

面向智能农业的电子信息产品开发与系统集成研究

刘茂江

重庆联懋电子股份有限公司，重庆市渝北区，401120；

摘要：随着信息技术与农业深度融合，智能农业逐步成为提升农业生产效率与管理水平的重要路径。电子信息产品在农业中的应用已从简单的数据采集拓展至精准感知、自动决策与远程控制等综合能力。本文围绕智能农业的实际需求，分析了电子信息技术在农业中的应用基础，系统梳理了面向不同农业场景的终端设备设计方法与平台构建路径，并进一步探讨了在系统集成过程中存在的协同兼容、安全与远程管理等关键问题。研究表明，构建适配多元农业环境、具备良好扩展能力和集成度的智能系统，是当前电子信息产品在农业领域实现有效落地的关键方向。通过合理的产品设计与集成优化，可实现农业生产过程的数据驱动与智能决策，为现代农业提供强有力的技术支撑。

关键词：智能农业；电子信息产品；系统集成；感知控制；远程管理

DOI：10.69979/3060-8767.25.06.062

引言

传统农业受限于自然环境波动大、人工依赖重、资源利用效率低等问题，难以满足现代社会对农业产出稳定性与可持续性的要求。随着物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的快速发展，农业生产方式正在经历由“经验驱动”向“数据驱动”的根本转变。以电子信息产品为基础的智能农业系统，正成为推动农业高质量发展的关键载体。

在这一背景下，面向农业现场需求开发的感知终端、执行设备与控制平台，不仅承担了环境监测、设备联动和数据处理等功能，也构建起了农业生产数字化、精准化与智能化的技术支撑体系。然而，由于农业应用环境复杂多变、设备分布广泛、管理要求多样，当前电子信息产品在系统协同、稳定运行与持续演进等方面仍面临诸多挑战。为此，亟需对智能农业所需电子信息产品的设计理念与系统集成路径展开深入研究，提升产品的实用性、适应性与集成效率，推动农业信息化系统的可持续升级。

1 电子信息技术在智能农业中的应用基础

1.1 感知与监测技术在农业环境中的部署

农业生产对环境变化高度敏感，温度、湿度、光照、土壤水分等因子的微小变化都可能影响作物产量与品质。因此，建立一套稳定、高效的感知与监测系统，是智能农业建设的前提。当前，农业感知设备主要以环境监测类传感器为核心，覆盖了土壤、气象、水分、病虫害等多个维度^[1]。常用传感器包括数字温湿度传感器、土壤电导率仪、光照强度计和二氧化碳浓度探测器等，这

些设备多数具备防水抗干扰能力，能够适应田间复杂气候条件，实现全天候数据采集。

感知设备部署通常遵循区域划分与节点覆盖并重的策略。在种植区域划分采样单元后，按照土壤类型、作物种类、地形差异等因素，合理布设传感器集群，确保关键指标可被动态感知。部分高标准示范区还引入了便携式无人机搭载传感器，用于高空图像采集与局部气候跟踪，实现点线面数据融合。通过这些技术手段，农业数据的空间密度与时间频率大幅提升，为后续精准控制打下坚实基础。

系统运行中，采集到的原始数据需经由终端微处理器进行初步计算与过滤，排除错误波动值，并统一格式打包后上传至上位平台。此举不仅减轻了云端负载，也增强了系统在边缘侧的响应速度。在大型设施农业场景下，还常通过数据中继站方式，扩大单元部署范围，形成稳定、连续的采集链路。这种融合式部署模式提升了系统的可维护性，也增强了数据链条的容错能力。

1.2 无线通信与数据传输机制

在农业环境中，感知节点往往分布零散且间隔较远，部分区域电力和网络基础设施薄弱，这使得无线通信技术成为农业信息传输的首选。当前，主流方案包括 LoRa、NB-IoT、ZigBee 和蜂窝移动通信（4G/5G）等^[2]。其中，LoRa 以其远距离、低功耗特性适合田地类广域部署；NB-IoT 则具备良好的室内穿透力，适用于温室或林下环境；而 4G/5G 在数据密集型应用如图像识别、实时视频传输中优势明显。

通常，农业无线通信架构采用“末端感知—边缘中继—平台集成”的三层结构。末端节点通过 LoRa 或 Zi

gBee 进行短距组网,数据集中至边缘网关后,经 NB-IoT 或 4G 模块上传至云平台。在此过程中,通信协议的稳定性直接影响系统的可靠性。因此,网关设备通常搭载错误校验机制、数据缓存与断点续传能力,以提升传输容错性。针对复杂地形或恶劣气候条件,部分系统还引入双信道冗余设计,即主通道为无线网络,备通道为短波或本地存储,避免通信中断造成数据丢失。

