



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

建筑施工技术

主编 吴志斌



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

建筑施工技术

主 编 吴志斌

副主编 杨平海 韩国平

周雅民 潘 辉

参 编 邹阳阳 涂 敏

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书是应用型土木类系列规划教材中的一本。本书采用的是目前我国最新的施工规范和行业标准,介绍建筑施工的新技术、新工艺、新方法,其内容的深度和难度符合本科教育的特点,高标准、高要求,坚持“贴近学生、贴近社会、贴近岗位”的基本原则,保证了教材的科学性、思想性、实用性、可读性和创新性,重视基本概念和理论的阐述,可培养学生在实际工程中分析问题和解决问题的能力。

全书共八章,主要内容包括:土方工程、地基与基础工程、砌体工程、钢筋混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程。

本书可作为普通高等学校土木工程及相关专业的本科教材,同时也可作为从事建筑业、房地产业等工程建设和管理相关人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/吴志斌主编. —北京:北京理工大学出版社,2011.6

ISBN 978-7-5640-4705-4

I. ①建… II. ①吴… III. ①建筑工程-工程施工-高等学校-教材
IV. ①TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 117399 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州京华印刷制版厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 394 千字

版 次 / 2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 张慧峰

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书编委会联系。邮箱:bitdayi@sina.com

图书出现印装质量问题,请与本社市场部联系,电话:(010)68944990

前言

建筑施工技术是以土木建筑工程为主要方向展开的一门主干技术课程。它的任务是研究土木工程各工种工程的施工工艺和施工方法。

建筑施工技术实践性、综合性强,新技术、新材料发展更新快,必须结合工程施工中的实际情况,综合解决工程施工中的技术问题。本教材的编写坚持“贴近学生、贴近社会、贴近岗位”的基本原则,保证了教材的科学性、思想性、实用性、可读性和创新性,既体现了社会对土木专业人才能力的要求,也体现了开放发展的观念。全书力求综合运用有关学科的基本理论知识,解决工程实际问题;同时理论联系实际,以应用为主。

本书的编写人员均为多年从事教育且具有实际施工经验的中高级技术人员,因此在内容上更贴近实际,更具实用性。具体编写分工如下:吴志斌、邹阳阳负责编写第一、二章;杨平海、潘辉负责编写第三、四章;涂敏负责编写第五章;韩国平负责编写第六章;周雅民负责编写第七、八章。

本书可作为普通高等学校土木工程专业各专业方向及相关专业的本科教材,也可作为土木工程施工、管理和建设监理工程技术人员参考书。

本书在编写过程中引用了大量的国家规范、专业资料,在本书中未一一注明出处,在此对相关作者深表谢意,并对所有支持和帮助本书编写的人员表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者在使用过程中予以指正。

编 者

目 录

第一章 土方工程	(1)
第一节 土方工程概述	(1)
第二节 土方工程量的计算与调配	(4)
第三节 土方边坡与土壁支护	(13)
第四节 基坑施工排水与降水	(20)
第五节 土方填筑与压实	(29)
第六节 土方工程的机械化施工	(33)
第七节 深基坑工程土方开挖	(39)
第二章 地基与基础工程	(45)
第一节 地基处理	(45)
第二节 桩基工程施工	(57)
第三节 桩的检测	(75)
第三章 砌体工程	(79)
第一节 脚手架和垂直运输机械	(79)
第二节 砌筑施工	(90)
第四章 钢筋混凝土结构工程	(106)
第一节 模板工程	(107)
第二节 钢筋工程	(120)
第三节 混凝土工程	(136)
第五章 预应力混凝土工程	(157)
第一节 先张法施工	(157)
第二节 后张法施工	(162)
第三节 无粘结预应力混凝土施工	(177)
第六章 结构安装工程	(180)
第一节 起重设备	(180)
第二节 钢筋混凝土单层工业厂房结构安装	(188)
第七章 防水工程	(204)
第一节 防水工程的基本知识	(204)

第二节	屋面防水工程	(209)
第三节	地下防水工程	(218)
第四节	楼面防水层铺设	(228)
第八章	装饰工程	(233)
第一节	抹灰工程	(233)
第二节	门窗工程	(239)
第三节	吊顶、隔墙工程	(242)
第四节	饰面工程	(247)
第五节	建筑地面工程	(253)
第六节	幕墙工程	(256)
第七节	涂饰、裱糊工程	(260)
参考文献		(265)

