



高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

工程地质

GONGCHENG DIZHI

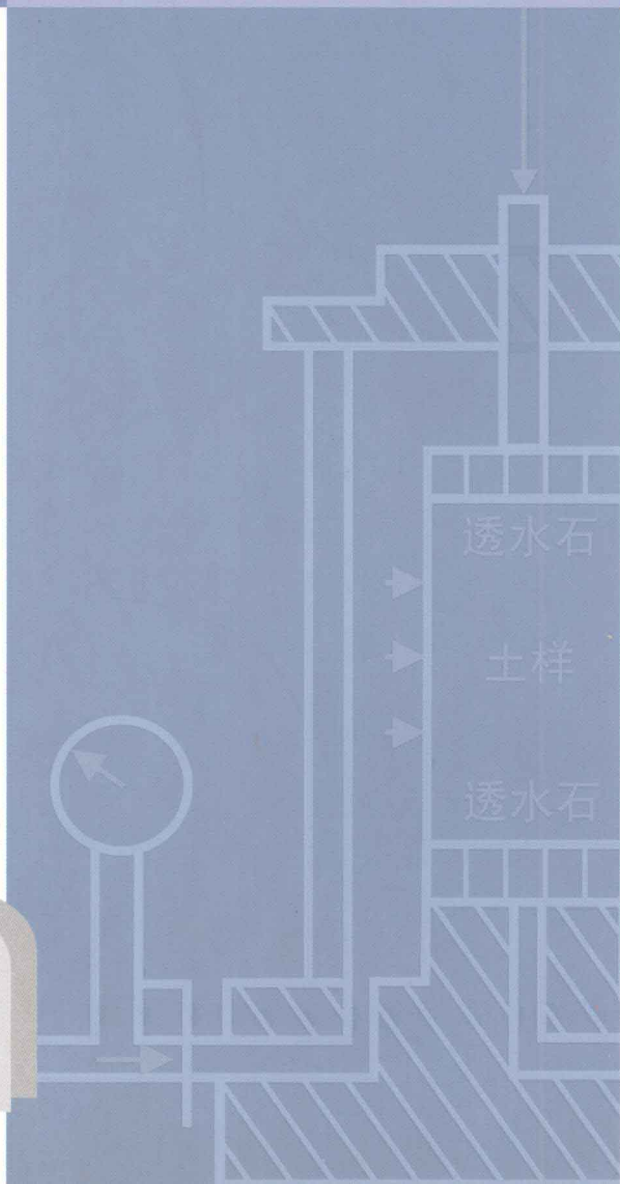
主 编 张忠苗

主 审 刘松玉 汪东云



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>





高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

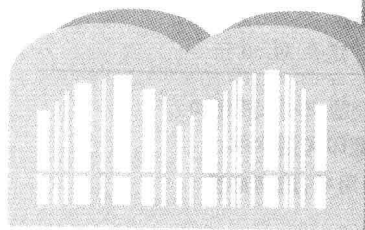
工程地质

GONGCHENG DIZHI

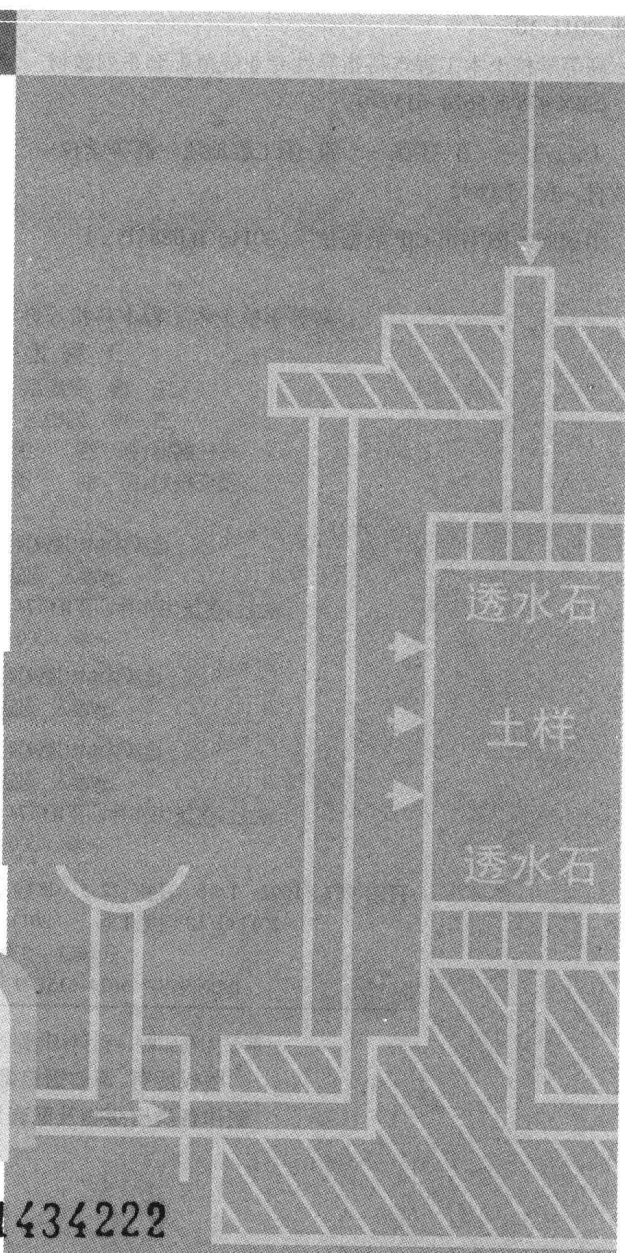
主 编 张忠苗

主 审 刘松玉 汪东云

重庆大学出版社



1434222



内 容 提 要

本书是按照住房和城乡建设部制定的“高等学校土木工程本科指导性专业规范”和我国注册土木工程师(岩土)的考试要求,以及国家相关标准而编写的工程地质教材,主要内容包括岩石及其工程性状、地形地貌与地质构造、岩体及其工程地质问题、土体及其工程性质、地下水及其对工程的影响、不良地质作用及防灾减灾、岩土工程勘察、工程地质实验等。

