

域排水沉管头部有限空间淤积物机械清理工艺运用

戴海宝

中交第三航务工程局有限公司江苏分公司 江苏 连云港 222000

摘要: 本文以某滨海电厂排水沉管淤堵治理项目为例,针对电厂大修窗口期短、管内流速高且淤积状态不明的双重难题,进行水下清淤定制化装备的关键技术研究,系统提出了“动态诊断-装备定制-工艺适配”的一体化解决方案。通过红外热成像间接诊断、研发专用水下抗流装备及机器人,并差异化应用组合工艺,成功实现了在极限工期内的安全、精准清理。本成果为同类电厂水下隐蔽工程检修提供了系统性方法与重要实践参考。

关键词: 电厂大修窗口期;组合清淤工艺;水下抗流

1 引言

电厂循环水排水系统是保障机组安全运行的关键设施,水下沉管段长期运行后产生的淤积会显著影响排水能力,威胁机组热效率和运行安全。某滨海电厂排水沉管自运营以来首次进行彻底清理,头部岸头及管节内淤积严重,已影响系统设计排水功能,实施可靠性提升治理迫在眉睫。

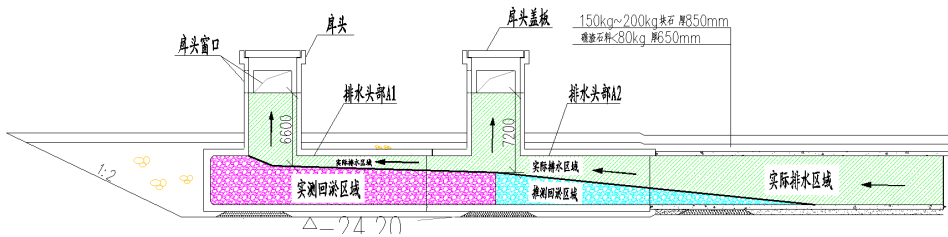
然而,该工程面临特殊挑战:作业时间固定于大修窗口期,工期刚性极强,任何延误将导致巨大发电损失;沉管内部水流速度高达1.669m/s呈脉冲性,传统潜水探摸无法实施,淤积物分布、厚度及固结程度等关键参数成为“未知数”,极大增加了方案制定与施工组织的难度。如何在极限工期内安全、高效完成状态不明的沉管清淤,

成为综合性难题。本文系统总结本项目所采用的创新性解决方案,分析核心难点,阐述关键技术措施,以期为类似条件下水下检修作业提供参考。

2 工程概况及重难点分析

2.1 工程概况

工程位于我国沿海某电厂海域。根据2024年9月探测报告,排水管线端部1#和2#岸头沉管淤堵严重,淤积物表面主要为砂砾、中细砂、淤泥,个别砾石直径约4~5cm。管内最深高程-23.1m,极端高水位+3.2m最大水深26.3m。总清淤量约1154m。1#机组停机后实测1#岸头排水窗口流速0.78~1.669m/s,2#岸头流速0.779~2.209m/s,为脉冲间歇性水流,判断1#岸头淤堵严重,出水减小导致回流,使2#岸头流速增大(如图一)。



图一2.1-1水闸剖面示意图

2.2 重难点分析

① 并行检修约束、工期紧、节点刚性。项目需在机组大修固定窗口期内完成,工期整体紧张,完工节点明确不得延误,对项目执行的精准性与可靠性提出极高要求。

② 沉管流速大,淤积物固结程度无法确认,清淤困难。沉管为两孔共壁结构,停机1台机组运行时,相邻管道串水至停运管道,内部流速最高达1.669m/s,潜水员无法下潜作业,失去直接状态获取手段,清淤困难。

③ 海上天气复杂,易受极端天气影响。海域属热带季风气候,降雨集中,台风频发。频繁降雨导致船舶颠簸加剧、能见度降低,严重影响潜水、起重、设备转移

等作业安全与效率。海况良好的“作业窗口期”短暂且不确定,传统船舶作业模式严重依赖天气,与刚性工期要求形成矛盾。普通起重船在风浪中晃动剧烈,无法保障重型设备精准吊装与水下就位,增加工期延误风险。

针对上述难点,项目开展以自升式平台为基、动态诊断为先、抗流装备为核、组合工艺为用的集成技术研究,实现极端工况下安全、精准、高效清淤,恢复排水能力,形成可复制推广的电站水下隐蔽工程机械化检修新模式。

