

中国水利教育协会

高等学校水利类专业教学指导委员会

共同组织



全国水利行业“十三五”规划教材（普通高等教育）

土力学

主 编 党进谦 李法虎
副主编 兰晓玲 刘艳华 张永玲



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国水利教育协会
高等学校水利类专业教学指导委员会

共同组织



全国水利行业“十三五”规划教材（普通高等教育）

土力学

主 编 党进谦 李法虎
副主编 兰晓玲 刘艳华 张永玲



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本教材根据编者多年教学实践经验,结合土力学学科近几年来国内外的的发展而编写,系统、深入地阐述了土力学的基本概念、基本理论和基本方法。主要内容包括土的物理性质及工程分类、土的渗透性与渗流、土中应力计算、土的压缩性与变形计算、土的抗剪强度、土压力、土坡稳定分析、地基承载力和土工试验等。各章后附有思考题和计算题。

本教材概念清晰、体系完整、内容精练、重点突出,理论与实践紧密结合,可作为高等院校水利水电工程、农业水利工程、土木工程专业土力学课程的教材或参考书,也可作为岩土工程研究人员和工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土力学 / 党进谦, 李法虎主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2019.5
全国水利行业“十三五”规划教材. 普通高等教育
ISBN 978-7-5170-7705-3

I. ①土… II. ①党… ②李… III. ①土力学—高等学校—教材 IV. ①TU43

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第092696号

书 名	全国水利行业“十三五”规划教材(普通高等教育) 土力学 TULIXUE
作 者	主 编 党进谦 李法虎 副主编 兰晓玲 刘艳华 张永玲
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	天津嘉恒印务有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15.5印张 368千字
版 次	2019年5月第1版 2019年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	42.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编写人员名单

主 编 党进谦 (西北农林科技大学)
李法虎 (中国农业大学)

副主编 兰晓玲 (山西农业大学)
刘艳华 (沈阳农业大学)
张永玲 (河西学院)

参 编 白彦真 (山西农业大学)
侯天顺 (西北农林科技大学)
杨秀娟 (西北农林科技大学)
肖 让 (河西学院)
杨晓松 (塔里木大学)

前 言

土力学是水利工程、土木工程等相关专业的一门重要的专业基础课，是用基础力学的基本原理和土工试验技术研究土的强度、变形和渗透特性及其规律的一门学科，具有很强的理论性和实践性。

本教材以强化工程实践能力、工程设计能力和工程创新能力为核心，以加强复合型人才的培养为目标。根据作者多年教学实践经验，站在学生的角度、考虑学生的学习认知过程，通过不同的工程案例或示例深入浅出地进行讲解，紧紧抓住学生专业学习的动力点，锻炼和提高学生获取知识的能力。编写过程中，既重视学科基础理论和知识、技能的阐述，也注意介绍学科的新进展，力求深入全面地阐述土力学的基本内容和实质。

本教材编写人员均为各高校一线教师，具有扎实的理论基础、丰富的工程实践经验和教学经验，能够结合本学科的最新研究成果和工程的实际需要进行编写。本教材由西北农林科技大学党进谦、中国农业大学李法虎任主编，党进谦负责全书统稿、修改、定稿。由山西农业大学兰晓玲、沈阳农业大学刘艳华、河西学院张永玲任副主编。具体编写分工为：第1章由西北农林科技大学党进谦编写，第2章由山西农业大学白彦真编写，第3章由山西农业大学兰晓玲编写，第4章由河西学院张永玲编写，第5章由西北农林科技大学侯天顺编写，第6章由沈阳农业大学刘艳华编写，第7章由西北农林科技大学杨秀娟编写，第8章由中国农业大学李法虎编写，第9章由河西学院肖让编写，第10章由塔里木大学杨晓松编写。

在编写过程中，本教材参考了已经出版发行的《土力学》《土力学与地基基础》等书籍，在此谨向相关书籍作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请同行专家和广大读者批评指正。

