



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

TULIXUE YU DIJI JICHU

土力学与 地基基础

党进谦 程建军◎主编

 中国农业出版社

欢迎登录：中国农业出版社<http://www.ccap.com.cn>

全国农业教育教材网<http://www.qgnyjc.com>

【中国农业出版社水利、土木工程类专业教材】

流体力学	郭维东
测量学（第三版）	王耀强 葛岱峰
水力学（第二版）	吕宏兴 裴国霞 杨玲霞
工程测量	纪明喜
工程地质及水文地质	刘俊民
工程水文与水利计算	任树梅 李靖
水泵与水泵站（第二版）	王福军
水利工程概预算	杨培岭
水利工程施工	侍克斌
建筑材料	宓永宁 娄宗科
水资源规划及管理	何俊仕 粟晓玲
水工钢筋混凝土结构	郑旭荣
水工建筑物	文恒 颜宏亮
环境水利学	冯绍元
画法几何及水利工程制图	杨玉艳 潘白桦
画法几何及水利工程制图习题集	吴红丹 杨玉艳
AutoCAD 2010基础教程	潘白桦 杨玉艳
灌溉排水工程学（第二版）	汪志农
节水灌溉新技术	施炯林
土壤学与农作学	桑以琳
土力学	谢小妍
基础工程	王士杰 党进谦
土力学与地基基础	党进谦 程建军

封面设计 姜欣

ISBN 978-7-109-17861-8



9 787109 178618 >

定价：37.50元

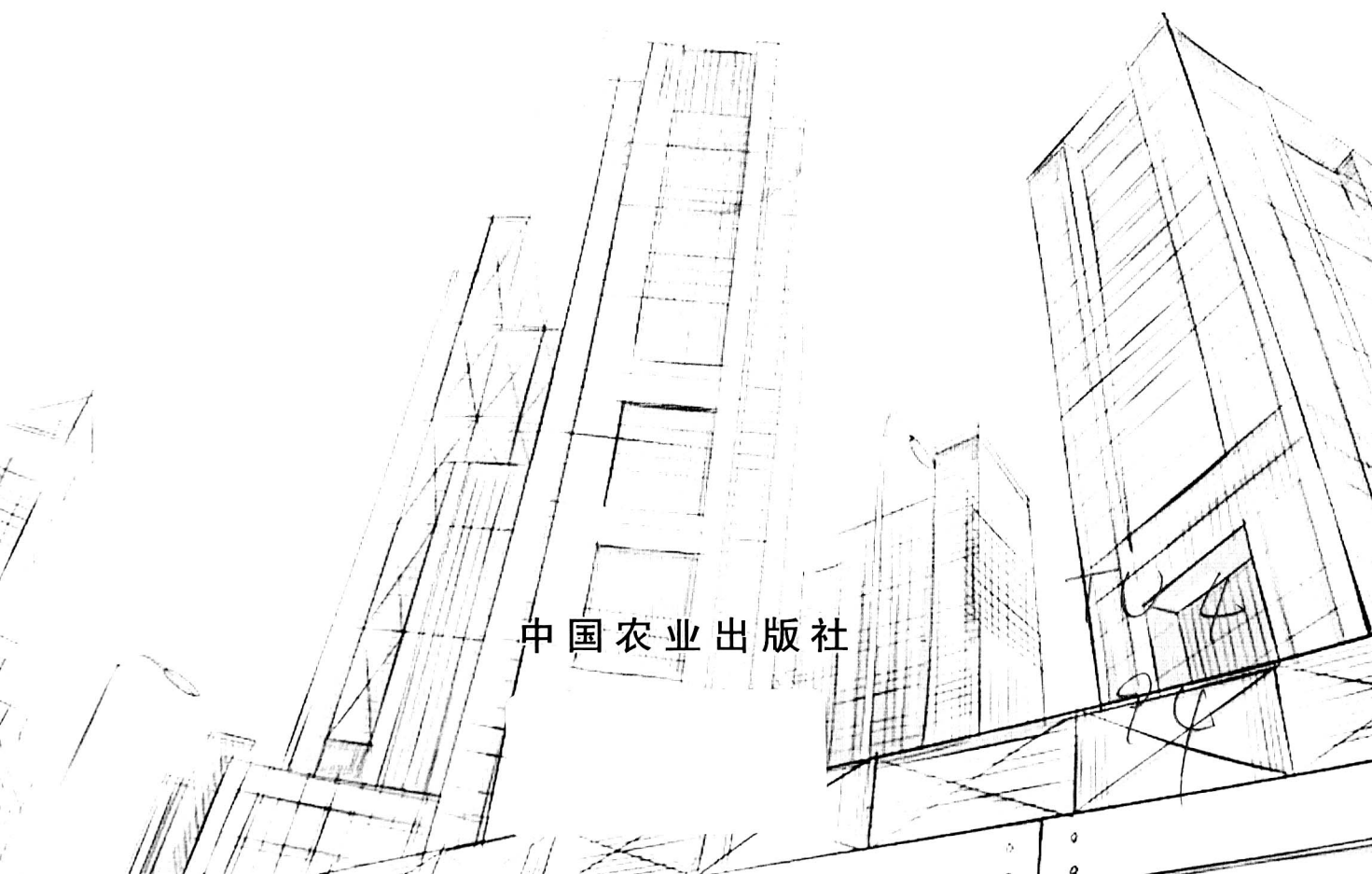
普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

