

高职高专建筑工程技术专业“十一五”规划教材

地基与基础

Jian
ZHU

Yu Jichu

Gaozhigaozhuan
Jianzhu Gongcheng
Jishu Zhuanye
“Shiyiwu” Guihua
Jiaocai

主编 丁梧秀

Di Ji



郑州大学出版社

高职高专建筑工程技术专业“十一五”规划教材

地基与基础

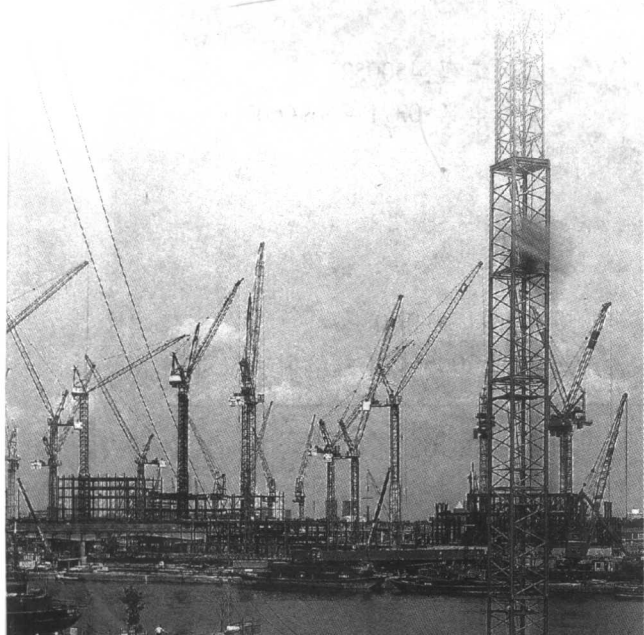
Jian
ZHU

Yu Jichu

Gaozhigaozhuan
Jianzhu Gongcheng
Jishu Zhuanye
“Shiyiwu” Guihua
Jiaocai

主编 丁梧秀

Di Ji



郑州大学出版社

内容简介

本书根据高职高专土建类建筑工程技术等专业地基与基础教学大纲和要求编写。内容包括土力学、工程地质勘察、基础设计、地基处理和实践训练项目五部分,具有结构简单、重点突出、通俗易懂、实用等特点。

本书既可作为高职高专土建类各专业教材,也可供勘察、设计和施工技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础/丁梧秀主编. —郑州:郑州大学出版社,2006.8

高职高专建筑工程技术专业“十一五”规划教材

ISBN 7-81106-373-5

I. 地… II. 丁… III. ①地基-高等学校:技术学校-教材
②基础(工程)-高等学校:技术学校-教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 094661 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

河南第二新华印刷厂印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:17.5

字数:425 千字

版次:2006 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

1/16

印数:1~3 100

印次:2006 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-81106-373-5/T·27

定价:26.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

编
写
指
导
委
员
会

名誉主任	王光远			
主任	高丹盈			
委员	(以姓氏笔画为序)			
	丁宪良	王 锋	王付全	王立霞
	王新武	史 华	代学灵	朱吉顶
	乔景顺	苏 炜	李中华	李文霞
	杨瑞芳	何世玲	何慧荣	张占伟
	张建设	耿建生	夏锦红	曹 丰
秘 书	崔青峰			

作

者

名

单

位

姓

主 编 丁梧秀

副主编 冯桂云

编 委 (以姓氏笔画为序)

丁梧秀 冯桂云 刘翠然

杨蕊 赵海忠 徐云博

郭卫星 潘文胜

序

近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。随着高等教育改革的不断深入,高等教育工作重心正在由规模发展向提高质量转移,教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革,全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体,是进行教学的基本工具,是提高教学质量的重要保证。教材建设是教学质量与教学改革工程的重要组成部分。为加强教材建设,教育部提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,组织土建学科专家,在全国范围内,对土木工程、建筑工程技术等专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容、教学大纲等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,分专业召开了教育教学研讨会、教材编写论证会、教学大纲审定会和主编人会议,确定了教材编写的指导思想、原则和要求。按照以培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本的编写指导思想,科学性、先进性、系统性和适用性的编写原则,组织包括郑州大学在内的五十余所学校的学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来土建教育教学经验和成果,编写了本、专科系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对土建教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

王发运

2006年7月

本书是根据全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会土建施工类专业指导分委员会编制的《高等职业教育建筑工程技术专业教育标准和培养方案及主干课程教学大纲》的文件精神编写的,是高职高专建筑工程技术专业“十一五”规划系列教材之一。本书包括土力学、工程地质勘察、基础设计、地基处理和实践训练项目五大部分内容,是高等职业学校、高等专科学校以及高等成人教育学校等土建类专业的专业基础课教材,也可供土建类专业勘察、设计和施工技术人员参考使用。

