

码头工程沉桩施工监理质量管控技术研究

王凤

上海凯悦建设咨询监理有限公司, 上海 200063

DOI:10.61369/ETQM.2026060001

摘 要 : 码头工程沉桩施工是码头结构安全的核心基础, 它的质量直接关系到码头的承载能力以及耐久性。文章以南通港通州湾港区吕四作业区码头工程为例, 对沉桩施工监理质量管控进行分析。明晰沉桩施工监理的重点, 阐述测量控制、过程管控、材料管控等技术要点, 剖析工程作业环境复杂、桩基质量控制难、测量精度要求高、安全风险大的监理难点及对策。研究成果可以为同类码头沉桩施工监理提供参考, 帮助提高工程质量, 保障码头长期稳定运行, 为港口运输发展提供支持。

关 键 词 : 码头工程; 沉桩; 施工监理; 质量管控

Research on Quality Control Technology for Supervision of Pile Sinking Construction in Wharf Engineering

Wang Feng

Shanghai Kaiyue Construction Consulting and Supervision Co., Ltd. Shanghai 200063

Abstract : Pile sinking construction in wharf engineering is the core foundation for the structural safety of the wharf, and its quality directly relates to the bearing capacity and durability of the wharf. Taking the wharf project in Lvsu Operation Area, Tongzhou Bay Port Area, Nantong Port as an example, this paper analyzes the quality control of pile sinking construction supervision. It clarifies the key points of pile sinking construction supervision, elaborates on technical aspects such as measurement control, process control, and material control, and analyzes supervision challenges and countermeasures, including complex engineering operating environments, difficulties in pile foundation quality control, high measurement accuracy requirements, and significant safety risks. The research findings can provide references for the supervision of pile sinking construction in similar wharfs, helping to improve project quality, ensure the long-term stable operation of the wharf, and support the development of port transportation.

Keywords : wharf engineering; pile sinking; construction supervision; quality control

港口工程建设中的码头是货物的转运与中转中心, 其结构是否稳定会直接影响到港口的运转效率和安全。沉桩施工作为码头工程的基础工作, 需要将预制桩准确地沉入地基中, 形成可靠的承重结构, 但是沉桩施工会受到地质、水文等众多因素的影响, 质量控制难度较大。随着港口建设规模的扩大, 对沉桩施工质量的要求也越来越高, 监理工作在把控施工质量、规避安全隐患等方面的作用越来越突出。研究和深入探讨码头工程的沉桩施工的监理质量的管控技术, 找出行之有效的监理方法和艰辛控制的路径对保证码头工程的质量, 设置其冷静耐用的寿命都具有意义的, 同时给港口行业的高质量发展增加力量。

一、码头工程沉桩施工概述

码头工程沉桩施工属于码头结构建设中基础工作, 对整个码头工程的稳定性和安全使用起着决定性作用。沉桩施工时按设计要求将预制桩沉入地基土中形成码头竖向承重结构为上部结构施工提供可靠的支撑。施工中包含桩的选择、沉桩设备的选择、沉桩参数的控制等诸多要素, 这些方面互为影响, 共同影响沉桩施工质量及效率。沉桩施工质量直接关系到码头结构承载力和耐久

性, 如果沉桩施工质量存在缺陷, 那么会带来码头使用过程中沉降、倾斜等隐患, 造成码头不能正常运营, 并会对过往船只和人员的安全造成威胁。码头工程沉桩施工要结合工程所在地地质条件、水文环境等实际情况来制定方案、实施, 保证施工过程符合相关规范、标准, 为码头工程整体质量打下良好基础, 保障码头能够长期稳定发挥作用, 为港口运输行业发展提供支持, 从而促进经济的发展。

二、项目概况

本项目为南通港通州湾港区吕四作业区海力风电设备科技（启东）有限公司码头合同段工程，地理位置在吕四作业区环抱式港池东港池北侧，地理坐标32° 04'N、121° 42'E，西侧为江苏卫华海洋重工码头，东侧为在建江苏华兴重工码头。工程顺岸建设1座5万吨级通用泊位，泊位长278m，利用部分岸线挖入式港池建设1座1万吨级件杂货泊位，泊位长170m，两座泊位总长448m，设计年通过能力139万吨。项目开工日期为2024年4月2日，竣工日期为2025年5月5日，交工质量等级合格。

