



百校土木工程专业通用教材

# 土木工程 施工

TUMUGONGCHENG SHIGONG

同济大学出版社

主 编 李书全

副主编 何亚伯

百校土木工程专业通用教材

# 土 木 工 程 施 工

主 编 李书全

副主编 何亚伯

同济大学出版社

## 内 容 提 要

本书是有关土木工程施工技术和组织方面课程的教材。全书共分 14 章,包括:土方工程、地基与基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、路桥工程施工、施工组织概论、流水施工基本原理、网络计划技术、施工组织总设计、单位工程施工组织设计。

本书为高等学校土木工程专业的教材,也可作为土木工程技术人员参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/李书全主编,何亚伯副主编. —上海:同济大学出版社,2004.6

百校土木工程专业通用教材

ISBN 7-5608-2878-7

I. 土… II. ①李… ②何… III. 土木工程—工程施工—高等学校—教材 IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 052774 号

百校土木工程专业通用教材

土木工程施工

主 编 李书全 副主编 何亚伯

责任编辑 朱玉华 责任校对 杨江淮 封面设计 李志云

---

出 版 行 同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 江苏大丰印刷二厂印刷

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 39.5

字 数 790 000

印 数 1—4 100

版 次 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2878-7/TU·549

定 价 45.00 元

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

# “百校土木工程专业通用教材”编写委员会

主任 陈以一（同济大学）

委员（排名不分主次）

刘春原（河北工业大学）

许成祥（长江大学）

赵顺波（华北水利水电学院）

朱彦鹏（兰州理工大学）

麻建锁（河北建筑工程学院）

周新刚（烟台大学）

覃 辉（五邑大学）

许 强（成都理工大学）

梁兴文（西安建筑科技大学）

方 云（中国地质大学·武汉）

陈忠汉（苏州科技学院）

王全凤（华侨大学）

李章政（四川大学）

李传才（武汉大学）

虞庐松（兰州交通大学）

范 进（南京理工大学）

郑荣跃（宁波大学）

赵 林（河南科技大学）

王广月（山东大学）

杜守军（河北农业大学）

白晓红（太原理工大学）

肖 琦（东北电力学院）

徐汉涛（南通工学院）

严 兵（江西科技师范学院）

高洪波（信阳师范学院）

策划 周克荣（同济大学）

# 前 言

“土木工程施工”是土木工程专业的一门专业课,课程主要介绍建筑、道路及桥梁工程的施工技术、工艺原理,并介绍工程项目施工组织的基本原理与方法。通过该课程的学习,学生能够掌握土木工程施工的基本知识,具有解决一般土木工程施工技术与组织计划问题的能力。

本书是为“土木工程施工”课程的教学而编写的教材,教材的编写内容力求做到:(1)符合国家现行设计施工规范、规程与标准要求;(2)反映土木工程施工技术和组织在理论和实践上的新发展。

本教材的编写人员来自全国 10 多所高校,教材在体系和内容上兼顾了各个学校的实际教学情况。本教材吸收了国内同类教材在体系和内容上较成熟的部分,并根据上述指导思想对教材编写的体系和内容作了适当调整,使本教材对不同高校土木工程专业的教学具有较广泛的适用性。

本教材编写分工:第 1 章由彭社琴编写 1.1 节和 1.2 节,商晓秋编写 1.3 节和 1.4 节;第 2 章由何亚伯编写;第 3 章由白润山编写;第 4 章由邓子胜编写 4.1 节和 4.2 节,董道军编写 4.3 节;第 5 章由陈德方编写;第 6 章由栗宜民编写 6.1 节和 6.2 节,宣飞编写 6.3 节和 6.4 节;第 7 章由卢海林编写;第 8 章由何亚伯、杨和礼编写;第 9 章由张云波编写 9.1 节和 9.2 节,张清河编写 9.3 节;第 10 章由阎西康编写;第 11 章由李书全编写;第 12 章由赵平编写 12.1 节和 12.2 节,蒋红研编写 12.3 节至 12.5 节;第 13 章由于茜薇编写;第 14 章由姚金星编写。

