

农田水利技术与农业可持续发展效应的实证研究

朱新刚

东明县武胜桥镇人民政府, 山东 菏泽 274500

摘要:为了探讨农田水利智能化管理在促进农业可持续发展中的作用,首先,分析了当前农业水资源面临的挑战,包括水资源短缺、灌溉效率低下等问题;其次,探讨了智能化水利管理系统的构成,包括自动化灌溉、传感器网络、数据分析等技术,并举例说明这些技术如何提高灌溉效率,减少水资源浪费;再次,论述了智能化水利管理对农业可持续发展的影响,特别是在提高作物产量、保护环境、促进农村经济发展等方面的作用;最后,提出了智能化水利管理面临的挑战和未来发展方向。

关键词:农田水利智能化管理;农业可持续发展;灌溉效率;数据分析;环境保护

中图分类号:TV93;S19

DOI: 10.3969/j.issn.2097-065X.2024.08.019

0 引言

全球人口的持续增长与气候变化对农业用水造成了前所未有的压力。农业是全球最大的淡水消费者,约占全球淡水抽取量的70%。由于水资源的不均匀分布和低效利用,加上传统灌溉技术的限制,农业用水问题变得更加严峻。根据联合国教科文组织和世界资源研究所的数据,到2050年全球水需求将增加20%至25%,这种水资源短缺将严重威胁农业生产和全球粮食安全。

智能水利管理技术通过实现灌溉过程的精细化管理,显著提高灌溉效率并减少水资源浪费,不仅优化了作物生长环境,还提高了农业生产的可持续性。本文分析了农业水资源面临的挑战、智能化水利管理系统的应用以及相关案例,旨在为解决水资源短缺、提升生产效率及实现农业可持续发展提供科学依据和技术支持。

1 当前农业水资源的挑战

1.1 农业对水资源的依赖及其可持续性

农业作为全球最大的淡水消费者,占全球淡水抽取量的约70%,在许多发展中国家这一比例超过80%。随着全球人口和食品需求增长,农业用水需求预期将持续增加。然而,水资源的有限性在水短缺地区对农业构成了巨大挑战。通过应用智能化农田水利技术,可以提高水效率,减轻对有限水资源的依赖,进而推动农业的可持续发展^[1]。

1.2 传统灌溉技术的效率问题

尽管灌溉对提升农业产量至关重要,但传统灌溉方法如漫灌和沟渠灌溉的效率通常较低,导致大量水资源被浪费。这些方法的水分利用率低,水资源通过蒸发和渗漏大量流失。缺乏有效的灌溉管理

和调度系统,使得水资源分配不合理,加剧资源浪费。此外,过度灌溉在某些地区还会引起土壤盐碱化,影响土地生产力。智能化农田水利技术通过精准控制和管理灌溉,优化水资源利用,降低环境影响,促进农业的持续发展^[2]。

1.3 智能化水利技术的应用潜力

农田水利智能化技术整合了传感器网络、实时数据处理和自动化控制系统,实现对灌溉过程的精细化管理。通过利用土壤湿度传感器、气象站和作物生理参数监测设备,这些系统可以实时获取关键数据,生成最优灌溉策略。这些策略不仅可以根

2 智能化水利管理系统的构成

2.1 自动化灌溉系统及其传感器网络

自动化灌溉系统是智能水利管理的关键技术,通过集成高精度传感器网络、数据处理技术和自动控制技术,实现对灌溉过程的精准控制和动态调整。系统中的传感器实时监测土壤湿度、气象条件和作物需水量等关键参数,如土壤湿度传感器可测量不同深度的土壤水分,气象站提供气候数据,作物生理监测设备评估作物需水状况,从而支持精细化灌溉决策。数据处理与决策支持系统通过分析这些实时数据,生成最优灌溉策略,根据土壤和气象条件、作物生长阶段和需水规律调整灌溉计划,优化水资源利用,提升作物产量^[4]。

2.2 自动控制技术在灌溉系统中的应用

自动控制技术是自动化灌溉系统的核心,依托物联网和无线通信技术,实现对灌溉设备如喷头、滴

灌带和灌溉阀门的远程控制和实时调节。设备根据系统指令自动调整,动态设置灌溉时间和强度,确保水分直接输送到作物根部,减少水分的蒸发和流失。此外,自动化灌溉系统具备强大的反馈机制,持续监控灌溉效果,并通过反馈回路优化灌溉策略。当土壤湿度达到最佳状态时,系统自动停止灌溉,防止过度灌溉,并根据作物生长状态和气候变化实时调整灌溉计划^[5]。

