

高等院校土木工程专业规划教材

TUMU GONGCHENG SHIGONG

# 土木工程施工

主 编 李延涛  
副主编 李燕飞 张建设  
姚金星



黄河水利出版社

高等院校土木工程专业规划教材

# 土木工程施工

主 编 李延涛  
副主编 李燕飞 张建设  
姚金星



黄河水利出版社

## 内 容 提 要

本书共分 15 章,主要内容包括土方工程、桩基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、桥梁工程施工、道路工程施工、防水工程、建筑装饰工程、施工组织概论、流水施工原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计。为了便于掌握重点和难点,各章均附有复习思考题和习题。

本教材可作为土木工程专业本科生和专科生教学用书,也可作为工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工/李延涛主编. —郑州:黄河水利出版社,  
2006.12

高等院校土木工程专业规划教材

ISBN 7-80734-175-0

I. 土… II. 李… 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 (2006) 第 165244 号

---

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:27.75

字数:675千字

印数:1—4 100

版次:2006年12月第1版

印次:2006年12月第1次印刷

---

书号:ISBN 7-80734-175-0/TU·76

定价:39.00元

# 前 言

土木工程施工是土木工程专业的一门必修的专业基础课程。通过本课程的学习,使学生掌握土木工程施工技术和施工组织的一般规律,掌握土木工程中主要工种工程的施工技术和施工工艺原理、方法,掌握土木工程施工的科学组织与管理、控制的模式、方法和手段,了解土木工程施工中的新技术、新材料、新工艺的发展和应用,具备发现并有效处理土木工程施工过程中的一般性技术问题的基本能力,具备科学、合理地组织及管理土木工程施工的基本能力,具备根据土木工程项目的客观实际情况优选施工方案、施工方法及编制施工组织设计、施工进度计划的基本能力和有效组织、管理建筑施工安全生产的基本能力。

本教材是根据高等学校土木工程专业指导委员会对课程设置及教学大纲的要求组织编写的。本书在编写过程中,尽量做到深入浅出、通俗易懂、理论联系实际,并在每章附有复习思考题和习题,便于读者加深对知识的理解和运用。本教材可作为土木工程专业本科生和专科生教学用书,也可作为工程技术人员的参考用书。

本教材由河北建筑工程学院组织编写,主编:李延涛;副主编:李燕飞、张建设、姚金星。参加编写人员:李延涛(河北建筑工程学院)第三章;李燕飞(河北建筑工程学院)第四章、第十二章;张建设(洛阳大学)第五章;姚金星(长江大学)第十五章;张厚先(南京工程学院)第一章、第六章;王立文(河北建筑工程学院)第二章、第十四章;张雪颖(南京工程学院)第十三章;张艇(河南大学)第七章、第八章、第十一章;孟凡深(洛阳大学)第九章;杨大海(洛阳大学)第十章。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,希望读者提出宝贵意见。

作 者

2006年10月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 土方工程</b> .....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 场地平整土方工程量的计算与调配.....	(4)
第三节 基坑降水及土壁支护 .....	(14)
第四节 土方工程机械化施工 .....	(31)
第五节 土方的填筑与压实 .....	(34)
第六节 坑槽开挖及验槽 .....	(36)
复习思考题 .....	(39)
习题 .....	(40)
<b>第二章 桩基础工程</b> .....	(41)
第一节 概述 .....	(41)
第二节 钢筋混凝土预制桩的施工 .....	(42)
第三节 混凝土灌注桩施工 .....	(50)
复习思考题 .....	(61)
<b>第三章 砌体工程</b> .....	(62)
第一节 砌体材料 .....	(62)
第二节 砖砌体施工 .....	(64)
第三节 砌块砌体施工 .....	(69)
第四节 砌筑工程脚手架和垂直运输 .....	(72)
第五节 砌体工程冬期施工 .....	(82)
复习思考题 .....	(84)
<b>第四章 钢筋混凝土工程</b> .....	(86)
第一节 模板工程 .....	(87)
第二节 钢筋工程.....	(106)
第三节 混凝土工程.....	(131)
第四节 混凝土冬期施工.....	(158)
复习思考题.....	(165)
习题.....	(166)
<b>第五章 预应力混凝土工程</b> .....	(168)
第一节 预应力混凝土分类和材料.....	(168)
第二节 预应力夹具和锚具.....	(170)
第三节 预应力张拉机械.....	(174)
第四节 先张法施工.....	(177)