第一章 土方工程

学习内容

本章主要研究建筑场地和基坑(槽)施工的基本理论知识和施工技术,包括土的基本性质,土方的开挖、运输和压实。与基坑(槽)施工密切相关的施工排水,基坑边坡稳定措施也是土方工程中的重要施工项目。

学习任务

通过本章的学习,了解施工中土的相关性质,了解影响土方边坡稳定的因素,了解基坑排水方法及要求;掌握土方工程量计算方法;熟悉用线性规划进行土方调配的方法。

土木工程中,常见的土方工程有:场地平整、基坑(槽)与管沟开挖、路基开挖、人防工程开挖、地坪填土、路基填筑以及基坑回填。要合理安排施工计划,尽量不要安排在雨季。另外,为了降低土方工程施工费用,贯彻不占或少占农田和可耕地并有利于改地造田的原则,要作出土方的合理调配方案,统筹安排。

第一节 土方工程概述

一、土方工程施工项目与施工特点

1. 土方工程施工项目

土方工程施工项目主要包括土方的开挖、运输、填筑和压实等主要工作以及排水、降水和土壁支承等准备和辅助工程。在土木工程中,常见的土方工程有场地平整、基坑(槽)开挖、地坪填土、路基填筑、基坑回填等。

2. 土方工程施工特点

土方工程施工具有施工面广、工程量大、劳动繁重、施工条件复杂等特点。大型建设项目的场地平整,土方施工面积可达数平方公里;大型深基坑开挖中,土方工程量可达几万甚至几百万立方米以上;土方工程多为露天作业,在施工中直接受到地区交通、气候、水文、地质及邻近建(构)筑物等条件影响,且土成分复杂,难以确定的因素较多,有时施工条件极为复杂。因此,在组织土方工程施工前,应根据现场条件,制定出技术可行、经济合理的施工方案。

二、土的工程分类与工程性质

(一)土的工程分类

在土木工程施工中,按土的开挖难易程度将土分为八类,见表 1-1。

表 1-1 土的工程分类

土类别	土的级别	土的名称	坚实系数 f	密度/ $(t \cdot m^{-3})$	开挖方法及工具
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)	0.5~0.6	0.6~1.5	用锹、锄头挖掘,少许用脚蹬

续表

土的类别	土的级别	土的名称	坚实系数 f	密度/($t \cdot m^{-3}$)	开挖方法及工具
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	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	软及中等密实黏土;重粉质黏土、砾质土;干黄土、含有碎石卵石的黄土、粉质黏土;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	1.0~1.5	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	硬质黏土;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;粉岩;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、粉岩、角闪岩	18.0~25.0 及 25.0 以上	2.7~3.3	用爆破方法开挖
注:1. 土的级别相当于一般 16 级土石分类级别; 2. 坚实系数 f 相当于普氏岩石强度系数。					

1.1 土的工程性质

1. 土的可松性

土的可松性是土经挖掘以后,组织破坏,体积增加的性质,以后虽经回填压实,仍不能恢复成原来的体积。土的可松性程度是挖填土方时,计算土方机械生产率、回填土方量、运输机具数量、进行场地平整规划竖向设计、土方平衡调配的重要参数,一般以可松性系数表示(表1-2)。

土的类别	体积增加百分比/%		可松性系数	
	最初	最终	K_P	K'_P
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

续表

土的种类	体积增加百分比/%		可松性系数	
	最初	最终	K_P	K'_P
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
五至七类	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
注:最初体积增加百分比计算公式为 $\frac{V_2-V_1}{V_1} \times 100\%$;最终体积增加百分比计算公式为 $\frac{V_3-V_1}{V_1} \times 100\%$ 式中 K_P ——最初可松性系数, $K_P=V_2/V_1$; K'_P ——最终可松性系数, $K'_P=V_3/V_1$; V_1 ——开挖前土的自然体积; V_2 ——开挖后土的松散体积; V_3 ——运至填方处压实后的体积。				

2. 土的渗透性

土的渗透性指水流通过土中孔隙的难易程度。水在单位时间内穿透土层的能力称为渗透系数,用 K 表示,单位为 m/d 。地下水在土中的渗透速度一般可按达西定律计算,其公式如下:

$$v=K \frac{H_1-H_2}{L}=K \frac{h}{L}=Ki \tag{1-1}$$

式中 v ——水在土中的渗透速度, m/d ;

i ——水力坡度, $i=\frac{H_1-H_2}{L}$,即 1,2 两点水头差(h)与其水平距离(L)之比;

