



西方思想文化史研究丛书

The History of Western Ideas and Cultures

科学从此成为科学： 牛顿的生平与工作

吴以义 著



复旦大学出版社

西方思想文化史研究丛书

The History of Western Ideas and Cultures

科学从此成为科学： 牛顿的生平与工作

吴以义 著

图书在版编目(CIP)数据

科学从此成为科学:牛顿的生平与工作/吴以义著. —上海:复旦大学出版社,2014.9
(西方思想文化史研究丛书)
ISBN 978-7-309-10838-5

I. 科… II. 吴… III. 牛顿, I. (1642 ~ 1727) - 生平事迹 IV. K835.616.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 158904 号



著作权属有 © 东方图书股份有限公司
本著作中文简体字版由东方图书股份有限公司授权复旦大学出版社在中国境内
(台湾、香港、澳门地区除外)独家出版。
本著作禁止以商业用高于台湾、香港、澳门地区散布、销售。
版权所有,未经著作权利人书面授权,禁止对本书之任何部分以电子、机械、影印、
录音或其他方式复制或转载。

著作权合同登记号:图字:09-2012-828

科学从此成为科学:牛顿的生平与工作

吴以义 著

责任编辑/史立丽

复旦大学出版社有限公司出版发行

上海市国权路 579 号 邮编:200433

网址: fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853

外埠邮购:86-21-65109143

常熟市华顺印刷有限公司

开本 890 × 1240 1/32 印张 6.75 字数 179 千

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-309-10838-5/K · 485

定价:28.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司发行部调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

自 2011 年开始,复旦大学历史系在建设世界史一级学科的过程中,本着从本系世界史学科的现实出发,考虑其学术传统,也着眼于未来的发展,并符合国际学术的主流走向的主旨,拟议在本学科中提炼出相关的数个方向进行发展,而思想文化史也列在其中。为此,经过从事本方向研究的各位老师数次的讨论商议,决定编辑出版“西方思想文化史研究”系列丛书,一则将本方向同仁的研究成果及时出版面世,以供学界批评参考之用,二来也可建立起一个学术平台,从而可以吸引本系同仁之外的其他学者参与,求得更多和更好的学术著作进入本丛书,以扩展影响,进而形成一套具有学术展示和引领作用的学术研究丛书。而在此过程中,复旦大学出版社也为了支持我们的学科建设和学术发展,欣然同意将本套丛书列为该社的出版计划,于是便有了这套丛书的问世。

早在 20 世纪 80 年代,复旦大学历史系世界史学科就编辑出版过“世界文化史”研究丛书,在当时的学术界产生了重大的反响,既推动了文化研究和世界历史研究的深入,同时也对国内世界史学科的建设起到了很大的促进作用。在一定意义上,本研究丛书当然是这一学术传统的承续,也是其光大和发扬。将史学史、思想史和文化史三者融为一

体,侧重于在思想观念、仪式象征以及话语表达等方面展开,既讨论精英的思想,也探讨大众的观念、情感和心态;既研究个人的思想和概念的形成,也关注某个群体以及社会思潮和社会观念;既注重文本的分析,也考察仪式、象征和话语表达;既在史学演进的层面来研究其思想观念和不同流派的演进,又将史学本身也看成为文化和思想观念的一种表达。由此,在研究内容上,我们不囿于以往的思想史和文化史研究的独立划分,而是在新的思想史和文化史研究逐渐合一、互有交叉的背景下,拓展其思路。这也就意味着从前思想史和文化史各自进行独立的分支研究已经过去,两者之间的融通已为学界之主流,更值得关注的是,目前的新文化史研究大有取代以精英和文本为主的思想史研究之趋势。难怪国外有学者称,是思想史还是文化史?正是在研究内容不断扩展和研究理论与方法不断推陈出新的学术背景下,我们将之冠名为“西方思想文化史研究丛书”也凸显和呼应着这样一种国际学术界的新变化。并且我们还设想在这一学术视野中形成学术研究的新路径,打造一套具有特色的学术丛书,进而也推动着我们自身研究领域的深化,改变历史研究的实践方式与提升学科队伍的建设水准。

