

Discussion on Special Construction Technology of Maintenance and Dredging of Drainage and Water Intake

Pei Yang

CNOOC Jiangsu Natural Gas Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224500, China

Abstract

As critical channels in harbor drainage systems, intake and discharge outlets face unique challenges in maintenance dredging due to extremely shallow water conditions, constraints from adjacent structures, and the tendency of fine sediment to re-deposit. These factors make construction organization and quality control significantly more complex than conventional channel dredging. This paper analyzes the construction procedures and control points for outlet maintenance dredging, considering the shallow water depth, narrow working areas, limited tidal windows, and dynamic backfilling processes in these regions. It also explores key technical aspects, including the deployment of shallow-draft work platforms and continuous operation coordination, secondary backfilling control under high-intervention dredging conditions, and anti-collision and erosion prevention measures for adjacent breakwaters and existing structures. The study aims to provide effective support for the stable implementation of maintenance dredging while ensuring project timelines, cost efficiency, and safety standards.

Keywords

Maintenance of intake and discharge outlets; Dredging construction; Construction technology

取排水口维护疏浚专项施工技术探讨

杨培

中海油江苏天然气有限责任公司, 中国·江苏 盐城 224500

摘要

取排水口作为港池取排水系统的关键通道, 其维护性疏浚直接受极浅水作业条件、邻近结构物约束及细颗粒泥沙易再沉积等因素影响, 施工组织与质量控制难度明显高于一般航道疏浚。本文结合取排水口区域水深浅、作业面狭窄、潮汐窗口受限及回淤动态性强等特点, 对取排水口维护疏浚的施工步骤与控制点进行分析, 并围绕浅吃水作业平台进场与连续作业组织、高扰动清淤条件下二次回淤控制、临近防波堤及既有构筑物的防碰撞与防冲刷措施等关键环节开展技术探讨, 旨在能有效支撑维护疏浚在工期、成本与安全条件下的稳定实施。

关键词

取排水口维护; 疏浚施工; 施工技术

1 引言

港池取排水口长期处于潮流、回流与波浪共同作用环境中, 细颗粒泥沙易在口门与结构物背涌区聚集, 淤积会引起进出水断面缩减、局部水深不足及水力条件恶化, 进而影响系统运行与构筑物安全。所以施工技术不仅需要满足清淤效率要求, 更需在进场方式、定位控制、工艺选择、回淤治理与结构物保护之间实现协同匹配。

2 工程概述

本工程为江苏 LNG2025-2026 年港池航道维护性疏浚工程。本工程取排水口位置已布置取排水头, 根据业主聘用

的第三方测量单位 2025 年 10 月 28 日测图, 取水头区域平均水深约 5.2m (淤积 2.3m), 排水头区域平均水深约 1.2m (淤积约 2.8m)。排水口区暂估疏浚量约 5400 m³, 取水口区约 4600 m³ (均为维护性疏浚, 最终以浚前、浚后测量复核为准)。在疏浚期时根据业主要求, 合理采用施工船舶与工艺开展疏浚施工, 确保取排水头结构安全及船舶施工安全。

3 取排水口维护疏浚的施工步骤与控制点

3.1 移动平台定制与下水拼装

为保证取排水口维护疏浚作业在受限水域内具备稳定的作业面与可靠的设备布置, 需要对移动平台的定制参数与下水拼装过程实施前置化控制。平台宜按无动力小型平板驳思路由船厂模块化定制, 设计阶段应明确总载荷与重心控制值, 优先采用型钢主梁与防滑甲板组合, 设置四角吊点、

【作者简介】杨培 (1972—), 男, 中国四川南充人, 本科, 工程师, 从事液化天然气储运工程研究。

系泊耳板与设备基础预埋件，并在泵组与发电机组位置布置减振垫座与围挡，保证运输与拼装工况下不发生位移。泥浆泵宜布置在浮筒独立小平台上，浮筒应进行气密性与浮力复核，连接采用抱箍加防脱链方式，并在两侧配置可调配重或压载水袋，确保横倾满足作业允许值^[1]。平台分段运输到码头后应先完成焊缝外观与关键尺寸复核，再进行螺栓连接扭矩复验与甲板临边防护安装，吊装下水前应核起对起重机工况、吊索夹角与导向绳布置，采用两点或四点平衡起吊缓慢入水，入水后立即开展吃水、横纵倾与系泊稳定性检查，并完成设备二次固定与试运转确认。

