

洪泽湖滞洪区适宜灌排工程模式研究

秦 振,项明洋,从维国

(南水北调东线江苏水源有限责任公司宿迁分公司,江苏 宿迁 223800)

摘要:针对区域现有灌排工程存在渠道易水毁、排水沟易坍塌淤堵和排涝能力不足等问题,结合滞洪区工程特点,对“明灌明排明降”“暗灌明排明降”“暗灌暗降明排”3种灌排工程模式进行了综合比选。结果表明,“暗灌暗降明排”模式在节约用地、减少输水损失、增强降渍能力和提高工程适应性等方面具有较明显优势,是洪泽湖滞洪区较适宜的灌排工程模式。在此基础上,完成了低压管道灌溉和暗管排水系统的典型工程设计,提出了不同灌溉面积、水源高差和土质条件下的主要设计参数。研究成果旨在为滞洪区灌排工程模式优化与规划建设提供参考。

关键词:洪泽湖滞洪区;灌排工程模式;低压管道灌溉;暗管排水;生态沟

中图分类号:[TV93] **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7839(2026)06-0026-0005

Study on suitable irrigation and drainage engineering models for the Hongze Lake flood detention area

QIN Zhen, XIANG Mingyang, CONG Weiguo

(Suqian Branch of The Eastern Route of South-to-North Water Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd.,
Suqian 223800, China)

Abstract: In response to the problems of easy water-induced damage of channels, easy collapse and siltation of drainage ditches, and insufficient drainage capacity in existing irrigation and drainage projects in the region, combined with the characteristics of flood detention area engineering, a comprehensive comparison was made among three irrigation and drainage project modes: “open irrigation, open drainage, and open subsurface drainage”, “concealed irrigation, open drainage, and open subsurface drainage”, and “concealed irrigation, concealed subsurface drainage, and open drainage”. The results show that the “concealed irrigation, concealed subsurface drainage, and open drainage” mode has significant advantages in saving land, reducing water loss, enhancing subsurface drainage capacity, and improving engineering adaptability. It is a more suitable irrigation and drainage engineering mode for the Hongze Lake flood detention area. On this basis, typical engineering designs for low-pressure pipeline irrigation and concealed drainage systems were completed, and the main design parameters under different irrigation areas, water source height differences, and soil conditions were proposed. The research results aim to provide reference for the optimization and planning and construction of irrigation and drainage engineering models.

Key words: Hongze Lake flood detention area; irrigation and drainage engineering mode; low pressure pipeline irrigation; concealed pipe drainage; ecological gully

收稿日期: 2026-03-19

作者简介: 秦振(1993—),男,工程师,主要从事水利工程运行管理工作。E-mail:478132993@qq.com

洪泽湖是淮河流域重要的湖泊型水库,也是南水北调东线工程重要调蓄水库,兼具防洪、灌溉、航运及生态涵养等功能^[1]。洪泽湖周边滞洪区位于洪泽湖大堤以西、废黄河以南,涉及宿迁、淮安两市六县(区),总面积1 668.4 km²,耕地面积约8.1万 hm²,是江苏省重要稻麦轮作区之一。该区域既承担淮河大水年份蓄滞洪水任务,又承担一般年份农业生产任务,农田水利工程建设须兼顾防洪安全与农业稳产^[2]。

自20世纪50年代以来,滞洪区陆续建设了蓄洪垦殖、圩区排灌和引水灌溉等工程。1991年和2003年淮河大水后,国家相继实施滨湖洼地治理和灾后重建工程,区域排涝能力有所提高^[3]。但总体看,现有灌排设施建设年代较早,普遍采用明渠明沟模式,尚未充分适应周期性蓄洪需求。灌溉方面,现有灌溉泵站920座,总装机容量76 854 kW,部分渠道采用浆砌块石衬砌,蓄洪后易受冲刷破坏,碎块淤积田间并影响机械化作业;部分泵站为砖混结构,抗洪能力相对不足,受损后恢复难度较大,同时明渠输水渗漏和蒸发损失明显。排水方面,现有排涝泵站总装机容量为56 205 kW,但设备老化较为严重,部分机组平均排涝模数不足0.40 m³/(s·km²),低于5年一遇排涝标准要求的0.58 m³/(s·km²);田间降渍主要依赖深明沟,蓄洪后易发生边坡坍塌和沟道淤堵,后续整治工作量较大。传统灌排工程模式已难以兼顾滞洪区防洪与农业生产需求。

