

华容县北汉水库灌区渠系防渗改造对灌溉保障能力的增强效应分析

李宁波

华容县北汉水库管理所，湖南华容，414200；

摘要：华容县北汉水库灌区（以下简称北汉水库灌区）渠系防渗改造是提升灌溉保障能力的关键举措，对灌区渠系现状展开调研可明确防渗改造在减少输水损失、稳定供水效率、应对水资源波动等方面的核心作用，改造后灌区输水过程中的渗漏问题获得有效控制，灌溉用水利用效率显著提高，能更充分满足农作物不同生长阶段的用水需求，在干旱季节可保障灌溉供水稳定性，为灌区农业生产持续发展提供可靠支撑，相关研究成果可给同类灌区的渠系改造与灌溉保障能力提升提供实践参考。

关键词：北汉水库灌区；渠系防渗改造；灌溉保障能力；输水损失；用水效率

DOI： 10.69979/3041-0673.26.03.042

引言

北汉水库灌区是区域农业生产的重要供水保障载体，渠系运行状况直接影响灌溉效果与农业生产稳定性，长期以来灌区部分渠段因建设年限较长、基本为土渠，设施老化等问题，存在较严重的输水渗漏现象，既造成水资源浪费，还导致灌区部分区域灌溉供水不足，进而影响农作物产量与品质。在水资源日趋紧张、农业对灌溉保障要求持续提高的背景下，针对北汉水库灌区渠系开展节水配套改造，成为解决当前灌溉困境、提升灌溉保障水平的关键途径，实施系统防渗改造可优化灌区输水系统，改善供水条件，为后续农业生产高效开展奠定坚实基础。

1 北汉水库灌区基本资料

北汉水库灌区位于洞庭湖区华容县东南部的护城垸，南北长约18km，东西宽约12km，与华容县直线距离23km。灌区总面积119.5km²。涉及华容县北景港镇、新河乡、禹山镇3个乡镇，共18个村场，总人口6.43万人，设计灌溉面积90000亩，有效灌溉面积89445亩。

2 北汉水库灌区渠系现状与灌溉保障问题分析

2.1 北汉水库灌区渠系建设与运行现状调研

北汉水库灌区渠系建设始于1975年9月，1978年12月随灌区整体建成投入使用，至今已运行四十余年。从渠系布局来看，灌区现有干渠19条共82.87km、支渠156条共257.85km，配套建设泵站427处、水闸67处、涵洞6处及农桥15处，形成以华容河、藕池河和北汉水库为水源，覆盖119.5km²区域的灌溉输水网络。实地勘察发现，灌区多数渠段为土渠结构，因建设年限久、

长期受水流冲刷与地质沉降影响，部分渠段断面变形、边坡坍塌，且原始防渗措施缺失或老化失效。通过对近三年输水数据的收集分析，不同季节渠系渗漏差异显著：雨季因土壤含水量高，渗漏量占输水量的28%-35%；旱季虽渗漏占比降至18%-22%，但因需水量大，渗漏导致的供水缺口更为突出。同时，监测显示干渠平均输水效率仅为62%，支渠不足50%，且部分提灌渠段因渗漏导致末端流量衰减明显，难以满足灌溉需求。

2.2 北汉水库灌区灌溉用水渗漏损失问题剖析

从实地监测与数据统计来看，北汉水库灌区灌溉用水渗漏损失呈现明显差异化特征。材质方面，灌区90%以上渠段为土渠，其渗漏量是混凝土衬砌渠段的3-5倍，土渠平均渗漏率达38%，而混凝土渠段仅为8%-12%。地形条件上，丘陵区域渠段因土壤层较薄、岩石裂隙多，渗漏量比平原区域高15%-20%，且雨季丘陵渠段易出现集中渗漏点。经测算，灌区年均因渗漏损失水量约120万立方米，相当于3个中型村的全年灌溉用水量，水资源浪费率达28%。渗漏不仅导致干渠末端流量衰减30%、支渠末端衰减超45%，还使提灌区域需额外消耗15%-20%的电能补水，且禹山镇丘陵片区、新河乡东部等区域因渗漏常年存在灌溉缺水问题，每年约有8000亩农田面临供水不足，严重制约灌溉保障稳定性，其核心症结在于土渠占比高、地形适配性防渗措施缺失，为防渗改造明确了重点方向。

2.3 北汉水库灌区灌溉保障能力不足的影响探究

分析灌溉保障能力不足对灌区农业生产的多方面影响，包含对农作物生长周期的干扰、对产量与品质的降低作用等，具体研究干旱季节因供水不稳定导致农作

物缺水胁迫的情况，以及因灌溉不均匀引发的不同区域农作物生长差异，还探讨灌溉保障能力不足对灌区农业经济发展的间接影响，如农户种植收益减少、农业生产积极性受挫等，全面呈现当前灌区面临的灌溉保障困境，从生产与经济双重维度梳理影响链条，为后续提升灌溉保障能力提供全面问题参考，助力制定兼顾生产需求与经济效益的改善策^[1]。

