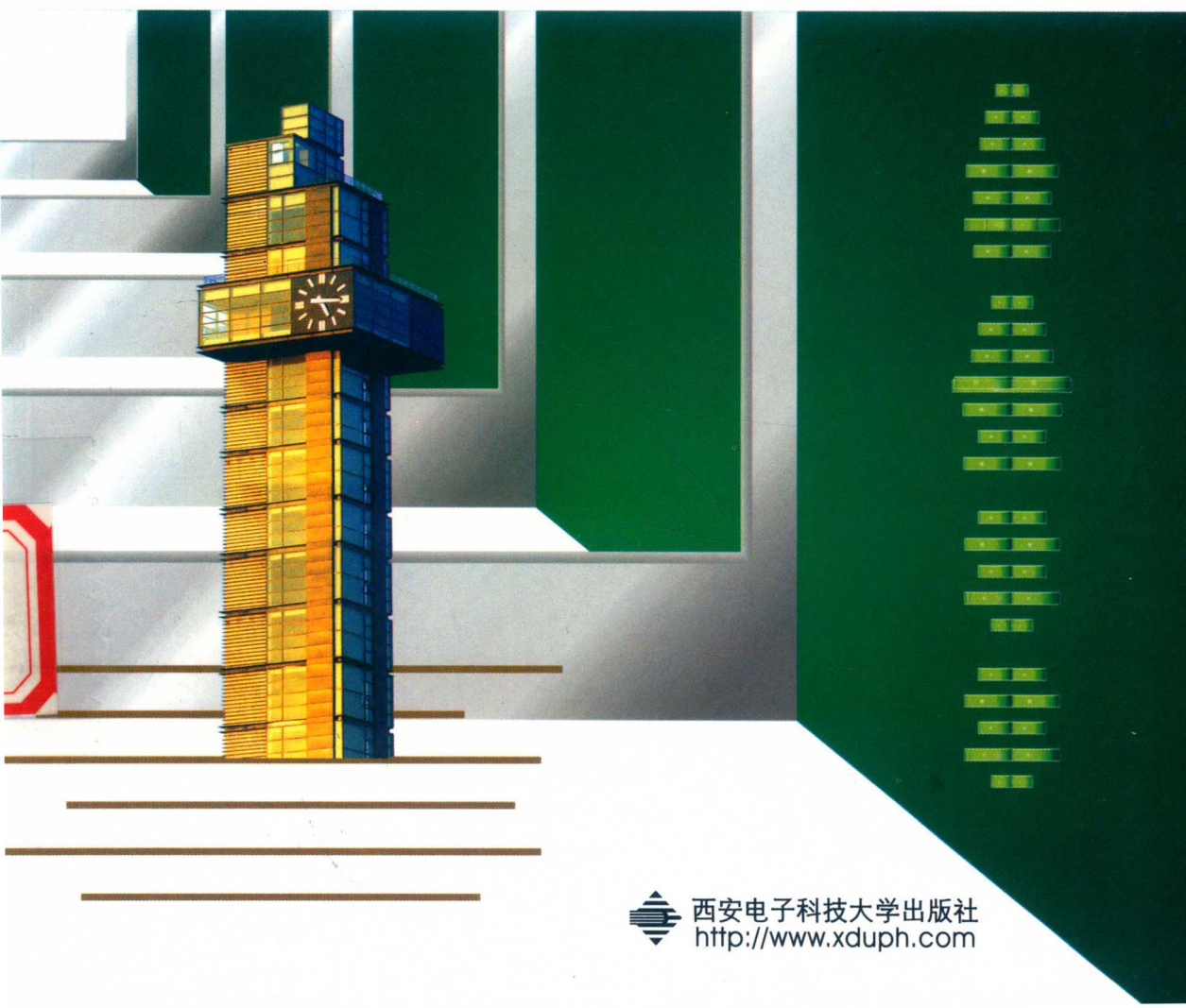


高等学校“十三五”规划教材·土木工程专业
西安石油大学教改立项教材

土力学与地基基础

主 编 崔 莹
副主编 张煜敏 代建波 朱熹育
主 审 赵均海



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校“十三五”规划教材·土木工程专业

西安石油大学教改立项教材

土力学与地基基础

主 编 崔 莹

副主编 张煜敏 代建波 朱熹育

主 审 赵均海

图例(附页)目录附录

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事岩土工程工作的工程技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事岩土工程工作的工程技术人员参考。

地基

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事岩土工程工作的工程技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事岩土工程工作的工程技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事岩土工程工作的工程技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事岩土工程工作的工程技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事岩土工程工作的工程技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事岩土工程工作的工程技术人员参考。

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书为本科院校土木工程专业的专业课教材,主要针对石油类院校土木工程专业培养需求与现有教材内容无法良好匹配的现状而编写。本书在章节布局上注意体现“专业基础+行业特色”的特点,在保留经典理论和应用内容的同时,适度增加石油、石化设备基础设计等内容,希望读者不仅能系统地学习和领会土木工程学科中常见的土力学、基础工程等的基本原理和计算方法,而且能够了解石油、石化行业常见的储罐和动力设备等基础设施的设计要点和设计流程,同时也能够学习到土木工程学科中常用的地基处理方法和处理原则。

