



“十二五”职业教育
国家规划教材
经全国职业教育教材
审定委员会审定

土力学与地基基础

(第三版)

张力霆 梁金国 主编

高等教育出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

TULIXUE YU DIJI JICHU

土力学与地基基础

(第三版)

张力霆 梁金国 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“十二五”职业教育国家规划教材。全书内容共分十一章,根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001,2009年版)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)以及《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)等多个新近修改的规范要求,系统地阐述了土的物理性质与工程分类、土中应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、岩土工程勘察、天然地基上的浅基础设计、桩基础及其他深基础、基坑工程、地基处理、特殊土地基及山区地基等章节。每章正文之前有学习目标,每章正文之后有小结、思考题、习题。

本书内容精练、实用性强,可作为高职高专、成人高校以及本科院校所属二级职业技术学院的土建类建筑工程专业的课程教材,也可作为土建类相关专业的课程教材,同时可供土建类专业勘察、设计和施工人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础 / 张力霆, 梁金国主编. -- 3版

. -- 北京: 高等教育出版社, 2014. 8

ISBN 978 - 7 - 04 - 039547 - 1

I. ①土… II. ①张… ②梁… III. ①土力学 - 高等教育 - 教材②地基 - 基础(工程) - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第067558号

策划编辑 刘东良 责任编辑 刘东良 封面设计 杨立新 版式设计 马敬茹
责任校对 刘 莉 责任印制 张福涛

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京七色印务有限公司
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 23.75
字 数 580千字
购书热线 010 - 58581118
咨询电话 400 - 810 - 0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2002年7月第1版
2014年8月第3版
印 次 2014年8月第1次印刷
定 价 40.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 39547 - 00

出版说明

教材是教学过程的重要载体，加强教材建设是深化职业教育教学改革的有效途径，推进人才培养模式改革的重要条件，也是推动中高职协调发展的基础性工程，对促进现代职业教育体系建设，切实提高职业教育人才培养质量具有十分重要的作用。

为了认真贯彻《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》(教职成[2012]9号)，2012年12月，教育部职业教育与成人教育司启动了“十二五”职业教育国家规划教材(高等职业教育部分)的选题立项工作。作为全国最大的职业教育教材出版基地，我社按照“统筹规划，优化结构，锤炼精品，鼓励创新”的原则，完成了立项选题的论证遴选与申报工作。在教育部职业教育与成人教育司随后组织的选题评审中，由我社申报的1338种选题被确定为“十二五”职业教育国家规划教材立项选题。现在，这批选题相继完成了编写工作，并由全国职业教育教材审定委员会审定通过后，陆续出版。

这批规划教材中，部分为修订版，其前身多为普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专)或普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专)，在高等职业教育教学改革进程中不断吐故纳新，在长期的教学实践中接受检验并修改完善，是“锤炼精品”的基础与传承创新的硕果；部分为新编教材，反映了近年来高职院校教学内容与课程体系改革的成果，并对接新的职业标准和新的产业需求，反映新知识、新技术、新工艺和新方法，具有鲜明的时代特色和职教特色。无论是修订版，还是新编版，我社都将发挥自身在数字化教学资源建设方面的优势，为规划教材开发配备数字化教学资源，实现教材的一体化服务。

这批规划教材立项之时，也是国家职业教育专业教学资源库建设项目及国家精品资源共享课建设项目深入开展之际，而专业、课程、教材之间的紧密联系，无疑为融通教改项目、整合优质资源、打造精品力作奠定了基础。我社作为国家专业教学资源库平台建设和资源运营机构及国家精品开放课程项目组织实施单位，将建设成果以系列教材的形式成功申报立项，并在审定通过后陆续推出。这两个系列的规划教材，具有作者队伍强大、教改基础深厚、示范效应显著、配套资源丰富、纸质教材与在线资源一体化设计的鲜明特点，将是职业教育信息化条件下，扩展教学手段和范围，推动教学方式方法变革的重要媒介与典型代表。

教学改革无止境，精品教材永追求。我社将在今后一到两年内，集中优势力量，全力以赴，出版好、推广好这批规划教材，力促优质教材进校园、精品资源进课堂，从而更好地服务于高等职业教育教学改革，更好地服务于现代职教体系建设，更好地服务于青年成才。