K ——土的渗透系数, m/d 。

从达西定律可以看出渗透系数的物理意义:当水力坡度 i 等于 1 时,其渗透速度 v 即为渗透系数 K ,单位同样为 m/d 。 K 值的大小反映土体透水性的强弱,影响施工降水与排水的速度;土的渗透系数可以通过室内渗透试验或现场抽水试验测定。一般土的渗透系数见表 1-3。

表 1-3 土的渗透系数

土的种类	$K/(m \cdot d^{-1})$	土的种类	$K/(m \cdot d^{-1})$
黏土、亚黏土	<0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20~25
亚砂土	0.1~0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35~50
含黏土的粉砂	0.5~1.0	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹卵石	50~100
含黏土的细砂	10~15	卵石	100~200

3. 原状土经机械压实后的沉降量

原状土经机械往返压实或经其他压实措施后,会产生一定的沉陷,根据不同土质,其沉陷量一般为 3~30 cm 。可按下述经验公式计算:

$$s=\frac{p}{c} \tag{1-2}$$

式中 s ——原状土经机械压实后的沉降量, cm ;

p ——机械压实的有效作用力, MPa ;

c ——原状土的抗陷系数, MPa/cm 。

不同土的 c 值见表 1-4。

表 1-4 不同土的 c 值参考表

原状土质	$c/(\text{MPa} \cdot \text{cm}^{-1})$	原状土质	$c/(\text{MPa} \cdot \text{cm}^{-1})$
沼泽土	0.010~0.015	大块胶结的砂、潮湿黏土	0.035~0.06
凝滞的土、细粒砂	0.018~0.025	坚实的黏土	0.100~0.125
松砂、松湿黏土、耕土	0.025~0.035	泥灰石	0.130~0.13

4. 土的含水量

土的含水量 w 是土中水的质量与固体颗粒质量之比,以百分数表示,即

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

式中 m_w ——土中水的质量,kg;

m_s ——土中固体颗粒的质量,kg。

土的干湿程度用含水量表示。含水量 5% 以下称干土,含水量为 5%~30% 称湿土,大于 30% 称饱和土。含水量越大,土就越湿,对施工越不利。土的含水量大小对挖土的难易、施工时边坡的坡度、回填土的压实等均有影响。

5. 土的天然密度与干密度

(1) 土的天然密度。土在天然状态下单位体积的质量,称为土的天然密度。土的天然密度用 ρ 表示,计算公式为

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-4)$$

式中 m ——土的总质量,kg;

V ——土的天然体积, m^3 。

(2) 土的干密度。单位体积中土的固体颗粒的质量称为土的干密度。土的干密度用 ρ_d 表示,计算公式为

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-5)$$

式中 m_s ——土中固体颗粒的质量,kg;

V ——土的天然体积, m^3 。

土的干密度越大,表示土越密实。工程上常把土的干密度作为评定土体密实程度的标准,以控制填土压实质量。

第二节 土方工程量的计算与调配

一、基坑、基槽和路堤土方量计算

在土方工程施工之前,必须计算土方的工程量。土方工程的外形通常很复杂且不规则,要得到精确的计算结果很困难。一般情况下,都将其假设或划分成一定的几何形状,采用具有一定精度而又和实际情况近似的方法进行计算。

1. 基坑土方量计算

基坑形状一般为不规则的多边形,其边坡也常有一定坡度,如图 1-1 所示。基坑土方量可按拟柱体体积的公式计算,即

$$V = \frac{H}{6}(F_1 + F_0 + F_2) \quad (1-6)$$

式中 V ——基坑土方工程量, m^3 ;

H ——基坑的深度, m ;

F_1, F_2 ——基坑的上、下底面积, m^2 ;

F_0 —— F_1 与 F_2 之间的中截面面积, m^2 。

2. 基槽和路堤土方量计算

基槽和路堤可根据其形状划分成若干计算段, 分段计算土方量, 然后再累加求得总的土方工程量, 如图 1-2 所示。

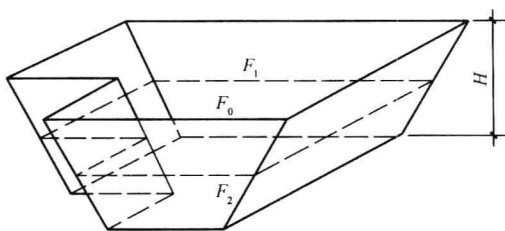


图 1-1 基坑土方量计算

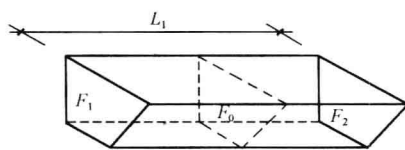


图 1-2 基槽土方量计算

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(F_1 + F_0 + F_2) \quad (1-7)$$

