

接触网供电安全隐患排查与改进

田 兆

国家能源集团新朔铁路有限责任公司供电分公司 内蒙古鄂尔多斯 010300

摘 要：接触网是电气化铁路牵引供电核心，其安全直接决定铁路运输稳定与安全，其隐患排查与改进是铁路运维关键课题。基于长期电气化铁路运检实践及牵引铁道供电专业积累，研究接触网供电安全隐患排查与改进：剖析相关风险，阐述排查流程，提出风险控制与改进措施，明确工作电压、带电距离等关键数据阈值。成果为接触网安全管理、隐患防控及实操标准化提供重要参考，对保障铁路运输安全高效运行具现实意义。

关键词：接触网；供电安全；隐患排查；改进对策

引言

接触网作为电气化铁路的关键设备，承担着向电力机车输送电能的重要任务，其安全稳定运行直接关系到铁路运输的效率和安全性。然而，在实际运行过程中，接触网供电系统面临着诸多潜在的安全隐患，这些隐患可能源自设备老化、外部环境变化、人为操作失误以及维修保养不足等多个方面。因此，开展接触网供电安全隐患排查与改进工作，对于提升电气化铁路的运行安全水平具有重要意义。

一、电气化铁路运行风险

电气化铁路运行风险分析是确保铁路安全运营的核心环节。电气化铁路以其高效、节能的优势在世界范围内广泛使用，但同时也面临着独特的安全挑战。

1.1 设备老化与性能下降

电气化铁路中的各类供电设备，如接触网、变压器、断路器等，在长期运行过程中，会因自然环境因素（如温度变化、湿度影响、紫外线照射等）以及电气负荷的反复作用，逐渐出现老化现象。设备老化会导致其性能下降，例如接触网的导线弹性降低、绝缘子绝缘性能变差、变压器绝缘老化引发漏电风险等。这些性能下降不仅会影响铁路供电的稳定性，还可能引发严重的安全事故，对铁路运输安全构成极大威胁。

1.2 外部环境因素

电气化铁路在运行过程中，不可避免地会受到各种外部环境因素的影响，这些因素可能对铁路供电系统及整体运行安全造成威胁。首先，极端天气条件是一个重要的外部因素。例如，暴雨可能导致接触网短路，强风

可能吹断或吹偏接触网导线，而冰雪天气则可能使导线覆冰，增加其重量和断裂风险。其次，地质灾害如地震、山体滑坡等也可能对电气化铁路造成破坏，影响供电设备的正常运行。此外，生物因素如鸟类筑巢、树木生长接近接触网等也可能引发安全隐患。这些外部环境因素的存在，要求电气化铁路在运行过程中必须具备高度的环境适应性和应急处理能力^[1]。

1.3 人为操作失误

人为操作失误在电气化铁路运行中也是不容忽视的风险来源。操作人员若未严格按照操作规程执行，如错误地切换供电模式、未及时响应系统警报或进行不恰当的维护作业，都可能直接或间接导致供电中断、设备损坏甚至更严重的安全事故。此外，疲劳作业、注意力不集中或缺乏必要的专业知识和技能培训，也会增加操作失误的概率，对电气化铁路的安全运行构成严重威胁。

二、安全隐患排查流程

2.1 排查前的准备与知识储备

在接触网供电安全优化策略中，排查前的准备与知识储备是确保高效安全检查的基础。这一步骤要求相关人员具备扎实的电气工程理论知识，了解《铁路技术管理规程》等相关行业标准，以及掌握最新的安全规定和最佳实践。例如，工作人员需要熟悉接触网的结构、电气特性，以及不同环境条件对设备性能的影响，这可能涉及到对欧姆定律、电磁兼容性以及材料老化知识的理解。此外，对过往事故案例的深入学习也是必不可少的。通过分析历史上的接触网供电事故，工作人员可以识别出常见的故障模式、潜在的风险点以及有效的应对措施。这种基于实际案例的学习方式，有助于提升工作人员

风险意识和应急处理能力。同时，排查前还需准备好必要的工具和设备，如绝缘手套、验电器、红外热像仪等，并确保这些工具处于良好的工作状态，以便在检查过程中能够准确、快速地发现潜在的安全隐患。

