



普通高等教育土建类规划教材

# 工程地质学

第2版

● 王贵荣 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



配套教师课件  
[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

普通高等教育土建类规划教材

# 工程地质学

第②版

主编 王贵荣

参编 叶万军 李 辉 段 钊

马建全 崔 莹 卢全中



机械工业出版社

《工程地质学》分4个部分：第1部分为基础地质学，简要介绍了地壳及其物质组成、地质构造等与工程相关的地质基础知识；第2部分为工程岩土学，介绍了土及岩石的物理性质、水理性质、力学性质，岩体结构特征，岩土体的分类及分级，地下水的性质，地下水的补给、排泄与径流，地下水的不良地质现象；第3部分为工程地质分析原理，介绍了不良地质作用的类型、形成条件、影响因素及防治措施，并对不同工程类型常见工程地质问题进行了分析；第4部分为岩土工程勘察，介绍了岩土工程勘察分级、勘察阶段划分、常用勘察方法及勘察成果报告。

《工程地质学》可作为土木工程、城乡规划、测绘工程、环境工程、道路桥梁与渡河工程、资源勘查工程、采矿工程、石油工程、安全工程等专业本科生“工程地质学”课程教材，也可作为工程地质、岩土工程等从业人员的参考用书。

## 图书在版编目（CIP）数据

工程地质学/王贵荣主编. —2版. —北京：机械工业出版社，2017.7  
普通高等教育土建类规划教材  
ISBN 978-7-111-57196-4

I. ①工… II. ①王… III. ①工程地质学-高等学校-教材 IV. ①P642

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第146467号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）  
策划编辑：马军平 责任编辑：马军平 责任校对：肖琳  
封面设计：张静 责任印制：孙炜

北京玥实印刷有限公司印刷  
2017年8月第2版第1次印刷  
184mm×260mm·16印张·390千字  
标准书号：ISBN 978-7-111-57196-4  
定价：39.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88379833

机工官网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线：010-88379649

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面无防伪标均为盗版

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前 言

世界上任何建筑物都是修建在地表或地表下一定深度范围的岩土体中的，作为建筑结构、建筑材料和建筑环境的工程岩土体的物理力学性质及其稳定性，会直接影响拟建(构)筑物的安全、稳定和正常使用。因此，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，分析和论证有关的工程地质问题，对场地的稳定性、适宜性做出正确评价，为岩土体的整治、改造和工程的设计、施工提供详细、具体、可靠的地质资料。

本书是在第1版的基础上，根据师生使用后提出的意见和建议修改完成的，融入了工程地质相关新规范、新技术、新成果。在编写和修改过程中，根据编者多年从事工程地质的教学和工作经验，充分吸收和借鉴近年来相关教材的优点，适时反映工程地质学发展新成果，力求做到概念清晰、结构严谨、内容精练，使本书成为“少而精”的精品教材。全书共分4部分，第1部分为基础地质学，第2部分为工程岩土学，第3部分为工程地质分析原理，第4部分为岩土工程勘察。为便于学生自学和总结，每章后附有小结和习题。由于建筑工程类型繁多，不同院校学科专业不尽相同，各院校在具体教学过程中，可根据各自的学科专业特点及要求对教学内容做适当取舍。

本书由西安科技大学(王贵荣、叶万军、段钊、马建全)、西安建筑科技大学(李辉)、长安大学(卢全中)、西安石油大学(崔莹)合编，王贵荣担任主编。编写分工如下：第1、3章由王贵荣编写，第2章及附录由叶万军编写，第4章由李辉编写，第5章由马建全编写，第6章由崔莹编写，第7章由段钊编写，第8章由卢全中编写。全书由王贵荣统编定稿。

在本书编写过程中，参考了已出版的教材、专著和规范的内容，在此对上述资料的作者表示衷心感谢！向所有支持和帮助本书编写与出版的同行、专家表示诚挚的感谢！

由于编者能力和水平有限，加之时间仓促，不妥之处在所难免，欢迎广大师生批评指正。

编 者

# 目 录

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 地质学与工程地质学	1
1.2 工程地质学的研究内容与研究方法	2
1.3 工程地质条件与工程地质问题	3
1.3.1 工程地质条件	3
1.3.2 工程地质问题	5
1.4 工程地质与工程建设	5
1.5 人类工程活动与地质环境的关系	7
本章小结	8
习题	9
参考文献	9
第 2 章 地壳及其物质组成	10
2.1 地壳及地质年代	10
2.1.1 地球的圈层结构	10
2.1.2 地质作用	11
2.1.3 地质年代	13
2.1.4 地貌	16
2.2 矿物	18
2.2.1 矿物的概念	18
2.2.2 矿物的物理性质	18
2.2.3 主要造岩矿物及其主要特征	21
2.3 岩石	21
2.3.1 岩浆岩	21
2.3.2 沉积岩	25
2.3.3 变质岩	31
2.3.4 三大岩类的肉眼鉴别	34
本章小结	36
习题	37
参考文献	37
第 3 章 地质构造	38
3.1 构造运动与地质构造	38
3.2 岩层的产状及地层接触关系	39
3.2.1 岩层的产状	39
3.2.2 岩层露头线及其特征	40
3.2.3 地层接触关系	41
3.3 褶皱	42
3.3.1 褶皱的概念	42
3.3.2 褶皱的基本类型	43
3.3.3 褶皱要素	43
3.3.4 褶皱的形态类型	44
3.3.5 褶皱的野外识别	46
3.3.6 褶皱的形成时代	46
3.3.7 褶皱的工程地质评价	47
3.4 节理	49
3.4.1 节理的类型	49
3.4.2 节理的观测与统计	51
3.4.3 节理对工程的影响	53
3.5 断层	53
3.5.1 断层要素	54
3.5.2 断层的类型	54
3.5.3 断层存在的标志	57
3.5.4 断层的形成时代	58
3.5.5 断层的工程地质评价	59
3.6 活断层	60
3.6.1 活断层的概念	60
3.6.2 活断层的特征	60
3.6.3 活断层的识别	61
3.6.4 活断层评价	62
3.6.5 活断层区的建筑原则	64
3.7 地质图	64
3.7.1 地质图的种类	64
3.7.2 地质图的比例尺	65
3.7.3 地质条件在地质图上的表示	

