

# 公路桥梁伸缩缝安装施工技术研究

雷 鸣

重庆洪富建筑工程有限公司 重庆 401147

**摘 要:** 随着“交通强国”战略的不断深入和“新基建”热潮的不断推动,我国道路桥梁正在向着大跨度、高速度和重载化发展。传统的施工技术已经难以满足交通建设新时期的需求。伸缩缝是连接桥梁和车道的重要组成部分,其作用不仅仅局限于适应结构的变形,还需要实现行车安全性能优化、防水防渗建设以及满足长期使用需求,因此优化伸缩缝安装施工技术是保证道路桥梁交通安全运行的重要措施。鉴于此文章主要分析公路桥梁伸缩缝安装施工关键技术,促进安装施工技术优化,提升施工质量。

**关键词:** 公路桥梁; 伸缩缝; 安装; 技术

在国家十四五综合交通发展计划的指导下,我国道路交通转型升级进程加快,其中,跨海大桥、山地高墩桥等类型的复杂道路桥梁比例大幅增加,对其关键构件的受力性能提出了更高的要求。伸缩缝是道路桥梁的关键连接点,既要精确地适应交变温度、动荷载作用下的动力变形,又要具有防水防渗、降噪减振等多项综合作用。随着超高性能混凝土的大量使用,智能可调阻尼器等新型材料和设备的大量使用,加之恶劣天气条件下的桥梁结构的变形特性,使得现行的设计规范难以实现对其参数的定量控制和多工况协同建造。为此升级公路桥梁伸缩缝技术成为解决问题的关键。

## 一、公路桥梁伸缩缝的简介

伸缩缝是路桥施工中较为关键的部分,做好伸缩缝的安装工作对推动工程建设进度以及保证路桥的稳定使用均具有重要作用<sup>[1]</sup>。随着高速公路的建设工艺的发展,越来越多的伸缩缝装置类型出现,具体有如下几种:钢质支撑式伸缩装置,其主体为钢结构,能够很好地适应横向变形;第二类是对接型膨胀伸缩缝,分为插接型和嵌固式两种;第三类是板型橡胶伸缩缝,其设计思想是利用其较小的抗剪强度,使螺栓和梁端连接以承受荷载<sup>[2]</sup>。第四类是采用无缝的伸缩设备,其特点是将柔性材料填充到悬梁末端的膨胀缝内,并铺设防水

膜,以满足上部结构的膨胀和收缩变形。

## 二、公路桥梁伸缩缝安装施工技术存在的问题

### (一) 施工技术缺乏细节控制

在道路桥梁伸缩缝的安装中,对各个重要工序的技术的控制质量,关系到工程的最后质量。但是,目前的施工过程中,由于缺乏精细的施工管控技术,导致了诸多问题。比如在对伸缩缝进行切割时,因工人对裂缝深度和宽度的控制不当,造成伸缩缝设备难以精确安装,从而严重制约切割安装技术的发展<sup>[3]</sup>。由于锚固区的钢筋绑扎质量存在差异,加上一些建设企业为了加快施工进度,采取了较少的焊补次数或者没有按照规范要求对其进行检验,致使其与桥梁主体的结合强度较低,在反复的车辆荷载下容易导致其锚固体系的破坏。另外,在施工过程中,由于振捣不当,出现了蜂窝麻面等缺陷,这不但会使混凝土的强度下降,而且还会为水、腐蚀性介质的渗透,加快了裂缝的发展和桥梁的破坏。

### (二) 新材料和新设备的适用性不强,技术规范落后

随着新型材料和装置(如纳米复合材料和智能调谐阻尼器)在公路桥梁伸缩缝中的广泛使用,使得既有建造工艺与新技术之间的匹配问题日益突出。比如新材料对环境温度和湿度的要求极其严格,施工主体对安装时的环境条件忽略,仍然采用常规的施工方式,致使伸缩缝力学特性得不到很好的利用。另外,由于伸缩缝新型施工设备涉及到传感器和控制系统等多个组成单元,其装配的准确性也非常高,而目前的相关规范并没有对该设备进行具体的安装工艺和质量验收规范,因此,在实际操作中,施工人员施工时会产生安装上的误差,从而

**作者简介:** 雷鸣(1979年10月20日),工作单位:重庆洪富建筑工程有限公司,性别,男,民族:汉,籍贯:重庆,学历:本科,工程管理,执业资格证书:一级建造师,研究方向:公路工程。

会使智能监控和调整的功能无法正常发挥。比如在高海拔大温差、滨海盐雾等极端天气条件下，新型结构和器件的耐久性能问题更加凸显，而目前的构建方法很难在特定环境下高效适应。

