

浅谈接触网硬点产生原因及整改措施

岳浩军

国能包神铁路有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要：接触网硬点是影响电气化铁路安全稳定运行的关键因素。研究深入剖析施工安装、设备材质与结构、运营维护等方面引发硬点的根源，阐述其对设备损耗、受流质量及行车安全造成的危害。基于此，针对性提出优化施工工艺、改进设备设计、加强运维监测等整改措施，旨在提升接触网运行可靠性，为保障电气化铁路安全高效运营提供理论与实践参考，对降低运营成本、提高运输效率具有重要意义。

关键词：接触网硬点；产生原因；整改措施

引言

在电气化铁路高速发展进程中，接触网系统的稳定运行是列车安全、高效受流的关键保障。接触网硬点作为常见故障隐患，其产生会引发弓网异常磨损、受流质量下降甚至弓网事故等问题。随着列车运行速度不断提升，硬点对接触网系统的影响愈发显著。本文系统分析接触网硬点产生的内在机理，探讨其带来的危害，并提出科学有效的整改措施，对提升接触网运行质量、保障铁路运输安全具有重要的现实意义。

1 接触网硬点概述

接触网硬点指的是接触网与受电弓接触过程中，因局部接触力发生突变，导致接触力超出正常波动范围的点。在电气化铁路系统中，接触网作为向电力机车输送电能的特殊输电线路，与受电弓之间良好的受流状态对保障列车安全稳定运行至关重要，而硬点的存在则严重干扰这一过程。接触网硬点的产生与接触网的结构和部件特性密切相关。接触线、承力索、吊弦等部件的安装精度、材质性能以及长期运行后的磨损变形，均可能造成接触网局部刚度发生变化，引发硬点现象。例如，接触线接头处的不平顺、吊弦长度误差导致的接触线高度不一致，或是定位器安装角度偏差等，都会在受电弓通过时形成瞬间接触力峰值。接触网的张力变化、零部件老化松动等因素，也会加剧硬点的产生和发展。硬点对接触网和受电弓的影响不容忽视。当受电弓经过硬点时，过大的接触力会对接触线和受电弓滑板产生强烈冲击，加速二者的磨损，缩短使用寿命。严重情况下，硬点产生的冲击力可能导致接触线拉断、受电弓碳滑板破裂，甚至引发弓网故障，造成列车供电中断、运行延误。硬点引起的接触力突变还会产生剧烈振动和噪声，影响列车运行的舒适性，对周边环境也会造成一定影响。为保障电气化铁路接触网与受电弓之间稳定可靠的

受流质量，必须对接触网硬点进行严格监测和治理。通过高精度检测设备对接触网进行定期检测，准确识别硬点位置和程度，并采取针对性的调整和修复措施，优化接触网参数，降低接触力波动，从而有效提升接触网整体性能，确保列车安全高效运行。

2 接触网硬点产生原因分析

2.1 施工安装因素

在接触网施工安装过程中，诸多环节若把控不当均会导致硬点出现。接触线、承力索等线索架设时，若张力控制不稳定，各跨距内线索张力存在差异，会使接触线高度出现局部突变形成硬点。安装定位装置时，定位器坡度调整不到位，定位线夹安装角度偏差，会改变接触线的正常走向，造成接触线局部抬升或下沉，列车受电弓通过时产生冲击硬点。腕臂装配过程中，零部件连接不精准，存在缝隙或错位，在长期受电弓压力作用下，这些部位会逐渐变形，引发接触线局部刚度变化，进而形成硬点。施工测量精度不足，对线路平纵断面数据采集不准确，导致接触网悬挂点位置与设计不符，接触线无法与受电弓保持良好的动态接触关系，也会产生硬点问题。接触网整体施工完成后，若未进行细致全面的检测与调整，未及时发现并修正施工安装中存在的偏差，硬点问题便会留存并在运营过程中显现。

2.2 设备材质与结构因素

设备材质与结构特性对接触网硬点的产生有着直接影响。接触线材质的机械性能与电气性能若不达标，其柔韧性和强度无法满足运营需求，在受电弓滑动摩擦过程中，容易出现局部磨损、变形，致使接触线表面不平整，形成硬点。例如，材质硬度不均匀，会使受电弓在运行时遇到阻力突变，产生冲击。承力索、吊弦等部件的材质若存在缺陷，在长期承受张力和振动作用下，易发生断裂、松弛等情况，进而改变接触线的高度和张力

分布,引发硬点。从结构设计角度看,接触网某些部件的结构不合理,如定位器结构过于复杂,存在较多的铰接点,在频繁的振动和受电弓作用下,铰接点容易产生松动、磨损,导致定位器对接触线的定位精度下降,接触线位置发生偏移,形成硬点。不同材质和结构的设备在组合使用时,若兼容性不佳,相互间的配合精度难以保证,也会使接触网局部刚度出现异常,从而产生硬点^[1]。

