

# 高桩码头工程钢管桩沉桩施工技术与质量控制

熊伟峰

(中国水利水电第五工程局有限公司 华中分公司, 河南 郑州 450000)

**摘要:**以湖北省黄冈市浠水港兰溪港区绿色建材循环经济产业园码头工程为依托,针对如何保证高桩码头工程钢管桩沉桩施工及其质量控制进行了相关阐述,希望该工程实例及多年积累的施工经验能够有助于国内类似行业解决其存在的问题并能够提升相关工程技术水准与质量。

**关键词:**浠水港兰溪港区;高桩码头工程;沉桩施工;质量控制

**中图分类号:**U655.4;U655.1;U65;U655.55

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2023)02-0039-05

## Construction Technology and Quality Control of Steel Pipe Pile-driving in High-piled Wharf Engineering

XIONG Weifeng

(Central China branch, Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450000)

**Abstract:** Based on the Wharf Engineering of Green Building Materials Circular Economy Industrial Park in Lanxi Port, Xishui Port, Huanggang City, Hubei province, this paper introduces how to ensure the construction and quality control of steel pipe pile-driving in high pile wharf engineering. It is hoped that this example and the construction experience accumulated over the years can help similar domestic industries solve their existing problems and enhance the level of relevant engineering technology and quality of similar projects.

**Key words:** Lanxi Port District, Xishui Port; high-piled wharf engineering; pile-driving construction; quality control

### 1 概述

该工程位于湖北省黄冈市浠水县兰溪镇金沙滩村,码头平台全长903 m、宽25~28 m(1~3号泊位宽25 m、4~7号泊位宽28 m),建设7个、5 000 t级散货泊位,配备7台装船机,设计年吞吐量为4 120万t。其岩土工程勘察及工程设计均由湖北省交通规划设计院股份有限公司完成。码头采用高桩梁板式结构,基础为钢管桩及嵌岩灌注桩组合,钢管桩设计桩径为1 000 mm,壁厚18 mm,桩长在32~41 m之间,共计947根,码头工程建设效果见图1。

工程建设场地位于长江Ⅰ级阶地,河道地势起伏不大,基本为原始地貌,场地普遍为第四系地层覆盖,主要为人工填土、第四系全新冲洪积黏性土,粉土、粉砂、砾石层与泥质粉砂岩。地层概况如下:

(1)素填土:主要分布于大堤及其两侧,揭露



图1 码头工程建设效果图

厚度为0.5~5.8 m。临水岸地带钻孔揭示有抛石,揭露厚度为0.2~2.1 m。

(2)黏性土夹粉土:零星分布,揭露厚度为0.9~17.7 m。

(3)圆砾:以砂质充填为主,其余为泥质充填,揭露厚度为0.9~4.9 m。

收稿日期:2022-12-12

(4)卵石:主要分布于河床,揭露厚度为0.6~4.8 m。

(5)粉土夹粉砂:粉土夹薄层粉砂,局部夹黏土、砾石,揭露厚度为1.3~6.4 m。

(6)全风化泥质粉砂岩:紫红色,泥质含量较高,揭露厚度为0.6~3.1 m。

(7)强风化泥质粉砂岩:主要矿物为石英、长石,节理裂隙发育,揭露厚度为0.5~9.7 m。

(8)中等风化泥质粉砂岩:主要矿物为石英、长石,节理裂隙较发育,局部含泥化夹层,本次勘察该层未揭穿,最大揭露厚度为31 m。

该建设场地属长江中下游冲积平原,除长江外,地表水体还包括沟渠、水塘,水深一般为0.1~2.5 m,场地地下水主要分为上层滞水、第四系孔隙承压水与基岩裂隙水。本文根据码头的具体情况,阐述了所采取的施工方案和质量控制措施。

## 2 施工方案与工程进度管理措施

### 2.1 施工方案

(1)施工工艺流程。船进场、抛锚→移船→捆绑基桩→起吊、入龙口→移船就位→调整桩架倾斜度和停船平面扭角→测量定位→收紧缆绳→复核→下桩、压锤→解开吊索→锤击→施工至设计标高→停锤→起锤、移至下一根沉桩施工<sup>[1]</sup>

