



“十三五”普通高等教育规划教材

TU · LIXUE

土力学

韩玮 林雪 主编



中国质检出版社
中国标准出版社



普通高等教育规划教材

Tu Li Xue

土 力 学

主 编 韩 玮 林 雪
副主编 于林平 丁 玉

中国质检出版社
中国标准出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

土力学/韩玮, 林雪主编. —北京: 中国质检出版社, 2019. 2

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5026-4693-6

I. ①土… II. ①韩… ②林… 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 (2018) 第 276423 号

内 容 提 要

本书根据教育部高校教学指导委员会下达的土木工程专业的教学指导精神, 结合工程教育认证的要求, 系统地介绍了土力学的基本原理和计算方法, 主要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、土的压缩与固结、土的抗剪强度、地基承载力、土压力与挡土墙、土坡稳定等内容。

本书可作为高等院校土木工程、工程管理专业土力学课程的教材, 也可作为土木工程勘察、设计、施工技术人员和报考土木工程专业硕士研究生和国家注册类考试人员的参考用书。

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 68533533 发行中心: (010) 51780238

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

·*

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 243 千字

2019 年 2 月第一版 2019 年 2 月第一次印刷

*

定价: 39.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

前言 FOREWORD

土力学是土木工程专业的一门基础必修课程，也是基础工程等课程的先修课程。本书在编写过程中系统性地阐述了知识体系，注重理论与实际工程相结合，并结合国家注册类工程师执业资格考试大纲的要求，使学生能够顺利掌握土力学基本理论，并有利于读者解决实际工程问题。

本书主要阐述了土力学的基本理论，根据国家现行的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999)等进行编写。全书共8章，主要包括地基土的物理性质及工程分类、土的渗透性和渗流问题、地基中的应力、地基变形计算、土的抗剪强度、地基承载力、土压力与挡土墙和土坡稳定分析等内容。

本书的编写工作分工如下：韩玮（北华大学）编写绪论、第六章、第七章；林雪（黑龙江东方学院）编写第三章、第五章和第八章；于林平（大连海洋大学）编写第一章、第四章；丁玉（大连大学）编写第二章。

由于编者的水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2019年2月

目 录 CONTENTS

绪 论	(1)
一、土力学的概念及研究对象	(1)
二、土力学学科的发展概况	(1)
三、本课程主要特点、内容及学习建议	(3)
第一章 地基土的物理性质与工程分类	(5)
第一节 土的成因	(5)
一、土的形成	(5)
二、土的成因类型	(5)
第二节 土的三相组成	(6)
一、土颗粒	(6)
二、土中水	(10)
三、土中气体	(11)
第三节 土的结构与构造	(11)
一、土的结构	(11)
二、土的构造	(12)
第四节 土的物理性质指标	(13)
一、试验指标	(13)
二、换算指标	(14)
三、物理性质指标的换算	(16)
第五节 土的物理状态指标	(18)
一、黏性土的物理状态及指标	(18)
二、砂土的密实度	(21)
第六节 地基岩土的工程分类	(23)
一、土的工程分类依据与原则	(23)
二、《建筑地基基础设计规范》分类法	(24)
三、《公路桥涵地基与基础设计规范》分类法	(26)
复习思考题	(27)