本书认真贯彻“多样性与规范性相统一、拓宽专业口径、规范内容最小化、核心内容最低标准”四项原则,编写中突出了工程地质基础理论、基本知识和基本技能的教育,兼顾通用性、实用性和时代先进性,旨在培养学生掌握工程地质的基本理论和实践技能。

本书可作为建筑工程、水利工程、港口工程、道路工程、桥梁工程等土木工程各专业的专业教材和技术人员培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质/张忠苗主编. —重庆:重庆大学出版社,2011.10

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材
ISBN 978-7-5624-6157-9

I. ①工… II. ①张… 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(2011)第 088511 号

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

工 程 地 质

主 编 张忠苗

主 审 刘松玉 汪东云

责任编辑:张 婷 版式设计:莫 西

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:562千 插页:16开2页,8开1页

2011年10月第1版 2011年10月第1次印刷

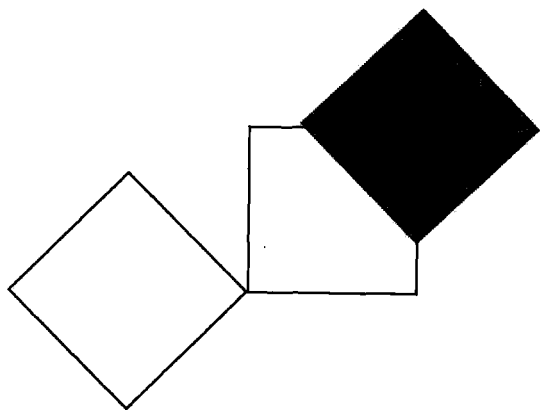
印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6157-9 定价:39.50 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究



编委会名单

总 主 编：何若全

副总主编：杜彦良 邹超英 桂国庆 张永兴

编 委（按姓氏笔画为序）：

卜建清	王广俊	王连俊	王社良
王建廷	王雪松	王慧东	仇文革
文国治	龙天渝	代国忠	华建民
向中富	刘 凡	刘 建	刘东燕
刘尧军	刘俊卿	刘新荣	刘曙光
许金良	孙 俊	苏小卒	李宇峙
李建林	汪仁和	宋宗宇	张 川
张忠苗	范存新	易思蓉	罗 强
周志祥	郑廷银	孟丽军	柳炳康
段树金	施惠生	姜玉松	姚 刚
袁建新	高 亮	黄林青	崔艳梅
梁 波	梁兴文	董 军	覃 辉
樊 江	魏庆朝		

总 序

进入 21 世纪的第二个十年,土木工程专业教育的背景发生了很大的变化。“国家中长期教育改革和发展规划纲要”正式启动,中国工程院和国家教育部倡导的“卓越工程师培养计划”开始实施,这些都为高等工程教育的改革指明了方向。截至 2010 年底,我国已有 300 多所大学开设土木工程专业,在校生达 30 多万人,这无疑是世界上该专业在校大学生最多的国家。如何培养面向产业、面向世界、面向未来的合格工程师,是土木工程界一直在思考的问题。

由住房和城乡建设部土建学科教学指导委员会下达的重点课题“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的研制,是落实国家工程教育改革战略的一次尝试。“专业规范”为土木工程本科教育提供了一个重要的指导性文件。

由“高等学校土木工程本科指导性专业规范”研制项目负责人何若全教授担任总主编,重庆大学出版社出版的《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》力求体现“专业规范”的原则和主要精神,按照土木工程专业本科期间有关知识、能力、素质的要求设计了各教材的内容,同时对大学生增强工程意识、提高实践能力和培养创新精神做了许多有意义的尝试。这套教材的主要特色体现在以下方面:

(1) 系列教材的内容覆盖了“专业规范”要求的所有核心知识点,并且教材之间尽量避免知识的重复;

(2) 系列教材更加贴近工程实际,满足培养应用型人才对知识和动手能力的要求,符合工程教育改革的方向;

(3) 教材主编们大多具有较为丰富的工程实践能力,他们力图通过教材这个重要手段实现“基于问题、基于项目、基于案例”的研究型学习方式。

据悉,本系列教材编委会的部分成员参加了“专业规范”的研究工作,而大部分成员曾为“专业规范”的研制提供了丰富的背景资料。我相信,这套教材的出版将为“专业规范”的推广实施,为土木工程教育事业的健康发展起到积极的作用!

