

矿山机械设备自动化与智能化控制技术研究

崔立军

370922*****1871

摘要：本文聚焦矿山机械设备自动化与智能化控制技术研究，结合矿山行业高效安全发展需求展开分析。先梳理该技术在关键设备应用、安全监测落地、大型项目协同等方面的现状，明确现有实践的基础与局限；再剖析技术适配不足、集成度低、协同弱等核心问题；接着阐述其在生产效率、安全保障、成本控制中的核心价值；随后从定制研发、全流程集成、协同管理维度提出实施路径；最后分析深度智能化、跨系统融合、绿色化等发展趋势。研究旨在为矿山行业技术转型、提升生产水平提供参考。

关键词：矿山机械设备；自动化控制；智能化控制；实施路径；发展趋势

DOI：10.69979/3029-2727.25.10.091

引言

矿山行业作为能源与原材料供应的核心领域，其生产过程面临作业环境复杂、安全风险高、人工成本上升等挑战。地下矿山存在瓦斯、顶板坍塌等风险，露天矿山受极端天气影响大，传统人工操作易受环境干扰，且人工成本逐年增加。矿山机械设备（如采矿机、运输机、破碎机）作为生产核心装备，传统人工操作模式已难以满足高效、安全、低碳的生产需求。自动化与智能化控制技术可通过自动调节设备参数、智能预判故障、远程操控作业，大幅提升设备运行效率与安全性。当前，部分矿山虽引入相关技术，但仍存在技术与设备适配难、系统独立运行、管理机制不完善等问题，技术优势未充分发挥。

1 矿山机械设备自动化与智能化控制技术的应用现状

1.1 自动化控制技术已初步应用于矿山关键生产设备

在矿山生产中，自动化控制技术已初步应用于关键生产设备。针对采矿机，通过安装传感器与自动调节系统，可实现切割速度、深度的自动控制，根据矿石硬度实时调整参数，避免设备过载；针对运输机，采用 PLC 控制系统实现输送带速度的自动调节，根据物料流量变化调整运行状态，减少空转能耗；针对破碎机，通过自动化控制系统监测破碎腔物料量，自动控制給料速度，确保破碎效率稳定。这些应用减少了人工操作干预，提升了关键设备的运行稳定性，为矿山生产效率提升奠定基础。

1.2 智能化控制在矿山安全监测与故障预警

中尝试落地

智能化控制技术已在矿山安全监测与故障预警场景中尝试落地。在安全监测方面，通过在矿山设备与作业区域安装智能传感器，实时采集设备振动、温度、瓦斯浓度等数据，经智能系统分析判断安全风险，当数据超出安全阈值时自动发出预警；在故障预警方面，利用大数据分析技术构建设备故障模型，通过监测设备运行参数，预判轴承磨损、电机故障等潜在问题，提前推送维修提示。例如，对矿山提升机，智能化系统可监测钢丝绳张力与运行速度，预判钢丝绳断裂风险，避免安全事故发生，保障矿山作业安全。

1.3 自动化与智能化技术在大型矿山项目中实现局部协同应用

在大型矿山项目（如大型露天煤矿、金属矿）中，自动化与智能化技术已实现局部协同应用。这类项目会将不同设备的自动化系统与智能化监测系统初步连接，形成局部协同体系。例如，在大型露天煤矿，采矿机的自动化控制系统与运输机的智能调度系统协同，采矿机根据运输机的物料承载情况调整采矿量；破碎机的智能化故障预警系统与维修管理系统协同，预警信息实时同步至维修团队，缩短维修响应时间。这种局部协同减少了设备间的运行冲突，提升了局部生产环节的效率，但尚未实现全矿山范围内的全面协同。

2 矿山机械设备自动化与智能化控制技术应用存在的问题

2.1 技术与不同类型矿山设备适配性不足，通用方案效果受限

当前，自动化与智能化技术与不同类型矿山设备的

适配性不足,通用技术方案效果受限。矿山设备类型多样,如地下采矿机与露天采矿机的结构、作业环境差异大,通用自动化方案未考虑设备特性差异,导致部分功能无法正常发挥。例如,针对露天采矿机设计的自动切割方案,应用于地下采矿机时,因地下空间狭窄、矿石硬度不均,方案无法精准调整参数,影响采矿效率;通用智能化故障预警模型未区分破碎机、运输机的设备特性,预警准确率低,易出现误报或漏报,无法满足不同设备的故障预警需求。

