



第1章 土方工程施工

1.1 概述

1.1.1 土方工程的施工特点

土方工程是各类土木工程项目开始的第一道工序。它包括土方的开挖、运输、填筑、平整与压实等主要施工过程，以及场地平整、测量放线、施工排水、降水和土壁支护等准备与辅助工作。

土方工程具有工程量大，施工工期长，劳动强度大的特点，在大型建设项目的场地平整和深基坑开挖中，施工面积可达数平方公里，土方工程量可达数百万立方米以上。土方工程的另一个特点是施工条件极为复杂，多为露天作业，受气候、水文、地质和邻近建(构)筑物等条件的影响较大。因此在组织土方工程施工前，必须做好施工前的准备工作，完成场地清理，仔细研究勘察设计文件并进行现场勘察；制定经济合理的施工组织设计，选择最适合的施工方法和机械设备，尽可能采用先进的施工工艺和施工组织，实现土方工程的综合机械化施工。

1.1.2 土的工程分类与现场鉴别方法

土的种类繁多，分类方法也较多。根据土的颗粒级配或塑性指数可分为碎石类土（漂石土、块石土、卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土）、砂土（砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂）和粘性土（粘土、亚粘土、轻亚粘土）；根据土的工程特性，又可分出特殊性土，如软土、人工填土、黄土、膨胀土、红粘土、盐渍土、冻土等。不同的土，其物理、力学性质也不同，只有充分掌握各类土的特性及其对施工过程的影响，才能选择正确的土方工程施工方法。

在实际工程中，更多的是根据土的开挖难易程度，将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石八类，称为土的工程分类。前四类属一般土，后四类属岩石，土的这八种分类方法及现场鉴别方法见表1.1。由于土的类别不同，单位工程消耗的人工或机械台班不同，因而施工费用就不同，施工方法也不同。所以，在选择施工挖土机械和套用定额时要依据土的工程类别。



表 1.1 土的工程分类

| 土的分类 | 土的级别 | 土的名称 | 坚实系数 f | 密度 (kg/m ³) | 开挖方法及工具 |
|---------------|------|--|------------------|-------------------------|-------------------------|
| 一类土 (松软土) | I | 砂土；粉土；冲积砂土层； 疏松的种植土；淤泥（泥炭） | 0.5~0.6 | 600~1500 | 用锹、锄头挖掘，少许用脚踏 |
| 二类土 (普通土) | II | 粉质粘土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；粉土混卵（碎）石； 种植土；填土 | 0.6~0.8 | 1100~1600 | 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；重粉质粘土；砾石土；干黄土、含有碎石卵石的黄土；粉质粘土；压实的填土 | 0.8~1.0 | 1750~1900 | 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 | 坚硬密实的粘性土或黄土；含碎石、卵石的中等密实的粘性土或黄土；粗卵石；天然级配砂石；软泥灰岩 | 1.0~1.5 | 1900 | 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 | 硬质粘土；中密的页岩、泥灰岩、白垩土；胶结不紧的砾岩；软石灰岩及贝壳石灰岩 | 1.5~4.0 | 1100~2700 | 用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法 |
| 六类土 (次坚石) | VI | 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 | 4.0~10.0 | 2200~2900 | 用爆破方法开挖，部分用风镐 |
| 七类土 (坚石) | VII | 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；微风化安山岩；玄武岩 | 10.0~18.0 | 2500~3100 | 用爆破方法开挖 |
| 八类土 (特坚土) | VIII | 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、角闪岩、玢岩 | 18.0~ 25.0 以上 | 2700~3300 | 用爆破方法开挖 |



1.1.3 土的基本性质

土的工程性质对土方工程的施工有直接影响，其中基本的工程性质有：土的密度、含水量、可松性、渗透性等。

1. 土的密度

土的天然密度和干密度土在天然状态下单位体积的质量，称为土的天然密度，它影响土的承载力、土压力及边坡的稳定性。土的天然密度用 ρ 表示：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

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，是用以检验填土压实质量的控制指标。土的干密度用 ρ_d 表示：

$$\rho_d = \frac{m_s}{V}$$

式中： m_s ——土中固体颗粒的质量；

V ——土的天然体积

土的干密度越大，表示土越密实。工程上常把土的干密度作为评定土体密实程度的标准，以控制填土工程的压实质量。

2. 土的天然含水量

土的含水量 ω 是土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率，即：

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$$

式中： m_w ——土中水的质量；

m_s ——土中固体颗粒的质量。

土的含水量影响土方施工方法的选择、边坡的稳定和回填土的质量，如土的含水量超过 25%~30%，则机械化施工就困难，容易造成打滑、陷车等现象；回填土需达到最佳含水量，才能夯压密实，获得最大干密度。

