



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 煤矿地质学

MEIKUANG DIZHIXUE

朱炎铭 郭英海 曾 勇 李壮福 编



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 煤矿地质学

朱炎铭 郭英海 曾 勇 李壮福 编

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

全书内容共分为三部分。基础地质编,主要介绍了地球概述和地质作用,矿物、岩石和矿床,地层、古生物和地史,煤田地质,构造地质,煤田地质勘探。煤矿地质编,重点叙述了煤矿地质工作,煤矿建设和生产中常见的地质问题,水文地质和煤矿防治水,煤矿环境地质,煤矿地质信息化工作。附录部分,详细介绍了《煤矿地质工作规定》附录的内容和基本地质图件的认识和阅读。

本书是普通高等学校采矿工程、测绘工程、建井工程、矿井通风与安全及露天开采等非地质专业的地质教材,也可作为有关大专成人教育的教学用书,还可供从事煤矿生产的地质和采煤技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

煤矿地质学/朱炎铭等编. —徐州:中国矿业大学出版社,2016.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1316 - 7

I. ①煤… II. ①朱… III. ①煤田地质—高等学校—教材 IV. ①P618.110.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 234495 号



书 名 煤矿地质学  
编 者 朱炎铭 郭英海 曾 勇 李壮福  
责任编辑 潘俊成  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司  
开 本 787×1092 1/16 印张 25.25 字数 646 千字  
版次印次 2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷  
定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

# 前 言

国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局于2013年颁发的法规文件《煤矿地质工作规定》首次指出:煤矿地质工作,是指在原勘探报告的基础上,从煤矿基本建设开始直到闭坑为止的全部地质工作。同时,上述法规文件对煤矿地质工作的主要任务亦做出了明确的具体的规定——“研究煤矿地层、地质构造、煤层、煤质、瓦斯、水文地质等地质特征及其变化规律,开展地质类型划分”;“查明影响煤矿安全生产的各种隐蔽致灾地质因素,做好相应的预测预报工作”;“进行地质补充调查与勘探、地质观测、资料编录和综合分析,提供煤矿建设和生产各个阶段所需的地质资料,解决煤矿安全生产中的各种地质问题”;“估算和核实煤矿煤炭资源/储量以及煤矿瓦斯(煤层气)资源/储量,掌握资源/储量动态,为合理安排生产提供可靠依据”;“调查、研究煤矿含煤地层中共(伴)生矿产的赋存情况和开采利用价值”。这就从法律法规高度上为煤矿地质工作指明了方向,规范了任务,规定了方法。

煤矿地质工作在煤矿建设和生产中的作用不言而喻。可以说,煤矿地质工作是煤矿建设顺利开展和煤矿生产安全运行的基本保障,因此煤矿地质工作又被称为煤矿安全高效生产的地质保障系统或地质保障技术。煤矿地质学是地质学的一个重要分支,经过几十年的教学应用和现场安全生产的实际考验,现在已经发展成为一门重要的实践应用学科,煤矿地质学在煤矿设计、开拓掘进、采煤生产、煤矿安全(涉及瓦斯和煤与瓦斯突出、水文地质及煤矿防治水、矿井火灾、冲击地压、煤层顶板稳定性等防灾减灾方面)和煤共(伴)生矿产资源综合利用等方面发挥着显著作用,取得了巨大的经济效益和社会效益。

随着时代发展和社会进步的步伐,随着煤炭资源的开发向高产出、低消耗、高附加值、低投入的方向发展,以及煤炭的洁净利用技术和煤矿地质环境问题日益受到人们重视,现实对煤矿地质工作提出了更高、更新的要求,同时也为煤矿地质学的发展提供了广阔的发展空间。

本教材作为普通高等教育国家级规划教材选题,在编写过程中编者特别注意做到了与时俱进、把握时代发展的脉搏,着力突出现实教学安排和煤矿现场安全生产急需,努力宣贯三大“规定”和一大“规程”[即《防治煤与瓦斯突出规定》(2009)、《煤矿防治水规定》(2009)、《煤矿地质工作规定》(2013)、《煤矿安全规程》(2016年修订)],全面采用最新(现行)国家技术标准和行业标准,尽量收入最新的相关地质信息和技术,努力塑造本教材的鲜明时代特色。

