

智慧农业物联网集装箱自动灌溉系统分析

王艳, 蒋丽萍, 周月, 岳杨, 刘佳晨, 赵耀桀, 郑圆缘, 董余倩

成都农业科技职业学院, 四川 成都 610000

DOI: 10.61369/ETR.2025390006

摘 要 : 针对在传统农业植物生长过程中, 灌溉系统对植物生长产生重大影响, 造成了水、肥、药等资源的巨大浪费。本文在物联网集装箱系统中, 设计和实现植物生长的自动灌溉系统, 该系统能根据植物的生长情况实现自动的灌溉、施药和施肥等, 保证植物在合适的环境下生长。实践证明, 该系统有利于节约水肥药等资源和成本。

关 键 词 : 智慧农业; 物联网集装箱; 自动灌溉

Analysis of the Smart Agriculture Internet of Things Container Automatic Irrigation System

Wang Yan, Jiang Liping, Zhou Yue, Yue Yang, Liu Jiachen, Zhao Yaoshen, Zheng Yuanyuan, Dong Yuqian

Chengdu Agricultural Science and Technology Vocational College, Chengdu, Sichuan 610000

Abstract : In view of the significant impact of the irrigation system on the growth of traditional agricultural plants in the process of plant growth, resulting in a huge of water, fertilizer, medicine and other resources. This article designs and implements an automatic irrigation system for plant growth in the Internet of Things container system, which can implement automatic irrigation, and fertilization according to the growth situation of plants, and ensure that plants grow under suitable conditions. Practice has proved that this system is conducive to saving water, fertilizer, and other resources and costs.

Keywords : smart agriculture; internet of things container; automatic irrigation

引言

智慧农业物联网集装箱通过集成先进的传感技术、通信技术和智能控制技术, 利用抽水泵和灌溉泵实现了对农作物生产环境的精准监测和灌溉控制。当集装箱中的水箱的液位低于临界值时, 系统实现智能抽水到正常液位。灌溉系统能够根据农作物的生长需求和实时监测的根系湿度数据, 自动调整灌溉水量和灌溉时间, 确保农作物获得适宜的水分供应。^[1] 同时根据植物生长过程中监测到的营养数据和病虫害的数据, 如果没有满足植物生长的最佳营养条件, 则实现自动营养浇灌; 如果监测到植物生长出现病虫害, 则实现自动报警, 对病虫害进行有效控制, 保证植物的正常生长。

一、系统整体分析

(一) 系统整体功能

在智慧农业发展浪潮中, 依托物联网技术与集装箱载体, 设计并实现了智慧农业物联网集装箱自动灌溉系统。该系统以“精准感知、智能决策、动态调控、远程运维”为核心, 通过多系统协同与设备联动, 实现对集装箱内植物生长灌溉的全流程自动化管理, 既保障植物在适宜条件下高效生长, 又兼具节能降耗、成本节约的优势, 为设施农业与新兴农业领域的灌溉调控提供了创新解决方案。^{[2][3]}

系统功能模块深度分析

1. 采集系统: 环境信息的“感知神经”

采集系统: 由各类高精度传感器组成, 实时采集集装箱内温

度、湿度、光照度等关键环境数据。

• 传感器类型与布局: 团队根据集装箱空间特性与植物生长需求, 科学布局光照传感器、温湿度传感器等设备。^[4] 光照传感器可精准捕捉光照强度、光谱成分等信息, 为补光策略提供原始依据; 温湿度传感器则辅助判断环境对植物生长的综合影响, 确保补光调控与其他环境因子协同。

• 数据价值与作用: 这些数据经传输与处理后, 成为系统分析决策的核心依据。例如, 当光照度低于植物生长临界值时, 系统会触发补光指令; 同时, 温湿度数据可辅助判断植物蒸腾、光合效率与光照需求的关联, 确保集装箱环境适宜、植物生长安全, 从源头上提升农业生产的精准度与效率。^[5]

2. 传输系统: 信号指令的“高速通道”

传输系统, 确保传感器监测数据与控制系统指令的稳定、快

资助基金: 2025年四川省大学生创新创业训练计划。

速传输。

- 组网技术应用：团队采用先进的物联网组网技术，构建起低延迟、高可靠的传输网络。传感器实时监测集装箱光照等环境参数，一旦光照低于预设阈值，便立即将信号传输至控制系统；控制系统处理后向补光设备发送指令，整个过程如“神经传导”般迅捷。

- 传输可靠性保障：针对农业场景中可能出现的信号干扰、传输延迟问题，团队通过信号增强、协议优化等技术手段，确保补光指令的“零误差”传输，实现对补光系统的精准控制，避免因信号问题导致补光滞后或过度补光，为后续调控环节奠定基础。^[6]

3. 处理系统：决策指令的“智慧大脑”

