

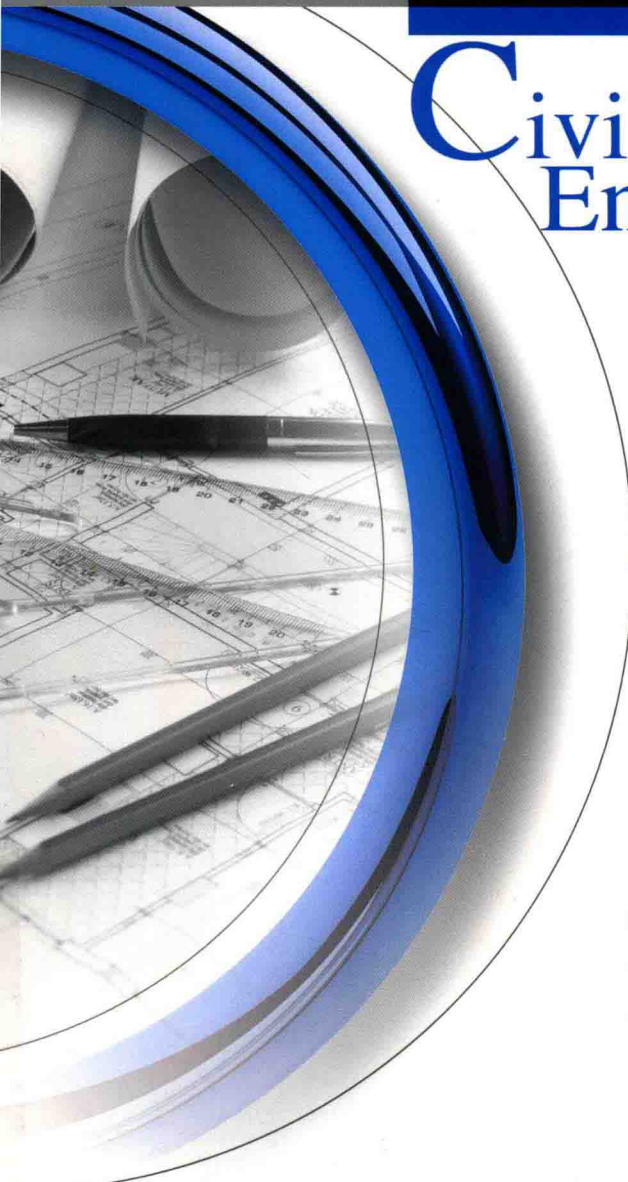


应用型本科土木工程系列规划教材

土木工程施工技术

Civil Engineering

◎ 王正君 主编



- ◆ 与职业资格考试相衔接
- ◆ 与新材料、新技术、新规范同步
- ◆ 提供电子课件和课后习题参考答案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

应用型本科土木工程系列规划教材

土木工程施工技术

主 编 王正君

副主编 卢成江 李玖颖 霍洪元

参 编 孔方昀 刘小伟 杨 阳

主 审 史长莹



机械工业出版社

本书以现行的土木工程专业有关技术规范和规程为依据,对土木工程施工中常用的施工技术和施工组织进行了全面的介绍。在内容上不仅保留了目前仍采用的一些传统的施工技术,而且将近几年发展起来的土木工程施工的新理论、新技术和新工艺充实到本书中。

本书是按照高等学校土木工程学科专业指导委员会制定的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》编写的,能够满足普通高等院校培养应用型人才的需要。全书共 11 章,包括土方工程、桩基础工程、砌筑工程、脚手架工程、混凝土结构工程、结构吊装工程、防水装饰工程、施工组织概论、流水施工原理、网络计划技术、盾构法施工技术。本书对内容进行了精简,并注重和实际结合。

本书可作为高等院校土木工程专业、工程管理专业和工程造价专业等相关专业的教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工技术/王正君主编. —北京:机械工业出版社, 2017. 10
应用型本科土木工程系列规划教材
ISBN 978-7-111-58139-0

I. ①土… II. ①王… III. ①土木工程-工程施工-高等学校-教材
IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 238508 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李宣敏 责任编辑:李宣敏 于伟蓉 责任校对:张 征

封面设计:张 静 责任印制:李 昂

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·387 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-58139-0

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

土木工程施工是土木工程专业教学中的重要专业课程之一,它主要研究土木工程施工技术和管理方面的基本理论、方法、相关施工规律等。本书内容既包括传统的施工方法,同时也吸收了最近几年土木工程施工的新技术、新工艺、新方法。通过本课程的学习,学生应能了解国内外土木工程施工的新技术和发展动态,掌握土木工程施工中常用的施工技术和施工方法,掌握单位工程施工组织设计及施工组织总设计的编制步骤方法,具有解决土木工程施工技术和施工组织设计问题的能力,重视培养实际工程中分析问题和解决问题的能力。

本书主要参照了现行建筑、道路、桥梁工程的施工规范、规程和标准,以及相关的设计规范、技术规范等。本书为应用型本科土木工程系列规划教材,是依据高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》所提出的核心知识,按照最低标准要求编写的。本书可作为高等院校土木工程、工程管理、道路桥梁等专业的教学和参考书,也可作为其他相关专业或从事土木工程施工技术和管理工作人员的参考书。