3.2 三角锚固定位与潮汐补偿

为确保取排水口维护疏浚过程中平台在狭窄作业窗内保持方位稳定并具备抗流抗风能力，三角锚固定位与潮汐补偿应按照先定位后受力、先稳态后精调的顺序实施。施工前由现场负责人结合测深成果与通航条件确定三处锚位，锚位宜避开护坡抛石、管线保护区及回旋水域，并在平台上划分锚缆走向与受力点，检查锚链、卸扣、绞车制动和导缆器磨损情况，确保额定安全系数满足连续作业要求。平台拖带至外侧较深水域后，辅助船先抛设两只艏锚并控制夹角接近120度，抛锚时应采用缓速送缆与逐段刹车方式，使锚爪充分入底并完成初次试拉，试拉合格后保留一定余缆形成缓冲弧度。随后拖带平台沿预定航迹缓慢进入作业区，前锚由辅助船带缆到位后下放，平台作业人员分次收缆，按照先艏缆后艉缆、交替对称的原则逐级加力，直至平台纵横向位移控制在允许范围内。作业期间应设置专岗按潮位变化每30至60分钟复核吃水与缆绳张力，涨潮时适量放缆防止过载，落潮时同步收缆避免缆绳拖底缠绕，并在流速增大或阵风来临前提前调整余缆与制动状态，保证平台姿态稳定^[2]。

3.3 高压冲吸清淤与枪头高程控制

为在取排水口局部受限水域实现可控清淤并避免超挖扰动结构基础，高压冲吸清淤与枪头高程控制应围绕标高基准、姿态稳定与浓度匹配进行全过程约束。开工前施工班组应依据设计疏浚标高与当班潮位，复核冲吸枪头至水面定位点的有效长度，按软管标识分段配管并设置限位卡箍，使枪头自然垂挂时保持在目标疏浚面以上2至3m的安全余量，同时检查软管弯折半径、接头密封与钢丝绳防脱装置，防止负压吸扁与接口渗漏。作业前先启动泥浆泵低速引水并排尽管内空气，待吸入口流态连续后再逐级开启高压泵，压力提升应按小步幅递增并保持枪头垂直，枪头下放采用绞车点动方式，结合缆长刻度与现场水深复测控制下放量，使枪头在距底0.3至0.5m范围内形成切削冲刷带，避免触底刮碰与卷入抛石。冲刷推进应采取小范围扇形扫掠，单点停留时间以泥浆浓度与吸入稳定性为准，出现吸口堵塞或浓度骤降时应先减压再抬枪复位，严禁带压硬拖。

3.4 过程测量与平台步进移动

过程测量与平台步进移动应按固定频次复核、达标即

转位的节奏组织实施以保证取排水口维护疏浚在短作业窗内实现达标交付并控制复淤偏差。作业期间测量人员每间隔1小时采用测深杆或便携测深仪在作业扇区布设若干控制点，点位应覆盖中心、边缘及搭接带，并同步记录当时潮位换算至统一基准面后判定是否达到设计水深，出现局部欠挖时应立即回补处理并缩小扫掠范围以避免反复扰动。确认达标后，平台移动前应先降载停泵并将冲吸软管回收至安全位置，随后由平台人员按先松前缆后收后缆的顺序分级调整锚缆，使平台保持受控漂移，辅助作业船采用低速旁推方式提供侧向修正，严禁一次性大幅放缆导致平台甩尾。

3.5 耙吸船接应与外运处置

耙吸船应提前在作业区外侧安全水域待命，选择背风背流位置并保持与施工平台的安全间距，交通船负责带缆引导靠近并设置必要的警戒船位，避免与通航船舶交叉干扰。接管前班组应检查排泥管端部法兰、卡箍和垫圈完好性，确认泥舱进舱口封板已打开且导流装置到位，利用耙吸船吊机吊起管端时应加设溜绳控制摆动，接入后由专人分段复核紧固并对管线进行浮力与支撑调整，防止折弯、脱扣及磨损。接收阶段应根据泥舱液位与泵送流态调节进舱节奏，出现堵管或回压升高时应先减量再冲洗，严禁带压拆管。取排水口段完成后，耙吸船应按批准航线驶往指定海上抛泥区，进区前核对坐标与水深并设置航行警戒，抛泥时按规定开启舱门分次排放并控制船速，抛毕后关闭舱门检查密封并清洗甲板与管口残泥。

4 取排水口维护疏浚的关键技术难点与对策

4.1 极浅水区进场与连续作业难题

在本次工程中，排水口区域常态水深接近或小于常规施工装备最低安全吃水，导致船机进场首先受限于潮位与载荷双重约束，任何装载偏差都可能触发搁浅与拖带救援。该区紧邻防波堤且转向半径不足，船舶在小水域内易出现横移受限与回旋空间不足，叠加近岸回流与不规则涌浪时，船体姿态与设备作业面难以稳定保持。受潮汐影响，日内可用作业时段短且分散，设备频繁进出与移位使有效产能被组织性损耗吞噬，同时在涨落潮过程中水深变化快，缆绳受力、锚泊稳定与人员上下平台的安全条件持续波动。既有取排水头、抛石护体与防波堤构件分布密集，浅水区任何偏航或漂移均可能造成碰撞、刮擦或吸泥口误入块石区引发堵管与停机。

为了有效解决上述难题，现场应采用浅吃水、可快速拆装的专用作业平台替代传统船机，平台宜采用浮筒分载结构并设置可调压载舱，施工前按潮位曲线与设备重量复核吃水控制在0.5-0.8m范围内，同时将高压泵、动力单元与管路分区布置，降低单点荷载并避免纵倾过大。进场路线应在施工前完成探摸复测与临时航道整理，采用小型拖带艇或绞车牵引方式分潮次推进，平台到位后采用“短锚链多点定位”