本教材在宏观结构上分为“基础地质编”和“煤矿地质编”两大部分,另外加设了“附录”。作为煤炭普通高等教育非地质专业使用的地质教材,“基础地质编”的设置十分必要。它简明扼要地介绍了地球和地质作用,矿物、岩石和矿床,地层、古生物和地史,煤田地质,构造地

质,煤炭地质勘查等十多种经典地质学科知识,以便为煤矿地质学的教学乃至学生今后就业的专业实践打下坚实的地质理论基础。该部分教材内容的编写均照顾到了各个学科的完整知识体系,做到了既适合教学中选用又适合学生自学。而对于“煤矿地质编”的编写,则是在全面介绍煤矿地质工作的内容和方法、水文地质工作和煤矿防治水、防治煤与瓦斯突出、煤矿环境地质工作、煤矿地质信息化工作等主要内容基础上,重点叙述了煤矿地质工作的任务和解决煤矿建设及生产中常见的地质问题,显示出本教材的鲜明实用性和实践特征。另外,本教材设置的“附录一”和“附录二”也是教材中不可或缺的重要内容,具有不可替代的作用。

本教材体例科学、取材精当、学术前沿、内容丰富、文字流畅、图文并茂,突出了“三基”(基础理论、基础知识、基本技能)培养,具有鲜明的时代感和应用性,既适合作教学用书,又适合作学生自学的范本。

本教材的写作分工如下——第一章和第九章由郭英海编写;第二章、第七章、第八章、第十章由李壮福编写;第三章、第四章由曾勇编写;第五章、第六章、第十一章和附录由朱炎铭编写,最后由朱炎铭统稿定稿。

由于作者水平所限,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2016年8月

# 目 次

前 言 ..... 编者

## 基础地质编

第一章 地球概述和地质作用.....	3
第一节 地球的基本知识.....	3
第二节 地球的主要物理性质 .....	10
第三节 地球的层圈构造 .....	16
第四节 内力地质作用 .....	24
第五节 外力地质作用 .....	42
第二章 矿物、岩石和矿床.....	57
第一节 矿物 .....	57
第二节 火成岩 .....	78
第三节 沉积岩 .....	87
第四节 变质岩.....	102
第五节 矿床.....	108
第三章 地层、古生物和地史 .....	114
第一节 地层导言.....	114
第二节 古生物简介.....	124
第三节 地史概要.....	141
第四章 煤田地质.....	156
第一节 聚煤条件和成煤作用.....	156
第二节 煤的物质组成、性质和分类 .....	160
第三节 煤层、含煤岩系和煤田 .....	173
第四节 中国的聚煤期和聚煤区.....	179



第五章 构造地质	185
第一节 岩层的产状	185
第二节 褶皱构造	192
第三节 断裂构造	201
第六章 煤炭地质勘查	212
第一节 煤炭地质勘查的目的、任务和基本原则	212
第二节 煤炭地质勘查的阶段划分	213
第三节 煤炭地质勘查的技术和工程布置	215
第四节 煤炭资源/储量的分类	224
煤矿地质编	
第七章 煤矿地质工作	231
第一节 煤矿地质工作的原则和主要任务	231
第二节 煤矿地质类型的划分	231
第三节 煤矿地质补充调查和煤矿隐蔽致灾地质因素普查	235
第四节 煤矿地质观测和综合分析	236
第五节 煤矿地质各阶段的地质工作	240
第八章 煤矿建设和生产中常见的地质问题	246
第一节 煤层厚度变化问题	246
第二节 地质构造变化问题	250
第三节 火成岩侵人体问题	268
第四节 岩溶陷落柱问题	271
第五节 矿井瓦斯问题	275
第六节 地热问题	282
第七节 煤矿资源/储量管理问题	285
第九章 水文地质和煤矿防治水	295
第一节 地下水基础知识	295
第二节 矿井的充水条件	304
第三节 矿井水文地质观测和煤矿防治水	308
第十章 煤矿环境地质	319
第一节 煤矿环境地质研究内容	319
第二节 煤矿环境污染的因素和危害	320

---

第三节	煤矿地质环境的监测和质量评价·····	329
第四节	煤矿环境地质工作·····	334
第十一章	煤矿地质信息化工作·····	339
第一节	煤矿地质信息化工作·····	339
第二节	煤矿物探·····	340
第三节	数学地质·····	342
第四节	数字矿山·····	351

