

港口与航道工程大型施工设备运维管理优化研究

吕 嘉

中国电建集团港航建设有限公司, 天津 300480

[摘要]港口航道工程的水上施工场景特殊、作业工况多变,且自然环境复杂恶劣,各类大型施工设备是项目施工的核心主力。当前,国内港口航道工程行业的设备运维管理普遍存在诸多短板,整体管理模式传统老旧,设备检修大多依靠经验、方式粗放,数字化、智能化应用程度低,严重制约了港航工程设备运维向智能化、精细化方向升级发展。文章紧扣港口航道水上施工的特殊场景特点,从设备全生命周期管理、智能技术赋能、管理制度流程完善、运维资源保障、安全风险防控五个核心维度,搭建一套适配港航工程场景的设备运维优化体系,并结合现场实际施工需求,提出具体、可落地的实施路径,以供参考。

[关键词]港口与航道工程;大型施工设备;运维管理;全生命周期;智能优化;管理体系

DOI: 10.33142/aem.v8i7.20313

中图分类号: U655.3

文献标识码: A

Research on Optimization of Operation and Maintenance Management of Large-scale Construction Equipment in Port and Waterway Engineering

LYU Jia

PowerChina Harbour Co., Ltd., Tianjin, 300480, China

Abstract: The water construction scene of port and waterway engineering is special, the operating conditions are varied, and the natural environment is complex and harsh. Various large-scale construction equipment is the core and main force of project construction. At present, there are many shortcomings in the equipment operation and maintenance management of the domestic port and waterway engineering industry. The overall management mode is traditional and outdated, and equipment maintenance mostly relies on experience and extensive methods. The degree of digitalization and intelligence application is low, which seriously restricts the upgrading and development of port and waterway engineering equipment operation and maintenance towards intelligence and refinement. The article focuses on the special scenario characteristics of port and waterway water construction, and builds an equipment operation and maintenance optimization system that is suitable for port and waterway engineering scenarios from five core dimensions: equipment lifecycle management, intelligent technology empowerment, management system process improvement, operation and maintenance resource guarantee, and safety risk prevention and control. Based on the actual construction needs on site, specific and feasible implementation paths are proposed for reference.

Keywords: port and waterway engineering; large-scale construction equipment; operation and maintenance management; full lifecycle; intelligent optimization; management system

引言

在交通强国、海洋强国两大国家战略的推动下,国内各类港口、航道建设及水上整治工程全面铺开。大型港航专用装备是各类水上施工项目顺利推进的关键设备,直接决定工程施工效率与进度。港航设备长期在高盐雾、高湿度、强水流冲刷的复杂水域恶劣工况下运行,长期受海水侵蚀、水汽渗透、水流冲击等多重影响,设备极易出现金属腐蚀、结构渗漏、电气系统受潮短路等各类故障,设备损耗速度快、故障频次高,整体运维难度和工作压力远大于普通陆上设备。目前,国内多数港航施工企业的设备

运维管理仍较为粗放,主要依靠“故障后抢修、固定周期巡检”的传统模式,行业统一运维标准不完善、数字化运维手段缺失,无法提前发现和规避潜在故障,不仅增加了设备维修、停工损耗、人力投入等运维成本,还容易积累各类设备安全隐患,给水上施工生产带来极大的安全风险。基于港航设备特殊的作业工况与当前运维痛点,本文从管理体系、技术手段、制度流程、资源保障、风险防控五个核心维度,搭建一套系统化、全方位的设备运维优化框架。

