

高职高专土建类专业规划教材
建筑工程技术专业

BUILDING

土力学与地基基础

陈晋中 主编

- ✓ 适应相关行业岗位考证，有利就业
- ✓ 既有必要的基础理论，又有实训操作内容
- ✓ 与新技术、新规范同步
- ✓ 强化识图、加强技能培训



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费提供
电子教案

高职高专土建类专业规划教材
建筑工程技术专业

土力学与地基基础

主 编 陈晋中

副主编 刘雁宁 魏党生

参 编 (以姓氏笔画为序)

朱艳丽 吴卫祥 何东秋

邵明波 陈剑波 康会宾

蔡 宁

主 审 邵 俐



机械工业出版社

本书是建筑工程技术专业系列教材之一。全书共分 10 章, 主要包括土的物理性质与工程分类、土中应力与地基变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定分析、天然地基上浅基础设计、桩基础设计、工程地质勘察、基坑工程、地基处理等内容, 并附有土工试验指导书和课程设计任务书。为方便读者学习, 本书还配有相应的电子课件, 每章还有学习要求及精选的思考题与习题。本书在编写过程中力求内容精炼、推导简化, 做到以应用为目的, 以必需、够用为原则, 努力体现高职高专教育的特色, 并注重反映地基基础领域的新规范、新规程及推广应用的新技术、新工艺。

本书可作为高职高专院校土建类专业及其他成人高校相应专业的教材, 也可作为相关工程技术人员、施工管理人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

土力学与地基基础/陈晋中主编. —北京: 机械工业出版社, 2008.1

高职高专土建类专业规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 22858 - 5

I. 土… II. 陈… III. ①土力学 - 高等学校: 技术学校 - 教材②地基 - 基础 (工程) - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 010658 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: 张荣荣

责任编辑: 马 宏 责任校对: 张莉娟

封面设计: 张 静 责任印制: 邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 2 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14.75 印张 · 362 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 22858 - 5

定价: 28.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

本教材编审委员会

主任委员：叶耀先

副主任委员：陈衍庆 刘雪梅 杨少彤

顾问：房志勇

委员：（以姓氏笔画为序）

王松成	付成喜	刘凤翰	刘雁宁	闫培明
刘振华	刘晓平	吴根树	李国新	张荣荣
张智茹	邵英秀	钟振宇	侯洪涛	徐广舒
覃 辉	蔡红新	魏党生	魏 明	

出版说明

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,建设工程的发展规模不断扩大,建设速度不断加快,对建筑类具备高等职业技能的人才需求也随之不断加大。为了贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,我们通过深入调查,组织了全国三十余所高职高专院校的一批优秀教师,编写出版了本套教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲,编写中注重培养学生的实践能力,基础理论贯彻“实用为主、必需和够用为度”的原则,基本知识采用广而不深、点到为止的编写方法,基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写中,力求文字叙述简明扼要、通俗易懂。本套教材结合了专业建设、课程建设和教学改革成果,在广泛的调查和研讨的基础上进行规划和编写,在编写中紧密结合职业要求,力争能满足高职高专教学需要并推动高职高专土建类专业的教材建设。

本系列教材先期推出建筑工程技术专业的19本教材,随后将在2008年秋推出建筑装饰工程技术专业的16本教材及与建筑工程技术专业和建筑装饰工程技术专业教材配套的十余种实训教材。在未来的2~3年内,我们将陆续推出工程监理、工程造价等土建类各专业的教材及实训教材,最终出版一套体系完整、内容优秀、特色鲜明的高职高专土建类专业教材。

本系列教材适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的土建类专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

机械工业出版社

2008年1月

前 言

《土力学与地基基础》是建筑工程技术专业及其他相关专业的一门重要的专业课或专业基础课。随着城市建设的快速发展以及高层建筑、大型公共建筑、重型设备基础、城市地铁、越江越海隧道等工程的大量兴建,土力学理论与地基基础技术显得越来越重要。据统计,国内外发生的工程事故中,以地基基础领域的事故为最多,并且造成的损失和对社会的不良影响越来越大,事故处理的成本与难度也在不断增加,因此,土建类专业的学生及相关工程技术人员应重视本学科知识的学习。

本书共分 10 章,主要包括土的物理性质与工程分类、土中应力与地基变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定分析、天然地基上浅基础设计、桩基础设计、工程地质勘察、基坑工程、地基处理等内容,并附有土工试验指导书和课程设计任务书。为方便读者学习,本书还配有相应的电子课件,每章还有学习要求及精选的思考题与习题。本书在编写过程中力求内容精炼、推导简化,做到以应用为目的,以必需、够用为原则,努力体现高职高专教育的特色,并注重反映地基基础领域的新规范、新规程及推广应用的新技术、新工艺。本书采用的规范、规程有《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)、《岩土工程勘察规范》(GB50021—2002)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—2002)、《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999)等。