习题	(28)
第二章 土的渗透性和渗流问题	(30)
第一节 概 述	(30)
第二节 土的渗透性	(31)
一、土的渗透规律——达西定律	(31)
二、渗透系数的测定	(32)
三、影响土渗透系数的因素	(35)
第三节 二维渗流及流网	(36)
一、二维渗流方程	(36)
二、二维渗流的流网特征	(37)
三、流网的绘制及应用	(37)
第四节 动水力及渗透破坏	(38)
一、动水力和临界水力梯度	(39)
二、渗透破坏	(40)
复习思考题	(42)
习题	(42)
第三章 地基中的应力	(44)
第一节 概 述	(44)
第二节 土的自重应力	(45)
一、均质土层中的自重应力	(45)
二、成层土的自重应力	(46)
三、地下水位升降时土中的自重应力	(47)
第三节 基底附加压力	(48)
一、基底压力的分布及影响因素	(48)
二、基底压力的简化计算	(49)
三、基底平均附加压力	(52)
第四节 地基附加应力	(52)
一、竖向集中力作用下地基竖向应力计算	(53)
二、矩形基础上竖向均布荷载作用时的地基附加应力	(56)
三、矩形基础上竖向三角形荷载作用时的地基附加应力	(61)
四、条形基础上均布荷载作用时的地基附加应力	(63)
五、成层地基中附加应力的分布规律	(65)
第五节 有效应力原理	(65)
一、饱和应力原理	(66)
二、非饱和土的有效应力原理	(67)

复习思考题	(67)
习题	(68)
第四章 地基变形计算	(69)
第一节 概 述	(69)
一、土的压缩性	(69)
二、地基变形计算	(70)
第二节 土的压缩性试验及指标	(70)
一、土的压缩性及形成原因	(70)
二、室内压缩试验	(70)
三、土的压缩性指标	(72)
第三节 地基最终变形量计算	(76)
一、分层总和法	(76)
二、应力面积法（规范法）	(80)
三、应力历史对地基变形（沉降）的影响	(87)
第四节 饱和黏性土地基变形与时间的关系	(92)
一、太沙基一维固结理论	(92)
二、固结度	(95)
三、饱和黏性土变形与时间关系的工程应用	(97)
复习思考题	(98)
习题	(99)
第五章 土的抗剪强度	(100)
第一节 抗剪强度的库仑定律	(100)
一、抗剪强度的库仑定律	(100)
二、有效应力表示的库仑定律	(102)
第二节 土的极限平衡理论	(102)
一、土中任一点的应力状态	(102)
二、土的极限平衡条件	(104)
第三节 土的抗剪强度指标	(107)
一、土的抗剪强度指标测定	(107)
二、不同排水条件下抗剪强度指标比较	(111)
三、抗剪强度指标选择	(113)
第四节 孔隙水压力系数及应力路径	(114)
一、三轴压缩试验中的孔隙水压力	(114)
二、孔隙水压力系数	(115)
三、应力路径	(117)

复习思考题	(119)
习题	(119)
第六章 地基承载力	(120)
第一节 地基的破坏形态	(120)
一、概述	(120)
二、地基破坏模式	(120)
三、地基破坏模式的影响因素与判别	(122)
四、地基的破坏过程	(122)
第二节 地基的界限荷载	(123)
一、地基塑性变形区边界方程	(123)
二、地基的临塑荷载和临界荷载	(125)
第三节 地基极限承载力	(127)
一、普朗德尔-赖斯纳极限承载力	(128)
二、太沙基极限承载力	(129)
三、汉森极限承载力	(132)
四、关于地基极限承载力的讨论	(132)
第四节 规范法确定地基承载力	(133)
一、《建筑地基基础设计规范》地基承载力特征值计算	(133)
二、《铁路桥涵地基和基础设计规范》地基容许承载力的确定	(135)
复习思考题	(139)
习题	(139)
第七章 土压力与挡土墙	(140)
第一节 概 述	(140)
一、土压力的分类	(140)
二、研究土压力的目的	(141)
三、影响土压力的因素	(141)
第二节 静止土压力	(141)
第三节 朗肯土压力理论	(143)
一、基本原理	(143)
二、主动土压力	(144)
三、被动土压力	(147)
四、几种情况下的朗肯土压力计算	(149)
第四节 库伦土压力理论	(152)
一、库伦主动土压力	(153)
二、库伦被动土压力	(155)

