

# 水利水电工程建筑的施工技术与策略研究

张健夫 臧玉焱

中水东北勘测设计研究有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i4.6249

**[摘要]** 水利水电工程建筑作为基础设施的重要组成部分,其施工技术与策略的优化对于提升施工效率、保障施工质量、维护生态安全具有重要意义。本文系统梳理了水利水电工程建筑施工技术与策略的主要优化路径,包括材料创新、工艺改进、设备升级等技术革新措施,以及系统集成、风险控制、可持续性管理等管理创新策略。通过深入分析技术与策略协同优化的机制与实践,本文揭示了推动水利水电工程高质量发展的关键路径,为行业实践提供了理论支撑与实践参考。

**[关键词]** 水利水电工程; 建筑; 施工技术; 管理策略

中图分类号: TV741 文献标识码: A

## Study on construction technology and management strategy of water conservancy and hydropower engineering buildings

Jianfu Zhang Yuyi Zang

Zhongshui Northeast Survey Design Research Co., Ltd.

**[Abstract]** As an essential component of infrastructure, the construction technology and management strategies of water conservancy and hydropower projects are crucial for improving construction efficiency, ensuring construction quality, and safeguarding ecological safety. This paper systematically reviews the main optimization paths of construction technology and management strategies in water conservancy and hydropower projects, including material innovation, process improvement, equipment upgrades, and other technical innovations, as well as system integration, risk control, and sustainable management strategies. Through a deep analysis of the mechanisms and practices of coordinated optimization between technology and management, this paper reveals the key pathways to promote high-quality development in water conservancy and hydropower projects, providing theoretical support and practical references for industry practice.

**[Key words]** hydraulic and hydropower engineering; construction; construction technology; management strategy

### 引言

改革开放以来,我国的经济得到快速发展,水利水电建筑工程也在这个时代的浪潮下得以飞速发展,与此同时也带来了一系列的问题。需要我们深入探讨的就是,如何做好水利水电建筑工程的技术管理。水利水电工程管理和施工技术对水利水电建筑的施工具有极大的促进作用,由于水利水电建筑工程自身对技术和管理要求较高,所以,加强对水利水电建筑工程的施工技术和管理进行分析非常有必要。

### 1 水利水电工程建筑特征

水利水电工程建筑作为人类改造自然、利用水资源的核心载体,其建筑特征体现了工程科学、材料力学与环境生态的深度融合。这类工程不仅承载着防洪、发电、灌溉等基础功能,更通过独特的建筑语言实现了人与自然系统的动态平衡。

### 1.1 系统复杂性与设计逻辑

水利水电建筑需同时应对水文学、地质学、材料科学的交叉挑战。这种多场耦合的设计逻辑,使建筑形态呈现出非线性适应特征:重力坝通过加宽坝基降低扬压力,拱坝则利用拱形结构将水平荷载转化为轴向压力,体现力学几何智慧。

只有将水利水电工程与多学科进行深度的交叉融合才能够实现水利水电工程的与时俱进的发展。水流动态荷载、地质构造运动、材料耐久性等要素构成多维约束条件。

### 1.2 材料创新与结构范式

材料选择呈现功能导向的双重性:混凝土作为主体材料,既需满足抗压强度,又需通过添加粉煤灰控制水化热;新型土工合成材料则突破传统土力学限制,如加筋土技术通过界面摩擦效应提升边坡稳定性。结构范式上,空间骨架理论被创新应用—

—水闸的底板-闸墩体系构成空间受力框架,渡槽则采用桁架式支撑减少弯矩作用,这些设计将材料性能转化为结构优势。

### 1.3 环境适应的拓扑智慧

生态适应性设计形成生命体模拟机制:鱼道通过仿生学设计模拟自然河流的流速梯度,消力池利用水跃消能原理保护河床,护岸工程采用抛石与植被结合的柔性结构。这些设计将工程硬性边界转化为生态过渡带,实现水陆系统的物质能量交换。

水利水电工程建筑作为人类应对水资源挑战的智慧结晶,其特征本质是力学规律、材料特性与生态逻辑的拓扑融合。这种融合不仅创造了具有实用价值的工程实体,更构建了可持续的水资源利用范式,体现了工程文明与生态文明的辩证统一。

## 2 水利水电工程建筑的施工技术发展

水利水电工程建筑作为人类改造自然、利用水资源的核心实践,其施工技术发展历经千年演变,形成了一套融合力学原理、材料科学与生态智慧的完整体系。这一演进过程不仅记录了人类工程技术的突破,更体现了对自然规律的深刻认知与尊重。

### 2.1 历史演变的三个阶段

从都江堰的竹笼杓棹到现代数字孪生技术,施工技术发展呈现清晰的阶段性特征。古代水利工程依赖人力与天然材料,通过实践积累形成经验法则,如都江堰的“深淘滩低作堰”六字诀,体现了对水流规律的朴素认知。工业革命后,施工机械如挖掘机、起重机替代人力,显著提升效率,机械化碾压混凝土技术使大坝月浇筑量实现质的飞跃。而今,物联网、BIM技术构建数字孪生体系,实现施工过程的实时模拟与优化,标志着施工技术进入智能化转型阶段。