1 港航工程大型施工设备运维管理基础概述

1.1 核心设备类型及作业运维特征

港口航道大型施工船舶装备可以划分成四大类:疏浚类、水上吊装类、桩基施工类、综合辅助作业类,不同类别设备的作业环境不一样,日常检修和保养的侧重点差别很大。疏浚挖泥船运维需重点做好水下易磨损构件的更换与防护、全套液压系统周期性养护以及全船船体海水防腐处理;浮吊水上起重设备核心工作是定期对金属主体结构做无损探伤检测、反复校验起重卷扬与制动整套系统的精度;打桩船重点检查各类震动冲击零部件的螺栓紧固状态、整体框架结构完整性;运货驳船、交通船等辅助船只日常主要做船体防腐防锈、锚泊和系泊固定装置的检修保养。

水上施工机械设备整体运维存在四个突出难点:第一,长期泡在水里受海水腐蚀,再加上作业时反复受力晃动,零部件老化损坏速度远快于陆地设备;第二,江河海洋水文、大风大浪等天气变数大,很多故障突然爆发,内部隐蔽点位的问题很难提前发现;第三,水上作业平台空间狭小受限,大型拆解、深度检修操作施展不开,施工难度和成本都更高;第四,目前没有专门针对港口航道水上特种设备的精细化维保细则,现行通用机械设备养护规范贴合不了水上特殊作业条件,指导性不足。

1.2 大型设备运维管理的核心价值

大型施工机械设备的运维管理是现场施工管控里至关重要的一环,做好设备运维,首先能守住水上高危作业的安全底线,提前把各类安全风险排查消除掉,避免出现设备倾覆、高空坠物这类水上安全事故,保护现场工作人员生命安全和项目固定资产不受损失;其次可以让施工各道工序顺畅不间断开展,不会因为设备突然故障被迫停工耽误整体施工工期;同时能降低事后大修、零部件消耗以及设备加速损耗带来的费用。当前整个港航行业都在追求高质量发展,老旧的粗放式设备管理方式已经跟不上需求,建立一套标准统一、智能高效的设备运维管理体系也是港航工程实现精细化管控、智能升级、绿色低碳发展的重要抓手。

2 港航工程大型施工设备运维管理现存核心问题

2.1 管理体系不健全

多数港航工程施工企业水上工程船舶及施工装备运维管理专业化程度偏低,运维工作主要依托事后故障抢修与固定周期计划性检修两种模式开展,全周期预防性运维机制存在明显短板。与此同时,企业尚未建立水上特种设备专项运维管理制度体系,维保作业操作规程、技术判定

标准缺乏系统性规范,维保实施高度依赖作业人员个人实操经验,导致维保输出质量一致性较差。加之运维岗位职责边界划分不清,设备故障溯源、责任界定与倒查追责机制不完善,无法搭建起隐患排查、整改处置、复盘优化的运维全流程闭环管理体系。

2.2 运维智能化水平偏低

智能化、数字化转型是港口航运设备实现现代化运维的核心抓手,目前整个港航行业数字化基础普遍偏弱,日常设备管理大多还是依赖老员工的实操经验。一方面绝大多数港航机械设备并未加装配套的智能传感器,转速、温度、负荷等关键运行数据没办法自动实时采集,设备潜在故障、安全隐患只能靠工作人员现场逐一巡检排查,费时费力还容易出现漏查误判;另一方面行业缺少一体化的集中数据管控平台,检修记录、保养台账、故障档案等各类资料分散在不同表格、不同部门手里,无法依托大数据做整体分析,不能提前规划预防性检修计划。

2.3 运维资源配置不合理

港航设备备件管理直接决定设施运维效能与管控成本,当前行业整体管理体系仍存在较多系统性短板。高频次消耗易损备件储备量不足,设备突发故障抢修时极易因备件缺位造成停机延误;低频次使用的冷门备件则存在过量囤积问题,且仓储周期过长易出现材质老化、性能失效等损耗问题。同时,采购环节缺乏统一审批与选型校验流程,随意下单易产生备件型号参数不匹配问题;临水特殊仓储环境下防潮、防锈、防腐防护措施落实不到位,缩短备件使用寿命;出入库领用台账记录不完善,无法实现备件流向、消耗主体、使用点位的全链条追溯。另外,港航作业站点布局较为分散,未搭建跨项目备件统筹调拨与共享复用机制,闲置备件内部流转渠道不畅,整体物资周转及资源利用效率偏低。

