

铁路铁道

重载铁路接触网维修与管理探析

李朋波

国能朔黄铁路发展有限责任公司肃宁分公司 062350

【摘要】铁路运输系统是国民经济发展中的关键支撑部分，它的安全稳定运行直接关系着交通运输效率以及人民生命财产安全。接触网系统是重载铁路供电方面的关键设施，其维修管理水平对铁路运营安全有着决定性的作用。本文以重载铁路接触网维修管理作为切入点，系统地分析了弓网故障、绝缘故障以及电气联结故障这三类主要问题和它们产生的原因，提出了科学设计配件结构、优化检修工艺、加强运行监测等防护办法，以此提升重载铁路接触网的维修管理水平，保证铁路运输安全可靠地运行。

【关键词】重载铁路；接触网；故障分析；防护措施；维修管理

Analysis on maintenance and Management of heavy Railway railway Railway

Li Pengbo

Energy Shuohuang Railway Development Co., LTD. Suning Branch 062350

【Abstract】Railway transportation system is the key supporting part in the development of national economy. Its safe and stable operation is directly related to the efficiency of transportation and the safety of people's life and property. Contact enary system is the key facility in heavy-duty railway power supply, and its maintenance management level plays a decisive role in the safety of railway operation. Taking the maintenance management of overloaded railway overhead catenary as the breakthrough point, this paper systematically analyzes the bow network fault, insulation fault and electrical connection fault the three main problems and their causes, puts forward the scientific design accessory structure, optimizing the maintenance process and strengthening the operation monitoring, so as to improve the maintenance management level of overloaded railway overhead catenary and ensure the safe and reliable operation of railway transportation.

【Key words】heavy-duty railway; overhead enary; fault analysis; protective measures; maintenance management

在当下现代化铁路运输体系中，重载铁路凭借着大运量以及高效率的特性，成为了推动经济发展的关键动力所在。接触网作为重载铁路供电系统的核心组成部分，肩负着为列车供应持续稳定电力的重大责任。鉴于其运行环境复杂、负荷变化大、气候会产生一定影响等特征，接触网系统非常容易出现各种各样的故障，这些故障会对列车的正常运行造成影响，还会带来重大的安全隐患以及经济方面的损失。近些年来，随着重载运输需求的不断增长，接触网故障发生的频率呈现出上升的态势，维修管理面临着新的挑战，对接触网故障的特点展开分析，探寻科学有效的防护办法，对于提升铁路运输的效率以及安全性有着关键的现实意义。

一、重载铁路接触网概述

重载铁路接触网属于整个供电系统里关键的设施，主要是由承力索、接触线、吊弦以及定位装置等部件组合而成，这些部件借助紧密的机械连接以及电气联结，形成完整的供电网络，为列车行驶供应持续且可靠的电力^[1]。在实际运行中，接触网系统呈现出独特的特性，它处于自然环境之中，

要承受风雨雪霜的考验，气候变化会直接对其性能状态产生影响，并且有设备分布范围广、结构复杂等特征，一旦出现故障，修复难度较大，而且没有备用系统可替代。另外接触网系统还有机电耦合特性，会受到机械振动和电气负荷这两方面的影响，负荷变化存在十分突出的随机性，这些特性让接触网维修管理面临诸多挑战，需要建立科学的维护体系，以此保证其安全稳定地运行。

二、重载铁路接触网常见故障

（一）弓网故障问题

1. 配件变形

重载铁路在运行期间，受电弓跟接触网之间会频繁的相互作用而剧烈，当大吨位列车处于高速运行状态时，机械冲击与振动会让吊弦以及定位支撑装置承受极大应力，致使零部件出现疲劳变形，在弯道路段以及连续坡道区域，接触网承受的不均匀张力会让配件变形的情况加剧^[2]。零部件发生变形后，无法维持原本的几何尺寸以及受力特性，使得接触网导高和拉出值出现变化，对受电弓的受流质量产生影响，

严重情况下会造成零部件断裂、脱落，引发供电中断事故，这类变形大多出现在承力索线夹、定位管、定位卡子等关键部位。

2. 滑脱参数改变

滑脱参数是受电弓与接触线之间的关键运行参数，包含接触压力、导高偏差以及拉出值等内容。在重载列车频繁运行的状况下，鉴于机械磨损以及温度发生变化，接触线的高度与横向位置会渐渐偏离设计数值，当环境温度上升时，接触线因热胀致使弧垂增大，处于寒冷天气时，接触线会收缩，张力增大。这些变化直接对受电弓的滑板与接触线的贴靠状态产生影响，使原有的受流面积发生改变。在高速运行期间，不合理的滑脱参数会引发受电弓跳跃、电弧放电现象，导致受流质量降低，甚至造成接触线断股或者受电弓损坏。

