

探索我们的宇宙



国际天文年  
2009



国家级教学团队 · 科学素质教育丛书

# 天文学新概论

(第四版)

苏 宜◎编著



科学出版社

www.sciencep.com

国家级教学团队·科学素质教育丛书

# 天文学新概论

(第四版)

苏 宜 编著  
苏朝晖 光盘制作

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是作者在积累多年教学经验的基础上,结合天文学最新进展编写而成。本书是第四版,前三版已得到广大读者的认可。本书可以使读者比较系统地获得关于天体和宇宙的各种知识,科学地认识神秘而和谐的宇宙,了解人类生存的宇宙环境及人类探索宇宙的科学方法、艰辛历程和未来前景,达到开阔视野、启迪人生、提高科学素养和综合知识水平的目的。

本书适合作为高等学校天文选修课的教材,也可供有兴趣的广大读者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

---

天文学新概论/苏宜编著. —4版. —北京:科学出版社,2009  
(国家级教学团队·科学素质教育丛书)  
ISBN 978-7-03-025087-2

I. 天… II. 苏… III. 天文学-概论 IV. P1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第127813号

---

责任编辑:李鹏奇 胡云志 / 责任校对:宋玲玲  
责任印制:张克忠 / 封面设计:无极书装

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>

北京市农林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2009年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009年8月第一次印刷 印张:27 1/4

印数:1—4 000 字数:550 000

定价:40.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

探宇宙之无穷 识盈虚之有数

天文学新概论第四版  
付梓 书赠苏宜同志

二〇〇九年

王绶琯



中国天文学会名誉理事长王绶琯院士题词：

探宇宙之无穷 识盈虚之有数

天文学新概论第四版付梓 书赠苏宜同志 2009年 王绶琯

## 第四版前言

本书从 2000 年 8 月第一版、2002 年 2 月第二版、2005 年 12 月第三版出版以来，已经 7 次印刷。中国天文学会名誉理事长王绶琯院士和前任理事长苏定强院士是我国大型天文望远镜 LAMOST 的概念提出人。本书第三版付梓的时候，82 岁高龄的王绶琯院士曾欣然命笔，为本书题词；第三版出版以后，曾得到苏定强院士的简评：本书的“选材和结构突破了传统的格局，明显地向当代天文学研究前沿倾斜，突出了宇宙学、星系、黑洞、系外行星探测和仪器技术的最新发展等内容，很符合当前国际上天文学研究的重点范围，材料也很新、很全面。本书不仅介绍天文知识的本体，还联系人文思想、文学和哲学方面的话题，行文流畅，文笔优美，是对大学生进行科学素质教育的很好的教材。本书确实非常适合选修天文学通识课的非天文学专业大学生使用，即使是天文学专业的学生，也不妨选作入门教材或重要参考书。”

时隔三年，适逢纪念伽利略用天文望远镜观察星空 400 年的“2009 国际天文年”，本书推出第四版。

去年 11 月 9 日，王绶琯院士以耄耋之年登临河北兴隆燕山深处的国家天文台观测基地，亲见曾倾注心血的 LAMOST 落成并投入工作。我们有幸向王老汇报本书第四版即将付梓的消息，他又重新书写题词上的款识并赐函编著者：“书再版，特致贺。”

第四版的主要变动是：遵从 2006 年国际天文学联合会关于太阳系行星的定义；调整了所有从九大行星改为八大行星的叙述；增加了 3 年来天文学研究的最新进展，包括对行星、矮行星和海外天体的太阳系探测（第 4 章），发现有双脉冲信号的双脉冲星（8.1），发现中子星与中子星碰撞或黑洞吞吃中子星（10.7），发现引力透镜效应产生的爱因斯坦环（10.8），发现宇宙暗物质存在的直接证据，通过引力透镜效应获得宇宙暗物质环和暗物质分布的三维图像（12.8.6），WMAP 五年工作成果和最新的宇宙学重要参数（12.8.6），北落师门 b 等系外行星的最新发现（11.4.1）等。增加篇幅最多的是第 7 章关于天文望远镜和人类探索宇宙新视野的介绍。知识内容方面增加的是：太阳系行星和卫星上的天球坐标系（2.6）；从公历日期计算纪日干支的方法（3.4.4）；球状星团年龄的测定（9.4.4）；红移与距离的关系，如何从宇宙背景辐射测哈勃常数（12.8）等。附录中的大量数据也都更新为最新发布值。

