

公路桥梁工程伸缩缝施工的质量控制

徐安系

平阳县交通投资集团有限公司 浙江 温州 325400

摘要: 伸缩缝作为公路桥梁结构中的关键构造部件,承担着调节桥梁因温度变化、混凝土收缩徐变、车辆荷载等因素引起的变形功能,对保障桥梁结构安全、行车舒适性及使用寿命具有至关重要的作用。然而,在实际工程中,伸缩缝病害频发,成为影响桥梁耐久性和运营安全的重要因素。本文系统分析了公路桥梁伸缩缝的功能、类型及其常见病害成因,重点围绕施工前准备、安装过程控制、混凝土浇筑与养护、质量检验与验收等关键环节,提出了全过程、精细化的质量控制措施。通过结合工程经验与规范要求,旨在为提升伸缩缝施工质量、延长桥梁服役寿命提供理论支撑与技术指导。

关键词: 公路桥梁; 伸缩缝; 施工质量; 质量控制; 病害防治

引言

随着我国交通基础设施建设的快速发展,公路桥梁数量持续增长,对桥梁结构的安全性、耐久性和使用性能提出了更高要求。伸缩缝作为连接桥梁上部结构与桥台(或相邻梁段)的关键构件,其主要功能是适应桥梁在温度变化、混凝土收缩徐变、地震作用及车辆荷载等多重因素作用下产生的纵向、横向及竖向位移,同时保证桥面连续、行车平稳,并有效防止雨水、杂物进入梁体内部造成结构腐蚀。然而,由于设计选型不当、材料质量低劣、施工工艺粗糙、后期维护缺失等原因,伸缩缝成为桥梁结构中最易发生病害的部位之一。常见的病害包括锚固混凝土开裂剥落、型钢变形断裂、橡胶条老化脱落、漏水渗水、跳车噪音大等。这些问题不仅严重影响行车舒适性与安全性,还可能加速桥梁主体结构的劣化,缩短桥梁使用寿命,增加后期维修成本。因此,加强伸缩缝施工阶段的质量控制,从源头上预防病害发生,是提升桥梁整体工程质量的关键环节。

1 伸缩缝的功能、类型与选型原则

1.1 伸缩缝的基本功能

伸缩缝在桥梁结构体系中扮演着不可或缺的角色。其核心功能在于协调桥梁结构在复杂环境与荷载作用下的变形需求。具体而言,伸缩缝首先需具备良好的位移调节能力,能够有效释放由昼夜温差、季节性温度变化以及混凝土自身收缩徐变所引发的结构内应力,避免因约束过度而在梁体或支座处产生裂缝甚至破坏。其次,伸缩缝必须具备可靠的防水密封性能,防止雨水、融雪剂、泥沙等有害介质通过缝隙渗入桥梁下部结构,进而侵蚀支座、墩台乃至基础,威胁结构安全。此外,伸缩缝还需提供平顺的行车界面,减少车辆通过时的冲击振

动,提升驾驶舒适性与安全性^[1]。最后,在满足自由变形的前提下,伸缩缝还应能有效传递轮载作用力至下部结构,确保桥梁整体受力体系的协调与稳定。

1.2 常见伸缩缝类型

根据结构形式与适用位移量的不同,目前公路桥梁中应用较为广泛的伸缩缝主要包括对接式、模数式、梳齿板式和无缝式四大类。早期的小跨径桥梁多采用对接式伸缩缝,如U型镀锌铁皮或紫铜板结构,其构造简单、造价低廉,但耐久性差、易老化漏水,现已逐渐被淘汰。模数式伸缩缝则因其优异的综合性能而成为当前主流选择,该类型由边梁、中梁、横梁、位移控制系统及密封橡胶带等组成,可适应80mm至1200mm的大范围位移,且承载能力强、防水效果好,广泛应用于大中跨径连续梁桥与斜拉桥。梳齿板式伸缩缝通过固定齿板与活动齿板的交错咬合实现伸缩功能,无橡胶密封件,适用于位移量超过160mm的场合,尤其在北方寒冷地区因不易冻胀而受到青睐,但其缝隙较宽,易积存杂物,需加强日常清理。无缝式伸缩缝则利用高弹性弹塑体材料(如TST)或改性沥青玛蹄脂填充缝隙,适用于位移量小于50mm的中小桥梁,施工便捷、行车平顺,但高温下易软化流淌,低温时又可能变脆开裂,对材料性能和气候适应性要求较高。

1.3 选型原则

选型过程中,必须综合考虑桥梁的结构形式、跨径布置、预期位移量、交通荷载等级、环境条件以及全寿命周期成本等多重因素。其中,位移量的准确计算尤为关键,需依据当地极端气温范围、混凝土收缩徐变理论值以及活载挠度进行叠加分析,确保所选伸缩缝的最大允许位移量留有适当安全裕度。同时,对于重载交通频

繁或高速路段,应优先选用刚度大、抗冲击性能好的模数式产品;在沿海或除冰盐使用频繁区域,则需关注材料的耐腐蚀性能。此外,施工便利性与后期维护难度也应纳入考量,避免因构造过于复杂而导致安装误差或养护困难。设计阶段应严格遵循《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》(JT/T 327)等相关规范,杜绝“小缝大用”或“大缝小用”的不合理配置。

