

普通高等教育“十二五”规划教材

工程地质学

李忠建 金爱文 魏久传 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

工程地质学

李忠建 金爱文 魏久传 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是编者根据多年从事工程地质学教学的经验,在充分吸收和借鉴近年来出版的相关教材的优点,适当反映工程地质学科取得的新成果的基础上编写而成的。教材的主要内容包括:岩石及岩体的工程地质性质、地质构造及其对工程的影响、地形地貌、土的分类与工程性质、地下水的工程地质问题、区域稳定性分析、岩体稳定性分析、不良地质现象的工程地质问题和岩土工程地质勘察等。在每章后附有重要术语和复习思考题,便于学生自学和总结。

本书可作为土木工程、测绘工程、采矿工程等非地质专业的高等学校教材,还可供工程地质、水文地质等相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质学 / 李忠建, 金爱文, 魏久传主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-24522-9

I. ①工… II. ①李… ②金… ③魏… III. ①工程地质-高等学校-教材 IV. ①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 149858 号

责任编辑: 刘丽菲 满悦芝

装帧设计: 张 辉

责任校对: 吴 静

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{1}{2}$ 字数 515 千字 2015 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

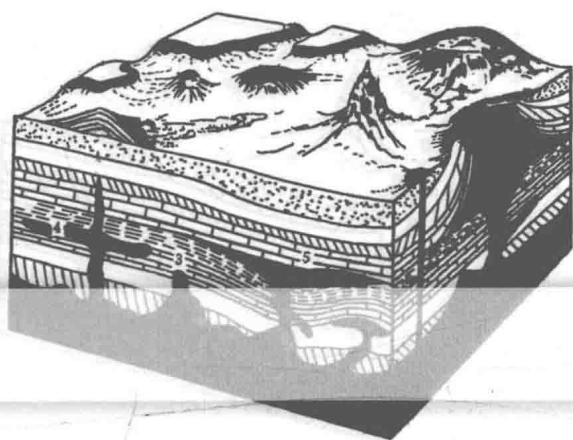


《工程地质学》编写人员

主 编：李忠建 金爱文 魏久传

副主编：刘小琼 王 熙 杨玉刚 张 丽

编 者：李忠建 金爱文 魏久传 刘小琼
王 熙 杨玉刚 张 丽 赵向光
周丽霞 刘琦华 王淑霞 安鹏瑞
万豪豪 赵云平 张鸿君 林海斌



前言

随着我国土木工程建设的蓬勃发展,对场地的工程地质条件要求也越来越高,在建筑物设计和施工前,必须查明建筑场地的工程地质条件,分析和论证相关的工程地质问题,对场地的稳定性、适宜性作出正确评价。为了保证工程建设的顺利、安全进行,要求相关技术人员掌握工程地质学的相关知识,为土木工程的勘察、设计和施工提供技术支持。

本书根据教育部土木工程专业的课程设置指导意见,参考国内外工程地质学的相关文献,结合我国新修订的相应规范编写的,可作为普通高等院校土木工程专业的专业基础课教材。本书从地质学基础理论出发,遵循各知识点循序渐进的关系,结合土木工程专业的知识需求,注重理论与实践的结合,为培养应用型人才打下良好的基础。

本书是编者根据多年从事工程地质学教学的经验,在充分吸收和借鉴近年来出版的相关教材的优点,适当反映工程地质学科取得的新成果的基础上编写而成的。编写力求做到概念清晰、内容精炼、准确易学。教材的主要内容包括:岩石及岩体的工程地质性质、地质构造及其对工程的影响、地形地貌、土的分类与工程性质、地下水的工程地质问题、区域稳定性分析、岩体稳定性分析、不良地质现象的工程地质问题和岩土工程地质勘察等。在每章后附有重要术语和复习思考题,便于学生自学和总结。由于不同院校学科专业设置的侧重点各不相同,各院校可根据各自学科专业特点,在具体的教学过程中对教学内容做适当的取舍。同时,由于工程地质学还受到测绘工程、采矿工程等专业的重视,本教材也可作为此类相关非地质专业的参考教材。

