

平原河网区农田径流 氮磷生态拦截体系研究

陈义浦¹, 张少卿¹, 陈 亮¹, 张 力¹, 周明耀²

(1. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210001;

2. 扬州大学 水利科学与工程学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 研究结合太湖常熟市常福村示范田, 提出了“深蓄减排、浅湿控灌、水肥耦合、渗滤控排、塘堰湿地”的农田径流氮磷高效去除模式, 并通过技术集成示范, 对TN、TP、NO₃-N、NH₄⁺-N等的拦截效果进行了研究。示范区建成后, 水稻作物产量平均增加3.08 kg/hm², 生态系统对农田排水中TN、TP、NO₃-N、NH₄⁺-N去除率介于52.2%~67.1%之间, 拦截效果均较为明显。研究结果为该地区农田径流面源污染防治及高标准农田生态体系构建提供理论依据及建设思路。

关键词: 农田排水; 农田径流污染; 氮磷拦截; 塘堰湿地; 水肥耦合

中图分类号: TV663

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839(2024)09-0051-0007

Research on ecological interception system of nitrogen and phosphorus in farmland runoff in plain river network area

CHEN Yipu¹, ZHANG Shaoqing¹, CHEN Liang¹, ZHANG Li¹, ZHOU Mingyao²

(1. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210001, China;

2. College of Hydraulic Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: This paper combines the demonstration field of Changshu City in the Taihu Lake Basin, and proposes “deep storage and emission reduction, shallow wet irrigation, water and fertilizer coupling, infiltration regulation, control drainage, pond wetland” efficient removal mode of nitrogen and phosphorus in farmland runoff. The interception effects of TN, TP, NO₃-N and NH₄⁺-N were studied through technical integration demonstration. After the completion of the demonstration area, the yield of rice crops increased by 46.2 kg/hm² on average, and the removal rates of TN, TP, NO₃-N and NH₄⁺-N in farmland drainage were between 52.2 % and 67.1 %, and the interception effect was obvious. The research results provide theoretical basis and construction ideas for the prevention and control of farmland runoff non-point source pollution and the construction of high-standard farmland ecological system in this area.

Key words: farmland drainage; farmland runoff pollution; nitrogen and phosphorus interception; pond wetland; water and fertilizer coupling

收稿日期: 2024-03-08

基金项目: 江苏省太湖水环境综合治理科研课题(TH2014204)

作者简介: 陈义浦(1992—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事农业及水利工程设计研究工作。E-mail: 836952577@qq.com

1 概 述

农田面源污染拦截的措施^[1]主要分为源头控制和迁移途径控制2个大类,氮磷拦截去除技术主要包含水稻养分减量投入技术、水肥耦合技术、河沟生态拦截技术及生态塘堰改善技术等。张亚洁等^[2]研究得出水稻扬粳113分蘖期蓄水深度上限为30~40 cm,淹水历时上限为3 d,水稻在分蘖期对淹水具有一定程度的抗逆性能。国内外专家通过大量研究表明,适宜的水肥耦合能够促进农田土壤养分的释放,提高水稻根系活性,使得水分和养分更易进入根系,从而向上部运输,增加水稻干物质的积累,进而提高产量^[3-5]。氮、钾等营养元素的利用率得到提高,氮、磷径流损失相对减少,对环境污染有一定程度的改善。相关研究^[6-7]指出利用农田排水沟渠调蓄农田排水,既可提高地下水利用率,也可增加对地下水的补给,减少灌溉对地下水的抽取量,且能够有效拦截净化水中氮磷。Williams等^[8]研究发现,农田控制排水与常规排水方式相较,可使水中的硝态氮降低20%左右。潘乐等^[9]和姜凯等^[10]指出塘堰湿地对氮磷的去除主要通过水生植物的吸收、微生物的摄取和生物基质的吸附作用。塘堰湿地在水稻苗期、分蘖拔节期以及孕穗抽穗期对氮磷去除效率比较高,去除率约80%。

本研究以太湖流域平原河网区常熟市常福村为例,提出了农田径流氮磷拦截生态系统方案,并通过稻田积水、渗滤沟道、传统排水、生态塘堰等不同情形下对TN、TP、NO₃-N、NH₄-N的去除效果进行对比试验,结果可为农田径流面源污染防治及高标准农田生态体系构建提供理论支撑。

