

近代科学中机械论 自然观的兴衰

林定夷 著

中山大学出版社

· 广州 ·

(粤)新登字 11 号

版权所有 翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

近代科学中机械论自然观的兴衰/林定夷 著. —广州:中山大学出版社,1995. 3

ISBN 7-306-00978-8

I. 近… II. 林… III. ①科学 ②哲学 ③科学史 ①方法论 IV. B14

中山大学出版社出版发行
(广州市新港西路 135 号)

广州万象公司印刷厂印刷 广东省新华书店经销
850×1168 毫米 32 开本 13.375 印张 33 万字

1995 年 4 月第 1 版 1995 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:13.00 元

本书出版获广东省社会科学
著作出版基金资助

目 录

自 序.....	1
第一章 机械论自然观的渊源.....	1
第一节 古希腊的原子论.....	1
一、古希腊原子论的基本内容.....	1
二、古代原子论中隐含的方法论原则.....	4
三、古代原子论的机械论性质.....	6
四、古代原子论的局限性——形而上学性.....	8
第二节 机体论大行其道，原子论在古代和中世纪遭到 扼制	13
一、问题的症结——“什么是易于理解的？”	13
二、古人：人与动物的心理和行为才是 “易于理解的”	14
三、古代科学的机体论特征；原子论被扼制	17
四、机体论在早期近代科学中仍有影响	22
第三节 近代科学早期的朴素的机械论	24
一、近代科学中机械论是怎样兴起的	24
二、机械论终于形成了传统	38
三、近代科学早期机械论的特点和局限性	42
第四节 古代原子论的复活	43
一、机械论遇到的困难	43
二、寻找出路：“原子—微粒”说兴起.....	44
三、17世纪科学中兴起的“微粒说”与原子论	

的差异	48
四、伽桑狄重新举起古代原子论的旗帜	50
五、17世纪时所谓“原子论复活”的主要涵义	51
六、17世纪科学中原子论(微粒说)的特点	52
第二章 牛顿的科学纲领	57
第一节 力学的成熟	57
一、从伽里略到牛顿	57
二、牛顿的伟大综合,建成了经典力学的宏伟大厦	65
三、牛顿的精心思索;绝对时空观与他的力学体系的 关系	73
第二节 牛顿的科学纲领	78
一、牛顿科学纲领的内容及其核心	79
二、原子论是牛顿科学纲领的必要补充	80
三、牛顿纲领的实质——借助力学还原论而实现科学的 统一	82
第三节 牛顿机械论科学纲领的特点	85
一、拯救现象还是摹写“实在”	85
二、牛顿“还原论”的真义	93
三、线性因果决定论	95
第三章 近代科学中牛顿纲领的辉煌胜利	98
第一节 光学	98
一、机械论指导近代光学蓬勃发展	98
二、机械论光学的两种形态:微粒说和波动说	99
三、微粒说的统治	104
四、波动说的胜利	106
五、结论:近代光学史展示了牛顿纲领的威力	114
第二节 18世纪的电学和磁学	115
一、电学、磁学的早期研究与机械论	115

二、电的本质与牛顿框架·····	117
三、错误假说导致伟大发现·····	121
四、电现象和磁现象的定量研究——库仑定律的发现 巩固了机械论·····	123
第三节 早期的热学——热质说和热之唯动说·····	125
一、近代热学史上的第一个伟大理论——布莱克的 “热质说”理论·····	125
二、机械论框架下两种热学理论的竞争与反复较量·····	127
三、在热质说理论之下，热学是一门化学的分支 学科·····	137
第四节 能量守恒定律的发现·····	138
一、发现能量守恒定律的社会历史背景·····	138
二、能量守恒定律的发现与机械论自然观的关系·····	144
第五节 热的动力学理论和分子运动论·····	148
一、牛顿机械还原论的科学纲领的一个伟大而辉煌 的胜利·····	148
二、热力学第二定律的发现与机械论自然观的关系·····	151
三、热的动力学理论的建立·····	155
四、经典统计物理学——实现牛顿机械还原论科学纲领的 一个光辉典范·····	158
五、热力学第二定律引起的哲学困难·····	160
第六节 天体力学和天体演化；机械论和形而上学·····	166
一、对历史的误解·····	166
二、天体力学和天体演化·····	169
三、那些“经典定论”合理吗·····	178
第四章 机械论自然观的衰落·····	185
第一节 偏振现象引起的震动·····	186
第二节 电磁领域打开了又一个缺口·····	190

