

模块 6

降水施工



学习目标

- (1) 掌握明沟、集水井排水布置要求、方法,会选用水泵。
- (2) 掌握基坑涌水量计算及降水井(井点或管井)数量计算,掌握井点结构和施工的技术要求。

6.1 基坑明排水

6.1.1 明沟、集水井的排水布置

明排水法是在基坑开挖过程中,在坑底设置集水井,并沿坑底的周围或中央开挖排水沟,使水流入集水井内,然后用水泵抽出坑外。明排水法包括普通明沟排水法和分层明沟排水法。

1) 普通明沟排水法

普通明沟排水法是采用截、疏、抽的方法进行排水,即在开挖基坑时,先沿坑底周围或中央开挖排水沟,再在沟底设置集水井,使基坑内的水经排水沟流入集水井内,最后用水泵抽出坑外,如图 6-1 和图 6-2 所示。

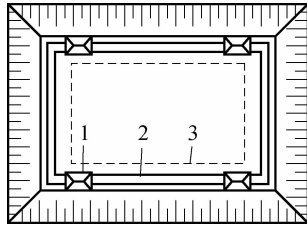


图 6-1 坑内明沟排水

1—集水井; 2—排水沟; 3—基础外边线

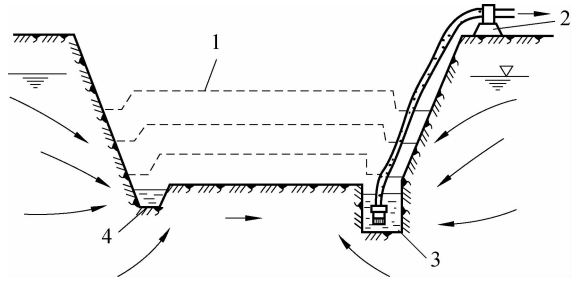


图 6-2 集水井降水

1—基坑; 2—水泵; 3—集水井; 4—排水坑

(1)基本构造。根据地下水量、基坑平面形状及水泵的抽水能力,每隔 30~40 m 设置一个集水井。集水井的截面尺寸一般为 0.6 m×0.6 m~0.8 m×0.8 m,其深度随着挖土的加深而加深,并保持低于挖土面 0.8~1.0 m,井壁可用竹笼、砖圈、木枋或钢筋笼等做简易加固。当基坑挖至设计标高后,井底应低于坑底 1~2 m,并敷设 0.3 m 厚的碎石滤水层,以免由于抽水时间较长而将泥沙抽出,并防止井底的土被搅动。一般基坑排水沟的深度为 0.3~0.6 m,底宽应不小于 0.3 m,排水沟的边坡为 1.1~1.5 m,沟底设有 0.2%~0.5% 的纵坡,其深度随着挖土的加深而加深,并保持水流的畅通。基坑四周的排水沟及集水井必须设置在基础范围以外,且在地下水流的上游。

(2)排水机具的选用。集水坑排水所用机具主要为离心泵、潜水泵和软轴泵。选用水泵类型时,一般取水泵的排水量为基坑涌水量的 1.5~2.0 倍。

2) 分层明沟排水法

当基坑较深,开挖土层由多种土壤组成,中部夹有透水性强的砂类土壤时,为避免上层地下水冲刷下部边坡,造成塌方,可在基坑边坡上设置 2~3 层明沟及相应的集水井,分层拦截土层中的地下水,如图 6-3 所示。这样一层一层地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,其排水沟与集水井的设置及基本构造基本与普通明沟排水法相同。

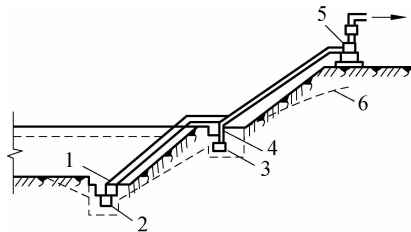


图 6-3 分层明沟排水

1—底层排水沟; 2—底层集水井; 3—二层集水井;
4—二层排水沟; 5—水泵; 6—水位降低线

6.1.2 水泵的选用

集水明排水是用水泵从集水井中排水,常用的水泵有潜水泵、离心式水泵和泥浆泵,其主要技术性能如表 6-1~表 6-4 所示。排水所需水泵的功率按式(6-1)计算。

$$N = \frac{K_1 QH}{75 \eta_1 \eta_2} \quad (6-1)$$

式中, N 为水泵功率(kW); K_1 为安全系数,一般取 2; Q 为基坑涌水量(m^3/d); H 为包括扬水、吸水及各种阻力造成的水头损失在内的总高度(m); η_1 为水泵效率,取 0.4~0.5; η_2 为动力机械效率,取 0.75~0.85。

表 6-1 潜水泵的主要技术性能

水泵型号	流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	扬程/m	电机功率/kW	转速/ $(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	电流/A	电压/V
QY-3.5	100	3.5	2.2	2 800	6.5	380
QY-7	65	7	2.2	2 800	6.5	380
QY-15	25	15	2.2	2 800	6.5	380
QY-25	15	25	2.2	2 800	6.5	380
JQB-1.5-6	10~22.5	20~28	2.2	2 800	5.7	380
JQB-2-10	15~32.5	12~21	2.2	2 800	5.7	380
JQB-4-31	50~90	4.7~8.2	2.2	2 800	5.7	380
JQB-5-69	80~120	3.1~5.1	2.2	2 800	5.7	380
7.5JQB8-97	288	4.5	7.5	—	—	380
1.5JQB2-10	18	14	1.5	—	—	380
2Z6	15	25	4.0	—	—	380
JTS-2-10	25	15	2.2	2 900	5.4	—

表 6-2 B 型离心式水泵的主要技术性能

水泵型号	流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	扬程/m	吸程/m	电机功率/kW	重量/kg
1 $\frac{1}{2}$ B-17	6~14	20.3~14.0	6.6~6.0	1.5	17.0
2B-31	10~30	34.5~24.0	8.2~5.7	4.0	37.0
2B-19	11~25	21.0~16.0	8.0~6.0	2.2	19.0
3B-19	32.4~52.2	21.5~15.6	6.2~5.0	4.0	23.0
3B-33	30~55	35.5~28.8	6.7~3.0	7.5	40.0
3B-57	30~70	62.0~44.5	7.7~4.7	17.0	70.0
4B-15	54~99	17.6~10.0	5.0	5.5	27.0
4B-20	65~110	22.6~17.1	5.0	10.0	51.6

(续表)

水泵型号	流量/(m ³ ·h ⁻¹)	扬程/m	吸程/m	电机功率/kW	重量/kg
4B-35	65~120	37.7~28.0	6.7~3.3	17.0	48.0
4B-51	70~120	59.0~43.0	5.0~3.5	30.0	78.0
4B-91	65~135	98.0~72.5	7.1~40.0	55.0	89.0
6B-13	126~187	14.3~9.6	5.9~5.0	10.0	88.0
6B-20	110~200	22.7~17.1	8.5~7.0	17.0	104.0
6B-33	110~200	36.5~29.2	6.6~5.2	30.0	117.0
8B-13	216~324	14.5~11.0	5.5~4.5	17.0	111.0
8B-18	220~360	20.0~14.0	6.2~5.0	22.0	—
8B-29	220~340	32.0~25.4	6.5~4.7	40.0	139.0

表 6-3 BA 型离心式水泵的主要技术性能

水泵型号	流量 /(m ³ ·h ⁻¹)	扬程/m	吸程/m	电机功率/kW	外形尺寸 (长×宽×高)/mm	重量/kg
1 1/2 BA-6	11.0	17.4	6.7	1.5	370×225×240	30
2BA-6	20.0	38.0	7.2	4.0	524×337×295	35
2BA-9	20.0	18.5	6.8	2.2	534×319×270	36
3BA-6	60.0	50.0	5.6	17.0	714×368×410	116
3BA-9	45.0	32.6	5.0	7.5	623×350×310	60
3BA-13	45.0	18.8	5.5	4.0	554×344×275	41
4BA-6	115.0	81.0	5.5	55.0	730×430×440	138
4BA-8	109.0	47.6	3.8	30.0	722×402×425	116
4BA-12	90.0	34.6	5.8	17.0	725×387×400	108
4BA-18	90.0	20.0	5.0	10.0	631×365×310	65
4BA-25	79.0	14.8	5.0	5.5	571×301×295	44
6BA-8	170.0	32.5	5.9	30.0	759×528×480	166
6BA-12	160.0	20.1	7.9	17.0	747×490×450	146
6BA-18	162.0	12.5	5.5	10.0	748×470×420	134
8BA-12	280.0	29.1	5.6	40.0	809×584×490	191
8BA-18	285.0	18.0	5.5	22.0	786×560×480	180
8BA-25	270.0	12.7	5.0	17.0	779×512×480	143



表 6-4 泥浆泵的主要技术性能

泥浆泵 型号	流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	扬程/m	电机 功率/kW	泵口径/mm		外形尺寸 (长×宽×高)/m	重量/kg
				吸入口	出口		
3PN	108	21	22	125	75	0.76×0.59×0.52	450
3PNL	108	21	22	160	90	1.27×5.1×1.63	300
4PN	100	50	75	75	150	1.49×0.84×1.085	1 000
$2 \frac{1}{2}$ NWL	25~45	5.8~3.6	1.5	70	60	1.247(长)	61.5
3NWL	55~95	9.8~7.9	3	90	70	1.677(长)	63
BW600/30	(600)	300	38	102	64	2.106×1.051×1.36	1 450
BW200/30	(200)	300	13	75	45	1.79×0.695×0.865	578
BW200/40	(200)	400	18	89	38	1.67×0.89×1.6	680

