

电气自动化系统中智能控制技术的应用与发展趋势

刘华春 任建瑞

紫金矿业集团股份有限公司 福建 龙岩 364200

摘要: 本文详细探讨了智能控制在矿业电气自动化系统中的重要性、具体应用及发展趋势。智能控制在提高生产效率、保障生产安全、降低生产成本等方面发挥了关键作用,尤其在矿产开采、选矿、冶炼和辅助生产系统中取得了显著成效。未来,智能控制技术将朝着智能化程度提高、与物联网深度融合、绿色智能发展和标准化规范化建设方向发展。

关键词: 电气自动化系统;智能控制技术;应用;发展趋势

引言

在现代工业生产中,电气自动化系统正逐渐融入智能控制技术,以实现更高效、安全和环保的生产过程。紫金矿业作为行业的先行者,其电气自动化系统中智能控制技术的应用不仅提升了生产效率和产品质量,还显著降低了生产成本,并增强了企业的市场竞争力。本文将探讨智能控制技术的重要性、具体应用以及未来的发展趋势。

1 智能控制在电气自动化系统中的重要性

智能控制在电气自动化系统中具有多方面的重要性。在提高生产效率上,以紫金矿业为例,对于矿产开采环节,智能控制技术可达成开采设备的自动化调度与优化控制,借助智能算法依据矿石分布和品位规划设备运行路径与开采顺序,减少设备空转与等待时间;选矿过程中,能实时监测设备运行状态和工艺参数并自动调整,提升选矿回收率与产品质量。在保障生产安全方面,矿业生产环境复杂、隐患众多,智能控制技术可对生产设备实时监测与故障诊断,及时察觉潜在故障和安全隐患并预警,矿井通风系统能依有害气体浓度和通风情况自动调节通风设备参数,保障矿工生命安全。在降低生产成本方面,智能控制技术可优化能源管理,冶炼厂能依据生产负荷和能源价格自动调整设备运行时间与能源使用策略,降低电力、燃气等能源消耗,还能减少人工干预,降低人力成本,提高生产管理精细化水平。从提升企业竞争力角度看,矿业行业竞争激烈,企业需不断提高生产效率、产品质量,降低生产成本,智能控制技术的应用能让矿业实现智能化生产,提升生产管理水平和技术创新能力,进而增强企业核心竞争力,使其在市场中占据有利地位^[1]。

2 智能控制在电气自动化系统中的具体应用

2.1 在矿产开采中的应用

一是无人驾驶采矿设备,其引入的无人驾驶矿用卡车和挖掘机等设备,依托智能控制系统实现了高度自动化作业。该系统借助激光雷达、摄像头等先进传感器,能够实时且精准地感知周围环境信息,并结合高精度地图与定位技术,为设备规划出最优的自主导航和运行路径。同时,系统还能依据矿石的品位以及既定的开采计划,自动且灵活地调整设备的挖掘和装载动作,这一过程不仅大幅提高了开采效率,还显著提升了开采的精准度。二是智能爆破系统,在爆破作业这一复杂且高风险的环节中,该技术可对爆破参数进行精确计算与优化。通过各类传感器实时监测岩石的性质以及爆破的实际效果,智能控制系统能够依据监测数据自动调整炸药的用量、装药结构以及起爆时间等关键参数。这种精准的调控方式,不仅有效提高了爆破效果,使得矿石能够更高效地破碎和开采,还最大程度地减少了对周围环境的不良影响,实现了矿产开采与环境保护的平衡发展,为矿业企业的可持续发展提供了有力支持。

2.2 在选矿过程中的应用

(1) 智能浮选控制。智能浮选控制作为选矿关键环节的重要支撑,借助智能控制系统能够实时且精准地监测浮选槽内液位、充气量、药剂添加量等关键参数。依据矿石性质及浮选效果,系统可自动、灵活地调整这些参数,有效提高浮选回收率与精矿品位。更为重要的是,它还能运用机器学习算法对浮选过程进行深度建模与优化。通过不断学习和分析大量数据,系统可自动发现浮选过程中的潜在规律和问题,进而针对性地调整控制策略,持续提升浮选效率,为选矿企业带来更高的经济效益。(2) 智能磨矿分级控制。智能磨矿分级控制同样在选矿过程中发挥着关键作用。磨矿分级作业质量直接关乎选矿效果,智能控制系统可实时监测磨机运行状态及磨矿产品粒度。依据设定的粒度要求,系统能自

