

UHPC 高性能混凝土加固旧桥的施工关键技术及应用实践

谢华良 文刚 叶科 唐龙

四川省交通建设集团有限责任公司 四川 成都 610000

【摘要】：在交通基础设施升级改造的背景下，旧桥加固工程对材料性能与施工技术提出了更高要求。UHPC 高性能混凝土凭借其优异的力学性能和耐久性，成为旧桥加固的理想材料，但小方量施工适配性、极端环境浇筑质量控制等问题制约了其推广应用。本文基于实际工程实践，聚焦三大关键技术：加固桥小方量 UHPC 混凝土采用普通拌合站搅拌技术、新旧混凝土结合面处理技术以及浇筑后综合养护抗裂技术，通过对技术原理、操作要点及应用效果的系统分析，为同类工程提供技术参考，实现旧桥加固工程质量提升与成本优化的双重目标。

【关键词】：旧桥加固；UHPC 高性能混凝土；施工技术；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.098

随着我国交通事业的快速发展，早期建设的桥梁受施工工艺、材料性能限制，叠加长期超载运营与车流量激增影响，普遍出现结构病害，严重威胁通行安全与舒适度。在绿色低碳、节能环保的发展理念指引下，旧桥扩容加固升级成为交通基础设施建设的重要任务。UHPC 高性能混凝土作为一种具有高抗压强度、高抗弯性能及良好耐久性的新型建筑材料，在旧桥加固中展现出显著优势，但其搅拌设备专用性强、施工环境适应性差、新旧结构结合难度大等问题，导致工程成本增加与质量风险上升。

常见 UHPC 混凝土搅拌依赖专用离心式搅拌机，需从新建站，粉尘及污水易污染环境，且不适用于小方量加固工程；新旧混凝土结合面处理不当易出现脱空、剥离等病害；浇筑后养护措施不到位会严重影响材料性能发挥。针对上述问题，本文结合实际工程案例，深入研究三大关键技术的原理与应用，为 UHPC 混凝土在旧桥加固中的高效应用提供技术支撑。

1 工程概况

G5 京昆高速公路绵阳至成都段扩容项目 TJ8 标段，毗河大桥位于成青金快速路，该桥受 G5 京昆高速公路绵阳至成都扩容项目五环互通立交新建高架桥侵占，需将桥梁部分结构拆除改造并进行还建。单幅桥梁总宽由 26m 改造为 17.6m，并对改造的空心板进行加固处理，从新浇筑垫石及更换支座，铰缝及铺装采用 UHPC 高性能混凝土浇筑，重新植入护栏钢

筋浇筑防撞护栏。

2 关键技术原理与应用

2.1 加固桥小方量 UHPC 混凝土采用普通拌合站搅拌技术

2.1.1 技术背景

旧桥加固工程中 UHPC 混凝土用量通常较小，若采用专用搅拌设备，会产生高额的设备采购、进出场及安装调试费用，且设备利用率低，造成资源浪费。普通混凝土搅拌站在工程现场广泛分布，通过合理改造即可满足 UHPC 混凝土搅拌要求，有效降低施工成本。

2.1.2 技术原理

UHPC 混凝土搅拌的核心难点在于钢纤维分散均匀性控制与原材料计量精准性保障。在传送带上搭建简易投料平台，设置粉料投料窗口与钢纤维投料窗口，投料口与传送带间安装溜槽及防尘装置，避免材料飞溅与扬尘污染；配料仓底部阀门采用厚织物皮带加铆钉密封，防止石英砂泄漏导致计量偏差；优化搅拌流程，通过干拌、湿拌与纤维投料的分段操作，确保钢纤维均匀分散，避免结团现象。

2.1.3 操作要点

(1) 设备改造：投料平台采用 $\phi 48.0 \times 3.6$ 钢管搭建，长 6 米、宽 3 米，面板铺设 12mm 厚竹胶板。平台开设 3 个直径 $\geq 40\text{cm}$ 的投料口，分别用于水泥、核心粉料及钢纤维投放，溜槽尾部加装兜料布减少材料损耗与扬尘。

