

水利施工中混凝土裂缝防治管理研究

刘德明

云南建投第一水利水电建设有限公司 云南 昆明 650217

摘要：水利工程混凝土结构的稳定性直接影响工程安全与使用寿命，裂缝是施工中最常见的质量缺陷，易引发渗漏、结构破损等隐患。本文阐述了混凝土裂缝的定义、类型及危害，分析了裂缝产生的主要成因与当前防治管理现存问题，构建了涵盖核心技术、管理体系、质量监管的综合防治实施体系，明确了各环节实操措施。研究旨在规范裂缝防治管理流程，提升防治技术与管理水平，为水利施工中混凝土裂缝防治工作提供切实可行的参考。

关键词：水利施工；混凝土裂缝；防治管理；实施体系

引言：随着我国水利工程建设规模不断扩大，混凝土作为核心建筑材料，其施工质量备受关注。裂缝作为水利混凝土施工中的高频质量缺陷，广泛存在于坝体、渠道等结构中，受材料、施工、环境等多因素影响，不仅削弱结构整体性与防渗性，还会缩短工程使用寿命，增加维护成本。当前，我国水利施工中裂缝防治管理仍存在体系不完善、技术滞后、监管不足等问题。基于此，本文聚焦水利施工中混凝土裂缝防治管理，深入分析相关问题并构建综合实施体系，对推动水利工程质量提升、保障工程安全具有重要的现实意义。

1 水利施工中混凝土裂缝概述

1.1 混凝土裂缝的定义与分类

混凝土裂缝是水利施工中常见的质量缺陷，指混凝土硬化过程中或使用阶段，因内部应力失衡、材料性能变化等因素，导致结构表面或内部出现的连续性破损。结合水利工程施工特点，裂缝可按不同标准分类：按形成时间分为硬化前裂缝（塑性收缩裂缝）和硬化后裂缝（温度裂缝、干燥收缩裂缝）；按危害程度分为表面裂缝（深度 < 5mm，无明显危害）、深层裂缝（深度5-50mm，影响结构整体性）和贯穿裂缝（深度 > 50mm，破坏结构防渗性）；按成因分为材料、施工、环境及管理类裂缝，为后续防治提供分类依据。

1.2 水利工程混凝土的材料特性与施工要求

水利工程混凝土需兼顾强度、防渗性和抗冻性，材料特性具有特殊性：胶凝材料需选用低热型水泥，减少水化热释放；骨料需具备良好级配，降低收缩变形；外加剂需适配水泥品种，提升混凝土工作性。施工方面，水利混凝土浇筑规模大、周期长，要求严格控制配合比，确保搅拌均匀；浇筑过程中分层振捣、分层养护，避免漏振、过振；水下浇筑需采取导管法，防止离析，同时适配水利工程露天、临水的施工环境，满足长期抗

渗、抗侵蚀要求。

1.3 裂缝对水利混凝土结构的危害机理

裂缝对水利混凝土结构的危害具有渐进性，核心机理的是破坏结构完整性和防渗性：表面裂缝若未及时处理，会因雨水、河水渗透，导致钢筋锈蚀，降低混凝土强度；深层裂缝会削弱结构承载能力，引发局部应力集中，加剧裂缝扩展；贯穿裂缝直接破坏防渗屏障，导致水体渗漏，不仅影响工程正常运行，还会侵蚀混凝土内部结构，缩短工程使用寿命，严重时引发坝体、渠道渗漏等安全隐患，威胁水利工程的稳定性和安全性^[1]。

2 水利施工中混凝土裂缝的主要类型及成因分析

2.1 水利施工中混凝土裂缝的主要类型

结合水利施工工艺及运行需求，常见裂缝主要分为两类，均为现场施工中高频出现的类型。（1）温度裂缝，多出现于大体积混凝土浇筑后，如坝体、渠道底板，表现为表面不规则裂纹或深层线性裂缝，多因水化热释放不均、内外温差过大导致，是水利大体积混凝土最常见的裂缝类型。（2）收缩裂缝，分为塑性收缩和干燥收缩裂缝，塑性收缩裂缝多在混凝土初凝前出现，表现为表面细小网状裂纹，常见于露天浇筑场景；干燥收缩裂缝多在硬化后出现，呈纵向或横向裂纹，多见于渠道、渡槽等薄壁混凝土结构，两类裂缝均会影响结构防渗性。

2.2 水利施工中混凝土裂缝的成因

裂缝成因与施工实际操作、环境条件密切相关，核心分为两类。（1）施工工艺因素，现场搅拌时配合比控制不严、骨料级配不合理，浇筑时分层过厚、振捣不密实，养护不及时或养护方式不当，如露天浇筑后未及时覆盖保湿，均会导致裂缝产生，这是现场可控性最强也最易忽视的成因。（2）环境与材料因素，水利工程多露天施工，夏季高温、冬季严寒或昼夜温差大，会加剧混

