



第一章 土方工程

主要内容：

- 涉及了土的工程分类和性质、土方量计算、场地设计标高的确定和土方调配等问题。
- 介绍了土方边坡、土壁稳定、施工排水、流沙防治和填土压实，这些是土方工程施工的要点。
- 介绍了常用的土方机械的类型、性能及提高生产率的措施。



第一章 土方工程

学习要求：

- 了解土的工程性质、土方调配的原则；掌握土方量计算的方法、场地设计标高确定的方法。
- 掌握产生流砂的原因，并能提出相应的防治措施；熟悉各种降水方案并能进行选择比较；掌握轻型井点设计。
- 了解边坡留设原则，掌握填土压实方法，了解常用土方机械的性能及适用范围，能正确合理地选用。



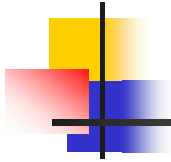
第一章 土方工程

第一节 概述

一、土的工程分类

土的种类繁多，其工程性质直接影响施工方案、施工方法、劳动量消耗、施工工期和工程费用。因此，正确识别土的种类并掌握有关的工程性质对于土方工程施工是十分重要的。

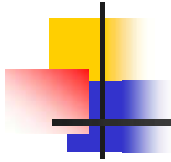
按土开挖的难易程度将土分为：松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚硬石等八类。



一、土的工程分类

土的工程分类

土的分类	土 的 名 称	可松性系数		开挖方法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂, 亚砂土, 冲积砂土层, 种植土, 泥炭(淤泥)	1.08~ 1.17	1.01~ 1.03	能用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	亚粘土, 潮湿的黄土, 夹有碎石、卵石的砂, 种植土, 填筑土及亚砂土	1.14~ 1.28	1.02 ~ 1.05	用锹、锄头挖掘, 少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实粘土, 重亚粘土, 粗砾石, 干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚粘土, 压实的填筑土	1.24~ 1.30	1.04 ~ 1.07	要用镐, 少许用锹、锄头挖掘, 部分用撬棍
四类土(砂砾坚土)	重粘土及含碎石、卵石的粘土, 粗卵石, 密实的黄土, 天然级配砂石, 软泥灰岩及蛋白石	1.26~ 1.32	1.06 ~ 1.09	整个用镐、撬棍, 然后用锹挖掘, 部分用楔子及大锤



一、土的工程分类

土的工程分类

土的分类	土 的 名 称	可松性系数		现场鉴别方法
		K_s	K'_s	
五类土 (软石)	硬石炭纪粘土, 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	1.30~ 1.45	1.10~ 1.20	用镐或撬棍、大锤挖掘, 部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	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	1.30 ~ 1.45	1.10~ 1.20	用爆破方法开挖, 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, 风化痕迹的安山岩、玄武岩	1.30 ~ 1.45	1.10~ 1.20	用爆破方法开挖
八类土 (特坚硬石)	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	1.45 ~ 1.50	1.20~ 1.30	用爆破方法开挖

第一节 概述

二、土的工程性质

1、土的含水量

土的含水量：土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率。

$$W = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$$

式中： $m_{\text{湿}}$ ——含水状态土的质量，kg；
 $m_{\text{干}}$ ——烘干后土的质量，kg；
 m_w ——土中水的质量，kg；
 m_s ——固体颗粒的质量，kg。



二、土的工程性质

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密实程度
有直接的影响。

2、土的天然密度和干密度

土的天然密度：在天然状态下，单位体积土的质
量。

它与土的密实程度和含水量有关。

土的天然密度按下式计算：



二、土的工程性质

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

式中 ρ ——土的天然密度， kg/m^3 ；

m ——土的总质量， kg ；

V ——土的体积， m^3 。

二、土的工程性质

干密度：土的固体颗粒质量与总体积的比值。

用下式表示：

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

式中 ρ_d ——土的干密度， kg/m^3 ；

m_s ——固体颗粒质量， kg ；

V ——土的体积， m^3 。

二、土的工程性质

3、土的可松性系数

土的可松性：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。

土的可松性用可松性系数表示，即

V_1 —土在天然状态下的体积， m^3 ；

$K_s = \frac{V_2}{V_1}$ —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 。



二、土的工程性质

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。



二、土的工程性质

4、土的渗透性

土的渗透性：指土体被水透过的性质。

土的渗透性用渗透系数表示。

渗透系数：表示单位时间内水穿透土层的能力，以m/d表示。

它同土的颗粒级配、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。

[土的渗透系数表](#)

二、土的工程性质

土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数(m/d)	土的名称	渗透系数(m/d)
粘土	<0.005	中砂	5.00~20.00
亚粘土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
轻亚粘土	0.10~0.50	粗砂	20~50
黄土	0.25~0.50	圆砾石	50~100
粉砂	0.50~1.00	卵石	100~500
细砂	1.00~5.00		



第一章 土方工程

第二节 土方量计算

一、基坑与基槽土方量计算

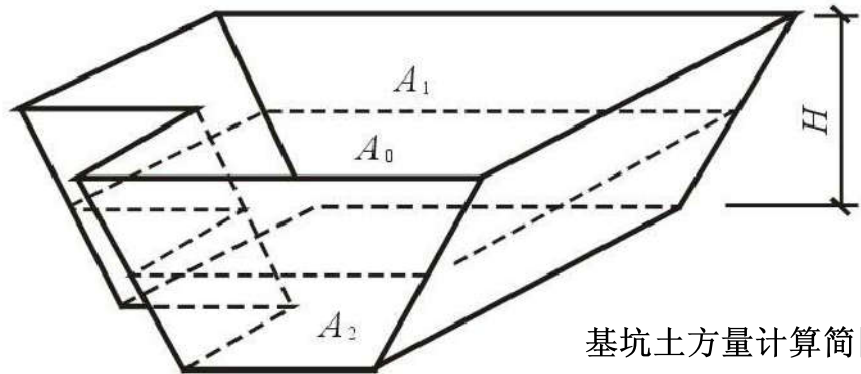
基坑土方量可按立体几何中拟柱体（由两个平行的平面作底的一种多面体）体积公式计算。

[计算简图与公式](#)

基槽土方量计算可沿长度方向分段计算

[计算简图与公式](#)

一、基坑与基槽土方量计算



基坑土方量计算简图

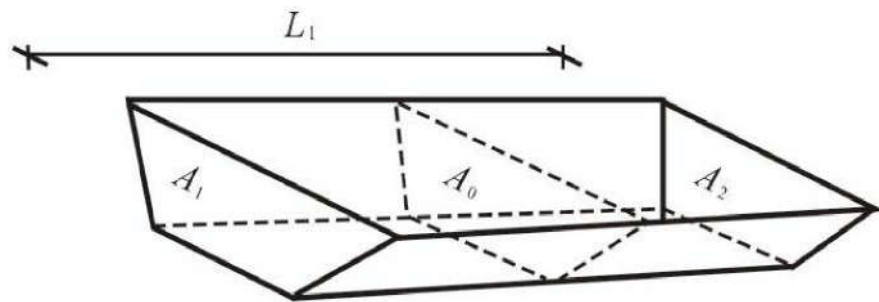
$$V = \frac{H}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2)$$

式中 H —— 基坑深度，m；

A_1 、 A_2 —— 基坑上、下底的面积， m^2

A_0 —— 基坑中截面的面积， m^2

一、基坑与基槽土方量计算



基槽土方量计算简图

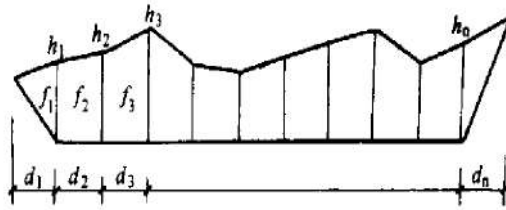
$$V_1 = \frac{L}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2)$$

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

式中 V_1 ——第一段的土方量， m^3 ；

L_1 ——第一段的长度， m 。

二、场地平整土方计算



沿场地取若干个断面，并将所取的每个断面均划分成若干个小三角形和梯形

对于第*i*个断面，如果用 f_j 表示其中的第*j*个小三角形或梯形的面积，则整个断面的面积 F_i 为：

$$F_i = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n \quad \text{如果 } d_1 = d_2 = d_3 = \dots = d_n = d, \text{ 则: } F_i = (h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n) d$$

若相邻断面间的距离分别为 l_1 、 l_2 、 l_3 、 \dots 、 l_n ，一定要在地形每一个起伏的转折处取一断面，否则，会影响土方量计算的精确度。

$$V = \frac{l_1}{2}(F_1 + F_2) + \frac{l_2}{2}(F_2 + F_3) + \frac{l_3}{2}(F_3 + F_4) + \dots + \frac{l_{n-1}}{2}(F_{n-1} + F_n)$$



第二节 土方量计算

二、场地平整土方计算

对于在地形起伏的山区、丘陵地带修建较大厂房、体育场、车站等占地广阔工程的平整场地，主要是削凸填凹，移挖方作填方，将自然地面改造平整为场地设计要求的平面。

场地挖填土方量计算有方格网法和横截面法两种。横截面法是将要计算的场地划分成若干横截面后，用横截面计算公式逐段计算，最后将逐段计算结果汇总。横截面法计算精度较低，一般采用方格网法。



二、场地平整土方计算

方格网法的主要步骤

1、划分网格

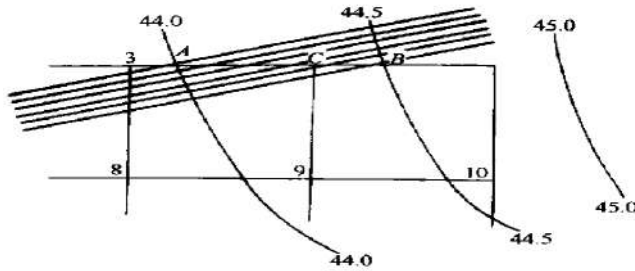
划分方格网。在具有等高线的地形图上将施工区域划分为若干个方格，方格边长 a 一般为10~40m，通常取20m。

2、确定各方格的角点高程

- 可以根据地形图上相邻两等高线的高程，用线性插入法求出。
- 在无地形图的情况下，也可以在地面用木桩或钢钎打好方格网，然后用仪器直接测出方格角点标高。

二、场地平整土方计算

- ▶ 也可以用一张透明纸，上面画上6根等距离的平行线，把透明纸放到标有方格网的地形图上，将6根平行线的最外两根分别对准两条等高线上的两点A、B，这时6根等距离的平行线将A、B之间的高差分成5份，于是便可以读出C点的地面标高。

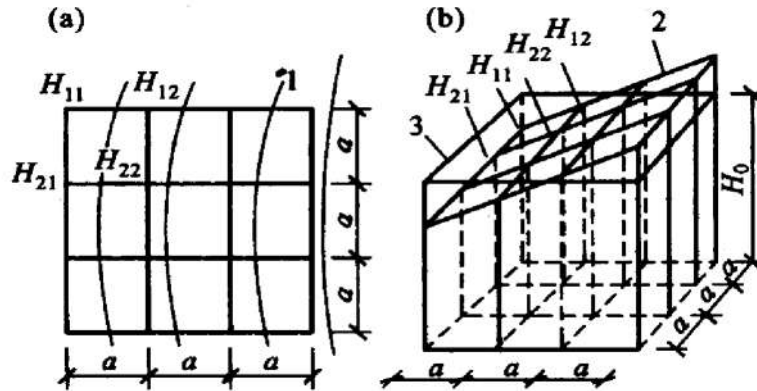


方格角点自然标高图解法

二、场地平整土方计算

3、场地设计标高计算

按挖填方平衡原则确定场地设计标高 H_0



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



二、场地平整土方计算

$$H_0 Na^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

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

H_1 —一个方格仅有的角点标高 (m) ;

H_2 —两个方格共有的角点标高 (m) ;

H_3 —三个方格共有的角点标高 (m) ;

