



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

地基与基础工程施工

(建筑施工专业)

本教材编审委员会组织编写

主编 李志新

中国建筑工业出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

地基与基础工程施工

(建筑施工专业)

本教材编审委员会组织编写

主编 李志新

主审 胡兴福 金忠盛

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地基与基础工程施工/本教材编审委员会组织编写;李志新主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2006

教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 中等职业教育技能型紧缺人才教学用书. 建筑施工专业

ISBN 7-112-08071-1

I. 地... II. ①本...②李... III. ①地基-工程施工-职业教育-教材②基础(工程)-工程施工-职业教育-教材 IV. ①TU47②TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 057209 号

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

地基与基础工程施工

(建筑施工专业)

本教材编审委员会组织编写

主编 李志新

主审 胡兴福 金忠盛

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15¼ 字数: 368 千字

2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 21.00 元

ISBN 7-112-08071-1

(14025)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是全国中等职业教育技能型紧缺人才教学用书之一。内容重点突出职业素养提高和职业实践能力培养。

本书共分四个单元，主要包括：基本知识、土方工程、地基工程处理技术、基础工程施工等。

本书可作为中等职业学校建筑工程施工专业的教学用书，也可作为专业技术人员参考材料。

* * *

责任编辑：朱首明 李 明

责任设计：赵明霞

责任校对：张树梅 张 虹

本教材编审委员会名单
(建筑施工专业)

主任委员：白家琪

副主任委员：胡兴福 诸葛棠

委 员：(按姓氏笔画为序)

丁永明	于淑清	王立霞	王红莲	王武齐	王宜群
王春宁	王洪健	王 琰	王 磊	方世康	史 敏
冯美宇	孙大群	任 军	刘晓燕	李永富	李志新
李顺秋	李多玲	李宝英	李 辉	张永辉	张若美
张晓艳	张道平	张 雄	张福成	邵殿昶	林文剑
周建郑	金同华	金忠盛	项建国	赵 研	郝 俊
南振江	秦永高	郭秋生	诸葛棠	鲁 毅	廖品槐
缪海全	魏鸿汉				

出 版 说 明

为深入贯彻落实《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》精神，2004年10月，教育部、建设部联合印发了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》，确定在建筑（市政）施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化四个专业领域实施中等职业学校技能型紧缺人才培养培训工程，全国有94所中等职业学校、702个主要合作企业被列为示范性培养培训基地，通过构建校企合作培养培训人才的机制，优化教学与实训过程，探索新的办学模式。这项培养培训工程的实施，充分体现了教育部、建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念，有利于职业学校从建设行业人才市场的实际需要出发，以素质为基础，以能力为本位，以就业为导向，加快培养建设行业一线迫切需要的技能型人才。

为配合技能型紧缺人才培养培训工程的实施，满足教学急需，中国建筑工业出版社在跟踪“中等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”（以下简称“方案”）的编审过程中，广泛征求有关专家对配套教材建设的意见，并与方案起草人以及建设部中等职业学校专业指导委员会共同组织编写了中等职业教育建筑（市政）施工、建筑装饰、建筑设备、建筑智能化四个专业的技能型紧缺人才教学用书。

在组织编写过程中我们始终坚持优质、适用的原则。首先强调编审人员的工程背景，在组织编审力量时不仅要求学校的编写人员要有工程经历，而且为每本教材选定的两位审稿专家中有一位来自企业，从而使得教材内容更为符合职业教育的要求。编写内容是按照“方案”要求，弱化理论阐述，重点介绍工程一线所需要的知识和技能，内容精炼，符合建筑行业标准及职业技能的要求。同时采用项目教学法的编写形式，强化实训内容，以提高学生的技能水平。

我们希望这四个专业的教学用书对有关院校实施技能型紧缺人才的培养具有一定的指导作用。同时，也希望各校在使用本套书的过程中，有何意见及建议及时反馈给我们，联系方式：中国建筑工业出版社教材中心（E-mail: jiaocai@cabp.com.cn）。

中国建筑工业出版社
2006年6月

前 言

随着我国建筑业的蓬勃发展,建筑领域的科技进步,市场竞争也日趋激烈,地基基础专业领域的技能型人才十分紧缺。为了提高学生的职业素养和职业实践能力,培养学生的操作技能和技术服务能力,适应行业技术的发展,编写本书。

本书结合我国当前实际情况,突出职业教育,以就业为导向,岗位和学校教育相结合,打破学科体系,缩小知识与工作岗位的距离,以学生的自身条件为主,体现教学组织的科学性和灵活性。

