

高等学校土建类专业**应用型本科**“十二五”规划教材

工程地质 (第2版)

GONG CHENG DI ZHI

主编 施鲁莎 郑 毅
主审 孟高头



武汉理工大学出版社

WUTP Wuhan University of Technology Press

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材
2011年吉林省高等学校优秀教材二等奖

工程地质

(第2版)

主编 施鲁莎 郑毅

主审 孟高头

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内 容 提 要

本书为高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材之一。全书共分9章,在绪论中阐述了工程地质学的任务及研究方法,工程地质学在工程建设中的作用等;第2至第5章讲述了地质基础知识和基本理论,包括岩石、矿物、地质构造,第四纪沉积物与地貌,地下水等;第6至第9章讲述了工程地质问题,包括简要分析滑坡、崩塌、岩溶、泥石流等几种主要不良地质现象及其防治,系统介绍了工程地质勘察的目的、任务、方法以及报告的编写,同时给出了实例,讲述了工业与民用建筑、道路与桥梁建设、地下与隧道建设、港口工程中的主要岩土工程问题,介绍了环境工程地质问题及其环境质量评价。每章结束附有本章小结与学习指导、思考题,旨在培养学生了解、掌握工程地质学的基本理论知识,提高学生分析问题、解决问题及创新的能力。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质/施鲁莎,郑毅主编. —2版. —武汉:武汉理工大学出版社,2015.1
ISBN 978-7-5629-4561-1

I. 工… II. ①施… ②郑… III. 工程地质-高等学校-教材 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 273156 号

项目负责人:王利永(027—87106428)

责任编辑:张莉娟

责任校对:张明华

装帧设计:许伶俐

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路122号 邮编430070)

印刷者:荆州市鸿盛印务有限公司

经销者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:17

字 数:421千字

版 次:2010年6月第1版 2015年1月第2版

印 次:2015年9月第1次印刷 总第5次印刷

印 数:11001—14000册

定 价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027—87785758 87384729 87165708(传真)

版权所有,盗版必究

前 言

(第2版)

本书是普通高等学校土木工程专业应用型本科“工程地质”课程教材,是根据土木工程专业培养应用型高级专门人才的目标及卓越工程师的培养要求,在第1版的基础上编写的。本书在编写过程中注重结合工业与民用建筑工程、路桥工程及港口工程专业方向需要,并考虑目前大土木工程专业发展的要求;注重理论联系实际,力求反映国内外本学科的最新发展水平,力求有利于自学,满足案例式、讨论式、启发式等教学方法的需要,力求满足宽口径、少学时的人才培养模式。另外,与本书有关的部分国家标准已经出现了更新的版本,本书在编写过程中也引用了最新的标准。

全书共分9章,在绪论中阐述了工程地质学的任务及研究方法,工程地质学在工程建设中的作用等;第2至第5章讲述了地质基础知识和基本理论,包括岩石、矿物,地质构造,第四纪沉积物与地貌,地下水等;第6至第9章讲述了工程地质问题,包括简要分析了滑坡、崩塌、岩溶、泥石流等几种主要不良地质现象及其防治,系统介绍了工程地质勘察的目的、任务、方法以及报告的编写,同时给出了实例,讲述了工业与民用建筑、道路与桥梁建设、地下与隧道建设、港口工程中的主要岩土工程问题,介绍了环境工程地质问题及其环境质量评价。每章结束附有本章小结与学习指导、思考题,旨在培养学生了解、掌握工程地质学的基本理论知识,提高学生分析问题、解决问题及创新的能力。

本书由盐城工学院、长春建筑学院的教师共同编写,由盐城工学院施鲁莎、长春建筑学院郑毅担任主编。具体编写分工如下:绪论及第2章由盐城工学院施鲁莎编写;第3、4、6、8章由盐城工学院程鹏环编写;第5章由长春建筑学院郑毅编写;第7、9章由长春建筑学院赵传海编写。全书由施鲁莎、郑毅负责统稿工作。

