

21世纪高等院校教材

简明天文学教程

(第二版)

余明/主编



本书附光盘



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

简明天文学教程

(第二版)

余明主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书由多位师范院校地理系担任“地球概论”、“天文学基础”课程的教师共同编写而成。全书介绍了天文学基础知识,包括天球、太阳系、银河系、河外星系、总星系、行星、恒星、星系以及宇宙学、天体起源与演化、地外文明等内容,反映了天文学的最新成就,使读者认识地球在宇宙中的环境,同时有助于人们树立正确的宇宙观和人生观。

全书内容丰富新颖,条理清晰通顺,语言严密流畅,阐释简明精当,有较强的科学性、系统性、趣味性和可读性,有大量图表和照片,并配有供学生学习的电子网络版,还出版了与此配套的教师用盘。

本书适用于全国高等师范院校地理系师生、非天文专业本科、专科院校师生,以及广大天文爱好者。

图书在版编目(CIP)数据

简明天文学教程/余明主编. —2版. —北京:科学出版社,2007

21世纪高等院校教材

ISBN 978-7-03-018578-5

I. 简… II. 余… III. 天文学-高等学校-教材 IV. P1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第020341号

责任编辑:胡云志/责任校对:纪振红

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年7月第一版 开本:B5(720×1000)

2007年2月第二版 印张:25

2007年2月第七次印刷 字数:469 000

印数:12 501—16 000

定价:37.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

第二版序

天文学是既古老又富有生命力的学科，公众尤其是青少年需要天文知识。由福建师范大学地理科学学院余明教授主编并经她修订的《简明天文学教程（第二版）》即将由科学出版社出版发行。这本教程的新版内容丰富新颖、通俗简明，配有大量图片和附表，有较强的科学性、系统性、趣味性和可读性；不仅有传统的纸质印刷版，还配套了供学生用的电子网络版和供教师授课参考的电子教案；既可选为大学生天文素质教育的教材，亦可用作公众学习天文知识的读本。我愿诚恳地把这本教程推荐给大学非天文专业（尤其是师范院校物理和地理专业）的本科生以及广大的天文爱好者。

卢炬甫

2006年12月于福建厦门

第二版前言

天文学是一门新发现不断涌现的自然科学，也是长期以来教科书更新频率最高的传统学科。这正是它引起更多兴趣和关注的魅力所在。本书 2001 年 7 月首次出版至 2006 年 1 月共印刷六次，得到许多高校师生和天文爱好者的青睐，对提供天文素质教育和普及天文基础知识起到一定的作用。由于时间仓促，错误难免，第二版除了更正第一版的失误外，尽量做到能及时反映当前最新的天文观测成果和天文科研新动向，保持与时俱进。

新版保持原书 13 章顺序，但在每章开始都添加了引言，并对各章节都作了一些补充和修改，如：第 1 章添加了王绶琯院士对天文学学科分类的框图等；第 2 章至第 4 章删减和补充了一些内容；第 5 章补充了空间探测研究的最新成果，增加“虚拟天文台”一节；第 6 章进行了章节调整，并补充和删除一些内容；第 7 章对“太阳系”天体探测的最新成就作了更新；第 8 至第 10 章也作了部分修订；第 11 章“星系”和第 12 章“宇宙”在第一版基础上补充很多较新内容；第 13 章也增删一些内容；第二版修订工作全部由余明完成，不妥之处请批评指正。

在本书修订的同时，作者还完成了《简明天文学教程》电子网络版和电子教案的制作，前者能为学生学习提供方便，后者可为教师授课提供参考。希望本次修订版和光盘除继续保持简明、通俗、科学和严谨的特色外，更具时代气息。

