

# 浅覆盖层水域高桩码头灌注型嵌岩桩施工技术研究

雒焕斌<sup>1</sup>, 赵江倩<sup>2</sup>

(1. 中国电建市政建设集团有限公司, 天津, 300384; 2. 南昌工程学院, 江西 南昌, 330099)

**摘 要:** 池州长久灰岩矿码头一期工程位于长江右岸, 共计7个泊位, 设计结构型式为高桩码头, 桩基为灌注型嵌岩桩, 其中6#、7#泊位桩基岩性为灰岩, 溶岩发育, 江底覆盖层浅, 部分区域为裸岩, 该区域又是江豚保护区, 环保要求高, 针对这一复杂工况条件, 通过各种方案比选, 最终选择了浮平台结合固定平台的复合施工技术方案, 成功解决了浅覆盖层水域高桩码头灌注型嵌岩桩施工技术难题, 为类似工程积累了宝贵经验。

**关键词:** 嵌岩桩; 浅覆盖层; 高桩码头

**中图分类号:** TU473.1+4

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1004-4701(2019)06-0415-06

## 0 引言

池州长久灰岩矿码头一期工程新建7个5 000t级散货出口泊位, 年吞吐量3 500万t, 设计年通过能力3 575万t, 货种为砂石骨料。码头位于长江河道中, 工程所在位置前沿水深约10~20m, 水位随季节性变化, 年水位变幅较大。工程自上而下布置1#~7#共计7个泊位, 码头平台为高桩梁板结构(见图1), 长度共计975.00m, 其中1#~4#散货出口泊位码头平台长度为550.00m, 宽度25.00m, 5#~7#散货出口泊位码头平台长度为425.00m, 宽度30.00m。码头平台桩基采用 $\Phi 1\,500\text{mm}$ 混凝土灌注嵌岩桩, 为便于钻孔, 外设 $\Phi 1\,600\text{mm}$ ( $\delta 16\text{mm}$ )永久钢管桩, 桩基嵌入深度不小于5m。由于6#、7#泊位桩基岩性为灰岩, 溶岩发育, 江底覆盖层浅, 部分区域为裸岩, 工况条件复杂, 成桩困难, 因此进行该部位的嵌岩桩施工技术研究是非常必要的。

## 1 工程水文地质

根据地勘钻孔资料, 码头6#泊位江底覆盖层薄, 厚

度为1~2m, 表层为含角砾粉质黏土, 下层为中风化石灰岩。7#泊位均为裸岩区, 表层为全风化石灰岩, 下层为中风化石灰岩。钻孔剖面图(见图2)显示, 江底岩面线岸侧至江侧及长江上下游方向均呈现起伏状。

根据岩芯柱样本及柱状图可知, 中风化石灰岩呈青灰色, 岩芯呈柱状、长柱状, 裂隙发育。灰岩强度高, 经抗压强度试验检测, 中风化石灰岩抗压强度为56.4~73.3MPa。

## 2 灌注型嵌岩桩施工

### 2.1 施工难点分析

工程存在不利于灌注型嵌岩桩施工的条件, 归纳起来有以下几点:

(1) 单根钢管无法自稳。由于江底覆盖层薄, 仅有1~2m, 且部分区域江底为裸岩, 采用打桩船施打钢管护筒时, 单根钢管桩无法自稳。

(2) 施工区域位于江豚保护区。6#、7#泊位所在区域属于长江江豚保护区, 是长江江豚回游栖息繁衍地之一, 施工时必须对江豚自然栖息环境进行保护。另外, 由于江底覆盖层薄, 部分区域为裸岩, 无覆盖层, 经计