注:括号中数值的单位为 L/min。

6.2 人工降水



6.2.1 人工降水概述

在软土地区,当基坑开挖深度超过 3 m 时,一般要用井点降水。开挖深度浅时,也可边开挖边用排水沟和集水井进行集水明排。地下水的控制方法有很多种,其适用条件如表 6-5 所示,选择时应根据土层情况、降水深度、周围环境、支护结构种类等进行综合考虑。当因降水而危及基坑及周边环境安全时,宜采用截水或回灌的方法。

表 6-5 地下水控制方法的适用条件

方法名称		土 类	渗透系数/($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)	降水深度/m	水文地质特征
集水明排		填土、粉土、砂土、碎石土	7.0~20.0	<5	上层滞水或水量不大的潜水
降水	真空井点		0.1~20.0	单级<6 多级<20	
	喷射井点		0.1~20.0	<20	
管井		粉土、砂土、碎石土、可溶岩、破碎带	1.0~200.0	>5	含水丰富的潜水、承压水、裂隙水

轻型井点降低地下水位的原理是沿基坑周围以一定的间距埋入井点管(下端为滤管),在地面上用水平敷设的集水总管将各井点管连接起来,在一定位置设置离心泵和水力喷射器,离心泵驱动工作水,当水流通过喷嘴时形成局部真空,地下水在真空吸力的作用下经滤管进入井管,然后经集水总管排出,从而降低了水位。

轻型井点系统由井点管、连接管、集水总管及抽水设备等组成,如图 6-4 所示。

(1)井点管。井点管多为无缝钢管,长度一般为 5~7 m,直径为 38~55 mm。井点管的下端装有滤管和管尖,滤管的构造如图 6-5 所示。滤管的直径常与井点管的直径相同,长度为 1.0~1.7 m,管壁上钻有直径为 12~18 mm 的滤孔,呈星棋状排列。管壁外包两层滤网,内层为细滤网,采用每厘米 30~50 孔的黄铜丝布或生丝布,外层为粗滤网,采用每厘米 8~10 孔的铁丝布或尼龙丝布。常用的滤网类型有方织网、斜织网和平织网。一般在细砂中适宜采用平织网,中砂中宜采用斜织网,粗砂、砾石中则用方织网。为避免滤孔淤塞,在管壁与滤网间用铁丝绕成螺旋形隔开,滤网外面再围一层 8 号粗铁丝保护网。滤管下端放一个锥形铸铁头以利井管插埋。井点管的上端用弯管接头与总管相连。

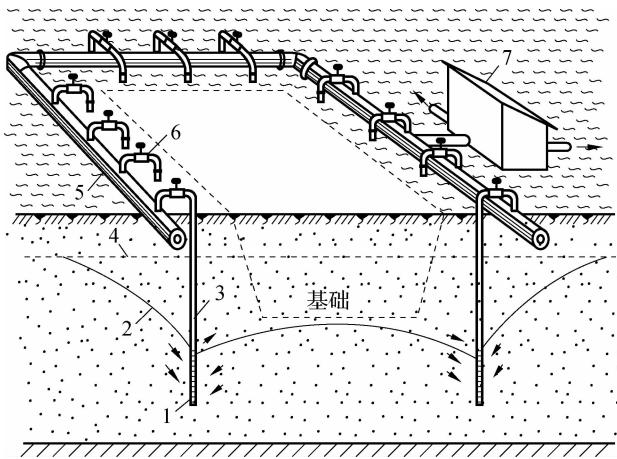


图 6-4 轻型井点系统

- 1—滤管; 2—降低后的地下水位线;
- 3—井点管; 4—原地下水位线;
- 5—集水总管; 6—连接管;
- 7—水泵房

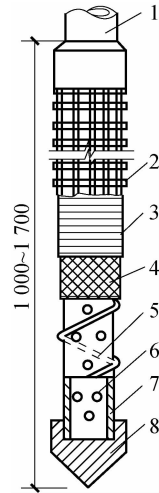


图 6-5 滤管的构造

- 1—井点管; 2—粗铁丝保护网; 3—粗滤网;
- 4—细滤网; 5—缠绕的塑料管;
- 6—滤孔; 7—钢管;
- 8—铸铁头

(2)连接管与集水总管。连接管用胶皮管、塑料透明管或钢管弯头制成,直径为 38~55 mm。每个连接管上均宜装设阀门,以方便井点检修。集水总管一般用直径为 100~127 mm 的钢管分节连接,每节长约为 4 m,其上装有与井点管相连接的短接头,间距为 0.8 m,1.2 m 或 1.6 m。

(3)抽水设备。现在多使用射流泵井点,如图 6-6 所示。射流泵采用离心泵驱动工作水运转,当水流通过喷嘴时,由于截面收缩,流速突然增大而在周围产生真空,把地下水吸出,而水箱内的水保持一个大气压的天然状态。射流泵能产生较高真空度,但排气量小,稍有漏气,真空度就会下降,因此,它可带动的井点管根数较少。但它耗电少、重量轻、体积小、机动灵活。

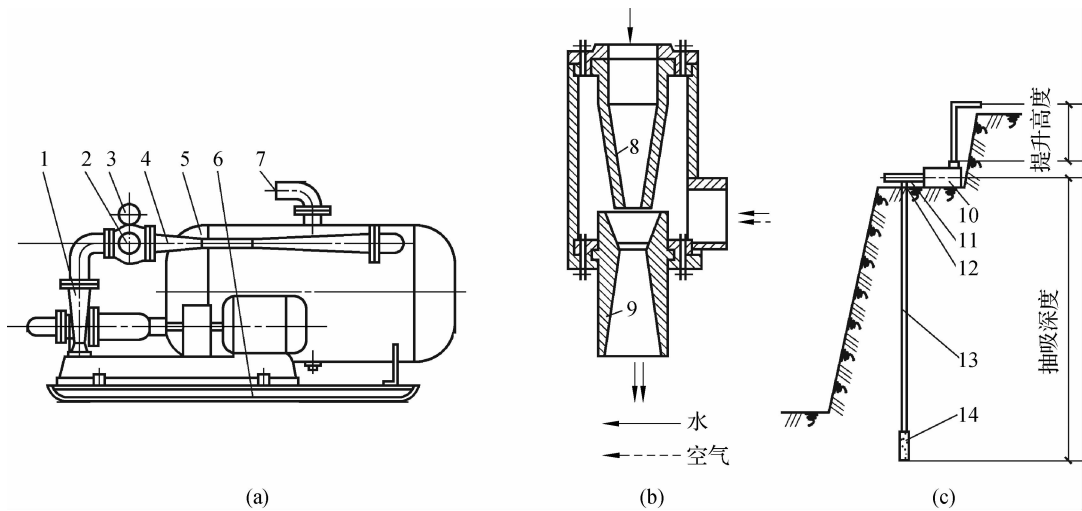


图 6-6 射流泵井点系统的工作简图

(a)射流泵机组图 (b)射流器剖面图 (c)现场布置示意图

1—离心泵；2—进水口；3—真空表；4—射流器；5—水箱；6—底座；7—出水口；8—喷嘴；
9—喉管；10—机组；11—总管；12—软管；13—井点管；14—滤水管



阅读材料 流沙

对于细粒土,尤其是细砂、粉砂,在动水压力的推动下,极易失去稳定而随地下水一起涌入坑内,形成流沙现象。发生流沙现象时,土完全丧失承载能力,工人难以立足,施工条件恶化,土边挖边冒,很难挖到设计深度。流沙严重时,会引起基坑边坡塌方,如果附近有建筑物,它们就会因为地基被掏空而下沉、倾斜,甚至倒塌。

1) 流沙发生的原因

产生流沙现象的原因有内因和外因。内因取决于土壤的性质,当土的孔隙率大、含水量高、黏粒含量少、粉粒多时均易产生流沙现象。因此,流沙现象经常发生在细砂粉和亚砂土中。是否会发生流沙现象,还取决于它的外因条件,即地下水及其产生动水压力的大小。

当水由高水位处流向低水位处时,水在土中渗流时会受到土颗粒的阻力,同时水对土颗粒也会作用一个压力,这个压力叫作动水压力(GD)。动水压力与水的重力密度和水力坡度的关系式为

$$GD = \gamma_w I \quad (6-2)$$

式中, GD 为动水压力(kN/m^3); γ_w 为水的重力密度(kN/m^3); I 为水力坡度(等于水位差除以渗流路线长度)。

当地下水位较高,基坑内排水所造成的水位差较大时,动水压力也较大;当 $GD \geq \gamma_w$ (浮土重度)时,就会使土壤失去稳定,土颗粒被带出而形成流沙现象。

通常情况下,地下水位越高,坑内外水位差越大,动水压力也越大,越容易发生流沙现象。通常在可能发生流沙的土质中,当基坑挖深超过地下水位线 0.5 m 左右时,要注

意防止流沙的发生。

当基坑坑底位于不透水层内,而其下面为承压水的透水层,基坑不透水层覆盖厚度的重量小于承压水的顶托力时,基坑底部便可能发生管涌冒砂现象,如图6-7所示,即

$$H\gamma_w > h\gamma \quad (6-3)$$

式中, H 为压力水头(m); γ_w 为水的重力密度(kN/m^3); h 为坑底不透水层的厚度(m); γ 为土的容重(kN/m^3)。

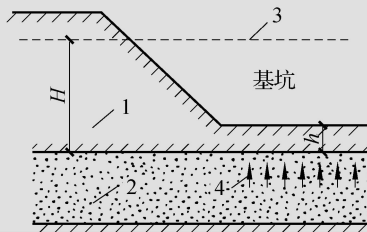


图6-7 管涌冒砂

1—不透水层; 2—透水层; 3—压力水位线; 4—承压水的顶托力

2) 流沙的防治

发生流沙现象的重要条件是动水压力的大小与方向。因此,在基坑开挖中,防止流沙发生的方法有如下两种:

- (1)减小或平衡动水压力。
- (2)使动水压力的方向向下,或是截断地下水流。

其具体措施如下:

(1)在枯水期施工。因地下水位低,坑内外水位差小,动水压力小,此时不易发生流沙现象。

(2)抛大石块。往基坑底抛大石块,增加土的压重,以平衡动水压力。采用此法时应组织人力分段抢挖,使挖土速度超过冒砂速度,挖至标高后立即敷设芦席并抛大石块把流沙压住。

(3)设止水帷幕。将连续的止水支护结构(如连续板桩、深层搅拌桩、密排灌注桩、地下连续墙等)设置于基坑底面以下一定深度,形成封闭的止水帷幕,从而使地下水只能从支护结构的下端向基坑渗流,增加地下水从坑外流入基坑内的渗流路径,减小水力坡度,降低动水压力,防止流沙发生。

(4)水下挖土。即采用不排水施工,使基坑内的水压与坑外水压相平衡,阻止流沙现象的发生。

(5)井点降低地下水位。如采用轻型井点或管井井点等降水方法,使地下水的渗流向下,动水压力的方向也朝下,增大了土粒间的压力,从而可有效地防止流沙现象发生。这个方法采用较广泛并比较可靠。

(6)冻结法。将出现流沙区域的土进行冻结,阻止地下水的渗流,以防止流沙发生。



6.2.2 基坑涌水量计算

根据水井理论,水井分为潜水(无压)完整井、潜水(无压)非完整井、承压完整井和承压非完整井。这几种井的涌水量计算各不相同。

1) 均质含水层潜水完整井基坑涌水量计算

下面根据基坑是否邻近水源计算。

(1) 基坑远离地面水源时[见图 6-8(a)],计算公式为

$$Q=1.366K \frac{(2H-S)S}{\lg(1+\frac{R}{r_0})} \quad (6-4)$$

式中, Q 为基坑涌水量(m^3/d); K 为土壤的渗透系数(m/d); H 为潜水含水层厚度(m); S 为基坑水位降深(m); r_0 为基坑等效半径(m); R 为降水影响半径(m),宜通过试验或根据当地经验确定。

当基坑安全等级为二、三级时,对潜水含水层按式(6-5)计算。

$$R=2S \sqrt{KH} \quad (6-5)$$

当基坑安全等级为二、三级时,对承压含水层按式(6-6)计算。

$$R=10S \sqrt{K} \quad (6-6)$$

当基坑为圆形时,基坑等效半径 r_0 取圆半径。当基坑为非圆形时,对矩形基坑的等效半径按式(6-7)计算。

$$r_0=0.29(a+b) \quad (6-7)$$

式中, a, b 分别为基坑的长、短边长度(m)。

对不规则形状的基坑,其等效半径按式(6-8)计算。

$$r_0 = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (6-8)$$

式中, A 为基坑面积(m^2)。

(2) 基坑近河岸时[见图 6-8(b)],计算公式为

$$Q=1.366K \frac{(2H-S)S}{\lg \frac{2b}{r_0}} \quad (b < 0.5R) \quad (6-9)$$

(3) 基坑位于两地表水体之间或位于补给区与排泄区之间时,如图 6-8(c)所示,计算公式为

$$Q=1.366K \frac{(2H-S)S}{\lg \left[\frac{2(b_1+b_2)}{\pi r_0} \cos \frac{\pi(b_1-b_2)}{2(b_1+b_2)} \right]} \quad (6-10)$$

(4) 当基坑靠近隔水边界时[见图 6-8(d)],计算公式为

$$Q=1.366K \frac{(2H-S)S}{2 \lg(R+r_0) - \lg r_0(2b'+r_0)} \quad (6-11)$$

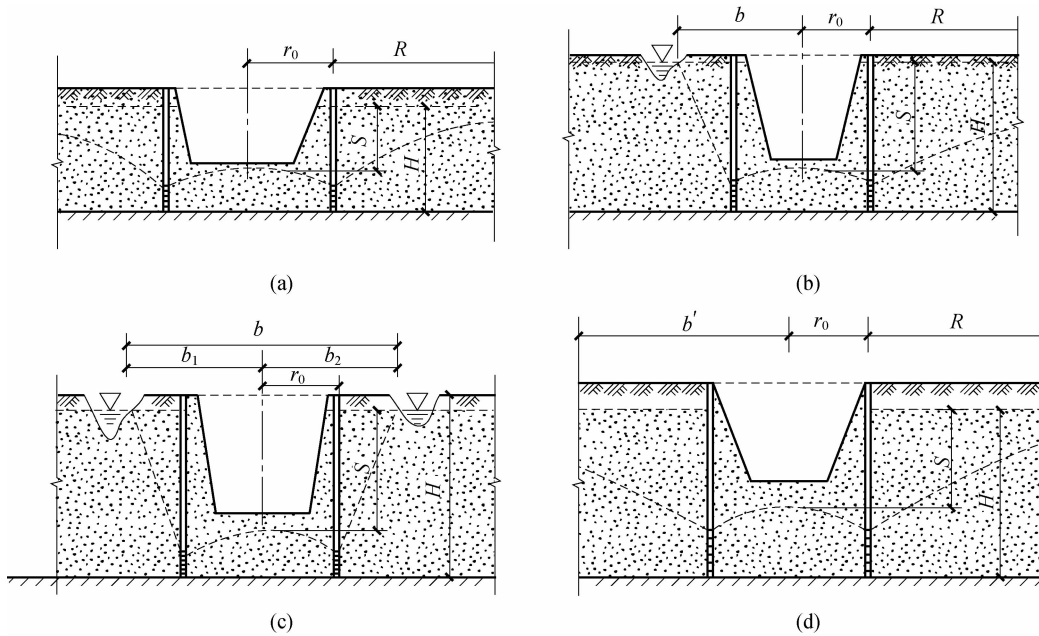


图 6-8 均质含水层潜水完整井基坑涌水量计算简图

(a) 基坑远离地面水源 (b) 基坑近河岸 (c) 基坑位于两地表水体之间 (d) 基坑靠近隔水边界

2) 均质含水层潜水非完整井基坑涌水量计算

(1) 基坑远离地面水源时[见图 6-9(a)], 计算公式为

$$Q = 1.366K \frac{H^2 - h_m^2}{\lg(1 + \frac{R}{r_0}) + \frac{h_m - l}{l} \lg(1 + 0.2 \frac{h_m}{r_0})} \quad (6-12)$$

式中, l 为吸水深度(m); h 为含水层面至含水层底板的距离(m); $h_m = (H + h)/2$ 。

(2) 基坑近河岸, 含水层厚度不大时[见图 6-9(b)], 计算公式为

$$Q = 1.366KS \left[\frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} + 0.25 \frac{l}{M} \lg \frac{b^2}{M^2 - 0.14l^2}} \right] \quad (b > M/2) \quad (6-13)$$

式中, M 为由含水层底板到滤头有效工作部分中点的长度(m)。

(3) 基坑近河岸, 含水层厚度很大时[见图 6-9(c)], 计算公式为

$$Q = 1.366KS \left[\frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} - 0.22 \lg \frac{0.44l}{b}} \right] \quad (b > l) \quad (6-14)$$

$$Q = 1.366KS \left[\frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} - 0.11 \frac{l}{b}} \right] \quad (b < l) \quad (6-15)$$

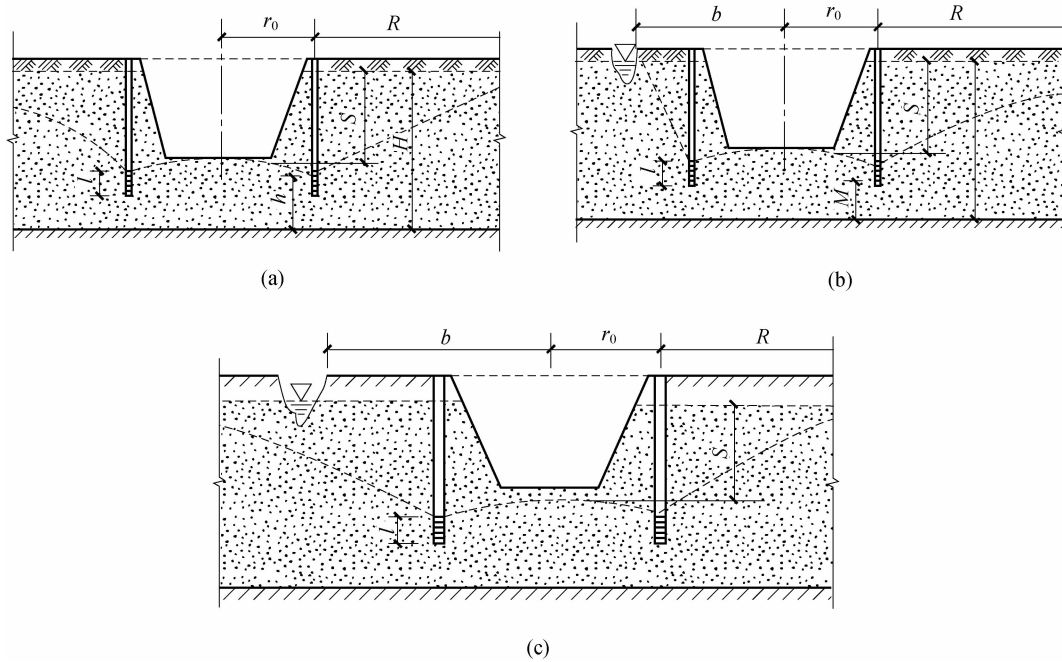


图 6-9 均质含水层潜水非完整井基坑涌水量计算简图

(a) 基坑远离地面水源 (b) 基坑近河岸, 含水层厚度不大 (c) 基坑近河岸, 含水层厚度很大

3) 均质含水层承压水完整井基坑涌水量计算

(1) 基坑远离地面水源时[见图 6-10(a)], 计算公式为

$$Q = 2.73K \frac{MS}{\lg \left(1 + \frac{R}{r_0}\right)} \quad (6-16)$$

式中, M 为承压含水层厚度(m)。

(2) 基坑近河岸时[见图 6-10(b)], 计算公式为

$$Q = 2.73K \frac{MS}{\lg \left(\frac{2b}{r_0}\right)} \quad (b < 0.5r_0) \quad (6-17)$$