本书在修订过程中还得到许多同行、专家的指正、帮助和支持。尤其感谢福建省天文学会理事长、厦门大学物理系卢炬甫教授、福建师范大学地理科学学院院长杨玉盛教授和副院长曾从盛教授、华东师范大学资源与环境科学学院的束炯教授、华南师范大学地理科学学院的钟巍教授、河北师范大学物理科学与信息工程学院的杨大卫教授和资源与环境的连进元副教授、浙江大学环境与资源学院的刘广深教授、复旦大学物理系徐建军教授、唐山师范学院物理系王志刚副教授和地理系沈方副教授、贵州师范大学资源与环境学院的方明亮教授、安徽师范大学国土资源与旅游学院的邵华木教授、重庆师范大学地理科学学院左小路教授、陕西师范大学旅游与环境学院的陈林副教授、首都师范大学资源环境与旅游学院的刘洪利副教授、四川内江师范学院管理和资源系的李宏芸副教授、科学出版

社编辑昌盛先生、胡云志先生。在此，对所有帮助和支持本书的朋友、老师、学生深表谢意。

余 明

2006 年秋于福州

第一版序一

翻开人类文明史的第一页，天文学占有显著的地位。在中国殷商时代留下的甲骨文物里，就有丰富的天文记录。几千年来天文学的研究范畴和概念都有了很大的发展，经过几次大飞跃，形成了现代天文学。随着 20 世纪 60 年代天体物理的四大发现（类星体、脉冲星、星际分子和微波背景辐射），天文学进入了最伟大发现的鼎盛时期，其间不断揭示出一些完全崭新的且越来越“奇特”的现象；随着突飞猛进的科学技术进展，天文学已实现了全电磁波段的观测，极大地扩展了人们的视野，由此获得了一系列惊人的发现，在人们面前展现出一幅崭新的宇宙概貌，引人入胜。

天文学是研究宇宙间天体及其系统的科学，也是探索物质世界基本规律的自然科学基础学科之一，它的主要贡献是对宇宙中各种天体的奥秘给出科学的答案，阐明人类在宇宙中的位置。它与我们生存的环境息息相关，例如，太阳活动和日地空间中发生的过程对地球环境、气象、水文及通信都有极大的影响，太阳活动预报已成为国民经济、国防及宇航中不可缺少的服务内容。

太阳、月亮、星星、银河等天体常常被文学家引入美丽的诗篇。天文学常被人们看成是一门神秘而富于幻想的科学。然而，当你步入这门科学的大门时，你就会发现，那些观测到的，看起来“神奇”、“玄妙”的不可思议的结果，都是建立在坚实的科学理论和实验基础之上的。

天文学的研究领域十分广阔，其分支学科划分也在逐渐演变。当代天文学，首先以研究对象和不同层次的天体来划分，即行星、太阳（太阳系天文）、恒星、星际物质（银河系天文）、河外星系和宇宙学。按发展过程和研究内容来分，则有天体测量学、天体力学和天体物理学。天文学有其自身的特点：第一，观测为基础，观测具有特殊的重要性。人们不能主动去实验，只有被动观测。第二，强调综合研究。它要求对天体进行全局、整体图景的综合研究。

地球是宇宙中的一颗行星，是人类生活的家园。人类越来越认识到珍惜资源、避免灾害、保护地球这个大环境的重要性。这类研究涉及全球气候变化、大气臭氧保护层、厄尔尼诺现象、地震、洪水等，以及太阳系小天体碰撞地球和生物大规模灭绝的微小而实际存在的可能。这些方面天文学也有着自已的责任。“万物生长靠太阳”，全球气候的长期变化与太阳总光度变化有关，太阳暴直接影响地球并引起无线通信阻断，只有弄清楚太阳的影响，才能更好地理解人类活动对全球气候变化的影响。

有幸读到余明主编的《简明天文学教程》，该书内容全面、条理清晰、资料丰富、语言通俗，我深知他们一定付出了艰巨的劳动。正值新世纪之初，这本天文学将问世，实在是大众天文学的“及时雨”；以实际行动落实了“加强数学、物理、化学、天文等基础学科重点领域的前沿性、交叉性研究和积累”的号召。我愿诚恳地将本书推荐给非天文专业的莘莘学子和广大的爱好天文学的读者。

李宗伟

2001年春于北京

第一版序二

天文学作为六大基础科学之一，从它产生的开始就为社会提供定位、时间和历法服务。空间科学和其他相关科学的发展，又使天文学日益成为众多科学的交汇点和现代前沿科学之一。天文学也是向社会公众传播科学知识和方法，与愚昧迷信作斗争的有力工具。

