

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2009〕88号文）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上修订了本规范。

本规范的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 勘察；5 降水；6 隔水帷幕；7 回灌；8 监测。

本规范修订的主要内容是：1 将原规范适用范围降水工程扩展为地下水控制工程；2 增加了隔水帷幕、回灌、监测的设计和施工的相关规定；3 对原规范中总则、术语和符号、基本规定、降水工程分类、降水工程勘察等内容进行了修改、补充和完善；4 对原规范降水工程设计、施工、监测与维护、工程环境、技术成果进行了合并、修改、补充和完善。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由住房和城乡建设部负责日常管理，由建设综合勘察研究设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送建设综合勘察研究设计院有限公司（地址：北京市东城区东直门内大街177号，邮编：100007）。

本规范主编单位：建设综合勘察研究设计院有限公司

本规范参编单位：山东宁建建设集团有限公司

上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

北京市勘察设计院有限公司

中国建筑科学研究院
中兵勘察设计研究院
中航勘察设计研究院有限公司
中冶建筑研究总院有限公司
中国建筑西南勘察设计研究院有限公司
北京城建勘测设计研究院有限责任公司
北京市城建科技促进会
北京综建科技有限公司
上海长凯岩土工程有限公司
北京市市政三建设工程有限责任公司

本规范主要起草人员：武 威 郭明田 杨根才 苏志刚
孙华波 康景文 魏建华 顾宝和
柳建国 王曙光 宁俊栋 马永琪
金 淮 高文新 周与诚 张国强
孙保卫 苏河修 郭星宇 庞 炜
周振鸿

本规范主要审查人员：梁金国 徐张建 高文生 丘建金
杨俊峰 吴永红 何 平 杨书涛
王长科

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
3.1	一般规定	5
3.2	地下水控制工程分类	6
4	勘察	9
4.1	一般规定	9
4.2	勘察工作布置	10
4.3	水文地质试验	11
4.4	水文地质试验参数计算	14
4.5	特殊条件的勘察	16
5	降水	18
5.1	一般规定	18
5.2	降水方法的分类和选择	19
5.3	降水设计计算	20
5.4	降水系统布设	24
5.5	降水施工	29
5.6	验收与运行维护	33
6	隔水帷幕	35
6.1	一般规定	35
6.2	隔水帷幕设计	35
6.3	隔水帷幕施工	38
6.4	验收与运行维护	42

7	回灌	44
7.1	一般规定	44
7.2	回灌设计	44
7.3	回灌施工	47
7.4	验收与运行维护	48
8	监测	50
8.1	一般规定	50
8.2	地下水位监测	51
8.3	出水量和含砂量监测	52
8.4	水质监测	53
8.5	变形观测	54
8.6	巡视检查	54
附录 A	注水试验的形状系数值	55
附录 B	基坑涌水量计算	56
附录 C	降水井单井出水量计算和选用	58
附录 D	过滤器类型及适用范围	61
附录 E	管井降水水位预测	62
	本规范用词说明	64
	引用标准名录	65

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
3.1	General Requirements	5
3.2	Groundwater Control Engineering Classification	6
4	Investigation	9
4.1	General Requirements	9
4.2	Survey Point (Well) Arrangement	10
4.3	Hydrogeological Test	11
4.4	Determination of Hydrogeological Parameters	14
4.5	Special Site Hydrogeological Investigation	16
5	Dewatering	18
5.1	General Requirements	18
5.2	Classification and Selection of Dewatering Method	19
5.3	Design and Calculation of Dewatering	20
5.4	Dewatering System Layout	24
5.5	Dewatering Construction	29
5.6	Receiving Inspection and Maintenance	33
6	Groundwater Cut-off Curtain	35
6.1	General Requirements	35
6.2	Design of Groundwater Cut-off Curtain	35
6.3	Groundwater Cut-off Curtain Construction	38
6.4	Receiving Inspection and Maintenance	42

7	Artificial Groundwater Recharge	44
7.1	General Requirements	44
7.2	Design of Artificial Groundwater Recharge	44
7.3	Artificial Groundwater Recharge Construction	47
7.4	Working Maintenance and Seal of Well	48
8	Monitoring	50
8.1	General Requirements	50
8.2	Groundwater Monitoring	51
8.3	Water Yield and Sand Content Monitoring	52
8.4	Water Quality Monitoring	53
8.5	Deformation Observation	54
8.6	Visitatorial Inspection	54
Appendix A	The Shape Coefficient of Water Injection Test	55
Appendix B	Calculation of Pit Groundwater Yield	56
Appendix C	Calculation and Selection of Single Well Water Yield	58
Appendix D	The Filter Type and Scope of Application	61
Appendix E	Prediction of Tube Well Water Level	62
	Explanation of Wording in This Code	64
	List of Quoted Standards	65

1 总 则

1.0.1 为了在建筑与市政工程建设期间的地下水控制中贯彻执行国家技术经济政策，保护水资源和工程环境，做到安全适用、确保质量、技术先进、经济合理，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、扩建、改建的建筑与市政工程建设期间地下水控制。

1.0.3 地下水控制应正确处理工程建设与环境保护和节约水资源的关系，确保工程环境安全和正常使用，保障建筑和市政工程开挖和地下结构施工。

1.0.4 建筑与市政工程地下水控制除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 地下水控制 groundwater control

为保证地下工程、基础工程正常施工，控制和减少对工程环境影响，而采取的排水、降水、隔水或回灌等工程措施的统称。

2.1.2 降水 dewatering

通过降水设计和施工，排除地表水体和降低地下水水位或水头压力，满足建设工程的降水深度和时间要求的工程措施。

2.1.3 隔水帷幕 groundwater cut-off curtain

隔离、阻断或减少地下水从围护体侧壁或底部进入开挖施工作业面的连续隔水体。也称为截水帷幕。

2.1.4 回灌 artificial recharge, artificial groundwater recharge

将水引渗于地下含水层，补给地下水，稳定地下水位，防止地下水位降低使土体固结产生不均匀沉降的工程措施。

2.1.5 渗井 self absorbing well

重力水通过井孔自行或抽水下渗至下部含水层的降水井。

2.1.6 电渗井 electro-drainage point well

利用黏性土的电渗现象而达到降水目的的降水井。

2.1.7 潜埋井 buried well

埋至设计降水深度以下，以抽降基坑、涵洞、隧道等底部残留的地下水的降水井。

2.1.8 集水明排 open pumping

用排水沟、集水井、泄水管、输水管等组成的排水系统将地表水、地下水排除的方法。

2.1.9 工程环境 engineering environment

地下水控制工程影响范围内包括既有建（构）筑物、道路、地下设施、地下管线等基础设施、岩土体及地下水体等的统称。

2.1.10 信息化施工 construction with information method

根据施工现场的地质情况和监测数据，对施工安全性进行判断并及时修正施工方案的施工方法。

2.2 符 号

2.2.1 尺寸参数

A ——面状降水井点系统围合的面积；钻孔套管截面积；双环法试验内环的底面积；

B ——条状降水井点系统围合的宽度；

D ——成井（孔）直径；

d ——井点管内直径；

H ——潜水含水层厚度；水文地质试验水头；

H_a ——试验土层的毛细压力水头；

H_w ——降水井点深度；

h ——隔水深度，基坑动水位至含水层底板的距离；

L ——线状降水的长度；

M ——承压含水层厚度；

Q ——总涌水量，回灌水量；水文地质试验流量；

q ——设计单井出水量；

R ——影响半径；

r ——回灌井点计算半径；

r_i ——第 i 个抽水井至观测孔或计算点的距离；

r_0 ——基坑等效半径；

s ——水位下降值，水位计算降深，地层沉降；

Δh^2 ——潜水含水层在自然情况下厚度和抽水试验厚度的平方差。

2.2.2 性能参数

a ——压力传导系数；

k ——渗透系数；

T ——导压系数；

ψ_w ——沉降计算经验系数。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 地下水控制应包括工程勘察、地下水控制设计、工程施工与工程监测等工作内容。

3.1.2 地下水控制应综合地方经验，因地制宜，选择合理的地下水控制方案，有效控制对工程环境的影响，防止污染地下水，减少地下水的抽排量。

3.1.3 地下水控制设计和施工前应搜集下列资料：

- 1 地下水控制范围、深度、起止时间等；
- 2 地下工程开挖与支护设计施工方案，拟建建（构）筑物基础埋深、地面高程等；
- 3 场地与相邻地区的工程勘察等资料，当地地下水控制工程经验；
- 4 周围建（构）筑物、地下管线分布状况和平面位置、基础结构和埋设方式等工程环境情况；
- 5 地下水控制工程施工的供水、供电、道路、排水及有无障碍物等现场施工条件。

3.1.4 当已有工程勘察资料不能满足设计要求时应进行补充勘察或专项水文地质勘察。

3.1.5 地下水控制设计应满足下列功能规定：

- 1 支护结构设计和施工的要求；
- 2 地下结构施工的要求；
- 3 工程周边建（构）筑物、地下管线、道路的安全和正常使用要求。

3.1.6 地下水控制施工应根据设计要求编制施工组织设计或专项施工方案，并应包括下列主要内容：

- 1 工程概况及设计依据；
 - 2 分析地下水控制工程的关键节点，提出针对性技术措施；
 - 3 制定质量保证措施；
 - 4 制定现场布置、设备、人员安排、材料供应和施工进度计划；
 - 5 制定监测方案；
 - 6 制定安全技术措施和应急预案。
- 3.1.7 地下水控制实施过程中，应对地下水及工程环境进行监测。
- 3.1.8 地下水控制的勘察、设计、施工、检测、维护资料应及时分析整理、保存。
- 3.1.9 地下水控制工程不得恶化地下水水质，导致水质产生类别上的变化。
- 3.1.10 地下水控制过程中抽排出的地下水经沉淀处理后应综合利用；当多余的地下水符合城市地表水排放标准时，可排入城市雨水管网或河湖，不应排入城市污水管道。
- 3.1.11 地下水控制施工、运行、维护过程中，应根据监测资料，判断分析对工程环境影响程度及变化趋势，进行信息化施工，及时采取防治措施，适时启动应急预案。

3.2 地下水控制工程分类

- 3.2.1 地下水控制方法可划分为降水、隔水和回灌三类。各种地下水控制方法可单独或组合使用。
- 3.2.2 地下水控制可根据控制方法、工程环境限制要求、工程规模、地下水控制幅度、含水层特征、场地复杂程度，并结合基坑围护结构特点、开挖方法和工况等将地下水控制工程划分为简单、中等复杂、复杂三级。
- 3.2.3 地下水控制工程复杂程度划分应符合下列规定：
- 1 降水工程复杂程度可按表 3.2.3-1 确定；

- 2 隔水工程复杂程度可按表 3.2.3-2 确定；
- 3 当两种以上地下水控制方法组合使用时，应划分为复杂工程。

表 3.2.3-1 降水工程复杂程度划分

条 件		复杂程度分级		
		简 单	中等复杂	复 杂
工程环境限制要求		无明确要求	有一定要求	有严格要求
降水工程 规模	面状围合面积 A (m^2)	$A < 5000$	$5000 \leq A \leq 20000$	$A > 20000$
	条状宽度 B (m)	$B < 3.0$	$3.0 \leq B \leq 8.0$	$B > 8.0$
	线状长度 L (km)	$L < 0.5$	$0.5 \leq L \leq 2.0$	$L > 2.0$
水位降深值 s (m)		$s < 6.0$	$6.0 \leq s \leq 16.0$	$s > 16.0$
含水层特征	含水层数	单层	双层	多层
	承压水	无承压水	承压含水层顶板 低于开挖深度	承压含水层顶板 高于开挖深度
	渗透系数 k (m/d)	$0.1 \leq k \leq 20.0$	$20.0 < k \leq 50.0$	$k < 0.1$ 或 $k > 50.0$
	构造裂隙发育程度	构造简单， 裂隙不发育	构造较简单、 裂隙较发育	构造复杂、 裂隙很发育
	岩溶发育程度	不发育	发育	很发育
场地复杂程度		简单场地	中等复杂场地	复杂场地

- 注：1 降水工程复杂程度分类选择以工程环境、工程规模和降水深度为主要条件，符合主要条件之一即可，其他条件宜综合考虑；
- 2 长宽比小于或等于 20 时为面状，大于 20 且小于或等于 50 时为条状，大于 50 时为线状；
 - 3 场地复杂程度分类根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 确定。

