

# 高速公路桥梁伸缩缝质量通病预防及治理措施

马雨帮

江苏捷达交通工程集团有限公司 江苏淮安 223000

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18455

**[摘要]** 高速公路桥梁伸缩缝是桥梁结构中关键部件,能协调温度变化、车辆荷载及混凝土收缩徐变等引发的结构变形,同时也是保障行车安全、让车辆平顺通过的重要设施,其质量好坏对桥梁耐久性与运营安全性有着直接且深远的影响。要是伸缩缝出现质量问题,不仅会加速桥梁结构损伤,还会引发桥面跳车、车辆行驶颠簸这类安全隐患。本文会全面且系统地梳理伸缩缝在施工及使用过程中常见的质量通病,像渗水、锚固失效、混凝土破损等多种问题都会涵盖,从设计阶段进行合理优化、把控材料选用与质量、精细规范施工工艺,到后期及时有效开展维护管理等各个环节,有针对性地提出预防措施,并且结合实际工程中的典型案例给出具体治理方案,为提升伸缩缝施工质量提供坚实的技术参考。

**[关键词]** 高速公路桥梁; 伸缩缝质量; 预防

在高速公路桥梁工程当中伸缩缝是协调结构变形、适应外界环境变化的关键构件其重要性不言而喻。考虑到高速公路桥梁跨度大、交通流量密集且荷载频繁的特性伸缩缝长期承受温度升降、车辆动态冲击及混凝土收缩徐变等多重复杂作用力影响。要是伸缩缝出现病害很容易引发桥面跳车、结构局部损伤甚至酿成重大安全事故。相关统计表明我国近30%的桥梁病害根源能追溯到伸缩缝质量缺陷,所以深入探究伸缩缝质量通病的预防与治理策略对保障桥梁安全运营、延长使用寿命有重大现实意义。

伸缩缝渗水是桥梁工程中最常见且危害极大的质量通病,它的直接表现是外部雨水、化雪盐水等液体,没办法被有效阻隔或疏导,而是经由伸缩缝装置及其周边区域的薄弱环节渗入桥梁内部。这些水分会侵入梁体混凝土或者桥面铺装层,进而引发一系列连锁性结构病害,首先会导致内部钢筋发生电化学锈蚀,锈蚀产物体积膨胀会让混凝土保护层胀裂、剥落,明显削弱结构的承载能力与耐久性,其次当环境温度低于零度时,侵入混凝土毛细孔中的水分会反复冻融,产生巨大的内应力,致使混凝土表面出现由表及里的崩解、剥落也就是冻融破坏,加速结构的劣化进程<sup>[1]</sup>。

