



清华科史哲丛书

质的量化与运动的量化

14 世纪经院自然哲学的运动学初探

张卜天 著



1917

商务印书馆
The Commercial Press



清华科史哲丛书

质的量化与运动的量化

14 世纪经院自然哲学的运动学初探

张卜天 著

 商务印书馆
The Commercial Press

2019年·北京

图书在版编目(CIP)数据

质的量化与运动的量化:14世纪经院自然哲学的运动学初探/张卜天著. —北京:商务印书馆,2019

(清华科史哲丛书)

ISBN 978-7-100-17109-0

I. ①质… II. ①张… III. ①自然科学史—西方国家—中世纪 IV. ①N095

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第034748号

权利保留,侵权必究。

清华科史哲丛书

质的量化与运动的量化

——14世纪经院自然哲学的运动学初探

张卜天 著

商务印书馆出版

(北京王府井大街36号 邮政编码100710)

商务印书馆发行

北京艺辉伊航图文有限公司印刷

ISBN 978-7-100-17109-0

2019年5月第1版

开本 880×1230 1/32

2019年5月北京第1次印刷 印张 9 1/4

定价:46.00元

总 序

科学技术史(简称科技史)与科学技术哲学(简称科技哲学)是两个有着内在亲缘关系的领域,均以科学技术为研究对象,都在20世纪发展成为独立的学科。在以科学技术为对象的诸多人文研究和社会研究中,它们担负着学术核心的作用。“科史哲”是对它们的合称。科学哲学家拉卡托斯说得好:“没有科学史的科学哲学是空洞的,没有科学哲学的科学史是盲目的。”清华大学科学史系于2017年5月成立,将科技史与科技哲学均纳入自己的学术研究范围。科史哲联体发展,将成为清华科学史系的一大特色。

中国的“科学技术史”学科属于理学一级学科,与国际上通常将科技史列为历史学科的情况不太一样。由于特定的历史原因,中国科技史学科的主要研究力量集中在中国古代科技史,而研究队伍又主要集中在中国科学院下属的自然科学史研究所,因此,在20世纪80年代制定学科目录的过程中,很自然地将科技史列为理学学科。这种学科归属还反映了学科发展阶段的整体滞后。从国际科技史学科的发展历史看,科技史经历了一个由“分科史”向“综合史”、由理学性质向史学性质、由“科学家的科学史”向“科学史家的科学史”的转变。西方发达国家大约在20世纪五六十年代完成了这种转变,出现了第一代职业科学史家。而直到20世纪

末,我国科技史界提出了学科再建制的口号,才把上述“转变”提上日程。在外部制度建设方面,再建制的任务主要是将学科阵地由中国科学院自然科学史研究所向其他机构特别是高等院校扩展,在越来越多的高校建立科学史系和科技史学科点。在内部制度建设方面,再建制的任务是由分科史走向综合史,由学科内史走向思想史与社会史,由中国古代科技史走向世界科技史特别是西方科技史。

科技哲学的学科建设面临的是另一些问题。作为哲学二级学科的“科技哲学”过去叫“自然辩证法”,但从目前实际涵盖的研究领域来看,它既不能等同于“科学哲学”(Philosophy of Science),也无法等同于“科学哲学和技术哲学”(Philosophy of Science and of Technology)。事实上,它包罗了各种以“科学技术”为研究对象的学科,是一个学科群、问题域。科技哲学面临的主要问题是,如何在广阔无边的问题域中建立学科规范和学术水准。

本丛书将主要收录清华师生在西方科技史、中国科技史、科学哲学与技术哲学、科学技术与社会、科学传播学与科学博物馆学五大领域的研究性专著。我们希望本丛书的出版能够有助于推进中国科技史和科技哲学的学科建设,也希望学界同行和读者不吝赐教,帮助我们出好这套丛书。

吴国盛

2018年12月于清华新斋

目 录

导言	1
第一章 14 世纪科学史的研究概述	35
一 迪昂的开创性工作	36
二 20 世纪科学史家对迪昂的批判和发展	43
第二章 关于运动本性的争论	62
一 亚里士多德的范畴学说和对运动的分类	62
二 中世纪对运动本性的不同看法	75
第三章 质的量化的序幕: 质的强度变化问题	100
一 问题的提出	101
二 神学背景: 圣爱的变化问题	104
三 质变的本体论问题和物理问题	107
四 伯利对附加论的反驳	111
五 承继论对圣餐运动的解释	115
第四章 牛津学派: 形式幅度学说	118
一 “计算”方法与牛津计算者	119
二 形式幅度学说	125
三 与光的发射的类比	135
四 对质的时空分布的分类和对质变速度的度量	137

