

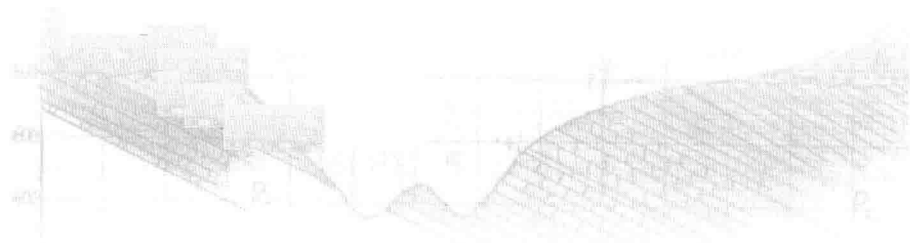
工程地质学

Engineering Geology

主 编 王新泉

副主编 韩尚宇 齐昌广

 吉林大学出版社



工程地质学

Engineering Geology

主 编 王新泉

副主编 韩尚宇 齐昌广

 吉林大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程地质学 / 王新泉主编. — 吉林: 吉林大学出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-5677-6904-5

I. ①工… II. ①王… III. ①工程地质学—高等学校—教材 IV. ①P612

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 159785 号

书 名: 工程地质学

作 者: 王新泉 主编

责任编辑: 张宏亮 责任校对: 刘莉

吉林大学出版社出版、发行

开本: 889 × 1194 毫米 1/16

印张: 22.5 字数: 700 千字

ISBN 978-7-5677-6904-5

封面设计: 刘一群
虎彩印艺股份有限公司 印刷
2016 年 6 月第 1 版
2016 年 7 月第 1 次印刷
定价: 78.00 元

版权所有 翻印必究

社址: 长春市明德路 501 号 邮编: 130021

发行部电话: 0431-89580028/29

网址: <http://www.jlup.com.cn>

E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

作者简介

王新泉 1981年1月出生，山东滨州人，博士，副教授，浙江大学城市学院土木工程研究所副所长。2009年毕业于河海大学，获岩土工程博士学位，2011年入选杭州市131中青年人才培养计划第二层，2013年入选浙江省151人才工程第三层次培养人员。主要从事软土地基处理及与土木工程相关的科研和教学工作。



前 言

本教材主要阐述了工程地质的基本原理、工程地质问题、工程地质评价分析方法、勘察方法要点等内容,通过结合工程实际和实例分析来培养学生的应用能力和创新能力,使学生掌握建设地区或建筑场地地质条件的判别及分析方法,学会调查、研究、解决与兴建各类工程建筑有关的地质问题,并掌握防治不良地质现象的方法和措施。

本教材充分兼顾高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲、国家《岩土工程勘察规范》、《建筑地基基础设计规范》等规范,并涉及注册岩土工程师考试要求的相关内容。参照《土木工程专业应用型卓越工程师培养计划》,在贯彻现行侧重教学内容知识点及重点难点内容阐述等教学大纲的基础上,以期构建凸显能力培养的课程教学大纲及内容体系。

全书共分为9章,包括第1章绪论、第2章地球与地貌、第3章矿物与岩石、第4章地质构造、第5章岩体与围岩、第6章土体及其工程性质、第7章地下水、第8章地质灾害及防灾减灾、第9章工程地质勘察等。每章附有习题及CDIO项目开展框架,本教材旨在培养学生掌握工程地质的基本理论、实验技能及实际工程问题的解决能力。本教材由浙江大学城市学院王新泉任主编、南昌航空大学韩尚宇和宁波大学齐昌广任副主编,其中第6、7、8、9章由王新泉编写;第1、2、3章由韩尚宇编写;第4、5章由齐昌广编写。

本教材按照高等学校土木工程专业本科教育培养目标、培养方案、教学大纲等要求,兼顾注册土木工程师(岩土)考试内容、我国现行国家及行业相关标准等,在调研分析目前各类工程地质教材的基础上编写而成。可作为高等学校土木工程、道路桥梁与渡河工程、城市地下空间工程、给水排水工程、水利水电工程、港口航道与海岸工程、港口海岸及治河工程等专业的教材,也可作为注册土木工程师(岩土)考试工具书,同时也可供相关从业人员及科研人员参考。