当然，最显著的变化是出版社的变动和附赠光盘。更换出版社的原因是：编

著者开设的天文学课程所属“南开大学科学素质教育系列公共课教学团队”，由数学学院顾沛教授领衔，2007年被评为全国首批100个国家级教学团队之一。团队所有课程的教材都须由科学出版社统一出版。为此，谨向曾多年良好合作的华中科技大学出版社表示敬意。附赠的光盘收录了700余幅精美的彩色图像，大大丰富了原书的黑白图像信息。光盘中所有天体的真实照片都来自世界各大天文望远镜的网站，每张照片上都尽量保存着发布该照片时的来源信息。这些望远镜自身的照片也一一录制在光盘中。这些望远镜代表着当前人类探索宇宙的最高水平。它们提供的信息，使天文学家们更深入地认识了神秘而和谐的宇宙；也使我们普通读者得以赞叹和欣赏天体的宏伟和美丽，同时获得知识的提高和理性的升华。让我们对制造这些望远镜和提供这些照片的专业人士深表感激和尊敬。也感谢采集、编选和技术处理这些照片，最后制成光盘的天津科学技术馆苏朝晖工程师。

书中每一张注有“光盘图”字样的图像都收录在光盘中，图号和图题都一一对应。附录中的大部分内容和全部人名索引也转移到光盘中。

诚挚地感谢王绶琯院士、苏定强院士和曾对本书赐教的国家天文台蒋世仰研究员、南京天文光学技术研究所崔向群所长和西北师范大学刘亚楠副教授。深切缅怀对本书有过指导的已故前北京天文台台长李启斌研究员、首都师范大学马星垣教授。也诚挚地欢迎天文界的专家、学者和每一位读者朋友们对本书不当之处提出宝贵意见。

编著者

2009年2月于南开园

## 第一版序一

天文学是研究宇宙间天体及其系统的科学。它研究天体的位置、运动、物理状态以及它们的结构和演化。由于所研究的对象在时空尺度上的广延性、物理条件上的多样性和复杂性，天文学永远是人类认识自然和改造自然的一门重要的基础学科。

地球是宇宙中的一颗行星。天文学的研究成果也直接为生活在地球上的人类服务。天文学与其他自然科学，共同促进人类高新技术的发展，改进人类赖以生存的地球环境。天文学的发展还推动着人类认识论和世界观的不断进步。

天文学也是向社会公众传播科学知识、科学思想和科学方法最积极的学科之一，是与愚昧无知、迷信落后作斗争的最有力工具。学习天文学对培养未来一代青、少年强烈的求知欲望、探索精神和科学的思维方法，帮助他们认识人类在自然界中的地位，树立正确的世界观都是极为重要的。

在人们心目中，天文学知识高深难解，像瑰丽的珠宝藏之深山，或像绚丽的鲜花周围荆棘丛生，可望而不可及。本书有一点好处就是使读者避开了数理方面的困难，比较轻松地了解到天文学的基本概念和近代发展，而又不失知识全面、逻辑严谨、深入浅出、条理分明。

今年恰逢我们从大学天文系毕业 40 周年，苏宜是当年班上年龄最小的同学。他在入学之前先于我们认识天上的星座，又在毕业之前先于我们到天文台实习和工作。在经历了一段人生坎坷之后，他于十几年前离开了天文工作岗位，却在即将退休的时候写出了这本《天文学新概论》。以他多年积淀的天文学知识，朴实而优美的文风，娓娓叙述天文学各方面的概要和进展。该书是一本不可多得的天文学基本读物。我愿诚恳地将该书推荐给非天文专业的莘莘学子和广大的爱好天文的读者们。

