

# 水利水电工程施工技术创新与实践

闫晓锋

身份证号: 610122198404136910

DOI:10.61369/WCEST.2025020017

**摘 要 :** 本文回顾水利水电工程施工技术发展, 从古代到现代, 介绍核心技术迭代及面临挑战, 如复杂地质条件、生态保护等问题。阐述绿色高性能材料等创新应用, 及 BIM+GIS 等智能化技术。还提及多工程实践案例及效益评估等, 强调创新与实践对行业发展的重要性。

**关 键 词 :** 水利水电工程; 施工技术; 创新与实践

## Technological Innovation and Practice of Water Conservancy and Hydropower Engineering Construction

Yan Xiaofeng

ID: 610122198404136910

**Abstract :** This article reviews the development of construction technology in water conservancy and hydropower projects, from ancient times to the present, highlighting the core technological advancements and challenges faced, such as complex geological conditions and ecological protection. It discusses the innovative application of green high-performance materials and intelligent technologies like BIM+GIS. The article also presents multiple practical cases and benefit assessments, emphasizing the importance of innovation and practice in the industry's development.

**Keywords :** water conservancy and hydropower engineering; construction technology; innovation and practice

### 引言

水利水电工程施工技术的发展对我国基础设施建设和能源保障具有重要意义。随着2021年我国发布《“十四五”水利科技创新规划》, 强调了科技创新在水利工程中的核心地位, 进一步推动了施工技术的进步。从古代到现代, 施工技术不断演进, 在核心技术迭代中呈现出高效、安全、环保的趋势。然而, 在复杂地质、生态保护和全生命周期管理等方面仍面临挑战。为此, 绿色高性能材料、生态友好型防渗材料、装配式工艺等创新方向以及 BIM+GIS 等智能化技术应用不断涌现, 同时三峡、南水北调等工程的实践也为技术创新提供了经验, 这些都为水利水电工程施工技术的进一步发展奠定了基础。

### 一、水利水电工程施工技术发展现状

#### (一) 技术发展历程与特征

水利水电工程施工技术经历了漫长的发展过程。从古代简单的筑坝引水技术, 到近代逐渐采用混凝土等材料进行工程建设, 再到现代的高科技施工方法, 其发展呈现出明显的特征。传统工艺注重人力和简易工具的使用, 如土坝的人工夯筑等。随着科技进步, 现代化工法不断涌现。碾压混凝土技术从早期的低强度、低效率发展到如今的高强度、快速施工, 其配合比设计、施工工艺不断优化<sup>[1]</sup>。帷幕灌浆技术也从最初的简单灌注发展到精确控制浆液扩散、提高防渗效果的先进技术, 在钻孔设备、灌浆材料和施工工艺等方面都有了重大突破<sup>[1]</sup>。这些核心技术的迭代反映了

水利水电工程施工技术不断追求高效、安全、环保的发展趋势。

#### (二) 当前技术体系存在的问题

在复杂地质条件下, 现有施工技术面临诸多挑战。例如在岩溶地区或深厚覆盖层区域, 施工时可能出现基础稳定性不足等问题, 传统处理方法难以有效解决且成本较高<sup>[2]</sup>。生态保护方面, 部分施工技术未能充分考虑对周边环境的影响。一些水利水电工程施工过程中, 会对河流生态系统造成破坏, 如改变水流形态影响水生生物生存环境, 且缺乏有效的生态修复技术与之配套。在全生命周期管理上, 现有技术体系对工程长期运行监测和维护的支持不足。施工完成后, 对于一些潜在的安全隐患和性能退化问题难以及时发现和处理, 影响工程的可持续使用。

## 二、水利工程施工技术创新的核心方向

### （一）新型材料与施工工艺开发

绿色高性能混凝土材料在水利工程中具有重要应用前景。其通过优化配合比设计，提高混凝土的强度、耐久性和抗渗性等性能，满足水利工程复杂环境下的使用要求<sup>[3]</sup>。生态友好型防渗材料的研发是另一个关键方向，这类材料在保证防渗效果的同时，注重对生态环境的保护，减少对周边生态系统的负面影响。装配式施工工艺的创新为水利工程施工带来了新的思路。它通过在工厂预制构件，然后在现场进行组装，不仅可以提高施工效率，还能保证施工质量的稳定性，减少现场施工对环境的干扰。

### （二）智能化施工技术应用

构建基于BIM+GIS的施工管理系统是智能化施工技术应用的重要方面。BIM技术可实现水利工程的三维可视化建模，为施工过程提供精确的空间信息和数据支持，有助于优化施工方案和进度安排<sup>[4]</sup>。GIS技术则能对工程所处的地理环境进行详细分析，为施工场地规划、资源调配等提供决策依据。同时，无人机巡检技术的应用可高效、准确地获取工程现场的实时图像和数据，及时发现施工中的问题和隐患。智能碾压机器人能够实现碾压过程的自动化和精准控制，提高施工质量和效率。这些数字化施工装备的集成应用，将推动水利工程施工向智能化方向发展。