以上作者还编写了与教材内容相应的习题。由李书全对全书进行统稿。

由于教材的篇幅较大,编写周期较短,教材中难免有错误之处,请读者批评指正。

作 者

2004 年 2 月

# 目 录

## 前 言

第 1 章 土方工程 .....	1
§ 1.1 土方工程概述 .....	1
§ 1.1.1 土的工程分类 .....	1
§ 1.1.2 土的工程性质 .....	3
§ 1.2 场地平整 .....	5
§ 1.2.1 场地竖向规划设计 .....	5
§ 1.2.2 场地平整土方量的计算 .....	11
§ 1.2.3 土方调配 .....	19
§ 1.3 基坑开挖 .....	25
§ 1.3.1 土方边坡及其稳定 .....	25
§ 1.3.2 土壁支护 .....	27
§ 1.3.3 基坑降水 .....	31
§ 1.4 土方机械化施工 .....	44
§ 1.4.1 土方机械的选择 .....	44
§ 1.4.2 推土机施工 .....	46
§ 1.4.3 铲运机施工 .....	47
§ 1.4.4 单斗挖土机施工 .....	48
§ 1.4.5 土方工程综合机械化施工 .....	52
§ 1.4.6 土方的填实与压实 .....	53
思考题 练习题 .....	59
第 2 章 地基与基础工程 .....	62
§ 2.1 地基处理 .....	62
§ 2.1.1 换填法 .....	62
§ 2.1.2 重锤夯实法 .....	66
§ 2.1.3 强夯法 .....	66
§ 2.1.4 振冲法 .....	69
§ 2.2 浅基础施工 .....	72
§ 2.2.1 常见浅基础的类型 .....	73
§ 2.2.2 浅基础施工 .....	73
§ 2.3 桩基础施工 .....	80

§ 2.3.1	桩基础的分类 .....	80
§ 2.3.2	预制桩施工 .....	82
§ 2.3.3	灌注桩施工 .....	91
<b>思考题</b> .....		103
<b>第 3 章 砌筑工程</b> .....		105
§ 3.1	砌筑材料和材料运输 .....	105
§ 3.1.1	砌筑材料 .....	105
§ 3.1.2	材料运输 .....	109
§ 3.2	砌筑施工工艺及冬期施工要求 .....	111
§ 3.2.1	砖砌体施工 .....	111
§ 3.2.2	石砌体施工 .....	119
§ 3.2.3	混凝土小型空心砌块砌体施工 .....	123
§ 3.2.4	冬期施工要求 .....	126
§ 3.3	砌筑脚手架 .....	127
§ 3.3.1	脚手架的作用和要求、脚手架的分类 .....	127
§ 3.3.2	多立杆式外脚手架 .....	128
§ 3.3.3	里脚手架 .....	130
§ 3.3.4	悬吊脚手架、挑脚手架 .....	132
§ 3.4	砌筑工程的质量及安全技术 .....	135
§ 3.4.1	砌筑工程的质量保证项目 .....	135
§ 3.4.2	常见的质量通病及产生原因 .....	136
§ 3.4.3	砌筑工程安全施工技术 .....	137
<b>思考题</b> .....		138
<b>第 4 章 混凝土结构工程</b> .....		140
§ 4.1	模板工程 .....	140
§ 4.1.1	模板的基本要求与分类 .....	140
§ 4.1.2	模板的构造与安装 .....	142
§ 4.1.3	模板设计 .....	158
§ 4.2	钢筋工程 .....	166
§ 4.2.1	钢筋的种类与验收 .....	166
§ 4.2.2	钢筋的冷加工 .....	168
§ 4.2.3	钢筋的连接 .....	174
§ 4.2.4	钢筋的配料与代换、钢筋的绑扎安装与验收 .....	190
§ 4.3	混凝土工程 .....	199
§ 4.3.1	混凝土的配料 .....	199
§ 4.3.2	混凝土的拌制 .....	209
§ 4.3.3	混凝土的运输 .....	212

