

武汉港西临长江测大型泵站深井降水施工技术

韩振方 杨井国

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/jpm.v4i10.6303

[摘要] 港西二期泵站位于武汉市青山区长江防洪武青堤保护圈内,为避免基坑开挖过程中出现流水、涌砂险情,需对场地地下水进行有效控制,进行基坑降水。港西二期泵站项目针对本工程的实际情况,采用深井降水,很好的保证了基坑开挖的顺利进行及周围建筑物的安全,对类似项目具有很好的指导意义。

[关键词] 武汉港西; 临长江侧; 大型泵站; 深井降水

Construction technology of deep well precipitation of large Yangtze River pump station west of Wuhan Port

Han Zhenfang, Yang Jingguo / Sinohydro 11th Engineering Bureau Co., Ltd

[Abstract] Xiangxi Phase II pump station is located in the protection circle of Yangtze River Flood prevention Wuqing dike in Qingshan District, Wuhan city. In order to avoid the danger of flowing water and sand gushing in the excavation, it is necessary to effectively control the groundwater and precipitation in the foundation pit. According to the actual situation of this project, the project adopts deep well precipitation, which well ensures the smooth progress of foundation pit excavation and the safety of surrounding buildings, and has a good guiding significance for similar projects.

[Key words] West of Wuhan Port, near the Yangtze River, large pumping station, deep well precipitation

1 工程概况

港西二期泵站位于武汉市青山区长江防洪武青堤保护圈内,离武青堤距离在100m左右,其地下水与长江水水力联系密切,两者呈互补关系,深层承压水水位较高。港西二期泵站下伏隔水层为泥质粉砂岩,静止水位埋深6.0m,相当于标高15.5m,为空隙弱承压水。港西二期泵站泵房、进水间及格栅间基坑为方形布置,前池基坑呈喇叭形布置,总长度90.49m,基坑宽度最大处为41.3m,最小处为29m,基坑周长为252.7m,基坑开挖平面面积约3117 m²,基坑深度7.6m~12.7m,最深为12.7m,位于地下水位以下,开挖受较大影响。为避免基坑开挖过程中出现流水、涌砂险情,需对场地地下水进行有效控制,进行基坑降水。根据现场实际情况及工程地质勘察报告,决定采用深井降水进行基坑降水。泵站进行深井降水,地下水位下降,但长江水会及时补充。根据现场实际及工程地质勘察报告进行抽水试验,根据试验报告进行降水设计,优化降水方案,保证了基坑分层开挖时地下水位在分层作业面以下0.5~1m,每层作业面都无水,提高了基底的承载力。

我国在工程建设中应用降水技术始于1953年,后在北京地铁施工中采用了深井降水。到七十年代,已发展到采用电渗法、真空法、喷射井点、深井降水等单项技术或多项技术综合应用的程度,先后在沟渠、水闸、船坞钢铁厂、地下隧道、桩基和深基坑各类工程中起到很大作用,其中最大降水深度186

米,排水量达到3000m³/h。八十年代以后降水工程大量进入城市高层建筑的深基坑领域,带来显著的经济效益。90年代以后,由于有了一定实际经验的积累,加上各研究单位的积极参与,使基坑治水工程取得了较大成绩,并专门制定了相应的施工指南及法规。但是,距离大型水源如此之近、周围重要建筑物如此之多,进行基坑深井降水的项目很少。港西二期泵站项目针对本工程的实际情况,采用深井降水,很好的保证了基坑开挖的顺利进行及周围建筑物的安全,对类似项目具有很好的指导意义。

2 基坑降水设计

2.1 降水方案设计

由于本基坑围护结构采用钻孔灌注桩加三轴旋喷止水帷幕,场区基坑开挖深度在7.60~12.70m左右,上层滞水水量较小、对基坑开挖影响较小,基坑开挖时可用明排解决。但深层承压水水量大,基坑开挖已揭穿隔水层,须采取深井降水处理,基坑内布置27口降水井,其中2口降水井兼观测井。

表 2.1-1 降水井设计参数表

序号	类型	孔径 (mm)	管径 (mm)	井深 (m)	实管长 (m)	滤管长 (m)	水泵 下置 深度(m)	井数 (口)
1	降水井	650	325	28	15	13	27	27

2.1.1 降水目的

根据本工程的基坑开挖及基础底板结构施工的要求, 基坑降水目的如下:

(1) 有效降低坑内地下水水位, 加固基坑内和坑底下的土体, 提高坑内土体抗力, 从而减少坑底隆起和围护结构的变形量, 防止坑外地表过量沉降。

(2) 有效减少坑内被开挖土体的含水量, 防止土体在开挖过程中发生纵向滑坡, 便于挖掘机挖土、土方外运和坑内施工作业。

(3) 有效降低下部承压含水层的水头高度, 防止基坑底板发生管涌、突涌等不良现象, 确保基坑底板的稳定性。

2.1.2 降水

根据本工程水文和地质勘测资料, 第4-1层存在承压水。经计算, 基坑开挖至-7.60m标高时为临界状态, 其下土体开挖时必须对第4-1层承压水采取降水措施, 否则有可能产生坑底失稳。

(1) 在基坑内设置27口降水井, 其中2口降水井兼备用井, 基坑外观测井见图2.1-1。

(2) 降水井、观测井井身构造设计见图2.1-2。

(3) 降水井每口安装一台深井潜水泵。

(4) 降水深井抽水含砂率控制在0.1‰以下。

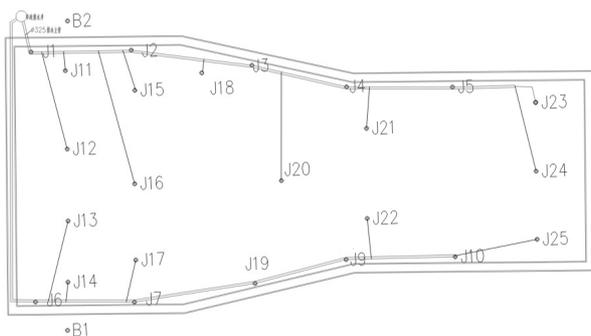
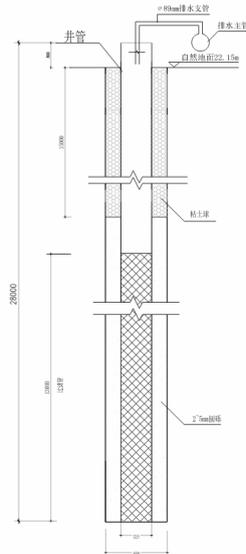


图 2.1-1 泵站二期降水井点管网平面布置示意图



降水井、观测井结构设计图

图 2.1-2 泵站降水井、观测井及备用井剖面图

2.1.3 排水

主排水管采用焊接钢管直径不小于 $\Phi 320\text{mm}$, 支管采用 $\Phi 80\text{mm}$, 现场排水管网将降水井抽出的水直接排入建设5路市政管网内。地下室逆作法施工时水平排水管网设置在地下室B1板上通过外墙预埋套管将排水主管引至室外, 室外排水坡度3/1000, 每隔5-8m设400*200*1000砖砌托台, 钢管居中放置, 排水管接入入口处设置沉淀池(尺寸: 1200*1200*1800), 沉淀池采用砖砌筑, 池内满刷1.5厚水泥基防水处理, 水泥砂浆抹面压光, 定期清理淤沙。

2.2 降水设计计算

$$Q = \frac{2.73kMS}{(\lg R - \lg \gamma_0)}$$

式中: Q —基坑降水出水量 (m^3/d);

k —导水系数, 按降水经验, 取 $k=18.5\text{m}/\text{d}$;

M —含水层厚度, 取 $M=46\text{m}$;

S —基坑中心水位降, 按上述抗突涌验算, 取 $S=8\text{m}$;

R —降水期间影响半径, 取 $R=280\text{m}$;

γ_0 —大井园概化半径, $\gamma_0=L+B/4$

计算结果见下表:

基坑涌水量估算结果

K	L	B	M	S	R	γ_0	Q
(m/d)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m^3/d)
18.5	93	44	46	8	280	34.25	20651

根据抽水试验结果, 所以单井实际出水量取 $1200\text{m}^3/\text{d}$ 是合理可靠的, 则需降水井数量为 $N=Q/q*1.2$ (安全系数) 经计算

$$N=20.6$$

考虑到该基坑离长江较近, 且属于长江一级介地, 水位变幅较大, 变幅为4-6m, 经优化后, 降水井数量为27口, 做到按需降水原则降水。

2.3 降水井结构设计

降水井、观测井井身结构系依据降水地段地质岩性构成、水文地质条件、钻孔工艺、施工要求及有关规范规定设计, 具体结构设计如下:

2.3.1 钻孔

降水井钻探孔径为650mm, 降水井(孔)深28.0m, 降水井兼观测井成井工艺同降水井。成孔采用冲击或回转钻进工艺, 不宜采取浓泥浆护壁方式, 避免影响后续抽水效果。

2.3.2 井管

井管材料为焊接钢管, 降水井管径325mm, 降水井兼观测井管径325mm, 壁厚 $\geq 6.0\text{mm}$, 上部井管管顶高出地面0.8m。其中井壁管长度为15m, 过滤管长度降水井为13m, 布置于细砂层中。单井设计出水能力 $1200\text{m}^3/\text{d}$ 。

2.3.3 填砾与管外封闭

自孔底至井口以下13m的承压含水层深度段环填1-3mm连续级配石英砂, 以形成良好的人工反滤层。石英砂孔口上部环填2m深粒径为20-30mm的粘土球, 在井口至孔深13m段环填粘土球以进行管外封孔。封孔目的是将上层潜水与下部承压

水封隔, 以避免潜水被疏干后排水固结引起地面过大沉降。井管采用穿孔过滤器 ($\Phi 18\text{mm}@50\text{mm}$) 采用梅花型布置, 孔隙率不小于 20%, 沿井管焊 $\Phi 10\text{mm}$, 竖向间距 100mm 的钢筋, 外包一层 10 目钢丝网、三层 80 目尼龙网。

2.3.4 潜水泵

深井潜水泵采用总扬程不低于 35m, 额度流量为 $60\text{m}^3/\text{h}$, 泵体最大外径不大于 250mm。每台潜水泵均配置控制井内水位的自动开关, 在井口安装单向阀和计量装置, 以便调节流量和监测抽水量, 基坑井点群配备 20 台备用泵。

3 基坑降水施工

3.1 成井施工技术要求

3.1.1 前期准备

(1) 测放井位

根据降水水管井平面布置图测放井位, 井位测放完毕后应做好井位标记, 方便后面施工。如果布设的井点存在地面障碍物, 应当设法清除障碍物, 以利于成井的进行。若地面障碍物不易清除或受其他施工条件的影响, 无法在原布设井位进行打井时, 应与工程师及甲方及时沟通并采取其他措施, 必要的时候可对井位作适当调整。

(2) 埋设护口管

护口管采用直缝钢管制作, 管径 $\Phi 700\text{mm}$, 壁厚 6mm, 护口管长度分别为 2m、3m、5m (根据上部回填土的厚度进行配置), 埋设护口管时, 护口管底口应插入原状土层中, 管外应用粘性土或草辫子封严, 防止施工时管外返浆, 护口管上部应高出地面 0.10m~0.30m。

(3) 安装钻机

安装钻机时, 为了保证孔的垂直度, 机台安装后应采用水平尺量测, 确保其稳固水平, 大钩对准孔中心, 大钩、转盘与孔的中心三点成一线, 严把开孔关, 钻头与钻杆连接处带两根钻铤, 并且, 弯曲的钻杆不得下入孔内。

3.1.2 成井施工

(1) 材料

本项目成井施工所采用材料为: 钢管、滤网、铁丝网、滤料等。

由于材料质量的优劣直接关系到降水井施工质量, 材料进场后需提供产品合格证后方可使用。并按项目部要求在指定地点进行堆放, 材料堆放必须整齐、美观、安全, 施工使用完后废料应及时清理, 做到活完料尽场地清。

(2) 施工机械

采用 300 冲击型水井钻机成孔, 机械自带卷扬机下放井管, 深井潜水泵抽水。

(3) 钻机就位

钻机就位前应对场地进行平整, 并采用反铲履带对机台安放区域进行压实, 防止钻机不均匀下沉; 钻机就位时要平稳牢固、勾头、磨盘、孔位三对中, 对中误差 $\leq 5\text{cm}$, 垂直度不得大于 1%。

(4) 钻孔

套管垂直钻进, 垂直度控制在 0.5% 内, 孔身应圆正, 钻进过程中对水位、涌砂、气体逸出等情况进行观察、记录, 钻至设计深度后, 通知技术人员验收, 并填写相关原始记录。

(5) 清孔换浆

当钻孔至设计孔深后为防止泥浆沉淀和井孔坍塌, 应及时清孔换浆, 清孔换浆应在扩孔完毕后立即进行, 即采用成孔钻头兼着提筒, 中速吊入井底, 将成孔过程中比重稍大的自造浆逐渐提出, 同时孔口采用水管持续将清水灌入, 反复循环直至提筒内水体变清, 肉眼感官无明显异色 (清空后泥浆比重稀释到 ≤ 1.03 , 含砂率降至 1% 以下, 粘度约为 17s) 即可停止清孔换浆, 为防止垮孔, 保证孔内水头压力, 孔口注水不可停止, 清孔完毕后应通过设备自带钢丝绳/提筒或测绳对孔底沉碴孔底进行量测, 沉碴厚度不大于 20cm。

(6) 井管安装

井管为成品的直缝钢管, 采用机械自带卷扬机下置安放, 井管下置前应根据设计要求提前对滤水管和实管的长度进行配置, 并对逐节井管进行编号, 井管下置时按编号逐节吊装、焊接, 所有井管都要求圆直且长度满足设计要求, 管身接长处采用焊接, 焊缝必须顺直饱满, 不得虚焊漏焊。最下面一节管底部采用钢板封底, 井管上端口应高出地面至少 50cm。严禁强行将管井压入井孔。

(7) 回填滤料

井管与钻孔间隙填入规格 1~3mm 砾石滤料, 填料时井管必须居中, 采用循环水填料法进行回填, 用铁锹将滤料均匀的抛撒在井管四周, 当实际回填方量接近理论方量的 80% 时, 及时下置测绳对滤料回填高度进行实测校正, 并逐渐填至设计文件要求深度, 经洗井密实后补填砾石料及填入粘土封闭。

(8) 洗井

填料完成后开启深井潜水泵抽水机械洗井, 以排出护壁泥浆, 疏通水路。洗井时间一般不得小于半小时, 确保抽排出的地下水水清砂净, 肉眼感官无混浊和可见颗粒。单井洗井完毕后应安装流量计对单井出水量进行量测, 并做好记录。

(9) 含砂量检测

在降水井施工完毕后, 基坑开挖前降水试运行期间, 抽取降水井总量的 5% 的井群进行水样采集, 亦可通过出水口集中采集, 并送具备检测资质单位进行含砂量检测, 含砂量满足设计要求 (不得大于 1/10000) 后方可正式投入使用。

3.3 降水运行措施

3.3.1 安装

① 抽水泵采用口径 89mm, 出水量达到 $60\text{m}^3/\text{h}$ 的潜水泵。

② 输水管采用 89mm 泵管在井中与抽水泵口连接, 基坑降水井井口留至负一层楼板处, 泵管沿负一层楼板敷设至主排水管。如果地下承压水位较高, 在负一板井管切割时, 可能会出现井口翻水, 当地下承压水位较高时, 可在首层楼板处开启周边一圈井, 水位降下去后, 其它井就可以在负一层敷设。

③排水管倾斜率 0.3%，主排水管每隔 5-8m 设砖砌托台，钢管居中放置，排水管进入市政管线接入处设置沉淀池。

④沉淀池采用 1.2×1.2×1.8 米的三级沉淀，地下水由排水管排到沉淀池，排水管接入东侧江汉北路市政排水管。

⑤输水管线在各项施工中，以方便各项作业的顺利进行随时进行改变位置。

(3) 抽水泵类型

本工程采用水泵型号 11.5KW 流量 60m³/h 的水泵 27 台。运转 11 台，备用水泵 20 台来及时更换保证降水的顺利进行。

(4) 施工与配电

①采用三相五线制，双重漏保。每台水泵用高分断断路器控制，分闸箱设信号灯，以便值班人员及时发现情况。

②现场配置 3 个分闸箱。

③潜水泵电机，电缆及接头需有可靠绝缘。

④潜水泵下井前对每台潜水泵和线路及控制系统做一次全面细致的检查，然后试运转 3—5 分钟后，如无漏电等问题，方可下井使用。

⑤由于每台潜水泵、电缆必须通过场地后连接到分闸箱，应同输水管线一样，由专人看护，及时检查，及时调整，配合好其它各项作业。

(5) 观测井

对于观测井，配用电子测量仪 1 台进行测量。以保证测量的准确真实。井口进行覆盖，确保每口井的安全使用。

3.3.2 试抽水

(1) 降水系统开启前，先对现场统一做一次自然水位测量，以便得到原始数值，便以控制自然水位的平稳下降。

(2) 抽水前对四周边坡做一次统一检测，得出准确原始数据以便了解四周的沉降情况。

(3) 得出所需数据进行正常抽水。

(4) 根据试抽水摸清每口井的出水能力，做到记录清楚。

(5) 降水井施工过程中，必须先施工具有代表性的 2 口井进行抽水试验，试验结果及时反馈设计方，以便调整优化设计。降水井全部完成后应进行一次群井抽水试验，检验降水效果。

(6) 降水井按信息化施工原则运行，基坑施工期间需先做好井孔的水位观测，根据水位高程及开挖深度确定是否开启降水井或启用的数量。

3.3.3 降水井正式运行

为降低基坑降水对基坑周边环境的影响，在降水运行过程中应务必做到按需降水。

基坑降水运行时开启减压抽水井数量和抽水量大小，应根据基坑开挖深度和对应的安全承压水头埋深进行控制。降水运行时，随开挖深度的逐渐加大，逐步降低承压水头，以尽量减少减压降水引起的相邻地面沉降。

3.3.4 施工监测

(1) 监测要求

①须请有资质的单位、人员进行监测，基坑开挖前须做好监测方案和观测点的布置，具体位置和数量由监测单位实施。采用精密水准仪按有关规范要求进行观测。

②观测基准点设在开挖影响范围外。

③在开挖卸荷急剧和降水阶段，应加密观测。

④观测资料要及时整理出累计变形量及沉降速率等，并绘制沉降(S)~时间(T)关系曲线图，沉降(S)~水平位移(L)~距离(H)关系展开曲线图。

(2) 降水监测

①降水运行前应统测一次井内水位和各井出水量。

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如遇降雨，观测次数宜每日 2~3 次。

⑤水位、水量观测精度要求符合规范规定。

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。

3.3.5 封井施工

深井降水完毕后，采取有效措施封堵井孔，避免承压水沿井孔及井壁上涌。

基坑挖至设计标高后，结构底板施工时，应在降水井及观测井管壁加焊两层止水圈，止水圈采用圆形钢环焊接，钢环直径 $\Phi 500\text{mm}$ ($\Phi 290\text{mm}$)，焊接部位为：下层为底板底以上 100~200mm，上层为底板面以下 300~400mm，防止承压水沿井壁上涌。

降水井封堵时采取“以砂还砂，以土还土”的原则：含水层段回填砂土，隔水层段回填粘土，底板底以下 500mm 区域采用抗渗商品微膨胀砼填筑，待回填砼达到设计强度后再切割上部井管，封堵井孔，并加焊封口钢板。

4 总结

港西二期泵站站区基坑开挖工过程中，采用深井降水，施工过程中能够精心组织，严格按照设计图纸和施工规范要求进行施工，施工过程中质量和安全状况良好，既节省了工期、投资，又保证基坑开挖的安全及周围建筑物的安全，希望本文能为类似工程提供经验。

作者简介：韩振方，1974.6，男，高级工程师，本科，主要从事水利水电工程施工。