本教材为首次出版,由于编者水平和能力所限,疏漏不足之处在所难免,恳请各位专家、同行和读者提出宝贵的批评和修改意见,以便本教材再版时补充完善。

目 录

第1章 绪论 1

- 1.1 地质学与工程地质学 1
 - 1.1.1 地质学与工程地质学的定义 1
 - 1.1.2 工程地质学的发展 1
 - 1.1.3 工程地质学与土木工程学科的联系 3
- 1.2 工程地质条件和工程地质问题 4
 - 1.2.1 工程地质条件 4
 - 1.2.2 工程地质问题 5
- 1.3 工程地质学的研究对象、内容、任务和分析方法 5
 - 1.3.1 工程地质学的研究对象 5
 - 1.3.2 工程地质学的研究内容 5
 - 1.3.3 工程地质学的研究任务 6
 - 1.3.4 工程地质学的分析方法 6
- 1.4 工程建设与地质环境 7
 - 1.4.1 地质环境对工程活动的影响 7
 - 1.4.2 工程建设对地质环境的影响 7
 - 1.4.3 典型工程地质事故 8
- 1.5 工程地质学的教学要求 10
- 1.6 本章习题 11

第二章 地球与地貌 12

- 2.1 概述 12
- 2.2 地球的圈层构造 12
 - 2.2.1 地球外部圈层构造 13
 - 2.2.2 地球内部圈层构造 14
- 2.3 地质作用及地质年代 16
 - 2.3.1 地质作用 16
 - 2.3.2 地质年代 19
- 2.4 地貌单元的类型与特征 23
 - 2.4.1 地貌的概念 23
 - 2.4.2 地貌单元分类 23
- 2.5 常见地貌的工程地质问题 24
 - 2.5.1 剥蚀地貌 24
 - 2.5.2 喀斯特地貌 26
 - 2.5.3 山麓斜坡堆积地貌 30
 - 2.5.4 河流地貌 32
 - 2.5.5 湖积与海岸地貌 36

- 2.5.6 冰川地貌 39
- 2.5.7 风成地貌与黄土地貌 42
- 2.6 地貌调查与制图 45
 - 2.6.1 地貌调查的工作程序 45
 - 2.6.2 地貌制图 47
- 2.7 本章习题 51

第3章 矿物与岩石 53

- 3.1 概述 53
- 3.2 矿物与造岩矿物 53
 - 3.2.1 矿物的形态及主要物理性质 53
 - 3.2.2 主要造岩矿物及鉴定特征 56
- 3.3 岩浆岩 57
 - 3.3.1 岩浆岩的形成过程 57
 - 3.3.2 岩浆岩的地质特征 58
- 3.4 沉积岩 59
 - 3.4.1 沉积岩的形成过程 59
 - 3.4.2 沉积岩的地质特征 61
- 3.5 变质岩 62
 - 3.5.1 变质岩的形成过程 62
 - 3.5.2 变质岩的地质特征 63
- 3.6 风化岩 64
 - 3.6.1 风化岩的形成过程 64
 - 3.6.2 风化岩的地质特征 66
- 3.7 岩石的工程性质及分类 67
 - 3.7.1 影响岩石工程地质性质的因素 67
 - 3.7.2 岩石的工程分类 68
- 3.8 常见岩石的鉴定方法 68
- 3.9 本章习题 70

第4章 地质构造 72

- 4.1 概述 72
- 4.2 地壳运动 72
- 4.3 岩层及岩层产状 73
 - 4.3.1 岩层 73
 - 4.3.2 岩层产状 74
- 4.4 褶皱构造 76
 - 4.4.1 褶皱的形成 76
 - 4.4.2 褶皱的特征及类型 76
 - 4.4.3 褶皱的工程地质评价 76
- 4.5 断裂构造 77
 - 4.5.1 断裂构造的成因及类型(节理、断层) 77
 - 4.5.2 节理、断层的类型及特征 78
 - 4.5.3 断裂构造的工程地质评价 81

