

# 轮胎吊自动化改造对集装箱码头作业效率的影响评估

魏振伯

营口新世纪集装箱码头有限公司 辽宁 营口 115007

**摘要:** 全球供应链升级与港口智能化转型背景下, 集装箱码头作业效率成为核心竞争力指标。轮胎吊作为码头堆场内关键装卸设备, 其作业模式革新对效率提升具有重要意义。本文聚焦轮胎吊自动化改造, 梳理改造的技术路径与实施重点, 从作业流程、资源配置、运营管理维度解析其对作业效率的作用机制。构建科学评估框架, 对比改造前后作业环节变化, 明确自动化在缩短周期、降低人为干扰等方面的价值。指出改造中需关注的适配性问题, 为码头通过设备自动化升级提升效率提供理论与实践参考, 助力码头适应现代物流发展需求。

**关键词:** 轮胎吊; 自动化改造; 集装箱码头; 作业效率; 影响评估

## 引言

国际贸易发展推动集装箱运输量攀升, 码头作为物流枢纽的作用愈发重要。作业效率直接关系码头服务水平与市场竞争力, 传统轮胎吊人工操作模式已显现诸多不足。人工操作易受技能与疲劳影响, 作业精度和稳定性欠佳, 调度协同效率低, 极端天气下还需中断作业。随着物联网、人工智能等技术发展, 轮胎吊自动化改造具备了实现条件, 众多码头开始相关探索。精准评估改造对作业效率的影响, 可为码头升级提供决策依据, 对行业发展具有现实指导意义, 这也是本文研究的核心出发点。

## 1 轮胎吊自动化改造的核心内涵与技术支撑

### 1.1 核心目标与范围

轮胎吊自动化改造的核心目标是实现堆场内集装箱装卸、搬运的无人化与智能化运转。这一过程并非简单替换人工, 而是对现有作业模式的系统性重构与优化。改造范围涉及多个相互关联的层面, 首先是设备本体的升级, 包括机械结构的强化与精度调整, 以提升作业过程中的稳定性。其次是控制系统的智能化改造, 通过嵌入先进算法增强设备自主决策与响应能力。感知系统的完善也不可或缺, 确保设备能精准获取周围环境与作业对象信息。最终目标是实现自动化轮胎吊与码头整体调度系统的无缝对接, 形成高效协同的作业体系, 提升码头整体运营效率。

### 1.2 关键技术路径

轮胎吊自动化改造离不开多学科技术的融合支撑, 其中定位导航、智能控制、感知识别是三大关键技术路径。定位导航技术采用激光、视觉与GPS多源融合方式, 能有效应对码头堆场复杂环境, 确保轮胎吊在动态场景下实现厘米级精准定位。智能控制系统以PLC和工业互联

网为基础, 构建分布式控制架构, 使作业指令从下发到执行的响应时间大幅缩短, 提升指令执行的精准度。感知与识别技术则依托机器视觉与多传感器融合, 完成集装箱箱号自动识别、实时位置检测以及障碍物规避等关键作业环节<sup>[1]</sup>。这些技术相互配合, 为轮胎吊自动化作业提供全方位保障, 是改造成功的核心基础。

### 1.3 实施重点与难点

轮胎吊自动化改造的实施重点在于保障改造后设备与码头现有系统的兼容性。每个码头的堆场布局、作业流程与运力需求都存在差异, 因此必须制定个性化改造方案, 避免技术与实际需求脱节。改造过程中的难点主要集中在两个方面。一是复杂环境适应性问题, 码头常面临高温、暴雨、强风等恶劣天气, 同时存在电磁干扰等情况, 这些都会影响自动化设备的稳定运行, 需要针对性解决。二是作业协同性问题, 自动化轮胎吊需与龙门吊、集卡等多种设备配合工作, 如何实现多设备之间的高效协同, 避免作业冲突, 是改造中必须攻克的关键难题。

## 2 集装箱码头作业效率的评价与影响因素

### 2.1 核心评价维度

集装箱码头作业效率的评价不能仅依赖吞吐量这一单一指标, 需要构建多维度的综合评价体系。作业时效性是首要维度, 主要通过单箱装卸时间和集卡等待时间来体现, 这两个指标直接反映了码头作业的周转速度。作业稳定性同样重要, 设备故障率和作业差错率是衡量稳定性的核心标准, 较低的故障率和差错率能保障作业流程的顺畅进行。资源利用率是第三个关键维度, 涵盖设备开工率、堆场空间利用率和人力资源投入效率<sup>[2]</sup>。设备开工率反映设备的使用情况, 堆场空间利用率关系到码头的承载能力, 人力资源投入效率则体现了管理的合