编者

2018年10月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 土及其基本特征	1
1.2 与土有关的工程问题	1
1.2.1 变形问题	2
1.2.2 强度问题	2
1.2.3 渗透问题	3
1.3 土力学的学科特点和研究内容	3
1.4 土力学的发展简介	4
思考题	5
第 2 章 土的物理性质及工程分类	6
2.1 土的形成	6
2.1.1 风化作用	6
2.1.2 土的沉积	7
2.2 土的三相组成	7
2.2.1 土的固体颗粒	8
2.2.2 土中水	10
2.2.3 土中气	11
2.3 土的结构和构造	11
2.3.1 土的结构	11
2.3.2 土的构造	13
2.4 土的物理性质指标	13
2.4.1 试验指标	14
2.4.2 换算指标	15
2.4.3 指标的换算	16
2.5 土的物理状态指标	18
2.5.1 无黏性土的密实度	18
2.5.2 黏性土的特性和物理状态指标	20
2.6 土的压实	22

2.6.1	击实试验	22
2.6.2	影响击实效果的因素	23
2.6.3	压实特性在填方工程中的应用	23
2.7	土的工程分类	24
2.7.1	《土的工程分类标准》(GB/T 50145—2007) 分类法	24
2.7.2	《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011) 分类法	25
	思考题	29
	计算题	29
第3章	土的渗透性与渗流	31
3.1	渗流引起的工程问题	31
3.2	土的渗透性与达西定律	31
3.2.1	地下水的运动方式	32
3.2.2	达西定律	32
3.2.3	达西定律的适用范围	33
3.3	土的渗透系数	33
3.3.1	室内试验	33
3.3.2	现场试验	34
3.3.3	影响渗透系数的主要因素	35
3.3.4	成层土的等效渗透系数	36
3.4	二维渗流与流网	37
3.4.1	二维渗流方程	37
3.4.2	流网	38
3.5	渗透力与渗透变形	40
3.5.1	渗透力	40
3.5.2	渗透变形(渗透破坏)	41
3.6	饱和土的有效应力原理	42
3.6.1	有效应力原理	42
3.6.2	静水条件下的有效应力	43
3.6.3	渗流条件下的有效应力	43
	思考题	45
	计算题	45
第4章	土中应力计算	46
4.1	土中应力计算的工程意义	46
4.2	土中自重应力计算	47
4.2.1	均质土中自重应力	47
4.2.2	成层土中自重应力	48
4.2.3	地下水升降及填土对土中自重应力的影响	48
4.3	基底压力分布及计算	50
4.3.1	基底压力的分布规律	50

4.3.2	基底压力的简化计算	51
4.3.3	基底附加压力的计算	53
4.4	空间问题土中附加应力计算	55
4.4.1	竖向集中力作用时的地基附加应力	55
4.4.2	水平向集中荷载作用时的地基附加应力	59
4.4.3	矩形荷载作用时的地基附加应力	59
4.5	平面问题土中附加应力计算	66
4.5.1	竖向线荷载作用下的附加应力	66
4.5.2	竖向均布条形荷载作用时的附加应力	67
4.5.3	三角形分布条形荷载作用时的附加应力	69
4.5.4	条形基础受水平均布荷载作用下的附加应力	69
4.6	土中附加应力的一些其他问题	70
4.6.1	大面积均布荷载地基附加应力计算	70
4.6.2	成层土地基对附加应力分布的影响	70
4.6.3	薄层交互层地基	72
4.6.4	空间问题和平面问题附加应力的比较	72
	思考题	73
	计算题	73
第5章	土的压缩性与变形计算	75
5.1	土体变形的工程危害	75
5.2	土的压缩性	76
5.2.1	压缩试验和压缩曲线	76
5.2.2	压缩性指标	77
5.3	应力历史对土压缩性的影响	81
5.3.1	土的回弹与再压缩	81
5.3.2	黏性土的固结状态	81
5.3.3	室内压缩曲线的特征	82
5.3.4	先期固结压力的确定	83
5.3.5	室内压缩曲线的推求	83
5.4	地基最终变形量计算	84
5.4.1	无侧向变形条件下的压缩量计算公式	84
5.4.2	单向分层总和法计算地基最终变形量	85
5.4.3	《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)推荐的沉降计算方法	88
5.4.4	考虑应力历史的地基沉降量计算	94
5.4.5	按黏性土沉降机理计算沉降	95
5.5	饱和土的单向固结理论	98
5.5.1	太沙基渗流固结力学模型	98
5.5.2	单向渗透固结理论	99
5.5.3	沉降与时间的关系计算	103

