

刘宗仁 张铁铮 编

# 建筑施工技术

中央广播电视大学出版社

**建筑施工技术**

刘宗仁 张铁铮 编

\*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷二厂印装

\*

开本 787×1092 1/16 印张 27 千字 622

1986年4月第1版 1986年6月第1次印刷

印数 1—76,000

书号: 15300·39 定价: 4.40 元

# 目 录

<b>第一章 土方工程</b> .....	( 1 )
第一节 概述.....	( 1 )
第二节 土方工程量计算.....	( 4 )
第三节 土方边坡及土壁支撑.....	(14)
第四节 人工降低地下水.....	(18)
第五节 土方工程机械化施工.....	(35)
第六节 土方填筑与压实.....	(47)
第七节 爆破工程.....	(50)
<b>第二章 桩基础工程</b> .....	( 63 )
第一节 钢筋混凝土预制桩施工.....	(64)
第二节 混凝土和钢筋混凝土灌注桩施工.....	(72)
<b>第三章 砌筑工程</b> .....	( 81 )
第一节 毛石基础施工.....	(81)
第二节 砖砌体施工.....	(82)
第三节 中小型砌块施工.....	(86)
第四节 砌筑用脚手架.....	(89)
第五节 砌筑工程垂直运输.....	(98)
<b>第四章 钢筋混凝土工程</b> .....	(102)
第一节 概述.....	(102)
第二节 模板工程.....	(105)
第三节 钢筋工程.....	(114)
第四节 混凝土工程.....	(138)
第五节 钢筋混凝土预制构件生产.....	(157)
<b>第五章 预应力混凝土工程</b> .....	(172)
第一节 机械张拉先张法施工.....	(172)
第二节 机械张拉后张法施工.....	(182)
第三节 电热法施工.....	(202)
<b>第六章 结构安装工程</b> .....	(207)
第一节 起重机械.....	(207)
第二节 索具设备.....	(225)
第三节 单层工业厂房结构安装.....	(229)
第四节 多层装配式框架结构安装.....	(256)
第五节 装配式墙板结构安装.....	(263)
<b>第七章 防水工程</b> .....	(279)
第一节 卷材防水工程.....	(279)
第二节 油膏嵌缝涂料防水工程.....	(290)



第三节	刚性防水工程 .....	(292)
第四节	自防水屋面工程 .....	(295)
第五节	防水混凝土 .....	(296)
<b>第八章</b>	<b>装饰工程 .....</b>	<b>(300)</b>
第一节	抹灰工程 .....	(300)
第二节	饰面工程 .....	(306)
第三节	油漆工程 .....	(308)
第四节	刷浆工程 .....	(314)
第五节	裱糊工程 .....	(316)
<b>第九章</b>	<b>大模板工程 .....</b>	<b>(320)</b>
第一节	大模板建筑的结构类型和特点 .....	(320)
第二节	大模板的构造和平面组合方案 .....	(321)
第三节	大模板的设计 .....	(329)
第四节	大模板工程的施工 .....	(333)
第五节	大模板工程施工质量标准 .....	(339)
<b>第十章</b>	<b>冬季施工 .....</b>	<b>(341)</b>
第一节	冬季施工的基本知识 .....	(341)
第二节	混凝土及钢筋混凝土工程的冬季施工 .....	(344)
第三节	砖石工程的冬季施工 .....	(368)
<b>第十一章</b>	<b>液压滑升模板工程 .....</b>	<b>(373)</b>
第一节	液压滑升模板的组成 .....	(373)
第二节	液压滑升模板的构造 .....	(374)
第三节	液压滑升模板的施工工艺 .....	(381)
第四节	液压滑升模板的设计 .....	(385)
第五节	液压滑升模板工程施工质量控制措施 .....	(392)
第六节	液压滑升模板设计的特点 .....	(397)
<b>第十二章</b>	<b>升板工程 .....</b>	<b>(400)</b>
第一节	提升设备 .....	(400)
第二节	柱的预制和安装 .....	(404)
第三节	板的预制 .....	(405)
第四节	板的提升 .....	(413)
第五节	提升阶段柱的稳定 .....	(420)
第六节	升板滑模法与升板提模法施工 .....	(425)

# 第一章 土方工程

## 第一节 概 述

### 一、土方工程分类及施工特点

工业与民用建筑工程中的土方工程一般分为四类:

(一) 场地平整:在地面上挖填,使建筑场地平整为符合设计标高要求的平面(一般还有一定泄水坡度的要求)。这类土方工程施工面积大,土方工程量大,应采用机械化或半机械化的施工方法。

(二) 基坑(槽)、管沟施工:在地面以下开挖条形基础的基槽、地下管道的沟槽以及独立柱基础的基坑。有时多个独立柱基础之间距离很近,也可一次开挖成基槽。这类土方工程目前多采用人工挖土,劳动量大而繁重,应尽量采用中小型土方机械,以提高劳动生产率,降低工程成本。

