

高等学校教材

天文学教程 上册

张明昌 肖耐园 编



高等教育出版社

普通高等教育

天文学教程

第二版



天文学教程

内 容 简 介

本书是一本综合性基础天文学教科书，全书全面系统地阐述了天文学各分支学科的基础知识；介绍了六十年代以来天体物理学中的新进展，对于天体测量学和天体力学中正在兴起的新技术、新方法和新理论以及已经取得的最新成果作了简明的反映。全书分上、中、下三册。

上册内容包括天球坐标系和时间计量系统、天文观测和仪器、太阳和太阳系内各天体。

中册内容包括恒星和特殊恒星(变星、致密星和双星)、星团、星云和恒星演化，银河系以及星系和宇宙学。

下册内容包括天体力学和天体测量学的基础知识。

本书不但可作为天文、物理、地理等专业的天文学教材，亦可供有关科技人员参考。

本书责任编辑 杨 祥

高等学校教材

天 文 学 教 程

上 册

张明昌 肖耐园 编

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海市印刷六厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 16.5 插页 2 字数 395,000

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数 00,001—2,250

ISBN7-04 000014-8/P·1

书号 13010·01386 定价 3.70 元

序 言

六十年代初，在已故戴文赛教授主持下，南京大学天文学系编写了《天文学教程》（上、下册，1961年上海科学技术出版社出版），它曾对我国的天文教育事业作出了积极的贡献。

在过去的四分之一世纪中，天文学经历了自伽利略时代以来前所未有的繁荣，进入了全波天文学的时代。类星体、星际多原子分子、宇宙微波背景辐射、脉冲星、天王星和木星的环带、引力透镜效应等许多重大发现；X射线、 γ 射线、红外和紫外天文学的兴起；“阿波罗”登月的实现、大规模的太阳系的空间探测……，促使人类对宇宙的认识发生了深刻的变化。因此，重新编写《天文学教程》，使之能跟上迅速发展的天文学的步伐已刻不容缓。

本书是按照国家教育委员会理科物理教材编审委员会天文教材编审小组审定的大纲编写的，分上、中、下三册，基本上保留了原《天文学教程》的框架，但除极少数内容未作大的修改外，都是重新撰写的。本书是建立在大学低年级学生的数理基础上的一本综合性基础天文学教科书，它较全面和系统地阐述了天文学各分支学科的基础知识；介绍了六十年代以来天体物理学中的新进展，对于天体测量学和天体力学中正在兴起的新技术、新方法和新理论以及已经取得的新成果也作了简明的反映。另外，本书除天文学上特有的单位外全部采用国际单位制的单位。为了便于读者查阅，书末附有人名索引和名词索引。

本书上册除§4.1—§4.6由肖耐园撰写外，均由张明昌撰写；中册由朱慈璠撰写；下册由肖耐园（第十三章）、张承志（第十四和十五章）和周洪楠（第十六至十八章）撰写。上册和中册由朱慈璠通