本书体例编排采用了以单元为主体,分部分项为课题,实训课题为结果的编排形式。内容上以实用为准、够用为度,突出了操作技能的培训。在风格上力求知识浅显易懂、图文并茂,加强了实践教育。

通过本教材的学习,学生应能够应用图解说明建筑(市政)工程土方与基础施工的一般过程,能够区分和选择土方和基础施工机械、设备,掌握地基土的一般工程性质,掌握常用地基基础的施工技术、质量标准、安全要求,能够按照有关规范、规程进行施工,并能根据季节变化采取相应施工措施。

本书教学与实训时间安排为100学时。

本书单元1由河南建筑工程学校讲师秦继英编写,单元2由四川攀枝花建筑工程学校高级讲师钟世昌编写,单元3、单元4由天津市建筑工程学校高级讲师李志新编写。本书在编写过程中得到天津市建筑工程学校各级领导的大力支持和业内人士的大力帮助,在此一并表示感谢。本书由胡兴福、金忠盛两位老师主审。

由于编者的水平有限,错误之处在所难免,在此恳请有关专家、学者以及广大读者批评指正,以便进一步修改完善。

编 者

目 录

单元 1 基本知识	1
课题 1 地基与基础概述	1
课题 2 土的物理性质及工程分类	6
课题 3 工程地质勘察	19
实训课题	26
1. 测定土的基本物理性质指标	26
2. 测定黏性土的界限含水量（液限、塑限）	31
3. 击实试验	34
复习思考题	38
习题	39
单元 2 土方工程	40
课题 1 土方开挖与填筑	40
课题 2 土方工程施工排水与降水	79
实训课题	90
1. 慢剪试验	90
2. 固结快剪试验	95
3. 快剪试验	95
4. 砂类土的直剪试验	95
复习思考题	96
单元 3 地基工程处理技术	97
课题 1 换填法施工	97
课题 2 挤密法施工	106
课题 3 振冲法	120
课题 4 强夯法	126
课题 5 预压固结法	131
课题 6 化学加固法	141
复习思考题	162
单元 4 基础工程施工	163
课题 1 浅基础施工	163
课题 2 箱形基础施工简介	182
课题 3 桩基础施工	186
课题 4 地下连续墙施工	214
复习思考题	234
参考文献	235

单元1 基本知识

知识点：地基与基础的概念、作用；岩土的工程性质及工程分类；识读勘察报告；建筑工程验槽。

教学目标：通过本单元的学习，学生应达到以下要求：掌握地基与基础的概念，了解其作用、特点、简单类别以及地基基础施工质量的重要性；施工时能根据地基土性质灵活选用施工设备、并了解施工中如何保护地基土不受破坏或较大的扰动；能读懂地基报告，从中了解施工场地土的性质。

课题1 地基与基础概述

1.1 地基与基础的概念

俗话说“万丈高楼平地起”，任何建筑物都建造在地球的表层，它构成了一切工程建筑的环境和物质基础。我们把受建筑物荷载影响的那部分地层称为地基，建筑物向地基中传递荷载的下部结构称为基础。建筑物的地基、基础如图 1-1 所示。

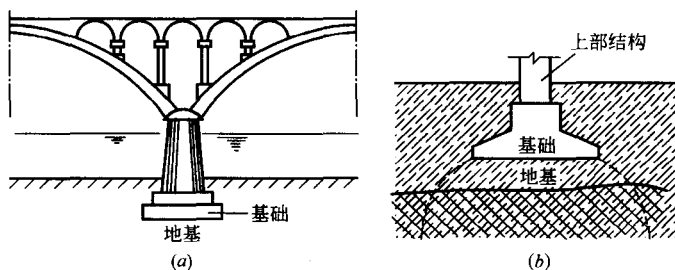


图 1-1 地基与基础

1.1.1 地基

建筑物（或构筑物）荷载都是通过基础传至土层，使土层产生附加应力和变形，由于土粒间的接触与传递，向四周土中扩散并逐渐减弱，我们把土层中附加应力与变形所不能忽略的那部分土层（或岩层）称为地基。

地基是有一定深度与范围的，基础下的土层称为持力层；在地基范围内持力层以下的土层称为下卧层，强度低于持力层的下卧层称为软弱下卧层。基础应埋置在良好的持力层上，如图 1-2 所示。