本书共分11章,主要内容有土的物理性质及工程分类、土的应力计算与地基沉降计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、浅基础、深基础、桩基础、地基处理、储罐基础、动力设备基础等。各章均附有相应的思考题和习题,书中涉及的实例均为真实案例。本书部分章节可以作为课外学习内容。

本书获西安石油大学校级教学改革项目立项。

本书可作为本科院校尤其是石油石化类院校土木工程专业教材,也可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础/崔莹主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2016.9

高等学校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4232-1

I. ① 土… II. ① 崔… 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. ① TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 241939 号

策 划 李惠萍

责任编辑 王 斌 李惠萍

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com

电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2016年9月第1版 2016年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 22

字 数 520千字

印 数 1~3000册

定 价 40.00元

ISBN 978-7-5606-4232-1/TU

XDUP 4524001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

高等学校“十三五”规划教材 《土力学与地基基础》编委会名单

主 编 崔 莹

副主编 张煜敏 代建波 朱熹育

主 审 赵均海

编 委 崔 莹 张煜敏 代建波 朱熹育

计飞翔 高涌涛 梅 源 王凌波

前 言

“土力学与地基基础”是高等院校土木工程有关专业的一门重要课程。随着国家经济建设的发展和超高层建筑与特殊设备的兴建与投产,土力学与基础工程的现实意义已显得尤为重要。在目前的土木工程专业高等教育改革中,原“土力学”与“基础工程”两门专业课程已经被整合为“土力学与地基基础”一门课程。为了适应新形势下高等院校本科教学的要求,我们编写了本教材。

本教材参考了有关高等院校编写的同类教材。在编写过程中,我们把重点放在理论紧密联系实际,努力做到语言通俗易懂,文字简明扼要,例题典型明确,力求深入浅出,便于理解,便于自学。在每一章开始均设置有本章要点,并在各章节末尾配有思考题和习题,便于学生进行学习和自测。

从内容和体系上来讲,本教材分为三部分:第一部分是土力学,第二部分是基础工程,第三部分是地基处理。本教材的编写原则是:

- (1) 讲清基本原理、理论和方法,不拘泥于推导过程。突出基本概念、原理和计算公式的应用条件,减少公式推导,加强工程应用内容,强调学生一线实用能力的培养。
- (2) 力求体现国家和行业的最新规范与标准。
- (3) 在每章前面列出章节要点,便于学生学习和掌握。
- (4) 在编写过程中根据石油院校土木工程专业特点和课改的需要,对内容进行了适当删减,增加了石油石化行业常见的结构和设备基础设计,突出实用性和石油类高校土木工程专业的培养特色,做到够用为度。

本教材获西安石油大学校级教学改革项目立项资助。教材参编人员均为教学一线教师,承担相关专业课程教学多年,经验丰富。本教材的主适人群定位为国内高等院校土木工程学科相关专业的本科学生,同时在内容的编排上突出应用,教材中涉及的实例均为真实案例,因此也可供广大石油行业油建单位的工程技术人员参考。教材中“游梁式抽油机基础”、“动力设备基础”、“储罐基础”等章节内容和成果均来源于作者主持或参与的课题研究,在一定程度上体现了学科的前沿应用。

本教材由西安石油大学的崔莹担任主编,西安石油大学的张煜敏、代建波和朱熹育担任副主编,长安大学的赵均海教授担任主审。崔莹负责统稿、定稿工作。具体编写分工如下:崔莹编写前言及第一、三、十一章,张煜敏编写第七、八、九章,代建波编写第六、十

章，朱熹育编写第二、四、五章。长江大学的计飞翔和成都理工大学的高涌涛参与了第三、十一章部分内容的编写。西安建筑科技大学的梅源参与了第二、五章部分内容的编写。长安大学的王凌波参与了第八章部分内容的编写。

在本教材的编写过程中，引用和参考了一些教材、文献及论著，在此特向作者们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不足和疏漏在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2016.5

目 录

第一章 绪论	1	2.7 地基土的工程分类	32
1.1 概述	1	2.7.1 按土的颗粒级配或塑性指数分类	32
1.1.1 土与土力学	1	2.7.2 按土的特殊性质分类	34
1.1.2 地基与基础	2	2.7.3 细粒土按塑性图分类	35
1.2 土力学及基础工程学科的发展概况	3	思考题及习题	36
1.2.1 发展的脉络	3	第三章 土的应力计算与地基沉降计算	37
1.2.2 土力学与基础工程的关系	5	3.1 土的变形特性	37
1.3 本课程的主要内容	5	3.2 有效应力原理	37
1.3.1 教材的编写特点	5	3.3 地基中的应力分布	38
1.3.2 课程的学习要求	6	3.3.1 均质土中的自重应力	38
思考题	6	3.3.2 成层土中的自重应力	39
第二章 土的物理性质及工程分类	7	3.3.3 基础底面附加压力	40
2.1 土的生成	7	3.3.4 地基中的附加应力	43
2.1.1 残积土	8	3.4 地基的最终沉降量	58
2.1.2 坡积土	8	3.4.1 分层总和法	59
2.1.3 洪积土	9	3.4.2 相邻荷载对地基沉降的影响	65
2.1.4 冲积土	9	3.4.3 应力历史对地基沉降的影响	66
2.1.5 湖泊沉积土	11	3.4.4 正常固结、超固结和欠固结的概念	66
2.1.6 海洋沉积土	11	3.4.5 正常固结土、超固结土与欠固结土的沉降计算	66
2.1.7 冰积土	11	3.5 地基沉降与时间的关系	69
2.1.8 风积土	11	3.5.1 地基沉降与时间关系计算目的	69
2.2 土的组成	12	3.5.2 地基沉降与时间关系的计算	69
2.2.1 土中的固体颗粒	12	3.5.3 地基沉降与时间经验估算法	70
2.2.2 土中的水	15	3.5.4 地基瞬时沉降、主固结沉降与次固结沉降	72
2.2.3 土中的气体	17	思考题及习题	75
2.3 土的结构与构造	17	第四章 土的抗剪强度与地基承载力	77
2.3.1 土的结构	17	4.1 概述	77
2.3.2 土的构造	19	4.2 土的极限平衡条件	78
2.4 土的三相比例指标	20	4.2.1 土体中任一点的应力状态	78
2.4.1 土的试验指标	20	4.2.2 莫尔-库仑破坏理论	79
2.4.2 土的换算指标	22	4.2.3 土的极限平衡条件	80
2.5 土的物理性质指标	25		
2.5.1 无黏性土的物理性质指标	25		
2.5.2 黏性土的物理性质指标	26		
2.6 土的压实性	30		