本书由陈晋中任主编,刘雁宁、魏党生任副主编,东南大学邵俐副教授担任主审。各章编写人员如下:第 1、3、4 章由南京交通职业技术学院陈晋中编写;第 2 章由南京交通职业技术学院邵明波编写;第 5 章由湖南工程职业技术学院蔡宁编写;第 6 章由南京交通职业技术学院陈剑波编写;第 7 章由石家庄职业技术学院康会宾编写;第 8 章由山东城市建设职业技术学院朱艳丽编写;第 9 章由湖南工程职业技术学院吴卫祥编写;第 10 章由武汉工业职业技术学院魏党生编写;土工试验指导书及课程设计任务书由山西综合职业技术学院刘雁宁编写;吉林建筑工程学院何东秋老师参与了部分内容的讨论和编写。本书在编写过程中得到了许多院校领导和老师的帮助,邵俐副教授在本书成稿后认真审阅了全书,并提出了宝贵修改意见,在此一并表示感谢。

由于时间和编者水平有限,书中不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

教材使用调查问卷

尊敬的老师:

您好!欢迎您使用机械工业出版社出版的“高职高专土建类专业规划教材”,为了进一步提高我社教材的出版质量,更好地为我国教育发展服务,欢迎您对我社的教材多提宝贵的意见和建议。敬请您留下您的联系方式,我们将向您提供周到的服务,向您赠阅我们最新出版的教学用书、电子教案及相关图书资料。

本调查问卷复印有效,请您通过以下方式返回:

邮寄:北京市西城区百万大庄街22号机械工业出版社建筑分社(100037)

张荣荣 (收)

传真:010 68994437 (张荣荣收)

Email:r.r.00@163.com

一、基本信息

姓名:_____ 职称:_____ 职务:_____

所在单位:_____

任教课程:_____

邮编:_____ 地址:_____

电话:_____ 电子邮件:_____

二、关于教材

1. 贵校开设土建类哪些专业?

☐ 建筑工程技术 ☐ 建筑装饰工程技术 ☐ 工程监理 ☐ 工程造价

☐ 房地产经营与估价 ☐ 物业管理 ☐ 市政工程

2. 您使用的教学手段: ☐ 传统板书 ☐ 多媒体教学 ☐ 网络教学

3. 您认为还应开发哪些教材或教辅用书? _____

4. 您是否愿意参与教材编写? 希望参与哪些教材的编写?

课程名称: _____

形式: ☐ 纸质教材 ☐ 实训教材(习题集) ☐ 多媒体课件

5. 您选用教材比较看重以下哪些内容?

☐ 作者背景 ☐ 教材内容及形式 ☐ 有案例教学 ☐ 配有多媒体课件

☐ 其他 _____

三、您对本书的意见和建议(欢迎您指出本书的疏误之处) _____

四、对我们的其他意见和建议 _____

请与我们联系:

100037 北京百万庄大街22号

机械工业出版社·建筑分社 张荣荣 收

Tel:010—88379777(O), 6899 4437(Fax)

E-mail:r.r.00@163.com

<http://www.cmpedu.com>(机械工业出版社·教材服务网)

<http://www.cmpbook.com>(机械工业出版社·门户网)

<http://www.golden-book.com>(中国科技金书网·机械工业出版社旗下网站)

