

水利施工中混凝土防裂缝技术控制

汤成魁 陆笑千

南通通源建设监理有限公司 江苏 南通 226001

摘要: 本文深入探讨了水利施工中混凝土防裂缝技术的控制策略,分析了裂缝产生的温度、材料、施工和设计等多方面原因,并提出了包括优化材料选择与管理、科学设计施工方案、强化温度管控与监测机制以及提升养护质量在内的多项防控措施。通过三峡大坝混凝土裂缝防控案例的详细分析,验证这些措施的有效性,为水利工程建设提供宝贵的实践经验和参考依据。

关键词: 水利施工; 混凝土; 防裂缝技术; 控制

1 水利施工中混凝土防裂缝技术控制的必要性

在水利工程的施工过程中,混凝土防裂缝技术控制的重要性不言而喻,它直接关系到工程结构的安全性、稳定性和耐久性。水利工程作为国之重器,往往承载着防洪、排涝、灌溉、供水等多重功能,其建设质量直接影响着人民群众的生命财产安全及社会经济发展。混凝土作为水利工程中最主要的建筑材料,其质量优劣直接影响着工程的整体质量。然而,由于混凝土材料的特性、施工工艺的复杂性以及环境因素的多样性,混凝土裂缝成为水利施工中难以避免但又必须严格控制的问题。裂缝的存在不仅会影响混凝土的力学性能和耐久性,导致结构强度降低、渗漏加剧,甚至可能引发严重的安全事故,给人民生命财产带来巨大损失。因此,在水利施工过程中,加强混凝土防裂缝技术控制,采取科学有效的技术措施和管理手段,预防和控制混凝土裂缝的产生和发展,对于确保水利工程的施工质量、提高工程的使用寿命、保障人民生命财产具有重要意义^[1]。这不仅是施工单位义不容辞的责任,也是实现水利行业可持续发展、促进社会经济稳定发展的必然要求。

2 水利施工中混凝土裂缝产生的原因分析

2.1 温度因素

混凝土浇筑过程中,水泥水化反应释放的大量热量使得混凝土内部温度升高,而外部散热较快,形成显著的内外温差。这种温差效应导致混凝土内部产生热应力,当热应力累积超过混凝土的抗拉强度时,裂缝便应运而生。特别是在夏季高温天气下,若缺乏有效的温控措施,混凝土内部温度过高,水分蒸发加速,进一步加剧干缩裂缝的风险。而在寒冷季节,混凝土表面受冷收缩,内部仍保持较高温度,这种温差导致的变形不协调也极易形成裂缝。

2.2 材料因素

混凝土裂缝的产生还与其组成材料的质量密切相关。水泥的品质、骨料的粒径级配、掺合料的种类与掺量以及外加剂的适用性等因素,都直接影响混凝土的物理力学性能和抗裂能力。使用品质不佳的水泥,如安定性不合格或强度等级不符合要求,会降低混凝土的强度和耐久性。骨料中含泥量过高、粒径分布不均,会影响混凝土的拌合物质量,增加裂缝的风险。掺合料虽能改善混凝土性能,但过量使用或选择不当也可能适得其反,导致混凝土开裂。此外,外加剂的使用需严格控制,不当的掺量或掺加方式都会影响混凝土的凝结时间、硬化速度和强度发展,进而对裂缝的控制产生不利影响。

2.3 施工因素

混凝土浇筑工艺、振捣方法、模板支撑系统的稳定性以及施工缝的处理等,都直接关系到混凝土的成型质量和抗裂性能。浇筑过程中,若浇筑速度过快或振捣不充分,会导致混凝土内部出现空洞和疏松区域,降低混凝土的密实度和强度,从而增加裂缝的风险。模板支撑系统若设计不合理或安装不牢固,会在混凝土浇筑和硬化过程中产生位移和变形,对混凝土造成不均匀的约束作用,进而引发裂缝。施工缝作为新旧混凝土的连接界面,若处理不当,会影响新旧混凝土之间的粘结力,形成薄弱面,导致裂缝的出现。

2.4 设计因素

结构设计时未能充分考虑混凝土的受力特性和变形规律,是导致裂缝问题频发的重要原因之一。例如,在设计中未对混凝土的收缩、徐变等变形性能给予足够重视,未设置足够的变形缝或伸缩缝以容纳混凝土的自由变形;或是对温度应力的影响认识不足,未采取有效的抗裂措施等^[2]。另外,配筋设计的不合理也会影响混凝土的抗裂性能。配筋过少或布置不当会导致混凝土在承

受荷载时无法得到足够的约束和支持而发生开裂；而过多的配筋虽然能提高混凝土的承载力，但也可能产生过大的约束应力而引发裂缝、伸缩缝，并科学设计配筋方案，以增强结构的抗裂能力。