思考题	105
计算题	105
第 6 章 土的抗剪强度	108
6.1 土体强度的工程应用	108
6.1.1 土抗剪强度的基本概念	108
6.1.2 土抗剪强度的工程应用	108
6.2 摩尔-库仑强度理论	109
6.2.1 库仑公式	109
6.2.2 摩尔-库仑强度理论	111
6.3 土的极限平衡	111
6.3.1 摩尔应力圆	111
6.3.2 土的极限平衡应力状态	112
6.3.3 土的极限平衡条件	113
6.3.4 土的极限平衡条件的应用	114
6.4 抗剪强度指标的确定	115
6.4.1 直接剪切试验	115
6.4.2 三轴剪切试验	117
6.4.3 无侧限抗压强度试验	118
6.4.4 十字板剪切试验	119
6.5 孔隙压力系数	120
6.5.1 等向压力作用下的孔隙压力	121
6.5.2 偏应力作用下的孔隙压力	122
6.6 砂性土的剪切性状	123
6.6.1 砂土的剪缩和剪胀	123
6.6.2 砂土的残余强度	124
6.7 黏性土的剪切性状	124
6.7.1 饱和黏性土的抗剪强度特性	124
6.7.2 黏性土的残余强度	131
思考题	132
计算题	133
第 7 章 土压力	134
7.1 土压力产生的条件	134
7.1.1 挡土墙	134
7.1.2 土压力的类型及产生条件	135
7.1.3 影响土压力的因素	136
7.2 静止土压力计算	136
7.2.1 计算公式	136
7.2.2 静止土压力的应用	137
7.3 朗肯土压力理论	137

7.3.1	基本理论	137
7.3.2	主动土压力计算	138
7.3.3	被动土压力计算	139
7.3.4	几种特殊情况下的朗肯土压力计算	141
7.4	库仑土压力理论	144
7.4.1	主动土压力	144
7.4.2	被动土压力	145
7.5	土压力问题讨论	146
7.5.1	朗肯土压力理论和库仑土压力理论的比较	146
7.5.2	非极限状态下的土压力	147
7.5.3	填土指标的选择	147
7.6	挡土墙设计	148
7.6.1	挡土墙类型的选择	148
7.6.2	重力式挡土墙的体形选择与构造措施	149
7.6.3	挡土墙稳定性验算	151
	思考题	153
	计算题	154
第8章	土坡稳定分析	155
8.1	滑坡原因及其危害	155
8.1.1	影响土坡稳定的因素	155
8.1.2	滑坡类型与滑坡原因	156
8.1.3	滑坡危害	156
8.2	土坡稳定分析	157
8.2.1	土坡稳定分析方法	157
8.2.2	土坡安全系数计算方法	157
8.3	无黏性土土坡稳定分析	158
8.3.1	无渗透力作用时的无黏性土土坡	158
8.3.2	有渗流时的无黏性土土坡	159
8.4	黏性土土坡稳定分析	159
8.4.1	整体圆弧滑动法	160
8.4.2	条分法	163
8.5	工程中常见土坡稳定分析问题的处理	176
8.5.1	成层土坡	176
8.5.2	坡顶开裂	176
8.5.3	坡顶或坡面加荷	177
8.5.4	复合滑动面	177
8.6	土坡稳定分析中几个问题的讨论	178
8.6.1	总应力法与有效应力法	178
8.6.2	抗剪强度指标和试验方法选用	182

8.6.3	土坡容许安全系数	183
8.6.4	天然土坡与人工土坡	183
	思考题	184
	计算题	184
第9章	地基承载力	186
9.1	地基破坏模式	186
9.1.1	地基承载力	186
9.1.2	地基剪切破坏模式	187
9.1.3	地基破坏模式的影响因素和判别	189
9.2	地基的临塑荷载与临界荷载	189
9.2.1	地基塑性变形区边界方程	189
9.2.2	临塑荷载与临界荷载	190
9.3	地基极限承载力	193
9.3.1	普朗特和雷斯诺地基极限承载力公式	194
9.3.2	太沙基地基极限承载力公式	195
9.3.3	汉森和魏锡克地基极限承载力公式	199
9.3.4	关于地基极限承载力的讨论	201
9.4	地基承载力特征值的确定	203
9.4.1	按载荷试验确定地基承载力特征值	203
9.4.2	按《建筑地基基础设计规范》确定地基承载力特征值	203
9.5	地基承载力影响因素	205
9.5.1	地基的破坏形式	205
9.5.2	地基土的指标	206
9.5.3	基础设计的尺寸	206
9.5.4	荷载的作用方向	206
9.5.5	荷载作用时间	206
9.5.6	其他	206
	思考题	207
	计算题	207
第10章	土工试验	208
10.1	土的基本性质试验	208
10.1.1	土的含水率试验	208
10.1.2	土的密度试验	209
10.1.3	土粒相对密度试验	210
10.2	土的液限、塑限测定	212
10.2.1	试验目的	212
10.2.2	试验方法	212
10.2.3	仪器设备	212
10.2.4	试验步骤	213

