

农田灌溉排水机械系统设计与性能分析

孙先明

(黑龙江省农业机械工程科学研究院, 哈尔滨 150081)

摘 要:灌溉与排水是调节农田水分供给的有效手段,是促进农作物良好生长的前提,为解决传统灌溉模式用水量、水资源浪费、有效利用率低的问题,以及优化农田抗涝排水性能,针对农田灌溉排水机械系统进行优化分析与功能升级,分析了现阶段的灌溉排水机械应用情况与典型不足,对排水机械、灌溉机械的设备及其附属设施进行设计和优化,并提供了性能分析参考建议,以期为农田合理用水提供参考借鉴。

关键词:农田;灌溉机械;排水机械;系统设计;分析

中图分类号:S274

文献标识码:A

doi:10.14031/j.cnki.njwx.2024.06.005

Design and Performance Analysis of Agricultural Irrigation and Drainage Machinery System

SUN Xianming

(Heilongjiang Academy of Agricultural Machinery Science, Harbin 150081, China)

Abstract: Irrigation and drainage are effective means to regulate the water supply in farmland, and are a prerequisite for promoting good crop growth. In order to solve the problems of high water consumption, water resource waste, low effective utilization rate, and optimize the flood resistance and drainage performance of traditional irrigation models, optimization analysis and functional upgrading of the agricultural irrigation and drainage machinery system were carried out. The current application situation and typical shortcomings of irrigation and drainage machinery were analyzed, and the equipment and ancillary facilities of drainage machinery and irrigation machinery were designed and optimized. Performance analysis reference suggestions were provided to provide reference for rational water use in farmland.

Keywords: farmland; irrigation machinery; drainage machinery; system design; analysis

0 引言

随着全球气候变化和水资源日益紧张,农田灌溉与高效排水是保障作物正常生长、提高农业产量的关键,也有利于实现水资源高效利用。近年来,在精确农业、节约农业理念的影响下,为进一步解决灌溉排水机械在能耗、效率、智能化等方面存在不足和适应农业生产的规模化、集约化、智能化发展需求,农田灌溉排水机械也逐渐开展了技术升级,对于灌溉排水机械的选型、功能匹配、技术应用、基础设施等进行优化设计,更好的提高效率、降低能耗、增强耐用性和可靠性。因此,本文重点对农田灌溉排水机械开展优化设计和性能分析,实现在提升效率和性能等同时降低能耗和成本,为农业生产提供更加高效、精准、环保的灌溉排水解决方案。

1 灌溉排水机械应用现状

1.1 机械设备分类与特点

与传统农业生产简单的渠道灌溉、漫灌、人工

排水方式相比,近年来,灌溉与排水工作逐渐向机械化和自动化发展,尤其在农业节水灌溉设备设施不断升级的支持下,灌溉排水机械逐渐形成了专用设备的覆盖并开展了大量的技术研究。现阶段应用的灌溉排水机械设备及相关技术主要包括以下几类:

1)在灌溉设备方面。水泵技术得到了快速发展,农业灌溉可根据使用场景选择多种灌溉用泵,如离心泵、轴流泵、混流泵等细分产品为农业灌溉提供良好技术支撑。同时灌溉执行设备主要细分为喷灌设备和滴灌设备两大类型,喷灌设备通过喷洒的方式将水分洒入农田,常见的喷灌设备包括喷灌机、喷灌带等,与传统灌溉方式相比具有灌溉效率高、覆盖面积广、节水效果好等优点。滴灌设备通过滴头将水直接输送到作物根部具有更好的节水效果,常用设备包括地表滴灌设备、地下滴灌设备等。

2)在排水设备方面。抽水机组集成了排灌用泵、动力机与传动设备,能够快速实现排除农田多余的水分。配合排水基础工程如排水沟道系统、暗管排水系统、竖井排水系统进行高效率排水。此外,对应的排水工程建设机械如水井钻机、铧式开沟犁、旋转开沟机、暗沟犁、开沟铺管机等设备也日

基金项目:黑龙江省农业科学院农业科技创新跨越工程项目(CX23GG17)

作者简介:孙先明(1970—),男,黑龙江肇东人,学士,高级工程师,研究方向为农业机械化。

趋完善^[1-2]。

1.2 应用不足之处

近年来,我国农业生产技术先进地区的灌溉设施、排水设施覆盖面积逐年扩大,灌溉排水机械应用逐渐增加,但对比农业技术先进的国家,我国农田灌溉排水机械市场上低端产品较多,自主产品技术创新不足,存在新老设备混用的弊端,不利于发挥新设备优势,整体灌溉与排水合理性与国际先进水平相比仍存在差距,存在能耗高、效率低、智能化程度低等问题,生产过程中常忽视对灌溉排水设施的管理和维护,设备设施性能发挥不理想,实际应用难以达到高效、精准、环保需求。