方法 .....	65	4.9 工程岩体分类及分级 .....	109
本章小结 .....	66	4.9.1 影响岩体工程地质性质的因素 .....	109
习题 .....	67	4.9.2 GB/T 50218—2014《工程岩体分级标准》分类 .....	110
参考文献 .....	68	4.9.3 岩石质量指标 (RQD) 分类 .....	113
<b>第4章 岩土体的工程地质特性</b> .....	<b>69</b>	4.9.4 岩体地质力学分类 (CSIR) .....	114
4.1 概述 .....	69	4.9.5 巴顿岩体质量分类 (Q 分类) .....	116
4.2 土的物质组成与结构构造 .....	70	4.9.6 岩体质量指标分类 (RMQ 分类) .....	116
4.2.1 土的固体颗粒 .....	70	4.9.7 洞室围岩分类 .....	116
4.2.2 土中的水 .....	73	本章小结 .....	119
4.2.3 土中的气体 .....	73	习题 .....	119
4.2.4 土的结构和构造 .....	74	参考文献 .....	120
4.3 土的物理力学性质 .....	75	<b>第5章 地下水</b> .....	<b>121</b>
4.3.1 土的实测物理性质指标 .....	75	5.1 地下水的基本概念 .....	121
4.3.2 土的物理性质换算指标 .....	76	5.1.1 岩土中的空隙 .....	121
4.3.3 土的物理性质指标换算 .....	78	5.1.2 含水层与隔水层 .....	122
4.3.4 黏性土的水理性质 .....	80	5.2 地下水类型及其特征 .....	123
4.3.5 土的密实度 .....	82	5.2.1 地下水按埋藏条件分类及其特征 .....	123
4.3.6 土的力学性质 .....	84	5.2.2 地下水按含水介质类型分类及其特征 .....	127
4.3.7 土的透水性和毛细性 .....	87	5.3 地下水的性质 .....	129
4.4 土的工程地质分类 .....	87	5.3.1 地下水的物理性质 .....	129
4.4.1 GB/T 50145—2007《土的工程分类标准》 .....	88	5.3.2 地下水的化学性质 .....	130
4.4.2 GB 50021—2001《岩土工程勘察规范》土的分类 .....	89	5.4 地下水的补给、排泄与径流 .....	131
4.4.3 土的野外鉴别分类 .....	91	5.4.1 地下水的补给 .....	131
4.5 特殊土的工程地质特征 .....	92	5.4.2 地下水的排泄 .....	132
4.5.1 黄土 .....	92	5.4.3 地下水的径流 .....	134
4.5.2 软土 .....	95	5.4.4 地下水运动的基本规律 .....	134
4.5.3 多年冻土 .....	96	5.5 地下水的不良地质现象 .....	136
4.5.4 红黏土 .....	98	5.5.1 地下水对钢筋混凝土的腐蚀性问题 .....	136
4.5.5 膨胀土 .....	99	5.5.2 潜水位上升引起的工程地质问题 .....	137
4.5.6 盐渍土 .....	99	5.5.3 地下水位下降引起的工程地质问题 .....	137
4.5.7 填土 .....	100	5.5.4 地下水的渗透破坏 .....	138
4.5.8 污染土 .....	101	5.5.5 地下水的浮托作用 .....	139
4.6 岩石的物理力学性质 .....	102	5.5.6 承压水对基坑的作用 .....	139
4.6.1 岩石的基本物理性质 .....	102	本章小结 .....	139
4.6.2 岩石的水理性质 .....	103	习题 .....	140
4.6.3 岩石的力学性质 .....	104	参考文献 .....	141
4.7 岩体的结构特征 .....	105	<b>第6章 不良地质作用</b> .....	<b>142</b>
4.7.1 结构面类型及其特征 .....	106		
4.7.2 结构体的类型及其特征 .....	107		
4.7.3 岩体结构类型划分 .....	107		
4.8 岩体的力学性质 .....	108		

