

# 桥梁伸缩缝病害对行车舒适性的影响及维修时机选择

黄宏林

湖北交投建设集团有限公司 湖北 武汉 430070

**【摘要】**：桥梁伸缩缝作为桥梁结构的关键衔接部件，其服役状态直接关联行车舒适性与结构安全。受设计缺陷、施工偏差、环境侵蚀及荷载作用影响，易产生裂缝、沉降、失效、老化等病害，通过引发振动、增大噪音、破坏路面平整度，从生理与心理层面降低行车舒适性，同时加剧桥梁结构及车辆部件疲劳损伤。基于病害发展速率、结构性能阈值、环境荷载适应性及经济性建立维修时机选择标准，针对不同病害类型提出精细化维修技术方案，并构建全生命周期运维保障体系。研究明确了病害对行车舒适性的影响机制及维修时机判定方法，为提升桥梁服务质量与伸缩缝耐久性提供技术支撑。

**【关键词】**：桥梁伸缩缝；病害；行车舒适性；维修时机；振动

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.022

## 引言

桥梁伸缩缝是连接不同桥梁段之间的重要部件，其主要功能是应对温度变化和交通荷载引起的变形。随着时间的推移，伸缩缝可能出现各种病害，如裂缝、老化或磨损等，这些病害直接影响到桥梁的结构安全和车辆行驶的舒适性。行车过程中，伸缩缝的病害常常引发明显的震动或噪音，极大地降低了行车平稳性和安全性。因此，如何准确评估伸缩缝的病害状况、及时修复以及选择合适的维修时机，成为了桥梁维护中亟待解决的关键问题。针对这一问题，本文将对桥梁伸缩缝病害对行车舒适性影响的成因进行分析，并提出优化维修时机的建议，以提升桥梁的服务质量和行车舒适度。

## 1 桥梁伸缩缝病害的主要类型与特点

桥梁伸缩缝病害的产生与伸缩缝结构形式、材料性能及服役环境密切相关，不同类型病害具有显著的技术特征与发展规律，主要包括裂缝、沉降、失效和老化四类，具体技术细节如下：

### 1.1 裂缝病害

裂缝是伸缩缝最典型的早期病害，按产生位置可分为锚固区混凝土裂缝、伸缩缝本体钢材裂缝；按成因可分为温度应力裂缝、荷载疲劳裂缝。其中，锚固区混凝土裂缝多出现于伸缩缝两侧区域，技术特征表现为早期呈不规则网状或放射状，随服役时间延长，在重型车辆荷载反复冲击下逐渐扩大，当裂缝发展到一定程度时，会丧失防水功能，导致雨水渗入，引发钢筋锈蚀。钢材裂缝则常见于模数式伸缩缝的异型钢边梁，多为疲劳裂缝，起源于边梁焊接接头或应力集中部位，初期裂缝隐蔽性强，需采用超声波检测才能识别，后期可发展为贯通性裂缝，导致伸缩缝承载能力显著下降。裂缝的产生与设计阶段锚固体系刚度匹配不当、施工阶段混凝土振捣不密实及使用阶段超载车辆频繁通行密切相关。

### 1.2 沉降病害

沉降病害主要表现为伸缩缝接头处桥面高程差，按沉降程

度可分为轻微、中度和严重三个等级。技术核心影响因素是桥梁基础不均匀沉降或伸缩缝支撑结构（如预埋钢板、锚固螺栓）变形，当支撑结构发生明显变形时，会导致伸缩缝与桥面衔接不平顺。此类病害在软土地基区域桥梁中尤为突出，直接引发伸缩缝沉降。沉降会导致车辆通过时产生冲击荷载，不仅降低行车舒适性，还会加剧伸缩缝锚固系统的疲劳损坏。

