

公路桥梁伸缩缝施工质量控制与病害预防研究

黄 诚¹ 杨春夏²

1.重庆弘钢建设工程监理咨询有限公司 重庆 400000

2.重庆仁耀建筑工程有限公司 重庆 400000

【摘 要】：伸缩缝作为公路桥梁的核心附属结构，主要用于适配桥梁因温度变化、车辆荷载、混凝土收缩徐变产生的伸缩变形，有效规避桥梁主体结构开裂、变形损坏等问题，保障行车平顺性与结构安全性。在公路桥梁长期运营过程中，伸缩缝处于高频受力、干湿交替、荷载冲击的复杂工况中，是桥梁工程的易损薄弱部位。当前我国部分公路桥梁投入运营后，普遍出现伸缩缝松动、渗水、混凝土破损、跳车、型钢变形等病害，不仅降低行车舒适度，加剧车辆磨损，还会引发梁体锈蚀、支座损坏、台背沉降等次生病害，大幅缩短桥梁整体使用寿命。本文基于《公路桥梁伸缩装置技术规范》（JTG/T 3360-01—2019），结合公路桥梁施工实践，系统分析伸缩缝常见病害类型及成因，从施工准备、安装施工、浇筑养护、验收运维全流程梳理质量控制要点，提出针对性的病害预防与整改措施，旨在提升桥梁伸缩缝施工质量，延长结构服役年限，保障公路桥梁工程安全稳定运营。

【关键词】：公路桥梁；伸缩缝；施工质量；病害预防；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.008

1 引言

随着我国交通运输路网体系不断完善，公路桥梁工程建设规模持续扩大，通行荷载、车流量逐年提升，对桥梁结构的耐久性、稳定性提出了更高要求。伸缩缝虽为小型附属构件，但承担着调节桥梁结构位移、缓冲行车荷载、密封防水防渗的关键作用，其施工质量直接影响桥梁整体运营状态。大量工程实践表明，桥梁伸缩缝的病害发生率远高于桥梁主体结构，多数桥梁早期损坏均与伸缩缝施工不规范、质量管控不到位、后期养护缺失密切相关。

现阶段部分施工单位存在重主体、轻附属的施工理念，对伸缩缝精细化施工重视不足，存在材料选用不达标、施工工艺简化、安装精度不足、养护不及时等问题，导致伸缩缝投入使用后短期内出现各类病害。频繁的病害维修不仅增加公路养护成本，还会造成道路拥堵，影响交通通行效率。因此，深入研究公路桥梁伸缩缝施工质量控制技术，精准把控施工全流程要点，建立常态化病害预防体系，对提升桥梁工程施工质量、降低运维成本、保障道路通行安全具有重要的工程实践意义。

2 公路桥梁伸缩缝常见病害及成因分析

2.1 常见病害类型

结合国内公路桥梁运维数据，伸缩缝典型病害主要分为五大类，涵盖结构、材料、防水、行车性能等多个维度。一是混凝土破损开裂，表现为伸缩缝两侧锚固混凝土剥落、裂缝、空鼓、掉块，是最普遍的病害类型；二是伸缩缝渗水漏水，密封胶条老化、脱落、开裂，导致雨水、路面积水渗入梁体内部；

三是型钢变形松动，伸缩缝型钢翘曲、偏移、变形，锚固钢筋焊接脱落，缝体位移受阻；四是行车跳车病害，伸缩缝顶面与桥面平整度偏差过大，车辆通行时产生颠簸冲击；五是杂物堵塞失效，伸缩缝缝隙被砂石、垃圾、淤泥堵塞，导致结构伸缩功能失效，引发梁体挤压开裂。

