

火力发电厂中斗轮机的远程全自动控制系统设计

柴 骏

(大唐三门峡发电有限责任公司, 河南 三门峡 472143)

摘 要 随着火力发电厂智能化、自动化发展进程的加快, 传统斗轮机人工操作模式已难以满足高效、安全、稳定的生产需求。本文针对火力发电厂斗轮机远程全自动控制系统展开设计研究, 系统总体架构采用分层分布式设计, 硬件层面精心选择控制器与传感器并合理布局, 构建稳定通信网络, 配置驱动与执行机构; 软件层面设计控制软件架构, 实现实时监控、数据处理、故障诊断与自动报警功能。通过系统集成与测试, 验证了该远程全自动控制系统能够有效提升斗轮机作业效率, 降低人工操作风险, 为火力发电厂智能化升级提供了实践参考。

关键词 火力发电厂; 斗轮机; 远程全自动控制系统

中图分类号: TM62; TP27

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.26.004

0 引言

火力发电厂是能源供应的重要支柱, 其生产高效稳定对能源供应安全至关重要。斗轮机是燃料输送的关键设备, 负责煤场煤炭堆取作业。在传统模式下, 斗轮机依赖人工现场操作, 效率低, 操作人员面临粉尘、机械伤害等安全风险, 且精准度有限, 难以满足现代化需求^[1]。随着自动化等技术的发展, 远程全自动控制在工业领域得到广泛应用, 将其用于火力发电厂斗轮机, 可实现远程监控与自动作业, 解决传统模式的弊端, 提高作业效率、降低成本、提升安全性和精准度, 对推动电厂智能化、自动化发展意义重大。因此, 开展斗轮机远程全自动控制系统设计研究具有迫切的现实需求和广阔的应用前景。

1 斗轮机远程全自动控制系统总体架构

斗轮机远程全自动控制系统采用分层分布式架构设计, 主要分为现场设备层、控制层和监控管理层。

现场设备层由斗轮机各机构的驱动电机、传感器、执行器等组成, 负责采集斗轮机运行状态数据, 并接收控制指令执行相应动作。

控制层采用高性能 PLC 控制器作为核心, 对现场设备层的数据进行处理和分析, 根据预设程序和控制策略, 向现场设备发送控制信号, 实现斗轮机的自动运行控制。

监控管理层设置在电厂中央控制室, 通过人机交

互界面和监控软件, 操作人员可远程监控斗轮机的运行状态, 实时查看设备参数、作业进度和故障信息, 并可手动干预斗轮机的运行, 实现远程操作和管理^[2]。

各层之间通过工业以太网和无线通信网络进行数据传输和通信。工业以太网用于现场设备层与控制层之间的稳定数据交互, 确保控制指令的快速准确下达和设备状态数据的实时上传。无线通信网络则实现控制层与监控管理层之间的远程数据传输, 满足远程监控和管理的需求。远程控制系统总体架构图如图 1 所示。

2 斗轮机远程全自动控制系统硬件设计

2.1 控制器与传感器的选择与布局

选用性能卓越的可编程逻辑控制器 (PLC)。本文采用西门子 S7-1500 系列, 该系列具有强大的数据处理能力、多样化的通信接口以及优越的可靠性, 能够充分满足斗轮机在复杂控制逻辑和实时性方面的需求。在传感器布局方面, 在斗轮机行走机构安装编码器, 用于精确测量行走距离和速度; 在回转机构和俯仰机构安装角度传感器, 实时监测悬臂的回转角度和俯仰角度; 在斗轮和皮带输送机上安装转速传感器和张力传感器, 监测设备运行状态和物料输送情况。此外, 还配置重量传感器、限位开关等, 用于监测物料重量和设备位置限位, 保障设备安全运行。各传感器按照斗轮机的结构特点和作业需求合理分布, 确保能够全面、准确地采集设备运行状态数据^[3]。