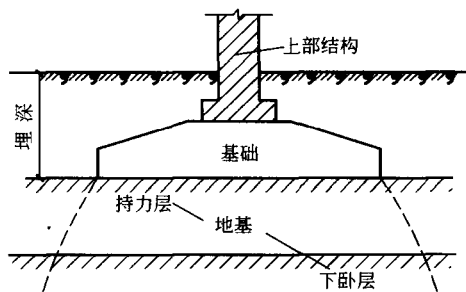


图 1-2 地基图

当建筑场地土质均匀、密实、性质良好且地基承载力较高时，一般的建筑可将基础直接做在天然土层上，称为天然地基。但是，我国幅员辽阔，自然地理环境不同，土质各异，地基条件区域性强，如果遇到建筑地基土土质软弱，压缩性高，强度低，无法承受上部结构的荷载，或者是上部结构荷载较大，地基土不能满足建筑物变形要求时，都要进行地基处理，这种经人工加固处理过的地基称为人工地基。地基处理方法较多，有换填法、排水固结法、化学加固法、CFG 桩等等，它们各有特点，后面有专门课题介绍，这里不再赘述。

1.1.2 基础

建筑物是设置在地表土层上的，通常把地表以上的建筑物称为上部结构，地表以下的结构称为基础。基础是建筑物最底部的承重构件，由砖、石、混凝土、钢筋混凝土等建筑材料建造。

通常上部结构荷载通过墙或柱传给基础，基础将上部结构扩散，减小应力强度后传给地基。基础具有承上启下的作用，一方面它处于上部结构的荷载及地基反力的相互作用下，承受由此产生的内力（轴力、剪力和弯矩等）；另一方面，基础底面的反力反过来又作为地基上的荷载，使地基产生应力和变形。因此通常说基础设计时，除了需要保证基础结构本身具有足够的强度和刚度外，同时还应将地基的反力和沉降控制在允许范围内，因而基础设计又被称为地基基础设计。

1.2 地基与基础实例简介

我国劳动人民远在春秋战国时期开始兴建的万里长城，至今依然耸立，令世人瞩目。

隋唐时期修建的南北大运河，穿越各种复杂的地质条件，历经千百年风雨沧桑而不毁，被誉为亘古奇观。

隋朝工匠李春在河北省修建的赵州石拱桥，不仅因其建筑和结构设计而闻名于世，其地基基础处理也是非常合理的。他将桥台砌筑于密实粗砂层上，1300 多年来估计沉降量仅几厘米，令人叹服。

宏伟壮丽的宫殿寺院，逾千百年而流存至今；遍布各地的高塔，遇多次强烈地震而安然无恙，这些都是与精心设计的地基基础分不开的。

举世闻名的意大利比萨斜塔，是建筑物倾斜的典型实例，它是由于地基不均匀沉降造成的。如图 1-3 所示。

我国重点文物保护单位——苏州市虎丘塔，距今已有 1 千多年的历史。如图 1-4 所示。塔身全部用青砖砌筑，外形仿楼阁式木塔，建筑精美。但在 1980 年发现塔顶偏离中心线 2.31m，底层塔身出现裂缝，成为危险建筑而封闭。勘察结果表明宝塔倾斜是由于地基覆盖层厚度相差悬殊等原因造成的。

加拿大特朗斯康谷仓，是建筑物地基滑移的典型实例。该谷仓成矩形，南北向长 59.44m，东西向宽 23.47m，高 31.00m。谷仓基础为钢筋混凝土筏板基础，厚 610mm，埋深 3.66m。谷仓于 1911 年动工，1913 年秋完工。谷仓建成试仓时，发现 1 小时内竖向沉降达 30.5cm，结构物向西倾斜，并在 24 小时内谷仓倾倒，谷仓西端下沉 7.32m，东端上抬 1.52m。后经勘察实验发现，谷仓地基是因超载发生承载力破坏而滑动。如图 1-5 所示。

