

# 电气自动化仪表在斗轮机控制系统中的应用研究

唐坡 李凯华

岳阳长炼机电工程技术有限公司多伦分公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20245

**[摘要]** 本文研究了电气自动化仪表在斗轮机控制系统中的应用。通过分析仪表在驱动控制、安全保护及状态监测等方面的具体作用,论证了其对于提升设备自动化水平、保障运行安全、实现智能化运维的关键意义,为行业技术进步提供了参考。

**[关键词]** 电气自动化仪表; 斗轮机控制系统; 应用研究

**中图分类号:** S972.7+4 **文献标识码:** A

## Research on the Application of Electrical Automation Instruments in the Control System of Bucket Wheel Stacker-Reclaimer

Po Tang Kaihua Li

Duolun Branch, Yueyang Changlian Mechanical & Electrical Engineering Technology Co., Ltd.

**[Abstract]** This paper studies the application of electrical automation instruments in the control system of bucket wheel stacker-reclaimers. By analyzing the specific roles of instruments in drive control, safety protection, condition monitoring and other aspects, it demonstrates their key significance in improving equipment automation level, ensuring operational safety and realizing intelligent operation and maintenance, providing a reference for the technological progress of the industry.

**[Key words]** Electrical Automation Instruments; Bucket Wheel Stacker-Reclaimer Control System; Application Research

### 引言

斗轮机是广泛应用于散料储运场的关键设备。传统依赖人工与继电器的控制方式,存在作业精度低、安全弱、能耗高等突出问题。现代电气自动化仪表技术,包括传感器、PLC、变频器及人机界面等,为斗轮机的升级提供了核心支撑。将这些仪表系统集成于控制系统中,可实现设备状态的实时感知、驱动机构的精准控制、异常工况的快速连锁保护以及生产数据的智能分析。因此,深入研究其应用,对提升设备性能、保障安全、降低成本及推进行业智能化具有重要价值。

### 1 电气自动化仪表在斗轮机控制系统中的应用意义

#### 1.1 核心功能层面: 实现精准、安全作业的根本保障

电气自动化仪表是提升斗轮机核心性能的关键基础所在。就作业精度而言,高精度编码器以及激光测距仪实现了毫米级别的机构定位,使得自动堆取料得以实现;由皮带秤与变频器所构成的闭环系统保证了恒流量取料,运行过程平稳且可对设备起到保护作用。在安全保障方面,仪表构建起从机械限位直至主动防撞的多重防护线。激光扫描以及无线连锁可有效地预防碰撞事故的发生;各类温度、振动传感器则实现了状态的实时监测,促使维护模式从以往的事后维修朝着预测性维护转变,做到

防患于未然。

#### 1.2 经济效益层面: 降低运营成本,提升综合效益

应用电气自动化仪表可带来直接的经济回报。首先,借助自动化连续作业以及精准控制,极大地提高了设备利用率和单位时间作业量,直接提升了生产效率。其次,其达成了“降本”的目标,降低了长期的人力成本,在部分负载工况下节能效果十分明显。最后,平稳运行减少了机械磨损,优化了设备全生命周期的运营和维护成本<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 技术演进层面: 为智能化与数字化转型奠定核心数据基础

电气自动化仪表的深度应用,是斗轮机从单机自动化迈向系统智能化、实现数字化转型不可或缺的核心数据基石。各类传感器、智能仪表与控制器,实质是遍布设备的关键“数据采集点”,持续产生高价值的位置、状态、工艺与能耗等时序数据。这些实时数据流通过工业网络汇聚,构建了设备的“数字镜像”,为高级应用提供了可能。基于此,可实现对多台设备的远程集中监控与少人化运维;为大数据分析 with 人工智能算法(如故障预测、能效优化模型)提供数据原料;并能与上层管理系统(如MES、EAM)集成,驱动生产、维护与管理的协同优化。因此,自动化仪

表的应用已超越控制本身,它通过将物理设备全面数字化,为构建智慧料场、融入工业互联网生态奠定了坚实的数据基础,是推动行业智能化转型的关键步骤。

## 2 电气自动化仪表在斗轮机控制系统中的应用

### 2.1 在驱动与运动控制中的应用

电气自动化仪表在斗轮机驱动与运动控制中的应用,是斗轮机实现精准、高效、协同作业的关键技术支持,该系统以高性能可编程逻辑控制器即PLC作为核心大脑,以各类传感器作为感知神经,以变频器等驱动装置作为强健四肢,共同构建成一个精密闭环,具体呈现在三大关键功能方面:多电机协调控制、精准定位与自动寻址,以及恒功率取料与流量控制<sup>[2]</sup>。

