

浅析煤矿防爆无轨胶轮车运输安全思考

王 存

国能乌海能源黄白茨矿业有限责任公司 内蒙古 乌海 016000

摘要：本文剖析煤矿防爆无轨胶轮车运输安全影响因素，涵盖车辆设备、作业环境、人员操作及管理机制。分析机械故障、环境交互、人为操作、管理失效等风险。提出设备性能提升与维护优化、作业环境适应性改进、人员操作规范化管理、管理体系完善与责任落实等优化对策，以保障煤矿防爆无轨胶轮车运输安全。

关键词：煤矿；防爆无轨胶轮车；运输安全；影响因素；优化对策

引言：煤矿防爆无轨胶轮车在井下运输中应用广泛，其运输安全关乎煤矿生产效率与人员生命安全。然而，实际运输过程中面临诸多安全挑战，受车辆设备性能、作业环境条件、人员操作水平及管理机制等多方面因素影响。深入探究这些因素，分析潜在风险，并提出针对性优化对策，对提升煤矿防爆无轨胶轮车运输安全水平具有重要意义。

1 煤矿防爆无轨胶轮车运输安全的影响因素

1.1 车辆设备因素

防爆无轨胶轮车的运行安全基础取决于设备性能的可靠性。防爆性能需符合严格的技术标准，包括隔爆外壳密封性、电气线路火花抑制装置的有效性，以及高温环境下的运行稳定性。实际运行中，设备可能因长期震动、粉尘侵蚀导致防爆结构松动或密封失效，需通过周期性检测验证其防护能力。动力系统、制动系统及液压系统构成车辆核心功能模块，其可靠性直接影响运输安全。发动机功率衰减、制动片磨损、液压油泄漏等问题均可能引发动力中断、溜车或液压失效等故障。维护保养周期与故障预防机制的合理性同样关键，定期更换滤芯、检测电气线路、润滑运动部件等措施能有效延长设备寿命，而故障预警机制的缺失可能导致小问题积累成重大隐患。

1.2 作业环境因素

井下巷道的物理条件对车辆运行构成直接限制。部分巷道因前期规划不足或长期开采变形，宽度仅略大于车辆，行驶时稍有偏差就可能与巷道壁刮擦，造成车身受损、货物掉落，甚至引发侧翻。急转弯半径过小，车辆转弯时需多次调整方向，操作难度大，且易偏离正常轨迹。陡坡路段不仅爬坡动力需求大，下行时制动系统频繁使用，负荷增加，制动片易过热失效。瓦斯与粉尘是井下主要风险源，高浓度瓦斯遇电气火花可能瞬间引发爆炸，造成严重后果。粉尘堆积在散热器上阻碍散

热，使设备温度升高，性能下降。粉尘侵入轴承、齿轮箱等机械部件内部会加速磨损进程，大幅缩短设备使用寿命。通风条件影响瓦斯浓度与粉尘扩散速度，通风不畅会增加爆炸风险。照明不足使驾驶员难以看清巷道轮廓、轨道状况及障碍物，在交叉路口或坡道段，视觉盲区进一步加大，增加碰撞事故概率。

1.3 人员操作因素

驾驶员是运输安全的直接执行者，其专业资质与经验决定操作水平。持有有效防爆车辆驾驶证仅是基础要求，实际驾驶中需熟悉井下特殊路况，如湿滑路面、弯道视距不足等情况的应对技巧。安全意识薄弱可能导致超速行驶、忽视设备异常声响等行为^[1]。操作规范性体现在限速执行、超载管理等环节，超速会加剧车辆震动与部件磨损，超载则直接超出制动系统与悬挂系统的设计负荷。特殊路段操作如坡道起步、弯道减速需严格遵循流程，违规操作易引发溜车或侧翻。疲劳作业会显著降低驾驶员反应速度，尤其在连续高强度工作后，注意力分散可能导致未能及时发现设备故障或道路障碍。应急反应能力体现在突发情况处理上，如液压系统失效时的紧急制动、设备起火时的灭火操作等，日常缺乏模拟训练可能造成关键操作失误。

1.4 管理机制因素

管理体系是保障运输安全的制度核心。运输调度流程需平衡效率与安全性，例如合理安排车辆通行顺序以避免巷道拥堵，科学规划运输路线以避开高风险路段。作业计划科学性体现在任务分配与设备匹配度上，如大吨位货物运输需选用高负载车型，复杂巷道指派经验丰富的驾驶员。设备检测、维护与更新制度的执行力度决定设备可靠性，定期检测可发现潜在故障，及时维护能避免小问题扩大化，而滞后更新老化设备则可能引发系统性风险。安全培训体系完整性涵盖驾驶员技能培训与安全意识教育，隐患排查机制有效性依赖专业人员对设

备、环境的定期检查，责任划分清晰则确保每个环节有明确的责任主体，例如设备故障追责至维护人员，操作失误问责驾驶员，管理漏洞处罚相关领导。完善的管理制度不仅体现于文件制定，更在于执行过程中的持续监督与动态调整，确保各项措施真正落地并形成闭环控制。