本书的编写人员具有多年的工程实践经历和工程施工的教学经验,均为从事土木工程施工教学和科研的一线教师,他们将多年的教学经验和专业知识融入本书的编写中。本书第1.3节、第1.4节由王正君老师编写,第1.2节、第1.5节、第8章和第11.1节由卢成江老师编写,第2章、第11.3节和第11.4节由李玖颖老师编写,第1.1节、第5.2节、第5.3节和第6章由霍洪元老师编写,第4章、第5.1节和第9章由孔方昀老师编写,第3章和第7章由刘小伟老师编写,第10章和第11.2节由杨阳老师编写,全书由史长莹教授主审。

本书编写时借鉴、参考了一些国内外著名学者编写的著作,在此表示诚挚的感谢。限于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正,诚挚地希望读者提出宝贵的意见。

编 者

目 录

前 言	
第 1 章 土方工程	1
1.1 概述	1
1.1.1 土方工程施工的内容	1
1.1.2 土方工程施工的特点	1
1.1.3 土的工程分类	1
1.1.4 土的工程性质	2
1.2 土方量计算	4
1.2.1 场地平整土方量计算	4
1.2.2 基坑(槽)、管沟土方量计算	9
1.3 土方开挖	10
1.3.1 土方工程施工前的准备工作	10
1.3.2 基坑(槽)、管沟降水	10
1.3.3 土方边坡与土壁支护	27
1.3.4 土方开挖机械和方法	32
1.3.5 基坑验槽	37
1.4 土方填筑与压实	38
1.4.1 填方土料的选择	38
1.4.2 填土压实方法	38
1.4.3 影响填土压实效果的主要因素	39
1.4.4 填土压实的一般要求	41
1.4.5 填土压实的质量要求	42
1.5 地基处理	42
1.5.1 换土垫层法	44
1.5.2 夯实地基法	44
1.5.3 挤密桩施工法	47
1.5.4 深层搅拌法	49
第 2 章 桩基础工程	50
2.1 预制桩施工	50
2.1.1 预制桩的制作	50
2.1.2 预制桩的起吊、运输和堆放	51
2.2 锤击沉桩的施工方法	51
2.2.1 打桩机械	51
2.2.2 锤击沉桩施工	53
2.3 静力压桩	55
2.4 灌注桩施工	56
2.4.1 钻孔灌注桩	56
2.4.2 挖孔灌注桩	60
2.4.3 套管成孔灌注桩	61
第 3 章 砌筑工程	63
3.1 砌体材料	63
3.1.1 块材	63
3.1.2 砂浆	63
3.2 砌砖施工	64
3.2.1 砖墙的砌筑工艺	64
3.2.2 砌筑质量要求	66
3.3 砌块施工	68
3.3.1 砌块的施工机械	68
3.3.2 砌块排列图	68
3.3.3 砌块施工工艺与质量要求	69
3.4 砌石施工	70
3.4.1 毛石砌体	70
3.4.2 料石砌体	70
3.5 砌体的冬期施工	71
第 4 章 脚手架工程	73
4.1 扣件式钢管脚手架	73
4.1.1 构配件	73
4.1.2 扣件式脚手架的设计	75
4.1.3 搭设要求	76
4.2 碗扣式钢管脚手架	77
4.2.1 基本构造	77
4.2.2 搭设要求	78
4.3 门式钢管脚手架	79
4.3.1 基本构造	79
4.3.2 搭设要求	80
4.4 升降式脚手架	81
4.4.1 自升降式脚手架	81
4.4.2 互升降式脚手架	82
4.4.3 整体升降式脚手架	83
4.5 里脚手架	85
第 5 章 混凝土结构工程	86
5.1 模板工程	86
5.1.1 模板系统的组成和要求	86
5.1.2 模板分类	87
5.1.3 模板结构设计	91
5.1.4 模板结构的挠度要求	93
5.1.5 模板的拆除	94
5.2 钢筋工程	94

