

本与豆科植物数量显著增加。这表明防渗工程在总体上促进了植被恢复与生态系统稳定性提升。但应注意排盐与渗水通道的合理设置,以局部生态逆转。

4.3 生态系统服务功能变化

防渗工程通过提升灌溉效率与水分调控能力,间接增强了区域生态系统服务功能。改善的土壤湿度与植被结构促进了碳固定与养分循环,增强了水源涵养与气候调节功能。研究表明,防渗改造后单位面积土壤有机碳储量提高6.2%,植被年净初级生产力增长约8.9%,生态系统整体碳汇能力增强。水源涵养功能提升12%,地表径流调蓄能力增强9%,灌区生态系统综合服务价值总量上升8.7%。但该效应呈现明显的时间滞后性,工程初期因施工扰动导致局部生态系统短期退化,需2~3年方能恢复稳定。综合来看,防渗工程的生态正效应在中长期内逐步显现,若结合生态渠岸修复与植被重建,将进一步提升丘陵灌区的生态系统服务水平,实现水资源利用与生态保护的动态协调。

5 节水与生态双效益综合评价模型构建与应用

5.1 评价指标体系与权重确定

丘陵灌区渠道防渗工程的综合效益具有多维度特征,既涉及节水与供水效率,又关联生态系统结构与社会经济发展,因此需要构建系统的评价指标体系。本文从节水、生态、经济三方面构建15项代表性指标:节水维度涵盖输水效率提升率(A_1)、灌溉保证率(A_2)、渠系渗漏减少率(A_3)等,生态维度包括地下水位变化率(B_1)、生态覆盖度变化(B_2)、土壤盐分改善度(B_3)等,经济维度包含经济收益率(C_1)、投资回收期(C_2)与社会满意度(C_3)。为确保指标间的科学权衡,采用层次分析法(AHP)确定权重,通过专家咨询法与实测数据相结合进行一致性检验。计算结果显示,节水与生态效益权重相近,分别为0.42和0.40,反映出在丘陵灌区防渗工程中水资源利用效率与生态环境质量同等重要;经济维度权重为0.18,虽占比略低,但对项目的可持续运行具有关键调节作用。权重体系的建立为后续综合评价提供了科学依据与量化基础。

5.2 AHP-GIS 综合评价模型构建

基于上述指标体系,本文构建AHP-GIS耦合的综合评价模型,实现节水与生态效益的空间化表达与定量分析。首先对各指标数据进行标准化处理,采用极差法消除量纲影响,并通过AHP计算获得综合权重矩阵。随后,利用GIS空间分析平台进行多层叠加运算,将节水效率、生态改善与经济效益等指标转化为栅格化数据,实现区域综合效益的可视化分布。模型输出的综合效益指数在0~1之间变化,反

映不同区域防渗工程实施后的综合效益水平。结果显示,高值区占比47%,主要集中在地形平缓、渠道密集及植被恢复良好的区域;中值区占比38%,多位于坡度较大、地质渗透性强的丘陵地带;低值区占比15%,集中于施工条件受限或排水不畅区。该模型实现了空间与属性数据的深度融合,为工程规划与分区管理提供可操作的技术手段。

5.3 典型区案例应用与验证

以中部丘陵灌区A为典型研究区,对模型的科学性与适用性进行验证。研究区面积约125 km²,实施混凝土衬砌与复合防渗材料相结合的渠系改造,总长度58 km。依据实测与遥感数据计算,改造后综合效益指数为0.79,显著高于全国平均水平0.68,说明防渗工程对提升水资源利用与生态修复具有显著作用。模型结果与实测数据拟合优度达0.87,表明AHP-GIS模型在空间分异识别与综合评价中具有较高可靠性。进一步分析显示,高效益区主要分布在渠系连通性好、坡面稳定的中低丘缓坡带,而低效益区集中在岩质基底暴露区及排水滞缓地段。研究验证了模型的可行性与推广价值,表明其可为丘陵灌区防渗工程的科学决策、节水效益提升及生态保护提供量化依据和空间指引。

6 结语

丘陵灌区渠道防渗工程在提高输水效率、节约用水与改善生态环境方面具有显著综合效益。研究表明,合理设计与科学调控能够在节水与生态保护之间实现平衡。然而,在推广过程中仍需关注地下水系统响应、局部生态扰动与长期维护问题。建议从以下方面深化实践:一是构建动态监测与预警机制,实时跟踪防渗工程的水文与生态变化;二是推广生态型防渗技术,实现节水与生态双赢;三是通过AHP-GIS模型开展区域分区优化,提高投资效益与生态协调性。未来,丘陵灌区防渗工程应与数字灌溉、生态修复及流域综合治理协同推进,形成多目标、多尺度的综合水资源管理体系,为农业可持续发展与生态文明建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 李学军,段笑晖,王惠娟.丘陵灌区渠道防渗措施及效果[J].河南水利与南水北调,2021,50(07):52-53.
- [2] 李金冰,路伟亭,曹秀清.江淮丘陵大中型灌区节水改造应注意的问题[J].节水灌溉,2005,(01):40-41+54.
- [3] 潘强,汤广民,叶乃杰.安徽省大型灌区渠系现状与节水改造规划探讨[J].水利水电技术,2011,42(03):76-81.
- [4] 周梦雪.都江堰灌区农村面源污染防治的地域性生态措施研究[D].西南交通大学,2023.
- [5] 邵培寅,李亚龙,熊玉江,等.丘陵灌区排水循环灌溉模式节水减排效果研究[J].灌溉排水学报,2023,42(02):136-144.

