

# 流塑状地质钻孔灌注桩技术在取水泵站中的应用

刘文革<sup>1</sup>, 周 晓<sup>2</sup>

(1. 山东黄河顺成水利水电工程有限公司, 山东 济南 250032; 2. 济南黄河河务局长清黄河河务局, 山东 济南 250000)

**【摘要】**传统桩基施工方法存在高成本、质量安全隐患大、能源消耗多等问题,为此,以大桥水厂源水工程取水泵站工程为例,提出了一种复杂高含水量流塑状淤泥地质钻孔灌注桩施工技术。该技术采用了优化的泥浆配制方法和具备储浆功能的泥浆循环系统,同时提出了钻孔护筒导向装置以解决垂直度问题,旨在提升施工的可控性和安全性,确保工程质量。

**【关键词】**大桥水厂;取水工程;钻孔灌注桩;高含水量流塑地层

**【中图分类号】**TV675

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1009-6159(2025)-10-0023-04

## Application of Bored Pile Technology in Pumping Station under Flowing-plastic Geological Conditions

LIU Wenge<sup>1</sup>, ZHOU Xiao<sup>2</sup>

(1. Shandong Yellow River Shuncheng Water Resources and Hydropower Co., Ltd., Jinan, Shandong 250032, China;

2. Yellow River Administration Bureau of Changqing District, Jinan Municipality, Jinan, Shandong 250000, China)

**Abstract:** Traditional pile foundation construction methods have problems such as high cost, high risk in quality and safety, and high energy consumption. Therefore, take the water intake pumping station project of Daqiao Water Plant Source Water Project as an example, a bored pile construction technology is proposed for complex high-water-content flowing-plastic silt geological conditions. This technology adopts an optimized mud preparation method and a mud circulation system with a mud storage function. At the same time, a bored pile casing guiding device is proposed to solve the verticality problem. Aims to improve the controllability and safety of construction and ensure the project quality.

**Key words:** Daqiao Water Plant; Water intake project; Bored pile; High-water-content flowing-plastic stratum

大直径超长钻孔灌注桩施工技术方面仍存诸多问题值得深入研究<sup>[1-3]</sup>。为解决目前传统桩基施工方法存在的高成本、质量安全、能源消耗等问题,大桥水厂源水工程取水泵站工程中提出了一种复杂高含水量流塑状淤泥地质钻孔灌注桩施工技术。该项技术采用了适用于高含水量流塑地层的最佳泥浆配制方法和具备储浆功能的泥浆循环系统,有效提升了成孔效果。此外,针对控制钻孔护筒垂直度的问题,提出了一种具有校准机构的钻孔护筒导向装置,该装置具有垂直度高、施工效率高、稳定性强、安全性好等优点。

### 1 施工技术要求

复杂高含水量流塑状地质钻孔灌注桩的施

工要求涵盖多方面,首先,必须精心制定适应高含水量流塑地层的泥浆配制方案,以确保泥浆性能符合要求,从而保障桩基成孔及成桩质量。其次,钢护筒导向的稳定性至关重要,必须确保导向架的牢固稳定,避免塌孔现象,从而提高施工效率和质量。在施工过程中,密切监测和及时调整钢护筒的位置,以保证其轴线与桩孔轴线对准,确保施工的准确性和稳定性。此外,混凝土护圈的施工也必须严格控制,确保其位置和质量符合要求。遵守规范的工艺流程操作,包括测量放样、导向架固定、钢护筒打入和混凝土护圈施工等步骤,以确保施工质量和安全,提升工程施工

收稿日期:2025-03-17

作者简介:刘文革(1988—),女,高级工程师

的可靠性和整体效率。这些施工要求的严格执行是保证工程质量和项目完成的关键因素。

## 2 施工工艺

根据济南市先行区(含济阳城区)给水厂规划,先行区新建大桥水厂一座,以鹊山水库为水源,近期供水能力 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,远期供水能力 30 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。为保障新旧动能转换先行区供水,计划在原供水泵站旁新建大桥水厂供水泵站一座,设计日供水量为 30 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,设计流量 3.47  $\text{m}^3/\text{s}$ ,新建自泵站至大桥水厂接管点输水管道长 4.6 km。