5.2.1 钢筋的种类与验收	94	7.5.1 基层处理	143
5.2.2 钢筋的加工	95	7.5.2 水溶型涂料涂饰施工	143
5.2.3 钢筋的连接	96	7.5.3 溶剂型涂料涂饰施工	144
5.2.4 钢筋的配料与代换	102	7.5.4 美术涂饰	145
5.3 混凝土工程	103	第8章 施工组织概论	146
5.3.1 混凝土配合比的确定	103	8.1 概述	146
5.3.2 混凝土的拌制	103	8.1.1 建筑产品及生产特点	146
5.3.3 混凝土的运输	105	8.1.2 工程项目施工程序	147
5.3.4 混凝土的浇筑	106	8.1.3 工程项目施工组织原则	148
5.3.5 混凝土的养护	107	8.2 施工准备工作	149
5.3.6 混凝土的冬期施工	107	8.2.1 施工准备工作的分类	149
第6章 结构吊装工程	108	8.2.2 施工准备工作的内容	150
6.1 起重机具	108	8.3 施工组织设计	155
6.1.1 卷扬机	108	8.3.1 编制施工组织设计的重要性	155
6.1.2 钢丝绳	109	8.3.2 施工组织设计的分类和作用	156
6.1.3 锚碇	109	8.3.3 施工组织设计的编制原则和 依据	157
6.1.4 其他机具	111	8.3.4 施工组织设计的内容	158
6.2 起重机械	113	8.4 工程项目资料的内容与存档	158
6.2.1 桅杆式起重机	113	8.4.1 工程项目资料的内容	158
6.2.2 履带式起重机	114	8.4.2 工程项目资料的存档	160
6.2.3 汽车起重机	115	第9章 流水施工原理	162
6.2.4 塔式起重机	116	9.1 流水施工概述	162
6.3 构件吊装工艺	120	9.1.1 施工组织方式	162
6.3.1 预制构件的制作、运输和堆放	120	9.1.2 流水施工的技术经济效益	163
6.3.2 构件的绑扎	122	9.1.3 流水施工的分级及表达方式	164
6.3.3 构件的吊升	123	9.2 流水施工参数	165
6.3.4 构件的就位和临时固定	123	9.2.1 工艺参数	165
6.3.5 构件的校正和最后固定	124	9.2.2 空间参数	166
第7章 防水装饰工程	127	9.2.3 时间参数	167
7.1 地下防水工程	127	9.3 流水施工的组织	169
7.1.1 防水混凝土	127	9.3.1 等节拍专业流水	169
7.1.2 表面防水层防水	129	9.3.2 异节拍专业流水	172
7.1.3 涂料防水层	130	9.3.3 无节奏专业流水	174
7.1.4 止水带防水	131	9.4 流水施工组织实例	177
7.2 屋面防水工程	132	9.4.1 多层居住房屋流水施工	177
7.2.1 普通卷材屋面防水	132	9.4.2 单层工业厂房流水施工	178
7.2.2 高分子卷材防水	134	第10章 网络计划技术	179
7.2.3 涂膜防水屋面施工	135	10.1 网络计划技术概述	179
7.3 抹灰工程	139	10.1.1 基本概念	179
7.3.1 一般抹灰	139	10.1.2 发展历史	179
7.3.2 装饰抹灰	140	10.1.3 主要特点	180
7.4 饰面板(砖)工程	141	10.2 双代号网络计划	181
7.4.1 材料及施工基本要求	141	10.2.1 网络图的构成	181
7.4.2 饰面板(砖)工程施工	142	10.2.2 绘图规则	183
7.5 涂饰工程	143		

10.2.3	绘图方法与要求	185	11.1	盾构法隧道的发展历史	208
10.2.4	时间参数计算	188	11.2	盾构法隧道的基本原理及特点	209
10.3	单代号网络计划	196	11.2.1	盾构的组成部分	209
10.3.1	基本形式及特点	196	11.2.2	土压平衡盾构	210
10.3.2	绘图规则与实例	197	11.2.3	泥水平衡盾构	211
10.3.3	时间参数计算	198	11.3	盾构机的分类及选型	212
10.4	单代号搭接网络计划	201	11.3.1	盾构机的分类	212
10.4.1	基本概念	201	11.3.2	我国典型地区盾构选型	213
10.4.2	表达方式	202	11.4	盾构施工关键技术	215
10.4.3	时间参数计算	203	11.4.1	盾构的始发	215
10.5	双代号时标网络计划	203	11.4.2	始发常见的问题处理	219
10.5.1	表示方法	204	11.4.3	盾构施工的接收	220
10.5.2	绘制步骤	205	11.4.4	砂性地层中盾构推进的影响	223
10.5.3	参数确定	207	11.4.5	盾构施工管片拼装	225
第 11 章	盾构法施工技术	208	参考文献		230

第1章 土方工程

1.1 概述

1.1.1 土方工程施工的内容

土方工程主要分为两类：其一是场地平整，完成“四通一平”中的“一平”，施工中主要是土方的挖、填工作；其二是基坑、基槽及管沟、隧道和路基的开挖与填筑，施工中主要解决开挖前的降水、土方边坡的稳定、土方开挖方式的确定、土方开挖机械的选择和组织以及土壤的填筑与压实等问题。

1.1.2 土方工程施工的特点

土方工程施工主要有以下特点：施工面积和工程量大，劳动繁重；大多为露天作业，施工条件复杂，施工中易受地区气候条件影响；土体本身是一种天然物质，种类繁多，施工时受工程地质条件和水文地质条件的影响也很大。因此，为了减轻劳动强度，提高劳动生产效率，确保土方在施工阶段的安全，加快工程进度和降低工程成本，在组织施工时，应根据工程特点和周边环境，制定合理施工方案，尽可能采用新技术和机械化施工，为其后续工作尽快提供工作面。

1.1.3 土的工程分类

在土木工程施工和工程预算定额中，根据土的开挖难易程度，将土分为表 1-1 中的八类。前四类为一般土，后四类为岩石。正确区分和鉴别土的种类，可以合理地选择施工方法和准确地套用定额计算土方工程费用。

表 1-1 土的工程分类与开挖方法和工具

土的分类	土的级别	土的名称	土的可松性系数		开挖方法及工具
			K_p	K'_p	
一类土 (松软土)	I	砂土,粉土,冲积砂土层,疏松的种植土,淤泥(泥炭)	1.08~1.17	1.01~1.03	用锹、锄头挖掘,少许用脚蹬
二类土 (普通土)	II	粉质黏土,潮湿的黄土,夹有碎石卵石的砂,粉土混卵(碎)石,种植土,填土	1.20~1.30	1.03~1.04	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	III	软及中等密实黏土,重粉质黏土,砾石土,干黄土,含有碎石卵石的黄土,粉质黏土,压实的填土	1.14~1.28	1.02~1.05	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	坚硬密实的黏性土或黄土,含碎石、卵石的中等密实的黏性土或黄土,粗卵石,天然级配砂石,软泥灰岩	1.26~1.32 (泥灰岩、蛋白石除外)	1.06~1.09 (泥灰岩、蛋白石除外)	整个先用镐、撬棍,后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
			1.33~1.37 (泥灰岩、蛋白石)	1.11~1.15 (泥灰岩、蛋白石)	