中国工程院院士 哈尔滨工业大学教授

沈世钊

前 言

工程地质是建筑工程、水利工程、港口工程、道路工程、桥梁工程等土木工程各专业的必修课程。工程地质学广义地讲是研究地质环境及其保护和利用的科学,狭义地讲是将地质学的原理运用于解决与工程建设有关的地质问题的一门学科。按照多样性与规范性相统一、拓宽专业口径、规范内容最小化、核心内容最低标准的四项原则和土木工程专业应有的工程地质知识结构,以及注册土木工程师(岩土)、注册结构工程师的考试大纲基本要求,本书在编写中突出了工程地质基本理论、基本知识和基本技能的教育,并兼顾通用性、实用性和时代先进性。全书共分为9章,主要内容包括岩石及其工程性状、地形地貌与地质构造、岩体及其工程地质问题、土体及其工程性质、地下水及其对工程的影响、不良地质作用及防灾减灾、岩土工程勘察、工程地质实验等。现代工程地质与土木工程是密不可分的结合体。它是普通地质学、地貌学、构造地质学、水文地质学、岩石力学、土力学与基础工程、现代测试技术、岩土工程勘察等诸学科相结合并在发展中的边缘学科。所以,工程地质学是研究地质环境与人类工程活动之矛盾的一门实用性很强的学科。

我国建设事业蓬勃发展为土木工作者提供了难得的施展舞台,现代大土木工程要求学生既掌握工程地质基本概念、基本原理、基本分析方法,又要掌握岩土工程勘察要点、勘察方法技术并具备解决工程地质问题的能力。因此,我们的教学既要培养学生习惯用地质学家的眼光宏观地、定性地分析工程地质问题,即在现代工程建设中遇到实际工程地质问题时,先需要从宏观角度对地质形成年代、地层接触关系、地质构造稳定性等地质问题作定性分析;又要培养学生用岩土工程师的眼光定量地分析工程问题,即实际工程设计时,要求对岩土体的物理力学性质、边坡稳定性、地基承载力与变形情况等作定量测试分析,这样才能最后设计出既能保证工程长久安全,又能充分发挥拟建场地的工程地质特性和岩土力学性能,做到既经济合理又方便施工的基础处理方案,或作出相应的防灾减灾技术对策。

编者在浙江大学为大土木工程专业教授《工程地质学》课程近20年,在教学中注重简明扼要讲透工程地质概念和分析方法并结合工程实践启发学生思考能力,深受学生欢迎。十二五规划教材和时代发展需要新的“工程地质”教材,编者希望将自己多年积累的教学经验贡献出来,力图编写出一本能适应这种需要的新教材。本书强调学生对工程地质学基本概念、基本原理和

基本处理方法的掌握,在内容上按照注册岩土工程师的要求增加了地貌、岩体力学和防灾减灾相关章节;在版式上突出了每章开始时提出带启发性的导读,做到有的放矢,事半功倍;在教学方式上针对现代多媒体电脑教学的要求制作了教学 PPT;在工程地质实验环节上增加了实验指导书和相关工程地质图片。本书强调基础理论、工程实践与现场试验相结合,旨在培养学生掌握工程地质问题的分析方法和解决工程地质问题的基本能力。

本书是重庆大学出版社组织编写的高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材之一,系列教材总主编是何若全教授。本书由张忠苗教授(博士、浙江大学博士生导师、中国建筑学会地基基础专业委员会理事、中国土木工程学会桩基专业委员会委员、中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会委员)主编并统稿。同济大学嘉兴学院张广兴讲师参加了第3、第5章的部分内容的编写;浙江大学张乾青博士参加了第6、第9章的部分内容编写;浙江大学韩同春副研究员参加了第4章的部分内容编写;北京航空航天大学朱建明副教授参加了第2章的部分内容编写;胡繁强工程师参加了第8章的部分内容编写。

本书承蒙东南大学岩土工程研究所所长刘松玉教授、博导和重庆大学土木工程学院汪东云教授分别主审。本书编写过程,浙江大学曾国熙教授、吴世明教授、陈云敏教授、夏唐代教授、丁皓江教授、王铁儒教授、龚晓南教授、王立忠教授、蔡袁强教授、陈仁朋教授、叶兴永教授级高工、王奎华教授、屠毓敏副教授及周新民、辛公锋、张世民、宋仁乾、施雪飞、张宇、张功奖、施茂飞、骆剑敏、陈建平、鲍远成、张云飞、骆剑华、邹健、刘俊伟、林存刚、房凯、赵玉勃、谢志专、王智杰、何景愈、刘念武、杨森等都提出了宝贵意见。感谢重庆大学出版社的编辑为本书出版付出的辛勤工作。本书在编写过程中主要参考《高等学校土木工程本科指导性专业规范》《岩土工程勘察规范》《注册岩土工程师考试大纲要求》《工程地质手册》《公路工程勘察规范》《港口河道勘察规范》;同时也参考了相关普通地质学、工程地质学与岩土工程的专业书籍(详见参考文献)。在此谨向上述同志及书中引用文献的相关作者表示深深的谢意。

由于编者水平和能力的限制,书中定有许多不当之处,编者将以感激的心情诚恳接受旨在改进本书的所有读者的批评和建议。

主编: 张忠苗

2010年8月于浙江大学求是园

目 录

1 绪 论	1
1.1 工程地质问题的提出	1
1.2 工程地质学的定义与发展	6
1.3 工程地质学的研究对象和工程地质条件	8
1.4 工程地质学的研究内容和分析方法	9
1.5 本课程的学习内容与要求	10
本章小结	11
思考题	12
2 岩石及其工程性状	13
2.1 地球的层圈构造与岩石的形成	13
2.2 矿 物	17
2.3 岩浆岩	28
2.4 沉积岩	33
2.5 变质岩及三大类岩石的相互转化	40
2.6 岩石的基本物理力学性质	47
2.7 岩石的工程性状及影响因素	56
本章小结	60
思考题	61
3 地形地貌与地质构造	62
3.1 地质作用	62
3.2 地质年代	65
3.3 地貌单元的类型与特征	69
3.4 地壳地质构造运动的类型	75
3.5 水平岩层与倾斜岩层及其在地质图上的表现	76
3.6 褶皱构造	81
3.7 节理构造与玫瑰花图	85

