

# 桥梁伸缩缝病害成因分析与养护对策

陆 遥

本溪公路监理有限公司 辽宁 本溪 117000

**摘要:** 桥梁伸缩缝作为桥梁结构的关键部位,其性能直接影响到桥梁的整体运行状况。本文剖析桥梁伸缩缝病害成因并提出养护对策。介绍常见伸缩缝类型及特点,阐述破损、堵塞、异响等病害类型与表现。从设计、施工、材料、使用方面分析病害成因,针对日常养护、病害修复、预防性养护提出具体措施,涵盖清洁保养、破损修复方法、涂层保护等,为保障桥梁伸缩缝性能与桥梁结构安全提供参考。

**关键词:** 桥梁伸缩缝;病害成因;养护对策;病害修复;预防性养护

引言:桥梁伸缩缝作为桥梁关键构造,对保障行车安全与舒适性、维持桥梁结构稳定意义重大。然而,在长期使用过程中,受多种因素影响,伸缩缝易出现破损、堵塞、异响等病害,影响桥梁正常功能。深入分析病害成因并采取有效养护对策,是延长伸缩缝使用寿命、保障桥梁安全运营的关键。

## 1 桥梁伸缩缝的类型及特点

### 1.1 常见桥梁伸缩缝类型

对接式伸缩缝在构造形式上呈现多样化特征。填塞对接型通过在伸缩缝间隙填塞弹性材料实现伸缩功能,嵌固对接型则利用金属构件将填缝材料嵌固在伸缩缝两侧<sup>[1]</sup>。这种类型伸缩缝因结构简单、造价低廉,在伸缩量小于50mm的桥梁工程中得到广泛应用,如跨径小于10m的城市桥梁或乡村公路桥梁。钢制支承式伸缩缝以钢梳齿板为核心结构组成,通过梳齿间的相互咬合实现伸缩功能。其独特的结构设计赋予其卓越的承载能力,能够承受单轴荷载130kN重载车辆的反复碾压。同时,钢梳齿板的交错排列方式使其具备优异的伸缩性能,可适应500mm以内大位移量需求,在跨江跨海等大型桥梁工程中表现突出。组合式伸缩缝采用多种材料和结构形式的复合设计,将刚性构件与柔性材料有机结合。这种创新组合方式使其既具备钢材的强度特性,又保留了橡胶材料的柔韧性,在复杂受力环境下展现出良好的综合性能,特别适用于地质条件复杂或交通流量大的桥梁工程。模数式伸缩缝采用标准化模块设计理念,通过不同规格模块的组合拼接满足多样化工程需求。这种设计方式使其能够灵活适应各种伸缩量要求,从小跨径桥梁到特大型桥梁均可应用,成为现代桥梁工程中最具通用性的伸缩缝类型。

### 1.2 不同类型伸缩缝的性能对比

从技术参数角度分析,对接式伸缩缝伸缩量适应范

围局限于0-50mm,但施工便捷性优势明显,单幅施工工期可缩短2天;钢制支承式伸缩缝承载能力突出,可承受130kN单轴荷载,但耐久性受钢材腐蚀影响较大,无防护状态下使用寿命缩短8年;组合式伸缩缝通过材料复合实现性能互补,但结构复杂导致维护成本较高;模数式伸缩缝凭借模块化设计实现性能与经济的平衡,在行车舒适性方面表现最优。各类型伸缩缝在工程应用中需根据具体工况条件进行优化选型。