我国的古代天文学研究和应用曾经一直领先于世界，在世界文明发展史中写下过辉煌的篇章。21世纪将是人类走向太空的世纪，作为天文大国，我们必须下更大的力气培养天文人才。在这方面，负有普及天文教育职责的师范学生理应走在前面，加强天文学基础知识的学习和基本技能的训练。

本书内容丰富、条理清晰、语言精练，比较通俗地介绍了天文学的基础知识和现代进展，有较强的科学性、系统性、知识性和可读性。余明女士是我校地理科学学院青年骨干教师之一，她除了担任地学课程教学外，长期为福建天文教育和天文普及做了不少工作。她是中国天文学会会员、福建天文学会理事、全国高等师范院校《地球概论》教研会的现任理事长。由她主编的这本《简明天文学教程》既是很好的师范类天文教材，也是优秀的天文学基本读物。我愿诚恳地将此书推荐给广大的师范院校师生和天文爱好者。

曾凡勇

2001年春于福州

第一版前言

天文学可以说是最古老的科学，同时也是最前沿的科学，它伴随着人类文明进程而产生和发展，它是人类认识宇宙的科学。我国古代，广大劳动人民主要靠观察天象来推测季节、时间和天气，所以无论男女老幼，都或多或少地掌握一些基本的天文知识，明末学者顾炎武曾说：“三代以上，人人皆知天文。”这虽然说得有些夸张，但古人确是经常观天的，对日月星辰比较熟悉。我国的古代天文学研究和应用曾经一直领先于世界；现在，要知道节气和日期只要翻年历就行，所以现代人极少看天；又因为使用了阳历，对月亮的圆缺盈亏也关心得很少。在我国的现代基础教育中，天文学长期处于无足轻重的地位，在六大基础学科中惟独天文学在中学课程没有它的一席之地，虽然现在中学自然地理和小学自然常识中的一些章节介绍有关天文知识，但这远远不够，且由于中考和高考都不考天文，因此受到冷落，以致广大群众的天文知识非常淡薄，现代天文盲不是个别现象。这一状况与我国的天文大国地位很不相称，也与我国的现代化建设需要不相称，应亟待予以改变。

21世纪将是人类走向太空的世纪——开发月球、登上其他行星、探索宇宙。为了适应世界航天事业飞速发展的时代要求，加强素质教育，普及天文知识教学应是一个重要内容。因为天文学涉及许多门学科，且文理交融，学习天文学可以促进学习者在知识和科学的领域里得到全方位的提高，也有利于培养正确的世界观。

加强天文学的普及教育，既是加强素质教育的重要内容，又是培养学生正确世界观的有效的手段；可使学生具有科学精神，科学思想，科学思维，破除迷信，开拓视野，树立创新精神，勇于攀登科学高峰。因此，应在大学普遍开设天文选修课，不仅理科生要学习，文科生也要学习。为此，我们编写了这本《简明天文学教程》，作为地理专业的基础课教材和其他专业的选修课教材，也可作为广大青年和天文爱好者的科普读物。

本教材由余明主编。编写分工如下：

第1章，绪论，余明、夏彦民；

第2章，天体和天球及其坐标，余明、谢献春；

第3章，时间与历法，廖伟迅、余明；

第4章，星空区划和四季星空，何劲耘、余明；

第5章，天文观测工具和手段，夏彦民、余明；

- 第 6 章，天体物理性质及其测定，夏彦民、余明、李玉增；
- 第 7 章，太阳系，余明、李津；
- 第 8 章，地月系，余明、李津；
- 第 9 章，地球及其运动，余明、廖伟迅；
- 第 10 章，恒星，余明、李玉增；
- 第 11 章，星系，李津、余明；
- 第 12 章，宇宙学，谢献春、李津；
- 第 13 章，地外生命与地外文明，何劲耘、余明。

