

## 管井及轻型井点降水在江心洲平原的应用

李振华, 徐明刚, 袁 路, 薛 松, 孙 凡

(江苏省水利建设工程有限公司, 江苏 扬州 225009)

**摘要:** 工程地处扬州市瓜洲镇, 地貌为江心洲平原区, 底板位于第四层灰、青灰色轻粉质砂壤土夹粉砂、轻粉质壤土上, 土层渗透系数大、地下水丰富, 基坑周边水源补给丰沛, 透土层厚度大, 同时工程土层具有夹层互层结构, 地基的渗流稳定问题为工程的主要工程地质问题之一。对于土层渗透系数大, 通常采取管井降水, 将基坑范围内水位降至满足施工要求; 而对于泵站地下连续墙内的夹层互层结构的水, 如果通过附近的管井降水, 需要通过地连墙绕渗, 周期较长, 而采用轻型井点降水, 可以达到缩短降水周期、节约成本的功效。

**关键词:** 管井降水; 轻型井点降水; 层间水; 渗透系数

中图分类号: TV52

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2018)06-0050-04

### Application of tube well dewatering and light well point drainage in Jiangxinzhou plain

LI Zhenhua, XU Minggang, YUAN Lu, XUE Song, SUN Fan

(Jiangsu Hydraulic Engineering Construction Co., Ltd., Yangzhou 225009, Jiangsu)

**Abstract:** The project is located in Guazhou Town of Yangzhou City, and the landform is Jiangxinzhou Plain area. The floor is located on the fourth layers of gray, light gray silt sandy loam soil with silt and light silt loam. The permeability coefficient of the soil layer is large and the groundwater is rich. The water source around the foundation pit is abundant and the thickness of the permeable layer is large. At the same time, the soil layer has interlayer structure and foundation, and the seepage stability is one of the main engineering geological problems. When the permeability coefficient of the soil layer is large, the tube well dewatering is usually adopted to reduce the water level in the foundation pit to meet the construction requirements. For the interlayer structure of the water in the underground continuous wall of the pumping station, if precipitation occurs through a nearby tube well, it needs to be penetrated through the wall and the cycle is longer. However, light well point precipitation can shorten the precipitation cycle and save cost.

**Key words:** tube well dewatering; light well point drainage; interlayer water; permeability coefficient

## 0 引言

管井降水属强制式降水, 实质上就是在基坑外围布置井点, 在井内进行抽水截住地下水渗流, 降低地下水位, 防止基坑出现流砂、管涌和坑底突涌,

减轻基坑壁侧压力, 提高边坡稳定性, 为基础施工创造条件。本工程地貌为长江新三角洲与江心洲平原, 土层比较复杂, 土壤夹层较多, 垂直渗透性不好, 通过管井没有取得应有的降水效果, 局部还有渗水, 我们通过轻型井点降水来保证地下水

收稿日期: 2018-03-14

作者简介: 李振华(1982-), 男, 本科, 工程师, 主要从事水利工程建设工作。

位处于开挖基坑面以下,保证工程顺利施工。

## 1 工程概况

瓜洲泵站工程位于扬州市古运河、仪扬河流域东南,古运河入长江口门瓜洲闸的东侧。古运河、仪扬河区域北至江淮分水岭,南抵长江,东临京杭运河,西与胥浦河流域毗邻,总面积 632 km<sup>2</sup>。区内地势山丘、平原、圩区兼有,西北部(沿山河以北)为仪邗丘陵,地面高程▽ 8.0 ~ 40 m;南部(沿山河以南)为长江冲积平原,地势平坦,沟河港汊密布,以老 328 国道为界,路北为平原区,地面高程▽ 5.2 ~ 7.5 m;路南为圩区,地面高程▽ 3.5 ~ 5.2 m。扬州主城区位于流域东南部,市区 85% 的规划建成区面积均位于本流域范围内,仪征市真州老城区和滨江新城亦位于本流域的西南部。

本工程站身基坑开挖深度约 10.0 m,属深基坑开挖。根据场地的工程地质、水文地质条件以及《建设标准强制性条文选编》,本工程建筑物的基坑工程安全等级为一级。

## 2 降水方案的设计

扬州市瓜洲泵站工程底板底面高程▽ -6.2 ~ -2.6 m,位于第四层灰、青灰色轻粉质砂壤土夹粉砂、轻粉质壤土上,含云母。地基土以粉砂、轻粉质砂壤土为主,土层渗透系数大、地下水丰富,基坑周边水源补给丰沛,透水层厚度大,四层土垂直向渗透系数为  $k=5.35 \times 10^{-4}$  cm/s,水平向渗透系数为  $k=1.73 \times 10^{-3}$  cm/s,具有中强等透水性,地基的渗流稳定问题为本工程的主要工程地质问题之一。为确保有效地抽排和降低基坑范围内的渗透水,基坑地下水采用深井降水。对局部深井降水不能辐射到的区域,出现的明水现象,采取沿基坑四周设置明排水,采用轻型井点降水的施工方法,确保降水效果。具体根据施工现场的实际开挖情况配合降水。

