

跨海铁路大桥钢管打入桩施工工艺探讨

洪喜建

宁波交通工程咨询监理有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 宁波至象山市域(郊)铁路工程象山港跨海大桥钢管打入桩施工是本工程的关键部分。本文首先概述了工程概况,包括钢管桩的工程量、参数和桩位布置及防腐情况。随后,详细探讨了钢管桩的制作、打入施工工艺、夹桩施工、牺牲阳极施工以及桩芯砼施工等施工技术内容。通过结合工程实际情况,本研究旨在提出一套科学的施工方案,以确保工程质量和施工安全,为类似跨海铁路大桥钢管打入桩施工提供参考。

关键词: 跨海铁路大桥; 钢管打入桩; 施工工艺

随着城市化进程的加快,跨海铁路大桥作为重要的交通基础设施,其施工技术日益受到重视^[1]。宁波至象山市域(郊)铁路工程的象山港跨海大桥,因其特殊的地理位置和复杂的海洋环境,对钢管打入桩的施工工艺提出了更高的要求^[2]。本文旨在探讨该工程的施工技术要点,以期为类似工程提供借鉴。

1 工程项目概况

宁波至象山市域(郊)铁路工程象山港跨海大桥钢管打入桩施工项目,是一项技术复杂、规模庞大的工程。本项目位于宁波市鄞州区和象山县境内,全长8.276km,桥轴线距离既有甬莞高速象山港公路大桥东侧77.8m,采用与既有公路桥对孔布置的方式。

1.1 钢管桩工程量与参数

本工程钢管桩分布在49个墩位,共计526根。每个墩位设计钢管桩数量10至16根不等,桩径分别为1.6m和2.0m,壁厚20-24mm。钢管桩以0°、8°(7:1)、11°(5:1)的倾斜角打入北侧深水设计区域,材质为Q355C低合金钢,深入承台1m。钢管桩防腐采用涂层及阴极保护联合防护的方式。

1.2 钢管桩施工条件

施工条件包括自然地理特征、工程地质、主要技术指标、水文、气象、冲刷、地震、潮汐及潮流等方面。地形地貌显示桥位处海域开阔,水下地形平缓,最大深水约20m^[3]。工程地质方面,区域覆盖层深,主要由多种土层组成,水面80~100m以下为坚硬的中风化凝灰岩。水文和气象条件包括设计潮位、设计流速、设计波浪要素等,这些条件对施工计划和安全措施制定至关重要。此外,还需考虑冲刷、地震、潮汐及潮流等自然条件对施工的影响。施工条件还包括施工船舶的选择、防台避风锚地的规划,以及施工期间对环境因素的考虑。

2 工程项目施工技术内容

2.1 钢管桩制作

钢管桩是跨海大桥的基础,其制作质量对整个工程至关重要。本工程所用钢管桩采用低合金Q355钢材,符合国家标准《低合金高强度结构钢》(GB/T1591-2008)和《碳素结构钢》(GB/T700-2006)。所有钢材在进厂时均附有质量检验证明书,并经过严格的复检,确保无缺陷。

焊接材料选择与主材相适应,考虑防腐蚀需求,焊接工艺经过试验评定,确保焊接质量。钢管桩焊接采用全熔透焊缝,焊缝质量等级达到一级。所有焊工均持证上岗,保证焊接工艺的正确执行。

制作工艺上,钢管桩通过驱动轮展开钢卷,七辊矫平机矫平钢板。对接采用埋弧自动焊,V型坡口,单面焊背面加垫紫铜垫板。卷制成型时,专人监测外圆周长,确保尺寸精准。最后,在生产线滚轮架上采用等离子切割机进行在线切割。

无损探伤检测是保证焊缝质量的重要环节,包括100%超声波探伤和2%的X射线探伤,特别是对接焊缝的全面检测。所有检测均按照《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205-2001)执行,确保焊缝质量满足设计和规范要求。

2.2 增强纤维熔结环氧复合涂层涂装

2.2.1 防腐涂层设计

本项目钢管桩外防腐采用环氧粉末涂层和增强纤维熔结结合环氧粉末涂装方案。其中潮差区范围内采用厚度 $\geq 1000\mu\text{m}$ 增强纤维环氧复合涂层防腐。其中底层环氧粉末涂层厚度 $\geq 400\mu\text{m}$,增强纤维面层厚度 $\geq 400\mu\text{m}$,总厚度 $\geq 1000\mu\text{m}$ 。水下区范围内采用厚度 $\geq 650\mu\text{m}$ 加强双层环氧粉末涂层防腐,其中底层环氧粉末厚度 $\geq 350\mu\text{m}$;面层环氧粉末厚度 $\geq 300\mu\text{m}$ 。泥下区采用厚

度 $\geq 450\mu\text{m}$ 普通双层磨砂型环氧粉末涂层防腐, 主要增加钢管桩涂层表面摩擦力, 其中底层环氧粉末厚度 $\geq 350\mu\text{m}$, 面层磨砂型环氧粉末涂层厚度 $\geq 100\mu\text{m}$, 整体涂层表面磨砂度要求为: $\geq 70\mu\text{m}$ 。

