

# 临海富水深大基坑止水、降排水综合设计及施工技术

汪发安

(中铁二十局集团第三工程有限公司 重庆 400065)

**摘要:**北海市博物馆和档案馆项目基坑采用分层、分段开挖支护施工, 基坑支护主要采用水泥搅拌桩+钢管土钉挂钢筋网综合支护形式, 由于工程所在地距离南海北部湾海域直线距离仅 4.3km, 为保证基坑边坡支护安全性及地下主体结构工程施工期间基坑内无水作业, 根据当地地质水文条件结合以往降排水施工经验, 重点介绍基坑降水计算, 止水帷幕及降水井施工工艺。

**关键词:**临海富水 深大基坑 止水帷幕

## 1 工程概况

北海市博物馆和档案馆为2018年北海市政府承诺“为民办实事”的“四定”项目之一。建筑体量以方整为主, 局部辅助折面玻璃幕墙元素, 整体效果规整素雅、具有现代感、适应时代发展的潮流; 并采用滨海特色设计理念, 环绕建筑的绿地, 则象征北海市三面环海的优良自然生态环境。结构采用两馆合建方式, 外观既大气又充满了时尚的科幻色彩。

## 2 工程水文地质

### 2.1 场形地貌

场地原始地貌属于海相沉积阶地地貌, 场地原为居民养龟池塘与耕地, 地面标高8.46~11.58m之间, 相对高差3.12m; 场地地形有较小; 基坑四周空旷具备足够的放坡开挖空间。

### 2.2 地层岩性

根据地质勘察揭露场地土层共分为5层, 分布特征从上而下依次为耕土(Q<sup>4</sup><sub>pl</sub>)、砾质粘性土(Q<sup>2</sup><sub>al</sub>)、砂砾(Q<sup>2</sup><sub>al</sub>)、粘土(Q<sup>2</sup><sub>al</sub>)、砂砾(Q<sup>2</sup><sub>al</sub>)<sup>[1]</sup>。

### 2.3 水文情况

场地施工范围内揭露的地下水主要为赋存于砂砾(Q<sup>2</sup><sub>al</sub>)中的孔隙潜水, 水量一般。探坑开挖期间实测初见水位埋深为6.00~8.80m, 标高为1.25~3.11m, 稳定水位埋深为6.10~9.10m, 标高为2.16~2.8m, 具微承压性水位及水量受季节性变化影响大水位年变幅3~5m左右<sup>[2]</sup>, 水位及水量受季节性变化影响大, 水位年变幅3~5m左右。砂砾层透水较强, 砂砾渗透系数k=35m/d。

## 3 临海富水深大基坑降排水设计

### 3.1 降排水设计总体思路

基坑周边采用水泥搅拌桩作为止水帷幕的方法控制地下水汇入的渗透量<sup>[3]</sup>, 同时在基坑周边设置井点降水, 基坑内则采用明沟辅助排水相结合的综合排水系统<sup>[4]</sup>。

### 3.2 降水计算

#### 3.2.1 等效半径计算

$$r_0 = \sqrt{A \div \pi} = \sqrt{14555 \div 3.14} = 68.08$$

式中r<sub>0</sub>为等效基坑半径(m); A为不规则基坑面积(m<sup>2</sup>)。

#### 3.2.2 影响半径

$$R = 2S \sqrt{kH} = 2 \times 2 \times \sqrt{35 \div 5} = 50.2$$

式中R为影响半径(m); S为水位降深(m); k为地质渗透系数(m/d); H为含水层深度(m)<sup>[5]</sup>。

#### 3.2.3 基坑水位降深

$$S_d = (D - dw) + S_1 = (6 - 5) + 1 = 2$$

式中S<sub>d</sub>为水位降深(m); D为开挖降深(m); dw为静水位地下埋深(m); S<sub>1</sub>为基坑中线处水位至设计开挖面的距离(m)。

#### 3.2.4 均质含水层潜水完整井涌水量计算<sup>[6]</sup>

$$Q = 1.366k \frac{(2H - S) S}{\lg(1 + \frac{R}{r_0})}$$

$$1.366 \times 35 \times \frac{(2 \times 5 - 2) \times 2}{\lg(1 + \frac{50.2}{68.08})} = 2790.3$$

式中Q为总涌水量(m<sup>3</sup>/d)。

### 3.2.5 降水井深度

$$H_w = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6 = 6 + 1 + 4.5 + 4 + 1 + 1 = 17.5$$

式中H<sub>w</sub>为降水井井深(m); H<sub>1</sub>为基坑开挖深度(m); H<sub>2</sub>为降水后水位至坑底的深度(m); H<sub>3</sub>为受水力坡度影响的降深(m); H<sub>4</sub>为降水期间的水位变化(m); H<sub>5</sub>为降水井滤水管长度(m); H<sub>6</sub>为沉砂管的长度(m)<sup>[7]</sup>。

