

徐州易涝农田灌排蓄渗降系统治理 创新技术体系及治理模式研究

梁森¹, 曹滨¹, 韩莉²

(1.徐州市河湖管理中心, 江苏 徐州 221018;

2.徐州市水利工程建设管理中心, 江苏 徐州 221018)

摘 要: 徐州现状灌排模式难以解决农田节水、超设计标准暴雨涝渍灾害和面源污染问题, 为实现农田节水、蓄雨、排涝、降渍、防污的系统治理, 在“以水定地”确定灌溉发展规模和作物种植布局、易涝渍风险度分区评估、试验确定主要作物土壤水分适宜控制指标的基础上, 于 2019—2021 年开展了不同类型易涝农田灌排蓄渗降系统治理试验, 提出了徐州易涝农田灌排蓄渗降系统治理创新技术体系, 形成了 5 种不同类型易涝农田适宜的治理模式。相比常规灌排模式, 灌排蓄渗降系统治理模式能够有效减少灌排水量、灌排水次数、作物涝渍风险和面源污染。灌排蓄渗降系统治理模式具有节约灌溉用水、提高雨水利用率、减排防污、增加浅层地下水量、减少水土流失等优势。

关键词: 易涝农田; 系统治理; 灌排蓄渗降新技术

中图分类号: TV213

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2023487

梁森, 曹滨, 韩莉. 徐州易涝农田灌排蓄渗降系统治理创新技术体系及治理模式研究[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(Supp.1): 213-218.

LIANG Sen, CAO Bin, HAN Li. Research on Innovative Technology System and Governance Model of Irrigation, Drainage, Storage, and Seepage Reduction System for Waterlogged Farmland in Xuzhou[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2023, 42(Supp.1): 213-218.

0 引言

徐州地处黄淮海平原东南部, 受气候、地形、区域排涝能力等条件的影响, 涝渍灾害频发。研究表明, 适宜的灌排模式能起到节水、减排、控污、增产的效果^[1-4]。徐州易涝农田亟需在现状农田水利灌排工程基础上, 提高资源利用率、减少灌排水量、提高农作物产量。本研究基于灌排蓄渗降工程技术创新体系, 提出了徐州易涝农田灌排蓄渗降系统治理创新技术体系及治理模式。

1 研究区概况

徐州市位于黄淮海平原东南部。全市年平均降水量为 825.2 mm, 年平均水面蒸发量为 873.9 mm, 属于湿润半湿润气候过渡带。徐州市土层深厚, 浅层地下水位埋深较低, 地下水位以上的土壤具有巨大的储蓄水潜力, 是降水的最大调蓄场所^[5-6]。

2 徐州易涝农田灌排蓄渗降系统治理创新技术体系及治理模式

农田灌排蓄渗降系统治理根据农业可分配水量、耕地面积、涝渍风险度评估、土壤及水文地质条件, 确定灌溉发展规模和农业种植布局; 依据作物生长所需的农田水分适宜指标, 通过灌排蓄渗降工程技术创新, 实现雨水资源的时空均衡调节, 从而达到农田蓄雨、排涝、降渍、防污和保证灌溉水有效利用的效果。

徐州易涝农田灌排蓄渗降系统治理技术路线为: 在农渠控制田块范围内, 采用自动控制精量灌水、自动控制精确排水、蓄水、深层土壤渗蓄、渗井降渍除涝等创新技术设施, 实施不同类型易涝农田灌排蓄渗降系统治理。

2.1 水田灌排蓄渗创新技术体系及治理模式

精量自动控制灌水: 按照水稻沟田协同控制灌排技术, 利用田间自动控制进水闸门^[7]补充水分, 以满足水稻耗水需求。

精确自动控制排水: 按照水稻沟田协同控制灌排技术的不同生育期的排水指标, 利用稻田田间蓄雨自动控制排水口自动控制田间水深^[8], 排除水田多余的水分, 以满足水稻生长的适宜水层条件^[9]。

收稿日期: 2023-10-20 修回日期: 2023-11-02

基金项目: 江苏省水利科技计划项目(2019045、2021077); 徐州市科技计划项目(KC19219)

作者简介: 梁森(1967-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为农田水利、水文水资源。E-mail: xzsksls@163.com