本书编写的主要依据为:《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)、《土工试验方法标准》(GB/T 50123-1999)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-1994)、《建筑桩基检测技术规范》(JGJ 106-2003)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003-2001)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2002)、《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2002)等。

本书为应用型高职高专教材,根据理论必需、够用、实用的原则,在编写过程中避免了繁琐公式的推导,紧密联系规范,使教材结构简单、重点突出、通俗易懂。增加了实践训练项目,有利于培养学生对所学专业知识的综合应用能力和独立工作能力。

本书由丁梧秀担任主编,陈玉萍、冯桂云担任副主编。参加编写的人员为:丁梧秀(第3,4章)、冯桂云(第1,2章)、陈玉萍、郭卫星(第10,11章)、刘翠然(第5章)、潘文胜(第6章,实践训练项目)、赵海忠(第7章)、杨蕊(第8章)、徐云博(第9章)。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者
2006 年 3 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 土力学、地基与基础的概念	1
1.2 地基与基础在建筑工程中的重要性	2
1.3 本课程的任务、内容和要求	3
第2章 土的物理性质及工程分类	5
2.1 土的组成	5
2.2 土的物理性质指标	10
2.3 土的物理状态指标	13
2.4 地基土(岩)的工程分类	17
第3章 地基中的应力计算	22
3.1 自重应力	22
3.2 基底压力	24
3.3 地基中附加应力	27
第4章 土的压缩性与地基变形计算	39
4.1 土的压缩性	39
4.2 地基最终变形量计算	41
4.3 地基变形与时间的关系	49
4.4 地基变形特征及允许变形值	53
第5章 土的抗剪强度与地基承载力	56
5.1 土的抗剪强度与极限平衡条件	57
5.2 抗剪强度指标的测定方法	62
5.3 不同排水条件时的剪切试验指标	66
5.4 土的临塑荷载与极限荷载	68
5.5 地基承载力的确定	75
第6章 土压力与土坡稳定	83
6.1 土压力的类型	83

6.2	静止土压力计算	85
6.3	朗肯土压力理论	86
6.4	库仑土压力理论	92
6.5	规范法计算土压力	96
6.6	挡土墙设计	98
6.7	土坡稳定分析	104
第7章	建筑场地的工程地质勘察	110
7.1	工程地质勘察的目的和任务	110
7.2	工程地质勘察的方法	112
7.3	工程地质勘察报告	121
第8章	天然地基上浅基础设计	128
8.1	地基基础设计的基本规定	129
8.2	浅基础的类型	132
8.3	基础埋置深度的选择	138
8.4	基础底面尺寸的确定	143
8.5	刚性基础设计	149
8.6	扩展基础设计	151
8.7	梁板式基础的简化计算	159
8.8	减小基础不均匀沉降的措施	171
第9章	桩基础及其他深基础	177
9.1	概述	177
9.2	单桩竖向承载力的确定	181
9.3	群桩竖向承载力的计算	190
9.4	桩基础设计	194
9.5	桩基施工、检测与验收	204
第10章	地基处理	218
10.1	概述	218
10.2	压实法及强夯法	222
10.3	换土垫层法	224
10.4	挤密法和振冲法	226
10.5	预压法	229
10.6	化学加固法	230
10.7	托换法	232
第11章	区域性地基	235
11.1	膨胀土地基	235

11.2 湿陷性黄土地基·····	239
11.3 红黏土地基·····	241
11.4 山区地基·····	242
实践训练项目 ·····	247
项目1 实验 ·····	247
项目2 课程设计 ·····	260
参考文献 ·····	265

第1章 绪论

1.1 土力学、地基与基础的概念

土是自然界的产物,它是由地球表面的大块岩石经风化、搬运、沉积而形成的松散堆积物。由于土的形成年代、生成环境及成分的不同,所以地基的性质是复杂多样的。与其他建筑材料相比,土的主要特征有多孔隙性和散粒性及明显的区域性,且强度较低,质地不均匀。因此,在建筑物设计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。

利用力学的一般原理,研究土的应力、应变、强度、稳定和渗透等特性及其随时间变化规律的学科称为土力学。它是力学的一个分支,但由于土具有复杂的工程特性,必须借助工程经验、原位测试、室内试验等多种专门的土工试验技术进行研究,土力学是一门强烈依赖于实践的学科。

