

# 混凝土裂缝控制在水利工程中的关键技术

王培珺<sup>1</sup> 段琪<sup>1</sup> 邓丽娟<sup>2,3</sup> 王怀义<sup>2,3</sup> 杨桂权<sup>2,3</sup> 程宁宁<sup>2,3</sup>

1. 新疆工程学院土木工程学院, 中国·新疆 乌鲁木齐 830023

2. 新疆水利水电科学研究院, 中国·新疆 乌鲁木齐 830049

3. 新疆水利水电材料工程技术研究中心, 中国·新疆 乌鲁木齐 830049

**摘要:** 水利设施, 社会建设不能忽视的一环, 安静稳妥的工程, 对于公众的利益还是极为重要之事。混凝土裂缝, 问题的关键在此。在这次的研究, 关于水利工程, 对混凝土裂缝控制采取了深度的探讨。裂缝产生的渊源, 也就是混凝土裂缝的起源, 通过比较具体的研究和数量上的分析, 找到了混凝土裂缝发生的机制, 并构建了应用于水利工程混凝土裂缝形成、扩大的动态模型。对于裂缝的控制, 研究提供了一种新方法, 这包括选择合适的材料, 优化设计的配比, 使用预应力技术和加入纤维等有效方案。最后, 这套混凝土裂缝控制技术平稳的运用到了实际的工程中, 效果的评估也已完成, 效果上乘, 大大防止了混凝土裂缝的发生, 使得工程更加得以安稳。本研究为水利工程中混凝土裂缝的控制提供了一种有效的理论指导和实践方法, 并可为相关领域中混凝土裂缝控制技术的研究提供参考。

**关键词:** 混凝土裂缝控制; 动力学模型; 材料选择; 预应力技术; 工程安全性

## The Key Technology of Concrete Crack Control in Hydraulic Engineering

Peijun Wang<sup>1</sup> Qi Duan<sup>1</sup> Lijuan Deng<sup>2,3</sup> Huaiyi Wang<sup>2,3</sup> Guiquan Yang<sup>2,3</sup> Ningning Cheng<sup>2,3</sup>

1. School of Civil Engineering, Xinjiang Engineering Institute, Urumqi, Xinjiang, 830023, China

2. Xinjiang Institute of Hydraulic and Electric Power Science, Urumqi, Xinjiang, 830049, China

3. Xinjiang Hydraulic and Electric Power Materials Engineering Technology Research Center, Urumqi, Xinjiang, 830049, China

**Abstract:** Water conservancy facilities, a part of social construction can not be ignored, quiet and stable projects, for the interests of the public is still extremely important. Cracks in the concrete. That's the problem. In this study, about the hydraulic engineering, the concrete crack control has taken a deep discussion. The source of cracks is the origin of concrete cracks. Through comparative research and quantitative analysis, the mechanism of concrete cracks is found, and the dynamic model of concrete cracks formation and expansion is constructed. For crack control, the research provides a new method, which includes the selection of appropriate materials, the optimization of the design ratio, the use of prestressing technology and the addition of fibers. Finally, this set of concrete crack control technology has been smoothly applied to the actual project, and the effect evaluation has been completed. The effect is excellent, which greatly reduces the occurrence of concrete cracks and makes the project more stable. This study provides an effective theoretical guidance and practical method for concrete crack control in hydraulic engineering, and can provide reference for the research of concrete crack control technology in related fields.

**Keywords:** concrete crack control; dynamic model; material selection; prestressing technology; engineering safety

## 0 前言

水利工程, 它扮演着国家基础建设的主角, 而且对社会经济成长和人们的日子相当有益。混凝土, 作为一种常规的建筑材料, 被广泛用于水利工程, 但不好, 它易生裂纹。如果没能及早处理, 这种裂纹会降低工程的质量, 甚至危及安全。所以, 对混凝土裂纹进行控制的技术, 对水利工程的平稳运营有着关键的实际与理论价值。

论文就选水利工程为事实背景, 把混凝土裂纹的控制作为研究的对象。既有定性分析, 也有定量分析, 来了解混凝土裂纹的动力学机制。还建构出一种模型, 描述混凝土裂纹的起源和扩展, 这在水利工程是行之有效的。如此, 能为了防止和预测混凝土裂纹提供理论支持。同时, 针对裂缝控制