在编辑和出版这套丛书的过程中,世界历史学科,特别是从事思想文化史研究方向的各位同仁全力参与,奉献出了各自的学术成果;复旦大学出版社的诸位编辑也为此花费了很多时间与精力,并且为本丛书成功地申请到上海市文化发展基金的资助,这不仅是对这套丛书设想的肯定,同时也赋予了我们更多的责任来回报如此高规格基金的支持。同样,复旦大学和历史系在进行“211工程”三期学科建设的过程中,也将本丛书列入其计划予以支持。在本套丛书即将面世之际,我们对上述提及以及没有提及的个人和机构表示衷心的感谢。这种谢意并非是一种常规的客套,实际上也印证了,在学术性知识生产的过程中,需要这一生产链或者说学术共同体的多个环节相互配合和支持,可以设想,没有这些支持和帮助的话,这些知识无法得以面世和进入市场来进行

展示与流通。

本套丛书的面世还仅仅只是一次启动,后面的工作还有很多,也许更为沉重的压力在等待着我们,但可以相信,在全球化不断加深的今天,正在成长中的中国比以往任何时刻都需要理解外部世界,特别是西方世界。而在这种理解中,从思想文化入手是比较好的路径。因为思想文化既是引领行动的基础,又作为独立的存在而建构其实践性内容,塑造着实体性存在本身。正因为如此,复旦大学历史系世界史学科的诸位同仁将会在今后更加努力地工作,并将此丛书的编纂坚持下去,以取得新的进展。

“复旦西方思想文化史研究丛书”编辑委员会

2012年9月



大陆版序言

科学何以成为科学：爱因斯坦品读牛顿

和复旦大学出版社史立丽编辑一起，几经斟酌，把这本小册子的书名改为《科学从此成为科学：牛顿的生平与工作》^①。台湾东大图书公司的初版受丛书体例的限制，只能作《牛顿》，但现在这个书名显然更好地反映了写作的主旨。

科学当然不是一蹴而就地出现在历史上的。究竟什么时候科学成为科学，说实在的无法也不必作排他性的认定。本书说科学自牛顿起成为科学，意在强调科学的几项基本特征至此充分展现；其中比较有意思的有三：作为对象的自然界、理性的权威地位以及对于科学探索本质的认识。而对此的讨论，对牛顿的评价，则当以来自“一个在科学上同牛顿相匹敌的人”为上选^②。爱因斯坦对牛顿赞誉有加，惺惺相惜，自然值得特别的留意，而其论述也常在这三个方面。让我们作稍微细致一些的考察。

科学把我们的感官所反映的自然界确立为自己的研究对象，这一

① 这是十四五年前的旧作，这次再版，除了改动若干错字以外，没有修订。有些地方，如说某书没有中译本之类，是指当时我所知道的情形，改不胜改，于是径按原样付印，读者鉴之，并向译者致歉。

② 伯纳德·科恩(I. B. Cohen)语，见“An Interview with Einstein”，*Scientific American*，193 (1955) 71。中译见许良英等译：《爱因斯坦文集》第一卷（下文引语均在第一卷，不另出注），北京：商务印书馆，1977年，第623页。

观念由来已久。亚里士多德^①就明确地说，“既然我们是在寻求感觉物体的本原，既然感觉是可触的意思，而可触又是感官触及的东西”，研究的对象就是这些东西。所谓研究这些东西，就是要揭发它们之间的因果联系。他后来又说：“显然，我们应须求取原因的知识，因为我们只能在认明一事物的基本原因后才能说知道了这事物。……从这些事实说来，我们将谓万物的唯一原因就只是物质……”^②爱因斯坦强调说：“牛顿的概念体系逻辑上的完备性就在于：一个体系中各个物体的加速度的唯一原因就是这些物体本身。”^③

但是，严格界定科学研究的对象，把除了感官所提供的经验事实以外的一切全部摒弃在科学之外，并没有把牛顿的研究局限在一种狭小的视野之中。近150年在科学和技术高速发展的同时，对自然的研究也日益专门化。科学家看见的，是他所专注的一个或几个极其专门的问题，而且常常是和现实经济或政治利益紧密相关的问题，这和牛顿的时代很不一样。牛顿面对的，始终是整个自然。从星辰的运动到潮汐，从原子的吸引到丹药，从光的本质到视觉，牛顿的研究在爱因斯坦眼里，是和自然的直接的无障碍的沟通：

对于他，自然界是一本打开的书，一本他读起来毫不费力的书。他用来使经验材料变得有秩序的概念，仿佛是从经验本身，从他那些像摆弄玩具似的而又亲切地加以详尽描述的美丽的实验中，自动地涌溢出来一样。他把实验家、理论家、工匠和讲解能手兼于一身。^④