2.3 运营维护因素

接触网在长期运营过程中,受自然环境、列车运行等多种因素影响,运营维护工作若不到位,极易产生硬点。列车运行过程中,受电弓对接触线的频繁摩擦和冲击,会使接触线表面产生磨损、起槽,若未能及时进行打磨修复,磨损严重的部位会形成硬点。接触网各部件在长期振动、风吹日晒、雨雪侵蚀等自然环境作用下,会出现老化、锈蚀等情况,如吊弦锈蚀断裂、定位器转动不灵活等,这些问题会破坏接触网的正常结构和张力平衡,导致接触线高度发生变化,形成硬点。运营维护过程中,若检测手段不完善,不能及时发现接触网各部件的微小缺陷和参数变化,无法对接触网进行精准的维护和调整,小问题逐渐积累,最终演变为硬点。接触网检修人员的操作水平和经验不足,在维护过程中对部件的调整不当,如接触线张力调整过度或不足、定位器调整位置不准确等,也会导致接触网局部参数异常,产生硬点问题。

3 接触网硬点的危害

3.1 加速设备损耗

接触网系统中,硬点是接触线局部刚度突变的位置,这种突变会在受电弓与接触线的相互作用过程中产生巨大冲击力。受电弓滑板与接触线持续接触并相对运动,当受电弓通过硬点时,接触力会在瞬间急剧增大。在高速运行场景下,这种冲击力可达到正常接触力数倍甚至更高,长期反复作用于接触线、吊弦、腕臂等设备部件。对于接触线而言,频繁承受硬点产生的冲击力,会使接触线表面出现磨损、压痕甚至局部变形,导致接触线有效截面积减小,机械强度降低。接触线材质在反复冲击下疲劳加剧,易引发断线风险。吊弦长期受硬点冲击力影响,其线夹与线索连接处应力集中现象显著,线夹易松动,吊弦线体也会因疲劳出现断股。腕臂结构作为支撑接触悬挂的重要部件,硬点冲击力会使腕臂各连接部位产生额外振动,造成连接件松动、零件磨损,降低腕臂整体稳定性与可靠性,缩短其使用寿命。随着设备损耗加速,维修周期大幅缩短,维修成本显著增加,同时设备故障风险也不断上升,严重影响接触网系

统长期稳定运行。

3.2 影响受流质量

接触网与受电弓的良好接触是保障电力机车稳定受流的关键,而硬点的存在会严重破坏这种稳定接触状态。当受电弓通过硬点时,由于硬点处接触线局部刚度增大,受电弓滑板与接触线瞬间接触力突变,会导致受电弓产生剧烈振动和跳动。这种振动和跳动使受电弓滑板与接触线时而接触不良,时而脱离接触,产生离线现象。离线瞬间,电流无法顺利通过受电弓传递至电力机车,造成受流中断,机车功率瞬间下降,影响列车运行速度和牵引性能。离线过程中会产生电弧,电弧高温会灼烧受电弓滑板和接触线表面,加速两者磨损,降低使用寿命。频繁的电弧产生还会干扰电力系统正常运行,导致电压波动,影响供电质量。受电弓在硬点处的剧烈振动会使接触力不稳定,接触力过大会加剧滑板和接触线磨损,接触力过小则容易引发离线,两者均不利于稳定受流。长期处于硬点影响下的受流状态,会导致电力机车受流质量严重下降,列车运行过程中的牵引力输出不稳定,影响列车运行的舒适性与可靠性,甚至可能引发列车故障^[2]。

3.3 危及行车安全

接触网硬点对行车安全构成的威胁不容小觑。当受电弓遭遇硬点时,巨大的冲击力和剧烈的振动不仅影响受电弓与接触线的正常工作,还会对电力机车的整体运行状态产生不良影响。受电弓在硬点处的剧烈跳动,可能会导致受电弓弓头变形、部件损坏,甚至出现受电弓脱弓的严重事故。一旦发生脱弓,受电弓将无法与接触线正常接触,电力机车失去动力来源,列车运行被迫中断。脱弓后的受电弓可能会与接触网其他部件发生碰撞、刮擦,造成接触网设备损坏,引发接触网断线、塌网等重大事故,使铁路线路瘫痪,严重影响行车安全。硬点引发的受电弓剧烈振动会通过车顶传递至机车内部,对机车内部电气设备、机械部件产生冲击,可能导致设备松动、线路连接不良,引发电气故障,甚至危及机车司机和乘客的人身安全。在高速运行状态下,硬点对行车安全的危害更为突出,微小的硬点故障都可能因列车高速运行被放大,造成不可估量的后果,严重威胁铁路运输的安全与畅通。