## 2 桥梁伸缩缝病害类型及表现

### 2.1 伸缩缝破损

伸缩缝锚固混凝土破碎是常见病害形式之一。在长期车辆荷载反复作用与环境侵蚀下,锚固区混凝土在服役3-5年后逐渐出现微裂缝,裂缝宽度超过0.2mm后会快速扩展形成网状开裂,最终导致混凝土块体破碎剥落。这种破坏不仅削弱了伸缩缝与梁体的连接强度,使连接承载力下降40%以上,更会引发整体结构稳定性下降,在极端情况下可能造成伸缩装置脱锚失效。伸缩缝橡胶条损坏主要表现为表层老化龟裂与整体脱落两种形式。橡胶材料在紫外线照射、臭氧侵蚀及温度循环作用下,分子链发生断裂导致弹性丧失,进而出现纵向开裂或横向断裂。当密封功能失效后,雨水渗入会加速锚固混凝土劣化,同时影响伸缩装置的正常伸缩变形,形成恶性循环<sup>[2]</sup>。伸缩缝型钢断裂或变形多发生于梳齿板式伸缩装置。重载车辆偏载行驶产生的局部应力集中,应力值可达250MPa,会使型钢产生不可逆的塑性变形,变形量超过5mm时结构稳定性显著下降,当应力超过材料屈服强度345MPa时即发生断裂。这种病害直接影响车辆行驶平顺性,断裂的钢构件可能刺破轮胎,变形部位更会引发跳车现象,跳车高度可达30mm,严重威胁行车安全。

### 2.2 伸缩缝堵塞

杂物堆积造成的伸缩缝堵塞具有渐进性特征。泥土、

砂石等颗粒物在车辆碾压作用下,经过6-12个月逐渐填满伸缩间隙,填充量可达伸缩缝容积的70%以上,生活垃圾与建筑废料则可能形成整体性堵塞。这些堵塞物会与伸缩装置金属构件、橡胶条紧密挤压,不仅限制了伸缩装置的正常变形,使伸缩量减少50%,更会阻断排水通道,导致雨水在缝内积聚深度超过50mm。长期积水会加速橡胶条水解老化,使橡胶条使用寿命缩短3年,同时增加结构自重50kg/m,在寒冷地区还可能引发冻胀破坏,冻胀力可达100kN/m。此外,堵塞物形成的刚性填充体还会改变伸缩缝的受力状态,将车辆荷载直接传递至锚固系统,加剧锚固混凝土的开裂破损,形成“堵塞-积水-破损”的恶性循环,严重影响桥梁结构的耐久性。

### 2.3 伸缩缝异响

车辆通过伸缩缝时产生的异常声响具有明显规律性,噪声分贝值可达85dB以上。金属构件间相对位移产生的摩擦声、松动部件振动引发的撞击声,以及橡胶条剥离产生的剥落声,共同构成复合型异响。这种异响的强度会随行车速度变化而改变,通常车速在40-60km/h区间时噪声最为显著,且在低温环境下因材料刚度增加,异响会进一步加剧。这种噪声不仅降低行车舒适性,更反映出伸缩装置存在连接松动、部件磨损量超过2mm或结构变形量超过3mm等潜在问题。若未及时处置,这些潜在问题会持续恶化,导致伸缩装置功能逐步丧失,甚至引发跳车、构件脱落等安全隐患,因此需及时进行专业检测与维修处理。

## 3 桥梁伸缩缝病害成因分析

### 3.1 设计方面

伸缩缝选型不当源于对桥梁实际工况的认知偏差。当设计阶段未充分考量桥梁跨径组合、结构形式导致的伸缩量差异,或忽视重载交通比例超过30%、极端气候条件下温差超过40℃等关键因素时,易出现选型偏差<sup>[3]</sup>。这种偏差直接导致伸缩装置在服役期间无法适应实际变形需求,加速构件疲劳破坏,使构件使用寿命缩短5-8年。设计尺寸不合理则表现为对伸缩量计算精度不足,宽度预留过小超过10mm会限制结构自由变形,引发局部应力集中,应力增幅可达50%;预留过大超过20mm则造成行车颠簸,且易堆积杂物。构造设计缺陷集中体现在锚固系统与排水系统,锚固长度不足150mm、钢筋配置间距超过200mm会降低连接强度,排水坡度不够3%、泄水孔直径小于50mm则导致积水渗入,加速结构劣化。

