

构建科学经典阅读的知识圈层

——以“科学元典丛书”为例

周雁翎*

(北京科学史与科学社会学学会, 北京 100049)

(北京大学出版社, 北京 100871)

[摘要] “科学元典丛书”构建了一个以原著“文本知识”为中心的知识阅读圈层, 从外至内依次为“背景知识”阅读圈层、“关联知识”阅读圈层和“亚文本知识”阅读圈层。公众应从外围圈层入手, 逐步向内渗透, 最后进入“文本知识”阅读圈层。通过这种循序渐进的阅读进程, 公众不但可以绕开一开始就直接阅读原著文本所带来的困难, 而且还可以获得深入理解原著文本必需的知识储备, 从而为科学元典的普及铺平道路。

[关键词] 科学经典 科学元典丛书 知识圈层 科学普及

[中图分类号] G315 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19957/j.cnki.kpczpl.2024.01.008

科学经典是科学史乃至人类文明史上具有划时代意义的科学著作。正因为科学经典具有与生俱来的“高大上”特质, 长期以来, 在公众眼中, 一直被认为是“阳春白雪”, 是极少数专业人士才能涉足的“珠穆朗玛”, 普通读者可望而不可即, 更遑论在公众中普及。

近年来, 北京大学出版社出版的“科学元典丛书”(以下简称“丛书”), 不但受到相关专业人士的普遍欢迎, 而且在公众中影响很大, 多次重印, 为科学经典的普及做了有益的探索。

一、科学元典丛书: 原著文本与知识圈层

人类积累的科学知识浩如烟海, 科学著作

汗牛充栋, 名家辈出。在这不计其数的名家著作中, 并非每一部著作都可以称之为“元典”。

按照“丛书”《弁言》中的定义, “科学元典”是指科学经典中最基本、最重要的著作。因此, “科学元典”具有绝对原创性, 是人类智识史上划时代的丰碑, 对科学的发展、人类思维方式和世界观的改变、人类文明的进程, 均产生过巨大影响。这些著作“具有永恒的价值”, 是经典中的经典^[1]。

依据这种定位, “丛书”中遴选出来的作品, 是自古希腊以来, 主要是文艺复兴时期近代科学诞生以来, 经过较长时期历史检验的科学经典著作。丛书对当代作品的遴选十分慎重。即使是一

*通信作者: 周雁翎, 北京科学史与科学社会学学会副理事长, 北京大学出版社编审, “科学元典丛书”总策划、执行主编, 研究方向为科学传播, 科学与公共政策。zyling@pku.edu.cn。

些当下热门的著作，作者很有名，影响也很大，但由于没有经历一个历史沉淀过程，近期内也不会收入。

从横向来看，“丛书”涉及学科领域众多，涵盖了数学、物理学、化学、生物学、医学、天文学、宇宙学、地理学、地质学、实验心理学、信息科学、系统科学以及交叉科学等基础学科。

从纵向来看，“丛书”以科学发展史为主线贯穿起来，展现了科学发展的主要历程。一方面，从近代科学思想的源头古希腊开始，历经古罗马、中世纪阿拉伯的古典著作翻译运动，再经历文艺复兴、科学革命、工业革命和启蒙运动时代，再到19世纪科学的独立和建制化以及学科的分化，19世纪末20世纪初以量子论和相对论为代表的物理学革命，一直到20世纪中期控制论、系统论和信息论的出现；另一方面，也包括了中国古代数学的辉煌成就。这些元典著作像一串镶嵌在科学史上的璀璨明珠，照亮了人类文明进步的道路。

公众要想理解这些古奥的原著文本，如果只有一些零散的现代学科知识，而没有一个系统且有针对性的理解文本的知识框架，就连入门也是非常困难的。因此，必须为公众搭建一个知识阅读框架，把公众最终引入对文本的有效阅读。

在丛书设计理念上，策划人和主编的意图是，“丛书”不应简单地为读者再现原著文本，而应构建一个以“文本知识”为中心的知识阅读圈层——从外至内依次为“背景知识”阅读圈层、“关联知识”阅读圈层和“亚文本知识”阅读圈层（图1）。因此，“科学元典丛书”整体呈现出来的不应只是原著文本知识，而应是以原著文本知识为中心的知识体系。

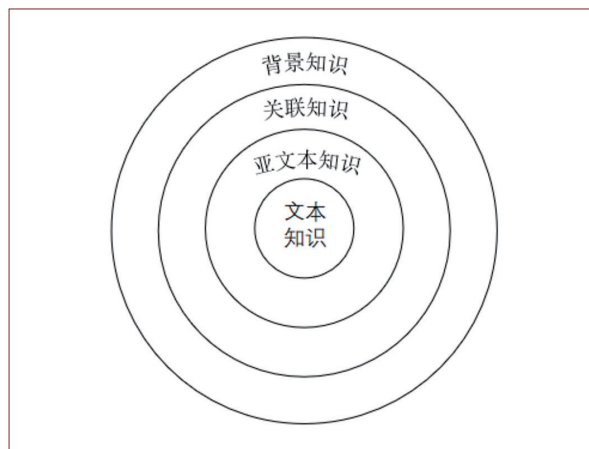


图1 “科学元典丛书”阅读的知识圈层

这一结构表明，公众在进入原著“文本知识”阅读圈层之前，首先要进入“背景知识”阅读圈层，然后进入“关联知识”阅读圈层，再进入“亚文本知识”阅读圈层。从外圈层入手，逐步向内圈层渗透，最后进入原著“文本知识”阅读圈层。