### （三）安装质量控制系统不健全，缺乏全程监督

目前，我国公路桥梁伸缩缝的安装施工中，其质量控制系统还不够完善，不能对整个工程进行有效监控。在工程建设初期，对工程中所用的伸缩缝设备和原材料进行检查，使工程中掺入了一些不合格的材料，从而造成了工程的安全隐患。在工程建设中，由于工程监理频率不够，检查内容不够完整，很难检测出钢筋间距不合理、密封胶涂抹不均等隐蔽问题。同时，由于缺少对建筑工人进行系统的训练和评估，使得建筑工人的技能高低不一。工程竣工过程中，由于工程建设过程中的质量验收准则不明确，伸缩缝的功能性检验（如伸缩、防水等）不够严谨，缩短了伸缩缝的服役年限，增大了维修费用，以至于危及到了整个桥梁的安全。

## 三、公路桥梁伸缩缝安装施工技术的优化改进措施

### （一）提升各环节施工技术的精细化程度

为顺利做好伸缩缝的安装工作，应结合实际施工条件选择具有可行性的施工方法，提升公路桥梁伸缩缝安装施工技术各环节的精细化程度，借助有效的技术升级提升整体安装质量。具体来说伸缩缝安装技术需要对切缝、钢筋安装加固以及混凝土浇筑等重点技术环节进行优化升级。

#### 1. 对切缝开槽技术进行精确加工

在公路桥梁伸缩缝施工过程中，切缝的精确与否，关系到伸缩缝设备的嵌固匹配程度和后期使用效果。常规的手工割缝方法容易出现切割深度不够和宽度不均匀等缺陷，造成了在安装后的错台和跳车等病害。采用3D激光扫描器从各个角度对桥梁表面进行扫描，获得其曲面的3D点云，并在专用的计算机辅助下对其进行数据的处理和分析，可以清楚地显示出桥面的平整度和高程变化等。根据实测的结果，提出个体化的切缝设计方案，针对桥梁面板的局部不平问题，通过调节接缝的宽度和角度，确保桥面与伸缩缝设备的底部完全吻合，降低由于接缝缝隙引起的渗漏等问题，提高了整个工程的安装质量<sup>[4]</sup>。利用高精密的数控设备切割机，根据设计图上的伸缩缝尺寸，实现对切割工具的运动轨迹、切削速度和切削深度进行精确的控制。以普通模数伸缩缝为例，采用数控切割机，可以使伸缩缝的厚度偏差小于2毫米，

而宽度的偏差小于1毫米，从而保证了伸缩缝装置与切割槽的完美匹配。

#### 2. 强化钢筋安装加固技术

锚固区的加固效果直接影响到节点与主要结构之间的可靠度。为此引进GQFGJX模数伸缩装置通过对型钢、支撑系统、连杆系统等进行了创新性的设计，克服了以往工程中出现的各种缺陷<sup>[5]</sup>。车辆行驶产生的冲击荷载通过中梁、边梁、横梁及弹性支承传递竖向力和扭矩，通过位移弹簧传递水平力，利用弹性支承的阻尼缓冲性能，将冲击荷载传递到梁体或桥台。同时，通过串联高分子剪切位移弹簧组成的位移控制系统使各单元缝宽保持一致，即在各型钢之间采用剪切弹簧串联布置在中梁底部，通过串联结构剪力相等使剪切弹簧产生等量剪切变形来控制缝宽的均匀性。在型钢的选用方面，选用了屈服强度为345 MPa以上、抗拉强度为470 MPa的高强度Q345D高强度钢材，比普通Q235钢材的强度提高了48%，大大提高了伸缩设备的承载力。基于可调节的柔性支承系统，通过对其进行柔性调节，使其垂直方向的位移偏差小于1.5 mm，较常规的刚性支承精度提高60%以上，从而解决了由于位置不同步引起的局部应力集中问题。在山区大吨位、高速度的装配式公路桥梁中，采用GQFGJX模块化的“模块化”技术，将预先嵌入的带肋筋和高强锚杆进行锚固，经拉伸测试，其锚固力可达280 kN，比常规的焊接锚固方法提高55%，GQFGJX模数伸缩装置与传统型钢安装参数对比如下表1。

表1 GQFGJX模数伸缩装置与传统型钢安装参数对比

材料	传统伸缩缝安装装置	GQFGJX模数伸缩装置
纵梁	Q235钢，屈服强度235MPa	Q345D低合金结构钢，屈服强度345MPa；强度提升46.8%，抗疲劳性能更佳
橡胶密封	普通橡胶	三元乙丙橡胶（EPDM）
位移弹簧	普通弹簧	高阻尼合金弹簧钢

#### 3. 混凝土浇筑技术

在施工过程中，采取了多层连续浇注和高频率振捣两种方法，可以使混凝土的密实性得到明显的改善。为防止一次性浇注太多，造成混凝土的振捣不严密，应采用分层浇注，每次浇注的厚度应控制在30~50 cm。该设备采用高频振动器，其工作频率为每min 10000~15000次，利用高频震动充分沉降骨料，排除气泡，消除蜂窝麻面等缺陷。振动时，采用振捣器快速插入，缓慢拔出，防止因振动过久而引起的混凝土离析。采用智能控温技

