

# 复杂地质条件下组合围堰施工

王海龙, 李 飞, 夏亚飞

(中铁上海工程局第一工程有限公司, 安徽 芜湖 241007)

**摘 要:**在复杂的地质条件下,根据现场地质情况选择合理的围堰成为深基坑开挖过程中支护与止水的关键。结合柳州双拥大桥 22 号墩主塔基础施工,介绍了采用锁口钢管桩与钢筋混凝土支护桩相结合的组合围堰来进行复杂地质条件下的围堰施工技术。

**关键词:**复杂地质条件;组合围堰;锁口钢管桩;支护桩

**中图分类号:**U443.16<sup>+</sup>2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)03-0064-04

**Construction of Combined Cofferdam in Complex Geological Conditions/WANG Hai-long, LI Fei, XIA Ya-fei** (The 1st Civil Engineering Co., Ltd. of CREC Shanghai, Wuhu Anhui 241007, China)

**Abstract:** In complex geological conditions, the rational cofferdam by selection according to the field geological conditions becomes the key technology of retaining and water stoppage in deep excavation. With the construction case of 22 pylon pier of Shuangyong bridge of Liuzhou, the paper introduced cofferdam construction technology with combined cofferdam by interlocking steel tube pile and reinforced concrete retaining pile in complex geological conditions.

**Key words:** complex geological condition; combination of cofferdam; interlocking steel tube pile; retaining pile

## 1 工程概况

柳州市双拥大桥路线全长 1938.091 m,该桥是连接柳北片区和河东高新区的主要通道,对推进城市基础设施总体规划的实施、完善城市道路路网、拓展城市空间、改善城市片区环境,实现柳州大都市战略目标具有十分重要的意义。

柳州市双拥大桥 22 号墩主墩基础承台底面标高为 +73.0 m,在柳江常水位 +77.4 m 以下 4.4 m。右幅承台位置位于江边土丘上,左幅承台位置位于

江水中。通过采取地质取心的方法探明主塔基础施工区域内岩层面位置。江边土丘部位弱风化岩面最高点高出右幅承台底面 1.5 m 左右,范围较小,占承台范围的 5% 左右,左幅承台弱风化岩面在承台底面标高以下 3 m。同时地质勘探资料显示场区内地下潜水赋存于近河岸处基岩浅部的裂隙及孔洞中,水位基本与河面保持一致,因此如何选择合适的开挖支护及止水方式成为能否顺利完成 22 号墩承台及系梁施工的关键,围堰平面如图 1 所示。

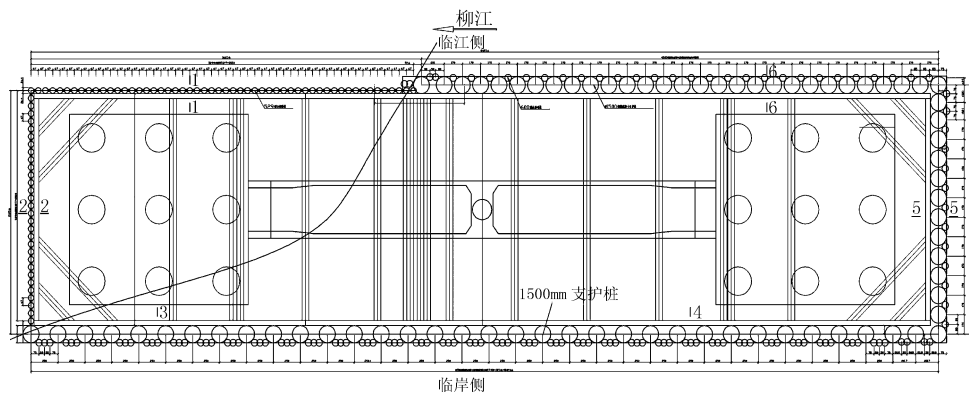


图 1 22 号墩组合围堰平面布置图

## 2 支护方式的选择

对 22 号墩地质水文情况、围堰所开挖的深度及

承台的平面尺寸等进行统计,统计情况如下:

(1) 围堰开挖范围内弱风化岩岩面标高在 +

收稿日期:2010-11-18; 修回日期:2010-12-26

**作者简介:**王海龙(1971-),男(汉族),安徽芜湖人,中铁上海工程局第一工程有限公司工程师,土木工程专业,从事路桥施工管理工作,广西柳州市城中区河东村下茅屯中铁四局(545002);李飞(1981-),男(汉族),湖北汉川人,中铁上海工程局第一工程有限公司工程师,土木工程专业,从事路桥施工技术工作,ztsjlf@126.com;夏亚飞(1984-),男(汉族),江苏东台人,中铁上海工程局第一工程有限公司助理工程师,土木工程专业,从事路桥施工技术工作。

74.5 ~ +68.0 m 之间, 承台底面标高为 +73.0 m。河床覆盖层为淤积砂土, 可塑性差, 流动性大, 富含水; 河床岩层凹凸不平, 灰质硅质灰岩, 硬度高、脆性大; 有少量溶蚀或溶槽发育, 溶洞为填充性溶洞, 与河道中央相通, 填充物在外力作用下失去平衡时处于流动状态。

(2) 主墩承台的设计位置位于江边土丘及河滩上, 地面起伏大。平均开挖深度达到 8 m, 所受土体侧压力较大。

(3) 主墩承台为分离式, 上下游各设一个, 通过承台间系梁连接; 承台尺寸 16.6 m × 16.6 m × 4 m, 系梁尺寸 5.0 m × 3.0 m × 43.4 m。另外对承台施工时所需要的作业空间等进行综合考虑, 来确定围堰的开挖平面尺寸。

结合现场的实际地质情况和目前普遍采用的各类围堰类型及其适用条件等进行综合考虑, 确定围堰类型为支护桩与锁口钢管桩组合围堰, 并通过在支护桩之间设置高压旋喷桩和在锁口钢管桩锁口处注入防水砂浆进行止水。

### 3 组合围堰的设计与施工

围堰的开挖尺寸为 2125.6 cm × 8423.5 cm, 平均开挖深度为 8 m。根据现场实际地质水文情况, 决定全承台右侧及靠江堤采用  $\varnothing 1.5$  m 钢筋混凝土钻孔桩进行支护, 嵌入微风化岩不小于 3 m 且桩底标高不高于 +69.0 m, 桩顶设冠梁, 桩后间隙采用高压旋喷桩进行止水。其余围护采用  $\varnothing 529$  mm 锁口钢管桩围堰。

#### 3.1 钢筋混凝土支护桩

##### 3.1.1 支护桩的设计

钢筋混凝土钻孔支护桩的设计为根据最不利工况进行受力分析, 即仅由支护桩对防洪堤抗滑(围堰防洪堤与临江侧由于侧压力不平衡, 围堰不对防洪堤进行抗滑)。采用 m 法进行检算确定支护桩桩径采用  $\varnothing 1.5$  m, 在防洪堤坡脚侧支护桩中心间距为 2.5 m, 桩后间隙设置 3 根高压旋喷桩进行止水; 在右幅承台右侧及临江侧支护桩中心间距为 1.7 m, 在桩后间隙设置 1 根高压旋喷桩进行止水。通过采用 m 法对桩身内力进行检算, 确定  $\varnothing 1.5$  m 钢筋混凝土钻孔桩钢筋采用 28 根  $\varnothing 25$  mm 主筋, 且钢筋笼在挡土侧主筋间距为 13.5 cm, 非挡土侧主筋间距为 18 cm, 满足抗滑力的设计要求, 桩基构造及钢筋布置见图 2。

##### 3.1.2 支护桩的施工

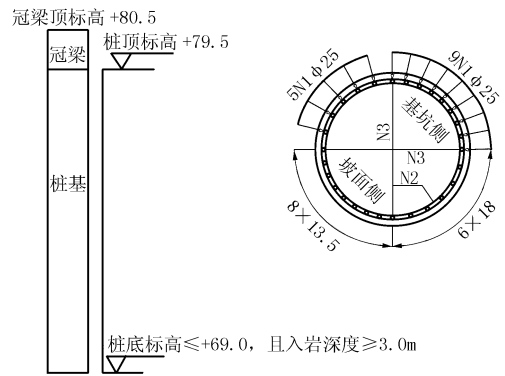


图2 桩基构造及钢筋示意图

钢筋混凝土钻孔桩的施工工艺流程为: 场地平整 → 钢护筒的制作与埋设 → 泥浆的制作 → 钻机就位 → 冲击钻孔 → 成孔与终孔 → 清孔 → 钢筋笼的制作与下放 → 水下混凝土灌注。