本教材的编写得到福建师范大学地理科学学院领导的大力支持，并在东北师范大学李津、河北师范大学夏彦民、西南师范大学何劲耘、广州大学谢献春、韶关教育学院廖伟迅、临沂师范学院李玉增等共同努力下完成的。在编写过程中，我们力求写得内容全面一点，条理明晰一点，语言通俗一点，阐述清楚一点，尽量深入浅出，把复杂的问题简单化，使人看得懂，愿意看。不过，由于我们水平有限，虽愿望如此，但实际上不一定做得到，很可能在书中还存在不少缺点、错误，渴望读者批评指正。

感谢北京师范大学天文系博士生导师李宗伟教授和福建天文学会名誉理事长、福建师范大学校长曾民勇教授为本书作序。中国国家天文台院士王绶琯先生对本书指导良多，北京师范大学天文系杨静副教授、张燕平副教授，福建天文学会王崇文副教授，他们在百忙中审看了部分书稿并提出许多指导性的宝贵意见。在本书的编写和出版过程中，我们还得到福建师范大学地理科学学院教授、博士生导师朱鹤健先生，福建师大地理科学学院院长、教授、博士生导师郑达贤先生，福建师大地理科学学院副院长袁书琪教授和陈健飞教授，以及福建师范大学学报编辑部副编审颜志森先生、华南师范大学地理系刘南威教授、南京北极天文仪器有限公司吴泽康先生、科学出版社编审吴三保先生的帮助，在此一并致谢。

本书出版得到福建省 211 工程资源与环境重点学科项目的资助。

余 明

2001 年 3 月于福建福州

目 录

第二版序

第二版前言

第一版序一

第一版序二

第一版前言

第 1 章 绪论	1
§ 1.1 概述	1
§ 1.2 天文学简史.....	10
思考与练习	23
进一步讨论与实践	23
第 2 章 天体和天球及其坐标	24
§ 2.1 天体和天体系统.....	24
§ 2.2 天球和天球坐标.....	26
思考与练习	39
进一步讨论与实践	40
第 3 章 时间与历法	41
§ 3.1 时间.....	41
§ 3.2 历法.....	55
思考与练习	70
进一步讨论与实践	70
第 4 章 星空区划和四季星空	71
§ 4.1 星空区划.....	71
§ 4.2 四季星空.....	84
§ 4.3 希腊神话与星座.....	90
思考与练习	90
进一步讨论与实践	90
第 5 章 天文观测工具和手段	91
§ 5.1 获得宇宙信息的渠道.....	91
§ 5.2 天文光学望远镜.....	95

§ 5.3 射电望远镜	101
§ 5.4 空间天文观测	105
§ 5.5 虚拟天文台	116
思考与练习	118
进一步讨论与实践	118
第 6 章 天体物理性质及其测定	119
§ 6.1 天体辐射、星等及光谱	119
§ 6.2 天体距离、大小、质量和年龄的测定	125
思考与练习	145
进一步讨论与实践	145
第 7 章 太阳系	146
§ 7.1 太阳系的发现	146
§ 7.2 太阳系天体的运动和结构特征	160
§ 7.3 太阳	163
§ 7.4 行星及太阳系小天体概况	175
§ 7.5 太阳系的疆域	199
§ 7.6 太阳系的起源和演化	201
思考与练习	211
进一步讨论与实践	211
第 8 章 地月系	212
§ 8.1 地月系	212
§ 8.2 月球	216
§ 8.3 日食和月食	218
§ 8.4 天文潮汐	232
思考与练习	243
进一步讨论与实践	244
第 9 章 地球及其运动	245
§ 9.1 地球	245
§ 9.2 地球自转及其地理效应	259
§ 9.3 地球的公转及地理效应	269
§ 9.4 极移和地轴进动	279
思考与练习	285
进一步讨论与实践	285
第 10 章 恒星	286

