



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土力学

王成华 主编
高大钊 主审

中国建筑工业出版社

013066612

TU43-43
47

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土力学

王成华 主编
高大钊 主审



TU43-43

47

中国建筑工业出版社



北航

C1673388

013008810

图书在版编目(CIP)数据

土力学/王成华主编. —北京: 中国建筑工业出版社,
2012. 12

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高等
学校土木工程学科专业指导委员会规划教材. (按高等学
校土木工程本科指导性专业规范编写)

ISBN 978-7-112-14923-0

I. ①土… II. ①王… 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(2012)第 279910 号

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土 力 学

王成华 主编

高大钊 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 字数: 500 千字

2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月第一次印刷

定价: 39.00 元(赠送课件)

ISBN 978-7-112-14923-0

(23002)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书是根据我国高等学校土木工程学科专业指导委员会制定的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，参考诸多国内外著名大学土木工程专业及相关专业的教学大纲，结合长期教学与工程设计的经验，遵循强调土力学基本概念、基本原理和基本设计方法，扩展专业知识面的原则，根据国家最新颁布的《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 等全新设计规范编写的。

本书内容除第1章绪论外，可分为两大部分：第一部分(第2~6章)主要介绍了土的物理力学性质与分类、土的渗透与渗流、地基应力分析、地基变形分析及土的强度特性等内容；第二部分(第7~10章)重点介绍了土力学的四大传统课题，即挡土结构及其土压力、地基承载力理论、土坡稳定分析以及土的动力特性等内容。

本书具有基本概念严谨、基本原理和方法清晰简明、内容编排层次和顺序更合理、知识体系完整、内容丰富、适应范围广泛等特点，适于从本科到专科等不同类别和层次以及不同地区的土木工程专业及相近专业的土力学课程教学要求。本书亦可作为土木工程、水利工程、交通工程以及矿业工程等中的勘察、设计、施工技术人员和报考土木工程、水利工程等专业硕士研究生的参考书。

为更好地支持本课程的教学，本书作者制作了多媒体教学课件，有需要的授课老师可以发送邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

责任编辑：王 跃 吉万旺

责任设计：陈 旭

责任校对：张 颖 赵 颖

本系列教材编审委员会名单

主任：李国强

常务副主任：何若全

副主任：沈元勤 高延伟

委员：(按拼音排序)

白国良 房贞政 高延伟 顾祥林 何若全 黄勇
李国强 李远富 刘凡 刘伟庆 祁皓 沈元勤
王燕 王跃 熊海贝 阎石 张永兴 周新刚
朱彦鹏

组织单位：高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

出版说明

从2007年开始高校土木工程学科专业教学指导委员会对全国土木工程专业的教学现状的调研结果显示,2000年至今,全国的土木工程教育情况发生了很大变化,主要表现在:一是教学规模不断扩大。据统计,目前我国有超过300余所院校开设了土木工程专业,但是约有一半是2000年以后才开设此专业的,大众化教育面临许多新的形势和任务;二是学生的就业岗位发生了很大变化,土木工程专业本科毕业生中90%以上在施工、监理、管理等部门就业,在高等院校、研究设计单位工作的大学生越来越少;三是由于用人单位性质不同、规模不同、毕业生岗位不同,多样化人才的需求愈加明显。《土木工程指导性专业规范》(以下简称《规范》)就是在这种背景下开展研究制定的。

《规范》按照规范性与多样性相结合的原则、拓宽专业口径的原则、规范内容最小化的原则和核心内容最低标准的原则,对专业基础课提出了明确要求。2009年12月高校土木工程学科专业教学指导委员会和中国建筑工业出版社在厦门召开了《规范》研究及配套教材规划会议,会上成立了以参与《规范》编制的专家为主要成员的系列教材编审委员会。此后,通过在全国范围内开展的主编征集工作,确定了20门专业基础课教材的主编,主编均参与了《规范》的研制,他们都是各自学校的学科带头人和教学负责人,都具有丰富的教学经验和教材编写经历。2010年4月又在烟台召开了系列规划教材编写工作会议,进一步明确了本系列规划教材的定位和编写原则:规划教材的内容满足建筑工程、道路桥梁工程、地下工程和铁道工程四个主要方向的需要;满足应用型人才培养要求,注重工程背景和工程案例的引入;编写方式具有时代特征,以学生为主体,注意90后学生的思维习惯、学习方式和特点;注意系列教材之间尽量不出现不必要的重复等编写原则。为保证教材质量,系列教材编审委员会还邀请了本领域知名教授对每本教材进行审稿,对教材是否符合《规范》思想,定位是否准确,是否采用新规范、新技术、新材料,以及内容安排、文字叙述等是否合理进行全方位审读。

