



高等学校土木工程专业创新系列规划教材



# 土 力 学

(第2版)

主编 刘兰兰  
主审 马 平



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业创新系列规划教材

# 土 力 学

## (第 2 版)

主 编 刘 兰 兰  
副主编 刘 娜 赵传海  
主 审 马 平



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

土力学/刘兰兰主编. —2版. —武汉:武汉大学出版社,2017.8  
普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材  
ISBN 978-7-307-19541-7

I. 土… II. 刘… III. 土力学—高等学校—教材 IV. TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 188602 号

责任编辑:刘小娟 杨赛君 责任校对:杜筱娜 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu\_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:15.75 字数:429千字

版次:2014年8月第1版 2017年8月第2版

2017年8月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-307-19541-7 定价:39.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材 编审委员会

(按姓氏笔画排名)

主任委员:刘殿忠

副主任委员:张利 孟宪强 金菊顺 郑毅 秦力

崔文一 韩玉民

委员:马光述 王睿 王文华 王显利 王晓天

牛秀艳 白立华 吕文胜 仲玉侠 刘伟

刘卫星 李利 李栋国 杨艳敏 邱国林

宋敏 张自荣 邵晓双 范国庆 庞平

赵元勤 侯景鹏 钱坤 高兵 郭靳时

程志辉 蒙彦宇 廖明军

总责任编辑:曲生伟

秘书长:蔡巍

## 特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导模式转变为建设性、发现性的学习,从被动学习转变为主动学习,由教师传播知识到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,逐步配备基本数字教学资源,主要包括:

文本:课程重难点、思考题与习题参考答案、知识拓展等。

图片:课程教学外观图、原理图、设计图等。

视频:课程讲述对象展示视频、模拟动画,课程实验视频,工程实例视频等。

音频:课程讲述对象解说音频、录音材料等。

### 数字资源获取方法:

- ① 打开微信,点击“扫一扫”。
- ② 将扫描框对准书中所附的二维码。
- ③ 扫描完毕,即可查看文件。

更多数字教学资源共享、图书购买及读者互动敬请关注“开动土木传媒”微信公众号!





## 前 言

本书是普通高等学校本科土木工程专业土力学课程教材,是根据土木工程专业培养应用型高级专门人才的目标而编写的。编者重点结合工业与民用建筑工程、城市地下空间工程、路桥工程及港口工程专业方向需要,并考虑目前土木工程专业发展的需要,按理论联系实际的原则编写本书,力求反映国内外本学科的最新发展水平,力求有利于自学,满足案例式、讨论式、启发式等教学方法的需要,力求满足宽口径、少学时的人才培养模式。

全书包括绪论和 11 章内容,绪论阐述了土力学的研究对象与方法,土力学的发展历史,土力学课程的特点、学习要求;第 1 章讲述了土的物理性质及其工程分类;第 2~6 章讲述了土的性质及其工程应用;第 7~10 章讲述了土在工程中的应用;第 11 章讲述了土工实验,包括实验目的、实验仪器、实验方法、实验步骤、实验结果等。各章后配有思考题和(或)习题,旨在使学生了解、掌握土力学的基本理论知识,提高学生分析问题、解决问题及创新的能力。

本书由长春建筑学院刘兰兰担任主编;长春工程学院刘娜、长春建筑学院赵传海担任副主编;吉林建筑大学城建学院高健、杨丽娜、董佳祺,长春建筑学院常秋影、李晓乐担任参编。具体编写分工如下:绪论、第 1 章、第 11 章由刘兰兰编写;第 2 章由杨丽娜编写;第 3 章、第 4 章由刘娜编写;第 5 章由董佳祺编写;第 6 章、第 10 章由赵传海编写;第 7 章由常秋影编写;第 8 章由李晓乐编写;第 9 章由高健编写。全书由刘兰兰负责统稿。黑龙江省建筑设计研究院马平担任本书主审。