附 录

附录一	《煤矿地质工作规定》附录·····	359
附录二	基本地质图件的认识和阅读·····	369
参考文献	·····	392





基础地质编



# 第一章 地球概述和地质作用

## 第一节 地球的基本知识

地球是人类赖以生存和发展的家园。

从天文学角度看,地球是太阳系中一颗普通行星。然而地球却有其不平凡之处,它不但是太阳系八大行星中唯一存在生命演化和有高级思维能力人类的星球,也是唯一发生板块构造运动的星体。尽管人们从 20 世纪 60 年代初期开始关注探测地外文明信息,但迄今为止尚无可靠的科学依据能予以证实。因此,地球是宇宙中目前已知适合人类居住的唯一家园,是一颗与人类生存命运相关的最不平凡的星球(刘本培,2000)。

人类开采的各种矿产均赋存在地壳(地球表面的一层薄壳)之中。各种矿产的形成是地壳物质运动和演变的结果和产物。这些运动和演变并不是孤立进行的,而是与地壳内部和外部的物质及其运动,甚至与其他星体(特别是太阳)有着密切关系。

### 一、宇宙、银河系、太阳系

#### (一) 宇宙和天体

宇宙是由空间、时间、物质和能量构成的统一体,是一切指空间和时间的综合,是天地万物的总称,是整个物质世界。“宇”是指空间概念,它是无边无际的;“宙”是指时间概念,它是无始无终的。一般理解的宇宙是指我们所存在的一个时空连续系统,包括其间的所有物质、能量和事件。

人们对宇宙的认识与科学技术的发展密切相关。随着科学技术发展,人类对宇宙的认识范围不断扩大。在浩瀚宇宙,天文学家通过最现代化的观测仪器——当代最大的光学望远镜已可观测到 150 亿光年的遥远目标( $1 \text{ 光年} \approx 9.4605 \times 10^{12} \text{ km}$ ),这就是现今人类所能观测到的宇宙部分。在宇宙空间弥漫着形形色色的物质,如恒星、行星、气体、尘埃、电磁波等,它们都在不停地运动、变化着。

目前人类所观测到的宇宙范围称为总星系,其半径约为 150 亿光年。总星系内的星体并不是均匀分布的,一群一群的恒星组成旋涡状、椭圆状、透镜状及其他不规则形状,称为星系。而在可见宇宙 150 亿光年半径范围内,已证实存在约 500 亿个类似银河系的星系。星系有大有小,小的由几万亿个恒星组成,在银河系内存在 1500 亿~2000 亿个恒星,地球在已知宇宙中只不过是渺小的“沧海一粟”(刘本培,2000)。多数星系会组成更大的集团,成为星系群或团,它们还会聚集成更大的超星系团。

星系大小差异很大。椭圆星系直径在 3300 光年~49 万光年之间;漩涡星系直径在 1.6 万光年至 16 万光年之间;不规则星系直径大约在 6500 光年~2.9 万光年之间。星系的质量一般在太阳质量的 100 万~1 兆倍之间。星系内部的恒星在运动,而星系本身也在自转,

整个星系也在空间运动着。星系与星系之间的平均距离约为 1.6 亿光年。太阳所在的星系叫银河系,银河系以外的星系叫河外星系。

恒星是宇宙中最重要的天体。恒星是由炽热气体组成的、能够自身发光的球形或类似球形天体。构成恒星的气体主要是氢,其次是氦,其他元素很少。太阳是一颗典型、普通的恒星。拥有巨大的质量是恒星能发光的基本原因。在恒星与恒星之间存在着极其广大的空间,称为星际空间。弥漫于星际空间的极其稀薄的物质称为星际物质,包括星际气体和星际尘埃两类。

### (二) 银河系

在夏夜无月的晴空,人们常常在天空看到从北到南一条宽窄不一的银白色光带,自古以来人们将其称为银河。通过望远镜观察,原来它是由无数恒星密集组成的,每一个恒星就是一个遥远的“太阳”,太阳是其中一颗普通的恒星。所有这些恒星组成一个庞大的恒星系统,称为银河系。

银河系是太阳系所在的恒星系统,包括 1500 亿~2000 亿个恒星和大量的星团、星云,还有各种类型的星际气体和星际尘埃。它们形成一个具旋涡结构的形似“铁饼”的旋转体。其直径约为 10 万光年;中心厚度约为 1.5 万光年。总质量是太阳质量的 1400 亿倍。

