

## 土方与基础工程

### 1.1 土方工程

在建筑工程施工中,首先需进行土方工程施工。土方工程包括场地平整、基坑(槽)与管沟开挖、地下建筑工程的开挖、基坑(槽)与管沟回填、地坪填土等。

土方工程的特点是:工程量大,施工范围广;土的种类繁多,施工时受地形、地质、水文条件的影响大;大多为露天作业,施工时受地区气候条件的影响也很大。土方工程的施工条件复杂而多变,因此,施工前必须做好周密的调查研究和试验工作,制定合理的施工方案,以确保施工安全,加快工程进度和降低工程成本。

#### 1.1.1 土的工程分类和工程性质

##### 1. 土的工程分类

土方工程施工的难易程度与土的工程类别有关。在土方工程施工和工程预算定额中,根据土的开挖难易程度,将土分为八类(十六级)。前四类为土,其中,一类土(I级)为松软土,二类土(II级)为普通土,三类土(III级)为坚土,四类土(IV级)为砂砾坚土;后四类为岩石,其中,五类土(V~VI级)为软石,六类土(VII~IX)为次坚石,七类土(X~XIII)为坚石,八类土(XIV~XVI)为特坚石。土的类别越高越坚硬,越不易开挖,土体结构越稳定,开挖后土体不易松散、坍塌。正确区分和鉴别土的类别,可以合理地选择施工方法和施工机械。

##### 2. 土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工方法、土方机械的选择、基坑(槽)降水方法及土方工程费用等都有直接的影响。土的主要工程性质如下。

##### 1) 土的可松性

土的可松性是指天然状态下的土经挖掘以后,内部组织被破坏,体积增大,以后虽经回填压实,但仍不一定能恢复到原来的体积。土的可松性程度以可松性系数表示,即

土的最初可松性系数

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

土的最终可松性系数

$$K'_p = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中:  $V_1$ ——土在天然状态下的体积,  $\text{m}^3$ ;

$V_2$ ——土经开挖后的松散体积,  $\text{m}^3$ ;

$V_3$ ——填方的土经压实后的体积,  $\text{m}^3$ 。

土的可松性系数是挖、填土方时, 计算土方机械生产率、运土机具数量、回填土方量, 进行场地平整规划竖向设计、土方平衡调配的重要参数。

## 2) 土的含水量

土的含水量是指土中水的质量与固体颗粒质量之比, 以百分率表示, 即

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中:  $m_1$ ——含水状态时土的质量,  $\text{kg}$ ;

$m_2$ ——烘干后土的质量,  $\text{kg}$ ;

$m_w$ ——土中水的质量,  $\text{kg}$ ;

$m_s$ ——土中固体颗粒质量,  $\text{kg}$ 。

土的含水量随气候条件、季节和地下水的影响而变化, 它对基坑(槽)降水、土方边坡的稳定、挖土机械的选择以及填土密实程度有直接的影响。

## 3) 土的渗透性

土的渗透性是指水透过土体时难易程度的性质, 可用渗透系数表示。当基坑(槽)开挖至地下水位以下时, 地下水会在土中渗流, 渗流会受到土颗粒的阻力, 渗流速度与土的渗透系数和渗流路程长短有关, 即

$$V = K \cdot I = K \cdot \frac{h}{l} \quad (1-4)$$

式中:  $V$ ——水在土中的渗流速度,  $\text{m/d}$  或  $\text{cm/s}$ ;

$K$ ——土的渗透系数,  $\text{m/d}$  或  $\text{cm/s}$ ;

$I$ ——水力坡度;

$h$ ——水位差值,  $\text{m}$ ;

$l$ ——水的渗流路程,  $\text{m}$ 。

土的渗透性与土的颗粒级配、密实程度等有关, 其渗透系数一般由现场实验确定。它是选择基坑(槽)降、排水方法, 确定分层填土时相邻两层结合面形式的重要参数。

## 4) 土方边坡

土方边坡是指在某一状态下的土体可以稳定的倾斜能力, 一般用边坡坡度和边坡系数表示。边坡坡度是指边坡高度  $h$  与边坡宽度  $b$  之比, 如图 1-1 所示。工程中通常用  $1:m$  表示边坡的大小,  $m$  称为边坡系数, 即

