

项目 1 土方工程

学习目标

- ◎ 掌握土的种类和鉴别方法。
- ◎ 掌握土方工程量的计算方法。
- ◎ 了解流砂发生的条件及防治措施,掌握轻型井点布置、施工工艺。
- ◎ 掌握常用土方施工机械的性能、特点和适用范围。
- ◎ 正确选择基坑回填的填方土料及填筑压实方法。
- ◎ 掌握基坑排水、降水方法。
- ◎ 掌握土方工程冬季和雨季施工措施。
- ◎ 掌握安全事故的预防措施。

1.1 土方工程简介

土方工程是建筑工程施工中的主要工程之一。常见的土方工程有场地平整、基坑(基槽)与管沟开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填等。土方工程施工包括土(石)的挖掘、运输、填筑、平整和压实等主要施工过程,以及排水、降水和土壁支撑等准备工作与辅助工作。

1.1.1 土方工程的施工特点

(1)工程量大,劳动强度高。大型建筑场地的平整,施工面积可达数百万平方米;大型基坑的开挖,施工深度能超过 20 m。土方工程施工工期长,任务重,劳动强度高。在组织施工时,为了减轻繁重的体力劳动,提高生产效率,加快施工进度,降低工程成本,应尽可能采用机械化施工。

(2)施工条件复杂。土方工程施工多为露天作业,受气候、水文、地质条件影响很大,施工中不可确定因素较多。因此,在施工前必须进行充分的调查研究,做好各项施工准备工作,制定合理的施工方案,以确保施工顺利进行,保证工程质量。

(3)受场地影响。任何建筑物基础都有一定的埋置深度,基坑(槽)的开挖、土方的留置和存放都受到施工场地的影响,特别是城市内施工,场地狭窄,往往由于施工方案不妥,导致

周围建筑设施出现安全稳定问题。因此,施工前必须充分熟悉施工场地情况,了解周围建筑的结构形式和地质技术资料,科学地进行规划,制定切实可行的施工方案,以确保周围建筑物的安全。

1.1.2 土的工程分类与鉴别方法

在土方工程施工中,根据土体开挖的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 8 类。前 4 类属于一般土,后 4 类属于岩石,其分类和鉴别方法见表 1-1。

表 1-1 土的工程分类与现场鉴别方法

土的分类	土的名称	可松性系数		开挖方法及工具
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂土;粉土;冲积砂土层	1.08~1.07	1.01~1.03	用锹、锄头挖掘,少 许用脚蹬
	疏松的种植土;泥炭(淤泥)	1.20~1.30	1.03~1.04	
二类土 (普通土)	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;填土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、条锄挖掘,少 许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实的黏土;重粉质黏土、粉质黏土;砾石土;干黄土、含有碎石卵石的黄土;压实的填土	1.24~1.30	1.04~1.07	主要用镐,少许用锹、 锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏性土或黄土;含碎石、卵石的中等密实的黏性土或黄土;粗卵石;天然级配砂石	1.26~1.32	1.06~1.09	整个先用镐、撬棍,后 用锹挖掘,部分用楔子 及大锤
	软泥炭岩及蛋白石	1.33~1.37	1.11~1.15	
五类土 (软石)	硬质黏土;中等密实的页岩、泥灰岩、白垩土;胶结不紧的砾岩;软的石灰岩及贝壳石灰岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用镐或撬棍、大锤挖 掘,部分用爆破方法
六类土 (次坚石)	泥岩;砂岩;砾岩;坚实的页岩;密实的石灰岩;风化花岗岩、片麻岩及正长岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法挖掘,部 分用风镐
七类土 (坚石)	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	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	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	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法开挖

土的开挖难易程度直接影响土方工程施工方案的执行、劳动量消耗的多少和工程费用高低。土体越硬,劳动消耗量越大,工程成本越高。只有正确区分和鉴别土的种类,才能合理地选择施工方法和准确套用定额,计算土方工程的费用。



提示

土的种类繁多,其分类方法也很多。根据土的颗粒级配或塑性指数可将土分为碎石类土(漂石和块石、卵石和碎石、圆砾和角砾)、砂土(砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂、粉土)和黏性土(黏土、粉质黏土)等;根据土的沉积年代,黏性土可分为老黏性土、一般黏性土、新近沉积黏性土等;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、红黏土等。不同的土,其物理力学性质不同,只有充分掌握各类土的特性,才能正确选择土方工程的施工方法。

1.1.3 土的工程性质

土的工程性质不仅直接影响着土方工程施工,也是确定土方施工方案的基本资料。土的工程性质有土的含水量、质量密度、可松性和渗透性。

1. 土的含水量

土的含水量是指土中水的质量与土的固体颗粒质量的百分比,其计算公式为

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中, m_1 为含水状态土的质量(kg); m_2 为烘干后土的质量(kg); m_w 为土中水的质量(kg); m_s 为固体颗粒的质量,是指土经过 105℃ 烘干的质量(kg)。

含水量表示土体的干湿程度。含水量在 5% 以下的土称为干土;含水量为 5%~30% 的土称为潮湿土;含水量大于 30% 的土称为湿土。土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的影响而变化,对土方边坡的稳定性及填方的密实程度有直接影响。

2. 土的质量密度

土的质量密度分为天然密度和干密度,它表示土体的密实程度。

(1) 土的天然密度。土的天然密度是指土在天然状态下单位体积的质量,它与土的密实程度和含水量有关。土的天然密度的计算公式为

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

式中, ρ 为土的天然密度(kg/m³); m 为土的总质量(kg); V 为土的体积(m³)。

土的天然密度随着土颗粒的组成、孔隙的多少和含水量的变化而变化,一般黏性土的天然密度为 1 600~2 200 kg/m³,密度越大,土体越硬,挖掘越困难。

(2) 土的干密度。土的干密度是指土的固体颗粒质量与土的总体积的比值,其计算公式为

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

式中, ρ_d 为土的干密度(kg/m³); m_s 为土的固体颗粒质量(kg); V 为土的总体积(m³)。

在一定程度上,土的干密度反映了土颗粒排列的紧密程度。土的干密度越大,表示土体

越密实。在土方填筑时,常以土的干密度来控制土的夯实标准。

3. 土的可松性

自然状态下的土经开挖后,其体积因松散而增加,虽经振动夯实,仍然不能恢复到原状土的体积,土的这种性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示,即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-4)$$

$$K_s' = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-5)$$

式中, K_s 、 K_s' 为土的最初、最终可松性系数; V_1 为土在天然状态下的体积(m^3); V_2 为土挖出后在松散状态下的体积(m^3); V_3 为土经压(夯)实后的体积(m^3)。

土的最初可松性系数 K_s ,是计算车辆装运土方体积及挖土机械的主要参数;土的最终可松性系数 K_s' ,是计算填方所需挖土工程量的主要参数,各类土的可松性系数见表 1-1。

4. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性能,用渗透系数 K 表示。渗透系数表示单位时间内水穿透土层的能力,一般由试验确定,单位为 m/d 。渗透系数与土的颗粒级配、密实程度等有关,是人工降低地下水位及选择各类井点的主要参数。土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数

土的名称	渗透系数 $K/(m/d)$	土的名称	渗透系数 $K/(m/d)$
黏土	<0.005	中砂	$5.00 \sim 20.00$
粉质黏土	$0.005 \sim 0.10$	均质中砂	$35 \sim 50$
粉土	$0.10 \sim 0.50$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.50$	圆砾石	$50 \sim 100$
粉砂	$0.50 \sim 1.00$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.00 \sim 5.00$	—	—

1.2 土方工程量的计算

在土方工程施工前,通常要计算土方工程量,根据土方工程量的大小,拟定土方工程施工方案,组织土方工程施工。土方工程外形往往很复杂、不规则,要准确计算土方工程量的难度很大。因此,一般情况下,可将其划分成一定的几何形状,采用具有一定精度又与实际情况近似的方法进行计算。

1.2.1 基坑与基槽土方量的计算

1. 基坑土方量

基坑是指长宽比不大于 3 的矩形土体。基坑土方量可按立体几何中拟柱体(由两个平

行的平面作底的一种多面体)的体积公式计算,如图 1-1 所示。即

$$V = \frac{H}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-6)$$

式中, H 为基坑深度(m); A_1 、 A_2 为基坑上、下底的面积(m^2); A_0 为基坑中截面的面积(m^2)。

2. 基槽土方量

基槽土方量计算可沿长度方向分段后,按照上述方法计算,如图 1-2 所示。即

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-7)$$

式中, V_1 为第一段的土方量(m^3); L_1 为第一段的长度(m)。

将各段土方量相加,即得总土方量为

$$V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n \quad (1-8)$$

式中, $V_1, V_2, \cdots, V_n$ 为各段土方量(m^3)。

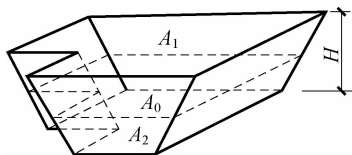


图 1-1 基坑土方量计算

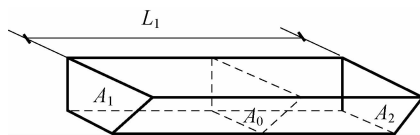


图 1-2 基槽土方量计算

1.2.2 场地平整土方量的计算

场地平整就是将天然地面平整成施工要求的设计平面。场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,合理选择场地设计标高,对减少土方量、提高施工速度具有重要的意义。场地设计标高是全局规划问题,应由设计单位及有关部门协商解决。当场地设计标高无设计文件特定要求时,可按场区内“挖填土方量平衡法”经计算确定,以达到土方量少、费用低、造价合理的效果。

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。当场地地形较平坦时,一般采用方格网法。

1. 方格网法

大面积场地平整的土方量,通常采用方格网法计算。即根据方格网各方格角点的自然地面标高和实际采用的设计标高,算出相应的角点填挖高度(施工高度),然后计算每一方格的土方量,并算出场地边坡的土方量。这样便可求得整个场地的填、挖土方总量。其步骤如下。

1) 场地设计标高的确定

确定场地设计标高时应考虑的因素有:①满足建筑规划、生产工艺及运输的要求;②尽量利用地形,减少挖、填方数量;③场地内的挖、填土方量力求平衡,使土方运输费用最少;④有一定的排水坡度,满足排水要求。

如设计文件对场地设计标高无明确规定和特殊要求时,可参照下述步骤和方法确定。

(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。



如图 1-3 所示,将场地地形图划分为边长 $a=10\sim 40\text{ m}$ 的若干个方格,尽量使方格网与测量的纵、横坐标网对应。每个方格的角点标高,在地形平坦时,可根据地形图上相邻两条等高线的高程,用插入法求得;当地形起伏较大(用插入法有较大误差)或无地形图时,则可在现场用木桩打好方格网,然后用测量的方法求得。

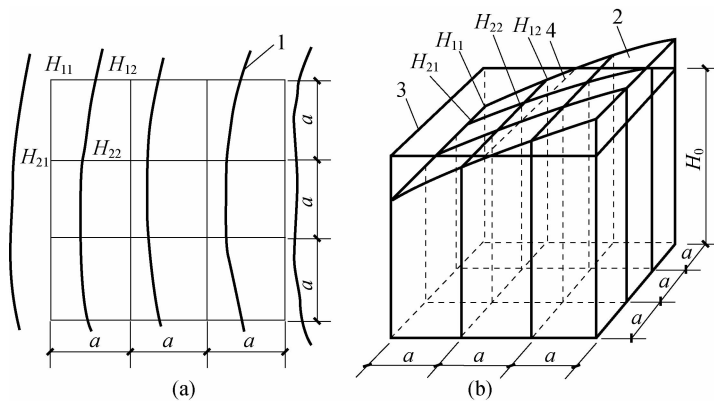


图 1-3 场地设计标高计算简图

1—等高线;2—自然地面;3—设计标高平面;4—自然地面与设计标高平面的交线(零线)

按照挖填平衡原则,场地设计标高 H_0 可按下式计算

$$H_0 Na^2 = \sum (a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4}) \quad (1-9)$$

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-10)$$

式中, N 为方格数; H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} 为任意方格的四个角点的标高(m)。