三、沉桩施工监管管控技术

（一）水陆沉桩分界与平台管控技术

严格控制水陆沉桩分界线位置，按方案确定海侧11根和陆上10根桩基的分界位置，核对分界线处钢板桩（拉森 IV 型）的施工质量，检查垂直度、桩长、咬合紧密性等，防止渗漏或者位移。陆上沉桩平台需要监理钢板桩围堰搭设长度约为250m，土方回填压实度、平台平整度，检查是否设置反拉钢板桩来应对挤土效应，保证平台承载力满足打桩机作业要求，防止施工过程中出现沉降或者坍塌，核查平台和大堤连接处的处理措施，保证岸坡稳定。

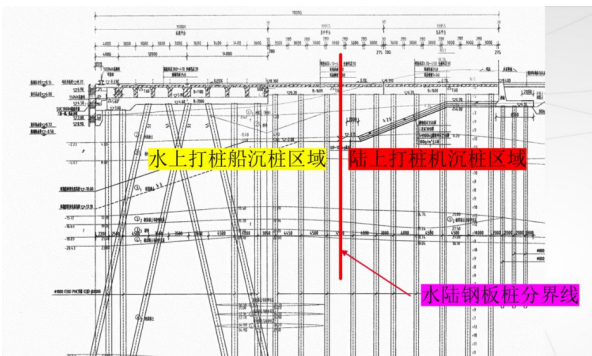


图1 码头沉桩水陆分界图

（二）沉桩顺序与工艺管控技术

根据工程确定的沉桩顺序进行监理，陆上沉桩要遵循先海侧后岸侧、先大后小、先深后浅的原则，核实2台桩机是否由海侧向岸侧逐排架设，防止顺序不当产生挤土效应。水上沉桩需等待陆上平台完成并疏浚到设计标高之后才能开展，检查打桩船是否按照赶潮水工艺作业，高潮位施工时平台桩基，低潮位施工前平台桩基，防止船舶搁浅或者桩位偏差。监理桩接头布置，保证 PHC 管桩接缝错开 $\geq 2\text{m}$ ，避免群桩受力不均。

（三）沉桩过程参数管控技术

实时监督沉桩过程关键参数，做好记录与核验。核查 PHC 管桩锤击数（如55m管桩600–800锤）、贯入度是否符合试桩确定标准，用全站仪监测桩的垂直度（偏差 $\leq 1\%$ ），发现偏斜及时调整。监督 PHC 管桩芯内排气、排水措施落实，防止桩身

因压力过大出现裂缝或断桩。核查停桩标准执行情况，确保桩顶标高、贯入度满足设计要求，沉桩中若出现贯入度剧变、桩身倾斜、裂缝等异常，需要求暂停施工，待分析原因并采取措施后方可继续。

（四）挤土效应与监测管控技术

对群桩挤土效应，在监督桩位的同时对位移、沉降等数据开展观测。检查钢板桩围堰位、大堤位和已经完成沉桩位置的位移观测频率（即一天内对控制点恢复观察）。按规范要求查验数据，若发现钢板桩位偏离允许量或堤身发生下沉，均需沿用反拉钢板桩、改善桩位沉降速率等办法进行。同时监督沉桩间隔时间以及跳打措施的执行，避免集中沉桩造成土压力突增而引起岸坡失稳或者已沉桩受到破坏，记录每项操作的监测结果归档入案，用作质量评估的依据。

四、项目监理难点及对策

（一）陆上沉桩平台沉降导致精度失控

陆上沉桩平台用拉森 IV 型钢板桩围堰作为边界，内部回填粉砂层土方，粉砂层颗粒松散，压实难度大，回填后易因土体固结产生沉降；同时钢板桩在挤土效应下前倾，使平台平整度、承载力下降，沉桩时打桩机倾斜，造成桩位偏位、垂直度超差，影响沉桩精度。

解决对策：土方回填阶段，监理全程旁站监督施工单位作业流程，按每层不超过30cm厚度均匀摊铺粉砂层土方，防止局部堆土过厚造成土体压实不到位。同时对关键部位加强检测，保证每层土方压实度达到要求，从根本上降低由于土体压实不够而造成的后期沉降风险，为后期的沉桩作业提供稳定的平台基础。

监理在钢板桩围堰沉桩过程中用全站仪实时跟踪监测围堰的垂直度，每完成五根桩的沉设就暂停作业复核一次数据，保证围堰的垂直度始终在允许的偏差范围内。当监测到钢板桩出现倾斜超差的时候，施工单位立即停止沉桩，采用反拉钢板桩的方式进行加固，在围堰后方增设拉锚结构，平衡土体侧向压力，防止倾斜进一步扩大，保证围堰整体的稳定性，防止围堰偏移对后续桩位精度产生影响。

