



全国高等院校水利水电类精品规划教材

工程地质及 水文地质

主编 王孔伟 周金龙

主审 陈南祥



黄河水利出版社

全国高等院校水利水电类精品规划教材

工程地质及水文地质

主 编 王孔伟 周金龙
副主编 李恒太 杜绍敏
主 审 陈南祥

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书分地质学基础、水文地质和工程地质三篇,共十章,全面系统地讲述了矿物和岩石、地质构造及区域构造稳定性、风化作用与地面流水的地质作用、水文地质学概述、地下水运动与状态、地下水资源、岩体的工程地质特征、不良地质现象对水利工程的影响及防治措施、水利工程对地质环境的影响及预防措施、工程地质及水文地质勘察等。

本书可以作为水利水电工程专业、农田水利工程专业专科、本科教材,还可供在职相关人员进修自学之用。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质及水文地质/王孔伟,周金龙主编. —郑州:
黄河水利出版社,2009.8
全国高等院校水利水电类精品规划教材
ISBN 978 - 7 - 80734 - 650 - 0

I. 工… II. ①王…②周… III. ①工程地质 - 高等学校 -
教材②水文地质 - 高等学校 - 教材 IV. P64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 134668 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:19.5

字数:451 千字

版次:2009 年 8 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2009 年 8 月第 1 次印刷

定价:36.00 元

出版者的话

近年来,随着我国对基础设施建设投入的加大,水利水电工程建设也迎来了前所未有的黄金时间。截至2006年,全国已建成堤防28.08万公里,各类水库85 849座,2006年水利工程在建项目4 614个,在建项目投资总规模达6 121亿元(《2006年全国水利发展统计公报》)。据《可再生能源发展“十一五”规划》,到2010年,我国水电总装机容量将达到1.9亿千瓦。水利水电工程的大规模建设对设计、施工、运行管理等水利水电专业人才的需求也更为迫切,如何更好地培养适应现今水利水电事业发展的优秀人才,成为水利水电专业院校共同面临的课题。作为水利水电行业的专业性科技出版社,我社长期关注水利水电学科的建设与发展,并积极组织水利水电类专著与教材的出版。

在对水利水电类本科层次教材的深入了解中,我们发现,以应用型本科教学为主的众多水利水电类专业院校普遍缺乏一套完整构建在校本科生专业知识体系又兼顾实践工作能力的教材。在广泛调研与充分征求各课程主讲老师意见的基础上,按照高等学校水利学科专业教学指导委员会对教材建设的指导精神与要求,并结合教育部实施的多层次建设、打造精品教材的出版战略,我社组织编写了本系列“全国高等院校水利水电类精品规划教材”。

此次规划教材的特点是:

- (1)以培养水利水电类应用型人才为目标,充分重视实践教学环节。
- (2)在依据现有的专业规范和课程教学大纲的前提下,突出特色,力求创新。
- (3)紧扣现行的行业规范与标准。
- (4)基本理论与工程实例相结合,易于学生接受与理解。

本系列教材除了涵盖传统专业基础课及专业课外,还补充了多个新开课程的教材,以便于学生扩充知识与技能,填补课堂无合适教材可用的空缺。同时,部分教材由工程技术人员或有工程设计施工从业经历的老师参与编写,也是此次规划教材的创新。

本系列教材的编写与出版得到了全国21所高等院校的鼎力支持,特别是三峡大学党委书记刘德富教授和华北水利水电学院副院长刘汉东教授对系列教材的编写与出版给予了精心指导,有效保证了教材出版的整体水平与质量。在此对推进此次规划教材编写与出版的各院校领导和参编老师致以最诚挚的谢意,是他们在编审过程中的无私奉献与辛勤工作,才使得教材能够按计划出版。

“十年树木,百年树人”,人才的培养需要教育者长期坚持不懈的努力,同样,好的教材也需要经过千锤百炼才能流传百世。本系列教材的出版只是我们打造精品专业教材的开始,希望各院校在对这些教材的使用过程中,提出改进意见与建议,以便日后再版时不断改正与完善。