三、朗肯理论与库仑理论比较	(156)
第五节 挡土墙的设计	(156)
一、挡土墙的类型	(157)
二、重力式挡土墙的计算	(159)
三、重力式挡土墙的体型选择和构造措施	(163)
复习思考题	(165)
习题	(166)
第八章 土坡稳定分析	(167)
第一节 概 述	(167)
第二节 砂性土土坡的稳定性分析	(168)
第三节 黏性土土坡的稳定性分析	(169)
一、整体圆弧滑动法土坡稳定分析	(169)
二、毕肖普条分法	(172)
三、非圆弧滑动面的简布法	(175)
第四节 土坡稳定分析中的若干问题	(177)
一、土坡稳定分析的总应力法和有效应力法	(177)
二、土的抗剪强度取值	(177)
三、容许安全系数的选择	(178)
第五节 土坡失稳的原因及防治措施	(178)
一、土坡失稳的原因	(178)
二、土坡失稳的防治措施	(179)
复习思考题	(180)
习题	(181)
参考文献	(182)

绪 论

一、土力学的概念及研究对象

土是地壳岩石经受强烈风化的天然历史产物,是各种矿物颗粒的集合体。土由固体颗粒、水和空气三相组成,包括颗粒间互不联结、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。土与其他连续固体介质相区别的最主要特征就是它的多孔性和散体性,由此导致了土体的一系列物理特性和力学特性。另外,由于自然地理环境和沉积条件的不同而形成的具有明显区域性的一些特殊土还具有一些特殊的性质。

在工程建设中,土往往是作为不同的研究对象。如在土层上修建房物、桥梁、道路、堤坝时,土用来支撑建筑物传来的荷载,这时的土被用作为地基;在修筑土质堤坝、路基时,土又被用作为建筑材料;在修建隧道、涵洞及地下建筑等时,土作为建筑物周围的介质环境。所以,土的性质对于工程建设的质量、性状等具有直接而重大的影响。

土力学是用力学的基本原理和土工测试技术,研究土的物理性质以及所受外力发生变化时土的应力、变形、强度和渗透等特性及其规律的一门学科,即研究土的工程性质和在力系作用下土体性状的学科。一般认为,土力学是力学的一个分支,但由于土具有复杂的工程特性,目前在解决土工问题时,尚不能像其他力学学科一样具备系统的理论和严密的数学公式,而必须借助经验、现场试验以及室内试验辅以理论计算。所以,土力学是一门强烈依赖于实践的学科。

土层受到建筑物的荷载作用以后,其内部原有的应力状态就会发生变化。工程上把受建筑物影响,应力发生变化,从而引起物理、力学性质发生可感变化的那一部分土层称为地基。基础则是指建筑物向地基传递荷载的下部结构,位于上部结构和地基之间,起着把上部结构的荷载分布开来并传递到地基中去的作用。因此,建筑物的地基为支承基础的土体或岩体,基础则为结构的组成部分。当地基由两层以上土层组成时,通常将直接与基础接触的土层称为持力层,其下的土层称为下卧层。上部结构、基础与地基的相互关系如图 0-1 所示。天然土层可以作为建筑物地基的称为天然地基;需经人工加固处理后才能作为建筑物地基的称为人工地基。

