

水利工程施工中混凝土浇筑技术的优化

段闯闯

河南省水利第一工程局集团有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i4.7902

[摘要] 水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对防洪、灌溉、发电及水资源调配等起着关键作用。混凝土浇筑技术是水利工程施工的核心环节，其质量直接决定工程的安全性与使用寿命。当前水利工程混凝土浇筑面临诸多问题，严重影响水利工程效益的发挥。因此，优化混凝土浇筑技术迫在眉睫，对提升水利工程建设水平意义重大。基于此，本文章对水利工程施工中混凝土浇筑技术的优化进行探讨，以供相关从业人员参考。

[关键词] 水利工程；混凝土浇筑技术；优化策略

Optimization of concrete pouring technology in the construction of water conservancy projects

Duan ChuangChuang

Henan Provincial Water Conservancy First Engineering Bureau Group Co., Ltd.

[Abstract] As an important part of national infrastructure construction, water conservancy projects play a key role in flood control, irrigation, power generation and water resource allocation. Concrete pouring technology is the core link of water conservancy project construction, and its quality directly determines the safety and service life of the project. At present, the concrete pouring of water conservancy projects is facing many problems, which seriously affect the benefits of water conservancy projects. Therefore, it is urgent to optimize the concrete pouring technology, which is of great significance to improve the construction level of water conservancy projects. Based on this, this paper discusses the optimization of concrete pouring technology in the construction of water conservancy projects for the reference of relevant practitioners.

[Key words] water conservancy engineering; concrete pouring technology; Optimize your strategy

引言

水利工程作为国民经济和社会发展的基础设施，其建设质量和安全性至关重要。在水利工程施工中混凝土浇筑技术是一项基础且关键的施工工艺。优化施工不仅有助于提高施工效率，降低工程成本，还能显著提升水利工程的整体质量和安全性。

一、水利工程混凝土常用的浇筑方法分析

(一) 分层浇筑法

操作时依据混凝土振捣设备的性能，将浇筑高度划分为适宜厚度的若干层，每层厚度一般控制在 300 至 500 毫米。先浇筑底层混凝土，在其初凝前开始浇筑上层，振捣上层混凝土时，振捣棒需插入下层 50 至 100 毫米，确保层间紧密结合。该方法适用于大体积混凝土结构，像大坝这类尺寸巨大的工程，分层浇筑能有效控制水化热产生的温度应力，降低裂缝风险。其优势在于便于振捣，可保证混凝土内部密实，进而确保结构的

整体性与强度，提升工程质量。

(二) 分段浇筑法

施工前按结构特点、长度、高度等因素，合理将工程划分为若干浇筑段，段与段间设置施工缝，施工缝通常垂直于结构受力方向。先完成一段混凝土的浇筑，待其达到一定强度，满足后续施工要求后，再进行相邻段的浇筑。对于长度较长、形状复杂的水利工程结构，如引水渠道、渡槽等，分段浇筑能降低施工难度，灵活安排施工工序。通过合理分段，可有效控制混凝土收缩变形，避免因结构过长引发裂缝，保障工程结构的稳定性。

(三) 泵送浇筑法

利用混凝土输送泵，将搅拌好的混凝土通过管道输送至浇筑部位。泵送前，需全面检查泵车与管道的密封性和可靠性。泵送过程中，严格控制泵送压力与速度，防止出现堵管现象。混凝土在泵送压力作用下，沿管道流动至浇筑点直接浇筑。此

方法广泛应用于各类水利工程，尤其是场地狭窄、浇筑高度或距离较大的情况，高坝、深水基础施工。泵送浇筑法能实现高效、连续作业，大幅缩短施工时间，减少混凝土转运次数，降低离析风险，保证混凝土质量的同时提高施工效率。

二、水利工程混凝土浇筑技术现存问题分析

（一）混凝土原材料质量不合格

在水利工程中，水泥若标号不符，会致使混凝土强度难以达标，影响结构安全；其稳定性差，易引发水化反应异常，降低耐久性。骨料含泥量过高，会削弱骨料与水泥浆的粘结力，致使混凝土强度降低，且增加干缩性，引发裂缝。级配不合理时，混凝土拌合物的和易性变差，难以振捣密实，内部易形成空隙，降低抗渗、抗冻性能。外加剂选择不当，无法有效改善混凝土性能，掺量不准确则会严重干扰混凝土凝结时间与强度发展。

（二）混凝土配合比设计不合理

配合比设计未充分考量工程实际环境，如在严寒地区未针对性提高混凝土抗冻性能，高温环境下未考虑水化热影响，会导致混凝土在使用中出现冻融破坏、温度裂缝等问题。施工条件也是关键因素，若未结合现场浇筑工艺、运输距离等设计配合比，会使混凝土拌合物坍落度损失过大，影响施工和易性。配合比计算误差会造成水泥、骨料、水等用量偏差，致使强度不足，耐久性降低，无法满足水利工程长期使用要求。