H_4 —四个方格共有的角点标高 (m) 。



二、场地平整土方计算

4、场地设计标高的调整

(1) 考虑泄水坡度

当按设计标高 H_0 进行场地平整时，整个场地表面均处于同一水平面，但实际上由于排水的要求，场地表面需要有一定的泄水坡度。因此，必须根据场地泄水坡度的要求（单面泄水或双面泄水），计算出场地内各方格角点实际施工所用的设计标高。

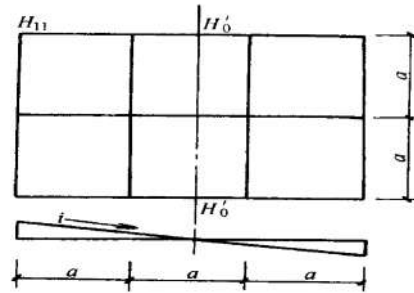
1) 场地具有单向泄水坡度

二、场地平整土方计算

$$H_n = H_0 \pm l_i$$

式中 l —场地任意一点至场地中心线(设计标高为 H_0)的距离;

i ——场地泄水坡度(不少于2‰)。



场地具有单向泄水坡度

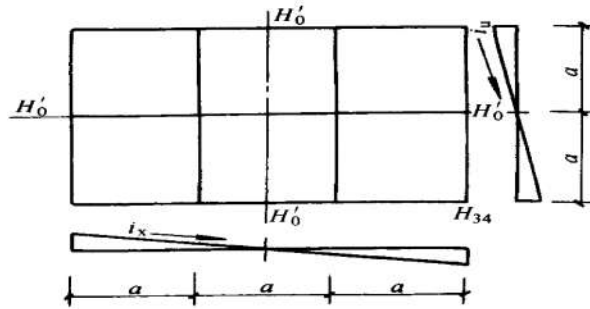
二、场地平整土方计算

2) 场地具有双向泄水坡度

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y$$

式中： l_x 、 l_y 分别为任意一点沿x-x、y-y方向距场地中心线的距离；

i_x 、 i_y 分别为任意一点沿x-x、y-y方向的泄水坡度。





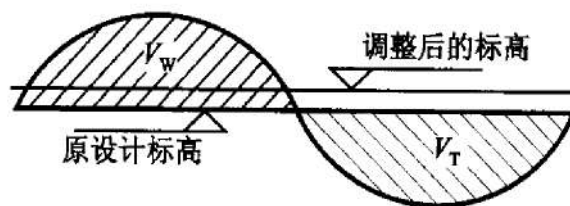
二、场地平整土方计算

(2) 考虑土的可松性

由于土具有可松性，所以填土会有多余，因此，应该考虑由于土的可松性而引起的设计标高的增加值。

用 V_W 、 V_T 分别表示按理论设计计算的挖、填方的体积，用 F_W 、 F_T 分别表示按理论设计计算的挖、填方区的面积，用 V_W' 、 V_T' 分别表示调整以后挖、填方的体积。

二、场地平整土方计算



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

设计标高调整计算示意图

设计标高调整以后的总挖方体积 $V_w' = V_w - F_w \Delta h$

最终可松性系数为 K_s' ，则总填方体积 V_T' 应为： $V_T' = V_w' K_s'$ 代入上式得到

$$V_T' = (V_w - F_w \Delta h) K_s'$$

同时，填方区的标高也应该和挖方区一样，要提高 Δh ，所以：

$$V_T' - V_T = (V_w - F_w \Delta h) K_s' - V_T = F_T \Delta h$$

将 $V_w = V_T$ 代入得到 Δh



二、场地平整土方计算

(3) 场地内的其他挖、填方及填、挖方区在场外就近取弃土。

由于场地内大型基坑挖出的土方，修路、筑堤填高需要土方，以及从经济角度考虑部分土方在场外就近弃土或就近借土，都会引起挖、填土方量的变化，必要时，也要调整场地设计标高。



二、场地平整土方计算

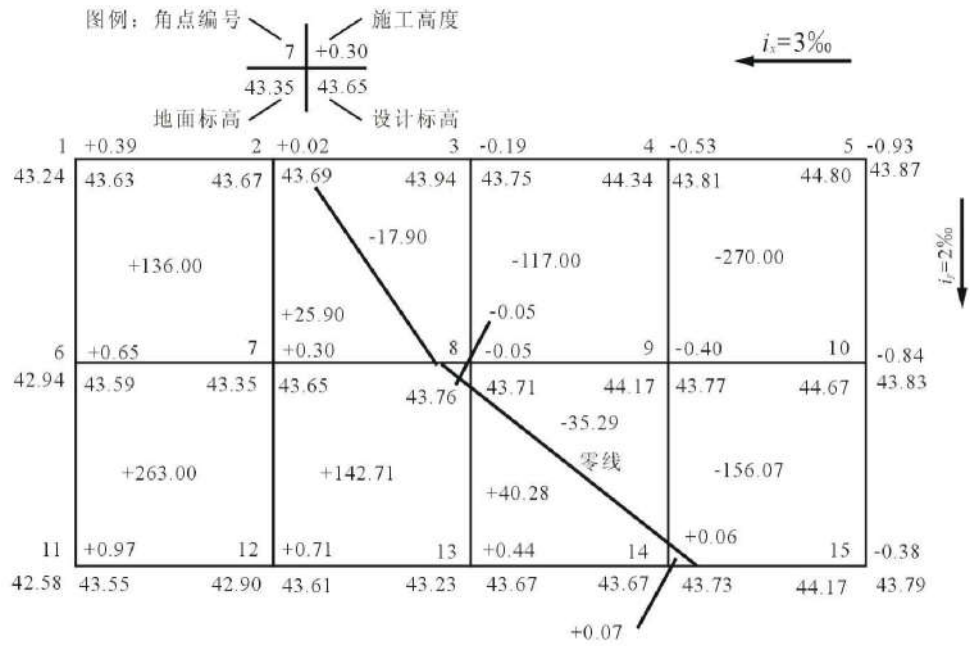
5、计算场地各个角点的施工高度

施工高度为角点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 —角点施工高度即填挖高度(以“+”为填，“-”为挖)，m；
 n —方格的角点编号(自然数列1, 2, 3, …, n)。

二、场地平整土方计算

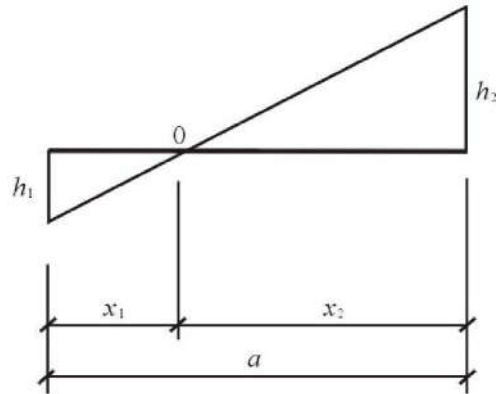


方格网法计算土方量示意图

二、场地平整土方计算

6、绘出“零线”

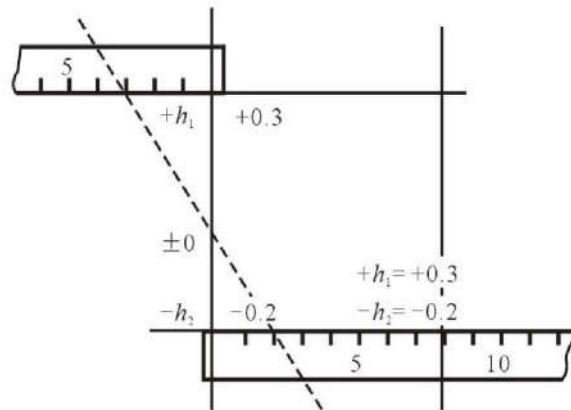
方格边线一端施工高程为“+”，若另一端为“-”，则沿其边线必然有一不挖不填的点，即为“零点”。



零点位置示意图

二、场地平整土方计算

确定零点的办法也可以用图解法，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。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。



零点位置图解法



二、场地平整土方计算

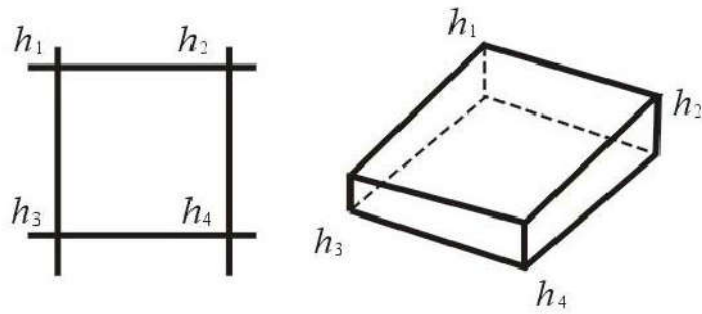
7、计算场地挖、填土方量

“零线”求出以后，场地内的挖、填方区域就可以标出来。然后可以用四角棱柱体法或三角棱柱体法进行计算，以下所有公式中的 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 均为施工高度，并且均以绝对值代入。

(1) 四角棱柱体法

常用方格网点计算公式

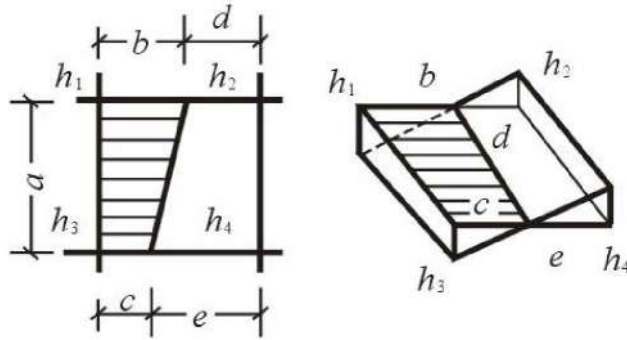
二、场地平整土方计算



四点填方或挖方

$$V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$$

二、场地平整土方计算

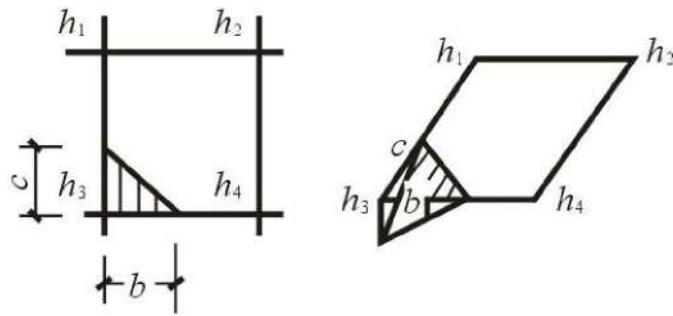


两点填方或挖方

$$V_+ = \frac{b+c}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (b+c)(h_1 + h_3)$$

$$V_- = \frac{d+e}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (d+e)(h_2 + h_4)$$

二、场地平整土方计算

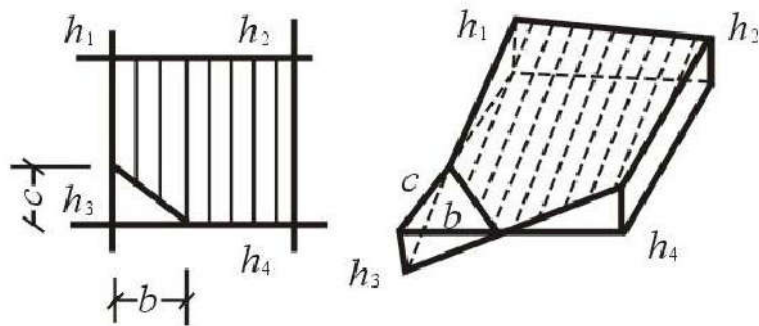


一点填方或挖方

$$V = \frac{1}{2}bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6}$$

$$\text{当 } b=a=c \text{ 时, } V = \frac{a^2h_3}{6}$$

二、场地平整土方计算

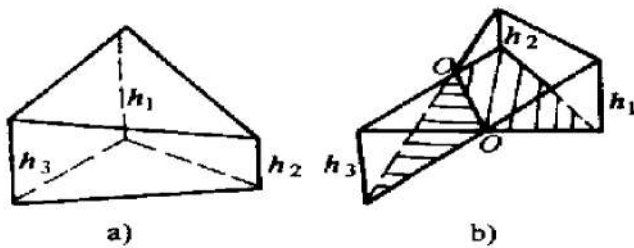


三点填方或挖方

$$\begin{aligned}
 V &= \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{\sum h}{5} \\
 &= \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{h_1 + h_2 + h_3}{5}
 \end{aligned}$$

