



高职高专“十一五”规划教材
综合机械化采煤系列

煤矿 实用地质

张德栋 陈继福 编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材
综合机械化采煤系列

煤矿实用地质

张德栋 陈继福 编



化学工业出版社

·北京·

本书是综合机械化采煤技术类规划教材之一，分为两部分。第一部分为基础地质理论部分：地球概述、地壳的物质组成、地质作用与矿产形成、地史知识、煤矿地质构造、煤与煤层及煤系等。第二部分为实用技术部分：影响煤矿生产的地质因素及开采对策、矿井水文地质及水害防治、地质信息的获取技术、矿井地质勘探技术与方法、煤炭储量与矿井储量管理、煤矿开采对环境的影响与环境保护等内容。编写中力求体现高职高专教育的特色，突出应用型人才培养的特点，回避系统的、完整的理论体系，以实用为原则，突出矿井实际工作和矿井实际问题的解决和处理。

本书是高职高专院校综合机械化采煤专业的系列教材，也可作为煤矿生产技术管理人员和一线工人培训参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿实用地质/张德栋, 陈继福编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 8
高职高专“十一五”规划教材. 综合机械化采煤系列
ISBN 978-7-5025-9666-8

I. 煤… II. ①张… ②陈… III. 煤田地质-高等学校: 技术学院-教材 IV. P618. 110. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 109998 号

责任编辑: 张双进
责任校对: 陈 静

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 431 千字 2007 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

前 言

为了适应当前高职高专教育改革，按照《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》，使煤矿地质教学能够更好地和当前煤炭开采新技术相适应，教材建设刻不容缓。

本教材的编写力求体现高职高专教育的特色，突出了应用型人才培养的特点，回避了系统、完整的理论体系，以实用为原则，突出矿井实际工作和矿井实际问题的解决和处理。

根据上述指导思想和综合机械化采煤专业的教学改革方案，本教材按70学时编写，学校也可根据所在区域地质条件及教学实际需要进行适当的学时删减。全书共分十一章，分为两部分。第一部分为基础地质理论部分：地球概述、地壳的物质组成、地质作用与矿产形成、地史知识、煤矿地质构造、煤与煤层及煤系等。第二部分为实用技术部分：影响煤矿生产的地质因素及开采对策、矿井水文地质及水害防治、地质信息的获取技术、煤炭储量与矿井储量管理、煤矿开采对环境的影响与环境保护等内容。

本书由吉林辽源职业技术学院张德栋和山西大同大学工学院陈继福编写，张德栋编写绪论、第一章、第四章、第六章、第九章、第十章和第十一章，陈继福编写第二章、第三章、第五章、第七章和第八章。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2007年5月