由图 1-3 可见, H_{11} 是一个方格的角点标高; H_{12} 、 H_{21} 是相邻两个方格公共角点标高; H_{22} 是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标高相加,则类似 H_{11} 这样的角点标高加一次,类似 H_{12} 的角点标高加两次,类似 H_{22} 的角点标高要加四次。因此,上式可改写为

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-11)$$

式中, H_1 为一个方格独有的角点标高; H_2 为两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。

(2)场地设计标高的调整。按式(1-10)或式(1-11)计算的设计标高 H_0 是理论值,因此,实际上还需考虑以下因素进行调整。

①由于土具有可松性,按 H_0 进行施工,填土将有剩余,必要时可相应地提高设计标高。

②由于受到设计标高以上的填方工程用土量,或设计标高以下的挖方工程挖土量的影响,设计标高应降低或提高。

③由于边坡挖填方量不等,或经过经济比较后将部分挖方就近弃于场外、部分填方就近从场外取土而引起挖填土方量的变化,需相应地增减设计标高。

(3)考虑泄水坡度对角点设计标高的影响。按上述计算及调整后的场地设计标高进行场地平整时,整个场地将处于同一水平面上,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。因此,应根据场地泄水坡度的要求(单向泄水或双向泄水),计算出场地内各方格角点实际施工时所采用的设计标高。

①单向泄水时,场地各点设计标高的求法。场地采用单向泄水时,以计算出的设计标高 H_0 作为场地中心线(与排水方向垂直的中心线)的标高(见图 1-4),场地内任意一点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-12)$$

式中, H_n 为场地内任一点的设计标高(m); l 为该点至场地中心线的距离(m); i 为场地泄水坡度(不小于 2‰)。当该点比 H_0 高时,式(1-12)取“+”号,反之取“-”号。

例如,图 1-4 中 H_{52} 点的设计标高为

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

②双向泄水时,场地各点设计标高的求法。场地采用双向泄水时,以 H_0 作为场地中心点的标高(见图 1-5),场地内任意一点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-13)$$

式中, l_x 、 l_y 为该点对场地中心线 xx 、 yy 的距离; i_x 、 i_y 为 xx 、 yy 方向的泄水坡度。

例如,图 1-5 中场地内 H_{42} 点的设计标高为

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

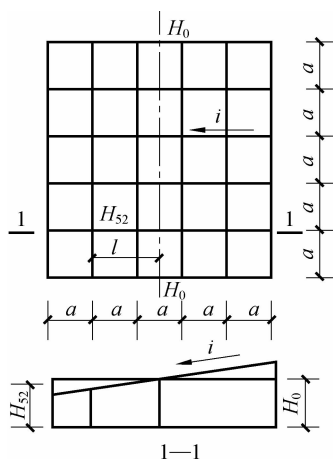


图 1-4 单向泄水坡度的场地

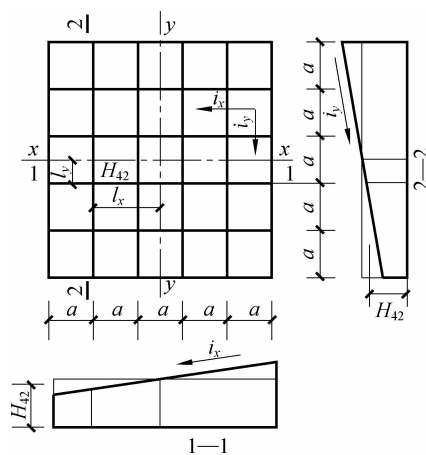


图 1-5 双向泄水坡度的场地

2) 计算各方格角点的施工高度

将设计标高和自然地面标高分别标注在方格点的左下角和右下角。各方格角点的施工高度的计算公式为

$$h_n = H_n - H \quad (1-14)$$

式中, h_n 为角点施工高度,即填挖高度,以“+”为填,“-”为挖; H_n 为角点的设计标高(若无泄水坡度时,即为场地的设计标高); H 为角点的自然地面标高。

设计标高和自然地面标高分别标注在方格点的左下角和右下角。

3) 计算零点位置

当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,并标注于方格网上,再连接零点就得到零线(填方区与挖方区的分界线)。如图 1-6 所示,零点位置的计算公式为



$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a; \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a \quad (1-15)$$

式中, x_1 、 x_2 为角点至零点的距离(m); h_1 、 h_2 为相邻两角点的施工高度(m), 均用绝对值; a 为方格网的边长(m)。

在实际工作中, 为省略计算, 常采用图解法直接求出零点。如图 1-7 所示, 用尺在各角点上标出相应比例, 连线与方格相交的点即为零点位置, 此法甚为方便, 同时可避免计算或查表出错。

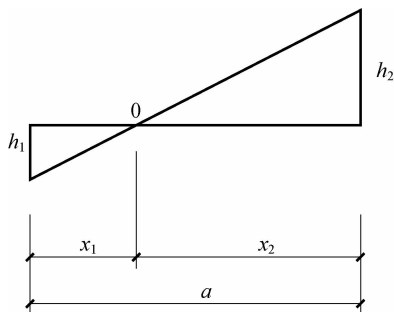


图 1-6 零点位置计算示意图

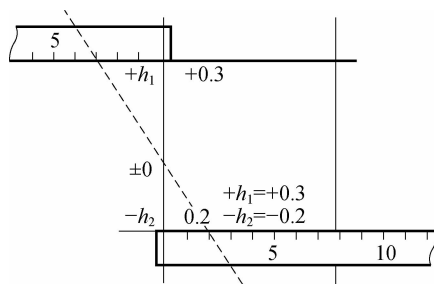


图 1-7 零点位置图解法

4) 计算方格土方量

按照方格网图形底面积和表 1-3 所列的公式, 计算每个方格内的挖方量与填方量。

表 1-3 常用方格网点计算公式

项 目	图 示	计算公式
一点填方或挖方 (三角形)		$V = \frac{1}{2} bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6}$ 当 $b = a = c$ 时, $V = \frac{a^2 h_3}{6}$
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)		$V = (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{\sum h}{5}$ $= (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{h_1 + h_2 + h_4}{5}$

续表

项 目	图 示	计算公式
四点填方或挖方 (正角形)		$V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$

注:1. a 为方格的边长(m); b 、 c 为零点到一角的边长(m); h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 为方格网四角点的施工高度,用绝对值代入(m);
 $\sum h$ 为填方或挖方施工高度的总和,用绝对值代入(m); V 为填方或挖方的体积(m^3)。

2. 本表计算公式是按各计算图形底面积乘以平均施工高度得出的。

5)边坡土方量计算

边坡土方量可以划分为两种近似几何体计算,一种为三角棱锥体,另一种为三角棱柱体,其计算公式如下。

(1)三角棱锥体边坡体积。如图 1-8 中①所示,三角棱锥体边坡体积的计算公式为

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1 \tag{1-16}$$

式中, V_1 为三角棱锥体边坡①的体积(m^3); l_1 为三角棱锥体边坡①的长度(m); A_1 为三角棱锥体边坡①的端面积(m^2)。

(2)三角棱柱体边坡体积。如图 1-8 中④所示,三角棱柱体边坡体积的计算公式为

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \tag{1-17}$$

当两端横断面面积相差很大时,边坡体积的计算公式为

$$V_4 = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \tag{1-18}$$

式中, l_4 为三角棱柱体边坡④的长度(m); A_1 、 A_2 、 A_0 为三角棱柱体边坡④两端及中部横断面面积(m^2)。

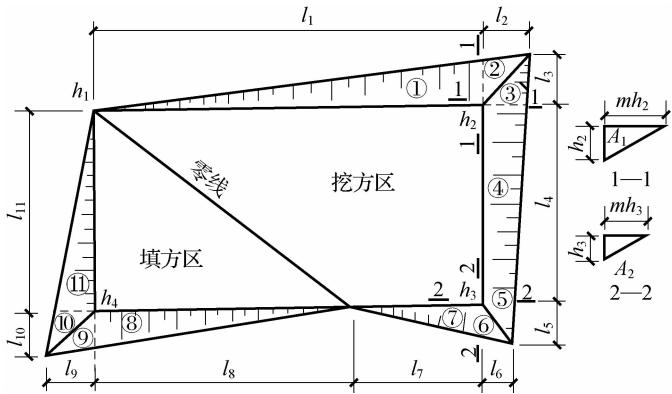


图 1-8 场地边坡平面图

6)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。



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

$$A_1' = \frac{h_1 d_1}{2}, \quad A_2' = \frac{(h_1 + h_2) d_2}{2}, \quad \dots$$

某一断面面积为

$$A_i = A_1' + A_2' + \dots + A_n'$$

若 $d_1 = d_2 = \dots = d_n = d$, 则

$$A_i = d(h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1})$$

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 $L_1, L_2, \dots, L_{m-1}$, 则所求的土方体积为

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} L_1 + \frac{A_2 + A_3}{2} L_2 + \dots + \frac{A_{m-1} + A_m}{2} L_{m-1} \quad (1-19)$$

用断面法计算土方量时,边坡土方量已包括在内。

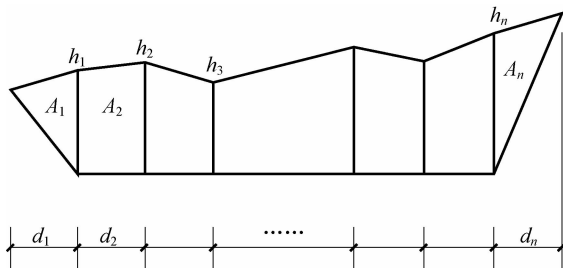


图 1-9 断面法示意图



应用案例

某公司施工的某建筑场地地形图和方格网如图 1-10 所示,图中 $a=20$ m。土质为粉质黏土,场地设计泄水坡度: $i_x=3\%$, $i_y=2\%$ 。在建筑设计、生产工艺和最高洪水位等方面均无特殊要求。试确定场地设计标高(不考虑土的可松性影响,如有余土,用以加宽边坡),并计算填、挖土方量(不考虑边坡土方量)。

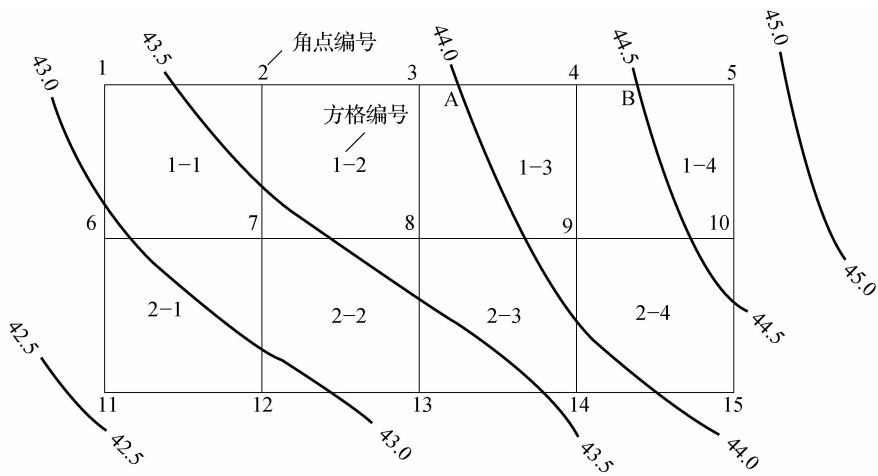


图 1-10 某建筑场地地形图和方格网布置

案例解析

1. 计算各方格角点的地面标高

各方格角点的地面标高,可根据地形图上所标等高线,假定两等高线之间的地面坡度按直线变化,用插入法求得。如求角点4的地面标高(H_4),由图1-11有

$$h_x : 0.5 = x : l$$

则

$$h_x = \frac{0.5}{l}x$$

得

$$H_4 = 44.0 + h_x = 44.0 + \frac{0.5}{l}x$$

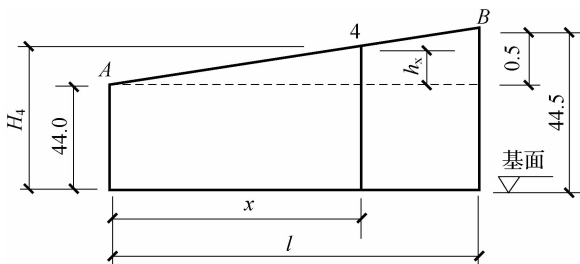


图 1-11 插入法计算简图

为了避免烦琐的计算,通常采用插入法的图解法,如图1-12所示。在一张透明纸上画出6根等距离的平行线。将该透明纸放到标有方格网的地形图上,将6根平行线的最外边两根分别对准A点和B点,这时6根等距离的平行线将A、B两点之间的0.5 m高差分成5等分,于是便可直接读得角点4的地面标高 $H_4 = 44.34$ m。其余各角点标高均可用图解法求出。本例各方格角点的标高可参照图1-13所示的地面标高各值。