©《灌溉排水学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议

沟井蓄水：利用灌区梯级河网和节制工程拦蓄地表径流，基于水稻不同生育期的耐淹特性，在田间加高田埂，采用田间蓄雨自动控制排水口、农沟自动控制蓄排水闸自动控制农沟蓄水^[10]；利用农田蓄雨排涝轻型渗井补给深层非饱和土壤水或浅层地下水^[11]，以充分利用雨水资源，减少排水量、灌溉水量和面源污染，实现雨水资源高效利用。

2.1.1 一般易涝区灌排蓄渗结合的水稻节水减排模式及其效果分析

在灌溉可用水源丰富、地下水位较低、土壤渗透性弱的涝渍中、低风险区域，扩大水稻种植面积，在完善现状灌排工程的基础上，根据农田土壤及水文地

质条件，选择灌排蓄渗结合的水稻节水减排模式，采用稻田田间蓄雨自动控制排水口、农沟自动控制蓄排水闸、农田蓄雨排涝渗井、田间自动控制进水闸门、毕托管与文丘利管差压分流式流量计等新技术^[12]对水田进行灌溉、蓄水和排水，实现稻田水位精准控制和农业水资源的高效管理。

1) 试验设计

于 2019—2021 年在睢宁试验基地布置了 2 种灌水（常规灌排、灌排蓄渗结合）处理，共 18 个试验小区，每个小区面积 48.2 m²，1—7 小区为灌排蓄结合的水稻沟田协同灌溉处理，8—20 为浅湿灌溉处理。不同灌排水方式处理控制参数见表 1。

表 1 不同灌排水方式处理控制参数

Table 1 Different irrigation and drainage treatment control parameters

灌溉技术		返青期	分蘖前期	分蘖后期	拔节孕穗期	抽穗开花期	乳熟期	黄熟期
常规灌排	灌水上限/mm	30	30	30	20	20	20	0
	灌水下限/%	100	100	60~70	100	100	100	60~70
	蓄雨上限/mm	100	70~80	30	80	90	80	60~70
灌排蓄渗结合	灌水上限/mm	30	30	20	40	40	30	30
	灌水下限/%	100	70~90	60~70	70~80	80~90	80~90	70~80
	蓄雨上限/mm	70	80~100	-	150	150	150	-
	临时蓄雨上限/mm	100	150	-	200	200	150	0
	允许滞蓄时间/h	24	24	-	24	12	24	-
	脱水后灌水时间/d	无水即灌	2	3	2~3	2~3	2~3	自然落干

注 表中的百分数为根层土壤含水率占饱和含水率的百分数。

灌排蓄渗的沟田协同灌溉处理在各试验小区进水口安装田间自动控制进水闸门或田间自动控制进水管，以准确控制灌水指标。在各小区安装稻田蓄雨自动控制排水口，在毛沟、农沟出水口安装自动控制蓄排水闸。毛沟内设置 3 个农田蓄雨排涝轻型渗井，孔径 110 mm，管径 75 mm，深度 4.0 m。灌排蓄渗结合的渗井入渗水量通过水量平衡计算。

常规灌排采用与稻田田间蓄雨自动控制排水口相似的排水口门控制，其闸板上不设排水孔，可拆换闸板的高度与常规灌溉设计蓄水上限一致。当降水量超过设计浅湿灌溉的蓄水上限时，径流从闸板上方溢流排出。

2) 结果与分析

对灌水量、有效降水量、排水量进行了测量，结果见表 2—表 3。

2019 年灌排蓄渗结合模式比常规灌排模式的灌水次数减少 2 次，节水率为 14.9%。2020 年灌排蓄渗结合比常规灌排灌水次数减少 2 次，节水率为 32.9%。2021 年灌排蓄渗结合比常规灌排灌水次数减少 2 次，节水率为 26.1%。

灌排蓄渗结合模式具有节约灌溉用水、提高雨水利用率、减排防污、增加浅层地下水量等优势。

2.1.2 洼地圩区灌排蓄结合水稻节水减污模式

在灌溉可用水源丰富、地下水位较高、土壤渗透

性弱的涝渍中、高风险区域，扩大水稻种植面积，在完善现状灌排工程的基础上，根据农田土壤及水文地质条件，选择灌排蓄结合的水稻节水减排模式，采用稻田自动控制进水闸门+田间蓄雨自动控制排水口+农沟自动控制蓄排水闸+水稻沟田协同控制灌排模式，实现稻田水位精准控制和农业水资源的高效管理。