4.3 抗剪强度指标的测试方法	83	5.6 土坡稳定性分析	132
4.3.1 直接剪切试验	83	5.6.1 土坡稳定的作用	132
4.3.2 三轴压缩试验	86	5.6.2 影响土坡稳定的因素	133
4.3.3 无侧限抗压强度试验	88	5.6.3 简单土坡稳定性分析计算	134
4.3.4 十字板剪切试验	89	思考题及习题	137
4.4 影响抗剪强度指标的因素	91	第六章 浅基础	139
4.4.1 抗剪强度的来源	91	6.1 概述	139
4.4.2 影响抗剪强度指标的各种因素	91	6.2 浅基础的类型	142
4.5 地基的承载力	92	6.2.1 扩展基础	142
4.5.1 地基变形的三个阶段	92	6.2.2 柱下条形基础	144
4.5.2 地基破坏的三种形式	93	6.2.3 筏板基础	144
4.5.3 地基承载力概念	94	6.2.4 箱形基础	145
4.6 地基的临塑荷载和临界荷载	94	6.3 基础的埋置深度	145
4.6.1 地基的临塑荷载	94	6.3.1 与建筑物有关的条件	145
4.6.2 地基的临界荷载	97	6.3.2 工程地质和水文地质条件	146
4.6.3 临塑荷载及临界荷载公式说明	97	6.3.3 相邻建筑物的基础埋深	147
4.7 地基的极限承载力	98	6.3.4 地基土冻胀和融陷的影响	147
4.7.1 普朗德极限承载力理论	99	6.4 地基承载力验算	148
4.7.2 太沙基极限承载力理论	102	6.4.1 地基承载力设计值的确定	148
4.7.3 汉森极限承载力理论	104	6.4.2 地基承载力特征值的修正	150
思考题及习题	104	6.5 地基变形验算	151
第五章 土压力与土坡稳定	107	6.5.1 地基变形验算的范围	151
5.1 概述	107	6.5.2 地基变形量计算	153
5.1.1 挡土墙的应用与分类	107	6.6 基础底面尺寸的确定	155
5.1.2 土压力的分类	109	6.6.1 按地基持力层的承载力计算基底尺寸	155
5.1.3 影响土压力的因素	110	6.6.2 软弱下卧层承载力验算	158
5.2 静止土压力的计算	110	6.7 扩展基础设计	160
5.2.1 产生条件	110	6.7.1 无筋扩展基础设计	160
5.2.2 计算公式	110	6.7.2 钢筋混凝土扩展基础设计	161
5.2.3 静止土压力的应用	111	6.8 柱下条形基础设计	168
5.3 朗肯土压力理论	112	6.8.1 柱下条形基础的构造要求	168
5.3.1 无黏性土的土压力	112	6.8.2 柱下条形基础的内力计算	169
5.3.2 黏性土的土压力	115	6.8.3 柱下交叉条形基础	174
5.3.3 几种常见情况下土压力的计算	116	6.9 筏形基础与箱形基础	178
5.4 库仑土压力理论	122	6.9.1 筏形基础的特点和构造要求	178
5.4.1 无黏性土主动土压力	122	6.9.2 筏形基础的内力计算	179
5.4.2 无黏性土被动土压力	127	6.9.3 箱形基础的特点和构造要求	180
5.5 挡土墙设计	128	思考题及习题	181
5.5.1 挡土墙类型的选择	128	第七章 深基础	183
5.5.2 挡土墙初定尺寸	129	7.1 沉井基础	183
5.5.3 挡土墙的稳定性验算	129	7.1.1 概述	183
5.5.4 墙后回填土的选择	131	7.1.2 沉井的类型及一般构造	184
5.5.5 墙后排水措施	131		

