

第二节 明挖基坑施工

1K413021 地下水控制

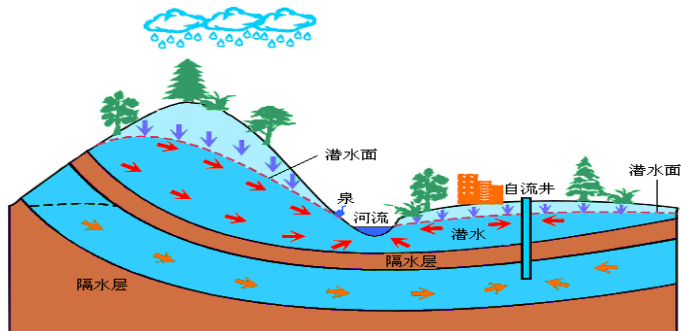
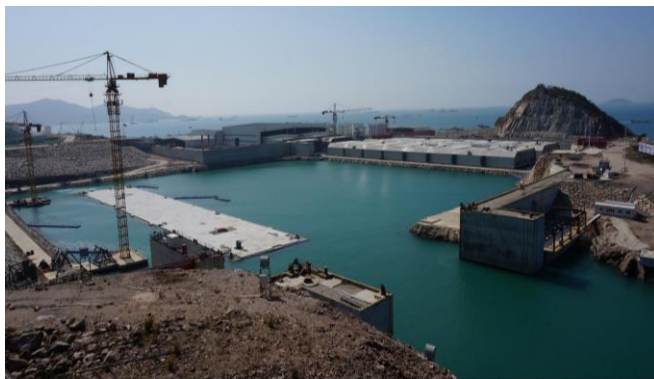
1K413022 深基坑支护结构与边坡防护

1K413023 基坑（槽）土方开挖及变形控制

1K413014 地基加固处理方法

1K420150 明挖基坑施工安全事故预防

一、地下水控制

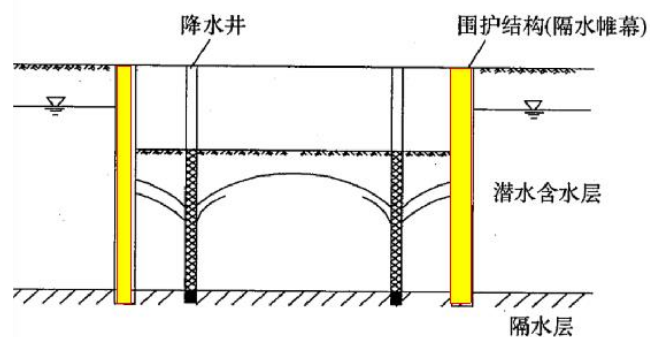




地下水控制包括基坑开挖影响深度内的潜水、微承压水与承压水控制，应根据：①工程地质和水文地质条件、②基坑周边环境要求及③支护结构形式选用截水、降水、回灌或其组合方法。(P114)



(1)当降水会对基坑周边建筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采用截水方法控制地下水。采用悬挂式隔水帷幕时，一般应同时采用坑内降水，并宜根据水文地质条件结合坑外回灌的措施。



(2)水泥土重力式围护和板式支护基坑，应对基坑开挖后地基土的抗渗流或抗管涌稳定性进行验算，合理布置截水帷幕的深度与平面形式。

(3)当地下水位高于基坑开挖面时，需要采用降低地下水方法疏干坑内土层中的地下水。疏干地下水：①有增加坑内土体强度的作用，②有利于控制基坑围护结构的变形。在软土地区基坑开挖深度超过 3m，一般就要用井点降水。开挖深度浅时，亦可边开挖边用排水沟和集水井进行集水明排。



(4)当基坑底为隔水层且层底作用有承压水时，应进行坑底突涌验算，必要时可采取水平封底隔渗或钻孔减压措施，保证坑底土层稳定。当坑底含承压水层且上部土体压重不足以抵抗承压水水头时，应布置降压井降低承压水水头压力，防止承压水突涌，确保基坑施工安全。

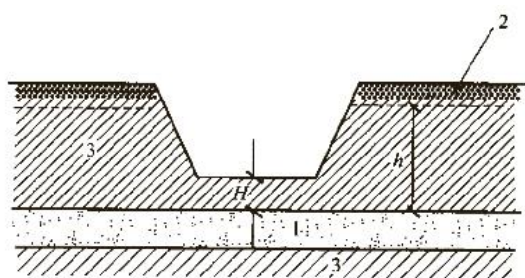


图1K413021-1 基坑抗突涌计算图
1—承压水含水层；2—承压水位；3—弱透水层



(1) 采用隔水帷幕的目的是：①阻止基坑外地下水流入基坑内部，或②减小地下水沿帷幕的水力梯度。截水帷幕的厚度应满足基坑防渗要求，隔（截）水帷幕的渗透系数宜小于 $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。

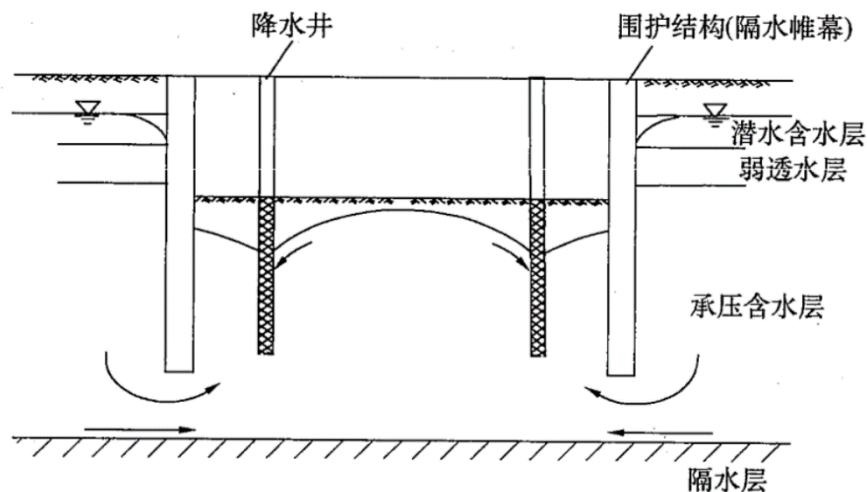
(2) 基坑隔水方法应根据工程地质条件、水文地质条件及施工条件等，选用水泥土搅拌桩