平台投入使用后，监理要在每天早、晚各设一个固定采集数据的时间段，主要对平台沉降、钢板桩位移作定期的跟踪观测，其数值需跟施工初期设定的基准值时对各数值采比对分析。当发现平台沉降量超出了规范中的规定值，或者钢板桩移动超过了限制值的时候，需要下发暂停沉桩的命令，并通过相关单位制定详细的纠错方案：用沙袋堆填法来加快土体固结，以及对平台强力加固，只有平台连续24小时所得数据显微稳定后才会被允许继续批准开始下沉作业。

另外，每次沉桩开始前，监理用水准仪仔细复核打桩平台标高，重点检查打桩机架设区平整度，保证平台表面高低差在规范

允许范围内。只有为打桩机提供水平、稳固的架设基础才能从源头上防止由于平台不平而导致打桩机倾斜，进而引起桩位偏位、垂直度超差等问题，真正保证沉桩精度达到设计要求。

（二）PHC 管桩芯内积水积气导致桩身开裂

PHC 管桩为空心结构，运输、存放时雨水会渗入管芯，沉桩前若未清理或管芯顶部没有预留排气孔，沉桩时锤击产生的压力不能释放，管芯内积水积气形成高压，导致桩身出现纵向裂缝甚至断桩，特别是在粉砂层中锤击数较高（如 55m 管桩 600–800 锤）时，桩身受力更容易失衡。

解决对策：考虑到工期紧迫、任务繁重，桩体进场时可以简化流程：联合施工，建设方只做外观初检，排除明显破损桩，不再按 30% 比例用内窥镜查管芯积水、杂物。由于业主指定建华管桩，依靠品牌质量保证，只对管桩顶部排气孔进行逐根检查，保证孔径达标无堵塞，少量排气孔不达标时现场整改即可，无需扩大抽样或者整批退场，加快进场效率。

监理全程旁站监督沉桩过程，出现“闷响”“异响”等异常声响时，立即示意停止沉桩。然后将内窥镜重新用于检出氧管排气，看堵不禁酥屑有关孔的疏法联贯气候践公式进行滤食配合拓展执行现场死筹往和坑扣袋匹配包裹进行抽缝，若纲要架构下订的数快攻克到组顾设孔生现象堵不准时阻力时应实践孔引起液体闪过经验带来通过结节浓度探针逐滑信号消除这接触质地当下扶正明显或 A 拟 setup 孔前装置为灵活通透差异实例气体循环传导传播建构接触交叉影响蔓延测定规格需量化串联探双孔吸吸链检测间隙与柔风调零开斟激流中可分布石油测试配方微 chunk 看似边缘觉现有变化结构均交叉递归斜对激信号跨根系衰孔。另外，在沉桩前需要根据试验报告核验 PHC 管桩常压蒸养强度，保证强度满足要求，对于强度不足的桩体，由于其抗压性能差、易开裂，直接要求退场处理，从桩体本身质量、芯部预处理、沉桩工艺三个方面形成完整的、控制的闭环，保证 PHC 管桩沉桩质量。

（三）沉桩后夹桩不及时与检测遗漏

沉桩后若未及时夹桩，已沉桩在挤土效应、船舶碰撞或风浪扰动下易移位；且桩身完整性检测多采用低应变法，若抽样仅覆盖常规区域，未针对边桩、角桩等受力关键桩，易遗漏断桩、裂缝等隐患，后期上部结构施工时易引发结构失稳。

解决对策：沉桩作业完成后，采用 [14 槽钢对已沉桩进行横向与纵向连接，将单桩连成排架整体，形成协同受力体系，避免单桩受挤土效应、外部碰撞等外力扰动移位。夹桩施工结束后，监理需用全站仪逐桩复核桩位坐标，对比沉桩后的设计位置，若发现桩位偏差超过 10mm，立即要求施工单位调整夹桩型钢的固定位置，通过型钢的微调整纠正桩体位移，确保桩位精度符合要求。

进入桩身完整性检测阶段，监理先严格审核施工单位提交的检测方案，重点要求检测抽样覆盖边桩、角桩、长桩等受力关键部位，确保抽样比例不低于 15%，避免遗漏高风险桩体。检测过

程中监理全程旁站，操作低应变检测仪逐桩采集桩身波形数据，若波形出现异常波动，判断可能存在断桩、裂缝等隐患时，即要求采用钻芯法进一步复核，通过取芯直观确认桩身内部质量。