目 录

出版说明

前言

第1章 绪论..... 1

1.1 土力学与地基基础的

研究对象 1

1.2 与地基基础有关的工程事故 2

1.3 本课程的特点与学习要求 4

1.4 《建筑地基基础设计规范》
(GB50007—2002) 的基本
规定 5

思考题..... 7

第2章 土的物理性质与工程分类..... 8

2.1 土的成因与组成 8

2.2 土的物理性质指标..... 13

2.3 土的物理状态指标..... 16

2.4 地基岩土的工程分类..... 20

思考题 23

习题 25

第3章 土中应力与地基变形 26

3.1 概述..... 26

3.2 土中自重应力..... 26

3.3 基底压力..... 29

3.4 土中附加应力..... 31

3.5 土的压缩性..... 38

3.6 地基最终沉降量计算..... 42

3.7 地基沉降与时间的关系..... 49

3.8 地基变形特征与建筑物沉降
观测..... 54

思考题 57

习题 59

第4章 土的抗剪强度与地基

承载力 61

4.1 概述..... 61

4.2 土的抗剪强度..... 62

4.3 抗剪强度指标的测定方法..... 66

4.4 地基承载力的理论计算..... 71

4.5 地基承载力特征值的确定..... 78

思考题 83

习题 84

第5章 土压力与土坡稳定分析 86

5.1 土压力概述..... 86

5.2 土压力计算..... 87

5.3 挡土墙设计..... 99

5.4 土坡稳定分析 104

思考题..... 108

习题..... 109

第6章 天然地基上浅基础设计..... 110

6.1 概述 110

6.2 基础埋置深度的确定 115

6.3 基础底面尺寸的确定 118

6.4 无筋扩展基础设计 121

6.5 扩展基础设计 125

6.6 扩展基础设计实例 129

思考题..... 132

习题..... 133

第7章 桩基础设计..... 134

7.1 概述 134

7.2 桩的承载力 137

7.3 桩基础设计 141

7.4 桩承台设计 144

7.5 桩基础设计实例 149

思考题..... 152

习题..... 153

第8章 工程地质勘察..... 154

8.1 工程地质概述 154

8.2 工程地质勘察的目的、任务和
要求 156

8.3 工程地质勘探方法 160

8.4 工程地质勘察报告	166	测定	205
8.5 工程地质勘察报告实例	169	一、土的含水量试验	205
思考题	172	二、土的密度试验	206
第9章 基坑工程	173	三、土粒相对密度（土粒比重） 试验	208
9.1 概述	173	【试验二】 塑限、液限联合测定 试验	210
9.2 排桩支护结构计算	176	【试验三】 标准固结（压缩） 试验	212
9.3 基坑稳定分析	184	【试验四】 直接剪切试验	216
思考题	185	一、慢剪试验	217
习题	185	二、固结快剪试验	219
第10章 地基处理	186	三、快剪试验	219
10.1 概述	186	课程设计任务书	220
10.2 碾压夯实法	188	【设计一】 无筋扩展基础设计	220
10.3 换土垫层法	189	【设计二】 墙下钢筋混凝土条形基础 设计	222
10.4 强夯法	192	【设计三】 柱下钢筋混凝土独立基础 设计	224
10.5 预压排水固结法	194	参考文献	226
10.6 挤密法和振冲法	197		
10.7 化学加固法	199		
10.8 复合地基	202		
思考题	203		
土工试验指导书	205		
【试验一】 土的基本物理性质指标			

第1章 绪 论

本章学习要求

- 了解土力学与地基基础的研究对象，掌握地基、基础、持力层与下卧层等基本概念；
- 了解与地基基础有关的工程问题，重视本课程的学习；
- 了解本课程的特点与学习要求；
- 熟悉《建筑地基基础设计规范》（GB50007—2002）的基本规定。

1.1 土力学与地基基础的研究对象

土力学是以工程力学和土工测试技术为基础，研究与工程建设有关的土的应力、变形、强度和稳定性等力学问题的一门应用科学。广义土力学还包括土的成因、组成、物理化学性质及分类等在内的土质学。

地基基础是建立在土力学基础上的设计理论与计算方法，和土力学密不可分。研究地基基础工程，必然涉及到大量的土力学问题。

地基与基础是两个完全不同的概念。通常将埋入土层一定深度的建筑物下部的承重结构称为基础；而将支承基础的土层或岩层称为地基。位于基础底面下第一层土称为持力层；而在持力层以下的土层称为下卧层，强度低于持力层的下卧层称为软弱下卧层。基础应埋置在良好的持力层上（图 1-1）。

为保证建筑物的安全和正常使用，建筑物地基应满足下列两个基本条件：

（1）地基的强度条件 要求建筑物的地基应有足够的承载力，在荷载作用下，不发生剪切破坏或失稳。

（2）地基的变形条件 要求建筑物的地基不产生过大的变形（包括沉降、沉降差、倾斜和局部倾斜），保证建筑物正常使用。

良好的地基一般具有较高的承载力与较低的压缩性，易满足工程要求。软弱的地基，工程性质较差，必须进行地基处理方能满足强度与变形的要求。经过人工处理而达到设计要求的地基称为人工地基；不需处理而直接利用的地基称为天然地基。

基础的结构形式很多，具体设计时应选择既能适应上部结构，符合建筑物使用要求，又能满足地基强度和变形要求，经济合理、技术可行的基础结构方案。通常把埋置深度小于 5m，只需经过普通施工工序就可以建造起来的基础称为浅基础；而把埋置深度大于等于 5m，并需借助一些特殊的施工方法来完成的的基础称为深基础，如桩基础等。