高等教育出版社

2014年7月

第三版前言

本书是“十二五”职业教育国家规划教材，是在普通高等教育“十一五”国家级规划教材《土力学与地基基础》(第二版)的基础上，进一步结合应用型、技能型人才培养的教育教学改革的经验，为适应高职高专人才培养的需要修订的。自第二版出版以来，岩土工程技术又有了新的进展，尤其是多个相关规范颁布之后，使得教材建设落后于快速发展的岩土工程实践。因此，为适应新的形势要求，充实、完善和更新原教材内容，对本书进行了修订编写。

本书按80学时编写，共分十一章，主要内容包括土的物理性质与工程分类、土中应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与边坡稳定、岩土工程勘察、天然地基上的浅基础设计、桩基础与其他深基础、基坑工程、地基处理、特殊土地基及山区地基。本书遵循《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001, 2009年版)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)以及《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)等规范标准的要求，兼顾我国地域辽阔、幅员广大、土质区域性强的特点，突出应用性与针对性。本书理论部分尽可能以够用为度，考虑到高职高专学生的特点，对理论性较强、实践中较少遇到的内容进行了删简，使内容尽量充实加强，力求更新。本书具有内容精练、体系完整、紧密结合实际的特点。根据课程要求，书中附有针对性较强的例题、思考题及习题。

本书由石家庄铁道大学张力霆教授与河北建设勘察研究院有限公司梁金国教授级高级工程师(全国工程勘察设计大师)共同主编，张力霆编写绪论，第一、三章；梁金国编写第六章；长春工程学院吴景华编写第八、九章；石家庄铁道大学汤劲松编写第二、十章；石家庄铁道大学李强编写第四、五章；天津铁道职业技术学院王虎妹编写第七、十一章。全书由张力霆统稿。

本书由天津大学杨进良教授审阅，在编写过程中还得到了石家庄铁道大学李光兆、刘洋、赵倩等同志的大力协助，在此一并表示感谢。

由于作者的水平有限，书中不妥及疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2014年7月

第二版前言

《土力学与地基基础》(第二版)是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。《土力学与地基基础》(第一版)是2002年根据教育部制定的高职高专土建类课程教学的基本要求编写的。该教材使用以来,岩土工程技术有了新的进展,尤其是相关规范颁布之后,使得教材建设远落后于快速发展的岩土工程实践。因此,为适应新的形势,充实、完善和更新原教材内容,对本书进行了修订。

本教材按80学时编写,共分十一章,主要内容包括土的物理性质与工程分类、土中应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与边坡稳定、岩土工程勘察、天然地基上的浅基础设计、桩基础与其他深基础、基坑工程、地基处理、特殊土地基及山区地基。本书第一版出版之际,正是有关规范讨论修订之时,一些概念、术语仍沿用了旧的规范条文。2002年后,修订的有关规范相继颁布。因此,本书遵循《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2002)及《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)等规范标准的要求,对全书各章节进行了适当的调整,尤其是对第四章~第八章、第十章等章节进行了一定的变动。同时,兼顾我国地域辽阔、幅员广大、土质区域性强的特点,突出应用性与针对性。本教材理论部分尽可能以够用为度,删繁就简;实用内容尽量充实加强,力求更新。具有内容精练,体系完整,紧密结合实际的特点。根据课程要求,书中附有针对性较强的例题、思考题及习题。

本书由石家庄铁道学院张力霆主编,并编写绪论、第一、二、三、六章;长春工程学院吴景华编写第七、八、九章;淮海工学院樊华编写第四、十章;河北工程技术高等专科学校刘振京编写第五章;石家庄铁道学院王扬编写第十一章。全书由张力霆统稿。

本书由天津大学杨进良教授审阅,在编写过程中还得到了石家庄铁道学院周国斌、高亮、谷芳等同志的大力协助,在此一并表示感谢。

由于作者的水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2007年1月

第一版前言

本书是教育部高职高专规划教材，是根据高职高专土建类房屋建筑工程专业教学的基本要求并结合目前教学改革发展的需要以及在实际工程中专业的最新动态编写的。

本书共分十一章，主要内容包括土的物理性质与工程分类、土中应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力及边坡稳定、地基勘察、天然地基上的浅基础设计、桩基础、基坑工程与其他深基础、地基处理、特殊土地基及山区地基。本书采用了最新修订的《建筑地基基础设计规范》以及其他岩土工程新规范、新规程和新标准，结合高职高专教育的特点，突出应用性和针对性。在编写过程中注重理论联系实际，强调应用，同时编入了较多的新技术和新方法。另外，由于我国地域辽阔、幅员广大、土质区域性强，为了照顾各地区特点，对膨胀土地基、红粘土地基、湿陷性黄土地基、山区地基做了必要的介绍，授课时可结合本地区特点合理取舍。