1) 试验设计

于 2020 年在睢宁县庆安镇杨圩村、2021 年在东楼村分别开展试验。分别设计 2 种灌溉方式（常规灌溉和蓄雨控灌）和 3 种施肥模式（1 次基肥 1 次追肥、1 次基肥 2 次追肥、1 次基肥 3 次追肥），共计 6 个处理，不同灌排水处理控制参数见表 4。

表 2 水稻全生育期灌水情况

Table 2 Irrigation of rice during the whole growth period

年份	灌溉方式	泡田期 灌水量 /m ³	本田期 灌水量 /m ³	总灌 水量 /m ³	灌水 次数
2019	常规灌排	108.4	325.1	433.5	10
	灌排蓄渗结合	105.6	263.3	368.9	8
2020	常规灌排	106.5	321.5	428.0	8
	灌排蓄渗结合	106.5	180.5	287.0	6
2021	常规灌排	110.1	188.9	299.0	6
	灌排蓄渗结合	110.1	100.9	221.0	5

表 3 有效降水量和排水量

Table 3 Effective rainfall and drainage

生育期	降水量 /mm	有效降水量/mm		排水量/mm		渗井渗入水量/mm	
		常规灌排	灌排蓄渗结合	常规灌排	灌排蓄渗结合	常规灌排	灌排蓄渗结合
2019 年	返青期	37.8	37.8	0	0	0	0
	分蘖期	86.4	86.4	0	0	0	0
	分蘖后期	271.6	208.4	63.2	0	0	12.2
	拔节孕穗期	10.6	10.6	0	0	0	0
	抽穗开花期	12.5	12.5	0	0	0	0
	成熟期	20.1	20.1	0	0	0	0
	合计	439.0	375.8	63.2	0	0	12.2
2020 年	返青期	23.9	23.9	0	0	0	0
	分蘖期	220.9	71.1	149.8	0	0	7.6
	分蘖后期	148.5	62.8	85.7	0	0	33.8
	拔节孕穗期	76.1	76.1	0	0	0	0
	抽穗开花期	34.4	34.4	0	0	0	0
	成熟期	37.3	37.3	0	0	0	0
	合计	541.1	305.6	235.5	0	0	41.4
2021 年	返青期	49.9	49.9	0	0	0	0
	分蘖期	172.2	82.5	89.7	00	0	30.5
	分蘖后期	295.3	105.1	190.2	83.4	0	115.8
	拔节孕穗期	48.8	48.8	0	0	0	0
	抽穗开花期	95.7	95.7	0	0	0	0
	成熟期	122.5	122.5	0	0	0	0
	合计	784.4	504.5	279.9	83.4	0	146.3

表 4 不同灌排水处理控制参数

Table 4 Different irrigation and drainage treatment control parameter

灌溉技术		返青期	分蘖前期	分蘖后期	拔节孕穗期	抽穗开花期	乳熟期	黄熟期
常规灌排	灌水上限/mm	30	30	30	20	20	20	0
	灌水下限/%	100	100	60~70	100	100	100	60~70
	蓄雨上限/mm	100	70~80	30	80	90	80	60~70
	灌水上限/mm	30	20	100	30	30	20	100
	灌水下限/%	100	70~90	60~70	70~80	80	70	自然落干
灌排蓄结合	蓄雨上限/mm	70	80~100	30	150	150	150	-
	临时蓄雨上限/mm	100	150	100	200	200	200	0
	允许滞蓄时间/h	24	24		24	12	24	-
	脱水后灌水时间/d	无水即灌	2	3	2~3	2~3	2~3	自然落干

注 表中的百分数为根层土壤含水率占饱和含水率的百分数。

2) 结果与分析

由表 5 可知，2020 年灌排蓄结合相比常规灌溉的灌水次数减少 2 次，节水率为 25.5%。2021 年灌排蓄结合比常规灌溉灌水次数减少 2 次，节水率为 25.9%。由表 6 可知，2020、2021 年灌排蓄结合模式下的排水量比常规灌溉模式分别减少 89、164.9 mm。根据 2020—2021 年试验结果，水稻灌排蓄结合的水分管理与施基肥+三次追肥模式优于其他水肥模式。

