

节水技术在灌区工程中的应用

刘亚龙

隆德县渝清水务有限责任公司 宁夏 固原 756300

摘要：本文针对灌区工程传统灌溉模式中输水渗漏蒸发、田间漫灌浪费及排水尾水外排等水资源损耗问题，系统分析了低压管道输水、喷灌及微灌三种节水技术的工作原理与适用条件。低压管道输水技术以封闭管网替代明渠，适用于主干输水线路改造；喷灌技术通过加压喷洒实现均匀灌溉，适配大田粮食作物规模化种植场景；微灌技术以滴灌与微喷灌结合，满足经济作物及沙壤土灌区的精准灌溉需求。文章进一步指出当前节水工程应用中存在配套设施不完善、设备运维缺失及技术选型与工况不匹配等问题，并从全配套施工、专属运维体系建设及因地制宜选型三个维度提出优化措施，为灌区节水工程全流程管控提供技术支撑。

关键词：灌区工程；节水技术；应用

引言：灌区是我国农业灌溉用水的主要载体，其灌溉效率直接关系到区域粮食安全与水资源可持续利用。当前大量灌区仍沿用传统土质明渠输水与地面漫灌模式，输水环节渗漏蒸发损耗严重，田间灌溉均匀度差、深层渗漏与地表径流损失并存，排水尾水无法回收利用，整体水资源利用效率偏低。在水资源约束日益趋紧的背景下，推广应用低压管道输水、喷灌、微灌等节水技术，已成为灌区提质增效改造的必然选择。本文从传统灌溉模式水资源损耗节点分析入手，系统梳理三类节水技术的工作原理与适用场景，并针对工程应用中存在的配套不足、运维缺失及选型偏差等问题提出优化措施，旨在为灌区节水工程的科学规划与规范实施提供系统性技术参考。

1 灌区工程传统灌溉模式存在的水资源损耗问题

在引入节水技术之前，首先明确传统灌区工程全流程的水资源损耗节点，精准定位节水改造的核心方向，损耗主要集中在输水、田间灌溉、田间排水三个环节。（1）输水环节损耗。传统灌区以土质明渠为主要输水载体，渠道边坡、渠底土体孔隙大，沿线土壤渗漏量极大；同时明渠水体直接与空气大面积接触，日间蒸发损耗不可忽视，尤其是北方干旱、半干旱灌区，蒸发损耗占比可达输水总量的15%以上。此外，老旧渠道存在边坡坍塌、渠面破损等病害，进一步加剧输水漏损。（2）田间灌溉环节损耗。传统地面漫灌依靠田间自然地势水流扩散灌水，无法精准控制灌水量与灌水时间，地势低洼区域出现积水深层渗漏，地势偏高区域灌溉水量不足，灌水均匀度极差；同时大面积田间积水会加大土壤表层水分蒸发，作物根系区域水分供需无法匹配，既浪费水资源，也影响作物水肥吸收效果。（3）田间排水次生损耗。传统灌区田间排水系

统与灌水系统相互独立，降雨多余积水、田间灌溉尾水直接外排，无法实现农田尾水回收再利用，加剧区域水资源供需矛盾。以上三类固有损耗，也是灌区节水技术改造需要重点解决的工程问题^[1]。

2 灌区工程常用节水技术类型及工作原理

2.1 低压管道输水节水技术

低压管道输水节水技术主要针对灌区输水环节水量损耗问题进行系统改造，核心是摒弃传统土质明渠输水方式，采用硬质PVC管、PE管、钢筋混凝土压力管道等封闭管材替代明渠，实现远距离密闭输水。整套系统由取水首部枢纽、输水干管、支管及田间分水阀口四部分组成，依靠低压水压推动水体在密闭管道内连续输送，全程水体不与外界土壤及空气直接接触。其节水核心原理在于：封闭管道从根本上杜绝了渠道土体渗漏问题，同时消除了明渠水面因长距离暴露而产生的蒸发损耗。此外，管道输水流动态稳定、水流速度均匀，可通过分水阀口精准调控各支管流量，有效避免输水过程中因水流溢出或漫流造成的水量浪费，输水控制精度远高于明渠输水。该技术主要应用于灌区总干渠、支渠等主干输水线路改造及分区输水工程，是老旧灌区降低输水环节损耗的首选技术方案^[2]。

2.2 喷灌节水技术

喷灌属于田间加压灌溉节水技术，系统主要由加压水泵、输水管道及喷头三部分组成。其工作原理为：通过加压水泵提升灌溉水体压力，高压水体经由田间管网输送至喷头位置，喷头将高压水流切割分散为细小水滴，以均匀喷洒的形式覆盖农田土壤表层。该技术无需在田间开挖灌水沟渠，从根本上省去了沟渠输水过程中的渗漏与蒸发损耗。同时可根据作物不同生长阶段的需水规律及土壤含水率状况，灵活调控喷洒水量与喷洒范

