

中等职业学校建筑工程施工国家规划教材

# 建筑施工技术与机械

单元1 土方工程

1.2 土方工程量的计算



高等教育出版社





## 1.2 土方工程量的计算



### 一、土方边坡的坡率

土方边坡的坡率是指挖方深度H与边坡底宽B之比,用*i*表示,如图1-2所示。

$$i = \frac{H}{B} = \frac{1}{B/H} = 1 : m$$

式中*m*=*B*/*H*,称为边坡系数。

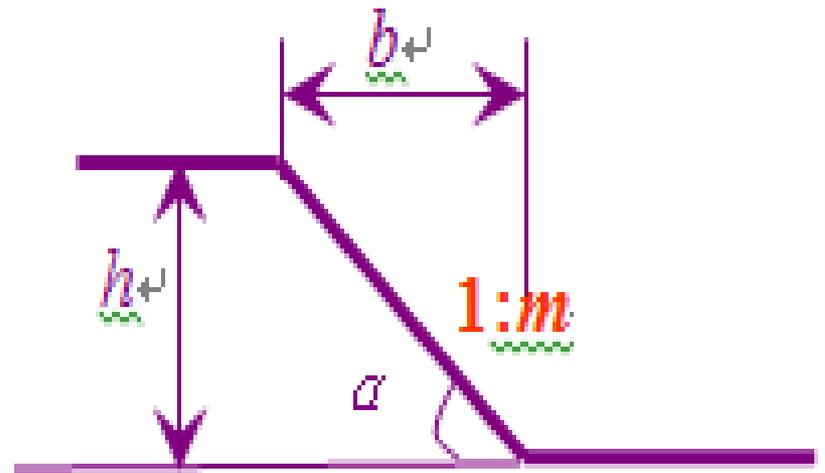
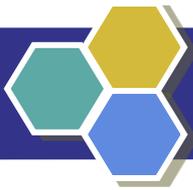


