



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 自然地理学

吴成基 主编



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 自然地理学

吴成基 主编



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书系普通高等教育“十一五”国家级规划教材，其内容适应自然地理学教学改革形势，在吸纳多版本自然地理学教材精华的基础上，力求突出自身的特点，以适应特定群体师生的需要。本书主要介绍了自然地理各要素的特征、类型、形成及发展，力求将最基本的理论和知识传授给读者。为此本书始终贯彻少而精的原则，在内容上取舍有据、深浅适度、结构紧凑、图文并茂、简练易懂、启迪思考、联系实际、综合分析。本书特别附有学习光盘一张，将大量的精美图片和扩充内容以新颖的展示方式奉献给读者。

本书可作为高等师范院校地理教育专业以及高等院校资源环境、农林水保、城建规划、地理信息系统和地质等相关专业的本科生教材，亦可供科研工作者和中学地理教师阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

自然地理学/吴成基主编. —北京: 科学出版社, 2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-022069-1

I. 自… II. 吴… III. 自然地理学-高等学校-教材 IV. P9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 101631 号

责任编辑: 郭 森/责任校对: 钟 洋

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>

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008 年 12 月 第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2008 年 12 月 第一次印刷 印张: 21

印数: 1—4 000 字数: 402 000

定价: 36.00 元 (含光盘)

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

# 前 言

本教材是为高等师范院校地理教育专业和其他与自然地理有关的专业（如地质勘察、水利、建筑、道路工程、气象、农林、地理信息系统等专业）编写的自然地理学教材。目的是对学生进行自然地理入门教育，使其认识各种自然地理现象的一般概念、成因和特征及相互间的紧密联系，提高对自然地理空间规律性的理解，能够结合实际分析各种常见的自然地理现象，对各种人文现象与自然地理环境的关系进行科学探讨，掌握好后续课程学习和今后工作所必需的自然地理学基本理论和知识体系。

本教材特点包括以下几点：

1) 考虑到师范院校地理专业对自然地理学课程的要求，本教材摒弃了以往自然地理学教材大而全、深而广的特点，尽量突出重点、选取精华、适当扩充、加强实践。本教材在保持部门自然地理学内容的系统性和完整性的前提下，强调两点：一是强调自然地理要素之间的联系，并注重对一种自然地理现象的综合分析，如河流水文与地貌的关系、地貌与构造的关系、植被群落与气候土壤的关系；二是强调人与自然地理过程的协调。在目前教学实践的基础上探讨了各要素间的联系，寻找各要素间的衔接点。

2) 适当拓宽讲课内容。如增加人与自然地理环境关系和生态环境系统等内容；介绍新的学术观点，如在大地构造中加强对板块构造学的论述；加强实践环节和自然地理知识的综合运用；从整体性和系统性观点出发，为提高学生对自然灾害的认识，进行灾害忧患意识教育，本教材特意将各种自然地理灾害图文编入配套光盘，有利于揭示各灾害之间的联系，并将其作为一个灾害系统进行研究。

3) 本教材专门配备学习光盘。我们将大量的图片资料和部分知识延伸及扩充的内容载入光盘以补充教材。通过野外调查和网络收集的大量自然地理图片，同时建有自然地理学教学网站 (<http://www.dilikexue.cn>)，给学生提供了加深理解和扩充知识的空间，而新颖、生动、活泼的教材更能激发学生学习的积极性。光盘中引用和参考了来自地理学界同仁和互联网中的许多资料，尽量注明出处，难免有疏漏之处，特在此一并表示感谢。

本教材重点介绍了地壳的物质组成、地质构造、大地构造学说、大气运动、大气环流的模式、主要的天气系统、气候成因与气候类型、水循环、河流的补给及河川径流的形成和变化、基本的地貌类型及成因、土壤的基本性质、土壤形成的影响因素与主要成土过程、生物与环境、生态系统的组成和特征、生态平衡与生态失调的基本原理、自然地理环境的整体性和地域分异。

