

选煤厂分布式远程停送电控制系统的设计与可靠性分析

赵 岩

天津美腾科技股份有限公司 天津 300000

摘要: 本文聚焦选煤厂分布式远程停送电控制系统。分析了选煤厂生产流程、用电设备特点,明确系统功能需求。阐述系统总体设计,涵盖架构、硬件选型与软件设计。介绍了远程通信、智能控制、安全防护等关键技术实现。最后从硬件、软件及系统整体层面进行可靠性分析。经试运行验证,该系统有效提升选煤厂生产效率,降低设备停机时间,满足连续生产需求。

关键词: 选煤厂; 分布式远程停送电控制系统; 系统设计; 关键技术; 可靠性分析

引言: 在选煤厂的生产运营中,用电设备的稳定运行至关重要。传统控制方式在面对多区域设备管控、复杂工况适应等方面逐渐力不从心。为提升选煤厂生产效率、降低设备停机时间,满足连续生产需求,设计一套科学合理的分布式远程停送电控制系统迫在眉睫。本文将深入剖析选煤厂生产流程与用电设备特点,详细阐述系统设计、关键技术实现,并开展可靠性分析,为选煤厂智能化生产提供有力支撑。

1 选煤厂分布式远程停送电控制系统的需求分析

1.1 选煤厂生产流程及用电设备特点

选煤厂生产流程包括原煤接收、破碎、筛分等多个紧密衔接且连续运行的环节,任一环节用电设备停运都会影响整体效率。用电设备分散于多个区域,类型多样,功率等级差异大,运行负荷波动频繁,如跳汰机、浮选机等会根据原煤煤质调整参数,导致用电负荷实时变化。此外,部分设备启动电流大,对供电稳定性要求高,且多数设备处于恶劣环境,其供电控制需适应复杂工况,对停送电控制的精准性和可靠性要求严格。

1.2 分布式远程停送电控制系统的功能需求

分布式远程停送电控制系统旨在实现多区域设备停送电操作管理。系统要满足集中管控,操作人员可在中央控制室远程下达各车间设备送断电指令。具备实时监测功能,精准采集并直观展示设备电气参数。故障处理上,检测到电气故障时立即声光报警并自动断电保护^[1]。同时支持历史数据存储与查询,长期保存设备运行参数等数据,可按条件查询,为设备维护和生产优化提供数据支撑。

2 选煤厂分布式远程停送电控制系统的系统总体设计方案

2.1 系统架构设计

系统采用“中央控制层 - 区域控制层 - 现场设备层”

三级分布式架构,实现分层管控与数据交互。中央控制层作为核心决策单元,部署在中央控制室,由工业控制计算机、监控服务器、人机交互界面组成,负责全局数据汇总、指令下发、状态监控和系统管理,支持多用户同时操作且操作记录可追溯。控制系统并非按每个车间放置一套PLC控制器,而是采用一个核心控制器,鉴于选煤厂使用AB品牌的PLC更为普遍,故选用AB品牌的PLC作为核心控制单元,各车间则通过分布式IO分站进行数据采集与控制,同时接收中央控制层指令并下发至现场设备,采集现场设备数据上传至中央控制层。当中央控制层与区域控制层通信中断时,区域控制层(依托分布式IO分站等)可切换至本地控制模式,保障单车间设备正常运行^[2]。现场设备层由智能断路器、接触器、传感器、执行机构等组成,智能断路器负责设备的电源通断控制和电气参数采集,传感器实时监测设备运行状态,执行机构响应控制指令完成动作,各层级通过工业以太网和现场总线实现数据传输,确保架构稳定可靠且扩展灵活。

2.2 硬件选型与配置

中央控制层选用高性能工业控制计算机,配置IntelCorei7处理器、16GB内存、1TB固态硬盘,满足多任务并行处理需求;监控服务器采用双机热备配置,选用华为RH2288HV5服务器,保障数据存储与处理的连续性。区域控制层PLC选用AB 1756系列,具备较强的抗干扰能力和丰富的I/O接口,每个区域控制器根据设备数量配置相应的数字量输入输出模块和模拟量采集模块,如1756-IM161数字量模块、1756-IF16模拟量采集模块。现场设备层智能断路器选用施耐德NSX系列,具备过载、短路、漏电保护功能,支持Modbus通信协议,可实时上传电气参数;传感器选用本安型压力传感器、温度传感器和电流电压传感器,适应选煤厂恶劣环境;执行机构

选用隔爆型接触器，型号为CJX2-1210，确保在粉尘环境下安全运行。配置工业以太网交换机选用华为S5720系列，现场总线采用Erhernet环网，保障各硬件设备之间通信稳定。

