



图解天文学

宣焕灿 萧耐园 编著



南京大学出版社



图解天文学

宣焕灿 萧耐园 编著

P1
x930

南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

图解天文学 / 宣焕灿, 萧耐园编著. —南京: 南京大学出版社, 2010. 2

ISBN 978-7-305-06722-8

I. ①图… II. ①宣… ②萧… III. ①天文学—高等学校—教学参考资料 IV. ①P1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 021972 号

出 版 者 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出版人 左 健

书 名 图解天文学
编 著 宣焕灿 萧耐园
责任编辑 孟庆生 编辑热线 025-83593497
照 排 南京玄武湖印刷照排中心
印 刷 南京大众新科技印刷有限公司
开 本 787×960 1/16 印张 19 字数 368 千
版 次 2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-06722-8
定 价 36.00 元

发行热线 025-83594756
电子邮件 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有, 侵权必究
* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

南京大学供全校学生自由选修的普通天文学课程开设已久,每周 2 学时,一学期授课时间略多于 30 学时。文科学生选此课程较多,也有部分理科学生。选读此课程的学生在成绩合格后将获得文化素质课的理科公选课 2 个学分。

开设此课程,任课教师一直未能找到一本取材恰当、篇幅适中而又深入浅出的教材。我们两人都先后讲授过天文系以及校公共选修课两个层次的普通天文学,对不同学生的教学要求及学生的接受能力相当清楚。在校系领导的关怀和校出版社的支持下,决定联手编撰这本教材。

该教材是面向以文科学生为主的非天文系学生,既不能刻意回避天球坐标系、时间计量、天文学探测手段以及宇宙学等方面较难理解的内容,把这本教材写成一本逐章介绍太阳系天体、恒星世界直至河外天体的科普书籍,又不能盲目追求深度,使听课学生感到难以理解,所以我们在该书的撰稿过程中力求突出以下几个特点:

(1) 注意配置大量插图,力求用图解和图示的方式让学生理解某些较深的天文学知识。本书配置了 300 多幅插图(包括黑白天文图片以及黑白和彩色的天文照片),而且使每幅插图都与正文内容相关连。由于这一特色,因此本书的书名定为《图解天文学》。

(2) 尽量避免引入较多的抽象概念和公式,对不得不引入的公式,一般不做推导,只给出最后结果,并尽可能作出较通俗的解释。

(3) 天文学在迅猛的发展中,新进展、新成果层出不穷。本书力求展示 21 世纪甚至最近几年来天文学的新进展,如国际上超大型反射望远镜的研制,中国的 LAMOST(见第三章第二节)的研制,太阳系中卫星特别是木星卫星和土星卫星的大量发现,冥王星降格为矮行星和 2006 年国际天文学联合会第 26 届大会上对太阳系天体的最新分类方法(见第五章第五节),太阳中微子失踪案的破解,银河系是棒旋星系的发现,星系中心的特大质量黑洞的存在,宇宙背景辐射极微小的各向异性的发现及其重要作用,哈勃常数的

准确测定和精确宇宙学的诞生……这些新进展,在本书有关章节中均作了介绍。

该书除具有上述三点特色外,同时阐述了天文学的实际应用,行文具有通俗性和趣味性,因而完全可以作为天文爱好者系统学习天文学的一本自学教材。

本书的绪论与前五章由宣焕灿撰写,后五章由萧耐园撰写,然后双方互审,提出修改意见。在交出版社之前,宣焕灿对全书做了一些技术性统稿工作。

在本书撰稿过程中,我们得到了许多人的帮助,书中引用了以往著作中的若干插图,故在此一并对以下朋友和同事致谢:中国科学院院士苏定强和方成,紫金山天文台刘炎,北京大学吴鑫基,北京天文馆温学诗,南开大学苏宜,香港太空馆叶赐权,南京炮兵工程学院张明昌,福建师范大学余明以及本系同事朱慈璵、胡中为等。我们还感谢南京大学天文系领导对本书的出版提供了资金支持,感谢我校出版社责任编辑孟庆生先生为本书的出版所付出的辛勤劳动。

