



国家示范性高等院校核心课程规划教材

煤矿开采技术专业及专业群教材

MEIKUANG KAICAI JISHU
ZHUANYE JI ZHUANYEQU
JIAOCAI

煤矿地质分析与应用

MEIKUANG DIZHI FENXI YU YINGYONG

主 编 李北平 徐智彬

副主编 潘开方 栗俊江



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

煤矿地质分析与应用

主 编 李北平 徐智彬
副主编 潘开方 栗俊江

重庆大学出版社

内 容 简 介

《煤矿地质分析与应用》是国家示范性高等职业院校重点建设专业——煤矿开采技术专业核心课程教材。本书系统地介绍了地质作用的基本知识、成煤作用、含煤岩系、矿山水文地质知识;重点介绍了煤矿地质资料的分析与应用和影响煤矿安全高效生产的各种地质因素以及分析、解决矿山常见地质问题的基本方法;简要介绍了煤炭储量的相关知识、矿井储量管理的基本内容和煤矿生产活动造成的环境地质问题及环境保护方法。

本书是煤炭高等职业院校煤矿开采技术、矿井通风与安全、地下隧道工程专业的通用教材,也可作为中等专业学校、成人教育学院和技工学校采矿工程类各相关专业的教材,同时可供有关煤炭企业管理人员和专业技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿地质分析与应用/李北平,徐智彬主编. —重庆:重庆大学出版社,2009.10

(煤矿开采技术专业及专业群教材)

ISBN 978-7-5624-5097-9

I. 煤… II. ①李…②徐… III. 煤田地质—高等学校—教材
IV. P618.110.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162276 号

煤矿开采技术专业及专业群教材

煤矿地质分析与应用

主 编 李北平 徐智彬

副主编 潘开方 粟俊江

责任编辑:周 立 李邦静 钟加勇 版式设计:周 立

责任校对:夏 宇 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆华林天美印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:25.75 字数:643 千

2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—5 000

ISBN 978-7-5624-5097-9 定价:39.50 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

序

本套系列教材,是重庆工程职业技术学院国家示范高职院校专业建设的系列成果之一。根据《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划 加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神,重庆工程职业技术学院以专业建设大力推进“校企合作、工学结合”的人才培养模式改革,在重构以能力为本位的课程体系的基础上,配套建设了重点建设专业和专业群的系列教材。

本套系列教材主要包括重庆工程职业技术学院五个重点建设专业及专业群的核心课程教材,涵盖了煤矿开采技术、工程测量技术、机电一体化技术、建筑工程技术和计算机网络技术专业及专业群的最新改革成果。系列教材的主要特色是:与行业企业密切合作,制定了突出专业职业能力培养的课程标准,课程教材反映了行业新规范、新方法和新工艺;教材的编写打破了传统的学科体系教材编写模式,以工作过程为导向系统设计课程的内容,融“教、学、做”为一体,体现了高职教育“工学结合”的特色,对高职院校专业课程改革进行了有益尝试。

我们希望这套系列教材的出版,能够推动高职院校的课程改革,为高职专业建设工作作出我们的贡献。

重庆工程职业技术学院示范建设教材编写委员会

2009年10月

前言

“煤矿地质分析与应用”是国家示范性高等职业院校重点建设专业——煤矿开采技术专业的核心课程。在市场调研、专家论证的基础上,由地质教研室的教师和现场地质技术人员组成项目组,进行课程建设。根据典型工作任务对知识和技能的需要,对该课程的内容选择作了较大的改革,打破以知识传授为主要特征的传统学科课程模式,基于工作过程系统化建设该课程,选用以模块为载体来设计教学情境。在教学情境选择中,由易到难的先后顺序,充分考虑高等教育对理论知识和可持续发展的需要,同时融合了相关职业资格对知识、技能和态度的要求。根据采煤技术员岗位的工作过程和所需知识的深度及广度来组织教材。