Research on Quality Control and Enhancement Pathways for High-Standard Farmland Irrigation Engineering Construction

Lin Yu

Sichuan Qianyuan Construction Engineering Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610030, China

Abstract

High-standard farmland irrigation projects constitute critical infrastructure for agricultural modernization and food security. Construction quality directly determines irrigation efficiency and project longevity. Current challenges in some regions include inconsistent standards, inadequate supervision, and insufficient process control, which hinder project effectiveness. This study examines construction quality control from engineering management and water conservancy technology perspectives, analyzing existing practices and key influencing factors. It proposes a quality control framework centered on technical standardization, digital supervision, and institutional safeguards. The research suggests improvement pathways through design optimization, process management, monitoring evaluation, and intelligent management systems. Results demonstrate that comprehensive quality control and multi-dimensional supervision measures can significantly enhance project durability and operational stability, driving farmland irrigation development toward high-quality, intelligent, and sustainable practices.

Keywords

high-standard farmland; irrigation engineering; construction quality control; digital management; quality enhancement

高标准农田水利工程施工质量控制与提升路径研究

余林

四川谦源建筑工程有限公司, 中国·四川成都 610030

摘要

高标准农田水利工程是保障农业现代化和粮食安全的重要基础设施,其施工质量直接影响灌溉能力与工程寿命。当前部分地区存在标准不统一、监管薄弱、工艺控制不足等问题,制约了工程效益。本文从工程管理与水利技术角度出发,分析施工质量现状与关键影响因素,构建以技术标准化、信息化监管和制度保障为核心的质量控制体系。研究提出从设计优化、过程管控、检测评估及智能化管理等方面的改进路径。结果表明,全过程质量控制与多维监管措施可显著提升工程耐久性和运行稳定性,推动农田水利建设向高质量、智能化和绿色化方向发展。

关键词

高标准农田; 水利工程; 施工质量控制; 信息化管理; 质量提升

1 引言

高标准农田建设是国家粮食安全战略的重要支撑工程,而水利设施作为其核心组成部分,对实现“早能灌、涝能排、田成方、渠相通”具有决定性意义。水利工程施工质量的优劣不仅影响灌溉效率与用水安全,更关系到土地生产能力的稳定提升。然而,在快速推进建设过程中,部分项目存在设计与施工脱节、质量监管滞后、施工标准执行不到位等问题^[1]。传统质量管理模式以经验为主,缺乏动态控制与技术支撑,难以满足现代化农业基础设施建设的要求。

本文以高标准农田水利工程为研究对象,分析当前质量管理的薄弱环节,提出系统化质量控制与提升路径。通过引入工程管理学、施工技术学及信息化管理理念,探讨设计、施工、检测、运维全过程的质量控制机制,以期提升工程建设水平、保障农业基础设施可持续运行提供理论与实践支持。

2 高标准农田水利工程施工质量控制的现状与问题

2.1 质量管理体系建设不完善

目前,高标准农田水利工程的质量管理体系在部分地区仍以项目制管理为主,缺乏统一的制度框架和标准化体系^[2]。项目管理主体多元化,导致责任界定不清、协调机

【作者简介】余林(1982-),男,中国四川邻水人,本科,工程师,从事水利水电工程研究。

制薄弱。部分地方质量管理文件存在滞后或空白，施工监督形式化、抽查频率低，质量数据缺乏系统归档，影响后期追溯与评估。此外，施工企业内部质量管理体系建设不足，质量控制往往停留在工序检查层面，缺乏全过程动态监管与技术反馈机制。

2.2 施工过程控制不到位

部分工程在施工环节中存在工序衔接不顺畅、材料控制不严、工艺标准执行偏差等问题。施工现场的原材料检验与工艺验收缺乏规范流程，混凝土浇筑、渠道衬砌、管材接口等关键工序容易出现质量隐患。施工单位在进度压力与成本约束下，常出现“重进度、轻质量”的倾向，导致部分隐蔽工程质量难以保障。此外，施工现场环境复杂，技术管理水平参差不齐，缺乏有效的风险预测与应急响应机制，影响工程整体耐久性与安全性。