理性，三者共同构成了资源利用的完整评价体系。

## 2.2 传统模式制约因素

传统人工操作轮胎吊的模式下，码头作业效率提升面临诸多制约。从操作人员角度来看，疲劳效应和技能差异是主要问题。长时间作业容易导致操作人员疲劳，进而降低作业精度和速度；不同操作人员的技能水平不同，也会造成作业质量的不稳定，漏吊、错吊等问题时有发生。在调度层面，依赖人工沟通协调的方式效率低下，指令传递容易出现滞后，难以根据实时作业情况实现多设备的动态优化调度。此外，人工操作对作业环境的要求较高，遇到暴雨、强风、大雾等极端天气时，为保障人员安全，必须暂停作业，这就使得作业连续性受到影响，进一步制约了整体效率的提升。

## 2.3 自动化赋能逻辑

自动化技术通过流程优化与技术赋能的双重作用，为码头作业效率提升提供了有效路径。在流程优化方面，自动化技术实现了作业指令的自动化下发、执行与反馈闭环。传统人工干预的多个环节被简化，比如单据传递、信息核对等人工操作被系统自动完成，大大缩短了流程周期，减少了人为失误导致的流程延误。在技术赋能方面，自动化设备具备精准控制能力，能按照预设程序稳定执行作业动作，避免了人工操作的不确定性。同时，自动化设备可以实现24小时连续作业，突破了人工操作的生理极限和时间限制。通过实时采集作业数据，系统能够及时调整作业策略，实现作业过程的动态优化，进一步提升了整体作业效率<sup>[3]</sup>。

## 3 轮胎吊自动化改造的效率影响机制

### 3.1 优化作业流程

轮胎吊自动化改造通过对作业流程的重构，实现了效率的显著提升。一方面，自动化系统构建了集卡预约、装卸指令生成与设备调度的一体化衔接机制。传统模式中人工单据传递、信息核对等繁琐环节被彻底简化，集卡到达码头前即可完成预约与指令分配，作业准备时间大幅缩短。另一方面，自动化轮胎吊摆脱了人工操作的局限性，基于预设程序精准执行起吊、移动、放置等作业动作。人工操作中常见的犹豫、判断失误等问题不复存在，单箱装卸作业周期被有效压缩。流程各环节的衔接更加紧密，冗余动作和时间消耗减少，整体流程运转效率得到质的飞跃，为码头提升作业量创造了条件。

### 3.2 优化资源配置

在资源配置层面，轮胎吊自动化改造带来了双重优化效果，有效提升了资源利用效率。对于设备资源而言，自动化系统通过实时数据监测功能，能够精准掌握

每台轮胎吊的作业状态、负荷情况等信息。基于这些数据，系统进行动态调度，将作业任务合理分配给各台设备，平衡了多台轮胎吊的作业负荷。这一过程避免了部分设备过度繁忙而部分设备闲置的情况，提升了设备整体开工率，降低了设备闲置时间，让设备资源得到充分利用。对于人力资源而言，自动化改造将人工从重复性、高强度的操作岗位中解放出来。这些人员可以转向设备维护、系统监控等更高价值的岗位，实现人力资源的优化配置<sup>[4]</sup>。同时，减少了因人员轮班、技能差异导致的效率波动，进一步提升了人力资源利用效率。

## 3.3 优化运营管理

自动化改造为码头运营管理提供了强有力的数据支撑，推动管理模式从粗放型向精细化转变。通过设备联网技术，自动化轮胎吊的作业数据能够被实时采集并传输至管理平台，这些数据涵盖作业量、作业时间、设备状态等多个方面。管理人员通过分析这些数据，可精准掌握每台轮胎吊的作业状态与效率指标，及时发现作业过程中存在的问题，实现对作业过程的精细化管理。同时，自动化系统具备智能预警功能，能够对设备故障、作业异常等情况进行提前识别并发出预警。管理人员接到预警后可迅速采取应对措施，减少因突发问题导致的作业中断时间，提升运营管理的稳定性与可靠性，为码头高效运转提供保障。

## 4 改造影响评估的框架与实施

### 4.1 评估框架与原则

轮胎吊自动化改造影响评估框架需涵盖效率、成本、稳定性三大核心维度，这三个维度相互关联，共同构成了完整的评估体系。效率维度聚焦改造后作业速度与周转能力的提升，成本维度关注改造带来的投入与效益变化，稳定性维度则保障作业过程的可靠运行。指标选取需遵循三大原则，针对性原则要求指标聚焦改造后变化显著的关键环节，避免选取与改造关联度低的指标。可操作性原则确保指标数据易于采集与量化，避免采用过于抽象或难以获取数据的指标。系统性原则强调兼顾短期直接影响与长期间接影响，既要看到改造带来的即时效果，也要考虑其对码头长期发展的作用，全面反映改造的实际价值。

### 4.2 评估指标体系

评估指标体系从作业全流程出发，构建多维度、立体化的指标框架。效率维度选取单箱作业时间、设备作业量、集卡周转率等核心指标。单箱作业时间直接反映轮胎吊的作业速度，设备作业量体现设备的工作负荷与产出能力，集卡周转率则反映了集疏运环节的效率。