## 1 伸缩缝常见质量通病及成因分析

### 1.1 伸缩缝渗水

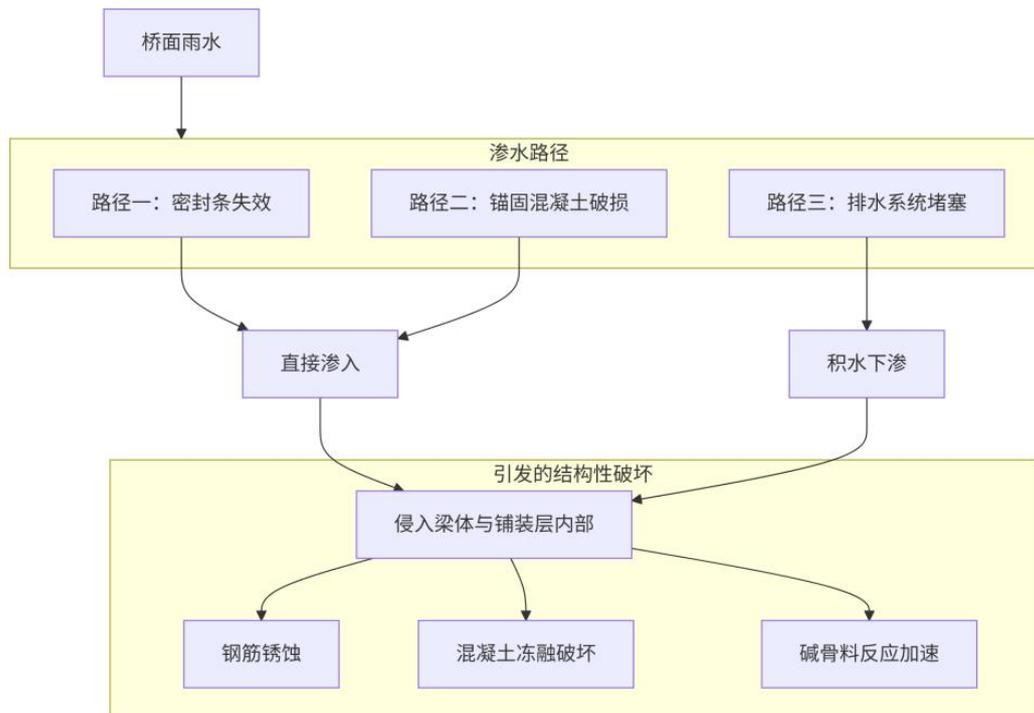


图 1 路径渗入桥梁结构内部

它的成因主要能归结到三个方面。首先最直接的原因是橡胶密封条本身失效, 作为防水第一道防线的密封条长期暴露在紫外线、臭氧、温度交替及车辆荷载冲击之下, 要是材料耐候性不足比如没选优质氯丁橡胶或三元乙丙橡胶, 就很容易发生老化、硬化、失去弹性甚至开裂的情况。此外安装时若没保证其与型钢槽口紧密贴合或者接头处理不当, 也会形成先天性缝隙。其次锚固区混凝土破损是另一个关键成因。该区域混凝土因为振捣不密实、配合比不当比如没有采用补偿收缩混凝土或者养护不足, 导致强度不够、产生裂缝, 在车辆持续的冲击荷载作用下, 混凝土容易出现破损, 进而在伸缩缝与梁体的刚性连接处形成渗水通道。最后排水系统失效也加剧了渗水风险, 要是设计时导水槽、落水管等排水构造本身不合理, 或者后期维护中泥沙、杂物堵塞了这些通道, 会造成水流在缝内积聚而无法及时排除, 增加了静水压力, 让水流更容易从上述密封条和混凝土的缺陷处渗入(如图1所示)。

### 1.2 锚固体系失效

在高速公路桥梁伸缩缝投入使用的过程当中, 锚固体系失效属于较为常见且影响严重的质量问题。其典型现象体现为伸缩缝和梁体之间连接出现松动情况, 车辆行驶通过时会产生十分明显的跳车现象, 这不但影响行车过程的平稳性以及舒适性, 还会对车辆零部件造成额外的损耗, 连接松动的部位还会伴随有异响的情况产生, 进而干扰到正常的驾驶环境, 要是问题持续不断地恶化下去, 甚至会造成伸缩缝整体出现脱落的状况, 严重威胁桥梁结构安全以及行车安全<sup>[2]</sup>。

锚固体系失效的成因主要涵盖多个不同方面。首先锚固钢筋焊接质量差属于关键因素之一, 具体表现是焊缝长度未达到设计规范要求, 不能提供足够的连接强度, 或者未采用跳焊工艺致使焊接应力集中, 降低了焊接接头的可靠程度。其次预埋钢筋位置偏差或数量不足也会影响锚固效果, 位置偏差会造成钢筋无法准确与伸缩缝装置连接, 而数量不足则会让连接点承载能力有所下降。此外混凝土浇筑不密实内部存在孔洞蜂窝等缺陷, 以及混凝土强度未达设计要求, 都会削弱混凝土对锚固钢筋的握裹力, 进而降低锚固体系的整体稳定程度, 最终引发锚固体系失效相关问题<sup>[3]</sup>。

### 1.3 混凝土破损

在高速公路桥梁伸缩缝那个地方, 混凝土破损属于较为普遍且不能忽视的质量问题。它直观的现象是伸缩缝周边混凝土表面出现蜂窝状孔洞与麻面, 也就是表面粗糙且存在众多细小凹坑, 这严重影响了混凝土的外观质量, 随着病害不断发展还会出现裂缝, 裂缝的宽度和长度各不相同, 有的细微得如同丝线一般, 有的则会逐渐扩展延伸开来, 情况严重的时候甚至会出现混凝土剥落的状况, 使得伸缩缝处结构暴露在外, 让钢筋锈蚀风险大幅增加, 进而对桥梁整体结构安全与耐久性构成威胁。

造成混凝土破损的成因主要有下面这几点。一是混凝土配合比存在不当情况, 没有使用补偿收缩混凝土, 在混凝土硬化进程当中, 由于收缩变形无法获得有效补偿, 进而在其内部产生拉应力, 当拉应力超出混凝土抗拉强度时就会出现裂缝。二是振捣不够密实, 施工的时候振捣棒插入深度以及振捣时间不足, 导致混凝土内部存在空隙, 同时模板拼接不够严密出现漏浆状况, 使得混凝土密实度降低且强度下降。三是车辆荷载频繁产生冲击, 在长期作用下混凝土结构疲劳损伤不断累积, 再加上养护工作做得不足, 混凝土表面水分散失速度过快, 产生干缩裂缝后进一步加剧了混凝土破损程度。