宣焕灿 萧耐园

2009年11月于南京大学天文系

目 录

绪 论	1
第一章 天球坐标和天体的视运动	15
第一节 天球上的基本点和基本圈	15
第二节 两种天球坐标系	17
第三节 天体的周日视运动和太阳的周年视运动	20
第四节 太阳的上中天和下中天	24
第二章 时间和历法	27
第一节 真太阳时、平太阳时和恒星时	27
第二节 世界时、区时与国际日期变更线	32
第三节 原子时与协调世界时	35
第四节 历 法	37
第三章 天文学探测手段	42
第一节 电磁波谱和大气窗口	42
第二节 天文望远镜的光学系统	44
第三节 地面上的光学观测和红外探测	53
第四节 射电天文探测	57
第五节 空间天文探测	67
第四章 地球和月球	73
第一节 固体地球与海洋	73

第二节	地球大气和水的循环	77
第三节	地球磁层与地球辐射带	79
第四节	地球的极移、岁差、章动和潮汐	81
第五节	月球的运动	85
第六节	日食和月食	90
第七节	月球的表面和内部结构	95
第八节	月球的起源和演化	102
第五章	行星、矮行星和太阳系小天体	106
第一节	行星的运动	106
第二节	类地行星	110
第三节	巨行星	118
第四节	远日行星	125
第五节	矮行星	130
第六节	太阳系小天体——小行星	133
第七节	太阳系小天体——彗星和流星体	135
第六章	太 阳	143
第一节	概 况	143
第二节	太阳大气	151
第三节	太阳活动	161
第四节	日地关系	173
第七章	恒 星	180
第一节	恒星的一般性质	180
第二节	恒星的形成和演化	194
第三节	双 星	199
第四节	变星和致密星	203
第八章	星团和星云	224
第一节	星团和星协	224
第二节	星际物质	228
第三节	星 云	231

第九章 星系和星系集团	238
第一节 银河系	238
第二节 河外星系	244
第三节 星系团和超星系团	262
 第十章 宇宙学	 270
第一节 概 述	270
第二节 主要现代宇宙模型	277
第三节 大爆炸宇宙学	281
 参考文献	 293

绪 论

一、什么是天文学

天文学是自然科学中的基础学科之一。它的研究对象是广袤无垠的太空中的天体与天体系统乃至整个宇宙。天文学观测和研究它们的位置、分布、运动、形态、结构、物理状态、化学组成、相互关系和起源演化。

地球也是宇宙空间中的一个天体,有关地球的学科如地球物理学、地球化学、地理学、地质学、海洋学和气象学等,它们都属于地球科学(简称地学)的不同分支,是以地球大气、地球表面或地球表层为对象进行研究的学科。若把地球当做一个整体,把它看做太阳系中的一颗行星,研究它的空间位置、运动和物理特性等则属于天文学的范畴;对原先来自太空的流星、流星雨和陨星等,虽然它们已降落到地球大气中或地面上,但对它们的研究依然属于天文学的范畴;而原先在地球上,后被人们发射到太空中的人造卫星和宇宙飞船等人造天体,对它们的运动轨道等方面的研究也属于天文学的范畴。

二、天文学的诞生

天文学是自然科学中诞生最早的一门学科。早在远古的新石器时代,埃及、巴比伦、中国和古印度等古代文明国家,由于发展原始农业和牧业的需要,天文学就诞生了。那时,为使农业获得好收成,畜牧业掌握好牧草的生长规律和牲畜的繁殖期,都需要人们知道季节的变化,掌握好节令,于是就产生了早期的历法。起初也许是物候历,即观察动物的蛰伏、候鸟的迁徙、植物的枯荣等物象定出的历法,但物候历会受到气象异常因素的影响,对节令的掌握往往不太准确,后来则逐渐过渡到更准确的观星象定季节的历法。例