6.1 滑坡与崩塌 .....	143	7.5 水利水电工程地质问题 .....	196
6.1.1 滑坡 .....	143	7.5.1 水坝类型及其对工程地质条件的要求 .....	197
6.1.2 崩塌 .....	149	7.5.2 库岸稳定问题 .....	199
6.2 泥石流 .....	150	7.5.3 库区浸没问题 .....	200
6.2.1 泥石流的基本特征 .....	150	7.5.4 库区淤积问题 .....	201
6.2.2 泥石流的形成条件 .....	151	7.5.5 库坝区渗漏问题 .....	201
6.2.3 泥石流的分类 .....	152	本章小结 .....	202
6.2.4 泥石流的防治 .....	153	习题 .....	203
6.3 地面沉降与地裂缝 .....	153	参考文献 .....	203
6.3.1 地面沉降 .....	153	<b>第8章 岩土工程勘察</b> .....	204
6.3.2 地裂缝 .....	155	8.1 岩土工程勘察等级及勘察阶段划分 .....	205
6.4 地面塌陷 .....	157	8.1.1 岩土工程勘察等级 .....	205
6.4.1 采空塌陷 .....	157	8.1.2 岩土工程勘察阶段的划分 .....	207
6.4.2 岩溶塌陷 .....	159	8.2 岩土工程勘察方法 .....	209
6.5 地震 .....	161	8.3 工程地质测绘与调查 .....	211
6.5.1 地震的基本概念 .....	161	8.3.1 工程地质测绘与调查的范围、比例尺和精度 .....	211
6.5.2 地震成因类型及地震波 .....	162	8.3.2 工程地质测绘的内容 .....	212
6.5.3 地震的震级与烈度 .....	164	8.3.3 工程地质测绘的方法 .....	214
6.5.4 建筑工程的震害及防震原则 .....	165	8.4 工程地质勘探 .....	215
本章小结 .....	168	8.4.1 工程地质勘探的任务 .....	215
习题 .....	169	8.4.2 工程地质物探 .....	215
参考文献 .....	169	8.4.3 工程地质钻探 .....	217
<b>第7章 不同工程类型常见工程地质问题</b> .....	170	8.4.4 工程地质坑探 .....	218
7.1 工业与民用建筑工程地质问题 .....	170	8.5 现场原位测试 .....	218
7.1.1 区域稳定性问题 .....	171	8.5.1 静力载荷试验 .....	219
7.1.2 地基稳定性问题 .....	171	8.5.2 静力触探试验 .....	220
7.1.3 深基坑稳定性问题 .....	173	8.5.3 圆锥动力触探 .....	225
7.1.4 建筑物配置问题 .....	175	8.5.4 标准贯入试验 .....	227
7.1.5 地下水的腐蚀性问题 .....	175	8.6 现场检验与监测 .....	229
7.1.6 地基的施工条件问题 .....	175	8.7 岩土工程勘察纲要 .....	231
7.2 地下洞室工程地质问题 .....	176	8.8 岩土工程勘察成果报告 .....	232
7.2.1 围岩的变形与破坏 .....	176	8.8.1 工程地质图的编绘 .....	232
7.2.2 地下洞室总体位置的选择 .....	178	8.8.2 岩土工程勘察报告的编写 .....	235
7.2.3 地下洞室洞口位置选择 .....	179	本章小结 .....	239
7.2.4 地下洞室轴线位置选择 .....	179	习题 .....	240
7.2.5 地下洞室特殊工程地质问题 .....	183	参考文献 .....	240
7.3 道路桥梁工程地质问题 .....	184	<b>附录</b> .....	241
7.3.1 道路工程地质问题 .....	184	实验1 主要造岩矿物的鉴别 .....	241
7.3.2 桥梁工程地质问题 .....	189	实验2 常见岩石的鉴别 .....	244
7.4 边坡工程地质问题 .....	191	实验3 地质构造鉴别与地质图阅读 .....	247
7.4.1 边坡的变形破坏 .....	191		
7.4.2 边坡稳定性问题 .....	195		

# 绪论 第1章

## ■学习要点

- 了解地质学与工程地质学的研究范畴、相互关系
- 熟悉工程地质学的基本任务、研究内容和研究方法
- 重点掌握工程地质条件的概念、内涵及研究意义
- 重点掌握工程地质问题的概念、本质及研究方法，熟悉不同工程类型常见工程地质问题

## ■重点概要

- 地质学与工程地质学
- 工程地质学的研究内容和研究方法
- 工程地质条件与工程地质问题
- 人类工程活动与地质环境的关系

## 1.1 地质学与工程地质学

### 1. 地质学

地质学是一门关于地球的科学。它的主要研究对象是地球的固体表层——地壳，研究内容主要有以下方面：

- 1) 研究地壳的物质组成，由矿物学、岩石学、地球化学等分支学科承担。
- 2) 研究地壳及地球的结构特征，即研究岩石或岩石组合的空间分布，由构造地质学、区域地质学、地球物理学等分支学科承担。
- 3) 研究地球的历史以及栖居在地质时期的生物及其演变，由古生物学、地史学、岩相古地理学等分支学科承担。
- 4) 地质学的研究方法与手段的研究，如同位素地质学、数学地质及遥感地质学等。
- 5) 研究应用地质学的理论和方法，解决矿产资源勘查、地质灾害防治与地质环境保护等问题。

从应用方面来说，地质学对人类社会担负着重使命，主要有两方面：一是以地质学的理论和方法为指导，寻找各种矿产资源，这是矿床学、煤炭地质学、石油地质学等研究的主要内容；二是运用地质学的理论和方法研究建筑场地的地质环境条件，查明地质灾害的分布规律及发生发展过程，提出科学合理的地质灾害防治与地质环境保护对策措施，以确保工程建设及建