自然地理学课程的难点表现在三个方面。一是课程涉及一系列四维空间概念的建立及据此对大量自然地理问题进行的思维分析,如地质构造形态、地貌形成和演化、大气运动和气候变化、生态系统的演变等。初次学习自然地理学的学生因缺乏空间思维能力仅靠课堂学习不容易领会,可通过教材中的思考题和作业题练习,并结合实践,比如在学期中间安排一次短途野外自然地理现象认识实习,学期末安排野外自然地理实习,对抽象的理论和知识形成感性认识,同时,本教材配备有大量的图片以辅助教学。二是课程涉及自然地理现象的成因机制,如板块构造学的地幔对流机制、地槽地台学说的机制、成土过程以及大气环流产生机制等,掌握这些机制常常需要较广泛而深刻的理科知识,许多学生因知识储备不够而对此不能很好地理解。因此本教材对这些内容的阐述力求深入浅出,避免太专太深。三是关于自然地理的综合分析,受惯性的、孤立单一的思维模式的影响,特别是在学习自然地理各要素的知识体系结构后,学生在综合分析自然地理环境的整体性、地带性分异规律、非地带性分异规律时容易显得被动。因此本教材始终贯穿自然地理要素之间联系的观点,并配有一些综合思考题,例如综合大地构造、地形的影响对大气环流进行分析,以培养学生综合思维分析问题的能力。

本教材是集体劳动的产物,是多年来教学实践的总结和智慧的结晶,是在陕西师范大学自然地理学国家级精品课程建设的基础上完成的。编写者中既有具多年教学和科研实践经验的老教授,亦有年轻的博士和富有教学经验的青年教师。这样的作者队伍使得本教材既有深厚的科学积淀又有丰富生动的内容和新颖的教学手段。编写组在教材编写过程中广泛参考了前人编写的相关教材的精华内容和许多经典图表,并将其按照本教材的要求进行了结构调整和内容简化或完善充实,所参考的文献均已在相应的内容后注明。本教材正是在前人构建的知识根基上完成的,这些知识给予编写组很多重要的帮助和有益的启示。教材的编写还始终得到陕西师范大学教务处的大力支持,其中陕西师范大学董婕、刘护军副教授审阅了部分章节,董治宝教授提供了部分照片,西安青鸟制图公司绘制了插图。在教材出版之际,编写组对他们一并表示深深谢意。

各章执笔人为:序言、第一章,吴成基;第二章,陈林;第三章,吴成基;第四章,陶建军;第五章,王石英、吴成基;第六章,陈林;第七章,查小春;第八章,鲍锋;第九章,刘胤汉;自然地理光盘,主要由薛滨瑞、吴成基、袁开国、董正龙、杨文梁、孙稷等编制。全书由吴成基统编。

限于作者水平,本书难免存在不足之处,请读者不吝赐教。

《自然地理学》编写组

2008年8月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 自然地理学的内容及研究任务 .....	1
第二节 自然地理环境 .....	1
<b>第二章 地球</b> .....	4
第一节 地球的宇宙环境 .....	4
第二节 地球的形状、大小和地理坐标 .....	14
第三节 地球的运动 .....	20
第四节 地球的圈层结构 .....	34
<b>第三章 地壳</b> .....	43
第一节 矿物 .....	43
第二节 岩石 .....	46
第三节 地壳的变动 .....	59
第四节 大地构造学说简介 .....	71
第五节 地壳演化简史 .....	85
<b>第四章 气候</b> .....	100
第一节 主要气候要素变化的物理基础 .....	100
第二节 气候形成的影响因子 .....	116
第三节 气温和降水的水平分布及气候的分类 .....	132
<b>第五章 地貌</b> .....	141
第一节 地貌成因与地貌类型 .....	141
第二节 流水地貌 .....	144
第三节 岩溶地貌 .....	157
第四节 冰川与冰缘地貌 .....	162
第五节 风沙地貌与黄土地貌 .....	170
第六节 海岸地貌 .....	179
第七节 构造地貌 .....	184
<b>第六章 海洋和陆地水</b> .....	192
第一节 地球上的水循环与水量平衡 .....	192
第二节 海洋水 .....	197
第三节 河流水 .....	209

第四节 地下水·····	228
<b>第七章 土壤</b> ·····	238
第一节 土壤的基本性质·····	238
第二节 土壤的形成和发育·····	250
第三节 土壤分布和主要类型·····	259
<b>第八章 植被</b> ·····	271
第一节 植被与环境·····	271
第二节 植物群落·····	282
第三节 主要陆地植被类型·····	290
第四节 植被分布规律·····	299
第五节 植被与生态系统·····	304
<b>第九章 综合自然地理</b> ·····	312
第一节 综合自然地理环境的整体性·····	312
第二节 综合自然地理环境的地域分异规律·····	318
<b>主要参考文献</b> ·····	326