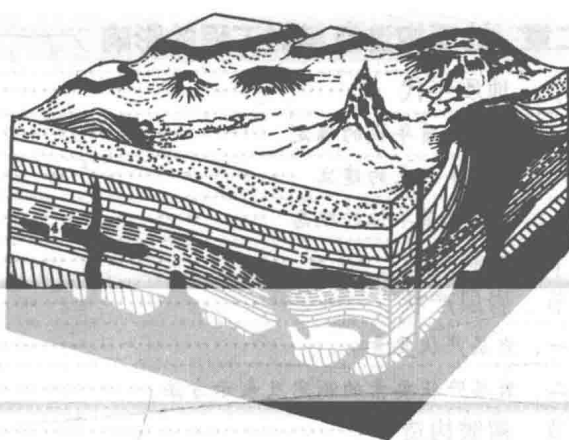
本书具体分工如下:绪论、第五章由山东科技大学李忠建、魏久传编写;第一章、第二章由山东科技大学金爱文编写;第三章由山东科技大学赵向光,山东省煤田地质局杨玉刚、王淑霞编写;第四章由山东科技大学王熙、刘琦华,泰安市钰强地质资源勘查开发有限责任公司刘小琼编写;第六章、第七章由山东科技大学张丽、周丽霞编写;第八章、第九章由山东科技大学李忠建、金爱文编写;附录由山东科技大学王熙、张丽编写。山东科技大学安鹏瑞、万豪豪、赵云平、张鸿君、林海斌等参与了部分资料整理和图件绘制。全书由李忠建统稿。

本书的编写工作,得到了土木工程界、地质工程界多位专家、学者和同行的帮助与指导,编写过程中参考并引用了许多单位及个人的科研成果与技术总结、相应的国家规范及行业规范等;编写过程中得到了参编单位以及化学工业出版社的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请各位读者批评指正。

编者

2015年6月



目 录

绪论

一、工程地质学的研究对象	1
二、工程地质学的发展历程	2
三、工程地质学的研究内容	4
四、工程地质学的实践意义	5
重要术语	6
复习思考题	6

第一章 岩石及岩体的工程地质性质

第一节 主要造岩矿物	9
一、矿物的概念	9
二、矿物的物理性质	9
三、常见矿物	13
第二节 岩石的分类与特征	15
一、岩石按地质成因分类	15
二、岩石按风化程度分类	30
三、岩石按坚硬程度分类	31
第三节 岩石的工程地质性质	31
一、岩石的主要物理性质	31
二、岩石的主要力学性质	34
三、影响岩石工程性质的因素	36
第四节 岩体的工程地质评价	38
一、岩体结构分析	38
二、岩体的工程地质性质	43
三、岩体其他类型划分	43
重要术语	44
复习思考题	44

第二章 地质构造及其对工程的影响

第一节 地质年代	45
一、相对地质年代的确定	45
二、地质年代表的建立	47
三、岩石地层单位的概念	49
第二节 单斜构造	49
第三节 岩层产状	50
一、岩层产状要素	50
二、岩层产状要素的测定及表示方法	51
第四节 褶皱构造	53
一、褶曲要素	53
二、褶曲的类型	54
三、褶皱的野外判识方法	55
四、研究褶皱的工程地质意义	56
第五节 断裂构造	57
一、节理	57
二、断层	58
第六节 地层的接触关系	63
一、地层的接触关系分类	63
二、不整合的工程地质评价	63
重要术语	64
复习思考题	64

第三章 地形地貌

第一节 构造地貌	65
一、大陆与洋底	65
二、海底的构造地貌	66
三、陆地的构造地貌	67
第二节 风化作用与坡地重力地貌	69
一、风化作用	69
二、坡地重力地貌	74
第三节 流水地貌	80
一、沟谷水流形成的地貌组合	80
二、河流的作用	81
三、河流地貌	83
第四节 喀斯特地貌	87
一、地表喀斯特地貌	87
二、地下喀斯特地貌	90
第五节 风成地貌及黄土地貌	91
一、风沙流	92

二、风蚀地貌	92
三、风积地貌	94
四、黄土的分布与特性	94
五、黄土地貌的类型	95
第六节 海岸地貌	95
一、海岸的动力作用	96
二、海蚀作用与海蚀地貌	98
三、堆积海岸与海岸堆积地貌	100
四、生物作用形成的海岸	101
第七节 地貌调查与制图	101
一、地貌调查的工作程序	101
二、地貌制图	103
重要术语	108
复习思考题	108

