

# 水利施工中混凝土裂缝防治管理研究

金华春

云南省会泽县水务局 云南 曲靖 655000

**摘要：**水利工程混凝土裂缝直接威胁结构安全与使用寿命，是施工阶段的核心管控难题。本文以裂缝防治为核心，系统分析混凝土裂缝的定义、分类及危害，探究材料、施工、环境、设计四类关键影响因素。基于多学科理论依据，构建“前期预防-过程控制-检测监测-修复管理-全流程模式”的完整防治体系，提出各环节针对性技术与措施。研究表明，全流程协同管控可有效提升裂缝防治成效，为水利工程混凝土结构安全保障提供技术支持与管理参考。

**关键词：**水利施工；混凝土裂缝；防治管理；全流程模式

引言：水利工程作为国民经济重要基础设施，混凝土结构承担挡水、输水等核心功能，其安全性与耐久性至关重要。混凝土裂缝是水利施工中普遍存在的病害，易引发渗漏、钢筋锈蚀等连锁问题，缩短工程服役年限，甚至威胁公共安全。当前裂缝防治多聚焦单一环节，全流程协同管控不足。基于此，本文立足水利施工实际，系统开展裂缝防治管理研究，梳理影响因素、构建防治体系、提出关键措施，旨在弥补现有管理短板，为提升水利工程建设质量提供理论与实践支撑。

## 1 水利工程混凝土裂缝概述

### 1.1 混凝土裂缝的定义与分类

混凝土裂缝是混凝土在凝结硬化及使用过程中，因内部应力变化、材料性能差异等因素导致的结构不连续现象，是常见病害之一。其科学分类主要有三个维度：

(1) 按形成时间分为施工期与使用期裂缝，前者产生于浇筑、养护等施工环节，后者与长期荷载、环境作用相关；(2) 按受力性质分为结构性与非结构性裂缝，前者由外部荷载或结构受力不均引发，可能影响承载能力，后者多因温度变化、收缩变形导致，对承载能力影响较小但易引发耐久性问题；(3) 按形态分为表面、深层与贯穿裂缝，危害程度随深度增加而显著提升。

### 1.2 裂缝对水利工程结构安全的危害

水利工程混凝土结构多承担挡水、输水等核心功能，裂缝会从多方面危害结构安全：(1) 破坏混凝土整体性，降低结构刚度与承载能力，严重时引发结构失稳，威胁工程整体安全；(2) 成为水分、有害物质渗透通道，加速钢筋锈蚀与混凝土碳化，降低结构耐久性，缩短使用寿命；(3) 裂缝扩展加剧结构变形，影响工程正常运行，如增加渗漏量，造成水资源浪费与维护成本上升；(4) 严重裂缝可能引发连锁反应，破坏周边生态

环境与公共安全，造成重大经济损失与社会影响<sup>[1]</sup>。

## 2 混凝土裂缝防治的核心理论依据

混凝土裂缝防治以材料科学、结构力学、工程热力学等多学科理论为核心依据。(1) 材料科学理论为优化混凝土配比、提升材料抗裂性能提供支撑，通过改善骨料级配、合理选用外加剂等方式，增强混凝土自身抗裂能力；(2) 结构力学理论指导结构与受力分析，通过优化结构形式、合理布置配筋等手段，使结构应力分布均匀，减少应力集中引发的裂缝；(3) 工程热力学理论用于分析温度变化对混凝土的影响，为温度裂缝防治提供理论基础，通过控制混凝土水化热释放、采取保温保湿措施等，降低温度应力；(4) 耐久性设计理论强调从源头规避裂缝引发的耐久性问题，结合水利工程服役环境特点，制定针对性的防治策略，实现“预防为主、防治结合”的核心目标<sup>[2]</sup>。

## 3 水利施工中混凝土裂缝的影响因素分析

水利施工中混凝土裂缝的形成是多因素共同作用、相互影响的结果，直接决定裂缝的产生概率、形态及危害程度，核心影响因素可归纳为四类：(1) 材料因素。作为基础影响条件，水泥强度等级、骨料级配与含泥量、外加剂类型及掺量等原材料性能，直接关乎混凝土抗裂性。骨料级配不合理、含泥量超标会降低密实度，外加剂选用不当易引发收缩异常，均会增大裂缝风险；而配合比设计的科学性，直接影响水化热释放、强度发展及体积稳定性，进而决定裂缝防控效果。(2) 施工因素。施工操作规范性是控裂关键，混凝土搅拌均匀性、运输离析与坍落度损失、浇筑布料与振捣密实度、养护保湿保温及时性及模板拆除时机顺序等，均会导致内部应力不均或收缩受阻，诱发裂缝；工序衔接不畅、质量管控缺失会进一步放大风险。(3) 环境因素。水利工程