2 伸缩缝常见病害及成因分析

2.1 主要病害类型

在实际运营过程中,伸缩缝常出现多种病害,严重影响桥梁使用性能。其中最为普遍的是锚固区混凝土的开裂与剥落,这往往导致型钢失去有效支撑而松动甚至脱落。型钢本身也可能因长期承受超重车辆冲击或材料缺陷而发生变形甚至断裂。橡胶密封带则易受紫外线、臭氧、油污等环境因素侵蚀而老化、硬化、撕裂或从卡槽中脱出,丧失密封功能。此外,泥沙、碎石、冰雪等杂物若未能及时清理,极易堵塞伸缩间隙,限制其自由伸缩能力,进而诱发结构附加应力^[2]。更为严重的是,一旦密封失效或排水不畅,雨水便会沿缝隙渗入梁端及支座区域,造成钢筋锈蚀、混凝土碳化、支座失效等一系列连锁损伤。而当伸缩缝两侧桥面存在明显高差或基层不平整时,车辆通过会产生剧烈跳车与异响,不仅降低行车舒适性,还可能引发交通事故。

2.2 病害成因分析

表1 病害成因

病害类型	主要成因
锚固混凝土开裂	预留槽口尺寸偏差、钢筋布置不足、混凝土强度/密实度不足、养生不到位、过早开放交通
型钢变形断裂	材料质量不合格、焊接工艺缺陷、安装标高误差大、超重车辆反复冲击
橡胶带损坏	材质劣质、安装拉伸过度或不足、未设防滑锚固、环境老化
伸缩缝堵塞	缺乏日常清理、梳齿板缝隙过大、周边排水不良
跳车异响	两侧桥面高差 > 2mm、混凝土与型钢粘结不牢、基层不平整

由此可见,施工质量控制不严是导致伸缩缝早期病害的核心原因,远超过设计或材料本身的问题。

3 伸缩缝施工全过程质量控制要点

3.1 施工前准备阶段的质量控制

3.1.1 技术交底与方案审查

施工前的技术准备工作必须系统而严谨。应依据设计文件和现行规范编制专项施工方案,明确伸缩缝安装的工艺流程、质量控制标准及安全措施。随后应组织设计、监理与施工三方开展详细的技术交底会议,重点就桥梁实测位移量、预埋件定位精度、混凝土性能指标等

关键参数达成共识,确保施工人员充分理解技术要求,杜绝因理解偏差导致的操作失误。

3.1.2 预留槽口与预埋件检查

预留槽口和预埋钢筋是伸缩缝锚固体系的基础,其质量直接影响整体稳定性。施工前须对梁端预留槽的宽度、深度及平整度进行全面复核,允许偏差一般控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。同时,逐根检查预埋钢筋的位置、数量、规格及外露长度,对偏位超过 10mm 或缺失的钢筋,必须采用植筋方式进行补强。此外,槽口内残留的浮浆、油污及松散混凝土应彻底清除,并用高压水或空压机冲洗干净,以确保新旧混凝土界面粘结牢固,避免形成薄弱层。

3.1.3 测量放样

精确的测量放样是保证伸缩缝安装精度的前提。应采用全站仪或精密水准仪复测桥梁中心线、梁端实际间隙宽度及两侧桥面标高。特别需要注意的是,伸缩缝的安装开口尺寸必须根据现场实测间隙和当日气温进行动态调整,严禁在非设计温度条件下强行压缩或拉伸装置。只有基于真实工况数据进行放样,才能确保伸缩缝在运营期间自由伸缩而不产生附加应力。

3.2 伸缩缝安装过程的质量控制

3.2.1 运输与存放

伸缩缝装置在运输过程中应保持整体状态,避免扭曲、碰撞或局部受力,宜采用专用支架固定。到场后应存放于干燥、平整且遮阳避雨的场地,防止型钢锈蚀或橡胶老化。橡胶密封带须单独包装,远离油类、溶剂及高温热源,以免材料性能劣化,影响后期密封效果。

3.2.2 定位与固定

伸缩装置安装前,应按现场的实际气温调整其安装定位值,吊装时应按制造工厂标明的吊点位置进行起吊,并使用龙门架或专用吊具平稳就位,严禁施工人员踩踏型钢造成变形^[3]。安装就位时应使其中心线与桥梁的中心线相重合,在桥面的横坡方向应按每米一点的间距进行其顶面高程的测量控制和调整,利用可调支撑架精确控制顶面标高,确保其与两侧桥面高差不超过 2mm ,且纵坡连续一致。初步定位后进行临时点焊固定,并报请验收,确认无误后方可进入焊接工序。

3.2.3 焊接质量控制

焊接作业必须由持证焊工操作,优先采用 CO_2 气体保护焊以减少热影响区。焊接顺序应先连接锚固钢筋与预埋筋,再处理型钢之间的接头,避免集中热输入导致结构变形。焊缝高度不得小于 8mm ,表面应均匀饱满,不得存在夹渣、气孔、未熔合等缺陷。焊后应及时清除焊渣,并对焊缝区域涂刷防锈漆,防止早期腐蚀。

