

高速公路桥梁加宽拼接施工质量控制探讨

陈亮

黑龙江省交投工程监理咨询有限公司，黑龙江 哈尔滨 150001

DOI:10.61369/ME.2025040036

摘要：在车流量不断增加的大背景下，既有公路桥梁加宽拼接已经成为提高道路通行能力的重要手段。本文以高速公路桥梁加宽拼接施工的质量控制为切入点，从施工前准备、施工关键环节控制、质量检验和验收三个方面对其进行了系统的分析，并在此基础上，对影响拼接质量的主要因素和控制要点进行了系统的分析，并在此基础上，提出了一种有针对性的质量保证方法，为类似的工程提供了借鉴。

关键词：高速公路；桥梁加宽；公路桥梁

Discussion on Quality Control of Widening and Splicing Construction of Expressway Bridges

Chen Liang

Heilongjiang Jiaotou Engineering Supervision Consulting Co., Ltd. Harbin, Heilongjiang 150001

Abstract : Against the backdrop of increasing traffic volume, widening and splicing of existing highway bridges has become an important means to improve road capacity. This article takes the quality control of highway bridge widening and splicing construction as the starting point, and systematically analyzes it from three aspects: pre construction preparation, key construction link control, quality inspection and acceptance. Based on this, the main factors and control points that affect splicing quality are systematically analyzed, and a targeted quality assurance method is proposed, providing reference for similar projects.

Keywords : expressway; bridge widening; highway bridge

近年来，我国高速公路的交通量以每年8%–10%的速度递增，一些既有桥梁已经不能满足交通需求。桥梁加宽拼接是指在既有桥梁一侧或两侧新建桥梁的情况下，加宽道路，节省投资，减少占地，减少交通影响。然而，在拼接施工过程中，如果质量控制不当，极易引起新老结构沉降差异、节点开裂和行车舒适度降低，严重影响桥梁的服役寿命和运营安全。例如，一座高速公路加宽工程，由于地基处理不当，在通车半年之内，新旧桥台之间的差异沉降达到8毫米，造成了桥面铺装的纵向裂缝，养护费用高达百万元。

一、施工前期准备阶段的质量控制

(一) 设计文件复核与优化

施工前，需对现有桥梁和新建区域进行地质勘察报告进行复核，并通过补充钻进、静力触探等方法，对地基的承载力、土层分布等进行核实。对于地质复杂的地段，辅助钻孔间距应控制在10~15米之间，钻孔深度必须穿透软土层至硬土层2米以上。以软土地区为例，对其地基处理方案的合理性进行验证，采用静载试验确定其承载力，确保新老基础沉降差值小于5 mm。在某工程中，为了避免后期沉降超限，在增加钻探点数30%的情况下，发现了原设计中没有发现的暗沟。

检查新旧桥梁的结构型式、跨距、支座型式等，确保各节点刚度相匹配。利用有限元软件对新老结构在车辆荷载下的应力分

布进行仿真，在节点处应力集中系数大于1.5的情况下对节点构造进行优化。对于梁体拼接，需对新旧梁挠度差异进行检验，当活荷载作用下挠度差异大于2 mm时，需对新增梁体截面尺寸或配筋方案进行调整。在一座连续梁桥的加宽工程中，增加了新梁腹板的厚度，使挠度差值由2.3 mm减小到1.8 mm，达到了设计要求，并取得了良好的效果。

组织专家对施工方案进行论证，重点审查交通导改、支架搭设和吊装技术。交通引导改造方案需要通过模拟仿真，保证车辆通行净宽度不小于3.5米，净高不小于5米。如在跨线桥梁加宽时，既要保证支座承载能力满足施工荷载要求，又要尽量减小对现有交通的影响。支护体系的抗倾覆验算，其安全系数不小于1.5；验算起吊设备的重量和工作半径，保证梁的吊装需要，起吊安全系数不小于1.2。

作者简介：陈亮（1980.05-），男，汉族，黑龙江省哈尔滨市方正县人，研究生，副高级职称，研究方向：高速公路桥梁加宽拼接。

(二) 原材料与设备质量控制

钢材：按批检验屈服强度、抗拉强度和延伸率，HRB400E钢筋的屈服强度应 ≥ 400 MPa，拉伸强度 ≥ 540 MPa，断裂伸长率 $\geq 16\%$ ；从每批钢筋中随机抽取3根试件，经 180° 弯折后，无开裂现象^[1]。

混凝土：检查施工配合比，保证新建结构的混凝土强度不低于既有结构，如既有梁采用C50，拼接段宜采用C50或C55；进场混凝土应按每班2次进行坍落度试验，坍落度控制在 180 ± 20 mm以内。