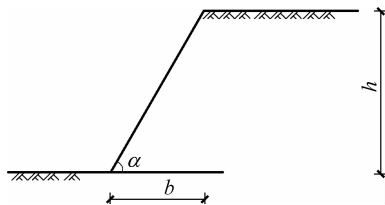


图 1-1 边坡坡度示意图

$$\text{边坡坡度} = \tan \alpha = \frac{h}{b} = \frac{1}{\left(\frac{b}{h}\right)} = 1:m \quad (1-5)$$

### 1.1.2 土方开挖

#### 1. 土方施工前的准备工作

土方工程施工前,应做好以下各项准备工作。

(1) 场地清理。包括拆除施工区域内的房屋、地下障碍物;拆除或搬迁通信和电力设备、上下水管道和其他构筑物;迁移树木;清除树墩及含有大量有机物的草皮、耕植土和河道淤泥等。

(2) 地面水排除。场地内积水会影响施工,故地面水和雨水均应及时排走,以保持场地内干燥。地面水的排除一般采用排水沟、截水沟、挡水土坎等方法。临时性排水设施应尽可能与永久性排水设施相结合。

(3) 搭设临时设施。搭建必需的临时建筑,如加工棚、工具库、材料库、办公和生活临时用房等。设置好临时供水、供电、供压缩空气(开挖石方时)管线,并试水、试电、试气。

(4) 修筑运输道路。修筑场地内车辆运行的道路,且宜结合永久性道路修建,路面宜为双车道,其宽度不小于 6m,路侧应设排水沟。

(5) 编制土方工程施工组织设计。主要确定基坑(槽)的降水方案,确定基坑(槽)的开挖方法、边坡处理或支护的方法,选择及组织土方开挖机械,选择填方土料及回填方法。

(6) 安排好设备。对施工中需使用的机械、运输车辆及各种辅助设备进行维修检查、试运转,并运往现场。

#### 2. 主要土方机械及其施工

土方开挖一般均采用机械化施工。合理选择土方机械,使各种机械在施工中配合协调,充分发挥机械效能,是加快施工进度、保证施工质量和降低工程成本的关键。常用的土方机械有推土机、铲运机、挖土机等。

##### 1) 推土机

推土机由拖拉机和能升降的推土铲组成,按其行走方式可分为轮胎式和履带式两种。它可以完成铲土、运土、摊平及压实松土等工作,适宜开挖一类至三类土,四类以上的土需经预松后才能作业。在土方工程中推土机主要用于平整场地,修筑路基,开挖深度在 1.5m 以内的基坑,填平沟坑,以及配合铲运机、挖土机工作等。在推土机后面还可以安装松土装置,也可以挂羊足碾进行土方压实工作。

推土机常用的作业方法有下坡推土法、2~3 台推土机并列推土法、槽形挖土法、多铲集运法和铲刀附加侧板法等。

##### 2) 铲运机

铲运机由牵引机械和铲斗所组成,按其行走方式可分为自行式和牵引式两种,如图 1-2 所示。它能独立完成铲土、运土、卸土、填筑、整平等工作,最适宜开挖含水量不超过 27% 的一类土和二类土,三类土和四类土需用松土机预松后才能开挖。在土方工程中铲运机常用于大面积场地平整、运距在 800m 以内的土方挖运、开挖大型基坑、填筑堤坝和路基等。

