

1.1

土的分类及工程性质



1.1.1 土的工程分类



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;粉土;冲积砂土层;疏松的种植土;泥炭(淤泥)	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;种植土及填土	用锹、条锄挖掘,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;干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质黏土;压实的填土	主要用镐,少许用锹、条锄挖掘,部分用撬棍
四类土 (沙砾坚土)	IV	坚硬密实的黏土或黄土;含碎石、卵石的中等密实的黏土或黄土;粗卵石;天然级配砂石;软泥灰岩	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;中等密实的页岩、泥灰岩、白垩土;胶结不紧的砾岩;软石灰及贝壳石灰石	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分用爆破方法
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;微风化的安山岩、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、角闪岩	用爆破方法开挖

1.1.2 土的工程性质



1. 土的组成

土一般由土颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)三部分组成,这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化,三者相互间比例不同,反映出土的物理状态不同,如干燥、稍湿或很湿,密实、稍密或松散。

土的三相 (tri-phase soil) 物质是混合分布的,为阐述方便,一般用三相图表示,如图1.1所示。在三相图 (three phase diagram) 中,把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来。

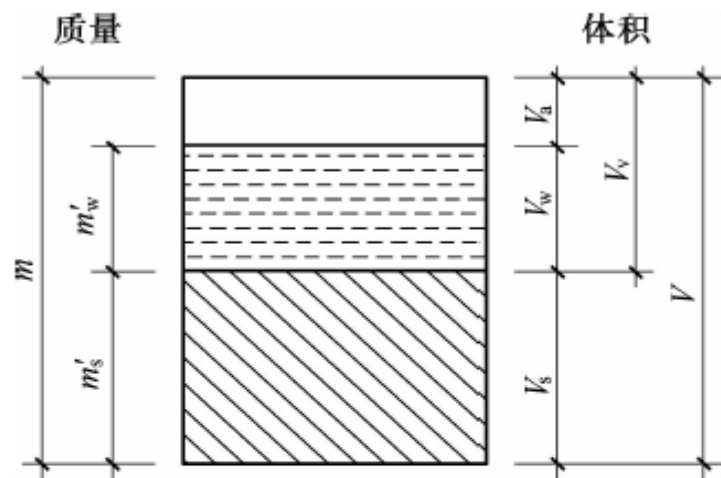


图 1.1 土的三相示意

m —土的总质量(kg); m'_s —土中固体颗粒的质量(kg);
 m'_w —土中水的质量(kg); V —土的总体积(m^3);
 V_a —土中空气体积(m^3); V_s —土中固体颗粒体积(m^3);
 V_w —土中水所占的体积(m^3); V_v —土中孔隙体积(m^3)

1.1.2 土的工程性质



2. 土的工程性质

(1) 土的可松性 (but looseness)

土的可松性程度一般用可松性系数表示。最初可松性系数为

$$K_s = V_2 / V_1$$

最终可松性系数为

$$K'_s = V_3 / V_1$$

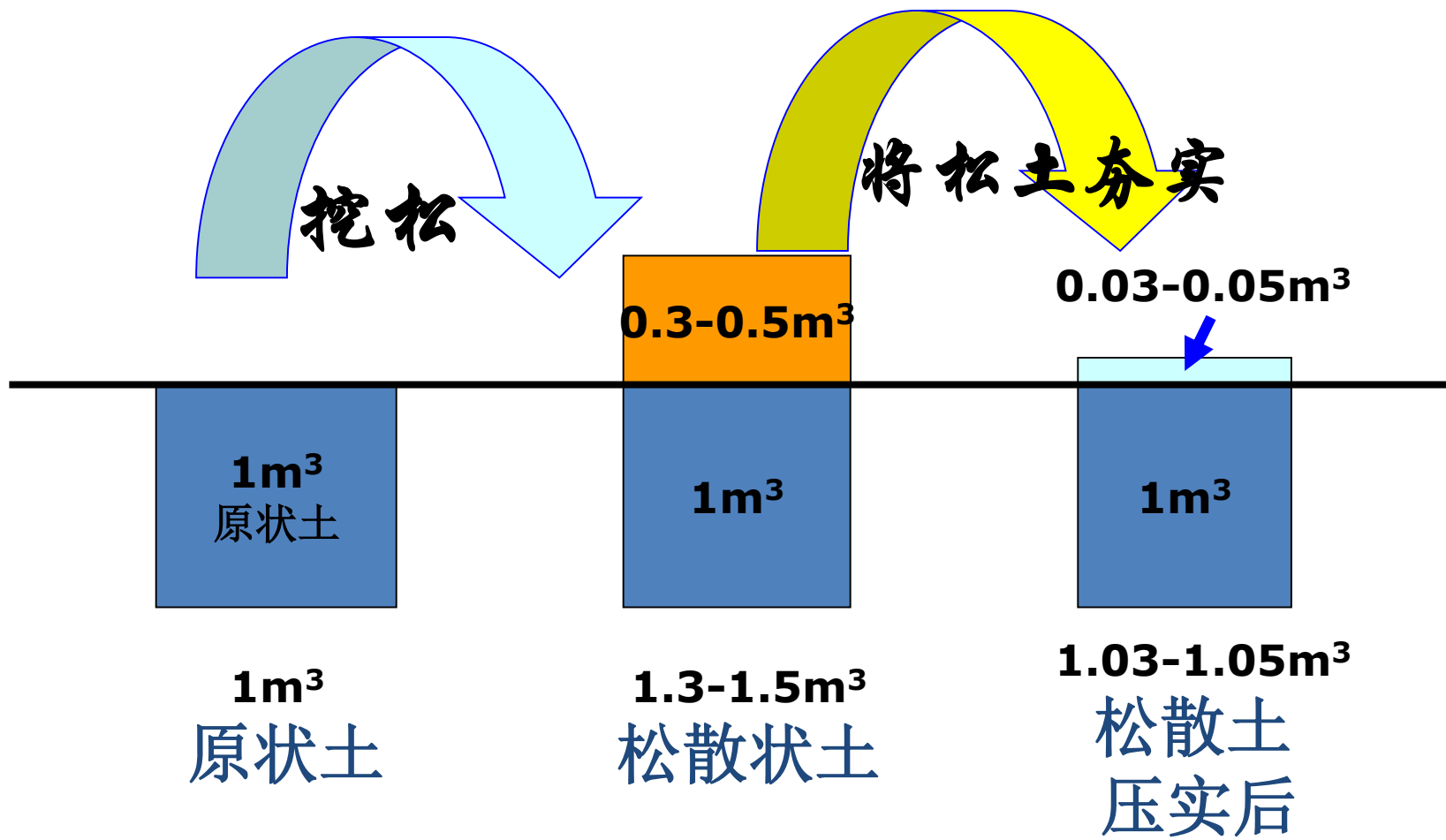
式中 K_s ——土的最初可松性系数；

K'_s ——土的最终可松性系数；

V_1 ——土在自然状态下的体积(m^3)；

V_2 ——土经开挖后松散状态下的体积(m^3)；

V_3 ——土经压 (夯) 实后的体积(m^3)。



几个问题:

(1). 1m^3 自然状态的土挖松后变成 $1 \times K_s \text{m}^3$ 的松土;

(2). 回填 1m^3 的土坑, 不需要 1m^3 自然状态土, 只需 $(1 \div K_s' \text{m}^3)$ 自然状态的土就可以了, 但挖松回填后要人为的压实它;

(3). 载重汽车运输车次，按松土体积÷汽车的斗容量；所以要将外运土方的实方数× K_s 就是松方的数量；

(4). 施工时，根据计算结果，先将需要运走的部分边开挖边运走，然后将余下的部分开挖后暂时堆到附近指定的地方，待基础和地下室完成后就近取土回填、夯实。

1.1.2 土的工程性质



土的可松性系数对土方的平衡调配，留弃土量、土方运输量及运输工具数量的计算都有直接影响。各类土的可松性系数见表1.2。

表 1.2 土的可松性系数

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

1.1.2 土的工程性质



(2) 土的含水量 (water content)

土的含水量是指土中水的质量与固体颗粒质量之比，以百分数表示，即

$$\omega = m_w / m_s \times 100\%$$

式中 ω ——土的含水量；

m_w ——土中水的质量 (kg) ；

m_s ——土中固体颗粒的质量 (kg) 。

- 土的含水量测定方法:
- 把土样称量后放入烘箱内进行烘干（ $100\sim 105^{\circ}\text{C}$ ），直至重量不再减少为止，称量。第一次称量为含水状态土的质量，第二次称量为烘干后土的质量 m_s ，利用公式可计算出土的天然含水量。

1.1.2 土的工程性质



(3) 土的渗透性 (permeability)

土的渗透性是指水流通过土中孔隙的难易程度。土的渗透性用渗透系数 (coefficient of permeability) K 表示。地下水的流动以及在土中的渗透速度都与土的渗透性有关。地下水在土中渗流速度一般可按达西定律 (Darcy' s law) 计算确定(图1.2) , 其公式如下

$$v=iK$$

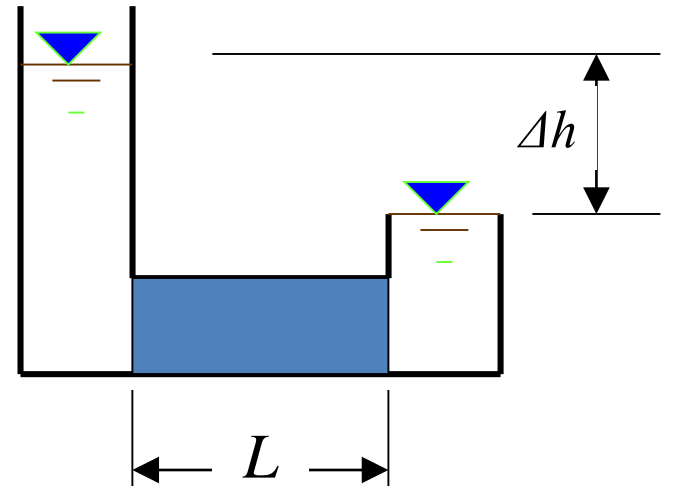
式中 v ——水在土中的渗流速度(m / d) ;

i ——水力坡度 (hydraulic gradient) , $i=hL$;

K ——土的渗透系数(m / d)。

$k = \text{水流速度 } v \div \text{水力坡度 } I$
单位为m/d

渗透系数 k 可在现场做抽水试验求出，降低地下水位计算时要用到它。



1.1.2 土的工程性质



(4) 土的天然密度 (density) 和干密度 (dry density)
土在天然状态下单位体积的质量，称为土的天然密度(简称密度)。一般黏土的密度为1 800 ~ 2 000 kg / m³，砂土的密度为1 600 ~ 2 000 kg / m³。土的密度按下式计算：

$$\rho = m/V$$

干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值，用下式表示：

$$\rho_d = m_s/V$$

式中 ρ ——土的天然密度 (kg/m³) ；

ρ_d ——土的干密度(kg/m³) ；

m ——土的总质量(kg) ；

m_s ——土中固体颗粒的质量 (kg) ；

V ——土的体积(m³)。

1.1.2 土的工程性质



(5) 土的孔隙比 (void ratio) 和孔隙率 (porosity)

孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度 (compactness)。孔隙比和孔隙率越小土越密实。孔隙比 e 是土的孔隙体积 V_v 与固体颗粒体积 V_s 的比值，即

$$e = V_v / V_s$$

孔隙率 n 是土的孔隙体积 V_v 与总体积 V 的比值，用百分率表示：

$$n = V_v / V \times 100\%$$

1.2



土方工程量计算

1.2.1 基坑与基槽土方量计算

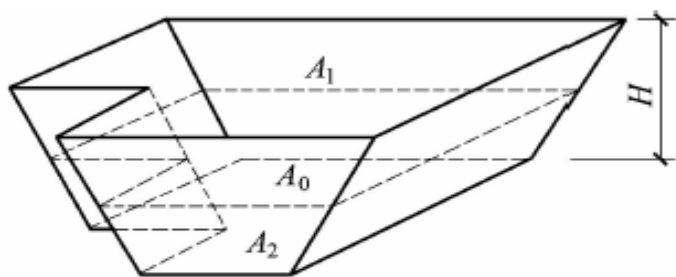


图 1.3 基坑土方量计算

1. 基坑土方量

基坑土方量可按立体几何中棱柱体

(由两个平行的平面做底的一种多面体) 体积公式计算, 如图1.3所示, 即

$$V=H/6 (A_1+4A_0+A_2)$$

式中H ——基坑深度 (m) ;

A1 , A2——基坑上、下底的面
积 (m²) ;

A0——基坑中截面的面积
(m²) 。

1.2.1 基坑与基槽土方量计算



2. 基槽土方量

基槽土方量计算可沿长度方向分段后，按照上述同样的方法计算，如图1.4所示，即

$$V_1 = L_1 \left(\frac{A_1 + 4A_0 + A_2}{6} \right)$$

式中 V_1 ——第一段的土方量（ m^3 ）；

L_1 ——第一段的长度（ m ）。

将各段土方量相加，即得总土方量为

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

式中 V_1, V_2, \dots, V_n ——各段土方量（ m^3 ）。

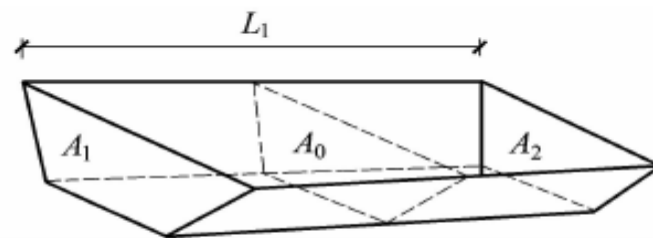


图 1.4 基槽土方量计算

1.2.2 场地平整土方量计算



场地平整土方量的计算方法有方格网法和断面法两种。断面法是将计算场地划分成若干横截面后逐段计算，最后将逐段计算结果汇总。断面法计算精度较低，可用于地形起伏变化较大、断面不规则的场地。当场地地形较平坦，一般采用方格网法。





结构
60183.com
网友上传

18 8:28 PM

场地平整

1、什么叫场地平整?

2、基本原则:

总挖方=总填方

即场地内挖填平衡，
场地内挖方工程量
等于填方工程量。

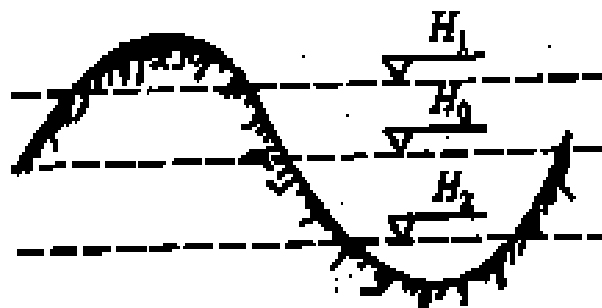


图1-9 场地不同
设计标高的比较

(一) 场地设计标高确定

1. 确定原则

- 1) 应满足生产工艺和运输的要求
- 2) 充分利用地形，尽量挖填方平衡
- 3) 要有一定泄水坡度 ($\geq 2\text{‰}$)
- 4) 要考虑最高洪水位的影响



结构
600163.com
网友上传

2. 根据挖填平衡原则确定场地的设计标高 H_0

1) 初步确定场地设计标高（由一个正方形的平均高度引入设计标高的计算公式），在确定场地设计标高时应假定每个方格地表面为平面

2) 设计标高的调整

a) 可松性的影响：挖填平衡利用可松性系数调整（ $H_0' = H_0 + \Delta h$ ）

b) 借土与弃土的影响

c) 考虑泄水坡度对设计标高的影响（ $H_0' = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y$ ）——在公式中正负号的应用可根据水是由高处往低处流（比原设计标高应为正否则为负）

3、计算步骤及方法

(1) 初步确定场地设计标高

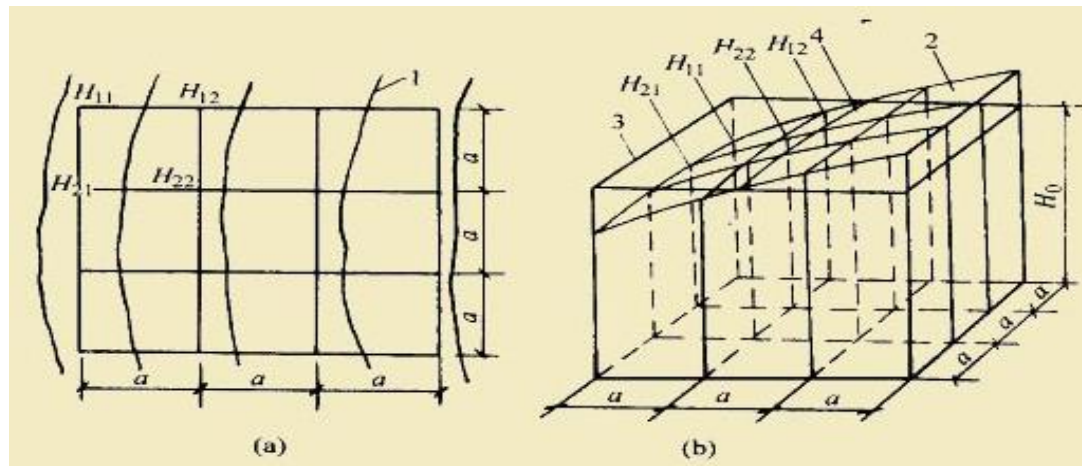


图1-10场地设计标高示意图 (a)地形地图方格网
(b)设计标高示意图
1——等高线；
2——自然地面；
3——设计地面

$$\begin{aligned}
& \text{平整前土方量 } V_{\text{前}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 \\
& = a^2 \cdot \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} + a^2 \cdot \frac{H_{12} + H_{13} + H_{22} + H_{23}}{4} \\
& + a^2 \cdot \frac{H_{13} + H_{14} + H_{23} + H_{24}}{4} + a^2 \cdot \frac{H_{21} + H_{22} + H_{31} + H_{32}}{4} \\
& + a^2 \cdot \frac{H_{22} + H_{23} + H_{32} + H_{33}}{4} + a^2 \cdot \frac{H_{23} + H_{24} + H_{33} + H_{34}}{4} \\
& + a^2 \cdot \frac{H_{31} + H_{32} + H_{41} + H_{42}}{4} + a^2 \cdot \frac{H_{32} + H_{33} + H_{42} + H_{43}}{4} \\
& + a^2 \cdot \frac{H_{33} + H_{34} + H_{43} + H_{44}}{4} \\
& = \frac{a^2}{4} (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22} + H_{12} + H_{13} + H_{22} + H_{23} \\
& + H_{13} + H_{14} + H_{23} + H_{24} + H_{21} + H_{22} + H_{31} + H_{32} + H_{22} \\
& + H_{23} + H_{32} + H_{33} + H_{23} + H_{24} + H_{33} + H_{34} + H_{31} + H_{32} \\
& + H_{41} + H_{42} + H_{32} + H_{33} + H_{42} + H_{43} + H_{33} + H_{34} + H_{43} + H_{44})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{a^2}{4} [(H_{11} + H_{14} + H_{41} + H_{44}) + 2(H_{12} + H_{13} + H_{21} + H_{31} \\ &+ H_{24} + H_{34} + H_{42} + H_{43}) + 4(H_{22} + H_{23} + H_{32} + H_{33})] \\ &= \frac{1}{4} a^2 [\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4] \end{aligned}$$