二、土力学学科的发展概况

作为一门学科,土力学的发展历史远不如其他经典力学,但作为一门工程技术,

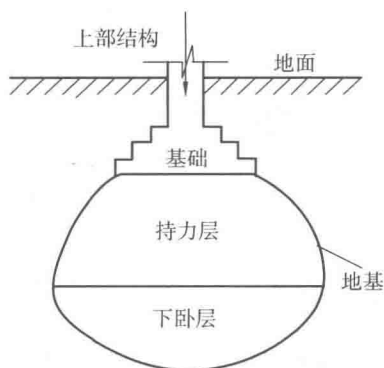


图 0-1 上部结构、基础与地基

却是悠久和古老的。它的主要发展特点是伴随生产实践的发展而发展，其发展水平也就要求与社会各历史阶段的生产和科学水平相适应。

远在春秋战国时期开始兴建的举世闻名的万里长城，因其成功地穿越了各种复杂的地质条件，历经千百年风雨而屹立至今。许多宏伟壮丽的宫殿、古塔寺，均因地基牢固才经受住了历史上强风、地震的袭击而安然无恙。比如河南开封市的开封寺北宋木塔的预倾斜工艺、郑州隋朝超化寺的木桩基础、河北隋朝赵州桥的粗砂地基处理等，无不体现了我国历代劳动人民在地基基础工程实践上的高超技艺。作为地基基础工程的理论基础的土力学，其发端始于 18 世纪的欧洲，随着欧洲工业革命的兴起及城市建设的不断发展，在大量兴建的铁路、公路、桥梁和水利工程中，出现了许多与土有关的问题。对这些问题的研究和解决，促使了土力学理论的产生。

下述几个古典理论被认为是该门学科的重要组成部分：

1773 年，法国的库仑 (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刚性滑动楔体理论。

1855 年，法国的达西 (Darcy) 创立了土的层流渗透定律。

1857 年，英国的朗肯 (Rankine) 从另一途径建立了挡土墙土压力塑性平衡理论。

1885 年，法国的布辛奈斯克 (Boussinesq) 求得弹性半空间表面竖向集中力作用时的应力、应变理论解答。

20 世纪 20 年代后，土力学的研究有了较快的发展，其重要理论包括 1915 年由瑞典的彼得森 (Pettersen) 首先提出，后由费兰纽斯 (Fellenius) 等人进一步发展的土坡整体稳定分析的圆弧滑动面法，以及 1920 年由法国学者普朗德尔 (Prandtl) 提出的地基剪切破坏时的滑动面形状和极限承载力公式等。1925 年，奥裔美国学者太沙基 (Terzaghi) 出版了第一部土力学专著，比较系统地阐述了土的工程性质和有关的土工试验成果，所提出的有效应力原理和固结理论将土的应力、变形、强度、时间等有机联系起来，使之能有效地解决一系列土工问题。太沙基专著的问世，标志着近代土力学的开始，从此土力学成为一门独立的学科。

1936年,在美国召开了第一届国际土力学及基础工程会议,之后陆续召开了19届。随着现代科技成就在该领域的逐步渗透,试验技术和计算手段有了长足进步,由此推动了该门学科的发展。时至今日,在土木、水利、道桥、港口等有关工程中,大量复杂的地基与基础工程问题的逐一解决,为该门学科积累了丰富的经验。当然,由于土的性质复杂性,土力学还远没有成为具有严密理论体系的学科,需要不断地实践和研究。

三、本课程主要特点、内容及学习建议

土力学是一门实践性、理论性均较强的课程。由于地基土形成的自然条件各异,因而它们的性质是千差万别的。不同地区的土有不同的特性,即使是同一地区的土,其特性在水平方向和深度方向也可能存在较大的差异。所以,从某种意义上说,一个最优的地基基础设计方案更依赖于完整的地质、地基土资料和符合实际情况的周密分析。但这并不能忽视理论的重要性,实际上,经验的系统化和经典力学理论的借鉴,永远是该学科的重要部分和发展基础。

本课程的另一大特点是知识更新周期较短。随着与之有关的建筑行业的迅速发展,使该学科不断面临新的问题,如基础形式的创新、地下空间的开发、软土地基的处理、新的土工合成材料的应用等,从而导致新技术、新的设计方法不断涌现,且往往是实践领先于理论,并促使理论不断更新和完善。

本书内容包括土的物理性质及工程分类、土的渗流问题、土中应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力和挡土墙、地基承载力、土坡稳定分析等内容。每一章中均有关于工程应用的内容,具体包括以下各章。

第一章地基土的物理性质与工程分类主要介绍了土的三相组成及土的结构,黏土颗粒与水的相互作用,土的三相比指标试验与计算,无黏性土的密实度,黏性土的物理特性,土的压实试验与土的压实性以及利用土工指标对土进行分类的方法。