（三）浇筑施工质量控制不充分

浇筑前，模板安装不牢固，在混凝土浇筑压力下易变形、跑模，影响结构尺寸精度；基层处理不当，如存在杂物、疏松层，会削弱混凝土与基层粘结力，降低结构整体性。浇筑过程中，振捣不密实，混凝土内部会形成蜂窝、麻面、孔洞等缺陷，降低强度与抗渗性。浇筑速度控制不当，先浇筑部分混凝土初凝后再继续浇筑，易产生冷缝，破坏结构连续性。施工缝设置随意，未按规范要求，且处理时未凿毛、清理，会严重影响结构传力性能与整体性。

（四）混凝土养护不当

养护时间不足，混凝土无法充分水化，强度增长受限，表面易出现干缩裂缝，降低耐久性。保湿措施不到位，混凝土水分快速蒸发，导致水泥水化反应不充分，强度降低，表面起砂。在低温环境下，保温措施缺失，混凝土内部水分结冰膨胀，破坏内部结构，产生裂缝，严重影响水利工程混凝土结构的长期稳定性与安全性。

三、水利工程施工中混凝土浇筑技术的优化策略

（一）建立严格的原材料准入制度

对于水泥、骨料、外加剂等供应商，要进行全面且严格的筛选。详细审查其生产资质、过往供货业绩及质量口碑。要求供应商提供涵盖化学成分、物理性能等多方面的详细质量检测

报告，以便深入了解原材料特性。在原材料入场前，施工方需依据高于行业普遍标准的内控指标，对每一批次进行随机抽检。水泥的安定性、强度等级，骨料的颗粒形状、压碎指标，外加剂的减水率、含固量等关键指标都要严格检测。一旦发现指标不符合内控要求，坚决杜绝该批次原材料进入施工现场，从而从源头上为混凝土质量筑牢坚实防线，确保后续混凝土各项性能满足水利工程的高标准、严要求。

（二）开展原材料实时监测

借助先进的在线检测设备，能够对骨料的含水率、含泥量以及水泥的温度等关键参数进行不间断实时监测。在砂石料堆放场地，安装专门的含水率监测仪，其可通过感应探头实时获取骨料含水率数据，并将数据传输至中控系统。当骨料含水率出现波动，超出标准范围时，系统立即发出警报，同时自动调整混凝土搅拌过程中的加水量，以维持混凝土配合比的水灰比稳定。对于水泥温度，在水泥储存罐及输送管道上安装温度传感器，若水泥温度过高，导致混凝土坍落度损失过快，此时可通过冷却装置对水泥进行降温处理，确保原材料性能始终处于稳定状态，为精准实施混凝土配合比提供可靠保障，进而保障混凝土的施工和易性与最终质量。

（三）运用大数据辅助配合比设计

收集海量不同类型水利工程的混凝土配合比数据，包括大坝、水闸、渠道等工程，以及这些工程在不同气候条件、地质环境、施工工艺下的实际运行情况。运用大数据分析技术，对这些数据进行深度挖掘与分析。通过对比不同地区、不同季节大坝混凝土的抗渗、抗冻性能表现，结合其配合比中水泥品种、骨料级配、外加剂掺量等因素，找出在特定环境与施工条件下的最佳配合比规律。将这些规律应用于新工程的配合比设计中，能够使设计出的配合比更贴合工程实际需求，有效提高混凝土的耐久性、强度等性能，降低工程后期维护成本，提升水利工程的整体质量与使用寿命。

（四）开展多方案配合比试验

针对同一水利工程项目，设计至少3种不同的配合比方案是确保工程质量的重要手段。每种方案在水泥、骨料、外加剂的选择与用量上有所差异。设计完成后，依据相关标准制作试块，对试块进行全面性能测试。强度测试采用压力试验机，模拟混凝土在实际工程中的受力状态，检测其抗压强度是否满足设计要求。抗渗性测试通过抗渗仪，在一定水压下观察试块的渗水情况，评估其抗渗等级。抗冻性测试则将试块置于低温环境中反复冻融循环，检测其质量损失率与强度损失率，以此判断抗冻性能。耐久性测试涵盖抗侵蚀性等多方面。通过对各方案试块的全面性能对比分析，综合考量强度、抗渗、抗冻及耐久性等因素，选择综合性能最优的配合比用于实际施工，为水利工程的长期稳定运行奠定坚实基础。

（五）实施模板安装全过程质量管控

在安装前使用专业测量工具对模板的平整度进行精确测量，要求误差控制在极小范围内，同时检查模板的刚度，确保其在承受混凝土浇筑压力时不发生变形。安装过程中，运用全站仪等测量仪器实时监控模板位置与垂直度，一旦发现偏差立即进行调整，保证安装精度满足施工规范。安装完成后，进行预压测试，在模板上加载模拟混凝土浇筑时的重量及分布情况，通过监测模板的变形量、位移量等参数，检验其承载能力与稳定性。若模板在预压过程中出现变形过大或位移异常等情况，及时查找原因并进行加固或调整，只有经预压测试合格的模板，才能用于混凝土浇筑施工，从而保障混凝土结构的尺寸精度与外观质量。

