

# 项目一 土方工程施工

## 学习导航

| 序号 | 学习目标                                 | 知识要点         | 权重  |
|----|--------------------------------------|--------------|-----|
| 1  | 明确土方工程的特点与施工内容                       | 土方工程的特点与施工内容 | 5%  |
| 2  | 了解土的工程性质；能鉴别土的种类                     | 土石方的种类和鉴别    | 5%  |
| 3  | 能依据基础施工图进行基坑(槽)土方量的计算,知道场地平整土方量的计算方法 | 土方量计算        | 15% |
| 4  | 能依据施工技术交底,参与指导土方边坡支护施工               | 边坡工程         | 10% |
| 5  | 能依据施工技术交底,参与指导降、排水施工                 | 降、排水工程       | 10% |
| 6  | 依据土方施工机械的作用特点正确选择施工机械用于土方施工          | 土方机械化施工      | 10% |
| 7  | 能说出土方开挖的方式与原则,知道验槽的要点                | 土方开挖         | 15% |
| 8  | 知道填方土料的要求及回填土方的施工要点                  | 土方填筑与压实      | 15% |
| 9  | 明确土方工程冬季和雨季施工的注意事项                   | 冬季和雨季施工      | 10% |
| 10 | 了解土方工程有关质量标准,能说出土方开挖与回填施工要求          | 土方工程的质量标准    | 5%  |

## 1.1 土方工程的施工内容

### 导学

1. 思考：要建造一栋民用住宅楼，第一步做什么？

土方工作的主要内容：

- ◇ 主要工作：挖、运、填、平整
- ◇ 准备工作：施工降排水
- ◇ 辅助工作：土壁支撑与边坡支护

## 2. 思考：你见过哪些土方工程？

常见的土方工程：

- ◇ 场地平整
- ◇ 基坑（槽）及管沟开挖
- ◇ 地下工程、大型土方开挖
- ◇ 土方填筑

## 1.2 土的分类与工程性质

了解土的分类，认识土的工程性质。

### 导学

#### 1. 土如何分类？

◇ 在工程上对土是以其软硬程度、强度、含水量等大致分为：松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚硬石八类。

◇ 另外，根据土的颗粒大小可分为：岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土。详细的分类，见《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)。

#### 2. 在施工现场如何对土的类别进行简易鉴别？

在野外及工地，按地基土的分类，粗略地鉴别各类土的方法，可采用按开挖方法及工具，

以及参照表 1.1 的方法进行。

表 1.1 土的野外鉴别方法

| 土的名称     | 湿润时<br>用刀切     | 湿土用手捻摸时的感觉                     | 土的状态            |                        | 湿土搓条情况  |
|----------|----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|---|
|          |                |                                | 干土              | 湿土                     |   |
| 黏土       | 切面光滑、有<br>粘刀阻力 | 有滑腻感,感觉不到有<br>砂粒,水分较大时很黏手      | 土块坚硬,用<br>锤才能打碎 | 易黏着物体,<br>干燥后不易剥去      | 塑性大,能搓成直径小于<br>0.5 mm 的长条(长度不短于<br>手掌),手持一端不易断裂 |
| 粉质<br>黏土 | 稍有光滑面,<br>切面平整 | 稍有滑腻感,有黏滞<br>感,感觉到有少量砂粒        | 土块用力可<br>压碎     | 能黏着物体,<br>干燥后较易剥去      | 有塑性,能搓成直径为<br>0.5~2 mm 的土条                      |
| 粉土       | 无光滑面,切<br>面稍粗糙 | 有轻微黏滞感或无黏<br>滞感,感觉到砂粒较多、<br>粗糙 | 土块用手捏或<br>抛扔时易碎 | 不易黏着物<br>体,干燥后一碰<br>就碎 | 塑性小,能搓成直径为<br>1~3 mm 的短条                        |
| 砂土       | 无光滑面,切<br>面粗糙  | 无黏滞感,感觉到全是<br>砂粒、粗糙            | 松散              | 不能黏着物体                 | 无塑性,不能搓成土条                                      |

