

全国普通高等院校**土木工程类**  
**实用创新型**系列规划教材

# 工程地质学

时 伟 主 编  
李伍平 陈启辉 副主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

P642

31

2007

全国普通高等院校土木工程类**实用创新型**系列规划教材

---



# 工程地质学

时 伟 主编

李伍平 陈启辉 副主编

**科学出版社**

北 京

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了工程地质学的基本原理、地质作用以及土木工程中的地质问题的评价和对策等。内容包括岩石的成因类型及其工程地质性质、地质构造与岩体结构、土的成因类型及其工程地质性质、地下水、常见的不良地质现象及其防治、不同类型工程的地质问题评价及处理、工程地质勘察。本书共分8章,每章均附有较全面、详细的思考题,书末附有岩土体的室内试验和原位试验以及工程地质实习指导。

本书可作为普通高等院校土木工程、道路、桥隧交通以及海岸工程等专业教学用书,亦可供工程地质、水文地质、土建工程等相关专业的科技人员参阅。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程地质学 / 时伟主编. —北京:科学出版社,2007  
(全国普通高等院校土木工程类实用创新型系列规划教材)  
ISBN 978-7-03-018081-0

I. 工… I. 时… II. 土木工程-工程地质-高等学校-教材  
IV. P642

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第111885号

责任编辑:何舒民 任加林 / 责任校对:刘彦妮  
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007年1月第一版 开本:787×1092 1/16  
2007年1月第一次印刷 印张:19 1/2  
印数:1—3 000 字数:460 000

定价:26.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154(HA03)

## 前 言

本书根据土木工程专业本科生的培养目标和培养规格的要求,为适应现代人才培养的需要而编写。

工程地质学不仅是土木工程专业一门重要的技术基础课,同时又是一门实践性很强的学科,在土木工程专业的人才培养中起着十分重要的作用。工程地质与土木工程密切相关,各类工程建设无不建造在地球的表面,工程建设的方式、规模和类型无不与建筑场地的地质环境相互作用,所以工程地质对土木工程影响很大。我国国土辽阔,地质条件复杂,岩土性质差异很大,因此工程地质学这门课显得更加重要和实用。近年来,随着技术的发展以及工程实践的不断深入,国内外在工程地质研究领域有了很大的发展,计算机的应用使复杂的分析计算得以实现,岩土工程原位测试技术也有了长足的进步,在理论分析、成果应用等方面积累了丰富的经验。

本书在编写过程中,力求做到叙述简明、重点突出,在少而精原则的基础上加强了地质学基础、地质作用以及工程地质问题评价与对策方面的理论和知识,注重培养学生理论与实践相结合的工程意识,并适当反映近年来国内外工程地质理论和实践的发展水平。本教材主要有两部分内容,第一部分系统阐述工程地质学的基本原理,第二部分是工程地质知识。全书共分8章,包括各种地质作用、岩土体的工程地质性质、土木工程中的工程地质问题评价及处理、工程地质勘察、室内及原位测试等内容。由于许多工程地质问题的定量分析将在土力学、岩石力学等有关课程中介绍,为了避免重复,本书对定量分析内容只作简略介绍。为便于读者复习和练习,各章均附有思考题。

本书编写分工如下:第一章、第八章第五节、附录一、附录二由青岛理工大学时伟编写;第三章、第六章由广州大学李伍平编写;第四章、第七章第一至四节由山东建筑大学陈启辉编写;第五章、第八章由东北林业大学刘红军编写;第二章、第七章第五至八节由青岛理工大学章伟、中国海洋大学林霖编写。全书由时伟统稿。

在本书的编写过程中,得到了许多教师和勘察设计单位的关心和支持,他们为本书的写作提出了许多宝贵的意见,在此表示感谢。在统稿过程中,研究生杨春燕、马立博、孙瑜、张立伟协助主编做了大量的文字和图件处理工作,在此特向他们表示感谢。

