

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

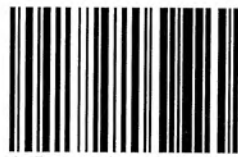
JGJ/T 111-98

建筑与市政降水工程技术规范

Technical code for groundwater lowering
engineering in building and municipal

1998-10-16 发布

1999-03-01 实施



1 5 1 1 2 1 1 8 4 7

统一书号: 15112 · 11847
定 价: 14.00 元

中 华 人 民 共 和 国 建 设 部 发 布

中华人民共和国行业标准

建筑与市政降水工程技术规范

Technical code for groundwater lowering
engineering in building and municipal

JGJ/T 111-98

主编单位：建设部综合勘察研究设计院

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1999年3月1日

中国建筑工业出版社

1999 北 京

关于发布行业标准《建筑与市政降水工程技术规范》的通知

建标 [1998] 198 号

根据建设部《关于印发 1992 年城建、建工工程建设行业标准制订、修订项目计划的通知》(建标 [1992] 227 号) 要求, 由建设部综合勘察研究设计院主编的《建筑与市政降水工程技术规范》, 经审查, 批准为推荐性行业标准, 编号 JGJ/T111—98, 自 1999 年 3 月 1 日起施行。

本标准由建设部勘察与岩土工程标准技术归口单位建设部综合勘察研究设计院归口管理并具体解释。

本标准由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版。

中华人民共和国行业标准
建筑与市政降水工程技术规范

Technical code for groundwater lowering
engineering in building and municipal
JGJ/T 111 - 98

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销三月
北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 850 × 1168 毫米 1/32 印张: 2 3/4 字数: 71 千字
1999 年 6 月第一版 2011 年 6 月第十三次印刷

定价: 14.00 元

统一书号: 15112 · 11847

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国建设部

1998 年 10 月 16 日

目 次

1 总则	1
2 术语、符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	4
3 基本规定	6
4 降水工程分类	7
4.1 一般降水工程	7
4.2 特殊性降水工程	7
5 降水工程勘察	10
5.1 一般规定	10
5.2 勘察孔（井）布置	10
5.3 降水试验	12
5.4 水文地质参数	13
5.5 特殊性降水工程勘察	14
6 降水工程设计	17
6.1 一般规定	17
6.2 降水技术方法选择	18
6.3 降水井布置	21
6.4 降水出水量计算	23
6.5 降水水位预测	26
7 降水工程施工	30
7.1 一般规定	30
7.2 降水井施工安装	30
7.3 施工程序	34
7.4 验收规定	35
8 降水工程监测与维护	36

8.1	降水监测	36
8.2	降水维护	37
9	工程环境	38
9.1	工程环境影响预测	38
9.2	工程环境影响监测	38
9.3	工程环境影响防治	39
9.4	水土资源保护	39
10	技术成果	40
	附录 A 土的分类与定名	42
	附录 B 辐射管规格表	43
	附录 C 本规范用词说明	44
	附加说明	45
	条文说明	46

1 总 则

1.0.1 为使各类降水工程做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量；正确处理同基础工程、水土资源、环境保护、工程环境的关系，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建、扩建的建筑与市政降水工程。

1.0.3 建筑与市政降水工程，应具备降水勘察资料。不具备完整的勘察资料，不得进行降水设计；没有降水设计，不得进行降水工程施工；当已有工程勘察资料不能满足降水设计时，应进行补充勘察。

1.0.4 降水工程设计应选择最佳的降水方案，将地下水位降低至建筑和市政工程要求的降水深度，并论证工程环境影响，当预测可能对环境产生危害时，应提出相应的防治措施。

1.0.5 建筑与市政降水工程除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 降水工程 engineering dewatering

降水工程系指应用水文地质学原理,通过降水设计和降水施工,排除地表水体和降低地层中滞水、潜水、承压水、基岩水、岩溶水等地下水的水位,满足建设工程的降水深度和时间要求,并对工程环境无危害性影响。

2.1.2 降水地质条件 dewatering geological condition

是指同降水工程有关的水文地质、工程地质、环境地质等条件的总称。

2.1.3 降水工程勘察 dewatering prospecting

是指查清降水工程地质条件,满足降水工程需要所进行的勘察。

2.1.4 降水工程地质参数 dewatering geological parameters

包括水文地质参数、工程地质参数以及环境地质、工程环境等有关参数。

2.1.5 降水深度 ground water level after lowering

自地面算起至基坑底面以下设计要求的动水位间的深度。

2.1.6 滞水 detained ground water

指上层滞水、潜水位以上弱含水层中重力水及人为渗漏补给的层间水。

2.1.7 降水出水量 yield water during lowering

指降水井从含水层中抽出的总水量。

2.1.8 降水点井 dewatering point well

指井的直径接近 100mm 的降水井。按抽水原理和方式不同,

可划分为真空点井、喷射点井、电渗点井。

2.1.9 真空点井 vacuum point well

由真空泵、射流泵、往复泵运行时造成真空后抽吸地下水的井,可分单级点井(垂直、水平、倾斜)、多级点井、接力点井三种。

2.1.10 多级点井 multi-stage point well

当单级点井满足不了基坑降水深度要求时,可在基坑边坡不同高程平台上分别设计点井。构成多级点井,达到增加降水深度的目的。

2.1.11 接力点井 relay point well

当单级降水达不到降水深度时,除用真空泵外,可结合使用喷射泵、射流泵。在井下段采用喷射点井设备工作,将地下水抽到井的上段,然后在井口段用射流泵将地下水送入循环水箱,以保证连续工作;

2.1.12 喷射点井 ejector point well

通过点井管内外管间隙把高压水输送到井底后,由射流喷嘴高速上喷,造成负压,抽吸地下水与空气,并与工作水混合形成具有上涌势能的汽水溶液排至地表,达到降低地下水位的目的。

2.1.13 电渗点井 electro-drainage point well

应用电场作用,金属棒插入地中做阳极,使弱含水层中带正电荷的水分子(自由水及结合水)向做阴极的点井管运动,由泵排出。

2.1.14 引渗井 self absorbing well

重力水通过无管裸井或无泵管井自行或抽水下渗至下部含水层的井,分为引渗自降和引渗抽降两种。

2.1.15 潜埋井 buried well

降水施工中,基坑或涵洞底部残留一定高度地下水,把抽水井埋到设计降水深度以下进行抽水,使地下水位降低满足设计降水深度要求的井。

2.1.16 降水试验 dewatering experiment

降水施工前进行抽水试验、引渗试验或注水试验，测定水文地质参数或其它参数；检查降水效果，确定工程参数，供分析调整降水方案的试验。

2.1.17 降水工程检验 Engineering Dewatering inspection

指降水施工后，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。满足降水设计要求，稳定 24h 后，即进入降水监测与维护阶段。

2.1.18 工程环境 engineering environment

指工程建设与工程施工产生的环境影响，自然环境、人工环境、社会环境对工程建设与工程施工的制约作用。通过调查、预测、防治、管理，达到建设工程可持续发展的目的。

2.2 符 号

2.2.1 降水工程基本符号应符合表 2.2.1 的规定。

基 本 符 号			表 2.2.1
符 号	名 称	单 位	
a	导压系数	m^2/d	
b	基础宽度	m	
B_r	越流系数		
D	井（孔）直径	m、mm	
d	管内直径	m、mm	
H	潜水含水层厚度	m	
H_0	静水位	m	
H_w	井深度	m	
h_0	动水位	m	
h_{∇}	水位埋深	m	
h_w	抽水井动水位	m	
Δh	水头差	m	
K'	垂直渗透系数	m/d	

续表

符 号	名 称	单 位
L	自渗井长度	m
l	过滤器长度	m
l'	过滤器淹没段长度	m
M	承压含水层厚度	m
p	污染指数	
Q	出水量	m^3/d
q	降水井出水能力	m^3/d
r_i	第 i 个抽水井至观测孔或计算点的距离	m
r_0	基坑等效半径	m
S	水位降深值	m
S_w	降水井水位降深	m
S_{Δ}	降水深度	m
S_r	观测孔水位降深	m
$S_{r,t}$	任意距离、任意时间的水位降深	m
S	承压水弹性释水系数，潜水相当 μ	
T	导水系数	m^2/d
t	时间	d, h, min, s
u	井函数自变量 $u = \frac{r^2}{4at}$	
$W(u)$	井函数，同 $[-Ei(u)]$	
φ	公称管或丝直径	m, dm, mm
μ	潜水给水度	
α'	与含水层渗透系数有关经验系数	

3 基本规定

3.0.1 降水工程宜分为准备阶段、工程勘察、降水工程设计、降水工程施工、降水工程监测与维护、技术成果等六个基本程序。

3.0.2 降水工程准备应包括下列内容：

1 明确任务要求：

(1) 降水范围、深度、起止时间及工程环境要求；

(2) 了解掌握建筑物基础、地下管线、涵洞工程的平面图和剖面图；地面高程与基础底面高程；基坑（槽）、涵洞支护与开挖设计；相邻建筑物与地下管线的平面位置、基础结构和埋设方式条件等。

2 搜集降水工程场地与相邻地区的水文地质、工程地质、工程勘察等资料，以及工程降水实例。

3 进行降水工程场地踏勘，搜集降水工程勘察、降水工程施工的供水、供电、道路、排水及有无障碍物等现场施工条件。

3.0.3 工程勘察应满足降水工程设计要求；当不能满足降水工程设计要求时，应进行补充降水工程勘察。

3.0.4 降水工程设计与施工应自始至终进行信息施工活动，以提高降水工程设计水平与降水工程施工质量。

3.0.5 降水工程设计和降水工程施工应具备有工程抢救辅助措施，保证降水工程顺利进行。

3.0.6 降水施工完成后，必须经过降水工程检验，满足降水设计深度后方可进入降水工程监测与维护阶段。

3.0.7 降水工程资料应及时分析整理，包括降水工程勘察、降水工程设计、降水工程施工和降水工程监测与维护及工程环境为主要内容的技术成果。

3.0.8 第四系土的分类与定名，应符合附录 A 的规定。

4 降水工程分类

4.1 一般降水工程

4.1.1 建筑与市政一般降水工程，应根据基础类型、基坑（槽）降水深度、含水层特征、工程环境及场地类型的复杂程度分类，按表 4.1.1 确定。

一般降水工程复杂程度分类

表 4.1.1

条 件		复 杂 程 度 分 类		
		简 单	中 等	复 杂
基础类型	条状 b (m)	$b < 3.0$	$3.0 \leq b \leq 8.0$	$b > 8.0$
	面状 F (m ²)	$F < 5000$	$5000 \leq F \leq 20000$	$F > 20000$
降水深度 S_{Δ} (m)		$S_{\Delta} < 6.0$	$6.0 \leq S_{\Delta} \leq 16.0$	$S_{\Delta} > 16.0$
含水层特征 K (m/d)		单 层 $0.1 \leq K \leq 20.0$	双 层 $0.1 \leq K \leq 50$	多 层 $K < 0.1$ 或 > 50
工程环境影响		无严格要求	有一定要求	有严格要求
场地类型		Ⅲ类场地，辅助工程措施简单	Ⅱ类场地，辅助工程措施较复杂	Ⅰ类场地，辅助工程措施复杂

4.1.2 一般降水工程复杂程度分类选择应以基础类型和降水深度为必要条件，同时尚应具备另一个条件，基础类型仅应取条状或面状一种。对降水工程场地类型应按现行行业标准《市政工程勘察规范》(CJJ 56) 规定的场地分类并结合辅助工程措施确定。

4.2 特殊性降水工程

4.2.1 建筑与市政工程，当遇到基岩、水下及涵洞时，其降水工

程复杂程度分类应分别按表 4.2.1-1、表 4.2.1-2 及表 4.2.1-3 确定。

基岩降水工程复杂程度分类 表 4.2.1-1			
条 件	复 杂 程 度		
	简 单	中 等	复 杂
构造裂隙性	无构造裂隙均匀	有构造裂隙不均匀	构造复杂裂隙很不均匀
岩溶发育性	不发育	发育	很发育
降水深度 (m)	无严格要求	有一定要求	有严格要求
工程环境	无严格要求	有一定要求	有严格要求

水下降水工程复杂程度分类 表 4.2.1-2			
条 件	复 杂 程 度		
	简 单	中 等	复 杂
水体厚度 (m)	$H < 0.5$	$0.5 \leq H \leq 2.0$	$H > 2.0$
降水深度 (m)	$S_{\Delta} < 6.0$	$6.0 \leq S_{\Delta} \leq 16.0$	$S_{\Delta} > 16.0$
工程环境	无严格要求	有一定要求	有严格要求

涵洞降水工程复杂程度分类 表 4.2.1-3			
条 件	复 杂 程 度		
	简 单	中 等	复 杂
洞形规则性	规 则	不 规 则	很不规则
底板以上含水体厚度 (m)	$H < 0.5$	$0.5 \leq H \leq 2.0$	$H > 2.0$

续表

条 件	复 杂 程 度		
	简 单	中 等	复 杂
降水深度 (m)	$S_{\Delta} < 6.0$	$6.0 \leq S_{\Delta} \leq 16.0$	$S_{\Delta} > 16.0$
工程环境	无严格要求	有一定要求	有严格要求

4.2.2 特殊性降水工程复杂程度的每种分类至少应满足三个条件，其中水下降水可按两个条件确定。对基岩降水可不考虑第四系地层覆盖厚度。基岩、岩溶两种类型同时出现时宜按复杂程度高的条件确定。

5 降水工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 降水工程勘察的内容和工作量应根据降水设计和施工的技术要求及降水工程复杂程度分类等确定。

