



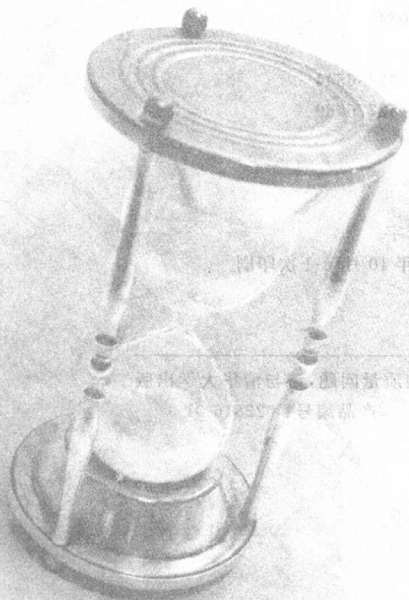
物理学史与
物理学思想方法论

吴宗汉 周雨青 编著

清华大学出版社

物理学史与 物理学思想 方法论

吴宗汉 周雨青 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书将物理学史与物理学思想方法论同时进行阐述,强调了物理学是科学也是文化,物理学史的教学不仅要以史为鉴,更要以史为器,使读者从中受益而能去发展、创新。

本书共分6章,分别介绍与牛顿力学、热学、电磁学相关的内容和相对论与量子论的产生、对微观物质世界认识的发展史、物理学研究中常用的思想方法等。

本书是大学本科生的教材,也可作为高中以上文化水平的读者的科普读物。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

物理学史与物理学思想方法论 / 吴宗汉,周雨青编著. —北京:清华大学出版社,2007.10

ISBN 978-7-302-15908-7

I. 物… II. ①吴… ②周… III. ①物理学史②物理学—思想方法—方法论 IV. O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第123161号

责任编辑:朱红莲 洪英

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京市清华园胶印厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:148×210 印 张:10.25 字 数:254千字

版 次:2007年10月第1版 印 次:2007年10月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:20.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:022816-01

前 言

近年来,国内许多高校都在开设物理学史方面的课程,有的是作为公共选修课,有的是作为必选选修课,总之,对开设物理学史课都给予了很高的重视。但是,若作些深入调查,我们就会发现,无论是在为什么要开设这门课及怎样开设这门课等这些基本问题上,或者是从开设者的主观意图与接受者的响应及得出的效果等诸多方面,调查结果都相差很大。究其原因,我们认为是对开设这门课认识的理解上相差颇大而造成的。为此,我们想结合本书的编写谈几点看法。

一、物理学史是科学也是文化

作为科学,物理学史记录和传递了物理学过去所走过的道路和所取得的成就;而从文化的视角来看,物理学史则表示了物理学的思想渊源以及它的传递、发展和继承;同时也能看到作为文化,它在发展和前进道路上的分化、细化、歧化和泛化。实际上,从人类文明史发展来看,物理学的研究范围、研究内容,开始是从研究“事”、“物”之理,发展到只研究“物”之理的路线而前进、延伸的,它是从边界模糊不清、相互交织的领域,发展到逐渐清晰,形成独立体系的。在历史上,古希腊的亚里士多德曾著有《物理学》,其基本内容则多属于玄学。我国晋代的《物理论》以及明、清朝代的《物理小识》所阐述的“事”,“物”之理,也不是纯属现代定义的物理学范畴的内容和自然科学的内容。尤其是在我国古代,长期以来以人文为本,原来就没有什么独立的自然科学体系,在所谓“格物在致知,格物而后知今”的理念中,“格物致知”不过是为了修身、养性,其最高境界在“治国、平天下”,其人文色彩、人文思维的人文文化

特色则更为浓烈,而且它的内容也不能全部隶属于自然科学、物理的范畴,尽管在文明史上人文科学与自然科学在发展初期边界不清,使自然科学,尤其是物理学的研究总是交相渗透,边界模糊,但还不能仅仅以此就可定为它就是物理学的文化内涵,物理学的文化内涵应涵括它的思想性、连续性、传承性的丰富内容。