目 录

| | |
|--------------------|----|
| 绪论 | 1 |
| 一、地质学概述 | 1 |
| 二、煤矿地质实用技术特点与研究内容 | 2 |
| 三、煤矿地质工作任务 | 2 |
| 四、煤矿地质与矿井高产高效开采的关系 | 3 |
| 第一章 地球概述 | 4 |
| 第一节 地球 | 4 |
| 一、地球在宇宙中的位置 | 4 |
| 二、地球的形状和大小 | 6 |
| 三、地球的表面特征 | 6 |
| 第二节 地球的圈层构造及特征 | 9 |
| 一、地球的外部圈层 | 9 |
| 二、地球的内部圈层 | 11 |
| 第二章 地壳的物质组成 | 17 |
| 第一节 地壳的化学组成 | 17 |
| 第二节 矿物 | 17 |
| 一、矿物的概念及分类 | 17 |
| 二、矿物的识别标志 | 18 |
| 三、常见的造岩矿物 | 22 |
| 第三节 岩石 | 27 |
| 一、岩石的概念 | 27 |
| 二、岩石的分类 | 27 |
| 三、岩石鉴定与描述方法 | 27 |
| 第三章 地质作用与矿产形成 | 44 |
| 一、内力地质作用 | 44 |
| 二、外力地质作用 | 45 |
| 三、内、外力地质作用的关系 | 47 |
| 第四章 地史知识 | 48 |
| 第一节 岩层中的地史信息 | 48 |
| 一、古生物化石 | 48 |
| 二、地层的层序 | 54 |
| 三、地层的接触关系 | 54 |
| 第二节 地层划分与对比 | 56 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 一、地层划分 | 56 |
| 二、地层对比 | 56 |
| 三、地层划分与对比的方法 | 57 |
| 第三节 地层单位、地质年代单位及地质年代表 | 60 |
| 一、地层单位和地质年代单位 | 60 |
| 二、地壳发展简史 | 63 |
| 第五章 煤矿常见的主要地质构造 | 70 |
| 第一节 岩层的产状及测量 | 70 |
| 一、岩层产状的概念 | 70 |
| 二、水平岩层 | 70 |
| 三、倾斜岩层 | 72 |
| 四、岩层产状要素的测量和表示方法 | 72 |
| 第二节 褶皱构造 | 75 |
| 一、褶曲的基本形态 | 75 |
| 二、褶曲要素 | 75 |
| 三、褶曲的分类 | 76 |
| 四、褶皱构造的野外识别 | 77 |
| 五、褶皱构造在地质图上的表现 | 78 |
| 第三节 断裂构造 | 80 |
| 一、节理 | 80 |
| 二、断层 | 81 |
| 第六章 煤与煤层及煤系 | 90 |
| 第一节 煤的形成 | 90 |
| 一、成煤物质 | 90 |
| 二、成煤的必要条件 | 90 |
| 三、成煤过程 | 91 |
| 第二节 煤的组成与性质 | 93 |
| 一、煤岩成分和煤岩类型 | 93 |
| 二、煤的化学成分 | 94 |
| 三、煤的物理性质 | 96 |
| 第三节 煤质分析指标 | 97 |
| 一、煤的元素分析指标 | 97 |
| 二、煤的工业分析指标 | 98 |
| 第四节 煤的分类和用途 | 100 |
| 一、煤的分类 | 100 |
| 二、煤的基本特征及主要用途 | 101 |
| 第五节 煤层 | 104 |
| 一、煤层的形成 | 104 |
| 二、煤层顶、底板 | 105 |
| 三、煤层结构与厚度 | 107 |
| 四、煤层的形态 | 108 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 五、煤层厚度变化的原因及特征····· | 109 |
| 第六节 含煤岩系和煤田····· | 113 |
| 一、含煤岩系····· | 113 |
| 二、煤田····· | 116 |
| 第七节 中国煤田地质概述····· | 116 |
| 一、华北石炭二叠纪聚煤区····· | 116 |
| 二、华南二叠纪聚煤区····· | 118 |
| 三、西北侏罗纪聚煤区····· | 119 |
| 四、东北侏罗白垩纪聚煤区····· | 120 |
| 五、西藏滇西中生代及第三纪聚煤区····· | 121 |
| 六、台湾第三纪聚煤区····· | 121 |
| 第七章 影响煤矿生产的地质因素及开采对策····· | 122 |
| 第一节 煤层厚度变化对开采的影响及对策····· | 122 |
| 一、煤层的观测、探测及预测····· | 122 |
| 二、煤层厚度变化的处理和对策····· | 124 |
| 第二节 煤层产状对开采的影响及对策····· | 125 |
| 第三节 褶皱构造对开采的影响及对策····· | 126 |
| 一、褶曲的识别标志····· | 126 |
| 二、褶曲的观测与研究····· | 126 |
| 第四节 断裂构造对开采的影响及对策····· | 129 |
| 一、节理(裂隙)对煤矿生产的影响及对策····· | 129 |
| 二、断层对煤矿生产的影响····· | 130 |
| 三、煤矿生产中断层的研究····· | 131 |
| 四、断层对煤矿生产的影响及处理方法····· | 133 |
| 第五节 岩浆侵入体对煤层的破坏及开采对策····· | 137 |
| 一、岩浆侵入煤层的观测与研究····· | 137 |
| 二、岩浆侵入体对煤矿生产的影响及处理方法····· | 138 |
| 第六节 岩溶陷落柱对开采的影响及对策····· | 139 |
| 一、陷落柱的成因····· | 139 |
| 二、陷落柱的一般特征····· | 139 |
| 三、陷落柱的观测与预测····· | 142 |
| 四、陷落柱对煤矿生产的影响及处理····· | 144 |
| 第七节 其他地质灾害因素及防治对策····· | 145 |
| 一、煤层顶底板····· | 145 |
| 二、矿山压力····· | 147 |
| 三、矿井瓦斯····· | 148 |
| 四、煤尘····· | 154 |
| 五、矿井地热的危害····· | 156 |
| 第八章 矿井水文地质及水害防治····· | 159 |
| 第一节 地下水的基本知识····· | 159 |
| 一、地下水的来源····· | 159 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 二、水在岩石中的存在形式····· | 160 |
| 三、地下水的物理性质和化学成分····· | 161 |
| 四、地下水的分类····· | 163 |
| 第二节 矿井水来源及涌水通道····· | 168 |
| 一、矿井水的来源····· | 168 |
| 二、矿井充水通道····· | 170 |
| 第三节 矿井涌水量计算与测量····· | 172 |
| 一、矿井涌水量预计····· | 172 |
| 二、生产矿井涌水量的测定与计算····· | 174 |
| 第四节 矿井水害的防治····· | 176 |
| 一、地面防水····· | 176 |
| 二、井下防水····· | 177 |
| 三、疏干降压····· | 185 |
| 四、矿井及露天矿排水····· | 186 |
| 五、堵水防渗····· | 187 |
| 第九章 地质信息的获取技术 ····· | 189 |
| 第一节 地质勘探技术与手段····· | 189 |
| 一、遥感地质调查····· | 189 |
| 二、地质填图····· | 190 |
| 三、坑探工程····· | 191 |
| 四、钻探工程····· | 192 |
| 五、巷探工程····· | 194 |
| 六、地球物理勘探····· | 194 |
| 第二节 矿井地质勘探技术与方法····· | 195 |
| 一、槽波地震法····· | 196 |
| 二、坑道无线电透视技术····· | 197 |
| 三、矿井地质雷达探测技术····· | 198 |
| 四、弹性波层析成像技术····· | 200 |
| 五、其他方法简介····· | 200 |
| 第三节 地质信息收集与整理····· | 202 |
| 一、矿井原始地质编录····· | 202 |
| 二、矿井综合地质编录····· | 211 |
| 第四节 煤矿地质资料的应用····· | 211 |
| 一、煤田地质报告····· | 211 |
| 二、矿井地质说明书····· | 219 |
| 三、煤矿常用地质图件····· | 223 |
| 第十章 煤炭储量与矿井储量管理 ····· | 228 |
| 第一节 储量级别和储量分类····· | 228 |
| 一、储量级别····· | 228 |
| 二、储量分类····· | 229 |
| 三、煤炭储量现行分类····· | 230 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 第二节 储量计算 | 233 |
| 一、储量计算的工业指标 | 233 |
| 二、储量计算的公式 | 233 |
| 三、储量计算原始参数的确定 | 234 |
| 四、储量计算方法 | 238 |
| 第三节 矿井储量管理 | 240 |
| 一、矿井储量的特点 | 241 |
| 二、采掘工作中的煤炭储量损失 | 241 |
| 三、回采率的标准与计算 | 243 |
| 四、矿井三量管理 | 244 |
| 五、储量动态管理 | 246 |
| 六、加强储量管理提高煤炭资源采出率措施 | 248 |
| 第十一章 煤矿环境地质与环境保护 | 250 |
| 第一节 煤矿生产活动与环境地质 | 250 |
| 一、矿区资源毁损 | 250 |
| 二、矿区地质灾害 | 251 |
| 三、矿区环境污染 | 251 |
| 第二节 煤矿环境工程地质灾害 | 251 |
| 一、斜坡变形 | 251 |
| 二、岩层移动, 地面沉陷 | 252 |
| 三、山体开裂 | 253 |
| 四、采矿诱发地震(矿震) | 254 |
| 第三节 煤矿环境污染因素及特点 | 254 |
| 一、固体废弃物排放 | 254 |
| 二、污废水 | 254 |
| 三、大气污染 | 255 |
| 四、噪声污染 | 255 |
| 第四节 煤矿环境污染防治简介 | 255 |
| 一、固体废弃物污染控制利用 | 255 |
| 二、污废水控制 | 258 |
| 三、大气污染控制 | 259 |
| 四、噪声污染控制 | 260 |
| 五、塌陷矿坑回填复垦技术 | 260 |
| 参考文献 | 262 |