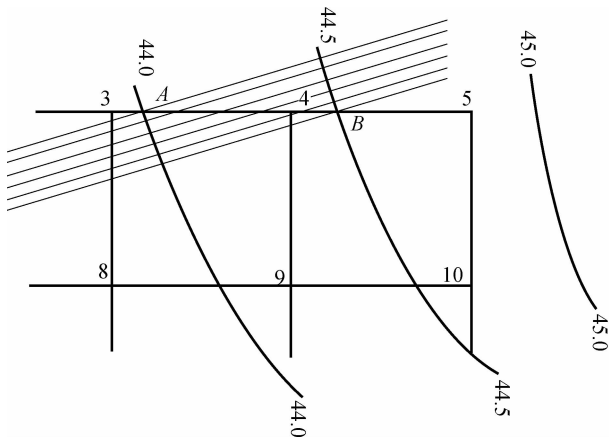


图 1-12 插入法的图解法

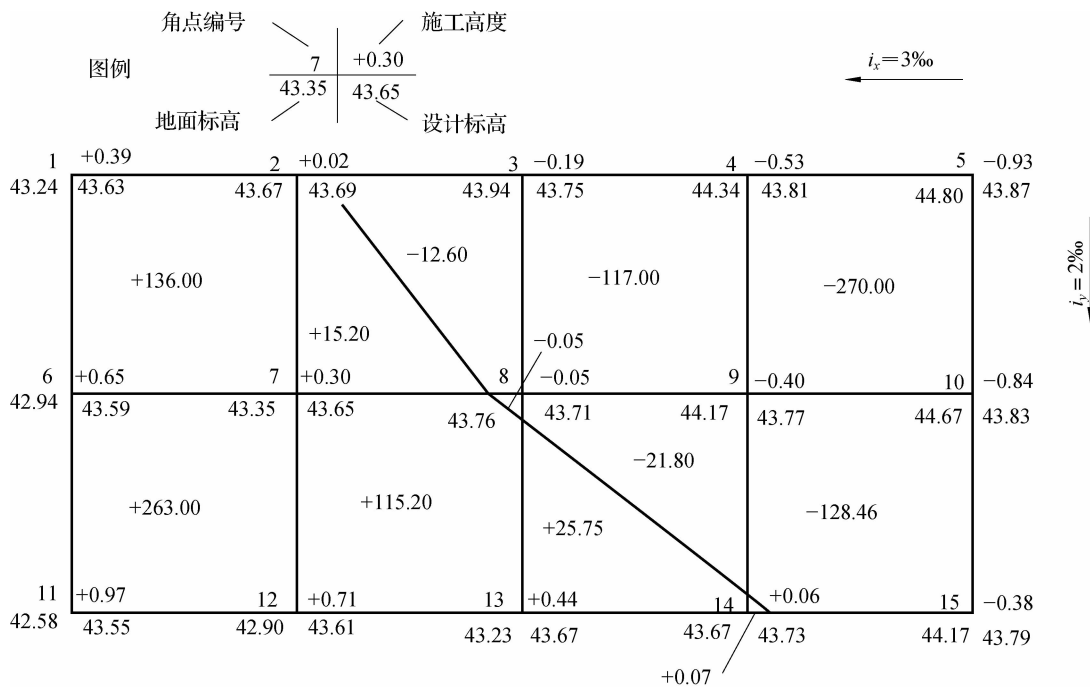


图 1-13 方格网法计算土方工程量图

2. 计算场地设计标高 H_0

$$\sum H_1 = 43.24 + 44.80 + 44.17 + 42.58 = 174.79(\text{m})$$

$$2\sum H_2 = 2 \times (43.67 + 43.94 + 44.34 + 44.67 + 43.67 + 43.23 + 42.90 + 42.94) = 698.72(\text{m})$$

$$3\sum H_3 = 0$$

$$4\sum H_4 = 4 \times (43.35 + 43.76 + 44.17) = 525.12(\text{m})$$

由式(1-11)

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} = \frac{174.79 + 698.72 + 525.12}{4 \times 8} \approx 43.71(\text{m})$$

3. 计算方格角点的设计标高

以场地中心角点 8 为 H_0 (如图 1-13 所示),由已知泄水坡度 i_x 和 i_y ,各方格角点设计标高按式(1-13)计算。

$$H_1 = H_0 - 40 \times 3\% + 20 \times 2\% = 43.71 - 0.12 + 0.04 = 43.63(\text{m})$$

$$H_2 = H_1 + 20 \times 3\% - 43.63 + 0.06 = 43.69(\text{m})$$

$$H_6 = H_0 - 40 \times 3\% - 43.71 - 0.12 = 43.59(\text{m})$$

其余各角点设计标高算法同上,其值见图 1-13 中设计标高各值。

4. 计算角点的施工高度

用式(1-14)计算,各角点的施工高度为

$$h_1 = 43.63 - 43.24 = +0.39(\text{m})$$

$$h_2 = 43.69 - 43.67 = +0.02(\text{m})$$

$$h_3 = 43.75 - 43.94 = -0.19(\text{m})$$

其余各角点施工高度详见图 1-13 中施工高度各值。

5. 确定零线

首先求零点,有关方格边线上零点的位置由式(1-15)确定。2~3 角点连线零点距角点 2 的距离为

$$x_{2-3} = \frac{0.02 \times 20}{0.02 + 0.19} \approx 1.9(\text{m}), \text{则 } x_{2-3} = 20 - 1.9 = 18.1(\text{m})$$

同理求得

$$x_{7-8} = 17.1 \text{ m}, x_{8-7} = 2.9 \text{ m};$$

$$x_{13-8} = 18.0 \text{ m}, x_{8-13} = 2.0 \text{ m};$$

$$x_{14-9} = 2.6 \text{ m}, x_{9-14} = 17.4 \text{ m};$$

$$x_{14-15} = 2.7 \text{ m}, x_{15-14} = 17.3 \text{ m}。$$

相邻零点的连线即为零线,如图 1-13 所示。

6. 计算土方量

根据方格网挖填图形,按表 1-3 所列公式计算土方工程量。

方格 1—1,1—3,1—4,2—1 四角点全为挖(填)方,按正方形计算,其土方量为

$$V_{1-1} = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) = 100 \times (0.39 + 0.02 + 0.30 + 0.65) = (+)136(\text{m}^3)$$

同样计算得: $V_{2-1} = (+)263 \text{ m}^3$, $V_{1-3} = (-)117 \text{ m}^3$, $V_{1-4} = (-)270 \text{ m}^3$ 。

方格 1—2,2—3 各有两个角点为挖方;另两角点为填方,按梯形公式计算,其土方量为

$$V_{1-2}^{\text{填}} = \frac{a}{8}(b+c)(h_1 + h_3) = \frac{20}{8}(1.9 + 17.1)(0.02 + 0.3) = (+)15.2(\text{m}^3)$$

$$V_{1-2}^{\text{挖}} = \frac{a}{8}(d+e)(h_2 + h_4) = \frac{20}{8}(18.1 + 2.9)(0.19 + 0.05) = (-)12.6(\text{m}^3)$$

同理得 $V_{2-3}^{\text{填}} = (+)25.75 \text{ m}^3$, $V_{2-3}^{\text{挖}} = (-)21.8 \text{ m}^3$

方格网 2—2,2—4 为一个角点填方(或挖方)和三个角点挖方(或填方),分别按三角形和五角形公式计算,其土方量为

$$V_{2-2}^{\text{填}} = (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{h_1 + h_2 + h_4}{5} = (20^2 - 2.9 \times 2) \frac{0.3 + 0.71 + 0.44}{5} \approx (+)115.2(\text{m}^3)$$

$$V_{2-2}^{\text{挖}} = \frac{bch_4}{6} = \frac{2.9 \times 2 \times 0.05}{6} \approx (-)0.05(\text{m}^3)$$

同理 $V_{2-4}^{\text{填}} = (+)0.07 \text{ m}^3$, $V_{2-4}^{\text{挖}} = (-)128.46 \text{ m}^3$

将计算出的土方量填入相应的方格中(如图 1-13 所示),从而得到场地各方格土方量总计:填方量为 555.15 m^3 ;挖方量为 549.91 m^3 。

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)中的重要内容,在场地土方工程量计算完成后,即可着手土方的调配工作。土方调配,就是对挖土、堆弃和填土三者之间的关系进

行综合协调地处理。

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。

(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,则应结合后期工程的需求来考虑其利用量与堆放位置,以便就近调配,以避免重复挖运和场地混乱。

(3)应分区与全场相结合。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。

(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,应将开挖的部分土方予以保留,待基础施工后再进行填土,以避免土方重复挖、填和运输。

(5)选择适当的调配方向和运输路线,使土方机械和运输车辆的功效得到充分发挥。

总之,在进行土方调配时,必须依据现场的具体情况、有关技术资料、工期要求、土方施工方法与运输方法等,综合考虑上述原则,并经计算比较,选择经济合理的调配方案。

2. 土方调配方案的编制

土方调配方案的编制,应根据施工场地地形及地理条件,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,然后确定各调配区的土方调配方案。土方调配的最优方案,应使土方总运输量最小或土方运输费用最少,工期短、成本低,而且便于施工。

调配方案确定后,绘制土方调配图,如图 1-14 所示。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。图中的土方调配,仅考虑场内挖方和填方的平衡,W 表示挖方,T 表示填方,箭头上面的数值表示土方调配量(m^3),箭头下面的数值表示平均运距(m)。

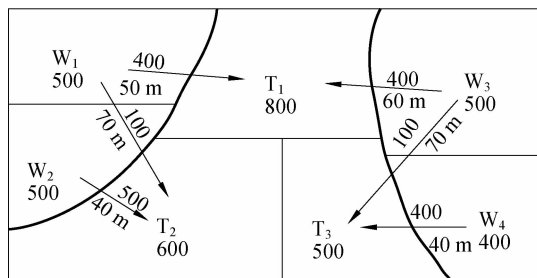


图 1-14 土方调配图

1.3 土方开挖

1.3.1 施工准备

土方开挖前需要做好下列准备工作。

(1)场地清理。对施工区域内的障碍物要调查清楚,制订方案,并征得主管部门的意见和同意,拆除影响施工的建筑物、构筑物;拆除和改造通信和电力设施、自来水管、煤气管道和地下管道;迁移树木。

(2)排除地面积水。尽可能利用自然地形和永久性排水设施,采用排水沟、截水沟或挡水坝等,及时排除施工区域内的雨雪自然水和低洼地区的积水,使场地保持干燥,以方便土方工程施工。

(3)测设地面控制点。大型场地平整时,需要利用经纬仪、水准仪,将场地设计平面图的方格网在地面上测设固定下来,各角点用木桩定位,并在桩上注明桩号和施工高度数值,便于施工。

(4)修筑临时设施。修好临时道路和电力、通信及供水设施,以及生活和生产用临时房屋。

1.3.2 土壁稳定

土壁的稳定主要是靠土体内的摩阻力和黏聚力来保持平衡的,一旦失去平衡,土壁就会引起塌方,这不仅会造成人身安全事故,还会影响基坑、基槽的开挖和基础的施工。

1. 土壁塌方的原因

根据工程实践调查分析,造成土壁塌方的主要原因有以下几点。

- (1)土质差,边坡过陡,土体自身稳定性不够。
- (2)地面雨水及地下水渗入基坑,使土体重力增大、抗剪能力降低。
- (3)在基坑(槽)边缘附近大量堆土,或停放机具、材料,或由于动荷载的作用,使土体产生的剪应力超过土体的抗剪强度。