近年来,低压管道灌溉和暗管排水技术在农田水利建设中逐步推广。低压管道灌溉可减少占地和输水损失,提高灌溉水利用系数;暗管排水有利

于控制地下水位、减少明沟占地并改善耕作条件^[4]。但现有研究多集中于一般农区,对蓄滞洪区条件下灌排工程模式的适用性研究相对不足,尤其缺乏结合滞洪区工程特点的模式比选与典型设计。基于此,本文对“明灌明排明降”“暗灌明排明降”“暗灌暗降明排”3种模式进行比选,优选适宜洪泽湖滞洪区的灌排工程模式,并开展典型工程设计,以期为滞洪区灌排工程规划建设提供技术参考。

1 灌排工程模式比选

结合洪泽湖滞洪区地形平缓、周期性蓄洪明显和农田集中连片等特点,对3种灌排工程模式进行比较分析。

1.1 “明灌明排明降”模式

“明灌明排明降”为传统灌排工程模式,即采用明渠灌溉、明沟排涝、明沟降渍,洪泽湖滞洪区现状灌排布局基本属于此种模式。滞洪区位于平原区和圩区,地面高程在12.5~16.0 m之间,地面向湖面倾斜,宜采用灌排相邻布置,即渠道与排水沟并行,上灌下排(图1)。该模式施工方便、前期投资低,但渠道和沟道均布置于地面以上或地表浅层,占地率较高,且在蓄洪后渠道衬砌易碎裂、沟道易坍塌淤堵,水毁损失大、修复困难。

1.2 “暗灌明排明降”模式

“暗灌明排明降”模式以低压管道输水灌溉替代明渠,排涝和降渍仍采用明沟。管网系统中,干管沿河道方向水平布设,支管垂直于干管,分支管间距约200 m,给水栓间距约30 m,在干管与支管交汇处设置闸阀井(图2)。该模式将灌溉水在地下管

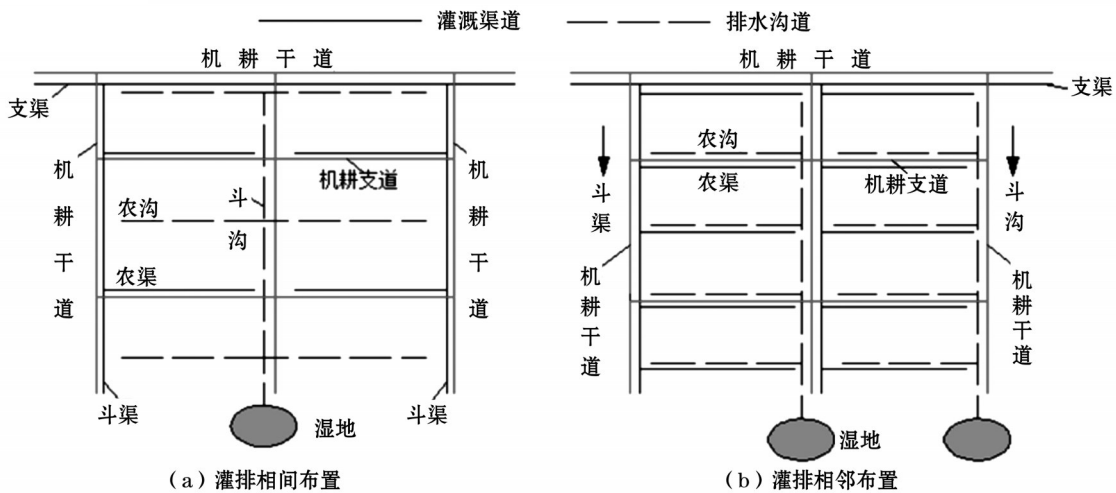


图1 沟、渠布置示意

道中输送,该方式缩减了渠道系统的土地占用量与相关配套建筑物,并减轻了水分在输送时的渗漏及蒸发影响,因此能明显提高渠系水的利用效率。同时,管道埋设于地下,在蓄洪时受冲刷影响较小,水毁后修复也较明渠便捷。但排水降渍仍依赖明沟,沟道坍塌淤堵问题未能解决。