H1----为一个方格仅有的角点标高；

H2----为二个方格共有的角点标高；

H3----为三个方格共有的角点标高；

H4----为四个方格共有的角点标高；

平整后土方量

$$V_{\text{后}} = H_0 a^2 n$$

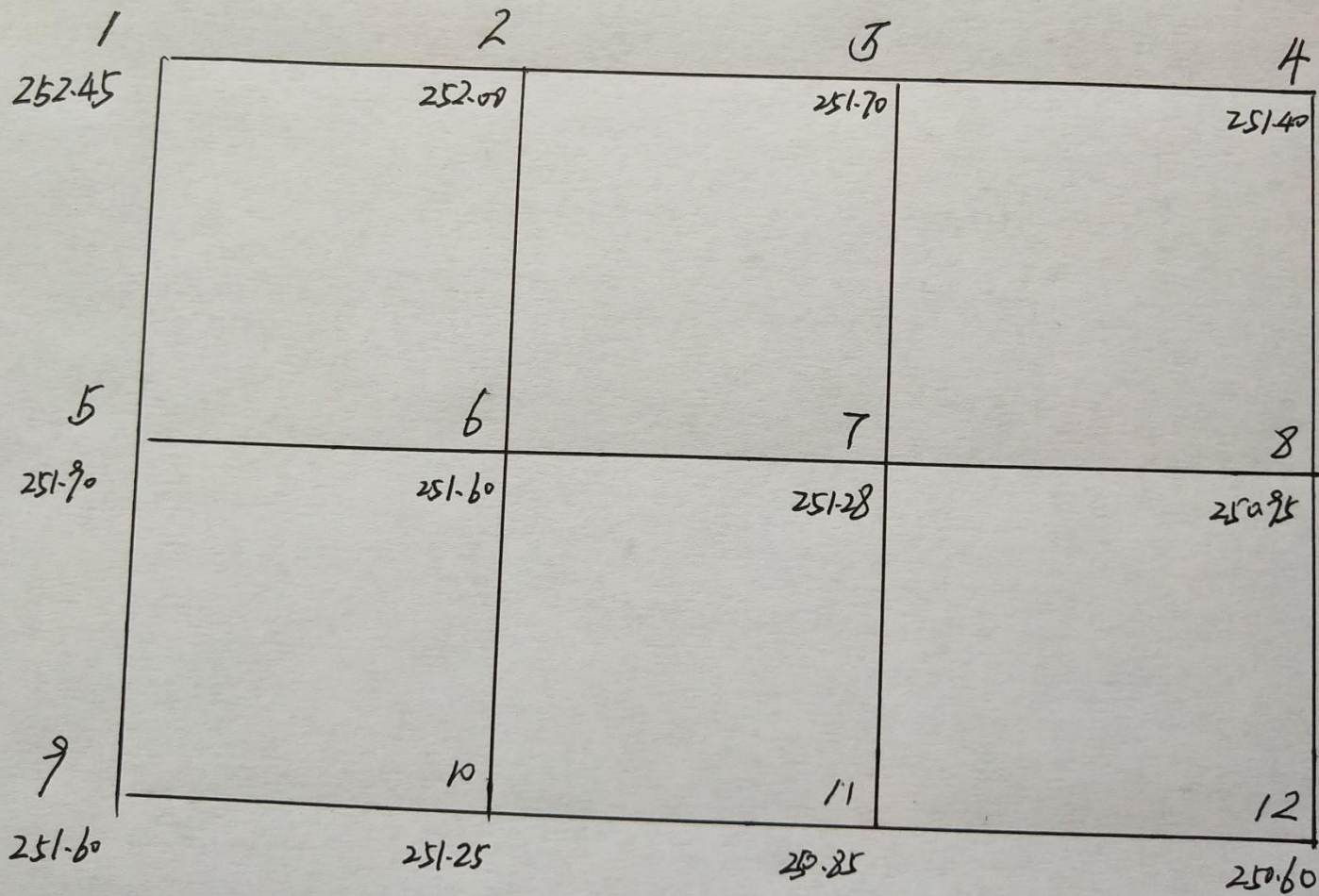
H_0 ——平整后的场地标高；

n ——方格数；

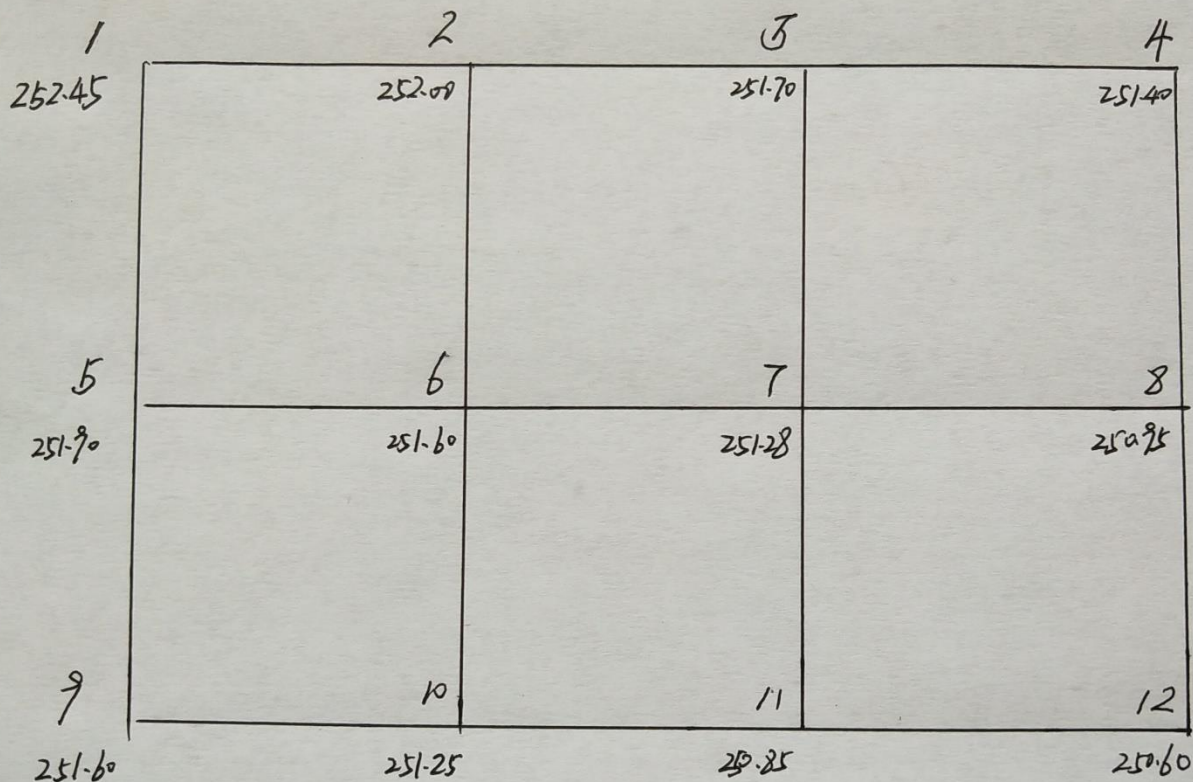
平整前土方量 = 平整后土方量

$$\frac{1}{4}a^2[\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4] = H_0na^2$$
$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}$$

确定下列场地的场地设计标高 H_0 。(a=20m)



确定下列场地的场地设计标高 H_0 。 ($a=20m$)



解:
$$H_0 = \frac{1}{4 \times 6} [(252.45 + 251.40 + 251.60 + 250.60) + 2(252.00 + 251.70 + 251.90 + 250.95 + 251.25 + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)]$$

$$= 251.45 (m)$$

(2) 场地设计标高的调整

①土的可松性影响

$$\Delta h = \frac{V_w (K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s}$$



图1-11 设计标高调整计算简图

理论计算标高

调整设计标高

②借土或弃土的影响

$$H_0'' = H_0' + \frac{Q}{na^2}$$

③考虑泄水坡度对设计标高的影响
平整场地坡度，一般标明在图纸上，如设计无要求，一般取不小于2‰的坡度，根据设计图纸或现场情况，泄水坡度分：

单向泄水

双向泄水

A 单向泄水

将调整后的设计标高
(H''_0) 作为场地中
心线的标高。

场地内任一点设计标
高为：

$$H_{ij} = H''_0 + L \cdot i$$

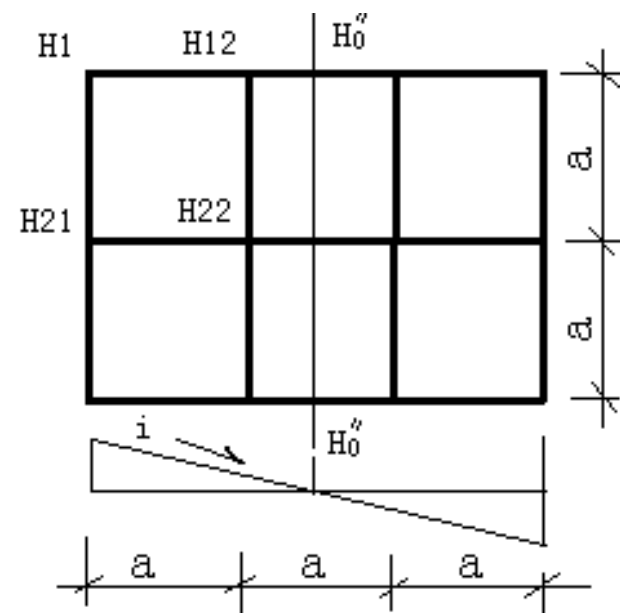


图1—12 单向泄水

B 双向泄水

将调整后的设计标高 H''_0 作为场地纵横方向的中心点。

场地内任一点的设计标高为：

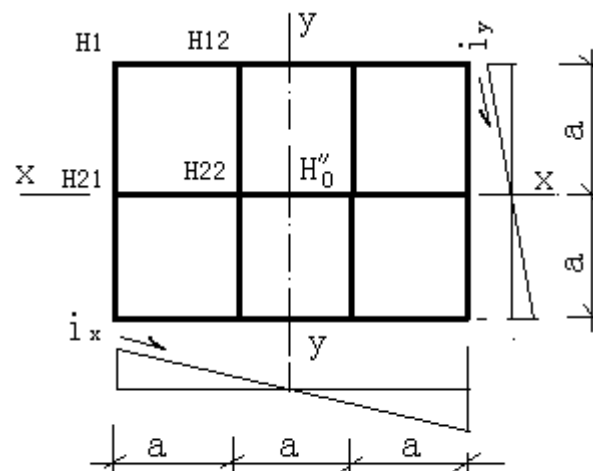


图1—13 双向泄水

$$H_{ij} = H''_0 + Lx i_x + Ly i_y$$

(3) 计算零点标出零线

① 计算各方格角点的施工高度

所谓施工高度，就是每一个方格角点的挖填高度，用 h_n 表示。

$$h_n = H_{ij} - H_n$$

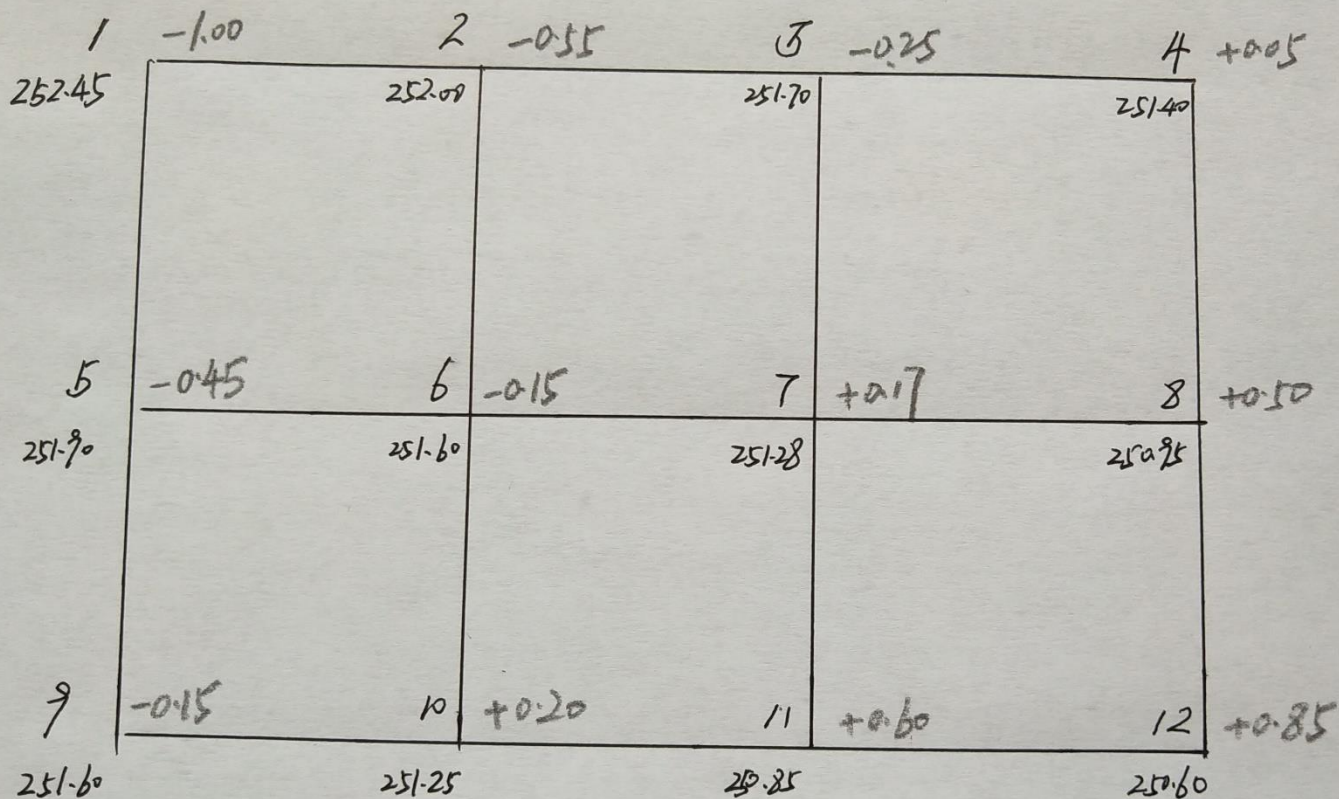
h —— 该角点的挖填高度，

“+” 值表示填方 “，—” 值表示挖方。

H_{ij} —— 该角点设计标高。

H_n —— 该角点自然地面标高。

确定下列场地的场地设计标高 H_0 。 ($a=20m$)