对于爱因斯坦来说，科学所面对的就是这样的作为一体的自然：

① 参见 329b7-8,《论生成和消灭》，徐开来译，苗力田主编《亚里士多德全集》第1卷，北京：中国人民大学出版社，1991年，第441页。

② 《形而上学》983a25-26，吴寿彭译，北京：商务印书馆，2009年，第7页。

③ 《牛顿力学及其对理论物理学发展的影响》，原文在 *Naturwissenschaften*, 15 (1927) 273-276，中译见上引《文集》第222页，下一段引文中224—225页。

④ 《牛顿的〈光学〉序》，上引《文集》第287页。

我想知道上帝是怎么创造世界的。我对这一或那一个现象无甚兴趣，对这一或那一种元素的光谱无甚兴趣，我想要知道的是上帝的想法，余皆细枝末节。^①

当牛顿和爱因斯坦面对整个自然时，他们当然不是只注视一个或几个孤立的现象或客体；科学所要求的，不是对现象或客体的孤立的描述，不是感官所提供的直接感受，而是对存在于现象之间的因果关系的确认。因果关系是科学地理解自然的本质特征，也是科学所孜孜追求的终极目标。爱因斯坦认为，正是牛顿，最终完成了亚里士多德的这一要求：“我们必须明白，在牛顿以前，并没有一个关于物理因果性的完整体系，能够表示经验世界的任何深刻特征”；“在牛顿以前，还没有什么实际的结果来支持那种认为物理因果关系有完整链条的信念”^②。爱因斯坦简要地归纳了牛顿建立这种因果关系的工作：

牛顿设想，作用在一个物体上的力是由一切离该物体足够近的物体的位置所决定的，这种思想无疑是受了行星运动定律的启发。只有在这种观念建立起来以后，才能得到关于运动的完整的因果概念。大家都知道，牛顿怎样从开普勒的行星运动定律出发解决了引力问题，并且由此发现了作用在星球上的推动力和引力在本质上是相同的。……以这里所简要说明的基础为根据，牛顿成功地解释了行星、卫星和彗星的运动，直至其最微末的细节，同样也解释了潮汐和地球的进动——这是无比辉煌的演绎成就。^③

他后来又补充说：

① 转引自 Silvio Bergia, “Einstein and the birth of special relativity”, in *Einstein: A Centenary Volume*, A. P. French ed., Cambridge: Harvard University Press, 1979, p. 67.

② 爱因斯坦，上引《文集》，第 222 页。

③ 同上书，第 224—225 页。

科学家却一心一意相信普遍的因果关系。在他看来，未来同过去一样，它的每一个细节都是必然的和确定的。^①

进一步，爱因斯坦认为，从纷繁的现象中整理出因果规律，“不能单从经验中得出，而只能从理智的发明同观察到的事实两者的比较中得出”^②。这就是理性的作用。正是理性，这种人类独有的分析能力，可以对自然材料加工，可以揭示自然现象的联系。这一人类特有的智力活动，就是科学。而这一智力活动的实现，有赖于两个基本的假定：一是自然界的规律确实是存在的，自然变化确为因果律所统帅；二是这种规律是可以认识的，自然现象对于人来说，或多或少，或迟或早，在本质上是是可以理解的。

这是自然科学之所以可能的先验的认识论基础。爱因斯坦认为，这是唯一的不可理解的命题：

借助于思维，我们的全部感觉经验就能够整理出秩序来，这是一个使我们叹服的事实，但却是一个我们永远无法理解的事实。可以说，“世界的永久秘密就在于它的可理解性”。要是没有这种可理解性，关于实在的外部世界的假设就会是毫无意义的……^③

所以，在这个意义上，爱因斯坦把这种对可理解性的先验的信心比作一种宗教：

你很难在造诣较深的科学家中间找到一个没有自己宗教感情的人。但是这种宗教感情同普通人的不一样。……他的宗教感情所采取的形式是对自然规律的和谐所感到的狂喜和惊奇，因为这种和谐显示出这样一种高超的理性，同它相比，人类一切有系统的

① 《科学的宗教精神》，上引《文集》，第 283 页。

② 《约翰内斯·开普勒》，上引《文集》，第 276 页。

③ 《物理学和实在》，上引《文集》，第 343 页。

思想和行动都只是它的一种微不足道的反映。^①

爱氏回忆说，在十二岁的时候，他第一次读到欧几里得几何关于三角形三条高交于一点的证明。“它们本身虽然并不是显而易见的，但是可以很可靠地加以证明，以致任何怀疑似乎都不可能。这种明晰性和可靠性给我造成了一种难以形容的印象。”^②他以后的工作就是建立在这样一种对理性的“宗教感情”之上：