第五章	巴黎学派:奥雷姆对质的强度的几何表示	144
一	《论质和运动的构形》的内容概要和理解关键	145
二	对质的强度的几何表示	148
三	奥雷姆与牛津计算者的区别	155
四	构形的物理意义	156
第六章	运动的量化的序幕:早期运动学和牛津学派的 基本运动学概念	159
一	早期运动学的发展	159
二	奥卡姆对学科界限的打破:数学在自然 哲学中的应用	163
三	质变与位置运动的类比	169
四	牛津计算者的基本运动学概念	172
第七章	牛津学派:布雷德沃丁的定律	182
一	《论运动速度的比》的主要内容	185
二	对布雷德沃丁定律的应用和拓展	199
第八章	牛津学派和巴黎学派:主要运动学成就	204
一	《解决诡辩的规则》的内容和结构	204
二	海特斯伯里的运动学成就	208
三	奥雷姆对默顿规则的几何证明	224
第九章	14 世纪运动学再回顾	232
一	与伽利略运动学的区别	232
二	与亚里士多德学说的深层联系	236
三	14 世纪运动学的逻辑背景	238
四	质的量化与实际测量	242

五 “根据想象”的推理·····	246
六 14 世纪知识的统一性：“分析的语言”·····	252
七 研究中世纪科学史的意义·····	256
中世纪逻辑术语解释·····	262
主要人物小传·····	267
人名译名对照·····	278
参考文献·····	281
后记·····	302

导 言

一 研究范围的界定

1. 中世纪的历史分期

“中世纪”(medium tempus 或 media tempora)的字面意思是“中间时期”，一般指欧洲历史上从5世纪西罗马帝国陷落直至文艺复兴的这段时期。“中世纪”的观念首先由彼得拉克(Petrarch, 1304—1374)等意大利人文主义者别有用心地提出，以突出他们自己的工作 and 理想。他们正在从事复兴古典学术与文化，认为一个长达千年的黑暗与愚昧时代将他们与古代的希腊罗马世界分隔开来。他们宣称人类文化已经在古代世界达到顶点，而后随着基督教的兴起和蛮族的侵略而衰亡，直到他们那个时代才开始复兴。^①虽然各方对于中世纪的起始时间一般没有什么异议，但对于结束时间却有不同的看法。根据不同的标准，其间差距可能有几个世

^① Strayer (1987), vol. 8, p. 308.

纪之久。^①

从人文主义者开始,历史学家们对“中世纪”多持负面观点,认为它是人类历史上的一个“黑暗时代”。在16、17世纪的宗教改革中,新教徒也把天主教的腐败写进这段历史中。而现代关于“黑暗的中世纪”的许多负面观念则来自18世纪启蒙运动思想家的作品。19世纪初,浪漫主义运动出于对自然的赞颂,一改这种负面评价,给出了一幅关于中世纪宁静和谐的美好画卷。直到20世纪中叶以后,认为整个中世纪都是黑暗时代的看法才渐渐消失。

但在很长一个时期,中国许多学者一提起中世纪,往往都会在前面加上“黑暗的”作为修饰语。在一些人的心目中,中世纪似乎就是宗教迫害、审判异端、科学受宗教压制的世纪。“对于这些人而言,中世纪是不变的、静止的和落后的事物的同义词,‘中世纪的’被用来指代任何过时之物。”^②但事实上,正如美国著名中世纪历史学家哈斯金斯(Charles Homer Haskins, 1870—1937)所说,“历史的连续性否定在前后两个时期之间存在如此明显而强烈的反差;现代研究也表明,中世纪并没有我们以前认为的那么黑暗和停滞不前,文艺复兴也没有我们以前认为的那么光明和突然。中世纪展示了生命、色彩和变化,表现出对知识和美的相当热切的追

① 如果着眼于文化,那么中世纪的结束时间可能定在14世纪文学艺术的复兴;如果着眼于政治军事,那么就可能定在1453年君士坦丁堡的陷落。作为一个极端,法国著名历史学家勒高夫(Jacques Le Goff, 1924—2014)甚至提出,古代晚期一直持续到10世纪,中世纪则分为三部分:①中世纪盛期:1000—1348年的黑死病;②中世纪晚期,14世纪—宗教改革;③漫长的“中世纪的渐衰期”,一直到19世纪工业革命。参见 Vauchez et al. (2000), p. 950。

