



高职交通运输与土建类专业规划教材

工程地质

GONG CHENG DI ZHI

主 编 任宝玲
副主编 赵景民
主 审 薛崇宪



人民交通出版社
China Communications Press



高职交通运输与土建类专业规划教材

工程地质

GONG CHENG DI ZHI



主 编 任宝玲
副主编 赵景民
主 审 薛崇宪



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为高职高专交通运输与土建类专业工程地质课程专业教材,适用于铁道工程、公路与桥梁、地下工程、工程监理等非地质专业师生,也可供中等职业教育交通土建类专业及各类干部培训班学习使用,以及作为从事土建类专业设计、施工、监理、试验检测的工程技术人员参考用书。

本书共分两篇。第一篇(第一~九章)为工程地质理论基础,介绍了地球的地质作用、岩石的工程地质特征、特殊土的工程性质、地质构造对道路工程的影响、地质图的知识、水的地质作用、常见地质灾害及其防治、岩土的稳定性和工程地质勘察技术等。第二篇(第十~十一章)为工程地质技能训练,包括了室内地质分析及野外地质勘察应用技能的实训。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质 / 任宝玲主编. —北京: 人民交通出版社,
2008.8
ISBN 978-7-114-07177-5

I. 工… II. 任… III. 工程地质 - 高等学校: 技术学校 -
教材 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 107641 号

书 名: 工程地质
著 作 者: 任宝玲
责任编辑: 杜 琛
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010) 59757969, 59757973
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 三河市吉祥印务有限公司
开 本: 787 × 1092 1/16
印 张: 15
字 数: 365 千
版 次: 2008 年 8 月 第 1 版
印 次: 2008 年 8 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-07177-5
印 数: 0001 - 3000 册
定 价: 29.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

主任委员

邹德奎

副主任委员

车绪武 徐 冬 田和平 韩 敏

委员 (以姓氏笔划为序)

于景臣 刘会庭 李林军 孙立功

张修身 陈志敏 韩建芬 周安福

郑宏伟 赵景民 荣佑范 费学军

总顾问

毛保华

顾问

岳祖润 王新敏 王恩茂 关宝树

秘书

杜 琛

前言

Preface

高等职业教育培养理论功底扎实、实践动手能力强、具有较强创新意识的高素质应用型人才,这就要求必须首先具有相应的教材,基于此要求,特编写本高职交通运输与土建类专业规划教材。

本着教材有利于学生综合素质的培养,有利于学生职业能力的形成,有利于学生学习能力提高的指导思想,本书编写着眼工程地质及岩土工程专业的新成就和新技术,遵循现行新规范,采用行业新标准。为体现教材注重针对性与先进性、突出实用性与实践性、强化综合性与科学性的特点,编者力求尽己所能,使本书成为重点突出、主次分明、深浅适度、知识更新、特色明显的工程地质教材。

与其他同类型教材相比,本教材有三个特点:一是顺应高等职业院校教育改革大方向,以职业目标为导向组织教材内容,使学生学有目标;二是重视实践,加强职业技能训练,使学生学有所获,进而达到学有所用;三是内容系统、全面,有利于宽口径培养人才。

鉴于行业和地域性差异,并考虑各院校具体情况,讲授过程中教师可以对本书内容合理把握,进行适当的增删。

本书主编任宝玲,副主编赵景民,全书由任宝玲统稿,并由中铁一局集团有限公司薛崇宪担任主审。全书编写分工如下:

本书绪论、第一~四章、第七章、第十章第一~五节、第十一章第一~三节及第五节由陕西铁路工程职业技术学院任宝玲编写;第五章、第六章由西安铁路职业技术学院赵景民编写;第八章、第九章由陕西铁路工程职业技术学院庞旭卿编写;第十章第六~七节、第十一章第四节由西安铁路职业技术学院谭小蓉编写。