建筑物一般是建造在一定土层上的。通常把直接承受建筑物荷载作用且应力和变形不能忽略的那部分土层称为地基(图 1.1)。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。如果地基较软弱,对地基进行加固处理后才能满足设计要求的,称为人工地基。当地基由两层或两层以上土层组成时,通常把直接与基础接触的土层称为持力层,其下各层称为下卧层。

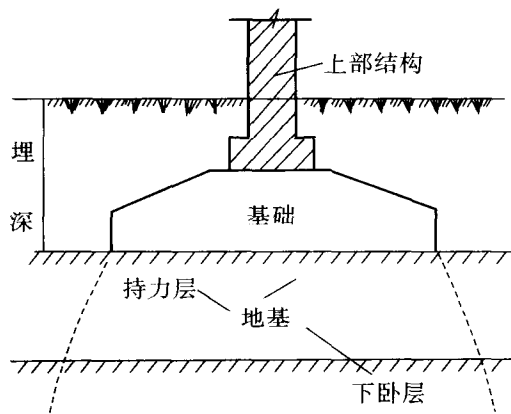


图 1.1 地基与基础示意

建筑物的下部通常要埋入地下一定的深度,使之坐落在较好的地层上。建筑物 ± 0.000 以下承受并向地基传递荷载的下部结构称为基础。基础根据埋置深度分为浅基础和深基础。对一般房屋的基础,如果土质较好,埋深通常不大(3~5 m以内),可用简便的方法进行基坑开挖或排水,这种基础称为浅基础。如果建筑物荷载较大且上层土质又较软弱时,须将基础埋置于较深的土层上,这时可能要采用特殊的基础类型或特殊的施工方法,这种基础称为深基础,例如:桩基、沉井、地下连续墙等。

建筑物的建造将使地基中原有的应力状态发生改变,同时,使地基产生压缩变形。因此地基与基础设计应满足:

(1)作用在地基上的荷载不超过地基的承载能力,保证建筑物不发生倾倒,地基在防止稳定破坏方面应具有足够的安全储备。

(2)控制基础的沉降使之不超过地基的变形允许值,保证建筑物的正常使用。

同时要综合考虑上部结构、地基、基础三者彼此联系、相互制约的关系,基础结构本身应具有足够的强度和刚度,并具有改善地基沉降与不均匀沉降的能力,例如,对软弱地基,除了考虑用人工处理之外,还要适当加强上部结构的刚度和强度,或采用桩基、沉井等深基础方案。由此可见,同一建筑物满足设计要求的地基基础方案往往不止一个,故须通过经济、技术比较,以便选择一个安全可靠、经济合理、技术先进和施工简便的方案。

1.2 地基与基础在建筑工程中的重要性

地基与基础是整个建筑工程中的一个重要组成部分,它的质量好坏直接关系到建筑物的安全、经济和正常使用。由于基础工程在地下或水下进行,施工难度较大,造价、工期和劳动消耗量在整个工程中所占的比重亦较大。我国一般多层建筑物,基础工程造价约占总造价的 $1/4 \sim 1/3$,工期约占总工期的25%~30%。如需人工处理或采用深基础,则其造价和工期所占的比例更大。另外,由于地基基础属于隐蔽工程,一旦出现事故,处理不易,因而更应慎重。随着高层建筑的兴起,深基础工程增多,这些都对地基基础的设计与施工提出了更高的要求。

我国与世界各国在地基基础设计与施工方面均取得了不少成功的经验,节约了大量资金,保证了工程质量。但是,并不是每一项基础工程都获得成功,许多建筑工程质量事故往往与地基基础有关。例如,建于1941年的加拿大特朗斯康谷仓,由于未勘察到基础下有厚达16 m的软黏土层,建成后初次贮存谷物时,基底压力超过了地基极限承载力,致使谷仓一侧陷入土中8.8 m,另一侧抬高1.5 m,倾斜 27° (图1.2)。由于该谷仓采用片筏基础,基础和上部结构刚度均很强,所以筒仓完好无损。后经过在筒仓下增设70个支撑于基岩上的混凝土墩,用388个500 kN的千斤顶,才将仓体纠正,但其标高比原来降低了4 m。

又如意大利比萨斜塔,由于建在不均匀的高压缩性地基上,1173年动工兴建,当建至四层高时,发现塔身倾斜,限于当时技术水平,找不出原因而被迫停工。1272年后两次续建才建至塔顶,高八层55 m。至今塔北侧沉降了约1 m,南侧沉降了约3 m,倾斜 5.5° 。1933年在塔基周围灌注了1 000 t水泥也未奏效,至今仍以每年1 mm的速率下沉。近年