解:
$$H_0 = \frac{1}{4 \times 4} [(252.45 + 251.40 + 251.60 + 250.60) + 2(252.00 + 251.70 + 251.90 + 250.95 + 251.25 + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)]$$

$$= 251.45 (m)$$

②计算零点标出零线

方格中的土方一部分为填方，而另一部分为挖方，这时必定存在不挖不填的点，

这样的点叫**零点**。

把一个方格中的所有零点都连接起来，形成直线或曲线，这道线叫**零线**。

即挖方与填方的分界线。

$$\triangle AOC \sim \triangle DOB$$

$$\frac{x}{h_1} = \frac{a-x}{h_2}$$

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2}$$

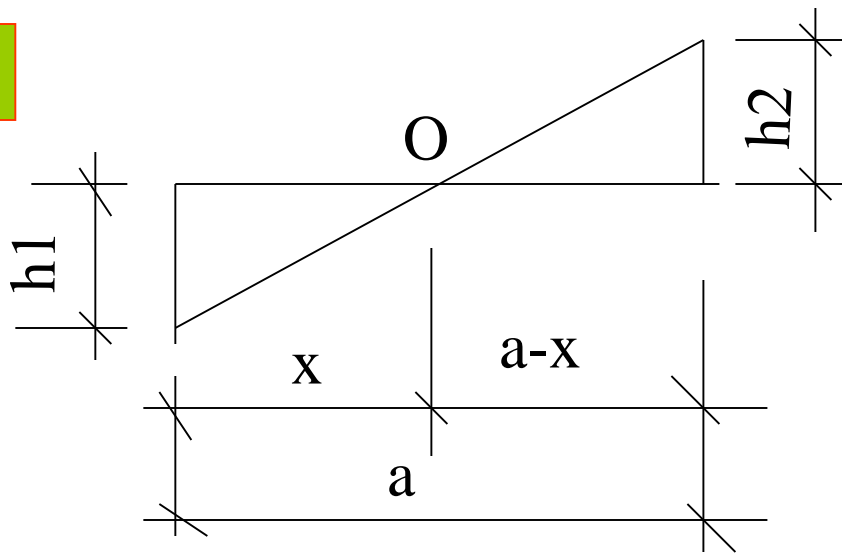
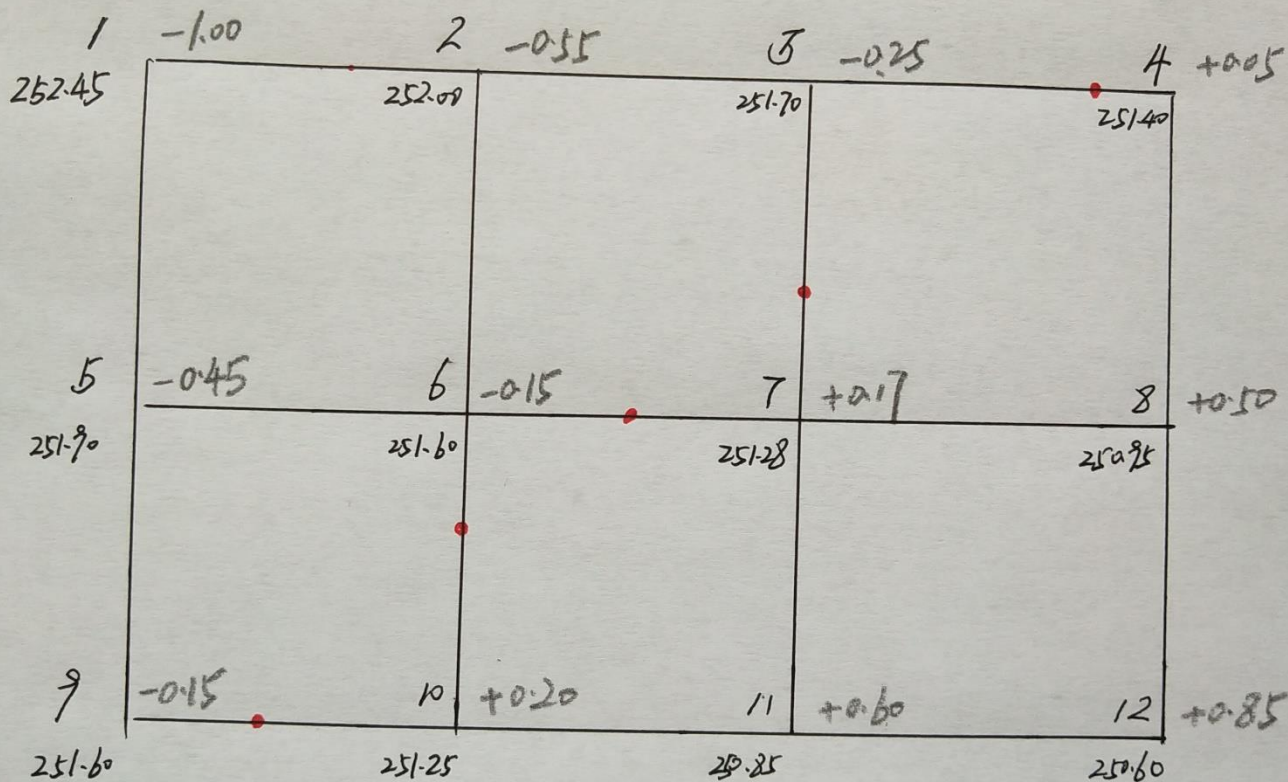


图1-14

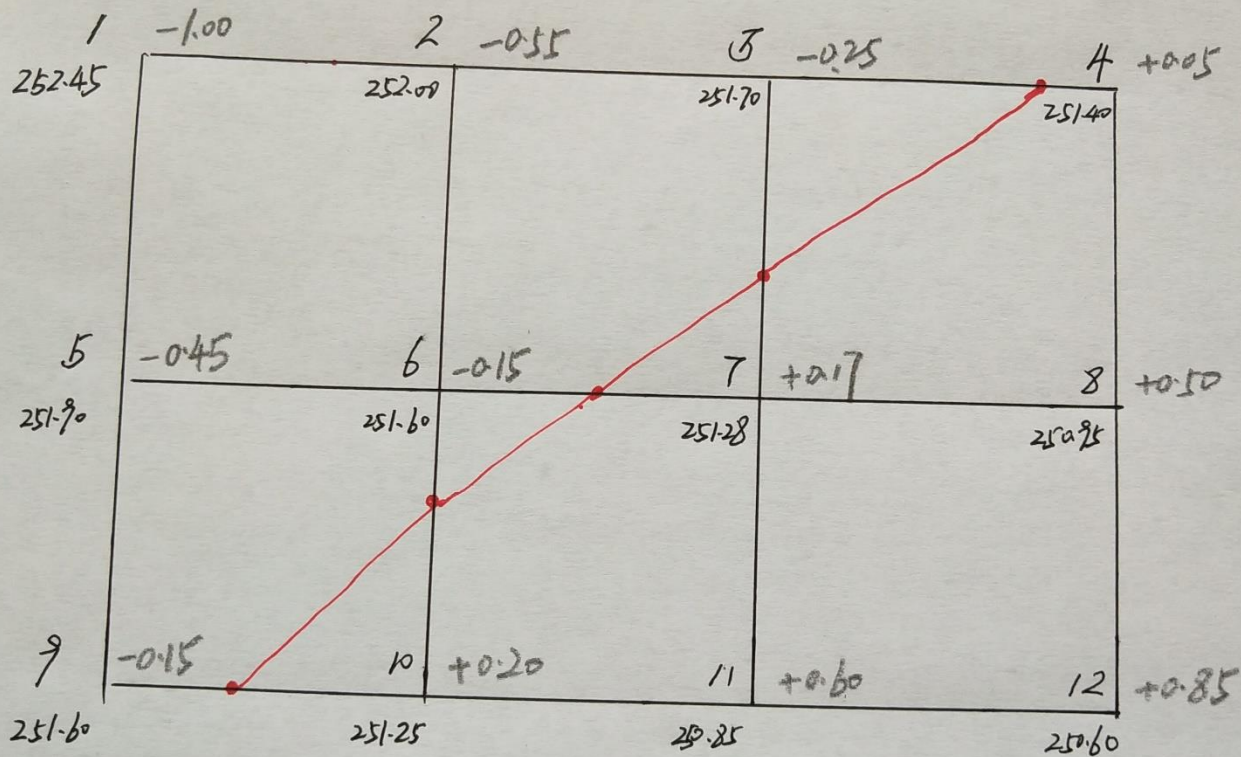
确定下列场地的场地设计标高 H_0 。(a=20m)



解:
$$H_0 = \frac{1}{4 \times 6} [(252.45 + 251.40 + 251.60 + 250.60) + 2(252.00 + 251.70 + 251.90 + 250.95 + 251.25 + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)]$$

$$= 251.45 \text{ (m)}$$

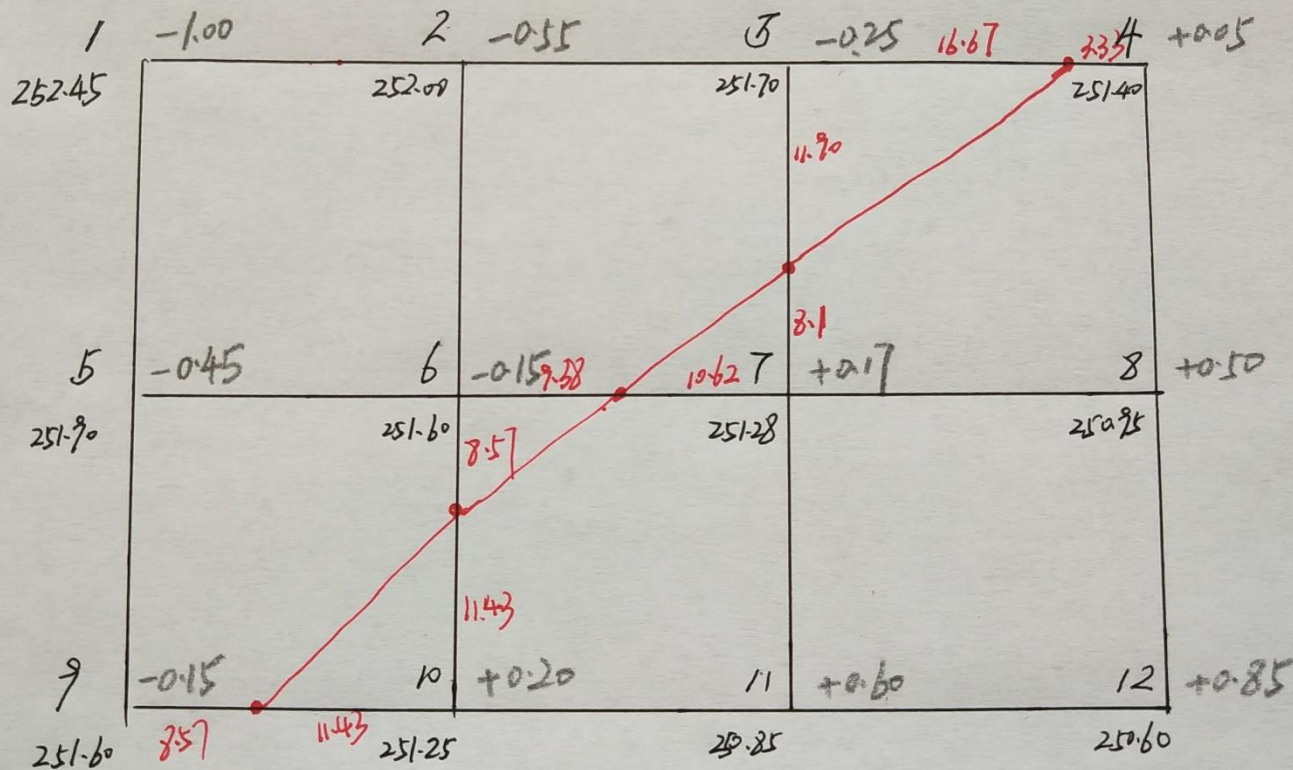
确定下列场地的场地设计标高 H_0 。 ($a=20m$)