从文化的特殊视角来看,物理教育是实现物理文化传递的基本工具。文化是在人类代际之间进行传承的,老一代人创造的文化成果终将成为文化遗产,而且最终将通过文化传承,被新一代有选择地接受。物理教育既能传承,又能促使物理学的发展。物理教师借助于教材,既系统地向学生讲述物理知识,介绍物理方法和历史,又让学生操作仪器、观察现象、进行测试分析,让他们从实践中学习物理,接受物理文化的熏陶,这些都隶属于有形的载体。而物理学表示的机械观、时空观、因果观、对称性、和谐性、永恒性以及绝对与相对、无序与有序的文化思想虽是无形的,却清楚地凸显了其丰富的文化内涵。但是,随着科学技术的进步和发展,物理学作为一门迅速发展起来的学科,它形成了自己的分类范畴,自己的研究方法,自己的思维特性等一整套完整的科学体系,并且还不断地向深度、广度进军,尽管近年来科学发展的相互渗透、交叉加剧,物理学的边界又变得模糊不清了,但它还仍然有其鲜明的文化特征,而区别于其他人文科学、人文文化,尤其是思维方式上更与它们大相径庭,形成了两种思维方式和文化——科学文化和人文文化。

在科学发展到了今天,它们的差异性则表现出了会对今后社会可持续发展产生影响,有些甚至可以说会产生危机。已故著名物理学家吴健雄曾指出过:“为了避免出现社会可持续发展中的危机,当前一个刻不容缓的问题是消除现代文化中两种文化——科学文化和人文文化——之间的隔阂,而为加强这两方面的交流和联系,没有比大学更适合的场所了,只有当两种文化的隔阂在大学

II

校园里更加弥合之后,我们才能对世界给出连续而令人信服的描述。”因此应从这一高度来认识开设物理学史与物理学思想方法论课程的重要性。

二、要从“以史为鉴”发展到“不仅以史为鉴,更要以史为器”

学习物理学史就是为了了解物理学所走过的道路,它将有助于我们更深刻地认识物理学,更有效地应用和发展物理学。过去很多人总是在说“以史为鉴”,但我们认为对物理学史的学习仅仅“以史为鉴”还远不能满足时代的要求,更应该在“以史为鉴”的基础上“以史为器”去发展、去创新。物理学史和自然科学史告诉我们,历史上的一些发明、创造并不是前人研究内容的简单重复,而往往是前人研究方法、思维特征的重现,并且它更是螺旋形上升的。因此,我们在讲授物理学史时,就把这门课改成了“物理学史与物理学思想方法论”。因为,若仅仅讲“史”,而不落实、凸现思想方法论,就会在课程讲授中,或是讲科学家的传记、小故事,或是完全讲物理内容,成了课程搬家,使得听课者或是“听史兴叹”,在羡慕科学家伟大之余,并未得到更进一步的收获;或是听了那些尚未搞懂的理论,仍是不得其要领,从而失去了学习物理学史的激情。为此,我们认为,要达到“不仅以史为鉴,更要以史为器”的目的,就要把学习物理学史和学习物理学思想方法论结合起来,并突出思想方法论的重要性。

三、开设“物理学史与物理学思想方法论”是提高学生科学素质的一个重要内容

纵观科学发展史和物理学史可以发现,古今中外能成就大事业者,都有一个共同的特点,他们都有一个坚持真理、锲而不舍,为了事业献身的信念。意大利著名的天文学家布鲁诺大无畏地捍卫真理,坚持日心说,藐视反动的宗教法庭,直到生命的最后一刻,还庄严地向刽子手宣布:“你们对我宣读判词,比我听到判词还要畏惧!”尽管最终被活活烧死在鲜花广场,但他坚持真理的行动,一直

为人们广为赞颂。美国的富兰克林做风筝试验而被雷电击晕，待他醒来时，还风趣地说：“好家伙，我本想电死一只火鸡，结果差点电死一个傻瓜！”而罗蒙诺索夫的老师利赫曼则在研究雷电中牺牲了性命。这些为科学试验而不屈不挠的高尚品质和不畏艰险，奋不顾身而又非常风趣、乐观的精神面貌，是在物理学史教学中让年轻的学子们铭记的。这是他们应该具备的作为一个科学家、科学工作者的基本品质，这也是科学素质教育中一个重要的组成部分。此外，还要在这门课程中教会学生们如何深入观察，不放过细节，注意观察异常等好习惯，书中这种例子是举不胜举的。在本书中，力图让学生通过本课程的学习在培养如何做人、做事、做学问这些基本素质方面得到一些收益，使这门课的教学，达到“以人为本”的目的。