(2)钢管桩制作工艺。钢管桩的制作采用场内制作法,钢管桩桩径为1 000 mm,壁厚为18 mm,材质为Q355B钢,采用螺旋焊缝,焊接采用自动焊。为避免钢管桩受江水腐蚀,按照设计要求对钢管桩顶至其下30 m范围内表面进行了涂层防腐处理,防腐设计年限为10 a。底漆采用富锌漆,平均涂层厚度为50 μm,中间层采用环氧树脂漆,涂层厚度平均为200 μm,面漆(黑色)采用丙烯酸树脂漆,平均涂层厚度为100 μm,涂层干膜总厚度不小于350 μm,其余部分涂红丹酚醛防锈底漆两道进行防腐处理。钢管桩制作完成后,为便于现场沉桩施工,将钢管桩表面按照要求标划刻度线以便于根据钢管桩刻度线控制沉桩深度,并能够严格控制钢管桩的入土深度。该工程钢管桩标划刻度线要求为:从桩顶以下5 m范围内采用10 cm刻度,其余部分采用1 m刻度。

(3)沉桩工艺。试桩完成且参数确认后,即可正式开始沉桩施工。沉桩采用吊打沉桩法,打桩

船进入施工点附近,根据船上定位系统显示的数据进行精确定位,吊桩时通过锚缆进行移动。沉桩深度以贯入度控制为主,给定的设计标高为辅。施工过程中,按照设计要求以贯入度不大于1 cm为控制依据。最终在锤击30次后、平均贯入度小于等于1 cm时即可停止,然后进入下一根沉桩施工。

### 2.2 工程进度管理措施

#### 2.2.1 组织管理措施

针对该工程特点,项目部选派了具有丰富施工管理经验的项目经理和项目管理班子进行工程的施工管理,实行“工作要到人、责任也要到人”的管理制度,与业主、监理、设计方以及当地相关部门密切联系、沟通,及时解决相关问题;保持与供货商的密切联系以保证工程所需的钢管桩保质、保量、按时供货到现场。

加强施工进度计划管理,合理安排打桩船沉桩与钢管桩的供货进度,避免发生打桩船等钢管桩的情况,减少窝工现象。优化施工方案,保证工序衔接有序。充分调动施工人员的积极性,推行人性化管理,提高劳动生产率。

施工技术应随时解决现场施工过程中出现的问题,根据沉桩情况,及时向现场施工员提供所需的沉桩进度和现场钢管桩数量以便于及早准备。实行生产调度会制度,每日定时召开并总结工作,及时解决施工过程中存在的问题,安排次日的施工任务。

#### 2.2.2 工艺措施

##### (1)施工准备。

①联锁块及抛石的清除。根据现场实际情况,长江岸边存在一定范围的护坡混凝土联锁块及抛石等,现场护坡联锁块及抛石情况见图2。为避免影响钢管桩沉桩施工,需要对工程范围内的护坡混凝土联锁块及抛石进行清除;对于岸边裸露的部分,可以通过现场实际定位量测清除;而对于水下部分则需要潜水员进行水下摸排清除。为避免对水下原有护坡造成大面积破坏,项目部采取特制的改造船配合潜水员定桩位进行清理,护坡联锁块清理情况见图3。

②测量定位。根据设计施工图纸计算需要沉桩的桩顶平面坐标及方位角等相关数据,并根据打桩船预定的抛锚位置测算出打桩船各锚的锚位

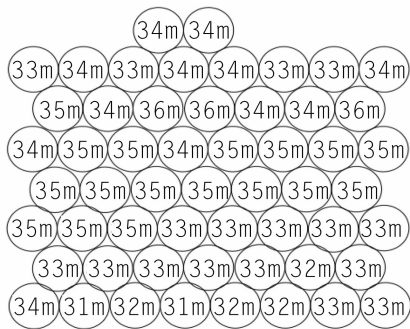


图 2 现场护坡连锁块及抛石图



图 3 护坡连锁块清理图

坐标以便于施工,另外测算出沉桩桩边切线方向的转角。但需要注意:所有定位数据计算后均需



第七船钢管桩落驳图



图 4 钢管桩装船示意图

### (3) 钢管桩沉桩施工。

①打桩船的选型。为了保证沉桩进度及质量要求,根据工程地质、桩长情况及进度要求,最终决定采用打桩船施打钢管桩,打桩船配置有 GPS 定位系统且打桩船需配 D100 柴油桩锤,桩锤的主要性能见表 1,打桩船的主要性能见表 2。