孙义燧

1998 年 6 月 12 日

## 第一版序二

### ——祝贺的话

南开大学没有天文系，但有一位毕业于南京大学天文系并在北京天文台多年从事天文研究的教授苏宜先生。他在南开大学无法专门从事天文研究，但他心不离天文，在南开大学开设“天文学概论”全校公共选修课，支持和指导学生组织“南开大学天文协会”，积极开展天文学推广教育。他授课独具特色，将天文、地文、人文内在地联系起来，使学生既学到丰富的天文知识和科学的思维方法，又学到进步的世界观、人生观和价值观，深受学生欢迎，为南开大学学生的综合素质教育作出了很大贡献。

可以这样说，自从人类产生之后，人类的生存、发展和知识的演进，就与人类对天体和宇宙的探索形成了共根连体的关系。尤其是中华民族的文化，更具有突出的天体和宇宙文化的特征。因此，中华民族对世界天文学的发展作出了卓越的贡献不是偶然的。中华民族素有博大的、活跃的想象力，自古以来就把天、地、人贯通在一起，寻求对万事万物解释的一以贯之的原则，努力建立最有吸引力的宇宙观、世界观、人生观和社会观，以形成推动民族发展的最大的精神凝聚力。比如，中国古人就提出了“则天而行”的社会观。他们认为，父天母地，天地生人。因此，天地之本，即人之本；天地之则，即人之则。天圆地方，圆中规，方中矩，天地的圆方规矩，也就是宇宙万物造化不息的法则。同样，人世间无论是正事、正言、正道、正人，还是修政治民，都要依天理，承天则，都要“德合天地”。中国的古人，正是以这种“则天而行”的世界观和人生观，去解释和论证一切社会现象的。正是因为“日中则移，月满则亏”，故而一切都是“物极必反”；正是因为“道之大原出于天”，故而“天不变，道亦不变”；正是因为“天无二日”，故而“土无二主”；正是因为“皇天不言，以文象设教”，故而要“凡事必咨而后行”；正是因为“天地四时”（春、夏、秋、冬），故而治世就要“庆赏罚刑”，饮食就要有“酸、苦、辣、咸”等等。就连项羽被困垓下时，也把自己的失败说成是“此天之亡我，非战之罪也。”今天，我们对这种“天人合一”、“则天而行”的宇宙观和社会观，不论有多少不同的评断，而这种自然一体和依宇宙客观规律办事的哲理，总是很伟大的。现代哲学家和天文学家们常引德国哲学家康德的名言：“世界上有两件东西能够深深地震撼人们的心灵：一件是我们心中崇高的道德准则；另一件是我们头顶上灿烂的星空。”不知道康德是否知道，远在他之前，中国人早已将二者统一在一起了。中华民族的天文文化是整



个中华民族优秀传统文化的重要组成部分。在当代，天文学和天文文化的发展一日千里，天文文化的教育意义也与日俱增。教育家们越来越清楚地看到，天文学推广教育对提高民族综合素质和创新能力，是极其重要的。

我完全不懂天文学。不过，人们总是对自己不懂的东西更有好奇心，我也是这样。我对天文学、宇宙学和宇航事业也很神往。做为教务长，不但支持和感谢苏宜教授在南开大学开展天文学推广教育，而且每每见到他发表有关天文学的文章和出版天文学方面的著作，也总是由衷地高兴。苏宜教授的新作《天文学新概论》即将出版，他要我为之作序。对于天文学，我是外行，序是作不出的，但是他的新作即将付印的消息，却使我激动不已，于是写了以上几段文字，做为我对苏宜教授的崇敬与祝贺。

车铭洲

1998年12月于南开大学

## 第一版前言

Zwei Dinge erfuellen das Gemuth mit immer neuer und zunehmender Bewunderung und Erfurcht, je oeffter und anhaltender sich die Nachdenkung damit beschaeftigt, der besternte Himmel ueber mir und das moralische Geselz in mir.