(三) 地下大型挖方工程:在地面以下开挖较大的设备基础、地下室以及卸煤坑等土方。这类土方工程应尽量采用机械化、半机械化的施工方法。根据开挖深度及平面尺寸,以及机械上下的难易程度,选择合适的土方机械并制订施工方案,确定机械在地面上作业或在坑下作业。

(四) 填土构筑物:在地面以上填筑路基、堤坝等构筑物,一般采用机械化施工方法,填筑土方要做边坡,填土要分层填筑压实。

土方工程的特点是工程量大,施工条件复杂。新建一个大型工业企业,其场地平整、房屋及设备基础、厂区道路及管线的土方量往往可达几十万乃至数百万立米以上,合理地选择土方机械,组织机械化施工,对缩短工期,降低工程成本有很重要的意义。土方工程多为露天作业,施工受地区的气候条件影响,而且土是一种天然物质,种类繁多,施工又受工程地质及水文地质条件的影响,这些对土方工程施工方法有很大的影响。因而,在施工前应根据本地区的工程及水文地质条件及施工期间的气候特点,制订合理的施工方案组织施工。

### 二、土的工程分类

土的种类繁多,其分类方法也很多,如根据土的颗粒级配或塑性指数分类;根据土的沉积年代分类;根据土的工程特点分类等(见《土方与爆破工程施工及验收规范,GBJ201-83》)。在土方工程施工中,根据土的开挖难易程度的分类见表 1-1。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂;亚砂土;冲积砂土层;种植土 泥炭 (淤泥)	用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	II	亚粘土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂、种植土、填筑土及亚砂土	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;重亚粘土;粗砾石;干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚粘土;压实的填筑土	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	重粘土及含碎石、卵石的粘土;粗卵石;密实的黄土;天然级配砂石;软泥炭岩及蛋白石	先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	V—VI	硬石炭纪粘土;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	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	泥灰岩;砂岩;砾岩;坚实的页岩、泥炭岩;密实的石灰岩;风化花岗岩、片麻岩	用爆破方法开挖,部分用风镐
七类土 (坚石)	X—XIII	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	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	用爆破方法开挖

### 三、土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工方法及工程量有直接影响,其基本的工程性质有:

#### (一) 土的可松性

自然状态下的土经开挖以后,其体积因松散而增加,以后虽经回填压实,仍不能恢复成原来的体积,这种性质称为土的可松性。

土的可松性的大小用可松性系数来表示。自然状态下的土,经开挖成松散状态后,其体积的增加,用最初可松性系数( $K_s$ )来表示;自然状态下的土,经开挖成松散状态后,再回填夯实,不能恢复到原自然状态下的体积,夯实后的体积与原自然状态下体积之比,用最终可松性系数( $K'_s$ )来表示,即:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}; \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-1)$$

式中  $K_s$ ——最初可松性系数

$K'_s$ ——最终可松性系数

$V_1$ ——土在自然状态下的体积

$V_2$ ——土经开挖后呈松散状态下的体积

$V_3$ ——土经回填压实后的体积

土的最初可松性系数及最终可松性系数见表 1-2。土的可松性对土方的平衡调配，基坑开挖时留弃土量及运输工具数量的计算均有直接影响。

表 1-2 土的可松性系数

土的类别	$K_s$	$K'_s$
一类土	1.08~1.17	1.01~1.03
二类土	1.14~1.24	1.02~1.05
三类土	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土	1.26~1.45	1.06~1.20
五类土	1.30~1.50	1.10~1.30
六类土	1.45~1.50	1.28~1.30

### (二) 土的含水量

土的含水量是土中所含的水与土的固体颗粒间的重量比，以百分数表示。

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中  $G_1$ ——含水状态时土的重量

$G_2$ ——烘干后的土重

土的含水量对土方边坡稳定性、填土压实的质量都有影响。

### (三) 土的渗透性

土体孔隙中的自由水在重力作用下会发生运动，土的渗透性是指土体被水透过的性质。当基坑开挖至地下水位以下，排水施工使地下水的平衡遭到破坏，地下水会不断流入基坑。地下水是在土中渗流，在流动过程中受到土颗粒的阻力，阻力大小与土的渗透性及地下水渗流路程的长短有关。图 1-1 为砂土渗透实验。经过长为  $L$  的渗流路程， $A$ 、 $B$  两点的水位差为  $h$ ，它与渗流路程之比称为水力坡度 ( $I$ )，即

