

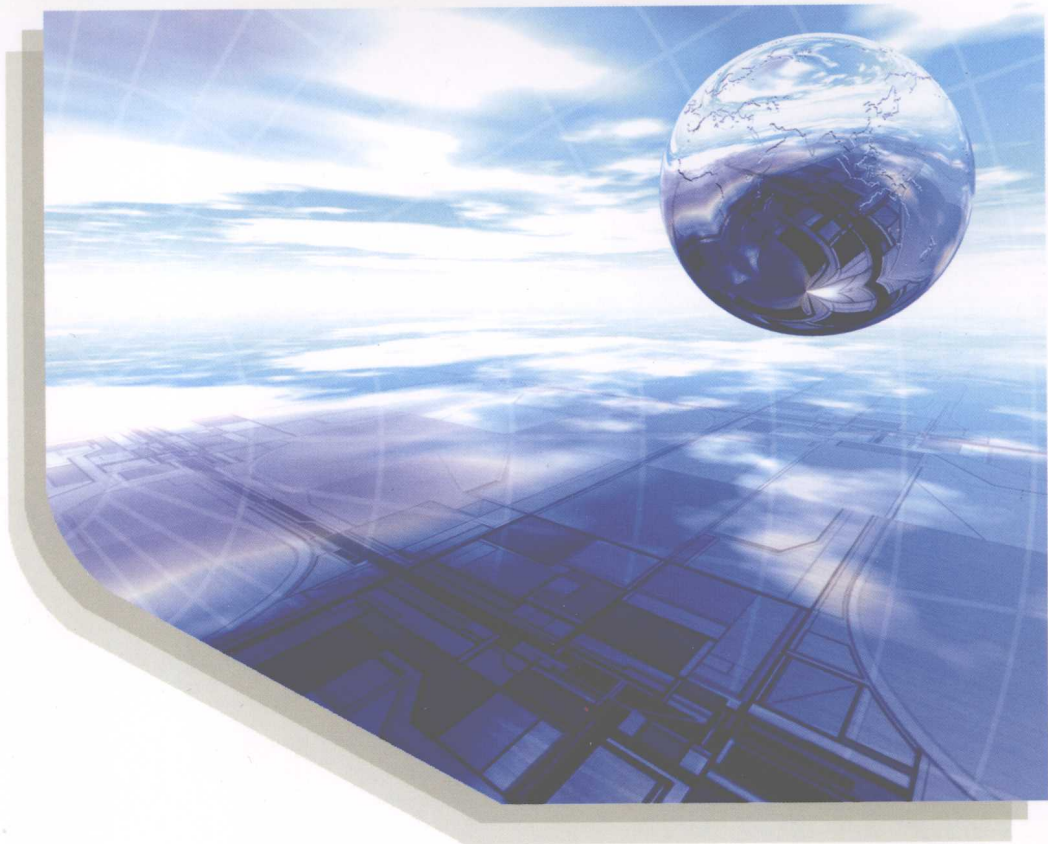


教育部高职高专资源勘查类专业教学指导委员会审查通过  
高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

主 编：熊晓云 郭生元 窦丽然

# 土力学地基基础

TULIXUE DIJI JICHU



地 质 出 版 社



教育部高职高专资源勘查类专业教学指导委员会审查通过  
 高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

# 土力学地基基础

主编：熊晓云 郭生元 龚丽然

主审：姚多喜 陈冶

地质出版社

北京

## 内容简介

本书根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)、《岩土工程勘察规范》(GB50021—2002)等新规范要求阐述了土的基本性质和工程分类、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度与地基承载力;介绍了浅基础设计与施工,桩基础设计与施工,以及常用土力学试验指导。

本书特点是突出实用性,选择一些典型基础工程进行剖析,计算例题多,便与学生复习与练习,各章附有思考题和习题以及参考答案。



### 图书在版编目(CIP)数据

土力学地基基础/熊晓云等主编. —北京:地质出版社,  
2007.7  
ISBN 978-7-116-05356-4  
I. 土... II. 熊... III. 地基-基础(工程) IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 111826 号