在编写过程中,编者引用了相关文献和研究成果,对书中所引用文献和研究成果的众多作者表示诚挚的谢意,对编写过程中各学院的大力帮助一并表示感谢。

由于编者水平有限,本书难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2017 年 5 月



# 目 录

## 0 绪论

1

- 0.1 土力学的研究对象与方法/1
- 0.2 土力学的发展历史/1
- 0.3 土力学课程的特点/2
- 0.4 学习土力学的基本要求/3
- 0.5 本课程的学习要求/4
- 知识归纳/4
- 参考文献/4

## 1 土的物理性质及其工程分类

5

- 1.1 土的三相组成/5
- 1.2 土的矿物成分/6
- 1.3 土的粒度成分/6
- 1.4 土粒的形状/8
- 1.5 土的三相比比例指标/9
- 1.6 土的结构/11
- 1.7 黏性土的界限含水量/12
- 1.8 砂土的密实度/13
- 1.9 土的工程分类/14
- 知识归纳/17
- 习题/18
- 参考文献/18

## 2 土的渗透性与渗流

19

- 2.1 概述/19
- 2.2 土的渗透性/19
- 2.3 土中二维渗流及流网/26
- 2.4 动水力及渗流破坏/28
- 知识归纳/31
- 思考题/31
- 习题/32
- 参考文献/32

### 3 土中应力计算

33

- 3.1 概述/33
- 3.2 土的自重应力计算/34
- 3.3 基底压力计算及分布/37
- 3.4 地基土中附加应力/41
- 3.5 土的有效应力原理/58
- 知识归纳/61
- 思考题/61
- 习题/61
- 参考文献/62

### 4 土的压缩性与地基沉降计算

63

- 4.1 概述/63
- 4.2 土的压缩性及压缩性指标/64
- 4.3 荷载试验及变形模量/68
- 4.4 土的应力历史对土体压缩性的影响/70
- 4.5 地基沉降量计算/72
- 4.6 地基沉降与时间的关系——土的单向固结理论/86
- 知识归纳/93
- 思考题/94
- 习题/94
- 参考文献/95

### 5 土的抗剪强度

96

- 5.1 概述/96
- 5.2 土的抗剪强度理论/97
- 5.3 土的抗剪强度指标的测定试验/104
- 5.4 影响抗剪强度的主要因素/110
- 知识归纳/114
- 思考题/114
- 习题/114
- 参考文献/115

### 6 土压力和挡土墙

116

- 6.1 概述/116
- 6.2 静止土压力的计算/118
- 6.3 朗肯土压力理论/119
- 6.4 库仑土压力理论/123
- 6.5 朗肯理论与库仑理论的比较/125

