

# 进水闸大体积混凝土浇筑的防裂技术探讨

谢鹏辉

西平县河湖水务中心 河南 驻马店 463900

**摘要：**进水闸作为水利工程中的重要组成部分，其结构稳定性和耐久性直接关系到整个工程的运行安全。大体积混凝土浇筑在进水闸建设中应用广泛，但由于混凝土体积大、水化热高、约束条件复杂等因素，易产生温度裂缝和收缩裂缝，严重影响结构性能。本文旨在探讨进水闸大体积混凝土浇筑过程中的防裂技术，从材料选择、配合比设计、施工工艺控制等方面提出具体措施，以期同类工程提供参考。

**关键词：**进水闸；大体积混凝土；防裂技术；材料选择；配合比设计；施工工艺控制

## 引言

随着水利工程的不断发展，进水闸作为控制水流、调节水位的关键设施，其建设质量日益受到重视。大体积混凝土因其良好的承载能力和整体性，在进水闸建设中得到广泛应用。然而，大体积混凝土浇筑过程中由于温度应力、收缩应力等因素引起的裂缝问题一直是行业关注的焦点。本文将从技术角度出发，深入分析大体积混凝土裂缝的成因，并提出相应的防裂措施。

### 1 进水闸大体积混凝土裂缝成因分析

#### 1.1 温度裂缝

大体积混凝土在浇筑过程中，由于水泥水化反应是一个放热过程，会产生大量的热量，导致混凝土内部温度急剧升高。这种温度升高现象在混凝土浇筑后的初期尤为显著，因为此时混凝土尚未形成足够的强度来抵抗由于温度变化引起的应力。当混凝土内部温度与外部环境温度差异过大时，这种温差会在混凝土内部产生温度梯度，进而导致温度应力的产生。温度应力是由于温度变化引起的混凝土体积变形受到约束而产生的应力<sup>[1]</sup>。当这种温度应力超过混凝土的抗拉强度时，混凝土就会发生开裂，形成温度裂缝。温度裂缝通常表现为贯穿性的裂缝，对混凝土结构的整体性和耐久性构成严重威胁。

#### 1.2 收缩裂缝

混凝土在硬化过程中，会经历一系列复杂的物理化学变化。其中，水分的蒸发和水泥水化反应的进行是导致混凝土体积收缩的主要因素。水分的蒸发主要发生在混凝土表面，而水泥水化反应则会导致混凝土整体的体积减小。这种体积收缩现象在混凝土浇筑后的初期和后期都会发生，但初期由于混凝土尚未形成足够的强度，因此更容易产生裂缝。当收缩应力大于混凝土的抗拉强度时，混凝土就会发生开裂，形成收缩裂缝。收缩裂缝通常表现为表面裂缝，但也可能深入混凝土内部，对混凝土结构的整体性和美观性造成影响。此外，收缩裂缝还可能成为水分和有害物质侵入的通道，加速混凝土的老化和破坏。因此，在进水闸大体积混凝土的浇筑过程中，必须采取有效措施来控制并减少收缩裂缝的产生。

期都会发生，但初期由于混凝土尚未形成足够的强度，因此更容易产生裂缝。当收缩应力大于混凝土的抗拉强度时，混凝土就会发生开裂，形成收缩裂缝。收缩裂缝通常表现为表面裂缝，但也可能深入混凝土内部，对混凝土结构的整体性和美观性造成影响。此外，收缩裂缝还可能成为水分和有害物质侵入的通道，加速混凝土的老化和破坏。因此，在进水闸大体积混凝土的浇筑过程中，必须采取有效措施来控制并减少收缩裂缝的产生。

### 2 进水闸大体积混凝土防裂技术措施

#### 2.1 材料选择与配合比优化

##### 2.1.1 材料选择

在水泥的选择上，为了降低混凝土的水化热和温度应力，优先选用低热膨胀系数、低热传导系数的普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥。这些水泥在硬化过程中产生的热量较少，有助于减小混凝土内部的温度梯度，从而降低温度裂缝的风险。骨料方面，采用天然河砂及石灰岩碎石，确保粒径适中且级配良好。天然河砂的圆润形状和适中的粒径有助于减少混凝土内部的空隙，提高密实度。石灰岩碎石则具有良好的力学性能和稳定性，能够增强混凝土的强度。为了进一步提高混凝土的抗裂性能，掺入适量的粉煤灰或矿渣粉等矿物掺合料。这些掺合料能够降低单位水泥用量，减少水化热，同时改善混凝土的和易性和可泵性。外加剂方面，使用新型减水剂以改善混凝土的工作性。减水剂能够显著降低混凝土的用水量，减少收缩变形，从而提高混凝土的抗裂性。同时，减水剂还能提高混凝土的强度和耐久性，为进水闸大体积混凝土提供更好的保障。具体的选择建议如下表：

表1 进水闸大体积混凝土建议表

水泥类型	标号	碱含量
普通硅酸盐水泥	P·O 42.5	< 0.6%
矿渣硅酸盐水泥	P·S 42.5	< 0.6%

续表:

水泥类型	标号	碱含量	
骨料类型	细度模数	含泥量	最大粒径
天然河砂	2.6-3.0	≤ 3%	-
石灰岩碎石	-	-	≤ 40mm
掺合料/外加剂	掺量范围	主要作用	
粉煤灰/矿渣粉	15%-30%	降低水化热, 提高抗裂性	
高效减水剂	减水率 ≥ 25%	改善工作性, 减少用水量	

### 2.1.2 配合比优化

在配合比优化方面, 首先关注的是水灰比的调整。通过精确调整水灰比, 可以有效控制混凝土的流动性, 确保混凝土在浇筑过程中不出现泌水、离析现象, 从而显著降低收缩裂缝的产生风险。水灰比的优化还需要考虑混凝土的强度等级、施工条件以及环境因素, 以达到最佳的抗裂效果。其次, 砂率的合理确定也是配合比优化的关键。砂率的大小直接影响混凝土的和易性和收缩性能。通过合理的砂率设计, 可以保证混凝土具有良好的和易性, 便于施工操作, 同时避免过多的水泥浆导致收缩增大, 进而减少裂缝的产生。最后, 适量掺入膨胀剂是提高混凝土抗裂性能的有效措施<sup>[2]</sup>。膨胀剂可以在混凝土硬化过程中产生微膨胀, 补偿混凝土的收缩变形, 从而降低裂缝产生的风险。膨胀剂的掺量需要根据具体工程要求、混凝土配合比以及环境条件进行精确计算和控制, 以确保其发挥最佳的抗裂效果。通过这些配合比优化措施的实施, 可以显著提升进水闸大体积混凝土的抗裂性能, 保障工程的安全性和耐久性。配合比的控制建议如下表:

表2 进水闸大体积混凝土配合比的控制建议表

参数	建议范围	主要作用
水灰比	0.38-0.45	控制流动性, 减少收缩裂缝
砂率	38%-42%	保证和易性, 避免收缩增大
膨胀剂	8%-12%	补偿收缩变形, 提高抗裂性

通过以上材料选择与配合比优化的措施, 并结合相关规范及参数数据表的支持, 可以有效降低进水闸大体积混凝土的温度应力和收缩应力, 从而减少裂缝的产生, 提高混凝土结构的整体性和耐久性。

## 2.2 施工工艺控制

### 2.2.1 浇筑与振捣

在浇筑过程中, 采用分层浇筑方法是关键。每层浇筑的厚度应严格控制在合理范围内, 一般建议不超过500mm, 以确保混凝土内部的热量能够均匀散发, 从而减小温度梯度, 降低温度应力。同时, 分层浇筑还有助于提高混凝土的密实度和整体性, 进一步减少裂缝的产

生。振捣是确保混凝土密实度的重要环节。在振捣过程中, 应加强操作, 确保混凝土充分密实, 避免出现振捣不足或过振的情况。振捣不足会导致混凝土内部存在空洞和气泡, 降低混凝土的强度和抗裂性能; 而过振则会使混凝土产生离析现象, 同样不利于抗裂。因此, 振捣操作应严格控制时间和频率, 以达到最佳的密实效果。

### 2.2.2 温度控制

为了降低混凝土的温度应力, 需要对原材料进行预冷处理。修建骨料储料仓并搭建遮阳棚, 可以有效降低骨料的温度。在拌制混凝土时, 采用加冰水的方式, 进一步控制混凝土出机口的温度。这些措施有助于降低混凝土的整体温度, 从而减小内外温差, 降低温度裂缝的风险。除了原材料预冷外, 还可以在混凝土内部预埋冷却水管。浇筑完成后, 通过注入循环冷水来降低混凝土内部的温度。这种方法能够直接有效地减小混凝土内外的温差, 降低温度应力, 从而减少裂缝的产生<sup>[3]</sup>。冷却水管的布置和循环冷水的注入量应根据具体工程要求和混凝土的温度监测结果来确定, 以确保达到最佳的降温效果。

## 2.3 养护措施

混凝土浇筑完成后, 养护措施的实施对于防止裂缝的产生至关重要。首先, 应及时采取保湿保温措施, 以减少混凝土表面水分的蒸发。这可以通过覆盖湿润的养护布或使用专业的保湿材料来实现, 确保混凝土表面保持湿润状态, 从而降低收缩应力, 减少因水分蒸发而引起的表面裂缝。同时, 保湿保温措施还能减缓混凝土内部热量的散失速度, 有助于减小混凝土内外的温差。这对于防止因温度梯度过大而产生的温度裂缝尤为重要。在养护过程中, 应定期监测混凝土的温度和湿度, 确保养护措施的有效性。除了保湿保温外, 对混凝土表面进行二次抹面处理也是一项重要的养护措施。在混凝土初凝前, 对其进行二次抹面, 可以进一步提高表面的平整度, 减少因表面不平整而产生的应力集中, 从而降低表面裂缝的产生风险。二次抹面时, 应使用专业的抹面工具, 确保抹面均匀、平整, 达到预期的养护效果。