图1-2土方边坡的坡率



## 1.2 土方工程量的计算



### 二、基坑土方量的计算

基坑是在基础设计位置按基底标高和基础平面尺寸所开挖的土坑，

开挖深度大于等于5m的基坑为**深基坑**，

小于5m的基坑为**浅基坑**。

基坑土方量可按立体几何中的拟柱体（由两个平行平面为底的多面体，见图1-3）体积公式计算，



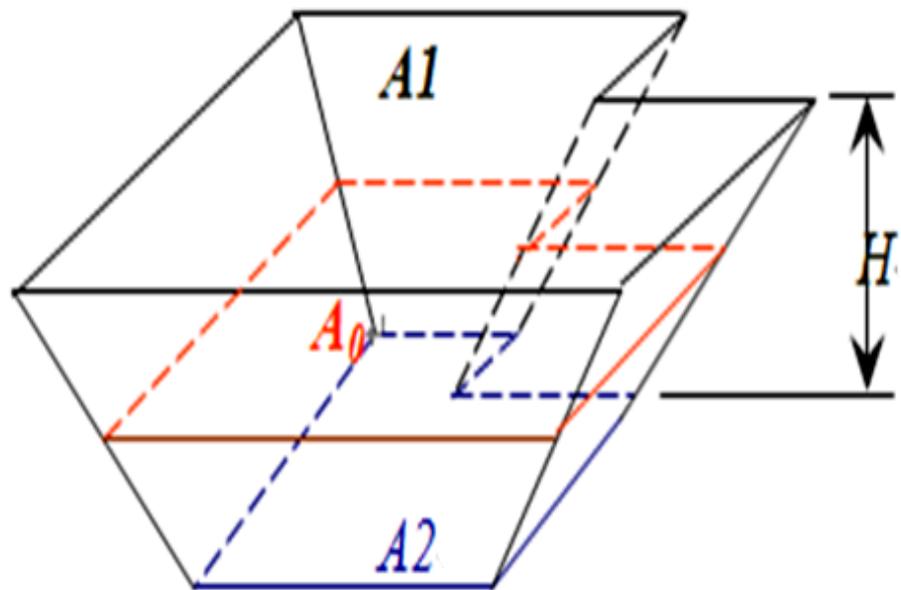


# 1.2 土方工程量的计算



## 二、基坑土方量的计算

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



式中 $H$  —— 基坑深度， $m$ ；

图1-3 基坑土方量计算示意图

$A_1$ 、 $A_2$  —— 基坑上下两底面积， $m^2$ ；

$A_0$  —— 基坑中截面面积， $m^2$ 。





## 1.2 土方工程量的计算



### 二、土的工程性质

【例1-2】某基坑坑底平面尺寸如图1-4所示，基坑深4m，基坑边坡坡度为1：0.5，试计算该基坑的土方量（结果保留两位小数）。

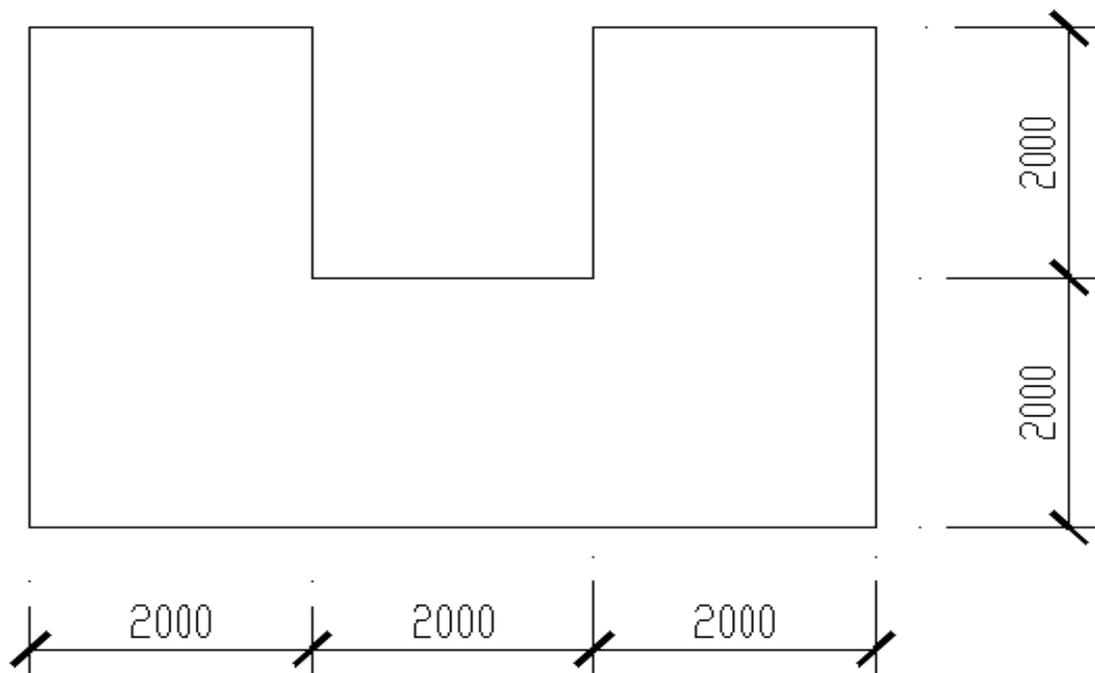
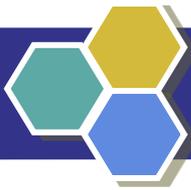


图1-4 某基坑坑底平面图



# 1.2 土方工程量的计算



## 二、土的工程性质

解析:  $i=H/B=1:0.5$     $H=4\text{m}$     $B=2\text{m}$

基坑底面积      $A_2=20 \times 40 + 20 \times 20 + 20 \times 40 = 2000\text{m}^2$

基坑上底面积

$$\begin{aligned} A_1 &= (20+2 \times 2) \times (40+2 \times 2) + (20-4) \times (20+4) + (20+4) \times (40+4) \\ &= 2496 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

基坑中截面面积

$$A_0 = (20+2) \times (40+2) + (20-2) \times (20+2) + (20+2) \times (40+2) = 2244\text{m}^2$$



## 1.2 土方工程量的计算



### 二、土的工程性质

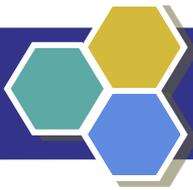
挖方体积：

$$V = \frac{H}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2)$$
$$= 4 \div 6 \times (2496 + 2244 \times 4 + 200) = 8981.33 \text{m}^3$$

