

Analysis of Electrical Control Technology for Container Gantry Crane

Rui Cao Wei Zhou

Wuhan GUIDE Electric Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

Container gantry cranes serve as essential handling equipment in modern port and logistics yards, where their electrical control systems critically determine operational stability and reliability. To enhance system performance, it is imperative to optimize electrical control systems through strategic implementation of drive and speed regulation technologies, logic control and safety protection mechanisms, as well as intelligent technologies. System reconstruction must be conducted based on operational requirements and application scenarios to establish robust foundations for future electrical system operations, thereby facilitating the transition of port handling equipment toward high efficiency, safety, intelligent functionality, and low-carbon development.

Keywords

container gantry crane; electrical control technology; system design; efficient operation

集装箱门式起重机电气控制技术分析

曹睿 周伟

武汉港迪电气有限公司, 中国·湖北 武汉 430000

摘要

集装箱门式起重机是现阶段港口和物流堆场的常用装卸设备,其电气控制系统对于机械设备运行的稳定性、可靠性会起到至关重要的影响。因此加强集装箱门式起重机电气控制,合理应用驱动与调速控制技术、逻辑控制与安全保护技术、智能化技术,对集装箱门式起重机电气控制系统做出有效优化和调整是十分必要的。需根据集装箱门式起重机的运行需求及应用方向做好系统重构,进而为后续集装箱门式起重机电气系统的运行打下坚实基础,助力港口装卸装备向高效、安全、智能、低碳发展。

关键词

集装箱门式起重机; 电气控制技术; 系统设计; 高效运行

1 引言

经济社会的迅速发展使得现阶段港口物流的规模越来越大,为了更好地提高物品输送效率,集装箱门式起重机得到了广泛推广,大大提高了作业效率和作业安全。而相较于传统的继电器接触控制,粗放型驱动方式显然已经无法满足现阶段港口高负荷、高精度、连续化的作业需求,必须对集装箱门式起重机电气控制系统做出优化和调整,可通过如下几种技术的合理应用提高集装箱门式起重机运行的稳定性和可靠性。

2 驱动与调速控制技术

驱动与调速是电气控制的核心,对于集装箱门式起重机运行的稳定性、定位精度、能耗程度都会起到至关重要的

影响。就现阶段来看集装箱门式起重机以交流变频驱动为主,配合直流调速、定子调压调速等相应方式满足定位需求、运行需求和能耗控制需求^[1]。但不同技术在调速范围、平稳性、能耗成本及维护上是存在鲜明差异的,需要根据实际情况和需求来进行技术选择,如表1为主流驱动调速技术调速性能、运行稳定性、能效水平、维护成本、适用场景的对比。

变频驱动控制也可以保障集装箱门式起重机运行的稳定性和可靠性,可借助变频器来调整输出电源频率和电压,进而调节电机转速,配合制动单元和能量回馈单元确保启动平稳,降低运行能耗。在起重机起升机构设计中变频驱动控制技术的有效应用可以满足重载、低速启动、匀速运行、微动、精准定位等相应需求。一般情况下在变频驱动系统设计中可以采用闭环控制,根据速度和位置传感器的反馈信息对输出参数做出实时调整,以此来确保定位精度和同步性能。该系统在异常工况下可以快速限流、停机或切换至安全状态,避免出现机械失效、设备失控的问题。还可通过多机构驱动协同控制来提高集装箱门式起重机运行的稳定性。集装

【作者简介】曹睿(1990—),男,中国湖北荆州人,本科,从事港口起重机电气控制研究。

箱门式起重机的执行机构是相对较多的，例如起升、大车、小车、吊具等，协同控制是保障集装箱动作连贯和运行稳定的重要基础，可以以统一时序和连锁逻辑为基础进行机构间动作互锁，保障机构间速度、位置能够有效匹配。而想要达

成协同控制目标就需要借助高速通信总线，做好控制器与驱动器、传感器之间的数据交互，确保指令信息能够及时传输并快速得到反馈响应，以此来满足后续连续装卸作业中的协同需求^[2]。