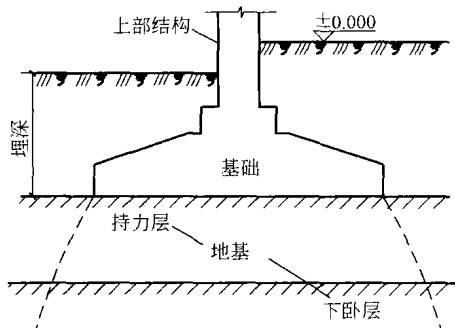


图 1-1 地基与基础示意图

1.2 与地基基础有关的工程事故

地基与基础是建筑物的根基，属于隐蔽工程，它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。工程实践表明，建筑物的事故很多都与地基基础有关，而一旦发生地基基础事故，往往后果严重，补救困难，有些即使可以补救，其加固、修复所需的费用也非常高。

下面举几个与地基强度和变形有关的工程事故：

(1) 加拿大特朗斯康谷仓倾倒。该谷仓南北长 59.44m，东西宽 23.47m，高 31.00m，共 65 个圆筒仓。基础为钢筋混凝土筏板基础，厚 61cm，埋深 3.66m。谷仓 1911 年动工，1913 年秋完成。谷仓自重 20000t，相当于装满谷物后总重的 42.5%。1913 年 9 月装谷物，至 31822m³ 时，发现谷仓 1h 内竖向沉降达 30.5cm，并向西倾斜，24h 后倾倒，西侧下陷 7.32m，东侧抬高 1.52m，倾斜 26°53′（图 1-2）。地基虽破坏，但钢筋混凝土筒仓却安然无恙。

事故原因：设计时未对谷仓地基承载力进行调查，而采用了邻近建筑地基 352kPa 的承载力，1952 年经勘察试验与计算表明，该地基的实际承载力为 193.8 ~ 276.6kPa，远小于谷仓地基破坏时 329.4kPa 的基底压力，地基因超载而发生强度破坏。

处理：事后在谷仓下面做了七十多个支撑于基岩上的混凝土墩，使用 388 个 50t 千斤顶以及支撑系统，才把仓体逐渐纠正过来，但其位置比原来降低了 4m。

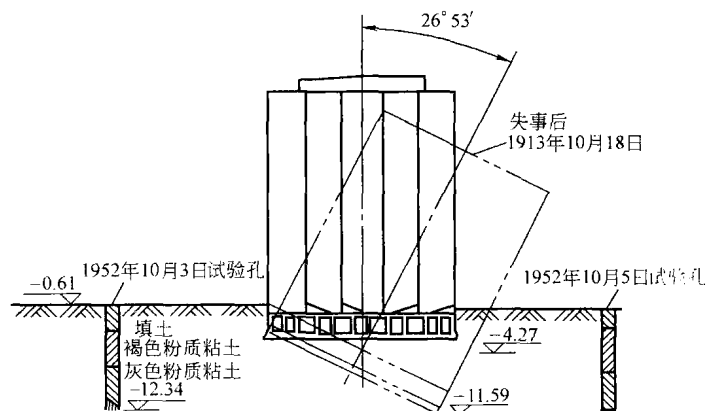


图 1-2 加拿大特朗斯康谷仓因滑动而倾倒

(2) 香港宝城大厦滑坡。香港地区人口稠密，市区建筑密集，住宅一般建在山坡上。1972 年 7 月某日清晨，香港宝城路附近，20000m³ 残积土从山坡上下滑，巨大滑动体正好冲过一幢高层住宅——宝城大厦，顷刻间宝城大厦被冲毁倒塌并砸毁相邻一幢大楼一角约 5 层住宅，死亡 120 人，震惊世界。为此，香港 1977 年成立土力工程署。

事故原因：山坡上残积土本身强度较低，加之雨水渗入使其强度进一步降低，土体滑动力超过土的强度，于是山坡土体发生滑动。

(3) 意大利比萨斜塔倾斜。该塔自 1173 年 9 月 8 日动工，至 1178 年建至第 4 层中部，高度 29m 时，因塔明显倾斜而停工。九十四年后，1272 年复工，经六年时间建完第 7 层，高 48m，再次停工中断八十二年。1360 年再次复工，至 1370 年竣工，前后近二百年。全塔

共8层，高55m。1590年，伽利略曾在此塔做落体实验，创立了物理学上著名的自由落体定律，斜塔因此成为世界上最珍贵的历史文物。1990年1月，该塔南北两端沉降差达1.8m，塔顶中心线偏离塔底中心线达5.27m，倾角 $5^{\circ}21'16''$ ，斜率9.3%，高于我国地基基础规范允许值18倍多，因倾斜程度过大而被关闭（图1-3）。

