

# 铁路接触网跳闸后故障排查优化方案

李永光

国能包神铁路有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要:** 随着铁路运输向高速化、重载化发展,接触网作为列车供能的核心设施,其跳闸故障严重威胁行车安全与运输效率。当前,接触网跳闸故障排查存在信息收集不全、初步定位不准、精确查找低效及预防不足等问题。为此,本文深入剖析故障排查现状,针对性提出优化方案:通过构建多源信息收集系统、规范反馈流程,夯实信息基础;综合运用多种定位技术、优化测距算法,提升故障初判精度;引入智能巡检设备与专家诊断系统,实现故障精准定位;建立设备状态监测预警体系,强化外部环境防控与部门协同,完善预防机制。旨在全面提升接触网跳闸故障排查效率与可靠性,保障铁路运输安全稳定运行。

**关键词:** 铁路;接触网跳闸;故障排查;优化方案

引言:铁路接触网作为铁路供电系统的关键部分,其稳定运行对铁路运输的安全与效率至关重要。接触网跳闸故障会严重影响铁路正常运行,及时准确的故障排查是恢复供电和保障运输的关键。然而,目前铁路接触网跳闸后的故障排查存在诸多问题,如信息收集不充分、定位不准确、查找效率低和预防措施不足等。为解决这些问题,有必要对铁路接触网跳闸后的故障排查进行优化,以提高故障处理的效率和可靠性,保障铁路运输的安全与顺畅。

## 1 铁路接触网跳闸故障概述

铁路接触网是沿铁路线上空架设的向电力机车供电的特殊形式输电线路,其通过接触线与电力机车受电弓的直接接触,为列车运行提供持续稳定的电能。接触网跳闸故障,是指在运行过程中,因各种因素导致接触网供电回路中的断路器自动断开,从而中断对电力机车的供电。造成铁路接触网跳闸的原因复杂多样。从设备自身角度来看,接触网长期处于露天环境,受风吹日晒、雨雪侵蚀等自然条件影响,零部件易出现老化、磨损,如接触线磨损严重、绝缘子绝缘性能下降等,进而引发短路、接地故障导致跳闸。从外部环境因素分析,恶劣天气,如暴雨、大风、雷击、冰雪等,会破坏接触网设备结构或引发电气绝缘失效;树木侵限、异物挂网等情况,也会干扰接触网正常运行,致使跳闸事故发生。此外,电力机车受电弓故障、牵引变电所设备异常等,同样可能引起接触网跳闸。接触网跳闸故障一旦发生,将直接导致列车失去动力,造成列车晚点、区间停车甚至大面积运输瘫痪,不仅给旅客出行带来极大不便,还会对铁路运输企业的经济效益和社会声誉造成严重影响<sup>[1]</sup>。

## 2 当前铁路接触网跳闸后故障排查存在的问题

### 2.1 故障信息收集不全面

目前铁路接触网跳闸故障信息收集渠道相对单一,主要依赖于牵引变电所的保护装置报警信息和现场工作人员的人工汇报。牵引变电所的保护装置虽能记录跳闸时间、电流电压等电气参数,但难以获取接触网设备的实时状态、周边环境变化等信息。现场工作人员在故障发生后,因缺乏专业的信息采集工具和标准化流程,容易遗漏关键细节,如故障点附近的异物特征、设备外观损伤情况等。此外,不同部门之间信息共享存在壁垒,供电部门、工务部门、调度部门之间的数据未能有效整合,气象、环境监测等外部信息也难以融入故障信息收集体系,导致故障信息碎片化,无法为后续排查提供全面、准确的依据。

### 2.2 初步定位准确性低

铁路接触网线路长、结构复杂,当前常用的初步定位方法存在明显局限性。传统的故障测距方法,如行波法、阻抗法等,易受线路参数变化、短路过渡电阻等因素影响,导致测距误差较大。部分铁路区段仍采用人工分段排查的方式进行初步定位,效率极低且容易出现误判。同时,不同定位方法之间缺乏有效的协同应用,无法充分发挥各自优势。此外,接触网运行环境复杂多变,如地形地貌、气候条件等因素会干扰定位信号,进一步降低了初步定位的准确性,使得故障排查人员难以快速锁定故障大致范围,延误抢修时机。

### 2.3 精确查找方法效率低

在故障初步定位后,精确查找故障点的过程面临诸多困难。当前主要依靠人工巡检方式进行故障点确认,铁路接触网分布范围广,部分区域地形复杂、交通不便,人工巡检不仅耗时耗力,还存在巡检盲区,难以发