策划编辑:王章俊 魏智如

责任编辑:祁向雷

责任校对:刘艳华 田建茹

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324577(编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: [zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010)82310759

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.75

字 数:280千字

印 数:1—3000册

版 次:2007年7月北京第1版·第1次印刷

定 价:18.80元

书 号:ISBN 978-7-116-05356-4

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

## 编 委 会

主 任：桂和荣

副主任：王章俊

委 员：马艳平 马锁柱 刘 瑞 李 华 李立志  
李军凯 陈洪冶 罗 刚 肖 松 辛国良  
范吉钰 殷 瑛 徐耀鉴 徐汉南 夏敏全  
韩运宴 靳宗菊 魏智如

## 编 写 院 校

长春工程学院

重庆科技学院

甘肃工业职业技术学院

湖北国土资源职业学院

湖南工程职业技术学院

河北地质职工大学

江西应用技术职业学院

吉林大学应用科技学院

云南国土资源职业学院

郑州工业贸易学校(郑州地校)

## 主 审 院 校

安徽理工大学

北方机电工业学校

河南理工大学

湖北国土资源职业学院

湖南工程职业技术学院

吉林大学应用科技学院

江西应用技术职业学院

昆明冶金高等专科学校

宿州学院

石家庄职业技术学院

太原理工大学

徐州建筑职业技术学院

云南国土资源职业学院

郑州工业贸易学校(郑州地校)

## 出版说明

最近几年,我国职业教育发展迅猛,地学职业教育取得了长足进展。由于历史原因,地学高职高专教育起步较晚,基础相对薄弱,迄今没有一套完整的专业教材。为此,2006年7月初,教育部高等学校高职高专资源勘查类专业教学指导委员会(简称“教指委”)会同地质出版社,组织全国分属地矿、冶金、石油、核工业部门的10所高职高专院校的一线优秀教师,联合编写了这套高职高专资源勘查类专业教材。教材编写从地学高职高专教育的教学实际需要出发,内容安排以理论够用,注重实践为原则;编写体例有所创新,章前有引导性内容,章后给出了重点内容提示及本章的复习思考题。

首批编写的教材共22种,包括:《普通地质学》、《地质学基础》、《岩石学》、《矿物学基础》、《古生物地史学》、《构造地质学》、《地貌学及第四纪地质学基础》、《矿床学》、《固体矿产勘查技术》、《普通物探》、《地球化学探矿》、《水文地质学概论》、《专门水文地质学》、《钻探工程》、《钻探设备》、《土力学地基基础》、《工程岩土学》、《岩土工程勘察》、《地质灾害调查与评价》、《宝石学基础》、《宝石鉴定》、《测量技术》。这些教材从2007年6月开始,陆续由地质出版社出版。

为了保证教材编写出版的顺利进行,确保教材的编写质量,本套教材从编写立项开始就成立了教材编写委员会。由教指委主任、宿州学院院长、博士生导师桂和荣教授任编委会主任,地质出版社副社长王章俊编审任编委会副主任。

教材编写过程中,参编教师投入了大量的心血和精力。多数教材融入了主编们近年来的教学及科研成果,从而使本套教材具有较强的时代感和较强的实用性。还要特别指出的是,教材的第一主编承担了编写大纲的制定、分工、统稿、修改、定稿等工作,为教材的顺利出版做出了重要贡献。各参编院校的领导从大局出发,给予每位作者最大限度的支持,保证了本套教材的按时出版。

教材建设是教指委的职能之一。本套教材在编写过程中,教指委一直发挥着管理与协调作用。2007年4月底,教指委组织14所院校的专家在北京召开了教材评审会议。与会专家会前对书稿做了认真审读,对教材初稿给予了较高评价,同时,指出了存在的问题和不足,并提出了具体的修改建议。会议结束后,作者根据评审意见对教材做了进一步的修改和完善。