银河系是一个旋涡星系,具有旋涡结构,由银球(银心)和包含旋臂的银盘组成(图 1-1)。银球直径为 1.3 万~1.6 万光年,其核心称为银核(或银心),其中恒星密集;包含旋臂的银盘是银球周围较为明亮的部分,展布如盘,表现为 4 条螺旋状的旋臂(最近研究表明主要的旋臂只有两条,另两条都未发育完全)从银河系中心均匀对称地延伸出来,银盘直径近 8 万多光年。

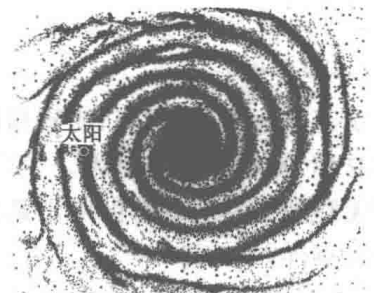
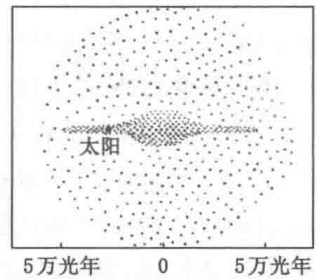
太阳位于一条叫做猎户臂的支臂上,距离银河系中心约 2.5 万光年,逆时针旋转(太阳绕银心旋转一周约需要 2.5 亿年)。

### (三) 太阳系

太阳系是指由太阳、行星及其卫星与环系、小行星、彗星、流星体和行星际物质所构成的天体系统及其所占有的空间区域。它是一个以太阳为中心、和所有受太阳引力约束的天体的集合体:8 颗行星(自内向外远离太阳依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星)、5 矮行星(谷神星、冥王星、阋神星、鸟神星、妊神星)、至少 69 颗已知的卫星和数以亿计的太阳系小天体(包括小行星、柯伊伯带的天体、彗星和星际尘埃)。这些星体在以太阳为主的万有引力作用下遵循自己的轨道和方式运动并相互影响,构成一个永不停息的行星系统,即太阳系(图 1-2)。

#### 1. 太阳

太阳系的中心天体,也是太阳系中唯一自己能发光发热的发光球体。它是距地球最近、与地球关系最密切的一颗恒星。太阳距地球平均 14 959.787 万 km;直径 139.2 万 km,为



银河系大小形状示意图  
(左边黑点表示太阳的位置)

图 1-1 银河系的大小形状示意图

(据《地球科学大辞典》,地质出版社 2006 年版)

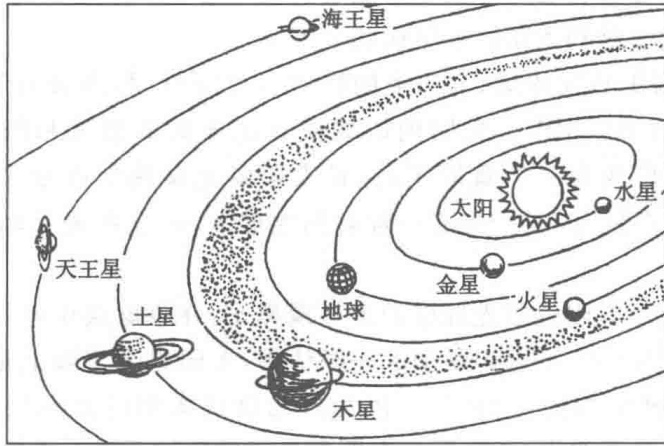


图 1-2 太阳系组成示意图 (据《地球科学大辞典》,地质出版社 2006 年版)

A——水星; B——金星; C——地球; D——火星; E——木星

地球直径的 109 倍。体积是地球体积的 130 万倍;质量为地球的 33 万倍。表面重力加速度为地球表面重力加速度的 27.9 倍,而密度却只有地球密度的 1/4。

太阳是一个高温炽热气体球,表面温度约为 5770 K。太阳时刻散发的巨大能源,是引起地球表面各种地质作用的主要能源,也是地球上生物得以生存和发展的源泉。组成太阳的物质大多是些普通气体。根据对太阳的光谱分析,得知太阳大气中有 73 种元素,其中氢约占 73%、氦约占 25%,其他元素占 2%。

