

节水灌溉工程配套设施优化研究

张 强

隆德县渝清水务有限责任公司 宁夏 固原 756300

摘 要：当前国内农田节水灌溉工程普遍存在配套设施老化失修、设备适配性差、智能化程度偏低、管护机制不完善等实际问题，直接造成灌溉输水损耗大、灌水均匀度不足、水资源利用率偏低等工程短板。本文以农田节水灌溉配套设施为研究对象，梳理配套设施基本定义、技术类型与效能评价依据，系统总结现阶段设施建设与运行中的各类突出问题。结合田间工程实际工况，从整体方案、专项设施、智能配套、辅助系统等维度制定系统化优化改造方案，针对性开展输水、田间灌水、智能调控及过滤防护设施的专项优化设计。研究成果能够有效改善灌区灌溉运行条件，提升灌溉系统稳定性与水资源利用效率，可为同类农田节水灌溉工程改造提供实际参考。

关键词：节水灌溉工程；配套设施；现存问题；优化设计

引言：农业灌溉是农业生产用水的主要组成部分，水资源高效利用是现代农业节水发展的核心方向。现阶段各地大量建成的节水灌溉工程，主体设备基本满足灌溉需求，但配套设施建设标准参差不齐，后期改造更新滞后，成为制约灌溉工程提质增效的主要瓶颈。老旧输水结构破损、田间设备选型不合理、智能管控配套缺失以及运维管护薄弱等问题，导致多数灌区节水潜力无法充分发挥。基于农田灌溉实际运行现状，本文开展节水灌溉工程配套设施优化研究，通过梳理设施体系、排查现存问题、设计优化方案、细化专项改造内容，旨在解决基层灌区设施运行痛点，提升农田灌溉规范化、高效化运行水平。

1 节水灌溉工程配套设施概述

1.1 节水灌溉配套设施核心界定

节水灌溉工程配套设施是农田灌溉系统的重要组成部分，服务于水源输送、水量调控、田间灌水及日常管护全过程。整套设施主要包括输水渠道、压力管道、过滤设备、调压装置、水量计量设备、智能控制装置及防护配套结构等。不同于主灌溉设备，配套设施承担输水减损、稳压供水、精准配水的基础功能，能够有效解决传统灌溉输水渗漏、灌水不均、水量浪费等实际问题。各类配套设施相互配合、协同运行，直接影响农田灌溉的整体效率与工程运行稳定性，是实现农业节水灌溉、提升水资源利用率的关键基础条件。

1.2 节水灌溉技术体系分类及适用场景

结合农田灌溉工程应用形式与技术特征，现阶段主流节水灌溉技术可分为四类体系，各类技术设备结构、布设方式适配不同农田地形、作物类型与种植模式，技术应用针对性较强。（1）渠道防渗灌溉技术。该技术属

于传统节水改造技术，主要通过将原有土渠进行硬化、防渗处理，减少输水过程中的渗漏与蒸发损耗。该施工技术工艺简单、建设成本偏低，适配平原区规模化大田种植区域，尤其适用于小麦、玉米等粮食作物连片种植农田，对原有灌溉水系改造幅度小，适配基层大面积农田灌溉改造工程。（2）低压管道输水灌溉技术。该技术以管道替代传统渠系，实现封闭式输水，受外界环境影响较小。技术适配地形起伏较小、地块规整的农田区域，可适配粮食作物与经济作物种植，能够适配中小型灌区的标准化改造，是目前农田节水改造中应用最广泛的技术类型之一。（3）喷灌技术。该技术依托加压设备结合喷头完成田间均匀灌水，自动化程度相对适中。适配开阔平整、种植密度均匀的大田作物，也可用于苗圃、草场等区域灌溉，不适用于风力较大、地块碎片化的种植区域，大风环境易造成灌水分布不均。（4）微灌技术。包含滴灌、微喷灌等细分类型，灌水精度高、耗水量小。主要适配果蔬、花卉、大棚经济作物以及干旱缺水地区的精细化种植农田，适配山地、丘陵等不规则地块，是高效节水、精准灌溉的核心技术类型^[1]。

1.3 节水灌溉设施效能评价标准

现阶段节水灌溉设施效能评价严格遵循国内现行水利行业规范与评价体系，结合农业灌溉工程相关技术标准开展综合评定。评价体系以量化指标为核心，主要涵盖灌溉水有效利用系数、渠系输水利用效率、田间灌水均匀程度、设备长期运行完好率以及水量计量精准度等关键参数。整体评价工作围绕设备技术性能、实际节水成效、系统运行稳定性以及后期管护适配性多个维度综合开展，能够客观反映配套设施的运行状态与应用价值。通过标准化、系统化的评价方式，可为现有设施结