来该塔沉降愈益严重,已成为世界上著名的地基处理难题之一。

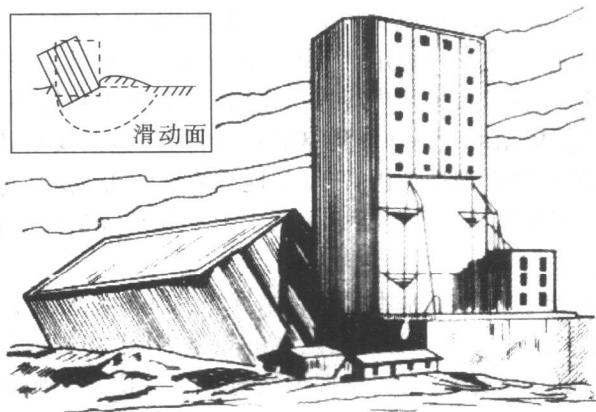


图 1.2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

苏州虎丘塔,著名的中国斜塔,建于公元 961 年(宋朝),共 7 层,高 47.5 m,塔底直径 13.66 m,塔平面成八角形,由外壁、回廊与塔心组成,主体结构为砖木结构,采用黄泥砖砌,浅埋式独立砖墩基础,坐落在人工夯实的厚为 1~2 m 的土夹石覆盖层上,覆盖层东北厚,西南薄。人工地基下面为粉质黏土,呈可塑至软塑状态,底部即为弱风化岩石和基岩且山顶岩面倾斜,西南高,东北低,在塔底范围内相差 3 m 之多。由于人工处理地基引起不均匀沉降,过大的沉降差,且由于塔重超过了基底压力,造成塔身倾斜,被称为“中国的比萨斜塔”。1961 年国务院将此塔列为全国重点文物保护单位。由于南方多雨且因“文革”期间无人管理,大量雨水下渗,软化粉质黏土,加剧塔身不均匀沉降。1980 年向东北方向严重倾斜,塔底座处发生多处裂缝,引起塔楼从底层到第 2 层产生了竖向劈裂;北侧壶门拱顶两侧裂缝发展到了第 3 层,成为危险建筑而停止开放。加固前,据实测,塔顶偏中 2.34 m,倾斜 2.8°。近年来经过多次加固和精心治理,使古塔得以保存。

建于 1954 年的某展览馆,中央大厅上部为框架结构,总重约 10 000 t,基础高 7.27 m,为两层箱形基础,平面尺寸为 44 m×45 m。大厅两侧系条形基础,用沉降缝隔开。地基为厚约 14 m 的淤泥质软黏土。建成后,当年基础下沉 0.6 m。目前大厅平均沉降量达 1.6 m,墙面因不均匀沉降而产生较大裂缝,进厅台阶也有错开现象。后经加固处理,才保证其安全和正常使用。

从以上工程实例可见,基础工程实属百年大计,必须慎重对待,只有深入了解地基情况,掌握勘察资料,并结合经验工程,经过精心设计与施工。才能使基础工程做到既经济合理,又能保证质量。

1.3 本课程的任务、内容和要求

本课程的任务是研究土的物理力学性质和土体在荷载作用下的强度和变形规律,以

及土压力、挡土墙验算、地基承载力确定、基础设计与地基处理等问题。

本课程共有 11 章及实践训练项目。第 1 章是绪论,简要说明本课程的内容、要求和重要性;第 2 章对土的基本物理性质及特征进行讲解;第 3~6 章是土力学的基本原理部分,研究了土的应力、强度、变形和稳定性,为地基基础设计提供了理论依据;第 7 章对工程地基勘察报告的任务、技术要求和内容进行讲解,学会分析和使用工程地质勘察报告,为地基与基础设计提供依据;第 8~9 章为基础设计部分,包括浅基础设计、桩基础设计;第 10 章对不良地基的处理机理进行讲解,了解地基处理方法;第 11 章讲解了区域性地基的特征和处理措施。实践训练项目包括必要的土工实验和浅基础课程设计,以强化对课程知识的巩固。

通过学习本课程,要达到以下基本要求。掌握土的基本物理力学性质,了解常规的室内与现场土工实验的方法。了解工程地质勘察的工作内容,初步具备地基土的野外鉴别能力,学会使用工程地质勘察报告书。掌握天然地基上一般浅基础的设计方法,了解桩基设计及施工的一般方法。掌握地基处理的一般方法。能够正确使用《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)、《土工实验方法规程》(GB/T 50123-1999)等有关规范,解决地基基础设计中遇到的一般问题。

本课程是一门理论性与实践性均较强的课程,在学习过程中,应注意理论联系实际,重点培养分析问题和解决问题的能力。

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?
4. 深基础与浅基础有何区别?