铲运机常采用的作业方法有下坡铲土法、跨铲法和助铲法等。其开行路线对提高生产效率影响很大,常用的开行路线有环形路线和“8”字形路线,如图 1-3 所示。

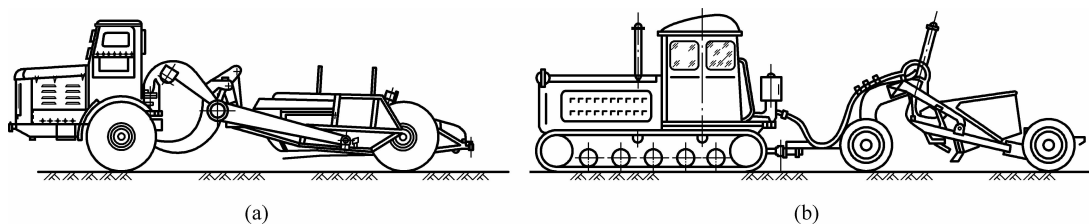


图 1-2 铲运机  
(a) 自行式; (b) 牵引式

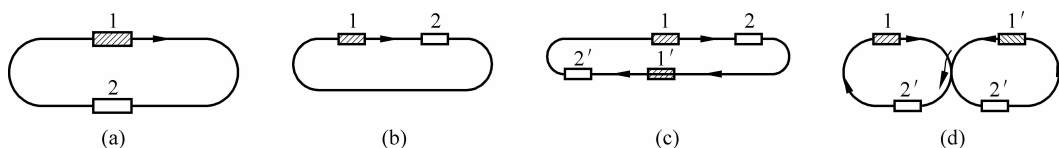


图 1-3 铲运机开行路线图  
(a), (b) 环形路线; (c) 大环形路线; (d) 8 字形路线  
1, 1'—挖土; 2, 2'—卸土

### 3) 挖土机

挖土机可分为单斗挖土机和多斗挖土机, 建筑工程中常采用的是单斗挖土机。单斗挖土机又有正铲、反铲、拉铲和抓铲 4 种类型, 如图 1-4 所示。

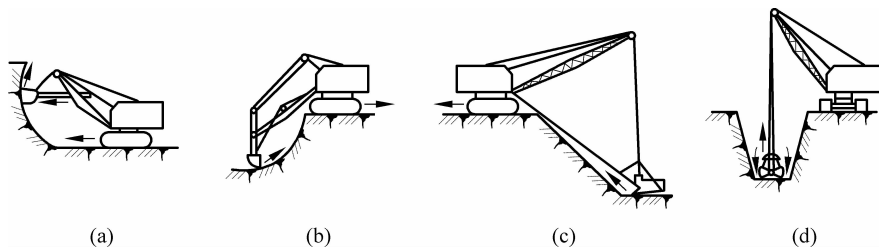


图 1-4 单斗挖土机工作示意图  
(a) 正铲挖土机; (b) 反铲挖土机; (c) 拉铲挖土机; (d) 抓铲挖土机

#### (1) 正铲挖土机

正铲挖土机的工作特点是“前进向上, 强制切土”。它可以开挖停机面以上的一类至四类土和经爆破的岩石、冻土。在土方工程中正铲挖土机常用于开挖大型干燥基坑以及土丘等, 其与运土汽车配合能完成整个挖运任务。

正铲挖土机的开挖方式有正向挖土、侧向卸土和正向挖土、后方卸土两种, 常采用的作业方法有分层开挖法、多层挖土法、中心开挖法、上下轮换开挖法、顺铲开挖法和间隔开挖法等。

#### (2) 反铲挖土机

反铲挖土机的工作特点是“后退向下, 强制切土”。它能开挖停机面以下的一类至三类土, 以及含水量较大或地下水位较高的土方。在土方工程中反铲挖土机常用于开挖基坑、基槽或管沟等, 其与运土汽车配合也能完成整个挖运任务。

反铲挖土机的开挖方式有沟端开行和沟侧开行两种,常采用的作业方法有分条开挖法、沟角开挖法、分层开挖法和多层接力开挖法等。

### (3) 拉铲挖土机

拉铲挖土机的工作特点是“后退向下,自重切土”。它能开挖停机面以下的一类和二类土以及挖取水中泥土,但挖土的精确性较差,且大多将土弃于土堆而不便卸在运输工具上。在土方工程中拉铲挖土机常用于开挖较深较大的基坑、基槽、沟渠,以及填筑路基、修筑堤坝等。

拉铲挖土机的开挖方式也有沟端开行和沟侧开行两种,常采用的作业方法有三角开挖法、分段开挖法、分层开挖法、顺序挖土法、转圈挖土法和扇形挖土法等。

### (4) 抓铲挖土机

抓铲挖土机的工作特点是“直上直下,自重切土”。它能开挖停机面以下的一类和二类土,最适宜于水下挖土,或用于装卸碎石、矿渣等松散材料。其在土方工程中常用于开挖施工面狭窄的深基坑、基槽,也常在软土地区用于开挖桩孔、地下连续墙、沉井等。