2 农田灌溉排水机械系统

2.1 灌溉机械系统

一直以来,我国很多农业生产地区尤其是农民独自经营的中小面积农田,灌溉机械的应用存在一定的盲目性,为提高灌溉效率和水资源利用率,需要结合土壤特性、灌溉面积、灌溉周期、灌溉方式、能源情况、设备成本等进行综合考虑。

2.1.1 灌溉泵的选择

农田灌溉使用的水泵种类繁多,应根据使用环境对灌溉泵进行选型。

平原地区适宜应用离心泵或轴流泵进行灌溉。离心泵主要借助离心力抽水,短距离可连续供水,能够适应大部分农业喷灌和滴灌的供水压力需求,轴流泵主要利用叶轮旋转所产生的推升力抽水,具有大流量特点,适用于大面积农田的灌溉,但离心泵和轴流泵均存在以下不适用条件。若灌溉区域的地势过高或需要长距离输送水,则不适宜选用普通离心泵,若灌溉水中含有大量泥沙,易造成离心泵的叶轮和泵体快速磨损,不适宜应用。

山区、丘陵地区适宜选用混流泵进行灌溉。混流泵兼具离心泵和轴流泵的高扬程、大流量特征,能通过离心力和升力的复合作用实现长距离和高地供水。

对于干旱少水地区,利用地下水灌溉时可选用专用的井用泵。

2.1.2 输水设施的优化

传统的农田灌溉输水设施功能相对单一,且常因管路设计不合理导致输水负载增加,影响灌溉水量。应重点从以下几方面进行优化。

一是优化管道布局。根据地形、水源和灌溉区

域的具体情况,做好总管路设计和布局,可利用 Solid Edge PipingISO、天正给排水等软件进行优化和细节仿真,尽量减少管道长度和弯头数量,优化弯头角度,避免大折弯弯头应用,降低水头损失和能耗。

二是优化管道选材。选用高质量管材,管材应具有高强度、耐腐蚀、抗老化等特点,优化管道连接技术,提高接头可靠性,减少管路、接头渗漏、泄压等问题,提高水资源利用率,优选聚乙烯(PE)管、聚氯乙烯(PVC)管及专用接头^[3]。

三是优化水资源循环利用。一方面可以在农田周边建设雨水收集系统,并将该系统连接到灌溉系统,将雨水收集起来并用于灌溉,可以有效减少雨水径流造成的污染并节约水资源。另一方面推广使用再生水,例如将污水进行处理或灌溉多余水量进行回收,循环应用,减少水资源流失浪费,并提高灌溉效率。

2.1.3 灌溉喷施设备优化

引进节水灌溉系统,应用如滴灌、喷灌等节水灌溉设备,利用物联网、大数据等先进技术,构建智能灌溉控制系统,实时监测土壤湿度、作物生长状况等参数,根据作物需求合理分配水量,确保灌溉的及时性与合理性^[4]。

2.2 排水机械系统

排水机械系统优化应综合考虑农田所处地理位置,以及地形、土壤、气候、作物种类等因素,制定机械设备与附属设施选用方案,并通过选型与合理布局进行优化,提高排水效率。

2.2.1 排水泵选型

排水泵是农田排水的关键设备,排水泵功能的匹配对于农田排水效率影响显著,首先应根据农田基础设施条件适配排水泵,对于方便用电的农田环境,优先选择电动机水泵,可实现灵活布局和局部区域移动排水的效果,对于供电不便捷农田,可选用内燃机水泵进行排水^[5]。现阶段,农业生产应用的离心泵、轴流泵、混流泵均可满足大部分农田排水功能需求,近来来水泵企业针对传统的离心泵、轴流泵进行优化,生产的专用污水泵更适宜农田排水应用。具体选型时主要结合地区雨水条件和农田排水沟渠情况分析流量、扬程、功率等参数,对排水泵进行优选,排水泵排水功率 P 的计算可参照式(1)进行综合选择

$$P = \rho \times g \times Q \times H / \eta \quad (1)$$

式中 ρ —水的密度, kg/m^3 ;
 g —重力加速度, m/s^2 ;
 Q —流量, m^3/s ;
 H —扬程, m ;
 η —水泵效率, %。

2.2.2 排水设施升级改造

定期检查维护排水设施,对老旧排水设施进行优化升级,如安装水闸、输水管道和出水口等设备,重点增设排水管路防堵设施,间隔增设机械或水力清杂、清泥机构,提高排水能力,设置田间水位监测传感器,实时监测水位,联动排水设施,根据预设水位自动进行排水。此外,建设应对涝情的排水储水方案,一方面建设沟渠、排水机械并存的排水方案,另一方面,建设排水再利用方案,兴建蓄水池,将机械排水与蓄水池连接,提高水资源利用率^[6]。