二、背景知识阅读圈层

由于科学元典都是历史著作，年代久远，有的甚至是2000多年前的作品，现代读者直接阅读原著文本会有一些困难，因此，编者首先要进行背景“铺垫”工作。“丛书”主要从追溯科学家个人史，描述社会历史状况，展现科学探险精神等背景知识入手，引导读者进入第一个知识阅读圈层。

（一）追溯科学家个人史

追溯科学家的个人史，是背景知识阅读的第一个环节。

科学活动是科学家对大自然的心灵探险，个人史是进入科学家心灵之门最便捷的钥匙。循着科学家本人的人生足迹和科研经历，就可以很方便地追溯其思想的来龙去脉。“丛书”的“导读”部分先从作者生平、家庭环境、求学经历、

科学贡献、学术影响、历史地位等背景知识入手，展开对个人史全景式的叙述。书中均配有大量历史图片，通过图片直接呈现作者的个人史，并配有文字进行具体描述，显得更加真实可信。

以作者人生经历和所在学科或领域自身发展的历史编织经纬线，就能方便地还原历史，把读者带到科学家当时所处的历史情境中，“近距离”接触这些远去的历史人物，感受他们的人生历程和知识创造过程。让科学大师栩栩如生、平易近人，而不是把他们供奉在圣坛上成为偶像。这样也可以让读者清晰地了解科学家在科学史上的位置。

此外，在原著文本每一章（编）前增加简短的导语，也具有较强的背景代入感；一些著作末尾部分还增加了原著作者的传记、著名的演讲稿、重要信件等资料；还有些著作附有导读专家的视频或者音频讲解。这些丰富的资料，不但提升了“科学元典”的视觉效果和可读性，而且也较好地展现了其中的历史感和人文价值。

“丛书”中比较典型的个人史知识阅读案例是《居里夫人文选》（北京大学出版社2010年版^①）中的相关内容。这部作品由文字、图像和影像三部分构成，内容极其丰富，可以称得上是目前中文世界最完整的居里夫人文献。其中的核心文本是首次译成中文的居里夫人（Marie Curie）的博士论文《放射性物质的研究》（*Recherches sur les substances radioactives*）。中文版还收录了《居里夫人自传》、为纪念已故丈夫皮埃尔·居里（Pierre Curie）写的《居里传》（*Pierre Curie*）、居里夫人的生平大事年表、论著目录以及获得的各种奖励和荣誉，还有两次获诺贝尔奖的授奖词

和获奖演说。此外“附录”中还介绍了居里夫人与中国的学术渊源，包括居里夫人的中国研究生施士元的回忆录、居里夫人女儿伊伦娜（Irène Joliot-Curie）的研究生钱三强的回忆文章^[2]。

书中配有100多幅彩色和黑白插图，每一幅插图均配有详细的图注。全书图文并茂，比较全面地展现了居里夫人的家庭环境，童年、少女生活，失败的初恋，艰难的求学，美满的婚姻，慈母之爱，丧夫之痛，寡居后的绯闻，艰苦的研究，伟大的成就，成为公众明星，产生广泛社会影响，以及为培养中国留学生而做出的种种努力。随书还配有荣获第16届奥斯卡奖7项提名的《居里夫人》（*Madame Curie*）电影光盘^[3]。

这些直观形象的阅读材料，从不同视角真实地反映了居里夫人的生活经历和科学探究的历程，拉近了当代读者和居里夫人之间的距离，从而也拉近了与居里夫人著作的距离。

（二）描述社会历史状况

描述科学家所处时代的社会历史状况，是背景知识阅读的第二个环节。

“丛书”收录了古希腊三大数学名著《几何原本》（*Euclid's Elements*，2024年版）、《阿基米德经典著作集》（*The Works of Archimedes*，2022年版）和《圆锥曲线论》（*Treatise on Conic Sections*，2023年版），这些都是2000多年前的著作，由于年代久远，三位作者留下的个人史信息很少。因此，在背景知识阅读材料中，对三位作者当时的社会历史状况进行描绘就尤为重要。

《几何原本》的作者欧几里得（Euclid）出生地不详，年轻时曾在希腊雅典的柏拉图学园学习过，此后大半生都在埃及的亚历山大城生活，

^①本文所涉中文图书均由北京大学出版社出版，下文不另标注；所标注的时间均为“科学元典丛书”中相关中译本首版时间。

很可能也在这里去世。阿基米德 (Archimedes) 出生于叙拉古, 就是现在意大利西西里岛东南岸的海港城市锡拉库萨 (Syracuse)。阿波罗尼奥斯 (Appolonius) 出生于小亚细亚的帕加 (Perga) 古城, 该地现在位于土耳其西南部的安塔利亚 (Antalya) 地区。

