

WK-35型电铲电气控制系统分析

李鹏宇

国能北电胜利能源有限公司 内蒙古 锡林浩特 026000

摘要：本文深入剖析WK-35型电铲电气控制系统的构成、原理及控制策略。该系统采用分层分布式架构，涵盖设备层、控制层和管理层，保障高效稳定运行。主回路运用交流电动机，负责动力传输，控制回路实现精准控制，人机界面与监控系统提供直观操作与全面监测。文章探讨速度、转矩控制及多电机协同控制策略，助力精准高效作业。此外，还展望系统优化方向，如节能改造、新能源应用及智能化技术融合，为WK-35型电铲未来发展提供重要指导。

关键词：WK-35型电铲；电气控制系统；运行控制

引言：WK-35型电铲作为露天采矿的核心设备，其电气控制系统的性能与稳定性至关重要。该系统通过复杂的结构设计及精细的控制策略，实现了高效、稳定的作业能力。本文深入剖析WK-35型电铲电气控制系统的构成、原理及控制策略，探讨其在实际应用中的表现及未来发展趋势。随着技术的不断进步，电气控制系统正向着更智能、更高效、更环保的方向发展。本文的分析与探讨，将为WK-35型电铲电气控制系统的优化与升级提供理论支持与实践指导，推动露天采矿行业的智能化与可持续发展。

1 WK-35 型电铲概述

1.1 电铲的基本结构

WK-35型电铲作为大型露天采矿设备，结构极为复杂且精细，由工作装置、回转平台、行走机构、动力系统及电气控制系统等核心部分构成。工作装置中，铲斗经特殊工艺打造，采用超高强度耐磨材料，斗型设计符合力学原理，能高效抓取物料。动臂通过大型的机械连杆机构与回转平台稳固相连，依靠电动机驱动的卷扬装置实现升降动作，卷扬装置中的钢丝绳缠绕在卷筒上，通过电动机正反转控制卷筒收放钢丝绳，从而精准调节动臂的高度，斗杆同样借助电动机驱动的传动机构实现伸缩，精确控制铲斗挖掘角度与深度。回转平台配备精密回转机构，由专门的回转电动机驱动，能360度灵活旋转，助力工作装置快速切换作业方向。行走机构采用履带式设计，宽大履带分散压力，特殊花纹增强抓地力，爬坡能力强。动力系统外接高压电源，经电气设备精密调控，由大功率交流电动机高效输出动力。电气控制系统宛如大脑，接收操作指令，借助传感器实时监测设备状态，精准调控各部件协同运作，赋予WK-35型电铲高效、稳定的作业能力。

1.2 电铲的应用场景与性能要求

WK-35型电铲广泛应用于煤炭、金属矿石、岩石等露天矿山开采，在大量土方或矿石挖掘、装载及转运场景中，其大型化、高效率特点显著。它既能在平坦矿区作业，也能在一定坡度地形稳定工作，适应性与灵活性良好，性能上，WK-35型电铲需具备强大挖掘能力、快速作业循环时间、高可靠性和耐用性，且易于维护操作。随着智能化技术发展，现代电铲越发注重自动化控制、远程监控与故障诊断功能集成，提升作业效率与安全性，降低运营成本，不断向智能化、高效化迈进。

2 WK-35 型电铲电气控制系统组成

2.1 电气控制系统总体架构

WK-35型电铲电气控制系统采用分层分布式架构，分为设备层、控制层和管理层。设备层有电动机、接触器、电磁阀等执行元件，直接驱动电铲机械部件完成挖掘、提升等动作，同时电流、温度、位置等传感器实时监测设备状态，为控制决策提供数据。控制层由PLC或工业控制计算机构成，PLC凭借高可靠性与逻辑运算能力，依据预设策略及操作指令，处理设备层信号，精准控制执行元件；工业控制计算机用于复杂运算与图形化显示，实现深度智能诊断。管理层通过网络与控制层交互，管理人员可远程实时获取电铲运行参数、工作进度，下达生产任务、调整作业计划，实现多台电铲协同作业的高效管理^[1]。

2.2 主回路分析

主回路是系统“主动脉”，由高压电源接入装置、高压断路器、变频装置、滤波装置及大功率交流电动机组成。高压电源接入装置安全引入外接高压电，高压断路器在电路过载、短路时迅速切断电路，保障安全。变频装置通过改变电源频率，精确控制交流电动机转速，满足不同工况需求。滤波装置滤除谐波，使电源平稳，减少对电动机的冲击，延长其使用寿命。大功率交流电动机