本书由河北工程技术高等专科学校张力霆主编，张力霆编写绪论、第一、二、三、六章；连云港化工高等专科学校樊华编写第四、十章；西南交通大学峨眉分校陈伟庆编写第五、十一章；长春工程学院吴景华编写第七、八、九章。全书由张力霆统稿。

本书由天津大学杨进良教授主审，在编写过程中还得到了河北工程技术高等专科学校秦植海教授的大力支持，在此一并表示感谢。

本书在编写过程中正值岩土工程专业基本规范《建筑地基基础设计规范》修订之际，本书的一些内容引用了该规范(征求意见稿)的有关规定，其他相关内容则采用现行规范规定，在使用本书时应注意规范内容的交替与衔接。

本书带*的章节，教师和学生可根据专业、学时等具体情况决定取舍。由于作者的理论水平 and 实践经验有限，错误及不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2002年1月

目 录

绪论	1	小结	105
0.1 土力学与地基基础课程简介	1	思考题	106
0.2 正确处理土力学与地基基础 问题的重要性	3	习题	106
0.3 本课程的特点和学习要求	5	第四章 土的抗剪强度与地基 承载力	108
第一章 土的物理性质与工程分类	8	4.1 土的抗剪强度与极限平衡 理论	108
1.1 土的概念与基本特征	8	4.2 土的剪切试验	113
1.2 土的生成	8	4.3 土的剪切特性	119
1.3 土的组成	10	4.4 地基承载力	125
1.4 土的三相量比例指标	16	小结	135
1.5 无黏性土的密实度	21	思考题	137
1.6 黏性土的稠度	23	习题	137
1.7 土的压实原理	26	第五章 土压力与土坡稳定	138
1.8 地基土(岩)的工程分类	28	5.1 土压力的种类与影响因素	138
小结	33	5.2 静止土压力的计算	140
思考题	34	5.3 朗肯土压力理论	140
习题	34	5.4 库仑土压力理论	145
第二章 土中应力计算	36	5.5 特殊情况下的土压力计算	151
2.1 土中应力类型	36	5.6 挡土墙稳定性分析	154
2.2 土中自重应力	36	5.7 土坡稳定分析	162
2.3 基底压力	39	小结	169
2.4 土中附加应力	41	思考题	170
小结	62	习题	170
思考题	63	第六章 岩土工程勘察	172
习题	63	6.1 概述	172
第三章 地基变形计算	65	6.2 岩土工程勘察方法	174
3.1 土的压缩性	65	6.3 岩土工程勘察报告书	182
3.2 地基最终变形计算	71	6.4 验槽	184
3.3 土的渗透性与渗透变形	90	小结	187
3.4 饱和黏性土的单向渗透固结 理论	94	思考题	188
3.5 建筑物沉降观测与地基变形 容许值	102	习题	188
		第七章 天然地基上的浅基础设计	190

7.1	基础的划分	190	9.3	支护结构的稳定性分析	290
7.2	基础材料	190	9.4	施工与检测	295
7.3	浅基础的类型及构造	192	小结	297	
7.4	基础埋置深度的选择	199	思考题	298	
7.5	地基承载力的确定	204	习题	298	
7.6	浅基础的设计与计算	206	第十章 地基处理	299	
7.7	上部结构、基础和地基共同 作用的概念	211	10.1	概论	299
7.8	减轻不均匀沉降的措施	216	10.2	换填法	300
小结	219	10.3	预压法	305	
思考题	220	10.4	强夯法	311	
习题	220	10.5	挤密桩法	315	
第八章 桩基础及其他深基础	222	10.6	化学加固法	323	
8.1	概述	222	10.7	加筋法	328
8.2	单桩竖向承载力特征值 的确定	225	10.8	托换法	333
8.3	群桩承载力计算	236	小结	337	
8.4	单桩水平承载力	248	思考题	337	
8.5	桩及桩承台的设计与计算	256	习题	338	
8.6	其他深基础	262	第十一章 特殊土地基及山区地基	339	
小结	272	11.1	膨胀土地基	339	
思考题	272	11.2	红黏土地基	347	
习题	273	11.3	湿陷性黄土地基	348	
第九章 基坑工程	274	11.4	山区地基	354	
9.1	概述	274	小结	363	
9.2	基坑支护结构的计算与设计	277	思考题	364	
			习题	365	
			参考文献	366	