10.2.5	成果整理	213
10.3	土的渗透试验	214
10.3.1	常水头渗透试验	214
10.3.2	变水头渗透试验	216
10.4	土的固结(压缩)试验	219
10.4.1	试验目的	219
10.4.2	试验方法	219
10.4.3	仪器设备	219
10.4.4	试验步骤	219
10.4.5	成果整理	220
10.5	土的直接剪切试验(快剪)	222
10.5.1	试验目的	222
10.5.2	试验方法	222
10.5.3	仪器设备	223
10.5.4	试验步骤	223
10.5.5	成果整理	224
10.6	土的三轴剪切试验	225
10.6.1	试验目的	225
10.6.2	试验方法	225
10.6.3	仪器设备	225
10.6.4	试验步骤	225
10.6.5	成果整理	228
10.7	土的击实试验	229
10.7.1	试验目的	229
10.7.2	试验方法	230
10.7.3	仪器设备	230
10.7.4	试验步骤	230
10.7.5	成果整理	231
	思考题	233
	参考文献	234

第 1 章 绪 论

【本章导读】 土与各类工程建设的关系十分密切，土力学是研究土的渗透、变形和强度特性及其规律的一门学科。本章介绍土的基本特性、土在工程建设中的作用。通过本章学习应掌握土的三个基本特性和两个基本特点，认识土在工程建设中的作用以及工程建设中遇到的与土有关的典型工程问题，了解土力学学科的特点与研究内容。

1.1 土及其基本特征

万物土中生，土是人类工程经济活动的主要地质环境。裸露地表的各类岩石在风吹、日晒、雨打以及生物作用下破碎成形状不同、大小不一的颗粒，这些颗粒经过重力、水流、冰川、风和地壳运动等作用的剥蚀、搬运，在山区、河谷、平原、湖泊、海洋等不同自然环境下堆积下来，就形成土。把物质组成、物理化学状态基本一致，工程性质相近的一层土称为土层。由若干厚薄不等、性质各异、以特定上下层序组合在一起的土层集合体称为土体。

土是岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积而形成的松散颗粒集合体，土中的固体颗粒是岩石风化后的碎屑物质（包括岩石碎块和矿物颗粒），称为土粒。大小不一、形状各异、矿物成分不同的土粒构成土的骨架，土粒之间没有胶结或胶结很弱，远小于土粒本身的强度，与其他材料相比，可认为土是碎散的，在外力作用下土粒之间容易产生相对移动；土粒之间存在大量的孔隙，在土粒相互移动过程中，孔隙体积变化导致土体积增大或缩小，因而土具有压缩性；土粒之间的孔隙被水和空气充填，土是一种由土粒（固相）、土中水（液相）和土中气（气相）组成的三相体系，当土粒之间的孔隙被水充满时为饱和土，当土粒之间的孔隙被气体充满时为干土，饱和土和干土为二相体系，土中水可以通过土中的孔隙流动，因而土具有透水性。可见，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，这是土的基本特征，决定着土的物理性质和工程特性。

1.2 与土有关的工程问题

土与各类工程建设的关系十分密切，在各种不同建设工程中所起的作用不同：一是作为建筑物的地基，在土层上建造房屋、桥梁、涵洞、堤坝等；二是用作建筑材料，修建公路和铁路的路基、土坝、河堤等；三是将土作为建筑物周围的介质或环境，修建地下厂房、人防工程、隧道、地下管廊、输水渠道等。土是由颗粒、水和空气三种物质组成的具有很大孔隙的碎散性材料，在外界环境变化或荷载作用下，土颗粒发生相对移动，引起土体变形或失稳，影响建筑物的正常使用，或导致建筑物破坏。与土有关的典型工程问题如下。

