



21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国应用型本科

土木建筑系列

实用规划教材



土力学

主 编 肖仁成 俞 晓
副主编 祝方才 张雪颖
主 审 袁聚云



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

土 力 学

主 编	肖仁成	俞 晓
副主编	祝方才	张雪颖
主 审	袁聚云	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书共 8 章, 主要内容包括绪论、土的物理性质及工程分类、土的基本工程力学性质、土的抗剪强度理论、地基中应力计算、地基的变形计算、地基承载力理论、土压力理论和边坡稳定分析。本书附录还介绍了 Visual Basic 6.0 的基本知识和地基承载力计算源程序。本书强调精简、实用和实践性, 也注重介绍基本的理论知识。

本书可作为土木工程专业(建工、岩土、水利、交通、道路与桥梁、铁道等各个专业方向)的本科教材, 也可作为相关专业工程技术人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土力学/肖仁成, 俞晓主编. —北京: 北京大学出版社, 2006.1

(21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 7-301-10448-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 160565 号

书 名: 土力学

著作责任者: 肖仁成 俞 晓 主编

策 划 编 辑: 吴 迪 李昱涛

责 任 编 辑: 徐 凡

标 准 书 号: ISBN 7-301-10448-0/TU · 0025

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667

电 子 信 箱: pup_6@163.com

排 版 者: 北京东方人华北大彩印中心 电话: 62754190

印 刷 者: 北京原创阳光印业有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11 印张 258 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 18.00 元

《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 彭少民

副主任 (按拼音顺序排名)

陈伯望 金康宁 李 忱 李 杰

罗迎社 彭 刚 许成祥 杨 勤

俞 晓 袁海庆 周先雁

委 员 (按拼音顺序排名)

邓寿昌 付晓灵 何放龙 何培玲

李晓目 李学罡 刘 杰 刘建军

刘文生 罗 章 石建军 许 明

严 兵 张泽平 张仲先

丛书总序

我国高等教育发展迅速,全日制高等学校招生人数至2004年达到420万人,毛入学率19%,步入国际公认的高等教育“大众化”阶段。面临这大规模的扩招,教育事业的发展与改革坚持以人为本的两个主体:一是学生,一是教师。教学质量的提高是在这两个主体上的反映,教材则是两个主体的媒介,属于教学的载体。

教育部曾在第三次新建本科院校教学工作研讨会上指出:“一些高校办学定位不明,盲目追求上层次、上规格,导致人才培养规格盲目拔高,培养模式趋同。高校学生中‘升本热’、‘考硕热’、‘考博热’持续升温,应试学习倾向仍然比较普遍,导致各层次人才培养目标难于全面实现,大学生知识结构不够合理,动手能力弱,实际工作能力不强。”而作为知识传承载体的教材,在高等教育的发展过程中起着至关重要的作用,但目前教材建设却远远滞后于应用型人才培养的步伐,许多应用型本科院校一直沿用偏重于研究型的教材,缺乏针对性强的实用教材。

近年来,我国房地产行业已经成为国民经济的支柱行业之一,随着本世纪我国城市化的大趋势,土木建筑行业对实用型人才的需求还将持续增加。为了满足相关应用型本科院校培养应用型人才的教學需求,从2004年10月北京大学出版社第六事业部就开始策划本套丛书,并派出10多位编辑分赴全国近30个省份调研了两百多所院校的课程改革与教材建设的情况。在此基础上,规划出了涵盖“大土建”六个专业——土木工程、工程管理、建筑学、城市规划、给排水、建筑环境与设备工程的基础课程及专业主干课程的系列教材。通过2005年1月份在湖南大学的组稿会和2005年4月份在三峡大学的审纲会,在来自全国各地几十所高校的知名专家教授的努力下,不但成立了本丛书的编审委员会,还规划出了首批包括土木工程、工程管理及建筑环境与设备工程等专业方向的40多个选题,再经过各位主编老师和参编老师的艰苦努力,并在北京大学出版社各级领导的关心和第六事业部的各位编辑辛勤劳动下,首批教材终于2006年春季学期前夕陆续出版发行了。

