

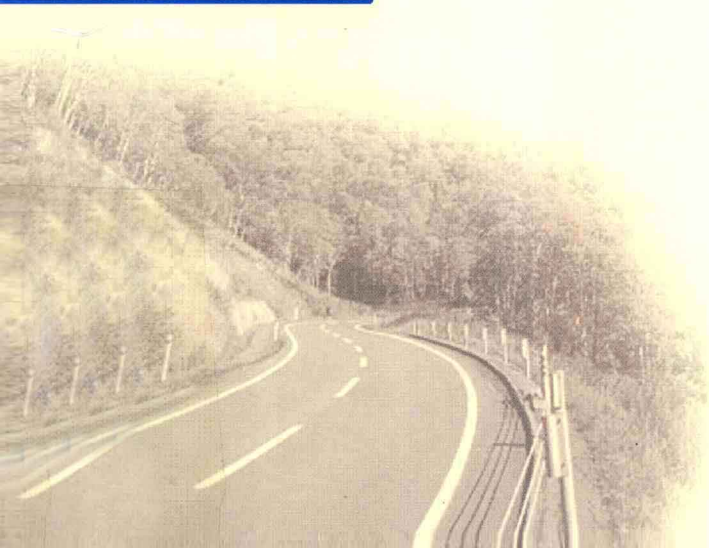
普通高等院校土木工程类「十二五」规划系列教材

PUTONG GAODENG YUANXIAO TUMU
GONGCHENG LEI SHIERWU GUIHUA XILIE JIAOCAI

工程地质与土力学

张永谋

主
编



西南交通大学出版社

普通高等院校土木工程类“十二五”规划系列教材

工程地质与土力学

Gongcheng Dizhi Yu Tulixue

张永谋 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

全书包含绪论、第一部分工程地质、第二部分土力学。其中第一部分工程地质分为6章,第1章为矿物与岩石,第2章为地质构造,第3章为第四纪地质及特殊土,第4章为地下水,第5章为自然地质作用及地质灾害,第6章为工程地质勘察。第二部分土力学分为8章,第7章为土的物理性质及分类,第8章为土的渗透性和渗流,第9章为地基中的应力计算,第10章为地基变形计算,第11章为土的抗剪强度,第12章为土压力与土坡稳定,第13章为地基承载力,第14章为基础设计与地基处理。本书文字简明、循序渐进、内容丰富、重点突出,有大量的实例图片,便于自学。

本书可作为给排水工程、工程管理、测绘工程和工程力学等本科专业的教材,也可供广大土木工程技术人員参考,亦可作为同专业的成人教育教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质与土力学 / 张永谋主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2011.4
普通高等院校土木工程类“十二五”规划系列教材
ISBN 978-7-5643-1131-5

I. ①工… II. ①张… III. ①工程地质—高等学校—教材②土力学—高等学校—教材 IV. ①P642②TU43

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第046868号

普通高等院校土木工程类“十二五”规划系列教材

工程地质与土力学

张永谋 主编

责任编辑	高平
特邀编辑	孙中华
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段111号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	18.875
字 数	470千字
版 次	2011年4月第1版
印 次	2011年4月第1次
书 号	ISBN 978-7-5643-1131-5
定 价	32.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

长期以来,教研组的同事们在为给排水工程、工程管理、测绘工程和工程力学专业本科生讲授工程地质和土力学方面的课程时,感到没有合适的教材既能涵盖工程地质、土力学,又能涉及到部分基础工程方面的内容。本教材编写的目的,就是为了满足这方面的需要。

本书力图考虑学科发展新水平,结合新规范、新规程,反映工程地质、土力学方面的成熟理论与观点。全书循序渐进、文字简明、概念清楚、重点突出、内容丰富、图文并茂,适当淡化了数学公式推导,注重内容实用性,对于各种理论和原理进行了与实际工程关系的说明。各章末附有思考题和习题,便于自学。

全书分为两部分。第一部分为工程地质(第1章至第6章),第二部分为土力学(第7章至第14章)。工程地质部分介绍矿物与岩石、地质构造、第四纪地质及特殊土、地下水、自然地质作用及地质灾害和工程地质勘察;土力学部分包含土的物理性质及分类、土的渗透性和渗流、地基中的应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度、土压力与土坡稳定、地基承载力、基础设计与地基处理。

本书由兰州交通大学土木工程学院岩土与地下工程系的栾红、夏琼、蒋代军、马学宁、张永谋编写。栾红编写第1章至第6章以及第7章中的第1、2、3节,夏琼编写第8章,蒋代军编写第9章、第11章,马学宁编写第12章,张永谋编写绪论以及第7章中的第4、5、6节、第10章、第13章、第14章。

本书除了可作为给排水工程、工程管理、测绘工程和工程力学专业本科生的教材之外,也可供土木工程类(工业与民用建筑、道路与桥梁工程、地下工程、铁道工程、岩土工程)、水利水电工程以及广大土木工程技术人员参考;也可作为相同方向的成人继续教育教材和参考书。

本书在编写过程中,得到兰州交通大学土木工程学院岩土与地下工程系众多老师的帮助和建议,在此表示感谢!对于书中所引用文献和研究成果的众多作者,也表示诚挚的谢意!

