

17 世纪下半叶英国科学研究方法的转变

罗兴波

(中国科学院 自然科学史研究所 北京 100190)

摘要 第一次科学革命始自哥白尼,终于牛顿,并最终导致了近代科学的诞生。正因如此,17 世纪的英国一直受到各国科学史研究者的关注。复兴于 15 世纪的新柏拉图主义,尽管于 17 世纪前期已经在欧洲大陆产生了重要影响,却对英国自然哲学研究者们影响甚小,他们依然按照培根式的经验主义哲学指导自己的研究工作。通过对成立于 17 世纪中叶的伦敦皇家学会进行考察,发现当时的英国自然哲学研究者群体经历了一个研究方法转变的过程:培根所倡导的实验哲学由于其自身存在缺陷无法满足实际的研究需要,于 17 世纪 70 至 80 年代受到了数学主义研究传统的冲击,正是在这个时期,英国自然哲学家们的研究方法发生了转变,引力问题的研究是使得这种转变最终完成的契机。

关键词 17 世纪 伦敦皇家学会 新柏拉图主义 研究方法

中图分类号 N09:04-09

文献标识码 A **文章编号** 1673-1441(2011)01-0049-12

1 新柏拉图主义在欧洲大陆的复兴

1543 年,哥白尼(Nicolaus Copernicus,1473—1543 年)的《天体运行论》印刷出版,这通常被科学史家视为近代“科学革命”的发端。哥白尼年轻时曾在意大利居住,并跟随诺瓦拉(Domenico Maria de Novara,1454—1504 年)学习。诺瓦拉认为,托勒密的体系虽然能够解释天体运动的现象,但过于复杂,不符合数学和谐的原则。这一观点对哥白尼影响很大,并导致他着手构建一个新的、从数学上来看简单明了的体系,也就是后来的日心说体系。

然而《天体运行论》在出版之初并未引起多少关注,在天文学家、占星术士和自然哲学家群体中也未获得支持性的意见。这主要是因为,在天体的运动现象的描述和解释上,哥白尼体系并不比托勒密体系精确多少。在沉寂了将近 60 年之后,日心说体系出人意料的被一群数学家而非天文学家率先接受。对数学家们而言,从地心说转换到日心说,并非是天文学知识或数学知识的需要,而是哲学的需要:在他们眼中,尽管这种转变并未得到

收稿日期:2010-04-28; 修回日期:2011-01-21

作者简介:罗兴波,1978 年生,湖北随州人,博士,中国科学院自然科学史研究所助理研究员,主要研究西方科学技术史,luoxb@ihns.ac.cn。

现实研究中的好处,却在数学模型上简化了许多,而且更符合宇宙和谐的理念。

在哥白尼之后,开普勒(Johannes Kepler,1571—1630年)在其老师麦斯特林(Michael Mastlin,1550—1631年)的影响下,成为日心说的支持者。1596年,开普勒出版了《宇宙的奥秘》(*Mysterium Cosmographicum*)一书,在该书中,他运用了大量几何学的知识,引入了五个正多面体,每个多面体内有内切球,内切球内又有内接正多面体,根据这样的正多面体与圆的层层结构,他发现:

正八面体的内切和外接球面的半径分别同水星距离太阳的最远距离和金星距离太阳的最近距离成比例;正二十面体的内切和外接球的半径分别代表金星的最远距离和地球的最近距离。正十二面体、正四面体和立方体可类似地插入到地球、火星、木星和土星的轨道之间。([20] ,162页)

这是一个相当完美的太阳系几何模型,在开普勒的眼中,这个惊人的规律无疑是上帝的杰作。和哥白尼一样,开普勒一心致力于简单、和谐、完美的宇宙体系,并由此导致开普勒行星运动三定律的诞生。

前文所提到的诺瓦拉、哥白尼、麦斯特林、开普勒及同时代的若干自然哲学家怀有一个共同的信念,那就是相信宇宙是由上帝按照某种和谐的理念而设计的,宇宙的规律是简单且易于描述的。

“自然是上帝用数学写成的书”,这种观念于文艺复兴后期开始重新在欧洲大陆流布,其根源可以追溯到柏拉图(Plato,公元前427—前347年)甚至毕达哥拉斯(Pythagoras,公元前572—前497年)那里。

柏拉图相信唯有具体对象的完美理念才是实在,唯有理念世界和理念世界的关系才是永恒的,不受时代影响的,而且是普遍的,而物理世界是理念世界的不完善的体现。他认为理念世界和现实世界的中介是数学中的数,而且数学推论和经验客体以及画出的图形都无关系,只同想象的空间形式和数有关。因此,他认为只有永恒不变的数学定律才是现实世界的真髓。([21] ,49页)