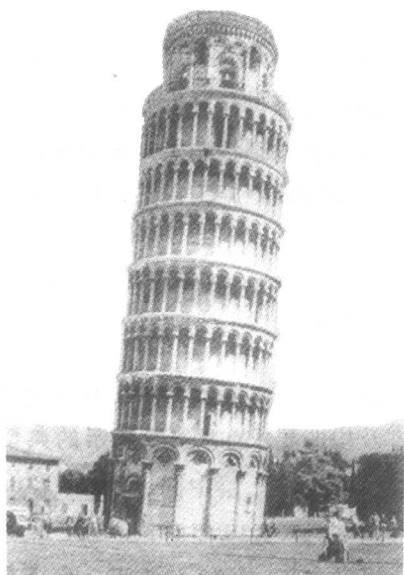


图 1-3 意大利比萨斜塔



图 1-4 苏州市虎丘塔

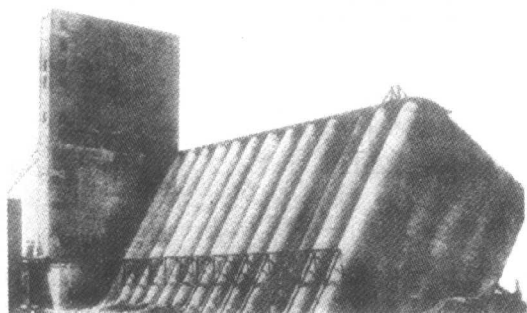


图 1-5 加拿大特朗斯康谷仓倾倒



图 1-6 匈牙利一码头建筑物墙体开裂

匈牙利一码头建筑物，为单层框架结构，建于 1952 年。建筑物采用圆柱形独立基础，外墙基础上布置钢筋混凝土连续梁，承受外墙荷载，建筑内墙采用条形基础。工程建成后不久，所有内墙都严重开裂。勘查研究发现，一栋建筑物采用两种基础类型，埋深相差悬殊，持力层土质压缩性高低相差悬殊，引起严重不均匀沉降，导致墙体严重开裂。如图 1-6 所示。

由上述可见，地基基础是整个建筑工程中的一个重要组成部分，建筑物事故的原因很多与地基基础有关，并且由于地基基础埋置于地下，一旦发生事故就不易补救。据统计，我国一般多层建筑中，基础工程造价约占总造价的 $1/4$ ，工期可占总工期的 $1/4$ 以上。如需人工处理或采用深基础时，其造价和工期所占的比例更大。但是，如果盲目地提高建筑物地基与基础的安全度，有时多花费建设资金却不能收到良好的效果。因此，工程技术人员必须十分重视并做好地基与基础的勘察、设计和施工阶段的各项工作。要求工程技术人员熟练掌握地基土的基本特性、地基基础的基本原理和主要概念，结合建筑场地条件及建

筑物的结构特点，因地制宜地进行设计和施工，确保建筑物的安全。

1.3 基础的类型及其特点

基础按埋置深度和施工方法的不同可分为浅基础和深基础。浅基础是指埋深较浅，施工时采用的方法和工艺、条件都比较简单的基础类型。深基础是指相对埋置深度较大，需采用专用施工机械和特殊的施工方法施工，施工条件比较困难，施工机具比较复杂的基础类型。

1.3.1 浅基础

浅基础根据材料可分为无筋扩展基础和钢筋混凝土基础。

(1) 无筋扩展基础

无筋扩展基础系指由砖、毛石、混凝土或毛石混凝土、灰土和三合土等材料组成的墙下条形基础或柱下独立基础，又称刚性基础。其类型及构造要求如图 1-7 所示。

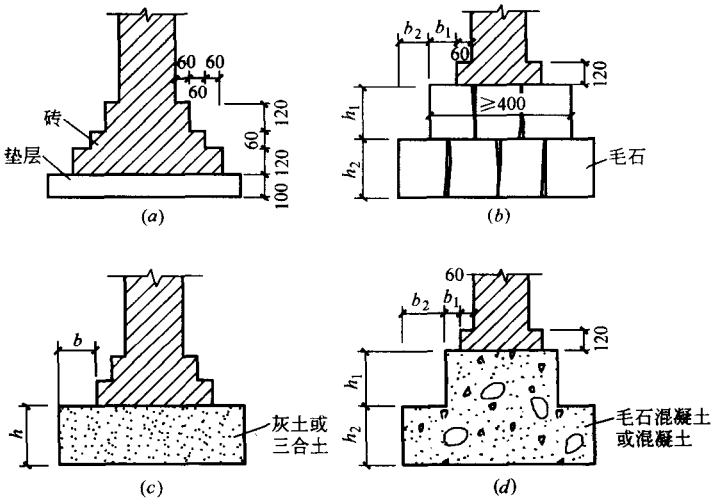


图 1-7 刚性基础类型

(a) 砖基础；(b) 毛石基础；(c) 灰土基础、三合土基础；(d) 毛石混凝土基础、混凝土基础

这类基础有共同的特点，其基础材料的抗压强度较大，抗拉和抗弯的能力较差。因此在工程设计、施工时为满足无筋扩展基础的安全要求，基础通常做成台阶形，基础的外伸部分 b' 与基础高度 h 的比值有一定的限制，称为允许宽高比，见表 1-1。无筋扩展基础为避免脆性材料被拉裂，其台阶的宽高比应满足其允许宽高比的要求，即