由于编者水平有限,加上时间较为仓促,书中不足和疏漏之处在所难免,恳请读者不吝赐教,批评指正。

# 全国普通高等院校土木工程类实用创新型 系列规划教材

## 编 委 会

**主 任** 霍 达

**副主任** (按姓氏笔画排序)

周 云 阎兴华 童安齐

**秘书长** 张志清

**委 员** (按姓氏笔画排序)

白晓红 石振武 刘继明 何淅淅 何舒民

张文福 张延庆 张志清 沈 建 周 云

周亦唐 宗 兰 徐向荣 阎兴华 翁维素

傅传国 程赫明 韩建平 童安齐 雷宏刚

霍 达

# 目 录

## 前言

<b>第一章 绪论</b> .....	1
1.1 工程地质学及其任务 .....	1
1.2 工程地质在土木工程建设中的作用 .....	2
1.3 工程活动与地质环境 .....	3
1.4 本课程主要内容及学习要求 .....	4
1.5 本学科的发展概况 .....	4
思考题.....	5
<b>第二章 岩石的成因类型及其工程地质性质</b> .....	6
2.1 地壳与地质作用 .....	6
2.1.1 地球的构造 .....	6
2.1.2 地质作用 .....	7
2.2 主要造岩矿物.....	10
2.2.1 概述 .....	10
2.2.2 矿物的特征 .....	10
2.2.3 常见造岩矿物的肉眼鉴别.....	13
2.3 岩石的类型及其特征.....	13
2.3.1 岩浆岩 .....	13
2.3.2 沉积岩 .....	17
2.3.3 变质岩 .....	20
2.4 岩石的工程地质性质.....	22
2.4.1 岩石的物理、水理性质 .....	22
2.4.2 岩石的力学性质 .....	23
思考题 .....	26
<b>第三章 地质构造与岩体结构</b> .....	27
3.1 地质年代及其特征.....	27
3.1.1 相对地质年代 .....	27
3.1.2 绝对地质年代 .....	30
3.1.3 地质年代单位与年代地层单位 .....	31
3.1.4 地质年代表 .....	31
3.2 岩层产状及其测定.....	33
3.2.1 岩层的产状 .....	33
3.2.2 岩层产状的测定 .....	33

3.2.3	岩层产状的表示方法	34
3.3	褶皱构造	34
3.3.1	水平构造	35
3.3.2	单斜构造	35
3.3.3	褶皱构造	35
3.4	断裂构造	41
3.4.1	断裂构造的力学成因	41
3.4.2	节理	41
3.4.3	断层	47
3.5	新构造运动与活断层	53
3.5.1	新构造运动的概念和主要类型	53
3.5.2	活断层的定义及分类	53
3.5.3	活断层的活动方式	54
3.5.4	活断层的识别	55
3.5.5	活断层对工程建设的影响	56
3.6	地质图的阅读与分析	57
3.6.1	地质图的种类	57
3.6.2	地质图的内容	58
3.6.3	地质条件在地质图上的反映	59
3.6.4	阅读地质图的一般步骤	61
3.7	岩体结构特征	62
3.7.1	岩体与岩石的概念	62
3.7.2	结构面	63
3.7.3	结构体	66
3.8	岩体结构类型及其工程地质性质	67
3.8.1	岩体结构的概念、结构类型及其工程地质性质	67
3.8.2	风化岩体结构特征	69
3.8.3	软弱岩石(特殊岩类)及其工程评价	70
	思考题	74
<b>第四章</b>	<b>土的成因类型及其工程地质性质</b>	<b>75</b>
4.1	土的成因类型及其特征	75
4.1.1	残积土	76
4.1.2	坡积土	77
4.1.3	洪积土	77
4.1.4	冲积土	78
4.1.5	湖泊沉积物	78
4.1.6	海洋沉积物	79
4.1.7	风积土	79

4.1.8	冰碛土 .....	79
4.2	土的工程地质性质 .....	79
4.2.1	土的物质组成 .....	79
4.2.2	土的物理性质、水理性质和力学性质 .....	87
4.3	土的工程分类 .....	96
4.3.1	岩石 .....	97
4.3.2	碎石土 .....	98
4.3.3	砂土 .....	98
4.3.4	粉土 .....	98
4.3.5	黏性土 .....	99
4.3.6	人工填土 .....	99
4.4	特殊土的主要工程地质性质 .....	100
4.4.1	淤泥类软土 .....	100
4.4.2	膨胀土 .....	101
4.4.3	红黏土 .....	101
4.4.4	黄土 .....	102
4.4.5	冻土 .....	103
4.4.6	分散性黏土 .....	104
4.4.7	膨润土 .....	104
4.4.8	盐渍土 .....	105
	思考题 .....	105
<b>第五章</b>	<b>地下水</b> .....	<b>106</b>
5.1	地下水概述 .....	106
5.1.1	地下水的来源及存在状态 .....	106
5.1.2	岩土的水理性质及指标 .....	107
5.1.3	含水层与隔水层 .....	108
5.1.4	地下水的形成条件 .....	108
5.2	地下水类型 .....	109
5.2.1	按埋藏条件分类 .....	109
5.2.2	根据含水层性质分类 .....	113
5.2.3	泉 .....	115
5.3	地下水运动的基本规律 .....	116
5.3.1	地下水的补给 .....	116
5.3.2	地下水的排泄 .....	117
5.3.3	地下水的径流 .....	118
5.3.4	渗透系数的测定及涌水量计算 .....	119
5.4	地下水的物理性质及化学成分 .....	124
5.4.1	地下水的物理性质 .....	125