2.2 病害核心成因

2.2.1 施工工艺不规范

施工工艺缺陷是伸缩缝早期病害的核心诱因。伸缩缝开槽施工中，部分施工人员未严格按照设计尺寸控制槽口宽度、深度，槽口清理不彻底，残留浮渣、灰尘、积水，导致新老混凝土结合不紧密，出现空鼓开裂。安装阶段，型钢标高控制偏差过大，未与桥面铺装层保持平齐，平整度误差超标，直接引发跳车现象。同时，锚固钢筋焊接工艺不达标，存在漏焊、虚焊、焊缝饱满度不足、焊接长度不达标等问题，降低了伸缩缝整体锚固强度，长期荷载冲击下出现钢筋脱落、型钢松动。

2.2.2 材料质量不达标

伸缩缝耐久性与材料性能密切相关。部分工程为控制成本，选用劣质型钢、密封橡胶条及锚固混凝土材料。型钢材质强度、刚度不达标，抗冲击、抗变形能力不足，长期受力易发生弯曲变形；橡胶密封条耐老化、耐低温性能较差，在户外干湿、温差循环工况下快速老化开裂、脱落，丧失防水密封功能。此外，锚固混凝土配合比不合理，水灰比过大、骨料级配不良，未采用微膨胀抗裂混凝土，混凝土收缩变形大，极易产生裂缝破损。

2.2.3 环境与荷载因素影响

公路桥梁长期暴露在自然环境中,温差变化、雨水冲刷、紫外线照射、冻融循环等自然因素,持续侵蚀伸缩缝结构与材料。北方地区冬季冻融反复作用,会导致锚固混凝土内部结构破坏、剥落;南方多雨地区长期积水渗透,会锈蚀内部钢筋,降低结构承载力。同时,当前公路重载车辆、超限车辆通行频繁,远超伸缩缝设计承载标准,高频次、大冲击力的车辆荷载,会加速伸缩缝型钢变形、混凝土破损、密封结构失效,大幅缩短伸缩缝使用寿命。

2.2.4 后期养护与运维缺失

伸缩缝施工完成后,部分施工现场未严格执行封闭养护制度,混凝土未达到设计强度便开放交通,早期荷载冲击直接造成结构损伤。桥梁投入运营后,养护单位缺乏常态化巡检养护机制,未能及时清理伸缩缝缝隙杂物、更换老化橡胶条、修补微小裂缝,导致轻微病害持续扩大,最终发展为结构性病害,造成伸缩缝整体失效。

3 公路桥梁伸缩缝全流程施工质量控制措施

依据现行桥梁施工规范,结合工程实操经验,构建施工准备-现场安装-浇筑养护-验收管控全流程质量控制体系,实现伸缩缝施工标准化、精细化管控。

3.1 施工准备阶段质量控制

施工准备是保障伸缩缝施工质量的基础,需从技术、材料、现场三方面严格把控。首先,强化技术交底与图纸会审,施工技术人员需熟悉伸缩缝型号、设计伸缩量、安装标高、槽口尺寸等核心参数,结合施工现场温度、桥梁跨度确定精准安装间隙,杜绝凭经验施工。针对斜交桥梁、大跨度桥梁,需精准计算伸缩偏移量,提前优化施工方案。

其次,严格把控原材料进场检验。型钢、橡胶伸缩密封条、锚固钢筋、混凝土原材料必须具备出厂合格证与检测报告,进场后进行抽样复检。型钢需检查外观无变形、锈蚀、裂纹,尺寸精度符合设计标准;橡胶条需具备良好的弹性、耐老化、耐低温性能;混凝土优先选用微膨胀细石抗裂混凝土,严格控制水灰比 ≤ 0.4 ,砂率控制在35%~40%,优化骨料级配,提升混凝土密实度与抗裂性。

最后,做好现场预处理工作。根据设计图纸精准放样,确定伸缩缝开槽范围、标高控制线,采用机械开槽结合人工修整的方式施工,避免过度开槽损伤原有桥面铺装结构。开槽完成后,彻底清理槽口内部浮渣、灰尘、杂物,吹干积水,保证槽口干燥洁净,为后续混凝土浇筑、钢筋焊接创造良好条件。

