

# 智能化技术在煤矿运输中的应用探讨

姜显明

永煤集团股份有限公司新桥煤矿 河南 商丘 476600

**摘要:** 煤矿运输是煤炭生产的“生命线”，传统运输模式存在人工依赖度高、安全风险大、效率偏低等痛点，难以适配绿色矿山建设需求。本文结合物联网、大数据等智能化技术，探讨其在煤矿主煤流、辅助运输中的具体应用，分析智能化技术与煤矿运输的适配性及应用瓶颈，提出技术、系统、管理与人才层面的优化路径，为推动煤矿运输智能化升级、提升运输安全性与高效性、助力煤炭行业高质量发展提供理论与实践参考。

**关键词:** 智能化技术；煤矿运输；应用

引言：当前，我国煤炭行业正加速向智能化、绿色化转型，煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑。煤矿运输系统作为生产关键环节，其运行效率与安全水平直接影响煤炭生产全局。传统运输模式难以应对井下高湿、高尘的复杂工况，存在诸多短板。在此背景下，将智能化技术与煤矿运输深度融合，破解行业痛点，实现运输系统自主感知、智能决策，成为推动煤炭产业转型升级、保障能源安全的必然选择，本文就此展开深入探讨。

## 1 煤矿运输与智能化技术相关理论基础

### 1.1 煤矿运输系统概述

(1) 煤矿运输系统的构成：分为主煤流运输和辅助运输两大模式，是煤矿生产的“生命线”。主煤流运输以皮带运输为主，承担井下煤炭集中输送任务，具有运输量大、效率高的特点；辅助运输涵盖轨道运输、单轨吊运输等核心环节，主要负责物料转运、人员接送及设备调度，两种模式协同运作，全面覆盖煤矿井下及地面的输送需求。(2) 煤矿运输系统的核心需求：以安全、高效、绿色、可靠为核心导向，需重点解决传统运输模式的突出痛点。传统模式人工依赖度高，井下作业人员劳动强度大、安全风险高；故障响应滞后，易导致运输中断影响生产进度；能耗偏高，不符合绿色矿山建设要求，这些均为智能化技术应用提供了明确方向。

### 1.2 智能化技术核心概念与分类

(1) 核心概念：智能化技术是融合物联网、大数据、人工智能、自动化控制、5G通信等多领域技术的综合性技术体系，核心目标是实现煤矿运输系统的自主感知、智能决策与精准执行，减少人工干预，提升运输系统的智能化水平和运行稳定性。(2) 核心分类：分为四大类技术，各类技术协同构建智能运输生态。感知类技术负责井下环境、设备状态的数据采集；传输类技术实现数据

高速、稳定传输；决策控制类技术完成数据处理与指令下达；安全管控类技术保障运输全流程安全，形成“感知—传输—决策—管控”的完整技术链条。

### 1.3 智能化技术与煤矿运输的适配性分析

(1) 技术适配性：智能化技术可针对性解决煤矿运输的核心痛点，适配井下高湿、高尘、强电磁干扰的特殊作业场景。通过智能感知设备规避环境风险，借助自动化控制减少人工作业，有效解决运输环境复杂、作业风险高、调度难度大等问题，提升运输安全性与稳定性。(2) 应用可行性：我国煤矿智能化建设基础持续完善，政策层面加大扶持力度，行业标准逐步健全；龙头煤矿企业的智能化试点应用成效显著，积累了丰富的实践经验，为智能化技术的规模化推广提供了坚实的技术支撑和实践基础，具备广泛应用可行性<sup>[1]</sup>。

### 1.4 智能化煤矿运输系统的核心架构

(1) 分层架构设计：采用四层协同架构，包括感知层、网络层、平台层和应用层，各层无缝衔接，实现数据采集、传输、处理与应用的全流程闭环。感知层采集基础数据，网络层保障数据传输，平台层处理分析数据，应用层落地各类智能应用，形成完整的智能运行体系。(2) 核心模块构成：涵盖四大核心模块，实现“车—铲—仓—带”一体化协同作业。运输设备控制模块实现设备自主运行，智能调度模块优化运输路线与节奏，安全监控模块实时预警风险，数据分析模块为生产优化提供数据支撑，全面提升运输系统的协同效率。

## 2 智能化技术在煤矿运输中的具体应用

### 2.1 主煤流运输中的智能化应用

(1) 皮带运输智能化：作为主煤流运输的核心环节，皮带运输智能化升级重点解决传统运输中调速不精准、巡检效率低、故障排查滞后等问题。采用永磁变频直驱技术替代传统驱动模式，可根据井下煤炭产量实时

