

大数据赋能机械设备物资管理创新研究

张学森

中国电建集团港航建设有限公司, 天津 300480

[摘要]数字化转型背景下, 港航疏浚工程各类施工船舶、陆上工程机械及配套备品耗材是海外基建项目核心生产保障。传统人工台账式物资管理存在数据割裂、船舶设备管控滞后等突出短板, 难以适配多海外项目、多点水上疏浚施工的复杂管控需求。大数据技术具备多源数据存储、多维指标挖掘、实时风险预警、耗材消耗趋势测算能力, 能够为港航工程设备物资数字化转型提供技术支撑。文章立足于疏浚工程项目一线管理岗位视角, 剖析疏浚场景下机械设备物资管理的现实痛点, 构建大数据驱动的智能物资管理体系, 分别从物资采购、仓储管控、船机运维、跨项目资源调配、全周期成本核算、合规安全溯源六大业务场景阐述技术落地路径。通过船舶燃油、疏浚备件精细化管控、存量工程设备优化配置实现项目降本增效, 可为同类型海外港航基建施工企业物资数字化管理提供可借鉴的实践思路。

[关键词]大数据; 港航工程船舶机械; 物资全生命周期; 智能管控; 成本精细化管理

DOI: 10.33142/sca.v9i9.20366

中图分类号: F272.4

文献标识码: A

Research on Innovative Management of Mechanical Equipment and Materials Empowered by Big Data

ZHANG Xuesen

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

Abstract: In the context of digital transformation, all kinds of construction ships, onshore engineering machinery and supporting spare parts and consumables of port and waterway dredging project are the core production guarantee of overseas infrastructure projects. Traditional manual ledger based material management has prominent shortcomings such as data fragmentation and lagging ship equipment control, making it difficult to adapt to the complex control needs of multiple overseas projects and water dredging construction. Big data technology has the ability to store multi-source data, mine multidimensional indicators, provide real-time risk warning, and calculate consumables consumption trends, which can provide technical support for the digital transformation of port and shipping engineering equipment and materials. The article is based on the perspective of frontline management positions in dredging engineering projects, analyzing the real pain points of mechanical equipment and material management in dredging scenarios, and constructing a big data-driven intelligent material management system. It elaborates on the technical implementation path from six major business scenarios: material procurement, warehousing control, ship machinery operation and maintenance, cross project resource allocation, full cycle cost accounting, and compliance and safety traceability. By finely controlling ship fuel, dredging spare parts, and optimizing the configuration of existing engineering equipment, project cost reduction and efficiency improvement can be achieved, which can provide practical ideas for the digital management of materials for similar overseas port and shipping infrastructure construction enterprises.

Keywords: big data; port and shipping engineering ship machinery; the entire lifecycle of materials; intelligent control; refined cost management

引言

随着国内外港航基建建设持续推进, 海外疏浚类工程项目业务规模不断扩大。疏浚施工场景区别于普通土建工程, 作业主体以各类挖泥船、拖轮、驳船等水上船舶为主,

同时配套大量陆上工程机械; 船用滤芯、液压油、斗齿、耐磨件等耗材品类繁多。物资管理链条跨越境内采购、跨境运输、海外库区存储、现场领用、海上设备运维直至备件报废处置全流程, 跨境流转环节多、受海况潮汐影响大、

备件供货周期长,整体管控复杂度显著高于普通陆上工程项目。

在数字化转型浪潮下,不少施工企业已经上线信息化管理工具,但信息化建设质量参差不齐。部分企业信息化停留在电子台账替代纸质记录阶段,仅完成业务线上留痕,缺少对多源业务数据的深度挖掘分析能力。传统管理模式,依靠纸质档案、独立本地表格开展管理,容易形成不同项目、不同业务模块之间的信息孤岛;船舶燃油耗用、设备实际工况反馈存在明显滞后,库存积压、关键备件供货不及时、设备故障后被动抢修等问题,持续挤压疏浚项目经营利润空间。

大数据技术的价值,并不局限于简单存储业务记录,更核心的能力是对采购、仓储、船机运维、资源调配多源异构业务数据开展关联分析,搭建起“事前预判—事中动态管控—事后复盘优化”的闭环管理逻辑。梳理现有公开研究成果可以发现,多数文献偏向陆上建筑、公路施工场景的设备物资研究,专门针对海外疏浚研究,专门针对海外疏浚船舶工况的一体化大数据落地体系研究相对偏少。结合疏浚项目现场管理实践,本文搭建面向港航疏浚场景的大数据物资智能管控框架,针对行业特有管理难点提出对应的技术实现路径,探索依靠数字化手段实现物资管理提质、控耗、降本,为疏浚工程数字化转型提供实践参考。