作为本套教材的出版单位——地质出版社感谢教指委和各位作者对我们的信任和支持!精品教材的诞生需要多方努力,反复锤炼。为了使本套教材日臻完善,成为高职高专资源勘查类专业的精品教材,希望广大师生在使用过程中,注意收集各方意见和建议,并反映给教指委或地质出版社,以便修订时参考。

地质出版社

2007年7月

# 前 言

2006年7月,教育部高等学校高职高专资源勘查类专业教学指导委员会、地质出版社组织10所地矿类高职高专院校,在河南省郑州市召开了全国资源勘查类、地质工程与技术类专业高职高专教材编写研讨会。会议决定,由湖北国土资源职业学院熊晓云、河北地质职工大学窦丽然、江西应用技术职业学院郭生元共同编写《土力学地基基础》教材。教材内容按60学时设计。会后,编者认真研究了10所院校的现行课程教学大纲,针对高职高专院校学生的培养目标,制定了编写方案。

全书共分九章,主要内容包括:土的物理性质及工程分类,土中应力分布及计算,地基沉降计算,土的抗剪强度,土压力计算,土坡稳定分析,地基承载力,天然地基上浅基础设计,桩基础与深基础等。

本教材紧紧围绕高职高专院校以培养应用型人才为目标这一主旨,在基本原理和方法的选用上以工程实用为主,力求做到概念清楚,简明扼要,重点突出,通俗易懂。理论部分以讲解基本假定与概念为主;应用部分充分结合现行的规范规程,讲清土力学理论应用的工程条件及注意问题,以利于培养学生的工程实践能力。

本书由熊晓云任主编,具体分工为:绪论、第二章至第五章由熊晓云编写;第一章、第六章、第七章由窦丽然编写;第八章、第九章由郭生元编写。全书最后由熊晓云统编定稿。

教材编写过程中,借鉴和引用了大量其他教材或专著的内容,编者深表谢意。此外,编者所在院校的领导和对教材的编写工作给予了大力支持和帮助,许多同行提出了宝贵的意见和建议;安徽理工大学姚多喜教

授、吉林大学应用技术学院陈冶副教授审阅了全书，并提出了很好的修改意见。在此，编者一并致以最诚挚的感谢！

编者

2007年5月

# 目 次

前 言	
绪 论	(1)
一、土力学、地基与基础的概念	(1)
二、地基与基础在建筑工程中的重要性	(2)
三、全书内容安排与学习要求	(2)
四、本学科发展简介	(3)
第一章 土的物理性质及工程分类	(4)
第一节 土的三相组成	(4)
一、土的固体颗粒	(4)
二、土中水	(6)
三、土中气体	(6)
第二节 土的结构与构造	(7)
一、土的结构	(7)
二、土的构造	(7)
第三节 土的物理性质指标	(8)
一、土的试验指标	(8)
二、换算指标	(9)
三、土的各物理性质指标之间的换算关系	(10)
第四节 土的物理状态指标	(12)
一、无粘性土的密实度	(12)
二、粘性土的界限含水率	(13)
第五节 地基岩土的工程分类	(14)
一、岩石	(14)
二、碎石土	(15)
三、砂土	(15)
四、粉土	(16)
五、粘性土	(16)
六、特殊土	(17)