如,在古埃及,人们很早就发现黎明前天狼星升起(称天狼星偕日升)之时,便是尼罗河即将泛滥之际,于是人们便撤离尼罗河两岸,让河水泛滥留下的淤泥给农田施肥,过几个月水退之后再去耕种。公元前 13 世纪时,埃及人已定出天狼星偕日升的周期,即一回归年的长度为 365.25 日。在中国,公元前 475—前 104 年(战国初年至西汉太初元年)采用的古四分历所定出的回归年长度也是 365.25 日。在古巴比伦和古印度,也都有类似的历法。

有些史前时期的民族,虽然他们没有留下任何文献史料,但对他们留下的特殊建筑遗址的考察表明,他们也在探索一年中季节的变化。例如,英国索尔兹伯里平原上史前时期的巨石阵遗址便是一个重要例证。据考证,巨石阵是公元前 1800—前 1400 年间某个时期的柏克人建造的,其主轴线指向夏至时日出的方向,如图 1 所示,从巨石阵中心看远处肿状石柱正巧对应于当地夏至日太阳升起的方向。也许当时大多数人不知道这一奥秘,但部落的巫师或祭师是洞悉这一点的,他们很可能已经掌握从当年的夏至日到下一年的夏至日之间要经历多少天。如果是这样,那么他们实际上已经掌握了一年的时间长度。也许正是由于这一点,他们便掌握了安排部落中各项生产和生活活动的主动权,并为人们所敬服。

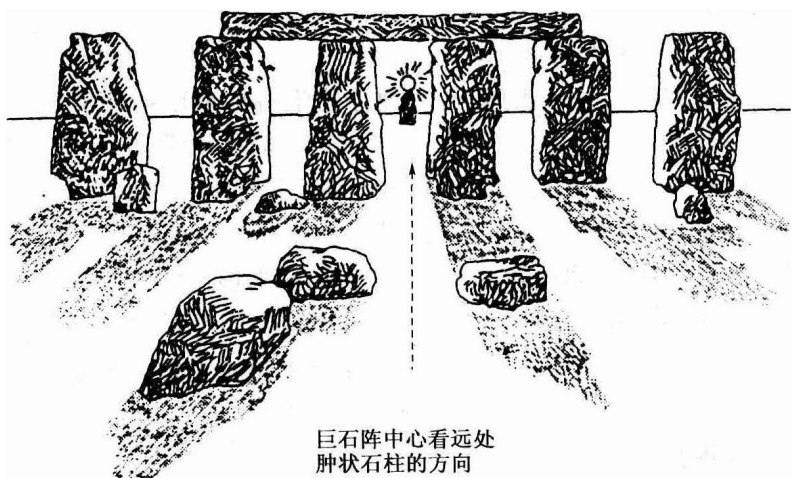


图 1 巨石阵遗迹

在封建大一统的古代中国,天文学被皇权所主宰。秦汉时期的太史令是一个集天文星占、王室文书起草、策命卿大夫、记载史事与编写史书、主持祭祀和主管皇室图书于一身的高官。他所领导的天文机构中的天文观测人员、历算人员、漏壶或漏刻的管理和报时人员往往多达百人以上,天文和星占活动的所有费用全由皇室的国库开支。这种模式虽然有力地推动了中国古代天文学的发展,但由于一切活动必须顺应皇室的需要,因而也必然带来两

大缺陷：一是造成中国古代天文学与以占卜皇朝兴衰为主要目的星占学密不可分，前者甚至在某种程度上沦为后者的工具；二是导致中国古代天文学的实用性过强，天文观测、历法编制、时间计量等方面很发达，但对天体和宇宙的理性思维方面则很弱。