相信世界是一个有秩序的和可认识的实体，这是一切科学工作的基础，也是一种宗教情感。我的宗教感情就是对这种秩序的谦恭的赞赏，这一秩序在现实的一鳞半爪中显现，而这一小块现实和我们微不足道的理性正旗鼓相当。^③

所以，求得自然现象的因果解释，是科学的终极目的，而在这一追求中，理性贯穿始终。爱因斯坦对牛顿及其工作所怀有的，正是这种“谦恭的赞赏”：

想起他就要想起他的工作。……牛顿第一个成功地找到了一个可以用公式清楚表达的基础；从这个基础出发，他能用数学的思维，逻辑地、定量地演绎出范围很广的现象，并且能同经验相符

① 《科学的宗教精神》，上引《文集》，第283页。

② 《自述》，上引《文集》，第4页。

③ 《论科学》，*Cosmic Religion: With Other Opinions and Aphorisms*, New York: Covici-Friede, 1931, p. 98, 中译参见上引《文集》，第284页，译文有改动。这儿“现实的一鳞半爪”原文是 a small patch of reality, “微不足道的理性”原文是 feeble intelligence。因为这是一段箴言，很难从上下文再作推敲，译文也不易传神。案爱氏此处的意思，盖在强调人类认识之于宇宙的渺小。和这段文字约略同时，爱氏还在另外一个场合谈到过类似的主题，见 *Forum and Century*, 84 (1930) 194: “我自己只满足于生命永恒的神秘，满足于察觉现存世界的神奇的结构，窥见它的一鳞半爪，并且以诚挚努力去领悟在自然界中显示出来的那个理性的一部分，即使只是其极小的一部分，我也就心满意足了。”中译参见《纪念爱因斯坦译文集》，赵中立等译，上海：上海科技出版社，1979年，第50页。两处对照阅读，或较容易理解爱氏原意。

合。……由此，目标就达到了，天体力学这门科学也就诞生了，这门科学已无数次地为牛顿自己和他以后的人证实。^①

在爱因斯坦看来，理论为实践所证实，是理性发展的必然。如果理性不能把我们引向正确的结果，那倒是理性所不能理解的了：

科学……鼓励人们根据因果关系来思考和观察事物。在一切比较高级的科学工作的背后，必定有一种关于世界的合理性或者可理解性的信念，这有点像宗教的感情。同深挚的感情结合在一起的，是对经验世界显示出来的深邃的理性的坚定信仰，这就是我的上帝。^②

至此我们谈到了自然界，以及人对自然的认识。既然这种认识本质上是自然现象之间的关系，而不是单一和孤立的现象，理性所追求的这种因果关系当然就不能为感官所直接把握，就必须通过人特有的智力活动认识；这种活动为理性所指导，为理性所贯穿。而在理性的带领下对因果关系的认识，基于一种对自然和自然规律的敬畏和对人的认识能力的信心，常表现为一种从不知到知，从知之甚少到较多的过程。这一过程为科学的成果所标志，但是这一进程的本质却并非这些成果而是它们的不断更新。开普勒在讨论行星运动时曾用 being 和 becoming 来强调静止的状态和变化的过程，在这儿或可以作一不恰当的附注^③。如果留意科学的本质是这样一种过程，我们就不会为牛顿学术生涯中的表现不一致而困惑。事实上，他在天文学上的、炼金术和

① 《爱萨克·牛顿》，*The Manchester Guardian*, Dec. 25, 1942 中译见上引《文集》，第401—404页。

② 《关于科学的真理》，上引《文集》，第244页。译文稍有改动。

③ 开普勒原话是说光在行星和太阳之间的作用，这儿戏用其意，故云“不恰当”，但古人《左襄二十八》也有“赋诗断章，余取所求”之说，此或不为太过。原文见氏著 *Astronomia nova*, tran. William Donahue, Cambridge: Cambridge University Press, 1992, p. 382。