4.6	地层的接触关系	83
4.7	软岩、弱面与夹层的工程影响	83
4.7.1	软岩的概念、分类、性质及结构特征	84
4.7.2	弱面及影响软岩强度的地质因素	87
4.7.3	泥化夹层及其工程影响	87
4.8	地质图	88
4.8.1	地质图的种类	88
4.8.2	地质图的阅读步骤	88
4.8.3	地质剖面图的制作	90
4.9	本章习题	91
第5章 岩体与围岩		93
5.1	概述	93
5.2	岩体的工程分类	94
5.2.1	按坚硬程度的分类	94
5.2.2	按完整程度的分类	94
5.2.3	按基本质量等级的分类	94
5.2.4	按工程岩体分级标准的分类	94
5.2.5	按 RQD 指标的分类	95
5.3	岩体结构的类型	95
5.3.1	结构体	95
5.3.2	结构面	96
5.3.3	岩体的结构类型	98
5.4	岩体的力学特性	99
5.4.1	岩体的破坏方式	99
5.4.2	岩体的特性	100
5.5	岩体常见的工程地质问题	103
5.5.1	地下硐室围岩的工程地质问题	103
5.5.2	岩质边坡的工程地质问题	107
5.5.3	岩石地基的工程地质问题	120
5.6	本章习题	121
第6章 土体及其工程性质		123
6.1	概述	123
6.2	土的基本特性	123
6.2.1	土的成因及特征	123
6.2.2	土的颗粒成分	124
6.2.3	土的矿物成分	126
6.2.4	土的结构和构造	128
6.3	土的工程分类	133
6.3.1	按堆积年代和固结程度分类	133
6.3.2	按地质成因分类	134
6.3.3	按颗粒级配分类	134
6.4	土的物理力学性质及其指标	135

- 6.4.1 土的三相比例指标 135
- 6.4.2 土的力学性质 140
- 6.5 特殊土的工程地质特征 145
 - 6.5.1 软土 145
 - 6.5.2 黄土 151
 - 6.5.3 冻土 153
 - 6.5.4 填土 154
 - 6.5.5 膨胀土 156
 - 6.5.6 红黏土 157
 - 6.5.7 盐渍土 158
 - 6.5.8 污染土 159
- 6.6 地基处理新技术的发展及探索 160
 - 6.6.1 塑料套管混凝土桩技术 160
 - 6.6.2 多隔室套管复合桩技术 163
 - 6.6.3 钉形活性材料塑料套管劲芯复合桩技术 171
 - 6.6.4 引孔植入布袋碎石注浆桩技术 179
 - 6.6.5 黏结力增强式刚柔组合桩技术 185
 - 6.6.6 先排水预压后注浆劲芯水泥搅拌桩技术 193
 - 6.6.7 柔性桩与刚性桩上下同体组合桩技术 200
 - 6.6.8 钻孔灌注桩生态截桩技术 206
- 6.7 本章习题 214

第7章 地下水 216

- 7.1 概述 216
- 7.2 地下水的类型及其主要特征 216
 - 7.2.1 包气带水 217
 - 7.2.2 潜水 217
 - 7.2.3 承压水 218
 - 7.2.4 裂隙水及岩溶水 219
 - 7.2.5 泉 221
- 7.3 地下水的性质 221
 - 7.3.1 地下水物理性质 221
 - 7.3.2 地下水化学成分 221
- 7.4 地下水的污染 223
 - 7.4.1 地下水污染的概念 223
 - 7.4.2 地下水污染特征 224
 - 7.4.3 地下水污染的原因 224
 - 7.4.4 对工程建设的影响 224
- 7.5 地下水对土木工程建设的影响 225
 - 7.5.1 潜水位上升引起的工程问题 225
 - 7.5.2 地下水位下降引起的工程问题 225
 - 7.5.3 地下水的渗透破坏 226
 - 7.5.4 地下水的浮托作用 226
 - 7.5.5 地下水对钢筋混凝土的腐蚀 227