连接材料：特殊材料如植筋胶、灌浆料等应进场复查，植筋胶的抗剪强度标准值应不低于10 MPa，而灌浆材料28天的抗压强度不低于60 MPa。植筋胶需进行湿热老化实验，5000小时后其性能保留率不小于80%。

对摊铺机、压路机和钢筋加工机械的标定，要求摊铺机熨平板温度传感器的误差不超过 $\pm 5^\circ\text{C}$ ，振捣棒的振动频率不超过5%。钢筋裁断机切割长度误差不超过 $\pm 1\text{mm}$ ，折弯机切割角度误差不超过 $\pm 1^\circ$ 。全站仪和水平仪等测量仪器，必须在有效期限内由法定计量机构检验合格，其测距精度要达到 $2\text{mm}+2\text{ppm}$ ，水准仪每公里往返误差不超过2mm。

(三) 既有桥梁结构检测与评估

对既有桥梁的病害如开裂，剥落，钢筋腐蚀等进行检查，并将裂缝的宽度、长度和分布情况记录下来。采用裂缝宽度检测仪，测量精度达到0.02 mm，用超声波检测仪测量裂缝深度。当腹板纵向裂缝宽度大于0.3 mm时，应采用压力注浆的方法对其进行修补，灌浆压力控制在0.2~0.4 MPa，灌浆半径不小于100 mm。该桥超限裂缝32处，经灌浆处理后，裂缝闭合率大于95%。

采用回弹法和钻芯法对既有混凝土进行强度检测，反弹法每测区测点16个，取芯直径 ≥ 100 mm、高径比值为1~2的芯样。利用超声波对内部缺陷进行检测，当声速比正常区低10%时，判断为缺陷区。对支座的状况进行检查，发现支座脱空面积大于20%，变形大于10%时，在进行拼接前必须更换支座。某工程更换了12个老化支座，消除了梁的不均匀沉降隐患。

在旧桥墩台、梁体和新增部位分别布置沉降观测点，观测点布置密度为每墩台4个，梁体每跨6个。本项目拟采用连续观测7天，以1次/天的频率进行观测，计算沉降量和日平均沉降率，建立沉降基准数据库，为施工过程中沉降监测提供基础数据。对观测资料进行严格的平差处理，保证其精度符合二等水准的要求^[2]。

二、关键施工环节质量控制

(一) 地基处理与基础施工

对于软土地基，采用水泥土搅拌桩和高压旋喷法进行处理，桩体垂直度偏差不超过1%。桩顶标高误差控制在50mm以内。水泥搅拌桩掺入15%以上，桩身水泥用量误差不超过 $\pm 5\%$ ，桩身无侧限抗压强度 ≥ 1.5 MPa；处理后的地基承载力应满足设计要求，如180 kPa的静载荷试验结果需 ≥ 180 kPa，沉降不大于20 mm/24小时。在软土地基处治工程中，桩数增加20%后，地基承载力由170千帕提高到195千帕。

在新建桩基础施工过程中，对钻孔垂直度进行控制，偏差不超过1%。桩底沉渣厚度不超过50 mm，采用钢丝绳测定。钻孔

灌注桩混凝土坍落度控制在180~220mm，导管埋入2~6米，提升速率 ≤ 2 米/分。采用声波透射法对桩身完整性进行检测，每段测点3个，其中I类桩占90%以上，III、IV类桩严禁出现。在某工程中，由于钢筋笼上浮，有2个桩被评定为III类桩，经高压灌浆处理后，已达II类桩。

承台砼浇筑时，需在与原有墩台的连接处设键槽，键槽深度 ≥ 100 mm，宽度 ≥ 200 mm，采用特殊模具成形，棱角分明。新老混凝土结合面必须进行凿毛，露出新骨料的面积 $\geq 70\%$ ，冲洗干净。墩台施工完毕后，用全站仪对其轴线偏差进行测量，允许偏差在10mm以内，高程偏差在5mm以内^[3]。在承台施工过程中，由于模板移位引起的轴线偏离12mm，通过调整模板重新浇注，达到了设计要求。

(二) 梁体拼接施工质量控制

立杆间距不超过50mm，横撑的步距不超过100mm，立杆的垂度偏差不超过1/200。施工完成后，采用1.2倍设计荷载的预压方法，分3个阶段（50%，80%，100%）加载，每次加载结束后1小时观察沉降，沉降稳定标准是24小时以内2 mm。预压结束后进行卸载，按沉降量设置预拱度，保证了梁体成型后的高程满足设计要求。通过对某支架的预压试验，发现其最大沉降量为8 mm，据此设置预拱度，梁的标高误差控制在 ± 3 mm以内。