5.1.2 降水工程勘察应在现场踏勘后编写降水工程勘察纲要；降水工程用图应与主体工程的初步设计或施工图采用的比例尺一致。

5.1.3 降水工程勘察应包括下列内容：

1 搜集当地已有的水文气象、地质图、水文地质、工程地质、环境地质、工程环境等资料；

2 查明地下水类型，含水层与隔水层的空间分布，地下水渗透性，地下水水位动态，水质动态，地下水的补给、径流、排泄，地下水与地表水关系；

3 查明第四系土的物理、力学、化学性质与分布；特殊土的分布和有关指标；不良地质现象；

4 查明基岩、裂隙、构造、岩溶、地表水体、涵洞与降水工程的影响关系；

5 查明降水工程对地上建筑、市政工程，地下设施，水土资源等的影响，以及对降水工程的制约作用；

6 按场地适宜条件确定降水试验方法。

5.1.4 降水工程勘察应提交技术成果和提出有关建议。

5.2 勘察孔（井）布置

5.2.1 勘察孔（井）的布置应符合下列规定：

1 控制降水范围内的水文地质条件；

2 每个含水层不应少于一个勘探孔、一个抽水试验井、一个观测孔；

3 试验井的功能应结合降水工程的需要布置；

4 观测孔的布置与试验井的距离宜为 1~2 倍含水层厚度；

5 勘探孔布置应能控制降水范围内地层的平面分布和查明基坑底部以下的含水层；

6 勘探孔、试验井、观测孔的数量应根据降水工程复杂程度按表 5.2.1 的规定布置；

降水勘察孔（井）数量表（个）

表 5.2.1

复杂程度	勘 探 孔	试 验 井	观 测 孔
简 单	1	1	1
中 等	2~3	1~2	2~4
复 杂	>3	>2	>4

7 在降水深度范围内，当遇有软土、盐渍土、湿陷性黄土、红粘土、冻土、膨胀土、污染土、残积土等特殊土时，应增加勘察孔和室内特殊项目试验。

5.2.2 勘探孔应符合下列规定：

1 深度应大于降水深度的 2 倍；

2 孔径 d 不宜小于 90mm。

5.2.3 试验井应符合下列规定：

1 深度不得小于降水深度的 1.5 倍；

2 井管直径 d 在松散层中不得小于 200mm，在基岩中不得小于 150mm；

3 过滤器结构应符合《供水水文地质勘察规范》(GBJ27—88)的有关要求；

4 沉砂管长度宜为 1~2m；

5 水泵布置应位于降水深度下不少于 2m。

5.2.4 观测孔应符合下列规定：

1 深度应达到需要观测某一含水层的层底；

2 孔径宜为 50~100mm。

5.3 降水试验

5.3.1 抽水试验井洗井应符合下列要求：

- 1 试验井应在下管、填料后立即洗井；
- 2 洗井的时间应按含砂量小于万分之一确定；
- 3 洗井时应同步进行观测孔水位观测。

5.3.2 抽水试验应符合下列要求：

- 1 简单降水工程至少做一个单井试验和两次降水深度，其中一次最大降水深度应接近基坑底板设计深度；
- 2 抽水试验其稳定延续时间不得少于 6h；当抽水不稳定时，其延续时间不得少于 24h；
- 3 应观测出水量 Q 和水位降深 S_w ，其观测次数与时间间隔应按表 5.3.2 的规定记录。

水位水量观测时间间隔表

表 5.3.2

观测内容	观测次数与时间间隔						
	观测次数	5	5	5	3	3	≥ 3
出水量及 水位降深值	时段 (min)	1	3	5	10	30	≥ 60

4 出水量、水位的观测精度应符合下列规定：

- (1) 出水量的观测误差应小于 5%；
- (2) 水位降深值的观测允许误差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

5.3.3 引渗试验应符合下列规定：

- 1 宜设 1~2 个引渗试验井在降水影响半径之内。在试验井周围宜设 2~6 个观测孔，其深度应至下伏含水层中 3~5m。
- 2 引渗时应观测稳定水位、引渗时间、引渗速度、渗入水量。并应分析引渗效果，确定引渗井数量。

5.3.4 注水试验应符合下列规定：

- 1 室内注水试验应符合现行国家标准《土工试验方法标准》(GBJ 123) 的有关要求。

2 现场注水试验应符合下列规定：

- (1) 选择具代表性注水地层，采用直径为 1.0m，高度为 1.0m 的铁环压入地面 0.2m 后，清除环内土层并按环的直径范围继续清挖 0.8m 为止，再压环顶与地面平，环底土层应整平和保持原状，并在 1/2 处划一水位线。

- (2) 环中注水，使注水位与水位线始终保持一致。应记录注水量和稳定时间，分析评价注水条件、注水效果和计算渗透系数，并应确定注水井的数量。

5.4 水文地质参数

5.4.1 水文地质参数计算应符合下列规定：

- 1 应采用现场观测孔的资料计算渗透系数 K' 、影响半径 R 和弹性释水系数 S ；
- 2 参数计算公式的选择应符合降水场地水文地质的适用条件；
- 3 应选择接近设计降水深度的水位降深值，并计入水跃值的影响，计算水文地质参数。

5.4.2 渗透系数 K' 值应按下列方法进行计算：

- 1 当具有单井抽水试验资料时，应根据 $Q-S(\Delta h^2)$ 关系曲线，采用抽水井的出水量 Q 和水位降深 S 稳定值，按稳定流公式计算承压完整井、潜水完整井及承压转潜水井各条件下的 K' 值；
- 2 当具有观测孔抽水试验资料时，应根据 $Q-S(\Delta h^2)$ 与 $\lg r$ 关系曲线和抽水井出水量，按稳定流公式计算潜水完整井、承压完整井、承压转潜水井各条件下的 K' 值；
- 3 当具有定流量抽水和观测孔资料，并符合泰斯公式假定条件时，应根据任意距离 r 、任意时间 t 的水位降深 $S_{r,t}$ 的非稳定关系，可采用双对数或半对数或直线斜率法的非稳定流公式计算 K' 值；
- 4 当具有越流补给条件时，可采用 $S-\lg r$ 关系曲线上拐点处的斜率确定 K' 值。

5.4.3 宜采用下列方法之一计算影响半径 R 值;

1 已知 K' 值时应采用稳定流公式计算 R 值;

2 可根据观测孔水位资料计算确定 R 值;

3 当没有观测孔资料时,可利用稳定流公式与符合适用条件的经验公式,按渗透系数和影响半径迭代计算求出 R 值。

5.4.4 其它承压水弹性释水系数、导水系数、给水度等可按有关规范规定计算确定。

5.4.5 引渗试验求渗透系数 K' 值应按公式 (5.4.5) 计算。

$$K' = \frac{Q}{F} \cdot I \quad (5.4.5)$$

式中 $I = \frac{H}{L} = 1$

Q ——稳定渗入量 (m^3/d);

F ——引渗井断面积 (m^2);

K' ——垂直渗透系数 (m/d);

L ——渗透长度 (m)。

5.4.6 当降水工程影响地基液化时,应提供毛细水高度。毛细水高度可按下列土质取值:粘土为 $0.4 \sim 1.0\text{m}$,粉土为 $0.2 \sim 0.4\text{m}$,砂土为 $0.05 \sim 0.2\text{m}$ 。

对特殊土的毛细水高度应根据实际观测资料确定。

5.5 特殊性降水工程勘察

5.5.1 基岩裂隙水地区勘察应符合下列规定:

1 降水工程勘察应包括下列主要内容:

- (1) 基岩风化程度、范围和深度;
- (2) 构造裂隙性质、分布、发育情况、产状特征;
- (3) 基岩裂隙的导水性、充填物和岩脉阻水性;
- (4) 地下水的补给、径流、排泄条件以及泉水的形成;
- (5) 地下水(泉水)水位、水量、水质动态及预测;
- (6) 预测构造断层破碎带“突水”可能性。

2 降水工程勘察工作应符合下列要求:

(1) 应充分利用物探查明基岩构造和裂隙发育;

(2) 勘察工作量应能控制主要含水构造和破碎带。

5.5.2 岩溶地区降水勘察应符合下列规定:

1 降水工程勘察应包括下列主要内容:

(1) 查明第四系地层的岩性、厚度、分布,第四系地层与下伏岩溶的接触关系;

(2) 重点查明浅层岩溶、溶洞、漏斗、暗河、石芽、凹谷、土洞、串珠状洼地等现象的发育程度、形态、成因及充填物;查明深层岩溶发育规律;浅层与深层岩溶的关系;

(3) 查明岩溶发育与地貌、构造、岩性的关系;

(4) 查明岩溶地下水的补给、径流、排泄条件以及泉水露头的成因和条件;

(5) 观测地下水或泉水水位、水量、水质的动态及预测;

(6) 预测降水工程影响范围,应判断产生地面沉降、淘空、塌陷的可能性及开挖后产生“扩泉”、“放水”的可能性。

2 降水工程勘察工作应符合下列要求:

(1) 充分利用地面调查和物探,查清岩溶分布和发育规律;

(2) 勘察工作布置应能控制降水范围和外围地区水力联系;

(3) 勘察孔数量应能控制主要岩溶发育带和深层岩溶发育带的状况。

5.5.3 水下降水工程勘察应符合下列规定:

1 降水工程勘察应包括下列主要内容:

(1) 地表水(海水、河渠、湖塘、水库等)分布,规模与数量;

(2) 查明地表水的多年、年内、施工期的水位变动幅度、流速、流向、潮汐、浪爬高度、风速、水文气象、水道变迁等动力特征;

(3) 查明地表水的含砂量和水下沉积物特征;

(4) 查明地表水和地下水的关系;地表水与地下水的转换途径及开挖状态地下水动力特征;

- (5) 预测降水状态可能产生的不良地质现象和工程环境影响;
- (6) 查明水下地层的物理、力学、化学性质;
- (7) 着重进行开挖状态的降水试验,保证基坑(槽)的稳定性。

2 水下勘察工作应符合下列要求:

- (1) 勘察控制范围应大于降水范围 1 倍;
- (2) 勘探孔深度宜为基坑深度的 2~3 倍;
- (3) 筑岛造陆后应补充降水工程勘察和进行降水试验。

3 水下勘察孔(井)施工应符合下列要求:

(1) 试验井、观测孔、勘探孔的水下钻探宜采用套管钻进,并使用薄壁取土器采取土样;

(2) 水上钻探应使用可升降的栈桥工作台、固定浮台、固定船台和筑岛;海上钻探要求抗击 8 级以上风浪;

(3) 勘探点的定位要求准确,定位允许偏差 $\pm 0.5\text{m}$;

(4) 具有可靠的水上和陆地通讯联络设备;

(5) 随时掌握天气预报资料,当达到 6 级风浪时应停止工作。

5.5.4 涵洞降水工程勘察应符合下列原则:

1 降水工程勘察应包括下列主要内容:

(1) 查明涵洞顶底板和侧壁的地层、岩性、裂隙、构造的富水程度和物理力学性质;

(2) 查明和预测涵洞顶底板和侧壁或涵洞为双洞或体积很大时降水前后的稳定性及可能产生的不良现象;

(3) 查明地下水类型、分布、水位和补排关系;

(4) 预测涵洞降水水位水量,提出可供选择的降水技术方法。

2 降水勘察工作应符合下列规定:

(1) 勘察孔(井)宜沿涵洞轴线两侧的涵洞外侧 4.0m 交错布置;

(2) 勘察孔(井)的深度应穿越涵洞底板以下含水层,不少于 10.0m;

(3) 地层分布均匀时至少取一段涵洞进行降水试验;当地层分布不均匀时,应增加降水试验段。

6 降水工程设计

6.1 一般规定

6.1.1 降水工程设计应符合下列原则:

- 1 降水工程技术要求明确;
- 2 降水工程勘察资料应准确无误;
- 3 降水工程设计应进行多方案对比分析后选择最优降水方案;
- 4 降水工程设计应重视工程环境问题,防止产生不良工程环境影响。

6.1.2 降水工程设计资料依据应包括下列主要内容:

- 1 建筑与市政工程降水的技术要求,包括降水范围、降水深度、降水时间、工程环境影响等;
- 2 降水勘察资料齐全;
- 3 建筑物与市政工程基础平面图、剖面图,包括相邻建筑物、构筑物位置及基础资料;
- 4 基坑、基槽开挖支护设计和施工程序;
- 5 现场施工条件。

6.1.3 降水工程设计应包括下列主要内容:

- 1 任务依据;
- 2 论述降水地质条件、工程环境和现场条件;
- 3 选择确定降水技术方法;
- 4 降水技术方案应根据地基基础平面形状、技术要求和降水地质条件,把选择的降水井和排水设施的数量和位置布置在图上,组成降水方案布置图并加以说明;
- 5 预测计算降水水位和水量;

- 6 提出降水工程的辅助措施和补救措施；
- 7 对工程环境问题应专门设计；
- 8 编制降水施工组织程序、施工安排及安全生产的要求；
- 9 提出降水施工、降水监测与维护的有关要求；
- 10 编制降水工程量统计表、设备材料表、加工计划表、工期安排表、工程概预算表；
- 11 绘制降水施工布置图、降水设施结构图、降水水位预测曲线平面与剖面图。

6.2 降水技术方法选择

6.2.1 降水工程设计采用的技术方法，可根据降水深度、含水层岩性和渗透性，按表 6.2.1 选择确定。

降水技术方法适用范围

表 6.2.1

降水技术方法	适合地层	渗透系数 (m/d)	降水深度 (m)
明排井 (坑)	粘性土、砂土	<0.5	<2
真空点井	粘性土、粉质粘土 砂 土	$0.1 \sim 20.0$	单级 <6 多级 <20
喷射点井		$0.1 \sim 20.0$	<20
电渗点井	粘性土	<0.1	按井类型确定
引渗井	粘性土、砂土	$0.1 \sim 20.0$	由下伏含水层的埋藏和水头条件确定
管 井	砂土、碎石土	$1.0 \sim 200.0$	>5
大口井	砂土、碎石土	$1.0 \sim 200.0$	<20
辐射井	粘性土、砂土、砾砂	$0.1 \sim 20.0$	<20
潜埋井	粘性土、砂土、砾砂	$0.1 \sim 20.0$	<2