2.5 设计因素

结构设计时未能充分考虑混凝土的受力特性和变形规律，是导致裂缝问题频发的重要原因之一。例如，在设计中未对混凝土的收缩、徐变等变形性能给予足够重视，未科学设置足够的变形缝和伸缩缝以容纳混凝土的自由变形；或是对温度应力的影响认识不足，未采取有效的抗裂措施。配筋设计的不合理也会影响混凝土的抗裂性能。配筋过少或布置不当会导致混凝土在承受荷载时无法得到足够的约束和支持而发生开裂；而过多的配筋虽然能提高混凝土的承载力，但也可能产生过大的约束应力而引发裂缝。

3 水利施工中混凝土防裂缝技术控制措施

3.1 优化材料选择与管理

在水利施工中，混凝土防裂缝的首要任务是从源头上把控材料质量，通过优化材料选择与管理，确保混凝土的组成成分满足抗裂要求。水泥作为混凝土的核心胶凝材料，其品质直接关系到混凝土的强度和耐久性；应选择具有良好安定性、低水化热且符合国家标准要求的水泥品种，避免使用过期或质量不稳定的水泥；严格控制骨料的含泥量、粒径级配以及针片状颗粒的含量，确保骨料质量达到设计要求，以提高混凝土的密实度和强度；掺合料和外加剂的合理使用也是关键。掺合料如粉煤灰、矿渣粉等能够改善混凝土的工作性和耐久性，但需注意掺量控制，避免过多使用导致混凝土性能下降。外加剂如减水剂、缓凝剂等则能调节混凝土的凝结时间和硬化速度，但需根据具体工程条件进行适配性试验，确保使用效果建立完善的材料检验制度和保管制度。所有进入施工现场的材料均需经过严格的检验和复验，确保材料质量符合设计要求。同时，对于不同品种、规格的材料应进行分类存放，避免混淆和误用。在存储过程中，还需注意防水、防潮、防晒等措施，以保证材料性能的稳定。

3.2 科学设计与施工方案

在设计阶段，应充分考虑混凝土的受力特性、变形规律和环境因素对结构的影响，合理确定结构形式和尺寸。特别是对于大体积混凝土、高水位地区以及地质条件复杂的工程，更应进行详尽的计算和分析，以确保设计的合理性。在配筋设计上，应注重提高混凝土与钢筋的协同工作能力，通过合理的钢筋布置和数量配置来约

束混凝土的裂缝发展；需设置足够的变形缝、伸缩缝等构造措施以容纳混凝土的自由变形。施工方案方面，应根据工程特点和施工条件制定合理的施工工艺和流程。例如，在浇筑过程中应采用分层、分段的方法控制浇筑速度和厚度；在振捣过程中应采用适宜的频率和振幅确保混凝土内部密实无空洞；在模板安装和拆除过程中应确保模板支撑系统稳固可靠且拆除时机恰当等。此外，还需根据具体工程条件制定应急预案和应对措施以应对突发情况如停电、停水等导致的施工中断问题^[1]。通过科学设计与施工方案的制定和实施，可以显著降低混凝土裂缝产生的风险。

3.3 强化温度管控与精密监测机制

在水利工程的施工过程中，温度控制与监测是预防温度裂缝的核心策略。首要步骤是精确预测并严格控制混凝土的入模温度，通过采用冷却水搅拌、骨料预冷等先进技术手段，有效降低混凝土的初始温度，为高质量浇筑打下坚实基础。浇筑期间，需持续密切监控混凝土的温升动态，一旦发现温升异常，立即启动降温预案，如部署冷却水管，循环导入冷水，以高效降低内部温度梯度，有效缓解由温差引起的热应力集中问题；加强混凝土表面的保温隔热措施，维持合理的内外温差范围，减少温度应力的不利影响。为实现对混凝土内部温度变化的精准掌控，构建全面的温度监测体系至关重要。通过精密部署温度传感器，深入混凝土核心，实时监测并精准记录其内部温度变化数据。这一体系不仅提升了温度管理的科学性与及时性，更为及时发现并解决潜在问题提供了有力支撑，确保水利工程的混凝土结构安全无虞。

3.4 提升养护质量

3.4.1 制定详细的养护计划

养护计划应明确养护开始的时间、持续的周期、养护的方法以及所需的材料和设备。通常，混凝土浇筑完毕后应立即开始养护，以防止表面过快干燥导致干缩裂缝。养护周期根据混凝土类型和施工环境的不同而有所差异，一般应持续至混凝土达到设计强度为止。养护方法包括洒水养护、覆盖保湿、喷涂养护剂等，需根据实际情况选择最合适的方法。

