水利工程大体积混凝土温度裂缝控制技术研究

许 婧 步月婷 任芝增

内蒙古河套灌区水利发展中心总干渠分中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

【摘 要】：水利工程大体积混凝土温裂控制的必要性，集中体现在坝段、闸墩、泵站底板等厚大受约束部位的抗渗、耐久和运行检修安全。本文识别芯部水化热、表层散热与基础约束叠加形成的温裂条件，梳理测温预警和浇筑养护控制要点，提出低热配合比、入仓控温、分层浇筑、通水冷却、表面保温与裂缝巡查连续配合的施工方法。控制重点在于把标准温控阈值转化为仓面可执行的预警动作，使强度增长、内部散热和表面湿度保持匹配。

【关键词】：水利工程；大体积混凝土；温度裂缝；温控指标；通水冷却

DOI:10.12417/2811-0528.26.21.063

引言

大体积混凝土构件截面厚、浇筑量大，内部热量散失慢，表层直接受气温、风速和养护条件影响。水利工程底板、闸墩和坝体常与岩基、老混凝土或复杂钢筋构造连接，温降收缩受限后，裂缝容易沿边角、施工缝和预埋件附近扩展。温度裂缝会削弱抗渗和耐久性，并增加运行期渗漏处置成本。材料放热、施工节奏、热量释放和质量追踪同步布置，才能把裂缝风险压缩在浇筑和养护阶段。

1 水利工程大体积混凝土温裂控制的必要性

水利工程大体积混凝土的裂缝风险来自温度场与约束场不同步[1]。水泥水化反应使芯部温度持续上升，厚大截面外层较快向空气、模板和基础散热，里表温差扩大后，表层受拉状态会早于内部强度充分形成。闸墩、坝段和泵站底板往往与老混凝土、岩基或桩基连接，底部变形受到限制，温降收缩不能自由释放，边角和突变截面更易出现拉应力集中。温裂控制的价值不止是避免可见裂缝，还在于把抗渗路径、冻融耐久性和运行检修压力前移到施工阶段处理。对临水构件而言，细小裂缝也可能在水压、冻融和干湿循环中扩展，早期温控比后期封堵更能保护结构整体性。

2 温度裂缝控制技术总体配置

2.1 温控测点及温差预警阈值布置

测点布置应覆盖芯部最高温区、表层散热区、边角约束区和新老混凝土结合区[2]。厚大底板或闸墩宜按浇筑分区设置垂向测温点，深部测点捕捉水化热峰值，表层测点判断保温效果，靠近基础或模板边界的测点识别约束温差。测温线埋设位置要避开振捣棒直接碰撞和冷却水管局部扰动，编号、埋深和所属仓号在浇筑前固定。表内控制值对应入仓、升温、温差、降温和揭盖五类风险，测点数据应按这些阈值转化为预警、调水、增减覆盖和延后拆模等动作。入仓、升温、温差、降温和揭盖五类限值工况应先于浇筑确定并完成并行校核，避免测温数据只记录、不触发控制并保持现场可追溯。标准温控阈值配置见表 1。

表 1 大体积混凝土温控施工关键指标

控制指标	控制值(℃或℃/d)	单位	控制方向	裂缝风险指向
入模温度	5	℃	不宜低于	低温入仓影响早期强度
入模温度	30	℃	不宜高于	初始温升偏高
温升值	50	℃	不宜大于	芯部热量积聚
里表温差	25	℃	不宜大于	表层拉应力集中
降温速率	2.0	℃/d	不宜大于	温降收缩过快
表面与大气温差	20	℃	不应大于	表层骤冷开裂

表 1 中，入模温度控制值限定入仓初始热量，温升值和里表温差控制值分别约束芯部峰值与表层拉应力，降温速率和表面与大气温差控制值则约束温降收缩和揭盖骤冷风险。

2.2 浇筑养护阶段温度调控措施配置

浇筑阶段的温度调控应先从原材料和运输环节降低初始热量。夏季施工可通过骨料遮阳、拌合水降温、缩短罐车等待时间和夜间入仓降低入模温度；低温季节要避免表层过快失热，防止内部仍处升温阶段而表面突然收缩。分层厚度、浇筑

间歇和振捣时间应与仓面散热能力匹配，过厚分层会延长内部热量释放路径，过长间歇又可能形成冷缝和新旧界面温差。养护阶段把保湿、保温和揭盖节奏同时纳入计划，覆盖材料沿边角、施工缝和预埋件周边连续铺设，通水冷却的流量、进出口温差和开停时间按测温曲线调整。仓面负责人还要把浇筑顺序、材料供应和覆盖人员安排成连续作业，避免局部等待时间过长造成温度和结合质量同时波动。