### 3.2.6 单井出水量计算

(1)参考JGJ120-99《建筑基坑支护技术规程》, 单口井的出水量按(1)计算:

$$q = 120\pi r_1 \sqrt{k} \quad (1)$$

$$= 120 \times 3.14 \times 0.15 \times 5 \times \sqrt{35} = 924.4$$

式中q为单口井出水量(m<sup>3</sup>/d); r<sub>1</sub>为降水井井管半径(m); l为埋设部分的滤水管长度(m)。

### (2)按照水泵抽水功率出水量计算

$$q = 65\pi d l \sqrt{k} \quad (2)$$

$$= 65 \times 3.14 \times 0.04 \times 5 \times \sqrt{35} = 133.52$$

式中d为拟使用水泵的抽水管管径(m)。

参照式(1)、式(2), 考虑井群降水过程中单个降水井排水量相互影响, 根据过往施工经验, 实际的单井出水量按式(1)、式(2)计算中最小值的一半计算, 取单井出水量q=66.76m<sup>3</sup>/d。

### 3.2.7 降水井数量计算

根据《建筑施工手册》降水井数量按下式计算:

$$n = 1.1Q \div q = 1.1 \times 2790.3 \div 66.76 = 45.97$$

为保证实际降水效果结合施工现场周边其他工程基坑降水施工情况, 基坑周边降水井布置数量按照49个。

## 4 基坑止水帷幕设计及施工

### 4.1 止水帷幕设计

基坑止水帷幕采用直径φ600水泥搅拌桩, 相互搭接150mm, 水泥用量不少于150kg/m, 采用四喷四搅施工工艺<sup>[8]</sup>, 搅拌桩桩底应穿过砂层等进入不透水层不小于1.50m。

### 4.2 止水帷幕施工工艺

#### 4.2.1 施工准备

(1)结合现场实际情况复核图纸, 根据地质勘察结果计算各部位搅拌桩桩长并进行编号, 现场按照搅拌桩设计位置放样出搅拌桩边线, 由现场施工员根据搅拌桩间距确定搅拌桩中心点并现场盯控钻机对中。

(2)钻机就位前应对钻机安装场地进行平整, 钻机站位基础应坚实不得有淤泥等影响钻机稳定性的软弱地质存在, 确保钻机施工过程中不发生倾斜、移动。

#### 4.2.2 钻进施工

(1)钻机就位后调整钻机位置, 使钻机平台处于水平位置, 钻杆垂直度偏差不得大于钻杆长度的1%; 施工过程中采用经纬仪或吊锤观测钻杆的两个垂直方向保证钻杆垂直, 并用水准尺测量机架水平状态, 确保钻杆垂直度、机架水平度偏差在允许偏差范围以内。

(2)钻机开钻前应确保钻头中心位置对中偏差不得大于2cm, 且应调试设备并保证整个管道无堵塞现象。

(3)钻进过程中水泥浆不得离析, 制备好的水泥浆停置时间不得超过2h, 严禁使用停止时间过长的水泥浆; 且每根桩施工期间储浆

罐内的水泥浆液储备不得小于每根桩水泥用量加50kg,若浆液储备量小于上述重量时严禁进行下一根桩基施工。

(4)首次提钻应在桩底部停留50s进行磨桩端;余浆上提过程中全部喷入桩体,且在桩顶部进行磨桩头,停留时间30s。施工时必须严格控制喷浆时间和停浆时间,每根桩开钻后应连续作业不得中断喷浆;严禁在尚未喷浆的情况下进行钻杆提升作业。

(5)施工中如发现喷浆量不足应整桩复搅,复喷的喷浆量不得小于设计用量。如遇停电、机械故障原因,喷浆中断时应及时记录中断深度。在12h内采取补喷处理措施并将补喷情况填报于施工记录内;补喷重叠段长度应大于100cm,超过12h应采取补桩措施。

(6)搅拌均匀性检验采用轻型钻芯取样机在搅拌桩身中心位置钻孔并取出桩芯,检查搅拌桩的连续性、均匀性、密实度、桩长、端承条件等,并观察其颜色是否一致、是否存在水泥浆富集的“结核”或未被搅匀的土团;水泥搅拌桩成桩7d后可采用轻便触探法进行桩身质量检验,无侧限抗压强度采用搅拌桩芯样28d强度。

## 5 管井降水施工工艺

### 5.1 管井定位

根据设计图纸放样出基坑上口开挖轮廓线,在距上口开挖轮廓线以外1.5m位置按照环向15m间距定位出管井位置,实际位置可根据现场进行微调,但偏差不宜大于50cm。

### 5.2 探坑开挖、安装护筒

根据放样出的降水井位置进行探坑开挖,探坑开挖深度不小于3m,在明确有管线附近时开挖深度应开挖至管线底标高以下不小于50cm。在确定无地下管线影响后埋设长0.8m护筒,采用8mm厚钢板卷制成直径为500mm的钢护筒。