1.2.1 变形问题

在土层上修建建筑物，建筑物下一定范围内土中的应力状态将发生改变，引起土体变形，导致建筑物基础产生均匀或不均匀沉降。若沉降（均匀或不均匀）超过建筑物的容许沉降值，会导致建筑物倾斜、开裂，影响其正常使用。



图 1.1 意大利比萨斜塔

意大利比萨大教堂钟楼是比萨城的标志性建筑，因倾斜而成为闻名于世的比萨斜塔，是基础不均匀沉降导致建筑物倾斜的典型事例（图 1.1），1590 年伽利略在该塔做自由落体试验，验证了物理学上著名的自由落体定律。比萨斜塔原设计高度 100m 左右，1173 年 9 月 8 日动工，1178 年修建到第 4 层中部，高度约 29m 时，由于地基土层松软和不均匀，导致塔身向东南方倾斜而停工。94 年后复工，经 6 年时间建完第 7 层，高 48m，再次停工，然后于 1360 年复工至 1370 年竣工，全塔共 8 层，高 55m，总重约 145MN，基础底面平均压力约 500kPa。地基持力层为粉砂，下面为粉土和黏土层。塔向南倾斜，南北两端沉降差 1.8m，塔顶偏离中心线 5.27m，倾斜 5.5°，成为危险建筑物。1838 年开始，意大利不断投入巨资对其进行加固，但效果不佳，到 20 世纪 90 年代，已濒于倒塌，1990 年 1 月 7 日停止向游客开放，经过 11 年的修缮，耗资约 2500 万美元，斜

塔被扶正 44cm，基本达到了预期的效果。2001 年 12 月 15 日起再次向游人开放。

1.2.2 强度问题

建筑物荷载及其他外荷载在土中某一截面上产生的应力超过土的抗剪强度，土体发生破坏，这种破坏引起的事故往往是灾难性的。

1913 年秋完工的加拿大特朗斯康谷仓（Transcona Grain Elevator），由 65 个圆柱形筒仓组成，高 31m，南北向长 59.44m，东西向宽 23.47m，其下为 61cm 厚的钢筋混凝土筏板基础。由于事前不了解基础下埋藏有厚达 16m 的软黏土层，建成后初次储存谷物，基底平均压力（320kPa）便超过了地基的极限承载能力。结果谷仓西侧突然陷入土中 7.32m，东侧则抬高 1.52m，仓身倾斜 27°（图 1.2）。

2001 年 1 月 13 日，萨尔瓦多发生里氏 7.6 级大地震，引起 Santa Tecla 山体滑坡，导致一个居民区的 800 多处房屋被湮没，700 多人遇难（图 1.3）。1972 年 7 月，香港宝城路

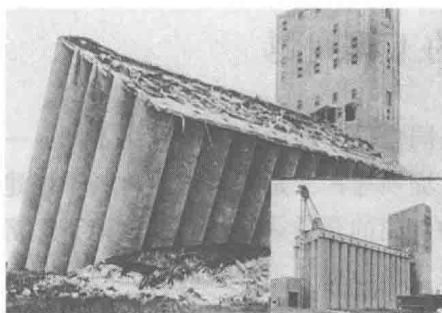


图 1.2 特朗斯康谷仓的地基事故



图 1.3 Santa Tecla 山体滑坡

附近山体发生滑坡，数万立方米土体从山坡滑下，顷刻之间宝城大厦被冲毁倒塌，并砸毁相邻一幢住宅大楼一角约五层，死亡 67 人。1963 年 10 月 9 日，意大利瓦依昂 (Vaiont) 水库库区左岸大滑坡，20s 内有 2.7 亿~3.0 亿 m^3 的滑体滑落，速度达 28m/s，滑体前缘飞越 80m 宽的河谷，继续向左岸爬高 140m，激起涌浪高出原水库水位 250m 以上，不仅对坝体形成巨大推力，而且涌浪翻越坝顶飞向下游，冲毁了坝内和地下厂房内的大部分设施，并造成下游 2400 余人死亡，滑体把坝前 1.8km 长的一段库容完全填满，整个水库因此报废。