### 三、基槽土方量的计算

基槽是指宽度在3m以内，长宽是宽度的3倍以上的土方工程。





## 1.2 土方工程量的计算



### 三、基槽土方量的计算

计算基槽土方量时，可沿长度方向将基槽分段划分为若干个拟柱体（图1-5），再采用拟柱体公式分别计算，即

$$V_1 = \frac{L}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2)$$

式中

$V_1$ ——第一段的土方量， $m^3$ ；

$L$ ——第一段的长度， $m$ 。

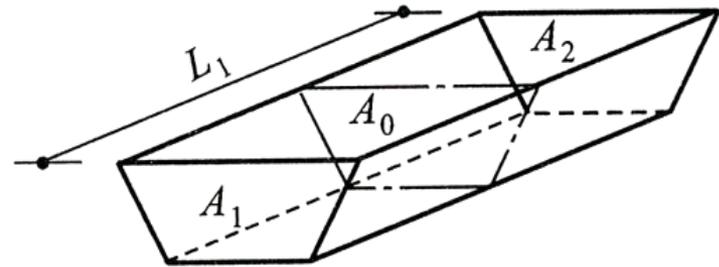
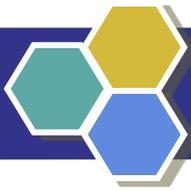


图1-5 基槽土方量计算示意图

将各段土方量相加，即得总土方量为

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



# 1.2 土方工程量的计算



## 二、土的工程性质

### 3. 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的百分比。  
可用公式（1-4）表示：

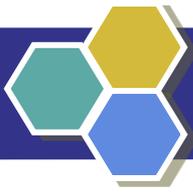
$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 $\omega$ ——土的含水量，%；

$m_w$ ——土中水的质量，kg；

$m_s$ ——土中固体颗粒经烘箱在恒温105℃下烘12h后的质量，kg。





## 1.2 土方工程量的计算



### 四、场地平整土方量的计算

场地平整是指 $\pm 300\text{mm}$ 以内的就地挖、填、找平的土方工程。

场地平整土方量计算通常采用**方格网法**，也称为“挖填土方量平衡法”，其计算步骤如下：

1. 把施工场地划分成边长为 $a$ 的若干个方格网，通常取 $a=10\sim 40\text{m}$ ， $a$ 的大小可视场地的大小及场地的平整程度来定。
2. 确定各方格角点自然标高