2.1.3 洼地圩区以蓄、灌为主的稻渔综合种养模式

在灌溉可用水源丰富、水质优良、地下水位高的涝渍高风险区域，根据《徐州市稻田综合种养发展工作方案》的要求，按照《稻渔综合种养技术规范通则》（SC/T 1135.1—2017）、《稻田综合种养技术要点》，

建设沟洫圩田，推广稻渔综合种养技术模式，扩大稻蟹、稻虾共作面积^[13-14]。在现状灌排工程的基础上，对稻渔综合种养区的沟、渠、路、闸等配套基础工程进行升级改造，疏浚各级排水沟道、坑塘湿地，建设生态净化沟（塘），构建有利于鱼虾生长的“深沟、密网、平底”的井字沟网，充分涵养水草资源，培育浮游生物。

表 5 水稻全生育期灌水情况

Table 5 Irrigation of rice during the whole growth period

年份	灌溉模式	泡田期 灌水/m ³	本田期 灌水/m ³	灌水量 /m ³	灌水次数
2020	常规灌排	108.2	277.0	385.2	8
	灌排蓄结合	111.8	175.2	287.0	6
2021	常规灌排	110.4	188.8	299.2	6
	灌排蓄结合	112.1	109.5	221.6	4

表 6 常规灌排和灌排蓄结合的排水量及排水次数

Table 6 Conventional irrigation and drainage, combined drainage and storage displacement and drainage times

年份	灌溉模式	生育期降水量/mm	生育期有效降水量/mm	灌溉量/mm	排水量/mm	排水次数
2020	常规灌排	537.6	383.9	577.5	89.0	3
	灌排蓄结合	537.6	478.9	430.3	0	0
2021	常规灌排	845.4	571.9	448.6	243.3	4
	灌排蓄结合	845.4	721.9	332.2	78.4	2

以沛县胡寨镇为例,稻渔种养是沛县积极探索并的生态种养模式之一。这种模式将水稻栽培和虾蟹饲养融合为一个生态系统,水稻可以为虾蟹遮阴、避害,促进虾蟹生长;虾蟹能清除稻田杂草,排出的粪便对土壤有增肥作用^[15]。推荐采用模式为稻田田间自动控制进水闸门+农沟自动控制蓄排水闸+稻田田间蓄雨自动控制排水口门+稻渔综合种养模式+生态净化沟。

2.2 旱作物农田灌排蓄渗降新技术体系及治理模式

旱作农田利用畦田、灌排蓄渗降新技术并选择适宜的旱作物种植模式,按照旱作物适宜的水分指标,采用旱作农田蓄雨排涝轻型渗井、农沟自动蓄排水闸、农灌毕托管分流式流量计对农田进行灌水、蓄水、排水和降渍,实现土壤水分和农业水资源的高效管理。

2.2.1 蓄渗灌结合的旱作物畦田模式

在灌溉可用水量不足、区域排涝标准低、地下水

表7 旱作农田(玉米-蔬菜)蓄渗灌试验布置

Table 7 Experimental arrangement of storage and infiltration irrigation in dry farmland (corn-vegetable)

处理	设施类型	规格	形式	数量
蓄渗灌结合	T1	蓄雨排涝降渍渗井	DN90	深度 4 m, 开孔上部 0.8 m, 下部 1.0 m
	T2	蓄雨排涝降渍渗井	DN90	深度 4 m, 开孔上部 0.8 m, 下部 1.0 m
常规灌排	T3	分流式流量计	DN200	1/小区

2019—2021 年 2 种处理春季作物分别为大蒜、甘蓝、洋葱,夏季作物为玉米。试验按常规高产管理模式确定各生育期灌水上、下限指标,见表 8—表 9。1~4 小区不设排水口,当日降水量达到 50 mm 且田面积水时,开启墒沟内的渗井排水;在 5 小区墒沟出水口安装毕托管与文丘利管差压分流式流量计。每个处理畦田内设置 1 m 深的渗井,观测土层饱和含水率。

