

DB42

湖北省地方标准

DB42/T 830-2012

基坑管井降水工程技术规程

Technical Regulations for Dewatering Engineering of Tube Well of Foundation Pit

2012-04 - 24 发布

2012-07 - 01 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省质量技术监督局

发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、符号	1
3.1 术语	1
3.2 符号	3
4 基本规定	4
5 管井降水设计	5
5.1 一般规定	5
5.2 管井布置	6
5.3 管井结构设计	7
5.4 过滤器设计	7
5.5 降水出水量的确定	10
5.6 降水水位与地面沉降量的预测	13
6 降水管井施工	15
6.1 施工准备	15
6.2 成井设备与材料	16
6.3 井身钻进	17
6.4 探井与换浆	21
6.5 井管安装	21
6.6 填砾及止水	21
6.7 洗井	22
6.8 试验抽水	23
7 降水运行、维护与监测	23
7.1 降水运行与维护	23
7.2 降水监测	24
8 管井降水工程验收	25
附录 A(资料性附录) 导渗井(砂砾井)降水	27
附录 B(资料性附录) 轻型电井降水	28

附录 C(规范性附录) 基坑涌水量计算 32

附录 D(规范性附录) 降水运行记录 36

附录 E(规范性附录) 降水管井验收单 37

本规程用词说明 38

附:条文说明 39

前 言

本标准 of 湖北省房屋建筑和市政工程基坑管井降水工程设计、施工、运行维护、监测与验收的标准。

本标准是根据湖北省质量技术监督局《关于下达 2011 年湖北省地方标准项目计划的通知》(鄂质监标[2011]54 号)的要求,由中冶集团武汉勘察研究院有限公司和武汉市建设工程设计审查办公室会同有关单位编制的湖北省地方标准《基坑管井降水工程技术规程》。

本标准汇集了湖北省各地区基坑管井降水工程的实践经验,吸收了国内外各地基坑管井降水工程的先进成熟技术,规范湖北省基坑管井降水工程的设计、施工、运行维护、监测与验收。

本标准共分 8 章:范围;规范性引用文件;术语、符号;基本规定;管井降水设计;降水管井施工;降水运行、维护与监测;管井降水工程验收。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录,附录 C、附录 D、附录 E 为规范性附录。

本标准由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口。

本标准主编单位:中冶集团武汉勘察研究院有限公司

武汉市建设工程设计审查办公室

本标准参编单位:湖北地矿建设工程承包集团有限公司

中煤科工集团武汉设计研究院

中南勘察设计院有限公司

湖北省中南勘察基础工程有限公司

武汉市勘测设计研究院

中国地质大学(武汉)

宜昌市勘设施工图咨询服务部

湖北省水文地质工程地质勘察院

本标准起草人:丁洪元、万凯军、刘卫国、陈树林、张凯萍、余平安、彭易华、施木俊、冯晓腊、徐扬青、陈少平、吴礼生、肖汉光、张陵、严桂华、马郎、刘国锋、黄静

本标准审查人:范士凯、龙雄华、梁杏、宋榜慈、王连新、李汉青、宋永平

本标准由中冶集团武汉勘察研究院有限公司负责解释。

基坑管井降水工程技术规程

1 范围

本规程规定了湖北地区基坑管井降水工程的设计要求、施工技术、质量控制和工程验收的标准。

本规程适用于湖北地区房屋建筑工程和市政工程的基坑管井降水工程的设计、施工、验收及运行维护与监测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规程的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规程。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规程。

GB50296	供水管井技术规范
GB50497	建筑基坑工程检测技术规范
GB50615	冶金工业水文地质勘查规范
GB/T50502	建筑施工组织设计规范
JGJ/T111	建筑与市政降水工程技术规范
DB42/159	基坑工程技术规程

3 术语、符号

3.1 术语

3.1.1

降水管井 dewatering tube well

在地下工程施工时,为降低地下水位而设置的抽水管井。

3.1.2

回灌管井 injection tube well

用于把符合要求的水压入(或灌入)目标含水层中,以达到某种目的的管井。

[GB50366-2005, 2.0.20]

3.1.3

钻井工艺 borehole technology

管井钻进中所采用的钻进方法和技术措施形成井身的施工工艺的总称。

3.1.4

成井工艺 well completion technology

管井钻进结束后的探井、换浆、安装井管、填砾、封闭以及洗井、抽水试验、采集水样等工序的总称。

[GB50296-99, 2. 1. 4]

3. 1. 5

管井设计出水量 designed outlet water from tube well

依据设计水位降深和抽水设备而设计的管井出水量。

3. 1. 6

管井出水能力 capacity of outlet water from tube well

由管井自身结构所决定的管井最大允许出水量。

3. 1. 7

允许井壁进水流速 allowable well wall inlet velocity

地下水从含水层进入井内的最大允许进水速度。

[GB50296-99, 2. 1. 24]

3. 1. 8

允许过滤管进水流速 allowable filter inlet velocity

地下水进入过滤管的最大允许进水速度。

[GB50296-99, 2. 1. 25]

3. 1. 9

基坑管井降水 tube well dewatering of foundation pit

利用管井降低基坑及周边地层中地下水水位,以防止地下水对基坑的危害,称为基坑管井降水。

当设计降水深度低于基坑底面时,称为疏干降水;当坑底剩余有一定厚度的隔水层,设计降水深度(测压水位)高于基坑底面时,称为减压降水。

3. 1. 10

降水深度 dewatering depth

自地面算起至降水工程设计要求的动水位埋深(标高)间的深度。

[JGJ/T111-98, 2. 1. 5]

3. 1. 11

水位降深值 drawdown value

降水时,静水位与任一动水位间的差值。

[GB/T14157-93, 6. 3. 28]

3. 1. 12

降水出水量 yield water during dewatering

降水井从含水层中抽出的总水量。

[JGJ/T111-98, 2. 1. 7]

3. 1. 13

抽水试验 pumping test

通过管井抽水确定管井出水量,获取含水层的水文地质参数,判明某些水文地质条件的野外水文

地质试验工作。

[GB/T14157-93, 6.3.1]

3.1.14

试验抽水 experimental pumping

正式抽水之前, 为清洗管井、检查设备及其安装和动力状况, 了解最大降深能力而进行的一项抽水工作。

[GB/T14157-93, 6.3.1.8]

3.1.15

降水工程检验 dewatering engineering inspection

指降水管井施工完成后, 全部降水井、排水设施进行运转, 对降水方案进行总体效果的检验。

[JGJ/T111-98, 2.1.17]

3.2 符号

A_j ——井壁单位长度的表面积;

A_g ——过滤器面层单位长度的有效进水面积;

a ——压力传导系数;

b ——降水管井的井间距;

D ——降水管井的井径、钻头直径;

D_g ——过滤管面层直径;

d ——钻杆外径;

F ——基坑面积、钻头压力;

H ——基坑计算开挖深度、承压水测压水位高度、潜水含水层厚度;

H_o ——潜水含水层有效带厚度;

H_w ——降水管井的深度;

K ——渗透系数;

L ——过滤器工作部分长度、含水层顶面与设计下降水位的高差;

M ——承压含水层厚度;

n ——过滤器孔隙率、井数;

P ——过滤器面层孔隙率。

Q ——基坑总抽排水量、管井出水能力、冲洗液量;

q ——设计单井出水量、过滤管的进水能力;

R ——引用影响半径;

s ——水位降深值;

V ——滤料数量;

V_j ——允许井壁进水流速;

V_e ——允许井管进水流速;

V_r ——钻杆与井壁间环状间隙内冲洗液上返流速;

t ——过滤管进水缝隙的直径或宽度、抽水时间;

r_0 ——基坑等效圆半径;

r_v ——过滤器外径。

4 基本规定

4.1 管井降水适用于渗透系数 $K > 1.0\text{m/d}$ 的粉土、砂土、碎石土含水层。

4.2 管井降水工程可分为准备阶段、降水勘察、管井降水设计、降水管井施工、试验抽水、管井验收、降水运行维护与监测、技术成果整理等基本阶段。

4.3 基坑降水工程水文地质勘察可按相关水文地质勘察规范的规定执行。勘察资料应满足下列要求:

a) 查明场区所处地貌单元、地层时代、地下水类型、埋藏条件(含承压含水层及其隔水顶板厚度)及补给、渗流条件和地下水水位动态变化;

b) 查明场区及周围地下水的水位(包括历年最高水位),应准确测定上层滞水、潜水、承压水的水位;预测降水运行期间地下水的动态特征;

c) 降水设计所需的水文地质参数应由抽水试验确定。岩土工程勘察报告中已有的抽水试验资料可以直接引用,否则应做专项抽水试验;

d) 提供降水目标含水层的颗粒分析曲线。

4.4 专项抽水试验应满足下列要求:

a) 水位下降落程宜为 3 次,其中大降深时的出水量应接近单井设计出水量;

b) 抽水试验的稳定延续时间不得小于 6h;当抽水不稳定时,其延续时间不得少于 24h;

c) 稳定流抽水时,在抽水稳定延续的时间内,井的出水量波动幅度不得超过 5%、水位波动幅度不得超过 2%;

d) 抽水试验过程中,应考虑自然水位变化和其它干扰因素的影响;

e) 试验时,出水量的观测误差应小于 5%;水位下降值观测的允许误差为 $\pm 5\text{mm}$;

f) 应同步观测出水量和水位,水位监测宜采用自动水位仪,观测次数与时间间隔应符合如下的要求;

稳定流抽水试验时宜在抽水开始后的第 5min、10min、15min、20min、25min、30min 各测一次,以后每隔 30min 测一次;

非稳定流抽水试验时宜在抽水开始后第 1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min 各观测一次。

g) 抽水试验结束时,从停泵开始,按本条第 6 款的要求测量恢复水位;

h) 稳定流、非稳定流抽水试验、群孔抽水试验的具体要求,可按《冶金工业水文地质勘察规范》GB50615 确定。

4.5 管井降水工程准备应包括下列内容:

- a) 明确降水范围、深度、起止时间及工程环境要求;
- b) 搜集降水工程场地及相邻地区的水文地质、工程地质等资料,以及类似基坑工程降水实例;
- c) 进行降水工程现场踏勘,了解降水工程勘察和施工的供水、供电、道路、排水及有无障碍物等现场施工条件。

4.0.6 基坑管井降水工程设计与施工,应充分考虑对周边环境的影响。当对周边环境产生危害时,应提出相应的防治措施。

4.0.7 基坑管井降水工程应采用信息化施工。必要时,对降水工程的设计与施工进行优化。

4.0.8 基坑管井施工完成后,必须经过群抽试验进行抽水检验,满足设计降水深度后方可进行基坑开挖。

5 管井降水设计

5.1 一般规定

5.1.1 降水设计水位降深应按最不利情况考虑。当采用疏干降水时,水位降深应大于基坑开挖深度 0.5 m ~ 1.0m。当采用减压降水时,水位降深应根据基坑坑底剩余土层的性质及厚度综合确定,对坑底承压含水层隔水顶板剩余不透水层厚度的抗突涌稳定性计算可用式(1)确定:

$$K_{ty} \cdot H_w \cdot \gamma_w \leq D \gamma \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- K_{ty} ——抗突涌安全系数,取 1.2;
- γ ——承压含水层顶板至基坑底板剩余土层的平均重度(kN/m³);
- D ——承压含水层顶板至基坑底板剩余土层的厚度(m);
- γ_w ——水的重度(kN/m³);
- H_w ——从承压含水层顶板算起的承压水头高度(m)。

5.1.2 基坑管井降水设计应满足下列要求:

- a) 基坑在其功能完成或建(构)筑物正常运行前不发生渗流破坏;
- b) 在降水期间,基坑周边的建(构)筑物及地下管线、道路正常使用。

5.1.3 管井降水设计应具备下列资料:

- a) 工程降水的技术要求,包括降水范围、降深、降水时间、工程环境影响等;
- b) 场区水文地质勘察资料;
- c) 工程基础平面图、剖面图、相邻建(构)筑物及地下管线位置图及有关基础资料;
- d) 基坑、基槽规模,开挖支护设计和施工顺序;
- e) 现场施工条件。

5.1.4 管井降水设计可分三个阶段,各阶段的工作应符合下列要求:

- a) 方案设计阶段。可依据场地及附近已有的地质和水文地质资料,进行基坑降水方案设计;
- b) 方案试验阶段。在管井降水实施过程中,必须先施工具有代表性的 2 ~ 3 口管井,进行试验抽水,验证水文地质设计参数后进行方案设计优化,再进行其余降水管井施工;

c) 方案检验阶段。应进行部分降水管井的群井试验抽水,将观测井的计算资料与实测数据进行拟合,调整含水层参数;群井抽水试验过程中取得的环境监测资料,可作为制订各工况降水运行方案的依据。

5.1.5 管井降水工程设计应包括下列内容:

- a) 任务依据;
- b) 水文地质条件、工程环境和现场条件;
- c) 降水管井结构图、降水管井平面布置图、排水系统结构图,并附说明;
- d) 预测降深和出水量,并绘制降深、降幅预测曲线图和剖面图;
- e) 对降水引起的环境影响应进行评价,并提出相应的保护措施;
- f) 提出降水施工、监测与维护的有关要求。

5.1.6 对弱透水层中的地下水可采用下列降水方法:

a) 当管井穿过弱透水含水层进入下部强透水含水层时,对上部弱透水层中的地下水采用导渗井将其导入下部强透水含水层,导渗井的设计与施工按附录 A 的规定执行;

b) 对弱透水含水层中的地下水采用轻型点井和预降水或明排措施,轻型点井的设计与施工应按附录 B 的规定执行;

c) 对于二、三级阶地(古河道)的弱透水含水层中的承压水,可采用真空管井降水。

5.1.7 管井降水设计应结合隔渗类型、帷幕深度进行,并应通过方案比较,减少坑外地面沉降。

5.2 管井布置

5.2.1 降水管井布置应符合下列要求:

- a) 根据基坑开挖深度和地下水条件合理布置管井,基坑内任一点的水位降深应满足设计要求;
- b) 应避开承台、后浇带、地梁、地下室结构梁、桩和剪力墙的位置;
- c) 满足环境保护(如地面沉降,建筑物倾斜等)要求。

5.2.2 降水管井宜优先在基坑内布置,也可布置在基坑的外侧,但距基坑边缘线应不小于 1.0m。当基坑面积很小或狭长形内支撑密布时,可采用坑内外相结合布置。

5.2.3 对条形基坑,应在基槽端部布置降水管井,且宜适量外延。

5.2.4 基坑邻近地下水补给边界时,宜在地下水补给方向适当增加布置降水管井;在排泄方向,可适当减少。

5.2.5 降水管井布置时,井间距宜满足式(2)要求:

$$b \geq 5\pi D \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

b ——降水管井之间的距离(m);

D ——降水管井的井径(m)。

5.2.6 降水管井的井位,可根据场地的实际情况进行调整。当井位移动较大时,应通过计算复核并满足设计降水深度要求。

5.2.7 应在基坑的典型部位布置水位观测井,观测井宜与降水管井结构一致。

5.3 管井结构设计

5.3.1 降水管井结构设计应包括下列内容：

- a) 井身结构；
- b) 井管配置及管材的选用；
- c) 填砾位置及滤料规格；
- d) 封闭位置及材料。

5.3.2 井身结构应根据地层情况、地下水埋深及钻进工艺进行设计，并宜按下列步骤进行：

- a) 按成井要求确定取水段和安泵段井径；
- b) 按地层特性、钻进方法确定变径井段的直径和长度；
- c) 按井段变径需要确定井的开口井径。

5.3.3 设计井径时，应考虑管井设计出水量、含水层埋深、过滤器类型及钻进工艺等因素，并满足下列要求：

- a) 松散层中非填砾过滤器管井的取水段井径，应比设计过滤管面层外径大 50mm；
- b) 基岩中的裸眼井段，上部安泵段的井径应比抽水设备铭牌标定的最小井管内径大 50mm；
- c) 松散层中的管井井径，应用允许井壁进水流速(v_f)复核，并符合式(3)、(4)要求：

$$D \geq \frac{q}{\pi L v_f} \dots\dots\dots (3)$$

$$v_f = 60 \sqrt[3]{K} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

D ——井径(m)；

q ——设计单井出水量(m^3/d)；

L ——过滤器工作部分长度(m)；

v_f ——允许井壁进水流速(m/d)；

K ——含水层渗透系数(m/d)。

5.3.4 降水管井的深度由设计降深、含水层埋藏分布、侧向帷幕、基坑深度、地下水位年变化幅度及降水管井的结构、出水能力等综合确定。

5.3.5 沉淀管长度宜为 1m ~ 2m。

5.3.6 位于松散地层的基坑，当降水管井布置在坑外时，管井的井口外围应封闭。

5.3.7 井管应符合下列要求：

- a) 有足够的抗压、抗拉、抗弯强度，材质应无毒；
- b) 当基坑深度超过 6m 时，布置在基坑内的管井不宜采用水泥管；
- c) 无缺损、裂缝、弯曲等缺陷，管端口面与管轴线垂直且无毛刺，内壁光滑、圆直，满足抽水设备的要求。

5.3.8 回灌管井的井结构设计可按参照降水管井的井结构进行。

5.4 过滤器设计

5.4.1 过滤器类型应根据含水层的性质按下表 1 选用。

表1 降水管井过滤器类型选择

含水层性质		过滤器类型
碎石土	$d_{20} < 2\text{mm}$	填砾过滤器, 非填砾过滤器
	$d_{20} \geq 2\text{mm}$	非填砾过滤器
砂土	粗砂、中砂	缠丝过滤器、填砾过滤器
	细砂、粉砂	填砾过滤器、包网过滤器
具有裂隙、溶洞(其中有大量充填物)的基岩		骨架过滤器、缠丝过滤器或填砾过滤器