3. 土的可松性

自然状态下的土经开挖后，其体积因松散而增大，以后虽经回填压实仍不能恢复其原来的体积，即土具有可松性。由于土方工程量是以自然状态的体积来计算的，所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量等，必须考虑土的可松性。土的可松性程度用最初可松性系数 K_s 和最终可松性系数 K'_s 表示，即：

$$K_s = \frac{V_{\text{松散}}}{V_{\text{原状}}}$$

$$K'_s = \frac{V_{\text{压实}}}{V_{\text{原状}}}$$

式中： $V_{\text{原状}}$ ——土在天然状态下的体积 (m^3)；



$V_{\text{松散}}$ ——土挖出后在松散状态下的体积 (m^3);

$V_{\text{压实}}$ ——土经回填压(夯)实后的体积 (m^3);

各类土的可松性系数见表 1.2。

表 1.2 各种土的可松性参考值

| 土的种类 | 体积增加百分数 | | 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 | 2.5~5 | 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 |
| 五至七类土 | 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 |

4. 土的透水性

土的透水性指水流通过土中孔隙的难易程度,水在单位时间内穿透土层的能力称为渗透系数,用 k 表示,单位为 m/d 。影响渗透系数大小的因素很多,主要取决于土体颗粒的形状、大小、不均匀系数和水的黏滞性等。地下水在土中渗流速度一般可按达西定律计算,其公式如下:

$$v = k \frac{H_1 - H_2}{L} = k \frac{h}{L} = ki$$

式中: v ——水在土中的渗透速度, m/d ;

i ——水力坡度, $i = \frac{H_1 - H_2}{L}$, 即 A 、 B 两点水头差与其水平距离之比;

k ——土的渗透系数, m/d 。

k 值的大小反映土体透水性的强弱,影响施工降水与排水的速度;土的渗透系数可以通过室内渗透试验或现场抽水试验测定,土的渗透系数见表 1.3。

表 1.3 土的渗透系数 k

| 土的名称 | 渗透系数 K (m/d) | 土的种类 | 渗透系数 k (m/d) |
|------|---------------------------|--------|---------------------------|
| 黏土 | <0.005 | 中砂 | 5.0~25.0 |
| 粉质黏土 | 0.005~0.1 | 均质中砂 | 35~50 |
| 粉土 | 0.1~0.5 | 粗砂 | 20~50 |
| 黄土 | 0.25~0.5 | 圆砾 | 50~100 |
| 粉砂 | 0.5~5.0 | 卵石 | 100~500 |
| 细砂 | 1.0~10.0 | 无填充物卵石 | 500~1000 |



1.2 土方开挖

1.2.1 基坑（基槽）土方量计算

基坑土方量可按立体几何中的拟柱体（由两个平行的平面做底的一种多面体）体积公式计算（图 1.1）。即：

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

式中： H ——基坑深度（ m ）；

A_1 、 A_2 ——基坑上、下的底面积（ m^2 ）；

A_0 ——基坑的中间位置截面面积（ m^2 ）。

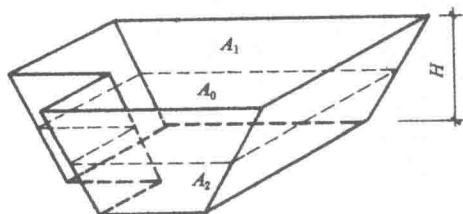


图 1.1 基坑土方量计算

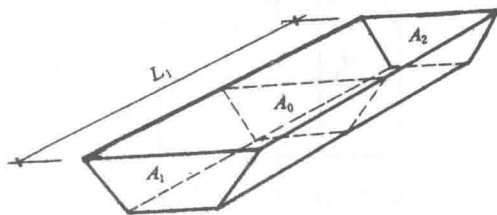


图 1.2 基槽土方量计算

基槽和路堤的土方量可以沿长度方向分段后，再用同样方法计算（图 1.2）：

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

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：

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$

式中： V_1, V_2, \dots, V_n ——各分段的土方量（ m^3 ）。

若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的长度，即 $V = A \cdot L$

1.2.2 场地平整

根据设计要求，将拟建的建筑物场地范围内高低不平的地形整为平地，即为场地平整。

1. 初步确定场地设计标高

对较大面积的场地平整，合理地确定场地的设计标高，对减少土方量和加速工程进度具有重要的经济意义。一般来说应考虑以下因素：

满足生产工艺和运输的要求；

- ②充分利用地形，分区或分台阶布置，分别确定不同的设计标高；
- ③场地内挖填方平衡，弃土运输或取土回填的土方量最少；
- ④要有合理的污水坡度 ($\geq 2\%$)，使其能满足排水要求；
- ⑤要考虑最高洪水位的影响。