绪 论

一、地质学概述

地质学是关于地球的物质组成、内部构造、外部特征、各层圈之间的相互作用和演变历史的知识体系。地球自形成以来，经历了约 46 亿年的演化过程，进行过错综复杂的物理、化学变化，同时还受天文变化的影响，所以各个层圈均在不断演变。

约在 35 亿年前，地球上出现了生命现象，最晚在距今 200 万~300 万年前，开始有人类出现。人类为了生存和发展，一直在努力适应和改变周围的环境。四五十万年前北京猿人就会使用各种石器，利用坚硬岩石作为用具和工具。四千多年前人们的祖先就已经能够开采陶土、铜、锡等矿产，制造产品。中国二千多年前就已经能开采冶炼铁制品，并发明了世界上最早的指南针，煤和天然气在一千八百多年前被用作燃料，张衡发明了候风地动仪，能大致测出地震方位和震级大小；二千多年前的《山海经》一书中，讲述了一百多种矿产，并对山脉、河流、海陆变迁以及自然地理等方面进行了描述和记载；唐朝学者颜真卿对古生物化石已有一定的认识，并根据化石而论证了某些沉积岩的形成环境；明朝药学家李时珍，在《本草纲目》中对 200 多种药用矿物和岩石的物理性质做了比较详细的描述，这些都对人类社会的历史产生过划时代的影响。

随着社会生产力的发展，人类活动对地球的影响越来越大，地质环境对人类的制约作用也越来越明显。如何合理有效的利用地球资源、维护人类生存的环境，已成为当今世界所共同关注的问题。

人类对地质现象的观察和描述有着悠久的历史，但作为一门学科，地质学成熟得较晚。地质学的研究对象是庞大的地球及其悠远的历史，这决定了这门学科具有特殊的复杂性。它是在不同学派、不同观点的争论中形成和发展起来的。

