



全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材

土力学与地基基础

(第2版)

主 编 徐云博
副主编 杜 静 马福荣 杜兴亮
主 审 孙彦飞



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材

土力学与地基基础

(第2版)

主 编 徐云博

副主编 杜 静 马福荣 杜兴亮

主 审 孙彦飞



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材结合土木工程专业高等教育的培养目标、以现行规范为主要依据,注重理论和概念的准确性和完整性,注重充实性和新颖性有利于拓宽学生的知识面。本书主要讲述了土的物理性质与工程分类、地基中的应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、工程地质勘察与验槽、天然地基上浅基础设计、桩基础及其他深基础、地基处理、区域性地基、岩土工程、土工试验等。

本教材既可作为应用型本科院校、高职高专建筑工程及相关专业的教材使用,也可作为广大自学者及工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础 / 徐云博主编. -- 2版. -- 北京
: 中国水利水电出版社, 2012. 2
全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-9443-2

I. ①土… II. ①徐… III. ①土力学—高等学校—教材②地基—基础(工程)—高等学校—教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第016314号

书 名	全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材 土力学与地基基础 (第2版)
作 者	主 编 徐云博 副主编 杜 静 马福荣 杜兴亮 主 审 孙彦飞
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 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	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 18印张 427千字
版 次	2009年11月第1版 2009年11月第1次印刷 2012年2月第2版 2012年2月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	32.00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

序

随着我国建设行业的快速发展，建筑行业对专业人才的需求也呈现出多层面的变化，从而对院校人才培养提出了更细致、更实效的要求。因此我国大力发展职业技术教育，大量培养高素质的技能型、应用型人才，教育部也就此提出了实施要求和教改方案。快速发展起来的高等职业教育和应用型本科教育是直接为地方或行业经济发展服务的，是我国高等教育的重要组成部分，应该以就业为导向，培养目标应突出职业性、行业性的特点，从而为社会输送生产、建设、管理、服务第一线需要的专门人才。

在上述背景下，作为院校三大基本建设之一的高等职业及应用型本科教育的教材改革和建设必须予以足够的重视。目前，技术型、应用型教育的办学主体多种多样，各种办学主体对培养目标也各有理解，使用的教材也复杂多样，但总体来讲，相关教材建设还处于探索阶段。

中国水利水电出版社在“全国应用型高等院校土建类‘十一五’规划教材”的基础上，结合当前高职教育和应用型本科教育的发展特点，按照教育部相关最新要求，组织出版“全国应用型高等院校土建类‘十二五’规划教材”。

本套教材从培养技术应用型人才的总目标出发予以编写，具有以下特点：

(1) 教材结合当前院校生源和就业特点，以培养“有大学文化水平的能工巧匠”为教学目标来编写。

(2) 教材编写者均经过院校推荐、编委会资格审定筛选而来，均为院校一线骨干教师，具有丰富的教学和实践经验。

(3) 教材结合新知识、新技术、新工艺、新材料、新法规、新案例，对基本理论的讲授以应用为目的，教学内容以“必需、够用”为度；在教材的编写中加强实践性教学环节，融入足够的实训内容，以保证对学生实践能力的培养。

(4) 教材编写力求周期短、更新快，在原有教材的基础上予以改版修订，力求延续性与时代性兼顾，从而紧跟行业发展步伐，体现高等技术应用性人才的培养要求。

本套教材图文并茂、深入浅出、简繁得当，可作为高职高专院校、应用

型本科院校土建类建筑工程、工程造价、建设监理等专业教材，其中小部分教材根据其内容特点明确了适用的细分专业；该套教材亦可为工程技术人员参考借鉴，还可作为成人、函授、网络教育、自学考试等参考用书使用。

“全国应用型高等院校土建类‘十二五’规划教材”的出版是对高职高专、应用型本科教材建设的一次有益探索。限于编者的水平和经验，书中难免有不妥之处，恳请广大读者和同行专家批评指正。

编委会

2012年1月

前 言

全国应用型高等院校土建类“十二五”规划教材，是中国水利水电出版社组织全国几十所院校研讨土建类专业教学现状、特点和发展，继而编写与出版的一系列教材。本系列教材结合新知识、新技术、新工艺，力求更新快，紧跟时代与行业的步伐。

