

钳工矿用自卸卡车智能化发展前景展望

苏雨尧

国能准能集团有限责任公司设备维修中心汽修车间 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 本文深入探讨了钳工矿用自卸卡车在智能化转型过程中的关键技术路径与发展前景。通过详细分析自动驾驶技术框架、高精度定位与导航系统、远程监控与智能诊断系统等核心技术的实现与应用, 本文揭示了矿用自卸卡车在动力与能源管理、车辆控制与安全、健康管理与维护等方面的智能化进展。同时, 本文还探讨了智能化系统的集成方案、测试验证流程以及性能评估与优化策略, 为矿用自卸卡车智能化发展的持续推进提供了技术参考与指导。

关键词: 矿用自卸卡车; 智能化; 自动驾驶; 高精度定位; 远程监控; 能效优化

引言

随着矿业技术的不断进步和智能化转型的加速推进, 矿用自卸卡车作为矿山生产中的关键设备, 其智能化发展已成为提升生产效率、降低运营成本、保障作业安全的重要途径。本文旨在从技术层面出发, 深入剖析钳工矿用自卸卡车智能化发展的关键技术与应用前景, 为相关领域的研究与实践提供参考。

1 矿用自卸卡车智能化关键技术解析

1.1 自动驾驶技术框架

自动驾驶技术框架是矿用自卸卡车智能化的核心。该技术框架采用多层架构设计, 包括环境感知层、决策规划层和执行控制层。环境感知层集成激光雷达、毫米波雷达、高清摄像头等传感器, 以每秒数千次的数据采集频率, 实现360度无死角的环境监测, 确保障碍物检测精度达到厘米级。决策规划层基于深度学习算法, 结合GPS高精度地图, 实现路径规划与避障策略的快速计算, 决策速度可达毫秒级。执行控制层则通过精密的电机与液压系统, 确保车辆按照规划路径精准行驶, 行驶误差控制在 $\pm 5\text{cm}$ 以内。

1.2 高精度定位与导航系统

高精度定位与导航系统采用多源融合定位技术, 结合GPS、RTK差分定位、惯性导航系统(INS)及激光雷达点云匹配, 实现车辆在复杂矿山环境下的厘米级定位精度。系统能够在卫星信号受限的区域, 如隧道或深坑内, 通过INS与激光雷达的互补作用, 维持定位精度不低于0.1米。同时, 系统实时构建并更新矿山三维地图, 地图精度达到分米级, 为自动驾驶提供可靠的导航依据。

1.3 远程监控与智能诊断系统

远程监控与智能诊断系统通过5G通信技术与云端服务器连接, 实现车辆运行状态的实时传输与监控。系统内置上千个传感器, 覆盖发动机、传动系统、制动系

统等关键部件, 数据采集频率高达每秒数百次。基于大数据分析技术, 系统能够自动识别车辆异常状态, 提前预测潜在故障, 并通过云端平台向维护人员发送预警信息, 预警准确率超过90%。同时, 系统支持远程故障诊断与指导维修, 平均故障响应时间缩短至2小时内。

2 动力与能源管理系统智能化深度解析

2.1 电动化转型技术路径的全面布局

矿用自卸卡车的电动化转型踏上了高性能锂离子电池技术的征途, 这些电池单元汇聚成数百千瓦时的强大能量池, 确保单次充电续航里程轻松超越200公里, 满足矿山作业的长途需求。电池管理系统(BMS)引入了精密的电池均衡技术, 通过实时调整单体电池间电压与容量的微小差异, 确保了高达99%的一致性, 有效延长了电池组的整体寿命至5至7年。永磁同步电机作为核心驱动装置, 凭借其高达96%-98%的转换效率与卓越的功率密度, 为车辆提供了强劲而高效的动力支持。辅以快速充电技术, 仅需30至60分钟的充电时间, 即可恢复大部分电量, 极大提升了矿山的运营效率。

2.2 能效优化策略的精细调控

能效优化策略由能量回收、智能调度与负载匹配三大支柱构成。能量回收系统, 借助先进的制动能量回收机制, 能够捕捉并转化超过25%的制动能量为电能, 反哺电池系统, 实现能量的循环利用。智能调度系统深度融合AI算法, 基于大数据分析预测矿山生产动态, 精准规划车辆行驶路径与作业时序, 减少无效行驶与等待时间达20%以上, 显著提升作业效率。负载匹配系统则通过高精度传感器实时监测车辆载重与路况信息, 动态调整动力输出, 确保车辆在最优工况下运行, 平均降低能耗约15%。