（六）引入智能振捣设备

引入配备振动传感器与智能控制系统的智能振捣设备，能显著提升振捣质量。振动传感器可实时感知混凝土内部的密实程度，并将数据反馈至智能控制系统。该系统依据这些数据，自动调节振捣频率与振捣时长。在薄壁结构部位，降低振捣频率、缩短振捣时长，防止过振导致混凝土离析；在大体积混凝土区域，则提高振捣频率、延长振捣时间，确保混凝土振捣密实。通过这种方式，精准控制振捣过程，避免出现漏振或过振现象，有效提升混凝土内部结构的均匀性与密实度，增强混凝土的强度和抗渗性，保障水利工程混凝土结构的稳定性与耐久性。

（七）构建浇筑施工进度动态管理系统

水利工程混凝土浇筑施工受多种因素影响，如混凝土供应速度、浇筑人员作业效率、机械设备运行状况等。利用BIM技术与项目管理软件构建浇筑施工进度动态管理系统，可对施工进度进行实时模拟与动态管理。通过在施工现场布置的传感器，实时采集混凝土供应车的进场时间、浇筑设备的运行参数、施工人员的工作时长等数据，并将其传输至管理系统。系统依据这些实时数据，以BIM模型为载体，对混凝土浇筑施工进度进行直观展示与分析。一旦发现实际进度与计划进度出现偏差，如混凝土供应延迟，系统可立即调整浇筑速度计划，合理调配资源，增加浇筑设备或施工人员，确保施工连续、高效进行，避免因进度延误导致的质量问题与成本增加。

（八）制定标准化施工缝处理流程

施工缝是混凝土结构的薄弱部位，处理不当易引发渗漏、裂缝等问题。制定标准化施工缝处理流程，首先需依据结构受力特点与施工工艺要求，明确施工缝的合理设置位置与形式。在施工缝处理时，严格遵循既定操作规程。先对施工缝表面进行凿毛处理，去除浮浆与疏松层，增加新老混凝土间的粘结面积；接着用高压水枪或吸尘器彻底清理施工缝，确保无杂物残

留；然后均匀涂刷界面剂，增强新老混凝土的粘结力；最后铺设一层同配比水泥砂浆，为后续混凝土浇筑创造良好条件。严格按照这一流程操作，能有效保证施工缝处混凝土结合紧密，使结构传力顺畅，提升水利工程混凝土结构的整体性与抗渗性能，延长工程使用寿命。

（九）采用智能养护系统

混凝土养护对其强度增长与耐久性提升至关重要。智能养护系统由温湿度传感器、喷淋设备、保温材料自动铺设装置组成。温湿度传感器实时监测混凝土内部温度与环境温湿度，并将数据传输至控制系统。当混凝土内部温度过高，超出适宜范围时，喷淋设备自动启动，通过雾化喷水降低混凝土温度，防止因温度应力产生裂缝；当环境湿度较低时，喷淋设备持续喷水，保持混凝土表面湿润，满足水泥水化对水分的需求。在低温环境下，保温材料自动铺设装置迅速工作，为混凝土覆盖保温材料，维持混凝土内部温度，避免混凝土受冻。通过该系统，自动调节养护措施，确保养护条件始终契合混凝土水化要求，保障混凝土质量。

结束语

综上所述，通过一系列优化策略的实施，包括严格的原材料管理、科学的配合比设计、精准的模板安装管控等，水利工程混凝土浇筑技术得到显著提升。优化后的技术有效解决了以往施工中存在的质量问题，使混凝土强度、抗渗性、抗冻性等关键性能指标得到大幅改善，增强了水利工程结构的整体性与稳定性。随着科技的不断进步，如智能监测、自动化施工设备等新技术将进一步融入混凝土浇筑施工，持续推动水利工程混凝土浇筑技术向智能化、高效化、高质量方向发展，为水利事业的蓬勃发展注入新动力。

【参考文献】

- [1]刘成文.水利工程中混凝土的施工管理与质量控制[C]//《施工技术》杂志社，亚太建设科技信息研究院有限公司.2023年全国土木工程施工技术交流会议论文集（下册）.云南建投第一水利水电建设有限公司；，2023：784-786.
- [2]苟文涛.水利工程中混凝土质量缺陷的成因及处理措施[J].建材发展导向，2023，21（24）：51-53.
- [3]房广云.水利工程施工混凝土裂缝的产生原因及防治措施[J].水上安全，2023，（13）：188-190.
- [4]张璐.水利工程混凝土结构施工技术分析[J].科技资讯，2023，21（21）：153-156.
- [5]马亚军.水利工程水库大坝混凝土施工技术[J].水上安全，2023，（12）：157-159.
- [6]韩冬玥.水利工程混凝土浇筑施工裂缝控制技术分析[J].水上安全，2023，（07）：179-181.