二、场地平整土方计算

(2) 三角棱柱体法



三角棱柱体法

a) 全挖或全填 b) 有挖有填

当三角形为全挖或全填时 $V = \frac{1}{6} a^2 (h_1 + h_2 + h_3)$

当三角形有挖有填时 $V_{\text{锥}} = \frac{1}{6} a^2 \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)}$ $V_{\text{楔}} = \frac{1}{6} a^2 (h_1 + h_2 - h_3) + V_{\text{锥}}$

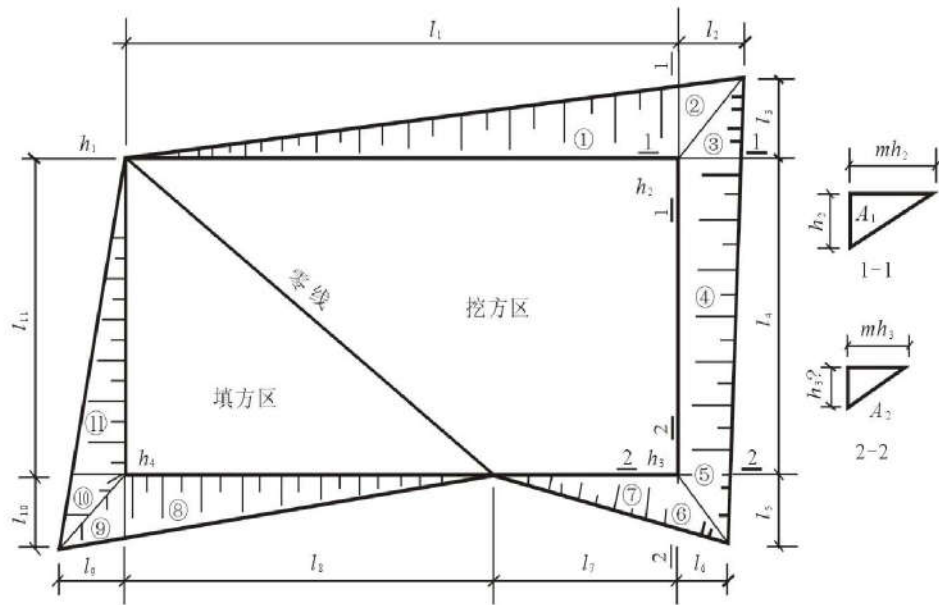


二、场地平整土方计算

8、边坡土方量计算

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。

二、场地平整土方计算



场地边坡平面值



二、场地平整土方计算

三角棱锥体边坡体积

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

式中 l_1 ——边坡①的长度；
 A_1 ——边坡①的端面积；
 h_2 ——角点的挖土高度；
 m ——边坡的坡度系数， m =宽/高。

二、场地平整土方计算

三角棱柱体边坡体积

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4$$

两端横断面面积相差很大的情况下，边坡体积

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

式中 l_4 ——边坡④的长度；
 A_1 、 A_2 、 A_0 ——边坡④两端及中部横断面面积。



第二节 土方量计算

三、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。



三、土方调配

1、用“最小元素法”编制初始调配方案

“最小元素法”的原则是给最小运距方格以尽可能多的土方量。

2、最优方案的判别

最优方案的判别法有“闭回路法”和“位势法”，二者实质都一样，都是通过求检验数 λ_{ij} 来判别，只要所有的检验数 $\lambda_{ij} \geq 0$ ，则该方案即为最优方案。

将初始方案中有调配数方格的平均运距 C_{ij} 列出。

$$C_{ij} = u_i + v_j \quad \text{令 } u_1 = 0$$

$$\lambda_{ij} = C_{ij} - u_i - v_j \quad \text{依此求出各空格的检验数}$$



三、土方调配

3、方案的调整

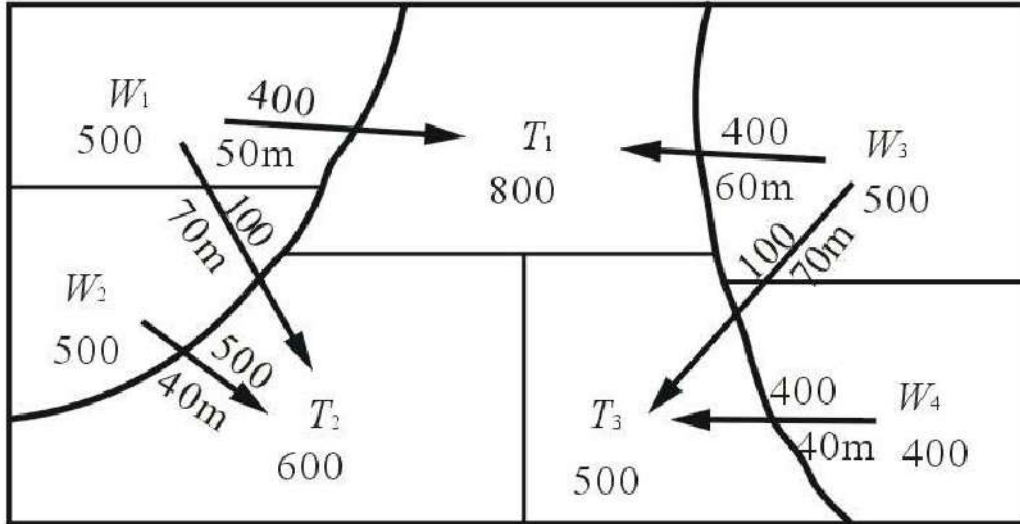
用“闭回路法”。在所有负检验数中选一个（一般可选最小的一个），沿水平或竖直方向前进，遇到适当的有数字的方格作 90° 转弯，然后依次继续前进直到再回到出发点，形成一条闭回路。

在各奇数次转角点的数字中，挑出一个最小的；各奇数次转角点方格均减此数，各偶数次转角点方格均加此数。这样调整后，便可得到新的调配方案。

对新调配方案，仍用“位势法”进行检验，看其是否是最优方案。若检验数中仍有负数出现那就仍按上述步骤继续调整，直到找出最优方案为止。

三、土方调配

4、土方调配图



土方调配示意图



第一章 土方工程

第三节 土方边坡与土壁支撑

土壁稳定，主要是由土体内摩阻力和粘结力保持平衡，一旦失去平衡，土壁就会塌方。造成土壁塌方的主要原因有：

- 边坡过陡，使土体本身稳定性不够，尤其是在土质差、开挖深度大的坑槽中，常引起塌方。
- 雨水、地下水渗入基坑，使土体重力增大及抗剪能力降低，是造成塌方的主要原因。
- 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。

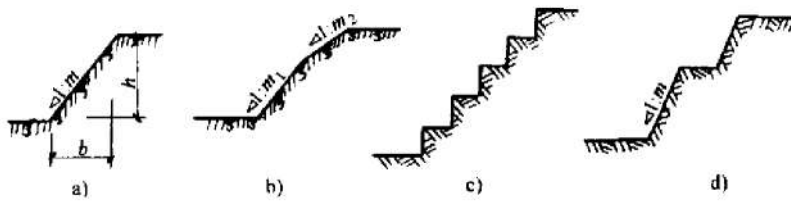
第三节 土方边坡与土壁支撑

一、土方边坡

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。

土方边坡坡度= $h/b=1/(b/h)=1:m$

式中: $m=b/h$ 称为边坡系数。



土方边坡

a) 直线型 b) 折线型 c) 阶梯型 d) 分级型

第三节 土方边坡与土壁支撑

深度在5m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
硬塑的素土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土（充填物为粘性土）	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质粘土、粘土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土	1:1.00	-	-

第三节 土方边坡与土壁支撑

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，挖方边坡可做成直立壁不加支撑，但深度不宜超过下列规定：

- 密实、中密的砂土和碎石类土(充填物为砂土)：1m；
- 硬塑、可塑的粉土及粉质粘土：1.25m；
- 硬塑、可塑的粘土和碎石类土(充填物为粘性土)：
1.5m；
- 坚硬的粘土：2m。

挖土深度超过上述规定时，应考虑放坡或做成直立壁加支撑。

第三节 土方边坡与土壁支撑

二、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

(1) 适用范围

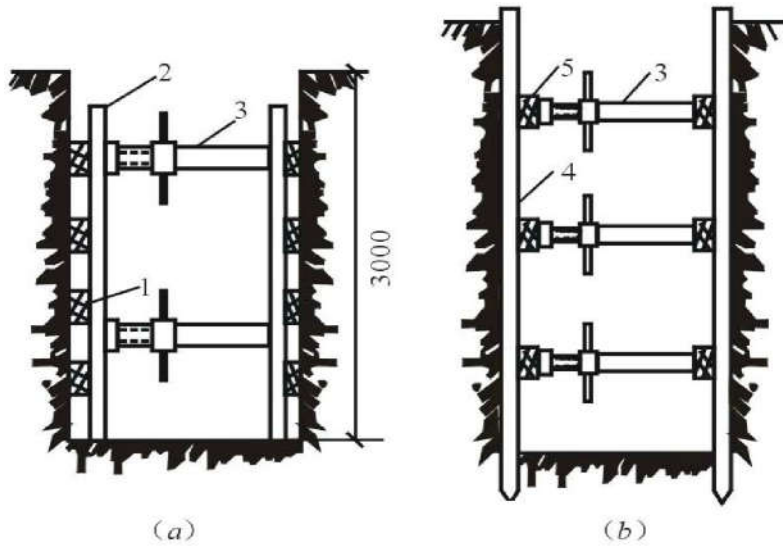
横撑式支撑由挡土板、楞木和工具式横撑组成，用于宽度不大、深度较小沟槽开挖的土壁支撑。

(2) 分类

根据挡土板放置方式不同，分为水平挡土板和垂直挡土板。

[示意图](#)

第三节 土方边坡与土壁支撑



横撑式支撑

(a) 继续式水平挡土板支撑；(b) 垂直挡土板支撑

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



第三节 土方边坡与土壁支撑



横撑式支撑



第三节 土方边坡与土壁支撑

2、板桩式支撑

(1) 适用范围

板桩式支撑特别适用于地下水位较高且土质为细颗粒、松散饱和土的支护，可防治流砂现象产生。

(2) 板桩支撑作用

- 使地下水在土中的渗流路线延长，减小了动水压力，从而可预防流砂的产生；
- 板桩支撑既挡土又防水，特别适于开挖较深、地下水位较高的大型基坑；
- 可以防止基坑附近建筑物基础下沉

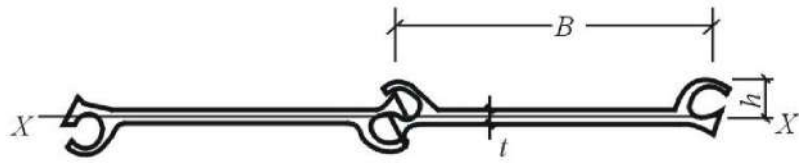


第三节 土方边坡与土壁支撑

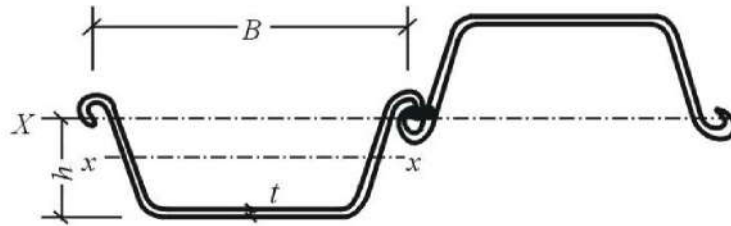
(3) 打入板桩的质量要求

- 板桩位置在板桩的轴线上，板壁面垂直，保证平面尺寸准确和垂直度
- 封闭式板桩墙要求封闭合拢
- 埋置达到规定深度要求，有足够的抗弯强度和防水性能。

第三节 土方边坡与土壁支撑



(a)



