

湖北省竹山县中型灌区节水改造路径与效益评估

曾刚

竹山县霍河水库管理处 湖北 十堰 442000

摘要: 为了提高山区农业水资源的利用效率,保障区域的水安全与生态安全,本研究以湖北省竹山县的中型灌区节水改造项目为例,结合实地调研与数据分析,系统总结了当地以“科学规划、技术集成、生态协同、智慧管理”为核心的改造实践,并对其效果进行了评估。结果显示,上述系统性做法显著提升了灌溉效果,灌溉水利用系数从原来的0.46提高到0.65,灌溉保证率也上升至82%以上。与此同时,研究也发现了一些问题,例如生态保护与经济发展之间的转化机制还不够顺畅,后期管护资金存在短缺,这些因素制约了灌区的可持续发展。针对这些问题,我们从完善生态补偿机制、拓展资金渠道等方面提出了建议,希望这些对策能为秦巴山区及其他类似地区的灌区建设提供可借鉴的实践经验 and 理论参考。

关键词: 中型灌区; 节水改造; 续建配套; 效果评价; 竹山县

Path and Benefit Evaluation of Water-Saving Renovation in Medium-Sized Irrigation Districts in Zhushan County, Hubei Province

Gang Zeng

Zhushan County Huohe Reservoir Management Office, Shiyan, Hubei, 442000

Abstract: To improve the utilization efficiency of agricultural water resources in mountainous areas and ensure regional water security and ecological security, this study takes the water-saving renovation project of medium-sized irrigation districts in Zhushan County, Hubei Province as a case. Through field research and data analysis, the study systematically summarizes the local renovation practices centered on “scientific planning, technology integration, ecological coordination, and smart management,” and evaluates their effectiveness. The results show that this systematic approach has significantly enhanced irrigation efficiency: the irrigation water use coefficient increased from 0.46 to 0.65, and the irrigation assurance rate rose to over 82%. At the same time, the study also identified several challenges. For example, the conversion mechanism between ecological protection and economic development remains inadequate, and there is a shortage of funds for long-term operation and maintenance. These issues constrain the sustainable development of the irrigation districts. To address these problems, recommendations are proposed, such as improving ecological compensation mechanisms and expanding funding channels. It is hoped that these measures can provide practical experience and theoretical reference for irrigation district development in the Qinba Mountain area and other similar regions.

Keywords: Medium-Sized irrigation district; Water-Saving renovation; Rehabilitation and upgrading; Effect evaluation; Zhushan county

引言

水资源是维系农业生产与生态安全的战略性基础资源。中型灌区作为连接骨干水利工程与田间灌溉的枢纽,在保障区域粮食安全、促进农民增收与维护生态平衡方面发挥着不可替代的作用^[1]。然而,由于历史投入不足、建设标准偏低及管护机制滞后,我国大量中型灌区在灌溉用水及管理方面,大多仍采用土渠输水、大水漫灌,且无计量设施,粗放式的经营和管理,致使灌溉水利用系数、水分生产率和灌溉保证率普遍较低,水资源的浪费和短缺现象并存,极大制约了其综合效能的发挥^[2]。

现有研究在灌区节水技术、工程管理模式等方面取得了丰富成果,但多侧重于单一维度或宏观论述^[3],对生态敏感山区灌区改造中“技术、管理、生态、经济”多维度协同的系统性研究,

尤其是对其长效运行机制的深入剖析尚显不足^[4]。竹山县地处秦巴山区腹地、南水北调中线工程核心水源区,灌区建设同时面临缓解工程性缺水与保障生态安全的双重压力,案例典型性强。因此,本研究以竹山县为实证对象,旨在通过系统评估其灌区改造的实践路径与综合效益,提炼可推广的山区灌区建设系统模式,并为丰富相关领域的学术研究提供实证案例。

1 研究区概况

竹山县位于湖北省西北部,属亚热带季风气候,年均降水量905.2毫米,时空分布不均。境内水系属堵河流域,但山高坡陡,水资源开发利用难度大,工程性缺水显著。截至2025年,全县耕地总面积38.6万亩,其中灌溉面积18.2万亩(占比47.1%)。全县6个中型灌区多建于20世纪70-80年代,设施老化严重,

改造前平均灌溉水利用系数仅为 0.46，灌溉保证率约 70%，水资源利用效率低下问题亟待解决^[5]。

表 1 竹山县中型灌区基本情况表

序号	灌区名称	设计灌溉面积 (万亩)	覆盖范围	建设状态
1	中部灌区	5.60	溢水镇、麻家渡镇和宝丰镇共 68 个行政村	2023 年 1 月完工
2	店坪灌区	6.08	大庙乡、得胜镇竹坪乡、秦古镇共 4 个乡镇	2024 年 12 月完工
3	县河灌区	1.68	擂鼓镇 15 个村和 1 个社区	2024 年 12 月完工
4	陈家河灌区	1.20	溢水镇 13 个村和 1 个社区	计划 2026 年实施
5	北部灌区	4.83	双台、楼台、潘口、城关、文峰、深河等 6 个乡镇	计划 2026 年至 2030 年实施
6	南部灌区	规划中	规划中	规划中