对书中所引用文献和研究成果的众多作者表示诚挚的谢意。对编写过程中各高校的大力帮助在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,本书难免有不妥和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2014年11月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 地质学与工程地质学	(1)
1.2 工程地质学的任务和研究方法	(1)
1.3 工程地质学的分类	(2)
1.3.1 工程岩土学	(3)
1.3.2 工程地质分析学	(3)
1.3.3 工程地质勘察学	(3)
1.3.4 区域工程地质学	(3)
1.3.5 环境工程地质学	(3)
1.4 工程地质条件与工程地质问题	(3)
1.4.1 工程地质条件	(3)
1.4.2 工程地质问题	(4)
1.5 工程地质在土木工程建设中的作用	(4)
1.6 本课程学习要求	(5)
本章小结与学习指导	(5)
思考题	(5)
2 地质作用与地质构造	(6)
2.1 地壳结构	(6)
2.2 矿物	(6)
2.2.1 矿物的物理力学性质	(7)
2.2.2 主要造岩矿物	(9)
2.3 地质年代	(11)
2.3.1 地质年代的表示方法	(11)
2.3.2 时间地层单位与地质年代表	(14)
2.4 地质作用	(16)
2.4.1 地质作用与分类	(16)
2.4.2 外力地质作用	(17)
2.4.3 内力地质作用	(26)
2.5 地质构造	(40)
2.5.1 地层与岩层产状	(40)
2.5.2 水平构造与倾斜构造	(42)
2.5.3 褶皱构造	(43)
2.5.4 断裂构造	(45)
2.5.5 新构造运动与活断层	(50)

2.6 第四纪地质与地貌·····	(52)
2.6.1 第四纪地质·····	(52)
2.6.2 地貌·····	(53)
本章小结与学习指导·····	(53)
思考题·····	(54)
3 土的工程地质性质·····	(55)
3.1 土的成因类型·····	(55)
3.1.1 残积土·····	(55)
3.1.2 坡积土·····	(56)
3.1.3 洪积土·····	(56)
3.1.4 冲积土·····	(56)
3.1.5 海相沉积物·····	(57)
3.1.6 湖泊相沉积物·····	(57)
3.1.7 冰碛土·····	(57)
3.1.8 风积土·····	(57)
3.2 土的物质组成及工程分类·····	(58)
3.2.1 土的物质组成及结构与构造·····	(58)
3.2.2 土的工程分类·····	(63)
3.3 特殊土的工程地质性质·····	(64)
3.3.1 软土·····	(64)
3.3.2 湿陷性黄土·····	(65)
3.3.3 膨胀土·····	(67)
3.3.4 红黏土·····	(69)
3.3.5 冻土·····	(69)
本章小结与学习指导·····	(71)
思考题·····	(71)
4 岩体的工程地质性质·····	(72)
4.1 岩体的结构特征·····	(72)
4.1.1 岩体结构概念·····	(73)
4.1.2 岩体结构类型·····	(73)
4.1.3 结构面·····	(74)
4.1.4 结构体·····	(76)
4.1.5 岩体的地质特征·····	(77)
4.2 岩块的工程地质性质·····	(78)
4.2.1 岩块的物理性质·····	(78)
4.2.2 岩块的水理性质·····	(80)
4.2.3 岩块的力学性质·····	(82)
4.2.4 影响岩块工程地质性质的因素·····	(85)