6.2.2 明排井 (坑) 应符合下列要求：

1 适用条件：

- (1) 不易产生流砂、流土、潜蚀、管涌、淘空、塌陷等现象的粘性土、砂土，碎石土的地层；
- (2) 基坑或涵洞地下水位超出基础底板或洞底标高不大于

2.0m。

2 布置原则：

- (1) 基坑周围或坑道边侧设置明排井、排水管沟，应与侧壁保持足够距离；
- (2) 明排井、排水管沟不应影响基坑和涵洞施工。

6.2.3 点井降水应符合下列要求：

1 适用条件：

- (1) 粘土、粉质粘土、粉土的地层；
- (2) 基坑 (槽) 边坡不稳，易产生流土、流砂、管涌等现象；
- (3) 地下水位埋藏小于 6.0m，宜用单级真空点井；当大于 6.0m 时，场地条件有限宜用喷射点井、接力点井；场地条件允许宜用多级点井；

(4) 基坑场地有限或在涵洞、水下降水的工程，根据需要可采用水平、倾斜点井降水方法。

2 布置原则：

(1) 真空点井沿基坑周围布置成线状、封闭状。点井间距 0.8~2.0m，距边坡线至少 1.0m。采用水平点井时，点井布置在含水层的中下部；采用倾斜点井时，点井应穿过目的含水层；采用多级点井时，点井的基坑平台级差宜为 4~5m；

(2) 喷射点井间距 1.5~3.0m；

(3) 电渗点井管 (阴极) 应布置在钢筋或管制成的电极棒 (阳极) 外侧 0.8~1.5m，露出地面 0.2~0.3m；

(4) 接力点井的降水深度大于单级点井降水深度时，其点井间距可略大于单级点井间距，并应由试验确定。

6.2.4 引渗井降水应符合下列要求：

1 适用条件：

(1) 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钻孔引导渗入到下部含水层后，其混合水位满足降水要求时，可采用引渗自降；

(2) 通过井孔抽水，使上层含水层的水通过井孔引导渗入到

下层含水层,使其水位满足降水要求时,可采用引渗抽降;

(3) 当采用引渗井降水时,应预防产生有害水质污染下部含水层。

2 布置原则:

(1) 引渗井可在基坑内外布置,井间距根据引渗试验确定,井距宜为 2.0~10.0m;

(2) 引渗井深度,宜揭穿被渗层,当厚度大时,揭进厚度不宜小于 3.0m。

6.2.5 管井降水应符合下列要求:

1 适用条件:

(1) 第四系含水层厚度大于 5.0m;

(2) 基岩裂隙和岩溶含水层,厚度可小于 5.0m;

(3) 含水层渗透系数 K' 值宜大于 1.0m/d。

2 布置原则:

(1) 降水管井应布置在基坑边线 1.0m 以外;

(2) 根据抽水试验的浸润曲线,当井间地下分水岭的水位,低于设计降水深度时,应反算井距和井数;

(3) 基坑范围较大时,允许在基坑内临设降水管井和观测孔,其井、孔口高度宜随基坑开挖而降低。

6.2.6 大口井降水应符合下列要求:

1 适用条件:

(1) 第四系含水层,地下水补给丰富,渗透性强的砂土、碎石土;

(2) 地下水位埋藏深度在 15.0m 以内,且厚度大于 3m 的含水层。当大口井施工条件允许时,地下水位深度可大于 15m;

(3) 布设管井受场地限制,机械化施工有困难。

2 布置原则:

(1) 大口井井周距基坑边侧处应大于 1.0m;

(2) 大口井可单独使用,亦可同引渗井、管井、辐射井组合使用;

(3) 特殊施工条件下,也可布置在基坑中心,采用潜埋井技术。

6.2.7 辐射井降水应符合下列要求

1 适用条件:

(1) 降水范围较大或地面施工困难;

(2) 粘性土、砂土、砾砂地层;

(3) 降水深度 4~20m。

2 布置原则:

(1) 辐射井的布置,应使其辐射管最大限度的控制基坑降水范围;

(2) 当含水层较薄时,宜单层对应均匀设置辐射管,辐射管的根数,宜每层采用 6~8 根;含水层较厚或多层时,宜设多层辐射管或倾斜辐射管;

(3) 最下层辐射管距井底应大于 1.0m;

(4) 辐射管的长度宜为 20~50m;

(5) 辐射管直径宜为 5~15cm。

6.2.8 潜埋井降水应符合下列要求:

1 适用条件:

(1) 基坑或涵洞底部含水层可为粘土、砂土或砾砂;

(2) 因降水条件限制,基坑或涵洞底部残留水体宜小于 2.0m。

2 布置原则:

(1) 潜埋井应布置在排降残存水影响最大的部位;

(2) 潜埋井应考虑基坑出土、排水、封底的方便。

6.2.9 当各种降水技术方法具有互补性时,可组合使用。

6.3 降水井布置

6.3.1 降水井的平面布置应符合下列要求:

1 条状基坑宜采用单排或双排降水井,布置在基坑外缘的一侧或两侧,在基坑端部,降水井外延长度应为基坑宽度的 1~2 倍;选择单排或双排应依预测计算确定;

2 面状基坑降水井宜在基坑外缘呈封闭状布置,距边坡线 1~2m;当面状基坑很小时,可考虑单个降水井;

3 对于长宽度很大、降水深度不同的面状基坑,为确保基坑中心水位降深值满足设计要求或为加快降水速度,可在基坑内增设降水井,并随基坑开挖而逐渐失效;

4 在基坑运土通道出口两侧应增设降水井,其外延长度不少于通道口宽度的一倍;

5 采用辐射井降水时,辐射管的长度和分布应能有效地控制基坑范围;

6 降水井的布置可在地下水补给方向适当加密,排泄方向适当减少。

6.3.2 降水井的深度应符合下列要求:

1 降水井的深度应根据降水深度,含水层的埋藏分布、地下水类型,降水井的设备条件以及降水期间的地下水位动态等因素确定。

2 降水井的深度可按公式 (6.3.2) 确定。

$$H_w = H_{w1} + H_{w2} + H_{w3} + H_{w4} + H_{w5} + H_{w6} \quad (6.3.2)$$

式中 H_w ——降水井深度 (m);

H_{w1} ——基坑深度 (m);

H_{w2} ——降水水位距离基坑底要求的深度 (m);

H_{w3} —— ir_0 ; i 为水力坡度,在降水井分布范围内宜为 1/10~1/15; r_0 为降水井分布范围的等效半径或降水井排间距的 1/2 (m);

H_{w4} ——降水期间的地下水位变幅 (m);

H_{w5} ——降水井过滤器工作长度;

H_{w6} ——沉砂管长度 (m)。

6.3.3 降水井的最终位置包括井数、井深、井距,应根据降水场地的水位预测计算与降水方案优化确定。

6.3.4 降水工程设计还应设计降水观测孔在降水施工、降水监测

与维护中控制地下水动态,降水观测孔布置应符合下列规定:

1 降水工程勘察的勘察孔和降水工程设计的降水井宜作为降水观测孔;

2 在降水施工中应布置在基坑(槽)中心、最远边侧、井内分水岭,降水状态地下水位最高的地段,特殊降水工程应专门设计;

3 在有条件的降水施工中可有规律的布置,沿地下水流向和垂直流向,布置 1~2 排,每排不少于 2 个;

4 应在降水区和临近建筑物、构筑物之间宜布置 1~2 排,每排不少于 2 个,进行降水施工和降水监测与维护期观测;

5 临近地表水体、降水施工和降水监测与维护期应布置一定数量的降水观测孔进行观测;

6 降水观测孔的深度和结构,应与降水工程勘察的观测孔一致;

7 降水监测与维护期的降水观测孔数量,简单工程不得少于 1 个,中等工程应为 2~3 个,复杂工程不得少于 3 个。

6.4 降水出水量计算

6.4.1 降水出水量计算应包括基坑出水量和单个降水井的出水量。

6.4.2 基坑出水量计算应根据地下水类型、补给条件,降水井的完整性、以及布井方式等因素,合理选择计算公式。

6.4.3 面状基坑的出水量可按下列公式计算:

1 潜水完整井

$$Q = \frac{1.366K'(2H - S)S}{n \lg R - \lg(r_1 \cdot r_2 \cdots r_n)} \quad (6.4.3-1)$$

或

$$Q = \frac{1.366K'(2H - S)S}{\lg R - \lg r_0} \quad (6.4.3-2)$$

2 承压水完整井

$$Q = \frac{2.73K'MS}{\lg R - \frac{1}{n}(r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdots r_n)} \quad (6.4.3-3)$$

或

$$Q = \frac{2.73K'MS}{\lg R - \lg r_0} \quad (6.4.3-4)$$

6.4.4 条状基坑出水量可按下列公式计算:

1 潜水完整井

$$Q = L'K' \frac{H^2 - \bar{h}^2}{R} \quad (6.4.4-1)$$

或

$$Q = nQ' = n \frac{\pi K' (2H - S_w) S_w}{\ln \left(\frac{d'}{\pi r_w} \right) + \frac{\pi R}{2d'}} \quad (6.4.4-2)$$

2 承压水完整井

$$Q = 2L'K' \frac{MS}{R} \quad (6.4.4-3)$$

或

$$Q = nQ' = n \frac{2\pi K' MS_w}{\ln \left(\frac{d'}{\pi r_w} \right) + \frac{\pi R}{2d'}} \quad (6.4.4-4)$$

式中

Q ——基坑出水量 (m^3/d);

Q' ——降水干扰单井出水量 (m^3/d);

S ——基坑设计水位降深值 (m);

S_w ——降水干扰井设计水位降深值 (m);

r_0 ——基坑范围的引用半径 (m);

$r_0 = \sqrt[n]{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdots r_n}$ ——降水干扰井群分别至基坑中心点的距离 (m);

n ——降水井数 (个);

\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);

l ——过滤器工作部分长度 (m);

d' ——降水干扰井间距之半 (m);

r_w ——降水井半径 (m);

R ——影响半径 (m)。

6.4.5 在降水设计中,单井出水量应小于单井出水能力。单井出水能力可按下列数值和方法确定:

1 真空点井的出水量可按 $1.5 \sim 2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 选用;

2 喷射点井的出水量可按表 6.4.5-1 选用。

喷射点井出水量

表 6.4.5-1

型 号	外管 直径 (mm)	喷射器		工作水压力 (MPa)	工作水流量 (m^3/h)	单井出水量 (m^3/h)	适用含水层 渗透系数 (m/h)
		喷嘴 直径 (mm)	混合室 直径 (mm)				
1.5 型 井列式	38	7	14	0.60~0.80	4.70~6.80	4.22~5.76	0.10~5.00
2.5 型 圆心式	68	7	14	0.60~0.80	4.60~6.20	4.30~5.76	0.10~5.00
4.0 型	100	10	20	0.60~0.80	9.60	10.80~16.20	5.00~10.00
6.0 型 圆心式	162	19	40	0.60~0.80	30.00	25.00~30.00	10.00~20.00

3 降水管井的出水能力应选择群井抽水中水位干扰影响最大的井,按公式 (6.4.5-1) 确定:

$$q = \frac{l'd}{\alpha'} \times 24 \quad (6.4.5-1)$$

式中 q ——管井出水能力 (m^3/d);

d ——过滤器外径 (mm);

α' ——与含水层渗透系数有关经验系数;

l' ——过滤器淹没段长度 (m)。

4 含水层的经验系数 α' 值,可按表 6.4.5-2 确定。

经验系数 α' 值

表 6.4.5-2

含水层渗透系数 K' (m/d)	α'	
	含水层厚度 $\geq 20\text{m}$	含水层厚度 $< 20\text{m}$
2~5	100	130
5~15	70	100
15~30	50	70
30~70	30	50

6.5 降水水位预测

6.5.1 降水水位的预测计算应符合下列要求:

- 1 合理选择水位预测计算公式;
- 2 预测计算降水区内的任意点地下水位,均能满足降水深度的要求;
- 3 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。
- 4 设计采用的渗透系数 K' 值应接近设计降水深度水位降深资料计算的 K' 值。

6.5.2 管井降水水位预测可按下列公式进行计算。

1 面状基坑

(1) 潜水完整井:

非稳定流:

$$S_{r,t} = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q \ln \frac{2.25at}{\sqrt{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2 \cdots r_n^2}}}{2\pi K'}}} \quad (6.5.2-1)$$

当 $\frac{r_i^2}{4at} \leq 0.1$ 时采用

稳定流:

$$S = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q}{1.366K'} \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg(r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdots r_n) \right]} \quad (6.5.2-2)$$

(2) 承压水完整井:

非稳定流:

$$S_{r,t} = \frac{Q \ln \frac{2.25at}{\sqrt{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2 \cdots r_n^2}}}{4\pi K' M} \quad (6.5.2-3)$$

当 $\frac{r_i^2}{4at} \leq 0.1$ 时采用

稳定流:

$$S_r = \frac{0.366Q}{MK'} \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg(r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdots r_n) \right] \quad (6.5.2-4)$$

2 条状基坑

除可按公式 (6.5.2-1), (6.5.2-2), (6.5.2-3), (6.5.2-4) 计算外,也可按公式 (6.5.2-5), (6.5.2-6) 计算。

(1) 潜水完整井

$$S_x = H - \sqrt{h_1^2 + \frac{X}{R}(H^2 - h_1^2)} \quad (6.5.2-5)$$

(2) 承压水完整井

$$S_x = H_1 - \left(h_2 + \frac{H_1 - h_2}{R} X \right) \quad (6.5.2-6)$$

式中 $S_{r,t}$ ——任意距离,任意时间的水位降深 (m);

a ——含水层导压系数 (m^2/d);

t ——抽水时间 (d);

M ——降水井排处的承压含水层厚度 (m);

H ——潜水含水层厚度 (m);

H_1 ——承压含水层水头值 (m);

h_1 ——降水井排处的含水层厚度 (m);

h_2 ——降水井排处的承压水水头值 (m);