3.2 安装施工阶段核心质量控制

安装精度直接决定伸缩缝使用性能,是质量管控的核心工序。首先进行钢筋预处理,对槽口内预留预埋钢筋进行梳理、校正,对锈蚀、弯曲、缺失的钢筋进行补焊、更换,保证钢筋间距、锚固长度符合规范要求。采用 CO_2 气体保护焊进行钢筋焊接作业,杜绝漏焊、虚焊,保证焊缝饱满、焊接牢固,焊接完成后及时清理焊渣,做好钢筋防锈处理。

其次开展伸缩缝型钢安装定位,根据现场实时温度精准调整伸缩缝预留缝隙,匹配桥梁伸缩变形需求。利用千斤顶、水平仪精准调整型钢标高,确保伸缩缝顶面与桥面铺装层平齐,平整度误差严格控制在1mm以内,纵向顺直度偏差不得超过规范限值。型钢定位完成后,将型钢锚固筋与桥梁预埋筋牢固焊接,采用分段对称焊接工艺,避免焊接高温导致型钢变形偏移,保障整体结构稳定性。

最后进行橡胶密封条安装,待型钢安装固定完成、槽口验收合格后,清理型钢卡槽内部杂物,选用匹配规格的橡胶条,人工压实嵌入卡槽,确保密封条贴合紧密、无松动、无翘边、无褶皱,全方位阻断雨水渗透通道,保障防水密封性能。

3.3 混凝土浇筑与养护质量控制

混凝土浇筑是防止锚固结构破损开裂的关键环节。浇筑前再次检查槽口清洁度、钢筋焊接质量、型钢定位精度,确认无误后方可开展浇筑作业。采用分层连续浇筑方式,分层厚度均匀,利用插入式振捣器慢速振捣,确保混凝土充盈密实,无气泡、无空洞,杜绝漏振、过振现象,避免混凝土出现蜂窝、麻面、裂缝缺陷。浇筑过程中实时监测型钢位置,防止振捣作业导致型钢偏移、变形。

浇筑完成后及时开展收面处理,进行两次抹面压实,消除表面收缩裂缝,保证桥面平整度一致。养护阶段严格执行封闭管控,设置警示标识,混凝土养护周期不少于7d,养护期间严禁车辆、行人通行。采用土工布覆盖洒水保湿养护方式,保持混凝土表面持续湿润,避免阳光直射、风干温差引发的收缩开裂。冬季施工需做好保温防冻措施,夏季高温需增加洒水频次,规避温度应力破坏。

3.4 竣工验收阶段质量控制

伸缩缝施工完成后,需按照规范标准开展全面竣工验收,合格后方可交付使用。外观检查方面,检查伸缩缝型钢顺直、无变形锈蚀,橡胶条安装完好、密封严密,锚固混凝土表面平整密实、无裂缝、剥落、空鼓缺陷。尺寸检测方面,精准检测缝宽、标高、平整度、顺直度,所有偏差参数需符合JTG/T 3360-01—2019规范要求。

同时核查施工资料完整性,包括原材料检测报告、焊接记录、混凝土配比资料、养护记录、隐蔽工程验收记录等,建立完整的施工质量档案,实现施工全过程质量可追溯。验收不合格的部位,制定专项整改方案,限期整改复检,杜绝带病交付使用。

4 公路桥梁伸缩缝病害预防专项措施

4.1 优化施工工艺,杜绝结构性缺陷

摒弃粗放式施工模式,推行精细化、标准化施工工艺。统一开槽、清槽、焊接、安装、浇筑、养护标准化作业流程,明确各工序质量标准与责任人员。针对高频病害问题优化工艺,跳车病害重点管控型钢平整度与标高精度;渗水病害重点强化橡胶条安装质量与槽口密封处理;混凝土破损病害重点优化混凝土配比、严控振捣与养护质量。同时建立工序交接验收制度,上道工序不合格严禁进入下道工序,从源头规避施工质量缺陷。

