理念世界与非理想的经验世界，亚里士多德的完美的天上世界与不完美的地上世界，都表明了这一点。就此，审美的、价值论的和目的论的观念，在古希腊自然哲学中占据重要地位；由于原子论的自然观中没有审美的、价值论的和目的论的概念，因此，原子论在古代并没有多少追随者。戴克斯特霍伊斯就说：“任何以柏拉图主义、亚里士多德主义、斯多亚主义或新柏拉图主义的方式思想的人，必定因其世界观的本质本能地对它退避三舍，出于审美和伦理动机对它心生厌恶。原子论在解释自然现象方面所取得的成就尚不足以使学者们因为理论中明显的真理要素而克服这种厌恶。”[[52]](#footnote-52)因此，在古希腊，是不可能发生由“原子论”而引致近代科学革命的事情的，这样的事情的发生只能是在其之后较久。

至于通过数学的本原和方法来认识世界，要分为两个层面，一个是天上的世界，被古希腊自然哲学家当成理想的世界，由此，“数学天文学”成为认识的形式；另外一个是地上的世界，被古希腊自然哲学家当成不完美的世界，数学方法不能在其中应用。不过，参照近代早期伽利略“数学的物理学”或“物理学的数学化”，数学还是可以而且能够应用于不完美的物理世界之中的，而且这样的应用还可以产生理想化的实验。照此，由古希腊自然哲学的延续，也是可以发生物理学领域的数学革命的。

当然，需要说明的是，这样由古希腊自然哲学所引致的科学革命，事实上也是作为“大写的科学革命”的古希腊自然哲学的进一步的革命，即发挥“原子论”的优势，悬置或者摒弃其万有有灵论(有机论)自然观的一面，突出并且发展其机械自然观的一面，在理想化物理对象的基础上，应用数学方法和实验方法来认识世界，走向实证。它并不是一蹴而就的，而是经过很长时间的，在古希腊不可能发生的。近代科学革命的发生表明，它是在一千多年以后才发生的。

(**三**)近代科学革命为什么没有在古希腊发生

1. 古希腊自然哲学自身的欠缺

对于古希腊自然哲学，休厄尔以希罗多德对尼罗河季节性泛滥的解释为例，表明希腊人一般会满足于用非常抽象的概念来解释，即便这些概念没有得到充分说明，以致根本不可能将相关事实结合起来。[[53]](#footnote-53)霍伊卡提出，希腊自然哲学家们认为他们的理性高于自然事实，最终使得希腊科学停滞不前，另外，希腊科学反映的是一种有机论的世界观，而近代早期的实验却要求一种机械论的世界观[[54]](#footnote-54)。

上述观点都有一定道理，但并不准确。理由是，上述观点都是将古希腊自然哲学与近代科学相比较，从“近代科学所有而古希腊自然哲学所没有”的角度，来论证近代科学革命为什么没有在古希腊发生。事实上，近代科学革命虽然从思想上来源于古希腊自然哲学，但是，它也是对古希腊自然哲学的一次革命，即从“雅典的”到“雅典加的”，从“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)到“亚历山大里亚加的”，从“观察的”到“发现型实验的”。既然近代科学是一次革命，那么它就与古希腊自然哲学有根本性的不同，问“近代科学革命为什么没有在古希腊发生”就没有道理，应该问的是“古希腊自然哲学的‘科学革命’有什么样的特征”，以及“具有这种特征的古希腊自然哲学的‘科学革命’为什么没有延续下去”。

古希腊自然哲学具有什么样的特征呢？前文已述，古希腊自然哲学具有丰富的科学思想成分，成为近代科学革命思想的源流，这是它的一个特征。但是，受到历史阶段的限制，同时也受到当时占据主导地位的神话宗教自然观以及万物有灵论自然观的影响，从而使其含有很多的非近代科学甚至是反近代科学的思想成分。

米利都学派虽然试图用自然的因素来解释自然，但是，他们持有有机论的自然观，认为万物是活的，有精神和灵魂，通过本原物质如“水”“无限”“气”等生成出来。

毕达哥拉斯学派虽然提出了数是万物的本源，但是，他们对“数”是充满崇拜的，并将此神秘化。不仅如此，毕达哥拉斯学派还将这种数的神秘主义扩展至万事万物，使之真正成为万事万物的本原，如此，毕达哥拉斯学派具有强烈的神秘主义色彩。

元素论者恩培多克勒虽然提出了“四根说”，但是，他用了人格化的力量来解释四根的运动，认为水、土、火、气这四种元素在“爱”和“恨”两种原始力量的推动下结合或分离，造成世上万物的生灭和变化。在完美无瑕的“爱”中，它们形成一个同质性的整体；在“爱”“恨”同时存在时，四种元素彼此斗争，以一定比例混合，形成具体的事物；在“恨”的作用下，四根分离，从而使得万物消散。

阿那克萨戈拉提出“种子”说，并用 “努斯”说明种子的结合和分离。如此，他就陷入“外因论”，他的“努斯”一词被后来的苏格拉底、柏拉图，一直到黑格尔说成是精神的实体，使“努斯”变成了唯心主义的术语。

原子论者德谟克利特虽然将留基伯的原子论扩展为唯物论的系统，但是，在认识论上，他就走向了唯心论，认为知觉是由人的灵魂(微小的火原子)被外在物体流射出的微小图像撞击而形成。

柏拉图学派虽然由理念论提出了数学天文学的思想内涵，对于从事宇宙学和自然科学研究是重要的，作为其后天文学家研究解释天文现象的自然观基础，对天文学家起着指导作用，促进了天文学的发展，但是，他们主张“神在创造世界时已将数学规律放入其中，并从而使世界呈现和谐的状态，自然哲学家的任务就是要找出这样的数学规律，展现世界的和谐，并从中认识神的伟大”，带有浓厚的神学色彩。不仅如此，我国有学者通过对讲述“善”的宇宙论的《蒂迈欧》篇中数学与“善”的解读，发现虽然《蒂迈欧》中的数学不像在《理想国》中那样，能够促进灵魂从影像世界转向实在世界，具有理论和沉思的性质，但绝不能据此就说，数学仅是构造世界和灵魂的工具，其本身就是一种善，并且是善自身和宇宙善的构成部分，也是可见宇宙的善的构成部分。[[55]](#footnote-55)“而神做几何的方式，与他实现善、一与尺度的方式相同。”[[56]](#footnote-56)这种将数学与“善”等人文概念联系起来的做法，体现了目的论的数学宇宙观，是不符合近代科学思想的。后面章节的分析表明，伽利略、笛卡尔就是在除去柏拉图目的论的数学宇宙论基础上，才推进了科学的数学化的。