5.4.2	地下水的化学成分	125
5.5	地下水与工程建设	127
	思考题	131
<b>第六章</b>	<b>常见的不良地质现象及其防治</b>	<b>132</b>
6.1	岩石风化	132
6.1.1	风化作用类型	132
6.1.2	岩石的风化程度与风化带	135
6.1.3	影响岩石风化的因素	136
6.1.4	岩石风化对工程的影响及处理对策	138
6.2	河流侵蚀	139
6.2.1	河流的侵蚀作用	139
6.2.2	河流阶地及其类型	142
6.2.3	河岸掏蚀破坏及防治	143
6.3	滑坡	144
6.3.1	滑坡的形态特征	144
6.3.2	滑坡分类	146
6.3.3	滑坡发生的机理	148
6.3.4	影响滑坡的因素	150
6.3.5	滑坡的力学分析	151
6.3.6	滑坡的识别与治理	153
6.4	崩塌和岩锥	156
6.4.1	崩塌和岩锥的概念	156
6.4.2	崩塌发生与发育条件	156
6.4.3	崩塌的防治	157
6.5	泥石流	158
6.5.1	泥石流的定义	158
6.5.2	泥石流的形成条件	158
6.5.3	泥石流的形成机制	159
6.5.4	泥石流的分类	160
6.5.5	泥石流的防治	162
6.6	地面沉降与地裂缝	162
6.6.1	地面沉降的概念	163
6.6.2	地面沉降的诱发因素	165
6.6.3	地面沉降的地质环境	166
6.6.4	地面沉降控制及治理	167
6.7	岩溶与土洞	169
6.7.1	岩溶与土洞的概念	169
6.7.2	岩溶的形态特征	169

6.7.3	岩溶和土洞的形成发育条件	171
6.7.4	岩溶和土洞的类型	173
6.7.5	岩溶的发育、分布规律与发育程度分级	174
6.7.6	岩溶与土洞的工程地质问题	176
6.7.7	岩溶和土洞的防治措施	177
6.8	地震及其效应	177
6.8.1	地震作用概念	178
6.8.2	成因类型	179
6.8.3	地震震级与地震烈度	180
6.8.4	地震效应及对土木工程的影响	183
	思考题	187
<b>第七章</b>	<b>不同类型工程的地质问题评价</b>	<b>189</b>
7.1	建筑工程地基稳定性问题	189
7.1.1	土质地基稳定性的工程地质问题	189
7.1.2	岩质地基稳定性的工程地质问题	195
7.2	边坡工程稳定性问题	206
7.2.1	边坡变形破坏的类型	206
7.2.2	天然营力因素对边坡稳定性的影响	209
7.2.3	边坡稳定性评价	210
7.3	基坑工程稳定性问题	215
7.3.1	概述	215
7.3.2	基坑支护结构的类型及适用条件	216
7.3.3	基坑工程事故原因分析	218
7.3.4	基坑稳定性分析	219
7.4	地下工程选址与稳定性问题	222
7.4.1	概述	222
7.4.2	洞室围岩稳定性因素分析	223
7.4.3	隧道及地下洞室围岩分类	226
7.4.4	隧道及地下洞室的选址与评价	227
7.5	道路桥梁工程选线与稳定性问题	228
7.5.1	概述	228
7.5.2	道路选线的工程地质论证	229
7.5.3	道路的主要工程地质问题	230
7.5.4	桥梁工程的主要工程地质问题	230
7.6	海港及离岸工程选址与防护问题	231
7.6.1	概述	231
7.6.2	海港工程的选址问题	231
7.6.3	海岸防护	232
7.6.4	海底滑坡	232