§ 4.3.4	混凝土的浇筑与成型 .....	219
§ 4.3.5	混凝土的养护 .....	234
§ 4.3.6	混凝土的拆模和质量检查 .....	238
§ 4.3.7	混凝土的冬期施工 .....	245
<b>思考题</b>	<b>练习题</b> .....	253
<b>第 5 章</b>	<b>预应力混凝土工程</b> .....	257
§ 5.1	概述 .....	257
§ 5.1.1	预应力混凝土的特点 .....	257
§ 5.1.2	预应力筋 .....	257
§ 5.2	先张法 .....	258
§ 5.2.1	台座 .....	258
§ 5.2.2	夹具及张拉设备 .....	261
§ 5.2.3	先张法施工工艺 .....	262
§ 5.3	后张法 .....	265
§ 5.3.1	预应力筋、锚具和张拉机具 .....	266
§ 5.3.2	后张法施工工艺 .....	279
§ 5.4	无粘结预应力混凝土 .....	283
§ 5.4.1	无粘结预应力束的制作 .....	283
§ 5.4.2	无粘结预应力施工工艺 .....	284
<b>思考题</b>	<b>练习题</b> .....	287
<b>第 6 章</b>	<b>结构安装工程</b> .....	289
§ 6.1	起重机械与设备 .....	289
§ 6.1.1	桅杆式起重机 .....	289
§ 6.1.2	自行杆式起重机 .....	291
§ 6.1.3	塔式起重机 .....	298
§ 6.1.4	缆索式起重机 .....	307
§ 6.1.5	起重设备 .....	307
§ 6.2	混凝土结构安装工程 .....	313
§ 6.2.1	结构安装前的准备工作 .....	313
§ 6.2.2	混凝土构件安装工艺 .....	315
§ 6.3	结构安装方案 .....	325
§ 6.3.1	单层工业厂房的结构安装方案 .....	325
§ 6.3.2	装配式框架结构安装方案 .....	335
§ 6.4	升板法施工 .....	345
§ 6.4.1	提升设备 .....	345
§ 6.4.2	柱的预制与安装 .....	347
§ 6.4.3	提升施工 .....	350

思考题 练习题 .....	353
<b>第 7 章 防水工程</b> .....	<b>355</b>
§ 7.1 屋面防水工程 .....	355
§ 7.1.1 卷材防水屋面 .....	355
§ 7.1.2 涂膜防水屋面 .....	358
§ 7.1.3 细石混凝土刚性防水屋面 .....	360
§ 7.2 地下防水工程 .....	361
§ 7.2.1 卷材防水层 .....	361
§ 7.2.2 水泥砂浆防水层 .....	363
§ 7.2.3 冷胶料防水层 .....	364
§ 7.2.4 防水混凝土 .....	365
思考题 .....	366
<b>第 8 章 装饰工程</b> .....	<b>368</b>
§ 8.1 抹灰工程 .....	368
§ 8.1.1 一般抹灰 .....	368
§ 8.1.2 装饰抹灰 .....	375
§ 8.2 饰面板(砖)工程 .....	378
§ 8.2.1 饰面板工程 .....	378
§ 8.2.2 饰面砖施工 .....	383
§ 8.3 涂饰工程 .....	386
§ 8.3.1 建筑涂料 .....	386
§ 8.3.2 涂饰工程施工 .....	388
§ 8.4 吊顶工程 .....	392
§ 8.4.1 吊顶的主要形式 .....	392
§ 8.4.2 吊顶工程施工 .....	393
§ 8.5 建筑幕墙工程 .....	396
§ 8.5.1 玻璃幕墙 .....	397
§ 8.5.2 铝合金幕墙 .....	399
§ 8.5.3 石材幕墙 .....	400
§ 8.6 裱糊工程 .....	401
§ 8.6.1 裱糊工程主要材料及质量要求 .....	401
§ 8.6.2 壁纸裱糊施工 .....	402
思考题 .....	403
<b>第 9 章 路和桥工程施工</b> .....	<b>405</b>
§ 9.1 路基施工 .....	405
§ 9.1.1 概述 .....	405