新梁采用吊装设备进行吊装，吊装前要对吊点位置进行合理计算，保证梁的受力均匀，挠度不大于 $L/2000$ （L是梁的长度）。梁轴线偏差不超过10mm，顶面偏差不超过5mm，采用全站仪和水准仪联测。安装完毕后，对梁体与既有梁之间的缝隙进行检查，缝隙宽度控制在20~30mm，以利于后续接缝的施工。某梁在安装过程中，由于吊装偏差，出现了45mm的间隙^[4]。

植筋施工：钻孔直径大于钢筋直径4~6mm，孔深10~15倍钢筋直径，用专用清孔器清除孔内灰尘，直到看不到明显的灰尘为止。植筋胶是用喷射枪进行的，由孔底开始，缓慢地注入，深度为 $2/3$ ，插入钢筋后转动30度以保证胶层均匀。植筋后做拉拔试验，抗拔强度不低于标准值的0.9倍。

湿接缝浇筑：采用膨胀剂掺量8%~12%、初凝时间 ≥ 6 小时的微膨胀混凝土浇筑接缝。浇注前应清除界面上的浮渣，并洒水润湿，使接触面保持饱和干燥。用振捣棒振捣10~15秒，使混凝土表面无气泡，在初凝前再次振捣，以保证混凝土的密实度^[5]。

预应力施工：以6个月以内的张拉设备为周期对张拉应力进行标定，使其应力偏差 $\leq \pm 5\%$ ，并通过应力和伸长双重控制，使伸长值偏差 $\leq \pm 6\%$ 。张拉顺序按照设计要求，分阶段张拉持荷2分钟，对称张拉。张拉完毕后，立即进行压浆，水泥浆的水胶比0.26~0.28，抗压强度 ≥ 30 MPa。

(三) 桥面系拼接施工

在新老桥面铺装的拼接中，需要在既有桥面上切台阶，台阶宽 ≥ 500 mm，高 ≥ 50 mm，采用切割机切割，切边平整无松动。对台阶表面进行凿毛处理，暴露骨料，清扫干净后，涂刷0.3~0.5公斤/平方米的界面剂。采用双钢轮压路机对其进行碾压，初压、复压、终压次数不少于8次，压实度 $\geq 96\%$ 。由于碾压温度不达标，桥面压实只有93%，返工后压实率达97%。

伸缩缝安装标高偏差不超过3mm，用水准尺测量，接缝与桥面平整，高程偏差在2mm以内。缝隙宽度按设计要求进行调整，误差为 ± 5 mm。在安装完毕后，用泡沫板将缝隙填满，并在上面

盖上钢板, 以防止杂物进入^[6]。在冬季, 由于伸缩缝温度调节不当, 出现了过大的裂缝, 通过更换胶条来解决。

护栏连接处应设置20mm宽的变形缝, 用沥青麻絮填充, 深度 ≥ 50 mm。当护栏与既有结构连接时, 应焊接长度 ≥ 10 天 (d为钢筋直径), 焊缝厚度 ≥ 6 mm, 采用双面焊接, 焊接后清除焊渣, 检查无气孔和裂纹。在浇注护栏混凝土的过程中, 要注意振捣时不能碰到模板, 避免产生蜂窝麻面, 表面平整度偏差在3mm以内。

(四) 沉降与位移监控

在施工过程中, 沉降观测频率分别为: 基础施工阶段1次/2天, 梁施工阶段1次/3天, 桥面施工阶段1次/3天。采用自动监测系统时, 每30分钟取样一次, 当沉降速度大于每天5 mm时, 应停止施工, 分析原因, 采取相应的加固措施^[7]。某工程监测到3d内沉降达到12 mm, 当即中止荷载, 补桩后沉降基本得到控制。

新老结构的差异沉降应在5 mm以内, 若与之接近, 可采用调整新结构预拱度和增设临时支撑的方法加以控制。临时支护采用千斤顶, 其承载能力不低于设计荷载的1.5倍, 分阶段进行调节。对于软土地区, 可以通过堆载预压预压, 使其达到设计荷载1.1倍, 并在30天内预压, 直到沉降率 ≤ 2 mm/天。

三、质量检测与验收

(一) 中间验收项目

对桩基进行承载力、桩承载力、桩帽完整性、桩帽尺寸等方面检测。低应变测试覆盖率达100%, 高应变测试占总数的5%以上。承台长宽 ± 30 mm, 高 ± 20 mm, 表面平整度不超过8mm^[8]。

采用全站仪对梁轴线和高程进行测量, 其轴线偏差在10mm以内, 高程不超过 ± 5 mm。采用回弹回弹法检测混凝土强度, 每100 m² 10个测区, 每测点16个, 回弹强度与设计值偏差大于15%时, 用钻芯法进行验证。采用超声波检测的方法, 对预应力孔道压浆充填度进行检测, 每孔检测3个断面, 合格率达到100%。