柏拉图的哲学思想通过自己的著作和他创立的学园流传下来,通过后人的发展和改造,融入到基督教哲学和神学之中。公元3—5世纪,基于柏拉图哲学的新柏拉图主义(Neo-Platonism)在罗马、亚历山大城、叙利亚和雅典等地盛行,普罗提诺(Plotinus,公元205—270年)、波菲利(Porphyrus,公元233—305年)、扬布里柯(Iamblichus,?—公元326年)、朱利安(Julianus,公元331—363年)、普罗克洛(Proclus,公元412—485年)等都是新柏拉图主义的信奉者。随着基督教势力的不断增加,公元529年,雅典的一切哲学学校都被迫关闭,在失去了发展场所之后,新柏拉图主义者被迫离开希腊,新柏拉图主义和希腊哲学一道逐渐走向衰落。

在漫长的中世纪之后,欧洲文艺复兴运动发端于意大利,并在15世纪后期遍及整个欧洲,于16世纪达到顶峰,它拉开了欧洲近代历史的序幕。作为文艺复兴运动的重要思维模式,主张个性解放、反对中世纪的宗教观和蒙昧主义的人文主义在欧洲得到了极大的发展,它给欧洲带来了活力。在文艺复兴运动的后期,曾经在中世纪一统欧洲思想的基督教神学和经院哲学,其基础开始受到冲击,人们不再将全部注意力集中在神学上,而逐渐开始将目光转向自然哲学。这一现象表现在,欧洲开始出现为数不少的神学家及学者对

自然界进行研究以探究世界的真理,而放弃了利用纯粹的神学思辨方式来阐述世界观。

正是在文艺复兴后期,伴随着人文主义的兴起,人们开始热衷于以自然为对象来展开研究的时候,新柏拉图主义再一次进入人们的视野并开始于意大利复兴。拜占庭帝国末期著名的哲学家普勒托(George Gemistus Pletho, 1355—1450 年)在美第奇(Cosimo de' Medici)的庇护下,在佛罗伦萨建立了一个柏拉图学园,主要用于宣传和讨论新柏拉图主义。学园中比较著名的人物有费奇诺(Marsilio Ficino, 1433—1499 年),他成功地将柏拉图和一些著名的新柏拉图主义者的著作翻译为拉丁文。同时代的新柏拉图主义者还有皮科(Giovanni Pico della Mirandola, 1463—1494 年)和诺瓦拉等。柏拉图学园的许多活动直接使得新柏拉图主义再次兴盛起来。

通过哥白尼、开普勒等人研究成果的传播,到科学革命的中期,新柏拉图主义者在自然哲学领域——特别是天文学领域——的若干重要成果已经在很大程度上影响了欧洲大陆特别是意大利、德国等地的自然哲学家们,并且通过他们得以向更广的范围传播。越来越多的自然哲学家们认识到了新柏拉图主义中数学这个工具的长处,利用数学对自然规律进行描述的研究工作,在欧洲大陆日益兴盛起来。

2 17 世纪英国的经验主义研究传统

与同期的欧洲大陆相比,在 17 世纪的英国社会,人们的思想仍然非常保守,以亚里士多德主义为基础的经院哲学仍占据着英国的大学。这个时代尽管有哥白尼、开普勒、伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642 年)、惠更斯(Christiaan Huygens, 1629—1695 年)、笛卡尔(René Descartes, 1596—1650 年)等一批在自然哲学领域做出杰出成就的佼佼者作为榜样,但英国的同行们仍然在孜孜不倦地遵循着经验主义的研究传统。

实验主义哲学家培根(Francis Bacon, 1561—1626 年)是带着对经院哲学的强烈不满离开大学的,但他并未对经院哲学进行合理的改造,在他所提倡的科学研究方法中,至少有一点与经院哲学相同,那就是都不那么看重数学方法的运用。在培根看来,数学对于自然哲学的研究是无益的:

直到现在,我们还没有一个纯粹的自然哲学,所有的都是被点染过并被败坏了的:……在后期新柏拉图学派,如扑罗克拉斯及其他诸人那里,它又是被数学——那是只图给予自然哲学以确切性,而并不图生发它或产生它——所点染所败坏。……([22] 82 页)

在其代表作《新工具》的第一卷中,培根便提出了自己的主要研究方法:观察和归纳。对于实验在研究过程中的作用,培根的看法是相当明确的:

只要记录下一切可以得到的事实,进行了一切可能进行的观察和一切可行的实验,然后再按照他表述得还不十分完善的规则,把结果汇集起来编成表格,就可以看出现象间的关系,而且也可以差不多自然而然地找到表达这些关系的法则。([23] ,上册,191 页)

尽管培根所提倡的研究方法在今天看来,存在许多不足之处,但不可否认的是,17 世纪的英国,自然哲学家群体的确在很大程度上受到了培根的影响。在牛顿之前的英国著

名自然哲学家,吉尔伯特(William Gilbert,1544—1603年)、雷(John Ray,1627—1705年)、哈维(William Harvey,1578—1657年)是其中最为著名的代表,他们的工作与培根提倡的研究方法不谋而合。