事故原因：塔身建立在深厚的高压缩性土之上（地基持力层为粉砂，下面为粉土和粘土层），地基的不均匀沉降导致塔身的倾斜。

处理措施：1838~1839年，挖环形基坑卸载；1933~1935年，基坑防水处理，基础环灌浆加固；1990年1月封闭整修，1992年7月加固塔身，用压重法和取土法进行地基处理，经过12年的整修，耗资约2500万美元，斜塔被扶正44cm，2001年12月重新对外开放。

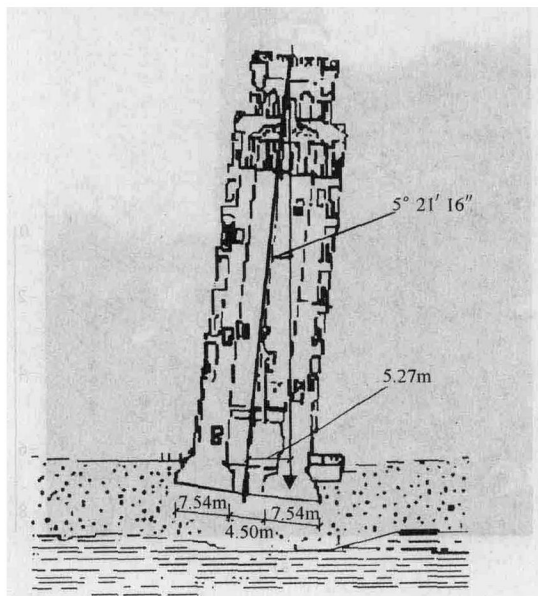
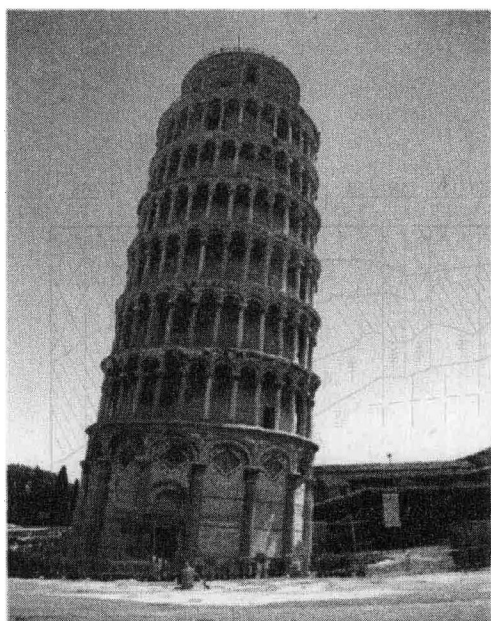


图1-3 比萨斜塔

（4）苏州虎丘塔倾斜。该塔建于五代周显德六年至北宋建隆二年（公元959~961），7级八角形砖塔，塔底直径13.66m，高47.5m，1961年被国务院列为全国重点文物保护单位。

虎丘塔地基为人工地基，由大块石组成，块石最大直径达1000mm。人工块石填土层厚1~2m，西南薄，东北厚。下为粉质粘土，呈可塑至软塑状态，也是西南薄，东北厚。底部即为风化岩石和基岩。塔底层直径13.66m范围内，覆盖层厚度西南为2.8m，东北为5.8m，厚度相差3.0m，由于地基土压缩层厚度不均及砖砌体偏心受压等原因，造成该塔向东北方向倾斜。1956~1957年间对上部结构进行修缮，但使塔重增加了2000kN，加速了塔体的不均匀沉降。1957年，塔顶位移为1.7m，到1980年发展到2.31m，倾角 $2^{\circ}47'$ ，高于规范允许值8倍多，被称为“中国的比萨斜塔”（图1-4）。

处理：在塔四周建造一圈桩排式地下连续墙并对塔周围与塔基进行钻孔注浆和打设树根桩加固塔身，获得成功。

（5）上海展览中心地基下沉。该展览中心位于上海市区延安中路北侧，其中央大厅为

框架结构，箱形基础，展览中心两翼采用条形基础。箱形基础为两层，埋深 7.27m。箱基顶面至中央大厅顶部塔尖，总高 96.63m，地基为高压缩性淤泥质软土。展览中心于 1954 年 5 月开工，当年年底实测地基平均沉降量为 60cm。1957 年 6 月，中央大厅四周的沉降量最大达 146.55cm，最小为 122.8cm。到 1979 年，累计平均沉降量为 160cm，由于地基严重下沉，不仅使散水倒坡，而且建筑物内外连接的水、暖、电管道断裂，付出了相当的代价。