在首批教材的编写出版过程中,得到了越来越多的来自全国各地相关兄弟院校的领导和专家的大力支持。于是,在顺利运作第一批土建教材的鼓舞下,北京大学出版社联合全国七十多家开设有土木建筑相关专业的高校,于2005年11月26日在长沙中南林学院召开了《21 实际全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》(第二批)组稿会,规划了①建筑学专业②城市规划专业③建筑环境与设备工程专业④给排水工程专业⑤土木工程专业道路、桥梁、地下、岩土、矿山课群组近60多个选题。至此,北京大学出版社规划的“大土木建筑系列教材”已经涵盖了“大土建”的6个专业,是近年全国高等教育出版界来唯一一套完全覆盖“大土建”六个专业方向的系列教材,并会于2007年全部出版发行。

我国高等学校土木建筑专业的教育,在国家教育部和建设部的指导下,经土木建筑专业指导委员会六年来的研讨,已经形成了宽口径“大土建”的专业发展模式,明确了土木建筑专业教育的培养目标、培养方案和毕业生基本规格,从宽口径的视角,要求毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作。业务范围涉及房屋建筑、隧道与地下建筑、公路

与城市道路、铁道工程与桥梁、矿山建筑等，并且制定一整套课程教学大纲。本系列教材就是根据最新的培养方案和课程教学大纲，由一批长期在教学第一线从事教学并有多年工程经验和丰富教学经验的教师担任主编，以定位“应用型人才培养”为目标而编撰，具有以下特点：

(1) 按照宽口径土木工程专业培养方案，注重提高学生综合素质和创新能力，注重加强学生专业基础知识和优化基本理论知识结构，不刻意追求理论研究型教材深度，内容取舍少而精，向培养土木工程师从事设计、施工与管理的应用方向拓展。

(2) 在理解土木工程相关学科的基础上，深入研究各课程之间的相互关系，各课程教材既要反映本学科发展水平，保证教材自身体系的完整性，又要尽量避免内容的重复。

(3) 培养学生，单靠专门的设计技巧训练和运用现成的方法，要取得专门实践的成功是不够的，因为这些方法随科学技术的发展经常在改变。为了了解并和这些迅速发展的方法同步，教材的编撰侧重培养学生透析理解教材中的基本理论、基本特性和性能，又同时熟悉现行设计方法的理论依据和工程背景，以不变应万变，这是本系列教材力图涵盖的两个方面。

(4) 我国颁发的现行有关土木工程类的规范及规程，系 1999~2002 年完成的修订，内容有较大的取舍和更新，反映了我国土木工程设计与施工技术的发展。作为应用型教材，为培养学生毕业后获得注册执业资格，在内容上涉及不少相关规范条文和算例。但并不是规范条文的释译。

(5) 当代土木工程设计，越来越多地使用计算机程序或采用通用性的商业软件，有些结构特殊要求，则由工程师自行编写程序。本系列的相关工程结构课程的教材中，在阐述真实结构、简化计算模型、数学表达式之间的关系的基础上，给出了设计方法的详细步骤，这些步骤均可容易地转换成工程结构的流程图，有助与培养学生编写计算机程序。

(6) 按照科学发展观，从可持续发展的观念，根据课程特点，反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺，以社会发展和科技进步的新近成果充实。更新教材内容，尽最大可能在教材中增加了这方面的信息量。同时考虑开发音像、电子、网络等多媒体教学形式，以提高教学效果和效率。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者，没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践，要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台，为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生，不吝指正，随时给我们提出宝贵的意见，以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