数据传输不仅依赖物理信道,也需软件层面调度与管理。平台侧通过统一的数据传输协议与接口规范,确保多源异构终端可并行运行。实际部署中,常采用 MQTT、CoAP 等轻量级协议,兼顾通信效率与功耗限制。此外,数据上传后的权限管理、信息脱敏处理与链路加密,也成为通信机制中不可忽视的部分。只有建立一套完整、安全、低延迟的数据链路系统,才能支撑起智能农业平台的实时感知与精准响应。

2 智能农业电子产品的系统设计与开发路径

2.1 面向农业场景的终端设备开发思路

智能农业终端设备的设计,首要考虑的是其环境适应性与功能针对性。农业生产涉及的作业环境普遍存在高温、高湿、多尘、日照强烈等复杂气候条件,这对设备的结构封装与抗干扰能力提出了较高要求^[3]。在防护等级上,主流终端设备普遍要求达到 IP65 以上,部分安装于露天区域的产品甚至要求 IP67 等级,以防止雨水侵蚀或颗粒物进入内部电路。电源设计也尤为关键,常见方式为太阳能+锂电池组合,实现断网断电环境下的持续运行。

在功能布局上,设备需根据不同作物种植环节展开个性化设计。例如用于精准灌溉的设备,需集成土壤水分、蒸发量与温湿度传感器,并支持定时或远程控制水阀;用于病虫害监测的终端,则需搭载图像采集模块、红外照明与微处理器,实现高频次拍照并自动识别病害类型。多功能集成并非简单堆砌,而需围绕作业流程进行逻辑优化,兼顾设备体积、功耗与处理能力,确保实用性与成本平衡。

模块化设计逐渐成为主流开发思路。通过分离式设计,可将传感器、通信模块、数据处理单元和供电部分独立封装,并通过统一接口进行互联。这种方式便于后期升级与替换,也使设备更具通用性。例如同主控板可适配不同类型的传感器,仅更换前端模块即可适应不同作物或地块。对于大规模应用场景,设备还可通过 RS485、CAN 总线等方式与农业机械装备互联,实现喷灌机、播种机与终端感知设备之间的联动操作。

为提高设备实用性,交互系统也是开发重点之一。部分厂商在设备端引入 OLED 显示屏,便于用户快速读

取环境参数;另有一些产品支持蓝牙接入,通过手机 APP 实现近场通信与配置调整;在缺乏网络条件的区域,还会配备 GPRS 或 NB-IoT 通信模块,保障远程数据回传。低功耗芯片(如 STM32、ESP32)与睡眠唤醒机制的应用,也使得终端设备在维持功能稳定的同时,大幅降低了能耗,提高续航时间。

2.2 控制平台与软件架构的搭建逻辑

控制平台是智能农业系统的核心枢纽,其设计不仅决定了系统的稳定性,也影响到数据利用效率与用户体验。为满足异构终端设备接入、大规模数据处理与远程控制的多重需求,当前平台多采用分层架构设计,包括感知接入层、边缘处理层、云服务层与用户交互层^[4]。各层之间通过标准化接口实现解耦,提升了系统的灵活性与可扩展性。

在感知接入层,平台需兼容不同类型终端协议,如 MQTT、CoAP、HTTP 等,以实现低功耗、高频率数据上传。接入层还应具备设备身份识别、状态维护与故障检测功能,一旦设备离线或参数异常,可第一时间报警并提示用户处理。部分平台引入“边缘代理节点”理念,在本地小型服务器中设置数据过滤、临时存储与初步运算模块,既减轻了云端负担,也提升了响应速度。

边缘处理层主要负责数据预处理与快速响应控制,适用于需高实时性的作业场景,如大棚温控、水泵启停等。平台在该层中可内嵌自动决策算法,例如根据设定的水分阈值,自动判断是否触发灌溉命令,并通过物联网网关下发指令至对应设备,形成数据-命令-执行的闭环流程。该部分系统多基于 Node-RED、KubeEdge 等开源架构搭建,可根据任务复杂度灵活配置模块。

云服务层则集成数据存储、AI 模型推理与数据可视化功能,支持大规模历史数据管理与智能分析。平台可根据用户需求部署作物生长预测、病虫害风险评估或施肥建议算法,实现智能决策支持。在数据库选型上,常采用 InfluxDB 等时序数据库记录传感器数据,并配合 Redis 缓存提升访问效率。云端还需保证数据安全,采用 TLS 加密、访问鉴权与定期备份策略,防止数据丢失与信息泄露。

交互层是用户使用的直接界面,其设计应兼顾美观性与实用性。通过网页端或小程序,用户可远程查看各类农业指标、接收预警信息,并设置自动化规则。例如,用户可设定“当气温超过 35℃ 且湿度低于 40% 时,自动开启喷雾系统”,实现系统的智能反应。部分平台还支持语音控制或短信指令,提升了信息获取的便捷性与操作效率,使农业管理从“经验主导”转向“数据驱动”。