### 2.2 理论突破与技术创新的三大维度

施工技术进步源于对三大核心矛盾的持续突破。在材料科学领域,混凝土从单一强度设计转向多尺度性能调控,纳米改性技术通过添加石墨烯等材料,显著提升抗拉强度与耐久性。结构工程领域,预应力锚固技术通过岩体力学模型优化锚索布局,使边坡稳定性实现飞跃。设备研发方面,全断面硬岩掘进机采用动态破岩算法,掘进速度大幅提升;3D打印技术直接喷射混凝土构建异形结构,精度与效率兼备。

### 2.3 智能化转型的四大支柱

现代施工技术已形成数据驱动的智能框架。感知层,无人机集群搭载LiDAR扫描,构建厘米级精度的地形模型;分析层,有限元模型耦合施工参数,动态预测坝体沉降;决策层,数字孪生平台模拟洪水演进,生成应急预案;执行层,智能振捣机器人、无人驾驶卸车等设备,实现施工过程的自动化与智能化。

### 2.4 可持续性发展的生态转向

施工技术发展正经历从“工程主导”到“生态共生”的范式转变。低碳化方面,碳捕捉混凝土利用工业废气固化技术,减少碳排放;循环化方面,建筑垃圾再生骨料替代天然砂石,利用率显著提升;生命化设计,如生态鱼道采用仿生水流设计,提升过鱼效率,增殖放流站结合DNA标记技术,实现鱼类种群动态监测。

当前施工技术面临多场耦合机制、动态不确定性等理论挑战,也迎来量子传感、强化学习等技术突破机遇。持续的理论创新、跨学科融合与实践探索,将推动施工技术向更安全、智能、绿色的方向迈进。量子传感技术可能突破微观结构监测精度;数字孪生向多物理场耦合模拟演进;基于强化学习的施工机器人将实现自主决策。

水利水电工程建筑施工技术的发展史,是一部人类认知自然、改造自然的进化史。从经验判断到理论计算,从机械操作到智能决策,从单一功能到系统共生,每一次技术跃迁都深刻体现了工程科学的前瞻性与生态智慧的融合。

## 3 水利水电工程建筑的施工管理策略内涵与外延

水利水电工程作为复杂系统工程,其施工管理策略不仅关乎工程效率与质量,更直接影响水资源利用效率与生态安全。施工管理策略的重要性体现在其对工程全生命周期的统筹协调,以及对技术、人员、资源等要素的集成管理。

### 3.1 施工管理策略的核心目标

施工管理策略的核心在于实现效率、安全与质量的动态平衡。效率层面,通过优化施工流程与资源配置,缩短工期、降低成本;安全层面,建立风险预警与应急机制,保障人员与工程安全;质量层面,实施全过程质量监控,确保工程性能与设计要求的高度契合。三者相互依存,共同构成施工管理策略的三维目标体系。

### 3.2 施工管理策略的理论框架

施工管理策略以系统论、控制论和信息论为理论基础。系统论强调工程各要素的协同作用,将施工视为由人员、设备、材料、环境等子系统构成的复杂系统;控制论通过反馈机制实现施工过程的动态调整,确保工程按计划推进;信息论则依托大数据、物联网等技术,实现施工信息的实时采集、分析与决策。三论融合,为施工管理策略提供科学方法论支撑。

### 3.3 施工管理策略的创新实践

技术创新是施工管理策略的重要驱动力。BIM技术实现施工设计的三维可视化与碰撞检测,减少设计变更与返工;智能监控系统通过传感器与算法,实时监测施工进度、质量与安全,提升管理效率;自动化施工设备如智能振捣机器人、无人驾驶运输车等,降低劳动强度,提高作业精度。这些技术创新共同推动施工管理向智能化、精细化方向迈进。

### 3.4 施工管理策略的可持续性

施工管理策略将可持续性理念融入工程全生命周期。绿色施工管理通过优化施工方案、选用环保材料、加强废弃物处理等措施,减少施工对生态环境的影响;生态友好型施工措施如生态护坡、人工鱼道等,维护河流生态系统平衡。

未来,一方面,工程规模扩大、技术复杂度提升,对施工管理的系统性、协同性提出更高要求;另一方面,新技术如数字孪生、人工智能等的发展,为施工管理策略创新提供广阔空间。持续的理论创新、跨学科融合与实践探索,将推动施工管理策略向更加智能、绿色、高效的方向演进,为水利水电工程的高质量发展提供坚实保障。

## 4 水利水电工程建筑施工技术与管理策略的优化路径

### 4.1 技术优化路径: 材料创新、工艺改进与设备升级

传统混凝土材料在强度、抗裂性、耐久性等方面存在局限,而新型材料如高性能混凝土、智能混凝土等,通过纳米改性、掺合料优化等技术手段,显著提升材料性能。材料创新是施工技术优化的基础。高性能混凝土采用粉煤灰、矿渣等工业废弃物替代部分水泥,不仅降低碳排放,还改善混凝土的工作性与耐久性;智能混凝土则嵌入传感器或自修复材料,实现结构健康状态的实时监测与自我修复,提升工程安全性与寿命。