方法一：据等高线用插入法求得，适用于高差起伏不大的场地；

方法二：用水准仪直接测量各角点标高，适用于高差起伏较大的场地。



## 1.2 土方工程量的计算



### 四、场地平整土方量的计算

#### 3. 确定方格点设计标高

设计有要求的，将设计提供的设计标高标注到方格网的各方格焦点上。设计无特殊要求的，可以按场内挖填平衡原则并考虑排水坡度，确定场地设计标高，

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





## 1.2 土方工程量的计算



考虑到场地的泄水坡度影响，可将场地中心标高定为 $H_0$ ，场地内任一点实际施工时所采用的设计标高 $H_n$ 为：

①单向排水： $H_n = H_0 \pm L \cdot i$ ，如图1-7所示；

②双向排水： $H_n = H_0 \pm L_x i_x \pm L_y i_y$ ，如图1-8所示。

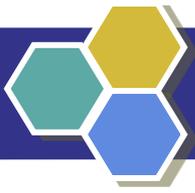
式中 $L$ ——该点至 $H_0$ 的距离， $m$ ；

$I$ ——排水方向排水坡度（不小于2‰）；

$L_x$ ， $L_y$ ——分别为该点于 $x-x$ ， $y-y$ 方向距场地中心的距离， $m$ ；

$I_x$ ， $i_y$ ——分别为 $x$ 方向和 $y$ 方向的排水坡度；

$\pm$ ——该点比 $H_0$ 高取“+”号，反之则取“-”号。



# 1.2 土方工程量的计算



## 四、场地平整土方量的计算

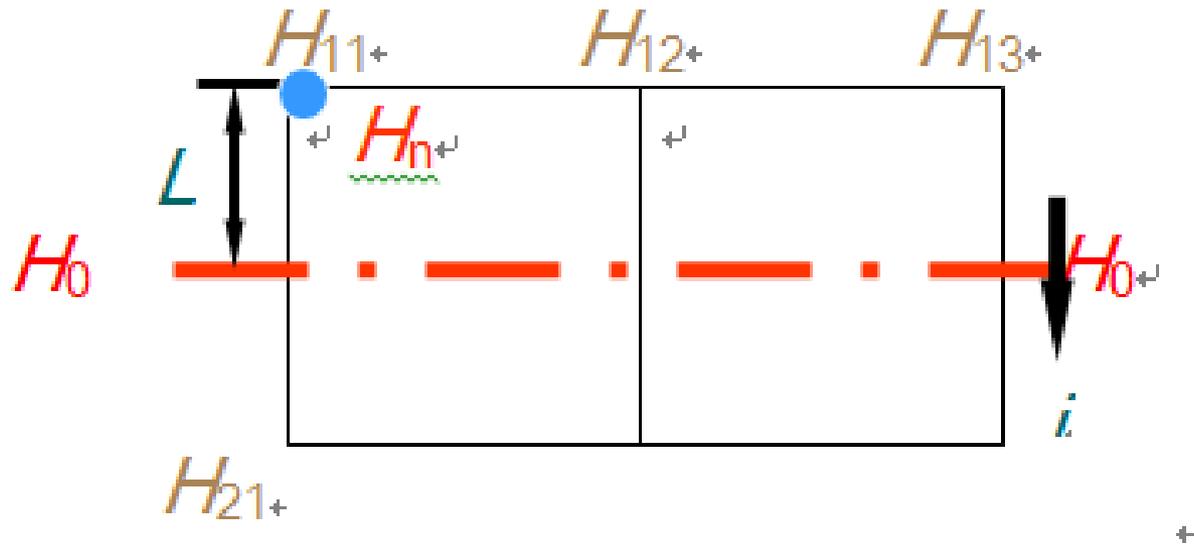
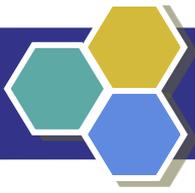


