

Application Thinking of PLC and Frequency Conversion Control Technology in Port Cranes

Kang Lu Rui Cao

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

Abstract

Cranes play a pivotal role in port logistics systems, where their functionality and operational efficiency directly impact overall port productivity. In the context of modern economic development, port logistics operations now demand higher performance standards for crane control systems. Supported by industrial automation technologies, PLC (Programmable Logic Controller) and variable frequency drive (VFD) control systems enhance lateral positioning accuracy, improve system safety and reliability, reduce energy consumption, and ensure stable crane operations. This study analyzes key application strategies and optimization approaches for PLC/VFD integration in port cranes, aiming to significantly boost operational safety and reliability while maximizing the value of crane systems in port operations.

Keywords

PLC; frequency conversion control technology; port crane; application

PLC 与变频控制技术在港口起重机中的应用思考

鲁康 曹睿

武汉港迪电气有限公司, 中国 · 湖北 武汉 430000

摘要

起重机在港口物流系统中发挥关键作用, 其功能、效率直接关系到港口整体作业效能。在现代化经济发展背景下, 港口物流作业对起重机控制系统运行效果提出了更高的要求。在工业自动化技术支持下, PLC 与变频控制技术能够提高整体作业精度, 强化系统安全性和可靠性, 减少能源消耗, 提高节能效果, 保障港口起重机系统的稳定运行。文章主要对 PLC 与变频控制技术在港口起重机的应用要点和优化策略进行分析, 从而有效提升起重机系统运行安全性和可靠性, 充分发挥起重机在港口工作中的价值作用。

关键词

PLC; 变频控制技术; 港口起重机; 应用

1 引言

在现代化经济发展背景下, 港口运输量逐渐增大, 同时对起重机吊装能力提出了更高的要求。新时期, PLC 与变频控制技术在港口起重机中的应用, 能够促进整体机械设备的电气化发展, 满足港口货运的实际需求。

2 PLC 与变频控制技术在港口起重机中的应用优势

2.1 提高作业精度

通常情况下, PLC 的扫描周期不超过 10 毫秒, 在变频器的矢量控制算法辅助作用下, 能够实时调节电机转速, 这样能提高吊具定位速度, 如可以把集装箱对位时间控制到

15 秒内^[1]。此外, PLC 能够利用逻辑编程功能, 促进起升、变幅、小车等多个环节的联动控制, 这样能够有效避免单环节操作等待时间, 保障单位时间作业量的有效提高。

2.2 强化系统安全

港口起重机往往需要在高湿度、粉尘、振动等环境中进行工作, 需要控制系统可靠性运行。通过 PLC 与变频技术的应用, 能够引进多重保护机制, 可以促进系统的可靠性、安全性运行。在主流 PLC 的支持作用下, 能够实现双 CPU 热备、I/O 模块冗余配置, 确保关键控制功能的持续运行。此外在变频器内部设置多种保护算法, 包含过流、过载、过压、欠压等, 这样可以在出现突发情况时及时切断故障回路, 防止电气元件出现损坏问题^[2]。PLC 与变频器具备自诊断功能, 能够利用 HMI 实时显示故障代码, 提高故障排查效率, 保障系统安全运行。

2.3 减少能源消耗

港口起重机的能耗较高, 且电机运行效率较低, 资源

【作者简介】鲁康 (1993-), 男, 中国湖北汉川人, 本科, 从事港口起重机电气控制研究。

浪费严重。针对这种情况，需要引进 PLC 与变频技术，以便达到节能降耗目的。通过该技术的应用，能够结合负载需求，针对性调节电机转速，如空载时可以把转子转速降低到原来的一半左右，这样可以节约能源^[3]。此外，四象限变频器的应用，能够把起重机下降或者制动减速中产生的再生电能回馈到电网中，这样能够有效节约能源；变频调速还能够减少机械传动部件的冲击磨损，延长设备使用寿命，有效控制维护成本。其中，PLC+变频控制系统与传统控制系统的应用效果对比分析如表 1 所示。

表 1 PLC+变频控制系统与传统控制系统的应用效果对比分析

指标	传统控制系统	PLC+变频控制系统	提升幅度
平均无故障时间 (MTBF)	1500 小时	4500 小时	200%
作业效率	25 吊次 / 小时	35 吊次 / 小时	40%
单位能耗	8.5 kWh / 吊次	5.95 kWh / 吊次	30%
维护成本	12 万元 / 年	5 万元 / 年	58.3%