7.6	本章习题	228
第8章	地质灾害及防灾减灾	229
8.1	概述	229
8.2	地震	229
8.2.1	地震的概念及危害性	229
8.2.2	地震的破坏方式	233
8.2.3	地震的类型	234
8.2.4	活断层与地震	235
8.2.5	抗震措施	236
8.3	滑坡	238
8.3.1	滑坡的概念及危害	238
8.3.2	滑坡的分类	238
8.3.3	滑坡的空间形态要素及发展阶段	241
8.3.4	滑坡的成因	243
8.3.5	滑坡的识别	244
8.3.6	滑坡的防治	245
8.4	危岩和崩塌	247
8.4.1	危岩和崩塌的概念及危害	247
8.4.2	危岩和崩塌的类型及形成条件	248
8.4.3	危岩和崩塌的防治	249
8.5	岩溶与土洞	250
8.5.1	岩溶与土洞的概念及危害性	250
8.5.2	岩溶与土洞的地质问题	250
8.5.3	岩溶与土洞灾害的防治	251
8.6	泥石流	251
8.6.1	泥石流的概念及危害性	251
8.6.2	泥石流的分类	252
8.6.3	泥石流的形成条件	253
8.6.4	泥石流的防治	254
8.7	地面沉降	255
8.7.1	地面沉降的概念及危害性	255
8.7.2	地面沉降的原因	255
8.7.3	地面沉降的监测方法	255
8.8	地质灾害危险性评估及场地选址的工程评价	256
8.8.1	地质灾害评估范围、级别与技术要求	256
8.8.2	地质灾害调查与地质环境分析	258
8.8.3	地质灾害危险性评估	260
8.8.4	工程场地选址的地址问题评价	262
8.9	浙江省某公路边坡防护设计案例	263
8.9.1	概述	263
8.9.2	设计依据	263
8.9.3	水文地质条件	263
8.9.4	防护设计	264

8.9.5	施工注意事项	289
8.9.6	施工组织计划	292
8.10	本章习题	292
第9章 工程地质勘察 294		
9.1	概述	294
9.2	工程地质勘察的目的与要求	294
9.2.1	工程地质勘察的目的	294
9.2.2	工程地质勘察的要求	295
9.3	工程地质勘察的方法	300
9.3.1	工程地质测绘	300
9.3.2	工程地质勘探	301
9.3.3	工程地质现场原位试验	303
9.4	工程地质勘察要求	312
9.4.1	房屋建筑和构筑物的岩土工程勘察	312
9.4.2	桩基础的岩土工程勘察	314
9.4.3	地下洞室的岩土工程勘察	315
9.4.4	边坡工程的岩土工程勘察	316
9.4.5	基坑工程的岩土工程勘察	317
9.4.6	岸边工程的岩土工程勘察	317
9.4.7	线路、机场场道与桥涵的岩土工程勘察	318
9.4.8	核电厂的岩土工程勘察	319
9.4.9	废弃物处理工程的岩土工程勘察	321
9.4.10	动力机器基础的岩土工程勘察	321
9.4.11	浙江省公路软土的勘察要点	322
9.4.12	浙江省某公路项目地质勘查报告案例	326
9.5	工程地质勘察资料的整理	346
9.6	本章习题	349
	参考文献	350

第 1 章 绪论

1.1 地质学与工程地质学

1.1.1 地质学与工程地质学的定义

地质学是一门关于地球的科学,其研究对象主要是地球外壳部分或者地球的上层。地质学涵盖的内容主要包括:①地球的物质组成,由岩石学、矿物学、地球化学等分支学科承担这方面的研究;②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,这方面的分支学科包括构造地质学、区域地质学、地球物理学等;③地球的历史以及栖居在地质时期的生物及其演变过程,研究这方面内容的学科有地史学、古生物学、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地质学应用以及解决资源探寻、环境地质分析和工程防灾等问题。地质学的分支学科和相关学科覆盖了整个地球科学。目前,以地球表面(地壳)作为主要研究对象,根据分支学科研究的内容,主要研究地球物质组成(岩石学、矿物学等)、地球结构与构造(构造地质学等)、地球发展历史(地层学、地史学等)以及地质学在相关领域的应用(矿床地质学等)等。随着社会的发展和人类活动的需要,地质学的研究范围越来越广,发展形成了新的分支学科,如水文地质学、工程地质学、环境地质学、考古地质学等。

工程地质学作为地质学的一个重要分支,它是研究人类工程建设活动和自然地理环境之间的相互作用和影响的一门地质科学。它以地质学作为理论基础,并结合应用数学、力学知识和工程学科的技术方法,用来解决工程规划、勘察、设计、施工、监测和运营有关的地质问题。工程地质工作广泛应用于水利水电工程、工业与民用建筑工程、城市地下交通和管廊建设、公路工程、桥隧工程、港口工程、铁路工程等工程建设领域,直接服务于国民经济的基本建设和人类生活本身。工程地质学的最大特点是其始终和工程实践紧密相连,是地质学与工程学相互渗透而形成的一门应用技术科学。