2. 土方边坡

如图 1-15 所示,土方边坡的坡度以挖方深度(或填方深度) h 与底宽 b 之比表示,即

$$\text{土方边坡坡度} = h/b = 1/(b/h) = 1/m \quad (1-20)$$

式中, m 和 b/h 称为边坡系数。

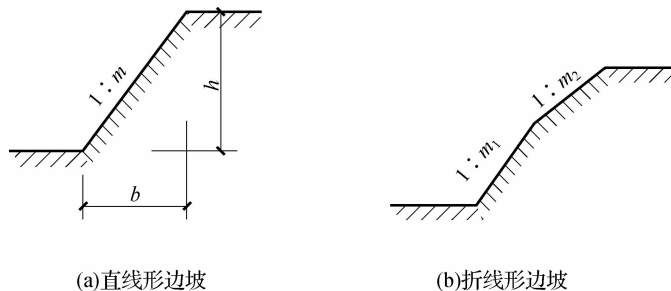


图 1-15 土方边坡

土方边坡的大小主要与土质、开挖深度、开挖方法、边坡留置时间长短、边坡附近各种荷载状况及排水情况有关。当土质条件良好、土质均匀且地下水位低于基坑(槽)或管沟底面



微课
土方边坡



标高时,挖方边坡可做成直立土壁而不加支撑,但开挖深度要满足下列规定:密实、中密的砂土和碎石类土(充填物为砂土)不超过 1.0 m;硬塑、可塑的粉土及粉质黏土不超过 1.25 m;硬塑、可塑的黏土和碎石类土(充填物为黏性土)不超过 1.5 m;坚硬的黏土不超过 2 m。

当挖土深度超过上述规定时,应考虑放坡或做成直立土壁加支撑。

基坑(槽)或管沟挖好后,应及时进行基础工程或地下结构工程施工。在施工过程中,应经常检查坑壁的的稳定情况。当挖基坑较深或晾槽时间较长时,应根据实际情况采取护面措施,如帆布覆盖、塑料薄膜覆盖、坡面拉网或挂网等。

当地质条件良好,土质均匀且地下水位低于基坑(槽)或管沟底面标高时,挖方深度在 5 m 以内且不加支撑的边坡的最陡坡度应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 深度在 5 m 内的基坑(槽)、管沟边坡的最陡坡度(不加支撑)

土的种类	边坡坡度(高:宽)		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土(充填物为砂土)	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土(充填物为黏性土)	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土(经井点降水后)	1:1.00	—	—

注:1. 静载是指堆土或材料等,动载是指机械挖土或汽车运输作业等。静载或动载距挖方边沿的距离应保证边坡或直立壁的稳定,堆土或材料距挖方边沿不应小于 0.8 m,高度不超过 1.5 m。

2. 当有成熟施工经验时,可不受本表限制。

永久性挖方边坡坡度应按设计要求放坡。临时性挖方的边坡值应符合表 1-5 的规定。

表 1-5 临时性挖方的边坡值

土的种类		边坡值(高:宽)
砂土(不包括细砂、粉砂)		1:1.25~1:1.50
一般性黏土	坚硬	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、硬塑黏性土	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,但应计算复合。

3. 软土的开挖深度不应超过 4 m,硬土的开挖深度不应超过 8 m。

3. 土壁支撑

土壁支撑形式应根据开挖深度和宽度、土质和地下水条件以及开挖方法、相邻建筑物等

情况进行选择和设计。

(1)横撑式支撑。横撑式支撑由挡土板、楞木和工具式横撑组成。根据挡土板放置方式的不同,分为水平挡土板和垂直挡土板两类,如图 1-16 所示。横撑式支撑主要用于宽度不大、深度较小的沟槽开挖的土壁支撑。

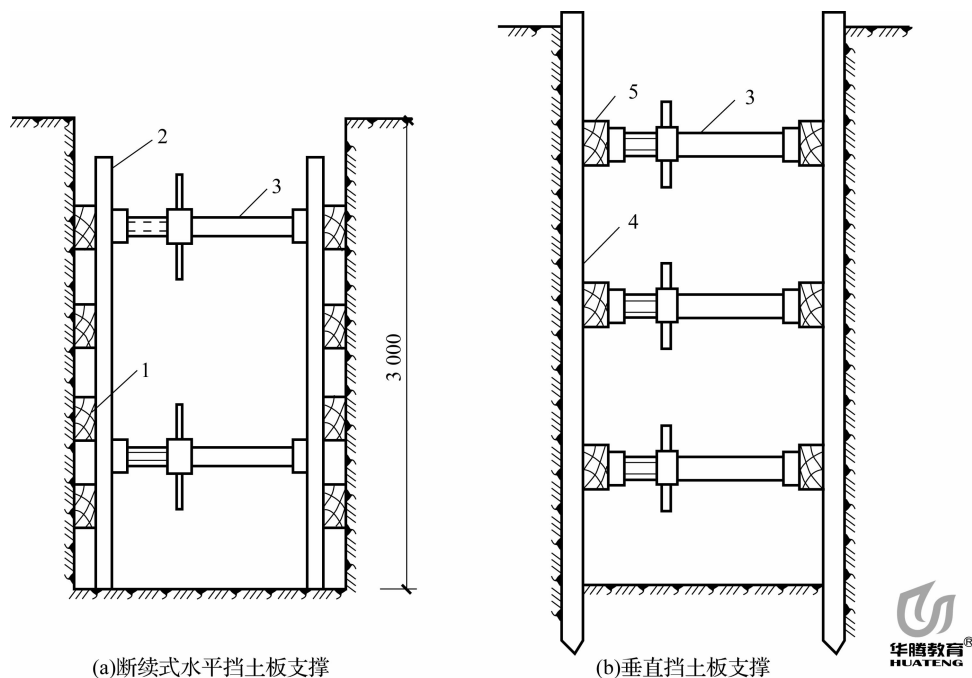


图 1-16 横撑式支撑

1—水平挡土板;2—竖楞木;3—工具式横撑;4—垂直挡土板;5—横楞木

(2)板桩式支撑。板桩式支撑特别适用于地下水位较高且土质为细颗粒、松散饱和的土层,可防止流砂现象的发生。板桩种类很多,有木板桩、钢板桩及钢筋混凝土板桩等,其中钢板桩应用最广。

钢板桩又可分平板桩和波浪式板桩两类。平板桩的防水和承受轴向压力的性能良好,易打入地下,但长轴方向的抗弯强度较小,如图 1-17 所示。波浪式板桩的防水和抗弯性能都较好,施工中多采用。

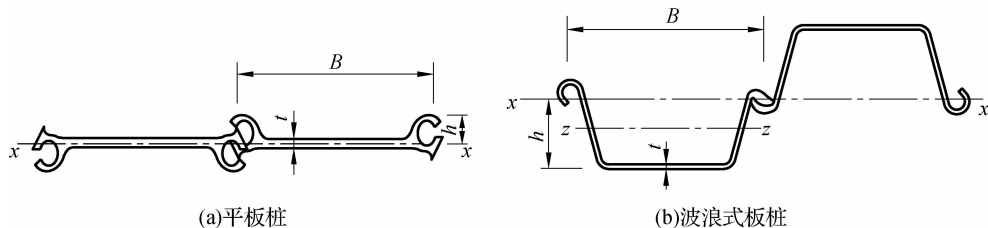


图 1-17 钢板桩示意图

B —钢板桩板宽; h —有效高度; t —板厚

1.3.3 土方机械化施工

土方工程施工包括土方开挖、运输、填筑和压实等。由于土方工程量大,劳动繁重,施工时应尽量采用机械化施工,以减轻繁重的体力劳动,加快施工进度。

1. 推土机施工

推土机由拖拉机和推土铲刀组成。按铲刀的操纵机构不同,推土机分为钢索式和液压式两种。目前使用的主要是液压式,如图 1-18 所示。

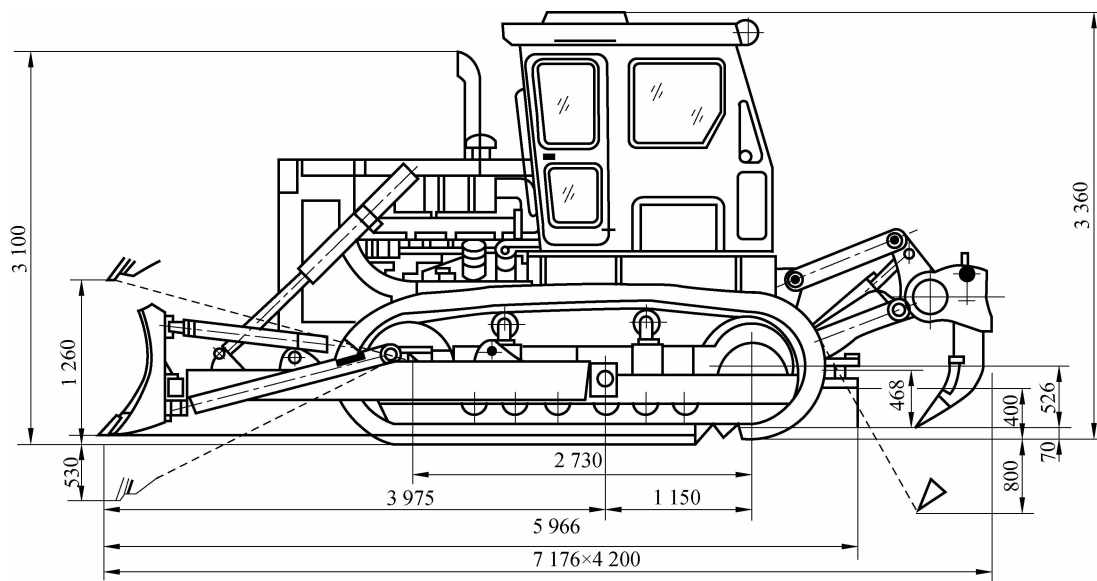


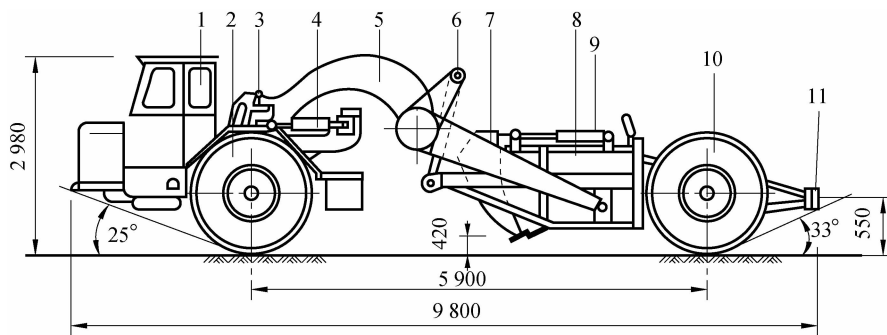
图 1-18 T-L180 型推土机外形图

推土机能够单独完成挖土、运土和卸土工作,具有操作灵活、运转方便、所需工作面小、行驶速度快、易于转移等特点。

推土机的经济运距在 100 m 以内,效率最高的运距为 60 m。为提高生产效率,可采用槽形推土、下坡推土及并列推土等方法。

2. 铲运机施工

铲运机是一种能独立完成铲土、运土、卸土、填筑、场地平整的土方施工机械,按行走方式分为牵引式和自行式(见图 1-19),按铲斗操纵系统可分为液压操纵式和机械操纵式。



图片
自行式铲运机

图 1-19 自行式铲运机

1—驾驶室;2—前轮;3—中央框架;4—转角油缸;5—铰架;6—提斗油缸;
7—斗门;8—铲斗;9—油缸;10—后轮;11—尾架

铲运机对道路要求较低,操纵灵活,具有生产效率较高的特点,经济运距为 600~1 500 m,运距为 800 m 时效率最高。铲运机常用于坡度在 20° 以内的大面积场地的平整、大型基坑开挖及填筑路基等,适合在一至三类土中直接挖、运土不适用于淤泥层、冻土地带及沼泽地区。