本系列规划教材是贯彻《规范》精神、延续教学改革成果的最好实践,具有很好的社会效益和影响,住房和城乡建设部已经确定本系列规划教材为《普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材》。在本系列规划教材的编写过程中得到了住房和城乡建设部人事司及主编所在学校和学院的大力支持,在此一并表示感谢。希望使用本系列规划教材的广大读者提出宝贵意见和建议,以便我们在重印再版及规划和出版专业课教材时得以改进和完善。

高等学校土木工程学科专业指导委员会

中国建筑工业出版社

2011年6月

前 言

本书是根据我国高等学校土木工程学科专业指导委员会制定的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，参考诸多重点大学土木工程专业的教学大纲，遵循强调土力学基本概念、基本原理和基本设计方法、扩展专业知识面的原则，结合长期教学与工程设计的经验、根据国家最新颁布的《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 等全新设计规范编写的。

本书内容除第 1 章绪论外，可分为两大部分：第一部分(第 2~6 章)主要介绍了土的物理力学性质与分类、土的渗透与渗流、地基应力分析、地基变形分析及土的强度特性等内容；第二部分(第 7~10 章)重点介绍了土力学的三大传统课题，即挡土结构及其土压力、地基承载力理论、土坡稳定分析以及土的动力特性等内容。

本书是在总结和参考国内外诸多教材建设经验及相关院校国家与省部级精品课程、重点建设课程的教学经验基础上编写的。本书的编写主要遵循以下几方面原则：

(1) 强调基本概念、基本原理与和基本方法。本书力图准确阐述土力学中的基本概念和基本原理，使学生在理解和掌握基本原理的基础上掌握土力学的基本计算与实验方法。为了达到突出重点、兼顾全面的目的，对比较庞杂、冗余的部分尽量削枝强干，使理论体系更趋紧凑，便于理解。

(2) 针对当代学生的思维特点，调整了一些传统教材的内容。本书与以往多数土建类的土力学教材相比，在内容上强化了相似内容或方法的对比，更便于学生学习了解这些内容。

(3) 结合当前工程形势和特点，加强了地下水在土力学问题中的地位和作用，如增加渗流分析与强化饱和土中渗透力系的分析等，以使学生能对在较复杂水力环境下的工程实践问题加以重视；本书增加了有关土的动力特性等方面内容，使学生对于后续教学内容如动力机器基础、地基基础抗震及地基基础动力检测等工程中的土动力学问题有初步的认识基础。

(4) 适当反映我国有关规范编制建设的成果。本书根据国家新颁布的《建筑地基基础设计规范》等最新设计规范的编写，在涉及规范处，力图反映我国设计规范在基本原则和基本规定方面内容的变化及其与土力学概念与原理的相辅相成关系。

(5) 内容层次分明、适应多层次教学要求。本书在章、节乃至小节的划分上，力求层次分明，使各部分内容既相互联系又相对独立，便于从本科到专科等不同类别、不同层次的土木工程专业及相近专业的教学内容的取舍。

(6) 适当地吸收国内外土力学比较成熟的新内容。本书充分考虑了土力学

学科发展新方向和水平,努力反映成熟的新成果与观点,以使教学适应我国 21 世纪工程建设发展趋势。

本书的主要特点是:

- (1) 基本概念严谨,基本原理和方法清晰简明,强调实践环节;
- (2) 内容编排顺序优化,层次合理,知识主线清晰;
- (3) 章节划分详细,便于按照学时数灵活精选教学内容;
- (4) 知识体系完整、内容丰富适应范围广泛;
- (5) 吸收土力学学科的新成果,反映土力学的发展趋势。

本书由天津大学王成华教授任主编,同济大学高大钊教授主审,各章编写单位及编写人如下:

- 第 1 章:王成华 天津大学建筑工程学院
- 第 2 章:黄占芳 山东理工大学建筑工程学院
- 第 3 章:宗金辉 河北工业大学土木工程学院
- 第 4 章:范孟华 河南大学土木建筑学院
- 第 5 章:赵俭斌 沈阳建筑大学岩土工程研究院
- 第 6 章:刘双菊 天津城市建设学院土木工程系
- 第 7 章:徐日庆 浙江大学建筑工程学院
- 第 8 章:程丽红 东华理工大学土木与环境工程学院
- 第 9 章:王成华 天津大学建筑工程学院
- 第 10 章:雷华阳 天津大学建筑工程学院

限于编者的水平,本书不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2012 年 9 月

目 录

第1章 绪论	1	2.3.1 试验指标	22
本章知识点	1	2.3.2 换算指标	23
1.1 土的工程概念	1	2.3.3 三相指标之间的换算关系	24
1.1.1 土的一般特性	1	2.4 土的物理状态指标	25
1.1.2 土体工程问题	1	2.4.1 黏性土的状态与界限含水量	25
1.2 土力学的学科性质	4	2.4.2 砂土的密实度	27
1.3 土力学发展简史	5	2.5 土的压实原理	29
1.3.1 古代土力学研究	5	2.5.1 击实曲线的特性及含水量的影响	29
1.3.2 现代土力学沿革	5	2.5.2 击实功能对压实特性的影响	30
1.3.3 中国土力学研究	7	2.5.3 土类对压实性能的影响	30
1.3.4 当代土力学发展	8	2.6 土的工程分类	31
1.4 土力学基本内容与特点	9	2.6.1 土的工程分类原则	31
1.4.1 土力学基本内容	9	2.6.2 土的工程分类方法	31
1.4.2 土力学的特点	9	思考题	35
1.5 土力学研究与学习方法	9	习题	35
1.5.1 土力学研究方法	9	第3章 土的渗透性及渗流	37
1.5.2 土力学学习方法	10	本章知识点	37
1.5.3 学习土力学的基本要求	11	3.1 概述	37
思考题	11	3.1.1 问题的提出	37
第2章 土的物理性质及工程分类	12	3.1.2 基本概念	38
本章知识点	12	3.2 达西定律	39
2.1 土的生成与特性	12	3.2.1 伯努利方程和水力梯度	39
2.1.1 土的生成	12	3.2.2 达西定律	41
2.1.2 土的结构	13	3.3 渗透系数及其确定方法	46
2.1.3 土的构造	14	3.3.1 渗透系数的测定方法	46
2.1.4 黏性土的灵敏度和触变性	14	3.3.2 影响渗透系数的主要因素	50
2.1.5 土的工程特性	15	3.3.3 成层土的等效渗透系数	51
2.1.6 土的生成与工程特性的关系	15	3.4 平面渗流及流网	54
2.2 土的三相组成	16	3.4.1 平面渗流的基本微分方程	54
2.2.1 土的固体颗粒	16	3.4.2 边界条件及方程的解法	55
2.2.2 土的液相	20	3.4.3 流网的绘制与应用	56
2.2.3 土的气相	21	3.4.4 非均质土中的渗流	60
2.3 土的物理性质指标	22		