(1) 初步计算场地设计标高 H_0 。

如场地设计标高无特殊要求时，可根据挖填土方量平衡的原则确定 H_0 ，即场地内挖方总量等于填方总量。计算场地设计标高时，先将场地的地形图根据相应精度要求划分为 10~40m 的方格网，见图 1. (3 a)，并求出各方格角点的地面标高。地形平坦时，利用地形图上相邻两等高线的高程，用插入法求得；地形起伏较大或无地形图时，用水准仪直接测出。

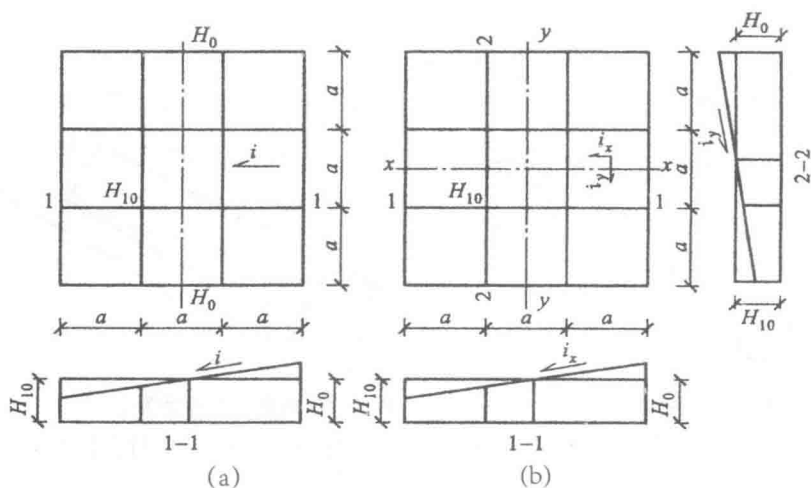


图 1. 3 场地设计标高 H_0 计算示意图

(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—场地设计标高平面

场地设计标高可按下式计算：

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n}$$

式中： H_1 ——一个方格仅有的角点标高；

H_2 ——二个方格共有的角点标高；

H_3 ——三个方格共有的角点标高；

H_4 ——四个方格共有的角点标高。

(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 仅为—理论值，还应考虑以下因素进行调整。

1) 土的可松性影响

填方因土的可松性引起的填方体积增加从而导致土方富余，应相应提高设计标高。如图 1. 4 所示，设 Δh 为土的可松性引起设计标高的增加值，则设计标高调整后的总挖方体积 V_w 应为：



$$V'_w = V_w - F_w \times \Delta h$$

总填方体积 V'_T 应为:

$$V'_T = V'_w K'_s = (V_w - F_w \times \Delta h) K'_s$$

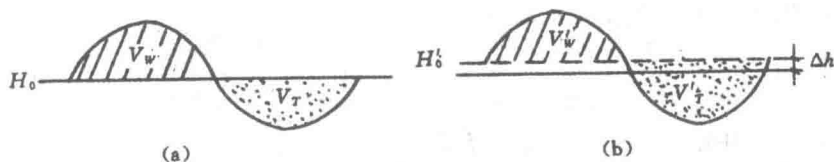


图 1.4 设计标高调整计算示意

(a) 理论设计标高; (b) 调整设计标高

此时, 填方区的标高也应与挖方区一样提高 Δh , 即:

$$\Delta h = \frac{V'_T - V_T}{F_T} = \frac{(V_w - F_w \times \Delta h) K'_s - V_T}{F_T}$$

式中: V_w 、 V_T ——按理论设计标高计算的总挖方、总填方体积;

F_w 、 F_T ——按理论设计标高计算的挖方区、填方区总面积;

K'_s ——土的最终可松性系数。

移项整理简化得 (当 $V_T = V_w$):

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

故考虑土的可松性后, 场地设计标高调整为: $H'_0 = H_0 + \Delta h$

2) 场地挖方和填方的影响

由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方, 以及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, 上述做法均会引起挖填土方量的变化。必要时, 也需调整设计标高。

为了简化计算, 场地设计标高的调整值 H'_0 , 可按下列近似公式确定, 即:

$$H'_0 = H_0 \pm \frac{Q}{na^2}$$

式中: Q ——场地根据 H_0 平整后多余或不足的土方量。

3) 场地泄水坡度的影响

按上述情况调整后的场地设计标高是一个水平面的标高。但实际施工中由于排水的要求, 场地表面均有不小于 2% 的泄水坡度 (单坡泄水或双坡泄水)。所以, 在计算的 H_0 或经调整后的 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。场地各方格角点的实际设计标高求法如下:

① 单向泄水时 (图 1.5a)

以调整后的设计标高 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:

$$H_{dn} = H'_0 \pm li$$

式中: H_{dn} ——场地内任意一点方格角点的设计标高 (m);

l ——该方格角点至场地中心线的距离 (m);

i ——场地泄水坡度;



±——该点比 H_0 高则取“+”，反之取“-”。

例如，图 1.5a 中场地内角点 10 的设计标高： $H_{d10} = H_0 - 0.5ai$

②双向泄水时 [图1.5(b)]

场地内任意一个方格角点的设计标高为：

$$H_{dn} = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y$$

式中： l_x 、 l_y ——该点于 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上距场地中心线的距离 (m)；

i_x 、 i_y ——场地在 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上泄水坡度。

例如，图 1.5(b) 中场地内角点 10 的设计标高

$$H_{d10} = H_0 - 0.5ai_x - 0.5ai_y$$

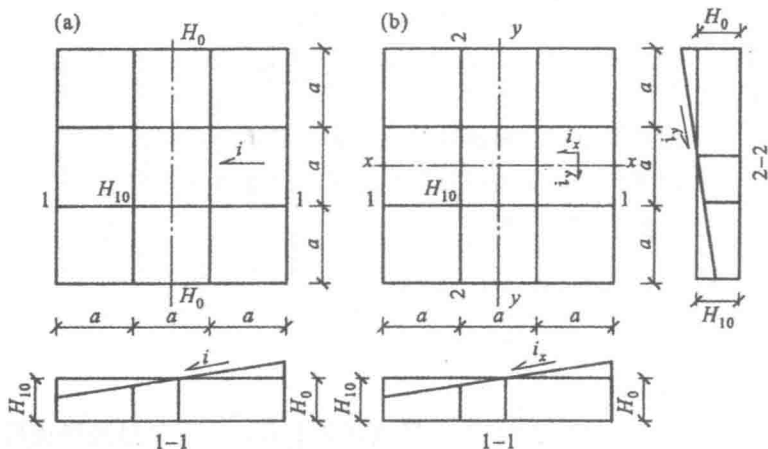


图 1.5 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水； (b) 双向泄水

2. 计算零点标出零线

(1) 划分方格网并计算场地各方格角点的施工高度

根据已有地形图（一般用 1/500 的地形图）划分成若干个方格网，尽量与测量的纵横坐标网对应，方格一般采用 $10\text{m} \times 10\text{m} \sim 40\text{m} \times 40\text{m}$ ，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。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：

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

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。也就是地形图上，各方格角点实际标高。当地形平坦时按地形图用插入法求得，当地面坡度变化起伏较大时，用经纬仪测出。

(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。零点的位置按相似三角形原理(图 1.6) 得下式计算:

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \times a; x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \times a$$

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 (m), 均用绝对值;

a ——方格网的边长 (m)。

3. 计算土方工程量

按方格网底面积图形和表 1.4 所列公式, 计算每个方格内的挖方或填方量。

表 1.4 常用方格网计算公式

| 项目 | 图示 | 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> |
| 二点填方或挖方 (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) | | $V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4} (h_1+h_2+h_3+h_4)$ |

注: a —方格网的边长 (m)

b 、 c —零点到一角的边长 (m)

h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 —方格网四角点的施工高程 (m), 用绝对值代入。

1.2.3 土方调配

土方调配是土方工程施工组织设计(土方规划)中的一个重要内容,在平整场地土方工程量计算完成后进行。编制土方调配方案应根据地形及地理条件,把挖方区和填方区划分成若干个调配区,计算各调配区的土方量,并计算每对挖、填方区之间的平均运距(即挖方区重心至填方区重心的距离),确定挖方各调配区的土方调配方案,应使土方总运输量最小或土方运输费用最少,而且便于施工,从而可以缩短工期、降低成本。

土方调配的原则:力求达到挖方与填方平衡和运距最短的原则;近期施工与后期利用的原则,进行土方调配,必须依据现场具体情况、有关技术资料、工期要求、土方施工方法与运输方法,综合上述原则,并经计算比较,选择经济合理的调配方案。调配方案确定后,绘制土方调配图。

在土方调配图上要注明挖填调配区、调配方向、土方数量和每对挖填之间的平均运距。

1.3 土方边坡与支护

1.3.1 土方边坡

在开挖基坑、沟槽或填筑路堤时,为了防止塌方,保证施工安全及边坡稳定,其边坡应考虑放坡。土方边坡的坡度以其高度 H 与底宽 B 之比表示,即:

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{\frac{B}{H}} = 1:m$$

式中: $m = B/H$, 称为坡度系数。其意义为:当边坡高度已知为 H 时,其边坡宽度 B 则等于 mH 。土方开挖或填筑的边坡可以做成直线形、折线形和阶梯形(图1.6)边坡大小与土质、开挖深度、开挖方法、边坡留置时间、边坡荷载、排水情况等有关。

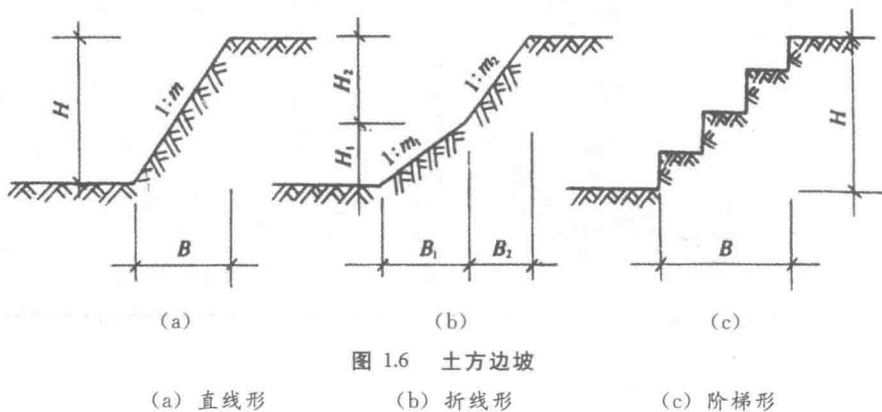


图 1.6 土方边坡

(a) 直线形

(b) 折线形

(c) 阶梯形

土质为天然湿度、构造均匀、水文地质条件良好(即不会发生坍塌、移动、松散或不均匀下沉),且无地下水时,且开挖深度满足表的要求。开挖基坑亦可不必放坡,采取直



立开挖不加支护。

表 1.5 基坑（槽）和管沟不加支撑时的容许深度

| 项次 | 土的种类 | 允许深度 (m) |
|----|------------------------|----------|
| 1 | 密实、中密的砂子和碎石类土（充填物为砂土） | 1.00 |
| 2 | 硬塑、可塑的粉质黏土及粉土 | 1.25 |
| 3 | 硬塑、可塑的黏土和碎石类土（充填物为黏性土） | 1.50 |
| 4 | 坚硬的黏土 | 2.00 |

如果开挖深度超过表1.5的规定，为了防止塌方，保证施工安全，在基坑（槽）开挖时，可采取放坡开挖（无支护开挖）。

坡度大小应根据土质、开挖深度、开挖方法、施工工期、地下水水位、坡顶荷载及气候条件等因素确定。一般情况下，黏性土的边坡可陡些，砂性土则应平缓些；当基坑附近有主要建筑物时，边坡应取 1:1.0~1:1.5。

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》（GB50202—2002）规定，临时性挖方的边坡值应符合表 1.6 的规定。

表 1.6 临时性挖方边坡值

| 土的种类 | | 边坡值（高：宽） |
|--------------|------------|---------------|
| 砂土（不包括细砂、粉砂） | | 1:1.25~1:1.50 |
| 一般性粘土 | 硬 | 1:0.75~1:1.00 |
| | 硬、塑 | 1:1.00~1:1.25 |
| | 软 | 1:1.50 或更缓 |
| 碎石类土 | 充填坚硬、硬塑粘性土 | 1:0.50~1:1.00 |
| | 充填砂土 | 1:1.00~1:1.50 |

注：1. 设计有要求时，应符合设计标准。

2. 如采用降水或其他加固措施，可不受本表限制，但应计算复核。

3. 开挖深度，对软土不应超过 4m，对硬土不应超过 8m。

1.3.2 基坑支护

当开挖基坑（槽）的土体含水量大而不稳定，或基坑较深，或受到周围场地限制而需用较陡的边坡或直立开挖而土质较差时，应采用临时性土壁支撑加固。表 1.7 所列为一一般沟槽支撑方法，主要采用横撑式支撑；表 1.8 所列为一一般浅基坑支撑方法，主要采用结合上端放坡并加以拉锚等单支点板桩或悬臂式板桩支撑，或采用重力式支护结构如水泥搅拌桩等；表 1.9 所列为一深基坑的支护方法，主要采用多支点板桩。