吉尔伯特,一生以行医为业,但却以一本《论磁》(*De Magnete*,1600)奠定了他在磁学研究领域的地位。在这部著作中,吉尔伯特首先提及诸多关于磁的神秘传说,比如大蒜使磁石失去磁性、钻石可使铁磁化等等,吉尔伯特利用实验对这些现象进行了验证。书中总共记录了吉尔伯特所进行的五百多个实验,所有他关于磁现象的结论,都是基于这些实验。如韦斯特福尔(Richard S. Westfall,1924—1996年)所言:

凭其鲜明的实验(且不说经验)方法,《论磁》与伽利略的工作形成鲜明的对比。伽利略主要把实验看作是说服他人的手段,至于他本人,则不必费心地完成实验就敢于自信地宣布实验的结果。与伽利略相反,吉尔伯特则通过以经验调查确立磁学的基本事实。([24] 25 页)

从时间上来看,吉尔伯特比培根更早,在1597年左右培根开始发表关于科学方法的论文时,吉尔伯特的磁学研究已经基本完成。从这一点可以看出,培根提倡的实验主义哲学在英国是有传统的,并且在他之前就有学者按照这一传统在进行调查和研究,培根只是经验主义和实验主义哲学的综合者。这种经验主义的传统,在很大程度上影响着当时英国的学者们,不仅影响着他们的研究方法,甚至还影响到他们选择研究领域。

雷被认为是林奈(Carolus Linnaeus,1707—1778年)之前最伟大的植物分类学家。雷将当时所有已知的植物进行了汇总和分类,在他的著作《植物史》(*Historia Plantarum*,1684—1704年)中,共收录了19000种植物,并将其分为125个纲或类。雷的主要研究方法是对当时所有有记录的植物进行汇总,并针对其特征进行归纳和分类,不难看出,他的研究是一种典型的博物学性质的整理工作。

1628年,哈维发表了著名的《论心脏和血液的运动》,在这部著作中,他基于解剖学的实验提出了血液循环理论。在该书的序言中,哈维写道:

我信奉不是从书本,而是从解剖来学习和教授解剖学;不是从哲学家的观点,而是从自然结构来学和教。([25],下册 474 页)

在书中,哈维用了大量的实验观察来证明了血液循环,并认为心脏的搏动是血液循环的动力来源。

从总体上来看,吉尔伯特、雷和哈维等人生活的时代,正是新柏拉图主义在欧洲大陆兴盛的时期,尽管新柏拉图主义在欧洲大陆产生了巨大影响,但从英国自然哲学家的研究工作来看,以保守著称的英国,此时并未受到多大影响。或许新柏拉图主义业已通过某些渠道传播到英国,但并未受到学者们的重视——他们仍孜孜不倦地遵循着传统的经验主义和实验主义的研究方法。

3 早期伦敦皇家学会与英国科学

在研究17世纪英国科学史的时候,伦敦皇家学会(The Royal Society of London)是不

可避免的一个主题。在近代科学^①的发展史上,它无疑是最引人注目的研究团体之一。它是现存最早成立的科研机构,并且拥有最早发行、至今仍然在出版的科学期刊,是近代西方科学史研究和近代科学制度化研究过程中具有重要意义的研究对象。伦敦皇家学会的目标在其发展过程中是不断调整和变化的,尽管如今的伦敦皇家学会将自己定位为科学与大众之间的桥梁,致力于科技政策咨询、科学交流、科学普及等领域的工作,但在学会成立之初,学会的主要任务就是直接从事科学研究、进行观察实验和学术交流,以促进知识的进步,是一个严格意义上的科学研究实体。

正是在这个意义上,科学史家们在谈到 17 世纪英国的科学发展时,常常会将伦敦皇家学会作为研究对象,如夏平(Steven Shapin)所言:“[17 世纪]英国的科学事业集中于伦敦皇家学会,就其成员来说是一项绅士主导的事业”([26],117 页)。17 世纪的伦敦皇家学会究竟在多大程度上能够代表当时的英国科学界?也就是说,我们研究 17 世纪英国科学界的时候,是否能够选择伦敦皇家学会作为代表?下面我们将进行一项定量分析。

首先,从自然哲学研究者的维度来分析。我们从吉利斯皮(C. C. Gillispie)编撰的《科学传记辞典》(*Dictionary of Scientific Biography*)中挑选出符合以下条件的科学家:(1)生活时间段为 17 世纪;(2)逝世时间晚于 1660 年,或出生时间早于 1675 年;(3)工作国籍为英国(包括英格兰、苏格兰、爱尔兰等地)。满足以上 3 个条件的科学家计 92 名,其中有 65 人为伦敦皇家学会会员,占总名单的 70.7% 之多,这表明当时比较有名的科学家,绝大多数是伦敦皇家学会的会员。