大桥水厂源水工程取水泵站位于原供水泵站右侧,主要有新建取水闸、压力水箱、主厂房、副厂房等。通过实地开展泥浆配比试验,详细确定适用于超厚流塑地层的 PAC 海水泥浆最佳配制方案,以膨润土为主要成分,并添加聚阴离子纤维素(PAC)、烧碱及各种水质。针对一般地层、易坍塌地层和卵石层,根据不同地质特征,制定符合要求的海水泥浆性能指标,包括 pH 值、相对密度、黏度、静切力、含砂率、胶体率、失水量和泥皮厚度等多方面考量。为解决钢护筒稳定性不足问题,提出了一种创新的加长钢护筒导向定位装置,以提高导向的准确性和稳定性,钢护筒定位支架俯视图如图 1 所示。针对超软流塑底层容易发生塌孔现象的挑战,根据地质情况调整拔钻速度,以确保施工安全顺利进行。这些施工工艺改进的实施旨在提升工程施工的可控性和安全性,确保项目顺利完成并达到预期质量标准。

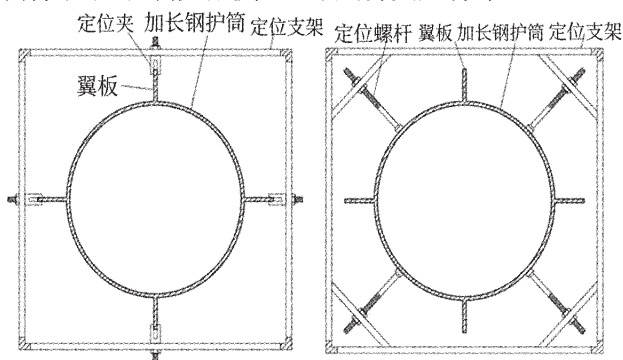


图 1 钢护筒定位支架俯视图

### 2.1 测量放样

按照基线控制网和设计坐标,利用全站仪准确放置桩位,并在周围打上十字交叉护桩,并且对这些护桩进行必要的保护措施,以便在钻孔过程中进行核查。同时,填写“施工测量放样报验

单”和“施工测量放样记录表”,并提交质检部门进行验收。

### 2.2 导向架固定

1) 定位导向支架安放。依据标记的桩孔位置,安装钢护筒定位导向支架,确保支架的垂直轴线与桩孔轴线完全对齐,确保结构的稳固性和准确性。

2) 导向支架固定措施。在安放导向支架时,将支架底部的撑脚插入土壤中。如果土质较为松软,将采取稳固措施来确保导向支架的稳定,可能会辅以斜向支撑杆件来固定导向支架,以避免在安装钢护筒时导向支架发生位移。提供额外的支撑和保障,以确保整个结构在施工过程中的稳定性和安全性。

### 2.3 钢护筒打入

1) 钢护筒钢材选择。选择 Q345 材质、厚度为 16 mm 的钢材制作钢护筒,以确保护筒的稳固性。采用 16 mm 厚的 Q345 合金钢板制作护筒,不仅可以维持护筒的强度,还能减轻重量(相对于使用 Q235 钢板),降低操作人员的施工难度,从而提高整体施工效率。

2) 优化护筒设计。为了确保钢护筒能够顺利下放到位,建议在护筒的下端设计内口刃脚,以减小下放时的阻力,从而提高下放的效率和顺畅度。

3) 防偏翼板设置。为防止偏移,钢护筒的外侧应设置四道防偏翼板,这些翼板应焊接在钢护筒外侧,以提供额外的稳定性和支撑。

4) 钢护筒安装步骤。完成钢护筒制作后,将其置于定位导向支架上,并将防偏翼板插入定位夹内。通过调整定位夹和定位螺杆,确保钢护筒垂直放置,并且轴线与桩孔轴线对齐。随后,紧固定位夹和定位螺杆,并使用静压方法将钢护筒压入土壤中。

5) 精度控制。为确保定位精度,应缓慢将钢护筒压入土壤,并在此过程中反复测量其轴线位置。当钢护筒顶部距离地表约 30 cm 时,停止压入,并开始进行孔口混凝土护圈的施工。

### 2.4 混凝土护圈制作

1) 确认钢护筒轴线。在进行孔口混凝土护圈施工之前,必须再次核实钢护筒的轴线位置,确认无误后才能继续进行混凝土护圈的施工。

2) 混凝土护圈浇筑。混凝土护圈采用 C30 混

凝土浇筑成型,高出地面 30 cm,混凝土护圈结构示意图如图 2 所示。

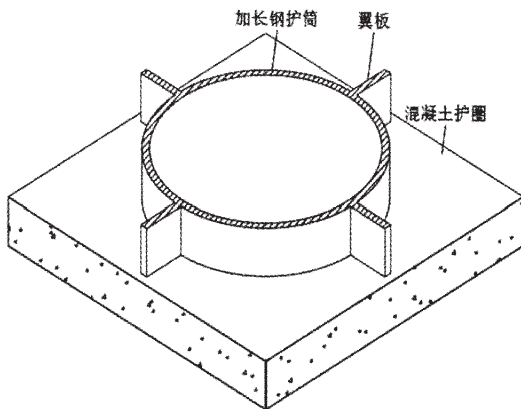


图 2 现浇混凝土护圈结构示意图

## 2.5 钻机泥浆循环系统就位

1) 钻机准备工作检查。在安置钻机之前,务必仔细检查各项准备工作,包括确认场地布置和钻机座落处的平整与加固情况,检查和安装主要机械设备,摆放配套设备,并连接水电供应等。在进行钻孔前,根据地质剖面图进行评估,以便根据不同土质选择合适的钻头、钻进压力、钻进速度和泥浆参数。

