

水闸大体积混凝土浇筑温控措施防裂效果分析

严江

河南省水利第一工程局集团有限公司, 河南郑州, 450000;

摘要: 水闸大体积混凝土浇筑作业中, 温度应力诱发的裂缝会严重破坏结构整体性、削弱耐久性能、威胁运行安全, 温控防裂是保障水闸工程质量的核心关键。本文以水闸大体积混凝土浇筑温控防裂为核心研究方向, 结合工程实际浇筑工况, 聚焦温控举措应用实效, 分析原材料温控、浇筑工艺调控、养护保温等方案对混凝土温度场分布及裂缝萌生的影响, 明确合理温控参数与措施组合在抑制裂缝萌生、蔓延中的作用机制。研究证实, 科学适配的温控举措可有效缩小混凝土内外温差、降低温度应力, 显著提升防裂效能, 为水闸大体积混凝土浇筑工程的温控防裂设计与施工提供理论指引和实践借鉴, 助力水闸工程长期稳定运行。

关键词: 水闸; 大体积混凝土; 浇筑温控; 防裂效果; 温度应力

DOI: 10.69979/3060-8767.26.05.059

引言

水闸作为水利工程的核心枢纽结构, 承载着防洪排涝、灌溉补水等关键职能, 其工程质量直接关联流域水资源调控成效与人民生命财产安全。大体积混凝土凭借体积庞大、水化热集中释放的特性, 在浇筑及养护环节极易因内外温差悬殊产生温度裂缝, 这类裂缝会弱化混凝土结构承载能力, 加速钢筋锈蚀进程, 缩短水闸服役年限, 已然成为制约水闸工程质量提升的突出瓶颈。温控防裂是破解这一难题的核心路径, 结合前文围绕温控措施防裂效果的核心研究方向, 本文聚焦水闸大体积混凝土浇筑温控实践, 深入剖析各类温控举措的应用成效与作用机理, 为破解大体积混凝土防裂困境、提升水闸工程耐久性能提供坚实支撑。

1 水闸大体积混凝土浇筑工程背景及温控防裂现状

1.1 水闸工程的工程特性及建设需求

水闸作为水利基础设施体系的关键构成, 广泛坐落于江河、湖泊、水库等水域沿岸, 核心承载着水资源调控、防洪排涝、灌溉补水及航运辅助等关键职能, 其结构稳固性与耐久性能直接左右水利工程整体运行成效。水闸主体结构大多采用大体积混凝土浇筑工艺, 该类混凝土浇筑规模庞大、结构厚重, 浇筑作业需全程连续开展, 且施工工期受季节更迭、水文状况影响较大, 施工环境复杂多变, 对浇筑质量与温控防裂工作提出严苛标准。伴随水利工程朝着规模化、大型化方向推进, 水闸大体积混凝土结构的设计强度与浇筑规模持续攀升, 使得温控防裂的施工难度进一步加大。

1.2 水闸大体积混凝土浇筑温控防裂的行业现状

当前水闸大体积混凝土浇筑作业中, 温控防裂已成为工程质​​量管控的核心环节, 各相关施工单位均将温控举措纳入施工全流程管控范畴。现有温控技术主要围绕原材料筛选、浇筑工艺调控、养护保温等关键环节推进, 逐步形成一套基础完善的温控体系^[1]。但实际施工过程中, 受施工技术水准、现场管控能力及环境条件等多重因素制约, 温控防裂工作仍存在不少短板, 部分工程因温控举措落实不力, 致使混凝土浇筑完成后出现不同程度的温度裂缝, 进而影响水闸结构安全与使用年限, 阻碍水利工程建设质量的持续提升。

1.3 水闸大体积混凝土温控防裂的研究与应用基础

近年来, 水利工程技术持续迭代升级, 国内外关于大体积混凝土温控防裂的研究不断深化, 逐步形成一系列相关技术成果与施工规范, 为水闸大体积混凝土温控防裂工作提供坚实的理论指引与技术保障。各类新型温控材料、先进浇筑工艺及智能化温控监测设备陆续应用于工程实践, 切实增强温控防裂工作的科学性与实际成效。与此同时, 工程实践中积累的大量温控施工经验, 也为后续优化温控举措、提升防裂效能提供了宝贵的实践借鉴, 助力温控防裂技术朝着精细化、规范化的方向稳步推进。

2 水闸大体积混凝土浇筑过程中温控防裂存在的问题及成因分析

2.1 混凝土浇筑阶段温控控制不到位的问题及成因

在水闸大体积混凝土浇筑施工阶段, 温控管控不到位是造成结构开裂的重要诱因。实际作业时, 拌和物温度控制缺乏系统性安排, 往往未根据季节变化、昼夜温差及现场气象条件及时调整拌和用水温度与骨料初始