与机械传动系统相连,驱动电铲适应不同作业情况。

2.3 控制回路分析

控制回路如同系统的“神经网络”,涵盖操作指令输入、信号放大与转换、逻辑控制及执行元件驱动电路。操作指令输入电路接收操作手柄等发出的低电压、小电流指令,经信号放大与转换为标准电平信号,供逻辑控制电路处理。逻辑控制电路以PLC或继电器逻辑为核心,结合操作指令与设备层传感器反馈,确定执行元件动作顺序与运行参数,如控制提升与斗杆电动机协同挖掘。执行元件驱动电路将逻辑控制信号转换为大功率驱动信号,控制接触器、电磁阀,进而操控主回路电动机和液压系统(主要用于设备润滑部分)。控制回路还设有过流、欠压等保护电路,异常时及时切断控制信号,防止设备损坏。

2.4 人机界面与监控系统

人机界面通常为彩色触摸屏,直观便捷。操作人员可实时监控电动机电流、电压、转速,工作装置位置、角度,液压系统(润滑部分)压力等参数,还能进行设备启停、运行模式切换等操作,降低工作强度与难度。监控系统通过数据采集与处理,全方位实时监测电铲运行状态。它能记录数据、生成报表和趋势曲线,为维护保养与性能评估提供支持。具备故障诊断与报警功能,检测到故障时迅速发出声光报警,在人机界面显示详细故障信息,助力维修人员快速定位并维修。

3 WK-35 型电铲电气控制系统工作原理

3.1 启动与停机过程分析

启动时,操作人员通过人机界面发出启动指令,PLC接收指令后首先对电气设备进行初始化状态检查,确认无异常后启动高压装置,引入外接高压电。随后,AFE(主动前端)启动整流功能,将交流电转换为稳定的直流电,此直流电通过逆变单元再次转化为可控的交流电,为变频装置提供输入电源。变频装置依据预设控制策略调整输出频率,以平滑、可控的方式驱动交流电动机启动,进而带动电铲各执行部件运转。停机时,操作人员通过人机界面发出停机指令,PLC优先控制抱闸装置抱紧执行元件,确保设备在断电前处于安全制动状态。随后,控制回路逐步降低变频器输出频率,利用电机惯性及制动装置的协同作用,实现电铲的平稳减速直至停止。在确认设备完全停止后,PLC控制AFE停止整流功能,切断直流电源供应。最终,高压启动装置断开高压电,完成停机流程。

3.2 作业过程中的电气控制

作业时,电气控制系统依据操作人员指令和设备运

行状态精准控制。操作人员通过操作手柄发出挖掘、提升、回转等指令,操作指令输入电路将信号传输至控制层。PLC根据指令以及位置传感器反馈的工作装置实时位置、压力传感器反馈的液压系统(润滑部分)压力等信息,经逻辑运算,向执行元件驱动电路发送控制信号。例如,挖掘作业时,控制提升电动机和斗杆电动机协同工作,调节电动机转速和转向,控制铲斗挖掘深度和角度;回转作业时,控制回转电动机转速和旋转方向,实现上部回转平台精准定位。针对不同作业工况,如挖掘不同硬度物料,系统根据传感器反馈的电流、电压等参数,自动调整电动机输出转矩和转速,确保电铲高效、稳定运行^[2]。

3.3 安全保护机制

安全保护机制是WK-35型电铲电气控制系统的重要组成部分。过流保护方面,电流传感器实时监测主回路电流,超过预设阈值时,控制回路迅速动作,使高压断路器跳闸,切断电路,防止电动机过载烧毁。欠压保护通过电压传感器监测电源电压,电压过低影响设备正常运行时,系统发出报警并采取措施,如降低电动机负载或停机。系统还设有温度保护,温度传感器监测电动机、变频装置等关键部件温度,温度过高时,启动散热风扇或停止设备运行,避免过热损坏设备。对于设备运行异常,如工作装置碰撞、倾斜等,位置传感器和倾斜传感器及时将信号反馈至控制层,系统立即启动制动装置,停止设备运行,保障人员和设备安全。

4 WK-35 型电铲电气控制系统运行控制策略

4.1 速度控制策略

WK-35型电铲电气控制系统中,速度控制策略对确保设备高效、精准作业十分关键。系统主要采用变频调速方式,通过改变电动机输入电源频率调节电机转速。例如,挖掘作业需快速将铲斗插入物料堆时,可通过变频器提高电源频率,使提升电机和斗杆电机迅速提升转速;物料装卸需平稳、精确位置控制时,降低电源频率,让电机以较低转速运行。系统结合速度传感器反馈的实际转速信息,运用闭环控制算法,如PID控制,精确调节电机转速,确保实际转速与设定转速高度匹配,避免速度波动影响作业质量与效率。

4.2 转矩控制策略

转矩控制策略是保障WK-35型电铲在复杂作业工况下稳定运行的关键。电铲挖掘坚硬物料时,电机需输出较大转矩克服物料阻力;物料搬运等轻载工况下,需合理降低转矩,防止设备过度磨损与能源浪费。系统通过控制电动机电流实现转矩控制,对于交流异步电动机,