## 6.6 几种常见情况的主动土压力计算/126

知识归纳/130

习题/130

参考文献/131

## 7 土坡稳定性分析

132

### 7.1 概述/132

### 7.2 无黏性土土坡的稳定性分析/135

### 7.3 黏性土土坡的稳定性分析/136

### 7.4 土坡稳定性问题的讨论/152

知识归纳/157

思考题/157

习题/158

参考文献/158

## 8 地基承载力

159

### 8.1 概述/159

### 8.2 临塑荷载和临界荷载的确定/162

### 8.3 极限承载力的计算/166

### 8.4 地基承载力的确定/176

### 8.5 关于地基承载力的讨论/182

知识归纳/185

思考题/185

参考文献/185

## 9 地基处理

186

### 9.1 概述/186

### 9.2 换土垫层法/187

### 9.3 强夯法/194

### 9.4 预压法(排水固结法)/199

### 9.5 复合地基/209

### 9.6 灌浆法/213

知识归纳/216

思考题/217

参考文献/217

## 10 土的动力性质和压实性

218

### 10.1 土在动荷载作用下的变形和强度特性/218

### 10.2 砂土和粉土的振动液化/219

## 10.3 土的压实性/224

知识归纳/227

思考题/227

参考文献/227

## 11 土工实验

228

## 11.1 含水率实验/228

## 11.2 密度实验/230

## 11.3 液限和塑限实验/231

## 11.4 压缩实验/233

## 11.5 直接剪切实验/235

## 11.6 击实实验/237

## 11.7 三轴压缩实验/238



数字资源目录



## 绪 论

### 内容提要

本章主要内容包括土力学的发展历史、形成过程、未来发展方向和重要性,以及本课程的学习内容、学习要求和学习方法。

### 能力要求

通过本章的学习,学生应了解土力学的重要性和发展概况,以及土力学的学科特点;熟悉本课程的学习内容和学习方法。

### 0.1 土力学的研究对象与方法

土力学是一门研究土的工程问题的学科。它既是工程力学的一个分支学科,又是土木工程学科的一部分。土力学是为岩土工程服务的一门学科。岩土工程是一门根据工程地质学、岩体力学和土力学的理论、观点和方法,解决土木工程的工业与民用结构、水利、交通运输系统的固定结构,环境保护与卫生等工程项目中关于岩、土体的利用、整治或改造等问题,并为工程建设项目的实现而服务的系统性学科。岩土工程所涉及的工程范围非常广泛,而在工业与民用建筑中大量涉及的是与土体的利用和处理有关的地基基础设计与施工问题,解决这些问题都是以土力学为理论基础的。

土是由不同成因的岩石在风化(物理风化、化学风化和生物风化)作用下经重力、流水、冰川和风力等搬运、沉积而成的自然历史产物。土的工程性质与母岩的成分、风化的性质以及搬运沉积的环境条件有着密切的关系。研究土的工程问题必须以工程地质学为基础,从宏观的、历史的角度分析各种特殊工程性质的形成机理及其变化的规律。土是一种特殊的变形体材料。它既服从连续介质力学的一般规律,又有其特殊的应力-应变关系和特殊的强度、变形规律。因此,土力学的分析方法和计算方法不同于一般固体力学的分析方法和计算方法。

土力学研究的内容主要包括土中地下水的流网分析、土中应力计算、沉降计算、固结理论、地基承载力计算、土压力计算和土坡稳定研究分析等。这些理论与计算方法都是运用流体力学、弹性理论和塑性理论的基本原理研究土这种特殊性质材料的宏观力学行为所得到的结果,是工程实际中解决地基基础设计与施工技术的基本原理,也是学习基础工程学的必备知识。

### 0.2 土力学的发展历史

土力学是人们在长期的工程实践中形成并发展起来的一门学科。

我国劳动人民从远古时代就能利用土、石作为地基和建筑材料来修筑房屋。如西安新石器时代的半坡村遗址,就发现有土台和石础,这是古代土力学最早的应用。我国举世闻名的秦万里长城逾千百年而留存至今,充分体现了我国古代劳动人民高超的建筑技术水平。

隋朝石工李春修建成的赵州石拱桥,造型美观,至今安然无恙。桥台砌置于密实的粗砂层上,1300多年来沉降量约几厘米。经验算,其基底压力为 $500\sim 600\text{kPa}$ 。这与现代土力学理论给出的承载力值很接近。

《梦溪笔谈》记载,北宋初年,著名木工喻皓在建造开封开宝寺木塔时,考虑当地多西北风,便特意使建于饱和土上的塔身稍向西北倾斜,设想在风力的长期、断续作用下可以渐趋复正。可见,当时的工匠已考虑建筑物地基的沉降问题了。随着资本主义工业化的发展,为了满足向国内外扩张市场的需要,陆上交通进入了所谓的铁路时代,最初有关土力学的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,提出了计算挡土墙土压力的滑楔理论。

1869年,英国的W. G. M. 朗肯(Rankine)又从不同角度提出了挡土墙土压力理论。

1885年,法国的J. 布辛奈斯克(Boussinesq)求得了弹性半无限空间在竖向集中力作用下的应力和变形的布辛奈斯克解。

1922年,瑞典的W. 费伦纽斯(Fellenius)为解决铁路塌方问题提出了土坡稳定分析法。

1925年,美国的K. 太沙基(Terzaghi)归纳并发展了以往的理论,编写了《土力学》一书,他被认为是土力学的奠基人。

自1936年在美国召开第一届国际土力学与基础工程会议起,有关土力学方面的国际学术交流日益频繁。世界各地包括我国在内的许多国家也都交流和总结了土力学新的研究成果和实践经验,促进了该学科的发展。