注:在基岩含水层中,当裂隙、溶洞(其中很少充填物)稳定时,可不设过滤器。

5.4.2 过滤管制作材料的选择,应根据地下水水质、受力条件和经济合理等因素确定。

5.4.3 过滤管长度的确定,应符合下列规定:

a) 含水层厚度小于10m时,对于潜水含水层,过滤管的长度宜等于设计动水位以下的含水层厚度;对于基坑底部的承压含水层,可等于承压含水层厚度;

b) 含水层厚度大于10m时,宜根据含水层的透水性和设计降深确定过滤管的长度;

c) 根据含水层的允许井壁进水流速确定过滤管的长度,并采用允许过滤管进水流速进行复核。

1) 用允许井壁进水流速计算过滤管长度 L :

$$L = \frac{Q}{A_f \cdot V_f} \quad \dots\dots\dots (5)$$

2) 用允许过滤管进水流速复核后的过滤管长度 L' :

$$L' = \frac{Q}{A_g \cdot V_g} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

Q ——管井的出水能力(m^3/s);

A_g ——过滤器面层单位长度的有效进水面积(m^2), $A_g = \text{过滤器面层单位长度的孔隙面积} \times \text{过滤器有效孔隙率}$;

A_f ——井壁单位长度的表面积(m^2);

V_g ——相应含水层的允许入管流速(m/s);

V_f ——允许井壁进水流速(m/s), 允许井壁进水流速与含水层颗粒直径关系见表2。

表2 允许井壁进水流速与含水层颗粒直径关系

含水层		允许井壁进水流速(m/s)
颗粒直径(mm)	渗透系数(m/d)	
0.10 ~ 0.25	5 ~ 10	0.0018
0.25 ~ 0.50	10 ~ 25	0.0030
0.50 ~ 1.00	25 ~ 50	0.0035
1.00 ~ 2.00	50 ~ 100	0.0060

d) 过滤管设置深度应低于基坑底面。

5.4.4 过滤器直径应根据设计出水量、过滤管长度、选用的管材和过滤器的有效孔隙率确定。

a) 设置在松散含水层的过滤管内径不宜小于250mm,在基岩含水层中不应小于100mm;

b) 过滤管外径按下式进行计算:

$$D_e = \frac{q}{\pi L n V_s} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

D_f ——过滤管面层直径(m);

n ——过滤管面层有效孔隙率(宜按过滤管面层孔隙率的 50%计算);

L ——过滤管进水部分长度(m);

q ——设计单井出水量(m^3/s);

V_g ——允许过滤管进水流速(m/s),一般 $v_g=0.03 \text{ m}/\text{s} \sim 0.08 \text{ m}/\text{s}$,粉砂取低值,砾砂取高值。

5.4.5 缠丝过滤管的设计应符合下列规定:

a) 骨架管的穿孔形状、尺寸及排列方式,应按管材强度和受力条件确定,孔隙率宜为 15%~30%;

b) 骨架管上应设纵向垫筋。垫筋高度宜为 6 mm~8mm,垫筋间距宜保证缠丝距管壁 2 mm~4mm,垫筋两端应设挡箍;

c) 缠丝材料应采用无毒、抗拉强度大和膨胀系数小的线材。缠丝断面形状宜为梯形或三角形;

d) 缠丝不得松动。缠丝间距允许偏差为设计丝距的 $\pm 20\%$;

e) 缠丝面由于直接与含水层或滤料接触,实际达到的孔隙率是其有效孔隙率,一般按减少 50%计。

5.4.6 非填砾过滤器的进水缝隙尺寸,宜按下列计算确定:

a) 砂土类含水层 $t=(1.25 \sim 2.0)d_{50}$ (8)

b) 碎石土类含水层 $t=(1.25 \sim 2.0)d_{50}$ (9)

式中:

t ——进水缝隙的直径或宽度(mm);

d_{20} 、 d_{50} ——分别为碎石土类和砂土类含水层筛分样颗粒组成中,过筛重量累计分别为 20%和 50%时的最大颗粒直径(mm)。

注:含水层不均匀系数小于 2 时,取较小值;含水层不均匀系数大于 2 时,取较大值。

5.4.7 缠丝过滤管缠丝面孔隙率的设计,宜按下式计算确定。

$$P=(1-\frac{d_1}{m_1})(1-\frac{d_2}{m_2}) \quad \text{..... (10)}$$

式中:

P ——缠丝面孔隙率;

d_1 ——垫筋宽度或直径(mm);

m_1 ——垫筋中心距离(mm);

d_2 ——缠丝直径或宽度(mm);

m_2 ——缠丝中心距离(mm)。

5.4.8 填砾过滤器的滤料规格,可按下列规定确定。

a) 砂土类含水层: $D_{50}=(8 \sim 12)d_{50}$ (11)

b) 碎石土类含水层:

当 $d_{25} < 2\text{mm}$ 时, $D_{50}=(8 \sim 12)d_{50}$ (12)

当 $d_{25} \geq 2\text{mm}$ 时,可不填砾或充填 10mm~20mm 的填料;

c) 滤料的不均匀系数应小于 2。

注：a) D_{50} 、 d_{50} 、 d_{20} 分别为滤料和含水层颗粒筛样，过筛重量累计为 50%及 20%的最大颗粒直径；

b) 砂土类含水层不均匀系数大于 10 时，应除去筛分样中部分粗颗粒后，重新筛分，直至不均匀系数小于 10 时，取其 d_{50} 代入式(11)确定滤料规格。否则计算的滤料粒径偏大。

5.4.9 填砾过滤器骨架管进水缝隙尺寸宜采用 D_{10} 。

注： D_{10} 为滤料筛分颗粒组成中，过筛重量累计为 10%时的最大颗粒直径。

5.4.10 填砾过滤器滤料的充填厚度和高度应符合下列规定：

- 滤料厚度应按含水层的岩性确定，宜为 75mm～200mm，其中粉细砂含水层段宜为 150mm～200mm；
- 滤料高度宜超过过滤管上端 3m。

5.5 降水出水量的确定

5.5.1 降水出水量计算应包括基坑的涌水量和单井的出水量。

5.5.2 管井降水应根据水文地质条件，充分考虑隔水帷幕与降水相结合的地下水渗流规律进行设计，基坑涌水量宜根据帷幕插入深度、地层性质、基坑开挖深度及降水井深度等因素形成的四种渗流类型进行计算。

a) 周边无隔水帷幕的开放式疏干降水时(图 1)，管井降水基坑涌水量，可按附录 C 计算，也可按下式计算：

$$Q=2\pi K_0 S r_0 \dots\dots\dots (13)$$

$$K_0=\frac{(S+0.8L)}{H}K \dots\dots\dots (14)$$

式中：

K_0 ——含水层渗透系数概化值(m/d)；

r_0 ——基坑等效圆半径(m)， $r_0=0.565\sqrt{F}$ ；

S ——承压水水位下降设计值(m)；

K ——含水层渗透系数(m/d)；

F ——基坑面积(m^2)；

L ——含水层顶面与设计降水水位的高差(m)；

H ——从承压含水层底面算起的承压水测压水位高度(m)。

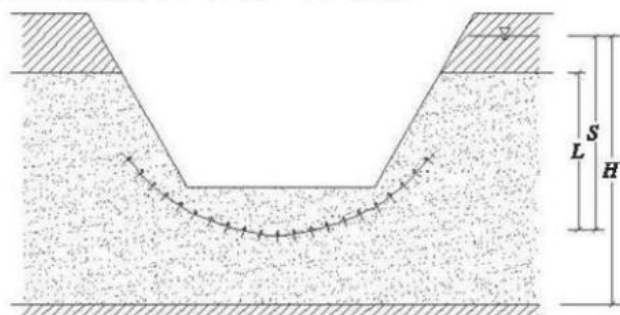


图 1 基坑涌水量计算模型

b) 当基坑帷幕插入降水含水层的隔水底板(落底式帷幕)(如图 2 所示)时，降水疏干基坑内地下水或者前期减压后期疏干部分承压水应按下式估算：

- 1) 潜水疏干基坑涌水量取决于场地潜水含水层的特性及基坑的平面形状，可用下式估算：

$$Q=V\mu \quad \dots\dots\dots (15)$$

2) 对于疏干承压含水层可用下式估算:

$$Q=FS (0.05 \sim 0.1)W \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

Q ——基坑内总抽出水量(m^3);

μ ——潜水含水层给水度, 给水度经试验确定, 无试验资料时可按表 3 选用;

V ——基坑内潜水土体的体积量(m^3);

F ——基坑面积(m^2);

S ——含水层顶板至设计安全水位面得距离(m);

W ——含水层原天然平均含水率(%)。

注: 应在基坑内设置一定数量的降水井, 抽排封闭基坑内及渗入帷幕内侧的地下水流。

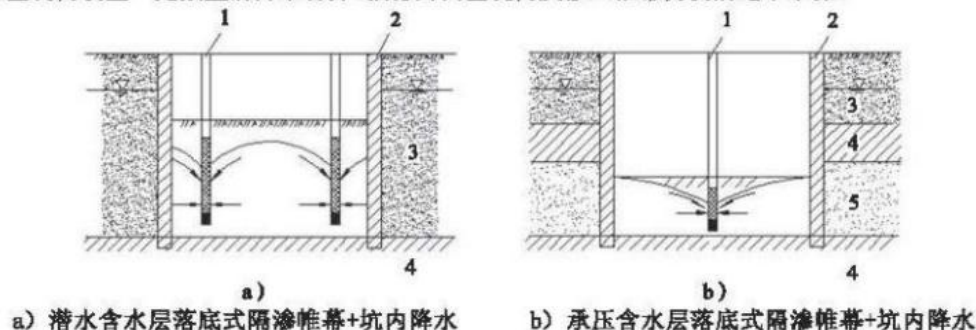


图 2 基坑工程降水示意图

1—降水井 2—围护结构(隔水帷幕) 3—潜水含水层 4—隔水层 5—承压含水层

表 3 给水度(μ)经验值

岩性	给水度 μ	岩性	给水度 μ
粘质粉土	0.04 ~ 0.07	中砂	0.20 ~ 0.25
砂质粉土	0.07 ~ 0.10	粗砂及砾砂	0.25 ~ 0.35
粉砂	0.10 ~ 0.15	粘土胶结的砂岩	0.02 ~ 0.03
细砂与泥质砂	0.15 ~ 0.20	裂隙灰岩	0.008 ~ 0.10

c) 当基坑帷幕插入降水目的承压含水层隔水顶板中(如图 3 所示)时。若有潜水疏干时基坑涌水量, 可用式(15)估算(此时降水井应布置在维护结构内部); 承压含水层可用大井法公式计算基坑涌水量, 并考虑含水层顶板至设计安全水位面的距离计算。

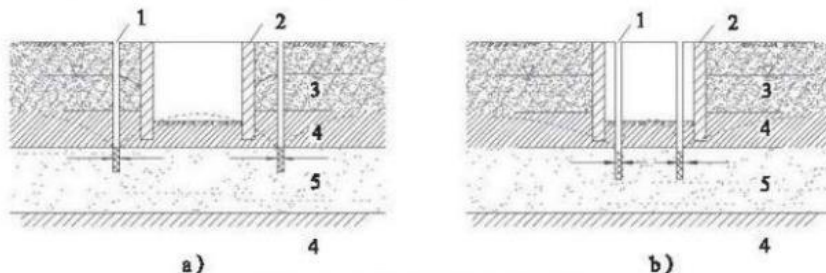


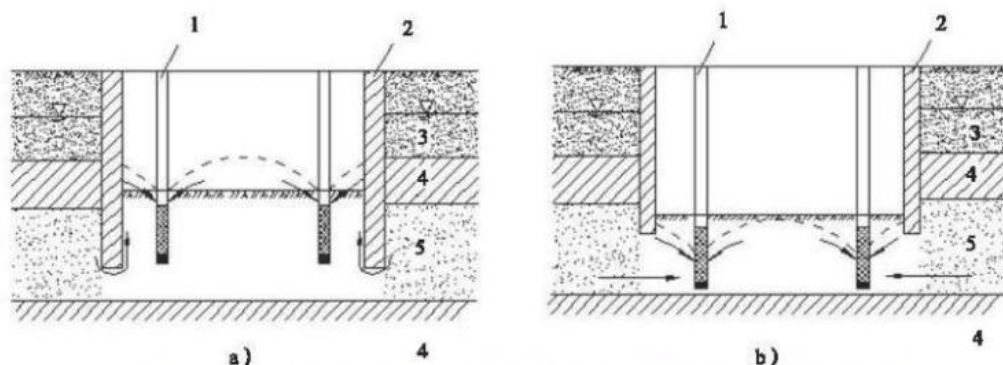
图 3 基坑工程降水示意图

1—降水井 2—围护结构(隔水帷幕) 3—潜水含水层 4—隔水层 5—承压含水层

d) 当基坑帷幕和基坑深度已进入降水目的承压含水层中(悬挂式帷幕)时,基坑涌水量可按下列情况计算:

1) 过滤器底端埋深与帷幕底端埋深相接近(图 4a)时,基坑渗流类型为三维流,可建立三维渗流模型通过数值方法(有限元或有限差分)求解;

2) 管井过滤器全部或大部分超出帷幕埋深时(图 4b)可忽略三维流影响,按大井法公式计算。



a) 承压含水层悬挂式帷幕+坑内减压降水(井深与帷幕深度相接近)

b) 承压含水层悬挂式帷幕+坑内疏干降水(井深大于帷幕深度)

图 4 基坑工程降水示意图

1—降水井 2—围护结构(隔水帷幕) 3—潜水含水层 4—隔水层 5—承压含水层

5.5.3 当条形基坑采用开放式降水时,基坑涌水量可按下列公式计算:

a) 潜水完整井

$$Q = L' K \frac{H^2 - \bar{h}^2}{R} \quad (17)$$

或

$$Q = nQ' = n \frac{\pi K (2H - S_w) \cdot S_w}{\ln\left(\frac{d'}{\pi r_w}\right) + \frac{\pi R}{2d'}} \quad (18)$$

b) 承压完整井

$$Q = 2L' K \frac{MS_w}{R} \quad (19)$$

或

$$Q = nQ' = n \frac{2\pi KMS_w}{\ln\left(\frac{d'}{\pi r_w}\right) + \frac{\pi R}{2d'}} \quad (20)$$

式中:

Q ——基坑涌水量(m^3/d);

Q' ——降水干扰单井出水量(m^3/d);

S_w ——降水干扰井设计水位下降值(m);

n ——降水井数(个);

H ——潜水含水层厚度(m);

$\bar{h}$ ——抽水前与抽水时含水层厚度的平均值(m);

L' ——条状基坑长度(m);

d' ——降水干扰井井间距之半(m);

R ——影响半径(m);

K ——含水层渗透系数(m/d);

r_w ——降水井半径(m);

M ——承压含水层厚度(m)。

5.5.4 单井的设计出水量应小于单井的出水能力,单井出水能力 q 应根据水文地质条件、降深、管井过滤器的结构、设备能力等综合确定。降水管井单井出水能力可按下式估算:

$$q=120\pi r_w l \sqrt{k} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

q ——单井出水能力(m^3/d);

l ——过滤管长度(m);

r_w ——过滤器半径(m);

k ——含水层渗透系数(m/d)。

5.5.5 松散层降水管井的设计出水量,尚应按本规程 5.3.3 条的公式进行允许井壁进水流速的复核。

5.5.6 降水管井的数量应按下列要求执行:

a) 降水管井的数量,可按下式确定:

$$n=Q/q \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

n ——降水管井数量(口);

Q ——基坑总抽排水量(m^3/d);

q ——设计单井出水量(m^3/d)。

b) 降水设计时应设置备用井,备用井的数量应不少于设计计算井数的 10%,且不少于 1 口。

5.6 降水水位与地面沉降量的预测

5.6.1 降水水位的预测计算应符合下列要求:

a) 合理选择水位预测计算公式;

b) 基坑内任意点的地下水位均能满足降深的要求;

c) 在降水水位预测计算过程中,应考虑井周三维流、紊流的附加水头影响;

d) 降水设计与抽水试验条件相近时,可直接使用抽水试验的结果。

5.6.2 对于承压含水层的完整井降水,可运用稳定流公式按式(23)计算基坑内外任意点的水位降幅 S ,并绘制等值线图。对回灌井,根据回灌压力、回灌量以及回灌时含水层的各种参数按式(24)计算水位上升值 S' ,并绘制等值线图。

$$S=\frac{0.366}{MK}\sum_{i=1}^n q_i(1gR-1gr_i) \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$S'=\frac{0.366}{MK'}\sum_{i=1}^{n'} q_i'(1gR'-1gr_i') \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

M ——含水层概化厚度(m);

S, S' ——任意点由 $n(n')$ 口井抽水(回灌)引起的水位下降(上升)值(m);

R, R' ——抽水(回灌)时管井的引用影响半径(m);

r_i, r'_i ——任意点距抽水(回灌)井的平面距离(m);

K, K' ——分别为场地抽水(回灌)试验求得的含水层渗透系数概化值(m/d);

q_i, q'_i ——抽水或回灌井的单井出水量(m^3/d);

抽水和回灌时任意点水位降幅 $S_s = S - S'$ 。

注:当采用非完整井时,应在水文地质勘察阶段进行非完整井抽水试验,并宜采用式(23)求取 K, R 值。抽水试验井的深度及结构宜与拟设计降水井相似。

5.6.3 布置井群抽排地下水时,确定管井流量时的设计降深应进行群井抽排干扰下的降深验算,其最大降深应满足使用要求。

a) 对于有补给源的含水层,并且抽水后补给量与抽水量平衡,达到稳定状态,可采用稳定流干扰井群计算。

1) 承压含水层干扰井稳定流降深采用式(23)计算;

2) 潜水完整干扰井稳定流降深公式为:

$$s_j = H - \sqrt{H^2 - \frac{1}{\pi k} \sum_{i=1}^n (Q_i \ln) \frac{R_i}{r_{ij}}} \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中: s_j ——第 j 眼井抽水时对第 i 眼井或基坑内任意点的干扰水位降深值(m);

Q_i ——第 i 眼井出水量(m^3/d);

r_{ij} ——第 i 眼抽水井到第 j 井的距离(m);

R_i ——第 i 眼抽水井影响半径(m);

b) 在无限分布均质各向同性无越流条件下,非稳定流干扰井计算,采用下列公式。

1) 承压水非稳定流干扰井计算公式:

$$S_j = \frac{1}{4\pi T} \sum_{i=1}^n Q_i W\left(\frac{r_i^2}{4at_i}\right) \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$\text{或者}(u_i < 0.01 \text{ 时}) S_j = \frac{1}{4\pi T} \sum_{i=1}^n Q_i \ln\left(\frac{2.25at_i}{r_i^2}\right) \quad \dots\dots\dots (27)$$