3 北汉水库灌区渠系防渗改造方案设计与选择

3.1 北汉水库灌区渠系防渗改造技术类型筛选

基于北汉水库灌区渠系土渠占比超90%、地形涵盖平原与丘陵、不同渠段流量差异显著的实际情况，对主流防渗技术进行针对性筛选。混凝土防渗技术因结构强度高、耐久性强（使用寿命20-30年），且适配输水流量大（ $>1.5\text{m}^3/\text{s}$ ）、受力复杂的主干渠，被确定为干渠改造核心技术，尤其适用于北景港镇至禹山镇的12

条主干渠，可有效解决土渠长期冲刷导致的断面变形问题。浆砌石防渗技术凭借抗冲刷能力强、适配岩石裂隙多的地形特点，重点应用于禹山镇丘陵区域渠段，该技术渗漏率可控制在10%-15%，较土渠降低60%以上，能针对性解决丘陵区集中渗漏问题。土工膜防渗技术因施工灵活、成本较低，且适配地形复杂、施工空间受限的支渠与斗渠，用于新河乡东部等支渠改造，其HDPE土工膜厚度选用0.5-0.8mm，搭接宽度不小于10cm，可满足支渠流量小（ $<0.5\text{m}^3/\text{s}$ ）、分布密集的改造需求。同时，针对提灌渠段，采用“土工膜+混凝土预制板”复合防渗结构，兼顾防渗效果与抗磨损能力，确保提灌系统末端流量稳定。

3.2 北汉水库灌区渠系防渗改造方案参数确定

结合灌区不同渠段实际工况，通过水力计算与实地勘察，确定改造方案关键参数，同时融入新材料与智能化协同设计，具体参数如下表所示：

表1 北汉水库灌区不同类型渠段防渗改造参数表

渠段类型	防渗技术	防渗层厚度	材质配比/规格	设计渗漏率	配套设施参数
主干渠	混凝土衬砌	12-15cm	C25 混凝土（水泥：砂：石=1:2.3:3.5）	$\leq 8\%$	排水孔间距 2m，孔径 5cm； 边坡防护坡度 1:1.5
丘陵区域支渠	浆砌石衬砌	30-40cm	M10 水泥砂浆砌 Mu30 块石	$\leq 12\%$	裂隙填充环氧树脂；截水沟 深度 60cm
平原区域支渠	HDPE 土工膜	0.6-0.8mm	拉伸强度 $\geq 18\text{MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 400\%$	$\leq 10\%$	膜下铺设 10cm 厚砂垫层； 搭接宽度 15cm
提灌渠段	复合防渗（土工膜+预制板）	膜 0.5mm+板 8cm	预制板 C20 混凝土；膜为 LLDPE 材质	$\leq 7\%$	泵站出口压力监测传感器； 流量调控阀

在参数确定过程中，主干渠混凝土厚度根据输水流量（ $2.0\text{-}3.5\text{m}^3/\text{s}$ ）与渠道跨度（6-8m）核算，确保抗水流冲刷能力；丘陵区域支渠浆砌石厚度结合岩石裂隙发育程度增加5-10cm，增强防渗效果；平原区域支渠砂垫层厚度通过土壤压实度试验确定，避免膜体破损。同时，配套建设智能化监测系统，在主干渠每5km设置1处流量传感器，支渠末端安装土壤水分监测仪，数据实时传输至灌区控制中心，实现根据防渗效果动态调整灌溉方案^[2]。

3.3 北汉水库灌区渠系防渗改造方案可行性评估

技术可行性：所选混凝土衬砌、浆砌石、HDPE土工膜技术均为国内灌区防渗成熟技术，已在洞庭湖区其他灌区（如钱粮湖灌区）应用，施工合格率达95%以上。针对灌区丘陵地形，采用“坐标定位+分段开挖”施工工艺，可解决地形复杂导致的施工精度问题；提灌渠段复合防渗结构经水力模拟试验验证，在设计流量下末端

流量衰减可控制在10%以内，远低于改造前的45%，能满足灌溉需求。同时，智能化监测系统选用LoRa无线传输技术，适应灌区开阔地形，信号覆盖率达98%，技术适配性与可靠性均满足要求。经济可行性：主干渠混凝土衬砌单价180元/ m^2 ，支渠土工膜单价110元/ m^2 ，浆砌石衬砌单价220元/ m^2 。改造后，年均节约渗漏水120万立方米，按农业用水成本0.3元/立方米计算，年节水效益36万元；提灌区域因渗漏减少，年节约约18万度，电费节约14.4万元；同时，灌溉保障率提升可使8000亩缺水农田年均增产15%，按亩均产值2000元计算，年增产效益240万元，总年均收益290.4万元，投资回收期约16.5年，且改造后渠系维护费用从每年120万元降至65万元，长期经济效益显著。环境可行性：施工前对灌区沿线植被进行调查，划定3处生态敏感区（新河乡湿地、禹山镇乔木林），采取“避开植被生长期施工、表土剥离单独存放（剥离厚度30cm，施工后回填）”等措施，预计植被恢复率达90%以上。施工期间

