



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



iCourse · 教材



新世纪土木工程系列教材

土木工程地质

(第3版)

胡厚田 白志勇 主编

胡厚田 白志勇 赵晓彦 王 鹰 修订

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



iCourse · 教材



新世界

教材

土木工程地质

(第3版)

胡厚田 白志勇 主编

胡厚田 白志勇 赵晓彦 王 鹰 修订

高等教育出版社·北京

内容提要

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，是“新世纪土木工程系列教材”之一，是在 2009 年第 2 版的基础上修订而成的。

全书共 9 章，可分为两大部分。第一部分（前 3 章）系统地阐述了地质学的基础理论，包括矿物和岩石、地层与地质构造、地表水及地下水的地质作用等；第二部分（后 6 章）主要讲述工程地质理论，包括岩石及特殊土的工程性质、不良地质现象及防治、地下工程地质问题、地基工程地质问题、边坡工程地质问题、工程地质勘察等。

本书紧密联系实际，采用了岩土工程和工程地质的新标准、新规范，反映了土木工程地质的新成果和新进展。

本书可作为高等学校土木工程专业的教材，也可作为水利工程、采矿工程等相关专业的教材或参考书，还可供各相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程地质/胡厚田,白志勇主编.--3 版.--

北京:高等教育出版社,2017.2

iCourse·教材

ISBN 978-7-04-047335-3

I. ①土… II. ①胡… ②白… III. ①土木工程-工程地质-高等学校-教材 IV. ①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 020333 号

策划编辑 葛 心

责任编辑 葛 心

封面设计 李小璐

版式设计 马敬茹

插图绘制 杜晓丹

责任校对 李大鹏

责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京汇林印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 18.5
字 数 410 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2001 年 12 月第 1 版
2017 年 2 月第 3 版
印 次 2017 年 2 月第 1 次印刷
定 价 37.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 47335-00

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

名誉主任：沈蒲生(湖南大学)

主任委员：周绪红(重庆大学)

副主任委员：(按姓氏笔画排序)

叶志明(上海大学)

白国良(西安建筑科技大学)

沙爱民(长安大学)

吴胜兴(河海大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

强士中(西南交通大学)

委员：(按姓氏笔画排序)

卫 军(中南大学)

王 湛(华南理工大学)

朱彦鹏(兰州理工大学)

江见鲸(清华大学)

李远富(西南交通大学)

张家良(辽宁工业大学)

周 云(广州大学)

高 波(西南交通大学)

黄醒春(上海交通大学)

廖红建(西安交通大学)

王 健(北京建筑大学)

王清湘(大连理工大学)

刘 明(沈阳建筑大学)

杨和礼(武汉大学)

张印阁(东北林业大学)

尚守平(湖南大学)

赵明华(湖南大学)

黄政宇(湖南大学)

梁兴文(西安建筑科技大学)

霍 达(北京工业大学)

出版者的话

根据 1998 年教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录(1998 年)》,我社从 1999 年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作,并于 2000 年成立了由具丰富教学经验、有较高学术水平和学术声望的教师组成的“高等教育出版社土建类教材编委会”,组织出版了新世纪土木工程系列教材,以适应当时“大土木”背景下的专业、课程教学改革需求。系列教材推出以来,几经修订,陆续完善,较好地满足了土木工程专业人才培养目标对课程教学的需求,对我国高校土木工程专业拓宽之后的人才培养和课程教学质量的提高起到了积极的推动作用,教学适用性良好,深受广大师生欢迎。至今,共出版 37 本,其中 22 本纳入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,5 本被评为普通高等教育精品教材,若干本获省市级优秀教材奖。

2012 年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录(2012 年)》。新的专业目录中土木与建筑分开单独设类,土木类包括土木工程、建筑环境与能源应用工程、给排水科学与工程、建筑电气与智能化等 4 个专业,并增加了城市地下空间工程和道路桥梁与渡河工程 2 个特设专业。其中土木工程专业包含了 1998 年版专业目录中土建类的土木工程和建筑工程教育。

为了更好地帮助各高等学校根据新的专业目录对土木工程专业进行设置和调整,利于其人才培养,与时俱进,编委会决定,根据新的专业目录精神对本系列教材进行重新审视,并予以调整和修订。进行这一工作的指导思想是:

一、紧密结合人才培养模式和课程体系改革,适应新专业目录指导下的土木工程专业教学需求。

二、加强专业核心课程与专业方向课程的有机沟通,用系统的观点和方法优化课程体系结构。具体如,在体系上,将既有的一个系列整合为三个系列,即专业核心课程教材系列、专业方向课程教材系列和专业教学辅助教材系列。在内容上,对内容经典、符合新的专业设置要求的课程教材继续完善;对因新的专业设置要求变化而必须对内容、结构进行调整的课程教材着手修订。同时,跟踪已推出系列教材使用情况,以适时进行修订和完善。

三、各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平,以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容,贯彻理论联系实际的原则。

四、要正确处理继承、借鉴和创新的关系,不能简单地以传统和现代划线,决定取舍,而应根据教学需求取舍。继承、借鉴历史和国外的经验,注意研究结合我国的现实情况,择善而从,消化创新。

五、随着高新技术、特别是数字化和网络技术的发展,在本系列教材建设中,要充

分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展,发挥综合媒体在教学中的优势,提高教学质量与效率。在开发研制教学软件时,要充分借鉴和利用精品课程建设和精品资源共享课建设的优质课程教学资源,要注意使文字教材与先进的软件接轨,明确不同形式教学资源之间的关系是相辅相成、相互补充的。

六、坚持质量第一。图书是特殊的商品,教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序,最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能,也是沟通作者、编辑、读者的桥梁,一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此,遴选作者、审定教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为此,编委会在原系列教材的基础上,研究提出了符合新专业目录要求的新的土木工程专业系列教材的选题及其基本内容与编审或修订原则,并推荐作者。希望通过我们的努力,可以为新专业目录指导下的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系统的专业系列教材,以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材的编写和修订都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,恳请读者批评指正!

高等教育出版社

高等教育理工出版事业部

建筑与力学分社

二〇一三年三月一日

第3版前言

“工程地质”是土木工程专业的专业基础课。作为土木工程专业系列教材之一,本书系统地阐述了工程地质的基本理论、主要问题及防治措施,适用于土木工程专业本科教学,也可供相关专业技术人员参考。

土木工程建筑与工程地质有着非常密切的关系。土木工程建筑的结构形式和稳定性常常制约于建筑场地和环境的工程地质条件,工程地质问题始终贯穿于土木工程建筑勘察、设计、施工、运营的整个过程。

本课程旨在使学员掌握工程地质基本知识,合理利用勘察成果,正确认识和有效处理设计、施工、运营中出现的工程地质问题,保障工程建筑的安全稳定。

本书力求理论联系实际,反映工程地质学科的新理论、新成果,反映相关学科的新规范和新规定,并增加了地质灾害链等内容。

鉴于地质条件复杂多变,基本知识掌握困难的特点,本书通过二维码链接相关图像、动画、视频、文稿、知识点、练习题、实习素材、工程实例等内容,以丰富教材,开阔视野。

本书共分9章,可以分为两大部分。第一部分(前3章)是地质学基础知识,主要讲述矿物和岩石、地层与地质构造、水的地质作用;第二部分(后6章)是工程地质内容,主要讲述岩石及特殊土的工程性质、不良地质现象及防治、地下工程地质问题、地基工程地质问题、边坡工程地质问题和工程地质勘察。

本书的绪论、第1章、第4章、第5章由胡厚田教授修订,第2章、第3章、第6章、第7章由白志勇教授修订,第8章由赵晓彦副教授修订,第9章由王鹰教授修订。全书由胡厚田、白志勇修改、统稿。

本书是西南交通大学重点立项教材项目,在编写过程中得到高等教育出版社、西南交通大学的大力帮助,在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促,疏漏在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2016年9月

第2版前言

本书作为新世纪土木工程系列教材之一,自2001年出版以来,得到了广大土木工程专业师生的重视。在此期间,我国工程地质实践和理论发展较快,各种技术标准都进行了修订,并颁发了一些新的规范、规程,已有新版《工程地质手册》出版,以及作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,都对本书提出了更高的要求。为了适应新形势的发展,拓宽专业基础,提高综合素质,增强创新能力的要求,我们对本书第1版做了修订,并作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材出版。