土力学与地基基础

TULIXUE YU DIJI JICHU

党进谦 程建军 主编

中国农业出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

土力学与地基基础/党进谦, 程建军主编. —北京
: 中国农业出版社, 2013. 8

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等
农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-17861-8

I. ①土… II. ①党…②程… III. ①土力学—高等
学校—教材②地基—基础(工程)—高等学校—教材
IV. ①TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 158385 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 马颀晨

北京印刷一厂印刷 新华书店北京发行所发行
2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.5

字数: 485 千字

定价: 37.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书依据水利学科专业教学大纲的要求，系统地介绍了土力学的基本概念、基本原理，常用的地基基础的设计理论、设计方法以及相关的土工试验和解决岩土工程问题的基本方法。

全书共十三章，包括绪论、土的物理性质与工程分类、土的渗透性与渗流、土中应力计算、土的压缩性与地基变形计算、土的抗剪强度、土压力和挡土墙、土坡稳定分析、地基承载力、土的压实性和地基处理、浅基础设计原理、桩基础及其他深基础简介、土工试验等内容。各章后附有复习思考题和习题，便于学生加深对教学内容的理解和掌握。

本书在编写过程中，充分考虑水利行业对各层次水利人才的需求，结合编者多年教学和实践工作的经验，选用岩土工程相关的勘察、设计、施工等最新规范，注重基本概念、基本原理、基本方法的掌握。

本书概念清楚、体系完整、内容精练、重点突出，理论与实践联系紧密。适合于各类高等院校水利学科专业学生使用。也可供大中专院校相关专业教学，以及从事岩土工程的技术人员参考。

编写人员名单

主 编 党进谦 (西北农林科技大学)

程建军 (石河子大学)

副主编 李为萍 (内蒙古农业大学)

代亚丽 (西北农林科技大学)

李海燕 (甘肃农业大学)

编 者 (按姓名笔画排序)

王华敬 (山东农业大学)

代亚丽 (西北农林科技大学)

白彦真 (山西农业大学)

兰晓玲 (山西农业大学)

刘中华 (山西农业大学)

刘 坤 (塔里木大学)

李天霄 (东北农业大学)

李为萍 (内蒙古农业大学)

李海燕 (甘肃农业大学)

侯天顺 (西北农林科技大学)

党进谦 (西北农林科技大学)

程建军 (石河子大学)