伴随着工程建设事业突飞猛进的发展,土力学在从宏观到微观结构、本构关系与强度理论、物理模拟与数值模拟、测试与监测技术、土质改良等方面取得了长足的进步。电子技术的应用为这门学科注入了新的活力,实现了测试技术的自动化和理论分析的准确性,标志着本学科进入一个新的时期。

### 0.3 土力学课程的特点

如前所述,土力学是为岩土工程服务的一门学科。影响岩土工程的因素众多,如工程地质、水文地质、环境、气象、施工,以及其他人为的和时间的因素,这就导致岩土工程的不确定性。而作为岩土工程原始依据的勘测资料具有局限性,由于土层的复杂性和取样的不连续性、小土样和原位土层的差异、土样扰动的影响、试验条件与实际工程情况的区别等,故即便最认真、细致的勘测也可能存在偏差。此外,准确分析和利用勘测资料也不是容易的事。而设计参数的误差往往导致结论的大偏差,其影响甚至超过计算方法的选择。

太沙基在给法国人洛西叶写的《土力学的信心危机》一文的答复中指出了土力学的特点:土力学具有“科学性”和“艺术性”的双重特性,即土力学不是一门“精确”的科学,与其说它接近桥梁工程或机械工程,不如说它更接近医学。对于医学,“临床经验”是十分重要的。或者说土力学是工程实践中的一个工具,但不是像计算尺、计算机那样按指示书使用就行的工具,而是像地球物理勘探那样需要长时间实践才有把握掌握的工具。

派克总结了土力学中的“观察法”,可表述为:在有足够(但不一定很详细)的勘测资料的基础上,根据地质知识对土层的最可能性状和最不利条件下的可能偏差做出评价,并据此做出简化假设和进行设计。在设计中,应确定需要在施工过程中实施观察的量(如沉降、孔隙水压力等),并且按



简化假设预估这些量的数值(包括在最不利情况下的相应数值),同时考虑最不利情况发生时如何选择补救措施或改变设计。最后在施工中观察这些量,并对观察结果做出评价,必要时修改设计,以适应现场的实际情况。派克指出,观察法的局限性在于只能用于施工过程中有可能修改设计的场合,有时还可能会延长工期。但是观察法有利于降低造价和避免灾害。派克提倡的“观察法”,就是现在所说的“动态设计”概念。

雷森迪斯又对过分依赖观察法,过分强调从理论上找普遍性规律的困难及危险提出自己的看法。他认为,同其他学科一样,要在土力学领域内做出理论上的概括,需要经历四个过程:①识别过程,即从原型观察的个别事例来识别哪些是有意义的(有效的)变量;②归纳过程,即把有关的变量归纳成最少数量的独立变量,这要求舍弃一些无关的、次要的变量,在许多情况下要用到量纲分析;③模拟过程,即探求从归纳过程得到的各独立变量之间的关系式;④验证过程,即把以上求得的量之间的关系式与现场事例比较。其中,模拟过程可以分为模型试验、数学分析两种经典方法和计算机数值分析方法。

从以上阐述中可以看出,土力学学者都非常重视理论和实践两个方面。他们在某一篇文章中强调其中一方面是因为当时工程界具有忽视另一方面的倾向。太沙基关于“科学性”和“艺术性”的论述精辟地反映了土力学的特点:第一,土力学是一门具有严密科学性的学科,在工程实践中绝不能违反土力学的基本原理,否则会导致工程的失败和酿成重大事故;第二,土力学注重强调实践经验和地区特点,这是保证工程完美的基础;第三,需要先进的数学、力学知识和计算机技术,以便更快捷、更精确地解决复杂的岩土工程问题;第四,虽然计算模型、计算参数的选择和计算结果的分析需要丰富的经验,但也不能否定传统方法在工程中所起的作用。这些认识,无论是在土力学课题的研究中,岩土工程的设计或施工中,还是在土力学课程的学习中,都是非常重要的。