很多读者会有疑问, 他们并不 (或并不确定) 出生在希腊本土, 为什么称他们为“希腊”数学家? 要让读者理解这个问题, 就涉及所谓“殖民城邦”和“希腊化时代 (Hellenistic Greece / Hellenistic period)”两个概念。这是回答上述问题的关键。

这三册书通过“导读”部分, 对“殖民城邦”和“希腊化时代”两个概念进行阐述, 介绍了希腊城邦自公元前8世纪的地理扩展, 特别是亚历山大大帝开拓的帝国传播了希腊文化, 托勒密王朝又对希腊文化传统进行继承与发扬, 读者就很容易理解为什么许多古希腊名人并不出生在希腊本土。

在《阿基米德经典著作集》的背景知识中, 还列出了一个古希腊知名数学家统计表^[4]。从表中可以看出, 他们都生活在公元前6世纪至公元前2世纪的400年间。而自欧几里得开始, 古希腊最伟大的数学家都生活在希腊化时期; 正是在这一时期, 古希腊的数学发展到了顶峰。通过这一表格, 读者可以对古希腊数学的发展脉络产生更加清楚的认知。

(三) 展现科学探险精神

展现科学探险精神, 是背景知识阅读的第三个环节。

科学研究是一项崇高的探险事业, 既是思想和精神的探险, 也是毅力和体力的探险, 有时甚至是生命的探险。所以, 科学史是一部人类认

识自然的宏伟探险史, 科学精神实际上也是一种探险精神。

“丛书”在相关分册的“导读”中用大量的篇幅, 深入展现了这种科学探险精神, 试图激励读者在阅读中建立起对科学的“情感”“态度”和“价值观”。

在哥白尼 (Nicolaus Copernicus) 《天体运行论》(On the Revolutions, 2006年版) 的背景知识中, 首先讲述了亚里士多德 (Aristotle) 的宇宙观。亚里士多德认为, 宇宙是一个像洋葱一样一层套着一层的同心球体系, 所有天体都镶嵌在不同的天球里围绕地球做匀速旋转。公元1世纪, 亚历山大城的天文学家托勒密 (Claudius Ptolemaeus) 在他的《至大论》(Almagest) 一书中, 根据大量观测数据和系统论证, 建立了一个更加完美的“本轮—均轮”宇宙模型。从亚里士多德到托勒密, 这个以地球为中心的宇宙模型后人称之为“地心说”。它统治了西方天文学1400年之久, 直到1543年哥白尼的革命性巨著《天体运行论》的出版。哥白尼在这本书中构建了一个与日常经验相悖的宇宙模型, 他将太阳置于宇宙的中心, 地球和其他行星围绕着太阳旋转, 这一宇宙模型后人称之为“日心说”。背景知识强调了亚里士多德宇宙观在当时的权威性, 这种写法更加凸显了哥白尼面临的挑战之艰巨, 及其反叛价值之巨大。从“地心说”到“日心说”, 哥白尼以巨大的勇气把颠倒的宇宙重新颠倒过来, 从根本上动摇了古代权威。科学史家将这场思想的反叛, 称之为吹响了近代“科学革命”的号角。

紧接着, 在伽利略 (Galileo Galilei) 《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》(Dialogue Concerning the Two Chief World Systems: Ptolemaic

and Copernican, 2006年版)一书的背景知识部分,对这场科学革命的后续故事作了进一步叙述。1616年,罗马宗教法庭深感哥白尼学说对教会构成巨大威胁,于是宣告“日心说”是一种与《圣经》相悖的异端思想,严厉禁止伽利略宣讲“日心说”。然而,1632年,伽利略还是出版了《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》,公然为哥白尼“日心说”辩护。这一行为震怒了罗马天主教会。两年后,也就是在伽利略70岁时,他被控告为异端,并被判处终身监禁,随之这部伟大的著作也遭到取缔。

伽利略伟大的思想探险不只是捍卫了哥白尼的“日心说”,更重要的是,他在《关于两门新科学的对话》(*Dialogue Concerning Two New Sciences*)一书中,把可重复的实验方法和精确的数学方法引入科学研究,从而奠定了近代科学研究的基本方法,而在此之前的古希腊学者和自然哲学家只是依据直觉和逻辑推理。从此,自然科学在伽利略方法的指引下,建立了自己的研究规范。

伽利略曾自信地说:“我已经开启了伟大的科学之门,而我的工作只是一个开端,比我更出色的人将会探索其最遥远的角落。”^{[5]47}

伽利略没有说错,就在他去世的1642年,牛顿(Isaac Newton)诞生了。牛顿接过哥白尼、开普勒(Johannes Kepler)、伽利略传递过来的思想火炬,向更加广袤的未知世界前进,成为新一代科学革命的旗手。在牛顿《自然哲学之数学原理》(*The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*, 2006年版)一书的背景知识中,以大量的篇幅讲述了牛顿如何以精确的数学语言描绘了一个被万有引力所支配的宇宙体系,从而将天上的运动和地上的运动统一起来。这场

