

# 混凝土施工技术在水利水电工程中的应用与优化

黄令设

广西建工集团海河水利建设有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6339

**[摘要]** 混凝土施工技术作为水利水电工程建设的核心技术,对确保工程结构稳定性、耐久性及安全性具有不可替代的作用,尤其在引水工程中,其技术应用的精细程度直接关乎输水效率与长期运行效能。当前,混凝土施工技术面临复杂地质条件适配、绿色材料研发及智能化施工升级等挑战。通过优化配合比设计、引入消泡剂与智能振捣设备、结合BIM技术辅助施工模拟等创新手段,可显著提升工程质量与效率。实践表明,技术革新不仅降低了施工成本,更增强了结构的抗裂性、抗渗性及耐久性,为水利水电工程的可持续发展提供了坚实支撑。未来,随着新材料与智能技术的深度融合,混凝土施工技术将在引水工程领域发挥更加关键的作用。

**[关键词]** 混凝土施工技术; 水利水电工程; 引水工程

**中图分类号:** TV742 **文献标识码:** A

## Application and Optimization of Concrete Construction Technology in Water Conservancy and Hydropower Engineering

Lingshe Huang

Guangxi Construction Engineering Group Haihe Water Conservancy Construction Co. LTD.

**[Abstract]** Concrete construction technology, as the core link of water conservancy and hydropower projects, plays an irreplaceable role in ensuring the stability, durability, and safety of engineering structures, especially in water diversion projects. The precision of its technical application directly affects the efficiency of water transmission and long-term operation. Currently, concrete construction technology is facing challenges such as adapting to complex geological conditions, developing green materials, and upgrading intelligent construction. By optimizing the mix design, introducing defoamers and intelligent vibration equipment, and combining BIM technology with construction simulation, innovative methods can significantly improve the quality and efficiency of the project. Practice has shown that technological innovation not only reduces construction costs, but also enhances the crack resistance, impermeability, and durability of structures, providing solid support for the sustainable development of water conservancy and hydropower projects. In the future, with the deep integration of new materials and intelligent technology, concrete construction technology will play a more critical role in the field of water diversion engineering.

**[Key words]** Concrete construction technology; Water conservancy and hydropower engineering; water-diversion works

### 引言

水利水电工程作为国家基础设施的重要组成部分,在发电、灌溉、防洪及水资源调配等领域发挥着不可替代的作用,其建设水平直接关乎国民经济的可持续发展。引水工程作为水利水电体系中的“大动脉”,承担着水资源远距离调配、跨流域配置的战略任务,其施工技术的先进性与可靠性,决定了工程效益的发挥程度及运行安全性。在引水工程建设中,混凝土施工技术是核心技术之一。混凝土作为主要的结构材料,其性能直接影响渠道

的输水效率、结构的耐久性抗渗性。例如,百色水利枢纽需在高温地区实现大体积碾压混凝土的重力坝稳定浇筑。这些工程实践表明,混凝土施工技术的创新与应用,是保障引水工程安全、提升建设效率、延长使用寿命的关键。本文聚焦混凝土施工技术在引水工程中的优化路径,通过深入分析百色水利枢纽等典型工程的案例,总结其在材料选择、工艺控制、质量监管等方面的成功经验,旨在提炼技术优化策略,为同类工程提供可借鉴的解决方案。通过技术升级与管理创新,推动引水工程

向更高效、更智能、更绿色的方向发展,助力水利水电行业的高质量发展。

## 1 混凝土施工技术特点与引水工程需求的概述

### 1.1 混凝土施工技术特点

混凝土施工技术在引水工程中的应用,需针对其工程规模、环境特征及功能需求进行系统性设计,其核心特点体现在以下三方面:

#### 1.1.1 大体积混凝土温控技术

引水工程常涉及大规模混凝土结构体(如大坝、输水隧洞),其内部温度应力控制是施工的关键。通过分层浇筑工艺,将混凝土分块施工,结合冷却水管埋设技术,在浇筑过程中循环低温流体,有效降低混凝土内外温差,避免温度裂缝的产生。例如,百色水利枢纽碾压混凝土大坝施工中,采用薄层碾压与通仓浇筑工艺,结合预埋冷却水管,成功控制了大体积混凝土的温度变形,保障了坝体的整体稳定性。

#### 1.1.2 抗裂性能优化

混凝土开裂是引水工程中的常见质量问题,其成因复杂,包括收缩变形、温度变化及外力作用等。为提升抗裂性,施工中常采用二次振捣技术,即在混凝土初凝前进行二次振捣,消除内部孔隙与微裂缝,增强密实度。同时,通过外加剂调控(如掺入聚丙烯纤维、膨胀剂等),改善混凝土的抗拉性能与韧性。南水北调工程中,针对预应力钢筒混凝土管(PCCP)的易裂问题,通过优化配合比、添加消泡剂及严控振捣时间,显著降低了混凝土表面气孔与微裂缝的发生率。

