

高效节水滴灌在宁夏中部干旱带的应用

李 晶

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司 宁夏 银川 750000

摘要：宁夏中部干旱带地处黄土高原和鄂尔多斯台地东部，地貌类型南部以黄土丘陵沟壑区为主，北部为丘陵台地。气候特征：干旱少雨，降雨集中，蒸发强烈，风大沙多，日照充足。总人口占全区总人口的50%，在自治区的发展中具有举足轻重的地位。水资源短缺成为当地经济发展的制约因素，发展高效节水灌溉，推动农业规模化种植、标准化生产、集约化经营，实现粮食稳产增产，农民稳步增收，以水资源的可持续利用保障农业和经济社会的可持续发展意义重大。

关键词：高效节水滴灌；宁夏扬黄灌区；宁夏中部干旱带

引言

宁夏中部干旱带地处宁夏回族自治区中部，地处西北内陆。属温带大陆性季风气候。年降水量分配不均，年均降雨量仅200毫米左右，蒸发量却高达2000毫米，水资源极度匮乏。土壤以灰钙土，沙壤土为主，颗粒组分以中粉砂，细砂和中砂为主，土壤含水率低，土壤结构疏松、粘性差，抗风蚀能力弱，区域植被覆盖率低。主要包括盐池县、同心县、红寺堡开发区及利通区山区，海原县、中宁县山区部分和中卫山区部分，固原市的原州区北部、及银川市的灵武山区部分。近年来宁夏中部干旱带地区积极推进高效节水微灌等先进的节水灌溉技术改造，提升对水资源的利用效率。高效节水灌溉率达到73%以上，农业用水占比由82.8%下降至70.4%，农田灌溉水有效利用系数达0.768。

1 高效节水滴灌系统分类及组成

1.1 微灌分类

微灌（micro irrigation）是按照作物需求，通过管道系统与安装在末级管道上的灌水器，将水和作物生长所需的养分以较小的流量，均匀、准确地直接输送到作物根部附近土壤的一种灌水方法。与传统的全面积湿润的地面灌和喷灌相比，微灌只以较小的流量湿润作物根区附近的部分土壤，因此，又称为局部灌溉技术。根据灌水器的不同又分为滴灌、微喷灌和涌泉灌。宁夏中部干旱带由于水资源极度缺乏，主要种植作物有玉米、马铃薯等，高效节水微灌主要为滴灌^[1]。

1.2 滴灌系统组成

典型的滴灌系统通常由水源工程、首部枢纽工程和田间输配水管网工程三部分组成。

水源：江河、渠道、湖泊、水库、井、泉等均可作为微灌水源，但其水质需符合微灌要求。

首部枢纽：包括水泵、动力机、肥料和化学药品注入设备、过滤设备、控制器、控制阀、进排气阀、压力流量量测仪表等。

输配水管网：输配水管网的作用是将首部枢纽处理过的水按照要求输送分配到每个灌水单元和灌水器，输配水管网包括干、支管和毛管三级管道。毛管是微灌系统的最末一级管道，其上安装或连接灌水器。

灌水器：灌水器是直接施水的设备，其作用是消减压力，将水流变为水滴或细流或喷流状施入土壤。

2 以《同心县高标准农田及现代高效节水灌区建设项目》为例阐述高效节水滴灌在宁夏中部干旱带中的应用

2.1 灌区概况

同心县扬黄灌区位于宁夏中部干旱带的核心区，扬黄工程有固海扬水、固海扩灌扬水、红寺堡扬水、盐环定扬水工程四大工程，灌区分为扬黄灌区和旱改水灌区。其中扬水工程涉及的扬黄灌区农业灌溉以大水漫灌为主，水资源利用效率相对较低，农业生产效益低而不稳；扬水工程辐射的旱改水灌区，通过中低产田改造、农业综合开发、高效节水等工程实施，大力发展高效节水灌溉。同心县计划2023年至2026年分年度通过实施高标准农田及现代高效节水项目，变“大水漫灌”为“精准滴灌”，实现县域高效节水农业全覆盖，推动农业规模化种植、标准化生产、集约化经营，实现粮食稳产增产，农民稳步增收，以水资源的可持续利用保障农业和经济社会的可持续发展。

2.2 灌区规模

同心县扬黄灌区现状灌溉面积80万亩，已实施节水灌溉面积53.65万亩，未实施高效节水灌溉面积26.35万亩，主要分布在河西镇、丁塘镇、豫海镇、兴隆乡、王团镇。按照同心县扬黄灌区全灌域实现高效节灌方式的

目标, 项目规划对同心扬黄灌区所辖的高效节水未覆盖区域进行高效节水全覆盖, 项目建设规模30.00万亩, 其中改造提升高标准农田(渠改滴)26.35万亩, 改造提升高效节水3.65万亩。