黄河水利出版社

全国高等院校水利水电类精品规划教材

编 审 委 员 会

主 任：	三峡大学	刘德富	华北水利水电学院	刘汉东
副主任：	西安理工大学	黄 强	郑州大学	吴泽宁
	云南农业大学	文 俊	长春工程学院	左战军
委 员：	西安理工大学	姚李孝	西北农林科技大学	辛全才
	扬州大学	程吉林	三峡大学	田 斌
	华北水利水电学院	孙明权	长沙理工大学	樊鸣放
	重庆交通大学	许光祥	河北农业大学	杨路华
	沈阳农业大学	迟道才	河北工程大学	丁光彬
	山东农业大学	刘福胜	黑龙江大学	于雪峰
	新疆农业大学	侍克斌	内蒙古农业大学	刘廷玺
	三峡大学	张京穗	华北水利水电学院	张 丽
	沈阳农业大学	杨国范	南昌工程学院	陈春柏
	长春工程学院	尹志刚	昆明理工大学	王海军
	南昌大学	刘成林	西华大学	赖喜德

前 言

工程地质及水文地质作为地质学中的应用分支学科,在工程建设和环境保护领域具有广阔的应用前景。随着世界新的开发项目计划全球将变成一个大工地的实施,这些大型工程项目对地质环境的要求将更加苛刻,其对地质环境的影响也更加严重。这些世界级的巨大工程将会涉及和诱发范围更广、规模更大、风险更高的工程地质(环境)和水文地质问题。如何应对这些难题成为我们编写《工程地质及水文地质》的动力。针对这些问题,本教材系统地阐述了工程地质及水文地质的基本知识要点,力图向读者展现一个系统的、科学的、完善的工程地质及水文地质理论体系和教学内容体系。

为了发挥多个高校的自身优势,编写一部高质量的精品教材,在黄河水利出版社系列精品教材编写规划的具体指导下,本教材由国内6所高校9位教师参与编写,可以说是集体智慧的结晶。全书共分三篇十章,每章挑选相关作者编写,最终由王孔伟老师和周金龙老师统稿。本书由王孔伟、周金龙老师任主编,各章的编写人员见下表(按章的排列顺序):

各章名称	编写人(单位)
绪 论	王孔伟(三峡大学)
第一章 矿物和岩石	张帆(三峡大学)
第二章 地质构造与区域构造稳定性	王孔伟(三峡大学)
第三章 风化作用与地面流水的地质作用	朱常志(河北农业大学)
第四章 水文地质学概述	周金龙(新疆农业大学)
第五章 地下水运动与状态	赵兰霞(河北农业大学)
第六章 地下水资源	张慧颖(云南农业大学)
第七章 岩体的工程地质特征	杜绍敏(黑龙江大学)
第八章 不良地质现象对水利工程的影响及防治措施	李恒太(河北工程大学)
第九章 水利工程对地质环境的影响及预防措施	杜绍敏(黑龙江大学)
第十章 工程地质及水文地质勘察	吴彬(新疆农业大学)

本教材具有以下特点:第一,系统性,本教材在基本概念、基本知识介绍的基础上全面系统地讲解了工程地质及水文地质的基本原理和应用实例;第二,可操作性,本教材在介

绍基本理论、基本方法的同时,强调教材的实践应用环节,配有大量成果图件,便于读者自学,同时在每章后面列有思考题,供读者参考。

本教材由华北水利水电学院陈南祥教授任主审,对本书的初稿提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢,书中部分内容参考了相关研究成果,均已在参考文献中列出,在此对这些文献的作者表示感谢。

由于本教材涉及内容广泛,编写人员较多,书中错误和缺点在所难免,欢迎广大读者提出宝贵意见。

编 者
2009 年 3 月

目 录

出版者的话

前 言

绪 论 (1)

第一篇 地质学基础

第一章 矿物和岩石 (4)

第一节 概 述 (4)

第二节 地质作用 (6)

第三节 矿 物 (9)

第四节 岩 石 (15)

第五节 地质年代 (33)

第六节 岩石物理力学性质指标 (37)

复习思考题 (41)

第二章 地质构造及区域构造稳定性 (42)

第一节 水平岩层和倾斜岩层 (42)

第二节 褶皱构造 (44)

第三节 节理构造 (51)

第四节 断层构造 (57)

第五节 地质图 (66)

第六节 活断层和地震危险性的工程地质评价 (73)

第七节 区域构造稳定性的评价方法 (80)

复习思考题 (81)

第三章 风化作用与地面流水的地质作用 (82)

第一节 风化作用 (82)

第二节 地面流水的地质作用 (87)

复习思考题 (100)

第二篇 水文地质

第四章 水文地质学概述 (101)