作为该系列教材之一的《土力学与地基基础》第1版出版后受到多所高校的支持与采用。使用与关心本书的广大师生对如何发挥本书的特点、弥补不足提出了宝贵的建议与意见，这使编者更有荣誉感与使命感为继续提高本书的质量而努力。

同时，随着编者在教学、生产实践中进一步积累经验，对实施中的新规范以及后续课程教学内容的深入了解，也发现了第1版书中的缺点与问题。本次修订再版对书中的内容作了相应的修改，对正文、插图、例题、附表中发现的错误与不妥之处作了订正。

在本次修订中，编写人员分工作了相应的调整。由河南工程学院的徐云博担任主编，负责统稿、修改定稿；广西交通职业技术学院的杜静、广西经济管理干部学院的马福荣、河南财政税务高等专科学校的杜兴亮担任副主编；由河南工程学院的孙彦飞担任主审；济南铁道职业技术学院的王博、河南工程学院的魏利敏参与了编写。具体编写分工如下：徐云博（第1、9章），杜静（第2、3、4章），马福荣（第5、6章），杜兴亮（第7章），王博（第8章），魏利敏（第10、12章），孙彦飞（第11章）。

我们力求编一本内容系统、体系合理、适用教学的教材，对于书中的缺点与错误，恳请读者提出宝贵意见。

借此，向使用本书的老师和同学们致意！

编者

2012年1月

目 录

序

前言

绪论	1
0.1 土力学、地基与基础等基本概念	1
0.2 本课程的特点、内容和要求	2
0.3 采用实例说明本学科的重要性	3
0.4 土力学与地基基础发展概况	4
复习思考题	5
第1章 土的物理性质与工程分类	6
1.1 土的三相组成及土的结构	6
1.2 土的物理性质指标	11
1.3 土的物理状态指标	16
1.4 土的工程分类	20
本章小结	24
复习思考题	24
习题	24
第2章 地基中的应力计算	26
2.1 概述	26
2.2 土中自重应力计算	27
2.3 基底压力	29
2.4 地基中的附加压力	32
2.5 非均质地基中的附加应力	43
本章小结	44
复习思考题	45
习题	45
第3章 土的压缩性与地基沉降计算	47
3.1 土的压缩性	47
3.2 地基最终沉降量的计算	50
3.3 地基变形与时间的关系	59
3.4 建筑物的沉降观测与地基容许变形值	64
本章小结	66

复习思考题	67
习题	67
第4章 土的抗剪强度与地基承载力	69
4.1 土的抗剪强度与极限平衡条件.....	69
4.2 抗剪强度指标的测定方法.....	73
4.3 不同排水条件下的剪切试验指标.....	77
4.4 土的临塑荷载与极限荷载.....	79
4.5 地基承载力的确定.....	86
本章小结	90
复习思考题	91
习题	91
第5章 土压力与土坡稳定	93
5.1 土压力的类型.....	94
5.2 静止土压力.....	95
5.3 朗肯土压力理论.....	95
5.4 库仑土压力理论	103
5.5 规范法计算土压力	106
5.6 挡土墙设计	108
5.7 土坡稳定分析	115
本章小结.....	119
复习思考题.....	120
习题.....	120
第6章 工程地质勘察与验槽.....	121
6.1 工程地质勘察概述	121
6.2 工程地质勘察方法	126
6.3 工程地质勘察报告	133
6.4 验槽	135
本章小结.....	136
复习思考题	137
第7章 天然地基上浅基础设计.....	138
7.1 地基基础设计概述	138
7.2 浅基础的类型	141
7.3 基础埋置深度的选择	145
7.4 地基承载力的确定	148
7.5 基础尺寸的确定	149
7.6 地基变形的计算和验算	153
7.7 浅基础设计	154

7.8 梁板式基础的简化计算	163
7.9 减小基础不均匀沉降的措施	167
本章小结	170
复习思考题	171
习题	171
第8章 桩基础及其他深基础	173
8.1 桩基础基本知识	173
8.2 单桩竖向承载力的确定	178
8.3 群桩竖向承载力的计算	186
8.4 桩的构造要求及施工、验收	188
8.5 桩基础设计	198
8.6 基桩检测	204
8.7 其他深基础简介	207
本章小结	210
复习思考题	211
习题	211
第9章 地基处理	213
9.1 概述	213
9.2 换土垫层法	216
9.3 碾压法与夯实法	219
9.4 排水固结预压法	221
9.5 挤密法和振冲法	224
9.6 高压喷射注浆法与水泥土搅拌法	227
9.7 其他地基处理方法	229
本章小结	231
复习思考题	232
第10章 区域性地基	233
10.1 湿陷性黄土地基	233
10.2 膨胀土地基	237
10.3 红黏土地基	241
10.4 山区地基	242
本章小结	248
复习思考题	248
第11章 岩土工程	250
11.1 岩土工程与岩土工程体制	250
11.2 岩土工程简介	254
11.3 地下水位与岩土工程	265