2) 潜水含水层中按任意方式布井的干扰井公式:

$$H^2 - h^2 = \frac{1}{2\pi k} \sum_{i=1}^n Q_i W\left(\frac{r_i^2}{4at_i}\right) \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$\text{或者}(u_i < 0.01 \text{ 时}) H^2 - h^2 = \frac{1}{2\pi k} \sum_{i=1}^n Q_i \ln\left(\frac{2.25at_i}{r_i^2}\right) \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:

h ——潜水含水层在抽水时的厚度(m);

r_i ——到第 i 眼抽水井的距离(m);

T ——导水系数(m^2/d);

a ——压力传导系数(m^2/d);

t_i ——抽水时间(d);

c) 当水文地质条件复杂时,可建立地下水模型通过数值方法计算井群干扰开采条件下各管井水位降深和流量。

5.6.4 降水水位预测计算,也可根据群井抽水试验,按实测抽水影响范围内不同距离的观测井水位降

深资料,建立相应的统计方程,计算不同布井条件下的基坑降水水位的统计预测值。

5.6.5 条状基坑管井降水水位预测可在采用面状基坑公式计算降水井排处水位的基础上可再按下列公式计算:

a) 潜水完整井

$$S_x = H - \sqrt{h_1^2 + \frac{x}{R}(H^2 - h_1^2)} \quad \dots\dots\dots (30)$$

b) 承压完整井

$$S_x = H_1 - (h_2 + \frac{H_1 - h_2}{R}x) \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中:

S_x ——距降水井排 x 处的水位下降值(m);

H ——潜水含水层厚度(m);

H_1 ——承压含水层水头值(m);

h_1 ——降水井排处的潜水含水层厚度(m);

x ——任意点至井排的距离(m);

h_2 ——降水井排处的承压水水头值(m)。

5.6.6 降水引起地面某点的沉降量按下式计算:

$$\Delta_{sw} = M_s \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{wi} \cdot \frac{\Delta_{si}}{\Delta_{si}} \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中:

Δ_{sw} ——水位下降引起的地面沉降量(cm);

σ_{wi} ——水位下降引起的各计算分层有效应力增量(kPa);

Δ_{si} ——受降水影响地层(自降水前的水位至含水层底板之间)的分层厚度(cm);

n ——计算分层数;

E_{si} ——各分层的压缩模量(kPa);

M_s ——经验系数; $M_s = M_1 \times M_2$ 。对于一般粘性土 M_1 可取 0.3 ~ 0.5;粉质粘土、粉土、粉砂互层 M_1 可取 0.5 ~ 0.7;淤泥、淤泥质土可取 0.7 ~ 0.9。当降水维持时间 3 个月之内时 M_2 可取 0.5 ~ 0.7;当降水维持时间超过 3 个月时 M_2 可取 0.7 ~ 0.9。

6 降水管井施工

6.1 施工准备

6.1.1 施工单位应组织有关人员,在熟悉设计图纸和现场踏勘的基础上,按《建筑施工组织设计规范》GB/T50502 的规定编制《管井降水工程施工组织设计》。

6.1.2 编制《施工组织设计》应收集下列资料:

- a) 管井降水工程施工设计图;
- b) 建筑场地的工程地质和水文地质资料;
- c) 施工总平面图和施工区域地下管网、障碍物及地面上原有的建(构)筑物等环境调查资料;

d) 现场施工条件,如水、电、路等。

6.1.3 《管井降水工程施工组织设计》应包括下列内容:

- a) 工程任务与质量要求,含工序质量、降水管井质量及降水运行质量的要求;
- b) 施工技术措施,含钻井工艺和成井工艺;
- c) 主要施工设备及材料计划;
- d) 施工平面布置及工艺流程图;
- e) 施工人员配备、劳动组织及工程进度;
- f) 保证工程质量、安全文明施工和环境保护的技术措施。

6.1.4 施工现场准备应包括下列内容:

- a) 落实通电、通水、通路和现场平整清障,并满足设备、设施就位和进出场的要求;
- b) 做好施工设施、生活设施、材料堆场的安排;
- c) 落实排水系统的设置;
- d) 根据现场已有的基准轴线、水准基点,测定井位及标高;
- e) 施工前应做好设备进场、安装、调试工作。

6.2 成井设备与材料

6.2.1 钻井设备应根据场地地质条件和设计要求进行选择。

6.2.2 泥浆泵型号和钻头的类型、规格应根据设计井径、地层、成井工艺等因素选择。

6.2.3 抽水设备应根据管井的出水量、地下水位埋深、含水层的埋深、井管直径、水位降深、动力条件等综合考虑进行选择。

6.2.4 冲洗介质应根据地层稳定程度、钻井工艺和施工条件选择清水、泥浆、空气或泡沫等,并应符合下列要求:

- a) 保证井壁的稳定;
- b) 减少对含水层渗透性和水质的影响;
- c) 提高钻进效率等。

6.2.5 泥浆的各项性能指标,应符合有关规定的要求,钻进过程中应定时测定。一般常用泥浆性能指标参见表4。

表4 钻进不同地层适用的泥浆性能指标

地层性质	泥浆性能指标			
	粘度(s)	相对密度	含砂量(%)	失水量(ml/30min)
非含水层(粘性土类)	15 ~ 16	1.05 ~ 1.08	< 4	< 8
粉、细、中砂地层	16 ~ 17	1.08 ~ 1.10	4 ~ 8	< 20
粗砂、砾石地层	17 ~ 18	1.10 ~ 1.20	4 ~ 8	< 15
卵石、漂石地层	18 ~ 28	1.15 ~ 1.20	< 4	< 15
自流的承压含水层	> 30	> 1.30	4 ~ 8	< 15
遇水膨胀性地层	23 ~ 25	1.10 ~ 1.15	< 4	< 10
坍塌、掉块地层	22 ~ 28	1.15 ~ 1.30	< 4	< 15
一般基岩地层	18 ~ 20	1.10 ~ 1.15	< 4	< 23

6.2.6 滤料的质量应符合下列规定:

- a) 滤料应按设计的要求进行筛分,不符合规格的滤料不得使用;
- b) 选用磨圆度好的滤料,严禁以碎石作滤料;
- c) 宜用硅质砾石,含泥量应小于1%,不含杂物;
- d) 滤料的不均匀系数应小于2。

6.2.7 滤料的用量可按式计算:

$$V=0.785(D^2-d^2)L\cdot\alpha \quad \dots\dots\dots(33)$$

式中:

V ——滤料数量(m^3);

D ——填砾段井径(m);

d ——过滤管外径(m);

L ——填砾段长度(m);

α ——超径系数,一般为1.2~1.5。

6.3 井身钻进

6.3.1 降水管井的钻进方法和钻具应根据地层特性、场地条件、井身结构和钻进设备等因素确定。宜按表5选择。以卵石和漂石为主的地层,宜采用冲击钻进工艺,其它第四系地层宜采用回转钻进工艺。水位观测井的施工工艺可与管井施工相同。

表5 钻进方法选择表

钻进方法		钻具型式	冲洗介质	适用地层
冲击钻进		抽筒或肋骨抽筒	清水或泥浆	粘土类、砂类、卵砾石、漂石等第四纪地层
		钻头配合抽筒或掏砂筒	清水或泥浆	第四纪地层和5级以下岩层
回转钻进	正循环取心钻进	硬质合金钻头	清水、泥浆、空气泡沫	粘性土类和岩层
		取心牙轮钻头		岩层
	正循环全面钻进	翼片钻头	清水、泥浆、空气泡沫	第四纪细颗粒地层和软岩层
		牙轮钻头		岩层
		翼片钻头		第四纪细颗粒地层和软岩层
	反循环钻进	牙轮(滚刀)钻头	清水或泥浆	岩层
		取心牙轮钻头		岩层

6.3.2 钻进的护壁方法应根据地层岩性、钻进方法确定。在基岩中应采用清水钻进;在松散层中可采用水压或泥浆钻进;在钻进主要取水段的含水层时,严禁采用向井身内投放粘土块代替泥浆护壁。当采用水压护壁冲击钻进时,应保持井身内水位高于地下水静水位3m~5m。

6.3.3 井口护筒的制作与埋设应符合下列规定:

a) 应用厚6mm~8mm的钢板卷制焊接;其内径应按井径及使用的钻机确定,当采用回转钻进时宜比钻头直径大100mm~150mm;当采用冲击钻机时宜比钻头直径大200mm~300mm;每节护筒长度以1.2m~1.5m为宜;

b) 护筒埋设应保证在管井施工过程中不松动,井口不坍塌;

c) 护筒埋置深度设至不透水层或潜水位以下 1.0m。当含水层埋藏较深时,采用边钻进边填粘土的方法护壁,筒顶面宜高出地面 0.2 m~0.3m,井身内冲洗液面宜高出地下水位 1.0m 以上。

6.3.4 钻机安装必须保持平、稳、牢、准。在钻进过程中不得发生滑移或倾斜。

6.3.5 井身质量应符合下列规定:

a) 井身应圆正,井身直径不得小于设计井径;

b) 井身应垂直,井身顶角偏斜不超过 1°。

6.3.6 冲击钻进技术参数宜按表 6 选择。

表 6 冲击钻进参数选择表

钻头类型	适用地层	单位钻头刃长的 钻具重力(N/cm)	冲击高度 (m)	冲击次数 (次/min)	回次进尺 (m)	施工要点
圆形钻头	5 级以下基岩	250 ~ 300	0.75 ~ 1	40 ~ 50	0.2 ~ 0.4	勤提钻、勤捞渣、减少重复破碎、经常检查钻头连接是否牢靠
一字、十字、工字 钻头	卵、漂石层、 胶结层	150 ~ 250			0.3 ~ 0.5	注意修整孔壁,保持钻孔圆直
抽筒或肋骨抽筒	土、砂质地层	100 ~ 150	0.5 ~ 0.75		0.5 ~ 1.0	勤放绳、少放绳,回次进尺不宜超过抽筒高度的 1/3 或筒身高度的 1/2
	砾、卵、漂石地层	100 ~ 200	0.75 ~ 1		0.4 ~ 1.0	经常检查活门工作情况,对于大于活门内径的卵、漂石宜先用钻头冲碎再行捞取

6.3.7 冲击钻进应遵守下列规定:

a) 在地层条件允许的前提下,优先采用清水钻进;

b) 在松散、坍塌、漏失严重地层中钻进,应采用泥浆护壁;当泥浆护壁无效时,应采用套管护壁;

c) 开孔钻进应对准孔位,保持垂直冲击,钻进数米后下入井口护筒,用粘土或水泥固定;

d) 地下水位较低时,应保持孔内液面高于地下水位 2m 以上;

e) 钻具提离孔内液面时,应放慢提升速度,同时向孔内补充清水,待孔内液面回升后,方可提出钻具;

f) 在松散地层,用肋骨抽筒钻进,应控制回次进尺,防止进尺过多,造成砂石从抽筒上溢出,发生挤夹和埋陷事故;

g) 停钻时,钻具应随即提出孔口或提至安全地段,不得停放孔底;

h) 钻进拟开采含水层或构造带时,不得采用直接投入粘土块或粘土球的护壁堵漏方法。

6.3.8 硬质合金取芯钻进技术参数应根据岩石性质、钻头结构、设备能力和孔壁稳定性合理选择。

a) 钻压可用下式计算:

$$F=F_0m \quad \dots\dots\dots(34)$$

式中:

F ——钻头压力(kN);

F_0 ——每颗硬质合金所需压力(kN/颗);

m ——硬质合金镶焊数量(颗)。

每颗硬质合金所需压力数值应按表 7 选用。

表 7 硬质合金所需压力值

岩石性质	1～4 级岩层	5～6 级岩层	卵、砾石层及非均质裂隙岩层
每颗硬质合金上压力	0.5～0.7	0.8～1.2	0.7～0.8

b) 钻头转速应根据其直径和岩性确定, 钻头的线速度宜为 1.0 m/s～2.5m/s, 相应转速宜为 40 r/min～240r/min;

c) 泵量宜按表 8 选用, 也可按下式计算:

$$Q=K \cdot D \quad \dots\dots\dots (35)$$

式中:

Q ——冲洗液量(L/min);

D ——钻头直径(cm);

K ——系数, 常取 $K=15L \sim 20L/cm \cdot min$ 。

表 8 硬质合金钻进泵量(L/min)

岩石性质	钻具直径(mm)							
	200	223	251	280	311	335	385	430
一般岩层	360 ~ 480	420 ~ 480	420 ~ 480	480 ~ 600	480 ~ 600	600 ~ 720		600 ~ 720
裂隙岩层	240 ~ 300	360 ~ 420			600			

d) 正常钻进时钻具必须连接取粉管。孔底岩粉超过 0.5m 时, 应专程冲捞岩粉;

e) 井身内残留岩心超过 0.5m 或有脱落岩心时, 不宜下入新钻头, 应采用轻压、慢转、小泵量的方法, 将岩心套入岩心管后, 再调整到正常钻进参数钻进。

6.3.9 全面钻进应符合下列要求:

a) 全面钻进适用于降水管井井身的钻进;

b) 全面钻进宜根据地层特性按表 6.3.1 选用钻头;

c) 在松散、破碎等易坍塌地层中进行钻进时应采用泥浆护壁, 必要时采用套管护壁;

d) 在松散、破碎地层中钻进宜采用轻压、慢转, 较大泵量; 在粘性土层钻进应采用大泵量并酌情提动钻具。

6.3.10 泵吸反循环钻进参数可按表 9~表 11 选择:

表 9 钻压选择表(单位:kN)

钻头类别	规格(mm)	岩性			
		粘性土	砂土、碎石土	软质岩	中硬岩层
翼片式钻头	800	8～10	6～12	10～30	—
	1000	9～12	8～15	15～35	—
	1200	12～15	10～20	25～40	—
滚刀、牙轮钻头	800	20～30	> 100		—
	1000	—	1.牙轮钻头按钻头直径 0.5kN～1.0kN/cm 选用; 2.滚刀钻头按钻头每把滚刀 10.0kN～20.0kN 选用。		
	1200	—			

表 10 钻头外缘线速度

岩土类别	岩石单轴抗压强度(MPa)	钻头线速度(m/s)
土层、极软岩		1.3 ~ 3.5
软岩、较软岩	5 ~ 30	1.4 ~ 1.7
较硬岩	30 ~ 60	1.2 ~ 1.4
坚硬 岩	> 60	1 ~ 1.2

表 11 反循环钻进冲洗液流速经验数据

冲洗液流动方向	流速(m/s)
钻杆内冲洗液上返流速	2 ~ 4
钻孔外环状间隙冲洗液垂直流速	0.02 ~ 0.04, 不超过 0.16

6.3.11 泵吸反循环钻进应符合下列规定:

a) 钻具的选择:

1) 宜配备长度为 3m 和 1.5m 钻杆, 主动钻杆长度应大于单根钻杆长度与机高(转盘面距地面高度)之和;

2) 钻杆内径宜按式(36)确定:

$$d \geq D/10, \text{ 且 } d > 100\text{mm} \quad \dots\dots\dots (36)$$

式中:

D——井径 mm

d——钻杆内径 mm,

注: 钻杆外环隙中的冲洗液流速宜为 0.02 m/s ~ 0.04m/s, 最大不得超过 0.16m/s。

3) 水笼头、排渣管的内径应与钻杆和砂石泵的出口内径一致, 其弯曲处不得采用直角弯;

4) 钻头上应装设吸水喉管, 喉管内径应小于钻杆内径 10mm, 喉管安装部位距钻头底部不得小于 200mm。

b) 砂石泵的性能应符合下列要求:

1) 砂石泵的有效真空度不得低于 0.08MPa;

2) 泵体内的液体通道直径应大于钻杆内径;

3) 砂石泵泵量应满足冲洗液在钻杆内上返速度的要求。冲洗液上返速度宜为 2.5 m/s ~ 3.5m/s。

c) 砂石泵安装宜设置于地面;

d) 钻进过程中上返冲洗液中岩屑含量不得大于 8%;

e) 反循环钻进必须保持冲洗液连续循环。

6.3.12 气举反循环钻进应符合下列规定:

a) 淹没比宜大于 0.5;

b) 压缩空气的供气可分别选用并列于钻杆的送风管或双层管柱钻杆方式;

c) 气水混合室的间距应根据风压大小和井深的关系确定, 见表 12。

表 12 气体混合室的设置参数表(推荐值)

风压(MPa)	0.6	0.8	1.0	1.2	2.0
混合室间距(m)	24	36	45	59	96
混合室最大允许淹没深度(m)	51	72	90	108	192

d) 钻杆内径应与风量相匹配,可按表 13 选用。

表 13 钻杆内径与风量(推荐值)

钻杆内径(mm)	80	94	120	150	200
风量(m ³ /min)	2.5	3.0	4.5	6.0	6~10

6.4 探井与换浆

6.4.1 井身达到设计深度后,应用探井器(亦称试孔器)检查井深和井径。当发现井身质量不符合本规程第 6.3.5 条规定时,应立即进行修整。

6.4.2 探井器直径应大于井管直径,并小于井径 25mm。其长度宜为 9m~12m。

6.4.3 换浆的浓度应根据井壁的稳定情况确定,应使泥浆逐渐由稠变稀,井内泥浆相对密度宜稀释至 1.05~1.10。

6.5 井管安装

6.5.1 应根据管材强度、下置深度和起重设备能力等因素确定下管方法,并应符合下列要求:

- a) 提吊下管法宜用于井管自重(或浮重)小于井管允许抗拉力和起重设备的安全负荷;
- b) 托盘(或浮板)下管法宜用于井管自重(或浮重)小于提拉井管的钻杆或钢丝绳的抗拉能力和起重设备的安全负荷;

c) 多级下管法宜用于结构复杂和下置深度过大的井管。

6.5.2 井管安装应符合下列规定:

- a) 下置井管时,井管必须直立于井口中心,井管连接应同心,上端口应保持水平;
- b) 全部井壁管上不得有缝隙,严禁井管强行插入;
- c) 过滤管顶端应始终低于设计动水位埋深,其安装深度的允许偏差宜为 ± 300 mm;
- d) 井管底部的沉淀管应封底;
- e) 井管应坐落牢固,基岩管井的井管应坐落在稳定岩层的变径井台上;
- f) 井管顶端应高出地面 0.3 m~0.5m,并应预留测定水位的观测口;
- g) 对采用填砾过滤器的管井,应在过滤管接头处和井壁管上每间隔 6m 处设置导正器,导正器直径应小于井径 25 mm~50mm。