第四章 土的分类与工程性质

第一节 土的形成与特征	109
一、土和土体的形成和演变	109
二、土的基本特征	110
三、第四纪地质特征	111
四、土的成因类型与特征	111
第二节 土的组成与结构、构造	115
一、固相	115
二、液相	119
三、气相	121
四、土的结构	122
五、土的构造	123
第三节 土的物理力学性质	124
一、土的物理性质	124
二、指标间的相互关系	127
三、黏性土的水理性质	130
四、土的力学性质	133
五、无黏性土的密实度	137
第四节 土的工程分类与鉴别	138
一、土的工程分类	138
二、土的野外鉴别	140
第五节 土的工程地质特征	141
一、砾类土的工程地质特征	142
二、砂类土的工程地质特征	142
三、黏性土的工程地质特性	143
第六节 特殊土的工程性质	143

一、软土	143
二、黄土与湿陷性黄土	147
三、红黏土	151
四、膨胀土	153
五、填土	155
六、盐渍土	158
七、污染土	159
八、冻土	160
重要术语	161
复习思考题	161

第五章 地下水的工程地质问题

第一节 地下水概述	163
一、含水层与隔水层	163
二、地下水类型	163
三、泉	168
第二节 地下水运动的基本规律	169
一、达西定律	169
二、达西定律的实质及适用范围	172
第三节 地下水的物理化学性质	172
一、地下水的物理性质	172
二、地下水的化学成分	173
第四节 毛细水对建筑工程的影响	174
一、产生毛细压力	175
二、对土中气体的分布与流通的影响	175
三、毛细水上升对工程的影响	175
第五节 重力水对建筑工程的影响	176
一、地下水位变化引起的岩土工程问题	176
二、地下水的渗透破坏作用	180
三、地下水的浮托作用	184
四、承压水对基坑的作用	184
五、地下水对混凝土的侵蚀作用	185
重要术语	186
复习思考题	186

第六章 区域稳定性分析

第一节 活断层	187
一、活断层概述	187
二、活断层的特性	187
三、活断层的鉴别	189

四、工程活断层的划分标准	189
五、活断层对工程的影响与工程安全性对策	190
六、活断层的工程评价方法	191
第二节 地震	192
一、地震概述	192
二、我国地震地质的基本特征	197
三、地震效应	198
第三节 水库诱发地震	202
一、概述	202
二、水库诱发地震的共同特点	203
三、水库诱发地震的诱发机制	206
四、产生水库诱发地震的地质条件	210
五、水库诱发地震工程地质研究的基本原则	211
第四节 地面沉降与地裂缝	212
一、地面沉降形成条件与危害	212
二、地面沉降的监测与防治	213
三、地裂缝	214
重要术语	215
复习思考题	215

第七章 岩体稳定性分析

第一节 斜坡稳定性分析	217
一、斜坡应力分布特征	217
二、斜坡变形与破坏	218
三、斜坡稳定性判定	219
第二节 地基稳定性分析	220
第三节 地下硐室围岩稳定性分析	222
一、硐室围岩压力	222
二、围岩压力的类型	223
三、硐室围岩变形与破坏	224
四、硐室围岩稳定性因素分析	225
五、保障硐室围岩稳定性措施	227
重要术语	229
复习思考题	229

第八章 不良地质现象的工程地质问题

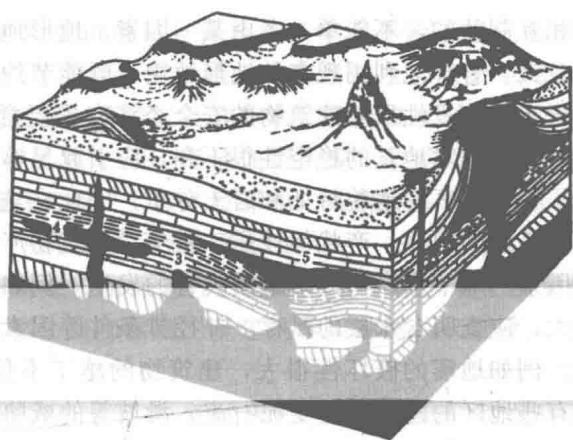
第一节 滑坡与崩塌	232
一、滑坡	232
二、崩塌	240
第二节 泥石流	242