7.1.3 沉井的施工	188	9.3 振密、挤密法	246
7.2 地下连续墙	194	9.3.1 强夯法	246
7.2.1 概述	194	9.3.2 挤密砂石桩法	248
7.2.2 地下连续墙的类型及适用范围	195	9.3.3 土桩、灰土桩、夯实水泥土桩法	250
7.2.3 地下连续墙的接头构造	195	9.4 排水固结法	252
7.2.4 地下连续墙的施工	196	9.4.1 排水固结法及其适用范围	252
思考题	200	9.4.2 排水固结法的组成及功能	253
第八章 桩基础	201	9.4.3 排水固结法的类型及应用条件	254
8.1 概述	201	9.4.4 堆载预压法	254
8.1.1 桩基础的形式及特点	201	9.5 化学加固法	256
8.1.2 桩基础的适用范围	202	9.5.1 化学浆液的基本特性	256
8.2 桩及桩基础的分类	204	9.5.2 水泥土搅拌法	257
8.2.1 按桩的承台位置分类	204	9.5.3 高压喷射注浆法	262
8.2.2 按桩身材料分类	205	9.6 加筋法	265
8.2.3 按桩的受力特性分类	206	9.6.1 加筋法及适用范围	265
8.2.4 按桩的施工方法分类	207	9.6.2 土工合成材料	265
8.2.5 按桩的设置效应分类	210	9.6.3 加筋土挡墙	268
8.3 桩的承载力计算	211	9.6.4 锚杆	269
8.3.1 单桩竖向极限承载力	211	思考题	271
8.3.2 单桩竖向容许承载力	213	第十章 储罐基础	272
8.3.3 单桩水平承载力	222	10.1 概述	272
8.3.4 按桩身材料强度确定单桩承载力	224	10.1.1 储罐的用途和分类	273
8.3.5 桩的负摩阻力	226	10.1.2 储罐的结构构造特征	276
8.4 桩基础的设计计算	229	10.2 储罐基础类型及适用范围	277
8.4.1 桩基础的设计原则和步骤	229	10.2.1 储罐基础类型	277
8.4.2 桩基础类型的选择	229	10.2.2 储罐基础设计选型	280
8.4.3 桩基础规格的拟定	230	10.3 储罐基础设计	281
8.4.4 桩的根数及平面布置	231	10.3.1 储罐基础设计原则	281
8.4.5 桩基础的设计实例	233	10.3.2 储罐环墙基础设计与计算	282
思考题及习题	235	10.3.3 装配式环墙基础	289
第九章 地基处理	236	10.3.4 护坡式基础	290
9.1 概述	236	10.3.5 护圈式基础	291
9.1.1 地基处理的目的	236	10.3.6 储罐基础材料及构造要求	291
9.1.2 地基处理的对象	237	10.4 储罐地基承载力计算及变形验算	294
9.1.3 地基处理的原则	238	10.4.1 储罐地基承载力计算	294
9.1.4 地基处理规划程序	239	10.4.2 导致储罐地基变形和倾斜的主要因素	295
9.1.5 地基处理的方法	239	10.4.3 地基中的应力分析	296
9.1.6 复合地基	240	10.4.4 地基变形计算	298
9.2 换填垫层法	242	10.4.5 地基变形允许值	300
9.2.1 换填垫层法及其适用范围	242	思考题及习题	302
9.2.2 垫层的主要作用	243	第十一章 动力设备基础	304
9.2.3 换填垫层的设计	243		

11.1	概述	304	11.4.3	基础和上部结构处理	315
11.1.1	设计要求	304	11.5	常规游梁式抽油机基础	316
11.1.2	动力作用的类型	305	11.5.1	抽油机基础的结构类型	316
11.2	动力设备基础的类型	306	11.5.2	基础的安装	318
11.2.1	基本结构类型	306	11.5.3	游梁式抽油机基础设计实例	318
11.2.2	基础的设计步骤	306	11.6	丛式井联动主机基础	324
11.3	基础的隔振与加固	307	11.6.1	基础底面尺寸的确定	325
11.3.1	基础振动的传播	307	11.6.2	丛式井联动主机基础设计	326
11.3.2	隔振的措施	310	11.7	丛式井井架基础	334
11.3.3	常用隔振器	314	11.7.1	丛式井井架基础的设计要求	334
11.4	动力设备基础的不均匀沉降	314	11.7.2	丛式井联动采油机构井架基础设计	334
11.4.1	饱和砂土的振动液化	315	思考题及习题	342	
11.4.2	地基容许承载力的降低	315			

究土中的应力和强度，如地基的强度与稳定性、地基土液化以及边坡的稳定性等。二是土变形问题，即使土具有足够的强度保证自身稳定。土的变形尤其是沉降与不均匀沉降不应超过结构设计的允许值，否则，将会导致结构产生倾斜、开裂。三是水的渗流对土体变形和稳定性的影响。尤其是对于某些水工建筑物地基，或其他土工结构，在荷载作用下要使土满足前述的强度和变形要求，此外还要研究水的渗流对土的强度和稳定性的影响。

1.1.2 地基与基础

设计建造的建筑物、构筑物或者结构均需要将荷载传递给地层，承受荷载的地层称之为地基。上述对象向地基传递荷载的下部结构称为基础。地基基础是保证建筑物安全和满足使用要求的关键之一。