表 3.2.3-2 隔水工程复杂程度分类

条 件		复杂程度分类		
		简 单	中等复杂	复 杂
工程环境限制要求		无明确要求	有一定要求	有严格要求
隔水深度 h (m)		$h \leq 7.0$	$7.0 < h \leq 13.0$	$h > 13.0$
含水层 特征	含水层数	单层	双层	多层
	渗透系数 k (m/d)	$k \leq 20.0$	$20 < k \leq 50$	$k > 50$
场地复杂程度		简单场地	中等复杂场地	复杂场地

注：1 隔水工程复杂程度分类选择以工程环境和隔水深度为主要条件，符合主要条件之一即可，其他条件宜综合考虑；

2 场地复杂程度分类根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 确定。

3.2.4 地下水控制设计施工的安全等级应按表 3.2.4 分为一级、二级、三级。

表 3.2.4 安全等级分类

地下水控制工程复杂程度	安全等级
复杂	一级
中等复杂	二级
简单	三级

4 勘 察

4.1 一 般 规 定

4.1.1 地下水控制工程勘察应查明场地及其周边区域的水文地质条件，提供地下水控制设计、施工所需的水文地质参数和岩土参数。

4.1.2 地下水控制勘察应根据工程设计需要开展。地下水控制勘察工作可与岩土工程勘察合并进行。对于特殊场地或工程需要时，可进行补充勘察或专项地下水控制勘察。

4.1.3 地下水控制勘察应在搜集已有资料和现场踏勘后制定勘察方案。勘察的范围、内容和工作量应根据地下水控制设计和施工的技术要求、工程复杂程度及已有资料等确定。

4.1.4 地下水控制勘察应包括下列主要工作：

1 搜集场地及其周边工程地质、水文地质资料，已有建筑物、管线、地下构筑物的分布和埋设资料，拟建建（构）筑物平面布置和基础埋深等设计资料及要求等；

2 搜集区域性气候资料；

3 查明含水层和隔水层的埋藏条件，主要含水层的分布规律、岩性特征，地下水类型、流向、水位、水质及其变化幅度，当场地有多层对工程有影响的地下水时，分层量测地下水位，并查明各含水层之间的补排关系；

4 查明基岩裂隙、岩溶发育程度、富水性；

5 查明地下水的补给、径流、排泄条件，地表水体和地下河系的分布及其与工程场地的水力联系；

6 确定各含水层的渗透系数等水文地质参数；

7 确定地下水控制稳定、变形计算等所需的岩土参数；

8 提出地下水控制方法的建议。

4.2 勘察工作布置

4.2.1 勘察工作布置应符合下列规定：

- 1 勘察工作布置应满足地下水控制设计要求；
- 2 抽水试验井应充分考虑地下水类型和含水层的富（透）水性，并结合地下水控制工程的需要确定；
- 3 观测孔的布置与抽水试验井的距离宜为（1~2）倍含水层厚度，宜垂直地下水流向布置；
- 4 勘察孔、抽水试验井、观测孔的数量宜根据地下水控制工程复杂程度按表 4.2.1 的规定布置。

表 4.2.1 地下水控制每个含水层勘察数量表

复杂程度	勘察孔（个）	抽水试验井（个）	观测孔（个）
简单	1	1	1
中等	2~3	1~2	2~4
复杂	>3	>2	>4

4.2.2 勘察孔深度应能控制对工程有影响的含水层，并满足地下水控制工程设计的要求，勘察孔孔径不宜小于 91mm。

4.2.3 抽水试验井应符合下列规定：

- 1 深度应能控制对工程有影响的含水层；
- 2 抽水试验井宜为完整井；
- 3 井管直径在松散层中不应小于 200mm，在基岩中不应小于 150mm；
- 4 过滤器结构应符合现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的有关规定；
- 5 沉砂管长度宜为 1m~2m；
- 6 水泵置入设计降水深度以下不应少于 2m。

4.2.4 观测孔应符合下列规定：

- 1 观测孔底部宜进入最大降深水位以下 3m；
- 2 孔径宜为 50mm~100mm；

- 3 深度、过滤器位置应与抽水试验井一致；
- 4 沉砂管长度宜为 50cm~60cm。

4.3 水文地质试验

4.3.1 水文地质参数的现场测试方法应根据含水层分布、土层渗透性、工程特点及设计要求进行选择，对工程影响范围内多层含水层应分层进行水文地质参数测试。

(I) 抽水试验

4.3.2 抽水试验方法选择应符合下列规定：

- 1 抽水试验方法可按表 4.3.2 选择。

表 4.3.2 抽水试验方法和应用范围

试验方法	应用范围
简易抽水	粗略估算弱透水层的渗透系数
单孔抽水	初步测定含水层的渗透系数
多孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

2 简易抽水或单孔抽水试验可采用提水试验方法或稳定流抽水试验方法。

- 3 多孔抽水试验可采用非稳定流或稳定流抽水试验方法。

4.3.3 稳定流抽水试验应符合下列规定：

1 抽水试验应进行 3 次降深，每次降水深度宜为最大降水深度的 1/3；

- 2 稳定延续时间宜为 8h~24h；

3 动水位和出水量观测，宜在抽水开始后的 5min、10min、15min、20min、25min、30min 各测一次，其后宜每隔 30min 或 60min 测一次；水温、气温宜每隔 2h~4h 同步量测一次；

4 抽水停止后应进行恢复水位观测，观测时间间隔同动水位观测时间。

4.3.4 非稳定流抽水试验应符合下列规定：

1 采用定流量时，流量变化幅度不宜大于 3%；采用定降深抽水时，水位变化幅度不宜超过 1%。

2 抽水试验的延续时间可根据含水层的导水性、储水能力、观测孔的数量及距抽水孔（井）的距离，结合所采用的非稳定流计算方法和实际需要来确定，并符合下列规定：

- 1) 承压水应根据水位下降值与时间对数 $[\lg t]$ 关系曲线确定，潜水应根据含水层变化平方差与时间对数 $[\Delta h^2 - \lg t]$ 关系曲线确定；
- 2) 当曲线呈直线状，延续时间在 $\lg t$ 轴上的投影数值不应少于两个对数周期；
- 3) 当曲线有拐点时，宜延续时间至拐点后出现水平线的最初时刻。

3 试验时应观测出水量和动水位，观测时间宜在抽水开始后的第（1、2、3、4、6、8、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100、120）min 各观测一次，以后每隔 30min 观测一次，直至结束。

4 抽水停止后应进行恢复水位观测，观测时间间隔同抽水试验。

（II）注水试验

4.3.5 注水试验可根据不同试验方法的适用条件按表 4.3.5 选择。

表 4.3.5 注水试验方法的适用条件

注水试验方法	适用岩土层
钻孔常水头注水试验	砂、砾石、卵石等强透水地层
钻孔降水头注水试验	粉砂、粉土、黏性土等弱透水地层
试坑注水试验	包气带非饱和岩土层

4.3.6 注水试验的钻孔和试验段隔离应符合下列规定：

- 1 注水试验应采用套管护壁，清水钻进，钻孔直径不宜小

于 91mm；

2 钻孔到达预定的试验深度后，清理孔内残土；孔底沉淀物厚度不应大于 50mm；

3 试验段宜位于同一地层，土层试验段长度宜为 1.5m，最长不应大于 5m；

4 对孔底进水的试验段应采用套管塞隔离；对孔底和孔壁同时进水的试验段应采用栓塞隔离，当可能产生孔壁坍塌时，应采用花管护壁。

4.3.7 钻孔常水头注水试验应符合下列规定：

1 试验段隔离后，应向管内注入清水，调节注水流量，使管中水位高出地下水位一定高度并保持稳定，同时应测定试验水头值；

2 应保持试验水头不变，观测注入流量，开始 5 次流量观测应为每 5min 一次，以后应为每 20min 一次并至少观测两次，同时绘制 $Q-t$ 曲线；

3 当最终的测读流量与最后 2h 的平均流量之差不大于 10% 时，即可结束试验。

4.3.8 钻孔降水头注水试验应符合下列规定：

1 钻孔降水头注水试验宜用于饱和的弱透水土层；

2 试验段隔离后，应向套管内注入清水，管中水位高出地下水位一定高度后，应停止注水，并开始计时观测水位下降；

3 水位观测开始 5 次应为每 5min 一次，然后 3 次应为每 10min 一次，其后可按 30min 间隔进行；

4 当试验水头下降到初始试验水头的 0.3 倍或连续观测 10 次以上且观测点水头比与时间关系呈直线时，可结束试验；

5 试验完成后应绘制 $t-\ln(H_t/H_0)$ 曲线。

4.3.9 双环法试坑注水试验应符合下列规定：

1 在选定的试验位置，挖圆形或方形试验坑至预定深度，直径或边长不应小于 500mm，底部修平，且不得扰动试验土层结构；

2 将直径分别为 250mm 和 500mm 的两个铁环按同心圆状压入试验坑底，压入深度宜为 50mm~80mm，压入过程中不得扰动试验土层结构；

3 在内环及内、外环之间环底铺上厚 20mm~30mm 的粒径为 5mm~10mm 的细砾缓冲层；

4 用两个流量瓶同时向内环和内、外环之间注水，水深均应为 100mm。注水过程中流量瓶通气孔管口距坑底应保持 100mm 不变；

5 注入流量观测开始 5 次观测时间间隔应为 5min，以后观测时间间隔应为 30min 并至少观测两次；

6 当连续两次观测的内环注入流量之差不大于 10% 时，可结束试验，并应取最后一次内环注入流量作为计算值。

4.4 水文地质试验参数计算

4.4.1 水文地质参数计算应符合下列规定：

- 1 应采用与场地水文地质条件相适应的计算公式；
- 2 应采用与地下水控制设计水位降深相近的水位变化值。

4.4.2 抽水试验的渗透系数可根据现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 进行计算。

4.4.3 注水试验的渗透系数可按下列公式进行计算：

- 1 钻孔常水头注水试验的渗透系数可按下列公式计算：

$$k = \frac{Q}{FH} \quad (4.4.3-1)$$

式中： k ——土的渗透系数 (cm/s)；

Q ——稳定水流流量 (cm³/s)；

F ——形状系数 (cm)，可按本规范附录 A 选用；

H ——试验水头 (cm)。

2 饱和带钻孔降水头注水试验的渗透系数可按下列公式计算：

$$k = \frac{A}{FT} \quad (4.4.3-2)$$

$$T = (t_1 - t_2) / \ln \frac{H_1}{H_2} \quad (4.4.3-3)$$

式中： k ——土的渗透系数（cm/s）；

T ——注水试验的滞后时间（s）；

H_1 ——试验开始后，在时间 t_1 时的试验水头（cm）；

H_2 ——试验开始后，在时间 t_2 时的试验水头（cm）；

A ——钻孔套管截面积（cm²）；

F ——形状系数（cm），可根据本规范附录 A 选用。

3 双环法试坑注水试验的渗透系数可按下列式计算：

$$k = Q_z / A (H + z + 0.5H_a) \quad (4.4.3-4)$$

式中： k ——试验土层的渗透系数（cm/s）；

Q ——内环的注入流量（cm³/s）；

A ——内环的底面积（cm²）；

H ——试验水头（cm）；

z ——从试坑底算起的渗入深度（cm）；

H_a ——试验土层的毛细压力水头（cm），可按表 4.4.3 取值。

表 4.4.3 不同土层的毛细压力水头 H_a

土层名称	H_a (cm)	土层名称	H_a (cm)
黏土	100	细砂	20
粉质黏土	80	中砂	10
粉土	40~60	粗砂	5
粉砂	30	—	—

4.4.4 降水影响半径的确定应符合下列规定：

1 采用有观测孔的抽水试验资料时，可按现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的规定计算；

2 无抽水试验资料时，可按当地类似的水文地质条件下其他地段的参数值或当地经验值采用比拟法确定；

3 对安全等级为二级或三级的地下水控制工程，可按下列公式计算：

潜水含水层： $R = 2s_w \sqrt{kH}$ (4.4.4-1)

承压水含水层： $R = 10s_w \sqrt{k}$ (4.4.4-2)

非稳定流： $R = 1.5 \sqrt{at}$ (4.4.4-3)