表 1 主流调速技术对比。

技术类型	调速性能	运行平稳性	能效水平	维护成本	适用场景
交流变频驱动	宽范围无级	优	高	低	全机构通用
直流调速	高精度	优	中	高	特殊高精度工况
定子调压调速	窄范围有级	一般	低	低	简易辅助机构

3 逻辑控制与安全保护技术

在集装箱门式起重机电气控制系统优化中 PLC 逻辑控制体系、安全保护系统配置和故障诊断与状态监测可更好地保障集装箱门式起重机运行的稳定性和可靠性，避免生产安全事故。PLC 逻辑控制体系可以作为集装箱门式起重机电气系统的控制核心，满足指令解析、连锁保护、数据处理、通信管理、逻辑运算等相应需求。一般情况下 PLC 包含 CPU 模块、数字量输入输出模块、模拟量采集模块、通信模块等不同模块，可通过模块化硬件结构调整来满足不同规模和功能的需求。在此基础之上则需要对控制程序作出适当优化，从机构启动、调速、制动、限位、连锁、故障判断等多个维度出发优化逻辑算法，以保障运行安全为核心充分考量紧急停止、极限限位、超载保护等相应功能的执行需求，并将该类功能作为最高优先级对算法进行优化，确保在故障状态下可以第一时间作出反应，避免带来更大的损失和危害^[3]。

安全保护是确保电气控制系统能够稳定运行的关键组成部分。在安全保护系统设置中应充分考量机械限位、电气连锁、荷载保护、行程保护、故障报警等相应需求。可通过机械限位和电气限位的设置有效避免在系统运行过程中出现机构超行程运行的问题。配合荷载监测装置可以实时监测起吊重量，避免重量超过荷载限额引发机械故障。而紧急停止按钮则可以在触发后紧急停机，配合门限位、舱口限位、检修连锁进一步保障工作人员的人身安全。在保护系统设计中，可供借鉴和选择的技术方法是相对较多的，而不同保护类型的保护对象、动作逻辑是存在鲜明差异的，需根据保护需求来具体问题具体分析，如表 2 所示为核心安全保护功能配置。同时，在保护系统设计期间还可通过冗余和独立设计使关键回路不再依靠单一器件，提高系统运行的容错能力，配合声光报警和状态记录，为后续故障排查及检修工作的落实提供更多参考。

表 2 核心安全保护功能配置

保护类型	保护对象	动作逻辑	反馈方式
行程限位保护	各运行机构	超程切断动力	声光报警 + 状态显示
载荷超限保护	起升机构	超载禁止上升	声光报警 + 强制停机
紧急停止保护	全系统	瞬时切断动力	强制断电 + 状态锁定
机构连锁保护	多机构协同	互锁禁止误动作	状态提示 + 指令屏蔽

在故障诊断和状态监测方面可借助传感器技术、物联网技术等相应现代化技术实时监控电气系统，收集整理电压、电流、温度、绝缘、通信状态等相应参数，配合人工智能技术实时分析监测数据，及时识别异常问题。系统还应当具备故障存储、查询、分类和提示功能，即在出现故障时，维修人员可在第一时间接收到故障信息，了解故障位置、原因并对其进行修理，提升故障响应能力。同时在后续维修保养工作开展的过程中也可以根据历史维修记录、故障记录明确后续维修保养的重点与核心，提高维修保养成效^[4]。

4 智能化升级和节能技术应用

现今时代是信息时代和数字化时代，信息技术、大数据技术、人工智能技术等相应现代化技术的普及和应用为人们的生产生活提供了更多的助力和便捷，各行各业也在积极探索数字赋能路径，实现智慧化建设、自动化建设。现阶段港口智慧化建设俨然已经成为了港口建设发展的必然趋势，在集装箱门式起重机电气控制技术应用及系统设计和优化的过程中也需关注智能化、自动化建设需求，通过智能控制与自动化作业、节能降耗技术应用、网络化与数字化运维等多种方式最大程度地保障集装箱门式起重机运行的稳定性和可靠性并且有效降低其操作难度，甚至实现自动化管理，在降低运行成本的同时也避免人工误触导致安全事故出现或经营损失增加。