3. 结构不稳定

接触网结构的稳定性对于供电系统可靠性有着直接的关联，在重载铁路运营期间，因为受电弓持续进行弓网取流，再加上风载荷以及温度变化所产生的影响，接触网支持结构会出现松动以及位移的情况，支撑装置的螺栓连接处容易出现松弛现象，致使定位管角度发生偏移，而组件连接点也会由于振动而产生间隙，对结构刚度造成影响。这种状态会使得接触线摆动幅度增大，拉出值超出限定范围，甚至会引发部件脱落，在多跨距连续作用的情况下，结构不稳定会产生累积效应，最终致使接触网参数严重偏离设计要求，对行车安全构成威胁。

(二) 绝缘故障问题

1. 绝缘体击穿

重载铁路接触网运行时，绝缘体击穿属于严重故障类型，具体体现为绝缘子的结构遭受破坏，原本有的绝缘性能丧失。在雷电、过电压等极端状况下，强电场于绝缘体内形成通路，致使出现永久性损伤，而且绝缘子长时间承受应力与温度循环影响，内部可能产生微裂纹，这些缺陷会让绝缘强度降低，使得击穿过程加快。在污秽环境中，绝缘子表面形成导电通道，会让局部放电现象加剧，导致绝缘体老化加速，最终发生击穿，绝缘子一旦被击穿，就会引发接触网对地短路，造成供电系统跳闸。

2. 外界污染影响

外界污染对于接触网绝缘系统会产生持续不断的危害，工业区的粉尘、海盐粒子以及机车排放物等污染物会在绝缘子的表面沉积下来，形成有导电性的污秽层。这些污秽物质在潮湿的天气状况下会发生溶解，使得绝缘子的表面电阻明显降低，产生漏电电流。在雨雾天气时，污秽层与水分相结合以后会形成连续的导电通道，最终引发绝缘子闪络。在重载铁路区段，机车排放的碳黑颗粒更容易附着在绝缘子表面，当与空气中的硫化物相结合后便有了较强的导电性，对绝缘性能产生严重影响。

3. 漏电现象

漏电现象是绝缘系统性能出现退化的一种直接体现，要是绝缘子的表面出现了裂纹或者有附着的污秽，那么在高压

电场的作用之下就会形成微弱的漏电电流，这种持续不断的电流泄漏，会造成能量方面的损失，而且还会让绝缘子的表面产生发热的情况，加速绝缘材料的老化^[3]。在天气状况不佳的时候，漏电的强度会有所增加，在绝缘子的表面形成干湿不均匀的区域，引发局部放电以及电晕等现象。长时间的漏电会使得绝缘材料发生碳化，形成永久性的导电通道，此类故障有渐进性的特点，不容易被及时察觉，不过其累积起来的效应最终会致使绝缘被击穿，对供电安全构成威胁。

(三) 电气联结故障问题

接触网电气系统故障主要呈现出供电系统波动、设备老化以及电气烧伤等状况，供电系统波动源自负荷变化以及线路阻抗，大功率机车启动或者制动时所产生的冲击电流会致使电压突然下降，多列重载列车同时运行的话会让这一现象变得更为严重，功率因数下降以及零部件接触不良会使电压波动加重，产生电弧放电。长期处于恶劣环境中运行的设备会出现老化的情况，具体表现为金属导线以及连接件性能退化、电阻值增大，异种金属接头处容易因为电化学腐蚀而致使接触电阻升高，持续振动使得紧固件松动以及连接部位发热加剧，导致累积性老化，电气烧伤主要发生在电流密集的区域，是由接触电阻增大或者连接松动引发的焦耳热致使金属材料熔化氧化，形成特征性烧伤痕迹。这种故障会降低导电性能，还会改变材料机械强度，在关键连接部位有可能迅速扩展成大面积损伤，直接对供电安全构成威胁。

三、重载铁路接触网防护措施

(一) 弓网故障防护措施

1. 科学设计配件结构

配件结构设计要全面考量重载铁路运行特点以及受力状况，对于吊弦结构给予优化，选用恰当的截面与材质，以此提升其抗疲劳性能^[4]。定位装置要运用新型复合材料，提高耐磨性与抗变形能力，在关键受力部位设置加强筋，提升构件刚度，降低变形风险，改进零部件连接方式，采用自锁型螺栓与防松装置，保障连接可靠性。针对弯道段和坡道区域，采用特殊设计的补偿装置，有效分散应力集中，配件设计还需要开展有限元分析以及疲劳试验，保证其在极端工况下依旧能维持良好性能。

2. 优化安装工艺

安装工艺得到优化对于接触网系统的运行质量有着直接的关联，在施工之前需要开展精确的测量工作，以此来保证定位装置的安装角度以及高度可契合设计所提出的要求。借助数字化测量仪器，保证导线架设过程当中几何参数的精度，当进行连接件安装时，要严格把控紧固力矩，防止出现过松或者过紧的情况而引发早期失效。针对不一样的气候条件，需要科学地对导线安装张力做出调整，预留出合理的温度补偿空间，运用专业的工装以及工具，保证吊弦、定位器等关键部件的安装精度，在施工结束之后要进行全面的质量检测，着重检查受力部位的连接可靠性，及时将潜在隐患消