——Immanuel Kant

这是德国著名哲学家伊曼努尔·康德在 1788 年他 64 岁时发表的名著《实践理性批判》结论中的一段名言，译成中文的意思是：

世界上有两件东西能够深深地震撼人们的心灵，一件是我们心中崇高的道德准则，另一件是我们头顶上灿烂的星空。

岁月流逝已经 200 多年，当我们今天诵读、品味这段名言的时候，它所蕴含的人生哲理依旧会在每个人的心目中熠熠生辉。

和浩瀚的宇宙相比，地球是多么渺小，人的一生又何其短暂；但人类存在的价值之一，在于人的智慧代代相传，人类集体的智慧能够探究浩瀚宇宙中的无穷奥秘。人生于世，时时都应意识到我们生活在社会群体中，我们生活在自然怀抱里。当我们与社会中的别人打交道时，崇高的道德准则是必须遵守的；人在自然怀抱里更不能无视天地宇宙之间自然界庄严的规律。仰望星空，无论是几十年前还是几十年后，无论你身在地球上什么地方，灿烂的群星总以它那无比的深邃和静谧，向你展示着神秘而和谐的宇宙图景，使你心驰神往，无限遐思，心灵得到净化。

1997 年 7 月在第二届海峡两岸天文推广教育研讨会上，全国人大常委、中国科学院院士叶叔华先生发表文章说：“天文学与其他科学一样不仅是知识的本体，更重要的是一种思维方法。”“让天文学从神秘高深的科学殿堂里走出来，成为人们生活中不可缺少的一部分，以达到净化精神、陶冶情操、提升素质的目的。这是历史和社会赋予天文学家、推广教育人士、科普工作者以及所有具有天文知识的人的崇高责任与义务。”

本书雏稿是 1993 年应南开大学为文理科学生开设《天文学概论》公共选修课之需而编写的。选修课一开就一发而不可收，连续 14 个学期，听课学生遍及南开大学与天津大学各院系，总人数达 5 206 人。编写的内容是边教、边学、边改，终于在南开大学教材建设委员会的鼓励与资助之下交付出版。作者虽然早年毕业于大学天文专业，也曾在天文岗位工作多年，但毕竟身已不在天文研究前沿，许多较新的内容只能边教边学，将勤补拙，勉为其难了。书中有不妥之处在

所难免，希望得到天文界的专家、学者及各界人士的批评指正。如果问本书在同类书中有何特点的话，或许可以说，特点在于书中所述多不是本人的研究成果而只能算学习他人之所得，作者更偏向于站在“学”的方面，“业余”的方面，为薄发而厚积，虔诚学习，有所领悟，择其精华而发诸笔端的。作者身处非天文专业而对天文学有所倾心的年轻学子之间，比较了解他们的兴趣与要求，而且所教、所写能够及时地在他们面前得到检验与充实、提高，比较适合他们的口味。

“天文学概论为我们这些好奇的心灵和探求的眼睛推开了一扇展示天文学神秘宝藏的窗户，五彩缤纷的宇宙使我的眼界豁然开朗。”

“美丽、和谐、神奇的宇宙之光，使我得到了一种新的思维方式的启迪，受益无穷”。

“天文学概论课使我的思想驰骋在广阔浩瀚的宇宙之中，让我思索人类的前途，人生的意义。我真是恋恋不舍。”

“天文学知识激励我用前人智慧的结晶武装自己，立志为造福人类而奋斗终生。我觉得比以前更成熟、更有信心、更有力量。这种精神的动力是我最大的收获。”

“学了天文学，我心目中的世界不再是原来那个狭小的空间。灿烂的群星已经震撼了我的心灵，使我更加热爱科学、热爱生活。似乎有点玄乎，但的确我有这种感受。”