前言

土力学的基本概念、基本原理，以及地基基础的设计理论、计算方法是水利工程、土木工程专业学生必须掌握的基本知识。随着我国高等教育事业的快速发展，以及教育教学改革的不断深入，高等院校大多将“土力学”与“基础工程”作为两门课程，相应地编写《土力学》、《基础工程》两本独立的教材。但水利学科对基础工程方面的要求较少，仅开设“土力学与地基基础”课程，为了满足水利学科专业对土力学、地基基础方面的教学要求，我们组织 8 所院校 12 位一线教师编写了《土力学与地基基础》教材。该教材为普通高等教育农业部“十二五”规划教材。

土力学用力学的基本原理和土工测试技术，研究土的工程性质及其规律；地基基础在土力学基本理论的基础上，研究与岩土材料密切相关的工程的设计、施工与管理。本书以土力学的基本理论为核心，重点介绍土的物理性质和渗透、变形、强度三大工程问题；以常规基础工程设计和地基处理技术为重要内容，阐述地基、基础的概念，基础设计的基本内容、基本理论，地基处理方法的基本原理、适用条件和施工工艺等。

本书根据水利学科专业高等教育的培养目标以及相关的勘察、设计和施工等最新规范编写。充分体现了学科的理论性、系统性、应用性特点，同时，融入了本学科理论与技术的新成就及发展。本书内容覆盖面广、体系完整、概念清晰、逻辑性强、重点突出，理论与实践联系紧密，每一章节内容或知识点都针对实际工程问题介绍。各章后附有复习思考题和习题，便于学生加深对相关内容的理解。

本书共分十二章，课堂讲授计划 40~60 学时，各高校在使用时，可根据专业特点和授课学时取舍。

本书由党进谦、程建军任主编，由李为萍、代亚丽、李海燕任副主编，参加编写的人员有（按姓名笔画排序）山东农业大学王华敬、西北农林科技大学代亚丽、山西农业大学白彦真、山西农业大学兰晓玲、山西农业大学刘中华、塔里木大学刘坤、东北农业大学李天霄、内蒙古农业大学李为萍、甘肃农业大学李海燕、西北农林科技大学侯天顺、西北农林科技大学党进谦、石河子大学程建军

等。党进谦负责统编、修改和定稿。

本书在编写过程中,参阅了大量公开出版发行的土力学、基础工程方面的教材、专著、研究论文等,在此谨向其作者表示衷心的感谢。

限于编者的水平和经验，书中定有许多不妥甚至错误之处，敬请广大读者和同行专家批评指正。

目 录

前言

绪论

一、土力学、地基基础的研究对象	1
二、与土有关的典型工程问题	2
三、土力学、地基基础的任务及研究内容	5
四、土力学与地基基础课程的特点和学习要求	5
复习思考题	6

第一章 土的物理性质与工程分类

第一节 土的物质组成和结构

一、土中固体颗粒	7
二、土中水	10
三、土中气	11
四、土的结构和构造	11

第二节 土的物理性质指标

一、土的三相图	13
二、物理性质指标的定义	13
三、物理性质指标间的换算	16

第三节 土的物理状态

一、无黏性土的物理状态	18
二、黏性土的物理状态	19

第四节 土的工程分类

一、土工程分类的原则、依据	22
二、《土的工程分类标准》(GB/T50145—2007)中的分类法	22
三、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011)中的分类法	24

复习思考题

习题

第二章 土的渗透性与渗流

第一节 渗流引起的工程问题

第二节 达西渗透定律及适用范围

一、达西定律	30
二、达西定律的适用范围	31
第三节 渗透系数	32
一、渗透系数的概念及影响因素	32
二、饱和土渗透系数的测定	34
三、成层土的等效渗透系数	36
第四节 渗透力及渗透变形	37
一、渗透力	37
二、渗透变形	39
第五节 二维渗流和流网	42
一、二维稳定渗流场中的拉普拉斯方程	42
二、流网的特征及绘制	42
三、流网的应用	43
复习思考题	46
习题	46
第三章 土中应力计算	47
第一节 应力计算的工程意义	47
一、应力计算的目的	47
二、土中应力的类型	47
第二节 土中自重应力	48
一、均质土中自重应力	48
二、成层土中自重应力	49
三、地下水对自重应力的影响	49
第三节 饱和土中的应力	50
一、有效应力原理	50
二、静水条件下的有效应力	51
三、渗流条件下的有效应力	51
第四节 基底压力	53
一、基底压力的分布规律	53
二、基底压力的简化计算	54
三、基底附加压力的计算	56
第五节 集中荷载作用下的附加应力计算	57
一、竖向集中荷载作用	57
二、水平向集中荷载作用	60
第六节 分布荷载作用下的附加应力	60
一、空间问题的附加应力计算	61
二、平面问题的附加应力计算	69
第七节 非均质土中的附加应力	73