为了提高铲运机的生产效率,可以采取下坡铲土、推土机推土助铲等方法缩短装土时间,并使铲斗的土装得较满。在运行铲运机时,应根据填、挖方区的分布情况,结合当地具体条件,合理选择运行路线,提高生产率。一般有环形路线和“8”字形路线两种形式。

3. 单斗挖土机施工

单斗挖土机是土方开挖中常用的一种机械。按工作装置不同,单斗挖土机可分为正铲、反铲、拉铲和抓铲,如图 1-20 所示;按其行走装置不同,分为履带式 and 轮胎式两类;按操纵机构的不同,可分为机械式和液压式两类。其中液压式单斗挖土机调速范围大,作业时惯性小,转动平稳,结构简单,一机多用,操纵省力,易实现自动化。



随堂测试

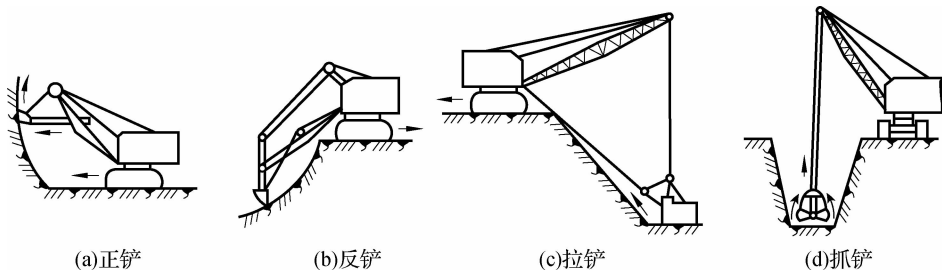


图 1-20 单斗挖土机工作装置类型

1) 正铲挖土机

正铲挖土机的工作特点是:前进行驶,铲斗由下向上强制切土,挖掘力大,生产效率高,适用于开挖停机面以上一至三类土,能与自卸汽车配合完成整个挖掘运输作业,可用于挖掘大型干燥的基坑和土丘等。

正铲挖土机的开挖方式,根据开挖路线与运输车辆相对位置的不同,可分为正向挖土,反向卸土和正向挖土,侧向卸土两种,如图 1-21 所示。

(1) 正向挖土,反向卸土。挖土机沿前进方向挖土,运输车辆停在挖土机后方装土。这种作业方式所开挖的工作面较大,但挖土机卸土时动臂回转角度大、生产率低,运输



动画
正铲挖土



车辆要倒车开入,一般只适宜开挖工作面较小且较深的基坑。

(2)正向挖土,侧向卸土。挖土机沿前进方向挖土,运输车辆停在侧面装土。采用这种作业方式,挖土机卸土时动臂回转角度小,运输工具行驶方便、生产率高、使用广泛。

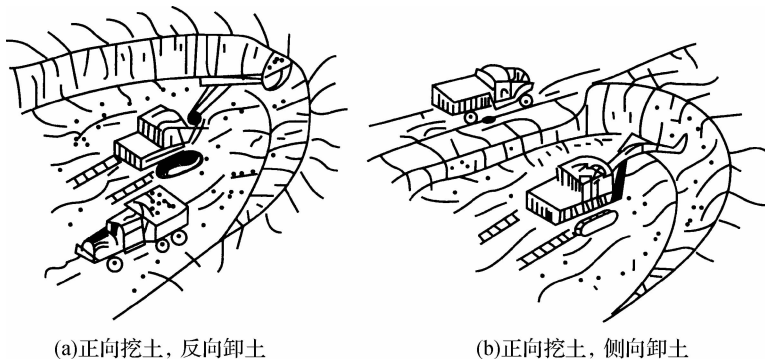


图 1-21 正铲挖土机作业方式



动画
反铲挖土

2)反铲挖土机

反铲挖土机的工作特点是:机械后退行驶,铲斗由上而下强制切土。挖土能力比正铲小。反铲挖土机用于开挖停机面以下的一至三类土,适用于深度不大于 4 m 的基坑、基槽和管沟的开挖,也可用于湿土、含水量较大及地下水位以下土壤的开挖。

反铲挖土机的开挖方式有沟端开挖和沟侧开挖两种。采用沟端开挖时,挖土机停在沟端,向后倒退挖土,汽车停在两旁装土,开挖工作面宽,如图 1-22(a)所示。采用沟侧开挖时,挖土机沿沟槽一侧直线移动挖土,挖土机的移动方向与挖土方向垂直,如图 1-22(b)所示,此法能将土弃于距沟较远处,但挖土宽度受到限制。

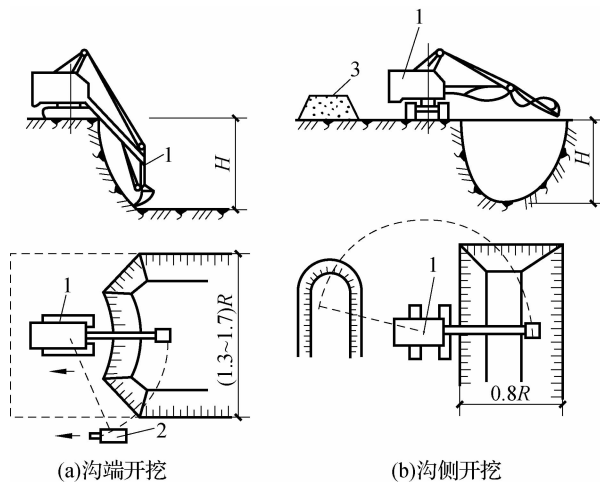


图 1-22 反铲挖土机开挖方式

1—反铲挖土机;2—自卸汽车;3—弃土堆



动画
拉铲挖土流程

3)拉铲挖土机

拉铲挖土机工作时利用惯性,把铲斗甩出后靠收紧和放松钢丝绳进行挖土或卸土,铲斗由上而下,靠自重切土,可以开挖一、二类土壤的基坑、基槽和管沟,特别适用

于含水量较大的水下松软土和普通土的挖掘。拉铲的开挖方式与反铲挖土机相似,有沟端开挖和沟侧开挖两种。

4) 抓铲挖土机

抓铲挖土机主要用于开挖土质比较松软,施工面比较狭窄的基坑、沟槽和沉井等,特别适于水下挖土。土质坚硬时不能用抓铲施工。



提示

装载机按行走方式分为履带式和轮胎式两种,按工作方式分单斗装载机、链式装载机和轮斗式装载机。土方工程主要使用单斗式装载机,它具有操作灵活、轻便和快速等特点。适用于装卸土方和散料,也可用于松软土的表层剥离、地面平整和场地清理等工作。



动画

抓铲挖土流程

4. 压实机械

根据土体压实机理,压实机械可分为冲击式、碾压式和振动压实机械三大类。

(1) 冲击式压实机械。冲击式压实机械主要有蛙式打夯机和内燃式打夯机两类。蛙式打夯机一般以电为动力。这两种打夯机适用于狭小场地和沟槽的作业,也可用于室内地面的夯实及大型机械无法到达的边角的夯实。

(2) 碾压式压实机械。按行走方式不同,碾压式压实机械可分为自行式压路机和牵引式压路机两类。自行式压路机常用的有光轮压路机和轮胎压路机,主要用于土方、砾石、碎石的回填压实及沥青混凝土路面的施工。牵引式压路机一般采用推土机(或拖拉机)牵引,常用的有光面碾、羊足碾。光面碾用于土方的回填压实,羊足碾适用于黏性土的回填压实,而不能用于砂土和面层土的压实。

(3) 振动压实机械。振动压实机械是利用机械的高频振动,把能量传给被压土,降低土颗粒间的摩擦力,使土在压实能量的作用下达到较大的密实度。按行走方式的不同,振动压实机械分为手扶平板式振动压实机和振动压路机两类。手扶平板式振动压实机主要用于小面积的地基夯实。振动压路机按行走方式分为自行式和牵引式两种。振动压路机的生产效率高,压实效果好,能压实多种性质的土,主要用在工程量大的大型土方工程中。

1.3.4 土方开挖方式与机械选择

在土方工程施工中合理地选择土方机械,充分发挥机械的性能,并使各种机械相互配合使用,对加快施工进度、提高施工质量、降低工程成本具有十分重要的意义。

1. 场地平整

场地平整有土方的开挖、运输、填筑和压实等工序。对地势较平坦、含水量适中的大面积平整场地,选用铲运机较适宜;当地形起伏较大,挖方、填方量大且集中的平整场地,运距在 1 000 m 以上时,可选择正铲挖土机配合自卸车进行挖土、运土,在填方区配备推土机平整及压路机碾压施工;当挖填方高度不大,运距在 100 m 以内时,采用推土机施工比较灵活、经济。



微课

土方开挖方式
与机械选择



2. 基坑开挖

单个基坑和中小型基础的基坑,多采用抓铲挖土机和反铲挖土机开挖。抓铲挖土机适用于一、二类土质和较深的基坑。反铲挖土机适用于土质为四类以下、深度在 4 m 以内的基坑。

3. 基槽、管沟开挖

在地面上开挖具有一定截面、长度的基槽和沟槽,或开挖大型厂房的柱列基础和管沟,宜采用反铲挖土机挖土。如果水中取土或开挖土质为淤泥,且坑底较深,则可选择抓铲挖土机挖土。如果土质干燥、槽底开挖不深、基槽长在 30 m 以上,可采用推土机或铲运机施工。

4. 整片开挖

基坑较浅、开挖面积大且基坑土干燥,可采用正铲挖土机开挖。若基坑内土体潮湿,含水量较大,则可采用拉铲或反铲挖土机作业。

5. 柱基础基坑、条形基础基槽开挖

对于独立柱基础的基坑及小截面条形基础的基槽,可采用小型液压轮胎式反铲挖土机配以翻斗车来完成这类浅基坑(槽)的挖掘和运土。

1.4 土方的填筑与压实



微课

填土与压实

建筑工程的土方填筑主要有地基、基坑(槽)、室内地坪、室外场地、管沟和散水等的土方回填,回填土一定要密实,以使回填后的土体不致产生较大的沉陷。

1.4.1 填方土料的要求

碎石类土、砂土和爆破石渣,可用作表层以下的填料。当填方土料为黏土时,在填筑前应检查其含水量是否在控制范围内,含水量大的黏土不宜用做填土。含有大量有机质的土,吸水后容易变形,承载能力降低。含水溶性硫酸盐大于 5% 的土,在地下水的作用下,硫酸盐会逐渐溶解消失,形成孔洞,影响土的密实性。这两种土以及淤泥、冻土、膨胀土等均不应作为填土使用。

填土应分层进行,并尽量采用同类土填筑。当采用不同土填筑时,应将透水性较大的土层置于透水性较小的土层之下,不能将各种土混杂在一起使用,以免填方内形成水囊。

当碎石类土或爆破石渣作填料时,其最大粒径不得超过每层铺土厚度的 $2/3$,使用振动碾时,不得超过每层铺土厚度的 $3/4$,铺填时,大块料不应集中,且不得填在分段接头或填方与山坡连接处。

1.4.2 填土压实的方法

填土压实的方法一般有碾压法、夯实法和振动压实法,如图 1-23 所示。

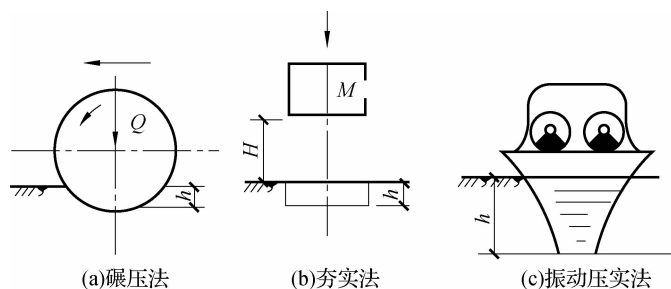


图 1-23 填土压实的方法

1. 碾压法

碾压法是利用机械滚轮的压力压实土壤,使之达到所需的密实度,此法多用于大面积填土工程。碾压机械有光面碾(压路机)、羊足碾和气胎碾。光面碾对砂土、黏性土均可压实;羊足碾需要较大的牵引力(见图 1-24),且只宜压实黏性土;气胎碾在工作时是弹性体,其压力均匀,填土压实质量较好。