第一节 水文地质学的研究对象、创立过程、学科分类及其与相邻学科的关系
..... (101)

第二节	地下水在生活、生产及生态环境中的作用	(104)
第三节	自然界中水的分布及循环	(106)
第四节	地下水的赋存条件	(107)
第五节	地下水的补给、径流和排泄	(120)
第六节	地下水的物理性质、化学成分及其形成作用	(126)
第七节	地下水中的环境同位素	(134)
	复习思考题	(137)
第五章	地下水运动与动态	(139)
第一节	重力水运动的基本规律	(139)
第二节	地下水的动态	(142)
第三节	地下水均衡	(147)
	复习思考题	(151)
第六章	地下水资源	(152)
第一节	地下水资源的特征及分类	(152)
第二节	地下水资源质量评价	(155)
第三节	地下水资源量计算	(158)
第四节	地下水不合理开发利用引发的环境地质问题	(164)
第五节	地下水资源管理	(183)
	复习思考题	(190)

第三篇 工程地质

第七章	岩体的工程地质特征	(192)
第一节	岩体的结构特征	(193)
第二节	岩体的主要力学特征	(200)
第三节	岩体的工程分类方法	(208)
	复习思考题	(212)
第八章	不良地质现象对水利工程的影响及防治措施	(213)
第一节	坝基岩体稳定性分析	(214)
第二节	地下洞室围岩稳定性分析	(226)
第三节	渠道的工程地质分析	(241)
	复习思考题	(245)
第九章	水利工程对地质环境的影响及预防措施	(246)
第一节	坡体的形成原因与演化的基本规律	(246)
第二节	自然边坡的工程地质分析方法	(258)

第三节 大型水库库区工程地质问题分析 (265)

 复习思考题 (277)

第十章 工程地质及水文地质勘察 (278)

 第一节 地质勘察工作的目的及任务 (278)

 第二节 勘察的基本手段和方法 (280)

 第三节 天然建筑材料的勘察 (290)

 第四节 工程地质及水文地质勘察资料整理 (292)

 复习思考题 (295)

参考文献 (296)

绪 论

一、地质学的研究对象、分科和任务

地质学是研究地球的一门自然科学,它主要研究固体地球的组成、构造、形成和演化规律。

地球的外部层圈有大气圈、水圈和生物圈。固体地球部分则分为地壳、地幔和地核三个层圈,其中地壳与人类的生产和生活具有直接关系,也是相对易于观测研究的部分,因此是研究的重点。然而,地壳的发展演化与其下伏的地幔和地核以及外部的大气、水和生物等均有联系,因此随着科学技术的发展,地质学的研究领域不断扩大。地质学的传统分支学科主要有结晶学与矿物学、岩石学、古生物学、构造地质学以及第四纪地质学等;同时许多与地质学密切相关的边缘学科已经成为地质学的重要分支,如地球化学、遥感地质学、数学地质学、行星地质学等。

地质学的应用分支学科可分为两类:一是与资源相关的应用分支学科,如矿床学、石油地质学、煤田地质学等;二是与人类生活环境和灾害防护相关的分支学科,如工程地质学、环境地质学、灾害地质学以及水文地质学等。

地质学与人类的生产和生活有密切的联系,地球是人类生活的舞台,是生产和科学研究的基地,了解和掌握地球,特别是地壳的特点及其活动的规律性是极其重要的。地质学研究的内容丰富、领域广阔,是严谨而奥妙的科学,地质工作是先行的基础工作。江河大桥、铁路、公路、水库、水坝等重大工程建设,必须在工程地质勘察的基础上进行设计和施工。

二、地质学的特点及其研究方法

(一)地质学的特点

(1)地质学研究领域所涉及的时间和空间,远远超出人的生存时间和能够直接接触的空间。地壳自形成以来,至少经历了 46 亿年,在这漫长的时间里,发生过很多地质事件,在地壳中留下了很多形形色色的岩石记录和古生物记录。人们不能直接观察地质时代中过去曾经发生的地质事件,只能根据岩石记录和古生物记录,恢复古代地质事件的情况。

(2)地质学是复杂的自然科学。地质学是研究地球物质运动的科学,所研究的内容包括:从原子和离子的自然行为,到矿物和岩石的形成及演化,直到地壳各部分的活动;从无机界到有机界、从常温常压到高温高压条件下的物理变化和化学变化。任何地质过程都不是单纯的物理化学过程,既要引用数学、物理和化学等基础科学的原理,又不能局限于这些原理,既要进行必要的数理推理,而又不能单纯依靠数理推理。