2) 结果与分析

由表 10—表 11 可知,春季蔬菜(大蒜、甘蓝、洋葱)的灌水量为 T3 处理>T1 处理>T2 处理。从玉米季 40 cm 深度的土壤监测结果来看,土壤控制层水分均在适宜的范围内,尚未达到灌溉标准,不需要灌溉。

位较低、土壤渗透性弱的易旱易涝渍中、高风险区,扩大种植优质小麦、旱作水稻、大豆等旱作物面积;在完善现状灌排工程的基础上,田间加高田埂,采用旱作农田蓄雨排涝降渍轻型渗井、毕托管与文丘利管差压分流式流量计等新技术设施,建设以蓄、渗为主的旱作物畦田模式,对农田进行蓄水、渗排、灌溉,实现农业水资源的高效利用。

1) 试验设计

于 2019—2021 年在睢宁试验基地西南侧田块开展试验。试验区布置了 3 个灌排处理,共 5 个试验小区,每个小区面积 200 m²,1、4 小区为 1 个渗井/1 小区的蓄渗灌结合的沟洫畦田(T1),2、3 小区为 1 个渗井/2 小区的蓄渗灌结合的沟洫畦田(T2),5 为常规畦灌小区。试验布置见表 7。

表8 春季露地蔬菜各生育期灌水上、下限指标

Table 8 Index of irrigation water upper and lower limit at each growth stage of open field vegetables in spring

作物	品种	技术参数	苗期	快速发育期	膨大期	成熟期
大蒜	徐州白蒜	灌水上限/%	100	100	100	100
		灌水下限/%	75	75	80	75
		计划湿润层/cm	0~20	0~30	0~30	0~30
甘蓝	春福	灌水上限/%	100	100	100	100
		灌水下限/%	75	80	80	75
		计划湿润层/cm	0~20	0~30	0~40	0~40
洋葱	湘田赤	灌水上限/%	100	100	100	100
		灌水下限/%	75	80	80	80
		计划湿润层/cm	0~20	0~30	0~30	0~30

注 灌水上、下限的百分数均为占田间持水率的百分比,下同。

表9 夏季玉米各生育期灌水上、下限指标

Table 9 Upper and lower irrigation indexes of summer maize in each growing period

作物	品种	技术参数	初始生长期	快速发育期	抽雄灌浆期	成熟期
玉米	隆平 206	灌水上限/%	100	100	100	100
		灌水下限/%	70	65	70	65
		计划湿润层/cm	0~20	0~30	0~40	0~40

2.2.2 灌排蓄渗结合的旱作物高效节水灌溉模式

在灌溉可用水源较好、区域排涝标准低、地下水位低、土壤渗透性弱的易旱易涝渍中风险区,应发展高效经济作物种植。在农渠(小沟)控制田块范围内,加高田埂(25 cm 以上),开挖毛、腰、墒沟,在毛腰沟内设置旱作农田蓄雨排涝降渍轻型渗井,在墒沟内设置喷微灌农田蓄雨降渍

渗井等新技术设施,发展微灌工程,建设以灌排蓄渗结合的旱作物高效节水灌溉模式。

1) 试验设计

于 2019—2021 年在睢宁试验基地突尼斯软籽石榴小管出流灌田块开展试验,试验区布置了灌排蓄渗结合的沟洫畦田,共 3 个小区,每个小区面积 300 m²,各小区在墒沟腰沟内设置旱作农田蓄雨排涝降渍轻

型渗井 1 个，渗井井口均与田面齐平。当日降水量达到 50 mm 且田面积水时，开启各小区腰沟内的渗井进行排水。每个处理畦田内设置 1 m 深的渗井，观测土壤饱和含水率；喷微灌农田蓄雨降渍渗井无需开启井口封堵，由上、下部透水孔自动入渗到深层土壤。灌水指标控制见表 12，试验布置见表 13。

表 10 不同处理的灌水次数、灌水量

Table 10 Irrigation times and irrigation amount of different treatments

作物	灌水 处理	灌水 次数	灌水定额/ ($\text{m}^3 \cdot \text{亩}^{-1}$)	灌溉定额/ ($\text{m}^3 \cdot \text{亩}^{-1}$)
大蒜 (2019)	T1	1	36.1	36.1
	T2	1	34.3	34.3
	T3	2	35.2	70.4
甘蓝 (2020)	T1	2	35.1	70.3
	T2	2	34.5	69.0
	T3	3	34.4	103.2
洋葱 (2021)	T1	2	31.6	63.2
	T2	2	28.4	56.8
	T3	3	30.5	91.5
玉米 (2019)	T1	0	0	0
	T2	0	0	0
	T3	0	0	0
玉米 (2020)	T1	0	0	0
	T2	0	0	0
	T3	0	0	0
玉米 (2021)	T1	0	0	0
	T2	0	0	0
	T3	0	0	0