② 哈斯金斯(2008),第1页。

求,在艺术、文学和制度上取得了颇具创造性的成就^①。”现在一般认为,中世纪真正黑暗的时期是从罗马帝国陷落到公元800年(或1000年),有时称为“黑暗时代”(亦称古代晚期或中世纪早期)。11至13世纪的大翻译运动是中世纪“黎明的曙光”。到了12世纪,大学开始产生,文化与经济的复兴发生了,许多历史学家都把文艺复兴的根源追溯到这一时期,哈斯金斯的史学名著《12世纪文艺复兴》(*Renaissance of the Twelfth Century*)便是明证。^②13世纪则是中世纪文明的顶峰时期。^③比如美国经典的教科书《西方文明史》(*Western Civilizations*)就把中世纪的时间段定为600年到1500年,其中600年到1050年是黑暗时代,1050年到1300年为盛期,1300年到1500年为晚期。^④

至于中世纪的哲学,也一直受到漠视。黑格尔在《哲学史讲演录》中称,要“穿七里靴尽速跨过这个时期”。^⑤但现在情况已经大为改观。根据《中国大百科全书》的说法,欧洲中世纪哲学的发展过程大致可以分为三个时期:①早期中世纪哲学(约440—1000),奥古斯丁的思想占统治地位;②中期中世纪哲学(约1000—1300),是经院哲学的全盛时期;③晚期中世纪哲学(约1300—

① 哈斯金斯(2008),第1页。

② 哈斯金斯(2008)。

③ 《不列颠百科全书》(第11卷),中国大百科全书出版社1999年版,第178页。

④ 罗伯特·E. 勒纳等著:《西方文明史》,王觉非等译,中国青年出版社2003年版。

⑤ 黑格尔:《哲学史讲演录》(第三卷),贺麟等译,商务印书馆1983年版,第233页。

1500)是经院哲学的衰落时期。^①

无论是按照历史分期还是哲学期,14世纪都属于中世纪晚期。在此期间,中世纪盛期所取得的成就,受到了种种天灾人祸的威胁,其中尤以经济衰退和瘟疫流行为甚。因此,历史学家一直把14世纪看作中世纪的衰落期。然而在科学史上,14世纪却是最受人重视的中世纪时段。这种认识是与法国物理学家和科学史家皮埃尔·迪昂(Pierre Duhem,1861—1916)的工作分不开的。

2. 中世纪晚期的科学史研究

在近代科学的发展中,扮演核心角色的是物理学特别是力学。“正是在近代科学中的力学领域,对近代科学发展至关重要的数学和实验技巧才第一次得到全面应用。”^②那么,中世纪对近代科学和力学是否有贡献呢?直到19世纪,在实证主义思想的影响下,学术界仍然认为中世纪没有什么科学成就可言,科学本质上是一种16、17世纪的发明,中世纪与早期近代科学之间存在着巨大的鸿沟,近代科学的出现没有经过中世纪的任何准备。比如,科学哲学的先驱人物威廉·休厄尔(William Whewell,1794—1866)就把中世纪称为“科学的停滞时期”(stationary period of science)。^③中世纪往往被冠名“信仰的时代”,17、18世纪被称为“理性的时

① 《中国大百科全书》(简明版,第11卷),中国大百科全书出版社1995年版,第6345页。

② Clagett (1959), p. xix.

③ William Whewell, *History of the Inductive Sciences from the Earliest to the Present Times*, vol. 1, London 1837, pp. 235-236. 转引自 Murdoch (1991), p. 254.