图 1-7 单向排水





## 1.2 土方工程量的计算



### 四、场地平整土方量的计算

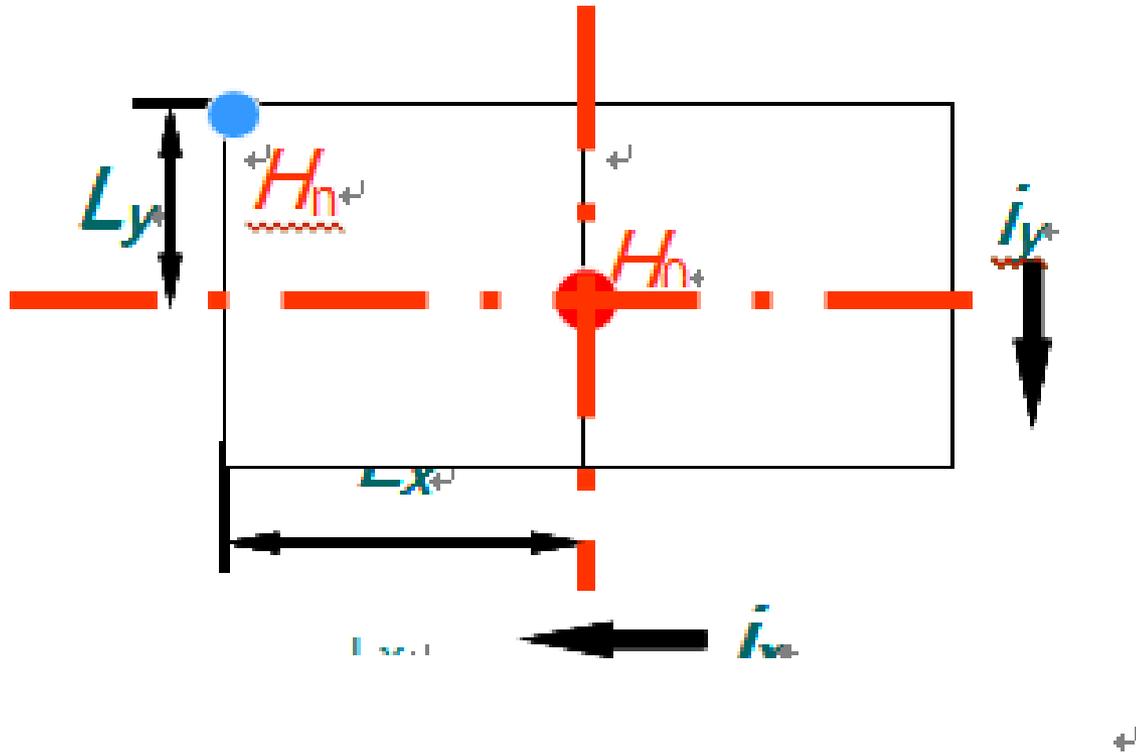


图 1-8 双向排水





## 1.2 土方工程量的计算



### 四、场地平整土方量的计算

#### 5. 确定零线零线为挖方区与填方区的分界线

欲求零线，必先求零点。零点位于方格边线上既不挖、也不填的点，零点位于施工高度变号的两相邻角点之间。方格中各零点位置确定后，相邻零点的连线即为零线。

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a$$

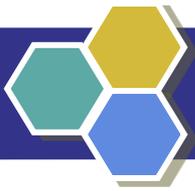
$$x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a$$

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。



## 1.2 土方工程量的计算



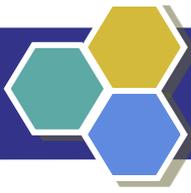
### 四、场地平整土方量的计算

#### 6. 计算各方格挖、填土方量

根据各方格角点的施工高度和零线的位置，每个方格一般会有以下几种情况：四个角点全挖（或全填）、三挖一填（三填一挖）、两挖两填。

各方格土方量计算公式见表1-3，本表体积公式是按各计算图形底面积乘以平均高度而得出的。

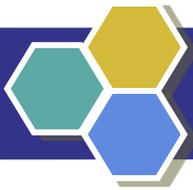




# 1.2 土方工程量的计算



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 <math>b=a=c</math> 时, <math>V = \frac{a^2 h_3}{6}</math></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)		$V = (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{\sum h}{5}$ $= (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{h_1+h_2+h_3}{5}$
四点填方或挖方 (正方形)		$V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4} (h_1+h_2+h_3+h_4)$



## 1.2 土方工程量的计算



### 四、场地平整土方量的计算

#### 7. 计算土方总量

将挖方区（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 土方工程量的计算



### 四、场地平整土方量的计算

【例1-3】某建筑场地方格网的边长为20m，建筑地形图如图1-9所示，场地设计双向泄水坡度 $i_x=3\%$ 、 $i_y=2\%$ ，不考虑土的可松性影响，根据挖填平衡原则，试求场地挖填土方量。

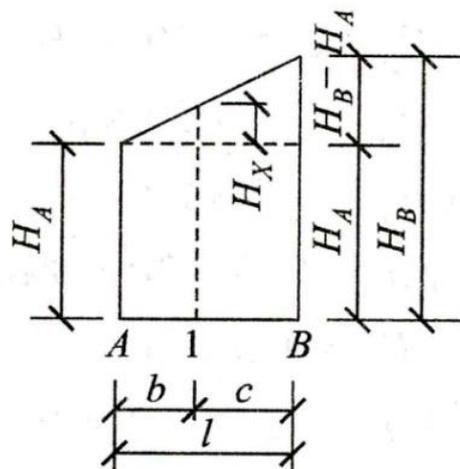
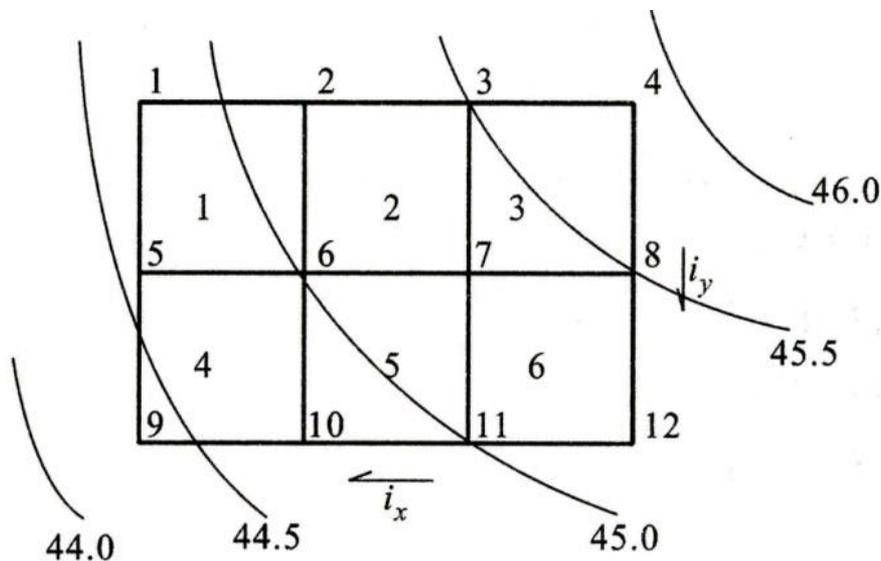