(3) 基坑位于两地表水体之间或位于补给区与排泄区之间时[见图 6-10(c)], 计算公式为

$$Q = 2.73K \frac{(2M - S)S}{\lg \left[\frac{2(b_1 + b_2)}{\pi r_0} \cos \frac{\pi(b_1 + b_2)}{2(b_1 + b_2)} \right]} \quad (6-18)$$

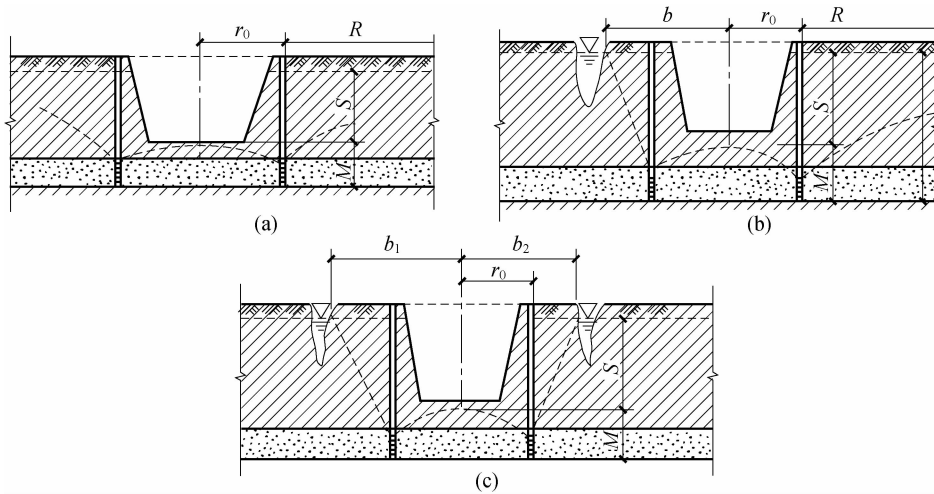


图 6-10 均质含水层承压水完整井基坑涌水量计算简图
 (a) 基坑远离地面水源 (b) 基坑近河岸 (c) 基坑位于两地表水体之间

4) 均质含水层承压水非完整井基坑涌水量计算

均质含水层承压水非完整井基坑涌水量计算按下式计算。

$$Q = 2.73K \frac{MS}{\lg(1 + \frac{R}{r_0}) + \frac{M-l}{l} \lg(1 + 0.2 \frac{M}{r_0})} \quad (6-19)$$

计算简图如图 6-11 所示。

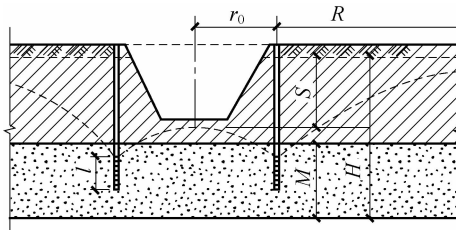


图 6-11 均质含水层承压水非完整井基坑涌水量计算简图

5) 均质含水层承压-潜水非完整井基坑涌水量计算

均质含水层承压水非完整井基坑涌水量计算按下式计算。

$$Q = 1.366K \frac{(2H-M)M-h^2}{\lg(1 + \frac{R}{r_0})} \quad (6-20)$$

计算简图如图 6-12 所示。

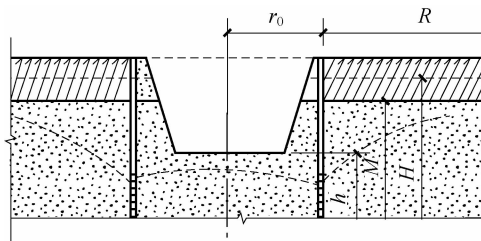


图 6-12 均质含水层承压-潜水非完整井基坑涌水量计算简图



6.2.3 降水井(井点或管井)数量计算

1) 降水井(井点或管井)数量

降水井(井点或管井)数量的计算公式为

$$n = 1.1 \frac{Q}{q} \quad (6-21)$$

式中, Q 为基坑总涌水量(m^3/d); q 为设计单井出水量(m^3/d)。

真空井点出水量可按 $36 \sim 60 \text{ m}^3/\text{d}$ 确定, 真空喷射井点出水量按表 6-6 确定, 管井的出水量 q 按经验公式(6-22)确定。

$$q = 120\pi r_s l \sqrt{k} \quad (6-22)$$

式中, r_s 为过滤器半径(m); l 为过滤器进水部分的长度(m); k 为含水层的渗透系数(m/d)。

表 6-6 喷射井点的设计参数

型 号	外管 直径/mm	喷射管		工作水 压力/MPa	工作水 流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	设计单个井点 出水能力 /($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	适用含水层 渗透系数 /($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)
		喷嘴 直径/mm	混合室 直径/mm				
1.5 型 并列式	38	7	14	0.6~0.8	112.8~163.2	100.8~138.2	0.1~5.0
2.5 型 圆心式	68	7	14	0.6~0.8	110.4~148.8	103.2~138.2	0.1~5.0
4.0 型 圆心式	100	10	20	0.6~0.8	230.4	259.2~388.8	5.0~10.0
6.0 型 圆心式	162	19	40	0.6~0.8	720	600~720	10.0~20.0

2) 过滤器长度

过滤器长度 l 宜按下列规定确定。

(1) 真空井点和喷射井点的过滤器长度不宜小于含水层厚度的 $1/3$ 。

(2) 管井的过滤器长度宜与含水层厚度一致。

群井抽水时, 各井点单井过滤器进水部分的长度应符合式(6-23)的要求。

$$y_0 > l \quad (6-23)$$

式中, y_0 为单井井管进水长度(m)。

潜水完整井进水长度按式(6-24)计算。

$$y_0 = \sqrt{H^2 - \frac{0.732Q}{k} \left(\lg R_0 - \frac{1}{n} \lg nr_0^{n-1} r_w \right)} \quad (6-24)$$

式中, r_0 为基坑等效半径(m); r_w 为管井半径(m); H 为潜水含水层厚度(m); R_0 为基坑等效半径与降水井影响半径(R)之和(m), 即 $R_0 = r_0 + R$ 。

承压完整井进水长度按式(6-25)计算。

$$y_0 = \sqrt{H' - \frac{0.366Q}{kM} (\lg R_0 - \frac{1}{n} \lg nr_0^{n-1} r_w)} \quad (6-25)$$

式中, H' 为承压水位至该承压含水层底板的距离(m); M 为承压含水层的厚度(m)。

当滤管工作部分的长度小于 $2/3$ 含水层厚度时, 应采用非完整井公式计算。若不满足条件, 则应调整井点数量和井点间距, 再进行验算。当井距足够小但仍不能满足要求时, 应考虑基坑内布井。

3) 基坑中心点水位降低深度

(1) 块状基坑降水深度计算。

① 潜水完整井稳定流时的计算公式为

$$S_1 = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q}{1.366k} [\lg R_0 - \frac{1}{n} \lg (r_1 r_2 \cdots r_n)]} \quad (6-26)$$

② 承压完整井稳定流时的计算公式为

$$S_1 = \frac{0.366Q}{Mk} [\lg R_0 - \frac{1}{n} \lg (r_1 r_2 \cdots r_n)] \quad (6-27)$$

式中, S_1 为基坑中心处地下水位降低深度(m); r_1, r_2, \dots, r_n 为各井距基坑中心或井点中心处的距离(m)。

(2) 对非完整井或非稳定流, 应根据具体情况采用相应的计算方法。

(3) 当计算出的降深不能满足降水设计要求时, 应重新调整井数、布井方式。

6.2.4 井点结构和施工的技术要求

1) 一般要求

(1) 基坑降水宜编制降水施工组织设计, 其主要内容为: 井点降水方法, 井点管长度、构造和数量, 降水设备的型号和数量, 井点系统布置图, 井孔施工方法及设备, 质量和安全技术措施; 降水对周围环境影响的估计及预防措施等。

(2) 降水设备的管道、部件和附件等, 在组装前必须经过检查和清洗。滤管在运输、装卸和堆放时应防止损坏滤网。

(3) 井孔应垂直, 保证孔径上下一致。井点管应居于井孔中心, 滤管不得紧靠井孔壁或插入淤泥中。

(4) 井孔采用湿法施工时, 冲孔所需的水流压力如表 6-7 所示。在填灌砂滤料前应对孔内泥浆进行稀释, 待含泥量小于 5% 时才可灌砂。砂滤料的填灌高度应符合各种井点的要求。

表 6-7 冲孔所需的水流压力

单位: kPa

土的名称	冲水压力	土的名称	冲水压力
松散的细砂	250~450	中等密实的黏土	600~750
软质黏土、软质粉土质黏土	250~500	砾石土	850~900
密实的腐殖土	500	塑性粗砂	850~1 150

(续表)

土的名称	冲水压力	土的名称	冲水压力
原状的细砂	500	密实黏土、密实粉土质黏土	750~1 250
松散的中砂	450~550	中等颗粒的砾石	1 000~1 250
黄土	600~650	硬黏土	1 250~1 500
原状的中粒砂	600~700	原状的粗砾	1 350~1 500