4.2 严控材料质量,提升结构耐久性

建立原材料全过程管控机制,杜绝劣质材料进场。根据区域气候条件选用适配材料,多雨潮湿地区优先选用高防腐型钢、高强度耐老化橡胶条;北方冻融地区选用抗冻等级高的微膨胀混凝土,提升结构抗冻、抗渗、抗裂性能。定期对进场材料进行抽样复检,对不合格材料坚决清退出场,通过优质材料保障伸缩缝长期稳定服役。

4.3 强化日常巡检与养护运维

建立常态化桥梁伸缩缝养护巡检制度,定期开展外观、功能专项检测,重点排查橡胶条老化开裂、缝隙堵塞、混凝土裂缝、型钢松动等隐患。日常养护中及时清理伸缩缝内部砂石、垃圾、淤泥,保证伸缩缝自由伸缩;对轻微开裂、剥落的混凝土及时修补,对老化失效的橡胶条及时更换,实现病害早发现、早处置,避免小病害扩大为结构性损坏。

同时严格管控重载、超限车辆通行,减少超大荷载对伸缩

缝的冲击损伤,延长结构使用寿命。结合无损检测技术,定期对伸缩缝锚固结构、焊接部位进行检测,精准排查隐蔽病害,提升养护工作针对性。

4.4 建立质量管控长效机制

施工单位需转变施工理念,重视附属结构施工质量,加强施工人员技能培训与技术交底,提升作业人员精细化施工意识与专业能力。建立质量责任追溯体系,明确各岗位质量职责,将施工质量与绩效考核挂钩,杜绝违规施工、简化工艺等问题。同时结合工程实际,持续优化伸缩缝施工方案,积极应用新型施工工艺、新型耐久材料,不断提升伸缩缝施工质量与病害防控水平。

5 结论与展望

公路桥梁伸缩缝是保障桥梁结构变形协调、行车平顺安全的关键附属结构,其施工质量与病害防控直接关系桥梁整体耐久性与通行安全性。当前伸缩缝病害主要由施工工艺不规范、原材料质量不达标、荷载与环境侵蚀、后期养护缺失四大因素导致,具有多发性、普遍性、渐进性的特点。

本文结合现行行业规范与工程实践,构建了伸缩缝施工全流程质量控制体系,明确了施工准备、安装定位、浇筑养护、竣工验收各环节精细化管控要点,针对各类典型病害提出了源头预防、过程管控、后期养护的全方位防控措施。通过标准化施工、原材料严控、常态化养护、制度化管理,可有效降低伸缩缝病害发生率,解决跳车、渗水、混凝土破损、型钢失效等常见问题,显著提升伸缩缝施工质量与服役寿命,降低桥梁后期运维成本,保障公路路网安全稳定运行。

未来,随着路桥工程技术不断升级,新型耐久材料、智能化施工设备、信息化监测技术将广泛应用于伸缩缝施工与养护领域。后续可结合 BIM 技术、无损检测技术、在线监测系统,实现伸缩缝施工全过程智能管控、病害实时预警,进一步提升公路桥梁伸缩缝工程的精细化、智能化、长效化质量管控水平,为公路桥梁工程高质量发展提供技术保障。

参考文献:

- [1] 交通运输部.JTG/T 3360-01—2019 公路桥梁伸缩装置技术规范[S].北京:人民交通出版社,2019.
- [2] 李刚.公路桥梁伸缩缝施工质量控制及病害防治技术[J].工程技术研究,2025(02):156-158.
- [3] 王浩.高速公路桥梁伸缩缝常见病害成因及预防措施[J].交通世界,2024(36):89-91.
- [4] 张伟杰.桥梁伸缩缝精细化施工工艺与质量管控研究[J].公路交通科技,2025(05):112-115.
- [5] 刘军.市政桥梁伸缩缝病害机理及养护修复技术[J].城市道桥与防洪,2024(08):201-203.