工程地质学的研究对象是与人类工程活动相关的地质环境,也就是人们常说的工程地质条件。所谓工程地质条件,是指各种对工程建设有直接和间接影响的地质因素的综合。一般包括工程建设场地的地形地貌、地质构造、地层岩性、水文地质、岩土性质、物理地质现象等因素。对于不同地区、不同工程类型、不同设计阶段解决不同问题时,上述影响因素的重要性各不相同,且变化多端。一般来讲,岩土体的工程地质性质和地质构造往往起主导作用,但是在有些情况下,地形地貌或水文地质条件也可能是首要因素。工程地质条件所包括的各方面因素之间是相互联系、相互制约的。因此,在解决工程建设的地质问题时,应该对各方面因素进行综合分析论证。

综上所述,工程地质学是地质学的一门重要分支学科,是把地质学原理应用于实际工程,是土木工程、水利工程中的一门应用学科,工程地质勘察与防灾是工程地质学的主要任务。

1.1.2 工程地质学的发展

虽然人类在远古时代就懂得利用优良的地质条件兴建各类工程,但是,工程地质学在国际上成为地质学的一门独立分支学科仅有 80 多年的历史。

20 世纪 30 年代初,前苏联开展大规模的国民经济建设,促使了工程地质学的萌生。在 1932 年,位于莫斯科的地质勘探学院成立了由 Ф·И·萨瓦连斯基领导的工程地质教研室,专门培养工程地质专

业人才,并奠定了工程地质学的发展基础。与此同时,美欧和日本等国家也都在水利工程和土木工程建设中开展了工程地质工作,然而,他们主要从事工程建设过程中的岩土工程地质性质和力学问题的研究,所解决的仅仅是土质学、土力学和岩体力学等工程地质分支学科的局部问题。例如,卡尔·太沙基(Karl Terzaghi,1883—1963)在1925年出版了第一本土力学专著——《建立在土的物理学基础的土力学》,并提出了土力学理论中最著名和重要的理论——饱和土有效应力原理和一维渗流固结理论,成为土力学的奠基人,并带动了各国学者对该学科的探索和研究。国外的索科洛夫斯基(Sokolovski)、斯肯普顿(A. W. Skempton)、毕当普(A. W. Bishop)、罗斯科(Roscoe)等人先后在不同的方面进行了探索和研究。在我国,著名学者黄文熙、钱家欢、陈宗基、沈珠江、孙钧、曾国熙、王思敬等在岩土工程中的研究,也引领了我国在此领域的发展。

工程地质学经过数十年的发展,已形成了由土质学、土力学、岩体力学、工程岩土学和环境工程地质学等多个分支学科所组成的学科体系。

为了促进工程地质科学的发展和便于各国学者的学术交流,在1968年,在第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(IAEG, International Association for Engineering Geology),该协会下设了多个专业委员会,定期进行学术交流,并办有会刊。

为了促进工程地质学科体系的共同发展,各国的工程地质学家与土力学家、岩体力学家在对各种工程岩土体稳定性分析和评价过程中紧密协作,于1975年成立了国际工程地质协会、国际岩石力学学会和国际土力学及基础工程学会3个学会的秘书长联席会议,以期成立综合性的国际学术团体。相应地,我国也成立了中国地质学会工程地质专业委员会,并开展了卓有成效的工作。

我国工程地质学是在新中国成立以后才发展起来的一门新的学科。历经了从无到有、从知之甚少到内容丰富多彩,乃至达到国际先进水平的过程,成为一门有着自己的理论体系和一套技术方法、能够较好地解决工程建设与环境地质实际问题的应用科学。关于它的发展过程,大体可划分为以下4个阶段:

(1) 萌芽阶段(古代至20世纪上半叶)