太阳的结构从中心向外可分为日核(核反应区)、辐射层和对流层、太阳大气层(图 1-3)。人类能直接观测到的太阳是其大气层。太阳的大气层像地球的大气层一样,可按不同的高度和不同的性质分成各个层圈,从内向外分为光球、色球和日冕三层。

人类平常看到的太阳表面,是太阳大气的最底层,温度约为 5770 K。它是不透明的,因此不能直接看见太阳的内部结构。但天文学家根据物理理论和对太阳表面各种现象的研究,建立了太阳内部结构和物理状态模型。该模型已被对其他恒星的研究所证实。

太阳的日核区域半径是太阳半径的 1/4,约为整个太阳质量的一半以上。太阳核心的温度极高,达到 1500 万 $^{\circ}\text{C}$ ,压力极大,使得由氢聚变为氦的热核反应得以发生,从而释放出极大能量。这些能量再通过辐射层和对流层中物质的传递,得以传送到达太阳光球底部,并通过光球向外辐射出去。太阳中心区的物质密度非常高。太阳在自身强大重力吸引下,中心区处于高密度、高温和高压状态,是太阳巨大能量的发祥地。太阳中心区产生的能量的传递主要靠辐射。太阳中心区之外即辐射层。就体积而论,辐射层占整个太阳体积的绝大部分。

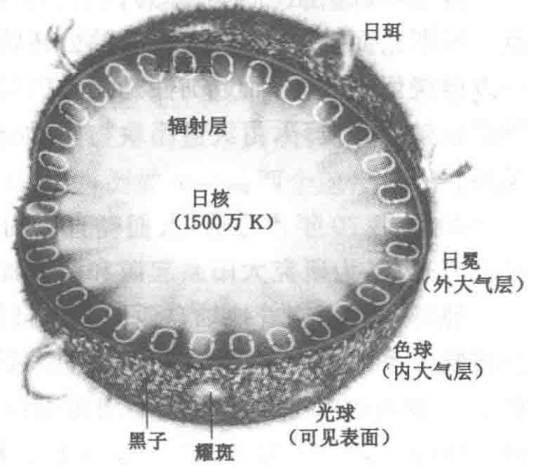


图 1-3 太阳的结构 (据全息艺术教育网)



太阳内部能量向外传播辐射层之外就是对流层。这一层气体性质变化很大、很不稳定,形成明显的上下对流运动。这是太阳内部结构的最外层。

太阳是一个高温炽热气体球,太阳上的物质不可能凝固,既没有岩石圈也没有水圈。太阳中心的压力可达  $10^5$  MPa。太阳内的物质在这样高的温度和压力条件下产生核反应,即由 4 个氢原子聚变为一个氦原子,这是太阳发光发热的能量来源。太阳能向周围连续地辐射能量,其中只有 22 亿分之一辐射到地球上,而这些能量却给地球以极大的生命力。

在太阳表面赤道及其附近的光球层中常出现黑子,在色球层中常见耀斑。太阳黑子是指在太阳的光球层发生的一种太阳活动。一般认为,太阳黑子实际上是太阳表面一种炽热气体的巨大漩涡,温度大约为  $4500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因为其温度比太阳的光球层表面温度低  $1000\sim 2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (光球层表面温度约为  $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),在明亮光球的反衬下看上去像一些深暗色的斑点。太阳黑子很少单独活动,通常是成群出现。黑子的活动周期为 11.2 年,活跃时会对地球的磁场产生影响,主要是使地球南北极和赤道的大气环流作经向流动,从而造成恶劣天气,使气候转冷。严重时会对各类电子产品和电器造成损害。

## 2. 行星

2006 年 8 月 24 日在捷克首都布拉格举行的第 26 届国际天文学(IAU)大会通过的决议规定:“行星,指的是围绕太阳运转、质量足够大且自身引力足以克服其刚体力而使天体呈圆球状、能够清除其轨道附近其他物体的天体”。在太阳系传统的“九大行星”中,只有水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星符合这些要求。冥王星由于其轨道与海王星的轨道相交,不符合新的行星定义,因此被自动降级为“矮行星”。