公元前 7 世纪至前 4 世纪上半叶的古希腊，一方面希腊本土诸多岛屿上城邦林立，另一方面希腊人还向海外大移民，他们的足迹遍布小亚西亚沿岸、意大利半岛、西西里岛、西班牙东南岸、尼罗河口和利比亚等地，其中许多移民区也逐渐发展成独立的城邦，这一时期史称希腊城邦时期。在这一时期，各个互相独立的希腊城邦之间在政治上、科学思想上等许多方面形成了一种百花齐放、百家争鸣的局面，当时的希腊学者对科学和哲学问题进行了无拘无束的自由思考，并形成了不同的学派。约公元前 530 年，毕达哥拉斯(Pythagoras)因反对出生地希腊萨摩斯岛的统治者而流亡到意大利南部的希腊城邦克罗托内，后来在该地创建了一个纪律严明的科学与哲学学院，同时也形成了一个以他为核心的学派。毕达哥拉斯从美学观念出发提出，一切平面图形中最美的图形是圆形、一切立体图形中最美的图形是球形，因此天体和地球都应该是球形，而天体运动的轨道则应该是圆形。这是世界上地球球形观的最早阐述。他还提出了宇宙和谐的观点，并用音乐的和声来类比各颗行星运动的和谐性和规律性。他的这些见解影响深远，开创了古希腊天文学中对天体及其运动进行理性思索并用几何学来阐释天体运动的先河。

毕达哥拉斯所处的希腊城邦时期，处于奴隶制社会，贵族和一些较富有的自由民享用由奴隶创造的物质财富，吃穿不愁，又有闲暇，他们中有些人面对神秘莫测的日月星辰充满了好奇心和求知欲，把探索它的奥秘当做自己最大的乐趣，其中的佼佼者后来就成了像毕达哥拉斯那样的杰出的天文学家。当时，希腊学者们对宇宙奥秘的探索不抱任何功利的目的，他们所研究的问题也毫无功利价值可言。他们进行研究，只是为了满足好奇心，寻找揭示宇宙奥秘的金钥匙。

大体上说，发展原始农牧业阶段的文明古国埃及、巴比伦、中国和古印度的天文学可以看成是处于诞生时期的天文学，而封建大一统的中国秦汉时期的天文学和城邦时期的希腊天文学可以看成是诞生时期之后不久的天文学。上面的分析表明，天文学的诞生和初步发展既取决于社会和生产发展的需要，也受到学者们好奇心和求知欲的推动。

三、天文学的革命

(一) 哥白尼的革命

哥白尼(N. Copernicus)的革命是指他创立了日心体系，使天文学和整个自然科学开始摆脱神学羁绊的一场革命。这一体系的诞生经历了漫长的时期。

公元前 336 年亚历山大大帝(Alexander the Great)登基后,用武力建立起版图很大的亚历山大帝国,公元前 323 年他去世后该帝国分裂为三个王国,至公元前 30 年这三个王国中最后一个托勒密王朝埃及被罗马帝国所灭。公元前 323 年—前 30 年,史称希腊化时期。这一时期,在亚历山大帝国所分裂的几个王国中科学与文化十分发达,天文学方面也成果卓著,古希腊文明之光甚至一直延续到罗马帝国的前期。公元 2 世纪,身为罗马帝国公民的托勒玫(Ptolemy)总结和概括了古希腊的天文学成就,写下了一部 13 卷巨著《天文学大成》。在这部巨著中,他提出了著名的托勒玫地心体系(见图 2)。该体系的要点是:① 地球位于宇宙中心静止不动;② 月球和每个行星都在本轮上匀速转动,本轮中心则沿均轮绕地球运转,只有太阳直接在均轮上绕地球转动;③ 水星和金星的本轮中心位于地球与太阳的连线上,这一连线一年中绕地球转一周,火星、木星和土星到它们各自的本轮中心的直线总是与地球-太阳的连线平行,这 3 颗行星每年绕各自的本轮中心转一周;④ “恒星天”携带所有的恒星每天绕地球自东向西转动一周;⑤ 日、月、行星除上述运动外,还要与恒星天一起,每天绕地球自东向西转一周。