$$I = \frac{h}{L} \quad (1-3)$$

法国学者达西根据这一实验，发现水在土中渗流的速度 ( $v$ ) 与水力坡度成正比，即达西定律

$$v = K \frac{h}{L} \quad (1-4)$$

比例系数  $K$ ，称为土的渗透系数 (米/秒、米/时或米/昼夜)。土的渗透系数  $K$ ，应经试验

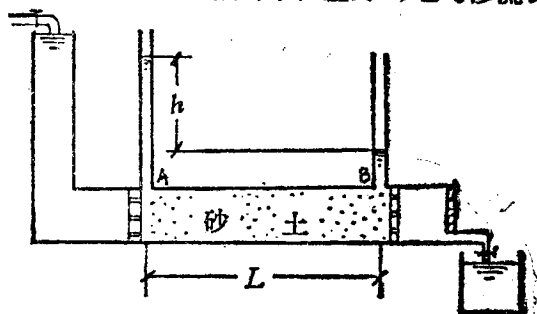


图 1-1 砂土渗透实验

确定,表 1-3 的数值可供参考。

表 1-3 渗透系数  $K$  经验近似值

土的类别	$K$ (米/昼夜)	土的类别	$K$ (米/昼夜)
漂石(无砂质充填)	500~1000	粉砂	0.5~1
卵石	100~500	黄土	0.25~0.5
砾石	50~150	粘砂土	0.1~0.5
粗砂	20~50	轻砂粘土	0.05~0.1
中砂	5~20	重砂粘土	0.001~0.05
细砂	1~5	粘土	<0.001

## 第二节 土方工程量计算

### 一、基坑、基槽土方量计算

#### (一) 基坑土方量计算

基坑土方量的计算可近似地按拟柱体(上下底为两个平行的平面,所有的顶点都在两个平行平面上的多面体)体积公式来计算[图 1-2, a)]:

$$V = \frac{1}{6}h(S + 4S_0 + S') \quad (1-5)$$

式中  $h$ ——基坑深度(米)

$S, S'$ ——基坑上下两底面积(米<sup>2</sup>)

$S_0$ ——基坑中截面( $\frac{1}{2}h$ 处)面积(米<sup>2</sup>)

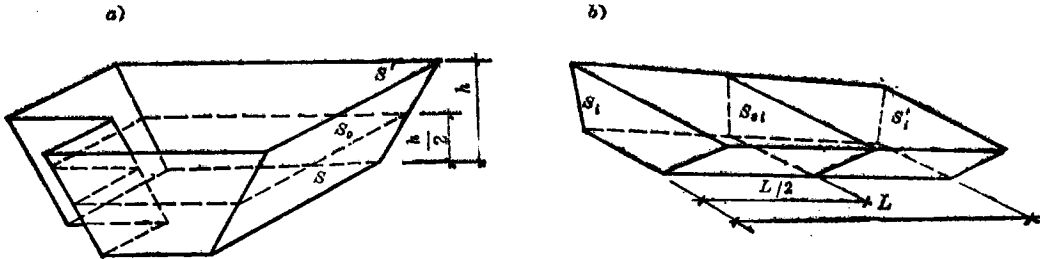


图 1-2 基坑、基槽土方量计算简图

#### (二) 基槽土方量计算

基槽土方量计算,可沿其长度方向分段计算。

如该段内基槽横截面形状、尺寸不变时,其土方量即为该段横截面的面积乘以该段基槽长度。总土方量为各段土方量之和。



如该段内横截面的形状、尺寸有变化时,可近似地用拟柱体的体积公式计算[图 1-2, b)]即:

$$V_i = \frac{1}{6} L_i (S_i + 4S_{0_i} + S'_i) \quad (1-6)$$

式中  $V_i$ ——该段土方量(米<sup>3</sup>)

$L_i$ ——该段长度(米)

$S_i, S'_i$ ——该段两端横截面面积(米<sup>2</sup>)

$S_{0_i}$ ——该段中截面( $\frac{1}{2}L_i$ 处)面积(米<sup>2</sup>)

## 二、场地平整土方量计算

场地平整前,要确定场地设计标高,计算挖填方工程量,确定挖填方土方平衡调配方案。要根据工程规模、施工期限、现有机械设备条件,选择土方机械,拟订施工方案。

### (一) 场地设计标高的确定

确定场地设计标高时应考虑以下因素:

1. 满足生产工艺和运输的要求;
2. 尽量利用地形,减少挖填方数量;
3. 场地内挖填方平衡,土方运输费用最少;
4. 有一定泄水坡度,满足排水要求。

场地设计标高一般应在设计文件上规定,若设计文件对场地设计标高没有规定时,可按下述步骤来确定场地设计标高:

#### 1. 初步计算场地设计标高

初步计算场地设计标高的原则是场地内挖填方平衡,即场地内挖方总量等于填方总量。

计算场地设计标高时,首先将场地的地形图根据要求的精度划分为边长为 10~40 米的方格网[图 1-3, a)]。然后,求出各方格角点的地面标高。地形平坦时,可根据地形图上相邻两等高线的标高,用插入法求得。地形不平坦时,用插入法有较大的误差,可在地面用木桩打好方格网,然后用仪器直接测出。