利用运土机械进行碾压,也是较经济合理的压实方案。施工时使运土机械的行驶路线大体均匀地分布在填土面积上,并达到一定的重复行驶遍数,可满足填土压实质量的要求。

碾压机械在压实填方时,行驶速度不宜过快,一般平碾控制在 2 km/h,羊足碾控制在 3 km/h,否则会影响压实效果。

2. 夯实法

夯实法是利用夯锤自由下落的冲击力来夯实土壤,主要用于小面积回填。夯实法分人工夯实和机械夯实两种,适用于夯实砂性土、湿陷性黄土、杂填土以及含有石块的填土。常用的夯实机械有夯锤、内燃夯土机和蛙式打夯机(见图 1-25)。

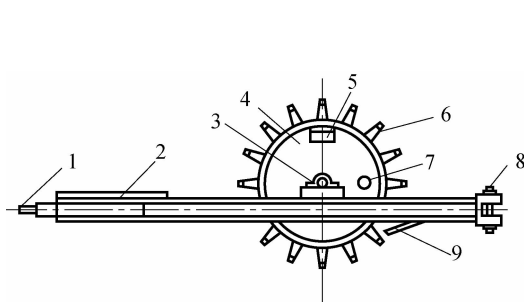


图 1-24 羊足碾构造示意图

1—前拉头;2—机架;3—轴承座;4—碾筒;5—装砂口;
6—羊碾头;7—水口;8—后拉头;9—铲刀

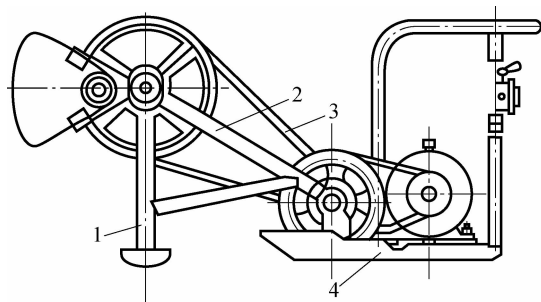


图 1-25 蛙式打夯机示意图

1—夯头;2—夯架;3—三角带;4—底盘

3. 振动压实法

振动压实法是将振动压实机械放在土层表面,借助振动机械使压实机械振动,土颗粒在振动力的作用下发生相对位移而达到紧密状态。这种方法用于振实非黏性土效果较好。

1.4.3 填土压实的影响因素

填土压实的质量与许多因素有关,其中主要影响因素有压实功、土的含水量以及每层铺土厚度。

1. 压实功的影响

填土压实后的密实度与压实机械在其上所施加的功有一定的关系。土的密度与所耗的功的关系如图 1-26 所示。土的含水量一定,开始压实时,土的密度会急剧增加,待到接近土的最大密实时,虽然压实功增加很多,但土的密度变化甚小。实际施工中,对于砂土只需碾压或夯击 2~3 遍,对粉土碾压或夯击 3~4 遍,对粉质黏土或黏土碾压或夯击 5~6 遍即可。此外,松土不宜用重型碾压机械直接滚压,否则土层会有强烈起伏现象,效率不高。如果先用轻碾压实,再用重碾压实就会取得较好的效果。

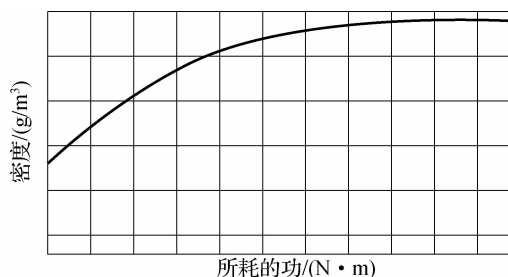


图 1-26 土的密度与压实功的关系示意图

2. 含水量的影响

在同一压实功条件下,填土的含水量对压实质量有直接影响。较为干燥的土,颗粒之间的摩阻力较大,因此不易压实。当土的含水量超过一定限度时,土颗粒之间的孔隙因被水填充而呈饱和状态,也不易压实。当土的含水量适当时,水起润滑作用,土颗粒之间的摩阻力减少,压实效果好。每种土都有其最佳含水量,在该含水量的条件下,使用同样的压实功进行压实,所得到的密度最大(见图 1-27)。不同土的最佳含水量:砂土为 8%~12%,黏土为 19%~23%,粉质黏土为 12%~15%,粉土为 15%~22%。

工地简单检验黏性土含水量的方法一般是以“手握成团,落地开花”为标准。

为了保证填土在压实过程中处于最佳含水量状态,当土过湿时,应翻松晾干,也可掺入同类干土或吸水性土料;当土过干时,则应预先洒水润湿。

3. 铺土厚度的影响

土在压实功的作用下,其应力随深度的增加而逐渐减小,如图 1-28 所示,其影响深度与压实机械、土的性质和含水量等有关。铺土厚度应小于压实机械压土时的作用深度,但其中还有最优土层厚度的问题。铺得过厚,要压很多遍才能达到规定的密实度;铺得过薄,则也要增加机械的总压实遍数。最优的铺土厚度应能使土方压实而机械的功耗费最少,可按照表 1-6 选用。

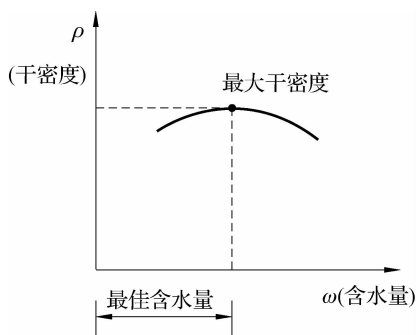


图 1-27 土的干密度与含水量的关系

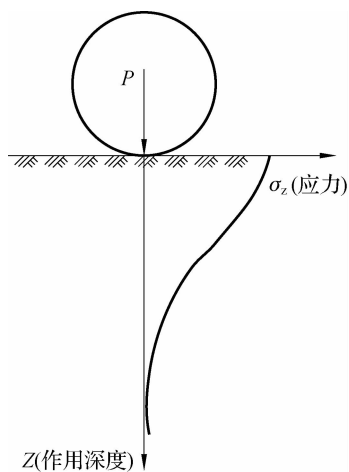


图 1-28 压实作用沿深度变化

表 1-6 每层铺土厚度与压实遍数

压实机具	每层铺土厚度/mm	每层压实遍数/遍
平碾	250~300	6~8
振动压实机	250~350	3~4
柴油打夯机	200~250	3~4
人工打夯	<200	3~4

以上三方面的因素相互影响,为了保证压实质量,提高压实机械生产效率,应根据土质和压实机械在施工现场进行压实试验,以确定达到规定密实度所需的压实遍数、铺土厚度及最优含水量。

1.5 基坑排水、降水方法

在土方工程施工过程中,当开挖的基坑底面低于地下水位时,地下水会不断渗入坑内,如果不采取降水措施,就会恶化施工条件。为了保持基坑干燥,防止由于水的浸泡而发生边坡塌方和地基承载力下降,必须做好基坑的排水、降水工作。降低地下水位的方法有集水井降水法和井点降水法。

1.5.1 集水井降水法

集水井降水法是一种设备简单、应用普遍的人工降低地水位的方法。在开挖基坑或沟槽的过程中,当基底挖至地下水位以下时,应沿坑底周围开挖具有一定坡度的排水沟,设置集水井,使地下水经排水沟流入井内,然后用水泵抽出坑外,如图 1-29 所示。

集水井应设置在基础范围以外、地下水流的上游。根据地下水量的大小、基坑平面形状及水泵能力,集水井应每隔 20~40 m 设置一个。集水井的直径或宽度一般为 0.6~0.8 m。其深度随着挖土深度的增加而加深,要经常保持低于挖土面 0.7~1.0 m。当基坑挖至设计

标高后,集水井底应低于基坑底 1~2 m,并铺设碎石滤层,以免抽水时将泥浆抽走,并防止井底土被扰动。

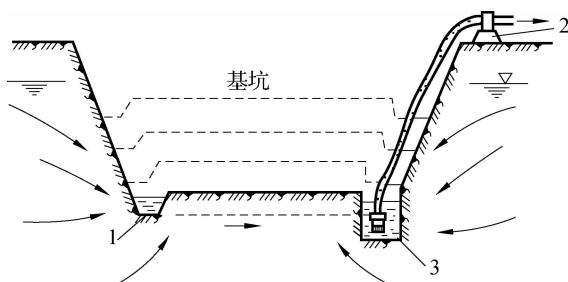


图 1-29 集水井降水法
1—排水沟;2—水泵;3—集水井

当基坑开挖深度大、地下水位较高而土质为细砂或粉砂时,如果采用集水井降水法开挖,当挖至地下水位以下时,坑底下面的土会形成流动状态,随地下水一起流动涌入基坑,这种现象称为流砂。发生流砂现象时,土体完全丧失承载力,引起基坑边坡塌方。如果附近有建筑物,流砂现象会使得地基被掏空而引起建筑物下沉、倾斜,甚至倒塌。因此,集水井降水不宜用于细砂土和粉砂土层,而适用于水流较大的粗粒土层和渗水量较小的黏性土土层。

如果土层中产生局部流砂现象,则应采取减小动水压力的处理措施,使坑底土颗粒稳定,不受水压干扰;如果条件许可,应尽量安排枯水期施工,使最高地下水位不高于坑底 0.5 m;在水中挖土时,应尽量不抽水或减少抽水,以保持坑内水压与地下水压基本平衡。此外,可采用井点降水法、打板桩法和地下连续墙法,以防止流砂产生。

1.5.2 井点降水法

井点降水法是在基坑开挖前,在基坑四周预先埋设一定数量的滤水管(井),在基坑开挖前和开挖过程中,利用抽水设备不断抽出地下水,使地下水位降到坑底以下,直至土方和基础工程施工结束为止的方法。通过这种方法,可使基坑挖土始终保持干燥状态,从根本上杜绝流砂现象发生。同时,由于土层水分的排出,使得土体密实,地基承载力增大,土方边坡可以陡些,从而减少挖方量。

井点降水的方法有轻型井点、电渗井点、喷射井点、管井井点及深井井点等,实际工程中可参考表 1-7 选用。下面仅就轻型井点的降水方法进行介绍。

表 1-7 降水类型及适用条件

降水类型	土层渗透系数/(m/d)	降低水位深度/m
单层轻型井点	0.1~50	3~6
多层轻型井点	0.1~50	6~12
喷射井点	0.1~50	8~20
电渗井点	<0.1	根据选用井点确定
管井井点	20~200	3~5
深井井点	10~250	>15

1. 轻型井点的降水设备

轻型井点降水是指沿基坑四周或一侧以一定间距将井点管(下端为滤管)埋入蓄水层内,井点管上端通过弯联管与总管连接,利用抽水设备将地下水经滤管抽入井管,再经总管不断被抽出,从而使原有地下水位降至坑底以下。轻型井点降水法如图 1-30 所示。

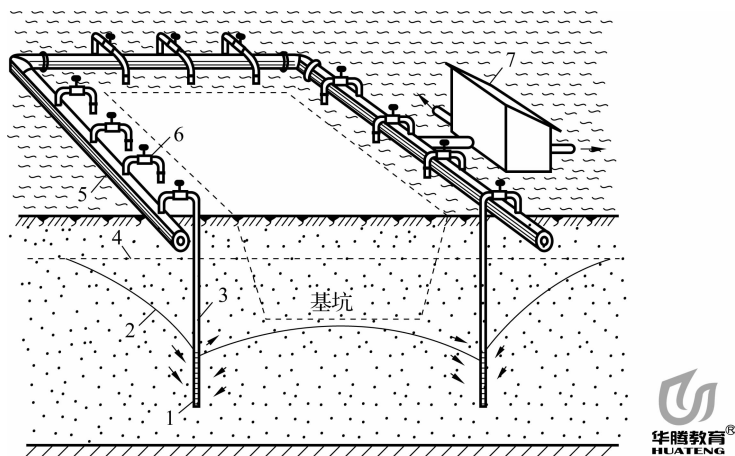


图 1-30 轻型井点降水法示意图

1—滤管;2—降低后的地下水位线;3—井点管;4—原有地下水位线;
5—总管;6—弯联管;7—水泵房

轻型井点的降水设备由管路系统和抽水设备组成。

管路系统包括滤管、井点管、弯联管及总管等。滤管为进水设备,如图 1-31 所示,一般采用长度为 1.0~1.5 m,直径为 38~55 mm 的无缝钢管,管壁上钻有直径为 12~18 mm 的梅花形滤孔。管壁外包两层滤网,内层为细滤网,采用 3~5 孔/mm² 的黄铜丝布或生丝布,外层为粗滤网,采用 0.8~1.0 孔/mm² 的铁丝网或尼龙布。为使水流通畅,在管壁与滤网间用铁丝或塑料管隔开,滤网外面再绑一层粗铁丝保护网。滤管下面为一铸铁塞头,滤管上端与井点管用螺钉套头连接。井点管采用直径为 38~51 mm,长为 5~7 m 的钢管。集水总管采用直径为 100~127 mm 的钢管,每段长 4 m,其上装有与井点管连接的端接头,间距为 0.8 m 或 1.2 m。总管与井点管用 90° 弯头连接,或用塑料管连接。