本书在编写过程中,得到陕西铁路工程职业技术学院的有关部门、铁道工程系全体教师及同仁们的大力帮助和支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者和专家予以指正。

编 者

2008年5月

目录 | Content

绪论	1
----------	---

第一篇 工程地质理论基础

第一章 地球及地质作用	9
-------------------	---

第一节 地壳运动及地质作用	9
第二节 地质年代	13

第二章 岩石及其工程地质特征	19
----------------------	----

第一节 造岩矿物	19
第二节 岩浆岩	25
第三节 沉积岩	30
第四节 变质岩	37
第五节 岩石的工程性质及工程分类	41

第三章 特殊土的工程性质	52
--------------------	----

第一节 黄土	52
第二节 冻土	58
第三节 软土	64
第四节 膨胀土	67

第四章 地质构造及其对道路工程的影响	72
--------------------------	----

第一节 岩层及其产状	72
第二节 褶皱构造	75
第三节 断裂构造	79

第四节	地质构造对道路工程的影响	86
第五章	地质图及其应用	91
第一节	地质图基本知识	91
第二节	地质图阅读	95
第六章	水的地质作用	99
第一节	地表水的地质作用	100
第二节	地下水的地质作用	107
第七章	常见地质灾害	118
第一节	滑坡	118
第二节	泥石流	125
第三节	崩塌及岩堆	130
第四节	岩溶	133
第五节	地震	138
第八章	岩土稳定性分析	146
第一节	边坡稳定性分析	146
第二节	洞室围岩稳定性分析	152
第三节	地下工程中特殊地质问题	154
第九章	工程地质勘察	158
第一节	工程地质勘察的目的、任务和阶段	158
第二节	工程地质勘察方法	162
第三节	文件编制	169

第二篇 工程地质技能训练

第十章	室内地质分析应用技能训练	175
第一节	主要造岩矿物的识别	175
第二节	常见岩浆岩的识别	177

第三节	常见沉积岩的识别	180
第四节	常见变质岩的识别	182
第五节	常见岩石的综合肉眼鉴定.....	184
第六节	编制并分析节理玫瑰花图.....	187
第七节	阅读地质图并绘制地质剖面图.....	190
第八节	潜水等水位线图的判别及运用.....	193
第九节	赤平极射投影的原理及其应用.....	195
第十一章	野外地质技能训练	200
第一节	野外地质工作的基本方法.....	200
第二节	三大类岩石的野外鉴定	205
第三节	地质构造的野外观察	209
第四节	地貌形态的识别	213
第五节	野外滑坡、泥石流、崩塌的调查.....	217
附录一	野外地质教学点	219
附录二	主要地质符号	225
参考文献		228

绪 论

〔学习要求〕

1. 理解地质学及其研究内容。
2. 理解工程地质条件各要素以及理解工程地质在土木工程建设中的重要作用。
3. 了解工程地质学的主要任务及研究方法等。
4. 知道本课程的特点及学习要求。

〔重点〕

本课程知识特点、教学目的、学习方法。

〔难点〕

本课程与相关学科的关系与联系,与生产实践紧密结合的问题。

一 工程地质概述

(一)基本概念

1. 地质学

地质学是一门自然科学,是研究地球的科学,但就目前的研究水平,其主要研究对象还只能是地球的壳层——地壳。即主要研究地壳的物质组成、地壳的结构构造、地壳的发展历史及其各种地质作用、地壳中矿产的形成和分布规律等。

当然,随着人类进入太空,地质学的研究领域会逐步扩大到其他天体,甚至整个宇宙。

2. 工程地质学

工程地质学是调查、研究、解决与各类工程建筑物的设计、施工和使用有关的地质问题的一门学科,是地质学的一个应用分支。

工程地质学的内容包括:工程岩土学(研究土石的工程地质性质及其内在机理和在天然或人为因素影响下的变化规律)、工程地质分析(运用地质学的基本原理去分析、研究工程活动中不同建筑物的主要工程地质条件、力学机制及其发展演化规律,以便正确评价和有效防治其不良影响)和工程地质勘察(采用地质手段查明有关地质工程活动中的地质因素)。