其次,从自然哲学研究成果的维度来分析。我们选择赫莱曼斯(Alexander Hellems)和邦切(Bryan Bunch)的《科学时间表》(*The Timetables of Science*)作为数据源,对 1645—1700 年间英国的所有科学成果进行统计,计 88 项。在这些成果中,1660 年以前的仅占 15 项,平均每年 1 项,1660—1700 年间有 73 项,平均每年接近 2 项。而在这 88 项成果中,与伦敦皇家学会无关的成果仅有 8 项,不足 10%,而其他的 90% 以上的成果,均与伦敦皇家学会会员有关,他们这批会员,也恰恰正是 17 世纪伦敦皇家学会中最为活跃的一部分会员。

从这个意义上讲,伦敦皇家学会在推动 17 世纪英国的科学进步方面,起到非常关键的作用,并且,伦敦皇家学会会员也是当时最主要的英国科学推动者,也就是说,在 17 世纪,伦敦皇家学会是最能代表英国的科学研究团体([31],101—109 页),正因为此,在以下对 17 世纪下半叶的英国自然哲学进行的过程中,我们将以伦敦皇家学会作为研究对象。

4 伦敦皇家学会研究方法之转变

1645 年左右,自然哲学研究的动力和源泉慢慢在大学以外出现。此时,培根的哲学

^① 在本文所讨论的时间内,“科学”的概念尚未完全形成,当时通常称之为“自然哲学”。本文对“科学”和“自然哲学”的概念不做具体讨论和区别,在文中出现的十七世纪及之前的时间里,“科学”和“自然哲学”均指“以自然界为对象进行的研究”,而“科学家”与“自然哲学家”均指“以自然界为对象进行的研究的人”。

已经在英国的土地上遍地开花,吸引了越来越多学者的注意,一批崇尚实验的自然哲学爱好者开始遵循培根提出的研究方法,自行开展自然哲学的研究,出现了“无形学院”的聚会,是为伦敦皇家学会的前身。

“无形学院”聚会活动的参与者们主要是讨论培根思想。从某种意义上,正是他们为了实现培根的理想而创建了伦敦皇家学会。昆顿(Anthony Quinton)在他的《弗兰西斯·培根》一书中这样写到“一般认为,所罗门宫的构想,在那群创立皇家学会的人们的头脑里是有用的”。默顿在《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》一书中也明确地认为“培根的学说构成了皇家学会的组织的基本原则”([12], 128页)。

自“无形学院”时期起,聚会的参与者们就毫不掩饰他们对培根哲学的热爱,正如伦敦皇家学会在回顾学会的历史时所说的那样“皇家学会起源于一群由自然哲学家们所组成的‘无形学院’,他们于17世纪40年代中期开始聚会,讨论培根思想。”^①但因为“无形学院”聚会并没有专门的人员来记录他们讨论的实验及其他问题,所以我们对他们如何“讨论培根思想”并不清楚。只是在伦敦皇家学会成立之后,会议内容都被充分记录下来,我们才能清楚地知道学会每周聚会的活动。

1660年,伦敦皇家学会正式成立,它沿袭着“无形学院”的聚会模式继续开展研究活动。伦敦皇家学会的成立即是为了实现培根“所罗门宫”的理想:建立一个群体研究的科学机构,用观察实验作为主要的研究方法来获得确实的知识,以造福于整个人类。从学会的实验员胡克(Robert Hooke, 1635—1703年)起草于1663年的一份文件中,我们可以看到伦敦皇家学会所进行的研究的主要目的:

通过实验来促进自然知识,以及所有有用的技艺、制造业、机械操作、动力装置和发明创造(不受神学、形而上学、道德、政治、文法、修辞或逻辑的干涉)。

尝试重新发现那些目前已失传的、可能被重新发掘的技艺和发明。

检查古今著名学者发明、记录或奉行的所有关于自然、数学和力学的体系、理论、原理、假说、组成要素、历史和实验,以便总结出一套完整可靠的哲学体系,以阐述自然或人工引起的所有现象,并对各种事物的原因的提出一套合理解释。

与此同时,学会将不采纳由古今任何哲学家提出或提到过的关于自然哲学原理的假设、体系或学说;对于任何现象,不采纳言必称根本原因(*originall causes*^②)的解释(因为由这些原因而致的效应是不能用热、冷、重量和形状及其它类似的原因来解释的);不教条地定义并固守科学探索的法则;而是对所有的观点进行质疑和细查,不采用也不坚持这些观点,直到经过成熟的辩论,并且有明晰的证据支持为止,这些证据主要由合理的实验推论而来,而此类实验的真理已被明确地证明。([2], 44页)

在遵循以上原则的前提下,伦敦皇家学会经历了15年的快速发展。然后紧接着,它又进入了一个长达十多年的衰退期:会员数量大幅减少、进行的观察实验次数下降,同时

① 见伦敦皇家学会网站(<http://royalsociety.org/page.asp?id=2176>),“关于学会(About the Society)”栏目下的“学会简史(Brief history of the Society)”。

