

# 水利工程技术大体积混凝土的施工与优化探究

王 磊

进贤县水利综合服务中心 江西进贤 331700

**摘 要：**本文深入探讨水利工程中大体积混凝土的施工技术及优化策略。详细阐述大体积混凝土在原材料选择、配合比设计、浇筑振捣、养护等施工环节的要点，分析温度控制、裂缝防治等关键技术难题及应对措施。同时，从施工管理、工艺创新等方面探究优化途径，旨在提高大体积混凝土在水利工程中的施工质量，保障水利工程的稳定运行。

**关键词：**水利工程技术；大体积混凝土；施工；优化

在水利工程建设中，大体积混凝土结构广泛应用，如大坝、水闸等基础部位。其施工质量直接关系到工程的安全性、耐久性和功能性。由于大体积混凝土具有体积大、水化热高、易产生裂缝等特点，施工难度较大。因此，深入研究其施工技术并不断优化，对水利工程的发展具有重要意义。

## 一、大体积混凝土施工的关键环节

### 1. 原材料的选择与质量控制

在水利工程大体积混凝土施工中，原材料的质量至关重要。水泥应选用水化热低、稳定性好的品种，例如矿渣硅酸盐水泥。这种水泥能在一定程度上降低混凝土内部温度升高幅度，减少因水化热过高导致裂缝产生的风险。对于骨料，粗骨料宜采用连续级配良好的碎石或卵石。连续级配的骨料能够减少空隙率，提高混凝土的密实度，从而增强混凝土的强度和抗渗性。细骨料一般选用中粗砂，其颗粒形状和级配对混凝土的工作性能有重要影响。例如，圆润的颗粒形状和合理的级配可以使混凝土具有良好的和易性，便于施工操作。外加剂的选择也不容忽视。减水剂能有效降低水灰比，在保证混凝土工作性能的同时提高其强度。引气剂可以使混凝土内部形成均匀分布的微小气泡，提高混凝土的抗冻性和耐久性。在寒冷地区的水利工程中，加入适量的引气剂可以有效防止混凝土在冻融循环作用下的破坏。

### 2. 配合比设计

大体积混凝土的配合比设计需要综合考虑多方面因素。首先要满足混凝土的强度要求，根据水利工程的结构特点和受力情况确定合适的强度等级。同时，要考虑混凝土的耐久性，如抗渗性、抗冻性等。为了降低水化热，在配合比设计中应适当减少水泥用量。可以通过掺加粉煤灰等矿物掺合料来替代部分水泥。粉煤灰不仅能

降低水化热，还能改善混凝土的和易性。此外，要根据原材料的性能和施工要求确定合适的砂率。合理的砂率能保证混凝土具有良好的工作性能和密实度。

### 3. 混凝土的浇筑

大体积混凝土的浇筑方法直接影响施工质量和进度。常用的浇筑方法有全面分层浇筑、分段分层浇筑和斜面分层浇筑。全面分层浇筑适用于结构平面尺寸不大的工程，能保证混凝土浇筑的连续性和均匀性。例如在一些小型水闸的基础浇筑中，采用全面分层浇筑可以使混凝土各层之间的结合良好，避免出现冷缝。分段分层浇筑适用于结构长度较大的工程。将结构分成若干段进行浇筑，每段的浇筑顺序合理规划，可以减少混凝土的收缩变形和温度应力。斜面分层浇筑则适用于结构厚度较小而面积较大的情况，混凝土从一端向另一端逐渐推进，呈斜面状，这种浇筑方法能较好地适应泵送混凝土的工艺要求，提高施工效率。在浇筑过程中，要注意混凝土的下落高度和浇筑速度。下落高度过高可能导致混凝土离析，影响其均匀性。浇筑速度应根据混凝土的初凝时间和振捣能力合理确定，避免过快或过慢。

### 4. 混凝土的振捣

混凝土振捣是保证其密实度的关键工序。在大体积混凝土施工中，一般采用插入式振捣器。振捣时要按照快插慢拔的原则进行操作。快插是为了防止上层混凝土凝固而无法振捣密实，慢拔则可以使混凝土中的气泡充分排出，提高混凝土的密实度。振捣点的布置要均匀合理，间距不宜过大或过小。过大可能导致振捣不充分，出现漏振现象；过小则可能造成过度振捣，使混凝土产生离析。例如在振捣大坝基础混凝土时，振捣点间距一般控制在30-50厘米左右，确保混凝土各个部位都能振捣密实。振捣时间也要适中，以混凝土表面不再明显下

沉、不再出现气泡、表面泛浆为宜。不同坍落度的混凝土，振捣时间会有所不同。坍落度较小的混凝土，振捣时间可能需要适当延长，以保证其密实度<sup>[1]</sup>。