X ——任意点至井排的距离 (m);

S_x ——距井排处的水位下降值 (m);

r_i —— $r_1, r_2, r_3 \cdots r_n$ 降水井至任意计算点的距离 (m)。

6.5.3 当采用点井或辐射井技术进行降水,点井、辐射井的总出

水能力大于基坑出水量一倍以上时,可不进行基坑降水水位预测计算。

6.5.4 采用引渗井降水的工程,除布设引渗井的引渗能力应大于基坑实际出水量外,尚应计算引渗条件下的下层含水层水位上升值,其水位应低于降水水位。

6.5.5 降水水位预测计算,也可根据多孔抽水试验,按实测抽水影响范围内不同距离的观测孔水位降深资料,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。

6.5.6 对于降水地质条件复杂的降水工程,在具备资料,工期允许的条件下,也可采用数值法或物理模拟试验进行降水水位预测计算。

6.5.7 特殊工程降水应符合下列要求:

1 基岩裂隙地区

(1) 设计井位应能控制风化层厚度和构造;

(2) 出水量、水位预测应用裂隙水有关公式计算,还须经实际抽水资料验证;

(3) 降水水位水量预测的同时,也要预测和观测是否沟通区域构造和含水层。

2 岩溶地区

(1) 设计井位应能控制岩溶构造裂隙和主要岩溶发育带;

(2) 出水量、水位预测应以实际观测和试验资料为依据;

(3) 防止钻探后“扩泉”、“放水”现象发生,并有辅助工程措施;

(4) 降水水位水量预测的同时,也要对相邻地区泉水衰减、地面沉降、地面塌陷进行预测和观测。

3 水下降水

(1) 应设计选择可靠的围堰、筑岛、栈桥等排除地表水技术方法,严禁地表水向基坑渗漏;

(2) 基坑降水设计中,必要时可采用堵截工程措施,并应注意试验与观测;

(3) 在允许条件下,基坑降水可与基础结构施工相结合。

4 涵洞降水

(1) 条件允许时,应首先采用地面排水技术方法;

(2) 涵洞内降水设计不应影响土石方施工;

(3) 涵洞底侧降水设计,宜采用水平点井方法,其长度应大于一个施工段,也可采用潜埋井方法。

(4) 预测水位、水量的同时,应预测“突水”、“塌拱”的可能性。

6.5.8 在降水水位预测计算的同时,也要对可能出现的沉降、流砂、流土、管涌、潜蚀、边坡不稳等工程环境影响进行预测计算。

7 降水工程施工

7.1 一般规定

7.1.1 降水工程施工应按降水工程设计实施,完成降水方案的降水井和排水设施的全过程,经过降水试验合格,则降水施工结束。

7.1.2 降水工程设计应编写“降水工程施工纲要”。应包括工程概况、施工要求、技术方法、工程布置、工程数量、施工组织、设备材料、加工计划、降水井与排水设施,施工程序,工程措施与辅助措施,质量检查与安全措施,工期安排,工程环境,工程经济,并附有关图表。

7.1.3 根据“降水工程施工纲要”施工,发现有与降水工程设计不符之处,应及时调整设计或在现场采取辅助措施。

7.2 降水井施工安装

7.2.1 明排井结构应符合下列要求:

1 施工要求

(1) 排水管沟与明排可随基坑(槽)的开挖水平和涵洞施工长度同步进行;

(2) 基坑侧壁出现分层渗水时,可按不同高程设置导水管、插铁板、砖砌沟或草袋墙等工程辅助措施;

(3) 基坑侧壁渗水量大或不能分层明排的,可采用水平降水或其它技术方法。

2 安装要求

(1) 排水沟可根据地层选择自然沟、梯形或V形明沟;采用铁或混凝土排水管(管径为200~500mm)时,应离开坡脚0.3m左右,坡度为0.1%~0.5%;

(2) 明排井(坑)一般直径为0.5m,深度1.0m,明排井抽水设备可采用离心泵或潜水泵,特殊情况可采用深井泵。

7.2.2 点井结构应符合下列规定:

1 点井管材及设备

(1) 点井管管径采用38~110mm,多数为42~50mm金属管,管长6~10m,过滤管长1.2~2.0m,孔隙率15%,外包1~2层60~80目尼龙网或铜丝网;

(2) 点井泵为真空泵、射流泵、往复泵,用密封胶管或金属管连接各井;每个真空泵、往复泵带动30~50个真空点井;

2 真空点井施工安装

(1) 垂直点井:对易塌易缩钻孔的松软地层,钻探施工应采用清水或稀泥浆钻进或高压水套管冲击施工;对于不易产生塌孔缩孔的地层,可采用长螺旋钻机施工成孔;清水或稀泥浆钻进,泵压不应低于2MPa,流量不得小于20m³/d;钻探深度达到设计孔深后,应加大泵量、冲洗钻孔、稀释泥浆,含泥量不宜大于5%,返清水3~5min;向点井内投入的滤料数量,应大于计算值5%~15%,滤料填至地面以下1.0~2.0m,再用粘土封孔;滤料直径为0.4~0.6mm的中粗砂为宜;

(2) 水平点井:采用水平钻机施工,钻探成孔后,将滤水管水平顶入,通过射流喷砂器将滤砂送至滤管周围。对容易塌孔地层可采用套管钻进,将水平点井管由套管中送入,再拔出套管,水平钻孔直径 d 为89~146mm,长度为20~80mm;水平点井全部或大部分采用过滤管,钢管直径为50~110mm。芯管直径为42~60mm;在基坑底部施工时,应注意排水排砂;

(3) 倾斜点井:按水平点井施工安装,根据需要调整角度,穿过多层含水层,倾向基坑外侧;

(4) 接力点井安装:上方出水口处,安装大直径射流器,喉管直径 d 为96mm,增加降水深度;

(5) 多级点井:对于降水深度较大的基坑,可按不同深度的梯级平台设置真空点井,按不同高程的多级点井封闭,分别向坑

外排水。

3 喷射点井施工安装

(1) 喷射点井施工要求同真空点井，仅在点井管下部增加喷射器；

(2) 喷射点井的喷射器应由喷嘴、联管、混合室、负压室组成的，放在点井管的下部。

4 电渗点井施工安装

(1) 电渗点井管施工同真空点井，电极棒采用钢筋或铁管打入或钻入地下；

(2) 电渗点井井管做阴极（-），钢筋或铁管做阳极（+），阳极比阴极长 0.5~1.0m，通电后带正电荷的水分子应能向点井管中运动集水。

7.2.3 引渗井施工安装应符合下列规定：

1 引渗井施工宜采用螺旋钻、工程钻成孔、对易缩易塌地层可用套管法成孔，钻进中自造泥浆；

2 裸井：成孔直径 D 为 200~500mm，直接填入洗净的砂、砾或砂砾混合滤料，含泥量应小于 0.5%；

3 管井：成孔后置入无砂混凝土滤水管、钢筋笼、铁滤水管，井周根据情况确定填滤料。

7.2.4 管井施工安装应符合下列规定：

1 施工要求

(1) 管井施工方法同供水管井，根据地层条件可选用冲击钻、螺旋钻、回转钻或反循环钻进，特殊条件可人工成孔；

(2) 钻探施工达到设计深度，宜多钻 0.3~0.5m，用大泵量冲洗泥浆，减少沉淀，并应立即下管，注入清水，稀释泥浆比重接近 1.05 后，投入滤料，不少于计算量的 95%，严禁井管强行插入坍塌孔底，滤料填至含水层顶板以上 3~5m，改用粘土回填封孔不少于 2m；

(3) 由于降水管井分布集中，连续钻进，应及时进行洗井，不应搁置时间过长，或完成钻探后集中洗井；

(4) 完成管井施工洗井后，应进行单井试验性抽水；

(5) 做好钻探施工描述记录。

2 安装要求

(1) 当场地具备拔管回收条件时，可用钢管或铸铁管及过滤器，不具备回收条件可用混凝土管或其他井管和过滤器；

(2) 管井孔径宜为 300~600mm，管径为 200~400mm，特殊情况不受限制；

(3) 管井过滤器、滤料、泥浆要求，应符合现行国家标准《供水水文地质勘察规范》(GBJ 27) 的规定。

7.2.5 大口井施工安装应符合下列规定：

1 施工要求

(1) 宜采用沉井法、反循环法施工；条件允许亦可人工成井；

(2) 大口井施工应符合现行国家标准《供水水文地质勘察规范》(GBJ 27) 的规定。

2 安装要求

(1) 多采用井底井壁同时进水，井体宜采用混凝土、钢筋混凝土材料，有条件地层也可采用石砌或砖砌井体；

(2) 井径宜为 0.8~4.0m，特殊情况不受限制。

7.2.6 辐射井施工安装应符合下列规定：

1 施工要求

(1) 集水井施工宜采用沉井法或反循环钻机钻进，要求预留辐射管位置并对应相应含水层；

(2) 辐射管施工宜采用顶管机、水平钻机，个别情况也可采用千斤顶法。

2 安装要求

(1) 辐射井直径 D 应大于 2.0m，应能满足井内辐射管施工为准；

(2) 集水井结构同大口井，但需在不同高程设置辐射管部位，增设施工辐射管用的钢筋混凝土圈梁；

(3) 辐射管规格应根据地层、进水量、施工长度，按附录 B 选

择;

(4) 辐射井宜封底防止进水,且可随钻进抽排水。

7.2.7 潜埋井施工安装应符合下列规定:

1 潜埋井结构宜采用集水坑、砖石砌井,无砂滤水管或铸铁滤水管;

2 在井中宜用离心泵、潜水泵抽降残存水;基坑(槽)封底时应预留出水管口;

3 潜埋井深度在基底底面 1.0m 以下;

4 停抽后迅速堵塞封闭出水管口,保证不溢水、渗水。

7.2.8 各种技术方法不能完全把地下水位降低到设计降水深度或给施工带来不便时,可选择下列工程措施:

1 基坑侧壁少量渗水时,可浅插小孔径滤水管排水;

2 基坑侧壁渗水较大时,可采用导水管、插铁板、码草袋、砖砌沟等方法导水至基坑明排井排出;

3 连续桩护坡桩间渗漏水,可采用喷护混凝土,桩间加孔灌注混凝土、粘土封堵;

4 局部地段集中渗漏水严重,可采用基坑外加降水井、井排;

5 基坑底部或拱顶、侧壁见水时,可采用速凝混凝土灌、喷护;

6 地表水底铺设粘土、塑膜等增加渗透路径;

7 当工程降水可能影响基坑稳定和地面沉降时,可采用人工回灌地下水;

8 基坑底部隆起时,可采用重压法、降水法。

7.3 施 工 程 序

7.3.1 降水施工前应以降水工程设计为依据。明确降水工程范围,降水技术要求,确定工期期限,编制施工总进度计划和预估成本核算等。

7.3.2 施工现场应落实通水、通电、通路和平整场地,并应满足设备、设施就位和进出场地条件。

7.3.3 按“降水工程施工纲要”组织施工顺序。组织施工队伍,筹措施工设备,选择管材,明确成井工艺。

7.3.4 对所有降水井、试验井、勘探孔、观测孔和排水设施,应按降水工程设计的数量和质量要求,严格进行连续施工按期完成。

7.3.5 当施工过程中遇到降水设计与现场情况不符时,应进行现场调查分析,预测可能出现的问题,并提出修改降水设计方案。在设计人员同意下由施工人员实施。

7.3.6 每个降水井、孔、排水设施竣工后,均应单独进行调试合格,方可进行降水检验。

7.3.7 全部降水井、孔、排水设施经过降水检验后,尚应作好降水监测与维护。

7.4 验 收 规 定

7.4.1 管井、大口井、辐射井等竣工后,应按国家现行的《供水管井验收规范》的有关规定进行验收。当国家尚无标准规定时,可按设计要求进行验收。

7.4.2 降水施工过程中改变降水设计方案,应具有设计人员与施工人员的洽商处理意见书,必要时尚应具有审批手续。

7.4.3 全部降水运行时,抽排水的含砂量应符合下列规定:

1 粗砂含量应小于 1/5 万;

2 中砂含量应小于 1/2 万;

3 细砂含量应小于 1/1 万。

7.4.4 验收时应提供施工记录、工程统计表、施工说明、洽商处理意见和审批文件等。

7.4.5 全部降水井、排水设施的降水深度应符合下列要求:

1 在基坑中心、最远边侧、井间分水岭处和基坑底任意部位,实际降水深度应等于或深于设计预测的降水深度,并应稳定 24h。

2 当局部地段不能满足设计降水深度时,应按工程辅助措施、补救措施的可行性进行评估。

8 降水工程监测与维护

8.1 降水监测

8.1.1 降水监测与维护期应对各降水井和观测孔的水位、水量进行同步监测。

8.1.2 降水井和观测孔的水位、水量和水质的检测应符合下列要求：

- 1 降水勘察期和降水检验前应统测一次自然水位；
- 2 抽水开始后，在水位未达到设计降水深度以前，每天观测三次水位、水量；
- 3 当水位已达到设计降水深度，且趋于稳定时，可每天观测一次；
- 4 在受地表水体补给影响的地区或在雨季时，观测次数宜每日 2~3 次；
- 5 水位、水量观测精度要求应与降水工程勘察的抽水试验相同；
- 6 对水位、水量监测记录应及时整理，绘制水量 Q 与时间 t 和水位降深值 S 与时间 t 过程曲线图，分析水位水量下降趋势，预测设计降水深度要求所需时间；
- 7 根据水位、水量观测记录，查明降水过程中的不正常状况及其产生的原因，及时提出调整补充措施，确保达到降水深度；
- 8 中等复杂以上工程，可选择代表性井、孔在降水监测与维护期的前后各采取一次水样作水质分析。