② 此处系指亚里士多德四因说所述的那些原因。

发表在《哲学汇刊》上的论文数量也有所减少。究其原因,是因为严格遵循培根式研究方法的伦敦皇家学会遇到了困难,很难继续发展。17 世纪 70—80 年代,伦敦皇家学会的研究模式发生了转变,在转变完成之后,学会才又继续向前发展。

遵照培根所倡导的研究模式,伦敦皇家学会早期的研究活动可以分为四个大类:对故事、传闻、民间传说等事件的验证实验;自然志(natural history)方面的收集和整理工作;医学实验和观察;与社会、经济密切联系的研究主题。伦敦皇家学会进行的每次聚会上,除了讨论观察实验之外,还有很大一部分时间是秘书来宣读一部分经过挑选的、来自世界各地的信件,在经过会员们讨论之后,一些被认为有价值的论文、来信会被秘书登记并保存下来,这也能够显示出伦敦皇家学会的兴趣之所在。

经过基于伦敦皇家学会会议记录的统计,1661 年共有 37 篇论文和来信被收录到登记册之中,其中包括对故事、传闻、民间传说等事件的验证实验 3 项;自然志方面的收集和整理工作 16 项;医学实验 1 项;与社会、经济密切联系的研究主题 9 项;与自然科学如天文、数学和其他理论性的研究 7 项,其中天文 3 项,理论性研究 3 项,只有 1 项涉及到数学,这是由著名哲学家霍布斯(Thomas Hobbes, 1588—1679 年)献给国王,国王又转送给学会的一篇文章;其他研究 1 项。从被登记的论文数量比例来看,这也是比较符合培根的研究理念的。

而到了 1687 年,这些数据有了一些变化:对故事、传闻、民间传说等事件的验证实验 1 项;自然志方面的收集和整理工作减少为 5 项;医学实验 3 项;与社会、经济密切联系的研究主题 11 项;与天文相关的有 6 项;有 7 项涉及到数学,而且均是采用数学方法来研究其他问题,比如用几何学的方法来研究太阳和经纬度的关系,用定量关系来研究火药爆炸产生的力量等等。

通过图 1 我们可以看到伦敦皇家学会的兴趣点在近 30 年中的两个大的变化:自然志资料的收集和整理工作大幅减少;数学方法的运用比例有非常大的提高。培根所倡导的实验主义研究传统非常重视自然志资料的收集和整理工作,而数学研究方法的运

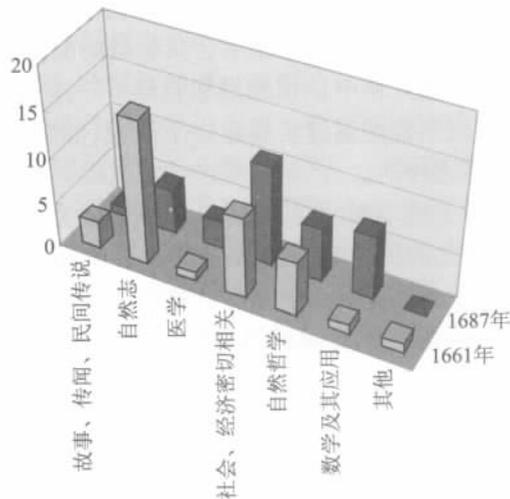


图 1 1661、1687 年伦敦皇家学会收录的论文及信件数量变化图

用,恰恰是被排除在培根研究体系之外的。从这个变化之中,我们可以看出伦敦皇家学会在研究方法上存在着一种明显的变化,培根式的研究传统对伦敦皇家学会的影响力在逐渐减弱。

5 数学主义对培根传统的冲击:引力问题研究

然而,并不是所有17世纪英国的自然哲学家都严格遵循培根的经验主义研究传统,伦敦皇家学会力主的研究方法与某些自然哲学家的研究存在冲突。

牛顿(Isaac Newton,1642—1727年)无疑是17世纪最伟大的自然哲学家。人们常常将他与伽利略联系在一起,不仅是因为他生于1642年——伽利略去世的年份,还因为他们俩人的研究方法有相似之处。1672年1月11日,牛顿当选为伦敦皇家学会会员。当天,学会秘书在会议上宣读了他的信件,并立即引起了其他会员的极大关注。入会后,他的名字密集地出现在会议记录中——前20页记录里有13页出现了牛顿的名字——但很快他又淡出了学会的会议记录。

1672年,牛顿在给学会秘书奥尔登伯格(Henry Oldenburg,1619—1677年)的一封信中提到:

因为进行哲学研究的最好的和最可靠的方法,看来第一是勤恳地去探索事物的属性,并用实验来证明这些属性,然后进而建立一些假说,用以解释这些事物本身。因为假说只应该用于解释事物的一些属性,而不能用以决定它们,除非它能为之提供一些实验。([16] 6页)

