

灌区节水灌溉工程优化设计与应用研究

陈星予

国家林业和草原局西南调查规划院, 中国·云南 昆明 650000

摘要: 我国农业灌溉用水占总用水量六成以上, 灌区是保障粮食安全的关键支撑。部分灌区因建设年代久远、设施老化、设计不合理及管理粗放, 普遍存在输水渗漏大、灌溉效率低、水资源浪费严重、灌溉均匀度差等问题, 既影响农业产能提升, 又加剧了区域水资源供需矛盾。在水资源刚性约束不断强化的形势下, 灌区节水灌溉工程优化升级尤为重要。其优化设计是集水源调度、输配水、田间灌溉与智能管控于一体的系统工程, 需兼顾可行性、高效性、经济性与生态性。本文据此研究灌区节水灌溉工程优化设计与应用, 以实现水资源高效利用、农业提质增效和生态可持续发展。

关键词: 灌区; 节水灌溉; 工程优化设计; 水资源利用; 工程应用

Optimization Design and Application Research of Water-Saving Irrigation Projects in Irrigation Districts

Chen Xingyu

Southwest Survey and Planning Institute of National Forestry and Grassland Administration, China Yunnan Kunming 650000

Abstract: Agricultural irrigation water accounts for more than 60% of China's total water consumption, and irrigation districts serve as key support for national food security. Due to long construction history, aging facilities, unreasonable design and extensive management, some irrigation districts are plagued by serious water conveyance leakage, low irrigation efficiency, severe water waste and poor irrigation uniformity, which not only restrict the improvement of agricultural productivity, but also intensify the contradiction between water supply and demand in regional areas. Under the increasingly rigid constraints on water resources, the optimization and upgrading of water-saving irrigation projects in irrigation districts has become particularly critical. Its optimization design is a systematic project integrating water source scheduling, water delivery and distribution, field irrigation and intelligent management and control, which must take into account feasibility, efficiency, economy and ecology. Based on the above, this paper studies the optimization design and application of water-saving irrigation projects in irrigation districts, so as to realize the efficient utilization of water resources, the improvement of agricultural quality and efficiency, and the sustainable ecological development.

Keywords: Irrigation districts; Water-saving irrigation; Engineering optimization design; Water resource utilization; Engineering application

0 引言

我国农业灌溉用水占总用水量六成以上, 灌区是保障粮食安全的关键载体。部分灌区因设施老化、设计不合理、管理粗放, 存在输水渗漏、灌溉效率低、水资源浪费等问题, 制约农业生产并加剧水资源紧张。在水资源约束趋紧背景下, 灌区节水改造势在必行。本文围绕水源、输配水、田间灌溉及智能管控开展优化设计研究, 结合工程应用分析, 为灌区节水增效、绿色可持续发展提供参考。

1 灌区灌溉工程现存问题

灌区灌溉工程现存问题有以下: 工程设施老化, 输水损耗居高不下; 设计方案不合理, 技术适配性不足; 灌溉方式粗放, 水资源利用率偏低; 运维管理滞后, 智能管控

水平不足。

2 灌区节水灌溉工程优化设计原则

2.1 因地制宜原则

优化设计需充分结合灌区地形地貌、水源条件、土壤特性、作物种植结构与气候条件, 针对性选择节水技术与工程方案, 杜绝盲目照搬其他灌区模式, 保证工程与区域自然条件、农业生产需求高度适配, 提升工程实用性与长效性。

2.2 节水高效原则

以降低输水损耗、提升灌溉水利用率为核心目标, 优化水源配置、输配水路径与灌溉方式, 最大限度减少水资源在输水、灌水、保水环节的损耗, 实现灌溉水量精准

供给, 兼顾节水效果与作物增产需求, 提升水资源利用效率^[1]。

2.3 经济合理原则

在保证工程节水效果与运行质量的前提下, 合理控制工程建设与运维成本, 优化工程布局与设备选型, 兼顾初期投资、后期运维费用与节水增产效益, 实现投入与产出平衡, 提升工程经济效益, 便于工程大范围推广应用。

2.4 生态可持续原则

优化设计需兼顾农田生态保护, 避免工程建设破坏区域生态环境, 通过节水灌溉减少地下水超采、农田面源污染与土壤盐碱化风险, 实现水资源可持续利用、农田生态保护与农业生产协同发展。

2.5 智能融合原则

顺应智慧水利发展趋势, 融入物联网、自动化控制、大数据监测等现代化技术, 搭建灌区智能灌溉管控体系, 实现灌溉水量、灌溉时间、灌溉压力的自动化调控, 提升灌区灌溉管理的精细化、智能化水平。