抓铲挖土机的开挖方式有沟侧开挖和定位开挖两种。

## 3. 土方边坡与土壁支护

土方开挖之前,为了确保土方开挖和基础施工过程中的安全,在编制土方工程施工组织设计时,应确定土方开挖的边坡或土壁支护的形式。

### 1) 放坡开挖

#### (1) 边坡形式

土方开挖时边坡的形式应根据土的类别、开挖深度、周边环境、施工季节以及施工组织方式、技术经济的合理性等因素确定。常用的边坡形式有直线形、折线形、阶梯形和分级形等,如图 1-5 所示。

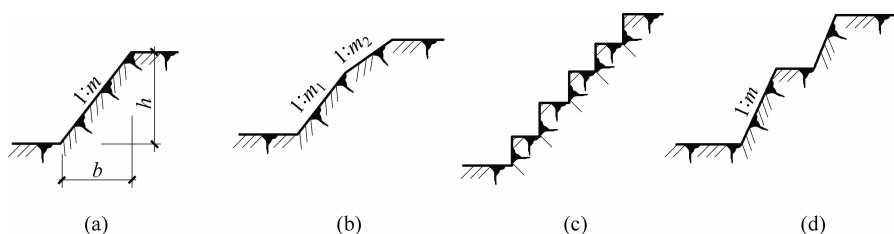


图 1-5 边坡的形式

(a) 直线形; (b) 折线形; (c) 阶梯形; (d) 分级形

### (2) 影响土方边坡稳定的因素

土方边坡的稳定主要是依靠土体内土颗粒间存在的摩擦力和黏结力,使土体具有一定的抗剪强度。若土体失稳,则会沿着滑动面整体滑动(滑坡)。为保证边坡稳定,应使土体的下滑力小于土颗粒间的摩擦力和黏结力之和。黏性土既有摩擦力又有黏结力,土的抗剪强度较高,土体不易失稳;砂性土只有摩擦力而无黏结力,抗剪强度较差。所以,黏性土的坡度可陡些,砂性土的坡度应缓些。

当外界因素发生变化,土体的抗剪强度降低或土体所受剪应力增加时,就破坏了土体的自然平衡状态,可能会导致边坡失去稳定而塌方。造成土体抗剪强度降低的主要原因是雨

水或施工用水浸入土体使其含水量增加,由于水的润滑作用使土颗粒之间的摩擦力和黏结力降低;而造成土体所受剪应力增加的主要原因有坡顶上部荷载的增加、土体自重的增大(含水量增加)以及地下水渗流中动水压力的作用,此外地面水浸入土体的裂缝中所产生的静水压力也会使土体内的剪应力增加。所以,在确定土方边坡的形式及坡度大小时,既要考虑上述各方面的因素,又要注意周边环境条件的变化,才能保证土方和基础工程施工的顺利进行。

### (3) 土方边坡的留设

① 直壁开挖不加支撑。当土质均匀、湿度正常,地下水位低于基坑(槽)或管沟底面标高,且敞露时间不长时,挖方边坡可做成直立壁不加支撑。但挖方深度不得超过下列允许深度:密实、中密的砂土和碎石类土(充填物为砂土)为1.0m;硬塑、可塑的粉质黏土及粉土为1.25m;硬塑、可塑的黏土和碎石类土(充填物为黏性土)为1.5m;坚硬的黏土为2.0m。

② 放坡开挖不加支撑。当土的湿度、土质及其他地质条件较好且地下水位低于基坑(槽)或管沟底面标高,挖方深度在5m以内(浅基坑)时,可放坡开挖而不加支护。边坡坡度的大小应根据土的种类和力学性质、开挖深度、开挖方法、边坡留置时间的长短、坡顶荷载状况、降排水情况及气候条件等确定。对于永久性场地,挖方边坡坡度应符合设计要求,如设计无规定时,可查阅有关资料确定;对使用时间较长的临时性挖方边坡坡度,应根据有关规范的规定,并结合当地实践经验确定,一般在 $1:0.50\sim 1:1.50$ 之间。对于岩石边坡,应根据其岩石类别和风化程度进行确定。