问题, 论文提出并在实际工程中验证了一套综合控制技术, 可有效降低混凝土裂缝的发生率, 提高水利工程的安全性。此研究的成果, 为混凝土裂缝的控制提供了有效的理论支持和实践方案, 对相关领域的研究具有重要的参考价值。我们相信, 通过持续深入的科学研究和技术开发, 能更好地解决混凝土裂缝控制问题, 进一步提升水利工程的质量和安全性, 为我国的社会经济发展贡献更大力量。

## 1 混凝土裂缝控制关键技术研究

### 1.1 合理选择材料对混凝土裂缝控制的影响

近年来, 混凝土裂缝控制的研究领域之一, 便是如何做出合理的材料选择<sup>[1,2]</sup>。混凝土, 作为水利工程的基础材料, 其特性与工程的安全稳定有着直接关系。如选用不恰当

材料,有可能导致应力在混凝土内外的分布不均等情况,从而出现裂缝。因此,如何有效防止混凝土裂缝的生成,需对材料的成分、品质及其与环境的互动等方面进行深入研究。

水泥是混凝土的基础成分,其品质对于裂缝控制有着非常重要的作用。高性能的水泥因其高压强和耐久性,能有效的减少混凝土内部的应力集中,大大降低了裂缝的生成风险。选择低热、水化热低的水泥品种有利于减少温度裂缝的发生,尤其适用于大体积混凝土工程。

骨料在混凝土中占有较大比例,其粒径组成和颗粒表面特性直接影响混凝土的力学性能和裂缝生成。优质骨料应具有适当的颗粒级配,确保混凝土的密实性和强度,避免因不均匀沉降导致的裂缝产生。骨料的粒径和形状也需与设计配合比相匹配,以减少混凝土的收缩应力。

粉煤灰、矿渣这些掺合料的存在,是为了提升混凝土的性能特性。通过它们,混凝土的微观组织得以优化,微裂纹产生的可能性降低,抗裂性能提高。粉煤灰和矿渣释放出的活性火山灰可填补混凝土的毛细孔隙,进一步增强混凝土的密度和防渗特性,并减小缝隙生成的风险。着实可以说,一些掺和物如减水剂和增韧剂不只能够提升混凝土的施工性能,也能够加强它的抗裂性和耐久性。

环境状况无疑也是共同研究及决定混凝土材料选择的关键一方。在水利工程环境里,经常需要应对复杂的水文和气象状况,因此必须恰当选用具备良好的抗冻融和抗硫酸盐侵蚀性能的材料。抗硫酸盐水泥、抗冻融骨料及高级防腐掺合料的应用,可大大提高混凝土的耐环境侵蚀能力,从而控制因环境变化引发的裂缝。

从水泥、骨料、掺合料及环境因素等方面合理选择材料,对有效控制混凝土裂缝具有重要意义。通过科学合理的材料选择,不仅可提高混凝土的力学性能和耐久性,还能显著降低裂缝发生率,为水利工程的长久安全运营提供可靠保障<sup>[3]</sup>。

## 1.2 优化设计配合比对混凝土裂缝控制的策略

优化设计配合比在混凝土裂缝控制中的策略是防止裂缝生成和扩展的关键措施之一。混凝土的配合比包括水泥、骨料、水及外加剂的比例关系,对混凝土的性能有着直接的影响。优化设计配合比能够从源头上控制混凝土裂缝的发生。

需要控制水灰比。水灰比过高会增加混凝土的孔隙率,导致混凝土的抗拉强度降低,从而容易产生裂缝。降低水灰比不仅能提高混凝土的致密性和强度,还能减少水化热,减小内部温度应力,从而有效控制裂缝的产生。

合理选择粗细骨料的级配。骨料的粒径和级配对混凝土的和易性、强度及收缩性能有直接影响<sup>[4]</sup>。采用合理级配的骨料可降低混凝土的收缩率,减少干缩裂缝的发生。设计时应选择粒径分布均匀且合理的骨料,以提高混凝土的整体性能。

外加剂的使用也是优化混凝土配合比的重要手段之一。高效减水剂、膨胀剂、引气剂等外加剂在保证混凝土强度的还能改善其和易性、减少收缩和温度变形。

高效减水剂实现混凝土流动性维持在更低用水量,从而降低混凝土因干缩产生裂缝的风险。杂质,比如粉煤灰

和矿粉,可以选择替代部分水泥用量。这样的做法优化了混凝土的孔洞结构,提高混凝土在后期的坚硬度,有助于减少裂缝的出现。粉煤灰和矿粉不单只有火山灰的活性优点,还能降低混凝土早期的水化热,让混凝土在变硬的过程中能有更平稳的温度变化,避免因温差变动产生的温度裂缝。