### 5. 混凝土的养护

大体积混凝土浇筑完成后，养护工作至关重要。养护的主要目的是保持混凝土表面的湿润，防止水分蒸发过快而导致干缩裂缝，同时促进混凝土的强度增长。常见的养护方法有洒水养护、覆盖养护和蓄水养护。洒水养护适用于一般气候条件下的混凝土养护，定期在混凝土表面洒水，保持其湿润状态。覆盖养护则是在混凝土表面覆盖塑料薄膜、草帘等材料，既能防止水分蒸发，又能在一定程度上起到保温作用。蓄水养护一般用于大面积的混凝土结构，如大型水池等。在混凝土终凝后，在其表面蓄一定深度的水，利用水的蓄热保温作用，促进混凝土的养护。养护时间要根据混凝土的强度增长情况和工程要求确定。一般来说，大体积混凝土的养护时间不少于14天，对于有特殊要求的工程，养护时间可能会更长。

## 二、大体积混凝土施工中的关键问题及应对措施

### 1. 温度控制问题

大体积混凝土在浇筑后，水泥水化热会使内部温度急剧上升，而表面温度相对较低，从而形成较大温差。这种温差极易导致混凝土产生温度裂缝，严重影响结构的稳定性和耐久性。为有效控制温度，可从原材料方面着手。选用水化热低的水泥，能从根本上减少热量的产生；降低水泥用量，同时掺加粉煤灰等掺合料，既能改善混凝土的性能，又能进一步降低水化热。在混凝土浇筑过程中，分层浇筑、薄层浇筑的方法至关重要。通过减小每层混凝土的厚度，有利于热量及时散发，避免热量过度积聚。此外，在混凝土内部布置冷却水管也是一种有效的控温手段。冷却水管中通入循环水，能够带走混凝土内部的热量，降低内部温度。在通水时，需根据混凝土的温度变化情况，精准合理地调整水流速度和通水时间，防止水温与混凝土温度差异过大而引发裂缝。

### 2. 裂缝防治问题

除了温度裂缝外，大体积混凝土还可能出干缩裂缝、沉降裂缝等多种裂缝类型。这些裂缝的产生会削弱混凝土结构的强度和耐久性。为防止裂缝的产生，在配合比设计方面要下足功夫。优化混凝土的配合比，提高其抗裂性能是关键。适当增加骨料的含量，不仅可以减少水泥用量，降低成本，还能增强混凝土的稳定性；同时加入适量的外加剂，如引气剂能使混凝土内部形成均

匀分布的微小气泡，改善混凝土的和易性和抗冻性，减水剂则可以在保证混凝土工作性能的前提下，减少用水量，提高混凝土的强度。在施工过程中，严格控制混凝土的浇筑速度和振捣质量至关重要。浇筑速度过快可能导致混凝土内部产生较大的应力，而漏振或过振都会影响混凝土的密实度。在混凝土养护阶段，要加强养护管理，保持混凝土表面的湿润，防止水分蒸发过快导致干缩裂缝。对于可能出现沉降裂缝的部位，如结构变化处、钢筋密集处等，提前采取加固措施，设置沉降缝等，能有效预防裂缝的产生。

### 3. 施工质量问题

大体积混凝土施工过程中，容易出现混凝土蜂窝、麻面、孔洞等施工质量问题。这些问题的存在会降低混凝土结构的整体强度和耐久性。混凝土蜂窝主要是由于混凝土浇筑过程中振捣不密实，导致局部混凝土疏松，形成类似蜂窝状的孔洞；麻面则是因为模板表面不平整或脱模剂涂刷不均匀，使得混凝土表面粗糙不平；孔洞问题通常是由于振捣不足或模板密封不严，导致混凝土局部出现较大的空洞。为避免这些问题的出现，在模板安装前要对其进行全面细致的清理和检查，确保模板表面平整、光滑，拼接严密，防止漏浆。在混凝土浇筑过程中，要加强振捣管理，根据不同的部位和混凝土的坍落度，合理选择振捣棒的型号和振捣时间，确保振捣均匀、密实。对于钢筋密集的部位，采用小直径的振捣棒进行振捣，能够更好地保证混凝土的填充密实。如果出现孔洞等严重质量问题，要及时采取有效的措施进行处理。对于较小的孔洞，可以采用水泥砂浆进行修补，使其与周围混凝土表面平整；对于较大的孔洞，需要将周围的混凝土凿除，重新浇筑混凝土，并加强振捣和养护管理，确保新浇筑的混凝土与原结构紧密结合<sup>[2]</sup>。

## 三、大体积混凝土施工的优化策略

### 1. 施工管理的优化

施工管理的优化对于大体积混凝土施工质量起着决定性的作用。建立完善的质量管理体系，明确各部门和人员在施工过程中的职责，是确保施工质量的重要保障。从原材料的采购环节开始，就要严格把控材料的质量，对每一批次的原材料进行详细的检验，确保其符合相关标准和设计要求。在混凝土的配合比设计方面，要根据工程实际情况和原材料的特点，进行科学合理的设计，并进行多次试配和调整，以达到最佳的性能指标。在混凝土的浇筑振捣过程中，施工人员要严格按照操作规程进行操作，确保浇筑的连续性和振捣的密实性。加强对