2 竹山县灌区改造的实践路径

2.1 科学规划与生态优先的顶层设计

灌区改造规划工作开展过程中，建设单位严格遵循《灌区改造技术标准》，建立了一套包含工程现状评估、运行管理效能及用水效率分析在内的多维度评价体系^[6]。为了提升规划精准度，创新性地引入“问题识别、需求分析、项目生成”的清単化管理方式，采用无人机遥感与地面实地调研相结合的手段，全面掌握工程薄弱环节，结合区域农业生产需求与生态环境保护目标设定量化考核指标，确保资源集中投入到渠道防渗处理、水工建筑物更新改造及生态防护等重点领域，形成了从问题诊断、方案设计到项目实施的完整管理闭环。

同时，生态保护理念也贯穿项目实施全过程，创新采用水利功能强化与生态修复协同推进的实施路径。在具体实践中，建设单位将水土流失防治纳入灌区建设整体规划，同步推进相关工程措施，通过布置植物缓冲带、建设截排水沟等方式，构建起植物生态防护与工程拦截相结合的防护系统。此外，在渠道工程建设中，项目摒弃传统的混凝土硬质衬砌做法，转而采用“格宾网箱+本土植被”的生态护坡工艺，在保证渠道结构稳定性的同时，显著改善了区域生态环境，达成了节约水资源、减少排放与生态系统修复的多重目标。

2.2 核心技术措施的系统应用

在具体的技术选择上，竹山县针对山区灌区的实际情况，应用工程节水技术、农业节水技术、管理节水技术和生态保护技术，提升了改造工作的效率，确保了最终的实施效果。

2.2.1 工程节水技术：减少输水损失

针对渠道渗漏、淤积等核心问题，重点推广渠道防渗衬砌与管道输水技术。在渠道防渗方面，根据不同区段地形条件与资金状况，采用差异化技术方案：主干渠采用 C25 混凝土衬砌（衬砌厚度 12-15cm，设置伸缩缝间距 3-4m），支渠及斗渠采用 HDPE

土工膜防渗（膜厚 0.8-1.0mm，上下铺设 5cm 厚无纺布保护层），监测数据显示，防渗处理后渠道渗漏损失率从 35% 降至 8% 以下，渠道水利用系数提高 15%-20%。在管道输水方面，在地形复杂、渠道铺设难度大的区域，采用 PE 管道输水（管径 110-200mm，压力等级 0.6MPa），替代传统土渠，输水效率提升至 95% 以上。

2.2.2 农业节水技术：优化用水模式

在项目区推广节水灌溉制度与水肥一体化技术，根据当地主要作物（水稻、玉米、蔬菜）的需水规律，制定差异化灌溉方案：水稻采用“浅水插秧、薄水促蘖、晒田控苗、深水孕穗、湿润灌浆”的节水灌溉模式，玉米采用“苗期少水、拔节期足水、灌浆期稳水”的灌溉制度，亩均灌溉用水量较传统模式减少 20%-25%。同时，配套建设水肥一体化设施，通过滴灌系统将肥料溶解于灌溉水中，实现精准施肥、节水节肥，肥料利用率从 35% 提升至 55% 以上，减少农业面源污染。

2.2.3 信息化管理技术：实现智能调度

依托物联网技术，建设了灌区信息化管理系统，实现水量实时监控、智能调度与远程控制。在店坪灌区、县河灌区等项目区，配套建设超声波量水设施、智能水位监测站，数据接入灌区自动化监测平台，实现了实时监测、智能调度和远程控制，使灌区管理从传统经验型向现代科学型转变，管理效率提升 40% 以上。

2.2.4 生态保护技术：修复区域生态

竹山县在中型灌区建设改造中，全面推广生态护坡、水系连通等生态保护技术。除“格宾网箱+植被”复合护坡外，还采用生态袋护坡、植草砖护坡等多种模式，根据渠道边坡坡度（缓坡采用植草砖，陡坡采用生态袋）与土壤条件差异化应用。同时，开展水系连通工程，打通灌区内部断头渠、废弃沟塘，构建“干渠-支渠-斗渠-农渠-塘堰”互联互通的水系网络，提升水资源调配灵活性与生态流量保障能力，减少水土流失的同时，改善灌区水域生态环境。

表 2 竹山县灌区改造工程技术措施与应用效果

序号	技术类别	主要技术措施	应用效果
1	工程节水技术	渠道防渗衬砌、管道输水	渠系水利用系数提高 0.21-0.25，输水效率达 95% 以上
2	农业节水技术	节水灌溉制度、水肥一体化	亩均灌溉用水量减少 20%-25%，肥料利用率提升至 55%
3	生态保护技术	生态护坡、植被缓冲带、水系连通	植被覆盖度提升约 10%，有效控制水土流失
4	信息化管理技术	智能监测、自动化控制、综合管理平台	实现精准调度，管理效率提升 40% 以上