在钻孔支护桩施工过程中严格控制泥浆的各项性能指标, 确保成孔及成桩质量。

在钻孔桩施工过程中加强对岩样的收集及辨识工作, 确保钻孔桩满足设计要求嵌入弱风化灰岩深度  $\geq 3.0$  m, 且桩底标高  $< +69.0$  m。

#### 3.2 锁口钢管桩的设计与施工

##### 3.2.1 锁口钢管桩的设计

根据以往经验, 对围堰开挖过程中的各种不利工况进行分析:

工况一: 有水作业挖土至 +71.0 m 时, 此时钢管桩有顶层内撑, 主要承受围堰外不平衡土压力与水压力;

工况二: 封底后, 将基坑内的水抽至 +74.9 m, 实施底层内撑前, 此时钢管桩承受围堰外平衡土压力;

工况三: 封底后, 将基坑内的水完全抽干, 此时钢管桩承受围堰外平衡土压力。

通过对各种工况下土压力及水压力的分析检算, 确定采用  $\varnothing 529$  mm、 $\delta = 10$  mm 锁口钢管桩进行剩余部位围堰开挖支护。

##### 3.2.2 锁口钢管桩的施工

###### 3.2.2.1 锁口钢管桩的加工制作

锁口钢管桩采用  $\varnothing 529$  mm 螺旋钢管和不等边角钢加工而成, 加工时公扣和母扣轴线成  $180^\circ$ , 转角管成  $90^\circ$ 。钢管与角钢之间的焊接采用双面满焊, 以防渗水。为加强公母扣的强度, 在公母扣两侧每隔 1 m 焊接一道加强钢板, 板厚为 10 mm。

###### 3.2.2.2 锁口钢管桩插打

锁口钢管桩插打时, 第一根管桩必须保证其平面位置的准确以及其垂直度必须满足  $1\% H$  (其中  $H$

为桩长)的要求。安装前首先安装好定位导向架,再顺着定位导向架插打钢管桩。第一根钢管安好后,再在其两侧加工定位架,顺着同一个方向依次插打。钢管桩安装采用一台船上浮吊、一台60 t振动锤进行作业。由于围堰较大,钢管桩之间的间距误差也较大,因此需要处理封口钢管。打到封口位置时,测好封口之间的距离,再特别加工制作一两根锁口钢管,加长或缩短公扣的长度,以此来调节钢管桩之间的距离。锁口钢管桩插打时必须保证其插打深度在承台底面以下不小于4 m,以保证在满足抗滑力的同时保证锁口止水效果的良好。

### 3.2.2.3 锁口灌浆

锁口止水采用不透水油布加工成布袋,袋内灌注低标号砂浆的办法来进行止水。布袋安装时要防止绞缠,且布袋长度必须满足确保浆体一次性灌注到位,布袋的口径应大于锁口的口径,布袋采用防水油布(雨伞布)加工,以保持良好的柔度及防止浆体与江水接触而稀释浆体,如图3所示。灌注时,砂浆严格按试验时的配比制做,灌注采用特制漏斗,人工上料来进行灌注。灌注速度不宜过快,过程中要仔细观察浆体的稠度、灌注速度、防水布袋的变化等,发现问题时及时采取补救措施。

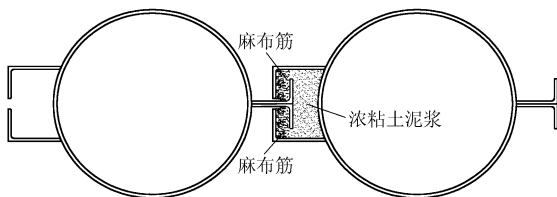


图3 锁口钢管桩封堵示意图

## 3.3 旋喷桩施工

由于承台底面设计标高为+73.0 m,比柳江常水位+77.4 m低4.4 m,而且施工场区内地下潜水一般赋存于近河岸处基岩浅部的裂隙及孔洞中,水位与河水位基本一致。为保证围堰的止水效果,钢筋混凝土支护桩之间的间隙采用高压旋喷桩对围堰周边的土体进行固化形成一道止水帷幕的方式进行止水。