式中： k ——土的渗透系数 (m/d)；

a ——压力传导系数 (m^2/d)；

t ——抽水的延续时间 (d)；

H ——潜水含水层的厚度 (m)；

s_w ——水位降深 (m)。

4.5 特殊条件的勘察

4.5.1 基岩裂隙水地区勘察应符合下列规定：

- 1 应查明基岩风化程度、范围和深度；
- 2 应查明构造裂隙性质、分布、发育情况、产状特征；
- 3 应查明基岩裂隙的导水性、充填物和岩脉阻水性；
- 4 应查明地下水的补给、径流、排泄条件；
- 5 应查明地下水（泉水）水位、水量、水质情况；
- 6 应预测构造断层破碎带突水可能性；
- 7 应充分利用物探查明基岩构造和裂隙发育；
- 8 勘察工作量应能控制主要含水构造和破碎带，并提供水文地质参数。

4.5.2 岩溶地区勘察应符合下列规定：

- 1 应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 应查明岩溶发育规律，浅层与深层岩溶的关系；
- 3 应查明岩溶发育与地貌、构造、岩性的关系；
- 4 应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，查明垂直循环带、水平循环带及季节循环带深度；
- 5 应调查地下水或泉水水位、水量、水质的动态变化，宜

布置长期观测孔，并对泉水或岩溶地下水露头同步观测，宜进行连通试验；

6 应预测降水影响，判断产生地面沉降、淘空、塌陷、突水的可能性；

7 应充分利用地面调查和物探成果；

8 勘察工作布置应能控制降水范围和外围地区水力联系；

9 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。

4.5.3 水下工程的勘察应符合下列规定：

1 勘察控制范围宜大于降水范围1倍；

2 勘探孔深度宜为基坑或地下工程底板深度的（2~3）倍；

3 勘探点的定位允许偏差应为 $\pm 0.5\text{m}$ ；

4 应查明地表水（海水、河渠、湖塘、水库等）分布；

5 应查明地表水的多年及年内变动幅度、流速、流向、水文气象、水道变迁等特征，预测其施工期间可能变动趋势；

6 应查明地表水的含砂量和水下沉积物特征；

7 应查明地表水和地下水的补排关系；

8 应查明水下地层的物理、力学、化学性质；

9 应预测地下水控制可能产生的不良地质现象和工程环境影响。

5 降 水

5.1 一 般 规 定

5.1.1 降水设计应符合下列规定：

- 1 应明确设计任务和依据；
- 2 应根据工程地质、水文地质条件、基坑开挖工况、工程环境条件进行多方案对比分析后制定降水技术方案；
- 3 应确定降水井的结构、平面布置及剖面图，以及不同工况条件下的出水量和水位降深；
- 4 应提出对周边工程环境监测要求，明确预警值、控制值和控制措施；
- 5 应提出降水运行维护的要求，提出地下水综合利用方案；
- 6 应提出降水施工质量要求，明确质量控制指标；
- 7 应预测可能存在的施工缺陷，制定针对性的修复预案。

5.1.2 采用三维数值模拟进行降水设计时，应进行专门的水文地质试验，查明水文地质和岩土条件，获取设计所需的各项参数。

5.1.3 基岩裂隙地区降水设计尚应符合下列规定：

- 1 设计井位应能控制风化层厚度和构造裂隙带；
- 2 应根据裂隙水的性质，采用相关公式计算涌水量、水位变化，并经抽水试验验证；
- 3 应根据与区域构造和含水层沟通情况，确定预防突涌措施，并应制定观测方案。

5.1.4 岩溶地区降水设计尚应符合下列规定：

- 1 设计井位应能控制岩溶构造裂隙和主要岩溶发育带；
- 2 应进行涌水量、水位预测，并经现场试验验证；
- 3 应提出防止成井后突水现象发生的辅助措施；
- 4 应对相邻地区泉水衰减、地面沉降、地面塌陷进行预测

和观测；

5 应根据岩溶水的特点，采取以排为主、排堵结合的处理措施。

5.1.5 水下工程的降水设计尚应符合下列规定：

- 1 应选择可靠的围堰、筑岛、栈桥等方法排除地表水；
- 2 应采取防止地表水与地下水连通措施；
- 3 选择堵截工程措施时应加强试验和观测。

5.1.6 对滨海地区降水，应提出防止海水入侵、淡水资源遭受污染的措施。

5.1.7 降水运行时间应满足地下结构施工的要求，当存在抗浮要求时应延长降水运行工期。

5.1.8 降水完成后应及时封井。

5.2 降水方法的分类和选择

5.2.1 降水方法应根据场地地质条件、降水目的、降水技术要求、降水工程可能涉及的工程环境保护等因素按表 5.2.1 选用，并应符合下列规定：

1 地下水控制水位应满足基础施工要求，基坑范围内地下水位应降至基础垫层以下不小于 0.5m，对基底以下承压水应降至不产生坑底突涌的水位以下，对局部加深部位（电梯井、集水坑、泵房等）宜采取局部控制措施；

- 2 降水过程中应采取防止土颗粒流失的措施；
- 3 应减少对地下水资源的影响；
- 4 对工程环境的影响应在可控范围之内；
- 5 应能充分利用抽排的地下水资源。

表 5.2.1 工程降水方法及适用条件

适用条件 降水方法	土质类别	渗透系数 (m/d)	降水深度 (m)
集水明排	填土、黏性土、粉土、 砂土、碎石土	—	—

续表 5.2.1

降水方法	适用条件	土质类别	渗透系数 (m/d)	降水深度 (m)
降水井	真空井点	粉质黏土、粉土、砂土	0.01~20.0	单级 ≤ 6 ，多级 ≤ 12
	喷射井点	粉土、砂土	0.1~20.0	≤ 20
	管井	粉土、砂土、碎石土、 岩石	>1	不限
	渗井	粉质黏土、粉土、砂 土、碎石土	<0.1	由下伏含水层的埋藏 条件和水头条件确定
	辐射井	黏性土、粉土、砂土、 碎石土	>0.1	4~20
	电渗井	黏性土、淤泥、淤泥质 黏土	≤ 0.1	≤ 6
	潜埋井	粉土、砂土、碎石土	>0.1	≤ 2

5.2.2 地下水控制应采取集水明排措施，拦截、排除地表（坑顶）、坑底和坡面积水。

5.2.3 当采用渗井或多层含水层降水时，应采取防止下部含水层水质恶化，在降水完成后应及时进行分段封井。

5.2.4 对风化岩、黏性土等富水性差的地层，可采用降、排、堵等多种地下水控制方法。

5.3 降水设计计算

5.3.1 降水设计计算宜包括以下主要内容：

- 1 基坑涌水量；
- 2 设计单井出水量；
- 3 降水井的数量、深度、滤水管长度；
- 4 承压水降水基坑开挖底板稳定性计算；
- 5 降水区内地下水位的预测计算；
- 6 降水引起的周边地面沉降计算。

5.3.2 基坑涌水量可根据地下水类型、补给条件、降水井的完整性，以及布井方式等因素，按本规范附录 B 计算确定。

5.3.3 设计单井出水量可根据降水井类型、地层等按本规范附录 C 计算和选用。

5.3.4 降水井的数量可根据基坑涌水量和设计单井出水量按下式计算：

$$n = \lambda Q/q \quad (5.3.4)$$

式中： n ——降水井数量；

Q ——基坑涌水量 (m^3/d)，可按本规范附录 B 计算确定；

q ——单井出水量 (m^3/d)，可按本规范附录 C 计算确定；

λ ——调整系数，一级安全等级取 1.2，二级安全等级取 1.1，三级安全等级取 1.0。

5.3.5 对于承压水降水工程，尚应符合下列规定：

1 承压水降水应设置备用井，备用井数量应为计算降水井数量的 20%；

2 承压水降水基坑开挖底板突涌稳定性计算应按下列公式进行：

$$\frac{h_s \gamma_s}{p_w} \geq 1.1 \quad (5.3.5)$$

式中： γ_s ——基坑开挖面至承压水层顶板之间土体的天然重度 (kN/m^3)；

h_s ——基坑开挖面至承压水层顶板之间的距离 (m)；

p_w ——承压含水层顶板处的水头压力值 (kPa)。

5.3.6 降水井的深度可根据基底深度、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按下式确定：

$$H_w = H_{w1} + H_{w2} + H_{w3} + H_{w4} + H_{w5} + H_{w6} \quad (5.3.6)$$

式中： H_w ——降水井点深度 (m)；

H_{w1} ——基底深度 (m)；

H_{w2} ——降水水位距离基坑底要求的深度 (m)；

H_{w3} ——可按 $i \cdot r_0$ 取值； i 为水力坡度，在降水井分布范围内宜为 $1/10 \sim 1/15$ ； 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 (m)；

H_{w6} ——沉砂管长度 (m)，宜为 $1\text{m} \sim 3\text{m}$ 。

5.3.7 过滤器类型及长度应符合下列规定：

1 过滤器类型及孔隙率可根据工程条件按本规范附录 D 选择；

2 对真空井点和喷射井点，过滤器的长度不宜小于含水层厚度的 $1/3$ ；

3 管井过滤器长度宜与含水层厚度一致。当含水层较厚时，过滤器的长度可按下式计算确定：

$$l = \frac{q}{\pi \cdot d \cdot n_e \cdot v} \quad (5.3.7)$$

式中： q ——单井出水量 (m^3/s)；

n_e ——滤水管的有效孔隙率，宜为滤水管进水表面孔隙率的 50% ；

d ——滤水管的外径 (m)；

v ——滤水管进水流速 (m/s)，可由经验公式 $v = \sqrt{k}/15$ 求得， k 为土的渗透系数 (m/s)。

5.3.8 降水设计应对影响区域内的地下水位进行预测，并应符合下列规定：

1 降水井点系统围合区域内，任一点的实测地下水位应满足设计降深水位要求；

2 当降水影响范围内存在隔水边界、地表水体或水文地质条件变化较大时，应根据具体情况对计算的单井出水量和地下水位降深进行适当修正；

3 管井降水水位预测可按本规范附录 E 的规定进行计算。

5.3.9 降水引起的沉降量可按下式计算：

$$s = \psi_w \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma'_{zi} \Delta h_i}{E_{si}} \quad (5.3.9)$$

式中： s ——降水引起的既有建筑物基础或地面的固结沉降量 (m)；

ψ_w ——沉降计算经验系数，应根据地区工程经验取值，无经验时，可取 $\psi_w = 1$ ；

$\Delta\sigma'_{zi}$ ——降水引起的地面下第 i 层土中点处的有效应力增量 (kPa)；对黏性土，应取降水结束时土的固结度下的有效应力增量；

Δh_i ——第 i 层土的厚度 (m)；

E_{si} ——第 i 层土的压缩模量 (kPa)；应取土的自重应力至自重应力与有效应力增量之和的压力段的压缩模量值。

5.3.10 当降水引起的基坑外土中各点有效应力增量符合稳定渗流条件时，宜按稳定渗流计算；当符合非稳定渗流条件时，宜按地下水非稳定渗流计算。有效应力增量尚可根据计算的地下水位降深，按下列公式计算：

1 计算点位于初始地下水位以上时：

$$\Delta\sigma'_{zi} = 0 \quad (5.3.10-1)$$

2 计算点位于降水水位与初始地下水位之间时：

$$\Delta\sigma'_{zi} = \gamma_w a_0 \quad (5.3.10-2)$$

3 计算点位于降水水位以下时：

$$\Delta\sigma'_{zi} = \gamma_w s_i \quad (5.3.10-3)$$

式中： γ_w ——水的重度 (kN/m^3)；

s_i ——计算点对应的地下水位降深值 (m)；

a_0 ——计算点至初始地下水位的垂直距离 (m)。

5.3.11 排水沟、集水井的截面应根据设计排水流量确定，设计排水流量应根据下式计算：

$$V \geq 1.5Q \quad (5.3.11)$$

式中： V ——排水沟、集水井的排水量 (m^3/d)；

Q——基坑涌水量 (m^3/d)，可按本规范附录 B 确定。

5.4 降水系统布设

5.4.1 降水系统平面布置应根据工程的平面形状、场地条件及建筑条件确定，并应符合下列规定：

1 面状降水工程降水井点宜沿降水区域周边呈封闭状均匀布置，距开挖上口边线不宜小于 1m；

2 线状、条状降水工程降水井宜采用单排或双排布置，两端应外延条状或线状降水井点围合区域宽度的 (1~2) 倍布置降水井；

3 降水井点围合区域宽度大于单井降水影响半径或采用隔水帷幕的工程，应在围合区域内增设降水井或疏干井；

4 在运土通道出口两侧应增设降水井；

5 当降水区域远离补给边界，地下水流速较小时，降水井点宜等间距布置，当邻近补给边界，地下水流速较大时，在地下水补给方向降水井点间距可适当减小；

6 对于多层含水层降水宜分层布置降水井点，当确定上层含水层地下水不会造成下层含水层地下水污染时，可利用一个井点降低多层地下水水位；

7 降水井点、排水系统布设应考虑与场地工程施工的相互影响。

(I) 真空井点

5.4.2 真空井点布设除应符合本规范第 5.4.1 条外，尚应符合下列规定：

1 当真空井点孔口至设计降水水位的深度不超过 6.0m 时，宜采用单级真空井点；当大于 6.0m 且场地条件允许时，可采用多级真空井点降水，多级井点上下级高差宜取 4.0m~5.0m；