本次示范区设置在平原河网区具备代表性的常熟市常福村,虞山镇北端,东邻望虞河,北邻海虞镇,水陆交通较为便捷。地势平坦,土地肥沃,雨水丰沛,是江南典型的鱼米之乡。示范区具体实施地点为村委会所在地、谢福公路西侧,东西长约289 m,南北宽约150 m,耕地面积4.34 hm²。土地所属为常福农地股份合作社,示范田实行稻麦轮作制度,内部配备低压管道输水灌溉、明沟排水等良好的灌排设施基础。示范区土壤类型为壤土和黏土,土壤饱和含水率为38.6%(质量含水率),有机质含量3.51%,速效氮257.4 mg/kg,速效磷含量12.2 mg/kg,土壤容重1.12 g/cm³,pH为7.10。

2 农田径流氮磷生态拦截体系构建

对环太湖经济发达地区构建农田径流氮磷生态拦截体系的总体思路:针对当地肥料施用量偏高、有机质肥料偏低、灌溉用水浪费的特点和区域生态环境脆弱等现状,在研究农业节水、增效、减排关键技术的基础上,以提高农业水肥利用率为核心、农田径流氮磷高效去除为目标,将各种工程、农艺和管理技术有机结合,形成适用于本地区的农田径流氮磷生态拦截体系。

示范区通过对农田原位、沟道及塘堰湿地异位进行生态修复,构建了农田水分养分的安全循环系统。农田排水系统总体布置图见图1。整个体系集成应用了稻田深蓄减排技术、水稻控灌技术、水稻氮肥减量投入水肥耦合技术、农田渗滤氮磷高效拦截去除技术、农田径流氮磷渗滤沟道高效拦截去除技术及塘堰生态湿地氮磷去除技术。通过对示范区监测数据进行分析,提出适用于太湖平原河网地区的“深蓄减排、浅湿灌溉、水肥耦合、渗滤调控、控制排水、生态塘堰”的农田径流氮磷生态拦截体系。

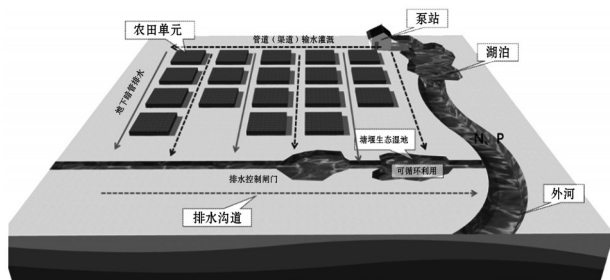


图1 农田排水系统总体布置

2.1 农田径流氮磷田间高效利用与去除技术

2.1.1 农田深蓄减排

平原河网区雨水丰沛,且降雨较为集中,根据常福村试验田内农田气象站2014—2015两年资料,最大降水量在2014年8月为293.8 mm,平均降水量在104.2 mm。该地区通常农田田埂高度为10~20 cm左右,当发生大面积降雨过程时,易产生地表径流,养分大量流失。

示范区内条田长度控制在100 m,间距30 m。田埂兼作田间管理道路,宽度取50 cm,高度取25~30 cm,并进行平整夯实。格埂采用农用塑料膜衬覆,把膜嵌入地下0.3 m防止稻田水分侧向渗漏及养分迁移。农田设置退水洞间距20 m,洞口处设置复合闸门控制水位。

2.1.2 水稻控灌技术

根据水稻需水特点,适时适量灌溉,以根层土壤含水量的多少作为控制依据,即在水稻返青后的各个生育阶段田面不再保留水层;以根层土壤含水量作为控制标准,控制的上限为土壤饱和含水量,下限取饱和含水量的60%~70%。以常熟市当地种植品种单季常规晚粳稻品种秀水134为材料,播前麦秸秆还田,水稻采用直播种植方式,播种量每hm²约0.23~0.26 kg。