1.2.3 渗透问题

土是多相材料组成的混合物，水在土中相互连通的孔隙内流动时，对周围土颗粒产生作用力，导致土体可能产生变形和破坏。

位于美国爱达荷州 Teton 河上的 Teton 大坝，于 1975 年建成 (图 1.4)，同年 11 月开始蓄水，1976 年 6 月 5 日上午 10:30 左右，下游坝面有水渗出并带出泥土，11:00 左右洞口不断扩大并向坝顶靠近，泥水流量增加，11:30 洞口继续向上扩大，泥水冲蚀了坝基，主洞上方又出现一渗水洞，流出的泥水开始冲击坝趾处的设施，11:50 左右洞口扩大加速，泥水对坝基的冲蚀更加剧烈，11:57 坝顶坍塌，泥水狂泻而下，12:00 坍塌口加宽，Teton 大坝溃坝 (图 1.5)，造成 14 人死亡，25000 人无家可归。



图 1.4 Teton 大坝



图 1.5 Teton 大坝溃坝现场

1975 年 8 月 8 日凌晨 0:40，河南驻马店地区板桥水库因特大暴雨引发溃坝，东西 150km、南北 75km 范围内顿时一片汪洋，1015 万人受灾，倒塌房屋 524 万间，冲走耕畜 30 万头，京广线冲毁 102km，中断行车 16 天，直接经济损失近百亿元。1998 年我国长江流域发生特大洪水，出现多处险情。据统计，长江堤防发生的 6000 余处险情中，其中有 85% 是渗透破坏导致的。

1.3 土力学的学科特点和研究内容

土是由不同的岩石在物理、化学和生物的风化作用下，经过流水、风力、重力、冰川、地壳运动等搬运作用，在不同的自然环境下沉积而形成的自然历史产物，母岩成分、风化和搬运作用性质、沉积环境等与土的物理力学性质密切相关。

(1) 土的种类繁多：按搬运作用和沉积环境可分为残积土、坡积土、洪积土、冲积

土、湖积土、海积土、风积土和冰积土等；按颗粒组成或塑性指数可分为碎石土、砂土、粉土和黏性土；按土工程性质的特殊性可分为软黏土、黄土、膨胀土、红黏土、多年冻土和季节性冻土、盐渍土、垃圾土和污染土等。

(2) 土的性质复杂：土的性质与其结构、压力、时间、环境（包括与水的相互作用）以及应力路径等因素有关，难以定量描述，一般呈不均匀性和各向异性，是非线性材料，没有唯一的应力应变关系，具有剪胀（缩）性、应变硬（软）化、流变性和特殊强度、变形规律。而且，不同地点土的性质不一样，同一场地不同深度土的性质也不一样，同一场地同一深度的土在不同方向的性质也可能存在很大差异。工程实际中通过有限个点在不同深度的土样的试验结果对土的工程性质进行估计和评价，当土的性质在水平向和竖向变化比较大时，其评价结果必然存在极大的误差和不确定性。

(3) 土的性质易变：土的工程性质受外界温度、湿度、地下水、荷载等的影响而发生显著变化，如外界温度降低导致土中水分冻结而变得坚硬，外界空气湿度增大使土中水分增多而变得软弱，荷载长期作用导致土体积减小而变得密实。

由此可见，土中存在许多不确定性，与其他材料相比，土的力学性质更为复杂，影响因素也更多，不可能通过经典力学严密的理论和精确的计算，准确地解决实际工程中的土力学问题。土力学的理论计算结果是精度较差的大致估计，理论与现实的差距只能通过经验来估计和判断。因此，在处理工程中的土力学问题时，不能单凭数学和力学的方法，必须通过现场试验和室内试验测定土的计算参数。正如 Terzaghi 在 1963 年指出：土力学的理论只有在工程判断的指导下才能被有效使用，除非已经具有这种判断能力，否则不能成功地应用土力学理论。