第三节	新的自然图景与机械论自然观的对抗·····	193
一、	机械论的危机：场的观念与之对抗·····	193
二、	“场”是一种真实的物理实在吗·····	196
三、	把场的观念重新纳入机械论框架的努力·····	198
四、	麦克斯韦关于机械论之实在性的反复思考；电磁场 理论的建立·····	199
五、	两种自然图景相互对峙、平分秋色的局面·····	208
六、	场的图景终于取得了优于机械论图景的地位；机械论 科学走到了尽头·····	210
第四节	对机械论的辩护与批判·····	212
一、	19世纪：机械自然观的世纪·····	213
二、	19世纪科学家们坚持机械论的信念及其理由·····	214
三、	19世纪下半叶，少数思想敏锐的科学家对机械论的 批判·····	220
四、	由机械论的危机所导致的科学界的思想混乱·····	225
五、	机械论的衰落，是科学内部理论竞争的结果·····	228
第五节	新的科学革命。机械论自然观终于崩毁了·····	230
一、	机械论科学的危机·····	231
二、	洛伦兹的理论：科学革命的第一个信号·····	231
三、	爱因斯坦的相对论革命·····	233
四、	更广泛意义上的物理学革命；机械论的世界图景 崩毁了·····	237
五、	世纪之交成为物理学大发现年代的原因·····	238
第五章	机械论科学纲领中的合理内核·····	247
第一节	科学理论的特点与结构·····	248
一、	科学理论的特点·····	248
二、	科学理论的结构·····	256
三、	科学理论的功能·····	261

第二节 科学理论的还原与还原结构·····	263
一、还原论与反还原论的历史争论·····	264
二、科学理论还原的涵义·····	267
三、科学理论还原的可能性——科学理论还原的结构与 还原逻辑·····	268
四、还原的意义；还原与整合·····	278
第三节 决定论仍在一定范围内有效·····	280
一、牛顿科学纲领与决定论因果观·····	280
二、决定论因果观中的合理内核·····	282
三、决定论因果观的局限性·····	285
四、决定论因果观在一定范围内仍然有效·····	286
五、传统的决定论因果观引起的思想混乱·····	286
第六章 科学革命的机制·····	293
第一节 科学革命——一种重要的历史现象·····	294
第二节 一项“危险”的工作——企图在沙滩上 建房子·····	302
第三节 科学革命的机制·····	310
一、从方法论入手·····	311
二、相关的策略·····	317
三、先给出模型框图·····	318
四、澄清基本概念·····	320
五、某些基本命题和定义·····	327
六、科学革命的机制（上）：对库恩理论之评述·····	331
七、科学革命的机制（下）：我们的见解·····	339
八、科学革命是一个过程·····	360
九、科学革命能被预言吗·····	363
第四节 “筛”的作用——科学革命导致科学进步·····	364
一、“革命”导致进步吗？——库恩难题·····	364

二、进步与目标.....	366
三、“目标”提供“筛”	370
四、“筛”的结构	371
五、在危机和革命中“筛”如何起作用；科学由于“革命” 而进步.....	386
主要参考资料	402
后 记	408

自序

为什么我要动手写一本研究近代科学中机械论自然观之兴衰的小册子？这个题目不是有点近于“古老”，或者至少不那么“现代化”吗？——写这本小册子，决不是因为我对纯属“历史”的东西的特殊兴趣，而是由于以下两方面的原因：

一、直至目前，仍然流行着一种广泛被接受的、根深蒂固的误解，以为机械论自然观纯粹是形而上学思维方式的产物。这种误解源于一种特殊的思维方式，在这种思维方式之下，人们对于历史上科学思想的演变不作、甚至不曾想作认真的、深入的考察，而仅仅依据“经典”发议论。由此造成了对于科学和哲学的历史上的思想演变，采取了一种贫乏而浮泛的、脱离了科学与哲学的历史实际的，因而常常是不真实的理解。它当然地阻碍了我国哲学、科学史与科学思想史等许多学科部门的研究与发展。广而言之，近几十年来，这种思维方式在我国甚至曾形成一种传统的劣根性，在广泛的领域中起过恶劣的作用，这是众所周知的。要改变这种思维方式，仅仅发抽象议论进行批评是不够的，重要的是要在具体的学术研究中去改变它。于是，我就想用一种具体的考察与研究活动来参予改变这一思维方式的努力，同时也企求改变与这种思维方式相联系的对于机械论自然观的传统误解。