### 3.3.1 试桩及确定工艺参数

为保证旋喷桩的施工质量,在正式开始施工前应进行试桩,以校验施工工艺参数是否合理。根据以往的工程经验及试桩结果,22号墩高压旋喷桩施工工艺参数如下:注浆管提升速度12~18 cm/min,旋转速度10~20 r/min;水压力20~25 MPa,流量85 L/min;浆液压力 $\geq 20$  MPa,流量 $> 60$  L/min;空气压力0.5~0.9 MPa,流量 $0.7 \text{ m}^3/\text{min}$ ;灰水比1:2。

### 3.3.2 施工工艺

高压旋喷桩的施工工艺流程:(1)钻机定位;(2)钻杆下沉钻进;(3)上提喷浆,提升至地面以下1 m时,宜用慢速,提升至地面下0.25 m时,停止喷浆,搅拌数秒以保证桩头均匀密实;(4)重复搅拌下沉、喷浆;(5)重复搅拌提升,直至离地面0.25 m;(6)关闭搅拌机;(7)桩顶25 cm未喷浆部分,结合清耕后原地面翻松的处理,掺加剩余的水泥和5%石灰土进行翻松处理。

### 3.3.3 施工注意事项

(1)浆体须按试验室给定的配合比拌制。拌制好的浆液及时使用,浆液倒入集料筒时加过滤网,避免浆内结块,损坏泵体。

(2)泵送浆液前,检查管路是否保持湿润,以利输浆,现场设有专人记录水泥用量,并记录泵送浆开始、结束时间。

(3)灌浆施工时应连续,一旦因故停浆,为防止断桩和缺浆,将搅拌机下沉至停浆面以下1.0 m,待恢复供浆后,再喷浆提升。因故停机超过3 h,为防止浆液硬结堵管,将输浆管路拆卸,清洗后备用。

(4)严格控制灌浆压力和水泥浆喷入量,确保止水帷幕的平均厚度 $\geq 1$  m,渗透系数 $\leq 0.000001 \text{ cm/s}$ 的要求。

(5)旋喷桩施工时,为确保旋喷桩的成桩质量,控制桩杆下沉钻进速度 $\leq 1.0 \text{ m/min}$ ,到达设计深度后提升喷浆,控制提升喷浆速度 $\leq 0.8 \text{ m/min}$ 。

## 3.4 冠梁、围堰内支撑的设置及土体开挖

支护桩顶冠梁为C20钢筋混凝土结构,断面尺寸为1.5 m $\times$ 1.0 m(宽 $\times$ 高),支护桩顶钢筋伸入冠梁0.85 m。冠梁顶标高为+80.5 m。

围堰长边内支撑采用 $\text{O}529 \text{ mm}$ ( $\delta = 10 \text{ mm}$ )钢管对撑,短边设对角斜撑 $\text{O}529 \text{ mm}$ 钢管,层间距自上而下为2、2.5 m。支撑圈梁采用2根I45a工字钢侧放于桩身“牛腿”上,“牛腿”与锁口钢管桩焊接连接,与支护桩采用 $\text{O}25 \text{ mm}$ 膨胀螺栓连接,如图4、图5所示。

开挖围堰土体时,进行冠梁处的支撑,采用边挖边撑,开挖一层支护一层的方式。挖机全断面开挖,开挖时堰内放水,以保持内外压力平衡。

## 3.5 封底混凝土施工

围堰开挖至设计标高后,采取抛填片石的方式进行挤淤清理。进行水下封底混凝土施工时,采取多点砍球的方式进行,每次砍球的辐射面积为 $5 \text{ m}^2$ ,封底混凝土厚度 $< 2 \text{ m}$ 。

