

重载铁路大跨度桥梁伸缩调节器运用维护技术研究

王庆文

中国神华能源股份有限公司神朔铁路分公司 陕西 榆林 719316

摘要: 重载铁路大跨度桥梁伸缩调节器是协调梁轨变形、保障行车安全的关键部件,其服役状态直接影响铁路运营稳定性。本文结合其结构特性与工作原理,系统分析钢轨接头、结构连接、平顺性等常见病害及轮轨动力、环境、维护、结构等成因,评估病害对行车安全、设备寿命及运营效率的危害,提出涵盖日常检查监测、病害整治、预防性养护及质量控制的优化技术,为伸缩调节器安全稳定运行提供技术支撑,助力重载铁路高质量发展。

关键词: 重载铁路;大跨度桥梁;伸缩调节器运用;维护技术

引言: 随着重载铁路运量提升与跨度增大,桥梁伸缩调节器需承受更大轴重冲击与伸缩量,易出现磨损、松动、破损等病害,严重威胁行车安全。当前维护技术存在针对性不足、效率偏低等问题,难以适配大跨度桥梁的特殊需求。基于此,本文聚焦重载铁路大跨度桥梁伸缩调节器的运用维护,深入剖析其结构与病害特征,优化维护技术方案,对提升设备可靠性、降低维护成本、保障重载铁路安全高效运营具有重要现实意义。

1 重载铁路大跨度桥梁伸缩调节器结构特性与工作原理

1.1 伸缩调节器的类型与适用场景

(1) 常见类型:按结构形式分为直线型、折线型、曲线型伸缩调节器。直线型结构简单,由平行基本轨和尖轨组成,伸缩方向与线路平行;折线型采用分段折线过渡,适配小角度梁体偏移;曲线型通过曲线轨排设计,满足曲线桥梁的伸缩与导向需求。(2) 适用场景:结合重载铁路大跨度桥梁特点,直线型适用于伸缩量较小、梁体无偏移的直线桥段;折线型适用于伸缩量中等、梁体有轻微转角的桥段;曲线型适配大跨度曲线桥梁,可兼顾伸缩调节与行车导向,满足曲线线路平顺性要求。

1.2 核心结构组成与功能

(1) 关键部件:基本轨采用高强度耐磨钢轨,截面呈工字形,刚度大、抗冲击性强;尖轨与基本轨精准贴合,采用特种钢材加工,端部磨损均匀;铁垫板为矩形钢板,表面设防滑槽,承载钢轨并分散荷载;轨撑为刚性结构,贴合钢轨侧面;弹条扣压件为弹性结构,扣压力稳定。(2) 部件功能:基本轨作为承载基础,与尖轨配合实现伸缩位移调节,协调梁轨相对运动;铁垫板分散列车荷载至桥梁结构,轨撑限制钢轨横向位移,防止钢轨偏移;弹条扣压件将钢轨牢固固定在垫板上,确保

轮轨接触稳定,传递列车荷载,保障行车平顺性。

1.3 工作原理与受力特性

(1) 工作原理:当梁体因温度变化产生伸缩、收缩徐变发生变形,或钢轨自身产生温度位移时,尖轨与基本轨沿接触面相对滑动,吸收各类位移量,避免梁体与钢轨相互约束产生附加应力,实现梁轨协同变形、平稳工作。(2) 受力特性:重载列车作用下,垂向受力集中在基本轨与尖轨接触区域,荷载传递过程中应力逐步扩散,接触点应力最大;水平受力主要来自列车横向冲击力和梁体伸缩产生的摩擦力,轨撑与弹条处应力集中明显,整体应力分布随伸缩量增大、荷载增加而逐渐增大^[1]。

1.4 重载铁路大跨度桥梁对伸缩调节器的特殊要求

(1) 承载要求:需具备足够的强度和刚度,能长期承受重载列车大轴重、高频率冲击荷载,抵抗部件磨损、变形,确保承载稳定性和使用寿命。(2) 伸缩要求:需适配大跨度桥梁梁体较大的伸缩量,滑动面光滑无卡滞,伸缩调节灵活,能有效补偿梁体温度伸缩、收缩徐变及钢轨位移,避免产生卡阻现象。(3) 平顺性要求:轨面衔接平整,尖轨与基本轨过渡顺滑,无台阶、错台,降低重载列车高速通过时的轮轨冲击,减少振动,保障行车安全与舒适性。

2 重载铁路大跨度桥梁伸缩调节器病害类型及成因分析

2.1 常见病害类型及表现形式

(1) 钢轨及接头病害:轨端因长期承受重载列车冲击,出现不均匀磨损,表现为轨端厚度不一致、表面粗糙;部分轨端因冲击过大发生掉块、擦伤,形成不规则破损面;钢轨焊缝处易产生伤损,出现裂纹、开焊等现象,影响钢轨整体性;接头螺栓受振动影响出现松动,扭矩大幅下降,无法有效固定钢轨,易引发接头位移。