3 灌区节水灌溉工程优化设计方案

3.1 水源系统优化配置

水源是灌区灌溉的基础保障, 需结合灌区地表水、地下水、再生水等多水源禀赋, 构建多源互补、协同调度的供水体系。地表水灌区需优化水库、塘坝、蓄水池等调蓄设施能力, 合理规划取水口布局, 提升丰枯季节供水稳定性; 地下水灌区需严格控制地下水开采量, 搭配地表水补灌措施, 有效避免地下水超采问题; 缺水型灌区可引入雨水集蓄、再生水回用等技术, 拓宽供水水源渠道, 实现水源时空优化调配。同时, 完善水源净化设施, 有效去除水中泥沙、杂质, 避免堵塞输配水与灌溉设施, 保障工程长期稳定运行^[2]。

3.2 输配水系统优化设计

输配水系统优化的核心是降低输水损耗、提升输水效率, 重点开展渠道防渗改造与管网优化布局。对于传统土渠, 可采用混凝土衬砌、HDPE土工膜、浆砌石等防渗技术, 结合灌区地质条件与渠道等级选择适配的防渗方案, 将渠道渗漏损耗降低至10%以下; 小型灌区与田间输配水环节, 优先采用低压管道输水替代传统明渠, 选用PVC、PE等抗压抗腐蚀管材, 科学优化管道管径、坡度与走向, 避免管道弯折、压力不均等问题。同时, 优化渠系建筑物布局, 升级改造闸阀、分水口、量水设施, 实现输水流量精准调控与用水精准计量, 提升输配水管控精度^[3]。

3.3 田间灌溉设施优化选型

根据灌区作物类型、种植模式与地形条件, 差异化选择田间节水灌溉模式, 实现精准灌水、科学灌溉。对于小麦、玉米等大田粮食作物, 可选用喷灌、低压管灌结合畦灌优化方案, 有效提升灌溉均匀度; 对于果树、蔬菜等经济作物, 优先采用滴灌、微喷灌、小管出流等精准灌溉技术, 搭配水肥一体化设备, 实现水肥同步精准供给, 提升水肥利用效率; 对于丘陵坡地灌区, 采用压力补偿式灌溉设施, 有效消除地势高差带来的水压不均问题, 保证全区域灌溉均匀性。同时, 优化田间灌溉管网布局, 合理设置喷头、滴头间距与流量, 精准匹配作物不同生育期需水特性, 杜绝过量灌溉与灌溉死角。

3.4 智能灌溉管控系统优化搭建

搭建集监测、控制、调度于一体的灌区智能灌溉管控平台, 在灌区关键区域部署土壤墒情传感器、气象监测站、水位流量计、水压传感器等设备, 实时采集土壤湿度、降雨量、气温、水源水位、输水压力等核心数据, 通过物联网技术实时传输至管控中心。依托大数据分析技术, 结合作物需水规律与气象预测数据, 智能生成灌溉调度方案, 实现灌溉设备远程控制、自动启停、水量精准调控。同时, 完善用水计量系统, 实现灌区干支渠、田间用水分级计量, 为水管控、水费征收提供精准数据支撑, 全面提升灌区管理智能化水平。

3.5 农田保水配套优化设计

结合节水灌溉工程, 配套农田保水措施, 进一步提升节水效果。在田间推广秸秆覆盖、地膜覆盖技术, 减少土壤水分无效蒸发; 优化农田耕作方式, 采用深耕松土、起垄栽培等模式, 提升土壤蓄水保墒能力; 完善田间排水设施, 实现灌排结合, 避免田间积水引发的土壤盐碱化与水资源浪费, 形成“输-灌-保”一体化节水体系。

4 灌区节水灌溉优化工程实际应用

4.1 工程概况

选取中型灌区为研究对象, 该灌区灌溉面积3.2万亩, 以粮食作物与经济作物混合种植为主, 始建于上世纪70年代, 原有工程设施老化严重, 输水效率仅58%, 田间灌溉以大水漫灌为主, 灌溉水有效利用系数0.52, 水资源浪费问题突出, 年均灌溉缺水率达15%, 严重制约区域农业高质量发展。本次结合灌区实际情况, 严格按照上述优化设计方案, 全面开展节水灌溉工程升级改造工作。

4.2 工程优化应用内容

本次工程改造重点完成四大核心模块: 一是完成骨干

渠道防渗衬砌 12.6km, 更换破损渠系建筑物 32 座, 新建田间低压输水管道 8.7km, 大幅降低输水损耗, 提升输水效率; 二是在大田作物区改造固定式喷灌设施 1.8 万亩, 经济作物区铺设滴灌管网 1.4 万亩, 配套水肥一体化设备 26 套, 全面替换传统漫灌模式, 实现精准灌溉; 三是搭建灌区智能管控平台, 部署土壤墒情监测点 15 个、气象监测站 2 座, 实现灌溉自动化调度与用水精准计量; 四是完善田间排水与保水设施, 推广地膜覆盖保水技术 0.8 万亩, 构建全方位节水体系。