基础按其埋置深度不同，可分为浅基础和深基础两类。一般埋深在 5 m 左右且能用一般方法施工的基础属于浅基础。基础埋深大于 5 m，需用特殊方法施工的基础则属于深基础，如桩基础、沉井的地下连续墙等。按照基础材料及传力的差异，基础可以分为刚性基础和非刚性基础。图 1-1 和图 1-2 所示即为最基本的两类刚性基础。其中，图 1-1 所示砖砌筑基础一般有两种砌法：一是按台阶宽高比 1 : 1.5 砌筑(如图 1-1(a)所示)；另一种是按台阶宽高比 1 : 2 砌筑(如图 1-1(b)所示)。素混凝土可以做成台阶形(如图 1-2(a)、(b)所示)，或梯形断面(如图 1-2(c)所示)。做成台阶形时，总高度在 350 mm 以内做成一台阶(如图 1-2(a)所示)；总高度在 350~900 mm 时，做成二台阶(如图 1-2(b)所示)；总高度大于 900 mm 时，做成三台阶，每台阶宽度不宜大于 500 mm。

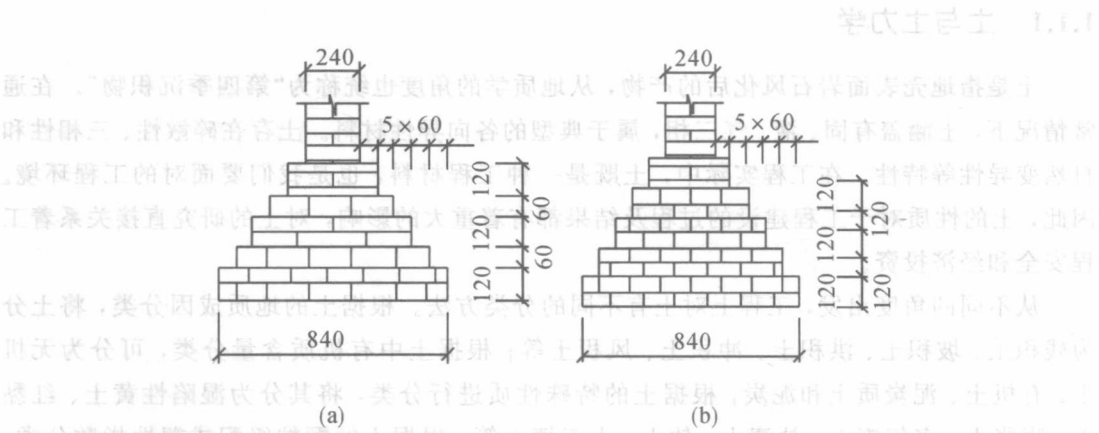


图 1-1 砖基础

按照地基经过处理与否，地基可以分为天然地基和人工地基。天然地基是指本身具有足够的强度，能直接承受建筑物荷载的土层。人工地基是指天然土层本身的承载能力弱，或建筑物上部荷载较大，须预先对土层进行人工加工或加固处理(如压实法、换土法、打桩法以及化学加固法等)后才能承受建筑物荷载的人工加固土层。在工程实际中，由于条件的制约，通常建筑或设备的地基以人工地基为主。

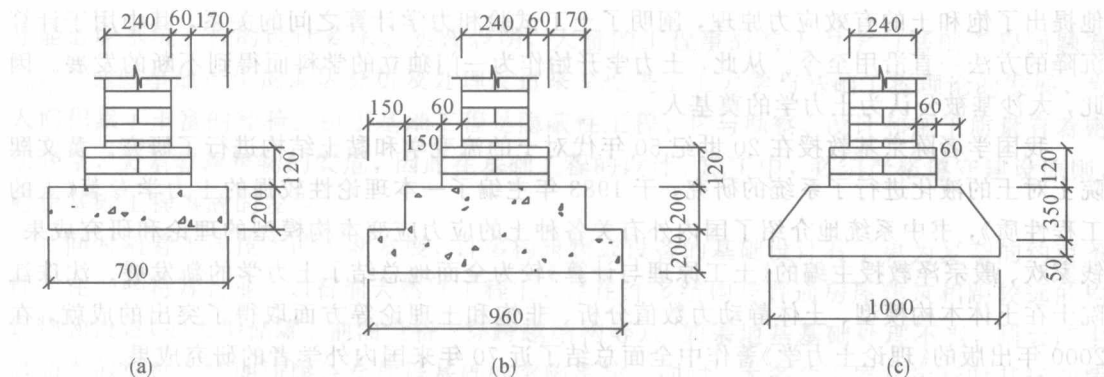


图 1-2 素混凝土基础

1.2 土力学及基础工程学科的发展概况

1.2.1 发展的脉络

土力学及基础工程学作为独立的学科已经历了将近百年的历史,有关的研究从 18 世纪末期就已经开始,它既是一项古老的工程技术,同时又是一门年轻的应用科学。我国封建时代的劳动人民基于生产生活的需要积累了大量实践经验,集中体现在能工巧匠的高超技艺。例如,隋朝石工李春所修赵州石拱桥,不仅因其建筑和结构设计的成就而著称于世,就论其地基基础的处理也是颇为合理的。西安半坡村新石器时代遗址和殷墟遗址的考古发掘等都发现有作为地基基础的土台和石础。但是,由于当时生产力发展水平的限制,还没有能够形成系统的科学理论。