教材充分体现任务引领、实践导向的课程设计思路。教材以完成典型工作任务来驱动,通过实际案例、情境模拟、任务单和课后拓展作业等多种手段,让学生在学习过程中构建相关理论知识,并提升职业能力。

教材突出实用性、实践性和职业定向性,同时具有前瞻性,将本专业领域的发展趋势及实际工作过程中应遵循的新规范、采煤技术员的职业资格标准及时纳入教材之中,打造理论和实践一体化教材。

教材文字表述简明扼要,内容展现图文并茂、重点突出,旨在提高学生学习的主动性和积极性。教材中的活动设计具有可操作性,突出对学生实际职业能力的培养,强化基于工作过程的案例教学和任务教学,使学生在完成典型任务活动中能陈述煤矿地质分析与应用在煤矿开采中所起的作用。

本教材按 90 学时编写,理论和实践教学统一安排,教师在教学过程中必须重视实践、更新观念、走工学结合的道路,探索基于工作过程的职业教育新模式,为学生提供自主发展的时间和空间。注意职业情境的创设,以多媒体、录像、校内、

校外生产性实训基地的动态示范等教学方法,提高学生分析问题和解决实际问题的能力。积极引领学生提升职业素养,努力提高学生的创新能力。

学习考核采用形成性评价与总结性评价相结合的方法。形成性评价,是在教学过程中对学生的学习态度和各类作业、任务单完成情况进行的评价;总结性评价,是在教学活动结束时,对学生整体技能情况的评价。考核突出过程评价,结合课堂提问、小组讨论、实作测试、课后作业、任务考核等手段,加强实践性教学环节的考核,注重考核学生动手能力和在实践中分析问题、解决问题的能力。

本教材由李北平编写课程导入,学习情境1中的任务1、任务5、6、7及附录;付涛编写学习情境1中的任务2、3;张世家编写学习情境1中的任务4;徐智彬编写学习情境2;粟俊江编写学习情境3;潘开方编写学习情境4、5;黄治云编写学习情境6;李东林编写学习情境7;雷世军编写学习情境4中的部分内容。最后由李北平、徐智彬统稿。本书在编写过程中引用、参考了有关教材的内容,在此对所有作者表示由衷的谢意。

在教材建设过程中,始终得到院、系领导的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,加之时间仓促,错漏之处难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2009年6月

编写委员会

编委会主任 | 张亚杭

编委会副主任 | 李海燕

编委会委员

唐继红
黄福盛
吴再生
李天和
游普元
韩治华
陈光海
宁望辅
栗俊江
冯明伟
兰 玲
庞 成

目 录

课程引入	1
学习情境 1 地质作用分析与应用	3
任务 1 地质作用	4
任务 2 造岩矿物的识别	30
任务 3 岩石的识别	42
任务 4 地层及其划分	59
任务 5 岩层产状和厚度的测定	79
任务 6 褶皱构造的识别	92
任务 7 断裂构造的识别	98
学习情境 2 煤资源地质分析与应用	120
任务 1 煤的形成分析	121
任务 2 识别宏观煤岩组成	126
任务 3 煤质分析	133
任务 4 煤层系统观察和描述	150
任务 5 煤系一般特征的观察和描述	158
学习情境 3 矿井水文地质与水害防治分析	170
任务 1 地下水的类型和特征	171
任务 2 矿井水文地质条件和类型	181
任务 3 矿井充水条件分析	185
任务 4 矿井水防治	190
学习情境 4 地质因素对煤矿生产的影响分析	208
任务 1 煤层厚度变化对煤矿生产的影响	210
任务 2 地质构造对煤矿生产的影响	223