8.1.3 在基坑开挖过程中，应随时观测基坑侧壁、基坑底的渗水现象，并应查明原因，及时采取工程措施。

8.2 降水维护

8.2.1 降水期间应对抽水设备和运行状况进行维护检查，每天检查不应少于 3 次，并应观测记录水泵的工作压力、真空泵、电动机、水泵温度，电流、电压、出水等情况，发现问题及时处理，使抽水设备始终处在正常运行状态。

8.2.2 抽水设备应进行定期保养，降水期间不得随意停抽。

8.2.3 注意保护井口，防止杂物掉入井内，经常检查排水管、沟，防止渗漏，冬季降水，应采取防冻措施。

8.2.4 在更换水泵时，应测量井深，掌握水泵安装的合理深度，防止埋泵。

8.2.5 应掌握引渗井的水位变化，当引渗井水位上升且接近基坑底部时，应及时洗井或做其它处理，使水位恢复到原有深度。

8.2.6 发现基坑（槽）出水、涌砂，应立即查明原因，组织处理。

8.2.7 当发生停电时，应及时更新电源，保持正常降水。

8.2.8 降水监测与维护期，宜待基坑中的基础结构高出降水前静水位高度即告结束；当地下水位很浅，且对工程环境有影响时，可适当延长。

9 工程环境

9.1 工程环境影响预测

9.1.1 当降水工程区及邻近已有建筑物、构筑物 and 地下管线时,应预测其工程环境影响。预测项目应包括下列内容:

- 1 地面沉降、塌陷、淘空、地裂等;
- 2 建筑物、构筑物、地下管线开裂、位移、沉降变形等;
- 3 基坑(槽)边坡失稳,产生流砂、流土、管渗、潜蚀等;
- 4 水质变化。

9.1.2 当预测的工程环境影响情况超出有关标准或允许范围时,应采取工程措施,预测方法包括:

- 1 根据调查或实测资料进行判断;
- 2 根据建筑物结构形式、荷载大小、地基条件进行预测计算。

9.2 工程环境影响监测

9.2.1 为查明工程降水对邻近建筑物、构筑物、地下管线的影响,按《建筑变形测量规程》(JGJ/T8)的有关规定建立时空监测系统。

9.2.2 在建筑物、构筑物、地下管线受降水影响范围的不同部位应设置固定变形观测点,观测点不宜少于4个;另在降水影响范围以外设置固定基准点。

9.2.3 降水以前,应对设置的变形观测进行二等水准测量,测量不少于2次,测量误差允许为 $\pm 1\text{mm}$ 。

9.2.4 降水开始后,在水位未达到设计降水深度以前,对观测点应每天观测一次,达到降水深度以后可每2~5d观测1次,直至变形影响稳定或降水结束为止;对重要建筑物和构筑物,在降水结束后15d内,应继续观测3次,查明回弹量。

9.2.5 变形观测点的设置,应符合现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026)的有关规定。

9.2.6 对变形测量记录应及时检查整理,结合降水观测孔资料,查明降水对建筑物、构筑物、地下管线变形影响的发展趋势和变形量,分析变形影响危害程度。

9.2.7 降水过程中,特别在基坑开挖时,应随时观察基坑边坡的稳定性,防止边坡产生流砂、流土、潜蚀、塌方等现象。

9.3 工程环境影响防治

9.3.1 降水工程施工前或施工中,应根据预测和监测资料,判断工程环境影响程度,及时采取防治措施。

9.3.2 根据工程环境影响的性质和大小,可选择下列防治措施:

- (1) 改进降水技术方法;
- (2) 基坑(槽)外建立或结合止水护坡桩、防渗墙、桩墙、连续墙;
- (3) 边坡网护、喷护;
- (4) 人工回灌地下水。

9.4 水土资源保护

9.4.1 对于基坑出水量大的降水工程,应在降水工程施工前,对水土资源做好利用、保护计划;暂时难以利用的,可将抽出的地下水引调储存在不影响工程环境的地表或地下。

9.4.2 对滨海地区的降水工程,应注意防止海水入侵,防止淡水资源遭受污染。

9.4.3 采用引渗井降水时,要求上部含水层的水质应符合下部含水层水质标准,以保护地下水资源。

9.4.4 降水施工期间洗井抽出的淡水,应在现场基本澄清后排放,并应防止淤塞市政管网或污染地表水体。

9.4.5 降水施工排出的土和泥浆,不应任意排放,防止污染环境或影响土地功能。

10 技术成果

10.0.1 降水工程结束应提交技术成果。包括文字报告并附有关图表。

10.0.2 根据工程复杂程度，可分别提交《降水工程设计说明书》、《降水工程施工报告》、《降水工程技术报告》。

10.0.3 简单降水工程编写《降水工程设计说明书》，文字应简明扼要，说明工程具体位置，工程规模、技术要求，降水地质条件，降水工程布置，降水效果，起止时间及有关问题，并附降水工程示意图。

10.0.4 中等复杂降水工程应编写《降水工程施工报告》，文字应简练全面，阐明工程位置和工程性质、工程规模、技术要求、降水地质条件、降水技术方法、降水设计、工程量布置、降水效果数据、监测与维护时间以及存在问题，并附工程降水布置平面图、剖面图。

10.0.5 复杂降水工程应编写《降水工程技术报告》，要求文字清楚简练全面。报告内容应符合下列要求：

1 前言应包括场地位置，工程规模，技术要求和特殊技术要求，研究程度，降水工程量，降水施工简介，人力设备和工期；

2 场地施工条件应阐述场地与邻地关系、地下设施情况、给水、排水、电力及交通条件等；

3 降水地质条件应包括降水勘察简介，水文气象、地形地貌、地层岩性，地质构造、含水层、隔水层分布；地下水类型、地表水分布特征；地下水的水位变幅、补给、径流、排泄关系等；

4 降水试验应包括试验设计和试验成果，以及水文地质参数与工程参数的选取；

5 降水方案布置与工程量，降水设计预测计算，计算主要过

程、实测数据统计资料；

6 降水施工应包括施工方法及完成情况，施工组织、工程措施、存在问题；

7 降水监测与维护情况；

8 工程环境应包括工程环境预测、监测、水土资源保护等；

9 结论与建议；

10 附图表宜包括场地的地上地下工程现状图、降水方案布置图、综合与典型地质剖面图、降水前后的地下水水位等值线图，以及工程量统计表，降水工程水位水量统计表。

10.0.6 特殊降水工程技术成果可参照复杂降水工程的要求编写，重点论证“特殊问题”、降水设计和工程措施，构成报告主要章节。

附录 A 土的分类与定名

第四系土的分类与定名应符合表 A 的规定。

土的分类与定名

表 A

类别	定名	说明
碎石土类	漂石	圆形及亚圆形为主, 粒径大于 200mm 的颗粒超过总重量 50%
	块石	棱角形为主, 粒径大于 200mm 的颗粒超过总重量 50%
	卵石	圆形及亚圆形为主, 粒径大于 20mm 且 ≤ 200 mm 的颗粒超过总重量 50%
	碎石	棱角形为主, 粒径大于 20mm 的颗粒超过总重量 50%
	圆砾	圆形及亚圆形为主, 粒径大于 2mm 且 ≤ 20 mm 的颗粒超过总重量 50%
	角砾	棱角形为主, 粒径大于 2mm 的颗粒超过总重量 50% $K' > 50\text{m/d}$
砂类	砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒占总重量 25%~50% $K' \geq 50\text{m/d}$
	粗砂	粒径大于 0.5mm 且 ≤ 2 mm 的颗粒超过总重量 50% $K' = 25 \sim 50\text{m/d}$
	中砂	粒径大于 0.25mm 且 ≤ 0.5 mm 的颗粒超过总重量 50% $K' = 10 \sim 25\text{m/d}$
	细砂	粒径大于 0.075mm ≤ 0.25 mm 的颗粒超过总重量 50% $K' = 5 \sim 10\text{m/d}$
	粉砂	粒径小于等于 0.075mm 的颗粒超过总重量 50% $K' = 1 \sim 5\text{m/d}$
粘性土类	砂质粉土	塑性指数 $3 < IP \leq 7$ $K' = 0.50 \sim 1.0\text{m/d}$
	粘质粉土	塑性指数 $7 < IP \leq 10$ $K' = 0.5 \sim 0.25\text{m/d}$
	粉质粘土	塑性指数 $10 < IP \leq 14$ $K' = 0.25 \sim 0.10\text{m/d}$
	重粉质粘土	塑性指数 $14 < IP \leq 17$ $K' = 0.10 \sim 0.05\text{m/d}$
	粘土	塑性指数 $IP > 17$ $K' = 0.05\text{m/d}$
	黄土	手搓无砂砾感, 易分散具大孔隙肉眼可见有直立性, $K' = 0.20 \sim 0.50\text{m/d}$

注: ①土的名称应根据粒径分组由大到小以最先符合者确定。

②野外临时确定土的名称时, 可按国家现行标准《建筑工程地质钻探技术标准》(JGJ87—92) 附录 B 的有关规定执行。

③碎石土类粒径大于 2mm 以上, 总重量超过 50%, K' 值可选用大于 50m/d。

附录 B 辐射管规格表

辐射管规格应按表 B.1 和表 B.2 选用

$D=50 \sim 75\text{mm}$ 的辐射管规格

表 B.1

辐射管管径 (mm)	进水孔直径 d (mm)	每周小孔 数 (个)	小孔间距 l (mm)	每管孔数 (个)	孔隙率 (%)	适用地层
50	6	16	12.0	1328	20	中砂, 粗砂
	10	10	26.6	370	15	粗砂夹砾石
	12	8	38.7	232	14	粗砂夹砾石
	12	6	40.0	150	9	粗砂夹砾石
75	6	21	12.0	1750	20	中砂, 粗砂
	10	14	28.0	490	10	粗砂夹砾石
	12	10	30.0	330	31	粗砂夹砾石
	13	10	21.1	410	21	粗砂夹砾石

$D=100 \sim 160\text{mm}$ 的辐射管规格

表 B.2

管外径 (mm)	壁厚 (mm)	每周小孔数 (个)	每延长米行 数 (个)	每延长米孔 数 (个)	孔隙率 (%)	适用地层
108	6	34	9	206	14.4	中砂
		22		198	14.1	中砂, 粗砂
		19		171	16.1	中砂, 粗砂
		13		117	16.5	粗砂夹砾石
		10		90	17.0	粗砂夹砾石
140	6	44	9	396	14.4	中砂
		29		261	14.2	中砂, 粗砂
		24		216	15.7	中砂, 粗砂
		17		153	16.7	粗砂夹砾石
		13		117	17.0	粗砂夹砾石
159	7	33	9	297	14.2	中砂, 粗砂
		25		225	18.0	粗砂夹砾石
		26		144	16.1	粗砂夹砾石
		12		108	15.6	粗砂夹砾石

附录 C 本规范用词说明

C.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

(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”。

C.0.2 条中文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”。

附 加 说 明

本规范主编单位、参加单位和主要起草人

主编单位: 建设部综合勘察研究设计院

参加单位: 中国民航机场建设总公司

中国兵器工业部勘察研究院

中国航空工业部勘察设计院

冶金工业部建筑研究总院

上海岩土工程勘察设计研究院

北京市城建勘察测绘院

北京市政第三工程公司

主要起草人: 孙树义 苏贻冰 花仁荣 马丽丽

袁绍武 刘哲钧 胡代华 高辅民

刘森林 杜蕙兰

中华人民共和国行业标准

建筑与市政降水工程技术规范

条 文 说 明

前 言

根据建设部建标 [1992] 第 227 号文件, 由建设部综合勘察研究设计院同有关单位共同编制的《建筑与市政降水工程技术规范》经建设部 1998 年 10 月 26 日以建标 [1998] 198 号文件批准, 业已发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定, 《建筑与市政降水工程技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明。如发现本条文说明有欠妥之处, 请将意见函寄建设部综合勘察研究设计院 (北京东直门内大街 177 号, 邮政编码 100007)。

本规定由建设部标准定额研究所组织出版。

目 次

1 总则	51
2 术语、符号	53
2.1 术语	53
3 基本规定	55
4 降水工程分类	56
4.1 一般降水工程	56
4.2 特殊性降水工程	56
5 降水工程勘察	57
5.1 一般规定	57
5.2 勘察孔 (井) 布置	58
5.3 降水试验	58
5.4 水文地质参数	59
5.5 特殊性降水工程勘察	60
6 降水工程设计	62
6.1 一般规定	62
6.2 降水技术方法选择	63
6.3 降水井布置	65
6.4 降水出水量计算	65
6.5 降水水位预测	66
7 降水工程施工	69
7.1 一般规定	69
7.2 降水井施工安装	69
7.3 施工程序	74
7.4 验收规定	74
8 降水工程监测与维护	75
8.1 降水监测	75

8.2 降水维护.....	76
9 工程环境.....	78
9.1 工程环境影响预测.....	78
9.2 工程环境影响监测.....	79
9.3 工程环境影响防治.....	79
9.4 水土资源保护.....	79
10 技术成果	80

1 总 则

1.0.1 随着我国大规模经济建设,建筑与市政工程数量越来越多,规模越来越大,基础越埋越深,条件越来越复杂;各类地基、基础、基坑施工,都需要考虑降低地下水位。许多降水工程经验教训说明,没有充分进行降水勘察、降水设计的降水施工会造成损失,甚至导致基坑边坡失稳、塌方、流砂、流土,引起场地周围地面沉降或建筑物变形以及对水土资源环境恶化,产生工程环境影响。说明降水工程是工程建设的重要组成部分,具有很强的科学性。为改变这种状况,正确实施降水工程,从实际出发,认真总结经验,尽量采用国内外先进技术和科研成果,编制具有先进性、实用性和权威性的规范,才能做到标准统一、技术先进、确保质量、安全可靠、经济合理,避免或减轻工程环境不良影响,故编制本规范。