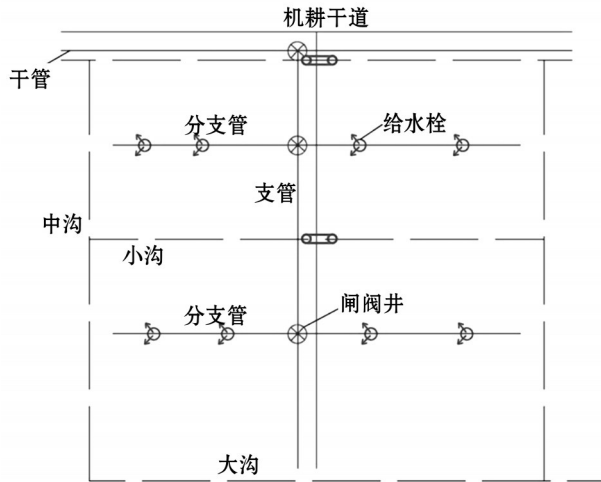


图2 “暗灌明排”布置

1.3 “暗灌暗降明排”模式

“暗灌暗降明排”模式在前述管道灌溉基础上,进一步以暗管替代农沟承担降渍功能,涝水仍由明沟排除。暗管排水系统一般由吸水管、集水管、检查井、集水井等组成(图3),暗管布置于地下约1.0~1.2 m处。吸水管采用波纹塑料管,安置于田埂中间位置;集水管则为混凝土管,埋设在小沟的底部。地下水经吸水管汇集后排入集水管,再通过集

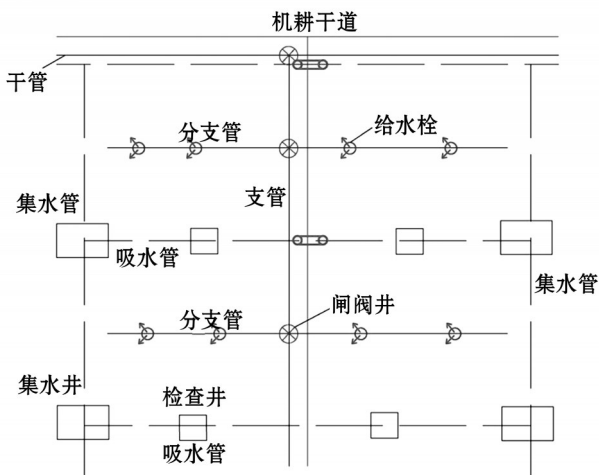


图3 “暗灌暗降明排”布置

水管排入中沟。由于降渍功能由暗管承担,小沟不再需要满足降渍深度要求,仅承担排除地表涝水的功能。基于此,沟道可设计得更为稀疏且深度更浅,从而显著减少土方工程量,提升土地利用效率。

1.4 模式综合对比与优选

表1对3种灌排模式从占地率、初期投资、后期维护、节水效果、降渍能力和水毁修复难度6个方面进行了综合比较。

比较项目	明灌明排明降	暗灌明排明降	暗灌暗降明排
占地率	高	低	低
初期投资	低	较高	高
后期维护	高	较低	低
节水效果	低	高	高
降渍能力	弱	弱	强
水毁修复难度	大	较小	较小

综合占地率、初期投资、后期维护、节水效果、降渍能力和抗水毁适应性等因素可知,“明灌明排明降”模式虽前期投资较低,但占地率高、水毁损失大,且后期维护工作量较大;“暗灌明排明降”模式改善了灌溉条件,但降渍仍依赖明沟;“暗灌暗降明排”模式在节约用地、减少输水损失、增强降渍能力和提高工程适应性等方面综合优势更明显。虽然其初期投资相对较高,但考虑后期维护和长期运行效益,整体更适应滞洪区周期性蓄洪条件。因此,推荐“暗灌暗降明排”为洪泽湖滞洪区较适宜的灌排工程模式,并开展典型工程设计。