第二章 土中应力分布及计算 .....	(20)
第一节 土中应力状态 .....	(20)
一、土力学中应力符号的规定 .....	(20)
二、土中的应力状态 .....	(21)
第二节 土中自重应力 .....	(21)
一、自重应力计算公式 .....	(21)
二、地下水对自重应力的影响 .....	(22)
第三节 基础底面压力 .....	(23)
一、基础底面压力的分布 .....	(23)
二、基底压力的简化计算 .....	(24)
三、基底附加压力 .....	(26)
第四节 地基中的附加应力 .....	(26)
一、竖向集中力作用 .....	(27)
二、矩形面积受竖直均布荷载作用 .....	(27)
三、矩形面积受竖直三角形荷载作用 .....	(31)
四、圆形面积受竖直均布荷载作用 .....	(34)
五、条形面积受均布荷载作用 .....	(35)
六、条形面积受竖直三角形分布荷载作用 .....	(35)
第三章 地基沉降计算 .....	(40)
第一节 土的压缩性 .....	(40)
一、土的压缩性及其影响因素 .....	(40)
二、土的有效应力原理 .....	(41)
第二节 土的压缩性指标 .....	(42)
一、土的压缩系数 $a$ .....	(42)
二、土的压缩指数 $C_c$ .....	(44)
三、土的压缩模量 $E_s$ .....	(44)
第三节 地基最终沉降量计算 .....	(44)
一、分层总和法 .....	(44)
二、《规范》法 .....	(47)
三、相邻荷载对地基沉降的影响 .....	(51)
第四节 饱和粘性土地基沉降与时间关系 .....	(52)
一、饱和土的渗流固结 .....	(52)
二、单向固结理论 .....	(53)

三、地基沉降与时间关系计算 .....	(55)
<b>第四章 土的抗剪强度 .....</b>	<b>(59)</b>
<b>第一节 土的强度理论与强度指标 .....</b>	<b>(59)</b>
一、莫尔—库仑强度理论 .....	(59)
二、土的极限平衡理论 .....	(60)
<b>第二节 抗剪强度指标的确定 .....</b>	<b>(63)</b>
一、直接剪切试验 .....	(63)
二、三轴剪切试验 .....	(65)
三、无侧限抗压强度试验 .....	(67)
四、十字板剪切试验 .....	(68)
<b>第三节 影响抗剪强度指标的因素 .....</b>	<b>(69)</b>
一、抗剪强度的构成 .....	(69)
二、影响抗剪强度指标的主要因素 .....	(70)
三、抗剪强度指标的选用与工程数值 .....	(70)
<b>第五章 土压力计算 .....</b>	<b>(73)</b>
<b>第一节 土压力的类型 .....</b>	<b>(73)</b>
一、土压力的类型 .....	(73)
二、影响土压力的因素 .....	(74)
<b>第二节 静止土压力的计算 .....</b>	<b>(75)</b>
一、静止土压力的计算公式 .....	(75)
二、静止土压力的分布 .....	(75)
<b>第三节 朗肯土压力理论 .....</b>	<b>(76)</b>
一、基本原理 .....	(76)
二、朗肯主动土压力计算 .....	(77)
三、朗肯被动土压力计算 .....	(78)
四、几种常见情况的土压力计算 .....	(80)
<b>第四节 库仑土压力理论 .....</b>	<b>(83)</b>
一、基本原理 .....	(83)
二、无粘性土压力计算 .....	(84)
三、无粘性土被动土压力 .....	(86)
<b>第五节 《规范》法计算土压力 .....</b>	<b>(88)</b>
<b>第六节 挡土墙设计 .....</b>	<b>(89)</b>
一、挡土墙形式的选择 .....	(89)