古运河常年平均水位 4.8 m,泵站底板最低处开挖高程为▽ -6.2 m,根据地质资料显示,构成基坑临时性边坡的土层主要为:

第 1 层(Q4ml):人工堆土,为灰、灰黄色重、轻粉质壤土杂重粉质砂壤土,杂碎石、瓦砾,局部为耕作土、路基,土质不均。

第 2 层(Q4al+pl):灰、青灰色轻粉质砂壤土

夹重粉质壤土。

第 3 层(Q4al+pl):灰色重、轻粉质壤土,局部夹砂壤土。

第 4 层(Q4al+pl):灰、青灰色轻粉质砂壤土夹粉砂、轻粉质壤土,含云母。

第 4-1 层(Q4al+pl):灰、青灰色轻粉质壤土、重粉质壤土。

以上各层土抗冲刷能力均较差。

基坑坑底和坑壁均以粉质壤土和砂壤土为主,其中第 1 层土垂直渗透系数为  $4.21 \times 10^{-5}$  cm/s、水平渗透系数为  $4.3 \times 10^{-5}$  cm/s;第 2 层土垂直渗透系数为  $7.03 \times 10^{-4}$  cm/s、水平渗透系数为  $3.6 \times 10^{-4}$  cm/s;第 3 层土垂直渗透系数为  $7.76 \times 10^{-5}$  cm/s;第 4 层土垂直渗透系数为  $5.35 \times 10^{-4}$  cm/s、水平渗透系数为  $1.73 \times 10^{-3}$  cm/s;第 4-1 层土垂直渗透系数为  $1.32 \times 10^{-4}$  cm/s、水平渗透系数为  $3.13 \times 10^{-4}$  cm/s。

地质报告显示,2 ~ 4 层土中具有夹层互层。

本泵站工程主体基坑拟采用深井降水,管井材料采用无砂透水混凝土管,设计管井内径为 300 mm,设计深井底高程▽ -25.0 m,布置间距为 20 ~ 25 m。

## 3 降水井设计计算

本工程泵站基坑开挖最深处高程为▽ -6.20 m(泵站底板),因此地下水在泵站基坑位置应至少降至▽ -6.70 m 以下,方能满足泵站底板施工要求。

深井包围的基坑总面积  $A=80 \times 180=14400$  m<sup>2</sup>。计划沿泵站及清污机桥基坑四周环形布置 34 口深井,井底高程均为▽ -25.0 m,上下游引河段施工时,计划布置 25 套轻型井点进行辅助降水。

基坑降水计算:

由于管井底未到不透水层及承压水层,故该区域降水按无压非完整井计算。

参数选取<sup>[1]</sup>:粉土渗透系数  $k=1.494$  m/d;降水曲线坡度  $i=0.1$ ;管井井点半径  $r=0.15$  m;井点个数  $n=34$ ;水位降低值  $s=10.6$  m;过滤管长度  $l=6.7$  m;降水区域宽  $L_1=80$  m,长  $L_2=180$  m。

(1) 每一眼井的排水容量的计算

深井降水计算简图见图 1,排水容量按公式(1)计算:

$$q=120\pi r l^3 \sqrt{k} \quad (1)$$

式中:

$q$ —每一眼井的排水容量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;

$k$ —含水层的渗透系数,  $\text{m}/\text{d}$ ;

$r$ —降水井半径(半径 0.15 m),  $\text{m}$ ;

$l$ —滤水高度( $0+6.7=6.7$  m),  $\text{m}$ ;

$R$ —抽水时水位出逸坡降影响圈的半径,  $\text{m}$ 。

计算参数:  $k=1.73 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{s}=1.494 \text{ m}/\text{d}$ ;

水位线至井点过滤管上端距离  $s'$ :

$$s' = \frac{L_1}{2} i + s = 80/2 \times 0.1 + 10.6 = 14.6 \text{ m};$$

由  $s'/(s'+l)=0.56$  知含水层有效深度  $H_0$ :

$$H_0 = 1.591 \times (s'+l) = 40 \text{ m};$$

抽水影响半径  $R$ :

$$R = 1.95s\sqrt{H_0k} = 159 \text{ m};$$

假象半径  $x_0$ :

$$x_0 = \sqrt{\frac{L_1 L_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{80 \times 180}{3.14}} = 67.7 \text{ m};$$