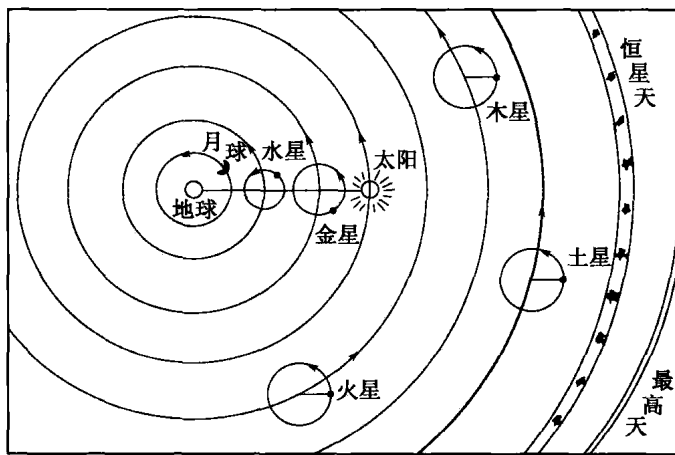


图 2 托勒玫地心体系示意图

托勒玫在《天文学大成》中花了大量篇幅定量讨论日、月和行星的运动,他继承了古希腊学者的本轮、均轮和偏心圆轨道等概念,并为日、月和行星的运动规定了许多初始数据,他所建立的托勒玫地心体系是天文学中第一个定量的、可以用天文观测资料进行检验的几何模型。在当时观测精度不高的情况下,该体系能与天文观测事实基本相符,甚至还能粗略预报行星等的未来位置。

公元 3 世纪以后的欧洲,基督教教会势力日益增强,教会的神学家们用《圣经》中的片言只语演绎出一个穹隆状的天空覆盖着圆盘状大地的宇宙结构图像。由于托勒玫的地心说至少已经正确地认识到地球是球形的,因此这一学说也被禁止传播。1227 年,罗

马教皇格里高里九世(Gregory IX)上台后改变了策略,他用软硬两手来控制人们的思想,一方面下令在罗马成立宗教裁判所,残酷迫害异端思想的传播者,另一方面对古希腊亚里士多德(Aristotle)的哲学和托勒玫的地心说则从排斥改为利用。由于托勒玫地心说主张地球固定不动地处于宇宙中心,这正好可以为教会宣称的“上帝创造天和地,还按照自己的形象创造了人,并安置在位于宇宙中心的地球上管理世界上的万事万物”的宗教神话提供理论依据,于是该学说从被教会排斥变成了教会钦定的“真理”。

欧洲中世纪后期的 14—15 世纪,按托勒玫地心体系算出的行星位置已和精度日益提高的观测数据越来越不相吻合,有人采用本轮套本轮的图像来修补托勒玫地心体系,但直到整个体系中叠加的本轮加均轮之和达到 80 个之多,还是无法与观测数据相一致。那时,繁琐的运算使人厌恶,托勒玫地心体系已濒临破产,之所以还能苟延残喘,完全是由于教会支持的缘故。

16 世纪初期,深受文艺复兴运动思想影响的波兰天文学家哥白尼发现,托勒玫地心体系中每颗行星都有一日一次、一年一次和相当于岁差(见第四章第四节)的周期运动,如果认为地球本身具有这三种运动,那么该体系中不必要的复杂性全都可以消除。于是他决心摒弃该体系,提出一个新体系。在 1543 年临终前出版的巨著《天体运行论》中,他提出了日心体系的总图像,指出位于宇宙中心的太阳和最外层的恒星天球固定不动,自太阳向外,各颗行星以不同的周期绕太阳公转,水星 80 天转一周,金星 9 个月转一周,地球携月球每年绕太阳公转一周,火星两年转一周,木星 12 年转一周,土星 30 年转一周(见图 3)。在《天体运行论》中,哥白尼还详细讨论了太阳、月球和诸行星的视运动的计算方法,据此还可以预报日、月和诸行星在天球上的视位置。

