

普通高等学校土木工程专业新编系列教材  
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

本书荣获教育部  
2002年全国高等  
学校优秀教材奖

# 工程地质

(第二版)

G

C

D

Z

孙家齐 主编  
罗国煜 主审

WUTP

武汉理工大学出版社

普通高等学校土木工程专业新编系列教材  
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

# 工 程 地 质

(第 2 版)

主 编 孙家齐  
主 审 罗国煜

武汉理工大学出版社

## 【内 容 提 要】

本书系统地介绍了工程地质学基本原理和勘察、测试技术,包括岩土的物质组成及其工程特性与工程地质分类;地质构造及工程地质评价;地下水、河流、海岸带、岩溶、边坡、风化等地质作用的基本规律与灾害防治以及工程地质勘察、现场原位测试、工程地质报告和图件的编制。

本书可作为高等学校土木工程专业教材,亦可供工程地质、水文地质专业技术人员及土木工程设计和科研人员阅读参考。

## 【主编简介】

孙家齐 女,1942年出生,南京工业大学教授。1963年大学本科毕业于南京大学地质系,1966年研究生毕业于南京大学地质系构造地质专业。长期从事野外地质调查、科研与教学工作。先后参加陕西秦岭花岗岩与成矿、新疆东天山构造演化与成矿等部级和国家级研究项目并获奖,近年主要研究方向为地质灾害防治。

E-mail:jqsun@njacei.edu.cn

## 图书在版编目(CIP)数据

工程地质(第2版)/孙家齐主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003.6

ISBN 7-5629-1943-7

I. 工… II. 孙… III. 工程地质-高等学校-教材 IV. P642

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路122号 邮编:430070)

印刷者:武汉理工大印刷厂

发行者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16

印 张:11

插 页:1

字 数:365千字

版 次:2003年6月第2版 2004年1月第8次印刷

书 号:ISBN 7-5629-1943-7/TU·219

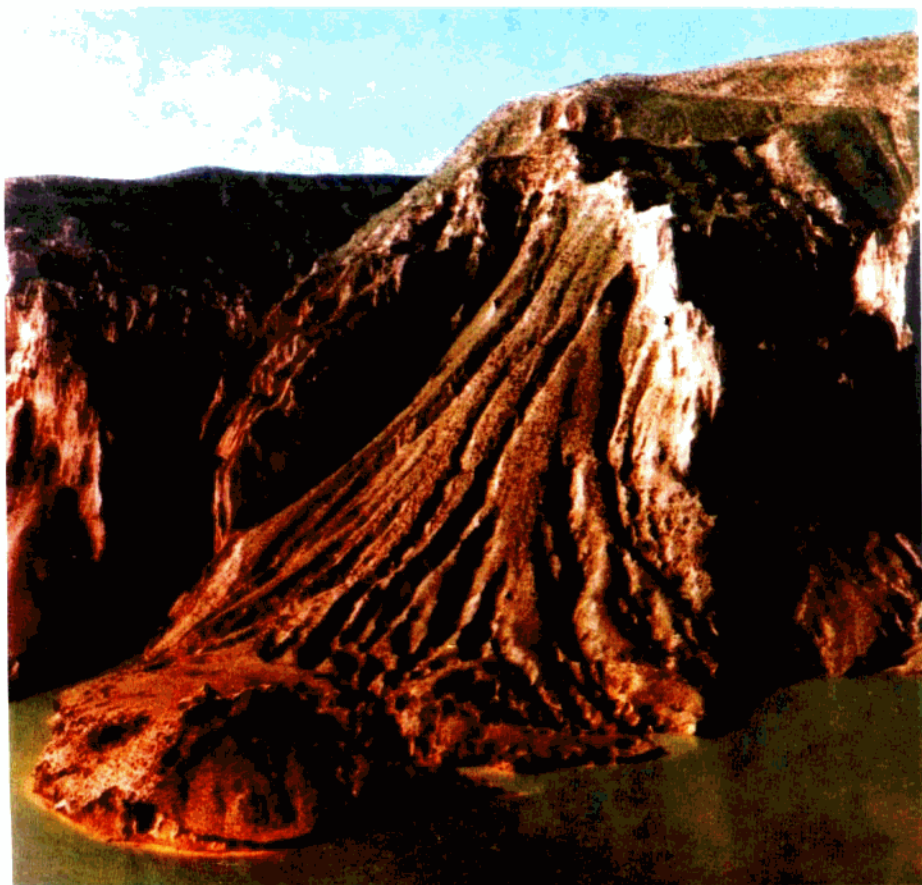
印 数:30001-36000册

定 价:17.00元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)