由于作者水平和时间有限,书中难免有疏漏欠妥之处,敬请广大读者批评斧正。

编 者

2010年12月

目 录

0 绪 论	1
0.1 工程地质学与土力学的研究对象和任务	1
0.2 本课程的基本内容与学习要求	5
0.3 工程地质学与土力学的发展简况	6
思考题	7
1 矿物与岩石	8
1.1 地球的基本知识	8
1.2 矿 物	9
1.3 岩 石	15
1.4 岩石的工程性质	25
思考题	28
2 地质构造	29
2.1 地质作用及地质年代	29
2.2 岩层的产状	33
2.3 地质构造	34
思考题	43
3 第四纪地质及特殊土	44
3.1 第四纪沉积层	44
3.2 土的工程地质分类	46
3.3 特殊土简介	48
思考题	55
4 地下水	56
4.1 概 述	56
4.2 地下水的物理性质和化学成分	56
4.3 地下水分类	58
4.4 地下水对土木工程的影响	62
思考题	65
5 自然地质作用及地质灾害	66
5.1 风化作用	66
5.2 地表流水的地质作用	69
5.3 地质灾害	72
思考题	81

6	工程地质勘察	82
6.1	概 述	82
6.2	工程地质勘察分级和阶段	82
6.3	工程地质勘察方法	84
	思考题	88
7	土的物理性质及分类	89
7.1	概 述	89
7.2	土的组成	89
7.3	土的三相比例指标	94
7.4	土的物理状态指标	101
7.5	土的压实性	103
7.6	土的工程分类	105
	思考题	108
	习 题	108
8	土的渗透性和渗流	110
8.1	概 述	110
8.2	土的渗透性	110
8.3	水在土中渗流的作用力和渗透破坏	118
8.4	二维稳定渗流与流网	123
	思考题	129
	习 题	129
9	地基中的应力计算	131
9.1	概 述	131
9.2	土中自重应力	131
9.3	基底压力和基底附加压力	134
9.4	地基附加应力	136
9.5	影响土中附加应力分布的因素	154
	思考题	156
	习 题	156
10	地基变形计算	158
10.1	概 述	158
10.2	土的压缩性	158
10.3	应力历史与土压缩性的关系	163
10.4	地基最终沉降量计算	167
10.5	饱和黏土地基渗透固结理论	177
	思考题	186
	习 题	186
11	土的抗剪强度	188
11.1	概 述	188

11.2	土的抗剪强度理论	188
11.3	土的极限平衡条件	190
11.4	抗剪强度指标的测定方法	192
11.5	饱和黏性土的抗剪强度	201
11.6	无黏性土的抗剪强度	204
11.7	影响抗剪强度的主要因素	205
	思考题	209
	习 题	210
12	土压力与土坡稳定	211
12.1	概 述	211
12.2	静止土压力计算	213
12.3	朗肯土压力理论	214
12.4	库仑土压力理论	219
12.5	几种常见情况的土压力	223
12.6	挡土墙设计	228
12.7	土坡稳定分析	237
	思考题	242
	习 题	242
13	地基承载力	243
13.1	概 述	243
13.2	地基的变形和失稳	244
13.3	按塑性变形区发展范围确定地基容许承载力	246
13.4	地基极限承载力	249
13.5	天然地基的容许承载力	257
	思考题	264
	习 题	264
14	基础设计与地基处理	266
14.1	浅基础的设计原理	266
14.2	桩基础的设计原理	273
14.3	地基处理	282
	思考题	291
	习 题	292
	参考文献	293

0 绪 论

0.1 工程地质学与土力学的研究对象和任务

工程地质学与土力学是研究地表及一定深度范围内岩石和土的工程性质的一门学科，它实际是两门不同性质、不同研究方法的学科。

工程地质学是地质学的一个分支，它是研究解决与各类工程建筑物的规划、勘测、设计、施工和运营中有关地质问题的一门学科，属应用地质学范畴。而土力学则是力学的一个分支，主要研究与工程建设有关的土的应力、变形、强度、渗流以及长期稳定性的一门学科。然而它们的研究目的又是相同的，即都是为了保证建筑物地基的土体、岩体稳定和建筑物的正常使用而提供可靠的地质论证和力学计算依据。因此这两门学科在工程实践中是互相依存、互相渗透、互相结合的。