构调整、设备优化升级、老旧设施改造更新提供科学参考,保障节水灌溉工程能够长期稳定发挥节水增效的核心作用。

2 节水灌溉工程配套设施现存问题

结合现阶段农田节水灌溉工程运行实际情况,多数地区配套设施在建设适配性、设备运行状态、智能配套及运维管理等方面存在以下问题:(1)输水配套设施老化破损问题突出。部分灌区渠道、输水管道建设年限较长,长期受水土冲刷、冻融及田间耕作影响,出现管道开裂、渠体渗漏、接口松动等病害。同时早期建设的输水设施管径、渠体断面设计标准偏低,与当前规模化灌溉用水需求不匹配,输水损耗偏大,整体输水效率达不到设计标准。(2)田间配套设备适配性不足。田间灌水器、喷头、过滤调压设备存在选型同质化问题,未结合地块地形、作物种类、土壤墒情差异化配置。部分设备安装布局不合理,存在灌水覆盖盲区,设备堵塞、调压失效等故障频发,田间灌溉均匀性较差。(3)智能计量与管控配套不完善。多数基层灌区仍沿用传统人工管控模式,水量计量、墒情监测、智能控水设备配套覆盖率低。现有智能设备存在布设零散、兼容性差、数据传输不稳定等问题,无法实现灌溉水量的精准调控与数据化管控。(4)设施运维管理体系滞后。灌区普遍存在重建轻管的现象,缺乏常态化检修、养护机制。设施故障排查不及时、老旧设备更新滞后,且基层管护人员专业能力不足,导致配套设施使用寿命缩短,运行稳定性持续下降^[2]。

3 节水灌溉工程配套设施优化总体方案设计

结合灌区地形条件、种植结构及用水现状,从以下方面制定整体优化方案,全面提升灌溉系统运行稳定性与适配能力。方案整体遵循因地制宜、分步改造、经济适用、长效运行的原则开展设计。(1)设施布局结构优化。针对原有输水线路布设不合理、管网渠系匹配度低的问题,结合地块规整程度与灌溉半径,重新梳理输水主干、分支管网布局。对老化、冗余、弯折较多的输水段落进行拆除与改线,优化渠管衔接节点,减少输水阻力与局部损耗,使整体灌溉覆盖范围与地块分布高度契合。(2)田间配套设备优化配置。摒弃同质化设备选型模式,根据区域土壤特性、作物类型、种植规模差异化选配灌水器、过滤设备、调压装置。统一设备规格标准,整改布局杂乱、安装错位的田间设施,消除灌溉盲区,提升田间灌水分配的均匀性与设备运行稳定性。(3)智能管控系统配套升级。补齐灌区监测、计量与调控设备短板,系统化布设墒情监测、流量计量及智能控

水装置。统一设备数据接口与运行标准,改善设备兼容性差、数据零散的问题,构建系统化、可监测、可调控的灌溉配套体系。(4)运维管理机制优化。结合工程改造同步完善管护体系,建立定期检修、设备轮换、故障台账管理制度。细化管护责任,规范设备日常养护流程,补齐基层管护技术短板,保障优化后的灌溉设施能够长期标准化稳定运行^[3]。

4 节水灌溉核心配套设施专项优化设计

4.1 输水设施专项优化

输水设施包含渠道与压力管道两大类型,是灌溉系统的基础组成部分,本次优化以病害处置、结构改造、线路调整为主要内容。(1)土渠及硬化渠道优化。对于出现坍塌、裂缝、表层脱落的原有硬化渠段,剔除破坏面层与松散基底,重新做垫层铺设与混凝土现浇处理。土质渠道统一采用现浇混凝土、预制板衬砌方式完成防渗改造,根据渠道过水流量调整边坡比例与渠底纵坡,对局部淤积严重段落加深渠底、拓宽断面。交叉路口、机耕路段的渠道增设盖板与防撞结构,避免农机作业对渠体造成外力破坏。渠系分水口、衔接转角位置做圆弧处理,缩减局部水流扰动,降低紊流对渠壁的冲刷侵蚀。(2)压力输水管道优化。全面排查老旧钢管、塑料管,对壁厚不足、锈蚀严重、接口渗漏的管段整体更换,统一管材型号与公称压力。依据灌溉分区、最远供水距离重新核算管径,对供水末端压力不足的支管进行扩径改造。管道布设避开低洼积水区、重型机械通行区域,埋地管道严格控制覆土厚度,裸露管道增设支架固定。管道转弯、分叉、变径位置加装固定支墩,消除水流冲击带来的位移问题,提升管网整体结构刚度。(3)管网布局调整。拆除管网中多余迂回管段、废弃分支管路,缩短输水距离。按照片区划分主干管、分干管、支管三级架构,同一灌溉单元内管路走向保持规整,减少交叉重叠。高低落差较大区域分段设置缓冲结构,管控管路内部水压波动,规避水锤现象对管道造成的损伤。