一、均质土中附加应力的分布规律	73
二、双层土中的附加应力	74
三、变形模量随深度增大的土中的附加应力	75
四、各向异性土中的附加应力	75
复习思考题	75
习题	75
第四章 土的压缩性与地基变形计算	77
第一节 地基变形的工程危害	77
一、土体变形的原因	77
二、地基变形的组成	78
三、地基变形的工程危害	78
第二节 土的压缩性	78
一、室内压缩试验及压缩性指标	78
二、应力历史对土压缩性的影响	84
第三节 地基最终变形量计算	86
一、弹性理论计算瞬时变形	86
二、分层总和法计算地基最终变形量	89
三、《规范》法计算最终变形量	97
第四节 地基变形与时间的关系	103
一、饱和土的渗流固结模型	104
二、太沙基一维渗流固结理论	105
复习思考题	112
习题	113
第五章 土的抗剪强度	115
第一节 土抗剪强度的工程应用	115
一、土的抗剪强度	115
二、土的强度在工程中的应用	116
第二节 土的抗剪强度理论	116
一、库仑定律	116
二、莫尔—库仑破坏准则	117
三、土中一点应力的极限平衡条件	118
第三节 土的抗剪强度试验方法	121
一、直接剪切试验	122
二、三轴剪切试验	123
三、无侧限抗压强度试验	125
四、十字板剪切试验	126
第四节 孔隙压力系数	127

第五节 应力路径	131
一、应力路径的概念	131
二、总应力路径与有效应力路径	131
三、几种典型的加载应力路径	132
第六节 不同排水条件下土的剪切性质	134
一、砂性土的剪切性状	134
二、黏性土的剪切性状	136
三、黏性土抗剪强度指标的选择	140
复习思考题	140
习题	141
第六章 土压力和挡土墙	142
第一节 土压力产生的条件	142
一、挡土墙应用举例	142
二、土压力的类型	143
三、静止土压力	144
第二节 朗肯土压力理论	145
一、基本原理和基本假定	145
二、朗肯主动土压力计算	146
三、朗肯被动土压力计算	147
四、几种特殊情况下土压力的计算	149
第三节 库仑土压力理论	152
一、基本原理和基本假定	152
二、主动土压力计算	152
三、被动土压力计算	154
四、黏性土的库仑土压力理论	155
五、土压力计算的讨论	155
第四节 挡土墙设计	156
一、挡土墙的类型选择	156
二、挡土墙的稳定性验算	157
三、墙后回填土的选择	160
四、墙后排水措施	160
五、重力式挡土墙的构造措施	161
复习思考题	162
习题	162
第七章 土坡稳定分析	163
第一节 土坡滑动的原因及危害	163
第二节 无黏性土土坡稳定分析	164

一、无渗流作用时的无黏性土土坡	164
二、有渗流作用时的无黏性土土坡	165
第三节 黏性土土坡稳定分析	165
一、整体圆弧滑动法	166
二、条分法	168
第四节 特殊情况下土坡稳定分析	176
一、坡顶开裂时土坡稳定	176
二、成层土和坡顶有超载	177
三、有地下水和稳定渗流	178
复习思考题	180
习题	180
第八章 地基承载力	181
第一节 地基土的承载机理	181
一、地基破坏对建筑物的危害	181
二、地基的剪切破坏形式	182
三、地基的剪切破坏过程	182
第二节 地基的临塑荷载和临界荷载	183
一、地基的临塑荷载	183
二、地基的临界荷载	185
第三节 地基的极限承载力	187
一、普朗特-雷斯诺极限承载力公式	187
二、太沙基极限承载力公式	188
三、汉森极限承载力公式	190
第四节 地基承载力的确定	191
一、按《规范》确定地基承载力特征值	191
二、按载荷试验确定地基承载力的特征值	193
复习思考题	195
习题	195
第九章 土的压实性和地基处理	196
第一节 地基处理的目的	196
一、建筑物地基面临的问题	196
二、地基处理的目的	196
三、地基处理方法分类	197
第二节 土的压实性	199
一、土的压实试验	199
二、土的压实机理	200
三、填土压实质量控制	201