2 井点系统的平面布置应根据降水区域平面形状、降水深度、地下水的流向以及土的性质确定，可布置成环形、U 形和

线形（单排、双排）；

3 井点间距宜为 0.8m~2.0m，距开挖上口线的距离不应小于 1.0m；集水总管宜沿抽水水流方向布置，坡度宜为 0.25%~0.5%；

4 降水区域四角位置井点宜加密；

5 降水区域场地狭小或在涵洞、地下暗挖工程、水下降水工程，可布置水平、倾斜井点。

5.4.3 真空井点的构造应符合下列规定：

1 井点管宜采用金属管或 U-PVC 管，直径应根据单井设计出水流量确定，宜为 38mm~110mm；

2 过滤器管径应与井点管直径一致，滤水段管长度应大于 1.0m；管壁上应布置渗水孔，直径宜为 12mm~18mm；渗水孔宜呈梅花形布置，孔隙率应大于 15%；滤水段之下应设置沉淀管，沉淀管长度不宜小于 0.5m；

3 管壁外应根据地层土粒径设置滤水网；滤水网宜设置两层，内层滤网宜采用 60 目~80 目尼龙网或金属网，外层滤网宜采用 3 目~10 目尼龙网或金属网，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；

4 孔壁与井管之间的滤料宜采用中粗砂，滤料上方应用黏土封堵，封堵至地面的厚度应大于 1.0m；

5 集水总管宜采用 $\phi 89\text{mm} \sim \phi 127\text{mm}$ 的钢管，每节长度宜为 4m，其上应安装与井点管相连接的接头；

6 井点泵应用密封胶管或金属管连接各井，每个泵可带动（30~50）个真空井点。

（II）喷射井点

5.4.4 喷射井点布置除应符合本规范第 5.4.1 条外，尚应符合下列规定：

1 当降水区域宽度小于 10m 时宜单排布置，当降水区域宽度大于 10m 时宜双排布置，面状降水工程宜环形布置；

2 喷射井点间距宜为 1.5m~3.0m，井点深度应比设计开挖深度大 3.0m~5.0m；

3 每组喷射井点系统的井点数不宜超过 30 个，总管直径不宜小于 150mm，总长不宜超过 60m，每组井点应自成系统。

5.4.5 喷射井点的构造应符合下列规定：

1 井点的外管直径宜为 73mm~108mm，内管直径宜为 50mm~73mm；

2 过滤器管径应与井点管径一致，滤水段管长度应大于 1.0m；管壁上应布置渗水孔，直径宜为 12mm~18mm；渗水孔宜呈梅花形布置，孔隙率应大于 15%；滤水段之下应设置沉淀管，沉淀管长度不宜小于 0.5m；

3 管壁外应根据地层土粒径设置滤水网；滤水网宜设置两层，内层滤网宜采用 60 目~80 目尼龙网或金属网，外层滤网宜采用 3 目~10 目尼龙网或金属网，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；

4 井孔成孔直径不宜大于 600mm，成孔深度应比滤管底深 1m 以上；

5 喷射井点的喷射器应由喷嘴、联管、混合室、负压室组成，喷射器应连接在井管的下端；喷射器混合室直径宜为 14mm，喷嘴直径宜为 6.5mm，工作水箱不应小于 10m³；

6 工作水泵可采用多级泵，水泵压力应大于 2MPa。

(III) 管 井

5.4.6 管井的布置除应符合本规范第 5.4.1 条外，尚应符合下列规定：

1 管井位置应避开支护结构、工程桩、立柱、加固区及坑内布置的监测点；

2 临时设置的降水管井和观测孔孔口高度可随工程开挖进行调整；

3 工程采用逆作法施工时应考虑各层楼板预留管井洞口；

4 当管井间地下分水岭的水位未达到设计降水深度时，应根据抽水试验的浸润曲线反算管井间距和数量并进行调整。

5.4.7 管井的构造和设备应符合下列规定：

1 管井井管直径应根据含水层的富水性及水泵性能选取，井管外径不宜小于 200mm，井管内径应大于水泵外径 50mm；

2 管井成孔直径宜为 400mm~800mm；

3 沉砂管长度宜为 1.0m~3.0m；

4 抽水设备出水量应大于单井设计出水量的 30%；

5 过滤器或滤水管类型和适用范围可按本规范附录 D 选择。

(IV) 渗 井

5.4.8 渗井的布置应符合本规范第 5.4.1 条外，尚应符合下列规定：

1 渗井间距应根据引渗试验确定，宜为 2.0m~10.0m；

2 渗井深度应根据下伏透水层的性质和埋置深度确定，宜揭穿被渗层，当被渗层厚度较大时，进入被渗层厚度不宜小于 2.0m；

3 渗井可单独采用，也可作为管井的补充。

5.4.9 渗井的构造和设备应符合下列规定：

1 裸井渗井成孔直径宜为 200mm~500mm，填入的砂、砾或砂砾混合滤料含泥量应小于 0.5%；

2 管井渗井成孔后应置入无砂混凝土滤水管、钢筋笼或金属滤水管，井周围应填充滤料。管井的构造和设备应符合本规范第 5.4.7 条的规定。

(V) 辐 射 井

5.4.10 辐射井布置应符合本规范第 5.4.1 条外，尚应符合下列规定：

1 辐射管的长度和分布应能有效控制降水范围，宜呈扇形布置；

2 当含水层较薄时，可在含水层中设置单层辐射管，辐射管的根数宜为每层（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，含水层底板界面应布设一层辐射管；

3 最下层辐射管至辐射井底的距离应大于 2.0m。

5.4.11 辐射井的构造应符合下列规定：

1 集水井直径应满足井内辐射管施工；

2 辐射管规格应根据地层、进水量、施工长度确定。

3 集水井应根据相应含水层在不同高程设置辐射管，并应设置施工辐射管用的钢筋混凝土圈梁；

4 集水井深度可根据含水层位置、基坑深度综合确定，底部应进行封底处理。

(VI) 电 渗 井

5.4.12 电渗井布设除应符合本规范第 5.4.1 条外，尚应符合下列规定：

1 井点管（阴极）应布设在基坑外侧，金属管（棒）（阳极）应布设在基坑内侧，井点管与金属管（棒）应并行交错排列，间距宜为 0.8m~1.0m；

2 井点管与金属管（棒）数量应一致。

5.4.13 电渗井的构造及设备应符合下列规定：

1 电渗井的设备应包括水泵、发电机、井点管、金属管（棒）、电线（缆）等；

2 井点管的直径、深度应满足抽水能力和水泵要求，金属管直径宜为 50mm~75mm，金属棒直径宜为 10mm~20mm，金属管（棒）宜高出地面 200mm~400mm，入土深度应比井点管深 0.5m。

(VII) 集 水 明 排

5.4.14 集水明排应符合下列规定：

1 对地表汇水、降水井抽出的地下水可采用明沟或管道排水；

2 对坑底汇水可采用明沟或盲沟排水；

3 对坡面渗水宜采用渗水部位插打导水管引至排水沟的方式排水；

4 必要时可设置临时性明沟和集水井，临时明沟和集水井随土方开挖过程适时调整。

5.4.15 沿排水沟宜每隔 30m~50m 设置一口集水井。集水井、排水管道不应影响地下工程施工。

5.4.16 排水沟深度和宽度应根据基坑排水量确定，坡度宜为 0.1%~0.5%；集水井尺寸和数量应根据汇水量确定，深度应大于排水沟深度 1.0m；排水管道的直径应根据排水量确定，排水管的坡度不宜小于 0.5%。

5.4.17 降水工程排水设施与市政管网接口之间应设沉淀池。

(Ⅷ) 潜埋井

5.4.18 潜埋井布设除应符合本规范第 5.4.1 条外，尚应符合下列规定：

1 井点宜布置在排降残存水方便、对结构施工影响小且便于封底的部位；

2 井点应布置在不影响后续工序施工的位置。

5.4.19 潜埋井的构造及设备安装应符合下列规定：

1 潜埋井应由集水、抽水、排水和电力设施组成；

2 抽水设施应埋至设计降水深度以下。

5.5 降水施工

5.5.1 降水施工组织设计应符合本规范第 3.1.6 条外，尚应包括下列内容：

1 根据设计要求，制定成井质量控制、降水运行控制的流程和指标；

- 2 地表排水管网布置及与市政管网的连接的要求；
 - 3 降水工程停止时间，封井的时间、方法和要求。
- 5.5.2 降水施工准备阶段应符合下列规定：**
- 1 施工现场水、电、路和场地应满足设备、设施就位和进出场地条件；
 - 2 应根据施工组织设计对所有参加人员进行技术交底和安全交底；
 - 3 应进行设备、材料的采购、组织与调配，设备选择应与降水井的出水能力相匹配；
 - 4 应进行工程环境监测的布设和初始数据的采集；
 - 5 当发现降水设计与现场情况不符时，应及时反馈情况。
- 5.5.3 真空井点的成孔应符合下列规定：**
- 1 垂直井点：对易产生塌孔、缩孔的松软地层，成孔施工宜采用泥浆钻进、高压水套管冲击钻进；对于不易产生塌孔缩孔的地层，可采用长螺旋钻进、清水或稀泥浆钻进；
 - 2 水平井点：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；
 - 3 倾斜井点：宜按水平井点施工要求进行，并应根据设计条件调整角度，穿过多层含水层时，井管应倾向基坑外侧；
 - 4 成孔直径应满足填充滤料的要求，且不宜大于 300mm；
 - 5 成孔深度不应小于降水井设计深度。
- 5.5.4 真空井点施工安装应符合下列规定：**
- 1 井点管的成孔应符合本规范第 5.5.3 条规定；
 - 2 达到设计孔深后，应加大泵量、冲洗钻孔、稀释泥浆，返清水 3min~5min 后，方可向孔内安放井点管；
 - 3 井点管安装到位后，应向孔内投放滤料，滤料粒径宜为 0.4mm~0.6mm。孔内投入的滤料数量，宜大于计算值 5%~15%，滤料填至地面以下 1m~2m 后应用黏土填满压实；
 - 4 井点管、集水总管应与水泵连接安装，抽水系统不应漏水、漏气；

5 形成完整的真空井点抽水系统后，应进行试运行。

5.5.5 喷射井点施工安装应符合下列规定：

1 喷射井点施工方法、滤料回填应符合本规范第 5.5.3 条、第 5.5.4 条的规定；

2 井管沉设前应对喷射器进行检验，每个喷射井点施工完成后，应及时进行单井试抽，排出的浑浊水不得回流循环管路系统，试抽时间应持续到水清砂净为止；

3 每组喷射井点系统安装完成后，应进行试运行，不应有漏气、翻砂、冒水现象；

4 循环水箱内的水应保持清洁。

5.5.6 管井施工应符合下列规定：

1 管井施工可根据地层条件选用冲击钻、螺旋钻、回转钻或反循环等方法钻进成孔，施工过程中应做好成孔施工记录；

2 管井过滤器、滤料、泥浆要求，应符合本规范第 5.4.7 条和现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的规定；

3 吊放井管时应平稳、垂直，并保持井管在井孔中心，严禁猛墩，井管宜高出地表 200mm 以上；管井的施工与安装应符合现行国家标准《管井技术规范》GB 50296 的规定；