凝土收缩和温度应力；选用的水泥水化热过高、骨料含泥量超标，也会降低混凝土抗裂性能，结合水利工程临水、露天的特点，上述因素共同作用易引发各类裂缝^[2]。

3 水利施工中混凝土裂缝防治管理的现存问题

当前水利施工中，混凝土裂缝防治管理仍存在诸多突出问题，具体如下：（1）防治管理体系不完善，责任落实缺位。多数项目未建立专门防治管理小组，职责未细化到班组和个人，存在责任盲区；施工前未结合临水、露天、大体积浇筑等实际工况制定针对性方案，多照搬通用模板，缺乏可操作性；施工中无专人常态化监测裂缝隐患，细小裂缝未及时处置，逐步扩展为深层或贯穿裂缝。（2）先进防治技术应用不足，手段滞后。多数项目沿用传统技术，对低热混凝土配合比优化、裂缝实时监测等先进技术推广不够；部分项目引入新技术后，因缺乏专业指导、未结合实际调整参数，应用流于形式；裂缝修复多采用表面封堵，未针对性处理，修复不彻底易二次开裂。（3）监管考核机制不健全，管控力度不足。监管多流于表面，缺乏常态化精细化管控，监管人员侧重进度和主体质量，忽视裂缝防治细节；未建立完善考核激励机制，无奖惩措施，难以调动施工人员积极性，加剧防治管理乱象。

4 水利施工中混凝土裂缝防治管理实施体系

4.1 裂缝防治的核心技术体系构建

4.1.1 施工前材料优化与配合比设计技术

材料选择需契合水利工程抗渗、抗冻、低热要求，优先选用低热型矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥，降低水化热释放。骨料选用级配良好、强度高、含泥量达标的碎石和中砂，碎石粒径控制在5-31.5mm，含泥量 $\leq 1\%$ ，中砂含泥量 $\leq 3\%$ ；外加剂选用适配水泥的缓凝型高效减水剂，减少单位用水量和水泥用量，可掺入适量粉煤灰或矿渣粉等掺合料，优化混凝土工作性、减少收缩变形。配合比设计结合工程不同部位受力要求和施工环境，精准控制水胶比0.45-0.55、砂率35%-40%；针对大体积混凝土，适当增加掺合料用量降低水化热峰值，通过试拌调整坍落度至符合施工要求，配合比确定后严禁随意调整用料用量。

4.1.2 施工过程中的裂缝预防关键技术

混凝土浇筑采用分层浇筑、分层振捣方式，分层厚度根据振捣设备性能和混凝土坍落度确定，一般控制在300-500mm，浇筑顺序遵循“从低处向高处、从一端向另一端”，连续浇筑避免施工缝，确需设置时按规范涂刷界面剂，保障新旧混凝土结合紧密。振捣选用插入式振捣器，从浇筑层下端向上推进，振捣间距控制在振捣

器作用半径1.5倍以内，振捣至表面出浮浆、不再下沉、不冒气泡即可，杜绝漏振、过振、欠振。温控采取“内降外保”措施，大体积混凝土内部预埋冷却水管，通入 $\leq 25^\circ\text{C}$ 循环冷却水，水管间距1.5-2.0m；外部用保温被或塑料薄膜覆盖，控制内外温差 $\leq 25^\circ\text{C}$ 、昼夜温差 $\leq 10^\circ\text{C}$ 。露天高温施工避开中午时段，对骨料遮阳降温；冬季低温施工搭建保温棚，采用蒸汽或电加热养护，确保养护温度 $\geq 5^\circ\text{C}$ 。

4.1.3 裂缝出现后的及时处理与修复技术

裂缝处理前先全面排查，记录位置、长度、深度、宽度等参数，按规模划分为表面、深层、贯穿裂缝，采取差异化修复措施。表面裂缝采用表面封堵法，清除表面浮浆、杂物并晾干后，涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料或环氧封闭底漆，厚度控制在0.5-1.0mm，确保均匀覆盖裂缝。深层裂缝采用压力注浆法，选用环氧砂浆或水泥浆作为注浆材料，在裂缝两侧钻孔（间距200-300mm、孔径10-15mm），安装注浆嘴并密封，采用注浆泵以0.3-0.5MPa压力从下往上注浆，至材料溢出后停止，凝固后拆除注浆嘴、清理表面。贯穿裂缝采用综合修复法，先通过压力注浆填充内部，再在裂缝两侧粘贴碳纤维布加固，粘贴前打磨混凝土表面、涂刷环氧底胶，压实排气确保贴合紧密，最后涂刷环氧面胶保护^[3]。

4.2 裂缝防治的管理体系完善

4.2.1 完善防治管理组织架构与职责分工

建立专门的混凝土裂缝防治管理小组，由项目经理担任组长，技术负责人担任副组长，成员包括施工员、质量员、安全员、材料员及各施工班组负责人。项目经理负总责，统筹协调各项资源；技术负责人制定技术方案和施工交底，解决技术难题；施工员落实现场技术措施，跟踪监测裂缝隐患；质量员负责质量检查，排查隐患并责令整改；材料员负责原材料采购、验收、存放，确保材料合格；各施工班组负责人负责本班组人员培训和日常管理，督促规范操作，明确各岗位具体职责，杜绝责任盲区。