第三节 夯实法与碾压法	201
一、机械碾压法	202
二、重锤夯实法	202
三、振动压实法	202
第四节 换土垫层法	203
一、不同垫层的适用范围及其作用	203
二、垫层的设计要点	203
三、施工质量控制要点	205
四、质量检验	205
第五节 排水固结法	205
一、加固原理	206
二、设计要点	207
三、施工质量控制要点	210
第六节 挤密桩法	210
一、挤密桩法加固机理	210
二、挤密桩法的设计	211
三、挤密桩的施工	212
四、质量检验	212
第七节 其他地基处理方法	213
一、深层搅拌法	213
二、高压喷射注浆法	214
三、冷热加固法	214
四、碱液法	215
复习思考题	215
第十章 浅基础设计原理	217
第一节 浅基础设计的基本原则	217
一、地基基础设计等级	217
二、地基基础设计的一般规定	218
三、地基基础设计计算的荷载取值	218
四、浅基础设计的内容和步骤	218
第二节 浅基础的类型	219
一、浅基础的结构类型	219
二、基础的材料类型	220
第三节 基础埋置深度的选择	223
一、上部结构情况	223
二、工程地质和水文地质条件	223
三、当地冻结深度	224
四、建筑场地的环境条件	225

第四节 基础底面尺寸的确定	227
一、按持力层承载力确定基础底面尺寸	227
二、软弱下卧层强度验算	230
第五节 地基变形验算	232
一、变形验算的范围	232
二、地基变形特征值	232
三、地基不均匀沉降产生原因分析	232
四、防止地基不均匀沉降的措施	232
复习思考题	233
习题	233
第十一章 桩基础及其他深基础简介	235
第一节 概述	235
一、桩基础的特点和适用性	236
二、桩基础的设计原则和设计内容	236
第二节 桩的类型	236
一、按承载方式分类	236
二、按施工方法分类	237
三、按桩的挤土效应分类	238
第三节 桩的竖向承载力	239
一、竖向荷载作用下单桩的工作性状	239
二、桩的侧阻力	240
三、桩荷载传递的一般规律	241
四、单桩的破坏模式	241
五、桩侧负摩阻力	242
第四节 单桩竖向承载力的确定	244
一、按材料强度确定	244
二、按单桩竖向抗压静载试验法确定	244
三、按经验公式法确定	247
第五节 桩的水平承载力确定	251
一、水平荷载作用下单桩的工作特点	252
二、静载荷试验法确定单桩水平承载力特征值	252
第六节 群桩基础计算	254
一、群桩的工作特点	254
二、承台下土对荷载的分担作用	255
三、复合基桩的竖向承载力特征值	256
四、桩顶作用效应简化计算	257
五、基桩竖向承载力验算	258
六、桩基软弱下卧层承载力验算	259