(b)

常用的钢板桩

(a) 平板桩 (b) 波浪式



第三节 土方边坡与土壁支撑



波浪式钢板桩





第一章 土方工程

第四节 施工排水

施工排水可分为排除地面水和降低地下水两类。

一、排除地面水

保证场地排水畅通，尤其在雨季施工，尽快将地面水排走，以保持场地干燥十分重要。

地面水的排除可采用设置排水沟、截水沟或修筑土堤等设施来进行。将水排至场外，或流至低洼处再用水泵抽走。

第四节 施工排水

二、降低地下水

为了保持基坑干燥，防止由于水浸泡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，常采用的措施是明沟排水法和井点降水法。

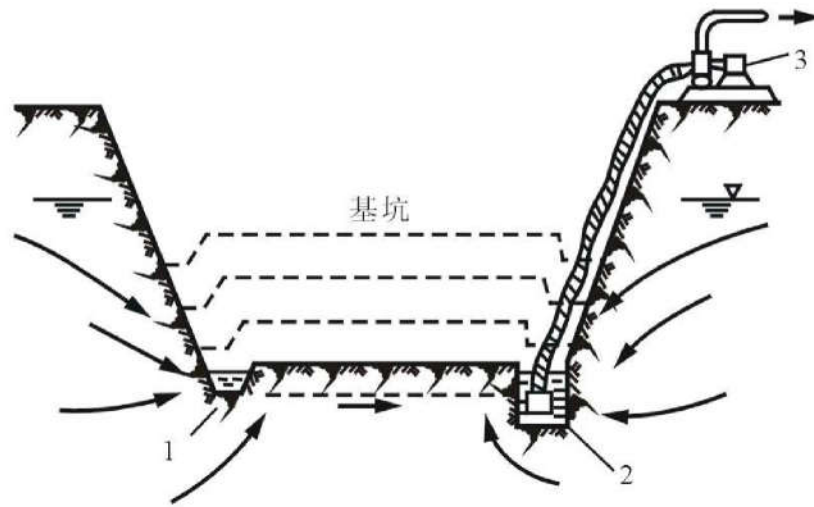
1、明沟排水法

明沟排水法是一种设备简单、应用普遍的人工降低水位的方法。

施工方法是，开挖基坑或沟槽过程中，沿坑底的周围开挖排水沟，设置集水井，使水经排水沟流入井内，然后用水泵抽出坑外。

[示意图](#)

二、降低地下水



集水井降水

1-排水沟；2-集水井；3-水泵

[动画演示](#)



二、降低地下水

明沟排水法适用于水流较大的粗粒土层的排水、降水，也可用于渗水量较小的粘性土层降水，但不适宜于细砂土和粉砂土层，因为地下水渗出会带走细粒而发生流砂现象。

2、流沙防治

(1) 流沙现象

流砂：当开挖深度大、地下水位较高而土质为细砂或粉砂时，如果采用集水井法降水开挖，当挖至地下水位以下时，坑底下面的土会形成流动状态，随地下水涌入基坑，这种现象称为流砂。



二、降低地下水

(2) 流沙产生的原因

流沙现象的产生是水在土中渗流所产生的动水压力对土体作用的结果。

$$G_d = I\gamma_w = \frac{h}{L}\gamma_w = \frac{h_1 - h_2}{L}\gamma_w$$

式中：h---水位差；L---渗流路径长度。

当动水压力 G_d 等于或大于土的浮重度 γ' 时，即当 $G_d \geq \gamma'$ 时，则土粒处于悬浮状态，土颗粒往往会随渗流的水一起流动，涌入基坑，形成流砂。



二、降低地下水

产生流砂的主要原因是动水压力的大小和方向，当动水压力方向向上且足够大时，土颗粒被带出而形成流砂，当动水压力方向向下时，如发生土颗粒的流动，其方向向下，使土稳定。

(3) 流沙防治措施

- 枯水期施工法。枯水期地下水位较低，基坑内外水位差小，动水压力小，不易产生流砂。
- 水中挖土时，不抽水或减少抽水，保持坑内水压与地下水压基本平衡；
- 采用井点降水法、打板桩法、地下连续墙法防止流砂产生。



二、降低地下水

- ▶ 抢挖并抛大石块法。使挖土速度超过冒砂速度，在挖至标高后立即铺竹、芦席，并抛大石块，以平衡动水压力，将流砂压住。此法适用于治理局部的或轻微的流砂。



二、降低地下水

3、井点降水法

井点降水：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。

井点降水有两类：一类为轻型井点(包括电渗井点与喷射井点)；另一类为管井点(深井泵)。

对不同的土质应采用不同的降水形式。

常用的降水形式

二、降低地下水

降水类型及适用条件

降水类型 \ 适合条件	渗透系数(cm/s)	可能降低的水位深度(m)
轻型井点 多级轻型井点	$10^{-2} \sim 10^{-5}$	3~6 6~12
喷射井点	$10^{-3} \sim 10^{-6}$	8~20
电渗井点	$< 10^{-6}$	宜配合其他形式降水使用
深井井管	$\geq 10^{-5}$	>10



二、降低地下水

(1) 轻型井点

轻型井点就是沿基坑周围或一侧以一定间距将井点管(下端为滤管)埋入蓄水层内,井点管上部与总管连接,利用抽水设备将地下水经滤管进入井管,经总管不断抽出,从而将地下水位降至坑底以下。

轻型井点法适用于土壤的渗透系数为 $0.1-50\text{m/d}$ 的土层中。降低水位深度:一级轻型井点 $3-6\text{m}$,二级井点可达 $6-12\text{m}$ 。

二、降低地下水

1) 轻型井点系统组成

轻型井点设备主要包括：井点管（滤管）、集水总管、弯联管、抽水设备等。

井点管为38mm或51mm，长5-7m的钢管。

集水总管为直径100-127mm的钢管，每节长4m，总管上还装有与井点管联结的短接头，间距0.8、1.2m、1.6m、2.0m。

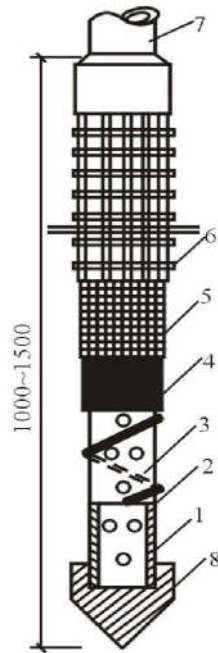
抽水设备一般为真空泵，抽吸距离5-7m。

滤管为直径38或51mm的钢管，长度为1-1.5m，管壁上钻有直径为12-19mm的小圆孔，外包以两层滤网。

[滤管示意图](#)

[轻型井点示意图](#)

二、降低地下水

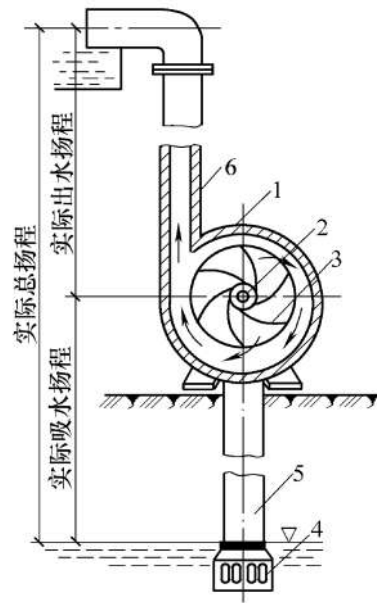


- 1—钢管；2—管壁上的小孔；
- 3—缠绕的塑料管；4—细滤网；
- 5—粗滤网；6—粗铁丝保护网；
- 7—井点管；8—铸铁点

滤管构造



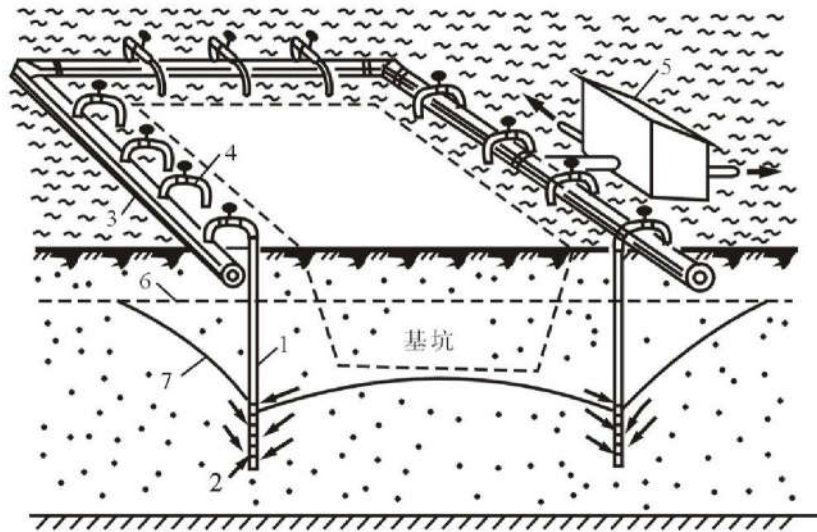
二、降低地下水



真空泵



二、降低地下水



轻型井点降低地下水位全貌图

1—井点管；2—滤管；3—总管；4—弯联管；5—水泵房

6—原有地下水位线；7—降低后地下水位线

[动画演示](#)



二、降低地下水





二、降低地下水

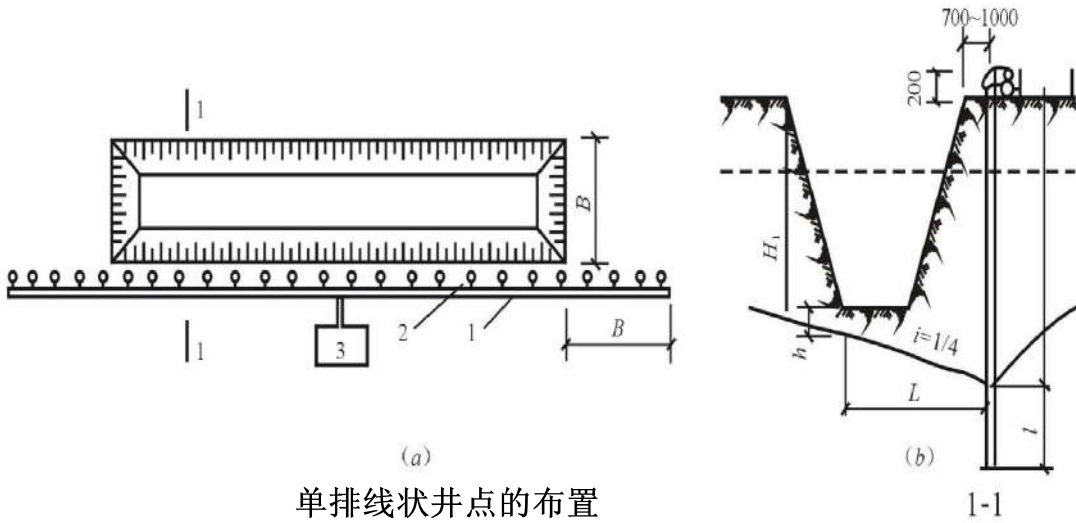
2) 轻型井点的布置

A. 平面布置

当基坑或沟槽宽度小于6m，水位降低深度不超过5m时，可用单排线状井点布置在地下水流的上游一侧，两端延伸长度一般不小于沟槽宽度。 [示意图](#)

