

基于4绳防摇系统轨道吊自动化改造难点与解决方案

胡宗宝

舟山甬舟集装箱码头有限公司 浙江 舟山 316000

摘要：甬舟公司16台诺尔机型4绳轨道吊自动化改造项目已于2023年底全部完成，目前设备运行稳定，各项作业数据处于国内领先水平。本文就项目实施过程中碰到的难点、重点问题进行梳理，探讨解决方案。

关键词：轨道吊；自动化改造；四绳防摇

引言

当前，我国智慧港口建设不断在探索中快速发展和实践，特别是数字化、网络化、智能化的融合发展，对港口装卸设备提出了越来越高的要求，更智能、更高效、更安全是未来装卸设备的主要升级方向。作为宁波舟山港集团“2+1”智慧化示范建设项目之一，我司肩负着集团智慧港口示范建设的重担，需要从常规码头向智慧化码头转型。其中堆场自动化逐渐成为集装箱码头的发展趋势，有目的的改造传统码头，引入自动化技术是减少人工成本，减轻操作人员工作强度的有效手段。

1 项目介绍

1.1 堆场布置概况

一阶段工程拥有2幅重箱堆场、16台轨道吊，水平运输设备采用内外集卡混合作业。每台轨道吊内有两条车道，其中一条为作业车道，另一条为超车道。2幅重箱堆场平行于码头岸线布置，整体布局分成8个箱条，每个箱条配置一台轨道吊，相邻堆场同一行箱条的的轨道吊可以沿着轨道过街作业，如图1所示。

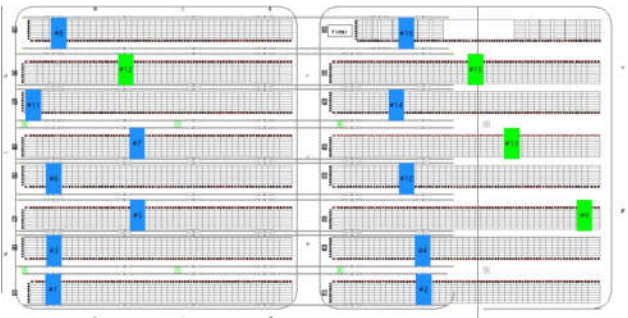


图1 一阶段16台轨道吊分布图

1.2 轨道吊概况

现有轨道吊均是地面电源供电、电驱动无外伸臂轨道式龙门起重机，配有使用高压电源（10KV）供电的变电装置及起升、小车、大车机构，防摇形式为四绳防摇。小车运行在门架横梁的轨道上，能在门腿间进行集装箱装卸作业。轨道吊的控制使用西门子S7-300系列全数

字式可编程控制器（PLC）控制，驱动采用西门子6SE70和SI20系列全数字交流变频驱动器。

1.3 项目方案

甬舟公司为了实现堆场全自动化作业的目标，于2021年2月启动了一阶段16台轨道吊自动化改造项目，改造后单机保留司机室功能，正常情况下为自动化作业，维护时可以在本机司机室、操作站或通过无线控制器进行操作。自动化作业时，能够实现对内集卡和箱区内全自动作业，对外集卡实现远程人工一键确认作业。

项目详细方案如下：

1.3.1 保留原有西门子的基础电控系统、液压防摇系统及吊具上架，单机上增加了三大机构定位冗余技术、目标定位系统、负载定位系统、集卡引导系统、集卡识别技术、集卡防吊起冗余技术、通讯冗余技术、视频系统等自动化子系统。

1.3.2 所有16台轨道吊不再设置另外一套远控平台，接入到我司二阶段项目自动化轨道吊远控平台，二阶段远控平台建立统一任务分配接口，单机实时接收远控平台指令，接受平台调度指挥，并反馈指令完成、异常、取消等交互信息，如图2所示。

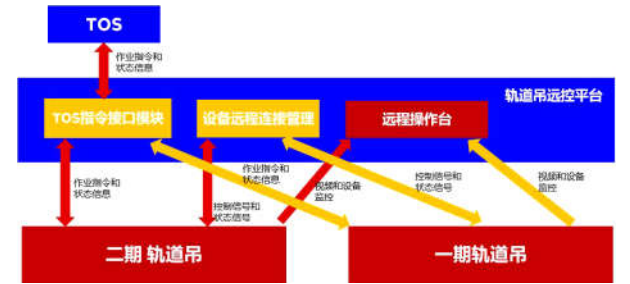


图2 远控系统互联互通互控

1.3.3 安全方面在通讯技术上采用通过IEC61508 SIL3级认证的Profisafe协议的安全性PLC，在设备运行上采用有防打保龄功能、防砸车头保护功能、车辆异动检测、超车道遮挡报警、大车障碍物检测等技术，保证设备高效安全的运行^[1]。