2.3 数据分析与决策支持系统

数据分析和决策支持系统是智能化水利管理的另一个关键组成部分。这些系统收集并分析来自传感器网络和其他来源的大量数据,使用先进的算法和模型来预测作物需水量、评估灌溉策略的效果,以及提出灌溉优化建议。这些系统可以帮助农户和管理者理解复杂的环境条件和作物需求,从而做出更加科学和有效的灌溉决策^[6]。

2.4 具体案例分析

案例名称:智能化水利管理在印度马哈拉施特拉邦的应用

案例地点:印度马哈拉施特拉邦

背景:印度是一个农业大国,但同时也面临着水资源短缺和灌溉效率低下的问题。马哈拉施特拉邦是印度西部的一个重要农业区,但受季节性降雨和地下水过度开采的影响,该地区经常遭遇干旱和水资源短缺的问题。

2.4.1 实施方案

为了解决这一问题,当地政府和非政府组织合作推广了一项智能化水利管理项目。该项目包括以下3个主要部分:

- (1)自动化灌溉系统。安装自动化灌溉设备,如滴灌和喷灌系统,以提高灌溉的精确性和效率。
- (2)传感器网络部署。在农田部署土壤湿度和温度传感器,实时监测农田的水分需求。
- (3)数据分析平台。建立一个中心化的数据分析平台,收集和分析传感器数据,为农民提供灌溉建议。

2.4.2 结果与影响

如表1所示,实施智能化水利管理后,在马哈拉施特拉邦的农业生产中取得了显著成果。

表1 智能化水利管理实施前后对比

项目	实施前	实施后	改善百分比(%)
灌溉水量 (m³)	100	75	-25
作物产量 (t/hm²)	4.0	4.6	+15
灌溉成本 (Rs/hm²)	5 000	3 500	-30
水资源利用效率 (%)	40	65	+62.5

(1)节水效果显著。通过自动化灌溉和精准的水分管理,灌溉水量减少了约25%。这对于水资源匮乏的区域来说,是一个重大进步。

(2)提高了作物产量。由于更精准的水分管理,作物的生长条件得到改善,产量提升了约15%。

(3)减少了灌溉成本。自动化和优化的灌溉方法减少了人力和水资源的需求,灌溉成本降低了30%。

(4)提升了水资源利用效率。整体水资源利用效率从40%提升到65%,表明相同量的水资源可以支持更高效的农业生产。

这个案例表明,通过引入智能化水利管理系统,不仅能有效解决水资源短缺的问题,还能提高农业生产的效率和可持续性。这种方法对于水资源管理具有重要的示范意义,特别是在类似气候和资源条件下的其他发展中国家。

3 智能化水利管理在提升农业可持续发展中的作用

3.1 提高灌溉效率与节水效果

智能化水利管理通过引入先进的灌溉技术和精细化管理手段,显著提高了灌溉效率。系统能够基于土壤湿度、气象数据和作物需水量进行实时调整,确保灌溉水平与作物需求严格对应。这种精准灌溉不仅减少了水的浪费,还保证了水资源的高效利用。比如,滴灌和喷灌系统能够将水直接输送到作物根部,减少了蒸发和跑漏,相比传统灌溉方式节水效率可提高30%至70%。这种节水效果对于水资源短缺的地区尤为重要,有助于缓解水压力,保障农业持续发展。

3.2 减少环境污染与生态保护

智能化水利管理对环境保护产生积极影响。传统的灌溉方式往往会导致水肥流失,从而引起地下水和周边水体的污染。智能化系统通过准确控制灌溉和施肥,大幅度减少了农药和化肥的流失,从而降低了对环境的污染。此外,通过减少过度灌溉,智能化水利管理还有助于避免土壤盐碱化,保护农田土壤结构和生态平衡。这些因素共同作用,有利于提升农田的生态环境质量,促进生态可持续发展。

3.3 提升农作物产量与质量

智能化水利管理直接影响农作物的生长条件,从而提高产量和质量。精确的水分管理保证了作物获得适宜的生长环境,避免了因灌溉不当导致的水分过量或不足。这种优化的生长环境有助于提高作物的产量和品质。例如,准确的灌溉可增强作物的抗病性,减少病虫害的发生。