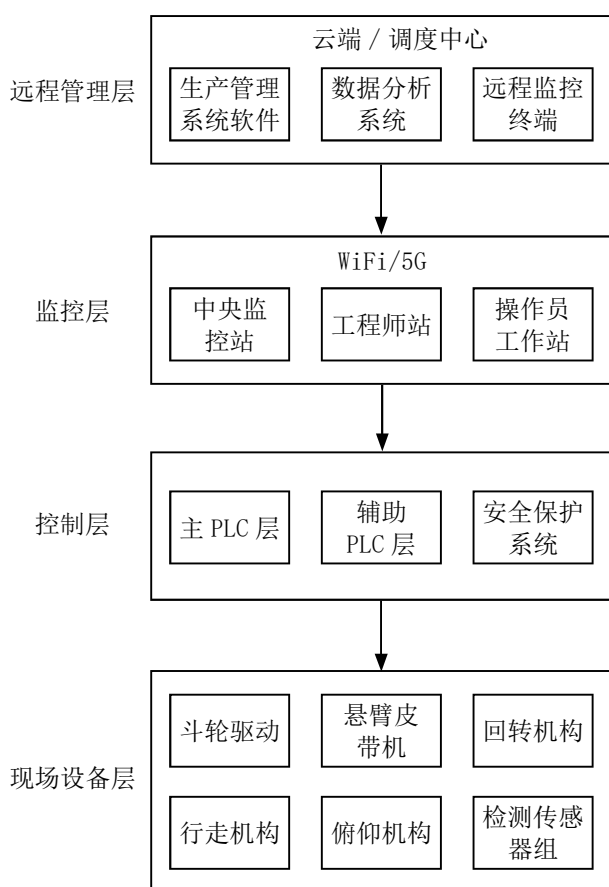


图 1 远程控制系統总体架构图

2.2 通信网络的构建与维护

通信网络采用工业以太网与无线通信相结合的方式。在斗轮机现场，构建基于 Profinet 协议的工业以太网，连接 PLC 控制器、传感器和驱动设备，实现设备间的高速、稳定数据传输。为保证远程监控，采用 4G/5G 无线通信模块或光纤，搭建控制层与监控管理层之间的通信链路。在网络维护方面，定期检查网络设备的运行状态，清理设备灰尘，确保网络接口连接牢固；通过网络管理软件实时监测网络流量和信号强度，及时发现和排除网络故障；同时，设置网络安全防护措施，采用防火墙技术，防止各类网络攻击的侵入，保障通信网络的安全稳定运行^[4]。

2.3 驱动与执行机构的配置

驱动机构采用变频调速电机，根据斗轮机不同作业工况，通过变频器调节电机转速，实现斗轮机行走、回转、俯仰等动作的平稳运行和精准控制。例如：在堆料作业时，可根据煤堆高度和形状，精确调节悬臂俯仰速度和角度；在取料作业时，根据物料性质和取

料量，合理控制斗轮转速和行走速度。执行机构包括液压缸、电动推杆等，用于实现悬臂的俯仰、回转支撑等动作。对驱动与执行机构进行合理选型和配置，并定期进行维护保养，确保其动作灵敏、可靠，为斗轮机的正常运行提供动力支持^[5]。

3 斗轮机远程全自动控制系统软件设计

3.1 控制软件的架构设计

控制软件采用模块化设计架构，主要分为数据采集模块、控制算法模块、通信模块和人机交互模块。数据采集模块负责从传感器实时读取斗轮机运行状态数据，并进行数据预处理；控制算法模块遵循预设作业程序和精细控制策略，对传感器及监测设备采集的原始数据进行分析计算。在此过程中，模块先筛选清洗数据，再运用数学模型和逻辑推理确保数据准确可靠^[6]。基于处理后的数据，模块精准生成适配当前作业环境和任务需求的控制指令；通信模块实现控制软件与现场设备层和监控管理层之间的数据通信，确保指令下达和数据上传的准确性和及时性。各模块相互独立又紧密协作，提高了软件的可维护性和扩展性，便于后续功能升级和优化。

3.2 实时监控与数据处理

通过控制软件实现对斗轮机运行状态的实时监控，在监控界面上以图形、图表和数据的形式直观显示斗轮机的位置、角度、速度、物料流量等参数。同时，对采集到的数据进行实时分析和处理，运用数据滤波、趋势预测等算法，对设备运行状态进行评估和预警^[7]。例如：当监测到斗轮转速异常或皮带输送机张力过大时，系统及时发出预警信号，并采取相应的保护措施，如降低运行速度或停止设备运行，避免设备故障和事故的发生。此外，系统不仅对历史数据进行全面的存储和管理，还对这些数据进行深入的分析和挖掘，从而为设备的日常维护和保养、作业流程的优化和改进提供坚实可靠的数据支持和决策依据。

3.3 故障诊断与自动报警系统

故障诊断与自动报警系统是保障斗轮机安全运行的重要环节。软件系统内置故障诊断知识库，根据传感器采集的数据和设备运行状态，运用故障诊断算法对设备故障进行识别和定位。当检测到故障时，系统立即发出声光报警信号，并在监控界面上显示故障类型、故障位置和故障原因等详细信息，同时将故障信息发送至相关管理人员的手机或电脑终端^[8]。此外，

