

# 高坝大体积混凝土温控防裂施工技术与管理实践

朱 秀 杨利军

四川二滩国际工程咨询有限责任公司 四川 成都 611130

**【摘要】**：本文探讨了高坝大体积混凝土施工中的温控与防裂技术，分析了温控方法、设备配置、现场管理及质量监控的重要性。合理选择温控手段、优化施工工艺和材料，结合精确的现场管理措施，有效控制了混凝土的温度变化和裂缝生成。质量监控和风险防范体系的实施为工程的安全性与施工质量提供了保障，为大体积混凝土施工提供了理论支持与实践指导。

**【关键词】**：高坝；大体积混凝土；温控技术；防裂施工；现场管理

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.053

## 引言

高坝大体积混凝土的施工面临着温控和防裂的双重挑战。由于混凝土在硬化过程中会产生较大的热量，导致温度差异，易引发裂缝，影响结构的整体性和安全性。合理的温控防裂措施成为确保施工质量和工程安全的基础。随着技术的不断发展，许多新的温控手段和管理方法不断涌现，为解决这一问题提供了有力支持。有效的施工技术与科学的现场管理紧密结合，能够在高坝大体积混凝土施工中发挥至关重要的作用。

## 1 大体积混凝土温控措施的关键技术

### 1.1 温控方法的选择与应用

大体积混凝土的温控方法应根据实际工程的特点、气候条件及施工时间来选择。常见的温控方法包括冷却管道法、外加剂法、表面保温法以及控制浇筑工艺法。冷却管道法是通过将冷却管道布置在混凝土内部，利用水循环的方式带走热量，从而降低混凝土的内部温度差异。这种方法在大体积浇筑过程中应用较广，尤其适用于温度差异较大的场景。外加剂法则加入特定的缓凝剂或减水剂来延缓混凝土的水化过程，从而减少热量的释放，控制温升速度。表面保温法通过对混凝土表面进行保温处理，减少外界热量的散失，从而降低温差。根据工程的实际情况，可以选择单一或组合的温控方法，以确保温控效果最佳。

在温控方法的应用过程中，必须根据大坝的具体设计要求，结合地质条件和气象环境进行合理的调整。在寒冷地区，可能需要加强保温措施，延长混凝土的硬化时间，避免因过早降温引起的开裂；而在炎热地区，冷却管道法与外加剂法的配合使用会更为高效。温控方法的选择影响到施工过程中的成本控制，还与工程的长期稳定性密切相关。施工单位需要通过精细化管理，结合科学计算和经验数据，选择最合适的温控方案。管理过程中应综合考虑混凝土浇筑规模、环境温度变化及材料性能等多方面因素，对温度变化趋势进行预测分析。通过动态调整温控措施和施工节奏，使混凝土内部与表面温差保持在合理范围内，从而有效降低温度应力对结构稳定性的影响。

### 1.2 温控设备的配置与调控

在大体积混凝土施工过程中，温控设备的合理配置与调控是确保混凝土温度得以精准控制的关键。冷却系统设备通常包括冷却管道、温度传感器和水泵等，冷却管道布置需要充分考虑混凝土浇筑顺序及施工进度，确保温控系统能够覆盖整个浇筑区域，并实时监测混凝土内部和表面的温度变化<sup>[1]</sup>。水泵的功率配置和冷却水流量的调节至关重要，过高的流量可能导致冷却过快，从而引发裂缝，而过低的流量则可能无法有效降低温差。温度传感器的布置要覆盖各个关键位置，准确传递温度信息，为后续调控提供数据支持。

温控设备的调控不仅仅是设备的选择与安装，更包括其运行过程中的监控与调整。施工单位应定期检查温控系统的运行状态，及时排查设备故障，确保温控措施的持续有效性。系统调控过程中要结合现场施工进度实时调整冷却水的流量和温度，避免过大的温差引发混凝土表面开裂。通过智能化温控设备的引入，可以实时采集并分析施工过程中的温度数据，从而实现温控系统的自动调节，提高温控效果的精准度和管理效率。系统能够对混凝土内部温度变化进行连续监测，并将数据传输至监控平台进行综合分析，使管理人员能够及时掌握温度发展趋势。根据监测结果对冷却水流量和循环时间进行合理调整，进一步增强温控措施的科学性与稳定性。

### 1.3 温控系统的现场管理

温控系统的现场管理在保证大体积混凝土温度控制效果中起着至关重要的作用。施工单位需要通过精确的现场管理，确保温控设备的高效运行与优化配置。具体来说，管理人员需制定详细的温控计划，结合混凝土浇筑的实际进度与天气变化进行灵活调整。这不仅涉及温控设备的日常维护与检查，还包括对现场操作人员的技术培训，确保每个环节都能按照既定的温控方案执行。在温控系统的实施过程中，现场管理人员应密切关注混凝土的温度变化，利用监控系统对混凝土的内部和表面温度进行实时监控，及时发现异常情况并采取调整措施，避免因温差过大而引发裂缝。