3 PLC 与变频控制技术在港口起重机中的应用要点

3.1 变频控制技术的应用

港口起重机对系统总体结构和稳定性的要求较高，使其能够担当起运送商品的重担。因此，PLC 和变频技术可以高效管理卷扬机的整体控制器和调速体系，有效提高起重机的工作效率。在港口起重机中采用变频器控制，能够保障调速系统安全性，在具体应用中，能够在设备运行前自动监控起重机的扭矩和制动状态，这样能够防止出现负载收缩问题^[4]。同时，调速系统还能够记录实际输出扭矩信息，并对电机参数变化进行动态监控。该系统能够构建脉冲编码器接口，防止出现溜钩失速问题，进而优化变频器的动态响应水平，有效提高变频驱动性能。其中，交流变频调速系统主要包含电子控制装置、机械装置和异步电动机等装置，核心部分就是变频器。电动机和生产设备对起重机的扭矩和负载扭矩产生关键影响，在设计过程中需要选择恒转矩控制方式，进而确保实际运行功率和最高转速负荷功率相同，进而提高起重机的转矩过载性能。

3.2 可编程控制器选型

随着科学技术的发展，可编程控制器在工业控制场合中发挥了越来越重要的作用，且逐渐摒弃了传统的单一逻辑控制方式，引进了集成逻辑控制方式，功能逐渐健全和完善，满足实际工作需求，减少人为工作量，保障工作效率的提高。但是不同产品的结构、性能存在很大差异，需要根据控制系统的实际情况针对性选择可编程控制器型号，使其发挥最大效用，强化控制系统效能，从而保障控制系统的稳定运行。因此在具体选型过程中，需要满足可靠性、经济技术指标要

求，同时要确保控制系统可靠运行，方便维护和最佳性价比^[5]。在港口起重机 PLC 模块设计针对性的通讯模块，以便促进机械设备的联动运行。在港口提升机运行过程中，需要把信号输入到内部 PLC 模块，并利用控制系统对信号进行处理并将其发送到港口，通过内部变频器控制电机转速。PLC 模块传来的反馈信号会被传送到运算模块，然后利用接触器执行反馈信号，以便确保起重机的正常可靠运行。

3.3 港口起重机械运作调试应用

起重机的 PLC 变频控制程序对整体控制系统、起升机构和超载方面都能够起到良好的保护作用。在具体工作中，门式起重机信号需要输入到 PLC 模块中，然后通过控制中心进行处理，最后输出到端口，通过变频器控制其速度，这时通过 PLC 传入的信号就会在变频器中得到有效反馈，并结合反馈信息进行操作，保障门式起重机的安全运行。其中，PLC 在门式起重机操作和调试中的作用体现为：（1）零位保护作业中，在起重机起吊前，要对主指令检查器进行详细检查，如果控制平台面板上的数据显示为零位，则表明 PLC 能够安全可靠运行。由此可见，零位保护在 PLC 管理中发挥了关键作用，能够通过检测和测试工作，保障 PLC 的高效运行^[6]。（2）上升运行，在起重机吊装上升过程中，需要执行库存货物所要求的操作命令，并结合实际情况优化调整机械挂钩动作功能，进而保障 PLC 和变频器的安全运行，才能确保拉升转速和起升频率的有效调节。在这一过程中，需要 PLC 控制和变频器控制同步开展，促进接触器准确吸合，促进吊装上升运行的正常进行。（3）下降运行，在此过程中，需要 PLC 和变频装置的参与，有效降低了门式起重机的控制难度，再加上 PLC 和变频器的相互配合，能够利用命令控制输出频率的方式，使输出频率与控制指令匹配，一旦满足两者要求后，就能够完成下降动作的目的。

3.4 保护机制应用

当 PLC 模块和变频器控制保护港口提升机时，需要结合提升机的实际情况，构建针对性的保护措施，其中包含减载限位开关控制保护、附加限位开关控制保护、最大风速控制防护、过载脱扣防护。PLC 可以对设备运行状态进行自动检测，尤其在变频器的作用下，实现港口起重机的科学运维和管理。具体的保护方式有：（1）控制系统保护，当控制器参数显示为零时，与其他系统处于断开状态，一旦发生突发故障问题，就会自动归零，防止系统、周边设备出现负面影响。此外，在电源保护状态中，需要起重机电气系统的所有电源都处于运行状态中，才能确保起重机的安全运行，减少电源故障的出现几率。（2）起升机构保护，该保护方式包含上升和下降限位保护两种形式，当起重机具体行为达到极限状态时，响应的限位动作就会进入停止状态，这时候，故障报警系统会第一时间发出报警提示，确保系统控制器进入到归零状态，之后才能重新开展上升或者下降行为。