……

这些由文、理、工、医各专业学生自觉写出的心声，是对设置这门课程最好的回报，也是对写好这本教材最大的鞭策与鼓舞，作者应该向他们致谢。

本书虽以“新概论”为名，却不敢自诩内容有多新，主要是考虑到以前已经有过一本《天文学概论》（中国人民大学出版社，1987年版）问世，而避重名僭越之嫌。

本书写作以“既说明事理，又提高兴致”为宗旨，力求二者兼顾，使不同专业的学生都能够撷英汲粹，兴趣盎然。少许略微专深一些的内容，用小号字穿插于章节之中，供一部分理科基础较强的学生选读。跳过这些段落，也不影响对全书的连贯理解。希望本书除作为高等学校天文选修课教材之外，也能成为具有中等以上文化水平的读者获取天文知识的有益读物。

中国科学院院士、南京大学研究生院院长、天文学家孙义燧教授和南开大学教务长、法政学院院长、哲学家车铭洲教授分别为本书作序，中国科学院北京天文台的李启斌研究员、林元章研究员对本书写作指导良多，蒋世仰研究员、胡景耀研究员审阅了部分书稿并提出许多指导性的宝贵意见，天津科学技术馆的苏朝晖工程师为本书全部插图付出心血。在此一并表示感谢。

编著者

2000年元月于南开园

## 第一版后记

本书从起始到甫成，历时五年有余，今天终于写完了最后一个字。在天文工作者的队伍里，我曾经是一名老兵，现在却只是一个新手。十几年前我被调来南开大学图书馆学系从事与天文学关系甚远的大学课程的教学工作，直到1993年才开始用业余时间重温天文学的旧业，向非天文专业的学生讲授天文学选修课。在年年超教学工作量的同时着手编写教材。笨鸟先飞、将勤补拙，一章一节，句酌字斟，几易其稿，终致成书。在南开大学教材建设委员会和华中理工大学出版社的大力支持下，特别是在南开大学教务长车铭洲教授的鼓励与支持下，本书即将奉献于读者面前。希望本书能对非学天文专业而选修天文学课程的同学们以及社会各界对天文学有所倾心的朋友们有所帮助，更希望天文界的专家和每一位读者对本书存在的错误和不当之处不吝赐教。

最后，恳请读者允许我表达一点个人的心愿。今年是我大学毕业40周年，也是我出生60周年，同时还是我的母亲诞辰100周年，我的女儿去世5周年。我的母亲出身于金陵城外的农民家庭，生育并抚养长大成人的儿女共有6人。除姐姐一生执教于山村小学，没有上过大学以外，其余5人均受过高等教育，分属文学、医学、工程、地质、天文五个学科，但母亲本人却不识字，而且连个学名都没有。她在户口本上的名字还是在她63岁那年迁报户口时，应户籍部门的要求，由我为她老人家取的。母亲生我是在南京大屠杀的战祸声中，举家逃难的路上，可谓是劫后余生。我的女儿苏星玫，不幸于豆蔻年华即罹患不治之症，长期与我相依为命，曾随我住过北京天文台的沙河、兴隆、密云及天津诸工作站。1993年9月我在南开大学开讲全校天文公共选修课。上第三周课的那个晚上，女儿来催促我，时间快到，该去上天文课了。语犹未尽，即不幸摔倒地上，面部受伤，肱骨骨折，两个月后就离开了人世，年仅33岁。父母的养育之恩，没齿不忘；女儿的可怜身世，动人哀思。谨以本书献给我的母亲和我的女儿。