7.7	地下水的控制 .....	233
7.7.1	概述 .....	233
7.7.2	基坑工程的地下水控制 .....	233
7.7.3	边坡工程的地下水控制 .....	234
7.7.4	地下工程的地下水的控制 .....	236
7.8	环境工程地质问题 .....	236
7.8.1	概述 .....	236
7.8.2	当前的主要环境工程地质问题 .....	236
	思考题.....	239
<b>第八章</b>	<b>工程地质勘察</b> .....	<b>240</b>
8.1	概述 .....	240
8.1.1	工程地质勘察的任务和内容 .....	240
8.1.2	岩土工程勘察分级 .....	240
8.1.3	工程地质勘察阶段的划分 .....	241
8.2	工程地质勘察的主要方法 .....	243
8.2.1	研究已有资料 .....	243
8.2.2	工程地质测绘 .....	244
8.2.3	工程地质勘探 .....	246
8.2.4	工程地质试验 .....	252
8.2.5	工程地质长期观测 .....	253
8.3	工程地质勘察资料整理 .....	255
8.4	不同类型工程地质勘察要点 .....	258
8.4.1	城市规划与建设工程地质勘察 .....	258
8.4.2	建筑工程地质勘察 .....	259
8.4.3	道路工程地质勘察 .....	262
8.4.4	桥梁工程地质勘察 .....	263
8.4.5	地下工程地质勘察 .....	265
8.4.6	水利水电工程地质勘察 .....	266
8.4.7	港口工程地质勘察 .....	269
8.5	工程地质勘察资料的整理 .....	270
8.5.1	工程地质勘察报告书 .....	270
8.5.2	工程地质图、表 .....	271
8.5.3	勘察报告举例 .....	271
8.5.4	勘察报告的阅读和应用 .....	273
	思考题.....	274
<b>附录一</b>	<b>室内试验与原位测试</b> .....	<b>275</b>
<b>附录二</b>	<b>工程地质学实习指导</b> .....	<b>296</b>
	<b>参考文献</b> .....	<b>300</b>

# 第一章 绪 论

## 1.1 工程地质学及其任务

工程地质与土木工程密切相关,各类工程建设无不建造在地球的表面。地球的表层称为地壳,它是人类赖以生活和活动的场所,同时也是各种地质作用进行的场所。目前人类所能开采的矿产资源都埋藏于地壳上部的岩石圈内,地壳是建筑材料和矿产资源的主要来源地。地质学(geology)是研究地球的科学,是研究地球的形成、结构和发展规律并利用这些规律为人类社会服务的科学。因此地壳是地球科学研究的主要对象,它构成人类生存和工程建设的环境和物质基础。工程地质学(engineering geology)是介于地质学与工程学之间的一门独立的边缘交叉学科,是研究与解决工程建设有关的地质问题的学科,是地质学的一个分支。土木工程地质学则是研究与土木工程设计、施工和正常使用等有关的地质学问题的科学,是为了解决地质条件与人类工程活动之间矛盾的一门实用性很强的学科。地质学与工程相结合是工程建设的需要,现代工程建设对地质的要求越来越高,因此深入了解地质学知识是非常必要的。

工程地质学的任务是:①勘查和评价各类工程建设场地及小区的工程地质环境和工程地质条件;②预测和分析工程建设过程中及工程完工后,自然地质环境可能发生的变化,以及相互作用和相互影响;③选定最佳的工程建设场地;④提出防治不良地质作用应采取的工程技术措施;⑤为工程建设规划合理、设计可靠、施工顺利提供工程地质的各种技术数据和依据,确保各类工程建成后发挥设计功能,为人类造福。研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系,做到既能使工程建设安全、经济、稳定,又能合理开发和保护地质环境,这是工程地质学的基本任务。而在大规模地改变自然环境的工程中,如何按地质规律办事,有效地改造地质环境,则是工程地质学面临的主要任务。

工程地质学按其内容可分为工程岩土学(science of rock and soil)(例如土质学)、工程地质分析(the analysis of engineering geology)(例如工程动力地质学)、区域工程地质学(science of areal geology)、工程地质勘察(investigation)等基本部分,它们都已形成分支学科。工程岩土学的任务是研究岩、土的工程地质性质,研究这些性质的形成和它们在自然或人类活动影响下的变化。工程地质分析的任务是研究工程活动的主要工程地质问题,研究这些问题产生的地质条件、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影响。工程地质勘察的任务是探讨调查研究方法,查明有关工程活动的地质因素,调查研究和评价建筑场地和地基的工程地质条件,为工程选址、设计、施工提供所需的基本资料。