绪 论

0.1 土力学与地基基础课程简介

0.1.1 本课程的研究对象及研究内容

地球表面的大块岩体经自然界风化、剥蚀、搬运、沉积等地质作用形成松散的堆积物或沉淀物，在建筑工程中称为土。土是各种矿物颗粒的集合体。土是自然界的产物，与其他建筑材料相比，它在质地、强度等诸多方面存在着较大差异。特别是某些土在含水率很高的情况下，其压缩性很大、承受荷载的能力很低。

由于土的形成年代、生成环境及矿物成分不同，所以其性质也是复杂多样的。例如，沿海及内陆地区的软土，华北、东北及西北地区的黄土，分布在全国各地区的黏土、膨胀土和杂填土等，都具有不同的性质。因此，进行建筑物设计之前，必须对建筑场地进行勘察，提出工程地质报告。然后根据上部荷载、桥梁涵洞或房屋使用及构造上的要求，采用一些必要的措施，使地基变形不超过其允许值，并保证建筑物和构筑物是稳定的。

任何建筑物都支承于地层上，受建筑物荷载影响的那一部分地层称为地基。建筑物的下部通常要埋入地下一定的深度，使之坐落在较好的地层上，建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础。建筑物的地基、基础如图 0-1 所示。

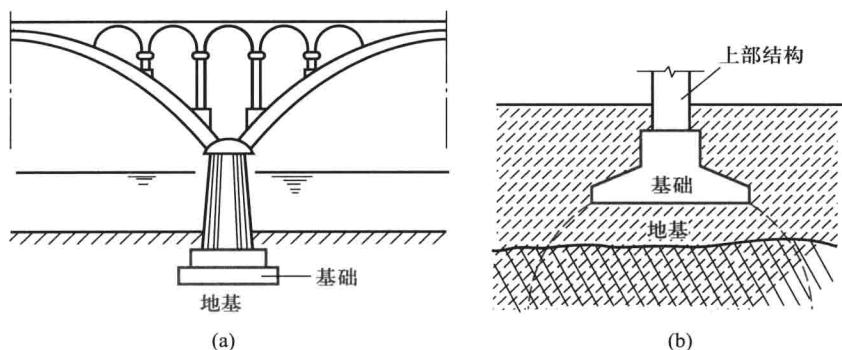


图 0-1 地基与基础

未经人工处理的地基，称为天然地基。如果天然地基软弱，其承载力及变形不能满足设计

要求时,则要对地基进行加固处理,这种地基称为人工地基(如采用机械压实、强力夯实、换土垫层、排水固结等方法处理过的地基)。

基础根据埋深不同可分为浅基础和深基础。对一般房屋的基础,如土质较好,埋深通常不大(1~5m),可用简便的方法开挖基坑和排水,这类基础称为浅基础。如果建筑物荷载较大或下部地层较软弱时,需要把基础埋置于深处较好的地层,要采用特殊的基础类型或特殊的施工方法,这种基础称为深基础(如桩基础、沉井、地下连续墙等)。

土力学与地基基础这门课程,包括土力学及地基基础两部分。土力学是利用力学的一般原理以土为研究对象,研究土的特性及其受力后,应力、变形、渗透、强度和稳定性及其随时间变化规律的学科。它是力学的一个分支,是为解决建筑物的地基基础、土工建筑物和地下结构物的工程问题服务的。地基基础主要研究常见的房屋、桥梁、涵洞等地基基础的类型、设计计算和施工方法。

建筑物的地基、基础和上部结构三部分,虽然各自功能及研究方法不同,但对一个建筑物来说,在荷载作用下,三者都是相互联系、相互制约的整体。目前,尽管受人们对建筑物的研究程度及计算方法的限制,要把三者完全统一起来进行设计计算尚有困难,但在解决地基基础问题时,从地基—基础—上部结构相互作用的整体概念出发,全面考虑问题,是建筑物设计的发展方向。