系统还具备故障应急处理功能,根据故障类型自动采取相应的停机保护或应急运行措施,降低故障对生产的影响,提高系统的可靠性和安全性。

4 斗轮机远程全自动控制系统集成与测试

4.1 系统集成的步骤与方法

系统集成应遵循先硬件后软件、先局部后整体的顺序原则。首先,需完成斗轮机现场硬件设备的安装与调试工作,涵盖传感器、控制器、驱动设备、通信网络等的安装及连接,以确保硬件设备的正常运行。其次,进行控制软件的编程与调试,将编写的控制程序下载至PLC控制器,并对各功能模块执行测试与优化。再次,实现控制层与监控管理层之间的通信连接及数据交互调试,确保远程监控与操作功能的正常运作。最后,执行系统整体联调,模拟斗轮机的多种作业工况,检验系统的稳定性、可靠性及功能的完整性,并对所发现的问题进行及时的整改与优化,以确保系统集成的顺利完成。

4.2 功能测试与性能评估

1. 功能评估。模拟100次堆料作业、100次取料作业、50次自动定位任务以及30次模拟故障触发场景。测试结果显示,堆料作业成功率为98%,取料作业成功率97%,自动定位任务平均误差在 ± 10 cm以内,故障诊断系统能在3秒内准确识别并报警,具体数据如表1所示。

表1 功能测试结果

测试项目	测试次数	成功次数	成功率	关键指标
堆料作业	100	98	98%	堆料均匀度 达标率95%
取料作业	100	97	97%	取料流量 误差 $\leq 5\%$
自动定位	50	49	98%	平均定位 误差 ± 10 cm
故障诊断	30	30	100%	平均报警响应 时间3 s

2. 性能评估。对系统的运行效率、控制精度、响应时间、可靠性等性能指标进行测试(见表2)。在连续72小时不间断运行测试中,斗轮机平均作业效率达到800 t/h,相比人工操作提升30%;控制指令平均响应时间为0.8 s;设备定位精度在水平方向误差 ≤ 5 cm,垂直方向误差 ≤ 3 cm;系统无故障运行时间达到71.5小时,可靠性达99.3%。

表2 性能测试结果

性能指标	测试结果	与人工操作对比
作业效率	800 t/h	提升30%
控制指令响应时间	0.8 s	—
水平定位精度	≤ 5 cm	—
垂直定位精度	≤ 3 cm	—
无故障运行时间	71.5 h	可靠性显著提高

5 结束语

在火力发电厂中,斗轮机在装卸和堆取过程中发挥着关键作用。斗轮机的高效运行不仅能够提升电厂的整体工作效率,还能有效降低人工操作的风险和成本。而斗轮机的远程全自动控制系统设计是一项技术复杂且至关重要的任务。通过融合传感器、通信网络、智能算法等多种技术,系统能够实时监控斗轮机的运行状态,并自动调整其工作参数,确保其在各种工作条件下均能稳定运行。此外,远程控制功能使得操作人员能够在远离现场的环境中,通过操作终端对斗轮机进行全方位的监控和控制,提升操作的便捷性和可靠性。

参考文献:

- [1] 张茜. 火电厂斗轮堆取料机智能化无人值守系统的设计与应用[D]. 镇江: 江苏大学, 2022.
- [2] 赵晨光, 张斌超, 杨永斌, 等. 基于5G煤场斗轮机无人值守系统设计与应用[J]. 电力设备管理, 2023, 04(02): 119-121.
- [3] 薛晓宇. 火电厂斗轮机自动控制系统的研究与开发[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022, 07(08): 4-5.
- [4] 袁清. 无线通信技术在发电厂输煤程控系统中的应用研究[J]. 通信电源技术, 2020, 37(04): 21-22, 25.
- [5] 周憧. 六横煤炭中转码头斗轮机无线技术的应用与探讨[J]. 名城绘, 2020(07): 1.
- [6] 剪欣, 周泉, 杨天龙. 封闭料场斗轮机智能控制系统关键技术的研究[J]. 红外与激光工程, 2021, 20(02): 24-31.
- [7] 李洪生. 斗轮堆取料机远程控制技术的研发与应用[J]. 数字化用户, 2021, 07(49): 83-85.
- [8] 凌朝年. 基于5G专网的斗轮机远程悬臂防撞控制的探讨与实践[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022, 11(07): 161-163.