技术要求、名词术语、技术方法、勘察、设计、施工、技术成果等过去很不统一,编制本规范时都曾认真考虑和作出统一规定,目的是方便使用、利于交流和提高。

1.0.2 本规范不仅适用于建筑与市政工程的新建、改建与扩建,对于机场、公路、铁路、港口、冶金、水工等系统的地基基础基坑工程亦可参考应用;并可供大专院校、科研部门参考。适用条件包括第四系松散地层的滞水、潜水、承压水或基岩裂隙水、岩溶水、地表水下、涵洞等条件。

1.0.3 要达到工程降水目的,降水工程勘察必须强调两点:

(1) 要有准确的水文地质、工程地质参数为依据,否则将导致降水工程设计和施工的失准、失效或失败。

(2) 考虑到工程建设在进行岩土工程勘察时,虽已完成降水工程勘察的部分内容,往往不能满足降水工程设计要求,大多数

尚需补充降水试验等勘察工作,才能顺利进行降水工程设计。

1.0.4 本规范强调技术与经济的协调统一,要求进行技术方法和降水方案对比优化,以保证降水工程达到优质、经济、安全的目的;同时强调不产生工程环境危害性影响,这是过去容易忽视的。

1.0.5 我国首次制订降水工程技术规范,缺乏借鉴,凡没有包括的内容,还应参照国家颁发的其它有关标准。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 降水工程是一个独立工程。过去的含义和界定不够明确,理论和实践方面既有独立性又有综合性,在边缘科学中已逐渐形成一个新的学科分支,本条明确了基本定义。关于水下降水工程是指岩土体上有地面水覆盖,因此要降低岩土体中的地下水,需先在该范围筑起围堰排除地面水体,继后降低岩土体中的地下水。

2.1.2 降水地质条件不同于普通地质条件、水文地质条件、工程地质条件,除共性外它有特殊性。技术要求、降水试验、工程参数,需要查清的专门问题等是普通地质条件、水文地质条件、工程地质条件过去没有涉及的。

2.1.3 降水工程勘察在深度、广度和专门性方面不同于岩土工程勘察、供水勘察、综合性地质勘察。降水工程勘察的任务主要是查清与设计降水深度、抽水试验、技术方法选择、降水方案预测对比、工程环境影响等有关问题的勘察。

(1) 降水勘察中的抽水试验与供水勘察中的抽水试验有区别,降水勘察的抽水试验需要解决井间地下分水岭等于或低于设计降水深度和定降深条件的参数,此时参数具有模拟性、实用性、接近实际的特点,因此必须通过群井抽水试验使水位降深值接近设计要求时解决井深、井距、井数问题才是合理的;供水勘察的抽水试验不必满足这些要求,主要目的是求地层的渗透系数、补给量、合理的开采降深与开采量问题,水位降深越小越好;

(2) 自渗试验是工程降水特有内容;

(3) 注水试验是降水条件下需要回灌地下水时进行的试验。

2.1.6 滞水不同于过去通用的“上层滞水”,本条定义和增加了

新内容。

2.1.8 勘察单位通常把最小的降水井称为“轻型井点”或“井点”，施工单位常把 $d=100\sim 300\text{mm}$ 的“管井”、“大口井”也叫“井点”；实际上也无严格的定义。为统一标准，避免混淆，本条规定将直径接近 100mm ，单级降水深度接近 6m 的井称“点井”，把 $d=200\sim 500\text{mm}$ 的井称“管井”； $d\geq 800\text{mm}$ 的井称为“大口井”及“辐射井”的集水井。

2.1.14 引渗井是我国工程降水从实践中总结出来的一种新井式。

2.1.15 潜埋井也是从深基坑和涵洞施工中新总结出来的一种降水井新井式，潜埋方法和设备可有很多种。

2.1.16 降水试验一般应在降水勘察中进行，也可在降水施工前进行，是降水设计的主要依据之一。

2.1.18 “工程环境”不同于“环境保护”。环境保护俗称第一环境。多从宏观、区域、自然、静态的角度，研究水（大气降水、地表水、污水、污液）、气（大气、汽体、废气、射气）、声（噪声）、生（生态）、渣（垃圾、废渣）、油（石油、废油）、射线等方面；工程环境可称第二环境，是从微观、局部、人工、动态的角度，研究大气工程（海洋工程、极地工程、水文气象、射线），地面工程（建筑、构筑、设施），地下工程包括岩、土、水、地震、地质、地基、基础、基坑（槽）涵洞、地下设施、人防工程，管理工程（管理模型、信息施工、专家系统、行政法规）等方面。工程环境与环境工程也不一样，后者仅为减轻或消除对环境产生有害影响而设的工程，可以认为是工程环境影响治理对策的组成部分。降水工程涉及很多工程环境问题。

工程建设和施工，实质上也是环境设计和施工。历史上，任何一个工程建设，自觉或者不自觉、直接或间接，都程度不同的体现了工程环境意识。

总之，工程建设与工程施工对自然环境、人工环境、社会环境的影响，及工程建设与工程施工受这些环境的制约作用，通过调查、预测、防治、管理，达到可持续发展的目的。

3 基本规定

3.0.1~3.0.4 本规范对建筑与市政降水工程全部工作内容都做了比较明确的基本规定，目的是提高降水工程的科学性、系统性和实用性。

3.0.5 强调准备辅助措施是由于降水地质件具有复杂性，降水设计和施工稍有误差，便可能导致降水工程停工或拖期；备有工程辅助措施，可保证工程降水顺利进行。

3.0.7 降水工程技术成果过去常被忽视，为总结工程经验、提高技术质量、建立工程档案，本条规定所有降水工程都应提出不同标准的技术成果。

3.0.8 本规范提出工程环境这一概念，目的是强调工程环境问题。

4 降水工程分类

4.1 一般降水工程

4.1.1 一般降水工程分类还有多种。本规范从方便降水勘察、降水设计、降水施工角度出发,对影响降水的主要因素基础几何形状、降水深度、含水层特性、工程条件和特殊条件降水等进行分类。其它如按降水量分类可寓于渗透性、降水深度和含水层分类之中,本规范复杂程度分类代表了降水工程当前出现的基本类型。

1 过去降水工程取费标准是按基坑侧面积计算的,不能反映降水工程难度和规模,本规范的复杂程度分类为此提供依据。

2 降水工程过去没有复杂程度的统一标准,为评价和使用方便,特制定表 4.1.1。

3 根据我国经常出现的建筑工程基础平面面积做出规定,例如占地 $5000\sim 20000\text{m}^2$ 的建筑物,通常会有 2~3 层地下室,降水深度 6~16m,可做为中等复杂程度的指标。

4 我国工程降水深度 6.0~16.0m 居多,小于 6.0m 居次,大于 16.0m 较少,我国目前最大降水深度已达 36.0m。

4.2 特殊性降水工程

4.2.1 特殊条件降水工程,根据我国当前的工程实践,仅考虑 3 种:基岩、水下、涵洞。随着工程建设的发展,经过一段实践,再予丰富补充。

5 降水工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 降水勘察是为降水设计和降水施工服务的。不能用工程勘察资料简单代替,尤其抽水试验是必不可少的内容;确定降水勘察内容和布置勘察工作时,应考虑到建设单位对降水深度、范围、时间、复杂程度和降水地质条件及对周围环境产生不良影响的专门要求等。适当增加或减少工作内容和工作量。因此降水勘察也不划分勘察阶段。

5.1.2 降水勘察首先应进行现场踏勘搜集资料,然后编写勘察纲要。现场踏勘是了解施工现场水文气象、地层岩性、水文地质、工程地质、环境地质资料,尤其需要了解建筑物及地下管线等分布情况,为编写纲要提供第一手材料。还应了解工程场地的交通运输、动力来源、施工用水和材料供应等条件,为勘察施工作好准备。勘察纲要内容应包括:

- 1 勘察任务委托单位,技术要求,完成工期,勘察范围;
- 2 勘察孔布置,勘察试验井、勘察孔、观测孔的数量、口径、深度;
- 3 抽水试验;
- 4 室内试验;
- 5 施工组织;
- 6 材料设备;
- 7 质检与安全;
- 8 工程措施;
- 9 工期安排;

5.2 勘察孔(井)布置

5.2.1 勘察孔布置的确定应考虑多种因素,应能反映场地降水地质条件,根据基坑施工条件、周围建筑物及地下管线等应保持足够安全距离,勘察孔应布置在基坑内外,必须控制降水含水层的空间分布。对于第四系地下水补给径流方向、基岩裂隙构造和岩溶发育方向,基坑降水条件下可能发生补给的越流含水层,必须要有足够的勘察资料和勘察井孔;

试验井结合生产井,管直径 d 不小于300mm,孔直径 D 不应小于500mm,是根据多数潜水泵外形尺寸为288mm确定的;

对特殊土增加勘察孔和特殊项目分析,目的是了解抽水状态下,地层和基坑的物理力学性质和化学成分的稳定程度。

5.2.2 勘察孔的深度,从我国目前所完成的一些工程降水看,均质含水层最低要求在基坑深度2倍以上。双层或多层含水层勘察孔的深度应了解基坑底以下可能产生水力联系的所有含水层。条文对于深度的具体规定是根据工程实践经验而来的,当遇有特殊要求或降水地质条件复杂,其深度应予适当调整。

在降水深度范围内,往往存在几个含水层,应在不同的含水层中设置观测孔,了解降水过程中有无越流补给现象,使计算的降水地质参数更切合实际。

5.3 降水试验

5.3.1 抽水试验的含砂量为万分之一,其精度等于“供水水文地质勘察规范”规定的十分之一,降水井与供水井不同,降水井以降低水位为目的,使用时间短,以不产生不良地质现象和水泵正常运转为准,故含砂量要求低于供水井。

5.3.2 单孔降水试验至少进行2次降深,其中一次最大降深值应接近设计降水深度,目的是,用最大降深值时的附加阻力对 K' 值的影响,阻力条件相近, K' 值也接近,可减少设计偏差,用含有附加降深值计算得出 K' 值不是一个常量。

(1) 根据井外观测孔不同水位降深值和井内流量,来修正降水井产生的三维流和井壁摩擦阻力的影响,去掉井的附加降深值。计算的渗透系数是一个常量;

(2) 不同降深的渗透系数不同,说明附加降深不同;

(3) 对于复杂工程,为使所求水文地质参数对整个场区更具有代表性,要求不得少于2个以上单孔抽水和二次群井抽水试验,是验证预测的水位下降值与实测水位下降值是否一致或接近,为降水设计方案提供合理依据。

(4) 由非稳定到稳定的抽水试验的出水量、水位观测的时间间隔、次数的规定,主要是使抽水试验开始即非稳定流段的 $S \cdot t$ 值在第一个周期对数坐标上能均匀分布,真实反映 $S-lgt$ 曲线在试验开始段的变化并使曲线光滑,易求参数。

5.3.3 引渗井降水是钻通滞水层或含水层的下渗通路、使上层水自行下渗,达到疏干上层水降低地下水位的目的。这就要求钻探过程中尽量避免使用泥浆钻进,一般可用清水钻进、高压水套管冲击、螺旋钻进,振动沉管法或人工挖井等方法。

5.3.4 降水工程的注水试验,是为采用工程辅助措施或回灌地下水服务的,应提供注水速度、注水量、 $R-H$ 曲线等资料,计算渗透系数。

5.4 水文地质参数

5.4.1 水文地质参数:

1 利用观测孔水位资料计算渗透系数,它符合地下水平面流运动条件;

2 选择水位降深接近降水设计深度和计算水跃值,分析地下水运动的阻力,这种阻力在降水施工中是不易排除的,使试验接近生产条件,更符合实际;

3 计算分层和混层降水地质参数,目的是为分析降水含水层特征、产生越流的可能性,计算水资源等提供依据。

4 水文地质参数可由单孔、多孔、稳定流、非稳定流降水试

验方法求得,应根据工程的复杂程度确定。

5.4.2、5.4.3 当降水地质条件简单,工期又很紧迫的情况下,可参考应用降水地质条件相似、相邻地区的参数;但应验证;对中等复杂工程可用单孔或观测孔抽水试验求 K' 、 R 值;对于复杂工程预测地下水位要求高,必须应用观测孔求参数,采用稳定流非稳定流公式计算。

5.4.4 关于 S 、 T 、 a 、 μ 的计算公式可参照国家现行《供水水文地质规范》的规定。

5.4.7 特殊土的指标包括:

- 1 在湿陷性黄土地区必须求得湿陷系数以判定是否有湿陷性;
- 2 在软土地区应进行物理力学试验求得液化指标及压缩性指标以判断是否因降水引起流砂、淘空、塌方或地面沉降等现象;
- 3 在膨胀土地区应求得膨胀率,收缩系数,计算膨胀变形量和收缩变形量;
- 4 在盐渍土地区,应测定其不同深度的含盐量。
- 5 其它特殊土根据要求求其指标。

5.5 特殊性降水工程勘察

5.5.1、5.5.2 泉水水位、水量动态预测是采用数理统计预测,亦可用布辛涅克公式计算验证:

$$\text{补给丰富} \quad Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (1)$$

$$\text{补给不丰富} \quad Q_t = \frac{Q_0}{(1 + \alpha t)^2} \quad (2)$$

式中 Q_t ——任意时间流量 (m^3/d);

Q_0 ——最大流量 (m^3/d);

t ——任意时间 (d);

α ——衰减系数;利用实测资料反求 α ,资料越多越准确。

(1) 利用实测资料;(2) 对公式两边取对数求 α 值后再求 Q 值。

5.5.3 水下降水勘察:

(1) 当地表水排水后,基坑范围与周围产生水头差,地层受力状态不同,地表水地下水联通性越好,产生不良地质现象可能性就越大,故应重视地层的物理力学性质和不良地质现象。