抽水设备由真空泵、离心泵和集水箱等组成。

2. 轻型井点的布置

轻型井点的布置应根据基坑的大小与深度、土质、地下水位的高低与流向和降水深度的要求等来确定。

(1)平面布置。当基坑或沟槽宽度小于 6 m,且水位降低深度不超过 5 m 时,可采用单排线状井点,布置在地下水流的上下游一侧,其两端延伸长度一般以不小于基坑(槽)宽度为宜,如图 1-32 所示。如果基坑宽度大于 6 m,或土质不良、土的渗透系数较大时,宜采用双排井点。

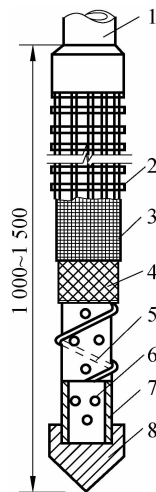


图 1-31 滤管构造示意图

1—井点管;2—粗钢丝保护网;3—细滤网;
4—粗滤网;5—缠绕的塑料管;
6—管壁上的小孔滤管;
7—钢管;
8—铸铁头

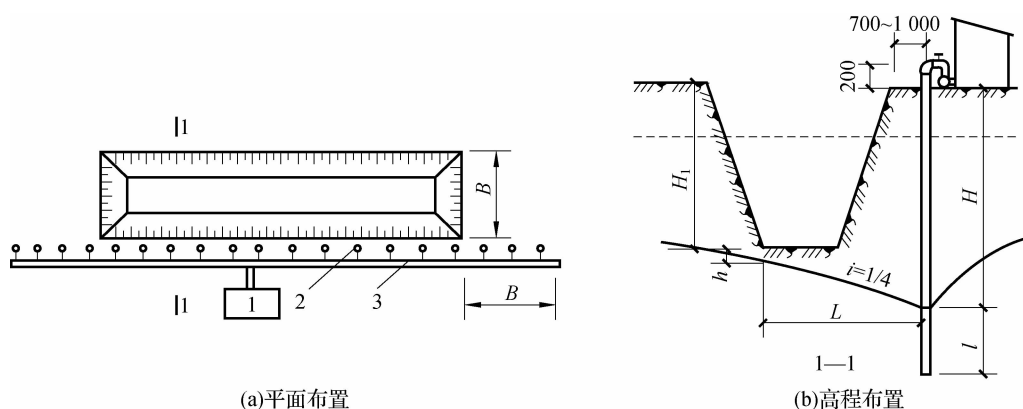


图 1-32 单排线状井点布置图

1—抽水设备;2—井点管;3—总管

基坑面积较大时,宜采用环状井点,如图 1-33 所示。为便于挖土机械和运输车辆出入基坑,可不封闭,布置为 U 形环状井点。井点管距离基坑壁一般不宜小于 0.7~1.0 m,以防局部发生漏气。井点管间距应根据土质、降水深度、工程性质等决定,一般采用 0.8~1.6 m。

一套抽水设备能带动的总管长度一般为 100~120 m。采用多套抽水设备时,井点系统要分段,各段长度要大致相等。

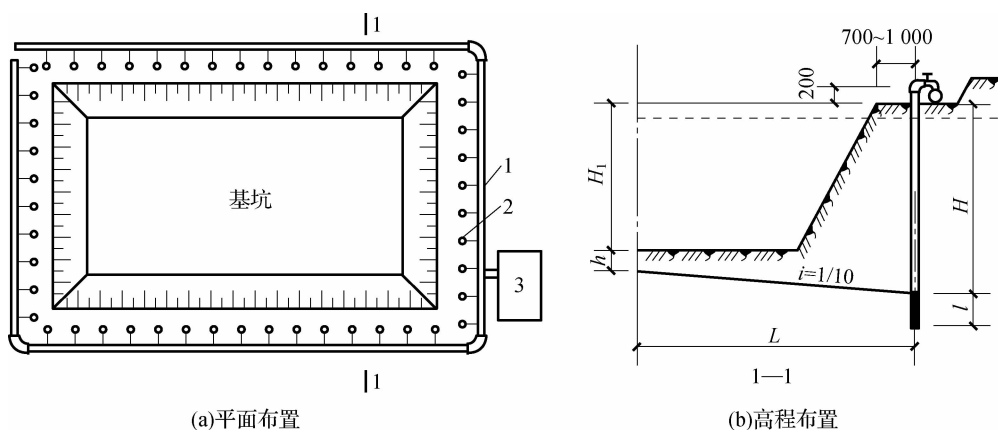


图 1-33 环状井点布置图

1—总管;2—井点管;3—抽水设备

(2)高程布置。在考虑到抽水设备的水头损失以后,井点降水深度一般不超过 6 m。如图 1-33(b)所示,井点管的埋设深度 H (不包括滤管)的计算公式为

$$H = H_1 + h + iL \quad (1-21)$$

式中, H_1 为井点管埋设面至基坑底的距离(m); h 为基坑中心处坑底面(单排井点时,为远离井点一侧坑底边缘)至降低后地下水位的距离,一般为 0.5~1.0 m; i 为地下水降落坡度,环状井点为 1/10,单排线状井点为 1/4; L 为井点管至基坑中心的水平距离(在单排井点中为井点中,管至基坑另一侧的水平距离,m)。

当一级井点系统达不到降水深度要求时,可采用二级井点,即先挖去第一级井点所疏干

的土,然后在基坑底部装设第二级井点,使降水深度增加,如图 1-34 所示。

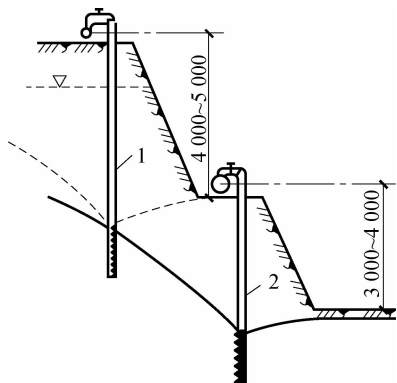


图 1-34 二级轻型井点降水示意图

1——一级井点降水;2——二级井点降水

3. 轻型井点降水法的施工

轻型井点的安装是根据降水方案,先布设总管,再埋设井点管,然后用弯联管连接井点管与总管,最后安装抽水设备。

井点管的埋设一般用水冲法施工,分为冲孔和埋管两个过程,如图 1-35 所示。冲孔时,先利用起重设备将冲管吊起,并插在井点位置上,然后开动高压水泵将土冲松,冲管则边冲边沉。冲孔要垂直,直径一般为 300 mm,以保证井管四壁有一定厚度的砂滤层。冲孔深度要比滤管底深 0.5 m 左右,以防冲管拔出时部分土颗粒沉于底部而触及滤管。

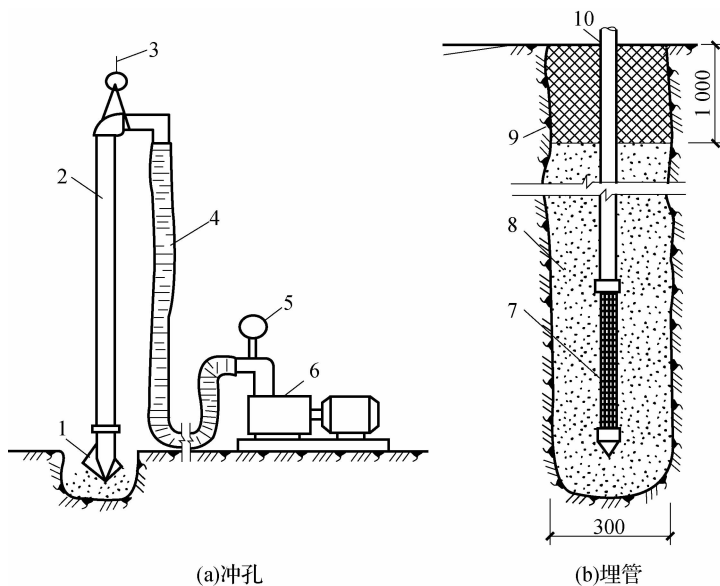


图 1-35 井点管的埋设

1—冲嘴;2—冲管;3—起重机吊钩;4—胶管;5—压力表;6—高压水泵;
7—滤管;8—粗砂;9—黏土封口;10—井点管



井孔冲成后,随即拔出冲管,插入井点管。井点管与井壁间应立即用粗砂灌实,灌至距地面1~1.5 m深处,以防孔壁塌土,并保证水流畅通。井点管上口须用黏土填塞密实,防止漏气。

4. 轻型井点的使用

轻型井点运行后,应保证连续不断抽水。如果井点淤塞,一般可以通过听管内水流声响、手摸管壁感到有震动、手触摸管壁有冬暖夏凉的感觉等简便方法检查,发现问题,及时排除隐患,确保施工正常进行。

轻型井点法适用于土壤的渗透系数为0.1~50 m/d的土层降水,一级轻型井点水位降低深度为3~6 m,二级井点水位降低深度可达6~9 m。

1.6 冬季施工和雨季施工措施

1.6.1 土方工程的冬季施工

冬季施工是指室外日平均气温降低到5℃或5℃以下,或者最低气温降低到0℃或0℃以下时,用一般的施工方法难以达到预期目的,必须采取特殊措施进行的施工。土方工程冬季施工造价高,功效低,因此一般应在入冬前完成。如果必须在冬季施工,其施工方法应根据本地区气候、土质和冻结情况,并结合施工条件进行技术比较后确定。

1. 地基土的保温防冻

土在冬季由于受冻变得坚硬,使挖掘变得困难。土的冻结有其自然规律,在整个冬季,土层的冻结厚度(冻结深度)可参见有关建筑施工手册,其中未列出的地区,在地面无雪和草皮覆盖的条件下全年标准冻结深度 Z_0 ,可按式计算

$$Z_0 = 0.28 \sqrt{\sum T_m + 7} - 0.5 \quad (1-22)$$

式中, $\sum T_m$ 为低于0℃的月平均气温的累计值(取连续10年以上的平均值),以正号代入。

土方工程冬季施工时,应采取防冻措施,常用的方法有松土防冻法、覆盖雪防冻法和隔热材料防冻法等。

(1)松土防冻法。入冬前,在挖土的地表层先翻松25~40 cm厚表层土并耙平,其宽度应不小于土冻结深度的2倍与基底宽之和。在翻松的土中,有许多充满空气的孔隙,可降低土层的传热性,达到防冻的目的。

(2)覆盖雪防冻法。在降雪量较大的地区,可利用所覆盖的较厚雪层作保温层,防止地基土冻结。对于大面积的土方工程,可在地面上与风主导方向垂直的方向设置篱笆、栅栏或雪堤(高度为0.5~1.0 m,间距为10~15 m),采用人工积雪防冻。对于面积较小的基槽(坑)土方工程,在土冻结前,可以在地面上挖积雪沟(深度为30~50 cm),并随即用雪将沟填满,以防止未挖土层冻结。