(2) 结构连接病害:轨撑长期受横向荷载作用,出现

松动、变形,无法有效限制钢轨横向位移,导致钢轨偏移;弹条扣压件因疲劳、锈蚀出现失效,扣压力不足,无法牢固扣压钢轨,钢轨易产生纵向滑动;铁垫板与道床或桥梁连接不牢固,出现滑动、破损,表面防滑槽磨损严重,无法有效分散列车荷载,加剧其他部件病害^[2]。

(3)平顺性病害:轨面因磨损、沉降出现不平顺,存在明显台阶、折角,轮轨接触时产生强烈冲击;尖轨与基本轨贴合度不足,高低偏差超标,过渡段衔接不畅,重载列车通过时易产生颠簸,影响行车平顺性,同时加剧部件磨损。

2.2 病害成因分析

(1)轮轨动力作用:重载列车轴重大、运行速度快,通过伸缩调节器时产生强烈的轮轨冲击和振动,长期反复作用下,部件易出现疲劳损伤,钢轨、弹条、轨撑等部件逐步磨损、变形,进而加剧各类病害的发展,形成恶性循环。(2)环境因素:温度剧烈变化会导致梁体与钢轨伸缩量不协调,增加部件应力,引发裂纹、松动;雨水侵蚀会导致金属部件锈蚀,降低部件强度和使用寿命;粉尘、杂物堆积会堵塞伸缩缝,阻碍滑动,同时加剧道床板结,影响荷载传递,诱发病害。(3)维护因素:养护方法不当,如润滑不及时、紧固力度不足,会加速部件磨损和松动;日常检查不及时,无法及时发现早期病害,导致病害持续发展、扩大;零部件更换不规范,选用不符合标准的配件,或安装精度不足,进一步诱发新的病害。(4)结构因素:设计存在缺陷,如部件材质选择不合理、结构刚度不足,无法适应重载荷载和大伸缩量需求;安装过程中存在偏差,如基本轨与尖轨定位不准、铁垫板安装不平,导致结构受力不均,局部应力集中,长期作用下引发各类病害。

2.3 病害危害评估

(1)对行车安全的影响:各类病害会导致轮轨冲击大幅增大,列车通过时易产生颠簸、晃动,影响行车稳定性;严重时会导致钢轨断裂、部件脱落,引发列车脱轨等重大安全隐患,威胁人员和设备安全。(2)对设备寿命的影响:病害会加速伸缩调节器自身部件的磨损、锈蚀和失效,同时影响周边轨道、道床及桥梁结构,导致相关部件使用寿命大幅缩短,增加设备更换频率和维护成本。(3)对运营效率的影响:病害处理需中断行车进行检修、更换部件,影响重载铁路运输连续性;频繁维护作业不仅增加人力、物力成本,还会降低运输效率,影响货物运输时效,造成经济损失。

3 重载铁路大跨度桥梁伸缩调节器运用维护技术优化

3.1 日常检查与监测技术

(1)静态检查:明确检查内容涵盖钢轨及接头状态、结构连接部件、平顺性指标三大类,其中钢轨重点检查轨端磨损、掉块、擦伤情况,接头检查焊缝完整性及螺栓紧固状态,连接部件重点核查轨撑、弹条扣压件、铁垫板的安装精度与完好性;检查周期结合重载列车通过频次制定,常规路段每日1次简易检查,每周1次全面检查,特殊恶劣天气后增加专项检查;检查标准严格遵循重载铁路养护规范,明确轨端磨耗量不超过3mm、螺栓扭矩符合设计要求、轨撑无松动变形等具体指标,确保检查有章可循。(2)动态监测:引入钢轨探伤仪、轨面轮廓测量仪、应力传感器等先进设备,构建全方位动态监测体系。利用探伤仪对钢轨焊缝、轨端进行实时探伤,精准识别隐蔽裂纹、伤损等病害;通过轮廓测量仪实时采集轨面平整度、尖轨与基本轨高低偏差等数据,捕捉平顺性病害;借助应力传感器监测部件受力状态,实现病害的实时预警与数据同步采集,打破传统人工检查的局限性,提升监测的精准度与效率^[3]。

(3)监测数据处理:建立完善的监测数据台账,对采集的病害数据、受力数据、平顺性数据进行分类记录、整理归档,明确数据采集时间、地点、设备参数及异常情况;采用数据统计分析方法,结合历史数据对比,分析各类病害的发展速度、影响范围及演变规律,精准判断病害发展趋势,为维护作业的时间安排、技术选择、部件更换等决策提供科学、可靠的依据,实现维护工作的精准化、智能化。

3.2 病害整治技术优化

(1)钢轨及接头病害整治:优化钢轨打磨技术,采用精准打磨工艺,针对轨端不均匀磨耗、擦伤部位进行局部精细打磨,确保轨面光滑平整,减少轮轨冲击;改进焊缝修复技术,采用无损修复工艺,对焊缝裂纹、开焊部位进行焊接补强,修复后进行探伤检测,确保焊缝强度符合设计标准;规范螺栓复紧及更换流程,采用扭矩扳手进行精准复紧,对松动、锈蚀、损坏的螺栓及时更换,选用高强度防腐螺栓,提升接头固定可靠性。