工程地质学的主要任务是:勘察和评价工程建筑物场地的地质环境和工程地质条件(包括场地及周围的岩体、土体类型和性质,地质构造,地表水和地下水的作用,各种自然地质作用等);分析并预测工程建设活动与自然地质环境的相互作用和相互影响;选择最佳的场地位置;提出改善与防治措施;为工程建设的规划、设计、施工、使用和维护提供所需的地质资料和数据。

(二)工程地质学的发展

人类的工程活动有悠久的历史。早在 15000 年以前的石器时代,人类已开始在地地下开矿。距今 2000 年前,埃及人已能应用砖砌沉井穿过砂层。埃及的金字塔,中国的长城、南北运河、新疆坎儿井等,这一切都说明了古代劳动人民不仅具有高超的建筑技巧,而且对建筑物场地的地质、地理环境有了相当的认识和了解,为工程地质学的发展积累了丰富的知识。

美国于 1831~1833 年开始修建第一条铁路,法国于 1857~1870 年打通穿越阿尔卑斯山的萨尼峰 11km 长的隧道。英吉利海峡隧道和日本青函隧道的建成使人类隧道开凿达到了一个新水平。随着人类工程活动的进行,促使人们不断去思考地质问题的实质,工程地质学这门学科得到逐步充实和发展,工程地质学的理论体系逐渐完整、系统化。独立的工程地质学诞生在 20 世纪 30 年代,由前苏联地质学家提出,1932 年前苏联莫斯科地质勘探学院成立了世界上第一个工程地质教研室。1950 年我国政务院成立了地质工作计划委员会,1952 年成立地质部,同年北京地质学院和长春地质学院首先开设了水文地质及工程地质专业,随后各有关高校又相继设立了工程地质专业。

我国的工程地质学,多年来进行了大量的、比较系统的工作。水利水电、铁路、矿山、地下工程等专业工程地质分支学科已初步形成,并日趋完善和深入。地震工程地质、海洋工程地质、环境工程地质、爆破工程地质和军事工程地质等分支学科也正在不同程度地形成和发展中。在工程地质学的理论方面,我国进行了大量卓有成效的探索性研究工作,如对岩体工程地质评价的岩体工程地质力学理论;在区域稳定性研究中,以活动构造体系为基础的研究观点和方法,以及以深断裂和板块理论为基础的研究观点和方法;软岩和土体工程地质研究中的微观结构和物理化学观点等各方面,提出了具有中国特色的理论和观点。

随着人类工程活动范围和规模的不断扩大;工程地质学将面对许多难度更大的新课题,如大型高坝堤基和高边坡的岩体稳定问题;高地应力场地区大跨度地下洞室和深矿井的围岩的稳定问题;高层建筑的软岩土地基处理和抗震问题;核电站、核防护所、地下油库、海底隧道、国防工程等特殊设施的地质问题,这些都促使工程地质学不断地吸收有关学科的新理论和新方法,并要与工程力学、岩土力学等相关学科密切结合。工程地质学必须由“定性分析”向“定量计算”的研究方向发展,把地质定性分析和数学、力学定量计算有机地结合起来。所以,要加强工程地质学基础理论和边缘课题的研究,广泛应用先进的勘探技术和新的试验设备,采取有效措施提高勘察质量,同时要加强多学科、多专业、多手段的综合研究。在解决各种工程地质问题的实践过程中,不断提高理论水平,丰富实践经验,以加速工程地质学科的发展。