3 系统集成中的关键问题与优化机制

3.1 多源设备协同运行的兼容难题与优化路径

智能农业系统在实际部署中往往需要整合多类终端设备,如土壤湿度传感器、气象站、摄像头、施肥控制器等,这些设备可能来自不同厂商、采用不同通信协议,甚至运行在不同软硬件平台上,导致系统在数据汇聚与统一调度中面临明显的兼容障碍^[5]。一方面,设备之间缺乏统一的接口规范,导致数据格式不一致,信息无法直接对接;另一方面,部分设备依赖私有协议或封闭架构,严重限制了系统的扩展性和维护便利性。这种“多源异构”的系统结构在组网初期就埋下了通信割裂、指令丢失、平台识别失败等运行隐患,直接影响农业系统的稳定性与持续性。

为了缓解上述问题,目前较为有效的技术路径是引入协议中间件与网关模块作为系统的“翻译层”。通过在接入侧设立标准化协议转换网关,不同来源的传感设备或执行设备上传的数据先经过格式统一处理,再转化为通用格式如JSON或Modbus协议,之后再传输到上位平台进行解读。该方式能够在不干预设备本身配置的基础上完成软性整合,降低了整体系统的开发与对接成本。同时,还可以设置边缘侧的数据处理缓存机制,对接收到的数据进行二次过滤、清洗和格式纠正,提升整体数据质量。

在实际推广中,也应加强标准化接口与互操作规范的推动力度。尤其是在物联网平台、边缘计算终端与云平台之间的连接中,若各设备均可支持MQTT、HTTP等主流协议并遵循相同的消息规范,将大大提高设备间的互联互通效率,降低项目建设的重复投入。通过设备兼容路径的系统性优化,可从根本上打破农业系统内多源设备互不兼容的局面,为整套智能农业体系的稳定运行提供坚实基础。

3.2 数据闭环与智能响应机制的构建挑战与对策

实现“感知-传输-判断-执行”的智能农业数据闭环,是推动系统真正发挥效能的关键环节。然而,当前多数系统在闭环构建中面临“数据脱节、响应滞后、控制不精确”的三大障碍。首先,数据采集频率与变化周期不匹配。部分传感器仍采用定时上传模式,无法捕捉突发性环境变化;其次,平台算法策略过于通用,难以适应具体作物品种、土壤类型等微差异;最后,执行端响应控制逻辑简单,多以“阈值判定”方式启停,无法形成精细化调控方案。

针对上述问题,构建具备“感知动态性+算法适配性+执行精准性”的智能响应机制成为优化方向。具体做法包括:提升数据实时性,增加高频传感器布设密度,

并引入事件触发机制,即当数据出现剧烈波动时即时上传,规避盲区;在算法端,开发基于作物周期模型的响应策略库,不同作物、不同周期对温湿度的阈值差异被写入模型参数,形成差异化响应;同时引入模糊控制与PID闭环算法,实现设备启停控制的柔性化与比例化调节。

在控制执行层,引入边缘计算控制器可显著提升响应速度,减少云端控制带来的延迟。控制器与传感器间建立本地逻辑映射关系,一旦触发阈值即可在边缘侧执行动作,确保响应不依赖网络状态。在平台层面,管理系统应支持自动反馈机制,即每次控制动作执行后,平台自动记录控制前后状态,并更新模型参数,形成“执行-反馈-优化”的数据闭环。该机制既提高了作业精准性,也为长期数据积累提供了基础,有助于模型持续迭代。

4 结语

在农业现代化进程不断推进的背景下,电子信息技术已成为驱动农业转型升级的重要引擎。通过对感知、传输、处理和执行等环节的系统整合,智能农业电子产品展现出显著的效率优势与管理潜力。然而,从设备选型到平台构建,再到系统集成与响应机制搭建,当前实践中仍存在诸多技术壁垒与协同难题,亟需在标准化接口、边缘计算能力、算法适配性等方面持续优化。

本研究围绕智能农业中的关键设备开发思路与系统集成瓶颈展开分析,提出了兼容性中间件、数字身份管理、模型策略库及本地响应机制等应对路径。未来,智能农业系统的发展将更多依赖跨学科协同与实践场景落地,只有将电子信息产品与农业周期、土壤结构、作物特性深度融合,才能实现真正意义上的精准、高效、可持续发展。

参考文献

- [1] 钱澳东. 智能农业技术在茶叶种植中的应用及其经济效益[J]. 福建茶叶, 2025, 47(02): 152-154.
- [2] 曹小琴, 董奥悦, 熊强, 等. 乡村振兴背景下智能农业产品的热点演变与趋势[J]. 包装工程, 2024, 45(22): 484-494.
- [3] 张鹏. S公司农业智能机器人产品的营销策略优化研究[D]. 西安理工大学, 2024.
- [4] 向曼. D公司智能农业设备产品市场营销策略研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2023.
- [5] 吴海华. 发展新一代智能农业装备培育产业新动能[J]. 中国农村科技, 2020, (09): 12-15.