

桥梁工程大体积混凝土温控防裂施工技术

段明臻

浙江省建投交通基础建设集团有限公司 浙江 杭州 310012

【摘要】：库区复建连续刚构公路桥梁大体积承台受水化热、地基刚性约束作用易产生温度裂缝，威胁结构长期服役与抗震安全。本文依托长河坝大桥工程，从原材料调控、分层浇筑控温、内部水冷循环、表层保温养护构建成套温控防裂施工技术体系。该体系可削减混凝土温变应力，平衡结构内外温度梯度，抑制承台表层与结合部位裂缝发育，为同类山区库区大体积混凝土承台施工提供可落地的技术路径。

【关键词】：桥梁承台；大体积混凝土；水化热；温控防裂；连续刚构桥

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.091

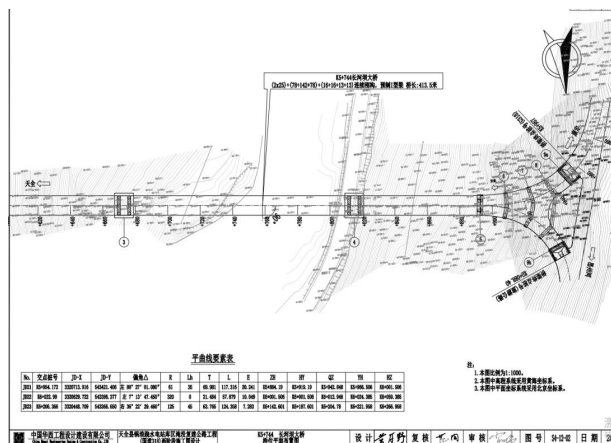
引言

山区库区跨河连续刚构桥梁主墩承台属于超大体积混凝土构件，复杂河谷地质、库区水文环境与抗震设防标准大幅提升混凝土开裂风险，常规简易养护手段难以满足抗裂耐久要求。现有温控措施针对性不足，缺少适配河谷高边坡桥址的成套施工方案。结合实体工程开展温控防裂技术研究，形成全流程管控施工工艺，为同类工程裂缝防控提供技术支撑。

1 桥梁大体积承台混凝土工程基础概况

1.1 桥梁主体结构与承台几何参数

本工程为 K5+744 长河坝大桥，主桥采用 78m+142m+78m 连续刚构体系，主墩下设大体积承台。承台平面尺寸 15.2m*11.6m，横向分段尺寸 3.5m、4.6m、3.5m，竖向高度 3.0m，分 1m*1m*1m 三段布置；承台外侧对称布设桩基，单侧外扩尺寸 2.6m。桥梁总长 413.5m，小里程侧配 2×25m 简支 T 梁引桥，大里程侧配 16m+16m+13m+13m 简支 I 梁引桥，桥面总宽 12m。见图 1。



使承台边角、桩基连接位置约束应力集中；78+142+78m连续刚构后期主梁自重、行车荷载持续传递，永久外约束进一步提升混凝土收缩开裂概率。

2.3 承台裂缝空间分布与时序发展规律

结合本桥承台 15.2m*11.6m*3m 几何尺寸与天全河库区场地条件，裂缝空间分布具备明确特征：表层裂缝集中于承台临河面、岸坡侧外露表面，边角及桩基与承台结合部位为高风险区域；深层贯穿裂缝多沿岩层风化分界线、软弱夹层竖向延伸。时序发展分三阶段：浇筑升温期，内外温差快速拉大，承台表层先出现细微浅表温度裂缝；降温收缩中期，基底岩基、桩基刚性约束作用凸显，约束拉应力持续累积，边角裂缝延展加宽；后期长期干缩阶段，库区干湿交替环境加剧表层失水收缩，原有裂缝持续发展。

3 桥梁大体积承台混凝土温控防裂成套施工技术

3.1 混凝土原材料与配合比水化热调控

针对 K5+744 长河坝大桥 78m+142m+78m 连续刚构主墩 15.2m*11.6m*3m 大体积承台，依托低碳耐久建材发展理念开展原材料分级管控^[1]。骨料选取场地周边开挖的中风化花岗岩、闪长岩碎石，剔除含泥量超标的卵石土、块石土软弱集料，粗骨料采用 4.75~31.5mm 连续级配降低胶凝材料占比；胶凝体系采用低水化热硅酸盐水泥削减水化热峰值。配合比设计引入低收缩聚羧酸高性能缓凝减水剂，在满足公路-I 级荷载、VII 度抗震耐久指标前提下严控单位用水量。同步开展多组绝热温升试验，根据承台 1m+1m+1m 竖向分层浇筑工况优化胶材总量，将混凝土 7 天水化放热总量控制在规范限值内，从源头削弱承台内部温变应力产生基础。