# 第一章 绪 论

## 第一节 自然地理学的内容及研究任务

地球是一个有生命的不断变化发展的星球，促使其变化的是自然环境要素。这些要素构成地球的岩石圈、水圈、生物圈、土壤圈和大气圈五大圈层，成为人类生存和社会发展的基础。自然地理学就是研究这些环境要素的形成、发展、形态特征以及它们之间的相互作用、相互影响的科学。

自然地理学分为两大部分。其一是部门自然地理学，它从成因、结构、功能和物质迁移、能量转换、时空分布规律等方面对地球表层自然地理环境各个要素进行研究。其二是综合自然地理学，它以研究各种自然环境要素相互联系为基础，阐明自然地理环境的整体性和相关性。

自然地理环境为人类活动构建了大舞台，当前人类各种经济和社会活动无不与自然地理环境密切相关。环境的科学搭配为人类提供了一个舒适的生存空间。来自于太阳的光能是地球各环境因素形成发展的动力，也是地球上万物生长之源，它和大气、水、土、生物、矿产资源构成人类生存之本。人类从自身的发展历程中体会到自然地理环境的重要，因此自然地理学的研究必将始终与人类活动紧密相连，始终以为人类认识和解决自然地理问题服务为宗旨。

同时，自然地理环境形成的灾害性事件和人类自身对环境破坏产生的环境报复事件日益对人类造成巨大的伤害。因此，自然地理学还将发挥学科特点，研究自然环境对人类的不良影响机制，特别是在人类活动影响下的自然环境的负面反馈和表现特征，并寻求解决和防治策略。随着人类对自然环境的影响日益加剧，这种研究在自然地理学中的位置愈显重要。

人口、资源、环境三者是矛盾统一体，是当今人类社会发展的重大问题。现代自然地理学围绕这些问题，以可持续发展理论为指导，开展自然资源开发利用、生态环境保护治理、自然灾害防治、土地合理利用、区域发展规划等研究。这为学科发展注入活力，也为自然地理学更贴近实际、解决民生问题开拓了天地，扩展了自然地理学的研究范围。

## 第二节 自然地理环境

### 一、自然地理圈关系

自然地理研究的舞台是岩石圈、水圈、生物圈、土壤圈和大气圈五大圈层。这是一个相互作用、相互影响、紧密结合的开放体系。亿万年来，它们之间进行



着极为频繁的物质交换和能量转换。如大气圈与其他圈进行的氧、碳、氮、硫等元素的交换，水圈中各种水体的水循环过程。

自然地理要素之间关系十分密切，任何一个要素都不是孤立存在的，其形成发展与其他要素相联系。如地壳运动、地貌差异引起气候的变化，而气候的变化又是生物界发展演化的基础，异常气候还引发洪水、暴雨、泥石流、滑坡等地质灾害。自然地理学正是通过综合分析来阐明这些关系。

各自然地理圈的物质能量交换传递过程，促使着自然地理环境发生各种有利或不利于人类的演变，并形成各种各样的原生或人为的环境地质问题。

自然地理学将研究组成自然地理环境各要素的特征、结构、形成、发展以及对环境的影响和它们之间的相互作用规律、自然地理环境的地域分异规律。为在人类发展与环境的矛盾中寻求平衡和支持点以及为区域开发整治和防治灾害提供科学依据，最终达到人地和谐。

## 二、人与自然地理环境的关系

人与自然地理环境的关系可简称为人地关系。人类自诞生以来，就一直生活于自然地理环境之中。自然地理环境为人类提供了丰富的资源和生存空间，维持着人类的发展。

资源开发与环境的协调发展是人类社会发展的永恒主题。人类主动地改造自然，使之向人类需求的方向发展。许多宏伟的工程如防护林绿化工程、防风固沙工程、防洪工程等都是在维护大自然平衡、力求使生态环境得以改善的前提下进行的，都极大地促进了人类社会发展和生产力的提高，这无疑是一种积极的良性活动。