在这封信中牛顿提到了自己的研究方法。但他给奥尔登伯格的这封信主要是为了给自己的颜色理论辩护。因为他把自己的论文《关于光与色的新学说》寄给学会之后,遭到胡克等人的公开批评,胡克说“至于他解决色彩现象的假说,我承认,我还看不到有什么无可争辩的证据能使我信服其确定性。”([1] 3卷,11页)胡克称牛顿的光与颜色理论只是一种假说,而未经过严格的实验观察来充分证明。这恰好显示出了牛顿和胡克在这个时期在研究方法上的某些冲突:作为伦敦皇家学会实验员的胡克,推崇的是在大量严格的观察和实验基础之上,进行归纳并从中认识和理解自然——这是典型的培根式经验主义的研究方法;而剑桥大学教授牛顿则通过实验建立了假说,和数学一样,假说这个要素也是被培根排除在自己的体系之外的。

牛顿与胡克在科学内容上的早期冲突,实际上可以看成是牛顿的自然哲学研究方法与伦敦皇家学会的研究方法之间的冲突,虽然胡克个人并不能完全代表学会,但早期大量来自各地学者的学术论文,学会都是委派他来进行检查并提出意见的,所以,尽管胡克在学会中仅仅是一名实验员,但他广博的知识仍然使他在学会中具有相当高的学术地位。而且我们可以看到,此时的胡克,仍是一名非常虔诚的培根哲学的信奉者。不仅胡克如此,伦敦皇家学会的会员们亦是如此。从伦敦皇家学会的会员名单上来看,第一批115名原始会员之中,仅有5位与数学相关:会长布隆克尔(William Brouncker,1620—1684年)、巴罗(Isaac Barrow,1630—1677年)、内尔(William Neile,1637—1670年)、佩尔(John Pell,1611—1685年)和沃利斯(John Wallis,1616—1703年)。而且,其中仅有布隆克尔在学会

从事过少量与数学相关的自然哲学研究。其余会员在学会的研究基本上都与数学没有任何关系。

自吉尔伯特以来,引力问题就一直受到自然哲学家们的关注,当然也一直困扰着伦敦皇家学会的会员们。直到 17 世纪初期,地球上物体的重力问题和天体运动的动力问题仍未统一起来,因为当时的自然哲学家们还没有形成超距作用的概念,他们认为,在两个互相吸引的物体中间,必定存在某种介质来传导这种引力。引力问题吸引了 17 世纪欧洲最优秀的自然哲学家,从 17 世纪 60 年代开始,英国自然哲学家胡克、牛顿、雷恩(Christopher Wren, 1632—1723 年)、荷兰自然哲学家惠更斯等,都密切关注这个问题,后来的哈雷(Edmond Halley, 1656—1742 年)、巴尔(William Balle, 1627—1690 年)、鲁克(Laurence Rooke, 1622—1662 年)、克罗恩(William Croone, 1633—1684 年)等学者也在引力问题和天体运行轨道方面做出了努力。

伦敦皇家学会成立之初,胡克已经有了将天体的引力与地上的重力统一起来的思想。1662 年 12 月 24 日,他在学会的会议上交流了自己做的实验:在不同的高度测量物体重力,以期得到物体所受到的重力与其和地心距离的关系。在胡克就这个实验提交给学会的报告中,他说:“……我们希望能够得知,随着物体的下降,其重力是如何减少的,也就是说,通过实验得知,每下降十到二十英尺的距离,物体会减轻多少。”([1], 1 卷, 163—165 页)显然,此时胡克已经意识到物体所受到的重力,也就是地球对物体的引力,可能随着物体到地心距离的变化而存在变化,但他希望通过实验来证明自己的结论。1666 年 3 月 21 日,胡克再次向学会提交了类似的实验报告:他在一个深井里进行了物体重力变化的实验([1], 2 卷, 69—72 页)。

胡克对引力理论的设想基于自己进行的观察实验,他不仅在地球上的不同高度来测量物体重力,以论证自己的引力理论,并且还试图通过天体运动的观测数据来证明这一点。1674 年,胡克在《用观察来证明地球运动的一个尝试》完整地描述了自己的行星运动理论,其中包括如下三点结论:第一,一切天体都具有倾向其中心的吸引力或重力;第二,所有的天体在未受迫使其改变运动方向的作用力之前,保持其直线运动;第三,天体距离吸引中心越近,吸引力越大。但胡克在引力问题上,未能给出定量的描述^①。

到 17 世纪 70 年代末期,哈雷已经通过惠更斯对圆周运动的研究,以及开普勒第三定律,以数学的方式推导出维持行星运动的引力与距离的平方成反比的结论,但这个结论是否能够适用于椭圆轨道,哈雷也无法给出数学证明。在观测数据和猜想中的引力理论已经符合的很好的情况下,唯一需要的就是数学和逻辑上的证明。在引力思想不断发展的过程中,牛顿的兴趣点似乎从引力理论中转向了其他领域。但是,关于引力与距离的平方反比关系和行星引力维持椭圆轨道运行的结论,牛顿在 17 世纪 80 年代初已经有了明确的认识,到 1687 年《自然哲学之数学原理》出版的时候,他的整套宇宙体系的理论完整地展示在世人面前。

牛顿的《自然哲学之数学原理》获得了空前的成功,这部著作以欧几里德《几何》式的严密逻辑,从运动的公理或定律出发,构建了物体的运动理论,并由此形成了物体(在阻

^① http://www.roberthooke.com/motion_of_the_earth_001.htm.