2 “暗灌暗降明排”典型工程设计

2.1 低压管道灌溉设计

(1)管网布置。低压管道灌溉系统采用干管替代斗渠、支管替代农渠的输水方式,通常设置2至3级管道即可将水输送至田间。提水泵站布置于中沟边上,以河流作为水源向田块供水。根据泵站与供水区域的位置关系,可采用泵站一端布置和泵站居中布置两种方式。为保证各给水栓出水均匀性,管网采用“丰”字形布局。根据《节水灌溉工程技术标准》(GB/T 50363—2020),同时工作的各给水栓流量须满足 $Q_{\min} \geq 75\% Q_{\max}$ 的要求。管材选用PE管,放水口采用升降式隐形给水栓,具有灌溉时升起地面、灌后隐蔽地下、农机可在上方碾压行走等特点,适

合滞洪区使用条件。

(2)设计参数确定。滞洪区以稻麦轮作为主,水稻泡田用水相对集中,设计灌水率由泡田定额确定。取泡田定额 $1\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 、泡田时间3 d、每日提水时间20 h,依据灌水率计算公式得设计灌水率为 $69\ \text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{万}\ \text{hm}^2)$ 。灌溉水利用系数参照《农田管道输水灌溉工程技术规范》(DB32/T 3816—2020),取不低于0.85。

轮灌工作制度依据灌溉面积进行划分:当控制面积不足 $6.7\ \text{hm}^2$ 时,采用续灌方式;面积为 $6.7\sim 20.0\ \text{hm}^2$ 时,分为2组进行轮灌;面积在 $20.0\sim 33.3\ \text{hm}^2$ 范围内,可分为2~3组轮灌;而当面积达到 $33.3\sim 53.3\ \text{hm}^2$ 时,则需分为2~4组轮灌。

(3)典型设计成果。根据上述设计参数,分别以潜水泵、混流泵和离心泵作为典型泵型,按泵站居中布置、管道“丰”字形布局进行设计。考虑到3种泵型在相同灌溉面积和轮灌制度下选泵流量一致,主要差异体现在适用扬程范围和管径配置上,故将设计成果综合整理为表2。

表2 低压管道灌溉典型设计成果

灌溉面积/ hm^2	工作制度	轮灌制度	选泵流量/ (m^3/h)	适用泵型及扬程范围
≤ 6.7	续灌	1	207	
$6.7\sim 20.0$	轮灌	2	621	潜水泵/混流泵($\leq 4.0\ \text{m}$);
$20.0\sim 33.3$	轮灌	3	1 035	离心泵($4.0\ \text{m}$)
$33.3\sim 53.3$	轮灌	4	1 656	

注:作物为稻麦轮作,经营方式为土地流转农场经营,泡田时间3 d,管网“丰”字形布局。

降在0.4%至1%范围内时,采用与等高线斜交的布置方式;若坡降大于1%,则选择平行于等高线的横向布置。暗管外包滤料选用土工布,具有质量轻、耐用性好、施工方便、成本低等特点,适应自动化铺管施工。

(2)关键参数设计

暗管埋深根据作物降渍要求确定。稻麦轮作条件下,按旱作要求控制,暗管埋深取 $1.0\ \text{m}$ 。暗管内径取 $0.05\ \text{m}$ 。

暗管间距采用非恒定流公式试算确定。江苏省农田降渍标准为雨后3 d内地下水位降至田面以下 $0.80\ \text{m}$,设降雨后初始地下水位距田面 $0.2\ \text{m}$ 、排水沟至不透水层距离 $10\ \text{m}$,针对不同土质条件计算暗管间距,结果见表3。

由表3可知,暗管间距随土壤渗透系数的减小

管径选用方面,采用控制管道水头损失的方法确定管径,避免传统经济管径公式导致管径偏小、水头损失过大的问题。当水源常水位至田面高差在 $2.0\ \text{m}$ 以下、 $2.0\sim 4.0\ \text{m}$ 、 $4.0\ \text{m}$ 以上时,系统水头损失分别控制在总水头的100%、80%、50%以内。干管管径一般为 $280\sim 800\ \text{mm}$,支管管径为 $200\sim 500\ \text{mm}$,随灌溉面积和水源高差的增大而相应增大。