0.1.1 工程地质学的任务及研究方法

地质学是研究地球的构造、物质成分、形成过程及其发展历史的一门自然综合学科。作为地质学的分支，工程地质学主要在研究地质环境对人类工程活动制约的基础上，重点研究人类工程活动对地质环境的影响效应，解决各类工程建设的稳定性问题，进而评价、预测、控制并规范人类工程活动行为，提高地质环境质量，减少地质灾害对人类的威胁，从而保证社会经济的可持续发展。

工程地质学的基本任务是：

- (1) 阐明工程建设地区的工程地质条件，并指出对工程建筑的兴建和运行有利和不利的因素；
- (2) 论证建筑物所存在的地质问题，进行定性和定量的评价，作出确切的结论；
- (3) 选择地质条件优良的建筑场址，并根据场址的地质条件合理配置各个建筑物；
- (4) 研究工程建筑物修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) 根据建筑场址的具体条件，提出有关建筑物规模、类型、结构和施工方法的合理建议，以及保证建筑物正常使用应注意的地质要求；
- (6) 为拟订改善和防治地质灾害的措施方案提供地质依据。

工程地质学的研究对象是复杂的地质体，其研究方法有地质分析法、力学分析法、工程类比法和实验法等，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。运用定性分析方法认识地质体的形成原因和预测其发展趋势；对一些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、地震液化可能性计算等；采用实验测试方法取得岩土的物理、水理力学性质数据来定量分析论证地质问题。

0.1.2 工程地质条件及工程地质问题

在工程地质学中对人类工程活动有影响的地质环境常用工程地质条件来描述。工程地质条件是一个综合性概念,是与工程建筑有关的地质条件的总称,其中的某一因素不能概括为工程地质条件。一般认为,工程地质条件包括工程建设地区的岩土工程地质性质、地形地貌、地质构造、水文地质条件、物理地质现象、地质物理环境(地应力及地热等)、天然建筑材料七个方面的因素。在不同地区、不同工程类型、不同设计阶段解决不同问题时,上述各方面的重要性并不是等同的,而是有主有次的。其中岩土的工程地质性质和地质构造往往起主导作用,但在某些情况下,地形地貌或水文地质条件也可能是首要因素。工程地质条件所包括的各方面因素是相互联系、相互制约的。因此,在解决工程建设中的地质问题时,应针对各方面因素综合分析论证。

人类的一切工程活动都是在一定的地质环境中进行的,地质环境和建筑物之间存在一定的相互关联和制约关系,地质环境对建筑物的制约影响其安全稳定和正常使用,建筑物又改变了地质环境的初始平衡,使其发生各种变化甚至恶化。

已有的工程地质条件在工程建设和运行(运营)期间产生一些新的变化和发展,构成威胁(影响)工程建筑物安全的地质问题称为工程地质问题。工程地质问题与工程建筑的类型和规模有着密切的关系。各类工程建筑物,由于其结构类型和工作方式不同,存在着各种各样的工程地质问题。主要的工程地质问题包括:地基的变形、强度和稳定问题(工业与民用建筑);斜坡稳定性问题;地下工程常遇到的是洞室围岩稳定、涌水及影响建筑施工的高地应力、高地热和有害气体问题、岩爆问题;而水利水电工程的工程地质问题则更为复杂多样,除与其他工程相类似的区域地壳稳定、坝基、边坡和地下洞室岩土体的稳定问题外,还有库坝区渗漏、水库库岸稳定、水库淤积、滨岸地区浸没、水库诱发地震等问题;在特殊土如黄土、软土、膨胀土、冻土等地区同样会遇到特殊的工程地质问题;区域稳定性问题(地震、震陷、液化以及活断层对工程稳定性的影响);环境工程地质问题(大量抽取地下水、石油及天然气而造成大范围地面沉降,采矿而产生的废矿渣的处理)。

在国外,由于工程地质问题而导致的建筑事故是不乏其例的。在坝建工程中,此类事故更是惨重。例如,1928年美国圣·弗兰西斯(St·Frantis)重力坝的失事,是由于坝基软弱岩层崩解冲刷和滑动引起的。1959年法国马尔帕塞(Malpasst)薄拱坝的溃决,则是由于坝的左翼片麻岩体沿着一个倾斜的软弱结构面滑动所致。1963年10月9日所发生的意大利瓦依昂(Vaiont)水库左岸大滑坡,更是举世震惊。瓦依昂双曲拱坝坝高261.6 m,是当时世界最高的大坝之一。当水库壅水至225.4 m时,左岸山体突然下滑,体积达 $(2.7 \sim 3.0) \times 10^8 \text{ m}^3$,滑速达28 m/s,水库中有 $5 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的水体被挤出,激起250 m高的巨大涌浪,高150 m的洪波溢过坝顶冲向下游,约有3 000人丧生。该水库开始蓄水时,就发现左岸山体蠕滑变形,但未引起水工人员的注意,随着库水位抬高,滑动面上孔隙水压力加大,从而导致整个山体下滑。在工业与民用建筑中,也有许多典型的地质事故。巴西1958年初刚建成的一座11层高层建筑,尚未使用即倾倒平躺在地上。其原因是支承该建筑物的钢筋混凝土桩长度不够,未能深入到沼泽土以下的硬土层中,致使地基承载力不足而不均匀沉降过大。