抽水影响半径  $R_0$ :

$$R_0 = R + x_0 = 159 + 67.7 = 227 \text{ m};$$

代入公式(1)得每一眼井的排水容量  $q$ :

$$q = 120\pi r l^3 \sqrt{k} = 120 \times 3.14 \times 0.15 \times 6.7^3 \times \sqrt{1.494} = 432 \text{ m}^3/\text{d}$$

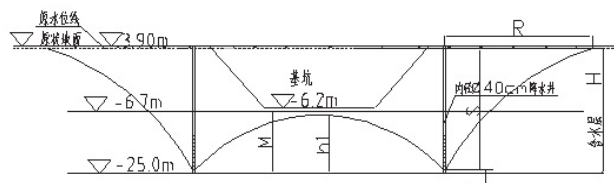


图1 深井降水计算简图

(2) 闸塘系统涌水量的计算

闸塘系统涌水量按公式(2)计算:

$$Q = \frac{1.366k(2H_0 - S)S}{\lg \frac{R}{r_0}} \quad (2)$$

式中:

$Q$ —系统排水容量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;

$k$ —含水层的渗透系数(1.494  $\text{m}/\text{d}$ ),  $\text{m}/\text{d}$ ;

$H_0$ —含水层的厚度(40 m),  $\text{m}$ ;

$S$ —地下水在各深井中降低的深度(即  $3.9+23.5=27.4$  m),  $\text{m}$ ;

$R$ —抽水时水位出逸坡降影响圈的半径(159 m),  $\text{m}$ ;

$r_0$ —排水装置假想半径(67.7 m),  $\text{m}$ 。

计算参数:  $k=1.73 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{s}=1.494 \text{ m}/\text{d}$ ;

地下水水头:  $\nabla 3.9 \text{ m}$ ;

井底高程:  $\nabla -25.0 \text{ m}$ ;

井内水泵安放高程:  $\nabla -23.5 \text{ m}$ 。

代入公式(2)得

$$Q = \frac{1.366k(2H_0 - S)S}{\lg \frac{R}{r_0}}$$

$$= 1.366 \times 1.494 \times (2 \times 40 - 27.4) \times 27.4 / (\lg 159 - \lg 67.7) = 7949 \text{ m}^3/\text{d};$$

(3) 深井数量

深井数量按公式(3)计算:

$$n = 1.1Q/q = 1.1 \times 7949/432 = 20.2 \text{ 口} \quad (3)$$

考虑到建筑物布置和降水井置间距,设计泵站及清污机桥基坑共布置 34 口降水深井,其中在泵站主基坑布置 18 口降水井,泵站上下游翼墙和清污机桥布置 16 口降水井以满足本工程基坑施工降低地下水的需求<sup>[2]</sup>。

尽管理论计算能够满足基坑降水要求,由于本工程土层比较复杂,长江流域土壤夹层较多,垂直渗透性与水平渗透性基本相同,实际影响可能跟计算略有出入。为安全起见,在泵站基坑中心布置临时水位观测井,必要时在清污机桥、上下游翼墙、引河等部位布置临时水位观测井。施工过程中,每天定期检测地下水位的实际情况,并对观测数据进行分析,以确保基坑降水效果满足施工要求。

(4) 泵型选择

根据降水井单井出水量  $432 \text{ m}^3/\text{d}$  和降水深度,拟选择流量  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 35 m 的潜水泵,考虑到降水前期出水量较大,另配置部分流量  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 30 m 的潜水泵。

考虑到检修及备用,共配备流量  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 35 m 的潜水泵 40 台,流量  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 30 m 的潜水泵 10 台<sup>[3]</sup>。

2017 年 7 月中标、进场,8 月初开始降水井施工,8 月下旬降水井施工结束,降水满足施工要求,然后开始基坑一期开挖,9 月中旬基坑一期开挖结束。9 月份开始基础地下连续墙和基础灌注桩施工,10 月下旬基础施工结束。根据实际观测,得到如图 2 所示的降水曲线 1—1 剖面图(其中站身底板为理论推测水位),由于管井作用地下水位处于  $\nabla -9.8 \text{ m}$  左右,而泵站基坑开挖最深处高