工程地质学研究的技术方法和手段主要有观察、测绘、勘探、现场原位试验和室内试样试验及测试工作等。此外,还有模型试验、地球物理勘探和测试,以及利用航空和遥感技术进行测绘、勘探和测试等方法。工程地质学的研究对象是复杂的地质体,对某一特定的

场地进行工程地质分析,其分析方法应是地质分析法与力学分析法、工程类比法与实验测试方法等的密切结合,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。要查明建设场地内工程地质条件的形成和发展,以及它在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的环境条件,了解地质历史发展过程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。其次,还要求对工程地质问题进行定量预测,阐明主要工程地质问题形成的机制,建立模型进行计算分析和预测。例如地基稳定性分析、地面沉降计算、地基液化判断计算等。当地质条件较复杂时,还可根据条件类似地区已有资料进行定量预测,这就是工程类比法。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、水理性质和力学性质数据。通过长期观测地质现象的发展规律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,才能取得科学可靠的结论,对可能发生的工程地质问题制定出合理的防治对策。

## 1.2 工程地质在土木工程建设中的作用

各种土木工程,如铁路、公路、桥梁、隧道、房屋、机场、港口、管道及水利等工程,都是修建在地表或地下的工程建筑。人类社会的一切建筑工程活动都是在地壳上一一定的地质环境中进行的。因此,建筑工程与地质环境之间也就产生了某种必然的联系并相互制约。这种制约一方面表现为地质环境可以影响建筑工程的稳定性和正常使用,危及人类工程活动的安全,或使建筑工程造价大大提高等,其影响程度则视地质环境的具体特点和建筑工程活动的方式、规模的不同而不同。另一方面,建筑工程活动反过来又会以各种方式影响地质环境,并因此而引发工程事故。工程地质学中地质因素对土木工程建设和有较大影响,因此把这些地质因素综合称为工程地质条件(geological condition),以明确地质条件与工程的关系。建筑场地及其邻近地区的地形地貌、场地及周围的岩土体类型和性质、地质构造、水文地质条件、各种自然地质作用与现象、天然建筑材料等都是工程地质条件所包含的因素。建筑物场地的地质环境和工程地质条件与工程的设计、施工和运营密切相关。

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、施工阶段都应当进行相应的工程地质工作。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,选择最佳工程地质条件的方案;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,从而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和环境保护的工程措施等。为了做好上述各阶段工程地质工作,必须通过地质调查测绘、勘探、试验、观测、理论分析等手段获得必要的地质资料,结合具体工程的要求进行研究、分析和判断,最终得出相应的结论。鉴于工程地质对工程建设的重要作用,国家规定任何工程建设必须在进行相应的地质工作、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。

对于每一项工程建设来说,在地质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。由人类工程活动而引起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(现象)这一专门的术语来表示。反过来讲,工程地质作用(现象)也势必对建筑物施加影响,而有些影响则是很不利的。因此,预测工程地质作用(现象)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。

### 1.3 工程活动与地质环境

工程建筑物都是营造在一定的场地与地基之上,工程建设的方式、规模和类型与建筑场地的地质环境相互作用。一方面,地质环境对工程活动的制约是多方面的,它可以影响工程建设的造价与施工安全,也可以影响工程建筑的稳定和正常使用。如在开挖高边坡时,忽视地质条件,可能引起大规模的崩塌或滑坡,不仅增加工程量,延长工期和提高造价,甚至危及施工安全。又如,在岩溶地区修建水库,若不查明岩溶情况并采取适当措施,轻则蓄水大量漏失,重则完全不能蓄水,使工程设施不能正常使用。再如,地基的好坏不仅直接影响到建筑物的经济和安危,而且一旦出现事故,处理起来难度较大。另一方面,工程活动也会以各种方式影响地质环境。如房屋引起地基土的压密沉降;桥梁使局部河段冲刷淤积发生变化;在城市过量抽取地下水,可能导致大规模的地面沉降;地下水开采、回灌等引起的来自自然环境中不良作用的污染;而大型水库对地质环境的影响,则往往超出局部场地的范围而波及广大区域,在平原地区可能引起大面积的沼泽化,在黄土地区可能引起大范围的湿陷,在某些地区还可能产生诱发地震等。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岩土工程的技术决策和实施方案。