(2) 筑岛后再进行工程降水,地层的物理力学性质有变化,尤其是渗透性的差异,故需补充勘察资料。

5.5.4 涵洞降水勘察,应充分注意滞水对降水效果和洞顶稳定性的影响。

6 降水工程设计

6.1 一般规定

6.1.1 为进行正确的降水设计,应明确技术要求,在已往工程实践中,技术要求提的简单不全,因此施工后产生很多问题,技术要求应按基本规定考虑。

降水工程必须进行降水设计和论证这是降水工程成功的保证。在过去工程实践中,存在仅凭经验不重视降水设计,致使有些降水工程造成损失和延误工期,必须引以为戒。同一个降水工程,在相同的降水地质条件下,可以选用一种或几种降水技术方法,采取不同的布井方案,满足降水技术要求,这就存在降水设计方案优劣问题。因此,降水设计需经论证,从中选取经济合理,技术可靠,易于施工,管理方便的降水设计。

6.1.2 以往有些降水工程虽做了降水设计,但依据不充分,大多数没有进行正规的降水勘察,仅根据工程地质勘察的地层资料和水位值(没有含水层渗透性、地下水的补排条件及动态资料),采用有关的经验值(如渗透系数,影响半径,导压系数等)进行降水设计。这样的降水设计,容易产生工程量过大,过于安全,或者工程量太少,降水达不到要求,被迫补加工程量,延误工时,造成浪费。因此,降水设计必须具备降水勘察资料。

降水工程现场施工条件应包括:

降水区附近有无供排水管道渗漏和其它渗水情况,研究其对降水的影响;“三通一平”与排浆、排水、排泥条件;有无影响降水施工的地下障碍物;周围的环境状况与环境质量;附近的测量基准点,高程点;周围已有建筑物和各种管网等。

6.1.3 降水设计的水位预测计算,是降水方案的核心工作。必须

根据降水地质条件、现场施工条件,在满足降水技术要求和环境要求的前提下,合理选择降水技术方法,恰当布设降水井,正确选择计算公式,进行降水水位、水量的预测计算应注意三点:

(1) 降水设计的水位、水量的预测计算,往往不是经一次计算就能达到技术要求的,需要多次布井方案的调整计算,才能提出较为合理的降水方案。

(2) 降水水位、水量的预测计算,由于多种条件的制约,要求降水设计的工程技术人员,严格把握计算条件,精心预测计算,应用试验资料校核,力求预测计算的结果接近实际。

(3) 在降水地质条件差的软塑土(淤泥质土、高压缩性土等)、疏松的粉土,盐渍土,因承压水顶托基坑底可能隆起的工程以及距离已有建筑物和构筑物很近的降水工程,进行降水设计时,必须根据当地的具体条件,采取有效的工程措施,和工程辅助措施,确保基坑基槽和邻地已有建筑物和构筑物的稳定与安全。在以往的降水工程中,这方面的经验教训是不少的。

6.2 降水技术方法选择

6.2.1 本条列出了目前常用的降水技术方法和适用范围,在选用技术方法时,必须因地制宜,表 6.2.1 是搜集了目前国内常用的降水技术方法编制的:

- 1 明排井深度主要依据《北京市政工程手册》;
- 2 点井的降水深度是依据我国目前常用的降水深度概括的;
- 3 引渗井降水是在总结北京地区降水工程经验基础上提出的;
- 4 表 6.2.1 中所列方法是一般的适用范围,遇有特殊情况,不限于表 6.2.1 规定。一个工程降水不限于选择一种降水技术方法,可以根据不同的技术要求,降水地质条件等,同时选用两种或两种以上的技术方法,相互配合,互为补充,达到高效、节约和优化降水的目的。

6.2.2 明排井是集水井、集水坑敞露于基坑底表面而不覆盖,排水沟可为明沟或管涵。

6.2.3 点井降水按原理分为：真空点井、喷射点井、电渗点井降水，真空点井又分为垂直、水平、倾斜；按降水深度分为单级、多级、接力点井降水。

点井的间距，在50年代一般用0.8~1.2m，在某些工程降水中，曾采用2m间距取得成功，但比较有把握的，仍应在1~5m间距，加大间距可节约降水费用及能耗，但要形成降水基坑周围完整的真空帷幕，用以截断地下水渗流，应依试验为依据，才可加大点井间距。

6.2.4 引渗井降水是在滞水分布较普遍地区应用，例如北京市的地下水位，自解放后30多年来，已由埋深2~3m，下降到10~20m，对于一般浅基坑已不用降水，但随之而来的确是大量生活用水的自然排放及下水道工程的渗漏。导致本来已无天然渗流水补给的浅层含水层，受当地附近生活用水的长期补给，而浅层含水层中形成大面积滞水。这种滞水无规律性，甚至形成孔洞渗流的特点。因此在采用自渗井降水时，一定要结合本基坑周围的具体特点布孔，并要调查清楚周围的各种沟渠管线及可能向基坑渗水的途径。

6.2.6 大口井降水在我国应用逐年减少，主要原因是成本高、效果差，但在偏远地区或地层适宜地区仍有应用。我国北方大片黄土覆盖，具有很好的垂直节理特性，井壁不用保护，每眼大口井的费用较低。尽管如此，大口井只能适用于浅基坑降水，一般降水深度小于20m，或在基坑底部，做为其它降水方法的辅助措施。

6.2.7 辐射井在我国应用的时间不长，但由于施工技术不断发展，例如主井大直径反循环钻机的采用及漂浮法下管技术的成功，可使主井施工深度达到50m，甚至更深，是人工沉井法很难实现的，这样就使其适用性更为广泛，又如YS-Ⅳ型专用水平钻机的效能不断完善，就可使一眼辐射井的降水面积达到900m²，甚至更多，尤其是大宽度的基坑降水，更便于发挥作用。

辐射井降水施工比地表施工干扰小，可布置在基坑一侧或端角部位，地表只露出一个大口井；另外辐射井可在某一断面，纵

横两个方向和拦截地下水，该法也可与其它降水技术配合使用。辐射井在均质地层中可广泛应用，但多层含水层或条件复杂地区，不能单独完成降水，成本也较高。

6.2.8 潜埋井：近年基坑施工中发展起来的新技术，对涵洞和基坑底部残存水的排降作用十分有效，在实施中需要与其它工种配合。

6.3 降水井布置

6.3.1 本条对降水井的平面布置是对降水方案提出要求的，对具体井的布置没有明确规定，可以是等距或不等距布井，应根据任务要求，水文地质条件和降水设计具体需要来布置。

采用辐射井降水时，当有几个辐射井同时对一个工程实施降水，由于目前在理论上还没有解决辐射井相互干扰的水位计算问题，因此只能通过试验或相同条件下的成功经验来确定辐射井辐射管的具体分布和数量，使之控制基坑范围内的有效水位降深达到降水技术要求。

当采用两级或多级点井降水方法时涉及基坑开挖的配合问题，因此在降水设计中，应提出基坑开挖的要求。

6.3.3 降水井的合理布设（包括平面的、垂向的），最终应通过水位、水量预测计算与降水方案优化后确定。并应考虑井周三维流与紊流的附加水头损失，适当留有余地。

6.3.4 降水观测孔从降水勘察开始经降水设计、降水施工、均需考虑其位置和作用。

6.4 降水出水量计算

6.4.1 基坑出水量包括：

- 1 满足基坑降水水位要求的基坑总出水量；
- 2 预测计算基坑的出水量。

6.4.3、6.4.4 条所列计算公式，分别为块状基坑和条状基坑降水井出水量公式，分成潜水完整井和承压水完整井，计算具有一

定精度。对于具体降水工程超出上述公式适用条件的,不排除选用其他适宜公式。

6.4.5 本条规定在降水设计预测计算中,设计分配每个降水设施的出水量不应大于降水设施的出水能力。

1 单井出水能力,包括群井干扰抽水情况下单井出水能力;基坑出水量分配到各降水井,其单井出水量不大于单井出水能力,降水预测计算才能成立;如分配到各井出水量大于单井出水能力,或者经群井干扰抽水的水位降深达不到要求时,就必须重新调整井的数量或井的结构,重新计算,直至满足降深要求为止。

2 本条列出的真空点井,喷射点井和管井的单井出水量计算公式,都是通过有关实践总结与有关文献资料总结的。因为单井出水能力不仅取决于含水层的渗透能力,还与过滤器的结构,成井施工质量,水位降深等因素有关。因此各类井的单井出水量,只能代表一般情况的单井出水能力。由于在降水设计计算时,开始时仅作初值考虑,精度要求不高,经预测计算确定的井数与井出水量,应小于单井出水能力。

6.5 降水水位预测

6.5.1 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,一般不是经过一次,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:

1 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;

2 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;无论做何种技术方法与调整降水方案,计算预测都不能满足设计要求的,可采用潜埋井技术方法等加以补充;

3 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井周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。

6.5.2 管井降水水位预测计算,应分为面状基坑或条状基坑。所列公式为两类:非稳定流以泰氏公式为基础,稳定流以裘布衣公式为基础。公式立论正确,已为广大水文地质界所接受,并已广泛用于实践。目前完整井公式比较成熟,计算也比较简单,故列入本规范,使用方便;非完整井公式,计算繁琐,稍欠成熟,可参考使用。

6.5.3 本条作此规定,出于两个原因:

1 点井降水:点井数量很多,如果应用管井理论进行水位降深预测计算,计算工作量大,且每个点井的出水量也很难控制,计算的结果与实际出入较大;又因点井降水大多在弱含水层中进行,每级水位降深很大,出水量不多,按我国目前点井设备规格,其抽水能力一般远大于基坑的来水量。鉴于上述原因,对点井降水,一般不要求进行降水水位预测计算,但应控制设备的抽水能力应大于基坑出水量一倍以上。

2 辐射井降水的水位预测计算,尤其是两个以上辐射井同时干扰抽水的情况下水位预测计算,目前还没有合适的计算公式,因此只能以辐射井的集水管的分布范围及其抽水能力来控制,即辐射井应是降水区的各降水含水层出水量一倍以上,一般情况下可以达到降水深度要求。

6.5.4 采用引渗降水的工程,其主要手段是将基坑范围内的滞水,通过引渗井,将滞水引渗至基坑底部以下强导水层中消纳,达到降水目的。在进行降水水位预测计算时,需要考虑两方面的问题:需要多少个引渗井才能将基坑出水量全部引渗到下部强导水层中,下渗水量能否被下部强导水层全部接纳;容纳以后的下部含水层水位将抬升,抬升的水位有多高,是否底面在基坑底面以下,能否满足降水技术要求。这需要通过预测计算,一般采用达西公式和裘布衣公式。

6.5.5 基坑降水水位预测计算也可用实抽法。除前面列出的计算

方法以外,也可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。

6.5.6 对于水文地质条件复杂的重大降水工程,在获得较多的水文地质参数条件下,为慎重起见,也可采用数值法进行基坑降水水位预测。这种预测方法精度比较高,需要条件很多。

7 降水工程施工

7.1 一般规定

7.1.1 降水施工,不仅指降水设施,也包括排水设施施工,当全部完成施工安装后,使设施运行,直到地下水位降深满足技术要求的降水深度并稳定 24h,降水施工阶段结束。

7.1.2 施工纲要是指指导降水施工的技术文件,不作为技术成果内容,可做为技术成果的附件。

7.2 降水井施工安装

7.2.2 点井施工安装

1 真空点井

(1) 真空点井常用的是单级点井降水采用真空泵。

我国南方已形成点井成套设备供应能力。点井过滤器外部为 $d=50\text{mm}$ 的钢管,钻有圆形孔眼,内有芯管 $d=38\text{mm}$ 的钢管连接。钢管上部可通过有环形支撑的 PVC 管或胶管与总管联接,一般总管可采用 $d=90\sim 130\text{mm}$ 的钢管,采用法兰盘连接,总管应在一个方向焊有 $d=38\text{mm}$,长度 10cm 的管头,一般间距为 1.0m,也可根据实际需要确定间距。在总管的中间应焊有与其直径相适应的三通,以便与真空泵连接。我国已有点井专用真空泵,抽水效果较好。

我国北方采用的点井过滤器,较为简单,即将 $d=38\text{mm}$ 的钢管,下部 1.5m 长钻有圆孔,然后包 2 至 3 层棕皮、尼龙网,即可使用,在工期不长的工程降水中是很成功的。

(2) 真空点井地上部分可加射流设备。由针状点井管、针状井管、总管和射流泵组四部分组成。针状点井管,下部连接针状

过滤器,过滤器包括里层芯管和外层花管。在管外2层分网,过滤器下部接沉淀管,芯管有进水孔,外井管上部由尼龙软管、胶管或铜管与总管相通,总管再接在射流泵组上。

射流泵连续运转造成负压,通过总管和点井管传导至埋入地层的针状过滤器。再由过滤器传导到针状点井周围的含水层中,使含水层的水沿着重力和负压合力的矢量方向流动并汇入点井滤管,最后经射流泵的水箱排出。

各个点井都形成一个负压影响范围,如设计合理,各负压区连接成一个负压带,能起到截断地下水流和降低地下水位的作用。

(3) 接力点井是上方出水口处,安装大直径射流器,设备直径($D=96\text{mm}$),下部加喷射器增加降水深度。

接力点井降水是国内目前仅有的一次接力点井降水实例,应用在上海宝山钢铁总厂初轧车间,最深的基坑中,总长度为2265m,其上部通过两级真空点井降水,开挖基坑底为 -9.6m ,然后采用25.5m长的喷射点井设备,接力点井下部为喷射点井,在上部芯管的工作水箱排水处,安装了 $\phi 96\text{mm}$ 喉管的射流器。并辅以一级真空点井及一级喷射点井,实际是在不同深度上截断地下水流,即点井截断 $-9.60\sim-19.60\text{m}$ 渗流水,喷射井点截断 $-19\sim-24\text{m}$ 渗流水,接力点则截断 $-24.00\sim-30.50\text{m}$ 的渗流水。

(4) 多级点井是对于降深度较大的基坑,可按不同深度的梯级平台设置真空点井或接力点井。按不同高程的多级点井封闭,分别向坑外排水,或接力排水。

我国目前最多已经达到四级点井降水,1980年在上海市吴松,江边泵站工程施工中采用的多级点井降水,该基坑的降水深度16m,上部地层为淤泥质粉质粘土、下部为淤泥质粘土,通过四级点井,全部采用射流泵,基坑开挖达到了设计深度。