2.3 灌区滴灌设计参数选取

以种植玉米为例, 根据相关规范结合灌区实际, 确定基本参数。

(1) 设计灌水定额的计算

$$m_{\max} = 0.001\gamma zp(\theta_{\max} - \theta_{\min})$$

式中:

m_{\max} —最大净灌水定额(mm);

z —土壤计划湿润土层深度(cm);

p —土壤湿润比(%);

θ_{\max} 、 θ_{\min} —适宜土壤含水率上、下限(重量百分比);

灌区土质以砂壤土为主, 土壤容重为 $1.42\text{g}/\text{cm}^3$, 土壤湿润比22%。玉米根系活动层深度为30-40cm, 则玉米作物的计划湿润层深度选为50cm。计算得玉米设计净灌水定额25.38mm, 毛灌水定额27.78mm。

(2) 最大灌水周期

$$T_{\max} = m_{\max} / I_a$$

式中:

I_a —设计耗水强度(mm/d)。

根据《微灌工程技术标准》GB/T 50485-2020中规定玉米滴灌设计耗水强度取5-9mm/d, 结合宁夏近几年滴灌工程设计经验, 灌区玉米设计耗水强度取值为5mm/d。计算得玉米最大灌水周期5.08天, 设计取值5天。

(3) 一次灌水延续时间计算

对于 n 个灌水器绕植物布置时:

$$t = m' S_r S_l / n q_d$$

式中:

m' —设计毛灌水定额;

S_r —植物的行距;

S_l —植物的株距;

q_d —灌水器设计流量;

n —每株植物的灌水器个数。

玉米一般为宽窄行种植, 宽行行距0.7m, 窄行行距0.4m, 株距0.3m, 湿润带为带状, 滴灌带(毛管)适宜采用“两管一行”的布设模式。适宜的滴头间距为0.3m, 滴头流量1.38L/h。计算得玉米一次灌水时间6小时。

(4) 系统最大轮灌组数计算

$$N \leq C \cdot T / t$$

式中:

N —设计最大轮灌组数, 个;

C —系统日工作时间, h;

T —设计灌水周期, d;

t —设计每次最大灌水时间, h;

计算玉米最大轮灌组数为18.3组, 取值18组。

根据以上计算可知, 土壤计划湿润土层深度、微灌设计土壤湿润比、适宜土壤含水率上、下限等直接关系到设计毛灌水定额的大小。设计耗水强度的大小则直接关系到系统灌溉“快”与“慢”的问题。设计耗水强度越大, 则灌水周期越短, 可轮灌组数越少, 灌水越“快”, 同时系统流量越大, 田间灌溉管网管径越大, 工程投资也越高。相反设计耗水强度越小, 则灌水周期越长, 可轮灌组数越多, 灌水越“慢”, 同时系统流量越小, 工程投资也越低。所以说高效节水滴灌基本设计参数的选取尤为重要^[2]。

2.4 灌区灌溉系统组成

(1) 水源工程

水源工程指可利用的已建或新建的水库和蓄水池。灌区通过利用已建水库或蓄水池控制灌溉面积12.5万亩, 通过新建蓄水池控制灌溉面积13.85万亩。

(2) 首部枢纽

滴灌工程的首部通常由水泵及电机、水质过滤设备、测控设备、施肥装置等组成, 其作用是从水源提水加压, 通过施肥机将肥料注入滴灌系统中, 然后由过滤设备过滤后输入田间管网。根据取水方式不同泵房形式可采用固定干室型泵房、移动浮筒式泵房和泵车式泵房, 水泵及动力机选型可选用流量小、扬程高的潜水泵及离心泵。灌区水源为扬黄水, 根据水质特点及滴灌对水质的要求, 宜采用分级处理, 来水先进入水源工程中的水库或蓄水池, 在水库或蓄水池中大部分粗颗粒泥沙得以沉淀, 为了防止滴灌带淤堵, 还需采取进一步的过滤措施, 借鉴宁夏实施项目的建设经验, 适宜的过滤设备形式为砂石+叠片过滤器组合方式(压力式可调节反冲洗)。测控装置主要为水泵进出口的控制阀门、压力表、排气阀、磁卡式水表、电磁流量计等, 目前比较常用的测流设备为电磁流量计。滴灌与施肥一体化是实现增产、增收的关键。目前, 常用的滴灌系统施肥形式有压差式施肥罐、文丘里施肥器、水力驱动施肥泵和电动注肥泵、泵吸肥法及智能水肥一体机等。智能水肥一体机由控制系统、进水系统、进肥系统、加压系统、出水(出肥)系统及管路阀件等附属设备组成。肥料采用复合肥, 智能水肥一体机能够通过自动控制系统来自动控制水肥比, 实现灌区高效节水灌溉的自动化和智能化。溶肥系统可选的形式有溶肥罐、溶肥池等形式, 溶肥罐