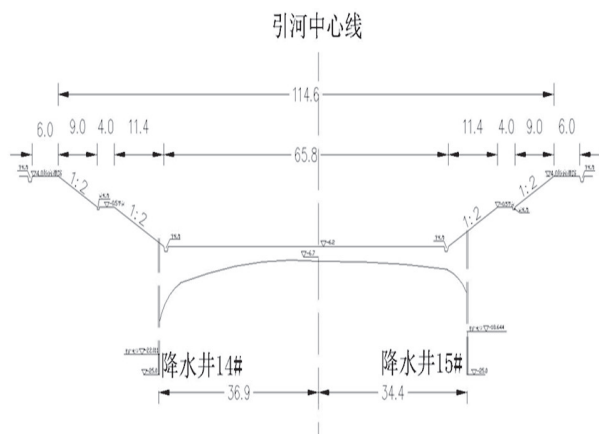


图2 瓜洲泵站降水井降水曲线 1—1 剖面图

程为 $\nabla -6.20$  m (泵站底板), 理论上开挖不存在问题。

由于本工程土层比较复杂, 长江流域土壤夹层较多, 垂直渗透性与水平渗透性基本相同, 实际降水没有取得预想效果, 土壤夹层之间还有丰富的层间水, 为施工带来许多不确定因素。为了基坑更好、更快的施工, 经过技术比较并考虑施工时间, 为减少施工费用, 项目采用管井与轻型井点降水相结合。

根据基坑的形成情况、土层含水量、渗透系数、施工面积, 充分考虑每组井点机组的影响面积, 采用环形井点降水, 每根井点降水管间距 1.5 m 左右, 经过一段时间降水观测, 观测地下水位为 $\nabla -6.7$  m, 即水位低于底板最低处 50 cm, 满足施工要求; 项目部, 在基坑二次开挖方案报请监理审批, 组织作业相关人员安全及技术交底, 根据项目的要求, 施工班组先进行探挖, 但发现基坑的地下水位远远高于基坑外围水位, 与理论和现场观测不一致; 经分析基坑地连墙帷幕施工结束后, 查基坑地质得知此位置有夹层水, 基坑夹层水经外围降水需要较长时间, 基坑二次开挖为泵站施工的主线, 开挖的滞后将严重影响工期, 经监理、建设单位、施工单位联合商定, 采取轻型井点对地下连续墙帷幕内的基坑内夹层水进行处理, 按照纵向间隔 12 m 分别布置轻型井点施工, 轻型井点降水施工工艺<sup>[4]</sup>, 见图 3。

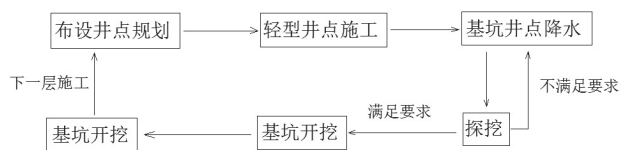


图3 施工工艺流程图

经过 48 h 降水, 作业班组进行探挖, 发现水位明显降低, 满足开挖条件, 经过两轮次的施工, 完成基坑开挖。图 4 为轻型降水布置图。

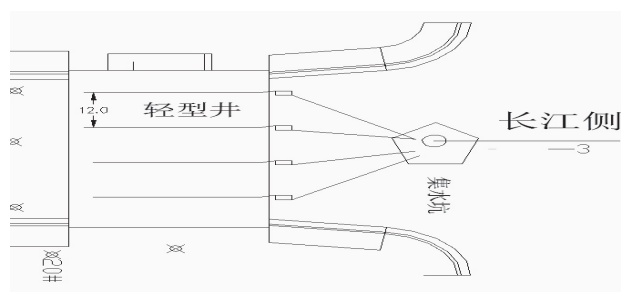


图4 轻型降水布置图

## 4 结语

本工程采用了深井和轻型井点降水的方案, 很好的解决了长江新三角洲与江心洲平原, 土层比较复杂, 土壤夹层较多, 垂直渗透性不好, 通过管井没有取得应有的降水效果, 从而缩短土方开挖施工工期, 降低施工成本, 取得了较好的经济效益。

## 参考文献:

- [1] 王佩云, 肖绪文, 等. 建筑施工手册 [M]. 北京: 《建筑施工手册》第 5 版编委会, 2013: 599-600.
- [2] 中华人民共和国国家标准. 建筑地基基础工程施工质量验收规范: GB 50202-2002 [S]. 北京: 中华人民共和国建设部, 2002: 4.
- [3] 刘清华. 浅谈管井的概念原理及其在施工中应用 [J]. 水利建设与管理, 2010 (02): 25-33.
- [4] 汪亮, 吴达, 李盛. 井管与井点相结合的降排水方案在降低地下水位中的应用 [J]. 江苏水利, 2016 (09): 9-12.