(构) 筑物的安全稳定性、经济合理性和运行正常, 这是工程地质学研究的主要内容。

## 2. 工程地质学

工程地质学是地质学的一个分支学科, 它研究的是与工程建设有关的地质问题, 是为工程建设服务的, 属应用地质学范畴。

世界上任何类型的建(构)筑物, 如工业民用建筑、铁路、公路、地下工程、机场工程、港口工程、管线工程及水利水电工程, 都是修建在地壳表层一定的地质环境之中, 工程建设与地质环境之间存在着相互制约、相互作用的关系, 一方面表现为地质环境以一定的作用影响工程建(构)筑物的安全性和正常使用; 另一方面, 建(构)筑物的兴建又反作用于地质环境, 使自然地质条件发生变化, 最终影响到建(构)筑物本身的安全稳定性和正常使用。工程地质学的研究对象就是工程建(构)筑物与地质环境之间的相互制约和相互作用, 促使二者之间矛盾的转化和解决。

工程地质学为工程建设服务是通过工程地质勘察实现的。通过勘察和分析研究, 阐明建筑地区的工程地质条件, 指出并评价存在的工程地质问题, 为建筑物的设计、施工和使用提供所需的地质资料。工程地质学为工程建设服务, 主要体现于服务各类工程建筑的规划、设计、施工和运营的全过程。

工程地质学的基本任务可概括为三方面: 一是区域稳定性研究与评价, 二是地基稳定性研究与评价, 三是地质环境保护与地质灾害防治。其具体任务包括:

1) 研究建筑地区工程地质条件, 指出有利因素和不利因素, 阐明工程地质条件的特征及其变化规律。

2) 分析存在的工程地质问题, 进行定性和定量评价, 预测发生的可能性、发生的规模和发展趋势, 得出确切结论。

3) 选择地质条件较为优越的建筑场地, 并根据场址的工程地质条件合理配置各个建筑物。

4) 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, 并提出对地质环境合理利用和保护的建议。

5) 提出改善、防治或利用有关工程地质条件, 加固岩土体和防治地下水的建议方案。

工程地质学把地质学的理论、方法应用于工程实际, 通过工程地质调查、勘察, 研究建筑场地的地形地貌、地层岩性及其工程地质性质、地质构造、水文地质和物理地质作用等工程地质条件, 预测和论证有关工程地质问题发生的可能性, 并采取必要的防治措施。

## 1.2 工程地质学的研究内容与研究方法

### 1. 工程地质学的研究内容

工程地质学的任务决定了它的研究内容, 并形成了各自的分支学科, 归纳起来主要有以下方面。一是岩土工程性质的研究, 研究岩土性质的形成及其在自然或人类活动影响下的变化, 由工程岩土学承担; 二是工程动力地质作用的研究, 即研究工程活动的主要工程地质问题、产生这些问题的工程地质条件、力学机制及其发展演化规律, 以便正确评价和有效防治它们的不良作用, 由工程地质分析原理承担; 三是工程地质勘察理论与方法研究, 即探讨调查研究方法, 以便有效查明有关工程活动的地质因素, 由岩土工程勘察承担; 四是区域工程

地质研究, 研究工程地质条件、工程地质问题的区域性分布规律和特点, 主要由区域工程地质学承担。除此外, 随着生产的发展和研究的深入, 一些新的分支学科(如环境工程地质、海洋工程地质等)正在形成。

## 2. 工程地质学的研究方法

工程地质学的研究对象是复杂的地质体, 研究方法包括地质分析法、模拟方法、实验和测试方法、计算方法等, 即通常所说的定性与定量相结合的研究方法。

(1) 地质分析法 即自然历史分析法, 是运用地质学的理论, 查明工程地质条件和地质现象的空间分布以及它在工程建筑物作用下的发展变化, 用自然历史的观点分析研究其产生过程和发展趋势, 进行定性的判断。它是工程地质研究的基本方法, 也是其他研究方法的基础。

(2) 模拟方法 可分为物理模拟(也称工程地质力学模拟)和数值模拟。通过地质研究, 深入认识地质原型, 查明各种边界条件, 在实验研究获得有关参数的基础上, 结合建筑物的实际作用, 正确地建立工程地质模型, 通过模拟, 再现和预测地质作用的发生和发展过程。

(3) 实验和测试方法 包括对岩土体特性参数的实验测定、对地应力的量级和方向的测试、对地质作用随时间延续而发展的监测等, 即通过室内或野外现场试验, 获取岩土的物理性质、水理性质、力学性质等数据。

(4) 计算方法 包括应用统计数学方法对测试数据进行统计分析, 利用理论或经验公式对已测得的有关数据进行验证, 从而定量地评价工程地质问题。

计算机在工程地质学领域中的应用, 不仅使过去难以完成的复杂计算成为可能, 而且能够对数据资料进行自动存储、检索和处理, 使计算过程变得简单。

## 1.3 工程地质条件与工程地质问题

### 1.3.1 工程地质条件

工程地质条件是指与工程建筑有关的地质要素的综合, 包括地形地貌、岩土类型及其工程地质性质、地质结构、水文地质条件、不良地质作用以及天然建筑材料六个要素。工程地质条件是一个综合概念, 在提到工程地质条件一词时, 实际上是指上述六个要素的总体, 而不是指任何单一要素。单独一两个要素不能称为工程地质条件, 而只能按本身应有的术语称之。