二 工程地质在土木工程建设中的作用

任何土木工程,如铁路、公路、桥梁、隧道、房屋、机场、港口、管道及水利等工程,都是修建在地表或地下的工程建筑。建筑物场地的地质环境和工程地质条件,与工程的设计、施工和运营密切相关。在进行工程建设时,无论是总体布局阶段还是个体建筑物设计、施工阶段,都应当进行相应的工程地质工作。总体规划、布局阶段应进行区域性工程地质条件和地质环境的评价;场地选择阶段应进行不同建筑物场地工程地质条件的对比,选择最佳工程地质条件的方案;在选择场地进行个体工程建筑物设计和施工阶段,应进行工程地质条件的定量分析和评价,提出适合地质条件和环境协调的建筑物类型、结构和施工方法等的建议,拟定改善、防治不

良地质作用和环境保护的措施方案等。为了做好上述各阶段工程地质工作,必须通过地质调查测绘、勘探、试验、观测、理论分析等手段,获得必要的地质资料,结合具体工程的要求进行研究、分析和判断,最终得出相应的结论。对工程地质工作的重视与否,直接影响工程建筑物的质量和正常使用。这方面的经验教训是值得我们深思的。

在国内外工程建设实践中,重视工程地质工作使工程建设获得成功的经验和忽视工程地质工作造成工程建设失败的教训不胜枚举。以我国铁路建设为例,始建于解放前的宝天铁路,由于忽视了前期的工程地质工作,施工中发生大量的崩塌、滑坡、河岸冲刷和泥石流等地质灾害问题,直到解放后一段时间也不能正常通车运营,这被称为铁路“盲肠”。为此,国家每年都拨出大量经费进行维修、整治,直至耗费巨资进行大段改线才使宝天铁路真正畅通。与此形成鲜明对照的是,地处我国西南边陲的成昆铁路,由于它纵贯我国西南横断山脉的断裂构造带,沿线气候、地形、地质条件异常复杂,曾被称为“世界地质博物馆”。某些外国专家实地考察后认为成昆铁路很难修成。党中央、国务院和铁道部等国家有关部门非常重视这些复杂和困难的条件,多次组织全国工程地质专家进行现场“会诊”和研究,并动员和组织了全路工程地质专家和技术人员开展“大会战”,从而保证了成昆铁路的顺利建成通车。许多地质复杂地段线路位置的选择和重大工程设计、施工获得成功的实例举世公认。

在国外,如意大利的瓦依昂(Waiont)拱坝,坝高 265m,是当时世界上最高的双曲拱坝。在此坝修建过程中,由于忽视工程地质人员的建议,导致在 1963 年 10 月 9 日,水库右岸陡峭山坡的石灰岩层因水库蓄水后失稳,产生巨大的滑动崩塌,岩体崩入库中,1.5 亿 m^3 的库容全被填满;同时,库水漫坝,顺流冲下,造成 2400 多人死亡的严重事故。法国南部瓦尔省莱茵河上的马尔帕塞(Mal Passet)水坝建于 1952~1954 年,1958 年投入运营,坝高 66.5m,是世界上最薄的拱坝之一。由于坝基和坝肩的片麻岩体裂隙发育,有的张开并充填粘土,并且岩体中夹有倾向下游的绢云母页岩,构成软弱滑动面。1959 年 12 月 2 日,连日暴雨使库内水位猛涨,左岸拱座滑动破坏,坝体崩溃,洪流下泄,席卷数十千米。下游福瑞杰斯城被冲为废墟,附近铁路、公路、供电和供水线路几乎全部破坏,致 387 人死亡,约 200 户居民遭受损害。这些都是由于对地质条件没有足够的了解而导致工程建设失败的实例。

实践证明,凡是经过地质勘查,并查清建筑物地区工程地质条件的工程,其方案就比较符合客观实际,施工和运用过程中出现的问题就少。相反,在工程建设中忽视自然地质作用,工程设计缺乏可靠的地质依据,施工中遇到较复杂的地质问题时就难以解决,即使工程勉强竣工,由于存在隐患,亦不能正常使用。鉴于工程地质对工程建设的重要作用,国家规定任何工程建设必须在进行相应的地质工作、提出必要的地质资料的基础上,才能进行工程设计和施工工作。工程技术人员也只有具有扎实的工程地质知识,才能充分应用地质资料,正确分析主要工程地质问题,制订合理的规划和最优的设计方案,保证工程经济合理、施工顺利和运营安全。

