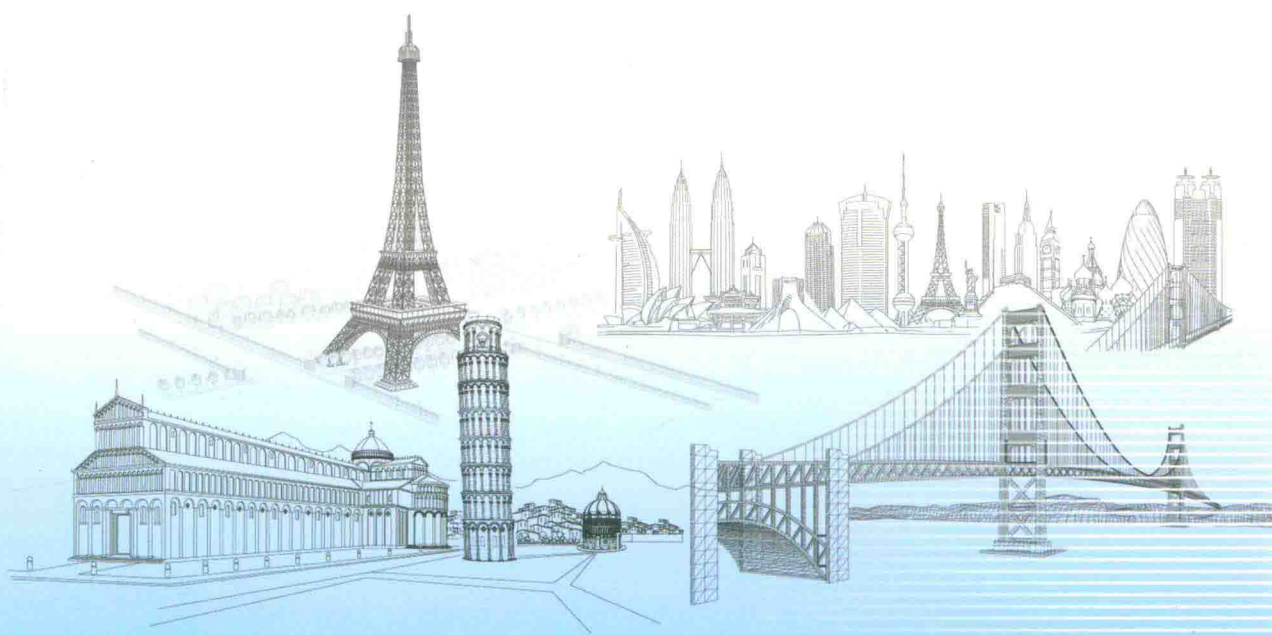




高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

工程地质

- 主 编 雷华阳
- 主 审 王 清



武汉理工大学出版社

高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

工程地质

主 编 雷华阳
副主编 申 翊 张 帆 刘 莹
主 审 王 清

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本教材系高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材,是土木工程专业方向的一门必修的专业基础课程,全书共分为10章,主要包括了五大部分:地质学基础知识(绪论、矿物与岩石、地质年代及第四纪沉积物、地质构造,共4章),水文地质基础知识(共1章),岩土工程地质分级与分类(共1章),不良地质现象(斜坡稳定性工程地质研究、岩溶工程地质研究、泥石流工程地质研究,共3章)以及工程地质勘察(共1章)。由于篇幅限制,对其他工程类型存在的诸多工程地质问题以及工程地质勘察从略。

本书可作为土木工程专业的本科生教材,也适合作为从事岩土工程等相关专业工作的工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质/雷华阳主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2015.6

ISBN 978-7-5629-4893-3

I. ①工… II. ①雷… III. ①工程地质 IV. ①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 139116 号

项目负责人:高 英 汪浪涛 戴皓华

责任编辑:戴皓华

责任校对:王 毓

装帧设计:何家辉

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:湖北丰盈印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:18

字 数:427 千字

版 次:2015 年 6 月第 1 版

印 次:2015 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:36.00 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:027—87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

• 版权所有,盗版必究 •

前 言

培养土木工程专业学生成为具有创新精神的卓越工程师,是中国工程教育的终极目标,也是中国进行现代化建设的迫切需要。卓越工程师之为“卓越”不仅在于其专业知识更丰富,综合素质更高,更在于其解决实际问题的能力更强。在土木工程课程体系中,工程地质作为一门应用型学科,是地质学与工程的结合。它不仅是一门必修的专业基础课程,也是我国执业注册工程师考试中的主要内容之一。它的形成和发展依赖于工程建设的需求和发展,反过来,土木工程建设的不断发展也会给周围环境带来相关的工程地质问题。因此,这就要求土木工程师必须对土木工程建设中相关的工程地质条件有较深入的了解,否则就无法很好地解决工程活动中出现的一系列工程问题。基于上述考虑,本书注意了系统性、简明性、先进性和实用性,以编著者从事工程地质教学、科研工作的资料积累和实践体会为基础,在编写过程中,选择了较多的参考文献和实际工程案例,得到了不断的启发和材料补充。