(续)

土的分类	土的级别	土的名称	土的可松性系数		开挖方法及工具
			K_p	K'_p	
五类土 (软石)	V ~ VI	硬质黏土,中密的页岩、泥灰岩,白垩土,胶结不紧的砾岩,软石灰岩及贝壳石灰岩	1.30~1.145	1.10~1.20	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			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、砾石、片麻岩、石灰岩,微风化安山岩、玄武岩			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	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法开挖

1.1.4 土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工方法、机械设备的选择、基坑（槽）降水、劳动力消耗以及工程费用等有直接的影响。其工程性质主要是指含水量、可松性、渗透性和边坡。

1. 土的含水量

土的含水量是指土中水的质量与固体颗粒质量之比，以百分率表示，即

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$$

(1-1)

式中 m_1 ——含水状态时土的质量（kg）；
 m_2 ——烘干后土的质量（kg）；
 m_w ——土中水的质量（kg）；
 m_s ——固体颗粒的质量（kg）。

土的含水量随气候条件、季节和地下水的影响而变化，它对降低地下水、土方边坡的稳定性及填方密实程度有直接的影响。

2. 土的可松性

自然状态下的原状土经开挖后内部组织被破坏，其体积因松散而增加，以后虽经回填压实，仍不能恢复其原来的体积，土的这种性质称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示，即

$$K_p = \frac{V_2}{V_1}$$

(1-2)

$$K'_p = \frac{V_3}{V_1}$$

(1-3)

式中 K_p ——土的最初可松性系数；
 K'_p ——土的最终可松性系数；
 V_1 ——土在自然状态下的体积（m³）；
 V_2 ——土挖出后在松散状态下的体积（m³）；
 V_3 ——土经回填压实后的体积（m³）。

V_3 是指土方分层填筑时在土体自重、运土工具重量及压实机具作用下压实后的体积，此时，土壤变得密实，但一般情况下其密实程度不如原状土，即 $V_3 > V_1$ 。

土的最初可松性系数 K_p 是计算车辆装运土方体积及选择挖土机械的主要参数；土的最终可松性系数 K'_p 是计算填方所需土方量的主要参数。 K_p 、 K'_p 的大小与土质有关，根据土的工程分类，相应的可松性系数参见表 1-1。

3. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质。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时，地下水会不断地流入基坑（槽）。地下水在渗流过程中受到土颗粒的阻力，其大小与土的渗透性及地下水渗流的路程长短有关。法国学者达西根据图 1-1 所示的砂土渗透试验，发现水在土中的渗流速度（ v ）与水力坡度（ i ）成正比，即

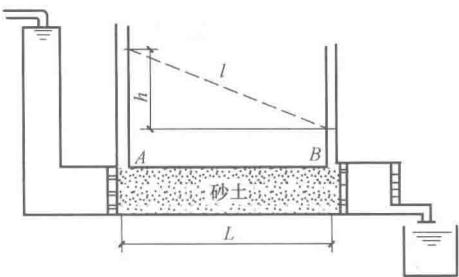


图 1-1 砂土渗透试验

$$v = ki \tag{1-4}$$

水力坡度 i 是 A 、 B 两点的水位差 h 与渗流路程 L 之比，即 $i = h/L$ 。显然，渗流速度 v 与 h 成正比，与渗流的路程长度 L 成反比。渗流速度与水力坡度之间的比例系数 k 称为土的渗透系数（单位为 m/d 或 cm/d ）。

土的渗透系数与土的颗粒级配、密实程度等有关，一般由试验确定，表 1-2 的数值可供参考。

表 1-2 土的渗透系数

土的种类	渗透系数/(m/d)	土的种类	渗透系数/(m/d)
黏土	<0.01	含黏土的中砂及纯细砂	5~20
粉质黏土	0.01~0.1	含黏土的粗砂及纯中砂	10~30
含粉质黏土的粉砂	0.1~0.5	纯粗砂	20~50
纯粉砂	0.5~1.0	粗砂夹砾石	50~100
含黏土的细砂	1.0~5.0	砾石	50~150

土的渗透系数是选择人工降低地下水位方法的依据，也是分层填土时确定相邻两层结合面形式的依据。

4. 土方边坡

土方边坡是指土体自由倾斜能力的大小，一般用边坡坡度和边坡系数表示。

边坡坡度是指边坡深度 h 与边坡宽度 b 之比（图 1-2）。工程中通常以 $1:m$ 表示边坡的大小， m 称为边坡系数，即

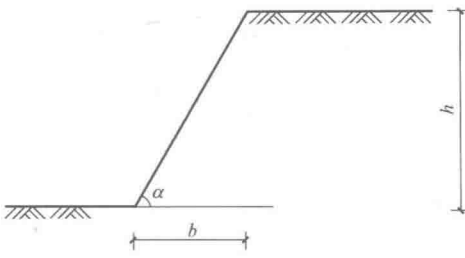


图 1-2 边坡坡度示意图

$$\text{边坡坡度} = \tan\alpha = \frac{h}{b} = \frac{1}{\frac{b}{h}} = 1:m \tag{1-5}$$