土力学是应用力学知识和土工试验技术来研究土的渗透特性、变形特性和强度特性及其变化规律的一门学科，其研究内容包括：土的物理性质及工程分类，土的颗粒组成、土的干湿状态、土的密实程度以及土的结构对土性质的影响；土的渗透性与渗流，研究水在土中的流动规律、水流动时对土中应力的影响以及对土体稳定性的破坏；土中应力计算，确定在自重及外部荷载作用下土中应力的大小、分布规律；土的压缩性与变形量计算，研究土的压缩特性、反映土压缩性的指标及测试、在外荷载作用下土产生的压缩变形量以及变形过程的计算等；土的抗剪强度，研究土的抗剪强度规律及其特性、抗剪强度指标的测试和选用、摩尔-库仑强度准则等；土压力理论，研究挡土墙土压力的类型、产生条件、计算方法及分布规律等；土坡稳定性分析，研究土坡稳定性分析的基本方法、适用条件，以及影响土坡稳定的因素；地基承载力，研究地基破坏的基本模式，地基承载力的组成、影响因素及确定方法。

1.4 土力学的发展简介

土力学是人类在长期的生产实践中逐渐发展起来的，既是一门古老的工程技术，又是一门新兴的应用学科。远在几千年前，人类就利用土作为建筑物的地基和建筑材料，如我国都江堰水利工程、万里长城、南北大运河、赵州石拱桥，以及古埃及金字塔、古罗马斗兽场、圣彼得大教堂等，都很好体现了古代劳动人民在工程实践中积累了丰富的有关土

的知识和经验。但当时人类对土的特性的认识还停留在经验积累的感性认识阶段。

18世纪工业革命的兴起,大规模的城市建设和桥梁、铁路、水利工程的兴建,遇到许多与土有关的力学问题,迫使人们寻求理论解释,随着这些问题的解决,土力学的理论开始逐渐产生和发展。1773年,库仑(Coulomb)提出了著名的砂土抗剪强度公式和挡土墙土压力的滑动楔体理论,为土力学的发展首开先河;1856年,达西(Darcy)提出了水在土中渗透的达西定律;1857,朗肯(Rankine)提出了挡土墙土压力计算的另一理论;1885年布西内斯克(Boussinesq)提出了竖直集中荷载作用下地基中任一点的应力、变形的弹性理论解答;1915年,彼得森(Petterson)首先提出土坡稳定分析的整体圆弧法,后由费伦纽斯(Fellenius)和泰勒(Taylor)进一步发展;1920年,普朗特(Prandtl)提出了地基剪切破坏时的滑动面形状和极限承载力公式。这些古典理论对土力学的发展起了极大的推进作用,一直沿用至今。

1925年,太沙基(Terzaghi)提出了著名的有效应力原理和渗透固结理论,并出版了《土力学》专著,土力学成为一门独立的学科而得到发展。此后,卡萨格兰德(Casagrande)、泰勒(Taylor)、斯肯普顿(Skempton)、伦杜利克(Rendulic)、比奥(Boit)以及许多学者对土的抗剪强度、土的变形和渗透固结、土的剪胀性、土的应力应变关系非线性和破坏机理进行了大量的研究,并逐步将土力学的基本理论应用于解决各种不同条件下的工程问题。

1963年,罗斯科(Roscoe)发表了著名的剑桥模型,提供了一个可以全面考虑土的压硬性和剪胀性的数学模型,标志着现代土力学的开始。随后,经过岩土工程界几十年的努力,现代土力学已渐趋成熟,并在非线性模型和弹塑性模型的深入研究和大量应用、损伤力学模型的引入与结构性模型的初步研究、非饱和土固结理论的研究、砂土液化理论的研究、剪切带理论及渐进破损问题的研究、土的细观力学研究等方面取得重要进展。

早在1945年,黄文熙在中央水利实验处创立了我国第一个土工试验室。20世纪50年代,我国学者陈宗基开始了对土的流变学和黏土结构的研究,黄文熙对土的液化、土的本构理论以及沉降计算方法等进行了开拓性研究,沈珠江在土体本构模型、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。

思 考 题

- 1.1 土在工程中有哪些作用?
- 1.2 论述土的基本特性和特点。
- 1.3 土粒、土、土层、土体有何联系和区别?
- 1.4 工程中遇到与土有关的工程问题有哪些?
- 1.5 土力学的研究内容是什么?
- 1.6 论述土力学与其他固体力学的联系与区别。
- 1.7 简述土力学学科的发展过程。