解:
$$H_0 = \frac{1}{4 \times 6} [(252.45 + 251.40 + 251.60 + 250.60) + 2(252.00 + 251.70 + 251.90 + 250.95 + 251.25 + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)]$$

$$= 251.45 (m)$$

确定下列场地的场地设计标高 H_0 。(a=20m)



解: $H_0 = \frac{1}{4 \times 6} [(252.45 + 251.40 + 251.60 + 250.60) + 2(252.00 + 251.70 + 251.90 + 250.95 + 251.25 + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)]$

$= 251.45 (m)$

1.2.2 场地平整土方量计算



1. 方格网法

方格网法计算场地平整土方量包括以下步骤。

(1) 绘制方格网

由设计单位根据地形图（一般在1:500的地形图上），将建筑场地划分为若干个方格，方格边长主要取决于地形变化复杂程度，一般取 $a=10\text{ m}$ 、 20 m 、 30 m 、 40 m 等，通常采用 20 m 。方格网与测量的纵横坐标网相对应，在各方格角点规定的位置上标注角点的自然地面标高（ H ）和设计标高（ H_n ），如图1.5所示。

1.2.2 场地平整土方量计算

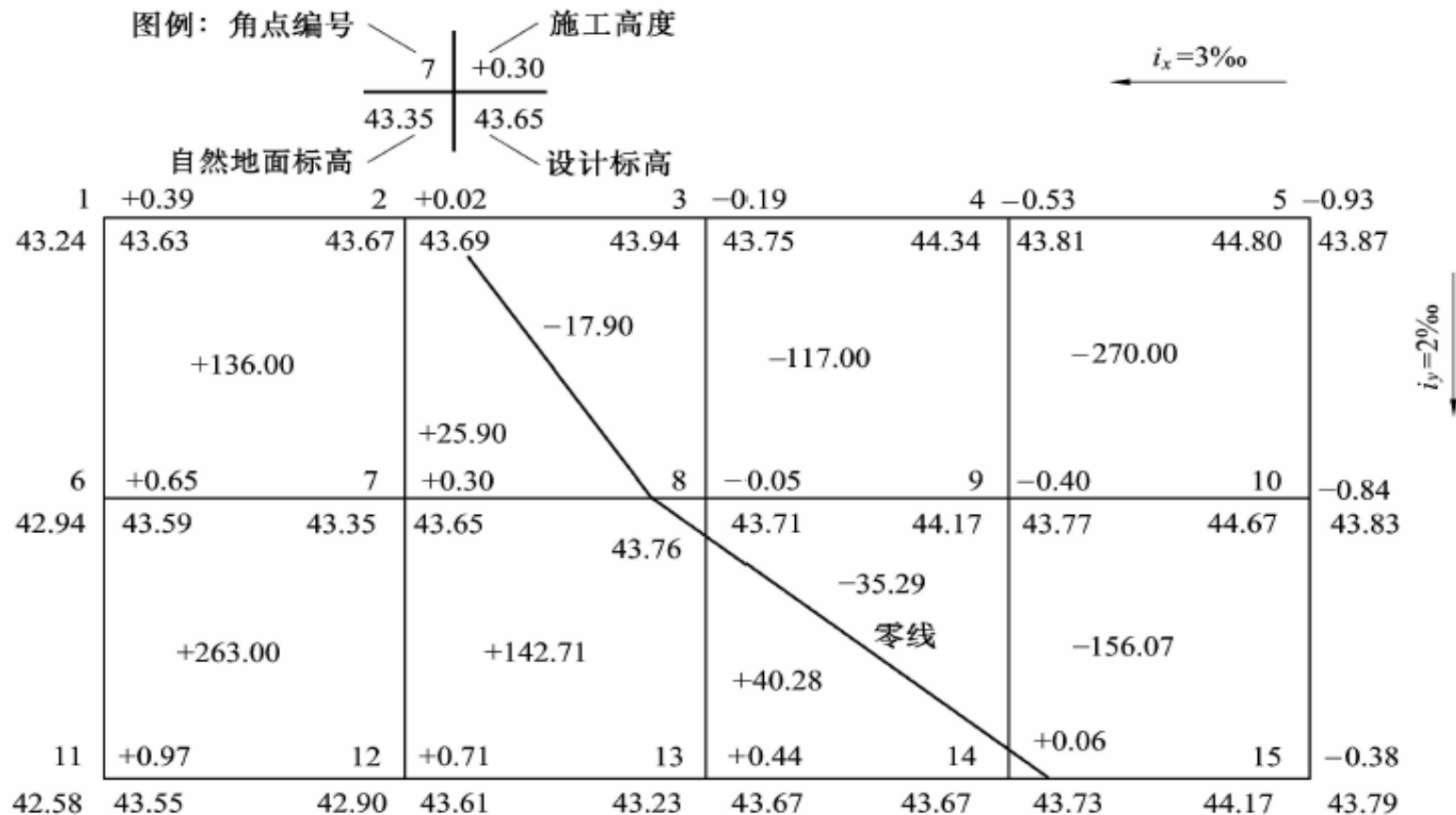


图 1.5 方格网法计算土方工程量

1.2.2 场地平整土方量计算



(2) 计算场地各方格角点的施工高度

各方格角点的施工高度为角点的设计地面标高与自然地面标高之差，是以角点设计标高为基准的挖方或填方的施工高度。各方格角点的施工高度按下式计算：

$$h_n = H_n - H$$

式中 h_n ——角点的施工高度，即填方高度（以“+”为填，“-”为挖）（m）；

H_n ——角点的设计标高（m）；

H ——角点的自然地面标高（m）；

n ——方格的角点编号（自然数列1,2,3, ..., n）。

1.2.2 场地平整土方量计算



(3) 计算“零点”位置，确定零线

当同一方格四个角点的施工高度同号时，该方格内的土方则全部为挖方或填方，如果同一方格中一部分角点的施工高度为“+”，而另一部分为“-”，则此方格中的土方一部分为填方，一部分为挖方，沿其边线必然有一不挖不填的点，即为“零点”，如图1.6所示。

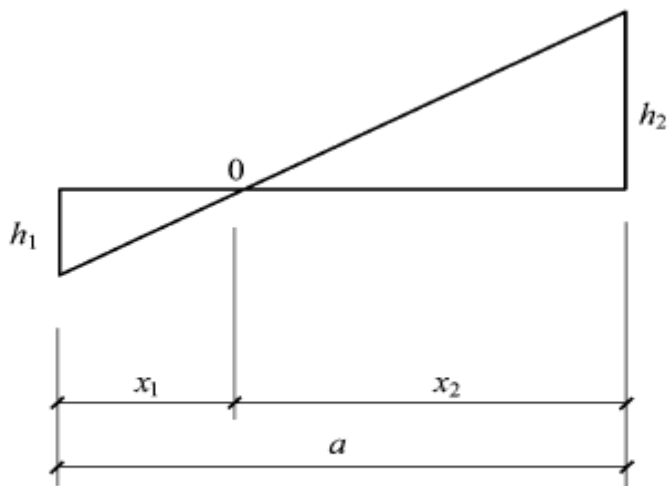


图 1.6 零点位置计算示意

1.2.2 场地平整土方量计算



零点位置按下式计算：

$$x_1 = ah_1h_1 + h_2, \quad x_2 = ah_2h_1 + h_2$$

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，均用绝对值表示（m）；

a ——方格的边长（m）。

1.2.2 场地平整土方量计算



在实际工程中，为省略计算，确定零点的方法也可以用图解法，如图1.7所示。方法是用尺在各角点上标出挖填施工高度相应比例，用尺相连，与方格相交点即为零点位置。此法甚为方便，同时可避免计算或查表出错。将相邻的零点连接起来，即为零线。它是确定方格中挖方与填方的分界线。