亚里士多德虽然由观察经验方法建立起了各门自然科学体系，但是，在说明物质运动变化的原因时，坚持自然的内在目的论，反对原子论，也反对在物理学中引入数学，认为它们都不能反映事物的本质进而解释事物的运动变化。这对科学的机械自然观的形成以及科学的数学化是很不利的，也使得科学在亚里士多德那里呈现哲学的状态。不仅如此，亚里士多德“潜能实现”的观念，必然带来物质层级的观念，即由最低下的纯粹物质依次上升到最高的纯粹形式，这种最高的纯粹形式，或者纯粹精神，就是“神”。“神”是最初的动力因，它自身不再运动，只推动其他事物运动。不仅如此，他还认为，一切生命物都有灵魂：植物具有“摄取营养的运动”或“灵魂”，动物除了“营养”的灵魂，还具有“感觉”的、移动躯体的灵魂，人类除了这两者，还具有“思维”的灵魂。[[57]](#footnote-57)

如此分析之后，古希腊自然哲学的特征就呈现出来，古希腊自然哲学深蕴在万物有灵论、神学宗教的自然观以及神秘主义中，在具有丰富的近代科学思想成分的同时，也具有一些非近代科学的思想甚至反近代科学思想的成分。古希腊自然哲学“科学革命”应该是这样的“科学革命”：既体现古希腊自然哲学所含有的近代科学思想的成分，也体现其所含有的非近代科学的思想甚至反近代科学思想的成分；即既体现米利都学派“试图用自然的因素来解释自然”，也体现其“‘水’是有生命的，万物从其生成而来”的观念；等等。

进一步的问题是：所发生的具有这种特征的古希腊自然哲学“科学革命”为什么没有延续下去呢？“成也萧何，败也萧何。”由于古希腊自然哲学当中所含有的近代科学思想成分，在古希腊晚期及其之后的社会中不占主导地位，而占主导地位的是其所含有的非近代科学思想成分，因此，古希腊自然哲学中的一些科学思想成分如原子论等受到遏制，从而使得神学自然观和万物有灵论一统天下。在这样的情况下，就可以理解：“当然，也不是所有的古希腊人都信仰自然哲学，只有极少数的希腊精英阶层曾经对自然哲学感兴趣或者‘从事过’自然哲学研究。”[[58]](#footnote-58)在这种情况下，也就可以据此进一步理解古希腊自然哲学“科学革命”为什么没有延续下去了。

2. 古希腊自然哲学的社会应用缺乏

戴克斯特霍伊斯认为，希腊几何学家所颂扬的柏拉图主义的纯洁性阻碍了对应用数学的寻求和变量处理，科学与技术之间缺乏富有成效的互动，希腊思想家一般性地低估了研究自然的困难。同时，他确信，无论怎样列举这些要素都无法穷尽所有可能的原因[[59]](#footnote-59)。

本杰明·法灵顿(Benjamin Farrington)指出，仅就内容和方法而言，公元前2世纪以来的希腊科学为科学革命做好了准备，但是，由于缺乏实际应用和与当时的技术富有成效的互动，奴隶制的社会背景注定使古代科学随即陷入停滞。他进一步指出，在古希腊奴隶社会中，所有的劳动都由奴隶完成，自然哲学家们并不劳动，也不关心技术，更不考虑(根本没有考虑到)科学的技术应用，而是热衷于沉思，由此导致理论与实践的断裂，理论的社会功能丧失了，失去了进一步前进的动力。而当希腊科学在16世纪中叶的西欧复兴时，它置身于自由劳动的崭新氛围中，中世纪的技术成就以及一种源于《圣经》的乐观积极的世界观赋予了它生命力。在这样的新环境下，古代科学的“种子”最终“长出了健康的庄稼”。[[60]](#footnote-60)

对于法灵顿的上述观点也要一分为二。不可否认，古希腊自然哲学与技术乃至社会生产实践的脱节，确实使其从物质生产和使用的角度考虑没有社会存在的必要，但是，如果古希腊自然家们一开始不这样做，而是出于应用来建构古希腊自然哲学，所产生出来的如此这般的古希腊自然哲学还能够产生吗？由此作为源流的近代科学革命还能够发生吗？

即使不考虑上面这一点，认同古希腊自然哲学确实与社会生产脱节了，古希腊自然哲学就一定没有社会地位而被边缘化吗？当然不一定。对此问题持肯定态度的人们往往是从物质利益的角度考虑的，如果从非物质利益的角度考虑，即从人类的精神文化价值角度考虑，古希腊自然哲学还是可以有其社会的价值——精神价值——追求智慧以有探索自然奥秘的价值的，从而使其成为社会精神的一部分。但是，从古希腊自然哲学的社会遭遇看，这方面的价值并不为社会所遵从，社会所遵从的价值是人的生存意义及其价值，由此使神学自然观以及人生的意义及其价值成为社会的核心以及人类关注焦点，而关注自然的起源、世界的变化的自然哲学不被社会所重视，不能成为主流之学。

也可以说正是出于这种原因，晚期古希腊自然哲学有了一个转向，既不像古希腊早期自然哲学家如泰勒斯学派、爱利亚学派、原子论者那样，由世界的本原来认识世界，也不像古典希腊自然哲学家如柏拉图和亚里士多德那样，由数学理念和内在目的来认识自然，而是由解决个人的人生问题认识自然。古希腊自然哲学似乎在一定意义上能够解决古希腊自然哲学的社会合法性问题，但是，此时的古希腊自然哲学就已经不是原先的古希腊自然哲学了，它的目的不是去认识自然，而是去理解人生及其人生的意义，照此发展下去的古希腊自然哲学肯定要失去其独立性，成为宗教以及人生哲学的附庸。按照这样发展走去，现在所称的近代科学革命肯定不会以此为源流而发生了。