现代地质学的产生和发展，是由于欧洲 17 世纪资本主义生产发展和 18 世纪产业革命的推动，促进了矿冶业的兴起，同时也促进了地质调查和矿产开采，获得了大量的实际资料，在进行系统的研究和总结的过程中，地质学也就逐渐成为了一门独立的学科。

① 德国矿物学家魏尔纳第一个将地质学系统化，并于 1775 年在德国富莱堡矿业学院开设了《地质学》。

② 英国地质学家莱伊尔在 1830~1833 年出版了三卷《地质学原理》，为地质科学体系的建立奠定了最重要的基础。

③ 20 世纪中期，随着科学技术的飞速发展，许多新技术、新方法和新成果广泛应用于地质学中，获得了大量的地质学新资料，使地质学得到了迅猛的发展。

现代地质学把地球作为一个整体来研究，20 世纪 60 年代出现的板块构造说，就是吸收了地震研究、海洋地质调查和古地磁研究等方面的最新科学成果，较好地解释了全球构造问题。

现在地质学已成为人类社会所普遍需要的科学，参照地质学知识制定矿产资源法、海洋

法、水法、环境保护法等，则表现了这种密切的关系。

二、煤矿地质实用技术特点与研究内容

中国是世界上最早发现和利用煤的国家。辽宁新乐古文化遗址（6000多年前）中，就发现过煤制工艺品。《山海经》中称煤为“石涅”，并记载有几处煤产地。中国现已发现河南巩县西汉时用煤饼炼铁的遗迹。魏晋时称煤为“石墨”或“石炭”，晋《水经注》中有“石墨可书，又燃之难烬，亦谓之石炭”，说明当时对煤的染手、耐烧等特性已有了认识。

煤矿地质是随着煤炭资源的开发而发展起来的，它主要是研究煤矿建设、生产过程中的各类地质问题，保证煤矿建设和生产顺利而高效地进行。19世纪末期到20世纪初期，电力工业、冶金工业、有机合成工业蓬勃发展，用煤量大幅度增加。为了适应煤炭生产的需要，大力开展大煤田的地质调查研究，这一时期对煤系地层、构造、煤的成因和性质等方面有较多的著述，如怀特和蒂森的《煤的起源》、蒂森的《古生代烟煤的构造》等。煤地质学的研究和发展，使其从矿床学和采矿学中分离了出来，成为独立的学科。它与煤矿的设计、建设、和生产紧密结合，具有较强的综合性、实用性和方法性。归纳起来它的研究内容主要包括以下几个方面的内容。

1. 地质学基础理论部分

地球概况、地质作用、地壳的物质组成、地质构造、古生物和地史等，这些内容是地质学的基础理论部分，只有牢固地掌握了这些基础理论之后才能很好地对煤矿地质进行系统、深入、有效的研究。

2. 影响煤矿建设和生产的地质因素

煤的形成、煤的物质组成和性质、煤的分类和用途；煤层的形态、结构、厚度和储量管理、煤层的顶底板、煤矿常见的地质构造、岩浆的侵入、岩溶陷落柱、水文地质、工程地质，以及煤矿的火、瓦斯、煤尘等地质问题。

3. 处理煤矿生产地质问题的方法和地质资料的获取

井巷的地质编录、矿井地质识图、制图、矿井地质报告及地质说明书编制和矿井储量管理等内容。

三、煤矿地质工作任务

煤矿地质工作的任务是研究从矿井基本建设开始直至开采结束为止全过程中的所有地质现象，找出规律，解决煤矿建设、生产中出现的各种地质问题。

主要的地质工作如下。

1. 研究煤矿地质规律

根据地质勘探部门提供的地质资料和煤矿建设生产中揭露出来的地质现象，研究矿区煤系地层、地质构造、煤层和煤质的变化的规律，查明影响煤矿建设、生产的各种地质因素。

2. 矿井地质工作

进行矿井地质勘探、地质观察、地质编录和综合分析，提交煤矿建设、生产各个阶段所需的地质资料，处理采掘工作中的地质问题。

3. 矿井地质储量管理

计算和核实矿井储量，测定和统计储量动态，分析储量损失，编制矿井储量表，为提高矿井储量级别和扩大矿井储量提供依据，为生产正常接替、资源合理利用服务。

4. 水文地质调查

地面与井下相结合，开展矿区水文地质调查。查明矿井水的来源、涌水通道、涌水量大小及其影响因素与变化规律，研究和制定防治水措施与方案，同时为煤矿生产、生活寻找和

提供优质水源。

5. 地质灾害预测预报

对危及煤矿建设生产的各种地质灾害,如瓦斯、水害、热害、煤尘、崩塌、滑坡等,查明其形成机理,对各类地质灾害的分布范围、突发时间及危害程度进行预测预报,提出防范措施与治理方案。