帷幕、高压旋喷或摆喷注浆帷幕、地下连续墙或咬合式排桩等。支护结构采用排桩时，可用水泥土搅拌桩或高压喷射注浆帷幕，采用高压喷射注浆帷幕时应保证桩体有一定搭接宽度。

对碎石土、杂填土、泥炭质土或地下水流速较大时，宜通过试验确定高压喷射注浆帷幕的适用性。

(3)当基坑底存在连续分布、埋深较浅的隔水层时，应采用底端进入下卧隔水层的落底式帷幕；落底式帷幕进入下卧隔水层的深度应满足下式要求，且不宜小于 1.5m:

(4)当坑底以下含水层厚度大而需采用悬挂式帷幕时，帷幕进入透水层的深度应满足地下水沿帷幕底端绕流的渗透稳定性要求，并应对帷幕外地下水位下降引起的基坑周边建筑物、地下管线、地下构筑物沉降进行分析。当不满足渗透稳定性要求时，应采取增加帷幕深度、设置减压井等防止渗透破坏的措施。



(5)隔水帷幕宜采用沿基坑周边闭合的平面布置形式。

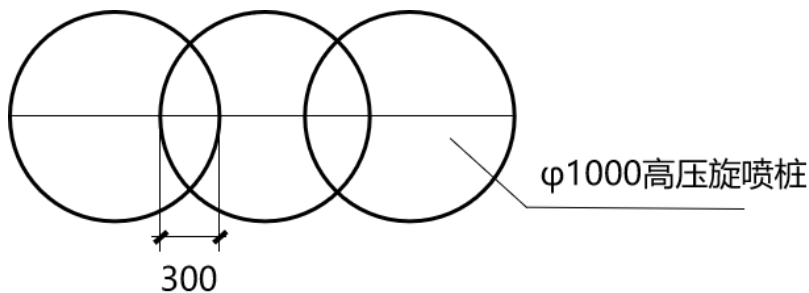
当采用沿基坑周边非闭合的平面布置形式时，应对地下水沿帷幕两端绕流引起的基坑周边建筑物、地下管线、地下构筑物的沉降进行分析。



(6)采用水泥土搅拌桩帷幕时，搅拌桩桩径宜取 450~800mm，搅拌桩的搭接宽度应符合下列规定：

1)单排搅拌桩帷幕的搭接宽度：

- ①当搅拌深度不大于 10m 时，不应小于 150mm；
- ②当搅拌深度为 10 ~ 15m 时，不应小于 200mm；
- ③当搅拌深度大于 15m 时，不应小于 250mm；



(6)采用水泥土搅拌桩帷幕时，搅拌桩桩径宜取 450~800mm，搅拌桩的搭接宽度应符合下列规定：

2)对地下水位较高、渗透性较强的地层，宜采用双排搅拌桩截水帷幕；搅拌桩的搭接宽度：

- ①当搅拌深度不大于 10m 时，不应小于 100mm；
- ②当搅拌深度为 10~15m 时，不应小于 150mm；
- ③当搅拌深度大于 15m 时，不应小于 200mm。

3)搅拌桩水泥浆液的水灰比宜取 0.6~0.8。搅拌桩的水泥掺量宜取土的天然重度的 15%~20%。

(7)采用高压旋喷、摆喷注浆帷幕时，旋喷注浆固结体的有效直径、摆喷注浆固结体的有效

半径宜通过试验确定；缺少试验时，可根据土的类别及其密实程度、高压喷射注浆工艺，按工程经验采用。摆喷帷幕的喷射方向与摆喷点连线的夹角宜取 $10\alpha \sim 25\alpha$ ，摆动角度宜取 $20\alpha \sim 30\alpha$ 。

帷幕的水泥土固结体搭接宽度：

- ①当注浆孔深度不大于 10m 时，不应小于 150mm；
- ②当注浆孔深度为 10~20m 时，不应小于 250mm；
- ③当注浆孔深度为 20~30m 时，不应小于 350mm。

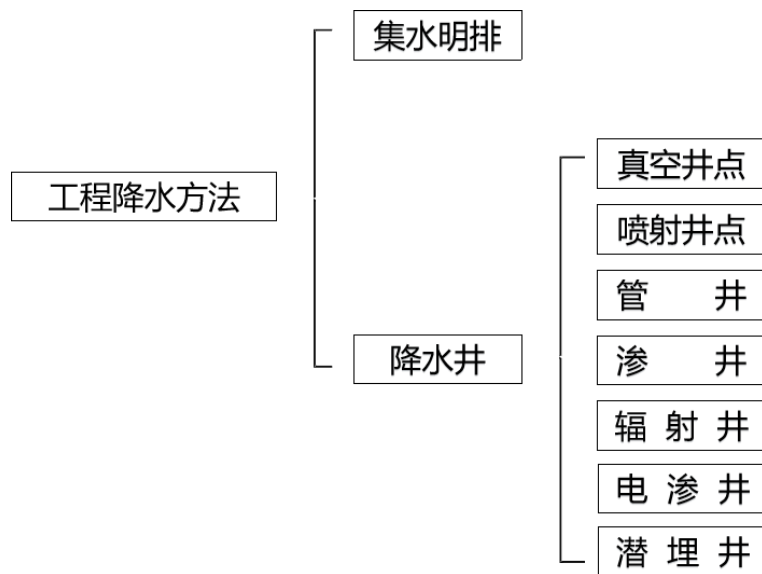
对地下水位较高、渗透性较强的地层，可采用双排高压喷射注浆帷幕。高压喷射注浆水泥浆液的水灰比宜取 0.9~1.1，水泥掺量宜取土的天然重度的 25%~40%。当土层中地下水流速高时，宜掺入外加剂改善水泥浆液的稳定性与固结性。