水稻采用浅湿控制灌溉节水灌溉方式,各生育期达到表1给出的水分控制指标。

示范区采用控制灌溉后,灌溉用水量约26.67 m³/hm²,比常规灌溉节水30%左右,减少了田间排水量,使养分随田间排水流失的概率降低。太湖流域水量充足,推广节水灌溉技术,目的在于提高肥料有效利用率,减少养分损失。推广节水灌溉技术目的还在于增产,大量试验证明,一定的水分胁迫有利于作物生长,提高作物产量。

2.1.3 水稻氮肥减量投入、水肥耦合技术

示范区根据以往试验经验及当地农户的种植习惯,具体施肥情况如表2。综合考虑产量、肥料、污染因素,结合经济和环境效益目标、优化水肥管

表1 水稻精确灌溉水分控制指标

生育期	叶龄/片	水分管理	低限土壤水势/kPa	低限土壤含水率/饱和含水率/%
苗期	6~7	寸水活棵	0	100
	8			
	9~10	湿润灌溉	0~-10	100~75
分蘖期	11~12	排水搁田	-15~-25	80~65
	13~15	干湿交替灌溉	-20~-30	70~60
	16~17	间隙湿润灌溉	0~-10	100~75
孕穗期				
抽穗期及灌浆前期				
灌浆中后期		干湿交替	-15~-25	80~65

表2 示范区具体施肥情况

处理	总施氮量/(kg/hm ²)	基肥/(kg/hm ²)			拔节肥(氮)/(kg/hm ²)	孕穗肥(氮)/(kg/hm ²)
		纯氮	过磷酸钙	氯化钾		
FFP	270.0	135.0	770	140	54.0	81.0
SSNM	229.5	114.8	770	140	45.9	68.9

注:FFP,农民习惯施肥法;SSNM,实地氮肥管理。

理,施用较少的肥料,水分胁迫达饱和含水量的85%的水、氮配合是切实可行的较优组合。

2.1.4 农田渗滤氮磷高效拦截去除技术

与传统排水方式不同,暗管控制排水条件下,地下水位抬高,土壤的湿度及厌氧条件加强,有利于微生物的反硝化作用,因此可降低氮素流失。曾文治等^[11]指出,暗管排水中硝态氮的流失量与暗管埋深正相关,与暗管间距呈负相关关系。

针对太湖平原河网区农田地下水位高、涝渍问

题较为突出的特点^[12],采用农田暗管控制排水技术,可以有效减少农田的地表径流。进一步的,塑料暗管外裹料组成的渗滤体对地下径流中的氮磷及其他污染物具有截留作用,显著提高了农田渗滤系统对污染防治的效果。

示范区暗管埋设深度为地面以下0.7~0.9 m,间距为15~20 m,管材采用管径20 mm的波纹塑料管。农田排水暗管的纵坡度1/300~1/600,满足管内不冲不淤流速的要求。从透水性、除氮效果、经济性等

方面考虑,暗管外包料选择麦秸秆、锯末等有机物,厚度5~10 mm。地下排水暗管的排水设计标准为,在水稻种植期,雨后3d地下水位降低至田面以下40 cm;雨后5 d地下水位降低至田面以下60 cm。

2.2 农田径流氮磷渗滤沟道高效拦截与去除技术

示范区构建截留面源污染物的生态沟渠,末端设置排水闸调节沟渠中的水流,降低沟渠水体的扰动,增加田间入渗量,利用土壤的过滤和吸附作用,减少农田排水中氮磷的浓度。根据以往试验结果^[13],生态沟渠采用以下护砌型式:

(1)沟道护砌材料

利用河湖底泥制备的淤泥质陶粒生产生态植生型多孔硬质沟道护砌材料。

(2)渗滤沟道适宜结构形式

农田生态沟渠渗滤包括沟坡渗滤及沟底渗滤,在整个过程中,沟渠内部水体中的污染物质会发生物理、化学和生物作用,渗滤作用后水质能得到较大改善和净化。

综合考虑耐久性、排水效果、滤土效果、结构稳定性、经济实用性等几个方面,渗滤沟道采用生态植生型陶粒混凝土板后设置透水土工布(国标短纤针刺无纺土工布,质量为300 g/m²)、稻草(0.6 cm厚)组合,该组合为试验中最佳透水、拦截污染物垫层。