我国也有一些建筑工程因工程地质问题而造成了严重的事故。例如,1961年3月湖南资水柘溪水电站的近坝库岸滑坡,发生于震旦系板溪群砂质板岩中。由于水库蓄水,使同向坡的库岸边坡受孔隙水压力作用而失稳。滑坡体倾入水库中产生的涌浪溢过坝顶冲向下游,造成了生命财产的严重损失。1980年6月湖北远安盐池河磷矿的岩崩发生于震旦系灯影组厚层灰岩中。由于在灰岩下部较软弱的陡山沱组薄层白云质灰岩和页岩中开拓采掘巷道,引起岩体变形,使上部厚层灰岩中顺坡向陡倾节理被拉开,约100万 m^3 的岩体急速崩落,摧毁了矿务局和坑口全部建筑物,死亡约200多人。此外,我国近年来因物理地质作用造成的地质灾害频繁发生,它们都造成了严重的生命财产损失。例如,1978年唐山大地震,1981年成昆线利子依达沟(见图0.1)和辽东老帽山地区的泥石流,1983年甘肃东乡洒勒山大滑坡,1987年四川巫溪岩崩,2003年贵州三穗县平溪大滑坡(见图0.2),2008年四川汶川县里氏8.0级大地震,2010年甘肃舟曲特大山洪泥石流灾害等。

由此可见,为保证工程的正常施工、运行和生命财产的安全,工程地质学的任务是非常重要的。



图 0.1 成昆线利子依达沟泥石流

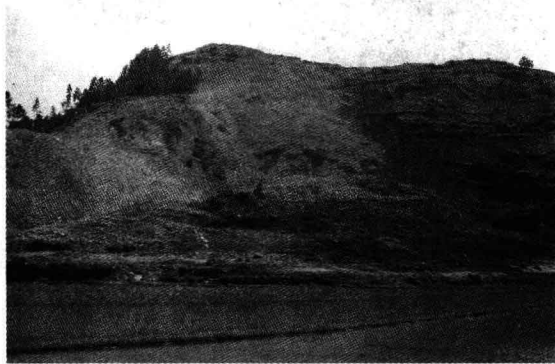


图 0.2 三穗县平溪大滑坡

0.1.3 土力学的研究对象与任务

土力学的研究对象是组成地基的土,是专门解决工程中有关土的问题的学科。

由于建筑物的修建,使一定范围内地层的应力状态发生变化,这一范围内的地层称为地基(Ground)。所以地基就是承担建筑物荷重的土体或岩体。与地基接触的建筑物下部结构称为基础(Foundation)。一般建筑物由上部结构和基础两部分组成。建筑物的上部结构荷载通过具有一定埋深的基础传递扩散到土中间去。基础一般埋在地面以下,起着承上启下传递荷载的作用。图0.3表示了上部结构、基础和地基三者的关系。

土是岩石风化的产物,其性质复杂多变。修筑工程建筑物时,土作为地基或建筑材料使用以及充当周

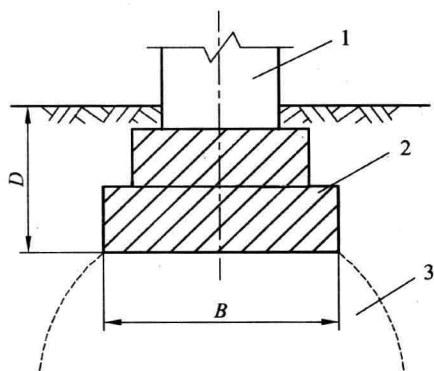


图 0.3 上部结构、基础与地基示意图

1—上部结构; 2—基础; 3—地基

围介质,都必须全面研究分析土的物理力学性质和土的渗透、变形、强度和稳定的特性,要求作用在地基上的荷载强度不超过地基的承载力,保证地基在防止剪切破坏方面有足够的安全系数。

举世闻名的意大利比萨斜塔就是一个典型实例(见图 0.4)。因地基土层强度差,塔基的基础深度不够,再加上用大理石砌筑,塔身非常重(1.42 万 t)。500 多年来以每年倾斜 1 cm 的速度增加,比萨斜塔向南倾斜,塔顶离开垂直线的水平距离已达 5.27 m,比萨塔的倾斜归因于它的地基不均匀沉降。

虎丘塔位于苏州市西北虎丘公园山顶,原名云岩寺塔,落成于宋太祖建隆二年(公元 961 年),距今已有 1 000 多年的悠久历史(见图 0.5)。1980 年 6 月虎丘塔现场调查,当时由于全塔向东北方向严重倾斜,不仅塔顶离中心线已达 2.31 m,而且底层塔身发现不少裂缝,成为危险建筑而封闭、停止开放。虎丘塔地基为人工地基,由大块石组成,块石最大粒径达 1 000 mm。人工块石填土层厚 1~2 m,西南薄,东北厚。下为粉质黏土,呈可塑至软塑状态,也是西南薄,东北厚。塔倾斜后,使东北部位应力集中,超过块石抗压强度而压裂。