1773 年,法国科学家库仑(Coulomb)发表了著名的土压力滑楔理论和土的抗剪强度公式,对于土力学理论的创立打下了良好的基础。1801 年,俄国学者富斯(Фусс)第一次提出了关于道路轮沟形成的理论分析。1840 年,法国力学家彭思莱(Poncelet)对线性滑动土楔理论得出了更完善的解。1855 年,法国学者 H.达西(Darcy)创立了土的层流渗透定律。1857 年,英国学者 W.T.M.朗肯(Rankine)发表了土压力塑性平衡理论。1885 年,法国学者 J.布辛奈斯克(Boussinesq)求出了弹性半空间(半无限体)表面受竖向集中力作用时土中应力、变形的理论解。这些古典理论对土力学的发展起了很大的推动作用,形成一系列为解决实际工程建设而产生的理论和方法。经过长达一个多世纪的发展,许多研究者继承前人的研究,总结了实践经验,为孕育本学科的雏形而做出了贡献。

20 世纪 20 年代开始,通过许多研究者的不懈努力,土力学的研究有了迅速的发展。1915 年,瑞典学者 K.E.彼得森(Petterson)首先提出,后由瑞典学者 W.费伦纽斯(Fellenius)及美国学者 D.W.泰勒(Taylor)进一步发展而提出了土坡稳定分析的整体圆弧滑动面法。1920 年,法国学者 L.普朗德尔(Prandtl)发表了地基剪切破坏时的滑动面形状和极限承载力公式。1925 年,美籍奥地利学者 K.太沙基(Terzaghi)在归纳发展以往成就的基础上,发表了第一本土力学专著,接着又于 1929 年与其他作者一起发表了《工程地质学》。这两本比较系统完整的科学著作的出现,带动了各国学者对本学科各个方面的探索。

他提出了饱和土的有效应力原理,阐明了土工试验和力学计算之间的关系,其中用于计算沉降的方法一直沿用至今。从此,土力学开始作为一门独立的学科而得到不断的发展。因此,太沙基被公认为土力学的奠基人。

我国学者陈宗基教授在 20 世纪 50 年代对土的流变学和黏土结构进行了研究。黄文熙院士对土的液化进行了系统的研究,于 1983 年主编了一本理论性较强的土力学专著《土的工程性质》,书中系统地介绍了国内外有关各种土的应力应变本构模型的理论 and 研究成果。钱家欢、殷宗泽教授主编的《土工原理与计算》较为全面地总结了土力学的新发展。沈珠江院士在土体本构模型、土体静动力数值分析、非饱和土理论等方面取得了突出的成就,在 2000 年出版的《理论土力学》著作中全面总结了近 70 年来国内外学者的研究成果。

1948 年,太沙基与 R.佩克(Peck)共同撰写了《工程实用土力学》一书,将理论、测试和工程经验密切结合,推动了土力学和基础工程学科的发展,也标志着“土力学及基础工程”真正成为一门工程科学。从 1936 年在美国召开第一届“国际土力学及基础工程会议”(至十五届更名为“国际土力学及岩土工程会议”)起至 2013 年,共计开过 18 次国际会议。中国土木工程学会的土力学及基础工程分科学会于 1957 年加入国际土力学及基础工程协会,国际土力学及岩土工程学术大会已经成为了每四年举办一次的国际最大规模和最高水平的学术盛会,其间,世界各地(如亚洲、欧洲、非洲、泛美、澳新、东南亚等)以及包括中国在内的许多国家也都开展了类似的活动,交流和总结了本学科新的研究成果和实践经验。土力学是理论基础,研究作为工程载体岩土的特性及其应力应变、强度、渗流的基本规律;基础工程则研究在岩土地基上开展工程实践的具体技术问题,两者互为理论与应用的整体。

从狭义上讲,基础工程包括基础类型的选择、基础埋深的确定、基础结构设计及基础施工等内容。桩基础的使用具有悠久的历史,据考证人类在一万多年前就使用了桩。俄国工程师斯特拉乌斯(Страйс)于 1899 年首先提出了混凝土灌注桩的建议。1901 年美国工程师莱蒙德(Raymond)设计并实现了在钢管内灌注混凝土的桩,近百年来随着社会的进步和经济建设的发展,桩基础得到了广泛应用,出现了许多新桩型,桩基础设计理论也得到极大的丰富和发展,特别是近年来考虑桩土共同作用的桩基设计理论得到广泛应用。与此同时,地下连续墙、沉井等基础型式也得到大量使用,基础设计计算理论日臻完善。

地震导致大量建筑物破坏,造成极大损失,其中有不少是因建筑物基础设计不当所致的。经过大量震害调查和理论研究,研究者逐渐总结了一套行之有效的基础抗震设计理论与计算方法,特别是近十几年来由于地震频繁发生,人们对建筑物抗震更加重视,理论研究为地震区的基础抗震设计提供了科学的理论指导。

随着社会的发展,高层、超高层建筑大量涌现,城市地下空间被开发利用,由此产生了大量与深基础有关的深基坑工程问题。特别是 20 世纪 90 年代以来,对基坑工程的研究取得了很大的进展,出现了许多支护型式,设计理论也得到丰富与发展。由于基坑围护系统大多为临时性结构,使基坑工程具有安全储备小、风险大的特点。基坑工程区域性强,不同地区根据具体情况采用不同的围护措施,基坑工程还受周边环境如建筑物、道路、地下管线的影响,即使在同一地区同样深度的基坑,其支护方案可能完全不同。基坑工程是一个复杂的系统工程,涉及勘察、稳定、变形和渗透、钢筋混凝土理论、支护系统施工、土方开挖及使用过程中的监控和环境保护等多方面因素。设计者必须具备较为全面的知识,