(3)沟渠补种植物

结合不同植物配置的排水沟渠对水中氮磷截留能力,示范区渗滤沟道选择种植适宜太湖流域范

表3 透水混凝土材料配比

材料	碎石(10 mm单粒径)/(kg/m ³)	陶粒/(kg/m ³)	水泥/(kg/m ³)	硅灰/(kg/m ³)	水/(kg/m ³)	减水剂/(kg/m ³)	水胶比
数量	1 250	85.2	478	53	132	3.21	0.25

围内生长的狗牙根和高羊毛等植物,此类植物根系发达、伸展力强,利于边坡稳定,排水阻碍小,同时氮磷去除能力较强。

2.3 塘堰湿地氮磷去除技术

塘堰的蓄水量过小容易形成死塘,故对非雨季常干涸的小塘堰可转变成耕地,对一些大的或集中分布的塘堰可进行扩容。

示范区在渗滤沟道的尾端构建塘堰生态湿地,塘堰的最小蓄水量主要考虑塘堰生态需水量及非降雨期塘堰水面蒸发量。根据当地的条件,从岸边到水体,选择种植狗牙根、高羊茅。水位变化区间湿生植物选用菖蒲、茭白、茭草、虾草、浮萍等,保证水生植物总面积不超过水面面积的1/3,河塘岸边采用联排木桩固土,岸边植被生长后构成完整的塘堰生态湿地氮磷去除系统,塘堰湿地在满足水质净化的同时还可以养殖鲢鳙螺蛳河蚌等滤食性水生动物,做到生态效益、经济效益并举。

塘堰形成的多水塘系统起到生态缓冲带的作用,能有效截留农业面源污染,包括对水的截留、沉积作用、水生植被吸收、氮的反硝化等^[14-15]。

3 示范效果分析

3.1 测定项目及方法

(1)水稻产量等

叶片相对叶绿素含量(SPAD):采用SPAD-

502PLUS型便携式叶绿素计(KONICA MINOLTA, JAPAN)测定。于水稻的分蘖中期、穗分化始期和抽穗期在示范区处理中选择4个点,测定叶片(抽穗前测定心叶以下一叶,抽穗期测定剑叶)叶绿素含量。各点每次测定5张叶片,每张叶片测定上、中、下部三点,取平均值。同时,选取常熟市镇农户常规施肥下的处理进行对比,并对FFP(农户习惯法)的氮肥施用时期及用量做相应的记录。产量及产量构成因素:水稻收获前2 d每个试验小区取12穴对穗数、每穗粒数、结实率、千粒重等进行测定。

(2)水质观测

2015年8月中旬至10月上旬,在试验区田间和沟塘湿地内及出口处设置取样点(各选取3点,结果取平均值),每隔5 d取样一次,遇降雨、施肥等情况时增加取样频率。

水样主要分析的项目为全氮(TN)、全磷(TP)、氨氮(NH₄-N)及硝态氮(NO₃-N),取样及常规测定方法详见参考文献及规范^[16-20]。

(3)数据分析

数据分析方法采用EXCEL2016等软件进行数据统计、分析及绘图。

3.2 农田径流氮磷田间高效利用与去除技术

试验示范表明(表4),与对照组相比,深蓄控灌条件下,降雨利用率提高39.8%,灌水量减少48.2%,排水量减少53.7%,耗水定额减少14.5%,水分利用

表4 深蓄-控灌-适肥模式下水稻灌排定额、降雨利用率及节水节肥量

处理	降水量/ mm	有效降水量/ mm	降水利用率/ %	灌水量/ mm	排水量/ mm	耗水定额/ mm	水分利用 效率/(kg/m ³)	节水量/ (m ³ /hm ²)	节肥量/ (kg/hm ²)
对照组 (FFP)	762.1	417.6	54.8	823.3	424.3	1 161.1	0.69	—	—
深蓄控灌 (SSNM)	762.1	583.8	76.6	426.8	196.6	992.3	0.78	3 965	40.5