本次修订对第1版中的疏漏、不足进行了全面的修改补充,此外主要做了以下工作:

第3章:从淋滤作用及残积层、洗刷作用及坡积层、冲刷作用及洪积层三个方面,加强了对暂时流水地质作用的阐述,加强了地下水的地质作用,增加了地下水水质评价的内容。

第5章:为了提高学生的实际应用能力,加强了有关崩塌、滑坡稳定性评价和防治的内容。

第6章:增加了岩体结构面类型;从错动松弛、剪出滑移、张裂塌落、劈裂剥落、弯折内鼓、岩爆、塑性挤出、膨胀内鼓等八个方面,阐述了岩质围岩变形破坏的地质问题;增加了隧道施工地质超前预报方法。

第7章:对常见的地基变形破坏进行原理分析,加强了地基承载力确定方法,增加了有关地基处理的内容。

第8章:精简了赤平极射投影分析边坡稳定性的内容,增加了边坡破坏的防治措施和铁路路堑岩石边坡参考数值表。

第9章:精简了各类工程勘察要求的内容,增加了航空工程地质勘察及遥感技术的应用。

本次修订分工如下:绪论、第1章、第4章、第5章中§5.1、§5.2由胡厚田修订,第2章、第5章中§5.3、§5.4、§5.5和第6章由白志勇修订,第3章、第8章由谢强修订,第7章由魏安修订,第9章由吕小平修订。全书由胡厚田、白志勇修改定稿。

本次修订得到了高等教育出版社、西南交通大学教务处及土木工程学院的大力支持和帮助,在此表示感谢。

本书可作为土木工程专业本科生的教材,也可供相关专业的工程技术人员参考。

由于编者水平所限,不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年8月

第 1 版前言

工程地质是土木工程专业的专业基础课。作为土木工程专业系列教材之一,本书系统地阐述了工程地质理论、问题及防治措施,适合于土木工程专业本科教学,也可供专业技术人员参考和应用。

学习本课程目的在于使学生了解工程建设中的工程地质现象和问题,以及这些现象和问题对工程建筑设计、施工和使用各阶段的影响;能正确处理各种工程地质问题,并能合理利用自然地质条件;了解各种工程地质勘察要求和方法,布置勘察任务,合理利用勘察成果解决设计和施工中的问题。为此,本书在编写过程中力求理论联系实际,在内容上反映工程地质学科的新理论、新成果,反映相关学科的新规范和新规定。本书共 9 章,可以分为两大部分。第一部分(前 3 章)是地质学基础知识,主要讲述矿物和岩石、地层与地质构造、地表水及地下水的地质作用;第二部分(后 6 章)是工程地质理论,主要讲述岩土的工程性质、不良地质现象及防治、地下工程地质问题、地基工程地质问题、边坡工程地质问题和工程地质勘察。

本书的绪论,第 1 章,第 4 章,第 5 章 § 5.1、§ 5.2 由胡厚田编写;第 2 章,第 5 章 § 5.3、§ 5.4、§ 5.5 由白志勇编写;第 3 章,第 6 章由吴继敏编写;第 7~9 章由王健、何高毅编写;全书由胡厚田、吴继敏修改、统稿。书稿承张咸恭先生审阅并提出了宝贵的意见。

本书在编写过程中得到高等教育出版社、西南交通大学土木工程学院的大力帮助,在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促,疏漏在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2001 年 7 月