才能适应基坑工程的设计要求。实践表明,大量的工程事故与土力学与基础工程问题有关,对这些事故产生的原因分析及处理反过来又促进了土力学与基础工程理论的发展,为人们积累了丰富的经验。由于基础工程是隐蔽性工程,它与勘察、设计和施工质量有着密切联系,关系着建筑物的安危,因此在基础工程的设计、施工中,必须严格遵守建设原则,避免基础工程事故的发生。

同时随着工业技术的不断发展,许多构筑物或设备的基础设计有了更为复杂的约束条件。在一些特殊行业,如石油天然气工程上,存在许多结构与普通房屋建筑相距较远的构筑物和设备(如大型储罐、抽油设备、穿跨越结构等)。如果地基基础处理不当,则会产生诸如类似加拿大特朗斯康谷仓片筏基础的突陷事故。同时,大多数机器在运行时其运动质量会对基础形成一种动荷载,也会使得地基土存在液化的危险。如何以工程实际为准绳,将土力学和基础工程的理论应用在特殊行业设备或结构的基础设计及地基土评价上是有现实意义的。综上所述,土力学是基础工程设计和施工技术的理论基础,而基础工程则是土力学与工程实际密切结合的结果。它们二者构成本课程的完整体系。

1.2.2 土力学与基础工程的关系

土力学是一门研究与土的工程问题有关的学科。其内容包括土中地下水的流网分析、土中应力计算、沉降计算、固结理论、地基承载力计算、水压力计算和土坡稳定分析等,这些都是运用流体力学、弹性理论和塑性理论的基本原理研究土这种特殊性质材料的宏观力学行为所得到的结果,为地基基础设计提供了各种分析计算方法。

基础工程是土木工程学科的一门重要分支,由于基础和上部结构是建筑物不可分割的组成部分,它们互为条件、相互依存,在设计 and 施工时必须统一考虑,地基基础的设计要求是由整个建筑物的结构特点和使用要求所决定的,各种类型上部结构的地基基础问题具有各自的专业特点。其内容包括:天然地基上浅基础的地基承载力计算和地基变形计算、基础底面反力分布与基础结构内力计算、基础的构造与配筋等;深基础和桩基础的设计原理与施工要点;支挡结构设计;动力机器基础设计;液化判别与地基抗震设计;特殊性土地基(湿陷性黄土、红黏土、膨胀土、盐渍土和冻土)的判别与设计计算以及各类地基处理方法(换填法、强夯法、振冲法、预压法、高压喷射注浆法、水泥土搅拌法等)的设计原理与施工要点。

1.3 本课程的主要内容

1.3.1 教材的编写特点

为了适应专业调整的需要,尽可能在考虑到土木工程一级学科背景的同时体现石油高等院校土木工程专业授课需要,除了在内容编排上选择最基本、必需的内容以外,我们按照专业基础课与专业方向课相结合的思路,对本教材进行了细致的内容编排。针对石油院校中土木工程专业培养特点和现有的专业课教材内容无法体现培养目标的矛盾,在本教材的章节布局上体现了“专业基础+行业特色”的特点。在保留经典理论和应用内容的同时,创新性地增加了石油设备基础设计及地基处理等内容。全书共分 11 章。在具体章节

编排中,第二章至第五章为土力学学科基本内容,主要包括土的基本性质、土中应力、土的抗剪强度与地基承载力与土压力计算。第六章至第九章为常见基础工程的设计和地基处理方法,主要包括浅基础、深基础、桩基础以及地基处理。第十章至第十一章是两类在工业工程中常见的特殊基础设计,主要包括储罐基础设计计算和动力设备基础(游梁式抽油机基础、丛式井联动排采设备基础等)设计计算。

1.3.2 课程的学习要求

本课程是实践性和理论性都比较强的一门课程,在整个教学计划中,从基础课过渡到专业课,具有承上启下的作用,是专业教学前的一个重要环节。基础工程的分析与计算是建立在土力学基础之上的,涉及工程地质学、土力学、弹性力学、动力学、结构设计和施工等学科领域,内容广泛,综合性强,土建、桥梁、隧道、港口、海洋等有关工程均涉及基础工程。要成功建造一个基础工程,必须遵循勘察、试验测试、分析计算、方案对比论证、监测控制、反演分析、修正调整的工作方法。对于重要、复杂的基础工程,应通过数学模拟、物理模拟和原型观测等综合手段进行研究,只有这样才能正确进行基础工程的分析与设计。随着经济建设的发展,地基基础型式日益增多,新的基础型式不断涌现,这些都不断促进了基础工程设计计算理论的完善和发展。目前有些计算方法尚在探索阶段,没有上升到理论,离实用尚有一定距离,即便是现有计算理论也存在不少问题和不足,有待于进一步研究,以便加以完善和提高。

本课程涉及多个学科领域,所以内容复杂广泛、综合性强,学习时应该突出重点,兼顾全面。重视工程地质的基本知识,培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力,牢固掌握土的应力、应变、强度和地基计算等土力学基本原理,理解动力设备和石油石化设备的施荷特点,以便应用这些基本概念和原理,结合相关建筑结构理论和施工知识,分析、解决基础设计与地基处理等问题。

思考题

1. 土力学研究和解决的工程中的主要问题是什么?
2. 地基的概念是什么?基础的概念是什么?二者有何区别?
3. 土力学与基础工程的学科发展脉络是什么?