除掉。

3.加强运行监测

构建一套全面的接触网运行监测体系,以此实时把控系统的运行状态。运用智能传感器网络,针对接触线的导高以及拉出值等关键参数实施动态监测,借助红外成像技术,及时找出设备出现异常发热的点位,布置在线检测装置,实时监测受电弓滑板与接触线之间的动态作用力,评估配件的受力状况。借助大数据分析平台,建立起设备状态评估模型,对潜在故障风险给予预测,同时配备移动检测设备,定期开展人工巡检工作,着重关注容易出现故障的部位,构建预警机制,一旦监测参数超出设定阈值,便及时发出警报,以保障故障可得到迅速处理。

(二) 绝缘故障防护措施

1.合理设置清理距离

绝缘子安装设计期间要合理确定爬电距离以及空气间隙,依据线路所处环境污秽等级,挑选恰当的绝缘子串数量和型号,以此保证有足够的电气绝缘裕度。处于重污染区域时要适当增加绝缘子串数量,延长爬电距离,安装定位的时候要保证绝缘子跟其他带电部件以及接地体之间保持足够安全距离,防止出现电气薄弱环节。针对不同气候条件科学设置绝缘子倾角,提升其自清洁能力,同时要建立绝缘距离定期检测制度,及时发现偏差并纠正,保障绝缘安全裕度。

2.加强绝缘体保护

对于绝缘体的保护需要采取多层次的防护手段,应选用质量上乘的复合绝缘子,这种绝缘子的伞裙采用硅橡胶材料制成,硅橡胶材料有良好的疏水性能,可有效提高绝缘子的防污闪能力,在绝缘子的表面涂覆防污闪涂层,以此提高绝缘子的抗污能力以及自清洁特性,还要设置防雷装置以及避雷器,来保护绝缘子避免遭受雷击以及过电压的损伤。需要定期开展绝缘电阻测试以及泄漏电流监测工作,依靠这些工作来评估绝缘子的绝缘性能,针对绝缘子容易受损的部位,采用加强型防护结构,比如增设防护罩或者防鸟刺等,以避免绝缘子受到外力破坏,在恶劣天气即将来临之前,要提前做好预防性维护工作,保证绝缘体可处于最佳的工作状态。

3.防止外界污染

面对外界污染要采取积极预防举措,定期运用高压水枪来清洗绝缘子表面,以此去除积累起来的污秽物质,在工业污染较为严重的区域,需增加清洗的频次,要是有必要还可采用专用清洗剂来提升清洁效果,安装防污涂层或者防污罩,降低污秽物在绝缘子表面的附着能力,对于海盐污染严重的地区,要选用大伞裙、长爬距的特殊型绝缘子,并且适当增加清扫周期^[5]。构建污秽度监测系统,以便实时掌握污染程度,科学制定清洗计划,在重污染天气来临之前,提前开展预防性清洗,防止污秽物累积致使绝缘击穿。

(三) 电气联结故障防护措施

电气联结故障存在时,要构建起全面的防护体系,供电系统设计需优化,补偿装置要合理配置,以此减少电压波动带来的影响。在重载区段增设动态无功补偿设备,能让供电质量得到提高,新型铜铝过渡接头以及高性能连接金具被采用,接触电阻得以降低,定期开展红外测温 and 超声波检测,异常发热点能及时被发现。老化设备要进行状态评估并实施预防性更换,设备寿命数据库得以建立,施工工艺需规范,连接部位的接触压力和清洁度要严格控制,保证电气连接可靠,智能监测系统被采用,供电参数变化能实时监控,故障预警机制得以建立,针对重点部位,巡检频次增加,问题发现后及时处理,能有效防止电气烧伤等严重故障发生。

结束语

重载铁路接触网维修管理属于系统性工程范畴,需从故障预防、实时监测以及快速处理等多个不同环节着手开展工作。借助对弓网故障、绝缘故障以及电气联结故障展开详细深入的分析,并依据分析结果提出科学设计配件结构、优化安装工艺以及加强运行监测等一系列防护举措,可以为提升接触网系统可靠性给予技术方面的支持。未来应当强化智能化监测手段的运用,构建起完善的预测性维护体系,以此提升维修管理有的科学性与预见性,同时要重视新技术、新材料的研发与应用,持续提高接触网系统运行的稳定性,为重载铁路安全高效运营提供可靠的保障。

参考文献

- [1]闫胜春,姜尚炎,薛蕊,等.重载铁路接触网检测监测的缺陷闭环管理与系统应用[J].铁道运输与经济,2023,45(11):138-143+167.
 - [2]甄云飞.重载铁路接触网故障分析及防护措施[J].设备管理与维修,2022,(24):54-55.
 - [3]陈立国.重载铁路接触网关键技术方案应用[J].智能城市,2021,7(04):64-65.
 - [4]郭武.如何提升重载铁路接触网稳定性[J].技术与市场,2020,27(03):120+122.
 - [5]罗健.重载铁路接触网关键技术方案研究与应用[J].铁道标准设计,2016,60(11):122-125.
- 作者简介:李朋波(1993.3-)男,河北邯郸人,本科,助理工程师,研究方向:铁路接触网专业。