式中 V_1 ——第一段基槽(路堤)的土方量, m^3 ;

L_1 ——第一段基槽(路堤)的长度, m ;

F_1, F_2 ——第一段基槽(路堤)两端的面积, m^2 ;

F_0 —— F_1 与 F_2 之间的中截面面积, m^2 。

将各段土方量累加即为基槽(路堤)总土方量, 即

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

式中 $V_1, V_2, \dots, V_n$ ——各分段的土方量, m^3 。

二、场地平整土方量计算

1. 场地设计标高确定的原则

场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。计算场地挖方量和填方量, 首先要确定场地设计标高, 由设计地面的标高和天然地面的标高之差, 可以得到场地各点的施工高度(即填挖高度), 由此可计算场地平整的挖方和填方的工程量。

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据, 也是总图规划和竖向设计的依据。合理地确定场地的设计标高, 对减少土方量、加快工程速度都有重要的经济意义。如图 1-3 所示, 当场地设计标高为 H_0 时, 填挖方基本平衡, 可将土方移挖作填, 就地处理; 当设计标高为 H_1 时, 填方大大超过挖方, 则需要从场地外大量取土回填; 当设计标高为 H_2 时, 挖方大大超过填方, 则要向场外大量弃土。因此, 在确定场地设计标高时, 应结合现场的具体条件, 反复进行技术经济比较, 选择最优方案。其原则是:

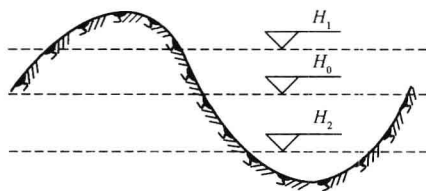


图 1-3 场地不同设计标高的比较

(1) 应满足生产工艺和运输的要求;

(2) 充分利用地形(如分区或分台阶布置), 尽量使挖填方平衡, 以减少土方量;

(3)要有一定的泄水坡度($\geq 2\%$),使之能满足排水要求;

(4)要考虑最高洪水位的影响。

2. 以挖填平衡法确定场地设计标高

小型场地平整,若原地形比较平缓,对场地设计标高无特殊要求,可按照场地平整施工中挖填土方量相等的原则确定场地的设计标高。具体步骤如下:

初步确定场地设计标高(H_0),将场地划分成边长为 a 的若干方格,将方格网角点的原地形标高标在图上。原地形标高可利用等高线由插入法求得或实地测量得到。

按照挖填土石方量相等的原则,场地设计标高可按下式计算:

$$H_0 n a^2 = \sum_{i=1}^n \left(a^2 \frac{z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + z_{i4}}{4} \right) \quad (1-8)$$

$$\text{即} \quad H_0 = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n (z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + z_{i4}) \quad (1-9)$$

式中 H_0 ——所计算场地的初定设计标高,m;

n ——方格数;

$z_{i1}, z_{i2}, z_{i3}, z_{i4}$ ——第 i 个方格四个角点的天然地面标高,m。

由图1-4可见,11号角点为一个方格独有的,而12、13、21、24号角点为两个方格共有,22、23、32、33号角点则为四个方格所共有,在用式(1-9)计算 H_0 的过程中,类似11号角点的标高仅加一次,类似12号角点的标高加二次,类似22号角点的标高加四次,这种在计算过程中被应用的次数,在测量上的术语称为“权”,它反映了各角点标高对计算结果的影响程度。考虑各角点的“权”,式(1-9)可改写为如下计算式:

$$H_0 = \frac{1}{4n} (\sum Z_1 + 2 \sum Z_2 + 3 \sum Z_3 + 4 \sum Z_4) \quad (1-10)$$

式中 Z_1 ——一个方格独有的角点标高,m;