2.4 运维人员专业能力不足

港口航道大型施工机械设备内部构造复杂精细,而且是在水上开展维护保养作业,作业条件特殊,对工作人员的整体专业素养要求非常高。一线基层工作人员技术能力参差不齐,没有系统掌握挖泥船这类专属工程设备的维修检修、海上金属构件防腐处理等专项实操。另外,施工单位内部的培训制度比较碎片化,针对智能化新设备缺少实操训练,再加上缺乏奖励激励制度,直接影响工程项目整体的设备运维管理水平和运行效率。

2.5 运维风险防控体系缺失

港航设备运维属于危险性很高的水上施工作业,作业过程中会涉及高空攀爬、水上水下作业、大型设备吊装与

拆解等多个高风险工序。目前很多相关企业都没有搭建针对性的专项安全风险防控体系,开工之前没有根据现场水流、水位、风浪等水文条件开展专项安全评估,查到问题也没有按照要求完成整改复查的闭环管理。再加上遇到暴雨、大风、大浪等极端天气时,对应的应急处置方案、物资和人员保障机制不够健全,企业整体对风险提前预判、隐患彻底整改、突发情况快速应对的综合能力不足,很容易造成安全生产事故。

3 港航工程大型施工设备运维管理优化体系与实施策略

3.1 重构全生命周期差异化运维管理模式

以设备全生命周期管理作为核心抓手,结合港航各类设备的实际运行特点,建立设备分类分级管控规则,按照设备重要等级、日常工况负载大小、零部件磨损损耗快慢三个维度,把所有设备划分为核心关键设备、重要常用设备、一般辅助设备三大类别,针对每一类单独制定对应的巡检频率、保养规范和检修间隔;对于使用率较低的辅助配套设备,适当精简维保流程,合理压缩运维成本。每逢台风、高盐雾腐蚀等恶劣环境过后,再加做一次专项检查 and 受损部件修复工作。依靠设备实时运行数据、历史故障登记台账总结磨损老化规律,提前开展预防性养护工作,从源头减少故障发生率,同时配套完善突发事件快速抢修应急预案,保障故障出现后能第一时间处置。与此同时为每一台设备单独建立电子化全生命周期档案,完整存档每一次运维检修的原始资料,清晰划定各个岗位工作人员的具体职责,出现问题可直接追溯到人,全方位推动港航设备运维工作走向标准化、科学化、精细化。

3.2 搭建智能化数据运维管理技术体系

依托数字化、智能化技术搭建数据驱动的港航设备智能运维体系。针对水上施工设备作业环境复杂、工况特殊的特点,加装防水、防腐、抗干扰的专用传感器,全天候24小时不间断采集设备振动、运行温度、液压参数、结构腐蚀等核心运行数据。同时搭配耐盐雾工业终端设备,有效适配海上、水上高盐、高湿、干扰多的复杂场景。全面整合归集设备运行数据、日常维保记录、备件库存领用等多维度运维数据,通过系统自动完成数据分析、运行趋势研判、故障原因溯源,自动生成运维台账、智能优化维保方案。引入机器学习算法,系统可自动识别异常数据、精准定位设备潜在故障隐患,并提前发出预警提示。同时能够预判设备零部件老化进度和整体服役使用年限,提前规划备件储备、设备更新等相关工作,全方位提升港航设备运维的科学化、精细化、智能化管控水平。