#### 0.4 学习土力学的基本要求

由于问题的复杂性,许多土力学的计算理论和公式是在做出某些假设和忽略某些因素的前提下建立的,如土中应力计算、土的压缩变形与地基固结沉降计算方法、土的抗剪强度理论等。一方面,我们应当了解这些理论难以模拟、概括地基土各种力学性状全貌的不完善之处,注意这些理论在工程实际使用中的适用条件;另一方面,这些理论和公式仍然是我们目前解决工程实际问题的理论依据,它们在长期的工程实践中发挥着不可替代的作用,并且不断发展与完善。因此,我们学习土力学就应该全面掌握这些基本理论,并学会将它们应用到合适的工程实际中。本课程中的计算公式较多,要求学生掌握公式的来源、意义和应用,但对公式的推导或方程的建立过程,只要求作一般性了解即可。

解决岩土工程问题的关键步骤之一是计算指标和参数的确定,即土的工程性质指标的测定。土的工程性质指标包括物理性质指标和力学性质指标两类。物理性质指标是指用于定量描述土的组成,土的干湿、疏密与软硬程度的指标;力学性质指标主要是指用于定量描述土的变形规律、强度规律和渗透规律的指标。通常,只有通过试验,才能得出土的工程性质指标。测定这些指标的试验方法包括室内试验和原位测试两类,它们各有其特点和适用条件。学习土力学理论知识的同时,必须重视学习与掌握这些指标的实验方法,了解这些指标的适用条件,对主要的指标,应掌握其土工实验的操作方法与数据整理方法。

## 0.5 本课程的学习要求

本教材的内容以经典土力学为主。在学习本课程时,有如下要求:

- ①了解土的基本物理力学性质和土的分类,以及这些性质与土的组成和结构的关系。
- ②必须牢固掌握土力学的基本原理和理论。强度理论、有效应力原理、渗透理论、固结理论、土压力理论等是其中主要的一些理论,要理解它们的本质概念。
- ③掌握主要的计算方法,如三相指标的换算、强度计算、变形计算、土压力计算、边坡稳定性计算等,了解它们在工程实践中的应用,这是学习后续专业课程(如基础工程、地基处理等)的基础。
- ④掌握基本的土力学试验方法和成果分析,了解原位测试技术的应用。
- ⑤着重掌握土力学的学科特点和分析方法,能真正地用这门课的知识解决实际问题。

### 知识归纳

土力学是为岩土工程服务的一门学科,重视理论和实践两个方面。学习土力学的理论知识必须重视学习与掌握这些指标的试验测定方法,了解这些指标的适用条件。对主要的指标,应掌握其土工实验的操作方法与数据整理方法。

### 参考文献

- [1] 高大钊. 岩土工程的回顾与前瞻. 北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 冯国栋. 太沙基(Karl Terzaghi)为《岩土技术》(*Geotechnique*)创刊所写的前言. 土工基础,1999(6):15-20.
- [3] 沈珠江. 理论土力学. 北京:中国水利水电出版社,2000.
- [4] 袁聚云,李镜培,陈光敏. 土木工程专业毕业设计指南:岩土工程分册. 北京:中国水利水电出版社,2002.
- [5] 赵明华. 土力学与基础工程. 3版. 武汉:武汉理工大学出版社,2009.
- [6] 陈希哲. 土力学地基基础. 北京:清华大学出版社,1998.



# 1 土的物理性质及其工程分类

## 内容提要

本章主要内容包括土的形成,土的粒径组成和矿物成分,土中的水和气体,土的三相含量指标,土的物理状态及其指标,土的工程分类。



重难点

## 能力要求

通过本章的学习,学生应了解粒径级配对无黏性土性质的影响;熟悉地基土的工程分类方法,物理性质指标的定义、测定、换算和应用;掌握黏性土的物理特征和液塑限试验,黏性土的界限含水量,黏性土的塑性指数和液性指数,土的颗粒级配的含义及颗粒级配累积曲线的作法、用途。

### 1.1 土的三相组成

自然界的土是由岩石经风化、搬运、堆积而形成的。因此,母岩成分、风化性质、搬运过程和堆积环境是影响土的组成的主要因素,而土的组成又是决定地基土工程性质的基础。土是由固体颗粒、水和气体三部分(通常称为土的三相组成)组成的。随着三相物质的质量和体积的比例不同,土的性质就不同。