因此，正像每时每刻需要呼吸一样，人类一刻也离不开自然地理环境。自然地理环境是人类休养生息的家园，是人类的母亲。正如恩格斯所说：“人本身是自然界的产物，是处在他们的环境中并且和这个环境一起发展起来的。”

在人地关系中，人处于主动的地位。人的能动性一方面表现在科学合理利用自然地理环境，同时通过改造使不利的自然地理环境向有利于人类的方向发展。但另一方面，由于世界工业化进程的加快、人口的飞速增长，人类对自然地理环境的改造常超出了生态环境允许的程度，使自然地理环境恶化，最终给人类自身发展带来不利的影晌。如：乱垦滥伐、破坏植被引起水土流失和沙漠化；工程开挖破坏边坡稳定性引起块体移动；开矿、修路乱弃废渣堵塞河道加剧了洪水灾害；超采地下水引起地面沉降和地裂缝灾害；工业废水对地表和地下水体污染等。这些都加剧了对大自然的破坏，使全球资源日益枯竭，环境恶化，生态平衡失调，自然灾害频频发生，大自然对人类的惩罚日益明显。

因此，在资源开发的同时保护好自然地理环境，是人类在经济发展中面临的重要任务，是一项贯穿于整个人类发展进程中的长期工作。我国历史上的一些著

名的学者都对人与自然地理环境的关系做过阐述。老子曰“天之道损有余而补不足”，墨子曰“兴天下之利，除天下之害”。这些辩证唯物论思想表达了古人朴素的环境保护主张，摆正了人在自然界中的位置，也深刻揭示了人与自然的辩证关系，令人深思。

## 第二章 地 球

### 第一节 地球的宇宙环境

#### 一、宇宙和天体

##### (一) 宇 宙

宇宙 (universe) 是空间和时间的统一, 是对物质的存在、分布和变化发展的总称, 是“普遍、永恒的物质世界”。“普遍”表示物质在空间上分布的广延性; “永恒”表示物质运动在时间上的连续性。

宇宙间的物质以各种形态存在着: 有的是聚集态, 构成各类星体; 有的呈弥散态, 构成星云; 还有弥散于广漠的星际空间, 极其稀薄, 称星际物质。宇宙间所有这些物质, 统称天体 (celestial bodies)。宇宙是一个巨大无比的物质世界, 这个物质世界是独立于精神世界之外的客观实体, 其中包含着无数的天体和极其广阔的空间。它的表现形式是大小不等的、性状不同的、等级高低悬殊的天体。按照系统论的观点, 宇宙是个有序系统, 是完整统一的总系统, 而且这个系统是多级的、层次分明有序的、相互联系制约的系统。

##### (二) 天 体

#### 1. 恒星

恒星 (star) 是由炽热气体组成的, 能够自身发光发热的球形或类似球形的天体。恒星是宇宙间最主要的天体, 太阳就是一个普通的恒星。恒星都拥有巨大的质量和体积, 有很高的温度, 会源源不断地向外释放能量。一切恒星都在不停地运动着, 只是由于距离我们十分的遥远和观察的时间相对短暂, 才感觉它们是恒定不动的。

#### 2. 行星

行星 (planetary) 是环绕恒星运行, 自身不发出可见光的天体。由于距我们较近, 它们在太空的位移明显可察, 所以称为行星。一般行星的质量都不大, 只有太阳的千万分之一。地球就是一个行星。多个行星围绕一个共同的恒星运动, 构成一个系统, 该系统以该恒星为核心, 这个系统称为行星系。太阳系就是一个行星系。

#### 3. 卫星

卫星 (satellite) 是质量比行星更小, 环绕行星运动并随着行星绕恒星运动

的天体，其本身也不发光。至今人们也仅是观察到太阳系内的卫星。截至 2007 年底，除水星和金星没有卫星外，其他的太阳系行星共发现有 165 颗卫星。卫星及其围绕的行星构成卫星系，如地月系。

#### 4. 小行星

小行星 (asteroid) 是太阳系内沿一定轨道环绕太阳运动的小天体。小行星的轨道绝大多数集中在火星和木星的轨道之间，体积很小，质量极轻。大多数小行星是一些形状很不规则、表面粗糙、结构松散的硅酸盐石块，有的含碳较多，有的有较多的金属成分。