(3)地质学是实践性很强的科学。对于地质学来说,到自然界中调查研究是最基本的工作方法,也是最主要的实践过程。一般来说,地质作用的过程和原理是不可能在实验

室内简单地模拟再现的。例如,火山喷发、古生物演化、海陆变迁、山脉的生成等,这些地质现象在时间上、规模上、内容上和条件上,都不可能在实验室重复再现。因此,地质学只能将地球作为“自然的大实验室”,野外地质调查研究是地质工作的首要实践任务。

(二)地质学的研究方法

地质学的基本研究方法是在实践的基础上进行推理论证,推理的基本方法是演绎和归纳,两者是紧密联系的。地质学中通常以归纳法为主。

1. 地质研究的一般程序

地质学中许多原理和学说以及对某一课题的认识,一般是按下述程序建立起来的,这个程序也就是地质科学思维形成和发展的过程。

第一步,调查研究。所谓调查,包括野外考察、室内试验以及前人研究资料的收集等,所谓研究,则是对调查所获资料的分析对比和归纳分类。

第二步,推断解释。将各种原始资料经过综合归纳和推理,查明其内在规律,建立理性认识。回答“什么”、“何时”、“何地”、“为什么”等问题。

第三步,实践检验。各种推断解释只有经过实践检验证实其正确性,才能确立。例如,地震预报只有经过实践检验才能证实其正确性。

2. 现实主义原则——“将今论古”

在用归纳法研究问题时,经常使用比较的方法。例如,作为科学研究的基础工作,必须对所研究的对象进行分类,而分类是通过比较异同而得出的,各种鉴定工作则是这一过程的继续。在地质学中,影响最为深远的是“将今论古”的比较方法,即根据研究现代地质作用得出的规律,认识和恢复古代的地质事件。

“将今论古”的理论基础是均变说,均变说是由赫顿(1788)提出的,并由莱伊尔(1830)发展和确立。均变说认为现在作用于地壳的地质过程和自然规律的基本原则,在整个地质时期也可以以同一方式和大体相同的强度起作用。因此,过去的地质事件可以用今天所观察到的现象和力量来解释,研究现代是了解过去的关键。均变说并不排除局部灾变,也不意味着任何变化都具有固定的速率,而是强调地壳的演化发展是渐进的,在各个方面“古”、“今”都是基本一致的。

三、工程地质及水文地质学科的形成及与地质学的联系

工程地质学及水文地质学是地质学学科范畴内的应用学科。

(一)水文地质学

水文地质学是研究地下水形成、运动和分布规律及其合理利用与相关灾害防治的应用学科。随着社会的发展,水作为资源的意义愈来愈成为主要方面,很少有人会怀疑淡水的重要性不亚于石油,甚至会超过石油,成为对人类社会影响最大的资源。

如果知道了地下地层、岩石和构造情况,查明了地下水的分布和有关岩石的渗透系数,就可以对地下水的给水能力作出必要的定量估算。若再进一步将地下水补给、排泄的地质条件和有关参数综合起来,就可以对抽取地下水前后地下水的动态和平衡作出评价。为了取得这些资料,水文地质勘察需要大量的基础地质观察研究,最终提出合理开发利用地下水或防治地下水危害的方法和措施。

水文地质学涉及的问题较为复杂,作为应用学科,经常要求一定程度的定量结论。精确的计算在理论上和方法上常有许多困难。如隔水层与含水层的划分往往是相对的。断层可以作为水的通道,但压性断层由于断层泥的存在,水较难穿透却又成为隔水带等。平原区的水文地质工作往往涉及大量第四纪松散沉积物的研究,而第四纪地质和黏土矿物等正是地质学亟待加强的研究领域。

(二)工程地质学

道路、桥梁、隧道、水库、堤坝和建筑等工程建设,都涉及地质条件评价问题。工程越大,对地质条件要求越严格,研究这一方面的地质学分支学科为工程地质学。工程地质学是调查、研究、解决、预测与各种工程活动相关的地质问题的科学。