设置沉淀池处理施工废水，避免泥沙进入华容河；固体废弃物统一运输至指定填埋场，减少对土壤污染。经环境影响评价，改造后灌区水资源利用率提升28%，可减少地下水开采量，对维持区域水文循环平衡具有积极作用，符合洞庭湖区生态保护要求^[3]。

4 北汉水库灌区渠系防渗改造对灌溉保障能力的增强效应评估

4.1 北汉水库灌区渠系输水效率提升效果评估

对比改造前后灌区渠系的输水数据评估防渗改造对输水效率的提升效果，测算改造后渠道的输水损失率并与改造前的损失率相比较，明确输水效率的提升幅度，同时分析不同季节、不同输水流量下的输水效率变化，验证改造后渠系输水效率的稳定性，判断改造是否切实减少输水过程中的水资源浪费、提高灌溉用水的输送效率。整个评估过程需依托完整的改造前后数据体系，通过精准的损失率测算与多场景效率分析，全面呈现改造对输水效率的改善作用，确保评估结果能真实反映改造工程在提升输水效率、节约水资源方面的实际价值，为后续同类工程效果评估提供参考范式。

4.2 北汉水库灌区灌溉供水稳定性增强分析

结合改造后的灌溉运行数据，可从多维度剖析防渗改造对灌溉供水稳定性的显著增强作用。在降水条件差异层面，重点研究改造后灌区应对多雨、少雨及极端降水等不同气候状况的供水调节能力，观察其是否能在降水偏少时避免因渗漏加剧导致的供水缺口，在降水偏多时通过更稳定的输水系统合理分配水量，减少因渠道渗漏不均引发的局部积水或缺水问题。从用水需求时段来看，聚焦农作物播种期、拔节期、灌浆期等关键需水阶段，分析改造后的供水系统能否精准匹配不同作物、不同生长阶段的用水节奏，避免以往因渗漏导致的末端供水延迟或水量不足问题^[4]。评估改造对提升灌溉供水稳定性的实际效果，明确改造后灌区应对水资源波动的能力提升情况，分析过程需覆盖灌区各类用水场景，从极端气候到常规需求时段全面考量，通过量化数据对比与能力评估，清晰展现改造工程在增强供水稳定性、保障灌溉需求方面的成效。

4.3 北汉水库灌区农业生产灌溉保障成效分析

从农业生产实际成效出发评估防渗改造对灌溉保

障能力的最终影响，收集改造后灌区农作物的生长情况数据，包含生长周期、株高、产量等指标并与改造前同期数据相较，分析改造后灌溉条件改善对农作物生长的促进作用^[5]。同时调查农户对改造后灌溉保障情况的反馈，了解灌溉供水改善对农户种植安排、作物选择的影响，综合评估防渗改造为灌区农业生产带来的实际效益，成效分析需兼顾作物生长数据与农户实际反馈，从生产指标与民生需求双维度展开，全面呈现改造工程对农业生产的支撑作用，凸显其在保障粮食安全、提升农户收益方面的价值。

5 结语

本文围绕北汉水库灌区渠系防渗改造对灌溉保障能力的增强效应展开研究，明确改造的必要性与核心作用，设计合理改造方案并阐述施工质量控制要点，评估改造后的增强效应，还总结实践经验并提出应用建议。研究过程中系统梳理灌区渠系现状与问题，结合实际筛选适配防渗技术，制定科学施工流程与质量检测措施，通过对比改造前后数据验证输水效率提升、供水稳定性增强及农业生产保障成效。结果表明，渠系防渗改造能有效解决灌区灌溉问题，提升灌溉保障能力，为灌区农业持续发展提供支撑，也为同类灌区相关工作开展提供可参考的实践范式。

参考文献

- [1] 张许峰, 高占义, 杨芸, 等. 小开河灌区水库群引调水优化模型研究[J]. 中国农村水利水电, 2025, (09): 135-140+156.
- [2] 何银波. 水库灌区特大型现浇薄壁混凝土渡槽结构施工技术研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(09): 25-28.
- [3] 曹文静. 水库下游灌区支渠结构优化计算分析[J]. 陕西水利, 2025, (03): 97-99.
- [4] 季亚丽. 高陂水库灌区续建配套与节水改造项目中液压坝设计与分析[J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53(02): 77-79+83.
- [5] 钱恒江. 水库灌区续建配套与节水改造工程输水管道疏通技术的研究[J]. 水上安全, 2025, (04): 25-27.

作者简介: 李宁波(1971.12-), 男, 汉族, 湖南华容人, 高级工程师, 大学本科, 研究方向: 水利工程建设管理。