表 1.7 一般沟槽的支撑方法

| 支撑方式 | 简图 | 支撑方式及适用条件 |
|------------|----|---|
| 间断式水平支撑 | | 两侧挡土板水平放置，用工具式或木横撑借木楔顶紧，挖一层土，支顶一层。适于能保持立壁的干土或天然湿度的黏土类土，地下水很少，深度在 2m 以内 |
| 断续式水平支撑 | | 挡土板水平放置，中间留出间隔，并在两侧同时对称立竖枋木，再用工具式或木横撑上下顶紧。适于能保持直立壁的干土或天然湿度的黏土类土，地下水很少，深度在 3m 以内 |
| 连续式水平支撑 | | 挡土板水平连续放置，不留间隙，然后两侧同时对称立竖枋木，上下各顶一根撑木，端头加木楔顶紧。适用于较松散的干土或天然湿度的黏土类土，地下水很少，深度为 3~5m |
| 连续或间断式垂直支撑 | | 挡土板垂直放置，连续或留适当间隙，然后每侧上下各水平顶一根枋木，再用横撑顶紧。适于土质较松散或湿度很高的土，地下水较少，深度不限 |
| 水平垂直混合支撑 | | 沟槽上部连续或水平支撑，下部设连续或垂直支撑。适于沟槽深度较大，下部有含水土层情况 |



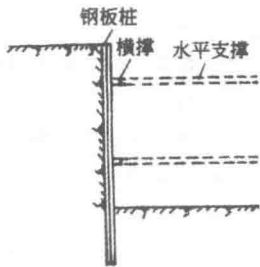
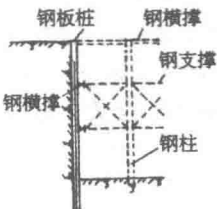
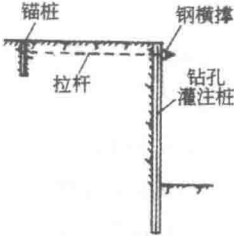
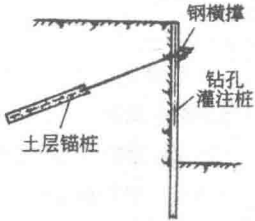
表 1.8 一般浅基坑的支撑方法

| 支撑方式 | 简图 | 支撑方式及适用条件 |
|---------|----|--|
| 斜柱支撑 | | 水平挡土板钉在柱桩内侧，柱桩外侧用斜撑支顶，斜撑底端支在木桩上，在挡土板内侧回填土。适于开挖较大、深度不大的基坑或使用机械挖土 |
| 锚拉支撑 | | 水平挡土板支在柱桩的内侧，柱桩一端打入土中，另一端用拉杆与锚桩拉紧，在挡土板内侧回填土。适于开挖较大、深度不大的基坑或使用机械挖土、而不能安设横撑时使用 |
| 短柱横隔支撑 | | 打入小短木桩，部分打入土中，部分露出地面，钉上水平挡土板，在背面填上捣实。适于开挖宽度大的基坑，当部分地段下部放坡不够时使用 |
| 临时挡土墙支撑 | | 沿坡脚用砖、石叠砌或用草袋装土砂堆砌，使坡脚保持稳定。适于开挖宽度大的基坑，当部分地段下部放坡不够时使用 |

表 1.9 一般深基坑的支撑方法

| 支护(撑)方式 | 简图 | 支护(撑)方式及适用条件 |
|----------|----|---|
| 型钢桩横挡板支撑 | | <p>沿挡土位置预先打入钢轨、工字钢或 H 型钢桩，间距 1~1.5m，然后边挖方，边将 3~6cm 厚的挡土板塞进钢桩之间挡土，并在横向挡板与型钢桩之间打入楔子，使横板与土体紧密接触。</p> <p>适于地下水位较低，深度不很大的一般黏性或砂土层中应用</p> |