3 大体积混凝土关键环节温裂控制技术应用

3.1 低热配合比入仓控温

配合比是温度裂缝控制的前端环节[3]。水利工程大体积混凝土宜优先选用中低热胶凝材料体系，通过粉煤灰、矿渣粉等掺合料改善后期强度和水化热释放节奏。减水剂服务于降低用水量和改善和易性，不能为了延长运输时间而无依据提高缓凝组分。砂石含泥量、骨料级配和最大粒径会影响浆体用量，浆体越多，水泥水化放热和收缩敏感性通常越高。入仓控温要与配合比复核一起进行，出机温度、运输后温度、坍落度和等待时长逐车核对，超过预警范围时调整拌合水温、运输节奏或浇筑时段。开仓前的试拌记录应反馈到施工配料单，外加剂掺量、骨料含水率和砂率变化都要对应到入仓温度和工作性。

3.2 分层连续浇筑及内部通水散热过程组织

分层连续浇筑决定内部热量能否按预定路径释放[4]。仓面组织根据构件厚度、钢筋密集程度和冷却水管布置确定浇筑顺序，先保证上下层结合质量，再控制单层厚度和覆盖时间。振捣不足会形成蜂窝和渗流通道，过振会加剧泌水与骨料下沉，两者都会改变局部导热和约束状态。冷却管进出水口、测温线引出端和仓面交通通道要分开布置，减少管线被碾压、拉断或堵塞造成的监测失真。水流调节不宜脱离测点反馈，避免局部降温过快或芯部热量长期滞留。

3.3 表面保温保湿与降温速率控制

表面保温保湿直接作用于早龄期拉应力形成。混凝土初凝后，表层水分蒸发会叠加温降收缩，风速较大或日照强烈时，表层裂缝可能早于芯部温度峰值出现。覆盖材料应沿边角、施工缝和预埋件周边连续铺设，搭接位置不得留下散热缺口；模板外侧也应纳入保温范围，避免侧面温度梯度被忽视。降温速率控制的关键是延缓温度回落，现场可按降温速率控制要求判断是否增加覆盖厚度、延迟拆模或降低冷却水流量。拆除保温覆盖前，还要核对混凝土表面与大气温差，防止表层骤冷。保温层撤除宜先试开局部区域并复测表层温度，确认温差变化平缓后再扩大范围。

3.4 裂缝巡查处置质量追踪

裂缝巡查应与测温记录共用同一时间轴。浇筑初期重点检查边角、施工缝、止水带附近、钢筋保护层较薄位置和模板拆除后暴露面，记录位置、宽度、长度、走向、是否渗水、是否继续发展以及处置时间。裂缝宽度、渗水状态或延伸速度超过设计允许范围时，应先判断其与温度曲线、降温速率和外界气温变化的关系，再选择表面封闭、低压灌浆或结构补强措施。质量追踪把处置结果闭合到后续验收，温控记录、冷却水运行记录、覆盖养护记录和裂缝处置记录相互印证，并为下一仓配合比、分层厚度和揭盖节点调整提供依据。处置后复查应关注原裂缝端部和相邻新裂缝，防止只封闭表面而未消除温差诱因。

4 结语

水利工程大体积混凝土温度裂缝控制应围绕热量来源、温差形成、降温收缩和质量追踪连续展开。配合比降热和入仓控温决定初始温升水平，分层浇筑与通水冷却影响芯部散热路径，表面保温保湿和降温速率控制直接约束早龄期拉应力。现场实施中，以测温点、温差阈值和巡查记录为主线，把标准控制值转化为预警和调整动作，才能降低温裂对水工结构抗渗、耐久和运行安全的不利影响。温控数据进入下一仓参数调整后，防裂措施才能从经验性安排转化为可追踪的施工质量控制。

参考文献：

[1] 尉泽雄.水利工程大体积混凝土温度裂缝控制技术研究[J].粘接,2026,53(9):2686-2689.

[2] 宇文韦.水利工程大体积混凝土施工温度裂缝控制技术优化分析[J].河北水利,2025,(10):46-47.

[3] 王新,陈海锋.水利水电工程大体积混凝土裂缝成因及温度控制措施[J].城市建设,2026,(4):139-141.

[4] 毛煜文.低温天气条件下大体积混凝土裂缝控制与防范方法[J].城市建设理论研究(电子版),2026,(3):211-213.