由专人复核,确认无误后方可使用。

(2)钢管桩的制作及运输要求。钢管桩的工程量共计为 947 根。考虑到施工进度,将其安排在专业生产厂家加工,所有钢管桩均通过运桩船水运至现场采用打桩船施打。由于生产厂家对钢管桩的质量、供货的及时性在整个钢管桩施工中起决定性的作用,因此,钢管桩生产厂家的选择非常重要。在不了解钢管桩生产厂家的情况下,应组织相关人员进行考察、了解各钢管桩生产厂家的综合实力,并在合法合规的前提下选择最优的生产厂家。

为便于现场沉桩施工,不影响现场沉桩进度,钢管桩需标划刻度线以便于根据钢管桩刻度线控制沉桩深度并严格控制其入土深度。要求生产厂家对每艘船的钢管桩标明桩的分层情况及编号、位置、重量、长度、质检状态等属性。

首先,根据沉桩施打顺序确定钢管桩的装船顺序,按照“后施工,先装船”的原则码放。同时,必须考虑驳船的稳定性,避免在吊运或施工过程中出现驳船侧倾的情况发生。钢管桩的每一层吊装均需按照从中间向两边的原则进行安放<sup>[2]</sup>。必须注意钢管桩装船吊耳的方向朝上,桩顶位置朝船头,以便于打桩船施打作业。钢管桩装船情况见图 4。对于运桩船的方位,可根据《船讯网》软件进行查询。

按照试桩施工所需的时间确定钢管桩完成沉桩的时间:吊桩、移船就位需要 15~25 min,精确定位需要 7 min,施打需要 7 min,考虑到存在耽搁的时间为 15 min,则完成沉桩共需时 54 min。按照每天工作 10 h(7:00~17:00),可沉放 8~10 根桩。由于考虑到施工人员的安全及沉桩精



表1 D100 桩锤性能表

项目	单位	技术参数
上活塞重	kg	10 000
每锤打击能量	N·m	459 800
打击次数	i/min	36~45
作用于桩上的最大爆发力	kN	3 900
适宜最大打桩规格 (钢管桩平均值)	kg	80 000
起落架导向滑轮钢丝绳最大直径	mm	32

表2 打桩船主要性能表

序号	项目	参数
1	船体尺寸	42 m(长)×16.8 m(宽)×3.5 m(高)
2	生产能力	桩架高70 m,桩长最大为65 m
3	最大桩径	1.6 m
4	最大桩重	60 t
5	俯仰角度	-225°~+225°
6	桩锤型号	D100

度问题,晚上不进行钢管桩的沉桩施工。因此,配备1艘打桩船(带D100柴油桩锤,架高70 m)即可满足施工需要。

②试桩施工。试打桩的目的是为了确定该工程试打桩工艺、锤型、停锤标准、合理桩长和桩基承载力。

由于该码头地区尚无静载试桩资料,为确定桩的可打性和桩长必须进行试桩。该工程选定了7处有代表性的桩位进行试桩,并根据《港口工程桩基规范》(JTJ54-98)规定及设计要求进行了高、低应变动力检测<sup>[3]</sup>。

由试桩工作取得的结果得知:该工程所进行的岩土勘测结果基本符合现场情况,设计单位对该工程码头平台区域钢管桩的长度只进行了局部调整,能够确保符合现场实际施工需求。

③沉桩施工。为确保码头沉桩施工工期和码头工程的整体工期,需要合理安排沉桩施工顺序。沉桩顺序安排如下:打桩船从码头引桥开始沉桩,然后从码头下游至上游(7~4号泊位)阶梯式施打钢管桩,在形成施工平台后再从码头上游至下游(1~3号泊位)阶梯式施打钢管桩,直至码头平台合拢。施打过程中,打桩船沿着岸边由岸边向河中心方向施打,并对已施打完成的钢管桩进行夹桩加固处理。