2.2 暗管排水设计

(1)系统布置

暗管排水系统通常由两级管道构成:一级为吸水管,采用PE波纹管,布设于田埂中部;二级为集水管,采用混凝土管,埋设于小沟底部,埋置深度控制在 $1.0\sim 1.2\ \text{m}$ 。地下水经吸水管汇集排入集水管,再通过集水管排入中沟。对于现有沟渠水网较密的地区,也可采用仅设吸水管、以明沟为集水通道的单级暗管系统,具有布置简单、施工容易、便于检查清理的优点。

吸水管布置应充分考虑地形条件:田面坡降小于0.4%时,采用垂直等高线的纵向布置;当地面坡

表3 不同土质条件下暗管排水间距

土壤质地	渗透系数/ (m/d)	给水度	暗管埋深/ m	暗管间距/ m
轻壤、沙壤土	0.60	0.030	1.0	34
轻壤、沙壤土	0.50	0.030	1.0	29
轻壤、沙壤土	0.40	0.030	1.0	24
中壤土	0.30	0.025	1.0	22
中壤土	0.25	0.025	1.0	20
重壤土、黏壤土	0.20	0.023	1.0	18
重壤土、黏壤土	0.15	0.020	1.0	16
重壤土、黏壤土	0.10	0.015	1.0	14

而缩短,轻壤和沙壤土区间距为 $24\sim 34\ \text{m}$,中壤土区为 $20\sim 22\ \text{m}$,重壤和黏壤土区为 $14\sim 18\ \text{m}$ 。实际工程

设计中应根据滞洪区各片区的具体土质条件,在上述范围内合理选取暗管间距。

2.3 排水沟道与生态沟设计

“暗灌暗降明排”模式中,由于降渍功能由暗管承担,排水明沟仅需排除地表涝水,沟道可布置得更稀疏、沟深更浅。砂土区小沟间距可取200 m,黏壤土区取100 m。

参照生态理念,斗农沟避免硬化处理,推荐采用生态沟形式。生态沟在满足排涝排渍标准的前提下,采用宽浅式梯形或复式断面,沟底及沟壁以植物措施或植物与工程相结合的方式防护。边坡可采用生态袋护岸、防腐木桩阶梯护坡或蜂窝状混凝土预制板等形式,沟内栽种金鱼藻、黑藻等沉水植物及荷花、千屈菜、水菖蒲等挺水植物。每隔300~500 m设置多级闸板拦水闸,日常水位维持在20~60 cm。生态沟一方面具有水质净化的生态价值,另一方面在滞洪区水毁后便于快速修复重建,较硬化沟道更具适应性。

3 结 论

本文针对洪泽湖滞洪区灌排工程面临的适应性不足问题,对3种灌排工程模式进行了比较分析,并开展了“暗灌暗降明排”模式的典型工程设计,主要结论如下:

(1)洪泽湖周边滞洪区现有灌排工程普遍采用传统明渠明沟模式,存在渠道及泵站抗水毁能力不足、排涝标准偏低、田间降渍明沟易坍塌淤堵等问题,难以适应滞洪区蓄洪与农业生产并重的需求。

(2)综合比较3种灌排模式可知,“暗灌暗降明排”模式在节约用地、减少输水损失、增强降渍能力和提高工程适应性等方面优势较明显,是洪泽湖滞洪区较适宜的灌排工程模式。

(3)典型工程设计表明,低压管道灌溉系统可根据灌溉面积和水源高差确定泵型与管径;暗管排水系统宜采用1.0 m埋深,轻壤和沙壤土区间距为24~34 m,中壤土区间距为20~22 m,重壤和黏壤土区间距为14~18 m;排水沟道宜结合生态沟形式布置,以兼顾排涝、土地利用和生态效益。

参考文献:

- [1] 高政,张海明,赵新化,等. 生态文明下洪泽湖周边滞洪区建设路径探讨[J]. 水利技术监督,2024(2):104-106.
- [2] 郭军,朱海锋,陈娟,等. 洪泽湖周边滞洪区的建设与管理研究[J]. 江苏水利,2018(11):31-34.
- [3] 何孝光,陈立东. 浅议洪泽湖周边滞洪区在淮河流域防洪体系中的作用[J]. 江苏水利,2019(S1):47-50.
- [4] 郭大方,陈坤,胡小安,等. 农田排水暗管系统施工方法和装备研究现状与展望[J]. 农业工程,2020,10(11):58-65.