2.2 自动化与智能化系统集成度低,未形成全流程管控体系

自动化与智能化系统的集成度低,未形成覆盖矿山生产全流程的管控体系。多数矿山的自动化系统与智能化系统独立运行,如采矿机的自动化系统、运输机的智能化调度系统、破碎机的故障预警系统分别由不同厂商开发,数据接口不统一,无法实现数据共享。例如,采矿机的生产数据无法实时同步至运输机调度系统,导致运输机无法根据采矿量及时调整运行计划;破碎机的故障信息未同步至采矿机控制系统,采矿机仍按原计划给料,造成物料堆积。这种碎片化的系统应用,无法实现全流程的高效管控,制约整体生产效率提升。

2.3 技术应用与矿山生产场景协同不足,数据共享与反馈滞后

技术应用与矿山生产场景的协同不足,数据共享与反馈存在滞后。矿山生产场景复杂,如地下矿山的作业面动态变化、露天矿山的物料堆放位置调整,自动化与智能化系统未充分结合场景变化优化运行策略。同时,系统采集的数据未及时反馈至生产管理环节,如设备运行数据未同步至生产计划部门,生产计划调整无法参考实时设备状态;安全监测数据未快速传递至现场作业人员,作业人员无法及时规避风险。例如,当矿山作业面发生位移时,智能化监测系统虽采集到数据,但未及时同步至采矿机控制系统,采矿机仍按原位置作业,导致采矿偏差,影响生产进度。

3 矿山机械设备自动化与智能化控制技术的核心价值

3.1 提升矿山生产效率,减少设备空转与人工操作耗时

自动化与智能化控制技术能显著提升矿山生产效率,减少设备空转与人工操作耗时。自动化控制可根据生产需求自动调整设备运行参数,避免设备因人工操作不及时导致的空转,如运输机根据物料流量自动启停,减少无料运行时间;智能化调度系统可优化设备作业顺

序,减少设备等待时间,如合理安排采矿机、运输机的作业节奏,避免物料堆积或设备闲置。同时,技术应用减少了人工操作环节,如远程操控采矿机替代人工现场操作,省去人工往返作业面的时间,大幅缩短生产周期,提升整体生产效率。

3.2 强化作业安全保障,降低人员在高危环境中的作业风险

该技术能强化矿山作业安全保障,降低人员在高危环境中的作业风险。自动化控制可实现设备无人化操作,减少人员进入高危区域的频次,如地下矿山的采矿机通过远程自动化控制运行,作业人员无需在瓦斯浓度高、顶板不稳定的区域现场操作;智能化安全监测系统可实时监控作业环境与设备状态,提前预警安全隐患,如监测到矿山提升机钢丝绳异常时,自动停机并发出警报,避免人员伤亡事故。通过减少人员与高危环境的接触,同时提升安全预警的及时性,大幅降低矿山作业安全风险。

3.3 优化成本管控,减少设备故障维修成本与能源消耗

自动化与智能化控制技术能优化矿山成本管控,减少设备故障维修成本与能源消耗。智能化故障预警系统可提前预判设备故障,避免故障扩大导致的高额维修费用,同时缩短维修时间,减少因设备停机造成的生产损失;自动化控制可根据生产负荷调整设备运行状态,避免设备满负荷运行导致的能源浪费,如破碎机根据物料量自动调节电机功率,降低无效能耗。例如,通过智能化预警提前更换矿山运输机的磨损部件,维修成本仅为故障后的十分之一;自动化控制使设备能源消耗降低,长期运行可节省大量能源费用,显著优化矿山成本结构。

4 矿山机械设备自动化与智能化控制技术的实施路径

4.1 研发适配不同矿山设备的定制化自动化控制方案

研发适配不同矿山设备的定制化自动化控制方案,需结合设备特性与作业场景开展设计。首先,深入分析不同设备(如采矿机、运输机、破碎机)的结构特点、运行参数、作业环境差异,明确自动化控制的核心需求;其次,针对设备特性开发专用传感器与控制算法,如为地下采矿机研发适应狭窄空间的小型化传感器,为露天破碎机设计抗风沙的控制模块;最后,通过现场试验验证方案可行性,根据试验结果调整控制参数,确保方案与设备高度适配。例如,为某型号露天采矿机定制的自动化方案,结合其作业环境与切割需求,实现了切割参

