



科学史经典系列

THE

NEWTONIAN

牛顿革命

[美] I·B·科恩 著 *J. B. Cohen* 颜 锋 弓鸿午 欧阳光明 译 郭棻玲 校

REVOLUTION

江西教育出版社

0301

2k235

THE
NEWTONIAN
REVOLUTION



牛顿革命

[美] I. B. 科恩 著 *I. B. Cohen* 颜锋 弓鸿午 欧阳光明 译 郭素玲 校

江西教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

牛顿革命/(美)科恩(Cohen, I. B.)著;颜锋等译. —南昌:江西教育出版社,
1999.10

(三思文库·科学史经典系列/刘兵主编)

书名原文:The Newtonian Revolution

ISBN 7-5392-3341-9

I. 牛… II. ①科… ②颜… III. ①牛顿定律-影响-研究 ②牛顿, I. (1642—
1727)-科学研究-研究方法 IV. 0301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 40771 号

The Newtonian Revolution

Copyright © 1980 by I. B. Cohen

Chinese translation copyright © 1999 by Jiangxi Education Press

Published by arrangement with Cambridge University Press

All rights reserved

书 名:牛顿革命

著 者:[美]I·B·科恩

译 者:颜 锋 弓鸿午 欧阳光明 校 者:郭栾玲

责任编辑:黄明雨

责任印制:万闰宝 装帧设计:龙马工作室

出版发行:江西教育出版社(南昌市老贡院 8 号/330003)

印 刷 者:南昌市印刷二厂

(江西省南昌市榕门路 229 号/330008)

开 本:850mm×1168mm 1/32

印 张:13 字 数:240 千字

版 次:1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷

标准书号:ISBN 7-5392-3341-9/Z·88

定 价:21.00 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

三思文库·科学史经典系列

总 序

“三思”者，Science 之谐音也。出版“三思文库”的核心目标，是要弘扬科学精神，宣传科学文化，因而，在这套立体开发的大型多系列丛书中，科学史经典系列的地位是非常独特的。

关于研究和学习科学史的意义，似乎已经不必再多谈。虽然学术界在对于像科学史的功能或科学史的意义等问题的讨论中，尚有多种说法并存，但不论对于科学工作者、人文社会科学学者还是一般公众来说，科学史最重要的功能之一，是让人们更深刻地理解科学和科学文化，这种观点应该说是得到公认的。当然，在许许多多的其他方面，科学史也都具有着任何其他学科都无法取代的重要性。

然而，与有着悠久传统的其他历史学分支相比，科学史又只是一个晚生的小学科。直到大约 18 世纪，较为系统的学科史形态的科学史才开始在西方出现。此后，随着科学的迅速发展和在社会生活中产生的巨大影响，科学史学科也相应地越来越受到人们的重视。本世纪以来，特别是近几十年以来，无论就研究者和出版著作的数量与水平，还是就研究对象的广泛、研究方法的多样、研究视角的新颖以及研究层次的深入来说，在世界范围内，科学史都已经发展为一门相当成熟的学科。像其

□ 牛顿革命

他学科一样，科学史这门学科在其发展成熟的过程中，也留下了一批经典之作，成为人类精神财富的一部分。无论是在历史的意义上，还是在现实的意义上，我们都不应忽视科学史中的这些经典之作。

在中国，历史学的研究传统源远流长，在丰富的历史文献中，也很早就有了萌芽式的科学史著作。但如果超出对史料的汇集和简单记述的层次，中国学者对科学史的真正学术意义上的研究，大约始于本世纪前后。近一个世纪以来，特别是近几十年来，中国学者在对科学史的研究中取得了很重要的成就。但是，这些成就大多是在中国古代科学史的范围内，而且，由于长期以来对西方科学史的发展和成就缺乏全面的了解，在科学史观和研究方法等方面，与西方相比，我们也有着明显的落后。要想改变这种局面，要想以更广阔的视野了解西方科学的发展，在国内引进译介西方科学史研究中的重要成果，特别是那些经典著作，是一项重要而且必须进行的工作。