4 接触网硬点整改措施

4.1 优化施工工艺与安装质量控制

(1) 在接触网施工过程中,需精准把控腕臂预配环节,采用高精度测量仪器对腕臂各部件尺寸进行反复校核,确保其组装精度符合设计要求,通过预配环节减少

现场调整误差,进而降低硬点产生概率。安装定位装置时,严格依据设计标准确定定位点位置,利用激光测量仪等先进设备保证定位器坡度、高度的一致性,使接触线在定位点处保持平滑过渡,避免因安装偏差导致硬点出现。(2)针对接触线架设,采用恒张力放线工艺,精确控制放线张力,防止接触线因张力波动产生局部变形或硬弯,保证接触线在整个锚段内张力均匀。在接触线接头制作时,运用专用压接设备,严格按照工艺要求控制压接顺序、压力和压接次数,确保接头处接触线的平顺性,使接触线接头部位与整体保持一致的几何参数和机械性能。(3)在整体施工过程中,加强对施工人员的技术培训与实操指导,使其熟练掌握各工序的操作要点和质量标准。引入施工过程质量追溯机制,对每个施工环节进行详细记录,便于后续对接触网状态进行分析和溯源,通过全过程、精细化的施工质量控制,从源头上消除接触网硬点隐患^[3]。

4.2 改进设备材质与结构设计

(1)选用高强度、高韧性且具备良好耐疲劳性能的接触线材质,如铜锡合金接触线,其不仅能有效提升接触线的机械强度和耐磨性,还可降低因材质疲劳导致的局部变形,减少硬点形成的可能。优化接触线的制造工艺,提高其表面光洁度和几何尺寸精度,使接触线在受电弓滑动过程中保持平稳接触,降低硬点冲击。(2)对定位器结构进行创新设计,采用新型弹性定位器,通过增加弹性元件,使定位器在受电弓通过时能够产生合理的弹性变形,有效缓冲受电弓的冲击力,减少硬点对接触网和受电弓的损害。优化定位器的安装方式,使其与接触线的连接更加灵活可靠,能够更好地适应接触网在运行过程中的动态变化,避免因结构刚性过大而产生硬点。(3)对腕臂系统进行结构优化,合理调整腕臂各部件的连接方式和受力分布,增强腕臂系统的整体稳定性和抗变形能力。采用轻量化、高强度的腕臂材料,在保证系统强度的前提下,降低腕臂自身重量,减少因腕臂晃动或振动导致的接触线局部受力不均,从而抑制硬点的产生,提升接触网的整体性能和可靠性。

4.3 加强运营维护与状态监测

(1)建立完善的接触网巡检制度,采用人工巡检与智能巡检相结合的方式,定期对接触网设备进行全面检查。人工巡检时,检查人员凭借丰富的经验和专业工具,对接触线磨损、零部件连接状态等进行细致排查;智能巡检则利用无人机、高清视频监控设备等,对接触网进行全方位、无死角的检测,及时发现接触网存在的潜在硬点问题,为后续维护提供准确依据。(2)安装高精度的接触网状态监测装置,如接触压力监测传感器、弓网接触力检测系统等,实时采集接触网在运行过程中的各项参数,通过数据分析处理,准确判断接触网是否存在硬点及硬点的严重程度。一旦发现硬点异常,系统立即发出预警信息,以便运维人员及时采取措施进行处理,避免硬点问题进一步恶化。(3)制定科学合理的接触网维护计划,根据接触网的运行状态和监测数据,对存在硬点隐患的部位进行针对性维护。对接触线局部磨损超限、定位器偏移等问题及时进行调整或更换,通过定期的维护保养,使接触网设备始终保持良好的运行状态,有效降低硬点对接触网和列车运行安全的影响,保障接触网系统的稳定可靠运行^[4]。

结语

综上所述,接触网硬点的产生是多种因素综合作用的结果,其对电气化铁路运营安全的影响不容忽视。通过对施工安装、设备材质结构及运营维护等方面的深入研究,提出的系列整改措施,为解决接触网硬点问题提供了可行路径。在实际工作中,需各环节协同配合,持续优化改进,不断提升接触网系统的稳定性与可靠性,从而为铁路运输的安全、高效运行筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]苏晓金.电气化接触网硬点原因和改进策略浅谈[J].建筑工程技术与设计,2020(18):3208.
- [2]白璐.电气化接触网硬点原因和改进策略浅谈[J].卫星电视与宽带多媒体,2020(1):41-42.
- [3]刘川.接触网硬点产生的原因及整治措施[J].警戒线,2020(19):104-105.
- [4]郭志东.接触网硬点的产生及消除方法[J].价值工程,2020,39(4):169-170.