惊心动魄的思想探险是一次伟大的综合,被称为“牛顿革命”。

不过,牛顿也有自知之明,面对无尽的未知世界,他感叹道:“我不过像一个在海滨玩耍的孩子,为时而发现一块比平常光滑的石子或美丽的贝壳而感到高兴;但那浩瀚的真理之海洋,却还在我的面前未曾发现呢!”^{[5]112}

尽管牛顿亲手建造的宏伟的经典力学大厦堪称完美,但他没有想到,他以绝对时间和绝对空间为基础的理论,只适用于宏观低速世界。面对微观高速世界,他的理论就不再适用。“丛书”在爱因斯坦(Albert Einstein)《狭义与广义相对论浅说》[*Relativity, the Special and the General Theory (A Popular Exposition)*, 2006年版]的背景知识中,详细介绍了爱因斯坦是如何突破牛顿绝对时空理论的局限,把人类的认识扩展到更为广阔的视野。时空不再是绝对的、孤立的,而是相对的、统一的;不再是平直的,而是弯曲的。

如果把哥白尼、伽利略、牛顿、爱因斯坦等人对权威的怀疑、对传统的创新和对自我的超越,看成是一种思想探险的话,那么还有一些科学家所做的工作,不但是思想的探险,而且也是毅力和体力的探险,甚至为此献出了生命。地质学家魏格纳(Alfred Lothar Wegener)就是其中最壮烈的一个。在《海陆的起源》(*The Origin of Continents and Oceans*, 2006年版)背景知识中,始终洋溢着对魏格纳献身科学的崇敬之情。为了获得第一手观察资料,魏格纳四次登上格陵兰岛。除了对气象学、冰川学、古气候学和大气热动力学的研究之外,他在零下65℃的严酷条件下,反复探测了格陵兰冰盖的厚度和格陵兰的经度,进一步为大陆漂移学说寻找新的证据。在一次返回海岸基地的途中,遇到极端险恶的暴风

雪，他以坚强的意志力在同严寒搏斗、同饥饿搏斗、同死亡搏斗中艰难前进，最后不幸遇难。

科学探索是无止境的，正是一代代科学家怀着对大自然强烈的好奇心，怀着对真理的渴望，前赴后继，敢为人先，战胜了一切困难和恐惧，甚至付出生命代价，才推动了科学的进步。

三、关联知识阅读圈层

“关联知识”的建立主要是对原著文本中涉及的其他学科知识，以及原著文本知识所属学科的历史进行梳理。前者涉及文本知识与其他学科知识的关系，是一种横向关联；后者涉及文本知识在整个学科知识链条中的地位，是一种纵向关联。

（一）横向关联知识

开普勒的《世界的和谐》（*Harmonies of the World* 或 *The Harmony of the World*）是一部描述行星运动规律的巨著，其目的是要找到行星及其运动中可能存在的“和谐比”，以便构建一幅“世界和谐”的完美图画。全书共分为五卷，“丛书”中收录的是其中的第五卷“天文学”（以下简称《世界的和谐》，2011年版），开普勒最辉煌的天文学贡献主要集中在该卷。

《世界的和谐》虽然论述的是“天文学”，但书中十章标题中的关键词，出现最多的并非天文学术语，而是一系列音乐术语。如，音高、音阶、音、旋律、硬调、软调、调式、调、四声部、对位、和声、女高音、女低音、男高音、男低音，等等。

很多读者不明白，一部研究行星运动的科学著作，为什么要花费大量的篇幅讲音乐？这就涉及开普勒的科学信念。在开普勒看来，“天体的运动只不过是某种永恒的复调音乐而已”。因

此，他毕生的精力，是要阐述天体运动和音乐二者之间的隐秘关联。这正是理解本书核心思想的关键。因此，要让读者了解开普勒的天文学，首先要让读者了解相关的乐理知识。相对于本书讨论的天文学知识来说，这里的乐理知识则被看成是一种横向知识。

开普勒不但是一位天才的天文学家，而且也是一位颇有造诣的音乐理论家。从《世界的和谐》第三章开始，开普勒便以谐音理论为依据，在行星运动中找到了“和谐比”，并由此提出了行星运动第三定律，即“和谐定律”。令人惊讶的是，相关内容只占本书篇幅的十分之一，而剩下的绝大部分篇幅，除了天文学，更多的是音乐知识，充满大量音乐术语。没有受过专业音乐理论训练的读者很难看懂。

书中第五章甚至出现了一段五线谱。这段乐谱在音乐史上没有什么地位，但在天文学史上却有着非同寻常的意义。有学者认为，“开普勒的天体和谐观点的与众不同之处，就在于天体的音乐头一次被认为是复调音乐。”^[6]