目 录

绪 论	1	§ 4.6 特殊土的工程性质	113
思考题	3	思考题	125
第 1 章 矿物和岩石	4	第 5 章 不良地质现象及防治	126
§ 1.1 地球的概况	4	§ 5.1 崩塌与落石	126
§ 1.2 主要造岩矿物	6	§ 5.2 滑坡	133
§ 1.3 岩浆岩	12	§ 5.3 泥石流	147
§ 1.4 沉积岩	19	§ 5.4 岩溶	153
§ 1.5 变质岩	25	§ 5.5 地震	161
思考题	30	§ 5.6 山地灾害链	170
第 2 章 地层与地质构造	31	思考题	178
§ 2.1 地壳运动及地质作用的概念 ...	31	第 6 章 地下工程地质问题	179
§ 2.2 地层的概念	33	§ 6.1 岩体及地应力的概念	180
§ 2.3 岩层及岩层产状	39	§ 6.2 洞室围岩变形及破坏的 主要类型	184
§ 2.4 褶皱构造	43	§ 6.3 地下洞室特殊地质问题	189
§ 2.5 断裂构造	46	§ 6.4 围岩工程分级及其应用	193
§ 2.6 地质构造对工程建筑物稳定性 的影响	55	§ 6.5 围岩稳定性评价方法	200
§ 2.7 地质图	57	§ 6.6 隧道超前地质预报	203
思考题	64	思考题	206
实习要求	64	第 7 章 地基工程地质问题	207
第 3 章 水的地质作用	65	§ 7.1 地基变形及破坏的基本类型 ...	207
§ 3.1 地表流水的地质作用	66	§ 7.2 地基承载力	210
§ 3.2 地下水的地质作用	75	§ 7.3 地基处理	220
思考题	95	思考题	233
第 4 章 岩石及特殊土的工程 性质	96	第 8 章 边坡工程地质问题	234
§ 4.1 岩石的物理性质	96	§ 8.1 边坡变形破坏的基本类型	235
§ 4.2 岩石的水理性质	98	§ 8.2 影响边坡稳定性的因素	239
§ 4.3 岩石的力学性质	101	§ 8.3 边坡稳定性分析方法	240
§ 4.4 风化作用	105	§ 8.4 边坡变形破坏的防治措施	251
§ 4.5 岩石、土的工程分类	108	思考题	255

第9章 工程地质勘察	256	§ 9.4 测试及长期观测	271
§ 9.1 工程地质勘察的目的、任务、 分级与阶段	256	§ 9.5 勘察成果整理	273
§ 9.2 工程地质测绘	260	思考题	279
§ 9.3 工程地质勘探	264	参考文献	280

绪 论

一、工程地质学的主要研究内容

工程地质学是地质学的一个分支,是研究与工程建设活动有关的地质问题的学科。工程地质学的研究目的在于查明建设地区、建筑场地的工程地质条件,分析、预测和评价可能存在和发生的工程地质问题及其对建筑环境的影响和危害,提出相应的防治措施,为保证工程建设的规划、设计、施工和运营提供可靠的地质依据。

工程地质学的主要研究内容有:

1. 岩土体的分布规律及其工程地质性质的研究

在进行工程建设时人们最关心的是建筑地区和建筑场地的工程地质条件,特别是岩土体、土体的空间分布及其工程地质性质,以及在自然因素和工程作用下这些性质的变化趋势。

2. 不良地质现象及其防治的研究

分析、预测在建筑地区和场地可能发生的各种不良地质现象和问题,例如崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地表塌陷、地震等的形成条件、发展过程、规模和机制,评价它们对工程建筑物的危害,研究防治不良地质现象的有效措施。

3. 工程地质勘察技术的研究

为了查清各种不同类型的建筑地区和场地的工程地质条件,分析预测不良地质作用,评价工程地质问题,为建筑物的设计、施工、运营提供可靠的地质资料,就需要进行工程地质勘察,选择勘察方法,研究勘察理论和新的勘察技术,特别是随着国民经济的发展,大型、特大型工程越来越多,如跨流域的南水北调工程、大型水电站、深部采矿、超高层建筑、海峡隧道、海洋工程等,都需要对勘察技术进行研究。

4. 区域工程地质研究

研究工程地质条件的区域分布和规律,如岩土类型的分布规律,各种不良地质现象的分布规律,特别是地质构造的变化等。研究范围可以是全国性的,也可以是地区性的。还可以按照工程地质条件的相似性和差异性进行分区,可以分级划分。区域工程地质研究为规划工作提供地质依据,也为进一步的工程地质勘察和研究打下基础。

上述工程地质研究,都是围绕人类工程活动的地质环境或工程地质条件进行的。工程地质条件包括地形地貌、岩土类型及其工程地质性质、地质构造、水文地质、不良地质现象以及天然建筑材料六个条件。因此,工程地质条件是一个综合概念,是指六个条件的总体,单独一两个条件不能称之为工程地质条件。