2 喷射点井射流器是由喷嘴、联管、混合室、负压室组成,是根据喷射原理制造的。

原理是由喷射嘴喷射出的高压水,高速冲过喉管的同时,在喷嘴周围形成负压,负压将通过过滤器传导到反滤砂层及降水目

的层中,从而将含水层中的水抽至点井中。喉管上方是混合室,高速水流与由地层中抽进的汽与水,将形成汽水溶液,该汽水溶液的比重轻于水,有自然上冒的势能,再借助高速水流具有向上的动能,即可向上排出地表。

喷射点井在我国一般采用7.5MPa压力的水泵,可带动20m长的点井,每台泵可带动30个点井,但必需有备用水泵,以保证连续数个月的降水需求。我国采用的过滤器直径为73mm至63mm,一般长度采用1.5m,外壁管直径多用63mm钢管,内管多采用 $d=38\text{mm}$ 钢管。喷射点井的间距,由降水目的层的特性和降水深度、设备能力综合条件进行设计,在上海宝钢的施工降水中,通过试验,曾成功的采用3m间距,并取得了降水成功,我国一般经验均采用2m间距,也就是说,一套喷射井点设备(两台高压泵,1个 10m^3 工作冰箱,60m总管,30套点井管及过滤器),可完成60m长的降水工作段,如3m点井间距可达到同样目的的情况,可完成90m的降水工作段,就可节约总降水费用1/3。但加大井点间距的设计,必需在科学分析的基础上或通过现场试验后方可采用泵压计算:

$$P = \frac{S}{a} \quad (1)$$

式中 P ——泵压;

S ——降水深度;

a ——喷射点井喷射器系数。

经验公式:

$$0.77 \times \beta^2 \times \Phi^2 - (0.17 \times \beta^2 + 0.54)\Phi - 0.18 = 0 \quad (2)$$

我国通用喷射器喷射直径 $=6.5\text{mm}$,喉管直径 $=14\text{mm}$, β 为其比值:

$$\beta = \frac{\text{喉管直径}}{\text{喷嘴直径}} = \frac{14\text{mm}}{6.5\text{mm}} = 2.1538 \text{ 代入上式}$$

$$\Phi = 0.77,$$

$$a = 0.77\Phi - 0.17 = 0.198$$

我国通用的喷射器喷嘴系数 $a = 0.198$, 如采用上述喷射器时:

$$P = \frac{\text{降水深度}}{0.198}$$

3 电渗点井是饱和粘性土的毛细管中所含的是自由水, 不带电荷而呈电中性。紧靠毛细管壁的是一层带负电的强结合水, 叫扩散层。这就是土的双电层结构理论。毛细管中的自由水可随重力或电荷吸力移动, 固定层的强结合水在一般条件下不会移动, 只有弱结合水可以在较简单的外界条件下被排除, 在具有一定强度的直流电场中, 就可沿着电动热方向移动, 这种含水层中带正电水分子沿着电动势方向向阴极运动的过程叫电渗。

在一般的粘性土中, 采用真空降水技术, 也只能排除自由水的一部分, 仅占粘性土含水量的 $2\% \sim 5\%$, 远不能满足降水的要求。用直流电渗法, 可使粘性土中所含的水排除降低, 达到疏干土层的目的。

直流电渗法降水, 对所疏干的土层还可以起到其他方面的作用:

(1) 提高土的渗透系数: 由于粘性土中的弱结合水被排除, 使土中孔隙截面积增大, 从而增大了水流通道的断面, 使水流通畅。

阴极周围的土层加密: 在电渗产生的同时, 带负电的土颗粒也将沿着电动势的方向, 在土的孔隙中向着阳极方向移动, 并堆积在阳极周围的孔隙中这种现象叫电泳, 对阳极周围的土层起了加密作用。

(2) 降水区土层压密: 电渗排水的过程, 也是土中所受静水压力减弱和消失的过程。同时由于土本身的自压, 土体的骨架也将被压缩, 尤其对于膨胀性土层, 压缩密实更为明显。

(3) 形成新的化合物和胶结物: 土层产生电渗的同时, 电解现象也在进行。由于水分子被电解, 使阴、阳极的酸碱度产生变

化, 因而产生了矿物分解和离子交换。新生的可溶盐类将随水排除。但铁、铝化合物将沉在土颗粒之间, 形成土颗粒间的胶结质, 因此电渗处理过的土层, 会因胶结作用的产生增加地基强度。

7.2.4 管井降水应用最广, 具有很多成功的经验。

1 井管种类

钢管: 钢质井管在降水工程中应用较少, 是因钢材价格高, 多用于能够回收的工程。

铸铁管: 我国应用的极其普遍, 多年来一直有定型产品, 规格齐全, 质量优良。以 d 为 300mm 井管为主, 一般为直径 200~400mm, 壁厚 7~13mm 多采用管箍丝扣连接或焊接, 圆直度具佳。

塑料管: 我国有少量应用, 价格并不便宜, 抗冲抗压较差, 未得到广泛应用。

水泥管: 水泥井管有两种。一种是留有孔眼, 通过垫筋缠丝进行过滤的。另一种是无砂混凝土管, 即用水泥将砾石浇注成圆管, 通过砾石间隙或再包棕皮进行过滤。在降水工程中, 对于深度不大, 工期较短, 可一次性报废, 价格便宜, 多为自制, 是一种节约资金的好方法。

还有玻璃井管、钢筋笼管、木质井管、砖制井管等, 这些类型的井管, 也有应用。

2 过滤器种类

圆孔滤水管: 管的孔眼、垫筋、缠丝法, 根据地层的特性, 在我国普遍采用孔眼直径 $d = 8 \sim 15\text{mm}$, 垫筋直径 6~12mm, 缠丝直径 2~6mm, 缠丝间隙 0.5~5.0mm。垫筋用料多为钢筋, 缠丝用料多为铅丝, 滤管周围根据设计要求填入滤料。

条孔滤水管: 国外叫约翰逊滤水管, 即将井管加工成细密的条缝, 横缝或竖缝, 缝隙宽度最小 0.75mm, 此类滤水管在我国已有厂家生产, 目前使用不普遍。

3 滤料

一般为砂砾石, 滤料层的作用是渗水阻砂阻土。

7.3 施 工 程 序

7.3.1~7.3.7 降水施工程序在基岩、岩溶、水下、涵洞等特殊工程降水,应针对特殊问题安排施工程序。

7.4 验 收 规 定

7.4.1 本条规定的验收标准是指降水井、排水设施施工验收,不是工程降水施工全过程的验收。

8 降水工程监测与维护

8.1 降 水 监 测

8.1.1 降水井做为观测孔使用时,抽水初期由于井壁过滤器的射流和渗流作用,往往不易测到真实水位,应在井下设观测管,观测管中的水位可代表降水井的真实水位。

8.1.2 水位、水量、水质观测方法应根据工程需要和现场条件进行选择。

(1) 水位观测

钟测法:适用于孔径50~80mm,支水位距地面5~10m,且附近机械干扰声较小的观测孔。该设备由测绳钟组成,当与水面接触发出声音时的深度即为地下水位。

灯显式:适用于孔径较小位置较暗的观测孔。由半导体水位计,井下导线、电极、金属组成,遇水时电路接通,灯泡显亮时,即可测出水位,防止孔壁滴水、潮湿。

音响式:用于孔径较小,动水位10~20m观测孔,利用小型电池,地面为发声设备,电源接通后探头接触水面时发出声音,可测出水位。

电测式水位计:适于各种观测井孔。使用万能表或微安表、电极导线,当用单线下井时,另一端接金属管作为回路,电极遇水后,仪表指针摆动即可测得水位。井壁漏水时易造成误测。

CS-3型抗干扰水位仪:适用于各种井孔。该仪器可避免因孔壁漏水而造成误测,孔壁间隙大于1cm即可,传感器接触水位时,仪表立即发出音响信号,表针摆动,可测出水位。

半自动测井仪(SKS-01型):适用于各种井孔,该仪器可自动读数,灯亮时为水位深度。

自记水位仪:适用于连续频繁的井孔水位观测、可用于小于89mm的井孔,记录精度在 $\pm 1.5\text{mm}$ 以内,可随水位变化自动记录。

(2) 水量监测

当涌水量较小时,可采用三角堰箱观测。利用堰口观测值查三角堰流量表。

$$Q = ch^{5/2} \quad (\text{L/s}) \quad (3)$$

式中 h ——过堰水位 (cm);

c ——随 h 而变化的系数, h 由 $5.0 \sim 30.0\text{cm}$, c 由 $0.0142 \sim 0.0137$ 。

当水量较大时,可采用梯形堰观测,用其观测值查梯形堰流量表。

$$Q = 0.0186Bh^{5/2} \quad (4)$$

式中 B ——堰宽 (cm);

h ——过堰水位 (cm)。

当水量很大时,可采用矩形堰观测,用观测值查矩形堰流量表。

$$Q = 0.018Bh^{5/2} \quad (5)$$

监护期的水位水量进行同步观测,当水位水量稳定后可适当减少观测次数。

实际工作中也常采用地堰。

(3) 水质监测

简单分析试验项目应包括:

碳酸根 (CO_3^{2-})、重碳酸根 (HCO_3^{-1})、硫酸根 (SO_4^{2-})、氯根 (Cl^{-1})、钙 (Ca^{+2})、镁 (Mg^{+2})、钠 (Na^{+})、钾 (K^{+})、pH 值,矿化度,总硬度,侵蚀 CO_2 。

发现水质异常时,应增加特殊项目和分析次数做为工程环境问题处理。

8.2 降水维护

8.2.1 降水维护,主要是设备维护 and 操作方法,应按机械设备使

用说明书安装维护操作。各种降水设备应着重注意以下几点:

1 深井泵

降水井水量较大工期较长时使用深井泵;

开泵前应向泵内灌入清水 5L 左右,以润滑泵内橡皮轴封,启动前应在轴承部分注入润滑油,并将转子提起 35mm;

在运转中电机电壳和轴承部位温度最高不得超过 75°C ,一般为 60°C 以下;

使用时应调好 阀门,使出水量符合规定避免流量过大或产生空转;

洗井后宜先用泥砂泵抽清,再下深井泵。

2 潜水泵

运转时电机不应露出水面,切忌在泥沙中运转,用泥砂泵抽清后再下潜水泵;

下泵前应检查各种螺栓封口是否漏油、漏水,在地面空转 35min 后下泵,在水中运转有效;

下泵和运转应将绳索栓在水泵耳环上,不得使电缆受力,下入设计深度后将泵体吊住;

潜水泵外径与井壁至少留有 1cm 间隙,否则下泵提泵困难。

3 卧式离心泵

启动前应仔细检查管路、叶轮,灌水启动后,缓开闸门;

运转中应注意声音、温度是否正常,发现异常,及时停泵检查。

4 空气压缩机

运转中应注意排气温度,控制在 $40 \sim 80^\circ\text{C}$ 之间;

注意各种仪表和气压的指示是否正常;

停车时,要逐渐拧开贮气罐的放气阀并降低转速,扳开离合器,停止运转。

5 真空泵

应注意真空泵的真空度是否降低,运转有无异常声音。

9 工程环境

9.1 工程环境影响预测

9.1.1、9.1.2 工程降水施工时,预测对基坑边坡稳定性产生的影响,可参照下列指标确定:

(1) 各种类型土的边坡遇到下列三种情况之一时,不得使用下列表中数据:

开挖土质边坡高度大于10m,岩石或黄土边坡高度大于15m;
坡体地层中有软弱结构面存在或地下水比较丰富时;

土层层面或主要结构面的倾向与边坡开挖面的倾向一致,且二者走向的交角小于45°时。

(2) 各类土边坡容许坡度值参照表1、表2。

土质边坡坡度值 表1

土的类别	密实度或粘性土的状态	边 坡 高 度	
		5m 以下	5~10m
碎石土类	密	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75
	中密	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	稍密	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
粘性土类	坚硬	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
	硬塑	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50
砂土类	松散	按自然休止角确定	

黄土边坡容许坡度值 表2

年 代	开挖情况	边 坡 高 度		
		5m 以下	5~10m	5~10m
次生黄土 Q ₄	锹挖容易	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
马兰黄土	锹挖较容易	1:0.30~1:0.50	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
黄土 Q ₂	用锹开挖	1:0.20~1:0.30	1:0.30~1:0.50	1:0.50~1:0.75
黄土 Q ₁	镐挖困难	1:0.10~1:0.20	1:0.20~1:0.30	1:0.30~1:0.50

注:本表不适用于新近堆积黄土。

9.2 工程环境影响监测

9.2.3 建筑与市政工程环境监测尚应注意以下几点:

(1) 变形测量一等系指变形特别敏感的高层建筑中的高耸构筑物、重要古建筑、精密工程设施等。其精度要求是垂直位移测量:变形点的高程中误差±0.3mm,相邻变形点高程中误差±0.1mm。水平位移测量,变形点的高程中误差±3.0mm。

(2) 变形测量二等工程是指变形比较敏感的高层建筑、高耸构筑物、古建筑、重要工程设施和重要建筑物场地的监测等。其精度要求是垂直位移测量,变形点的高程中误差±0.5mm;相邻变形点高程中误差±0.3mm;水平位移测量、变形点的点位中误差±3.0mm。

9.3 工程环境影响防治

9.3.2 工程环境防治措施,应根据问题选择措施,还可应用其它有效方法。

9.4 水土资源保护

本规范对水土以外资源不做具体规定和要求,例如岩石、矿产、矿泉、盐矿等,一般工程降水遇到的较少。这种情况可根据国家法规和地方法规确定或商定。

10 技 术 成 果

10.0.3~10.0.6 确保降水施工完成后提出技术成果。