正因如此，本书通过导读建立的“关联知识”以大量篇幅介绍了相关乐理知识。主要有三个部分。

第一部分，对记谱法进行了一般的介绍，如音阶、半音、全音、升降号、音程、音分、音域或频域、频率等。

第二部分，对音律做了简要讲解。先讲到历史上第一次将声音与数字联系起来的人，是古希腊数学家毕达哥拉斯（Pythagoras）。他发现，当两根弦的长度之比为小整数时，它们同时发出的音就会悦耳动听。这就是“和谐”之音。从此音乐与数学就结下了不解之缘。然后从“五度相生律”讲到“纯律”和“十二平均律”，并联系

到现代钢琴和其他乐器的定音标准。

第三部分，介绍了“和声”和“对位”以及相关乐理知识，这对理解开普勒的“和谐”观念非常重要。《世界的和谐》第八章的标题为“在天上的和声里，哪些行星分别代表女高音、女低音、男高音、男低音”，可见开普勒的观点非常直白，他是将天上的和声与人间的和声相类比。

开普勒毕生探索世界的和谐，其实就是寻找行星的某些参数之比是否与“和谐（协和）”的音程相对应。因此，读者需要知道哪些音程是“和谐（协和）”的。为了读者直观理解的方便，导读中列出了协和音程与不协和音程的比对表。从表中可以看出，只有当频率比的前后项都是数字1、2、3、4、5、6、8之一时，才能得到音程的和谐比。

《世界的和谐》第五章涉及两个专业术语“硬调”和“软调”。在现代乐理中，它们分别对应“大调”和“小调”。于是，关联知识对大、小调各自的特点和主要区别进行了介绍。

开普勒在《世界的和谐》第七章中特别提到了一个音乐术语“对位”。他认为，天空中六颗行星的普遍和声与普通四声部对位相类似。关联知识在解释“对位”后，指出对位法是复调音乐的基础。在开普勒看来，“天体的音乐”正是一种复调音乐。这样，读者就理解了“对位”这个概念在本书中的特殊意义。

最后要让读者知道，开普勒对世界和谐的坚定信念，一方面来源于毕达哥拉斯和柏拉图（Plato）建立在完美的数学音乐基础上的宇宙观；另一方面来源于开普勒本人的宗教信仰，开普勒笃信只有造物主才能创造出如此完美的世界，而这个世界的主要特征就是和谐，并且是与复调音乐中的和声一样充满和谐。

因此，读者只有掌握了与此相关的乐理知识，才能理解开普勒把音程与天体运动中的参数进行类比，并从中找出天体的和谐，乃至包括人间在内的整个世界的和谐所做的努力。

（二）纵向关联知识

“丛书”中收录了拉马克（Jean-Baptiste Lamarck）的《动物学哲学》（*Zoological Philosophy*, 2024年即将出版）和达尔文（Charles Robert Darwin）的《物种起源》（*The Origin of Species*, 2005年版），这两本著作是传统进化论的代表作，也是进化论历史上最具影响的经典著作。译者在导读中以大量篇幅梳理了进化论的发展历史，以便让读者能够建立纵向关联知识。因为，只有将传统进化论放在整个进化论发展的历史链条上，才能更加深刻地理解《动物学哲学》和《物种起源》的基本观点，以及在进化论谱系上的地位。

早在达尔文之前50年，拉马克就从科学角度提出了进化论。他在《动物学哲学》一书中创立了以渐变论为基调的生物进化论。在进化的动因上，他提出了“用进废退”和“获得性遗传”假说；在进化机制上，他尤其强调自然环境对生物进化的重大作用。这种观点开创了后来生物进化“环境决定论”的先河。

50年后，达尔文《物种起源》出版，其核心思想是“物种渐变”“生存竞争”“自然选择”以及“生命树”。

拉马克学说虽然有很多与事实不符的现象，但仍然具有生命力，并逐步形成所谓的“新拉马克主义”。在生物进化的动力机制问题上，新拉马克主义认为，在生物进化过程中，“用进废退”和“获得性遗传”比“自然选择”的作用更大，也就是环境作用要大于内在作用，外因起决定作

用。显然，新拉马克主义只是对拉马克的理论进行了改良。

传统进化论的突破，肇始于孟德尔（Gregor Johann Mendel）的遗传理论。孟德尔通过豌豆杂交实验研究，提出了“遗传因子”概念。这是进化论发展史上的伟大转折点，奠定了现代遗传学的基础。尽管孟德尔是达尔文的同时代人，但他的发现在当时被包括达尔文在内的学术界所忽视。直至1900年，孟德尔的相关论文才被几名科学家从故纸堆中“重新”发现。后世将孟德尔论文中的核心思想，总结为“孟德尔分离定律”与“孟德尔自由组合定律”。