二、对于近代科学中机械论自然观的兴衰的历史考察，甚至还有着更加具体的和实际的意义。因为对于在近代自然科学发展中曾经起过伟大的纲领性历史作用的机械论自然观的兴衰作历史考察，即使对于当代的科学方法论的研究，也还能提供许多重要

的有参考价值的启示和教益。因此，即使从科学方法论这门学科的发展来说，这种考察也是有重要的实际意义的。

纵观科学发展的历史，从古到今，科学的形态在发生变化，科学中的方法观念也在发生变化。从古希腊直到中世纪，科学方法的核心是有机论和亚里士多德式的演绎主义。科学发展到近代，特别是以牛顿为标志，科学方法的核心是机械还原论和归纳主义，机械论自然观成了近代科学中普遍接受的研究纲领。在这个纲领的启示之下，科学家们力图从力学原理中导出其余各种自然现象；通过构建各种力学机制的模型，把表面上看来很不相同的各种自然现象从力学机制上来寻求它们的统一性。如果说，机械论自然观在一定意义上还具有某种本体论的色彩，那么，在那一时代的方法观念上，与机械论自然观同时盛行的互补的认识方法，则是归纳主义的认识论。但是，科学发展到19世纪下半叶，特别是到19世纪末、20世纪初以后，由于物理学中产生的深刻危机和随之而来的科学革命，在以往科学中具有牢固传统的机械论和归纳主义的方法论，可以说几乎同时遇到了深刻的危机。迄今，机械论自然观可以说已经破产，它在科学中几乎已成了历史陈迹。而自爱因斯坦以后，归纳主义的方法论也已被愈来愈多的深思熟虑的科学家所摒弃。由于方法观念上的革命，当今的自然科学的形态也日益深刻地发生了变化。科学家们不再企图通过力学的机制来寻求自然界的统一性，而是通过其他图景，特别是通过量子 and 场的图景去寻求这种统一。与此同时，科学也逐渐远离经验，具有了愈来愈抽象的形态；带有浓重的经验主义色彩的归纳主义方法论逐渐为如同爱因斯坦所说的“探索性的演绎法”所取代。实际上，这种趋势，爱因斯坦早在本世纪30年代总结当代科学发展的新特点时就已经明确地指明了。他说：“相对论是说明理论科学在现代发展的基本特征的一个良好的例子。初始的假说变得愈来愈抽象，离经验愈来愈远。另一方面，它更接近一切科学的伟大目标，即

要从尽可能少的假说或者公理出发，通过逻辑的演绎，概括尽可能多的经验事实。同时，从公理引向经验事实或者可证实的结论的思路也就愈来愈长，愈来愈微妙。理论科学家在他探索理论时，就不得不听从纯粹数学的、形式的考虑，因为实验家的物理经验不能把他提高到最抽象的领域中去。适用于科学幼年时代的以归纳为主的方法，正在让位给探索性的演绎法。这样一种理论结构，在它导出那些可以同经验作比较的结论之前，需要加以非常彻底的精心推敲。在这里，所观察到的事实无疑地也还是最高的裁决者；但是，公理同它们的可证实的结论被一条很宽的鸿沟分隔开来，在没有通过极其辛勤而艰巨的思考把这两者连接起来以前，它不能作出裁决。”^①关于近代科学中归纳主义方法论的盛衰及其演变，作者已在《科学研究方法概论》（浙江人民出版社1986年2月版）一书中作了详细考察。本书中，将从另一个侧面，即从近代科学中机械论自然观的兴衰，对近代以来的科学方法观念的演变作进一步的考察，以期得出对当代科学方法论有益的结论。

然而，尽管作者抱有如上的良好愿望，但由于作者学识水平有限，仍难免力不从心。书中的错误和浅陋之处，愿望得到专家和读者们的指正。作者的意图，仅在抛砖引玉而已。

附带说说，本书中采用了“自然观”这个术语，这是易于引起误解的。因为“自然观”这个用语，往往被赋予了对于自然界的“物理实在图景”这种意义的理解，因而带有过多的本体论的色彩。所以，用这个词去概括近代科学中的某种科学纲领或方法观念，在许多情况下将是不准确的；当我们试图以“机械论自然观”这个用语加之于牛顿，用以代替牛顿的科学纲领时，将不是一种合适的用语。不但牛顿本人不曾用过“机械论自然观”这个词儿，而且当他表述他的科学纲领“希望从力学原理中导出自然