新中国建国以来，特别是改革开放之后，许多西方的作品被引进。仅就与科学相关的研究，像在科学哲学和科学社会学中，就有大量的经典作品被译介，对这些学科在国内的发展起到了极大的推进作用。与之相比，在科学史方面，不要说经典，就连一般性的著作，被译介的也寥寥无几，这不能不说是非常令人遗憾的。

正是为了弥补这种遗憾，为了我国科学史学科的发展，也为了面向更广大的公众更好地普及科学和科学文化，我们组织翻译出版了这套科学史经典系列。谈到经典，当然可以有不同的理解，仁者见仁，智者见智。在不同的时期，有不同的经典。在科学史的不同研究领域，也是一样。例如，李约瑟关于中国科学史的巨著，当然属于经典的范畴。但考虑到在目前最迫切

的需要，也就是说，近代科学起源于欧洲，沿着这条发展的线索，至今，科学发展的主流和最重要的成就，仍主要在西方取得的，因而，对于弘扬科学精神和宣传科学文化来说，也对于填补国内科学史研究领域最大的空缺来说，对西方科学史研究经典著作的译介似乎更应放在优先的位置。我们在这套科学史经典系列的选题上，也正是体现了这种思考，并将一些更近期出版的有影响的科学史著作纳入进来。当然，由于版权联系的困难和译者队伍的限制，由于本套丛书出版规模的限制，也由于编者视界的限制，许多科学史的经典之作未能包括在内。但此系列丛书在国内是首次以较大规模出版科学史经典著作为目标，毕竟是一个开端。万事开头难。有了开端，也就有了继续发展的可能。

正像文库名称除了谐音之外的另外一层喻意所提示的，我们希望，通过科学史经典系列的出版，能够使专业的学者因阅读这些名作而“三思”科学史这门学科，也能够使更广泛的读者因阅读这些名作而“三思”在其中体现出来的科学精神和科学文化。“三思”之后，当然，就是行动的问题了。

刘 兵

1999年7月于北京天坛东里

中译本序

艾萨克·牛顿是世界公认的科学伟人。他的科学成就，特别是他所创建的力学原理，是近代科学大厦的基石。他的科学著作，尤其是他所撰写的《自然哲学的数学原理》，是高耸在近代科学史上的第一座丰碑。

牛顿为建设人类的科学宝库做出了前人无与伦比的贡献，为发展人类的文化事业建立了不朽的历史功勋。因此，很自然地，牛顿的生平和业绩，他的思想和著作，就必定要成为人们饶有兴趣的研究对象，对于科学史家和科学哲学家，更是必须加以研究的重要人物。事实上，研究伟大科学家的思想和事迹，总结他们进行科学创造的经验和方法，对于启迪后人的智慧，培养开创性的才能，是一种颇为有效的方法和途径。

20世纪以来，随着科学史研究的蓬勃发展，世界各国出版了多种牛顿的传记，并且陆续出现了从各种不同的学科和专题来研究牛顿学术成就和学术思想的大量著作，有天文学方面的、力学理论方面的、力学应用方面的、数学方面的、还有历史和哲学方面的，等等。看来，对于牛顿的研究，其活跃与多样，其数量之众多，实际上已经形成了一个世界性的专门学术领域。1980年出版的《牛顿革命》一书，正是这一学术领域的又一研究成果。