3.5 渗透破坏与控制	62	4.4.8 影响土中应力分布的因素	103
3.5.1 渗透力和临界水力梯度	62	4.5 有效应力原理	105
3.5.2 渗透破坏	65	4.5.1 有效应力原理	105
思考题	71	4.5.2 几个相关问题	106
习题	72	思考题	110
第4章 地基应力分析	74	习题	110
本章知识点	74	第5章 土的压缩性和地基变形	112
4.1 概述	74	本章知识点	112
4.1.1 地基中的应力	74	5.1 概述	112
4.1.2 土力学中应力符号的规定	75	5.1.1 压缩变形的本质	112
4.2 自重应力	76	5.1.2 基础设计中沉降量指标的 分类	113
4.2.1 均匀地基情况	76	5.1.3 沉降研究的主要内容	114
4.2.2 成层地基情况	77	5.1.4 计算地基最终沉降量的 目的	114
4.2.3 地下水对土中自重应力的 影响	78	5.2 土的侧限压缩试验及压缩性 指标	115
4.2.4 不透水层对自重应力的影响	79	5.2.1 室内侧限压缩试验	115
4.2.5 有大面积填土时的自重应力 计算	79	5.2.2 侧限压缩性指标	117
4.2.6 自重应力的分布规律	79	5.2.3 土样的回弹和再压缩	119
4.2.7 土坝的自重应力	79	5.3 土的压缩性原位测试	120
4.3 基底压力	81	5.3.1 载荷试验	121
4.3.1 基础底面压力的分布规律	81	5.3.2 土的弹性模量	123
4.3.2 基底压力的简化计算	83	5.3.3 旁压试验	125
4.3.3 基础底面附加应力	85	5.4 地基最终沉降量计算	127
4.4 地基附加应力	86	5.4.1 分层总和法计算最终沉 降量	127
4.4.1 竖向集中荷载作用下地基中的 附加应力	87	5.4.2 《建筑地基基础设计规范》推荐 的沉降算法	131
4.4.2 矩形面积承受竖直均布荷载 作用时的附加应力	90	5.4.3 两种沉降计算方法的比较	139
4.4.3 矩形面积承受水平均布荷载 作用时的附加应力	94	5.5 应力历史对地基沉降的影响	140
4.4.4 矩形面积承受竖直三角形分布 荷载作用时的附加应力	95	5.5.1 沉积土的应力历史	140
4.4.5 圆形荷载下地基中的附加 应力	97	5.5.2 现场原始压缩曲线及相关 指标	142
4.4.6 条形荷载下地基中的附加 应力	99	5.5.3 应力历史法计算基础最终 沉降量	143
4.4.7 大面积均布荷载下土中附加 应力计算	103	5.6 饱和土体渗透固结理论	145
		5.6.1 饱和土的有效应力原理	145
		5.6.2 土的单向固结理论	147

思考题	155	7.4 被动土压力计算	199
习题	156	7.4.1 朗肯被动土压力理论	199
第6章 土的抗剪强度	157	7.4.2 库仑被动土压力理论	201
本章知识点	157	7.5 土压力计算的讨论	202
6.1 概述	157	7.5.1 非极限状态下的土压力	202
6.2 土的抗剪强度理论	158	7.5.2 土拱效应	203
6.2.1 库仑定律和莫尔-库仑强度 理论	158	7.5.3 朗肯与库仑土压力理论的 比较	203
6.2.2 主平面与任意斜面上的 应力	160	7.6 重力式挡土结构	204
6.2.3 土的极限平衡状态	161	7.7 柔性挡土结构	208
6.3 土的抗剪强度试验方法	163	7.8 加筋土挡土结构	210
6.3.1 直接剪切试验	163	7.8.1 加筋土挡土墙构造	210
6.3.2 三轴压缩试验	166	7.8.2 土压力计算问题	211
6.3.3 无侧限抗压强度试验	168	7.9 管道土压力计算	212
6.3.4 十字板剪切试验	169	7.9.1 沟埋式管道土压力	212
6.4 孔隙压力系数	171	7.9.2 上埋式管道土压力	214
6.5 土的剪切性状及抗剪强度 指标	173	思考题	216
6.5.1 无黏性土的剪切性状和抗剪 强度指标	173	习题	217
6.5.2 饱和黏性土的剪切性状和抗剪 强度指标	175	第8章 地基承载力理论	219
6.6 影响抗剪强度的基本因素	180	本章知识点	219
6.6.1 内摩擦力	180	8.1 概述	219
6.6.2 黏聚力	180	8.2 浅基础的地基破坏模式	220
思考题	180	8.2.1 地基的三种破坏模式	220
习题	181	8.2.2 破坏模式的影响因素和 判别	222
第7章 挡土结构土压力	182	8.3 地基临界荷载	223
本章知识点	182	8.3.1 塑性区边界方程的推导	223
7.1 概述	182	8.3.2 临塑荷载和临界荷载的 确定	225
7.1.1 挡土结构类型	182	8.3.3 临塑荷载和临界荷载计算 公式的适用条件	226
7.1.2 土压力类型	183	8.4 地基极限承载力计算理论	227
7.2 静止土压力计算	185	8.4.1 普朗特极限承载力计算 理论	227
7.3 主动土压力计算	188	8.4.2 太沙基极限承载力计算 理论	229
7.3.1 朗肯主动土压力理论	188	8.4.3 魏西克极限承载力计算 理论	233
7.3.2 库仑主动土压力理论	192	8.4.4 汉森极限承载力计算理论	235
7.3.3 库尔曼图解法确定主动土 压力	197		