^① 《爱因斯坦文集》第1卷，商务印书馆1976年1月版，第262页。

界的其余现象”时，也不赋予这个纲领以任何“自然观”的色彩，相反，在他看来，自然界本身的物理本质，并不一定就是他的理论所描述的样子；他所提出的科学纲领，更多地具有科学方法论的色彩，即按照它所构画的原理，希望能从理论上解释和导出其余一切自然现象。虽然有一种观点认为，方法论是一定要以本体论为其基础的，历史上，有些科学家也确实把机械还原论的纲领当作一种自然观来理解，但是，大多数思想深刻的科学家，尤其是现代科学家，他们往往并不如此看。这一点，希望读者阅读本书时能予以注意。

作者

1988年9月

第一章 机械论自然观的渊源

第一节 古希腊的原子论

机械论自然观虽然在近代科学中才兴盛起来，但它的历史渊源却可以追溯到古代。生活于公元前 5 世纪左右的古希腊哲学家和科学家留基伯和德谟克利特提出的“原子论”思想，可以说是近代科学中机械论自然观的最早的和最重要的思想来源。

一、古希腊原子论的基本内容

留基伯（公元前 500—440）最早提出了原子论，他的学生德谟克利特（公元前 460—370）进一步发展了留基伯的思想，使得原子论成了当时的一种很有影响的学问。德谟克利特曾经著有《世界大系统》、《世界小系统》等著作，记叙了他关于原子论的主张。可惜这些著作都没有保存下来，至今保留下来的只是某些残片和古代别的著作家对于他们的学说的转述。亚力山大里亚时代的哲学家伊壁鸠鲁（公元前 341—270）和古罗马的哲学家卢克莱修（公元前 98—53）继承和发展了德谟克利特的原子学说，终于使得这种学说仍能以一种相对完整的形态为后人所知晓。

据公元前 3 世纪古希腊历史学家第欧根尼·拉尔修所著的传记性著作《著名哲学家》一书中说，德谟克利特曾经是当时最博学 and 最有影响的哲学家，并概要地介绍他的原子论见解如下：“他的学说是这样的：一切事物的始基是原子和虚空，其余一切都只

是意见。世界有无数个，它们是有生有灭的。没有任何东西从无中来，也没有任何东西在毁坏之后归于无。原子在大小和数量上都是无限的，它们在整个宇宙中由于一种旋涡运动而运动着，并因此形成一些复合物：火、水、气、土。因为这些东西其实也是某些原子集结而成的，这些原子由于它们的坚固，是既不能毁损也不能改变的。太阳和月亮是由同样的原子构成的，这些原子是光滑和圆的。灵魂也是由这种原子构成的，灵魂就是理性。我们能看见的东西，是由于那些影像透入我们的眼睛中的缘故。”^① 所以，在德谟克利特看来，“事物的性质只是人们约定俗成的东西，在自然中存在的只有原子和虚空。”^②《欧瑟比注狄奥尼修》一书中也曾经记述：“有些人把某种不可毁坏的、极小的、数目上无限的微粒叫做原子，并且承认有某种无限的空的空间，他们说这些原子在虚空中任意移动着，而由于它们那种急剧的、凌乱的运动，就彼此勾结起来了。这样就形成了世界及其中事物，或毋宁说形成了无数的世界。这一学说的创立者是伊壁鸠鲁和德谟克利特……。”^③在德谟克利特的学说中，原子也被称作存在或充实，而把虚空称作非存在，同时，他又认为，虚空和原子一样，都是实在的。亚里士多德是这样描述留基伯和德谟克利特的原子学说的：“……留基伯及其伙伴德谟克利特承认充实和虚空都是要素，他们把前者叫做存在，把后者叫做非存在，就是说：充实和坚实是存在，而虚空〔和稀疏〕是非存在（所以他们说，存在并不比非存在更实在，因为物体并不比虚空更实在），二者都是物质，都是事物的原因。一些肯定基本实体的统一性的思想家，从这个实体的各种状态中引出一切其余的东西来，把稀疏和厚实看成是