表 11 不同处理的排水次数、排水量

Table 11 Drainage times and displacement of different treatments

作物	处理	排水次数	排水量/($\text{m}^3 \cdot \text{亩}^{-1}$)	渗井开启次数
大蒜 (2019)	T1	0	0	0
	T2	0	0	0
	T3	2	26.6	/
甘蓝 (2020)	T1	0	0	0
	T2	0	0	0
	T3	2	19.3	/
洋葱 (2021)	T1	0	0	0
	T2	0	0	0
	T3	1	13.9	/
玉米 (2019)	T1	0	0	3
	T2	0	0	3
	T3	6	119.3	/
玉米 (2020)	T1	0	0	5
	T2	0	0	5
	T3	6	159.4	/
玉米 (2021)	T1	0	0	5
	T2	0	0	5
	T3	9	231.3	/

2) 结果与分析

由表 12—表 14 可知，T3 处理的灌水时间较 T2 处理延迟 2 d，T2 处理较 T1 处理延迟 1 d，灌水量为 T1 处理>T2 处理>T3 处理。2019 年 T1、T2、T3 处

理开启腰沟渗井的排水次数分别为 1、2、4 次；2020 年分别为 3、4、5 次；2021 年分别为 1、2、3 次。

从 2021 年 7 月 27 日—30 日不同处理涝渍综合指标 (SFEW₈₀) 来看，对于高效经济作物种植区，采用灌排蓄渗结合的旱作物高效节水灌溉模式可以在腰沟内设置管径 DN90 旱作农田蓄雨排涝降渍轻型渗井 1 个/亩，在墒沟内设置管径 DN75、间距 10.0~12.0 m 的喷微灌农田蓄雨降渍渗井 4~6 个/亩。

表 12 石榴各生育阶段灌水上、下限指标

Table 12 Pomegranate irrigation in each growth stage, lower limit index

技术参数	发芽期	开花坐果期	膨大期	成熟期
灌水上限/%	100	100	100	100
灌水下限/%	70	75	70	65
计划湿润层/cm	0~40	0~40	0~40	0~40

表 13 石榴灌排蓄渗结合试验布置

Table 13 Pomegranate irrigation, drainage, storage and infiltration combined test arrangement

处理	类型	规格	深度/m	开孔	数量
T1	间距 6 m	DN75	4	上部 0.8 m, 下部 0.5 m	7
T2	间距 8 m	DN75	4	上部 0.8 m, 下部 0.5 m	5
T3	间距 10 m	DN75	4	上部 0.8 m, 下部 0.5 m	4

表 14 不同处理的灌水次数、灌水量、排水次数

Table 14 Irrigation times, irrigation amount and drainage times of different treatments

年份	灌水 处理	灌水 次数	灌水定额 /($\text{m}^3 \cdot \text{亩}^{-1}$)	灌溉定额 /($\text{m}^3 \cdot \text{亩}^{-1}$)	腰沟渗井 开启次数
2019	T1	1	17.1	17.1	2
	T2	1	16.5	16.5	3
	T3	1	15.2	15.2	4
2020	T1	2	16.9	33.8	2
	T2	2	16.3	32.6	3
	T3	2	15.4	30.8	4
2021	T1	2	17.6	35.2	2
	T2	2	16.4	32.8	2
	T3	2	15.5	31.0	3

3 结 论

相比常规灌排模式，灌排蓄渗降系统治理模式能够有效减少灌排水量、灌排水次数、作物涝渍风险和面源污染。灌排蓄渗降系统治理模式具有节约灌溉用水、提高雨水利用率、减排防污、增加浅层地下水量、减少水土流失等优势。

(作者声明本文无实际或潜在利益冲突)

参考文献:

[1] 朱成立, 郭相平, 刘敏昊, 等. 水稻沟田协同控制灌排模式的节水减污效应[J]. 农业工程学报, 2016, 32(3): 86-91.
[2] 和玉璞, 徐俊增, 杨士红, 等. 灌排调控模式对稻田排水过程的影响[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(S1): 348-351.

