

铁路无缝线路胀轨跑道成因及预防措施

李凯林

国能新朔铁路有限责任公司大准铁路分公司 内蒙古自治区 鄂尔多斯 010300

【摘要】：气温大幅波动、线路养护疏漏与轨道构件老化等多重因素叠加，极易诱发无缝线路胀轨跑道病害，尤其在高寒温差地区，线路病害防控压力更为突出。立足病害生成机理，本文从温度应力、养护疏漏、构件劣化三类诱因梳理病害形成逻辑，依托轨温动态监测、标准化养护、周期性检修三类措施搭建防控体系。以全周期动态管控为核心，可科学疏导钢轨温度应力，优化线路整体受力状态。该方案能降低胀轨跑道发生概率，为铁路工务现场防控提供实践参考。

【关键词】：无缝线路；胀轨跑道；轨温监测；线路养护；病害防控

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.038

引言

消除传统轨缝使无缝线路具备提速增效优势，但温度应力持续蓄积伴生的胀轨跑道隐患始终制约运营安全。温差剧烈变化环境下，钢轨附加应力、养护作业缺陷与轨道构件老化协同作用，破坏线路整体稳定性，传统被动处置模式难以应对全年应力累积特征，行业防控理念正逐步转向源头预控与前置治理。结合现代化运维理念，从病害成因拆解入手匹配针对性对策，依托动态监测、精细养护与周期性检修完善管控逻辑，推动胀轨跑道防控由事后抢险转向全周期主动预控。

1 无缝线路胀轨跑道形成机理与研究现状

无缝线路依靠钢轨连续锁定消除传统轨缝，温度变化催生的巨大温度力长期积蓄于轨体内部，成为胀轨跑道病害滋生的内在力学条件。国内高寒温差区域的线路服役实践表明，昼夜温差与换季气温陡升会反复改变钢轨内力状态，逐步诱发应力疲劳，当线路整体横向阻力不足以抵消钢轨温度压力时，轨道便会出现横向变形，最终发展为胀轨跑道^[1]。过往线路防胀管理多聚焦高温季节开展临时性整治，侧重事故发生后的应急处置，忽略了全年应力缓慢累积所伴随的隐性病害。现阶段行业逐步转变治理思路，围绕设备状态、现场作业、动态监测与人员管理构建全周期防控体系，依托道床补强、轨温管控及周期性位移观测等技术手段从源头管控应力增量，形成一套系统化的胀轨防控研究与应用体系。

2 温度作用下胀轨跑道形成诱因剖析

2.1 轨温波动产生钢轨附加应力

环境气温的周期性升降带动钢轨轨温随之变化，由于钢轨存在热惯性，轨温变化滞后于气温，且白天受太阳直射辐射影响，轨温通常显著高于环境气温（最高可高出 20℃ 以上）。无缝线路缺乏传统轨缝提供的缓冲空间，温度升降形成的伸缩形变绝大部分转化为钢轨内部的温度应力（少量形变通过钢轨

爬行释放）。季节交替阶段气温起伏速率较快，单日温差导致钢轨温度力反复增减，长期循环作用既会诱发钢轨应力疲劳，也会导致应力持续在轨道薄弱地段富集。每年春夏升温时段钢轨温度快速走高，锁定轨温与实际轨温的差值持续拉大，轨道内部压力不断攀升。常规环境下轨温每出现小幅跃升，钢轨压力便同步增大，一旦积聚应力突破道床与扣件的横向约束限值，钢轨便开始横向外鼓变形，逐步向胀轨跑道病害演化，极端气温环境会进一步加速应力超标进程。

2.2 养护作业疏漏加剧应力集聚

现场养护工序管控不到位是诱发应力异常聚集的关键人为因素。高温时段违规开展道床捣固、起拨道等扰动作业会临时削弱道床横向阻力，原有应力平衡随之打破，应力集中于作业区段。作业未依照锁定轨温错峰施工，薄弱线路在不适宜温度下整修便极易打乱钢轨原有应力分布^[2]。日常整修忽略轨缝精细化调控时，瞎缝持续留存会压缩钢轨形变余量，温度应力不断集聚。施工结束后若未及时复紧扣件或夯拍道床，轨道框架约束能力便无法恢复，零散应力逐渐汇聚叠加，最终超出线路设计承载标准，大幅提升胀轨发生概率。跨工区分段施工缺少统筹衔接会导致轨条受力割裂，隐性应力长年累积，线路稳定状态进一步恶化。

2.3 线路构件劣化改变受力条件

道床、扣件与钢轨等关键构件长期服役出现性能衰减后，无缝线路原有受力体系会被持续破坏。道床缺砟、砟肩缺损及路基翻浆这类病害直接降低道床横向阻力，约束钢轨横向位移的基础条件不断变差；扣件弹条松动、螺栓扭矩不足或绝缘接头老化破损造成轨道框架整体性下降，纵向与横向阻力同步衰减。小半径曲线及道岔位置常出现钢轨磨耗、硬弯病害，局部受力点位随之产生应力集中。各类构件病害单独或叠加出现后线路承载能力持续下降，同等温度应力条件下更易引发线路横向位移，催生胀轨跑道问题。空吊板等隐性病害同步蔓延会进