1.2 土方量计算

土方量是土方工程施工组织设计的主要数据之一，是采用人工挖掘时组织劳动力或采用机械施工时计算机械台班和工期的依据。土方量的计算要尽量准确。

1.2.1 场地平整土方量计算

场地平整是将现场平整成施工所要求的设计平面。场地平整前，应根据建设工程的性质、规模、施工期限和施工水平及基坑（槽）开挖的要求等，确定场地平整与基坑（槽）开挖的施工顺序，确定场地的设计标高并计算挖填土方量。但建筑物范围内厚度在 $\pm 0.3\text{m}$ 以内的人工平整场地不涉及土方量的计算问题。

场地平整与基坑（槽）开挖的施工顺序通常有三种情况：

（1）先平整整个场地，后开挖建筑物或构筑物基坑（槽） 这样可使大型土方机械有较大的工作面，能充分发挥其效能，也可减少与其他工作（如排水、移树等）的互相干扰，但工期较长。此种顺序适用于场地挖填土方量较大的工程。

（2）先开挖建筑物或构筑物的基坑（槽），后平整场地 这是指建筑物或构筑物的基础施工完毕后再进行场地平整，这样可减少许多土方的重复开挖，加快施工速度。此方法适用于地形较平坦的场地。

（3）边平整场地 边开挖基坑（槽） 当工期紧迫或场地地形复杂时，可按照现场施工的具体条件和施工组织的要求划分施工区。施工时，可先平整某一区场地，随即开挖该区的基坑（槽）；或先开挖某一区的基坑（槽），并在完成基础后再进行该区的场地平整。

无论哪种施工顺序，场地平整设计标高的确定及挖填土方量的计算方法相同，其步骤和方法如下。

1.2.1.1 场地设计标高的确定

场地设计标高一般由设计单位确定，它是进行场地平整和土方量计算的依据。合理地确定场地设计标高，对减少土方量、加快建设速度都具有十分重要的意义。

1. 确定设计标高时需考虑的因素

- 1) 满足生产工艺和运输的要求。
- 2) 尽量利用地形，以减少挖填土方量。
- 3) 场地内的挖方、填方尽量平衡，且土方量尽量小（面积大、地形又复杂时除外），以便降低土方施工费用。

4) 场内要有一定的泄水坡度（ $i \geq 0.2\%$ ），能满足排水的要求。

5) 考虑最高洪水水位的要求。

6) 满足市政道路与规划的要求。

2. 场地设计标高确定步骤和方法

（1）初步确定场地设计标高 H_0

初步确定场地设计标高要根据场地挖填土方量平衡的原则进行，即场内土方的绝对体积在平整前后是相等的。

1) 在具有等高线的地形图上将施工区域划分为边长 $a = 10 \sim 40\text{m}$ 的若干个（ N ）方格（图1-3）。

2) 确定各小方格的角点高程。可根据地形图上相邻两等高线的高程，用插入法计算求角

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

点高程；也可用一张透明纸，上面画6根等距离的平行线，把该透明纸放到标有方格网的地形图上（图1-4），将6根平行线的最外两根分别对准A、B两点，这时6根等距离的平行线将A、B之间的高差分成5等份，于是便可直接读得C点的地面标高。此外，在无地形图的情况下，也可以在地面用木桩或钢钎打好方格网，然后用仪器直接测出方格网各角点标高。

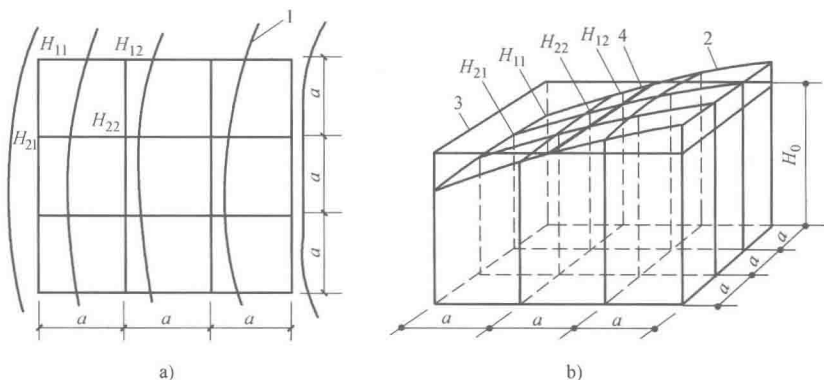


图 1-3 场地设计标高计算简图

a) 地形图上划分方格 b) 设计标高示意图

1—等高线 2—自然地面 3—设计标高平面 4—零线

3) 按填挖方平衡原则确定设计标高 H_0 ，

即由

$$H_0 N a^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

$$\text{得 } H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-6)$$

从图1-3a可知， H_{11} 是一个方格的角点标高， H_{12} 和 H_{21} 均是两个方格公共的角点标高， H_{22} 则是四个方格公共的角点标高，它们分别在式(1-6)