§ 9.1.2	路基施工 .....	406
§ 9.2	路面施工 .....	408
§ 9.2.1	水泥混凝土路面 .....	408
§ 9.2.2	沥青路面 .....	413
§ 9.3	常见桥梁施工 .....	418
§ 9.3.1	装配式钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土桥的施工 .....	418
§ 9.3.2	悬臂施工法 .....	425
§ 9.3.3	转体法施工 .....	431
§ 9.3.4	预应力混凝土桥梁的顶推法施工 .....	436
§ 9.3.5	连续梁桥的逐孔施工法 .....	439
	思考题 .....	442
<b>第 10 章</b>	<b>施工组织概论 .....</b>	<b>443</b>
§ 10.1	施工组织的原则 .....	443
§ 10.2	建筑产品及其生产的特点 .....	446
§ 10.3	施工准备工作 .....	447
§ 10.3.1	施工准备工作的重要性 .....	447
§ 10.3.2	施工准备工作的分类 .....	448
§ 10.3.3	施工准备工作的内容 .....	448
§ 10.3.4	施工准备工作计划 .....	454
§ 10.4	施工组织设计 .....	454
§ 10.4.1	编制施工组织设计的重要性 .....	454
§ 10.4.2	施工组织设计的分类 .....	455
§ 10.4.3	施工组织设计的作用 .....	455
§ 10.4.4	施工组织设计的内容 .....	456
§ 10.4.5	施工组织设计的编制 .....	457
§ 10.4.6	施工组织设计的贯彻、施工组织设计的检查和调整 .....	459
	思考题 .....	461
<b>第 11 章</b>	<b>流水施工基本原理 .....</b>	<b>462</b>
§ 11.1	概述 .....	462
§ 11.1.1	流水施工的基本概念、流水施工的技术经济效果 .....	462
§ 11.1.2	流水施工的分类及表达方式 .....	464
§ 11.2	流水参数的确定 .....	466
§ 11.2.1	工艺参数 .....	466
§ 11.2.2	空间参数 .....	468
§ 11.2.3	时间参数 .....	470
§ 11.3	固定节拍流水 .....	472
§ 11.3.1	基本概念与特点 .....	472

§ 11.3.2	固定节拍流水的编制方法 .....	473
§ 11.3.3	示例 .....	474
§ 11.4	成倍节拍流水 .....	476
§ 11.4.1	基本概念与特点 .....	476
§ 11.4.2	一般成倍节拍流水 .....	477
§ 11.4.3	加快成倍节拍流水 .....	478
§ 11.5	分别流水 .....	480
§ 11.5.1	基本概念与特点 .....	480
§ 11.5.2	分别流水的编制方法 .....	481
思考题	练习题 .....	483
<b>第 12 章</b>	<b>网络计划技术 .....</b>	<b>485</b>
§ 12.1	网络图的基本概念 .....	485
§ 12.1.1	网络图的概念 .....	485
§ 12.1.2	组织计划工作中的逻辑关系 .....	485
§ 12.1.3	网络图的识读 .....	486
§ 12.2	双代号网络计划 .....	487
§ 12.2.1	网络图的组成及绘制的基本原则 .....	487
§ 12.2.2	网络图的类型 .....	495
§ 12.2.3	网络图的时间参数计算 .....	498
§ 12.2.4	双代号时标网络计划 .....	515
§ 12.3	单代号网络图 .....	518
§ 12.3.1	单代号网络图的绘制 .....	518
§ 12.3.2	单代号网络图时间参数的计算 .....	522
§ 12.4	单代号搭接网络计划 .....	527
§ 12.4.1	基本概念 .....	527
§ 12.4.2	搭接关系的种类及表达方式 .....	528
§ 12.4.3	单代号搭接网络图的绘制 .....	530
§ 12.4.4	单代号搭接网络计划时间参数的计算 .....	533
§ 12.5	网络计划的优化 .....	540
§ 12.5.1	工期优化 .....	540
§ 12.5.2	工期-成本优化 .....	543
§ 12.5.3	资源优化 .....	551
练习题	.....	558
<b>第 13 章</b>	<b>施工组织总设计 .....</b>	<b>561</b>
§ 13.1	施工部署 .....	562
§ 13.2	施工总进度计划 .....	563
§ 13.3	资源需要量计划 .....	567