本教材系高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材,是在总结多年教学经验、广泛参阅相关教材及文献、结合最新的行业规范的基础上编写的。

全书共分为 10 章,内容包括绪论、矿物与岩石、地质年代及第四纪沉积物、地质构造、水文地质基础、岩土工程地质分级与分类、斜坡稳定性工程地质研究、岩溶工程地质研究、泥石流工程地质研究以及工程地质勘察等。这些内容的选取充分考虑了土木工程专业的特点以及后续专业课程的衔接。为了便于学生熟悉课程的内容要点和进行复习,每章均设有内容提要 and 课后思考题。

本书由天津大学雷华阳教授、武汉理工大学申翊副教授、湖北工业大学张帆副教授和北京交通大学刘莹副教授共同编写,雷华阳任主编,申翊、张帆、刘莹任副主编。编写的具体分工是:第 1 章、第 2 章和第 6 章由雷华阳编写,第 3 章、第 5 章和第 9 章由申翊编写,第 4 章、第 7 章和第 8 章由张帆编写,第 10 章由刘莹编写。

吉林大学王清教授担任了本书的主审,对本书的章节安排和内容组织提出了极有价值的指导性意见和建议。在此特向王清教授致以衷心的感谢。

对于本书的顺利出版,感谢武汉理工大学出版社的大力支持,同时对于书中所引用文献和研究成果的众多作者(列出的和未列出的)表示诚挚的感谢。

本书可作为土木工程专业的本科生教材,也可作为地质工程、岩土工程等相关专业本科生、研究生的自学参考用书,还可供从事工程地质、岩土工程实际工作的工程技术人员参考。

限于编者的水平,本书难免存在疏漏或错误之处,恳请读者批评指正。

编 者
2015.1

目 录

1 绪论	1
1.1 地质学与工程地质学	1
1.2 工程地质学学科发展概况	4
1.3 工程地质学科与土木工程学科的联系	6
1.4 本课程的主要内容及学习要求	7
2 矿物与岩石	9
2.1 概述	9
2.2 矿物与造岩矿物	9
2.3 岩浆岩	18
2.4 沉积岩	25
2.5 变质岩	30
2.6 岩石的主要物理力学性质	33
3 地质年代及第四纪沉积物	44
3.1 地质年代	44
3.2 地方性岩石地层单位	46
3.3 地质年代的分类及确定方法	47
3.4 我国地史概况	49
3.5 第四纪地质	49
3.6 第四纪沉积物	51
3.7 风化作用及残积物	52
3.8 河流地质作用及冲积物	58
3.9 暂时性流水地质作用及沉积物	66
3.10 海洋地质作用及海积物	68
3.11 风的地质作用及风积土	73
4 地质构造	76
4.1 地质作用	76
4.2 岩层产状及其接触关系	79
4.3 褶皱构造	82
4.4 断裂构造	87
4.5 地质图	102

5 水文地质基础	107
5.1 概述	107
5.2 地下水的基本概念	108
5.3 岩石中的地下水	126
5.4 地下水的物理性质与化学成分	131
5.5 地下水与工程建设的关系	132
6 岩土工程地质分级与分类	136
6.1 工程岩体分级目的和原则	136
6.2 工程岩体分级的代表性方案	137
6.3 土分类常用的指标	144
6.4 土的工程分类方案	148
7 斜坡稳定性工程地质研究	164
7.1 斜坡变形破坏的基本形式与特征	164
7.2 崩塌	169
7.3 滑坡	174
7.4 斜坡稳定性评价	183
7.5 斜坡变形破坏的预测与防治措施	185
8 岩溶工程地质研究	192
8.1 概述	192
8.2 岩溶地貌及岩溶水的特征	193
8.3 岩溶的形成条件及发育规律	201
8.4 影响岩溶发育的因素	205
8.5 岩溶地区的主要工程地质问题	208
9 泥石流工程地质研究	216
9.1 概述	216
9.2 泥石流的形成条件	218
9.3 泥石流的分类	219
9.4 泥石流的主要特征	222
9.5 泥石流有关指标的测定和计算	225
9.6 泥石流的识别与评价	228
9.7 泥石流的预测预报与防治	231
10 工程地质勘察	237
10.1 概述	237
10.2 工程地质测绘	239
10.3 工程地质勘探	244