首先,按照需要沉桩的顺序进行打桩船的抛锚定位。打桩船一般配备8个锚,顶岸或顺岸作

业,抛锚艇配合抛锚定位,运桩船船位靠近打桩船上游停靠并与水流成一定夹角,具体根据现场实际情况进行合理调整。然后将计算好的桩号、XYZ坐标值、船位角度和桩倾斜度输入Microsoft Access数据库,打桩时从该数据库中调用所要打的桩的定位数据,经确认无误后开始监测,按照监测显示的图形和数据移动桩船向预定船位靠拢,直到当前船位与预定船位的横向与纵向差值小于5 cm、同时其扭角小于0.5°时。

岸上的测量人员应利用高频对讲机与船上人员及时进行沟通并校核定位,下桩、压锤。开锤前,记录开锤前的数据,开始打桩。打桩过程中,该系统自动记录锤击数、桩顶标高并显示最新30锤的平均贯入度。

最后,当桩顶标高达到设计标高后停锤,记录偏位情况。

### 3 工程质量控制措施

#### 3.1 工艺控制

在钢管桩沉桩施工过程中,必须严格按照《水运工程质量检验标准》(JTJ257-2008)施工,坚持每天调度例会制度,施工人员应及时总结当日的施工情况以及第二天的施工任务安排。技术负责人应及时掌握并迅速、准确地处理影响施工进度的各种问题;对于工程交叉和施工干扰问题应加强指挥与协调,对施工关键问题一定要超前研究并制订出相应的解决措施。

#### 3.2 工序控制

质量是企业的生命。施工过程中应明确每道工序的质量要求,按工序要求进行施工。

##### 3.2.1 钢管桩的制作

对于钢管桩的生产制作,应安排专人驻场进行监督生产,根据施工现场情况督促厂家按照施工单位的生产计划保质、保量生产。焊接需采用H08MnA、H10MmSi、H10Mn2焊丝及相应的焊剂,必要时亦可以采用手动焊,焊条采用E50XX系列焊条。焊缝质量等级不低于二级,对所有焊缝均须进行检查。钢管桩制作完成后其桩身应平直,两端截面平整并与桩轴线垂直,且钢管桩外径尺寸允许误差满足相关规范要求<sup>[4]</sup>。钢管桩制作后的允许偏差见表3。

##### 3.2.2 钢管桩的运输

由于沉桩尺寸较长、重量大、易滚动,为确保

表 3 钢管桩制作允许偏差表

序号	项目	允许偏差 /mm
1	管桩长度	±100
2	外周长	±10
3	桩顶倾斜	$D/1\ 000$ 且不大于 8
4	桩纵轴线弯曲矢高	$L/1\ 000$ 且不大于 30
5	桩端对桩纵轴线偏斜	10

钢管桩运输过程的安全及桩身防腐不被破坏,在驳船装钢管桩时,在桩底应布置通楞并均匀放置,楞木顶面置在同一平面上;桩身两侧垫楔形木块,桩外侧焊接槽钢用于侧向限位;对于已装好的钢管桩应用钢丝绳及紧张器将桩固定,钢管桩之间及钢管桩受力处均铺垫土工布(或橡胶垫),以防止防腐涂层被破坏。

钢管桩装船过程中,需要对每根钢管桩进行检查,主要检查项目为:桩的长度、直径、轴线偏差、桩头垂直度、吊点、合格证、数量等,并设计表格指定驻厂人员签字验收后方可发货。

### 3.2.3 定位放样

测量控制分三个方面进行:平面位置的控制、垂直度的控制与高程控制。

(1)平面位置的控制。为确保桩位的准确度,可以采用 GPS 系统测量定位;在岸边施工基线上架设 1 台全站仪和 1 台经纬仪,采用任意交汇的方法进行校核观测,同时进行钢管桩的测量定位;桩顶标高及贯入度采用 1 台水准仪控制。

(2)垂直度控制。采用经纬仪上下扫描桩的外边线以达到对桩身垂直度的控制。

(3)高程控制。采用水准仪进行高程控制。测量时应注意水准仪的所在高程必须小于桩顶高程,对于已布设的永久性或临时性高程控制点应定期进行校核。

### 3.2.4 打桩船就位

打桩船按照沉桩的顺序进行抛锚定位。抛锚方式:通过在打桩船的首尾各架设 1 台 GPS 移动站实时控制打桩船的坐标位置。根据计算好的锚位坐标,由抛锚艇先抛一只定位锚,随后依次抛船首尾落地锚。船首尾锚成八字型分布,首尾锚抛锚 150 m。各抛锚定位由抛锚船单船执行,将测量仪器放置于抛锚船船头。抛锚定位的总原则:所有锚缆不影响已施沉的桩(否则打桩船需要重新抛锚定位),同时应方便运桩驳喂桩。