如宽度大于6m或土质不定，渗透系数较大时，宜用双排井点，面积较大的基坑宜用环状井点。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。 [示意图](#)

二、降低地下水



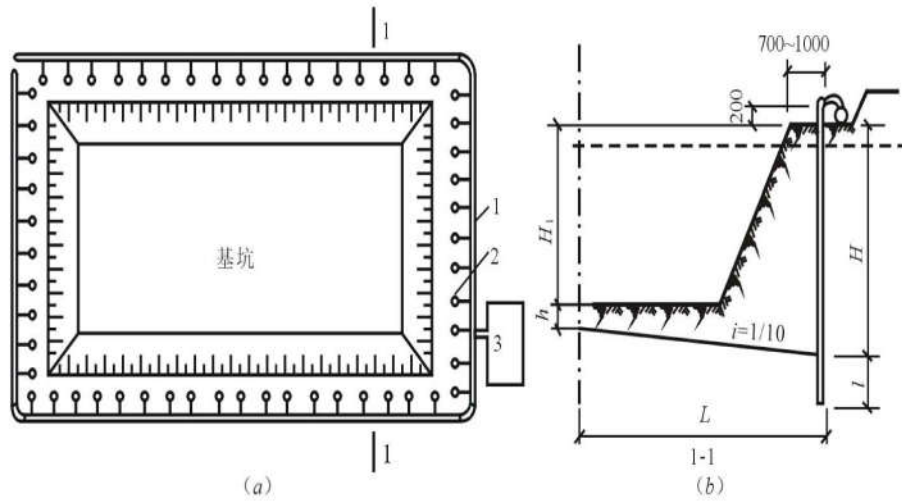
单排线状井点的布置

(a) 平面布置 (b) 高程布置

1-总管; 2-井点管; 3-抽水设备



二、降低地下水



环形井点的布置

(a) 平面布置 (b) 高程布置

1-总管; 2-井点管; 3-抽水设备



二、降低地下水

B. 高程布置

轻型井点的降水深度，从理论上讲可达10.3m，但由于管路系统的水头损失，其实际的降水深度一般不宜超过6m，所以常用的井点管的长度为6m。

井点管的埋置深度（不包括滤管）： $h \geq h_1 + \Delta h + iL$

式中： h_1 —井点管埋设面至基坑底面的距离（m）；

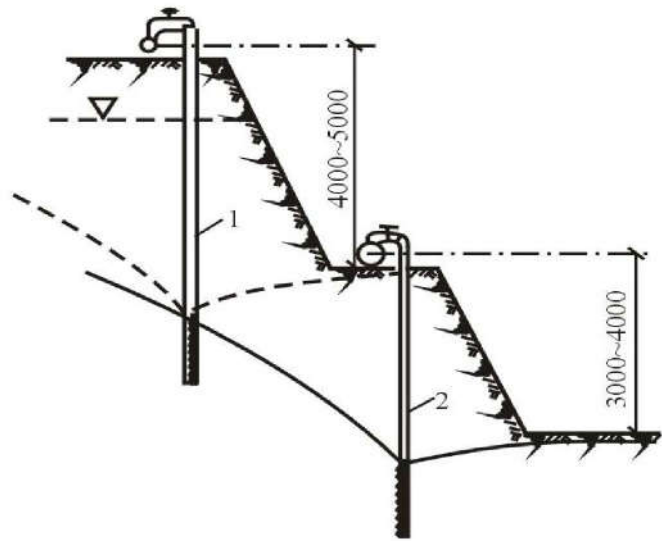
Δh —基坑底边缘（单排井点）或基坑中心（环形井点）降低后的地下水位到基坑底面的距离，一般取0.5-1m；

i —地下水降落坡度，单排井点为1/5，双排井点1/7，环形井点为1/10；

L —井点管至基坑底边缘（单排井点）或基坑中心（双排井点或环形井点）的水平距离（m）

二、降低地下水

如H+井点管外露长度（一般露出地面0.2-0.3m）”小于或等于6m时，则可用一级井点；H+井点管外露长度”稍大于6m时，如降低井点管的埋置面，可满足要求时，仍可采用一级井点；当一级井点达不到要求时，则可采用二级井点。



二级轻型井点示意图

1-第一级井点管；2-第二级井点管



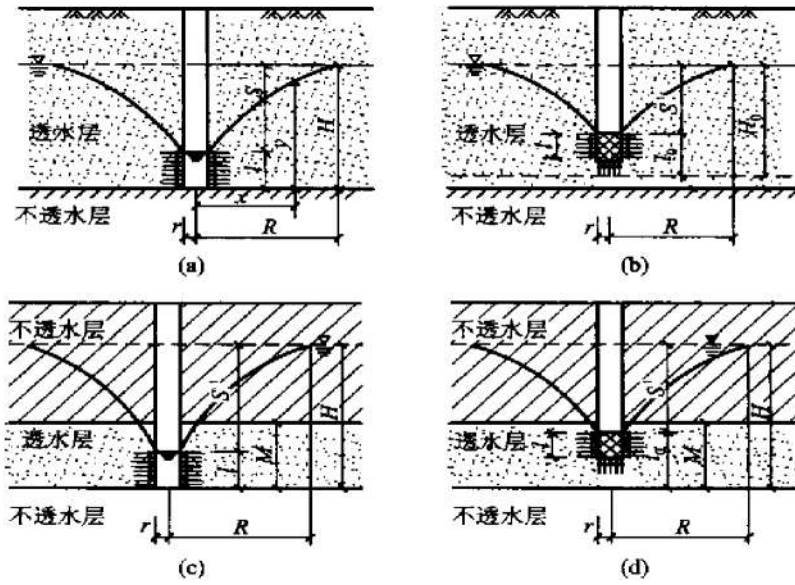
二、降低地下水

3) 轻型井点的计算

A. 井点系统涌水量计算

井点系统的涌水量，则是按水井理论进行计算。水井的类型不同，其涌水量计算的方法亦不相同。根据地下水有无压力，水井分为无压井和承压井；当水井布置在具有潜水自由面的含水层中时，称为无压井；布置在承压含水层中时，称为承压井。当水井底部达到不透水层时称完整井；否则，称为非完整井。 [示意图](#)

二、降低地下水



水井类型

(a) 无压完整井 (b) 无压非完整井 (c) 承压完整井 (d) 承压非完整井

二、降低地下水

无压完整井的环形井点系统

$$Q = 1.366K \frac{(2H - S)S}{\lg R - \lg X_0}$$

式中：Q—井点系统的涌水量（m³/d）；

K—土壤的渗透系数（m/d），最好通过现场扬水试验确定。

H—含水层厚度（m）；

S—基坑中心水位降落值（m）；

R—抽水影响半径（m）；

$$R = 1.95S (KH)^{1/2}$$

X₀——环形井点系统的假想圆半径（m）；

$$X_0 = (F/\pi)^{1/2}$$

F——环形井点系统所包围的面积。

利用此公式计算涌水量，需满足井点管所围成的矩形的长宽比小于5且抽水影响半径R大于该矩形宽度的二分之一；若不满足上述条件，应分块计算。

二、降低地下水

无压非完整井的环形井点系统，地下水不仅从井的侧面流入井点管，还从井底流入，因此涌水量要比完整井大。为了简化计算，仍可采用无压完整井计算公式，但需将式中含水层厚度 H 换成抽水有效影响深度 H_0 。

H_0 计算公式可查下表，当算得的 H_0 大于实际含水层厚度 H 时，则仍取 H 值。

抽水有效影响深度计算公式

$S'/(S'+1)$	0.2	0.3	0.5	0.8
H_0	$1.3(S'+1)$	$1.5(S'+1)$	$1.7(S'+1)$	$1.85(S'+1)$

注： S' 为井点管中水位降落值， l 为滤管长度

二、降低地下水

B. 确定井管数量及井距

确定井点管数量先要确定单根井管的最大出水量，其计算公式为：

$$q=65 \pi d l K^{1/3}$$

式中：d——滤管直径（m）；

l——滤管长度（m）；

K——渗透系数（m / d）。



二、降低地下水

然后即可按下式计算井点管最少数量：

$$n=1.1Q/q$$

式中1.1—考虑井点管堵塞等因素的井点管备用系数。

按下式计算井点管最大间距：

$$D=L_1/n$$

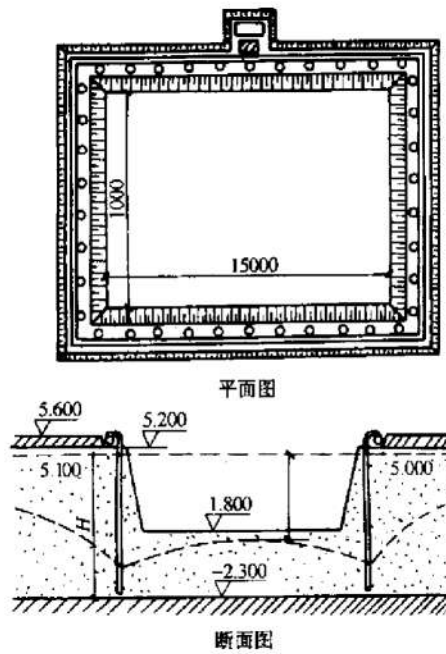
式中 L_1 ——总管长度 (m)



二、降低地下水

例题：某设备基础工程施工，其基坑底宽10m，长15m，深3.8m，边坡坡度为1:0.5。经地质钻探查明，在靠近天然地面处有厚0.5m的粘土层，此土层下面为厚7.4m的砂土层（由扬水试验测得该层砂土的渗透系数 $K=30\text{m/d}$ ），再下面又是不透水的粘土层。现决定用一套轻型井点系统进行人工降低地下水位，然后开挖土方。试对该井点系统进行设计。

二、降低地下水



某设备基础基坑降水井点



二、降低地下水

①井点系统布置。该基坑底尺寸为 $10\text{m}\times 15\text{m}$ ，边坡为 $1:0.5$ ，表层为 0.5m 厚粘土，为使总管接近地下水位，可先挖出 0.4m ，在 $+5.20\text{m}$ 标高处布置井点系统，则布置井点系统标高处的基坑（上口）尺寸为 $13.4\text{m}\times 18.4\text{m}$ ，考虑井点管应距基坑边至少 $0.7\text{--}1\text{m}$ ，则井点管所围成的平面面积为 $16\text{m}\times 20\text{m}$ （考虑总管每节长 4m ），故按环形井点布置。

井点管的埋置深度（不包括滤管） H ，应为：

$$H \geq H_1 + h + iL = (5.2 - 1.8) + 0.5 + 1/10 \times 16/2 = 4.7 (\text{m})$$

取井点管长 6m ，外露于埋设面 0.2m ，实际埋深为 $6.0 - 0.2 = 5.8 (\text{m}) > 4.7 (\text{m})$ ，故采用一级井点系统即可。



二、降低地下水

取滤管长度为 $l=1.2\text{m}$ ，则滤管底口标高为 -1.80m ，距不透水的粘土层（标高为 -2.30m ）的距离为 0.5m ，故此井点系统为无压非完整井。

井点管中水位降落值为：

$$S' = 5.8 - (5.2 - 5.0) = 5.6 (\text{m})$$

$$\text{由 } S' / (S' + 1) = 5.6 / (5.6 + 1.2) = 0.82$$

查表知抽水有效影响深度 H_0 的计算公式为

$H_0 = 1.85(S' + 1)$ ，所以：

$$H_0 = 1.85 \times (5.6 + 1.2) = 12.58 (\text{m})$$

而含水层厚度 $H = 5.0 - (-2.3) = 7.3 (\text{m}) < H_0$ ，故取 $H_0 = H = 7.3\text{m}$ （无压非完整井按无压完整井计算）。

