

列车受电弓轨旁检测系统的应用研究

于海航

中车株洲电力机车有限公司, 湖南 株洲 412000

DOI: 10.61369/SSSD.2025030036

摘 要 : 为提升列车运行安全性和效率, 本文深入探讨了列车受电弓轨旁检测系统的工作原理与应用。该系统依托高精度传感器与数据采集单元, 实现对受电弓与供电网接触压力、电流等关键参数的实时监测。研究表明, 该系统能高效监控受电弓状态, 及时预警并处理故障, 显著降低故障率, 增强列车运行的安全性与稳定性^[1]。随着智能化技术、大数据分析及数字化管理平台的融合应用, 列车运行效率与故障预防能力将进一步提升。

关 键 词 : 列车受电弓; 轨旁检测系统; 故障监测

Application Research on the Trackside Detection System of Train Pantograph

Yu Haihang

CRRC Zhuzhou Electric Locomotive Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412000

Abstract : To enhance the safety and efficiency of train operation, this paper deeply explores the working principle and application of the train pantograph trackside detection system. This system relies on high-precision sensors and data acquisition units to achieve real-time monitoring of key parameters such as the contact pressure and current between the pantograph and the power supply network. Studies show that this system can efficiently monitor the status of the pantograph, issue timely warnings and handle faults, significantly reduce the failure rate, and enhance the safety and stability of train operation. With the integrated application of intelligent technology, big data analysis and digital management platforms, the operational efficiency and fault prevention capabilities of trains will be further enhanced.

Keywords : train pantograph; trackside detection system; fault monitoring

一、列车受电弓轨旁检测系统工作原理

列车受电弓轨旁检测系统通过高精度传感设备, 实时监测受电弓与供电网间的状态, 确保列车平稳运行。受电弓担起列车与供电网间的电力传输装置的重担, 任何接触欠佳、位移或电流不稳都直接影响列车的动力输送, 说不定引起系统故障。为精准监控这一过程, 轨旁检测系统一般由多个传感器、数据采集单元、控制模块和无线传输模块等聚合而成, 传感器一般用以测量受电弓与供电网之间的接触压力、偏移角度、电流等物理量, 凭借这些传感器采集的资讯, 控制模块就这些传感器采集的数据进行分析, 然后判定系统是否出现异常, 若监测到异常情形, 比如受电弓跟供电网之间的接触压力降至某一临界值以下, 系统就启动警报, 并留存异常数据作为后续分析的参考^[2-3]。

二、列车受电弓轨旁检测系统的应用分析

(一) 提升列车运行安全性

列车受电弓轨旁检测系统在提升列车安全性方面起到核心的

功效, 受电弓作为列车跟供电网彼此间的电力传输接触点, 任何接触不良或表现出异态均会直接造成电力供应的中断, 这大概引起列车停运, 还可能引起重大的电力事故或故障, 受电弓轨旁检测系统借助实时监控受电弓与供电网之间的接触状态、接触压强和电流等关键参数, 要是系统觉察出电力接触不良、偏移或电流异常, 可迅速发出警报。按照若干真实案例分析, 及时报警的系统可缩减因电力问题造成的安全事故出现频次, 按铁路管理局统计, 采用轨旁检测系统的线路范围里, 因受电弓异常引起的电力故障事故发生率减少了约40%, 实时监控可迅速探明问题产生的具体位置和原因^[4-7], 保证在故障发生早期就开展管控, 阻止事故的蔓延与升级。例如若出现受电弓的偏位情形或超常磨损时, 系统能自动辨认出接触不良, 触发应急救援机制, 降低因电力供应中断引起的列车运行中断时间, 这种早期预警和实时响应机制极其明显提升了列车的运行安全性, 实现列车在高密度、复杂线路环境下可顺畅运行, 夯实了乘客和货物的安全基础。