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,如果忽视场地与地基的岩土工程勘察,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,重则出现建筑物部分或完全不能使用,甚至突然破坏,酿成事故。目前工程中存在这样的现状:重大工程建设中出现的灾害性事故,与工程地质有关的比例越来越大,除与工程地质勘察工作深度不够和质量不高有关外,还与设计、施工对工程地质勘察资料认识不足,设计方案、施工措施与地质条件针对性不强有关。因此在工程实践中地基基础事故较其他事故更多见,不少地区已有因不经勘察,盲目进行地基基础设计和施工而造成工程事故的实例。更常见的是,由于勘察不详而延误建设进度,浪费大量资金,甚至遗留后患。导致常见工程事故发生的主要原因有工程勘察、设计、施工、环境地质等多方面。

由于工程地质条件有明显的区域性分布规律,因而工程地质问题也有区域性分布的特点。工程地质问题是指工程建设所在地区的工程地质条件由于不能满足某种工程建设的要求,在建筑物的稳定、经济或正常使用方面常发生的问题。工程地质问题包括两个方面:一是区域(地区)稳定问题;二是地基稳定问题。不同工程对工程地质条件的要求各不

一样。即使是同一类型的建筑,其规模不同,要求也不尽相同。当我们谈论工程地质问题时,必须结合具体建筑类型、建筑规模来考虑。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问题,包括地基强度和地基变形两个方面。此外溶岩土洞等不良地质作用和现象都会影响地基稳定。铁路、公路等工程建筑最常遇到的工程地质问题是边坡稳定和路基稳定问题;水坝(闸)常遇到的是坝(闸)基的稳定问题,其中包括坝基强度、坝基抗滑稳定、坝基和坝肩的渗漏和稳定问题;隧道及地下工程常遇到的工程地质问题是围岩稳定和突然涌水问题等。工程地质问题除与工程类型有关外,还与一定的土和岩石的类型和性质有关,如黄土的湿陷问题、软土的强度问题、岩石的风化和构造裂隙的破坏问题等。

## 1.4 本课程主要内容及学习要求

我国地域辽阔,自然条件复杂,在工程建设中常遇到各类的自然条件和地质问题,为各类土木工程(工业与民用建筑、公路与桥梁、矿山、水利水电、港口工程等)服务的工程地质学知识均有其自身的特点。作为土木工程师,务必重视场地和地基的地质勘察工作,对勘察内容和方法要有所了解,以便正确地向勘察部门提出勘察任务和要求。为此,必须具备一定的工程地质的科学知识,并学会分析和使用工程地质勘察报告,只有这样才能正确处理工程建设与自然地质条件的相互关系,才能正确运用地质勘察数据和资料进行工程设计和施工。

本课程是土木工程专业的一门技术基础课,一般在土力学、岩石力学、基础工程学之前开设。与本课程密切相关的学科有土力学、岩石力学、水文地质学、基础工程学、施工技术、地下工程、岩土工程测试技术、地质力学模型试验、地震工程学等。本课程不同于传统的地质学课程,是地质学和工程学之间相互沟通的桥梁。地质学是本课程的基本内容,在学习中要了解地质的发生、发展规律和地质工作的方法,结合我国自然地质条件和房屋建筑、公路、桥梁与隧道等工程的特点,为学习专业课和开展有关科学研究提供必要的工程地质学的基础理论和知识,培养阅读地质图、分析地质条件的能力;了解工程勘察的内容和方法;同时,通过调查、搜集、分析和应用有关的地质资料,对一般的工程地质问题能进行初步评价,提出相应的工程处理措施。学习本课程最重要的是学会应用地质学知识对具体工程问题进行具体分析。

为了学好这门课程,应结合课堂理论教学和矿物、岩石的实验教学,通过地质踏勘和参观勘探现场,学习鉴别和认识常见的岩石和矿物,了解各类岩石形成的条件,了解地貌、地质构造、岩土类别和工程地质性质,以及初步进行工程评价的方法。学习中应引导学生避免死记硬背地质学术语,着重学习地质学与工程的关系,培养学生对地质学产生学习兴趣是教学成功的关键。课程的教学内容和时间可根据不同专业灵活调整,部分内容可以安排学生自学。