在状态监测中需注意加强对驱动器件、控制器件、执行机构和供电线路的监控，尤其是关键部件可通过历史数据和实时数据的收集、整合分析来明确其性能趋势，提前预见风险问题，保障维修工作落实的前瞻性，避免故障损失出现影响后续各项工作的推进。

在智能控制和自动化作业方面可借助传感器来获得完

整全面的信息数据,配合视觉识别、定位导航和智能算法实现自动对位、自动抓放箱、自动路径规划、主动防撞等,降低人为干预,保障作业效率和作业精度。还可通过远程操控与集群协同技术的应用让操作人员可以通过智能终端设备同时完成多台设备的集中管控,打破作业的空间限制。考量到远程操控可能会面临着各种不可控因素很容易会出现操作失误,进而增加系统运行风险,在远程操控和集群协同技术应用的同时还需对仪器设备的自动操作算法进行适当调整,使设备可以根据荷载、风速、位置等相应参数,自动优化运行曲线,提高设施设备的环境适应能力^[9]。

在集装箱门式起重机电气控制系统优化的过程中还应当考虑能源损耗问题。可在变频驱动的基础之上设置能量回馈单元,将制动再生电能回馈电网,有效降低能耗,系统控制算法的优化也可以减少系统空载运行和轻载损耗。在照明系统和辅助系统在设计期间也可通过变频控制技术的引入降低能耗。为了及时发现能耗缺口,最大程度地降低集装箱门式起重机运行成本和资源消耗,还可构建能耗监测与统计模块,实时收集整合集装箱门式起重机运行期间各机构的能耗情况和设备整体的能耗情况,根据能耗分布对节能管理策略作出针对性调整。需注意,节能技术的应用不代表作业效率需因此做出让步,应根据作业需求、作业负荷来进行针对性调整。

网络化与数字化运维也是保障集装箱门式起重机能够稳定运行的重要基石,在物联网技术、大数据技术等相应现代化技术融入以后,集装箱门式起重机电气控制系统的运行效率更高,工作质量也会因此而提升。而在这个过程中则会涉及到网络管理问题,可借助工业以太网、5G等相应通信技术将设备联网接入港口管理平台和设备运维系统,基于收

集到的运行数据、故障记录、维护历史,打造数字模型,精准预测可能存在的风险问题。网络化运维应满足远程编程、远程调试、远程诊断等相应需求,这样工作人员就不必抵达现场来展开运维工作,大幅降低工作压力,提高维护效率和响应速度。同时这也可以为港口调度、仓储管理、物流跟踪提供帮助,实现全流程数字化协同^[9]。

5 结语

集装箱门式起重机电气控制集驱动、控制、传感、通信、安全、智能于一体,想要进一步提高设施设备的运行性能,保障运行的稳定性和可靠性,就必须对电气控制系统做出适当的优化和调整,通过智能化与节能技术、逻辑控制和安全保护技术、驱动与调速控制技术等相应现代化技术的融入和应用提升集装箱门式起重机运行的稳定性和可靠性,满足现代港口连续化、高负荷、高精度作业需求。

参考文献

- [1] 李柯鹏. 基于电气控制探讨的桥式起重机分析 [J]. 电气技术与经济, 2024, (05): 153-155.
- [2] 经德利. 提升门式起重机电气控制及性能可靠性的方法 [J]. 设备管理与维修, 2022, (14): 111-113.
- [3] 查林雄. 桥式起重机电气控制系统改造 [J]. 云南化工, 2022, 49 (04): 122-125.
- [4] 刘曙光. 门式起重机控制系统软件. 安徽省, 安徽多杰电气有限公司, 2020-09-23.
- [5] 员会超,陈敬亮. 门式起重机整机拒动故障的分析与处理 [J]. 水电站机电技术, 2020, 43 (09): 40-42.
- [6] 冯健红. 门式起重机起升机构控制改造与应用研究 [J]. 中国设备工程, 2019, (21): 90-92.