#### 5. 彗星

彗星 (comet) 是质量很小，体积很大的雾状天体。当它出现时，常常拖着一条发光的长尾巴，所以又称之为“扫帚星”。它主要由冰物质组成，以圆锥曲线轨道绕恒星运行。当它靠近恒星时，冰物质因受热融化，蒸发或升华，并在恒星粒子流的作用下拖出尾巴。彗星在轨道上运动，只有在经过近日点前后，人们才能观测到。看到彗星有尾巴的时间更短，通常只有几天或几个月。只有很亮的彗星才能为肉眼所见，其余只能在望远镜中观测。据统计，已有观测记载的彗星有 1800 多颗，去掉重复出现的仅有 1600 多颗。其中最负盛名的是哈雷彗星。

#### 6. 流星

在行星际空间存在的微小尘粒和固体块叫流星体。流星体经过地球附近时，受地球引力作用而改变轨道。其中一些流星体以每秒 30~60m 或更高速度进入地球大气层，与地球大气摩擦生热燃烧发光，在晴夜天空里表现为一道明亮光迹，称为流星 (meteor)。绝大部分流星在到达地面以前就已完全烧毁，少数落到地面上即成为陨星。陨星也称陨石 (meteorite)，是质量巨大的流星体进入地球大气层后，来不及化为灰烬而坠落地面的残余部分。其中，以铁、镍成分为主的称为铁陨星；以硅酸盐为主的称为石陨星；两者大致相等的称为石铁陨星。

#### 7. 星云

星云 (nebula) 是宇宙间云雾状的天体，由气体和尘埃组成。其成分与恒星差不多，主要成分是氢，其次是氦和碳、氧、氟、镁、钾、钠、钙、铁等。一般它们的体积和质量较大，密度较小，形状不一，亮暗不等。以往把星云分为河内星云和河外星云两种。河内星云实质就是“星云”，是银河系内的星际物质，称为银河星云；河外星云就是现在所说的河外星系，它们虽然外观像星云，但实际上是由亿万颗恒星、星云和星际物质组成的独立而庞大的恒星系统，简称“星系” (galaxy)。

除了以上这些能被观测到的天体之外，星际空间并非是真空的。在那些所见天体之间，充满了极其稀薄的气体和极其少量的尘埃，还有无孔不入的星际磁场和宇宙线，天文学家统称它们为“星际物质”。它们的密度极小，比地球上的真空还要空。

## (三) 天体系统

### 1. 天体系统概念

宇宙中存在着无数的各式各样的天体，它们彼此相互影响。在引力的作用下，邻近的天体会集结在一起，组成互有联系的系统，这就是天体系统。天体系统有大有小。到目前为止，人类所认识的最低一级的天体系统，是由一颗行星与一颗或多颗卫星所组成的系统，如由地球与月球所组成的地月系。在太阳系内，这样的天体系统已发现不少，像火星、木星、土星、天王星、海王星等，都拥有卫星。比地月系这样的天体系统高一级的天体系统，是由一颗恒星与若干行星及其卫星所组成的天体系统。如太阳系就是由太阳及其行星和卫星及小天体等组成。比太阳系这样的天体系统再高一级的称为星系，它是由大量的恒星、星云和星际物质所组成。

### 2. 银河系

银河系是一个拥有 1500 亿颗恒星和大量星际物质组成的普通星系。如图 2.1 所示，银河系里的绝大多数恒星都密集在一个扁球状的空间范围内，形似

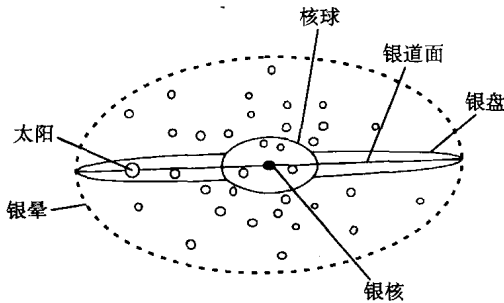


图 2.1 银河系结构示意图

铁饼，称银盘 (galactic disk)。银盘平面方向的直径约 8 万光年 (近年研究为 8.5 万光年，早期为 10 万光年)，中心厚度约 1 万光年，边缘部分的厚度约 1000~6000 光年。太阳位于银河系银盘中心平面——银道面附近，距银心约 2.4 万光年。晴朗无月的夜晚看到的银河就是银盘在天球上的投影。包围在银盘的外围稀疏的恒星等天体构成一个圆