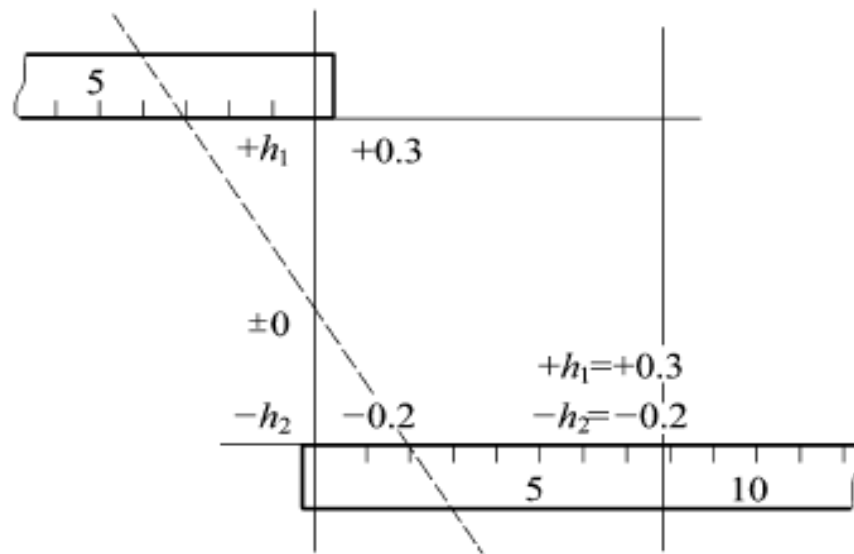


图 1.7 零点位置图解法

1.2.2 场地平整土方量计算



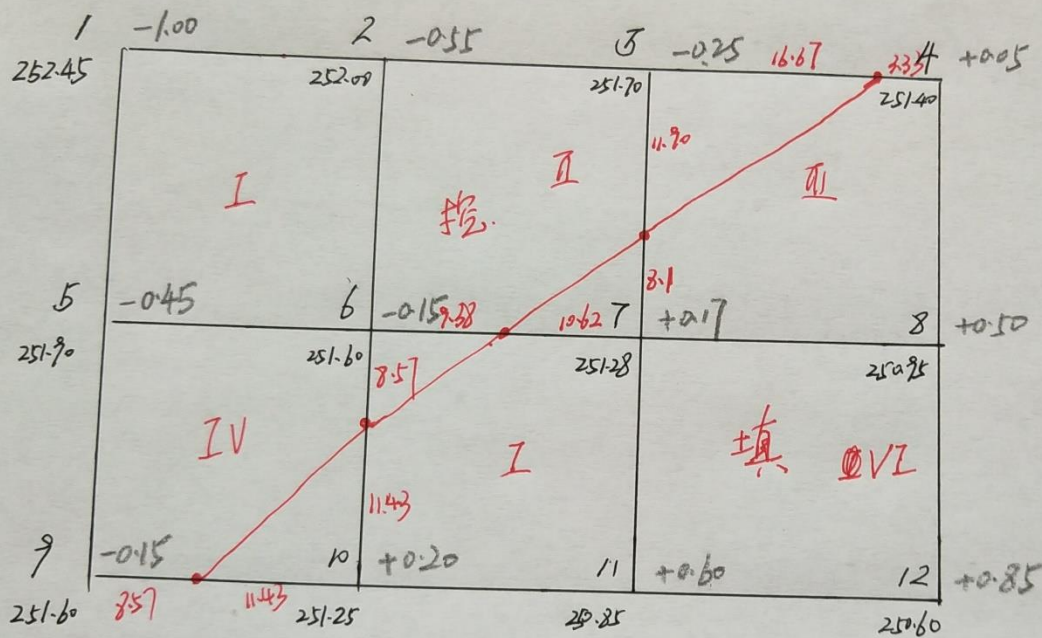
(4) 计算方格土方工程量

按方格底面积图形和表1.4所列计算公式，计算每个方格内的挖方量或填方量。

表 1.4 常用方格网点计算公式

项目	图式	计算公式
一点填方或挖方 (三角形)		$V = \frac{1}{2}bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6}$ <p>当 $b = c = a$ 时, $V = \frac{a^2 h_3}{6}$</p>
两点填方或挖方 (梯形)		$V_+ = \frac{b+c}{2}a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8}(b+c)(h_1+h_3)$ $V_- = \frac{d+e}{2}a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8}(d+e)(h_2+h_4)$
三点填方或挖方 (五角形)		$V = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{\sum h}{5} = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{h_1+h_2+h_4}{5}$
四点填方或挖方 (正方形)		$V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4}(h_1+h_2+h_3+h_4)$

确定下列场地的场地设计标高 H_0 。 ($a=20m$)



挖方量:

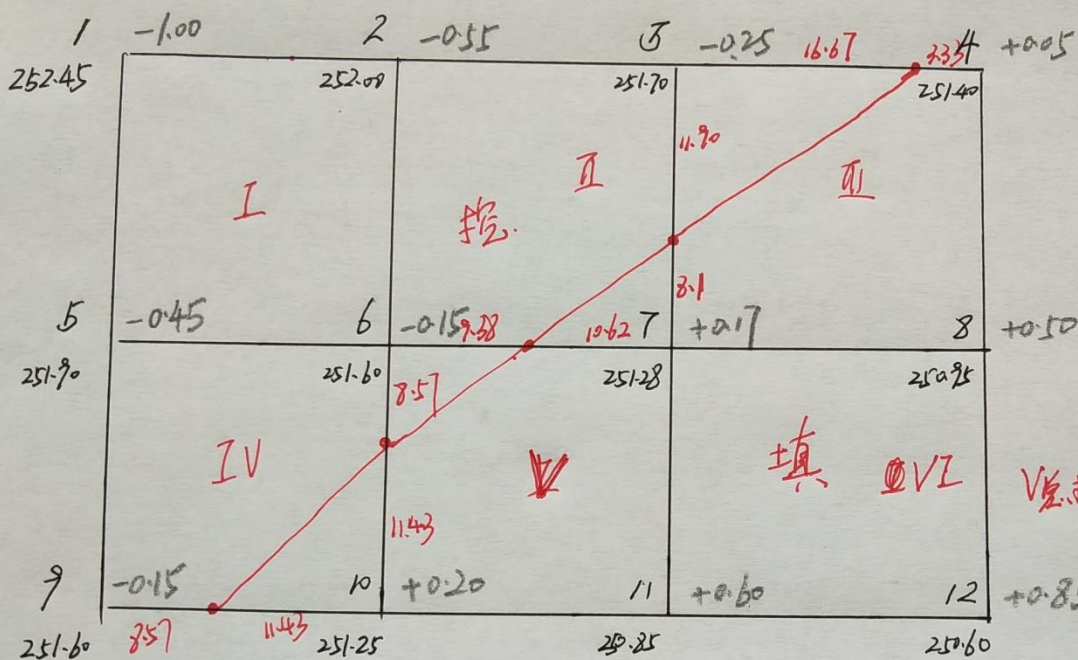
$$V_I = \frac{20^2}{4} (1 + 0.55 + 0.45 + 0.15) = 215 m^3$$

填方量:

$$V_{IV} = \frac{20^2}{4} (0.17 + 0.50 + 0.60 + 0.85) = 212 m^3$$

解: $H_0 = \frac{1}{4 \times 6} [(252.45 + 251.40 + 251.60 + 250.60) + 2(252.00 + 251.70 + 251.90 + 250.95 + 251.25 + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)]$
 $= 251.45 (m)$

确定下列场地的场地设计标高 H_0 。(a=20m)



①挖方量:

$$V_I = \frac{20^2}{4} (1 + 0.55 + 0.45 + 0.15) = 215 \text{ m}^3$$

$$V_{II} = \left(\frac{20^2 - \frac{8.1 \times 10.62}{2}}{5} \right) \frac{0.55 + 0.45 + 0.15}{5} = 67.83 \text{ m}^3$$

$$V_{III} = \frac{11.90 \times 16.67 \times 0.25}{6} = 8.27 \text{ m}^3$$

$$V_{IV} = \left(\frac{20^2 - \frac{11.43 \times 11.43}{2}}{5} \right) \frac{0.45 + 0.15 + 0.15}{5} = 50.20 \text{ m}^3$$

$$V_V = \frac{8.57 \times 9.38}{6} \times 0.15 = 2.01 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{总.挖}} = 343.31 \text{ m}^3$$

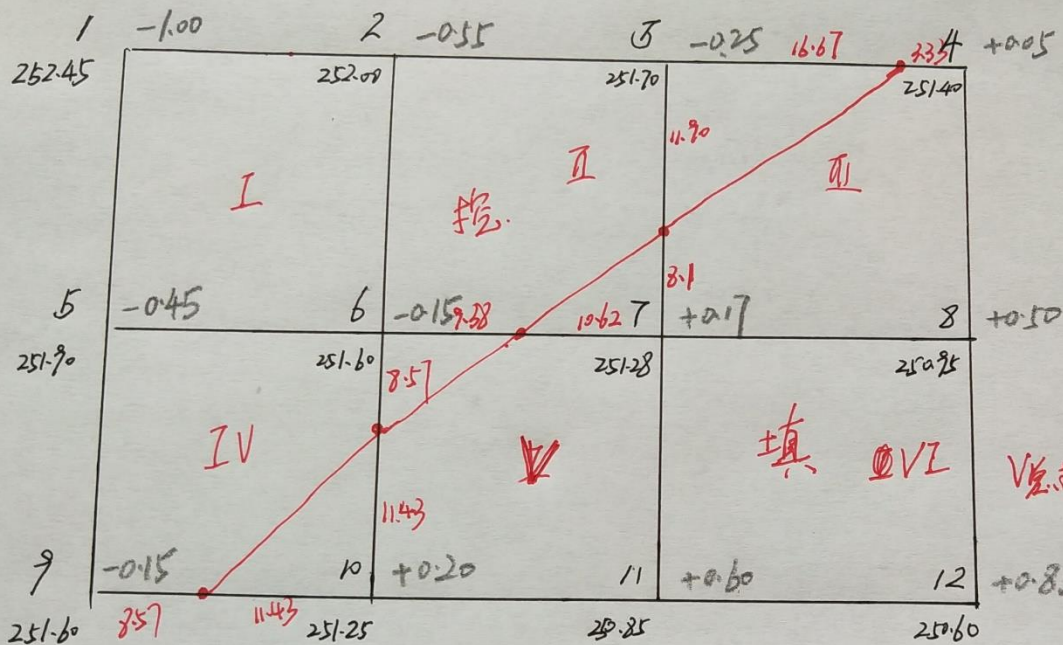
②填方量:

$$V_{\text{总.填}} = \frac{20^2}{4} (0.17 + 0.50 + 0.60 + 0.85) = 212 \text{ m}^3$$

解:
$$H_0 = \frac{1}{4 \times 6} [(252.45 + 251.40 + 251.60 + 250.60) + 2(252.00 + 251.70 + 251.90 + 250.95 + 251.25 + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)]$$

$$= 251.45 \text{ (m)}$$

确定下列场地的场地设计标高 H_0 。 ($a=20m$)



解: $H_0 = \frac{1}{4 \times 3} [(252.45 + 251.40 + 251.60 + 250.60) + 2(252.00 + 251.70 + 251.90 + 250.95 + 251.25 + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)]$
 $= 251.45 \text{ (m)}$

①挖方量:

$$V_I = \frac{20^2}{4} (1 + 0.55 + 0.45 + 0.15) = 215 \text{ m}^3$$

$$V_{II} = \left(\frac{20^2 - 8.1 \times 10.62}{2} \right) \frac{0.55 + 0.45 + 0.15}{5} = 67.83 \text{ m}^3$$

$$V_{III} = \frac{11.90 \times 10.62 \times 0.25}{6} = 8.27 \text{ m}^3$$

$$V_{IV} = \left(\frac{20^2 - \frac{11.43 \times 11.43}{2}}{5} \right) \frac{0.45 + 0.15 + 0.15}{5} = 50.20 \text{ m}^3$$

$$V_V = \frac{8.57 \times 9.57}{6} \times 0.15 = 2.01 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{总挖}} = 343.31 \text{ m}^3$$

②填方量:

$$V_{VI} = \frac{20^2}{4} (0.17 + 0.50 + 0.60 + 0.25) = 212 \text{ m}^3$$

$$V_{II} = \frac{10.62 \times 8.1}{6} \times 0.17 = 2.44 \text{ m}^3$$

$$V_{III} = \left(\frac{20^2 - \frac{11.9 \times 10.62}{2}}{5} \right) \frac{0.25 + 0.17 + 0.15}{5} = 47.32 \text{ m}^3$$

$$V_{IV} = \frac{11.43^2 \times 0.2}{6} = 4.25 \text{ m}^3$$

$$V_V = \left(\frac{20^2 - \frac{8.57 \times 9.57}{2}}{5} \right) \frac{0.2 + 0.6 + 0.17}{5} = 67.80 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{总填}} = 331.91 \text{ m}^3$$