基于上述思路，本书在内容上均作了相应的安排，力求做到削枝强干、突出重点，注意学科领域的交叉、互渗，并安排了能达到教学互动的内容，以便调动学生的思维积极性。此外，在本书中，我们对常见物理研究方法也专门作了介绍，例如，对物理学史上的悖论介绍，都提高到了认识论、方法论的高度，此外，对演绎、分析、综合、类比、模型建立的简化、纯化等都有介绍，并用实例来剖析佐证。本书分6章，分别是牛顿力学与机械观、从冷和热引出的话题、近代科学的重要基础——电磁学、物理学发展中的革命风暴——相对论与量子论的产生、对微观物质世界结构认识的发展史、物理学研究中常用的思想方法等。

本书曾作为大学生的公共选修课教材讲过多遍。该课程是东南大学在建设文化素质基地过程中由原教务处处长陈怡教授建议而开设的，由吴宗汉教授执教。本书编写过程中，江苏大学中文系吴宗海教授的释疑和交流使编者受益匪浅。本书最后统稿是由吴宗汉教授在深圳豪思电声科技有限公司完成的，其间获得了该公

司董事长王丽、总经理李军以及诸位豪恩人的大力协助，清华大学出版社的编辑同志也为本书出版作出了很大努力，在此一并致谢。

由于编者水平所限，谬误之处，望不吝指正。

编者

于鹏城

2007年8月

目 录

前言	I
第 1 章 牛顿力学与机械观	1
1.1 物理学发展的几个阶段	1
1.2 中世纪宗教势力的专横与亚里士多德经院主义哲学体系的禁锢	6
1.3 物理学初始发展时期的几种思辨方法	11
1.4 牛顿力学的建立与机械观的形成	19
第 2 章 从冷和热引出的话题	30
2.1 热质说盛行与“热”测量的问题	30
2.2 工业发展要求新科学规律的诞生	34
2.3 热学的微观解释和规律——分子运动论的发展和统计物理的建立	39
2.4 热物理留给人们值得深思的问题	51
第 3 章 近代科学的重要基础——电磁学	59
3.1 电磁学发展的轨迹	59
3.2 以太说的发展	79

3.3	电磁学中值得推荐的几个物理研究的思想方法·····	82
第4章	物理学发展中的革命风暴——相对论与	
	量子论的产生 ·····	95
4.1	引言·····	95
4.2	相对论简介·····	104
4.3	量子论的产生和量子力学的发展·····	131
4.4	经典与近代观念的碰撞·····	164
第5章	对微观物质世界结构认识的发展史 ·····	196
5.1	不同层次上的物质构造·····	196
5.2	物质基本构造探秘·····	207
5.3	基本粒子的对称性和统一场论·····	227
5.4	描述微观物理世界的最基本观点是什么·····	234
5.5	20世纪物理学留下的未解疑难问题·····	250
第6章	物理学研究中常用的思想方法 ·····	277
6.1	分析与综合·····	277
6.2	归纳与演绎·····	283
6.3	类比·····	302
6.4	从原型到模型的方法·····	312
	参考文献 ·····	315

第 1 章 牛顿力学与机械观

1.1 物理学发展的几个阶段

物理学真正作为一门独立的自然科学,只有 400 年左右的历史,但是,在物理学创建之前,人类已积累了不少的物理知识,这为物理学的建立和发展打下了广泛的基础。

认识的发展既有继承性也有阶段性,物理学也不例外,我们可以将物理学的整个发展粗略地分为四大阶段。

1. 第 0 阶段(远古至 17 世纪初)

这一阶段是物理学的史前时期,故称为第 0 阶段。在这个阶段里,尽管经历了漫长的岁月,人类对大自然的了解还是很肤浅、很不全面的;所获得的物理知识也是定性多于定量,感性多于理性,零散而不系统。

例如关于电和磁的最早知识,约公元前 6 世纪古希腊已有所记述;我国战国时代成书的《管子》(约公元前 4 世纪)中也有关于天然磁体的记载;摩擦起电的发现则稍晚,大约到西汉末年(公元 20 年前后)才有明文记载。

由乐器的演奏、制作而总结出的音律,同样也是最古老的物理知识。公元前 6 世纪,我国就有了三分损益法(见《管子·地员篇》),西方的毕达哥拉斯则确立了乐音与弦长或管长的关系。