### 3. 土的工程性质中常用的有哪些？

土的含水量；土的天然密度；土的干密度；土的可松性；土的渗透性。

### 4. 什么是土的含水量？它对土方施工有何影响？

◇ 土的天然含水量是指土中的水与土的固体颗粒之间的质量比，以百分数表示。

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

式中  $m_w$  ——土中水的质量；

$m_s$  ——土中固体颗粒的质量。

◇ 土的含水量表示土的干湿程度。

◇ 土的含水量：

5% 以内，干土；

5%~30% 以内，潮湿土；

大于 30%，湿土。

◇ 各类土的最佳含水量如下：

砂土为 8%~12%；粉土为 9%~15%；粉质黏土为 12%~15%；黏土为 19%~23%。

◇ 工程意义：含水量对于挖土的难易，施工时边坡稳定及回填土的夯实质量都有影响。

## 5. 什么是土的天然密度和干密度？它对施工有何影响？

◇ 在天然状态下，单位体积土的质量称为土的天然密度。它与土的密实程度和含水量有关。

◇ 土的天然密度可按下列式计算：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中  $\rho$ ——土的天然密度 ( kg/m<sup>3</sup> )；

$m$ ——土的总质量 ( kg )；

$V$ ——土的体积 ( m<sup>3</sup> )。

◇ 土的固体颗粒质量与总体积的比值称为土的干密度。用下列式表示：

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-3)$$

式中  $\rho_d$ ——土的干密度 ( kg/m<sup>3</sup> )；

$m_s$ ——固体的颗粒质量 ( kg )；

$V$ ——土的体积 ( m<sup>3</sup> )。

◇ 在一定程度上，土的干密度反映了土的颗粒排列紧密程度。土的干密度越大，表示土

越密实。土的密实程度主要通过检验填方土的干密度和含水量来控制。

## 6. 什么是土的可松性？土的可松性对施工有什么影响？

天然土经开挖后，其体积因松散而增加，虽经振动夯实，仍然不能完全复原，土的这种性质称为土的可松性。

$$\left. \begin{aligned} K_s &= \frac{V_2}{V_1} \\ K'_s &= \frac{V_3}{V_1} \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

式中  $K_s, K'_s$ ——土的最初、最终可松性系数；

$V_1$ ——土在天然状态下的体积 ( $m^3$ )；

$V_2$ ——土挖出后在松散状态下的体积 ( $m^3$ )；

$V_3$ ——土经压（夯）实后的体积 ( $m^3$ )。

◇ 可松性系数对土方的调配、计算土方运输量都有影响。

## 7. 什么是土的渗透性？土的渗透性对施工有什么影响？

◇ 土的渗透系数表示单位时间内水穿透土层的能力，以  $m/d$  表示。根据土的渗透系数不同，可分为透水性土（如砂土）和不透水性土（如黏土）。它主要影响施工降水与排水速度。

## 任务训练

学生分组学习工程地质勘察报告，了解工程地质勘察报告的基本内容与作用（见附录）。

## 1.3 计算土方工程量

学习重点：1. 基坑土方量的计算  
2. 基槽土方量的计算  
学习难点：方格网法计算场地平整土方量

### 导学

#### 1. 怎么区分场地平整、基坑开挖、基槽开挖、大型土方开挖这几个概念？

- ◇ 平整场地：建筑场地以设计室外地坪为准 $\pm 30$  cm 以内的挖、填土方及找平相关工作。
- ◇ 挖基槽：挖土宽度 $\leq 7$  m 且挖土长度 $> 3$  倍宽度。
- ◇ 挖基坑：挖土长度 $\leq 3$  倍宽度且挖土底面积 $\leq 150$  m<sup>2</sup>。
- ◇ 超出以上概念范围则为一般土方。