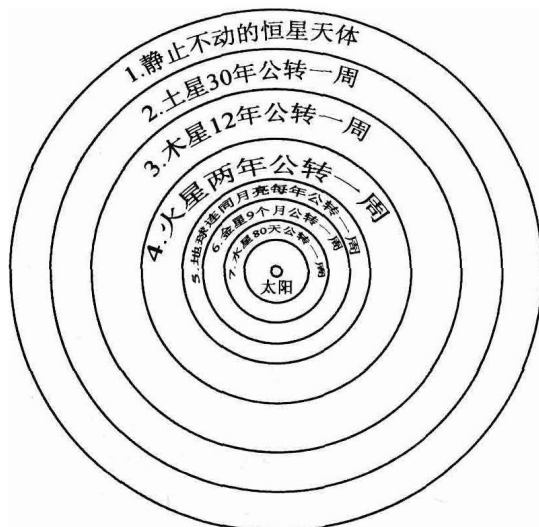


图 3 哥白尼日心体系示意图

中世纪的欧洲是基督教教会垄断一切的封建社会。但到了中世纪末期,由于手工业工场的大量出现,新兴的资产阶级诞生了。这一阶级的代表人物从希腊古典文化中找到了反对封建教会文化的武器,发起了文艺复兴运动,其实质是用人文主义反对教会的宗教神学,用提倡个性自由反对宗教桎梏。天文学和整个自然科学曾被教会视为“恭顺的婢女”,这时天文学也起来反叛教会了。《天体运行论》的出版、哥白尼日心说的问世,揭示了地球只是一颗围绕太阳运转的普通行星,根本否定了“地球是上帝安排在宇宙中心”的宗教神话,揭示了宗教统治理论支柱的谬误。《天体运行论》是自然科学的“独立宣言”,是自然科学起来反叛教会的宣战书。自然科学从此开始脱离神学的羁绊,谱写其自身独立发展的历史。从天文学本身的发展而言,哥白尼日心体系以地球运动和地球是一颗普通行星的概念奠定了近代天文学的基石,并为太阳系概念的确立奠定了理论基础,天文学因而率先跨入了近代科学的大门。

从日心体系问世到该体系被确立,又经过艰苦卓绝的斗争,其中最著名的两大事件是布鲁诺(G. Bruno)殉难和伽利略(Galileo)受审。在哥白尼日心体系问世后一个多世纪,意大利哲学家和思想家布鲁诺热情宣传该体系,并指出太阳并不位于宇宙中心,恒星天也并不存在,宇宙是有限的,其中有无数个太阳。这些见解是对日心体系的重要发展。同时他也未给上帝留下任何位置,所以他被宗教裁判所活活烧死。这一事件之后 30 多年,年已古稀的意大利科学家伽利略因著书宣传哥白尼日心体系被宗教裁判所审讯,后被判处终身监禁。然而,尽管教会倒行逆施,但真理是挡不住的,在无数天文观测事实的支持下,哥白尼日心体系最终还是取得了胜利。

(二) 康德和拉普拉斯的革命

康德(I. Kant)和拉普拉斯(P. S. Laplace)的革命是指德国哲学家康德和法国科学家拉普拉斯分别在 1755 年和 1796 年提出太阳系起源的星云说,否定了牛顿提出的“上帝做第一次推动”的错误观念,使天文学和整个自然科学从僵死的、形而上学的宇宙观中解放出来。

哥白尼的日心体系是一个几何学的模型,它只能说明太阳系的各颗行星以什么样的次序绕着太阳公转,但却无法解释这些行星为什么会产生这种公转。1687 年,大科学家牛顿(I. Newton)在他出版的《自然哲学的数学原理》中,提出了惯性定律和万有引力定律,他指出行星在椭圆轨道上绕着太阳公转是它沿切线方向的惯性力和受到太阳引力共同作用的结果(见第五章图 5-5),这一见解明确解释了行星为何绕太阳公转。但是牛顿却不能解释行星的这种切线方向的惯性力的来源。于是,他把它归诸于万能的上帝做了第一次推动,由于上帝一开始所做的这种推动力不大也不小,造成行星只能在椭圆轨道

上绕太阳公转。牛顿的这一见解是深深地打上时代烙印的,是17—18世纪僵化的、形而上学的自然观的反映。在别的学科例如在生物学中,瑞典学者林耐(C. Linnaeus)提出了物种不变论,而在哲学上,有人提出了上帝为了人类需要而创造万物的所谓目的论,也都是这种自然观的反映。这样,从哥白尼发布了自然科学的“独立宣言”开始,自然科学刚刚迈出了第一步,又被重新禁锢在形而上学的囚笼中,重新回归万能的“上帝”主宰一切的宗教意识之中。