一、泥石流的形成条件	243
二、泥石流的特征	243
三、泥石流的分类	244
四、泥石流的防治措施	245
五、泥石流流域的工程地质评价	246
第三节 岩溶与土洞	247
一、岩溶的形成和发育条件	248
二、岩溶的分布规律和影响岩溶发生、发展的主导因素	248
三、岩溶的类型	249
四、岩溶的防治措施	250
五、岩溶场地的勘察	250
六、土洞的形成	251
七、土洞的处理	252
第四节 地下硐室的涌突水	252
一、矿坑充水水源分析	252
二、矿坑充水通道分析	254
三、影响矿坑涌水量的因素	256
四、矿坑水害的防治	256
第五节 不良地质现象对地下工程选址的影响	257
一、地下工程总体位置的选择	257
二、洞口选择的工程地质条件	258
三、硐室轴线选择的工程地质条件	258
第六节 不良地质现象对道路选线的影响	263
一、地质构造对路基工程的影响	263
二、滑坡地带选线	264
三、岩堆地带选线	264
四、泥石流地段选线	265
五、岩溶地带选线	267
重要术语	267
复习思考题	267

第九章 岩土工程地质勘察

第一节 工程地质勘察	269
一、概述	269
二、工程地质勘察方法	271
第二节 城市规划与建设工程地质勘察	287
一、城市规划与建设的主要工程地质问题	287
二、城市规划与建设工程的勘察要点	289
第三节 工业及民用建筑工程地质勘察	292
一、主要工程地质问题	292
二、工业与民用建筑工程的勘察要点	293

第四节 道路和桥梁工程地质勘察.....	295
一、道路工程	296
二、道路工程地质勘察要点	298
三、桥梁工程地质问题	299
四、桥梁工程的工程地质勘察要点	300
第五节 地下工程的工程地质勘察.....	301
一、地下工程的主要工程地质问题	301
二、地下工程的勘察要点	302
三、地下工程施工阶段的勘察要点	303
第六节 岩土工程地质勘察报告书.....	303
一、岩土工程地质勘察报告编写规范	303
二、报告的编制程序	304
三、报告论述的主要内容	304
四、图表编制要点	307
重要术语.....	308
复习思考题.....	308
参考文献	309
附录	311



绪 论

一、工程地质学的研究对象

地质学以地球为研究对象，主要研究地球的物质组成、结构构造、地球的形成与演化历史、地球表层各种地质作用、各种现象及其成因，重点研究固体地球外圈——地壳。通过人类不断的生产实践和科学技术的发展，地质学逐渐形成了许多分支学科，包括矿物学、矿床学、地层学、岩石学、古生物学、水文地质学、区域地质学、矿山地质学、石油地质学、煤地质学、工程地质学等。

工程地质学作为地质学的分支学科，是研究与工程建设有关的地质问题的科学。它有很强的实践应用性，各种建筑的规划、设计、施工和运行都需要做工程地质研究，才能使工程建设与地质环境相协调，以保证工程建筑的安全可靠和经济合理，并避免地质环境因工程建筑的兴建而恶化。

工程建筑和地质环境之间是相互制约、相互作用的。在兴建工程建筑前，必须查明建筑场地的工程地质条件，研究它所处的地质环境，分析在兴建之后对地质环境有哪些变化，预测建筑物的稳定性，预测对建筑周围环境造成的危害，并研究采取哪些措施和制定哪些相关保护对策。这一整套研究的核心就是工程建筑和地质环境之间的相互制约与相互作用，即工程地质学的研究对象。

(1) 工程地质条件 工程建筑的类型有很多，包括公路建筑、铁路建筑、水运建筑、矿山建筑、城乡民用建筑、工业建筑、海港建筑等。每类建筑由一系列的建筑物群体组成，例如道路、隧道、运河、电站、高楼大厦、海港等。这些建筑物或是位于地表，或是位于地下，都离不开地壳，与地质环境关系密切。由于类型的多样性，因此它们对地质环境的适应性，以及对地质环境的作用也不一样。