### 2) 土壁支护

对于土质较差且不稳定或较深的基坑(槽)、管沟,当采用放坡开挖无法保证施工安全,或现场无放坡条件,以及考虑经济因素时,土方开挖应采用临时性支护措施。土壁支护可采用全深度支护或上段放坡开挖、下段支护的方式。土壁支护主要有以下几种形式。

#### (1) 浅基坑支护

浅基坑支护的形式主要有斜柱支撑、锚拉支撑、型钢桩横挡板支撑、短桩横隔板支撑、临时挡土墙支撑、挡土灌注桩支护、叠袋式挡墙支护等。

#### (2) 深基坑透水挡土支护

深基坑透水挡土支护结构用于地下水位低于基坑底面或基坑外降水的情况,其形式主要有H型钢(工字钢)桩加横挡板挡土、间隔式(疏排)混凝土灌注桩加钢丝网水泥抹面护壁、密排式混凝土灌注桩或预制桩、连拱式灌注桩、土钉墙支护等。

#### (3) 深基坑止水挡土支护

深基坑止水挡土支护结构用于地下水位高于基坑底面且基坑内降水而基坑外不降水的情况,其形式主要有深层搅拌水泥土墙,密排桩间加高压喷射水泥注浆桩或加化学注浆桩,地下连续墙,锁口钢板桩等。

#### (4) 深基坑支撑结构

深基坑支撑的结构是为提高挡土支护结构的刚度和稳定性而设立,其形式主要有自立式(悬臂)支护,锚拉式支护,土层锚杆,钢管、型钢或混凝土水平支撑、斜撑,环梁支撑法等。

## 4. 土方开挖方法及施工要点

基坑开挖前,应根据工程的结构形式、基坑深度、地质条件、周围环境、施工方法、施工工

期和地面荷载等资料,确定基坑开挖方案和地下水控制的施工方案。

### 1) 浅基坑开挖

浅基坑开挖时的施工要点如下。

(1) 基坑开挖的程序为:测量放线→分层开挖→排降水→修坡→整平→留足预留土层等。相邻基坑开挖时,应遵循先深后浅或同时进行的顺序。

(2) 挖土时应水平分段、分层进行,基坑、基槽底部的宽度应比基础底部每边宽出 150~300mm,以便于基础施工。土壁要求平直,挖完一层,设置一层支护,挡土板应紧贴土面。挖土时不得碰撞或损伤支护结构、降水设施。

(3) 若开挖的土方量不大且土质较好,应将挖掘土有计划地堆置在现场,以满足基坑(槽)回填及室内填土的需要。但堆置的土方应在距离基坑(槽)边坡坡顶的 0.8m 以外,且不得超过设计荷载,以免影响施工或造成土壁坍塌、边坡滑移等事故。

(4) 基坑开挖时不得扰动地基土而破坏土体结构,降低其承载力。采用机械挖土时,应在基底标高以上保留一定厚度的土层不挖,待基础施工前由人工挖掘修整。使用铲运机、推土机时,保留土层厚度为 150~200mm,使用正铲、反铲或拉铲挖土机时保留土层厚度为 200~300mm。采用人工挖土时,若基坑挖好后不能立即进行下道工序,也应保留 150~300mm 厚的土层不挖,待下道工序开始前再挖至设计标高。

(5) 土方开挖应连续进行,并尽快完成。施工时基坑周围的地面上应进行防水、排水处理,严防雨水等地面水浸入基坑周边土体和流入基坑,以避免塌方或地基土遭到破坏。雨季施工时,基坑应分段开挖,挖好一段浇筑一段垫层。

(6) 在地下水位以下挖土时,应采取降、排水措施,将水位降低至距基坑底面 0.5m 以下,以利于挖土施工。降水工作应持续到基础(包括地下水位以下回填土)施工完成。

(7) 土方开挖中如发现地下管线,应及时通知有关部门处理;如发现文物或古墓,应立即妥善保护并及时报请当地有关部门到现场处理,待妥善处理后方可继续施工。

(8) 基坑开挖中,应对平面控制桩、水准点、基坑平面位置、水平标高、边坡坡度等经常复测检查,并及时修整。挖至设计标高后再统一进行修坡清底,检查坑底尺寸和标高。基坑挖完后应进行验槽,并作好记录。