Z_2, Z_3, Z_4 ——二、三、四个方格所共有的角点标高,m。

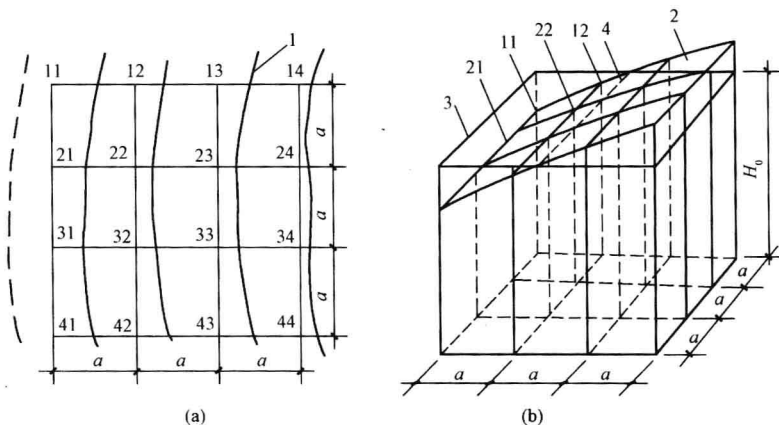


图1-4 场地设计标高计算示意图

(a)地形地图方格网;(b)设计标高示意图

1—等高线;2—自然地面;3—设计平面;4—自然地面与设计平面的交线

3. 场地设计标高的调整

初步确定的场地设计标高(H_0)仅为一理论值,实际施工中还需要考虑以下因素,对初步场地设计标高(H_0)值进行调整。

(1)土的可松性影响。由于土具有可松性,会造成填土的多余,需要相应地提高设计标高。如图 1-5 所示,设 Δh 为土的可松性引起的设计标高的增加值,则设计标高调整后的总挖方体积 V_w' 应为

$$V_w' = V_w - F_w \times \Delta h \quad (1-11)$$



图 1-5 设计标高调整计算示意图

(a)理论设计标高; (b)调整设计标高

总填方体积为

$$V_T' = V_T K_P' = (V_w - F_w \cdot \Delta h) \times K_P' \quad (1-12)$$

此时,填方区的标高也应与挖方区一样,提高 Δh ,即

$$\Delta h = \frac{V_T' - V_T}{F_T} = \frac{(V_w - F_w \Delta h) K_P' - V_T}{F_T} \quad (1-13)$$

经整理简化得(当 $V_T = V_w$)

$$\Delta h = \frac{V_w (K_P' - 1)}{F_T + F_w K_P'} \quad (1-14)$$

故考虑土的可松性后,场地设计标高应调整为

$$H'_0 = H_0 + \Delta h$$

式中 V_w, V_T ——按初定场地设计标高(H_0)计算得出的总挖方、总填方体积, m^3 ;

F_w, F_T ——按初定场地设计标高(H_0)计算得出的挖方区、填方区总面积, m^2 ;

K_P' ——土的最终可松性系数。

(2)借土或弃土的影响。由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方,以及从经济角度比较,将部分挖方就近弃于场外(简称弃土)或将部分填方就近取土于场外(简称借土)等,均会引起挖填土方量的变化,也需重新调整设计标高。

(3)泄水坡度的影响。按调整后的同一设计标高进行场地平整时,整个场地表面均处于同一水平面,但实际上由于排水的要求,场地表面需要有一定的泄水坡度。因此,还需根据场地泄水坡度的要求(单向泄水或双向泄水),计算出场内各方格角点实际施工所用的设计标高。

4. 场地平整土方量计算

场地平整土方量计算方法有方格网法和断面法两种。在场地地形较为平坦时宜采用方格网法;当地形比较复杂或挖填深度较大、断面不规则时,宜采用断面法。

(1)方格网法。方格网法是把场地划分成边长为 10~40 m 的正方形方格网,通常以 20 m 居多,将场地设计标高和自然地面标高分别标注在方格角点上。场地设计标高与自然地面标高的差值,即为各角点的施工高度(挖或填),并习惯以“+”号表示填方,“-”号表示挖方,也将施工高度标注于角点上。然后分别计算每一方格的填挖土方量,并算出场地边坡的土方量,将挖方区(或填方区)所有方格的土方量和边坡土方量汇总,即得场地挖方和填方的总土方量。

计算前先确定“零线”的位置,有助于了解整个场地的挖填区域分布状态。零线即挖方区与填方区的分界线,在该线上的施工高度为零。在一个方格网内同时有填方或挖方时,应先算出方格网边上的零点的位置,并标注于方格网上,连接零点即得填方区与挖方区的分界线(即零线)。

零点的位置按下式计算(图 1-6):

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \times a; x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \times a \quad (1-15)$$