温控系统的现场管理还涉及与其他施工环节的协同合作。

温控工作需要与混凝土浇筑、养护以及其他施工工序密切配合,管理团队应确保温控措施与施工安排高度协调。混凝土浇筑前,相关人员需检查温控设备的完备性与运行状态,确保冷却管道、温度传感器等设备在适当的位置并处于正常工作状态。施工期间,管理人员还要定期检查冷却水流量、温度等关键指标,及时与施工团队沟通,调整冷却策略,以适应不同施工条件和天气变化。通过高效的现场管理,能够确保温控措施的精准实施,有效降低大体积混凝土裂缝的发生率。

## 2 防裂施工技术的实施策略

### 2.1 裂缝发生原因及控制方法

裂缝的产生主要源于混凝土在凝固和硬化过程中由于温度差异、收缩以及外部荷载等因素的作用。在大体积混凝土中,内部温度升高与外部环境温差较大,导致混凝土内部与表面产生不同的收缩程度,从而产生裂缝。温度应力是最常见的引发裂缝的原因。随着混凝土的水化反应进行,内部温度不断上升,外部冷却较快,产生的温差引起混凝土表面与内部的应力差,形成裂缝。收缩和沉降也会在混凝土硬化过程中发生,特别是随着混凝土的水分蒸发,表面收缩明显,而内部湿润部分收缩较少,导致应力集中,易出现裂缝。

为了控制裂缝的发生,需要在混凝土浇筑之前做好充分的温控设计,合理选择温控方法来降低内部温度差异。可以通过控制浇筑工艺来减少裂缝的产生,合理安排浇筑时间,分层浇筑,避免过快降温,控制温度变化速率。采用裂缝抑制剂、纤维材料等辅助材料进行混凝土配比优化,也能有效减少裂缝的发生。应力的合理分布和外界荷载的及时处理同样是防止裂缝产生的关键措施。

### 2.2 材料的选择与施工工艺优化

混凝土裂缝的预防不仅与施工环境相关,材料的选择与施工工艺的优化也起着至关重要的作用。在材料选择方面,使用低热水泥或掺合材料(如粉煤灰、矿粉)可以有效减少混凝土的水化热,从而降低温度升高的幅度,减少裂缝的发生<sup>[2]</sup>。选用合适的骨料,特别是具有良好抗裂性能的细骨料,可以增强混凝土的抗裂性,避免因粗骨料的膨胀性差或强度不均造成的裂缝。在添加剂的使用上,掺加减水剂或缓凝剂能够延长混凝土的凝结时间,减缓水化过程中的热量释放,有助于控制温度差。

施工工艺的优化也在防裂措施中起到关键作用。合理安排浇筑顺序、分层浇筑能有效避免单次浇筑造成过大的温差应力,减少裂缝的发生。在浇筑过程中,还应注意混凝土的振捣与密实度,确保混凝土的内部结构均匀,避免因空隙和不密实部分而引起应力集中。养护工艺的改善也至关重要,及时、充分的养护可减少混凝土表面的干燥收缩,减少开裂的概率。优化工艺流程,结合材料的特性进行施工,能够在很大程度上降

低裂缝的风险,提高混凝土结构的稳定性和耐久性。

### 2.3 现场裂缝监测与修复措施

裂缝监测是确保大体积混凝土结构质量的关键环节。在施工过程中,通过温度传感器和裂缝监测设备的布置,可以实时掌握混凝土内部的温度变化及裂缝发展的动态。监测设备通过定期采集数据,帮助技术人员判断裂缝是否为正常的结构收缩裂缝,还是因温差或荷载引发的危害性裂缝。现代智能监测技术的引入,使得裂缝的监测更加精准与高效。结合自动化数据采集系统,可以对裂缝进行长期跟踪监控,及时采取应对措施,避免裂缝对结构安全造成更大影响。

当发现裂缝产生时,应及时采取修复措施。常见的修复方法包括灌浆修补法、表面涂层修复法和裂缝加固法。灌浆修补法将修补浆料注入裂缝内部,恢复混凝土的整体性和抗渗性。对于较大裂缝,可采用钢筋加固技术,通过植筋等方式增强结构的抗裂能力。对于表面裂缝,使用聚合物类修复材料进行涂层封闭,也能有效减少水分侵入,防止裂缝进一步扩大。裂缝修复需要选择合适的材料,还需要根据裂缝的性质和位置采取针对性措施,确保修复效果的持久性和可靠性。