6. 环境地质调查

开展矿区(井)环境地质调查工作,查明污染矿区(井)环境的地质因素及其危害程度,研究环境地质的治理措施,配合环保部门提出矿区(井)环境保护方案。

7. 矿产资源综合利用

调查研究煤系地层中伴生矿产资源的性质、特征、储量、分布规律和利用价值,为化废为宝、综合利用、保护环境、提高煤矿经济效益提供依据。

四、煤矿地质与矿井高产高效开采的关系

煤矿地质工作既是煤炭工业的基础,也贯穿于煤炭生产和利用的全过程。高产高效矿井的实现要有资源的优势及先进的矿井设计和装备。而矿井设计在很大程度上要以充分、可靠的开采地质条件为基础。根据统计,在煤矿重大事故中,与地质条件有关的各类重大事故近90%;而由于采区地质条件不清,致使工作面无法正常推进、接续失调,也给不少煤矿造成了巨大的经济损失;同时也造成了一定的煤炭储量损失。这些主要是由于对矿井开采地质条件缺乏系统掌握,对开采地质条件的认识不足,在采区和工作面布置及生产上也有一定的盲目性造成的。因此,煤矿地质保障技术作为煤矿高效、安全开采的关键技术之一,列入了高产高效矿井的5大保障体系。

高产高效矿井地质工作是根据高产高效矿井机械化、集中化程度高的特点,以地质量化预测为先导,以物探、钻探等综合技术为手段,并依托先进的计算机技术实现生产地质工作的动态管理。它要求为矿井设计、采区布置、生产准备、采面布置到回采等各个层次或阶段提供可靠的地质保障。因此,要实现煤矿生产的高产高效,除选择优势资源区块为开采场地外,更重要的是对影响煤炭开采的地质因素有系统和清楚的掌握。

影响煤炭开采的地质因素很多,重要的有:煤层厚度及其变化、顶底板岩层组合及其空间分布、构造(包括断层、褶曲等)、矿井水文地质及瓦斯地质、煤层中的地质异常体等,查清这些地质因素对不同矿井煤炭开采的影响程度,为煤炭生产提供可靠的地质依据。

第一章 地球概述

第一节 地球

一、地球在宇宙中的位置

1. 宇宙的起源

宇宙的起源——“大爆炸理论”，“大爆炸理论”（big-bang cosmology）是盖莫夫（G. Gamow）1946年创建的。直到今天，科学家们才确信，宇宙是由大约150亿年前发生的一次大爆炸形成的。

大爆炸使物质四散出击，宇宙空间不断膨胀，温度也相应下降，后来相继出现在宇宙中的所有星系、恒星、行星乃至生命，都是在这种不断膨胀冷却的过程中逐渐形成的。太阳系是一团旋转炽热的气体，因冷却收缩，越转越快，离心力加大，在云团赤道离心力最大，形状变得扁平如圆盘。并逐渐分离凝聚形成太阳系的各个星体。

原始地球是比现在地球大得多的尘埃集合体，并沿现今地球轨道自转和公转。由于原始地球接受太阳辐射多温度高，水气散失，尘埃中固体物质成为建造地球的主体。

原始地球受万有引力作用，向中心聚集，体积缩小密度变大。当自转所产生的离心力与所受到的引力达到平衡不再收缩，即形成今天的地球。尘埃的聚集、放射性元素的蜕变、陨石的撞击，地球曾经历了一个高温时期，或局部熔融状态，使重者下沉，轻者上浮，出现大规模的物质分异。Fe、Ni密度大，含量多，逐渐向中心聚集，成为地核。

2. 银河恒星系统

银河恒星系统是包括一二千亿颗恒星和大量的星团、星云，还有各种类型的星际气体和星际尘埃恒星系统，它的总质量是太阳质量的1400亿倍。在银河系里大多数的恒星集中在一个扁球状的空间范围内，扁球的形状好像铁饼（见图1-1）。扁球体中间突出的部分叫“核球”，半径约为7000光年。核球的中部叫“银核”，四周叫“银盘”。在银盘外面有一个更大的球形，那里星少，密度小，称为“银晕”，直径为7万光年。银河系是一个旋涡星系，具有旋涡结构，即有一个银心和两个旋臂，旋臂相距4500光年。其各部分的旋转速度和周