8.5 影响地基承载力因素分析	240	9.6.2 挖方土坡与填方土坡问题	265
8.5.1 地基的破坏形式	240	9.6.3 裂隙硬黏土边坡稳定性	
8.5.2 地基土的指标	240	问题	267
8.5.3 基础的宽度	241	思考题	268
8.5.4 基础的埋置深度、覆盖层		第10章 土的动力特性	269
抗剪强度	241	本章知识点	269
8.5.5 荷载作用方向	241	10.1 概述	269
8.5.6 荷载作用时间	241	10.2 土的动力特性参数	272
思考题	242	10.2.1 概述	272
习题	242	10.2.2 土的动力参数的室内测试	
第9章 土坡稳定分析	243	方法	273
本章知识点	243	10.2.3 土的动力参数的原位测试	
9.1 概述	243	方法	281
9.1.1 基本概念	243	10.3 土的动强度	286
9.1.2 土坡失稳原因分析	243	10.3.1 概述	286
9.2 无黏性土坡稳定分析	244	10.3.2 冲击荷载作用下土的动	
9.2.1 均质干坡和水下坡	244	强度	286
9.2.2 有渗透水流的均质土坡	245	10.3.3 周期荷载作用下土的动	
9.3 黏性土坡稳定分析	246	强度	288
9.3.1 瑞典圆弧滑动法	246	10.3.4 动强度的测试方法	291
9.3.2 条分法	247	10.4 砂土的振动液化	292
9.3.3 简化毕肖普法	249	10.4.1 砂土振动液化的机理及影响	
9.3.4 泰勒图表法	253	因素	293
9.4 复杂土坡稳定分析方法	254	10.4.2 砂土液化的判别及工程防治	
9.4.1 有限单元法	254	措施	296
9.4.2 复合滑动面分析法	255	10.5 动荷载下土的应力—应变	
9.4.3 詹布法	256	关系	298
9.4.4 其他方法	259	10.5.1 动荷载作用下的变形阶段	299
9.5 土坡稳定分析关键技术	259	10.5.2 土的动应力—应变关系基本	
9.5.1 总应力法和有效应力法	259	特征	300
9.5.2 最危险滑裂面的确定	260	10.5.3 土的动剪切模量和阻尼	
9.5.3 允许稳定安全系数	261	特性	301
9.6 土坡稳定分析若干特殊问题	262	思考题	304
9.6.1 渗流作用下的土坡稳定		参考文献	305
问题	262		



第1章

绪 论

本章知识点

1. 了解土的一般特性与土的生成过程问题；
2. 了解土力学的学科特点；
3. 了解土力学的简要历史与发展趋势；
4. 掌握土力学课程的主要学习内容；
5. 了解和逐步掌握一些土力学的研究与学习方法。

1.1 土的工程概念

1.1.1 土的一般特性

土是各类岩石经长期地质应力作用风化后的产物,是由各种岩石碎块和矿物颗粒组成的松散集合体。土体是由一定的材料组成,具有一定的结构,赋存于一定地质环境中的地质体。作为一种松散介质,土体具有不同于一般理想刚体和连续固体的特性——碎散性、孔隙性和多相性。土的颗粒之间有许多孔隙,孔隙中存在水和气体。土一般为三相系,即由土颗粒、水和空气所组成。当土体处于饱水状态或干燥状态时,则为二相系,即仅有土颗粒和水或土颗粒和空气。土颗粒之间的联系微弱,有的甚至没有联结。因此,土的上述特性决定了其较大的渗透性和压缩性以及较小的抗剪强度。在小范围内,可以近似地将土体视为均质的各向同性介质;但在大范围内,由于土体在形成过程中及形成以后,受内外地质作用,可形成各种不连续面,使土体表现出非均质性和各向异性的特点。

1.1.2 土体工程问题

土体与工程建筑的关系十分密切,自然界中的土被广泛用作各种工程建筑物的地基。一般土木工程建筑或修建在地表,或埋置于岩土之中。此外,土作为建筑材料可用来修筑堤坝、路基以及其他土工建筑物。因此,作为建筑地基、建筑介质或建筑材料的地壳表层土体是土力学的研究对象。

