

露天煤矿矿用卡车运输安全现状及对策研究

贺 亭

国能准能集团有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要: 露天煤矿矿用卡车运输是露天开采的核心环节,直接关系到煤矿生产的安全、效率与效益。本文通过梳理露天煤矿矿用卡车运输安全管理体系、作业环节、无人驾驶技术应用等方面的现状,深入剖析人为、设备、技术、管理、环境等多维度安全隐患及成因,结合无人驾驶技术升级与节能降本目标,从人为管理、技术应用、节能融合三个层面,提出针对性的安全对策,实现运输安全与节能降本、降本增效的协同发展,为露天煤矿矿用卡车运输安全管理提供理论参考与实践指导。

关键词: 露天煤矿; 矿用卡车; 运输安全现状; 对策

引言

近年来,我国露天煤矿规模不断扩大,开采深度逐步增加,运输线路愈发复杂,传统矿用卡车运输模式面临人为操作风险突出、设备隐患频发、监管效率低下等问题,安全事故时有发生,不仅造成人员伤亡和财产损失,还制约了煤矿生产效益的提升。此外,在“双碳”目标和企业提质增效的双重要求下,节能降耗、降本增效已成为露天煤矿发展的必然趋势,如何在保障运输安全的前提下,实现安全、节能、高效、低成本的协同发展,成为当前露天煤矿矿用卡车运输领域亟待解决的重要课题。

1 露天煤矿矿用卡车运输安全现状分析

1.1 现有安全管理体系现状

(1) 在安全管理制度与人员配置、培训方面,多数露天煤矿已建立起涵盖卡车运输全环节的基本安全制度,确定了运输作业的基本规范和操作要求,为运输安全提供了基础框架。人员配置上,主要分为传统卡车驾驶人员、设备维护人员,部分试点煤矿新增了无人驾驶卡车运维人员,但整体配置仍存在不均衡现象。传统驾驶人员数量虽能满足作业需求,但人员结构老龄化问题较为突出,部分老员工长期从事露天运输作业,存在习惯性违规操作的问题,安全警惕性不足。(2) 培训工作多以常规安全知识宣讲、基础操作培训为主,缺乏针对性和系统性。针对传统驾驶人员,培训内容多集中在常规安全规范和应急处置的基础层面,对节能驾驶技巧、车辆能耗管控等与节能降本相关的安全培训涉及较少;针对无人驾驶运维人员,培训多聚焦于设备基础操作,对无人驾驶系统故障排查、极端环境下的应急预案等核心技能培训不足,导致运维人员难以快速应对无人驾驶卡车运行中的突发安全问题,无法充分发挥无人驾驶技术的安全

优势。(3) 在安全监管方式及现存短板方面,目前多数露天煤矿仍以传统监管模式为主,主要依靠现场管理人员巡查、视频监控、人工登记等方式开展监管工作。这种监管模式不仅耗费大量人力成本,与降本增效的目标相悖,且监管效率较低,存在明显的监管盲区。

1.2 运输作业环节安全现状

(1) 人为操作风险是运输作业环节最突出的安全隐患,其中疲劳驾驶和违规操作为典型问题。露天煤矿作业环境恶劣,作业时间长,多数卡车驾驶人员需承担高强度的连续作业任务,部分煤矿为追求降本增效、缩短作业周期,存在延长作业时长、压缩休息时间的情况,导致驾驶人员长期处于疲劳状态^[1]。这种疲劳不仅是身体上的困倦,更会导致注意力不集中、反应速度下降,对路面突发情况的判断和处置能力大幅降低,极易引发追尾、侧翻等安全事故。(2) 违规操作则多源于驾驶人员安全意识薄弱和操作习惯固化,并非单纯的刻意违规。部分驾驶人员长期从事露天运输作业,对作业流程过于熟悉,逐渐放松了安全警惕,出现超速行驶、违规会车、随意变道等行为,忽视了露天作业路面复杂、视线多变的特点。(3) 设备安全隐患主要集中在卡车性能衰减及关键系统故障,与车辆使用年限、维护保养质量密切相关。露天煤矿矿用卡车长期在重载、颠簸、多粉尘的环境下作业,车辆部件磨损速度较快,若维护保养不及时、不到位,极易出现性能衰减问题。车辆发动机动力不足、轮胎磨损严重、悬挂系统松动等,都会影响行驶稳定性,增加安全隐患。(4) 环境与线路风险同样不容忽视,且具有明显的露天作业个性化特征。恶劣天气是主要的环境风险,露天煤矿无遮挡,暴雨、大风、风沙、强光等天气都会直接影响运输安全。暴雨会导致路面湿滑、积水,降低轮胎抓地力;风沙天气会遮挡视