第二章土的渗透性和渗流问题主要介绍了土的层流渗透定理,土的渗透系数,渗流力与流砂及管涌现象,二维渗流与流网的特征及应用。土中水的渗流、土的渗透破坏、水的浮力是工程设计与施工必须考虑的问题。

第三章地基中应力介绍了土中自重应力、基底压力、基底附加压力和土体附加应力的概念及计算方法,土体应力状态的变化通常是造成土体变形或强度破坏的内在原因,在沉降计算时则需要计算土中附加应力沿深度的变化。这一章为后面几章的学习提供关于应力分布的基础知识和计算附加应力的方法。

第四章地基变形计算,从讨论荷载作用下土体的变形特性出发,以解决工程实际中地基的沉降计算问题为目的,依次介绍荷载作用下土的压缩性、地基最终沉降量计算、应力历史对地基沉降的影响、固结理论及沉降与时间关系等内容。

第五章土的抗剪强度主要讨论土的强度理论、抗剪强度的主要测定方法、土的抗剪强度指标及其影响因素,并对孔隙压力系数和应力路径的概念和应用做简要



介绍。

第六章地基承载力主要对各种地基的破坏型式进行了分析,重点讨论了地基临塑荷载、临界荷载、地基极限承载力的确定,详细介绍了按规范方法确定地基承载力的方法。

第七章土压力与挡土墙,主要介绍了土压力的类型及产生的条件和适用范围,静止土压力的计算,两种土压力理论的假设条件,主动土压力、被动土压力的计算方法及几种情况下的主动土压力的计算。介绍了挡土墙常见的型式,重力式挡土墙的尺寸设计、稳定性计算及构造措施。

第八章土坡稳定分析主要介绍黏性土土坡稳定性分析的整体圆弧滑动法、毕肖普条分法、非圆弧滑动面的场布法等几种实用方法和砂性土坡的稳定性分析,讨论了在各种工程条件下土坡稳定计算需要考虑的一些特殊问题和地基的稳定性问题。

土力学是一门理论性和实践性都很强的课程。理论是应用一般连续体力学(材料力学、弹性力学)基本原理结合土的特性,提出一些力学计算模型;实践是通过土的现场勘察及室内土工试验测定土的计算参数。

本课程与土木工程材料、工程地质、基础工程、混凝土结构、土木工程施工技术等课程关系密切,又涉及高等数学、物理、化学等知识。因此,建议在学习本课程时既要建立与其他学科的联系,又要注意学习时必须紧紧抓住变形、强度、渗流及稳定这一线索。利用有效应力原理、将土的本构模型即土的应力、变形、强度、渗流关系,贯穿起来,重视室内土工试验,要理论联系实际地学习。

第一章 地基土的物理性质与工程分类

土是存在于地壳表层的岩石风化的产物，也是地质环境的重要组成部分，无论作为建筑地基、周围介质，还是工程建筑材料，其对建筑物的稳定与安全具有至关重要的作用。

第一节 土的成因

一、土的形成

土是地表的岩石经长期风化作用(物理风化、化学风化、生物风化)侵蚀残留原地或以各种自然力搬运在不同环境下堆积而成的松散堆积物。因此，通常说土是岩石风化的产物。自然界中，岩石不断风化破碎形成土，而土又不断压密硬化形成岩石。这一过程循环往复、永无止境地进行着。

二、土的成因类型

不同自然环境形成的土所具有的成分与性质不同，因此，土的成因决定了土的物质组成、结构和工程性质。按照成因，土可以分为残积土和运积土两大类。其中，运积土由于搬运动力不同，又分为坡积土、洪积土、冲积土、湖泊沼泽沉积土、风积土等。