现隐蔽性故障。现有的检测设备功能有限，如传统的红外测温仪、视频监控等，只能检测部分表面故障，无法深入分析设备内部缺陷。而且，故障查找过程中缺乏智能化的分析工具，排查人员只能凭借个人经验进行判断，难以快速、准确地确定故障原因和具体位置<sup>[2]</sup>。

#### 2.4 故障预防措施不完善

目前铁路接触网的故障预防工作存在诸多不足。设备状态监测体系不够健全，部分监测设备覆盖范围有限，无法实时、全面地掌握接触网设备的运行状态。对于设备老化、零部件磨损等潜在故障隐患，缺乏有效的预测手段，难以在故障发生前及时采取维护措施。外部环境监测与防控能力薄弱，对树木生长、异物飘落、恶劣天气等可能影响接触网运行的外部因素，监测预警不及时，防控措施不到位。此外，各部门之间在故障预防工作中的协同机制不完善，信息沟通不畅，无法形成有效的故障预防合力，使得接触网故障风险难以得到有效控制，增加了跳闸故障发生的概率。

### 3 铁路接触网跳闸后故障排查优化方案

#### 3.1 故障信息收集优化

##### 3.1.1 建立多源信息收集系统

建立多源信息收集系统需从硬件部署与数据整合两方面发力。在硬件层面，除加装常规传感器外，引入物联网技术，采用低功耗广域网（LPWAN）设备，确保偏远区域传感器数据稳定传输。在接触网绝缘子等关键部件安装局部放电监测传感器，实时捕捉设备绝缘性能变化；于接触网支柱底部安装位移传感器，监测因地质变化引发的支柱倾斜情况。数据整合上，搭建统一的数据中台，运用大数据处理技术，对牵引变电所数据、传感器数据、机车监测数据、气象环境数据等进行清洗、转换和存储。同时，利用人工智能算法挖掘数据间的潜在关联，例如分析气象条件与接触网故障的相关性，从而为故障排查提供更具前瞻性的信息支持。

##### 3.1.2 规范现场人员信息反馈流程

规范现场人员信息反馈流程，需打造“流程-工具-管理”三位一体的体系。流程设计上，细化信息上报阶段划分，故障发生后5分钟内完成基础信息速报，15分钟内补充详细图文资料，30分钟内提交初步分析报告。工具配备方面，定制专用的信息采集APP，集成自动定位、语音转文字、图像智能标注等功能，降低现场人员操作难度。管理层面，建立信息反馈质量评估模型，从信息完整性、准确性、及时性三个维度进行量化评分，评分结果与绩效考核直接挂钩。定期开展案例复盘会，选取典型故障案例，分析信息反馈过程中的问题与不

足，针对性优化流程和培训内容，持续提升现场人员信息反馈能力，为故障排查筑牢信息根基。

#### 3.2 初步定位优化

##### 3.2.1 综合多种定位方法

传统单一的故障定位方法难以满足复杂工况下的精准定位需求，综合运用多种定位方法势在必行。将行波法、阻抗法与卫星定位、视频监控相结合，构建多层次定位体系。行波法能快速捕捉故障产生的行波信号，实现故障位置的初步估算；阻抗法通过分析电路参数，辅助修正行波法的定位结果。在此基础上，借助卫星定位技术获取接触网沿线精确地理坐标，为故障定位提供空间参照；利用部署在铁路沿线的高清视频监控系统，实时查看故障点周边环境，确认是否存在异物侵入、设备损坏等情况，辅助判断故障位置。同时，建立各定位方法间的智能切换与协同机制，根据不同的故障类型、环境条件，自动选择最优的定位组合，提高故障初步定位的准确性和可靠性<sup>[3]</sup>。

##### 3.2.2 优化故障测距算法

现有故障测距算法受线路参数变化、短路过渡电阻等因素影响，误差较大。优化故障测距算法需结合先进的数学模型与智能算法。引入自适应卡尔曼滤波算法，实时动态调整算法参数，有效抑制噪声干扰，提高对故障信号的提取精度；利用深度学习算法，对大量历史故障数据进行训练，学习故障特征与测距结果之间的映射关系，建立高精度的故障测距模型。同时，考虑接触网线路参数随温度、老化程度等因素的变化，建立参数实时修正机制，根据实际运行情况动态更新线路参数，使测距算法更贴合实际工况。此外，通过模拟仿真与现场试验相结合的方式，对优化后的算法进行反复验证和调整，不断提升故障测距的准确性，为后续故障排查缩小范围、争取时间。

