

水利水电工程中高坝混凝土浇筑温控防裂技术的应用与优化

孙广义

中国水利水电第一工程局有限公司 吉林 长春 130033

摘要: 水利水电工程中高坝混凝土浇筑过程中温控防裂技术的应用与优化策略,旨在提升大坝结构的安全性和稳定性。分析表明,温度裂缝的产生主要由混凝土内部水化热及外界环境温差引起,通过优化混凝土配合比、采用冷却水管、保温材料及智能温控系统等措施,可有效控制温度裂缝。合理选择水泥类型、掺合料及外加剂,并结合具体工况调整施工工艺,对降低温度裂缝风险至关重要。动态监测与智能化管理系统的应用为温控防裂提供了新的解决方案。本研究为类似工程提供了宝贵的技术参考和实践经验,强调了技术创新与实践结合的重要性。

关键词: 高坝混凝土; 温控防裂; 水利水电工程; 配合比优化

引言: 随着水利水电工程规模的不断扩大,高坝建设中的混凝土温控防裂问题日益凸显,成为影响工程质量和安全的关键因素。大体积混凝土浇筑过程中,由于水化热导致的内部温度升高及外界环境温差,容易引发温度裂缝,威胁结构稳定性。为解决这一难题,工程技术界已探索出一系列温控防裂措施,如优化混凝土配合比、使用冷却水管和保温材料等。然而,面对复杂多变的实际工况,现有技术仍需不断改进与创新。本文旨在通过分析不同温控防裂技术的应用现状,结合具体案例探讨其效果与挑战,并提出优化建议,以期为后续工程提供参考,推动该领域的技术进步与发展。

1 高坝混凝土浇筑过程中的温度裂缝成因分析

在水利水电工程中,高坝混凝土浇筑过程中的温度裂缝问题一直是影响大坝结构安全性和稳定性的关键因素。高坝建设过程中,由于混凝土内部水化热的释放,导致其内部温度显著升高。外界环境温度的变化也对混凝土表面产生影响,这种内外温差容易引发混凝土的热胀冷缩现象,进而导致温度裂缝的产生。尤其是在大体积混凝土浇筑时,热量难以迅速散发,使得内部温度持续上升,增加了裂缝的风险。施工期间混凝土的配合比、水泥种类以及外加剂的选择等也会对混凝土的水化热及其膨胀收缩性能产生重要影响,从而间接影响到温度裂缝的形成。

混凝土材料本身的特性同样也是导致温度裂缝的重要原因。不同类型的水泥由于其矿物组成和细度的不

同,其水化反应的速度和放热量也存在差异,这些都会对混凝土内部温度变化产生影响。骨料的级配、含泥量等因素也会改变混凝土的导热性能,影响其散热效率。再者,施工工艺如浇筑速度、振捣方式以及养护措施等都直接影响着混凝土的最终质量。如果浇筑速度过快或振捣不充分,会导致混凝土内部出现空洞或不密实区域,降低其整体强度和抗裂能力。而养护措施不当,则可能导致混凝土表面水分蒸发过快,造成干缩裂缝,进一步加剧了温度裂缝的风险。

为了有效应对这些问题,必须深入理解温度裂缝产生的机理,并采取相应的技术措施加以控制。具体而言,在实际工程操作中,通过优化混凝土的配合比设计,选择合适的水泥类型及掺合料,可以有效降低混凝土的水化热,减少温度裂缝的发生。采用分层分块浇筑的方法,合理安排浇筑顺序,也有助于控制混凝土内部温度分布,避免局部过热现象。加强施工期间的温度监控与管理,根据实时数据调整养护措施,对于预防温度裂缝同样具有重要意义。总之,综合考虑材料选择、施工工艺及环境条件等因素,是解决高坝混凝土浇筑过程中温度裂缝问题的关键所在。

2 现有温控防裂技术在高坝工程中的应用现状

在当前的水利水电工程实践中,温控防裂技术的应用已经成为保障高坝混凝土结构安全的重要手段。通过采用冷却水管、保温隔热材料以及优化混凝土配合比等措施,有效控制了大体积混凝土内部温度的升高及其内外温差,减少了温度裂缝的发生。冷却水管技术利用循环水流带走混凝土内部热量,显著降低了混凝土浇筑块内的最高温度和内外温差,是目前广泛应用的一种有效

作者简介: 孙广义(1991年2月-),男,汉族,山东省平度市人,工程师,本科,主要研究方向为水利水电工程。

方法。选择合适的保温材料对新浇筑的混凝土表面进行覆盖,可以减缓表面散热速度,防止因温度骤降引起的温度应力增大。优化混凝土的配合比设计,如减少水泥用量、增加粉煤灰或矿渣粉等掺合料的比例,能够有效降低水化热,提高混凝土的抗裂性能。

