

PLC在煤矿皮带机控制系统中的应用

董长青

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 024700

摘要: 煤矿皮带机承担井下煤炭连续输送任务,运行工况恶劣且安全要求严苛,传统控制手段已难以适配连续化生产需求。本文围绕可编程逻辑控制器在皮带机控制系统中的工程应用展开论述,从硬件架构搭建、软件程序开发及功能拓展三个维度进行系统阐述,分析了启停控制、速度调控、状态监测与故障保护等核心模块的实现逻辑,并从协同联动、抗干扰优化、智能调速及组网通信四个方向提出优化方案,为井下皮带机自动化控制水平提升提供技术参考。

关键词: PLC; 煤矿皮带机; 自动化控制; 智能调速; 协同联动

引言: 井下煤炭输送对设备运行的连续性与稳定性要求极高,皮带机作为输送链路的核心承载设备,其运行状态直接关系到矿井生产效率与作业安全。传统继电器控制方案在多设备协调、动态调速与故障联动等方面逐渐暴露出局限性。可编程逻辑控制器凭借模块化结构、强抗干扰能力与灵活编程特性,能够较好地适配煤矿井下复杂工况。围绕PLC在皮带机控制系统中的硬件配置、软件设计与功能优化展开探讨,对推动井下输送设备自动化水平提升具有实际参考价值。

1 煤矿皮带机控制系统与 PLC 基础架构

1.1 煤矿皮带机系统组成与运行特性

煤矿皮带机是井下煤炭输送的核心机电设备,整套设备由输送机体、驱动装置、制动装置、保护装置及传输载体构成完整运行体系^[1]。设备运行依托机械传动结构实现煤炭连续转运,整体运行状态具备负载动态波动的特征。井下开采作业的不稳定性会直接作用于皮带机运行状态,物料输送量的实时变化会改变设备运行负荷,使机体运行参数处于动态浮动状态。设备长期处于连续运转状态,机械结构的摩擦损耗与工况环境的影响,会让运行稳定性受到多重因素制约,设备运行过程需要精准的调控机制保障输送作业平稳推进。

1.2 PLC硬件结构与工作原理

可编程逻辑控制器的硬件体系包含中央处理单元、存储单元、输入输出单元、电源单元及外部拓展接口,各硬件模块协同搭建完整的控制硬件体系。中央处理单元承担数据运算与指令解析的核心职能,能够对外部采集的各类信号进行运算处理。存储单元负责固化控制程序与存储实时运行数据,保障控制逻辑的稳定留存与调用。输入输出单元实现现场设备信号与控制系统数据的双向传输,完成现场工况信号的接收与控制指令的下发。整套硬件体系依托循环扫描的运行模式,持续完成

信号采集、逻辑运算与指令输出的完整流程,实现自动化控制功能。

1.3 PLC适配煤矿井下工况的技术优势

煤矿井下存在粉尘浓度高、环境湿度大、电磁干扰复杂的恶劣作业条件,常规控制设备难以维持长期稳定运行。可编程逻辑控制器采用模块化密封结构设计,硬件防护性能可以适配井下复杂环境的运行要求,有效抵御环境介质对设备内部结构的侵蚀。设备具备极强的抗电磁干扰能力,能够在井下复杂电磁环境中保持数据运算与信号传输的准确性。设备搭载的可编程控制模式可灵活适配皮带机不同运行状态的调控需求,硬件故障率较低且后期维护流程简便,能够适配煤矿井下长期连续的作业模式。

1.4 井下工况下PLC控制整体架构设计

结合煤矿井下皮带机的作业环境与运行需求,PLC控制整体架构采用分层式结构设计,整体体系分为现场信号采集层、核心控制层与设备执行层。现场信号采集层布设各类传感设备,实时捕捉皮带机运行速度、物料负载、设备温度等关键运行参数,完成现场工况数据的全面采集。核心控制层以可编程逻辑控制器为核心载体,对采集的工况数据进行逻辑运算与分析判别,依据预设控制逻辑生成对应的调控指令。设备执行层接收核心控制单元下发的指令,完成皮带机启停、转速调节、故障防护等各类动作,多层结构相互配合构建稳定可靠的井下皮带机自动化控制体系。

2 基于 PLC 的煤矿皮带机控制系统硬件设计

2.1 PLC主控单元选型与配置

煤矿皮带机控制系统的运行质量依托主控单元的综合性能,硬件选型工作需要结合井下输送设备的运行负荷与控制需求开展。选型过程依托井下作业环境参数与系统控制容量确定主控单元的运算性能、数据存储容量和信号处