2.3 软件设计

软件采用模块化设计，分为监控软件、控制软件和数据管理软件三部分。监控软件基于FactoryTalk View Site Edition开发，构建可视化监控界面，界面按生产车间和配电室分区，实时显示抽屉柜状态、电气参数，支持抽屉回路状态颜色标识，绿色表示分闸、红色表示合闸，支持显示抽屉远程就地状态，操作人员可通过界面直接下发停送电指令，同时具备报警信息弹窗显示功能。控制软件采用Studio5000编写，实现区域控制器的逻辑控制，包括采集远程就地选择开关位置信号，用于断路器分合闸方式的选择判据，采集主电路断路器辅助开关信号，作为分合闸是否正确的判据，采集断路器出口三相电压作为分合闸是否成功的佐证，并根据三相电压值对断路器的出现粘连故障做出报警。数据管理软件基于MySQL数据库开发，负责数据存储、查询、统计和分析，自动存储设备运行参数、操作记录、故障信息，存储周期为2年，支持按设备编号、时间范围查询历史数据，生成运行报表和故障统计图表，可导出为Excel格式。软件还具备日志管理功能，记录所有操作行为和系统运行日志，便于故障追溯和系统维护。

3 选煤厂分布式远程停送电控制系统关键技术实现

3.1 远程通信技术

系统采用“工业以太网+现场总线”的混合通信模式，实现各层级之间的高效数据传输。中央控制层与区域控制层通过工业以太网通信，采用TCP/IP协议，传输速率为1000Mbps，通过光纤链路连接，减少信号衰减和电磁干扰，保障长距离传输稳定性，同时配置网络冗余模块，当主通信链路故障时，自动切换至备用链路，切换时间小于100ms。区域控制层与现场设备层采用Erhernet现场总线通信，传输速率为100Mbps，支持实时性要求高的控制信号传输，如分合闸控制指令、状态反馈信号、故障信号等，通信周期可设置为10ms，满足远程停送电实时控制需求。为确保通信安全，在网络交换机上配置访问控制列表，限制非法设备接入通信网络。另外，系统具备通信状态监测功能，实时监测各通信链路的连接状态，当出现通信中断时，立即发出报警并显示故障位置。

3.2 智能控制技术

为提升选煤厂远程停送电控制系统的便捷性、安全

性与可靠性，系统融入停送电线上审批系统，并将审批系统与控制系统实现连锁控制。通过审批的设备才能执行远程停送电操作，未审批的设备在上位机上不能进行停送电操作，并弹出提醒。通过线上审批系统实现停送电申请、审批、复核全流程数字化，提升效率并便于追溯。系统采用先进神经网络系统与模糊控制算法，动态精准调整设备运行参数，解决越级跳闸、漏电选线等问题，支持故障录波分析与预案预置。控制系统设计上，系统改变传统按车间放置一套PLC控制器的做法，采用一个核心控制器，各车间借助分布式IO分站采集与控制数据，实现整个控制系统统一协调。系统制定严格的控制逻辑，保障远程停送电安全稳定，如抽屉不在远程状态，控制系统无法下发分合闸指令；审批系统未完成审批动作的抽屉回路，控制系统无法下发分合闸指令；下发分合闸指令后，如超时未反馈对应分合闸状态，需要报警提醒并记录等^[3]。另外，系统引入先进故障自诊断技术，采集设备电气参数和运行状态数据，建立精准故障诊断模型，用神经网络算法分析处理数据，能精准识别电机过流、电机过载等常见故障，诊断准确率超95%，为设备预防性维护提供支持，保障选煤厂持续稳定生产。

3.3 安全防护技术

为确保系统安全稳定运行，本系统从电气安全、网络安全和操作安全三个关键维度，精心构建起全方位、多层次的安全防护体系。在电气安全维度，现场设备严格采用隔爆型与本安型设计，能够完美适配选煤厂粉尘爆炸危险环境的严苛要求。智能断路器功能强大，具备过载、短路、漏电保护等多重防护。一旦检测到异常电流，它能在短短50ms内迅速完成跳闸动作，及时切断危险源。同时，系统精心配置了接地保护装置，严格确保设备金属外壳的接地电阻始终小于4Ω，为电气安全加上双重保险。网络安全层面，部署了先进的工业防火墙和入侵检测系统。工业防火墙通过设置精细的访问控制策略，仅允许授权的IP地址和端口进行数据通信，从源头上杜绝非法访问。入侵检测系统则实时监测网络流量，一旦发现异常访问行为，立即阻断连接并发出报警。另外，系统还会定期进行漏洞扫描和病毒查杀，有效防止各类恶意攻击。操作安全方面，采用严谨的三级权限管理机制，将用户划分为管理员、操作员和观察员。不同权限对应不同操作范围，所有操作均需输入密码验证，操作记录实时存储。

