

# Analysis on the prevention technology of concrete crack in water conservancy project construction

Chongjie Li

Yunnan Construction Investment Second Water Conservancy and Hydropower Construction Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650501, China

## Abstract

The causes of concrete cracks are complex, involving material properties, construction technology, environmental factors and structural design and other aspects. In water conservancy projects, large volume concrete is easy to form shrinkage cracks due to the temperature gradient effect, while structural components under complex stress conditions may cause cracking due to uneven load transmission. In addition, formwork constraint, construction vibration and uneven settlement and other factors will also aggravate the development of cracks. In order to effectively control the cracks, systematic prevention and control measures should be taken to optimize the concrete mix ratio, control the construction temperature stress, adjust the formwork and reinforcement arrangement, and reasonably control the construction environment and load of the concrete structure.

## Keywords

water conservancy engineering; concrete crack; prevention and control; technology

# 水利工程施工中混凝土裂缝的防治技术探析

李崇杰

云南建投第二水利水电建设有限公司, 中国·云南昆明 650501

## 摘要

混凝土裂缝的成因复杂, 涉及材料性能、施工工艺、环境因素及结构设计等多个方面。在水利工程中, 大体积混凝土因温度梯度效应易形成收缩裂缝, 复杂受力条件下的结构构件则可能因荷载传递不均引发开裂。此外, 模板约束、施工振动及不均匀沉降等因素亦会加剧裂缝发展。为有效控制裂缝, 应从优化混凝土配合比、控制施工温度应力、调整模板及钢筋布置、合理管控施工环境及荷载等方面入手, 采取系统性防治措施, 确保混凝土结构的稳定性与耐久性。

## 关键词

水利工程; 混凝土裂缝; 防治; 技术

## 1 引言

水利工程混凝土结构长期服役于复杂环境, 易受温度变化、水文作用及荷载影响, 裂缝问题较为突出。裂缝的产生不仅降低结构整体强度, 还可能导致渗漏、钢筋锈蚀等一系列耐久性问题, 影响工程安全及使用寿命。因此, 深入研究水利工程施工过程中混凝土裂缝的防治技术, 对提升工程质量、降低后期运维成本具有重要意义。

## 2 水利工程施工中常见的混凝土裂缝类型

### 2.1 温度裂缝

温度裂缝是混凝土在施工过程中, 由于温度变化引起的体积变化所产生的裂缝。混凝土的水化反应是一个放热过

程, 浇筑后的混凝土会在短时间内产生较大的温升, 特别是在大体积混凝土结构中更为显著。随着混凝土内部温度的逐渐升高, 外部由于与环境温度的差异而开始冷却, 这种内外温差的变化会引发不同的收缩或膨胀, 从而导致混凝土产生裂缝。

温度裂缝的形成机制与混凝土的热传导特性密切相关。由于混凝土材料的热导率较低, 温度从浇筑点向外部传递较为缓慢, 造成内部温度持续升高, 而外部已开始降温, 导致表层和内部出现较大温差。温差过大时, 内部的膨胀力与表层的收缩力相互作用, 超出了混凝土的抗裂能力, 从而产生裂缝<sup>[1]</sup>。这些裂缝通常沿着混凝土表面或内部形成, 形态上呈现出放射状或网状分布。影响温度裂缝形成的因素主要包括混凝土的配合比、浇筑的气候条件、混凝土的密实度以及结构的几何形状。在高温环境下, 水泥水化速率加快, 水化热释放量增大, 温度裂缝的发生几率也随之增高。此外, 混凝土配合比中的水泥用量、骨料的热膨胀系数等也会对裂缝

【作者简介】李崇杰(1989-), 中国甘肃庆阳人, 工程师, 从事水利工程施工研究。

的形成产生影响。

## 2.2 收缩裂缝

收缩裂缝是混凝土硬化过程中由于体积收缩引起的裂缝，主要发生在混凝土浇筑后凝固和硬化阶段。随着混凝土水泥水化反应的进行，内部水分逐渐蒸发，导致混凝土体积出现收缩。当收缩产生的应力超过混凝土的抗拉强度时，便会形成裂缝。收缩裂缝不仅影响混凝土的结构强度，也可能影响其耐久性，尤其是在受限的区域，如板材、墙体等构件中，裂缝较为明显。

出现收缩裂缝主要是受到多方因素影响。一是影响收缩裂缝的重要因素是混凝土的水灰比。当水灰比较高时，混凝土中的含水量就比较大，混凝土的收缩会随着水化反应的水分蒸发而加大，因而出现裂纹的几率也会随之上升。二是选用水泥型材、矿物掺合料等，对裂缝的收缩也有不可忽视的作用。高强度水泥会产生剧烈的水化反应，从而极易引发大体积收缩，大大增加了收缩雷峰的发生几率。但是将粉煤灰、硅灰等矿物掺合料掺入可以对收缩效应起到抑制作用。混凝土收缩还会受到骨料粒径与种类的影响，如若其粒径较小则可以降低裂缝发生几率。另外，形成收缩裂缝，环境因素也起着不可忽视的作用<sup>[2]</sup>。气候条件的变化，尤其是温度、湿度的变化，会使混凝土中的水分蒸发速度加快。水分在干燥的环境下流失很快，容易造成更大的收缩裂纹。施工后养护不当，特别是前期养护不到位，会造成水份蒸发过快，使裂纹生成进一步加剧。