### 5.3 钻机成孔

成孔采用正循环钻机—钻到底,井孔圆、直、垂直度要求小于井深的百分之一。钻机就位时钻杆必须准确,钻杆垂直钻机底座。在钻至设计深度后停钻。测定孔深满足设计孔深要求之后用清水置换完成井内泥水后撤机<sup>[9]</sup>。

### 5.4 井管安装

降水井采用菱形钢板滤水管<sup>[10]</sup>,水位线以下包缠单层尼龙网,井管长度宜集合同场吊装条件定制,多节段拼接时井管缓缓下放,当井管与井口相差200mm时接上节井管,接头处用尼龙网裹严以避免泥砂挤入淤塞井管,井管竖向用竹条和铁丝固定。

### 5.5 滤料回填

井管底部设沉渣段,孔壁之间用粘土封填。上部滤管与孔壁之间用滤料填充,选用颗粒均匀、无泥砂污染的、粒径为1~5mm的绿豆砂石作为滤料<sup>[11]</sup>。滤料沿井管外四周均匀填入、连续回填,填料速度过快或不均容易造成滤管偏移及滤料在孔内架桥现象,洗井后滤料下沉应及时补充滤料且要求实际填料量不小于95%理论计算量,填至自然地面。降水井运行时,随水位下降,滤料会产生一定沉降及时采用粘土封闭。

### 5.6 洗井

回填滤料完成后立即采用潜水泵抽洗进行洗井,直至水清砂净。

### 5.7 坑内明沟排水设计

开挖至基地设计标高后,在基坑坡脚1m处开挖300mm×300mm

环向水沟,间距20~30m设置1000mm×1000mm集水坑,水沟及集水坑采用C15素混凝土浇筑而成;通过潜水泵将坑内集水坑排水抽排至地面排水沟<sup>[12]</sup>。

### 5.8 降水井回填

待主体结构施工完成部分荷载满足抗浮要求即可停止降水并对降水井进行回填。回填前先在降水井底部回填砾砂,回填至距地面3m后采用C20素混凝土回填至场内室内外标高以下,最后完成室外道路及绿化景观施工。

### 5.9 质量检验标准

(1)搅拌桩垂直度偏差不得大于百分之一,桩位偏差50mm,桩径允许偏差百分之四,钻杆提升速度不大于0.5m/min;

(2)降水井深不小于设计井深,回填滤料级配复核设计要求且含泥量不大于3%,滤料回填量不得大于设计量的95%;

(3)降水井井管垂直度不大于井深的1%;

(4)降水井洗井初始抽出的水含砂量小于五万分之一,长期运行期间小于十万分之一。

## 5 结束语

超过一定规模的深基坑施工降水尤为重要,尤其是临海区域的深基坑降水采用常规降水效果不佳的情况下对深基坑施工安全有着重大影响,如何让临海富水区域基坑降水达到施工所需的条件,必须通过对降水系统的深入研究,合理设计综合排水系统,实现高效降水方能保证深基坑施工安全。

## 参考文献

- [1] 广西华南岩土工程有限公司.北海市博物馆和档案馆工程岩土工程详细勘察报告.广西,2018:11-12.
- [2] 广西金斧勘察检测有限公司.北海市博物馆和档案馆工程基坑支护设计方案.广西,2018:2.
- [3] 高六一.水泥搅拌防渗桩在房建工程中的应用[J].铁道建筑技术,2012(S1):205-207.
- [4] 李亚飞.复杂地质地铁车站超深基坑降水施工技术[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2017(S1):148-150.
- [5] 李杰.基坑降水影响半径确定方法的探讨[J].福建建设科技,2016(06):8-9.
- [6] 袁丹丹.西安地铁四号线大唐芙蓉园站深基坑降水工程设计方案及施工技术研究[D].西安理工大学,2016.
- [7] 黄颂扬.南宁盆地深基坑降水方法研究与应用[D].广西大学,2013..
- [8] 李学松.三轴深层搅拌桩止水帷幕技术应用浅析[J].企业科技与发展,2018(05):189-190.
- [9] 袁秦标,袁美翠,徐海龙.苏州中南中心正循环钻孔气举反循环清孔试桩施工技术[J].施工技术,2016,45(07):20-23.
- [10] 钢板网塑料复合管走进市场[J].广东建材,2001(10):22-24.
- [11] 李涛.取水隧道修复工程江面深井降水施工技术[J].铁道建筑技术,2019(06):129-134.
- [12] 张洪国,佟涛.基坑明排和塑料管井综合排水施工技术[J].黑龙江水专学报,2006(02):146-147.

作者简介:汪发安(1979),工程师,建筑工程。