世界最高峰——珠穆朗玛峰（据第十一届亚运会基金会出版物）

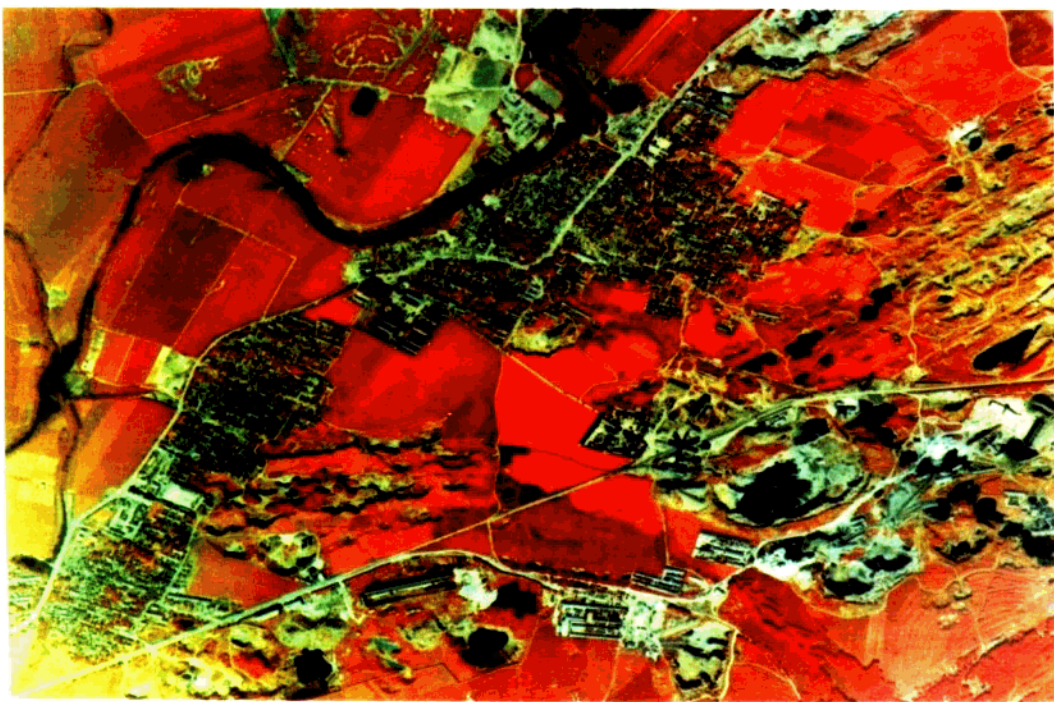


查中滑坡全貌  
(王列诗摄)

查中滑坡位于共和盆地黄河右岸，形成于全新世晚期，发育在中下更新统土体中。最大水平滑距500m，最大垂直滑距200m，残存体积约7000万 $m^3$ 。

（据原地矿部、国家科委、国家计委1993年编《中国地质灾害与防治》）





(上图) 唐山地震时(1976年7月28日),滦南县北姜家泡的砂土液化——喷水冒砂和地裂缝现象(彩色红外航空影像)

(据原地质部、国家科委、国家计委1991年编《中国地质灾害与防治》)



(下图) 甘肃兰州一带治理沙土流失的梯田(彩色红外航空影像)

(据原地质部、国家科委、国家计委1991年编《中国地质灾害与防治》)

# 普通高等学校土木工程专业新编系列教材

## 编 审 委 员 会

顾 问:成文山 滕智明 罗福午 魏明钟 李少甫 甘绍熺

施楚贤 白绍良 彭少民 范令惠

主 任:江见鲸 吕西林 高鸣涵

副主任:朱宏亮 李永盛 辛克贵 袁海庆 吴培明 李世蓉

刘立新 赵明华 孙成林

委 员:(按姓氏笔画顺序排列)