二、工程地质工作在土木工程中的作用

土木工程包括工业民用建筑工程、铁路和公路工程、水运工程、水利水电工程、矿山工程、海港工程、机场工程、近海石油开采工程以及国防工程等。这些工程在设计、施工和运

营阶段都离不开工程地质工作。大量的国内外工程实践证明,在工程设计和施工阶段进行详细周密的工程地质勘察工作,设计、施工就能顺利进行,运营阶段工程建筑的安全就有保证。相反,对工程地质工作重视不够或工程地质工作不详细,致使一些严重的工程地质问题未被发现或即使发现了治理工程也与其不相适宜,都会给工程带来不同程度的隐患,轻者不得不修改原设计方案,增加投资,延误工期;重者造成灾害,使工程建筑物完全破坏,甚至造成人员伤亡。

例如,成(都)昆(明)铁路沿线地形险峻,地质构造极为复杂,大断裂纵横分布,新构造运动十分强烈,有约 200 km 的地段位于 8、9 度地震烈度区,岩层十分破碎,加上沿线雨量充沛,山体不稳,各种不良地质现象充分发育,被誉为“世界地质博物馆”。当时,中央和原铁道部对成昆线的工程地质勘察十分重视,提出了地质选线的原则,动员和组织全路工程地质专家和技术人员进行大会战,并多次组织全国工程地质专家进行现场考察和研究,解决了许多工程地质难题,保证了成昆铁路顺利建成通车。相反,不重视工程地质工作的工程,就会出现大量问题,如新中国成立前修建的宝(鸡)天(水)铁路,当时根本不重视工程地质工作,设计开挖了许多高陡路堑,致使发生了大量崩塌、落石、滑坡、泥石流病害,使线路无法正常运营,被称为西北铁路线中的盲肠。再如,湖北盐池河磷矿,在采矿时对岩体崩塌认识不足,1980 年 6 月突然发生 10^6 m^3 的大崩塌,冲击气浪将四层大楼抛至对岸撞碎,造成建筑物毁坏,284 人丧生。又如,意大利瓦依昂水库滑坡,由于对滑坡认识不深,1963 年 10 月 9 日突然发生高速滑动,将水库中 $5 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的水体挤出,激起 250 m 高的涌浪,高 150 m 的洪峰溢过坝顶冲向下游,有 3 000 多人丧生。上述两方面的实例都说明,土木工程建筑必须重视工程地质工作,进行高质量的工程地质勘察工作,应用地质资料和评价做出合理的规划、设计和施工,才能保证土木工程建筑经济合理、安全可靠。

三、本课的主要内容及学习要求

“土木工程地质”是土木工程专业的一门专业基础课,它是应用工程地质的基础理论和知识,解决土木工程建筑在勘察、设计、施工和运行使用阶段中的工程地质问题的一门学科。本书共九章,包括基础地质第 1~3 章和工程地质第 4~9 章两大部分。

第 1 章矿物和岩石,重点介绍主要造岩矿物的类型特征,三大岩类(岩浆岩、沉积岩、变质岩)的成因、成分、结构、构造、分类及其特征。第 2 章地层与地质构造,介绍地壳运动及地质作用概念、岩层及产状、地层的概念、褶皱构造、断裂构造、地质构造对工程建筑物稳定性影响、地质图。第 3 章水的地质作用,讲述地表水及地下水的地质作用。第 4 章岩石及特殊土的工程性质,主要介绍岩石的工程性质、岩石的风化作用、岩土的工程分类、特殊土的工程性质。第 5 章不良地质现象及防治,主要介绍崩塌与落石、滑坡、泥石流、岩溶、地震等不良地质现象及防治。第 6 章地下工程地质问题,主要讲述岩体、岩体结构及地应力概念,洞室围岩的变形及破坏基本类型,地下洞室特殊地质问题,围岩工程分级及其应用等。第 7 章地基工程地质问题,主要介绍地基变形及破坏的基本类型、地基承载力获取方法、地基处理方法。第 8 章边坡工程地质问题,包括边坡变形破坏的基本类型、边坡稳定性分析方法、边坡变形破坏的防治措施。第 9 章工程地质勘察,包括勘察的目的、任务和阶段,勘察的内容和方法,岩土物理力学性质试验,长期观测,勘察资料整理。

本书对土木工程专业本科生有以下要求:

1. 掌握工程地质的基本理论和知识,能正确运用工程地质勘察资料进行土木工程的设计和施工。
2. 了解不良地质现象的形成条件和机制,根据勘察数据和资料,能有效地进行防治设计。
3. 了解土木工程的工程地质问题,能在工程设计、施工、运营中解决实际的工程地质问题。
4. 了解地质勘察的内容、方法及勘察成果,对中小型工程能进行工程地质勘察工作。



思考题

1. 什么是工程地质学? 它的主要内容是什么?
2. 什么是工程地质条件?
3. “土木工程地质”课程的教学基本要求是什么?