0.1.2 学科的发展历史

土力学与地基基础既是一门古老的工程技术,又是一门新兴的应用学科。它伴随着生产实践的发展而发展,始终与社会各历史阶段的生产和科学水平相适应。

就土力学与地基基础学科而论,它也和其他学科一样,经历过从感性认识到理性认识、形成独立学科和新的四个阶段。

土力学学科最早为感性认识阶段。我国劳动人民远在春秋战国时期开始兴建的万里长城以及隋唐时期修通的南北大运河,穿越各种复杂的地质条件,历经千百年风雨沧桑而不毁,被誉为亘古奇观;宏伟壮丽的宫殿寺院,要依靠精心设计的地基基础,才能逾千百年而留存至今;遍布各地的高塔,正是由于有牢固的基础,才能遇多次强震而无恙。隋朝李春在河北省修建的赵州石拱桥,不仅因其建筑和结构设计而闻名于世,其地基基础处理也是非常合理的,该桥桥台砌置于密实粗砂层上,1300多年来估计沉降量仅几厘米,现在通过验算,桥台的基底压力为500~600kPa,这与用现代土力学理论方法给出的该土层的承载力非常接近。

18世纪中叶,随着欧洲工业革命的兴起,大规模的城市建设和水利、铁路的兴建,遇到了许多与土有关的力学问题,积累了许多成功的经验,也总结了不少失败的教训,它促使人们对积累的经验作出理论上的解释,现代土力学的理论才开始随之逐渐产生和发展。1773年,法国库仑(Coulomb)根据试验提出了砂土的抗剪强度公式和挡土墙土压力的滑动楔体理论(统称为库仑理论);1857年,英国朗肯(Rankine)又从另一途径建立了土压力理论,这一土压力理论与库仑土压力理论统称为古典土压力理论,对后来土体强度理论的建立起了推动作用;1885年布辛涅斯克(Boussinesq)求得了弹性半无限空间体表面在集中力作用下的应力、应变理论解答;费伦纽斯(Fellenius)为解决铁路塌方问题提出了土坡稳定分析方法。这些理论和方法至今仍作为土力学的基本理论被广泛应用着。

1925年奥裔美国土力学专家太沙基(Terzaghi)所著“Eoubakmeceanik”的出版,被公认为是近代土力学的开始。太沙基在总结实践经验和大量试验的基础上提出了很多独特的见解,其中著名的土的有效应力原理和固结理论是对土力学学科的突出贡献。至此,土力学才成为一门独立学科,并在以后的工程实践中不断丰富、提高。

20世纪50年代开始,现代科技成就特别是电子技术渗入了土力学与地基基础的研究领域,试验技术实现了自动化、现代化,人们对地层的性质有了更深的了解,土力学理论和基础工程技术出现了令人瞩目的进展。

长期以来,在计算地基变形时,假定土体是弹性体,在进行挡土墙土压力计算和边坡稳定分析时,又将土看作理想的刚性体,而实际土体的应力应变关系是非线弹性的,因此确切地讲,土力学的理论对于那些高重建筑物的设计,其相符性和精度是远远不能满足要求的。借助电子技术及试验技术,许多学者已开展了土的弹塑性应力应变关系的研究,提出了各种本构关系的模型,有些已用于工程计算和分析。我国不少学者对土力学理论的发展也作出了可贵的贡献。如陈宗基教授1957年提出的土流变学和黏土结构模式、黄文熙教授1957年提出的非均质地基考虑侧向变形影响的沉降计算方法等。我国已成功地建造了一大批高层建筑,解决了大量的复杂基础工程问题,为土力学与地基基础理论和实践积累了丰富的经验。

时至今日,在土建、水利、桥隧、道路、港口、海洋等有关工程中,以岩土体的利用、改造与整治问题为研究对象的科技领域,因其区别于结构工程的特殊性和各专业岩土问题的共同性,已融合为一个自成体系的新专业——“岩土工程”(Geotechnical Engineering)。它的工作方法是:调查勘察、试验测定、分析计算、方案论证、监测控制、反演分析、修改方案;它的研究方法是以三种相辅相成的基本手段,即数学模拟(建立岩土力学模型进行数值分析)、物理模拟(定性的模型试验,以离心机中的模型进行定量测试和其他物理模拟试验)和原体观测(对工程实体或建筑物的性状进行短期或长期观测)综合而成的。我国的地基与基础科学技术,作为岩土工程的一个重要组成部分,已经遵循现代岩土工程的工作方法和研究方法阔步进入21世纪,从而取得更多、更高的成就,为我国的现代化建设作出了更大的贡献。

当然,由于土的性质复杂性,到目前为止,土力学与地基基础的理论虽已有了很大发展,但与其他成熟学科相比较,尚不完善,在假定条件下得出的理论,应用于实践时多带有近似性,有待于人们不断实践、研究,以获得更加令人满意的突破。