### 3.2 施工方面

施工质量多由工艺控制不严引发。锚固混凝土振捣不密实会形成蜂窝麻面,降低结构整体性;强度不

足则无法承受车辆荷载产生的拉应力。橡胶条安装时接缝处理不当、型钢定位偏差等工艺缺陷,会直接影响伸缩装置的密封性能与变形能力。施工环境影响表现为温度敏感型材料的施工窗口期控制,低温环境低于5℃会导致混凝土早期强度发展缓慢,7天强度仅达到设计值的60%,高温条件高于35℃则加速橡胶材料老化,使橡胶条初始弹性下降20%。此外,施工质量验收环节的疏漏会导致隐性缺陷遗留,如未按规定进行锚固钢筋拉拔试验,或对型钢焊接接头未做无损检测,这些缺陷在后期使用中会逐步暴露,加剧病害发展。施工管理不善体现在质量检验流程缺失、工序交接记录不全等方面,导致隐蔽工程隐患未能及时发现整改,隐患整改率不足70%。

### 3.3 材料方面

材料质量不达标主要源于生产环节的质量控制缺失。橡胶条硫化工艺缺陷会造成分子链结构不均匀,降低耐老化性能;型钢热处理不当会引发晶粒粗化,削弱抗疲劳特性;锚固钢筋屈服强度不足则直接影响连接可靠性。材料老化是多重因素共同作用的结果,紫外线照射引发橡胶分子链断裂,氧化反应导致材料脆化,车辆荷载反复作用产生微裂纹扩展,这些过程相互促进形成恶性循环。

### 3.4 使用方面

交通荷载作用表现为超载车辆对伸缩装置的动态冲击。重载车辆轴重增加会显著提高伸缩缝承受的局部应力幅值,偏载行驶更会加剧构件的不均匀变形。自然环境影响中,温度循环幅度超过40℃导致材料热胀冷缩,雨水渗入量超过10L/d引发钢筋锈蚀膨胀,锈蚀量超过0.5kg/m<sup>2</sup>,冻融循环超过50次造成混凝土剥落,剥落面积可达0.2m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>,这些因素叠加作用加速结构损伤。养护不及时或不规范体现在检查周期超过6个月、清理不彻底残留杂物超过5kg/m、维修材料选用不当等方面,小病害得不到及时处置最终演变为结构性破坏,修复成本增加3倍以上。

## 4 桥梁伸缩缝养护对策

### 4.1 日常养护

清洁保养工作需建立系统化实施方案。根据桥梁所处环境特征制定差异化清理周期,多风沙区域应缩短清理间隔至15天,城市桥梁可结合交通流量确定作业时段,每日凌晨0-4时进行作业。采用高压空气吹扫与机械刷洗相结合的方式,重点清除泥土、砂石等颗粒物,同步清理生活垃圾与植物根系等缠绕物,确保清理后伸缩缝内残留杂物重量不超过0.5kg/m。清理完成后需对伸缩间隙进行干燥处理,干燥时间不少于2小时,防止残留水分加速材料劣化。检查监测体系应包含外观检查与结构检测双重维度<sup>[4]</sup>。外观检查侧重锚固混凝土裂缝发展、橡胶条

密封性能、型钢表面锈蚀等直观病害,采用目视与简易工具测量相结合的方法。结构检测需借助专业设备评估连接螺栓紧固力、梳齿板间隙均匀性等关键参数。建立病害分级管理制度,对初期微裂缝实施封闭处理,对发展性病害进行持续跟踪观测。润滑维护作业需根据部件材质特性选择适配润滑剂。金属滑动面宜采用锂基润滑脂,其优异的耐温性能与抗水冲刷特性可保障长期润滑效果。橡胶部件接触面应选用硅基润滑剂,避免化学腐蚀导致材料性能衰减。润滑周期需结合环境湿度与交通流量动态调整,潮湿地区或重载交通桥梁应适当缩短润滑间隔。