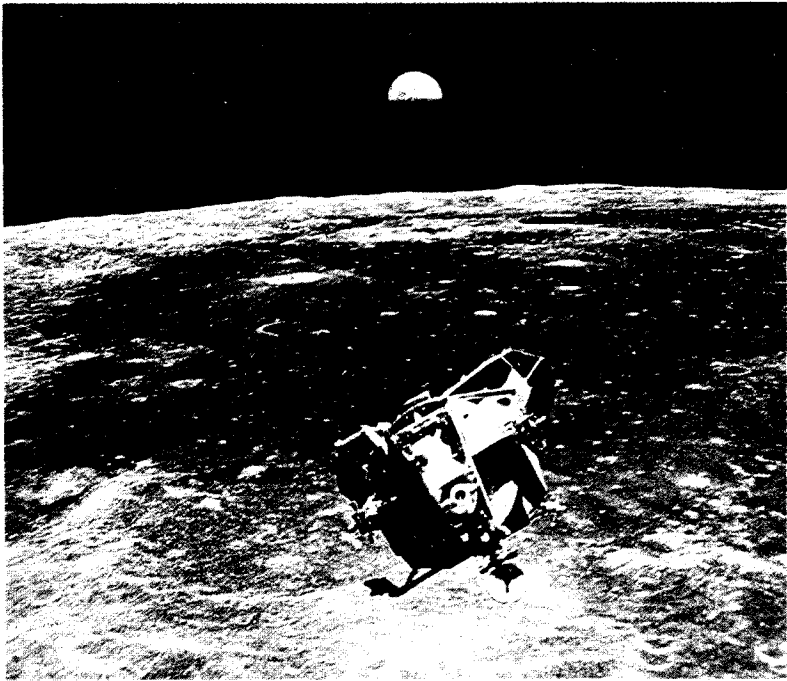
校，下册由周洪楠通校，朱慈璜主持了全书的编写工作。

本书内容广泛，涉及天文学各个领域，鉴于著者学识有限，不当和错误之处在所难免，恳请读者提出批评和指正。

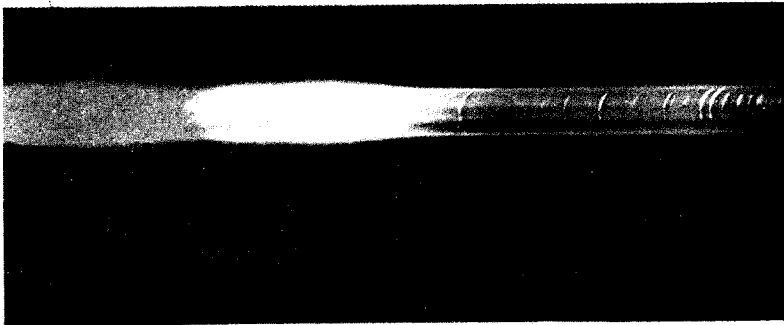
著者 一九八六年一月于南京大学



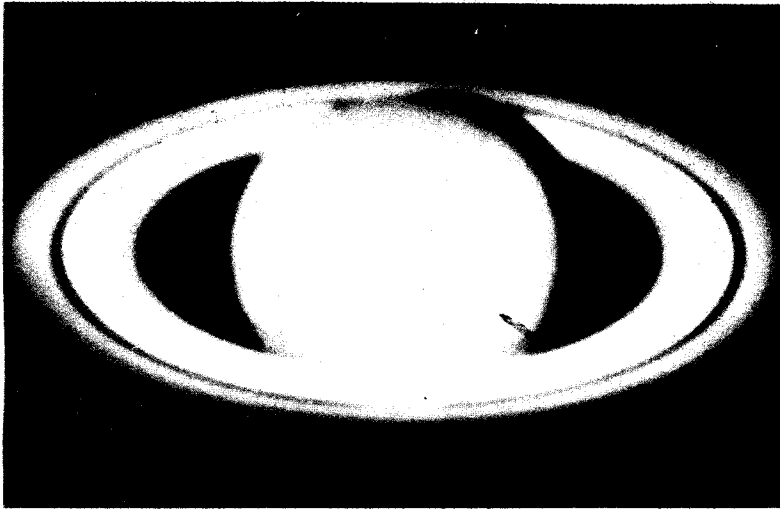
彩照1. “阿波罗”飞船拍摄的地球照片、左下方是非洲,下面冰雪覆盖的是南极洲,左边是大西洋,右边是印度洋