二、重力式挡土墙设计 .....	(91)
<b>第六章 土坡稳定分析</b> .....	(98)
<b>第一节 概述</b> .....	(98)
一、土坡的滑动破坏形式 .....	(98)
二、土坡滑动失稳的机理 .....	(98)
<b>第二节 砂性土土坡的稳定性分析</b> .....	(99)
<b>第三节 粘性土土坡的稳定性分析</b> .....	(100)
一、均质简单粘性土土坡的整体稳定分析 .....	(100)
二、粘性土土坡稳定分析的条分法 .....	(102)
<b>第七章 地基的承载力</b> .....	(109)
<b>第一节 概述</b> .....	(109)
一、地基破坏的过程 .....	(109)
二、地基的破坏形式 .....	(110)
三、确定地基承载力的方法 .....	(111)
<b>第二节 按地基中塑性区发展的范围确定地基的承载力</b> .....	(111)
一、地基的临塑荷载 .....	(111)
二、地基的临界荷载 .....	(112)
<b>第三节 极限承载力的确定</b> .....	(113)
一、太沙基极限承载力公式 .....	(113)
二、斯凯普顿极限承载力公式 .....	(115)
三、汉森极限承载力公式 .....	(115)
<b>第四节 按规范确定地基承载力</b> .....	(117)
一、地基容许承载力 .....	(117)
二、地基容许承载力的修正和提高 .....	(118)
三、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)对确定地基承载力特征值的规定 .....	(120)
<b>第五节 原位试验确定地基的承载力</b> .....	(121)
一、载荷试验 .....	(121)
二、旁压试验 .....	(122)
三、地基承载力的修正 .....	(123)
<b>第八章 天然地基上浅基础设计</b> .....	(126)
<b>第一节 浅基础的类型</b> .....	(126)
一、刚性基础 .....	(126)
二、柔性基础 .....	(126)

第二节 浅基础的计算 .....	(129)
一、地基基础设计等级 .....	(129)
二、对地基基础设计的要求 .....	(129)
三、地基承载力计算 .....	(129)
四、基础埋置深度及底面尺寸的确定 .....	(130)
五、软弱下卧层承载力验算 .....	(131)
六、地基变形计算 .....	(132)
第三节 浅基础设计 .....	(133)
一、基础设计要求及步骤 .....	(133)
二、刚性基础 .....	(133)
三、墙下钢筋混凝土条形基础 .....	(135)
四、柱下钢筋混凝土单独基础 .....	(137)
第四节 减小地基不均匀沉降危害的措施 .....	(141)
一、不均匀沉降的危害及产生原因分析 .....	(141)
二、防止不均匀沉降对建筑物损害的建筑措施 .....	(142)
三、防止不均匀沉降对建筑物损害的结构措施 .....	(142)
四、防止不均匀沉降对建筑物损害的施工措施 .....	(142)
五、防止已有建筑物产生过大不均匀沉降的保护措施 .....	(142)
第九章 桩基础与深基础 .....	(145)
第一节 概述 .....	(145)
一、桩的类型 .....	(145)
二、桩的选型与使用条件 .....	(146)
三、桩基合理布桩原则 .....	(147)
四、桩的设计原则 .....	(147)
第二节 单桩竖向承载力 .....	(148)
一、单桩破坏模式 .....	(148)
二、单桩竖向极限承载力确定方法 .....	(149)
第三节 群桩竖向承载力 .....	(152)
一、竖向荷载作用下的群桩效应及基桩、复合基桩的概念 .....	(152)
二、桩的竖向承载力计算 .....	(152)
三、桩基软弱下卧层的验算 .....	(154)
四、负摩阻力 .....	(155)
五、抗拔桩基 .....	(157)

· 第四节 桩基沉降计算 .....	(158)
一、桩基变形的4个控制指标 .....	(158)
二、建筑物桩基容许变形值 .....	(158)
三、建筑桩基沉降计算方法 .....	(158)
· 第五节 承台设计计算 .....	(159)
一、各类桩与承台的构造及配筋要求 .....	(159)
二、承台受弯、受冲切及受剪计算模式与基本参数 .....	(163)
· 第六节 其他深基础 .....	(169)
一、沉井基础 .....	(169)
二、地下连续墙 .....	(171)
· 参考文献 .....	(175)

# 绪论

## 一、土力学、地基与基础的概念

土是地壳表层岩石经受物理、化学和生物风化作用后所产生的碎散矿物颗粒与水、空气的集合体。一般情况下，土颗粒间有大量的孔隙，而孔隙中通常有水和空气。颗粒间的联结力远比颗粒本身强度小，有的颗粒间甚至没有联结。所以，多孔性和散体性是土的最基本的结构特征。