式中 x_1, x_2 ——角点至零点的距离, m;

h_1, h_2 ——相邻两角点的施工高度(均用绝对值), m;

a ——方格网的边长, m。

为省略计算, 亦可采用图解法直接求出零点位置, 如图 1-7 所示, 方法是用尺在各角上标出相应比例, 用尺相接, 其与方格相交的位置即为零点位置。

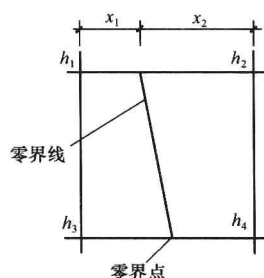


图 1-6 零点位置计算示意图

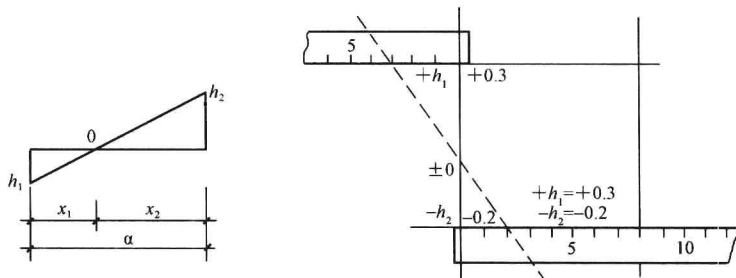


图 1-7 零点位置图解法

零线确定后, 便可进行土方量计算。方格中土方量的计算有两种方法, 即四角棱柱体法和三角棱柱体法。

①四角棱柱体法。当方格四个角点全部为填或全部为挖[图 1-8(a)]时, 其挖方或填方体积为

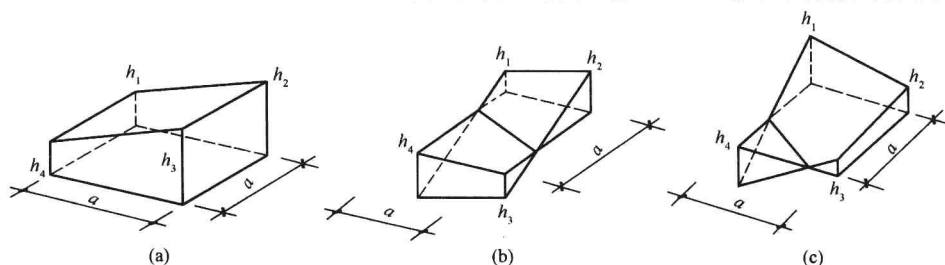


图 1-8 四角棱柱体的体积计算

(a) 角点全填或全挖; (b) 角点二填或二挖; (c) 角点一填(挖)三挖(填)

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-16)$$

式中 h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格四个角点挖或填的施工高度(均取绝对值), m;

a ——方格边长, m。

方格四个角点中, 部分是挖方, 部分是填方[图 1-8(b)、图 1-8(c)]时, 其挖方或填方体积分别为

$$V_{1.2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-17)$$

$$V_{3.4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_3^2}{h_3 + h_2} + \frac{h_4^2}{h_4 + h_1} \right) \quad (1-18)$$

方格中的三个角点为挖方(或填方), 另一个角点为填方(或挖方)时, 如图 1-8(c), 其填方部分的土方量为

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \times \frac{h_1^2}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_2)} \quad (1-19)$$

其挖方部分的土方量为

$$V_{1.2.3} = \frac{a^2}{6}(2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-20)$$

②三角棱柱体法。计算时先把方格网顺地形等高线将各个方格划分成三角形(图 1-9)。每个三角形的三个角点的填挖施工高度用 h_1, h_2, h_3 表示。当三角形三个角点全部为挖或全部为填时[图 1-10(a)],其挖填方体积为

$$V = \frac{a^2}{6}(h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-21)$$

式中 a ——方格边长, m;

h_1, h_2, h_3 ——三角形各角点的施工高度(取绝对值代入), m。

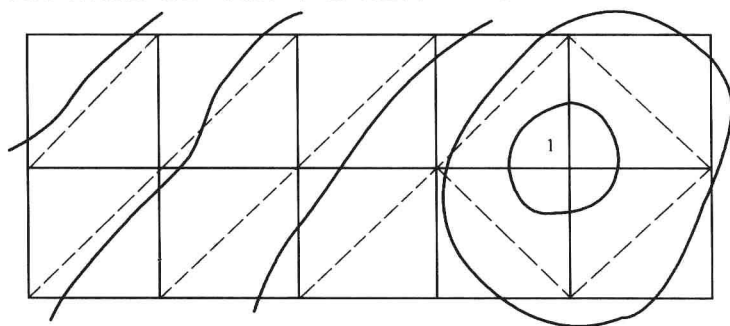


图 1-9 按地形方格划分成三角形

三角形三个角点有填有挖时,零线将三角形分成两部分,一个是底面为三角形的锥体,一个是底面为四边形的楔体[图 1-10(b)],其锥体部分的体积为

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \times \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} \quad (1-22)$$