动调整磨机给矿量、磨矿浓度以及分级机溢流浓度等参数,实现磨矿分级过程的自动化精准控制,这一过程不仅提高了磨矿效率,还显著提升了产品质量,使选矿企业能够更好地满足市场需求,增强市场竞争力,推动矿业行业向智能化、高效化方向发展^[2]。

2.3 在冶炼过程中的应用

在冶炼工艺流程中,智能控制技术已逐步成为提升生产效能与保障作业安全的核心支撑。在智能冶炼炉控制环节,智能控制系统通过集成高精度传感器网络,可对炉内温度、压力、气氛等关键参数进行毫秒级实时监测,并依据预设的冶炼工艺曲线自动调节燃料供给量、送风速率及物料投放节奏。在钢铁冶炼中,系统通过分析铁水温度与碳含量动态变化,精准控制焦炭添加量与氧气吹入强度,使冶炼反应始终处于最佳热力学状态。当检测到炉内压力异常波动时,系统会立即启动应急预案,联动调整排烟阀门开度与冷却水流量,有效预防炉体损坏风险。能源管理系统则构建起冶炼厂的智慧能源网络,通过部署在各生产环节的智能电表、流量计等设备,实现对电力、燃气、蒸汽等能源介质的全方位监控。系统运用大数据分析技术,建立设备能耗模型与生产负荷预测算法,可提前预判能源供需缺口。在电力峰谷时段,系统通过智能调度算法自动调整高耗能设备运行计划,例如将电炉熔炼工序安排在低谷电价时段执行,在用电高峰时段切换至保温待机模式。并且系统还能对压缩空气、循环水等二次能源进行梯级利用优化,通过余热回收装置将冶炼废气中的热能转化为蒸汽供其他工序使用,使整体能源利用率提升15%~20%。这种能源管理的智能化转型,不仅显著降低了生产成本,更助力企业实现绿色可持续发展目标。

2.4 在辅助生产系统中的应用

在矿业的辅助生产系统中,智能控制技术正深刻改变着仓储物流与安防管理的传统模式。智能仓储物流系统通过构建自动化立体仓库与AGV(自动导引车)协同作业网络,实现了物料流转的精准化与高效化。该系统基于物联网架构,将仓储区域划分为多层立体货架,配合巷道堆垛机与AGV小车形成三维物流通道。智能控制系统通过实时采集生产计划指令与库存数据,运用路径优化算法自动生成物料搬运任务清单,使AGV小车可自主完成从货架存取到产线配送的全流程作业,显著缩短物料周转周期。在矿区安防领域,智能控制技术构建起立体化安全防护体系。系统通过在矿区周界部署高清摄像头、红外传感器、振动光纤等多元感知设备,形成全天候无死角监控网络。基于深度学习算法的智能分析平

台可对监控画面进行实时解析,自动识别人员徘徊、设备异常震动等风险特征,当检测到非法入侵行为时,系统立即启动联动响应机制,一方面通过声光报警装置震慑入侵者,另一方面将警情信息推送至安保中心,同时联动周边监控设备进行追踪取证。

3 智能控制技术在电气自动化系统中的发展趋势

3.1 智能化程度不断提高

随着人工智能技术的迅猛发展,智能控制技术在电气自动化系统中的智能化程度正不断提升。深度学习、强化学习等前沿算法正深度融入智能控制系统的架构设计,通过构建多层神经网络模型,系统能够从海量的生产数据中自动提取复杂的特征模式,实现类人化的自主学习与决策能力的提升。强化学习技术的引入,使得智能控制系统具备了动态环境适应能力,在电力调度等实际应用场景中,系统能够基于强化学习算法模拟不同负荷波动下的最优调控策略,并通过持续的试错优化形成自适应控制模型,在保障电网稳定性的同时有效降低电能损耗。而且随着边缘计算与5G通信技术的融合发展,智能控制系统正逐步突破传统集中式控制架构的局限,形成分布式智能决策网络,使各生产环节的子系统能够根据实时工况进行自主协同,在提升控制精度的同时增强系统的容错能力,为构建具有高度柔性化与自适应性的智能生产体系提供了坚实的技术支撑^[3]。