七、桩基沉降验算	260
第七节 桩承台的设计与计算	261
一、承台的构造要求	261
二、承台受冲切验算	265
三、承台受剪切验算	268
四、承台配筋计算	270
第八节 桩身构造要求	272
一、钢筋混凝土预制桩	272
二、灌注桩	273
第九节 桩基础的设计步骤	275
第十节 其他深基础简介	279
一、沉井基础	279
二、墩基础	279
三、地下连续墙	280
复习思考题	281
习题	281
第十二章 土工试验	282
一、土的基本性质试验	282
二、土粒分析试验	286
三、土的液、塑限试验	291
四、渗透试验	293
五、土的压缩试验	296
六、土的直接剪切试验(快剪)	298
七、三轴剪切试验(固结不排水试验)	301
八、击实试验	306
第一节 浅基础设计的基本原则	310
主要参考文献	310
一、地基基础设计的一般规定	310
二、地基基础设计计算的基本规定	310
三、地基基础设计的内容和步骤	310
第二节 浅基础的类型	319
一、浅基础的结构类型	319
二、基础的材料类型	320
第三节 基础埋置深度的选择	323
一、基础埋置深度的选择	323
二、基础埋置深度的选择	323
三、基础埋置深度的选择	323
四、基础埋置深度的选择	323
五、基础埋置深度的选择	323
六、基础埋置深度的选择	323

绪 论



一、土力学、地基基础的研究对象

在人类历史长河中，人们为了满足不同需求，一直从事着各种工程建设，建造房屋用来居住或进行生产，架设桥梁、开挖隧道使出行更加便捷，筑堤修坝既可浇灌耕地又能防治洪涝灾害，修建地下铁路以减轻地面交通压力。所有这些工程建设，都与土有着密切的联系，它们或以土为建筑材料（如堤坝、路基），或以土为地基（如房屋、桥梁、码头），或以土为场地环境（如隧道、地铁车站、运河）。因此，土的工程性质对土工结构物具有直接而重要的影响。

1. 土的基本特性和特点 土是自然历史的产物。地壳表层的岩石长期暴露在自然界中，经受物理、化学、生物等风化作用后，破碎成固体颗粒，这些固体颗粒经各种地质作用搬运，在自然环境下沉积形成松散颗粒堆积体——土。

土是固体颗粒的集合体，大小不一、形状各异、矿物成分不同的固体颗粒形成土的骨架。颗粒之间的联结力很弱，远小于颗粒本身的强度，同其他材料相比土是碎散的，在外力作用下颗粒之间容易产生相对移动；颗粒之间存在大量的孔隙，在颗粒相对移动过程中，孔隙体积变化导致土体积增大或缩小；颗粒之间的孔隙为水和空气充填，土是一种由固相、液相和气相物质组成的三相体系。因此，土是多孔（即存在孔隙）、多相（即固相颗粒、液相水和气相空气）的碎散体，这是土的基本特性，决定着土的物理性质和工程特性。

土是在漫长的地质历史和自然条件下形成的，由于自然地理环境和沉积条件的不同，产生了自然界中多种不同性质的土。土具有很强的地域性特征，不同地域土的性质完全不同，同一场地不同深度土的性质存在差异，同一位置的土在各个方向的性质也不相同。而且土的性质容易受外界湿度、温度、地下水、荷载等条件的影响而发生显著的变化，如旱季土干且坚硬，雨季土湿且软弱，寒冷季节土孔隙中的水冻结变为冻土。因此，土的工程性质随空间和时间而变，具有不均匀性（自然变异性）和易变性的特点。

2. 地基、基础的概念 建造在陆地上的所有建筑物都由三部分组成，即地面以上的上部结构和地面以下的基础、地基，上部结构满足建筑物的使用功能，牢固的基础和扎实的地基保证建筑物的安全和正常使用（图 0-1）。在建

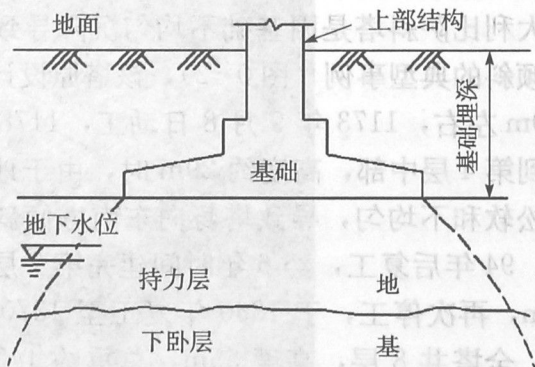


图 0-1 地基及基础示意