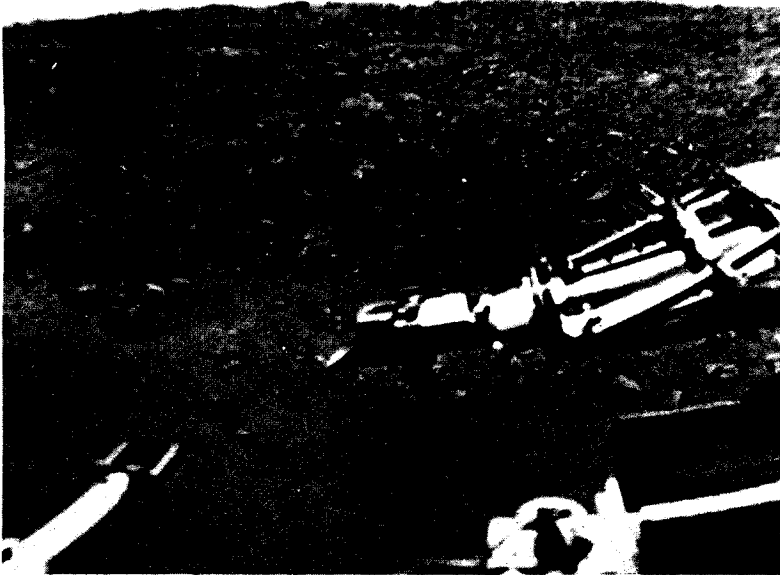
彩照 2 . 月球上看到的地球也是悬在星空中的天体



彩照 7 . 色球层的闪光光谱



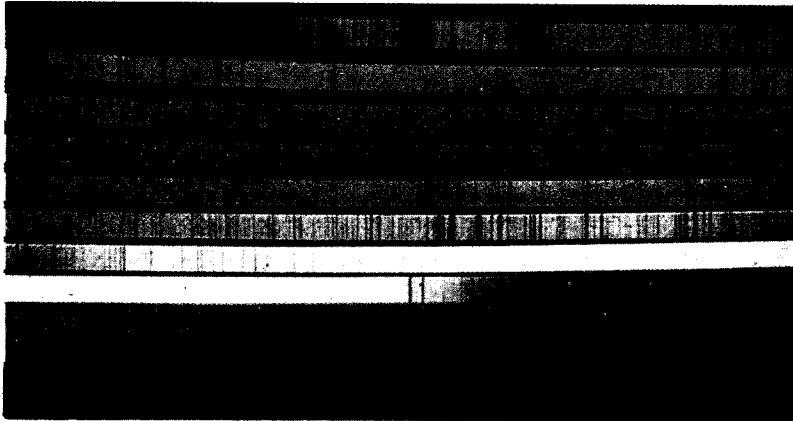
彩照 5. 绚丽多姿的土星



彩照 3. “海盗号”探测器在火星表面上工作



彩照 4. 巨大的木星



彩照 6. 太阳的夫琅和费光谱

目 录

(上 册)

第一章 绪论	1
§1.1 天文学的研究对象和意义	1
§1.2 宇宙中天体的层次	15
§1.3 天文学发展简史	29
§1.4 中国天文学发展简史	41
第二章 天球坐标和时间计量系统	51
§2.1 天球	51
§2.2 球面三角初步	55
§2.3 常用的几种天球坐标系	62
§2.4 天体的周日视运动和星空的周年变化	70
§2.5 时间及其计量	78
§2.6 不同时间计量系统的换算	90
§2.7 历法简介	97
第三章 天文观测与仪器	111
§3.1 天体的电磁辐射	111
§3.2 光学望远镜	117
§3.3 射电望远镜	136
§3.4 其他波段的观测和观测仪器	148
§3.5 天体测量仪器	158
第四章 地球和月球	165
§4.1 地球的形状和大小	165
§4.2 地球的内部结构	171

