

高坝大体积混凝土温控防裂施工技术与管理实践

潘丽琼

四川省交通建设集团有限责任公司 四川 成都 610047

【摘要】：高坝工程大体积混凝土结构体量庞大、浇筑强度高，水化热释放集中且散热难度大，极易因内外温差过大、温度应力超标产生结构性裂缝，直接影响坝体耐久性、防渗性能与整体安全稳定。本文结合水利水电高坝工程施工实践，梳理大体积混凝土开裂核心诱因，总结温控防裂关键施工技术，完善现场全流程管理体系，为同类高坝工程混凝土施工质量管控提供参考，助力提升工程长效服役性能。

【关键词】：高坝工程；大体积混凝土；温控防裂；施工技术；现场管理

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.089

引言

传统混凝土施工多侧重浇筑与养护基础工序，对温控精细化管控不足，易出现裂缝隐患。现阶段高坝工程建设标准持续提升，温控防裂需从被动修复转向主动预控，融合材料优化、工艺改进、智能监测、闭环管理等多项举措，构建全周期温控防裂体系。本文结合实际工程施工经验，系统阐述温控防裂施工技术要点与现场管理落地措施，切实解决大体积混凝土开裂难题。

1 高坝大体积混凝土开裂核心机理

高坝大体积混凝土开裂主要由温度应力与收缩应力共同作用引发，核心诱因分为内部水化热因素与外部环境因素两类。内部层面，水泥水化热是温度上升的主要来源，普通硅酸盐水泥水化速率快、放热峰值高，混凝土内部温升可突破 50℃，远超表面温度，形成显著内外温差。外部层面，环境温度骤变、大风、日照、寒潮等天气因素，会加快混凝土表面散热速度，进一步拉大内外温差，加剧温度应力；同时，混凝土自身干燥收缩、塑性收缩也会叠加应力，提升开裂风险。

2 高坝大体积混凝土温控防裂核心施工技术

2.1 原材料优化与配合比设计

原材料优选是温控防裂的基础环节，优先选用低热硅酸盐水泥或中热水泥，降低水化热放热峰值与速率，从源头减少热量积累。骨料选用质地坚硬、级配合理的天然骨料或人工骨料，严格控制骨料含泥量与针片状颗粒含量，提升混凝土密实度；粗骨料提前进行遮阳覆盖、洒水预冷，避免高温环境下骨料温度过高，抬高混凝土出机温度。配合比设计遵循低水泥用量、低水胶比、高密实度原则，合理掺加粉煤灰、矿渣粉等活性掺合料，替代部分水泥，进一步降低水化热，同时改善混凝土和易性与后期强度。配合比需通

过多组试验优化，确定最佳掺合料比例、外加剂掺量，兼顾混凝土强度、工作性与抗裂性能，严禁盲目提高水泥用量。施工中严格按照试验配合比配料，精准计量各类原材料，杜绝配合比随意变更。

2.2 混凝土生产与入仓温度控制

混凝土生产阶段严控出机温度，夏季高温施工时，采用冰水拌合、骨料预冷、拌合楼遮阳降温等措施，将出机温度控制在设计范围内，一般不高于 28℃；冬季低温施工时，对拌合用水进行加热，保证混凝土入仓温度不低于 5℃，避免受冻影响结构强度。混凝土运输选用密闭式搅拌运输车，罐体包裹保温层，减少运输过程中温度波动，缩短运输时间，避免混凝土长时间暴晒或受冻。入仓前清理仓面杂物与积水，入仓后快速平仓振捣，采用分层平铺法或台阶法浇筑，分层厚度控制在 300-500mm，保证每层混凝土热量能够有效散发，避免一次性浇筑过厚导致热量积聚。振捣采用高频振捣器，均匀布设振捣点位，确保振捣密实，杜绝欠振、漏振、过振，提升混凝土整体抗裂能力。

2.3 预埋冷却水管通水冷却

预埋冷却水管是降低混凝土内部温度的核心技术手段，选用导热性能良好的薄壁钢管或高强度塑料管，按照设计间距均匀布设，形成规整的冷却管网。冷却水管布置需结合坝体结构分区，避开钢筋密集区与结构薄弱部位，保证冷却范围全覆盖，无温度盲区。通水冷却分为初期冷却、中期降温与后期温控三个阶段，初期在混凝土浇筑完成后立即通水，控制通水流量与水温，快速降低内部温升峰值，避免温度骤升；中期根据内部温度监测数据，调整通水流量与通水时间，控制内外温差不超过 20℃，降温速率控制在每天 1℃以内，防止降温过快产生拉应力；后期维持低温通水，将混凝土内部温度降至设计稳定温度，满足坝体接缝灌浆与结构受力要求。通水过程中严禁水温与混凝土