于书翰 丰定国 毛鹤琴 王天稳 王社良 邓铁军

白晓红 包世华 田道全 叶献国 江见鲸 吕西林

刘立新 刘长滨 刘永坚 刘伟庆 朱宏亮 朱彦鹏

孙家齐 孙成林 过静君 闵小莹 李永盛 李世蓉

李必瑜 李启令 吴培明 吴炎海 吴炜煜 辛克贵

何铭新 汤康民 陈志源 汪梦甫 张立人 张子新

张建平 邵旭东 罗福午 周 云 赵明华 赵均海

尚守平 杨 平 柳炳康 姚甫昌 胡敏良 俞 晓

桂国庆 顾敏煜 徐茂波 袁海庆 徐 伟 徐礼华

高鸣涵 蒋沧如 彭少民 覃仁辉 雷俊卿 蔡德明

廖 莎 燕柳斌 戴国欣 魏明钟

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘 书 长:蔡德明

# 出版说明

(第2版)

1998年教育部颁布了高等学校本科专业的专业目录后,1999年全国的高等学校都开始按照新专业目录招生。为解决土木工程专业教材缺乏的燃眉之急,武汉理工大学出版社(原武汉工业大学出版社)于2000年年初率先组织编写了这套“普通高等学校土木工程专业新编系列教材”。经中国土木工程学会教育工作委员会审订并向全国高校推荐,三年来,本套教材已为众多院校选用,并受到了普遍欢迎。其中多种教材荣获教育部全国高等学校优秀教材奖或优秀畅销书奖。截至2002年年底,系列教材中单本销量最高的已接近7万册。这充分说明了系列教材编审委员会关于教材的定位、特色和编写宗旨符合新专业的教学要求,满足了新专业的教学急需。

正如初版的出版说明中所说,本套教材是新专业目录颁布实施后的第一套土木工程专业系列教材,因此,尽管我们的编审者、编辑出版者夙兴夜寐、尽心竭力,不敢稍有懈怠,它仍然还会存在缺点和不足。首先是教材中涉及的各种国家规范问题。教材编写时正值各种规范全面修订,尚未定稿,新规范正式颁布的时间还不能确定,而专业教学对新教材需求的急迫又使编写、出版工作不能等待,因此系列教材中很多涉及到规范的地方只能按照当时基本定稿的新规范内容进行讲解或说明。当各种新的国家规范陆续正式颁布后,本套教材中相关的部分就已按照新规范及时编写了修订稿,准备作为第2版出版。其次,2002年10月,高等学校土木工程专业指导委员会编制的本科教育培养目标、培养方案及课程教学大纲正式公布,各门课程教材的修订有了更明确的方向。第三,初版教材在各院校使用过程中,师生们根据教学实践提出了很多中肯的意见,我们虽然在每本教材重印时进行了局部的修改,但仍感到存在一些问题,需要做较大的修订。因此,系列教材编审委员会决定全面修订、出版全套教材的第2版。根据土木工程专业的教学需求,本套系列教材还将增补13种,也与第2版教材同时推出。教材的编审委员会委员也相应地进行了增补和调整。

第2版教材的修订及增补教材的编写仍然秉承编审委员会一贯的宗旨,把教材的质量放在第一位,力求更好地满足课程教学的需要。我们更希望使用教材的师生一如既往,继续关心本套教材,及时反馈各校专业建设和教学改革的信息与要求,多提意见和建议,以便我们及时修订,不断完善和提高,把教材打造成名副其实的精品。

武汉理工大学出版社

2003.2

## 前 言

### (第2版)

普通高等学校土木工程专业新编系列教材,是在1998年国家教育部颁布新的专业目录后出版的第一套系列教材,因而它受到了各高校的普遍关注。作为该新编系列教材之一的《工程地质》自2000年问世以来亦受到多所高校的支持和采用。2002年高等学校土木工程专业指导委员会编制出版《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》,这是一个专门为土木工程专业教学实施而制定的指导性文件,它的推广和执行无疑地将会对土木工程专业拓宽和教学质量的提高产生深远的影响。为了适应这一情况,对原书内容进行相应地修订就十分必要了。