3.8 断 层	89
3.9 地质图的阅读与分析	92
3.10 地质构造对工程的影响	98
本章小结	99
思考题	100
4 岩体及其工程地质问题	102
4.1 岩体的工程分类	102
4.2 岩体结构的类型	104
4.3 岩体的力学特性	110
4.4 风化岩体性状	113
4.5 岩体中的天然应力及测量	116
4.6 地下硐室围岩设计施工中的工程地质问题	118
4.7 边坡岩体设计施工中的工程地质问题	126
4.8 岩石地基设计施工中的工程地质问题	141
本章小结	143
思考题	145
5 土体及其工程性质	146
5.1 土的成因与结构	146
5.2 土的工程分类	156
5.3 土的物理力学指标	159
5.4 无黏性土与黏性土的性状	170
5.5 特殊土的工程地质特征	174
本章小结	182
思考题	183
6 地下水及其对工程的影响	185
6.1 地下水的分类	185
6.2 地下水的物理化学性质	189
6.3 土的渗透性与渗流	195
6.4 地下水对工程的影响	200
本章小结	207
思考题	209
7 不良地质作用及防灾减灾	210
7.1 地震及抗震原则	210
7.2 地裂缝及其处理对策	220
7.3 崩塌、滑坡及其防治对策	221

7.4	泥石流及其防治对策	228
7.5	岩溶、土洞及其处理对策	231
7.6	采空区的处理原则	237
7.7	台风带来的地质灾害	239
7.8	地质灾害危险性评估及场地选址的工程评价	241
	本章小结	245
	思考题	247
8	岩土工程勘察	248
8.1	岩土工程勘察基本要求	248
8.2	工程地质测绘	253
8.3	工程地质勘探与取样	255
8.4	地下水的勘察要求与水文地质参数测定	259
8.5	室内土工试验	264
8.6	静力载荷试验	265
8.7	静力触探	268
8.8	圆锥动力触探与标贯	272
8.9	其他现场测试方法	277
8.10	现场原位监测	287
8.11	岩土工程勘察报告的内容及编写要求	293
8.12	各类工程的勘察基本要求	303
	本章小结	326
	思考题	327
9	工程地质实验与实习	328
实验1	矿物及三大类岩石的室内标本鉴定	328
实验2	山地地貌及地质构造的野外认知实习	334
实验3	现场勘探试验工作的认知实习	339
实验4	不良地质作用的视频认知	341
实验5	土的渗透试验	341
	参考文献	345

绪 论

1.1 工程地质问题的提出

为什么要学习工程地质学? 如何学习工程地质学? 工程中会遇到什么地质问题? 如何解决工程中遇到的地质问题? 本书将向你介绍工程地质学的内容、研究方法和相应问题的处理措施。

1.1.1 典型工程地质事故分析

工程地质事故层出不穷, 涉及人类生活的方方面面, 下面介绍几个典型的事故。

1) 山体崩塌事故

图 1.1 是 2004 年 12 月浙江甬台温高速公路乐清市柳市镇荷岙村地段南侧大面积山体崩塌的情况。山体为方斗岩, 此次山体崩塌形成了约长 65 m、高 20 m、宽 40 m, 总方量 1.5 万多立方米的锥形堆积体, 崩塌物中岩石最大块径达 15 m 以上, 单体方量达 800 m^3 以上, 崩塌后的边坡形成了高约 30 m 到 40 m 的陡直临空面, 致使温州大桥白鹭屿至乐成镇一段的高速公路双向车道全部瘫痪, 经过 32 天的清障工作才恢复通车。山体崩塌往往



图 1.1 浙江甬台温高速公路大面积山体崩塌事故

发生在雨季或台风季节, 但事故发生前温州已多日未降雨。分析认为, 事故发生的主要原因是路堑边坡高陡, 此处方斗岩存在三组不良结构面组合, 尤其是缓倾外倾结构面的存在导致边坡不稳定, 不稳定边坡在长期雨水渗透和行车振动等作用造成此次崩塌。同时, 由于陡直临空

面的形成,仍有可能再次发生崩塌。应对办法是先对发生事故的南侧山体采用挖土机将崩塌体挖除并进行边坡削坡整治,同时进行锚杆注浆加固。

2) 泥石流灾害

2004 年 8 月,台风登陆后经过浙江乐清市,带来 12 级以上大风和特大暴雨,8 小时降雨量达 730 mm,引发特大山洪,导致温州乐清市仙溪镇白岩山村的一座山岭塌方,造成了特大泥石流灾害,见图 1.2。几万立方米的巨石在雨水的夹带下沿溪而下,把沿溪而建的 20 多间民房全部夷为平地,原来一两米宽的小溪,被泥石流冲刷成一条二十多米宽的乱石滩,几百块重达数吨的巨石横卧在乱石滩上。此次泥石流灾害共造成 39 人死亡,8 人失踪。所以在建筑物规划设计前,要先进行不良地质条件的岩土工程勘察与评价以避免此类事故的发生。