内部温差过大,避免水管周边混凝土产生局部裂缝。

2.4 表面保温与养护技术

混凝土表面保温与养护是防止表面开裂的关键,遵循内降外保的管控原则,内部通过冷却水管降温,外部通过保温措施减少散热速率,缩小内外温差。新浇混凝土初凝后立即开展保温养护,夏季采用保湿棉毡、土工布覆盖,定时洒水保湿,避免表面水分快速蒸发;冬季或寒潮天气,增设保温被、聚乙烯泡沫板等保温材料,加厚保温层,抵御低温与气温骤降影响。养护周期严格按照设计要求执行,一般不少于28天,特殊部位适当延长养护时间。养护过程中保持混凝土表面持续湿润,严禁表面干湿交替,同时做好边角、坝踵、坝基结合部等薄弱部位的保温养护,消除局部开裂隐患。

2.5 温度实时监测与预警

依托智能化监测技术,构建全时段温度监测体系,在混凝土内部不同深度、表面及周边环境布设温度传感器,实时采集温度数据,传输至监控平台,动态生成温度变化曲线与温差数据。监测覆盖混凝土浇筑、升温、降温、养护全周期,重点监控内部最高温度、内外温差、降温速率三项核心指标。建立温度超标预警机制,设定预警阈值,一旦监测数据超出管控范围,立即发出预警信号,现场管理人员快速响应,调整通水流量、加强保温覆盖或延长养护时间,形成监测-分析-调控的闭环管理,确保温度始终处于可控状态。

3 高坝大体积混凝土温控防裂现场管理实践

3.1 建立专项管控体系,明确责任分工

施工现场成立温控防裂专项管理小组,由项目负责人牵头,技术、施工、质检、试验、监测等岗位人员全程参与,明确各岗位职责与管控流程,形成全员参与、层层落实的管控体系。结合工程实际与设计要

求,编制专项温控防裂施工方案与应急预案,细化各

3.2 全过程工序管控,严把施工质量

强化施工现场全过程工序管控,实行工序验收制度,上一道工序验收合格后方可进入下一道工序。原材料进场时严格开展检验检测,核查水泥、掺合料、骨料、外加剂等材料的质量证明文件,不合格材料严禁进场使用。混凝土生产过程中,实时监控拌合时间、材料计量、出机温度,确保混凝土质量达标。浇筑过程中安排专人现场值守,管控分层厚度、振捣质量、入仓温度,杜绝违规施工;冷却水管布设完成后进行通水试验,检查有无渗漏、堵塞,确保通水系统正常运行;保温养护阶段安排专人巡查,保证保温材料覆盖完整、养护到位,避免出现漏养、漏盖问题。

3.3 动态监测与应急处置

安排专人负责温度监测数据整理与分析,每日生成温度监测报告,上报管理小组,针对温度波动趋势提前预判,制定调控措施。针对寒潮、高温、暴雨等恶劣天气,提前启动应急预案,高温天气加快施工节奏、加强保湿养护;低温天气加厚保温层、提升入仓温度;遇气温骤降时,立即强化表面保温,暂停非必要仓面施工,严控温差变化。

4 结论

高坝大体积混凝土温控防裂是一项系统性工程,需依托科学的施工技术与精细化的现场管理,实现从原材料、生产、浇筑到养护、监测的全周期可控。通过优化原材料与配合比、严控入仓温度、预埋冷却水管通水冷却、强化表面保温养护、搭建智能监测预警体系,可有效控制混凝土内外温差与降温速率,从根源上降低开裂风险。

参考文献:

- [1] 彭名君,熊晨,朱剑,等.潘口抽蓄厂房大体积混凝土高温季节温控措施优选[J].水利规划与设计,2026,(05):96-99+116.
- [2] 湛富强.混凝土温控施工技术在超长大体积混凝土结构施工中的应用研究[J].水泥,2026,(03):97-99.
- [3] 王博,洪佳飞,刘学江.大体积混凝土智能温控关键技术研究与应用[J/OL].铁道勘察,1-9[2026-03-16].