收稿日期：2026-2-4。

作者简介：叶科，男，本科，工程师。E-mail: 565493484@qq.com。

通信作者：唐龙，男，本科，助理工程师。E-mail: 3249003737@qq.com。

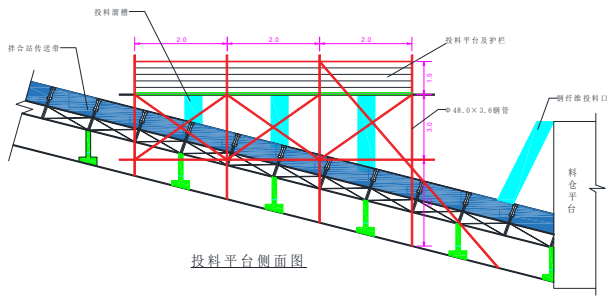


图1 投料平台改造

(2) 原材料存储：水泥存储温度控制在 55℃ 以下，核心粉料、钢纤维及砂采用“上盖下垫”方式防水防潮，按品种、规格分类存放，遵循“先进先用”原则。

(3) 搅拌流程：搅拌前用同配合比砂浆润锅，先将水泥、石英石、核心粉料投入搅拌机干拌 30s，再加入水与外加剂湿拌 180s，待混凝土流化后投放钢纤维，继续搅拌 180s 后出机。搅拌过程中全程监测，确保钢纤维无结团，混凝土均匀性与和易性满足要求。

(4) 计量控制：原材料计量允许偏差严格遵循规范要求，水泥、水、外加剂累计计量偏差±1%，砂累计计量偏差±2%，通过定期校正计量系统保障精度。

2.1.4 应用效果

该技术在 G5 京昆高速公路扩容项目及毗河桥加固工程中应用表明，普通拌合站拌制的 UHPC 混凝土性能满足要求；钢纤维分散均匀，无结团现象，流动性好；与专用设备相比，显著降低工程成本，搅拌过程中扬尘可控，污水处理后排除，满足小方量加固工程的施工需求。

2.2 新旧混凝土结合面处理技术

2.2.1 技术背景

新旧混凝土结合面是旧桥加固工程的薄弱环节，若处理不当，易因粘结强度不足出现脱空、剥离、裂缝等病害，影响结构整体承载能力。结合面的清洁度、湿润度及粗糙度直接决定粘结效果。

2.2.2 技术原理

通过凿面、清洗、湿润等一系列处理措施，去除旧混凝土表面的浮浆、油污、松散层等杂质，增加结合面粗糙度，提高新旧混凝土的机械咬合力；浇筑前保持结合面充分湿润，避免旧混凝土吸收新混凝土中的水分，确保水泥水化反应充分，提升粘结强度，防止脱空现象发生。

2.2.3 操作要点

(1) 凿面处理：采用机械凿毛或人工凿毛方式，对旧桥结合面进行凿面处理，凿毛深度不小于 5mm，确保露出新鲜

混凝土骨料，表面粗糙度满足设计要求；对于铰缝等关键部位，需开设剪力槽，增强结构咬合能力。

(2) 清洗处理：先用高压水枪清除结合面的浮尘、碎屑等杂物，再用中性清洁剂清洗油污，最后用清水反复冲洗，确保结合面无杂质残留；对于空心板铰缝等隐蔽部位，采用风管吹扫，清除内部灰尘。

(3) 湿润处理：浇筑前 24 小时对结合面进行雾状喷水湿润，确保旧混凝土内部充分吸水，但浇筑时结合面不得有明水；采用雾状喷水法可避免局部积水，保持结合面湿润均匀，为新旧混凝土粘结创造良好条件。

2.2.4 应用效果

在毗河桥加固工程中，通过严格执行结合面处理技术，新旧混凝土结合面粘结充分，满足设计要求；工程完工后经检测，结合面无脱空、剥离现象，结构整体稳定性良好，有效提升了加固工程的质量可靠性。

2.3 UHPC 混凝土浇筑后综合养护抗裂技术

2.3.1 技术背景

UHPC 混凝土水胶比低，水化热高，早期收缩明显，若养护不及时或养护措施不当，易产生干燥收缩裂缝，影响材料耐久性与结构安全性。传统覆膜养护或单一喷水养护难以满足 UHPC 混凝土的养护要求，需采用综合养护措施。

2.3.2 技术原理

综合养护技术通过“覆膜保湿+土工布保温+雾状喷淋”的组合方式，实现对混凝土表面温度与湿度的双重控制。覆膜可减少水分蒸发，保持混凝土表面湿润；土工布能有效减缓温度变化速率，降低温度应力；雾状喷淋系统持续保湿，确保混凝土在养护期内始终处于适宜的温湿度环境，抑制收缩裂缝产生。

2.3.3 操作要点

(1) 养护时机：混凝土浇筑完成后，初凝前进行第一次整平，终凝前完成二次整平，随后立即覆盖薄膜，薄膜搭接宽度≥20cm，确保无漏盖、贴合紧密，防止水分蒸发。

(2) 雾状喷淋设置：沿浇筑面纵向每 0.8-1 米设置一个喷头，采用多功能雾状喷淋机提供动力，确保喷淋范围全覆盖；养护期间保持喷淋持续进行，使混凝土表面始终处于湿润状态，避免干湿交替。