1.2.2 场地平整土方量计算



(5) 边坡土方量的计算

场地的挖方区和填方区的边沿都需要做成边坡，以保证挖方土壁和填方区的稳定。边坡的土方量可以划分成两种近似的几何形体进行计算：一种为三角棱锥体；另一种为三角棱柱体。

①三角棱锥体边坡体积。

三角棱锥体边坡体积如图1.8中①-③、⑤-⑦所示，计算公式如下

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1$$

式中 l_1 ——三角棱锥体边坡的长度（m）；

A_1 ——三角棱锥体边坡的端面积（ m^2 ）。

1.2.2 场地平整土方量计算



②三角棱柱体边坡体积。

三角棱柱体边坡体积，如图1.8中④所示，计算公式如下

$$V_4 = (A_1 + A_2) l_4 / 2$$

当两端横断面面积相差很大时，边坡体积按下式计算：

$$V_4 = l_4 (A_1 + 4A_0 + A_2) / 6$$

式中 l_4 ——三角棱柱体边坡的长度（m）；

A_1 ， A_2 ， A_0 ——三角棱柱体边坡两端及中部横断面面积（ m^2 ）。

1.2.2 场地平整土方量计算

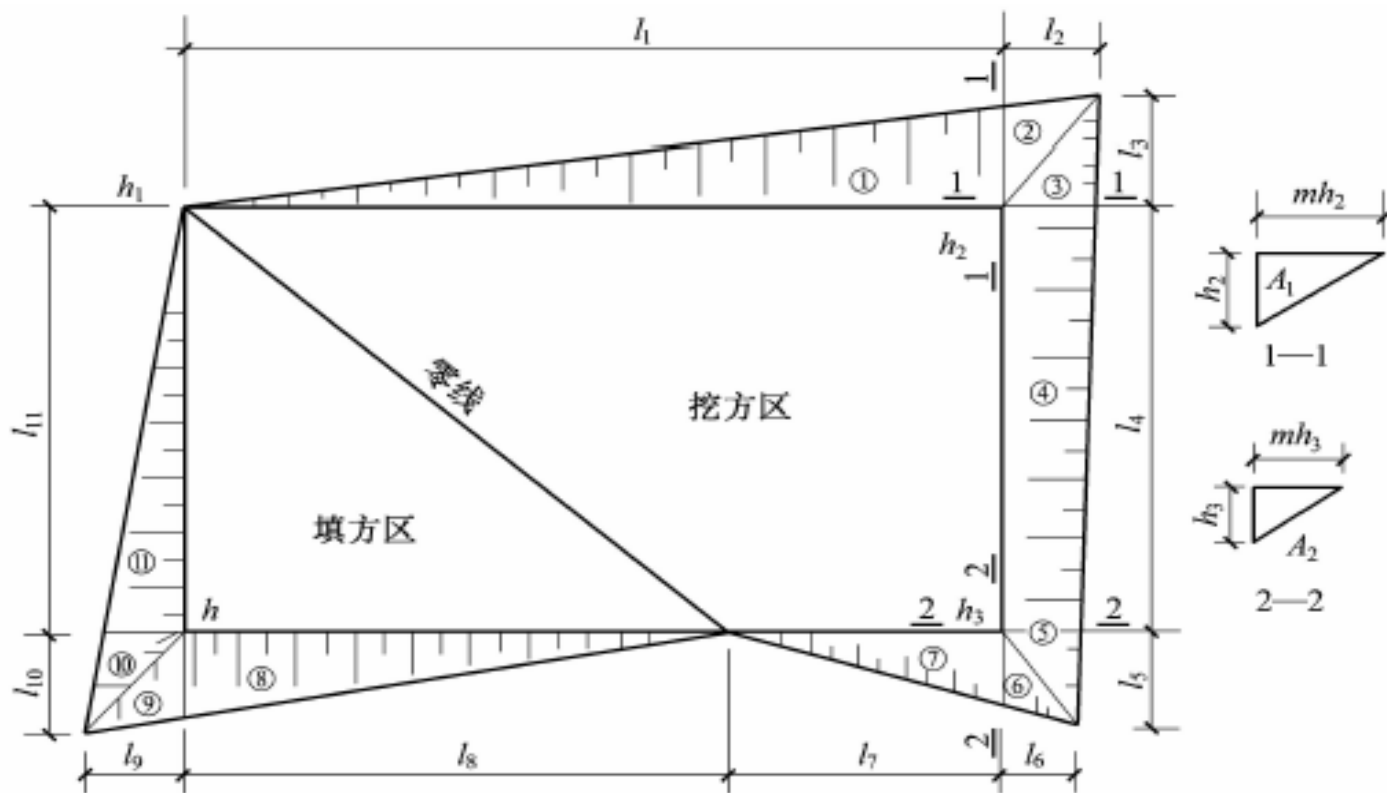


图 1.8 场地边坡平面

1.2.2 场地平整土方量计算



(6) 计算土方总量

将挖方量（或填方区）所有方格计算的土方量和边坡土方量汇总，即得该场地挖方和填方的总土方量。

1.2.2 场地平整土方量计算



2. 断面法

沿场地取若干个相互平行的断面，可利用地形图或实际测量定出，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1.9所示，则面积为

$$A'1 = h1d1/2, A'2 = (h1+h2)d2/2, \dots$$

某一断面面积为

$$A_i = A'1 + A'2 + \dots + A'n$$

若 $d1 = d2 = \dots = dn = d$ ，则

$$A_i = d(h1 + h2 + \dots + hn - 1)$$

1.2.2 场地平整土方量计算

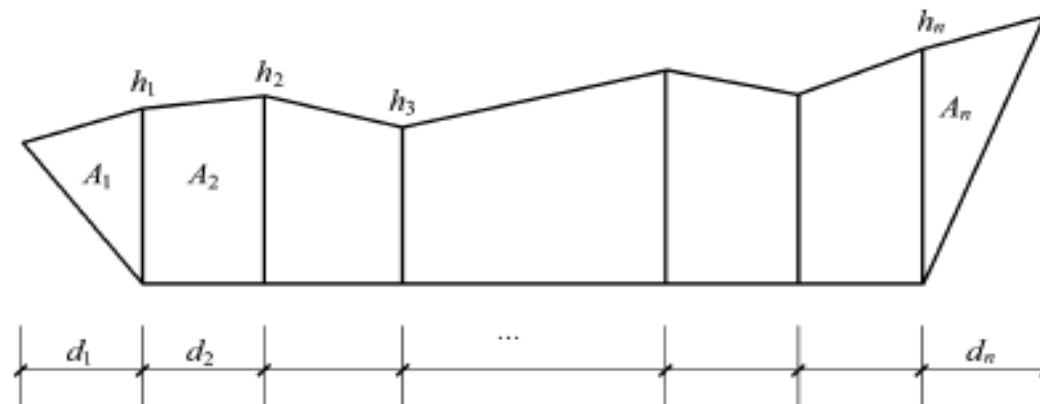


图 1.9 断面法示意

设各断面面积分别为 A_1, A_2, \dots, A_m ，相邻两断面间的距离依次为 L_1, L_2, \dots, L_m ，则所求的土方体积为

$$V = (A_1 + A_2)L_1/2 + (A_2 + A_3)L_2/2 + \dots + (A_{m-1} + A_m)L_{m-1}/2$$

用断面法计算土方量，边坡土方量已包括在内。

1.2.2 场地平整土方量计算



3. 应用案例

黑龙江某新建办公楼场地的方格网如图 1.10 所示，方格网边长 $a=20\text{ m}$ ，泄水坡度取 $i_x=0.3\%$ ， $i_y=0.2\%$ ，试用挖填平衡法确定挖、填土方量。

解(1)地设计标高

$$\begin{aligned} H_0 &= 14n(\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) \\ &= 14 \times 6 \\ &\quad [(43.03 + 44.48 + 41.88 + 42.79) + 2 \times (43.70 + 44.15 + 42.79 + 43.94 + 42.2 + 42.56) \\ &\quad + 3 \times 0 + 4 \times (42.99 + 43.40)] \\ &= 43.18\text{ m} \end{aligned}$$

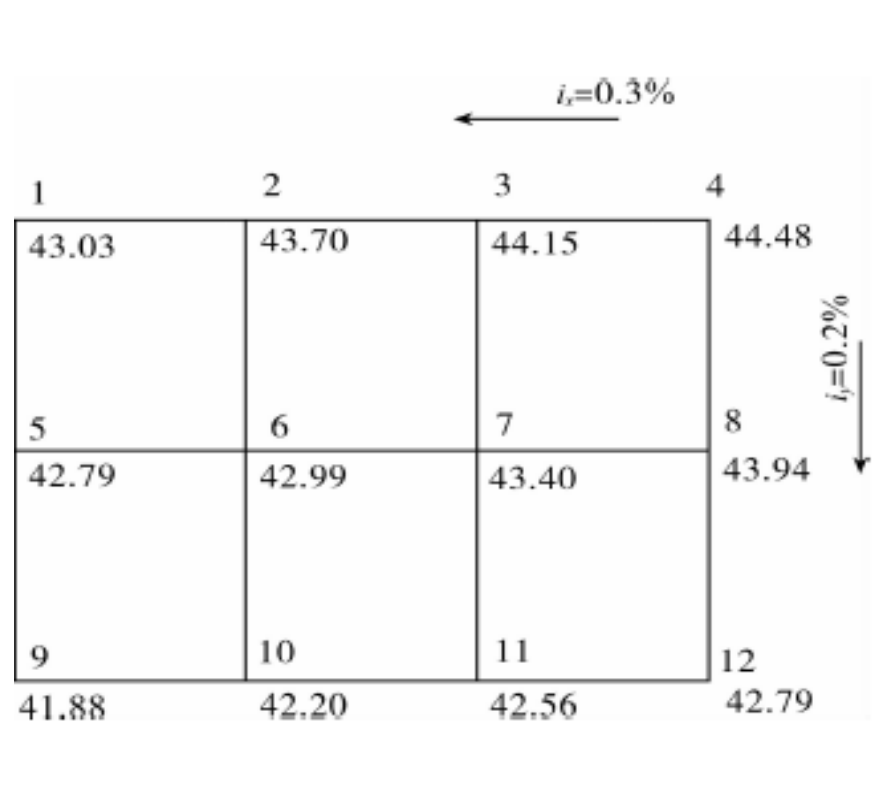


图 1.10 某新建办公楼场地方格网布置图

1.2.2 场地平整土方量计算



(2) 泄水坡度调整后各点设计标高(图1.11)

(3) 各点的施工高度(图1.12)