第二章

土的物理性质及工程分类

【本章要点】 本章为土力学基本原理章节,学习过程具体应注意以下要点:

- (1) 了解土的形成,掌握不同成因类型土的工程性质。
- (2) 了解土的三相组成及其结构构造,掌握土的三相指标并能够进行指标间的换算。
- (3) 能够根据相关指数判断土的物理状态,掌握无黏性土与黏性土的物理性质指标。
- (4) 了解土的压实性及动力特性,了解地基土的不同分类。

2.1 土的生成

土是由连续、坚固的岩石在物理风化、化学风化和生物风化作用下形成的大小不一的颗粒,各种自然力量的搬运、堆积、沉积,形成的固体矿物颗粒、水和气体的碎散集合体。在漫长的地质年代中,由于各种内力和外力地质作用形成了许多类型的岩石和土。岩石经历风化、剥蚀、搬运、沉积生成土,而土又经压密固结、胶结硬化也可再生成岩石。作为建筑物地基的土,是土力学研究的主要对象。

岩石是一种或多种矿物的集合体。它的特征及其工程性质在很大程度上取决于它的矿物成分。矿物是地壳中天然生成的自然元素或化合物,它具有一定的物理性质、化学成分和形态。组成岩石的矿物称为造岩矿物。岩石按成因划分,可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。

从土与岩石的生成过程得知,土与岩石互为产物,岩石不断风化破碎成土,土又不断压密、岩化而重新变成岩石。这一过程周而复始,不断循环,永远持续进行着。

工程上遇到的大多数土都是在第四纪地质历史时期内形成的。第四纪地质年代的土又可划分为更新世和全新世两类,如表 2-1 所示。不同成因类型的第四纪沉积物,各具有一定的分布规律和工程地质特征。根据岩屑搬运和沉积的情况不同,将土分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、湖泊沉积土、海洋沉积土、冰积土、风积土等。以下对其主要类型作以简单介绍。

表 2-1 土的生成年代

纪(或系)	世(或统)		距今年代/万年
第四纪(Q)	全新世(Q ₁)	Q ₁₃ (晚期)	<0.25
		Q ₁₂ (中期)	0.25~0.75
		Q ₁₁ (早期)	0.75~1.2
	更新世(Q _p)	晚更新世(Q ₃)	1.2~12.8
		中更新世(Q ₂)	12.8~73
		早更新世(Q ₁)	73~248

2.1.1 残积土

残积土是指母岩表层经风化、剥蚀，未被搬运，残留在原地的岩石碎屑。残积土一般分布在基岩曾经出露地表面而又受到强烈风化作用的山区、丘陵及斜坡地的基岩顶部，如图 2-1 所示。

残积土由黏性土或砂类土以及具有棱角状的碎石所组成，有较高的孔隙度，没有经过搬运、分选，无层理，厚度变化大，一般山坡上较薄，在坡脚或低洼处较厚。如以残积层作为建筑物地基，应当注意不均匀沉降和土坡稳定性问题。在我国南方地区某些残积土有其特殊工程性质。如由石灰岩风化而成的残积红黏土，虽然其孔隙比较大，含水率高，但因其结构性强因而承载力高；由花岗岩风化而成的残积土，虽室内测定压缩模量较低，孔隙比也较大，但其承载力并不低。

2.1.2 坡积土

坡积土是指山坡上方的岩石风化产物在重力作用下被缓慢流动的雨、雪水向下逐渐搬运，沉积在较平缓山坡上而形成的堆积物，如图 2-2 所示。

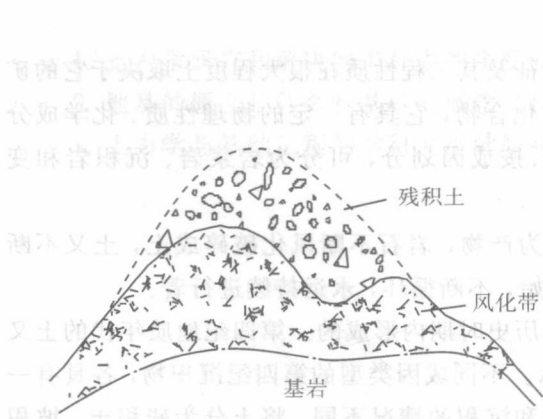


图 2-1 残积土

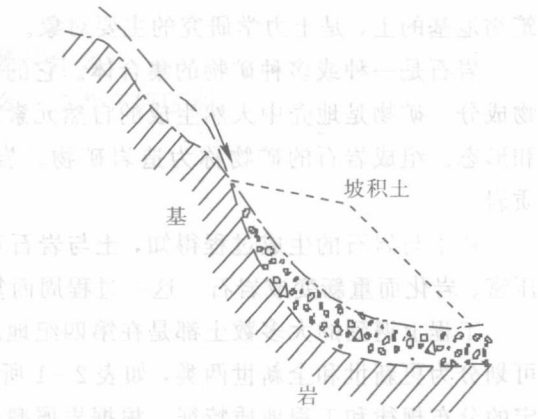


图 2-2 坡积土

坡积土的上部常与残积物相接，堆积的厚度也不均匀，一般上薄下厚。坡积物底面的倾斜度取决于基岩，颗粒自上而下呈现由粗到细的分选现象，其矿物成分与其下的基岩无