工程建筑对地质环境的作用，是通过应力变化和地下水动力特征的变化表现出来的。建筑物自身重量对地基岩土体施加的荷载，开挖边坡和基坑，以及开挖地下硐室等，都会引起岩土体内的应力的变化，造成变形甚至破坏。一定量值的变形是允许的，但是过量的变形就会造成建筑物的失稳。建筑物的施工和建成经常引起地下水的变化，给工程和环境带来危害，例如地基砂土液化、隧道涌水、坝基渗透变形等。建筑物对地质环境作用的性质和强度，既受建筑物的类型、规模以及结构的影响，又受建筑场地的工程地质条件的影响，而且在某种程度上，工程地质条件起着决定性的作用。

工程地质条件是指与工程建筑有关的各种地质因素的综合，包括地形地貌、岩土类型及性质、地质构造、水文地质、自然地质作用和天然建筑材料等因素。各因素之间是相互联

系、相互制约的,不能单一考虑某一因素。地形地貌条件对公路、铁路、运河等的路线选择影响较大。合理地利用现有的地形地貌,既能节约资金,又能优化施工条件,合理布局建筑物。岩土类型及性质对建筑物的安全经济有重要意义。例如黏土岩、页岩,以及遇水膨胀、崩解的岩石等对地基的稳定性很不利,应引起足够重视,以避免工程事故的发生。地质构造控制了一个地区的地貌特征和岩土分布,因此在选择建筑场地时,必须查明地质构造特征,尤其是断层的规模、产状等性质,避免对建筑物产生危害。水文地质条件是工程地质条件的重要因素。地下水参与许多地质灾害的发生,例如滑坡、水库渗漏、巷道突水等,造成的危害较大,应查明含水层的赋存、补径排条件等因素。自然地质作用对建筑物的安全有很大的威胁。例如地震的破坏性很大,建筑物的施工不仅要考虑本身的坚固性,还要考虑抗震能力。有些地区的建筑物还受泥石流、滑坡等的威胁,因此,在建筑施工前必须研究其发展规律,并制定有效的措施避免此类危害。天然建筑材料对工程造价有较大影响。若能就地取材,获取土料和石料,可大大降低工程费用。因此,对工程建筑而言,应充分考虑各种地质因素,从整体出发,对工程地质条件加以分析。

(2) 工程地质问题 工程地质问题是指工程建筑与工程地质条件相互作用引起的,对工程建筑本身或周围环境构成威胁的地质问题。对于不同类型、结构和规模的建筑物而言,由于工作方式和对地质环境的要求不同,使得工程地质问题变得复杂多样。例如,对于工业与民用建筑物而言,主要工程地质问题有地基沉降问题;对于道路工程而言,主要工程地质问题有路堤的地基稳定性问题、边坡稳定性问题等;对于水利水电工程而言,主要工程地质问题有水库渗漏问题、水库诱发地震问题、坝基渗透稳定问题等。对岩土工程而言,主要的工程地质问题包括:地基稳定性问题、斜坡稳定性问题、洞室围岩稳定性问题和区域稳定性问题。因此,对工程建筑遇到的实际问题要做出合理的评价,制定相关防治措施,保证建筑物的安全以及消除对周围环境的危害。

二、工程地质学的发展历程

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,大体可划分为四个阶段。

(1) 萌芽阶段 (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;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。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。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物都能逾千年依然稳定屹立。

在我国,自觉地把地质学的知识应用于工程建设,首推丁文江,他在 20 世纪 20 年代进行过天然建筑材料的调查。其后,李学清等曾先后考察过长江三峡和四川龙溪河坝址地质。20 世纪 30 年代,全国进行了公路和铁路地质调查,林文英根据积累的资料总结发表了《公路地质学之初步研究》和《中国公路地质概论》,初步反映了区域工程地质评价和工程地质