《牛顿革命》的作者科恩是美国著名的科学史家，现为美国

□ 牛顿革命

哈佛大学荣誉教授。他曾经专门研究过富兰克林，写过好几本有关富兰克林的专著。50年代起，他转向牛顿，对牛顿潜心研究多年，成为研究牛顿的专家，尤以对牛顿《原理》一书的精湛研究著称。他查阅了牛顿《原理》一书的有关手稿，仔细比较过《原理》第一版、第二版、第三版之间的异同，因而对牛顿科学思想的发展过程有比较深入细致的了解。他以这样深厚扎实的工作为基础，进而形成了他自己对牛顿的独到的认识：牛顿的力学成就不是“综合”而是“革命”。科恩先后撰写了以下一些关于牛顿的专著《富兰克林与牛顿》（1956年）、《牛顿的自然哲学选读》（1957年）、《新物理学的诞生》（1960年，与H. M. Jones合著）、《牛顿〈原理〉导言》（1971年）、《艾萨克·牛顿的〈自然哲学的数学原理〉》（1972年，与A. Koyrè共同编辑，并同A. Koyrè, A. Whitman一起为此书写了大量评注）、《牛顿的同球运动理论》（1975年）、《牛顿革命》（1980年）等。并于1985年出版了他研究科学革命的两部著作《革命的概念》和《科学中的革命》。

据科恩自己所说，《牛顿革命》一书的雏型可追溯到1966年。在完成这部著作之前的十几年间，他就本书的中心思想和论题举办过讲座和讨论班，发表过多篇论文，出版了《牛顿〈原理〉导言》，还根据不同的版本重新编辑出版了《原理》。因此，这本书是一部集科恩研究成果之大成的著作，书中表述了作者经过长时间深思熟虑的一些观点。我们应把这本书看成科恩研究牛顿的一部代表作。

科恩认为，牛顿的科学成就并不像人们通常所说的那样，只是实现了一种“综合”，而是一场“革命”，是标志近代精确科学诞生的革命。而这一革命的特征就是体现在《原理》一书中的牛顿风格（Newtonian style）。概括地说，科恩是这样论述牛

顿风格的：其第一步是对自然现象的简单化、理想化，建立一个与物理世界某些特点相一致的数学构筑。利用数学技巧可推演出某些结论，然后把这些结论应用于可观察到的物理世界。在第二步中，是在数学推论和根据经验得到的定律、法则之间进行比较和对照，使原来的数学构筑得到修正，或者说形成了新的第一步，并依次导致新的第二步。如此反复交替进行第一步和第二步，就会形成一种与自然界的复杂性非常接近的数学构筑。第三步，是利用前两步所得到的结果，以数学的精确性来演示自然界的运行过程，构建牛顿的“宇宙体系”。粗略地说，第一步和第二步相当于牛顿《原理》一书的第一编和第二编，第三步则相当于《原理》的第三编。

科恩在书中对他提出的牛顿革命和牛顿风格作了详细的分析和论证。他通过牛顿革命来说明牛顿力学在科学发展中的革命性的重要地位和作用；通过牛顿风格来概述牛顿的科学研究方法和基本步骤，使人们对《原理》一书的认识上升到一个新的高度。虽然如科恩所指出，牛顿风格在力学中获得了成功（在彻底解决某些问题如月球运动时也有失败），而在光学中则并不成功。牛顿的《光学》一书与《原理》的写法截然不同，并不明显地体现出上述的牛顿风格。虽然，近一个世纪以来，精确科学又经历了极其深刻的变化，出现了新的革命，然而我们仍然能够看到科恩所概括的牛顿风格的价值，它仍然是物理学的一种基本风格，甚至也是现代自然科学的一种基本风格。从这个意义上看，17世纪在力学中出现牛顿风格，的确可以理解为科学史上一场影响深远的革命，它体现了科学方法和思想方法的革命性的创造。