效率提高 12.7%, 每公顷节水 3 965 m³, 节省纯氮 40.5 kg。以上表明, 针对我国南方地区降雨频率大, 降雨强度小的特点, 深蓄控灌技术更有利于实现雨水资源化利用。同时灌排定额和排水次数较浅水勤灌也明显降低, 较大幅度降低了田间工作量和水稻的生产成本, 易被农民接受。40 hm²示范田可节约灌溉用水量近 15.9 万 m³, 说明深蓄控灌模式扩大了田间水位调控空间, 在一定程度上改变了降雨径流的过程, 使得大量雨水被截留在田间, 对田间水分生态状况产生明显影响。

水稻叶片 SPAD 值反映叶片叶绿素的相对含量。而叶片中叶绿素含量又与土壤中氮素含量呈正相关关系。图 2 表明, 较常规生产模式相比, 控水蓄灌的管水模式下, 秀水 134 抽穗灌浆期剑叶的 SPAD 值均高于对照, 说明深蓄控灌模式下, 不仅截流了氮肥, 减少了田间的养分流失, 节省了施肥量, 而且田间的营养效应也没有下降, 这是一举两得的

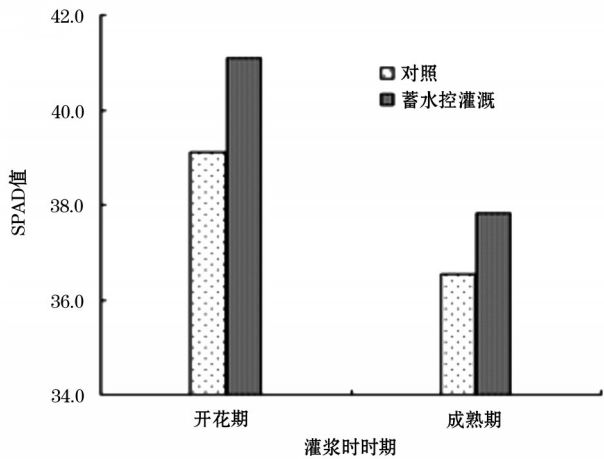


图2 深蓄控灌模式下水稻抽穗灌浆期的SPAD 指变化情况

技术措施。

试验示范结果表明(表 5), 与对照组相比, 稻田深蓄控灌用水管理模式下, 单位面积穗数和结实率较对照组增加, 每穗粒数和千粒重略微减少, 产量较对照组没有减少甚至还增产, 说明深蓄控灌模式下, 虽然施肥量减少, 但由于蓄水田间养分流失减少, 水稻的土壤营养状况所受不利影响较小。

综上所述, 水稻深蓄控灌模式在保持不减产和较低灌水下限的同时, 增加了稻田雨后蓄水上限, 扩大稻田的储水库容, 充分利用天然降水, 减少灌排水频率、灌排定额、氮磷排放量和施肥量, 增加雨水资源化利用, 提高灌溉水的水分生产效率和肥料利用率, 该模式不仅具有良好的节水、节肥、减排和省工效果, 而且具有降低防洪、除涝压力和减少氮磷面源污染的效果, 实现水稻产量和水分生产效率的同步提高。此模式适用于南方多雨地区, 对推动农业可持续性发展具有重要的指导价值。

3.3 农田径流氮磷渗滤沟道高效拦截与去除技术

根据作者前期研究成果可知^[11], 2015 年 8 月中旬至 10 月中旬期间, 示范区(深蓄调控 SSNM)田面的水样平均 TN、TP、NO₃-N、NH₄⁺-N 质量浓度分别为 4.77 mg/L、0.36 mg/L、1.86 mg/L、2.36 mg/L, 对照组(FFP)传统排水的水样平均 TN、TP 质量浓度为 4.73 mg/L、0.35 mg/L, 沟道末端水样平均 TN、TP、NO₃-N、NH₄⁺-N 质量浓度分别为 3.91 mg/L、0.16 mg/L、1.51 mg/L 和 1.45 mg/L。示范区内农田渗滤沟道系统对 TN、NO₃-N、NH₄⁺-N 的去除率分别为 18.03%、18.8% 和 38.6%, 具有一定的去除效果, 对 TP 的拦