本系列教材配套的 PPT 电子教案在出版社相关网站上提供下载。

《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006 年 1 月

前 言

随着高等教育规模的扩大及土木工程专业的高等教育的改革,土木工程专业的课程体系和学时不断完善和调整。同时,《土力学》的内容在近几年也有了较快的发展,各种岩土工程新的施工方法和地基处理方法也在不断出现,它促使《土力学》的理论不断更新和发展以及内容不断增加。一方面专业课学时在减少,而另一方面内容在不断地增加。因此,这就迫使各个有关高等院校都在探索教材的更新。尽管在国家规范《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)颁布以后,相继出现了《土力学》与《基础工程》的多种版本,但是,由于我国高等学校数量较多,各类本科高等学校的水平层次相差也较大,因而普遍感到可供选择的教材及参考书目仍嫌不足。许多地方院校在北京大学出版社组织的全国土木类教材编写研讨会上强烈要求尽快出版实用性较强的土木类本科教材和教学科研参考书,以便于学生和工程人员尽快以较少的时间掌握其基本理论。

K. Terzaghi 等人在创立《土力学》时就强调其实践性,这也是《土力学》这一学科的独有特点。作者就是在上述基础上,根据自己几十年以来的教学与科研经验,按照上述要求来撰写本书的。

本书的宗旨就是突出其工程实践性,同时也注意基本理论的阐述。既考虑其工程需要,也考虑青年土木工程师将工程经验上升为理论总结的要求。同时,结合作者从事岩土工程的教学与科研的实践,对于人们特别容易混淆的一些概念和在工程处理中容易出现的错误,予以特别的强调。

因为土力学与其他工程力学的差异比较大,本书尽量做到将与材料力学与弹性力学有关的知识放在书的前面进行讲授。对一些工程应用中很重要的数理知识与理论公式尽量在书中有所反映,以便读者在以后的继续深造过程中有所准备,也希望如此能反映循序渐进的学习规律。

考虑到计算机技术的发展及以后计算机在工程管理和岩土工程原位测试中的重要性,本书尽量采用简明扼要的“幻灯片”式的叙述方式,以使读者一目了然。同时对 Visual Basic 语言进行了适当介绍,并提供了部分源程序,以提高读者在这一方面的兴趣。并希望有兴趣的读者能很快用 Visual Basic 语言写出工程报告、掌握模数转换等测试技术工作中的编程知识,也期望土力学中会慢慢地去掉大量查表的方法而改用计算机软件进行计算。这些小程序,以后我们可以以工具的方式将它挂在各种大型土木工程设计与施工软件(如 PKPM)上。

如果本书能达到上述要求,作者们真的是十分欣慰。但是由于作者们的学识有限,可能很多方面未能尽如人意,敬请谅解!同时也希望广大读者和土木界各位同仁对书中的各处谬误予以指正。

本书共分 8 章,其中绪论及第 1、2、3、7 章和附录由南华大学肖仁成编写;第 4 章和第 5 章由南京工程学院张雪颖编写;第 6 章由武汉科技大学俞晓编写;第 8 章由株洲工学院祝方才编写。全书集体讨论 3 次,由俞晓和祝方才负责组织,全书由肖仁成负责统编,由同济大学博士生导师袁聚云任主审。

最后,在本书的出版工作中,得到了北京大学出版社的大力协助,在此一并表示感谢!