另一方面,编者在教学实践中进一步积累了经验,对实施中的新规范以及对后续课程教学内容的深入了解,这些都有助于编者发现《工程地质》书中存在的缺点和问题。尤其是使用和关心该书的广大师生对如何发挥本书的特色和优点,弥补不足与缺点方面的宝贵建议促使编者感到有责任为提高本书的质量作出应有的努力。

本书继承了《工程地质》(第1版)的基本体系和主要内容,仅在以下方面作了修订:

第一,为了加强实践教学环节,在本书后的附录中增加:主要造岩矿物的鉴别;常见沉积岩、火成岩、变质岩的鉴别;鉴别地质构造与阅读地质图;工程地质勘察报告实例等4次实验内容,可与本书有关章节的理论教学相配合安排实验课。

第二,考虑到有关内容已在实验课中得到加强以及为避免本书与后续课程部分内容重复等,删去第4章“地质构造”中第4.6节“地质图”以及第8章“工程地质勘察”中第8.6.2节“地基承载力的确定”等内容。

我们作出上述努力的目的,在于使本书在内容的系统性、体系的合理性以及教学的适用性等方面达到更好的协调统一。然而,缺点与错误仍然在所难免,希望读者进一步提出宝贵意见。

作 者

2003年6月



# 前 言

(第1版)

本书系普通高等学校土木工程专业(本科)新编系列教材之“工程地质”课程教材。土木工程涉及的工作范围是在地表或地下,所以对于从事该专业的人员来说,工程地质学是一门重要的专业技术基础课。本书依据土木工程专业高级专门人才的培养要求,经系列教材编委会对内容的统一协调,在少而精原则的基础上编写而成。

建国50年来,随着工程建设范围和规模的日益扩大,当代工程地质学已取得长足进步。本书为适应目前土木工程专业发展的需要,在系统地介绍工程地质学基本原理的同时,适当反映了工程地质学的新进展。

全书共分8章,第1章绪论主要阐述了工程地质学的特点、任务、研究方法及其与土木工程的关系;第2章概要地考察了地球的简单历史,并强调了其在工程上的意义;第3章介绍了作为岩土材料地质构成的矿物和岩石的形成及其基本性质;第4章重点阐述了地质构造的特征及其对工程活动的影响;第5章讨论了地下水的类型、特点及其与工程的关系;第6章分析了几种主要地表地质作用的过程、产物及其不良后果的工程防治;第7章介绍了岩土工程地质分级和分类;第8章介绍了工程地质勘察的目的、任务、方法及其成果的表述。为了便于学生复习和抓住要点,每章前后均有提要、小结和思考题。

本书由南京工业大学土木学院孙家齐教授、陈新民教授、北京工业大学白玉华副教授和武汉科技大学郭方胜高级工程师共同编写,全书由孙家齐教授担任主编。编写的具体分工是:第1、2、3、4章——孙家齐;第5章——白玉华;第6、7章——陈新民;第8章——郭方胜。

为了便于使用,对本课程学时分配提出建议,见“工程地质”课程学时分配参考表。

“工程地质”课程学时分配参考表

| 章 别 | 学时分配数 | 其 中  |      |
|-----|-------|------|------|
|     |       | 理论教学 | 实验教学 |
| 1   | 1     | 1    |      |
| 2   | 2     | 2    |      |
| 3   | 3     | 2    | 1    |
| 4   | 7     | 7    |      |
| 5   | 4     | 4    |      |
| 6   | 7     | 7    |      |
| 7   | 4     | 4    |      |
| 8   | 8     | 7    | 1    |
| 合 计 | 36    | 34   | 2    |

应该特别指出的是,本书是在中科院院士、南京大学郭令智教授的指导下完成的。南京大学罗国煜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许多极有价值的指导性意见和建议。在此,特向他们致以衷心的感谢。

对于本书的顺利出版,还应感谢武汉工业大学出版社、本套系列教材编委会、南京建筑工程学院以及土木工程系和武汉科技大学等单位领导的大力支持。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)表示诚挚的谢意。