4.3 工程应用效益分析

4.3.1 节水效益

工程优化改造后, 灌区输水效率提升至 82%, 田间灌溉水有效利用系数提升至 0.78, 相较于改造前, 年节约灌溉用水 112 万 m^3 , 水资源利用率提升 46%, 有效缓解了区域水资源供需矛盾, 减少了地下水开采量, 实现了水资源高效节约利用, 为区域水资源可持续发展提供了有力支撑^[4]。

4.3.2 农业生产效益

精准节水灌溉模式精准匹配作物不同生育期需水需求, 有效改善了农田土壤环境, 避免了土壤板结与盐碱化问题, 为作物生长提供了良好条件。经实地测算, 灌区粮食作物亩均增产 120kg, 经济作物亩均增收 350 元, 灌溉均匀度提升至 90% 以上, 农业生产效率与作物产量、品质均得到显著提升, 切实助力农户增收致富, 推动农业提质增效。

4.3.3 生态与社会效益

工程实施后, 有效遏制了灌区地下水超采问题, 减少了农田化肥随大水漫灌流失带来的面源污染, 改善了区域农田生态环境, 实现了农业生产与生态保护协同发展。同时, 智能化灌溉系统大幅减少了人工灌溉劳动力投入, 亩均节约灌溉用工 2 个, 有效解放了农村劳动力, 推动了灌区农业现代化、集约化发展, 社会效益十分显著。

5 灌区节水灌溉工程长效运行保障措施

5.1 完善工程运维管理体系

建立专职化工程运维团队, 明确各岗位运维权责, 定期对渠道、管道、灌溉设备、智能设施开展全面检修维护, 及时更换破损零部件, 杜绝设施带病运行。制定标准化运维流程, 加强运维人员专业技能培训, 重点提升设施维修保养与智能系统操作能力, 保障工程长期稳定运行, 充分发挥节水效益。

5.2 强化用水管控与宣传引导

推行灌区用水定额管理, 严格按照不同作物需水标准科学核定灌溉用水量, 实行计量收费、阶梯水价制度, 倒逼农户养成节水灌溉习惯。同时, 加强节水灌溉技术与农户培训, 普及精准灌溉、科学用水知识, 提升农户节水意识与节水设备操作能力, 营造全民节水、科学节水的良好氛围。

5.3 加大资金与技术保障力度

政府加大对灌区节水改造工程的资金投入力度, 整合财政补贴、社会资本等多方资金, 有效缓解工程建设与运维资金压力。同时, 加强与水利科研机构的深度合作, 积极引进先进节水技术与运维理念, 持续优化工程运行方案, 推动节水灌溉技术迭代升级, 不断提升工程现代化水平。

5.4 健全工程监管机制

建立灌区节水灌溉工程全流程监管机制, 加强工程建设质量监管, 严格落实建设标准, 确保工程建设质量达标; 强化工程运行监管, 依托智能管控平台实时监控灌溉用水、设施运行状态, 及时发现并解决运行过程中出现的问题, 确保工程节水效益持续发挥。

6 结语

灌区节水灌溉工程优化设计是破解水资源短缺、提升农业灌溉效率、推动农业现代化发展的重要举措。本文通过系统分析灌区灌溉工程现存问题, 提出以水源配置、输配水系统、田间设施、智能管控为核心的系统性优化设计方案, 经实际工程应用验证, 优化后的工程可大幅提升水资源利用率, 实现农业增产增收与生态环境改善的双重目标, 具备较强的实践可行性与推广价值^[5]。

参考文献:

- [1] 赵明志. 老旧灌区节水改造工程设计要点与效益分析[J]. 乡村科技, 2023, 14(10): 156-158.
- [2] 张志强. 大中型灌区节水灌溉工程优化设计与实践[J]. 水利规划与设计, 2023(05): 112-115.
- [3] 李建军. 农田节水灌溉技术集成与工程应用研究[J]. 农业工程技术, 2022, 42(18): 68-70.
- [4] 王艳华. 智慧灌区背景下节水灌溉系统优化设计探析[J]. 水利科技与经济, 2024, 30(02): 89-92.
- [5] 中华人民共和国水利部. 灌溉与排水工程设计标准(GB50288-2018)[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.

作者简介: 陈星予(1990.03.24), 男, 汉族, 云南省昆明市, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 从事水工结构设计方面的研究。