## 三、技术创新的工程实践案例分析

### （一）典型工程施工创新

#### 1. 三峡工程大坝施工技术创新

三峡工程三期碾压混凝土围堰施工面临诸多挑战，其中温控和机械化作业是关键问题。在温控技术方面实现了创新，通过采用先进的温控材料和合理的温控措施，有效解决了大体积混凝土在浇筑过程中的温度裂缝问题<sup>[5]</sup>。同时，对机械化作业体系进行了优化，引入了高效的施工机械设备，并对其作业流程进行了科学合理的编排，提高了施工效率，保证了施工质量。这些创新技术和优化措施的应用，使得三期碾压混凝土围堰能够快速、高质量地完成施工，为三峡工程的顺利进行奠定了坚实基础。

#### 2. 南水北调渠道施工技术突破

南水北调工程中，膨胀土处理技术和全断面衬砌机械化施工方案取得了显著突破。膨胀土具有特殊的工程性质，在渠道施工中是关键难题。通过研究创新的处理技术，有效解决了膨胀土可能导致的渠道变形等问题，保障了渠道的稳定性和输水安全<sup>[6]</sup>。全断面衬砌机械化施工方案的应用，大大提高了施工效率和质量。机械化设备能够精准地进行衬砌操作，减少了人工误差，确保衬砌的平整度和密实度，同时加快了施工进度，为南水北调工程的顺利实施提供了有力的技术支撑。

### （二）区域性工程创新集成

#### 1. 高海拔水电站冬季施工技术

在高海拔水电站冬季施工技术方面，低温环境给施工带来诸多挑战。其中混凝土温控养护体系与供氧保障系统的综合技术创

新至关重要。低温会影响混凝土的性能，通过温控养护体系可有效解决这一问题，如采用合适的保温材料和温控设备，确保混凝土在适宜的温度下凝结硬化，提高其强度和耐久性<sup>[7]</sup>。同时，高海拔地区氧气稀薄，会影响施工人员的工作效率和身体健康，以及一些施工设备的正常运行。供氧保障系统的创新能够为施工提供充足的氧气，保障施工的顺利进行。这些技术创新集成应用，提高了高海拔水电站冬季施工的质量和效率。

#### 2. 滨海地区防腐蚀技术体系

在滨海地区，防腐蚀技术体系至关重要。海洋环境下结构耐久性设计创新是关键方面。考虑到海水的腐蚀性等因素，设计需综合多方面。例如采用合适的材料和结构形式，以增强抗腐蚀能力<sup>[8]</sup>。阴极保护技术在工程中也有重要应用。通过对金属结构施加阴极电流，使其电位低于周围环境，从而抑制腐蚀反应的发生。这种技术可有效保护滨海地区水利水电工程中的金属设施，如闸门、管道等。合理应用这些技术，能够构建完善的滨海地区防腐蚀技术体系，保障工程的长期稳定运行，减少因腐蚀带来的维护成本和安全隐患。

## 四、技术创新应用效果评估体系

### （一）工程质量评估维度

#### 1. 结构安全性能检测方法

结构安全性能检测是工程质量评估的关键维度。在水利水电工程中，可利用物联网技术实现实时、精准的检测。通过在关键结构部位安装传感器，可获取应力、应变、位移等数据<sup>[9]</sup>。这些数据能够反映结构在不同工况下的受力状态，为评估结构安全性能提供依据。同时，结合数据分析算法，对采集的数据进行处理和分析，可及时发现潜在的安全隐患。例如，通过对大坝结构的长期监测，能够提前预警可能出现的裂缝、变形等问题，以便采取相应的措施进行修复和加固，确保工程结构的安全性和稳定性。

#### 2. 耐久性评估指标体系

耐久性评估指标体系应构建包含材料性能退化、环境作用因子等参数的多维度评价系统。材料性能退化是关键因素之一，需考虑材料在长期使用过程中的强度、韧性等性能的变化<sup>[10]</sup>。环境作用因子包括温度、湿度、水质等，这些因素会对工程结构产生腐蚀、侵蚀等影响。通过对这些参数的综合评估，可以更准确地判断水利水电工程的耐久性。同时，还应考虑不同材料和结构在不同环境条件下的相互作用，以全面评估工程的耐久性。这种多维度评价系统能够为工程质量评估提供更科学、准确的依据，有助于及时发现潜在问题并采取相应措施，保障水利水电工程的长期稳定运行。