2.3 环保与节能技术的深度融合

矿用自卸卡车全面拥抱零排放的纯电动时代, 彻底

告别传统燃油车的尾气污染，为矿区生态环境带来质的飞跃。车身设计中大量采用轻量化材料，如铝合金骨架与碳纤维复合材料部件，相较于传统材料减重高达30%，有效降低了车辆运行中的能耗负担。智能温控系统采用先进的温度感知与调控技术，根据车内外环境变化智能调节温度设定，使空调系统能耗降低约20%。综合运用这些环保与节能技术，矿用自卸卡车的整体能耗较传统燃油车大幅降低30%-40%，引领了矿业运输的绿色革命。

3 车辆控制与安全系统智能化

3.1 智能制动与防滑系统的精准操控

智能制动与防滑系统融合了尖端的液压制动技术与精密的电子控制单元（ECU），实现了制动力的微秒级精确调控与高效的防滑保护策略。该系统内嵌ABS（防抱死制动系统）与TCS（牵引力控制系统）两大核心功能，前者在紧急制动情境下，通过高频点刹机制有效预防车轮抱死现象，确保车辆制动过程中的方向稳定性，同时缩短制动距离高达20%。后者则在车辆启动或加速阶段，智能调节发动机动力输出与制动力分配，显著提升车轮抓地力约30%，有效防止打滑现象，确保行驶平稳与安全。此外，集成的高精度压力传感器与轮速传感器，实时监测车轮动态，实现制动力的即时反馈与毫秒级调整，进一步加固了行车安全防线。

3.2 主动安全系统的全面防护网络

主动安全系统凭借前沿的传感器阵列与高级驾驶辅助系统（ADAS）技术，构建了一个无死角的安全防护体系。该系统集成了AEB（自动紧急制动）、ACC（自适应巡航控制）及LDW（车道偏离预警）等先进功能。AEB模块能在瞬间识别前方潜在障碍物，并在小于0.5秒的时间内自动触发紧急制动，大幅度降低碰撞事故发生风险，预估降低碰撞率约70%。ACC功能则根据前车行驶速度智能调节本车车速，保持安全跟车距离，极大地缓解了驾驶员的驾驶压力。LDW系统通过高清摄像头持续监测车道线，一旦检测到车辆偏离预定车道，立即发出警示，有效预防因驾驶员分心而引发的交通事故，为行车安全提供了又一重坚实保障。

3.3 应急响应与自救系统的综合防护机制

应急响应与自救系统，作为车辆安全体系的关键一环，集成了火灾预警、气体泄漏探测、自动灭火干预及紧急制动避险等多重先进技术，旨在突发状况下实现即时响应，全力保障人员与车辆安全。该系统装备了高灵敏度的烟雾与气体传感器阵列，能够在火灾或有害气体泄漏的初期阶段即刻察觉，随即触发声光双重报警机制，迅速通知驾驶员及矿区控制中心，确保信息无遗漏

传达。

面对火灾威胁，车辆搭载的自动灭火装置将即刻响应，自动释放灭火剂，对火源进行精准、高效的扑救，有效遏制火势蔓延，保护车辆及周围设施安全。在极端紧急情况下，系统还具备自动紧急制动功能，能够瞬间接管车辆控制权，将车辆平稳引导至预设安全区域，避免事故进一步升级，为人员撤离及后续救援争取宝贵时间。

此外，该系统还集成了卫星通信技术的一键求救功能，在遭遇不可预见风险时，驾驶员可迅速触发该功能，将车辆当前位置、状态信息及求救信号实时传输至救援中心，显著缩短救援响应时间，为紧急救援行动的快速部署提供有力支持。

4 车辆健康管理与维护的智能化革新

4.1 车辆健康管理系统（VHMS）的精密监测与预测

车辆健康管理系统（VHMS）深度融合了高精尖的传感器网络技术、大数据分析引擎以及前沿的预测性维护算法，构建起对矿用自卸卡车关键部件的全方位、实时健康监测体系。该系统密布超过百个高精度传感器，如同神经末梢般遍布发动机、传动系统、制动系统等核心区域，数据采集速率高达每秒数百次，确保了对车辆运行状态的毫秒级捕捉与精准分析。

借助大数据分析的力量，VHMS能够智能识别数据中的异常模式，精准预测潜在故障，其预测准确率稳定在95%以上，为矿企提供了前瞻性的维护预警。此外，该系统还能根据车辆实时运行数据与历史维护记录，自动生成个性化的车辆健康报告，为维护团队提供详尽、科学的维护指导，助力实现精准维护。

4.2 智能维护决策支持系统（MDSS）的自主优化与决策

智能维护决策支持系统（MDSS）作为VHMS的延伸，依托其提供的数据库，运用先进的机器学习算法与专家系统，实现了对矿用自卸卡车维护决策的智能化升级。MDSS能够综合考虑车辆健康状态、生产计划、资源分配等多重因素，自动规划出最优的维护方案，包括维护时间窗口、具体维护内容以及所需备件清单等，有效降低了非计划停机时间，提升了设备利用率与整体生产效率。