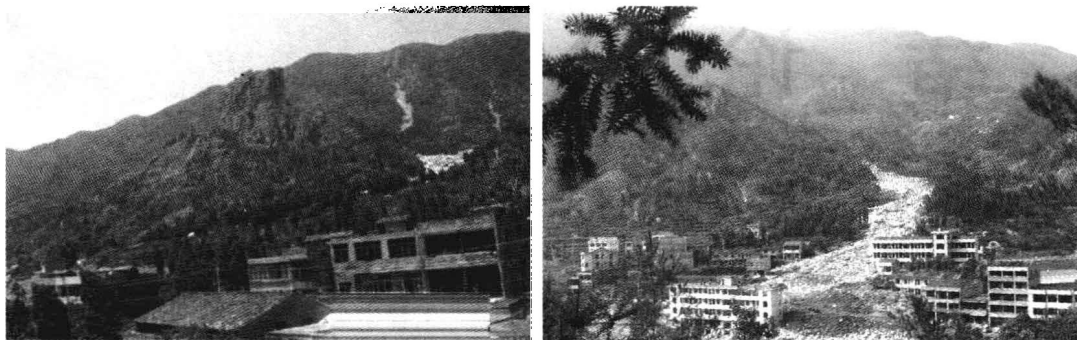


图 1.2 温州乐清市仙溪镇山岭塌方引起泥石流灾害

3) 地震诱发的地质灾害

2008 年 5 月 12 日 14 时 28 分,在四川省汶川县(震中位于北纬 31° 、东经 103.4° ,震源深度为 14 km)发生里氏 8.0 级地震,这次地震是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最广、救灾难度最大的一次地震(图 1.3)。汶川地震导致映秀镇 92% 的房屋倒塌,北川县城 80% 的房屋倒塌,共造成 69 225 人遇难,17 939 人失踪,造成了连接青藏高原东部山脉和四川盆地之间大约 275 km 长的断层,同时地震还触发了大量的次生地质灾害。此次地震是印度洋板块向亚欧板块俯冲,造成青藏高原快速隆升,在高原东缘沿龙门山构造带向东挤压,构造应力能量的长期积累,最终在龙门山北川—映秀地区突然释放而发生。

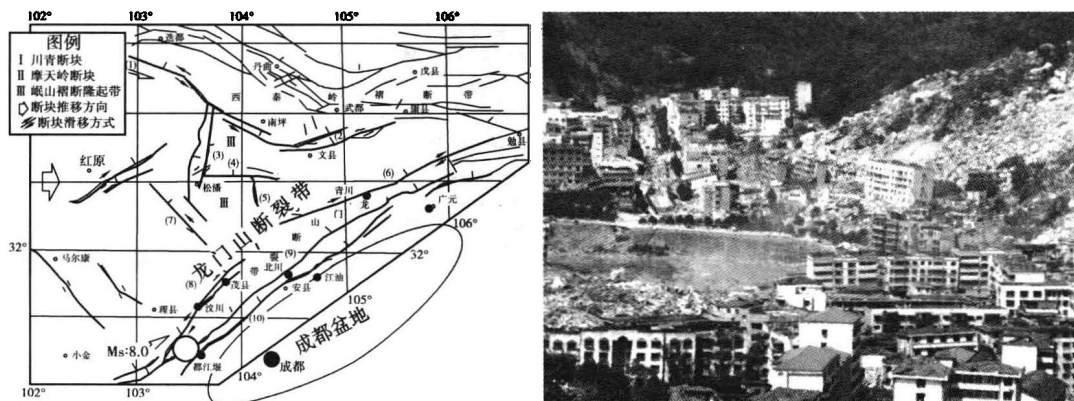


图 1.3 四川汶川 8.0 级地震灾害

4) 建筑物地基事故

比萨斜塔是意大利比萨大教堂的一座钟楼,塔高 55 m 共 8 层。斜塔在 1173 年 9 月 8 日破土动工,建到第 4 层时出现倾斜,1178 年被迫停工,1272 年重新开工,1278 年又停工,1360 年再次复工,直到 1370 年全塔竣工,建塔前后历时近两百年,可谓世界建筑史上一奇。

斜塔呈圆柱形,塔身 1 至 6 层由优质大理石砌成,塔顶 7 至 8 层由轻石料和砖砌成,全塔总荷重为 145 MN,地基承受接触压力高达 500 kPa,斜塔自北向南倾斜,倾角约 5.5° ,塔顶离开竖向中心线的水平距离 5 m 多,倾斜已达极危险状态(图 1.4),所以 2003 年对其进行了加固处理。