克拉盖特赞同法灵顿的“希腊科学已经非常先进”观点，但是，他认为，这样的科学并没有将技术扩展成所有科学所不可缺少的资源，从而导致希腊科学不能向前迈进，只能进入平稳状态。“这种平稳状态源于罗马人的统治，基督教的兴起(它可惜好吧许多具有潜在科学头脑的人的注意)以及‘精神力量’的传播。”[[61]](#footnote-61)

根据克拉盖特的观点，近代科学革命之所以没有在古希腊发生，主要原因在于政治和文化氛围发生了变化而导致其呈现平稳状态。不过，考察克拉特的这种观点，还是值得商榷的。一是古希腊自然哲学是否就进入平稳状态，它是否进入到突然的衰落状态；二是作为平稳状态的上述三个方面是否合理，事实上，诉诸超自然原因以及超自然事物来对自然现象进行研究的赫尔墨斯传统，对于近代科学革命的发生，也起着重要的作用。

而且，古希腊自然哲学之所以能够作为“大写的科学革命”以及近代科学革命的源流，一个重要的方面就是它追求智慧，“为了认识而认识”。这是古希腊自然哲学最伟大之处，也使它摆脱功利性的应用束缚，探索自然的奥秘。虽然古希腊自然哲学与技术相脱节，从而与社会应用脱节，被边缘化，不能成为社会的一个重要组成部分，但是，这也保证了它的理性认识的贯彻。这是需要加以说明的。上面的论述表明，古希腊自然哲学在公元前2世纪突然衰落这一问题，是与近代科学革命为什么没有在古希腊发生这一问题紧密相关的。要回答后一问题，就必须从前一问题着手。纵观学者，探讨前一问题的较少，探讨后一问题的较多，而将这两者关联起来进行探讨的就更少了。究其原因在于，生活于现代的人们从自身生活的情势出发，习惯于从现代的视角去关注近代科学革命与古希腊自然哲学的关联，认为这是最重要的问题，而对于“古希腊自然哲学的产生是不是一次科学革命”以及“古希腊自然哲学革命为什么没有继续下去”的问题，则被普遍地忽视了。其实，考察后一方面的问题，也是非常重要的。H. 弗洛里斯·科恩进一步指出，如果古希腊自然哲学像劳埃德和本-戴维所说的那样——“在公元前2世纪突然衰落了”，那么，就不是古希腊自然哲学与近代科学之间“不连续”，而是古希腊自然哲学自身“不连续”。既然古希腊自然哲学衰落了，那么再谈论近代科学为什么没有在古希腊发生，也就没有意义了。由此，H. 弗洛里斯·科恩指出，也许问以下的问题更有意义：“为何衰落恰恰开始于公元前2世纪中叶？它是如何出现的？创造力之流是完全枯竭了，还是在寻找新的河床？”[[62]](#footnote-62)应该说，H. 弗洛里斯·科恩的上述观点有一定道理。正是公元前2世纪古希腊自然哲学的衰落，导致作为“大写的”古希腊自然哲学革命的中断，也正是古希腊自然哲学内在的“本原的-实在的”“数学的-抽象的”哲学认识特征，以及外在的技术应用的缺乏和诸多社会历史文化因素，导致了这种衰落以及使得古希腊自然哲学长期处于停滞状态。就此而言，“大写的”古希腊自然哲学革命不仅中断了，而且在此之后的很长一段时间内处于停滞状态。这种状况也导致以古希腊自然哲学为基础的近代科学革命，不仅不可能在古希腊发生，而且在很长一段时间内也不可能在世界上其他地方发生。当然，只要条件允许，这样的科学革命还是能够在合适的时间和合适的地点发生的。也正因为这样，古希腊自然哲学的保存就非常重要。关于这方面，H. 弗洛里斯·科恩做了详细叙述，认为古希腊自然哲学在经历了二次“翻译浪潮”和三次“文化移植”之后，最终在西方导致近代科学革命的发生。[[63]](#footnote-63)

三、古希腊自然哲学在中世纪的保存与恢复

(一)古希腊自然哲学在中世纪的保存与恢复

由上面的论述可知，古希腊自然哲学之“科学革命”主要发生于古希腊早期和中期，而非古希腊晚期即“希腊化时期”。在这期间，自然哲学没有什么大的成就，最成功的也就是伊壁鸠鲁主义、斯多亚主义、怀疑主义和新柏拉图主义。之后，进入古罗马帝国统治时期，时间跨度从公元前27年到公元476年。在罗马人统治的几个世纪里，自然哲学走向衰落，虽然也出现伊壁鸠鲁者卢克莱修、禁欲主义者塞内加(Lucius Annaeus Seneca，公元前4—公元65)和罗马皇帝奥勒留(Marcus Aurelius，121—180)，以及怀疑论者西塞罗(Marcus Tullius Cicero，公元前106—前43)，而且也出现了一些杰出的工程师、建筑师和其他务实的思想家，但是，从未产生过一位独创性的哲学思想家，人们对自然现象的兴趣被事实的简编或百科全书所满足。这方面典型的有塞内加的写作方式以及老普林尼(Pliny the Elder，23—79)的自然史。