达尔文进化论有一个重大缺陷，就是缺乏遗传学基础。而孟德尔“遗传因子”的发现，正好揭示了生物的遗传学基础，弥补了达尔文进化论的缺陷。沿着孟德尔开创的道路，产生了“新达尔文主义”。主要代表人物有德国生物学家魏斯曼（August Weismann）、荷兰遗传学家德弗里斯（Hugo de Vries）、丹麦遗传学家约翰森（Wilhelm Johannsen）和美国遗传学家摩尔根（Thomas Hunt Morgan）。魏斯曼反对生物遗传的“环境决定论”，他提出的“种质假说”认为，后天获得的性状不能遗传，只有发生在种质中的变化才能在世代间连续遗传。这是因为种质保持了物种的全部遗传因子。德弗里斯提出“突变论”，认为突变可以形成新物种，不需要经过达尔文渐变式的积累。约翰森把孟德尔的“遗传因子”称作“基因”，他将生物的变异分成两类，即“基因型”和“表现型”，前者可遗传，后者不可遗传。

摩尔根《基因论》（*The Theory of the Gene*）的发表把新达尔文主义推向了顶峰。摩尔根通过

精密的实验，发现了染色体上真实的遗传密码，这就把原本抽象的基因或遗传因子概念实体化了。不仅如此，摩尔根还发现基因在染色体上的排列方式，并搞清楚了不同基因与生物体各性状间的对应关系。

新达尔文主义使人们认识到，生物的进化是一个十分复杂的过程，物种形成的途径，不仅存在传统进化论的渐变，而且也存在大量的突变；既有深层的内部因素，也有复杂的外部因素；既有个体的进化，也有群体的进化。而传统进化论和新达尔文主义都是以个体为对象研究物种进化，二者都忽略了群体遗传行为。实际上，生物进化是同一物种内基因自由交流的群体行为，于是，群体遗传学迅速成长为一门新兴学科。在这样的背景下，进化论又得到进一步发展，诞生了所谓的“现代达尔文主义”。

现代达尔文主义融合了自然选择理论、新达尔文主义遗传理论、系统分类学、古生物学和群体遗传理论，比较准确地揭示了物种进化的真实过程，因此又被称为现代综合进化论。

与以个体演化的进化学说不同，现代达尔文主义聚焦于群体遗传学，因而在研究方法上十分注重数理统计方法的应用；在物种形成和生物进化的机制上，不但包括了自然选择和基因突变，而且还包括了“隔离”，而这种隔离既有空间性的地理隔离，也有遗传性的生殖隔离，最终导致新物种的形成。现代达尔文主义综合了进化理论发展的主要思想成果，较好地解释了大部分生物进化的现象。

自1953年DNA双螺旋结构发现以来，分子生物学的发展更深刻地揭示了遗传的分子奥秘。虽然国际学术界有些学者认为，自然选择

学说在分子水平的进化上基本不起作用，但近年来越来越多的新的研究证据表明，结论正好相反：在分子水平的进化上，自然选择作用仍然有效。实际上，古生物学提供的大量化石证据也表明，在生物进化的历史过程中，充满了不计其数的突变事件。

近年来崛起的新兴前沿交叉学科进化发育生物学，与古生物学、胚胎发育学以及其他学科相结合，对解决诸如生物器官构造的形成、生物类群的起源与进化、生物多样性的起源等诸多进化论难题，将起到至关重要的作用。

由于传统进化论将生物进化描绘成一个渐进过程，这就使得达尔文当年对“寒武纪大爆发”深感困惑，一些当代进化论者先后提出了各种科学假说，试图对这一重大科学难题进行解答。从古尔德（Stephen Jay Gould）提出的“一幕式”假说，到福提（Richard Fortey）等人提出的“二幕式”假说，再到中国学者舒德干等人提出的“三幕式”新假说，一步步逼近真理：寒武纪大爆发的本质，“是一次由量变到质变（突变）、从无到有、从简单到复杂、从低级到高级的自然发生的‘三幕式’的动物门级创新演化事件”^[7]。

通过对进化论发展历史的梳理，公众自然就会理解，传统的达尔文进化论的基本观念不但没有被推翻，反而在各种持续不断的争论中，更加充满生机。随着未来研究的更加广泛和深入，进化论将会越来越完善。

四、亚文本知识阅读圈层

“亚文本知识阅读”主要是梳理原著文本的结构和知识体系，打通原著文本中的各个知识点和知识脉络，阐述原著文本的逻辑结构、论证方

式和科学方法，并指出原著文本的不足和局限性。在牛顿《自然哲学之数学原理》中，“亚文本知识阅读”是在导读中依次展开的。下面就以此为案例进行简要分析。

（一）梳理原著文本结构和知识体系

在文本结构上，《自然哲学之数学原理》开篇就是“定义”和“运动的公理或定律”；正文共分为三个部分，即“第一编”“第二编”和“第三编”；最后是一个“总释”。这个结构看起来非常简单，然而牛顿正是从这些最基本的定义和公理出发，开始对整个结构体系的阐述。

正文第一编的标题是“物体的运动”，这一部分包含了牛顿力学的主要内容，探讨了一些基本定义、力学三大定律、万有引力定律、各种运动形式和运动轨道与力的关系，以及光的不同运动形式、海洋的潮汐运动等。