①② 第欧根尼·拉尔修，第9卷，第7章，§44—45。参见商务印书馆1961年版《古希腊罗马哲学》（原著选读），第96—97页。

③ 《欧瑟比注狄奥尼修》第14卷，第23章，§2—3。参见同上书第99页。

〈所有这些〉状态的本原。像他们一样，这两位哲学家认为〈原子的〉基本区别是一切其他属性的原因。他们指出这些区别有三种：形态、次序和位置。”^① 亚里士多德在《生灭论》中还曾经概括说：留基伯和德谟克利特认为，“真正的存在是绝对充满的。可是这充满却不是一，而是无数微粒构成的。这些微粒，因为很小，所以看不见。这些微粒在虚空中运动（因为虚空是存在的），产生就是由于它们的结合，毁灭就是由于它们的分离。”^② 大约在公元前3世纪左右，希腊哲学家伊壁鸠鲁曾发展了德谟克利特的学说。正如公元100年左右罗马历史学家艾修斯所说：“德谟克利特说原子有两种属性：大小和形状。而伊壁鸠鲁则加了第三种：重量。”^③

从以上这些古人的记载和转述，我们大体上可以看到留基伯，特别是德谟克利特的原子论的基本思想。即：

(1) 世界上一切事物都是由原子构成的，原子是万物的始基；原子不可再分。

(2) 原子有两种属性：大小和形状。但它们很小，所以看不见。它们在数量上是无限的。

(3) 原子按一定的形状、次序和位置，结合和分离，形成万物及其消长。

(4) 存在着静止的绝对的虚空，原子在其中运动。

(5) 由于原子不可破坏，故物质是不灭的，不可能从无中生有，也不可能在毁坏中化为乌有。

我们看到，古代原子学说的这些要点，在牛顿以后的经典自然科学中几乎全部被继承下来了。虽然它的形态已发生了根本性

① 亚里士多德：《形而上学》第1卷，第4章。参见〔苏〕敦尼克、约夫楚克、凯德洛夫等主编《哲学史》第1卷，上册，第96页和北京大学哲学系外国哲学教研室编译的《古希腊罗马哲学》（原著选读），商务印书馆1961年5月版，第98页。

② 《古希腊罗马哲学》（原著选读），第97页。

③ 《古希腊罗马哲学》（原著选读），第99页。

的变化，也就是说，近代科学中的原子论已不再是古代的那种朴素的而且是纯思辨的玄学的即**形而上学**^①的观念，而是具有了真正科学的性质。但是，显然，近代科学从古代原子论的玄学中获得了启示，后者成了前者的重要的思想来源。

二、古代原子论中隐含的方法论原则

对于牛顿以后的近代科学来说，在古代的德谟克利特的原子论中，实质上还包含着许多重要的处于萌芽状态的方法论原则。在这些原则中，突出地表现为猜测自然界的层次结构；构造抽象的

^① 这里所说的“**形而上学**”，是指那种纯思辨的、超经验的玄学，即传统的、正统意义上的“形而上学”概念。形而上学一词源出于对亚里士多德著作的编目与分类。其中亚氏的一部分纯思辨的、超经验的学说，他的学生为之编目时，冠之以“metaphysics”的名称，直译的意思是“在物理学的后面”。我国清末著名翻译家严复在翻译“metaphysics”一词时，根据我国古籍《易经·系辞》中的一句话：“形而上者为之道，形而下者为之器”，把“metaphysics”一词意译为“形而上学”，意即它是研究抽象的“道”的学问，即“玄学”。但在黑格尔的哲学用语中，“metaphysics”，即形而上学一词，却被赋予了一种完全不同的涵义。它被用来指称与他的辩证法观念相对立的那种反辩证法的观念与方法。在马克思主义哲学中，大体上沿用了黑格尔对“形而上学”一词的用法，即把“形而上学”指称为孤立地、静止地、片面地看问题的方法。传统意义上的“形而上学”和黑格尔意义上的“形而上学”，虽然使用着同一个词，但却是代表着两个截然不同的概念。因为，在黑格尔所指称的意义下，他的那套思辨哲学是与形而上学相对立的，因而是反形而上学的。但从“形而上学”一词的传统涵义上看，黑格尔的那套思辨哲学，不仅不是反形而上学的，恰恰正好是典型的**形而上学的**，即玄学的。所以，在本书中，为了区分“形而上学”一词的两种不同的涵义和用法，当我们在前一种意义上（即传统的意义上）使用“形而上学”一词时，我们标以黑体字**形而上学**；当我们在后一种意义上（即黑格尔的或马克思主义所使用的意义上）使用“形而上学”一词时，我们标以普通的字体形而上学。以示两种情况下它们所代表的意义上的区别。