年代学方面的工作同样都是理解自然的努力。

由此可见，科学活动必然是一种探索。这种不断完善的过程的起点，常在对于理论的弱点和不足的深刻认识。科学理论从来不是自我封闭的。在理论成功的同时，认识到其中的弱点，恰恰为理性的下一步的追求指明方向，这就使得科学成为一种连续的、指向明确的、世代相袭的社会活动。爱因斯坦认为，牛顿理论的弱点在于绝对时空的概念，这一概念是虚幻的^①；在于假定力的超距作用，这一假定和我们日常生活的经验不合；还在于认定引力质量和惯性质量相等，牛顿对此没有作任何物理的解释，而《原理》定义质量的妙处恰恰在于其可操作性。不难看出，爱因斯坦所注意的，正是相对论的出发点，正是他所力图解决的问题。理论就是这样成长。作为牛顿事业的直接继承人，爱因斯坦比任何人都更加亲切地感受到牛顿的伟大：

牛顿的基本原理从逻辑的观点看来是如此完善，以至于检验这些原理的动力只能来自经验事实的要求。……我必须强调指出，牛顿自己比他以后许多博学的科学家都更明白他的思想结构中固有的弱点。这一事实时常引起我对他的深挚的敬意……^②

值得注意的是，爱氏的敬意来自牛顿对自身理论的弱点的认识和思考。牛顿关于以太的考虑，在爱因斯坦看来，这才是一种“挑战”：

去了解牛顿想的什么，以及他为什么要干某些事，那是最重要的。……比如，牛顿是怎样并且为什么提出他的以太概念的？尽管牛顿的引力理论得到了成功，他对引力概念还是不满意。……牛顿所最强烈反对的是一种能够自己在空虚空间中传递的力的概

① 爱因斯坦的传记作者，普林斯顿高等研究院教授派斯(A. Pais)对“虚幻的”一词作下列注释：重要的是要留意爱因斯坦用“虚幻的”一词指人的心灵的自由发明，见 *Reviews of Modern Physics*, 51(1979) 907。

② 《牛顿力学及其对理论物理学发展的影响》，上引《文集》，第226页。

念。牛顿希望用以太来把超距作用归结为接触力。…… 这里有一个牛顿思想过程的最有趣的说法 ……^①

因此，尽管牛顿的以太概念后来被证明不成功，但是，如果注意到科学发展的本质模式是探索，我们就不会在个别成果个别概念上纠缠：

本来理智每一活动的目标，就是要把奇迹转变为理智所已掌握的东西。如果在这种情况下，奇迹确实可以转变，那么我们对牛顿的才智，就只会更加钦佩。^②

惺惺相惜，在爱因斯坦看来，正是牛顿，规范了“西方的思想”。牛顿所树立的，是以后科学研究乃至一切学术研究的“规矩”和“典范”：

我们觉得有必要在这样的时刻来纪念这位杰出的天才，在他以前和以后，还没有人能像他那样地决定西方的思想、研究和实践的方向。他不仅作为某些关键性方法的发明者来说是杰出的，而且在善于运用他那时的经验材料上也是独特的，同时还对数学和物理学的详细的证明方法有惊人的创造才能。由于这些理由，他应当受到我们的最诚挚的尊敬。^③

不须解释，如果以科学的最终目标即自然界中的因果关系、科学的最高原则即理性的批判精神，以及科学的发展形态即尝试和实验的探索模式来衡量，牛顿的工作确实标志了一个时代。在牛顿诞生将近三百年的时候，爱因斯坦再次提到牛顿，深沉的眷恋溢于言表：

① 《同科恩的谈话》，原文在 *Scientific American*, 193 (1955) 68-73，上引《文集》有节译，引文在 622—623 页。

② 上引《文集》，第 402 页。

③ 上引《文集》，第 222 页。译文稍有改动。

牛顿的时代早已被淡忘了，他那一代人的充满疑虑的努力和痛苦已经从我们的记忆中渐渐消失；只有少数几个伟大的思想家和艺术家的作品留了下来，给我们和我们的后代以欢愉和高尚。^①

但是，这种“欢愉和高尚”并不会自发自动地向受众转移。爱因斯坦八十年前的担忧，现在听起来竟像是近乎先知式的警告了：

我所以说这些话，是因为在我们这个时代里，为知识而尊重知识的精神，已不再像文艺复兴时代的那几个世纪时那样的强烈了。^②

的确，科学革命时代上承文艺复兴余绪，下开启蒙运动先河。文艺复兴的一个标志是人的兴趣极大地转向自然。在此之前，人们为了追寻上帝而诉诸自然，自然对于人而言，是上帝智慧的展示。当牛顿的工作为世人所知晓、科学革命臻于完成的时候，情形丕变，人们为了追寻自然而诉诸上帝。在这一长达一个半世纪的探索中，上帝退居原动者和最后因，而理性作为这一探索的主线，始终贯穿。当理性成为人类活动的最初动因和最后判定者时，科学就成为了科学。