代”，以此来预示从中世纪走到 17、18 世纪就是从盲目的信仰走向基于理性的科学。^① 在我国，类似的说法更是屡见不鲜。通常的看法是，中世纪毫无保留地接受了亚里士多德的物理学，直到哥白尼、培根、伽利略等近代科学的开创者出现，才彻底推翻了亚里士多德的错误理论，从而开创了近代科学。在讲解科学发展史时，通行的物理教科书，甚至是相当数量的科学史著作都是这样叙述的。在讨论完古希腊的科学之后，中世纪的阶段要么完全不讲，要么一带而过，或者转而讨论中国的科学技术，至多加上文艺复兴时期的一些科技成果，就直接跳到了哥白尼和伽利略。

但事实上，中世纪从来就不乏科学精神和理性精神。特别是在 13、14 世纪，经院哲学家更是从逻辑上对亚里士多德的学说进行了各种可能的批判。所谓“哲学是神学的婢女”，并不是说神学处处压制哲学或科学，而恰恰在某种意义上说明了，信仰离不开理性。不仅哲学大量运用逻辑和理性，神学也是如此。在中世纪的大学里，理性是解决大多数思想论证和争论的最终仲裁者，^② 在中世纪理解物理世界和精神世界的过程中扮演了无法替代的角色。正是中世纪为理性时代奠定了基础，它与 17 世纪的新科学和 18 世纪的启蒙运动密切相关。^③

在 20 世纪以前，还没有出现过研究中世纪科学史的有分量的著作。直到 20 世纪初，迪昂才发表了三卷本的《莱奥纳多·达·芬奇研究》(*Études sur Léonard de Vinci*, 1906—1913) 和十卷本

① Grant (2001), p. 4.

② Grant (2001), p. 356.

③ Grant (2001), p. 16.

的《宇宙体系》(*Système du Monde*, 1914—1959), 开中世纪科学史研究之先河。他在14世纪的经院哲学家那里发现了诸多与近代科学类似的成就, 宣称在14世纪的巴黎大学和牛津大学有伽利略、笛卡尔等人的先驱。也正是由于迪昂的诸多发现, 特别是他对巴黎学者的特别强调, 才使得后世的科学史家对他的结论进行深入研究, 并不断做出反驳和修正, 14世纪也成为中世纪科学史研究最为集中和最深入的一段时期。在迪昂工作的激励下, 许多科学史家投入了对14世纪力学史的研究之中。在荷兰科学史家爱德华·扬·戴克斯特豪斯(Edward Jan Dijksterhuis, 1892—1965)、德国女科学史家安内莉泽·迈尔(Anneliese Maier, 1905—1971)、美国科学史家马歇尔·克拉盖特(Marshall Clagett, 1916—2005)以及爱德华·格兰特(Edward Grant, 1926—)、约翰·默多克(John Murdoch, 1927—)、伊迪丝·西拉(Edith Dudley Sylla)、乔治·莫兰德(George Molland, 1941—2002)等学者的不懈努力下, 中世纪科学史逐渐呈现出丰富多彩的面貌。今天我们知道, 中世纪的经院学者不仅对亚里士多德的学说进行了各种批判, 而且还以各种方式对近代物理学产生了深刻的影响。这些工作中世纪属于自然哲学的范畴, 本书探讨的运动学也要结合自然哲学来谈。

3. 运动学在中世纪自然哲学中的定位

在《形而上学》中, 亚里士多德将科学分为理论科学或思辨科学(讨论知识)、实践科学(讨论行动)和创制科学(讨论制造有用的东西)。其中理论科学又分为三部分: ①神学或形而上学, 讨论能

够独立存在的、不变的事物,即神和诸种精神实体;②数学,讨论从物体中抽象出来因而不能独立存在的但又是不变化的事物,如数和几何形体;③自然哲学或物理学,讨论能够独立存在的、可变的、拥有内在运动源泉的事物,既包括有生命的东西,也包括无生命的东西。其中③的内容大致对应于中世纪所说的自然哲学。①从最宽泛的意义上讲,自然哲学就是关于物理世界中运动和变化的研究,它考察的是独立存在且能够运动和发生变化的物体。②中世纪的自然哲学本质上就是亚里士多德的自然哲学,它所研究的对象包括一般意义上的变化和运动、天体的运动、元素的运动和转化、自然事物的生灭、位于地界上方的大气现象以及对动植物的研究等。③炼金术、魔法以及大部分占星术则不属于自然哲学的范畴。

按照传统的年代分期,13、14世纪分别对应着中世纪的盛期和晚期,也正是在这段时期,自然哲学达到了鼎盛。自然哲学是中世纪大学的艺术学院(faculty of arts)最重要的基础课程和研究领域之一。从13世纪开始,艺术学院需要学习的课程有自然哲学、第一

① Grant (1996), p. 135. 亚里士多德的原话与格兰特的说法稍有不同,参见 Aristotle, *Metaphysics*, VI, 1026^a10-1026^a21。本书虽然参考的是 Jonathan Barnes 所编的亚里士多德著作全集英译本 Aristotle (1984),但所引亚里士多德文本的注释均采用国际通行的 Becker 本编号,不再标出英文本原书页码。

② Grant (2001), p. 148.