3 水下沉管及岸头淤积物清理施工工艺运用

3.1 不同淤积物固结程度下设备的选用

1、2#机组自商运至今未进行过清理,对淤积物种类仅通过视频方式进行表面观察,为保证清淤工作按期完成,首先对淤积物取样分析,根据分析结果,按不同种类淤积物准备不同的设备^[1]。

(1)对淤泥土层及细水颗粒沉积物优先采用气升式负压反循环法,加工气升式清泥器并配备空压机及高压水泵;

(3)对于固结淤积物定制绞吸离心泵,通过前端绞刀松动固结物,并由泵体抽吸排出;

(4)对可能出现个别大块石采用起重机配备平头贝壳抓斗清理;

对水平向最严重淤积段,采用定制水下绞吸移动机器人。岸头入口尺寸4800mm×4800mm,定制设备外形小于入口。机器人配备多组视频监控、定位及照明系统,水上操作手可实时监测运行轨迹与状态。外壳配备支腿,防止工作时碰撞沉管。

3.2 水下探摸

大修清理前提前对区域水下现状进行单波速测量,测量海床泥面沉积变化,并分析对岸头窗口排水的影响。为保证起吊工作进行顺利,组织潜水员对岸头盖板吊点进行检查清理。并利用视频设备采集预计现状,为了解淤积量变化制订后续清理工作计划,清理质量检查验收及淤积物成因分析提供分析数据。

3.3 船机就位

就位前进行技术交底,明确沉管位置及船舶停放位置,避免支腿破坏沉管。风电平台船通过DP模式航行至船位,先定位A1管节,依次起吊A2孔位盖板。水下钢缆由潜水员安装,检查卸扣无误后试吊,提升10cm检查各主缆受力均匀后缓慢起吊,否则重新检查。潜水员出水后,将盖板暂存于甲板或水下泥面平整区。同时为了减少悬浮物对环境的影响,沿作业船周边布设遮污帘。布设参数:设计高水位2.31m,浪高1.5m,泥面最低标高-17.5m,布设周长180m。遮污屏结构包括浮体、屏身、配重及锚固系统,单段长20m,采用蓬扣式拼接,每隔20m布设锚固系统,下部设悬坠混凝土块体,形成有效遮污屏障。

3.4 岸头盖板起吊

排水头部岸头盖板单件外形尺寸为4800*5000*1000mm,混凝土设计强度等级C30,单件钢筋混凝土板自重60t。配备4根40mm钢芯钢丝绳吊索。结合排水头部盖板标高加上平均潮位及起重机作业要求,单条钢缆长度为18m。由于盖板长宽尺寸相近,为便于后期回装正确朝向,在盖板预埋吊筋上提前做好标志。吊具安装前,由潜水人员使用高压水枪对岸头盖板四周附着海生物进行清理,清

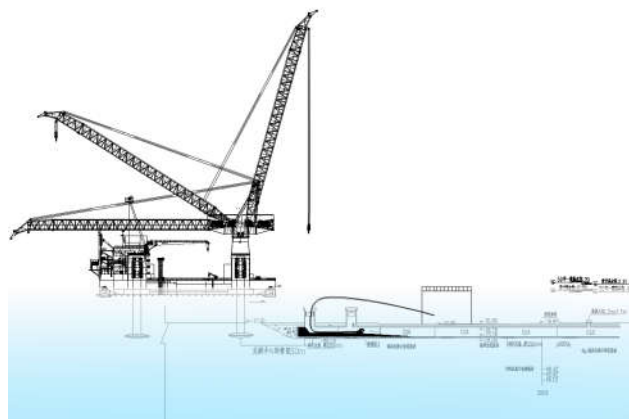
理期间配备锤子、铁铲配合施工,采用人力与机械结合的方式清理。

水下钢缆安装由潜水员配合进行作业,潜水员检查确认钢缆卸扣安装无误后,通知平台船进行试吊作业,待盖板提升10cm后潜水员检查每根主缆是否均匀受力,若每根主缆均匀受力则缓慢起吊,反之则取消吊装重新检查钢缆卸扣,待检查无误后在进行作业。潜水员出水后,缓慢提升盖板至水面,暂存于船舶甲板。