中要加一次、二次、四次。因此，式(1-6)可改写成下列形式：

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

式中 H_1 ——一个方格仅有的角点标高 (m)；

H_2 ——两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)。

(2) 场地设计标高 H_0 的调整 按式(1-7)计算所得的设计标高 H_0 是一个理论值，实际上还需要根据以下因素进行调整。

1) 由于土的可松性，会使填土有剩余，为此需相应提高设计标高，以达到土方量的实际平衡。

2) 考虑场地泄水坡度对角点设计标高的影响。

3) 由于设计标高以上的各种填方工程（如场区上填筑路堤）而导致设计标高的降低，或者由于设计标高以下的各种挖方工程（如挖河道、水池、基坑等）而导致设计标高的提高。

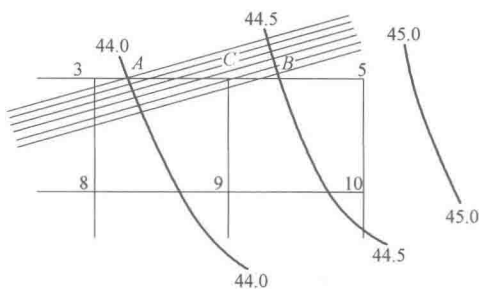


图 1-4 内插法的图解示意图

4) 根据经济比较的结果, 将部分挖方就近弃于场外, 或部分填方就近取于场外而引起挖、填土方量的变化后, 需增减设计标高。

上述四个方面的因素对 H_0 的影响同时出现的机会较小, 可根据现场情况适当考虑。

1.2.1.2 场地平整土方量的计算

场地平整土方量的计算有方格网法和横截面法两种。横截面法是将要计算的场地划分成若干横截面后, 用横截面法计算公式逐段计算, 最后将逐段计算结果汇总。横截面法计算精度较低, 可用于地形起伏变化较大的地区。对于地形较平坦地区, 一般采用方格网法, 其计算步骤如下。

1. 计算场地各方格角点的施工高度

各方格角点的施工高度按下式计算

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-8)$$

式中 h_n ——角点施工高度, 即挖填高度 (m), 以“+”为填, “-”为挖;

H_n ——角点的设计标高 (m), 若无泄水坡度时, 即为场地的设计标高, 若设有泄水坡度, 则 $H_n = H_0 \pm i_x l_x \pm i_y l_y$, 其中, i_x 、 i_y 分别为 x 、 y 方向的泄水坡度, l_x 、 l_y 分别为以坐标原点为方格网中心时 x 、 y 方向的坐标;

H'_n ——角点的自然地面标高 (m)。

2. 确定零线

零线是方格网中的挖填分界线。确定零线位置的方法是: 先求出一端为挖方、另一端为填方的方格边线上的零点, 即将相邻的零点相连, 得到一条折线, 这条折线就是要确定的零线。

确定零点的方法如图 1-5 所示。设 h_1 为填方角点的填方高度, h_2 为挖方角点的挖方高度, O 为零点, 则可求得零点位置为

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad (1-9)$$

3. 计算各方格挖填土方量

零线求出后, 场地的挖填区随之标出, 便可按“四方棱柱体法”或“三角棱柱体法”计算出各方格的挖填土方量。

(1) 用四方棱柱体法计算挖填土方量 方格网中的零线将方格划分为下述三种类型。

1) 方格四个角点全部为挖 (或填), 如图 1-6 所示的无零线通过的方格, 其土方量为

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-10)$$

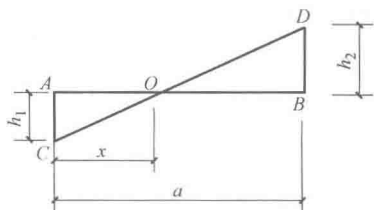


图 1-5 确定零点的计算简图

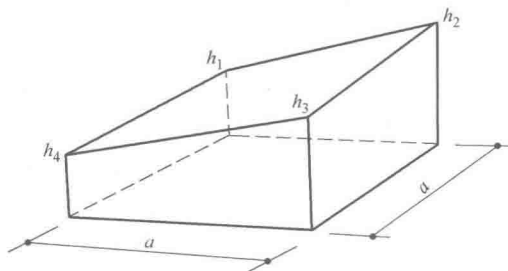


图 1-6 全挖 (或全填) 的方格

2) 方格的相邻两角点为挖方, 另两角点为填方, 如图 1-7 所示, 其挖方部分土方量为

$$V_{1,2} = \left(\frac{h_1^2}{h_1+h_4} + \frac{h_2^2}{h_2+h_3} \right) \frac{a^2}{4} \quad (1-11)$$

填方部分土方量为

$$V_{3,4} = \left(\frac{h_3^2}{h_2+h_3} + \frac{h_4^2}{h_1+h_4} \right) \frac{a^2}{4} \quad (1-12)$$

3) 方格的三个角点为挖方, 另一角点为填方 (或相反), 如图 1-8 所示, 其填方部分土方量为

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \cdot \frac{h_4^3}{(h_1+h_4)(h_3+h_4)} \quad (1-13)$$

挖方部分土方量为

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1+h_2+2h_3-h_4) + V_4 \quad (1-14)$$