行星环绕恒星的运动称为公转,行星公转的轨道具有共面性、同向性和近圆性三大特点。所谓共面性,是指八大行星的公转轨道面几乎是在同一平面上;同向性,是指它们朝同一方向绕恒星公转;而近圆性是指它们的轨道和圆相当接近。在一些行星的周围,存在围绕行星运转的物质环,由大量小块物体(如岩石,冰块等)构成,因反射太阳光而发亮,称之为行星环。

20 世纪 70 年代之前,人们一直以为唯独土星有光环。之后人类相继发现天王星和木星也有光环,为研究太阳系起源和演化提供了新的信息。

地球一方面绕着地轴自西向东作自转,同时又绕太阳公转。地球绕太阳公转时,地轴与公转轨道平面斜交(目前其交角为  $66^{\circ}34'$ ),在公转轨道上运行。地球公转轨道全程长约 9.4 亿 km,地球约以  $30\text{ km/s}$  的平均速度在公转轨道上运行,公转一周需 365 日 5 时 48 分 46 秒。地球自转一周需 23 时 55 分 4 秒。根据长期观测结果,地球自转速度是不均匀的,一年中秋季稍快而春季稍慢(春、秋季就北半球而言)。从总的趋势看,地球的自转速度在逐渐变慢,但幅度极小,据过去 2000 a 的观测记录,大约每过 100 a 一昼夜要长 0.01 s。各行星的有关物理参数详见表 1-1。

根据行星离太阳的距离和行星的质量、体积、化学组成等不同参数,可将行星分为三种类型——类地行星:包括离太阳较近的水星、金星、地球和火星,具有体积小、质量小、密度大等共同特征,含重元素高,内部存在金属核;巨行星:指木星和土星,它们体积巨大、质量大但密度小,主要由氢、氦、氖等轻元素组成;远日行星:离太阳较远,有天王星、海王星,其体积、质量介于上述两类行星之间,主要由氮、碳、氧及其氢化物组成。

表 1-1 太阳系八大行星相关物理参数表

行星	平均质量		平均半径		扁率	体积与地球比	平均密度 /(g/cm <sup>3</sup> )	平均表面重力		逃逸速度 /(km/s)	卫星数
	g	与地球比	km	与地球比				m/s <sup>2</sup>	与地球比		
水星	0.318	0.0553	2433	0.38	0.029	0.056	5.43	3.578	0.36	4.17	0
金星	4.883	0.817	6053	0.95	0.000	0.857	5.26	8.874	0.90	10.36	0
地球	5.976	1.000	6371	1.00	0.0034	1.000	5.52	9.807	1.00	11.18	1
火星	0.642	0.108	3380	0.53	0.005	0.149	3.91	3.74	0.38	5.03	2
木星	1910	317.9	69758	10.95	0.066	1312.5	1.34	26.01	2.65	60.24	63
土星	568.4	95.2	58219	9.42	0.103	763.0	0.69	11.17	1.14	36.06	50
天王星	86.82	14.53	23470	3.68	0.070	49.99	1.24	10.49	1.07	22.19	29
海王星	102.7	17.18	22716	3.88	0.079	45.32	1.80	13.25	1.35	24.54	13

### 3. 矮行星

第 26 届国际天文学大会确认了矮行星的称谓和定义。决议对矮行星的描述如下——以轨道绕着太阳运行的天体；有足够的质量以自身重力克服固体应力，使其达到流体静力学平衡的形状（几乎是球形的）；未能清除在近似轨道上的其他小天体；不是行星的卫星，或是其他非恒星的天体。按国际天文学大会（IAU）最新数据，目前矮行星共有 5 颗——谷神星、冥王星、阋神星（齐娜星）、鸟神星、妊神星。

### 4. 卫星

卫星是围绕行星运行的天体，月亮就是地球的卫星。卫星本身不发光，而是反射太阳光，但除月球外，其他卫星的反射光都非常微弱。卫星在大小和质量方面相差悬殊，其运动特性也很不一致。太阳系中，除了水星和金星以外，其行星各自都有数目不等的卫星。

太阳系已知的天然卫星总数（包括构成行星环的较大的碎块）至少有 160 颗。木星的卫星最多，其中 63 颗已得到确认，至少还有 6 颗尚待证实。土星的卫星其次，目前已知 61 颗。卫星的大小不一，彼此差别很大。一些直径只有几千米大，例如火星的两个卫星，还有木星、土星、天王星外围的一些小卫星；一些卫星却比水星还大，例如土卫六、木卫三和木卫四，它们的直径都超过 5200 km。