#### 2. 什么是土方边坡？土方边坡大小如何确定？

◇ 为防止土壁塌方，确保施工安全，当挖方超过一定深度或填方超过一定高度时，其边沿应放出足够的边坡。

◇ 土方边坡坡度是指挖方深度  $H$  与边坡底宽  $B$  的比值。

◇ 土方边坡坡度  $i = \frac{h}{b} = 1 : m$ ，土方边坡系数  $m = \frac{b}{h}$ 。

◇ 边坡坡度应根据土质、开挖深度、开挖方法、施工工期、地下水位、坡顶荷载等因素确定。

边坡形式如图 1.1 所示。

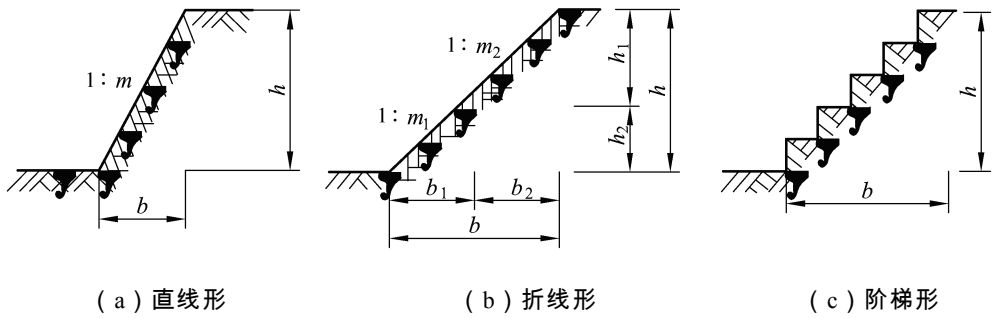


图 1.1 边坡形式图

### 3. 基槽土方量如何计算？

当基槽不放坡时：

$$V = h(a + 2c) \cdot L \quad (1-5a)$$

当基槽放坡时：

$$V = h(a + 2c + mh) \cdot L \quad (1-5b)$$

式中  $V$  ——基槽土方量 ( $m^3$ )；

$h$  ——基槽开挖深度 ( $m$ )；

$a$  ——基槽底宽 ( $m$ )；

$c$  ——工作面宽 ( $m$ )；

$m$  ——坡度系数；

$L$  ——基槽长度 (外墙按中心线计算，内墙按净长计算)。

#### 4. 基坑土方量如何计算？

当基坑不放坡时：

$$V = h(a + 2c)(b + 2c) \quad (1-6a)$$

当基坑放坡时：

$$V = h(a + 2c + mh)(b + 2c + mh) + \frac{1}{3}m^2h^3 \quad (1-6b)$$

式中  $V$  —— 基坑土方量 (  $m^3$  )；

$h$  —— 基坑开挖深度 (  $m$  )；

$a$  —— 基坑长边边长 (  $m$  )；

$b$  —— 基坑短边边长 (  $m$  )。

#### 5. 场地平整土方量如何计算？

◇ 计算方法：

方格网法：地形较平坦时用。

断面法：用于地形起伏变化较大，断面不规则的场地。

◇ 方格网法计算步骤：

1) 划分方格网并计算场地各方格角点的施工高度



方格一般采用 10 m×10 m ~ 40 m×40 m，将角点自然地面标高和设计标高分别标注在方格网点的左下角和右下角(见图 1.2)。

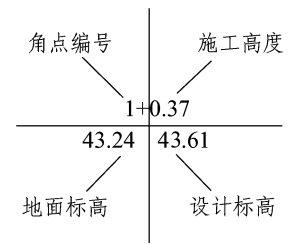


图 1.2 方格网各角点标高

角点设计标高与自然地面标高的差值即各角点的施工高度，表示为：

$$h_n = H_{dn} - H_n \quad (1-7)$$

式中  $h_n$ ——角点的施工高度，以“+”为填，以“-”为挖，标注在方格网点的右上角；

$H_{dn}$ ——角点的设计标高（若无泄水坡度时，即为场地设计标高）；

$H_n$ ——角点的自然地面标高。

## 2) 计算零点位置

在一个方格网内同时有填方或挖方时，要先算出方格网边的零点位置即不挖不填点，并标注于方格网上，由于地形是连续的，连接零点得到的零线即成为填方区与挖方区的分界线（图 1.3）。