(5)井点管安装完毕后应进行试抽,全面检查管路接头、出水状况和机械运转情况。一般开始出水混浊,经一定时间后出水应逐渐变清,对长期出水混浊的井点应予以停闭或更换。

(6)降水施工完毕后,根据结构施工情况和土方回填进度,陆续关闭和逐根拔出井点管。土中所留孔洞应立即用砂土填实。

(7)如果要对基坑坑底进行压密注浆加固,则要等注浆初凝后才可进行降水施工。

2)真空井点结构和施工技术要求

机具设备。根据抽水机组的不同,真空井点分为真空泵真空井点、射流泵真空井点和隔膜泵真空井点,其中前两种较为常用。

真空泵真空井点由真空泵、离心泵、水气分离器等组成,其工作简图如图 6-13 所示。其配套设备的规格和技术性能如表 6-8 所示。这种真空井点真空度高(67~80 kPa),带动井点数多,降水深度较大(5.5~6.0 m);但设备复杂,维修管理困难,耗电多,适用于较大的工程降水。

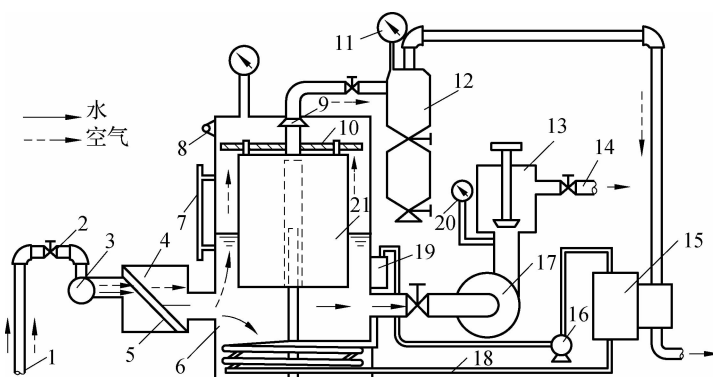


图 6-13 真空泵真空井点抽水设备的工作简图

- 1—井点管; 2—弯联管; 3—集水总管; 4—过滤箱; 5—过滤网; 6—水气分离器; 7—水位计; 8—真空气调节阀;
9—阀门; 10—挡水布; 11—真空表; 12—副水气分离器; 13—压力箱; 14—出水管; 15—真空泵;
16—冷却管; 17—离心泵; 18—冷却水管; 19—冷却水箱; 20—压力表; 21—浮筒

表 6-8 真空泵真空井点系统设备的规格及技术性能

名称	数量	规格及技术性能
往复式真空泵	1 台	V5 型(W6 型)或 V6 型; 生产率为 4.4 m ³ /min, 真空度为 100 kPa, 电动机功率为 5.5 kW, 转速为 1 450 r/min

(续表)

名称	数量	规格及技术性能
离心式水泵	2台	B型或BA型;生产率为30 m ³ /h,扬程为25 m,抽吸真空高度为7 m,吸口直径为50 mm,电动机功率为2.8 kW,转速为2 900 r/min
水泵机组配件	1套	井点管100根,集水总管的直径为75~100 mm,每节长1.6~4.0 m,每套29节,总管上节管间距为0.8 m,接头弯管100根;冲射管用冲管1根;机组外形尺寸为2 600 mm×1 300 mm×1 600 mm,机组重1 500 kg

射流泵真空井点设备由离心泵、射流器(射流泵)、循环水箱等组成,如图6-14所示。其配套设备的规格及技术性能如表6-9所示。射流泵真空井点设备由高压水泵供给工作水,经射流泵后产生真空,引射地下水流;设备构造简单,易于加工制造,操作维修方便,耗能少,应用日益广泛。

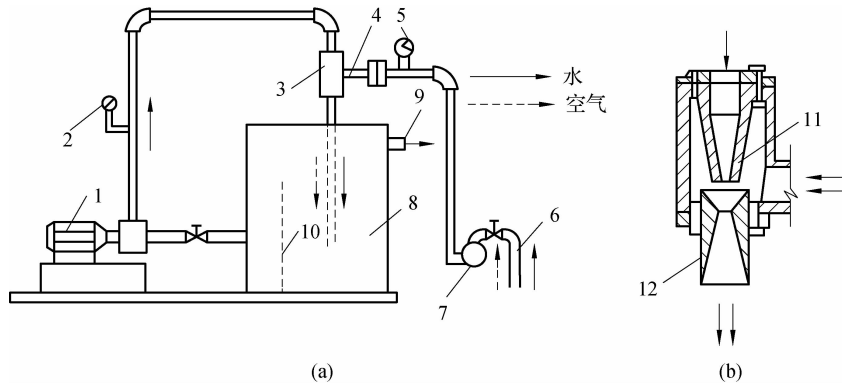


图6-14 射流泵真空井点设备的工作简图

(a)工作简图 (b)射流器构造

1—离心泵;2—压力表;3—射流器;4—进水管;5—真空表;6—井点管;7—集水总管;
8—循环水箱;9—泄水口;10—隔板;11—喷嘴;12—喉管

表6-9 φ50型射流泵真空井点设备的规格及技术性能

名称	数量	规格及技术性能	备注
离心泵	1台	3BL-9型,流量为45 m ³ /h,扬程为32.5 m	供给工作水
电动机	1台	JO2-42-2,功率为7.5 kW	水泵的配套动力
射流泵	1台	喷嘴直径为φ50,空载真空度为100 kPa,工作水压为0.15~0.3 MPa,工作水流为45 m ³ /h,生产率为10~35 m ³ /h	形成真空
水箱	1个	外形尺寸为1 100 mm×600 mm×1 000 mm	循环用水

注:每套设备带9 m长井点管25~30根,间距为1.6 m,总长为180 m,降水深度为5~9 m。

3)井点布置

井点布置应根据基坑的平面形状与大小、地质和水文情况、工程性质、降水深度等而定。当基坑(槽)宽度小于6 m,且降水深度不超过6 m时,可采用单排井点,并布置在地下水上游一侧,如图6-15所示。当基坑(槽)宽度大于6 m,或土质不良、渗透系数较大时,宜采用双排井点,布置在基坑(槽)的两侧。当基坑面积较大时,宜采用环形井点(见图6-16),挖土运

输设备出入道可不封闭,间距可达4 m,一般留在地下水下游方向。井点管距坑壁不应小于1.0 m,距离太小,易漏气。井点间距一般为0.8~1.6 m。集水总管的标高宜尽量接近地下水位线并沿抽水水流方向有0.25%~0.5%的上仰坡度,水泵轴心与总管齐平。井点管的入土深度应根据降水深度及储水层所在位置决定,但必须将滤水管埋入含水层内,并且比挖基坑(沟、槽)底深0.9~1.2 m,井点管的埋置深度也可按式(6-28)计算。

$$H \geq H_1 + h + iL + l \quad (6-28)$$

式中, H 为井点管的埋置深度(m); H_1 为井点管埋设面至基坑底面的距离(m); h 为基坑中央最深挖掘面至降水曲线最高点的距离(m),一般为0.5~1.0 m,人工开挖取下限,机械开挖取上限; L 为井点管中心至基坑中心的短边距离(m); i 为降水曲线坡度,与土层渗透系数、地下水流量等因素有关,根据扬水试验和工程实测确定,对环状或双排井点可取1/15~1/10,对单排线状井点可取1/4,环状降水取1/10~1/8; l 为滤管长度(m)。

井点露出地面的高度,一般取0.2~0.3 m。

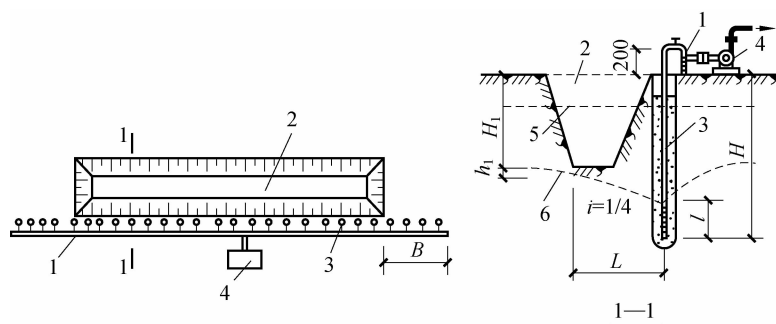


图 6-15 单排线状井点布置(单位:mm)

1—集水总管;2—基坑;3—井点管;4—抽水设备;5—原地下水位线;6—降低后的地下水位线

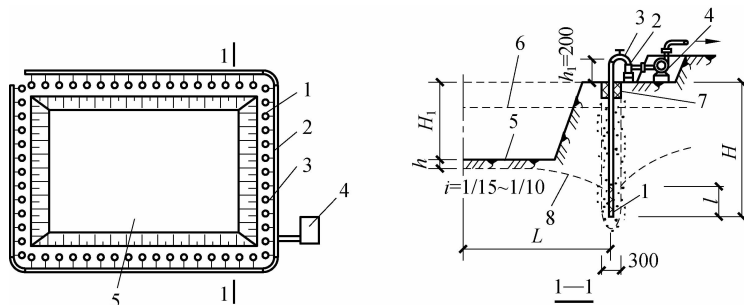


图 6-16 环形井点布置(单位:mm)

1—井点;2—集水总管;3—弯联管;4—抽水设备;5—基坑;
6—原地下水位线;7—填黏土;8—降低后的地下水位线

对于计算出的 H ,从安全方面考虑,一般应再增加1/2滤管长度。井点管的滤水管不宜埋入渗透系数极小的土层中。在特殊情况下,当基坑底面处在渗透系数很小的土层中时,水位可降到基坑底面以上标高最低的一层,即渗透系数较大的土层底面。

一套抽水设备的总管长度一般不大于120 m。当主管过长时,可采用多套抽水设备。井点系统可以分段,各段长度应大致相等,且宜在拐角处分段,以减少弯头数量,提高抽吸能力。分段时宜设阀门,以免管内水流紊乱,影响降水效果。

考虑到水头损失,真空泵一般降低地下水的深度只有 5.5~6.0 m。当一级轻型井点不能满足降水深度要求时,可采用明沟排水与井点相结合的方法,将总管安装在原有地下水位线以下,或采用二级井点排水(降水深度可达 7~10 m),即先挖去第一级井点排干的土,然后再在坑内布置埋设第二级井点,以增加降水深度。抽水设备宜布置在地下水的上游,并设在总管的中部。