图 0.4 比萨斜塔全景

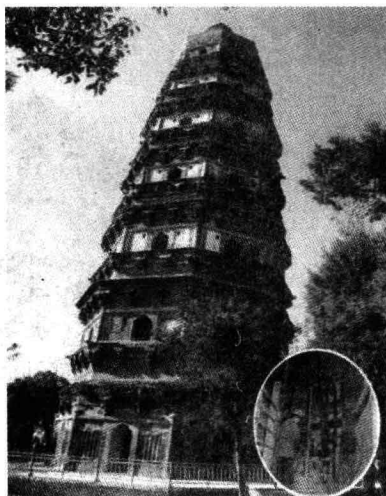


图 0.5 虎丘塔

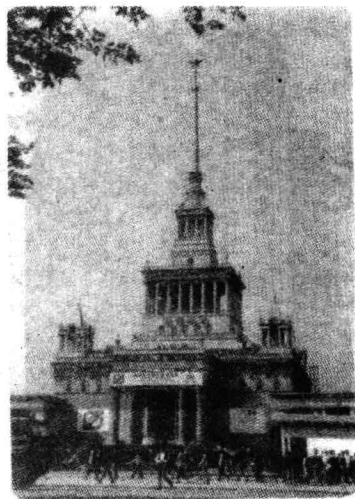


图 0.6 上海工业展览馆

1954 年兴建的上海工业展览馆中央大厅(见图 0.6),因地基约有 14 m 厚的淤泥质软黏土,尽管采用了 7.27 m 的箱形基础,建成后当年就下沉 600 mm。1957 年 6 月展览馆中央大厅四角的沉降最大达 1 465.5 mm,最小沉降量为 1 228 mm。1957 年 7 月,经苏联专家及清华大学陈希哲教授、陈梁生教授的观察、分析,认为对裂缝修补后可以继续使用(均匀沉降)。到目前为止,大厅平均沉降达 1.6 m。

1941 年建成的加拿大特朗斯康(Transcona)谷仓(见图 0.7),由于事前不了解基础下埋藏厚达 16 m 的软黏土层,初次储存谷物时,就倒塌了。地基发生了整体滑动,建筑物失稳。好

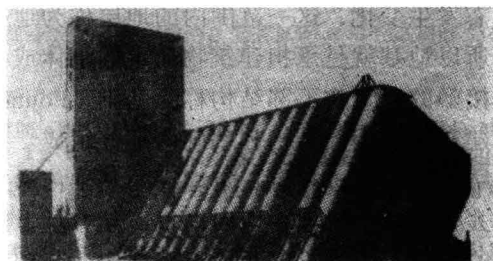


图 0.7 加拿大特朗斯康谷仓

在谷仓整体性强, 谷仓完好无损。事后在主体结构下做了 70 多个支承在基岩上的混凝土墩, 用了 388 个 500 kN 的千斤顶, 才将谷仓纠正, 但其标高比原来降低了 4 m。

2009 年, 上海在建的莲花河畔景苑 13 层商品房发生非常罕见的整栋倒塌事故(见图 0.8), 事故原因在于倒塌楼盘附近有近 10 m 的土方堆起, 对楼盘地基形成土体扰动。高填土压迫地基, 再加上大楼的另一侧在施工基坑(地下车库), 基坑围护措施不到位, 又逢一场暴雨, 导致土体向基坑内侧滑移, 进而导致大楼倒塌。按照粗略计算, 近 10 m 高的土方, 将对地面产生每平方米 17 t 左右的重量。上海的地表一般每平方米最高承受 8 t 重量, 而该高填土的重量已经超过标准 2 倍以上。



图 0.8 上海莲花河畔景苑整栋倒塌

1998 年长江全流域特大洪水时, 万里长江堤防经受了严峻的考验, 一些地方的大堤垮塌, 大堤地基发生严重管涌, 洪水淹没了大片土地, 人民生命财产遭受巨大的威胁。仅湖北省沿江段就查出 4 974 处险情, 其中重点险情 540 处中, 就有 320 处属地基险情; 溃口性险情 34 处中, 除 3 处是涵闸险情外, 其余都是地基和堤身的险情。这涉及土力学中土的渗透性和渗流问题。

