

PLC技术在港口电气自动化系统中的应用

陈奇列

舟山鼠浪湖码头有限公司 浙江 舟山 316000

摘要：本文阐述PLC技术的定义、工作原理、分类选型，分析港口电气自动化系统的组成与特点，探讨PLC技术在其中的应用优势与具体场景。研究表明，PLC技术通过提高系统可靠性、增强灵活性、实现精准控制等，显著提升港口电气自动化水平，在起重机、输送带、供配电等系统及其他子系统中均发挥重要作用，为港口高效运行提供有力支持。

关键词：PLC技术；港口电气自动化系统；应用

1 PLC 技术概述

1.1 PLC的定义

可编程逻辑控制器（PLC）是专为工业环境设计的数字运算电子系统，通过可编程序存储器存储指令，经数字或模拟输入输出控制机械设备与生产过程。20世纪60年代末，美国通用汽车为解决流水线控制难题，催生了PLC的研发。1969年，美国数字设备公司成功研制出首台PLC并应用于汽车生产线。历经电子技术发展，PLC不断迭代，现已成为工业自动化核心设备。市场数据显示，2023年全球PLC市场规模约150亿美元，预计2028年超200亿美元，年复合增长率达6%，广泛应用于多行业。从结构剖析，PLC由中央处理器（CPU）、存储器、输入输出接口、电源模块和编程设备构成。CPU负责程序执行与数据处理，存储器存储系统及用户程序，输入输出接口连接外部设备，电源模块供电，编程设备用于程序编写调试，各部分协同保障PLC高效运行。

1.2 PLC运作机理

PLC运作基于循环扫描机制，其流程大致涵盖输入采集、逻辑处理与输出更新三大阶段，此循环流程持续循环执行。于输入采集之时，PLC首要动作乃是将各输入接点的状态录入至输入映像存储器，此时输入映像存储器实现数据更新。在逻辑处理阶段，PLC遵循梯形图或指令序列的既定次序，自首条指令起始顺序执行，依据输入映像存储器及其他元件映像存储器中的数据实施逻辑演算，并将演算所得结果存储至相应元件映像存储器中。至输出更新阶段，PLC则将输出映像存储器中存储的信息传送至输出锁存装置，借由输出接点以驱动外部装置。此类循环扫描的运作机理确保了PLC对输入信号的迅速响应，同时维系了程序执行的稳固性与信赖度^[1]。

1.3 PLC的分类与适配选择

依据构造样式的差异，PLC可被划分为集成式和组

件式两大类。集成式PLC集电源、CPU、输入输出界面等组件于一体，结构紧凑、体积小且经济，适合应用于小型自动化管控系统；组件式PLC则将各功能模块单独封装，用户能根据实际要求灵活挑选并组合模块，展现出配置多变、扩展性能强的特性，常用于中大型自动化管控系统。依据I/O点数的数量，PLC又可分为小型、中型及大型三类。小型PLC的I/O点数通常少于256点，主要用于单机管控或小型生产线作业；中型PLC的I/O点数介于256至2048点之间，适用于复杂度较高的管控系统；大型PLC的I/O点数超过2048点，足以满足大型工业自动化管控系统的需求。在选型时，需要综合考虑多个因素。首先是控制任务的需求，包括输入输出信号的类型和数量、控制精度、响应速度等；其次是通信功能，要确保PLC能够与其他设备进行有效的数据通信；再者是可靠性和环境适应性，要根据使用环境的温度、湿度、粉尘等条件选择合适的PLC；最后是成本因素，在满足功能要求的前提下，选择性价比高的产品。

2 港口电气自动化系统分析

2.1 港口电气自动化系统的组成

港口电气自动化系统是一个复杂的综合性系统，主要由电力系统、控制系统、监测系统和通信系统等部分组成。电力系统是港口正常运行的动力源泉，包括供电设备、变压器、高低压开关柜等，负责为港口的各类设备提供稳定的电力供应。控制系统是港口电气自动化系统的核心，它通过对各种设备的控制，实现货物的装卸、运输等作业流程的自动化。控制系统包括可编程逻辑控制器（PLC）、变频器、伺服驱动器等设备，它们协同工作，精确控制设备的运行^[2]。监测系统用于实时监测港口设备的运行状态和环境参数，包括传感器、监测仪表、数据采集装置等。通信系统则实现了各个子系统之间的数据传输和信息交互，包括有线通信和无线通信两