$$\frac{b'}{h} \leq \left[\frac{b'}{h} \right] = \tan \alpha \quad (1-1)$$

式中 $\left[\frac{b'}{h} \right]$ ——无筋扩展基础台阶宽高比允许值，查表 1-1；

α ——基础的刚性角；

h ——基础台阶高度。

此类基础适用于六层及六层以下的民用建筑和墙承重的单层厂房。

无筋扩展基础台阶宽高比的允许值

表 1-1

基础名称	质量要求	台阶宽高比的容许值		
		$P_k \leq 100$	$100 < P_k \leq 200$	$200 < P_k \leq 300$
混凝土基础	C15 混凝土	1 : 1.00	1 : 1.00	1 : 1.25
毛石混凝土基础	C15 混凝土	1 : 1.00	1 : 1.25	1 : 1.50
砖基础	砖不低于 MU10、砂浆不低于 M5	1 : 1.50	1 : 1.50	1 : 1.50
毛石基础	砂浆不低于 M5	1 : 1.25	1 : 1.50	—
灰土基础	体积比为 3 : 7 或 2 : 8 的灰土, 其最小干密度: 粉土 15.5kN/m ³ 粉质黏土 15.0kN/m ³ 黏土 14.5kN/m ³	1 : 1.25	1 : 1.50	—
三合土基础	体积比为 1 : 2 : 4 ~ 1 : 3 : 6 (石灰 : 砂 : 骨料), 每层约虚铺 220mm, 夯至 150mm	1 : 1.50	1 : 2.00	—

- 注: 1. P_k 为荷载效应标准组合时基础底面的平均压力 (kPa);
 2. 阶梯形毛石基础的每阶伸出宽度不宜大于 200mm;
 3. 当基础由不同材料叠合组成时, 应对接触部分作抗压验算;
 4. 基础底面处的平均压力值超过 300kPa 的混凝土基础, 尚应按下式进行抗剪验算。

$$V \leq 0.07 f_c A$$

式中 V ——剪力设计值;
 f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;
 A ——台阶高度变化处的剪切断面面积。

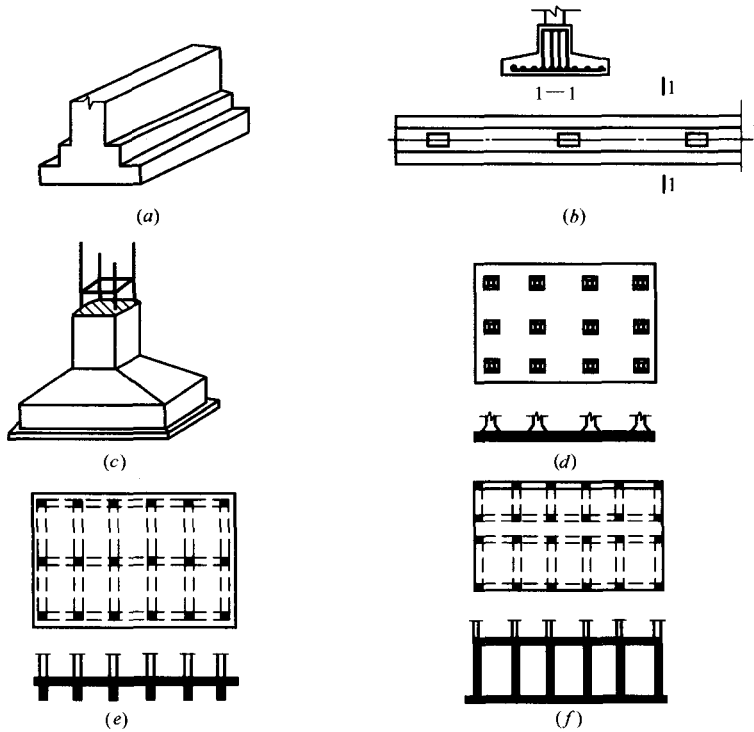


图 1-8 钢筋混凝土基础类型

- (a) 墙下条形基础; (b) 柱下条形基础; (c) 柱下独立基础; (d) 平板式筏形基础;
 (e) 梁板式筏形基础; (f) 箱形基础

(2) 钢筋混凝土基础

钢筋混凝土基础是由钢筋和混凝土浇筑而成的基型，也称柔性基础。钢筋混凝土基础具有较好的抗弯能力和抗剪能力，它能在较小埋深范围内将基础底面积扩大，因此当无筋扩展基础不能同时满足地基承载力和基础埋深的要求时，则需采用钢筋混凝土基础。