第五节	后张法施工	(184)
第六节	电热张拉法	(199)
	复习思考题	(202)
	习题	(202)
<b>第六章</b>	<b>结构安装工程</b>	(204)
第一节	起重机具	(204)
第二节	单层工业厂房结构安装	(213)
第三节	多层装配式房屋结构安装	(227)
第四节	网架安装	(233)
	复习思考题	(239)
	习题	(239)
<b>第七章</b>	<b>桥梁工程施工</b>	(240)
第一节	装配式及预应力混凝土简支梁桥的施工	(240)
第二节	固定支架现场浇筑法施工	(243)
第三节	悬臂法施工	(244)
第四节	移动模架法施工	(248)
第五节	顶推法施工	(250)
第六节	转体法施工	(253)
	复习思考题	(255)
<b>第八章</b>	<b>道路工程施工</b>	(256)
第一节	路面基层和底基层施工	(256)
第二节	沥青路面施工	(260)
第三节	水泥混凝土路面施工	(265)
	复习思考题	(270)
<b>第九章</b>	<b>防水工程</b>	(271)
第一节	屋面防水工程	(271)
第二节	地下防水工程	(281)
第三节	卫生间防水施工	(285)
	复习思考题	(288)
<b>第十章</b>	<b>装饰工程</b>	(289)
第一节	概述	(289)
第二节	抹灰工程	(289)
第三节	饰面工程	(294)
第四节	涂料、裱糊、刷浆工程	(298)
第五节	玻璃幕墙工程	(310)
	复习思考题	(321)
<b>第十一章</b>	<b>施工组织概论</b>	(322)
第一节	建筑产品及其施工的特点	(322)
第二节	基本建设程序和施工程序	(323)

第三节	施工组织设计的作用和原则	(327)
第四节	施工准备工作	(329)
第五节	施工组织设计	(332)
第六节	施工组织总设计	(335)
	复习思考题	(339)
<b>第十二章</b>	<b>流水施工原理</b>	<b>(340)</b>
第一节	流水施工的基本概念	(340)
第二节	流水施工参数	(343)
第三节	流水施工的组织方式	(348)
	复习思考题	(355)
	习题	(355)
<b>第十三章</b>	<b>网络计划技术</b>	<b>(356)</b>
第一节	概述	(356)
第二节	双代号网络计划	(356)
第三节	单代号网络计划	(365)
第四节	时标网络计划	(369)
第五节	网络计划的优化	(371)
	复习思考题	(375)
	习题	(375)
<b>第十四章</b>	<b>单位工程施工组织设计</b>	<b>(377)</b>
第一节	概述	(377)
第二节	施工方案的选择	(381)
第三节	施工进度和资源供应计划	(392)
第四节	施工平面图的布置	(402)
第五节	工程实例	(406)
	复习思考题	(416)
<b>第十五章</b>	<b>施工组织总设计</b>	<b>(417)</b>
第一节	施工部署和主要项目施工方案	(417)
第二节	施工总进度计划	(418)
第三节	全场性暂设工程	(420)
第四节	施工总平面图	(431)
	复习思考题	(434)
<b>参考文献</b>		<b>(435)</b>

# 第一章 土方工程

## 第一节 概 述

土木工程施工中常见的土方工程有场地平整、基坑开挖及基坑回填、路基填筑与开挖等。土方工程主要包括土(或石)的挖掘、填筑和运输等施工过程以及排水、降水与土壁支撑等准备和辅助过程。

土方工程施工的特点是面广量大、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,且土本身是一种天然物质,种类繁多,施工时受工程地质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、加快工程进度、降低工程成本,在组织施工时,应根据工程自身条件,制定合理的施工方案,尽可能采用新技术和机械化施工。

土的工程性质对土方工程的施工有直接影响,在进行土方量的计算、确定运土机具的数量等情况时,要考虑到土的可松性;在进行基坑、基槽的开挖,确定降水方案等情况时,要考虑到土的渗透性;在考虑土方边坡稳定、进行填土压实等情况时,要考虑到土的密实度  $\lambda_c$ , 进而考虑到天然密度  $\rho$ 、干密度  $\rho_d$  及含水量  $\omega$ 。