苏 宜

1998年12月30日深夜于天津南开园

# 目 录

王绶琯题词

第四版前言

第一版序一

第一版序二

第一版前言

绪论	1
0.1 探索宇宙是人类永恒的欲望	1
0.2 天文学与人类社会发展的关系	3
0.3 天文学的研究对象	5
0.4 天文学的分支学科和研究方法	6
第 1 章 宇宙概观	9
1.1 地月系	9
1.1.1 地球和月球	9
1.1.2 地球是太阳系中唯一适宜生命繁衍的星球	11
1.1.3 地球的形体和地月系年龄	13
1.1.4 地球的内部结构和三大冰期	16
1.1.5 月相	17
1.1.6 地球自转在地球上留下的蛛丝马迹	20
1.2 太阳系	22
1.2.1 尺度概念	22
1.2.2 太阳	25
1.2.3 八大行星	29
1.2.4 太阳系的物质分布	31
1.3 恒星世界	32
1.3.1 数量和名称	32
1.3.2 运动和距离	33
1.3.3 体积和质量	35
1.4 银河系及河外星系	36
1.4.1 银河与银河系	36
1.4.2 河外星系	37

1.4.3	星系以上的四级天体系统	37
<b>第2章</b>	<b>天球坐标系</b>	40
2.1	建立球面坐标的基本原则	40
2.1.1	天球	40
2.1.2	球面的几何性质	40
2.1.3	建立球面坐标的三个条件	41
2.2	三种常用的天球坐标系	42
2.2.1	地平坐标系	42
2.2.2	赤道坐标系	43
2.2.3	黄道坐标系	43
2.3	天体的周日视运动	44
2.3.1	不同纬度处天球的旋转	44
2.3.2	天体中天和永不升落的天体	45
2.3.3	天体的赤道坐标与地平坐标的换算	46
2.3.4	天体的赤道坐标与黄道坐标的换算	47
2.4	太阳的周年视运动	48
2.4.1	太阳周年视运动是地球公转的反映	48
2.4.2	太阳周年视运动中黄经的变化	50
2.4.3	不同纬度处太阳视运动的轨迹	50
2.4.4	日地距离与四季冷暖变化的原因	51
2.5	天球赤道坐标系本身的运动	53
2.5.1	岁差与地球自转轴进动	53
2.5.2	岁差产生的后果	55
2.5.3	章动	55
2.5.4	黄赤交角的变化与地球极移	56
2.6	太阳系行星和卫星上的天球坐标系	57
2.6.1	月球上的星空	57
2.6.2	行星上的恒星和太阳视运动	59
2.6.3	行星上的四季和昼夜长短	62
2.6.4	其他卫星和冥王星的情况	65
<b>第3章</b>	<b>时间计量序列</b>	66
3.1	恒星时与平太阳时	66
3.1.1	恒星时	66
3.1.2	平太阳时	66
3.2	区时与世界时	67

3.2.1	地方时与区时 .....	67
3.2.2	世界时与国际日期变更线 .....	68
3.2.3	时间与地理经度的关系 .....	69
3.3	恒星时与平时的换算 .....	69
3.3.1	时间间隔的换算 .....	69
3.3.2	时刻的换算 .....	70
3.3.3	天体时角的换算 .....	71
3.4	历法 .....	72
3.4.1	现行公历 .....	72
3.4.2	中国农历 .....	73
3.4.3	纪年和儒略日 .....	75
3.4.4	干支纪法 .....	76
3.5	黄道 13 星座与星座算命 .....	81
3.6	现代时间服务工作 .....	83
3.6.1	时间计量的现代概念 .....	83
3.6.2	国际时间服务 .....	84
3.6.3	协调世界时 .....	85
<b>第 4 章</b>	<b>行星系统 .....</b>	<b>87</b>
4.1	IAU 决议: 太阳系行星的定义 .....	87
4.1.1	IAU 的新决议 .....	87
4.1.2	行星发现简史 .....	88
4.1.3	IAU 大会上的讨论 .....	89
4.1.4	IAU 新决议的历史价值 .....	89
4.2	万有引力定律和行星运动方程 .....	90
4.2.1	万有引力定律 .....	90
4.2.2	二体问题的微分方程 .....	91
4.2.3	开普勒行星运动定律 .....	92
4.2.4	多体问题与摄动方法简介 .....	93
4.2.5	拉格朗日平动点 .....	95
4.2.6	摄动力、潮汐现象和洛希极限 .....	97
4.3	行星运动轨道和视运动规律 .....	101
4.3.1	轨道根数 .....	101
4.3.2	行星的视运动规律 .....	104
4.3.3	日食和月食 .....	108
4.4	行星际飞行器的轨道问题 .....	116