工程地质条件是客观存在的, 是在自然地质历史发展演化过程中形成的, 而不是人为造成的。一个地区的工程地质条件反映了该地区地质发展过程及其后生变化, 即内外动力地质作用的性质和强度。工程地质条件的形成受大地构造、地形地貌、气候、水文、植被等自然因素的控制。

由于各地的自然因素和地质发展过程不同, 其工程地质条件也不尽相同, 表现为其六个要素的组合情况不同, 以及要素的性质、主次关系的差异。工程地质条件各要素之间既是相互联系, 又是相互制约的, 这是因为它们受着同一地质发展历史的控制, 形成一定的组合模式。例如, 平原区必然是碎屑物质的堆积场所, 土层较厚, 基岩出露较少, 地质结构比较简

单, 物理地质作用也较弱, 地下水以孔隙水为主, 天然建筑材料土料丰富, 但石料缺乏。不同的模式下建筑的适宜性相差甚远, 存在的工程地质问题也不一致。

由上述可知, 认识工程地质条件必须从基础地质入手, 了解地区的地质发展历史、各要素的特征及其组合规律, 这对于解决实际问题是大有助益的。工程地质条件是在自然地质历史发展演化过程中客观形成的, 因此必须依据地质学的基本理论采用自然历史分析方法去研究它。

工程地质条件的优劣在于其各个要素是否对工程有利。首先是岩土类型及其性质的好坏。坚硬完整的岩石, 如花岗岩、厚层石英砂岩、花岗片麻岩等, 强度高, 性质良好; 页岩、岩、泥质胶结的砂砾岩, 以及遇水膨胀、易溶解的岩类, 软弱易变形, 性质不良, 断层岩和构造破碎岩更软弱, 这类岩石都是不利于地基稳定的, 成为岩体研究中的重点。土中的特殊土如黄土、膨胀土、淤泥等也是不利因素, 需要特别注意。岩土体性质的优劣对建筑物的安全性和经济性具有重要意义。

地形地貌条件对建筑场地的选择, 特别是对线性工程, 如铁路公路、运河渠道等的线路方案选择意义最大。如能合理利用地形地貌条件, 不但能大量节省挖填方量, 节约投资, 而且对建筑物群体的合理布局、结构形式、规模及施工条件等有直接影响。例如, 施工场地是否足够开阔、材料运输道路是否方便等都取决于地形地貌条件。

地质结构包含了地质构造、岩土体结构及地应力等方面, 是一项具有控制性意义的要素, 对岩体尤为重要。地质构造确定了一个地区的构造格架、地貌特征和岩土分布。断层, 尤其是活断层, 对工程建筑的危害最大, 在选择建筑物场地时, 必须注意断层的规模、产状及其活动情况。土体结构主要是指不同土层的组合关系、厚度及其空间变化。岩体结构除岩层构造外, 更主要的是各种结构面的类型、特征和分布规律。不同结构类型的岩体其力学性质和变形破坏的力学机制是不同的。结构面越发育, 特别是含有软弱结构面的岩体, 其性质越差。

水文地质条件是影响工程地质条件优劣的重要因素。地下水位过高不利于工程的地基处理及施工。地下水的盲目、过量开采, 可能引起地下水漏斗的出现, 甚至引发地面沉降, 江水、海水倒灌或地表积水等, 都会给工程建设带来不利影响。其次, 边坡失稳、地下建筑事故、水库渗漏、坝基渗透变形等许多工程地质问题的产生都与地下水有关, 甚至是主导作用。

不良地质作用是指对建筑物有影响的自然地质作用。地壳表层受到内力地质作用和外力地质作用的影响, 有时会对建筑安全造成很大威胁, 其造成的破坏往往是大规模的, 甚至是区域性的。例如, 地震的破坏性很大; 滑坡、泥石流、崩塌等灾害的发生也给工程和环境造成无穷的灾难。在这些不良地质作用面前, 只考虑工程本身的坚固性是不行的, 必须充分注意其周围不良地质作用的类型、特征对工程的安全有何影响, 如何防治。只要注意研究其发生发展的规律, 及时采取措施, 不良地质作用是可以防治的。

天然建筑材料是指供建筑用的土料和石料。土坝、路堤需用大量土料, 海堤、石桥、堆石坝等需用大量石料, 拌和混凝土需用砂、砾石作为骨料。为了节省运输费用, 应该遵循“就地取材”的原则, 用料量大的工程尤其应该如此。所以天然建筑材料的有无, 对工程的造价有较大的影响, 其类型、质量、数量及开采运输条件, 往往成为选择场地、拟定工程结构类型的重要条件。

工程地质条件直接影响工程建筑物的安全性、经济性和正常运行。所以, 任何类型的工程建设, 在规划、设计和施工前必须进行工程地质勘察, 查明建筑场地的工程地质条件。

### 1.3.2 工程地质问题

工程地质问题是指工程地质条件与建筑物之间相互作用所产生的矛盾或问题，或对建筑本身的顺利施工和正常运行造成影响，或对周围地质环境产生影响。优良的工程地质条件能够适应建筑物的安全性、经济性和正常使用，其矛盾不会激化到对建筑物造成危害。然而，工程地质条件往往是有一定缺陷的，建筑物的修建常常会打破原有地质环境的平衡，从而对建筑物产生严重的、甚至是灾难性的危害。