种方式。有线通信如以太网、现场总线等，具有传输稳定、抗干扰能力强的特点；无线通信如Wi-Fi、5G等，具

有安装灵活、便于移动设备通信的优势。图1展示了港口电气自动化系统的组成结构。



图1 港口电气自动化系统组成结构图

2.2 港口电气自动化系统的特点

港口电气自动化系统具有以下显著特点：首先是环境适应性要求高，港口处于复杂的自然环境中，受海风、盐雾、潮湿、高温等因素影响较大，这就要求电气设备具有良好的防腐、防潮、防尘等性能。据统计，在沿海港口，由于盐雾腐蚀导致电气设备故障的比例高达30%以上。其次是可靠性要求高，港口作业具有连续性强的特点，一旦电气自动化系统出现故障，将导致货物装卸效率大幅下降，甚至造成港口瘫痪，带来巨大的经济损失。因此系统必须具备高可靠性，能够长时间稳定运行。一般要求港口电气自动化系统的平均无故障时间（MTBF）达到10000小时以上。另外是控制精度和实时性要求高，在港口起重机的装卸作业中，需要精确控制起升、运行、变幅等动作，确保货物准确装卸；在输送带系统中，需要根据货物流量实时调整输送速度，这些都对控制系统的精度和实时性提出了很高的要求。最后是系统集成度高，港口电气自动化系统涉及多个子系统和大量设备，需要将它们有机地集成在一起，实现数据共享和协同工作，以提高港口的整体运营效率。

3 PLC技术在港口电气自动化系统中的应用优势

3.1 提高系统的可靠性与稳定性

PLC采用了一系列提高可靠性的设计措施。在硬件方面，PLC的电子元件经过严格筛选，具有抗干扰能力强、可靠性高的特点；其内部采用了屏蔽、滤波、光电隔离等技术，能够有效抑制外部电磁干扰对系统的影响。在软件方面，PLC的程序采用循环扫描的工作方式，避免了程序运行过程中出现死循环等问题，同时还具备自诊断功能，能够实时监测系统的运行状态，一旦发现故障，立即采取相应的保护措施。据实际应用数据统计，采用PLC控制的港口电气自动化系统，其平均无故障时间比传统继电器控制系统提高了3-5倍。例如，某港口在将起重

机控制系统由继电器控制改为PLC控制后，设备故障率从原来的每年20次左右降低到了每年5次以下，大大提高系统的可靠性和稳定性，减少因设备故障导致的停机时间，提高港口的作业效率^[3]。

3.2 增强系统的灵活性与可扩展性

PLC采用模块化设计，用户可以根据实际需求灵活配置输入输出模块、通信模块等，方便地对系统进行扩展或改造。当港口的作业流程发生变化或增加新的设备时，只需在PLC的程序中进行相应的修改和调整，无需对硬件进行大规模改动，即可满足新的控制要求。例如，某港口在新增一条输送带时，通过增加PLC的输入输出模块，并在程序中添加相应的控制逻辑，就实现了对新输送带的控制，整个改造过程仅用了3天时间，而如果采用传统的继电器控制方式，改造时间至少需要10天以上。PLC还支持多种通信协议，能够方便地与其他设备进行联网通信，进一步增强了系统的灵活性和可扩展性。

3.3 实现精准控制与高效运行

PLC具有强大的运算和控制功能，能够实现对港口设备的精准控制。在港口起重机控制系统中，PLC可以根据传感器采集到的货物重量、位置等信息，精确控制电机的转速和转向，实现货物的平稳起升、下降和运行；在输送带控制系统中，PLC可以根据货物流量实时调整输送带的运行速度，避免货物堆积或空转，提高输送效率。以某港口的集装箱起重机为例，采用PLC控制后，起重机的定位精度提高了30%，装卸效率提高了20%。

3.4 便于故障诊断与维护

PLC具有完善的故障诊断功能，能够实时监测系统的运行状态，并将故障信息显示在编程设备或人机界面上。当系统出现故障时，维修人员可以通过查看故障代码和相关数据，快速定位故障点，缩短故障排除时间。例如，在港口供配电系统中，当出现短路故障时，PLC能

够立即检测到电流异常,并记录故障发生的时间、位置等信息。维修人员通过查看PLC的故障记录,可迅速确定故障线路,进行维修。据统计,采用PLC控制的港口电气自动化系统,其故障诊断时间比传统系统缩短50%以上,大大提高设备的维护效率,降低维护成本。