球状的空间区域，称为银晕 (galactic halo)。银晕之外，还有一个大致呈球形的射电辐射区，称为银冕 (galactic corona)。到目前为止，已经发现了 10 亿多个类似银河系的星系，这些类似于银河系的星系，统称为河外星系。

## 二、太阳和太阳系

### (一) 太阳概况

太阳是太阳系唯一的恒星，也是距地球最近的恒星，太阳与地球的平均距离为 1.496 亿 km。近年来，人们用雷达测定金星与地球的距离，进而推算出日地距离的最新值为 1.495 978 92 亿 km。日地平均距离在天文学上被用作太阳系内度量长度的单位，叫天文单位 (astronomical unit，简称为 A. U.)。1976 年国际

天文学联合会确定，1天文单位为1.495 978 70 亿 km。

经测算，太阳的半径为69.599 万 km（约为70 万 km），约为地球半径的109 倍。由此可以算出：太阳表面积是地球表面积的12 000 倍；太阳体积是地球体积的130 万倍，为太阳系所有行星体积总和的600 多倍。

太阳是太阳系的中心天体。经测算，太阳的质量为 $1.989 \times 10^{30}$  kg，相当于地球质量的33.3 万倍，占太阳系总质量的99.86%。太阳以其巨大的质量产生的巨大的引力维系着一个庞大的天体系统——太阳系的存在。

太阳的平均密度为 $1.409 \text{g/cm}^3$ ，约为地球平均密度（ $5.52 \text{g/cm}^3$ ）的1/4。太阳的密度各部分差异悬殊，外部密度很低，越靠近核心密度越大，核心的密度可高达 $160 \text{g/cm}^3$ 。

太阳以光能的形式把自己的一部分热能转移到地球上。太阳射出的光能巨流，我们称为太阳辐射。大半个世纪以来，人们精密地测定了太阳辐射的能量。根据长期积累的观测资料，平均说来，在日地处于平均距离、太阳光垂直照射并排除大气影响的条件下，地面上每平方厘米的面积每分钟所接受的太阳辐射能为1.97cal，即 $1.97 \text{cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ 。此值称为太阳常数，以热量单位表示，约为 $8.25 \text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ 。

太阳的温度为5770K，即约 $5500^\circ\text{C}$ 。由于此温度是根据太阳辐射推算的，而太阳辐射来自它的光球，因此，这个温度只是太阳的表面温度。太阳核心的温度高达 $1.5 \times 10^7 \text{K}$ ，这是整个太阳最高温度的所在。这样的条件使其中心区发生氢核聚变，产生巨大的能量，成为太阳的能源。

通过对太阳的光谱分析，可知道太阳的化学组成主要是氢和氦，两者占绝大部分，其他是一些较重的元素。按质量计算，氢约占71%，氦约占27%；其他元素只占2%，主要为碳、氮、氧和各种金属。

## （二）太阳的基本结构

太阳是个炽热的气体大火球。各种间接和直接的资料表明，太阳从核心向边缘可以分为核反应区、辐射区、对流区和太阳大气几个组成部分（图 2.2）。

### 1. 核反应区

从太阳中心至大约 $0.25 R$ 的区域。该区半径只有太阳的1/4，体积约占太阳的1/64，但质量占太阳的一半以上，具有高温、高压、高密度的特点，是太阳的产

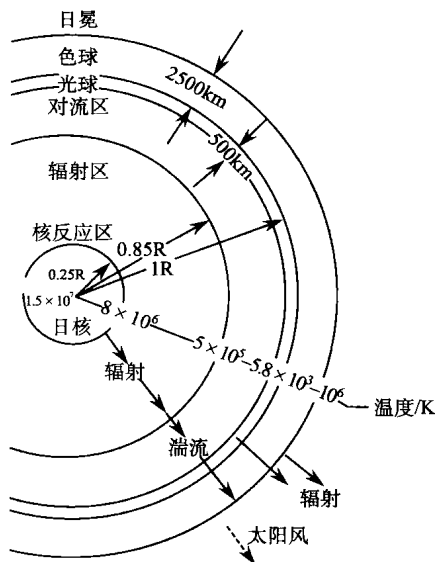


图 2.2 太阳球体的分层结构

能区，维持着连续不断的太阳辐射。

## 2. 辐射区

在核反应区的外面是辐射区，它的范围为  $0.25R$  到  $0.8R$  的区域。从太阳核心产生的能量通过本区以辐射的形式传输出去。能量在从内到外的辐射转移中，频率逐渐降低，变为 X 射线、紫外线，最后主要以可见光的形式和能量更低的其他形式向外辐射。