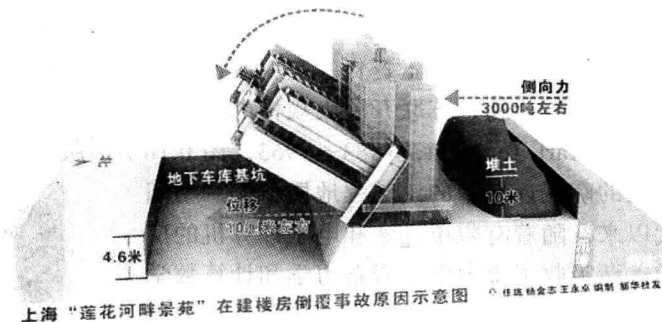


图 0.9 上海莲花河畔景苑倒塌原因分析

0.2 本课程的基本内容与学习要求

本课程是一门理论性和实践性较强的课程, 作为一门专业基础课, 它一方面是提高学生

自身业务能力的基础,另一方面也为将来的其他专业技术课如墩台基础、建筑基础工程、地基处理等课程打下良好的基础。

0.2.1 基本内容

(1) 掌握岩石、地质构造、自然地质作用、地下水的基本概念及对工程建设的影响。

(2) 了解工程建设的工程地质条件及主要的工程地质问题。

(3) 掌握土的基本物理性质,即土的颗粒组成、密度、湿度、可塑性以及土所处的物理状态。了解土的力学性质,即土在外力作用下所表现的渗透性、压塑性和抗剪强度等及其指标的测定方法。

(4) 掌握地基应力、变形和地基承载力、土坡稳定分析以及挡土墙土压力计算原理和一般计算方法。

(5) 了解基础设计和地基处理的方法和原理。

0.2.2 学习要求

由于本课程实践性较强,在学好基础理论的同时,对工程地质部分应重视野外地质现象的观察、识别及其对工程建设的影响。对于土力学部分应注意各种计算方法的适用范围及简化、假设可能引起的误差范围。通过对土工试验规程的学习,掌握室内土工试验基本方法,了解野外原位测试的新技术,提高分析解决实际问题的能力。

0.3 工程地质学与土力学的发展简况

工程地质学与土力学是与工程建设紧密联系的两门学科,是随着国家经济建设的发展而发展的。工程建设需要学科理论,学科理论的发展同样离不开工程建设。

工程地质学产生于地质学的发展和人类工程活动经验的积累中。17世纪以前,许多国家成功地建成了至今仍享有盛名的伟大建筑物,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,整个世界进入了大规模建设时期。20世纪30年代初,苏联开展大规模的国民经济建设,促使了工程地质学的萌生。1929年,太沙基(Karl Terzaghi, 1883—1963,图0.10)出版了世界上第一部《工程地质学》。1937年苏联的萨瓦连斯基的《工程地质学》一书问世。20世纪50年代以来,随着有限单元法和电子计算机的广泛使用,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,完善和发展了本身的内容和体系,使得工程地质评价从“定性分析”向“定量计算”方向发展,使定性分析和定量计算紧密结合起来。欧美和日本等国家虽然也都在进行水利工程和土木工程建设中开展了工程地质工作,但他们主要从事工程建设过程中有关岩土工程地质性质和相关力学问题的研究。1968年,第23届国际地质大会成立了国际地质



图 0.10 土力学之父太沙基

学会工程地质分会,后改名为国际工程地质协会(IAEG)。1975年成立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这三个学会的秘书长联席会议,以期成立综合性的国际学术团体。我国也成立了中国地质学会工程地质专业委员会,并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:①地质学中的萌生时期(20世纪上半叶);②创立与发展阶段(20世纪50年代到70年代末);③活跃的全面发展阶段(20世纪80年代到90年代中期);④进入20世纪90年代后期,中国工程地质学正跨入复杂性研究与创新阶段。工程地质学经过数十年的发展,已形成了由“土质学”、“工程岩土学”、“土力学”、“岩体力学”和“环境工程地质学”等多个分支学科所组成的学科体系。

土力学是利用力学知识和土工试验技术来研究土的强度、变形及其规律等的一门学科。它既是一门古老的工程技术,也是一门年轻的应用科学。古人兴建的大型水利工程、宫殿、庙宇、堤坝、大运河、桥梁等,都为本学科的发展积累了丰富的经验,奠定了古典土力学的基础。然而,这些仅限于工程实践经验,未能形成系统的理论。土力学的系统理论始于18世纪兴起工业革命的欧洲。经过17、18世纪很多学者的研究,初步奠定了土力学的理论基础。但直到1925年,美国著名科学家、土力学奠基人太沙基归纳前人的成就,发表了《土力学》一书,比较系统地介绍了土力学的基本内容,土力学才成为一门独立的学科。20世纪60年代后期,由于计算机的出现、计算方法的改进与测试技术的发展以及本构模型的建立等,迎来了土力学发展的新时期。现代土力学主要表现为一个模型(即本构模型)、三个理论(即非饱和土的固结理论、液化破坏理论和逐渐破坏理论)、四个分支(即理论土力学、计算土力学、实验土力学和应用土力学)。其中,理论土力学是龙头,计算土力学是筋脉,实验土力学是基础,应用土力学是动力。未来人类的发展将面对资源与环境以及人类生存的挑战,更多的岩土工程问题需要解决,青年学生作为祖国的栋梁,更要肩负起历史的重任。