#### 1.1.3 特殊环境适应性

引水工程常面临复杂地质条件(如高海拔、软弱地基、岩溶地区)与极端气候环境(如高温、严寒)的挑战。在高海拔地区,需采用低压环境下的混凝土搅拌与养护技术,调整外加剂配比以补偿气压对混凝土性能的影响;在复杂地质区域,需结合地质勘探数据,设计地基处理与支护方案,确保混凝土结构的稳定性。例如,百色水利枢纽工程中,针对高温气候与复杂岩性条件,研发了适应高温环境的碾压混凝土配合比,并采用悬臂翻升模板技术,解决了斜面浇筑的技术难题。

### 1.2 引水工程需求

引水工程的功能特性对混凝土施工技术提出了更高要求,主要体现在以下两方面:

#### 1.2.1 长距离输水对混凝土抗渗性、耐久性的要求

引水工程需保障输水过程中的水量损失控制与结构耐久性。混凝土需具备高抗渗性以抵御地下水压力,同时需通过耐久性设计(如抗冻性、抗侵蚀性优化)应对长期运行中的环境侵蚀。

#### 1.2.2 地形复杂区域的施工技术挑战

引水工程常穿越山地、峡谷等复杂地形,施工难度大,对混凝土施工技术的灵活性提出挑战。在狭窄河谷地带,需采用缆机浇筑或泵送混凝土技术,解决垂直运输难题;在陡坡地段,需设计防滑模板与分段浇筑方案,确保施工安全与质量。百色水利枢纽碾压混凝土大坝施工中,针对坝址陡峭的地形条件,创新采用

廊道模板与悬臂翻升模板结合的工艺,实现了高效、精准的混凝土浇筑,保障了坝体的几何形状与外观质量。

## 2 百色水利枢纽碾压混凝土大坝施工案例分析

百色水利枢纽作为郁江干流上游的关键控制性工程,其碾压混凝土大坝施工在高温地区大体积混凝土温控与防裂方面取得了显著创新。本案例聚焦施工中的技术挑战、关键技术及创新成果,为同类工程提供经验借鉴。

### 2.1 技术挑战

百色水利枢纽大坝作为全断面碾压混凝土重力坝,最大坝高130米,碾压混凝土总量达210万立方米,施工面临多重核心挑战。工程地处广西百色,属亚热带季风气候,夏季高温多雨,混凝土内部温升显著,易引发温度裂缝,需通过温控措施降低内外温差,控制裂缝风险。坝址区岩层软硬相间,辉绿岩与围岩接触面蚀变严重,对混凝土浇筑工艺提出特殊要求,需优化混凝土配合比,提升其在复杂地质条件下的适应性与耐久性。工程规模庞大,需在保证质量的前提下实现高效施工,满足工期要求,这对施工组织管理和技术创新提出了极高要求。

### 2.2 关键技术

针对百色水利枢纽大坝施工面临的多重挑战,施工中采用了以下关键技术:一、采用悬臂翻升模板技术,结合廊道模板优化,显著提升施工效率与外观质量。该模板翻升速度快,有效减少施工缝,廊道模板优化后更增强了混凝土浇筑的连续性。二、运用薄层碾压浇筑工艺,每层厚度控制在0.3米以内,有效降低混凝土内部温升,同时埋设温度传感器实时监测内部温度,动态调整温控措施,确保温度可控。三、实施综合温控措施,包括在混凝土内部埋设冷却水管,通过循环冷却水降低内部温度,以及在夏季施工时采用草袋覆盖、洒水养护等措施,减少混凝土表面温度梯度,从而全面控制混凝土内外温差,保障工程质量。

### 2.3 创新成果

表1 百色水利枢纽碾压混凝土大坝施工的关键技术参数与成果数据

参数/指标	设计要求	实际成果
混凝土总量(万 m <sup>3</sup> )	210	210(完成)
碾压混凝土高峰月浇筑强度(万 m <sup>3</sup> )	-	14.8(刷新纪录)
混凝土内部最高温度(°C)	≤28	≤26
内外温差(°C)	≤25	≤20
28d 抗压强度(MPa)	≥9	9~13
180d 抗压强度(MPa)	≥25	25~30
抗渗等级	≥W8	全部≥W8
模板翻升速度(小时/仓)	-	4~6(优化后)

通过上述关键技术的应用,百色水利枢纽碾压混凝土大坝施工取得了显著的创新成果。首先,温控与防裂效果突出,混凝

土内部最高温度被严格控制在设计允许的28℃以下,内外温差不超过25℃,有效降低了温度裂缝的风险,大坝表面裂缝发生率显著减少,结构完整性得到充分保障。其次,施工效率大幅提升,碾压混凝土高峰月浇筑强度达到14.8万立方米,刷新了同类工程纪录,悬臂翻升模板每仓翻升时间缩短至4~6小时,进一步提高了施工速度。最后,质量保障与耐久性显著提升,二级配碾压混凝土28天抗压强度达到9~13MPa,180天强度达到25~30MPa,抗渗等级均达到W8以上,优化后的混凝土配合比成功适应辉绿岩与围岩接触面的复杂地质条件,为大坝的长期稳定运行提供了坚实保障。