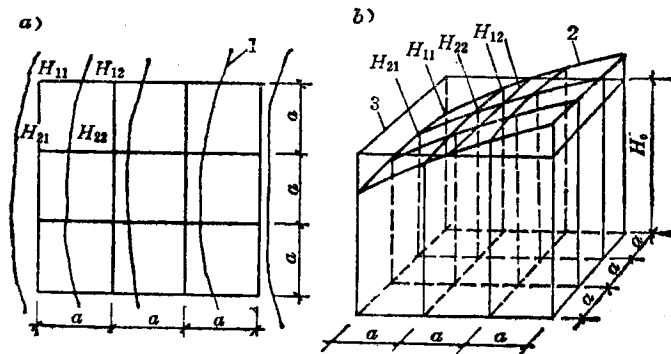


图 1-3 场地设计标高  $H_0$  计算示意图

a) 方格网划分;

b) 场地设计标高示意图

1—等高线; 2—自然地面; 3—场地设计标高示意图

按照场地内土方在平整前及平整后相等,即挖填方平衡的原则[如图 1-3、b)], 场地设计标高可按下式计算:

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

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4m}$$

式中  $H_0$ ——所计算的场地设计标高(米)

$a$ ——方格边长(米)

$m$ ——方格数

$H_{11}, \dots, H_{22}$ ——任一方格的四个角点的标高(米)

从图 1-3、a) 可见,  $H_{11}$  系一个方格的角点标高,  $H_{12}$  及  $H_{21}$  系相邻两个方格的公共角点标高,  $H_{22}$  系相邻的四个方格的公共角点标高。如果将所有方格的四个角点相加, 则类似  $H_{11}$  这样的角点标高加一次, 类似  $H_{12}$  的角点标高需加两次, 类似  $H_{22}$  的角点标高要加四次。如令:

$H_1$ ——为一个方格仅有的角点标高

$H_2$ ——为二个方格共有的角点标高

$H_3$ ——为三个方格共有的角点标高

$H_4$ ——为四个方格共有的角点标高

则场地设计标高  $H_0$  的计算公式可改写为下列形式:

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

## 2. 场地设计标高的调整

按上述公式计算的场地设计标高  $H_0$  系一理论值, 还需考虑以下因素进行调整:

(1) 由于土具有可松性, 按理论计算的  $H_0$  施工, 填土会有剩余, 要适当提高设计标高;

(2) 由于受设计标高以上的填方工程的用土量, 或者设计标高以下的挖方工程的挖土量的影响, 使设计标高降低或提高;

(3) 经过经济比较而将部分挖方就近弃土于场外, 或将部分填方就近从场外取土而引起挖填方量变化, 导致设计标高降低或提高。

## 3. 考虑泄水坡度对设计标高的影响, 最后确定场地各方格角点的设计标高

按上述计算及调整后的场地设计标高, 场地平整后是一个水平面。但实际上由于排水的要求, 场地表面均应有一定的泄水坡度。平整场地的表面坡度应符合设计要求, 如设计无要求时, 一般应向排水沟方向作成不小于 2‰ 的泄水坡度。所以, 在计算的  $H_0$  基础上, 要根据场地要求的泄水坡度, 最后计算出场地内各方格角点实际施工时的设计标高。场地单向泄水及双向泄水时, 场地各方格角点的设计标高求法如下:

(1) 单向泄水时场地各方格角点的设计标高[图 1-4、a)]

以计算出的设计标高  $H_0$  作为场地中心线的标高, 场地内任意一个方格角点的设计标高为:

$$H_n = H_0 + li \quad (1-8)$$

式中  $H_n$ ——场地内任意一方格角点的设计标高(米)

$l$ ——该点至场地中心线( $H_0$ 处)的距离(米)

$i$ ——场地泄水坡度(不小于2‰)

$\pm$ ——该点比  $H_0$  高则取“+”,反之取“-”

例如,图 1-4、a) 中场地内  $H_{52}$  角点的设计标高:

$$H_{52} = H_0 - 1.5ai$$

(2) 双向泄水时场地各方格角点的设计标高[图 1-4、b)]

以计算出的设计标高  $H_0$  作为场地中心点的标高,场地内任意一个方格角点的设计标高为:

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-9)$$

式中  $l_x, l_y$ ——该点于  $x-x, y-y$  方向距场地中心点的距离(米)