调整运行速度,实现“煤多快跑、煤少慢跑”的智慧调速,不仅降低了设备能耗,还减少了皮带磨损,延长了设备使用寿命。同时,配备挂轨式智能巡检机器人,搭载高清摄像头、温度传感器、振动传感器等设备,可沿皮带轨道实现24小时全域自主巡检,精准识别皮带跑偏、滚筒发热、托辊损坏等异常情况,通过边缘计算快速分析并发出故障预警,将故障处置时间缩短60%以上,有效避免因设备故障导致的运输中断<sup>[2]</sup>。(2)主运系统协同控制:依托智能化技术构建主运系统智能集控中心,打破传统主煤流运输各环节分散控制的格局,实现皮带运输、转载点、储煤仓等全流程远程管控。操作人员通过集控平台即可完成所有主运设备的远程启停、参数调节、运行监测,彻底替代传统“一人一岗”的人海战术,大幅减少井下作业人员数量,降低人工劳动强度和安全风险。集控中心内置智能故障诊断算法,可实时采集设备运行数据,通过大数据分析精准定位故障点并推送处置方案,同时实现运输数据的实时统计与现代化管理,让主运系统运行状态可视化、可追溯,整体提升运输效率30%以上,保障主煤流运输连续稳定运行。

## 2.2 辅助运输中的智能化应用

(1)单轨吊运输智能化:针对传统辅助运输中物料转运环节多、效率低、人工成本高的痛点,投运智能化单轨吊运输系统,实现井下物料运输“一站式”直达。单轨吊系统依托轨道铺设实现全方位覆盖,结合无线通信技术与智能调度指令,可自主完成物料装载、运输、卸载全流程作业,无需人工现场操作。同时,融合视觉定位技术与机械臂协同作业,实现装卸车无人化,精准控制物料抓取与放置,避免物料洒落,不仅提升了运输效率,还降低了人工成本,减少了井下人员交叉作业带来的安全隐患,适用于井下复杂巷道环境中的物料转运需求。(2)无人驾驶技术应用:聚焦辅助运输中人员驾驶风险高、作业强度大、效率有限的问题,采用“激光SLAM+惯性导航+UWB定位”的多模态融合定位架构,在无轨胶轮车、齿轨车等辅助运输设备上实现无人驾驶升级。该架构可精准识别井下巷道障碍物、人员位置及轨道状态,实时规划最优行驶路线,实现车辆24小时无人值守连续运行,无需人工干预即可完成人员接送、物料转运等任务<sup>[3]</sup>。同时,搭载智能避障系统与紧急制动装置,遇到突发情况可快速响应、自动停车,保障运输安全。无人驾驶技术的应用,不仅将辅助运输效率提升50%以上,还彻底解决了井下驾驶人员面临的高风险、高劳动强度问题。

## 2.3 煤矿运输智能调度与管控

(1)智能调度系统:基于大数据、图神经网络及智能算法,构建煤矿运输智能调度系统,替代传统人工调度模式,实现运输资源的最优配置。系统实时采集井下运输设备运行状态、煤炭产量、物料需求等多维度数据,通过算法分析动态规划运输路线,优化车辆、设备的运行节奏,实现运力弹性重构,避免运输拥堵。针对不同运输场景,系统可自动调整调度策略,例如在煤炭产量高峰时段,优先保障主煤流运输,合理调配辅助运输资源;在物料运输集中时段,优化路线分配,减少车辆空驶率。实践表明,智能调度系统可使煤矿运输效率提升4-5倍,大幅降低运输成本。(2)运输“一张图”管理:整合井下巷道、运输设备、人员位置、物料分布等各类信息,构建煤矿运输“一张图”管理平台,实现运输网络的统筹优化与可视化管控。平台依托5G高速通信技术,实现车辆轨迹、设备状态、环境参数等数据的毫秒级同步,实时展示井下运输全场景运行情况。通过智能交控算法,实时预警路口会车冲突、车辆超速、路线拥堵等异常情况,自动推送避让指令,保障运输秩序。同时,可根据运输数据的统计分析,优化运输网络布局,调整设备配置,进一步提升运输系统的整体协同效率,实现“全局可视、智能管控、高效协同”的管理目标<sup>[4]</sup>。

## 2.4 煤矿运输安全智能化管控

(1)全要素安全监测:构建“人一机一环一管”四维安全防控体系,通过多源传感器融合技术,实现煤矿运输全流程、全要素的实时监测。在设备上安装振动、温度、压力等传感器,实时监测皮带、单轨吊、无轨胶轮车等设备的运行状态,及时发现设备老化、故障隐患;在井下巷道关键位置部署瓦斯、粉尘、湿度等环境传感器,实时监测作业环境参数,超标时立即发出预警;通过人员定位系统与行为分析技术,监测作业人员的位置、操作行为,及时纠正违规作业行为,防范人员安全风险。所有监测数据实时传输至安全管控平台,实现安全隐患的实时感知、精准识别<sup>[5]</sup>。(2)主动式应急响应:基于风险知识图谱与大数据分析技术,构建煤矿运输安全隐患预警模型,实现隐患的提前预判与主动防控。系统可根据监测数据的变化趋势,识别潜在安全风险,提前发出预警信号,并根据隐患等级触发分级响应机制,明确处置流程与责任人员。针对复杂故障或突发情况,搭载AR远程专家协同排障系统,现场人员通过AR设备将故障场景实时传输给地面专家,专家远程指导现场人员开展处置工作,大幅缩短应急处置时间,提升应急处置能力,最大限度降低安全事故造成的损失,保障煤矿运输全流程安全。