#### 1.1.1 土的固相

土的固相物质包括无机矿物颗粒和有机质,是构成土的骨架最基本的物质,称为土粒。土粒应从其矿物成分、颗粒大小和形状来描述。

#### 1.1.2 土的液相

土的液相是指存在于土的孔隙中的水。通常认为水是中性的,在  $0^{\circ}\text{C}$  时冻结,但实际上土中的水是一种成分非常复杂的电解水溶液,它和亲水性的矿物颗粒表面有着复杂的物理化学作用。按照水与土相互作用程度的强弱,土中水可分为结合水和自由水两大类。

结合水是指处于土颗粒表面水膜中的水,受到表面引力的控制而不服从静水力学规律,其冰点低于  $0^{\circ}\text{C}$ 。结合水又可分为强结合水和弱结合水。强结合水在最靠近土颗粒表面处,水分子和水化离子排列非常紧密,以致其密度大于 1,并有过冷现象,即温度降到  $0^{\circ}\text{C}$  以下不发生冻结的现象。距土粒表面较远处的结合水称为弱结合水,由于引力降低,弱结合水的水分子排列不如强结合水紧密,弱结合水可能从较厚水膜或浓度较低处缓慢地迁移到较薄水膜或浓度较高处,即可从一个土粒迁移到另一个土粒,这种运动与重力无关。这层不能传递静水压力的水被定义为弱结合水。

自由水包括毛细水和重力水。毛细水不仅受到重力的作用,还受到表面张力的支配,能沿着土的细孔隙从潜水面上升到一定的高度。这种毛细上升对公路路基的干湿状态及建筑物的防潮有重要影响。重力水在重力或压力差作用下能在土中渗流,对土颗粒和结构物都有浮力作用,在土力学计算中应当考虑这种渗流及浮力的作用。

### 1.1.3 土的气相

土的气相是指充填在土的孔隙中的气体,包括与大气连通的气体和不与大气连通的气体。

与大气连通的气体对土的工程性质没有多大的影响,它的成分与空气相似,当土受到外力作用时,这种气体很快从孔隙中挤出。但是密闭的气体对土的工程性质有很大的影响,密闭气体的成分可能是空气、水汽或天然气。在压力作用下,这种气体可被压缩或溶解于水中,而当压力减小时,气泡会恢复原状或重新游离出来。含气体的土称为非饱和土。非饱和土的工程性质研究已成为土力学的一个新分支。

## 1.2 土的矿物成分

土的矿物成分可以分为原生矿物和次生矿物两大类。

原生矿物是指岩浆在冷凝过程中形成的矿物,如石英、长石、云母等。

次生矿物是由原生矿物经过风化作用后形成的新矿物,如三氧化二铝、三氧化二铁、次生二氧化硅、黏土矿物以及碳酸盐等。次生矿物按其与水的作用可分为易溶的、难溶的和不可溶的。次生矿物的水溶性对土的性质有重要影响。黏土矿物的主要代表性矿物为高岭石、伊利石和蒙脱石。由于其亲水性不同,当其含量不同时,土的工程性质就各不相同。

在以物理风化为主的过程中,岩石破碎并不改变其成分,岩石中的原生矿物得以保存下来;但在化学风化的过程中,有些矿物分解成为次生的黏土矿物。黏土矿物是很细小的扁平颗粒,表面具有极强的和水相互作用的能力。其颗粒越细,表面积越大,亲水力就越强,对土的工程性质的影响也就越大。

在风化过程中,在微生物作用下,土中不仅产生复杂的腐殖质,还产生动植物残体等有机物,如泥炭等。有机颗粒紧紧地吸附在无机矿物颗粒的表面,形成了颗粒间的连接,但是这种连接的稳定性较差。

从外表看到的土的颜色,很大程度上反映了土的固相的不同成分和不同含量。红色、黄色和棕色一般表示土中含有较多的三氧化二铁,而且氧化程度较高;黑色表示土中含有较多的有机质或锰的化合物;灰蓝色和灰绿色一般表示土中含有亚铁化合物,是在缺氧条件下形成的;白色或灰白色则表示土中有机质较少,主要含石英或高岭石等黏土矿物。当然,湿度会影响颜色的深浅,一般描述的是土处在潮湿状态下的颜色。