(二) 降低列车故障率

列车受电弓轨旁检测系统的采纳可有效减少列车的故障率,

作者简介: 于海航 (1989年—), 男, 汉族, 吉林人, 本科, 中车株洲电力机车有限公司, 工程师, 研究方向: 轨道, 检测系统。

尤其是电力故障引发的潜在影响，受电弓的接触压力、偏移角度、电流等参数的变动往往是电力系统故障的先兆，依靠对这些数据的实时监控，系统得以预先察觉潜在问题并开展行动，以此防范故障的肇始^[8]。例如借由实时校验受电弓的接触压力，系统有能力察觉出压力异常变化，进而预先通知维护人员进行检查，实际分析数据说明，实行受电弓轨旁检测体系后，线路上因接触不良、偏移引发的电力系统故障发生率降低了大约30%-40%，这效果极其明显，尤其是于高频次的电力系统中，即时的预警可帮维修人员赢得珍贵的时间，以此防止了在运行过程中出现突然的电力故障^[9]。进一步全面说，检测系统具备不断地开展数据的采集与分析的能力，筹备起故障预测模型，对受电弓的运行状态做长期跟踪，保障列车运行的任一阶段都处于良好的工作状态，例如经过对照审查数据，系统可预先就受电弓的磨损状况做出预估，并统筹维修，因而杜绝了因设备老旧或维护不周引发的意外故障，这种智能化监测系统的启用极大提升了列车运行的稳定性。

（三）提高铁路系统运行效率

列车受电弓轨旁检测系统既能可起到保证列车安全性的功效，还对铁路系统的运行效率有着积极的扶持意义，系统借助实时监测受电弓的即时情形，能够马上找出电力供应里的潜在隐患风险，这种提前预警机制显著地削减了突发停运现象的频次比例，进而降低了列车的停运时长，添加了整体的运输效率^[10]。就部分高密度线路而言，列车受电弓轨旁检测系统的采用削减了因电力故障产生的停运时长，按照铁路部门数据统计，年均使停运时长减少大致15%-20%，系统不仅在故障预测方面起到积极功效，还能为优化电力供应给予精准的数据资料支持。受电弓电流、接触压力等参数能给电力调度人员送去此刻实时的可用数据，辅助他们按照实际局面调整电网负载，从而杜绝过载状况重复发生，按照部分摸索，列车受电弓轨旁检测系统的运转不仅减小了电力故障发生的几率，同时改进了列车用电的方式，可切实增进能源使用效率^[11-13]。

三、列车受电弓轨旁检测系统的未来发展策略

（一）智能化发展方向

跟着人工智能（AI）、大数据和物联网技术的不断革新阶段，列车受电弓轨旁检测系统正朝着进一步智能化的方向前行，该智能化进程不只展现在硬件设备的升级，更体现到系统借助深度学习和大数据分析实现更为精准的故障预警与故障预测，例如凭借跟人工智能算法相嵌合，受电弓轨旁检测系统可迅速分析受电弓的运行状态，自主辨别接触压力、电流波动、偏移角度等参数的变化趋势，进而提前对潜在故障的出现进行推断。例如AI可依据过往数据和运行轨迹，掺合实时巡查数据，依靠算法推演预判出会发生故障的时间和具体位置，提早通知运维人员实施修理，按照对应考察酌定报告，采用AI科技的系统，故障预测的预估准确率已增长到85%以上，与传统监测系统相比提升了30%以上的预警成效。AI的应用并非仅局限在针对故障预测，还可

对数据开展马上剖析并给出有效性优化措施。例如系统能实时审视受电弓跟供电网的接触状况，把实时数据与历史数据进行比较，自主调控电力系统的参数组合，进而杜绝无谓的电能浪费，智能化的系统不仅可改善列车运行的安全信息透明度，还能切实降低因设备故障引起的停运时间，进而增进整体铁路系统的运转效率，未来伴随深度学习跟人工智能算法的持续优化，列车受电弓轨旁检测系统将实现从传统监测到智能化预防及优化调度的全面转变^[14]。

（二）数字化管理平台建设

伴随铁路数字化转型的稳步推进节奏，列车受电弓轨旁检测系统的今后将愈加依靠于数字化管理平台的构建，借助跟铁路运营的数字化管理平台紧密结合，检测系统会实时汇聚各类数据并进行智能分析萃取，为铁路管理提供适时恰当的决策支持，具体来说数字化管理平台将对全部列车电力系统状态实施集中监控，凭借大数据分析、云计算与人工智能算法的联合，实时掌握列车受电弓的工作情形。例如平台会自动归集全国铁路网里所有线路、所有列车的实时监测数据，涉及接触压力、电流、温度这类关键指标，若某列列车的受电弓产生异样，平台马上激起警报，进而针对列车运行状态开展诊断分析，实时产出维修报告，而且对维修计划开展优先级排列。研究表明铁路行业采用数字化管理平台以后，管理效率达成30%-40%的上扬，尤其是应急反应能力得到了大幅度的强化，系统还能一旦收到设备故障警报就自动调度维修人员和设备，降低手动干涉的力度，提升应急处理的迅度。