§ 10.1 恒星概况	286
§ 10.2 恒星的多样性	294
§ 10.3 恒星的能源和演化机制	305
思考与练习	313
进一步讨论与实践	314
第 11 章 星系	315
§ 11.1 星系概况	315
§ 11.2 银河系	316
§ 11.3 河外星系	323
§ 11.4 星云	334
§ 11.5 星系团和总星系	336
§ 11.6 星系的起源与演化	339
思考与练习	343
进一步讨论与实践	343
第 12 章 宇宙学	344
§ 12.1 宇宙论研究简史	344
§ 12.2 宇宙说原理和现代宇宙学观测基础	346
§ 12.3 现代宇宙学的建立和发展	350
§ 12.4 宇宙演化简史	354
思考与练习	355
进一步讨论与实践	356
第 13 章 地外生命与地外文明	357
§ 13.1 生命的含义及主要特征	357
§ 13.2 生命的起源	359
§ 13.3 太阳系内的地外生命问题	364
§ 13.4 地外文明探索的几个问题	371
§ 13.5 人类的搜寻行动	377
思考与练习	380
进一步讨论与实践	380
参考书目	381
附录	383

第 1 章 绪 论

本章主要介绍了天文学的研究对象、研究方法和特点。讨论了天文学对于人类生存和社会进步具有极其重要的意义。在介绍传统天文学的科学分支的同时，也介绍了近期著名天文学家王绶琯院士对已有的天文学科分类重新做的分析和归纳。最后叙述了世界以及中国天文学发展的简史。

§ 1.1 概 述

一、天文学的研究对象

天文学是自然科学中的一门基础学科。它的研究对象是天体，即研究天体的位置和运动，研究天体的化学组成、物理状态和过程，研究天体的结构和演化规律，研究如何利用关于天体的知识来造福人类。

天文学和人类历史同样悠久。天文学的研究内容和许多概念，总是伴随着人类社会的文明和进步而不断发展的。因此，人们对天体的认识和理解，在不同历史时期是大不相同的。古代天文学无非是把日月星辰的视位置和视运动作为主要研究内容。今天则把天体作为宇宙间各种星体的总称，包括：太阳、月亮、行星、卫星、彗星、流星体（群）、陨星、小行星、恒星、星团、星系、星际物质等，所以天文学的研究对象也就是人类认识的宇宙。作为一颗行星，地球本身也是一个天体，也是它的研究对象。但地球大气层以下的各个圈层则不属于天文学的研究范畴，而是地学的研究领域。

20 世纪 50 年代人造地球卫星上天，使宇宙间又增添了人造天体，关于它们的运行轨道、运行状态也是天文学义不容辞的研究内容。

二、天文学的研究方法和特点

天文学以对天体的观测作为基本的研究方法。在望远镜发明以前，天文观测采用的是目视方法，直接观测天体在天空的视位置和视运动，另外也粗略地估计星星的亮度和颜色。17 世纪以后相继有了望远镜、分光镜和光度计，不仅提高了天体位置观测的准确度，而且扩大了人们对宇宙的认识。到了 20 世纪，由于大口径望远镜的问世，使得人类探测宇宙的深度和广度与日俱增，不少模型、学说由观测得以证实，新天体、新发现大量涌现。20 世纪 30 年代以后，人们越来越广泛地使用无线电方法研究天体和宇宙间的辐射，从而诞生了射电天文学。诸

如类星体、脉冲星、星际有机分子、微波背景辐射等天文学新概念相继出现。20世纪50年代人造地球卫星发射成功，人类把观测范围由地面扩展到地外空间，天文学家可以自由地探测天体的各种辐射。现代，天文空间探测已经有了长足的发展，人类不仅把望远镜送上天，而且借助太空飞行器踏上月球，或把仪器送到其他行星上进行直接观测或实验。因此，尽管关于天文学是“被动观测的科学”的说法现在已经不很全面了，但大部分情况下我们还是不能主动去实验，只能被动地观测。所以观测在天文学研究中仍有其特殊的重要性。

天文观测还强调对天体进行全局、整体图景的综合研究。表现在观测上是全波段研究的方法，在整个电磁辐射多波谱上采用多种方法（如强度、偏振、谱等）的配合，甚至是同时的联合观测；在理论上强烈依赖模型和假设。由于观测结果的不确定性较大，概念的更新迅速，假说在新的观测基础上又不断被修正或推翻。因此天文学既是古老的学科，又是发展的学科。