任务 3 岩溶陷落柱、岩浆侵入体对煤矿生产的影响	243
任务 4 矿井瓦斯对煤矿生产的影响	253
任务 5 其他影响煤矿生产的地质因素	269
学习情境 5 煤矿地质资料分析与应用	285
任务 1 煤矿地质资料的收集	286
任务 2 煤矿地质图件	306
任务 3 地质说明书及地质预报	322
任务 4 地质报告	340
学习情境 6 煤炭资源/储量与矿井储量管理	350
任务 1 煤炭资源/储量的类型	351
任务 2 煤炭资源/储量的估算	354
任务 3 矿井储量管理	361
学习情境 7 煤矿环境地质与环境保护	377
任务 1 煤矿环境地质问题	378
任务 2 煤矿环境污染防治	382
附录	391
附录 1 地层代号及色谱	391
附录 2 岩石花纹图例	393
附录 3 构造符号图例	395
附录 4 其他图例	396
附录 5 确定视倾角的列线图	397
参考文献	398

课程导入

地球是人类赖以生息的场所,也是人类的生存之源。人类在地球上从事各种生产活动,并从地球中索取一切生活和生产资料。地球上的自然环境和许多自然灾害,如地震、海啸、火山爆发、山崩、滑坡、泥石流等都与人类的生活和生产息息相关。人类在从地壳中开采矿产、与自然灾害作斗争及在改造自然环境过程中,通过长期观察和实践,逐渐认识了地球,形成了地质学。地质学是研究地球的一门自然科学,目前主要是研究地球的表层——地壳或岩石圈。

随着科学技术的迅速发展和学科间的相互渗透,地质学的研究内容在不断增加,研究领域也在逐渐扩大,不但出现了许多与地质学有关的边缘学科,而且还出现了一些指导生产建设的应用地质学科。

煤矿地质分析与应用是研究煤矿地质的一门应用学科,也是一门地质学与采矿学紧密结合的边缘学科。它是在具备地质学基础知识后,进一步研究煤的形成及用途、煤层赋存状态、煤炭资源/储量,分析和解决影响煤矿建设与生产的地质因素,从而保障煤矿安全高效生产。

煤矿地质分析与应用的主要内容有地质作用分析,包括地球概况、地质作用类型、地壳的物质组成、古生物地史、地质构造等;煤资源地质分析,包括煤的形成、煤的物质组成和性质、煤的分类和用途、煤层的形态、结构、厚度及其变化、煤层顶底板;影响煤矿生产的地质因素,包括矿井地质构造、岩浆侵入体、岩溶陷落柱、水文地质、工程地质以及矿井瓦斯、水、火、煤尘等矿山地质灾害问题;收集煤矿地质信息及处理矿山地质问题的方法,包括煤炭地质勘查、煤矿建井时期和生产阶段的地质工作,重点是井巷地质编录、影响煤矿生产的地质因素的判断与处理、煤矿常用地质图件的识读和应用以及煤炭资源/储量及管理。

随着科学技术的发展和煤炭资源的综合开发利用,煤矿地质研究的内容将越来越丰富。主要任务如下:

(1)查明各种地质因素,研究煤矿地质规律。根据地质勘查部门提供的地质资料和建设、生产过程中揭露出来的地质现象,研究矿井地质构造、煤系及煤厚变化、矿山水文地质、瓦斯地质等影响煤矿生产的地质因素。

(2)处理矿井日常地质工作。进行矿井地质内容观察、编录和综合分析,不断补充和修改矿井地质资料,为煤矿设计、建设、生产各阶段提供地质依据及处理采掘工作中的各种地质问题。

(3)矿山水文地质调查及水害防治。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、涌水通道大小及其影响因素与变化规律,研究和制定防治水方案及措施,同时为煤矿生产、生活寻找和提供优质水源。

(4)地质灾害预测预报。查明危及煤矿建设生产和人身安全的各种地质灾害,如煤与瓦斯突出、水害、热害、煤尘、冲击地压、滑坡等,对其形成机理、分布范围、突发时间及危害程度,进行预测预报,提出治理方案和防范措施。