井点管的埋设。井点管的埋设可用射水法、钻孔法和冲孔法成孔,井孔直径不宜大于 300 mm,孔深宜比滤管底深 0.5~1.0 m。在井管与孔壁间及时用洁净的中粗砂填灌密实、均匀。投入的滤料数量应大于计算值的 85%,在地面以下 1 m 的范围内用黏土封口。

井点使用。井点使用前应进行试抽水,确认无漏水、漏气等异常现象后,应保证连续不断地抽水。应备用双电源,以防断电。一般抽水 3~5 d 后水位降落漏斗会渐趋稳定。出水规律一般是“先大后小、先浑后清”。

在抽水过程中,应定时观测水量、水位、真空度,并应使真空泵的压力保持在 55 kPa 以上。

4) 喷射井点的结构及施工技术要求

(1) 工作原理与井点布置。当喷射井点用作深层降水时,其一层井点可降低地下水位 8~20 m。其工作原理如图 6-17 和图 6-18 所示。图 6-18 中的 L_1 为射井点内管底端两侧进水孔高度; L_2 为喷嘴颈缩部分长度; L_3 为喷嘴圆柱部分长度; L_4 为喷嘴口至混合室距离; L_5 为混合室长度; L_6 为扩散室长度; d_1 为喷嘴直径; d_2 为混合室直径; d_3 为喷射井点内管直径; d_4 为喷射井点外管直径; Q_2 为工作水加吸入水的流量($Q_2 = Q_1 + Q_0$, Q_1 为吸入水流量, Q_0 为工作水流量); Q_3 为工作水与吸入水排出时的流量; P_2 为混合室末端扬升压力; F_1 为喷嘴断面积; F_2 为混合室断面积; F_3 为喷射井点内管断面积; v_1 为工作水从喷嘴喷出时的流速; v_2 为工作水与吸入水在混合室的流速; v_3 为工作水与吸入水排出时的流速。

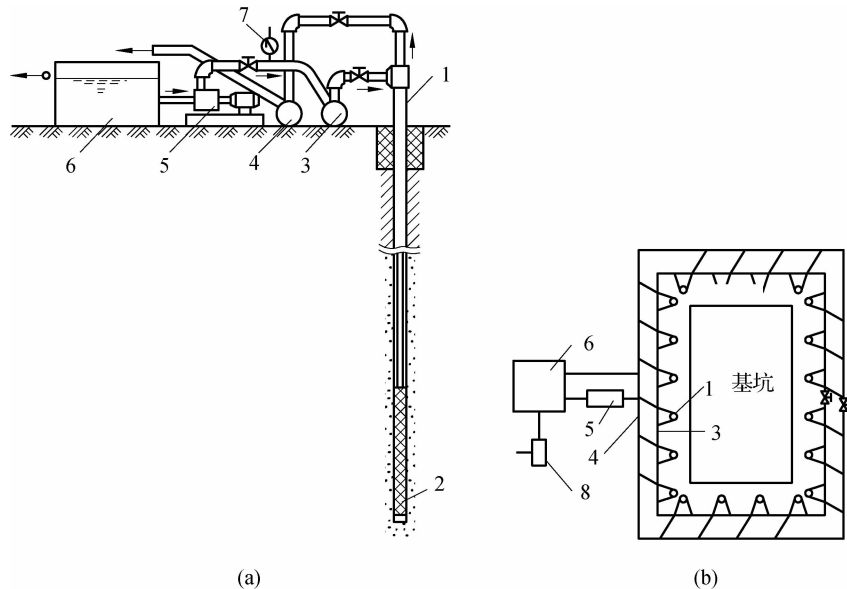


图 6-17 喷射井点的布置

(a) 喷射井点设备简图 (b) 喷射井点平面布置图

1—喷射井管; 2—滤管; 3—供水总管; 4—排水总管; 5—高压离心水泵; 6—水池; 7—压力表; 8—排水泵

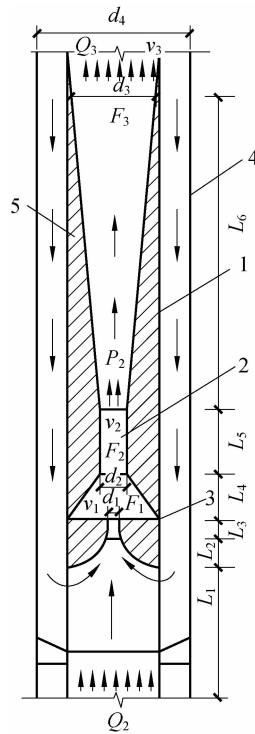


图 6-18 喷射井点扬水装置(喷嘴和混合室)的构造

1—扩散室；2—混合室；3—喷嘴；4—喷射井点外管；5—喷射井点内管

喷射井点的主要工作部件是喷射井管内管底端的扬水装置——喷嘴的混合室。当喷射井点工作时，由地面高压离心水泵供应的高压工作水经过内外管之间的环形空间直达底端，在此处高压工作水由特制内管的两侧进水孔进入至喷嘴喷出，在喷嘴处由于过水断面突然收缩变小，使工作水流具有极高的流速（30~60 m/s），在喷嘴附近造成负压（形成真空），从而将地下水经滤管吸入，吸入的地下水在混合室内与工作水混合，然后进入扩散室，水流由动能逐渐转变为位能，即水流的流速相对变小，而水流压力相对增大，把地下水连同工作水一起扬升出地面，经排水管道系统排至集水池或水箱，然后再用排水泵排出。

(2)井点管及其布置。井点管的外管直径宜为 73~108 mm，内管直径宜为 50~73 mm，滤管直径宜为 89~127 mm。井孔直径不宜大于 600 mm，孔深应比滤管底深 1 m 以上。滤管的构造与真空井点相同。扬水装置(喷射器)的混合室直径可取 14 mm，喷嘴直径可取 6.5 mm，工作水箱不应小于 10 m³。井点使用时，水泵的启动泵压不宜大于 0.3 MPa。正常工作水压为 0.25 H₀ (H₀ 为扬水高度)。

井点管与孔壁之间填灌滤料(粗砂)。孔口到填灌滤料之间用黏土封填，封填高度为 0.5~1.0 m。

常用的井点间距为 2~3 m。每套喷射井点的井点数不宜超过 30 根。总管直径宜为 150 mm，总长不宜超过 60 m。每套井点应配备相应的水泵和进、回水总管。如果由多套井点组成环圈布置，则各套进水总管宜用阀门隔开，自成系统。

每根喷射井点管理设完毕后，必须及时进行单井试抽，排出的浑浊水不得回入循环管

路系统,试抽时间要持续到水由浑浊变清为止。喷射井点系统安装完毕后,也需进行试抽,不应有漏气或翻砂冒水现象。工作水应保持清洁,在降水过程中应视水质浑浊程度及时更换。

5)管井的结构及技术要求

管井由滤水井管、吸水管和水泵等组成,如图 6-19 所示。管井设备较为简单,排水量大,降水较深,水泵设在地面上,易于维护,适于渗透系数较大,地下水丰富的土层、砂层。但管井属于重力排水,吸程高度受到一定限制,故要求渗透系数较大(1~200 m/d)。

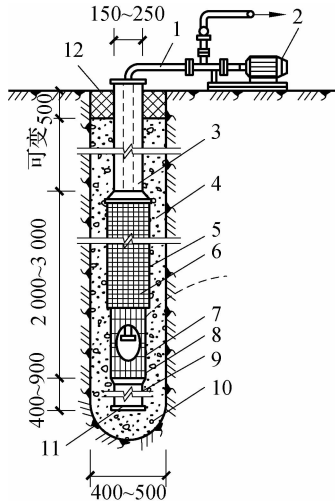


图 6-19 管井的构造(单位:mm)

- 1—吸水管; 2—水泵; 3— $\phi 100 \sim \phi 200$ 钢管; 4—填充砂砾; 5—滤水井管;
6—10 号铁丝垫筋焊于管骨架上,外包铁丝网; 7— $\phi 14$ 钢筋焊接骨架;
8—6 mm \times 30 mm 铁环; 9—沉砂管; 10—钻孔;
11—木塞; 12—夯填黏土

(1)井点构造与设备。

①滤水井管。下部滤水井管的过滤部分用钢筋焊接骨架,外包孔眼直径为 1~2 mm 的滤网,长度为 2~3 m,上部井管部分用直径 200 mm 以上的钢管、塑料管或混凝土管。

②吸水管。将直径为 50~100 mm 的钢管或胶皮管插入滤水井管内,其底端应沉到管井吸水时的最低水位以下,并装逆止阀,上端装设一节带法兰盘的短钢管。

③水泵。采用 BA 型或 B 型,流量为 10~25 m³/h 的离心式水泵。每个井管配一台,当水泵排水量大于单孔滤水井涌水量时,可另加设集水总管将相邻的相应数量的吸水管连成一体,共用一台水泵。

(2)管井的布置。管井沿基坑外围四周呈环形布置或沿基坑(或沟槽)两侧或单侧呈直线形布置,井中心距基坑(槽)边缘的距离根据所用钻机的钻孔方法而定,当用冲击钻时为 0.5~1.5 m;当用钻孔法成孔时不小于 3 m。管井埋设的深度和距离根据需降水面积和深度及含水层的渗透系数等而定,最大埋深可达 10 m,间距为 10~15 m。

(3)管井的埋设。埋设管井时可采用泥浆护壁冲击钻成孔或泥浆护壁钻孔方法成孔。钻孔底部应比滤水井管深 200 mm 以上。井管下沉前应对滤井进行清洗,冲除沉渣,可通过