第二编题为“物体（在阻滞介质中）的运动”，主要讨论了地面物体的实际运动，考察了各种阻力对运动的影响。在这里，他运用了“流数法”，即微积分方法。牛顿在这一编的最后一章推导出了行星的速度与它们到太阳的距离的 $3/2$ 次幂成正比，并进一步推导出各卫星与行星的关系也遵循此规律。

第三编题为“宇宙体系（使用数学的论述）”。这是全书的落脚点。牛顿在这一部分用精确的数学语言，详细地描绘了他全新的宇宙体系。他通过一系列数学证明和天文现象推演，以万有引力完美解释了太阳与行星之间的关系，行星与各自卫星之间的关系，以及彗星的运动规律和海洋的潮汐运动规律。由此，牛顿建成了一个服从于万有引力定律的宏伟宇宙体系。

最后，牛顿在书的末尾加了一个“总释”，

阐述了万有引力既是宇宙万物运动的根本原因，也是宇宙体系之所以如此优美的根本原因。而这一切，都要归功于上帝的“第一推动”。

在牛顿看来，“这个最为动人的太阳、行星和彗星体系，只能来自一个全能全智的上帝的设计和统治”^{[8]347}。牛顿还进一步解释说：“我们只能通过他（上帝）对事物的最聪明、最卓越的设计，以及终极的原因来认识他；……而要做到通过事物的现象了解上帝，实在是非自然哲学莫属。”^{[8]348-349}

这也就是说，牛顿心中有一个强烈的信念，那就是应当通过研习自然哲学来了解上帝。这样，就把读者引向牛顿的科学研究和宗教信仰之间错综复杂的关联。而这样的牛顿，才是一个读者需要理解的更加真实的牛顿。

（二）打通原著文本中的知识点和知识脉络

《自然哲学之数学原理》的知识点主要有三类，第一类是与“力”和“运动”有关，第二类是与“时间”和“空间”有关，第三类是与几何、数学运算有关。

与“力”和“运动”有关的知识点包括：“物质的量”“运动的量”“惯性”“向心力”“向心运动量”以及“向心加速度”等。这些物理学概念至今还在继续使用，受过中等教育的人都能理解。但有些概念现在的提法有些变化，需要进行进一步解释，如“物质的量”，现在称之为“质量”；“运动的量”，现在称之为“动量”；而牛顿所说的力，当时称之为“重力”，就是现在所说的“引力”或“万有引力”，以及由此派生出来的其他力；牛顿所说的“运动”包含了地面物体和宇宙天体的一切运动形式。也就是说，无论是地面物体还是宇宙天体的所有运动，牛顿都将其归结为力学原因，用力学进行统一解释。

最后强调，牛顿是在“运动的公理或定律”一章中，给出了著名的“力学三大定律”，并由此讨论了力的合成与分解，并进一步讨论了由此而产生的运动的合成与分解；在“球体的吸引力”一章，牛顿给出了万有引力定律的文字表述。这样就讲清楚了中学物理教科书中相关知识的来龙去脉。

与“时间”和“空间”有关的知识点包括“绝对时间和相对时间”“绝对空间和相对空间”“绝对处所和相对处所”以及“绝对运动和相对运动”。在这些概念中，主要强调“绝对时间”和“绝对空间”是牛顿力学赖以建立的基础，也是近代物理学的基本概念，构建了近代机械论哲学的时空观。

与几何、数学运算有关的知识点包括“极限”“无穷小”以及“流数法”等。这些都是《自然哲学之数学原理》所依赖的重要数学概念、方法。“流数法”是牛顿发明的求微分或导数的方法，是牛顿最重要的发明之一。其他相关知识点则是沿用欧几里得、阿基米德和阿波罗尼奥斯等人的著作。

“导读”通过以上知识点的梳理，在读者和原著文本之间建立起了一座理解的桥梁。

（三）阐述原著文本的逻辑结构、论证方式和科学方法

牛顿在《自然哲学之数学原理》中，是要用统一的力学原因去解释一切物体的运动和相关现象，而这种解释是通过一种严密的公理化体系进行逻辑论证的。

正文部分开篇就摆出了“定义”和“运动的公理或定律”。牛顿之所以要采用这种写作布局，是因为受了欧几里得《几何原本》的影响。《几何原本》是公理化方法的典范，对后世科学

著作的写作方式、逻辑结构和论证方式都有重大影响。像《几何原本》一样，牛顿在书中也建立了一个公理化体系，他从基本的定义开始，然后再给出推理规则，以公理的形式列出力学三定律，再以推论和命题的方式从力学三定律推出普遍结论，再把这些结论与实验或观测数据进行对照，进一步进行验证。在科学方法上，这是先进行演绎推理，然后再对结论进行检验。