$i_x, i_y$ ——场地在  $x-x, y-y$  方向的泄水坡度

例如,图 1-4、b) 中场地内  $H_{42}$  角点的设计标高为:

$$H_{42} = H_0 - 1.5ai_x - 0.5ai_y$$

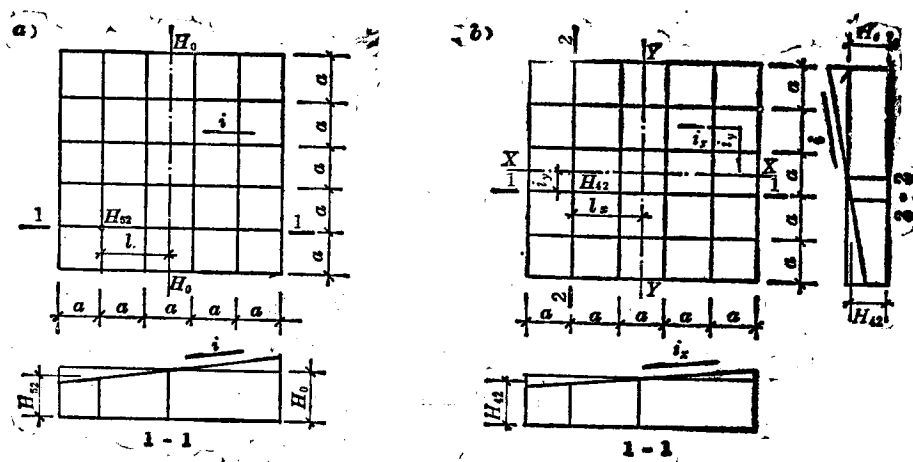


图 1-4 场地泄水坡度示意图

a) 单向泄水; b) 双向泄水

## (二) 场地土方量计算

大面积平整场地一般多用方格网法计算场地土方量,具体按下述步骤进行:

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(即挖、填方高度)按下式计算:

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-10)$$

式中  $h_n$ ——该角点的挖填高度,以“+”为填方高度,以“-”为挖方高度(米)

$H'_n$ ——该角点的设计标高(米)

$H'_n$ ——该角点的自然地面标高(米)

## 2. 确定零线

当同一方格的四个角点的施工高度全为“+”或“-”时,该方格内的土方则全部为填方或挖方;如果一个方格中一部分角点的施工高度为“+”而另一部分为“-”时,此方格中的土方一部分为填方,另一部分为挖方。这时,要确定挖、填方的分界线,称为零线。

确定零线时,要先确定相邻的一挖一填的两角点间方格边线上的零点(此点既不挖也不填),方格网中各相邻边线上的零点间连线即为零线。

方格边线上的零点位置可按下列式计算(图 1-5):

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad (1-11)$$

式中  $h_1, h_2$ ——相邻两角点填、挖方施工高度(以绝对值代入)(米)

$a$ ——方格边长(米)

$x$ ——零点距角点 A 的距离(米)

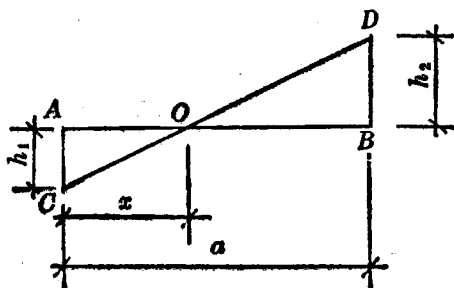


图 1-5 零点位置计算

## 3. 场地土方量的计算

计算场地土方量时,先求出各方格的挖填方土方量和场地周围边坡的挖填方土方量,把挖填方土方量分别加起来,就得到场地挖、填方的总土方量。

场地各方格土方量计算,一般有下列四种类型:

(1) 方格四个角点全部为填方(或挖方),如图 1-6 时,其土方量为:

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-12)$$

式中  $V$ ——挖方或填方的体积(米<sup>3</sup>)

$h_1, h_2, h_3, h_4$ ——方格角点挖填高度,以绝对值代入(米)

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

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left( \frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-13)$$

填方部分土方量为:

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left( \frac{h_3^2}{h_2 + h_3} + \frac{h_4^2}{h_1 + h_4} \right) \quad (1-14)$$

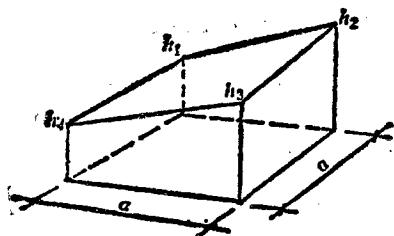


图 1-6 全挖(全填)方格

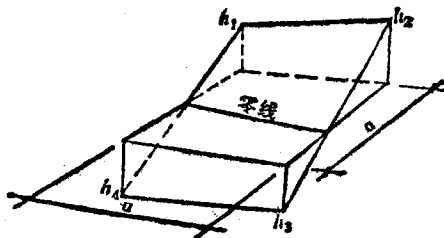


图 1-7 两挖两填方格

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

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_1^3}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)} \quad (1-15)$$

挖方部分土方量为:

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-16)$$

反过来, 方格的三个角点为填方, 另一角点为挖方时, 其挖方部分土方量按公式 1-15 计算, 填方部分土方量按公式 1-16 计算。

(4) 方格的一个角点为挖方, 一个角点为填方, 另两个角点为零点时(零线为方格的对角线), 如图 1-9, 其挖(填)土方量为:

$$V = \frac{1}{6} a^2 h \quad (1-17)$$

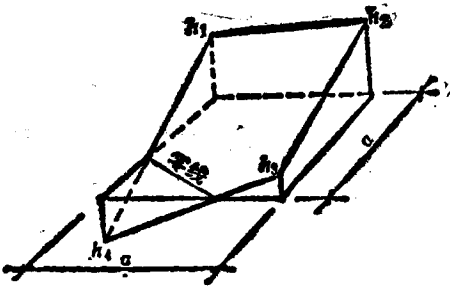


图 1-8 三挖一填(或三填一挖)方格

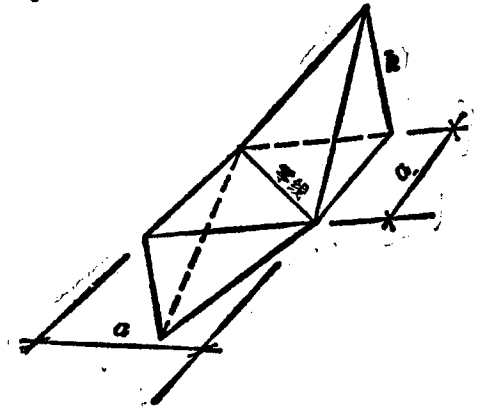


图 1-9 一挖一填方格

场地四周边坡土方量的计算, 可将边坡划分为两种近似的几何形体(三角棱锥体和三角棱柱体)分别计算, 然后将各分段计算的结果相加, 求出边坡土方的挖、填方土方量。图 1-10 为边坡土方量分段计算示例。

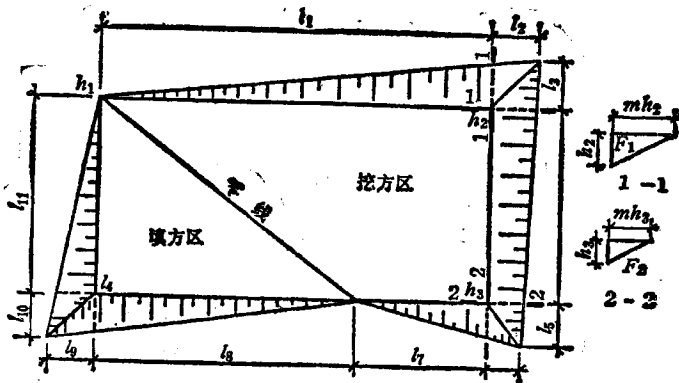


图 1-10 边坡土方量分段计算示例

### (三) 场地平整土方量计算例题

某建筑场地地形图见图 1-11, 方格网  $a=20$  米, 土质为亚粘土, 设计泄水坡度  $i_x=2\%$ 、 $i_y=3\%$ , 不考虑土的可松性对设计标高的影响, 试确定场地各方格角点的设计标高并计算挖、填方总土方量(不考虑边坡土方量)。

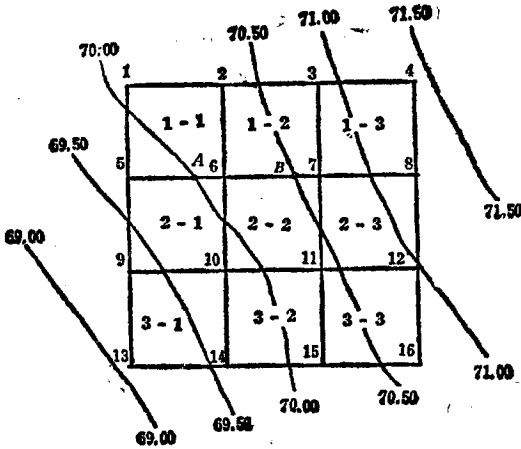


图 1-11 某建筑场地地形图和方格网布置

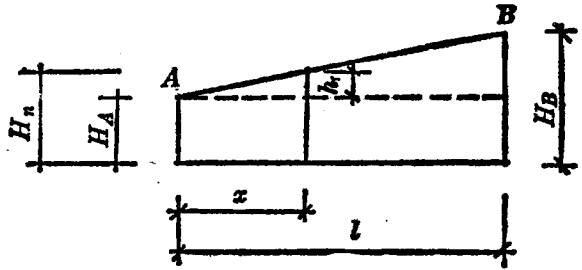


图 1-12 插入法计算简图

#### 1. 计算各方格角点的地面标高

根据地形图上所标的等高线, 假定两等高线之间的地面坡度按直线变化, 用插入法求出各方格角点的地面标高。

例如: 图 1-11 中等高线 70.00、70.50 间角点 6 的地面标高, 由图 1-12:

$$h_x : (H_B - H_A) = x : l$$

$$h_x = \frac{H_B - H_A}{l} x$$

$$H_n = H_A + h_x$$

式中  $h_x$ ——计算的角点与等高线上 A 点的高差(米)