分区。1940—1942 年先后成立了公路研究实验室和水利实验处土工室,开始了岩土测试工作。20 世纪 40 年代中后期,侯德封、姜达权等曾对长江三峡、广东潯江及台湾大甲溪电站等进行过工程地质调查。此外,在岷江、大渡河、黄河以及其他水系的流域规划工作中也有地质人员配合考察。1946 年在中央地质调查所成立了工程地质研究室。在大学的地质系,没有专门的工程地质课程,只有为土木工程系讲授的工程地质课程,其内容基本上与普通地质相同,只有很小一部分涉及及工程建筑。孙鼎编写了《工程地质学》一书。当时工程建筑规模小,数量少,工程地质事业没有发展,尚处于萌芽阶段。这时只有少数人从土工角度,应用土力学与地基基础知识为高楼大厦、铁路公路和水利工程建筑承担勘测、基础设计和施工等工作。

(2) 创立与发展阶段(20 世纪 50 年代到 20 世纪 70 年代末) 解放初期,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,一些老的地质学家为铁路的修建和水利水电工程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,能够做出正确的工程地质定性评价。1952 年成立了地质部,其下设有水文地质工程地质局,起着领导专业工作的作用。1952 年成立的北京地质学院和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:张咸恭主持完成的《工程地质学》和张倬元等编写的《工程动力地质学》、刘国昌编写的《中国区域工程地质学》分别于 1964 年、1965 年出版面世,强调工程地质问题分析。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,进行地质和力学相结合的研究,创立了岩体工程地质力学,提出了“岩体结构”的概念,以《岩体工程地质力学基础》一书为代表。

(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,工程地质在以往基础上取得了重大发展。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先进水平。科学研究工作取得丰硕成果,创立了自己的新的理论,引入有关科学的新理论、新方法。教育方面,许多学校增设了工程地质专业,提高教学质量,大量培养研究生,编写系列教材,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自动绘制地质柱状图、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,体现了现代工程地质学的鸿篇巨著——《中国工程地质学》于 2000 年问世。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》、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—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,随着生产力的发展和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,如向上空要空间的高层建筑、高架道路,向地下要空间的地下构筑群,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;浅表资源贫化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。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更是需几百年甚至更长时间的安全保障。所有这些预示着工程勘测、设计、施工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,以及与地下开挖同时进行的工程地质勘测、预报技术和稳定性保障。对地表复杂的自然过程和工程地质过程及其相互作用的理解与描述,不仅依赖于地球科学和工程技术科学最新研究成果的支持及其知识的交叉融合,而且还需要不断吸收环境、生态科学知识,并将现代数学、力学成就和有关非线性理论、系统论、控制论融入工程地质学。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等,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。

在众多专家学者的努力下,我国工程地质学不断前进,走进国际先进行列。

三、工程地质学的研究内容

工程地质学的研究内容很广泛,随着本学科的不断发展和研究领域的不断扩展,主要研究内容包括以下五个方面的内容。

(1) 岩土体工程地质性质研究 各类建筑物的兴建都离不开地壳表层的岩土体。作为建筑物地基,岩土体的性质对于建筑物的使用意义重大。无论是分析工程地质条件,还是评价工程地质问题,都要首先研究岩土体的工程性质。包括土的工程地质性质、物质组成、结构特征、分类、特殊土的不良特性以及岩体的结构类型、力学性质等方面的内容。

(2) 工程动力地质作用研究 工程动力地质作用的类型很多,除了地球自身的内外力地质作用还包括人类工程活动所造成的各种作用,对工程建筑物的建设、稳定性和安全使用有巨大的影响。我国幅员辽阔,地质复杂,各类现象均有发育,有的很强烈,造成的灾害也比较严重。例如地震在我国活动频繁,对工程建筑有较大的威胁。滑坡是分布最广、危害较大的工厂动力地质现象,对其发生的原因、诱发因素、变形破坏机制、预测预报等都要加以详细研究。泥石流的形成和发育过程、预测预报以及防治措施等,要结合铁路、公路建设等多方面的因素进行综合研究。

(3) 工程地质勘察技术方法研究 工程地质勘察服务于工程建设的具体工作,其主要目的是为工程建筑物的规划、设计、施工和安全使用提供所需的地质资料和数据。勘察技术方法的选择、方案的布置等,都要根据工程地质条件的不同而变化。各种勘察技术方法,有各自的理论基础、工作特点、基本设备、应用条件、操作要点和技术要求等,因此,要根据不同的工程地质条件选择相应的勘察技术方法,进行有效的勘察工作,对产生的工程地质问题进行正确的分析评价。对各类建筑的勘察工作,要做好技术方法的配合关系,分清主次。同时,尽量使用新技术方法,提高勘察结果的可靠性。例如:遥感技术的应用,各种新的物探方法,尤其是高密度电法、大地电磁、地质雷达、地震CT、各类地震仪等的应用,“3S”的应用,以及各种监测方法的使用,对工程地质勘察都起了推动作用。数值模拟、物理模拟