施工人员的培训和技术交底，提高施工人员的业务素质和操作技能，使他们熟悉大体积混凝土施工的工艺流程和质量要求。同时，要加强施工现场的管理，合理安排施工顺序，避免交叉作业和混乱施工，为施工创造良好的条件。

## 2. 施工工艺的创新

随着科技的不断进步，大体积混凝土施工工艺也在不断创新和发展。采用新型的混凝土搅拌设备和搅拌工艺，能够更加精确地控制混凝土的配合比和搅拌均匀性。例如，先进的搅拌设备可以实现多种原材料的自动计量和精准投放，保证混凝土的配合比始终保持稳定；同时，优化搅拌工艺，如采用二次搅拌或变频搅拌等方式，可以使混凝土更加均匀，提高其性能。在混凝土运输方面，采用先进的运输设备和技术，能够保证混凝土在运输过程中的质量稳定。例如，采用具有保温和搅拌功能的运输罐车，可以防止混凝土在运输过程中出现离析、坍落度损失等问题。在混凝土浇筑方面，可以探索采用自动化浇筑设备和技术，提高浇筑的效率和质量。例如，采用智能机器人进行混凝土浇筑，能够精确控制浇筑的速度、位置和厚度，减少人为因素对施工质量的影响，同时还可以提高施工的安全性和可靠性。

## 3. 信息化技术的应用

信息化技术在大体积混凝土施工中的应用越来越广泛，为施工过程的管理和质量控制提供了有力的支持。通过在施工现场安装各种传感器和监测设备，能够实时监测混凝土的温度、湿度、应力等重要参数，及时掌握混凝土的施工质量和状态。例如，在混凝土内部埋设温度传感器，可以实时了解混凝土内部的温度变化情况，为温度控制措施的调整提供依据；通过湿度传感器，可以监测混凝土表面的湿度，以便及时进行养护管理。利用信息化管理平台，对施工过程中的各种数据进行收集、分析和处理，能够为施工决策提供科学依据。例如，根据混凝土温度监测数据，及时调整冷却水管的通水速度和时间，优化温度控制措施；通过对应力数据的分析，可以评估混凝土结构的受力情况，及时发现潜在的安全隐患。同时，信息化技术还可以实现施工过程的可视化管理，管理人员可以通过电脑或手机等终端设备，随时随地查看施工现场的实时情况，方便及时发现问题并进行处理，大大提高了施工管理的效率和水平。

## 4. 材料与配合比的精细化优化

材料与配合比的精细化优化是提升大体积混凝土

施工质量的重要方向。首先，在原材料选择上，除了选用低水化热水泥、优质骨料外，还可引入高性能掺合料（如硅灰、矿粉等），通过多元掺合料的复合效应，进一步降低水化热、改善混凝土的耐久性和抗裂性。例如，硅灰能够显著提高混凝土的密实度和强度，而矿粉可以改善混凝土的流动性和稳定性，两者结合使用可形成核心-壳结构，增强混凝土的界面性能。其次，配合比设计应基于工程特点进行动态优化。通过正交试验或数值模拟，分析不同配合比参数（如水胶比、砂率、外加剂掺量）对混凝土性能的影响，确定最优组合。例如，在高温环境下，可适当提高减水剂的掺量以补偿水分蒸发带来的坍落度损失；在寒冷地区，则可通过调整引气剂掺量来提升混凝土的抗冻性。此外，还可利用BIM技术对配合比进行可视化模拟，提前预判混凝土的浇筑效果和潜在问题。最后，在施工过程中实现材料的精细化管理。通过建立材料追溯系统，对每一批次的原材料进行唯一标识和性能检测，确保其符合设计要求。同时，采用智能称重和自动配料系统，减少人为误差，保证配合比的精准执行。对于特殊部位（如结构薄弱区、应力集中区），可定制专用配合比，例如增加纤维掺量以提高抗裂能力，或采用高流态自密实混凝土以适应复杂浇筑条件。通过材料与配合比的精细化优化，能够从源头上提升大体积混凝土的性能，为施工质量和工程安全提供双重保障<sup>[3]</sup>。

## 结语

水利工程中大体积混凝土的施工是一项复杂而关键的工作。通过严格控制施工环节，解决关键问题，并不断优化施工策略，能够有效提高大体积混凝土的施工质量，减少裂缝等质量问题的产生，保障水利工程的安全运行和长期效益。在实际施工中，应不断总结经验，积极探索新的技术和方法，推动水利工程大体积混凝土施工技术的不断发展。

## 参考文献

- [1] 朱盈. 水利工程大体积混凝土施工技术要点分析[J]. 水上安全, 2025, (03): 44-46.
- [2] 张珍. 水利工程大体积混凝土浇筑标准施工技术探究[J]. 大众标准化, 2023, (14): 164-165+168.
- [3] 邹浩. 水利工程大体积混凝土施工技术应用研究[J]. 珠江水运, 2023, (11): 108-110.