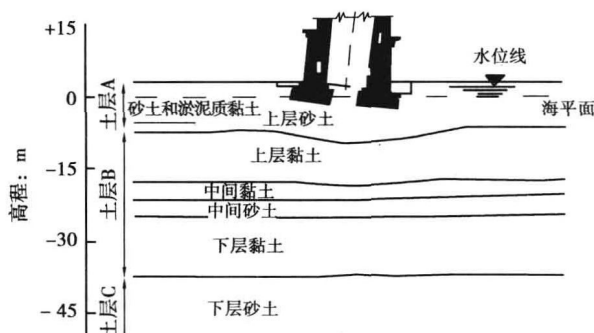


图 1.4 比萨斜塔

经过后来的分析发现,造成比萨塔倾斜的主要原因是塔身基础面积较小,其基础的集中荷载大于淤泥质黏土和砂土地基的承载力,且地基略有不均,所以形成塔身偏心荷载,导致塔身倾斜,而地基的后期塑性变形则使倾斜不断加剧。其实比萨斜塔旁边还建造有主教堂(始建于 1063 年,到 1092 年建成)和洗礼堂(始建于 1153 年,到 13 世纪末建成),地质条件相似。由于主教堂和洗礼堂基础底面积大,总高度相对较低,对地基的单位面积荷载相对较小,因此主教堂和洗礼堂虽有沉降,但沉降基本均匀,一直正常使用。

5) 高速公路路基及桥梁事故

图 1.5 为 2004 年福建罗长高速公路亭江长柄高架桥发生的路基特大坍塌,左幅长 70 余米的路基断裂后,从中央分隔带直立整体侧向滑移,横向推移影响距离约 100 m,坍塌深度约 10 m,形成一个巨大的 U 形断裂,未坍塌的高速公路右幅发生纵向裂缝,并有扩大趋势。该路段地基处于沿海山区沟壑地形海相沉积的复杂地质状况地段,在地表水和短时间集中暴雨渗入路基后,地基和填土路基强度降低,在高路堤的重力作用下,导致地基失稳,产生整体滑移。该软土路基工程设计中没有采用桩基础及边坡加固是一大欠缺。图 1.6 为浙江某桥梁溶洞桩基塌陷事故。

6) 建筑物桩基础事故

温州某商厦位于温州车站大道,该工程原设计为 9 层,共布桩 186 根 X 形预制桩,施工时增加 3 层,共 12 层,增补 5 根钻孔桩,框架结构,标准层的平面面积为 569.5 m^2 ,有地下室一层。该建筑采用桩筏基础,筏板厚 2 m,基础平面尺寸为 $33.2 \text{ m} \times 17.8 \text{ m}$,基础埋深 5 m。于 1995 年打桩,采用 X 形预制桩,260 t 压桩机施工。桩截面尺寸为 $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ 且为 X 形截面,桩侧土为高含水量、高灵敏度的淤泥和淤泥质土,桩端设计为粉质黏土。最初压桩施工以压桩力



图 1.5 福建罗长高速公路路基坍塌



图 1.6 浙江某桥梁溶洞桩基塌陷

主控, 桩长为辅控, 设计桩长为 37 m, 实际桩长由于压桩力控制不一定达到设计桩长。1996 年商厦竣工时运行正常。2003 年 12 月 21 日突然发生沉降, 沉降速率最大为 7 mm/d, 累计沉降最大达 131 mm, 且发生倾斜达 8.6‰, 如图 1.7 所示。

经过分析, 事故的原因主要为: 一是建筑物使用期间, 二次装修增加了上部荷载, 且荷载分布不均匀; 二是设计时布桩选型和布置不合理, 楼房的重心与基础反力中心有一定量的偏离, 结构选型不合理, 抗侧向刚度弱, 设计安全度低, 加层后布桩亦不合理; 三是在桩基实际施工时由压桩力控制桩端可能未达到持力层, 预制桩打桩挤土严重, 使桩成为摩擦桩, 在外因作用下因侧阻软化造成刺入破坏; 四是黎明立交桥、车站大道的汽车振动使土体产生振动蠕变而引发沉降, 同时, 较大的振动荷载导致了桩侧摩阻力和桩端阻力的下降。本工程后来通过静压锚杆桩加固, 最后控制了房屋基础沉降并交付使用。

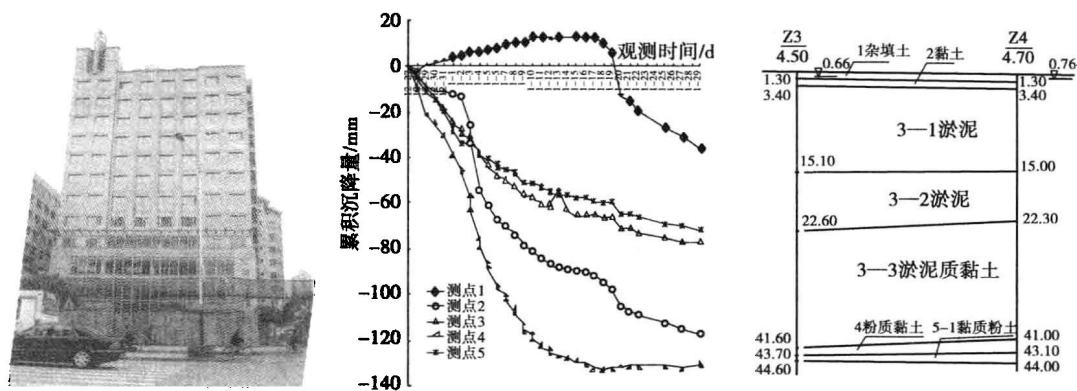


图 1.7 温州某商厦及事故时沉降实测值

7) 大坝溃坝

Malpasset 双曲拱坝位于法国南部 Rayran 河上, 坝高 66 m, 水库总库容 $5.1 \times 10^7 \text{ m}^3$, 如图 1.8。Malpasset 拱坝于 1954 年末建成并蓄水, 库水位上升缓慢, 至 1959 年 11 月中旬, 库水位才达到 95.2 m。此时坝址下游 20 m、高程 80 m 处有水自岩石中流出。因一场大雨, 到 12 月 2 日晨, 库水位猛增到 100 m。当日下午, 工程师们到大坝视察, 因未发现大坝有任何异常, 决定 18 时开闸放水, 以降低库水位。开闸后未发现任何振动现象, 管理人员晚间对大坝进行了反复巡视, 亦未见任何异常现象, 于近 21 时离开大坝。21 时 20 分, 大坝突然溃决, 当时库水位为