图1-9某建筑场地地形图和方格网布置图

图1-10 插入法计算简图



## 1.2 土方工程量的计算



解：1. 计算各方格角点的自然地面标高

各方格角点的自然地面标高，可根据地形图上所标出的等高线，假定每两根等高线之间的地面坡度按直线变化，用插入法求得（图1-10）。如角点1。

$$H_1 = H_A + H_X = \frac{H_A \cdot c + H_B \cdot b}{b + c} = \left( \frac{44.5 \times 10 + 45 \times 5}{15} \right) m = 44.67 m$$





## 1.2 土方工程量的计算



其余各角点求解方法相同，计算结果见图1-11 中标注。

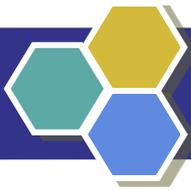
	1 +0.36	2 -0.06	3 -0.35	4 -0.67			
44.67	45.03	45.15	45.09	45.5	45.15	45.88	45.21
	5 +0.43	6 +0.05	7 -0.14	8 -0.33			
44.56	44.99	45.0	45.05	45.25	45.11	45.5	45.17
	9 +0.60	10 +0.35	11 +0.07	12 -0.04			
44.35	44.95	44.66	45.01	45.0	45.07	45.17	45.13

图例：

角点编号	施工高度
自然标高	设计标高

图1-11 方格网角点计算图





# 1.2 土方工程量的计算



## 2. 初步计算场地设计标高

$$\sum H_1 = 44.67m + 45.88m + 44.35m + 45.17m = 180.07m$$

$$\sum H_2 = 45.15m + 45.5m + 44.56m + 45.50m + 44.66m + 45.0m = 270.37m$$

$$\sum H_4 = 45.0m + 45.25m = 90.25m$$

$$\begin{aligned} \text{所以 } H_0 &= \frac{1}{4n} (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) : \\ &= \frac{1}{4 \times 6} (180.07 + 2 \times 270.37 + 4 \times 90.25) \text{ m} \\ &= 45.08m \end{aligned}$$





## 1.2 土方工程量的计算



3. 根据泄水坡度要求，计算各方格角点的设计标高

考虑双向泄水，将场地中心点标高定为 $H_0$ ，则各角点设计标高为

$$H_1 = (H_0 - 1.5 \times 20 \times 3\% + 20 \times 2\%) \text{ m} = 45.03 \text{ m}$$

$$H_2 = (H_0 - 0.5 \times 20 \times 3\% + 20 \times 2\%) \text{ m} = 45.09 \text{ m}$$

$$H_3 = (H_0 + 0.5 \times 20 \times 3\% + 20 \times 2\%) \text{ m} = 45.15 \text{ m}$$

$$H_4 = (H_0 + 1.5 \times 20 \times 3\% + 20 \times 2\%) \text{ m} = 45.21 \text{ m}$$

$$H_5 = (H_0 - 1.5 \times 20 \times 3\%) \text{ m} = 44.99 \text{ m}$$

$$H_6 = (H_0 - 0.5 \times 20 \times 3\%) \text{ m} = 45.05 \text{ m}$$

$$H_7 = (H_0 + 0.5 \times 20 \times 3\%) \text{ m} = 45.11 \text{ m}$$





## 1.2 土方工程量的计算



3. 根据泄水坡度要求，计算各方格角点的设计标高

考虑双向泄水，将场地中心点标高定为 $H_0$ ，则各角点设计标高为

$$H_8 = (H_0 + 1.5 \times 20 \times 3\%) \text{ m} = 45.17 \text{ m}$$

$$H_9 = (H_0 - 1.5 \times 20 \times 3\% - 20 \times 2\%) \text{ m} = 44.95 \text{ m}$$

$$H_{10} = (H_0 - 0.5 \times 20 \times 3\% - 20 \times 2\%) \text{ m} = 45.01 \text{ m}$$

$$H_{11} = (H_0 + 0.5 \times 20 \times 3\% - 20 \times 2\%) \text{ m} = 45.07 \text{ m}$$

$$H_{12} = (H_0 + 1.5 \times 20 \times 3\% - 20 \times 2\%) \text{ m} = 45.13 \text{ m}$$