2.2 现场检查的关键点

在电气化铁路接触网供电安全中，现场检查是确保安全运行的重要环节。现场检查的关键点主要包括设备的物理状态检查、运行参数的核实以及环境因素的评估。检查人员需要细致检查接触网的连接部件是否紧固，是否有明显的腐蚀或磨损，这些细节可能直接影响供电的稳定性。此外，检查过程中还需要利用技术工具，如无人机进行高空巡检，以减少视觉盲区，确保接触网悬挂点的完好。同时，通过实时监测系统，分析电流、电压等参数，及时发现异常波动。环境因素也不容忽视，如风力、降雨量、温度变化等都可能对接触网造成影响。例如，强风可能使接触网发生偏移，大雪可能压垮支撑结构。因此，检查时需结合气象数据，评估并记录可能的环境风险，以制定相应的预防措施。

2.3 使用技术工具进行监测

在电气化铁路接触网供电安全中，使用技术工具进行监测是提升安全水平的关键环节。例如，可以集成物联网传感器和远程监控系统，实时收集接触网设备的运行数据，如电压、电流、温度等关键参数，确保在异常情况下能迅速报警。此外，通过大数据分析和机器学习算法，可以建立预测性维护模型，识别出设备性能下降的早期迹象，从而在故障发生前进行维修，显著降低因设备老化导致的安全事故概率。例如，中国铁路武汉局集团就曾成功利用智能监测系统预测并避免了多起潜在的接触网故障，提高了铁路运营的可靠性与安全性。

同时，利用无人机技术进行定期巡检，可以覆盖传统人工难以触及的区域，检查接触网的物理结构是否完好，如线索松弛、部件脱落等问题。通过高清摄像头拍摄的图像，结合AI图像识别技术，可以自动检测并标记出潜在的安全隐患，大大提高了巡检的效率和准确性^[2]。

三、风险控制与改进措施

3.1 安全规章制度的完善

完善电气化铁路接触网供电安全的规章制度是确保铁路运营安全的基础。首先，需要对现有的安全规章制度进行全面梳理，确保其符合最新的行业标准和国家法律法规要求，如参照《铁路安全管理条例》等进行修订。此外，应定期更新安全规程，以适应技术进步和运营环

境的变化，如引入国际电工委员会（IEC）的相关标准来提升安全水平。在规章制度的制定过程中，应充分考虑实际操作的可执行性和可操作性。通过引入事故树分析（FTA）和故障模式及效应分析（FMEA）等方法，识别潜在风险点，制定针对性地预防措施。例如，根据历史事故数据，分析导致接触网故障的常见原因，如设备老化、人为操作不当等，然后在规章制度中明确规定预防和应对措施^[3]。

3.2 安全培训与意识提升

在电气化铁路接触网供电安全优化策略中，安全培训与意识提升是至关重要的环节。员工是安全操作的执行者，他们的知识水平和安全意识直接影响到铁路运行的安全性。据统计，约40%的电气化铁路事故与人为因素有关，这凸显了加强安全培训的必要性。通过定期举办安全知识讲座，结合模拟操作和案例分析，可以有效提高员工对安全规程的理解和执行能力。同时，引入如“STOP”等决策模型，培养员工在面临潜在风险时的自我评估和风险规避意识。

除了传统的讲座和模拟操作，还可以利用现代技术手段，如虚拟现实（VR）和增强现实（AR），来创建更为逼真的培训环境。员工可以在虚拟环境中进行接触网设备的操作和维护，体验各种突发情况，并在没有实际风险的情况下学习如何应对。此外，建立安全意识文化也是提升员工安全意识的重要途径。通过在内部刊物、宣传栏和日常会议中不断强调安全的重要性，分享安全操作的成功案例和事故教训，可以营造出一种“人人讲安全、事事为安全”的良好氛围。同时，鼓励员工积极参与安全改进活动，提出自己的安全建议和想法，增强他们的安全责任感和归属感。

3.3 技术改造与升级方案

在电气化铁路接触网供电安全优化策略中，技术改造与升级方案是提升安全水平的关键环节。这涉及到对现有设备的现代化升级，以及引入先进的监测和预防技术。例如，可以采用智能传感器网络，实时监测接触网的电气参数和机械状态，一旦发现异常，立即预警，减少因设备故障引发的安全事故（如参照“5G+AI”智能铁路安全监测系统的研究成果）。同时，通过大数据分析和机器学习算法，可以预测设备的故障模式，实现从被动维修到主动预防的转变，显著提高系统的可靠性。此外，对于老旧的接触网设备，应制定系统性的更新改造计划，结合新材料、新工艺的应用，提升设备的抗腐