术对混凝土浇筑和养护期间的温度进行实时监控，可以防止混凝土开裂。通过在混凝土中埋入一种测温装置，将测得的测温信息传送给监测终端，并在混凝土内外温差大于25℃的情况下进行报警。在此基础上，通过采取覆盖保温棉被、洒水降温等保温、降温措施，保证混凝土在合适的温度条件下固化，改善其抗裂能力和综合强度。

## (二) 新材料新装置适配性施工技术

### 1. 超高性能混凝土就地搅拌技术的优选

超高性能混凝土具有超高强度和高耐久等特点，但其搅拌技术条件苛刻。利用竖轴式行星驱动式水泥砂浆搅拌装置，利用行星齿轮驱动，使其具有旋转和旋转的双重作用，在搅拌刀的作用下，对材料进行立体切割，将骨料、胶凝材料和掺合料的均匀性提高到98%以上，比普通卧式搅拌机高效40%以上，具体搅拌性能指标对比见表2。搅拌阶段，研制专门用于物料剪切的割袋机构，利用机器人手臂精确地调控物料与物料缓冲仓之间的距离（5-10厘米），结合真空吸尘技术，将物料扬尘量降低75%以上，达到《建筑施工场界环境噪声与扬尘排放标准》的规定。比如在某跨江大桥伸缩缝安装期间，为了保证钢纤维的分布均匀，对超高性能混凝土的掺混工艺进行了详细的研究。通过调控骨料（0.1-0.3 mm微粉含量15%）和超塑化剂（2.5%）的掺量，可获得750 mm的膨胀性能，28 d抗压强度超过150 MPa，比设计指标提高20%。

表2 超高性能混凝土设备与常规混凝土设备  
搅拌性能指标对比

参数指标	传统常规混凝土设备	超高性能混凝土设备
搅拌转速 (r/分钟)	125	185
搅拌时间 (分钟)	5	6-10
减水剂掺量 (%)	2.0	2.6
混合均匀度	85~90	90~98

### 2. 引进先进的施工设备

构建规范的伸缩接头设备安装工艺，基于建筑信息模型和三维逆向建模技术，对伸缩缝安装区域进行毫米级别的精确测绘，形成可用于引导施工的数字化模型。在装配过程中，采用力矩-转角双重调控方法进行螺钉拧紧，采用智能型力矩调节（精度±3%）配合转角传感器，保证预紧力误差小于±5%。将此方法用于高速公路

的智能化膨胀节点工程，实现了对节点位置的共轴线偏差控制在0.1度以内，信号传递延时缩短到5毫秒以内。功能实验方面，搭建低温（-40℃ -80℃）、车辆动载荷（0-200 kN）和湿（30%-95%相对湿度）的多物理场耦合实验平台。通过重复的载荷实验，实现变形监控精度优于0.1 mm，扩展速度优于0.3秒，比常规设备的失效预测准确性提高85%，保证了桥梁的安全性和运行的高效性。

### 3. 高海拔大温差区域的施工工艺优化

高原气候条件下，温差可超过20度，气温的急剧波动会引起伸缩缝结构的剧烈膨胀和收缩，这对其施工质量和耐久性提出了严重的挑战。选取一天中温度较平稳的时间段（早上10点-晚上2点）实施，使外界温度变化幅度在±3℃以内，从而减小因温差引起的结构偏差。在此基础上，提出“温差补偿型”的施工方法，即在施工过程中，利用事先算好的测量值，对施工过程中所测得的变形量进行调节。比如，在3500 m高的山地大桥建设中，经温度补偿后，伸缩缝的预留宽度比原设计尺寸增大8-12 mm，可有效地防止由于温差引起伸缩缝的挤出损坏。

## 结束语

公路桥梁建设向智能化和复杂化方向发展，对其伸缩缝施工安装技术也需要进行不断的创新。需要对新型材料的研发进行深入的研究，提高其智能建造的规范，强化整个寿命期的性能监控，从而使我国的公路桥梁伸缩缝工程质量进一步发展，从而为我国的交通工程建设奠定良好的技术基础。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] 叶丽宏, 宋世刚, 张雨惠.新型桥梁隐形无缝伸缩装置研究与应用[J].浙江建筑, 2024, 41(04): 36-39.
- [3] 赵蕾.公路桥梁工程施工中桥梁伸缩缝施工的研究探讨[J].汽车周刊, 2024, (06): 145-147.
- [4] 刘红亮.公路桥梁伸缩缝施工技术要点[J].交通世界, 2023, (10): 186-188.
- [5] 屈鹏程.桥梁伸缩缝施工工艺及要点分析[J].运输经理世界, 2023, (08): 117-119.