我国古代修建的一些大型工程,已初步具有了工程地质的概念。例如,公元前250年,在修建四川都江堰灌溉工程时就巧妙地利用了地形地貌条件,并根据河流侵蚀、沉积规律制定了“深掏滩、低作堰”的治理法则,另外,还应用当时最先进的方法,按照岩体构造特点,成功地开凿出宝瓶口引水源,将岷江水引入川西平原广大农田,造福人民。还有举世闻名的长城,在地形上充分利用了山脊分水岭,选择坚硬岩石作为地基,显示了它的宏伟并兼顾了坚固的原则。京杭大运河则是连接河湖洼地修建的,大大减少了挖方量,形成贯穿南北的大动脉。许多古老的桥梁、宫殿、寺院、宝塔以及亭台楼榭的修建也都考虑了地下水和地震条件,选择了优良的地基,并根据需要采取了合适的加固措施。因此,保证了很多这类建筑能逾千年依然稳定屹立。

(2) 创立与发展阶段(20世纪50年代到20世纪70年代末)

新中国成立初期,大量工厂、矿山、铁路、水利建设,根据前苏联经验,需要进行地质勘察,这时期的地质学家为铁路的修建和水利水电工程的建设担负起工程地质勘察的任务,主要是利用基础地质知识查明建筑地区的工程地质条件,以便做出正确的工程地质定性评价。1952年,国家成立了地质部,其下设有水文地质工程地质局,起着领导专业工作的作用。同年成立的北京地质学院和东北地质学院(后更名为长春地质学院)以及其后成立的成都地质学院等院校,开始培养工程地质人才。在20世纪60年代,由于工程地质的实践、积累了大量资料和一定的实际经验,学科进入独立发展阶段,各建设部门制定自己的勘察规范,以山区工程建设为主,对工程地质提出了更高的要求,岩土测试技术提高,定量评价有所发展。工程地质教育质量提高,已编出了专门的教材,由北京地质学院、长春地质学院和成都地质学院组织编写了工程地质专业课教材:张成恭主持完成的《工程地质学》、张倬元等编写的《工程动力地质学》以及刘国昌主编的《中国区域工程地质学》等学科教材在1964—1965年间出版面世,教材中强调了工程地质问题分析以及与实际工程的相互结合。谷德振和中国科学院地质研究所的学者根据多年实践经验,进行了地质和力学相结合的研究,创立了岩体工程地质力学,并提出了“岩体结构”的概念,《岩体

《工程地质力学基础》一书可作为其典型代表。

(3) 全面发展阶段(20 世纪 80 年代到 20 世纪 90 年代中期)

以经济建设为中心和改革开放的时代,各方面的建设蓬勃发展,工程地质在以往的基础上取得了重大发展。工程勘察质量提高、新的勘察规范制定,向着工程领域拓展,承担勘测、工程处理的系统工作。新型、巨型工程向工程地质勘察提出了新的要求。1989 年成立了中国地质灾害研究会、推进地质灾害的调查研究和防灾减灾的对策制定。像龙羊峡、五强溪、三峡、南京长江大桥、京九线等工程的建设都推动着工程地质学的发展。以三峡工程为例,在详细可靠的基础地质工作和大量勘探试验工作的基础上,使用各种新技术、新方法,做了较充分的地质分析和定量评价,在深度、广度和质量方面均达到了国际领先水平。在科学研究方面,取得丰硕成果,创立了一些新的理论、技术和方法,引领着有关科学的创新。在教育方面,许多学校增设了工程地质专业,培养了大批研究生,编写了系列教材,如成都地质学院编著的《工程地质分析原理》,其他院校编写了《工程岩土学》、《土力学》、《专门工程地质学》等教材,形成了具有中国特色的工程地质学理论体系。在工程地质制图方面,应用计算机技术已可绘制地质柱状图、工程地质平面图、剖面图等,大大提高了修改更新速度,提高了工作效率。20 世纪 90 年代早期,由张咸恭、王思敬、张倬元等著的《中国工程地质学》是现代工程地质学的鸿篇巨著。一大批手册、规范为工程地质勘测和工程设计、施工提供了规范性文件,如《工程地质手册》、《工程岩体分级标准》(GB/T50218—94)、《岩土工程勘察规范》(GB50021—93)等。

(4) 复杂性研究与发展新阶段(20 世纪 90 年代后期至今)