§ 13.4	全场性暂设工程 .....	569
§ 13.4.1	工地加工厂组织 .....	569
§ 13.4.2	工地仓库组织 .....	573
§ 13.4.3	工地运输组织 .....	576
§ 13.4.4	办公及福利设施组织 .....	577
§ 13.4.5	工地供水组织 .....	578
§ 13.4.6	工地供电组织 .....	583
§ 13.5	施工总平面图设计 .....	586
思考题	.....	590
<b>第 14 章</b>	<b>单位工程施工组织设计 .....</b>	<b>591</b>
§ 14.1	概述 .....	591
§ 14.2	施工方案设计 .....	593
§ 14.3	施工进度计划 .....	603
§ 14.3.1	编制依据、作用和表示方法 .....	603
§ 14.3.2	编制内容和步骤 .....	603
§ 14.4	资源需要量计划 .....	607
§ 14.5	单位工程施工平面图设计 .....	608
思考题	.....	613
练习题	.....	613
参考文献	.....	615

# 第 1 章 土方工程

## § 1.1 土方工程概述

在土木工程施工过程中,首先遇到的就是场地平整和基坑开挖,因此,将一切土的开挖、填筑、运输等统称为土方工程。它包括开挖过程中的基坑降水、排水、坑壁支护等辅助工程。

土方工程根据施工对象、目标和要求不同,可以分为场地平整、基坑(槽)开挖、地坪填土、路基填筑、回填夯实等。场地平整主要通过对整个建筑场地的竖向规划,为后续工程提供有利的施工平面,它包括场地设计标高确定、土方量计算、土方调配以及挖、运、填的机械化施工等;基坑(槽)开挖则主要是根据设计要求开挖出适合基础或地下工程修建的空间形式;路基填筑或夯实则对设计标高和填土密实度两方面都有较严格的控制。

土方工程具有工程量大,劳动繁重,大多为露天作业,施工条件复杂,施工易受地区气候条件影响等特点。而土方工程施工要求标高、断面准确,土体有足够的强度和稳定性,土方量少,工期短,费用省。因此,了解土的种类和工程性质,对拟定合理的施工方案,以防止流砂及塌方等意外事故的发生,保证土方工程顺利施工具有重要的意义。同时,为了减轻劳动强度,提高劳动生产效率,加快施工进度,降低工程成本,在组织施工时,应尽可能采用新技术和机械化施工。

### § 1.1.1 土的工程分类

土的种类繁多,其工程性质直接影响开挖方案、施工方法、劳动量消耗、施工工期和工程费用。因此,正确识别土的种类并掌握有关的物理力学性质对于土方工程施工十分重要。

土的分类方法很多,不同的分类目的和依据会得出不同的类别名称。

① 土根据其颗粒级配或塑性指数,可以分为碎石类土、砂土和粘性土。碎石类土根据颗粒形状和级配又分为漂石土、块石土、卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土;砂土根据颗粒级配又分为砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂;粘性土根据塑性指数  $I_p$  又分为粘土、亚粘土、轻亚粘土。

② 根据土的沉积年代,粘性土分为老粘土、一般粘性土和新近沉积的粘性土。不同的粘性土,其强度和压缩性也不同。

③ 根据土所具有的特殊性质尚可分出特殊性土,如软土、人工填土、黄土、膨胀土、红粘土、盐渍土和冻土。

④ 《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002),将地基土分为岩石、碎石土、砂土、粉土、粘性土和人工填土。其中粘性土根据塑性指数  $I_p$  又分为粘土和粉质粘土。对于天然含水量大于液限,天然孔隙比大于或等于 1.5 的粘性土称为淤泥。当天然孔隙比小于 1.5 但大于或等于 1.0 的土称为淤泥质土。