本章小结.....	267
复习思考题.....	267
第 12 章 土工试验	268
试验一 密度试验.....	268
试验二 土的含水量试验.....	269
试验三 土的液塑限联合测定仪法试验.....	270
试验四 土的压缩试验.....	272
试验五 直接剪切试验.....	273
参考文献	277

绪 论

0.1 土力学、地基与基础等基本概念

土是岩石风化的产物，是由地球表面的岩石经风化、搬运、沉积而形成的各种矿物颗粒的堆积体。颗粒包括互不联结、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。由于土的形成年代、生成环境及成分的不同，土具有很强的区域性特征。此外，土还体现出多孔隙性和散粒性等特征。因此，在工程建设前必须充分了解场地的工程地质情况，对土体做出正确评价。

土力学是利用力学基本原理和土工测试技术，研究土的应力、应变、强度、稳定和渗透性等特性及其随时间变化规律的学科。土力学是力学的一个分支，但由于土的复杂地质成因和工程特性，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，必须借助于工程经验、原位测试、室内试验，并辅以理论计算。因此，土力学是一门强烈依赖于实践的学科。

建筑物一般建造在土层上（见图 0-1），土层受到建筑物荷载作用后，其内部原有的应力状态会发生改变，工程上把直接承受建筑物荷载作用且应力应变不能忽略的那部分土层称为地基。天然土层可以作为建筑物地基的称为天然地基，需人工加固处理后才能作为建筑物地基的称为人工地基。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，其下土层称为下卧层。

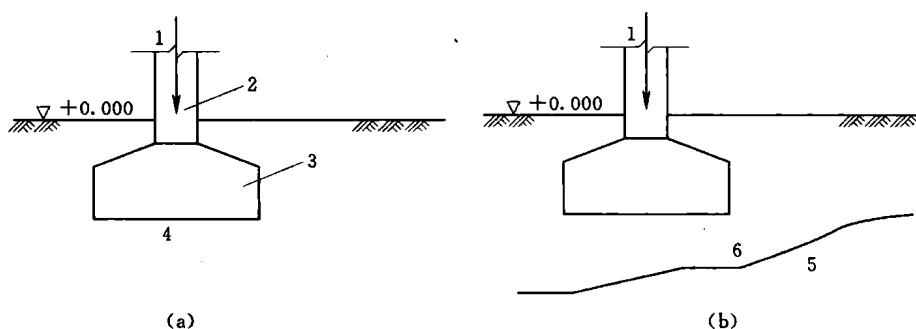


图 0-1 上部结构、基础与地基

(a) 均匀地基；(b) 成层地基

1—荷载；2—上部结构；3—基础；4—地基；5—下卧层；6—持力层

建筑物下部通常要埋入地下一定深度，一般将±0.000 以下向地基传递荷载的下部结构称为基础。基础将上部结构的荷载传递到较好土层上，基础的型式很多，通常把相对埋

深（基础埋深与基础宽度之比）不大，采用一般方法与设备施工的基础称为浅基础，如独立基础、条形基础、片筏基础、箱形基础、壳体基础等。而把基础埋深超过某一值，且需借助于特殊的施工方法才能将建筑物荷载传递到地表以下较深土（岩）层的基础称为深基础，如桩基础、墩基础、沉井基础及地下连续墙等。

地基基础设计需满足两个条件：①强度条件，即要求作用于地基上的荷载不超过地基承载能力，以保证地基在防止整体失稳方面有足够的安全储备；②变形条件，即控制基础沉降使之不超过容许值。为了研究地基的变形和强度，必须掌握土的物理、力学性质，因此，土力学是地基基础工程的理论基础。

同时，地基基础设计还需要考虑上部结构、地基、基础之间的相互作用，考虑静力平衡和变形协调。但因为研究水平与实用设计仍有一定差距，所以现阶段设计方法仍是将上部结构、地基、基础 3 部分分开，按照静力平衡条件计算。此外，同一建筑物满足设计要求的地基基础方案往往不止一个，故需经过技术、经济比较，选择安全可靠、经济合理、技术先进、施工方便的方案。