4 PLC与变频控制在港口起重机中的优化策略

4.1 抗干扰问题和电磁兼容设计

通常情况下,港口环境中的强电磁干扰较为严重,来源包含高压电缆、电机启动、射频设备等,容易引起PLC与变频器通讯中断或者控制信号失真问题。针对这种情况,需要采用科学方法进行处理,如利用硬件进行隔离,即通过光电耦合器隔离PLC的I/O模块,变频器输入侧加装电抗器和滤波器,这样能够有效控制谐波污染问题^[7]。此外,还需要结合实际情况,规范布设电力线路,如把控制电缆与动力电缆分开敷设,并实现单端接地,这样能够有效降低电磁耦合干扰。引进软件滤波方式,即利用PLC程序中的模拟量信号进行数字滤波,通过这种方式能滤除高频干扰信号。

4.2 优化调速精度

港口起重机在起吊不同重量的货物时,容易出现电机负载差异较大的问题,这样一来会严重降低调速精度,甚至出现震荡问题。针对这种问题,需要引进自适应算法,即在PLC中集成模糊控制算法,结合负载变化动态调整变频器的速度环、电流环参数。引进预励磁控制模式,在其中变频器前,需要对电机进行预励磁,构建更加稳定可靠的磁场,防止重载启动时的溜钩现象。此外还需要通过机械惯量补偿方式进行优化,即利用PLC计算吊具+货物的总惯量,在加减速环节中结合实际情况,动态调整输出转矩,这样能够有效控制速度超调的问题。

4.3 系统集成化管理

以往的起重机控制系统主要是以独立状态运行,不能对起重机运行情况进行远程监控,难以实现实时的数据分析工作。针对这种情况,需要融入现代化技术,实现各个子系统集成管理,促进数据化处理,保障控制系统运行效果的提升。在具体工作中,需要接入工业互联网,即利用PLC的以太网模块,对电机电流、故障记录等设备运行数据进行全面采集,并上传到云平台,这样可以实现远程状态监控,为

预防性状态维护提供数据参考。此外还需要持续性优化人际交互,即摒弃传统的按钮操作台,引进触摸屏HMI,这样能够实现可视化操作功能,包含参数设置、故障报警等,实现便捷化、高效化操作^[8]。最后还需要做好数据融合分析工作,即利用PLC采集实时数据,并与港口生产调度系统联动合作,以便结合实际情况,持续优化和完善调度策略,保障整体港口运营效率的提高。

5 结论

综上所述,在港口起重机中引进PLC与变频控制技术,能够优化整体机械设备的控制模式,有效提高工作效率,保障系统安全可靠,有效节能降耗,促进港口货运效率的全面提升。在PLC与变频控制技术的支持作用下,能够进一步促进港口的绿色化、智能化发展,尤其可以与互联网和AI技术深入融合,为智慧港口的建设提供技术支撑。

参考文献

- [1] 胡佳辰. 港口起重机PLC与变频控制技术的应用效果研究[J]. 中国高新科技, 2021, (07): 136-137.
- [2] 李胜永,季禹,张悦. 港口起重机变频电机智能安全监测装置设计[J]. 电气传动自动化, 2020, 42 (03): 36-40.
- [3] 宁伟涛. PLC及变频器在港口起重设备上的运用分析[J]. 中国设备工程, 2019, (19): 148-149.
- [4] 张媛媛. 浅谈交流变频调速系统在港口起重机上的应用[J]. 山东工业技术, 2017, (19): 43.
- [5] 王泽升. 基于PLC控制系统在港口机械的应用分析[J]. 科技创新与应用, 2017, (04): 169.
- [6] 张学伟. PLC与变频技术在港口起重机械中的应用研究[J]. 山东工业技术, 2016, (09): 298.
- [7] 饶来庆. 港口起重机PLC与变频控制技术的应用[J]. 数字技术与应用, 2016, (02): 16.
- [8] 张勇. 港口起重机PLC与变频控制技术的应用[D]. 华南理工大学, 2013.