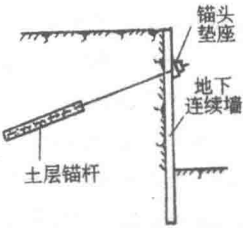
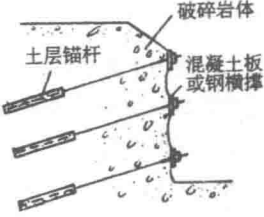
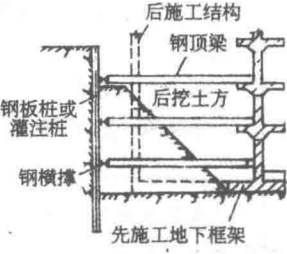
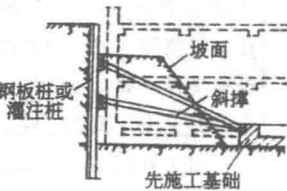
| 支护(撑)方式 | 简图 | 支护(撑)方式及适用条件 |
|-----------------------|---|--|
| <p>钢板桩支撑</p> |  | <p>在开挖基坑的周围打钢板桩或钢筋混凝土板桩,板桩入土深度及悬臂长度应经计算确定,如基坑宽度很大,可加水平支撑。适于一般地下水、深度和宽度不很大的粘性砂土层中应用</p> |
| <p>钢板桩与钢构架结合支撑</p> |  | <p>在开挖的基坑周围打钢板桩,在柱位置上打入暂设的钢柱,在基坑中挖土,每下挖3~4m,装上一层构架支撑体系,挖土在钢构架网格中进行,也可不预先打入钢柱,随挖随接长支柱。 适于在饱和软弱土层中开挖较大、较深基坑,钢板桩刚度不够时采用</p> |
| <p>挡土灌注桩支撑</p> |  | <p>在开挖基坑的周围,用钻机钻孔,现场灌注钢筋混凝土桩,达到强度后,在基坑中间用机械或人工挖土,下挖1m左右装上横撑,在桩背面装上拉杆与已设锚桩拉紧,然后继续挖土至要求深度。在桩间土方挖成外拱形,使之起土拱作用。如基坑深度小于6m,或邻近有建筑物,也可不设锚拉杆,采取加密桩距或加大桩径处理。 适于开挖较大、较深(>6m)基坑,邻近有建筑物,不允许支护,背面地基有下沉、位移时采用</p> |
| <p>挡土灌注桩与土层锚杆结合支撑</p> |  | <p>同挡土灌注桩支撑,但在桩顶不设锚桩锚杆,而是挖至一定深度,每隔一定距离向桩背面斜下方用锚杆钻机打孔,安放钢筋锚杆,用水泥压力灌浆,达到强度后,安上横撑,拉紧固定,在桩中间进行挖土,直至设计深度。如设2~3层锚杆,可挖一层土,装设一次锚杆。 适于大型较深基坑,施工期较长,邻近有高层建筑,不允许支护,邻近地基不允许有任何下沉位移时采用</p> |



续表

| 支护(撑)方式 | 简图 | 支护(撑)方式及适用条件 |
|---------------|----|---|
| 挡土灌注桩与旋喷桩组合支护 | | <p>在深基坑内侧设置直径0.6~1.0m混凝土灌注桩,间距1.2~1.5m;在紧靠混凝土灌注桩的外侧设置直径0.8~1.5m的旋喷桩,以旋喷水泥浆方式使形成水泥土桩与混凝土灌注桩紧密结合,组成一道防渗帷幕,既可起抵抗土压力、水压力作用,又起挡水抗渗作用;挡土灌注桩与旋喷桩采取分段间隔施工。当基坑为淤泥质土层,有可能在基坑底部产生管涌、涌泥现象,亦可在基坑底部以下用旋喷桩封闭。在混凝土灌注桩外侧设旋喷桩,有利于支护结构的稳定,防止边坡坍塌、渗水和管涌等现象发生。</p> <p>适于土质条件差、地下水位较高,要求既挡土又挡水防渗的支护工程</p> |
| 双层挡土灌注桩支护 | | <p>将挡土灌注桩在平面布置上由单排桩改为双排桩,呈对应或梅花式排列,桩数保持不变,双排桩的桩径d一般为400~600mm,排距L为(1.5~3m)d,在双排桩顶部设圈梁使其成为整体刚架结构。亦可在基坑每侧中段设双排桩,而在四角仍采用单排桩。采用双排桩支护可使支护整体刚度增大,桩的内力和水平位移减小。</p> <p>适于基坑较深,采用单排混凝土灌注桩挡土,强度和刚度均不能胜任时使用</p> |
| 地下连续墙支护 | | <p>在开挖的基坑周围,先建造混凝土或钢筋混凝土地下连续墙,达到强度后,在墙中间用机械或人工挖土,直至要求深度。对跨度、深度很大时,可在内部加设水平支撑及支柱。用于逆作法施工,每下挖一层,把下一层梁、板、柱浇筑完成,以此作为地下连续墙的水平框架支撑,如此循环作业,直到地下室的底层全部挖完土,浇筑完成。</p> <p>适于开挖较大、较深(>10m)、有地下水、周围有建筑物、公路的基坑,作为地下结构的外墙一部分,或用于高层建筑的逆作法施工,作为地下室结构的部分外墙</p> |