随着古罗马帝国的灭亡，西欧进入中世纪，即所谓的“黑暗时代”。这种“黑暗”可以从多个方面理解，对于自然哲学也可以这样理解。亨利就说：“不可否认，从五世纪到十世纪，自然哲学在基督教世界几乎没有被当作一种学习的方式，几乎不被认为是一种有价值的追求。那些有智力天赋的人要么在当时的社会和政治气候中找不到任何闪耀的机会，要么把他们的智力精力投入到神学，或者也许是法律，或者是政府管理上。尽管少数教会人士做出了令人印象深刻的努力，但古希腊之夜留下的遗产可能已经永远消失了。”[[64]](#footnote-64)既然如此，“近代科学革命”又如何在西方发生呢？这与古希腊自然哲学的伊斯兰文明保存以及中世纪西方世界恢复有关。对于这一问题，H. 弗洛里斯·科恩做了系统研究。他认为，虽然古希腊自然哲学手稿有许多已经散佚，但是，也有一些得到保存并且被“文化移植”，以某种方式恢复，最终在近代作为科学革命的源流引发科学革命。他是依据以下思路进行论证的：

(1)这种自然认识或者能够实质性地继续发展，或者不能。如果不能(各种迹象表明中国的自然认识就是这样)，则它就是一个“辉煌的死胡同”；如果能，则有以下可能性。

(2)这种自然认识或者经历了文化移植过程，或者没有。如果没有经历移植过程(比如中国的自然认识)，那么它将一直自我封闭，永远忠实于自己的原理，其核心不会发生改变。但如果移植过程发生了，则还有以下可能性。

(3)这种自然认识或者被转变为某种(或多或少)完全不同的东西，或者没有。[[65]](#footnote-65)

根据上述思路，H. 弗洛里斯·科恩认为，以中国古代自然哲学为基础的科学革命是不可能在中国发生的，但是，对于古希腊自然哲学，基于其发生了两次“翻译浪潮”和三次“文化移植”，最终导致近代西方科学革命的发生。

这两次翻译浪潮发生于罗马帝国分裂成的西罗马帝国(罗马)和东罗马帝国(君士坦丁堡)：“一次是从希腊文翻译成拉丁文，它始于公元前1世纪，持续到公元6世纪。由此产生了一种彻底的重新编排和简化，它与其说是直译，不如说是拉丁文的意译。另一次是从4世纪到6世纪，被从君士坦丁堡驱逐到波斯的基督徒把希腊文译成了叙利亚文、波斯文或者这两种语言。由此产生了一些准确得多的翻译，它们仍然保留着雅典或亚历山大文本原初的‘认识结构’。我们将会看到，这两次翻译浪潮在古代文明灭亡之后将会成为一个发展的起点，其顶峰是伊斯兰文明中自然认识的黄金时代。”[[66]](#footnote-66)

这两次翻译浪潮的发生，保留了古希腊自然哲学思想，促进了古希腊哲学思想的传播。

对于三次“文化移植”，H. 弗洛里斯·科恩也给予了详细叙述。[[67]](#footnote-67)

第一次“文化移植”是由曼苏尔(哈里发，公元760年左右掌权)发动的。出于获得可靠的占星术建议，也为了获得建立在征服基础上的统治的合法性[[68]](#footnote-68)，他下令收集整个穆斯林帝国的古希腊文本手稿，将其带回新建的都城巴格达译成阿拉伯语。他还向君士坦丁堡派遣公使，让他们把希腊原始文本带回家。在这样翻译时，大多数著作不得不从叙利亚语或波斯语译出。大约在10世纪初，大多数希腊自然认识内容均已被翻译成阿拉伯语。

这次文化移植持续到11世纪上半叶，尤其是伊本·西纳(阿维森纳，Avicenna，980—1037)、比鲁尼(Al-Biruni，973—1048)和伊本·海塞姆达到最高点。之后，便像前希腊那样，出现急剧衰落。衰落的主要原因是，从大约1050年到1300年，游牧民族或半游牧民族从伊斯兰世界北部、南部和东部的草原和沙漠大举入侵，使得伊斯兰文明遭受重创。这些入侵者有许多，先是柏柏尔人、蒙古人、巴努希拉尔人、塞尔柱突厥人，然后是欧洲人的十字军东征。衰落的结果是，在伊斯兰世界，整个知识被划分为“阿拉伯知识”和“外国知识”，从“阿拉伯知识”角度来看，“外国知识”被看作是无用的，研究希腊哲学甚至被认为是亵渎神明，由此导致接下来的几个世纪里几乎没有人从事自然认识。[[69]](#footnote-69)

然而，在伊斯兰文明这种“文化移植”衰落过程中，也存在着几个个人的偶然的“补燃效应”，呈现出区域性复兴的特征。一个地区是旭烈兀的都城马拉盖(Maragheh)——蒙古人统治下的波斯，代表人物是纳西尔丁-图西(Nasir al-Din al-Tusi，1201—1274)，以及海亚姆(Omar Khayyam，1048？—1122)。第二个地区位于奥斯曼土耳其帝国统治下的东地中海地区，代表人物比鲁尼，他会在合适的地方用自然哲学思想来支持数学论证，其中有一种立场关联到以下观念：没有什么可观察的现象表明地球不可能绕轴自转，如果是这样，在转动的地球上，一切事物都与在静止不动的地球上没有区别，而且这一点不能被任何自然哲学所反驳，那么从地球自转出发，在某种程度上就可以构建新的行星模型。第三个地区是柏柏尔人统治下的安达卢西亚，有两个相继的柏柏尔王朝有兴趣推动自然认识。他们在哲学，尤其是亚里士多德的哲学中寻找自己统治的合法性，由此引起阿维罗伊(也称伊本·拉西德，Averroes，1126—1198)对亚里士多德著作进行评注。而且，柏柏尔君主渐渐重新征服了基督教的西班牙，为第二次“文化移植”创造了条件。

第二次“文化移植”开始于西班牙的托莱多(位于今天的马德里附近)，起始于12世纪。其先驱者是一位来自意大利克雷莫纳的巡游学者，名叫杰拉德(Gerard of Cremona，约1114—1187)。他一直在寻找托勒密的《天文学大成》，但欧洲的少数几个图书馆中都没有。他于1145年左右来到托莱多，开始翻译《天文学大成》，并且在那里度过了余生。在大约半个世纪的时间里，他和他的合作者共同把大约70部希腊著作从阿拉伯语译成了拉丁语。入选著作主要是自然哲学和数学的文本，涉及亚里士多德、托勒密、欧几里得等学者，重点是亚里士多德的著作及其大量评注。