建筑物修建以后,地表土层中的应力状态、水文地质条件和土的性质将有所改变,因而产生一些土工问题,如地基的变形和失稳、路堤和土坡滑动、

土石坝渗漏和渗透变形等。任何土工问题都是在地表土层中产生和演化的，土体的性质是决定工程活动与地质环境相互制约形式和规模的条件。因此，研究同建筑物有密切关系的地表土层的工程地质特征和力学性质，有非常重要的意义。土力学不仅研究土体当前的性状，也要分析其性质的形成条件，并结合自然条件和建筑物修建后对土体的影响，分析并预测土体性质的可能变化，提出有关的工程措施，以满足各类工程建筑的要求。

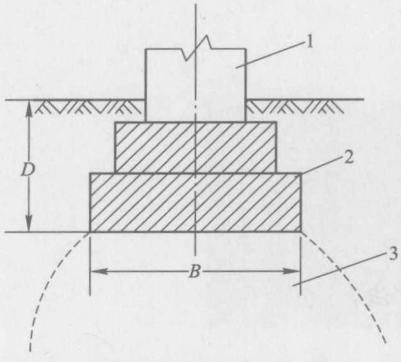


图 1-1 上部结构、地基与基础示意图
1—上部结构；2—基础；3—地基

图 1-1 表示了上部结构、基础和地基三者的关系。由于建筑物的修建，使一定范围内地层的应力状态发生变化，这一范围内的地层称为地基。因此，地基就是承担建筑物荷重的土体或岩体。与地基接触的建筑物下部结构称为基础。一般建筑物由上部结构和基础两部分组成。建筑物的上部结构荷载通过具有一定埋深的基础传递扩散到土中间去。基础一般埋在地面以下，起着承上启下传递荷载的作用。

地基土在自重作用下一般是处于稳定状态的，变形已完成。但由于施加了外部荷载，土体内部应力状态发生变化，地基产生新的变形。研究地基基础的目的就是为工程设计中确定基础底面压力，为使其满足

承载力和变形要求提供理论依据。

许多建筑物的地基基础事故，均涉及土力学的理论问题。一旦发生这样的事故，补救是非常困难的。例如，苏州名胜虎丘塔共七层，高 47.5m，底层直径 13.7m，呈八角形，全为砖砌。在建筑艺术风格上有独特的创意，被国务院确定为全国重点文物保护单位。原来塔倾斜严重，塔顶偏离中心线 2.31m。经勘探发现，该塔位于倾斜基岩上，覆盖层一边深 3.8m，另一边为 5.8m。由于在一千余年前建造该塔时，没有采用扩大基础，直接将塔身置于地基上，造成了不均匀沉降，引起塔身倾斜，危及安全；后经对地基基础进行处理，解决了其过大不均匀沉降问题。

图 1-2 为加拿大某谷仓地基滑动破坏的实例。该谷仓由 65 个圆柱形筒仓组成，高 31m，底面长 59.4m。其下为钢筋混凝土筏形基础，厚 2m。谷仓自重 200MN，当装谷 270MN 后，发现谷仓明显失稳，24h 内西端下沉 8.8m，东端上抬 1.5m，整体倾斜 $26^{\circ}53'$ 。事后进行勘查分析，发现基底之下为厚十余米的淤泥质软黏土层。地基的极限承载力为 251kPa，而谷仓的基底压力已超过 300kPa，从而造成地基的整体滑动破坏。基础底面以下一部分土体滑动，向侧面挤出，使东端地面隆起。为了处理这一事故，在地基中做了 70 多个支承于深 16m 基岩上的混凝土墩，使用了 88 个 50kN 的千斤顶和支承系统，才把仓体逐渐纠正过来，然而谷仓位置比原来降低了 4m。国内外类似上述地基事故的实例很多。大量事故充分说明，对土力学理论缺乏研究，对地基基础处理不当，将会造成巨大的经济损失，必须引以为戒。