#### 3.3 精确查找优化

##### 3.3.1 应用智能巡检设备

传统人工巡检在接触网故障精确查找中存在效率低、盲区多等问题，应用智能巡检设备是解决关键。可部署搭载高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等多种传感器的无人机和轨道检测车，对接触网进行全方位扫描。无人机凭借灵活机动性，能快速抵达人工难以到达的区域，通过高清摄像头实时回传接触网设备细节画面，红外热像仪可检测设备异常发热点，精准定位接触线接头过热、绝缘子老化等故障。轨道检测车则沿轨道运行，利用激光雷达对接触网几何参数进行高精度测量，及时发现接触线高度异常、拉出值偏移等问题。同

时,将智能巡检设备采集的数据实时传输至后台,借助图像识别和数据分析技术,自动识别故障特征,生成故障报告,大幅提升故障精确查找的效率与准确性。

### 3.3.2 开发故障诊断专家系统

开发故障诊断专家系统能够有效整合专家经验与数据资源,辅助故障精确查找。该系统基于大量接触网故障案例、设备参数和运行数据,运用机器学习算法构建故障诊断模型。系统可对智能巡检设备采集的数据、多源信息收集系统提供的故障信息进行深度分析,结合专家预设的故障规则和逻辑推理机制,快速判断故障类型、原因和具体位置。例如,当系统接收到接触线温度异常升高和张力突变的数据时,通过分析历史故障案例和设备运行规律,迅速定位到接触线局部磨损或连接部件松动等故障。此外,系统还具备学习和更新能力,随着新故障案例的积累,不断优化诊断模型,提高故障诊断的准确性和智能化水平,为接触网故障精确查找提供强有力的技术支持。

## 3.4 后续预防优化

### 3.4.1 建立设备状态监测与预警系统

当前接触网设备状态监测存在覆盖不足、预警滞后问题,建立完善的设备状态监测与预警系统迫在眉睫。通过在接触网关键部件,如接触线、吊弦、绝缘子等位置部署高精度传感器,实时采集设备的力学性能、电气参数、温度变化等数据。利用大数据分析技术,对设备运行数据进行长期趋势分析,建立设备健康度评估模型,通过计算设备性能指标偏离正常阈值的程度,量化设备健康状态。引入人工智能算法,对设备数据进行深度挖掘,提前预测设备潜在故障,例如根据接触线磨损速率变化,预判其剩余使用寿命。一旦监测到设备状态异常,系统立即发出多级预警,并结合历史故障案例,提供针对性的维护建议,实现从被动维修到主动预防的转变,保障设备稳定运行。

### 3.4.2 加强外部环境监测与防控

外部环境因素是引发接触网跳闸的重要诱因,加强监测与防控需构建多维度感知网络。在铁路沿线安装气象监测站,实时监测风速、雨量、气温、湿度等气象参数,同时利用卫星遥感技术和无人机巡查,动态监测沿线树木生长情况,对可能危及接触网安全的树木进行

提前修剪。在易受异物影响的区段,如桥梁、隧道进出口,安装智能异物监测装置,通过图像识别和雷达探测技术,及时发现塑料袋、风筝等异物,并联动附近的驱离设备进行处置。建立外部环境风险评估模型,结合气象条件、地理环境等因素,对接触网受外部环境影响的风险等级进行实时评估,提前制定防控预案,降低外部环境因素引发故障的风险。

### 3.4.3 完善故障预防协同机制

铁路接触网故障预防涉及供电、工务、调度等多个部门,当前各部门协同不足,信息流通不畅。完善故障预防协同机制,需建立统一的协同管理平台,打破部门间的数据壁垒,实现设备状态信息、环境监测数据、列车运行计划等信息的实时共享。制定标准化的协同工作流程,明确各部门在故障预防工作中的职责和任务,例如供电部门负责设备维护,工务部门负责线路周边环境整治,调度部门根据风险情况调整列车运行计划。定期组织多部门联合演练,模拟不同类型的故障场景,磨合各部门之间的协作配合,提高应急响应能力。建立协同考核机制,将故障预防效果纳入各部门绩效考核,激励各部门积极参与协同工作,形成全方位、多层次的故障预防合力<sup>[4]</sup>。

## 结束语

铁路接触网跳闸故障排查优化是保障铁路运输安全高效的关键举措。并提出的多维度优化方案,从信息收集、定位查找至预防协同,构建了全链条保障体系。这些方案的有效实施,能显著提升故障排查效率与准确性,降低接触网跳闸风险。

## 参考文献

- [1]李道德,刘长利,张韬.高速铁路牵引供电故障对动车组运行影响及应急处置研究[J].铁道运输与经济,2021,43(11):182-188.
- [2]王同军.中国智能高速铁路体系架构研究及应用[J].铁道学报,2021,41(11):211-219.
- [3]蒋先国,陈兴强.智能牵引供电系统现状与发展[J].中国铁路,2021(9):114-121.
- [4]朱飞雄.智能牵引供电系统标准体系研究[J].电气化铁道,2021,29(6):236-244.