3.2 与物联网深度融合

物联网技术的飞速演进正为电气自动化系统的智能化升级开辟全新路径,智能控制技术与物联网的深度融合将构建起全要素互联的工业互联网体系,使设备、人员、环境等生产要素实现无缝协同。通过在各类生产设备上部署边缘计算节点与多模态传感器,物联网平台可实时采集设备运行参数、环境温湿度、物料流动状态等海量数据,并借助5G/Wi-Fi 6等高速通信技术实现毫秒级数据回传,这种全域感知能力使企业能够构建数字孪生系统,在虚拟空间中实时映射物理生产过程,为智能控制系统提供多维度的决策依据。景中,智能控制系统可通过物联网平台协调钻机、挖掘机、运输卡车等设备的作业节奏,根据实时地质数据动态调整开采参数,在保障作业安全的同时提升开采效率。在冶炼环节,物联网技术可实现熔炼炉、精炼设备、余热回收装置的智能联动,通过优化能源梯级利用策略,使整体能耗降低15%以上。这种深度融合不仅提升了生产过程的透明度和可控性,更催生出预测性维护、质量溯源等创新应用模式,为构建具有全球竞争力的智能矿山奠定坚实技术基础。

3.3 绿色智能发展

随着全球环保意识的持续觉醒,矿业正加速推进绿色智能转型战略,智能控制技术成为驱动这一变革的核心引擎。在节能减排领域,智能控制系统通过构建能源数字孪生模型,可对全厂电力、燃气、蒸汽等能源介质进行动态仿真与优化调度。基于机器学习算法的能源预测系统,能够提前72小时预判用电负荷波动,通过智能调节高耗能设备的启停策略,使电力峰谷差降低30%以上。在冶炼环节,智能控制系统通过实时分析炉温曲线与燃烧效率,动态调整氧气供给量与燃料配比,使单位产品能耗下降18%,显著减少温室气体排放。在资源循环利用层面,智能选矿技术正重塑矿业价值链。依托计算机视觉与光谱分析技术,智能分选系统可对矿石进行纳米级成分解析,通过毫米波雷达与多光谱成像的协同识别,将矿石品位识别精度提升至98.7%。这种精准分选能力使选矿回收率提高12个百分点,尾矿排放量减少40%,同时通过智能尾矿库管理系统实现尾矿浆体浓度、坝体位移的实时监测,有效防范环境风险。未来,矿业将深化智能控制技术与绿色生产理念的融合创新,构建覆盖全产业链的碳足迹追踪体系,推动矿山开采、选冶加工、资源回收等环节的闭环优化,为全球矿业可持续发展树立绿色智能标杆。

3.4 标准化与规范化建设

随着智能控制技术在电气自动化系统中的深度渗透,标准化与规范化建设正成为推动产业升级的关键支撑,行业将围绕设备接口、通信协议、数据格式等核心要素构建统一的技术标准体系,针对智能传感器与执行器的通信接口,制定涵盖物理层、链路层到应用层的全栈标准,确保不同厂商生产的设备能够实现无缝对接;在数据交互层面,规范工业以太网、OPC UA等主流通信协议的数据帧结构与语义描述,消除因协议差异导致的

数据孤岛问题。这种标准化建设将使智能控制系统具备更强的设备兼容性与系统扩展性,企业可根据生产需求灵活组合不同厂商的优质产品,避免因技术锁定带来的升级障碍。规范化建设则聚焦于系统集成与运维管理流程。通过制定智能控制系统的设计、安装、调试、验收等全生命周期标准,明确各环节的技术要求与质量管控要点,可有效降低因人为因素导致的系统故障风险^[4]。在系统调试阶段建立标准化测试用例库,对控制精度、响应速度、容错能力等关键指标进行量化评估,确保系统性能满足设计要求。同时标准化运维规范将推动设备健康管理、故障预测、远程维护等智能服务的规模化应用,为通过建立统一的知识库与故障诊断模型,降低企业对专业技术人员的依赖程度,为显著提升系统维护效率,为打造可复制、可推广的智能工厂建设范式奠定基础。

结语

综上所述,智能控制技术在电气自动化系统中的应用展现了显著的经济效益和环境效益。随着技术的不断进步和创新,智能化、物联网融合、绿色发展以及标准化建设将成为推动行业发展的关键因素,将继续引领行业向更智能、更绿色、更高效的方向迈进,为全球矿业的可持续发展树立新的标杆。

参考文献

- [1]薛维兵,张瑞.矿山机电系统中智能控制技术的研究[J].科技资讯,2024,22(10):69-71.
- [2]张波.基于智能化技术的煤矿电气工程自动化控制系统研究[J].中华传奇,2023(35):280-282.
- [3]张立业.电气工程自动化控制智能化技术应用[J].中国金属通报,2021(24):67-69.
- [4]温石兵.电气自动化及电气自动化发展趋势探究[J].工程技术与管理,2023,7(17):11-12.