0.2 本课程的特点、内容和要求

本课程涉及工程地质学、钢筋混凝土、建筑施工等课程领域，因此内容广泛、综合性强，学习时应突出重点，兼顾全面。学习本门课程，首先应重视工程地质的基本知识，培养阅读和使用工程地质勘察报告的能力，其次必须牢固掌握土的应力、应变、强度和地基计算等土力学基本原理，进而能够应用这些基本概念和原理，结合其他课程的理论知识，分析和解决土力学、地基基础方面的问题。

土是岩石风化的产物或再经各种地质作用搬运、沉积而成。土粒之间的孔隙为水和气体所填充，所以土是一种由固态、液态和气态物质组成的三相体系。与各种连续体（弹性体、塑性体、流体等）相比，天然土体具有一系列复杂的物理力学性质，而且容易受环境条件（温度、湿度、地下水等）变动的影响。现有的土力学理论还难于模拟、概括天然土层在建筑物作用下所表现的各种力学性状的全貌。因此，土力学虽是指导我们从事地基基础工程实践的重要理论基础，但还应通过实验、测试并紧密结合实践经验进行合理分析，才能求得实际问题的妥善解决。而且，也只有反复联系工程实践的基础上，才能逐步提高、丰富对理论的认识，不断增强处理地基基础问题的能力。

天然地层的性质和分布，不但因地而异，而且在较小范围内也可能有很大的变化。在进行地基基础设计和土力学计算之前，必须通过勘察和测试取得充分可靠的关于土层分布以及土的物理力学性质指标的资料。其中，土工试验还是土力学发展的重要条件，摩尔—库仑定律和达西定律都是在试验的基础上建立的土力学基本理论，推动了土力学的发展。因此，了解地基勘察和原位测试技术以及室内土工实验方法也是本课程的一个重要内容。实际上，这还是科学地认识土的工程特性的入门台阶和掌握地基基础科学实验基本手段的必由之路。

在我国，由于地域辽阔，各地的自然地理环境不尽相同，分布着多种多样的土类。某些土类（湿陷性黄土、软土、膨胀土、红黏土和多年冻土等）还具有不同于一般土类的特

殊性质。作为地基，必须针对其特性采取恰当的工程措施。此外，中华人民共和国成立以来，由于大量建设工程进入山区，还出现了许多山区常见的地基问题。因此，地基基础问题的产生和解决带有明显的区域性特征。这种带有区域性特征的土类称为区域性土。区域性土中的特殊土的工程问题，历来是岩土工程的一个重要领域，也各有相应的技术标准来评价和处理，一般来说，技术已经十分成熟了。从问题内涵的性质以及与人类工程活动的关系来看，这类工程问题显然并不属于地质灾害评估的范畴，而是区域性地基或特殊土地基的建设问题。比如软土是一种特殊土，软土地区的施工会造成土体的扰动，如打桩对相邻工程的影响、基坑开挖对环境的影响、工程降水对环境的影响等，这些工程活动都引起了土体的沉降和位移，给工程结构带来危害，但这是人类工程活动对环境的影响，并不是什么地质灾害，应区别对待。

0.3 采用实例说明本学科的重要性

地基与基础是工程的重要组成部分，其勘察、设计、施工直接影响到工程的安全与成败。一旦发生质量问题，很难补救。许多工程事故都与地基基础有关，例如，举世闻名的意大利比萨斜塔、我国的虎丘塔，都发生了严重的塔身倾斜，原因都是地基的不均匀沉降。

加拿大特朗斯康谷仓则是地基发生强度破坏引起整体失稳破坏的典型（见图 0-2）。该建筑物于 1913 年建造，由 65 个圆柱形筒仓组成，其下为筏板基础，由于事前不了解基础下埋藏了很厚的软黏土层（16m），建成后初次储存谷物，就使基底平均压力超过了地基的极限承载力。结果谷仓突然西侧下陷，东侧抬高，仓身倾斜。事后虽经技术处理仍能使用，但其高度却比原来降低了。