最后要说明的是,由于编写时间仓促,加之作者水平所限,本书中疏漏或错误之处难免,恳请读者批评指正。

作 者

2000年1月5日

# 目 录

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 1 绪论 .....                | (1)  |
| 1.1 地质学与工程地质学 .....       | (1)  |
| 1.2 工程地质学的主要任务和研究方法 ..... | (1)  |
| 1.3 土木工程对地基的基本要求 .....    | (2)  |
| 1.4 工程地质条件和工程地质问题 .....   | (3)  |
| 2 地壳及其物质组成 .....          | (5)  |
| 2.1 地壳是固体地球的外部层圈 .....    | (5)  |
| 2.1.1 地球的层圈构造 .....       | (5)  |
| 2.1.2 地质作用 .....          | (5)  |
| 2.2 矿物 .....              | (6)  |
| 2.2.1 矿物的形态 .....         | (6)  |
| 2.2.2 矿物的物理性质 .....       | (7)  |
| 2.2.3 常见矿物 .....          | (8)  |
| 2.3 岩石 .....              | (10) |
| 2.3.1 火成岩 .....           | (10) |
| 2.3.2 沉积岩 .....           | (13) |
| 2.3.3 变质岩 .....           | (16) |
| 3 地质年代与第四纪地质概述 .....      | (20) |
| 3.1 地质年代 .....            | (20) |
| 3.1.1 相对年代与绝对年代 .....     | (20) |
| 3.1.2 地质年代表 .....         | (21) |
| 3.1.3 地方性岩石地层单位 .....     | (22) |
| 3.1.4 我国地史概况 .....        | (23) |
| 3.2 第四纪地质概述 .....         | (23) |
| 3.2.1 第四纪地质概况 .....       | (23) |
| 3.2.2 第四纪沉积物 .....        | (25) |
| 4 地质构造 .....              | (29) |
| 4.1 岩层产状与地层接触关系 .....     | (29) |
| 4.1.1 构造运动与地质构造 .....     | (29) |
| 4.1.2 岩层的产状 .....         | (29) |
| 4.1.3 岩层露头线特征 .....       | (30) |
| 4.1.4 地层接触关系 .....        | (30) |
| 4.2 褶皱 .....              | (31) |
| 4.2.1 褶皱要素 .....          | (32) |
| 4.2.2 褶皱的类型 .....         | (32) |
| 4.2.3 褶皱的野外识别 .....       | (33) |
| 4.2.4 褶皱形成时代 .....        | (34) |
| 4.2.5 褶皱构造的工程地质评价 .....   | (35) |
| 4.3 节理 .....              | (36) |
| 4.3.1 节理的类型 .....         | (36) |
| 4.3.2 节理的观测与统计 .....      | (37) |
| 4.3.3 节理对工程的影响 .....      | (38) |

|                    |      |
|--------------------|------|
| 4.4 断层             | (38) |
| 4.4.1 断层要素         | (38) |
| 4.4.2 断层的类型        | (38) |
| 4.4.3 断层存在的标志      | (40) |
| 4.4.4 断层形成时代       | (42) |
| 4.4.5 断层的工程地质评价    | (43) |
| 4.5 活断层            | (43) |
| 4.5.1 活断层的特性       | (44) |
| 4.5.2 活断层的判别标志     | (46) |
| 4.5.3 活断层评价        | (47) |
| 5 地下水              | (51) |
| 5.1 地下水的基本概念       | (51) |
| 5.1.1 岩石的空隙        | (51) |
| 5.1.2 含水层与隔水层      | (52) |
| 5.1.3 地下水的物理化学性质   | (52) |
| 5.2 地下水的类型         | (53) |
| 5.2.1 上层滞水、潜水、承压水  | (53) |
| 5.2.2 孔隙水、裂隙水、岩溶水  | (56) |
| 5.3 地下水的补给、径流与排泄   | (57) |
| 5.3.1 地下水的补给       | (57) |
| 5.3.2 地下水的排泄       | (57) |
| 5.3.3 地下水的径流       | (58) |
| 5.3.4 地下水运动的基本定律   | (58) |
| 5.3.5 地下水与工程       | (59) |
| 6 地表地质作用           | (66) |
| 6.1 风化作用           | (63) |
| 6.1.1 基本概念         | (63) |
| 6.1.2 风化作用的类型      | (63) |
| 6.1.3 影响风化作用的因素    | (65) |
| 6.1.4 岩石风化的勘察评价与防治 | (65) |
| 6.2 河流的侵蚀、搬运与沉积作用  | (66) |
| 6.2.1 河流的侵蚀、搬运与沉积  | (66) |
| 6.2.2 河流地貌         | (70) |
| 6.2.3 河流侵蚀、淤积作用的防治 | (72) |
| 6.3 岩溶(喀斯特)作用      | (75) |
| 6.3.1 基本概念和研究意义    | (75) |
| 6.3.2 岩溶作用的基本条件    | (75) |
| 6.3.3 岩溶地貌         | (76) |
| 6.3.4 岩溶区的主要工程地质问题 | (78) |
| 6.4 斜坡与边坡地质作用      | (79) |
| 6.4.1 斜坡与边坡地质作用的类型 | (79) |
| 6.4.2 滑坡及其工程地质勘测   | (81) |
| 6.4.3 斜坡稳定性评价      | (84) |
| 6.4.4 斜坡变形破坏的防治    | (86) |
| 6.5 海岸带的地质作用       | (87) |

