

城市轨道交通车辆电气故障诊断系统浅析

付青云

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400000

【摘要】：随着城市轨道交通的快速发展，车辆电气系统呈现出高度集成化与复杂化特征，故障类型多样且隐蔽性增强，对运行安全与服务质量产生直接影响。围绕重庆轨道交通运行实际，结合车辆电气系统结构特点，对电气故障的典型表现及其诊断需求进行梳理，探讨基于数据监测与信息化手段的故障识别路径。通过对诊断流程与关键技术环节的分析，揭示故障定位效率与系统可靠性之间的内在联系，为轨道交通车辆电气系统稳定运行提供思路支撑。

【关键词】：城市轨道交通；电气故障；故障诊断系统；重庆轨道交通；数据监测

DOI:10.12417/2811-0528.26.11.097

引言

城市轨道交通已成为现代城市运行的重要支撑，车辆系统的稳定状态直接关系到线路运行的连续性与乘客出行体验。随着列车控制、牵引与辅助系统的电气化程度不断提升，系统内部关联愈发紧密，任何微小异常都可能引发连锁反应。重庆轨道交通在复杂地形与高密度运行环境下，对车辆可靠性提出了更高要求，传统依赖经验的检修方式逐渐显现出局限性。如何在海量运行数据中快速捕捉异常信号，并实现精准定位，成为当前亟须关注的关键问题。围绕电气故障诊断展开的技术探索，为提升运营安全性与维护效率提供了新的切入点。

1 城市轨道交通车辆电气故障特征分析

城市轨道交通车辆电气系统由牵引供电、控制系统、辅助电源及信息传输单元等多部分构成，各子系统之间通过信号与能量耦合形成高度集成结构。在长期高频运行状态下，电气设备承受周期性负载冲击与环境扰动，易产生绝缘老化、接触不良及元器件性能退化等问题^[1]。这类故障往往具有隐蔽性强、发展渐进的特征，初期难以通过常规检测手段直接识别，随着运行时间延长逐步演化为影响系统稳定的关键隐患。复杂的系统结构使单点异常可能通过耦合路径扩散，形成多点联动的故障表现。

从故障表现形式来看，电气异常通常以电压波动、电流失衡、信号中断及控制响应延迟等方式体现。牵引系统中，逆变器模块的开关器件若出现性能漂移，将导致输出波形畸变，进而影响电机运行状态；辅助电源系统若存在稳压能力下降现象，则可能引发车载设备运行不稳定；列车控制网络中的通信链路一旦发生干扰或数据丢包，将直接影响指令传输的准确性。上述现象在运行数据中往往表现为短时波动或间歇异常，增加了故障识别与定位的难度，对监测手段的精度与实时性提出更高要求。

结合重庆轨道交通的实际运行环境，线路多穿越山区与隧

道，湿度变化与温差影响显著，电气设备长期处于复杂工况之下。受振动冲击与环境应力叠加作用，连接器件松动、线路老化及电磁干扰问题更为突出，故障呈现出多源叠加与随机性增强的特点。在高密度行车组织下，设备运行间隔缩短，检修窗口有限，传统依赖人工经验的判断方式难以及时捕捉细微异常。大量运行数据中蕴含的潜在特征信息成为识别故障的重要依据，电气故障逐渐由单一物理表现向数据特征驱动的模式转变，对系统化分析能力提出更高层次的要求。

2 电气故障诊断系统构建思路

电气故障诊断系统的构建需要以车辆电气系统结构特征为基础，围绕数据获取、状态识别与信息处理等关键环节进行整体设计。在实际运行条件下，车辆各类电气设备持续产生电压、电流、温度及控制信号等多维数据，这些数据通过车载网络传输至中央处理单元，为后续分析提供基础支撑^[2]。诊断系统在构建过程中需强化数据采集的完整性与时效性，通过布设高精度传感器与信号采集模块，实现对关键节点运行状态的连续监测。针对不同子系统运行特性，需合理规划数据采集频率与传输优先级，确保重要参数能够在动态变化过程中被准确捕捉，从而为故障识别提供可靠数据源。