处理系统，对采集的光照参数进行专业分析与智能决策。

- 数据解析与标准匹配：传感器监测的光照参数传至控制器后，系统会依据植物生长的“光照需求标准库”（团队结合不同作物生长阶段的科研数据构建）进行分析。例如，叶菜类作物在育苗期与成株期的光照强度、光谱需求差异显著，处理系统会精准识别作物生长阶段，为补光调控提供依据。^[7]

- 动态调控逻辑：当光照不适宜时，处理系统会发指令让补光设备调整红、蓝、白三色光的强度比例。同时，系统会依据新采集的实时数据持续动态调整，确保为植物提供最佳光照条件。这种动态性既贴合植物生长的连续性需求，又避免了传统补光“一刀切”的弊端。

4. 控制系统：执行动作的“动力心脏”

控制系统依据处理系统的决策，实现补光设备的精准启停与参数调节。

- 补光量与光谱的智能计算：传感器获取的光照强度和光谱信息传至控制中心后，系统会按预设算法计算补光量及光谱比例。例如，花卉在孕蕾期需增加红光比例以促进开花，控制系统便会精准调控红光补光灯的开启时长与强度。^[8]

- 持续监测与动态优化：补光启动后，控制系统会持续监测光照环境变化，动态调整补光强度和光谱组合。这种“闭环控制”确保植物始终处于适宜光照环境中，促进生长效率最大化，同时避免能源浪费。

5. 设备系统：功能落地的“硬件支撑”

设备系统团队围绕“采集、传输、控制”三大核心需求，配置了针对性设备。

- 采集设备（传感器）：选用高灵敏度、长寿命的专业农业传感器，确保环境数据采集的精度与稳定性，为后续功能模块提供可靠输入。

- 传输设备（组网设备）：采用工业级物联网组网设备，适应集装箱内复杂电磁环境，保障信号传输的抗干扰性与实时性。

- 控制设备（灌溉泵、抽水泵、营养浇灌、灭菌功能、继电器等）：除补光相关设备外，团队还将补光控制与灌溉、营养供给、灭菌等系统联动，例如补光时结合灌溉系统调整水肥供给量，实现“光－水－肥”协同调控，从多维度保障植物生长。^[9]

6. 软件系统：智能运维的“数字中枢”

软件系统是功能集成与用户交互的核心，实现数据可视化、

智能决策与远程控制。

- 人机交互与远程管控：系统状态和实时数据通过 LCD 显示屏直观展示，用户可通过按键输入界面调整灌溉水速。更重要的是，团队集成了通讯模块，支持用户通过移动设备（手机、平板）远程监控和控制补光系统，实现“足不出户管农业”的便捷运维，这一功能尤其适用于大规模农业生产基地或城市农业项目的分散化管理。

（二）系统模块功能

1. 数据采集模块：数据采集模块是整个控制系统的“眼睛”，由各类高精度传感器组成，实时采集集装箱内温度、湿度、工业 EC 值、PH 值、水位、营养成分等关键环境数据。^[10]

2. 信息传输模块：信息传输模块承担“信息桥梁”角色，确保传感器监测数据与控制系统指令的稳定、快速传输。

3. 信息处理模块：信息处理模块是系统的“决策中枢”，对采集的灌溉系统环境参数进行专业分析与智能决策，传感器监测的参数传至控制器后，系统会依据植物生长所需的水肥情况进行分析。

4. 控制模块：控制系统是指令的“执行者”，依据处理系统的决策，实现灌溉设备的精准启停与参数调节，避免资源浪费。

5. 硬件设备模块：系统设备是功能实现的“物质基础”，团队围绕“采集、传输、控制”三大核心需求，配置了针对性设备。采集设备（传感器）：选用高灵敏度、长寿命的专业农业传感器，确保环境数据采集的精度与稳定性，为后续功能模块提供可靠输入。传输设备（组网设备）：采用工业级物联网组网设备，适应集装箱内复杂电磁环境，保障信号传输的抗干扰性与实时性。控制设备（灌溉泵、抽水泵、营养浇灌、灭菌功能、继电器等）。

6. 软件模块：软件系统是功能集成与用户交互的核心，实现数据可视化、智能决策与远程控制。

二、创新分析

（一）精准灌溉

能根据作物不同生育期的需求精准供水。物联网系统提前预设好不同生育期的参数，避免了传统浇水的过度浪费。

（二）精准施肥

可以根据作物生长阶段自动按比例调配肥。自动匹配养分：可以根据作物生长阶段自动按比例调配肥料。像番茄苗期需氮含量稍高，挂果期需钾含量提升，系统能在合适的时间提供合适的肥料，避免“肥多烧根、肥少缺素”的情况。