零点的位置按相似三角形原理（图 1.3）得下式计算：

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{h_2}{h_2 + h_3} \cdot a \\ x_2 &= \frac{h_3}{h_2 + h_3} \cdot a \end{aligned} \quad (1-8)$$

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（m），均用绝对值；

$a$ ——方格网的边长 ( m )。

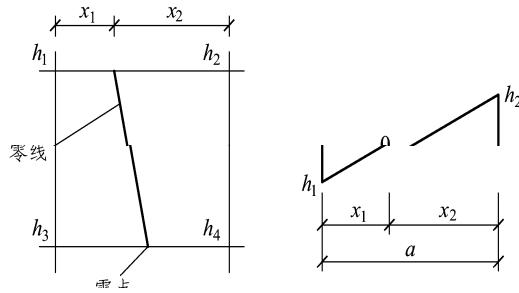


图 1.3 零点位置

按方格网底面积图形和表 1.2 所列公式，计算每个方格内的挖方或填方量。

表 1.2 常用方格网计算公式

| 项 目              | 图 示 | 计算公式  |
|------------------|-----|---|
| 一点填方或挖方<br>(三角形) |     | $V = \frac{1}{2}bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6}$ <p>当 <math>b = c = a</math> 时，<math>V = \frac{a^2h_3}{6}</math></p>              |
| 二点填方或挖方<br>(梯形)  |     | $V_+ = \frac{b+c}{2}a \frac{\sum g}{4} = \frac{a}{8}(b+c)(h_1+h_3)$ $V_- = \frac{d+e}{2}a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8}(d+e)(h_2+h_4)$ |
| 三点填方或挖方<br>(五角形) |     | $V = \left( a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{\sum h}{5} = \left( a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{h_1+h_2+h_4}{5}$                      |
| 三点填方或挖方<br>(正方形) |     | $V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4}(h_1-h_2+h_3+h_4)$   |

注：1.  $a$  为方格网的边长 ( m )。

2.  $b$ 、 $c$  为零点到一角的边长 ( m )。

3.  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ 、 $h_4$  为方格网四角点的施工高度 ( m )，用绝对值代入。

4.  $\sum h$  为填方或挖方施工高程的总和 ( m )，用绝对值代人。

### 3) 计算方格土方工程量

◇ 方格网法示例 (教材节选)

【例】 某建筑场地方格网如图所示，方格边长为 20 m×20 m，试用公式计算挖方和填方的总土方量。

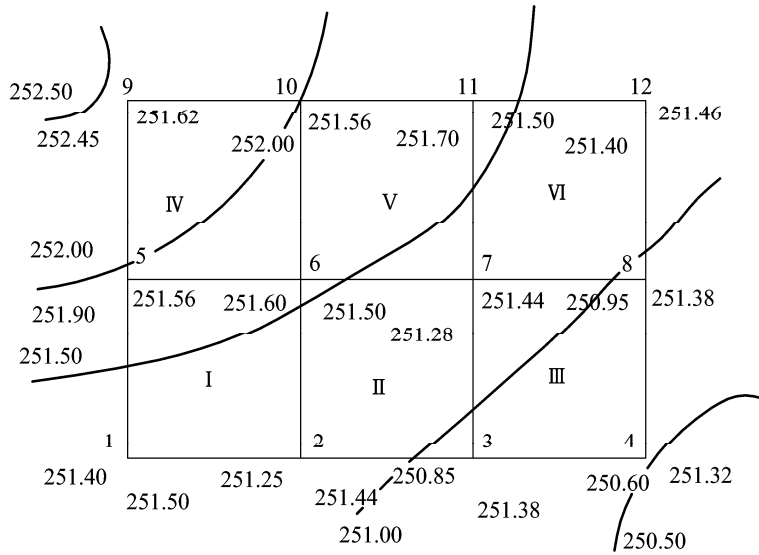


图 1.4 某建筑场地方格网布置图

解：(1) 根据所给方格网各角点的地面设计标高和自然标高，计算结果列于图 1.4 中。

由公式得：

$$h_1 = 251.50 - 251.40 = 0.10 \text{ m} ; h_2 = 251.44 - 251.25 = 0.19 \text{ m} ;$$