|       |                      |       |
|-------|----------------------|-------|
| 6.5.1 | 海岸带的水动力特征            | (87)  |
| 6.5.2 | 海岸地貌                 | (89)  |
| 6.5.3 | 沿岸建筑物的防护措施           | (90)  |
| 7     | 岩土工程地质分级与分类          | (94)  |
| 7.1   | 工程岩体分级               | (94)  |
| 7.1.1 | 分级的目的                | (94)  |
| 7.1.2 | 影响岩体工程性质的主要因素        | (94)  |
| 7.1.3 | 工程岩体分级的代表性方案         | (95)  |
| 7.1.4 | 工程岩体分级标准(GB50218—94) | (96)  |
| 7.2   | 土的工程分类               | (99)  |
| 7.2.1 | 概述                   | (99)  |
| 7.2.2 | 土的工程分类方案简介           | (99)  |
| 7.2.3 | 我国主要特殊土的基本特性         | (102) |
| 8     | 工程地质勘察               | (109) |
| 8.1   | 概述                   | (109) |
| 8.1.1 | 工程地质勘察的目的与任务         | (109) |
| 8.1.2 | 工程地质勘察的一般要求          | (109) |
| 8.2   | 工程地质测绘               | (110) |
| 8.2.1 | 工程地质测绘的主要内容          | (110) |
| 8.2.2 | 工程地质测绘的范围和比例尺        | (111) |
| 8.2.3 | 工程地质测绘方法要点           | (112) |
| 8.3   | 工程地质勘探               | (112) |
| 8.3.1 | 工程地质勘探的任务            | (112) |
| 8.3.2 | 工程地质物探               | (113) |
| 8.3.3 | 工程地质钻探               | (115) |
| 8.3.4 | 工程地质坑探               | (117) |
| 8.4   | 现场原位测试               | (118) |
| 8.4.1 | 静力载荷试验               | (118) |
| 8.4.2 | 单桩垂直静载荷试验            | (120) |
| 8.4.3 | 静力触探试验               | (122) |
| 8.4.4 | 圆锥动力触探               | (127) |
| 8.4.5 | 标准贯入试验               | (129) |
| 8.4.6 | 十字板剪切试验              | (132) |
| 8.4.7 | 现场大型直剪试验             | (133) |
| 8.4.8 | 试验指标的选取              | (135) |
| 8.5   | 现场监测                 | (139) |
| 8.5.1 | 现场监测的目的与任务           | (139) |
| 8.5.2 | 建筑物的沉降观测             | (139) |
| 8.5.3 | 地下水的监测               | (140) |
| 8.6   | 工程地质勘察报告的主要内容        | (140) |
| 8.6.1 | 工程地质图的编绘             | (140) |
| 8.6.2 | 工程地质勘察报告的编写          | (143) |
| 附录    |                      | (148) |
| 实验 1  | 主要造岩矿物的鉴别            | (148) |
| 实验 2  | 常见沉积岩、火成岩、变质岩的鉴别     | (149) |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 实验 3 鉴别地质构造与阅读地质图 ..... | (151) |
| 实验 4 工程地质勘察报告的阅读 .....  | (155) |
| 参考文献 .....              | (164) |