### 3.2.5 吊装及定位

钢管桩设计为吊耳卸扣式。该工程所需打桩船的吊钩为主钩和副钩各一个。下吊索长度可取  $0.5\sim 0.6L$  ( $L$  为桩长),桩较长时不能小于  $0.5L$ ,吊桩高度不宜小于  $0.8L$ 。桩船应移至运桩船前近中间位置,然后将打桩架前倾,下放吊钩。主副钩同步起吊,水平吊起管桩脱离运桩船。

在打桩船水平吊起沉桩并将其移至需要施打的桩位过程中,完成沉桩的立起和替打。针对桩斜率,主要通过调整打桩船架的角度进行控制,按照打俯桩前倾、打仰桩后倾的原则并根据设计桩的俯、仰角斜率,通过前、后倾斜打桩架观测打桩船架垂直角度直至达到设计斜率为准<sup>[5]</sup>。

### 3.2.6 钢管桩的施打

待钢管桩稳定后,启动打桩锤,锤击沉桩。在打桩的开始阶段,坚持“重锤轻打”原则以防止桩滑移,待贯入度稳定后再逐步加大锤击能量。锤击沉桩时,桩锤、替打、桩身应保持在同一轴线上,替打应保持平整,钢管桩替打的导向板宜插入钢管桩内  $300\sim 500\text{ mm}$ <sup>[6]</sup>。密切观注桩身与桩架的相对位置及替打的工作情况,避免造成偏心锤击。

锤击过程中,当船行波影响打桩船稳定时应暂停锤击;出现贯入度异常、桩身突然下降、过大倾斜、移位时,应立即停止锤击,及时查明原因,采取有效措施进行处理;出现断桩时,必须会同设计单位进行研究处理。

锤击沉桩的具体控制标准一定要根据试桩结果确定(主要根据地质情况、设计承载力、锤型、桩型及桩长等因素)。根据设计要求,在桩尖进入中等风化泥岩或强风化泥岩后,以贯入度为主,标高控制为辅,最后 30 锤击平均贯入度不大于  $1\text{ cm/}$  击时即可停锤。钢管桩沉桩情况见图 5。

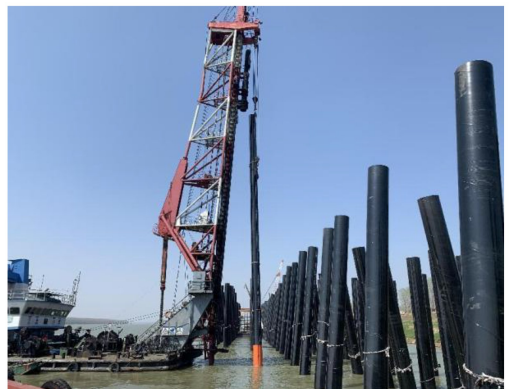


图 5 钢管桩沉桩图(下转第 49 页)

格率,同时节约了成本。

(3)虽然预制装配式检查井目前在国家层面还没有大规模推广,但在其经过不断的工程实践运用和施工工艺优化后,预制装配式检查井在城市建设中的应用一定会越来越广。

参考文献:

[1] 混凝土结构工程施工质量验收规范,GB 50204-2015[S].

[2] 周玉荣,王鹏. 砾砂黄土互层高边坡预应力锚索框架梁施工

技术浅议[J]. 矿产勘查,2019,10(6):1 496-1 501.

[3] 给水排水构筑物工程施工及验收规范,GB 50141-2008[S].

[4] 组合钢模板技术规范,GB/T50214-2013[S].

[5] 给水排水管道工程施工及验收规范,GB 50268-2008[S].