2.2.3 其他备用设备设施

除上述必须的机械设备外,农业排水工程还需储备一定量的附属设备设施,如抽水管、水带等与排水泵相适配,通常情况下,用于农田排水的抽水管和水带选用8~10 cm为宜,若所在农业生产区雨季汛情严重,也应适当准备16~20 cm抽水管和水带备用,抽水管和水带等附属设施的材质应具有良好的耐腐蚀性和耐用性,通常抽水管长度选用5~15 m,水带长度根据农田边缘距离排水渠的最大距离选择。此外,大型农场或大面积农田还需配备挖掘设备或开沟机以备快速排涝。

3 灌溉及排水系统的性能分析

3.1 灌溉系统性能

1) 灌溉效率。灌溉效率的主要影响因素为水泵功率,通常在水泵使用过程中其有效功率 P_x 受到水容重、工作扬程、流量等因素影响,水泵有效功率的计算公式如式(2)所示

$$P_x = \gamma QH / 10^2 \quad (2)$$

式中 γ —水容重, kg/L ;
 Q —流量, L/s ;
 H —扬程, m 。

将水泵的有效功率 P_x 与理论功率 P 比对,即可得到灌溉有效效率 η ,计算如式(3)所示,通常中小功率水泵的灌溉效率在60%~80%,部分先进的大功率水泵可超过90%^[7]。

$$\eta = P_x / P \quad (3)$$

2) 扬程达成率。水泵的实际扬程影响农田的

灌溉覆盖率及灌溉重合率,实际扬程 H_j 的计算公式为 $H_j = H_{jx} + H_{jy}$,式中 H_{jx} 为实际吸水扬程, H_{jy} 为实际压水扬程,则扬程达成率 $C = H_j / H$,式中 H 为理论扬程。

3.2 排水系统性能

排水系统的性能与排水泵的功率和机械特性关系密切,排水系统的整体性能以单位时间的排水量,即水流量 Q_p 为计算依据,其计算公式如式(4)所示

$$Q_p = P_x \times 10^2 / \gamma H_p \quad (4)$$

通常情况下,不同种类和性能的排水泵其实际排水流量也存在一定差异,农业生产中应用的排水泵实际排水流量在500~2 000 L/s ,大型排水泵可达3 000 L/s 以上^[8-9]。

4 建议与总结

总体上看,我国的农业生产灌溉排水机械设备设施逐渐趋于普及,农业用水合理性实现了快速提升,与农业技术先进国家的农业灌溉和排水系统相比,我国生产应用的机械设备与附属设施技术仍相对落后,同时,生产中使用的节水灌溉技术、水资源再利用技术相对不足,生产用水缺少合理计划和监督管理,建议未来进一步加强高精度农业灌溉用水设备的推广应用,并持续提高农民节约用水和合理灌溉意识,加强排水工程建设,保障农业生产科学有序开展。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 田彩霞. 农业灌溉泵站机电设备的常见问题和解决措施[J]. 南方农机, 2024, 55(9): 163-166.
- [3] 高爽. 高标准农田建设背景下老旧灌区农田水利工程优化改造分析[J]. 农业与技术, 2024, 44(8): 43-45.
- [4] 胡文武, 宋子建, 侯炳吉. 浅谈高标准农田建设项目验收组织与实施[J]. 农业与技术, 2024, 44(8): 39-42.
- [5] 庞金龙, 张跃驰. 农田水利基础设施建设和管理研究[J]. 黑龙江水利科技, 2024, 52(4): 128-131.
- [6] 李镇中. 论如何发挥农田排灌机械工作效能[J]. 农业机械, 2023(11): 58-60.
- [7] 杨晓庆. 高标准农田建设中节水灌溉技术的应用[J]. 当代农机, 2024(4): 34-36.
- [8] 罗裕综. 水利工程排灌建设管理存在的问题及优化措施[J]. 内蒙古水利, 2021(12): 53-54.
- [9] 马立. 某农田水利工程提升改造优化设计研究[J]. 山西建筑, 2021, 47(12): 161-163.

(04)