## 2.3 结构性裂缝

结构性裂缝是指由外部荷载或内部应力引起的混凝土裂缝，通常表现为由于混凝土结构受力超过其抗裂能力所导致的断裂。这类裂缝在水利工程的坝体、渠道等重要承重构件中较为常见，直接影响结构的稳定性与安全性。

混凝土所承受的外部荷载、设计不当及施工质量等问题都可能会引发结构性裂缝。一是局部区域的应力集中会导致混凝土构件所承受的荷载超过其设计承载能力，从而出现裂缝。如混凝土强度达不到设计要求或局部加固不够，在水流压力的作用下，坝体就容易形成裂纹。二是设计阶段出现纰漏，也有可能造成结构性裂缝。如混凝土的钢筋不够，断面大小不合理或地质条件考虑不够充分，都有可能造成裂缝的产生。在施工过程中，对裂缝的产生有重要影响的是混凝土的浇注和养护质量。在施工过程中，混凝土密实度差，如果浇灌不均匀或振捣不到位，就有可能造成局部应力集中，继而形成裂纹。

# 3 水利工程施工中混凝土裂缝的防治技术

## 3.1 优化混凝土配合比

混凝土配合比优化对裂缝防治具有关键作用，涉及胶凝材料体系调整、集料级配优化、水胶比控制以及外加剂复配等多方面内容。

首先，胶凝材料体系的调整。胶凝材料品种及用量直接影响水化产热速率、浆体收缩特性及后期强度增长趋势。高性能矿物掺合料的引入可有效改善基体结构，调控硬化过程中的收缩效应。粉煤灰的颗粒效应能够优化浆体填充密度，降低早期水化放热速率，同时改善流动性；矿粉的火山灰活性在增强后期强度的同时，可降低水化产物内部应力；硅灰因其超细特性，能够提升界面过渡区的致密性，减少微裂纹萌生风险。掺合料复配比例需结合施工环境、抗裂性能需求及耐久性要求，通过正交试验或响应面优化等方法确定最佳配比<sup>[3]</sup>。第二，配料等级的调配和优化。对混凝土体积稳定性和抗裂性有直接影响的是集料的粒径分布和表现形貌。粗细集料合理级配，使颗粒间充填密度提高，使浆体收缩量降低。粒径为5~25mm的连续级碎石，能使骨骼效应增强，收缩裂缝因塑性变形而诱发减少。同时要科学管控机制砂的石粉含量，避免其含量偏低而导致混凝土粘结强度下降，引发泌水；并且避免含量过高而导致浆体黏聚性受到影响。母岩硬度和颗粒棱角性也需要纳入考量，棱角分明的集料可以增强接口结合力，但过分的棱角化可能会造成包浆不均匀，造成局部应力集中点。第三，水胶比控制，过高的水胶比会造成水化产物的孔隙率增高，抗裂能力减弱，过低则会对施工的可操作性造成影响，造成自身收缩风险加大。在工程应用需求的基础上，配合高效减水剂，可采用低水胶比设计，调节流变性能，使坍落度和粘度达到平衡状态。

## 3.2 控制施工过程中的温度应力

首先，降低初始入模温度。混凝土入模时，原料温度对初温有明显影响。骨料的温度控制应采用遮阳覆盖、洒水降温或低温贮存等方法，如若情况需要还可使用液氮预冷的方式。拌和水应尽可能使用温度较低的水源，同时可将适量的冰片添加其中以实现拌合物温度的下降。要求工作人员能够严格控制水泥稳定，采取短期周转及通风降温方式来让其保持在一个最佳状态，避免因为水泥长时间存放而出现水化，导致热量提前释放。混凝土搅拌过程中，应减少搅拌罐体的额外热量输入，避免高温环境下长时间停留导致拌合物温度上升。其次，施工工艺优化。合理安排浇筑工序可有效降低温度梯度应力。分层浇筑法适用于大体积混凝土施工，控制单层厚度在规范范围内，使水化热释放趋于均衡，减少热量集中累积效应<sup>[4]</sup>。跳仓法施工可降低一次性水泥用量，减少局部升温速率，并结合合理的浇筑间歇，使已浇筑层的温度下降后再进行下一层施工。模板材料的选择亦对温控效果产生影响，木质模板因导热系数低可减少热传导损失，钢模板施工时应配合保温措施，以避免外层温降过快导致温度梯度加大。此外，养护过程温控管理。混凝土硬化早期的温湿度控制对温度应力调控具有直接影响。水养护可通过持续喷水或覆盖湿麻袋等方式维持表面湿润度，减少蒸发冷却引发的温度骤降。塑料薄膜覆盖能有效减少水分蒸发，并可降低环境温差影响。冬季施工应采取保温养护，采用覆盖保