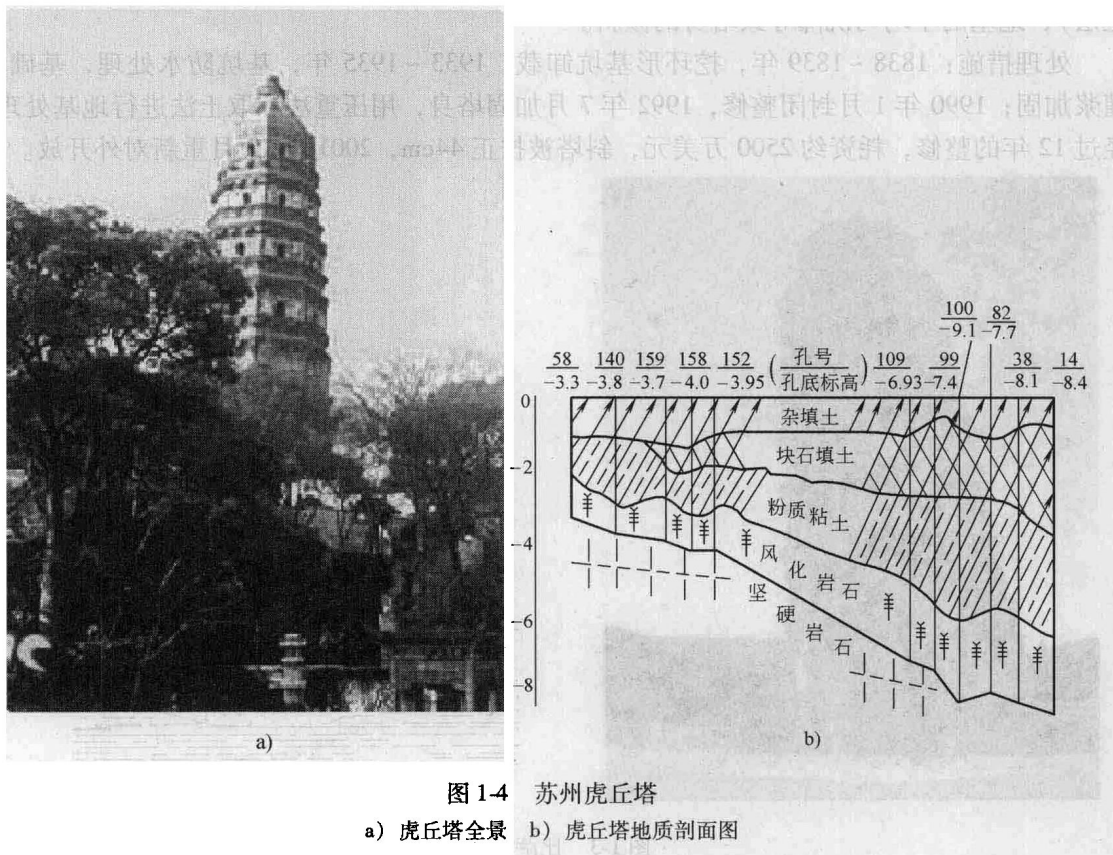


图 1-4 苏州虎丘塔

a) 虎丘塔全景 b) 虎丘塔地质剖面图

1.3 本课程的特点与学习要求

本课程涉及工程地质学、土力学、建筑结构和建筑施工等几个学科领域，知识面广，综合性强，学习时应该突出重点，兼顾全局。

土力学原理是本课程学习的重点，其计算理论和公式是在作出某些假设和忽略某些因素的前提下建立的，如土中应力计算、土的压缩变形与地基固结沉降计算、土的抗剪强度理论等。在学习时，一方面应当了解这些理论不完善之处，注意这些理论在工程实际使用中的适用条件；另一方面，也要认识到这些理论和公式仍然是目前解决工程实际问题的理论依据，它们在长期的工程实践中发挥着无可替代的作用，并且在不断完善与发展。因此，应该全面掌握这些基本理论，并学会将它们应用到工程实际中。

由于各种地基土形成的自然条件不同，性质千差万别，因此测定土的工程性质指标成为解决地基基础问题的关键。土的工程性质指标包括物理性质指标和力学性质指标两类。物理指标是指用于定量描述土的组成、土的干湿、疏密与软硬程度的指标；力学性质指标主要是