数的精准自动调节,提升了采矿效率。

4.2 构建“设备 - 系统 - 管理”融合的智能化管控体系

构建“设备 - 系统 - 管理”融合的智能化管控体系,需打通设备、系统与管理环节的连接。在设备层,为矿山设备加装智能终端,实现设备运行数据的实时采集;在系统层,搭建统一的数据平台,整合自动化控制、安全监测、故障预警等系统数据,实现数据共享与互通;在管理层,将系统数据与生产计划、维修管理、安全管理等环节关联,为管理决策提供数据支持。例如,通过该体系,生产管理人员可根据设备实时运行数据调整生产计划,维修人员可根据故障预警数据安排维修任务,安全管理人员可通过监测数据把控作业安全,形成全链条的智能化管控。

4.3 建立技术应用与矿山生产协同的管理机制

建立技术应用与矿山生产协同的管理机制,需从组织架构、流程优化、人员培训三方面入手。组织架构上,成立技术与生产协同小组,成员包括技术人员、生产管理人员、一线作业人员,统筹技术应用与生产需求的匹配;流程优化上,制定技术应用与生产协同的工作流程,明确数据传递时限、问题响应机制,如设备故障预警信息需在1小时内传递至生产与维修部门;人员培训上,开展技术操作与生产协同培训,提升技术人员对生产需求的理解,增强生产人员对技术应用的配合度。通过完善管理机制,确保技术应用与矿山生产紧密协同,充分发挥技术价值。

5 矿山机械设备自动化与智能化控制技术的发展趋势

5.1 向深度智能化方向发展,融合 AI 与数字孪生实现精准操控

未来,该技术将向深度智能化方向发展,深度融合 AI 与数字孪生技术实现精准操控。通过 AI 算法优化设备控制策略,如基于强化学习算法,让采矿机自主学习不同矿石条件下的最优切割参数,实现自适应调节;利用数字孪生技术构建矿山设备与生产场景的虚拟模型,将实时运行数据映射至虚拟模型,通过虚拟仿真预判设备运行状态,提前优化操作方案。例如,构建矿山运输机的数字孪生模型,模拟不同物料流量下的运行状态,优化输送带速度调节策略,实现精准操控,进一步提升设备运行效率与稳定性。

5.2 推动跨设备、跨场景系统融合,形成矿山全域

智能管控

技术将推动跨设备、跨场景系统融合,形成矿山全域智能管控体系。跨设备融合方面,打破采矿机、运输机、破碎机等设备的系统壁垒,实现设备间数据实时共享与协同运行,如采矿机根据破碎机的处理能力调整采矿量,运输机根据采矿机与破碎机的状态优化调度;跨场景融合方面,整合地下矿山、露天矿山、选矿厂等不同场景的控制系统,实现全矿山生产流程的智能管控。例如,将矿山开采与选矿的控制系统融合,开采设备根据选矿需求调整矿石开采量与粒度,形成全域协同的智能生产模式。

5.3 聚焦绿色化技术创新,结合节能技术降低设备能耗

技术发展将聚焦绿色化技术创新,结合节能技术降低矿山设备能耗。研发低能耗的自动化控制组件,如采用节能电机与智能变频技术,减少设备运行能耗;将智能化控制与可再生能源结合,如利用太阳能可为矿山设备的自动化系统供电,降低对传统能源的依赖;通过智能化调度优化设备运行时间,避免设备在能源需求高峰时段满负荷运行,减少能源消耗。例如,为矿山运输机研发的智能节能控制系统,结合太阳能供电与变频调节,使设备能耗降低,同时减少碳排放,契合矿山行业绿色发展需求。

6 结论

矿山机械设备自动化与智能化控制技术是推动矿山行业转型升级的关键支撑,已在关键设备应用、安全监测落地、大型项目协同等方面取得初步成效,但仍存在技术适配不足、集成度低、协同弱等问题。通过研发定制化方案、构建融合管控体系、建立协同管理机制,可有效落地技术应用;未来向深度智能化、跨系统融合、绿色化方向发展,将进一步释放技术价值。

参考文献

- [1] 马金亮. 电气自动化控制对矿山机械设备的影响探究[J]. 中国金属通报, 2023, (01): 74-76.
- [2] 马宝军. 电气自动化控制对矿山机械设备的影响分析[J]. 四川水泥, 2020, (04): 158.
- [3] 李强. 电气自动化技术在煤矿机械设备中的科普应用探讨[J]. 科技视界, 2023, (04): 82-85.
- [4] 任武杰. 电厂电气综合自动化系统的分析[J]. 矿业装备, 2021, (01): 150-151.