成本维度涵盖设备维护成本、人力资源成本、能耗成本等内容。设备维护成本关注改造后设备的保养与维修支出,人力资源成本反映人员结构调整带来的成本变化,能耗成本则体现了自动化设备的能源利用情况。稳定性维度包含设备故障停机时间、作业差错率、极端天气作业保障率等指标,这些指标从不同角度衡量了改造后作业的可靠程度,确保评估结果全面客观。

#### 4.3 评估流程与方法

评估实施需遵循规范的流程,以确保评估结果的准确性与可靠性。首先要明确评估范围与周期,根据码头的实际情况确定评估的设备范围、作业环节以及评估的时间跨度,避免评估范围过大或周期过短导致结果偏差。其次进行基础数据的采集与整理,收集改造前的基准数据与改造后的实际运行数据,确保数据的完整性与真实性。数据整理过程中需去除异常数据,保证数据质量。评估方法采用对比分析法为主,通过改造前后数据的纵向对比,清晰呈现效率变化差异。同时结合定性分析,解读数据背后的技术与与管理原因,比如效率提升是源于设备精度提高还是流程优化。定性与定量相结合,确保评估结果的客观性与科学性,为决策提供可靠依据。

### 5 轮胎吊自动化改造的保障与优化

#### 5.1 前期调研与方案

前期调研是保障轮胎吊自动化改造效果的基础环节,必须全面且深入。调研内容需涵盖码头现有轮胎吊设备状况,包括设备型号、使用年限、性能参数等,明确设备是否具备改造条件。堆场布局特点也是重要调研内容,不同的布局对自动化设备的作业路径和调度方式有直接影响。作业流程模式与运力需求同样不可忽视,需梳理现有作业环节的衔接情况和码头的实际运力需求,明确改造的核心痛点与目标。方案设计需注重适配性,根据码头实际情况选择合适的自动化技术路径,避免盲目追求先进技术而与实际需求脱节。同时,方案中应预留系统升级空间,以适应未来物流行业的发展变化和码头运力提升的需求。

#### 5.2 过程管控与衔接

改造过程中需强化全流程管控,建立高效的协同机制。技术团队与施工团队应密切配合,定期召开沟通会议,及时反馈改造过程中出现的问题。对于设备兼容性问题,需提前进行技术测试,确保新设备与现有设备能够正常配合工作。安装精度直接影响设备的作业性能,施工过程中需严格按照技术标准进行操作,加强质量检

验,避免因安装问题导致后续作业故障。技术衔接是改造过程的重点,自动化系统需与码头现有调度系统、信息管理系统实现无缝对接。要确保数据传输通道顺畅,避免出现数据丢失或延迟的情况,保证指令执行精准,防止“信息孤岛”与作业断层的出现,确保改造过程顺利推进。

#### 5.3 运维保障与优化

改造后构建完善的运维保障体系至关重要,这是确保自动化设备稳定运行的关键。应组建专业的自动化设备运维团队,团队成员需具备扎实的专业知识和丰富的实践经验,能够应对设备运行中的各类问题。定期开展设备巡检工作,及时发现设备潜在的故障隐患;按照设备维护手册进行定期保养,延长设备使用寿命;建立快速故障维修机制,在设备出现故障时能迅速响应并完成维修,减少停机时间。同时,建立持续优化机制,基于日常作业数据与评估结果,深入分析设备运行和作业流程中存在的不足。

### 6 结论

本文围绕轮胎吊自动化改造对集装箱码头作业效率的影响展开系统研究,明确了改造在码头智能化发展中的重要作用。研究发现,轮胎吊自动化改造通过定位导航、智能控制等多技术融合应用,从作业流程、资源配置、运营管理三个维度实现了作业效率的提升。改造后,作业周期缩短,资源利用效率提高,运营管理更加精细化,有效解决了传统人工操作模式下的诸多问题。同时,研究也指出,轮胎吊自动化改造需注重前期调研与方案适配性,强化改造过程中的管控与技术衔接,做好后期运维保障与持续优化工作。未来,随着技术的不断进步,轮胎吊自动化水平将进一步提升,为集装箱码头作业效率的持续优化提供更强有力的支撑,推动码头行业实现更高质量的发展。

#### 参考文献

- [1]刘宏聪.自动化轮胎吊大车新型融合纠偏方案设计及应用[J].集装箱化,2024,35(10):16-18+29.
- [2]周哲斌,郭兴政.轮胎吊大车自动行走与定位纠偏的优化[J].中国港口,2023,(S1):56-59.
- [3]杨有贵.自动化集装箱码头主要搬运设备关键技术[J].中国水运,2022,(11):67-70.
- [4]叶海青.轮胎吊远程控制系统——自动装卸系统概述[J].河南科技,2021,40(32):16-19.