蚀、抗疲劳性能。例如，采用高耐候性材料替换易损部件，结合3D打印技术定制特殊配件，以延长设备的使用寿命。

四、接触网供电安全相关数据阈值

4.1 接触网工作电压限度值

额定电压：接触网额定电压值为25kV，这是电气化铁路牵引供电系统设计和运行的基础电压标准，在此电压下，电力机车能够稳定地获取电能以牵引列车运行。

最高工作电压：最高工作电压为27.5kV。在实际运行过程中，由于多种因素的影响，如列车启动、加速等工况变化，接触网电压会产生一定波动，27.5kV是允许长期运行的最高电压值，以确保接触网设备和电力机车受电设备的安全可靠运行。

短时最高工作电压：短时（5min）最高工作电压可达29kV。在一些特殊情况下，例如电力系统故障后的瞬间恢复过程等，接触网电压可能会短暂升高到29kV，但这种高电压持续时间较短，一般不超过5分钟，以防止过高电压对设备造成损坏。

最低工作电压：最低工作电压为19kV（高速铁路为20kV）。当接触网供电距离较长、线路阻抗较大，或者同时有大量电力机车取流等情况下，接触网电压会下降。19kV（或20kV，高速铁路）是保证电力机车能够正常工作的最低电压值，低于此电压，电力机车可能无法正常启动或运行，甚至可能导致设备损坏^[4]。

4.2 接触网带电部分与相关物体的距离限度

与固定接地物距离：接触网带电部分至固定接地物的距离不少于300mm。这一距离要求是为了保证在正常运行和各种工况下，接触网带电部分与固定接地物之间有足够的空气绝缘间隙，防止因空气间隙过小导致放电、短路等故障，从而保障接触网的安全运行和人员安全。

与机车车辆及货物距离：接触网带电部分距机车车辆或装载货物的距离不少于350mm。当列车运行时，机车车辆和货物可能会因振动、晃动等原因发生一定的位移，此距离能够确保即使在最不利的情况下，接触网带电部分与机车车辆及货物之间也不会发生电气连接，避免触电事故和设备损坏。

跨越电气化铁路建筑物与带电部分距离：跨越电气化铁路的各种建筑物与带电部分最小距离，不少于500mm。对于跨越电气化铁路的桥梁、天桥、管道等建筑物，保持与接触网带电部分足够的距离，可以防止建

筑物上的物体掉落或因其他原因与接触网带电部分接触，引发短路故障或危及人员安全。当海拔超过1000m时，由于空气稀薄，绝缘性能下降，上述数值应按规定相应增加，以保证足够的绝缘安全^[5]。

4.3 人员与牵引供电设备带电部分的安全距离规定

为保证人身安全，除专业人员执行有关规定外，其他人员（包括所携带的物件）与牵引供电设备带电部分的距离，不得小于2000mm。牵引供电设备带有高压电，当人员距离带电部分过近时，可能会发生触电危险。2000mm的安全距离能够提供足够的安全裕度，防止因人员误操作、意外靠近等原因导致触电事故的发生。在设有接触网的线路上，严禁攀登车顶及在车辆装载的货物之上作业；如确需作业时，须在指定的线路上，将接触网停电接地并采取安全防护措施后，方准进行，以确保作业人员的人身安全。

结束语

综上所述，接触网供电安全隐患的排查与改进工作至关重要，它不仅关乎电气化铁路的安全稳定运行，更直接影响到乘客的生命财产安全。通过深入分析电气化铁路运行风险、精心设计安全隐患排查流程，以及实施有效的风险控制与改进措施，能够显著提升接触网供电系统的安全性与可靠性。同时，明确接触网供电安全相关数据阈值，也为我们的日常运维工作提供了有力的数据支撑。

参考文献

- [1]王荣新.提升铁路供电接触网作业车节能及安全的策略与实现[J].铁路节能环保与安全卫生, 2023, 13(04): 32-36.
- [2]杨志鹏, 王成飞, 赵剑峰, 王婧, 盛良, 张侃, 曹春生.安全双重预防机制在接触网外观状态检查中的应用[J].电气化铁道, 2023, 34(S1): 122-125.
- [3]杨晓峰, 郑琼林.城市轨道交通牵引供电系统接触网和回流安全综述[J].都市快轨交通, 2022, 35(02): 1-9+24.
- [4]韩猛.高速铁路供电安全检测监测系统应用研究[J].郑州铁路职业技术学院学报, 2022, 34(01): 1-3.
- [5]陈登峰.高铁接触网整体吊弦运行特性分析及应对措施探讨[D].中国铁道科学研究院, 2020.