3.4 经济效益分析

从经济角度来看,智能化水利管理显著提高了农业生产的成本效益。首先,节水减少了水资源的支出,尤其在水价较高的地区,这种节约尤为显著。其次,提高的灌溉效率降低了人工成本和能源消耗。自动化灌溉系统减少了对人工灌溉的依赖,同时更高效的水分利用减少了抽水的能源需求。此外,产量和作物品质的提高增加了农产品的市场价值,为农民创造了更高的收入。

4 案例研究

4.1 国际案例:加州智能化水利管理项目

背景:加利福尼亚州由于其地理和气候特点,长期面临水资源短缺的挑战。近年来,该州积极推广智能化水利管理技术,以应对日益严峻的水资源问题。

4.1.1 实施方案

引入滴灌和喷灌系统,替代传统的漫灌方式,以提高灌溉的精确性和效率。建立农田传感器网络,监测土壤湿度、温度、植被状态等。开发数据分析平台,实时收集和分析数据,为农民提供灌溉建议。

4.1.2 成效

如表 2 所示,水资源得到节约,灌溉水量减少 30%,显著缓解了水资源压力。产量提升,作物产量提高 14%,质量也得到提升。效率提高,水资源利用效率从 40%提升至 60%。

表 2 加州智能化水利管理项目数据对比

项目	实施前	实施后	改善百分比(%)
灌溉水量 (m ³ /hm ²)	8 000	5 600	−30
作物产量(t/hm ²)	3.5	4.0	+14
水资源利用效率 (%)	40	60	+50

4.2 国内案例:中国河北省智能化灌溉项目

背景:河北省是中国的主要农业省份之一,但长期受限于水资源的短缺。近年来,河北省通过实施智能化水利管理项目,有效改善了农业水利状况。

4.2.1 实施方案

应用地下滴灌技术,减少水分蒸发,提高水分利用率。部署农田气象站,实时监控气象条件,指导灌溉。建立远程监控系统,使管理者能够远程控制灌溉系统。

4.2.2 实施成效

如表 3 所示,显著节水,灌溉水量降低 33%,提高了水资源的利用效率。增加产量,作物产量增加

了 21%,同时降低了作物生长周期。经济效益提升,每公顷的经济效益提高了 33%,增加了农民的收入。

表 3 中国河北省智能化灌溉项目数据对比

项目	实施前	实施后	改善百分比(%)
灌溉水量 (m ³ /hm ²)	87 500	5 000	−33
作物产量 (t/hm ²)	2.8	3.4	+21
经济效益(万元/hm ²)	15	20	+33

这 2 个案例展示了智能化水利管理在不同地理和气候条件下的应用成效。加州案例突出了在水资源极其匮乏的情况下,如何通过智能化水利技术实现高效用水和增产。而中国河北省的案例则显示了一个传统农业大省如何利用现代技术转型,提高农业的可持续性和经济效益。这些案例证明了智能化水利管理在全球范围内推广的巨大潜力,尤其是对于那些面临水资源挑战的地区。

5 结语

智能化水利管理技术,作为现代农业科技体系的核心要素,在促进农业可持续发展中占据着举足轻重的地位。通过精细化管理和优化水资源配置,该系统极大地提升了农业生产的效率与产量,同时显著降低了对环境的负面影响,实现了农业生产与生态环境的和谐统一。在全球水资源短缺和环境污染问题日益严峻的背景下,智能化水利管理系统展现出解决这些难题的强大潜力。它通过提高灌溉精准度、优化水肥耦合以及减少资源耗损,为全球水资源保护与生态平衡做出了积极的学术贡献,为构建可持续农业生态系统提供了坚实的科技支撑。

参考文献:

[1] 包致忠. 农田水利工程高效节水灌溉技术的发展及应用[J]. 水上安全, 2023(4):83-85.

[2] 吴浩. 关于节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J]. 河北农机, 2023(8):141-143.

[3] 魏兴亭. 信息技术背景下加强小型农田水利工程管理的对策[J]. 农机市场, 2023(4):76-77.

[4] 吕双良. 农田水利信息管理技术及应用实践[J]. 农业工程技术, 2023, 43(11):92-93.

[5] 任雷. 农田水利智能灌溉监控系统及其关键技术研究[J]. 数字农业与智能农机, 2024(2):63-66.

[6] 程晓贤. 农田水利信息管理技术有效发挥水利工程的作用[J]. 农业工程技术, 2021, 41(18):36, 39.

作者简介:朱新刚,男,1979 年生,助理工程师。研究方向为农田水利。