6.6 填砾及止水

6.6.1 井管安装后,应及时进行填砾。填砾数量应达到本规程第 5.4.10 条计算值的 1.1 倍。

6.6.2 填砾方法应根据井壁的稳定性和冲洗液的类型和管井结构等因素确定。当采用动水填砾(边冲边填)法时,应在井管口设置注水孔、密封井管口,并用泵向井管内注水,且边注水边投填砾料。

6.6.3 填砾时,滤料应沿井管四周均匀连续填入,并全程跟踪量测砾料填入高度。当填入量与计算量之间出现异常时,应及时分析原因并予以处理。

6.6.4 滤料投入量不得少于计算量的 95%,滤料应填至过滤管顶部以上 3m ~ 5m,滤料顶部宜用粘土球或粘土封孔止水。

6.7 洗井

6.7.1 洗井必须在下井管、填砾、封孔止水等工作完成后及时进行。洗井宜从上部开始逐渐加深。洗井强度应符合下列规定:

- a) 砂土类含水层管井洗井时应由弱逐渐加强,砾石、卵石含水层管井洗井应始终以最大强度进行;
- b) 洗井的最大水位降深应接近或超过抽水试验时的最大水位降深。

6.7.2 洗井方法应根据含水层特性、管井结构及井管强度等因素选用。

- a) 松散层中的管井在井管强度允许时,宜采用活塞、压缩空气或水泵洗井;
- b) 井壁泥皮不易排除时,宜采用化学洗井与其它洗井方法联合进行。

6.7.3 活塞洗井应符合下列要求:

- a) 在钢管中可采用活塞洗井,在非金属管中不宜采用活塞洗井;
- b) 活塞下放应平稳,活塞提升应均匀,提升速度宜为 0.6m/s ~ 1.2m/s;
- c) 洗井过程中活塞不宜在井管内停留,严禁活塞进入沉淀管内。

6.7.4 空压机洗井应符合下列要求:

- a) 空压机容量应根据管井出水量和井深等合理选择;
- b) 空压机洗井的安装形式应根据井管直径和出水量确定;
- c) 空压机洗井宜采用振荡法洗井;当采用抽水法洗井时,风管和出水管的组合关系应按表 14 确定;

表 14 涌水量与井管、出水管、风管直径配合关系

管井出水量 (L/s)	管外径(mm)					
	并列式			同心式		
	出水管	风管	井管	出水管	风管	井管
1.0 ~ 2.0	42	12	100			
2.0 ~ 3.0	48	12 ~ 20	100	48	12	75
3.0 ~ 4.5	60	20 ~ 25	150	60	20	100
4.5 ~ 6.0				73	20	100
6.0 ~ 9.0	73	25 ~ 30	150	89	25	125
9.0 ~ 12.0	89	25 ~ 30	200	108	30	150
12.0 ~ 18.0	108	30 ~ 38	200	127	38	175

- d) 风管的淹没比应大于 50%,出水管的埋设深度应大于风管深度 2m ~ 3m。

6.7.5 洗井的质量应符合下列要求:

- a) 管井出水应清静,且水中不含有泥浆等施工物质;
- b) 出水量宜接近设计要求或连续两次洗井单位出水量之差不得小于 10%;
- c) 在连续洗井过程中,井水含砂量趋于稳定;
- d) 观测井应洗至水位变化反应灵敏。

6.8 试验抽水

6.8.1 试验抽水的类型和要求应符合下列规定：

- a) 管井施工阶段试验抽水的类型宜为稳定流抽水试验；
- b) 下降次数为 1 次，抽水量不小于管井设计出水量；
- c) 应同步观测出水量和水位，水位监测宜采用自动水位仪；
- d) 稳定抽水时间为 6h ~ 8h；
- e) 在抽水稳定的延续时间内，管井的出水量或水位趋于稳定；
- f) 抽水过程中，应考虑自然水位变化和其它干扰因素的影响；
- g) 试验抽水结束前应进行管井出水含砂量测定。

6.8.2 试验抽水准备工作应符合下列要求：

- a) 测定各管井和观测井的坐标和高程，计算出各井(包括观测井)之间的直线距离；
- b) 准确地量测地下水自然水位的埋深和标高；
- c) 检查抽水设备和测量水量、水位的测试仪器；
- d) 应设置有效的排水系统，并防止抽出的地下水回渗到抽水影响范围内的含水层中；
- e) 水泵吸水口应始终保持在动水位以下。

6.8.3 试验抽水前和试验抽水时，应同步测量抽水井和观测井中的自然水位和动水位。抽水试验时，动水位和出水量的观测时间，应每隔 30min 观测一次。

6.8.4 水量、水位的观测精度应符合下列规定：

a) 采用堰箱或孔板流量计观测出水量时，过堰水位观测应读数到 mm。采用容积法时，量桶充满水所需的时间不宜小于 15s，应读数到 0.1s。采用水表时，应用秒表测定流出 10m³ 水所需的时间，精确到 0.1s；

b) 水位观测，在同一试验中应采用同一方法和工具。抽水井的水位观测应读数到 cm，观测井的水位观测应读数到 mm。

6.8.5 单井试验抽水应设置观测井，并宜结合洗井工序进行，以检验各管井的出水性能，核定单井出水量和动水位。

6.8.6 群井试验抽水应符合下列规定：

- a) 参与抽水的井数视降水工程规模确定，不宜少于 3 口；
- b) 试验可在选定的抽水井内同时进行，也可逐井启动抽水；
- c) 停止抽水后，应测量恢复水位，绘制水位恢复曲线，并应通过水位恢复资料确定电源切换的合理时间间隔。

7 降水运行、维护与监测

7.1 降水运行与维护

7.1.1 降水运行前，应根据现场条件合理设计降水运行的排水系统及动力系统。

7.1.2 降水运行的排水系统及动力系统应满足下列要求:

a) 降水管井排水管与主排水管(沟)连接前,应分别安装流量计与逆止阀及取水口,降水运行期间必须测定降水井实际抽水量;

b) 排水主管与排水支管宜为钢管,管材规格必须满足排水量及空间跨距强度要求;

c) 基坑最大涌水量宜小于周边市政排水管(涵)的总排水能力;

d) 降水运行期间,应设置双线路动力系统,降水必须连续进行。

7.1.3 基坑降水正式运行前,应进行全面的试验性抽水。全面试验性抽水应符合下列规定:

a) 基坑降水的抽水设备、排水系统、动力系统必须满足设计要求;

b) 坑内降水深度应达到降水设计深度;

c) 试运行时间宜超过 24h;

d) 对于试验过程中运行异常的管井,应采取有效措施恢复其正常工作功能;

e) 试验过程中应对水位和抽水量进行适时监测;

f) 抽水前应建立基坑周边环境监测网,并对其进行初测。试验过程中应同步对基坑周边环境进行监测;

g) 抽水完成后应及时编写试验性抽水报告。试验性抽水报告应包括现有基坑降水能力与降水设计要求的关 系、基坑内水位恢复过程、环境监测结果、存在的问题及相应处理措施等,尚应充分考虑不同季节地下水变幅的影响。

7.1.4 基坑降水正式运行前,应根据试验性抽水成果、基坑开挖计划安排、基坑周边环境条件等,编制施工各阶段(工况)降水运行方案及应急预案,并进行技术交底。

7.1.5 降水运行前及运行过程中应对各降水管井抽水含砂量进行检测,检测结果必须满足本规程第 8.0.2 条规定。

7.1.6 降水运行过程中应作好降水运行记录。降水运行记录表可参见附录 D。

7.1.7 在基坑降水维护期间应防止以下事件发生:

a) 降水井管碰撞与损坏;

b) 排水系统损坏与渗漏;

c) 降水运行电力中断。

7.1.8 现场应储备足够的抢险应急物资。当发生基坑(槽)险情或征兆时,应立即按应急预案进行处理。

7.1.9 降水运行中当基坑坑底局部发生渗流破坏时,应对发生破坏部位,临时回填或用袋装土进行反压,增加上覆荷载,阻止土颗粒随涌水流出;然后增设降水井或增大局部井的抽水量,降低承压水头。

7.1.10 降水运行的开始时间应根据现场水位情况、土方开挖工况及土质情况经计算确定。

7.1.11 当构筑物后浇带施工完毕且基坑周边已回填,满足抗突涌与结构抗浮要求后方可停止基坑降水。停止基坑降水后应立即按本规程第 8.0.9 条要求进行封井。

7.2 降水监测

7.2.1 降水运行前、运行过程中及降水运行结束后均应对基坑周边环境、地下水动态进行监测。

7.2.2 降水管井和观测井的水位、水量的监测应符合下列规定：

- a) 降水管井和观测井的水位、水量应同步监测，并作好监测记录；
- b) 降水运行期间，在水位未达到设计降水深度以前，可每 8h 观测一次水位、水量。水位达到设计降水深度，且趋于稳定后，可 12h 监测一次；
- c) 在受地表水体补给影响的场地，每日应监测 2～3 次，必要时应加密监测；
- d) 水位、水量的观测精度应符合本标准第 6.8.4 条的规定；
- e) 对水位、水量监测记录应及时整理，绘制水量 Q 与时间 t 、水位下降值 S 与时间 t 的过程曲线，分析水位下降趋势，预测达到下阶段施工工况所需的设计降水深度所需要的时间；
- f) 降水运行过程中出现异常情况时，应根据水位、水量监测记录分析其产生的原因，及时提出处理措施。

7.2.5 基坑周边环境监测点的布置、观测精度、监测频率及要求应符合《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 中的有关规定。

7.2.6 基坑周边环境监测应包括下列内容：

- a) 基坑周边地面沉降；
- b) 邻近建(构)筑物及隧道的沉降和水平位移；
- c) 基坑周边地下管线的垂直和水平位移；
- d) 坑外浅层地下水位、孔隙水压力及分层沉降。

7.2.7 监测人员应在现场应及时对监测资料整理和分析，并实现信息化施工管理。

8 管井降水工程验收

8.1 降水管井完成单井试验抽水后，宜进行降水管井逐井验收。

8.2 降水管井质量应符合下列要求：

- a) 实测管井在设计降水状态下的出水量，实测出水量不宜小于管井设计出水量的 80%；
- b) 当管井出水量或水位下降值满足设计要求，且抽水稳定后，井水含砂量应小于 1/100000(重量比)。

8.3 全面试验性抽水完成时，应及时进行验收。

8.4 验收时应提供施工记录、管井平面布置图、管井柱状图、试验抽水资料和施工说明、设计变更和审批文件等。

8.5 基坑管井的竣工验收应符合下述程序：

- a) 施工单位在试验抽水和全面试验性抽水结束时，及时提出验收申请；
- b) 验收单位会同施工单位检验管井质量、审查相关资料；
- c) 验收合格后，填写《基坑管井竣工验收单》(附录 E)，并签字验收。

8.6 对验收不合格的管井，应进行处理或补井。

8.7 管井降水工程结束后，应提交《基坑管井降水工程竣工报告》，应包括下列内容：

- a) 工程概况，包括工程位置、性质、规模、技术要求等；
- b) 场地水文地质条件、降水技术方法、降水设计简述；

c) 降水工程量及管井布置；

d) 降水工程施工组织、施工工艺、技术措施、完成工作量等；

e) 监测与维护时间、降水运行效果及相关数据；

f) 图表部分包括降水方案布置图、综合与典型地质剖面图、降水前后地下水水位等值线图以及工程量统计表、降水工程水位和涌水量统计表。

8.9 管井(含观测井)降水结束后必须按设计要求进行拆除或封井。

附录 A

(资料性附录)

导渗井(砂砾井)降水

A.1 导渗井适用于增强渗透性差异很大的上下含水层间的水力联系,将上部弱透水含水层中的水导入下部强透水含水层中的降水。

A.2 引渗井按其工作特性可分为导渗自降和导渗抽降两类:

a) 当含水层的下层水位低于上层水位,上层含水层的重力水可通过导渗井导入下层含水层中,其混合水位满足降水设计要求时,可采用导渗自降;

b) 当导渗后的混合水位不满足降水设计要求时,应同时设计管井降水,辅以导渗抽降。

A.3 导渗井的布置不受场地和基础形式的限制根据降水需要可任意布井。

a) 可在基坑内外布置,井间距根据导渗试验确定,井距宜为 2m ~ 10m;

b) 导渗井深度,宜揭穿被渗层,进入导入层不宜小于 3m。

A.4 导渗抽降井应与降水管井结合,并应符合下列要求:

a) 当管井布在基坑四周或两侧(线状)且间距为 10m ~ 20m 时,导渗井可与管井相间布置,引渗井间距宜 2m ~ 6m;

b) 当降水范围较大时,可在坑内布设导渗井。

A.5 导渗井可兼作降水管井和水位观测井用,其结构应符合下述要求:

a) 作降水管井使用时,成孔后应置入滤水管,滤管周围填入滤料,管内径应满足安装抽水设备的要求;

b) 作水位观测井时,孔内砂砾料中应置入量测水位的滤管,渗井深度应大于基坑深度。

A.6 导渗井施工应符合下列要求:

a) 宜采用螺旋钻、工程地质钻机成孔,成孔直径宜为 200mm ~ 500mm;

b) 孔内应充填干净的砂、砾或砂砾混合滤料,含泥量宜小于 5%。

附录 B

(资料性附录)

轻型点井降水

B.1 一般规定

B.1.1 轻型点井适用于含薄层粉砂的粉质粘土、黏质粉土、砂质粉土、粉细砂等渗透系数在 $1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 涌水量不大的潜水含水层中降水。

B.1.2 按照点井工作原理,轻型点井的型式可分为干式真空点井、喷射真空点井和隔膜真空点井,干式真空点井在基坑降水工程中广泛应用。

B.1.3 轻型点井可单点或多点布置,也可以单级或多级布置成线状、封闭状。单级轻型点井降水深度不宜超过 6m。

B.2 轻型点井设计

B.2.1 点井系统总涌水量可按下列公式计算:

a) 潜水完整井:

$$Q = \frac{1.366K(2H-s)s}{\lg \frac{R}{r_o}} \quad \text{..... (B. 1)}$$

式中:

Q ——点井系统总涌水量(m^3/d);

K ——渗透系数(m/d);

H ——潜水含水层厚度(m);

s ——水位下降值(m);

R ——基坑降水影响半径(m);

r_o ——降水概化半径(m)可按附录 C 确定。

b) 潜水非完整井:

$$Q = \frac{1.366K(2H_o-s)s}{\lg \frac{R}{r_o}} \quad \text{..... (B. 2)}$$

式中:

H_o ——潜水含水层有效带厚度(m);

c) 影响半径的确定

1) 当具有稳定抽水试验两个观测井中的水位下降资料时,用下式计算:

$$\lg R = \frac{s_1(2h-s_1)\lg r_2 - s_2(2h-s_2)\lg r_1}{(s_1-s_2)(2h-s_1-s_2)} \quad \text{..... (B. 3)}$$

式中:

s_1, s_2 ——观测井内水位下降值(m);

r_1, r_2 ——观测井至抽水井的距离(m);

h ——静止水位高度或潜水含水层厚度(m)。

2) 当缺少观测资料时,可采用经验公式计算:

$$\text{完整井 } R = 2.0s\sqrt{HK} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 4})$$

$$\text{非完整井 } R = 2.0s\sqrt{H_s K} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 5})$$

B.2.2 单井涌水量按下式计算:

$$q = 60\pi d l \sqrt{K} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 6})$$

式中:

d ——点井井径(m);

l ——滤管长度(m), $l \geq \frac{H}{3}$;

K ——渗透系数(m/d)。

B.2.3 轻型点井可根据基坑面积大小和平面形态合理布局,当基坑深度超出单级点井降水深度时,可采用二级或三级点井降水。点井的数量和间距按下式计算:

$$\text{a) 点井的数量 } n = 1.1 \frac{Q}{q} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 7})$$

$$\text{b) 点井的间距 } D = \frac{L_1}{n-1} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 8})$$

式中:

L_1 ——总管长度(m);对于环形布井, $L_1 = 2(L+B)$;对双排布井, $L_1 = 2L$; L, B 为降水范围的长度和宽度。

c) 在基坑宽度较大的情况下,应确定点井轴线的距离(排距),排距应根据含水层渗透系数、轴线上点井密度和降水运行时间等综合确定。可参照附表B.1选用。

表B.1 轻型点井轴向间距参考值

土层名称	黏质粉土	砂质粉土	粉砂、细砂
点井轴向间距(m)	1.0 ~ 1.2	1.3 ~ 1.5	1.8 ~ 2.2
点井排距(m)	5 ~ 7	10 ~ 12	15 ~ 18

B.2.4 点井深度应根据降水深度、降水目的含水层位置、集水总管的高程等确定,但必须将滤管埋入含水层中。

$$H_p = H_1 + h + iL + l \quad \dots\dots\dots (\text{B. 9})$$

式中:

H_1 ——基坑深度(m);

h ——基坑底面至降低后的地下水位间的距离,一般取 0.5 ~ 1.0m;

i ——降落漏斗水力坡度,环形点井取 1/10,单排点井可取 1/4;

L ——点井至基坑中心或基坑远边的距离(m);

l ——滤水管的长度(m)。

B.3 轻型点井结构设计

B.3.1 集水总管应符合下列要求:

- a) 集水管宜选用 $\phi 100\text{mm} \sim \phi 127\text{mm}$ 壁厚 $2.0\text{mm} \sim 3.0\text{mm}$,节长 $4.0\text{m} \sim 6.0\text{m}$ 的无缝钢管;
- b) 节间用橡皮套管联接牢固,不得漏水、漏气;
- c) 总管上设置与点井井管联结的接头管,其间距应与点井轴向间距匹配,可为 1.2m 、 1.6m 、 2.0m 等。

B.3.2 点井井管应符合下列要求:

- a) 井壁管应选用 $\phi 38\text{mm} \sim \phi 45\text{mm}$ 壁厚 $2.2\text{mm} \sim 3.0\text{mm}$,节长 $6.0\text{m} \sim 7.0\text{m}$ 的钢管;
- b) 滤水管的直径和壁厚宜与井壁管相同,可为 $\phi 38\text{mm} \sim \phi 110\text{mm}$;包括封头和管接头的滤水管总长度为 $1.5\text{m} \sim 1.7\text{m}$;圆孔直径宜为 $12\text{mm} \sim 18\text{mm}$,孔隙率宜大于 15% ;
- c) 滤管外壁应设两层滤网,内侧滤网宜采用 $40\text{目} \sim 60\text{目}$ 的金属网或尼龙网,外层滤网宜采用 20目 左右的金属网或尼龙网,管壁与滤网间应采用金属丝绕成螺旋形隔开,滤网外应再绕一层粗金属丝;
- d) 反滤料应具有良好的反滤效果,质量纯净不含泥。其渗透系数宜取降水目的层渗透系数的 10 倍,反滤料的粒径 D_{50} 与砂粒 d_{50} 之比可取 $2 \sim 4$ 。

B.4 轻型点井施工

B.4.1 点井布置应根据基坑平面形状、大小,土质和地下水流向及降水深度确定。

- a) 当基坑宽度大于 6m 或渗透系数较大时,宜采用双排或多排点井;当基坑面积较大时,可采用环形布井;
- b) 点井距坑壁不得小于 $1.0\text{m} \sim 1.5\text{m}$;
- c) 点井入土深度应进入降水目的含水层,滤管顶端应低于含水层顶板 $1.0\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 。

B.4.2 集水总管标高应接近地下水位线,沿抽水水流方向设置 $0.25\% \sim 0.5\%$ 的上倾坡度,一套抽水设备的集水管总长不宜大于 100m 。集水总管长度可按表 B. 2 选择。

表 B. 2 各种轻型点井单台泵集水管总长参考值

轻型点井类型	干式真空泵	射流真空泵		隔膜真空泵
功率(kw)	18.5 ~ 22.0	7.5	15.0	3.0
集水管总长(m)	96 ~ 120	40 ~ 60	< 100	40 ~ 60
点井根数(根)	80 ~ 100	30 ~ 50	50 ~ 90	60

B.4.3 轻型点井井管的埋设可采用射水法、冲孔或钻孔法,常用冲孔法,其施工应符合下列要求:

- a) 冲孔垂直度偏差应小于 1% ;
- b) 冲孔孔径宜为 300mm ,不得小于 250mm ;
- c) 冲孔终至深度宜超出设计深度 0.5m 。

B.4.4 轻型点井井管埋设应符合下列规定:

- a) 冲孔结束后应立即检验孔深,孔深符合要求后立即埋置井管;
- b) 埋置井管前应先填入少量滤料至井管底端深度,且竖向厚度不得少于 200mm ;
- c) 点井井管应居中安置在孔内,节间连接应牢固且密封;

d) 井管安置到位后应随即填入滤料,滤料顶面应高出滤管顶端 1.5m 以上,滤料顶面至孔口应留用不小于 1.0m 的黏土封填高度;

e) 黏土封填应逐层捣实,确保密封效果。

B.4.5 出水管路系统宜先安装集水总管,并固定。管道接头(集水管自身接头与泵及井管接头)连接处必须密封,不得漏气。

B.4.6 每组点井安装完毕后,应立即抽水,检查管路接头质量,点井出水效果和抽水设备运转情况,及时处理漏水、漏气、淤塞现象。

B.5 喷射点井降水

B.5.1 喷射点井与轻型点井在适用范围,管路布置和点井的埋设方法几方面基本相同,可参照轻型井点的规定执行。

B.5.2 喷射点井与轻型点井不同之,应执行下列规定。

a) 喷射点井降水深度可达 20m,适用于深基坑降水;

b) 喷射点井成孔直径宜为 500mm,不应小于 400mm;冲孔深度应低于滤管底端设计高程以下不小于 1.0m;冲孔宜采用套管护壁,冲孔结束后应换置孔内泥浆,待含泥率降至小于 5%以后方可安置点井管;

c) 点井间距应根据土层渗透系数确定,宜为 3m 左右,渗透系数大时,间距可拉大;

d) 滤料径向宽度(厚度)不宜小于 150mm。

附录 C
(规范性附录)
基坑涌水量的计算

C.1 基坑计算半径的确定。

表 C.1 基坑计算半径值的确定

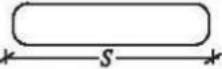
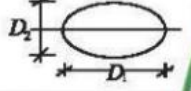
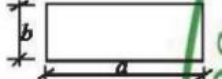
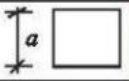
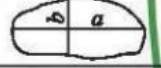
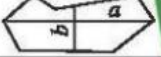
基坑平面图形	名称	r_e 表达式	公式采用的符合
	长条形	$r_e = \frac{S}{4} = 0.25S$	S 基坑长度, $\frac{宽}{长} \rightarrow 0$ 时才适用
	椭圆形	$r_e = \frac{D_1 + D_2}{4}$	D_1 与 D_2 椭圆形长轴与短轴长度
	矩形	$r_e = \eta \frac{a+b}{4}$	a 和 b 矩形边长, η 见表 C.0.1-2
	方形	$r_e = 0.59a$	a 方形边长
	不规则的圆形	$r_e = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$	$\frac{a}{b} < 2 \sim 3$ 时用该试计算, F 基坑面积
	不规则多边形	$r_e = \frac{P}{2\pi}$	$\frac{a}{b} > 2 \sim 3$ 时用该试计算, P 基坑面积

表 C.2 值表

b/a	0	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60 ~ 1.00
η	1.00	1.05	1.08	1.12	1.14	1.16	1.17	1.18

C.2 降水井影响半径宜通过试验或根据当地经验确定,当基坑侧壁安全等级为二、三级时,可按下列经验公式计算:

a) 潜水含水层

$$R = 2S\sqrt{HK} \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中:

- R ——降水影响半径(m);
- S ——基坑水位降深(m);
- K ——渗透系数(m/d);
- H ——抽水前(或自然条件下)含水层厚度(m)。

b) 承压含水层

$$R = 10S\sqrt{K} \dots\dots\dots (C. 2)$$

C.3 基坑周边无隔水帷幕,或者基坑围护结构未深入到降水目的含水层中,即降水目的含水层顶板的深度大于基坑隔水帷幕所达到的深度。基坑内、外地下水有直接的水力联系。基坑涌水量可按表 C.3 和表 C.4 计算。

a) 潜水含水层计算公式可按表 C.3 选择。

表 C.3 潜水含水层计算公式与适用条件

序号	图形	计算公式	适用条件
1		$Q=1.366k \frac{(2H-S)S}{\lg(R+r_0)-\lg r_0}$	①潜水完整井; ②均质含水层; ③基坑远离边界。
2		$Q=1.366k \frac{(2H-S)S}{\lg 2b-\lg r_0}$	①潜水完整井; ②均质含水层; ③岸边降水; ④ $b < 0.5R$ 。
3		$Q=1.366k \frac{(2H-S)S}{\lg \left[\frac{2b}{\pi r_0} \cos \frac{\pi(b_1-b_2)}{2b'} \right]}$ $b'=b_1+b_2$	①②条同上; ③位于二个地表水体之间(或位于补给区与排泄区之间)
4		$Q=1.366k \frac{(2H-S)S}{2\lg(R+r_0)-\lg r_0(2b''+r_0)}$	①潜水完整井; ②均质含水层; ③基坑靠近隔水边界; ④ $b'' < 0.5R$ 。
5		$Q=1.366k \frac{H^2-h^2}{\lg \frac{R+r_0}{r_0} + \frac{h-l}{l} \lg(1+0.2 \frac{h}{r_0})}$ $\bar{h} = \frac{H+h}{2}$	①潜水非完整井; ②均质含水层; ③基坑远离边界。
6		$Q=1.366kS \left[\frac{l+s}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} + 0.25 \frac{l}{m} \lg \frac{b^2}{m^2-0.14}} \right] \text{式}$ 中: m' —由含水层底板到过滤器有效工作部分中点的长度	①②条同上; ③近河基坑降水; ④含水层厚度不大; ⑤ $b > \frac{m}{2}$
7		$Q=1.366kS \left[\frac{l+s}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} - 0.22 \operatorname{arsh} \frac{0.44l}{b}} \right]$	①近河基坑降水; ②含水层厚度很大; ③ $b > l$; ④其他条件同上。
8		$Q=1.366kS \left[\frac{l+s}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} + 0.11 \frac{l}{b}} \right]$	① $b < l$; ②其他条件同上。

Q ——基坑涌水量(m^3/d);

k ——渗透系数(m/d);

H ——潜水含水层厚度(m);

S ——水位降深(m);

R ——引用影响半径(m);

r_0 ——基坑半径(m);

b ——基坑中心至岸边的距离(m);

b_1 ——基坑中心至 A 河岸边的距离(m);

b_2 ——基坑中心至 B 河岸边的距离(m);

h ——基坑动水位至含水层底板深度(m);

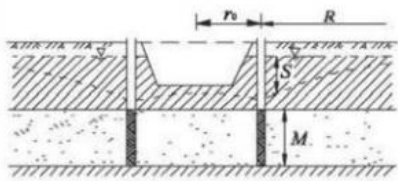
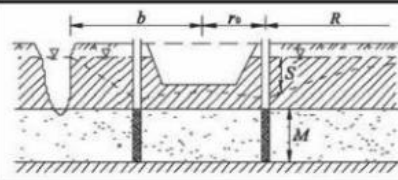
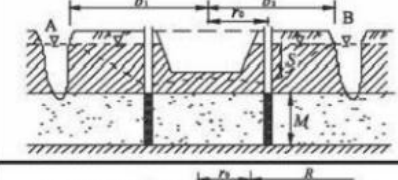
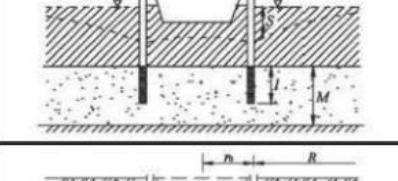
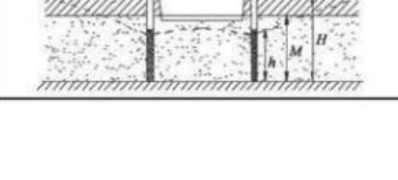
$\bar{h}$ ——潜水含水层厚度与动水位以下的含水层厚度的平均值;

l ——过滤器有效工作部分长度(m);

b'' ——基坑中心至隔水边界的距离(m);

b) 承压含水层计算公式可按表 C.4 选择。

表 C.4 承压含水层计算公式与适用条件

序号	图形	计算公式	适用条件
1		$Q = 2.73k \frac{MS}{\lg(R+r_0) - \lg r_0}$	①承压水完整井; ②均质含水层; ③基坑远离边界。
2		$Q = \frac{2.73kMS}{\lg 2b - \lg r_0}$	①承压水完整井; ②均质含水层; ③基坑位于河岸旁; ④ $b < 0.5R$ 。
3		$Q = \frac{2.73kMS}{\lg \left[\frac{2b'}{\pi r_0} \cos \frac{\pi(b_2 - b_1)}{2b'} \right]}$ $b' = b_1 + b_2$	①②条同上; ③基坑位于二个地表水体之间(或位于补给区与排泄区之间)
4		$Q = \frac{2.73kMS}{\lg \frac{R+r_0}{r_0} + \frac{M-l}{l} \lg(1+0.2 \frac{M}{r_0})}$	①承压水非完整井; ②均质含水层。
5		$Q = \frac{1.366k[(2H-M)M-h^2]}{\lg(R+r_0) - \lg r_0}$	①承压-潜水非完整井; ②均质含水层。

Q ——基坑涌水量(m^3/d);
 k ——渗透系数(m/d);
 S ——水位降深(m);
 M ——含水层厚度(m);
 R ——引用影响半径(m);
 r_0 ——基坑半径(m);
 l ——过滤器工作部分长度(m);
 b ——基坑中心至岸边的距离(m);
 b_1, b_2 ——基坑中心分别到 A、B 河边的距离(m);
 h ——基坑动水位至含水层底板深度(m);
 H ——承压水的初始水头高度(m)。

附录 D
(规范性附录)
降水运行记录

表 D 降水运行记录表

施工阶段:1 开挖深度(m): 0 ~ 3 开挖面标高(m):15 ~ 16 设计降水深度(m):4.0

监测时间(10月6日)	观测水位(m)			抽水量(m³/h)									备 注
	G1	G2	...	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	...	
11:20	4.1	3.9		—	—	82	—	—	52	—	81		3 [#] 、6 [#] 、8 [#] 运行,第一层土方开挖,正常
15:30	4.2	4.0		—	—	83	—	—	51	—	81		3 [#] 、6 [#] 、8 [#] 运行,第一层土方开挖,正常
...	...	...		...	...								...
...													

值班记录:

技术负责:

附录 E

(规范性附录)

降水管井验收单

表 E 降水管井验收单

1 管井结构

井号:

井径 (mm)	井深 (m)	过滤器			封底情况	井管材质	施工日期	备注
		类型	直径 (mm)	安装深度 (m)				

2 抽水试验结果表

洗井		静水位埋深 (m)	水位下降值 (m)	出水量		抽水日期	备注
方法	历时(h)			l/s	m³/d		

3 管井质量鉴定:

单井出水量 _____ m³/d; 井水含砂量 _____;

井 斜 _____ 度;

上述各项符合 _____ 要求。

双方同意办理验收手续。

施 工 单 位 _____ 验 收 单 位 _____

单 位 负 责 人 _____ 单 位 负 责 人 _____

工程技术负责人 _____ 验 收 人 _____

年 _____ 月 _____ 日

年 _____ 月 _____ 日

本规程用词说明

a) 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的;

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”、“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”、“可”;

反面词采用“不宜”。

b) 条文中指定应按其它有关标准、规范执行时,写法为“应符合…的规定”或“应按…执行”。

湖北省地方标准

基坑管井降水技术规程

DB42/T830-2012

条文说明

目 次

1 范围	41
4 基本规定	41
5 管井降水设计	42
5.1 一般规定	42
5.2 管井布置	44
5.3 降水管井结构设计	45
5.4 过滤器设计	46
5.5 降水出水量的确定	47
5.6 降水水位与地面沉降量的预测	49
6 降水管井施工	50
6.1 施工准备	50
6.2 成井设备与材料	50
6.3 井身钻进	51
6.4 探井与换浆	53
6.5 井管安装	53
6.6 填砾与止水	54
6.7 洗井	54
6.8 试验抽水	54
7 降水运行、监测与维护	55
7.1 降水运行与维护	55
7.2 降水监测	56
8 管井降水工程验收	57

1 范围

本章规定了本规程的使用范围和规程内容。

改革开放以来,尤其是1990年以后,湖北的城市建设迅猛发展,地下空间的开发利用与日俱增,大型建筑基坑、地下轨道交通和车站、大型地下商场、地下停车库和大型墩基础,数量越来越多,规模越来越大,基础越埋越深(如湖北文化出版城基坑面积达11469m²,深12.25m~13.25m;武汉佳丽广场,基坑面积16000m²,深13.0m;阳逻长江公路大桥南锚碇基础,直径70m,深46m),各类基础、基坑施工都需要考虑降低地下水位。

目前,地下水控制工程的基本作业方法为降水、降水+隔渗及全隔渗三种。其选择的的原则是:保证基坑工程获得干燥的作业空间,边坡稳定和底板稳定,邻近建(构)筑物及地下管线正常使用,投资少且质量便于控制。

1993年前后,治理地下水的对策以堵为主,如泰合、建银、武广、世贸大厦等。因其开挖后险情不断,周期长、费用昂贵。1994年5月武汉国贸大厦是武汉市第一个成功应用管井降水解决地下水问题的深基坑工程。从1995年开始至今,湖北地区已普遍认同管井降水在处理基坑中承压水方面所起到的经济实用效果。

近20年来,湖北地区为各类基坑降水做了大量的工作,在闹市区也成功了许多大面积的深基坑(国际会展中心、武汉新世界中心、长江隧道(盾构井)等),积累了管井降水的成功经验。降水技术基本成熟,有疏干降水,也有降压降水;有在第四系孔隙含水层中降水,也有在岩溶和基岩裂隙含水层中降水。形成了治理承压水的一套行之有效、质量便于控制、经济的方法。有必要也有条件制订《管井降水工程技术规程》。

建筑工程包括工业建筑、民用建筑和市政工程。

4 基本规定

4.1 管井降水主要用来降低透水性好、厚度较大的含水层的水头,是针对以地下水的补给为主,包括与长江等河流水力联系密切的基坑的降水措施。当基坑开挖深度超过承压含水层顶板埋深或虽未超过顶板埋深,但因含水层顶板很薄,承压水的水压力可能冲破其盖层,从而使坑底突涌,无法完成坑底施工时,也可考虑此法。但是,采用此法必须从勘察、设计、施工、监测和维持等阶段和程序按技术要求进行,而且对周边的环境,尤其是30米内的环境条件要有充分的认识,采用相应的措施防止发生过大的不均匀沉降。

4.3 基坑降水设计参数的确定对设计方案的优化至关重要,渗透系数及影响半径是涌水量计算中两个必需的参数。目前影响半径采用经验公式,未考虑具体的实际情况(诸如补给流量小到可以忽略不计,因水位下降而不致产生地面沉降处视为影响半径范围及有防渗帷幕时的情况),应综合考虑三因素,合理确定一个影响半径;在渗透系数的确定中,单井抽水试验应考虑水跃值的影响,而具有两个观测井的抽水试验可不考虑水跃值的影响;当抽水试验与基坑降水设计计算都采用相同的基本公式时,无需再考虑其二元结构承压含水层所固有的渗透性沿着垂直方向的不均匀特点,所求得的K值为

等效渗透系数。分析降水参数的合理确定方法,优化设计,保证基坑水位降深的前提下,使周边地面产生的沉降量最小。

地下水位动态包括历年最高水位和最低水位的标高与出现的时间,枯、丰水期的周期等。

降水水文地质勘察主要包括下述内容:

- a) 查明地下水类型,含水层与隔水层的空间分布,地下水水位动态,地下水与地表水的水力联系,以及地下水的补给、径流、排泄条件;
- b) 提供各降水地段主要含水层的渗透系数(K)或导水系数(T)、给水度()或弹性释水系数(S)、影响半径(R)等水文地质参数及颗粒分析资料;
- c) 分析降水工程对周围已有建(构)筑物的影响,并提出保护、保障措施的建议;
- d) 对粉土或粉砂夹粉质粘土互层(即过渡层),应控制每一回次(钻程)的深度,并宜侧重采用静力触探,详细划分出粉土、粉砂的空间分布。

4.4 抽水试验即使在规定的时间内水位和水量的变化不超过规定的数值,但是从相邻的时间间隔内水位出水量的对比来看,水位和出水量实际上并未绝对稳定,单看水位或出水量的波动范围是不够的,更主要的是要考虑有无持续上升或持续下降的趋势。条文中的波动幅度可按下式确认:

$$\text{波动幅度} = \frac{\text{较大值} - \text{平均值}}{\text{平均值}} \times 100\%$$

4.6 本条规定了对环境的保护,基坑降水设计前宜对场区环境水文地质和工程环境进行调查,主要包括对下述内容的调查:

- a) 当地已有建筑的施工降水方法、效果、经验等;
- b) 地下水开采利用情况,水井及水源地的分布状况;
- c) 已有建筑地基基础的分布及其岩土工程特征,以及地下水的分布情况;
- d) 地下管线的分布位置、埋深及其特征。

地下管线种类繁多,包括给水、排水、燃气、热力、工业、电力、通讯等7类17种,这些管线有“地下生命线”之称。武汉市规划局自2002年组织力量开展对主城区综合地下管网普查测绘工作,于2009年11月28日发布了基础测绘成果,并建立了综合地下管网信息,可为各类设计施工提供参考。防止因降水措施不当而造成对管网的破坏。

5 管井降水设计

5.1 一般规定

5.1.1 在天然状态下,下部承压含水层作用在顶板上的水头压力是与承压含水层顶板以上土层压力相平衡或小于上覆土压力的。一个基坑,开挖到一定深度后,承压含水层顶板以上的上覆土压力随开挖深度的加深逐渐减小,当减小到不能与承压含水层作用在顶板上的水头压力相平衡时,承压水就会冲破上覆土层涌向基坑内,形成突水涌砂。因此,对于减压降水,应通过抗承压水突涌稳定性验算来确定降水深度。要保证基坑的稳定,则基坑最终开挖面到下部承压含水层顶板间土的重量应大于承压含水层的顶托力。

式 5.1.1 计算考虑了粘性土自重引起的抗力,而忽略了其抗剪强度,但根据汉口地区的工程实践,粘性土的抗剪强度对抗突涌的作用比较明显。

最不利情况是包括丰水期的年最高地下水位和场地内承压含水层隔水顶板最薄处。

5.1.2 基坑开挖过程中常见的不良水文地质现象及危害主要表现为流砂、管涌和突涌。

流砂是指土的松散颗粒被地下水饱和后,由于水头差的存在,动水压力使松散颗粒产生悬浮流动。流砂主要发生在颗粒级配均匀而细的粉、细砂等砂性土中。其表现形式是所有的颗粒同时从一近似管状通道中被动水流冲出,发展的结果是使周围建筑物的基础发生滑移、不均匀下沉、基坑边坡坍塌、基础悬浮等。流土是指在向上渗流作用下局部土体表面的隆起、顶穿或粗颗粒群同时浮动而流失的现象。隆起、顶穿现象多发生于表层由粘性土与其他细粒土组成的土体或较均匀的粉细砂层中;浮动现象多在不均匀砂土层中发生。

管涌是指在渗流作用下,土体中的细小颗粒在粗颗粒形成的孔隙通道中发生移动并被带出,慢慢形成管状通道,从而掏空地基或坝体,使之变形、失稳的现象。

当基坑下有承压含水层存在时,开挖基坑减少了含水层上覆不透水层的厚度,当它减少到一定程度时,承压水的水头压力能顶裂或冲毁基坑底板,造成突涌现象。

5.1.3 管井降水设计时应收集资料的主要内容有:

a) 管井降水设计的全部资料,包括含水层的性质、厚度、顶板标高、水位、水力联系、渗透系数、补给条件;基坑面积、开挖深度、支护结构类型;基坑周边环境、施工周期及在此期间的气象资料;还包括估算降水引起地面变形应掌握的压缩模量等参数。

b) 除对周边环境有足够的认识外,还要对各主要建(构)筑物,地下管线及地面控制点设立适量的变形观测点,水位观测井,并进行全过程的定期观测,以便采用信息法施工,还应具备相应的应急应变措施;

5.1.4 此设计阶段的划分和对工作的要求,对管井降水工程设计是科学的,真实的,经济合理、可靠的。坚持了勘察、设计、施工、试验、监测统筹兼顾的原则,工作由表及里、由粗到细、步步深入。含水层的渗透系数是计算基坑排水量的重要参数,一般认为可根据详勘阶段单孔抽水试验来确定其值。工程实践表明,在很多情况下,用这种方法求得的渗透系数值偏大。主要原因是在深基坑开挖之前,在桩基施工过程中,大量水泥砂浆灌入地下,从而会在一定程度上改变深基础范围内含水层的渗透性。为准确地确定含水层的渗透系数,应该通过降水管井施工和施工后,进行群井抽水试验,由此得到的含水层的渗透系数才真实客观。

对于小型基坑降水工程,如无专门的降水水文地质勘察,应根据岩土工程勘察揭露的地层特点,收集临近场区的水文地质经验参数,进行降水方案设计,但应在凿井初期进行补充抽水试验,验证、修正所选的水文地质参数,调整、完善、优化方案。降水复杂工程的降水设计,应根据专门的降水水文地质勘察资料进行,并按三步走。正式降水前,群井抽水试验是必不可少的,对降水效果、供电、排水系统能力的检验至关重要,及时发现问题,调整设计,做到有把握,减少盲目性。故本条作了规定。

方案设计阶段初期,可先采用地区经验或按表 1 作初步设计,然后按试验数据调整。

表1 降水设计参数经验值

过滤管安装处地层	粉细砂层	中砂层	粗砂、砾卵石层
渗透系数 $K(m/d)$	10 ~ 18	18 ~ 25	> 25
引用影响半径 $R(m)$	200 ~ 300	300 ~ 350	> 350

5.1.6 汉口地区弱透水含水层位于承压含水层顶部,岩性一般为粉土或粉砂夹粉质粘土互层,厚度一般为3m~7m,有的地方(如六渡桥一带)厚达十几米,渗透性差且各向异性(水平渗透系数2.0 m/d~5.0m/d,垂直渗透系数0.1m/d~0.6m/d),是上部相对隔水层与下部强透层间的“过渡层”,其中的地下水属弱承压水。该层地下水不易疏排,有的深基坑降水工程对该层地下水未采取具体处理措施,出现基坑局部不同程度的冒水流泥现象;而有的深基坑降水工程对该层处理措施不当,导致管井降水失败。适宜的作法是竖向隔渗帷幕加深井减压、疏干,此时帷幕穿透交互层,降水井最好是深井、浅井相配合,深井将承压水降至交互层以下,浅井专门疏干交互层,浅井可用轻型井点或带滤网的大口渗井。

在基坑降水面积达9000m²的天一大厦工程中(基坑开挖深度6.3 m~10.3m),通过设置若干“导渗井”加强弱透水层与深部强透水层水力联系,在利用管井降水技术降低强透水层地下水头的同时,也将弱透水层地下水头降至设计标高。导渗井可消除或减少弱透水承压含水层水头下降值和下降速度均滞后的现象。

对II、III级阶地(含长江古河道Q2)的弱透水承压含水层,可采用真空管井降水,并遵循管井出水量小、井距密的原则。在武汉市区的长江古河道分布在武昌蛇山南麓至中南路洪山西麓向岳家嘴方向延伸的范围,在汉阳沌口至王家湾一带。SG型真空管井可有效提高弱透水含水层(渗透系数较小的淤泥质黏性土、夹薄层粉砂的淤泥质黏性土和黏质粉土等)含水率的下降程度和疏干效率。SG型真空疏干管井是在DG型常规真空疏干管井(图1)基础上,对管井结构进行改进后的一种新型管井。它的主要特点在于井管内能形成较高的负压,而在整个降水运行期间,高负压状态能得以保持,有较好的孔隙水吸聚功能。

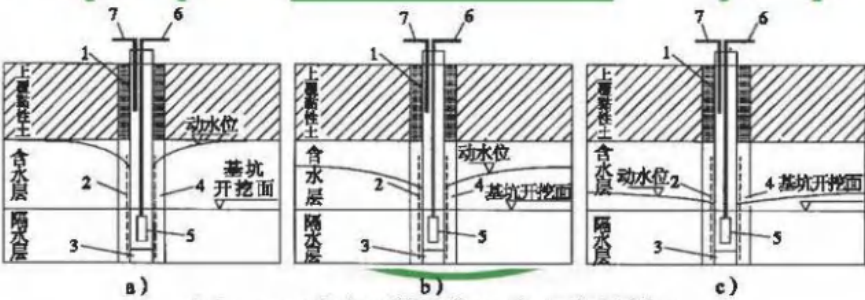


图1 DG型疏干管井负压衰减分析剖面

a)降水运行初期;b)降水运行中期;c)降水运行后期

1—井壁管;2—过滤器;3—沉淀管;4—滤砂层;5—潜水泵;6—扬水管;7—真空管

5.2 管井布置

5.2.2 对于一定大小的基坑,根据地下水动力学理论,与降水所需降深相对应,降水井的数量是确定的。平面上如何布置,使之既达到降水目的,又使降水对环境的影响尽可能小,为此,有必要考虑降水井的平面布置问题。本节规定适用于第四系松散含水层中降水。

为了尽可能使水位降深较大的地段集中在基坑内部,以减少降水引起的地面沉降对周边环境的影响,在降水方案设计时,降水管井在不危及建筑物安全和不影响施工的前提下,应布置在基坑内部。武汉地区的工程实践充分证实,此种布置降水效果最佳。因其降水效果比管井布在基坑四周提高 10%~40%;对周边环境的影响要减少 15%~50%;工程费用要节省 10%~40%,尤其对地下水处理复杂程度系数 ≥ 9 的基坑,更要把降水管井布在坑内。

关于坑内降水和坑外降水,一般情况下,降压井布置在坑内或坑外都可以达到降低承压水头的目的。所谓降水的设计无定式,无论采用坑内降水还是坑外降水,应该对水文地质条件、基坑大小、形状、施工方法、支护设计的特点、环境对降水的要求等多种因素进行综合分析,再加上经济比较后确定。

5.2.5 降水管井布置,井距不宜过小。井距过小不能充分发挥单井的降水效果,从经济角度上看是不合理的。式(2)是吉哈尔特从理论上得出的降水管井的井距公式。

5.2.7 水位观测井是降水工程设计必不可少的,降水工程的勘察孔和降水井宜兼作水位观测井。基坑典型部位指基坑内外四角、深大基坑边坡中部、基坑中心及群井干扰最小处、最远边侧等。

为保证水位观测的精度,要求观测井的结构与降水管井结构一致,也可作备用井使用。

5.3 降水管井结构设计

5.3.1 本条文系《供水管井技术规范》GB50296 的规定。降水管井结构设计时,可根据管井设计的具体情况,内容可有不同。当采用非填砾过滤器时,即无“填砾位置及滤料规格”的设计内容。井管配置应包井壁管、过滤管和沉淀管的配置。

5.3.3 井径的确定应综合考虑各井段的设计要求。降水管井一般较浅(供水管井:浅井 $\leq 100\text{m}$,中深井 $100\text{m} \sim 300\text{m}$,深井 $> 300\text{m}$)井身结构相对较简单,较少变径,多为一径到底。式 4 是原苏联学者阿勃拉莫夫(C. K. Aspauot)经验公式,其系数在 60~70 之间。

5.3.4 湖北地区广布具有典型二元结构的地层,上部主要为细粒沉积物组成的粘性土;下部含水层自上而下由粉细砂渐变至细砂、中砂、粗砂,渗透性逐渐变大。所以降水管井的深度和过滤器的设置会对降水产生比较大的影响,该地区的降水管井大致有浅井、中深井、深井三种类型,相关参数列入下表:

表 2 湖北地区浅、中、深井相关资料

管井类型	浅井	中深井	深井
井深(m)	26	35 ~ 38	> 40
过滤器设置深度(m)	10 ~ 26	22 ~ 38	30 ~ 45
含水层岩性	粉砂	粉细砂	细、中、粗砾砂
渗透系数 K(m/d)	2 ~ 4	8 ~ 15	18 ~ 25

如果采用完整井(深井),以下部砂、卵石层的给水量占绝大部分,在同样降深条件下,抽水量大,影响范围也大。如果把井设置在过渡含水层(浅井),则单井出水量小,水位降落漏斗曲线陡,所需井距小、井数量多,不经济。工程技术人员根据地下水动力学原理,结合湖北省含水层二元结构的特征,在深井、完整井的成功实践基础上,大胆采用中深井、非完整井的优化设计,在设计降深相同的情况下,非完整井实际抽水量比完整井减少了 1/3 左右,合理控制了地下水的抽排量,使得降水工程造价更经

济合理,对周边地面沉降也被控制在最低限度。但进水管设在粉细砂层,对过滤器的要求高,必须精心设计,精心施工。

5.3.5 降水管井的井管配置时,并不一定强调要设置沉淀管,可根据含水层的特性和抽水运行时间的长短决定设置与否。

5.3.6 封闭的目的,是防止抽出的水沿井管外渗流回含水层,二是防止地表污染物污染含水层。

5.3.7 降水管井是临时抽水构筑物,且一般较浅,使用时间短,只要求井管能保证承受井壁地层和滤料的侧向压力及井管的总质量;保证安装时联接垂直;便于洗井施工;不污染地下水即可,对防腐无要求。布置在基坑内的管井,由于基坑开挖后,上部井管裸露处于临空状态,极易损坏,要求井管有足够的刚度,故作此规定。

5.4 过滤器设计

5.4.1 表1中未列出基岩含水层过滤器类型选择,是考虑到工程降水大部分是在第四系松散层中进行。表中过滤器类型按填砾与否划分,非填砾过滤器泛指所有不填砾的过滤器,其中包括了包网过滤器。降水管井作为临时抽水构筑物,并不排除包网过滤器,这与供水管井有所不同。如果包网过滤器外再填砾,则不是非填砾过滤器了,而是填砾过滤器。但这种作法违反了填砾过滤器的设计原则,是不正确的。

碎石土类含水层中降水管井过滤器类型选择与供水管井是相同的,根据我国大量的碎石土类含水层颗粒分析资料, $d_{20} < 2\text{mm}$ 碎石土类含水层中 $0.5\text{mm} \sim 5\text{mm}$ 的中间颗粒含量较少,难以通过洗井形成天然反滤层,需要人工滤层挡砂。因此,宜采用填砾过滤器,非填砾过滤器虽不宜但也可用。反之, $d_{20} \geq 2\text{mm}$ 的碎石土类含水层,小于 0.5mm 细颗粒含量较少,而中间颗粒含量相对较高,通过洗井较易形成反滤层,因此,此类含水层宜采用非填砾过滤器,也可采用填砾过滤器。

砂土类含水层中降水管井均宜采用填砾过滤器。

5.4.3 对于降水管井内的设计动水位(或设计降深)均应将井损失包括在内。

5.4.6 规定的标准略低于《供水管井技术规范》的规定,而与国标《供水水文地质勘察规范》GB50027-2001的规定相当,就规定的完整性而言,填补了碎石土类含水层非填砾过滤器进水缝隙尺寸规定的空白,规定较为完善。根据原苏联国家规范关于供水管井非填砾过滤器进水缝隙尺寸的规定和我国勘察抽水试验孔的经验,上述规定对于降水管井是合适的。实践中,应注意含水层的取样和筛分,并根据含水层的均匀性,取较小值或较大值。

5.4.8 滤料规格形式是由滤料规格的通式形式决定的,也是世界各国普遍采用的滤料规格形式。滤料规格通式是建立在滤料过滤的机理之上,理论依据确切,因而是合适的。

降水管井作为临时抽水构筑物的特点及其设计要求,决定了降水管井滤料规格标准应低于供水管井。依据降水管井的允许井壁进入流速和井水含砂量标准,降水管井滤料规格填砾比 $\eta=8 \sim 12$ 是合适的,室内试验和实际均证明,填砾比 $\eta > 12$ 将导致井水含砂量过高,达 $1/10000$ 以上,是不允许的, $\eta < 8$ 则与供水管井相同。要求过高即限制了管井出水量,显然也是不合适的。因此,降水管井滤料规格该条规定是合适的。在工程实践中,应根据含水层的特点和环境对降水要求的高低,作适当调整,

取其大值或小值,甚至取 $\eta < 8$ 。滤料与土层颗粒之间适宜的倍率关系因土层颗粒的 d_{50} 大小而异,但可划分一定的倍率范围内,可参见表3选用。

表3 滤料 D_{50} 与土层颗粒 d_{50} 的经验倍率关系

降水目的层土层名称	滤料 D_{50} 与土层颗粒 d_{50} 的关系
细砂、粉细砂、粉砂	$6d_{50} \leq D_{50} < 12d_{50}$
含砾粗砂、中粗砂、中砂	$5d_{50} \leq D_{50} < 9d_{50}$
(含砾砂或粗砂)砾石、含砾砾砂、砾砂	$4d_{50} \leq D_{50} < 6d_{50}$

对于碎石土类含水层,以 d_{20} 作为碎石土类含水层通过粒径,即隔滤80%的含水层颗粒,这是由碎石土类含水层的不均匀系数很大的特点决定的。当 $d_{20} < 2\text{mm}$ 时,含水层中 $0.5\text{mm} \sim 5\text{mm}$ 的中间颗粒较少,难以通过洗井形成挡砂的天然反滤层,应按式(3.4.8-2)建立人工滤层以挡砂。当 $d_{20} \geq 2\text{mm}$ 时,含水层中细颗粒较少,中间颗粒($0.5\text{mm} \sim 5\text{mm}$)含量相对较多,较易通过洗井形成天然反滤层,因此,可以 $10\text{mm} \sim 20\text{mm}$ 的砾石充填于过滤管与井壁之间的环状间隙。