事实上，克雷莫纳的杰拉德等人在托莱多所作的翻译工作对欧洲的发展产生了深远影响。当其他雅典学派的著作在托莱多被大量翻译出来之前，欧洲所拥有的少量知识被人遗忘，亚里士多德几乎获得垄断地位。虽然此时克雷莫纳的杰拉德也把亚历山大的核心文献如托勒密的《天文学大成》和欧几里得的《几何原本》，从阿拉伯文翻译为拉丁文，但是，典型的数学证明变成了亚里士多德学说所特有的论证形式，“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)被融入亚里士多德主义的思维方式之中。

更为重要的是，在13世纪上半叶，多明我会(Dominican)修士大阿尔伯特(Albertus Magnus)和他的学生阿奎那(Thomas Aquinas)，被翻译出来的亚里士多德著作中关于各种现象之间关系的新见解所吸引，进而做了大量工作，把亚里士多德的学说和基督教的教义紧密联系在一起，从而使亚里士多德的学说成为那一时代的真理以及接受学术教育的人的必修科目。在这一过程中，让·布里丹、“牛津计算者”、奥雷姆(又称“奥里斯梅”，Nicole Oresme，1323—1382)等做出了变革和创新。让·布里丹(Jean Buridan )提出了“冲力学说”；“牛津计算者”一反亚里士多德的“事物的性质不可能还原为定量的东西”，认为可以赋予某种属性以时强时弱的强度，并作出相应的数学计算；奥雷姆接受“牛津计算者”的思想，提出了地球周日自转的设想。

但是，这一次“文化移植”的黄金时代随着1382年奥雷姆的去世突然结束。而且，这次的结束更加彻底，没有出现前文所述的“补燃效应”。

第三次“文化移植”发生于1453年。此时，奥斯曼土耳其帝国的统治者苏丹穆罕默德二世(土耳其语：Fatih Sultan Mehmet，1432—1481)征服君士坦丁堡，并将此定为都城，重新命名为伊斯坦布尔。这位统治者本身对古希腊文本不感兴趣，但是，出生在君士坦丁堡的神父贝萨里翁(Basilios Bessarion，1403—1472)却竭力推动这一翻译事业。他皈依了罗马天主教会，在意大利甚至被任命为红衣主教。主要是由于他的努力，意大利的古希腊文本才成为希腊自然认识的第三次也是最后一次移植的起点。这次是由希腊原文直接翻译的，由此也就让人们直接见识1500年前古希腊自然哲学家们的思想，而且还可以避免由叙利亚语、波斯语或阿拉伯语转译可能导致的错误。到了 1600年左右，欧洲学者几乎可以看到所有没有亡佚的希腊自然认识的权威文本。

(二)古希腊自然哲学的恢复：第三次“文化移植”的成功

这是文艺复兴时期的欧洲，也是一个特殊的历史发展时期。在这一时期，五个雅典学派和“亚历山大的”(“亚历山大里亚的”)的自然认识形式被全面恢复，完成这一工作的是那些被称为“人文主义者”的人。他们的目的是回到古典时代，恢复古代文本，革新相关认识，超过黑暗沉闷的中世纪。为此，他们或者专注于某个雅典学派，或者专注于数学文本，将希腊语翻译成拉丁语，从而全面地研讨古希腊自然哲学。在“亚历山大里亚的-数学的”自然认识(天文学)方面，典型的代表人物有努力恢复数学的自然认识的雷吉奥蒙塔努斯(原名约翰·缪勒，Johann Müller，1436—1476)、哥白尼等。

值得提出的是，“人文主义者”除了重新发现并且扩充雅典的自然哲学和“亚历山大里亚的-数学的”自然认识外，还提出了第三种认识自然的形式。“到了15世纪中叶，在重新复兴的希腊知识边缘产生了独特的第三种自然认识形式。它在方法上与两种希腊的自然认识形式极为不同。从事这种自然认识的人认为，真理并不能从理智中导出，而是要到精确的观察中去寻找，目的是实现某种实际的目标。”[[70]](#footnote-70)这方面典型的代表人物有维萨里(Andreas Vesalius)、第谷、斯台文(Simon Stevin，1548—1620)、达·芬奇(Leonardo da Vinci)、帕拉塞尔苏斯(von Hohenheim Paracelsus)[[71]](#footnote-71)等。

显然，沿着这条道路追求自然认识的人通常并非自然哲学家和数学家。正如“雅典的”和“亚历山大的”(亚历山大里亚的)一直是分离的，彼此没有交流(虽然有互相争论，但并没有任何建设性的对话)，它们与“第三种”自然认识形式之间也存在着一堵密不透风的隔墙。对于这种截然分离的一般规则，也有两个明显的例外。其中一个是葡萄牙人文主义者和探险家若昂·德·卡斯特罗(1500—1548)；另外一个是一些亚里士多德学派的人文主义者、哲学家兼医生的让·费内尔(Jean Fernel，1497—1558)和耶稣会的早期成员克里斯托夫·克拉维乌斯(Christoph Clavius，1538年—1612年)所进行的“混合数学”(gemischte Mathematik)工作，这使得计算与亚里士多德的解释可以在其中紧密相联。[[72]](#footnote-72)这表明这三种自然认识方式之间并不是完全不可交流，而是在当时就表现出了互相整合的倾向。

“到目前为止，我们已经看到了在翻译和处理希腊自然认识方面三次文化移植的共同之处。在认识结构保持不变的情况下，内容上的扩充模式清晰地显现出来。然而，差异也是存在的。”[[73]](#footnote-73)

比较上述三次“文化移植”，一个显著的差异是移植发生的时间。第一次“文化移植”发生于伊斯兰文明之中，始于8世纪，终于约公元1050年；第二次“文化移植”发生于欧洲，始于12世纪，终于约1380年；第三次“文化移植”发生于文艺复兴时期的欧洲，始于15世纪中叶，终止时间不确定。“这种差异使得每一个后来阶段都能在某种程度上从之前获得的新知识中受益。因而伊本·海塞姆对光与视觉的综合能够被中世纪的欧洲所接受，然后在文艺复兴时期原封不动地继续存在。”[[74]](#footnote-74)