# 1 绪 论

## 本章提要

工程地质学是将地质学的原理运用于解决工程地基稳定性问题的一门学问。工程地质学通过工程地质调查、勘察和研究建筑场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、岩土体工程特性、水文地质和地表地质作用现象等工程地质条件,预测和论证有关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、稳定和正常运行。

## 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,主要有以下方面内容: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,主要有两方面: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的一门学问,防灾是工程地质学的主要任务。

## 1.2 工程地质学的主要任务和研究方法

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从而早在 20 世纪 30 年代就获得迅速发展成为一门独立的学科。我国工程地质学的发展始于建国初期。经过 50 年的努力,不仅能适应国内建设的需要并开始走向世界,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,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型式,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、发生的规模和发展趋势;③ 提出及建议改善、防治或利用有关工程地质条件的措施、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为了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

周围其它自然因素和条件,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和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对可能发生的工程地质问题制定出合理的防治对策。

### 1.3 土木工程对地基的基本要求

一般认为的“建筑物”含义很广,包括房屋建筑和构筑物两大类。住宅和公用建筑称建筑物,而专门生产工艺使用的建筑物,如发电站、水塔、车间、桥梁、烟囱等称为构筑物。以下文中所指建筑物都具有广泛含义。

在土和岩层中修建建筑物,承受建筑物全部重量的那部分土和岩层称为建筑物的地基。建筑物的基础是其下部的组成部分,又称做下部结构。基础承受整个建筑物的重量并将它们传递给地基。基础和地基共同保证建筑物的坚固、耐久和安全,而地基在其中往往起着主导作用。牢固稳定的地基是建筑物安全与正常运行的保证。地基的岩土组成、厚度、性质(物理性质及力学性质)、承载能力、产状、分布、均匀程度等情况是保证地基稳定性的基本条件。另一方面,组成地基的岩土体存在于一定的地质环境之中,建筑场地的地形、地质条件及地下水、物理地质作用等往往会影响到地基承载力和地基稳定性。

地基是否具有支承建筑物的能力,常用地基承载力来表达。地基承载力是指地基所能承受由建筑物基础传递来的荷载的能力。要确保建筑物地基稳定和满足建筑物使用要求,地基承载力必须满足:① 具有足够的地基强度,保持地基受负荷后不致因地基失稳而发生破坏;② 地基不能产生超过建筑物对地基要求的容许变形值。良好的地基一般具有较高的强度和较低的压缩性。工程地质勘察报告中要提供建筑场地岩土层的地基承载力值。

地基又分成持力层与下卧层两部分。直接与基础接触的上层叫持力层,持力层下部的土层叫下卧层。持力层的性质、埋藏条件和承载力大小等对基础类型、基础埋深、地基加固和施工方法的选择与确定有很大影响。工程地质勘察工作中,在对场地地层结构及岩土物理力学性质作详细了解的基础上,选择承载力高、变形小的岩土层作为持力层。显然,建筑物基础埋置深度取决于持力层的埋藏深度。当持力层位于地下较浅处时选择浅基础;作为持力层的岩土层埋藏于较深处时,常常选择采用深基础或桩基;当持力层深度过大时,常常采用对上部软土层进行加固后作为地基使用。

建筑场地的地下地质,或者说地基大致有以下几种情况:

建筑物的基础直接坐落在坚硬的岩层之上,如果岩石风化程度较弱,断层和节理又不甚发育,地基强度一般没有什么问题。虽然常见岩石力学性质数据可以从工程地质手册上查到,但对大型或重要工程仍然要通过工程地质勘察工作采取原状岩石试样进行测试以确定其实际力学强度,因为实际地质条件是复杂的、变化的。例如,层理发育的沉积岩及片理发育的变质岩在不同方向上具有不相同的强度,垂直于层理和片理方向的力学强度要大于平行层理和片理方向,有时可相差50%左右。岩石地基往往受到岩石风化、断裂破碎的影响而降低地基强度,在风化破碎剧烈的部位,有时不得不放弃或是经加固处理后才能用作建筑物地基。