思考题

1. 试说明工程地质学的研究任务及方法。
2. 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?
3. 试说明土力学的研究对象与任务。
4. 试说明上部结构、基础和地基三者之间的关系。
5. 试简要说明工程地质学与土力学的发展。

1 矿物与岩石

1.1 地球的基本知识

地球是宇宙中绕着太阳旋转的椭圆形球体, 根据卫星轨道分析发现地球并不是标准的旋转椭球体, 其外形呈梨形 (见图 1.1), 赤道半径约 6 370 km, 两极半径为 6 356.752 km。北极突出约 10 km, 南极凹进约 30 km, 中纬度在北半球凹进、在南半球凸出。地球表面形态是高低不平的, 而且差距较大, 大致可以划分为大陆和海洋两部分, 其中海洋占地球表面的 70.8%。大陆平均高出海平面 0.86 km, 海底平均低于海平面 3.9 km。

地球并不是均匀的球体, 由地表向内依次划分为三个同心圆状的圈层, 即地壳、地幔和地核, 如图 1.2 所示。地球的外部也可以分为三个圈层: 大气圈、水圈和生物圈。

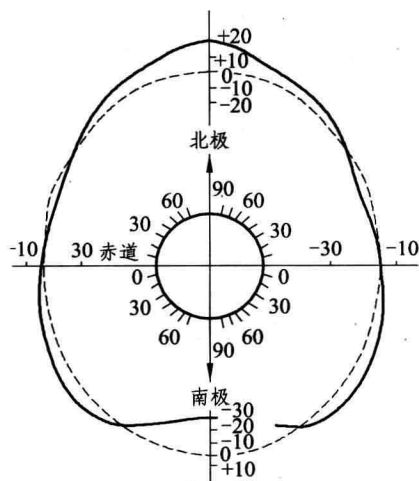


图 1.1 地球的形状

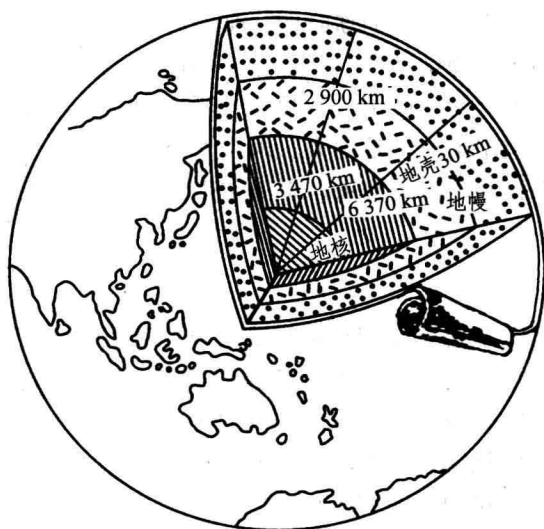


图 1.2 地球的圈层结构

地壳是固体地球的最外层硬壳, 由固体岩石组成, 地壳的厚度变化很大, 大陆地壳平均厚度约 33 km, 其中高山、高原区地壳厚度大, 如青藏高原地壳最厚可达 70 多公里, 而海洋平均厚度仅 10 多公里。地幔是介于地壳和地核之间的过渡层, 厚度 2 900 多公里, 占地球体积的 83%。地核以古登堡面与地幔分界, 厚度 3 471 km, 体积占地球的 16.2%。

大气圈是包围着地球的气体, 厚度在几万公里以上, 由于受到地心引力的吸引, 以地球表面的大气圈最稠密, 它提供生物需要的 CO_2 和 O_2 , 对地貌形态变化起着极大的影响, 向外逐渐稀薄, 过渡为宇宙气体, 所以大气圈没有明确的上界。水圈是地球表层的水体, 大部分汇集在海洋里, 另一部分分布在陆地上的河流、湖泊及表层岩石孔隙和土壤中, 水在运动的

过程中与地表岩石相互作用,作为一种最活跃的地质营力促进各种地质现象的发育。生物圈是地球上生物(包括动植物和微生物)生存和活动的范围,从3 km深的地壳深处和深海底至10 km的高空均有生物存在,它渗透在水圈、大气圈下层和地壳表层的范围之中。生物通过新陈代谢方式,形成一系列生物地质作用,从而改变地表的物质成分和结构,是改造地表的主要动力之一。

地球是各种工程建筑物的场所,也是人类生存和活动的地方,因而了解地球的物质组成、结构及性质具有十分重要的意义。以人类目前的技术水平,工程建设涉及的范围仅限于地壳表层,例如世界上最深的矿山——南非兰德矿山,深度为3 600 m;世界上最深的钻井——苏联科拉半岛超深钻井也只有13 000 m。由此可见,人类目前的工程活动都局限于地球表层——地壳。