理能力。主控单元的参数配置围绕皮带机常规输送作业与故障防护需求展开,完成控制程序加载、数据采样周期设定与运行权限划分等基础操作^[2]。合理的选型与配置方式可以保障控制系统对现场运行数据的高效处理,支撑整套硬件系统长期稳定完成自动化控制作业。

2.2 系统输入输出模块匹配设计

输入输出模块是衔接主控单元与现场设备的关键硬件组成,模块匹配设计需要贴合皮带机控制系统的信号传输标准。设计工作依据井下设备的信号类型与电压等级,筛选适配的数字量与模拟量模块完成硬件组合搭建。模块通道数量按照现场传感信号采集数量与执行设备控制数量预留合理冗余,规避作业过程中通道不足引发的运行故障。模块适配过程统一信号传输标准,保障各类现场数据可以稳定传入主控单元,控制指令可以精准下发至现场设备。

2.3 皮带机配套传感检测单元硬件衔接

传感检测单元负责采集皮带机运行过程中的各类工况数据,硬件衔接质量直接决定系统检测精度与控制可靠性。各类检测设备分别对应皮带机速度监测、物料堆积监测、跑偏监测及温度监测等不同检测维度。硬件衔接过程规范线路铺设方式,统一传感设备与控制模块的信号传输协议,让实时采集的工况数据可以持续上传至控制系统。标准化的硬件衔接模式可以降低信号延迟与数据失真问题,为系统逻辑运算与设备调控提供精准的数据支撑。

2.4 执行机构与PLC的硬件连接方式

皮带机各类执行机构承担设备启停、速度调节、故障制动等核心作业功能,硬件连接设计需要满足井下自动化控制的实时性要求。连接方案依据执行机构的电气参数与运行特性选用适配的接线方式与防护线路。线路铺设遵循煤矿井下电气设备安装规范,强化线路固定与绝缘处理。稳定的硬件连接模式可以保障主控单元下发的控制指令快速作用于执行机构,提升整套控制系统的动作响应效率。

2.5 井下防爆、防尘硬件适配设计

井下复杂环境对控制系统硬件的运行稳定性提出严苛要求,防爆与防尘适配设计是硬件系统设计的核心环节。所有控制硬件选用符合煤矿安全标准的防护机型,机身采用密闭式结构设计阻挡粉尘侵入设备内部。防爆设计通过隔离易燃易爆气体与电气工作部件的方式,规避电气火花引发的安全隐患。针对性的环境适配设计可以提升硬件设备对井下恶劣工况的适配能力,延长控制系统硬件设备的使用寿命,保障井下输送作业的安全

开展。

3 基于 PLC 的煤矿皮带机控制系统软件设计

3.1 PLC程序设计原则与整体流程

煤矿皮带机控制系统软件的开发工作,严格遵从工业工控设计标准与井下安全生产规范。程序开发秉持安全稳定、结构精简、易于迭代维护的核心设计理念,贴合皮带机连续化输送的生产属性优化整体逻辑框架^[3]。系统程序采用模块化开发思路,将不同控制功能拆分至独立程序单元,有效提升程序调试与功能优化的便捷程度。完整运行流程遵循现场数据采集、逻辑运算分析、控制指令输出、运行状态反馈的闭环模式,实现皮带机运行过程的自动化管控,保障控制体系稳定有序运行。

3.2 皮带机启停控制程序设计

启停控制程序构成皮带机自动化控制体系的基础核心模块,规范设备启停全流程的运行逻辑。程序植入多级安全控制逻辑,匹配井下高危作业环境的生产标准,规避不规范操作引发的设备故障与安全隐患。设备启动阶段,程序自动完成整机工况自检,校验设备各模块运行状态达标后,逐步开启运行权限。设备停止作业分为常规停机与紧急停机两种工况,程序依据现场生产场景自动匹配对应执行逻辑,保障设备停机过程平稳可控,规避机械冲击造成的结构损耗。

3.3 皮带机速度调控程序设计

速度调控程序依托现场实时生产工况,实现皮带机运行转速的动态优化调节。程序持续接收传感装置采集的物料负载、设备运行状态等各类现场数据,通过内置运算算法判断当前运行转速与输送工况的匹配程度。系统依据运算结果自主修正运行参数,让设备运行速率适配实时物料输送体量。动态调速模式能够有效削减设备空载、轻载状态下的能源消耗,缓解机械结构的无效磨损,提升整套输送系统的运行经济性与适配性。

3.4 皮带机状态监测程序设计

状态监测程序实现皮带机全作业周期的工况数据采集与状态判别,覆盖设备运行的核心关键参数。程序联动前端各类检测硬件,持续捕捉设备运行转速、机身温度、物料输送状态及机身偏移程度等核心运行信息。系统对采集的海量数据进行筛选分析与阈值判别,精准识别偏离正常运行区间的异常工况。高精度的状态监测模式可以快速挖掘设备潜在运行隐患,为设备运维与故障处置提供可靠的数据支撑。