2.2.2 增强纤维环氧复合涂层性能及环氧粉末涂层、增强纤维环氧复合涂层的涂敷施工要求

正式生产前, 应采用相同规格的钢管桩进行工艺性试验, 确定工艺参数, 应将涂敷作业过程生成为工艺文件。由具有资质的第三方检验机构按表要求进行检验并出具检验报告, 满足性能要求后, 方可正式涂敷施工。

2.2.3 复合涂层钢管桩涂装施工

(1) 进管

- ①钢管桩检查;
- ②钢管桩清洗、隔离;
- ③钢管桩的验收要求。

(2) 钢管桩外表面除锈前预热

按照《熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装》(GB/T18593-2010)技术规范要求, 管体温度应大于露点温度 3°C , 必要时(主要是雨天或大雾天气)采用热风机进行加热驱湿, 对螺旋钢管桩进行加热处理, 温度为 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 钢管桩外表面抛丸除锈

钢管桩经抛丸除锈后, 逐根检查其螺旋钢管桩质量、表面清洁度、锚纹深度, 除锈等级达到GB/T 8923中规定的Sa2.5级, 锚纹深度 $40\sim 100\mu\text{m}$, 对达不到标准要求的钢管桩将通过反馈线返回, 重新进行除锈, 表面有缺陷光管则退出生产线; 合格钢管桩进入涂敷生产线。

(4) 除锈不合格管返回

钢管桩除锈后, 经检测发现管表面有严重损伤如管表面严重点蚀、夹层、缺陷等或除锈不合格的钢管桩返回到除锈线始端, 重新进行抛丸除锈或单独堆放。

(5) 管端保护贴纸

管体两端有预留段, 因而涂敷前须按预留段宽度贴纸, 预留段长度由设计指定。另外, 钢管桩吊环处也应按一定的预留段宽度贴纸, 涂敷后用人工切断方式切开两管段间的连续涂层并剥去预留段贴纸及涂层。

(6) 涂敷传动线

该作业线与除锈传动线相同, 采用变频控制, 控制精度要高, 调整方便。

(7) 钢管桩表面清洁度处理

必要时采用工业吸尘器, 去掉除锈后管表面的一些微小粉尘。

①钢管抛丸除锈后, 应将钢管表面附着的灰尘及磨

料清扫干净。

②表面预处理过的钢管应在4小时内进行涂敷, 超过4小时或当出现返锈或表面污染时, 应重新进行表面预处理。

(8) 钢管桩中频均匀加热

采用无污染的中频感应电加热方式, 快速均匀地将管体加热, 加热温度不超过 275°C , 满足涂敷温度的需要, 配有温度监测系统。

(9) 钢管桩底层环氧粉末喷涂

①环氧粉末的质量要求

a. 环氧粉末生产厂家应提供产品说明书、出厂检验合格证和质量证明书等有关技术资料。

b. 对每一批到货的不同型号的环氧粉末, 在使用前都应进行检查, 其性能达到验收质量要求时方可使用。

②底层环氧粉末喷涂施工

底层环氧粉末涂敷工艺可采用静电喷涂法。使用无油空气压缩机, 并配以空气干燥器, 保证供粉用的压缩空气无油、无水。

(10) 钢管桩面层增强纤维缠绕

①增强纤维预浸料的质量要求

增强纤维复合材料由供货商提供每一型号纤维增强复合材料的产品说明书、质量保证书及具有资质的第三方检验机构出具的增强纤维复合材料性能检测报告等有关技术资料。

②缠绕施工

a. 在B段管桩底层环氧粉末涂料固化完成前, 且在保证外层预浸料所要求的固化温度的情况下, 缠绕增强纤维层, 厚度 $\geq 600\mu\text{m}$, 纤维带材每圈之间搭接控制在 $60\sim 100\text{mm}$ 。

b. 缠绕时, 增强纤维预浸料具有一定张力, 且在预浸料贴合钢管表面切线方向外加从动辊轮, 给予一定压紧压力, 排除层间空气。

(11) 水冷

为保证生产质量和生产速度, 采用大流量的冷却系统, 保证出管温度不大于 100°C 。

(12) 复合涂层质量控制

①涂敷质量控制

a. 随时目测粉末喷涂及增强纤维预浸料缠绕质量, 外观要求平整、色泽均匀、无气泡、开裂及缩孔。

b. 每小时检测粉末喷涂及增强纤维预浸料缠绕的工艺参数是否稳定。

c. 每小时用红外线测温仪监测钢管表面温度。

d. 冷却后涂层温度 $\leq 100^{\circ}\text{C}$ 。

②复合涂层质量检测

防腐管的表面涂敷质量应包括涂层外观质量、涂层总厚度、底层厚度、面层厚度和漏点的检验。试生产的复合涂层钢管桩须进行取样检测,由具有资质的第三方检验机构进行增强纤维熔结环氧复合涂层性能检验。