## 1.3 土的粒度成分

天然土是由大小不同的颗粒组成的。土粒的大小称为粒度。土颗粒的大小悬殊,大到几十厘米的漂石,小到几微米的胶粒。同时,由于土粒的形状往往是不规则的,很难直接测量其大小,只能用间接的方法来定量地描述其大小和相对含量。常用的方法有两种:对粒径不小于 0.075mm 的土粒常用筛分析的方法,而对粒径小于 0.075mm 的土粒则用沉降分析的方法。工程上常用不同粒径颗粒的相对含量来描述土的颗粒组成情况,这种指标称为粒度成分。



1.3.1 土的粒组划分

天然土的粒径一般是连续变化的。为了描述方便,工程上常把大小相近的土粒合并为组,称为粒组。粒组间的分界线是人为划定的,划分时应使粒组界限与粒组性质的变化相适应,并按一定的比例递减关系划分粒组的界限值。

对粒组的划分,各个国家不尽相同。我国现在常用的各粒组名称及其分界粒径尺寸见表 1-1。

表 1-1 粒组划分标准

| 粒组名称     | 粒组范围/mm | 粒组名称 | 粒组范围/mm     |
|----------|---------|------|-------------|
| 漂石(块石)粒组 | >200    | 砂粒粒组 | 0.075~2     |
| 卵石(碎石)粒组 | 20~200  | 粉粒粒组 | 0.005~0.075 |
| 砾石粒组     | 2~20    | 黏粒粒组 | <0.005      |

1.3.2 粒度成分及其表示方法

土的粒度成分是指土中各种不同粒组的相对含量(以干土质量的百分比表示)。它可用于描述土中不同粒径土粒的分布特征。

常用的粒度成分的表示方法有表格法、累计曲线法。

①表格法以列表形式直接表示各粒组的相对含量。它用于粒度成分的分类是十分方便的。例如,表 1-2 给出了三种土样的粒度成分分析结果。

表 1-2 粒度成分分析结果

| 粒组/mm     | 土样 A  | 土样 B  | 土样 C  | 粒组/mm       | 土样 A | 土样 B | 土样 C  |
|-----------|-------|-------|-------|-------------|------|------|-------|
| 5~10      | —     | 25.0% | —     | 0.075~0.10  | 9.0% | 4.6% | 37.6% |
| 2~5       | 3.1%  | 20.0% | —     | 0.01~0.075  | —    | 8.1% | 11.1% |
| 1~2       | 6.0%  | 12.3% | —     | 0.005~0.01  | —    | 4.2% | 18.0% |
| 0.5~1     | 14.4% | 8.0%  | —     | 0.001~0.005 | —    | 5.2% | 10.0% |
| 0.25~0.5  | 41.5% | 6.2%  | 8.0%  | <0.001      | —    | 1.5% | 0.9%  |
| 0.10~0.25 | 26.0% | 4.9%  | 14.4% |             |      |      |       |

②累计曲线法是一种图示的方法,通常用半对数纸绘制,横坐标(按对数比例尺)表示某一粒径,纵坐标表示小于某一粒径的土粒的百分含量。表 1-2 中三种土的累计曲线如图 1-1 所示。

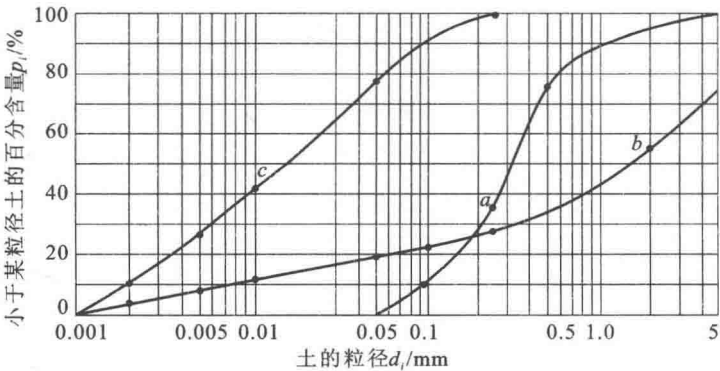


图 1-1 土的累计曲线