3.5 岸头管节及水平方向清理

盖板打开后首先进行竖向淤积物清理,采用平台船将气升式吸泥器通过排水头部岸头吊至淤积面,压缩空气从吸泥器底部导入管内,使管内比重较小的水气混合物顺管向上奔腾,产生负压,吸引管底口的泥水进入吸泥器中,并继续沿吸泥管流动,由上端管口排出岸头外引至防污帘中,若有大口径块石或其他杂物,则将绞吸泵吊出水面更换贝壳抓斗,配合起重船舶,将大口径杂物吊至起重船舶甲板上,对疏浚物进行留置,供相关技术人员分析淤积物来源。对若出现固结土层采用绞吸离心泵工法进行清理,淤积物为泥沙块石存放在防污帘内^[2]。

排水头部岸头竖向清理由A1、A2孔依次进行,待竖向清理完成后,通过起重机将定制移动小型绞吸机器吊入A2孔内,绞吸机器通过前端绞刀将淤积物松动后,后置离心泵将疏浚物排出岸头至防污帘内,尾排管采用专用排泥胶管,根疏浚距离配置浮筒,确保胶管在水中处于悬浮状态。清淤设备通过前端视频传回数据,由甲板上控制系统操作启动清理、移动设备,先由A2往岸侧方向进行,完成后向A1方向进行,借助相邻管节串水流冲刷提升清理效果,待清理至管节接缝处时,再提升至A1孔进行水平两个方向清理,直至完成全部淤积清理施工:(如图二)。



图二 3.5-1移动小型绞吸机器清理工作示意图

为分析淤积物对温排及管节接缝渗流的影响,在清理前、打开盖板后、清理后三个阶段,采用无人机搭载红外设备定航线、定高度飞巡,结合潮位统计温升变化;潜水员持流速仪测量渗点流速,数据分类统计供后续分析。

3.6 岸头盖板恢复

管节内部清理完成后,通过移动清淤机器上视频采集系统进行淤积清理效果检查,并形成声像文件。通过验收后对,对排水头部岸头盖板原位恢复,经检查安装无误后,船舶退场,同时向海事部门申请,关闭区域水上施工警戒范围^[1]。

4 结束语

本文围绕电厂排水沉管淤积清理项目,系统阐述了大修窗口期严格约束与高流速、状态不明双重挑战下的工程应对体系。核心结论如下:

形成了基于动态诊断的适应性清淤技术路线。针对无法直接探摸的难题,创新引入红外热成像进行间接状态监测,结合取样分析,构建“诊断-研判-决策”动态模型,确立气升、绞吸、抓取相结合的差异化组合工艺,实现对未知固结程度淤积物的有效应对。研发并验证了关键定制化作业装备的可靠性。为克服高流速人工作业禁区,研制专用水下抗流设备及遥控绞吸机器人,通过工前模拟测试验证动力稳定性与作业效能,将不可作业条

件转化为可控机械化施工流程。构建了极限工期下的资源精准调度与管理模式。面对并行检修与刚性节点压力,提出“资源前置、测试先行、轮序作业”管控策略,通过专业人员配置、设备模块化预调试及预防性维护,确保窗口期内人力与设备处于最佳备战状态,实现工程衔接“零等待”与执行“高可靠性”。工程实践表明,面对“时间紧、状态盲、难度大”的复杂工况,采取“诊断先行、装备创新、管理赋能”的系统性策略是成功关键。本项目的完成为保障机组长期安全运行扫清障碍,其技术积累与管理经验可反馈至电厂后续运维标准与同类检修预案优化中。展望未来,随着远程传感、机器人及智能诊断技术发展,电厂水下检修的智能化、少人化水平将持续提升。

参考文献

- [1]邵可鑫,桑建兵,田魏昌,等.基于深度神经网络水下清淤机器人绞龙的可靠性分析[J].机械科学与技术,2024,43(11):1894-1900.
- [2]李佳龙,陈永灿,李永龙,王皓冉,谢辉.泥沙淤积环境下清淤置换模块设计及检测效率分析[J].清华大学学报(自然科学版),2023,63(7):1104-1112.
- [3]冯业宁,李体锦,周围,等.基于Recurdyn的清淤机器人水下爬行运动学仿真[J].上海工程技术大学学报,2024,38(2):171-178.