- [3] 王天宇, 王振华, 陈林, 等. 灌排一体化工程对地下水埋深及作物生长影响的研究综述[J]. 水资源与工程学报, 2020, 31(4): 174-180.
- [4] 邵培寅, 李亚龙, 熊玉江, 等. 丘陵灌区排水循环灌溉模式节水减排效果研究[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(2): 136-144.
- [5] 滕雅元. 徐州市水利志[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2004.
- [6] 徐州市水资源公报[R]. 徐州: 徐州市水务局, 2018-2021.
- [7] 梁森, 韩莉, 郭相平, 等. 一种田间自动控制进水闸门: CN110438954A[P]. 2023-10-18.
- [8] 梁森, 韩莉, 刘敏昊, 等. 一种稻田田间蓄雨自动控制排水口门: CN208167680U[P]. 2023-10-18.
- [9] 梁森, 李慧娴, 耿德刚, 等. 稻田田间蓄雨自动控制排水口门技术研究与应用[J]. 江苏建筑职业技术学院学报, 2018, 18(4): 34-36.
- [10] 梁森, 韩莉, 刘敏昊, 等. 一种农沟自动控制蓄排水闸: CN208251032U[P]. 2023-10-18.
- [11] 梁森, 韩莉, 吉玉高, 等. 一种旱作农田蓄雨排涝轻型渗井: CN209099438U[P]. 2019-07-12.
- [12] 梁森, 韩莉, 李慧娴, 等. 一种渠灌田间放水口门毕托管差压分流文丘利管量水计: CN206862427U[P]. 2023-10-18.
- [13] 孟顺龙, 胡庚东, 李丹丹, 等. 稻渔综合种养技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2018, 34(2): 146-152.
- [14] 陈邦华, 曾祥喜. 稻田综合种养技术要点[J]. 渔业致富指南, 2016(24): 38-39.
- [15] 耿立新. 沛县稻渔综合种养示范推广模式及种养技术[J]. 中国农业信息, 2017(24): 88-90.

Research on Innovative Technology System and Governance Model of Irrigation, Drainage, Storage, and Seepage Reduction System for Waterlogged Farmland in Xuzhou

LIANG Sen¹, CAO Bin¹, HAN Li²

(1. Xuzhou River and Lake Management Center, Xuzhou 221018, China;

2. Xuzhou Water Conservancy Project Management Center, Xuzhou 221018, China)

Abstract: The current irrigation and drainage mode in Xuzhou can not completely solve the problems of farmland irrigation water saving, rainstorm waterlogging disasters exceeding the design standard and non-point source pollution control. In order to comprehensively and accurately implement the “sixteen word” water control idea, and achieve systematic management of farmland water saving, rain storage, drainage, waterlogging reduction, and pollution prevention. On the basis of determining the scale of irrigation development and crop planting layout through “water based land allocation”, assessing the risk of waterlogging, conducting experiments to determine suitable soil moisture control indicators for major crops, and developing innovative technological facilities for irrigation, drainage, storage, and infiltration reduction in farmland, a comparative experiment was conducted between 2019 and 2021 on the treatment of irrigation, drainage, storage, and infiltration systems in different types of waterlogging prone farmland. An innovative technology system for the treatment of irrigation, drainage, storage, and infiltration systems in Xuzhou was proposed, forming five suitable system treatment models for different types of waterlogging prone farmland. The experiment shows that compared to conventional irrigation and drainage modes, the irrigation and drainage system control mode can effectively reduce irrigation and drainage water volume, irrigation and drainage frequency, irrigation and drainage labor, crop waterlogging risk, and non-point source pollution. The governance model of irrigation, drainage, storage, and infiltration system has advantages such as saving irrigation water, improving rainwater utilization rate, reducing emissions and pollution, increasing shallow groundwater volume, reducing soil erosion, and saving labor and costs.

Key words: waterlogged farmland; system governance; new technology for irrigation, drainage, storage, and seepage reduction

责任编辑: 韩 洋