编 者

2005 年 12 月

目 录

绪论.....	1	2.2.2 渗透系数和渗透力	20
第 1 章 土的物理性质及工程分类.....	4	2.2.3 渗流引起的工程问题	22
1.1 工程地质概述	4	2.3 二维渗流与流网	24
1.1.1 岩石.....	4	2.3.1 二维渗流运动微分方程式	24
1.1.2 矿物.....	4	2.3.2 流网的绘制方法	25
1.1.3 地质构造.....	4	2.3.3 流网的应用	26
1.1.4 地质年代.....	4	2.4 土的压缩性	27
1.1.5 第四纪沉积物.....	5	2.4.1 基本概念	27
1.2 土的组成	5	2.4.2 压缩曲线和压缩指标	27
1.2.1 土中的固体颗粒.....	5	2.4.3 土的压缩模量	29
1.2.2 土中的水和气.....	6	2.4.4 土的变形模量	29
1.2.3 土的结构和构造.....	7	2.4.5 土的压缩模量和变形模量 的关系	30
1.3 土的物理性质指标	7	2.5 土的应力历史	31
1.3.1 土的三相图.....	7	2.5.1 前期固结压力 P_c 与自重应力 σ_{cz} 的关系	31
1.3.2 土的基本物理指标.....	8	2.5.2 原始压缩曲线	31
1.3.3 土的其他物理指标.....	8	2.6 土的有效应力原理	32
1.3.4 基本物理指标与其他物理 指标的关系.....	9	2.7 土的压实原理与填土工程	32
1.3.5 无黏性土的密实度.....	11	2.7.1 填土工程	32
1.3.6 黏性土的物理特征.....	12	2.7.2 击实试验	33
1.4 土的工程分类	13	2.7.3 最优含水量 ω_p	33
1.4.1 岩石	13	2.7.4 击实功的概念	33
1.4.2 碎石土.....	14	2.7.5 土类和级配的影响	34
1.4.3 砂土.....	14	2.7.6 填土的施工监理	34
1.4.4 粉土.....	15	2.8 习题	35
1.4.5 黏性土.....	15	第 3 章 土的抗剪强度理论.....	37
1.4.6 特殊土.....	15	3.1 土的抗剪强度构成因素	37
1.5 习题	16	3.1.1 土的抗剪强度	37
第 2 章 土的基本工程力学性质.....	18	3.1.2 土的抗剪强度构成因素	38
2.1 概述	18	3.2 土的极限平衡理论	38
2.2 土的渗透性质	19	3.3 土的抗剪强度的室内测定方法	39
2.2.1 土的渗透与渗流.....	19	3.3.1 直接剪切试验	39

3.3.2 土的三轴压缩试验.....	41	第 5 章 地基的变形计算.....	78
3.3.3 土的抗剪强度试验成果整理.....	42	5.1 概述	78
3.4 土的孔隙压力系数	46	5.2 地基沉降的弹性力学公式	78
3.5 土的应力路径	48	5.3 地基最终沉降量的简化计算方法	81
3.5.1 基本概念.....	48	5.3.1 分层总和法	81
3.5.2 直剪试验的应力路径.....	48	5.3.2 按规范方法计算	84
3.5.3 三轴试验的应力路径.....	48	5.4 土的应力历史对地基沉降的影响	89
3.5.4 建筑物地基中两种常见情况 的应力路径.....	49	5.4.1 前期固结压力的确定	90
3.5.5 研究应力路径的意义.....	50	5.4.2 现场原始压缩曲线	90
3.6 习题	50	5.4.3 考虑应力历史影响的地基 最终沉降量计算	92
第 4 章 地基中应力计算.....	51	5.5 饱和土的单向固结理论	93
4.1 概述	51	5.6 地基沉降与时间的关系	95
4.1.1 土体的应力-应变关系.....	51	5.6.1 地基沉降与时间关系的 理论计算法	96
4.1.2 土力学中应力符号的规定.....	52	5.6.2 地基沉降与时间关系的 经验估算法	98
4.2 地基中的自重应力	53	5.7 习题	99
4.3 基底压力	56	第 6 章 地基承载力理论.....	101
4.3.1 基底压力的分布.....	56	6.1 概述	101
4.3.2 基底压力的简化计算方法.....	57	6.2 地基破坏模式	102
4.3.3 基底附加压力.....	59	6.2.1 地基剪切破坏的三个模式	102
4.4 地基附加应力的空间课题	60	6.2.2 整体剪切破坏的三个阶段	103
4.4.1 假定.....	60	6.3 地基临塑荷载和塑性荷载	104
4.4.2 竖向集中荷载作用下的 附加应力.....	60	6.4 地基极限荷载	107
4.4.3 矩形均布荷载作用下的 附加应力.....	64	6.4.1 普朗德尔公式	107
4.4.4 三角形分布的矩形荷载作用下的 附加压力.....	69	6.4.2 太沙基公式	109
4.4.5 条形均布荷载作用下的 附加应力.....	72	6.4.3 汉森公式	111
4.4.6 圆形均布荷载作用下的 附加应力.....	73	6.5 浅基础地基承载力设计值的确定	114
4.4.7 非均质和各向异性地基中 的附加应力.....	74	6.5.1 地基承载力的设计原则	114
4.4.8 双层地基中应力的集中 和扩散.....	75	6.5.2 我国《建筑地基基础设计 规范》的地基承载力 特征值	115
4.4.9 变形模量随深度增大的地基.....	75	6.5.3 我国《路桥地基规范》的地 基承载力容许值	118
4.5 习题	75	6.6 习题	120