滞介质中)的运动理论。在运动理论的基础之上,牛顿构建出自己的宇宙体系,严密的逻辑使得整个体系无懈可击。如牛顿在书中所写道:

在前两编中,我已奠定了哲学的基本原理;这些原理不是哲学的,而是数学的:即,由此可以在哲学探索中进行推理。……现在,我要由同样的原理来证明宇宙体系的结构;……我采取了把本编内容纳入命题形式(数学方式的)的办法,读者必须首先掌握了前两编中提出的原理,才能阅读本编;……([15] 255页)

至此,引力理论通过牛顿的数学方法已经完全构建起来,牛顿证明了地球上的物体受到的重力与天体之间的吸引力,从本质上来说都是一样的,即万有引力,连他的竞争对手胡克也无法批驳。然而牛顿带来的不仅是引力理论,还给英国的学术界带来了新的思想和方法。纵然胡克、哈雷等人早已具有和牛顿相同的引力思想,却无法像牛顿一样给出如此严格的数学证明,数学在自然哲学研究中的作用,牛顿给出了一个绝佳的例子,征服了英国自然哲学家们,也震惊了整个世界。随着《自然哲学之数学原理》的广泛传播,英国自然哲学家们信奉数学是认识自然的有力工具,牛顿式的研究方法在伦敦皇家学会内部和整个英国社会也得到了前所未有的高度评价。

从前文中我们已经看到,在17世纪70—80年代,伦敦皇家学会的主要研究方法已经开始发生转变,在此基础之上,牛顿对引力问题的研究,是一个良好的契机,使得英国的自然哲学家们开始接受数学主义的研究方法。

6 结 语

于15世纪在欧洲大陆复兴的新柏拉图主义,在自然哲学领域取得不少成就,因此在欧洲大陆得到了较快的发展,但同时代的英国自然哲学家很少受到新柏拉图主义的影响。直到17世纪上半叶,英国的自然哲学家们仍孜孜不倦地遵照培根所倡导的实验哲学进行自己的研究。

在17世纪70—80年代,这一情况得到了改变。从伦敦皇家学会这个最能代表英国自然哲学家群体的机构的会议记录中,我们能够看到培根主义研究传统因为自身缺陷不得不面临诸多困难。新柏拉图主义者所提倡的数学主义研究方法,在此期间已经开始影响伦敦皇家学会。牛顿对引力问题的研究的巨大成功,使得保守的英国自然哲学家们对数学主义研究方法刮目相看,是为转变的契机。

在对伦敦皇家学会的会议记录进行统计和分析的基础之上,我们发现,17世纪70—80年代,是英国自然哲学家们研究方法转变的一个关键时期,在此之前,培根的实验哲学研究传统占主导地位,在此之后,被培根所排斥的数学主义研究方法逐渐被运用于自然哲学的研究过程之中。