## 1.2 土方工程量的计算



### 4. 计算各角点的施工高度

角点施工高度 $h_n=H_n-H$ ，计算结果“+”为填，“-”为挖。

$$h_1=(45.03-44.67)\text{m}=+0.36\text{ m}$$

$$h_2=(45.09-45.15)\text{m}=-0.06\text{m}$$

$$h_3=(45.15-45.50)\text{m}=-0.35\text{ m}$$

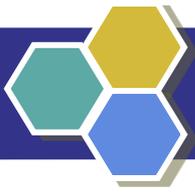
$$h_4=(45.21-45.88)\text{m}=-0.67\text{ m}$$

$$h_5=(44.99-44.56)\text{m}=+0.43\text{ m}$$

$$h_6=(45.05-45.0)\text{m}=+0.05\text{ m}$$

$$h_7=(45.11-45.25)\text{m}=-0.14\text{ m}$$





## 1.2 土方工程量的计算



### 4. 计算各角点的施工高度

角点施工高度 $h_n = H_n - H$ , 计算结果“+”为填, “-”为挖。

$$h_8 = (45.17 - 45.50) \text{ m} = -0.33 \text{ m}$$

$$h_9 = (44.95 - 44.35) \text{ m} = +0.60 \text{ m}$$

$$h_{10} = (45.01 - 44.66) \text{ m} = +0.35 \text{ m}$$

$$h_{11} = (45.07 - 45.0) \text{ m} = +0.07 \text{ m}$$

$$h_{12} = (45.13 - 45.17) \text{ m} = -0.04 \text{ m}$$





## 1.2 土方工程量的计算



### 5. 确定零线

先求零点：零点位于相邻两个角点施工高度变号的方格边线上，用插入法求得。对于连接1、2角点的方格边线，见图1-12。

$$\frac{x_1}{20\text{m}-x} = \frac{0.36}{0.06}$$

$x_1=17.14\text{m}$ ， $x_2=2.86\text{m}$ ，同理可求得其他零点位置，连接相邻零点即为零线，如图1-13所示。





# 1.2 土方工程量的计算



## 5. 确定零线

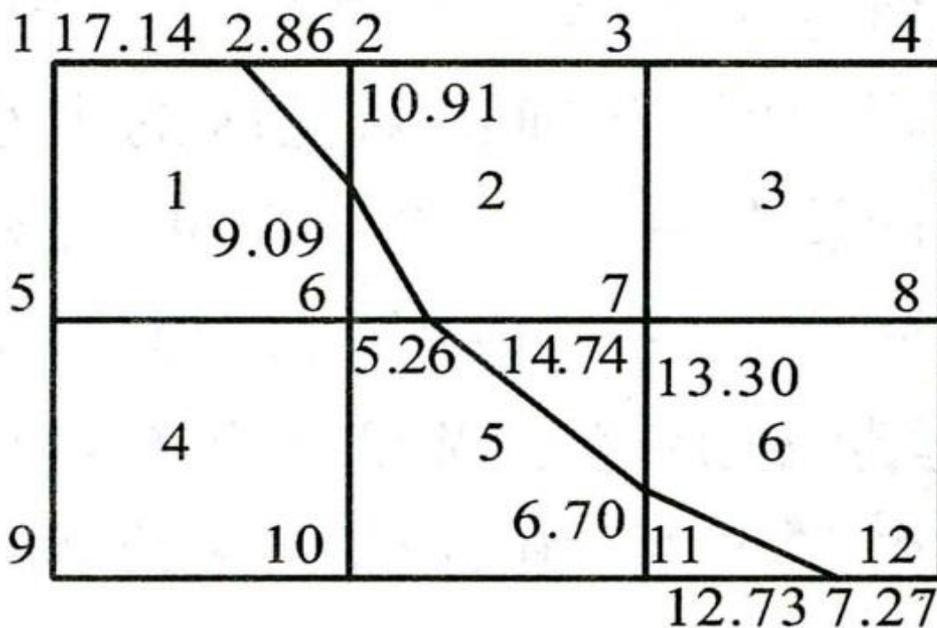
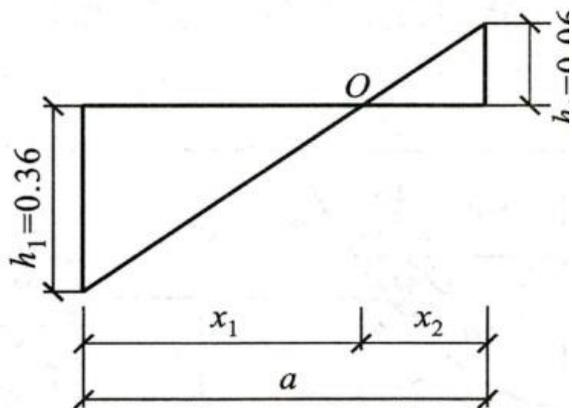