3.2 浇筑施工过程温度梯度控制工艺

结合承台横向 3.5m、4.6m、3.5m 分段、竖向 3m 分三层浇筑结构特征，采用分层推移连续浇筑工艺实现梯度温控。沿既有天全河河道岸坡由低向高推进布料，分层浇筑厚度严格控制为 1.0m，上下层浇筑间歇时间控制在 4~6h，规避新旧混凝土结合面冷缝形成。布料点沿承台桩基外扩 2m 范围均匀布设，大功率插入式振捣器沿桩基周边、承台边角应力集中区域加密振捣，消除内部空隙减少局部水化热积聚。依托数字化温度实时监测理念，利用数字化电子测温仪实时采集内部核心、表层、基底温差数据，动态调节浇筑入仓温度，控制入模混凝土温度

参考文献：

- [1] 潘玉舜.桥梁承台大体积混凝土温控防裂施工工艺及流程优化[J].价值工程,2026,45(11):29-31.
- [2] 杨添印,唐冲.桥梁施工中的大体积混凝土温控防裂技术[J].中国科技信息,2025,(17):102-104.
- [3] 郑镇平.桥梁承台大体积混凝土温控防裂技术探讨[J].福建交通科技,2021,(12):76-78+82.

不高于 28℃。针对场地 25.70m 高差岸坡带来的散热不均问题，调整分层浇筑推进速度，缩小构件内外瞬时温度梯度差值。

3.3 承台内部循环水冷降温施工措施

匹配 3.0m 厚承台散热需求，采用分层预埋镀锌钢管水冷循环系统实现内部主动降温，契合精准温控绿色施工发展理念。水冷管道沿承台竖向二层浇筑层分别布设，管道水平间距 1.0m、竖向层距 1.0m，桩基周边、承台中心高温核心区加密布设管路，管路接头密封防渗，管组分区独立形成循环回路。水源取用既有天全河常温水，配套变频供水设备调控水流流速，浇筑完成初凝后即刻开启循环通水，前期大流量快速削减内部温升峰值，温升峰值过后下调水流速度平稳控温。依托在线温度监测数据动态调整通水时长与流量，控制混凝土内部与表层温差不超 20℃，单日降温速率稳定控制在 2℃以内。冷却排水统一导流至河道外侧沉淀池，避免库区水体泥沙污染，兼顾温控效果与生态保护要求。

3.4 承台表层保温保湿养护控温技术

围绕承台临河面、岸坡外露表层、桩基结合面三大裂缝高发区域，采用分层复合保温保湿养护体系平衡构件表层散热速率，践行长效耐久养护技术理念。混凝土初凝后先铺一层 PE 塑料薄膜及保湿棉毡养护，终凝完成后清除表层浮浆，首层全覆盖 30mm 厚土工保湿棉持续蓄水保湿，外层包裹阻燃保温棉被形成双层隔热屏障，承台边角、桩基衔接位置增设双层保温层强化防护。紧邻天全河区域增设防水防渗塑料薄膜阻隔河水、库区水汽干湿交替侵蚀，杜绝表层干缩裂缝产生。VII 度抗震设防工况下延长保温养护周期至 28d，养护阶段依托预埋测温元件持续跟踪表层、内部温差，昼夜温差超标时加厚保温覆盖层。养护用水取自河道过滤清水，定时补充表层蓄水维持饱和湿度，减缓表层混凝土降温收缩速率，削弱基底中风化岩基、桩基刚性约束带来的表层拉应力集中效应。

4 结语

库区连续刚构桥大体积承台混凝土裂缝防控需求，完整梳理裂缝产生机理，形成从原材料、浇筑、内部冷却到表层养护的一体化温控施工技术。整套工艺兼顾绿色施工与结构长效耐久，能够有效缓解温度应力与地基约束带来的开裂隐患。研究形成的成套技术适配河谷复杂场地条件，可为山区涉水大体积混凝土构筑物温控防裂施工提供标准化参考思路。