§ 4.3 地球的大气	175
§ 4.4 地球的磁场	180
§ 4.5 地球的运动	183
§ 4.6 地球的潮汐	187
§ 4.7 月球概况	190
§ 4.8 月球的运动及其引起的天文现象	199
§ 4.9 月球的物理状况	209
§ 4.10 日食和月食	226
§ 4.11 月球的起源和演化	246
第五章 行星和卫星	255
§ 5.1 太阳系观念的确立	255
§ 5.2 行星的视运动	265
§ 5.3 行星和卫星的轨道	275
§ 5.4 开普勒定律及其应用	282
§ 5.5 行星和卫星的物理概况	291
§ 5.6 水星和金星	300
§ 5.7 火星及其卫星	306
§ 5.8 木星及木卫系统	311
§ 5.9 土星及土卫系统	321
§ 5.10 三颗远日行星	326
第六章 太阳系内的小天体	337
§ 6.1 小行星	337
§ 6.2 特殊小行星	348
§ 6.3 彗星	354
§ 6.4 一些著名的彗星	365
§ 6.5 流星和流星体	373
§ 6.6 陨星和陨星雨	381
§ 6.7 行星际物质	392

§ 6.8 太阳系起源与演化概述.....	397
第七章 太阳	405
§ 7.1 太阳概述	405
§ 7.2 太阳的分层结构	412
§ 7.3 光球	420
§ 7.4 色球.....	429
§ 7.5 日冕.....	437
§ 7.6 黑子.....	444
§ 7.7 日珥.....	457
§ 7.8 光斑、谱斑和耀斑	465
§ 7.9 太阳的射电辐射	474
§ 7.10 日地关系	480
附录 I 哥白尼以来天文学大事记	
附录 II 球面三角的一些基本公式	
附录 III 星官和星座	
附录 IV 日面坐标	

第一章 绪 论

§ 1.1 天文学的研究对象和意义

天文学是自然科学的基础学科之一，它有着极其悠久的历史，经久不衰的魅力。至今仍在蓬勃发展，是当代科学前沿阵地上非常活跃的一门学科。

一、天文学研究的对象及方法

简单地说，天文学是研究广袤无垠的宇宙中各类天体及其系统的科学，是研究它的位置、分布、运动、形态、结构、物理状况、化学组成、相互关系及其起源演化的科学。

所谓天体或天体系统，一般是指地球大气以外宇宙空间中各种客体的总称。因此，“天上”的云彩、振翅的鸟禽以及穿云破雾的飞机并不属于天体的范畴，只有象远在地球大气之外的太阳、月亮及繁星才是天文学研究的对象。根据这样的原则，虽已落到地面上的陨星，因为它们来自地球大气之外，所以仍是天体。当然以地球大气划分的标准也不是绝对的，如流星的明亮余迹也在大气层内，但总把它看作天文现象。而且，人造卫星、宇宙火箭乃至航天飞机一般都称为人造天体。另一方面，人类的摇篮地球是太阳系内九大行星之一，它就在宇宙空间绕太阳运动，所以从天文学的角度来看，地球是一个普通的行星，也是一个天体(彩照 1)。

天文学与气象学各有不同的研究对象。气象学研究的是局限于地球大气范围内的客体和现象，以及这些现象的物理实质、演变规律，它的对象是风云雨雪、雾霁霓虹、电闪雷鸣、冷热变化

等等。

然而，人类就生活在地球的大气层中，因此天文学必然会在一些地方与气象学发生关联。如天文学的主要研究手段——观测就与大气密切相关，不仅天气状况能决定天文观测的成败（历史上不乏坏天气使天文学家几年辛苦付之东流的先例），大气扰动严重影响天体成象的质量，而且大气造成的折射也影响到天文观测的精度，大气造成的吸收使人类在过去几千年中只能局限于天体可见光的研究。