二、降低地下水

②涌水量计算。

基坑中心降水深度 $S=(5.0-1.8)+0.5=3.7(\text{m})$ 。

抽水影响半径为：

$$\begin{aligned} R &= 1.95S(KH)^{1/2} = 1.95 \times 3.7 \times (30 \times 7.3)^{1/2} \\ &= 106.8(\text{m}) \end{aligned}$$

由于井点管所围成的矩形长宽比为 $20/16 < 5$ ，且

$R=106.8(\text{m}) > 16/2$ ，所以不必分块计算。

环形井点系统的假想圆半径为：

$$X_0 = (16 \times 20 / \pi)^{1/2} = 10.1(\text{m})$$

二、降低地下水

该井点系统涌水量为：

$$Q=1.366 \times 30 \times (2 \times 7.3 - 3.7) \frac{3.7}{(\lg 106.8 - \lg 10.1)} \\ = 1613.6 \text{ (m}^3/\text{d)}$$

③ 计算井点管数量和间距。

取井点管直径为 $\phi 38\text{mm}$ ，则单根井点管最大出水量为：

$$q=65 \pi \times 0.038 \times 1.2 \times 30^{1/3} = 28.9 \text{ (m}^3/\text{d)}$$

所以井点管的计算数量为：

$$n=1.1 \times 1613.6 / 28.9 = 61 \text{ (根)}$$

则井点管的平均间距为：

$$D = (16 + 20) \times 2 / 61 = 1.18 \text{ (m)} \text{ 取 } 0.8\text{m}$$

二、降低地下水

4) 轻型井点的安装与使用

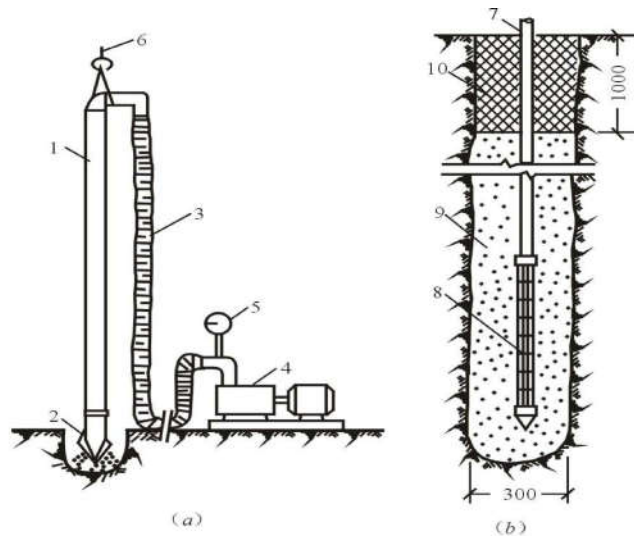
A. 轻型井点的安装

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。

可以利用冲水管冲孔或钻孔后再将井点管沉放。冲孔直径一般为300mm，以保证井管四周有一定厚度的砂滤层，冲孔深度宜比滤管底深0.5m左右，以防冲管拔出时，部分土颗粒沉于底部而触及滤管底部。

冲孔冲成后，立即拔出冲管，插入井点管，并在井点管与孔壁之间迅速填灌砂滤层，以防孔壁塌土。井点填砂后，须用粘土封口，以防漏气。 [示意图](#)

二、降低地下水



井点管的埋设

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



二、降低地下水

B. 轻型井点的使用

轻型井点运行后，应保证连续不断地抽水，正常的出水规律是“先大后小，先混后清。”

井点淤塞，一般可以通过听管内水流声响、手摸管壁感到有振动、手触摸管壁有冬暖夏凉的感觉等简便方法检查。

地下基础工程(或构筑物)竣工并进行回填土后，停机拆除井点排水设备。



二、降低地下水

(2) 喷射井点

当基坑开挖较深，降水深度超过8m时，宜采用喷射井点，降水深度可达8-20m。喷射井点可分为喷气井点和喷水井点两种。喷水点的喷射井管由内外管所组成，在内管下端装有升水装置（喷射扬水器）与滤管相连。当高压水经内外管之间的环形空间由喷嘴喷出时，地下水即被吸入而压出地面。



二、降低地下水

(3) 电渗井点

以井点管作负极、以打入的钢筋或钢管作正极，当通以直流电后，土颗粒即自负极向正极移动，水则自正极向负极移动而被集中排出。土颗粒的移动称电脉现象，水的移动称为电渗现象，故名电渗井点。

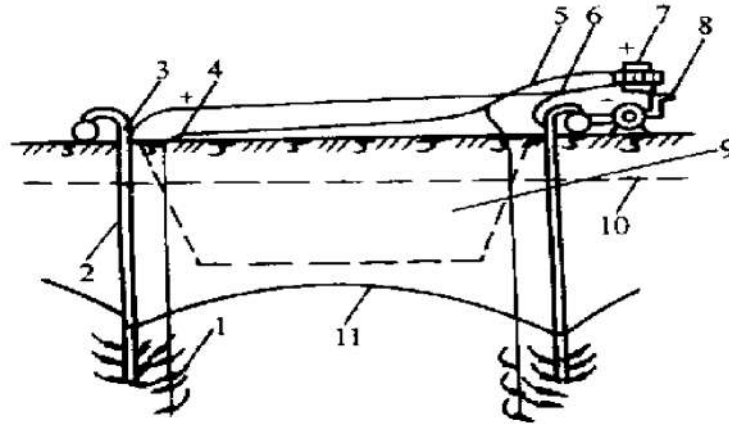
[示意图](#)

(4) 管井井点

管井井点，就是沿基坑边每隔一定距离设置一个管井，每个管井单独用一台水泵不断抽水来降低地下水位。

[示意图](#)

二、降低地下水

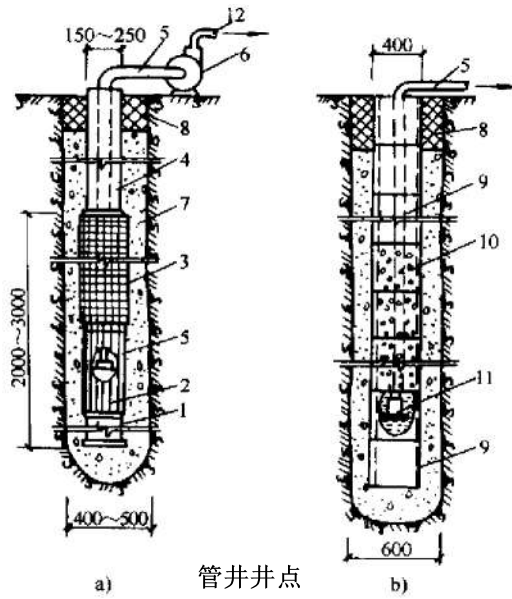


电渗井点

- 1-阴极 2-阳极 3-用扁钢、螺栓或电线将阴极连通 4-用钢筋或电线将阳极连通
5-阳极与发电机连接电线 6-阴极与发电机连接电线 7-直流发电机（或直流电焊机）
8-水泵 9-基坑 10-原有地下水位线 11-降水后的地下水位线



二、降低地下水



a) 管井井点

b)

a) 钢管管井 b) 混凝土管管井

- 1-沉砂管 2-钢筋焊接骨架 3-滤网 4-管身 5-吸水管 6-离心泵 7-小砾石过滤层
8-粘土封口 9-混凝土实管 10-混凝土过滤管 11-潜水泵 12-出水管





第一章 土方工程

第五节 填土压实

一、填土的要求

- 含有大量有机物、石膏和水溶性硫酸盐（含量大于5%）的土以及淤泥、冻土、膨胀土等，均不应作为填方土料。
- 以粘土为土料时，应检查其含水量是否在控制范围内，含水量大的粘土不宜作填土用。
- 一般碎石类土、砂土和爆破石渣可作表层以下填料，其最大粒径不得超过每层铺垫厚度的 $\frac{2}{3}$ 。



一、填土的要求

- 填土应按整个宽度水平分层进行，当填方位于倾斜的山坡时，应将斜坡修筑成1: 5-1: 2.5阶梯形边坡（阶高0.2-0.3m，阶宽1m）后施工，以免填土横向移动，并尽量用同类土填筑。
- 填土应该分层压实，最好采用同类土；如采用不同土，透水性大的置于透水性小的下方；分层铺土的厚度及压实遍数应根据压实机具的性能确定。



第五节 填土压实

二、压实方法

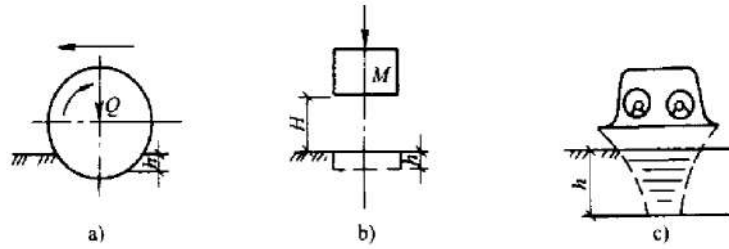
填土的压实方法一般有碾压、夯实、振动压实等几种。

碾压法是靠沿填筑面滚动的鼓筒或轮子的压力压实填土的，适用于大面积填土工程。碾压机械有平碾(压路机)、羊足碾、振动碾和汽胎碾。碾压机械进行大面积填方碾压，宜采用“薄填、低速、多遍”的方法。

夯实方法是利用夯锤自由下落的冲击力来夯实填土，适用于小面积填土的压实。夯实机械有夯锤、内燃夯土机和蛙式打夯机等。

二、压实方法

振动压实法是将振动压实机放在土层表面，借助振动机构使压实机械振动，土颗粒发生相对位移而达到紧密状态。这种方法主要用于非粘性土的压实。



填土压实方法

a) 碾压 b) 夯实 c) 振动压实

二、压实方法

适用于较薄填土或表面
压实、平整场地、修筑
堤坝及道路工程



压路机

二、压实方法

与土接触面积小，但单位面积的压力比较大，土壤的压实效果好，适用于碾压粘性土，不适合于碾压砂土。



羊足碾

二、压实方法

与土接触面积小，但单位面积的压力比较大，土壤的压实效果好，适用于碾压粘性土，不适合于碾压砂土。



羊足碾

二、压实方法

振动平碾使土受振动和碾压两种作用，效率高，适用于填料为爆破石渣、碎石类土、杂填土



振动碾

二、压实方法

汽胎碾在工作时是弹性体，给土的压力较均匀，填土质量较好。



汽胎碾

二、压实方法

夯锤自由下落时的冲击力来夯实土壤，可以夯实较厚的土层。



夯锤

二、压实方法



蛙式打夯机



内燃夯土机

第五节 填土压实

三、填土压实的影响因素

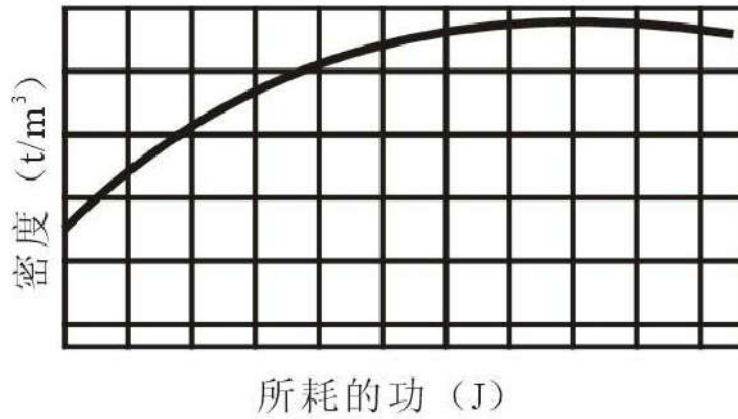
填土压实的主要影响因素为压实功、土的含水量以及每层铺土厚度。

1、压实功的影响

填土压实后的密度与压实机械在其上所施加功有关。

[压实功与密度关系示意图](#)