## 3. 对流区

辐射区往外至太阳表面附近是对流区（也叫对流层），一般认为厚约 15 万 km。由于外层氢的不断电离，对流层内气体热容增加，流体静力平衡受到破坏，产生流体的流动。能量主要靠对流向外传播。

## 4. 太阳大气

在对流区之外，是稀薄的太阳外层气体，又称太阳大气，其性质主要由观测来确定。按不同的物理性质，太阳大气又可分为光球、色球和日冕三个层次。

### (1) 光球层

太阳大气的最下层称为光球层 (photosphere)，就是我们肉眼看到的明亮的太阳圆盘。它实际上是一个非常薄的发光球层，其厚度约为 500km。我们接收到的太阳辐射几乎全部是由这一薄层发射的。

在光球层表面最显著的现象是经常出现太阳黑子和光斑。

1) 太阳黑子：太阳黑子 (sunspot) 是光球层上一种比周围亮度稍低的黑暗“斑点”。它是光球上的漩涡，是太阳物质大规模运动所造成的。因其温度较一般光球低一千多度，在明亮光球的反衬下显得发黑。黑子有大有小，大的比地球直径还要大，小的直径  $2\sim 3\text{km}$ 。黑子有生有灭，有时多，有时少；有时单个存在，有时成对成群出现。其寿命为几小时到几个月。19 世纪中叶，发现黑子的消长大体上有一个平均为 11 年的周期。当黑子极多时，表明太阳活动特别激烈。太阳黑子是太阳活动的主要标志。

2) 光斑：光斑 (spot) 是与黑子相反的一种光球现象。它是光球外层的较热气团形成的明亮“斑点”，一般出现在光球的边缘和太阳黑子附近。它与黑子的关系非常密切，常常相互伴随。有黑子，其附近必有光斑。光斑比黑子先出现，平均寿命为 15 天。

### (2) 色球层

在光球上面的太阳大气，叫色球层 (chromosphere)，其厚度约  $2000\sim 10\,000\text{km}$ 。色球的亮度只有光球的万分之一。平时由于光球的强烈光线的影响，肉眼看不到这层气体。只有在发生日全食时，观测者才能用肉眼看到太阳视圆面周围的这一层气体呈玫瑰色显示出来，故名色球。

由于磁场的不稳定性，色球经常产生激烈爆发的耀斑 (solar flare) 以及与耀斑共生的日珥 (solar prominences) 等。

1) 耀斑：耀斑亦称色球爆发，是太阳色球层大气极小区域内发生的爆发性能量释放现象，在仪器观察中表现为特别明亮的斑点。耀斑的寿命很短，平均约4~10分钟。它通常出现在黑子群上空及其附近。

2) 日珥：日珥是从色球层不断喷射出来的火焰状物质，其形态绰约多姿，千变万化。日珥上升的高度可达几万甚至一百多万千米，然后落回日面或脱离太阳引力消失在宇宙空间。

### (3) 日冕层

日冕层 (solar corona) 在色球层之上，是愈来愈稀薄的太阳大气的最外层，也是最厚的一层。它从色球边缘向外伸展到几倍太阳直径那么远的地方。日冕的亮度比色球更暗，平时肉眼也看不见，必须用日冕仪或者在日全食时才能看见。日全食时看到的日冕呈银白色，形状不规则，略呈圆形或椭圆形。