### 5. 小行星

除八大行星、五矮行星、卫星之外，在火星与木星之间还分布有大量大小不等、形状各异的小行星，沿着椭圆轨道绕太阳运行，这个区域称之为小行星带。小行星的直径大多小于 70 km。估计小行星总数多达几十万颗，已正式编号的有 469 275 颗（截至 2016 年 7 月 31 日），有的轨道离地球很近，但总质量只有地球的万分之四。小行星除质量、体积微小外，相互之间物质成分的差异也很明显。

### 6. 彗星

彗星以其特殊的明亮长尾和周期性出现在夜空而引人注目。迄今已知的彗星约有 3939 颗（截至 2016 年 7 月 31 日），每年能观测到的彗星十几颗，其中新发现的约占 50%。彗星的轨道有抛物线、双曲线和椭圆三种类型，只有后一种椭圆轨道的彗星才能绕太阳公转，前两种一旦出现后即不再回到太阳系。彗星的质量、密度很小，远离太阳时只是一个由水、氨、甲烷等冻结的冰块和夹杂许多固体尘埃粒子的“脏雪球”。当接近太阳时，彗星在太



阳辐射作用下分解成彗头和彗尾,状如扫帚。彗尾部分物质极稀薄,密度只有地球大气的10~13倍。1910年哈雷彗星的彗尾曾“扫”到地球,地球上毫无异常现象。

7. 流星和陨石

行星际空间中的尘粒和固体块,以很高速度(72~11 km/s)闯入地球大气圈同大气摩擦燃烧而产生的光迹,称为流星。未燃烧尽的流星体坠落到地面,即为陨石。陨石的物质组成可区分为石陨石和铁陨石两大类,是人类直接获取并详细研究太阳系早期状态物质组分的宝贵材料。1976年3月8日降落在吉林市北郊的陨石雨,收集到100多块陨石,陨石总重约2700 kg,最大一块质量为1770 kg,体积为1.2 m×1.0 m×0.8 m,是世界上最大、最重的石陨石。

8. 行星际物质

太阳系内密度分布不匀,在地球轨道附近的平均密度为每立方厘米5个正离子加5个电子。

综上所述,地球处于宇宙之中,与其他天体既互相联系又互相影响。地球是太阳系的一颗行星,太阳系是银河系的一个组成成员,而银河系则是宇宙中千千万万个星系中的一个,而地球仅是宇宙中一颗微不足道的行星而已。然而,正是地球具备生命形成和发展的优越的自然条件并产生了人类,能够探索宇宙的奥秘。在目前的宇宙空间,尚未发现存在生命的其他天体,因此说地球在宇宙中是既普通又特殊的一个天体。

二、地球的形状和大小

人类居住的地球是一个不断地旋转的巨大球体,它一面自转同时又围绕着太阳公转,自转形成白天和黑夜,公转形成一年四季变化。

人们对宇宙的认识与科学技术的发展密切相关。自从1957年第一颗人造地球卫星发射后,已有多个航天器进入太空轨道,人类从卫星上拍摄到了地球的像片,随着科学技术的不断进步、现代航天技术的进一步发展,人类已经能够直接从太空观察地球。

事实确证,地球是一个以地轴为旋转轴的大致近球状的旋转椭球体(图1-4)。根据人造卫星轨道参数分析,得到了有关地球的一系列参数,地球北极比标准的旋转椭球体要凸出约10 m,南极则凹进约30 m;北半球的中纬度区稍稍凹进,南半球则稍稍凸出。地球的真实形状看来并不是一个规则的旋转椭球体,其表面形态略似“梨形”(严格地说高度应大于宽度)。

有关地球形状和大小的参数如下:

- 平均半径——6371.004 km;
- 赤道半径——6378.140 km;
- 极半径——6356.755 km;
- 赤道周长——40 075.04 km;
- 地球表面积—— $5.11 \times 10^8 \text{ km}^2$ ;
- 陆地面积—— $1.49 \times 10^8$  (占地球表面积的

29.2%);