3 综合效益评估与挑战分析

3.1 综合效益评估

3.1.1 节水效益评价

实施灌区改造项目前，灌区灌溉用水的利用效率较低，输水过程中漏水和蒸发损失严重，灌溉水利用系数普遍为 0.46。经过改造，灌区节水能力得到了明显提升。例如，县河灌区在改造后，水的利用效率提高到了 0.65。每年能因此节约用水 112.83 万立方米，这有效缓解了当地水资源紧张的问题。同时，节水也减少了对地下水的开采，每年大约能少采 80 万立方米地下水，减轻了对河流的取水压力，对保护堵河的生态环境有积极作用。

3.1.2 农业效益评价

改造项目实施后，灌区供水能力大幅提高，灌溉保证率从原

来的 68% 增加到 82% 以上，增强了农业抗旱能力。同时，灌区改造也改善了农业生产的“基础条件”，为农业结构调整提供了便利，项目区经济作物在农业中的比例从改造前的 25% 增长到了 38%，对项目区农户的人均年收入增加的测算值为 380 元左右，有效地促进了农民增收和农村经济的发展。

3.1.3 生态效益评价

生态护坡、植被缓冲等工程建设，项目总共治理水土流失 1116 公顷，治理区的土壤侵蚀模数由改造前的 3500 吨 /km²·年减少到 1500 吨 /km²·年，下降 57.1%；渠道坡地植被覆盖率由改造前的约 65% 上升到约 75%；信息化建设有效提高了管理效率 40% 以上，信息化管理还有诸如用户参与式管护等新机制，项目区农户对灌区改造工程满意度达 91%。

表 3 竹山县中型灌区改造工程综合效益评价表

序号	效益类型	评价指标	改造前	改造后	提升幅度
1	节水效益	灌溉水利用系数	0.46	0.65	提高 41.3%
		年节水量 (万立方米)	-	387.8	-
		灌溉保证率 (%)	68	82	提高 20.6%
2	农业效益	改善灌溉面积 (万亩)	-	12.32	-
		年增产效益 (万元)	-	3393	-
3	生态效益	水土流失治理面积 (公顷)	-	1167	-
		植被覆盖率 (%)	约 65	约 75	提高 15.4%

3.2 可持续发展面临的挑战

3.2.1 生态价值难以转化为经济收益

作为南水北调中线工程的主水源地，灌区生态保护担负着保证水源水质的公共使命，而灌区生态保护所带来的生态产品经济效益，却没有统一的经济价值核算标准，这意味着保护好的“绿水青山”难以变成实实在在的“金山银山”。同时，由于没有建立有效的生态补偿市场和水权交易平台，灌溉用水有时会 and 生态用水需求产生矛盾，这制约了灌区生态与经济的协调发展。

3.2.2 工程维护资金投入不足

虽然尝试了多种方式筹集管护资金，但是资金缺口依然存在。灌溉水费收取率只有 75% 左右，村集体资金有限，上级财政对有关灌区的管护补助也缺乏长期稳定的机制，资金缺乏，造成部分灌区工程完工后得不到及时维护，影响灌区发挥持久效应。

3.2.3 人才与节水激励双重短缺

由于地处山区，难以吸引和留住水利专业人才。基层水利部门专业人员比例偏低，尤其在信息化和生态维护方面人才紧缺。另一方面，节水激励机制不完善，水价偏低，也没有有效的节水奖励政策，影响了农民节约用水的积极性。

4 主要结论与启示

推动中型灌区可持续发展，要立足系统思维，统筹推进技术升级与制度创新，就同类区域的灌区节水改造工作而言，未来的重心应从以往偏重工程建设的“硬投入”，稳步转向“建设与管

理并重、保障长效运行”的模式。这一模式的核心，在于解决维护资金短缺、生态价值转化不畅等深层次的问题。具体实施过程中，可通过深化水价改革、创新生态补偿机制、强化数字化管控等举措，最终构建起兼顾粮食安全与生态安全的高效灌溉体系。

参考文献：

[1] 顾颖,江亮,刘忠军. 农业灌溉技术发展现状与展望 [J].智慧农业导刊,2025,5(20):40-44.

[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(1):40-41,54.

[3] 李仰斌,刘俊萍. 中国节水灌溉装备与技术发展展望 [J].排灌机械工程学报,2020,38(7):738-742.

[4] 侯振财. 灌区节水改造与灌区现代化建设思路探讨 [J].农业开发与装备,2022,(09):124-126.

[5] 许继军,曾子悦,谈华炜,等. 丹江口库区及其上游流域治理保护与高质量发展研究 [J]. 长江技术经济,2025,9(06):35-44+71.

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 灌区改造技术标准 :GB/T 50599-2020[S]. 中国计划出版社,2020.

作者简介：

曾刚 (1997—)，男，湖北十堰人，助理工程师，主要从事水利工程建设监督管理、灌区节水改造与可持续发展研究。