1 传统机械设备物资管理现状及核心痛点

疏浚工程包含水上船舶作业与陆上辅助工程机械作业双重场景,施工环境受风浪、土质、潮汐、跨境物流条件等多重约束,机械设备物资管理除了存在工程行业共性问题之外,还具备自身场景特有的矛盾。

1.1 数据碎片化

物资、船机业务拆分归属采购、仓储、设备运维、成本核算不同业务模块开展,不同业务系统数据标准很难完全对齐,数据互通壁垒客观存在。船舶燃油领用记录、备件出入库台账、设备运行履历分散在多个业务载体,部分现场业务依旧依靠纸质档案、单机本地表格完成登记,造成信息更新不及时、资料遗失、统计口径不统一等现象。

疏浚船舶在海上作业,油温、振动、作业时长等工况感知数据采集、回传会受到海上网络通信条件制约,设备实时运行数据难以稳定同步至物资管理业务平台。业务数据相互割裂之后,管理人员无法拿到完整统一的数据集,燃油单耗分析、设备资源统筹调配、备件储备测算等管理工作,很大程度依旧依赖管理人员个人经验判断,量化决策支撑不足。

1.2 库存管控粗放

库存管理直接决定海外项目流动资金占用水平与跨境仓储利用效率。疏浚项目备件采购受到跨境订货、海运清关周期约束,备件补货周期长,一旦出现关键备件缺货,极易直接造成水上施工停工损失。传统模式下采购计划编制高度依赖现场管理人员经验,缺少基于历史工况大数据的量化测算支撑,由此衍生出两类风险:

第一,为规避停工风险,项目倾向于加大安全储备,大批量采购各类船机备件,海外仓库库容、流动资金被大量占用;部分精密液压配件长期存放于潮湿海外库区,出现性能衰减,最终形成资产报废损耗。

第二,对斗齿、耐磨件等耗材消耗波动缺少预判手段,当施工土质、海况发生变化时,耗材消耗速率随之改变,容易出现关键备件供应缺口。

与此同时,海外库区人工盘点工作量大,人为统计误差难以完全消除,账实不符现象时有发生,进一步降低库存管控的规范性。

1.3 设备运维滞后

疏浚船舶、陆上工程机械普遍采取故障后抢修结合固定周期计划性检修的运维模式。海上作业环境复杂,设备发生故障后,海上抢修作业条件差、成本高、停工损失大。而传统管理模式缺少海上设备状态在线监测与故障前置预警手段,设备突发故障将直接打断疏浚施工作业,带来海上安全生产隐患。

维修备件、燃油耗材的领用、消耗、核销流程虽然可以完成归档,但故障诱因、备件损耗数据缺少系统化的统计挖掘,同类故障反复发生,持续推高海上大修成本。备件储备只能依靠经验设置储备量,很难做到结合设备故障规律动态优化库存规模,备件精细化管控能力存在短板。

1.4 跨区域资源配置失衡

同一企业同时运营多个海外疏浚工程项目,客观上存在拖轮、驳船、大型工程机械跨项目调配使用的业务需求。但受限于信息不畅通,传统依靠线下沟通协调的方式,管理人员很难实时掌握各个项目闲置船舶、工程机械真实状态。设备资源协调依靠人工对接、多层审批,响应效率偏低。容易出现部分项目设备处于闲置状态,另外新项目却向外高价租赁同类工程机械的结构性矛盾,存量资产利用效率得不到充分释放。

1.5 成本与安全管控薄弱

传统成本核算往往只统计备件、燃油直接采购价款,容易忽略跨境海运、进口相关费用、设备折旧、海上维保

等各类隐性成本,无法完整完成船舶机械设备全生命周期成本测算。

海外工程项目物资流转链条长,从境外采购到现场上船使用中间环节多,如果缺少完整的数据溯源链条,当船用耗材、进口配件出现质量异常,问题溯源、责任界定难度较大。船舶油料、特种设备备件的合规管控难度提升,项目风险防控、内审合规管理压力较高。

2 大数据在机械设备物资管理中的核心创新应用

大数据技术在本场景的应用逻辑,不是完全抛弃现有业务流程重新建设一套全新业务体系,而是在已有的物资业务基础之上,重点解决“数据孤岛”问题,通过多源数据归集、统计建模、智能预警等数字化手段,给现有管理流程增加量化分析能力,实现管理模式从经验驱动向数据驱动转变。下面从六大业务场景阐述落地路径。