### 1.3 失效病害

伸缩缝失效是指其丧失位移补偿功能，按失效形式可分为密封失效、伸缩装置卡阻、锚固系统失效。密封失效表现为橡胶止水带开裂、破损或脱落，此时防水功能完全丧失；伸缩装置卡阻多因异型钢轨道变形、滑杆锈蚀导致，表现为伸缩量不足，无法适应梁体温度变形；锚固系统失效则是由于锚固螺栓松动或断裂，导致伸缩缝与梁体连接失效，无法传递行车荷载，严重时可能引发伸缩缝整体脱落。

### 1.4 老化病害

老化病害具有长期性和累积性，主要影响伸缩缝的密封材料和钢材部件。橡胶密封材料老化表现为硬度升高、弹性丧失、表面出现龟裂，其老化速率与环境温度、紫外线辐射强度正相关，在高温暴晒地区，橡胶材料使用寿命会显著缩短；钢材部件老化以锈蚀为主，当锈蚀发展到一定程度时，会导致截面削弱，承载能力下降，同时锈蚀产物体积膨胀，会进一步加剧混凝土开裂。老化病害的发展具有不可逆性，初期若未及时干预，会加速其他病害的产生<sup>[1]</sup>。

## 2 桥梁伸缩缝病害对行车舒适性的具体影响

桥梁伸缩缝病害通过改变路面平整度、引发振动与噪音，从生理和心理层面降低行车舒适性，具体体现在以下三方面：

### 2.1 振动影响

病害引发的振动是影响行车舒适性的核心因素，其强度与病害类型、严重程度及行车速度直接相关。当伸缩缝出现沉降、裂缝等病害时，车辆通过会产生明显的竖向振动，超过人体舒适范围，导致驾驶员产生疲劳感。此外，振动还会传递至桥梁

结构，加剧梁体、桥墩的疲劳损伤，同时加速车辆悬挂系统部件老化，增加车辆维修成本。

## 2.2 噪音影响

病害产生的噪音主要源于车轮与不平整桥面的撞击、摩擦及伸缩装置的异常振动。当出现密封失效或钢材锈蚀卡阻等病害时，行车噪音会显著升高，超过相关环境质量标准限值。此类噪音对驾驶员听力损伤较大，同时会干扰驾驶员对路面状况的判断，增加安全隐患。在高速行驶场景下，噪音强度会随车速增加而明显增大，影响范围也会相应扩大。

## 2.3 路面平整度影响

裂缝、沉降等病害直接破坏桥面平整度。完好伸缩缝区域桥面平整顺滑，当出现沉降等病害时，桥面会变得凹凸不平，属于不平整路面范畴<sup>[2]</sup>。不平整的桥面会导致车辆行驶轨迹波动，方向盘操控难度增加，尤其是在雨天，积水会在病害区域形成水膜，增加车辆侧滑风险，同时加剧跳车现象，严重影响行车稳定性。

## 3 桥梁伸缩缝病害发生的原因分析

伸缩缝病害的发生是设计、施工、环境及运维多环节技术缺陷叠加的结果，各环节核心技术问题如下：

### 3.1 设计阶段技术缺陷

设计不合理是病害早期发生的主要根源，具体包括：一是伸缩量计算偏差，未结合桥梁所在地极端温差、混凝土收缩徐变及基础沉降量进行精准计算，导致伸缩装置选型偏小，长期处于超负荷工作状态；二是锚固体系设计不完善，锚固螺栓间距过大或直径偏小，导致荷载传递不均，引发局部应力集中；三是结构形式选择不当，在重型车辆密集通行的桥梁选用了承载能力较低的伸缩缝类型，无法承受高频次冲击荷载。

### 3.2 施工阶段技术问题

施工质量不达标是病害加剧的关键因素，核心技术问题包括：一是材料质量控制不严，选用的橡胶止水带未达到相关标准要求，锚固区混凝土强度等级低于设计值，且振捣不密实，存在蜂窝、麻面等缺陷；二是安装精度偏差，伸缩缝安装高程与桥面高程不匹配，横向平整度不佳，导致车辆通过时产生冲击荷载；三是施工工艺不规范，如异型钢焊接未采用合理工艺，焊接接头未进行探伤检测，存在焊接缺陷；锚固螺栓安装时未精准控制预紧力，导致后期松动。