4.3 结构面特征及力学性质	(87)
4.3.1 结构面特征	(87)
4.3.2 软弱夹层	(90)
4.3.3 结构面的力学性质	(92)
4.4 岩体力学性质与工程分类	(95)
4.4.1 岩体的力学性质	(95)
4.4.2 岩体强度的确定	(96)
4.4.3 岩体的工程分类	(98)
4.4.4 岩体稳定性分析	(100)
本章小结与学习指导	(102)
思考题	(102)
5 地下水	(104)
5.1 地下水的基本概念	(104)
5.1.1 参与自然界水循环的地下水	(104)
5.1.2 岩石中的空隙与水分	(105)
5.1.3 含水层与隔水层	(108)
5.2 地下水的物理性质及化学成分	(109)
5.2.1 地下水的物理性质	(109)
5.2.2 地下水的化学成分	(109)
5.2.3 地下水化学成分的形成及其影响因素	(112)
5.3 地下水的分类	(114)
5.3.1 按埋藏条件分类	(114)
5.3.2 根据含水层的空隙性质分类	(115)
5.4 地下水的补给、径流、排泄	(117)
5.4.1 地下水的补给	(117)
5.4.2 地下水的径流	(118)
5.4.3 地下水的排泄	(119)
5.5 地下水的运动规律	(121)
5.5.1 地下水运动的基本形式及其运动基本规律	(121)
5.5.2 集水建筑物类型与稳定井流公式	(122)
5.5.3 其他井流公式	(123)
5.6 地下水与工程建设	(124)
5.6.1 地下水位变化的影响	(124)
5.6.2 地下水对地基或基坑的渗流破坏	(125)
5.6.3 地下水压力对地基基础的破坏	(127)
5.6.4 地下水对钢筋混凝土的腐蚀作用	(129)
本章小结与学习指导	(132)
思考题	(132)

6 不良地质现象及防治	(134)
6.1 斜坡变形	(134)
6.1.1 拉裂	(134)
6.1.2 蠕滑	(135)
6.1.3 弯曲倾倒	(136)
6.1.4 斜坡变形的组合形式	(136)
6.2 崩塌	(136)
6.2.1 崩塌及其形成条件	(136)
6.2.2 崩塌的防治	(138)
6.3 滑坡	(141)
6.3.1 滑坡的形态特征	(141)
6.3.2 滑坡的形成条件和影响因素	(143)
6.3.3 滑坡的分类	(145)
6.3.4 滑坡的野外识别	(147)
6.3.5 滑坡的防治	(149)
6.3.6 崩塌与滑坡的关系	(152)
6.4 泥石流	(152)
6.4.1 泥石流及其分布	(152)
6.4.2 泥石流的形成条件及其发育特点	(153)
6.4.3 泥石流的分类	(155)
6.4.4 泥石流的防治	(156)
6.5 地面塌陷	(157)
6.5.1 岩溶	(157)
6.5.2 土洞与潜蚀	(160)
6.5.3 岩溶与土洞的工程地质问题	(161)
6.5.4 岩溶与土洞塌陷的防治	(162)
6.6 地震与砂土液化	(163)
6.6.1 砂土地震液化机理	(164)
6.6.2 影响砂土液化的因素	(165)
6.6.3 砂土地震液化的判别	(165)
6.6.4 砂土地震液化的防护措施	(167)
本章小结与学习指导	(168)
思考题	(169)
7 工程地质勘察	(170)
7.1 概述	(170)
7.1.1 工程地质勘察的目的与任务	(170)
7.1.2 工程地质勘察分类	(170)
7.2 工程地质测绘	(171)
7.2.1 概要	(171)

7.2.2	工程地质测绘的内容	(172)
7.2.3	工程地质测绘的范围、比例尺和精度	(175)
7.2.4	工程地质测绘的方法和程序	(177)
7.2.5	航卫片和陆地摄影在工程地质测绘中的应用	(178)
7.3	工程地质勘探	(178)
7.3.1	工程地质物探	(178)
7.3.2	工程地质钻探	(180)
7.3.3	工程地质坑探	(185)
7.3.4	工程地质勘探的布置	(186)
7.3.5	勘探手段的选择和施工顺序	(188)
7.4	工程勘察原位测试	(190)
7.4.1	土体原位试验	(190)
7.4.2	岩体原位试验	(197)
7.5	工程地质长期观测	(204)
7.5.1	孔隙水压力观测	(204)
7.5.2	斜坡岩土体变形和滑坡动态观测目的	(204)
7.5.3	地下建筑围岩变形及围岩压力观测	(205)
7.5.4	建筑物沉降和变形观测	(206)
7.6	工程地质勘察资料整理	(206)
7.6.1	岩土物理力学性质指标的整理	(206)
7.6.2	图件的编制	(208)
7.6.3	工程地质分析评价	(209)
7.6.4	工程地质勘察报告	(210)
7.7	工程地质勘察报告实例	(211)
7.7.1	前言	(211)
7.7.2	场地工程地质条件	(212)
7.7.3	场地地下水概况	(214)
7.7.4	场地地震效应	(215)
7.7.5	地基基础评价	(216)
7.7.6	基坑开挖支护与降水	(217)
7.7.7	结论与建议	(218)
	本章小结与学习指导	(218)
	思考题	(219)
8	工程建设中主要工程地质问题	(220)
8.1	概述	(220)
8.2	工业与民用建筑工程中的主要工程地质问题	(220)
8.2.1	区域稳定性问题	(220)
8.2.2	地基稳定性问题	(220)
8.2.3	地基施工条件	(220)