灌入稀泥浆用吸水泵抽出置换或用空压机洗井法,将泥渣清出井外,并保持滤网的畅通,然后下管。滤水井管应置于孔中心,下端用圆木堵塞管口,井管与孔壁之间用粒径为 3~15 mm 的砾石填充作过滤层,地面下 0.5 m 内用黏土填充夯实。

水泵的设置标高需根据要求的降水深度和所选用的水泵最大真空吸水高度而定,当吸程不够时,可将水泵设在基坑内。

(4)管井的使用。在使用管井之前,应进行试抽水,检查出水是否正常,有无淤塞等现象。抽水过程中应经常对抽水设备的电动机、传动机械、电流、电压等进行检查,并对井内水位下降和流量进行观测和记录。井管使用完毕后,可用倒链或卷扬机将其徐徐拔出,将滤水井管中的泥沙洗去后储存备用,所留孔洞用砂砾填实,上部 50 cm 深用黏性土填充夯实。

6)深井井点

深井井点降水是在深基坑的周围埋置深于基底的井管,通过设置在井管内的潜水泵将地下水抽出,使地下水位低于坑底。该法具有排水量大,降水深(大于 15 m);井距大,对平面布置的干扰小;不受土层限制;井点制作、降水设备及操作工艺、维护均较简单,施工速度快;井点管可以整根拔出,重复使用等优点。但该方法一次性投资大,对成孔质量要求严格。该法适于渗透系数较大(10~250 m/d)、土质为砂类土、地下水丰富、降水深、面积大、时间长的情况,降水深可为 50 m 以内。

(1)井点系统设备。井点系统设备由井管和潜水电泵等组成,如图 6-20 所示。

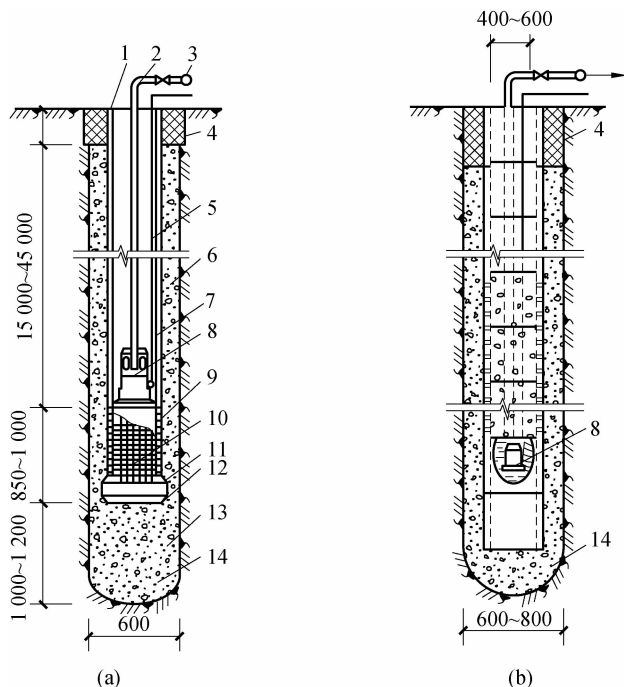


图 6-20 深井井点的构造(单位:mm)

(a)钢管深井井点 (b)无砂混凝土管深井井点

- 1—20 mm 厚钢板井盖; 2— $\phi 50$ 出水管; 3— $\phi 50 \sim \phi 75$ 出水总管; 4—井口(黏土封口); 5—电缆;
6—小砾石或中粗砂; 7— $\phi 300 \sim \phi 375$ 井管; 8—潜水电泵; 9—过滤段(内填碎石);
10—滤网; 11—导向段; 12—开孔底板(下铺滤网); 13—中粗砂; 14—井孔

①井管。井管由滤水管、吸水管和沉砂管三部分组成,可用钢管、塑料管或混凝土管制成,管径一般为 300 mm,内径宜大于潜水泵外径 50 mm。

a. 滤水管(见图 6-21)。在降水过程中,含水层中的水通过该管滤网将土、砂过滤到网外,使地下清水流入管内。滤水管的长度取决于含水层厚度、透水层的渗透速度和降水的快慢,一般为 3~9 m。通常在钢管上分三段轴条(或开孔),在轴条(或开孔)后的管壁上焊 $\phi 6$ 垫筋,与管壁点焊,在垫筋外螺旋形缠绕 12 号铁丝(间距为 1 mm),与垫筋用锡焊焊牢,或外包 10 孔/cm² 和 14 孔/cm² 镀锌铁丝网两层或尼龙网。

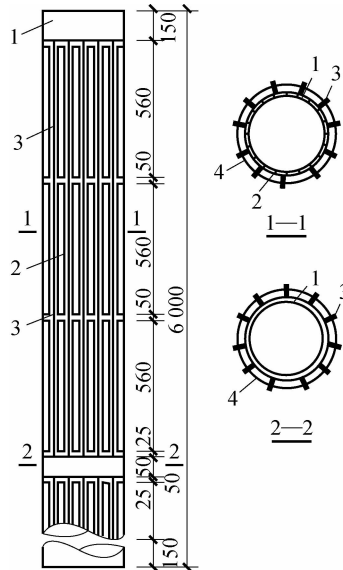


图 6-21 深井滤水管的构造

1—钢管; 2—轴条(或开孔); 3— $\phi 6$ 垫筋;
4—缠绕 12 号铁丝与垫筋锡焊焊牢

当土质较好、深度在 15 m 以下时,也可采用外径为 380~600 mm、壁厚为 50~60 mm、长度为 1.2~1.5 m 的无砂混凝土管作滤水管,或在外再包棕树皮两层作滤网。

b. 吸水管与滤水管连接,可起到挡土、贮水的作用,吸水管采用与滤水管同直径的实钢管制成。

c. 沉砂管在降水过程中,对砂粒起到沉淀作用,一般采用与滤水管同直径的钢管,下端用钢板封底。

②水泵。水泵常用长轴深井泵(见表 6-10)或潜水泵。每井一台,并带吸水铸铁管或胶管,配上一个控制井内水位的自动开关,在井口安装直径为 75 mm 的阀门以便调节流量的大小,阀门用夹板固定。每个基坑井点群应有两台备用泵。

③集水井。集水井用 $\phi 325 \sim \phi 500$ 钢管或混凝土管,并设 3‰ 的坡度,与附近下水道接通。

(2)深井布置。深井井点一般沿工程基坑周围,离边坡上缘 0.5~1.5 m 按环形布置;当基坑宽度较窄时,也可在一侧按直线形布置;当为面积不大的独立的深基坑时,也可采用点式布置。井点宜深入透水层 6~9 m,通常还应比所需降水的深度深 6~8 m,间距一般相当于埋深,为 10~30 m。



表 6-10 常用长轴深井泵的主要技术性能

型号	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	扬程/m	转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	比转数	扬水管入井的最大 长度/m	轴功率/ kW	重量/kg	配带电机		叶轮 直径/mm	效率/%
								型号	功率/kW		
4JD10×10	10	30	2 900	250	28	1.41	585	JLB2	5.5	72	58
4JD10×20		60									
6JD36×4	36	38	2 900	200	35.5	5.56	1 100	JLB2	7.5	114	67
6JD36×6		57									
6JD56×4	56	32	2 900	280	28	7.27	850	DMM402-2	11	—	68
6JD56×6		48									
8JD80×10	80	40	1 460	280	36	12.04	1 685	DMM452-4	18.5	160	70
8JD80×15		60									
SD8×10	35	35	1 460	—	—	5.8	883	JLB62-4	10	138.9	63
SDS×20		70									
SD10×3	72	24	1 460	—	—	7.05	991	JLB62-4	10	186.8	67
SD10×5		40									
SD10×10	—	80	1 460	—	—	23.5	3 380	JLB73-4	28	186.8	—
SD12×2		26									
SD12×3	126	39	1 460	—	—	19.1	1 944	JLB73-4	28	228	70
SD12×4		52									
SD12×5	65	31.8	—	—	—	—	3 090	JLB82-4	40	—	—

注:SD、JLB2(深井泵专用三相异步电动机)型的轴功率单位为 kW。

(3)深井施工。深井施工的成孔方法有冲击钻孔、回转钻孔、潜水钻或水冲成孔。孔径应比井管直径大 300 mm,成孔后应立即安装井管。井管安放前应清孔,井管应垂直,其过滤部分放在含水层范围内。井管与土壁间应填充粒径大于滤网孔径的砂滤料。井口下 1 m 左右用黏土封口。

在深井内安放水泵前应清洗滤井,冲洗沉渣。安放潜水泵时,电缆等应绝缘可靠,并设保护开关控制。抽水系统安装后应进行试抽。

(4)真空深井井点。真空深井井点是近年来我国软土地基地区在进行深基坑施工时应应用较多的一种深层降水设备,其主要适用于土壤渗透系数较小时的深层降水。

真空深井井点即在深井井点系统的基础上增设真空泵抽气集水系统。因此,它除了要遵守深井井点的施工要点外,还需遵守以下几点:

①真空深井井点系统分别用真空泵抽气集水和长轴深井泵(或井用潜水泵)排水。井管除滤管外应严密封闭以保持真空度,并与真空泵吸气管相连。吸气管路和各个接头均不应不漏气。

②孔径一般为 650 mm,井管外径一般为 273 mm。孔口在地面以下 1.5 m 的一段用黏土夯实。在单井出水口与总出水管的连接管路中应装置单向阀。

③真空深井井点的有效降水面积。在有隔水支护结构的基坑内降水,每个井点的有效降水面积约为 250 m²。由于挖土后井点管的悬空长度较长,因此,在有内支撑的基坑内布置井点管时,宜使其尽可能靠近内支撑。在进行基坑挖土时,要设法保护井点管,避免挖土时被损坏。

6.2.5 减少降水对环境影响的措施

在降水过程中,由于部分细微土粒会被水流带走,再加上降水后土体的含水量降低,使土壤产生固结,因此会引起周围地面的沉降。在建筑物密集的地区进行降水施工时,长时间降水会引起过大的地面沉降,产生较严重的后果,在软土地区就曾发生过不少这样的情况。