$H_A$ ——等高线 A 的标高(A 的标高低于 B)(米)

$H_B$ ——等高线 B 的标高(米)

$x$ ——所求角点沿方格边线到等高线上 A 点的距离(米)

$l$ ——沿该角点所在的方格边线, 等高线 A、B 之间的距离(米)

用比例尺在图 1-11 上量出角点 6 的  $x$ 、 $l$  值, 代入上述两式:

$$h_6 = \frac{70.50 - 70.00}{24} \times 8 = 0.17 \text{ (米)}$$

$$H_6 = 70.00 + 0.17 = 70.17 \text{ (米)}$$

余此类推, 求出各角点地面标高, 见图 1-13。

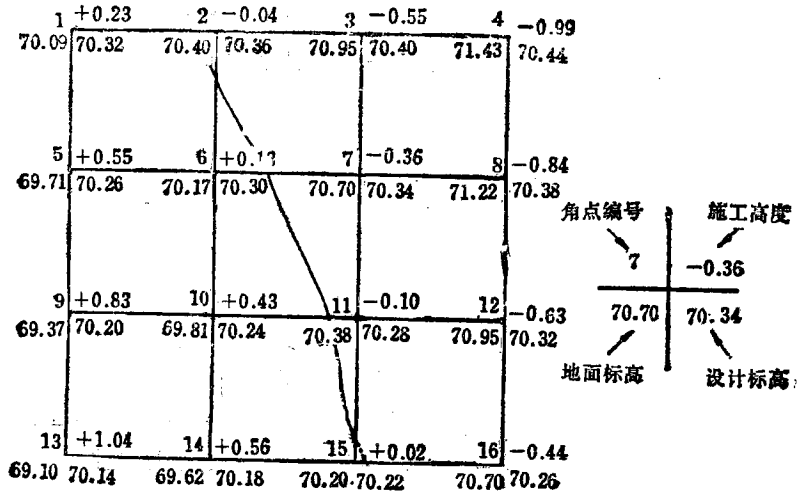


图 1-13 各方格角点的设计标高及施工高度

2. 计算场地设计标高  $H_0$

$$\Sigma H_1 = 70.09 + 71.43 + 70.70 + 69.10 = 281.32(\text{米})$$

$$2\Sigma H_2 = 2 \times (70.40 + 70.95 + 71.22 + 70.95 + 70.20 + 69.62 + 69.37 + 69.71) = 1124.84(\text{米})$$

$$4\Sigma H_4 = 4 \times (70.17 + 70.70 + 70.38 + 69.81) = 1124.24(\text{米})$$

由公式 1-7:

$$H_0 = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 4\Sigma H_4}{4n} = \frac{281.32 + 1124.84 + 1124.24}{4 \times 9} = 70.29(\text{米})$$

3. 根据要求的泄水坡度计算方格角点的设计标高

如图 1-14, 以场地中心点处为  $H_0$ , 各方格角点的设计标高为:

$$H_1 = H_0 - 30 \times 2\text{‰} + 30 \times 3\text{‰} = 70.29 - 30 \times 2\text{‰} + 30 \times 3\text{‰} = 70.32(\text{米})$$

$$H_2 = H_1 + 20 \times 2\text{‰} = 70.32 + 0.04 = 70.36(\text{米})$$

$$H_5 = H_1 - 20 \times 3\text{‰} = 70.32 - 0.06 = 70.26(\text{米})$$

其余各角点标高算法同上, 见图 1-13。

4. 计算各方格角点的施工高度

由公式 1-10 求各方格角点施工高度, 例如:

$$\text{角点 1: } h_1 = 70.32 - 70.09 = +0.23(\text{米})$$

$$\text{角点 2: } h_2 = 70.36 - 70.40 = -0.04(\text{米})$$

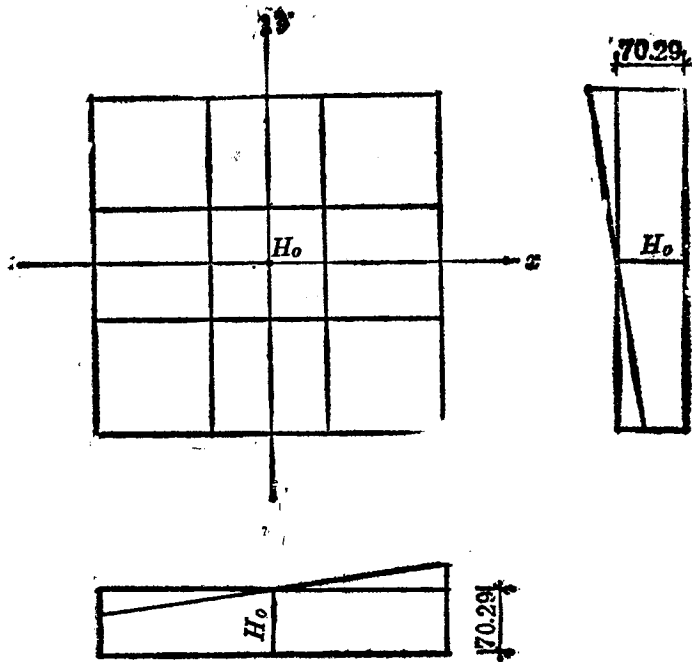


图 1-14 场地双向泄水坡度

所求得得施工高度为“+”时,该点为填方;为“-”时,该点为挖方。

其余各点施工高度见图 1-13。

### 5. 确定零线

首先求零点,零点在相邻两角点为一挖一填的方格边线上,按公式 1-11 求得,并标在图上。

本例各零点位置见图 1-13。各相邻零点的连线即为零线(挖填方区的分界线)。

### 6. 计算土方工程量

方格 1-3、2-3 是四个角点全部为挖方;方格 2-1、3-1 是四个角点全部为填方,这四个方格的土方量,按公式 1-12 计算:

$$V_{挖(填)} = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$$

$$V_{1-3} = \frac{400}{4} (0.55 + 0.99 + 0.84 + 0.36) = -274 (\text{米}^3)$$

$$V_{2-3} = \frac{400}{4} (0.36 + 0.84 + 0.63 + 0.10) = -193 (\text{米}^3)$$

$$V_{2-1} = \frac{400}{4} (0.55 + 0.13 + 0.43 + 0.83) = +194 (\text{米}^3)$$

$$V_{3-1} = \frac{400}{4} (0.83 + 0.43 + 0.56 + 1.04) = +286 (\text{米}^3)$$

方格 2-2 为两挖两填方格,按公式(1-13)计算:



$$V_{挖} = \frac{a^2}{4} \left( \frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right)$$

$$V_{填} = \frac{a^2}{4} \left( \frac{h_3^2}{h_2 + h_3} + \frac{h_4^2}{h_1 + h_4} \right)$$

$$V_{2-2}^{挖} = \frac{400}{4} \left( \frac{(0.36)^2}{0.36 + 0.13} + \frac{(0.10)^2}{0.10 + 0.43} \right) = -28.3 (\text{米}^3)$$

$$V_{2-2}^{填} = \frac{400}{4} \left( \frac{(0.43)^2}{0.10 + 0.43} + \frac{(0.13)^2}{0.36 + 0.13} \right) = +38.3 (\text{米}^3)$$

方格 1-1、3-2 为三填一挖方格，方格 1-2、3-3 为三挖一填方格，按公式(1-15)及公式(1-16)计算：

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_4^3}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)}$$

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

$$V_{1-1}^{挖} = \frac{400}{6} \times \frac{(0.04)^3}{(0.13 + 0.04)(0.23 + 0.04)} = -0.09 (\text{米}^3)$$

$$V_{1-1}^{填} = \frac{400}{6} (2 \times 0.13 + 0.55 + 2 \times 0.23 - 0.04) + 0.09 \\ = +82.09 (\text{米}^3)$$

$$V_{1-2}^{填} = \frac{400}{6} \times \frac{(0.13)^3}{(0.04 + 0.13)(0.36 + 0.13)} = +1.76 (\text{米}^3)$$

$$V_{1-2}^{挖} = \frac{400}{6} (2 \times 0.04 + 0.55 + 2 \times 0.36 - 0.13) + 1.76 \\ = -83.09 (\text{米}^3)$$

$$V_{3-2}^{挖} = \frac{400}{6} \times \frac{(0.10)^3}{(0.02 + 0.10)(0.43 + 0.10)} = -1.05 (\text{米}^3)$$

$$V_{3-2}^{填} = \frac{400}{6} (2 \times 0.02 + 0.56 + 2 \times 0.43 - 0.10) + 1.05 \\ = +91.72 (\text{米}^3)$$

$$V_{3-3}^{挖} = \frac{400}{6} \times \frac{(0.02)^3}{(0.10 + 0.02)(0.44 + 0.02)} = +0.010 (\text{米}^3)$$

$$V_{3-3}^{填} = \frac{400}{6} (2 \times 0.10 + 0.63 + 2 \times 0.44 - 0.02) + 0.009 \\ = -112.67 (\text{米}^3)$$

将计算出的土方量填入图 1-13 相应的方格中，场地挖填方总土方量为：

总挖方量：

$$\Sigma V_{挖} = V_{1-1}^{挖} + V_{1-2}^{挖} + V_{1-3}^{挖} + V_{2-2}^{挖} + V_{2-3}^{挖} + V_{3-2}^{挖} + V_{3-3}^{挖} \\ = 0.09 + 83.09 + 274 + 28.3 + 193 + 1.05 + 112.67 = 692.20 (\text{米}^3)$$

总填方量：