或桩脚辅助稳固，并在靠防波堤侧设置防撞护舷与限位缆，控制平台与结构物的最小安全间距^[1]。连续作业组织应以“潮窗前置准备、潮窗内高强度作业、潮窗外保压待机”为原则，泥浆管线采用快速接头与柔性过渡段，配套设置浅水专用吸头与防堵格栅，减少因块石与杂物引起的停机。

4.2 二次回淤导致的“边清边淤”

在工程实践中，高压冲刷与抽吸类工艺在作业面形成强烈水动力扰动，底床表层细粒淤泥被卷起后迅速进入水体并随近岸缓流与防波堤背涌在局部循环，悬沙浓度在短小时内升高并在低流速区回落沉积，导致已清出的槽底再次抬高且回淤呈现间歇性突发特征。取排水口口门附近水流受结构物影响存在偏流与回旋，沉降物更易在吸口前缘、护体边界与槽线转折处形成薄层覆盖，使局部水深首先失效并诱发后续清淤偏离设计断面。回淤速率受潮汐、风浪与上游来沙共同驱动，方量难以在施工前精确核定，现场往往出现验收后短期内水深复降的情况，迫使船机重复进场并打乱班组、弃土外运与设备保养节奏，进而造成台班、燃油与弃土周转费用连锁增加，同时重复作业加重底床扰动，形成回淤与再清淤的循环。

控制策略应以抑制悬沙产生与缩短裸露时间为主线，先在开工前划分小区段、短作业面并明确由内向外或顺主流方向的推进顺序，避免大面积同时扰动导致悬沙叠加。工艺上应通过现场试挖确定冲刷压力、喷嘴角度与吸头离底间隙的组合，常态采用低压稳吸、少量分次的方式削减泥面翻卷，靠近护体与构筑物时改用贴底轻冲配合慢速抽吸，并设置临时导流土坎或柔性围隔，将扰动泥水限制在作业面内以减少回流带沙。组织上应实行清淤与成型同步交替，完成一个区段后立即进行断面修整与清底复核，优先处理口门与流速低洼点，减少形成“沉降陷阱”的几何条件。

4.3 临近结构物碰撞与基础冲刷风险

取水口靠近港池主体结构且排水口贴近防波堤，作业水域横向净距小，船机转向、横移与掉头空间不足，使定位误差直接转化为碰撞概率，尤其在风压、潮流与回流叠加时，平台易出现侧向漂移与艏艉摆动，导致船体外伸构件、管线与吸头对结构物形成瞬时挤压或擦碰。结构物邻近区水流受堤体反射与导流影响，局部流速梯度大，冲吸作业形成

的喷射水流与回流水流叠加，可能诱发护底抛石松动、基床细料被抽吸带走或形成淘刷坑，进而造成基础局部失稳风险。取水口区域还可能存在施工船与运输船交叉通行，航迹干扰使船舶避让动作增加，靠近结构物时任何非计划变速、急转或临时抛锚都可能引起船位突变，同时在低能见度或夜间作业条件下，距离判断误差放大，操作容错率进一步降低。

对此，现场应采用分级隔离与刚性限位相结合的防碰撞体系，先在作业外围布设警戒浮标与航道分隔标志，明确禁入线与单向通行规则，并在施工前与港口调度确认交叉作业时段与避让优先级，减少通航干扰导致的临时机动。靠近结构物一侧应设置连续缓冲设施，可选用浮式护舷串、轮胎护舷墙或临时簇桩形成实体隔离带，并在关键转角与狭窄段增设限位缆与导向缆，限制船体最大横移量。船舶本体应在贴岸侧加挂多点橡胶护舷与耐磨碰垫，对易外伸部位设置防擦条，管线采用软连接与安全余量布置，避免受挤压拉断。防冲刷方面应划定结构物邻近禁冲区与缓冲施工带，靠近护底区域采用低能量抽吸与分层薄挖工法，严格控制吸头离底高度与停留时间，必要时先铺设级配碎石或袋装砂形成临时护底，施工后立即复测槽底与护底边线并对疑似淘刷点进行补抛石或回填整平。

5 结语

结合本工程取排水口区水深差异显著、排水口潮窗碎片化明显、冲吸扰动易诱发回淤以及临近防波堤和主体结构防碰撞要求高等特点，通过定制浅吃水移动平台并采用三角锚固稳定定位，配合高压冲吸与泥浆抽排转运的工艺闭环，同时以网格化测深、RTK精定位和潮位动态控制形成全过程可量化的质量与安全管控链条，能够在保证抛石护体与取排水头不受冲刷扰动的前提下提高施工可达性与作业连续性。

参考文献

- [1] 黄福.河道疏浚工程施工技术和质量控制探析[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2024(002)
- [2] 梁健玲.港口航道疏浚工程施工的技术难点研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023.
- [3] 徐海峰.浅析提高港口航道施工技术的意义及疏浚工程施工[J].工程建设(维泽科技), 2023, 6(10):154-156.