### 2) 深基坑开挖

在深基坑土方开挖前,要详细确定挖土方案和施工组织;要对支护结构、地下水位及周围环境进行必要的监测和保护,并注重信息化施工技术的应用。施工中除应遵循浅基坑开挖的要点外,还应注意以下施工要点。

(1) 深基坑工程的挖土方案,主要有放坡挖土、中心岛式(也称墩式)挖土、盆式挖土和逆作法挖土。第一种无支护结构,后三种皆有支护结构。

(2) 深基坑土方开挖的顺序、方法必须与支护结构设计的工况相一致,并遵循“开槽支撑,先撑后挖,分层开挖,严禁超挖”的原则。

(3) 施工中应防止深基坑挖土后基底土体回弹变形过大。减少基坑回弹变形的有效措施是设法减少土体中有效应力的变化,减少暴露时间,并防止地基土浸水。因此,在基坑开挖过程中和开挖后,均应保证降水工作正常进行,并在挖至设计标高后,尽快浇筑基础垫层和底板。必要时,可对基础结构下部土层进行加固。

(4) 深基坑开挖通常在桩基础施工完毕后进行,开挖前应制订合理的施工顺序和技术

措施,防止土方开挖时桩的位移和倾斜。为此,在基础群桩施工后应停留一定时间,并用降水设备预抽地下水,待土中由于打桩积聚的应力有所释放,孔隙水压力有所降低,被扰动的土体重新固结后,再开挖基坑土方。而且土方的开挖应均匀、分层,尽量减少开挖时的土压力差。

(5) 挖土时应配合深基坑支护结构进行。因为挖土方式直接影响到支护结构的荷载,要尽可能使支护结构受力均匀,减少变形。为此,要坚持采用分层、分块、均衡、对称的方式进行挖土,以保证支护结构的稳定和施工安全。

### 1.1.3 基坑(槽)降水

在地下水位较高的地区开挖基坑或沟槽时,挖至地下水位后,土的含水层被切断,地下水会不断渗流到基坑中。雨季施工时,雨水也会落入基坑。为了保证施工的正常进行,防止出现流砂、边坡失稳和地基承载力下降等情况,必须在基坑(槽)开挖前或开挖时做好降水、排水工作。基坑(槽)的降水方法有集水井法和人工降低地下水位法。

#### 1. 集水井法

集水井法又称明排水法,属于重力降水。它是采用截、疏、抽的方法进行排水,即在基坑开挖过程中,沿基坑底部周边或中央开挖排水沟,并设置一定数量的集水井,使基坑内的水经排水沟流向集水井,然后用水泵抽走,如图 1-6 所示。

施工中,应根据基坑(槽)底涌水量的大小、基础的形状和水泵的抽水能力,确定排水沟的截面尺寸和集水井的数量。排水沟和集水井应设在距基础底边 0.4m 以外,当坑(槽)底为砂质土

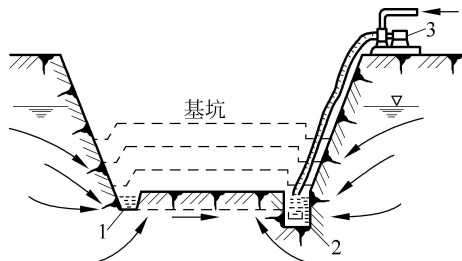


图 1-6 集水井降水示意图

1—排水沟; 2—集水井; 3—水泵

时,排水沟边缘应离开坡脚 0.3m 以上,以免影响边坡的稳定。排水沟的底宽不小于 0.3m,深度为 0.3~0.6m,并向集水井方向保持 1‰~2‰ 的纵向坡度。集水井每间隔 30~40m 设置一个,其直径或宽度为 0.6~0.8m,深度随挖土深度的增加而加深,且应低于挖土面 0.8~1.0m。基坑(槽)挖至设计标高后,集水井底应低于基坑底 1.0m 以上,并铺设碎石滤水层。当集水井积水达到一定深度后,应及时将水抽出坑外。为了防止由于抽水时间较长而将泥砂抽出以及井底土层被搅动而塌方,井壁可用木板、砖砌、钢筋笼等进行加固。