4 单井完成后应及时进行洗井，洗井后应安装水泵进行单井试抽；抽水时应做好工作压力、水位、抽水量的记录，当抽水量及水位降值与设计不符时，应及时调整降水方案；

5 单井、排水管网安装完成后应及时进行联网试运行，试运行合格后方可投入正式降水运行。

5.5.7 渗井施工应符合下列规定：

1 可采用螺旋钻进、回转钻进或人工成井，对易缩孔、塌孔地层应采用套管法成孔；

2 采用人工成井时应制定专项安全措施。

5.5.8 辐射井施工应符合下列规定：

1 集水井宜采用钢筋混凝土结构；采用沉井法和倒挂井壁逆作法时，壁厚宜为 250mm~350mm，采用钻机成孔和漂浮下

管法时，壁厚宜为 150mm~200mm，每节管的接头部位应作防渗漏处理；

2 辐射管施工工艺宜根据地层岩性确定，可采用顶管钻进、回转钻进、潜孔锤钻进、人工成孔；

3 辐射管与集水井壁间应封堵严密；

4 配备的抽水设备的出水量、扬程应大于设计参数；

5 集水井口应采取安全防护措施。

5.5.9 电渗井施工应符合下列规定：

1 电渗降水时宜采取间歇通电，每通电 24h 后宜停电 2h~3h；

2 应采取连续抽水；

3 雷雨时工作人员应远离两极地带，维修电极时应停电。

5.5.10 集水明排施工应符合下列规定：

1 采用明沟排水时，沟底应采取防渗措施；采用盲沟排水时，盲沟内宜采用级配碎石充填，并应满足主体结构对地基的要求；

2 集水井（坑）壁应有防护结构，并应采用碎石滤水层、泵头包纱网等措施；

3 当基坑侧壁出现渗水时，应针对性地设置导水管，将水引入排水沟；

4 水泵的选型可根据排水量大小及基坑深度确定；

5 排水管道上宜设置清淤孔，清淤孔的间距不宜大于 10m；

6 明沟、集水井、排水管、沉淀池使用时应随时清理淤积物，保持排水通畅。

5.5.11 潜埋井施工应符合下列规定：

1 潜埋井封底应在周边基础结构施工完成后方可进行；

2 封底时应预留出水管口，停抽后应及时堵塞封闭出水管口。

5.6 验收与运行维护

5.6.1 降水工程单井验收应符合下列规定：

- 1 单井的平面位置、成孔直径、深度应符合设计要求；
- 2 成井直径、深度、垂直度等应符合设计要求，井内沉淀厚度不应大于成井深度的5%；
- 3 洗井应符合设计要求；
- 4 降深、单井出水量等应符合设计要求；
- 5 成井材料和施工过程应符合设计要求。

5.6.2 正式运行前应进行联网试运行抽水试验，并应符合下列规定：

1 应保持场区排水管网畅通并与市政管网连接，排水管道应满足排水量的要求，沉淀池、水量计量、水位测量仪等设施应符合设计要求；

2 各降水井管与排水总管应安装调试完毕；

3 供电线路和配电箱的布置应满足降水要求，并应配备必要的备用电源、水泵和有关设备及材料；

4 应开启全部降水井，并应进行水位、水量等监测记录；

5 当降水深度大于设计要求的深度时，可适当调整降水井的数量或井的抽水量；当降水深度小于设计要求的深度或不能满足基坑开挖的深度时，应分批开启全部备用井；

6 当基坑内观察井的稳定水位24h波动幅度小于20mm时，可停止试验；

7 抽水试验的降水深度不能满足基坑开挖或降水设计要求时，应分析查找原因，调整井的数量或井的结构。

5.6.3 降水过程中，抽排水的含砂量应符合下列规定：

1 管井抽水半小时内含砂量，粗砂含量应小于1/50000；中砂含量应小于1/20000；细砂含量应小于1/10000；

2 管井正常运行时含砂量应小于1/50000；

3 辐射井抽水半小时内含砂量应小于1/20000；

- 4 辐射井正常运行时含砂量应小于 $1/200000$ 。
- 5.6.4** 集水明排工程排水沟、集水井、排水导管的位置，排水沟的断面、坡度、集水坑（井）深度、数量及降排水效果应满足设计要求。
- 5.6.5** 降水运行维护应符合下列规定：
- 1 应对水位及涌水量等进行监测，发现异常应及时反馈；
 - 2 当发现基坑（槽）出水、涌砂，应立即查明原因，采取处理措施；
 - 3 对所有井点、排水管、配电设施应有明显的安全保护标识；
 - 4 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 2 次；
 - 5 当井内水位上升且接近基坑底部时，应及时处理，使水位恢复到设计深度；
 - 6 冬季降水时，对地面排水管网应采取防冻措施；
 - 7 当发生停电时，应及时更换电源，保持正常降水。
- 5.6.6** 降水工程验收资料应包括下列内容：
- 1 设计依据、技术要求，经审批的施工组织设计、施工方案以及执行中的变更单；
 - 2 测量放线成果和复核签证单；
 - 3 原材料质量合格和质量鉴定书，半成品产品的质量合格证书；
 - 4 施工记录和隐蔽工程的验收文件，检测试验及见证取样文件；
 - 5 监测、巡视检查记录；
 - 6 降水工程的运行维护记录；
 - 7 对周边环境的影响记录，包括基坑支护结构、周边地面、邻近工程和地下设施的变形记录；
 - 8 其他需提供的文件和记录。

6 隔水帷幕

6.1 一般规定

6.1.1 当降水会对基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对工程环境造成长期不利影响时，可采用隔水帷幕方法控制地下水。

6.1.2 隔水帷幕方法可按表 6.1.2 进行分类。

表 6.1.2 隔水帷幕方法分类

分类方式	帷幕方法
按布置方式	悬挂式竖向隔水帷幕、落底式竖向隔水帷幕、水平向隔水帷幕
按结构形式	独立式隔水帷幕、嵌入式隔水帷幕、支护结构自抗渗式隔水帷幕
按施工方法	高压喷射注浆（旋喷、摆喷、定喷）隔水帷幕、压力注浆隔水帷幕、水泥土搅拌桩隔水帷幕、冻结法隔水帷幕、地下连续墙或咬合式排桩隔水帷幕、钢板桩隔水帷幕、沉箱

6.1.3 隔水帷幕功能应符合下列规定：

- 1 隔水帷幕设计应与支护结构设计相结合；
- 2 应满足开挖面渗流稳定性要求；
- 3 隔水帷幕应满足自防渗要求，渗透系数不宜大于 1.0×10^{-6} cm/s。

6.1.4 当采用高压喷射注浆法、水泥土搅拌法、压力注浆法、冻结法帷幕时，应结合工程情况进行现场工艺性试验，确定施工参数和工艺。

6.2 隔水帷幕设计

6.2.1 隔水帷幕设计应包括下列内容：

- 1 制定隔水帷幕技术方案，确定帷幕施工方法；
- 2 确定隔水帷幕的平面布置、竖向布置、结构形式；
- 3 隔水帷幕的结构设计和构造要求；
- 4 确定施工工艺和技术参数，提出施工质量要求和控制指标；

5 提出对帷幕本体及周边工程环境监测要求，明确预警值、控制值和控制措施；

6 预测可能存在的施工风险，制定针对性的修复措施。

6.2.2 隔水帷幕在平面布置上宜沿地下水控制区域闭合，在设计深度范围内应连续。当采用未闭合的平面布置时，应对地下水沿帷幕两端绕流引起的渗流破坏和地下水位下降进行分析，并应采取阻止地下水流入基坑内的措施。

6.2.3 当基础底部以下存在连续分布、埋深较浅的隔水层时，应采用落底式竖向隔水帷幕；当基础底部以下含水层厚度较大，隔水层不连续或埋深较深时，可采用悬挂式竖向隔水帷幕，同时应采取隔水帷幕内侧降水，必要时采取帷幕外侧回灌或与水平隔水帷幕结合的措施；地下暗挖隧道、涵洞工程可采用水平向或斜向隔水帷幕。

6.2.4 当支护结构为排桩时，可采用高压喷射注浆或水泥土搅拌桩与排桩相互衔接（咬合）组成的嵌入式隔水帷幕。

6.2.5 隔水帷幕施工方法的选择应根据工程地质条件、水文地质条件、场地条件、支护结构形式、周边工程环境保护要求综合确定。隔水帷幕施工方法可按表 6.2.5 选用。

表 6.2.5 隔水帷幕施工方法及适用条件

适用条件 隔水方法	土质类别	注意事项与说明
高压喷射注浆法	适用于黏性土、粉土、砂土、黄土、淤泥质土、淤泥、填土	坚硬黏性土、土层中含有较多的大粒径块石或有机质，地下水流速较大时，高压喷射注浆效果较差

续表 6.2.5

适用条件 隔水方法	土质类别	注意事项与说明
注浆法	适用于除岩溶外的各类岩土	用于竖向帷幕的补充，多用于水平帷幕
水泥土搅拌法	适用于淤泥质土、淤泥、黏性土、粉土、填土、黄土、软土，对砂、卵石等地层有条件使用	不适用于含大孤石或障碍物较多且不易清除的杂填土，欠固结的淤泥、淤泥质土，硬塑、坚硬的黏性土，密实的砂土以及地下水渗流影响成桩质量的地层
冻结法	适用于地下水流速不大的土层	电源不能中断，冻融对周边环境有一定影响
地下连续墙	适用于除岩溶外的各类岩土	施工技术环节要求高，造价高，泥浆易造成现场污染、泥泞，墙体刚度大，整体性好，安全稳定
咬合式排桩	适用于黏性土、粉土、填土、黄土、砂、卵石	对施工精度、工艺和混凝土配合比均有严格要求
钢板桩	适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土	对土层适应性较差，多应用于软土地区
沉箱	适用于各类岩土层	适用于地下水控制面积较小的工程，如竖井等

注：1 对碎石土、杂填土、泥炭质土、泥炭、pH 值较低的土或地下水流速较大时，水泥土搅拌桩、高压喷射注浆工艺宜通过试验确定其适用性。

2 注浆帷幕不宜在永久性隔水工程中使用。

6.2.6 落底式隔水帷幕进入下卧不透水层应满足下式要求，并不应小于 1.5m：

$$L_b \geq 0.2h_z - 0.5b \quad (6.2.6)$$

式中： L_b ——帷幕进入不透水层的深度（m）；

h_z ——帷幕内外的水头差值（m）；

b ——帷幕厚度 (m)。

6.2.7 悬挂式隔水帷幕在坑底以下的插入深度应满足地下水从帷幕底绕流的渗流稳定性验算的要求。对非均质含水层宜采用数值方法进行渗流稳定性分析；对均质含水层，可按下式验算：

$$\frac{(2l_d + 0.8D_1)\gamma'}{\Delta h\gamma_w} \geq K \quad (6.2.7)$$

式中： K ——流土稳定性安全系数；安全等级为一、二、三级的地下水控制工程应分别不小于 1.6、1.5、1.4；

l_d ——悬挂式隔水帷幕在基坑底面以下的插入深度 (m)；

D_1 ——潜水面或承压水含水层顶面至基坑底面的土层厚度 (m)；

Δh ——帷幕内外的水头差 (m)；

γ' ——基坑底面以下土的浮重度 (kN/m^3)；

γ_w ——水的重度 (kN/m^3)。

6.2.8 当基坑底面以下存在水头高于基坑底面的承压含水层，且隔水帷幕未隔断其内外水力联系时，应按本规范公式 (5.3.5) 进行突涌稳定性验算。

6.2.9 注浆隔水帷幕可按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 进行设计。

6.2.10 隔水帷幕强度和厚度应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的要求；自抗渗支护结构的隔水帷幕应满足基坑稳定性、强度验算、裂缝验算的要求。

6.3 隔水帷幕施工

6.3.1 施工前应根据现场环境及地下建（构）筑物的埋设情况复核设计孔位，清除地下、地上障碍物。

6.3.2 隔水帷幕的施工应与支护结构施工相协调，施工顺序应符合下列规定：

1 独立的、连续性隔水帷幕，宜先施工帷幕，后施工支护结构；

2 对嵌入式隔水帷幕，当采用搅拌工艺成桩时，可先施工帷幕桩，后施工支护结构；当采用高压喷射注浆工艺成桩，或可对支护结构形成包覆时，可先施工支护结构，后施工帷幕；

3 当采用咬合式排桩帷幕时，宜先施工非加筋桩，后施工加筋桩；

4 当采取嵌入式隔水帷幕或咬合支护结构时，应控制其养护强度，应同时满足相邻支护结构施工时的自身稳定性要求和相邻支护结构施工要求。

6.3.3 高压喷射注浆法帷幕施工应符合下列规定：

1 高压喷射注浆应按设计的有效半径和土的种类确定喷射方式、喷射压力、注浆流量、提升速度、旋转速度等工艺参数。对硬塑状态的黏性土、密实的砂土和碎石土宜采用较小的提升速度和较大的喷射压力。