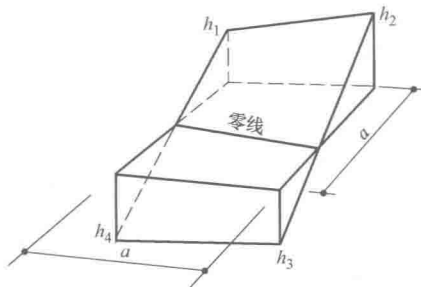


图 1-7 两挖两填的方格

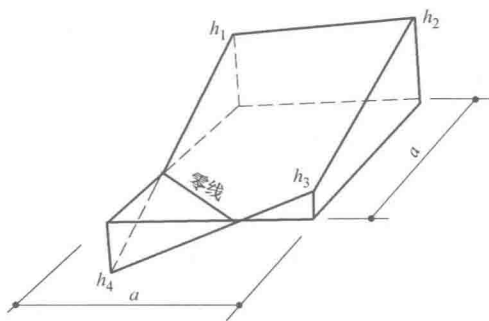


图 1-8 三挖一填 (或三填一挖) 的方格

(2) 用三角棱柱体法计算挖填土方量 三角棱柱体法是将每一方格顺地形的等高线沿对角线方向划分为两个三角形, 然后分别计算每一个三角棱柱 (锥) 体的土方量。

1) 三角形为全挖或全填时, 如图 1-9a 所示, 其土方量为

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1+h_2+h_3) \quad (1-15)$$

2) 三角形有挖有填时, 如图 1-9b 所示, 则其零线将三角形分为两部分, 一个是底面为三角形的锥体, 一个是底面为四边形的楔体, 其土方量分别为

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \cdot \frac{h_3^3}{(h_1+h_3)(h_2+h_3)} \quad (1-16)$$

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[\frac{h_3^3}{(h_1+h_3)(h_2+h_3)} - h_3+h_2+h_1 \right] \quad (1-17)$$

计算土方量的方法不同, 其结果精度亦不相同。当地形平坦时, 常采用四方棱柱体法, 并将方格划分得大些。当地形起伏变化较大时, 若用四方棱柱法, 则应将方格划分得小些; 或采用三角棱柱体法, 该法计算结果更准确。

4. 计算边坡土方量

场地的挖方区和填方区的边沿都需要做成边坡, 以保证挖方、填方坑土壁稳定和施工安全。

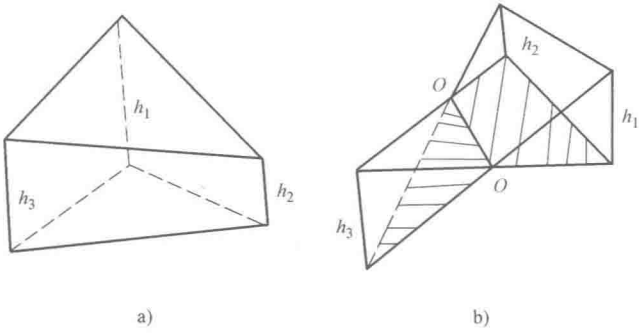


图 1-9 三角棱柱体法

a) 全挖或全填 b) 有挖有填

边坡土方量计算不仅用于平整场地，而且可用于修筑路堤、路堑的边坡挖、填土方量计算，其计算方法常采用图解法。

图解法是根据地形图和边坡竖向布置图或现场测绘，将要计算的边坡划分成两种近似的几何形体来进行土方量计算。其中，一种为三角棱锥体，如图 1-10 中①~③、⑤~⑩，另一种为三角棱柱体，如图 1-10 中④。

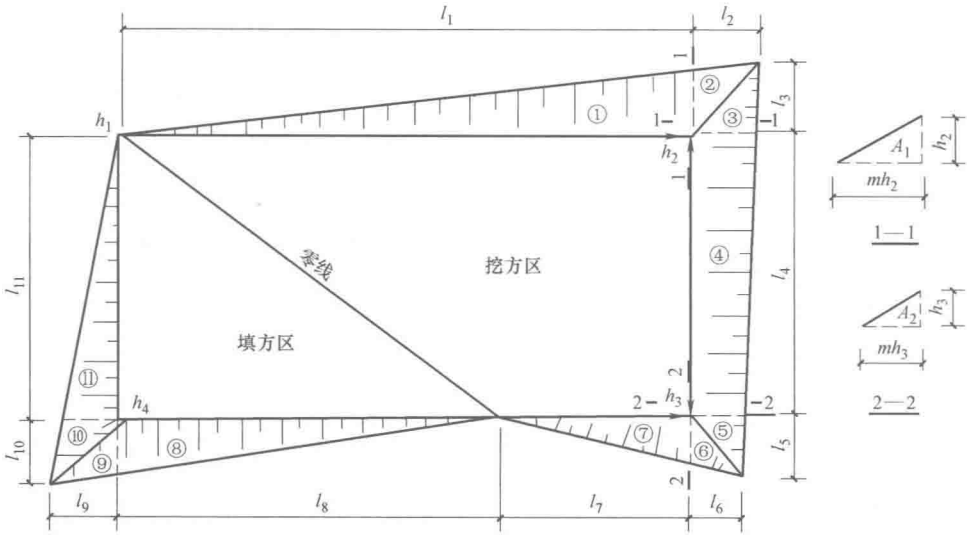


图 1-10 场地边坡平面

(1) 三角棱锥体边坡体积 以图 1-10 中①为例，其边坡体积为

$$V = \frac{1}{3} A_1 l_1 \tag{1-18}$$

式中 l_1 ——边坡①的长度 (m)；

A_1 ——边坡①的端面面积 (m^2)，即

$$A_1 = \frac{h_2(mh_2)}{2} = \frac{m}{2} h_2^2$$

h_2 ——角点的挖土高度 (m)；

m ——边坡的坡度系数。

(2) 三角棱柱体 从图 1-10 中的④为例, 其边坡体积为

1) 当两端横断面面积相差不大时

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} l_1 \quad (1-19)$$

2) 当两端横断面面积相差很大时

$$V = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-20)$$

式中 l_4 ——边坡④的长度 (m);