集水井法降水深度一般在 5m 以内,由于其设备简单、排水方便,在工程中被广泛采用。该方法适用于渗水量较大的粗粒土层的降水,因为水流一般不至于将粗颗粒带走;也可用于渗水量较小的黏性土层降水。集水井法不适于细砂土和粉砂土层,因为地下水渗流时会带走细颗粒而发生流砂现象,导致边坡坍塌、坑底凸起而难以施工。在这种情况下,必须采取有效的措施防止流砂现象的发生。

#### 2. 人工降低地下水位法

人工降低地下水位,就是在基坑开挖前,预先在基坑四周埋设一定数量的滤水管(井),利用抽水设备不断地抽出地下水,使地下水位降低至坑底标高以下,直至基础工程施工完毕为止。人工降低地下水位不仅是一种降水措施,也是一种加固地基的方法。

人工降低地下水位的方法有轻型井点、喷射井点、电渗井点、管井井点(大口井)及深井

井点等。施工时可根据土的渗透系数、需要降水的深度、工程特点、设备条件等具体情况选用。其中以轻型井点的理论最为完善,应用较广;深基坑降水常采用管井井点,其应用亦较广泛。本节仅介绍轻型井点和管井井点的降水方法。

### 1) 轻型井点

采用轻型井点法降低地下水位如图 1-7 所示。这种方法就是沿基坑周围或一侧以一定间距埋入井点管(下端为滤管)至蓄水层内,井点管上端通过弯联管与地面上水平铺设的集水总管相连接,利用真空原理,通过抽水设备将地下水从井点管内不断抽出,使原有地下水位降至坑底以下。

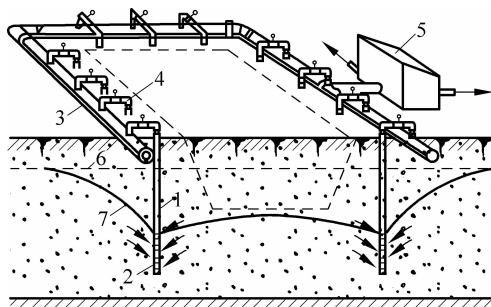


图 1-7 轻型井点法降低地下水位示意图

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

轻型井点系统的布置,需根据基坑或沟槽的平面形状、尺寸、深度、土质、地下水位的高度与流向、降水深度要求等因素进行设计和计算后确定。其降水深度一般为 3~6m,若采用多层(多级)井点,其降水深度可达 12m。该方法具有机具简单、使用灵活、装拆方便、降水效果好、可防止流砂现象发生、提高边坡稳定性、费用较低等优点,但该方法需配置整套的井点系统设备。轻型井点适用于渗透系数为  $10^{-5} \sim 10^{-2} \text{ cm/s}$  的土质,以及土层中含有大量细砂和粉砂,采用集水井法易引起流砂的情况。

### 2) 管井井点

管井井点降水系统由管井、吸水管和抽水设备组成,其中管井由管身、滤水管和沉砂管三部分组成,如图 1-8 所示。管井上部的管身可采用直径 150~250mm 的钢管或塑料管;下部滤水管的长度一般为 5~9m,可采用与上部管身相同直径和材质的带孔滤管,且外包滤网。当土质较好,深度在 15m 内,管井也可采用外径为 380~600mm、壁厚 50~60mm 的混凝土管,其下部滤水管可采用每节长 1.2~1.5m 的带孔滤管或无砂混凝土滤管,且外包滤网。沉砂管在降水过程中可起到沉淀作用,一般采用与滤水管相同直径的钢管,下端用钢板封底。吸水管插入管井内,可采用直径为 50~100mm 的钢管、橡胶管或塑料管。吸水管与抽水设备

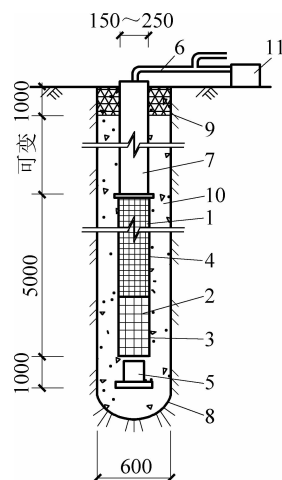


图 1-8 管井井点(单位: mm)