三 本课程的主要内容及学习要求

(一) 本课程的主要内容

根据本学科的研究对象与教学要求,本课程的主要内容可以分为以下几个方面。

1. 岩石和土的工程性质

地壳表层的岩石和土是建筑物的地基,岩石和土的工程地质性质直接影响地基的稳定性。

因此,岩土工程性质是工程地质研究的基本内容。主要包括与建筑物有关的岩石、特殊土的矿物组成、结构构造以及主要的物理力学特性,并结合地质成因分析,阐明常见矿物岩石的简易识别方法,综合评价岩石及特殊土的工程地质特性。

2. 地质构造与区域稳定性

地质构造与区域稳定性问题的研究,是工程地质研究的主要内容之一,它包括地质构造的基本形态、主要特征及其在地质图上的表示和分析方法,研究与建筑物密切相关的断层、节理、破碎带及软弱夹层的力学特性、分布规律及其对建筑物地基稳定性的影响。

3. 地表水及地下水的地质作用

地表水及地下水的地质作用主要是研究水流的地质作用、河谷地貌、沉积层的主要类型及工程地质特征;阐明地下水的埋藏条件、成因类型和运动规律以及地下水对工程建筑物的影响。

4. 地质灾害

主要介绍常见地质灾害,如滑坡、泥石流、崩塌、岩溶、地震的特征、形成条件、危害及防治原则和措施。

5. 岩土稳定性分析

主要介绍边坡稳定性分析、洞室围岩稳定性分析、地下工程中的特殊地质问题及目前常用的、较新的工程地质检测技术。

(二)本课程的学习要求

本课程为一门专业技术基础课。通过本课程的学习,学生可获得工程地质方面的基础知识,初步了解分析常见工程地质问题的基本方法,为其应用工程地质方法去分析、解决工程问题打好基础。为此,对学生学习本课程提出如下要求。

(1)能阅读一般地质资料,根据地质资料在野外辨认常见的岩石,了解其主要的工程性质;辨认基本的地质构造及明显的不良地质现象,了解其对工程建筑的影响。

(2)系统掌握工程地质的基本理论和方法,根据工程地质勘察数据和资料,能进行一般的工程地质问题分析并提出处理措施。

(3)了解工程地质勘察的基本内容、方法以及常用的实验、测试手段。

(4)把学到的地质学及工程地质学知识和其他课程知识紧密结合起来,进行实际工程的设计与施工。



小知识

世界铁路史上的奇迹——成昆铁路

1984年12月8日,美国纽约哈德逊湾,早晨的浓雾已经散尽,市中心曼哈顿开始了往日的喧嚣。冬日难得的阳光照耀着39层高的联合国大厦,在它那片玻璃幕墙上反射出闪烁的光晕。就在这一天上午10点,联合国官员在会议大厅里向各国代表郑重宣布:象征人类征服大自然和进入宇宙空间的三件礼物,被评为联合国特别奖。这三件礼物是:中国,成昆铁路象牙雕刻艺术品;美国,阿波罗宇宙飞船带回来的月球岩石;前苏联,第一颗人造卫星模型。它们分别代表了人类在20世纪创造的三项伟大杰作,三项具有划时代意义的杰作!