(3)隔热材料防冻法。对于面积较小的基槽(坑)的地基土防冻,可在土层表面直接覆盖炉渣、锯末、草垫、树叶等保温材料,其宽度为土层冻结深度的2倍与基槽宽度之和。

2. 冻土的融化

冻结土的开挖比较困难,可通过外加热使之融化,然后挖掘。这种方式费用较高,只适用于面积不大的工程。

(1)烘烤法。适用于面积较小、冻土不深、燃料充足的地区。常用锯末、谷壳和刨花等作为燃料。先在冻土上铺上杂草、木柴等引火材料,然后撒上锯末,并在上面压数厘米的土,使其能不起火苗地燃烧(250 mm厚的锯末经一夜燃烧可熔化冻土 300 mm左右)。开挖时需分层分段进行。

(2)蒸汽融化法。当热源充足、工程量较小时,可采用蒸汽融化法。具体操作是把带有喷气孔的钢管插入预先钻好的冻土孔中,通入蒸汽使冻土融化。

3. 冻土的开挖

冻土的开挖方法有人工法开挖、机械法开挖和爆破法开挖三种。

(1)人工法开挖。人工法开挖冻土适用于开挖面积较小、场地狭窄,不具备其他条件进行土方破碎开挖的情况。开挖时一般用大铁锤和铁楔子劈冻土。

(2)机械法开挖。机械法开挖适用于大面积的冻土开挖。破土机械应根据冻土层的厚度和工程量的大小来选用。当冻土层厚度小于 0.25 m 时,可直接用铲运机、推土机、挖土机挖掘开挖;当冻土层厚度为 0.6~1.0 m 时,用打桩机将楔形劈块按一定顺序打入冻土层,劈裂破碎冻土;或用起重设备将重为 3~4 t 的尖底锤吊至 5~6 m 高,然后使锤脱钩自由落下,击碎冻土层(击碎厚度可达 1~2 m),再用斗容量大的挖土机进行挖掘。

(3)爆破法开挖。爆破法开挖适用于面积较大,冻土层较厚的土方工程。采用打炮眼、填药的爆破方法将冻土破碎后,用机械挖掘施工。

4. 冬季回填土施工

由于冻结土块坚硬且不易破碎,回填过程中不易被压实,温度回升、土层解冻后又会引起较大的沉降,因此为保证冬季回填土的工程质量,冬季回填土施工必须按照施工及验收规范的规定进行组织。

冬季填方前,要清除基底的冰雪和保温材料,排除积水,挖除冻块或淤泥。对于基础和地面工程范围内的回填土,冻土块的含量不得超过回填土总体积的 15%,且冻土块的粒径应小于 15 cm。填方宜连续进行,且应采取有效的保温防冻措施,以免地基土或已填土受冻。填方时,每层的虚铺厚度应比常温施工时减少 20%~25%。填方的上层应用未冻的、不冻胀或透水性好的土料填筑。

1.6.2 土方工程的雨季施工

1. 雨季施工准备

在雨季到来之际,施工现场、道路及设施必须做好的排水准备。对施工现场的临时设施、库房也要做好防雨排水的准备。应对现场的临时道路进行加固、加高,或在雨季加铺炉渣、砂砾或其他防滑材料。施工现场应准备足够的防水、防汛材料(如草袋、油毡雨布等)和器材工具等。



2. 雨季施工措施

雨季开挖基槽(坑)或管沟时,开挖的施工面不宜过大,应从上至下分层分段依次施工,底部随时做成一定的坡度,应经常检查边坡的稳定,适当放缓边坡或设置支撑。雨季不要在滑坡地段进行施工。大型基坑在开挖时为防止被雨水冲塌,可在边坡上加钉钢丝网片,再浇筑 50 mm 厚的细石混凝土。对于地下的池、罐构筑物或地下室结构,在其完工后应抓紧进行基坑四周回填土的施工和上部结构的施工,否则会造成地下室和池子上浮事故的发生。

1.7 安全事故的预防

1.7.1 土方工程施工的质量标准

- (1)柱基、基坑、基槽和管沟基底的土质,必须符合设计要求,并严禁扰动。
- (2)填方的基底处理,必须符合设计要求或施工规范的规定。
- (3)填方施工时,必须按规定分层夯压密实。取样测定压实后的干密度,应有 90% 以上符合设计要求,其余 10% 的最低值与设计值的差不应大于 0.08 g/cm^3 ,且不应集中。
- (4)土方工程的外形尺寸与允许偏差和质量检验方法,应符合有关规定。

1.7.2 安全事故的预防措施

- (1)在土方工程施工前,必须清楚了解场地内的地上和地下管道、电缆及高压水管等情况。在特殊危险地区,必须设专人负责工程技术观测,挖土应采用人工方法进行。
- (2)基坑开挖时,两人开挖的操作间距应大于 2.5 m,多台机械开挖时,挖土机的间距应大于 10 m。挖土应由上而下逐层进行,严禁采用挖空底脚的施工方法。
- (3)基槽(坑)开挖应合理放坡。操作时应随时注意土壁变动情况,如发现有裂纹和部分坍塌现象,应及时进行支撑或放坡,并注意支撑的稳固和土壁的变化。
- (4)基槽(坑)开挖深度超过 3 m 以上时,应使用吊装设备吊土,起吊后,坑内操作人员应立即离开吊点的垂直下方,起吊设备距坑边不得少于 1.5 m,坑内人员应戴安全帽。
- (5)用手推车推土,应铺好道路,卸土回填时,不得放手让车自动翻转。用翻斗汽车运土,运输道路的坡度、转弯半径应符合有关安全规定。
- (6)深基坑上下应先挖好阶梯或设置靠梯,或开斜坡道,并采取防滑措施,禁止踩踏支撑上下。坑四周应设置安全栏杆或悬挂危险标志。
- (7)应经常检查基坑设置的支撑,雨后更应经常检查,如有松动或变形现象,应及时排除隐患。
- (8)槽(坑)、沟边 1 m 内不得堆土、堆料和停放机具,1 m 以外堆土,其高度不宜超过 1.5 m。坑(槽)、沟与附近建筑物的距离不得小于 1.5 m,危险时必须加固。

实训1 编制井点降水施工方案

一、实训目标

掌握识图知识、材料知识、工艺知识、安全知识。能分析图纸、做好施工准备、采用合理的施工工艺、了解安全施工和质量控制方法。

二、实训内容

1. 工程概况

拟建的××职工培训中心大楼工程位于××路与××路交叉处 200 m 路东,地上 16 层,地下 1 层,框剪结构,建筑物长为 50.6 m,宽为 21.0 m,基础埋深约为 4.5 m。

2. 地质概况

拟建场地属于黄河冲积平原,地形平坦。场地地下水属孔隙潜水,地下水位埋深 1.7~2.0 m,地下水年变幅为 0.8 m 左右,地下水质良好,对水泥混凝土无腐蚀作用。土层渗透系数采用经验值 $K=0.5$ m/d。与降水有关的地质情况如下。

第①层新近沉积粉土:褐黄色,稍湿,稍密~中密,上部有 0.3~0.5 m 厚的填土层,局部夹厚度为 4.9~6.4 m 的粉质黏土,层底埋深为 4.9~6.4 m。

第②层新近沉积粉质黏土:灰黄色,灰褐色,软塑~可塑,含有少量蜗牛壳碎片,厚度为 1.9~3.2 m,层底埋深为 7.2~8.5 m。

第③层粉土夹粉砂:灰色,很湿,中密~密实,砂感强,厚度为 0.9~3.0 m,层底埋深为 9.0~10.8 m。

3. 施工方案编制内容

(1)工程概况。说明工程概况。

(2)编制依据。罗列相应规范、法律法规、技术标准等。

(3)施工准备。

①作业条件:说明井点降水施工前应具备的作业条件,如场地等施工中将会用到的主要材料。

②施工机具:施工中将会用到的主要机具。

(4)施工工艺流程。

①轻型井点降水系统设计:选择并画出平面布置形式。

②准备工作:说明井点设备,动力、水源及必要的材料准备,排水沟的开挖。

③井点系统的埋设:井点管的埋设步骤及埋设方法。

④轻型井点的使用。

⑤轻型井点的拆除。

⑥轻型井点的施工程序。

(5)质量控制。

①管路安装埋设中应注意的事项。

②质量通病的防治。

(6)安全控制。



①井点降水时防止基坑坍塌应注意的要点。

②对周围建筑物的沉降观测。



思考与练习

一、单项选择题

- 土方工程施工不具有的特点是()。
A. 土方量大 B. 劳动繁重 C. 工期短 D. 施工条件复杂
- 开挖高度大于 2 m 的干燥基坑,宜选用()。
A. 抓铲挖土机 B. 拉铲挖土机 C. 反铲挖土机 D. 正铲挖土机
- 当基坑或沟槽宽度小于 6 m,且降水深度不超过 5 m,可采用的布置是()。
A. 单排井点 B. 双排井点 C. 环形井点 D. U 形井点
- 集水坑深度应随挖土深度的增加而加深,要经常保持低于挖土面()。
A. 0.5~0.7 m B. 0.7~1.0 m C. 1.0~1.5 m D. 1.5~2.0 m
- 在基坑开挖过程中,保持基坑土体稳定主要是靠()。
A. 土体自重 B. 内摩阻力 C. 黏聚力 D. B 和 C

二、多项选择题

- 影响基坑边坡大小的因素有()。
A. 开挖深度 B. 土质条件 C. 地下水位 D. 施工方法 E. 坡顶荷载
- 下列各种情况中受土的可松性影响的是()。
A. 填方所需挖土体积计算 B. 确定运土机具数量
C. 计算土方机械生产率 D. 土方平衡调配
E. 场地平整
- 在轻型井点系统中,平面布置的方式有()。
A. 单排井点 B. 双排井点 C. 环状井点 D. 四排布置 E. 二级井点
- 影响填土压实质量的因素有()。
A. 土料的种类和颗粒级配 B. 压实功
C. 土的含水量 D. 每层铺土厚度
E. 压实遍数
- 正铲挖土机的作业特点有()。
A. 能开挖停机面以上一至四类土 B. 挖掘力大
C. 挖土时,直上直下自重切土 D. 生产效率高
E. 宜于开挖高度大于 2 m 的干燥基坑

三、思考题

- 土方工程施工中,土体根据开挖的难易程度可分为哪几类?
- 土的可松性对土方施工有何影响?
- 基坑及基槽土方量如何计算?
- 试述方格网法计算场地平整土方量的步骤和方法。
- 试述断面法计算场地平整土方量的步骤和方法。

- 6. 土方调配应遵循哪些原则？调配区如何划分？
- 7. 什么是边坡系数？影响边坡稳定的因素有哪些？
- 8. 人工降低地下水位的方法有哪些？适用范围如何？
- 9. 轻型井点系统的布置方案有哪些？
- 10. 单斗挖土机有哪几种类型？其工作特点和适用范围是什么？正铲、反铲挖土机开挖方式有哪几种？如何选择？
- 11. 填土压实有哪几种方法？各有什么特点？影响填土压实的主要因素有哪些？
- 12. 什么是土的最佳含水量？土的含水量和控制干密度对填土压实质量有何影响？
- 13. 土方工程冬季施工有哪些防冻措施？雨季施工应注意哪些问题？
- 14. 土方工程有哪些主要安全技术措施？
- 15. 某基坑底长为 85 m, 宽为 60 m, 深为 8 m, 工作宽度为 0.5 m, 四边放坡, 边坡系数为 0.5。试计算土方开挖工程量。
- 16. 某建筑场地, 如图 1-36 所示, 方格网边长为 40 m, 试用方格网法计算场地总挖方量和填方量。如填方区和挖方区的边坡系数均为 0.5, 试计算场地边坡挖填土方量。

角点编号 施工高度	设计地面标高 自然地面标高	1	70.30	2	70.36	3	70.40	4	70.44
			70.09		70.40		70.95		71.43
		5	70.26	6	70.30	7	70.34	8	70.38
			69.71		70.17		70.70		71.22
		9	70.20	10	70.24	11	70.28	12	70.32
			69.37		69.81		70.38		70.95
		13	70.14	14	70.18	15	70.22	16	70.26
			69.10		69.81		70.20		70.70

图 1-36 建筑场地方格网示意图