3.3 完善标准化运维管理制度与作业流程

按照设备用途划分疏浚、起重吊装、桩基施工、船舶辅助四大类别,分别出台对应的专项设备维保操作细则,把水上钢结构防腐处理、水下构件排查检修、液压系统养护、电气设备防潮防水等重点施工步骤的具体操作要求逐条明确。搭建“日常巡回检查-阶段性定期保养-重点部位专项检修-突发故障紧急抢修-完工验收问题复盘”全链条闭环管理模式,严格执行每日设备巡查及情况上报制度,对不同等级保养内容逐项验收把关,根据汛期、冬季等季节特点开展安全隐患集中排查整治,建立设备故障快速处置响应机制。同步配套制定运维工作督查与绩效考核办法,将考核最终得分直接和工作人员岗位薪酬绩效挂钩,不断提升港航工程设备运维整体管理水平与运行效益。

3.4 优化备件管控体系与运维资源配置

以提质增效、降本降耗为核心目标,推行备件四级分类分级库存管控,根据零部件损坏频次、对设备运行的影响程度,划成四大类:高频易损耗零件、影响设备运转的核心关键部件、使用次数少的通用配件、用量极少的小众特殊配件。针对四类备件落地不一样的管控方式,高频易损件划定最低安全库存量常备库存,核心关键件设定固定存放定额保障随时取用,低频通用件不大量囤货、需要时零星采购,小众特殊件直接交由合作供应商代为储备,从源头避免仓库物资大量积压、占用流动资金。

考虑到港口码头水上潮湿、盐雾大的特殊环境,专门做好备件防潮、防锈、防腐蚀的仓储保护工作,每一件备件从入库到报废消耗都做好台账登记,实现全生命周期可追溯查询。依托大数据信息化平台,打通各个码头、各个工程项目之间的备件库存数据,搭建跨片区应急调配、物资共享机制,把各个站点闲置搁置的备件盘活再利用,减少重复采购。

3.5 构建全维度运维风险防控与应急保障体系

结合港航水上高危运维作业的实际特征,搭建全覆盖、长期运行的风险管控和应急兜底保障整套体系。开工之前先做好前置风险研判工作,综合参考水域水文、天气变化、现场作业条件等要素,把高空作业、水上大件吊装危险性较高的施工步骤逐一识别出来、划分风险等级,对应出台专门的安全防护措施,避免事故发生。建立日常巡查、专项检查、季节性排查、节假日重点督查四种方式相结合的隐患排查机制,排查出来的安全问题按风险高低分类登记台账,设定整改期限督促落实,整改完成后再复核验收、总结复盘。面对台风、汛期洪涝、酷暑严寒等恶劣极端气候,提前开展设备牢靠固定、除锈防腐、防潮防水等专项

检修保养工作,筑牢设备安全防线。细化完善不同突发状况下的应急处置方案,储备各类应急物资,组建固定的专业应急抢修班组,定期开展实战化应急实操演练,不断提升突发险情的快速处置能力。

4 结论

针对性构建了涵盖运维模式、智能应用、备件管理、风险防控、标准建设的五位一体设备运维优化体系,能够有效破解传统运维难题,实现设备运维的降本增效,最大限度降低设备运行及施工过程中的安全风险,筑牢安全生产防线。

[参考文献]

- [1]李传浩,解传新,刘晓燕,等.港口设备智能运维系统关键技术[J].港口科技,2026(6):32-37.
- [2]肖炳林,容梓豪,冯文宗,等.关于港口装卸设备全寿命周期一体化管理模式的研究与实践[J].工程机械与维修,2025(9):6-9.
- [3]肖炳林,何威誉,赵伟龙,等.港口机械故障诊断及管理系统研究与进展[J].起重运输机械,2025(6):25-33.
- [4]杨玉林,胡伟,贾晓,等.基于大模型技术的港口设备运维助手智能体系统[J].港口科技,2025(2):1-5.
- [5]尹学成,李文豪,王进.港口设备全生命周期管理系统[J].港口装卸,2020(1):46-48.

作者简介:吕嘉(1990—),男,汉族,山东青岛人,中级工程师,本科毕业,四川农业大学水利水电工程专业,目前从事港口与航道工程施工及研究。