致 谢 本文写作过程中,承蒙董光璧先生、袁江洋先生费心指导,在此向两位先生致以谢意。

参 考 文 献

- 1 Birch T. *The History of the Royal Society of London* [M]. London: Georg Olms Verlagsbuchhandlung ,1968.
- 2 Lyons H G. *The Royal Society ,1660—1940: a History of Its Administration under its Charters* [M]. Cambridge: Greenwood Press ,1944.
- 3 Royal Society. *The Record of the Royal Society of London: for the Promotion of Natural Knowledge* [M]. London: Royal Society ,1992.
- 4 Hall M B. *Promoting Experimental Learning: Experiment and the Royal Society 1660—1727* [M]. Cambridge: Cambridge University Press ,1991.
- 5 Bacon F. *The Works of Francis Bacon* [M]. Vol. IV. collected and edited by James Spedding , M. A. Robert Leslie Ellis , M. A. and Douglas Denon Heath , Friedrich Frommann Verlag Gunther Holzboog ,1962.
- 6 Shapin S , Schaffer S. *Leviathan and the Air-pump: Hobbers , Boyle , and the Experimental Life* [M]. Princeton: Princeton University Press ,1985.
- 7 Lynch W. *Solomon's Child: Method in the Early Royal Society of London* [M]. Stanford: Stanford University Press ,2001.
- 8 Hunter M. *Establishing the New Science: the Experience of the Early Royal Society* [M]. Woodbridge: Boydell Press ,1989.
- 9 Stimson D. *Scientists and Amateurs* [M]. New York: Greenwood Press ,1968.
- 10 Hellemans A , Bunch B (ed) . *The Timetables of Science: A Chronology of the Most Important People and Events in the History of Science* [M]. New York: Simon & Schuster Inc ,1991.
- 11 Sprat T. *History of the Royal Society* [M]. London: Royal Society ,1722.
- 12 (美) 默顿. 十七世纪英格兰的科学、技术与社会 [M]. 范岱年 等译. 北京: 商务印书馆 2002.
- 13 (美) 巴特菲尔德. 近代科学的起源 [M]. 张丽萍 郭贵春 等译. 北京: 华夏出版社 ,1988.
- 14 袁江洋. 思想之网: 哲人科学家——牛顿 [M]. 福州: 福建教育出版社 ,1997.
- 15 (英) 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.
- 16 (英) 牛顿. 牛顿自然哲学著作选 [C]. (美) 塞耶(编). 上海外国自然科学哲学著作编译组编译. 上海: 上海人民出版社 ,1974.
- 17 (意) 伽利略. 关于两门新科学的对话 [M]. 武际可译. 北京: 北京大学出版社 2006.
- 18 (美) 瓦托夫斯基. 科学思想的概念基础——科学哲学导论 [M]. 范岱年 等译. 北京: 求实出版社 ,1982.
- 19 (英) 波义耳. 怀疑的化学家 [M]. 袁江洋译. 北京: 北京大学出版社 2007.
- 20 江晓原. 科学史十五讲 [M]. 北京: 北京大学出版社 2006.
- 21 董光璧 , 田昆玉. 世界物理学史 [M]. 长春: 吉林教育出版社 ,1994.
- 22 (英) 培根. 新工具 [M]. 许宝骙译. 北京: 商务印书馆 2005.
- 23 (英) 丹皮尔. 科学史及其与哲学和宗教的关系 [M]. 李珩译. 北京: 商务印书馆 ,1997.
- 24 (美) 韦斯特福尔. 近代科学的建构 [M]. 彭万华译. 上海: 复旦大学出版社 2000.
- 25 (英) 沃尔夫. 十六、十七世纪科学技术和哲学史 [M]. 周昌忠 等译. 北京: 商务印书馆 ,1997.
- 26 (美) 夏平. 真理的社会史——17 世纪英国的文明和科学 [M]. 赵万里等译. 南昌: 江西教育出版社 2002.
- 27 袁江洋. 论波义耳—牛顿思想体系及其信仰之矢——17 世纪英国自然哲学变革是怎样发生的? [J]. 自然辩证法通讯 ,1995 (1) : 43—52.
- 28 袁江洋. 《自然哲学之数学原理》“总释”的史境诠释 [J]. 华中师范大学学报(自然科学版) ,1994 (1) : 133—137.
- 29 袁江洋. 探索自然与颂扬上帝——波义耳的自然哲学与自然神学思想 [J]. 自然辩证法通讯 ,1991 (6) : 34—42.
- 30 罗兴波. 1660—1680 年间的英国皇家学会 [J]. 广西民族学院学报(自然科学版) 2005 (2) : 38—44.
- 31 罗兴波. 十七世纪英国科学研究方法的发展——以伦敦皇家学会为中心 [D]. 北京: 中国科学院研究生院 2008.
- 32 罗兴波. 近代科研机构的肇始——早期伦敦皇家学会制度研究 [J]. 中国科技史杂志 2005 (增) : 1—8.
- 33 袁江洋 罗兴波译. 科学与科学家的一千年: 988—1988 [J]. 科学文化评论 2005 (2) : 76—91.
- 34 Hunter M. Promoting the New Science: Henry Oldenburg and the Early Royal Society [J]. *History of Science* , 1988 , xxvi: 165—181.
- 35 Hunter M. How Boyle Became a Scientist [J]. *History of Science* , 1995 , xxxiii: 59—103.

The Development of the Research Methods of British Science in Late 17th Century

LUO Xingbo

(*Institute for the History of Natural Science, CAS, Beijing 100190, China*)

Abstract The history of science in Britain in the 17th century has attracted the attention of many researchers, for most of them believe that the first Scientific Revolution gave birth to modern science. Neo-Platonism, which revived in the 15th century in Europe, contributed to many achievements in natural philosophy by the 17th century, but had almost no impact on British researchers, who just followed the so-called “experimental philosophy” of Francis Bacon. Through analysis of the minutes of the Royal Society between 1660 and 1687, we have found that the research methods of British scientists changed from Bacon’s method to the mathematical method, which was praised highly by the Neo-Platonists. In the 1670s, the Fellows of the Royal Society realized that Bacon’s method was not the key to the universe, with the result that the mathematical method was introduced into their research. At the end of 1680s, many Fellows used this method very widely. The second half of the 17th century is the age of the transformation of the research methods of British science, the background of this transformation is the revival of Neo-Platonism, and the outcome is the establishment of the theory of gravity.

Key words 17th century, the Royal Society of London, Neo-Platonism, research methods