### 3 智能化技术在煤矿运输应用中存在的问题及优化路径

#### 3.1 应用过程中存在的主要问题

(1) 技术层面: 部分智能化技术成熟度不足, 极端环境适应性较弱, 难以完全适配煤矿井下复杂工况。井下高尘、高湿、强电磁干扰的特殊环境, 易导致各类传感器出现灵敏度下降、数据采集失真等问题, 影响设备状态监测的准确性; 同时, 井下巷道复杂、信号遮挡严重, 通信系统偶有延迟现象, 导致智能调度指令传达不及时, 制约了智能化设备的协同高效运行, 无法充分发挥技术应用价值。(2) 系统层面: 不同厂家生产的智能化设备与子系统接口不匹配, 行业内缺乏统一的数据标准和传输协议, 导致“数据孤岛”现象普遍存在。各子系统各自独立运行, 采集的数据格式、存储方式不一致, 无法实现数据共享与互联互通; 系统集成难度较大, 不同模块之间兼容性较差, 易出现运行卡顿、指令冲突等问题, 难以形成协同联动的智能运输整体体系。(3) 管理与人才层面: 专业人才短缺成为智能化技术落地应用的重要瓶颈, 现有从业人员结构不合理, 专业运维人才缺口较大, 操作人员多熟悉传统运输设备操作, 缺乏智能化设备操控、系统维护的专业技能, 难以快速排查和处置设备故障; 同时, 配套管理制度不完善, 缺乏针对智能化系统运行、维护的专项管理规范, 管理模式滞后, 无法适配智能化系统的高效运行需求。

#### 3.2 针对性优化路径

(1) 技术优化: 加大核心技术研发投入, 聚焦井下极端环境适配难题, 重点攻关传感器抗尘、抗电磁干扰、防水密封等关键技术, 提升传感器运行可靠性和数据采集准确性; 优化井下通信网络布局, 采用信号中继、增强等技术, 弥补巷道遮挡带来的信号短板, 降低通信延迟, 推动智能化技术与煤矿运输场景深度融合, 加快实验室技术向产业化成果转化, 提升技术成熟度和实用性。(2) 系统优化: 推进煤矿运输智能化行业标准化建设, 牵头制定统一的数据接口、传输协议和数据格式规范, 从源头打

破“数据孤岛”; 构建一体化智能管理平台, 整合各子系统数据资源, 实现设备运行、数据传输、智能调度的协同联动, 提升系统兼容性和集成度, 解决不同模块运行冲突问题, 打造全流程协同、高效运转的智能运输系统。(3) 管理与人才优化: 完善智能化管理制度, 制定系统运维、操作规范、安全管控等专项细则, 推动管理模式与智能化系统同步升级; 开展分层分类专项培训, 针对操作人员强化智能化设备操作技能, 针对运维人员重点培养故障排查、系统维护能力; 加强产学研协同, 与高校、科研机构、相关企业深度合作, 定向培养兼具煤矿运输专业知识与智能化技术的复合型人才, 破解人才短缺难题, 为智能化技术持续应用提供人才支撑。

#### 结束语

智能化技术与煤矿运输的深度融合, 是破解传统运输痛点、推动煤炭行业高质量发展的关键举措, 其在主煤流、辅助运输及安全管控等方面的应用, 显著提升了运输效率与安全水平。尽管当前应用中仍存在技术适配不足、数据孤岛、人才短缺等问题, 但通过技术攻关、系统优化及人才培育, 可逐步完善应用体系。未来, 需持续深化智能化技术应用, 推动技术与场景深度融合, 完善行业标准, 助力煤矿运输实现全流程智能化, 为煤炭产业转型升级注入持久动力。

#### 参考文献

- [1]何鑫.煤矿皮带运输连续出煤控制系统设计与应用[J].中国化工贸易,2021,9(1):105-107.
- [2]郑朝生.智能化技术对煤矿机电运输的影响[J].设备管理与维修,2021,15(24):125-126.
- [3]武红卫.智能化技术对煤矿机电运输的影响研究[J].中外企业家,2021,24(6):231-234.
- [4]龚立志.浅谈提升煤矿机电运输技术水平的措施[J].中国新技术新产品.2023,8(04):67-69.
- [5]李鑫.智能化技术对煤矿机电运输的影响[J].工程建设与设计.2022,11(22):251-254.