第 7 章 土压力理论	121	8.5 非圆弧滑动的普遍条分法 ——简布法	141
7.1 挡土结构与土压力种类	121	8.6 不平衡推力传递法	144
7.2 静止土压力计算	122	8.7 边坡稳定分析的工程考虑	145
7.3 朗肯土压力理论	122	8.7.1 地下水对边坡稳定分析 的影响	145
7.4 库伦土压力理论	127	8.7.2 施工过程对边坡稳定 的影响	147
7.4.1 库伦土压力理论简介	127	8.7.3 边坡稳定的计算机分析 方法	147
7.4.2 主动土压力	128	8.8 习题	147
7.4.3 被动土压力	130	附录 A Visual Basic 应用	150
7.5 土压力计算中的工程问题	131	附录 B 习题参考答案	159
7.6 习题	132	参考文献	161
第 8 章 边坡稳定分析	134		
8.1 概述	134		
8.2 黏性土边坡的滑动模式	135		
8.3 边坡稳定分析的费伦纽斯法	137		
8.4 边坡稳定分析的毕晓普法	139		

绪 论

1. 土力学、地基和基础的概念

土力学可以说既是一门古老的工程技术，又是一门很年轻的学科。土力学真正发展起来是 20 世纪 20 年代以后的事情。在学习土力学时，应注意下述名词，这些名词是在工程实践中容易混淆的基本概念。

土力学：用力学知识和土工测试技术，研究土的物理、力学性质，研究土的变形及其强度的一门学科。土力学是土木工程学科中的一门基础学科，是工程力学的一个分支，它的一个突出特点是实践性。

地基：基础下面支承建筑物全部重量的地层，称为建筑物的地基，如图 0.1 所示。

天然地基：没有经过人工加固处理的地基。

人工地基：经过人工加固处理后的地基。

基础：直接与地基接触、并把上部结构的荷载传给地基的那一部分地下结构，称为基础。

浅基础：埋深 $d < 5\text{m}$ 或 $d < b$ (为基础宽度) 的基础。它采用普通的施工方法就能达到目的。它包括单独基础、扩展基础、条形基础、交叉梁基础、筏板和箱形基础等。