8.2.4	边坡稳定性问题	(221)
8.2.5	工业与民用建筑工程地质勘察要点	(221)
8.3	道路与桥梁工程中的工程地质问题	(221)
8.3.1	道路工程主要工程地质问题	(221)
8.3.2	道路工程地质勘察要点	(222)
8.3.3	桥梁工程主要工程地质问题	(223)
8.3.4	桥梁工程地质勘察要点	(223)
8.4	隧道与地下工程中的工程地质问题	(224)
8.4.1	围岩稳定性	(224)
8.4.2	地下水、地温与有害气体	(228)
8.4.3	隧道与地下工程地质勘察要点	(229)
8.5	港口工程中的工程地质问题	(230)
8.5.1	港口工程中的主要工程地质问题	(231)
8.5.2	港口工程地质勘察要点	(232)
8.6	水利工程中的工程地质问题	(233)
8.6.1	水利工程建设中的主要工程地质问题	(233)
8.6.2	水利工程勘察要点	(236)
	本章小结与学习指导	(237)
	思考题	(238)
9	环境工程地质	(239)
9.1	环境工程地质概述	(239)
9.1.1	环境工程地质的产生背景	(239)
9.1.2	环境工程地质的基本概念	(239)
9.1.3	现阶段我国环境工程地质的研究重点	(240)
9.2	工程建设与环境工程地质	(241)
9.2.1	工程建设分类	(241)
9.2.2	工程建设对地质环境的作用	(242)
9.2.3	主要环境工程地质问题	(246)
9.3	环境工程地质质量评价	(250)
9.3.1	环境工程地质调查	(250)
9.3.2	环境工程地质的评价方法	(251)
9.3.3	环境工程地质区划	(253)
9.3.4	环境工程地质图系的编制	(254)
	本章小结与学习指导	(257)
	思考题	(257)
	参考文献	(258)

1 绪 论

1.1 地质学与工程地质学

地质学是一门关于地球的科学。它研究的对象主要是固体地球的上层,其内容主要有:①研究组成地球的物质,由矿物学、岩石学、地球化学等分支学科承担这方面的研究;②阐明地壳及地球的构造特征,即研究岩石或岩石组合的空间分布,这方面的分支学科有构造地质学、区域地质学、地球物理学等;③研究地球的历史以及栖居在地质时期的生物及其演变,研究这方面问题的有古生物学、地史学、岩相古地理学等;④地质学的研究方法手段,如同位素地质学、数学地质学及遥感地质学等;⑤研究应用地质学以解决资源探寻、环境地质分析和工程防灾问题。

从应用方面来说,地质学对人类社会担负着重大使命,主要指的是两个方面:一是以地质学理论和方法指导人们寻找各种矿产资源,这是矿床学、煤田地质学、石油地质学、铀矿地质学等学科研究的主要内容;二是运用地质学理论和方法研究地质环境,查明地质灾害的规律和防治对策,以确保工程建设安全、经济和正常运行。这就是工程地质学研究的主要内容。

工程地质学是地质学的重要分支学科,是把地质学原理应用于工程实际,特别是土木工程实际的一门学科,工程勘察与防灾是工程地质学的主要任务。

1.2 工程地质学的任务和研究方法

工程地质学在经济建设和国防建设中应用非常广泛,由于它在工程建设中占有重要地位,因此早在 20 世纪 30 年代就获得迅速发展而成为一门独立的学科。我国工程地质学的发展始于新中国成立初期。经过 50 多年的不断努力,不仅能适应国内建设的需要,而且开始走向世界,建立了具有我国特色的学科体系。纵观各种规模、各种类型的工程,其工程地质研究的基本任务,可归结为以下三方面:

(1) 区域稳定性研究与评价,是指由内力地质作用引起的断裂活动,以及地震对工程建设地区稳定性的影响;

(2) 地基稳定性研究与评价,是指地基的牢固、坚实性;

(3) 环境影响评价,是指人类工程活动对环境造成的影响。

工程地质学的具体任务是:

(1) 评价工程地质条件,阐明地上和地下建筑工程兴建和运行的有利和不利因素,选定建筑场地和适宜的建筑形式,保证规划、设计、施工、使用、维修顺利进行;

(2) 从地质条件与工程建筑相互作用的角度出发,论证和预测有关工程地质问题发生的可能性、规模和发展趋势;

(3) 提出改善、防治或利用有关工程地质条件的措施,提出加固岩土体和防治地下水的方案;

(4) 研究岩体、土体分类和分区及区域性特点;

(5) 研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用与影响。

工程地质学在工程规划、设计,以及在解决各类工程建筑物的具体问题时必须开展详细的工程地质勘察工作。工程地质勘察的目的是取得有关建筑场地工程地质条件的基本资料 and 进行工程地质论证。

工程地质学的研究对象是复杂的地质体,所以其研究方法应是地质分析法与力学分析法、工程类比法与实验法等密切结合,即通常所说的定性分析与定量分析相结合的综合研究方法。要查明建筑区工程地质条件的形成和发展,以及它在工程建筑物作用下的发展变化,首先必须以地质学和自然历史的观点分析研究周围其他自然因素和条件,了解在历史过程中对它的影响和制约程度,这样才有可能认识它形成的原因并预测其发展趋势和变化。这就是地质分析法,它是工程地质学基本研究方法,也是进一步定量分析评价的基础。

按工程建筑物的设计和运用的要求来说,光有定性的论证是不够的,还要求对一些工程地质问题进行定量的预测和评价。在阐明主要工程地质问题形成机制的基础上,建立模型进行计算和预测,如地基稳定性分析、地面沉降量计算、地震液化可能性计算等。当地质条件十分复杂时,还可根据条件类似地区已有资料对研究区的问题进行定量预测,这就是采用类比法进行评价。

采用定量分析方法论证地质问题时都需要采用实验测试方法,即通过室内或野外现场试验,取得所需要的岩土的物理性质、水理性质、力学性质数据。通过长期观测地质现象的发展速度也是常用的试验方法。综合应用上述定性分析和定量分析方法,才能取得可靠的结论,从而对可能发生的工程地质问题制定出合理的防治对策。

1.3 工程地质学的分类

工程地质学按其研究对象和任务的不同可分为五个组成部分,即工程岩土学、工程地质分析学、工程地质勘察学、区域工程地质学和环境工程地质学,如图 1.1 所示。

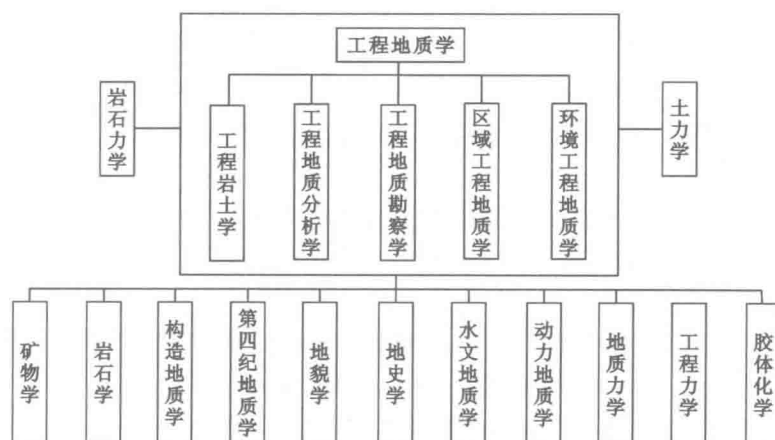


图 1.1 工程地质学的组成部分及其相关学科

1.3.1 工程岩土学

工程岩土学研究的是土和岩石的工程地质性质及其形成和变化的规律,并探讨改善这些性质的途径,是工程地质学的基础部分。

1.3.2 工程地质分析学

工程地质分析学研究的是工程地质条件环境与工程建设相互制约的主要形式——工程地质问题,研究它们产生的地质条件环境、力学机制、发展演化的趋势,以便正确论证和提供合理的防治措施。