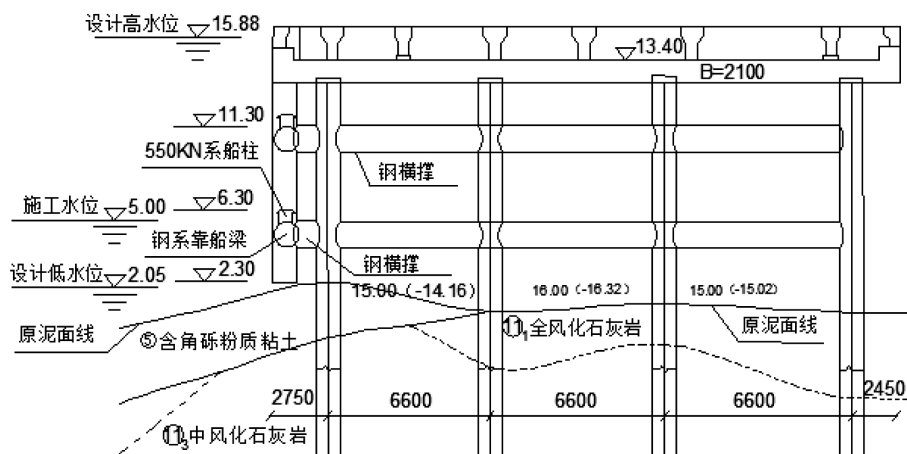


图 1 码头结构图

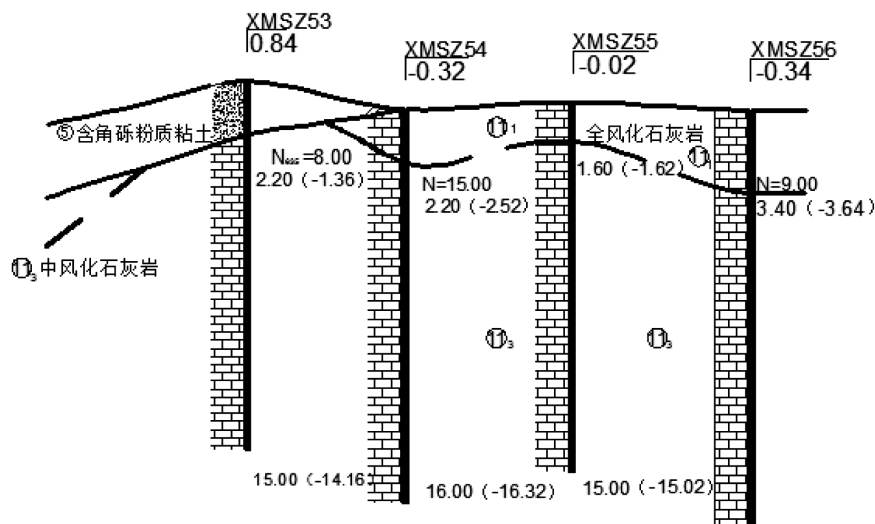


图 2 超前地勘钻孔剖面图

算,  $\Phi 1\ 600\text{mm}$  钢管在该水域环境下, 稳桩层至少需 5m 以上才能自稳。故不能采用抛填稳桩层方法实现稳桩。

(3) 溶洞发育多且不规则。根据地勘资料揭露, 灰岩区溶洞发育较多, 溶洞发育不规则。桩基遇溶洞需穿透溶洞, 要深入溶洞底部完整岩石层不少于 5.0m。

(4) 江底岩面起伏不规则。岩面不规则在沉桩时容易造成桩基偏位等问题, 钢护筒沉放时, 接触倾斜岩面, 由于桩尖受力不均会产生滑移、桩基倾斜等问题。

## 2.2 现有方案比选

长江上的高桩码头桩基施工方案主要有两种: 一种是采用常规的固定平台, 一般是将  $\Phi 400\text{mm}$  钢管立柱按设计好的间排距打入江底持力层, 露出水面部分用钢联撑焊接固定, 确保其整体稳定, 上面再铺设钢

板, 形成固定钢管支架平台, 实现陆地化作业; 第二种是采用两艘趸船作为浮力片体, 趸船之间用钢管、型钢及钢板焊接连接, 形成浮平台, 桩基施工在浮平台上完成。

通过分析 6#、7# 泊位的特殊工况和工期要求, 单纯采用常规的浮平台和固定平台方案都不能按期完成桩基施工。因此, 需要结合两种方案的优点, 制定一个复合施工平台方案才能解决 6#、7# 泊位的嵌岩桩施工。

### 2.2.1 浮平台

浮平台施工的优点是可在水中独立开辟施工区域, 施工灵活; 能有效解决江底覆盖层薄及裸岩区钢管无法自稳的问题, 也不必抛填稳桩层, 可有效地保护江豚栖息繁衍的水下自然环境。但也有以下缺点: 首先浮