为防止或减少降水对周围环境的影响,避免产生过大的地面沉降,可采取下列一些技术措施:

1)回灌技术

降水对周围环境的影响,是由于土壤内地下水流失造成的。回灌技术即在降水井点和要保护的建(构)筑物之间打设一个排井点,在降水井点抽水的同时,通过回灌井点向土层内灌入一定数量的水(即降水井点抽出的水),形成一道隔水帷幕,从而阻止或减少回灌井点外侧被保护的建(构)筑物下的地下水流失,使地下水的水位基本保持不变,这样就不会因降水使地基自重应力增加而引起地面沉降。

回灌井点可采用一般真空井点降水的设备和技术,仅增加回灌水箱、闸阀和水表等少量设备。

采用回灌井点时,回灌井点与降水井点的距离不宜小于 6 m。回灌井点的间距应根据降水井点的间距和被保护建(构)筑物的平面位置确定。

回灌井点宜进入稳定降水曲面下 1 m,且位于渗透性较好的土层中。回灌井点滤管的长度应大于降水井点滤管的长度。

回灌水量可通过水位观测孔中水位的变化进行控制和调节,不宜超过原水位标高。回灌水箱的高度可根据灌入水量决定。回灌水宜用清水。实际施工时应协调控制降水井点与



回灌井点。

许多工程实例证明,用回灌井点回灌水能产生与降水井点相反的地下水降落漏斗,能有效地阻止被保护建(构)筑物下的地下水流失,防止产生有害的地面沉降。

回灌水量要适当,过小无效,过大则会从边坡或钢板桩的缝隙中流入基坑。

2) 砂沟、砂井回灌

在降水井点与被保护建(构)筑物之间设置砂井作为回灌井,沿砂井布置一道砂沟,将从降水井点抽出的水适时、适量地排入砂沟,再经砂井回灌到地下。

回灌砂井的灌砂量应取井孔体积的 95%。填料宜采用含泥量不大于 3%,不均匀系数为 3~5 的纯净中粗砂。

3) 减缓降水速度

由于在砂质粉土中降水影响范围可达 80 m 以上,降水曲线较平缓,因此,可将井点管加长,减缓降水速度,防止产生过大的沉降;也可在井点系统的降水过程中,调小离心泵阀,降低抽水速度;还可在邻近被保护建(构)筑物一侧,将井点管间距加大,需要时可暂停抽水。

为防止抽水过程中将细微土粒带出,可根据土的粒径选择滤网。另外,确保井点管周围砂滤层的厚度和施工质量,也能有效地防止降水引起的地面沉降。

在基坑内部降水,掌握好滤管的埋设深度,如支护结构有可靠的隔水性能,则其一方面能疏干土壤,降低地下水位,便于挖土施工;另一方面又不使降水影响到基坑外面,造成基坑周围产生沉降。

【例 6-1】 某厂房设备基础施工,基坑底宽度为 8 m,长度为 12 m,基坑深度为 4.5 m,挖土边坡为 1:0.5,基坑平、剖面如图 6-22 所示。经地质勘探,天然地面以下 1 m 为亚黏土,其下有 8 m 厚的细砂层,渗透系数 $K=8 \text{ m/d}$,细砂层以下为不透水的黏土层。地下水位标高为 -1.5 m。采用轻型井点法降低地下水位,试进行轻型井点系统设计。

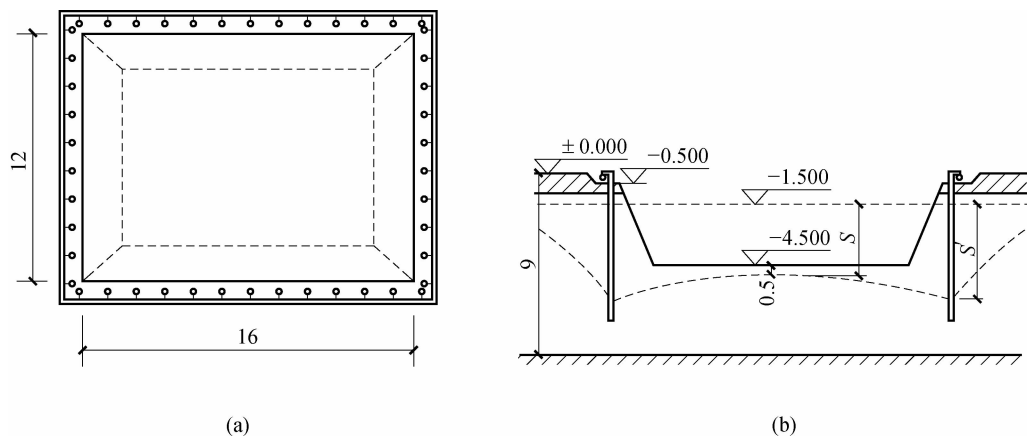


图 6-22 基坑平、剖面
(a)井点系统平面布置 (b)轻型井点剖面图

【解】 (1)布置井点系统。

根据工程地质情况和平面形状,轻型井点选用环形布置。为使总管接近地下水位,表层

土挖去 0.5 m, 基坑上口平面尺寸为 12 m×16 m, 布置环形井点。

总管距基坑边缘 1 m, 总管长度 L 为

$$L = [(12+2) + (16+2)] \times 2 = 64 \text{ m}$$

水位降低值 S 为

$$S = 4.5 - 1.5 + 0.5 = 3.5 \text{ m}$$

采用一级轻型井点, 井点管的埋设深度(总管平台面至井点管下口, 不包括滤管)为

$$H_A \geq H_1 + h + il = 4.0 + 0.5 + (1/10) \times (14/2) = 5.2 \text{ m}$$

式中, H_1 为井管埋设面至基坑底的距离(m); h 为基坑中心处底面至降低后地下水位的距离(m), 一般为 0.5~1.0 m; i 为地下水降落坡度, 双排或环状井点为 1/10, 单排井点为 1/5~1/4; l 为井点管至基坑中心的水平距离(m)。

采用 6 m 长的井点管, 直径为 50 mm, 滤管长度为 1.0 m。井点管外露地面 0.2 m, 埋入土中 5.8 m(不包括滤管), 因大于 5.2 m, 故符合埋深要求。

井点管及滤管长度 = 6 + 1 = 7 m, 滤管底部距不透水层的距离 = (1 + 8) - (1.5 + 4.8 + 1) = 1.7 m, 基坑长宽比小于 5, 可按无压非完整井环形井点系统计算。

(2) 计算基坑涌水量。

按无压非完整井环形点系统涌水量计算公式进行计算, 即

$$Q = 1.366K \frac{(2H_0 - S)S}{\lg R - \lg x_0}$$

先求出 H_0, K, R, x_0 值。式中, H_0 为抽水影响深度, 即

$$H_0 = 1.85(S' + 1) = 1.85 \times (4.8 + 1.0) = 10.73 \text{ m}$$

其中, $S' = 6 - 0.2 - 1.0 = 4.8 \text{ m}$ 。由于 $H_0 > H$ (含水层厚度 $H = 1 + 8 - 1.5 = 7.5 \text{ m}$), 取 $H_0 = H = 7.5 \text{ m}$ 。

K 为渗透系数, 经实测 $K = 8 \text{ m/d}$ 。 R 为抽水影响半径, 即 $R = 1.95S \sqrt{HK} = 1.95 \times 3.5 \times \sqrt{7.5 \times 8} = 52.87 \text{ m}$ 。

将以上数值代入无压非完整井环形点系统涌水量计算公式, 得基坑涌水量 Q 为

$$Q = 1.366 \times 8 \times \frac{(2 \times 7.5 - 3.5) \times 3.5}{\lg 52.87 - \lg 8.96} = 570.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

(3) 计算井点管数量及间距。

单根井点管出水量:

$$q = 65\pi dl^3 \sqrt{K} = 65 \times 3.14 \times 0.05 \times 1.0 \times \sqrt[3]{8} = 20.4 \text{ m}^3/\text{d}$$

井点管数量:

$$n = 1.1 \frac{Q}{q} = 1.1 \times \frac{570.6}{20.40} \approx 31 \text{ 根}$$

井距:

$$D = \frac{L}{n} = \frac{64}{31} \approx 2.1 \text{ m}$$

取井距为 1.6 m, 则实际总根数为 40 根(64 ÷ 1.6 = 40)。



6.3 降水与排水施工质量检验标准

降水与排水施工质量检验标准如表 6-11 所示。

表 6-11 降水与排水施工质量检验标准

序号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
		单位	数值	
1	排水沟坡度	%	1~2	目测:沟内不积水,沟内排水畅通
2	井管(点)垂直度	%	1	插管时目测
3	井管(点)间距(与设计相比)	mm	≤150	钢尺量
4	井管(点)插入深度(与设计相比)	mm	≤200	水准仪
5	过滤沙砾料填灌(与设计值相比)	mm	≤5	检查回填料用量
6	井点真空度:真空井点	kPa	>60	真空度表
	喷射井点	kPa	>93	真空度表
7	电渗井点阴阳极距离:真空井点	mm	80~100	钢尺量
	喷射井点	mm	120~150	钢尺量



学习评价

- (1)为何要进行基坑降排水?
- (2)基坑降水方法有哪些?指出其适用范围。
- (3)试述轻型井点降水设备的组成和布置。
- (4)基坑降水会给环境带来什么样的影响?如何治理?

(5)某建筑物地下室的平面尺寸为 51 m×11.5 m,基底标高为 -5 m,自然地面标高为 -0.45 m,地下水位为 -2.8 m,不透水层在地面以下 12 m,地下水为无压水,实测透水系数 $K=5 \text{ m/d}$,基坑边坡为 1:0.5。现采用轻型井点降低地下水位,试进行轻型井点系统平面和高程布置,并计算井点管数量和间距。