图1-13零点位置图



## 1.2 土方工程量的计算



### 6. 计算土方量

$$\text{方格 1: } v_{1\text{填}} = + \left( 20^2 \times \frac{1}{2} \times 2.86 \times 10.91 \right) \text{ m}^2 \times \frac{(0.36+0.43+0.05) \text{ m}}{5} = +64.58 \text{ m}^3 \downarrow$$

$$v_{1\text{挖}} = \frac{1}{2} \times 2.86 \text{ m} \times 10.91 \text{ m} \times \frac{0.06 \text{ m}}{3} = -0.31 \text{ m}^3 \downarrow$$

$$\text{方格 2: } v_{2\text{填}} = + \frac{1}{2} \times 9.09 \text{ m} \times 5.26 \text{ m} \times \frac{0.05 \text{ m}}{3} = +0.40 \text{ m}^3 \downarrow$$

$$v_{2\text{挖}} = - \left( 20^2 \times \frac{1}{2} \times 9.09 \times 5.26 \right) \text{ m}^2 \times \frac{(0.06+0.35+0.14) \text{ m}}{5} = -41.37 \text{ m}^3 \downarrow$$

$$\text{方格 3: } v_{3\text{挖}} = - 20^2 \text{ m}^2 \times \frac{(0.35+0.67+0.14+0.33) \text{ m}}{4} = -149 \text{ m}^3 \downarrow$$

$$\text{方格 4: } v_{4\text{填}} = + 20^2 \text{ m}^2 \times \frac{(0.43+0.05+0.6+0.35) \text{ m}}{4} = +143 \text{ m}^3 \downarrow$$

$$\text{方格 5: } v_{5\text{挖}} = \frac{1}{2} \times 14.74 \text{ m} \times 13.30 \times \frac{0.14 \text{ m}}{3} = -4.57 \text{ m}^3 \downarrow$$

$$v_{5\text{填}} = + \left( 20^2 \times \frac{1}{2} \times 14.74 \times 13.30 \right) \text{ m}^2 \times \frac{(0.05+0.35+0.07) \text{ m}}{5} = +28.39 \text{ m}^3 \downarrow$$

$$\text{方格 6: } v_{6\text{填}} = + \frac{1}{2} \times 6.70 \text{ m} \times 12.73 \text{ m} \times \frac{0.07 \text{ m}}{3} = +1.0 \text{ m}^3 \downarrow$$



## 1.2 土方工程量的计算



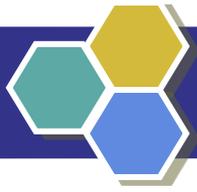
### 6. 计算土方量

$$V_{6\text{挖}} = - \left( 20^2 \cdot \frac{1}{2} \times 6.70 \times 12.73 \right) \text{m}^2 \frac{(0.14+0.33+0.04)\text{m}}{5} = -36.45\text{m}^3$$

$$\text{所以} \cdot \cdot \cdot \sum V_{\text{填}} = +237.37\text{m}^3$$

$$\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \sum V_{\text{挖}} = -231.7\text{m}^3$$





**Thank You !**