4.2 田间灌水设施专项优化

田间灌水设施包括喷头、滴灌管、灌水器等设备,优化重点集中在设备选型、安装排布、结构改造三方面。(1)设备差异化选型。大田连片种植区域选用大射程旋转喷头,地块零散、行距规整的作物区域采用压力补偿式滴头与滴灌带,温室、大棚区域配套小型微喷设备。淘汰老旧易堵塞、出水不均的简易灌水器件,所有田间灌水设备统一工作压力参数,与前端调压装置匹配,保证水力工况协同一致。(2)安装排布优化。结合作物株距、行距确定灌水设备间距,喷头布设保证喷洒

范围相互搭接,不留灌溉空白区域。滴灌管沿作物种植行直线铺设,管身保持水平,避免因坡度造成局部出水偏差。地面外露的灌水管线采用卡扣固定,防止风力、农事活动导致管线移位。(3)局部结构改造。在灌水器进水口处增设小型防堵滤网,针对水质含沙量偏高的区域,加大滤网孔径与布设密度。喷头支架根据作物生长高度调整架设高度,高秆作物适当抬高安装位置,低矮作物降低架设高度。对频繁出现断裂、松动的接头部件,更换为卡扣式、螺纹加固型连接件,提升接口部位的密封性能与抗形变能力^[4]。

4.3 智能计量与调控设施专项优化

针对现有计量设备精度不足、调控装置老化、系统联动性差等问题,开展设备更换、点位增补、线路整改工作。(1)水量计量设备优化。拆除失灵、读数偏差大的老式水表,主干渠、主干管、分区支管依次加装对应量程的智能流量计。计量点位设置在水流平稳、无漩涡的直段位置,前后保留规定长度的平直管段。所有计量设备统一校准标准,固定安装基座,避免震动影响计量精度。(2)压力调控设备改造。对调压阀、减压阀、闸阀等控制部件逐一检修,更换密封件老化、启闭卡滞的阀门设备。在管网分区节点、地势突变位置增设调压装置,分段管控管网压力。手动控制阀门加装启闭刻度标识,便于现场操作与状态记录。(3)线路与控制系统整改。梳理田间外露电缆、信号线路,破损线缆全部更换,线缆沿管线集中布设并做套管防护。整合原有零散控制终端,统一通信协议与设备接口,实现分区设备集中管控。控制室内部整理线路排布,划分强弱电区域,加装防潮、防尘防护结构,适配野外露天的复杂运行环境。

4.4 过滤与附属辅助设施专项优化

过滤、排气、排水、防护等附属设施直接影响整套系统运行稳定性,结合水源水质与运行工况完成系统性优化。(1)过滤设施升级。水源入口处增设多级过滤装置,依次搭配沉淀池、砂石过滤器、网式过滤器,根据水体含沙、含杂情况调整滤网目数。过滤器进水管

路做对称布置,旁通管路保持通畅,便于设备检修与冲洗。过滤设备底部设置排污口,配套简易排污管路,实现泥沙、杂质定期外排。(2)排气与排水设施优化。在管网最高点、长距离水平管段、管路转弯顶端加装自动排气阀,及时排出管内积气。管网低洼处、分区末端设置放空排水阀,冬季停运、设备检修时可快速排空管内积水。排水管路接入田间排水沟渠,避免积水漫流浸泡农田与管路基础。(3)防护与配套结构完善。室外电气设备、控制箱体加装防雨罩与防盗锁,箱体底部做抬高处理,防止雨水倒灌。露天布置的金属构件、管道支架涂刷防腐防锈涂层。设备集中区域划定防护范围,设置简易围挡与警示标识。泵房、阀井内部清理杂物,修整地面与踏步,完善井体盖板、防水密封等结构,提升构筑物密闭性与使用年限^[5]。

结束语:本文通过梳理节水灌溉配套设施体系与技术特征,明确了当前灌区设施运行存在的各类结构性与管理性问题,结合现场实际条件制定了整体优化方案与分项专项优化措施。从输水结构改造、田间设备优化、智能管控升级到辅助设施完善,形成一套贴合基层农田、可落地的设施改造优化体系。通过差异化设备配置、管网渠系整改和管护机制完善,可有效改善灌溉输水效率与田间灌水质量,降低设施故障率。

参考文献

- [1]单启伦,王焜.水利灌区续建配套和节水改造工程的施工方法研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2026(2):075-078.
- [2]刘德仲.农业节水灌溉工程建设面临的现实困境与优化对策[J].农村科学实验,2025(19):111-113.
- [3]饶庆琛.基于水文模型分析的灌区续建配套与节水改造工程优化研究[J].地下水,2025,47(2):137-139.
- [4]张治浩.高效节水灌溉工程优化设计要点研究[J].水上安全,2025(14):109-111.
- [5]高克成.高标准农田水利灌溉设施技术的优化设计与实施效果分析[J].河北农业,2026(1):129-130.