对于粉细砂含水层,滤料的粒径宜为 $\phi 0.7\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$,且质纯,级配良好,磨园度好。

滤料的不均匀系数是滤料的 D_{60} 与 d_{10} 的比值,它体现了滤砂粒径级差之间的相关关系,反映了粒径的级差程度,也为滤砂主要特征指标之一。必须注意,用不均匀系数 C_u 来控制滤料粒径级配适宜性的前提是选择恰当的滤砂 D_{50} ,若 D_{50} 偏离过大就会影响 C_u 值的衡量价值,即 D_{50}/d_{50} 与 C_u 值应同时符合取值范围,才能获得良好的出水效果。大量工程实践证明,把滤料不均匀系数规定为不大于4.0是比较适当的,表4是以筛除过小和过大颗粒后所获得的天然砂的自然级配为分析对象,经较多工程应用的统计和效果比较所确定的滤料参数取值范围。

表4 滤料不均匀系数参考值

土层名称	砾砂	粗砂中砂	细砂粉砂	砂质粉土	黏质粉土
D_{50}/d_{50}	4 ~ 7	5 ~ 9	8 ~ 12	12 ~ 20	16 ~ 24
不均匀系数 C_u	1.5 ~ 2.0	1.7 ~ 2.3	2.0 ~ 2.7	2.8 ~ 3.6	3.2 ~ 4.0
适用提示	减压管井			疏干或减压管井	

5.4.9 填砾过滤器骨架管进水缝隙尺寸,应使滤料稳定,可采用 D_{10} ,也即缝隙尺寸挡90%的滤料。

5.4.10 室内试验表明,滤料厚度为 25mm 即可有效挡砂,工程实践由于管井施工多种因素影响,滤料厚度应不小于 75mm 。滤料厚度适当增大,有利于挡砂和增加管井出水量;但滤料过厚,则带来施工的困难,也不利于洗井,根据我国的工程实践,滤料厚度为 $75\text{mm} \sim 150\text{mm}$ 是合适的。在实际工程中,应根据含水层的性质确定,对于粉细砂含水层,应适当增加滤料厚度,取其较大值,对于粗颗粒含水层,可取其下限值。

考虑到洗井和抽水过程中,滤料将会密实下沉,因此规定滤料高度应超过过滤管顶,原则上应防止含水层的颗粒进入井内。

5.5 降水出水量的确定

5.5.1、5.5.2 基坑涌水量应包括满足基坑降水水位要求的基坑总出水量和预测计算基坑的涌水量。

管井降水工程设计就是寻求最小抽水量及较小的影响范围的过程,也是降水管井设置深度与数量不断优化工程。根据基坑渗流类型可划分为四种基坑工程降水类型,见表 5:

表 5 基坑工程降水类型

类型	隔水帷幕设置状态	设计理论依据	降水方法
I	基坑浅,无隔水帷幕	潜水含水层平面渗流理论	可用轻型点井、喷射点井或真空管井抽水或管井+引渗井降水
II	帷幕伸入降水目的含水层底板(落地式帷幕)	带隔水边界的基坑平面渗流理论	管井或真空管井降水,也可采用轻型点井、喷射点井抽水
III	帷幕仅伸入降水目的(承压)含水层隔水顶板中	无界或有补给边界的基坑平面渗流理论	管井降水
IV	帷幕伸入降水目的(承压)含水层内	基坑空间渗流理论	管井降水

基坑总涌水量用“大井法”计算,与地下水的埋藏类型、降水井的完整性、地下水补给和排泄的边界条件和布井等有关。

该式在湖北地区沿用多年,基本解决了该地区基坑涌水量的计算问题。但该式对狭长形的基坑计算的涌水量明显偏小。

由于地下水类型、补给条件、管井的完整性以及布井方式和隔渗帷幕设置情况等因素较复杂,还可选择其它公式计算,可参照水文地质手册和工程地质手册计算。

5.5.3 窄长式基坑是指长度与宽度之比大于 10 的条形基坑。

5.5.4 降水管井出水能力的确定,原苏联等国包括我国在内的降水文献及技术标准在内,多以“井壁进水能力”表示管井的出水能力(如 JGJ/T111-98),这实际上是认为井壁进水能力相对较小。英美等国文献中未见管井出水能力名词,但管井进水流速一般仅考虑过滤管进水流速,实际上是仅考虑过滤管进水能力。

管井结构设计确定后,也就决定了管井的井壁进水能力和过滤管的进水能力,管井结构设计不同,二者之间的相对大小即不同,并非固定不变,而是由管井的井身开采段设计和过滤器设计所决定的。当管井出水量超过二者之中任一个时,都将产生一系列不良后果。因此,作为供水管井出水能力,自然二者均应满足,应以二者之中较小者为准。对降水管井而言,由于抽水时间很短,在短期内不易造成过滤管的严重化学堵塞,因此,可以井壁进水流速控制为主。

管井涌水量以管井出水能力复核的实质是管井两个过水断面上的进水流速都应小于规定的允许进水流速。对于降水管井而言,由于抽水时间很短,在短期内不会造成过滤管的严重化学堵塞,因此,可以井壁进水流速控制为主。

降水管井设计时,应根据管井结构设计,计算管井的出水能力,并复核管井的设计出水量,当管井的设计出水量超过管井的出水能力时,应减少管井的设计出水量,或调整井结构设计,重新计算管井的出水能力,直至管井设计出水量小于管井的出水能力。

湖北省标准《基坑工程技术规程》DB42/59-2004 第 7.4.1 条规定,“单井出水量一般为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ~

80m³/h”。对于复杂程度系数为简单或长条形(长宽比 ≥ 3.5)的小基坑(面积 $< 2000\text{m}^2$),单井出水量取30m³/h $\sim$ 50m³/h,部分井可采用80m³/h;对于复杂程度系数为中等的基坑,可采用50 m³/h $\sim$ 80m³/h,部分井可达120m³/h。

5.5.6 对于基坑降水一定要设置备用井,主要是考虑水文地质条件的复杂性以及在土方开挖的过程管井的损坏,管井运行过程中设备的损坏,以增加安全储备,备用井数量应不少于1口。当观测井与降水管井结构一致时,可把观测井作为备用井。

5.6 降水水位与地面沉降量的预测

5.6.1 降水水位预测计算是降水设计的核心工作。它决定于降水技术方法,降水井的布置,涉及井数、井深、井的结构、出水量和水位降深等一系列指标,因此必须认真对待。

降水水位预测计算,往往需要经过多次布井方案的调整,才能达到目的。复杂工程是一项比较繁琐的工作,应由计算机完成,强调三点:

- a) 选用的计算公式,其适用条件应尽可能与实际水文地质条件相符;
- b) 优选的降水方案应保证基坑底部任意点都能满足降水深度要求;
- c) 在降水预测计算中,所用公式均为二维层流状态推导的公式,因此预测计算结果未包含三维流与紊流的附加水头损失,在确定井深与井内水位降深时,应把这部分水头损失计算在内。

5.6.2 式(23)是计算完整井群井承压水水位下降值S的基本公式。本条未列出非完整井群井承压水水位下降值S的公式,只指出当采用非完整井时,应在水文地质勘察阶段进行抽水试验求取K、R值,其试验井的深度及结构应与拟设计降水管井相似。这是因为:

a) 基坑降水设计时求算承压水水位下降值S的精度与K、R值、井的深度、井的结构和选用的计算公式密切相关。由于湖北地区松散层中的含水层多为二元结构地层,含水层垂直方向的渗透性能变化大。采用不同深度、不同结构的非完整井,得到的K、R值都会不相同。采用完整井公式或各种不同条件下的非完整井公式,得到的K、R值也是不相同的。因此在实际应用中强调勘察试验井与工程降水井,在深度、结构以及计算公式等方面相同或相似,这样K、R值可以通用,并可使设计得到比较准确的结果。

b) 在地下水井流计算公式中,完整井公式是基本公式。非完整井计算公式只是在一定条件下由基本公式衍生出的特定经验公式。如果勘察阶段和设计阶段都用基本公式,由试验求算K、R概化值(或等效值),尔后又将这样的K、R概化值用于设计降水计算,和相同条件下用非完整井特定公式和特定参数计算的结果应是完全一样的。统一规定采用基本公式计算,可避免公式繁琐,计算过程复杂等缺陷。唯一要求是试验井应与工程井相同或相似。

这一要求,实际上可能难以作到,但即使列出很多非完整井公式也不能避免这一矛盾。

c) 目前湖北地区的勘察试验井或基坑降水井一般都是过滤器长度小于含水层厚度的非完整井。由于含水层渗透性沿垂直方向变化大,故本条规定对含水层厚度、渗透系数、引用影响半径的量值均采用概化值。其意义是这些值只代表某种井结构、含水层某深度段和用基本公式计算的参数量值,而不是代表整个含水层的参数量值。本标准3.1.5条还强调降水井施工时,应先施工具有代表性的降水

井,并进行抽水试验求取K、R等参数值。只列出井流的基本公式,都是为了使勘察试验和设计计算有序地进行,并取得比较符合实际的效果。

5.6.4 基坑降水水位预测计算也可用实抽法。根据降水勘察或降水施工时的群井抽水试验,实测水位影响范围和不同距离的水位降深值。建立相应的统计方程,按迭加原理预测计算不同布井条件下基坑降水水位,这种预测水位,比较直观可靠,也简单易行。

5.6.6 本条提供了计算降水引起地面某点沉降量的公式。在分层总和法的基础上,在 M_1 值中引进了与降水时间长短有关的 M_2 值,计算结果为某一时段的地面沉降量。通过多年来的实践经验,在湖北地区,降水维持期在三个月以内的, M_2 值可取0.5~0.7;降水维持期超过三个月时, M_2 值可取0.7~0.9。降水时间短取低值,反之取高值。降水引起地面沉降的压缩层厚度的计算主要为降落漏斗水位以上降深范围内的覆盖层和弱透水层的厚度。汉口软土地区,管井降水引起周边地面的沉降量还可采用下式计算:

$$S = \Delta S_1 + \Delta S_2 \quad \Delta S = \frac{5S_1^2}{E_{s1}} U_1 + \frac{5(S_2^2 - S_1^2)}{E_{s2}} U_2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

S ——总沉降量;

ΔS 、 ΔS_1 、 ΔS_2 ——分别为某一时间总沉降量、上覆覆盖层的沉降量、弱透水层(过渡层)疏干段的沉降量;

E_{s1} 、 E_{s2} ——分别为上覆覆盖层和过渡层的压缩模量(kPa);

U_1 、 U_2 ——分别为上覆覆盖层和过渡层的固结度;

S_1 、 S_2 ——分别为上覆覆盖层和过渡层的水位降(cm)。

6 降水管井施工

6.1 施工准备

6.1.1~6.1.3 条文规定了编制《施工组织设计》的基本程序、应收集的资料和具体的内容,均为技术准备条款。目前,降水管井工程,施工单位的组织形式多样,有总包、分包和单项施工。因此《施工组织设计》编写时,应根据工程规模大小和复杂程度及各自承担的项目内容等,其篇幅、内容有所增减。当与桩基或基坑施工一体时,其内容也可统一编制。施工平面布置图,应标明井位、井号,水、电、行车路线、排水管网、材料堆场等。

6.1.4 在市区施工管井降水工程,除如何充分利用有限的施工空间外,往往还与桩基、基坑施工交叉作业,现场的合理布置尤显重要。当独立施工时,可自行安排,当与其它项目施工交叉时,应统一考虑,协商一致。

6.2 成井设备与材料

6.2.1 钻进的钻机种类很多,而降水管井钻进的特点是:①大多数在第四系松散地层中钻进,较少在基岩中钻进;②井深相对较浅,一般一径到底,井身结构较简单。因此降水管井钻进通常选用冲击钻机和回转钻机,但不排除其它类型钻机。

6.2.2 根据不同地层条件选用不同类型的钻头钻进,但选用的钻头最好适应性比较强。因在管井钻

进过程中,即使井不太深也要穿过几种不同的地层,不可能一种地层用一种钻头,因此,多选用适应性较强的翼形(三、四翼)钻头。

6.2.3 目前抽水试验和基坑降水常用深井潜水泵。其泵的流量和扬程可供选择的幅度大,流量可从 $1 \sim 200\text{m}^3/\text{h}$,扬程也有多种选择,出水量稳定,安装方便。同时对井斜要求相对较宽。

6.2.4、6.2.5 冲洗介质的种类很多,技术指标详尽,应根据不同的需要而选用,这在有关勘探规程中有种种规定。本规程对此仅提出原则要求,具体实施时,还需遵照有关规程执行。

6.2.6、6.2.7 条文规定了滤料的质量和用量,其规格应符合设计要求。

6.3 井身钻进

6.3.1 ~ 6.3.5 为井身钻进的一般规定。井身施工是运用了管井术语,是钻探工程中的成孔钻进工艺。可参照《供水水文地质钻探与凿井操作规程》CJJ13 执行。水文地质钻进的方法很多,根据降水管井的特点,其井身钻进本条推荐冲击、回转钻进工艺和清水或水基泥浆护壁方法,但不排除其它工艺和方法。

6.3.6 冲击钻进中,影响钻进效率的钻进技术参数包括单位钻头刃长的钻具质量、冲击高度、冲击次数和回次进尺,这些参数应根据岩层性质而定。

a) 冲击钻头质量,可按下式计算确定:

$$M=PL/g \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

M ——冲击钻头质量(kg);

P ——底刃线压力(N/cm),见表6;

g ——重力加速度;

L ——底刃总长(cm)。

对多刃冲击钻头,底刃分布原则是:冲击动能的分配应充分考虑钻头外缘部分的冲击破碎需要及底刃的磨损状况,外缘冲击破碎面积大,底刃数量应比内缘至少多一倍。

b) 冲程和冲击频率的关系见下式

$$f=k/S^{1/2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

f ——冲击频率(次/min);

r_1 ——冲程(m);

k ——系数, $=47 \sim 51$ 。

f 与 s 宜按下表选择。

表6 f 、 s 选择表

$s(\text{m})$	$f(\text{次/min})$	$s(\text{m})$	$f(\text{次/min})$	$s(\text{m})$	$f(\text{次/min})$
1.5	34 ~ 38	1.1	48 ~ 52	0.78	58 ~ 60
1.2	40 ~ 44	0.95	50 ~ 54	0.50	62 ~ 64

冲击钻进的钢丝绳工作中要承受较大的变动荷载,钢丝绳总拉力可按式计算:

$$F_1 \geq 9.806 \ r_1 \cdot k \cdot M \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

F_1 ——钢丝绳总拉力(kN);

r_1 ——钻具在孔内的阻塞系数, $r_1=1.2 \sim 1.5$;

k ——安全系数, $k=1.5$;

M ——钻头质量(kg)。

6.3.7 冲击钻进的主要注意事项如下:

a) 清水护壁钻进是几十年来实践证明行之有效的钻进方法。为保持地层原有水文地质条件和特性,在地层允许的条件下,应优先选用。清水钻进操作要点就是始终保持孔内一定的液面高度,即用水头的侧向压力平衡井壁,以保持孔壁的稳定。

b) 在松散、易坍塌且漏失严重地层,清水无法钻进时,应采用泥浆护壁钻进。泥浆性能应根据钻进地层的具体情况进行调整。松软粘土层,泥浆粘度宜在 20s 以内;砂砾、卵石等松散层宜采用 25s 左右的泥浆;当井壁漏失严重时,适当加大泥浆的粘度。

当采用套管护壁时,管口必须平整,连接必须牢固。并保证同心度。

c) 该款是《供水水文地质勘察规范》GB50027 的规定。

6.3.8 硬质合金钻进技术参数的正确选择,对提高钻进效率、降低材料消耗和防止孔内事故具有重要影响。

钻进时作用在钻头上的轴向压力(钻压)被镶嵌在钻头底唇上的合金切削具所分担,钻压的大小不能超过每颗合金所能承担压力。考虑到大直径合金钻进时孔内阻力较大、钻具振动等因素,采用钻杆加压时,每颗合金上的压力宜选用表 7 中的下限值。

泵量的大小理论上应根据有效排粉所需泵量确定,即使孔内冲洗液上返速度达到 0.2 ~ 0.3m/s。正循环合金钻进时,合理的冲洗液量可按式计算:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \times V_r \times 60 \times 1000 = 47123 \times (D^2 - d^2) \times V_r \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

Q ——冲洗液量,L/min;

V_r ——钻杆与孔壁间隙中冲洗液上返速度,m/s;

D ——井身直径,m;

d ——钻杆直径,m。

按公式计算,以采用 $\phi 89$ 钻杆为例,取 V_r 值为 0.2 m/s ~ 0.3m/s,当井身直径为 225mm 时,合理的冲洗液量值为 403 L/min ~ 604L/min;若井身直径为 430mm 时,值为 1668L/min ~ 2502L/min。对大直径水井正循环钻进,冲洗液上返速度 V_r 值应大于 0.3m/s ~ 0.4m/s,因此所需泵量更大。但是,目前国内水文水井钻探设备和钻杆,还达不到大口径清水正循环钻进排粉所需的泵量,一般多为悬浮岩粉,必须借助取粉管、捞砂筒等配合排除岩粉。条文中公式 $Q=K \cdot D$ 是经验公式,并按照钻具直径和岩层性质

将所需泵量列入表 8, 考虑到泵排量受限, 取值都较小, 这样对排粉是不利的, 因此专程冲捞岩粉是目前合金钻进中不可缺少的一道工序。

6.3.9 取心钻进需频繁地升降钻具, 尤其在井身较深的情况下, 辅助作业占的比重大, 此时采用全面钻进可提高钻进效率。

在粘土层钻进时应采用大排量冲洗钻头和排渣, 必要时提动钻具, 以防泥包钻头。

6.3.10 正循环钻进不利于排渣, 容易形成重复破碎, 钻进效率低。而反循环钻进则上返流速高, 可直接排出破碎的岩土屑。但反循环钻进中一定要维持孔内冲洗液水位, 发现漏浆速度过快或液面突然下降, 要及时分析是否遇卵砾石层或地下溶洞等, 并及时停钻, 采取增加泥浆密度、粘度或投泥球等措施处理后再施钻。