用于定量描述土的变形规律和强度规律等指标。学习土力学的理论知识的同时必须重视这些指标的试验测定方法,了解这些指标的适用条件,对主要的试验指标,应掌握其土工试验的操作方法与数据整理方法。

学习本课程时,应重视工程地质勘察知识的学习,培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力;还应重视地基基础规范、规程的学习,以及它们在地基基础设计中的应用,理论联系实际,提高分析和解决问题的能力。

通过本课程的学习,要求掌握以下几方面的知识:

- (1) 熟悉土的基本物理、力学性质,掌握一般土工试验原理和方法。
- (2) 掌握土中应力、变形、强度及土压力的基本理论和计算,学会利用这些知识分析解决地基基础工程中的实际问题。
- (3) 掌握天然地基上一般浅基础的设计方法及单桩承载力的确定和简单桩基础的设计;了解基坑支护与地基处理的一般方法。
- (4) 了解工程地质勘察的基本知识,能正确阅读和理解工程地质勘察报告。
- (5) 能正确地使用《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)及其他相关的规范、规程进行地基基础的设计计算。

1.4 《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)的基本规定

1. 地基基础设计等级划分

《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)根据地基复杂程度、建筑物规模和功能特征以及由于地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度,将地基基础设计分为三个设计等级,设计时应根据具体情况按表 1-1 选用。

表 1-1 地基基础设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑物 30 层以上的高层建筑 体型复杂,层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物 大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等) 对地基变形有特殊要求的建筑物 复杂地质条件下的坡上建筑物(包括高边坡) 对原有工程影响较大的新建建筑物 场地和地基条件复杂的一般建筑物 位于复杂地质条件及软土地区的 2 层及 2 层以上地下室的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下民用建筑及一般工业建筑物;次要的轻型建筑物

2. 地基基础设计规定

根据建筑物地基基础设计等级及长期荷载作用下地基变形对上部结构的影响程度,地基

基础设计应符合下列规定。

- (1) 所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的有关规定。
- (2) 设计等级为甲级、乙级的建筑物，均应按地基变形设计。
- (3) 表 1-2 所列范围内设计等级为丙级的建筑物可不作变形验算，如有下列情况之一时，仍应作变形验算：
 - 1) 地基承载力特征值小于 130kPa，且体型复杂的建筑。
 - 2) 在基础上及其附近有地面堆载或相邻基础荷载差异较大，可能引起地基产生过大的不均匀沉降时。
 - 3) 软弱地基上的建筑物存在偏心荷载时。
 - 4) 相邻建筑距离过近，可能发生倾斜时；别的地基内有厚度较大或厚薄不均的填土，其自重固结未完成时。
- (4) 对经常受水平荷载作用的高层建筑、高耸结构和挡土墙等，以及建造在斜坡上或边坡附近的建筑物和构筑物，尚应验算其稳定性。
- (5) 基坑工程应进行稳定性验算。
- (6) 当地下水埋藏较浅，建筑地下室或地下构筑物存在上浮问题时，尚应进行抗浮验算。

表 1-2 可不作地基变形计算设计等级为丙级的建筑物范围

地基主要受力层情况	地基承载力特征值 f_{ak}/kPa		$60 \leq f_{ak} < 80$	$80 \leq f_{ak} < 100$	$100 \leq f_{ak} < 130$	$130 \leq f_{ak} < 160$	$160 \leq f_{ak} < 200$	$200 \leq f_{ak} < 300$	
	各土层坡度(%)		≤ 5	≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	
建筑类型	砌体承重结构、 框架结构(层数)		≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 6	≤ 6	≤ 7	
	单层 排架 结构 (6m 柱距)	单跨	起重机额定 起重量/t	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 50	50 ~ 100
			厂房跨度 /m	≤ 12	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
		多跨	起重机额定 起重量/t	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 75
			厂房跨度 /m	≤ 12	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
	烟囱		高度/m	≤ 30	≤ 40	≤ 50	≤ 75		≤ 100
	水塔		高度/m	≤ 15	≤ 20	≤ 30	≤ 30		≤ 30
			容积/ m^3	≤ 50	50 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300	300 ~ 500	500 ~ 1000

- 注：1. 地基主要受力层系指条形基础底面下深度为 $3b$ (b 为基础底面宽度)，独立基础下为 $1.5b$ ，且厚度均不小于 5m 的范围 (2 层以下一般的民用建筑除外)。
2. 地基主要受力层中如有承载力特征值小于 130kPa 的土层时，表中砌体承重结构的设计，应符合规范第 7 章的有关要求。
3. 表中砌体承重结构和框架结构均指民用建筑，对于工业建筑可按厂房高度、荷载情况折合成与其相当的民用建筑层数。
4. 表中起重机额定起重量、烟囱高度和水塔容积的数值系指最大值。