### 一、土的可松性

土具有可松性,即自然状态下的土,经过开挖后其体积因松散而增加,后虽然经过回填压实仍不能恢复其原来的体积,这种性质称为土的可松性。土的可松性可用可松性系数表示,即:

最初可松性系数

$$K_s = V_2/V_1 \quad (1-1)$$

最后可松性系数

$$K_s' = V_3/V_1 \quad (1-2)$$

式中  $V_1$ ——土在自然状态下的体积,  $m^3$ ;

$V_2$ ——土挖出后在松散状态下的体积,  $m^3$ ;

$V_3$ ——土经回填压实后的体积,  $m^3$ 。

土的可松性与土质有关。可松性系数对土方的调配、土方量的计算、运输、填筑等都有影响。土的可松性系数可参考表 1-1。

### 二、土的渗透性

土体被水透过的性质称为土的渗透性。土体孔隙中的水在重力作用下会发生流动,流动速度与土的渗透性有关。法国学者达西(Darcy)根据砂土渗透试验(见图 1-1)得到达西



表 1-1 土的可松性系数参考值

土的种类	土的名称	土的可松性系数	
		$K_s$	$K_s'$
一类土 (松软土)	砂,亚砂土,冲击砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	1.08~1.17	1.01~1.03
二类土 (普通土)	亚黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,种植土,填筑土及亚砂土	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土 (坚土)	软及中等密实土,重亚黏土,粗砾石,干黄土及含碎石、卵石的黄土,亚黏土,压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土 (砂砾坚土)	重黏土及含碎石、卵石的黏土,粗卵石,密实的黄土,天然级配砂石,软泥灰岩及蛋白石	1.26~1.32	1.06~1.09
五类土 (软石)	硬石灰及黏土,中等密实的页岩,泥灰岩,白垩土,胶结不紧的砾岩,软的石灰岩	1.30~1.45	1.10~1.20
六类土 (次坚石)	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	1.30~1.45	1.10~1.20
七类土 (坚石)	大理岩,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,风化痕迹的安山岩,玄武岩	1.30~1.45	1.10~1.20
八类土 (特坚石)	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	1.45~1.50	1.20~1.30

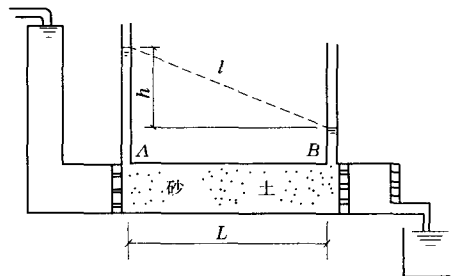


图 1-1 砂土渗透试验

(Darcy)定律如下:

$$v = KI \tag{1-3}$$

式中  $v$ ——渗流速度;

$K$ ——土的渗透系数,由试验确定,也可参考表 1-2 确定;

$I$ ——水力坡度,  $I = h/L$ ;

$h$ ——A、B 两点的水位差;

$L$ ——A 点到 B 点的渗流路程长度。

表 1-2 土的渗透系数

土的名称	渗透系数 K (m/d)	土的名称	渗透系数 K (m/d)
黏土	<0.005	中砂	5.00~20.00
亚黏土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
轻亚黏土	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		

### 三、土的密实程度

土的密实程度可用土的压实系数表示：

$$\lambda_c = \rho_d / \rho_{dmax} \quad (1-4)$$

式中  $\lambda_c$ ——土的压实系数；

$\rho_d$ ——土的实际干密度；

$\rho_{dmax}$ ——土的最大干密度。

土的干密度可以用“环刀法”等进行测定，然后用下式计算实际干密度： $\rho_d = \rho / (1 + 0.01\omega)$ 。而土的最大干密度  $\rho_{dmax}$  可由击实试验测出。

土的含水量是土中水的质量与固体颗粒质量之比，用百分数表示：

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} = \frac{m_w}{m_s} \quad (1-5)$$