牛顿在书中还大量使用了数学几何方法。牛顿首先引入了极限的概念，介绍了自己发明的求极限的方法；接着他又引入无穷小的概念，介绍了求曲线包围的面积和求曲线切线的方法。通过这些数学手段，牛顿详尽计算了物体沿圆锥曲线的各种运动。由此他把力学问题转化成了几何问题进行研究。这就是牛顿力学的“数学原理”。

特别提醒读者的是，牛顿在第二编的“引理2”中，介绍了他发明的“流数法”，这是一种求微分或导数的方法。牛顿发明微积分的直接证据，就在此处。不过，当时牛顿使用的并不是现代普遍使用的微积分符号，而是他自己发明的一套符号。

牛顿还将数学推理与观测数据和实验相结合，通过巧妙推论得出一系列重大科学发现。如牛顿设计了一个摆体实验，通过在不同地点测得的数据，运用数学推理得出以太并不存在的结论。他还推导出声音的传播速度；推导出行星的速度与它们到太阳的距离的 $3/2$ 次幂成正比；推算出地球的形状和物体重量随地理位置的变化，以及各行星引力的强弱和物体重量；推导出太阳、地球和月球的形状、体积和密度，地球与月球的距离；推导出月球运动是潮汐的根本原因；他甚至还推导出令人困扰的彗星轨

道和周期。

总之，牛顿是根据大量的实验数据和观测数据，通过严格的数学推导，得到各种运动的规律。

（四）指出原著文本的不足和局限性

科学元典都是历史著作，不可避免带有历史局限性。在“丛书”的亚文本中，需要对这种历史局限性进行阐述。

在《自然哲学之数学原理》中，也存在着不足甚至错误之处。如牛顿的月球理论并不完善，与实际观测误差较大。再如，牛顿认为新星和超新星爆发，是因为彗星在环绕恒星运动的末期，被恒星俘获猛烈撞击恒星，从而放出巨大能量。但现在已经知道，这与实际情况不符。

牛顿本人也看到了他的万有引力无法解释的一些现象，如物质粒子在近距离上相互吸引，带电物体之间既相互排斥又相互吸引，光线能够发射、反射、折射，并能加热物体等。针对这些无法解释的现象，就可以顺理成章给读者讲清牛顿力学的适用范围。

五、结语

通过由外而内的阅读进程，读者自然会一步步走近科学元典，了解科学元典，从而理解科学元典。这个过程，既是对科学元典原著文本知识的重构，也是对公众阅读行为习惯的重塑。在这样的情境中，科学经典著作才能真正走近公众。

科学经典阅读的知识框架当然不限于上述圈层，本文讨论的只是一个简化了的基础结构。实际上，还有前沿知识阅读、工具知识阅读、二阶知识阅读、图像阅读与融媒体阅读等诸多方面。这些知识相互联结，构成了一个丰富的知识阅读体系。限于篇幅，笔者将在以后撰文论述。

参考文献

- [1] 达尔文. 物种起源 [M]. 舒德干, 等, 译. 北京: 北京大学出版社, 2005.
- [2] 郭倩. 如何让科学经典走近大众? [N]. 中华读书报, 2016-01-20(016).
- [3] 周雁翎. 居里夫人形象的立体建构——《居里夫人文选》的视角 [J]. 化学通报, 2011(5): 470—473.
- [4] 阿基米德. 阿基米德经典著作集 [M]. 凌复华, 译. 北京: 北京大学出版社, 2022.
- [5] 雷·斯潘根贝格, 戴安娜·莫泽. 科学的旅程 [M]. 郭奕玲, 陈蓉霞, 沈慧君, 译. 北京: 北京大学出版社, 2008.
- [6] 詹姆斯. 天体的音乐: 音乐、科学和宇宙自然秩序 [M]. 李晓东, 译. 长春: 吉林人民出版社, 2003.
- [7] 达尔文. 物种起源 (彩图珍藏版) [M]. 舒德干, 等, 译. 北京: 北京大学出版社, 2018.
- [8] 牛顿. 自然哲学之数学原理 [M]. 王克迪, 译. 北京: 北京大学出版社, 2006.

(编辑 / 邹 贞 齐 钰)

Constructing Knowledge Frameworks for Reading Science Classics: A Case Study of the “Science Classics Series”

Zhou Yanling

(Beijing Society for the History of Science and Sociology of Science, Beijing 100049)

(Peking University Press, Beijing 100871)

Abstract: The “Science Classics Series” constructs a series of knowledge frameworks centered on the “textual knowledge” of the original works. From the outside inwards, these frameworks consist of: “background knowledge”, “related knowledge”, and “subtextual knowledge”. The public should begin with the outermost framework and gradually progress inwards, ultimately reaching the “textual knowledge” framework. Through this step-by-step reading process, the public can not only avoid the initial difficulties associated with directly reading the original text, but also gain the necessary knowledge foundation for a deeper understanding of the original text, thereby paving the way for the popularization of science classics.

Keywords: science classics; the “Science Classics Series”; knowledge frameworks; science popularization

CLC Numbers: G315 **Document Code:** A **DOI:** 10.19957/j.cnki.kpczpl.2024.01.008