进入 20 世纪 90 年代后期,随着生产力的发展、科技进步以及社会需求的不断增长,在工业化、城市化的快速进程中,我国工程建设有了很大突破,如向上要空间的高层建筑、高架道路,向地下要空间的地下构筑物,向海洋要资源的海洋工程;追求更大效益的高坝大库、高速公路、跨海大桥、快速铁路;浅表资源贫乏转向深部开发的矿山工程;打破水资源区域差异的调水工程;以及不良地段的基础设施建设等工程项目层出不穷。所涉及的空间尺度从场地到城市、流域乃至跨区域、跨流域,跨越大尺度的地质单元。工程建设技术要求的时间尺度从年、月、日精确到小时、分,而工程安全运行的时间尺度则是几十年或百年以上,那些存放有毒有害废料的设施更是需要几百年甚至更长时间的安全保障。所有这些预示着工程规划、勘测、设计、施工、监测和运行不仅需要所有时空尺度的地质知识与技术,而且需要发展长时间的质量控制的监测技术和评价方法。中国工程地质学正跨入复杂性研究与发展新阶段,长江三峡水利枢纽、青藏铁路、南水北调工程的兴建以及上海金茂大厦的落成均体现了中国工程地质学具备解决现代大型工程问题的能力,预示着中国工程地质学的发展将走向新的高度。在众多工程专家、技术人员的共同努力下,我国工程地质学不断前进,走进国际先进行列。

1.1.3 工程地质学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荷载并传递给地基。地基是承受建筑物全部质量的岩土层,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,处理一般比较难。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。

大量实践经验证明: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,如果忽视建筑场地与地基的岩土工程勘察,就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,从而酿成灾害。当前,国内外基本上都达成一个共识:重大工程建设中出现的灾害性事故与工程地质密切相关,其除了与工程地质勘察工作深度不够和质量不高有关以外,还与设计、施工中工程地质勘察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和根本前提,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,更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)相互补充和综合运用,以获得必要的工程地质资料,从而更恰当地研究分析和判断,最后针对工程地质问题提出相关建议和措施。

1.2 工程地质条件和工程地质问题

1.2.1 工程地质条件

工程地质条件,即工程活动的地质环境,可理解为工程建筑物所在地区地质环境各项因素的总和。一般认为,它包括地质构造、地形地貌、水文地质条件、不良地质作用、天然建筑材料、岩土类型及其工程性质等。

1. 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具有重要意义。

2. 地形地貌

地形是指地表高低起伏状况、山坡陡缓程度、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。

3. 水文地质条件

这是重要的工程地质因素,包括地下水的成因、埋藏、分布和动态等。地下水是降低岩土体稳定性的重要因素,同时浅埋的地下水直接影响基础设施,影响建筑物的安全。

4. 不良地质作用

这是指对工程建设有影响的自然地质作用,其形成与建设区地形、气候、岩性、构造、地下水和地表水作用密切相关,主要包括地震、滑坡、崩塌、岩溶、泥石流和地面沉降等,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。

5. 天然建筑材料

天然建筑材料是指供建筑用的土料和石料。在大型土木及水利工程中,天然建筑材料的量、质及开

采运输条件等,直接关系到场址选择、工程造价、工期长短等,因此,它也是工程地质条件评价的重要内容,有时甚至可以成为选择工程建筑物类型的决定性因素。

6. 岩土类型及其工程性质(地层岩性)

这是最基本的工程地质因素,包括岩土的成因、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。

1.2.2 工程地质问题

已有的工程地质条件在工程建设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以下 4 类:

1. 地基稳定性问题

这是工业与民用建筑工程经常遇到的工程地质问题,它包括强度和变形 2 个方面。铁路、公路等工程建筑会遇到路基稳定性问题。水利工程中则存在堤坝稳定性问题。

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)时,斜坡稳定性对防止地质灾害发生及保证地基稳定性十分重要。

3. 洞室围岩稳定性问题

地下洞室一般嵌固在岩体介质(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、地下水管涌等问题。

4. 区域稳定性问题

在特定的地质条件中产生的并影响到广大区域的工程地质问题,包括活动性断层、活跃性地震、水库诱发地震、地震砂土液化和地面沉陷等。掌握这些问题的规律性,对规划选址或者对地质环境的合理开发与妥善保护具有重要意义。