采用矢量控制技术,将定子电流分解为励磁电流和转矩电流分量,独立控制转矩电流精确控制电机转矩^[3]。例如,电铲挖掘坚硬矿石时,系统检测到电机电流急剧上升,表明负载转矩增大,自动增加转矩电流,使电机输出更大转矩,确保挖掘作业顺利进行。为防止电机过载,系统设置转矩限幅功能,检测到电机转矩超过预设安全阈值时,立即调整控制策略,降低电机输出转矩,保护电机和设备安全,同时发出警报提示操作人员。

4.3 多电机协同控制策略

WK-35型电铲提升、推压、回转等动作由多个电机协同完成,多电机协同控制策略决定电铲作业的流畅性与高效性。挖掘作业时,提升电机负责提升铲斗,斗杆电机控制铲斗推进,回转电机调整电铲作业角度,三者需紧密配合。系统以PLC为核心,根据操作人员输入的作业指令以及传感器反馈的各电机运行状态、工作装置位置等信息,制定协同控制方案。例如,操作人员下达挖掘指令后,PLC首先计算提升电机和斗杆电机的目标转速与转向,使铲斗以合适角度和速度插入物料堆。挖掘过程中,实时监测各电机电流、转矩等参数,根据物料硬度变化动态调整电机输出,确保挖掘力稳定。回转电机根据作业位置需求,在合适时机启动并精准控制回转角度,实现物料准确装卸。为实现多电机高效协同,系统采用同步控制算法,通过通信网络实时传输各电机运行数据,保证各电机在时间和空间上动作协调一致,避免电机动作不同步导致设备卡顿、损坏,大幅提升电铲整体作业性能。

5 WK-35型电铲电气控制系统优化与发展趋势

在露天矿山开采领域,WK-35型电铲电气控制系统的优化工作正有序开展,呈现出诸多发展趋势。部分矿山已进行优化实践,如某大型露天煤矿对旗下WK-35型电铲电气系统升级。优化聚焦提升作业效率与降低能耗,方案包括对主电源系统的变压器与开关柜进行节能改造,提高电能转换与分配效率。以某矿山为例,其原有的变压器转换效率仅为85%,经过节能改造,采用新型高效变压器及优化后的开关柜布局,转换效率提升至93%。在电机驱动系统引入先进变频调速装置替代传统调速方式,配合优化后的速度与转矩控制算法,使提升、推压、回转电机在不同工况下更精准、高效运行。经优

化,电铲作业效率显著提升,能耗降低约15%-20%,设备故障率大幅下降^[4]。

展望未来,新能源技术将变革WK-35型电铲电气系统。锂电池和超级电容有望逐步应用,减少对传统外接高压电源的依赖。锂电池具有能量密度高、充放电效率高的特点,能使电铲在远离外接电源的区域灵活作业。超级电容则可快速充放电,在电铲频繁启停过程中,有效回收制动能量,降低能耗,实现更灵活、环保作业模式,降低运营成本。智能化技术融入也是重要趋势,借助人工智能算法,系统能实时分析海量运行数据,如通过对电机电流、电压、温度等数据的持续监测与分析,精准预测设备故障,提前维护,减少停机时间。物联网技术可实现设备远程监控与管理,管理人员通过手机或电脑终端,随时随地掌握电铲运行状态。另外,节能技术如能量回馈系统与高效电机的应用,将进一步挖掘电铲节能潜力。能量回馈系统能在电铲下降物料等势能转换过程中,将电能回馈至电网,高效电机则以更高的电能转换效率,推动其向绿色、高效方向持续发展,为露天矿山开采的智能化、可持续发展注入动力。

结束语

综上所述,WK-35型电铲电气控制系统是露天采矿设备的重要组成部分,其性能与效率直接影响矿山开采整体效益。未来,随着新能源技术、智能化技术及节能技术的发展,WK-35型电铲电气系统将迎来更多变革与创新,为露天矿山开采的智能化、高效化与可持续发展注入新活力。期待该系统在未来展现更卓越性能与更广泛应用前景。

参考文献

- [1]潘海威.WK-35型电铲电气控制系统分析[J].建筑工程技术与设计,2020(7):4457.DOI:10.12159/j.issn.2095-6630.2020.07.4236.
- [2]王华.浅谈WK-35电铲的电气故障类型与排除措施[J].露天采矿技术,2017(10):58-60.
- [3]赵长敬.电气控制系统中电动机的节能保护[J].中国金属通报,2019(08):247-248.
- [4]万里宁.发电厂电气控制与保护设计问题分析[J].电站系统工程,2021,37(02):56-57.