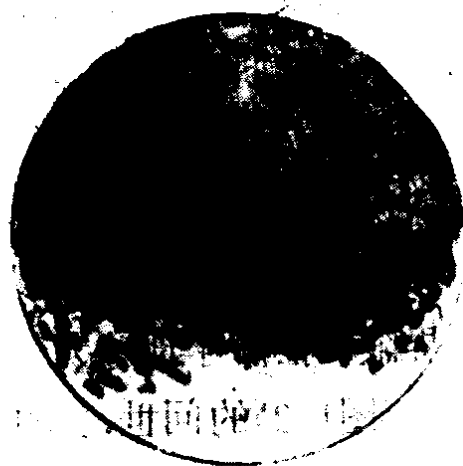
另一方面，也确有一些天文现象本身与气象现象直接有关，如地球绕太阳的公转与黄赤交角的存在才造成了气候上的四季循环，地球的自转运动决定了南北两半球季风的的不同方向。近年来，还有人研究了太阳活动对地球大气有着复杂的长期影响，甚至有人认为，其他几个大行星的不同位置也会对地球大气产生某种作用，从而影响全球性的气候。

从上述可知天文学与气象学是两门互相独立又互相关联的学科。

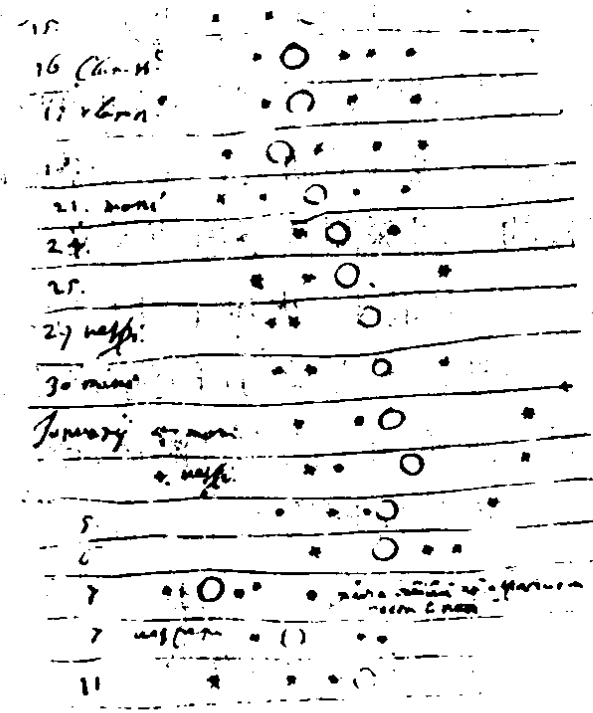
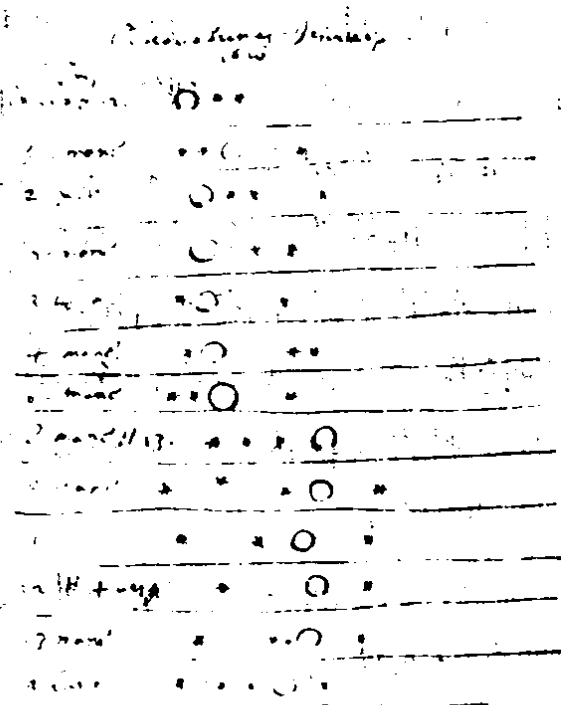
五十年代末，人类开始了航天飞行，七十年代中所进行的大规模的太阳系空间探测活动，使人们对其他行星大气有了新的认识，大量的资料又孕育出一门介于天文、气象两者之间的边缘学科——“行星气象学”。

