

水利工程中混凝土裂缝成因与防治措施探讨

倪霞¹ 贺仙梅² 王雪¹

1.内蒙古河套灌区水利发展中心排水分中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

2.内蒙古河套灌区水利发展中心排水分中心第四排水所 内蒙古 巴彦淖尔 015000

【摘要】：各类闸坝、输水渠系等水利建筑物长期以混凝土为主要构筑材料，构件整体完好程度关系区域防汛调度、农田供水等民生水利职能能否长期稳定落地。在多重条件共同作用下，水利工程中混凝土极易滋生各类宽窄不一的裂缝。微小缝隙随运行时间持续延展，会瓦解构件内部致密构造，引发渗水透水、内部钢筋锈蚀、表层骨料脱落等问题，持续降低建筑服役周期，加大后期检修加固投入。基于此，本文将依托一线水利施工与长期运维实际情况，逐一梳理裂缝生成各类诱因，再针对性提出全流程防控手段，以期为同类型水利工程裂缝病害处置提供可落地实操思路。

【关键词】：水利工程；混凝土裂缝；成因；防治

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.087

引言

水利工程是重要的民生工程之一，当下我国群众的生活质量在不断提升，水利工程在其中发挥了调节水资源、利用水资源的重要作用。钢筋混凝土依然是目前水利工程中重要的结构形式，具备着材料价格低廉、性能优越的特点。但是混凝土材料容易产生裂缝，也是制约水利工程高效使用的因素之一，工程的质量问题时有发生，整体工程稳定性和施工、后期使用的安全也会受到影响。因此，针对水利工程中混凝土裂缝成因与防治措施进行深入探讨极为重要。

1 水利工程中混凝土裂缝防治的重要性

1.1 保障工程结构安全

在各类水利水工构筑物中，混凝土的成型密实度与整体完整性，是支撑结构受力、抵御水力侵蚀的核心基础。工程长期处于高压渗水、水流冲刷、四季温湿交替的复杂野外环境，表层及内部产生的细微裂隙会持续延展、贯通，逐步瓦解结构体的完整状态。落实精细化防裂控裂举措，可有效阻断结构损伤持续累积，稳固水工建筑整体稳定性，彻底杜绝各类安全险情的发生。

1.2 延长工程使用寿命

水利基建属于一次性投入大、服务年限久的公益性工程，结构耐久程度直接决定工程的服务价值。混凝土产生裂隙后，外界水汽、腐蚀性介质会顺势渗入结构内部，加速内置钢筋氧化锈蚀，并加剧混凝土基材风化剥落，让工程结构提前老化失效。反复的病害修补、结构加固不仅会消耗大量建设资源，还会干扰工程正常调度运行，影响区域防洪排涝、农田灌溉、城乡供水等基础民生保障。通过科学规范的防裂治理手段，能有效减缓结构老化速度，减少后期运维整改成本，切实拉长工程服役周期，保障水利设施持续稳定发挥民生保障与社会服务效能。

2 水利工程中混凝土裂缝成因分析

2.1 原材料质量把控不达标

水工混凝土结构的耐久与稳固性，极大依托各类原材料的综合品质，材料质量缺陷是工程出现裂缝的首要基础性问题。实际项目建设中，部分施工班组为压缩开支、简化采购审核流程，选用的水泥产品安定性不达标，实际强度无法匹配工程设计标准，水泥水化反应不稳定，极易造成混凝土固化成型后出现不均匀体积收缩问题。施工所用砂石物料含泥量超标、杂物附着多、颗粒级配杂乱，会直接降低混凝土密实程度与粘结性能，结构抗变形能力大幅下降。与此同时，拌合用水洁净度不足、各类添加剂用量随意增减，未结合施工现场温湿度实时调整参数，会破坏拌合物料的均匀统一性，让构件内部形成隐蔽缺陷，在长期通水、受力运行过程中逐步发展为可视裂缝。

2.2 配合比设计与拌合工艺不合理

水利工程混凝土浇筑施工对配比参数精度有着严苛要求，配比方案不合理、拌合工序不规范，是人为造成结构开裂的关键原因。不少施工现场直接套用通用配比参数，未结合项目水域工况、构件受力荷载、当地季节气候开展针对性优化，其中水胶比把控失衡的问题最为普遍。若水胶比数值偏大，混凝土内部会留存大量游离水分，水分挥发后会形成密集毛细孔隙，引发整体收缩开裂；数值偏小则会降低物料流动性，浇筑振捣时难以填充密实，形成内部空隙缺陷。除此之外，拌合作业时长不足、设备运转转速不稳，会造成水泥、砂石骨料与外加剂混合不均，构件不同区域材质性能存在偏差，固化收缩速度不一致，最终在表层及内部形成无规则裂缝病害。

2.3 现场施工操作不规范

施工现场标准化作业水平，直接决定混凝土成型质量，不规范的施工操作是裂缝滋生的主要现场因素。正式浇筑作业前，施工人员未细致核验模板平整度、密闭性及支撑牢固度，模板拼接缝漏浆、受力变形偏移，会造成砂浆流失、骨料堆

积,让成型混凝土出现蜂窝、麻面等瑕疵,进而衍生裂缝。浇筑作业中,存在分层浇筑厚度超标、下料速度过快、振捣不到位或过度振捣等违规操作,过度振捣会造成骨料下沉、砂浆上浮,构件表层结构疏松,漏振则会形成内部空洞。同时,浇筑作业中途随意停工、新旧混凝土衔接间隔超时,未对衔接面进行凿毛清理和充分润湿,会形成整体性极差的施工冷缝,后期受外力作用极易开裂延展。

2.4 养护管控工作落实不到位

浇筑完成后的养护作业,是保障混凝土强度稳步提升、结构性能稳定的核心工序,养护工作缺位是水工结构表层裂缝频发的主要原因。水利工程大多为露天作业,长期受昼夜温差、雨雪风霜等自然气候干扰,施工环境复杂。混凝土浇筑成型后,若未能及时覆盖保湿、定时洒水养护,构件表层水分会快速散失,而内部水分挥发速度较慢,内外收缩变形差异悬殊,直接诱发塑性收缩裂缝。部分施工现场养护周期缩水、洒水养护毫无规律,高温酷暑天气未做遮阳保湿处理,低温霜冻时节未落实保温防护措施,导致混凝土早期强度增长缓慢,抗拉性能偏弱,无法抵消收缩应力与温度应力带来的形变影响,细微裂缝持续产生并不断扩张延伸。

2.5 外部环境对结构受力影响

水利水工构筑物常年置于复杂的水环境与户外自然环境中,外部受力变化和环境影响,是结构裂缝持续产生的长效诱因。一方面,坝体、输水渠道、闸室主体等构件,长期承受静水压力、水流冲刷、土体侧压等恒定荷载,同时还要抵御汛期水位骤变、风浪冲击、水体冻胀等动态作用力,长期交替受力会让混凝土结构产生疲劳损伤,逐步生成持续性结构裂缝。另一方面,区域四季气温更迭、昼夜温差波动明显,混凝土反复发生热胀冷缩形变,当形变产生的拉应力超出材料自身抗拉极限,就会形成典型的温度裂缝。此外,地基处理不彻底、后期出现不均匀沉降,会造成结构基底受力失衡,致使墙体、底板等关键部位产生贯通性裂缝,严重威胁水利工程安全稳定运行。

3 水利工程中混凝土裂缝的防治措施

3.1 严控原材料质量,夯实结构抗裂基础

从材料源头做好质量管控,是水利工程混凝土抗裂工作的核心基础,可以从根本上杜绝因物料性能缺陷产生的结构性裂缝。为此,需摒弃粗放式选材模式,结合水工构筑物长期浸水、露天暴露、荷载稳定的特殊工况,严格参照水利专项设计标准建立全套进场检验制度。选材时,可优先选用低水化热、性能指标稳定的硅酸盐水泥,有效规避水泥水化反应剧烈、体积变异过大引发的开裂问题,严格筛查每批次水泥的强度、凝结特性及安定性指标,杜绝不合格物料投入施工。对施工所用砂石集料开展精细化筛分作业,需严格把控含泥比例、针片状颗粒

占比,优化多级配骨料组合方式,有效提升混凝土固化后的密实程度与整体粘结性能,增强材料自身抗收缩、抗形变能力。施工用水需净化处理,严控酸碱及有害杂质含量,保障水化反应平稳进行。同时,还要根据现场环境温度、浇筑体量、结构用途匹配适配型外加剂,精准把控掺加比例,杜绝随意增减用料的不规范行为,通过全流程材料精细化管理,彻底消除物料隐患带来的内部隐性裂缝缺陷。

3.2 优化配合比设计,标准化落实拌合工艺

科学的配比设计与规范化拌合作业,是降低混凝土收缩开裂概率、提升水工结构耐久性的关键工艺举措。水利工程混凝土施工不可直接套用通用建筑配比参数,需结合不同构筑物的受力工况、水域运行环境、区域气候特征开展专项试配调试,通过实验室多组对比试验确定最优水胶比、砂率及集料搭配方案。施工中需在保障拌合料和易性与泵送性能的前提下,合理压缩水胶比,减少混凝土内部游离水分囤积,规避水分蒸发后孔隙密集形成的收缩裂缝。针对夏季高温、冬季低温、雨季高湿等特殊施工条件,可动态微调配比体系,高温时段通过适配缓凝型外加剂延缓水化放热速率,避免温度应力集中。低温时段优化骨料级配,加快混凝土早期强度生成。拌合作业需依托全自动智能化设备,精准把控搅拌时长与设备转速,保障水泥、骨料、外加剂混合均匀,杜绝拌合料局部性能差异过大的问题。同时,还要对每批次拌合料开展坍落度、均匀度抽检核验,剔除不合格物料,确保入模混凝土性能均匀稳定,依靠工艺标准化从源头规避施工型裂缝。