3.2.4 橡胶密封带安装

橡胶密封带应在锚固混凝土达到一定强度后安装,以避免施工污染或机械损伤。安装时需按厂家技术要求适度拉伸(通常为自然长度的1.1~1.2倍),确保嵌入型钢卡槽后平顺无褶皱。两端必须可靠锚固,防止在车辆冲击或温度变化作用下脱出,从而保障长期密封性能。

3.3 混凝土浇筑与养护的质量控制

3.3.1 混凝土配合比与性能

锚固混凝土应选用强度等级不低于C50的微膨胀早强混凝土,并掺加聚丙烯纤维(掺量约 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$)以提升抗裂性能。坍落度宜控制在80~100mm,既保证良好的流动性便于密实填充,又避免离析泌水影响强度发展。

3.3.2 浇筑工艺

浇筑前应对槽口充分湿润但无明水,并涂刷专用界面剂以增强新旧混凝土粘结。浇筑过程应分层进行,采用插入式振捣器仔细振捣,尤其关注锚固区钢筋密集部位,确保混凝土密实无空洞^[4]。顶面收浆抹平时,必须与型钢顶面严格齐平,杜绝出现凸起或凹陷,以免影响行车平顺性或造成积水。

3.3.3 养护管理

初凝后应立即覆盖土工布与塑料薄膜,实施不少于7天的洒水保湿养护。养护期间严禁任何车辆通行,开放交通时间不得早于混凝土强度达到设计值的90%,通常不少于7天。在冬季低温环境下,还需采取覆盖保温材料或搭设暖棚等措施,防止混凝土早期受冻,确保强度正常发展。

3.4 成品保护与验收

3.4.1 成品保护

伸缩缝安装完成后,应立即设置醒目的警示标志和临时围挡,防止后续施工机械碾压或碰撞造成型钢变形、橡胶带脱落等损伤。在桥面铺装或其他交叉作业期间,应安排专人巡查,确保成品不受破坏。

3.4.2 验收标准与程序

验收工作应严格依据《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1)执行。主控项目包括伸缩缝实际宽度(允许偏差 $\pm 5\text{mm}$)、顶面与桥面高差($\leq 2\text{mm}$)、焊缝外观质量及混凝土强度。所有检测数据应如实记录,作为质量追溯依据。

3.4.3 功能性测试

除外观与尺寸检查外,还应进行功能性验证。可通过人工推拉伸缩缝检查其伸缩是否灵活顺畅,无卡滞现象;也可进行注水试验,观察是否有渗漏,以评估密封

系统的有效性。只有通过全部功能性测试,方可认定安装合格。

3.4.4 资料归档

施工完成后,应将产品合格证、材料检测报告、隐蔽工程验收记录、混凝土试块强度报告、焊接检验记录及功能性测试结果等资料系统整理归档,形成完整的质量档案,为后期运维和责任追溯提供依据。

4 提升伸缩缝施工质量的管理建议

为系统性提升伸缩缝施工质量,建议从管理机制与技术手段两方面入手。施工单位应设立伸缩缝专项质量管控小组,推行“首件工程认可制”,即在正式施工前完成一个标准段,经各方验收合格后方可全面铺开。同时,可积极推广BIM技术,在施工前通过三维模型对预埋件位置、槽口尺寸及安装空间进行碰撞检查与虚拟装配,提前发现并解决潜在问题。在材料管理方面,必须强化进场检验制度,对型钢、橡胶带等关键材料进行抽样送检,坚决杜绝不合格产品流入施工现场。监理单位则应完善旁站制度,对焊接、混凝土浇筑等关键工序实施全过程监督。最后,应建立完善的质量追溯机制,对每道伸缩缝进行唯一编号,详细记录施工参数、操作人员、验收数据等信息,实现全生命周期可追溯。

5 结语

公路桥梁伸缩缝虽为局部构造,却关乎全桥安全与耐久。其施工质量受材料、设计、工艺、管理等多因素影响,必须坚持“精细化、标准化、全过程”控制理念。通过严格把控施工前准备、安装精度、混凝土质量及养护管理等关键环节,辅以科学的管理制度与技术手段,可有效预防伸缩缝病害,延长桥梁使用寿命,保障公路交通的安全畅通。未来,随着新材料(如高分子复合材料)、新工艺(如预制装配式伸缩缝)的发展,伸缩缝施工质量控制水平将进一步提升,为交通强国建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1]陈琼琼.公路桥梁伸缩缝施工工艺质量控制技术[J].时代汽车,2025,(23):193-195.
- [2]王指示.公路桥梁伸缩缝施工的质量控制分析[J].产品可靠性报告,2024,(10):135-137.
- [3]王健.公路桥梁工程伸缩缝施工质量控制[J].交通世界,2024,(20):186-188.
- [4]李康.公路桥梁工程伸缩缝施工质量控制技术研究[J].交通世界,2024,(14):149-151.