平台受水位影响较大。岩层灰岩强度高,灰岩区溶洞多,部分大溶洞处理难度大,施工周期长,钻孔施工效率低。但由于长江水位上涨快,浮平台随水位上涨逐渐升高,未完成钻孔灌注桩施工的钢护筒存在被江水淹没的风险。为了避免出现江水淹没影响施工质量及施工安全的问题,需多次接高钢护筒,大大增加了焊接工程量。同时浮平台范围内桩基施工完成后,需要根据浮平台主梁标高进行割桩,然后浮平台移位。浮平台施工相对固定平台施工,大大增加了接桩、割桩等工作量。其次,浮平台属于水上独立平台,所有施工材料包括钢筋笼、混凝土、块石、黏土等均需要通过船只运输至浮平台施工作业面,交通运输费用成本增大。再次在工期上,单纯采用浮平台方案无法在汛期来临之前完成嵌岩桩施工。

### 2.2.2 常规固定平台

常规固定平台的优点是可以用普通钢管和型钢在桩基施工范围内形成一个临时便桥式的钢架平台,水下灌注桩施工时,钻机可以直接放置在钢平台上,操作简单,施工安全,运输混凝土、钢筋等材料方便快捷。但缺点平台需要大量的钢管及型钢,造价高,平台搭建周期长;其次平台搭建时,水下需要一定厚度的覆盖层,否则钢管立柱在施打时无法自稳。

## 3 复合平台施工方案

结合池州码头6#、7#泊位的实际工况,在方案设计时,吸收了两者的优点,从而形成了浮平台结合固定平台的复合施工方案。

### 3.1 复合平台设计

首先设计一组常规浮平台。浮平台采用2艘44.2m趸船作为浮力片体,2条趸船船头朝上游,平行于岸堤布置。2条趸船之间采用7根 $\Phi 1\ 600\times 16\text{mm}$ 钢管作为主梁,每根主梁下设置4个支撑点(每艘船2个支撑点),5根主梁于每个支撑点位置设置垂直于主梁的纵向连接构件,使其连接成一个整体。主梁上方铺设[25槽钢作为平台,平台上为作业区域。平台可以设置桩位16个,每个桩位位置处都设一个导向架(见图3)。常规浮平台的作用是将浮吊船起吊的大护筒( $\Phi 2\ 000\text{mm}$ 、 $\delta 12\text{mm}$ )沿浮平台导向架龙口沉放至岩面的桩位处,岸侧采用两台全站仪以切线方法控制大护筒平面位置和垂直度,通过导向架内顶推装置配合浮吊船沉放进行

微调,以确保大护筒沉放位置和垂直度满足设计要求(见图4)。大护筒沉放稳定后,采用直径1.8m的冲击钻机沿大护筒进行引孔,用掏渣桶进行掏渣,钻进深度为3.0m(见图4)。