第 1 章

矿物和岩石

§ 1.1 地球的概况

§ 1.4 沉积岩

§ 1.2 主要造岩矿物

§ 1.5 变质岩

§ 1.3 岩浆岩

§ 1.1 地球的概况

地球是太阳系中的八大行星之一,它绕太阳公转,并绕自转轴由西向东旋转。

1.1.1 地球的形状和大小

地球是一个不规则的扁球体。赤道半径略长,约为 6 378 km,极地半径略短,约为 6 356.8 km;平均半径约为 6 371 km。地球总表面积约为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$,大陆面积约为 $1.48 \times 10^8 \text{ km}^2$,约占总表面面积的 29%;海洋面积约为 $3.6 \times 10^8 \text{ km}^2$,约占 71%。地球质量为 $5.976 \times 10^{24} \text{ kg}$,地球体积为 $1.083 \times 10^{21} \text{ m}^3$,平均密度为 5.518 kg/m^3 。

1.1.2 地球外部圈层

地球外部有水圈、大气圈和生物圈三个圈层。

一、水圈

水圈是地球表层水体的总称。地球表层水的总体积为 $1.4 \times 10^{18} \text{ m}^3$ 。其中,海洋水占 97.3%,两极固态水占 2.1%,其余约占 0.6%的水以河流、湖泊及地下水的形式存在。海水平均含溶解的盐类约 0.35%,主要为氯化钠,呈弱碱性。雨水和河水中的溶解物大部分为碳酸氢钙(CaHCO_3),略呈酸性。水圈与地壳上部有较大程度的重叠,地下水可以环流到地壳内数公里的深度,受到地热影响与岩石产生反应后可以再回到地面。

二、大气圈

大气圈主要成分为氮、氧、氩、二氧化碳、水蒸气等。其中,氮占 78.1%,氧占 21%,二氧化碳占 0.03%,水汽占 0~2%,在距地表 100 km 范围内气体成分较稳定。地表的大气密度为 1.2 kg/m^3 ,在 100 km 高度的大气密度将为 10^{-6} kg/m^3 。

由地面至 15 km 高度为对流层;其上至 50 km 为平流层;平流层顶至 80~85 km 为中间层;再向上至 500 km 以上为外逸层。平流层中有大量臭氧,臭氧可以滤去来自太阳的

大部分紫外线辐射。

大气圈与水圈相互作用。太阳的热能使海水蒸发,水汽凝结成云,形成降水。降到陆地上的水,形成径流,由地面或地下返回海洋,造成水不断循环。

三、生物圈

生物圈是地表生物活动地带所构造的圈层。包括地表到 200 m 高空以及水下 200 m 的水域空间。通过新陈代谢等方式,形成生物地质作用,促使地壳表层物质成分和结构的改变。地壳的煤、石油、泥炭和腐殖质等都是生物的生成性物质。