### 3.3 环境与荷载因素影响

恶劣环境与超载荷载是病害发展的加速剂<sup>[3]</sup>。环境方面，在盐雾地区、高寒地区等恶劣环境下，伸缩缝的金属部件和密封材料容易受到侵蚀，加速钢材锈蚀和混凝土表层剥落，显著降低伸缩缝耐久性；荷载方面，随着货运车辆轴重增加，伸缩缝承受的冲击荷载会大幅超出设计值，同时高频次通行会加剧

伸缩装置的疲劳损伤，导致材料性能快速劣化。

## 3.4 运维阶段技术缺失

运维不到位导致小病害发展为大病害，主要技术问题包括：一是缺乏定期检测，未采用专业设备对伸缩缝进行周期性检测，无法及时发现早期病害；二是养护措施不当，如密封胶老化后未及时更换，导致雨水渗入；钢材锈蚀后未进行除锈、涂漆处理，锈蚀程度持续加剧；三是应急维修不及时，对已发现的裂缝、沉降等病害，未在短期内采取临时加固措施，导致病害快速发展。

## 4 桥梁伸缩缝维修时机的选择标准

维修时机的选择需基于病害技术指标、结构性能状态及经济性，建立科学判断标准，避免过早维修造成资源浪费，或过晚维修引发安全隐患，具体标准如下：

### 4.1 基于病害发展速率的判断标准

通过长期监测病害发展速率，确定维修窗口期。对于裂缝病害，当裂缝扩展趋势明显，或发展到影响防水功能时，应及时安排维修；当裂缝快速扩展，可能引发结构安全隐患时，需立即维修；对于沉降病害，当沉降持续发展，导致桥面衔接明显不平时，应及时维修；对于密封失效病害，当止水带出现明显破损或丧失防水功能时，应立即进行更换。

### 4.2 基于结构性能阈值的判断标准

以伸缩缝结构性能指标为核心，确定维修时机。当伸缩装置伸缩功能明显受限，或频繁出现卡阻现象时，需进行维修；当锚固螺栓出现明显松动、断裂，或钢材锈蚀严重时，应立即进行加固或更换；当锚固区混凝土出现贯通性裂缝，或强度明显下降时，需开展大修工程。此外，结合行车舒适性指标，当车辆通过伸缩缝区域的振动、噪音明显增大，且持续影响通行体验时，应启动维修工作。

### 4.3 基于环境与荷载的适应性标准

结合桥梁所处环境与荷载特征，调整维修时机<sup>[4]</sup>。对于盐雾地区、高寒地区等恶劣环境下的桥梁，维修周期应适当缩短，当出现轻微病害时，即应启动维修；对于高交通流量、重型车辆密集通行的桥梁，维修窗口期应提前，避免维修期间对交通通行造成严重影响。同时，在重大节假日前期，应对重点桥梁伸缩缝进行全面检测，对存在隐患的部位提前维修，保障节日通行安全。

### 4.4 基于经济性的优化标准

通过成本效益分析，确定最优维修时机。当早期维修成本远低于病害扩大后的修复成本时，可暂缓维修，但需加强监测；当病害发展可能导致维修成本大幅增加时，应及时安排维修；当病害已严重影响结构安全，不维修可能引发更大损失时，需立即维修。例如，早期裂缝维修成本较低，若发展为贯通裂缝，