2) 钻机稳定性要求。钻机就位后,底座和顶端应保持稳定,钻进和运行过程中不得出现位移或沉降,若有异常应立即查明原因并处理。起吊滑轮缘、转盘中心和桩孔中心应对齐在同一铅垂线上,且偏差不得超过 2 cm。

3) 泥浆配制规范。泥浆配制:钻孔泥浆由水、黏土组成。调制泥浆性能须符合规范要求(一般地层:相对密度 1.05~1.2,黏度 16~22 s,含砂率 $\leq 4\%$ ,pH 值 8~10;易坍地层:相对密度 1.2~1.45,黏度 19~28 s,含砂率 $\leq 4\%$ ,pH 值 8~10)。

4) 钻机安装。通过测设的桩位准确确定钻机的位置,并保证钻机稳定,通过手动粗略调平以保证钻杆基本竖直后,即可利用自动控制系统调整钻杆保持竖直状态。

5) 自然土制浆性能要求。泥浆及泥浆循环系统,采用自然土制浆,泥浆性能见表 1。

## 2.6 桩孔钻进

首先,确保开孔质量,准确对好中线和垂直度,同时正确安装和压实护筒。施工中,必须持续添加泥浆和抽取渣土,并随时检查孔道是否有偏斜<sup>[4]</sup>。为避免施工震动对周围土层造成影响,需要

表 1 泥浆性能要求

序号	项目	性能要求	
		造孔泥浆	清孔泥浆
1	密度	1.2~1.30	1.15~1.25
2	黏度/s	20~26	18~22
3	含砂量	<8%	$\leq 8\%$

谨慎操作,以确保相邻孔洞的稳固。另外,在提升钻杆时应该尽量减缓提升速度,以确保操作安全顺利。

## 2.7 泥浆循环处理

1) 泥浆池平面布置设计。根据现场的实际情况,泥浆池的平面布置设计应考虑每个池分为循环池和储浆池,中间设置泥浆通道。为确保泥浆循环使用,循环池与桩基钻孔需通过泥浆槽连接,使泥浆得以在桩基钻孔与循环池之间循环流动。

2) 泥浆运输及罐式泥浆车特点。泥浆运输通常依赖于专用的泥浆运输车辆,这些车辆采用了全封闭的罐式设计。每辆运输车的罐体上部和底部都设有进浆口和排浆口,以便泥浆的装卸。泥浆被注入罐车内通过泥浆泵,当罐车装满后,进浆口会被封闭,然后运输至指定地点进行泥浆的弃置,最后通过排浆口将泥浆排出。这种运输方式保证了泥浆运输车辆的封闭性,有效避免了泥浆运输过程中可能产生的污染问题。

## 2.8 测量孔深、孔径

1) 检查孔洞。完成桩基施工至桩底设计标高后,将运用探孔器进行仔细检查孔洞,确认孔深、孔径、垂直度符合规范要求后,方可进行清孔工作。

2) 换浆法清孔。采用换浆法进行清孔操作。首先,将钻头提升 10~20 cm,然后继续循环注入相对密度较低(1.1~1.2)的泥浆,以将钻孔内悬浮的钻屑和相对密度较高的泥浆排出。

3) 清孔泥浆质量要求。清孔后要求孔内排出或抽出的泥浆手摸无 2~3 mm 颗粒,泥浆密度 1.05~1.1 g/cm<sup>3</sup>,含砂率小于 $\leq 2\%$ ,黏度在 17~20 s 之间,检验合格后方可下钢筋笼和导管。

## 2.9 钢筋笼安装

1) 钢筋笼制作规范。在钢筋场内制作钢筋笼前,必须确保钢筋调直、除锈,主筋无局部弯曲。钢筋笼分段制作,制作偏差应满足以下规定:主筋间距 $\pm 10$  mm,钢筋笼直径 $\pm 10$  mm,钢筋笼长度 $\pm 10$  mm。为保证保护层厚度,需每隔 2 m 沿笼