2.3 钢管桩打入施工工艺

施工中选取采用航工桩168打桩船、海虹6号(配置D260柴油锤)打桩船进行整桩施打这些设备的选择基于钢管桩的参数(如最大单桩重量、桩长等)和地质情况。施工流程包括打桩船粗定位、抛锚、桩驳船靠打桩船、吊桩、桩进打桩架龙口、GPS系统引导精确定位、调整打桩船、压桩、GPS复测、压锤、锤击打桩、再次GPS复测、直至打桩结束。

在施工过程中,利用GPS-RTK定位技术进行打桩定位,精度达到厘米级。通过Microsoft Access数据库输入各桩的桩号、坐标值等信息,在打桩时调用并核对定位数据。确保打桩船位与预定位置的差值控制在5cm以内,扭角小于0.5度。

施打过程中,先稳桩,同时监测桩位变化。稳桩后压锤,待桩不再下沉后再次检查桩位。启动液压锤进行打桩,过程中记录锤击数和桩顶标高,监控贯入度,确保达到设计标高。质量控制包括桩尖高程、设计标高处桩顶平面位置、倾斜度等指标的检查。采用GPS定位和测斜仪等工具进行检验,确保施工质量满足标准。

施工中还需要注意安全与环保措施。起吊时要平稳,防止相互碰撞。测量打桩区域水深和 underwater 地形,考虑潮流、风浪对施工的影响。施工应选择流速、风浪较小时进行,避免对海洋生态造成影响。

详细记录打桩过程中的所有数据,包括桩顶实际位置、锤击数、贯入度等,并填写打桩记录汇总表,以供后续分析和备案。打桩完成后,及时进行夹桩施工,以保证结构的稳定性。

本工程打桩按照“优先墩施工墩位”的要求,先施工优先墩及优先墩两侧各两个墩位钢管桩,形成承台施工作业面。各墩位打桩时由上游向下游方向进行作业。

2.4 夹桩施工

夹桩施工是跨海铁路大桥钢管打入桩工程中至关重要的环节,其主要目的是通过在桩顶设置型钢将各个独立的钢管桩连接成一个整体,以增强桥梁结构的稳定性和抗力。通过精确测量已打桩之间的实际距离,确定槽钢的长度,并利用多功能船上的吊机将预制好的槽钢吊至钢管桩上。按照桩顶联接设计要求进行施焊,使桩之间形成一个稳定的整体。

2.5 牺牲阳极施工

牺牲阳极施工是通过在钢管桩周围安装牺牲阳极,利用电化学原理对钢管桩进行阴极保护,以减缓腐蚀速度,延长桩体的使用寿命。阳极下放、就位、安装过程中,需严格按照设计图纸操作。阳极通过尼龙绳下放至设计位置,并由潜水员安装调整,确保阳极与钢管贴合严密、平行。施工注意事项包括阳极规格需满足设计寿命末期的保护电流需求,阳极材料需符合国家标准《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》(GB/T4948)。阳极安装要保证电连接性能和机械强度,减少对钢管桩涂层的破坏,并能承受水流冲击和泥沙磨损。

每个承台内所有钢管需通过50×5mm的扁钢电焊连接成一个完整的导体。在安装阴极保护电位测量点的承台,连接扁钢应从混凝土中延伸至墩顶,方便阴极保护电位检测。施工前后需测量钢管桩电位,确保满足设计要求。测量点应靠近钢管桩,远离阳极。如承台内钢管已相连,则以一个承台为单位测量;否则,逐根测量。参比电极应安装在无污染位置。安装牺牲阳极时,要避免损伤保护层,如有损伤,使用SLF涂料修复,保证防腐性能。

2.6 桩芯砼施工

施工前,需准确测量钢管桩泥面标高,确定填芯混凝土的控制高程。对于不同直径的钢管桩,控制高程有所不同,若泥面高度不适宜,则需进行回填或吸泥作业,以确保达到设计标高。

吸泥施工使用IS型离心泵,通过钢管引入水流和供气,利用射流压力吸泥。浮吊将水泵吊装入桩内,调整排泥管高度以获得最佳效果。

总结

通过对宁波至象山市域(郊)铁路工程象山港跨海大桥钢管打入桩施工工艺的深入研究,本文总结了一套适应性强、操作简便、安全可靠的施工方案。实践证明,该方案在保证工程质量的同时,有效提高了施工效率,降低了施工成本。未来,随着工程技术的不断发展,我们将继续探索更高效、环保的施工方法,为跨海大桥建设贡献力量。同时,本研究也为其他类似工程提供了宝贵的经验和技术支持。

参考文献

- [1]永彬.洛河天堑变通途——写在蒙华铁路洛河大桥钢管拱合龙之际[J].企业文明,2017(7):61.
- [2]准朔铁路黄河特大桥双线钢管拱混凝土顶升施工首战告捷[J].城市道桥与防洪,2012(7):84-84.
- [3]刘欣荣.××铁路双线特大桥水中钢板桩与钢管桩围堰施工技术[J].中小企业管理与科技,2009(34):187-188.