表5 深蓄控灌模式下水稻的SPAD 值、产量及产量构成

处理	穗数 / (×10 ⁴ /hm ²)	每穗粒数/粒	结实率/%	千粒重/g	产量/(kg/hm ²)
浅水勤灌(FFP)	450.0	90.3	71.0	27.6	7 718.7
深蓄控灌(SSNM)	459.0	87.1	73.5	27.1	8 011.5

截效果比较明显,去除率高达55.6%。

3.4 塘堰湿地氮磷去除技术

根据监测的水样数据统计可得,2015年8月中旬至10月中旬期间,示范区生态塘堰入口的水样平均TN、TP、NO₃-N、NH₄⁺-N质量浓度分别为4.00 mg/L、0.16 mg/L、1.64 mg/L、1.46 mg/L,出口的水样平均TN、TP、NO₃-N、NH₄⁺-N质量浓度分别为1.91 mg/L、0.12 mg/L、0.89 mg/L和0.80 mg/L。可见,农田塘堰湿地系统对TN、TP、NO₃-N、NH₄⁺-N的去除率分别为52.25%、25.0%、45.73%和45.21%,氮磷

去除效果非常显著。

3.5 示范区整体效果分析

示范区建成后,经数据分析发现水稻产出的规格和产量均得到部分提升,具体见表6,其中水稻产量平均增加3.08 kg/hm²,产值提高了8.18%。同时,示范区进行生态体系改造后,有效削减了农田排水中TN、TP、NO₃-N、NH₄⁺-N等污染物,去除率介于52.2%~66.7%之间。处理后水质可达到《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)Ⅴ类排放限值,具体见表7。

表6 示范区氮磷拦截利用技术集成模式对水稻产量及其构成因素的影响

处理	穗数/m ²	每穗粒数/粒	结实率/%	千粒重/g	产量/(kg/hm ²)
示范区(SS)	259.1	151.2	85.9	27.0	9 171.1
对照区(FFP)	275.4	143.4	80.1	26.8	8 477.7

表7 2015年农田地表水及湿地出口水体水质监测结果

监测项目	$\rho(\text{TN})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{NO}_3\text{-N})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{NH}_4^+\text{-N})/(\text{mg/L})$
农田地表水	4.77	0.36	1.86	2.36
湿地出口	1.91	0.12	0.89	0.80
去除率/%	60.00	66.70	52.20	66.10

4 结 论

(1)依据农田径流养分循环原理,构建出以农田单元为核心、径流通道为脉络的“田间-生态沟道-塘堰湿地”梯级农田径流氮磷拦截体系,采用“源头控制、提高生物吸收,实施过程拦截”是平原河网地区农田径流氮磷高效去除的有效手段。

(2)应用“深蓄减排、浅湿灌溉、水肥耦合、渗滤调控、控制排水、生态塘堰”的农田径流氮磷生态拦截体系,能有效提高平原河网地区的雨水资源利用率,节约灌溉用水,增强了稻田的水文调蓄与生态保育功能,水稻作物产量平均增加3.08 kg/hm²,同时能有效控制农田径流氮磷污染排放,农田径流氮磷污染物去除率52.2%~66.7%,农田排水可达到《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)Ⅴ类排放标准。

参考文献:

[1] 王思如,杨大文,孙金华,等. 我国农业面源污染现状与特征分析[J]. 水资源保护,2021,37(4):140-147.

[2] 张亚洁,王振省,李磊,等. 分蘖期全淹胁迫对水稻株型及产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2014,33(6):51-53.

[3] V. POLE, D. FELDMANE, S. RUISA, et al. The effect of some soil properties on nutrient movement in sour cherry [Prunus cerasus) leaves[J]. Acta Horticulturae, 2017(1150): 289-294.

[4] QIAO JUN, WANG JING, ZHAO DONG, et al. Optimizing N fertilizer rates sustained rice yields, improved N use efficiency, and decreased N losses via runoff from rice-wheat cropping systems [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment: An International Journal for Scientific Research on the Relationship of Agriculture and Food Production to the Biosphere, 2022(324): 107724.

[5] 李园园,何平,茅桁. 稻田水肥管理研究进展及思考[J]. 排灌机械工程学报,2023,41(8):825-832.

[6] 张燕. 农田排水沟渠对氮磷的去除效应及管理措施[D]. 北京:中国科学院大学,2013.