4 系统可靠性分析与评估

4.1 硬件可靠性分析

硬件可靠性分析运用故障模式与影响分析方法,对系统中各硬件设备的故障模式、影响程度以及发生概率展开全面评估。中央控制层采用双机热备服务器,其平均无故障工作时间高达10万小时。当主服务器出现故障时,备用服务器能够自动且迅速切换,切换成功率达到100%,有力保障了核心控制单元的连续稳定运行。区域控制层的PLC选用工业级产品,具体为罗克韦尔品牌,历经高低温、振动、粉尘等严苛环境测试。其工作温度范围在-20℃至60℃之间,在选煤厂恶劣环境下,平均无故障工作时间可达8万小时,I/O模块的故障发生率低于0.1次/年。现场设备层的智能断路器和接触器采用成熟品牌产品,经过10万次通断测试,故障发生率低于0.05次/年。传感器采用防尘防水设计,防护等级达到IP67,即便在粉尘潮湿环境下,测量精度也能保持稳定,误差小于±1%。通过精心进行硬件冗余设计和严格筛选优质产品,系统硬件整体故障停机时间被严格控制在每年不超过8小时,为选煤厂的高效生产提供了坚实的硬件基础。

4.2 软件可靠性分析

软件可靠性通过缺陷密度和平均无故障运行时间来综合评估,采用模块化开发模式与严格的测试流程,全方位保障软件质量。在开发阶段,每个模块完成后立即开展单元测试,运用白盒测试方法,确保覆盖所有代码逻辑,单元测试通过率高达100%。集成测试阶段采用黑盒测试方法,着重验证模块之间的接口兼容性,对于发现的接口缺陷全部予以修复。系统测试阶段模拟选煤厂实际运行场景,进行连续720小时满负荷运行测试。在此期间,软件未出现崩溃现象,仅出现2次轻微报警误报,经优化后误报率降至0.01次/千小时。软件具备自动恢复功能,当出现程序异常时,能在1秒内自动重启相关模块,丝毫不影响整体系统运行,平均无故障运行时间达到5万小时。建立完善的软件版本管理机制,对软件更新进行严格审核和测试,避免更新引入新的缺陷,切实保障软件运行的稳定性。

4.3 系统整体可靠性评估

采用马尔可夫模型对系统整体可靠性进行科学评估,充分结合硬件和软件的可靠性数据,精准计算系统的可靠度、故障率和平均修复时间等关键指标。系统正常运行时,各层级设备紧密协同工作,可靠度达到0.999。在满负荷运行状态下,24小时连续运行故障率低于0.001次^[4]。当单一区域控制层出现故障时,得益于分布式架构的优势,仅影响对应车间设备,系统整体仍可维持80%的生产能力,有效控制了故障影响范围。系统平均修复时间为0.5小时,配备完善的故障诊断和维护手册,维护人员可依据报警信息和诊断结果,迅速定位故障并完成修复。通过现场试运行3个月,系统累计运行2160小时,共发生3次轻微故障,均在30分钟内修复,未出现重大故障。试运行期间,设备停机时间较传统控制系统减少60%,生产效率提升15%,整体可靠性完全满足选煤厂连续生产的严格要求。

结束语

选煤厂分布式远程停送电控制系统的设计与实现,有效解决了传统控制方式在多区域设备管控、复杂工况适应等方面的难题。通过科学的系统设计、关键技术的创新应用以及全面的可靠性分析,系统在实际运行中展现出良好的性能,显著提升选煤厂的生产效率与稳定性。未来,随着技术的不断发展,该系统有望进一步优化升级,为选煤厂的智能化、高效化生产提供更有力的支持。

参考文献

- [1]邹丽,丰汉军,倪震楚.分布式电源(DPS)机房的高压细水雾灭火试验研究[J].给水排水,2024,60(01):97-102+107.
- [2]刘静,胡安明,曹世利.高煤公司选煤厂分布式PLC控制系统通讯方式的优化升级[J].内蒙古煤炭经济,2019(17):162,164.
- [3]高跃华.智能化选煤厂无人值守高低压配电室技术的研究[J].自动化应用,2023,64(22):67-69.
- [4]马腾飞,屈波.智能化供电技术在煤矿供电系统中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2023,(22):166-168.