1.3 工程地质学的研究对象、内容、任务和分析方法

1.3.1 工程地质学的研究对象

工程地质学的研究对象是工程地质条件与人类的工程建筑活动之间的矛盾。工程建筑与地质环境两者相互作用、相互制约。一项工程建筑在兴建之前必须研究能否适应它所处的地质环境,分析在它兴建之后会如何作用于地质环境,会引起哪些变化,预测这些变化对建筑物的稳定性造成的危害,对此作出评价,并研究采取怎样的措施才能消除这种危害;还要预测这些变化对建筑周围环境造成的危害,也要作出评价,并制定保护环境的对策。这一整套研究的核心就是工程建筑与地质环境二者之间的相互制约、相互作用的关系,也就是工程地质学的研究对象。

1.3.2 工程地质学的研究内容

工程地质学的研究和工程地质问题的解决涉及的学科种类繁多,它几乎涉及了基础科学的各门学科,包括数学、化学、物理学、生物学、天文学等。它也涉及了地质学中的各门分支学科,包括普通地质学、地史学、构造地质学、岩石学、地层学、地质力学、矿物学、地下水动力学、第四纪地质学、岩石(体)力学等。工程地质学的研究内容是多方面的,主要包括地形与地貌、岩石与岩体、岩体的地质构造、第四纪堆积物与土的工程性状、地表水与地下水性质、不良地质现象及防治对策、岩土工程地质勘察等内容。

1.3.3 工程地质学的研究任务

由上述可知,工程地质学的最终目的是使工程活动和地质环境协调相处,解决建设工程在地质方面的问题,从地质条件方面保证建设工程的稳定、经济和正常使用。工程地质学的研究任务是:

1. 阐明建设场地的工程地质条件,指出对建设工程有利和不利的地质因素。
2. 论证与评价建设场地的工程地质问题。
3. 选择地质条件优良的建筑场地。
4. 分析和预测建设工程对地质环境的影响,并提出保护地质环境的建议。
5. 根据具体地质条件,提出有关建筑物设计、施工及使用上的建议。
6. 为拟定的改善和防治不良地质作用方案提供地质依据。

1.3.4 工程地质学的分析方法

进行工程地质学分析时,需要将勘察中得到的各种地质单元,如有关地质性质、岩体力学性能、水文地质性状等不同表现形式的信息相互紧密联系起来,加上考虑工程地质环境、水工建筑物的要求及施工处理措施,同时还要综合运用不同的分析方法。常用的分析方法包括以下4种:

1. 自然地质历史分析法

英国地质学家莱伊尔首先提出了“将今论古”的现实主义原理和方法,即以观察和研究现代地质作用过程和结果为基础,再将野外调查到的地质历史作用结果与现代地质作用结果相类比,以推断地质史上产生这些结果的地质作用过程,从而利用现在的已知推断过去的未知。在应用这种现实主义原理复原地质史时,要充分注意历史发展决非简单的重复循环,过去的环境不完全等同于现代的环境,过去的地质作用也不完全等同于现代的地质作用。在古今类比中,绝不能简单而机械地套用,必须用辩证的观点作指导,综合各方面的资料,考虑当时的具体条件,进行具体分析。这种方法称为历史比较法,它是地质学研究中常用的主要方法。

2. 工程地质建模与计算

对工程建筑物的设计和使用的要求来说,只是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形成机制的基础上还必须建立相应的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。

数值模拟是人们在广泛吸收现代数学、力学理论的基础上,借助于现代科学技术的产物——计算机,来获得满足工程要求的数值解的方法,工程地质领域常用的数值模拟方法有有限单元法、边界单元法、离散单元法和有限差分法。

工程地质领域应用数值模拟手段还存在一些局限性,如计算机模拟不够完善、材料本构关系尚不能完全代表岩土体的真实力学特性、计算参数的随机性和不确定性、地质体变形的描述理论仍待发展等,这些还有待进一步努力加以完善和解决。

3. 工程地质实验与现场试验

采用定址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。

4. 工程类比法

对某些工程地质问题,工程中常常采用工程类比的方法。即将拟设计的工程项目与周边工程条件相类似的成功工程实例进行工程对比,吸取其他工程的成功经验和失败教训。这种方法在工程勘察或建设初期,特别是在工程资料收集不足的情况下,是一种有效的方法。

特别注意的是,上述4种方法往往是结合在一起的,综合应用才能事半功倍。