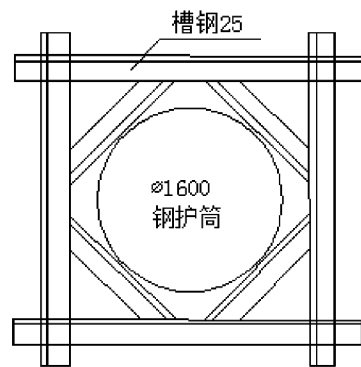


图3 导向架示意图

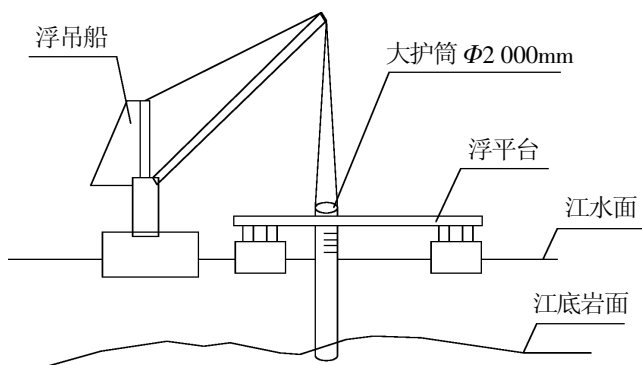


图4 大护筒沉放示意图

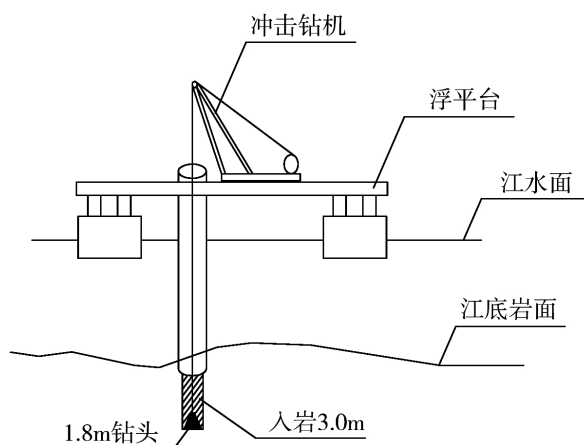


图5 大护筒引孔示意图

引孔完成后,浮吊船起吊 DZ90 型振动锤,将 $\Phi 1\ 600\text{mm}$ 的钢管桩通过浮平台导向架下放到已完成引孔的桩位处,钢管桩沉放也是通过岸侧的两台全站仪采用切线法控制平面位置和垂直度,并通过导向架内侧顶推装置进行微调,确保钢管桩沉放满足设计要求。钢管桩沉放尽量选择水流较缓时段进行下设,减小水流对桩基垂直度造成的影响。

$\Phi 1\ 600\text{mm}$  钢管桩沉放完成后,采用料斗+导管法进行混凝土浇筑,完成钢管桩植桩施工。浮吊船吊料斗下放至钢管桩内,通过料斗灌注水下混凝土,混凝土通过 $\Phi 1\ 600\text{mm}$  钢管底部设置的翻浆孔流入引孔岩壁和钢护筒之间的空隙。为了确保翻浆效果,钢管桩内浇筑混凝土高度要比引孔深度高  $1.0\text{m}$ ,待水下混凝土初凝后,利用浮吊船和振动锤配合拔除  $\Phi 2\ 000\text{mm}$  的大护筒,钢管桩植桩施工完成。植桩完成后,即可将浮平台移位到下一个工位,并将  $\Phi 1\ 600\text{mm}$  的钢管桩接桩至设计标高,然后以  $\Phi 1\ 600\text{mm}$  钢管桩作为支撑搭设固定平台。固定平台的上部结构自下而上依次由  $\delta 16\text{mm}$  钢牛腿、I32 工字钢、[25 槽钢、 $\delta 6\text{mm}$  花纹钢板、 $\Phi 48\text{mm}$  钢栏杆等组成。

### 3.2 灌注桩施工工艺

浮平台转化为固定平台以后,一般可按照常规混凝土灌注桩施工工艺进行施工。即先采用浮吊船吊放冲击钻机就位,冲击钻钻孔至设计标高后,再用浮吊船将钢筋笼吊放至孔内,最后采用导管法浇筑水下混凝土至设计顶标高。由于本工程位于长江江豚保护区内,环保要求极高,灌注桩钻孔过程中泥浆不能流入长江,因此泥浆的制备、存储、循环利用及沉渣的处理是施工过程中需要解决的另一个技术难题,为此专门开展了泥浆循环利用技术研究,研制出了一种泥浆滤砂装置(见图 6)。

施工平台上需布置冲击钻机、混凝土料斗及导管、处理溶洞所需水泥、黄土、块石,及地勘用的超前钻钻机和钻杆,码头施工用的电缆、电焊机等设备和材料。因此,在泥浆循环系统设计时要充分考虑节约平台占地。为了解决泥浆循环利用的问题,结合现场的工况条件,专门研制了一套泥浆循环过滤系统:即利用施工桩钢护筒作为制浆钢护筒,利用施工钢护筒临近的钢护筒作为储浆钢护筒,通过泥浆泵和橡胶管控制泥浆循环,并通过滤砂装置进行过滤,分离沉渣并收集集中处理,实现施工桩与储浆钢护筒之间的泥浆循环。