在17—18世纪形而上学自然观上打开第一个缺口的是康德。1755年,他匿名出版了《自然通史和天体论》一书,率先提出了太阳系起源的星云假说,该假说认为太阳系的所有天体是从一团主要由固体尘埃微粒构成的稀薄原始星云通过万有引力定律作用而逐渐形成的。而在1796年,拉普拉斯在他出版的名著《宇宙体系论》一书的附录七中,也提出了太阳系起源的星云假说。拉普拉斯的星云说在细节上更清晰,也更科学,它大体上可用图4中的6个阶段概括:图中a为形成太阳和行星等的自转着的灼热气体星云,起初呈球状,后因不断自转而呈扁球状;b为星云冷却,并逐渐收缩,收缩过程中自转速度加快;c和d为星云收缩过程中,较外侧部分其离心力和受中心区域的引力相等时,就停在原处成为一个绕中央区域转动的环,这种情况一次次重演,星云外部区域就一再出现绕中央区域转动的环;e和f为星云中央密集部分逐渐收缩为太阳,外部环中的物质越来越向密度较大的地方集中,最后形成行星。由这一图像可以看出,行星在轨道切线方向上的惯性力,是原始星云的自转遗留下来的。

康德和拉普拉斯的星云说内容上有一定的相近之处,现在往往统称为康德-拉普拉斯星云说,它是现代星云说的前身。康德-拉普拉斯星云说的最大功绩是从根本上否定了上帝对行星运动做了第一次推动的说法,明确指出地球和整个太阳系都是在时间的进程中逐渐生成的,因而在当时形而上学的自然观中打开了第一个缺口,它开创了对形而上学的自然观的一场革命。此后,由于其他学科中也对形而上学的自然观展开了批判,导致了认为自然界是在永恒的流动和发展中运动着的辩证的自然观逐渐形成。

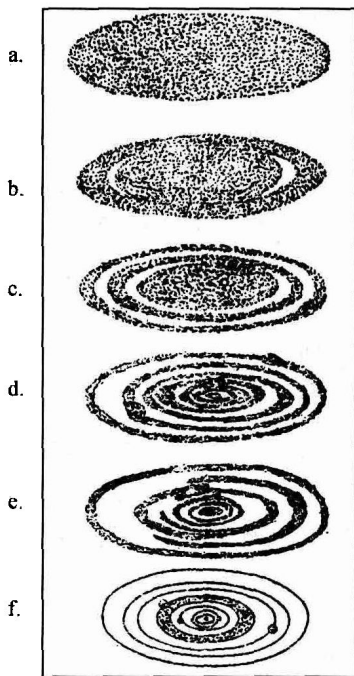


图4 拉普拉斯星云
说示意图

四、天文学的两次飞跃和三大分支

哥白尼时代以前的古代天文学围绕着时间与历法工作、测定天体的视位置,以及观测和研究行星的视运动等为主要内容,当时所使用的仪器主要是测定天体视位置的古典仪器。这一阶段的天文工作主要是属于古典天体测量的范畴。在这一阶段对行星视位置测定和行星视运动研究的基础上,哥白尼否定了陈旧不堪的托勒玫地心体系,建立了日心体系。这一体系不是揭示太阳和诸行星在绕地球转动,而是阐述了地球作为一颗普通的行星和其他诸行星一起绕着太阳转动。这一点也许是古典天体测量时期的最大成就。天文望远镜问世以后,人们用它来测定天体的视位置,研究天体在天球上的视运动。发现了光行差、恒星自行、章动和恒星的视差,准确测定了岁差,还使时间和经纬度测量工作的精度大大提高,这些工作属于近代天体测量的范畴。