1. 残积土

残积土是指岩石经风化作用而残留在原地的堆积物，如图 1-1 所示。残积土从地表向深处由细变粗，与原岩之间没有明显的界限，其成分与原母岩相关，一般无层理。

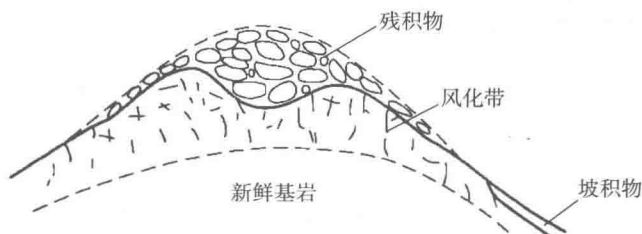


图 1-1 岩石风化的作用



2. 坡积土

坡积土是指残积土受重力和暂时性水流(如雨水和雪水)的作用,被携带到山坡或坡脚处聚积起来的堆积物,如图 1-1 所示。堆积体内土粒粗细不同,性质很不均匀。

3. 洪积土

洪积土是指残积土和坡积土受洪水冲刷,携带到山麓处沉积的堆积物。该土具有一定的分选性。搬运距离近的颗粒较粗,力学性质较好;距离远的则颗粒较细,力学性质较差。

4. 冲积土

冲积土是指由于江、河水流搬运所形成的沉积物。分布在山谷、河谷和冲积平原上的土均为冲积土。由于经过较长距离的搬运,浑圆度和分选性都较好,具有明显的层理构造。

5. 湖泊沼泽沉积土

湖泊沼泽沉积土是指在极为缓慢水流或静水条件下沉积形成的堆积物。这种土的特点是除了含有细小的颗粒外,常伴有由生物化学作用所形成的有机物存在,成为具有特殊性质的淤泥或淤泥质土,其工程性质一般都较差。

6. 冰积土

冰积土是指由冰川或冰水携带搬运所形成的堆积物,颗粒粗细变化较大,土质不均匀。

7. 风积土

风积土是指由风力搬运形成的堆积物,颗粒均匀,一般堆积层很厚而不具层理。如我国西北的黄土就是典型的风积土。

第二节 土的三相组成

通常,土是固体颗粒、水和气体三部分组成的松散颗粒集合体,这三部分常被称为土的三相。固体颗粒即土颗粒,由矿物颗粒组成,有时也含有有机质构成土的骨架。水和气体充填在土颗粒间相互贯通的孔隙中。当土中孔隙为水和气体共同充填时,土为三相,称为湿土或非饱和土。特殊情况时,土为两相,称为饱和土或干土。

由于土颗粒的矿物成分与颗粒大小的变化、土的三相组成本身的性质与它们之间数量的变化等决定土的物理力学性质,因此,研究土的性质,必须首先研究土的三相本身的性质。

一、土颗粒

土颗粒是土的主要成分,构成土的骨架。固体颗粒的大小、形状、矿物成分及

颗粒组成对土的性质起决定作用。研究土的固体颗粒时应了解其矿物成分与土颗粒的组成情况。

(一) 土粒的矿物成分

土是岩石风化的产物，也是多种矿物的集合体。土粒矿物成分不同，则表现出不同的特性，从而影响土的性质。根据岩石风化的方式和矿物形成的先后，土的矿物成分可分为原生矿物和次生矿物。

1. 原生矿物

岩石在物理风化过程中所形成的碎屑物，保持了与原岩相同的矿物成分，这种矿物称为原生矿物。常见的原生矿物有石英、长石等，其性质较稳定。碎石土和砂土主要由原生矿物组成。

2. 次生矿物

岩石在化学风化过程中因其化学成分改变而形成的新矿物称为次生矿物。如黏土矿物、铁铝氧化物等。其中黏土矿物高岭石、蒙脱石和伊利石是构成粘性土的主要成分。黏土矿物颗粒很微小，在电子显微镜下观察呈鳞片状或片状，颗粒比表面积很大，故具有很强的与水作用的能力，即亲水性强。黏性土主要由次生矿物组成。