另外一个显著的差异是：“在所有这三次移植中，对希腊自然认识的传播和接受并非同样完整：在文艺复兴时期为最强；在中世纪最弱，接受也很片面；而伊斯兰文明则介于中间。虽然在整个伊斯兰文明中，原子论、斯多亚学派的观点乃至一些怀疑论批判一直不绝于耳，但在哲学辩论中占主导地位的主要还是亚里士多德和柏拉图。”[[75]](#footnote-75)

这就是说，虽然上述三次“文化移植”各有不同，但是，有一点是肯定的，即随着这样的“文化移植”的推进，古希腊自然哲学得到了恢复与传承。H. 弗洛里斯·科恩指出，翻译并不只是传达，有时甚至还是对内容的扩充。“虽然这些补充和修正必定最好地证明了显著的批判能力和创造性，但‘亚历山大’或‘雅典’的方法和认识结构一直没有改变。希腊人的基本假设被不加怀疑地接受了，因此也没有被全新或部分新的假设所取代。”[[76]](#footnote-76)“到了1600年左右，只要总览一下欧洲和伊斯兰文明中希腊自然认识的状况就会看到，虽然有许多东西得到了澄清和扩展，但其核心一直未变。任何从事和推进希腊自然认识的人都会认为，数学科学的出发点仍然是阿基米德和托勒密，自然哲学的出发点仍然是雅典的各个学派。”[[77]](#footnote-77)

H. 弗洛里斯·科恩将古希腊自然哲学在人类历史上的繁荣以及衰落(复兴)各个阶段的方式、代表人物、时间节点以及表现，用表5.1表示。

表5.1　古希腊自然哲学的繁荣及其衰落(复兴)[[78]](#footnote-78)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 希腊 | 伊斯兰文明 | 中世纪欧洲 | 文艺复兴时期的欧洲 |
| 繁荣 | 创造+(数学上的) 转变 | 翻译→扩充 | 翻译→亚里士多德主义扩充 | 翻译→扩充：同时出现了一种经验的-实践的自然认识形式 |
| 黄金时代 | 从柏拉图到希帕克斯 | 从金迪到伊本·西纳+比鲁尼+伊本·海塞姆 | 从大阿尔伯特到奥雷姆 | 从雷吉奥蒙塔努斯到克拉维乌斯+斯台文 |
| 衰落 | 约公元前150年 | 约公元1050年 | 约公元1380年 | ？？？ |
| (1)为什么？ | 事件的正常进程 | 事件的正常进程 | 事件的正常进程 | 事件的正常进程 |
| (2)为什么是这时？ | 怀疑论危机？  赞助终止？ | 入侵→内转 | 扩充的可能性耗尽 | — |
| (3)后果 | 急剧衰落，持续，长时间处于低水平 | 急剧衰落，持续；局部性、区域性地回到更高水平 | 急剧衰落，持续；没有逆转 | — |
| 表现为 | 编纂、评注、调和 | 评注 | 评注 | — |
| 后开的花 | 托勒密、丢番图、普罗克洛斯、菲洛波诺斯 | 图西、伊本·沙提尔、伊本·鲁世德(阿维罗伊) | 无 | — |

根据表5.1，第一次和第二次“文化移植”都突然中断了，而第三次“文化移植”自从约1450年兴盛后，衰落的时间用了“？？？”表示。H. 弗洛里斯·科恩在此的意思应该是在这第三次“文化移植”之后，西方欧洲在此基础上发生了近代科学革命，这样的科学革命是“三种革命性转变”——“开普勒与伽利略：从‘亚历山大’到‘亚历山大加’”“伊萨克·贝克曼和笛卡尔：从‘雅典’到‘雅典加’”“培根、吉尔伯特、哈维、范·赫尔蒙特：从观察到发现型实验”[[79]](#footnote-79)，据此，这第三次“文化移植”就不仅没有像第一次和第二次“文化移植”那样突然衰落，而是被近代早期自然哲学家们批判性地以及革命性地吸收，成为近代科学(自然哲学)的一部分。

H. 弗洛里斯·科恩的上述观点有一定道理。从近代科学革命的历史、内涵及其发展看，古希腊自然哲学的最核心的内涵“雅典的”和“亚历山大里亚的”自然认识方式并没有被抛弃，而是一直坚守着。前者遵循的是“自然的本原化及其解释路径”，后者遵循的是“自然的数学化及其解释路径”。

从上述“三次文化移植”看，第一次是阿拉伯世界伊斯兰文明的“文化移植”保存了古希腊自然哲学，成为西欧“第二次文化移植”乃至“第三次文化移植”的知识基础，并使得古希腊自然哲学最终在西欧恢复得以可能。从5世纪到10世纪，伊斯兰文明挽救了自然哲学在基督教占主导的世界里不被重视的局面，而自身也得到了自古希腊时代以来前所未有的发展。

鲁索对古希腊自然哲学恢复的问题，也进行了研究。他认为，古希腊自然哲学的恢复是一个漫长的过程，共分为三次：一次是帝国时代的科学研究的恢复，一次是开始于公元6世纪早期，最后一次是文艺复兴时期。[[80]](#footnote-80)在帝国时期的恢复，作者们的原创几乎为零，而且这时代的筛选有着太多个人因素掺杂其中。而后的复兴，对希腊化科学家的了解大多数来自帝国时代作家的筛选，这就更加加剧了对希腊化时期的误读。[[81]](#footnote-81)而且作者认为，近代的学术界充满了只看哲学家而不理解数学家的笨蛋，他们完全错过希腊化思想的要点，况且他们过于痴迷柏拉图和亚里士多德。[[82]](#footnote-82)这后一种观点是需要深思并且商榷的。