三、填土压实的影响因素



压实功与密度关系示意图



三、填土压实的影响因素

2、含水量的影响

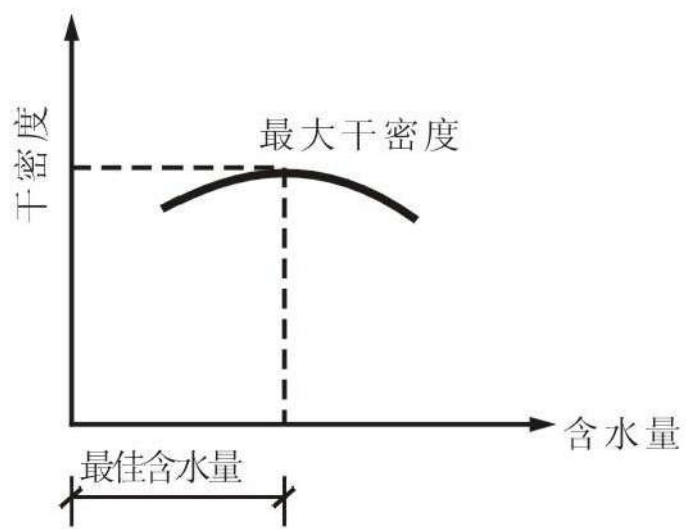
填土含水量的大小直接影响碾压(或夯实)遍数和质量。

较为干燥的土，由于摩阻力较大，而不易压实；当土具有适当含水量时，土的颗粒之间因水的润滑作用使摩阻力减小，在同样压实功作用下，得到最大的密实度，这时土的含水量称做最佳含水量。

土的含水量与干密度关系

土的最佳含水量和最大干密度关系表

三、填土压实的影响因素



土的含水量与干密度关系

三、填土压实的影响因素

土的最佳含水量和最大干密度关系

项次	土的种类	变动范围	
		最佳含水量(%) (质量比)	最大干密度 (g/cm ³)
1	砂土	8~12	1.80~1.88
2	粘土	19~23	1.58~1.70
3	粉质粘土	12~15	1.85~1.95
4	粉土	16~22	1.61~1.80



三、填土压实的影响因素

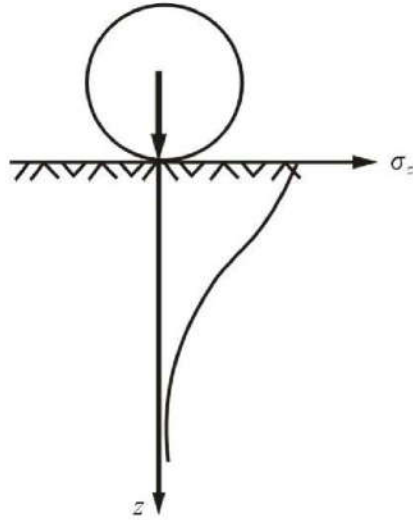
3、铺土厚度的影响

在压实功作用下，土中的应力随深度增加而逐渐减小，其压实作用也随土层深度的增加而逐渐减小。

[示意图](#)

对于重要填方工程，其达到规定密实度所需的压实遍数、铺土厚度等应根据土质和压实机械在施工现场的压实试验决定。若无试验依据应符合[规定](#)。

三、填土压实的影响因素



压实作用沿深度的变化



三、填土压实的影响因素

填土施工时的分层厚度及压实遍数

压实机具	分层厚度(mm)	每层压实遍数
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





第五节 填土压实

四、填土质量检查

填土压实后必须要达到密实度要求，填土密实度以设计规定的控制干密度 ρ_d (或规定的压实系数 λ) 作为检查标准。

土的控制干密度与最大干密度之比称为压实系数。

土的最大干密度乘以规范规定或设计要求的压实系数，即可计算出填土控制干密度 ρ_d 的值。

土的实际干密度可用“环刀法”测定。

填土工程质量检验标准表

四、填土质量检查

填土工程质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值 (mm)					检查方法
			桩基 基坑 基槽	场地平整		管 沟	地 (路) 面基 础层	
				人工	机械			
主控 项目	1	标高	-50	±30	±50	-50	-50	水准仪
	2	分层压实系数	设计要求					按规定方法
一般 项目	1	回填土料	设计要求					取样检查或直观鉴别
	2	分层厚度及含水量	设计要求					水准仪及抽样检查
	3	表面平整度	20	20	30	20	20	用靠尺或水准仪



第一章 土方工程

第六节 土方工程机械化施工

一、常用土方施工机械

1、推土机

(1) 分类

按行走的方式，可分为履带式推土机和轮胎式推土机。

履带式推土机附着力强，爬坡性能好，适应性强；
轮胎式推土机行驶速度快，灵活性好。

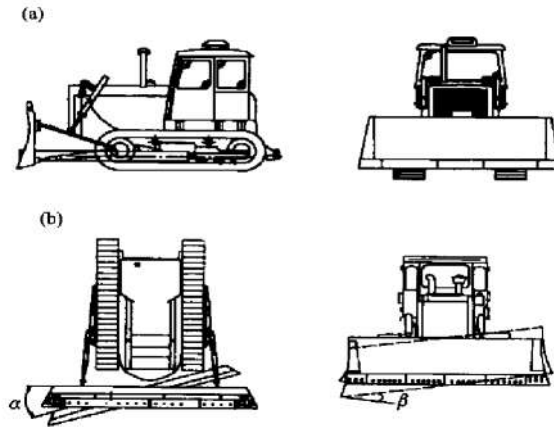
履带式推土机、轮胎式推土机

一、常用土方施工机械



一、常用土方施工机械

推土机按照推土刀安装形式分固定推土刀式和回转推土刀式两种。



履带式推土机

(a) 固定推土刀 (b) 回转推土刀

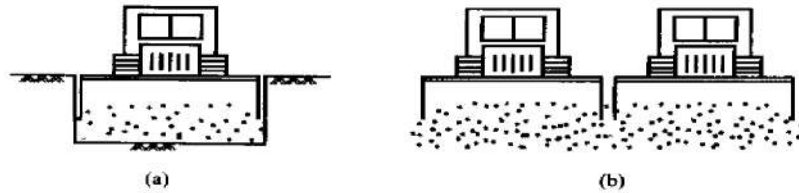
一、常用土方施工机械

(2) 使用

推土机适用于推挖一至三类土。用于平整场地、移挖作填、回填土方、堆筑堤坝、配合挖土机集中土方和修路开道等。推土机作业以切土和推运土方为主。

推土机的作业效率与运距有很大关系。推土机的经济运距一般在100m以内，效率最高的运距一般为60m。

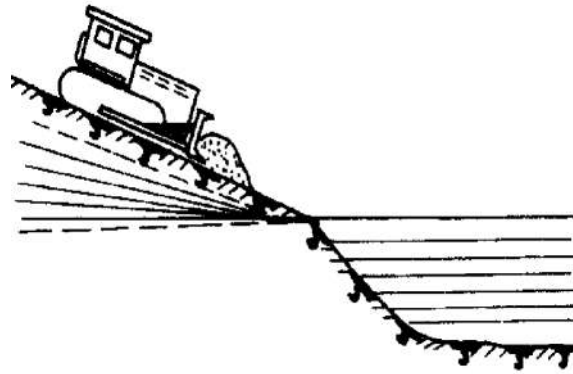
为提高生产率，可采用下坡推土、槽型推土、并列推土。



推土机提高生产率方法

(a) 槽形推土法 (b) 并列推土法

一、常用土方施工机械



下坡推土



一、常用土方施工机械

2、铲运机

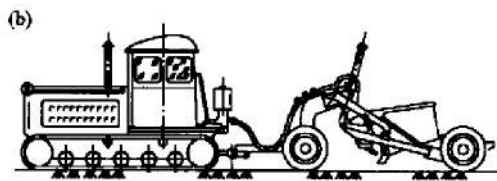
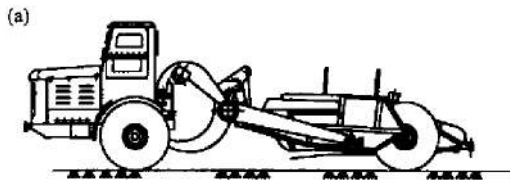
铲运机是一种利用铲斗铲削土壤，并将碎土装入铲斗进行运送的铲土运输机械，能够完成铲土、装土、运土、卸土和分层填土、局部压实的综合作业。

铲运机具有操纵简单，不受地形限制，能独立工作，行使速度快，生产效率高等优点。其适用于一至三类土，如铲削三类以上土壤，需要事先松土。

(1) 分类

一、常用土方施工机械

按行走方式分为牵引式铲运机和自行式铲运机。自行式铲运机其经济运距可达800-1500m。牵引式铲运机需要有拖拉机牵引作业，经济运距一般为200-500m，由于机动性差，工程中较少应用。



铲运机外形图

(a) 自行式 (b) 牵引式

一、常用土方施工机械



牵引式铲运机

一、常用土方施工机械



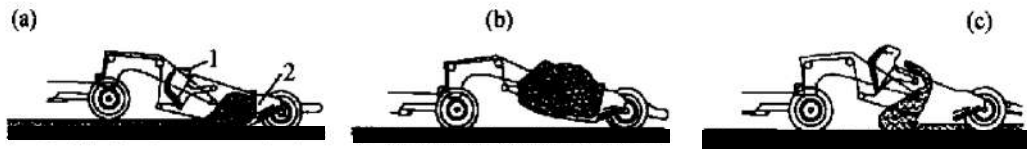
自行式铲运机

一、常用土方施工机械

(2) 工作过程及运行路线

1) 工作过程

铲运机工作过程包括：放下铲斗，打开斗门，向前开行，斗前刀片切削土壤，碎土进入铲斗并装满；提起铲斗，关上斗门，进行运土；到卸土地点后打开斗门、卸土，并调节斗的位置、利用刀片刮平土层；卸土完毕



铲运机的作业过程

(a) 铲土 (b) 运土 (c) 卸土

1-斗门 2-斗体

一、常用土方施工机械

2) 运行线路

铲运机运行路线和施工方法根据工程大小、运距长短、土的性质和地形条件等确定。其运行路线可采用环形路线或8字形路线。

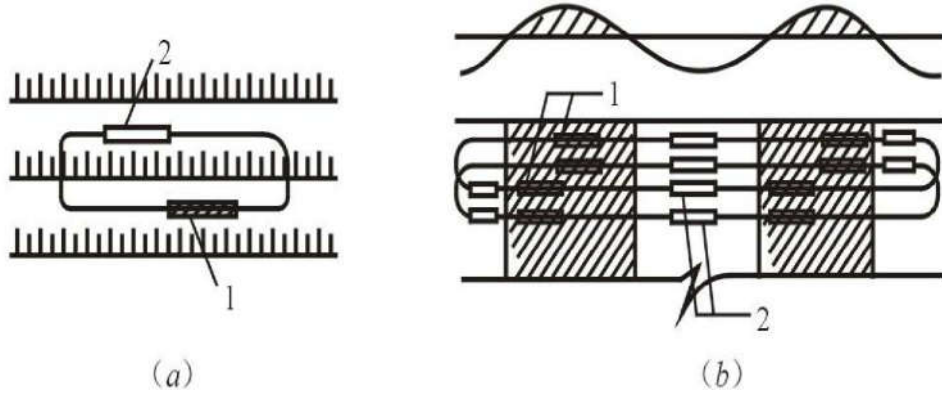
当地形起伏不大，施工段较短（50-100m）且填方高度不高（0.1-1.5m）的路堤、基坑及场地平整宜采用环形路线；当填挖交替且相互间的距离不大时，可采用大环形路线。

[环形路线示意图](#)

当地形起伏较大时，宜采用“8”字形路线，一次循环完成两次铲土卸土，两次转弯方向不同，故机械磨损均匀。

[8字形路线示意图](#)