100.12 m。据坝下游 1.5 km 这一灾难的少数目击者叙述,他们首先感到大坝剧烈颤动,随之听到类似动物吼叫的突发巨响,感到强烈空气波的冲击,接着看到巨大的水墙顺河谷奔腾而下,电力供应中断。洪水出峡谷后流速仍达 20 km/h,下游 12 km 处 Frejus 城镇部分被毁,死亡 421 人,财产损失达 300 亿法郎。

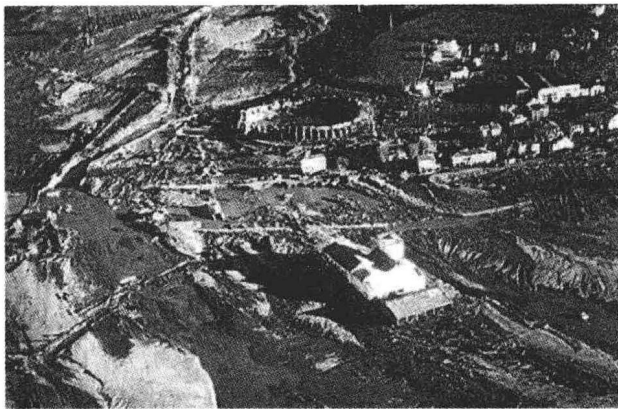


图 1.8 Malpasset 双曲拱坝溃坝破坏

Malpasset 拱坝失事至今已 50 多年,对其失事的原因至今尚未取得完全一致的认识。但绝大多数专家都认为坝基内过大的孔隙水压力是造成失事的主要原因。

西德 Aachen 大学 Wittke 教授在 1984 年秋考察了 Malpasset 拱坝遗址后,随即开展了对该坝失事原因的研究。Wittke 根据岩体渗流的增量荷载理论,用有限元方法分析坝与坝基在水压力、自重及渗流荷载作用下的变形和应力。结果表明,拱坝坝踵处岩体在垂直片理方向产生拉应力,该处片理产生张裂缝。库水进入裂缝并将裂缝劈开至下部断层处,在裂缝内形成全水头压力,使左坝肩至断层的岩块失稳,导致了大坝溃决。

1.1.2 工程地质问题

由上面这些实例可见,工程地质问题是指与人类工程活动有关的地质问题。如建筑物所处地质环境的区域构造稳定问题、地基岩体稳定问题、地下硐室围岩稳定问题、边坡岩体稳定问题、水库渗漏问题、淤积问题、边坡再造及坝下游冲刷问题,以及与上述问题相联系的建筑场地的规划、设计和施工条件等方面的问题。它们都会影响建筑物修建的技术可行性、经济合理性和安全可靠。工程地质问题是工程建筑与工程地质条件(地质环境)相互作用、相互制约而引起的,而研究两者之间的相互制约关系,促使矛盾转化和解决,既保证工程安全、经济、正常使用,又合理开发和利用地质环境,就成了工程地质学的基本任务。

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,工程地质问题概括起来主要有以下五个方面:

(1) 地质灾害问题

包括崩塌、滑坡、泥石流、采空区等带来的地质灾害问题。

(2) 区域稳定性问题

区域稳定性研究主要涉及影响稳定性的各种因素和标志分析,包括区域地质环境、地壳结构、构造活动、地应力场、地震活动、液化以及活断层等对工程稳定性的影响。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地区的影响,已成为需要首先论证的问题。

(3) 地基沉降变形问题

地基在上部结构的荷载作用下将产生大小不同的沉降变形。若产生过量的或不均匀的沉

降变形,就会使建筑物发生裂缝、倾斜、塌陷,影响正常运用,甚至毁坏。

(4)地基、斜坡或洞室围岩的稳定性问题

例如水坝地基的承载能力或抗滑强度过小,便会发生坝基滑移,危及坝体的安全和稳定。边坡开挖太缓,将大大增加开挖工程量,增加投资;过陡,又可能失稳破坏。隧道、地下厂房等工程,在开挖过程中或开挖后,破坏了地下岩体的原始平衡条件,有时也能增加新的荷载,其围岩便会出现一系列不稳定现象。对此,不给予可靠防治,便难以保障建筑物的正常使用。

(5)渗漏问题

如水库、渠道及坝基的渗漏会造成水量的大量损失,使水库或输水建筑物不能达到预期的目的。这种渗漏,有时还会影响地基、斜坡及围岩的稳定性。

此外,还有环境工程地质问题、天然建筑材料的储量和质量以及其他一些问题,也是与工程建设密切相关的问题。

1.2 工程地质学的定义与发展

1.2.1 工程地质学的定义

工程地质学广义地讲是研究地质环境及其保护和利用的科学。狭义地讲是将地质学的原理运用于解决与工程建设有关的地质问题的一门学科。工程地质学通过岩土工程地质勘察,研究建筑场地的岩土类型及性质、地质结构与构造、地形地貌、水文地质、不良地质现象等工程地质问题,预测和论证工程地质问题发生的可能性并采取必要防治措施,以确保建筑物的安全、稳定和正常使用。工程地质工作是各类土木工程设计和施工的基础,为保证工程建设的合理规划以及建筑物的正确设计、顺利施工和正常使用,提供可靠的地质科学依据,是岩土工程的重要组成部分。国家现在实行注册土木工程师(岩土)制度,要求土木工程者必须掌握工程地质学知识,工程地质(学)是土木工程专业的必修课程。