显然，土粒的矿物成分主要取决于原岩的成分及所受的风化作用，不同的矿物成分对土的性质有着不同的影响，如表 1-1 所示。

表 1-1 土粒的矿物成分

土粒名称	矿物成分
漂石、卵石、圆砾、角砾	岩石的碎屑，其矿物成分与原岩相同
砂 粒	原岩中单矿物颗粒，如石英、长石等
粉 粒	主要为石英、 MgCO_3 、 CaCO_3 等难溶盐
黏 粒	1. 黏土矿物(次生矿物)，如蒙脱石、伊利石、高岭石 2. 氧化物和氢氧化物 3. 各种盐类 4. 有机物

(二) 土的颗粒组成

1. 粒组

所谓粒组是指相邻两分界粒径之间性质相近的土粒。自然界中的土，均由大小不同的土粒组成。土颗粒大小和矿物成分的不同，可使土具有不同的性质，如颗粒大的卵石、砾石和砂，浑圆或棱角状，具有较大的透水性，不具黏性。颗粒细小的黏粒，由黏土矿物组成，具有黏性，透水性较低。实际上很难逐粒测量土粒的大小，因而，可以把土中各种不同粒径的土粒按适当的粒径范围分成若干粒组。目前土的



粒组划分方法不完全一致。表 1-2 是我国常用的粒组分界及各粒组的主要特性。

表 1-2 土粒粒组划分

粒组统称	粒组名称	粒径范围/mm	特 征
巨粒	漂石或块石	>200	透水性大, 无黏性, 无毛细水
	卵石或碎石	$200 \sim 60$	
粗粒	圆砾或角砾	$60 \sim 2$	透水性大, 无黏性, 毛细水上升高度不超过粒径大小
	砂粒	$2 \sim 0.075$	易透水, 当混入云母等杂物时透水性减小, 而压缩性增加; 无黏性, 遇水不膨胀, 干燥时松散; 毛细水上升高度不大, 随粒径变小而增大
细粒	粉粒	$0.075 \sim 0.005$	透水性小; 湿时稍有黏性, 遇水膨胀小, 干时稍有收缩; 毛细水上升高度较大, 极易出现冻胀现象
	黏粒	< 0.005	透水性很小; 湿时有黏性、可塑性, 遇水膨胀大, 干时收缩显著; 毛细水上升高度大, 且速度较慢

2. 颗粒级配

所谓颗粒级配即土中各粒组的相对含量, 用土粒占总质量的质量分数(%)表示。由颗粒分析试验确定。

(1) 颗粒分析试验

土常是多种不同粒组的混合体, 土的性质取决于各种不同粒组的相对含量。为了确定颗粒的相对含量, 常用颗粒分析试验将各粒组区分开来, 此方法称为颗粒分析方法。颗粒分析试验方法包括筛分法和比重计法。

筛分法适用于粒径大于 0.075mm 的土。它用一套孔径不同的筛子, 筛孔从上到下逐渐减小, 将事先称过质量的干土样过筛。称出留存在各筛上的土粒质量, 就可算出各粗组的相对含量(%)。比重计法适用于粒径小于 0.075mm 的土。该方法将少量细粒土放入水中, 根据大小不同的土粒在水中下沉的速度不相同的原理, 利用比重计测定各粗组的相对含量(%)。如土中同时含有粒径大于和小于 0.075mm 的土粒时, 则须联合使用上述两种方法。

(2) 颗粒级配累积曲线

根据颗粒分析试验结果, 可以绘制如图 1-2 所示的颗粒级配累积曲线, 由于土粒粒径相差常在百倍、千倍以上, 故该曲线横坐标表示土粒粒径的对数值, 纵坐标则表示小于某粒径土粒质量的累积百分比。通常不同的土可以得到不同级配曲线。

(3) 颗粒级配累积曲线的应用

土的颗粒级配累积曲线是最常用的曲线。从该曲线可以直接了解土粒的粗细、粒径分布的均匀程度及颗粒级配的优劣。