图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

地基与基础位于地下或水下，施工难度大，造价、工期和劳动消耗量在工程中所占比重也较大。

随着建筑业的发展和土地资源有限性的突显，充分利用各种不良地基、少占或不占耕地、最大限度地提高土地利用率的需要，已使地基基础工程在社会发展中占有越来越重要

的地位，并对之提出越来越高的要求。

0.4 土力学与地基基础发展概况

土是人类最早接触的物质，也是人类最早使用的建筑材料之一。土力学与地基基础既是一项古老的工程技术，又是一门年轻的应用科学。土力学与地基基础来源于实践，古代劳动人民在修建的无数建筑物中出色地体现了地基基础方面的高超水平。

隋朝修建的赵州石拱桥，不仅因其建筑和结构设计的成就而著称于世，就论其地基基础的处理也是颇为合理的。桥台砌置于密实粗砂层上，1300多年来估计沉降仅几厘米。现在验算其基底压力约 $500\sim 600\text{kPa}$ ，这与以现代土力学理论方法给出的承载力值很接近。

在20世纪70年代于钱塘江南岸发现的河姆渡文化遗址中可见7000年前打入沼泽地带木构建筑下土中排列成行的、以石器砍削成形的木质圆桩、方桩和板桩。这个新石器时代人类远祖在桩基方面的创造性劳动实证是世所罕见的。

秦代在修筑驰道时，就已采用了“隐以金椎”（《汉书》）的路基压实方法。至今还采用的灰土垫层、石灰桩、瓦渣垫层、砂垫层等，都是我国自古已有的传统地基处理方法。

由此可见，古人在实践中早已试图解决建筑物地基方面的问题了。封建时代劳动人民的无数基础工程实践经验，集中体现于能工巧匠的高超技艺，但是，由于当时生产力发展水平的限制，还未能提炼成为系统的科学理论。

作为本学科理论基础的土力学的发端，始于18世纪兴起的工业革命的欧洲。随着资本主义工业化的发展，工场手工业转变为近代大工业，建筑的规模扩大了。为了满足向国外扩张市场的需要，陆上交通进入了所谓“铁路时代”。因此，最初有关土力学的个别理论多与解决铁路路基问题有关。1773年，法国的C. A. 库仑（Coulomb）根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式，提出了计算挡土墙压力的滑楔理论。90余年后，英国的W. J. M. 朗肯（Rankine, 1869）又从另一途径提出了挡土墙压力理论。这对后来土体强度理论的发展起了很大的作用。此外，法国J. 布辛奈斯克（Boussinesq, 1885）求得了弹性半空间体在竖向集中力作用下的应力和变形的理论解答；瑞典W. 费兰纽斯（Fellenius, 1922）为解决铁路坍方问题提出了土坡稳定分析法。这些古典的理论和方法，直到今天，仍不失其理论和实用的价值。

在长达一个多世纪的发展过程中，许多研究者继承前人的研究，总结了实践经验，为孕育本学科的雏形而作出贡献。1925年，K. 太沙基（Terzaghi）归纳了以往的成就，发表了《土力学》（Erdbaumechanik）一书，1929年又与其他作者一起发表了《工程地质学》（Ingenieurgeologie）。这些比较系统完整的科学著作的出现，带动了各国学者对本学科各个方面的探索。从此，土力学与地基基础就作为单独的学科而不断取得进展。

时至今日，土建、水利、桥隧、道路、海口、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）。我国的土力学与地基基础科学技术，作为岩土工程的一个重要组成部分，已经也必将继续

遵循现代岩土工程的工作方法和研究方法，从而取得更多、更高的成就，为我国的现代化建设作出更大的贡献。



复习思考题

1. 土力学的研究内容是什么？什么是地基？什么是基础？
2. 什么是天然地基？什么是人工地基？
3. 什么是持力层？什么是下卧层？

第 1 章 土的物理性质与工程分类

本章要点

- 掌握土的三相组成及土的结构。
- 掌握土的物理性质指标的概念，能够利用绘制土的三相草图，进行指标换算。
- 掌握土的物理状态指标（包括无黏性土的密实度及黏性土的物理性质）。
- 熟悉国内外通用的表示土类名称的文字代号。
- 掌握常用规范关于土的分类方法。