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；

$m_s$ ——土中固体颗粒的质量，kg。

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

土在天然状态下单位体积的质量称为土的天然密度，单位为  $g/cm^3$  或  $t/m^3$ 。土的天然密度用  $\rho$  表示，按下式计算：

$$\rho = m / V \quad (1-6)$$

式中  $m$ ——土的总质量；

$V$ ——土的天然体积。

单位体积中土的固体颗粒的质量称为土的干密度，单位为  $g/cm^3$  或  $t/m^3$ ，土的干密度用  $\rho_d$  表示，按下式计算：

$$\rho_d = m_s / V \quad (1-7)$$

式中  $m_s$ ——土中固体颗粒的质量；

$V$ ——土的天然体积。

## 第二节 场地平整土方工程量的计算与调配

### 一、场地设计标高的确定

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,加快建设速度,具有重要的经济意义。

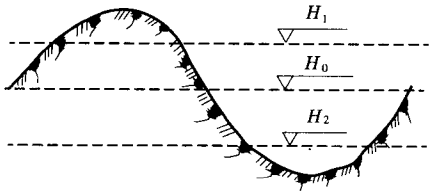


图 1-2 场地不同设计标高的比较

如图 1-2 所示的横断面,如果场地设计标高为  $H_0$ ,那么挖方、填方的体积基本平衡,可以把土方移挖作填,就地处理;如果设计标高为  $H_1$ ,那么填方大大超过挖方,则需要从场地外大量取土回填;如设计标高为  $H_2$ ,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,应结合场地具体条件,反复进行技术经济比较,选择一个最优的方案,需考虑以下因素:

- (1)应满足建筑功能、生产工艺和运输要求;
- (2)充分利用地形(比如分区域或分台阶布置),尽量使挖填方平衡,以减少土方量;
- (3)要有一定的泄水坡度( $\geq 2\text{‰}$ ),使其能满足排水要求;
- (4)要考虑最高洪水水位的影响。

如果场地设计标高没有其他的特殊要求,则可以根据挖填平衡的原则加以确定,即场地内土方的绝对体积在平整前和平整后相等。场地设计标高的确定方法和步骤如下。

#### (一)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  $a = 10 \sim 40\text{m}$  的若干方格(见图 1-3)。

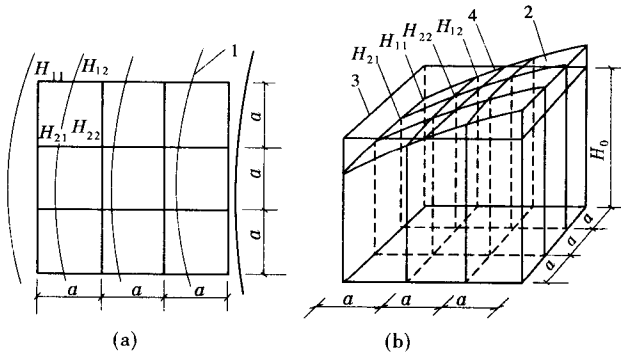


图 1-3 场地设计标高计算简图

(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

(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,用插入法计算求得。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角点标高。

按填挖方平衡原则确定角点设计标高  $H_0$ , 即:

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

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-8)$$

从图 1-3(a)可知,  $H_{11}$  为 1 个方格的角点标高,  $H_{12}$  和  $H_{21}$  均为 2 个方格公共的角点标高,  $H_{22}$  则是 4 个方格公共的角点标高, 它们分别在式(1-8)中要加 1 次、2 次、4 次。因此, 式(1-8)可改写成下列形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1-9)$$

式中  $H_1$ ——1 个方格仅有的角点标高, m;

$H_2$ ——2 个方格共有的角点标高, m;

$H_3$ ——3 个方格共有的角点标高, m;

$H_4$ ——4 个方格共有的角点标高, m。

## (二)场地设计标高 $H_0$ 的调整

以上我们求出了设计标高  $H_0$ , 但这个值只是一个理论值, 实际上还应该考虑一些其他的因素, 对  $H_0$  进行调整, 这些因素如下:

(1)土的可松性。由于土具有可松性, 所以一般填土会有多余。因此, 应该考虑由于土的可松性而引起的设计标高增加值  $\Delta h$ 。

把  $V_w$ 、 $V_T$  分别叫按理论设计计算的挖、填方的体积, 把  $F_w$ 、 $F_T$  分别叫按理论设计计算的挖、填方区的面积, 把  $V_w'$ 、 $V_T'$  分别叫调整以后挖、填方的体积,  $K_s'$  是土的最终可松性系数。