亨利也从西方基督教世界大学教育的角度对古希腊自然哲学的复兴进行了阐述。他认为，在西欧，最早的大学有博洛尼亚大学、巴黎大学和牛津大学，任何上过大学的人从一开始就接受了亚里士多德自然哲学的教育，这意味着对自然世界的理解几乎成了精英文化中理所当然的一面。这确保了自然哲学在西方文明中长期占据重要的地位。而对于伊斯兰的科学，则完全依赖于富有的和政治上有权势的赞助人的兴趣和参与，这是危险的，最终导致伊斯兰科学的衰落，尽管伊斯兰在科学上的成就远远超过了西欧在文艺复兴之前的成就。[[83]](#footnote-83)

古希腊自然哲学是人类历史上最伟大的思想，也是人类历史上第一次“大写的科学革命”。这是对史前人类以神话的方式认识自然——“神话式科学”的一次革命，从而使人类关于自然的认识方式由“神话式科学”走向“哲学式科学”。这次革命于公元前2世纪突然结束了，究其原因，与当时的社会环境有关，也与其哲学地认识自然的方式有关。在宗教神学占据主导地位的中世纪，这样的认识自然的方式注定不能占据主导地位，占据主导地位仍然是“神话式科学”的推进版“宗教式科学”。古希腊自然哲学突然衰落之后，有三次前后相连的“文化移植”，这三次“文化移植”保存着并且恢复着古希腊哲学。第一次和第二次“文化移植”虽然也发生了突然衰落，但是第三次“文化移植”却最终结出了近代科学革命的果实，使人类进入到新的时代和新的世界。