2 煤矿防爆无轨胶轮车运输安全风险分析

2.1 机械故障风险

煤矿防爆无轨胶轮车在井下运行过程中，长期处于高温、高湿、粉尘浓度大和空间受限的复杂环境中，对车辆机械系统的稳定性提出极高要求。动力系统是保障车辆正常运行的核心部分，一旦出现发动机熄火或液压系统泄漏等问题，可能导致车辆在运行中突然停机，不仅影响运输效率，还可能引发人员滞留或紧急救援等次生问题。特别是液压系统泄漏，除造成动力输出不稳定外，还可能污染井下环境，增加火灾隐患。制动系统作为控制车辆行驶与驻停的关键装置，其性能直接关系到行车安全。若制动系统因部件老化、油路堵塞或气压不足而失灵，极易导致车辆溜车或与其他设备发生碰撞。尤其在巷道坡度较大的区域，制动失效可能引发严重事故，危及作业人员生命安全。轮胎作为车辆与地面接触的唯一部件，承担着承载、转向与制动功能。在频繁启停、重载运行和路面不平的条件下，轮胎磨损加剧，甚至出现爆胎现象。轮胎异常会直接影响车辆操控性与稳定性，特别是在转弯或湿滑路段，易造成车辆失控，增加侧翻或偏离轨道的风险。

2.2 环境交互风险

井下作业环境复杂多变，防爆无轨胶轮车面临诸多外部风险因素，其中最突出的是瓦斯浓度超标带来的爆炸威胁。虽然车辆本身具备防爆设计，但在通风不良或监测不到位的情况下，一旦防爆元件因老化或密封不严失效，就可能成为点火源，引燃周围可燃气体，造成严重安全事故。粉尘也是影响车辆运行的重要环境因素之一。井下煤尘和岩尘长时间积累，容易附着在散热器表面或进入电气连接部位，阻碍设备正常散热，导致电子控制系统过热失效。粉尘还可能侵入轴承、齿轮箱等机械部件，加速磨损，降低设备使用寿命。巷道的设计条件也对车辆运行构成挑战^[1]。部分矿区由于历史原因或施工限制，存在坡度陡、弯道半径小、视野受限等问题。车辆在这样的环境下行驶，特别是在重载下坡时，易因重心偏移或转向不及时而导致侧翻或冲出巷道边缘，造成坠落事故。此外，照明不足、标识不清也会增加驾驶员判断失误的概率，进一步加大运输过程中的安全隐患。

2.3 人为操作风险

驾驶员误操作是事故的主要诱因之一。超速行驶使车辆惯性增大，制动距离延长，遇到突发情况时无法及时停车；违规变道或强行超车在巷道狭窄区域易与对向车辆或支护结构发生碰撞。井下视线受限、路标不清晰，误操作可能导致车辆误入危险区域，如未封闭的采空区或正在施工的巷道。疲劳作业和注意力分散降低应急反应能力。长时间驾驶会导致驾驶员视觉疲劳、判断力下降，对路面障碍物、信号灯等感知延迟。若驾驶员在驾驶过程中使用通讯工具、观察仪表数据或与乘员交谈，注意力偏离前方路况，遇到紧急情况时反应时间延长，可能错过最佳避险时机。设备启动前安全检查缺失埋下隐患。部分驾驶员未按规定流程检查车辆关键部件，如未确认轮胎气压是否正常、制动液位是否达标、灯光是否齐全有效等。驾驶存在隐患的车辆进入井下，可能在行驶过程中突发故障，如因轮胎缺气导致爆胎、因制动液不足引发制动失效，直接威胁运输安全。

2.4 管理失效风险

运输安全管理是确保防爆无轨胶轮车稳定运行的基础。在实际工作中，管理层面的问题往往被低估，却可能引发连锁式安全事件。运输调度计划不合理是一个典型表现。若缺乏科学的调度机制，可能导致多辆车辆在同一时段、同一巷道内密集运行，增加交汇冲突概率，甚至引发拥堵和追尾事故。设备检测与维护周期安排混乱也是管理失效的表现之一。一些单位未能严格执行定期检修制度，导致车辆长期处于高负荷运行状态，关键部件得不到及时更换或修复，最终演变为突发性故障，影响整体运输秩序。更有甚者，部分车辆在已出现明显异常的情况下仍继续投入使用，形成极大的安全隐患。安全培训流于形式或责任落实不到位同样值得关注。部分企业虽设有培训机制，但内容空洞、形式单一，未能真正提升员工的安全意识和应对能力。此外，岗位职责划分不清，使安全责任难以有效传导至具体执行层面，导致各项管理制度无法落地，形同虚设。