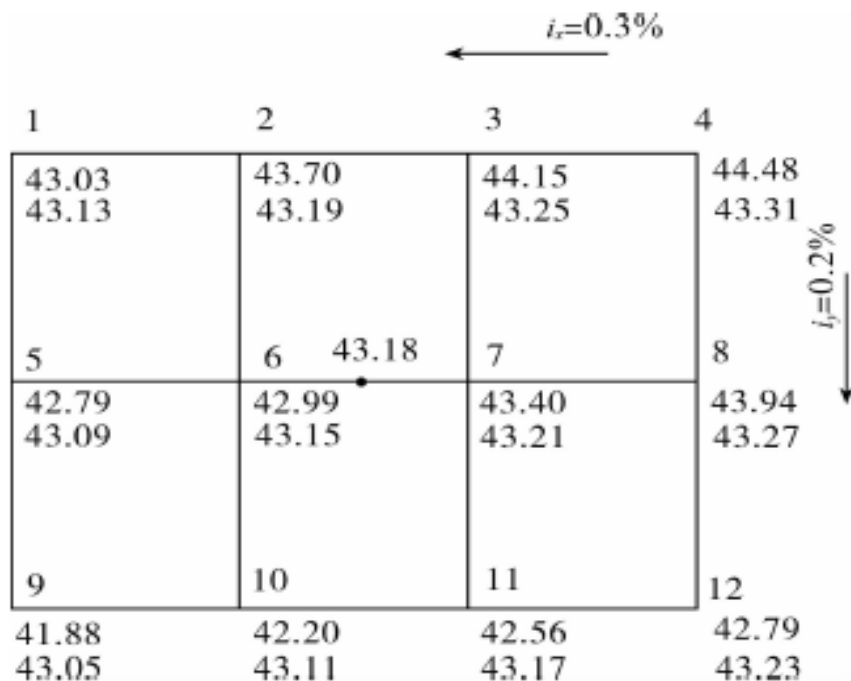


图 1.11 泄水坡度调整后各点设计标高

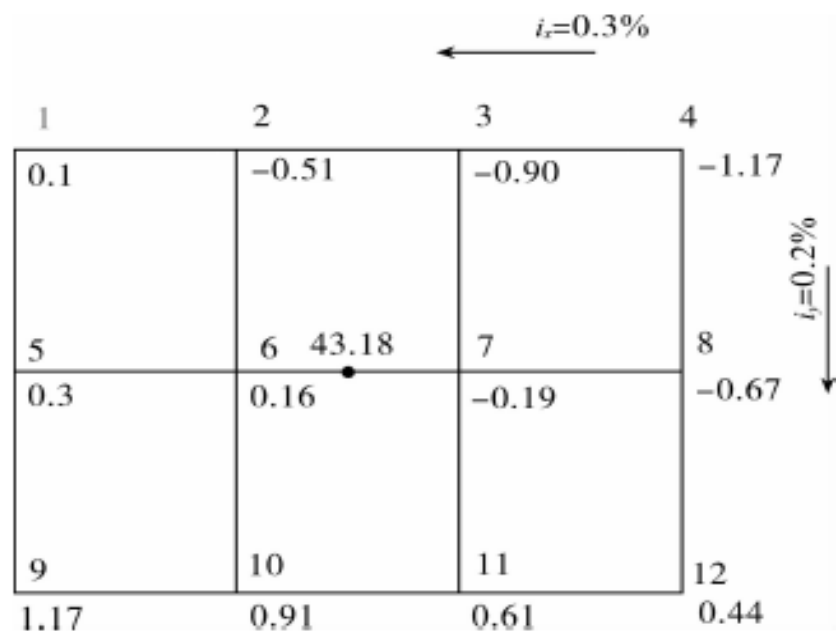


图 1.12 各点施工高度

1.2.2 场地平整土方量计算



(4) 确定零线及挖填区域如图1.13所示

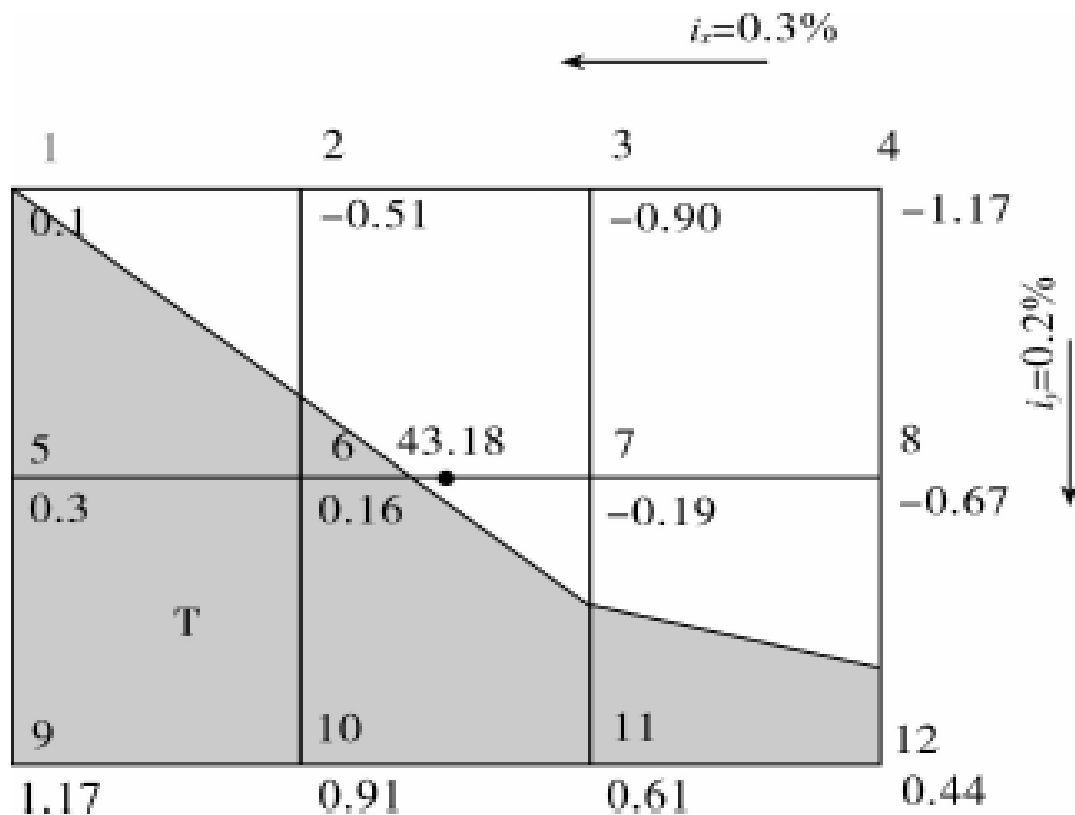


图 1.13 零线及挖填区域

1.2.2 场地平整土方量计算



(5) 计算挖、填土方量

$$\begin{aligned}\sum V_{\text{填}} &= 2026 \times 0.5130.61 \times 0.67 + 2026(2 \times 0.26 + 0.3 - \\ &0.51) + 2026 \times 0.5130.61 \times 0.67 + 2026 \times 0.1630.67 \times 0.35 + 2024(0.3 + 1.17 + 0. \\ &91 + 0.16) + 2026(2 \times 0.77 + 0.91 - 0.19) + 2026 \times 0.1930.35 \times 0.8 + \\ &20240.6120.8 + 0.4421.11 \\ &= 21.64 + 20.67 + 21.64 + 1.16 + 254 + 150.67 + 1.63 + 63.95 \\ &= 535.36 \text{ m}^3\end{aligned}$$

1.2.3土方调配



1. 土方调配原则

①力求达到挖方与填方基本平衡和运距最短。使挖方量与运距的乘积之和最小，即土方运输量或费用最小，降低工程成本。但有时仅局限于一个场地范围内的挖填平衡难以满足上述原则，可根据场地和周围地形条件，考虑就近借土或就近堆弃。

②近期施工与后期利用相结合。当工程分期分批施工时，若先期工程有土方余额，应结合后期工程的需求来考虑利用量与堆放位置，以便就近调配。

③应分区与全场结合。分区土方的余额或欠额的调配，必须考虑全场土方的调配，不可只顾局部平衡而妨碍全局。

1.2.3土方调配



- ④尽可能与大型建筑物的施工相结合。大型建筑物位于填土区时，应将开挖的部分土体予以保留，待基础施工后再进行填土，以避免土方重复挖、填和运输。
- ⑤合理布置挖、填方分区线，选择恰当的调配方向、运输线路，使土方机械和运输车辆的性能得到充分发挥。
- ⑥好土用在回填质量要求高的地区。



1.2.3土方调配



2. 土方调配区的划分

- ①调配区的划分应与房屋或构筑物的位置相协调，满足工程施工顺序和分期分批施工的要求，使近期施工与后期利用相结合。
- ②调配区的大小应该满足土方施工用主导机械的技术要求，使土方机械和运输车辆的功效得到充分的发挥。例如，调配区的范围应该大于或等于机械的铲土长度，调配区的面积最好和施工段的大小相适应。
- ③当土方运距较大或场区内土方不平衡时，可根据附近地形，考虑就近借土或就近弃土，这时每一个借土区或弃土区均可作为一个独立的调配区。
- ④调配区的范围应该和土方的工程量计算用的方格网协调，通常可由若干个方格组成一个调配区。



3 . 土方调配图表的编制

场地土方调配，需制成相应的土方调配图表，编制的方法如下。

①划分调配区。在场地平面图上先画出零线，确定挖填方区；根据地形及地理条件，把挖方区和填方区再适当地划分为若干个调配区，其大小应满足土方机械的操作要求。

②计算土方量。计算各调配区的挖方和填方量，并标写在图上。

1.2.3土方调配



③计算调配区之间的平均运距。调配区的大小及位置确定后，便可计算各挖填调配区之间的平均运距。当用铲运机或推土机平土时，挖方调配区和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。因此，确定平均运距需先求出各个调配区土方的重心，并把重心标在相应的调配区图上，然后用比例尺量出每对调配区之间的平均运距即可。当挖填方调配区之间的运距较远，采用汽车、自行式铲运机或其他运土工具沿工地道路或规定线路运输时，其运距可按实际计算。

1.2.3土方调配



调配区之间重心的确定方法如下。

取场地或方格网中的纵横两边为坐标轴，分别求出各区土方的重心位置，即

$$X = \frac{\sum (Vx)}{\sum V}, Y = \frac{\sum (Vy)}{\sum V}$$

式中 X, Y ——挖或填方调配区的重心坐标 (m) ；

V ——各个方格的土方量 (m^3) ；

x, y ——各个方格的重心坐标 (m) 。

为了简化计算，可用作图法近似地求出形心位置来代替重心位置。

1.2.3土方调配



④进行土方调配。土方最优调配方案的确定，是以线性规划为理论基础的，常用“表上作业法”求得。

⑤根据表上作业法求得最优调配方案。在场地地形图上绘出土方调配区，图上应标出土方调配方向、土方数量及平均运距，如图1.14所示。

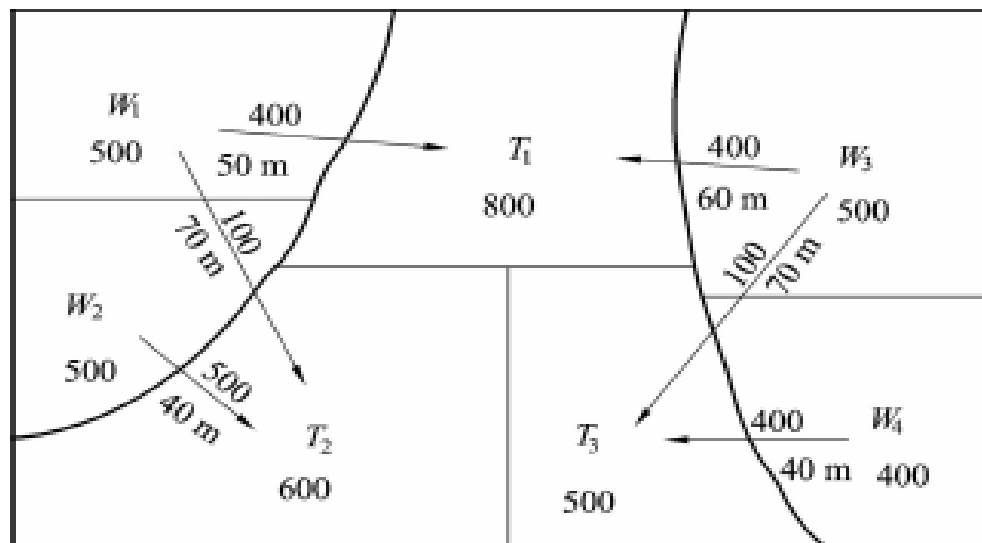


图 1.14 土方调配图

W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 —挖土区编号； T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 —填土区编号