周设置定位钢筋环,确保钢筋笼的质量符合设计标准<sup>[9]</sup>。

2)钢筋头焊接规范。位于同一连接区段内纵向受力钢筋的焊接接头面积百分率,对纵向受拉钢筋接头,不应大于50%。当受力钢筋采用焊接接头时,设置在同一构件内的接头宜相互错开。同一连接区段内,纵向受力钢筋焊接的接头面积百分率为该区段内有接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

3)钢筋笼搬运和安装规范。将制作完成的钢筋笼从平板车搬至平台孔位时,必须小心操作以避免扭曲。吊机将钢筋笼分段吊装,连接时采用双面搭接焊接。制作和安装钢筋笼需严格按规范执行,检查合格后才可安置至孔内并定位。

4)桩基钢筋笼连接与吊装。桩基钢筋笼加工完成后,经监理检查合格,按照设计图纸的要求将其与钢筋笼连接,确保垂直度和位置的准确性。最后,将整体钢筋结构与钢筋笼一起吊装入孔,确保施工过程的顺利进行,为工程的顺利进行打下坚实的基础。

### 2.10 浇筑水下混凝土

1)混凝土灌注前准备工作及要求。灌注前,需要进行导管和接头的气密性试验。在首批混凝土浇筑之前,要检查孔底标高,并经监理工程师检验合格后才能进行水下混凝土的灌注。导管应与孔底保持25~50 cm的距离,首批混凝土必须确保导管埋深超过1.5 m。

2)导管配置和放置要求。根据孔深不同,需合理配置导管长度,确保导管下口距离孔底0.3~0.5 m。导管放置时,应力求导管中心与桩孔中心一致,以减少混凝土灌注时的阻力,保证施工质量和效率。

3)混凝土灌注要求。混凝土应选用自拌混凝土,确保初次灌注的量,并在浇筑混凝土时保证连续性。隔水栓的选择包括铁板覆盖或球内胆,不得使用沙袋或其他替代品。水下混凝土的坍落度应为 $20\pm 2$  cm。

4)导管控制与浇筑要求。导管理深控制在2~6 m之间,混凝土灌注速度不得低于 $20\text{ m}^3/\text{h}$ 。一根桩的混凝土必须连续浇筑,不允许中断,并严格控制导管提升速度,以防止断桩事故的发生。

生。浇注过程中,必须及时测量计算导管的埋深,正确指挥导管的提升和拆除工作。导管的拆除应迅速有序进行。对于浇注过程中溢出的泥浆,应引流至泥浆池,并及时清理。

5)混凝土坍落度测量。在每根桩灌注混凝土时,必须及时制作混凝土试块并测量混凝土的坍落度,每根桩至少需制作一组试块。同时,在灌注过程中,需定时测量混凝土面的高度,并做好记录。

6)混凝土灌注控制策略。为确保桩顶部位质量及导管理深达到2 m以上,必须精确控制混凝土最后一次的灌注量。灌注完成后,务必立即对桩孔进行及时回填,以确保整体稳固性。

7)桩顶高度调整与回填要求。灌注桩桩顶应比设计桩顶高出0.8~1 m(此范围内的混凝土应凿除),并保证凿除预留高度的桩顶伸入基坑底以上100 mm,空桩用碎石回填。

## 3 取水泵站的应用

大桥水厂源水工程取水泵站工程,合同金总额约2 000万元,合同工期6个月。在大桥水厂源水工程取水泵站施工过程中,通过应用复杂高含水量流塑状地质钻孔灌注桩技术,效果较好。该技术具有实用先进、操作快捷、设计合理等优点,全过程、全时段、多数据的真实、实时、有效管控,不仅提高了钢护筒的精确打入度,还提高了现场施工效率,缩短了桩孔施工周期,减少了2%~4%的施工成本;还有效防止了高含水量软土地层中桩孔坍塌和缩颈等问题,提升了成孔效率,避免了返工,同时降低了3%~5%的施工成本。

### 参考文献

- [1] 罗干.软土地区钻孔灌注桩与地基加固施工关系研究[J].建筑科技,2024,8(7):46-50.
- [2] 李辉平.公路桥梁工程钻孔灌注桩施工技术及质量监理分析[J].广东建材,2024,40(7):142-144.
- [3] 李嘉成,姬付全,饶为胜,等.钻孔灌注桩数字化施工技术及应用[J].中国港湾建设,2024,44(6):72-77.
- [4] 师晓辉.钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用[J].运输经理世界,2023(30):98-100.
- [5] 隆腾.人工挖孔桩施工技术及其质量控制[J].交通科技与管理,2024,5(14):62-64.

(责任编辑 崔春梅)