资源节约：配备精准肥料应用和回收系统，能实现肥料的高效利用，节约肥料成本。据相关资料，可实现超过40%的肥料节省。

（三）精准施药

通过传感器实时监测作物生长环境和健康状况，能准确判断是否需要施药以及施药的剂量和时间，避免盲目施药造成的农药浪费和环境污染。根据作物实际情况精准施药，能更有效地防治

病虫害，保障作物健康生长。

（四）远程控制与智能决策

用户只需在手机上安装配套小程序，不管身处何地，都能随时随地查看集装箱内的实时数据，并远程下发指令控制阀门启停、调配水肥等，将人从繁琐的棚间奔波中解放出来。多维度传感构建感知基础是调节的前提。闭环执行与数据迭代保障精度是调节的关键。该策略既解决了战地蔬菜供给“卡脖子”问题，又为地方设施农业提供可复制方案，助力粮食安全与农业绿色发展。当系统监测到旱涝、病虫害等风险信号时，立即启动智能预警联动预案，自动研判并生成预警信息与处置建议，辅助用户快速决策与调度。

三、发展趋势

（一）技术方面

智慧农业物联网集装箱自动灌溉系统，是融合物联网、自动化控制、数据科学与农业工程的复杂体系，核心是在集装箱受限空间内，构建作物生长环境（重点是水分）的精准、自动、高效管理闭环。技术应用中，需应对四大挑战：传感器精度问题，通过选工业级设备、定期校准、冗余部署解决；灌溉均匀性难题，靠优化管路布局与分区轮灌突破；模型普适性不足，依托作物数据库与迁移学习改善；系统可靠性风险，用网络加密、本地脱机运行、UPS 供电规避。未来，系统将向 AI 深度融合（计算机视觉联动灌溉）、数字孪生（虚拟模拟优化）、机器人自动化（全

流程无人操作）、能源优化（太阳能供电）方向发展，持续提升智能与高效性。

（二）应用方面

智慧农业物联网集装箱系统作为现代农业科技的重要实践，其应用价值在多领域得到验证。该系统通过环境感知、数据传输和智能控制等技术，实现对温度、湿度、光照、营养等多参数的协同调控。1. 在设施农业领域，该系统展现出显著优势。2. 在城市农业应用中，该系统有效解决了空间受限问题。3. 在科研与育种领域，该系统为光温协同调控研究提供平台。4. 在特殊环境农业中，实际应用表明，系统在高原、极地等环境中仍能保持90%以上的运行可靠性。

四、结论与展望

系统优势显著，一是依托多类传感器与智能算法实现精准化管理，可根据根系湿度、水箱液位等数据自动调控灌溉、抽水，还能同步完成营养浇灌与灭菌，满足作物全周期生长需求；二是通过物联网组网与控制设备联动，实现全自动运行，大幅减少人工干预，降低管理成本；三是搭配虚拟仿真与物联网水培仪，可通过实验仿真优化设备参数，提升系统实用性与可靠性。

未来将基于长期采集的环境、作物生长数据，构建更精准的数学模型，推动系统从“数据驱动”向“模型预判”升级，实现真正的自适应智能控制；同时进一步完善多设备协同功能，强化与规模化农业场景的适配性，提升技术落地效率。

参考文献

[1] 邓寒松, 李子涵, 张余等. 基于物联网的植物工厂光温耦合优化控制策略 [J]. 农业工程学报, 2023, 39(5): 158-165.

[2] 王维, 刘长勇, 郭文忠等. 城市垂直农场环境控制系统研究进展 [J]. 现代农业科技, 2022(12): 45-48.

[3] 丁小明, 张跃峰, 李邵等. 植物工厂种苗繁育环境调控技术研究 [J]. 农业工程技术, 2021, 41(10): 23-27.

[4] 国家智慧农业创新中心. 2023年度特殊环境农业技术发展报告 [R]. 北京: 中国农业出版社, 2023.

[5] 孙国庆, 苑严伟, 刘阳春, 等. 基于窄带物联网的散粮集装箱监测系统设计 [J]. 农业工程, 2020(8): 6.

[6] 常杰. 基于物联网技术的高等院校物流实训中心建设研究 [D]. 山东大学, 2012.

[7] 赵涵硕, 孙鹏龙, 王普杰, 等. 基于物联网的微农场智能灌溉系统设计 [J]. 物联网技术, 2025, 15(18): 58-61+64. DOI: 10.16667/j.issn.2095-1302.2025.18.012.

[8] 佚名. "物管股份" 科技创新 "农业4.0" 集装箱式农业栽培舱 [J]. 中国物业管理, 2017(6): 1.

[9] 冉祥春. 发展物联网+智慧农业的现代农业新模式 [J]. 农业知识, 2017, 000(005): 34-34.

[10] 王金柱;. 物联网在智慧农业中的应用 [C]// 第八届云南省科协学术年会. 2018.