3.4.2 确保充足的养护水源和工具

养护过程中需要大量的水源来保持混凝土表面的湿润，因此需提前准备好充足的水源和必要的养护工具，如洒水车、水管、喷壶等。在干旱或风力较大的地区，还需采取有效的防风措施，以减少水分蒸发。

3.4.3 加强养护期间的检查与记录

养护期间应定期对混凝土表面进行检查，确保混凝

土表面始终保持湿润。同时,还需记录养护过程中的气温、湿度等环境条件,以便分析养护效果并调整养护方案。对于发现的问题如裂缝、脱皮等应及时处理,避免问题扩大化。

4 工程实例分析:三峡大坝混凝土裂缝防控案例

4.1 工程背景

三峡大坝,位于中国湖北省宜昌市境内的长江干流上,是世界上规模最大的水电站,也是集防洪、发电、航运、水资源利用等为一体的大型水利枢纽工程。其主体结构采用混凝土重力坝,建设过程中面临着复杂的施工环境和严格的质量控制要求,特别是在混凝土裂缝防控方面,采取了多项创新技术措施,以确保大坝的结构安全与耐久性。

4.2 混凝土裂缝产生原因分析

在三峡大坝的建设过程中,混凝土裂缝的产生主要受以下因素影响:(1)温度应力:大坝体积极庞大,混凝土浇筑后内部水化热积聚,与外部环境形成温差,导致温度应力产生,从而引发裂缝。(2)干缩与徐变:混凝土硬化过程中的水分蒸发和体积变化易导致干缩和徐变裂缝。(3)施工因素:包括混凝土浇筑、振捣、养护等环节的操作不当,也可能导致混凝土内部缺陷和裂缝的形成^[4]。

4.3 防裂缝技术措施

针对三峡大坝的具体情况,采取了一系列创新的防裂缝技术措施,具体包括:第一、优化混凝土配合比:通过调整水泥、水、骨料等原材料的比例,并科学掺入适量的掺合料和外加剂,以改善混凝土的工作性、力学性能和抗裂性。第二、温控技术:在浇筑大体积混凝土时,采用冷却水管循环冷却水,有效降低内部温度,减少温度应力。同时,加强表面保温工作,以缩小内外温差,防止温度裂缝的产生。第三、精细化施工控制:实施分段分层浇筑策略,确保浇筑速度适中、振捣充分但不过度。加强施工缝的处理,通过凿毛、刷浆等方式提高新旧混凝土之间的粘结力。第四、智能监测系统:建立完善的混凝土内部温度及应力监测系统,利用温度传感器实时监测并记录混凝土内部温度变化情况,及时发现并预警潜在的裂缝风险。第五、养护管理:制定详细

的养护计划,确保混凝土浇筑后立即开始养护,并持续至混凝土达到设计强度。采用多种养护方法,如洒水、覆盖保湿等,以保持混凝土表面湿润,防止干缩裂缝。

4.4 效果对比

通过上述防裂缝技术措施的实施,三峡大坝在混凝土裂缝防控方面取得了显著成效:据统计,与未采取防裂缝技术措施前相比,三峡大坝混凝土表面的裂缝数量减少了约70%,裂缝宽度和深度也得到了有效控制;混凝土的强度和耐久性显著提高,大坝的整体稳定性和安全性得到增强;虽然初期在防裂缝技术措施上增加了投入,但长期来看,减少了因裂缝导致的维修和加固成本,延长大坝的使用寿命,提升了工程的经济效益。三峡大坝在混凝土裂缝防控方面的成功案例为类似水利工程提供了宝贵的经验和借鉴;通过科学有效的技术措施和管理手段,可以显著降低混凝土裂缝的产生风险,确保水利工程的施工质量和使用寿命。

结束语

混凝土防裂缝技术是水利工程施工中的关键环节,直接关系到工程结构的安全性和耐久性。通过本文的探讨和分析,我们认识到科学选材、合理设计、严格施工和精心养护是预防和控制混凝土裂缝的重要手段。未来,随着技术的不断进步和创新,有信心在水利工程建设中进一步降低裂缝风险,提升工程质量,为人民创造更多福祉。

参考文献

- [1]蔡家华.水利施工中混凝土防裂缝技术控制[J].砖瓦世界,2024(3):205-207.DOI:10.3969/j.issn.1002-9885.2024.03.069.
- [2]余方方,朱宏松.水利工程施工中混凝土裂缝控制技术分析[J].治淮,2022,(2).41-42.DOI:10.3969/j.issn.1001-9243.2022.02.016.
- [3]李伟,郑帅,鲍磊,等.水利施工中混凝土防裂缝技术控制[J].水利电力技术与应用,2023,5(12).DOI:10.37155/2717-5251-0512-6.
- [4]余晓瑛.水利施工中混凝土防裂缝技术控制[J].大陆桥视野,2022(9):129-130.