2.3 监管机制与信息化手段滞后

工程监管体系多以人工巡查与阶段性验收为主，信息化管理水平不足。部分地方质量监督机构人力有限、专业化程度不高，难以实现对施工全过程的动态监控^[3]。工程数据采集与质量分析仍依赖人工记录，导致信息滞后、反馈不及时。质量监督平台与建设、设计、施工单位之间数据共享不畅，影响问题闭环处理效率。监管缺乏科技支撑，使工程质量控制呈现被动化与滞后性，难以满足高质量建设要求。

3 施工质量影响因素与控制关键环节

3.1 设计阶段的科学性与适应性

设计阶段是高标准农田水利工程质量控制的起点，其科学性和适应性直接决定了后续施工质量与运行效益。当前部分项目在设计环节存在“重规模、轻细节”的倾向，忽视地质、水文、气候等区域差异，造成施工过程中频繁调整或设施运行不达标。为此，应强化前期勘测与数据分析，充分考虑地形地貌特征、土壤渗透性及灌排系统整体布局，科学确定工程参数。设计应注重节能与可维护性，通过优化渠道断面、泵站布置及管网输配结构，降低水力损失和能耗。引入可施工性分析（Constructability Analysis）理念，对设计方案的可操作性与施工适应性进行系统评估，避免设计与施工脱节问题。通过全过程技术论证与多学科协同设计，可有效提高设计精度与适应性，从源头上控制质量风险，为后续施工提供坚实基础。

3.2 施工阶段的过程控制与动态监管

施工阶段是工程质量形成的核心环节，必须实行全过程、全要素的质量控制与动态监管。应构建以关键节点为主线的质量监测体系，对原材料检验、工序施工、隐蔽工程验收实行分级管理和责任追溯。施工单位应强化混凝土拌合比、砂浆密实度、模板支护稳定性及渠道防渗层厚度等关键指标控制。采用信息化监测手段，通过传感器实时采集温湿度、应力变化、材料强度等数据，建立“可视化施工+动

态预警”系统，对施工偏差进行即时修正。监理单位应结合无人机巡检、视频监控和 BIM 模型比对，实时掌握施工进度与质量状态，形成“现场监测—数据分析—问题反馈”的闭环机制。通过过程化控制与数据化监管，可实现质量管理的精细化与可追溯化，显著提升工程质量的稳定性与可控性。

3.3 检测与验收环节的标准化建设

检测与验收是质量评估与控制成效验证的关键环节。当前部分工程检测标准不统一、流程不规范，影响结果的科学性与可比性。应完善检测技术规范，明确检测项目、频次、取样方法及判定标准，确保操作一致性与结果可靠性。建立独立的第三方检测机制，引入公开、公正的质量评估体系，避免利益干扰。推广智能检测技术，如超声波探伤、红外热成像、无人机可视化巡检等，用于识别结构隐患和渗漏风险，提高检测的精度与效率。验收环节应坚持“实测实量+资料审核”双重验证原则，确保设计文件、施工记录与检测结果一致。逐步建立全过程质量评价体系，对设计、施工、检测各环节进行量化评估与动态反馈，形成标准化、制度化、可追溯的质量管理闭环。这种科学化的检测与验收机制是实现高标准农田水利工程质量持续提升的重要保障。

4 施工质量管理体系的优化与技术支撑

4.1 全过程质量管理体系构建

高标准农田水利工程建设周期长、环节多、参与主体复杂，必须建立系统的全过程质量管理体系^[4]。应将质量控制贯穿于项目规划、设计、施工、检测、运行全生命周期，形成“事前预防—事中控制—事后评估”的闭环管理模式。事前阶段应强化设计审查与施工方案论证，确保工程方案的科学性与可实施性；事中阶段应通过过程监测与现场巡检对施工质量进行动态监管，保证关键工序受控；事后阶段应建立质量评估与回访机制，实现经验反馈与持续改进。质量管理体系需构建业主、监理、施工及政府监管部门协同参与的多层级架构，明确责任边界与考核机制。借助 BIM 技术实现工程数据的集成化管理，通过模型化展示施工进度与质量状态，推动信息共享与决策优化。全过程质量管理不仅提高了监管的系统性与科学性，也为工程的长期运行提供可追溯的技术支撑。

4.2 信息化与智能化技术应用

随着数字化与智能化技术的快速发展，信息化监管已成为提升工程施工质量的重要方向。通过建设“智慧工地”平台，可实现施工全过程的可视化、数据化与智能化管理。系统集成视频监控、传感检测、质量检验及进度分析等模块，对施工现场关键节点进行实时监控与数据采集^[5]。例如，采用物联网传感器监测混凝土温湿度、应力变化等关键参数，动态掌握结构稳定性与施工工况；利用无人机航测和遥感影像对施工范围、排水系统与灌溉布局进行多维分析，