多电机协调控制解决了大型设备多个运动机构同步运行的难题。以行走机构为例,在传统控制方式下两侧驱动电机很难实现绝对同步,容易致使车体“啃轨”,造成轮缘和轨道异常磨损,甚至引发设备卡阻。依靠运用现场总线技术,PLC可实时获取安装在两侧驱动轴上的编码器信号,精确计算速度与位置差,并且运用主从控制或转矩平衡算法,动态调节两台变频器的输出,保证两侧行走电机严格同步。

精准定位与自动寻址功能赋予了斗轮机“空间记忆与导航”能力。绝对值编码器或激光测距仪等位置传感器,持续将行走距离、回转及俯仰角度等物理量转换为高精度的数字信号反馈给PLC,PLC将这个实际位置与目标位置进行比较,凭借内置的闭环控制算法,驱动变频器调整电机运行,直到消除误差。基于这套高精度的空间坐标定位系统,结合上位机中预存的料场数字化地图,斗轮机就能实现全自动寻址作业,操作员只需下达“至A区3号堆位取料”的指令,控制系统就能自动规划路径,控制各机构协同动作,精确抵达目标点并开始作业,其定位精度能达到厘米级,极大地提高了作业的准确性和自动化水平<sup>[3]</sup>。

恒功率取料与流量控制是优化工艺流程、保护下游设备的关键部分。安装在尾车皮带上的电子皮带秤作为核心过程检测仪表,实时监测取料流量,并把它作为过程变量传送给PLC。PLC将这个测量值与工艺设定值进行比较,借助成熟的调节算法,计算出控制量并输出至斗轮机变频器,动态调节斗轮转速。在复杂料堆条件下,系统还可以联动调节行走或回转速度,以改变取料切入深度,把实际取料流量稳定在设定值附近,形成一个稳定的流量闭环。这能保证下游皮带输送系统负荷平稳,避免过载、撒料或堵料事故,还可以让斗轮机始终工作在最佳效率区间,实现高效、均匀的取料作业<sup>[4]</sup>。

### 2.2 在安全连锁保护中的应用

电气自动化仪表在斗轮机安全连锁保护中的应用,打造出了一个从被动转向主动、从局部延伸至系统的多层次纵深防御体系。此体系是保障人员、设备以及生产安全的基础所在。该体系的关键之处在于借助传感器网络全面察觉风险,并且借助PLC的逻辑处理实现快速且可靠的响应与阻断。

多层次防撞系统是这个体系中极具代表性的应用,其一般涉及四个递进层级:第一级是安装在轨道终端、悬臂限位

置等地方的机械式行程限位开关,作为最为直接可靠的物理硬屏障,一旦被触发就会直接切断动力回路;第二级是由PLC实现的软件限位,其在物理极限之前设定预警区和减速区,当编码器反馈的位置进入这些区域时,系统会自动报警、减速然后平稳停车,避免了高速冲撞硬限位所带来的剧烈冲击;第三级是区域动态防撞,依靠安装在机体上的激光扫描仪或者雷达,对设备周边环境进行持续的二维或三维扫描,构建虚拟的“电子围栏”,一旦其他设备、人员或者障碍物侵入预设的危险区域,系统会依据侵入深度自动触发分级响应,达成了对未知动态风险的主动察觉与规避;第四级是设备间直接通信避撞,适用于多台设备协同作业的区域,各斗轮机依靠无线局域网实时交换自身精确的位置、速度与航向数据,每台设备的控制系统独立运行防撞算法,预测潜在的碰撞风险,并且主动采取调整速度或路径等举措,实现了集群作业下的主动协同安全<sup>[5]</sup>。

设备状态连锁保护则着重于设备自身健康与完整性的实时监护,该系统将遍布设备各关键节点的状态监测传感器全部接入PLC,形成一张严密无比的安全监控网络。这些传感器包括监测旋转部件温升的PT100热电阻、监测液压系统压力的压力开关、监测润滑状态的流量开关,以及用于皮带机保护的拉绳开关、跑偏开关、打滑检测器和纵向撕裂探测器等。PLC内部编制了严密的连锁逻辑程序,将这些离散的传感器信号与设备的操作许可、运行序列深度绑定。这种基于可编程控制器的集中式连锁保护,相较于传统的继电器硬接线方式,具有逻辑灵活可调、故障诊断清晰、可靠性高等优势,构成了设备内在的、智能化的“安全免疫系统”,能有效防止局部故障扩大为整机瘫痪或严重事故<sup>[6]</sup>。

### 2.3 在状态监测与预测性维护中的应用

电气自动化仪表在状态监测与预测性维护领域得以应用,这意味着斗轮机的运维模式发生了根本性变革,从以往的事后维修、定期保养转变为基于实时状态的预测性维护。其核心价值是借助持续收集设备的“健康体征”数据,运用先进分析手段,实现对潜在故障的早期预警以及对剩余使用寿命的评估,将“被动应对”转变为“主动管理”<sup>[7]</sup>。