第 2 章 土的物理性质及工程分类

土是由固体颗粒、水和气体所组成,故称三相体系。土中颗粒的大小、成分及三相之间的比例关系,反映出土的不同性质,如干湿、轻重、松紧及软硬等。土的这些物理性质与力学性质之间有着密切的联系,如土松而湿则强度低且压缩性大,反之,则强度高且压缩性小。故土的物理性质是土的最基本性质。

本章分别阐明土的组成、土的基本物理性质指标及其有关特征,并利用这些指标及特征对地基土进行工程分类。

2.1 土的组成

2.1.1 土的组成

(1) 土的固体颗粒

土的固体颗粒(土粒)是岩石经风化作用后形成的碎粒,粗大的土粒呈块状或粒状,细小的土粒呈片状或粉状。土粒的大小、形状和矿物成分及其组成,对土的物理性质有较大的影响。例如土的颗粒由粗变细,可使土从无黏性变化到有黏性,透水性强变为透水性差,散体性变为可塑性等。可见,当土粒的粒径由粗到细逐渐变化时,土的性质相应地也发生变化,由量变引起质变。

1) 粒组的划分 我们把物理力学性质较为接近的土粒划分为一组,称为粒组。划分粒组的界限分界尺寸,称为界限粒径。按《土的分类标准》和《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)及《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)中粒组的划分标准,将土粒划分为六大粒组:漂石或块石、卵石或碎石、圆砾或角砾、砂粒、粉粒及黏粒。各组的界限粒径分别是 200, 20, 2, 0.075, 0.005 mm。粒组的具体分法见表 2.1 所示。

表 2.1 土粒粒组的划分

粒组名称	粒径范围(mm)	一般特征
漂石或块石颗粒	> 200	透水性大,无黏性,无毛细水
卵石或碎石颗粒	200 ~ 20	透水性大,无黏性,无毛细水
圆砾或角砾颗粒	20 ~ 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 ~ 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
粉粒	0.075 ~ 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,干时收缩显著;毛细水上升高度大,且速度较慢

2) 颗粒级配 在自然界中很难遇到由大小相同的颗粒组成的土,绝大多数是由大小不同的土粒组成。土中各粒组含量的不同,对土的均匀性、密实性有很大的影响。土粒的大小及组成情况,通常以土中各个粒组质量相对含量(各粒组占土粒总质量的百分数)来表示,称为土的颗粒级配。

土的颗粒级配可通过土的颗粒分析试验来测定。颗粒分析方法目前有筛分法、密度计法或移液管法两种。前者适用于粒径大于 0.075 mm 的土,后者适用于粒径小于 0.075 mm 的土[《土工试验方法标准》(GB/T 50123 - 1999)]。

筛分法是用一套不同孔径的标准筛,将风干、分散的具有代表性的土样,放入一套从上到下、筛孔由粗到细排列的标准筛进行筛分,称出留在各个筛子上的颗粒质量,并算出相应的质量百分比,由颗粒分析结果判断土粒的级配情况及确定土的名称。标准筛孔径由粗筛孔径(60,40,20,10,5,2 mm)及细筛孔径(2.0,1.0,0.5,0.25,0.1,0.075 mm)组成。对于砂性土,可先将试样过 2 mm 筛孔,当筛下的试样质量小于试样总质量的 10% 时,可不作细筛分析;筛上的试样质量小于试样总质量的 10% 时,可不作粗筛分析;当不符合上述情况时,应将试样依次经粗筛及细筛进行筛析。

颗粒分析试验结果用颗粒级配曲线表示。图 2.1 所示为根据试验结果绘出的颗粒级配曲线,它表示土的粒径分布和级配。图中纵坐标表示小于(或大于)某粒径的土的含量(以质量的百分数表示),横坐标表示粒径,由于土的粒径相差悬殊,采用对数表示,可以把粒径相差几千、几万倍的颗粒的含量表达得更清楚一些。图 2.1 中曲线 a、b 分别表示两个试样颗粒组成情况,由曲线的坡度、陡缓可以大致判断土的均匀程度。如曲线 b 较陡,则表示颗粒大小相差不大,土粒较为均匀,土粒级配不良;反之,曲线 a 平缓,则表示粒径相差较大,土粒级配良好。

工程上常用不均匀系数 C_u 反映粒径级配的不均匀程度。

$$C_u = d_{60}/d_{10} \quad (2.1)$$