A_1 、 A_2 、 A_0 ——分别为边坡④两端及中部横截面面积 (m^2)。

1.2.2 基坑(槽)、管沟土方量计算

1.2.2.1 基坑土方量的计算

基坑土方量的计算可近似按立体几何中的拟柱体(由两个平行的平面作底面的一种多面体)体积的公式计算(图 1-11), 即

$$V = \frac{H}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-21)$$

式中 H ——基坑挖深 (m);

A_1 、 A_2 ——基坑上、下平面的面积 (m^2);

A_0 ——基坑中部横截面的面积 (m^2)。

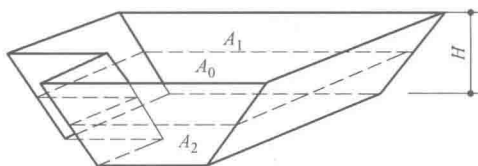


图 1-11 基坑土方量计算简图

1.2.2.2 基槽、管沟土方量的计算

基槽和管沟比基坑的长度大, 但宽度小。为了保证计算的精度, 可沿长度方向分段计算土方量(图 1-12), 即

$$V_i = \frac{l_i}{6} (A_{i1} + 4A_{i0} + A_{i2}) \quad (1-22)$$

式中 l_i ——第 i 段的长度 (m);

A_{i1} 、 A_{i2} ——第 i 段两端部的截面面积 (m^2);

A_{i0} ——基槽中部截面的面积 (m^2)。

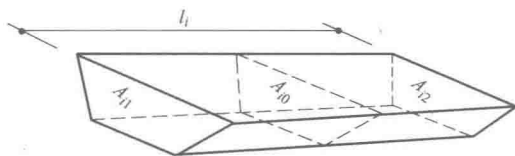


图 1-12 基槽土方量计算简图

若沟槽两端部也放坡, 则第一段和最后一段按三面放坡计算。

将各段土方量相加，即得总土方量为

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad (1-23)$$

基坑（槽）或管沟开挖的底口尺寸，除了考虑垫层尺寸外，还应考虑施工工作面 and 排水沟的宽度。施工工作面宽度视基础形式而定，一般不大于 0.8m；排水沟宽度视地下水的涌水量而定，一般不大于 0.5m。

1.3 土方开挖

1.3.1 土方工程施工前的准备工作

在土方工程施工前，应做好以下各项准备工作。

1) 场地清理。包括拆除施工区域内的房屋、地下障碍物；拆除或搬迁通信和电力设备、上下水管道和其他构筑物；迁移树木；清除树墩及含有大量有机物的草皮、耕植土和河道淤泥等。

2) 地面水排除。场地内积水会影响施工，故地面水和雨水均应及时排走，使得场地内保持干燥。地面水的排除一般采用排水沟、截水沟、挡水土坎等。临时性排水设施应尽可能地与永久性排水设施相结合。

3) 修好临时设施及供水、供电、供气（当开挖石方时用到压缩空气）管线，并试水、试电、试气。搭设必需的临时建筑，如工具棚、材料库、油库、维修棚、办公和生活临时用房等。

4) 修建运输道路。修筑场地内机械运行的道路（宜结合永久性道路修建）。路面宜为双车道，宽度不小于 6m，路侧应设排水沟。

5) 安排好设备运转。对需进场的土方机械、运输车辆及各种辅助设备进行维修检查、试运转，并运往现场。

6) 编制土方工程施工组织设计方案。主要是确定基坑（槽）的降水方案，确定挖、填土方工程量和基坑边坡处理顺序及方法，选择及组织土方开挖机械，选择填方土料及回填方法。

1.3.2 基坑（槽）、管沟降水

在地下水位较高的地区开挖基坑或沟槽时，土的含水层被切断，地下水会不断地渗入基坑。雨期施工时，雨水也会落入基坑。为了保证施工的正常进行，防止出现流砂、边坡失稳和地基承载能力下降等现象，必须在基坑或沟槽开挖前或开挖时，做好降水、排水工作。基坑或沟槽的降水方法可分为明排水法和人工降低地下水位法。

1.3.2.1 流砂及其防治

1. 地下水简介

地下水即为地面以下的水，主要由雨水、地面水渗入地层或水蒸气在地层中凝结而成，如图 1-13 所示。

土（岩石）空隙充满水的地带称为饱和带，饱和带的地下水称为饱和带水。在饱和带以上，未被水充满的地带称为包气带或未饱和带，包气带中的地下水称为包气带水。有时在包气带内夹有局部隔水层，可形成局部饱和带水，称为上层滞水。

根据含水层空隙性质的不同，可将地下水划分为孔隙水、裂隙水和岩溶水三类，根据地下