1.3.3 工程地质勘察学

工程地质勘察学是为了探讨给各种工程建筑提供充分工程地质依据,所要勘察的工程地质内容,所应遵循的勘察程序和要求,以及所需采用的勘察方法和手段。

1.3.4 区域工程地质学

区域工程地质学研究的是各种工程地质条件在空间上的分布规律和特点。

1.3.5 环境工程地质学

环境工程地质学是工程地质学或环境科学的一个分支,研究以工程经济活动为中心的一定范围内天然作用与活动形成的客观地质实体(工程地质环境)及其问题的学科,并为开发利用工程地质环境或防治其不利影响提供科学依据。

1.4 工程地质条件与工程地质问题

为了保证地基稳定可靠,必须全面地研究地基及其周围地质环境的有关工程地质条件,以及当建筑物建成后某些地质条件可能诱发的工程地质问题。

1.4.1 工程地质条件

工程地质条件是指工程建筑物所在地区的地质环境各项因素的综合。这些因素包括:

(1) 地形地貌

地形指地表高低起伏状况、山坡陡缓程度与沟谷宽窄及形态特征等;地貌则说明地形形成的原因、过程和时代。平原区、丘陵区 and 山岳地区的地形起伏、土层厚薄和基岩出露情况,地下水埋藏特征和地表地质作用现象都具有不同的特征,这些因素都直接影响到建筑场地和线路的选择。

(2) 地层岩性

地层岩性是最基本的工程地质因素,包括它们的成因、时代、岩性、产状、成岩作用特点、变质程度、风化特征、软弱夹层和接触带以及物理力学性质等。

(3) 地质构造

地质构造是工程地质工作研究的基本对象,包括褶皱、断层、节理构造的分布和特征。地

质构造,特别是形成时代新、规模大的优势断裂,对地震等灾害具有控制作用,因而对建筑物的安全稳定、沉降变形等具有重要意义。

(4) 水文地质条件

水文地质条件是重要的工程地质因素,包括地下水的成因、埋藏、分布、动态和化学成分等。

(5) 不良地质现象

不良地质现象主要包括滑坡、崩塌、泥石流、风沙移动、河流冲刷与沉积等,对评价建筑物的稳定性和预测工程地质条件的变化意义重大。

1.4.2 工程地质问题

已有的工程地质条件在工程建筑和运行期间会产生一些新的变化和发展,构成影响工程建筑安全的地质问题称为工程地质问题。由于工程地质条件复杂多变,不同类型的工程对工程地质条件的要求又不尽相同,所以工程地质问题是多种多样的。

就土木工程而言,主要的工程地质问题包括:

(1) 地基稳定性问题

地基稳定性是工业与民用建筑工程常遇到的主要工程地质问题,它包括强度和变形两个方面。此外,岩溶、土洞等不良地质作用和现象都会影响地基稳定。铁路、公路等工程建筑则会遇到路基稳定性问题。

(2) 斜坡稳定性问题

自然界的天然斜坡是经受长期地表地质作用达到相对协调平衡的产物,人类工程活动尤其是道路工程需开挖和填筑人工边坡(路堑、路堤、堤坝、基坑等),斜坡稳定对防止地质灾害发生及保证地基稳定十分重要。斜坡地层岩性、地质构造特征是影响其稳定性的物质基础,风化作用、地应力、地震、地表水和地下水等对斜坡软弱结构面的作用往往破坏斜坡稳定,而地形地貌和气候条件是影响其稳定的重要因素。

(3) 洞室围岩稳定性问题

地下洞室被包围于岩土体介质(围岩)中,在洞室开挖和建设过程中破坏了地下岩体原始平衡条件,便会出现一系列不稳定现象,常遇到围岩塌方、地下水涌水等。一般在工程建设规划和选址时要进行区域稳定性评价,研究地质体在地质历史中受力状况和变形过程,做好山体稳定性评价,研究岩体结构特性,预测岩体变形破坏规律,进行岩体稳定性评价以及考虑建筑物和岩体结构的相互作用。这些都是防止工程失误和事故、保证洞室围岩稳定所必须做的工作。

(4) 区域稳定性问题

区域稳定性问题是指地震、震陷和液化,以及活断层对工程稳定性的影响。自1976年唐山地震后区域稳定性问题越来越引起土木工程界的注意。对于大型水电工程、地下工程以及建筑群密布的城市,区域稳定性问题应该是需要首先讨论的问题。

1.5 工程地质在土木工程建设中的作用

大量的工程实践表明,凡是重视工程地质的工程,在施工前都进行过周密的工程地质勘察。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的地段位于八九度地震烈度区,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”。中央和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、泥石流等灾害,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 10^6m^3 规模的大崩塌,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250m高的涌浪,高150m的洪峰溢过坝顶冲向下游,致使3000多人丧生。

上述几方面的实例都说明,土木工程建设必须重视工程地质工作,只有进行高质量的工程地质勘察工作,并根据应用和评价地质资料做出全面、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。

1.6 本课程学习要求

工程地质学是土木工程专业的专业基础课,对本科学生有以下要求:

- (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、运营过程中解决实际工程地质问题;
- (4) 了解工程地质勘察的内容、方法及勘察成果,对中小型土木工程能进行工程地质勘察工作。

本章小结与学习指导

- (1) 工程地质学是研究地质学应用问题的重要分支学科,防灾是工程地质学的根本任务。
- (2) 地基岩土的性质是保证地基稳定的基本条件,而建筑场地的地形地质、地下水、物理地质作用等地质环境因素往往对地基稳定性产生重要影响。
- (3) 工程地质勘察是工程地质学的重要研究方法和技术手段,其目的是查明场地基本工程地质条件并进行工程地质论证。

思考题

- 1.1 试说明工程地质学与地质学相互间的关系。
- 1.2 试说明工程地质学的主要任务与研究方法。
- 1.3 工程地质在土木工程建设中的作用是什么?
- 1.4 什么是工程地质条件和工程地质问题?它们具体包括哪些因素和内容?

2 地质作用与地质构造

现代地质学研究证实,地球形成之初,地表像现在的月球一样并不存在水,也就没有海陆之分。大气成分中也没有二氧化碳和氧气。地球在其形成 46 亿年的历史中逐渐发展和演化成今天的面貌。同时,今天的地球仍以人们不易觉察的速度和方式在继续变化之中。

2.1 地壳结构

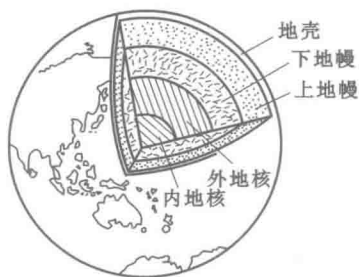


图 2.1 地球的内部圈层构造

地球是一个两极扁平、赤道突出的椭球体。它绕太阳公转,并绕自转轴由西向东旋转。赤道半径略长,约为 6378.2 km,极地半径略短,约为 6356.8 km,平均半径约为 6371 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 29%;海洋面积约为 $3.6 \times 10^8 \text{ km}^2$,约占 71%。

地球体积为 $1.083 \times 10^{12} \text{ km}^3$,平均密度为 5.52 kg/m^3 。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 2.1)。

地壳是地球表面固体的薄壳,平均厚度为 33 km,位于大洋底部的大洋地壳(洋壳)较薄,为 2~11 km,陆壳较厚,为 15~80 km,平均密度为 $2.7 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ 。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。