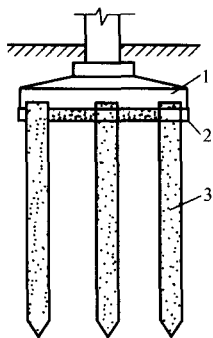


图 1-9 桩基础示意图

1—承台；2—素混凝土
垫层；3—桩体

钢筋混凝土基础按构造形式可分为：墙下条基、柱下独立基础、十字交叉基础、筏形基础、箱形基础和壳体基础。如图 1-8 所示。

1.3.2 深基础

当浅基础无法满足建筑物对地基承载力和变形的要求时，可选用深基础。深基础埋深较大，深基础主要有桩基础、沉井基础、地下连续墙和墩式基础等，目前应用最广泛的是桩基础。桩基础作为深基础具有承载力高、稳定性好、沉降量小而均匀、沉降速率低、抗地基液化性能好等特点，因此桩基几乎可应用于各种工程地质条件和各种类型的建筑工程，尤其适用于建造在软弱地基上的高层、重型建筑物或构筑物。桩基础示意图如图 1-9 所示。

课题 2 土的物理性质及工程分类

2.1 土的组成

土一般是由固体矿物（固相）、水（液相）和气体（气相）三部分组成的三相体系。土中的固体矿物构成土的骨架，骨架之间存在大量孔隙，孔隙中充填着水和空气。

土的三相比例是指土的三相组成各部分的质量和体积之间的比例关系。同一地点的土体，它的三相组成的比例不是固定不变的，随着环境的变化，土的三相比例也会发生相应的变化。例如，天气的晴雨、季节的变化、温度的高低以及地下水的升降等等，都会引起土的三相组成各部分之间的比例产生变化。

土体三相比例不同，土的状态及其工程性质也随之各异，例如：

固体+气体（液体=0）为干土，此时黏土呈坚硬状态。

固体+液体+气体为湿土，此时黏土多为可塑状态。

固体+液体（气体=0）为饱和土，此时松散的粉细砂或粉土遇强烈地震，可能产生液化，而使工程遭受破坏；黏土地基受建筑荷载作用发生沉降，有时需几十年才能稳定。

由此可见，掌握土的各项工程性质，首先需要从最基本的土的三相组成开始学习。

2.1.1 土的固体颗粒

土的固体颗粒即矿物颗粒，是土的三相组成中的主体，是决定土的工程性质的主要成分。

(1) 颗粒的粒组

自然界中土颗粒的大小相差悬殊，如：巨粒土漂石，粒径 $d > 200\text{mm}$ ，细粒土黏粒 $d < 0.005\text{mm}$ ，两者粒径相差超过 4 万倍。颗粒大小不同的土，它们的工程性质也各异。

为便于研究，把土的粒径按性质相近的原则划分为 6 个粒组。如图 1-10 所示。

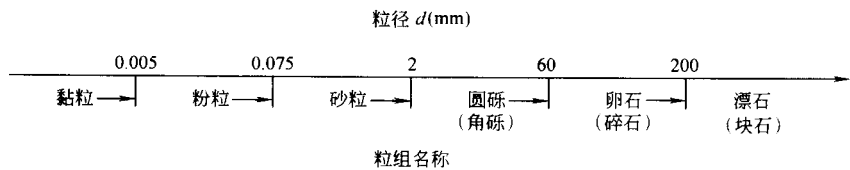


图 1-10 土的粒径分组

同一粒组中的土的工程性质相似。通常粗粒土的压缩性低、强度高、渗透性大；带棱角、表面形状粗糙的土粒，不易滑动，因而其抗剪强度比表面圆滑的高，承载力相对较大。

(2) 土的颗粒级配

自然界里的天然土，很少是由一个粒组的土组成的，往往是由多个粒组混合而成，土的颗粒有粗有细。工程中常用土中各粒组的相对含量（各粒组占土粒总量的百分数）来表示，称为土的颗粒级配。这是决定无黏性土的指标，是粗粒土的分类定名的标准。