## 1.5 本学科的发展概况

随着技术的发展和研究的深入,一些新的分支学科也已形成,如环境工程地质、海洋工程地质与地震工程地质等。工程地质界提出的环境保护及其合理利用的理念,目前已由

方向性探讨发展到实质性研究。环境工程地质学开始向工程地质科学各领域渗透。环境工程地质学的基本观念是人类工程活动可显著地影响环境,既可恶化环境,亦能改善环境。近些年,我国在把数学、力学的理论和方法用于工程地质研究,使工程地质学与岩土体力学相结合的研究领域有了很大的发展,计算机的应用使复杂的分析计算得以顺利实现。岩土工程原位测试与现场监控技术有了长足进步,在测试仪器和方法、理论分析、成果应用等方面积累了丰富的经验。例如,土体原位测试中旁压试验仪器的改进;静力触探技术的发展;岩体变形试验中采用大面积( $d=1\text{m}$ )中心孔柔性承压板法和钻孔弹模计(可测100m厚度内岩体变形);岩体剪切试验中发展了现场三轴试验技术,并相应发展了三维数值模拟与物理模型相结合进行岩体强度预测等。人类工程活动与地质环境的密切相关性,已成为当今工程地质学研究的重要方向,相信工程建设活动将使地质环境的改变更适合人类生活。

### 思 考 题

- 1.1 什么是地质学和工程地质学?
- 1.2 什么是工程地质条件?
- 1.3 工程活动与地质环境怎样相互作用?



## 第二章 岩石的成因类型及其工程地质性质

### 2.1 地壳与地质作用

#### 2.1.1 地球的构造

##### 1. 地球的形状

地球是绕太阳旋转的九大行星之一,它是一个旋转椭球体。通过人造卫星观测及卫星轨道变化推算,地球赤道半径 6378.160km,两极半径 6356.755km,扁平率 1/298.25,表面积  $5.1007 \times 10^8 \text{km}^2$ ,体积  $1.0832 \times 10^{12} \text{km}^3$ ,其外形像一个“梨状体”,如图 2.1 所示。

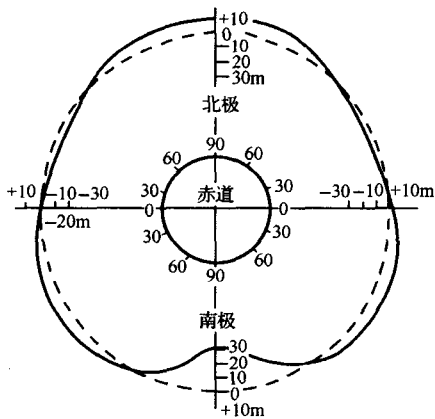


图 2.1 地球的形状

实线:大地水准面

虚线:理想椭球体

##### 2. 地球的圈层构造

研究资料表明,地球不是一个均质球体,而是具有明显圈层构造的球体。以地表为界可分为内圈和外圈。外部圈层指大气圈、水圈和生物圈;内部圈层分为地壳、地幔和地核。地核厚度为 3473km,占地球总体积的 16.2%,总质量的 31.4%,主要由铁和镍组成,平均密度为  $10.5 \text{g/cm}^3$ 。地幔是地壳和地核之间的过渡层,厚约 2900km,其体积约占地球总体积 82.3%,质量占 67.8%,是地球的主要部分。地幔又分为上地幔、下地幔。上地幔主要由铁、镁、硅酸盐类物质

组成,也称橄榄层;下地幔主要是由金属氧化物和硫化物组成。地壳表层是人类工程活动的场所,是工程地质学的主要研究对象。

地壳是地球表层的一个坚硬外壳,是由固体岩石组成。地壳的平均厚度为 17km,为地球半径的 1/400,地壳体积占地球总体积的 1.5%,占总质量的 0.8%。大陆地壳和大洋地壳在结构上有明显差异。大陆地壳比较厚,最厚的地方可达 70km,平均约为 35km;海洋地壳薄,最薄的不到 5km,平均只有 6km。

组成地壳的岩石除地壳最表层的沉积岩外,其余主要为岩浆岩。根据岩石的物质组成,地壳可分为两层:上部硅铝层(花岗岩层)和下部的硅镁层(玄武岩层)。大洋地壳一般缺乏硅铝层,硅镁层直接出露洋底。

组成地壳的化学元素有百余种,但各元素的含量极不均匀,其中氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢九种元素的含量占地壳总质量的 98%以上。地壳中的化学元素不是孤立静止地