在线振动与温度监测是诊断旋转机械健康状况极为经典且有效的手段。在斗轮机的关键旋转部件位置,像斗轮机驱动轴、各减速机的高速轴与低速轴、行走轮轴承座等地方,安装振动加速度传感器和温度传感器。振动信号包含着丰富的设备状态信息,依靠对时域波形和频域频谱进行分析,可精准识别出轴承的剥落、点蚀,齿轮的断齿、磨损,轴系的不对中、不平衡等典型故障特征。温度趋势可以灵敏反映润滑失效或摩擦加剧等问题。传统的点检方式依靠人工定期采集数据,而现代先进的在线监测系统借助现场总线或工业无线网络,实现数据的不间断实时传输与存储,为连续状态评估创造了可能。

电机绝缘与性能监测由集成化的智能电机保护器来完成,其已超出传统热继电器仅提供过载保护的功能范围,可持续监测电机的三相电流、电压、功率、功率因数等电气参数,并依据

精确的热模型提供更可靠的过热保护。更深入的功能包括定期或在线监测电机绕组的绝缘电阻,评估因潮湿、污垢或老化引发的绝缘劣化趋势,在绕组短路击穿前发出预警,结构健康监测凭借在悬臂根部、门架立柱等关键承力部位安装电阻应变片传感器,实时测量结构在负载下的微应变,再换算为应力值。这可用于监测在超大风载、意外碰撞或长期交变载荷情况下,金属结构是否出现应力超限或异常分布,为评估结构安全性和疲劳寿命提供关键数据。

然而,单一参数的监测价值有限,真正的突破来自数据融合与智能诊断。借助工业物联网平台把分散的振动、温度、电气参数、应力、工艺数据等多源异构数据汇聚到统一的数据仓库中,利用机器学习算法对这些历史数据和实时流数据进行训练与分析,可构建起斗轮机各关键部件的“数字健康孪生”模型或故障预测模型。系统可自动识别出偏离正常运行模式的早期微弱征兆,实现故障定位,还可以预测故障的发展趋势与剩余使用寿命。

### 3 未来发展趋势

未来电气自动化仪表于斗轮机控制中的应用会呈现出如下趋势:其一,智能化与自主化程度更高,基于人工智能的视觉识别、自主路径规划以及自适应控制算法会有更为广泛的运用,促使斗轮机朝着“无人化”作业方向发展;其二数字化与网络化程度更深,5G等新技术应用,可实现更低延时、更高可靠的数据传输,为实时性要求更高的控制与监测应用提供支撑;其三预测性维护与健康管理更全面,结合数字孪生技术,实现设备全生命周期透明化管理,维护策略会变得更加精准且经济;其四标准化与互联互通更开放,基于IEC 61499等标准的开放自动化架构,会降低系统集成难度,提高灵活性与可扩展性;其五更注重能源

管理与低碳运行,借助对设备能耗的精细监测与优化控制,帮助企业达成节能减排目标。

### 4 结束语

本研究系统分析了电气自动化仪表在斗轮机控制系统中的集成应用,证实了其对提升设备运行精度、保障作业安全、实现智能运维的关键作用。该技术的深入应用不仅是设备升级的必然路径,更为散料储运行业的数字化、智能化转型奠定了坚实基础,展现出广阔的发展前景与推广价值。

### [参考文献]

- [1]周朝平,李鹏.电厂斗轮机无人值守全自动堆取料改造要点研究[J].科技与创新,2025,(24):143-145.
- [2]刘庆伟.电气自动化仪表在斗轮机控制系统中的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(11):78-80.
- [3]曹文生,张翅飞,王汉林,等.封闭煤场斗轮机智能化设备改造研究与实践[J].今日制造与升级,2025,(10):83-87.
- [4]陆伯仲.斗轮机故障诊断与预警系统的电气智能化改造[J].张江科技评论,2025,(07):120-122.
- [5]史翔宇,张永刚,贾新强,等.火力发电厂斗轮机系统数字化改造与效能提升分析[J].通讯世界,2025,32(05):121-123.
- [6]陈跃武.应用倾角传感器实现对斗轮机悬臂俯仰角度的精确测量[J].智能矿山,2024,5(07):50-54.
- [7]林楠,黄宇慧,马超,等.臂式斗轮机固定交叉尾车金属结构优化分析[J].机械工程师,2023,(11):121-123+126.

### 作者简介:

唐坡(1987—),男,汉族,内蒙古通辽人,本科,毕业于内蒙古工业大学,研究专业:电气工程及其自动化专业。