多处于露天或复杂地质环境，温度剧烈变化产生的温差应力、湿度波动加剧的干缩现象，以及风雨侵蚀、地质不均匀沉降，均会破坏结构稳定性；暴雨、寒潮等极端天气更会诱发裂缝。（4）设计因素。结构设计合理性是前置保障，抗裂考量不足、配筋与断面尺寸设计不当、未结合服役环境针对性设计，易导致施工或使用阶段应力集中；设计方案与施工工艺适配性不足，也会间接增加裂缝风险<sup>[3]</sup>。

#### 4 水利施工混凝土裂缝防治管理体系与关键措施

##### 4.1 水利施工中混凝土裂缝的前期预防管理体系构建

前期预防管理体系以“源头管控、风险前置”为核心，通过多环节协同筑牢抗裂基础，具体内容如下：

（1）建立材料质量全流程管控机制。明确原材料选型标准与检验流程，对水泥、骨料等核心材料实施进场验收与抽样检测双重管控；结合工程地质与气候条件，优化配合比设计流程，组织专业团队开展试配论证，重点控制水化热与体积稳定性参数。（2）完善设计阶段抗裂优化管理。建立设计方案抗裂专项审核制度，核查结构形式、配筋布置等抗裂合理性；推动设计与施工协同，要求设计方提供专项抗裂技术指引，明确关键部位设计要点与参数标准，规避设计施工脱节风险。（3）构建施工前期筹备体系。制定专项抗裂施工方案并组织专家论证，明确各环节抗裂技术要求与质量控制点；开展施工人员专项培训，强化规范认知；建立设备检修调试机制，保障搅拌、振捣等设备性能稳定，满足抗裂施工需求。（4）建立风险预判与应急机制。结合施工环境与条件，识别前期裂缝关键风险点并建立分级管控清单；制定应急处置预案，明确预警标准与应对措施，为前期预防提供兜底保障。

##### 4.2 水利施工过程中混凝土裂缝的控制技术与管理措施

施工过程是裂缝控制的核心环节，要通过技术优化与精细化管理相结合，实现对裂缝的动态管控，具体措施如下：（1）搅拌与运输环节的控制管理。严格执行配合比计量标准，采用精准计量设备确保原材料配比误差符合规范要求，保障混凝土搅拌均匀性；优化搅拌工艺参数，控制搅拌时长与转速，避免过度搅拌或搅拌不足影响混凝土性能；合理规划运输路线与运输时间，选用密闭式运输设备减少混凝土坍落度损失与离析现象，运输过程中根据需要进行适度搅拌，抵达施工现场后及时检测混凝土性能，不合格材料严禁投入使用。（2）浇筑与振捣环节的控制技术。根据工程结构特点与施工部位，制定分层分段浇筑方案，明确各层浇筑厚度、浇

筑顺序与间隔时间，避免因浇筑过快或分层不当引发应力集中；采用适配的振捣设备与振捣工艺，控制振捣频率与深度，确保混凝土密实度均匀，振捣过程中避免漏振、过振现象，防止混凝土表面起砂或内部形成空隙；浇筑过程中及时清理模板内杂物与积水，保障混凝土与模板贴合紧密，同时做好浇筑过程中的防雨、防晒、防风措施，避免环境因素对浇筑质量产生影响。（3）温度裂缝的专项控制技术。针对大体积混凝土等易产生温度裂缝的部位，采用低热水泥、掺加粉煤灰等矿物掺合料降低水化热释放量；在混凝土内部布设冷却水管，通过循环水系统控制内部温度，同时在混凝土表面覆盖保温材料，减少内外温差；建立温度监测机制，实时跟踪混凝土内部与表面温度变化，根据监测数据调整保温、降温措施，确保温差控制在规范允许范围内。（4）养护环节的精细化管理。明确养护启动时间，混凝土浇筑完成后及时覆盖保湿材料，避免表面水分快速蒸发，一般在浇筑完成后12小时内开始养护；根据混凝土类型与环境条件，选用洒水养护、喷雾养护、覆膜养护等适配的养护方式，保障养护湿度符合要求；严格控制养护持续时长，普通混凝土养护时长不少于14天，大体积混凝土或特殊环境下的混凝土适当延长养护时间；建立养护巡查制度，安排专人负责养护过程的监督管理，及时发现并纠正养护不到位问题。（5）模板拆除与后续工序的控制管理。严格遵循模板拆除的强度要求与顺序规定，通过回弹检测等方式确认混凝土强度达标后，方可实施拆除作业，严禁提前拆除模板；模板拆除过程中采用精细化操作，避免对混凝土结构造成碰撞或扰动；拆除完成后及时对混凝土表面进行修整与保护，后续工序施工前做好交接检验，确保各工序衔接顺畅，避免因工序干扰引发裂缝。

##### 4.3 水利工程混凝土裂缝的检测与监测管理

检测与监测是及时发现裂缝、把控发展态势的关键手段，需建立系统化管理机制，具体内容如下：（1）制定科学检测方案。结合工程结构特点与服役环境，明确检测范围、部位、频率，重点覆盖挡水结构、输水隧洞等关键部位；合理选用检测技术，表面裂缝采用宽度尺、读数显微镜等工具，深层及贯穿裂缝采用超声波、雷达探测等无损技术，保障检测精准。（2）建立全周期监测体系。施工期聚焦浇筑、养护、拆模阶段，设固定监测点实时跟踪裂缝宽、长、深变化；运营初期持续监测并动态调整频率；明确监测指标与预警阈值，数据超阈值及时启动预警。（3）规范数据管理流程。建立专人采集、审核制度，确保数据完整真实并记录关联信息；

搭建数据管理平台,系统整理、存储分析数据,通过趋势研判裂缝规律,为防控修复提供支撑。(4)强化质量管控。定期校准维护检测监测设备,保障性能稳定;加强人员专业培训考核,提升能力;建立成果审核复核机制,确保工作规范准确。

#### 4.4 水利施工中混凝土裂缝的修复技术与管理措施

裂缝修复遵循“因地制宜、按需修复、质量可控”原则,结合裂缝类型与发展阶段选用适配技术并强化全过程管理,具体内容如下:(1)前期评估与方案制定。建立专项评估机制,依托检测监测数据明确裂缝类型、尺寸、深度及发展趋势,评估对结构安全的影响;据此制定针对性修复方案,明确技术选型、材料选用、施工流程及质量标准,重大方案需专家论证确保可行安全。

(2)表面裂缝修复。对窄浅表面裂缝采用表面封闭法,选用环氧树脂浆液等材料,施工前清理表面杂物并保证干燥清洁,均匀连续涂抹材料覆盖裂缝及周边;严控材料配比与涂抹厚度,完工后做好养护,确保封闭层贴合紧密,实现密封防水、阻裂扩展效果。(3)深层与贯穿裂缝修复。深层裂缝采用压力注浆法,选用水泥浆等材料,合理布设注浆孔并控制压力与注浆量;贯穿裂缝采用注浆+表面封闭的复合技术,必要时增设加固措施;施工前调试设备,过程中监测压力与浆液扩散,完工后检测验证效果。(4)修复质量管控。建立全过程质量监督机制,明确各环节控制点,严控材料进场、施工操作及养护;施工前技术交底,完工后按规范检测,合格方可推进后续工序,不合格部位及时整改重修。(5)修复后跟踪监测。设置专项监测点定期监测裂缝是否复扩或新生,跟踪修复效果稳定性;建立效果评估机制,总结经验为后续修复提供参考。

#### 4.5 水利施工混凝土裂缝防治的全流程管理模式

全流程管理模式以“统筹协调、闭环管控”为核心,整合前期预防、过程控制、检测监测、修复管理各环节资源,实现裂缝防治系统化与常态化,具体构建内容如下:(1)建立全流程组织协同机制。明确建设、设

计、施工、监理等各方职责,搭建常态化沟通协调与信息共享机制,保障协同配合;设立专项管理小组,统筹推进全流程工作,负责方案制定、过程监督、问题协调及效果评估,确保工作有序开展。(2)构建全流程标准体系。制定覆盖各环节的技术标准与管理规范,明确操作要求、质量标准及验收流程;建立标准化文档管理体系,系统整理归档技术资料、检测数据等,为全流程管理提供规范依据。(3)实施全流程风险管控。建立风险识别与分级管控机制,梳理各环节裂缝风险点并制定防控措施;搭建风险动态跟踪机制,结合施工进度与环境变化更新风险清单、调整策略;完善应急处置流程,实现“风险识别-防控-跟踪-处置”闭环管理。(4)健全全流程考核与改进机制。将防治成效纳入各方绩效考核,明确指标与奖惩措施;建立复盘总结机制,优化管理流程与技术措施;推动技术创新转化,将成熟经验纳入行业标准,提升整体防治水平<sup>[4]</sup>。

结束语:本文围绕水利施工混凝土裂缝防治管理展开全面研究,明确了裂缝的核心影响因素,构建了涵盖前期预防、过程控制等多环节的防治体系,形成了全流程协同管控模式。研究成果为水利施工裂缝防治提供了系统化解决方案,可有效提升结构抗裂能力与安全稳定性。未来可进一步结合智能化监测技术,优化风险预判与动态管控机制;同时加强不同地域、不同类型水利工程的针对性研究,推动防治技术与管理模式的持续完善,助力水利工程高质量发展。

#### 参考文献

- [1]林飞.水利施工中混凝土裂缝的预防措施研究[J].现代工业工程,2025(2):91-93.
- [2]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.
- [3]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.
- [4]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.