在丘陵和山区,当工程地质勘察工作从钻孔中了解到基岩表面是倾斜的,而且建筑场地位于坡脚处。在这种地质条件下若选择倾斜基岩岩层上方的土层作为地基时应特别注意地基稳定,这一方面是因为当建筑物荷载作用于地基土时,因土层厚薄不均,往往发生不均匀沉降而导致建筑物倾斜或开裂。另一方面是因为基岩上部的松散土层在重力作用下往往发生向下位移,尤其当土层受到地表水和地下水影响时发生位移的可能性更大。这时可采取挡墙和排水措施防止灾害发生。

基岩位于地下较深处且建筑物荷载又较大时,常采用特别的基础形式,例如桩基础把建筑物的荷载传递到它上面。这时应了解基岩面的起伏状况以及地下水的特性及其对混凝土的腐蚀性。基岩起伏对桩的长度

有影响,有时甚至是建筑物一角基础的水泥墩直接建在基岩上,而另一角基岩深达数十米以下。工程地质勘察还应确切地了解基岩的性质,特别是基岩地下水的特性。如果基岩裂隙发育并富含地下水,当桩穿过土层到达基岩时容易造成地下水涌入干扰工程的进展。

基岩位于地下深处,建筑物奠基在上部土层中。这时首先通过工程地质勘察查明各层土的物理力学性质及其产状、分布、厚度和均匀性,并计算地基承载力评价建筑物沉降量等。例如选择均匀厚层、水平产状的单一粘性土层作为地基,当建筑物荷载作用于粘性土地基引起基础沉降。在这种地质条件下,如建筑物荷载均匀,发生的沉降是由于土层压密而引起的属于均匀沉降,只要建筑物重量不超过地基土的承载力地基仍然是稳定的。但如果建筑物重量大大超出土层的承载能力,则会发生土体挤出地基失稳破坏。

地基受压层内地层往往不是均一的单层地基,而是由二层、三层甚至三层以上不同性质的土层或岩土层构成。它们因强度各不相同造成上软下硬或上硬下软等情况,需要根据具体情况按有关规范进行评价和处理。其中夹层厚度变化大并夹有软弱透镜体的地基受荷载后会出现不均匀沉降,这类地基最为不利。

饱水粉细砂土层地震液化效应,砂层地震时液化会导致地基强度降低或地表沉陷变形。因此在工程地质勘察中须进行地震液化判别。此外,特殊土的物理力学性质不稳定,当地基受力层中存在有特殊土时易造成地基不均匀,影响其稳定性。

高层或重型建筑因荷重大往往产生较大的地基变形,最怕整体倾斜,因而对地基均匀性要求较高。工程地质勘察工作中要求对地基均匀性作出判别。

#### 1.4 工程地质条件和工程地质问题

为了保证地基稳定可靠,要求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。

工程地质条件是指工程建筑物所在地区地质环境各项因素的综合。这些因素包括:① 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;② 地质构造:也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;③ 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;④ 地表地质作用:是现代地表地质作用的反映,与建筑区地形、气候、岩性、构造、地下水和地表水作用密切相关,主要包括滑坡、崩塌、岩溶、泥石流、风沙移动、河流冲刷与沉积等等,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 地形地貌:地形是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、丘陵区和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。

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,构成威胁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: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要和必需的工作。④ 区域稳定性问题: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。

工程地质学内容十分丰富、涉及面很广。本书着重介绍土木工程专业所涉及的工程地质学基本理论和基本知识。为避免与系列教材中相邻课程重复并考虑土木工程专业教学计划中本课程性质和学时,经精心编排,其主要内容包括:矿物岩石、地质年代与第四纪地质概述、地质构造、地下水、地表地质作用、岩土工程地质分级和分类、工程地质勘察。

土木工程专业学生学习本课程的基本要求是:系统学习和掌握工程地质基础知识和理论;了解工程地质勘察的基本内容、工作方法;能正确提出勘察任务及要求并运用勘察数据和资料进行设计与施工,以及依据工程地质勘察成果进行一般的工程地质问题分析和采取处理措施。

### 本章小结

(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。其目的是为了查明场地基本工程地质条件并进行工程地质论证。

### 练习题

【练习题 1.1】 试说明工程地质学与地质学相互间的关系。

【练习题 1.2】 试说明工程地质学的主要任务与研究方法。

【练习题 1.3】 建筑物地基稳定的基本要求是什么?

【练习题 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?