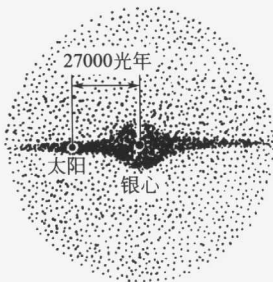


图 1-1 银河系的侧视图

期，因距银心的远近而不同。太阳距银心约 2.3 万光年，以 250km/s 的速度绕银心运转，运转的周期约为 2.5 亿年。

3. 太阳系

太阳系是银河系中一个普通的成员，离太阳最近的行星是水星，向外依次是金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。它们当中，肉眼能看到的只有五颗，对这五颗星，各国命名不同，中国古代有五行学说，用金、木、水、火、土这五行来分别把它们命名为金星、木星、水星、火星和土星，这并不是因为水星上有水，木星上有树木才这样称呼的。而欧洲呢，则是用罗马神话人物的名字来称呼它们。近代发现的三颗远日行星，西方按照以神话人物名字命名的传统，以天空之神、海洋之神和冥土之神的名称来称呼它们，在中文里便相应译为天王星、海王星和冥王星。其中冥王星在 2006 年 8 月 24 日国际天文学联合会大会投票决定，不再将传统九大行星之一的冥王星视为行星，而将其列入“矮行星”（见图 1-2 太阳系组成示意）。

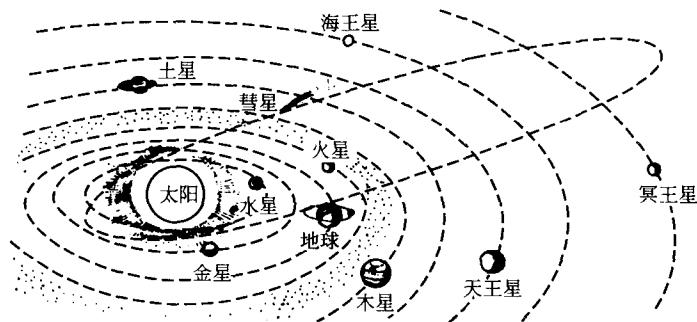


图 1-2 太阳系组成示意

八大行星与太阳按体积由大到小排序为太阳、木星、土星、天王星、海王星、地球、金星、火星、水星。它们按质量、大小、化学组成以及和太阳之间的距离等标准，大致可以分为三类：类地行星（水星、金星、地球、火星）；巨行星（木星、土星）；远日行星（天王星、海王星和矮行星冥王星）。它们在公转时有共面性、同向性、近圆性的特征。在火星与木星之间存在着数十万颗大小不等，形状各异的小行星，天文学把这个区域称为小行星带。除此以外，太阳系还包括许许多多的彗星和无以计数的天外来客——流星。

在庞大的太阳系家族中，太阳的质量占太阳系总质量的 99.8%，八大行星以及数以万计的小行星所占比例微乎其微。它们沿着自己的轨道万古不息地绕太阳运转着，同时，太阳又慷慨无私地奉献出自己的光和热，温暖着太阳系中的每一个成员，促使它们不停地发展和演变。

4. 地球

地球是太阳系八大行星之一，国际名称为“该娅”[盖娅（Gaea），希腊神话中的大地之神]，按离太阳由近及远的次序数是第三颗行星。它有一颗天然的卫星——月球，两者组成一个天体系统——地月系统。

地球自西向东自转，同时又围绕太阳公转。地球自转与公转运动的结合使其产生了地球上的昼夜交替和四季变化（地球自转和公转的速度是不均匀的）。同时，由于受到太阳、月球和附近行星的引力作用以及地球大气、海洋和地球内部物质等各种因素的影响，地球自转

轴在空间和地球本体内的方向都要产生变化。地球自转产生的惯性离心力使得球形的地球由两极向赤道逐渐膨胀，成为目前的略扁的旋转椭球体，极半径比赤道半径短约 21km。

二、地球的形状和大小

由于物质密度分布上的差异，弹、塑性变形及自转的影响，地球更为准确的表面形态略似一个“梨形”（严格地说高度应大于宽度）（见图 1-3）。

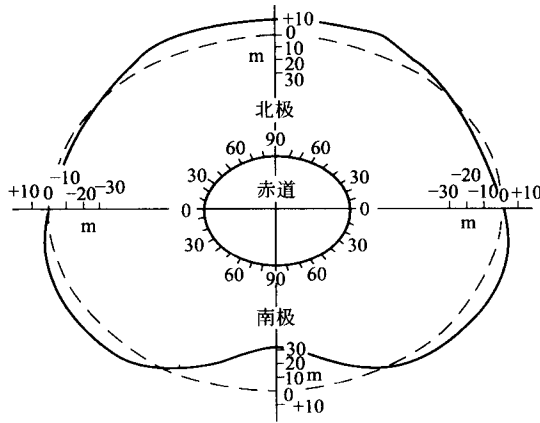


图 1-3 大地水准面（实践）与旋转椭球面（虚线）的关系示意

据人造卫星轨道参数分析，地球北极比标准的旋转椭球体要凸出约 10m，南极则凹进约 30m；北半球的中纬度区稍稍凹进，在南半球则稍稍凸出。自从有人相信大地是个圆球，关于它的大小，便是人们渴望知道的问题了。近年来，由人造地球卫星测得的地球大小更为精确，目前所采用的有关数值如下。

| | | | |
|----------|-----------------------------------|------|--------------------------------|
| 赤道半径 (a) | 6378.14km | 赤道周长 | 40075.7km |
| 极半径 | 6356.75km | 表面积 | $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ |
| 质量 | $5.976 \times 10^{24} \text{ kg}$ | 密度 | 5.52 g/cm^3 |
| 重力加速度 | $1g(9.8 \text{ m/s}^2)$ | 公转周期 | 365.2422 平均太阳日 |
| 自转周期 | 23 小时 56 分 1.09 秒 (平均太阳时) | | |