工程地质问题是工程地质条件与工程建筑物之间相互作用所产生的问题，因此提到工程地质问题时，必须结合具体的建筑类型、建筑规模来考虑。由于建筑物的类型、结构和规模不同，其工作条件和工程作用力的大小、方向各异，与地质环境相互作用的特点也不同，因此，产生的工程地质问题也不同，这就造成工程地质问题的复杂性和多样性。例如，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；当其建于地下则有围岩（土）稳定性问题，建于山坡上则有斜坡稳定性问题。高层建筑可能遇到的工程地质问题较多，包括深基开挖和支护、施工降水、坑底回弹隆起及坑外地面位移等问题。道路工程遇到的主要工程地质问题是路基稳定性问题、边坡稳定性问题、道路冻害问题、桥墩台地基稳定性问题等。隧道及地下工程遇到的工程地质问题主要是围岩稳定性问题和涌水问题。水利水电工程可能遇到的工程地质问题有水库渗漏问题、库岸稳定性问题、水库浸没问题、水库淤积问题、水库诱发地震问题、坝基抗滑稳定问题、坝基渗漏问题、坝基渗透稳定性问题、坝肩稳定性问题、船闸高边坡稳定性问题、输水隧洞围岩稳定性问题等，除此之外，还有洞口边坡稳定、地面变形和施工涌水等问题。工程地质问题除与工程类型有关外，还与一定的岩土体类型和工程性质有关，如黄土的湿陷性问题、软土的强度问题、岩石的风化问题、岩溶塌陷问题、构造裂隙的破坏问题等。

工程地质问题分析就是分析工程建筑与工程地质条件之间相互制约、相互作用的机制与过程、影响因素、边界条件等，在此基础上做出定性评价，并利用各种参数和计算公式进行计算，做出定量评价，明确作用强度或工程地质问题严重程度，发生发展进程，预测工程建筑施工过程中和建成以后这种作用会产生的影响，做出评价，以供设计和施工参考，共同制定防治方案，以保证建筑物的安全性，消除对周围环境的危害。

工程地质问题的分析、评价是岩土工程勘察的核心任务和中心环节，每一项工程进行岩土工程勘察时，对主要的工程地质问题必须做出确切的评价。对工程地质问题的分析、研究和论证，关键是对工程地质条件的深入了解和认识，同时又要密切结合工程建筑的自身特点予以论证。工程地质问题分析要“吃透两头”：一头是“工程意图”，即工程设计人员对建筑物的结构和规模的构想，以便了解工程的要求；另一头是工程地质条件，分辨有利与不利因素，深刻认识客观情况。工程地质问题分析还能够起到指导勘察的作用，为合理选用勘察手段、布置勘察工作量提供依据。

## 1.4 工程地质与工程建设

### 1. 建筑场地

建筑场地是指工程建设直接占有并直接使用的有限面积的土地，大体相当于厂区、居民

点和自然村的区域范围的建筑物所在地。从工程勘察角度分析,场地的概念不仅代表着所划定的土地范围,还涉及建筑物所处的工程地质环境与岩土体的稳定性问题。

## 2. 地基与基础

任何一种建筑物都是由上部结构和下部结构(基础)组成的,其全部荷载均由下面的地基来承担(图 1-1)。

基础是建筑物的地下部分,又称为下部结构。基础承受着整个建筑物的重量并将它传递给地基。因此,基础具有“承上传下”的作用。按基础的埋置深度,将基础分为浅基础和深基础。浅基础是指基础的埋置深度小于 5m,包括单独基础、条形基础、筏形基础、箱形基础、大块基础和壳体基础等。深基础是指基础的埋置深度等于或大于 5m,包括沉井、沉箱、桩基础和地下连续墙等。一般情况下,天然地基上的浅基础是最经济的,是设计时首先考虑的方案,而对于高层建筑来说深基础更能保证建筑物的稳定性,但造价高、施工复杂。

地基是承受建筑物全部重量的那部分岩土层,因荷载作用这一范围内的岩土体的原始应力状态发生了变化。地基一般包括持力层和下卧层。直接与基础接触的岩土层叫持力层,持力层下部的岩土层叫下卧层。

地基可以分为天然地基和人工地基。天然地基是指基础直接置于未经加固的天然地层上的地基,人工地基则是指事先经人工加固、强化处理的地基。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地基承载力和地基稳定性。

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。

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。在工程勘察中,在对场地地层结构及岩土物理力学性质详细了解的基础上,选择承载力高、变形小的岩土层为持力层。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,常常选择深基础或桩基;当持力层深度过大时,常常对上部软土层加固后作为地基使用。

## 3. 地基承载力

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,地基与基础设计必须满足两个基本条件: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允许变形值,保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用。良好的地基一般具有较高的强度和较低的压缩性。岩土工程勘察报告中要提供建筑场地岩土层的地基承载力值。

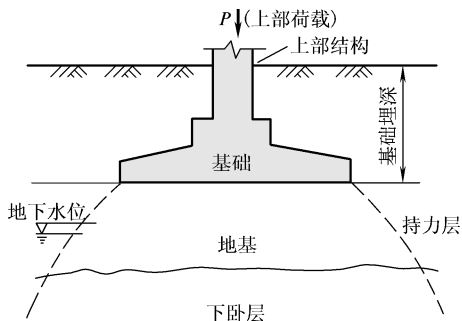


图 1-1 地基及基础示意图

#### 4. 工程地质在工程建设中的作用

在进行工程建设时,无论是总体布局阶段,还是个体建筑物设计、施工阶段,都应进行相应的岩土工程勘察工作。总体规划布局阶段应进行区域性工程地质条件和地质环境的评价;场地选择阶段应进行不同建筑场地工程地质条件的对比,选择最佳的工程地质条件场址方案;在选定场地进行个体工程设计和施工阶段,应进行工程地质条件的定量分析和评价,提出适合地质条件和环境协调的建筑物类型、结构和施工方法等方面的建议,拟定改善和防治不良地质作用 and 环境保护的工程措施等。