| 支护(撑)方式 | 简图 | 支护(撑)方式及适用条件 |
|-----------------------|---|--|
| <p>地下连续墙与土层锚杆结合支护</p> |  | <p>在开挖基坑的周围先建造地下连续墙支护,在墙中部用机械配合人工开挖土方至锚杆部位,用锚杆钻机在要求位置钻孔,放入锚杆,进行灌浆,待达到强度,装上锚杆横梁,或锚头垫座,然后继续下挖至要求深度,如设2~3层锚杆,每挖一层装一层,采用快凝砂浆灌浆</p> <p>适于开挖较大、较深(>10m)、有地下水的大型基坑,周围有高层建筑,不允许支护有变形、采用机械挖方、要求有较大空间、不允许内部设支撑时采用</p> |
| <p>土层锚杆支护</p> |  | <p>沿开挖基坑。边坡每2~4m设置一层水平土层锚杆,直到挖土至要求深度。</p> <p>适于较硬土层或破碎岩石中开挖较大、较深基坑、邻近有建筑物必须保证边坡稳定时采用</p> |
| <p>板桩(灌注桩)中央横顶支撑</p> |  | <p>在基坑周围打板桩或设挡土灌注桩,在内侧放坡挖中间部分土方到坑底,先施工中间部分结构至地面,然后再利用此结构作支承向板桩(灌注桩)支水平横顶撑,挖除放坡部分土方,每挖一层支一层水平横顶撑,直到设计深度,最后再建该部分结构。</p> <p>适于开挖较大、较深的基坑,支护桩刚度不够,又不允许设置过多支撑时用</p> |
| <p>板桩(灌注桩)中央斜顶支撑</p> |  | <p>在基坑周围打板桩或设挡土灌注桩,在内侧放坡挖中间部分土方到坑底,并先施工好中间部分基础,再从基础向桩上方支斜顶撑,然后再把放坡的土方挖除,每挖一层,支一层斜撑,直至坑底,最后建该部分结构。</p> <p>适于开挖较大、较深基坑、支护桩刚度不够、坑内不允许设置过多支撑时用</p> |



| 支护(撑)方式 | 简图 | 支护(撑)方式及适用条件 |
|---------|----|--|
| 分层板桩支撑 | | <p>在开挖厂房群基础, 周围先打支护板桩, 然后在内侧挖土方至群基础底标高, 再在中部主体深基础四周打二级支护板桩, 挖主体深基础土方, 施工主体结构至地面, 最后施工外围群基础。</p> <p>适于开挖较大、较深基坑, 当中部主体与周围群基础标高不等, 而又无重型板桩时采用。</p> |

1.4 施工排水与降水

在开挖基坑或沟槽时, 土壤的含水层常被切断, 地下水将会不断地渗入坑内。雨季施工时, 地面水也会流入坑内。为了保证施工的正常进行, 防止边坡塌方和地基承载能力的下降, 必须做好施工排水工作。排水方法可分为明排水法(如集水井、明渠等)和井点降水法两种。

1.4.1 明排水法

现场常采用的方法是截流、疏导、抽取。截流是指将流入基坑的水流截住; 疏导是指将积水疏干; 而抽取这种方法是在基坑开挖过程中, 在坑底设置集水井, 并沿坑底的四周或在中央开挖排水沟, 使水流入集水井内, 再用水泵抽出坑外(图1.7)。如果基坑较深, 可采用分层明沟排水法, 逐层加深排水沟和集水井, 逐步达到设计要求的基坑断面和坑底标高。

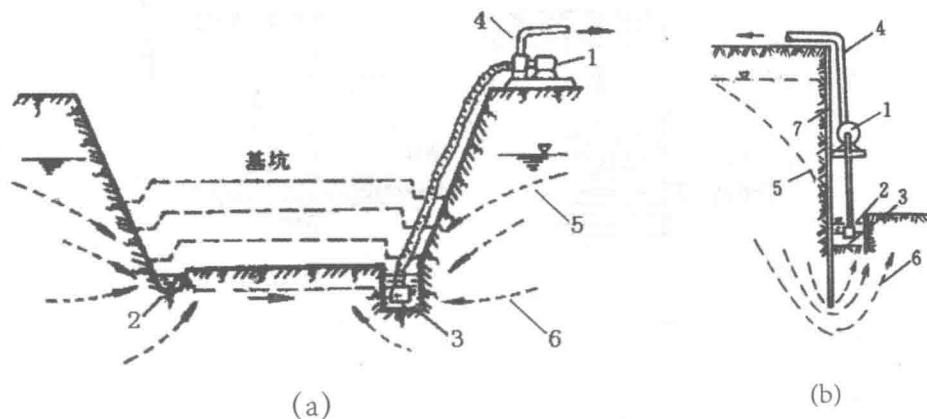


图1.7 集水井降低地下水位

(a) 斜坡边沟; (b) 直坡边沟

1—水泵; 2—排水沟; 3—集水井; 4—压力水管; 5—降落曲线; 6—水流曲线; 7—板桩