更为关键的是，MDSS具备强大的自我学习能力，能够不断从实际维护案例中汲取经验，持续优化维护策略，确保决策的精准性与高效性，为矿企的维护管理带来了革命性的变革。

4.3 远程维护与升级技术的即时响应与持续优化

远程维护与升级技术则充分利用了5G通信的高速、

低延迟特性与云端服务器的强大计算能力，为矿用自卸卡车的远程故障诊断、软件升级及性能优化提供了强有力的技术支持。当车辆遭遇故障时，维护人员可迅速通过远程连接，实时访问车辆的运行数据与故障信息，进行精准的远程故障诊断与指导维修，极大地缩短了故障响应时间，提高了维护效率。

同时，该技术还支持软件的在线升级，包括操作系统、控制算法、诊断工具等关键组件的即时更新，确保车辆能够持续保持最佳性能与最新功能。通过远程维护与升级技术的应用，矿企不仅能够有效降低维护成本，还能显著提升维护效率与设备安全性，为矿山的持续高效运行提供了坚实的技术保障。

5 智能化系统集成与全面测试验证的技术强化

5.1 模块化与标准化集成的技术架构

矿用自卸卡车的智能化系统集成采用高度模块化和标准化的技术架构，确保各子系统间的无缝衔接与高效协同。此架构明确划分为四层：感知层、网络层、平台层与应用层。感知层运用高精度传感器阵列实现数据的精准采集；网络层则依托高速、低延迟的通信协议保障数据的实时传输；平台层集成大数据处理与高级分析算法，提供强大的数据处理与分析能力；最终，应用层将处理结果转化为直观、易操作的用户界面。

在接口规范方面，采用统一的物理、数据及控制接口标准，确保不同子系统间的数据交换与通信准确无误，提高系统的兼容性与可扩展性。这种标准化的接口设计促进了子系统间的无缝集成，为后续维护、升级及功能扩展奠定了坚实的技术基础。

5.2 多维度测试验证流程的技术细节

为确保智能化系统的性能与可靠性，实施了一套多维度、系统性的测试验证流程。单元测试阶段，采用自动化测试工具对各个模块进行详尽的功能与性能测试，确保每个模块均达到设计要求。集成测试则聚焦于子系统间的协同效果，通过模拟复杂交互场景，验证数据传输与控制指令的准确性与一致性。

系统测试阶段，构建仿真环境以模拟实际作业场景，对系统的整体性能进行全方位评估。该阶段不仅验证了系统在各种极端条件下的稳定性与可靠性，还通过大数据分析工具深入挖掘系统性能瓶颈与潜在问题。

现场测试环节则将系统置于真实的矿山作业环境中，收集实际运行数据以验证系统的适应性与稳定性。这些数据为后续的性能优化提供了宝贵的参考依据。

5.3 性能评估与优化迭代的技术策略

性能评估与优化是智能化系统持续改进的技术核心。基于系统需求与设计的要求，设定一系列精确的关键性能指标（KPIs），运用大数据分析技术对系统运行数据进行深度挖掘与分析。通过对比实际性能与预设指标，识别系统性能瓶颈与潜在问题。

针对识别出的问题，制定针对性的优化策略。这可能涉及算法优化、参数调优、硬件升级等多个层面。在优化实施过程中，采用先进的软件工程方法确保优化方案的准确实施与快速迭代。优化后的系统需再次通过全面测试验证，以确保优化效果符合预期。

此外，建立持续的性能评估与优化迭代机制，密切关注用户反馈与技术发展趋势。通过不断引入新技术、新方法，对系统进行持续优化与升级，以保持其技术领先性与市场竞争力。

结语

矿用自卸卡车的智能化发展是矿业技术进步的必然趋势。通过深入剖析自动驾驶、高精度定位、远程监控、动力与能源管理、车辆控制与安全、健康管理与维护等关键技术的实现与应用，本文为矿用自卸卡车的智能化转型提供了全面的技术参考与指导。未来，随着技术的不断进步与应用深入，矿用自卸卡车的智能化水平将持续提升，为矿业生产带来更加高效、安全、环保的解决方案。

参考文献

- [1]张国良,王明强.矿用自卸卡车智能化技术的发展现状与挑战[J].煤炭科学技术,2020,48(6):190-196.
- [2]李华,赵国栋.智能化矿用自卸卡车调度系统设计与实现[J].机械工程学报,2021,57(14):176-184.
- [3]赵丽娜,李晓明.人工智能在矿用自卸卡车自动驾驶中的应用进展[J].自动化与仪表,2021,36(8):75-79.
- [4]刘强,王海燕.基于物联网的矿用自卸卡车远程监控与故障诊断技术研究[J].矿山机械,2020,48(5):44-48.
- [5]王涛,张伟.矿用自卸卡车电动化与智能化发展趋势探讨[J].矿冶工程,2022,42(1):69-73.