在数据处理层面，诊断系统需构建多维度信息融合机制，将原始监测数据转化为可识别的特征参数。通过信号滤波、特征提取与异常判别等技术手段，对运行数据中的波动规律进行分析，识别潜在异常趋势。结合电气设备的运行机理，可建立基于模型的诊断方法，对系统输入输出关系进行匹配分析，以判断设备是否处于正常工况。引入基于历史数据的模式识别方法，对典型故障特征进行归类处理，实现对复杂故障的快速定位。针对重庆轨道交通运行环境中存在的温湿度变化及电磁干扰影响，还需在算法设计中考虑环境补偿机制，以提高诊断结果的准确性与稳定性。

在系统实现层面，诊断平台须具备良好的集成能力与扩展

性能,以适应不同车型及运行线路的应用需求。通过构建分层架构,将数据采集层、传输层与应用层进行有效划分,实现各功能模块之间的协同运行。车载终端负责实时数据预处理与初步判断,地面系统则承担深度分析与故障溯源任务,形成车地协同的诊断模式。在信息交互过程中,需采用可靠的通信协议与数据加密技术,保障数据传输的安全性与完整性。通过可视化界面将诊断结果进行直观呈现,使维护人员能够快速掌握设备运行状态,并对异常情况作出响应。结合实际运营需求,还可将诊断系统与检修管理平台进行联动,实现从故障识别到维护决策的闭环运行,提高车辆电气系统的整体可靠性与运维效率。

3 诊断系统运行效果与优化路径

电气故障诊断系统投入实际运行后,在提升车辆运行可靠性方面表现出明显成效。通过对关键电气参数的持续监测与动态分析,系统能够在异常初期阶段识别出潜在风险信号,使隐性故障在演变为功能性失效之前得到有效控制。重庆轨道交通在高密度行车条件下,车辆运行间隔缩短,对设备状态的实时掌握提出更高要求,诊断系统通过对牵引变流器、辅助电源装置及控制网络的在线监测,实现了对关键设备运行状态的连续评估^[1]。运行数据表明,基于数据驱动的诊断方式能够显著降低突发性故障发生概率,使设备状态由被动检修向主动预警转变,提升整体运行稳定性。

在实际应用过程中,系统运行效果受多种因素影响,诊断精度与响应速度之间的平衡成为关键问题。面对复杂工况下产生的大规模数据流,若数据处理能力不足,容易导致信息延迟

或误判现象,影响故障识别的及时性。针对这一情况,可通过优化数据处理算法与提升计算资源配置,提高系统对高频数据的处理效率。在诊断模型构建过程中,应结合不同线路与车辆类型的运行特性,对特征参数进行动态调整,使模型能够适应多样化工况。重庆地区复杂地形所带来的振动与环境变化,对电气设备运行状态产生持续影响,通过引入环境变量修正机制,可进一步增强诊断结果的可靠性。

从系统优化路径来看,需在数据利用深度与系统协同能力方面持续推进。通过对历史运行数据的深入挖掘,可不断完善故障特征库,使诊断系统具备更强的学习与适应能力。加强车载系统与地面平台之间的信息联动,使故障识别、数据分析与维护决策形成紧密衔接,提高整体运维效率。在界面交互层面,通过优化信息显示方式,使复杂数据转化为直观的状态指标,提升维护人员对系统运行状态的理解能力。结合智能化技术的发展趋势,将诊断系统与运维管理体系深度融合,有助于进一步提高城市轨道交通车辆电气系统的运行品质与安全保障水平。

4 结语

城市轨道交通车辆电气系统的稳定运行离不开高效的故障诊断支撑。在复杂运行环境与高密度运输需求背景下,电气故障呈现出隐蔽性与多样性并存的特征,对诊断能力提出更高要求。基于数据监测与信息融合构建的诊断体系,使设备状态识别更加精准,运行风险得到有效控制。结合重庆轨道交通实际工况,诊断系统在提升响应效率与保障运行安全方面展现出良好适应性,为电气系统的持续稳定运行提供了有力支撑。

参考文献:

- [1] 赵文飞.城市轨道交通车辆电气设备失效分析与预测[J].人民公交,2025,(18):81-83.
- [2] 郭夜啼.城市轨道交通中的机电设备故障应急处理策略分析[J].集成电路应用,2023,40(09):224-225.
- [3] 景亮,赵程,燕玲,等.城市轨道交通智慧车站的设计及探索[J].上海建设科技,2022,(01):27-30.