2 应采用隔孔作业的施工顺序，相邻孔喷射注浆的间隔时间不宜小于 24h。

3 高压喷射注浆时应由下而上均匀喷射，停止喷射的位置宜高于帷幕设计顶面 1m。

4 当高压喷射注浆因故中途停喷后，继续注浆时应与停喷前的注浆体搭接，其搭接长度不应小于 0.5m。

5 孔位允许偏差应为 50mm，注浆孔的垂直度偏差不应超过 1%。

6 水泥土固结体搭接宽度应符合下列规定：

1) 当注浆孔深度 $L < 10\text{m}$ 时，搭接宽度不应小于 200mm；

2) 当注浆孔深度为 $10\text{m} \leq L < 20\text{m}$ 时，搭接宽度不应小于 250mm；

3) 当注浆孔深度 $20\text{m} \leq L < 30\text{m}$ 时，搭接宽度不应小于 350mm。

7 摆喷注浆的喷射方向与摆喷点连线的夹角宜取 $10^\circ \sim 25^\circ$ ，摆动角度宜取 $20^\circ \sim 30^\circ$ 。

8 施工中遇地下障碍物、洞穴、涌水、漏水及与工程地质报告不符等情况，应采取相应的措施。

6.3.4 压力注浆法帷幕施工应符合下列规定：

1 注浆孔应按序列编号，注浆宜按隔一孔或多孔的顺序进行，当地下水流速较大时，应从水头高的一端开始注浆；

2 对渗透系数变化较小的地层，应先注浆封顶，后自下而上进行注浆，防止浆液上冒；对渗透系数随深度而增大的地层，则应自下而上注浆；对互层土层，应先对渗透系数或孔隙率大的地层进行注浆；

3 注浆用水 pH 值不得小于 4，浆液宜采用普通硅酸盐水泥，可掺入速凝剂、防析水剂、水玻璃等进行多液注浆；

4 宜采用定量、定压相结合注浆，对先序注浆孔采取定量注浆，对后续注浆孔采取定压注浆；

5 双液注浆时应使用单向阀的浆液混合器，严禁采用三通阀门；注浆结束时应先停水玻璃浆液泵，后停水泥浆液泵；

6 注浆工作应连续进行，每班组结束注浆后应及时清洗注浆设备。

6.3.5 水泥土搅拌法帷幕施工应符合下列规定：

1 可采用单轴、双轴、多轴搅拌工艺施工，施工工艺参数应通过试验确定。

2 孔位偏差不应超过 50mm，垂直度偏差不应超过 1%。

3 水泥土搅拌固结体搭接宽度应符合下列规定：

1) 对单排施工，当水泥土搅拌孔深度小于 10m 时，搭接宽度不应小于 150mm；当水泥土搅拌孔深度为 10m~15m 时，搭接宽度不应小于 200mm；当水泥土搅拌孔深度大于或等于 15m 时，搭接宽度不应小于 250mm；

2) 对双排施工，当水泥土搅拌孔深度小于或等于 10m 时，搭接宽度不应小于 100mm；当水泥土搅拌孔深度为 10m~15m 时，搭接宽度不应小于 150mm；当水泥土搅拌孔深度大于或等于 15m 时，搭接宽度不应小

于 200mm；

3) 多轴搅拌工艺宜采用套接一孔法施工。

4 停止搅拌的位置宜高于帷幕设计顶面 0.5m，当水泥土搅拌因故中途停止，继续搅拌时应与停止搅拌前的固结体搭接，其搭接长度不应小于 1.0m。

5 喷浆搅拌下沉、提升速度和重复次数应符合设计和工艺要求，并有施工过程记录。

6.3.6 冻结法帷幕施工应符合下列规定：

1 冻结孔的开孔位置、偏斜率、成孔间距和深度应符合设计要求；

2 冻结孔施工过程应采取措施减小倾斜，并采取针对性的防偏措施确保质量，成孔后应根据测斜数据绘制冻结孔成孔偏斜图；

3 正式运转前应进行试运转，检验系统应达到设计要求；

4 开挖前应对冻结壁进行检测，开挖过程中应对冻结壁的位移和温度进行监测，应维持地层的温度稳定；

5 运转过程中应有日志记录，并应采取措施保证冻结站的冷却效率。

6.3.7 地下连续墙式帷幕施工应符合下列规定：

1 应根据地质条件、场地条件等因素选择成槽设备；

2 当采用地下连续墙兼作隔水帷幕时，槽段之间的接头应满足防渗隔水的要求，墙体混凝土抗渗等级不宜小于 P6；

3 在吊放钢筋笼前，应对槽段接头和相邻墙段的槽壁混凝土面用刷槽器等方法进行清刷，清刷后的接头和混凝土面不得夹泥；对设置防渗构件的接头，应将防渗构件装配到位。

6.3.8 咬合式排桩帷幕施工应符合下列规定：

1 当采用软切割工艺施工时，加筋基桩应在非加筋基桩初凝前进行施工，并确保相互咬合；

2 咬合排桩基桩垂直度偏差不应大于 3‰，桩位允许偏差应为 50mm，预埋件位置的允许偏差应为 20mm；成孔过程中如

发现垂直度偏差过大，必须及时进行纠偏调整；

3 因混凝土出现早凝现象或机械设备故障等原因，造成咬合排桩的施工未能按正常要求进行而形成事故桩，必须采取隔水补救措施。

6.3.9 钢板桩式隔水帷幕施工应符合下列规定：

- 1 钢板桩式隔水帷幕应为锁口式构造；
- 2 沉桩前应在锁口内嵌填黄油、沥青或其他密封止水材料；
- 3 钢板桩锁口应平直通顺，互相咬合，使用前应通过套锁检查。

6.3.10 沉箱式帷幕施工应符合下列规定：

- 1 沉井混凝土强度达到设计强度的 70% 及以上时方可拆除垫木，并应制定合理的拆除顺序；
- 2 沉井下沉时应保持对称、均匀，并应制定预防突沉、沉偏、难沉的应急措施；
- 3 当第一节沉井下沉至设计深度时，方可接筑第二节沉井，每次接筑最大高度不宜超过 5m；
- 4 沉井达到设计深度后应进行封井。

6.3.11 隔水帷幕施工尚应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

6.4 验收与运行维护

6.4.1 帷幕的施工质量验收尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 和《地下防水工程施工质量验收规范》GB 50208 的相关规定。

6.4.2 对封闭式隔水帷幕，宜通过坑内抽水试验，观测抽水量变化、坑内外水位变化等检验其可靠性。

6.4.3 对设置在支护结构外侧的独立式隔水帷幕，可通过开挖后的隔水效果判定其可靠性。

6.4.4 对嵌入式隔水帷幕，应在开挖过程中检查固结体的尺寸、

搭接宽度，检查点应随机选取，对施工过程中出现异常和漏水部位应检查并采取封堵、加固措施。

6.4.5 隔水帷幕的运行维护应符合下列规定：

- 1 现场配电设施应有明显的安全保护标识；
- 2 应按设计要求进行监测和日常巡视；
- 3 发现异常应及时反馈，并应采取必要的处理措施；
- 4 基坑开挖过程中不得损伤隔水帷幕；当土钉、锚杆穿过隔水帷幕时应采用快硬水泥砂浆封堵锚孔，修复隔水帷幕。

6.4.6 隔水帷幕验收资料应包括下列内容：

- 1 设计依据、技术要求，经审批的施工组织设计、施工方案以及执行中的变更单；
- 2 测量放线成果和复核签证单；
- 3 原材料质量合格和质量鉴定书，半成品产品的质量合格证书；
- 4 施工记录和隐蔽工程的验收文件，检测试验及见证取样文件；
- 5 监测、巡视检查记录；
- 6 隔水帷幕的运行维护记录；
- 7 对周边工程环境的影响记录，包括基坑支护结构、周边地面、邻近工程和地下设施的变形记录。

7 回 灌

7.1 一 般 规 定

7.1.1 降水工程影响周边工程环境安全时可进行地下水回灌。

7.1.2 地下水回灌宜采用井灌法，回灌方法可按表 7.1.2 选择。

表 7.1.2 回灌方法选择

回灌方法	适用条件
管井回灌	各种含水层
大口井回灌	埋藏不深、厚度不大、透水性条件较好的含水层

7.1.3 地下水回灌方式可按表 7.1.3 选择。

表 7.1.3 地下水回灌方式选择

回灌方式	适用条件
重力回灌	地下水位较低，渗透性好的含水层
真空回灌	厚度较大，渗透性较好的含水层
压力回灌	地下水位高，渗透性差的含水层

7.1.4 回灌宜首选同层地下水回灌；当非同层回灌时，回灌水源的水质不应低于回灌目标含水层地下水的水质；当回灌目标含水层与饮用地下水联系较紧密时，回灌水源的水质应达到饮用水的标准。

7.1.5 地下水回灌应采取有效措施，防止恶化地下水水质。

7.2 回 灌 设 计

7.2.1 地下水回灌设计应收集下列资料：

1 回灌区域的含水层的分布、深度、厚度、岩性、渗透性和富水性、地下水的流向、补给来源、天然补给量、水位变化、

水化学成分等水文地质条件；

- 2 基坑降水设计文件及降水施工组织设计；
- 3 基坑围护设计文件及施工现场平面布置图；
- 4 已有开采井的分布情况，开采深度（层次）、用途和开采动态，按不同开采层次，统计地下水年、季、月的开采量；
- 5 地下水位的动态和区域地下水位降落漏斗的发展情况，包括漏斗的范围、深度、年、季、月的变化幅度等资料；
- 6 人工补给的水源情况，回灌水的来源及水质情况；
- 7 周边工程环境情况。

7.2.2 回灌设计应包括下列内容：

- 1 回灌的目的及技术要求；
- 2 回灌的方式及方法；
- 3 回灌井的平面布置及设计数量，回灌井的结构及剖面图；
- 4 回灌系统的布设、运行及维护；
- 5 回灌井的封井及处理；
- 6 回灌监测要求。

7.2.3 回灌井布设应符合下列规定：

- 1 回灌井应优先布设在地面沉降敏感区；
- 2 隔水帷幕未将含水层隔断时，回灌井宜布设在隔水帷幕外侧与保护对象之间；
- 3 回灌井宜布设于降水井群的最大影响区和重点保护区；
- 4 对控制地面沉降的工程，回灌与降水应同步进行，降水井与回灌井宜保持一定的间距或过滤器布设在不同的深度；
- 5 布设回灌井时，应同时布设回灌水位观测井，对回灌效果进行动态监测。

7.2.4 当采用管井或大口井进行回灌时，应符合下列规定：

- 1 对潜水含水层回灌井（图 7.2.4-1），单井回灌量可按下式进行计算：

$$q = 1.366k \frac{h_0^2 - H_0^2}{\lg R/r_w} \quad (7.2.4-1)$$

2 对承压水含水层回灌井 (图 7.2.4-2), 单井回灌量可按
下式进行计算:

$$q = 2.732kM \frac{h_0 - H_0}{\lg R/r_w} \quad (7.2.4-2)$$

式中: q —— 单井回灌量 (m^3/d);

k —— 渗透系数 (m/d);

R —— 影响半径 (m);

r_w —— 回灌井半径 (m);

h_0 —— 井内回灌动水位 (m);

H_0 —— 自然状态下含水层底板至井内水位高度 (m);

M —— 承压含水层厚度 (m)。

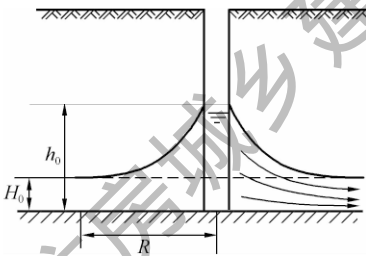


图 7.2.4-1 潜水井回灌
计算简图

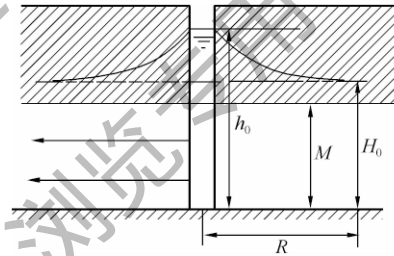


图 7.2.4-2 承压水井回灌
计算简图

7.2.5 回灌井结构应符合下列规定:

1 回灌井宜包括井壁管 (实管)、滤水管、沉砂管;

2 管井的成孔口径宜为 600mm~800mm, 井径宜为 250mm~300mm; 大口径井的成孔口径宜为 1.0m~2.0m;

3 井管上部的滤水管应从常年地下水位以上 0.50m 处开始, 滤水管可采用铸铁或无缝钢管, 管外应用 $\phi 6\text{mm}$ 钢筋焊作垫筋, 并应采用金属缠丝均匀缠在垫筋上, 缠丝间隙宜为 0.75mm~1.00mm; 当地层中夹有粉细砂时, 可在缠丝外再包扎一层 30 目左右的铜网;

4 回灌井过滤器长度应根据场地的水文地质条件及回灌量的要求综合确定，管径应与井点管直径一致，滤水管长度应大于 1.0m；管壁上应布置渗水孔，直径宜为 12mm~18mm；渗水孔宜呈梅花形布置，孔隙率应大于 15%；

5 沉砂管应与井管同质同径，且应接在滤水管下部，长度不宜小于 1m；

6 井管外侧应填筑级配石英砂作过滤层，填砂粒径宜为含水层颗粒级配 d_{50} 的 8 倍~12 倍；

7 单层（鼓形）滤水管应设置补砂管。补砂管可选用薄壁钢管或高强度 PVC 管，直径宜为 50mm~70mm；补砂管应布置在井管两侧，与井管同步下入，埋设深度至含水层上部，插入填砂层内 1m~2m，上部露出孔口。

7.3 回灌施工

7.3.1 回灌井施工除符合本规范降水井成井施工的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 过滤层的级配砂填筑宜采用动水回填法；
- 2 在回填的过滤砂层之上，应填筑大于 3m 厚的高膨胀性止水黏土球。

7.3.2 井灌法回灌施工应符合下列规定：

- 1 回灌井成井深度不应小于设计深度，成井后应及时洗井；
- 2 回灌井在使用前应进行冲洗工作；
- 3 应选择与井的出水能力相匹配的水泵；
- 4 降水、回灌期间应对抽水设备和运行状况进行检查，每天检查不应少于 3 次，同时应有备用设备；
- 5 应经常检查灌入水的污浊度及水质情况，防止机油、有毒有害物质、化学药剂、垃圾等进入回灌水中；
- 6 回灌井点必须与降水井点同时工作。

7.3.3 在回灌过程中，应对回灌井、观测井水位及流量观测资料进行分析，必要时调整回灌参数。

7.3.4 回灌水量应根据地下水水位的变化及时调整，保证抽灌平衡。

7.3.5 完成地下水回灌任务、停止回灌后，应进行回填封井。回填封井应符合下列规定：

- 1 回填前应对井深、水位等进行测量；
- 2 回填材料宜选用直径 20mm～30mm 的黏土球缓慢填入；
- 3 回填后应灌水检查封井效果。

7.4 验收与运行维护

7.4.1 回灌单井验收应符合下列规定：

- 1 单井的平面位置、成孔直径、深度应符合设计要求；
- 2 成井直径、深度、垂直度等应符合设计要求；
- 3 回灌水质应符合设计要求；
- 4 回灌水位、单井回灌量应符合设计要求；
- 5 成井材料和施工过程应符合设计要求。

7.4.2 正式运行前应进行试回灌，并应符合下列规定：

- 1 各回灌井管应安装调试完毕；
- 2 供电线路和配电箱的布设应满足回灌要求，并应配备必要的备用电源和有关设备及材料；
- 3 应做好水位、水量等监测记录；
- 4 应进行回灌调试，确定回灌参数。

7.4.3 回灌井运行维护应符合下列规定：

- 1 应根据要求对水位、回灌量等进行监测，发现异常应及时反馈；
- 2 回灌井、配电设施应有明显的安全保护标识；
- 3 回灌过程中应保持回灌流量、回灌压力的稳定；
- 4 回灌水源水质应符合设计要求；
- 5 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 2 次；

6 回灌过程中应对回灌管井定期进行回扬，当回灌流量明显减少时，应立即进行回扬；

7 回灌期间应对回灌设备和运行状况进行维护检查，每天检查不应少于 2 次；

8 重力回灌应保持回灌井内水位在一定高度，当回灌井内水位升高至设计动水位后应控制回灌流量，保持回灌与渗流场的平衡；

9 压力回灌时要及时观测压力、流量、水位及回灌井四周地面土体的变化；回灌压力开始宜采用 0.1MPa，加压间隔 0.05MPa，加压时间间隔 24h，最大压力不宜大于 0.5MPa；

10 真空回灌系统应满足密封要求；

11 当发生停电时，应及时更换电源，保持正常回灌。

7.4.4 地下水回灌验收资料应包括下列内容：

1 设计依据、技术要求，经审批的施工组织设计、施工方案以及执行中的变更单；

2 测量放线成果和复核签证单；

3 原材料质量合格和质量鉴定书，半成品产品的质量合格证书；

4 施工记录和隐蔽工程的验收文件，检测试验及见证取样文件；

5 监测、巡视检查记录；

6 回灌工程控制的运行维护记录；

7 对周边环境的影响监测记录，包括基坑支护结构、周边地面、邻近工程和地下设施的变形监测记录；

8 其他需提供的文件和记录。

8 监 测

8.1 一 般 规 定

8.1.1 地下水控制工程应对地下水控制效果及影响进行监测，监测项目可按表 8.1.1 进行选择。

表 8.1.1 地下水控制工程监测项目选择

控制方法 监测项目	降水	隔水 帷幕	回灌	起止时间
地下水位	应测	应测	应测	降水联网抽水前~降水完成 帷幕形成前~帷幕完成
总出水量	应测	—	—	降水开始~降水完成
含砂量	应测	—	宜测	降水开始~降水完成 回灌开始~回灌完成
地下水水质	宜测	—	应测	降水开始~降水完成 回灌开始~回灌完成
坡顶、地面水平位移	应测	应测	应测	地下水控制开始前~地下水控制完成
坡顶、地面竖向位移	应测	应测	应测	地下水控制开始前~地下水控制完成
深层水平位移	—	应测	—	地下水控制开始前~地下水控制完成
回灌水量	—	—	应测	回灌开始~回灌完成
回灌压力	—	—	应测	回灌开始~回灌完成
回灌水质	—	—	应测	回灌开始~回灌完成
工程环境	应测	应测	应测	地下水控制开始前~地下水控制完成

- 注：1 地下水控制应进行巡视检查；
2 真空井点降水应监测真空压力；
3 工程环境监测的项目和要求应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的相关规定。

8.1.2 监测工作应符合下列规定：

1 监测实施前应编制监测专项方案，监测方案应根据地下水控制方法、设计要求，结合围护结构综合确定；

2 监测开始、终止时间应根据设计要求和施工情况确定，并应覆盖地下水控制实施全过程；

3 监测点布置、信息采集的频率应根据设计要求、施工方法、施工进度、监测对象特点、地质条件和周边环境条件综合确定；

4 监测点应妥善保护，当监测点失效或被破坏时，应及时补充；

5 监测项目监测数据异常时应分析原因并加密监测频次；

6 监测的记录、数据和图表应真实、完整，并按工程要求及时整理分析，监测资料应及时向有关方面报送，现场监测完成后应提交成果报告。

8.1.3 地下水控制运行稳定后，监测过程中出现下列情况之一时应立即进行预警，并应加密监测频率。

1 当地下水位上升达到设计预警值时；

2 地下水位上升速率加大且持续上升；

3 隔水帷幕工程渗漏较严重或帷幕后水位突变；

4 当降水过程中抽取地下水的含砂量超过规范要求时；

5 降水工程地下水出水量、回灌工程回灌量与正常时相比发生较大变化；

6 地下水控制工程范围含水层水质发生恶化；

7 建（构）筑物、道路、地下管线等工程环境发生较大沉降、倾斜、裂缝，达到设计预警值；

8 根据工程经验判断，出现其他需进行预警的情况。

8.2 地下水位监测

8.2.1 地下水位应通过地下水水位观测孔或孔隙水压力计进行监测，在弱透水层中宜埋设孔隙水压力计。

8.2.2 安全等级为一级工程应设置专门的地下水水位观测孔进行水位监测，二级工程宜设置地下水水位观测孔进行水位监测，三级工程可利用抽水井进行水位监测。

8.2.3 地下水水位观测孔布置应符合下列规定：

1 地下水控制区域外侧应布设水位观测孔，单项工程水位观测孔总数不宜少于 3 个，观测孔间距宜为 20m~50m。降水工程水位观测孔宜沿降水井点外轮廓线、被保护对象周边或降水井点与被保护对象之间布置，相邻建筑、重要的管线或管线密集区应布置水位观测点；隔水帷幕水位观测孔宜布置在隔水帷幕的外侧约 2m 处；回灌工程水位观测孔宜布置在回灌井点与被保护对象之间；

2 地下水控制区域内可设置水位观测孔；当采用管井、渗井降水时，水位观测孔应布置在控制区域中央和两相邻降水井点中间部位；当采用真空井点、喷射井点降水时，水位观测孔应布置在控制区域中央和周边拐角处；

3 有地表水补给的一侧，可适当加密观测孔间距；

4 分层降水时应分层布置观测孔。

8.2.4 地下水水位观测孔结构可与降水井结构一致，孔径应满足观测要求且方便操作，孔深宜达到设计降深以下 3m~5m。

8.2.5 地下水水位监测应符合下列规定：

1 抽水前应进行稳定水位的观测，并应监测降水井内水位；量测读数至厘米，精度不得低于 $\pm 2\text{cm}$ 。

2 初期水位未达到设计要求前，宜每天观测 2 次；

3 水位达到设计要求且趋于稳定后，可每天观测 1 次；

4 当出现停电、水泵损坏等情况，应加密监测频率，预测可能出现的工程问题；

5 降雨期间，应加密监测频率直至水位稳定。

8.3 出水量和含砂量监测

8.3.1 地下水控制过程中水量监测频率应与水位观测频率一致，

并应记录水量、水流特征。

8.3.2 当利用计量仪表进行水量监测时，可采用固定量测法或随机量测法，并应符合下列规定：

1 当采用固定量测法时，可在每眼抽水井或排水总管上安装流量表，或在排水沟、沉砂池中安装量水槽堰进行计量；

2 当采用随机量测法时，可采用超声波流量计随机进行计量。

8.3.3 当水量突然减小时，应及时查找、分析原因，并应采取有效措施，消除隐患。

8.3.4 抽降期间的水位、水量应同时监测，监测记录应及时整理，绘制出涌量 Q 与时间 t 、水位降深值 s 与时间 t 过程曲线图，并应分析水位、水量下降趋势，预测达到设计降水深度要求所需时间。

8.3.5 抽降期间应定期对抽出地下水的含砂量进行监测。

8.3.6 回灌水量、回灌压力可通过安装在回灌井上的回灌水计量装置和回灌压力表进行监测，监测记录应及时整理。

8.4 水质监测

8.4.1 降水工程遇有下列情况时应进行水质监测：

- 1 控制措施可能对地下水水质产生影响；
- 2 地下水水质对工程建设的材料有不利影响；
- 3 地下水已受污染的区域；
- 4 临海降水可能引起海水侵入的工程。

8.4.2 水源区域的水质监测应按现行国家标准《生活饮用水标准检验方法》GB/T 5750 执行；其他建设场地地下水水质监测项目可按现行国家标准《地下水质量标准》GB/T 14848 执行。

8.4.3 水质监测在地下水控制施工前、维护期前后应至少各采取一次水样作水质分析。

8.5 变形观测

8.5.1 变形观测的水准基准点应设置在地下水控制工程和基坑变形影响范围之外，且每一测区不应少于3个。

8.5.2 变形监测点宜结合地下工程支护监测点布置。

8.5.3 在地下水控制水位未达到设计要求前，应每天观测1次，达到设计降深后可每2d~5d观测1次；在地下水控制工程结束后15d内，应继续观测至少3次。

8.5.4 地下水控制运行过程中应绘制各测点沉降曲线，并应分析各测点沉降变化趋势。

8.5.5 地下水控制变形监测尚应符合国家现行标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911和《建筑变形测量规范》JGJ 8的相关规定。