## 3 高坝大体积混凝土温控防裂的现场管理实践

### 3.1 项目现场管理的组织与协调

项目现场管理的组织与协调是确保大体积混凝土施工顺利进行的关键环节。在施工过程中,现场管理团队需要根据工程的总体规划和各项施工任务,合理安排人员、设备和材料的配置与调度。管理人员应对现场进行全面的统筹安排,确保每个施工环节衔接顺畅,避免因管理不善而导致的工期延误或资源浪费。对项目进度的密切跟踪,及时调整施工计划和人员安排,是高效管理的基础。协调工作不仅限于施工团队之间的配合,还包括与相关部门的协作。温控和防裂措施的实施,需要与混凝土浇筑、养护等工序相协调,确保温控系统与现场操作的同步执行。

有效的组织与协调还体现在对现场技术人员和操作人员的不管理上。每一位人员都应充分了解自己的职责和任务,现场管理人员需要对操作规程和施工方法进行详细培训,确保施工过程中能够严格遵守相关技术标准。对于任何突发情况,管理人员需要及时做出反应,组织应急处理,最大限度地减少对工程进度和质量的影响。通过精确的现场组织与协调,能够提高施工效率,还能有效降低施工中的风险,确保工程顺利完成。

### 3.2 施工过程中的温控与防裂管理

施工过程中的温控与防裂管理直接关系到混凝土的质量与结构安全。在大体积混凝土施工中,温度差异是引发裂缝的主要原因之一,施工现场必须采取有效的温控措施来管理温差变化<sup>[3]</sup>。温控方法的实施需要与施工进度密切配合,合理选择冷却管道、外加剂等手段来控制温度升高,防止温差过大导致

裂缝产生。监测设备必须在关键部位布置,以实时掌握混凝土的内部与表面温度变化,及时发现温度异常并作出相应调整。施工团队需根据天气变化、混凝土浇筑的实际情况对温控措施进行动态调整,确保温控效果达到预期。

防裂管理则需要对混凝土的配比和施工工艺的优化来减少裂缝的产生。选择适当的材料,如低热水泥、抗裂纤维等,可以有效降低温度变化对混凝土造成的应力。施工过程中的收缩控制和浇筑方式也对防裂效果至关重要。合理安排分层浇筑,避免大面积单次浇筑造成的温度应力差,能够有效降低裂缝风险。适时采取养护措施,保持混凝土表面湿润,减少干缩裂缝的发生,进一步增强混凝土的抗裂能力。温控与防裂管理的有效结合,是保证大体积混凝土施工质量的重要保障。

### 3.3 质量监控与风险防范体系

质量监控是确保混凝土工程质量的重要手段,通过一系列的监控手段,能够及时发现施工中存在的隐患。在施工现场,质量监控系统需要全面覆盖,从原材料进场、混凝土配比、浇筑过程到后期养护等环节,都应进行严格监控。引入智能监控系统,可以实时记录混凝土的温度、湿度及其他关键参数,为后续的质量评估提供数据支持。施工过程中应设立专门的质

量检查员,定期对施工过程进行巡查,确保施工工艺的规范性,避免因操作不当或材料不合格而导致的质量问题。

在风险防范体系的建立中,项目管理人员应根据施工过程中可能出现的各种风险因素,制定详细的应急预案。针对温度过高或过低可能导致的裂缝,应提前安排相关防裂措施,并定期检查温控系统的运行状态。风险防范体系还应涵盖施工进度、人员安全及外部环境变化等多方面内容。通过风险预测与预防,结合质量监控体系的实施,能够最大程度地降低施工过程中的不确定因素,确保工程按期交付且质量达标。

## 4 结语

本文分析大坝大体积混凝土施工中的温控与防裂技术,探讨了温控方法的选择、温控设备的配置、现场管理的组织与协调等关键因素。通过合理的温控措施和精细的现场管理,不仅能有效控制温度差异,还能预防裂缝的发生,确保混凝土结构的稳定性。质量监控与风险防范体系的有效实施,为施工过程中的安全保障和质量提升提供了有力支持。综合应用这些技术和管理措施,将显著提高大体积混凝土施工的质量和效率,推动相关工程的顺利进行。

## 参考文献:

- [1] 王玺智.大体积混凝土智能温控技术研究与应用[D].哈尔滨工程大学,2025.
- [2] 王勇,张建伟,李海峰,等.坝基混凝土损伤识别与防控技术[M].中国水利水电出版社:2022:260.
- [3] 李庆斌,马睿,胡昱,等.大坝智能建造研究进展与发展趋势[J].清华大学学报(自然科学版),2022,62(08):1252-1269.