由于天文学以遥远的天体作为研究对象，它的主要研究手段便是观测，所以天文学是观测的科学。诚然，今天人们已经飞出了地球，可以对一些行星和卫星进行实地勘测，在上面进行某些科学实验，但从整体看来，人类总不能去解剖恒星，也无法搬动太阳、加热星云。在一般情况下，还是只能通过接收天体的辐射来寻找解开它们奥秘的钥匙。正因为观测在天文学中占有特殊的地位，因此观测方法的每一次革新，观测工具的任何改进，常常会促使天文学更快地向前发展，甚至引起深刻的革命。

在几乎没有什么天文仪器的古代，人们只能凭肉眼对天体进行粗略的观测，对天象进行大致的记录，只能从直观上简单区分恒星的不同亮度。那时候，人们不知道恒星的真实距离、天体的实际大小，当然更无法了解其性质、规律。十七世纪初，意大利科学家伽利略(G. Galileo)首先用望远镜观察天空，他看到了荒凉寂寞的月面上峰峦迭起(图1.1)、木星的四颗大卫星的周期运



(a)



(b)

图1.1 伽利略的新发现

(a) 伽利略手描的第一张月面图

(b) 伽利略记录的四颗大木卫位置

动、金星的盈亏现象、太阳上的黑子变化、银河中包含的繁星……，这一系列的惊人发现，有力地证明了哥白尼(N. Copernicus)的日心学说，从而使天文学进入“望远镜天文学”的新时代。可以毫不夸张地说，哥伦布(C. Columbus)发现了新大陆，伽利略发现了新宇宙。

十九世纪，天文学家开始把测光、分光及照相术运用于天文观测中，这又使天文学发生了一个新的飞跃：诞生出一门新的分支——天体物理学。天体物理学通过对天体物理状况、化学组成、内部结构及其演化规律的研究，使人类对天体的认识、对宇宙的认识又大大向前迈进了一步。

第二次世界大战后发展起来的射电望远镜使人们突破了可见光的界限，摆脱了地球大气及气候的影响，随着新型的大射电望远镜^①(图1.2)的问世，新的重大发现接踵而来，仅六十年代就有脉冲星、星际有机分子、类星体及3开微波背景辐射等四大发现，这些重大成果极大地推动了现代天文学的迅速发展。

人造卫星上天后，进入了全波天文学的时代，获得了更加丰富的资料，同时随着航天飞船的发射，人们不仅六次降临月球，对它进行实地科学研究，空间探测器还降落于金星和火星表面，大规模的空间探测甚至迫使天文学教科书一再修改：金星决不是地球的“孪生姐妹”、火星上没有什么运河、木星竟是个液体行星……

当然，天文学的研究也离不开理论探讨，需要运用许多现代的科学理论和方法去推断尚无法直接观测的天体内部和不可见的现象。但任何理论模型都必须接受观测的检验。

因此，当代大量新技术的应用，新理论的问世，正在逐步改变着天文学上许多传统的观念，以致不少人认为，目前天文学很

^① 美国阿雷西博天文台建于火山口上的射电望远镜原来的直径为305米，最近已经扩大为366米。



图 1.2 直径305米的射电望远镜

有可能正在孕育着一场更深刻的变革。

二、天文学研究的意义

众所周知，天文学是一门最古老的学科，它之所以能最早得到发展，正是由于它当时与人们的生产活动和日常生活有着休戚相关的联系。在原始社会中，人们日出而作、日没而息，昼夜便是他们最自然的时间单位。为了获得果腹的粮食，他们必须不误季节，掌握好播种、收割的时令，这些都离不开对天象的观察。游牧民族为了在莽野中寻找水源和草域，需要不断地在辽阔的大地上搬迁，指导他们方向的就是天穹上的星星。中国早在公元前二十四世纪时便有了专司观象的天文官员。至今，玛雅人的阿兹台克历碑、尼罗河畔的金字塔、巴比伦的古泥碑、我国系统的天象资料都是天文学从一开始就为人类生产服务的最好历史见证。