反循环钻进的关键在于保持冲洗液循环不中断和一定的上返流速。

6.3.11 在泵吸反循环管路中, 压力最低点在水龙头上的弯管顶部, 为使该处的压力不小于泥浆的汽化压力, 一般要采用较短的钻杆和主动钻杆。钻杆内泥浆上返流速必须大于钻屑在钻杆内的沉降速度。钻孔直径大, 钻杆内径大, 上升的钻屑颗粒亦大, 则上返流速宜选大一些, 反之则应小一些。总结国内外施工实践经验, 认为钻杆内泥浆上返流速 $2\text{m/s} \sim 4\text{m/s}$ 为宜; 钻杆内径 $d \geq D/10$, 且 $d > 100\text{mm}$ (D 为井径)。

冲洗液是借助砂石泵的抽吸作用形成循环, 并经泵体将含岩屑的冲洗液排出, 因此砂石泵必须有良好的真空度, 有比钻杆内径大的过水通道。为了维持冲洗液连续循环和上返流速, 在钻进中应控制钻进速度, 即控制冲洗液中的岩屑含量, 防止管路堵塞。一般岩屑含量控制在 $5\% \sim 8\%$; 但在深井硬岩清水钻进时, 岩屑含量可控制在 3% 以内; 浅井软岩泥浆钻进时, 岩屑含量可控制在 $10\% \sim 15\%$ 。

6.3.12 气举反循环在开口井段因钻杆内外形不成足够的压力差, 不足以形成反循环, 所以不适用于非常浅的井身钻进。井深增加后, 只要相应的增加供气量和供气压力, 冲洗液在钻杆内外就能形成足够的压差, 获得理想的上升流速, 从而得到较高的钻进效率。气举反循环适用于深 20m 以上, 300m 以内井身的钻进; 泵吸反循环适用于深 120m 以内的井身钻进。

6.4 探井与换浆

6.4.1、6.4.2 探井工作采用探井器进行。在下入井内的任一深度上均能灵活转动。探井如发现井身质量不符要求, 应即进行修整。

6.4.3 换浆是将井内稠泥浆更换为稀泥浆的工作。经探井和修整井壁后井内泥浆粘度很大并且含有大量岩屑, 过滤管进水缝隙可能被堵塞, 井管亦可能放不到预计深度。因此, 井管安装前应进行换浆, 本条还规定了稀泥浆的指标。

6.5 井管安装

6.5.1 本条明确了三种井管安装方法。降水井由于井深较浅, 井管安装方法相对简单, 一般采用钻机(或吊车)提吊下管法。

6.5.2 降水井虽是地下工程施工技术措施的一种临时地下取水构筑物, 为了保护周边环境的安全和获取理想的降水效果, 本条仍对井管安装作了严格规定。

6.6 填砾与止水

6.6.1 填砾是将规格的滤料投入到过滤管与井壁之间的环状间隙中的工序。填砾是成井工艺的一个关键工序,直接影响管井的质量。因此,本条强调填砾前应作好充分的准备。在高压含水层中,泥浆稀释不遵守第一款的规定。

6.6.2 本条规定了三种不同填砾方法的适用对象和技术要求。降水管井多采用动水填砾法。该法的优点在于可防止井内稠泥浆沉淀而使滤料达不到预定位置,亦可冲击滤料中的杂物。当采静水或抽水填砾时,应保持孔壁的稳定,要泥浆返回井内保持压力平衡。

6.6.3 本条文中所指“填入数量及深度与计算有较大出入”,一般出现的情况是:滤料的填入量小于计算量许多,这多是由堵塞造成,应及时处理,堵塞处附近必然填料不足或没有,从而导致涌砂的恶果。

6.7 洗井

6.7.1、6.7.2 洗井要求“及时进行”,旨在不使冲洗介质有更多的时间固结在井壁上而影响井的出水能力。管井洗井方法较多,一般分为水泵洗井、活塞洗井、空压机洗井、化学洗井(洗井前先注入焦磷酸钠溶液)和二氧化碳洗井以及两种或两种以上洗井方法组合的联合洗井法,不同的洗井方法适用条件不同。洗井方法选择的原则已在第6.7.2条作了规定,实施时还应参照施工方面的经验。经验表明,单一的洗井方法效果欠佳,在条件许可时,应采用多种方法联合洗井,可收到预期效果。因此,第6.7.2条强调了采用多种方法的联合洗井。条文中的一些具体洗井方法的规定,均是大多数单位实践经验的总结,执行时,还应结合本单位的情况实施,也可采用更为有效的其它洗井方法。降水管井由于多是松散层的浅井,因此,深井和岩体中的井的洗井方法并不常用。降水管井的洗井原则和要求:

a) 应尽量采用活塞和空压机联合洗井;

b) 当井管的强度较低时,可采用空压机洗井或水泵洗井。

6.7.5 本条规定的洗井标准是根据洗井的目的和洗井工序的要求制定的,井水含砂量未规定具体的数值指标,但并非是不测量或不可测量,仅是没有一个指标值而已,在反复的空压机和活塞洗井过程中,需要多次测量井水含砂量数值,如果井水含砂量持续降低,说明洗井尚未洗好,应继续洗井,如果多次测量,井水含砂量不再降低,表明洗井已尽其所能,洗井即可结束。即使井水含砂量仍然较高,也非洗井工序能解决。同理,在连续洗井过程中,单位出水量不再增加或增加很少,即表明洗井已达到要求。

6.8 试验抽水

6.8.1 降水管井施工是在具备必要的水文地质和工程地质资料的基础上进行的。因此,降水管井施工阶段的试验抽水的主要目的在于验证水文地质参数,并检验降水管井出水量的大小,确定管井设计出水量和设计动水位。试验抽水的类型,应为稳定流抽水试验。本条文对试验准备和技术要求作出了规定。水位、水量的波动范围:用水泵抽水时,水位波动2cm~3cm,水量波动 $\leq 3\%$;用空压机抽水时,水位波动10cm~15cm,水量波动5%;设观测井时,最远观测井水位波动小于2cm~3cm。

6.8.3 每个抽水井和观测井在试验抽水开始前应测量自然水位,一般1小时测一次,连续三次测得的数字相同或4小时内水位相差2cm时,可作为抽水前的自然水位。对于地下水位受动态变化的或受潮

汐影响明显的地区应有一天以上的观测记录,观测时间可选择 30min ~ 60min 一次,需要时应在试验抽水影响区外同一水文地质单元设观测井,掌握试验期间地下水位的天然变化。自然水位观测精度达到 0.5cm,动水位观测主孔精度 ≤ 1.0 cm,观测井精度 ≤ 0.5 cm。

6.8.5 对降水工程布置的每口降水管井应严格按设计、成井工艺进行施工和验收,进行彻底的洗井和试验抽水。为缩短施工周期,洗井和单井试验抽水宜连续进行。其操作方法和技术要求,执行本规程第 6.8.2 ~ 6.8.4 条的规定。通过单井试验抽水,核定每口井出水量和动水位,使地下水的实际入井流速不超过允许入井流速。

6.8.6 群井试验抽水是了解并掌握降水井群的降水效率,是制定降水运行方案必不可少的。试验除执行本条规定外,尚应执行本规程第 6.8.2 ~ 6.8.4 条的规定。确定电源切换的时间,是掌握停电后地下水位恢复速度,并制定措施,防止因断电时间过长导致地下水淹没基坑事故的发生。

7 降水运行、监测与维护

7.1 降水运行与维护

7.1.1 基坑降水井施工完毕后应适时安装排水管线及配电系统,然后进行试验抽水,检验排水系统及配电系统安装是否合理,尤其是排水口的排水能力是否能满足基坑降水排水量要求,同时验证基坑降水的最大降水能力。在基坑开挖前进行试验抽水目的是发现问题,及时消除潜在隐患。

7.1.2 排水系统及配电系统应设计安全、可靠、便捷,避免返工,提高功效。

降水过程中应定期监测各管井实时抽水含沙量,宜在排水支管上预留取水口。

现场条件允许时,可在基坑周边设置排水沟,汇聚各降水管井抽排水量,替代排水主管。排水沟断面面积应为水泵通径面积总和的 3 ~ 4 倍,排水沟的纵向坡度不小于 2‰,排水沟出口处的沟、管断面应不小于基坑周边排水沟排水断面之和。降水管井抽排的地下水严禁沿排水沟渗漏入坑周土体内;

降水运行期间必须保证不间断的电力供应。为了防止大面积停电的突然发生以及现场电路系统故障,降水运行的整个过程中都必须有双回路电源作保证措施:一般为正常的工业用电及足够容量的备用发电机。降水系统配电电路设计时宜设置转换开关,确保工业用电与备用发电机供电之间能自由切换。降水正式运行前应进行电源切换演练,确保电源切换成功,降水运行能恢复正常。根据湖北省地区经验,电力中断至启用备用电源恢复供电时间间隔宜控制在 30 分钟以内。

7.1.3 本条规定是使试验抽水到达试验目的并得出确定性结论。根据试验抽水数据,及时发现并解决基坑降水运行中需要提前修正的问题。如:试验抽水后最大降水幅度未达到基坑降水设计深度,此时应查明原因,必要时修改降水设计,避免基坑开挖后基坑降水不能达到设计降水深度再进行补救、造成施工困难、影响施工进度、发生经济纠纷等问题出现。

7.1.4 基坑开挖是由浅入深的,对降水而言应根据不同的工况、开挖深度,将地下水位控制在安全的深度。从节能角度考虑,不必在降水初期就将地下水水位降低到基坑设计的最大目标水位;尤其是在基坑周边存在有重要建(构)筑物,其对下伏含水层水位降低产生的地面变形较敏感时。为保护环境,更需要在保证基坑安全开挖、施工的同时,尽可能减少地下水的抽出量,使降水引起的环境影响降到最低限度。根据试验抽水资料,以降水管井的实际出水量为依据,计算出各工况下(即各阶段开挖深

度)需要开启的降水井,制定出与实际工况相适应的降水运行方案。

7.1.5 只有抽水含沙量满足要求的降水井才能投入正式使用。含沙量超标的降水井长时间抽水后抽排出的细小沙土量将较大,相应会引起其周边较大的地面沉降。

7.1.6 强调降水运行的人员配备及管理,人员岗位职责明确、具体,过程控制严谨并有记录。

7.1.7 基坑降水是基坑施工的技术措施,在基坑未回填前,基坑降水的正常运行十分重要。为确保基坑降水正常运行,必须保护好基坑降水设施,且必须有足够容量的降水运行的电力供应。基坑降水设施主要包括降水井管、抽水设备和排水管路,这些设施必须得到保护与保障。

7.1.8 抢险应急物资应按应急预案中物资配备计划,在降水运行前落实、到位。

7.1.9 本条为基坑开挖施工中常见问题,处理方法实用、简便,是大量工程施工经验的总结。

当基坑坑底相对隔水层较薄或被挖除,土层自重不足以抵抗承压水产生的水压力时,基坑坑底会出现流土,发生突涌破坏。突涌破坏发生具有突然性,后果甚严重。必须采取措施处理。引发流土的主要原因有:(1)基坑降水未达设计深度,承压水头压力过大;(2)止水帷幕嵌入不透水层深度不够,渗透力过大;(3)水平封底厚度不足;(4)大量雨水或生活废水渗入土层,使得坑外地下水位升高,导致水压力增大。处理措施:(1)对发生管涌部位,可用袋装土对进行反压,增加上覆荷载,阻止土颗粒随涌水流出;(2)增设降水井或增大抽水量,降低承压水头

7.1.10、7.1.11 强调降水运行管理的严肃性与科学性。降水运行持续时间是个技术经济问题,什么时间抽水,什么时间停止运行,都应合理安排。在满足降水要求之后,抽水时间越短越经济。但是,若基坑回填未完成就停止抽水,会导致地下水位上升,不仅对回填土的回填质量难以控制,而且地下水的浮托力可能会对在建构筑物基础工程造成损坏。

基坑开挖过程中当坑内土层存在渗透性相对较差的“过渡”含水层(如:粉质粘土夹粉土、粉砂),基坑管井降水又能较有效地降低该层水位(含水量)时,为便于坑内土方的挖运,基坑降水运行的开启时间可适当提前。

7.2 降水监测

7.2.1 基坑支护结构在基坑开挖后及管井降水过程中,相关土层存在应力释放,理论上必然引起基坑周边变形与沉降,而基坑监测数据为两者引起变形的叠加,如何合理的区分(尤其是基坑附近)两者对基坑周边造成的影响目前还未有合适的方法,实际施工过程中出现的某些现象还未得到合理的解释。本条要求基坑降水运行前、运行中及运行后均进行监测,其目的主要是:一方面获知基坑降水运行前周边环境现状,运行中须引起高度重视的地段,并在降水运行中实施信息法管理,另一方面只有在前面获知基坑各阶段周边变形状况的前提下才有可能将两者各自引起的环境影响较合理的区分,为探索解决该方法提供丰富的基础数据。

7.2.2 水位、水量观测方法应根据工程需要和现场条件进行选择。

水位测量的仪器方法有:钟测法、灯显式、音响式、电测式水位计、CS-3型抗干扰水位仪、半自动测井仪、自记水位仪。水位测量仪器方法可根据现场条件及已有设备恰当选用。

水量测量可采用的设备有:堰箱与流量计(水表)。降水管井推荐采用水表进行流量测量,即方便

又快捷。

7.2.3、7.2.4 基坑施工过程中,大多数工程事故发生是有前兆的,工程事故的发生或扩大往往是发现不及时或采取措施不利(当),降水值班人员每天进行巡视,尤其是暴雨期间,是为了及时发现险情征兆。同时巡视人员发现问题应及时反映,利于在最佳时机采取果断措施。

7.2.5、7.2.6 基坑周边环境监测项目的选择和监测点的设置,应与基坑开挖施工监测统一考虑。其项目选择和监测精度按湖北省地方标准《基坑工程技术规程》DB42/159-2004 第 10 章的有关规定执行。

7.2.7 降水施工单位应根据监测数据及时调整(修正)降水运行方案。例如:基坑周边构筑物重要性有重要及非重要等级之分,基坑降水运行期间,基坑周边重要构筑物将达到预警值时,若后续工况可调整降水井的运行亦能达到降水设计深度,则必须调整降水运行方案,减小重要构筑物附近水位降低,否则必须采取相应的预防措施后方可进行下一工况的施工。

8 管井降水工程验收

8.1 降水管井竣工验收是指管井施工完毕,在施工现场对管井的质量并行逐井检查和验收,不是工程降水施工全过程的验收。管井竣工验收一般在管井施工单位内部进行。目前,管井降水施工单位的组合形式多样(见条文说明 6.1.3 条),当管井施工单位仅负责管井施工,并不负责降水运行,管井竣工后即向降水运行单位移交,则由管井施工单位会同降水运行单位共同进行竣工验收。

8.2 降水管井出水含砂量的大小,直接关系到井的正常运行和基坑及周边环境的稳定,因此,在管井设计与施工中,控制井水含砂量在允许范围内,是保证管井质量的关键之一。出水含砂量有峰值、波动值和稳定值,应以稳定后的数值表示管井出水含砂量。本条文明确规定了含砂量测定的时间、流量、泵吸水口安放位置及表述形式。本条文“管井的实际出水量或水位下降值达设计值,且抽水稳定后,井水含砂量应小于 1/100000”(重量比)。

井水含砂量的多少,直接关系到基坑及周边环境的稳定。武汉国贸中心大厦深基坑降水工程就是典型的例子。基坑面积 5100m²,深 16.8m。基坑施工采用架式 ϕ 1000 钻孔灌注桩支护结构结合管井降水。管井降水前后进行两次,出现两种迥然不同的效果。

表 7 降水管井技术参数表

次序	设计参数						实际效果			
	K(m/d)	基坑涌水量(m ³ /d)	井径(mm)	管径(mm)	井深(m)	井数(口)	总抽水量(m ³ /d)	水位下降值	井水含砂量(重量比)	抽水时间(d)
前	5	7800	600	400	23	23	2580	2.87	平均 1.9% 最大 5.7%	(1994.1.15 ~ 3.8) 53
后	20	31600	600	325	43	20	初 40000 稳定 25000	18.4	< 0.00004	(1994.4.15 ~ 8.9) 110

二者相比,总排水量后者是前者的 10 倍,水位下降值后者是前者 6.5 倍,井水含砂量后者是前者的 1/38。该基坑 1994 年 2 月 8 日开挖,3 月 8 日挖至深 8m 时,因发生突涌而被迫停工。导致坑北侧建设大道人行道出现 1cm 宽弧形裂缝,坑南侧丝绸印染厂车间倾斜 30cm,墙体开裂 8cm ~ 10cm 的缝,40 余米高的烟囱被拆除、工厂停产,共赔偿损失 628 万元。下水管道破损,工业用水渗入地下,加大了对

坑壁土的侧压力,使南侧支护桩最大位移达 20cm。第二次降水对周围环境影响中等,前期降水的不良影响无加剧趋势,保证了基坑施工的安全。实践表明,基坑降水工程必须严格控制管井质量和井水的含砂量。

8.3 在降水管井全部完成后,降水运行前应进行井群试验抽水试验进行验收,掌握涌水量、水位下降值与时间的历时关系曲线,了解降水效果,指导降水运行。

8.4~8.5 降水管井竣工验收内容和需要提供的资料,目前尚无统一标准。一般,管井施工单位内部检查验收内容较详细,甚至检查各工序的质量,但管井验收结束后,均需填写“降水管井验收移交单”。为统一标准,本条文作出提供资料的规定。

8.6 对于验收不合格的管井,应组织处理,当处理无效时,必须重新建井,不能影响整个降水工程的正常运行。

8.7 《基坑管井降水工程竣工报告》的内容应全面完整并简明扼要的阐述工程的内容:包括概况,地质、水文地质条件,设计、施工、监测、质量及完成的工作量,效果评价等。

工程监测除进行地表及附近建筑物的变形监测外,地下水水位和抽水量也必测,它是分析整个降水工程效果的重要数据。因此,在降水运行期间的所有观测记录均应齐全,报告中应表述。所有原始记录作附件附后。

降水工程的质量评价是建立在管井降水工程实际效果和效果分析的基础之上,这也是整体工程验收定级的必备条件。

8.8 由于降水管井随地下工程竣工而废弃,同时为确保基础结构工程的安全与稳定,必须认真进行封井。