

智能水肥一体化系统架构与精准调控技术优化

丁新红

塔城市农业农村机械化发展中心 新疆塔城 834700

摘要: 智能水肥一体化系统通过精确、高效的水肥管理,实现了资源节约、环境保护、农业增产和农民增收等多重价值。它不仅提升了农业生产的可持续性,还推动了农业现代化,具有广泛的应用前景和深远的影响,是现代农业发展的重要组成部分。本文结合智能水肥一体化系统架构与精准调控技术优化策略进行分析,以供参考。

关键词: 水肥一体化技术;应用现状;发展方向;农业

智能水肥一体化系统(简称IWFS)是一种基于物联网、大数据、云计算和人工智能技术,结合水肥管理的综合解决方案。该系统通过对水和肥料的智能化管理,实现精确、自动化的灌溉与施肥,智能化管理不仅提升了传统农业的生产效率,还为农业产业链中的其他环节提供了智能化支持,推动了农业产业的全方位升级。通过节水、节肥、节能、减少病虫害等措施,智能水肥一体化系统能够有效降低农业生产成本。精准的水肥管理提高了作物产量和质量,能够帮助农民获取更高的市场价格,进而提升农民的收入水平。

一、智能水肥一体化系统的运用价值

1. 提高水资源利用效率

智能水肥一体化系统通过土壤湿度传感器、气象数据采集、植物生长需求分析等技术,精确计算作物对水分的需求,自动调节灌溉量和灌溉时间。这有助于避免过度灌溉或缺水现象,提高水资源的利用效率。相比传统灌溉方式(如人工灌溉或定时灌溉),智能水肥一体化系统能精准控制灌溉量,大幅减少水资源浪费,适应干旱和水资源紧张地区的需要。通过智能调控,灌溉设备(如水泵)的运转时间和功率得到优化,减少了电力消耗,进一步降低了农业生产的成本。

2. 提高肥料使用效率,降低成本

智能水肥一体化系统结合土壤养分监测、作物生长阶段分析等数据,精准计算作物对肥料的需求,并自动控制施肥量和施肥方式。这样可以有效避免肥料的过量使用,减少肥料浪费。传统施肥方式往往会导致肥料流失,污染水体和土壤,造成环境问题。智能系统通过精确控制施肥,减少了肥料对环境的负面影响。通过合理的肥料管理,避免了不均匀施肥带来的土壤酸碱度失衡,促进了土壤微生物的正常活动,有助于保持土壤健康。智能水肥一体化系统通过精准的水肥管理,使作物始终

处于最佳生长状态,减少了水分和营养素的不足或过剩,帮助作物获得更均衡的生长环境。系统可以实时监控环境条件(如温度、湿度、光照等),并通过数据分析及时调整水肥供给。这有助于作物应对不稳定的气候条件,提高抗病虫害能力和抗逆性,进一步保障作物的稳定产出。

3. 减少人力成本与劳动强度

智能水肥一体化系统实现了灌溉与施肥的自动化,减少了人工操作的频率和工作量。农民可以通过手机或计算机进行远程监控与管理,极大地降低了人工成本。传统手动灌溉与施肥容易因操作不当导致水肥浪费或作物生长不良,智能系统通过自动调节,消除了人为因素,减少了操作失误。智能水肥一体化系统能够通过采集大量的土壤、气候、作物生长等数据,进行实时分析,并为农民提供科学决策支持。系统能够通过对环境因素的分析,预测天气变化、土壤变化等,并发出预警,提前调整水肥管理措施,以应对突发事件(如干旱、暴雨等)。

4. 推动农业可持续发展

智能水肥一体化系统通过精确管理水和肥料的使用,显著减少了资源的浪费,并降低了化肥和农药对环境的污染,有助于实现绿色农业和可持续发展。随着气候变化,农业面临的自然灾害越来越多。智能水肥一体化系统能够通过精准的水肥管理,帮助作物更好地适应气候变化,提高抗逆能力,确保农业生产的稳定性。智能水肥一体化系统是农业向智能化、现代化转型的重要一步。它通过互联网技术、物联网技术、数据分析技术等,推动了农业生产方式的数字化、智能化和自动化。