碾压混凝土技术通过优化拌和物配比、改进铺料与压实工艺,解决大体积混凝土浇筑的温度裂缝问题;预应力锚固技术结合精细化岩体力学分析,优化锚索布局与预应力值,增强岩体稳定性与支护效果。此外,3D打印技术、智能振捣技术等新工艺的应用,推动施工向自动化、精细化方向发展。所以工艺改进是提升施工效率与质量的关键。

设备升级是施工技术智能化的重要支撑。全断面硬岩掘进机(TBM)采用动态破岩算法与智能控制系统,提升掘进效率与精度;智能施工机器人如钢筋绑扎机器人、模板安装机器人等,实现重复性作业的自动化,降低劳动强度与人为误差。同时,物联网技术赋能施工设备,实现设备状态的实时监测与预测性维护,提升设备利用率与工程可靠性。

### 4.2 管理策略优化路径: 系统集成、风险控制与可持续性管理

BIM技术实现施工设计的三维可视化与协同管理,通过碰撞检测、施工模拟等功能,减少设计变更与返工;系统集成是管理策略优化的核心。物联网技术构建施工过程的实时监控网络,采集进度、质量、安全等多源数据,为管理决策提供依据。系统集成管理打破信息孤岛,实现施工全要素、全过程的协同与优化。

建立风险预警机制,通过实时监测与数据分析,识别施工过程中的潜在风险;制定应急预案,明确风险发生时的应对措施与责任分工。风险控制是保障施工安全的关键。同时,加强安全教育培训,提升施工人员的安全意识与应急能力,构建“预防为主、综合施策”的风险管理体系。

绿色施工管理通过优化施工方案、选用环保材料、加强废弃物处理等措施,减少施工对生态环境的影响;生态友好型施工措施如生态护坡、人工鱼道等,维护河流生态系统平衡。可持续性管理是施工管理策略的重要方向。此外,推行低碳化施工,减少碳排放与能源消耗,推动施工向绿色、循环、低碳方向发展。

### 4.3 技术与管理协同优化: 协同机制与创新实践

利用智能算法实现施工资源的优化配置,如基于遗传算法的进度优化、基于强化学习的成本优化等;利用数字孪生技术构建虚拟施工环境,实现施工过程的模拟与优化,提升施工效率

与质量。协同机制是技术与管理优化的桥梁。协同机制促进技术与管理的高效融合,实现施工全要素、全过程的动态优化。

智能施工机器人结合BIM模型与传感器数据,实现施工任务的自主规划与执行;自动化监测系统整合物联网、大数据、人工智能等技术,实现施工过程的实时监控与预警。创新实践是技术与管理协同优化的重要体现。这些创新实践不仅提升施工效率与质量,还降低施工成本与风险,推动施工向智能化、自动化方向发展。

### 4.4 未来展望: 技术前沿

本文主要就其未来展望中的技术前沿方面进行说明,比如量子传感技术可能突破微观结构监测精度,实现施工质量的精准控制;强化学习技术将赋能施工机器人,实现施工决策的自主化与智能化。此外,新材料、新工艺的持续创新,将推动施工技术向更高水平迈进。

## 5 结束语

水利水电建筑工程的施工需要不同的方法来提高技术和管理水平,这样才能发挥这项工程应有的作用,不断提高水利水电工程的质量。技术管理是一种知识、技术、管理水平和智慧的价值体现,在水利水电建筑工程施工过程中必须组织技术先进、经验丰富、专业齐全的技术管理团队,把握好施工项目管理各个环节中技术工作,才能高效高质量的完成整项工程。

### [参考文献]

[1]高焕焕,张雷,何新红.长引水隧洞安全监测设计关键技术初探[C]//2011年全国大坝安全监测技术与应用学术交流会论文集,2011:5-7,14.

[2]李丽娜.论水利水电工程建筑的施工技术及管理[J].大陆桥视野,2011(2):27-28.

[3]刘慧杰.浅谈水利水电工程施工安全控制[J].建筑与装饰,2024(5):34-36.

[4]王翔.顶管施工技术在水利水电工程中的应用[J].建筑与装饰,2024(1):60-62.

[5]亓悦成.水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J].水上安全,2024(11):187-189.

[6]肖春峰.水利水电工程中施工技术及管理措施探析[J].中国标准化,2019(24):162-163.

[7]李健雄.现代化水利水电工程建筑的施工管理和技术[J].居舍,2019(31):54

[8]张瑞刚.现代化水利水电工程建筑施工管理和技术分析[J].工程技术研究,2020,5(18):94-95.

[9]饶能力.试论现代化水利水电工程建筑施工管理和技术[J].建材与装饰,2020(18):85-86

### 作者简介:

张健夫(1993--),男,汉族,辽宁省朝阳市人,研究生,工程师,研究方向水利工程,交通工程,施工组织设计。