### 3 防裂技术的未来发展

#### 3.1 高性能混凝土的开发

展望未来,高性能混凝土(HPC)将在大体积混凝土施工中占据核心地位,其广泛应用前景不言而喻。HPC的独特之处在于其卓越的强度、耐久性和抗裂性能,这些特性使得混凝土结构在面临各种挑战时都能表现出色。为了实现HPC的这些优异性能,研究人员将深入探索配合比设计的优化方案。他们将细致研究水泥、骨料和掺合料之间的相互作用,以及它们对混凝土微观结构的影响。通过精确调整这些组分的比例,可以显著减少混凝土内部的孔隙和微裂缝,从而提高其密实度和抗裂性。除了配合比设计的优化,新型添加剂的引入也将为HPC的发展带来突破。例如,纳米材料因其独特的微观结构和表面效应,能够显著改善混凝土的力学性能和耐久性。当这些纳米材料添加到混凝土中时,它们可以填充混凝土中的微小孔隙,增强混凝土的密实度,并提高其抵抗外部侵蚀的能力。此外,纤维增强材料也是HPC中不可或缺的一部分。这些材料,如钢纤维、合成纤维等,能够有效地提高混凝土的抗拉强度和韧性。当混凝土受到拉力时,这些纤维能够承担部分拉力,从而防止裂缝的产生和扩展。综上所述,高性能混凝土的开发将为大体积混凝土施工带来革命性的变革。通过优化配合比设计和引入新型添加剂和材料,HPC将显著减少裂缝的产生,提高混凝土结构的整体性能。

#### 3.2 智能化应用

##### 3.2.1 智能化施工设备的引入

随着科技的进步,智能化施工设备正逐渐改变着大体积混凝土施工的面貌。未来,更多的自动化设备,如自动化搅拌站和机器人振捣系统,将被广泛应用于施工中。这些设备具有高度的精确性和稳定性,能够显著减少人工操作带来的误差,从而大大提高施工质量和效率。自动化搅拌站能够确保混凝土的配合比准确无误,避免了因人工计量不准确而导致的质量问题。而机器人振捣系统则能够均匀、有效地对混凝土进行振捣,提高了混凝土的密实度,减少了因振捣不足或过振而产生的裂缝。

##### 3.2.2 物联网技术的应用

物联网技术将与大体积混凝土施工实现深度融合,为施工管理带来全新的变革。通过物联网技术,可以对混凝土原材料、配合比、浇筑过程、养护条件等全链条进行实时监控和数据分析。在原材料阶段,物联网技

术可以监测骨料、水泥等原材料的质量和存储状态,确保使用合格的原材料进行施工。在配合比阶段,物联网技术可以实时调整和优化配合比,确保混凝土的强度和抗裂性能达到最佳状态。在浇筑和养护阶段,物联网技术可以监测混凝土的温度和湿度等关键参数,及时发现并解决潜在问题,确保工程质量。物联网技术的应用将大大提高施工管理的智能化水平,使得施工过程更加透明、可控<sup>[4]</sup>。通过实时数据分析和预警系统,施工人员可以及时发现并处理潜在的质量问题,从而确保大体积混凝土施工的质量和安全性。

#### 3.3 绿色混凝土的应用

随着全球环保意识的不断增强,绿色混凝土作为一种创新的建筑材料,正在逐渐受到大体积混凝土施工领域的关注。这类混凝土通常采用工业废渣作为主要原料,如粉煤灰、矿渣等,通过科学的配合比设计和先进的生产工艺,制备出具有优良力学性能的混凝土。绿色混凝土的应用,不仅能够显著降低资源消耗,还能有效减少环境污染。传统混凝土生产需要大量的水泥,而水泥的生产过程中又会产生大量的二氧化碳等温室气体。同时,由于其环保特性和经济效益,绿色混凝土的应用也将有助于推动建筑业的绿色发展,实现经济效益和环境效益的双赢。

#### 结语

进水闸大体积混凝土浇筑过程中的防裂技术涉及材料选择、配合比优化、施工工艺控制等多个方面。通过选用低热膨胀系数的水泥、优质骨料和掺合料,优化混凝土配合比,加强浇筑与振捣过程中的质量控制,采取有效的温度控制和养护措施,可以显著降低大体积混凝土裂缝的产生,提高进水闸的结构稳定性和耐久性。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,大体积混凝土防裂技术将进一步完善和发展。

#### 参考文献

- [1]周海超.进水闸工程大体积混凝土浇筑技术及防裂措施[J].中国建筑金属结构,2023,22(04):56-58.
- [2]马瑞,唐恺.水闸大体积混凝土施工防裂技术应用[J].治淮,2022,(02):35-37.
- [3]李保华.白山控制进水闸工程大体积混凝土防裂方案研究[J].工程技术研究,2021,6(21):141-142.
- [4]韩良凯.水闸闸墩混凝土开裂防裂机理分析与防裂措施研究[J].黑龙江水利科技,2022,50(03):64-67+142.