近日点日距 147100000km(每年 1 月 3 日左右)

远日点日距 152100000km(每年 7 月 4 日前后)

三、地球的表面特征

1. 陆地的表面特征

地球的表面积约 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，分为陆地和海洋两大部分。海洋面积约为 $3.62 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，约占地球表面积的 70.8%，陆地面积约为 $1.48 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，约占地球表面积的 29.2%（见图 1-4）。

陆地按高程特征，可分为高山、丘陵、平原、高原、盆地和洼地等地形单元。其中，低于海拔 1000m 的平原、丘陵、盆地面积最大，占地球表面积的 20.8%。大陆部分最主要的地形特征是有一系列呈弧形或线形展布的山系。其中，海拔在 500~1000m 的称为低山；1000~3500m 的称为中山；大于 3500m 的称为高山，一般呈线状分布称为山脉，如欧洲的阿尔卑斯山脉，亚洲的喜马拉雅山脉等。

陆地上还有被山系所分隔、表面稍有起伏，内部相对高差一般不超过数十米的平原和高原，它们面积较广。世界上最大的平原是亚马逊平原，面积达 $5.6 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。中国有华北平

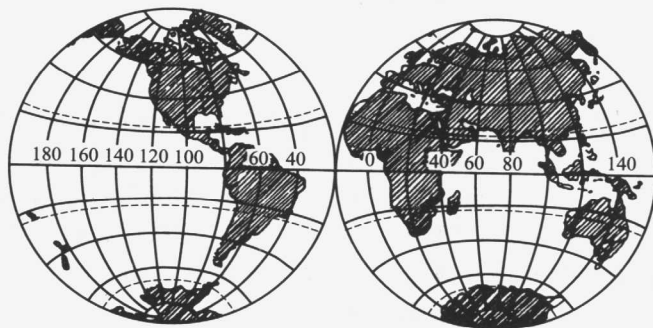


图 1-4 地球表面的海陆分布

原、松辽平原、长江中下游平原等。海拔高程在 600m 以上，表面较为平坦或略有起伏的广阔地区称为高原。世界上著名的高原有伊朗高原、埃塞俄比亚高原、巴西高原及中国的蒙古高原、青藏高原等。其中，青藏高原是世界上最高的高原，被人们称为地球的第三极，海拔 4000m 以上；巴西高原是最大的高原，面积达 $5.0 \times 10^6 \text{ km}^2$ 以上。此外尚有四周为山系或高原限制的低地，因其外形似盆而称为盆地。介于山地和平原之间的高低不平、连绵不断的低矮浑圆的小山丘地形称为丘陵。一般高程在海拔 500m 以下，相对高差多在数十米，最大高差不超过 200m。大陆上有众多的河流组成的水系和湖泊，是地球表面的重要特征，它的运动也是促使地表形态发生变化的重要因素。河流的流动在一些山脉和高原上刻切形成纵横交错的沟壑和峡谷，在平原地区则形成网状的河系。

2. 海底的表面形态

海洋地形和大陆地形一样复杂多样，而且在规模上更庞大，外貌上更为壮丽。既有比大陆更广泛、更平坦的平原，也有更险峻、更宏伟的山脉和深陡的峡谷。但因海底不像大陆那样长期经受着各种外力的破坏，而是受以沉积作用为主的改造，故总体上看仍比大陆表面简单些。

根据海底地形的基本特征，可将其分为大陆边缘、海岭、海沟、深海盆地等地形单元。

(1) 大陆边缘 大陆边缘是大陆与大洋盆地之间的连接地带，占陆地总面积的 1/5 左右。它包括大陆架、大陆坡和大陆基（见图 1-5），但大陆基实际上是大陆坡和大洋盆地的过渡地带。大陆架是大陆边缘的主要地形单元。