粒径分析方法，工程中常用筛析法、密度计法或移液管法。

筛析法：适用于土粒直径 $d > 0.075\text{mm}$ 的土。筛析法的主要设备为一套标准分析筛，筛子孔径分别为 20、10、5、2.0、1.0、0.5、0.25、0.075mm。将土样倒入标准筛中，盖上盖，置于筛析机上震筛 10~15min。由上而下顺序称出留在各级筛子上及底盘内试样的质量，即可求得各个粒组的相对含量。

密度计法：适用于土粒直径 $d < 0.075\text{mm}$ 的土。密度计法的主要仪器为土的密度计和容积为 1000mL 的量筒。根据土粒直径的大小不同，在水中沉降的速度也不同的特性，将密度计放入悬液中，测记 0.5、1、2、5、15、30、60、120 和 1440min 的密度计读数，通过分析计算而得出结果。

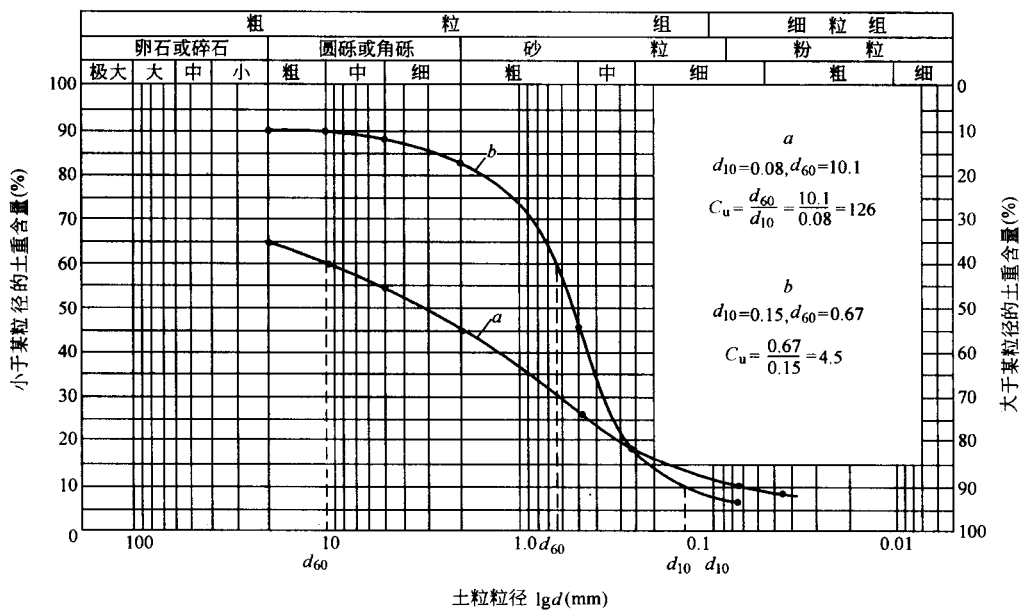


图 1-11 颗粒级配曲线

根据颗粒分析试验结果，绘制土的粒径级配曲线。如图 1-11 所示，图中纵坐标表示小于某粒径的土占总质量的百分数，横坐标表示土的粒径，由于粒径相差较大，故采用对数尺度。其分析结果还可用表 1-2 表示。

粒径分析表

表 1-2

筛孔直径(mm)	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1	0.075	底盘 ≤0.075	总计
留筛土重(g)	176	198	153	185	226	366	708	652	86	84	2834
占全部土重的百分比(%)	6	7	5	7	8	13	25	23	3	3	100
大于某筛孔径的土重百分比(%)	6	13	18	25	33	46	71	94	97		
小于某筛孔径的土重百分比(%)	94	87	82	75	67	54	29	6	3		

粒径级配曲线上：纵坐标 10% 所对应的粒径 d_{10} 称为有效粒径；纵坐标 60% 所对应的粒径 d_{60} 称为限定粒径， d_{60} 与 d_{10} 的比值称为不均匀系数 c_u ，即