如图 1-4 所示, 设  $\Delta h$  为由于土的可松性引起的设计标高增加值, 则设计标高调整以后的总挖方体积  $V_w'$  应为:

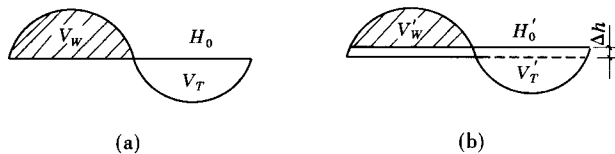


图 1-4  $H_0$  考虑可松性的调整

$$V_w' = V_w - F_w \Delta h$$

因为

$$V_w' = V_T' / K_s'$$

所以总填方体积应为:

$$V_T' = V_w' K_s'$$

即

$$V_T' = (V_w - F_w \Delta h) K_s'$$

这时,填方区的标高也应该和挖方区一样,要提高  $\Delta h$ ;  $V_w = V_T$ ,则有:

$$\Delta h = [(V_w - F_w \Delta h) K_s' - V_T] / F_T = V_w (K_s' - 1) / (F_T + F_w K_s') \quad (1-10)$$

求出  $\Delta h$  值后,场地的设计标高应调整为:

$$H_0' = H_0 + \Delta h \quad (1-11)$$

(2)规划场地内挖填方及就近取弃土。由于场地内大型基坑挖出的土方和修路、筑堤填高的土方以及从经济角度考虑,部分土方就近弃土,或就近借土,都会引起挖、填土方量的变化,有必要时,也要调整设计标高。

为了简化计算,场地设计标高调整可以按下面近似公式确定:

$$H_0' = H_0 \pm Q / (Na^2) \quad (1-12)$$

式中  $Q$ ——假定按原设计标高平整以后,多余或不足的土方量;

$N$ ——方格网数;

$a$ ——方格网边长。

### (三)泄水坡度

当按设计标高调整后的同一设计标高  $H_0'$  进行平整时,则整个场地表面均处于同一水平面,但是,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,还必须根据场地泄水坡度的要求(单面泄水或双面泄水)计算出场地内各方格角点实际施工所用的设计标高。

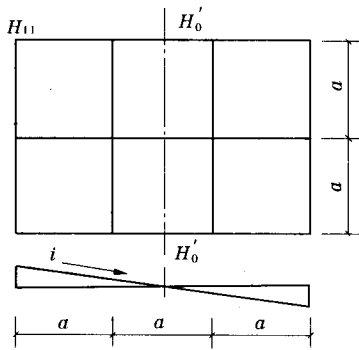


图 1-5 场地具有单向泄水坡度

(1)场地具有单向泄水坡度。场地具有单向泄水坡度时,设计标高的确定方法,是把已经调整后的设计标高  $H_0'$  作为场地中心线的标高(见图 1-5)(当然也可设某点高程,然后由挖填平衡条件求该点高程),场地内任意一点的设计标高则为:

$$H_n = H_0' \pm l \cdot i \quad (1-13)$$

式中  $H_n$ ——场地内任意一点的设计标高;

$l$ ——场地内任意一点至设计标高  $H_0'$  的距离;

$i$ ——场地泄水坡度(不小于 2‰)。

例如,考虑具有泄水坡度之前,场地的设计标高为

251.47m,那么,考虑具有泄水坡度以后,如坡度为 2‰,则  $H_{11}$  的设计标高为:

$$H_{11} = H_0' + 1.5ai = 251.47\text{m} + 1.5 \times 20 \times 2\text{‰m} = 251.47\text{m} + 0.06\text{m} = 251.53\text{m}$$

(2)场地具有双向泄水坡度。场地具有双向泄水坡度时,设计标高的确定方法同样是把已调整后的设计标高  $H_0'$  作为场地的形心点标高(见图 1-6),场地内任意一点的设计标高为:

$$H_n = H_0' \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-14)$$

式中  $l_x, l_y$ ——任意一点沿  $x-x, y-y$  方向距场地中心线的距离;