10.4	工程地质原位测试·····	247
10.5	工程地质长期观测·····	260
10.6	勘察资料的整理·····	262
10.7	工业与民用建筑的工程地质勘察与评价·····	265
10.8	桥梁工程的工程地质勘察与评价·····	269
10.9	隧道工程的勘察与评价·····	273
参考文献·····		276

1 绪 论



本章提要

本章主要介绍工程地质学的主要内容和发展历史、工程地质条件和工程地质问题的概念,阐述土木工程与工程地质学科的关系,介绍本课程的主要学习内容以及具体要求。

1.1 地质学与工程地质学

1.1.1 地质学与工程地质学的范畴

地球科学简称地学,是数学、物理学、化学、天文学、地学、生物学六大基础自然科学之一。它以地球为研究对象,包括环绕地球周围的气体(大气圈)、地球表面的水体(水圈)、地球表面形态和固体地球本身。地质学是研究地球及其演变的一门自然科学。主要是研究地球的物质组成、内部构造、外部特征、各层圈之间的相互作用和演变历史的知识体系。具体来说,研究内容包括:地球的物质组成(包括矿物学、岩石学、地球化学等分支学科);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,包括构造地质学、区域地质学、地球物理等);地球的历史以及栖居在地质时期的生物及其演变(有古生物学、地史学、岩相古地理学等);应用地质学知识和研究方法手段(如同位素地质学、数学地质及遥感地质学等)以解决资源探寻、环境地质分析和工程防灾问题等。

地球自形成以来,经历了约 46 亿年的演化过程,进行了复杂的物理、化学和天文变化,所以各个层圈均在不断演变。随着社会生产力的发展,人类活动对地球的影响越来越大,地质环境对人类的制约作用也越来越明显。如何合理有效地利用地球资源、维护人类生存的环境,已成为当今世界所共同关注的问题。作为一门学科,地质学成熟得较晚。地质学的研究对象是庞大的地球及其悠久的历史,这决定了这门学科具有特殊的复杂性。它是在不同学派、不同观点的争论中形成和发展起来的。

地质学从应用角度来说主要包括两个方面:一是以地质学理论和方法指导人们寻找各种资源,如矿床学、煤田地质学、石油地质学等;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措施,以确保各类工程建设安全、经济、正常地运行和使用。工程地质学作为地质学的重要分支学科,就是把地质学原理应用于工程实际的一门学问,这也是工程地质学研究的主要内容。

人类生活在地球上,各种工程活动天天在地质环境中进行,两者之间相互制约,始终是客观存在的。一方面表现为地质环境对人类工程活动的制约。如水库渗漏、滑坡、泥石流破

坏公路与铁路,甚至影响工程建筑物的稳定和正常使用。因地质条件不具备而使工程造价提高,如沿海三角洲地区城市修建高层建筑,往往由于软基需要采用深基坑、桩基、筏形地基而增加造价。

另一方面,人类工程活动又会以各种方式影响地质环境,即人类工程活动对地质环境的制约。人类工程活动对地表的改造已达到不可忽视的程度,到目前为止,人类活动已涉及地表80%的地区。如在上游修建梯级电站,改变河流的地质作用,大规模地砍伐森林造成荒漠化,道路修建中不合理削坡使坡体稳定性降低,水库蓄水导致水库诱发地震,等等。研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系并保证这种制约关系向良性方向发展的科学称之为工程地质学(Engineering Geology)。作为地质学的一个分支学科,工程地质学是研究与人类工程建筑等活动有关的地质问题的科学。研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系,以便做到既能使工程建筑安全、经济、稳定,又能合理开发和保护地质环境,这是工程地质学的基本任务。而在大规模地改变自然环境的工程中,如何按地质规律办事,有效地改造地质环境,则是工程地质学将要面临的主要任务。

作为地质学的一个分支科学,工程地质学主要调查、研究、解决与修建各类工程建筑有关的地质问题,是为工程建设服务的。工程地质学通过勘察和分析研究,阐明建筑场区的工程地质条件,指出并评价存在的问题,为建(构)筑物的设计、施工和使用提供所需的地质资料。其任务可归纳为:评价各类工程建筑场区的地质条件,指出有利因素和不利因素;预测在工程建筑作用下地质条件可能出现的变化和产生的作用,明确相应的工程地质问题;选定最佳建筑场地,研究工程建筑物兴建后对地质环境的影响,预测其发展演化趋势,并提出为改善、防治和克服不良地质条件应采取的工程措施,为保证工程的合理设计、顺利施工和正常使用提供可靠的科学依据。