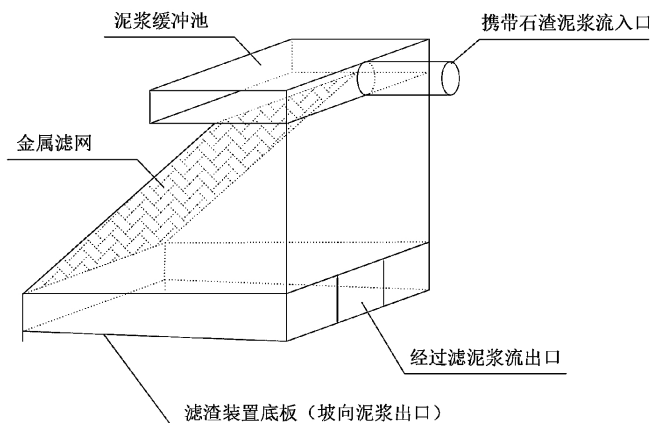


图 6 泥浆滤砂装置

泥浆制备和循环的工艺如下:钻机就位后,将钻机提升至孔底以上  $10\text{cm}$  左右,连接好泥浆循环回路,开动钻机,加入黄土,通过钻头的短冲程移动搅拌孔内混合物制造泥浆。用泥浆泵将泥浆抽排进入泥浆池(即为施工桩基相邻的钢护筒),把泥浆池内的泥浆再通过泥浆泵抽排至钻孔桩的孔内。在泥浆制备过程中,对泥浆池出口处的泥浆进行检测,根据检测结果对泥浆配比加以调整,增减水和黄土的用量,直到新制泥浆达到施工需要的性能指标。为了提高泥浆质量,加快施工进度,同时尽量节约平台空间占用,钻进孔中携带大量沉渣的泥浆经滤砂装置过滤后,流入储浆钢护筒,过滤出的沉渣收集后集中存放处理。滤砂装置设计采用角钢焊接成骨架,骨架外侧焊接  $1\text{cm}$  厚钢板作为封闭,正面安装金属滤网进行石渣过滤。滤砂装置顶部设计缓冲池,减少泥浆的冲击力,落入滤网后石渣会得到有效过滤,过滤后泥浆沿底板自流,从排出口流入储浆钢护筒。

## 4 结 语

针对池州长江高桩码头 6#、7# 泊位复杂的地质条件和水域条件,通过分析常规固定平台和浮平台的优缺点,并对这两种方案进行优化,从而形成了浮平台结合固定平台的复合方案,同时还研制了一套泥浆循环过滤装置,顺利解决了浅覆盖层水域高桩码头灌注型嵌岩桩施工技术难题,为类似工程施工积累了宝贵经验。

编辑:张绍付

## Study on construction technology of cast-in-place rock socketed pile for high pile wharf in shallow overburden water area

LUO Huanbin<sup>1</sup>, ZHAO Jiangqian<sup>2</sup>

- (1. STECOL CORPORATION, Tianjin 300384, China;  
2. Nanchang Institute of Technology, Nanchang 330099, China)

**Abstract:** The phase I project of Chizhou Chang-jiu Limestone Mine Wharf is located on the right bank of the Yangtse River with 7 berths in total. High pile wharf is designed with cast-in-place rock socketed pile. However, the bedrocks of the 6 and 7 berths are limestone with developed karst, and shallow in river bottom overburden with bare rock in some areas. And high environmental protection requirements for the finless porpoise protection area. In view of this complex working condition, the composite construction technology is adopted with combining through floating platform with fixed platform, the construction method was successfully solved the technical problems of cast-in-place rock socketed pile with shallow overburden, and accumulated valuable experience for similar projects..

**Key words:** Rock socketed pile; Shallow Overburden; Piled wharf

翻译: 雒焕斌

(上接第 410 页)

## Shrinkage and creep stressful calculation of grouting-prestress-lining in water pressure tunnel

LIU Xiaomin<sup>1</sup>, CAI Yongping<sup>1</sup>, CAI Xiaohong<sup>2</sup>

- (1. Jian Municipal Hydropower Planning and Designing Institute of Jiangxi Province, Jian 343000, China;  
2. Jian Municipal Water Resources Bureau of Jiangxi Province, Jian 343000, China)

**Abstract:** The theoretical foundation of the structural design of hydraulic pressure tunnel is the combination of tunnel lining and surrounding rock. However, due to the influence of dry shrinkage and hardening of grouting ring and creep of concrete, the prestressed lining tunnel obtained by grouting has some losses. By using the mohr-coulomb yield condition widely used in rock mechanics, the author systematically analyzes the dry shrinkage stress and creep stress of grouting prestressed lining of hydraulic pressure tunnel, and gives the corresponding analytical formula.

**Key words:** Prestress; Linling; Tunnel; Stress

翻译: 刘晓敏