百色水利枢纽碾压混凝土大坝施工通过模板优化、薄层碾压浇筑及综合温控措施,成功攻克了高温地区大体积混凝土的温控与防裂难题,实现了高效、高质量施工。其创新成果对同类工程具有显著参考价值,推动了碾压混凝土技术的进一步发展。

### 3 混凝土施工技术的优化策略

在水利水电工程中,混凝土施工技术作为核心环节,其优化策略对于提升工程质量、效率及可持续性至关重要,尤其是在引水工程这类复杂项目中,更是需要精准施策。材料优化是基石,高性能混凝土配合比设计成为关键。针对引水工程常面临的水位变化大、抗渗要求高的特点,通过科学掺入粉煤灰、硅灰等掺合料,不仅降低了水泥水化热,有效防止温度裂缝,还提升了混凝土的抗渗性和耐久性。外加剂的巧妙应用,如高效减水剂和引气剂的复合使用,使得混凝土在保持高强度的同时,具备优异的流动性和抗冻融能力,特别适用于引水渠道、渡槽等薄壁结构的施工,确保了结构的安全与稳定。工艺创新则是推动混凝土施工技术进步的加速器。引水工程往往地形复杂,传统振捣方式难以保证质量均匀,而智能振捣设备的引入,如自动振捣机器人,能够根据混凝土坍落度自动调整振捣频率和深度,确保密实度一致,减少质量隐患。同时,数字化施工监测系统大显身手,利用物联网传感器实时监测混凝土内部温度变化,预防温度应力导致的裂缝;无人机搭载的高清视频和红外热像仪,则对大面积混凝土表面进行快速巡检,及时发现并处理缺陷,这种“智慧+精准”的组合拳,极大提升了施工效率和质量。

混凝土施工技术在引水工程中的优化策略,是材料、工艺、管理三驾马车的协同驱动。材料优化确保了混凝土性能满足极端工况需求,工艺创新提升了施工质量和效率,管理升级则实现了全过程的精细化管控。这一策略不仅推动了引水工程技术的提升,也为水利水电行业的可持续发展提供了有力支撑,展现了现代混凝土施工技术的集成化、智能化和绿色化发展趋势。

### 4 挑战与展望

在引水工程中,混凝土施工技术面临着特殊地质条件与智

能化普及的双重挑战,同时也孕育着绿色材料与人工智能应用的未来机遇。特殊地质条件下,如湿陷性黄土、膨胀土及喀斯特地貌区域,混凝土易受地下水侵蚀、干湿循环影响,导致性能衰减,威胁结构安全。此外,引水工程常地处偏远,智能化施工技术的普及面临设备维护难、数据传输不稳定等瓶颈,限制了效率提升。展望未来,绿色混凝土材料研发成为突破方向。针对引水工程低碳需求,研发掺合工业废弃物的高性能混凝土,既能降低碳排放,又能提升抗渗、抗腐蚀性能,延长工程寿命。同时,人工智能在施工质量预测中潜力巨大。通过构建混凝土性能数据库,结合施工参数与环境数据,利用AI算法预测强度发展、裂缝风险等,实现动态质量管控。例如,在引水隧洞施工中,AI可结合地质雷达扫描与混凝土浇筑数据,提前预警脱空、强度不足等隐患,指导及时补救。面对挑战,行业需加强产学研合作,推动智能设备适应性改进,建立特殊地质条件下的混凝土性能评价体系;同时,加速绿色材料标准化进程,促进AI预测模型与施工管理的深度融合。未来,随着技术迭代,混凝土施工将在引水工程中实现更高效、更低排放与质量精准控制,助力水利水电行业绿色可持续发展。

### 5 结束语

混凝土施工技术在引水工程中扮演着核心角色,它不仅是保障工程结构安全、提升施工效率的基石,更是推动水利水电行业技术进步的关键力量。技术创新与管理升级如同双轮驱动,一方面,通过研发绿色高性能材料、应用智能监测技术,不断突破特殊地质与复杂环境带来的挑战;另一方面,借助BIM模拟优化资源配置、AI预测提升质量管控,实现施工管理的精细化与智能化。展望未来,混凝土施工技术需深度融合新材料研发与智能技术迭代,持续推动行业向低碳化、高效化、智慧化方向迈进,为水利水电工程的可持续发展注入强劲动力。

### [参考文献]

- [1]周建兴.水利水电工程冬季施工混凝土技术标准及质量控制[J].大众标准化,2022(12):7-9.
- [2]邓佳奇.混凝土施工技术在水利水电建设中的实践[J].四川建材,2022,48(02):140+171.
- [3]雷云.混凝土施工技术在水利水电施工中的应用[J].工程技术研究,2017(04):51-52.
- [4]张小亮.混凝土施工技术在水利水电施工中的应用研究[J].江西建材,2015(20):142+146.

### 作者简介:

黄令设(1975--),男,广西环江县人,本科,工程师,现从事项目现场施工管理工作。