3.5 故障联锁保护与人机交互程序设计

故障联锁保护程序针对皮带机各类异常工况设置专属防护逻辑,工况参数偏离正常范围时即刻启动防护机

制, 阻断危险运行状态持续发展。连锁控制逻辑关联设备多项核心运行参数, 单一点位出现故障问题即可联动配套设备完成防护动作, 控制故障扩散范围。人机交互程序搭建控制系统与作业人员的信息互通渠道, 实时推送设备运行数据与故障预警信息至操作终端。作业人员可借助交互终端完成参数查询、操控指令下发与故障确认处置等操作, 提升系统运行管控的便捷程度。

4 PLC在煤矿皮带机控制中的功能拓展与系统优化

4.1 皮带机协同联动控制功能优化

煤矿井下煤炭输送作业依托多段皮带机衔接组成完整运输链路, 各段设备运行状态直接影响整条输送线路的作业质量。传统控制方式对单台设备进行单独管控, 各段设备运行参数缺乏统一调度, 容易引发输送流程衔接不畅的问题。协同联动控制优化针对多设备联动逻辑开展升级调整, 重构输送链路内部的运行匹配机制^[4]。优化工作梳理上下游皮带机的运行逻辑关系, 完善设备之间的运行衔接规则。系统可以根据整条线路的输送负荷调整各台设备的运行状态, 弱化单设备独立运行的管控弊端。

4.2 PLC控制系统抗干扰性能优化

煤矿井下生产环境较为复杂, 电气设备密集布设会产生大量电磁信号, 粉尘与潮湿环境也会对电控设备运行产生消极影响。各类干扰因素会造成控制信号波动, 引发数据采集偏差与设备误操作等不良现象。抗干扰性能优化从软件层面完善控制系统的防护机制, 提升系统环境适应能力。程序增设多级数字滤波处理逻辑, 筛除现场环境滋生的无效干扰信号, 保障信号采集的纯净度与准确性。系统升级数据校验与纠错机制, 对传输过程中的异常数据进行识别与剔除。

4.3 皮带机智能调速与节能控制优化

皮带机传统运行模式大多采用固定转速运行机制, 运行参数无法跟随井下开采与输送状态动态调整。恒定转速的运行方式会在物料输送量偏低的时段产生大量能源浪费, 也会加速机械结构的老化损耗。智能调速与节能控制优化重构动态调控逻辑, 依托实时采集的输送负荷与设备运行数据完成参数自主调节。系统可以精准感

知皮带承载的物料体量, 结合现场生产状态匹配适宜的运行转速。负荷偏低时自动下调运行速率, 负荷饱和时维持高效运转状态。

4.4 组网通信与智能化功能拓展

传统PLC控制体系多局限于本地独立控制, 数据交互范围有限, 难以适配现代煤矿智能化生产的发展需求。组网通信优化依托工业通信技术搭建一体化数据传输网络, 打破单设备控制的信息壁垒。各台皮带机的运行数据可以在网络体系内完成交互汇总, 实现现场运行状态的集中统筹管理^[5]。通信程序的迭代升级能够提升数据传输的稳定效率, 弱化信号延迟与数据丢失等常见问题。智能化功能拓展依托稳定的通信网络挖掘设备运行数据价值, 实现运行状态分析、故障趋势预判与生产数据统计等新型功能。

结束语

可编程逻辑控制器在煤矿皮带机控制系统中的应用, 从硬件选型、模块匹配到软件编程、功能拓展, 已形成较为完整的技术落地体系。主控单元与输入输出模块的合理配置为系统运行筑牢了硬件基础, 启停控制、速度调控与故障连锁等程序设计赋予了设备自动化管控能力, 协同联动、抗干扰优化与智能调速等功能拓展进一步提升了系统运行质量。组网通信与智能化技术的融入, 推动井下皮带机控制体系从单一自动化管控向多维度智能运维方向演进, 为煤矿安全高效生产提供了有力的技术保障。

参考文献

- [1]董征华,李欣.基于PLC的矿用皮带机电气控制系统研讨[J].仪器仪表用户,2024,31(9):67-69.
- [2]张朋.基于PLC技术对皮带机集中控制系统的优化设计[J].探索科学,2021(3):287-288.
- [3]张朋.基于PLC技术对皮带机集中控制系统的优化设计[J].探索科学,2021(3):287-288.
- [4]李强强.基于PLC的矿用皮带输送机控制系统设计与应用[J].机械管理开发,2023,38(2):184-185,188.
- [5]李东.基于PLC控制策略的皮带输送机集中控制系统设计[J].机械管理开发,2022,37(6):254-255,258.