0.2 正确处理土力学与地基基础问题的重要性

地基与基础是建筑物的重要组成部分,又属于地下隐蔽工程,因此它的质量好坏关系到建筑物的安全、经济和正常使用。由于基础工程在地下或水下进行,施工难度较大,造价、工期和劳动消耗量在整个工程中占的比重均较大。视建筑物复杂程度和设计施工是否合理,基础工程费用在建筑物的总造价中所占的比重变幅很大,其工期可占总工期的1/4以上。如果采用人工地基或深基础,则工期和造价所占的比例将更大。实践证明,建筑物事故的发生,其原因很多与地基基础有关,并且,地基基础一旦发生事故将不易补救。随着高层建筑物的兴起,深基础工程增多,这对地基基础的设计与施工提出了更高的要求。



建于1941年的加拿大特朗斯康谷仓，由65个圆柱形筒仓组成，高31 m，宽23 m，其下为片筏基础。由于事前不了解基础下埋藏有厚达16 m的软黏土层，建成后初次贮存谷物时，基底压力超过了地基承载力，致使谷仓一侧突然陷入土中8.8 m，另一侧则抬高1.5 m，仓身倾斜达 27° ，如图0-2所示。这是地基发生整体滑动、建筑物失稳的典型例子。由于该谷仓整体性较强，谷仓完好无损，事后在其基础下面做了70多个支承于基岩上的混凝土墩，用388个500 kN的千斤顶，才将仓体扶正，但其标高比原来降低了4 m。

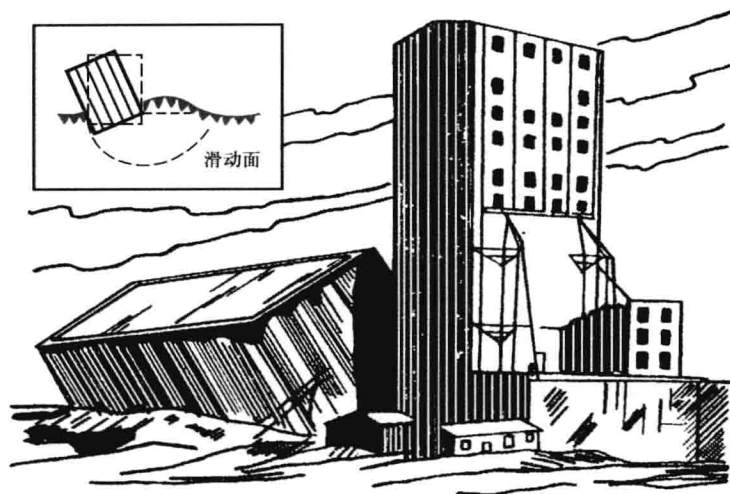


图0-2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

建于1954年的上海工业展览馆中央大厅，总重约10 000 t，采用平面尺寸为45 m×45 m的两层箱形基础，地基为厚约14 m的淤泥质软黏土。建成后基础当年下沉0.6 m，目前大厅平均下沉量达1.6 m，墙面由于不均匀沉降而产生了较大裂缝。

又如1173年兴建的意大利比萨斜塔，当建至24 m时发现倾斜，被迫停工。100年后续建至塔顶（高约55 m）。至今塔身一侧下沉了1 m多，另一侧下沉了约3 m，倾斜 5.8° 。1932年曾于塔基灌注了1 000 t水泥，效果仍然不明显。在以后的数十年里该塔仍以每年11 mm的速度下沉，意大利当局被迫于1990年关闭斜塔，斜塔因此而成为世界上著名的基础工程案例。此后组成的专家组对斜塔进行了历时十多年的应力解除并辅以配重的矫正工程，并声称比萨斜塔至少可以再良好地保持300年。

2009年6月27日清晨5时30分左右，上海闵行区莲花南路、罗阳路口西侧“莲花河畔景苑”小区，一栋在建的13层住宅楼全部倒塌（图0-3），造成一名工人死亡。庆幸的是，由于倒塌的高楼尚未竣工交付使用，所以，事故并没有酿成居民伤亡事故。该栋楼整体朝南侧倒下，13层的楼房在倒塌中并未完全粉碎，但是，楼房底部原本应深入地下的数十根混凝土管桩被“整齐”地折断后裸露在外，非常触目惊心。调查结果显示，倾覆主要原因是，楼房北侧在短期内堆土高达10 m，南侧正在开挖4.6 m深的地下车库基坑，两侧压力差导致土体产生水平位移，过大的水平力超过了桩基的抗侧冲切能力，导致房屋整体倾倒（摘自东方网、东方早报）。