3.3 规范现场施工流程,杜绝操作型裂缝缺陷

施工现场工序管控的精细化程度,直接决定混凝土成型质量,是杜绝人为操作疏漏引发裂缝病害的关键。施工筹备阶段,需全面核查模板体系的综合性能,选用刚度、平整度达标专用模板,对接缝进行密封封堵处理,杜绝浇筑过程中砂浆渗漏造成的构件表层缺陷。同时,需对模板支撑体系进行受力校核与加固处理,保障整体稳定性,抵御混凝土侧压力带来的变形、位移问题。浇筑作业采用分层、分段、连续施工工艺,严格控制单次下料厚度与浇筑速度,遵循薄层匀速浇筑原则,避免厚层浇筑引发的内部水化热堆积、结构内外受力不均等问题。振捣作业依托插入式设备实施定点、匀速、薄层振捣,精准把控振捣深度与作业时长,兼顾密实度的同时规避过振导致的骨料下沉、表层砂浆富集,以及漏振引发的内部空洞、疏松问题。针对不可避免的施工间歇,超时成型的界面必须采用机械凿毛工艺剔除浮浆与松散层,对界面充分润湿后涂刷粘结浆料,强化新旧混凝土的结合性能,彻底杜绝施工冷缝生成,保障结构整体连续性与完整性。

3.4 完善养护管控体系,抑制后期形变开裂

浇筑完成后的养护作业,是保障混凝土强度稳步增长、抵

消温度与干缩应力、抑制表层细微裂缝扩展的核心工序。水利工程多为露天作业，受自然气候干扰极强，需建立适配季节变化的差异化养护机制。混凝土面层收光完成后，需第一时间采用土工布、防水薄膜进行全覆盖封闭养护，锁住表层水分，缩小构件内外干湿梯度与形变差值，有效抑制塑性收缩裂缝的产生。日常养护需严格恪守规范周期，杜绝提前撤去养护设施、间断洒水等违规行为，保持构件表层长期湿润，为水泥充分水化提供稳定环境，持续提升混凝土抗拉强度与抗裂性能。高温季节重点落实遮阳、喷雾降温养护措施，降低构件表层温升，缓解内外温差产生的温度应力。低温霜冻天气采用保温覆盖、蓄温防护手段，规避低温冻害损伤，保障混凝土早期强度稳定发育。另外，还要落实专人专岗养护制度，建立完整养护台账，精准记录环境温度、养护频次、养护时长等数据，实现养护工作标准化、精细化管控，从后期养护层面杜绝各类次生裂缝病害。

3.5 强化结构防护处理，抵御环境与受力裂缝

水工混凝土结构长期处于复杂水环境与自然外力作用下，需通过前期地基处理、结构优化、表层防护、后期监测的全链条技术手段，抵御环境扰动与交变荷载引发的裂缝问题。工程开工前期，需针对施工区域地基土质特性开展精细化处理，通过夯实、加固、垫层优化等工艺改善地基承载性能，消除土质

疏松、受力不均隐患，从根源上规避地基不均匀沉降诱发的贯通性结构裂缝。而结构施工阶段，则要结合构件受力规律与温度形变特征，科学布设伸缩缝、沉降缝，合理释放结构内部聚集的收缩应力与温度应力，解决应力集中导致的开裂问题。针对水工结构长期面临的水流冲刷、昼夜温差交变、低温冻胀等工况，还可配套实施表层抗渗抗裂防护工艺，强化坝体、渠道、闸室等核心构件的表层防护能力，提升结构抗冲刷、抗冻融、抗形变性能，降低长期动态荷载带来的结构疲劳损伤。工程投入运行后，搭建常态化结构安全监测体系，通过形变监测、应力检测等技术手段实时捕捉结构运行状态，提前识别细微裂缝隐患并及时处置，阻止裂缝持续延展扩张，切实保障水利混凝土结构长期安全稳定服役，有效延长工程使用寿命。

4 结束语

总而言之，水工混凝土出现开裂问题，并非单一诱因导致，原材料配比、现场施工操作、外界温湿度变化以及后期管护方式，都会叠加诱发各类裂缝。想要降低病害发生概率，不能只依靠局部补救手段，需把管控要求落实到选材、浇筑、养护、常态化巡检整套施工运维流程中。水利设施承担防洪、输水关键职能，结构耐久保障工作仍有优化空间，还需持续打磨施工工艺、更新防控技术，以细致化现场管理稳固构筑物整体性能，长久守护水利工程平稳运行。

参考文献：

- [1] 杨春来,梁填.水利工程大体积混凝土施工裂缝成因诊断及综合防治措施探讨[J].当代农机,2026,(5):30-31.
- [2] 贺关清.水利工程中混凝土裂缝产生原因及防治措施研究[J].现代工程科技,2025,4(13):157-160.
- [3] 李来明.水利工程中混凝土裂缝成因及防治措施[J].农村科学实验,2025,(11):105-107.
- [4] 闫娜娜.水利工程中混凝土裂缝产生的原因及防治措施[J].中国水泥,2025,(5):76-78.
- [5] 周政德.房建工程中混凝土裂缝的成因分析与防治措施[J].中国水泥,2024,(8):107-109.