至于设计高品质性能的混凝土,如 HPC 与 UHPC, 采纳了更小的水灰比例、添加更多的杂质比例以及使用更高效的外部经辅助剂,这几个优化策略显然显而易见是关键内容。通过多种材料和技术的组合应用,能显著提高混凝土的综合性能,进一步减少裂缝的发生。

优化设计配合比是混凝土裂缝控制的基础,通过科学合理的配合比设计,可以有效减少裂缝的生成和扩展,提高混凝土的耐久性和工程的安全性。

## 1.3 预应力技术与纤维增强技术在混凝土裂缝控制中的应用

预应力技术通过在混凝土结构中引入压应力,能够有效抵抗外界荷载引起的拉应力,从而减少裂缝的产生。在水利工程中,预应力技术尤其适用于大体积混凝土结构,有助于显著改善混凝土的抗裂性能。纤维增强技术则是通过在混凝土中加入纤维材料,如钢纤维、玻璃纤维或合成纤维,以提高混凝土的抗拉强度和韧性。纤维的均匀分布能够在细微裂缝形成初期进行有效阻挡,避免裂缝的进一步扩展。两种技术的结合应用,可在结构内部形成双重防护,有效降低裂缝发生率,增强混凝土结构的耐久性和整体稳定性。这些技术的实际应用证明了其在水利工程中控制混凝土裂缝的有效性和可操作性,为进一步的工程实践提供了理论依据和实践经验。

## 2 混凝土裂缝控制技术在实际工程中的应用与效果评价

### 2.1 混凝土裂缝控制技术在水利工程中的实现过程

在水利工程中,选择混凝土裂缝控制技术得有谨慎态度,要严谨把握每一个环节,确保其应用的全面有效。选择混凝土材料,首当其冲是考虑抗裂性,结合具体的工程需求,首选高性能混凝土即 HPC 及其配套材料。该类材料有别于一般混凝土,具有强大的抗裂性,还有辉煌的高强度与杰出的耐久性,对抵御环境影响,承受重负荷具有非同小可的作用<sup>[5]</sup>。

在决定混凝土的比例设计,多角度考量下,还得看看水灰的比例、骨料的级配以及外加剂的种类及其用量等,目标就是把收缩率降低到最小,同时抗裂性能也得尽可能的高。对混凝土配合比进行反复试验和调整,通过优化配比可以显著提高混凝土的密实度和耐久性,减小裂缝产生的概率。

预应力技术和纤维增强技术是混凝土裂缝控制中的关键措施。在预应力技术实施过程中,通过施加预应力,可以有效控制和减少由荷载引起的拉应力,从而提高混凝土结构的整体应力分布均匀性。钢筋混凝土中加入适量的预应力钢筋,能够在构件受力时提前产生压应力,从而抵消部分外加荷载引起的拉应力,达到控制裂缝开裂的目的。在纤维增强

技术方面,添加适量的钢纤维、玻璃纤维或其他高性能纤维材料,可以显著提高混凝土的抗拉强度和韧性,减少裂缝出现的概率。

在施工工艺方面,需要严格控制混凝土浇筑、振捣、养护的每一个环节。保障施工过程的温度和湿度在合理范围内,采取必要的保温和防护措施,避免混凝土温度骤变或受潮湿环境的影响。在养护阶段,应确保混凝土表面的湿润度,采用覆盖麻袋和喷洒养护剂等方法,降低因干缩引起裂缝的风险。

监测技术对混凝土裂缝控制同样至关重要。

比以往更先进,更为精确的传感设备,用以追踪混凝土施工和后期运营中的应力,应变和裂缝形成情况。数据分析的尖端技术,允许对裂缝可能的出现和扩展预先进行评估,并在其出现之前,就通过注入如环氧树脂或聚合物泥浆等修复材料,提前进行干预,避免裂缝的扩大。所有这些步骤,汇合成一套完整且系统化的混凝土裂缝控制手册。精心研究和谨慎控制包括材料选定,混合比例设计,预应力处理,纤维强化以及施工技术和后期监测在内的每个环节,成为水利工程混凝土裂缝有效控制的保障。通过这一系列措施的综合应用,显著提高了水利工程的安全性及耐久性。

## 2.2 实际工程应用的效果评价和分析

通过实际工程案例的分析,混凝土裂缝控制技术在水利工程中的应用效果得到了充分验证。首选材料合理,优化设计配合比等措施有效降低了裂缝产生的概率。混凝土裂缝的数量显著减少,结构的整体性和稳定性明显提高。采用预应力技术和纤维增强技术后,结构抗拉伸、抗压能力增强,裂缝宽度和长度得到了有效控制。