牛顿曾有一句名言：“如果说我所见的比笛卡尔远一点，那就是因为我是站在巨人肩上的缘故。”《牛顿革命》一书的第二

□ 牛顿革命

部分：科学思想的变革，正是根据历史的事实，对这一名言作了具体的科学的说明。牛顿革命不是突然爆发的，也不是牛顿一个人发动了只与他的名字相联系的革命。科恩指出，牛顿革命的起源至少要追溯到16世纪，进入17世纪以后就有了与伽利略、开普勒和笛卡尔等名字相联系的一系列科学革新，而且，如果没有沃里斯（Wallis）、雷恩（Wren）、惠更斯、胡克和其他人的贡献，也不会有牛顿革命的成功。也许，人们会产生这样的问题：是否牛顿只是使别人开始的事业结出了果实呢？科恩在书中对此作了详细的讨论。他根据历史事实相信：与牛顿同时代的以及其后的精确科学的先驱们都明确承认，革命是由牛顿的《原理》来完成的，而牛顿本人则把自己的成就归功于前辈和同事。读了科恩的阐述，我们更加清楚地了解，牛顿是怎样站在一大批科学巨人的肩上，从而成为更高大的巨人。科学中的革命常常是以这样的方式完成的，并不需要把前人打倒在地，而是接过接力棒，大步向前，迈向新的领域，开拓新的天地。爱因斯坦提出相对论，对于牛顿力学来说，是完成了新的革命，然而，爱因斯坦对牛顿的推崇和尊敬是人所共知的。他超越了牛顿，却并不贬低牛顿。

1987年，是牛顿《自然哲学的数学原理》出版300周年，在我国掀起了一个纪念牛顿的高潮，也是研究牛顿的高潮。北京大学科学与社会研究中心的三位硕士研究生（颜锋、弓鸿午、欧阳光明）在郭奕玲教授的热忱帮助下，完成了《牛顿革命》的翻译工作，为纪念和研究牛顿贡献出一份力量，提供出一本值得阅读的、有份量的专著。

总之，在现在奉献给读者的这本《牛顿革命》中，科恩教授依据翔实的史料、严格的考证，详细地介绍了牛顿力学、特别是《原理》的产生过程，以及牛顿研究问题的基本思路和方

中译本序 □

法，亦即牛顿的风格，相信它一定会对读者有很大的吸引力，对于物理学史、科学史和科学方法论的研究都会起到有益的推动作用。

孙小礼

1987 年秋写于北大

序 言

本书的雏型可追溯到1966年。那时我有幸在贝尔法斯特的女王大学 (Queen's University of Belfast) 开设的怀尔斯讲座 (Wiles Lectures) 讲学。这个讲座是珍妮特·P·博伊德 (Janet P. Boyd) 夫人为纪念她的父亲而设立的基金会创办的。这个基金会在观念上是有其显著特点的。它不仅提供有关历史某一方面的演讲人,而且保证每次讲座都由贝尔法斯特的历史学家和参加研究的学生以及从其他大学邀请的一些历史学家进行讨论。每天下午的讲座结束后,晚上就展开讨论。这对于我更周密地探究某些基本问题颇有助益。我尤为感谢有这样的机会能在同行和普通历史学家面前检查我的某些初始观点,并从鲁珀特 (Rupert)、玛丽·博厄斯·霍尔 (Marie Boas Hall)、约翰·赫里维尔 (John Herivel)、迈克尔·霍斯金 (Michael Hoskin)、乔治·霍克斯利 (George Huxley)、怀特赛德 (D. T. Whiteside) 和怀特曼 (W. P. D. Wightman) 等人那里受到教益。我也非常感谢我的讲座主持人贝克特 (J. C. Becket) 教授、珍妮特·P·博伊德夫人、副校长和迈克尔·格兰特 (Michael Grant) 夫人等的热心帮助。

完成这些讲稿的出版工作,比预期的时间晚了十年左右。延迟的首要原因是,撰写《牛顿的〈原理〉导论》(*Introduction to Newton's 'Principia'*) 和根据不同版本编辑牛顿的《原理》

□ 牛顿革命

(*Principia*) 的工作 [在亚历山大·柯瓦雷 (Alexandre Koyré) 的协作和安妮·惠特曼 (Anne Whitman) 的帮助下进行] 格外耗工费时。由于柯瓦雷教授过早逝世, 我们在最后阶段失去了他的直接帮助, 失去了他的智慧和经验。这使得出版准备工作比原来想像的更加繁重。直到这两本书出版 (1971 年, 1972 年), 我才有时间进行“怀尔斯讲座”的出版准备工作。