深基础： $d > 5\text{m}$ 的基础。需要采用特殊的施工方法，常见的形式有桩、墩、沉井、地下连续墙等。

建筑物的地基、基础和上部结构三部分，彼此联系，相互制约，共同工作。地基及基础的示意图如图 0.1 所示。

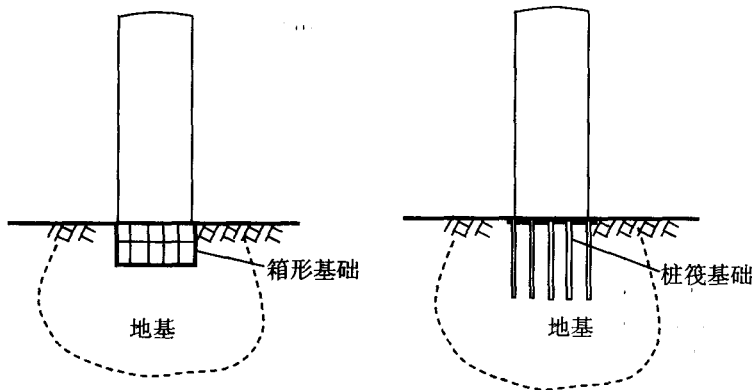


图 0.1 地基及基础示意图

2. 本学科发展概况

土力学知识是一门古老的工程技术，也是一门十分年轻的应用科学。土力学的发展与基本组成内容可大致归纳如表 0-1 所示。

表 0-1 土力学的发展和基本组成内容

学 者	国家	时间	内 容	特 点
库伦(C.A.coulomb)	法国	1773	砂土的抗剪强度理论 $\tau = \sigma \tan \varphi$	铁路时代、实践性
库伦(C.A.coulomb)	法国	1776	挡土墙土压力理论	
达西(Darcy)	法国	1856	达西定律($V=Ki$)	砂土的透水性
郎肯(W.J.M.Rankine)	英国	1857	土压力理论	简明的理论公式
文克勒(E.Winkler)	捷克	1867	文克勒地基模型	地基沉降计算
布辛奈斯克(J.Boussinesq)	法国	1885	弹性半空间在竖向集中力作用下的数学解	地基变形计算的基本工具
费伦纽斯(W.Felenius)	瑞典	1922	土坡稳定分析方法	极限平衡理论
太沙基(K.Terzaghi)	美国	1925	发表《土力学》	超孔隙压力、有效应力原理
太沙基(K.Terzaghi)	美国	1929	发表《工程地质学》	
计算机技术的发展,使得土力学理论、试验技术及原位测试技术得以飞速发展				

3. 本学科特点和学习要求

土是岩石风化产物经各种地质作用搬运、沉积而成,是一种由固态、液态和气态物质组成的三相体系。其特点是受环境条件变动的影响,这些影响包括大环境(如污染)和小环境(施工、人工活动)的影响。

土类特殊性——区域性特征(黄土、冻土、软土、红黏土……)决定了我们在工程中的态度应该实事求是,并注意培养自己的综合素质,同时也应该十分重视实践的重要性。一切理论计算结果只能作为一种参考手段,经验的积累显得特别重要。同样地,一切试验和原位测试结果也只能作为岩土工程中设计与施工过程中的一种参考依据。因此,综合分析问题能力的培养、理论模式的假定条件和工程实践的差别的分析能力、试验技术的研究以及已有的地区工程经验的积累都是很重要的。

本课程涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工等多种学科及土木建筑工程的各个领域。

关系最为密切的学科及课程主要如图 0.2 所示。

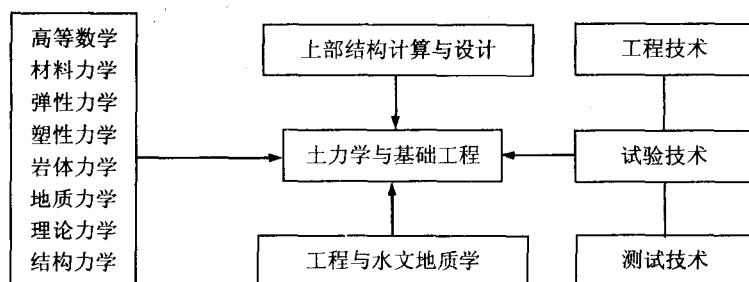


图 0.2 土力学与其他学科的关系示意图

4. 本学科研究热点

本学科目前需要进一步研究的问题主要有以下一些方面,随着工程规模的进一步扩大,还会有许多新的问题出现。

- (1) 土的本构关系。
- (2) 土动力学。
- (3) 桩基。
- (4) 深基坑开挖与支护。
- (5) 土工合成材料。
- (6) 地基处理。
- (7) 离心模型。
- (8) 概率论在土工中的应用。
- (9) 勘探技术。
- (10) 环境岩土工程。
- (11) 计算机技术的应用,包括原位测试技术和计算机仿真技术等。

第1章 土的物理性质及工程分类

教学提示：本章主要介绍土木工程中关于岩土的基本的物理力学性质指标，土的三相比例指标及其之间的相互关系和土的工程分类等内容。

教学要求：要求学生掌握工程地质中关于土的成因和地质构造等基本概念，能够熟练运用三相比例指标之间的基本关系来研究土的工程力学性质，对土进行工程分类。

1.1 工程地质概述

为了解土的成因及其物理力学性质，我们有必要回顾一下有关的工程地质关于岩石、矿物、地质构造和地质年代等内容。

1.1.1 岩石

岩浆岩：由从地壳下面喷出的熔融岩浆冷凝而成。埋藏条件为由深到浅；颜色由浅色到深色；种类有花岗岩、正长岩、玄武岩等。其工程性质主要由其矿物成分及成岩环境等因素决定。