(5)矿井煤炭资源/储量管理。估算和核实矿井煤炭资源/储量,测定和统计储量动态、分析储量损失、编制矿井储量表,为提高矿井资源/储量类别和扩大煤炭资源/储量提供依据,为生产正常接替、资源合理利用服务。

(6)矿产资源综合利用与环境保护。调查研究煤系中伴生矿产资源的性质、特征、储量、分布规律和利用价值,变废为宝,综合利用,提高煤矿经济效益。开展矿区环境地质调查,查明污染矿区环境的地质因素及危害程度,研究环境地质的治理措施,配合环保部门提出矿区环境保护方案。

煤矿地质与煤矿的设计、建设和生产结合紧密,具有先导性、综合性、实用性和复杂性的特点。研究煤矿地质必须要深入现场,对地表出露和井巷揭露的地质现象进行周密细致的观测,并进行必要的取样和相应的实验分析,充分掌握第一手资料。在积累资料的基础上,去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里地整理分析,将感性认识上升为理性认识。然后用所得到的理性认识去指导生产实践,并在实践中检验、充实和完善,使之更加符合客观实际。只有这样,才能逐渐正确、深刻地反映矿井的地质情况,为煤矿生产建设提供可靠的地质依据。同时,还须注意,地质现象具有区域变异性特点,因为不同地区有不同的物质基础和外界因素、也有不同的变化过程,因而没有绝对相同的地质现象。因此,研究煤矿地质切忌机械地照搬某种模式,要善于因地制宜,应用辩证的观点抓住现象的本质和主要矛盾进行分析、归纳,总结出规律性。

以地质学为理论基础的煤矿地质工作是直接为煤矿的生产服务的。它是通过各种技术手段,收集地质资料,研究矿区和矿井的地质情况,为煤矿的开发提供依据。没有可靠的地质资料,便不可能作出正确的矿井设计,也不可能顺利地进行建井、采掘工作和实现安全生产。例如:对地质构造了解不清,直接影响采煤方法的选择和采煤机械化;资源/储量估算不准确,将影响煤矿服务年限和生产的正常接续;对水文地质条件、瓦斯、煤尘、地热等没有查明,会影响安全生产,甚至带来严重的自然灾害,造成人力、物力、财力等的巨大损失。

生产实践证明,煤矿地质工作是煤矿生产建设中的重要组成部分,是矿山的尖兵。凡是重视煤矿地质工作的矿井,其生产建设就能正常而安全顺利地进行;反之,由于缺乏足够的地质资料,往往造成工作中的被动局面,甚至造成不必要的损失。因此,煤矿地质工作关系到煤矿生产的安全高效及煤炭资源的合理开发和利用,在煤矿建设、生产,直至矿井关闭的整个过程中,都应重视煤矿地质工作。

学习情境 1

地质作用分析与应用



学习目标

知识目标	能力目标	相关知识	权重
1. 能理解地质作用及其分类和意义。	1. 认识地质作用的能力。	1. 三角函数运算知识。	0.1
2. 能根据矿物的肉眼鉴定特征,基本认识常见的造岩矿物。	2. 认识常见的造岩矿物的能力。	2. 工程制图的基本知识。	0.1
3. 能根据沉积岩的肉眼鉴定特征,正确识别煤系地层常见的沉积岩。	3. 识别常见的沉积岩的能力。	3. 工程力学基本知识。	0.1
4. 能正确理解地层系统,正确识别煤系地层。	4. 识别煤系地层的能力。	4. 工程测量基本知识。	0.2
5. 能理解岩层产状及其测定方法和表示方法。	5. 应用地质罗盘测量岩层产状的能力。	5. 野外安全知识。	0.1
6. 能正确理解褶皱要素、基本形式、识别标志及表示方法。	6. 基本能识别和描述褶皱的能力。		0.2
7. 能明确节理的种类和特征;能正确理解断层及其要素、类型、特征、识别标志及表示方法。	7. 基本能识别和描述节理的能力。		0.2
	8. 基本能识别和描述断层的能力。		0.2
	9. 较强的逻辑思维、自学、获取信息 and 自我发展能力。		0.2
	10. 一定的创新意识和能力。		0.2