作者简介:

吕鸿基(1989-),男,河南漯河人,项目总工程师,工程师,从事市政工程施工技术与管理工  
作;

王人贵(1991-),男,河南巩义人,项目质量部主任,工程师,从事市政工程施工技术与管理工  
作。 (责任编辑:李燕辉)

(上接第 38 页)

境污染现状,美化了环境,实现了水资源综合利用的可持续发展。鉴于国家对河道的治理要求越来越高,因此,不能仅考虑防洪问题,也要注重河道的观赏问题<sup>[5]</sup>。近年来,橡胶坝以每年新建 300 座左右的速度发展,所有工程运行良好,效益显著。随着对环境的要求不断提高,橡胶坝相关技术会得到很好地利用和创新发展,发展前景广阔。

参考文献:

[1] 刘兵,韩素珍,朱素芬. 橡胶坝在安阳河河道上的应用[J]. 河南水利与南水北调. 2010,55(1):31-34.

[2] 张军红,侯新,徐义萍. 城区河道现状及生态治理途径分析[J]. 绿色科技. 2017,55(4):42-43.

[3] 焦磊. 橡胶坝在河道治理工程中的应用[J]. 工程科技. 2019,48(9):99-100.

[4] 侯玉香. 承德市第五橡胶坝施工技术[J]. 施工技术. 2010,53(增刊1):676-678.

[5] 王凤霞. 橡胶坝在拦河工程中的综合运用分析[J]. 科技风. 2013,26(9):141.

作者简介:

王 哲(1990-),男,河南周口人,项目部主任,工程师,学士,从事工程建设安全管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)

(上接第 43 页)

4 结 语

通过对该工程的详细介绍及施工技术和质量控制进行阐述可以清楚地认识到:只有通过严谨负责的工作进行管理和施工才能使码头工程钢管桩沉桩顺利、安全地进行。撰写本文的目的旨在使钢管桩沉桩施工技术及质量控制越来越全面、越来越好,同时亦可为今后类似工程提供借鉴。

参考文献:

[1] 张羽,朱祯华. 某高桩码头沉桩施工探讨[J]. 工程建设标准化,2014,20(8):74-75.

[2] 陈乃夫,朱逸,吴壮. 高桩码头水上沉桩施工质量控制要点分析[J]. 中国水运,2014,14(6):313-314.

[3] 郑德金. 浅谈高桩码头沉桩施工质量控制[J]. 工程管理,2009,26(40):238-239.

[4] 码头结构施工规范,JTS 215-2018[S].

[5] 徐梅坤,吕凡昌. 外海码头大直径钢管桩打桩施工技术[J]. 港口科技,2008,28(11):15-19.

[6] 港口工程桩基规范,JTS 167-4-2012[S].

作者简介:

熊伟峰(1989-),男,江西宜春人,项目总工程师,工程师,学士,从事港口码头工程施工技术与管理工  
作。  
(责任编辑:李燕辉)

### 浠水矿山项目码头(二期)工程顺利完成水上沉桩施工

2023年2月7日,由中国水电五局有限公司承建的浠水矿山项目(二期)水上钢管桩沉桩施工提前完成节点目标,为后续施工打下了坚实基础。浠水矿山项目位于湖北省浠水港兰溪港区作业区,拟新建5 000吨级散货船散货泊位7个,年设计吞吐量为散货4 000万吨。码头(一期)工程的4个泊位已于2022年12月28日完工并投产。码头(二期)工程3个泊位的钢管桩共计沉桩254根。项目部始终践行“立责于心、履责于行”的安全管理理念,聚焦安全管理重难点,强化监督检查、压实压紧责任,克服了春节前后设备物资调配问题、航道通航和江上恶劣天气频发等困难,保障了现场施工安全有序开展。为抢抓工程节点,项目部积极开展复工复产安全培训,做好节后复工“第一课”。重点围绕安全培训的重要性、安全管理职责、安全危险源辨识、疫情防控、安全防护、现场急救以及事故案例等方面开展了教育培训,同时根据施工现状动态调整施工计划,统筹资源调配。水上钢管桩沉桩节点目标的完成标志着码头(二期)工程全面进入下一步工序施工。项目部将持续做好安全生产工作,全体参建职工将一如既往地坚守岗位、强化统筹、科学施工,为码头工程圆满收官继续奋力拼搏。

(中国水电五局 供稿)