地壳是由岩石组成的,岩石是由矿物组成的,矿物则是由各种化合物或化学元素组成的。组成地壳的最主要的元素是硅、氧、铝,其次是铁、钙、钠、钾、镁、钛、氢。这十种元素共占地壳元素总重量的99.96%,其中硅、氧、铝三种元素就占了地壳元素重量的82.96%。大多数元素以化合物状态存在,少数以单一元素状态存在。

1.2 矿物

1.2.1 矿物的概念

矿物是天然条件下形成的具有一定化学成分和物理性质的单质或化合物,是组成地壳的基本物质单位。有的矿物是由一种元素组成的,如自然金、自然铜、金刚石等;有的矿物是由两种或两种以上的元素组成的,如岩盐、方解石、石膏等。

地壳中已发现的矿物种类有3 800多种(不包括亚种),除个别矿物以气态(如天然气)或液态(如石油、自然汞等)的形式出现外,绝大多数均呈固态。在岩石中经常见到,明显影响岩石性质,对鉴定和区别岩石种类起重要作用的矿物称为主要造岩矿物。自然界的主要造岩矿物大约有20多种。

1.2.2 矿物的形态

矿物的形态主要受本身的内部结构和形成时外在环境的制约,可分为矿物单体形态和矿物集合体形态。

常见的矿物单体形态有:

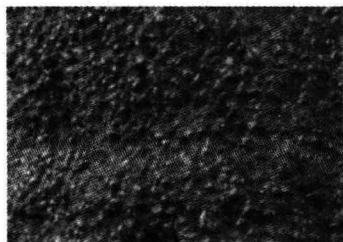
- (1) 片状、鳞片状,如绿泥石、白云母等;
- (2) 板状,如斜长石、板状石膏等;
- (3) 柱状,如长柱状的角闪石和短柱状的辉石等;
- (4) 立方体状,如岩盐、方铅矿、黄铁矿等;
- (5) 菱面体状,如方解石等;
- (6) 菱形十二面体状,如石榴子石等。

常见的矿物集合体形态有:

- (1) 粒状、块状、土状:矿物晶体在空间三维方向上接近等长的他形集合体。当颗粒边

界较明显时称粒状，如橄榄石；若肉眼不易分辨颗粒边界，致密者称为块状，如石英、蛋白石等；疏松的块状可称土状，如高岭石等。

(2) 鲕状、豆状、葡萄状、肾状：矿物集合体呈同心构造的球形。像鱼卵大小的称鲕状，如鲕状赤铁矿，如图 1.3 (a) 所示；近似黄豆大小的称豆状，如豆状赤铁矿，如图 1.3 (b) 所示；不规则的球形体可称为葡萄状和肾状，如肾状赤铁矿，如图 1.3 (c) 所示。



(a) 鲕状赤铁矿



(b) 豆状赤铁矿



(c) 肾状赤铁矿

图 1.3 赤铁矿的形态

(3) 纤维状和放射状：由针状或柱状矿物集合而成，如红柱石的放射状集合体。

(4) 钟乳状：由溶液失水凝聚而成，往往具有同心层状构造，如方解石的钟乳集合体。

1.2.3 矿物的物理性质

矿物的物理性质取决于矿物的化学成分和晶体构造。因此矿物的物理性质是肉眼鉴定矿物的主要依据，矿物的物理性质主要包括光学性质和力学性质。

1. 矿物的光学性质

矿物的光学性质是指矿物对自然光的吸收、反射和折射等所表现出来的各种特征，主要包括颜色、条痕、光泽和透明度等特征。

(1) 颜色。

矿物的颜色是由矿物的化学成分和内部结构决定的。矿物五彩缤纷的颜色是其明显的鉴定特征。很多矿物的名称就是因其具有特殊的颜色而得名的，如孔雀石（翠绿色）、黄铜矿（铜黄色）、赤铁矿（红色，又名红铁矿）等。需要强调的是矿物颜色的鉴别是指矿物新鲜表面上的颜色。

(2) 条痕。

条痕是指矿物在白色无釉瓷板上刻划时所留下的矿物粉末颜色，条痕对于深色矿物具有鉴定意义。对某一矿物来说，条痕的颜色是唯一的，如赤铁矿颜色很多，有红色、钢灰色、铁黑色等多种颜色，但条痕总是樱红色，因而条痕成为鉴定矿物的一个很重要的特征。

(3) 光泽。

矿物的光泽是指矿物新鲜表面对光的反射能力。根据反射光由强到弱的次序可分为：

① 金属光泽 反射强烈，类似金属磨光面上的反射光，如自然铜、方铅矿、黄铁矿等。

② 半金属光泽 反光较强，但较金属光泽稍弱，有点类似没有磨光的金属器皿的反光，如辰砂、黑钨矿、赤铁矿等。