天文学的第一次飞跃是万有引力定律的发现和天体力学的诞生。1687年,牛顿发现了万有引力定律(见第五章第一节),根据这一定律可以解释行星为什么绕着太阳转动,它使哥白尼日心体系这一几何的天文学模型发展为力学的天文学模型。17世纪下半叶,牛顿和德国的莱布尼兹(G. W. Leibniz)各自独立地创立了微积分,从而为天体力学的诞生提供了数学基础;而到18世纪中叶,瑞士的欧拉(L. Euler)和法国的拉格朗日(J. L. Lagrange)创立了分析力学,为天体力学的诞生奠定了力学基础;1799—1825年,法国的拉普拉斯出版了5卷16册的奠基之作《天体力学》,正式提出了天体力学这一学科名称,并全面而系统地探讨了天体力学的各有关问题,从此天体力学正式诞生。天体力学的诞生,使天文学从单纯描述天体的几何关系,进入到研究天体之间相互作用的阶段。或者说,从单纯研究天体运动的状况,进入到研究造成这些运动原因的阶段。

天文学的第二次飞跃发生在19世纪中叶,天体分光术、天体测光术和天体照相术在这一时期同时问世,反射望远镜也从金属镜面发展到镀银或镀铝的玻璃镜面,这就为研究天体的物理性质、物理状态和化学组成等提供了条件,导致了天体物理学的诞生。这次飞跃导致人类对天体运动的认识,从只能研究天体彼此间的力学运动发展到能够研究天体的各种物理的和化学的运动。

比较、考察天文学的上面两次飞跃,可以看到其中有一个重要的不同。第一次飞跃基于万有引力定律的发现,微积分和分析力学的诞生,不妨认为是理性工具重大发展和突破带来的;而后一次飞跃则主要是探测手段和探测技术的重大进展,或不妨认为是实体工具的突破带来的。这两次飞跃表明,不论是理性工具还是实体工具都是人类认识自然的重要武器,它们在一定条件下,分别在人类认识自然的征途上起了主导作用。

天文学的两次飞跃分别把天文学划分为三大分支——天体测量学、天体力学和天体

物理学,它们既是天文学发展不同阶段的产物,同时每个分支在当今往往又有自己的新的生长点,并相互推动,相互促进。例如,最先发展起来的天体测量学在当今不仅有大量的与实际应用密切相关的工作要做,而且天文地球动力学已成为天文学和地学新的交叉学科,利用许多新技术正在为弄清地球自转速度变化的规律和机制、极移的规律和机制、地球板块运动及其内部推动力等问题作出贡献。在天体力学中,也有与星际航行学之间的边缘学科星际航行动力学、与广义狭义相对论之间的边缘学科相对论天体力学等新的学科。至于蓬勃发展的天体物理学,发展成新的学科就更多了,例如本书第三章中,讨论了射电探测技术、红外探测技术、X射线探测技术和 γ 射线探测技术,应用这4种探测技术已分别形成了射电天体物理学、红外天文学、X射线天文学和 γ 射线天文学4门学科。

五、天体层次

随着人类空间视野的不断扩展,按照空间尺度的规模,我们可以把天体分为行星层次、恒星层次、星系层次和整个宇宙四个自小到大的层次。

(一) 行星层次

该层次最典型的代表是地球,它是我们人类的棲息地。在距今短短的460多年中,人类空间视野的扩展极其惊人。460多年前,哥白尼日心体系尚未问世,人们还把自己棲居的地球看成是宇宙的中心,所有的天体都在绕着我们地球转动。哥白尼日心体系正确揭示了地球只是一颗普通的行星,是绕太阳转动的诸行星中的一员。现在我们知道,地球的赤道半径约为6378 km,质量约 6×10^{24} kg,离太阳的平均距离约 1.5×10^8 km。太阳系中最大的行星是木星,其半径约为地球的11倍,质量约为地球的300多倍,离太阳的距离约为日地平均距离的5.2倍;而最小的行星是水星,其半径只有地球的38%,质量只有地球的5.55%,离太阳的平均距离仅为日地平均距离的38.7%。现已发现围绕别的恒星的行星其质量往往与木星不相上下,这是由于我们探测手段的局限,质量很小的行星还无法探测到。目前我们暂时只能假定围绕别的恒星的行星其大小与质量应与太阳系中的行星不相上下。

(二) 恒星层次

该层次的典型代表是太阳,它是离我们最近的一颗恒星,也是我们太阳系的中心天体。太阳在主序星(见第七章第一节)中是一个“中等个儿”,其质量约为地球的33万多