(2)结构连接病害整治:制定轨撑、弹条扣压件、铁垫板的修复与更换规范,对松动的轨撑进行重新紧固、变形的轨撑进行校正或更换,确保轨撑能有效限制钢轨横向位移;对失效的弹条扣压件及时更换,选用弹性良好、耐磨防腐的弹条,确保扣压力稳定;对滑动、破损的铁垫板进行更换,安装时调整平整度,做好防滑处理,确保铁垫板能有效分散列车荷载,避免再次出现滑动问题。(3)平顺性病害整治:优化轨面打磨技术,采用分段打磨、精准找平的方式,消除轨面台阶、折角,

提升轨面平整度；对尖轨与基本轨高低偏差超标的部位，采用垫片调整、轨底打磨等方法，确保两者贴合紧密、过渡顺滑，偏差控制在规范允许范围内；优化间隙垫片选型，选用耐磨、弹性适宜的垫片，调整伸缩缝间隙，避免因间隙过大或过小导致的平顺性问题，减少轮轨冲击^[4]。

3.3 日常养护与预防性维护技术

(1) 日常养护：落实常态化日常养护措施，定期对伸缩调节器各部件进行清洁，清除表面粉尘、杂物及伸缩缝内堵塞物，避免影响部件滑动；对金属部件进行涂油防锈处理，选用耐候性、防腐性强的润滑油，重点涂抹螺栓、轨撑、弹条等易锈蚀部位，延长部件使用寿命；定期检查螺栓扭矩，对扭矩下降的螺栓及时复紧，确保部件连接牢固，防范早期病害发生。(2) 预防性维护：基于监测数据分析得出的病害发展规律，结合重载铁路运营特点，制定针对性的预防性维护计划。对易磨损部件制定定期更换计划，提前更换接近使用寿命的部件，避免部件失效诱发病害；针对钢轨磨耗规律，制定预防性打磨计划，定期对轨面进行轻度打磨，延缓磨耗进程，减少病害发生频次，实现“早预防、早处置”，降低维护成本^[5]。(3) 养护机械化：推广养护机械化作业，采用钢轨打磨列车、小型精准打磨机、螺栓自动紧固设备等机械化装备，替代传统人工养护。钢轨打磨列车可实现大面积、高精度轨面打磨，提升打磨效率与质量；小型打磨机适用于局部病害打磨，灵活便捷；螺栓自动紧固设备可实现螺栓扭矩的精准控制，提高紧固效率，减少人工操作误差，全面提升养护作业的效率与标准化水平。

3.4 维护质量控制与验收标准

(1) 质量控制要点：明确维护作业各环节的质量要求，从材料选型、施工工艺、操作规范等方面进行严格控制。材料选用需符合重载铁路设计标准，杜绝不合格

配件投入使用；施工过程中严格遵循作业规范，控制打磨精度、螺栓扭矩、部件安装偏差等关键参数；作业完成后进行现场自检，及时发现并整改施工过程中出现的问题，避免因施工不当引发二次病害。(2) 验收标准：制定完善的伸缩调节器维护后验收标准，明确各项性能指标要求。钢轨方面，轨面平整度、磨耗量、焊缝质量需符合规范要求；连接部件方面，轨撑、弹条扣压件无松动变形，螺栓扭矩达标，铁垫板安装平整、无滑动；平顺性方面，轨面无台阶、折角，尖轨与基本轨高低偏差不超标，伸缩滑动顺畅无卡滞。验收时采用专业检测设备进行精准检测，确保维护效果达标，保障伸缩调节器长期稳定运行。

结束语

本文围绕重载铁路大跨度桥梁伸缩调节器运用维护技术展开全面研究，明确了其结构特性、病害类型及成因，提出了针对性的维护优化措施，有效解决了传统维护中精准度不足、防控滞后等痛点。研究成果可直接应用于工程实践，为伸缩调节器的日常运维提供科学指导。后续可结合智能化技术，进一步完善监测预警体系，持续提升维护技术的智能化、精细化水平，为重载铁路桥梁安全运营筑牢保障。

参考文献

- [1] 杨斌, 马西章, 王军东, 侯宇飞, 于广志. 铁路桥梁大直径预应力管桩单桩试验[J]. 铁道建筑, 2023, 59(12): 38-42.
- [2] 李志强. 大跨度铁路桥梁预应力施工技术[J]. 工程建设和设计, 2024, (23): 200-204.
- [3] 邢晓峰. 大跨度铁路桥梁预应力施工控制技术[J]. 建筑技术开发, 2023, 46(18): 38-43.
- [4] 丁建方. 高速铁路桥梁预应力施工技术[J]. 城市住宅, 2022, 26(6): 183-187.
- [5] 蔡生臣, 龙学兵. 试论铁路桥梁预应力张拉技术的若干问题[J]. 水利水电施工, 2023, 10(3): 65-68.