沉积岩：母岩破碎物经搬运、沉积，继而又受到压紧、化学物质的胶结、再结晶或硬结等成岩作用再一次形成的岩石，如湖南的红色砂页岩等。

变质岩：母岩或母岩破碎沉积物在高温高压下使原来岩石的结构、构造甚至矿物成分改变，形成新的岩石，如片麻岩等。

1.1.2 矿物

地壳中天然生成的自然元素或化合物，是组成岩石的基本单元。

1.1.3 地质构造

褶皱构造：向斜、背斜。

断裂构造：断层、节理。

这些构造直接影响到所建建筑物的稳定等问题。

1.1.4 地质年代

地壳发展历史与地壳运动、沉积环境及生物演化相应的时代段落。

年代：代、纪、世、期。

岩层：界、系、统、层。

1.1.5 第四纪沉积物

1. 残积物

岩石风化以后残留于原地的碎屑物质。

2. 坡积物

水流将高处的风化岩石缓慢地冲洗、剥蚀，沿着山坡逐渐向下移动，堆积在较平缓的山坡上，形成坡积物。

3. 洪积物

洪水冲刷地表并搬运大量的泥砂、石块，堆积于山谷冲沟出口或山前平原形成的堆积物。

4. 冲积物

河流流水冲刷两岸基岩及其上覆盖物后，经搬运沉积在河流坡降平缓地带，包括河漫滩、一级阶地、二级阶地等。

5. 湖泊沉积物

湖浪冲蚀湖岸而形成的碎屑物质在湖边和湖心沉积的湖泊沉积物。

6. 海洋沉积物

海洋沉积物按照在海洋中沉积的位置和颗粒组成可分为滨海沉积物、浅海沉积物、陆坡沉积物、深海沉积物。

1.2 土的组成

地基中的土是由固体颗粒、气体和液体组成的，因此其物理力学性质与普通固体材料的物理力学性质有很大差别。因此，我们应该研究其组成及其相互关系。

1.2.1 土中的固体颗粒

1. 土粒大小与工程性质

粗大颗粒：岩石经物理风化作用形成的碎屑或未产生化学变化的矿物颗粒，块状或粒状。黏结力小，表面所带电荷少，搬运路径短。因此，性质简单。

细小颗粒：化学风化作用形成的次生矿物和生成过程中混入的有机物质，片状。黏结力大，搬移路径长，性质复杂，具有很强的与水作用能力。颗粒愈小，表面积愈大，颗粒表面所带电荷愈多，则其与水作用的能力愈强。因此，性质复杂。