温毯或搭设封闭棚室等措施,防止温度骤降造成的热应力裂缝。对于大体积混凝土,可采用内置循环水管技术,以低温水循环方式降低内部核心区温度,避免因外冷内热导致温差拉裂现象。

### 3.3 优化模板及钢筋布置

模板及钢筋布置对混凝土结构的受力性能与变形控制具有重要影响,涉及模板刚度优化、约束效应调控、钢筋布置等方面。

第一,提高模板系统的整体稳定性。模板体系在施工过程中需要有足够的刚度和强度来降低模板变形对混凝土收缩应力的作用。其中木模板能够凭借多层胶合板来实现自身承载能力的提高,同时对支撑架构进行科学布设来提高整体刚度;钢模板要设置足够多的加强筋,这样可以减少局部挠曲对模板造成的危险;针对高墩和大跨度结构,可采用提高抗侧压力能力的组合式钢架木模板或定型模板,以减少混凝土局部因模板变形而产生的拉裂现象。此外,还可应采用海绵条或密封胶进行模板拼缝密封,避免因局部漏浆造成浆液集中流失,对混凝土的整齐度和应力分布造成影响。第二,约束效应调控。模板支承系统的约束作用可能会直接引发混凝土早期裂缝,过强的刚性约束容易造成应力的集中,从而造成裂缝的产生。在基础结构施工时,可在模板和混凝土接口处设置隔离层,减少接口粘结力,减少侧面约束作用。缩阶段应力积累减少,以利于混凝土初凝后的自我收缩。第三,钢筋布置优化。以受力计算和裂缝控制要求为基础,优化钢筋配置,对钢筋直径、间距、分布等进行合理调整。对于受拉区域,可以使用直径小、强度高的钢筋,将钢筋混凝土界面的结合力增强,从而对裂缝宽度进行移植。对于截面变异区、应力集中点、边缘薄弱区等温度梯度变化剧烈的部位布置抗裂钢筋,使应力均衡分布,防止裂缝扩大。

### 3.4 施工环境及荷载控制

施工环境与荷载作用对混凝土结构的早期变形及裂缝分布具有显著影响,涉及环境因素调控、荷载传递优化、施工振动控制及支撑体系稳定性管理等方面。

首先,环境因素调控。混凝土水化过程中,温湿度的变化直接影响收缩应力的发展和微裂缝的发展。所以需要根据气象条件,在施工现场配备温湿度监测系统对施工安排进行调整。如若环境温度较高,为降低混凝土表层温差、减少内部拉应力累积,可采取遮阳覆盖、夜间浇筑和喷雾降温等措施。在干燥的气候条件下,为了使混凝土表面保持湿润,避免由于水分蒸发过快而造成的塑性收缩裂缝,宜采用塑料薄膜封闭养护,并结合经常性的洒水方式进行养护。冬季施工时,应通过外加保温毯和加热养护来控制降温速率,以免由于热应力突变而引起结构裂缝的发生。其次,优化施工荷载传递。为防止局部受力集中诱发开裂,模板支撑系统所承受的施工荷载应向基础结构均匀传递。在浇筑基础底板混凝土前,为消除支撑系统产生的不均匀沉降作用,应先进行支座预压。在进行高层或大跨度结构施工时,应对混凝土进行阶段性合理浇筑,以免造成局部结构变形和超限,造成荷载在短时间内集中施用。同时还应限制上部施工荷载,采用预埋支承或辅助支承的方式降低荷载效果,直到混凝土强度不符合设计要求为止。

## 4 结语

水利工程混凝土裂缝的防治涉及多个环节,需结合工程实际情况,综合运用材料优化、工艺改进及环境控制等手段,提高混凝土结构的抗裂能力。通过科学的施工管理与质量控制,可有效降低裂缝发生率,提升工程耐久性,为水利工程的长期稳定运行提供保障。

### 参考文献

- [1] 李传友.水利工程混凝土裂缝成因及防治技术研究[J].中国科技投资, 2024(4):134-136.
- [2] 杨娜.水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术分析[C]//2023年智慧城市建设论坛深圳分论坛论文集.2023.
- [3] 张正洋.水利工程中混凝土裂缝控制的技术应用探讨[J].中国水泥, 2024(4):70-72.
- [4] 张亚孟,薛新鹏,张晓璐.水利工程施工混凝土裂缝成因分析及控制措施[J].中国地名, 2024(9):0151-0153.