修复成本会显著增加，此时应在裂缝发展初期及时处理。

## 5 桥梁伸缩缝维修效果的评估与建议

维修效果评估需从技术性能、行车舒适性、耐久性三个维度进行验证，同时提出针对性维修技术建议，确保维修质量，具体如下：

### 5.1 维修效果的技术评估指标

建立多指标评估体系，验证维修效果。一是结构性指标，维修后伸缩装置应恢复正常伸缩功能，锚固系统连接牢固，锚固区混凝土强度满足设计要求，裂缝得到有效控制；二是防水密封指标，维修后应具备良好的防水密封性能，无渗漏现象；三是行车舒适性指标，维修后车辆通过时应平稳顺畅，振动和噪音明显降低，恢复正常通行体验。

### 5.2 维修效果的评估方法

采用现场检测与长期监测相结合的方法。现场检测需依托专业设备开展定量分析，运用超声波探伤仪检测焊接接头内部缺陷，采用裂缝测宽仪精准测量裂缝闭合状态及残余宽度，借助车载振动与噪音检测系统采集车辆通过时的振动加速度、噪音分贝等行车舒适性核心指标，形成现场检测数据报告<sup>[5]</sup>。长期监测需在维修完成后设置1年、3年、5年三个关键节点，跟踪监测伸缩装置的位移补偿能力、密封材料老化程度及锚固系统稳定性，评估材料性能衰减速率与病害复发概率。若监测数据显示伸缩功能受限、裂缝二次开展等异常情况，需立即组织技术团队分析病害复发诱因，并制定针对性二次维修方案。

## 参考文献：

- [1] 谭宝麟.高速公路桥梁伸缩缝维护保养技术[J].交通世界,2025,(32):153-155+159.
- [2] 赵树康,李海彪.市政桥梁伸缩缝处积水病害防治研究应用[J].城市道桥与防洪,2025,(11):165-169.
- [3] 张晓东.高速公路桥梁伸缩缝病害修复技术研究[J].汽车周刊,2025,(11):95-97.
- [4] 何周龙.高速公路改扩建中桥梁伸缩缝快速更换技术研究[J].建筑工人,2025,46(09):42-45.
- [5] 董忠.桥梁伸缩缝病害成因及快速修复技术优化方案研究[J].运输经理世界,2025,(21):103-105.

## 5.3 精细化维修技术建议

针对不同病害类型，提出针对性维修技术方案：一是裂缝病害，对于轻微裂缝，采用压力注浆技术进行修补；对于较宽裂缝，采用开槽修补技术，修补后加强养护，确保修补质量；二是沉降病害，采用基础加固与伸缩缝调整相结合的技术，加固基础并精准调整伸缩缝高程，确保桥面衔接平顺；三是失效病害，密封失效时更换高性能密封胶，伸缩装置卡阻时采用除锈、润滑处理，锚固系统失效时更换高强度锚固螺栓，确保连接牢固；四是老化病害，对老化严重的伸缩装置进行整体更换，选用符合现行标准的高性能伸缩缝，提升耐久性。

同时，提出运维技术保障措施：一是建立定期检测制度，每年至少开展2次全面检测，采用专业设备对伸缩缝技术指标进行量化评估；二是加强日常养护，每月对伸缩缝进行清扫，清除杂物，避免卡阻；每季度检查密封胶状态，及时修补破损部位；三是建立技术档案，记录伸缩缝设计、施工、检测、维修等全生命周期技术数据，为后续维修时机选择提供依据。

## 6 结语

桥梁伸缩缝病害对行车舒适性的影响显著，其维修时机的选择需基于精准的技术检测与性能评估。文章通过细化病害技术特征、剖析成因机制、建立维修标准，提出了针对性的精细化维修技术方案，弥补了传统研究中技术细节不足的缺陷。实践表明，基于提出的技术标准选择维修时机，可有效延长伸缩缝使用寿命，提升行车舒适性，降低维修成本。未来，应进一步结合物联网、BIM等先进技术实现伸缩缝病害实时监测与全生命周期管理，提升桥梁伸缩缝运维的智能化、精细化水平。