天文学还需要把观测所获得的大量原始资料进行精“加工”。利用计算机进行理论分析，才能揭示出它们的本质，即利用数学、力学、物理学以及其他学科的研究成果，通过理论分析、归纳、推理和综合等方法，得出有关天体的科学结论。反过来，它又促进了其他相关学科的发展。例如，宇宙间的超高温、超低温、超高压、超高速、超高磁场、超高密度、超高真空、强引力场、强辐射场等极端环境，只有借助近代物理学理论才能得到深入研究和科学解释，它是地球上无法建造的特殊“实验室”。而正是这个宇宙“实验室”又推动了当代天体物理学的飞速发展，从而为物理学开辟了新的前沿。这也体现了观测数据积累、统计分析和样本研究的重要性。使天文学研究发生重大变化的另一项技术是高速互联网技术，这使得异地天文数据的交换和处理成为可能，使得观测数据具有巨大科学产出的潜在意义。没有计算机，就没有现代天文学。

此外，天文学还具有大科学的特征，需要较大的投资强度，需要强有力的协调，需要观测设备和天文台有一个合理的地理布局，甚至是全球范围内的合理布局（因为在某一地点的一定时间才能观测一定范围的天区，局部气象条件、地面光也会影响观测）；需要大、中、小型设备的互相补充（尽管大型观测设备通用性强，配上各种附属设备可以支持多个领域的许多研究课题，但造价昂贵）；还需要空间和地面观测同时进行（因为空间观测设备固然威力巨大，但毕竟造价极高，建设周期很长，观测时间有限，而且难以装备重型附属设备）。

天文学研究方法还需要哲学观点的支持，因为哲学是关于世界观、宇宙观的科学，是自然科学知识和社会科学知识的概括和总结。

三、天文学研究的意义

天文学与任何其他科学一样，是为人类生产和生活服务的。不过，天文学的

历史最为悠久。整个人类文明发展史证明，天文学对于人类生存和社会进步具有极其重要的意义。

1. 时间服务

准确的时间不单是人类日常生活不可缺少的，而且对许多生产和科研部门更为重要。最早的天文学就是农业和牧业民族为了确定较准确的季节而诞生和发展起来的。而现代的一些生产和科研工作更离不开精确的时间。例如，某些生产、科学研究、国防建设和宇航部门，对时间精度要求精确到千分之一秒，甚至百万分之一秒，否则就会失之毫厘，差之千里。而准确的时间是靠对天体的观测获得并验证的。

2. 在大地测量中的应用

对地球形状大小的认识是靠天文学知识获取的。确定地球上的位置离不开地理坐标，而测定地理经度和纬度，无论是经典方法还是现代技术，都属于天文学的工作内容。

3. 人造天体的发射及应用

目前，人类已向宇宙发射了数以千计的人造天体，其中包括人造地球卫星、人造行星、星际探测器和太空实验站等。它们已经广泛应用于国民经济、文化教育、科学研究和国防军事。仅就人造地球卫星而言，有通信卫星、气象卫星、测地卫星、资源卫星、导航卫星等，根据不同需要又有地球同步卫星、太阳同步卫星等。所有人造天体都需要精确地设计和确定它们的轨道、轨道对赤道面的倾角、偏心率等。这些轨道要素需要进行实时跟踪，才能保持对这些人造天体的控制和联系。这一切都得借助天体力学知识。

4. 导航服务

天文导航是实用天文学的一个分支学科，它以天体为观测目标并参照它们来确定舰船、飞机和宇宙飞船的位置。早期的航海航空定位使用六分仪（测高、测方位）和航海钟，靠观测太阳、月亮、几颗大行星和明亮恒星，应用定位线图解方法来确定位置，其精度较低，且受地球上天气条件限制。随着电子技术的进步，已发展了多种无线电导航技术来克服这方面的缺陷。宇宙航行开始以后，为了确定飞船在空间的位置和航向，天文导航也有相当重要的作用。目前，全球卫星定位系统（GPS）技术的应用，使卫星导航更精确。卫星导航不仅普遍用于航天、航空、航海，而且还广泛用于陆面交通管理、嵌入电子地图和地理信息系统中。