4.4.1	二体问题中速度与轨道的关系 .....	116
4.4.2	三种宇宙速度的计算 .....	117
4.4.3	行星际飞行器的轨道设计 .....	118
4.4.4	定点通信卫星的特殊轨道和发射过程 .....	119
4.5	太阳系小天体 .....	121
4.5.1	小行星 .....	121
4.5.2	彗星 .....	125
4.5.3	海外天体 .....	130
4.5.4	流星和陨石 .....	132
<b>第5章</b>	<b>恒星</b> .....	<b>136</b>
5.1	恒星物理方法 .....	136
5.1.1	电磁波谱和天文大气窗口 .....	136
5.1.2	恒星的亮度、星等、光度 .....	139
5.1.3	恒星光度测量 .....	141
5.1.4	恒星的光谱和分光测量 .....	143
5.1.5	恒星物理研究与量子力学 .....	145
5.2	恒星的位置及运动参数 .....	151
5.2.1	恒星的位置 .....	151
5.2.2	恒星的运动参数 .....	153
5.3	主星序 .....	155
5.3.1	光谱型 .....	155
5.3.2	赫罗图——光谱光度图 .....	156
5.3.3	主序星 .....	157
5.4	双星 .....	158
5.4.1	双星的发现 .....	158
5.4.2	食双星 .....	159
5.4.3	分光双星和密近双星 .....	160
5.4.4	由双星测定恒星的质量 .....	161
5.5	星团、星云、星际物质 .....	162
5.5.1	星团 .....	162
5.5.2	星云 .....	164
5.5.3	星际物质 .....	166
5.6	不稳定恒星 .....	166
5.6.1	脉动变星 .....	167
5.6.2	非径向脉动与特殊变星 .....	171



5.6.3 耀星、新星和超新星 .....	174
<b>第6章 星系</b> .....	180
6.1 宇宙岛之争 .....	180
6.2 星系的分类 .....	182
6.2.1 椭圆星系 .....	182
6.2.2 旋涡星系 .....	182
6.2.3 棒旋星系 .....	183
6.2.4 不规则星系 .....	183
6.3 星系红移和哈勃常数 .....	186
6.4 星系的质量和距离 .....	190
6.5 本星系群 .....	193
6.6 星系团和超星系团 .....	200
6.7 活动星系 .....	203
6.7.1 射电星系 .....	203
6.7.2 爆发星系 .....	204
6.7.3 塞佛特星系 .....	206
6.7.4 蝎虎座 BL 型天体 .....	206
6.7.5 互扰星系 .....	207
<b>第7章 当代天文学新视野</b> .....	209
7.1 从光学望远镜到全波段天文学 .....	209
7.1.1 望远镜的功能 .....	209
7.1.2 天文光学望远镜的类型 .....	211
7.1.3 天文光学望远镜的制造简史 .....	213
7.1.4 大型光学望远镜的技术限制 .....	214
7.1.5 全波段天文学 .....	215
7.2 20世纪90年代的大型天文光学望远镜 .....	216
7.2.1 美国的凯克 (Keck I 和 Keck II) 10米望远镜 .....	216
7.2.2 欧洲南方天文台甚大望远镜 .....	218
7.2.3 双子座望远镜 .....	218
7.2.4 口径11米光谱巡天望远镜 .....	219
7.2.5 日本的昴星团望远镜 .....	219
7.2.6 美-意-德大双筒望远镜 .....	220
7.2.7 南非大望远镜 .....	220
7.2.8 西班牙大望远镜 .....	220
7.3 20世纪90年代的大型天文射电望远镜 .....	221