1.2.2 工程地质学的发展

工程地质学是在地质学基础上随着工程建设需要发展起来的。地质学在18世纪开始成为一门独立的学科。17世纪以前,许多国家成功地建成了至今仍享有盛名的建筑物,但人们在建筑实践中对地质环境的考虑,完全依赖于建筑者个人的感性认识。17世纪以后,由于产业革命和建设事业的发展,出现并逐渐积累了关于地质环境对建筑物影响的文献资料。第一次世界大战结束后,整个世界开始了大规模建设时期。1929年,奥地利的太沙基出版了世界上第一部《工程地质学》。1932年在莫斯科地质勘探学院成立了由Φ·П·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理论基础。20世纪50年代以来,在世界工程建设发展中,工程地质学逐渐吸收了土力学、岩石力学和计算数学中的某些理论和方法,逐渐完善了工程地质学科体系。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配合,并于1975年开始召开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的秘书长联席会议,以期成立地质方面综

合性的国际学术团体。

我国1979年成立了中国地质学会工程地质专业委员会,广大工程地质工作者开展了卓有成效的工作。回顾中国工程地质学的创立与发展,大体上经历了四个阶段。

第一,地质学的萌生时期(20世纪上半叶):中国地质学家把自己的知识应用于工程活动,始于20世纪20年代所进行的建筑材料的地质调查。其后,1933年对北方大港港址进行了地质勘察,对甘新、滇缅、川滇公路和宝天线铁路进行了地质调查。1937年对长江三峡和四川龙溪河坝址进行了地质调查。20世纪40年代中后期,在水利工程方面曾对岷江、大渡河、潮江、台湾大甲溪、黄河和其他水系进行了一些概略的考察工作。这些都体现了工程地质学在我国的萌生。

第二,创立与发展阶段(20世纪50年代到70年代末):在30年的时间里,中国工程地质学逐步形成了以区域稳定性、地基稳定性、边坡稳定性和地下工程围岩稳定性为研究内容,以工程岩土体变形破坏机理为核心的工程地质评价与预测的研究框架;建立了地质力学与地区历史相结合,工程地质学与土力学、岩体力学、地震力学相结合的分析研究方法;广泛应用并发展了钻探、物探技术和钻孔电视、声波测试、原位大型力学试验、土层静力动力触探、模型试验以及计算机等技术。从地质成因和演化过程认识工程岩体(地质体)的结构及其赋存环境,从工程岩体(地质体)结构的力学特性及其对工程作用的响应入手,分析工程岩体变形破坏机理,进而评价与预测工程作用下岩体(地质体)的稳定性。创立与发展了以工程岩体(地质体)结构和工程建设与地质环境相互作用为研究核心的中国工程地质理论、方法与技术体系。

第三,活跃发展阶段(20世纪80年代至90年代):中国工程地质学在这一阶段取得了重要的突破与进展。地质理论上从区域背景、成因演化、物质成分综合分析和勘测评价与地质推理,发展到岩体结构控制工程岩体稳定性、地基与上层建筑相互作用的工程地质过程研究,深化了对工程岩体变形破坏机理的认识,从描述、理解、评价,向预测、预报延伸,并向过程控制方向发展。监测、探测、物理模拟、原位测试技术的进步和计算机技术的广泛应用与发展,数值分析与数值模拟兴起,加速了工程地质过程的综合集成分析和定量化进程。工程地质学与岩体力学、工程技术相融合,将工程建设前期的工程地质条件评价延伸到工程后效研究,从预测预报发展到施工监控和岩土体加固技术。基于数字遥感技术和区域地质构造、地质环境要素分析相结合,开拓了环境工程地质、地质灾害及其防治研究的新方向。软岩、膨胀岩、可溶岩、风化岩、断层岩、胀缩土、红黏土、盐渍土、黄土、冻土、沼泽土和软土等特殊岩土的工程地质特性、评价和改良取得了一系列新的进展。

第四,创新发展阶段(20世纪90年代至今):随着我国工程建设的大规模开展,工程地质学在应用中得到了大发展。高坝水库(如三峡大坝)建设、高速公路建设、跨海大桥建设、山区铁路(如青藏铁路)与高速铁路建设、引水工程(如南水北调)建设、超高层建设、海洋开发等大项目既为工程地质工作者提供了大展宏图的平台,又对工程地质工作者提出了新问题、新挑战,同时也促进了工程地质勘察技术的创新与提高,促进了工程地质理论的完善。工程地质学科与相关学科进行了进一步相互渗透与交叉融合,如岩土体三维激光扫描技术、卫星遥感图像技术、最新原位测试技术等不断得到发展创新,使得工程地质研究从定性阶段向定量阶段逐渐跨越。可以说目前任何重大的项目都可得到详细的工程地质勘察评价。这说明我国的工程地质事业取得了长足发展。当然,学无止境,有很多新课题还有待于年轻一代去不断研究探索。