工程建设涉及的地质问题主要是地基的承载能力、边坡或侧帮和顶板的坚固性以及渗透的可能性等。岩石的力学性质也是重要的工程地质条件。对于松散堆积物等未固结的岩石,水的渗入往往对岩石的力学性质影响巨大。所以,岩石的水理特点,也是重要的工程地质条件。与工程建设有关的地质作用称为工程动力地质作用,是工程地质学的主要研究内容。工程动力地质作用包括自然的和人为的两大类。后者如建筑引起的地基变形,开挖边坡、洞室、基坑引起的滑动和坍塌,修筑水坝引起的坝下和水库的渗漏与变形以及水库诱发的地震,大量抽取地下水引起的地面沉降等。同时,大型工程建设还涉及生态平衡问题。水的侵蚀作用和斜坡地质作用是最主要的自然工程动力地质作用。

与水文地质类似,工程地质必须对许多问题作出定量的评价,除根据地质经验类比且要涉及大量勘察、试验和计算外,有些理论和方法还有待进一步发展,如水对岩石力学性质影响的定量评价方法等。

四、本课程的特点和学习要求

作为一名从事水利工程建设的工程师,在工作中必须具有一定的工程地质和水文地质知识,既要能够阅读和利用工程地质及水文地质勘测成果资料,又要能够认识、分析、处理有关的地质问题,只有这样才能作出正确的设计和施工方案。

本课程是一门实践性很强的课程,除课堂教学外,室内岩石学试验、野外教学实习等是本课程的重要教学环节,尤其是野外教学实习,在本课程中占有特殊的重要地位。在不同的环节要采用不同的教学方法,教师与学生要产生不同的互动效果,在讲课过程中要注重理论与应用原理的结合,在岩石实习中要注重岩类与岩石标本的结合,而在野外地质实习中要注重的却是一种综合的效果,强调第一感官效应,最终的目的是在巩固已学知识的基础上产生知识的升华。

复习思考题

- 0-1 简述地质学、工程地质学和水文地质学的定义。
- 0-2 简述地质学的特点。
- 0-3 简述地质学的研究方法。
- 0-4 简述水文地质学、工程地质学与地质学的关系。

第一篇 地质学基础

第一章 矿物和岩石

第一节 概 述

从宇宙空间看地球,固体地球是个大体上光滑的圆球体,但实际上早已精确测得,地球的赤道半径为 6 378. 137 km,极半径为 6 356. 752 km,是个略有些扁的扁球体。大地水准面的平均子午面(实线)与扁率为 1/298. 25 的理想扁球体(虚线)的关系见图 1-1。

由于在地球形成演化过程中的重力分异,重的物质下沉,轻的物质上升,造成地球物质分布总的规律是上轻下重或外轻内重,这样就形成了地球的层圈结构。地球的层圈结构习惯上分为地球的外部层圈和地球的内部层圈,其中外部层圈主要包括大气圈、水圈和生物圈。近些年,有些学者提出了“人类圈”,人类活动对地球表面和外部层圈影响已经相当于或超过了河流搬运、火山喷发等自然作用,成为不可忽略的重要地质营力之一。

根据地震波在地球内部传播的速度随深度的变化可知,地球内部最明显的界面分别为位于 30 ~ 40 km 深处的莫霍面和约 2 900 km 深处的古登堡面(见图 1-2),依据这两个界面,地球内部分成地壳、地幔和地核三大层圈,各层圈还可以再进一步细分为次一级的层圈。其中,特别值得注意的是软流圈(一般认为是岩浆发源地,为一塑性层圈),现代地质学的许多新理论与软流圈的发现有关。

一、地壳

固体地球在莫霍面以上的部分叫地壳,厚度变化较大,一般厚度为 33 km(大陆)或 7 km(海洋,主要指深海),大致为地球半径的 1/400,所以是地球表面的一层薄壳。

地壳是地质学研究的重点,是与人类活动最密切的一个层圈,它是各种工程建筑的场所,是人类生存活动的地方。因此,了解地壳的物质组成、结构和性质具有重要意义。

大陆地壳简称陆壳,是大陆及大陆架部分的地壳,具有上部为硅铝层(花岗岩层)、下部为硅镁层(玄武岩层)的双层结构。大洋地壳简称洋壳,厚度较薄,缺失陆壳中的硅铝层,硅镁层直接出露海底(深海)。陆壳与洋壳不仅在密度、厚度上差别明显,而且在物质成分上也有重要的区别。此外,陆壳还有以下几个特点:

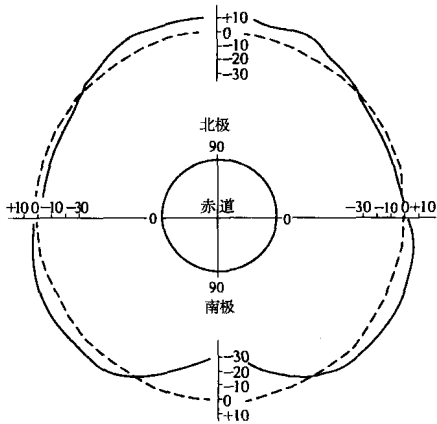


图 1-1 大地水准面的平均子午面(实线)与扁率为 1/298.25 的理想扁球体(虚线)的关系

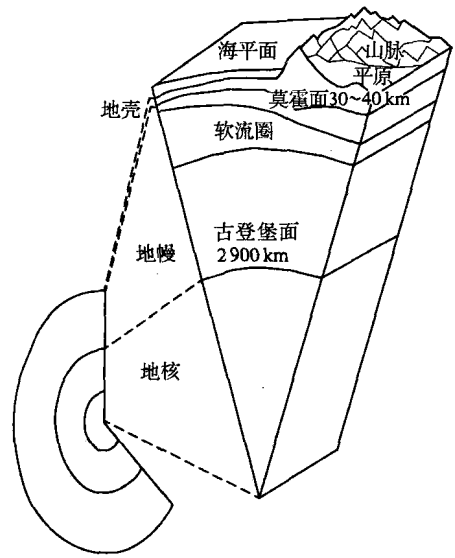


图 1-2 地球的内部结构

(1) 厚度变化较大, 莫霍面起伏大。陆壳的正常厚度一般为 30 ~ 40 km, 山区可达 50 ~ 60 km, 青藏高原是陆壳最厚的地方, 达 70 km 以上。

(2) 陆壳的结构较为复杂, 被许多断裂切割。

(3) 组成陆壳的岩层常发育褶皱, 而在洋壳岩层中尚未发现褶皱现象。

(4) 已知陆壳岩石最老的年龄为 46 亿年, 而洋壳岩石最老的年龄仅 2 亿年, 可见陆壳是古老的, 洋壳则是年轻的。陆壳经历了长期的地质发展历史, 这是陆壳较洋壳复杂的根本原因之一。

各种元素在地壳中的平均百分含量称为元素克拉克值, 或称为元素在地壳中的丰度。组成地壳的化学元素有百余种, 但各元素的克拉克值极不均匀, 表 1-1 为部分元素在地壳中的克拉克值。

表 1-1 部分元素在地壳中的克拉克值

(%)

元素	克拉克值	元素	克拉克值
氧	47.20	磷	0.08
硅	27.60	硫	0.05
铝	8.80	钡	0.05
铁	5.10	氯	0.045
钙	3.60	铈	0.04
钠	2.64	铷	0.031
钾	2.60	氟	0.027
镁	2.10	钒	0.015
钛	0.60	铬	0.02
氢	0.14	钴	0.02
碳	0.10	铜	0.01
锰	0.09	氮	0.01

注: 克拉克值 < 0.01% 者未列入(引自 A. H. 维诺格拉多夫)。

地壳中的化学元素常随地质环境的改变而不断变化。元素在一定地质作用条件下形成的单质或化合物是矿物,矿物的自然集合体则是岩石。组成地壳的岩石按成因可分为岩浆岩(火成岩)、沉积岩和变质岩三大类,它们在地壳中的分布并不均匀。从各类岩石在地表的分布面积来看,沉积岩约占陆地面积的75%,变质岩和岩浆岩占25%;从地表往下,沉积岩所占比例逐渐缩小。按质量百分比计算,沉积岩仅占地壳质量的5%,变质岩占6%,岩浆岩占89%。不同成因的岩石形成的地质条件、物质组成、结构构造各不相同,因此它们的物理力学性质也不一样。这些因素都关系到工程建设的规划、设计和施工。

二、地幔(或称中间层)

地幔是地壳与地核之间的层圈,与地壳以莫霍面为界,下界面为古登堡面(该界面深度较均一,约为2 900 km)。按体积计算,地幔占整个地球的82.35%;按质量计算,则占整个地球的67.8%。因此,地幔是地球的主体部分。

根据地震波波速的变化,以650 km深度为界,地幔可分为上地幔和下地幔两个次级层圈,上地幔的成分由含Fe、Mg多的硅酸盐矿物组成,基本相当于超基性岩,下地幔的物质成分中FeO和MgO的含量可能更高。