### 1.4 伸缩受阻

在高速公路桥梁运营过程当中伸缩受阻是伸缩缝处突出且危害大的问题。其直观现象是伸缩缝没办法按照设计要求自由进行伸缩变形, 在温度升降以及车辆荷载反复作用等工况之下, 梁体因为伸缩缝的“束缚”产生不合理的应力集中情况。当这种应力超过梁体混凝土材料抗拉强度的时候就会引发梁体开裂问题, 裂缝不但会削弱梁体的结构承载能力还可能进一步扩展危及桥梁整体安全, 同时桥面铺装层也会因伸缩缝伸缩受阻在车辆行驶产生动荷载反复冲击下出现裂缝抗槽破碎等损坏, 这严重影响行车的平稳性与舒适性还增加交通事故发生风险。

伸缩受阻的成因主要有下面这几种情况。一是杂物堆积堵塞伸缩空间, 在日常使用过程当中, 沙石泥土垃圾等杂物容易落入伸缩缝内, 要是养护清理不及时的话, 这些杂物会逐渐填满伸缩间隙, 形成物理阻碍让伸缩缝无法正常伸缩。二是异型钢变形或安装偏差超标, 异型钢在生产运输安装过程里, 可能因为碰撞焊接质量不佳等原因发生变形, 或者在安装时位置角度偏差过大, 都会影响伸缩缝的伸缩性能。三是伸缩量计算不准确且选型不当, 设计时若没有充分考虑桥梁所处环境温度变化范围、车辆荷载特性等因素, 导致伸缩量计算出现偏差, 选用的伸缩缝型号无法满足实际伸缩需求, 进而引发伸缩受阻方面的问题。

## 2 质量通病预防措施

### 2.1 设计阶段优化

设计阶段作为高速公路桥梁伸缩缝质量控制首要环节, 对保障伸缩缝功能及桥梁整体性能至关重要。科学选型是基础, 要依据桥梁类型、跨径以及环境条件(温度、荷载)精准选择伸缩缝形式, 比如对于大跨径桥梁, 由于温度变化和车辆荷载引起的伸缩量较大, 宜选用模数式伸缩缝, 其伸缩量L计算公式为

$$L = \sum_{i=1}^n l_i$$

(其中 $l_i$ 代表各伸缩单元的伸缩量)这种情况能较好地适应大位移方面的需求, 而梳齿板式伸缩缝适用于中等跨径的桥梁。

防水强化工作是不可或缺的,要在伸缩缝处合理设置防水卷材、密封胶以及导水系统,防水卷材能够有效阻挡雨水的渗透,密封胶可以填充缝隙防止水分侵入结构内部,导水系统则可将渗入的水引导排出避免积水侵蚀结构。

细节设计其实也相当关键,得明确伸缩缝跟桥面铺装以及栏杆的断开要求。桥面铺装和伸缩缝断开的地方要预留足够间隙,避免因伸缩致使铺装层受拉开裂,栏杆与伸缩缝连接的部位需采用特殊构造,确保其能够随伸缩缝自由变形,防止因伸缩受拉造成损坏,以此全方位保障伸缩缝在设计阶段的科学性与合理性。

同时设计时降低桥梁预埋钢筋的高度,以预埋钢筋离地4cm进行控制,减少临时伸缩和后期开挖槽口时的破坏,同时有利于缝体的安装。

## 2.2 材料质量控制

在高速公路桥梁伸缩缝的施工过程当中,材料质量属于决定其性能与使用寿命的关键因素,一定要对其进行严格把控。在密封材料的选择上要选用耐候性强的氯丁橡胶或者三元乙丙橡胶。这类密封材料需要满足特定的力学性能相关指标,拉伸强度要达到 $\sigma \geq 10\text{MPa}$ 这个标准,该指标反映的是材料抵抗拉伸破坏的具体能力,其数值越高表明材料在拉伸的时候越不容易断裂,扯断伸长率要达到 $\epsilon \geq 300\%$ 的要求。它体现出来的是材料自身具备的柔韧性,扯断伸长率较大意味着材料在受力变形之后恢复原状的能力更强,能够有效适应伸缩缝出现的伸缩变形从而防止密封失效。