- 海洋面积—— $3.62 \times 10^8$  (占地球表面积的

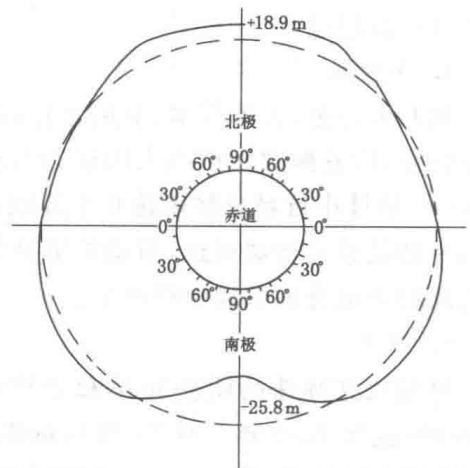


图1-4 梨形地球示意图

大地水准面(实线)和旋转椭球面(虚线)

70.8%);

地球体积—— $1.083 \times 10^{12} \text{ km}^3$ ;

地球质量—— $5.9742 \times 10^{24} \text{ kg}$ ;

地球平均密度—— $5.52 \text{ g/cm}^3$ ;

地球表面重力加速度—— $9.8062 \text{ m/s}^2$ 。

### 三、地球的表面特征

地球表面海和陆的分布是不均匀的,而且高低起伏不平。以海水面为界可以划分出海洋底部的洼地和大陆表面的高地两大地理单元。地球上海洋的总面积为 3.62 亿  $\text{km}^2$ ,约占地球总面积的 70.8%,而陆地只占 29.2%,即大约四分之三地球表面为海洋所覆盖。陆地平均高度是 860 m,海洋平均深度是 3900 m。地球上最高的山是我国与尼泊尔接壤的珠穆朗玛峰,海拔 8844.43 m,最深处是马利亚里亚纳群岛以东的马里亚纳海沟在海平面以下 11034 m。因此,地球表面的最大高差将近 20 km。

地球表面陆地多集中于北半球,而海洋在南半球占优势。北美洲、欧洲、亚洲和大半个非洲都在北半球,陆地在分布上呈南北成对出现。如北美洲与南美洲、亚洲与大洋洲、欧洲与非洲,而南极洲位置特殊,它与北冰洋陆海对应。各个大陆从形态上看,好似一个个底朝北的三角形。

#### (一) 大陆表面形态

大陆表面地形十分复杂,按高程和起伏变化特征可将陆地地形分为下列几种类型。

① 山地——一般是指海拔高度在 500 m 以上的地区,地形起伏,其相对高差可在 200 m 以上,构成绵延很远的山地和山脉。一般而论,海拔 500~1000 m 者为低山;海拔 1000~3500 m 者为中山;大于 3500 m 者称为高山,如南、北美洲西缘的海岸山脉和亚洲的喜马拉雅山脉,我国境内的阴山、秦岭山脉,欧洲的阿尔卑斯山脉等。世界上高大的山脉多是在地壳活动强烈带逐渐形成的。

② 丘陵——海拔高度在 500 m 以下,为地表相对高差不大、山峦起伏的低缓地形,其相对高差一般仅数十米,最大不超过 200 m,如我国东南沿海的丘陵、川中丘陵等。

③ 高原——海拔高度 600 m 以上,表面比较平坦且宽广,或偶具一定起伏的山岭和沟谷。世界上最高的高原是青藏高原,其海拔在 4000 m 以上。

④ 平原——海拔高度 200 m 以下,表面平坦或略有起伏,其相对高差小于 50 m 的广大宽平地区。如我国的华北平原、松辽平原和成都平原等。

⑤ 盆地——是指中间比较低平、四周为高原山地的地区,因外形似盆而得名。如非洲的刚果盆地、我国的四川盆地和柴达木盆地等。

⑥ 洼地——是指陆地上某些低洼的地区,其高程在海平面以下。如我国新疆吐鲁番盆地中的艾丁湖,湖水面低于海平面以下 154 m。

#### (二) 海底地形

远古以来,人们都把海底想象得比较平坦,但通过长期探索,特别是科学技术的发展和对海洋进行的科学考察,发现海底地形之崎岖程度并不亚于陆地。不仅有高耸的山峰,亦有深深的渊谷,而且有世界上规模最大的山脉,其延伸可达上万至数万千米。根据海底地形的基本特征,可以将海底划分为如下几个地形单元(图 1-5)。

① 海岸带——海边水深 20 m 以内地带。其特点是落潮时可露出水面,涨潮时被海水