3. 地基基础设计采用的荷载效应组合

地基基础设计时，所采用的荷载效应最不利组合与相应的抗力限值应符合下列规定：

(1) 按地基承载力确定基础底面积及埋深或按单桩承载力确定桩数时，传至基础或承台底面上的荷载效应应按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合。相应的抗力应采用地基承载力特征值或单桩承载力特征值。

(2) 计算地基变形时，传至基础底面上的荷载效应应按正常使用极限状态下荷载效应的准永久组合，不应计入风荷载和地震作用。相应的限值应为地基变形允许值。

(3) 计算挡土墙土压力、地基或斜坡稳定及滑坡推力时，荷载效应应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合，但其分项系数均为 1.0。

(4) 在确定基础或承台高度、支挡结构截面，计算基础或支挡结构内力、确定配筋和验算材料强度时，上部结构传来的荷载效应组合和相应的基底反力，应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合，采用相应的分项系数。当需要验算基础裂缝宽度时，应按正常使用极限状态荷载效应标准组合。

(5) 基础设计安全等级、结构设计使用年限、结构重要性系数应按有关规范的规定采用，但结构重要性系数 γ_0 不应小于 1.0。

思 考 题

- 1-1 土力学与地基基础的研究对象是什么？
- 1-2 地基与基础有什么区别？地基基础设计时应满足什么条件？
- 1-3 举例说明与地基强度和变形有关的工程问题，并相互讨论。
- 1-4 本课程主要应掌握哪几方面的知识？
- 1-5 建筑地基基础的设计等级是如何划分的？
- 1-6 《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002) 对地基基础设计有哪些规定？
- 1-7 《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002) 对地基基础设计时应采用的荷载效应组合是如何规定的？

第2章 土的物理性质与工程分类

本章学习要求

- 本章是本课程学习的基础，要求掌握土的物理性质与土的工程分类；
- 了解土的三相组成，掌握土的物理性质指标及三相比比例指标之间的换算关系；
- 熟悉无粘性土、粘性土的物理状态指标，掌握相对密度、塑限、液限、塑性指数和液性指数等基本概念；
- 熟悉规范对地基土的工程分类方法，掌握砂土、粘性土的分类标准。

2.1 土的成因与组成

自然界中的土是岩石经过风化、剥蚀、破碎、搬运、沉积等过程后在不同条件下形成的自然历史的产物。土由固体颗粒（固相）、水（液相）和气体（气相）三者组成的。土的物理性质主要取决于土的固体颗粒的矿物成分及大小、土的三相组成比例、土的结构以及土所处的物理状态。土的物理性质在一定程度上影响着土的力学性质，是土的最基本的工程特性。

2.1.1 土的成因

地壳表层的岩石长期暴露在大气中，经受气候的变化，会逐渐崩解，破碎成大小和形状不同的一些碎块，这个过程称为物理风化。物理风化后的产物与母岩具有相同的矿物成分，这种矿物称为原生矿物，如石英、长石、云母等。物理风化后形成的碎块与水、氧气、二氧化碳等物质接触，使岩石碎屑发生化学变化，这个过程称为化学风化。化学风化改变了原来组成矿物的成分，产生了与母岩矿物成分不同的次生矿物，如粘土矿物、铝铁氧化物和氢氧化物等。动植物和人类活动对岩石的破坏，称为生物风化。如植物的根对岩石的破坏、人类开山等，其矿物成分未发生变化。

土具有各种各样的成因，不同成因类型的土具有不同的分布规律和工程地质特征。下面简单介绍几种主要的成因类型。

（1）残积物 残积物是指残留在原地未被搬运的那一部分原岩风化剥蚀后的产物。残积物与基岩之间没有明显的界限，一般是由基岩风化带直接过渡到新鲜基岩。残积物的主要工程地质特征为：没有层理构造，均质性很差，因而土的物理力学性质很不一致；颗粒一般较粗且带棱角，孔隙比较大，作为地基易引起不均匀沉降。

（2）坡积物 坡积物是雨雪水流的地质作用将高处岩石风化产物缓慢地洗刷剥蚀、沿着斜坡向下逐渐移动、沉积在平缓的山坡上而形成的沉积物。坡积物的主要工程地质特征为：会沿下卧基岩倾斜面滑动；土颗粒粗细混杂，土质不均匀，厚度变化大，作为地基易引起不均匀沉降；新近堆积的坡积物土质疏松，压缩性较高。