$$h_3 = 251.38 - 250.85 = 0.53 \text{ m} ; h_4 = 251.32 - 250.60 = 0.72 \text{ m} ;$$

$$h_5 = 251.56 - 251.90 = -0.34 \text{ m} ; h_6 = 251.50 - 251.60 = -0.10 \text{ m} ;$$

$$h_7 = 251.44 - 251.28 = 0.16 \text{ m} ; h_8 = 251.38 - 250.95 = 0.43 \text{ m} ;$$

$$h_9 = 251.62 - 252.45 = -0.83 \text{ m} ; h_{10} = 251.56 - 252.00 = -0.44 \text{ m} ;$$

$$h_{11} = 251.50 - 251.70 = -0.20 \text{ m} ; h_{12} = 251.46 - 251.40 = 0.06 \text{ m}$$

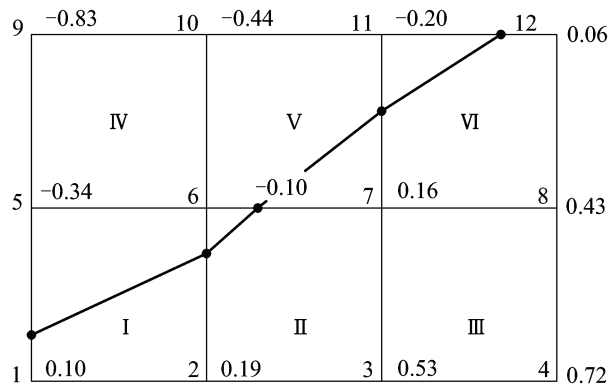


图 1.5 施工高度及零线位置

(2) 计算零点位置。从图中可知，1—5、2—6、6—7、7—11、11—12 五条方格边两端的施工高度符号不同，说明此方格边上有零点存在。

$$1—5 \text{ 线} \quad x_1 = 4.55 \text{ ( m )}$$

$$2—6 \text{ 线} \quad x_1 = 13.10 \text{ ( m )}$$

$$6—7 \text{ 线} \quad x_1 = 7.69 \text{ ( m )}$$

$$7—11 \text{ 线} \quad x_1 = 8.89 \text{ ( m )}$$

$$11—12 \text{ 线} \quad x_1 = 15.38 \text{ ( m )}$$

将各零点标于图上，并将相邻的零点连接起来，即得零线位置。

(3) 计算方格土方量。方格III、IV底面为正方形，土方量为：

$$V_{III(+)} = 202/4 \times (0.53 + 0.72 + 0.16 + 0.43) = 184 \text{ ( m}^3 \text{ )}$$

$$V_{IV(-)} = 202/4 \times (0.34 + 0.10 + 0.83 + 0.44) = 171 \text{ ( m}^3 \text{ )}$$

方格I底面为两个梯形，土方量为：

$$V_{VI(+)} = 20/8 \times (4.33 + 13.10) \times (0.10 + 0.19) = 12.80 \text{ ( m}^3 \text{ )}$$

$$VI(-)=20/8 \times (15.45+6.90) \times (0.34+0.10)=24.59 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

方格II、V、VI底面为三边形和五边形，土方量为：

$$VII(+)=65.73 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

$$VII(-)=0.88 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

$$VV(+)=2.92 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

$$VV(-)=51.10 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

$$VVI(+)=40.89 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

$$VVI(-)=5.70 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

方格网总填方量：

$$\sum V(+)=184+12.80+65.73+2.92+40.89=306.34 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

方格网总挖方量：

$$\sum V(-)=171+24.59+0.88+51.10+5.70=253.26 \text{ ( m}^3 \text{)}$$

## 任务训练

1. 某基坑底长 82 m，宽 64 m，深 8 m，四面放坡，边坡坡度 1:0.5。

(1) 画出平、剖面图，试计算土方开挖工程量。

(2) 若混凝土基础和地下室占有体积为 24 600 m<sup>3</sup>，则应预留多少回填土（以自然状态的土体积计算）？