$i_x, i_y$ ——任意一点沿  $x-x, y-y$  方向的泄水坡度。

例如,考虑具有泄水坡度之前,场地的设计标高为 251.47m,那么,考虑具有双向泄水坡

度以后,如果沿  $x-x$ 、 $y-y$  的坡度分别为 3‰、2‰,则  $H_{34}$  角点的设计标高为:

$$\begin{aligned} H_{34} &= H_0' - 1.5ai_x - ai_y \\ &= 251.47\text{m} - 1.5 \times 20 \times 3\text{‰m} - 20 \times 2\text{‰m} \\ &= 251.47\text{m} - 0.09\text{m} - 0.04\text{m} = 251.34\text{m} \end{aligned}$$

实际上,土的可松性、规划场地内挖填方及就近取弃土、泄水坡度等影响因素对  $H_0$  的影响又相互影响,所以以下建议方法更加准确。参照如上所求  $H_0$ ,设场地内某一点标高为  $H_0'$ ,则考虑土的可松性、规划场地内挖填方及就近取弃土、泄水坡度等可以求得场内各点标高,各点是挖还是填,然后用挖填平衡条件(即总挖方量+就近取土量=总填方量+就近弃土量)检查  $H_0'$  合适与否,如不合适则重新计算。该建议算法借助计算机比较方便。

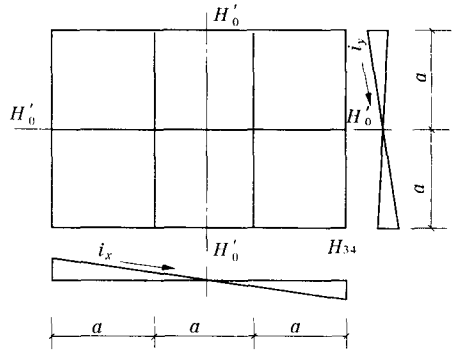


图 1-6 场地具有双向泄水坡度

## 二、场地平整土方量计算

场地平整土方量计算方法有两种:方格网法和断面法。场地地形较为平坦时,一般采用方格网法;场地地形较为复杂或挖填深度较大,断面又不规则时,一般采用断面法。

### (一)方格网法

在确定场地设计标高时画好的方格网上进行计算,方格网边长一般为 10~40m,通常取 20m。首先把场地上各方格角点的自然标高与设计标高分别标注在方格角点上(这一步在设计场地设计标高后已完成),那么,场地上设计标高与自然标高的差值,即为各角点的施工高度(挖或填),并习惯上以“+”表示填方,以“-”表示挖方。施工高度有了以后,也填在各角点上,然后就可以计算每一个方格的挖、填土方量,并继而计算场地边坡的土方量。最后将填方区域和挖方区域内所有的土方量以及边坡土方量进行汇总,就得到了场地上总的场地平整土方量。

场地平整土方量计算步骤如下。

#### 1. 求各方格角点的施工高度

我们用  $h_n$  表示各角点的施工高度,亦即挖填高度,并且以“+”为填,以“-”为挖,  $H_n$  表示各角点的设计标高,  $H$  表示各角点的自然标高,那么有:

$$h_n = H_n - H$$

方格角点的自然标高可以根据地形图上相邻两等高线的高程,用线性插入法求出;也可以用一张透明纸,上面画上 6 根等距离的平行线,把透明纸放到标有方格网的地形图上,将 6 根平行线的最外两根分别对准两条等高线上的两点 A、B,这时 6 根等距离的平行线将 A、B 之间的高差分成 5 份,于是便可以读出 C 点的地面标高(见图 1-7)。

#### 2. 绘出“零线”

“零点”是某一方格的两个相邻挖、填角点连线与该方格边线的交点(见图 1-8)。两个相邻“零点”的连线即为“零线”。

#### 3. 计算场地挖、填土方量

“零线”求出以后,场地内的挖、填方区域就可以标出来,然后用四角棱柱体法和三角棱

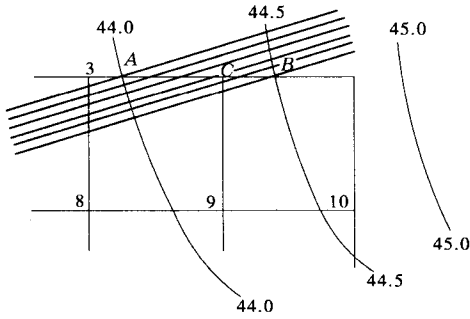


图 1-7 方格角点自然标高的图解法

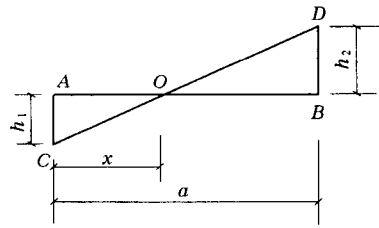


图 1-8 “零点”的求法

柱体法进行计算。

1) 四角棱柱体法

四角棱柱体法分 3 种情况:

(1) 方格的 4 个角全部为填方或者全部为挖方(见图 1-9)。

其土方量的计算公式为:

$$V = a^2(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)/4 \quad (1-15)$$

(2) 方格的相邻两角点为挖,另两角为填(见图 1-10)。

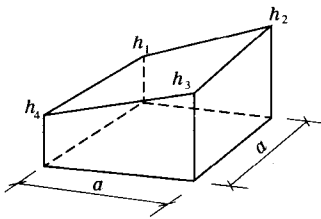


图 1-9 全填或全挖的方格

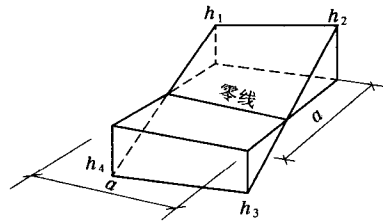


图 1-10 两挖和两填的方格

其挖方部分土方量的计算公式为:

$$V_{1,2} = a^2[h_1^2/(h_1 + h_2) + h_2^2/(h_2 + h_3)]/4 \quad (1-16)$$

其填方部分土方量计算公式为:

$$V_{3,4} = a^2[h_3^2/(h_2 + h_3) + h_4^2/(h_1 + h_4)]/4 \quad (1-17)$$

(3) 方格的 3 个角为挖,另一个角为填(或方格的 3 个角为填,另一个角为挖)(见图 1-11)。

其填方部分土方量计算公式为:

$$V_4 = a^2 h_4^3 / [(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)] / 6 \quad (1-18)$$

其挖方部分土方量计算公式为:

$$V_{1,2,3} = a^2(2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) / 6 + V_4 \quad (1-19)$$

2) 三角棱柱体法

用三角棱柱体法计算场地土方量,是把每一个方格顺地形的等高线沿对角线划分成两个三角形,然后分别计算每一个三角棱柱(棱锥)体的土方量。

(1) 当三角形为全挖或全填时(见图 1-12a)。

$$V = a^2(h_1 + h_2 + h_3)/6 \quad (1-20)$$

(2)当三角形有挖有填时(见图 1-12b)。这时,“零线”把三角形分成了两部分,一部分是底面为三角形的锥体,另一部分是底面为四边形的楔体,其体积分别为:

$$V_{\text{锥}} = a^2 h_3^3 / [(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)] / 6 \quad (1-21)$$

$$V_{\text{楔}} = a^2 \{ h_3^3 / [(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)] - h_3 + h_2 + h_1 \} / 6 \quad (1-22)$$

以上各式中  $h_1, h_2, h_3, h_4$  均为施工高度,并且均用绝对值代入。

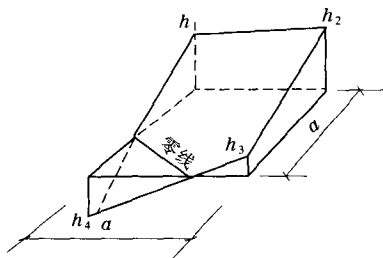


图 1-11 三挖一填(或相反)的方格

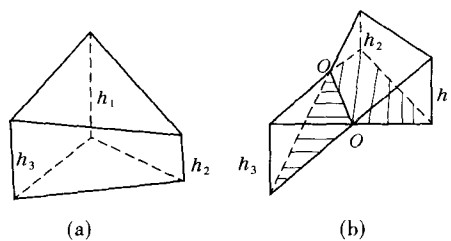


图 1-12 三角棱柱体法  
(a)全挖或全填;(b)有挖有填

## (二)断面法

四角棱柱体法和三角棱柱体法统称为方格网法。当土方量计算精度要求不高时,还可以用断面法。

沿场地取若干个断面,将所取的断面划分成若干个三角形和梯形(见图 1-13)。

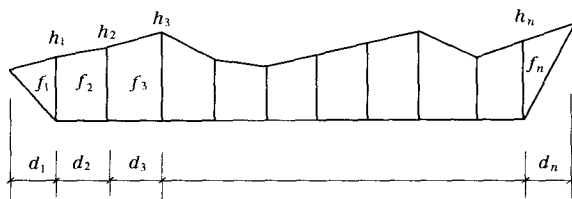


图 1-13 断面法

如果用  $f_i$  表示每一个小三角形或梯形的面积,则整个断面面积  $F_1 = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n$ 。