1.1.2 工程地质条件

工程地质条件是指与工程建设有关的各项地质因素的总和,这些因素包括:

(1) 土和岩石(体)的工程地质性质

土和岩石(体)的工程地质性质包括它们的成因、形成时代、岩性、产状、风化特征、变质程度、是否存在软弱夹层和接触带、物理力学性质等。这是最基本的工程地质因素。

(2) 地质构造

地质构造包括褶皱、断层、节理等构造现象的分布和特征,是工程地质工作研究的基本对象。如形成时代较新、规模较大的断裂构造,不仅对地震等地质灾害具有控制作用,同时对该区域内的各类工程建筑的安全性、变形特性等具有重要的意义。

(3) 水文地质条件

水文地质条件包括地下水的成因、埋藏、分布、化学成分,地下水位,地下水类型,地下水补给类型,地下水位随季节的变化情况等。它是重要的工程地质因素。

(4) 地形地貌

地形是指地表的高低起伏状况、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

场地和路线的选择。

(5) 不良地质现象

不良地质现象包括与工程建设区域地形、气候、岩性、构造、地下水和地表水作用密切相关的各类地质现象,主要有滑坡、崩塌、岩溶、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以及预测工程地质条件的变化具有重要的意义。

(6) 天然建筑材料

结合当地具体情况,选择适当的材料作为建筑材料,因地制宜,合理利用,降低成本。

应强调的是,不能将上述诸要素中的某一方面理解为工程地质条件,而必须是这六要素的总和。

1.1.3 工程地质问题

工程地质问题是指在工程建设以及研究区域,已有的工程地质条件由于不能满足某种工程建筑的要求,在工程实施和运行中工程地质条件会产生一些新的变化和发展,从而对建(构)筑物的安全性、稳定性、经济性或正常使用方面构成威胁的地质问题。在岩土工程施工以及建(构)筑物建成使用过程中,由于工程地质条件复杂多变且具有明显的区域性分布规律,如地下水的影响、工程施工造成的不良地质现象等,以及建筑物的类型、结构和规模不同对工程地质条件的要求也不尽相同,所以工程地质问题是多种多样的,呈区域性分布的特点。就土木工程而言,主要的工程地质问题包括区域稳定性问题、地基稳定性问题、斜坡稳定性问题以及洞室围岩稳定性问题等。

(1) 区域稳定性问题

区域稳定性是指工程建设地区,在特定的地质条件下(如内、外动力的综合作用下)现今地壳及其表层的相对稳定程度。从工程地质学角度来看,研究区域稳定性的目的在于探讨现今地壳的活动性及其对工程建筑和地质环境的作用和影响,从而使工程地基、场址尽量位于相对稳定地区,避开现今活动构造带;如在活动构造地区,即非稳定区,则选择相对稳定的地块或地带。区域稳定性研究的主要内容是地震活动和活断层的断裂活动。其研究是以区域构造分析为基础,从地壳变形和构造应力场的演化过程,探讨断裂构造的活动性,研究历史地震和地震地质资料,进而探讨工程地基、场地的地震效应及地震动力学问题。自1976年唐山地震后,地震、震陷和液化以及活断层对工程稳定性的影响,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地区,区域稳定性问题应该是需要首先论证的问题。

(2) 地基稳定性问题

工业与民用建筑常遇到的工程地质问题主要是地基稳定性问题,包括地基强度和地基变形两个方面。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、公路等工程建筑最常遇到的工程地质问题是边坡稳定和路基稳定问题;水坝(闸)常遇到的是坝(闸)基的稳定问题,其中包括坝基强度、坝基抗滑稳定、坝基和坝肩的渗漏和稳定以及坝肩稳定问题。

(3) 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作用往往破坏斜坡稳定性,而地形地貌和气候条件是影响其稳定性的重要因素。

(4) 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的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,保证洞室围岩稳定性所必需的工作。

不同工程对工程地质条件的要求各不一样。即使是同一类型的建筑,其规模不同,要求也不尽相同。工程地质问题,除与建筑工程类型有关外,尚与一定的土和岩石的类型有关,如黄土的湿陷问题、软土的强度问题、岩石的风化和构造裂隙的破坏问题等。

1.1.4 工程地质学的任务

工程地质学的任务归纳起来主要有如下几个方面:

- (1) 查明工程建设场地的工程地质条件,指出对建筑物有利的和不利的因素;
- (2) 论证与工程建筑有关的工程地质问题,进行定性和定量的评价,做出确切的结论;
- (3) 选择地质条件优良的建筑场址,并根据场址的地质条件选择合适的建筑物类型、规模和施工方法;
- (4) 预测并论证工程地质环境的发展演化趋势,并提出合理利用、改善与防治的措施;
- (5) 研究岩体、土体分类和分区以及区域性特点;
- (6) 为工程建筑的规划、设计、施工、使用和维护提供所需地质资料和数据。

1.2 工程地质学学科发展概况

工程地质学是研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系,以便科学评价、合理利用、有效改造和妥善保护地质环境的科学。它的产生源于地质学的发展和人类工程活动经验的积累。伴随着国内外诸多重大工程的不断兴建,如日本的青涵海底隧道、英吉利海峡的海底隧道、美国赫尔姆斯水电站地下厂房以及我国的三峡水利工程和小浪底水利工程等,出现了许多与工程地质相关的棘手问题,这些问题的解决不仅对整个工程的进展起到了决定性作用,同时也为工程地质学科的发展提供了大量的工程实践机会。

人类在最初从事工程建设活动时,为保证建筑物的安全使用和正常运行,总是自觉或不自觉地将地质知识应用于建筑工程,使建筑物与地质环境相适应,如我国河北的赵州桥、四川岷江的都江堰等。赵州桥不仅是我国也是世界上现存最早、保存最完整的巨大石拱桥,特别是拱上加拱的“敞肩拱”的运用,更成为世界桥梁史上的首创。1991年,赵州桥被美国土木工程师学会选定为世界第十二处“国际土木工程历史古迹”。都江堰是全世界至今为止,年代最久、唯一留存、以无坝引水为特征的宏大水利工程。由于当时的生产力低下,工程规

模不大,人们在工程建设中多按经验办事,并没有形成系统的工程地质理论知识,也没有任何经验资料的积累和记载。随着各类工程建设突飞猛进地发展,地质知识越来越多地运用到其中,为工程的规划、设计、施工和运营提供了地质依据,大大推动了工程地质学的形成和发展。1929年,太沙基出版了世界上第一部《工程地质学》;1932年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。20世纪50年代以来,工程地质学逐渐吸收土力学、岩石力学与计算数学中的某些理论和方法,完善和发展了本身的内容和体系。与此同时,欧美国家也出现了工程地质学,但研究方向有所不同,主要是土木工程师适用的地质学。我国的工程地质学是在新中国建立后随着大规模国民经济建设的需要而发展起来的,20世纪50年代是中国工程地质学形成和初步发展的阶段,如大量的城市工业与民用建筑、铁路、公路、桥梁、隧道、水利水电工程等的建设,形成了一些新的工程地质思想和理论。这个阶段受前苏联的工程地质学术观点影响很深,基本上是按照前苏联模式来建立工程地质学科和勘察体制的。

从20世纪60年代到70年代中期,我国开始逐步走上自力更生发展有中国特色的工程地质学的道路。大量工程实践积累了丰富的资料和实际经验,如刘家峡、龙羊峡等水利枢纽工程,成昆、兰新等铁路干线,南京、九江长江大桥等,促进我国工程地质进入了独立发展的阶段。各种产业部分制定了各自的工程地质勘察规范,岩土测试技术和定量评价都有所发展。

由于欧洲一些水利工程重大事故的发生与地质问题密切相关,国际工程地质界在1968年召开的第23届国际地质大会上成立了国际地质学会工程地质分会(后改名为国际工程地质协会),专题讨论岩土体的工程特性,特殊岩土的工程地质研究,区域规划与城市区工程地质,重大环境工程地质问题,地质灾害评价、预测和防治等。

从20世纪70年代后期到80年代初期,我国进入了以经济建设为中心和改革开放的时代,也是工程地质学大发展的时期。这个阶段,在大量吸取国外先进理论和技术方法的同时,中国工程地质学越来越重视基础理论、方法和技术的研究,逐渐形成了具有中国特色的工程地质学理论体系。我国学者的代表性专著和研究成果包括:1976年陶振宇的《水文建设中的岩石力学问题》;1976年谷德振的《岩体工程地质力学基础》;陈宗基对岩体流变学的研究以及石根华的块体理论。

1976年Q. Zaruba和V. Mence出版的《工程地质学》(Engineering Geology)、P. B. Attewell和L. W. Farmer的《工程地质原理》(Principles of Engineering Geology)这两本著作,可代表20世纪70年代国际工程地质学的水平。从20世纪80年代中期开始,由于人类工程经济活动的不断扩大,环境的污染和破坏日益严重,使合理开发利用和保护、治理环境成为迫切需要解决的世界性重大课题,这就为工程地质学开辟了广阔的发展前景。这个阶段最主要的标志是中国环境工程地质学的形成和发展。环境工程地质学是工程地质学与环境科学之间的一门交叉学科。它是以工程建设环境为主要研究对象,研究人类工程活动与地质环境的相互作用以及由此产生的环境工程地质问题及其预测预报。其目的是合理开发利用、保护和治理地质环境,为解决人口、资源、环境三大问题做出应有的贡献。此外,军事工程地质学、地震工程地质学、地下空间工程地质学、海洋工程地质学、爆破工程地质学以及核废料和固体废物地下贮存的工程地质研究等分支学科的发展,对于进一步发展和完善中

国工程地质学的学科体系 also 具有重要意义。

经过数十年实践和理论的研究,逐渐形成和完善了我国工程地质勘察的理论体系,即“以工程地质条件的研究为基础,以工程地质问题的分析为核心,以工程地质勘察技术方法为手段,以工程地质评价决策为目的。”这一理论体系在由张咸恭、王思敬和张倬元主编的《中国工程地质学》中得到了充分体现。经过 60 多年的发展,我国工程地质学已经成为一门研究内容丰富、理论体系严谨、具有中国特色的综合性学科。如现代数理统计中的数量化方法和逻辑信息法,模糊数学中的模糊聚类分析、模糊综合评价和模式识别法,现代数学力学数值计算方法中的有限元法、边界元法和离散元法等,以及系统论、信息论、控制论、随机论和耗散结构论等现代科学方法论,均已广泛应用于工程地质研究中。由于工程地质学的实践性很强,加强工程地质勘察方法、手段和规范规程的研究,努力实现工程地质勘察的标准化和现代化,就成为中国工程地质学的又一个重要发展趋势。

1.3 工程地质学科与土木工程学科的联系

土木工程是建造在地上或地下、陆地或水中,直接或间接为人类生活、生产、军事、科学研究服务的各类工程设施的科学技术的统称。各类工程设施是指工用与民用建筑、道路、铁路、运输管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、给排水及防护工程等。人类的一切活动都离不开土木工程,同时,不同类型、结构和规模的工程建筑物,对地质环境要求不同,如工用与民用建筑需要考虑场地稳定性以及地基承载力和变形问题;水利水电工程通常需要考虑渗透稳定性和坝体抗滑稳定性问题;道路工程可能遇到滑坡、崩塌、泥石流等边坡稳定性问题以及软基处理问题等;地下工程将面临围岩稳定性问题、承压水的控制以及边坡稳定性问题等。由于影响因素多且复杂,因此必须结合具体建筑类型及建筑规模等条件来考虑地质环境与工程活动的关系。

任何工程类型都是修建在一定的基础与地基之上的,其中基础是建筑物的地下部分,承受着整个建筑物的重量并将它传递给地基。地基是承受建筑物全部重量的岩土层,一般包括持力层和下卧层。持力层的性质、埋藏条件和承载力大小等对基础类型、埋深、地基加固和施工方法的选择有很大影响。由于建筑场地工程地质条件的优劣直接影响到工程的设计类型、施工工期和工程投资等。因此,重视工程地质工作就能使设计、施工顺利进行;忽视工程地质工作,则会给工程带来不同程度的影响,而且一旦发生事故,处理比较难。宝(鸡)天(水)铁路,由于忽视了前期的工程地质工作,施工中发生了大量崩塌、滑坡、河岸冲刷和泥石流等地质灾害问题,被称为铁路的“盲肠”,国家历年都拨出大量资金进行维修、整治。成昆铁路,地形、地质条件异常复杂,曾被称为“世界地质博物馆”,由于高度重视工程地质工作,从而顺利建成通车。因此,在设计每一个建筑物之前,必须进行场地与地基的岩土工程勘察,充分了解建筑场地与地基的工程地质条件,论证和评价场地、地基的稳定性和适宜性,不良地质现象,软弱地基处理与加固等,合理制定岩土工程的技术决策和实施方案。

实践经验证明,如果岩土工程勘察工作做得好,设计、施工就能顺利进行,工程建筑的安全运营就有保证。相反,忽视建筑场地与地基的岩土工程勘察,会给工程带来不同程度的影响,轻则修改设计方案、增加投资、延误工期,重则使建筑物完全不能使用,甚至突然破坏,酿

成灾害。当前国内外都达成一个共识:重大工程建设中出现的灾害性事故,多半与工程地质有关,除了与工程地质勘察工作深度不够和质量不高有关外,还与设计、施工对工程地质勘察资料认识不足,以及设计方案、施工措施与地质条件的针对性不强有关。

工程地质勘察是工程设计和施工的基础工作,实践表明,没有高质量的工程地质勘察,就不可能制定与选择最优的设计和施工方案,就谈不上工程的经济与安全。为了做好各阶段岩土工程勘察工作,必须通过工程地质测绘与调查、勘探与取样、室内试验与原位测试、观测与监测等多种手段,结合工程地质学的研究方法(如自然历史分析法、数学力学分析法、模型模拟试验法和工程地质类比法等)相互补充、综合运用以获得必要的工程地质资料和恰当的研究分析和判断,针对工程地质问题提出相关建议和措施。

1.4 本课程的主要内容及学习要求

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、工程类比法与试验法等密切结合。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。对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,例如地基稳定性分析、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试验测试方法,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,对可能发生的工程地质问题进行分析和解决。

工程地质学是通过工程地质勘察和分析研究来实现的,为工程建设服务,研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系,合理开发和妥善保护地质环境,为建筑物的设计、施工以及使用提供所需要的地质资料。目的是做到既能使工程建筑安全、经济、稳定,又能合理开发和保护地质环境,这是工程地质学的基本任务。工程地质学的任务决定了它的研究内容,归纳起来主要有以下几个方面:

(1) 工程岩土学研究

地球上任何建筑物都离不开岩土体,它是工程地质学的重要基础理论部分。不仅要研究岩土体当前的性状,也要分析其性质的形成条件,同时还要分析并预测岩土体性质的可能变化情况,提出有关的防治措施。研究内容包括岩土的工程地质性质及其形成变化规律、各项参数的测试技术和方法、岩土体的类型和分布规律,以及对其不良性质进行改善等。

(2) 工程动力地质作用的研究

由于地球内力和外力作用,还有人类的工程经济活动的影响,建筑物的稳定和正常使用

受到威胁。这种对工程建筑有影响的地质作用,即工程动力地质作用。习惯上将由于自然营力引起的各种地质现象叫作物理地质现象,将由于人类工程经济活动引起的地质现象叫作工程地质现象。研究工程动力地质作用的形成机制、规模、分布、发展演化的规律,及其所产生的有关的工程地质问题,对其进行定性和定量的评价,以及有效地进行防治、改造,是工程地质学的另一个分支学科工程动力地质学的研究内容。

(3) 工程地质勘察理论和技术方法的研究

为了查明建筑场地的工程地质条件,论证工程地质问题,正确地提出工程地质评价,以提供建筑物设计、施工和使用所需要的地质资料,就需要进行工程地质勘察。不同类型、结构和规模的建筑物,对工程地质条件的要求以及所产生的工程地质问题各不相同,因而勘察方法的选择、工作的布置原则以及工作量的分配情况也各不相同。为了保证各类建筑物的安全和正常使用,必须详细而深入地研究可能产生的工程地质问题,并在此基础上安排勘察工作,应制定适用于不同类型工程建筑的各种勘察规范或工程手册,作为勘察工作的指南,以保证工程地质勘察的质量和精度。有关这方面的研究,是专门由工程地质学这一分支学科来进行的。

(4) 区域工程地质的研究

不同的区域由于自然地质条件的不同,因而工程地质条件各异。认识并掌握广大地域工程地质条件的形成和分布规律,预测这些条件在人类工程、经济活动影响下的变化规律,并按照工程地质条件进行区划,作出工程地质区划图,就是区域工程地质研究的内容,区域工程地质学即为这方面研究的分支学科。

本课程是土木工程专业的一门技术基础课,通过对本课程的学习,可以使学生获得工程地质方面的基础知识,初步了解分析地基、边坡和周围岩体稳定性及渗漏、岩溶、泥石流等工程地质问题的基本方法,为学习专业和开展对有关问题的科学研究,提供必要的工程地质学的基础知识。同时,通过一些基本技能的训练,懂得如何搜集、分析和运用有关的地质资料,并正确运用勘察数据和资料进行设计和施工,对一般的工程地质问题能进行初步评价和采取处理措施。学习本课程最重要的是学会具体问题具体分析,为学生应用工程地质方法去分析、解决工程问题打好基础。

思 考 题

1. 简单说明工程地质学与地质学之间的关系。
2. 试述工程地质学的主要任务。
3. 何谓工程地质条件和工程地质问题?
4. 试述工程地质学与土木工程学科相互间的关系。

2 矿物与岩石



本章提要

本章介绍了矿物与造岩矿物的概念;主要阐述了三大类岩石——岩浆岩、沉积岩、变质岩的组成成分、产状、结构、构造特点以及与工程建设的关系等,最后介绍了岩石的主要物理和力学性质。