为了做好上述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、室内实验与原位测试、观测与监测、理论分析等手段获得必要的工程地质资料,并结合具体工程的要求进行研究、分析和判断,以查明工程地质条件,分析论证工程地质问题,提出相关建议。鉴于工程地质工作对工程建设的重要作用,我国规定任何工程建设必须在进行相应的工程地质工作,提供必要的地质资料的基础上,才能进行工程设计和施工工作。工程实践经验表明,岩土工程勘察工作做得好,设计和施工就能顺利进行,工程设施的安全使用就有保证。反过来,若忽视场地与地基的岩土工程勘察,就可能对工程产生不同程度的影响,轻则修改设计方案、增加投资、延误工期,重则出现建筑物部分或完全不能使用,甚至突然破坏,酿成事故。

对于每一项工程建设来说,在岩土工程勘察中所掌握的工程地质条件,都是在工程兴建前的初始地质条件。很多情况下,在建筑物的施工和使用过程中,即在人类土木工程建设活动的影响下,初始条件将会发生很大的变化,如地基土的压密、土的结构和性质的改变、地下水位的上升或下降、新的地质作用的产生等。由人类工程活动引起的工程地质和水文地质条件的变化,在工程地质学中用工程地质作用这一专门的术语来表示。反过来讲,工程地质作用也势必对建筑物施加影响,而有些影响是很不利的。因此,预测工程地质作用的发展趋势及可能危害的程度,提出控制和克服其不良影响的有效措施,也是工程地质学的主要任务之一。

### 1.5 人类工程活动与地质环境的关系

人类工程活动都是在一定的地质环境中进行的,两者之间必然产生特定方式的相互关联,表现为人类工程活动与地质环境之间的相互制约、相互作用的关系。

#### 1. 地质环境影响人类工程活动

地质环境对人类工程活动的影响是多方面的,主要表现在工程地质条件各个要素的优劣及其是否对工程活动有利。一方面表现为地质环境以一定的作用影响工程建筑物的稳定和正常使用;另一方面表现为地质环境以一定的作用影响工程活动的安全;还表现为由于某些工程地质条件不具备而使得工程造价提高,造成经济上的不合理性。

地质环境影响工程造价可以通过两种方式:一种是由于建筑场地选择不当,为了在复杂条件下保证建筑物的安全,要么对威胁建筑物的地质因素采取某些处理措施,要么采用更复杂的建筑物结构。从当今科学技术发展水平来看,可以说工程上没有什么困难是不能克服的,经过工程技术处理,地质上的缺点和弱点总是可以改善的,建筑物的安全总是可以得到保证的,这里就有个经济效益问题,不能不予考虑。在工程建设上,这就叫作经济合理性。

另一种情况是选择了当地不能提供充分天然建筑材料的建筑物形式。

例如,某地兴建一个工厂,由于前期岩土工程勘察工作不够充分,把厂址放在洪积扇地下水溢出带上。这种地带的工程地质特征是地下水位高,地基土体位于地下水位以下,土体结构表现为层较多,有时甚至夹有淤泥层。在饱和状态下这类土层呈现塑流状态,承载力很低。修建过程中地基排水和处理工作量很大,造价较高。建成后主要建筑物生产厂房地基沉降量过大,超过允许沉降值,以致机器不能正常运转,不得不采用昂贵的电动硅化法加固地基。其他方面也出现了一系列事故,做了一些处理,但仍不能保证持续的生产,损失巨大。

工程地质工作的最大意义就在于既保证建筑物的安全,又能尽可能利用有利的地质因素,避开不利因素,以减少昂贵的处理措施,降低工程的投资,取得最大的效益。

## 2. 人类工程活动对地质环境的作用

人类工程活动与地质环境的相互作用表现为双向效应,即人类工程活动会以各种方式反作用于地质环境,引起自然地质环境的变化。一方面影响到建筑物本身的安全性、稳定性和正常使用;另一方面恶化周围环境,对人类生活与生产活动造成危害。

人类工程活动对地质环境的作用,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、坝体受水体的水平推力、开挖边坡和基坑形成的卸荷效应、地下洞室开挖对围岩应力的影响,都会使岩土体内的应力状况发生变化,造成变形甚至破坏。建筑物的施工和运营经常引起地下水的变化,给工程和环境带来危害,诸如岩土体的软化泥化、地基砂土液化、道路冻害、水库浸没、坝基渗透变形、隧道涌水等。

人类工程活动可恶化地质环境,诱发地质灾害,对人类生命财产造成危害或潜在威胁。地质灾害类型繁多,主要有滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷、黄土湿陷、溯源侵蚀、水库诱发地震、渗透变形、砂土液化、岩爆、瓦斯突出等。

由此可见,人类工程活动与地质环境二者相互作用、相互制约。建(构)筑物在兴建前必须研究能否适应它所处的地质环境,要分析兴建之后它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(构)筑物自身的稳定性的危害,对此做出评价,并研究消除危害的措施;还要预测这些变化对建(构)筑物周围环境的影响,也要做出评价,并制定保护环境的对策。工程地质研究的目的在于合理开发利用地质环境和治理、保护地质环境。