1.1.3 地球内部构造

地球是由不同状态、不同物质的圈层构成的,地球的内部由地壳、地幔和地核三个圈层组成(图 1-1)。

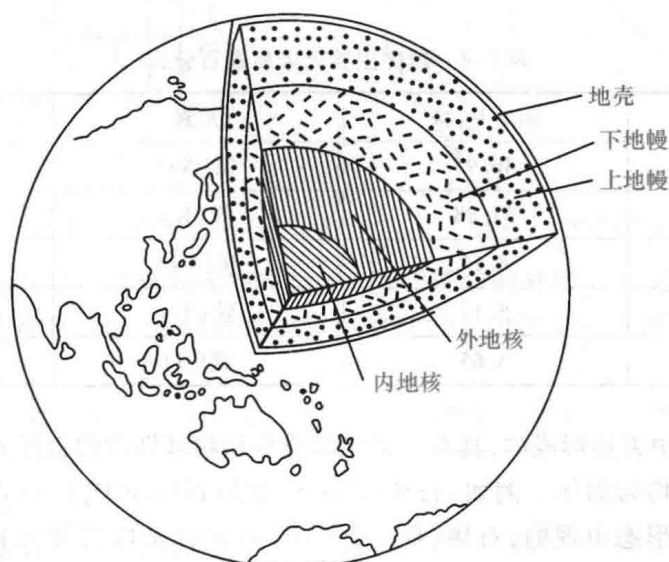


图 1-1 地球的内部构造

一、地壳

地壳是地球表面固体的薄壳,平均厚度为 33 km。洋壳较薄,约 2~11 km,密度 $3 \sim 3.1 \text{ kg/m}^3$,主要由镁、铁质岩浆岩,即玄武岩和辉长岩组成。陆壳较厚,约 15~80 km,平均密度为 $2.7 \sim 2.8 \text{ kg/m}^3$ 。人类的工程活动多在地壳的表层进行,一般不超过 1~2 km 的深度,但石油、天然气井钻探深度可达 7 km 以上。

二、地幔

地幔是位于地壳与地核之间的中间构造层。地幔与地壳的分界面称莫霍面;地幔与地核的分界面叫古登堡面。地幔可以划分为三部分:① 上地幔,由莫霍面至 400 km 深度;② 过渡层,深度在 400~670 km;③ 下地幔,深度在 670~2 891 km。上地幔的物质成分由含铁、镁多的硅酸盐矿物组成,与超基性盐类似,称橄榄质层。地幔中在 60~400 km 处为地震波传播“低速带”,特别是在 100~150 km 深处,波速降低最多,分析为液态区,可能是岩浆的发源地。

三、地核

地核位于地幔以下,是地球的核心部分。其半径约为 3 489 km,靠近地幔的外核主要由液态铁组成,含约 10% 的镍,15% 的较轻的硫、硅、氧、钾、氢等元素;内核由在极高压 ($3.3\times10^5\sim3.6\times10^5$ MPa) 下结晶的固体铁镍合金组成,其刚性很高。

1.1.4 地壳的组成

地球表层温度较低、刚性较大的地壳和地幔顶部称为岩石圈。岩石圈的厚度在地球各部分不一致:大洋部分岩石圈厚 6~100 km,大陆部分岩石圈厚约在 100~400 km 之间。岩石由矿物组成,矿物由各种化合物或化学元素组成。在地壳中已发现化学元素 90 多种,它们的含量和分布不均衡,其中氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛和氢十种元素含量较多,占元素总量的 99.96%(表 1-1)。这些元素多以化合物的形式出现,少数以单质元素的形式存在。

表 1-1 地壳主要元素质量百分比

元素	质量比/%	元素	质量比/%
氧(O)	46.95	钠(Na)	2.78
硅(Si)	27.88	钾(K)	2.58
铝(Al)	8.13	镁(Mg)	2.06
铁(Fe)	5.17	钛(Ti)	0.62
钙(Ca)	3.65	氢(H)	0.14

矿物是在地壳中天然形成的,具有一定化学成分和物理性质的自然元素或化合物,通常是无机作用形成的均匀固体。例如,石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)、石膏($\text{CaSO}_4\cdot2\text{H}_2\text{O}$)等是以自然化合物形态出现的;石墨(C)、金(Au)等矿物是以自然元素形态出现的。构成岩石的矿物称为造岩矿物。

岩石是矿物的天然集合体。多数岩石是一种或几种造岩矿物按一定方式结合而成的,部分为火山玻璃或生物遗骸。岩石按成因可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。本章着重讲述主要的造岩矿物和常见的三大类岩石。

§ 1.2 主要造岩矿物

目前,人类已发现的矿物有 3 000 多种,其中构成岩石的主要成分、明显影响岩石性质、对鉴定岩石类型起重要作用的矿物称为主要造岩矿物。常见的主要造岩矿物有 20 余种。

1.2.1 矿物的物理性质

矿物的物理性质包括形态、颜色、条痕、光泽、透明度、解理、断口、硬度、密度等,都是肉眼鉴定矿物的依据。