2.1 概 述

地质学是关于地球的物质组成、内部构造、外部特征、各层圈之间的相互作用和演变历史的知识体系。根据研究对象及内容的不同,可细分为矿物学、岩石学、地貌学、地层学、水文学、矿床地质学、工程地质学、灾害地质学等。其中研究矿石、岩石的科学称为矿物岩石学,即是研究地壳物质组成及其特征的科学,它研究矿物岩石的成分、结构、构造、产状、分类命名等。最初矿物岩石学是一门学科,随着研究的深入和认识的提高,岩石学逐渐从矿物学中分离出来而成为一门独立的学科,之后又相继形成了岩浆岩石学、变质岩石学和沉积岩石学三个分支学科。

矿物学、岩石学以及三大类岩石学之间既有着密切的依存关系,又有独立的研究内容。矿物岩石学不仅是地史学的基础,也是水文地质、工程地质、环境地质、石油地质、煤田地质、地球物理勘探等学科的基础。

岩石是指地球上部(地壳和上地幔)由各种地质作用形成的,由一种或几种矿物组成的,具有稳定外形的固态集合体。矿物是矿石和岩石的基本组成单位,是地壳中的一种或多种化学元素在各种地质作用下形成的天然单质或化合物。

2.2 矿物与造岩矿物

2.2.1 矿物的基本概念

矿物是地质作用形成的天然单质或化合物,它可以由一种单质元素组成,如自然铜(Cu)、金刚石(C)等;绝大多数由几种元素的化合物组成,如石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、岩盐(NaCl)等。

矿物具有比较固定的化学成分和物理化学性质,如石英由 SiO_2 组成,方解石由 CaCO_3 组成。

矿物绝大多数呈固态出现,仅少数以液态(如自然汞等)和气态(如天然气、水蒸气等)产出。

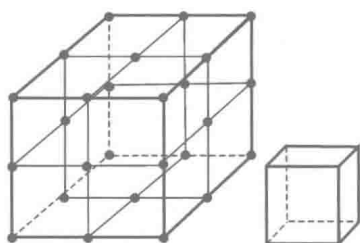


图 2.1 岩盐的内部结构

固体矿物按照其内部结构和构造可分为结晶质矿物和非结晶质矿物两种类型,其中结晶质矿物是指组成矿物的质点(原子或离子)呈现有规律的空间排列,具有一定的外部几何形态,如岩盐(NaCl)中的钠离子和氯离子在三维方向的空间上呈等间距相隔重复排列,组成立方格子结构,其外形呈立方体状(图 2.1)。非晶质矿物指组成矿物的质点呈现不规则的排列,表现为外部形态没有固定的形状,如蛋白石($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。

矿物多数为无机矿物,有机矿物很少。它的存在与一定的自然条件相关,当外界条件改变至一定程度时,原有矿物就会产生变化,生成新的矿物,因此,一种矿物只是表示组成这种矿物的元素在一定地质作用过程中,到一定阶段的产物。

综上所述,矿物是由地质作用形成的具有一定物理性质与化学成分的自然单质或化合物。在已发现的 3000 种矿物中,组成岩石的 30 多种主要矿物称为造岩矿物。

2.2.2 矿物的形态

矿物的形态是指矿物单晶体、规则连生晶体和集合体的外形特征。

2.2.2.1 矿物的单体形态

矿物的单体形态指矿物单晶体的形态。矿物晶体在一定外界条件下,一定成分的同种矿物,总是有它特定的矿物形态,晶体的这种性质,就是晶体的结晶习性。结晶习性不同于晶形,晶形是指晶体笼统的外貌特征。

根据晶体在空间的发育程度不同,矿物的单体形态可分为如下三类:

(1) 一向延长形 晶体生长沿一个方向发育,呈现柱状、纤维状、针状、放射状等,如石英、角闪石、石棉等。

(2) 二向延长形 晶体生长时在两个方向上发育,呈现板状、片状、鳞片状等,如云母、绿泥石、重晶石等。

(3) 三向等长形 晶体生长时在三度空间上发育程度基本相等,呈现等轴状、粒状、球状等,如石榴子石、黄铁矿、橄榄石等。

有些矿物在不同条件下(如温度、空间条件等)可以具有不同的结晶习性。如方解石在高温条件下($200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上)晶体呈现板状或片状,在低温条件下形成的晶体则呈现为一向延长形的柱状晶体;石英晶体在晶洞中(足够的自由空间)可呈现为柱状晶体,在其他情况下则形成不规则粒状个体。

2.2.2.2 矿物的连生体形态

矿物的连生体形态指矿物单体有几何规则的连生方式。

(1) 平行连生

平行连生指同种晶体的个体彼此平行地连生在一起,连生着的两个晶体相对应的晶面和晶棱都相互平行。平行连生从外形来看是多晶体的连生,但它们内部的格子构造都是平