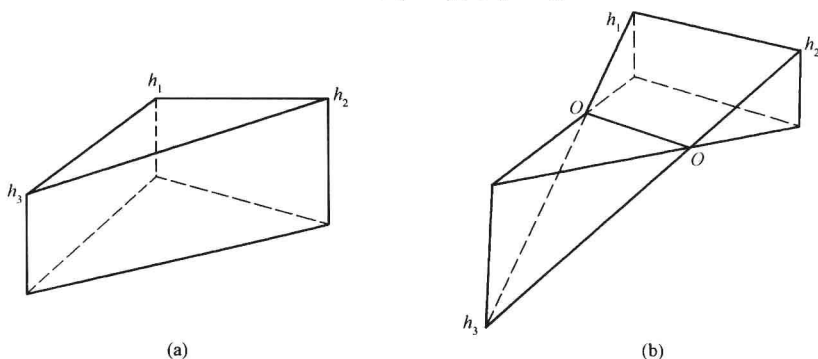


图 1-10 三角棱柱体的体积计算

(a)全填或全挖;(b)锥体部分为填方

楔形部分的体积为

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[\frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_2 + h_1 \right] \quad (1-23)$$

式中 h_1, h_2, h_3 ——三角形各角点的施工高度(取绝对值), m;

h_3 ——锥体顶点的施工高度。

必须指出,四角棱柱体的计算公式是根据平均中断面的近似公式推导得出的,当方格中地形不平时,误差较大,但计算简单,适宜手工计算。三角棱柱体的计算公式是根据立体几何体积计算

公式推导出来的,当三角形顺着等高线进行划分时,精确度较高,但计算繁杂,适宜用计算机计算。

当用方格网法计算土方量时,还要另外计算边坡土方量。其方法是:首先根据规范或设计文件上规定的坡度系数 m ,把挖方区和填方区的边坡画出来,然后把这些边坡划分为若干个几何形体,如三角棱锥体或三角棱柱体(图 1-11),再分别计算其体积。

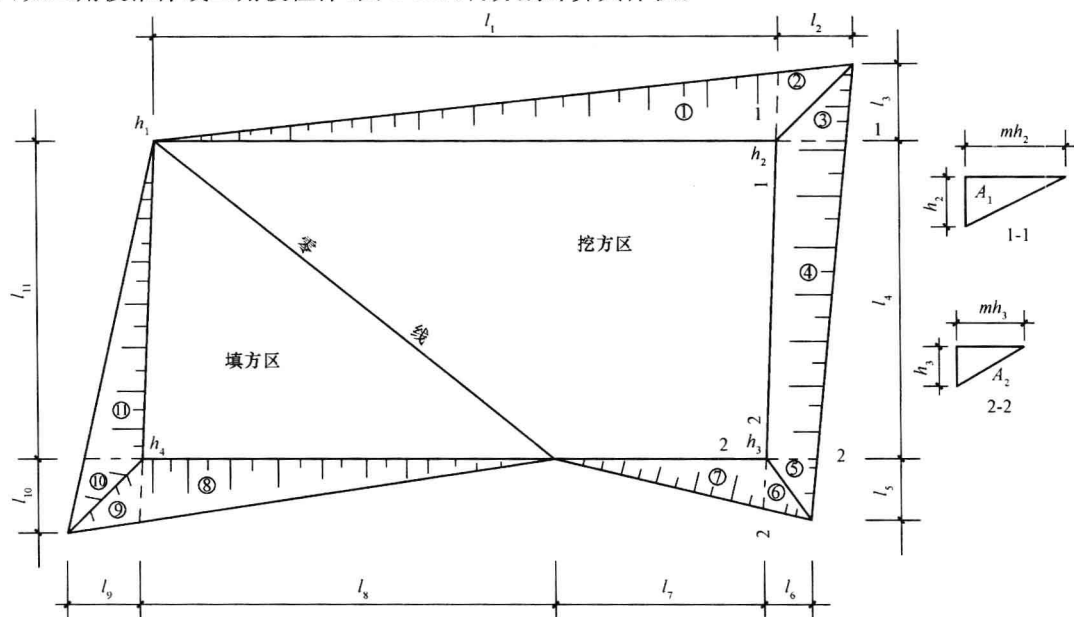


图 1-11 场地边坡平面图

①三角棱锥体边坡体积。图 1-11 中的①边坡为三角棱锥体,其体积为

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1 \quad (1-24)$$

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

式中 l_1 ——边坡①的长度, m;