## (三) 太阳系的组成特征

太阳虽然是太阳系的中心天体，占有太阳系质量的99.86%，但太阳系毕竟是由一个庞大的系统构成的。

### 1. 太阳系组成

太阳系包括太阳、行星及其卫星、小行星、彗星、流星体以及行星际物质等。

#### (1) 太阳系中的行星

太阳系中的行星是围绕太阳旋转的天体。行星本身一般不发光，以表面反射太阳光而发亮。在主要由恒星组成的天空背景上，行星有明显的相对移动。16世纪中叶，哥白尼日心宇宙体系建立后，人们一直认为水星、金星、地球、火星、木星和土星是太阳系中的标准行星。18世纪后，天文学家陆续又发现了天王星和海王星，使太阳系的范围不断扩大。1930年，美国天文学家汤博发现了冥王星。由于当时错估了冥王星的质量，以为冥王星比地球还大，所以将其划归为大行星，从而使太阳系的“行星”变成了九颗，称为“九大行星”。离太阳最近的行星是水星 (mercury)，以下依次是金星 (venus)、地球 (earth)、火星 (mars)、木星 (jupiter)、土星 (saturn)、天王星 (uranus)、海王星 (neptune) 和冥王星 (pluto) (图 2.3)。

然而，位居太阳系九大行星末席70多年的冥王星，自发现之日起其行星地位就备受争议。它个头太小，轨道太扁，而且轨道平面相对于地球轨道平面有很大的倾斜，而不像其他行星轨道基本上与地球轨道位于同一平面中，似乎是太阳系行星家族的一个“异类”。

近几十年来，不断提高的望远镜技术使得天文学家在太阳系以外发现了更多天体。一些新的天文发现使“九大行星”的传统观念进一步受到质疑。2005年发现的“2003UB313”，就是一个直径和质量都超过冥王星的天体。而冥王星的



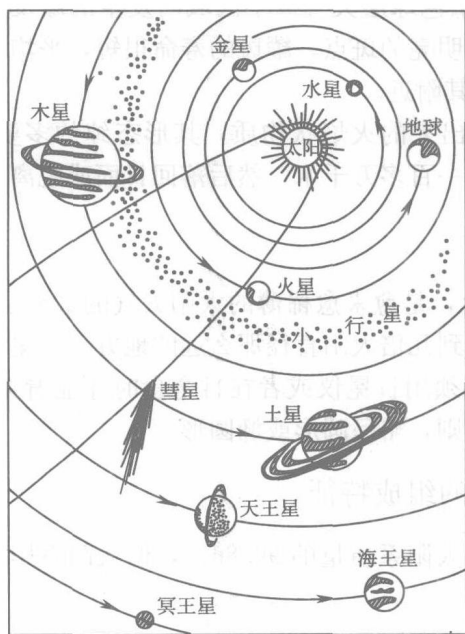


图 2.3 太阳系的组成

质量也明显小于其他传统行星，甚至小于地球的卫星月球。这一切，都使冥王星的行星地位受到挑战。2006年8月24日，国际天文学联合会26届会员大会通过了“行星”的新定义：“行星”指的是围绕恒星运转，自身引力足以克服其刚体力而使天体呈圆球状，并且能够清除其轨道附近其他物体的天体。按照新的定义，只有符合以下3个条件，才能称为行星：

1) 必须是围绕恒星运转的天体。本身既不是一颗恒星也不是一个行星的卫星。

2) 必须有足够大的质量。能依靠自身的重力，通过流体静力学平衡，使自身的形状呈圆球状。

3) 必须是其所在区域具有统治性的天体。不受到轨道周围其他物体的影响，能够清除其轨道附近的其他物体，所在轨道范围的邻里关系清楚。

按照这一标准，太阳系行星包括水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星，它们都是在1900年以前被发现的，冥王星显然被排除在外。

### (2) 太阳系中的矮行星

对于太阳系中那些围绕太阳运转，与行星同样具有足够的质量，呈圆球状，但不能清除其轨道附近其他物体，且不是卫星的天体，国际天文学联合会把它们定义为“矮行星”。根据新定义，冥王星是一颗矮行星。另外还有“2003 UB313”、原为1号小行星的谷神星，总计三颗。

矮行星（亦称侏儒行星）是国际天文学联合会重新对太阳系内天体分类后新增加的一组独立天体，其定义仅适用于太阳系内。简单来说矮行星介乎于行星与太阳系小天体这两类之间，“矮行星”不是行星。但目前天文学家对此类天体的定义仍有争论。

### (3) 太阳系中的小天体

太阳系内其他围绕太阳运转但不符合行星和矮行星条件的物体被统称为“太阳系小天体”。包括绝大多数太阳系小行星、绝大多数海王星轨道外天体、彗星和其他小天体在内。

## 2. 太阳系行星分类

综上所述，太阳系的主要成员，除太阳外，目前国际天文学联合会将它们归