③ Grant (1996), p. 136.

哲学(或形而上学)、道德哲学以及七门“自由技艺”(liberal arts)^①或所谓的“七艺”,即由语法、修辞和逻辑(亦称辩证法)组成的“三艺”(trivium),和由算术、几何、天文学和音乐组成的“四艺”(quadrivium)。大约经过八年时间的学习,经院学者从艺术学院毕业之后,才可以继续神学、医学、法学等研究生阶段的学习。

在13、14世纪,研究自然哲学最常见的方法就是给亚里士多德论自然的著作做评注,或者就其中的某些问题进行专门讨论。这些著作主要是《物理学》(*Physica*)、《论天》(*De caelo*)、《论生灭》(*De generatione et corruptione*)、《气象学》(*Meteorologica*)、《论灵魂》(*De anima*)、生物学著作和一些被称为《自然短论》(*Parva Naturalia*)的现在看来是生理学方面的短篇著作,其中又以《物理学》最为重要。在14世纪,中世纪逻辑的新方法被大量用于自然哲学。自然哲学不仅被认为是基础教育的一部分,而且也被看成解决神学和医学问题的一种工具。在巴黎大学和牛津大学,一些重要的自然哲学著作都是与神学问题的研究相联系的。

^① “liberal arts”(artes liberales)的中文译法十分混乱,它往往被译为“人文学科”或“博雅教育”,这是不确切的,至少这种译法对中世纪而言是不妥的。所谓 artes liberales,与 artes serviles 相对,其字面意思是指“为自由民而非奴隶所享的教育”。这里的“自由”有其引申含义,即为了知识本身而学习知识,而不是像奴隶那样被迫做某种事情。这和以亚里士多德为代表的古希腊哲学家对知识的看法是一脉相承的。有鉴于此,笔者主张就按照字面意思将它译为“自由技艺”。在现代大学里,“liberal arts”沿循中世纪的用法,指以追求一般知识和智性训练为目的的课程,与功利的、实用的、职业的课程相对。(据《大英百科全书》的说法)它包括文学、语言、哲学、历史、数学和基础科学知识。有时“liberal arts”则被认为包括三个主要的知识分支,即人文学科(文学、语言、哲学、美术和历史),物理科学、生物科学和数学,社会科学,这时或可译为“通识教育”。

数学包括算术和几何,它与自然哲学的关系是一个重要而复杂的问题,中世纪学者对此的看法时有不同。由于数学对象是从物体中抽象出来的,所以数学研究的是物体的可以度量和量化的方面,而不是物体本身。古希腊时期,数学在自然哲学中的应用仅限于静态的结构,如静物的平衡,或者天的匀速圆周运动(可以说既静止又运动)。到了中世纪,这些涉及数学在自然现象中应用的科学被称为“中间科学”(scientiae mediae),因为它们被认为介于自然哲学与纯数学之间,如天文学(运用的是几何)、音乐(运用的是算术)、光学(运用的是几何)、静力学[在中世纪被称为“重量科学”(scientia de ponderibus),运用的是几何]等。虽然这些中间科学并非严格地属于自然哲学,但包括阿奎那(Thomas Aquinas, 1225—1274)在内的许多哲学家都认为,中间科学更多地属于自然哲学而不是数学。然而,数学在中世纪自然哲学中的应用并不局限于中间科学,它还可以独立地应用于物体的各种运动。^①

本书的内容主要涉及数学在运动中的应用,不少科学史家称之为“运动科学”(scientia de motu)^②,它差不多对应于现代力学的两个分支——运动学(kinematics)和动力学(dynamics)^③。就这两者的区别而言,大致可以说,动力学考察的是运动的原因,侧重物体运动与所受力的关系;运动学考察的则是运动的结果或运动本身,不讨论物体与所受力的关系,侧重对运动时空变化的数学

① Grant (2001), p. 153; Grant (1996), p. 136.

② Murdoch and Sylla (1978), pp. 206-264.

③ 另一个分支就是静力学(statics),它研究物体的平衡或静止问题,在中世纪属于“中间科学”。它属于一个相对独立的领域,不在本书讨论范围之内。