4 PLC技术在港口电气自动化系统中的具体应用

4.1 在港口起重机控制系统中的应用

港口起重机是港口货物装卸的关键设备,其控制系统的性能直接影响到港口的作业效率和安全性。PLC在港口起重机控制系统中主要实现以下功能:首先是起升、运行和变幅控制,PLC通过控制变频器的输出频率,调节电机的转速,实现起重机的起升、运行和变幅动作的平稳控制。PLC还可以根据传感器采集到的货物重量、位置等信息,自动调整控制参数,确保作业安全。其次是安全保护功能,PLC可以实时监测起重机的运行状态,当出现超载、超速、限位开关动作等异常情况时,立即发出报警信号,并采取相应的保护措施,如停止设备运行、切断电源等。据统计,采用PLC控制的起重机,其安全事故发生率降低了40%以上。另外是远程监控与数据管理。PLC支持多种通信协议,可以与港口的监控中心进行联网通信,实现起重机的远程监控和数据管理。监控人员可以通过监控中心的计算机实时查看起重机的运行状态、作业数据等信息,并对起重机进行远程操作和控制。

4.2 在港口输送带控制系统中的应用

港口输送带系统用于货物的连续运输,PLC在其控制系统中发挥着重要作用。在输送带的启动和停止控制方面,PLC可以根据预先设定的程序,实现输送带的顺序启动和停止,避免因同时启动造成的电流冲击过大。在输送带的速度调节方面,PLC通过采集输送带上的货物流量传感器信号,实时调整输送带的运行速度。当货物流量较大时,提高输送带速度;当货物流量较小时,降低输送带速度,以实现节能运行。据实际应用数据显示,采用PLC控制的输送带系统,相比传统定速运行的系统,可节能15%-20%。PLC还可以对输送带的运行状态进行监测,当出现输送带跑偏、打滑、撕裂等故障时,及时发出报警信号,并停止输送带运行,防止故障扩大。

4.3 在港口供电系统中的应用

在港口供电系统中,PLC主要用于实现电力监控和

配电自动化。PLC可以实时监测供配电系统的电压、电流、功率等电气参数,并将数据上传至监控中心。当检测到电压异常、电流过载等情况时,PLC能够及时发出报警信号,并自动采取相应的保护措施,如切断故障线路电源,避免故障扩大^[4]。在配电自动化方面,PLC可以实现对断路器、接触器等开关设备的自动控制,根据用电设备的需求,合理分配电力资源。PLC还可以记录供配电系统的运行数据,为电力系统的优化和维护提供依据。

4.4 在其他港口电气自动化子系统中的应用

除了上述应用外,PLC在港口的照明控制系统、门禁系统、环境监测系统等子系统中也有广泛应用。在照明控制系统中,PLC可以根据自然光强度和港口作业时间,自动控制照明灯具的开关和亮度调节。在门禁系统中,PLC可以对港口的出入口进行管理,控制人员和车辆的进出。通过与读卡器、摄像头等设备的配合,实现身份识别、权限管理等功能,保障港口的安全。在环境监测系统中,PLC可以采集港口的温湿度、粉尘浓度、有害气体浓度等环境参数,并将数据上传至监控中心。当环境参数超过设定阈值时,PLC自动启动通风、除尘等设备,改善港口的作业环境。

结束语

PLC技术在港口电气自动化系统中的应用,极大地提高了港口作业效率与安全性,降低了运营成本。随着技术的不断进步,PLC将与物联网、人工智能等新兴技术深度融合,进一步优化港口自动化控制方案。未来,PLC技术有望在港口智能化升级中发挥更关键的作用,助力港口行业实现更高质量的发展。

参考文献

- [1]卢志椿,李福武,祝春来.可编程控制技术在港口自动化电气系统的应用[J].轻工科技,2021,37(03):58-59.
- [2]孔彦烨.港口机械电气设备自动化调试技术的应用探究[J].造纸装备及材料.2022,51(9).DOI:10.3969/j.issn.1672-3066.2022.09.039
- [3]陈浪.PLC技术在港口电气自动化系统中的应用[J].工程技术研究,2024,9(21):73-75.DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2024.21.023.
- [4]刘国联.电气自动化中的PLC控制技术应用研究[J].2020,21(05):206-208.