1.1 土的三相组成及土的结构

地壳表层的岩石长期受自然界的风化作用，大块岩体不断破碎及发生成分变化，再经搬运、沉积而成为大小、形状和成分都不相同的松散颗粒集合体——土。因而，土是固体颗粒、水和空气所组成的三相体系。固体颗粒（固相）构成了土的骨架，水和气体为粒间孔隙的充填物。土中孔隙全部被水充满时，称为饱和土；孔隙全部被气体充满时，称为干土；土中孔隙同时有水和空气存在时，称为非饱和土。各相属性及三相关系对土的工程性质有重要的影响。

1.1.1 土的固体颗粒

固体颗粒构成土的骨架，其大小和形状、矿物成分及组成情况是决定土的物理力学性质的重要因素。

1.1.1.1 土的矿物成分

土颗粒的矿物成分取决于成土母岩的成分和风化作用的类型。土中矿物颗粒的成分根据形成条件可分为原生矿物和次生矿物，其矿物具体成分及特征见表 1-1。

表 1-1 土中矿物颗粒的成分

名称	成因	矿物成分	特征
原生矿物	在岩浆冷凝过程中形成	石英、长石、云母、角闪石、辉石等	母岩物理风化的产物，矿物成分与母岩相同，如漂石、卵石、圆砾等，颗粒较粗，性质稳定，吸水能力很弱，无塑性
次生矿物	原生矿物进一步经氧化、水化、水解及溶解等化学风化作用后形成	高岭石、绿泥石、方解石、石膏等	颗粒极细，种类很多，以晶体矿物为主。如黏土矿物的基本构成单元为硅氧晶片和铝氢氧晶片。黏土矿物具有颗粒小，呈片状，比表面积大，吸水能力强，具塑性，性质活泼等特点

1.1.1.2 土的颗粒级配

1. 粒组划分

天然土由无数大小不一、形状各异且变化悬殊的土粒组成。各种不同粒径的土粒在土中的比例，直接影响着土的性质。工程上将各种不同的土粒按其粒径范围划分为若干组，这种组别称为粒组，划分粒组的分界粒径称为界限粒径，表 1-2 表示国内常用的土粒粒组界限划分标准及各粒组的主要特征。表中根据界限粒径 200mm、20mm、2mm、0.075mm、0.005mm 把土粒划分为六大粒组：漂石（块石）、卵石（碎石）、圆砾（角砾）、砂粒、粉粒、黏粒。

表 1-2 土 粒 粒 组 的 划 分

粒组统称	粒组名称		粒径范围 (mm)	一般特征
巨粒土	漂石或块石颗粒 卵石或碎石颗粒		>200 20~200	透水性很大，无黏性，无毛细水
粗粒土	圆砾或角砾颗粒	粗	10~20	透水性大，无黏性，毛细水上升高度不超过 粒径大小
		中	5~10	
		细	2~5	
	砂粒	粗	0.5~2	易透水，当混入云母等杂质时透水性减小，而 压缩性增加；无黏粒，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
		中	0.25~0.5	
		细	0.075~0.25	
细粒土	粉粒		0.005~0.075	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较快，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；毛细水上升高度较大， 但速度较慢

2. 土的级配

天然土体中包含大小不同的颗粒，为了表示土粒的大小及组成情况，通常以土中各个粒组的相对含量（即各粒组占土粒总量的百分数）来表示，称为土的颗粒级配。粒组的相对含量是通过颗粒分析试验测定的，土的颗粒分析试验主要有筛分法和比重计法。

筛分法适用于粒径不大于 60mm，大于 0.075mm 的粗粒土，试验时取一定量的风干、分散土样放在一套标准筛（孔径为 2.0mm、1.0mm、0.5mm、0.25mm、0.15mm、0.075mm）上振荡一定时间后，称出留在各筛孔上土的质量，即可算得各个粒组的相对含量。比重计法适用于粒径小于 0.075mm 的试样质量占试样总质量的 10% 以上的土。此法根据球状的细颗粒在水中下沉速度与颗粒直径的平方成正比的原理，把颗粒按其在水中的下沉速度进行粗细分组。在实验室内具体操作时，利用比重计测定不同时间土粒和水混合悬液的密度，据此计算出某一粒径土粒占总土粒质量的百分数。

根据颗粒分析试验结果，可以绘制出如图 1-1 所示的级配曲线。其横坐标表示土粒的粒径，以毫米表示。因为土体中土粒粒径相差甚大，用普通坐标难以表示，且细粒土的含量对土的性质影响很大，必须表示清楚，因此，将粒径的坐标取为对数坐标。纵坐标表示小于某粒径土粒含量百分比。