不过, 在此期间我曾散发了两篇非正式出版的经过修订的讲稿, 并在一些学术杂志上发表了若干论文。尤其值得一提的是, 在讲稿和本书中以科学概念的“变革”为基础的中心论题是在这些文章中进一步展开的, 并在哈佛大学我举办的讲座和讨论班上进行了深入讨论。这段个人经历在第五章末尾的补充部分再详细叙述。

这本书如同那些讲稿一样, 集中评述了艾萨克·牛顿的科学生涯。它是认识牛顿科学的一个方面的关键, 也是一般了解科学变化的途径。这本书探讨的是科学中的牛顿革命。对于这场革命的那些方面, 我相信与牛顿同时代的人以及其后不久的精确科学的先驱们都承认牛顿发动了一场“革命”。在表达方式上, 我没有使用以 20 世纪的科学变化的概念为基础的、由于时代不同而形成的错误论断, 而是尽可能追溯牛顿时代那些富有创造精神的科学家和对科学变化的分析家实际使用的表达方式。因而, 这本书是我对科学革命的历史和概念以及牛顿的《原理》的一些主要特点进行的一系列综合研究的一部分。

我把注意力集中在牛顿的《原理》上, 是因为正是在这本书里完全形成了我所说的“牛顿风格”。这种风格的精髓是把精确科学的研究过程分割成两部分的能力: 从想像的构筑或系统展开数学推论, 然后运用所得到的数学结果对现象学上的真实存在作出解释。我把《原理》中的科学的这个方面叫做“牛顿风格”。但我完全知道, 它不是牛顿凭空虚构的, 它与所谓的

“伽利略风格”非常相似。

牛顿风格包括三个阶段。第一个阶段通常开始于对自然界的简单化、理想化，从而导致数学领域中一个想像的构筑。它是一个几何空间的系统；数学实体根据某些可表述为数学定律或数学关系的条件在数学时间中运动。利用数学技巧可以推演出某些结果，然后把它们转而用于观察到的具有物理性质的世界中。在那里，即在第二个阶段，将经验数据与从这些数据得到的定律或法则进行比较和对照。这通常导致最初的数学构筑或系统的改变，或者说形成新的第一阶段；它又依次导致新的第二阶段。牛顿就是这样由中心力场中的一些质点出发，推导出了面积定律的。此后，他将增添与最初物体相互作用的第二个物体这样一些条件，然后再对其他物体也采取这样的做法。最后，他考虑的是有一定大小、有特定形状和组成的各种物体，它们本质上不再是质点。他甚至探求这些物体在运动时受到各种类型的阻力媒介的可能性。在第三个阶段中，牛顿将在第一个阶段和第二个阶段中得到的成果（粗略地说，相当于《原理》的第一编和第二编）应用于自然哲学中，精心构造了他的“宇宙体系”（第三编）。牛顿的未竟之事，是试图揭示像万有引力这样的力为何能存在和如何按照他发现的定律发生作用。这已经不是已出版的《原理》中的内容。牛顿提出的解释之一是乞求于一个以太模型。在这个模型中，密度可随物质分布变化的以太能产生如同引力那样的效果。

牛顿风格的伟大力量在于，它使得人们有可能对与日常运动相关的以及观察到的外部世界的运动相关的各种不同的力加以研究，而不必要求考虑在自然界中这样的力能否实际存在（或确实存在）。在《原理》中，牛顿风格获得了成功，虽然在彻底解决问题时（如对月球运动的情况）还有明显的失败。在对光学的研究中，牛顿试图遵循相似的进展路线。但那题材被