围,避免传统大水漫灌造成的深层渗漏与地表径流损失,灌溉用水效率显著高于地面灌溉方式。按照工程布设形式,喷灌系统可分为固定式喷灌与半移动式喷灌两种类型。固定式喷灌适用于灌溉频次高、地块长期固定的场景;半移动式喷灌主干管网固定、支管与喷头可移动调整,适用于种植结构需定期调整的灌区。该技术主要适配小麦、玉米等大田粮食作物的规模化灌溉场景,是灌区田间节水改造的重要技术方案。

2.3 微灌节水技术

微灌是目前精准度最高的田间节水灌溉技术,主要包含滴灌与微喷灌两种主流形式。系统由过滤器、水肥一体机、输水管网及滴头或微喷头四部分组成。水体经多级过滤处理后,以低压小流量形式通过输水管网直接输送至作物根系附近土壤区域,实现局部精准灌溉。

(1)区别于喷灌全域洒水的作业模式,微灌仅湿润作物根系区土壤,大幅减少了土壤表层因大面积暴露而产生的无效蒸发损失。同时系统可依托水肥一体机实现水肥同步施用,将可溶性肥料与灌溉水充分混合后精准输送至根区,避免肥料随大水量灌溉向深层渗漏或随地表径流流失,在显著节水的同时有效提升肥料利用效率。

(2)该技术因对灌溉精准度要求高,多应用于果蔬、苗木等经济作物种植灌区,以及土壤孔隙大、保水保肥能力差的沙质土壤灌区,是实现精细化农业灌溉、提升水肥利用效率的核心技术方案。

3 节水技术在灌区不同工程场景的具体应用

3.1 灌区主干输水工程:低压管道输水技术应用

老旧灌区明渠输水存在渠道渗漏量大、水面蒸发损耗严重等突出问题,导致大量灌溉水量在输送环节损失。在灌区总干渠与支渠改造工程中,应全面推广低压管道输水技术,以封闭式管道替代开放式明渠,从根本上消除输水环节的渗漏与蒸发损耗。(1)工程施工中应结合灌区设计输水流量、输水距离及地形高差合理选型管道规格。长距离主干输水管道宜选用钢筋混凝土低压管,该管材承压能力强、抗渗性能优异、耐久性好,适用于总干渠及支渠等大流量长距离输水场景。田间分支短距离输水可选用轻质PE软管,材质轻便、安装灵活,能够有效降低施工难度与工程造价。(2)管网系统设计中,应在关键节点安装调压阀与排气阀。调压阀用于控制管网运行水压处于设计允许范围内,防止因水压过高导致管道破裂;排气阀用于及时排出管内积聚气体,消除气阻现象,保障输水流量稳定。工程完工后应逐段进行管网通水试压,检测管道接口密封性与承压性能。实际工程监测表明,采用低压管道输水技术后,灌区输水

利用系数较土质明渠大幅提升,输水效率显著提高,彻底解决了明渠输水环节的水量损耗问题^[3]。

3.2 大田粮食作物灌区:喷灌技术应用

小麦、玉米等大田粮食作物种植面积广、地块规整、田面开阔,具备采用半移动式喷灌系统的良好条件。(1)该系统在工程施工中固定主干加压管网及首部泵站设施,田间支管与喷头可根据作物种植行距及地块尺寸灵活移动调整,无需在全域范围内铺设固定管网,在保障灌溉覆盖效果的同时有效控制工程建设成本,兼顾了节水效果与经济性。(2)灌溉作业时,应依据作物不同生育期的需水规律科学设定喷洒时长与运行水压。苗期作物根系尚未发育完善,应适当减少单次灌水量,避免田间积水导致根系缺氧;拔节期与灌浆期为作物需水关键期,应适度增加灌水量与喷洒频次,满足作物生长发育对水分的集中需求。同时应结合当日风速与气温条件调整作业参数,减少风飘蒸发损失。(3)该模式相较于传统地面漫灌,可显著减少田间深层渗漏与地表径流损失,大幅提高田间灌溉水利用效率。此外,喷灌系统替代了传统漫灌所需的田间修渠、平整地等大量人工操作,有效降低了田间灌溉的人工成本与劳动强度,是大田粮食作物灌区节水增效的优选技术方案。

3.3 经济作物及沙壤土地灌区:微灌技术应用

设施农业大棚、露天果蔬种植灌区及沙质土壤灌区,因作物需水精准度高、土壤孔隙大、保水保肥能力差,应全部采用滴灌与微喷灌相结合的微灌系统。该系统可将灌溉水直接输送至作物根区,最大限度减少水分在输送与入渗过程中的无效损耗。(1)工程布设中,滴灌带应紧贴作物根部地表铺设,确保水分直接渗入根区土壤,减少地表蒸发损失;微喷带用于植株冠层加湿与降温,满足果蔬类作物对叶面湿度的特殊需求。系统应配套砂石过滤器与网式过滤器双重过滤装置,对灌溉水源进行逐级过滤,有效拦截水体中的泥沙与杂质,杜绝滴头堵塞现象,保障系统长期稳定运行。(2)应依托水肥一体化设备,将可溶性肥料按作物需肥规律与灌溉水充分混合后,同步输送至作物根系区域,实现灌溉与施肥一体化作业,避免肥料随大水量灌溉向深层渗漏或随地表径流流失。实际工程表明,微灌技术较传统灌溉方式可大幅提高田间节水效率,肥料利用效率显著提升,充分适配精细化农业灌溉需求,是经济作物及沙壤土地灌区实现节水增产的核心技术方案。