#### 4.2 病害修复

破损修复应遵循“精准诊断-方案定制-过程控制”原则。锚固混凝土破碎修复需彻底清除松散层,清除深度不少于100mm,采用强度等级C40的高强无收缩灌浆料进行置换,植入直径16mm的抗剪钢筋增强新旧混凝土界面结合,钢筋间距不超过150mm。橡胶条更换需匹配原设计规格,安装时预留5mm的适当预压缩量以补偿材料蠕变。型钢断裂修复应评估结构整体受力状态,单处断裂长度小于100mm可采用焊接加固,焊接焊缝高度不小于8mm,多处损伤或断裂长度超过100mm则需整体更换。堵塞疏通需根据堵塞物性质选择处理方式。颗粒状堵塞物可采用压力不低于10MPa的高压水枪冲洗,配合吸污设备同步回收。植物根系等有机物堵塞应先进行化学软化处理,软化时间不少于30分钟,再使用专业清掏工具清除。疏通完成后需对排水系统进行通水试验,水流速度不低于0.5m/s,验证排水坡度与设计要求的-致性。异响处理需建立“声源定位-机理分析-精准处置”流程。通过振动加速度传感器定位异响发生部位,结合有限元分析确定应力集中区域。金属构件间隙过大可通过调整螺栓紧固力消除,橡胶部件老化需及时更换,梳齿板错位应重新校准安装基准。

#### 4.3 预防性养护

涂层保护应形成多层防护体系。金属表面先进行喷砂除锈处理,达到Sa2.5级标准后涂装环氧富锌底漆,涂

层厚度不小于80 $\mu\text{m}$ ,中间层采用云铁中间漆增加涂层厚度,厚度不小于100 $\mu\text{m}$ ,面层选用脂肪族聚氨酯面漆提升耐候性,厚度不小于60 $\mu\text{m}$ 。涂层厚度需通过磁性测厚仪检测,检测点数每平方米不少于3个,确保符合设计要求。防水处理需构建全断面防护屏障。伸缩缝底部铺设厚度不小于4mm的防水卷材形成第一道防线,侧壁涂刷渗透结晶型防水涂料增强毛细孔封闭效果,涂刷厚度不小于1.5mm。锚固区采用强度等级M15的防水砂浆进行密封处理,顶部设置厚度不小于3mm的不锈钢盖板防止雨水直接冲刷。定期检查排水孔畅通性,检查频率为每2个月1次,确保防水体系持续有效。性能评估应建立量化指标体系。通过激光位移传感器监测伸缩量变化,应变计记录关键部位应力状态,加速度传感器分析行车舒适性<sup>[5]</sup>。结合材料检测数据与结构健康监测结果,采用层次分析法评估伸缩缝技术状况。对评估等级为“差”的伸缩装置,应编制专项改造方案实施整体更换。

#### 结束语

桥梁伸缩缝的病害成因复杂多样,涉及设计、施工、材料及使用等多个环节。通过日常养护的细致落实、病害修复的精准实施以及预防性养护的有效开展,能够显著提升伸缩缝的工作性能,降低病害发生率,减少维修成本。只有持续关注伸缩缝状态,及时采取科学合理的养护措施,才能切实保障桥梁结构的安全与稳定,为交通运输的顺畅运行提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1]田伟,彭铖,孙艳刚,等.桥梁伸缩缝病害分析与养护维修技术探讨[J].四川建材,2025,51(7):164-167.
- [2]郭志东.桥梁养护维修中伸缩缝常见病害分析与修复技术研究[J].工程建设与设计,2025(11):226-228.
- [3]唐晨龙.市政公路桥梁养护中的伸缩缝病害分析及维护措施应用[J].工程技术研究,2025,10(17):152-154.
- [4]杨华州.公路桥梁伸缩缝常见病害成因分析及养护管理措施[J].建筑工程技术与设计,2021(8):1085.
- [5]易志宏,刘强,周桂吉.公路桥梁伸缩缝病害研究综述[J].四川建筑,2021,41(05):92-97.