一、常用土方施工机械



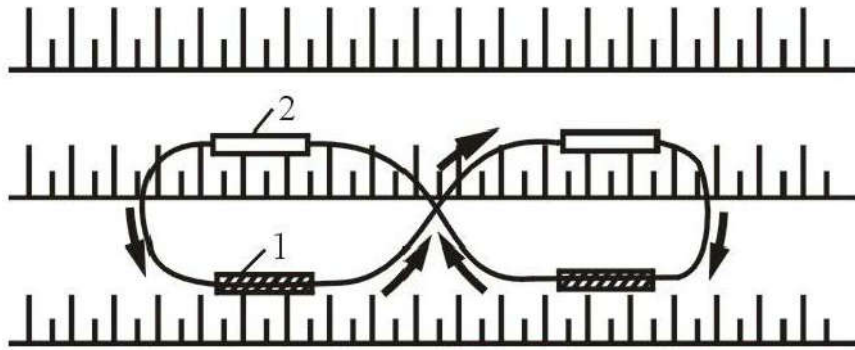
环形路线

(a) 环形路线 (b) 大环形路线

1-铲土；2-卸土



一、常用土方施工机械



“8”字形路线

1-铲土；2-卸土



一、常用土方施工机械

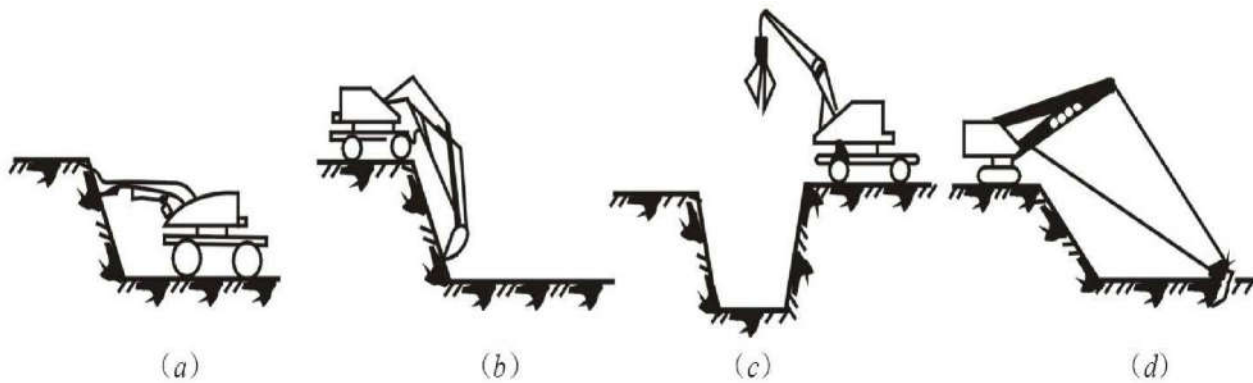
3、单斗挖土机

单斗挖土机按工作装置不同，可分为正铲、反铲、拉铲和抓铲四种。

液压式单斗挖土机的优点是能无级调速且调速范围大；快速作业时，惯性小，并能高速反转；转动平稳，可减少强烈的冲击和振动；结构简单，机身轻，尺寸小；附有不同的装置，能一机多用；操纵省力，易实现自动化。

挖掘机按照行走方式分为履带式和轮胎式两种。

一、常用土方施工机械



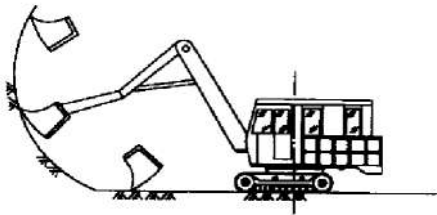
单斗挖土机工作装置的类型

(a) 正铲 (b) 反铲 (c) 抓铲 (d) 拉铲

一、常用土方施工机械

(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；适用于开挖含水量不大于27%的一至三类土，且与自卸汽车配合完成整个挖掘运输作业；可以挖掘大型干燥基坑和土丘等。



正铲挖土机

特点：可360度旋转，动臂可升降，斗臂可收缩，铲斗可转动

[动画演示](#)

一、常用土方施工机械



正铲挖土机



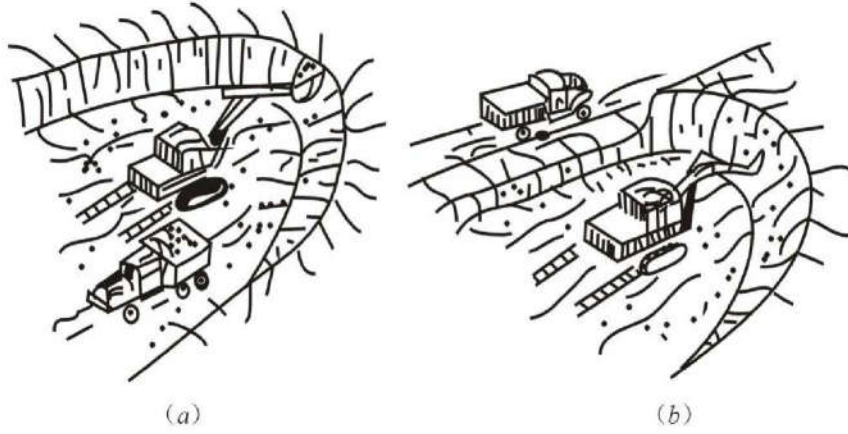
一、常用土方施工机械

正铲挖土机的开挖方式，根据开挖路线与运输车辆的相对位置的不同，挖土和卸土的方式有以下两种：

正向挖土，侧向卸土。

正向挖土，反向卸土。[示意图](#)

一、常用土方施工机械



正铲挖土和卸土方式

(a) 正向挖土，反向卸土 (b) 正向挖土，侧向卸土

一、常用土方施工机械

(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，用于开挖停机面以下的一至三类土，适用于挖掘深度不大于4m的基坑、基槽、管沟，也适用湿土、含水量较大的及地下水位以下的土壤开挖。



反铲挖土机

[动画演示](#)



一、常用土方施工机械

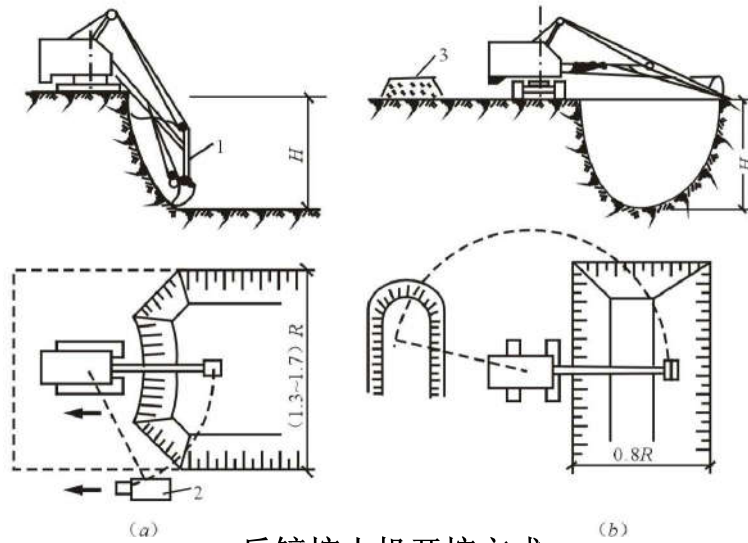
反铲挖土机的开行方式有沟端开挖和沟侧开挖两种。

沟端开挖反铲挖土机停在沟端，向后退着挖土。

沟侧开挖挖土机在沟槽一侧挖土，挖土机移动方向与挖土方向垂直。

[示意图](#)

一、常用土方施工机械



反铲挖土机开挖方式

(a) 沟端开行 (b) 沟侧开行

1-反铲挖土；2-自卸汽车；3-弃土堆



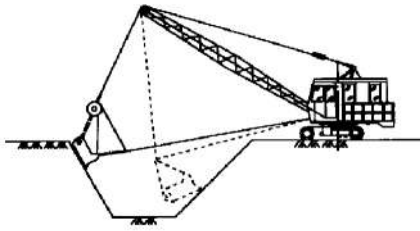
一、常用土方施工机械

(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、基槽和管沟等地面以下的挖土工程，特别适用于含水量大的水下松软土和普通土的挖掘。拉铲开挖方式与反铲相似，可沟端开挖，也可沟侧开挖。

[示意图](#)

一、常用土方施工机械

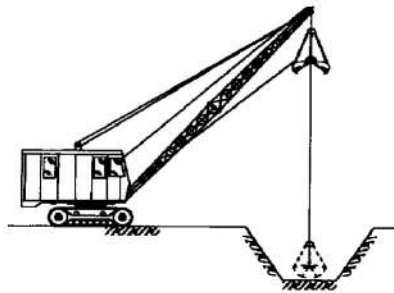


拉铲挖土机

一、常用土方施工机械

(4) 抓铲挖土机

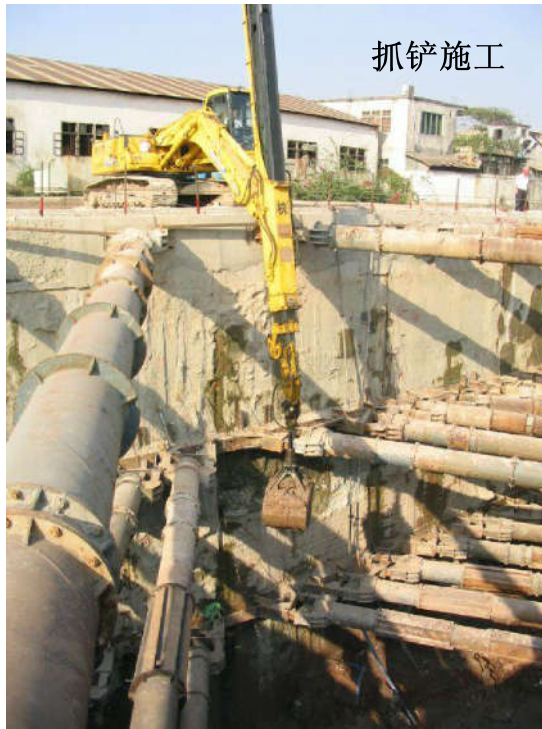
抓铲挖土机主要用于开挖土质比较松软，施工面比较狭窄的基坑、沟槽、沉井等工程，特别适于水下挖土。土质坚硬时不能用抓铲施工。



抓铲

[动画演示](#)

一、常用土方施工机械



抓铲施工



第六节 土方工程机械化施工

二、土方机械的选择

(1) 平整场地

- 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。
- 地形起伏较大，挖方、填方量大且集中的平整场地，运距在1000m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。
- 挖填方高度均不大，运距在100m以内时，采用推土机施工，灵活、经济。



二、土方机械的选择

(2) 地面上的坑式开挖

单个基坑和中小型基础基坑开挖，在地面上作业时，多采用抓铲挖土机和反铲挖土机。抓铲挖土机适用于一、二类土质和较深的基坑；反铲挖土机适于四类以下土质，深度在4m以内的基坑。

(3) 整片开挖

对于大型浅基坑且基坑土干燥，可采用正铲挖土机开挖。若基坑内土潮湿，则采用拉铲或反铲挖土机，可在坑上作业。



二、土方机械的选择

(4) 长槽式开挖

- 若在地面上开挖具有一定截面、长度的基槽或沟槽，适于挖大型厂房的柱列基础和管沟，宜采用反铲挖土机。
- 若为水中取土或土质为淤泥，且坑底较深，则可选择抓铲挖土机挖土。
- 若土质干燥，槽底开挖不深，基槽长30m以上，可采用推土机或铲运机施工。地面上的坑式开挖



二、土方机械的选择

(5) 对于独立柱基础的基坑及小截面条形基础基槽的开挖

宜采用小型液压轮胎式反铲挖土机配以翻斗车来完成浅基坑(槽)的挖掘和运土。