一般容积较小、但占地面积小，节约位置及投资；溶肥池容积可以做大，方便施肥，但是占地面积大，造价偏高，目前较常应用的为地下室施肥罐形式。

(3) 田间输配水管网

首部枢纽后接田间输配水管网，管网分四级管道，分别为干管、分干管、支管、滴灌带，其中干管和分干管采取地埋方式，支管和滴灌带采取地面铺设方式。以灌溉作物为玉米为例，毛管选用Φ16内镶贴片式滴灌带，滴头间距0.3米，滴头流量1.38L/h，沿等高线布置，单向最大铺设长度宜为60米；支管选用Φ75Pe软带，垂直毛管布置，单向最大铺设长度宜为40米，一对支管即一个出水栓最大控制面积14.4亩；分干管选用de160~de90 PVC-U管，垂直支管沿现状农渠布置，自动化控制阀设置于分干管首段，分干管适宜控制出水栓个数为1~3个，设计流量在40~120m³/h左右。干管选用de315~de200 PVC-U管，为便于运行期检修可沿现状道路布置，管道分水处设控制检修阀井^[3]。

(4) 灌水器

不同的作物对灌水的要求不同，相同作物不同的种植形式对灌水的要求也不同。对于大田条播作物，如蔬菜、棉花等，要求带状湿润土壤，需要大量的、廉价的毛管和灌水器，如滴灌带等；而对于果树及高大的林木，其株行距大，毛管和灌水器需要绕树湿润土壤。作物不同的株行距种植模式，对灌水器流量、间距要求也不同。根据2.3节滴灌设计参数选取结果，玉米湿润带为带状，滴灌带（毛管）适宜采用“两管一行”的布设模式，适宜的滴头间距为0.3m，滴头流量1.38L/h。适宜采用内镶贴片式滴头，采用圆柱形迷宫式滴头，长而宽的密封流道。这种工艺使水在管内形成汹涌的水流，抗堵塞性能强，且每个滴头可配两个出水口，当系统关闭时可避免土壤颗粒“吸回堵塞”的危险^[4]。

2.5 灌区自动化及信息化设计

项目建设基于宁夏高效节水农业信息管理系统进行项目片区高效节灌自动化建设，基本功能主要满足操作人员对灌溉过程现地操作、远程控制和运行管理的直接需要，完成田间的阀门启闭控制和首部运行监控任务。主要建设内容包含同心县总控中心1座，各乡镇分控中心

9座、首部枢纽现地级自动化、配水管线分水阀井现地级自动化、田间管网压力监测以及灌区田间控制阀控制系统，调蓄水池视频监控系统及安全监测系统，系统实现功能包括：实现与平台的远程通讯和人机交互，实现各类监视、监测信息向软件平台传输功能，保证灌溉系统按照设定的灌溉制度、运行参数安全可靠运行；实现通过计算机、手机等操作终端远程启闭阀门、定时或定量灌溉、制定和执行轮灌计划、反馈阀门工作状态；实现对首部的水位、流量、压力、能耗等参数监测，实现首部供水累计水量的记录、存储；实现灌溉管网关键点压力和流量采集、监测、存储，满足灌溉过程操作和决策分析的需要；可通过计算机、手机等操作终端实现远程开关阀门、执行轮灌计划、反馈阀门状态；实现田间设备与首部设备联动控制功能；远程控制首部水泵的启/停，并与田间灌溉控制阀门开关和计划轮灌实时联动，实现首部压力、流量控制。

结束语

实行节水灌溉技术可以减少无效耗水，从而缓解水资源供应紧张的问题，改善生态环境，促进农业的可持续发展；实行节水灌溉技术可以根据作物不同时期的实际需求调节灌溉量，并结合水肥一体化技术为农作物创造一个更加适宜的水分、肥力条件，保障作物生长。同时利用基于互联网的现代化智能高效节水灌溉系统，可有效降低农作物生产过程中的用水量，提高灌溉水利用效率；节省人力，提高肥料利用率，节约肥料投入成本；降低因过量灌溉施肥引起的地下水的污染，提高作物的产量、品质、生产水平和生产效益，实现农业增产、农民增收。

参考文献

- [1]刘彦伶,顾鑫.节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J].技术与市场,2019,(02):22-23.
- [2]孙晓梅.农田水利工程节水灌溉技术的应用与实施要点研究[J].农业科技与信息,2019,(05):49-50.
- [3]殷平成.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J].湖北农机化,2020,(06):50-51.
- [4]王长栋.小型高标准农田水利工程建设现状与思考[J].农业开发与装备,2020,(17):134-135.