4.2.2 健全施工全流程防治管理制度

施工前建立材料验收制度，严格查验进场材料合格证、检验报告，抽样检测不合格材料严禁进场；建立技术交底制度，确保每位作业人员掌握防治要点；建立施工方案审核制度，针对性制定方案，审核通过后方可施工。施工中建立现场巡查制度，定期排查施工质量和裂缝隐患，下达整改通知并跟踪落实；建立裂缝监测制度，安排专人用专业设备定期监测裂缝变化，做好记录并及时处置异常；建立施工日志制度，详细记录浇筑、

振捣、温控、养护及监测情况，确保施工过程可追溯。施工后建立裂缝验收制度，验收合格方可进入下一工序；建立整改复查制度，对验收问题限期整改、复查。

4.2.3 规范防治管理的流程化与标准化设计

明确裂缝防治全流程：施工前准备（材料验收、配合比设计、技术交底、方案审核）→施工过程控制（浇筑、振捣、温控、养护、巡查、监测）→裂缝处置（排查、记录、修复、质量检查）→施工后验收（排查、评定、整改、归档），每个流程明确关键节点、责任人和完成时限，确保流程衔接顺畅。制定标准化操作规范，明确浇筑、振捣、温控、养护等环节的操作步骤、技术参数和质量要求；明确裂缝排查、监测、修复的标准化要求，包括排查频率、监测设备使用、修复技术标准和验收要求，确保各项工作规范统一。

4.2.4 建立责任追究与考核激励机制

将裂缝防治管理纳入各班组和管理人员绩效考核，明确考核指标，包括材料验收合格率、技术交底落实率、施工规范执行率、裂缝隐患排查率、修复合格率等，考核结果与绩效工资、评优评先挂钩，对优秀者给予表彰奖励，不合格者督促整改。明确各岗位责任，若因材料验收不严、技术交底不到位、操作不规范、巡查监测不及时等导致裂缝问题，依法追究相关责任人责任^[4]。

4.3 裂缝防治的质量控制与监管措施

4.3.1 施工前的质量管控准备工作

施工单位开展全面自检，包括材料质量、配合比设计、技术交底、施工方案、施工设备自检，材料抽样检测、配合比试拌验证、交底内容核查、设备性能检查，确保各项准备工作到位。监理单位审核施工单位提交的各类报告、方案和记录，抽样抽检进场材料，审核施工方案可行性并提出优化建议，审核通过后方可施工。防治管理小组联合监理单位，全面检查材料、设备、技术、人员等准备情况，检查合格后启动浇筑施工，从源头规避隐患。

4.3.2 施工过程中的实时监测与管控

施工班组安排专人负责工序自检，每完成一道工序先自检，合格后报质量员复核，复核合格方可进入下一

工序，重点检查浇筑厚度、振捣质量、温控措施、养护情况，实时监测温度和裂缝变化，做好自检记录并及时整改问题。监理单位安排人员驻场，对关键环节全程旁站监理，定期抽样抽检混凝土质量，核实裂缝监测记录，发现隐患下达监理通知单，跟踪整改落实。第三方检测机构独立开展监测，按方案定期监测温度和裂缝变化，出具客观监测报告，发现异常及时反馈并督促采取应急措施，建立监测数据共享机制，预判裂缝发展趋势。

4.3.3 施工后的验收与后续监管

养护期满后，施工单位开展裂缝防治质量自检，合格后向监理单位提交验收申请；监理单位组织初步验收，合格后联合第三方检测机构、建设单位开展竣工验收，重点检查裂缝情况、修复质量、混凝土强度和抗渗性能，对照标准评定质量，出具验收报告；对验收问题限期整改、复查，合格后方可通过验收。验收合格后建立长期监测机制，安排专人定期巡查监测裂缝稳定性，发现问题及时修复；加强日常维护，避免结构受外力撞击和侵蚀^[5]。

结束语：本文围绕水利施工中混凝土裂缝防治管理展开系统研究，梳理了裂缝的基本特征、成因及现存防治管理问题，从技术、管理、监管三个维度构建了针对性的防治实施体系，明确了材料优化、施工管控、裂缝修复及管理完善、质量监管的具体措施。后续可结合更多水利施工场景，优化防治体系，持续提升裂缝防治管理效能，助力水利工程高质量发展。

参考文献

- [1]李炳照.水利建筑施工中大体积混凝土裂缝防治技术研究[J].水上安全,2025(7):187-189.
- [2]刘宏伟.水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施[J].中国科技纵横,2025(12):129-131.
- [3]黄峰.水利工程施工中混凝土裂缝控制技术研究[J].水上安全,2025(1):124-126.
- [4]陈效贺,晁玉芹.水利工程施工中混凝土裂缝控制研究[J].科技创新与应用,2025,15(21):145-148.
- [5]杨文锐.水利施工中混凝土裂缝防治管理研究[J].低碳世界,2025,15(4):61-63.