线,影响驾驶人员对路况的判断;强光照射则会造成眩光,极易引发操作失误。

1.3 无人驾驶技术应用现状及安全痛点

(1)无人驾驶矿用卡车的试点应用,主要集中在部分大型露天煤矿的固定运输线路上,依托矿区相对封闭的作业环境,搭建了基础的无人驾驶调度与控制系统,实现了装载、行驶、卸载等环节的半自主或全自主作业。相较于传统有人驾驶卡车,其应用优势十分明显,既能有效规避人为操作带来的安全风险,减少疲劳驾驶、违规操作等问题的发生,也能更好地契合节能降本与降本增效的需求^[2]。(2)无人驾驶系统可通过精准控制车速、调整行驶轨迹,避免急加速、急刹车等不规范操作,最大限度降低车辆能耗,同时减少人为失误导致的设备损耗,降低维护成本。此外,无人驾驶卡车可实现24小时连续作业,无需休息,大幅提升运输效率,减少人力投入,进一步压缩人力成本,真正实现安全、高效、节能、降本的协同发展,成为露天煤矿运输领域的发展趋势。(3)无人驾驶技术在矿用卡车应用中的安全痛点也较为突出,核心集中在技术成熟度不足、极端环境适应性差以及应急处置能力欠缺等方面,这些问题严重制约了其规模化推广应用,也给运输安全带来了新的挑战。(4)技术不成熟是最核心的安全痛点,目前试点应用的无人驾驶系统,在感知、决策、控制等核心环节仍存在短板。感知系统易受矿区粉尘、烟雾等环境影响,对周边车辆、行人、障碍物的识别精度不足,偶尔会出现漏识别、误识别的情况,导致决策系统出现判断偏差。决策系统的应对逻辑较为单一,无法灵活处理复杂路况,比如遇到突发障碍物、线路临时调整等情况时,难以快速做出科学合理的应对,易引发安全隐患。

2 基于无人驾驶与节能降本的露天煤矿矿用卡车运输安全对策

2.1 强化人为安全管理,适配技术发展

优化人员配置是基础,需结合露天煤矿运输作业实际和无人驾驶技术应用现状,打破传统人员配置模式,构建“传统驾驶+智能运维”的复合型人员队伍。一方面,针对传统卡车驾驶人员,结合矿区运输线路布局、作业量需求,合理调配人员数量,避免因人员不足导致的疲劳作业,同时逐步优化人员结构,吸纳年轻、具备一定技术基础的人员补充队伍,缓解人员老龄化带来的操作固化、安全警惕性不足等问题。另一方面,针对无人驾驶矿用卡车的试点应用,科学配置专业运维人员,明确运维岗位职责,确保每台无人驾驶卡车都有专人负责,兼顾设备日常检查、系统调试和简单故障处置。并

且,建立传统驾驶人员与无人驾驶运维人员的协同机制,促进两类人员的技能互补,让传统驾驶人员了解无人驾驶技术的基本原理和操作规范,让运维人员熟悉露天运输的作业特点和安全要求,形成全方位的人员保障体系^[3]。针对无人驾驶运维人员,培训需聚焦核心技能,重点开展无人驾驶系统的感知、决策、控制系统操作,故障排查与修复,极端环境下的应急干预等内容,提升运维人员应对复杂情况的能力,确保无人驾驶卡车能够安全稳定运行。此外,建立常态化培训机制,定期更新培训内容,结合技术升级和作业需求,开展复训、轮训,避免培训流于形式,真正提升各类人员的专业技能。

2.2 推进无人驾驶技术升级与安全应用

当前无人驾驶技术在矿区的应用仍存在诸多短板,需从技术体系完善、调度平台搭建、设备运维保障三个维度发力,推动无人驾驶技术在矿区运输领域的应用。

(1)完善无人驾驶卡车技术体系,核心是聚焦感知、决策、应急处置三大核心环节,补齐技术短板,提升技术适配性,让无人驾驶系统更贴合露天煤矿复杂的作业环境。感知系统是无人驾驶卡车的“眼睛”,需重点提升其抗干扰能力和识别精度,针对矿区粉尘、烟雾、强光等复杂环境,优化感知设备的防护设计,升级传感器性能,扩大感知范围,减少漏识别、误识别情况的发生,确保能够精准捕捉周边车辆、障碍物、作业人员等各类信息,为安全行驶提供基础支撑。(2)决策系统是无人驾驶卡车的“大脑”,需优化算法逻辑,提升应对复杂路况的灵活性和科学性,摆脱单一的应对模式,能够根据路面破损、线路调整、突发障碍物等不同情况,快速做出合理的行驶决策,调整车速和行驶轨迹,避免引发安全事故^[4]。同时,强化应急处置能力,在系统出现故障、感知异常等突发情况时,能够自主启动应急停车、避险等操作,为后台运维人员的远程干预争取时间,最大限度降低事故风险。(3)搭建无人驾驶运输调度平台,是实现全流程智能化管控的关键,能够打破单台卡车的独立运行模式,实现全局统筹、精准调度,兼顾安全与效率、节能与降本。调度平台需整合无人驾驶卡车的运行数据、能耗数据、安全数据等各类信息,实现对每台卡车的实时监控,精准掌握车辆运行状态、作业进度、能耗情况等。(4)通过平台可合理规划运输线路,优化作业流程,减少车辆空驶、拥堵等情况,提升运输效率,同时通过精准调度,让车辆保持合理车速和安全间距,避免急加速、急刹车,实现节能降耗。此外,调度平台需具备异常预警功能,一旦发现车辆运行异常、能耗过高或存在安全隐患,及时发出预警信号,通知运