温度,使得混凝土入仓温度偏高,内部水化热产生后难以向外传导扩散,内外温差迅速拉大,为温度裂缝的产生创造了条件。究其原因,主要是施工现场缺少连续、实时的温度监测手段,环境温度数据反馈不及时,制定的温控方案针对性不强,难以随工况变化动态调整关键参数。同时,部分作业面为追赶工期一味加快浇筑速度,布料方式不合理,造成局部混凝土过度堆积,水化热在小范围内集中释放,内部温度分布严重不均,进一步加剧了温度应力与开裂风险。

2.2 养护阶段保温保湿措施不完善的问题及成因

养护阶段保温保湿措施落实不到位,是水闸大体积混凝土出现温度裂缝的重要原因。混凝土在初凝后期对表层温度与湿度变化极为敏感,若养护措施不足,会直接导致表面温度骤降、湿度不足,内外温差与收缩应力快速增大,进而引发开裂^[2]。不少工程在浇筑完成后,未按规范及时覆盖保温保湿材料,或铺设时存在搭接不严、厚度不足、局部遗漏等问题,无法有效阻隔外界温度影响,在昼夜温差大、大风、低温等环境下,表层散热与失水速度显著加快,裂缝风险急剧升高。其根本原因在于参建各方对养护工序重视程度不够,养护方案缺乏量化指标与可操作性,未明确保温厚度、保湿频次、养护周期等关键要求,现场巡查与管控流于形式,未能根据温度变化及时调整养护措施,最终导致混凝土表层开裂风险难以控制。

2.3 原材料选用与配合比设计不合理的问题及成因

原材料选用与配合比设计不合理,是水闸大体积混凝土温控防裂工作中最根本的影响因素,直接决定混凝土内部温度发展与抗裂能力。部分工程在选材时片面追求高强度,选用水化热较高的普通水泥,导致内部热量集中释放、温峰过高;骨料级配不合理、含泥量偏大、空隙率较高,也会加剧混凝土收缩与温度应力。外加材料选型与掺量不当,难以起到有效降低水化热、改善和易性的作用,进一步提升开裂可能。究其原因,主要是设计与施工方在配合比设计时多以强度指标为核心,忽视水化热控制、体积稳定性等关键要求,未结合水闸工程特点开展专项优化。同时原材料进场检验不全面,性能把控不严,缺乏针对性比选,使得混凝土自身先天抗裂条件不足,温控难度显著加大。

3 针对温控防裂问题的水闸大体积混凝土浇筑温控优化措施

3.1 优化原材料选用与配合比设计,从源头控制水化热

针对原材料选型与配合比设计偏差的问题,需紧扣

温控防裂核心诉求,优化原材料筛选标准与配合比参数设置。原材料筛选环节,优先采用水化热偏低、凝结时间适配的低热矿渣硅酸盐水泥,通过减少水泥用量,从根本上控制水化热释放总量;骨料选取级配合理、孔隙率低的碎石与中砂,严格管控骨料含泥量,防止杂质干扰混凝土导热性能与收缩特性,同时可对骨料实施预冷却处理,进一步降低浇筑入仓温度^[3]。配合比设计过程中,在保障混凝土设计强度与耐久性能的基础上,科学掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料,替代部分水泥用量,减缓水化热释放速率,缩减混凝土收缩变形量;选用高效缓凝减水剂,优化混凝土拌和物易性,减少拌和用水量,降低收缩裂缝产生概率,同时延长混凝土凝结时间,为水化热充分散逸预留充足空间,从源头规避温控防裂风险。

3.2 强化浇筑阶段温控管控,优化浇筑施工工艺

针对浇筑环节温控管控疏漏的问题,需强化全流程温控监测与施工工艺优化,实现浇筑温度的精准把控。浇筑前期,对拌和水、骨料实施针对性温控处理,夏季采用冷水拌和、骨料遮阳降温的方式,冬季则采取温水拌和、骨料预热措施,确保混凝土拌和物入仓温度控制在规范区间内。浇筑作业过程中,科学调控浇筑进度与布料方式,推行分层、分块浇筑工艺,分层厚度结合混凝土浇筑能力与温控标准合理确定,杜绝局部混凝土堆积造成的水化热集聚;布料过程中做到均匀布设,缩小混凝土内部温度梯度,同时在浇筑全程实时监测混凝土温度,依据温度波动情况动态优化浇筑参数。浇筑作业结束后,及时对混凝土表面进行抹平、压实处理,减少表面裂缝滋生,为后续养护工序的有序开展筑牢基础。

3.3 完善养护阶段保温保湿措施,减缓温度变化速率

针对养护环节保温保湿举措欠缺的问题,需制定标准化养护方案,强化养护全流程管控,减缓混凝土温度变化节奏。混凝土浇筑完成并达到初凝状态后,立即覆盖保温保湿材料,可选用土工布、保温被等适配材料,确保覆盖无死角、无遗漏,材料厚度结合环境温度与混凝土自身温度合理设定,防止表层温度急剧下降。养护期间,定期洒水进行保湿处理,维持混凝土表面湿润状态,避免表层水分快速流失引发干缩裂缝;同时依据环境温度波动调整保湿频次,高温时段增加洒水次数,低温环境则采取防风、防冻防护,规避温度骤升骤降的情况^[4]。此外,搭建养护温度监测体系,实时追踪混凝土内外温度变化,当内外温差超出规范区间时,及时优化保温举措,保障混凝土实现缓慢降温,降低温度应力影