混凝土要选用补偿收缩混凝土,其限制膨胀率需满足 $\eta \geq -0.02\%$ ,通过添加膨胀剂来补偿混凝土硬化过程中的收缩从而减少裂缝产生,同时要确保骨料级配合理且水泥用量符合设计要求以保障混凝土的密实性和强度。

## 2.3 施工工艺规范

在高速公路桥梁伸缩缝施工过程当中,严格遵循施工工艺规范是保障工程质量关键所在。

临时伸缩缝施工时采用挤塑板将小桥D60缝隙进行填塞,防止后期杂物堆积在缝隙中,减少后期工作量。

及时检查桥梁缝体的宽度是有与设计相符合,发现不符情况及时向设计单位提出,确保缝体型号与实际情况相符。

切缝与清槽的时候,要先按照设计宽度精准进行放样弹线,切缝必须做到垂直整齐且杜绝啃边现象,切缝深度h需要依据设计要求来确定,以此保证能够顺利开槽并且不会破坏桥梁结构。随后使用风镐进行开槽,并配备高压水枪及时冲洗段面,保证缝体内的干净。要彻底清除槽内杂物并将预埋钢筋理顺,要是钢筋数量不足则应该及时进行植筋,安装定位这个环节,需使用全站仪精准测放伸缩缝中心线,确保其与梁缝中心线能够重合且偏差 $\Delta x \leq 1\text{mm}$ 。型钢安装要保证直线度偏差 $\delta \leq 1.5\text{mm/m}$ ,缝体顶面标高要低于桥面铺装0~

2mm,网片筋焊接时控制网片筋保护层厚度。夏季高温混凝土浇筑时间选择在温度较低时进行。混凝土浇筑要分层振捣密实,避免出现蜂窝麻面从而影响结构强度,浇筑完成之后,要覆盖土工布+塑料布并且洒水进行养护,养护时间 $t \geq 14$ 天,而且在混凝土强度达到设计值80%之前禁止车辆通行,通过这些举措确保伸缩缝施工质量并延长其使用寿命。

## 2.4 后期维护管理

高速公路桥梁伸缩缝的后期维护管理是保障桥梁长期安全稳定运行的重要关键环节。定期检查属于基础性工作,每季度都要对伸缩缝开展全面清理工作,去除其中堆积的沙石、泥土等各类杂物,防止这些杂物阻碍伸缩缝正常伸缩,同时要仔细检查密封条状况,查看是否存在老化、开裂、弹性丧失等情况,一旦发现问题就要及时记录并安排进行更换。专项检测需运用红外热像、超声波检测等先进技术,红外热像能够精准捕捉伸缩缝内部温度异常状况,超声波检测可深入发现内部结构损伤等潜在隐患问题。在及时维修方面,针对轻微裂缝要采用注胶修补方式,注胶压力需要严格进行把控,若伸缩缝出现严重破损情况,比如混凝土严重剥落、型钢变形等,那就需要整体更换伸缩装置(见表1)。

表1 伸缩缝维护管理内容及周期

维护类别	具体内容	维护周期
定期检查	清理杂物、检查密封条	每季度
专项检测	红外热像、超声波检测等	每年至少一次
及时维修	轻微裂缝注胶、严重破损更换装置	发现问题立即处理

## 3 结论

预防高速公路桥梁伸缩缝质量通病是系统性工程,要全面贯穿设计施工及后期维护全生命周期。设计阶段需精准进行伸缩缝选型,施工阶段要严格把控材料质量并规范工艺流程,维护阶段应加强定期巡检与保养工作,多管齐下才能显著降低伸缩缝病害发生几率,保障桥梁长期安全稳定运行。展望未来科技飞速发展,研究可聚焦智能监测技术深入应用,借助物联网传感器实现对伸缩缝状态实时感知与数据精准采集,达成实时预警与精准维护目标,为桥梁伸缩缝质量保障提供高效智能解决方案。

## [参考文献]

[1] 李晓兰. 公路桥梁伸缩缝常见病害及养护管理[J]. 住宅与房地产, 2020, (27): 187-188.

[2] 杜维坤. 高速公路桥梁伸缩缝施工工艺及病害治理[J]. 人民交通, 2023 (24): 0059-0061.

[3] 武平. 道路桥梁工程伸缩缝施工质量控制策略探讨[J]. 中国科技投资, 2023 (6): 134-136.

作者简介: 马雨帮, 1989年12月, 汉族, 男, 江苏淮安, 本科, 工程师, 研究方向为道路工程、桥梁与隧道工程。