### （二）工程效益分析系统

#### 1. 经济效益动态测算模型

开发考虑技术溢价与全周期维护成本的投入产出分析工具，需要综合多方面因素。首先明确技术溢价部分，考虑新技术在提升工程质量、效率等方面带来的增值效益。这涉及到与传统技术

对比，评估新技术在减少施工时间、提高工程稳定性等方面的优势所对应的经济价值。同时，全周期维护成本是关键因素，包括设备更新、材料更换以及后期运行中的维护费用等。通过建立动态测算模型，对不同阶段的成本和收益进行量化分析。以水利水电工程为例，考虑新技术应用对发电量提升的影响（技术溢价）以及设备长期维护成本，综合评估其经济效益，为工程决策提供科学依据。

### 2. 社会生态效益量化评估

水利水电工程社会生态效益量化评估需综合多方面要素。对于移民安置，应评估安置点的基础设施完善程度、移民的生活水平恢复及提升情况、就业机会创造等。通过对比移民前后的生活质量指标，如收入水平、教育资源可及性、医疗保障覆盖率等进行量化。生态流量保障方面，要监测工程运行前后河道生态需水量的满足程度，分析对水生生物生存环境的影响，包括鱼类栖息地的面积、水质变化对生物多样性的影响等。同时，考虑对周边生态系统的整体影响，如植被覆盖变化、土壤侵蚀情况等，综合这些因素制定科学合理的综合效益评价标准。

### （三）技术可持续性评价

#### 1. 低碳施工技术评估标准

施工过程碳足迹追踪系统应涵盖施工材料生产运输、施工设备运行、施工工艺执行等各环节的碳排放数据收集与分析。通过精准的监测设备和科学的计算方法，确定每一个环节的碳排放量。减排效果验证机制则需对比采用低碳施工技术前后的碳足迹数据，同时考虑工程规模、施工环境等因素的影响。设定合理的减排目标，依据实际减排量与目标的契合度来评估技术的有效性。还应综合考虑技术的成本效益，确保在实现低碳目标的同时，

不会因过高的成本影响技术的推广应用。此外，要评估技术对工程质量和进度的影响，只有在保证工程质量和进度不受影响的前提下，低碳施工技术才具有实际应用价值。

#### 2. 技术推广可行性研究

技术创新应用效果评估体系需综合考量多方面因素。对于技术可持续性评价，要分析技术在长期使用过程中的稳定性、可靠性以及对环境的影响。评估其是否能在不同工程规模和地域特征下持续发挥作用，是否符合可持续发展的理念。在技术推广可行性研究方面，需考察技术在不同地区的适用性，包括地质条件、气候条件等。不同工程规模对技术的要求也不同，要研究技术能否满足大型、中型和小型水利水电工程的施工需求。同时，还要考虑经济成本因素，包括技术应用的前期投入和后期维护成本，确保技术推广在经济上是可行的。

## 五、总结

水利水电工程施工技术的创新与实践至关重要。通过凝练关键路径，明确了技术体系创新的方向。数字化与生态化转型成为必然趋势，数字化技术可提升施工效率与精度，生态化理念确保工程与环境和谐共生。建立产学研协同创新机制，能整合各方资源，加速技术研发与应用。完善技术标准体系，为施工提供规范指导，保障工程质量。这些举措相互关联，共同为水利水电工程施工技术的进步奠定基础，不仅推动行业技术水平提升，还将促进水利水电工程更好地服务于社会经济发展和生态环境保护，为可持续发展提供有力支撑。

## 参考文献

- [1] 李雨晨. 长江上游大中型水利水电工程全生命周期碳足迹核算 [D]. 重庆交通大学, 2022.
- [2] 王金黄. 《水利水电工程概论》(节选) 翻译实践报告 [D]. 华北水利水电大学, 2023.
- [3] 饶鑫. 建筑工程施工合同汉英翻译实践报告 [D]. 东南大学, 2021.
- [4] 蒋大双. 技术并购与企业技术创新: 影响与机制 [D]. 上海师范大学, 2023.
- [5] 王雅琦. 企业 ESG 表现与绿色技术创新 [D]. 内蒙古财经大学, 2023.
- [6] 唐成方, 杨林. 水利水电建筑工程施工技术的应用 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48(9): 37-38.
- [7] 陈小明. 关于水利水电建筑工程施工技术的探讨 [J]. 水上安全, 2023(6): 166-168.
- [8] 刘耀. 水利水电工程施工技术管理探究 [J]. 江西建材, 2021(6): 162-163.
- [9] 陈黔星. 探究水利水电工程施工技术和管理措施 [J]. 砖瓦世界, 2023(12): 166-168.
- [10] 李青旺, 廖欢, 刘安富, 等. 探究水利水电工程施工技术和管理措施 [J]. 红水河, 2022, 41(5): 113-116.