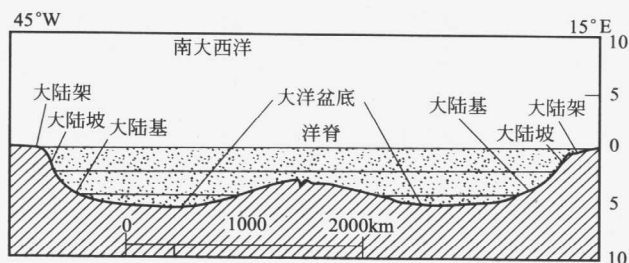


图 1-5 海地地形示意

① 大陆架是紧靠大陆分布的浅海台地，是大陆在水下的自然延伸部分，其范围是由海岸线向外海延伸，直至海底坡度显著增大的转折处。大陆架部分的海底坡度平缓，一般小于 0.3° ，平均约为 0.1° 。大陆架的水深一般不超过 200m，最深可达 550m，平均水深 130m，

平均宽度 75km。欧亚大陆的北冰洋沿岸的大陆架最发育，宽达 500km 以上；印度洋沿岸的大陆架最不发育。中国的大陆架宽度从 100km 到 500km 不等，水深一般为 50m 左右，最大水深可达 180m。

② 大陆坡是位于大陆架外缘到深海海底，地形明显变陡的地带。其水深一般不超过 2000m，平均坡度为 4.25° 。大陆坡以斯里兰卡附近珊瑚礁岸外缘最陡，其坡度可达 $35^\circ \sim 45^\circ$ ，大陆坡的宽度约为 20~100km，平均为 20~40km。坡脚的深度为 1400~3000m。大陆坡在许多地方被通向深海底的深海“V”形峡谷所切割。这些深海峡谷深达数百米，两壁陡峭，可达 45° 以上。有的峡谷可能是被淹没的河谷。但是，大多数峡谷是由近海底部含有大量悬浮碎屑物质，密度较一般海水大的浊流冲蚀而成的。

③ 大陆基是延伸于大陆坡的坡麓和大洋床之间的地貌单元，呈几百公里宽的带状。在大多数情况下，大陆基地貌为倾斜平原，大陆基的堆积物呈扇形分布，它一部分覆盖在大陆坡的基部，一部分覆盖在大洋床上，故亦称大陆裾或大陆隆。坡度约 $1/100 \sim 1/700$ 。海沟发育的太平洋基本上没有这一单元，大陆基仅占太平洋洋底面积的 1.7%，而在海沟不发育的印度洋、大西洋中大陆基则广为分布。

(2) 海岭 一般将海底山脉称为海岭。其中，位于大洋中间，常发生地震和地壳运动较强烈的海岭称为洋脊或洋中脊。洋脊或洋中脊为海底线状隆起地带，呈一系列鱼鳍状山脉，其中部最高，中央部位常有一条巨大的裂谷，称为中央裂谷，谷深可达 1~2km，谷宽可达 13~48km。太平洋洋中脊因其裂谷不明显而称之为洋隆或洋中隆。洋中隆通常高出海底 2~3km，宽度可达 1500~2000km。洋中隆在各大洋中均有分布，且相互衔接，全长 65000km，占地球表面积近 1/4，是地球表面最大的“山系”（见图 1-6）。

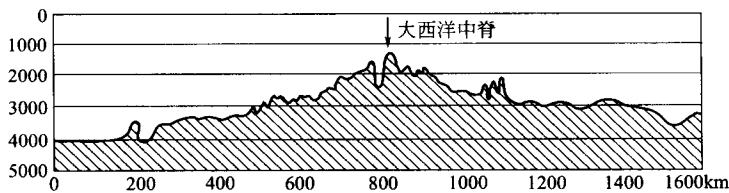


图 1-6 横过大西洋中脊的剖面

(3) 海沟 平行于岛弧或沿着大陆边缘呈断续延伸的两壁较陡、狭长的水深大于 6000m 的深海槽称为海沟。海沟是地球表面最低洼的地区，其长度一般在 500~4500km，宽 40~120km，深度多在 6000m 以上。全球已知海沟近 30 条，多发育于太平洋和大西洋；印度洋的海沟不甚发育。海沟多位于大洋盆地的边缘，其两侧边坡中靠近大洋侧的边坡较缓，而靠近大陆侧则较陡。

海沟的一个重要特点是在其靠近大陆的一侧有一条与其平行的隆起地形。若海沟紧靠大陆时，隆起地形为海岸山脉，两者组成海沟-山弧系；若海沟靠近大陆一侧为海时，该隆起则是呈弧形排列的岛屿，弧顶朝向大洋一侧，称为岛弧，两者组成海沟-岛弧系。海沟-岛弧系是地球表面地震频繁发生的地带，并有火山分布。通常将大陆边缘分为两类。一类由大陆架、大陆坡和大陆基组成，这类大陆边缘主要分布于大西洋，称为大西洋型大陆边缘；另一类大陆边缘是由大陆架、大陆坡及海沟组成，它主要分布于太平洋，称为太平洋型大陆边缘。

(4) 深海盆地（大洋盆地） 深海盆地是海洋中另一类大型地形单元，它是介于大陆边缘及洋中脊之间的平坦地带，是海底地形的主体，约占海洋面积的 43%，平均深度在海洋