2.1 物资采购智能化:数据驱动精准采购,杜绝供需失衡

大数据可归集近3~5年海外项目燃油、备件消耗台账、疏浚设备作业工况、项目施工计划、海外本地油品市场价格多维度数据,搭建采购量化测算模型。模型综合参考船舶作业时长、海况土质条件、易损件更换周期,测算不同施工条件下耗材耗用频率,分级设置库存安全阈值,科学核定各周期最优采购规模,规避备件大量积压占用资金,或是耗材短缺造成水上停工的风险。

平台对多家本地耗材供应商、船机配件厂商的报价、履约时效、产品合格率开展对标评估;针对柴油、液压油这类价格波动幅度较大的物资,结合市场行情变化辅助研判采购时机,实现错峰采购,合理压缩整体采购支出。

采购申请、层级审批、跨境到货清点入库全流程线上流转,业务操作自动留存电子记录,实现全链路权责可追溯。依据供货质量、交付时效、售后维保表现建立供应商动态量化评级体系,淘汰履约不合格合作方,同步防范供应链中断、采购成本失控、海外物资廉洁三类风险。

2.2 库存管理数字化:动态智能管控,盘活闲置资源

大数据结合RFID标签、现场传感终端搭建海外库区数字化管控体系,实现库存全天候监测、异常情况自动提醒。全部疏浚备件、船用油料建立电子档案,物资入库、现场领用、报废处置数据自动采集同步至管理平台,动态更新电子台账,减少人工录入带来的统计偏差,保障账实数据基本一致。

系统结合历史消耗数据、跨境采购常规周期、项目疏浚施工计划划分三级库存预警标准:库存低于安全下限自动推送采购提醒;针对长期周转缓慢、积压的船机配件,

系统输出跨项目调拨提示,各类预警阈值可以跟随施工任务动态调整。平台打通各个海外项目的数据通道,智能匹配闲置挖机、拖轮与通用备件,优化整体仓储与设备资源配置结构。

2.3 设备运维预判化:从被动维修到主动预知维护

依托大数据架构,疏浚船舶、陆上工程机械搭载物联网采集终端,采集转速、壳体温度、振动幅值、作业负荷等工况参数上传分析平台。基于历史故障样本库搭建故障概率识别模型,提前识别设备潜在故障隐患,对传统固定周期检修模式形成补充,降低核心疏浚设备非计划海上停机概率。

平台归集船舶全生命周期运行、维修、备件更换完整记录,建立液压件、传动部件性能衰减测算标准,预判易损件合理更换周期,实现备件按需定额储备,平衡库存资金占用与抢修缺件两类矛盾。系统对故障类型、油料耗材耗用规律开展统计分析,反向优化备件采购与库区储备方案,从源头降低海上大修、耗材超耗带来的综合运维成本。随着运行样本持续积累,故障识别模型可以迭代优化,不断提升隐患预判准确度。

2.4 物资调配协同化:全域统筹调度,实现资源最优配置

大数据全域设备物资协同调度平台,实现海外各项目船舶、工程机械、备件可视化监测、量化测算、动态调拨,提升存量资产综合利用效率。平台汇总各项目部在用疏浚船舶、闲置拖轮、库区备件基础信息,搭建可视化管控看板,管理人员可实时查询物资存量、存放地点、设备作业状态、闲置周期,改善传统模式信息滞后、调拨效率低的短板。

系统结合疏浚施工进度、设备维保计划、各单位耗材缺口数据,通过测算输出资源调配参考方案,匹配跨区域闲置工程设备,减少新项目高价外租机械,缩短跨境物资转运周期,降低租赁、调运综合开销。设备调拨审批、跨境物流轨迹、库区出入库全流程线上留痕归档,形成闭环管控;同时挖掘历史调剂业务数据,优化各个海外库区常规备货规模,均衡全域物资储备。

2.5 成本管控全周期化:数据精准核算,压降管理成本

大数据改变过去只核算直接采购价款的管理局限,整合采购、跨境运输、仓储、海上维保、设备折旧、报废处置全链条费用数据,搭建多维度成本核算模型,完成船舶机械全生命周期成本归集测算。依托跨项目、跨周期油料、备件消耗数据对标,自动识别耗材超耗、备件积压、高价租赁设备等成本异常节点,输出优化提示。

结合历史财务台账、船舶更新规划测算远期物资开销,智能生成年度采购预算,构建“事前预算预判、事中动态监控、事后成本复盘”完整成本管控模式。需要说明,大数据输出的成本分析结果属于管理辅助工具,最终成本判定依旧需要财务制度、财务核算结果作为法定依据。