① 《牛顿〈光学〉序》，上引《文集》，第287页。译文稍有改动。

② 上引《文集》，第404页。译文稍有改动。



牛顿的主要工作是科学方面的，这在现在几乎是一个学龄儿童的常识。但是牛顿当年孜孜然于书房、图书馆和他的炼金术炉火旁时，他并没有把自己限制在我们所定义的“科学”这种“分科的学问”之中，他面对的是整个自然。自然作为一个整体，充满活力，永不止息地运动着，而理性则深藏其间。在他很多研究成果之中，最著名的是利用引力的概念来说明天体的运动。当彗星按照人的理性所理解的那样在预期的时刻出现在预期的天区时，它所造成的震动不是我们这些生活在三百年以后的人所能稍许想象的。人的理性之不可动摇的至上地位从此确立，并成为以后文化发展之不可须臾或缺的一环。在这个意义上，我们说科学成为文化之一部。

牛顿传的撰写起于法国人丰特纳耶 (Bernard le Bovyer de Fontenelle, 1657—1757)，牛顿 1727 年去世时他任法国科学院秘书，按照惯例，他为牛顿写了一篇悼词^①，内容主要是康杜伊特

^① 即 Eloge de M. Newton，最初发表在 *Histoire de l'Academie Royale des Sciences*，1727，pp. 151 - 172. 英译见 *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy*，ed. by I. B. Cohen，Cambridge: Harvard Univ. Press，1978，pp. 444 - 474.

(John Conduitt)^①提供的。1821年，法兰西学院的物理学教授毕奥(Jean Baptiste Biot, 1774—1862)为《大百科全书》写了一个长三十八页的条目^②，备述牛顿生平，或可看作学者撰写牛顿传的开始。19世纪最重要的，至今仍常被牛顿学者引用参考的，是布鲁斯特爵士(David Brewster, 1781—1868)的牛顿传^③。布鲁斯特是第一个利用所谓的朴茨茅斯(Portsmouth)手稿研究牛顿的传记作者，而他的专业方向是光学，所作自然在光学方面特别留心。布鲁斯特的书无论在质量上还是在篇幅上都足当之选，以至于直到一个世纪以后的1932年才有人认真地考虑再写一部牛顿传^④。

中文文献方面，就以义所知，除早年把牛顿及其力学介绍到国内时有些介绍外^⑤，在1987年假《原理》发表三百周年，又刊出几部专著^⑥，各有专精。

近四十年来，西洋学术界在牛顿研究方面取得了长足的进展。文献的发掘和刊布^⑦，其意义的讨论和阐释^⑧，以及牛顿当时的心理和智

① J. Conduitt的原稿写于当年10月，今藏 King's College, Keynes Collection, 载 Edmund Turnor, *Collections for the History of the Town and Soke of Grantham*, ..., London: William Miller, 1806, pp. 158 - 167.

② *Biographie universelle*, 1821, v. 30, pp. 367 - 404.

③ *The Life of Sir Isaac Newton*, London: John Murray, 1831. 他后来又写了 *Memoirs of the Life, Writings and Discoveries of Sir Isaac Newton* (Edinburgh: Thomas Constable, 1855), 共上下两卷，此书有影印本, New York: Johnson Reprint Co., 1965.

④ Louis Trenchard More, *Isaac Newton, a Biography*, New York: Dover, 1934, rpr. 1962.

⑤ 对这一阶段的回顾，参见郭永芳：《牛顿学说在中国的早期传播》，刊中国科学院自然科学史研究所编：《科技史文集》第12辑，上海：上海科技出版社，1978年。

⑥ 例如查有梁：《牛顿力学的横向研究》，成都：四川教育出版社，1987年；戴念祖等编：《纪念牛顿“原理”出版三百周年文集》，成都：西南交通大学出版社，1988年；阎康年：《牛顿的科学发现与科学思想》，长沙：湖南教育出版社，1989年。——不能尽数枚举，限于所见而已。

⑦ 参见本书书末所附文献。

⑧ 例如 A. Koyre, *Newtonian Studies*, London: Chapman & Hall, 1965; I. B. Cohen, *Franklin and Newton*, Philadelphia: American Philosophical Society, 1956; *Introduction to Newton's Principia*, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1971; *The Newtonian Revolution*, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1980; R. S. Westfall, *Force in Newton's Physics*, London: Macdonald, 1971. 此外，还有数十部专著，数百篇论文。