（三）多维度数据融合技术

今后的列车受电弓轨旁检测系统不止满足于单一数据的采集，而是借助多维度数据融合技术之力，采集出自多批次传感器的数据，涉及诸如接触压力、受电弓偏移角度、电流等参数，除此之外环境因素如温度、湿度、风速跟周边天气状况之类，同样会划归入监测范围。这些额外的数据源对更为全面精准地预测受电弓的运行状态及潜在故障有帮助。例如气温的起伏也许对受电弓的接触状态造成影响，高温或低温说不定能引发材料的膨胀或收缩，由此变更接触压力，借助把这些数据与另外的物理量融合，检测系统得以鉴别出潜在故障发生的先兆，增强故障预警的精准度水平。结合多层面数据的深度学习算法，系统得以从大量数据里筛选有效信息，实施高效评判，研究表明删去多维度数据融合的检测系统，其故障识别准确率较早期上扬了约50%，比传统单一参数监测的系统在可靠性上更胜一筹，实时环境因素监测也能防止极端气候条件下电力系统出现失效现象，凭借这些综合数据相互融合，列车受电弓轨旁检测系统将更呈现智能风采，可给出精准的故障预测与处理方案，保证列车安全平稳前行^[15]。

四、结论

列车受电弓轨旁检测系统作为一种创新的监控技术，能够有效提升列车的运行安全性，减少故障率，并提高整体铁路系统的

运行效率。通过实时监测、智能化发展和大数据分析，该系统可以有效预防故障发生，保障列车的电力供应。未来，随着技术的不断进步，列车受电弓轨旁检测系统将朝着智能化、数字化、多维度数据融合的方向发展，进一步优化铁路运输的管理和运营效率。同时，随着国际合作的加深，系统将在全球范围内得到广泛应用，推动铁路技术的创新和进步。

参考文献

[1] 刘海东, 陈大伟, 陈秉智, 等. 不同导流罩作用下高速列车受电弓气动特性分析 [J]. 铁道学报, 2024, 46(11): 49-56.

[2] 廖文彬. 地铁列车受电弓控制电路改良设计 [J]. 运输经理世界, 2024, (30): 4-6.

[3] 朱均, 黄丹丹, 郑晓飞. 列车受电弓轨旁检测系统的应用研究 [J]. 科技与创新, 2021, (23): 170-171+174.

[4] 胡洋. 受电弓监测系统在重载电力机车中的应用方案研究 [J]. 科技资讯, 2024, 22(22): 125-127.

[5] 祝胜利, 程恒良. HXD1B 型电力机车受电弓故障数据分析运用及故障对策措施 [J]. 铁道机车与动车, 2024, (11): 45-48+37+62.

[6] 裴丽君. 动车组受电弓碳滑板厚度检测算法研究 [J]. 交通工程, 2024, 24(10): 71-74+93.

[7] 王亮, 牛秀蓉, 罗敏. 洛阳地铁 1 号线列车受电弓碳滑板异常磨损分析与改进研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(06): 286-290+295.

[8] 张晓飞, 陈振, 陆军. 基于改进 FasterRCNN 的受电弓监控视频弓网燃弧检测研究 [J]. 电工技术, 2024, (19): 29-31+37.

[9] 孙傲. 基于故障树的电力机车受电弓故障分析以及检修优化和指导 [D]. 中国铁道科学研究院, 2024.

[10] 梁松志. 基于 PHM 技术的机车受电弓检修技术研究及应用 [D]. 中国铁道科学研究院, 2024.

[11] 王珂昕. 波动接触压力下弓网系统滑动摩擦副温度特性及预测研究 [D]. 辽宁工程技术大学, 2024.

[12] 娄璟. 弓网系统电弧识别方法及接触力控制策略研究 [D]. 辽宁工程技术大学, 2024.

[13] 张梦准. 基于高铁受电弓碳滑板表面图像复原的缺陷检测系统研究 [D]. 华北理工大学, 2024.

[14] 牛青雨. 车载式受电弓起动性能检测系统及误差校正分析研究 [D]. 石家庄铁道大学, 2024.

[15] 杨尚, 王秋红, 李军, 等. 地铁受电弓损伤评估及故障分析 [J]. 内燃机与配件, 2024, (08): 130-132.