问题导入

三角函数、化学、工程制图、工程力学、工程测量等基本知识是本情境学习的基础。为合理地开发煤炭资源,煤矿开采技术人员有必要了解和掌握有关地质作用的载体——地球的基本特征,物理性质,地质作用的种类及特点;常见造岩矿物和沉积岩的基本特征;地层及煤系地层的基本知识;岩层的产状要素、褶皱、节理和断层的基本特征。本情境的学习重点是“地质作用”、“矿物和岩石”、“地层”、“褶皱构造”、“断裂构造”等内容;学习的难点是“矿物和岩石的鉴别”、“褶皱构造的识别和描述”、“断层的识别和描述”等内容。它将对后续情境的学习打下基础。

任务1 地质作用

1.1 地球的基本特征

地球是地质作用的载体,要正确理解地质作用,必须了解地球在宇宙中的位置和地球的基本特征。

1.1.1 地球在宇宙中的位置

1) 宇宙

宇宙是无限发展的物质世界,在空间上是无边无际的,在时间上是无始无终的。宇宙空间包罗万象,大至天体、星系、总星系,小至星际物质、分子、原子,凡一切客观存在皆包涵于宇宙之中。宇宙中的天体在万有引力的作用下相互绕转,形成不同层次的天体系统。宇宙大约由十亿个星系所构成,而星系是由不同数量的恒星所组成。小星系由几万个恒星组成,大星系由上千亿个恒星组成。太阳(恒星)所在的星系叫银河系,银河系以外的星系叫河外星系。

2) 银河系和太阳系

(1) 银河系

银河系是一个巨型漩涡状星云,中间厚、边缘薄,直径约10万光年,中心厚约1万光年,边缘厚约1000光年,形似“铁饼”。银河系大约由1500多亿颗恒星所构成,太阳是银臂上一颗中等大小的恒星,位于银河系一侧,距中心约 (2.7 ± 0.33) 万光年(1光年 $\approx 94\,605$ 亿km)。

(2) 太阳系

太阳系是银河系中一个普通成员。太阳是太阳系的中心天体。围绕太阳旋转的是一个行星体系(水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星),此外还有许多小行星、彗星、陨星等小天体。

① 太阳

太阳是一个炽热的气体球,也是离地球最近的恒星,平均距离为1个天文单位(1.5×10^8 km)。太阳直径 1.39×10^6 km,约为地球直径的109倍,体积约为地球的130万倍,质量是地球的33.3万倍,占太阳系总质量的99.86%。

太阳大气中有73种元素,以氢、氦最多,氢占太阳总质量71%,氦占26.5%。

太阳大气圈从内向外分为三层:光球层、色球层、日冕。光球层常称为太阳表面,其平均温度约为5500℃,中心温度可高达 1.55×10^7 ℃;色球和日冕只有在全日食时用特殊仪器才能观测到;黑子是光球层温度较低的巨大漩涡状气流;耀斑是色球层中温度较高的亮点。

② 行星

太阳系有八大行星,按它们与太阳的距离由近到远分别为:水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星(图1.1)。八大行星空间分布与运行规律:绕日运行方向与太阳自转方向一致;绕轴自转方向除金星外均相同,即自西向东转。地球自西向东自转,并以 $66^\circ 34'$ 交角(地轴与公转轨道平面的交角)侧着身子以30 km/s的平均速度绕太阳公转,公转轨道全长约 9.4×10^8 km,公转一周需365日5时48分46秒。地球自转一周的时间需23时56分4秒。地球自转速度在逐渐变慢,但幅度极小,据过去两千年的观测,大约每100年,一昼夜要长