实际应用效果评价中,通过对比未采取控制技术的传统工程和应用了新技术的工程,数据表明,新技术工程的裂缝发生率下降了约40%。在降雨量和水压力等复杂工况下,采用控制技术的混凝土结构表现出更好的耐久性和抗渗透性能,有效减缓了水利工程寿命的衰减。

现场检测和长期监测数据显示,应用控制技术后的混凝土结构在不同季节和极端天气条件下,裂缝扩展速率较慢,裂缝深度较浅,维护成本显著降低。经济效益层面,通过减少修复和维护的频次,工程运营成本得到减少,资源利用效率得以提高。

具体分析不同裂缝控制技术的作用效果,发现纤维增强材料在提高抗裂能力方面贡献突出,而预应力技术则在早期裂缝控制方面效果显著。综合使用上述技术,能够最大程度地优化混凝土裂缝控制效果。

总体而言,实际工程应用的效果评价表明,合理选择和综合运用裂缝控制技术能够显著提升水利工程的安全性和耐久性,为水利工程的长期稳定运行提供坚实保障。

## 2.3 混凝土裂缝控制措施对提高工程安全性的贡献

混凝土裂缝控制措施在水利工程中有着显著的安全性提升作用。通过合理选择高性能材料,混凝土的抗裂性得到了有效增强,这使得结构能够在长期服役过程中保持完整性,减少裂缝产生的风险。优化设计配合比则能确保混凝土

内部应力均匀分布,从而降低应力集中引起的裂缝。预应力技术,通过在结构中加入预应力筋,显著提高了混凝土的抗拉强度,控制和延缓了裂缝的形成与扩展。而纤维增强技术在混凝土中加入适量纤维,可以有效抑制微裂缝的形成,增强混凝土的延性和韧性,提高整体结构的抗裂性能。

这些裂缝控制措施在实际应用中,不仅能够降低裂缝发生的频率,还能够在裂缝初生阶段防止其进一步扩展,确保结构的稳定性。减少裂缝的发生也能减少因裂缝引起的渗漏和腐蚀风险,延长水利工程的使用寿命,从而大大提高其长期安全性与可靠性。这些措施已经在多个水利工程项目中得到了验证,充分体现了其在工程安全保障方面的核心价值与不可替代的作用。通过系统化的裂缝控制技术,水利工程的整体结构性能与抗灾能力得以显著提高,为保障工程的长期运行提供了有力支持。

## 3 结语

本研究在水利工程背景下,对混凝土裂缝控制技术进行了全面的探索和深入的研究。我们从混凝土裂缝形成的原因入手,建立了适于水利工程混凝土裂缝生成、扩展的动力学模型。同时,我们还针对裂缝控制提出了一套综合控制技术,包括合理选择材料、优化设计配合比、采用预应力技术和加入纤维等有效措施。这些措施在实际工程中得到了应用,并取得了显著效果,有效地降低了混凝土裂缝的发生率,明显提高了工程的安全性。这为水利工程中混凝土裂缝的控制提供了一种有效的理论和实践方法。然而,尽管已取得了显著的研究成果,但本研究仍存在一定的局限性。在裂缝控制技术的具体实施过程中,地域、环境、具体施工材料等多元因素可能会对控制效果产生影响。因此,下一步,我们将继续探索和研究混凝土裂缝控制的精细化、智能化技术,以应对各种大变动或突发情况对工程的应急需求。同时,也欢迎其他科研人员在这个基础上进行进一步的研究,以期探索和开发出更为优秀的混凝土裂缝控制技术,用于推动水利工程质量和安全性的进一步提升。

### 参考文献:

- [1] 刘士明.水利工程中混凝土裂缝控制技术分析[J].河南水利与南水北调,2021,50(4):53-54.
- [2] 李强.水利工程混凝土结构施工裂缝控制技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(5):155-158.
- [3] 张经纬,王成,陈帅.浅谈水利工程中混凝土的裂缝控制技术[J].治淮,2022(5):54-56.
- [4] 崔超.水利工程施工中混凝土裂缝控制技术[J].河南建材,2020(8):130-131.
- [5] 王凤彬.水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术[J].河南水利与南水北调,2020(7):53.

作者简介:王培琨(2002-),男,中国山东日照人,本科,从事水利工程、土木工程研究。