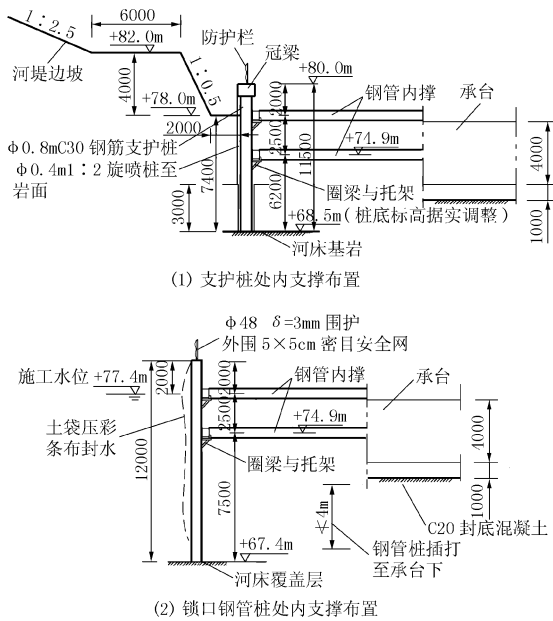


图 4 围堰内支撑示意图



图 5 围堰内支撑的设置

### 4 围堰的测量监控

围堰的测量监控根据《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50497 - 2009)等相关要求进行编制的《围堰测量监控方案》进行。

#### 4.1 监测方法

(1) 利用现场平面、水准控制网对围堰基坑进行监测;

(2) 利用现场在围堰四周布置的测量监控点进行收集数据,同时根据现场需要增设观测点;

(3) 利用基线复核及相对变形对比法进行数据分析。

#### 4.2 监测要求

(1) 根据围堰土方开挖进度,每天对基坑顶水平位移和垂直位移、地表裂缝、支护结构变形、地下水、渗水与降雨关系等项目进行数据收集并分析围堰的安全状态,并书面通知,指导能否进行下一道工序;

(2) 现场技术员负责每天对围堰周边的观察巡查,做好相应记录;

(3) 加强对现场监测数据的分析整理,使分析结果更加合理科学。

### 5 结语

在复杂的地质条件下,围堰的开挖支护及止水一直都是施工上的难点。根据地质情况,合理地选择组合围堰进行支护及止水,可以有效地降低施工难度。

### 参考文献:

- [1] JTJ 041 - 2000,公路桥涵施工技术规范[S].
- [2] GB 50017 - 2003,钢结构设计规范[S].
- [3] JGJ 120 - 1999,建筑基坑支护技术规程[S].
- [4] GB 50497 - 2009,建筑基坑工程监测技术规范[S].

## 空气潜孔锤钻井技术在河南抗旱工作中再扬神威

**本刊讯** 近日,从河南省地矿局水文二队荥阳郑岗村抗旱工地传来喜讯,该队在严重贫水山区施工的饮水井经过 8 天的奋勇钻进,最终成功出水,水量达到 240 m<sup>3</sup>/d,可以解决该村 1228 人和近百头大牲畜的饮水难问题。

在此次钻井工程中,空气潜孔锤钻井技术继 2010 年在支援云南贫水山区抗旱工作中发挥了极大的作用之后,再次发挥神威,又立新功。空气潜孔锤钻进技术可在短时间内高精度、低成本完成打井施工任务,特别适用于缺水山区施工。

与传统钻井利用泥浆作为冲洗介质不同,空气潜孔锤是利用空气循环技术实现快速钻进,不但节约了泥浆材料,而且钻井过程不需要水,不存在岩屑、泥浆堵塞地层和污染含水层的问题,成井速度快、质量高、无污染,有水无水一目了然,极大地提高了单井出水量,同时

缓解了严重干旱地区缺水的矛盾。

荥阳市郑岗村地质构造比较复杂,上层属于覆盖层破碎带,下层是碳酸岩地层。在同类基岩地区采用传统方法施工这样一口井将会花费工期 3~5 个月,单是施工中的泥浆用水费用就要高达 10 余万元。

水文二队在该地区利用空气潜孔锤钻进技术,克服了破碎、漏失、掉块等复杂情况,在 60 h 内钻井深度达到 356 m,实现了山区快速钻井之目的。这让长期以来一直靠天维生、饱受干渴的郑岗村民们从此可以吃上洁净的甘泉水,受到了旱区村民的一致好评。

截止目前,河南水文二队共投入钻探设备 21 台,累计定井数 58 个,已经完成 2781 余米钻探进尺,成井 9 眼,总出水量 340 m<sup>3</sup>/h,可以彻底解决 207360 人的饮水问题,为缓解旱区百姓吃水用水的紧张局面做出了应有的贡献。(河南省地矿局水文二队 严珊珊 供稿)