8.6 巡视检查

8.6.1 在地下水控制施工、运行、维护阶段应对工程设施、设备、地下水控制的本体、监测设施、周边环境进行现场巡视检查。巡查内容宜包括地表与周边建（构）筑物、道路的裂缝及异常渗漏、控制效果、排水等。

8.6.2 地下水控制运行期间，每天巡视检查不应少于2次。

8.6.3 巡视检查应固定专人、定期进行，检查方式应以目测为主，可辅以锤、钎、量尺、摄像、摄影等工具进行。

8.6.4 应进行巡视检查记录，并结合仪器监测数据进行综合分析。

附录 A 注水试验的形状系数值

表 A 注水试验的形状系数值

试验条件	简 图	形状系数值	备 注
<p>试段位于地下水位以下，钻孔套管下至孔底，孔底进水</p>		$F = 5.5r$	—
<p>试段位于地下水位以下，钻孔套管下至孔底，孔底进水，试验土层顶板为不透水层</p>		$F = 4r$	—
<p>试段位于地下水位以下，孔内不下套管或部分下套管，试验段裸露或下花管，孔壁与孔底进水</p>		$F = \frac{2\pi L}{\ln \frac{mL}{r}}$	$\frac{mL}{r} > 10$ $m = \sqrt{k_h/k_v}$ 其中 k_h 、 k_v 分别为试验土层的水平、垂直渗透系数，无资料时， m 值根据土层情况估计
<p>试段位于地下水位以下，孔内不下套管或部分下套管，试验段裸露或下花管，孔壁与孔底进水，试验土层顶部为不透水层</p>		$F = \frac{2\pi L}{\ln \frac{2mL}{r}}$	$\frac{2mL}{r} > 10$ $m = \sqrt{k_h/k_v}$ 其中 k_h 、 k_v 分别为试验土层的水平、垂直渗透系数，无资料时， m 值根据土层情况估计

附录 B 基坑涌水量计算

B.0.1 基坑涌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。

B.0.2 圆形或长宽比小于 20 的矩形基坑，可按等效大井计算涌水量；基坑长宽比为 20~50 之间时，可按条形基坑计算涌水量公式；基坑长宽比大于 50 时，可按线状基坑计算涌水量。

B.0.3 等效大井的涌水量可按表 B.0.3 中的公式计算。

表 B.0.3 等效大井涌水量计算公式

等效大井类别	公 式	式 中 符 号 意 义
潜水完整井	$Q = \frac{1.366k(2H-s)s}{\lg[(R+r_0)/r_0]}$	Q—基坑计算涌水量 (m ³ /d)； k—含水层的渗透系数 (m/d)；
承压水完整井	$Q = \frac{2.73kMs}{\lg[(R+r_0)/r_0]}$	H—潜水含水层厚度 (m)； M—承压水含水层厚度 (m)；
承压转无压完整井	$Q = 1.366k \frac{2HM - M^2 - h^2}{\lg \frac{R+r_0}{r_0}}$	s—设计降水深度 (m)； R—引用影响半径 (m)； h—基坑动水位至含水层底板的距离 (m)；
潜水非完整井	$Q = \frac{1.366k(H^2 - h^2)}{\lg[(R+r_0)/r_0] + \frac{\bar{h}-l}{l} \lg(1+0.2\bar{h}/r_0)}$	\bar{h} —平均动水位 (m)， $\bar{h} = (H+h)/2$ ； l—滤管有效工作部分长度 (m)；
承压非完整井	$Q = \frac{2.73kMs}{\lg[(R+r_0)/r_0] + \frac{M-l}{l} \lg(1+0.2M/r_0)}$	r_0 —等效大井半径 (m)，可按 $r_0 = 0.565 \sqrt{F}$ ，F 为井点系统的围合面积 (m ²)

B.0.4 条形基坑涌水量按表 B.0.4 中的公式计算。

表 B.0.4 条形基坑涌水量计算公式

地下水类型	公 式	式中符号意义
潜水	$Q = \frac{Lk(2H-s)s}{R} + \frac{1.366k(2H-s)s}{\lg R - \lg \frac{B}{2}}$	L——基坑长度 (m); B——条形基坑宽度 (m); 其他符号见本规范表 B.0.3
承压水	$Q = \frac{2kMLs}{R} + \frac{2.73kMs}{\lg R - \lg \frac{B}{2}}$	

B.0.5 线状基坑涌水量可按表 B.0.5 中的公式计算。

表 B.0.5 线状基坑涌水量计算公式

地下水类型	公 式	式中符号意义
潜水	$Q = \frac{kL(H^2 - h^2)}{R}$	见本规范表 B.0.3 和表 B.0.4
承压水	$Q = \frac{2kLMs}{R}$	

附录 C 降水井单井出水量计算和选用

C.0.1 真空井点的出水量可按 $1.5\text{m}^3/\text{h}\sim 2.5\text{m}^3/\text{h}$ 选用。

C.0.2 喷射井点的出水量可按表 C.0.2 选用。

表 C.0.2 喷射井点设计出水量

型号	外管直径 (mm)	喷射管		工作水压力 (MPa)	工作水流量 (m^3/d)	设计单井出水流量 (m^3/d)	适用含水层渗透系数 (m/d)
		喷嘴直径 (mm)	混合室直径 (mm)				
1.5 型 并列式	38	7	14	0.6~0.8	112.8~ 163.2	100.8~ 138.2	0.1~5.0
2.5 型 圆心式	68	7	14	0.6~0.8	110.4~ 148.8	103.2~ 138.2	0.1~5.0
5.0 型 圆心式	100	10	20	0.6~0.8	230.4	259.2~ 388.8	5.0~10.0
6.0 型 圆心式	162	19	40	0.6~0.8	720	600~720	10.0~20.0

C.0.3 管井的出水量可按下列方法确定：

1 不是圆周等距布置的一般工程的降水井，各单井的出水量应按下列公式计算：

$$\text{承压井：} \quad q = \frac{2\pi kMs}{\lg \frac{R^n}{r_1 \cdot r_2 \cdots r_n}} \quad (\text{C.0.3-1})$$

$$\text{潜水井：} \quad q = \frac{\pi k(H^2 - h^2)}{\lg \frac{R^n}{r_1 \cdot r_2 \cdots r_n}} \quad (\text{C.0.3-2})$$

2 按圆周等距布置的降水井系统的单井出水量应按下列公

式计算：

$$\text{承压井: } q = \frac{2\pi kMs}{\ln \frac{R^n}{n \cdot r_w \cdot r^{n-1}}} \quad (\text{C. 0. 3-3})$$

$$\text{潜水井: } q = \frac{\pi k(H^2 - h^2)}{\ln \frac{R^n}{n \cdot r_w \cdot r^{n-1}}} \quad (\text{C. 0. 3-4})$$

式中：
 q ——单井出水量 (m^3/d)；
 k ——含水层的渗透系数 (m/d)；
 M ——承压水含水层的厚度 (m)；
 H ——潜水含水层的厚度 (m)；
 R ——影响半径 (m)；
 h ——基坑动水位至含水层底板的距离 (m)；
 r_w ——抽水井的半径 (m)；
 s ——抽水井的计算降深 (m)，计算降深应大于等于设计降深；
 n ——降水井点数；
 r_1, r_2, \dots, r_n ——各井点至基坑中心的距离 (m)。

3 辐射井的出水量 q 可按下列公式计算：

$$\text{承压水: } q = \frac{2.73kMs}{\lg \frac{R}{r_0}} \quad (\text{C. 0. 3-5})$$

$$\text{潜水: } q = 1.36k \frac{H^2 - h_w^2}{\lg \frac{R}{r_0}} \quad (\text{C. 0. 3-6})$$

$$r_0 = 0.25^{1/n}L \text{ 或 } r_0 = (A/\pi)^{1/2} \quad (\text{C. 0. 3-7})$$

式中：
 q ——辐射井的出水量 (m^3/d)；
 k ——含水层的渗透系数 (m/d)；
 s ——计算降深 (m)，计算降深应大于等于设计降深；
 M ——承压水含水层的厚度 (m)；
 H ——潜水含水层的厚度 (m)；
 h_w ——井中动水位 (m)；

R ——影响半径 (m);
 r_0 ——引用半径 (m);
 n ——辐射管根数;
 L ——辐射管长度 (m);
 A ——辐射管控制面积 (m^2)。

C.0.4 在降水设计中,各单井出水量之和应大于基坑出水量,且单井出水量应小于单井出水能力。

C.0.5 降水管井的单井出水能力应选择群井抽水中水位干扰影响最大的井,并按下式确定:

$$q' = 120\pi r l \sqrt{k} \quad (\text{C.0.5})$$

式中: q' ——单井出水能力 (m^3/d);
 r ——过滤器半径 (m);
 l ——过滤器进水部分长度 (m);
 k ——含水层渗透系数 (m/d)。

附录 D 过滤器类型及适用范围

表 D 过滤器类型及适用范围

过滤器种类		骨架材料	孔隙率 (%)	适用范围
圆孔过滤器		钢管	30~35	不稳定裂隙岩层, 松散碎石, 卵石层
		铸铁管	20~25	
条形过滤器		钢管、塑料管	10~30	中粗砂砾石层
缠丝过滤器	钢筋骨架过滤器	圆钢	50~70	中粗砂砾石层
	钢制过滤器	钢圆孔管	35	
	铸铁过滤器	铸铁圆孔管	25	
	钢筋混凝土过滤器	钢筋混凝土穿孔管	15~20	
包网过滤器	网孔条孔过滤器	10~35	中细砂层	
填砾过滤器	缠丝包网过滤器	10~75	细中粗砂和砾石层	
砾石水泥过滤器	无砂混凝土管	20	同上	
无缠丝过滤器		金属管	20~25	粉、细、中、粗砂, 砾石, 卵石层
		水泥管	16~20	
贴砾过滤器	钢管外加铁丝罩网	20	同上	
聚丙烯过滤器	聚丙烯管		同上	
模压孔过滤器	钢板冲压后卷焊	桥形孔 10mm~30mm 帽檐孔 8mm~19mm	同上	

附录 E 管井降水水位预测

E.0.1 面状降水工程管井降水水位预测可按下列公式计算:

1 潜水完整井计算:

1) 当 $\frac{r_i^2}{4at} \leq 0.1$ 时采用非稳定流计算公式:

$$s_{r,t} = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q \ln \frac{2.25at}{\sqrt{n r_1^2 r_2^2 r_3^2 \cdots r_n^2}}}{2\pi k}} \quad (\text{E.0.1-1})$$

2) 稳定流计算公式:

$$s_{r,t} = H - n \sqrt{H^2 - \frac{Q}{1.366k} \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg(r_1 r_2 r_3 \cdots r_n) \right]} \quad (\text{E.0.1-2})$$

2 承压水完整井计算:

1) 当 $\frac{r_i^2}{4at} \leq 0.1$ 时采用非稳定流计算公式:

$$s_{r,t} = \frac{Q \ln \frac{2.25at}{\sqrt{n r_1^2 r_2^2 r_3^2 \cdots r_n^2}}}{4\pi k M} \quad (\text{E.0.1-3})$$

2) 稳定流计算公式:

$$s_{r,t} = \frac{0.366Q}{Mk} - \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg(r_1 r_2 r_3 \cdots r_n) \right] \quad (\text{E.0.1-4})$$

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);

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

E.0.2 条状降水工程管井降水水位预测除可按本规范公式(E.0.1-1)~公式(E.0.1-4)计算外,尚可按下列公式计算:

潜水完整井:

$$S_x = H - \sqrt{h_1^2 + \frac{X}{R}(H^2 - h_1^2)} \quad (\text{E.0.2-1})$$

承压完整井:

$$S_x = H_1 - \left(h_2 + \frac{H_1 - h_2}{R} X \right) \quad (\text{E.0.2-2})$$

式中: S_x ——距井排 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)。

本规范用词说明

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”或“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”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 2 《供水水文地质勘察规范》GB 50027
- 3 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 4 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208
- 5 《管井技术规范》GB 50296
- 6 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497
- 7 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
- 8 《生活饮用水标准检验方法》GB/T 5750
- 9 《地下水质量标准》GB/T 14848
- 10 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 11 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 12 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120