的开展,模糊数学、灰色理论、离散元、有限元、神经网络等的引入,推进了工程地质问题的定量分析,提高了工程地质评价的水平。

(4) 区域工程地质研究 区域工程地质研究主要研究工程地质条件的区域性规律,按照工程地质条件的相似性和差异性进行分区,包括岩土体类型的分布规律、各类自然地质作用现象的分布规律等。研究范围可以是全国性的,也可以是地区性的。区域工程地质研究为规划工作提供地质依据,同时也为进一步的工程地质勘察提供基础信息研究。

(5) 环境工程地质研究 由于人类大规模地进行工程建设,地质环境日益遭到破坏,地质灾害频发,严重威胁了人类的生存和生活,因此需要研究工程对地质环境的影响。合理开发利用地质环境、保护地质环境,是环境工程地质的研究内容。其中,对人类生存和生活造成危害的地质灾害是研究的重要内容。这些地质灾害包括:地震、滑坡、泥石流、崩塌、地裂缝、地面塌陷、地面沉降、水土流失、沙漠化、水库诱发地震、巷道突水等。这些地质灾害造成了重大的人员伤亡和经济损失。例如,2008年发生的汶川地震造成了8.7万人死亡失踪,直接经济损失8451亿元;2010年发生的甘肃舟曲泥石流灾害造成了1765人死亡失踪,直接经济损失4亿元;2014年发生的阿富汗山体滑坡造成的死亡人数超过2100人。因此,为了避免或减轻此类地质灾害给人类造成的损失,要对其发生发展规律、预测预报方法、防治措施做充分研究,采用新理论、新方法,多学科综合研究,实现对地质灾害的有效评价,造福人类。

四、工程地质学的实践意义

工程地质学要研究工程建筑和地质环境之间的相互作用,一方面要做到地质环境为工程建筑所使用,另一方面要做到保护地质环境,这是工程地质学的基本任务。这一基本任务需要通过工程勘察来完成,因此,要首先完成以下主要任务:

① 查明工程建筑所在地区的工程地质条件,指出有利因素和不利因素,并对可能存在的工程地质问题进行定性和定量评价;

② 选择工程地质条件优良的建筑场地,并对选定的场地做出工程地质评价;

③ 预测工程兴建后可能出现的问题,做出环境质量评价;

④ 改造地质环境,进行工程地质处理,拟定改善和防治不良后果的实施方案,保护环境质量。

工程地质勘察,不论在任何阶段,都需要通过各种工作完成该阶段的勘察任务,对工程地质条件和各个工程地质问题做出工程地质评价,并对整个场地、各个建筑物的适宜性做出总的工程地质评价,因此,工程地质学的实用性很强,它在工程建设中具有重大的实践意义:既要保证建筑物的安全,又要尽可能地利用有利的地质因素,避开不利的因素,减少高昂的处理费用,降低工程投资,获取最大的效益。实践证明:缺少或不重视工程地质工作,不但建筑物的安全得不到保证,还会使工程造价提高,甚至留下隐患,使建筑物遭到破坏,更可能发生重大事故。例如意大利瓦依昂水库库岸滑坡,水库总库容 $1.69 \times 10^8 \text{ m}^3$,坝高265.5m,为混凝土双曲拱坝。在1963年10月,从大坝上游峡谷区左岸山体突然滑下体积为 $(2.7 \sim 3) \times 10^8 \text{ m}^3$ 的超巨型滑坡体,冲毁了下游的5个村镇,死亡近3000人,造成了震惊世界的惨痛事件。水库被滑下的岩土体填满,成为“石库”,整个水库报销,而混凝土拱形大坝则安然无恙。究其原因,是地质工作没有做好,早在3年前就出现过局部崩塌现象,但研究人员认识不足,并且作了错误的判断。虽然做了长期观测,发现有蠕变现象,但未能采取对策和有力措施,致使惨剧发生。