二、智能水肥一体化系统总体设计和相关技术介绍

1. 总体设计方案

(1) 系统的总体需求

智能水肥一体化系统的设计目标是实现农业灌溉与施肥的精准控制,通过技术手段优化水肥资源的使用效

率，提升农业生产的效益和可持续性。通过土壤湿度、温度、作物生长状态、气候等数据，自动计算和调节水肥的供给量，实现对水分和养分的精准施加。实现对农业灌溉与施肥全过程的实时监控，采集并分析土壤水分、养分浓度、环境气候等信息，辅助农民做出科学的农业管理决策。系统应能够自动调节灌溉和施肥设备的工作状态（如水泵、喷灌、滴灌、施肥设备等），并根据实时数据进行调整，确保水肥供给的及时性和合理性。提供移动端或PC端管理平台，支持农民远程监控、数据查看、设置调整和设备管理，提升系统的灵活性与操作便捷性。通过精准控制，最大限度减少水肥的浪费，降低能源和资源消耗，同时减少肥料对环境的污染。系统应具有良好的兼容性，能够与现有的农业生产设备、监测设施以及后期的技术升级进行无缝对接。



图1 智能水肥一体化系统

(2) 系统整体架构设计

1) 传感器层

传感器层监测土壤湿度、温度、养分浓度（如氮、磷、钾等）。实时采集环境参数，如温度、湿度、光照强度、风速等。作物监测传感器用于监测作物的生长状态，如叶片温湿度、病虫害检测等。

2) 数据采集与处理层

收集传感器数据，通过无线通信（如LoRa、Wi-Fi等）将数据传输至中央处理系统。对收集到的数据进行实时分析与处理，计算出水肥需求量，并进行相关决策支持。

3) 控制与执行层

根据分析结果，自动调节灌溉系统和施肥设备的工作状态，包括开启、关闭、流量调节等。水泵、滴灌系统、喷灌系统、施肥器等硬件设备，直接执行系统命令，完成实际操作。

4) 用户交互层

提供PC端或移动端应用，农民通过该平台查看实时数据、控制设备、调整系统设置、接收警报等。系统能

够基于数据变化生成警报或预警信息（如土壤湿度过低、肥料不足等），提醒农民及时处理。将历史数据存储在云端，支持大数据分析，帮助用户通过数据趋势优化管理。通过历史数据的分析，预测作物生长周期、病虫害爆发、天气变化等，为农民提供决策支持。

2. 系统方案的可行性论证

(1) 水肥混合精度分析

水肥混合精度是衡量系统能否准确按比例将肥料与水混合，并施加到作物所需区域的关键指标。智能水肥一体化系统应通过高精度的流量传感器和精确的控制系统来保证水和肥料的混合比例。采用电子流量计与比例阀门进行精准控制，确保水和肥料按预定比例进行混合。通过在线养分传感器监测水中肥料浓度，确保施肥的准确性，避免肥料过量或不足。系统应确保混合精度在 $\pm 5\%$ 以内，以满足不同作物和不同生长阶段的需求。

(2) 易用性分析

易用性是影响系统普及与应用的关键因素。系统的设计应符合农民操作习惯，界面简洁，操作直观。系统平台应具备简洁的图形界面，配有清晰的操作提示，确保农民即使缺乏技术背景也能轻松使用。大部分操作应实现自动化，农民只需设定基本参数，系统自动进行调整，减少人为干预。系统可以根据地域的需求提供多语言支持，适应不同国家和地区的农民需求。

(3) 维护难度分析

系统的维护性直接关系到其长期使用效果。智能水肥一体化系统的维护需要考虑设备的可靠性和用户的操作便捷性。灌溉设备和传感器等硬件设备的耐用性和抗干扰能力很重要，应选择高质量、耐候性强的设备，并设计易于清洗、维修和更换的方案。系统的软件平台应具备远程更新功能，可以实时修复漏洞和优化功能，保证系统的稳定性。系统应定期备份数据，以防止系统故障导致数据丢失，且备份过程应自动化执行。

(4) 系统成本分析

系统成本分析是评估智能水肥一体化系统经济可行性的重要环节。成本主要包括硬件成本、软件开发与维护成本、运营成本以及可能的培训费用。硬件成本主要涉及传感器、自动化设备、控制系统等硬件设施的投入。随着技术的进步和规模效应，硬件成本逐年降低。软件开发与维护成本包括系统设计、开发、部署以及后期的技术支持和系统维护费用。开发成本较高，但长期使用能够摊薄成本。涉及系统运行过程中所需的能源消耗（如电力、通信费用等）以及农民的操作成本。由于系统的自动化和精准性，运营成本相对较低。针对不同农

民的技术培训也是必要的，尽管培训成本存在，但可以通过简化操作和提供智能提示来减少培训难度。

3. 智能水肥一体化系统设计相关技术介绍

(1) 传感器技术

传感器技术在智能水肥一体化系统中扮演着至关重要的角色。它通过实时监测土壤中的各项参数（如湿度、温度、养分浓度等），将数据传输给控制系统，从而实现对水肥的精准调节。传感器将采集到的数据传输给中央控制单元，以便及时调整水肥的供应量，避免过多或过少的问题，确保植物得到最佳的生长条件。