3 煤矿防爆无轨胶轮车运输安全的优化对策

3.1 设备性能提升与维护优化

防爆无轨胶轮车的核心安全依赖设备性能的可靠性。严格执行防爆技术标准是基础，需定期检测发动机隔爆外壳密封性、电气线路火花抑制装置有效性等关键指标，建立标准化检测流程与第三方监督机制，确保设备符合井下复杂环境要求。关键部件设计需强化冗余防护，例如制动系统采用双回路结构并配置失效保护装置，液压管路选用耐高压、抗腐蚀材料并增加磨损监测功能，动力传输系统提升齿轮箱制造精度并定期更换高

性能润滑油,从源头降低故障概率^[3]。预测性维护模式通过安装振动与温度传感器,实时采集设备运行数据,结合算法分析预判轴承磨损、油液污染等潜在问题,动态调整维护周期,实现从“被动维修”到“主动预防”的转变。还可建立设备维护知识库,将每次维护和故障处理的经验进行记录和共享,便于维修人员快速查阅和学习,提升整体维护水平。

3.2 作业环境适应性改进

井下巷道环境直接影响车辆运行稳定性。拓宽转弯半径可减少车辆转向时的侧向应力,避免轮胎打滑或箱体与巷道壁碰撞;优化巷道坡度设计可降低车辆爬坡时的动力负荷,减少液压系统过热风险;改造交叉路口与狭窄路段,消除车辆交汇时的视线盲区,提升通行安全性。防爆设备需升级防尘密封技术,采用多层复合防护结构阻隔粉尘侵入,增强抗电磁干扰能力以避免信号串扰,高湿度环境下为电气接头镀层防护并增设冷却系统空气过滤装置,确保设备在粉尘、高温、潮湿环境中稳定运行。通风与照明系统协同优化,通过智能通风网络降低瓦斯与粉尘浓度,动态调整弯道与坡道照明亮度,消除驾驶员视野盲区,同时实现能源高效利用。可进一步在巷道内设置环境监测节点,实时采集瓦斯、粉尘、温湿度等数据,并与车辆控制系统联动,当环境参数超标时自动向车辆发出警示,引导驾驶员采取相应措施。

3.3 人员操作规范化管理

驾驶员是运输安全的直接执行者。准入标准需细化资质审核与实操考核,重点评估陡坡驾驶、窄巷通行等特殊场景操作能力及应急反应速度,定期复训与技能竞赛强化复杂环境适应性,建立驾驶员档案记录违规行为与培训经历。标准化操作流程覆盖车辆启动前防爆系统自检、行驶中速度控制与间距保持、装卸货物时支腿固定等环节,依托模拟驾驶系统还原真实场景,重点演练设备故障处置方法,结合定期考核与现场督察确保流程规范执行^[4]。疲劳作业监测通过生物传感器追踪心率与眼动频率,超时触发休息提醒,疲劳风险预警模型根据驾驶时长、巷道复杂度等参数动态调整作息计划,应急演练模拟火灾、溜车等突发场景,训练驾驶员与调度中心

快速协同处置能力。同时建立驾驶员安全积分制度,对遵守安全规范、表现优秀的驾驶员给予奖励,对违规驾驶员扣除积分并进行相应处罚,以此强化驾驶员的安全意识和责任意识。

3.4 管理体系完善与责任落实

高效管理体系是安全运行的制度保障。动态运输调度系统通过车载定位装置实时追踪车辆位置,结合巷道通行状态与设备健康数据规划最优路径,依据负载率与维护记录自动分配运输任务,屏蔽保养期间车辆调度权限,同步整合维修进度数据实现全流程透明化管理。设备全生命周期管理需数字化检测记录,可视化呈现关键部件磨损趋势,依据运行数据动态调整关键部件更换计划,超设计寿命设备强制退役,避免因设备老化引发安全事故。安全责任网格化划分将井下运输区域按巷道分段,明确驾驶员与维护人员责任范围,制定岗位责任清单细化巡检频率与隐患上报时限,隐患排查实行“发现-整改-复核”闭环管理,定期评估责任履行情况并将隐患数量、事故率纳入绩效考核,形成全员参与的安全管理网络。

结束语

煤矿防爆无轨胶轮车运输安全受多重因素制约,机械故障、环境交互、人为操作及管理失效等风险不容忽视。通过设备性能提升、作业环境改善、人员操作规范及管理体系完善等优化对策,可有效降低安全风险。未来,需持续关注新技术应用与管理创新,不断提升运输安全保障能力,为煤矿安全生产提供坚实支撑。

参考文献

- [1]冯欣.煤矿无轨胶轮车运输管理中存在的问题及对策[J].内蒙古煤炭经济,2022,(12):184-186.
- [2]张宏阳.煤矿无轨胶轮车智能调度管理技术研究与应用[J].矿业装备,2022,(02):128-130.
- [3]呼天斌.煤矿无轨胶轮车运输的智能控制与管理研究[J].内蒙古煤炭经济,2021,(01):175-177.
- [4]徐红亮.无轨胶轮车在矿井辅助运输系统中的应用研究[J].产品可靠性报告,2024,(09):124-126.