如果  $d_1 = d_2 = d_3 = \dots = d_n = d$ ,则  $F_1 = (h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n)d$ 。

如果若干个断面面积分别为  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ ,相邻断面间的距离分别为  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ ,那么总的土方量为:

$$V = (F_1 + F_2)l_1/2 + (F_2 + F_3)l_2/2 + (F_3 + F_4)l_3/2 + \dots + (F_{n-1} + F_n)l_n/2 \quad (1-23)$$

相邻两断面间的  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  的大小与地形有关,地形平坦,距离可以大一些;地形起伏较大时,距离可取小一些,这时,一定要沿地形每一个起伏点的转折处取一断面,确定两断面间的距离,否则,会影响土方量计算的精确度。

用断面法计算出土方量时,边坡土方量已经包括在内。

## (三)场地边坡土方量计算

场地平整时,还要计算边坡土方量(见图 1-14)。其计算步骤如下:



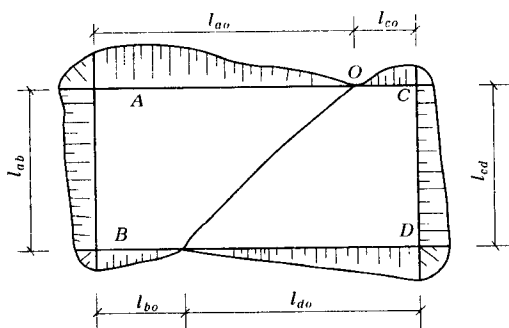


图 1-14 场地边坡平面图

- (1) 标出场地 4 个角点 A、B、C、D 填挖高度和“零线”位置。
- (2) 根据土质确定填、挖边坡的坡度(见图 1-15)。

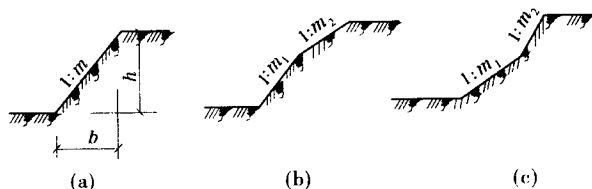


图 1-15 土方边坡示意图

边坡的坡度 =  $h/b = 1/(b/h) = 1:m$ ,  $m$  称为边坡坡度系数。

- (3) 算出 4 角点的放坡宽度, 如 A 点为  $m_1 h_a$ , D 点为  $m_2 h_d$ 。
- (4) 绘出边坡图。

(5) 计算边坡土方量。

A、B、C、D 四个角点的土方量, 近似地按正方锥体计算, 例如 A 点土方量为:

$$V_A = \frac{1}{3} (m_1 h_a)^2 h_a = \frac{1}{3} m h_a^3$$

AB、CD 两边上土方量按平均断面法计算, 例如 AB 边土方量为:

$$V_{ab} = \frac{(F_A + F_B)}{2} l_{ab} = \frac{m_1}{4} (h_a^2 + h_b^2) l_{ab}$$

AC、BD 两边分段按三角锥体计算, 例如 AC 边 AO 段的土方量为:

$$V_{ao} = \frac{1}{3} (m_1 h_a^2 l_{ao} / 2) = \frac{1}{6} m_1 h_a^2 l_{ao}$$

### 三、土方调配

土方调配的原则是: 应力求挖填平衡, 运距最短或费用最省; 便于改土造田; 考虑土方的利用, 以减少土方的重复挖、填和运输。它是土方规划中的一个重要内容, 包括划分调配区; 计算土方调配区之间的平均运距(或单位土方运价, 或单位土方施工费用); 确定土方的最优调配方案; 绘制土方调配图表。

#### (一) 土方调配区的划分

在划分土方调配区时应注意以下方面: