

# 水利水电工程中混凝土坝裂缝成因及防治措施研究

姬文敬

内蒙古新禹水利水电工程建设有限公司 内蒙古 巴彦淖尔 015000

**【摘要】**：混凝土坝是水利水电工程的主要挡水建筑物，结构稳定直接影响工程运行的安全性、防洪效益和发电效益的发挥。混凝土坝的建设及长期运行中，裂缝是普遍存在的质量病害，它会破坏坝体结构的完整性，并且还会引起渗流侵蚀、钢筋锈蚀等一系列连锁问题，从而缩短工程的使用寿命，甚至危及工程的安全。本文根据水利水电工程施工和运维的实际需要，对混凝土坝裂缝的主要原因进行系统的分析，有针对性地提出全过程的防治措施，给同类工程裂缝的控制提供一定的借鉴，从而提高混凝土坝工程的建设质量以及运行安全。

**【关键词】**：水利水电工程；混凝土坝；裂缝成因；防治措施

DOI:10.12417/2811-0528.26.10.038

## 1 引言

水利水电工程具有防洪、发电、灌溉、供水等多种功能，是国家基础设施建设的组成部分。混凝土坝因为承载能力强、耐久性好、适应性强等特点，在大中型水利水电工程中被广泛应用。但是混凝土属于非均质脆性材料，受自身材料特性、施工工艺、外部环境等因素的影响，坝体结构很容易出现裂缝。这类裂缝分为表面浅层裂缝和深层贯穿裂缝，浅层裂缝虽然短期内不会对坝体造成太大影响，但是若不及时处理，在水压力、温度变化、冻融循环等因素的影响下，会不断扩展；深层贯穿裂缝会直接破坏坝体整体受力结构，造成渗漏、结构失稳等严重安全隐患。因此，对混凝土坝裂缝产生的原因进行分析，建立全方位、全过程的防治体系，是保证混凝土坝工程质量及长期安全运行的重要工作。

## 2 混凝土坝裂缝主要成因分析

### 2.1 设计因素

设计阶段的疏忽是造成混凝土坝裂缝的先决条件。部分工程设计时，对于坝体结构受力计算不精确，没有根据工程所在地的地质状况、水文状况、温度变化幅度来开展有针对性的设计，造成坝体结构断面、配筋设计不合理，局部应力集中严重。大体积混凝土坝温控设计缺乏，设计阶段没有考虑到水泥水化热释放所造成的温度应力，没有规划合理的分缝分块方案、冷却系统和保温措施，造成坝体内外温差过大，产生温度裂缝。另外，部分设计没有考虑到地基变形、不均匀沉降的问题，地基处理方案不合理，坝体和地基之间约束作用过大，混凝土收缩变形受到限制，从而产生收缩裂缝。

### 2.2 原材料与配合比因素

混凝土原材料质量及配合比设计直接影响混凝土自身的性能，是裂缝产生最主要的内在原因。水泥选择不合理是常见

问题，部分工程采用水化热较高的硅酸盐水泥，水化时释放大量的热量，造成混凝土内部温度急剧上升，后期降温收缩时产生巨大的拉应力；如果水泥安定性不合格，会使混凝土体积变得不稳定，容易产生裂缝。骨料质量控制不严，骨料级配不合理、含泥量超标、针片状颗粒过多，会降低混凝土的密实度和抗拉强度，影响混凝土的和易性，增大施工振捣难度；部分骨料含碱量过高，与水泥中的碱性物质发生碱骨料反应，产生膨胀性产物，造成混凝土内部胀裂。

### 2.3 施工因素

施工阶段的控制不到位，是造成混凝土坝裂缝产生最根本的后天原因。大体积混凝土浇筑工艺不合理，单次浇筑厚度过大、浇筑速度过快，造成水化热集中释放，内部温度不能迅速散出，内外温差超过限值；没有采用分层分段浇筑、间歇浇筑的工艺，使温度应力积累更加严重。振捣施工不规范，漏振、欠振会造成混凝土密实度不够，内部产生蜂窝、孔洞，形成薄弱部位；过振会造成骨料离析、水泥浆上浮，破坏混凝土均匀性，引起裂缝。养护环节缺失是主要问题，新浇筑混凝土早期养护不到位、养护时间不够、养护温度和湿度控制不合理，表面水分迅速蒸发，产生干缩裂缝。

### 2.4 环境与运行管理因素

工程运行阶段外部环境变化、运维管理不善都会造成既有裂缝扩大或者新裂缝出现。温度变化属于长期影响因素，坝体长期处在气温、水温交替变化的环境之中，混凝土热胀冷缩反复作用，内部应力不断波动，原有的微裂缝慢慢扩大。干湿循环、冻融循环的作用下，会破坏混凝土内部结构，降低混凝土的密实度和强度，在北方寒冷地区和水位变动区，冻融侵蚀引起的裂缝更加普遍。渗流侵蚀作用，坝体裂缝产生之后，库水渗透到混凝土里面去，侵蚀内部结构，带走水泥水化产物，使裂缝扩大；如果水中含有腐蚀性物质，就会造成混凝土腐蚀，