2. 土的颗粒级配

级配良好：颗粒大小排列，空隙小，密实。

级配不良：颗粒均匀，空隙大，松散。

颗粒分析试验方法：筛分法、比重计法、移液管法。

有效粒径 d_{10} ：小于某粒径的土粒质量累计百分数为 10% 时相应的粒径。

限定粒径 d_{60} ：小于某粒径的土粒质量累计百分数为 60% 时相应的粒径。

不均匀系数： $K_u = d_{60}/d_{10}$ 。

颗粒分析成果如图 1.1 所示，土样 A 的 d_{60} 、 d_{10} 示于图 1.1 中。从图中可以看出，土样 A 的颗粒分布比土样 B 的颗粒均匀。

不均匀系数决定着土样的级配、密实程度、透水性等因素。

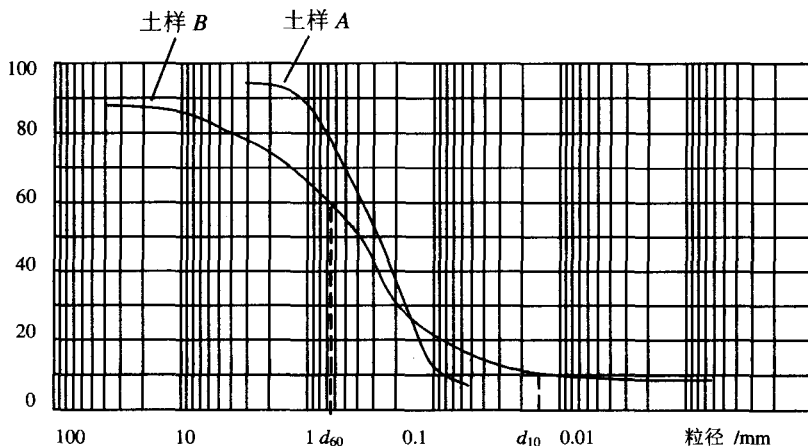


图 1.1 颗粒分析曲线

3. 土粒的矿物成分

土粒的矿物成分主要决定于母岩的成分及其所受的风化作用，不同的矿物成分有着不同的影响，其中以细粒组的矿物成分尤为重要。

漂石、卵石和圆砾的组成主要是岩石碎屑、母岩。

砂粒：多为单矿物、石英。

粉粒：难溶盐颗粒。

黏粒：次生矿物(易发生变化，反应)。

其黏粒的矿物颗粒形状及其晶片构成方式起着决定作用。

黏粒主要由蒙脱石、伊里石和高岭石组成，由于蒙脱石矿物的组成结构不稳定，由其组成的土体也就有着较强的与水作用的能力，工程性质很不稳定。而高岭石矿物本身结构稳定，与水作用能力较弱，由其组成的土体也就结构较稳定，工程性质较好。

很细小的扁平颗粒，其颗粒表面带有电荷，具有很强的与水作用能力。表面积愈大，吸附能力愈强。

总而言之，土粒大小对土的性质起着决定性作用。

1.2.2 土中的水 and 气

1. 土中水

土是由固体、液体和气体组成的三相体系，而考虑水的影响特别重要。

1) 结合水

受电分子吸引力吸附于土粒表面的水。

结合水从微观角度可以根据其水分子所受分子引力大小进一步分为固定层和扩散层。

2) 自由水

存在于土粒表面，电场影响以外的水。

(1) 重力水：在重力或压力差下运动的水。

(2) 毛细水：存在于潜水水位以上的透水层中。

上面介绍的是土中颗粒之间的水的存在形式，根据地下水的空间分布形式，地下水可分为承压水和潜水。当土层中的地下水由于上覆土层的不透水性，而使得地下水承受高于大气压力的压力时，称为承压水；而当土层中的水与大气相通时，则称它为潜水。位于表土层的水，一般为潜水；而位于黏性土层以下的含水层中的水，一般为承压水。当开挖到含承压水的土层时，应特别注意施工安全。

含水土层中，其水面以上的湿润部分即为毛细水。

2. 土中气

当由于不透水性土层中气体为封闭气泡时，土体表现为弹性和不透水性。在填土施工时，一般表现为“橡皮土”，因此在黏性土作填料时一般要掺入透水性较好的砂土。

高压缩性土层中一般可能存在可燃气体，施工时也应加以注意。

在进行人工挖孔桩基施工或打井时，还应注意深部土层致密、干燥，土中气体较少(缺氧)导致安全事故的可能，此时应采取较好的向孔内通风的措施。

土中气体也影响土体的力学性质，在某些特殊情况下，也应加以注意。

1.2.3 土的结构和构造

根据土颗粒大小、形状、表面特征、相互排列和联结关系，一般把土的结构分为单粒结构、蜂窝结构和絮状结构。

土体在空间的分布形式和相互组合排列关系称为土的构造。一般有层理构造、裂隙构造和分散构造。

1.3 土的物理性质指标

土的松散与密实程度，主要取决于土的三相各自在数量上所占的比例。也就是说，我们从工程力学的角度研究土的物理力学性质，就必然要研究土的三相比例关系。

1.3.1 土的三相图

为便于说明和计算土的物理性质指标，采用如图 1.2 所示的土的三相组成比例示意图。

从三相比例图中，可得到土中各部分质量之间和体积之间的基本关系为

$$V = V_w + V_a$$