人类对地球内部的认识主要来自对地震弹性波的研究。据研究发现,在地幔顶部(50~250 km)存在一个地震波速度减低带,该带约有 5% 的物质为熔融状态,易于发生塑性流动,称为软流圈。软流圈以上的物质均为固态,称为岩石圈。岩石圈具有较强的刚性,分裂成许多块体,称为板块。板块驮在软流圈上随之运动,这就是板块运动,也是构造运动发生的根源。

2.2 矿物

矿物是天然产出的均匀固体。它是各种地质作用的产物,也是岩石的基本组成部分。矿物都具有一定的化学成分,并可用化学式来表达,例如金刚石和石英,它们的化学成分分别是 C 和 SiO_2 。实际分析资料表明,矿物中或多或少地含有各种杂质,例如石英并非是纯的 SiO_2 ,仍含有微量的 Al、Fe 等元素。

矿物大多具有确定的内部结构,即内部的原子或离子是在三维空间成周期性重复排列的,具有这种结构的矿物称为晶体,图 2.2 所示的即为石盐(NaCl)的晶体结构。

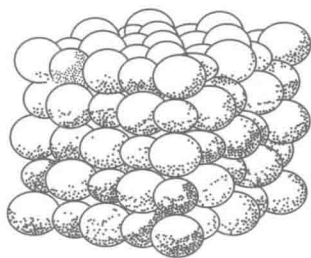


图 2.2 石盐晶体结构中质点的有序排列

(大球— Cl^- , 小球— Na^+)

2.2.1 矿物的物理力学性质

2.2.1.1 矿物的形态

绝大多数矿物都是晶体,具有各自特定的晶体结构。当生长条件合适时,同种矿物的单个晶体往往都有自己常见的形态,称为晶体习性,如针状、柱状、粒状、板状、片状等习性,如图 2.3 所示。

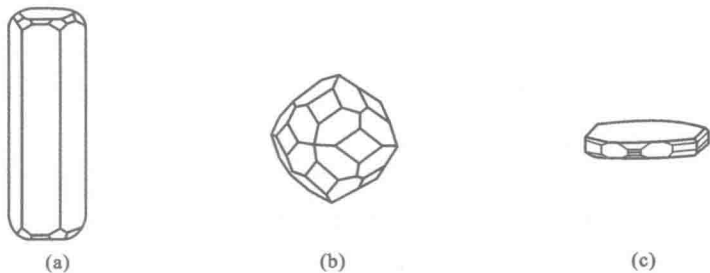


图 2.3 晶体的聚形和晶体习性

(a)绿柱石聚形晶体,具柱状习性(据 Vrba,1894);
(b)石榴子石聚形晶体,具粒状习性(据 Hany,1801);(c)板钛矿聚形晶体,具板状习性(据 Breithaupt,1847)

由于生长空间的局限,矿物晶体往往不能发育成图 2.3 所示的完美形态,它们常常挤在一起成集合体产出。同种矿物具有相同的晶体习性,其集合体也常具特征形态,如粒状集合体、针状集合体、鳞片状集合体等。有时表现出特殊的集合体形态,如放射柱状(图 2.4)、钟乳状(图 2.5)以及晶腺(图 2.6)等。借助于小刀等简单工具,即可以观察或测定矿物的物理力学性质。



图 2.4 红柱石的放射柱状集合体图 (X4/5,北京;据罗谷风,1978) 图2.5 方解石的钟乳状集合体图 (X2/3,广西融安;据罗谷风,1972) 图 2.6 玛瑙的晶腺 (X2/3,河北张家口;据罗谷风,1978)

2.2.1.2 矿物的颜色与条痕

颜色是矿物最直观的一种性质,最常见的有自色、他色和假色等类型。自色是由矿物的化学成分和晶体结构所形成的矿物本身的固有颜色,如黄金的金黄色、黄铜矿的赤黄色、孔雀石的翠绿色等;他色是矿物混入某些杂质所引起的颜色,如纯净的石英是无色透明的,但含碳的微粒时呈烟灰色;假色是矿物中的解理面、裂隙面和氧化膜等对阳光的折射、反射而引起的。

条痕是矿物粉末的颜色,通常将矿物在无釉白瓷板上刻划后进行观察,它对于某些金属矿