土力学是以土为研究对象，利用力学原理和土工试验来定量分析和评价工程地质问题的一门学科。它是一门实践性很强的学科，是进行地基基础设计和计算的理论依据。

任何建筑物都建造在一定的土层（或岩层）上，建筑物下部通常要加以扩大，以减小单位面积结构上的应力，并埋入地下一定深度。

基础是指建筑物下部扩大部分的承重结构；地基是指承受建筑物荷载的地层（图1）。由于上部建筑结构的荷载通过基础传给地基，向地基深处扩散并逐渐减弱，当扩散到一定深度时，可以把荷载对地层的效应（应力、变形）忽略不计，因而从工程建设的角度分析，地基是受建筑物荷载影响、具有一定深度和一定范围的地层。

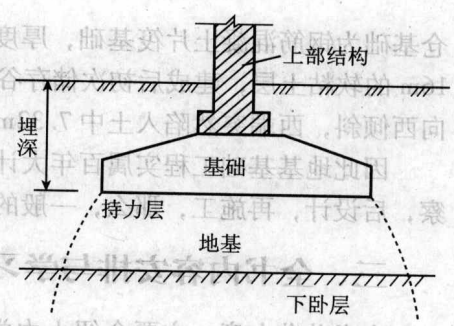


图1 地基基础示意图

直接承受基础荷载的土层（或岩层）称持力层，持力层以下的各土层（或岩层）称下卧层。承载力明显低于持力层的下卧层，称软弱下卧层。从室外设计地面到基础底面的垂直距离，称基础埋置深度，简称埋深。

天然土层（或岩层）可以作为建筑物地基的称为天然地基。若天然土层软弱，其承载力及变形不能满足设计要求时，需经人工加固处理，才能作为建筑物地基的称为人工地基。

基础的形式多种多样，通常把相对埋深不大、采用一般的方法与设备能够施工的基础称为浅基础，如独立基础、条形基础等。把基础埋深超过某一值（一般为5m）、需借助特殊的施工方法才能将建筑物荷载传递到地表以下较深土层（或岩层）上的基础称深基础，如桩基础、沉井基础等。

为了保证建筑物的安全，地基基础设计应满足下列两个条件。

(1) 地基不能产生过大的变形，基础不能产生过大的沉降或不均匀沉降。基础结构本身应有足够的强度、刚度和耐久性，在地基反力作用下不会发生强度破坏，这是地基变形问题。

(2) 地基应具有足够的承载力，在荷载作用下，不能因地基失稳而造成建筑物的破

坏，这是地基稳定问题。

## 二、地基与基础在建筑工程中的重要性

地基与基础是整个建筑工程中的重要组成部分。它的质量好坏直接关系到建筑物的安全、经济和正常使用。

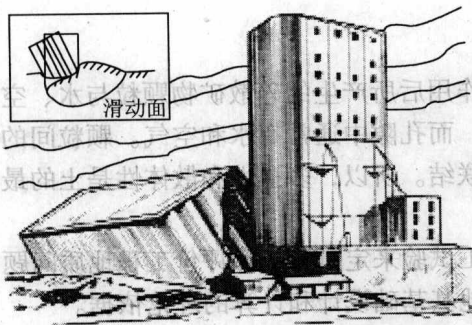


图2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

由于地基基础属于隐蔽工程，一旦出现问题，不易发现，不易处理，补救困难，轻则造成上部结构开裂、倾斜；重则造成建筑物倒塌危及人的生命与财产安全。据资料统计，在各类建筑工程事故中，以地基基础事故居首位。如著名的意大利比萨斜塔和我国苏州虎丘塔所发生的塔身严重倾斜，就是地基不均匀沉降所致；加拿大特朗斯康谷仓（图2），由于地基承载力不够，致使地基发生整体滑动，是建筑物失稳的典型案例。该谷仓平面呈矩形，南北向长59.44m，东西向宽23.47m，高31m，由65个圆柱形筒仓组成，谷