2 项目难点与解决方案

在整个项目的过程中,通过“头脑风暴”提出的富有创造性的方案,经过大量的实践验证,先后攻克了不同电控品牌通讯控制融合、不同类型轨道吊远控系统融合、叠箱精度等多个难题。

2.1 不同电控品牌通讯、控制融合解决方案

出于经济性和工期的考虑,原设备上西门子电控系统运行状态良好,故保留该电控系统;为了轨道吊电控系统控制的精度和实时性,采用ABB主PLC替代原西门子主PLC。由于两个电控系统各自采用自家的通讯协议,故本项目需考虑如何整合两种通讯方式,实现两个系统之间的通讯。

破题举措如下:

(1) ABB主PLC和西门子变频器之间采用国际标准协议,进行重新组态,规定好双方的通讯接口;

(2) 原西门子变频器型号较老,功能上已无法完全满足自动化控制要求,故重新改写变频器控制逻辑及相关参数来保证自动化控制的要求,来提高系统响应性。

2.2 4绳防摇控制解决方案

轨道吊防摇模式为四绳缠绕系统加液压防摇,区别于目前主流自动化系统的八绳缠绕系统,原系统的防摇效果较差,调节精度低,系统响应慢,易受大风影响,无法满足自动化的要求^[2]。

破题举措如下:

(1) 保留上架液压防摇机构,小车顶部液压倾转系统更换为控制精度更高、响应速度更快的电子倾转系统;

(2) 增加小车方向上的电子防摇功能,使小车运行自动稳关;

(3) 进行路径优化,根据起始位、目标位、箱位图、加减速等因素自动计算最优路径,保证安全和效率;

(4) 在最后放箱前,实现小车、大车方向的点动来纠正防摇带来的误差。

2.3 叠箱精度控制解决方案

轨道吊使用的是4绳防摇系统,抗风能力差,且未配置吊具微动系统,标准自动化设备作业时最后着箱前的微调一般由吊架上的微动系统来完成,而老机由于机械结构问题,无法在上架加装微动系统,导致调节时间长,作业效率慢,叠箱精度控制较难。

破题举措如下:

(1) 重构电控逻辑,优化功率曲线,提升机构运行效率;

(2) 增加大车机构单传动模式,实现起升、大车、小车三机构联动微调,减少对位调整时间;

(3) 优化路径选择、吊具姿态控制、场地坡度校正等自动控制逻辑,提高单机效率;

(4) 堆场重划车辆对位辅助线,如图4所示,提升车辆一次停准成功率,避免跳台;

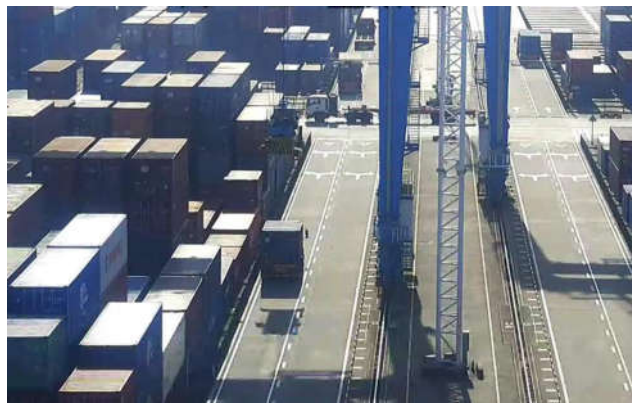


图3 车道辅助线

2.4 场地沉降不均匀解决方案

场地及轨道不均匀沉降,导致轨道吊出现海陆侧跑偏、吊具姿态偏移、大车车轮打滑等问题,影响自动化作业成功率。

破题举措如下:

(1) 经过分析总结后,研发了大车定位FLAG板加密技术,FLAG板由原来的12米左右缩短一半,确保大车在两个FLAG板之间位置受车辆滑动影响较小;

(2) 将大车电机的控制由对角控制变为单边控制,实现大车的纠偏控制;