一步加剧轨道受力不均衡,加速轨道失稳变形进程。如图1所示。



图1 胀轨跑道病害形成演化机理流程

3 匹配诱因的胀轨跑道管控实施路径

3.1 动态监测轨温合理调控钢轨应力

全线分段布设专业化轨温观测站点,落实定点定时测温及数据逐日汇总上报制度,结合环境温度变化分级执行防胀管控标准:结合国能新朔铁路防胀管理细则,轨温达到锁定轨温+15℃时启动黄色预警,轨温达到锁定轨温+20℃时启动红色预警,全面叫停各类扰动道床或破坏路基稳定性的施工作业。日常深度解析轨检波形信息时重点盯控轨道连续碎弯及轨向超标地段,同步开展固定周期的无缝线路位移观测,对比实测位移数值研判钢轨应力变化趋势,对爬行异常的线路及时标记建档。抓住春秋换季有利窗口期,依据现场实测锁定轨温开展系统化应力放散施工。新轨铺设宜在设计锁定轨温范围内进行;当施工温度低于设计锁定轨温下限时,采用拉伸法锁定,确保全线锁定轨温均匀一致。针对低温锁定、冻害多发及短轨插入等应力集中区段,依托临时断轨放散与应力疏导等实操手段释放积存压力,借助全天候温度管控及数据化研判实现钢轨温度应力的动态平衡,从源头控制胀轨跑道病害的滋生。

3.2 标准化养护减少应力异常堆积

依据线路原有锁定轨温参数统筹全年养护方案时,应遵循季节温度规律错峰排布各项养护任务:低温环境下集中开展小半径曲线、长大坡道及制动区段等薄弱位置的线路整修,高温环境中则集中养护锁定轨温指标偏高的线路区段。规范内外单位交叉施工管理流程,对外委涉线项目落实全程旁站监管,线

路开通前执行双重确认验收制度。临近临界轨温时严格限制大机捣固的起拨道幅度,杜绝高温时段随意扒砟或深度捣固等损伤道床阻力的作业,统一以整单元轨条作为单次施工范围,相邻工区协同配合争取一次性完工。春季气温回暖后按时完成长轨条备用轨的倒换作业,细化各工序施工细则以消除零散施工引发的轨条受力割裂问题,同时建立作业台账记录每一处施工前后的线路参数变化,依靠全流程标准化作业规避人为施工失误,最大限度抑制非正常应力的持续堆积,避免应力过量聚集诱发轨道失稳。

3.3 周期性检修维持构件受力稳定

划分巡检责任区段后,固定周期对道岔、小半径曲线及道口等受力复杂的重点位置逐项排查:道床缺砟位置补充碎石并夯实压实,曲线上股位置加高砟肩至宽度不小于45cm、高度不低于轨枕面15cm,夯拍密实度不低于90%,以提升横向约束能力;翻浆冒泥病害地段经深挖处理后换填级配碎石并增设排水设施。周期性开展扣件专项检修时逐一复紧各类连接螺栓,补齐丢失或失效的弹条零配件,修正线路暗缝及钢轨硬弯等缺陷,分批次将老式普通绝缘接头更换为胶结绝缘接头以提升轨道纵向整体刚度^[3]。春融阶段重点复查冻害区域的扣件紧固状态,全面整治空吊板病害,对结构强度不达标的线路通过增设轨枕或整体换砟完成补强。检修完毕后同步更新设备技术档案,标注构件整修位置与改造参数。常态化构件检修持续修复设备老化损耗问题,保持轨道框架结构完整与受力均衡,稳固线路抗胀轨的基础条件。

4 结语

胀轨跑道由轨温变化产生的附加应力、养护不当的应力堆积及构件劣化等多重因素共同催生,依托轨温动态监测、标准化养护与周期性检修这一成套措施可实现系统性防控。轨温动态管控能平衡钢轨内部应力分布,规范养护流程可规避人为操作带来的应力异常,周期性设备检修持续优化轨道构件受力条件,多措并举从源头管控温度应力积累,改善线路整体稳定性。整套防控思路贴合线路实际运维需求,持续落地可有效降低胀轨跑道发生风险,助力无缝线路长期安全平稳运行。后续可进一步引入光纤光栅分布式轨温监测技术,实现钢轨应力的实时精准感知,提升防胀管控的智能化水平。

参考文献:

- [1] 董广艳,马秦.浅谈无缝线路防胀综合保障体系[J].哈尔滨铁道科技,2025(3):29-31.
- [2] 李翠欣.铁路简支梁桥上曲线地段无缝线路稳定性研究[D].石家庄铁道大学,2024.
- [3] 郝红涛.关于跨区间无缝线路养护维修的探讨[J].新型工业化,2022,12(5):163-167.