对植筋抗拔力和湿缝强度进行检查, 每批植筋上拔试验数量为每批钢筋的1%, 且不少于3根, 试验破坏方式为钢筋屈服, 不破坏胶层。湿接缝混凝土试块的抗压强度应 \geq 设计强度, 每50 m³一组, 每组3块。

(二) 竣工验收标准

接缝表面平整, 无裂缝, 蜂窝, 麻面, 用2米直尺检验, 偏差在3mm以内。接缝处高差不超过3mm, 轴线偏差不超过10mm。

混凝土表面色泽均匀, 修补痕迹不明显。

静载荷试验时, 最大跨中挠度不得大于计算值的1.1倍, 卸载后的残余挠度不得大于其最大挠度的20%; 在试验过程中, 控制断面的最大应变值均未超过规范规定的限值^[9]。

混凝土碳化深度 ≤ 20 mm, 用碳化深度测量仪测量, 每件测3点。钢筋保护层的厚度偏差不超过 ± 5 mm, 采用钢筋位置检测仪进行检测, 每个构件取10个测点。桥面防水层防水试验合格 (0.3 MPa水压30分钟无渗漏), 用防水计测定, 每1000米² 1个。

四、质量问题预防与处理

(一) 常见质量问题及预防措施

预防措施: 混凝土浇注温度 ($\leq 30^{\circ}\text{C}$), 夏季采用冰水拌和, 集料遮阳; 用0.02%~0.03%的微膨胀混凝土补偿收缩; 加强养护 (养护时间 ≥ 14 天), 用土工布覆盖, 浇透水, 使表层保持湿润。

处理方法: 裂缝宽度 ≤ 0.2 mm时, 采用表面封闭法, 涂刷1~2毫米厚的环氧树脂胶粘剂; 对于宽度大于0.2 mm的裂缝, 采用压力注浆法进行修补, 注浆压力0.2~0.4 MPa, 注浆后养护7天。

防治措施: 优化地基处理方案, 采用长短桩复合地基处理软弱地基; 采用堆载预压的方法来消除部分沉降, 并分阶段施加预压荷载; 控制新建结构的施工进度, 每一层至少7天^[10]。

处理办法是: 当沉降差异大于5 mm时, 在墩台处增设顶升装置, 用液压千斤顶逐级调整梁高, 每一次顶升量不超过5 mm, 累计顶升不超过设计限值。

(二) 质量追溯与改进

建立施工质量可追溯系统, 对施工过程中的每一道工序实施“三检制”(自检、互检和专检), 并将检查人员、检查时间、检查结果记录下来。定期召开质量分析会议, 针对不合格问题制定整改措施, 如植筋抗拔力不足时, 应加大钻孔深度, 更换植筋胶, 并进行双倍抽样检查。

五、结束语

综上所述, 高速公路桥梁加宽拼接施工的质量控制, 应从前期准备、施工实施和验收三个阶段进行。通过对原材料的严格检查, 对施工参数进行控制, 并对其进行实时监控, 可以有效地降低质量缺陷, 保证拼接后的桥梁的安全和耐久性。

参考文献

- [1]蒋焘.高速公路桥梁加宽拼接施工质量控制技术研究 [J].重庆建筑,2025,24(01):80~83.
- [2]施汝军.高速公路桥梁加宽拼接技术要点浅谈 [J].科学咨询(科技·管理),2021,(19):64~65.
- [3]柴智.公路桥梁拼接施工技术探讨 [J].黑龙江交通科技,2020,43(08):87+89.
- [4]樊莹,熊小华.高速公路桥梁拼接施工技术应用 [J].交通世界,2019,(32):121~122.
- [5]温泉,郭凯斌.高速公路桥梁拼接加宽设计及施工要点分析 [J].交通世界,2018,(29):120~121.
- [6]徐军.高速公路桥梁拼接化学植筋施工法及质量控制 [J].工程建设与设计,2018,(10):190~191.
- [7]赵彦斌.分析高速公路桥梁加宽拼接技术 [J].山西建筑,2018,44(03):178~180.
- [8]唐超.高速公路桥梁加宽拼接技术浅谈 [J].四川水泥,2017,(06):43.
- [9]刘坦.浅谈连霍高速公路(潼关至西安段)桥梁双侧加宽拼接施工技术 [J].建材与装饰,2017,(09):248~249.
- [10]谢尧,恩艳锋.沪宁高速公路桥梁拼接施工与质量控制 [J].山西建筑,2010,36(11):341~342.