(3) 在大车运行中,加入了场地倾斜度算法补偿,如图5所示。缓解了基建问题所带来的影响,大大提高了设备鲁棒性。

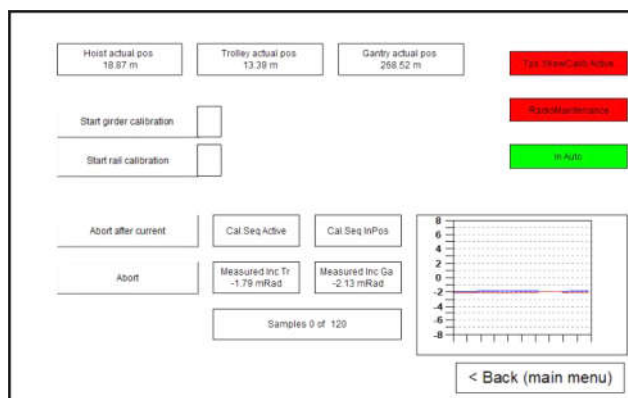


图4 堆场坡度补偿自动标定界面

3 关键技术与创新

3.1 堆场全自动开底技术

目前自动化轨道吊开底作业环节一般由人工操作实现或在对场内安装开底标志物,这两种方式人工和维护

成本都很大,没有完全释放自动化设备的优势,为了解决此痛点,该项目研发了自动开底技术,通过大车定位精确控制技术、堆场电子地图技术、高清扫描技术等多项技术融合,共同协作,实现了自动开底作业,整个过程无须司机人为介入^[3]。

3.2 同时与多类型集卡交互

自主开发设计了轨道吊设备与ICT和IGV不同形式的智能运输设备混行自动作业的交互系统,该系统具备自动化交互作业过程中流程出错、故障异常、重关防护等多项保护功能,实现了轨道吊与智能运输设备的全流程自动化作业。

3.3 四绳液压防摇自动稳关技术

保留上架液压防摇系统,采用控制精度更高和带有数据反馈的电动推杆变频控制的倾转机构,增加软件电子防摇功能,根据起始位、目标位、箱位图、加减速等因素自动计算最优路径,最终实现吊具在小车、大车运行时的稳关功能。

3.4 小箱作业自动化流程创新

根据甬舟码头堆场自身特点,采用2个RFID天线+OCR摄像头的方式来确认作业车辆号。当20尺后箱作业时采用OCR来确认车辆号及触发自动化流程,有效缩短大车方向RFID天线支架长度3米多,降低了设备钢结构损坏风险,保留了堆场集装箱的堆存能力。

4 项目成果

项目于2023年10月完成全部改造工作,12月通过整体验收,设备交付投产作业后使用效果良好,各项参数均处于国内先进水平。项目主要成果如下:

4.1 操作台与设备配比达1:4,降低了司机劳动强度,作业效率相对于人工操作提升了20%左右,当班作业司机至少可以减少四分之三,16台轨道吊全场作业只需配备4人,较之前人工作业每班次可至少减少12人。

4.2 改造后设备自动化水平不断提高,司机可以凭借高科技技术自动化进行生产工作。减少了司机的劳动强

度,减轻了司机患职业病的风险,为司机提供了良好的工作环境。

4.3 设备改造后自动化生产的安全性大大提高,传统码头作业时,现场需要配备大量监护人员、设备作业人员,当人机、人车交互时,设备保护大部分靠操作司机主观观察,易产生人身伤害事件。本项目改造后,设备信息采集能力增强,信息系统不断完善,如集卡防吊起系统、防打保龄系统、大车防撞系统等,在保证作业效率的同时,消除相应事故隐患,保障生产的安全性及可靠性。

4.4 从生态角度看,传统轨道吊生产效率低,导致作业耗能大,长期以往造成严重的能源浪费。而自动化改造后设备运行效率高于人工,可进一步减少碳排放,使绿色港口的目标更进一步。

结束语

当前国内存在大量的四绳结构人工作业轨道吊,本项目是国内第一个大批量四绳结构轨道吊自动化改造项目,该项目取得了巨大的成功,作业效率及自动化率均创改造龙新高,且获得了教育部科技查新工作站出具的科技查新报告,可为行业内其他轨道吊改造项目提供经验借鉴及思路,助推中国港口事业智能化发展。

核心技术包括TPS目标扫描系统、LPS吊具定位系统、VAS集卡引导系统、电子防摇系统、自动着箱系统等,项目上线后司机从传统司机室作业转移到了远程控制室作业,改善了司机的作业环境和强度,节省了75%以上的人工成本,产生了显著的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1]蔡超.浅谈自动化集装箱堆场改造及操作工艺创新[J].中国设备工程,2022(03):111-112.
- [2]何业科,刘政刚.广州港南沙港区四期自动化集装箱码头建设方案[J].集装箱化,2021,32(09):5-7.
- [3]林洪为.传统集装箱码头堆场自动化改造和操作工艺革新[J].港口科技,2019(08):7-9.