三、地核

古登堡面以下至地心,称为地核。地核的密度很高,虽然按体积计算只占地球的16.2%,但按质量计算则占地球的31.5%。地核厚度约为3 470 km,主要由比重较大的铁、镍物质组成。

四、软流圈和岩石圈

软流圈和岩石圈是获承认和使用较晚的两个层圈。上地幔在60~250 km深处有一个低速带,此处地震波速明显降低。低速带的存在表明该带是一个相对较软的地带,岩石具有局部熔融特征,因此在地球的层圈结构中被称为软流圈。软流圈的顶部和底部都具有渐变过渡的特征,不是截然划分的界限,厚度也不很规则。软流圈以上的上地幔和地壳全称为岩石圈。从力学的特点来看,岩石圈才是地球真正的“外壳”,但地壳一词使用已久,积累资料也较多,仍继续使用。

第二节 地质作用

无数地质资料都说明自地球形成以来,地面上的山山水水和地下的各种物质都经过了许多变化,没有任何东西能永久保持原来的状况而一成不变。改变的东西再也不能倒退恢复成老样子,而是在不断地向前变化和发展,任何事情的演化都是不可逆的。

一、地质作用的概念

在自然界所发生的一切可以改变固体地球物质组成、构造和地表形态的作用,称为地质作用。

地质作用在自然界普遍存在,只不过有的作用短暂而猛烈,如地震、火山爆发、山洪等,易于观察;有的作用长期持续缓慢进行,在短期内不易察觉,如岩石风化、海陆变迁、山脉隆起等。就最终结果而言,猛烈的地质作用可以立即产生明显的后果,世界上最强烈地震造成地面最大位移不过数米,而喜马拉雅山脉原来是海洋,3 000 万年以来平均以每年几毫米的速度上升,现今已成为最雄伟的高山。河流入海所挟带的泥沙逐渐在河口附近淤积,短期内后果并不明显。但是,正是黄河、淮河、海河长期淤积的结果,形成了今日广阔的华北平原。甚至仅仅在7 000 多年以前,华北平原的许多地方还位于水下,当时山东省大部还是一个四面环水的岛屿(见图1-3)。如果注意到地质历史是以百万年为计时单位这一事实,则可以看出华北平原的形成过程实际上是很迅速的。

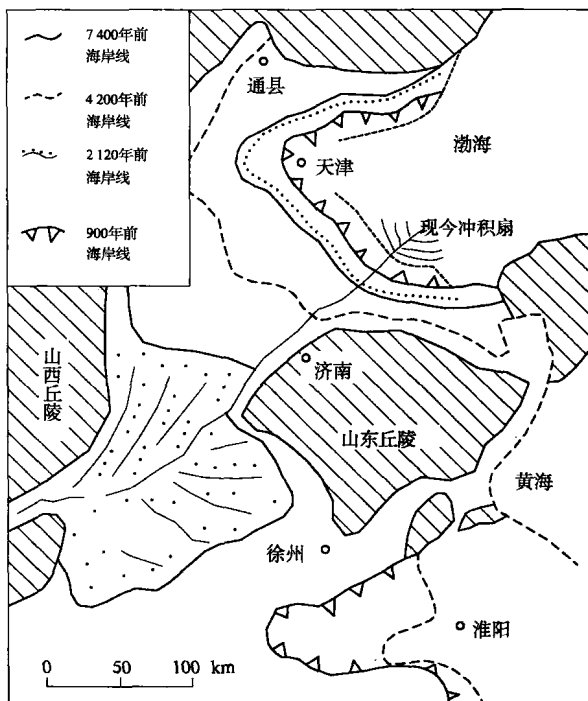


图1-3 华北平原变迁示意图(据陈述彭)

在漫长的地质年代中,各种地质作用不断改变地表面貌和地下岩石。一方面,在不断破坏地壳中已有的岩石记录;另一方面,又不断产生新的岩石记录。我们的地球就是在各种地质作用的不断作用下,向前发展着的。

二、地球上的能及其来源

任何地质作用都涉及能的消耗和转换,如不考虑物质运动过程中能的转换,地球上能的初始来源可以分为内部能和外部能两大类。

(一)内部能

内部能是来源地球本身的能,包括以下几个方面。

1. 重力能

重力能是指地心引力给予物体的位能(势能)。重力能使组成地球的物质重者下沉,