在土方工程中为了施工需要,根据土开挖的难易程度将其分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石(依次从一类到八类)共八类土,详见表 1-1。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	坚实系数 $f$	密度 ( $t/m^3$ )	开挖工具及方法
一类土 (松软土)	I	砂土、粉土、冲击砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	0.5~0.6	0.6~1.5	用锹、锄头挖掘,少许用脚踏
二类土 (普通土)	II	粉质粘土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂;粉土混卵(碎)石;种植土、填土	0.6~0.8	1.1~1.6	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	III	软及中等密实粘土;重粉质粘土、砾石土;干黄土、含有碎石卵石的黄土、粉质粘土;压实的填土	0.8~1.0	1.75~1.9	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	IV	坚硬密实的粘性土或黄土;含碎石卵石的中等密实的粘性土或黄土;粗卵石;天然级配砂石;软泥灰岩	1.0~1.5	1.9	整个先用镐、撬棍,后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	V~VI	硬质粘土;中密的页岩、泥灰岩、白垩土;胶结不紧的砾岩;软石灰及贝壳石灰石	1.5~4.0	1.1~2.7	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	VII~IX	泥岩、砂岩、砾岩;坚实的页岩、泥灰岩,密实的石灰岩;风化花岗岩、片麻岩及正长岩	4.0~10.0	2.2~2.9	用爆破方法开挖,部分用风镐
七类土 (坚石)	X~XIII	大理石;辉绿岩;玢岩;粗、中粒花岗岩;坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩;微风化安山岩;玄武岩	10.0~18.0	2.5~3.1	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIV~XVI	安山岩;玄武岩;花岗片麻岩;坚实的细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、玢岩、角闪岩	18.0~25.0 以上	2.7~3.3	用爆破方法开挖

注: 1. 土的级别为相当于一般 16 级土石分类级别;

2. 坚实系数  $f$  为相当于普氏岩石强度系数。

## § 1.1.2 土的工程性质

与土方工程密切联系的土的主要工程性质有土的可松性、压缩性、渗透性等。

(1) 土的可松性 土的可松性是指自然状态下的土,经过开挖以后,结构联结遭受破坏,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,仍不能恢复到原来的体积的性质。由于土方工程是以自然状态下的土体积计算的,因此应考虑土的可松性,否则回填会有余土或产生场地标高与设计标高不符的后果。土的可松性程度一般以可松性系数表示。即:

$$\text{最初可松性系数 } K_s = \frac{\text{土经开挖后的松散体积 } V_2}{\text{土在天然状态下的体积 } V_1} \quad (1-1)$$

$$\text{最终可松性系数 } K'_s = \frac{\text{土经回填压实后的体积 } V_3}{\text{土在天然状态的体积 } V_1} \quad (1-2)$$

土的可松性系数是挖填土方时,计算土方机械生产率、回填土方量、运输机具数量、进行场地平面竖向规划设计、土方平衡调配的重要参数。

土的可松性与土质有关,根据土的工程分类,相应的可松性系数可参考表 1-2。

表 1-2 各种土的可松性参考数值

土的种类	体积增加百分比(%)		可松性系数	
	最初	最终	$K_s$	$K'_s$
一类(种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一类(植物性土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类	14~28	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三类	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类(泥灰岩、蛋白石除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类(泥灰岩、蛋白石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五~七类	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

(2) 土的含水量 土的含水量( $w$ )是指土中所含水的质量与固体颗粒质量之比,以百分率表示

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中  $m_w$ ——土中水的质量;