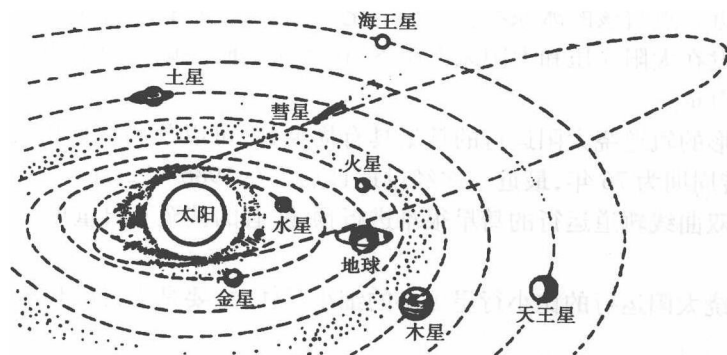


图 1.1 地球在太阳系中的位置

0.01 s。太阳系的行星按物理、化学性质分为类地行星和类木行星两大类。

a. 类地行星 包括水星、金星、地球、火星。它们距太阳近,体积和质量小,平均密度大,自转速度慢,公转周期短,卫星少或无,具固体外壳,中心有铁核,金属元素含量高。

b. 类木行星 包括木星、土星、天王星、海王星。它们距太阳远,体积和质量大,密度小,自转速度快,公转周期长,卫星较多,物质成分以轻元素为主。

2006 年 8 月国际天文联合会布拉格大会为太阳系的行星进行了定义,符合以下几条才属于行星:

- 围绕太阳运转;
- 具有足够的质量,能形成符合流体力学平衡的形态——球体;
- 具有足够的引力而能清除轨道上所有的物质。

由于第三条的原因,冥王星被拒之于行星之外,而被称为矮行星。关于矮行星与柯依柏带,美籍荷兰天文学家柯依柏发现海王星外侧有大量的大大小小的天体运行,被称之为柯依柏带,冥王星亦在此带之中。2003 年在此带中发现 2003UB313 天体,被称之为齐娜,其直径达 3 000 km,与月球大小相似,比冥王星还要大 30%。因上述第三条定义的限定,齐娜被划为矮行星。因此,冥王星也降格为矮行星。但也有反对的意见,56 位天文学家在《自然》杂志上联名发表文章,反对将冥王星降格为矮行星,他们认为:新定义不科学不完整、且布拉格会议没有代表性(全球 75 个国家有 2 500 多名天文学家,但只有 300 人开会),冥王星的命运还有待于进一步研究确定。

③卫星

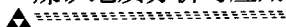
卫星是绕行星运行而自身不发光的天体。太阳系八大行星中除水星、金星外,均有卫星绕转,月球是地球唯一的一颗自然卫星。

月球距地球平均距离 38 440 km,月球绕地球公转的同时还自转,因其自转与公转周期相同,所以月球朝向地球的一面始终不变。月球表面无任何形态的水,完全没有大气,接近真空,但月球有火山喷发、造山运动、月震等现象。环形山是火山喷发或外星体撞击而成,由于没有大气和水,没有风化作用,因而得以长期保存。

④彗星

彗星的结构:

彗核——由氢、碳、水等冰冻物质组成,是彗星的主要部分,直径一般为 1 ~ 100 km。



彗发——在近日点彗核的冰冻物质受热气化,可达几万千米,由极稀薄气体组成。

彗尾——彗发在太阳光压和太阳风作用下,在背向太阳一侧形成的由极稀薄气体组成的长尾;可达 1×10^8 km。

以闭合椭圆形的轨道绕太阳运行的彗星具有周期性,可以预测他们出现的时间。例如哈雷彗星,绕日公转周期为 76 年,最近一次经过近日点是在 1986 年 2 月。

以抛物线或双曲线轨道运行的彗星很难进行预测,有的甚至不再重现。

⑤流星体

在太阳系中绕太阳运行的比小行星更小的细小天体,主要是小行星和彗星碎裂、瓦解的产物,称为流星体。

流星体运行到地球附近,被地球引力俘获并吸向地球,进入大气层摩擦生热而燃烧发光,成为流星。多数流星燃烧变成气体,少数残体落到地面成为陨石或陨星。可分为铁陨石(主要含铁镍)、石陨石(主要含硅酸盐类)、石铁陨石(含硅酸盐类和铁镍)。如 1976 年 3 月 8 日在吉林市出现罕见的陨石雨现象,已收集到 200 余块,总重达 2 700 kg 以上,超过 100 kg 的有 3 块,最大的重 1 770 kg,是当前世界最大的一块陨石。陨石是研究了解太阳系早期状态的重要线索,澳大利亚一颗陨石中发现有 18 种氨基酸和其他有机物,为宇宙生命起源研究提供了宝贵的资料。

3)河外星系

银河系以外的许多与银河系类似的星系,统称为河外星系。目前发现在银河系以外,还有数以百亿计的星系存在,近的有 250 万光年,远的超过 100 亿光年。

靠近银河系的河外星系有 20 余个,其中最著名的有仙女座星系、大麦哲伦星系、小麦哲伦星系等。它们分别呈漩涡状、透镜状等。

1.1.2 地球的形状和大小

1)地球的形状

关于地球的形状和大小,人们的认识经历了一个由圆球体到二轴椭球体、到三轴椭球体、又到梨状体的不断深化的过程。

很长时间以来,地球一直被认为是球状体,当最早使用较精确的三角测量法对地球的形状进行研究时,发现通过极点的半径与赤道半径相差 21 km,认识到地球不是一个理想的球体,而是沿旋转轴被压扁。后来,牛顿从理论上证明,在引力作用下,地球沿旋转轴方向受挤压力作用,使其具有椭球或旋转球体的形状。牛顿的这一理论和计算,后来被世界各国完成的经线或纬线弧的测量所证实;同时这些测量还表明,地球不仅沿两极方向被压扁,而且沿赤道也有某种程度的被压扁,最大和最小赤道半径长度相差 213 m,也就是说,地球不是两轴的,而是三轴的椭球体。由于物质密度分布上的差异、弹性和塑性变形及自转的影响,地球更为准确的表面形态略似于一个“梨形”。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 10 m,南极则凹进约 30 m;北半球的中纬度区稍稍凹进,在南半球则稍稍凸出。据此可以推论:地球并非严格的旋转椭球体;地球内部物质在分布上具有显著不均匀性。

2)地球的形状参数

实际的地球表面崎岖不平,为了便于测算,以平均海面通过大陆延伸所形成的封闭曲面作为参考面,此参考面称为大地水准面。地球的形状和大小通常就是指大地水准面的形状和大小。大地水准面是一个等位面,其上的重力方向处处都与该表面垂直,这样就可以引入重力的