(3) 土工布覆盖：在薄膜外侧铺设土工布，并用重物压实固定，土工布需充分浸湿，起到保温保湿双重作用；夏季高温时，土工布可反射阳光，降低混凝土表面温度，减少温度应力。



图2 覆薄膜加工工膜养护

(4) 养护时间: 养护时间不少于7天, 条件允许时延长至14天; 养护期间严禁车辆通行, 避免对混凝土表面造成扰动与损伤。

2.3.4 应用效果

在多项旧桥加固工程中, 采用综合养护技术后, UHPC 混凝土表面未出现收缩裂缝, 干燥收缩值满足设计要求; 混凝土强度发展均匀, 耐久性显著提升, 经长期观测, 结构未出现裂缝、剥落等病害, 养护效果良好。

3 质量控制措施

(1) 遵循现行规范标准, 严格执行《高性能混凝土技术条件》(GB/T41054-2021)、《公路桥涵施工技术规范》(JTGT 3650-2020)、《公路工程质量评定标准》(JTG F80/1-2017)等相关规定, 建立健全“三检”制度, 加强施工过程质量管控。

(2) 利用信息技术系统对施工全过程进行监管, 实时监测原材料计量、搅拌时间、浇筑温度、养护情况等关键参数, 确保施工质量可追溯。

参考文献:

- [1] 交通运输部公路局, 公路桥涵施工技术规范[M].北京:人民交通出版社,2020.Jiaotong Transport Department Highway Bureau.Technical Code for Construction of Highway Bridges and Culverts[M].Beijing:China Communications Press,2020.
- [2] 刘军,王景全.超高性能混凝土结构应用技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2020.LIU Jun,WANG Jingquan.Application Technology of Ultra-High Performance Concrete Structures[M].Beijing:China Architecture&Building Press,2020.
- [3] 张弦,李丽.UHPC 混凝土搅拌与施工工艺优化[J].公路交通科技,2022,39(8):56-63.ZHANG Xian,LI Li.Optimization of Mixing and Construction Technology of UHPC Concrete[J].Journal of Highway and Transportation Research and Development,2022,39(8):56-63.
- [4] 王鹏,赵文涛.新旧混凝土结合面处理技术研究[J].桥梁建设,2021,51(3):89-95.WANG Peng,ZHAO Wentao.Research on Treatment Technology of New and Old Concrete Interface[J].Bridge Construction,2021,51(3):89-95.
- [5] 陈明,杨健.UHPC 混凝土养护抗裂技术应用研究[J].施工技术,2023,52(10):78-82.CHEN Ming,YANG Jian.Research on Application of Curing and Anti-Cracking Technology for UHPC Concrete[J].Construction Technology,2023,52(10):78-82.
- [6] 黄侨,姜福香.桥梁加固工程技术与实践[M].北京:人民交通出版社,2019.HUANG Qiao,JIANG Fuxiang.Bridge Reinforcement Engineering Technology and Practice[M].Beijing:China Communications Press,2019.

(3) 加强原材料检验, 水泥、钢纤维、外加剂等原材料进场时需提供产品合格证与检验报告, 经复检合格后方可使用; 定期对搅拌设备、计量系统进行校准, 保障设备性能稳定。

(4) UHPC 高性能混凝土进场后分类存放, 水泥、核心粉料、钢纤维、砂、减水剂标识明确, 存储应做到防水、防潮、下支垫上覆盖, 水泥使用温度低于 55℃。

(5) 原材料投料计量精准, 严格遵循投料顺序和搅拌时间要求; 混凝土浇筑前对结构物彻底清洗干净并充分湿润, 浇筑过程全程采用雾状喷淋设备保持湿润, 后期养护采用薄膜加雾状喷淋组合方式, 养护时间不低于7天。

4 结论与展望

(1) 本文研究的三大关键技术, 针对 UHPC 混凝土在旧桥加固施工中的核心痛点, 通过普通拌合站改造、结合面处理及综合养护等技术创新, 有效解决了小方量施工成本高、夏季高温浇筑开裂、新旧结构结合不牢等问题, 显著提升了工程质量与施工效率。工程实践表明, 这些技术具有操作简便、成本可控、节能环保等优点, 适用于各类旧桥加固工程, 具有广泛的推广应用价值。

(2) 未来, 随着 UHPC 混凝土材料性能的不断优化与施工技术的持续创新, 应进一步加强智能化施工技术研发, 利用传感器、物联网等技术实现施工过程的实时监测与精准控制; 同时深化绿色施工技术研究, 探索更加节能环保的原材料与施工工艺, 推动旧桥加固工程向高质量、低能耗、可持续方向发展, 为交通强国建设提供坚实保障。