维人员及时处置,实现安全管控的前置化、智能化。

(5)建立无人驾驶设备定期检测、维护机制,是降低技术安全隐患、保障设备稳定运行的基础,也是延长设备使用寿命、降低运维成本的重要举措。露天煤矿作业环境恶劣,粉尘、颠簸、极端天气等都会加剧设备损耗,需结合设备运行规律和作业需求,制定科学的检测、维护计划,明确检测内容、检测频率和维护标准。

2.3 融合节能降耗技术,实现安全与效益协同

(1)积极推广节能型矿用卡车,逐步替换老旧高耗能车型,从硬件层面夯实节能与安全双重基础。车辆结构采用轻量化设计,在保障重载承载强度的前提下优化车身结构材质,减少自身负重带来的多余能源消耗。同步引入新能源动力配置,适配矿区连续作业的运行需求,动力输出更加平稳柔和,减少传统燃油车辆突发动力波动引发的行驶失控问题。节能车型在制动缓冲、车身稳定结构等方面经过升级优化,行驶稳定性更强,面对矿区颠簸路面与长距离下坡路段时,整体防护能力更好,在降低能源消耗的同时,全方位提升车辆运行安全属性。(2)持续优化运输线路与整体作业流程,从空间布局和作业节奏上减少资源浪费与安全隐患。结合矿区开采范围动态变化,定期梳理运输路线,及时修整破损路段,合理规划上下行分离路线,避免车流交叉交汇带来的碰撞隐患。合理统筹装载点位与卸载点位的作业衔接,减少车辆长时间怠速等待和无效空驶里程;规整车流行驶秩序,控制合理车距与行驶速度,缓解集中运输时段的线路拥堵问题。流畅有序的运输节奏既能减少频繁启停产生的额外能耗,降低车辆部件磨损损耗,又能弱化复杂路况下的操作风险,让节能运行与安全通行相互支撑,达成降本增效的综合目标。(3)全面应用智能能耗监控系统,依托数字化手段动态调节车辆运行状态,规避高能耗附带的安全隐患。系统可以实时采集车辆动力负荷、行驶工况、制动频次等多项运行数据,

结合矿区环境变化自动匹配合理作业参数。针对重载爬坡、风沙路段等特殊工况,自主调整动力输出模式,避免超负荷运转造成能耗激增与设备过载损伤^[5]。借助数据实时反馈,及时捕捉异常能耗背后的机械隐患与操作问题,提前做出预警提示。通过动态调控运行状态,杜绝高负荷不良运行模式,在稳定能耗水平的同时延长设备使用寿命,以精细化能耗管理筑牢运输安全底线,实现安全管控、节能降耗、降本增效的一体化推进。

结语

综上所述,露天煤矿矿用卡车运输安全是煤矿安全生产的重中之重,也是实现节能降本、降本增效目标的基础前提。露天煤矿矿用卡车运输安全问题的解决,需打破传统管理模式的局限,强化人为安全管理,适配智能化技术发展;推进无人驾驶技术升级,提升技术应用水平;融合节能降耗技术,实现安全与效益协同;完善安全管理制度与监管体系,筑牢安全防护防线。只有实现人为、技术、管理、节能的深度融合,才能有效破解运输安全痛点,降低安全风险,推动露天煤矿矿用卡车运输朝着安全、智能、节能、高效的方向发展。

参考文献

- [1]王珂.露天煤矿智能运输调度系统优化策略研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025,(12):039-041.
- [2]付建国,曹胜武,陈永祥,等.黑岱沟露天矿运输道路交叉路口优化研究[J].露天采矿技术,2023,38(1):93-96.
- [3]李靖涛.矿用卡车巨型轮胎早期损坏的原因与对策[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025,(9):117-120.
- [4]谭明洪,张朝勇,李云天.露天矿山运输道路坡度对矿用卡车油耗的影响分析[J].产业与科技论坛,2025,24(9):39-41.
- [5]李向东.油电混动无人驾驶矿用卡车的未来发展趋势[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024(7):0037-0041.