仓基础为钢筋混凝土片筏基础，厚度61cm，埋深3.66m。由于事前不了解基础下有厚达16m的软粘土层，建成后初次储存谷物时，基底压力超过了地基的极限承载力，致使谷仓向西倾斜，西端突然陷入土中7.32m，东侧抬高1.52m，倾斜 $26^{\circ}53'$ 。

因此地基基础工程实属百年大计，必须慎重对待。只要严格遵循基本建设原则，先勘察，后设计，再施工，那么，一般的地基基础事故是可以避免的。

## 三、全书内容安排与学习要求

全书共分九章，主要介绍土力学的基本理论、挡土墙、土坡及地基稳定性的分析方法，天然地基上的浅基础及桩基础的设计计算等。

第一章“土的物理性质与工程分类”。要求了解土的三相组成，掌握土的物理性质和土的物理状态指标的定义、计算公式和单位以及工程应用。掌握不同类型地基土的工程特征。

第二章“土中应力分布及计算”。要求正确理解自重应力、附加应力、基底压力、基底附加压力的概念及影响因素。掌握各种应力的计算公式、计算方法及分布规律。

第三章“地基沉降计算”。要求掌握土的压缩性指标的含义、计算公式及换算的关系；掌握分层总和法和《建筑地基基础设计规范》对地基沉降量的计算，了解饱和土的单向固结理论和地基沉降与时间的关系。

第四章“土的抗剪强度”。要求了解地基强度的意义及土的强度在工程中的应用；掌握土的莫尔-库仑强度理论，土的极限平衡理论；了解测定土的抗剪强度的基本方法及应用条件，了解抗剪强度指标的一般取值。

第五章“土压力计算”。要求了解影响土压力大小的因素；掌握静止土压力，主动土压力和被动土压力的产生条件、计算方法和工程应用；了解挡土墙的设计原理。

第六章“土坡稳定分析”。要求了解土坡滑动及滑动失稳机理，掌握无粘性土土坡、

粘性土土坡的稳定分析原理、计算公式及应用条件。

第七章“地基承载力”。要求了解地基土的承载机理；掌握地基临塑荷载、临界荷载和极限荷载的计算公式、计算方法及应用条件；学会按地基规范承载力表确定地基的承载力，了解原位试验确定地基承载力。

第八章“天然地基上浅基础设计”。要求了解浅基础的各种类型与应用；掌握天然地基上浅基础的设计程序、设计内容和设计原理。

第九章“桩基础与深基础”。要求了解桩基础及深基础的特点及应用条件，了解桩的类型。掌握单桩竖向承载力、群桩承载力的计算和桩基设计原理。了解常用深基础的工作原理和优缺点。

本课程是一门实践性和理论性都比较强的课程，它是在学习岩土工程学、工程力学的基础上开设的，在整个教学计划中，起着从基础课过渡到专业课的桥梁作用，是专业课基础工程施工、地基处理、基坑支护、地质灾害评价与防治等教学前的一个重要环节。

学习本课程时，应注意正确理解概念，掌握基本原理，学会设计计算，重在工程应用。始终抓住应力—应变—强度—稳定—时间这根主线。同时要把掌握定性的基本概念与定量的基本计算方法放在同等重要的地位。定量计算是工程设计的依据，而定性分析是解决岩土工程疑难问题的常见方法。

#### 四、本学科发展简介

早在公元前2世纪修建的万里长城，后来修建的南北大运河以及宏伟的宫殿、寺庙等建筑，都有坚固的地基基础。隋朝修建的河北省赵州桥，为世界最早最长的石拱桥，全桥仅一孔石拱横越洹河，净跨达37.02m。此石拱桥两端主拱肩部设有两对小拱，结构合理，造型美观，节料减重，简化桥台，增加稳定性，桥宽8.4m，桥下通航，桥上行车。桥台位于粉土天然地基上，基底压力达500~600kPa，从1390年以来沉降与位移甚微，至今安然无恙。