成昆铁路象牙雕刻是中国政府赠送给联合国的一件精美礼品,此次被排在三件礼品特别奖的

首位。它艺术地浓缩了中国在险峻山区修建一条铁路干线的伟大创举。

成昆铁路起自四川成都市,经彭山、眉山、夹江、峨眉、峨边、甘洛、喜德、西昌、德昌、米易、元谋、安宁,至云南省昆明市,全长 1083.3km。1964 年第 4 季度开工,1970 年 7 月 1 日建成通车,1971 年元旦交付运营。这条铁路北与宝成、成渝铁路相接,南与贵昆、昆河铁路相通,是西南地区铁路网中的重要干线。

成昆铁路穿越地质大断裂带,设计难度之大和工程之艰巨,均属前所未有的。沿线山势陡峭,奇峰耸立,深涧密布,沟壑纵横,地形和地质极为复杂,素有“地质博物馆”之称,曾被外国专家断定为“修路禁区”。而成昆铁路的修筑,为人类在险峻复杂的山区建设高标准的铁路创造了成功的范例,堪称世界筑路史上的辉煌奇迹。

思考题

1. 工程地质学的研究任务是什么?
2. 工程地质课程的学习应达到的基本要求是什么?
3. 简述工程地质条件。

第一篇 工程地质理论基础

第一章 地球及地质作用

[学习要求]

1. 了解人类赖以生存的地球特别是工程建筑物的载体——地壳及其发展。
2. 掌握地质作用对地壳的改造与重建作用,为分析地质环境,阅读地质资料奠定基础。

[重点]

地质作用的概念;地质年代确定方法;地质年代单位和地层年代单位。

[难点]

地质作用。

第一节 地壳运动及地质作用

一 地球的内圈层构造

地球是太阳系八大行星之一,它绕太阳公转并绕本身的轴自转。地球的形状被称为旋转椭球体,赤道半径约 6378km,极地半径约 6365km,平均半径约 6371km。地球表面面积约 5 亿 $(\text{km})^2$,其中陆地占 29.3%,海洋占 70.7%。地球的体积约 1 万亿 $(\text{km})^3$ 。

根据地球物理测量资料分析,地球内部具有分层的构造特点,可称为地球内部圈层构造(图 1-1),从地心到地表可分为地核、地幔和地壳三个圈层。

地核 地表以下 2900km 至地心为地核,主要由铁、镍等重金属物质组成,推测地核中压力可达 $3.6 \times 10^5 \text{MPa}$,温度约 $3000 \sim 5000^\circ\text{C}$,密度为 $16 \sim 18 \text{g/cm}^3$ 。

地幔 地表以下 33~2900km 之间为地幔,也称中间层,主要由铁、镁硅酸盐物质组成,压力几千 MPa 到 14 万 MPa,温度 $1500 \sim 3000^\circ\text{C}$,密度为 $3.32 \sim 5.66 \text{g/cm}^3$ 。

地壳 是指地球表面由岩石组成的一层坚硬壳体。地壳厚度各处不同,大陆地壳较厚,洋底地壳较薄,例如我国青藏高原地区地壳厚达 70~80km,而太平洋西部玛利亚纳海沟处地壳厚仅 5~6km,地壳平均厚度为 33km。与地球平均半径 6371km 相比,地壳确实只是地球表面极薄的一层硬壳。人类工程建筑活动一般都在地表以下几百米以内,很少超过 1km,目前世界上最深的科学试验钻孔,也未超过 15km。因此,人类活动的深度远未达到地壳平均厚度。

地壳的物质组成很复杂,目前已知的元素中约有 92 种都在地壳中被发现,但各种元素在地壳中的含量和分

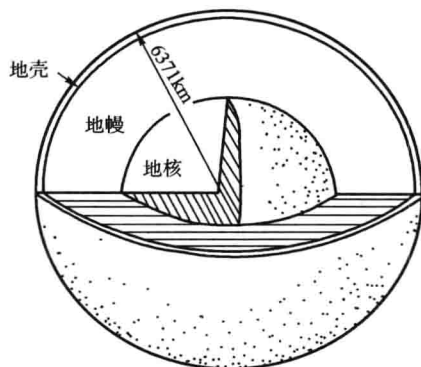


图 1-1 地球内部圈层构造示意图