[7] 王沛芳,钱进,胡斌,等. 农田灌溉水循环利用系统构建方法[J]. 河海大学学报(自然科学版),2022,50(4): 7-12.

[8] WILLIAMS M R, KING K W, FAUSEY N R. Drainage water management effects on tile discharge and water

- quality[J]. Agricultural Water Management, 2015(148): 43-51.
- [9] 潘乐,茆智,董斌,等.塘堰湿地减少农田面源污染的试验研究[J].农业工程学报,2012,28(4):130-135.
- [10] 姜凯.水塘湿地截留和净化农业面源污染物特性研究[D].南京:河海大学,2006.
- [11] 曾文治,黄介生,吴谋松,等.不同棉田暗管布置方式对氮素流失影响的模拟分析[J].灌溉排水学报,2012,43(6):124-126.
- [12] 陈义浦,张少卿,刘聪,等.苏南地区小青菜耐淹特性试验研究[J].水利与建筑工程学报,2023,21(5):199-203.
- [13] 叶振威,张鸣,陈义浦,等.平原河网区农田渗滤沟道及氮磷拦截效果试验研究[J].水利与建筑工程学报,2018,16(6):236-240.
- [14] 梁家成,蔡志军,莫建刚,等.苏州生态涵养发展实验区工程设计——以消夏湾湿地生态安全缓冲区为例[J].农业与技术,2023,28(4):54-58.
- [15] 陈义浦,张力,邱超,等.平原河网区河蟹养殖塘生态化改造体系研究[J].水利规划与设计,2023(8):40-45.
- [16] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [17] 水质总氮的测定碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法:HJ636—2012[S].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [18] 水质总磷的测定钼酸铵分光光度法:GB 11893—1989[S].北京:中国标准出版社,1989.
- [19] 水质铵的测定水杨酸分光光度法:GB 7481—1987[S].北京:中国标准出版社,1987.
- [20] 水质硝酸盐氮的测定酚二磺酸分光光度法:GB 7480—1987[S].北京:中国标准出版社,1989.

(上接第50页)

现对水泵机组的顶车装置系统远程控制以及紧急状态远程切断和流程切换的主要功能。

(2)提升了顶车装置本质安全,为防止检测有误,顶车装置开关量限位装置由原先并联使用改为串联使用,保证两个开关同时检测信号后停止油泵供油;同时在PLC程序内增加供油及回油延时保护功能,避免因接近开关或激光测距开关故障,导致设备持续工作产生损坏。

(3)丰富了触摸屏传感器到位显示和动画功能,重新编绘触摸屏的操作画面,满足泵站机组运行信息的直观显示需求,通过触摸屏画面直观显示实时监测顶车装置供回油、转子位置、液压顶位置等信息。

5 结 语

顶车装置系统智能化改造是一项多个领域、多个学科相互配合的重要工作,涉及对传统工业自动化技术和新兴信息技术的综合应用,同时也是一项繁琐复杂的改造工程。经对南水北调解台站1#水泵机组顶车装置系统智能化改造进行分析研究,本

装置用传感器远程监控代替了人工日常巡检,远程操作控制代替了现场操作,可以大幅减少人力资源投入,降低运营成本,可推广应用到其他行业领域内较复杂的顶转子项目,并为同类型的设备改造工作提供借鉴。

顶车装置系统改造的运行实践表明,提出的远程控制智能化改造方案是科学合理的,在改善水泵机组运行安全性和稳定性的同时,可获得良好的经济效益。顶车装置系统的建设为下一步南水北调解台站以及其泵站机电设备的数字化改革奠定了基础,助推泵站机组机电设备智能化发展新进程。

参考文献:

- [1] 崔庆福,王鹏.八里湾泵站机组液压顶转子装置系统改造分析[J].山东水利,2021(8):35-36.
- [2] 何亦如,郑灿雄.大型立式水泵机组液压顶转子装置系统[J].中国水利,2000(10):49.
- [3] 曹海翔,魏建群.立式轴流泵机组自动顶转子装置的研制[J].浙江水利科技,2010(4):54-56.
- [4] 江苏省骆运水利工程管理处.一种水泵机组顶车装置:CN202121286410.9[P].2021-12-14.