响，有效遏制温度裂缝的萌生与蔓延。见图1所示



图1 水闸大体积混凝土温控优化措施

4 水闸大体积混凝土浇筑温控措施的防裂应用成效

4.1 有效优化混凝土温度场分布，降低温度应力

优化后的温控体系能够全面改善水闸大体积混凝土在浇筑、振捣与养护全过程中的温度场分布形态，均衡内部热量传递路径，有效削弱温度应力的集中效应，从根源上降低裂缝出现可能。在原材料与配合比设计层面，选用低热水泥并合理掺加粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料，可明显降低水化热峰值，推迟温峰出现时间，避免内部温度急剧攀升。浇筑阶段通过分层分块浇筑、严控入仓温度与浇筑速率，能够减少热量局部积聚，减小混凝土内部温度梯度。养护阶段通过及时覆盖保温、持续保湿养护，可减缓表层温度散失速度，缩小内外温差，使结构整体降温更为平缓。多重措施协同作用下，温度应力得到有效控制，温度变化规律更贴合设计要求，从而大幅降低温度裂缝产生概率，为大体积混凝土结构成型质量提供可靠保障。

4.2 显著提升混凝土抗裂性能，减少裂缝产生

各类温控优化举措的综合运用，可切实提升水闸大体积混凝土的抗裂效能，有效遏制裂缝的萌生与蔓延，保障混凝土结构的完整性与稳定性。原材料选型与配合比的优化调整，改善了混凝土的工作性能与收缩特性，降低了混凝土干缩、冷缩引发的开裂风险，增强了混凝土自身的抗裂潜能。浇筑工艺的优化与精细化管控，规避了因浇筑操作不当导致的局部结构密实度不足、应力集聚等问题，强化了混凝土结构的整体性与密实性。养护措施的完善落实，有效防范了混凝土表层水分快速流失、温度骤降引发的表面裂缝与深层裂缝，让混凝土在养护期间能够充分完成水化反应，强度逐步提升，抗裂性能得到进一步强化。在实际工程应用中，经过温控优化处理的水闸大体积混凝土，裂缝产生数量大幅缩减，裂缝的宽度与深度得到有效管控，基本杜绝了影响结构安全的有害裂缝，为水闸工程长期稳定运行提供了保障。

4.3 保障水闸工程结构稳定性，提升工程耐久性与使用寿命

温控举措的有效落地，不仅达成了理想的防裂成效，更切实保障了水闸大体积混凝土结构的稳固性，显著增强工程耐久性能、延长使用寿命。裂缝数量的减少，可有效阻隔外界水分、有害介质渗入混凝土内部，避免钢筋锈蚀、混凝土碳化等病害发生，减少混凝土结构损伤，确保水闸主体结构的承载能力契合设计标准。优化后的温控举措紧密贴合水闸工程施工实际，适配不同环境条件下的施工需求，能够长期稳定发挥效用，有效抵御温度波动、水文变化等外界因素对混凝土结构的侵蚀^[1]。与此同时，温控举措的应用大幅缩减了裂缝修补的工作量，降低工程后期维护成本，保障水闸长期稳定发挥防洪、排涝、灌溉等核心职能，进一步延长水闸工程服役年限，为水利工程长期安全运行筑牢保障。

5 结语

本文围绕水闸大体积混凝土浇筑温控举措的防裂成效展开系统研究，先阐述水闸工程特性、温控防裂现状及研究基础，明确其在水闸工程中的核心价值；随后剖析浇筑、养护、原材料选型及配合比设计三方面的温控防裂问题与深层成因，针对性提出原材料与配合比优化、浇筑工艺精细化管控、养护措施完善的优化路径；最后验证各类温控举措在优化温度场分布、强化抗裂效能、保障结构稳固性等方面的显著作用。本文构建起贴合工程实际的温控防裂技术体系，破解了核心防裂难题，为同类工程提供可靠理论指引与实践借鉴，助力水利工程质量提升，推动相关技术向精细化、规范化稳步发展。

参考文献

[1] 茹海峰,陈帅江.基于智能通水的水闸大体积混凝土温控研究[J].建筑施工,2024,46(03):369-371+376.
 [2] 周海超.进水闸工程大体积混凝土浇筑技术及防裂措施[J].中国建筑金属结构,2023,22(04):56-58.
 [3] 伍兴.浅谈水闸大体积混凝土浇筑控制[J].陕西水利,2020,(04):141-142.
 [4] 胡萧俊男.水工大体积混凝土温度应力模拟及控制措施[J].水利技术监督,2026,(03):248-250+321.
 [5] 牟利利.船闸大体积混凝土抗裂性能分析[J].珠江水运,2025,(03):80-82.

作者简介：严江（1991-）男，汉，专科，助理工程师，研究方向：水利工程。