(2) 物联网网关技术

物联网（IoT）网关技术是智能水肥一体化系统的核心组成部分，它负责将分散的传感器采集到的数据传输至中央处理系统，通常通过无线网络或有线网络实现数据的传递。网关从传感器获取数据，并通过Wi-Fi、Zigbee、LoRa等协议将数据上传到云平台或本地服务器。网关允许用户通过手机或计算机进行远程监控和控制系统参数（如灌溉时间、肥料浓度等）。不同的传感器和设备可能使用不同的通信协议，网关能够实现协议转换，确保各设备之间的兼容性。网关还可以进行初步的数据处理和本地存储，减少对云端服务器的依赖，提高系统的响应速度。

(3) 微控制器技术

微控制器（MCU）技术是智能水肥一体化系统的“大脑”，负责处理传感器数据、执行控制算法、驱动执行器并与物联网网关进行通信。由于系统通常是24小时运行，微控制器需要具备低功耗的特点，以延长电池使用寿命。微控制器需要同时处理多个传感器的数据采集、分析和执行器的控制任务。它通过内部的中断和定时器机制，能够有效地进行多任务调度。为了确保系统的稳定性和可靠性，微控制器必须具备实时响应的能力。当传感器数据发生变化时，微控制器能够立即做出反应并调整灌溉或施肥策略。

三、智能水肥一体化系统精准调控技术优化策略

1. 精细化管理与作物模型应用

精准的作物生长模型，了解不同作物在不同生长阶段的水肥需求，基于此提供精确调控。将农田划分为不同的管理区域，根据土壤类型、作物需求、气候条件等因素为每个区域单独制定调控方案，实现精准化管理。通过智能化滴灌系统，实现水肥的精准输送，最大程度地减少水肥浪费，并提高作物的吸收效率。采用自动化控制设备，能够根据系统检测到的土壤湿度、作物需求等数据，实时调节水和肥的供应量，避免过量或不足。

结合太阳能、风能等可再生能源供电，提高系统的能源利用效率，降低运营成本。

2. 物联网技术与远程监控

物联网技术将不同的传感器、控制器和灌溉设备连接起来，实现设备的远程监控和管理。农民和农业管理人员可以通过移动终端随时掌握水肥施用情况。实时监测土壤、气候、作物的生长状态，并将数据反馈到中央控制系统，进行数据分析和调整，确保水肥供应与作物需求高度匹配。通过对历史数据的分析，建立智能预警模型，实时监控系统运行状态。一旦出现水肥不足、过量、设备故障等问题，系统能够提前预警，避免不必要的损失。集成智能故障诊断系统，自动检测系统的异常情况，并进行初步故障定位和修复建议，确保系统的稳定运行。

3. 优化肥料使用与环境友好型肥料

基于土壤肥力监测数据，优化肥料的种类和用量，减少肥料的浪费，并避免过量施肥带来的环境污染。采用可控释肥料、缓释肥料等类型的肥料，减少肥料对环境的负面影响，确保农业生产的可持续性。结合水肥一体化系统推动循环农业发展。例如，利用有机肥、畜禽粪便等资源，实现农业废弃物的循环利用。加强对气候变化、土壤质量、水源质量等环境因素的监控，确保水肥一体化系统在生态友好的环境中运行。

结语

智能水肥一体化系统在现代农业中得到了广泛应用，其主要目的是通过精确控制水和肥料的供给，提升农作物的生长效率，减少资源浪费，并实现农业生产的可持续发展。通过策略的综合应用，可以有效提升智能水肥一体化系统的精准调控能力，实现农业生产中的水肥资源优化配置、提高作物产量和质量，同时减少对环境的负面影响，推动农业向可持续发展方向迈进。

参考文献

- [1] 周杰. 基于PID控制的STM32单片机衣柜智能交互检测仪[J]. 自动化与仪器仪表, 2024(01)
- [2] 苏安杰, 傅中君, 朱金辉, 李可扬, 周磊, 王宇辉. 基于模糊神经网络PID变压器恒温箱控制系统研究[J]. 电子制作, 2024(01)
- [3] 刘英会, 岳伟利, 张宗彩. 传感器技术在制造业自动化中的应用[J]. 机械工程与自动化, 2023(04)
- [4] 李鹏. 基于L298N的直流电机调速系统[J]. 电子测试, 2022(21)