4 节水技术在灌区工程应用中存在的问题及优化措施

4.1 存在的问题

(1)工程配套设施施工不完善。部分灌区节水改

造只注重主管道、主灌溉设备安装,忽略调压、过滤、排水等附属配套工程施工。例如微灌系统未安装合格过滤器,长期运行后泥沙堵塞滴头;管道输水工程未设置泄水井,冬季管道存水无法排出,低温冻裂管网;喷灌系统无稳压设备,田间不同位置水压差异大,导致灌溉均匀度不达标,整体节水效果大打折扣。(2)田间设备常态化运维缺失。灌区运维人员多沿用传统明渠管护模式,缺乏节水灌溉专用设备运维经验。喷灌喷头老化破损未及时更换、滴灌带使用后残留水肥杂质未清洗、管道接口松动漏水等问题普遍存在,设备长期带故障运行,不仅降低节水效率,还会缩短整套节水系统使用寿命,增加后期工程返修成本。(3)节水技术选型与灌区工况不匹配。部分灌区工程存在盲目选用高端节水设备的问题,山地起伏较大的小型灌区强行铺设固定式喷灌管网,地形高差导致管网水压失衡;低洼黏土地质灌区使用滴灌技术,土壤排水性差引发根系积水烂根,不仅无法发挥节水优势,还影响作物正常生长,造成工程投资浪费^[4]。

4.2 针对性工程优化措施

(1)完善节水工程全配套设施施工。在节水工程设计与施工阶段,同步规划主设备与附属配套设施。所有加压灌溉系统统一配置多级过滤装置;地下输水管道每隔合理距离设置排气阀与泄水井,适配北方冬季低温防冻需求;分片灌溉区域加装独立调压阀,均衡田间管网水压,保障整片灌区灌溉水量均匀。施工阶段同步做好管道覆土防护、设备基座加固工作,规避工程施工缺陷。(2)建立灌区节水设备专属运维体系。结合不同节水设备结构特点,制定分类型运维方案:灌溉季后全面清洗管网、滴头、喷头内部杂质;每季度检查管道接口、阀门密封性,及时修补漏水点位;每年冬季来临前排空管网内部积水,做好地上喷头设备收纳防护。同时对现场运维人员开展设备实操与检修培训,提升一线人员设备管护能力,保障节水系统长期稳定运行。(3)

立足灌区实际工况因地制宜选型。工程前期开展灌区地形、土壤、作物类型实地勘测,按需匹配节水技术:地势平坦、大面积大田作物优先选用半移动式喷灌;山地高差较大灌区优先采用分段调压管道输水+局部微喷灌组合模式;低洼黏土灌区减少滴灌使用比例,搭配浅式喷灌避免土壤积水;小型零散农田无需铺设固定式管网,选用移动轻便喷灌设备,控制工程建设成本,实现技术与现场工况精准适配^[5]。

结束语

节水技术在灌区工程中的系统化应用,是破解农业用水供需矛盾、提升灌溉水利用效率的核心路径。本文围绕灌区传统灌溉模式中输水渗漏、田间漫灌浪费及排水尾水外排三大损耗环节,系统阐述了低压管道输水、喷灌及微灌三种主流节水技术的工作原理,并结合主干输水工程、大田粮食作物灌区及经济作物与沙壤土灌区三类典型场景,明确了各技术的适用条件与施工管控要点。同时,针对当前工程配套不完善、运维缺失及技术选型与工况不匹配等突出问题,提出了全配套设施施工、专属运维体系建设及因地制宜选型三项优化措施。灌区节水改造需坚持技术选型与现场工况高度适配、工程建设与后期管护并重的原则,方能实现水资源利用效率与工程综合效益的持续提升。

参考文献

- [1]厉泽辉.信息化技术在灌区节水灌溉工程中的应用与挑战[J].高科技与产业化,2024,30(12):40-42.
- [2]陈俊.水利信息化技术在灌区节水灌溉工程中的应用分析[J].水上安全,2024(14):70-72.
- [3]张齐兵.节水灌溉技术在农田水利工程中的应用探讨[J].当代农机,2024(9):48-48+50.
- [4]王振南.节水灌溉技术在农田水利工程中的应用研究[J].陕西水利,2024(5):95-96+102.
- [5]吴生荣.节水灌溉技术在农田水利工程中的应用探讨[J].河北农机,2024(10):94-96.