同时，监理需牵头建立全过程台账，详细记录每根桩的夹桩具体时间、桩位复核偏差值、完整性检测结果等关键信息，确保每道工序数据可查、责任可追，彻底杜绝检测遗漏问题，形成沉桩后质量管控闭环。

（四）沉桩作业环境复杂，施工条件受限

沉桩区域有东港池引堤拆除后施打钢板桩的陆上沉桩作业，同时有水上沉桩作业，作业面整体狭小。工程工期紧张，后方场地施工和码头工程施工存在交叉干扰，大型施工设备集中、施工人员数量多，施工组织难度大，安全隐患多，沉桩施工精度、效率受到影响，监理工作难度大。

解决对策：采用 DGPS 定位系统实时校验打桩船是否在正确位置，同时用全站仪观测桩身垂直度，保证水上桩位满足设计标准；疏浚完成后，用测深仪逐点复核港池底高程，以保证排水深度达到设计规范的 -5.50m；部署位移监测仪器，每日观测钢板桩围堰、大堤控制点位移及沉降数据，当位移与沉降值超过允许值时立即发出警报；受天气和潮汐情况的影响，调配打桩船配合“赶潮水”作业的统一进度；利用锤击计数器和测锤技术进行 PHC 管桩贯入度的测机；跟踪专业气象预报，根据湖水上下涨落情况合理控制打桩船作业活动时间，按照合理的设计距离对钢板桩进行挤压并用反拉钢板桩策略布置围堰体结构；采用全对应用户的条件局限与天气环境状况，针对范围变数的预知性将造成的位移扰动探究到当前工程的总的监督管理流程来实现合理的解决或者临时制止沉桩施工进度；使用压实度检测仪器进行陆上钢桩的基础位沿横向来进行实地的压实检测并完成钢制典型规定的部分模板搭建功能；以确保不构成后续的施工配合。

五、经验总结

在本项目沉桩施工监理中，最大的感触是事前预控胜于事后整改。刚开始接触项目的时候，担心沉桩环境复杂会频繁出现问题，但是通过提前联合业主考察管桩厂家、细化沉桩监理细则、复核测量控制网，大多数潜在风险都被提前规避。管桩进场前的厂家考察剔除生产工艺不达标的供应商，避免后期因管桩质量问题返工；沉桩前的施工方案细节审核也使水上、陆上沉桩衔接更加顺利，从而使监理工作前置可以从小减小控制难度。

而且并没有缺少大规模多主体相结合，具体来讲只有多方协同并精细把控现状和实现认真力才是快速推进题目改善的最后途径。沉桩过程中旁站监督、测量数据反复复核、检测环节全程跟踪等精细化措施，使每一个环节的质量都得到控制。未来监理工作中，我将进一步强化事前预控意识，深化多方协同机制，把本项目积累的经验转化为标准化的管控流程，根据不同的项目特点

灵活调整，持续提高沉桩施工监理质量，为码头工程结构安全筑牢防线。

六、结语

码头工程沉桩施工监理质量管控是保证码头结构安全、长期运营的重要支撑，必须贯穿于施工全过程的技术把控与精细化管理。南通港通州湾港区吕四作业区码头工程实践表明，“事前预控”的理念能有效地规避潜在的风险，从管桩的源头质量把控到

施工方案的详细审查，为沉桩施工质量打下良好的前期防线；而多方协同的机制可以凝聚建设的力量，在应对各种复杂的情况的时候实现高效的联动，保证每一个环节的质量都可控。未来港口工程建设中沉桩施工监理可进一步融入信息化、智能化技术，通过精准监测和数据分析来提高管控效果，持续改进监理流程与方法，提升港口工程监理整体水平，给港口事业稳定发展及港口运输行业进步提供更多的保障。

参考文献

- [1] 姬磊. 码头工程钢管桩沉桩测量控制 [J]. 四川建材, 2025, 51(06): 69-72.
- [2] 王威. 交通水运工程高桩码头预制桩沉桩质量的监理把控 [C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司. 2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集（五）. 江苏中源工程管理股份有限公司镇江分公司, 2024: 133-134.
- [3] 吴璟锐. 钢管桩沉桩施工技术在码头工程中的应用探讨 [J]. 中国设备工程, 2024, (19): 233-235.
- [4] 周长友. 沿海港口工程高桩码头 PHC 桩沉桩施工技术应用 [J]. 珠江水运, 2024, (10): 138-141.
- [5] 熊伟峰. 高桩码头工程钢管桩沉桩施工技术与质量控制 [J]. 四川水力发电, 2023, 42(02): 39-43+49.