图 0-3 上海莲花河畔景苑小区 13 层住宅楼倒塌事故

以上工程实例说明，在建筑物地基基础设计中就建筑物安全方面必须遵守以下规则：

- ① 应满足地基强度要求。
- ② 地基变形应在允许范围之内。这就要求工程技术人员熟练掌握土力学与地基基础的基本原理和主要概念，结合建筑场地及建筑物的结构特点，因地制宜地进行设计和必要的验算。
- ③ 需要指出的是对于土工建筑物、水工建筑物地基，或其他挡土挡水结构，除了在荷载作用下土体要满足前述的稳定和变形要求外，还要研究渗流对土体变形和稳定的影响。

0.3 本课程的特点和学习要求

0.3.1 本课程的特点

如前所述，土力学是以土为研究对象的。土不同于一般固体材料，它是由固体颗粒、土中水和气体组成。土颗粒构成土的骨架，土中孔隙由气体和液体填充，所以称土体为三相体系。土体的强度一般比土粒强度小得多，这就决定了土的松散性。其成因类型和空间分布情况构成土的多样性。与连续介质比较，土体更具复杂性，而且受外界环境影响较大，诸如在温度、湿度、压力、水流、振动等环境影响下，其性质会有显著变化，从而体现出土的易变性，人们正是充分认识到土的这一特性，按土质变化的规律，能动地改善土体性质，使建筑物能够适应这种变化的规律，保证其安全正常使用。现有的土力学理论还很难准确地模拟天然土层在荷载作用下所显现出来的力学性质。土的上述特点决定了土力学研究工作的复杂性和广泛性。所以，土力学虽是指导人们进行地基基础设计的重要理论依据，但还应通过试验、实测并根据实践经验进行综合分析，才能获得比较满意的结果。只有通过这种理论与实践的反复比较，才能逐步

提高对理论的认识,从而不断增强解决地基基础问题的能力。

地基基础部分涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工几个学科领域,所以内容广泛、综合性强,学习时应该突出重点,兼顾全面。从专业的学习要求出发,学习时应该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,同时必须牢固地掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,从而能够应用这些基本概念和原理,结合有关建筑结构理论和施工知识,分析和解决地基基础问题。

0.3.2 学习要求

土力学与地基基础是一门理论性与实践性均较强的技术基础课,是联系基础课和专业课的桥梁。它以多种课程为先修课程,如物理、化学、理论力学、材料力学、结构力学、建筑材料、弹性理论、水力学、工程地质、钢筋混凝土及砖石结构等。它的后续课程是土木工程各相关专业的专业课,如房屋建筑学、钢结构、建筑施工技术、建筑抗震等。

在学习本课程时,要掌握土力学的基本理论,学会解决实际问题的基本方法和培养基本技能。在学完土力学课程之后应掌握土的物理性质研究方法;会计算土体应力,了解应力分布规律;掌握土的渗流理论、压缩理论、固结理论及有效应力原理、应力历史的概念,能熟练地进行地基沉降和固结计算;掌握土的强度理论及其应用,进行土压力计算、土坡稳定验算、地基承载力的确定。结合理论学习要培养自己进行各种物理力学试验的技能,通过试验深化理论学习,理解和掌握确定计算参数的方法。

本课程内容的广泛性还体现在土力学学科应用的广泛上,它可应用于土木建筑、道路桥梁、交通运输、冶金、能源、国防等方面,凡是有关土木工程行业,建筑物都需建在地基上,从事这些行业的设计和施工人员都需具备坚实的土力学基础知识。

0.3.3 研究方法的特殊性

土力学的研究方法同其他学科一样,具有共同性,但是也有自己的特殊性,表现在以下几方面:

① 土力学学科需研究和解决工程中的三个基础性问题。一是土体稳定问题,这就要研究土体中的应力和强度,例如地基的稳定、土坝的稳定等。二是土体变形问题,即使土体有足够的强度能保证自身稳定,然而土体的变形尤其是沉降(竖向变形)和不均匀沉降不应超过建筑物的允许值。此外,需要指出的是对于基坑工程、水工建筑物地基,或其他挡土挡水结构,除了在荷载作用下土体要满足前述的稳定和变形要求外,还要研究渗流对土体变形和稳定的影响。但是,到目前为止,土力学学科还比较年轻,对于同一问题的研究,常常出现不同的模型假设和相应的各种理论方法,它们的解答结果往往相差很大。只有在生产和科学研究水平不断提高的过程中,上述矛盾才能逐步得到解决,使土力学的理论日益近似于土的客观实际。目前应用这些理论时,必须注意其应用场合和条件,结合一定的模型试验和工程经验加以比较分析。对待土力学的发展过程应当采用现实的态度,一方面承认原有理论的不足和存在尚待改进之处,另一方面也承认它们在当前条件下对生产实践的应用价值。

② 土力学理论通常使用一些土的物理力学指标和参数。确定这些指标和参数的数值对于理论解答的影响往往大于理论本身的精确性。因此,必须对这些指标和参数的概念有正确的理

解，使所采用的试验方法和仪器都符合于这些正确概念的要求。同时，还要弄清这些指标和参数被视为常数时所需的条件和范围，超出这个范围，就应当按因果关系考虑它们的变化。

③ 土力学中的公式和方法，绝大部分都是半理论半经验性的混合产物，纯理论或纯经验的方法是不多的。而我国土地辽阔，幅员广大，由于自然地理环境的不同，分布着多种不同的土类，如软弱土、湿陷性黄土、膨胀土、多年冻土和红黏土等。天然地层的性质和分布，不但因地而异，即使在较小的范围内，也可能有很大的变化，因此不像其他建筑材料一样，有统一的规格可供查阅。每一建筑场地都必须进行地基勘察，采取原状试样进行土工测试，以其试验结果作为地基基础设计的依据。在学习本课程时，要紧紧抓住研究对象的复杂多变特点，根据不同地区、不同地点土的特点，合理选用勘察和室内试验乃至原位测试方法，正确选用有关指标和参数，不断完善理论公式，既重视所运用的基础理论，更要重视工程实践，做到理论和实践相结合是学好本课程的关键。

第一章

土的物理性质与工程分类



学习目标 熟悉并掌握土的生成与组成的基本概念；熟练掌握并能熟练计算土的物理性质与物理状态指标；熟悉土的压实机理；了解并掌握土的工程分类，为学好本课程后续知识打下坚实的基础。

1.1 土的概念与基本特征

土是岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积所形成的产物。不同类型的土其矿物成分和颗粒大小存在着很大差异，颗粒、水和气体的相对比例也各不相同。

土体的物理性质，如轻重、软硬、干湿、松密等在一定程度上决定了土的力学性质，它是土的最基本的特征。土的物理性质由三相物质的性质、相对含量及土的结构构造等因素决定。在工程设计中，必须掌握这些物理性质的测定方法和指标间存在的换算关系，熟练按有关特征及指标对地基土进行工程分类及初步判定土体的工程性质。

1.2 土的生成

构成天然地基的物质是地壳外表的土和岩石。地壳厚度一般为 30 ~ 80 km，地壳以下存在着高温、高压的复杂的硅酸盐熔融体，即人们所说的岩浆。岩浆活动可使岩浆沿着地壳薄弱地带侵入地壳或喷出地表，岩浆冷凝后生成的岩石称为岩浆岩。在地壳运动和岩浆活动的过程中，原来生成的各种岩石在高温、高压及挥发性物质的变质作用下，生成另外一种新的岩石，称为变质岩。地壳表层的岩石长期受自然界的空气、水、温度、周围环境及各种生物的共同作用，发生风化，使大块岩体不断地破碎与分解，产生新的产物——碎屑。这些风化产物在山洪、河流、海浪、冰川或风力作用下，被剥蚀、搬运到大陆低洼处或海洋底部沉积下来。在漫长的地质年代中，沉积物越来越厚，在上覆压力和胶结物质的共同作用下，最初沉积下来的松散碎屑逐渐被压密、脱水、胶结、硬化(钙化)生成一种新的岩石，称为沉积岩。而上述过程中，未经成岩过程而形成的沉积物，即是通常所说的大小、形状和成分都不相同的颗粒集合体——土。

风化分为物理风化和化学风化两种。长期暴露在大气中的岩石，受到温度、湿度变化的影响，体积经常发生膨胀、收缩，从而逐渐崩解、破裂为大小和形状各异的碎块，这个过程叫做