18世纪产业革命后，城市建设、水利工程和道路桥梁的兴建，推动了土力学地基基础的发展。1773年法国库仑根据试验，创立了著名的土的抗剪强度库仑定律和土压力理论。1857年英国朗肯提出又一种土压力理论。1885年法国布辛尼斯克求得半无限空间弹性体，在竖向集中力作用下，全部6个应力分量和3个变形量的理论解。1922年瑞典费伦纽斯为解决铁路滑坡，完善了土坡稳定分析圆弧法。1925年，美国土力学家太沙基发表了第一部土力学专著，使土力学成为一门独立的学科。

近年来，世界各国超高土石坝、超高层建筑等巨型工程的兴建，多次强烈地震的发生，促进了土力学地基基础的进一步发展。有关单位积极研究土的本构关系、土的弹塑性、粘弹性理论和土的动力特性。同时，各国研制成功多种多样的工程勘察、试验与地基处理的新设备，如自动记录静力触探仪、现场孔隙水压力仪、径向膨胀仪、测斜仪、自进式旁压仪、薄壁原状土样器、高压固结仪、自动固结仪、大型三轴仪、真三轴仪、三重管旋喷器、深层搅拌器、粉喷机、塑料排水板插板机、扩底桩机械扩底机等，为土力学理论的研究和地基基础工程的发展提供了良好的条件。



# 第一章 土的物理性质及工程分类

## 内容提要与学习目的

本章主要讨论土的三相组成以及定性、定量描述其物质组成的方法，包括土的组成、土的结构与构造、土的三相指标、无粘性土的密实度、粘性土的界限含水率和地基土的工程分类。这些内容是学习土力学地基基础所必须掌握的基本知识，也是评价土的工程性质、分析与解决土的工程技术问题的基础。

能熟练进行土的物理性质指标的计算、物理状态指标的计算及判别，对土进行工程分类。

## 第一节 土的三相组成

土是由固体颗粒、水和气体三部分组成的，通常称之为土的三相组成。

### 一、土的固体颗粒

土的固体颗粒是构成土的骨架的基本物质，其固体颗粒的矿物成分、粒径大小、形状与级配是影响土的物理力学性能的重要因素。

#### 1. 土的矿物成分

按照土的成因，土的矿物成分分为原生矿物、次生矿物和有机质三类。原生矿物是岩石经物理风化而成，其成分与母岩相同，常见的有石英、长石、云母等，它们的性质较稳定，砾石和砂主要由原生矿物组成。次生矿物是指母岩在化学风化作用下，形成的难溶新生矿物，主要是粘土矿物，常见的有蒙脱石、伊利石和高岭石等。粘土矿物颗粒很细小，颗粒的比表面积很大，所以具有很强的与水作用的能力。土中含粘土矿物越多，则土的粘性、塑性和膨胀性也越大。

#### 2. 土的颗粒大小与形状

1) 粒组划分：土颗粒的大小与土的工程性质有密切的关系。土粒径发生变化，其主要性质也相应发生变化，例如：土的粒径从大到小，其可塑性从无到有，粘性从无到有，透水性从大到小。工程上将各种不同的土颗粒按性质相近的原则划分为若干组，称为粒组。见表1-1。

2) 颗粒级配：自然界里的天然土，往往由多个粒组组成。土粒的大小及组成通常以各粒组的相对含量（各粒组占土粒总质量的百分数）来表示，称为土的颗粒级配。颗粒级配的分析可通过颗粒分析试验得到。对于粒径大于0.075mm的土通常用筛析法，其方法是：将土风干、分散后，取具有代表性的土样倒入标准筛，放置在振筛机上振动15~