在这一时期,人类对简单机械、几何光学也逐步积累了丰富的知识。其中特别值得一提的有:我国《墨经》(公元前 4 世纪)中的有关论述;阿基米德(Archimedes, 公元前 287—前 212)的浮力原

理及静力学的一些基本规律。此后,还有 N. 哥白尼的日心体系学说,它取代了 C. 托勒密的地心体系说。

总的说来,我国在这期间所取得的成就并不逊于欧洲,某些方面还居于领先地位。例如,北宋沈括(1031—1095)在所著的《梦溪笔谈》(1086)中就论述了地磁及人工磁化,这比 W. 吉伯的《论磁性、磁体和巨大地磁体》约早 500 多年。令人遗憾的是,一些原来具有优势的项目逐渐落后于人。举一个最明显的例子,针孔成像、反射成像在《墨经》中早有记述,远在 2000 多年之前,我国就有人以透镜取火,但望远镜、显微镜的最早发明(17 世纪初)及有效使用都出现在西方,光的折射定律后来也是在欧洲发现的。

2. 第 1 阶段(17 世纪初至 17 世纪末)

这是物理学的初创时期。它起始于 G. 伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642)时代持续到牛顿力学之前。在这不到 100 年的时间里,物理学逐渐形成为一门精密的学科。

这一阶段的特点是:大批的学者摆脱了亚里士多德经院式哲学的束缚及宗教的专横统治,不再满足于对自然现象的消极观察和对物理知识的简单归纳,而是走向更积极的实验研究及更细致的定量分析。于是,在物理学中开展了数学应用及实验工作,并且开始从感性认识向理性认识过渡。

这些科学风气的形成,主要是由于伽利略的创导。在他的周围,很快形成了以实验工作为主的伽利略学派。其中最著名的有 E. 托里拆利(Torricelli, 1608—1647),他研究过抛体运动及液体自容器小孔流出的速度,将伽利略的空气测温器改进为酒精温度计;发现了大气压力(1643)并制成水银气压计(1644),这有力地打击了“自然惧怕真空”的传统偏见。亚里士多德是不承认真空的客观存在的,相应地,他也不认为空气具有重量、大气应有压力。

在这一时期内,除了伽利略、J. 开普勒和 R. 笛卡儿的主导工作,物理学方面的重大成就还有:万有引力与距离平方成反比

(I. 牛顿,1666;R. 胡克,1680);动量守恒(C. 惠更斯,1669);离心力及向心加速度(惠更斯,1673);光的微粒说(牛顿,1666);光的波动说(惠更斯,1678);气体体积与压强的反比关系(R. 玻意耳,1661;E. 马略特,1676)。

此外,物理学还初步具备了一些较精密的基本测量(时间测量、温度测量、压力测量……)仪器。以上这些成就为力学、光学、热学的建立及发展开辟了道路。

当欧洲致力于将物理知识定量化、理性化的时候,我国却停滞不前了。1600—1687年,即明万历28年到清康熙26年,不仅战乱连绵,更由于长期封建统治、尊儒崇文、轻视工匠技艺,加之小农经济的不求进取,这就必然使得我国的科学技术落后于西方,并且逐渐拉大了差距。尽管其间有几位外国传教士顺便将伽利略学派的力学、透镜光学带进了中国,但几粒石子掷于一潭深沉的死水中,毕竟掀不起大浪。

3. 第2阶段(17世纪末至19世纪末)

这是物理学的成熟时期。在此期间,物理学成长为一门完整的自然科学,它既是精密的实验科学,又是严谨的理论科学。这一阶段的特点,在于物理学的逻辑化、系统化及统一化。

它以牛顿建成力学体系为起点,其标志为《自然哲学的数学原理》一书的出版(1687)。半个世纪以后,相继发展出流体力学(1738)、刚体力学(1752—1760)、天体力学(1790—1825)、弹性力学(1821—1828),后来又建立了完整的声学理论(1877)。另一方面,为了力学在广泛应用中的求解方便,不断更新了基本定律的表达形式,由此产生了分析力学(1743—1788),为力学通往其他的物理领域提供了桥梁。总之,在这200年里,牛顿力学经过完善、壮大,大有发展到登峰造极的气势。