土坡就是具有倾斜坡面的土体，土坡可分为天然土坡与人工土坡。天然

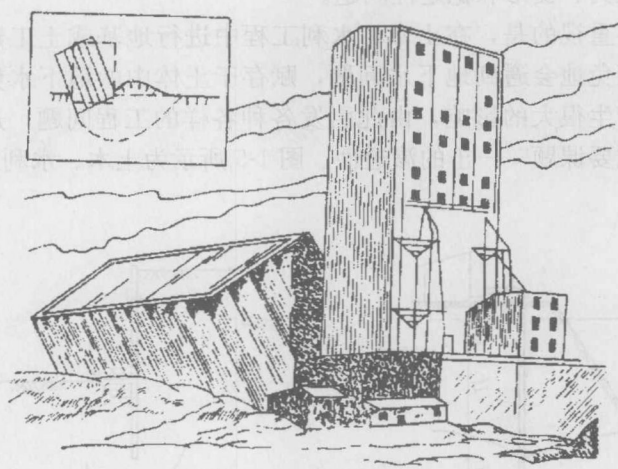


图 1-2 加拿大特朗斯康谷仓地基破坏事故

土坡是由于地质作用自然形成的土坡，如天然河道的土坡、山坡堆积的坡积层等；人工土坡是由人工开挖或回填而形成的土坡，如坝、防波堤、公路及铁路的路堤、人工开挖的引河、基坑等。土坡的简单外形和各部位的名称如图 1-3 所示。

由于土坡表面倾斜，土体内部某个面上的滑动力超过土体抵抗滑动的能力，就会发生滑坡。在有关土坡问题的设计中，必须对土坡进行稳定分析，以保证土坡有足够的稳定性。

土坡失稳塌滑常危及财产和生命安全。在矿山、水利、交通等部门都涉及大量的土坡稳定问题，因此，正确认识、合理设计和适当治理土坡，才能把土坡失稳造成的灾害降到最低限度。

在土木、水利及交通等工程中常见的挡土结构物或称挡土墙(如图 1-4 所示)，如支撑土坡的挡土墙、堤岸挡土墙、地下室侧墙和拱桥桥台等，其作用都是用来挡住墙后的填土并承担来自填土的侧向压力即土压力。

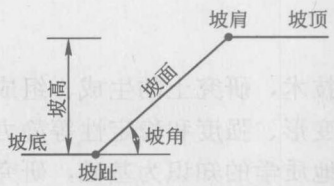


图 1-3 土坡各部位名称

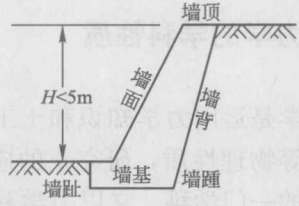


图 1-4 一种挡土墙结构

挡土墙作为维护土坡稳定的主要措施，其工作性状主要取于挡土墙上的土压力等荷载条件。工程设计必须保证挡土结构物在墙受到周边土压力等荷载作用下能正常发挥功能，且维持自身的稳定性。

除上述地基基础、土坡和挡土结构外，还有地下厂房、地下管线等工程都以土体为工程环境或对象，都需要认识土的工程特性，运用土力学知识来

解决土体的受力、变形和稳定性问题。

特别需要重视的是,在土木、水利工程中进行地基或土工建筑物的设计计算都不可避免地会遇到地下水问题,赋存于土体中的地下水势必会对土体的力学性质产生很大的影响,由此引发各种各样的工程问题,这就涉及土力学中的一个重要课题——土的渗透性。图 1-5 所示为土木、水利工程中常见的渗流问题。