A_1 ——边坡①的端面积, m^2 ;

h_2 ——角点的挖土高度, m;

m ——坡度系数。

②三角棱柱体边坡体积。图 1-11 中的④为三角棱柱体,其体积为

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \quad (1-25)$$

当两端横断面面积相差很大的情况下,

$$V_4 = -\frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-26)$$

式中 l_4 ——边坡④的长度, m;

A_1, A_2, A_0 ——边坡④两端及中部的横断面面积,算法同 A_1 。

(2)断面法。沿场地取若干个相互平行的断面(当精度要求不高时,可利用地形图定出,若精度要求较高时,应实地测量),将所取的每个断面(包括边坡断面)划分为若干个三角形和梯形,如图 1-12 所示。

则面积为

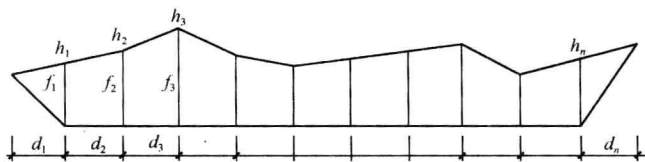


图 1-12 断面图

$$f_1 = \frac{h_1}{2} d_1; f_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} d_2 \quad (1-27)$$

某一断面面积为

$$F_1 = f_1 + f_2 + \dots + f_n$$

若 $d_1 = d_2 = \dots = d_n = d$

则 $F_i = d(h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n)$

设各断面面积分别为 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$, 相邻两断面间的距离依次为 $l_1, l_2, \dots, l_n$, 则所求土方量为

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l_1 + \frac{F_2 + F_3}{2} l_2 + \dots + \frac{F_{n-1} + F_n}{2} l_n \quad (1-28)$$

用断面法计算土方量时, 边坡土方量已包括在内。

三、土方调配

1. 土方调配区划分原则

土方调配是指在使土方总运输量最小或土方总运输成本最低的条件下, 确定挖、填方区土方的调配方向和数量, 以达到缩短土方施工工期和降低土方施工成本的目的。

土方调配区划分原则:

(1) 调配区的划分应该与工程建(构)筑物的平面位置相协调, 并考虑其开工顺序、工程的分期施工顺序;

(2) 调配区的大小应该满足土方施工主导机械的技术要求;

(3) 调配区的范围应该和计算土方工程量用的方格网协调, 通常可由若干个方格组成一个调配区;

(4) 当土方运距较大或场地范围内土方不平衡时, 可根据附近地形, 考虑就近取土或就近弃土, 这时取土区或弃土区都可作为一个独立的调配区。

2. 土方调配步骤

(1) 找出零线, 画出挖方区、填方区。

(2) 划分调配区, 确定各挖、填方区间的平均运距 (即土方重心间的距离)。可近似以几何形心代替土方体积重心。平均运距的确定:

① 当用铲运机和推土机平土时, 挖方调配区与填方调配区土方重心之间的距离, 通常就是该挖、填调配区之间的平均运距。

② 挖、填方调配区之间距离较远, 采用汽车、自行车式铲运机和其他运土工具沿工地道路或规定线路运土时, 其运距应按实际情况进行计算。

3. 表上作业法进行调配方案的优化

图 1-13 为某矩形场地, 图中小方格的数字为各调配区的土方量, 箭杆上的数字为各调配区之

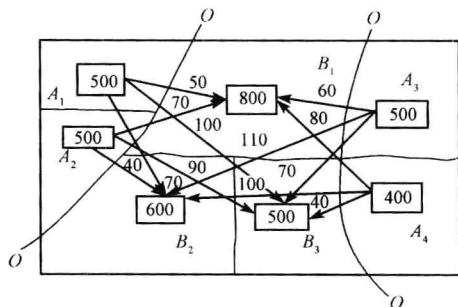


图 1-13 各调配区的土方量和平均运距