概念,结合大地测量对地球的形状和大小进行研究。目前利用人造卫星轨道变化作校正,已经可以相当精确地求得地球的各种数据。

极半径: 6 356 km

赤道周长:40 075 km

赤道半径:6 378 km

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

平均半径:6 371 km

地球质量: $5.974 2 \times 10^{24} \text{ kg}$

扁率: 1/298

地球赤道一带稍微凸出,南北半球也不对称,加上表面凹凸不平,地球是一个不规则的旋转椭球体,基本上仍是一个圆球体(图 1.2)。

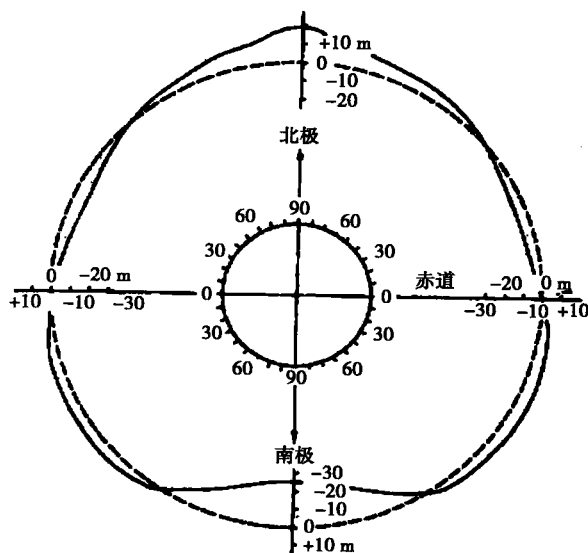


图 1.2 地球的形状

1.1.3 地球的表面特征

地球表面积为 $5.11 \times 10^8 \text{ km}^2$ 。其中陆地面积约为 1.49 亿 km^2 , 约占 29.2%; 海洋面积约为 3.62 亿 km^2 , 约占 70.8%。地球表面高低起伏不平。大陆平均海拔高度为 880 m; 最高为珠穆朗玛峰, 海拔 8 844.43 m; 最低为死海, 海拔 -395 m; 海洋底的平均深度为 3 729 m, 最深为西太平洋的马里亚纳海沟 11 034 m。

1) 陆地地形主要类型

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 ~ 1 000 m 的称为低山; 1 000 ~ 3 500 m 的称为中山; 大于 3 500 m 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。平原是海拔高度在 200 m 以下、表面常为平坦或略有起伏、其相对高差小于 50 m 的广大宽平地区。世界上最大的平原是亚马逊平原, 面积达 560 万 km^2 。我国有华北平原、松辽平原、长江中下游平原等。海拔高度在 600 m 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、巴西高原及我国的蒙古高原、青藏高原等。其中, 青藏高原是世界上最高的高原, 海拔 4 000 m 以上; 巴西高原是世界上最大的高原, 面积达 500 万平方千米以

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。洼地是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,湖水面在海平面以下 150 m,称克鲁沁洼地。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 500 m 以下,相对高差多在数十米,最大高差不超过 200 m。大陆上还有众多的河流组成的水系和湖泊,是地球表面的重要特征,它们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,并不断堆积泥沙,是大陆向海洋的扩展。

2) 海底地形主要类型

海底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。既有比大陆更广阔、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。海底地形按其特征可划分为:大陆边缘(大陆架、大陆坡、大陆基)、深海盆地、海岭、海沟(图 1.3)。

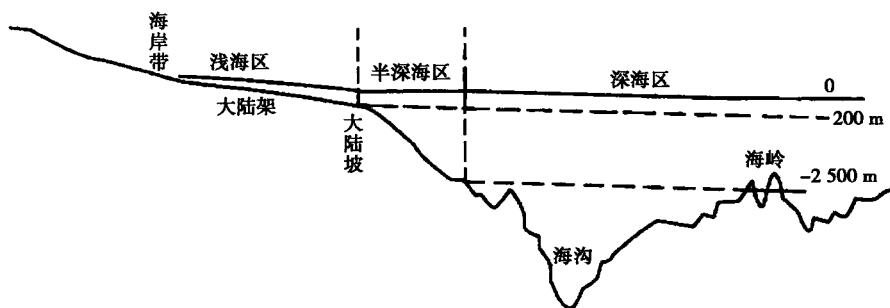


图 1.3 海底地形示意图

(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,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。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 200 m,最深可达 550 m,平均水深 130 m,平均宽度 75 km。欧亚大陆的北冰洋沿岸的大陆架最发育,宽达 500 km 以上;印度洋沿岸的大陆架最不发育。我国的大陆架宽度从 100 km 多到 500 km 多不等,水深一般为 50 m 左右,最大水深可达 180 m。

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 2 000 m,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 ~ 100 km,平均为 20 ~ 40 km。坡脚的深度为 1 400 ~ 3 000 m。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。