在牛顿力学的带动下,物理学其他分支的理论探讨也活跃了起来。在此期间,热动说取代了热质说,光波说战胜了光粒说。蒸

汽机的发明(1765)促进了热力学的产生,而以分子的机械运动解释热现象的思想,导致 J. C. 麦克斯韦、L. 玻耳兹曼提出经典统计理论(1859—1872)。电磁现象的研究由分散逐步趋于统一。电流磁效应(1820)和电磁感应现象(1831)的发现,不仅使人们对磁、电之间的关系有了崭新的认识,而且迅速转化为生产力。由此诞生了电力工业,使生产面貌为之一新。1860—1865 年,麦克斯韦创立了统一的电磁场理论,预言了电磁波的存在,还将光波从弹性波纳入电磁波,电磁波的应用使通信事业大为改观。

到 19 世纪末,有关宏观世界的理论已经完整地树立了起来,从早先以力为中心的物理学,最后发展成为力、能、场三足鼎立的物理学。显然,牛顿和麦克斯韦的业绩是巨大的,人们常称 20 世纪以前的物理学为牛顿-麦克斯韦物理学,又称为经典物理学。还应该指出的是,生活在这一历史时期的一些著名的数学家,如 L. 欧拉、J. L. 拉格朗日、P. S. M. 拉普拉斯、J. B. J. 傅里叶、C. F. 高斯、W. R. 哈密顿等人,他们对经典物理学的发展有着不可磨灭的贡献。

在我国这一时期自康熙 26 年至光绪 25 年,正值大清帝国由盛而衰。康熙晚年即执行闭关锁国政策,短命的戊戌变法则发生于光绪 24 年(1898);其间,国外先进的科学技术既未受到统治者的重视,当然更谈不上及时引进;在物理学方面,只是在 19 世纪 50 年代翻译过几本外版书,影响有限,这就更加拉大了与西方的差距。顺便说一下,从 1840 年起,洋枪洋炮的多次入侵我国,使国门再也封闭不住了。

4. 第 3 阶段(20 世纪初至今)

这是物理学的革新时期。在 20 世纪的前 30 年里,物理学就经受了激烈的动荡,经典观念受到严重的冲击,物理概念发生了深刻的变化;总之,物理理论多次兴起了根本性的变革。

A. 爱因斯坦的相对论对传统的时空观进行的革命,使时空、

物质、运动在物理上紧密地联系起来,将运动规律从低速扩展到高速,从弱相互作用扩展到强相互作用。特别是 20 世纪 60 年代以来,相对论天体物理学及宇宙学不仅成为物理学和天文学的一个研究热点,还是相对论、量子场论、粒子物理学等分支学科的结合点。

量子理论起源于能量子(M. 普朗克,1900)和光量子(爱因斯坦,1905)。1913 年,N. 玻尔将量子化条件成功地引入氢原子的核模型;1923 年,L. V. 德布罗意提出物质普遍具有波粒二象性。由此产生了量子统计、量子力学及量子场论。1967—1968 年,又建立了电磁相互作用与弱相互作用的统一场论。

于是,物理学从力、能、场三足鼎立的经典格局演变为以场为中心的现代物理学。同时,物理学也进入到既研究物质运动也研究物质结构的新阶段。

从 N. 玻尔的原子学说 M. 盖尔曼的夸克模型,只花费了 50 年的时光。其间,迅速建立了原子物理学、核物理学及粒子物理学。另一方面,固体理论及等离子体理论也得到飞快的发展。

物理学的新发展必然给科学技术、社会生产带来新面貌。确实,相对论和量子论为人类发现和利用新能源、新材料及新技术提供了理论基础。核能的巨大威力不仅用于军事武器,也大规模地在工业上得到和平利用,1988 年全世界发电总量的 1/6 是由核电站供应的,其中以法国居首位,它的核电为法国总发电量的 70%。半导体的研究导致晶体管的发明及集成电路的出现,第一只单片集成电路制成于 1958 年;电路集成度的惊人发展使电子工业日新月异,这又促使计算机迅速地更新换代,为计算机在各个领域中的广泛应用奠定了物质基础。又如,自 1960 年第一台激光器在美国问世以来,不到 30 年,激光就得到多方面的使用,使测量、加工、通信、医疗、信息记录等技术都有了较大的进展。此外,非晶材料及高温超导的发现,也展现出广泛的应用前景。