三、降水 (P116)

(一) 降水的作用

在地下水位以下开挖基坑时，采用降水的作用是：

- (1)截住坡面及基底的渗水。
- (2)增加边坡的稳定性，并防止边坡或基底的土粒流失。
- (3)减少被开挖土体含水量，便于机械挖土、土方外运、坑内施工作业。
- (4)有效提高土体的抗剪强度与基坑稳定性。对于放坡开挖而言，可提高边坡稳定性。对于支护开挖，可增加被动土压区土抗力，减少主动土压区土体侧压力，从而提高支护体系的稳定性，减少支护体系的变形。
- (5)减小承压水头对基坑底板的顶托力，防止坑底突涌。



集水明排

【集水明排】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、渗漏水排泄至基坑外的方法。

明沟加集水井降水是一种人工排降法。它主要排除地下潜水、施工用水和天降雨水。在地下水较丰富地区，若仅单独采用这种方法降水，由于基坑边坡渗水较多，锚喷网支护施工难度加大。因此，这种降水方法一般不单独应用于高水位地区基坑边坡支护中。适用于地下水位不太高、水量不太大、无流砂的管沟降水中使用。

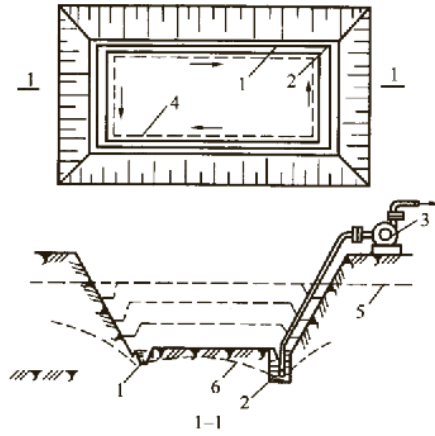
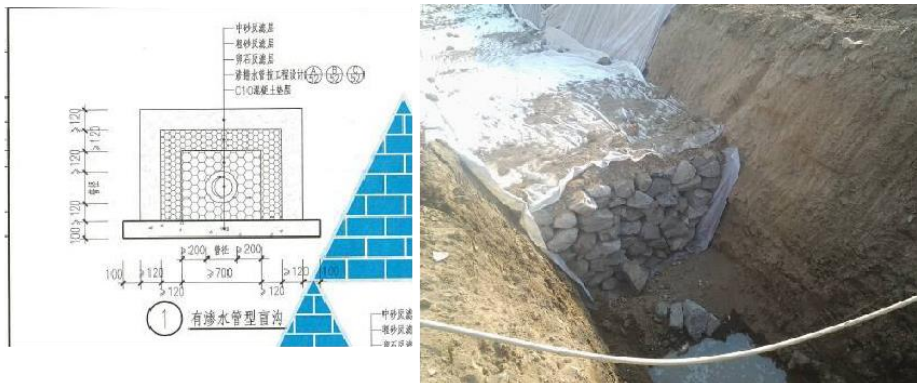


图1K413021-2 明沟、集水井排水方法
 1—排水明沟；2—集水井；3—离心式水泵；
 4—设备基础或建筑物基础边线；
 5—原地下水位线；6—降低后地下水位线

集水明排

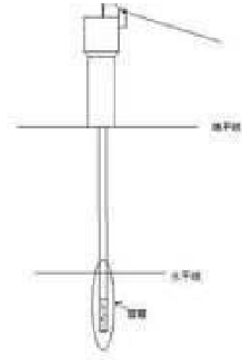


集水明排

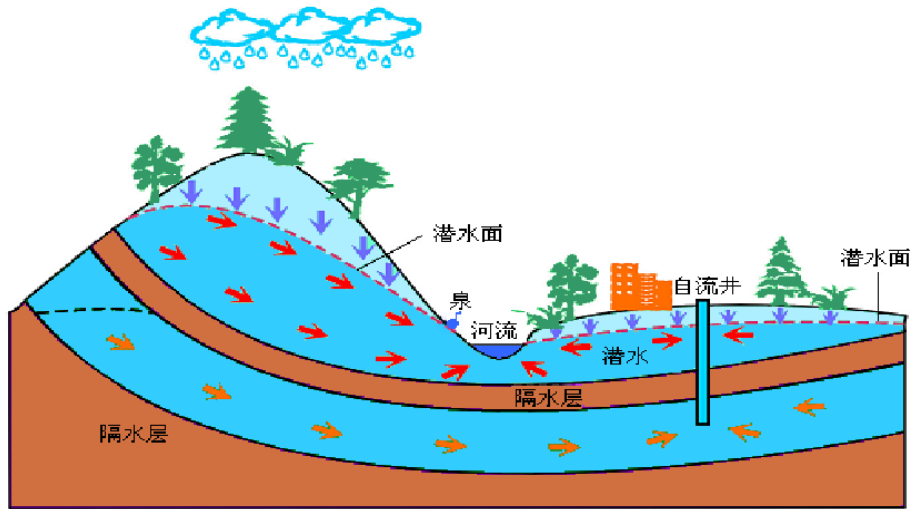


集水明排





真空井点



真空井点



真空井点

【真空井点】是沿基坑四周将井点管埋入蓄水层内，利用抽水设备将地下水从井点管内不断抽出，将地下水位降至基坑底以下。

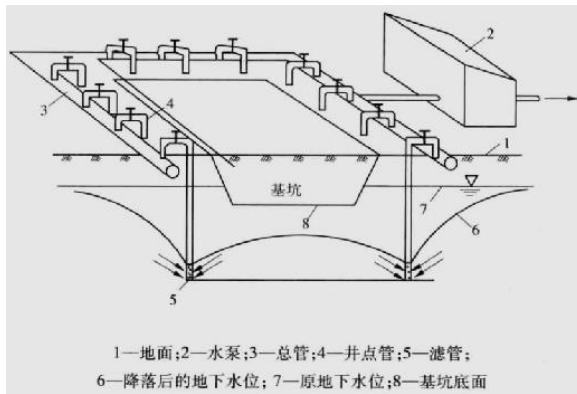
降水深度：单级井点 $\leq 6\text{m}$ ，多级井点 $6\sim 12\text{m}$ 。