2.6 安全溯源系统化:全流程追溯,筑牢海外项目合规防线

疏浚船舶、工程机械配套耗材质量合规,是海上施工安全生产、海外海关与内审工作的重要保障。大数据物资溯源平台打通跨境采购、库区存放、现场领用、船机运维、报废处置全业务链路,实现每一批次物资全程可追溯。

质量管控层面,进口以及本地采购耗材建立独立电子档案,完整留存厂商资质、报关单据、出厂质检、入库验收相关资料;一旦油料、配件发生质量问题,可以快速定位问题源头,划分相关责任,避免不合格物资上船投入施工。日常管控层面,系统归集操作人员、设备作业时长、维保换件记录,依托后台数据分析识别超负荷作业、违规领用油料等风险行为并且推送预警。完整溯源档案,可用于海上安全事故复盘、外部合规审计,筑牢海外项目安全、合规双重管控屏障。

3 实施落地约束与应用效果分析

大数据技术带来各类模型、预警、数据分析能力,但是该套数字化体系落地会受到客观条件约束,在海外疏浚场景中尤为突出:海上网络通信不稳定,会造成船舶端感知数据传输存在延迟;不同国别海关、仓储条件存在差异,也会对数据采集完整性带来一定影响。因此大数据方案不能完全替代人的现场管理,只能作为管理人员的辅助决策工具,业务最终落地依旧需要依靠现场岗位人员执行。

在某海外疏浚工程项目开展该套数字化管控思路试点应用,以现有业务系统作为底座,重点做数据融合与模型分析二次开发,不推倒重建整套业务流程。从试点运行反馈来看:

(1) 多业务数据自动归集能力得到提升,减少大量手工整理统计的工作量,设备物资相关统计数据时效性、一致性得到改善;

(2) 借助工况消耗模型辅助开展耗材消耗研判,能够更快定位燃油、备件异常消耗点,船舶耗材不合理消耗现象得到抑制;

(3) 闲置设备、积压备件数据直观展示,给项目设备租赁、内部调配提供量化参考;

(4) 库存预警模型辅助海外库区开展备件管理,在保障施工保供能力前提下,对部分备件库存积压问题起到缓解效果。

同也要客观看到,大数据模型输出结果会受到土质、海况、气象等外部扰动因素干扰,模型输出只能作为参考,不能直接作为唯一执行依据,需要管理人员结合现场实际工况做人工修正。

4 结论与展望

大数据技术改变传统项目依靠人工经验、故障事后补救的船舶机械物资管理模式,有效缓解跨项目数据割裂、库区库存粗放、疏浚设备被动抢修、闲置资产统筹困难等现场痛点。本文立足海外疏浚工程项目一线管理实操,从物资采购、库区管控、船机预知维保、跨区域设备调配、全周期成本核算、海外合规溯源六大维度搭建一体化数字化管控框架。依托多源业务数据整合、智能预警、资源统筹测算,实现船舶油料、疏浚备件精细化管控,盘活存量拖轮、挖机设备,减少外部租赁支出,降低耗材超耗、海上大修等综合运营成本。

本研究仍存在一定局限:本文更多聚焦业务应用层面,没有对底层算法模型做深度迭代研究;同时疏浚行业海上复杂工况,会对感知数据采集质量带来客观约束。未来,随着海上物联网、边缘计算技术进一步普及,可以进一步优化海上设备的数据采集质量,持续迭代耗材消耗、故障预警测算模型,推动港航疏浚项目机械设备物资管理向更高水平数字化方向发展。

[参考文献]

- [1]张卿顺.智能化物资设备管理在企业运营中的应用[J].散装水泥,2025(5):187-189.
 - [2]张继中.建筑工程中机械设备与物资材料的精细化管理[J].技术与市场,2025,32(9):155-157.
 - [3]张聪.建筑机械设备和物资材料的集约化管理析[J].建设机械技术与管理,2024,37(6):27-29.
 - [4]黄斌,刘红星,王民涛,等.基于智慧全景控制大数据的设备物资全生命周期实时监测体系架构[J].工业仪表与自动化装置,2020(2):16-21.
 - [5]夏少建.基于大数据的设备管理研究[J].港口装卸,2018(1):5-7.
- 作者简介:张学森(1991—),男,汉族,河南巩义人,工程师,本科,毕业于郑州轻工业学院机械设计制造及其自动化专业,研究方向/现从事工作为工程管理、机械设备物资管理。