加快结构的破坏。

### 3 混凝土坝裂缝综合防治措施

#### 3.1 优化前期设计, 筑牢结构防控基础

设计阶段要根据工程实际情况, 做好全面地质勘察和人文分析工作, 准确计算坝体的受力、温度应力、沉降变形, 改进结构断面和配筋设计, 防止局部应力集中。对于大体积混凝土坝, 主要完善温控设计, 根据水泥水化热特点, 合理安排分缝分块方案, 设置永久伸缩缝和诱导缝, 释放混凝土收缩应力; 设计预埋冷却水管系统, 规划早期通水降温方案, 控制坝体内外温差。加强地基处理设计, 根据地质条件采取固结灌浆、帷幕灌浆等办法, 提高地基的承载能力及均匀性。

#### 3.2 严控原材料质量, 优化混凝土配合比

严把原材料进场关, 建立严格的质检程序, 选用水化热低、安定性好的低热水泥或者矿渣硅酸盐水泥, 减少水化热释放; 选用级配合理、质地坚硬、含泥量合格、碱活性低的骨料, 杜绝不合格骨料进场。科学优化混凝土配合比, 采用低水胶比设计, 在保证混凝土和易性和强度的基础上, 减少水泥用量; 掺加优质粉煤灰、矿渣粉等掺合料, 代替部分水泥, 降低水化热, 提高混凝土密实度和耐久性; 合理选用高效减水剂、缓凝剂等外加剂, 改善混凝土工作性能, 延缓水化热释放峰值, 减少早期收缩。配合比设计完成之后, 进行现场试配试验, 检验混凝土性能, 保证适配工程施工及运行需求。

#### 3.3 强化施工管控, 规范现场施工工艺

施工阶段要制定专项温控和防裂施工方案, 按照方案组织施工。采用分层分段浇筑工艺, 控制单次浇筑厚度和浇筑速度,

合理设置浇筑间歇期, 防止水化热集中释放; 高温季节选择早晚低温时段浇筑, 冬季做好浇筑区保温, 防止气温骤变影响。加强振捣施工控制, 安排专人操作振捣设备, 采用快插慢拔的方式, 保证混凝土密实均匀, 防止漏振、过振。规范施工缝处理, 凿毛清理结合面, 铺设水泥砂浆结合层, 保证新旧混凝土结合紧密; 合理控制模板拆除时间, 防止过早拆除造成混凝土表面开裂。

#### 3.4 完善运维管理, 做好裂缝监测与处置

工程运行阶段建立常态化的监测、巡检制度, 用专业监测仪器实时监测坝体温度、沉降、渗流及裂缝的发展情况, 定期开展全面巡检工作, 重点检查水位变动区、坝体应力集中的地方有没有出现早期裂缝。根据不同的裂缝类型、宽度采取不同的处理方式, 表面浅层裂缝用表面涂抹环氧砂浆、粘贴防水卷材的方式封闭, 防止水分渗入, 深层裂缝和贯穿裂缝用灌浆处理, 优先选择水泥灌浆或化学灌浆工艺, 填充裂缝内部, 恢复坝体结构密实度和整体性, 对于扩展较快的结构性裂缝, 结合加固处理措施来提高坝体的承载能力。

## 4 结论

混凝土坝裂缝是水利水电工程常见质量病害, 是由设计、材料、施工、环境运维等各方面原因造成的, 具有复杂性、多因性等特点。裂缝防控不能只依靠单一环节的整改, 必须建立全周期、全方位的综合防控体系, 从设计阶段优化结构和温控方案, 从原材料和配合比控制混凝土内在性能, 从施工阶段规范工艺、加强养护, 从运维阶段做好监测和及时处理。依靠各个环节的共同作用, 从源头上减少裂缝的发生, 及时处理已经出现的裂缝, 才能保证混凝土坝结构的完整性和运行安全, 延长工程使用寿命, 充分发挥水利水电工程的综合效益。

### 参考文献:

- [1] 崔倩倩, 刘坤. 水利水电工程中混凝土裂缝的产生机制与防控措施分析[J]. 新发现, 2025, (10): 103-105.
- [2] 王蒙, 赵杰, 郭建. 水利水电工程施工中混凝土裂缝的防治技术研究[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会, 西南大学, 重庆工商大学, 重庆建筑编辑部. 人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集. 湖北浩川水利水电工程有限公司, 2025: 637-640.
- [3] 石宝林. 水利水电工程施工中混凝土裂缝的防治技术研究[J]. 水上安全, 2023, (15): 28-30.