$m_s$ ——土中固体颗粒的质量。

土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的影响而变化,它对土方边坡的稳定性、

填方密实度、土方施工方法的选择等有重要的影响。

(3) 土的渗透性 土的渗透性是指土被水透过的性质。土体孔隙中的自由水在重力作用下会发生流动,当基坑(槽)开挖至地下水位以下,地下水会不断流入基坑(槽),当由水力梯度产生的动水压力超过土粒之间的联结力时,则会产生管涌或流沙。同样,地下水在渗流流动中会受到土颗粒的阻力,其大小与土的渗透性及地下水渗流的路程长短有关。根据达西定律,水在土中的渗流速度( $v$ )与水力梯度( $i$ )之间呈线性比例关系。即:

$$v=ki \quad (1-4)$$

式中, $k$ 为土的渗透系数。

土的渗透系数同土的颗粒大小、级配、密度等有关,土的渗透系数是选择人工降水方法的依据,也是分层填土时,确定相邻两层结合面形式的依据,其参考数值见表 1-3。

表 1-3 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数 $k(m/d)$	土的名称	渗透系数 $k(m/d)$
粘土	< 0.005	中砂	5.0~20.00
亚粘土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
轻亚粘土	0.10~0.50	粗砂	20~50
黄土	0.25~0.50	圆砾石	50~100
粉砂	0.50~1.00	卵石	100~500
细砂	1.00~5.00		

(4) 土的休止角 土的休止角是指天然状态下的土体可以稳定的坡度,一般土的坡度值如表 1-4 所示。

表 1-4 土的休止角

土的名称	干土		湿润土		潮湿土	
	角度 (°)	高度与底宽比	角度 (°)	高度与底宽比	角度 (°)	高度与底宽比
砾石	40	1 : 1.25	40	1 : 1.25	35	1 : 1.50
卵石	35	1 : 1.50	45	1 : 1.00	25	1 : 2.75
粗砂	30	1 : 1.75	35	1 : 1.50	27	1 : 2.00
中砂	28	1 : 2.00	35	1 : 1.50	25	1 : 2.25
细砂	25	1 : 2.25	30	1 : 1.75	20	1 : 2.75
重粘土	45	1 : 1.00	35	1 : 1.50	15	1 : 3.75
粉质粘土、轻粘土	50	1 : 1.75	40	1 : 1.25	30	1 : 1.75
粉土	40	1 : 1.25	30	1 : 1.75	20	1 : 2.75
腐殖土	40	1 : 1.25	35	1 : 1.50	25	1 : 2.25
填方的土	35	1 : 1.50	45	1 : 1.00	27	1 : 2.00

在基坑工程的土方开挖工程中,应该考虑土体的稳定坡角,根据现场施工情况制定合理的开挖方案,在满足施工要求的前提下,减少不必要的支撑,节约资金。

## § 1.2 场地平整

场地平整就是将原始地面改造成满足人们生产、生活所要求的平面,如满足后续建筑场地与已有建筑场地的标高对应关系;满足整个场地的排水系统要求等,并力求使场地内土方挖填平衡且土方量最小。因此,必须针对具体情况进行科学合理设计。

### § 1.2.1 场地竖向规划设计

场地竖向规划的主要内容是确定满足建筑规划和生产工艺方面要求的场地最佳设计标高和排水坡度。

(1) 场地设计标高确定的一般方法 小型场地平整时,若对场地标高无特殊要求时,一般可根据平整前后土方量相等的原则,按下述方法确定场地设计标高。

将场地划分为边长为  $a$  的方格网,用实测法或利用原地形图的等高线进行内插得到各网格角点标高(图 1-1),场地设计标高按下式计算:

$$H_0 \cdot M \cdot a^2 = \sum \left( a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right) \quad (1-5)$$

$$\text{则} \quad H_0 = \sum \left( \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4M} \right) \quad (1-6)$$

式中  $H_0$ ——所计算场地的设计标高(m)

$a$ ——方格边长(m);

$M$ ——方格数;

$H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ ——任一方格的四个角点的标高(m)。

由于相邻方格具有公共的角点标高,在一个方格网中,某些角点系四个相邻方格的公共角点,其标高需加四次,某些角点系三个相邻方格的公共角点,其标高需加三次;而某些角点标高仅需加两次,又如方格网四角的角点标高仅需加一次。因此上式可以改写成下列形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4M} \quad (1-7)$$

式中  $H_1$ ——一个方格仅有的角点标高(m);

$H_2$ ——二个方格共有的角点标高(m);

$H_3$ ——三个方格共有的角点标高(m);

$H_4$ ——四个方格共有的角点标高(m)。