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-2)$$

工程上常用不均匀系数 c_u 表示颗粒组成的不均匀程度。当 c_u 很小时，曲线很陡，表示土粒均匀，级配不好；当 c_u 很大时，曲线平缓，表示土的级配良好。

2.1.2 土中水

水在土中存在的状态有液态、气态和固态。

(1) 液态水

按照水与土相互作用的强弱，土中的液态水分为结合水和自由水。如图 1-12 所示。

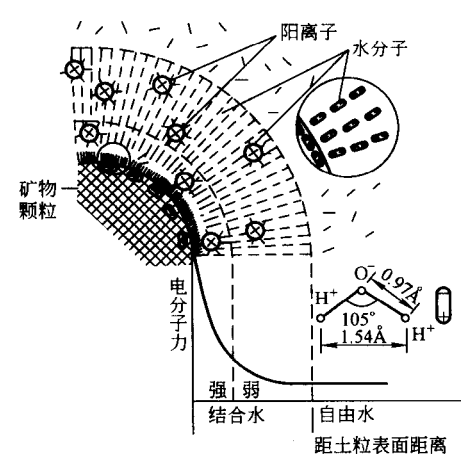


图 1-12 黏土矿物和水分子的相互作用

1) 结合水

结合水是指受电分子吸附于土粒表面的土中水，又可以分为强结合水和弱结合水。

强结合水：强结合水是指紧靠土粒表面的结合水。这种强结合水的性质与普通水不同：它的性质接近固体，不传递静水压力，100℃ 时不蒸发，有很大的黏滞性、弹性和抗剪强度。黏性土只含有强结合水时，呈固体状态。

弱结合水：弱结合水是存在于强结合水外围的一层结合水。由于引力降低，弱结合水的水分子排列不紧密，水膜较厚的弱结合水能向邻近薄水膜缓慢转移。弱结合水也不能传递静水压力，呈黏滞体状态，此部分水对黏性土的影响最大。

2) 自由水

自由水是存在于土粒表面电场范围以外的水，能传递静水压力，冰点为 0℃，有溶解能力。自由水包括重力水和毛细水两种。

重力水：重力水位于地下水位以下，在重力或压力差作用下，发生流动，并具有浮力的作用。

毛细水：毛细水位于地下水位以上，受毛细作用而上升。毛细水上升对公路路基土干湿的状态及建筑物的防潮均有很大影响，在寒冷地区还要注意冻胀问题。

(2) 气态水

气态水即水汽，对土的性质影响不大。

(3) 固态水

固态水即冰。当气温降至 0°C 以下时，液态水结冰为固态水。水结冰，体积膨胀，使地基发生冻胀，所以寒冷地区确定基础的埋置深度时要注意冻胀问题。

2.1.3 土中气体

土中气体是指充填在土固体颗粒孔隙中的气体，包括和大气连通的（自由气体）和不连通的（封闭气泡）两种。和大气连通的气体的成分与空气相似，当土受到外力作用时，这种气体很快从孔隙中挤出，所以对土的工程性质没有多大影响。封闭气泡与大气隔绝，存在在黏性土中。当土层受荷载作用时，封闭气泡缩小，卸载时又膨胀，使土体具有弹性，称为“橡皮土”，使土体的压实变的困难。如果土中的封闭气泡很多时，将使土的压缩性增高，土的渗透性降低。所以土中的封闭气泡对土的工程性质有很大影响。

2.2 土的结构与构造

2.2.1 土的结构

土的结构主要是指土颗粒之间的相互排列与连接的形式。土的结构一般分为单粒结构、蜂窝结构和絮状结构三种基本类型。

(1) 单粒结构

单粒结构是无黏性土的基本组成形式，由较粗的砾石颗粒、砂粒在自重作用下沉积而成。因颗粒较大，颗粒之间没有连接力，土的密实程度受沉积条件影响，有的较疏松，也有的较密实。如图 1-13 所示。

(2) 蜂窝结构

形成蜂窝结构的颗粒主要是粉粒。如图 1-14 所示。



图 1-13 单粒结构

(a) 紧密结构；(b) 疏松结构

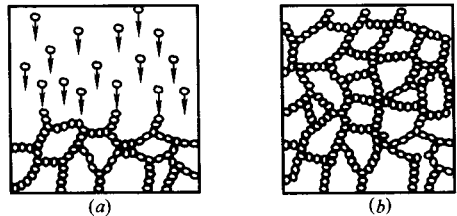


图 1-14 蜂窝结构

(a) 颗粒正在沉积；(b) 沉积完毕

(3) 絮状结构

形成絮状结构的颗粒是粒径极小的黏土颗粒（粒径小于 0.005mm ）。如图 1-15 所示。

以上三种结构中，密实的单粒结构工程性质最好，絮状结构工程性质最差。蜂窝结构和絮状结构如被扰动破坏天然结构，则强度降低、压缩性增高，不适合作为天然地基。

2.2.2 土的构造

土的构造是指同一土层中土颗粒之间相互关系的特征。土的构造通常分为层状构造、