1. 恩格斯：《自然辩证法》，北京：人民出版社，2015年，第45页。 [↑](#footnote-ref-1)
2. [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74页。 [↑](#footnote-ref-2)
3. [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7-12页。 [↑](#footnote-ref-3)
4. [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12页。 [↑](#footnote-ref-4)
5. [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12-15页。 [↑](#footnote-ref-5)
6. [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18页。 [↑](#footnote-ref-6)
7. 这种说法有点偏颇。事实上，不管是“雅典的”自然认识方式还是 “亚历山大的”自然认识方式，都是自然哲学。不同的在于前者是一种“本原的实在的”认识自然的方式，后者是一种“抽象的数学的”认识自然的方式。 [↑](#footnote-ref-7)
8. 这里用“取代了”并不很合适，因为古希腊人提出的这些自然哲学是与神话并存的，仅是提供了另一种对世界的理解方式。 [↑](#footnote-ref-8)
9. Schlagel Richard H. Three Scientific Revolutions: How They Transformed Our Conceptions of Reality. New York: Humanity Books, 2015. [↑](#footnote-ref-9)
10. Schlagel Richard H. Three Scientific Revolutions: How They Transformed Our Conceptions of Reality. New York: Humanity Books, 2015: Chapter I. [↑](#footnote-ref-10)
11. Schlagel Richard H. Three Scientific Revolutions: How They Transformed Our Conceptions of Reality. New York: Humanity Books, 2015: Chapter I. [↑](#footnote-ref-11)
12. 参见Singer C. A Short History of Scientific Ideas to 1900. London: Oxford University Press, 1959: Ch. III. 又参见Boardman J, Griffin J, Murray O(eds.). The Oxford History of the Classical World: Greece and the Hellenistic World. Oxford: Oxford University Press, 1986. [↑](#footnote-ref-12)
13. [英]伯兰特·罗素：《西方的智慧》，马家驹、贺霖译，北京：世界知识出版社，1992年，第125页。 [↑](#footnote-ref-13)
14. [德]恩格斯：《反杜林论》，中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局译，北京：人民大学出版社，1970年，第18页。 [↑](#footnote-ref-14)
15. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 17. [↑](#footnote-ref-15)
16. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 19. [↑](#footnote-ref-16)
17. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 18. [↑](#footnote-ref-17)
18. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 1. [↑](#footnote-ref-18)
19. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 95-142. [↑](#footnote-ref-19)
20. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 143-170. [↑](#footnote-ref-20)
21. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 171-202. [↑](#footnote-ref-21)
22. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 203-230. [↑](#footnote-ref-22)
23. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 18. [↑](#footnote-ref-23)
24. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 197-198. [↑](#footnote-ref-24)
25. 王汝发、朱海文：《从精确科学到模糊科学的哲学思考》，《北京科技大学学报(社会科学版)》，2001年第1期，第1-3、8页。 [↑](#footnote-ref-25)
26. [英]A. N. 怀特海：《科学与近代世界》，何钦译. 北京：商务印书馆，1959年，第7页。 [↑](#footnote-ref-26)
27. [英]大卫·福特：《生态学研究的科学方法》，肖显静、林祥磊译，北京：中国环境科学出版社，2012年，第38-49页。 [↑](#footnote-ref-27)
28. [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71-72页。 [↑](#footnote-ref-28)
29. [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72页。 [↑](#footnote-ref-29)
30. Henry J. A Short History of Scientific Thought. New York: Palgrave Macmillan, 2012: 3. [↑](#footnote-ref-30)
31. Henry J. A Short History of Scientific Thought. New York: Palgrave Macmillan, 2012: 3. [↑](#footnote-ref-31)
32. Henry J. A Short History of Scientific Thought. New York: Palgrave Macmillan, 2012: 3. [↑](#footnote-ref-32)
33. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 28-29. [↑](#footnote-ref-33)
34. [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20-21页。 [↑](#footnote-ref-34)
35. G. E. R. Lloyd. Greek Science after Aristotle. New York: Norton, 1973: 176. [↑](#footnote-ref-35)
36. 转引自[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332-333页。 [↑](#footnote-ref-36)
37. J. Ben-David. The Scientists Role in Society. Chicago: The University of Chicago Press, 1984: xvi. 不应认为这两种可能性彼此排斥。强调前者的例子有埃及和巴比伦，强调后者的有中国。 [↑](#footnote-ref-37)
38. 转引自转引自[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335页。原文出自：J. Ben-David. The Scientists Role in Society. Chicago: The University of Chicago Press, 1984：40. [↑](#footnote-ref-38)
39. 转引自转引自[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335页。原文出自：J. Ben-David. The Scientists Role in Society. Chicago: The University of Chicago Press, 1984：41. [↑](#footnote-ref-39)
40. [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年版，第23页。 [↑](#footnote-ref-40)
41. [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年版，第20-22页。 [↑](#footnote-ref-41)
42. [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年版，第23页。 [↑](#footnote-ref-42)
43. [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年版，第23页。 [↑](#footnote-ref-43)
44. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 231. [↑](#footnote-ref-44)
45. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 233-234. [↑](#footnote-ref-45)
46. 转引自[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318-320页。原文出自：W. Whewell. History of the Inductive Sciences, from the Earliest to the Present Time. 3rd ed. 3 vols. London: Parker, 1857: 28. [↑](#footnote-ref-46)
47. 转引自[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318-320页。原文出自：W. Whewell. History of the Inductive Sciences, from the Earliest to the Present Time. 3rd ed. 3 vols. London: Parker, 1857: 20. [↑](#footnote-ref-47)
48. 转引自[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320-321页。原文出自：E. J. Dijksterhuis. The Mechanization of the World Picture. Oxford: Oxford University Press, 1961: 92. [↑](#footnote-ref-48)
49. Hooykaas R. Science and Theology in the Middle Ages. Amsterdam: Free University, 1954: 77-163. [↑](#footnote-ref-49)
50. Hooykaas R. Science and Theology in the Middle Ages. Amsterdam: Free University, 1954: 77-163. [↑](#footnote-ref-50)
51. Sambursky S. The Physical World of the Greeks. London: Routledge & Kegan Paul, 1956. [↑](#footnote-ref-51)
52. [荷]E. J. 戴克斯特霍伊尔：《世界图景的机械化》，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2010年，第98-99页。 [↑](#footnote-ref-52)
53. 转引自[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318页。原文出自：Whewell W. History of the Inductive Sciences, from the Earliest to the Present Time. 3rd ed. vol.3. London: Parker, 1857. (1st ed., 1840) [↑](#footnote-ref-53)
54. 转引自[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321页。原文出自：Hooykaas R. Science and Theology in the Middle Ages. Amsterdam: Free University, 1954: 77-163. [↑](#footnote-ref-54)
55. 范志均：《数学与善——柏拉图数学思想新探》，《自然辩证法研究》，2010年第11期，第70-74页。 [↑](#footnote-ref-55)
56. 雷阿勒：《柏拉图的理想城邦及其宇宙论的起源说理据》，王师译，见刘小枫、陈少明主编：《柏拉图与天人政治》，北京：华夏出版社，2009年，第39页。 [↑](#footnote-ref-56)
57. 引自[古希腊]亚里士多德：《论灵魂》，见[古希腊]亚里士多德：《亚里士多德全集》(第3卷)，苗力田主编，北京：中国人民大学出版社，1992年，413a32-b13，第33-34页。 [↑](#footnote-ref-57)
58. [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71页。 [↑](#footnote-ref-58)
59. 转引自[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320-321页。原文出自：Dijksterhuis E J. The Mechanization of the World Picture. Oxford: Oxford University Press, 1961. [↑](#footnote-ref-59)
60. Farrington B. Greek Science. Harmondsworth: Penguin, 1953: 308. [↑](#footnote-ref-60)
61. 转引自[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325-327页。原文出自：Clagett M. Greek Science in Antiquity. New York: Abelard-Schuman, 1955: 120. [↑](#footnote-ref-61)
62. [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年版，第22页。 [↑](#footnote-ref-62)
63. [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年版，第40-81页。 [↑](#footnote-ref-63)
64. Henry J. A Short History of Scientific Thought. New York: Palgrave Macmillan, 2012: 29. [↑](#footnote-ref-64)
65. [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38页。 [↑](#footnote-ref-65)
66. [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24页。 [↑](#footnote-ref-66)
67. 以下内容参见[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40-75页。 [↑](#footnote-ref-67)
68. 对于这种统治的合法性，H. 弗洛里斯·科恩也作了论述：“在其新的波斯臣民中流传着这样一个传说：所谓的希腊自然认识原本是波斯人的，而亚历山大大帝窃取了它们。翻译运动仿佛使希腊的自然认识又成了合法财产，哈里发们希望由此让有教养的波斯人为宫廷服务。”(参见[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41页。) [↑](#footnote-ref-68)
69. 亨利认为，将伊斯兰科学的衰落原因归于宗教倒退之猛烈抨击科学以及1258年蒙古帝国的入侵，都不可信，因为这两件事发生的时间太短了。而且，将之归于伊斯兰思想家与宗教权威的冲突，也没有证据。(参见Henry J. A Short History of Scientific Thought. New York: Palgrave Macmillan, 2012: 35.) [↑](#footnote-ref-69)
70. [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67页。 [↑](#footnote-ref-70)
71. “帕拉塞尔苏斯”(Paracelsus)原名为“菲利普斯·奥里欧勒斯·德奥弗拉斯特·博姆巴斯茨·冯·霍恩海姆”(Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim)，为中世纪欧洲医生、炼金术士。他之所以自称“帕拉塞尔苏斯”，是因为他自认为他比罗马医生塞尔斯更加伟大。 [↑](#footnote-ref-71)
72. 转引自[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73-74页。 [↑](#footnote-ref-72)
73. [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50页。 [↑](#footnote-ref-73)
74. [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50页。 [↑](#footnote-ref-74)
75. [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50页。 [↑](#footnote-ref-75)
76. [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47页。 [↑](#footnote-ref-76)
77. [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49-50页。 [↑](#footnote-ref-77)
78. [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77页表。标题为本书作者所加。 [↑](#footnote-ref-78)
79. [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82-107页。 [↑](#footnote-ref-79)
80. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 330-335. [↑](#footnote-ref-80)
81. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 198. [↑](#footnote-ref-81)
82. Russo L. The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Levy S(trans.). Berlin: Springer, 2004: 233. [↑](#footnote-ref-82)
83. Henry J. A Short History of Scientific Thought. New York: Palgrave Macmillan, 2012: 46-47. [↑](#footnote-ref-83)