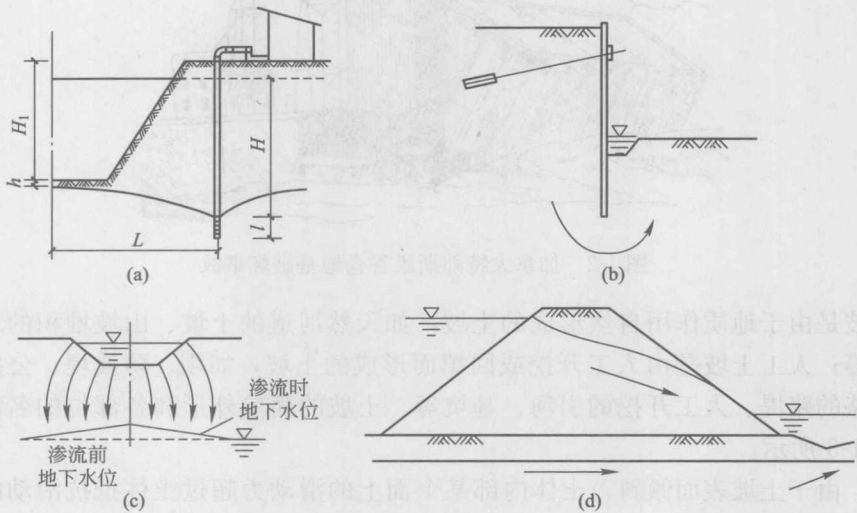


图 1-5 土木、水利工程中典型渗流问题

(a) 基坑降水渗流; (b) 基坑排水渗流; (c) 渠道渗流; (d) 坝身和坝基中的渗流

水在土体中的渗流,一方面会引起水头损失或基坑积水,影响工程效益和进度;另一方面将引起土体变形,改变构筑物或地基的稳定条件,直接影响工程安全,甚者还会酿成破坏事故。此外,土的渗透性的强弱,对土体的变形、强度以及工程施工都有非常重要的影响,因此,研究土的渗透性规律及其与工程的关系具有重要意义。

1.2 土力学的学科性质

土力学是运用力学知识和土工测试技术,研究土的生成、组成、密度或软硬状态等物理性质,研究土的应力、变形、强度和稳定性等静力、动力性状的规律的一门学科。它以力学和工程地质学的知识为基础,研究与工程建筑有关的土的变形和强度特性,并据此计算土体的固结与稳定,为各项专门工程服务。

土的生成机制,在根本上决定了土的基本物理力学特性,也决定了土力学的特点。土从大类上可以分成颗粒间互不联结、完全松散的无黏性土和颗粒间虽有联结,但联结强度远小于颗粒本身强度的黏性土。土的最主要特点是它的碎散性和三相组成,这是它在变形、强度等力学性质上都与连续固体

介质有根本不同的内在原因。

所以,仅靠材料力学、弹性力学和塑性力学等连续介质力学知识尚不能描述土体在受力后所表现的性状及由此所引起的工程问题。因此,土力学就是利用上述力学的基本知识辅之以描述碎散体特性(压缩性、渗透性、粒间接触强度特性)的理论所建立的一门独立的学科,是岩土力学的重要组成部分。土力学的研究目标在于通过研究土的应力、变形、强度和稳定性等规律,解决与土的物理力学性质以及与此有关的工程问题。

土力学是属于工程力学范畴的科学,是运用力学原理同时考虑到土作为分散系特征来求得量的关系,其力学计算模型必须建立在现场勘察和实测土的计算参数(即工程地质性质指标)的基础上。因此,土力学也是一门理论性和实践性很强的学科。

1.3 土力学发展简史

人类自远古以来就广泛利用土作为建筑地基和建筑材料。“水来土挡”,就是中国古代劳动人民用土防御洪水的写照。古代许多伟大建筑,如中国的长城、大运河、桥梁、宫殿庙宇和世界上著名的建筑物,如比萨斜塔、埃及金字塔等的修建,都需要有丰富的土的知识 and 在它上面建造建筑物的经验。但是,由于社会生产力和技术条件的限制,使这一阶段经过了很长时间。直到18世纪中叶,对土的力学性质的认识还停留在经验积累的感性认识阶段。

1.3.1 古代土力学研究

土力学的研究始于18世纪工业革命时期,由于工业发展的需要,建筑的规模扩大了。大量建筑物的兴建尤其是铁路的修筑出现了一系列路基问题,促使人们对土进行研究,把已积累的经验进行理论解释。1773年,法国库仑(C. A. Coulomb)创立了著名的砂土抗剪强度公式,提出了计算挡土墙土压力的滑动楔体理论。1856年,法国工程师达西(H. Darcy)研究了砂土的透水性,创立了砂土渗透性的达西公式。1869年,英国朗肯(W. J. M. Rankine)又从不同途径提出了挡土墙土压力理论,对后来土体强度理论的发展起了很大的作用。此外,1885年,法国布辛内斯克(J. Boussinesq)求得了弹性半空间在竖向集中力作用下的应力和变形理论解答,这些解答至今还是土力学研究土体受力和变形的重要基础理论。这些古典理论,对土力学的发展起到了极大的推进作用,至今仍不失其理论和实用价值。这一阶段人们在以往实践经验的基础上,从不同角度作了探索,在理论上有了突破,但是大部分是某些局部问题的单独突破,还不能形成统一理论以建立独立的学科。

1.3.2 现代土力学沿革

从20世纪20年代起,对土的研究有了迅速发展,发表了许多有关土力