## 本章小结

(1) 地质学是一门关于地球的科学,它的研究对象主要是地球的固体表层地壳。工程地质学是研究与工程建设有关的地质问题的科学,是地质学的重要分支学科,包括工程岩土学、工程地质分析原理、岩土工程勘察三个基本部分。

(2) 工程地质研究的主要任务是评价工程地质条件,论证和预测有关工程地质问题,提出改善、防治或利用有关工程地质条件的措施,研究岩土体分类、分区及区域性特点,及研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用与影响。工程地质学为工程建设服务是通过岩土工程勘察来实现的。

(3) 工程地质学的研究方法是包括地质分析法、实验和测试方法、计算方法和模拟方法等方法的密切结合,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。

(4) 工程地质条件是指与工程建筑有关的地质要素的综合,包括地形地貌、岩土类型及其工程地质性质、地质结构与地应力、水文地质条件、物理地质作用以及天然建筑材料六个要素。工程地质问题是指工

程建（构）筑物与岩土体之间相互作用所产生的对建（构）筑物本身的顺利施工和正常运行或周围环境的矛盾或问题。

（5）工程地质问题的分析、评价是岩土工程勘察的核心任务和中心环节，每一项工程进行岩土工程勘察时，对主要的工程地质问题必须做出确切的评价结论。对工程地质问题的分析、研究和论证，其关键是对工程地质条件的深入了解和认识，同时又要密切结合工程建筑的自身特点予以论证。

（6）基础是建筑物的地下部分，又称下部结构。地基是承受建筑物全部重量的那部分岩土层。地基一般包括持力层和下卧层，直接与基础接触的岩土层叫作持力层，持力层下部的岩土层叫作下卧层。地基是否具有支承建筑物的能力，常用地基承载力来表达，包括强度和变形两个方面。

（7）人类工程活动与地质环境之间存在着相互作用、相互制约的关系。一方面表现为地质环境以一定的作用影响工程建筑物的稳定和正常使用，影响工程活动的安全，或造成工程造价提高；另一方面，人类工程活动又会以各种方式反作用于地质环境，引起自然地质环境变化，影响建筑物本身的安全性、稳定性和正常使用，或造成地质环境的恶化。

## 习 题

1. 简述工程地质学与地质学的相互关系。
2. 工程地质学的主要任务与研究方法包括哪些方面？
3. 什么是工程地质条件？它包括哪些要素？
4. 什么是工程地质问题？常见工程地质问题有哪些？
5. 简述工程地质问题分析论证的基本思路。
6. 简述人类工程活动与地质环境之间的关系。

## 参 考 文 献

- [1] 唐辉明. 工程地质学基础 [M]. 北京：化学工业出版社，2008.
- [2] 张咸恭，王思敬，张倬元. 中国工程地质学 [M]. 北京：科学出版社，2000.
- [3] 王贵荣. 岩土工程勘察 [M]. 西安：西北工业大学出版社，2007.
- [4] 杨德智. 工程地质学 [M]. 北京：冶金工业出版社，2014.
- [5] 杨志双，秦胜伍，李广杰. 工程地质学 [M]. 北京：地质出版社，2011.

### ■学习要点

- 了解地球的圈层结构，了解地质年代划分及地质年代表
- 掌握地质作用、地貌的概念、类别及特征
- 了解矿物的概念、形态、性质及鉴别方法，掌握主要造岩矿物的特征
- 了解岩石的概念、种类，掌握常见岩石的成分、结构、构造、成因等特征

### ■重点概要

- 地壳及地质年代
- 地质作用
- 地貌
- 主要造岩矿物
- 岩石

### ■相关知识链接

- GB/T 17412.1—1998 岩石分类和命名方案 火成岩岩石分类和命名方案
- GB/T 17412.2—1998 岩石分类和命名方案 沉积岩岩石分类和命名方案
- GB/T 17412.3—1998 岩石分类和命名方案 变质岩岩石分类和命名方案
- GB/T 14498—1993 工程地质术语

## 2.1 地壳及地质年代

### 2.1.1 地球的圈层结构

地球是一个由不同状态与不同物质的同心圈层组成的球体。这些圈层可以分为内部圈层与外部圈层，即内三圈与外三圈。其中外三圈由大气圈、水圈和生物圈组成，内三圈由地壳、地幔、地核组成，类似于鸡蛋的构成，如图 2-1 所示。

#### 1. 地壳

固体地球的外部圈层称为地壳。它的密度为  $2.7\sim 2.9\text{g}/\text{cm}^3$ ，由地表所见到的各种岩石组成。位于大陆的大陆地壳（陆壳）厚度大，平均为  $33\sim 35\text{km}$ ，

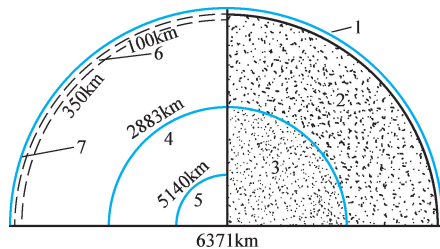


图 2-1 地球内部圈层

1—地壳 2—地幔 3—地核 4—液态外部地核  
5—固态内部地核 6—软流圈 7—岩石圈