1.2 中世纪宗教势力的专横与亚里士多德经院主义哲学体系的禁锢

在古代,自然科学并没有从哲学中分离,古希腊、古罗马时代自然科学家也就是哲学家。宇宙的本源是物理还是精神,这是宇宙观的基本问题。以苏格拉底和柏拉图为首的唯心主义学派认为,宇宙的创立出于有目的的安排,给人眼睛是为了看东西,给人耳朵是为了听声音。如果不给我们鼻子,那么香味有什么用处?如果不是用舌头来品尝甜、酸和可口的滋味,那么人们对这些滋味会有什么知觉呢?而这些安排都是神的作用。柏拉图是苏格拉底的弟子,他认为真实的知识源泉是灵魂对理念世界的回忆,这是绝对荒谬的理念神秘主义。

公元前9世纪,古希腊诗人荷马的著名诗篇《伊利亚特》和《奥德赛》中就记载着丰富的传说与神话。公元前8世纪,希腊诗人肖特的《神谱》一诗记载了关于宇宙创生的传说:第一个出现的是一张张开的大嘴,接着是宽博胸膛的大地,而后是爱神爱罗丝;大嘴生出阴间和黑夜,黑夜怀胎,产生明亮的天空和白昼;大地诞生出有星星的天空,天穹笼罩大地使之永恒不动摇;大地还生出高山和大海,山上居住着喜爱山林的半神半人的女神们……从公元前6世纪到公元1世纪,宇宙学曾有过不少学派论争,中世纪后则陷入神学深渊,地心说主宰一切。

罗马帝国(公元前753年)成立后,基督教成为国教。由于政教合一,亚里士多德的宇宙观很自然地与之融合而产生了经院主义的哲学体系,亚里士多德的宇宙观认为天上分为许多等级构造,各有尊卑优劣;地上也有以法老、主教、皇帝等尊贵的至高无上的权威,他们统治了天上人间(图1-1)。当然,意识形态也就以此为标准了。经院哲学和神学占据了统治地位,人们稍有不逊,或有对

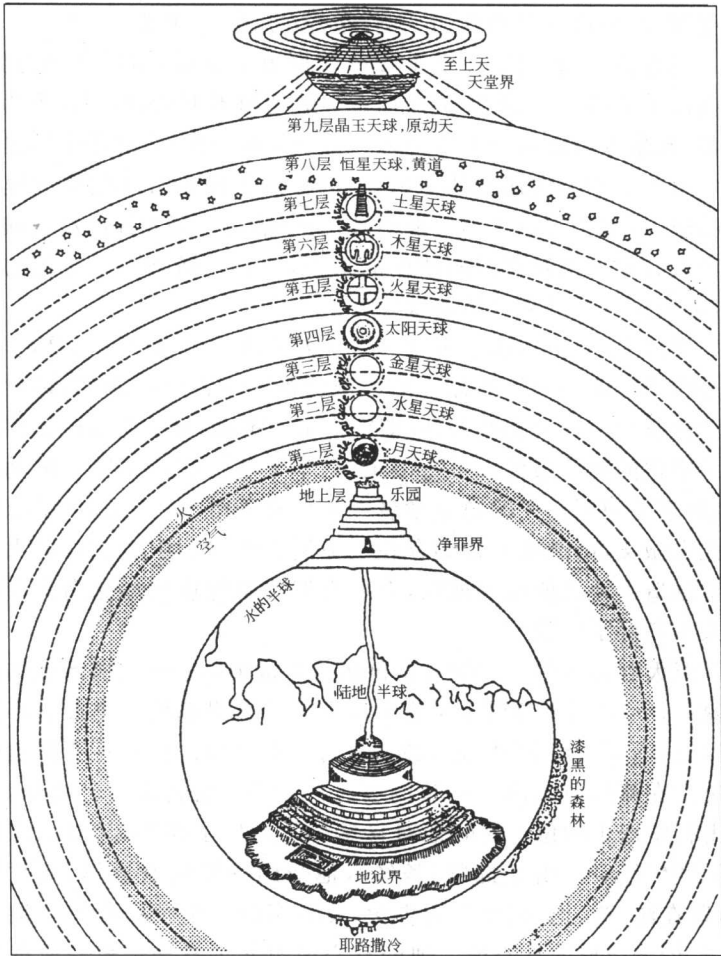


图 1-1 中世纪的位阶构造图