除了上述传统温控防裂技术外,一些新型技术也在不断涌现并应用于实际工程中。智能温控系统通过对混凝土内部温度的实时监测与反馈,实现了自动调节冷却水管流量的功能,确保混凝土内部温度始终保持在安全范围内。这种智能化管理不仅提高了温控效率,还大幅降低了人工干预的需求。随着材料科学的发展,高性能减水剂和膨胀剂也被广泛应用于混凝土配制过程中,以改善混凝土的工作性和体积稳定性,进一步增强了其抵抗温度变化的能力。这些新材料和技术的应用,为解决高坝混凝土浇筑中的温度裂缝问题提供了新的思路和方法。

在实际应用中,各种温控防裂技术也面临着不同的挑战。一方面,由于不同地区气候条件差异较大,如何根据具体环境调整温控策略成为一大难题;另一方面,部分新技术的成本较高,限制了其在一些小型项目中的推广应用。如何在保证工程质量的前提下,降低成本、提高技术适用性,成为了当前研究的重点方向之一。通过综合考虑工程实际情况,灵活运用现有技术和探索创新,可以在很大程度上克服这些问题,实现温控防裂效果的最大化。这要求工程技术人员认真分析每一种技术的特点和适用范围,结合具体工程需求,制定出最适合的施工方案。

3 针对特定工况的温控防裂技术创新与实践

在面对不同地质条件和施工环境的特定工况时,传统的温控防裂技术可能无法完全满足工程需求。在高寒地区建设大坝时,低温环境对混凝土早期强度发展及后期抗裂性能提出了更高的要求。针对这一问题,工程实践中引入了预热拌合水和骨料的方法,通过提高混凝土初始温度来增强其早期抗冻能力,同时配合使用高效减水剂降低水灰比,提升混凝土密实度和耐久性。采用聚丙烯纤维等新型材料作为混凝土添加剂,不仅能够有效分散内部应力,还能改善混凝土的韧性,减少因温度变化引起的裂缝。

对于高温干旱地区的水利水电工程,如何控制混凝土浇筑过程中的温度上升成为了关键挑战。在此类环境中,除了常规的冷却水管降温措施外,还结合了喷雾冷却、遮阳网覆盖等多种手段,以降低混凝土表面温度,并防止水分过度蒸发导致的干缩裂缝。优化混凝土配比设计,选择低热水泥并适量掺入粉煤灰或矿渣粉,不仅

能减少水泥用量从而降低水化热,还可以增强混凝土的工作性和体积稳定性。这些措施的综合应用,确保了在极端气候条件下混凝土结构的安全性和稳定性,同时也为类似工程提供了宝贵的技术参考。

随着信息技术的发展,智能化监测与控制系统也被引入到温控防裂技术中,特别是在复杂地形和特殊气候条件下更具优势。通过对混凝土内部温度场的实时监控,利用无线传感器网络将数据传输至中央控制系统,实现了对冷却系统的精确调控。这种基于大数据分析和智能算法的管理系统,可以根据实时数据动态调整冷却策略,确保混凝土内部温度始终保持在安全范围内,极大地提高了温控效果。借助计算机模拟技术进行前期预测和方案优化,也为解决特定工况下的温控防裂难题提供了新的途径。这种方法不仅提升了工程实施的科学性和准确性,也推动了温控防裂技术向更加精细化、智能化方向发展。

4 优化混凝土配合比对温控防裂效果的影响研究

为提升混凝土结构的整体性,降低裂缝产生的可能性,应强化混凝土抗裂性能,并在混凝土结构中适当添加复合纤维以及细钢丝等物质,或在混凝土结构中适当添加膨胀剂,使混凝土收缩变形得到有效补偿,降低混凝土收缩裂缝产生的可能性。此外,在水利工程施工中应重视混凝土配合比试验,进而确定混凝土外加剂掺量,保障混凝土拌和工艺能够充分发挥作用,提升混凝土结构的整体性以及抗裂性。

在高坝混凝土浇筑过程中,优化混凝土配合比是提高温控防裂效果的重要手段之一。通过精确调整水泥、骨料、水和外加剂的比例,可以有效控制混凝土的水化热及收缩特性,从而减少温度裂缝的发生。具体来说,降低单位用水量并适当增加粉煤灰或矿渣粉等矿物掺合料的用量,不仅能减少水泥用量,还能显著降低混凝土的总水化热。选择合适的骨料级配和粒径分布也是关键因素之一,良好的骨料结构有助于提高混凝土的密实度和抗裂性能。在一些实际工程中,通过采用连续级配的粗骨料和细骨料混合使用的方法,不仅改善了混凝土的工作性,还增强了其体积稳定性。