真空井点

真空井点布置

沿基坑四周每隔一定间距布设井点管，井点管底部设置滤水管插入透水层，上部接软管与集水总管进行连接，集水总管为 $\Phi 150$ 钢管，周身设置与井点管间距相同的 $\Phi 40$ 吸水管口，然后通过真空吸水泵将集水管内水抽出，从而达到降低基坑四周地下水位的效果，保证了基坑底的干燥无水。

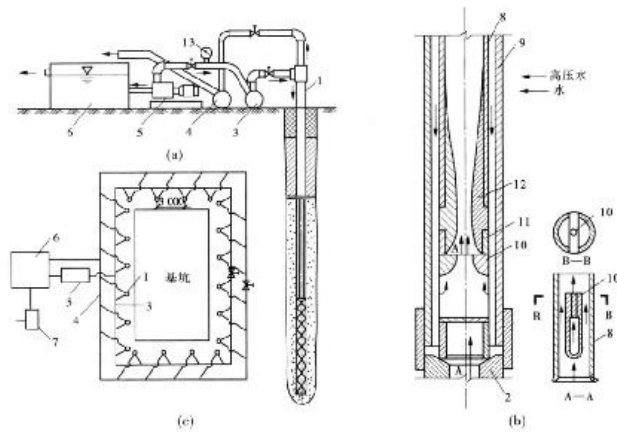


真空井点



【喷射井点】是在井点管内部装设特制向喷射器输入高压水（喷水井点）或压缩空气（喷气井点）形成水气射流，将地下水经井点外管与内管之间的缝隙抽出排走。

喷射井点设备较简单，排水深度大，可达到 8~20m，比多层轻型井点降水设备少，基坑土方开挖量少，施工快，费用低。但由于埋在地下的喷射器磨损后不容易更换，所以，降水管理难度较大。



1—喷射井管;2—滤管;3—进水管;4—排水总管;5—高压水泵;6—集水池;
7—水泵;8—内管;9—外管;10—喷嘴;11—混合室;12—扩散管;13—压力表

喷射井点

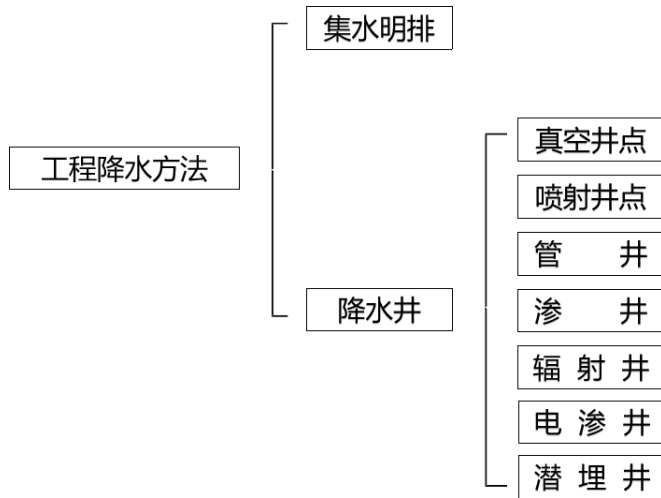
【管井井点】就是沿基坑每隔一定距离利用钻孔成井,设置一个管井，每个管井单独用一台水泵不断抽水来降低地下水位。在土的渗透系数大(20~200m/d)的土层中，宜采用管井井点。



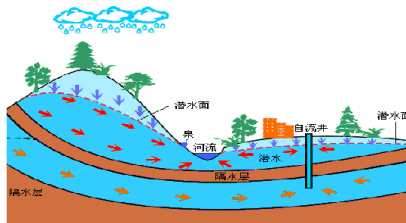
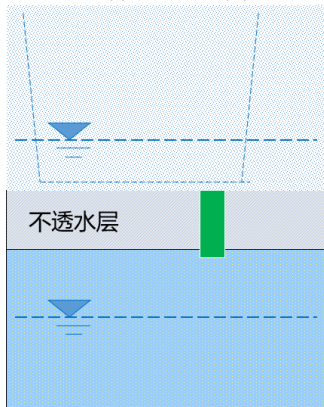
管井

【管井井点】就是沿基坑每隔一定距离利用钻孔成井，设置一个管井，每个管井单独用一台水泵不断抽水来降低地下水位。在土的渗透系数大(20~200m/d)的土层中，宜采用管井井点。

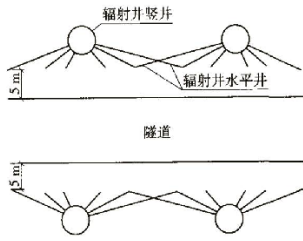




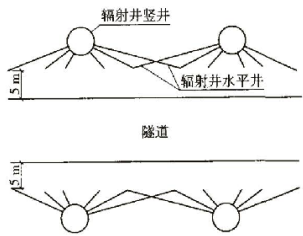
引渗井点示意图



渗井



辐射井



辐射井

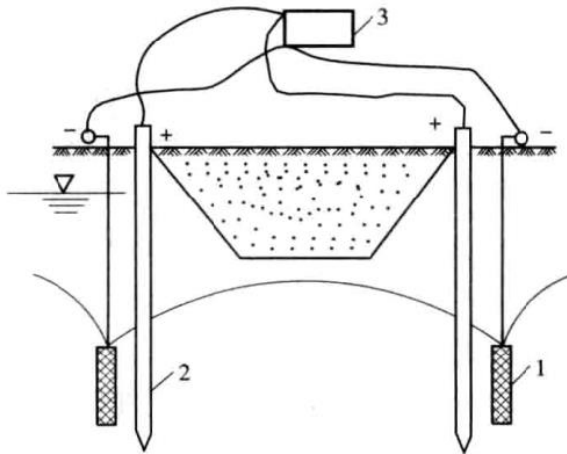
降水井类型	井径/mm	井管管径(外径、壁厚)/mm	井管类型	井深/m	井间距/m	滤料	泵排水量/(m ³ ·h ⁻¹)
管井	600	400、50	无砂水泥管	25	6	水洗粗砂	3
辐射井	竖井	3 000	加筋水泥管	20	70 ~ 100		35
	水平井	114	钢管	21 ~ 50			

辐射井

【电渗井点】是利用轻型井点和喷射井点的井点管做阴极，另埋设金属棒（钢筋或者钢管）为阳极，在电动势作用下构成电渗井点抽水系统。当接通直流电流，在电动势的作用下，使带正电荷的空隙水向阴极方向流动，带负电荷的粘土微粒向阳极方向移动，通过电渗和真空抽吸的双重作用，强制粘性土中的水向井点管汇集，由井点管吸取排出，使地下水位逐渐下

降，达到疏干含水层目的。

适用于渗透系数很小的细颗粒土，如粘土、亚粘土、淤泥和淤泥质粘土等。这些土的渗透系数小于 0.1m/d ，它需要与轻型井点或喷射井点结合应用，其降低水位深度决定于轻型井点或喷射井点。



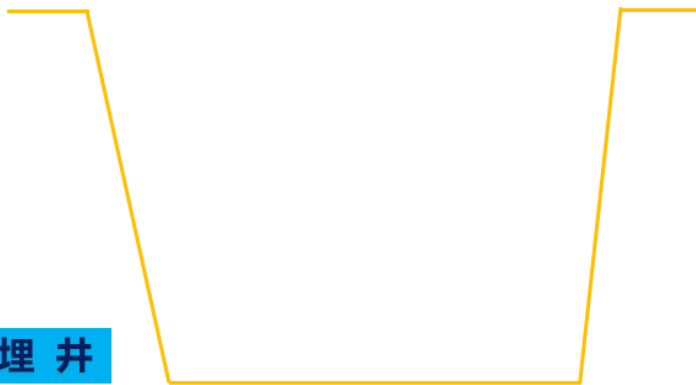
1—井点管；2—电极；

电渗井 3—小于 60 V 的直流电源

【潜埋井】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。

(《建筑与市政降水工程技术规范》JGJ/T111)

潜埋井



适用条件		工程降水方法的选用		表1K413021
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	—	—	
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

(三) 集水明排

(1)当基坑开挖不很深, 基坑涌水量不大时, 集水明排法是应用最广泛, 亦是最简单、经济的方法。明沟、集水井排水多是在基坑的两侧或四周设置排水明沟, 在基坑四角或每隔 30 ~ 50m 设置集水井, 使基坑渗出的地下水通过排水明沟汇集于集水井内, 然后用水泵将其排出基坑外 (见图 1K413021-2)。

(2)明沟宜布置在拟建建筑基础边 0.4m 以外, 沟边缘离开边坡坡脚应不小于 0.3m。明沟的底面应比挖土面低 0.3~0.4m。集水井底面应比沟底面低 0.5m 以上, 并随基坑的挖深而加深, 以保持水流畅通。明沟的坡度不宜小于 0.3%, 沟底应采取防渗措施。

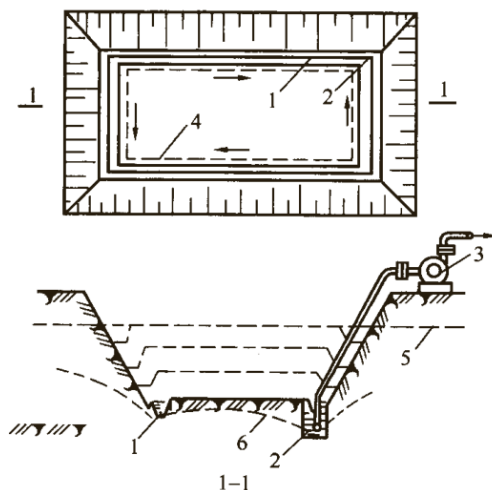


图1K413021-2 明沟、集水井排水方法

1—排水明沟; 2—集水井; 3—离心式水泵;

4—设备基础或建筑物基础边线;

5—原地下水位线; 6—降低后地下水位线

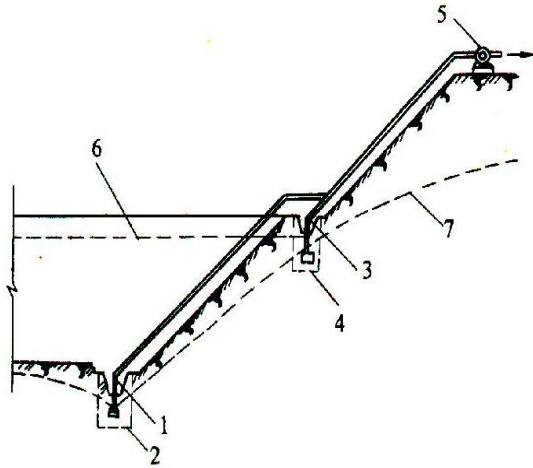
(三) 集水明排

(3) 集水井的净截面尺寸应根据排水流量确定；集水井应采取防渗措施。

(4) 明沟、集水井排水，视水量多少连续或间断抽水，直至基础施工完毕、回填土为止。

(5) 集水明排设施与市政管网接口之间应设置沉淀池。明沟、集水井、沉淀池使用时应保持排水畅通并应随时清理淤积物。

(6) 当基坑开挖的土层由多种土组成，中部夹有透水性好的砂类土，基坑侧壁出现渗水时，可在基坑边坡上透水处分别设置明沟和集水井构成集水明排系统，分层阻截和排除上部土层中的地下水，避免上层地下水冲刷基坑下部造成边坡塌方。



(四) 井点降水

(1) 当基坑开挖较深，基坑涌水量大，且有围护结构时，应选择井点降水方法。即用真空（轻型）井点、喷射井点或管井深入含水层内，用不断抽水方式使地下水位下降至坑底以下，以方便土方开挖。

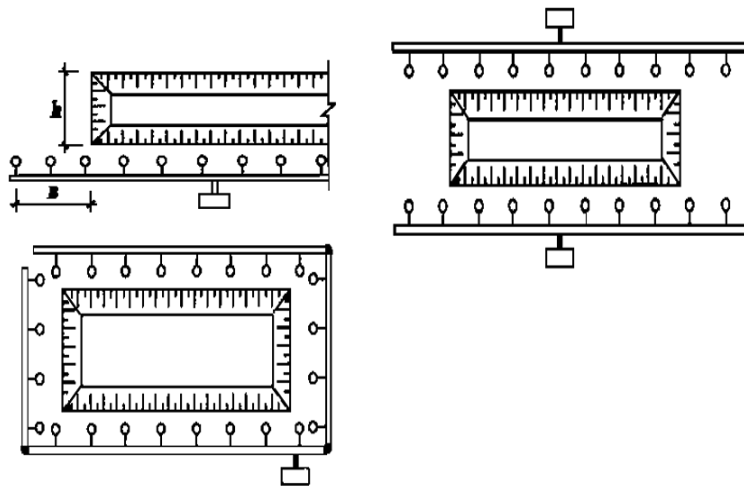


(2)轻型井点布置应根据基坑平面形状与大小、地质和水文情况、工程性质、降水深度等而定。

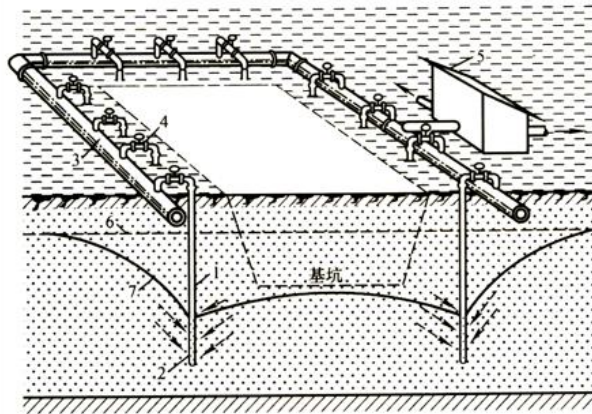
当基坑(槽)宽度小于6m且降水深度不超过6m时,可采用单排井点,布置在地下水上游一侧;

当基坑(槽)宽度大于6m或土质不良,渗透系数较大时,宜采用双排井点,布置在基坑(槽)的两侧;

当基坑面积较大时,宜采用环形井点。挖土运输设备出入道可不封闭,间距可达4m,一般留在地下水下游方向。

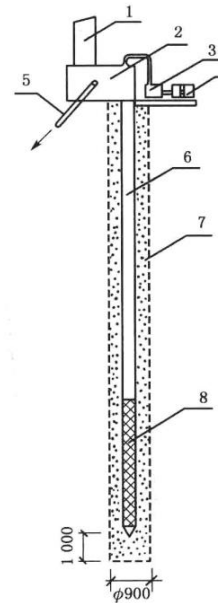


(3)轻型井点宜采用金属管,井管距坑壁不应小于1.0~1.5m(距离太小易漏气)。井点间距一般为0.8~1.6m。集水总管标高宜尽量接近地下水位线并沿抽水水流方向有0.25%~0.5%的上仰坡度,水泵轴心与总管齐平。井点管的入土深度应根据降水深度及储水层所有位置决定,但必须将滤水管埋入含水层内,并且比挖基坑(沟、槽)底深0.9-1.2m,井点管的埋置深度应经计算确定。



轻型井点降低地下水位全貌

1-井点管;2-滤管;3-总管;4-弯联管;5-水泵房;
6-原有地下水位线;7-降低后地下水位线



1—电气控制箱;2—溢水箱;3—真空泵;
4—电动机;5—出水管;6—井管;
7—滤料(砂);8—滤头

(4)真空井点和喷射井点可选用清水或泥浆钻进、高压水套管冲击工艺(钻孔法、冲孔法或射水法),不易塌孔、缩颈地层也可选用长螺旋钻机成孔;成孔深度宜大于降水井设计深度0.5~1.0m。钻进到设计深度后,应注水冲洗钻孔、稀释孔内泥浆。

孔壁与井管之间的滤料应填充密实、均匀,宜采用中粗砂,滤料上方宜使用黏土封堵,封堵至地面的厚度应大于1m。



(5)管井的滤管可采用无砂混凝土滤管、钢筋笼、钢管或铸铁管。

成孔工艺应适合地层特点,对不易塌孔、缩径地层宜采用清水钻进;采用泥浆护壁钻孔时,

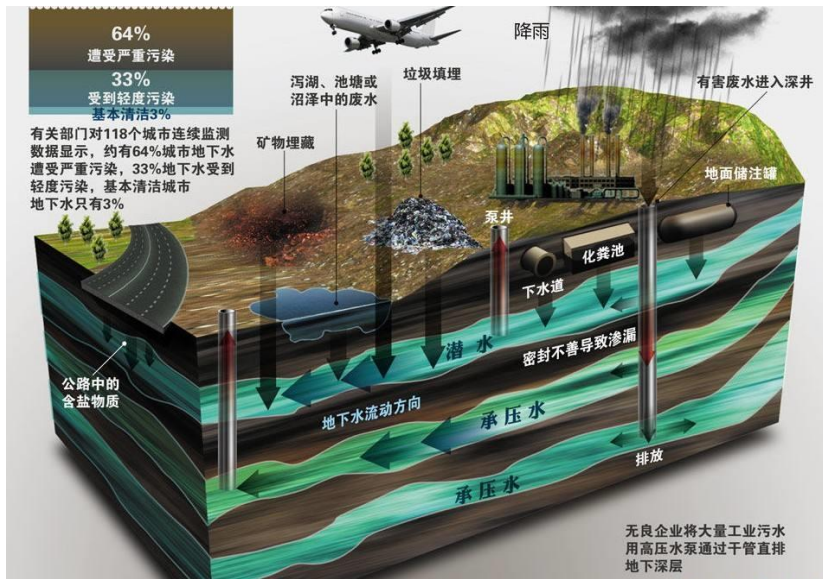
应在钻进到孔底后清除孔底沉渣并立即置入井管、注入清水，当泥浆相对密度不大于 1.05 时，方可投入滤料。滤管内径应按满足单井设计流量要求而配置的水泵规格确定，管井成孔直径应满足填充滤料的要求；滤管与孔壁之间填充的滤料宜选用磨圆度好的硬质岩石成分的圆砾，不宜采用棱角形石渣料、风化料或其他黏质岩石成分的砾石。井管底部应设置沉砂段。



四、回灌

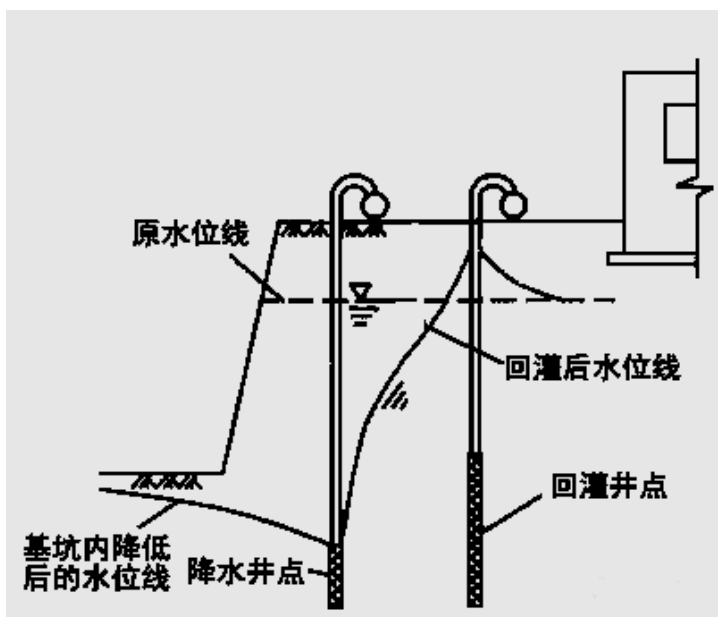
(1)当基坑周围存在需要保护的建（构）筑物或地下管线且基坑外地下水位降幅较大时，可采用地下水人工回灌措施。①浅层潜水回灌宜采用回灌砂井和回灌砂沟，②微承压水与承压水回灌宜采用回灌井。实施地下水人工回灌措施时，应设置水位观测井。

(2)当采用坑内减压降水时，坑外回灌井深度不宜超过承压含水层中隔水帷幕的深度，以免影响坑内减压降水效果。当采用坑外减压降水时，回灌井与减压井的间距不宜小于 6m。回灌井的深度、间距应通过计算确定。



(3)回灌井可分为自然回灌井与加压回灌井。自然回灌井的回灌压力与回灌水源的压力相同, 宜为 0.1~0.2MPa。加压回灌井的回灌压力宜为 0.2~0.5MPa, 回灌压力不宜超过过滤器顶端以上的覆土重量。

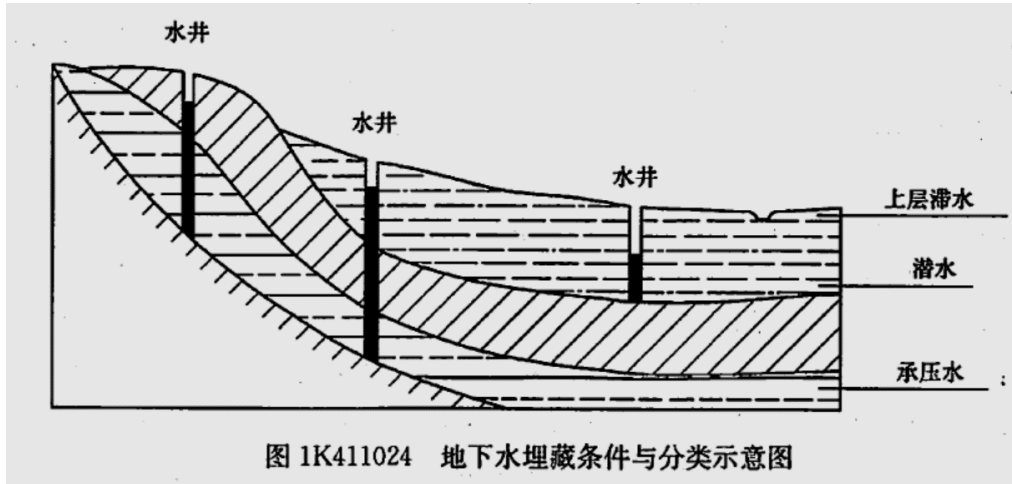
(4)回灌井施工结束至开始回灌, 应至少有 2~3 周的时间间隔, 以保证管井周围止水封闭层充分密实, 防止或避免回灌水沿管井周围向上反渗、从地面喷溢等情况发生。管井外侧止水封闭层顶至地面之间, 宜用素混凝土充填密实。



五、基坑的隔（截）水帷幕与坑内外降水

基坑的隔（截）水帷幕（或可以隔水的围护结构）周围的地下水渗流特征与降水目的、隔水

帷幕的深度和含水层位置有关，利用这些关系布置降水井可以提高降水的效率，减少降水对环境的影响。隔（截）水帷幕与降水井布置大致可分成三种情况，需要依据有关条件综合考虑。



(1) 隔水帷幕隔断降水含水层：

基坑隔水帷幕深入降水含水层的隔水底板中，井点降水以疏干基坑内的地下水为目的，即为前面所述的落底式帷幕，见图 1K413021-3。这类隔水帷幕将基坑内的地下水与基坑外的地下水分隔开来，基坑内、外地下水无水力联系。此时，应把降水井布置于坑内，降水时，基坑外地下水不受影响。

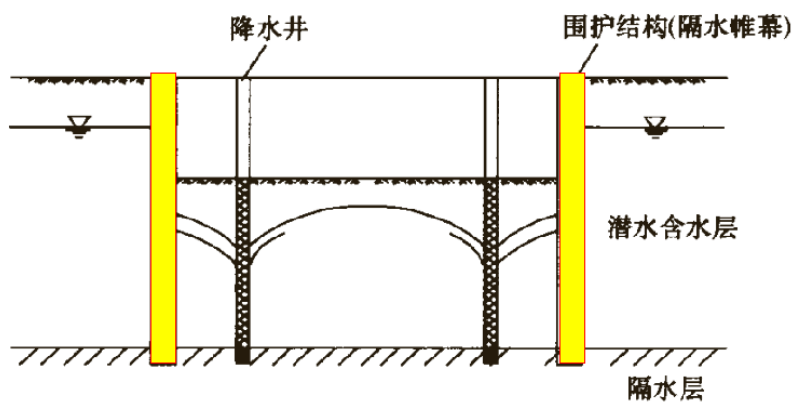


图1K413021-3 隔水帷幕深入降水含水层底板

(2) 隔水帷幕底位于承压水含水层隔水顶板中:

隔水帷幕位于承压水含水层顶板中,通过井点降水降低基坑下部承压含水层的水头,以防止基坑底板隆起或承压水突涌为目的,见图 1K413021-4。这类隔水帷幕未将基坑降水井围护结构(隔水帷幕)内、外承压含水层分隔开。由于不受围护结构的影响,基坑、外地下水连通,这类井点降水影响范围较大。此时,应把降水井布置于基坑外侧。因为即使布置在坑内,降水依然会对基坑外围有明显影响,如果布置在基坑内反而会多出封井问题。

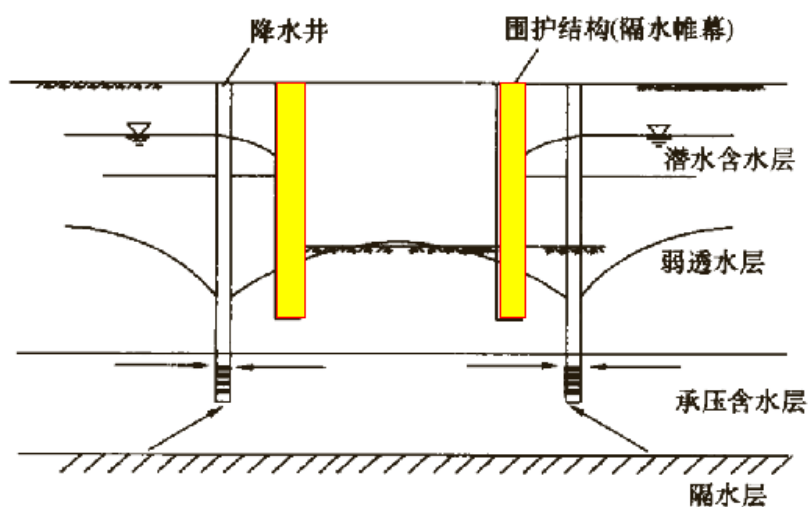


图1K413021-4 隔水帷幕底位于承压含水层隔水顶板

(3) 隔水帷幕底位于承压水含水层中:

- ①如果基坑开挖较浅,坑底未进入承压水含水层,井点降水以降低承压水水头为目的;
- ②如果基坑开挖较深,坑底已经进入承压水含水层,井点降水前期以降低承压水水头为目的,后期以疏干承压含水层为目的,见图 1K413021-5。

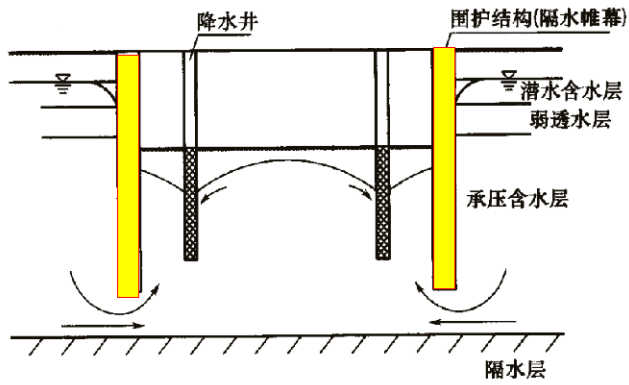


图1K413021-5 隔水帷幕底位于承压水含水层中

这类隔水帷幕底位于承压水含水层中，基坑内、外承压含水层部分被隔水帷幕隔开，仅含水层下部未被隔开。由于受围护结构的阻挡，在承压含水层上部基坑内、外地下水不连续，下部含水层连续相通，地下水呈三维流态。随着基坑内水位降深的加大，基坑内、外水位相差较大。在这类情况下，应把降水井布置于坑内侧，这样可以明显减少降水对环境的影响，而且隔水帷幕插入承压含水层越深，这种优势越明显。

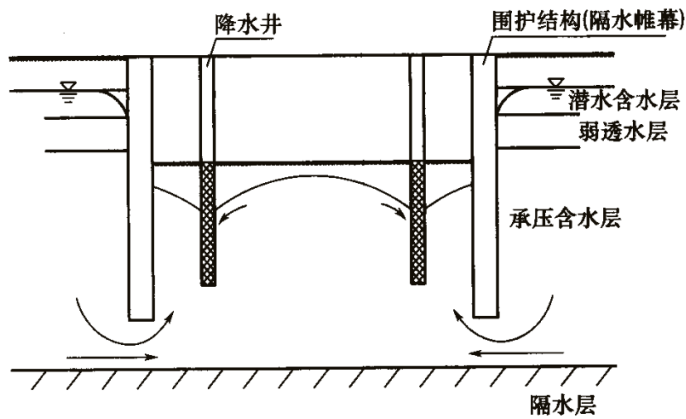


图1K413021-5 隔水帷幕底位于承压水含水层中