□ 牛顿革命

证明是不完全服从牛顿风格的。因此，若想了解牛顿试图如何按牛顿风格建立光学，有必要去读他去世以后出版的《光学讲义》(*Optical Lectures* 或 *Lectiones opticae*) 和某些有关光学的手稿，如 D·T·怀特赛德在《数学论文集》(*Mathematical Papers*) 中做的那样。在已出版的牛顿的《光学》中，牛顿风格只有依稀可辨的微细痕迹。《光学》是他以不同的模子铸成的。所以它变成了一本以普通风格写成的关于实验的书，而不是说明由具有想像构筑性质的数学技巧所精心创造的方法。而且事实上，我们并非完全清楚哪些实验是牛顿实际上做过的，或是精确地按他所叙述的方法做的。按照在动力学和天体力学中体现的牛顿风格的意义，它在光学中实际上是不成功的，在牛顿的物质理论中则是毫无结果的。根据这种分析，我认为，在 17 世纪和 18 世纪的生物科学或生命科学中，没有发生类似于牛顿革命的那种革命，这是显而易见的。

虽然本书集中讨论的是《原理》中的科学，但有些例子是从牛顿科学的其他方面、从其他时期的科学以及从不同于动力学和天体力学的其他物理学分支中引来的。我的信条是：对作为一系列变革的科学变化进行分析是普遍适用的，并且有助于我们理解构成科学思想上伟大革命的整体中的每一细节和每一步骤。

本书第二部分涉及到了科学思想史中的变革。科学变化的这个方面是由考察牛顿对开普勒定律的处理来说明的。本书的第二部分在许多方面是与第一部分相关的。讨论由相继变革构成的科学革命，可以阐明以前对科学革命的讨论情况。在牛顿建立的天体力学和他的以万有引力为基础的宇宙体系中，根据开普勒定律完成的精心之作展现了早期的牛顿风格。我已写了一本完全独立的书，专门讨论性质相同的一般主题即《科学革命：历史、分析，以及名称和概念的重要性》(*Revolution in Sci-*

ence; History, Analysis, and Significance of a Name and a Concept)。

我将本书的每一章划分成若干小节。这样，不希望了解每一步讨论的读者可以找到满足自己兴趣和需要的那些部分。尽管有些内容需要把各章联系起来互相参照，但我仍努力使每一章独立（甚至不惜笔墨偶尔扼要重复在另一章中详细阐述过的概念）。这样，阅读时就可以不必过分依赖于前面所讲内容。

我非常感谢曾一起讨论过这些思想的许多朋友、同事和学生，尤为感激那些审阅过打字稿并且给我许多有益的建议的人。他们是：洛兰·J·达斯顿（Lorraine J. Daston）、乔尔·吉努斯（Joel Genuth）、厄曼·麦克马林（Ernan McMullin）、西蒙·谢弗（Simon Schaffer）、迈克尔·香克（Michael Shank），特别是怀特赛德。同时也非常感谢国家科学基金会（National Science Foundation），在对艾萨克·牛顿的科学思想的研究中，在对作为本书主要基础的牛顿《原理》的研究中，他们给予了支持。我还要感谢斯潘塞基金会（Spencer Foundation）（芝加哥），在我对自然科学、物理科学与社会科学、行为科学之间的历史关系的研究中，是他们给予了支持。正是这项研究，使我懂得了一般科学革命的历史和性质，因而才能把科学革命与牛顿联系在一起。

I·伯纳德·科恩

1980年7月

于马萨诸塞，坎布里奇

I·B·科恩 (I. Bernard Cohen, 1914—), 美国当代著名的科学史家、教育家, 哈佛大学退休教授。科恩教授学识渊博, 治学严谨, 曾在美国国内和其他国家多所著名的学府执教。他的才华、学识和成就, 使他不仅在美国国内, 而且在国际学术界中都享有很高的声望。他的主要著作除本书外还有: 《富兰克林与牛顿》、《新物理学的诞生》、《牛顿〈原理〉引论》、《本杰明·富兰克林》、《科学中的革命》和《科学文选: 从达·芬奇到拉瓦锡》等等。

三思文库

总体策划 周榕芳

具体运作 三思工作室