1—滤水井管; 2—钢筋焊接管架;  
3—铁环; 4—管架外包铁丝网;  
5—沉砂管; 6—吸水管;  
7—钢管; 8—井孔; 9—黏土封口;  
10—填充砂砾; 11—抽水设备

相连,抽水设备常用潜水泵或深井泵。用潜水泵时水泵在管井内,每井一泵;用深井泵时可一井一泵,也可多井一泵,视渗水量的多少和水泵的抽水能力而定。

在降水过程中,地下水渗流进入滤水管后,可用水泵通过吸水管抽走。管井井点的降水深度 $>6\text{m}$ 。其布置较灵活,在基坑内和基坑外均可设置井点,井距一般不大于 $25\text{m}$ ,井深为 $8\sim 30\text{m}$ 。管井周围需填灌砾石过滤层,顶部用黏土封口填实。

管井井点的设备较为简单,排水量大,降水较深,且工作的适用性较强,例如,在使用中可以通过控制水泵的抽水量来调整井内水位的变化和抽水影响范围,甚至可采用停抽水、封井或减少抽吸频率的方法控制降水。管井井点适用于渗透系数较大( $\geq 10^{-5}\text{cm/s}$ )、地下水丰富的土层和砂层,或用集水井法易造成土粒大量流失的情况,以及采用轻型井点法难以满足要求的情况。

### 3. 流砂及其防治

采用集水井法降水时,当基坑挖至地下水位以下,且土质为细砂或粉砂时,基坑底部的砂土会随水流涌入坑内,这种现象称为流砂。流砂会造成土体失去承载能力,边挖土边冒砂,施工条件恶化,严重时还会造成边坡塌方,甚至会造成附近的地下管线变形及建筑物、构筑物的下沉、倾斜、倒塌。因此,在施工前必须对工程地质和水文地质资料进行详细的调查研究,采取有效措施防止流砂的产生。

#### 1) 流砂产生的原因

流砂产生的重要条件是动水压力。动水压力是指流动中的地下水对土颗粒产生的压力,其方向与水流方向一致。动水压力对基坑土体的影响见图1-9。对于图中单位土体1而言,水流方向向下,即动水压力向下,与重力方向一致,土体趋于稳定;对单位土体2而言,水流方向向上,即动水压力向上,这时土颗粒不但受到水的浮力作用,还受到向上的动水压力作用,有上举的趋势。当动水压力 $G_D$ 等于或大于土的浸水容重时,则土颗粒失去自重,处于悬浮状态,并随渗流的水一起流入基坑,发生流砂现象。

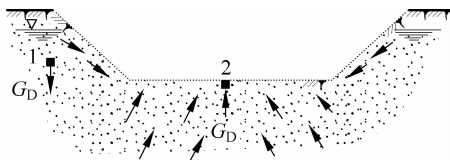


图1-9 动水压力示意图  
 $G_D$ —动水压力;1,2—单位土体

实践表明,对于易发生流砂的土质,若基坑挖深超过地下水位线 $0.5\text{m}$ 左右,就有可能发生流砂现象;地下水位越高,基坑内外的水位差越大,动水压力就越大,就越容易发生流砂现象。但流砂现象一般发生在细砂、粉砂及粉质砂土中。在粗大砂砾中,因孔隙较大,水在其间流过时阻力小,动水压力也小,不易出现流砂;而在黏性土中,由于土粒间黏结力较大,也不会发生流砂现象。

#### 2) 流砂的防治

防治流砂的主要途径有以下三方面。一是减小或平衡动水压力,其方法有:①在枯水期施工;②水下挖土法;③坑壁打板桩;④坑壁浇筑地下连续墙或地下连续灌注桩;⑤坑壁浇筑水泥土墙。二是改变动水压力的方向,采用人工降低地下水位的方法。使坑底的动水压力方向向下,或是截断地下水流。三是改善土质,采用向土中注入水泥浆或硅化浆的方法加固土体,使其稳定。此外,在含有大量地下水的土层或沼泽地区施工时,还可以采用土壤冻结法、烧结法等。

当基坑出现局部或轻微流砂现象时,可采用抛入石块、装土(或砂)袋把流砂压住的方