除了调整基本材料比例之外,合理选用外加剂对优化混凝土配合比同样至关重要。高效减水剂的应用能够在不改变混凝土工作性的前提下大幅减少用水量,进而降低水灰比,提升混凝土的早期强度和抗裂能力。膨胀剂则可以在混凝土硬化过程中产生适度膨胀,补偿因干燥收缩引起的体积变化,进一步防止裂缝形成。聚丙烯纤维等增强材料的加入能够有效分散内部应力,改善混

凝土的韧性,使其更能抵抗温度变化带来的影响。在某些特定工况下,根据环境条件和工程需求定制化的配合比设计显得尤为必要,这需要结合试验研究与现场实践进行不断调整和完善,以达到最佳的温控防裂效果。

为了验证这些优化措施的实际效果,通常需要通过实验室试验与现场监测相结合的方式进行评估。实验室试验可以通过模拟不同的施工环境和条件,测试不同配合比下的混凝土性能指标,如强度、收缩率和耐久性等。而现场监测则可以直接反映实际施工过程中混凝土的行为特征及其温控防裂效果。利用传感器实时监控混凝土内部温度变化,并对比不同配合比方案下的数据,可以准确判断哪种方案最有利于减少温度裂缝。这种综合研究方法不仅为优化混凝土配合比提供了科学依据,也为后续工程的设计和施工提供了宝贵的经验和技术支持。通过不断的探索与实践,优化后的混凝土配合比能够显著提升高坝混凝土结构的安全性和耐久性,确保工程质量。

5 基于案例分析的温控防裂技术综合评价与建议

在对多个水利水电工程案例进行深入分析后,可以发现温控防裂技术的应用效果显著影响着高坝混凝土结构的安全性和稳定性。以某大型水电站为例,在该工程中采用了多种温控措施,包括冷却水管系统、保温材料覆盖以及优化混凝土配合比等。通过这些措施的综合应用,不仅有效控制了混凝土内部温度上升,还大大减少了温度裂缝的发生。特别是冷却水管系统的合理布置和运行管理,确保了混凝土内部温度始终保持在设计范围内,为后续施工提供了良好的基础条件。利用高性能减水剂和膨胀剂调整混凝土配比,进一步增强了其抗裂性能,提高了整体工程质量。

不同工程的实际应用情况也暴露出一些问题与挑战。在某些项目中,由于施工现场环境复杂多变,预设的温控方案未能完全适应实际情况的变化,导致部分区域出现局部温度过高或过低的问题。个别项目在实施过程中,因操作不当或管理不善,使得冷却水管堵塞、保温材料铺设不均等情况时有发生,影响了温控防裂效果。这些问题提示我们在实际工程中,除了关注技术本身的选择外,还需要重视施工管理和质量监控环节。针

对特定工况制定详细的施工计划,并严格执行相关标准规范,是确保温控防裂技术顺利实施的关键所在。加强现场技术人员的专业培训,提高其应对突发状况的能力,对于提升工程质量同样至关重要。

基于上述案例分析结果,提出以下几点建议:一是加强对施工环境的动态监测,根据实时数据灵活调整温控策略;二是完善施工管理制度,确保各项温控措施落实到位;三是加大技术研发投入,开发更加高效、经济的新型温控材料和技术;四是建立完善的质量评估体系,定期对温控防裂效果进行评价与反馈。通过以上措施的综合实施,可以在很大程度上克服现有技术应用中的不足,进一步提升温控防裂技术水平。这不仅有助于解决当前工程中存在的问题,也为未来类似项目的建设提供了有益借鉴。总之,持续的技术创新与实践经验积累,将是推动温控防裂技术不断发展的重要动力。

结语

水利水电工程中高坝混凝土浇筑的温控防裂技术对于确保大坝结构的安全性和稳定性至关重要。通过优化混凝土配合比、采用先进的温控措施以及加强施工管理,可以有效减少温度裂缝的发生。面对复杂多变的实际工况,仍需不断探索创新,提升技术水平。未来的工作应聚焦于动态监测与智能调控系统的应用,完善质量评估体系,并注重实践经验的积累与分享。这些努力将为解决温控防裂难题提供坚实的技术支持和保障,推动水利水电工程的可持续发展。

参考文献

- [1]熊长军.水利水电工程中高边坡的加固和治理研究[J].水上安全,2024,(22):133-135.
- [2]曹钢进,黄志华.水利水电工程中高边坡开挖支护施工技术[J].珠江水运,2023,(07):9-11.
- [3]卢绍文.水利水电工程中高边坡的加固和治理研究[J].冶金管理,2022,(23):65-67.
- [4]杨琛.水利水电工程施工中高边坡加固技术的应用探讨[J].建材与装饰,2020,(01):289-290.
- [5]高嘉胤.水利水电工程施工中高边坡加固技术的应用探析[J].建材与装饰,2019,(16):285-286.