

智慧农业驱动下高标准基本农田建设的技术集成与应用模式

郭步升

山西星亿土地规划设计有限公司 山西 太原 030027

摘要：高标准基本农田建设是保障国家粮食安全、提升耕地质量、实现农业可持续发展的战略基石。在新一轮科技革命与产业变革的浪潮中，以物联网、大数据、人工智能、遥感等为代表的智慧农业技术正以前所未有的深度和广度重塑农业生产方式。本文旨在系统探讨智慧农业如何驱动高标准基本农田建设，深入剖析其核心内涵与技术需求，并构建一个多层次、多维度的技术集成体系。在此基础上，本文创新性地提出三种典型的应用模式——“全要素感知-智能决策”闭环模式、“平台赋能-服务下沉”协同模式与“绿色生态-精准管控”融合模式。最后，文章指出了当前在数据壁垒、技术成本、人才短缺及标准体系等方面面临的挑战，并提出了相应的对策建议，以期为我国高标准基本农田的高质量、智能化、现代化建设提供理论参考与实践路径。

关键词：智慧农业；高标准基本农田；技术集成；应用模式；数字乡村

引言

粮食安全至关重要，耕地是粮食生产根基，高标准基本农田是落实“藏粮于地、技”战略的核心载体。自2011年相关规划发布，我国已建成超10亿亩高标准农田，保障了粮食安全。但传统建设多侧重土地平整、灌溉排水等工程硬件，后期精细化、智能化管理与效能提升不足。当下，第四次工业革命浪潮涌动，智慧农业作为现代农业高级形态，将新一代信息技术与农业生产深度融合，能全面感知、智能分析、精准控制和管理农业生产^[1]。这为破解高标准农田“重建设、轻管护”“重硬件、轻软件”难题，推动其转型升级提供了新方案。在此背景下，探究智慧农业驱动高标准农田建设，梳理关键技术、集成应用并探索推广模式，意义重大，本文将就此展开深入研究。

1 智慧农业驱动下高标准基本农田建设的内涵与需求

1.1 内涵拓展：从“工程达标”到“智慧赋能”

传统意义上的高标准基本农田，其核心评价指标集中于工程物理层面，如耕作层厚度、田块平整度、灌溉保证率、道路通达度等。而在智慧农业的驱动下，高标准基本农田的内涵得到了显著拓展，其核心特征体现为“四化”：①全域感知化：通过部署各类传感器、无人机、卫星遥感等设备，实现对农田土壤墒情、养分、气象、作物长势、病虫害等全要素、全天候、全覆盖的动态感知。②管理智能化：基于海量感知数据，利用大数据分析、人工智能模型进行智能诊断、预测预警和辅助决策，使农田管理从“凭经验”转向“靠数据”。③作业精准化：依

托智能农机装备和变量控制技术，实现水、肥、药、种等生产资料的按需、定量、定位精准投入，最大限度减少资源浪费和环境污染。④服务一体化：构建统一的数字管理平台，整合政府监管、农事服务、市场信息、金融保险等多元服务，形成覆盖农田全生命周期的一体化服务体系。

1.2 技术需求：构建“空-天-地-网”一体化感知与决策体系

为实现上述内涵，高标准基本农田建设亟需一套完整的技术支撑体系，其核心在于打通“感知-传输-分析-决策-执行”的闭环链条。①精准感知层：这是智慧农田的“感官”。需要低成本、高可靠、易部署的土壤多参数传感器（水分、pH、EC、氮磷钾等）、微型气象站、作物生长监测摄像头、以及高频次、高分辨率的卫星/无人机遥感影像。②高速传输层：这是智慧农田的“神经”。需要稳定、低延时、广覆盖的通信网络，包括5G、NB-IoT（窄带物联网）、LoRa等，确保海量感知数据能够实时、高效地回传至数据中心。③智能决策层：这是智慧农田的“大脑”。需要强大的云计算平台和先进的算法模型，如基于机器学习的作物生长模型、病虫害预测模型、灌溉施肥处方图生成模型等，将原始数据转化为可执行的农事指令^[2]。④精准执行层：这是智慧农田的“手脚”。需要具备自动驾驶、变量控制功能的智能农机装备，如无人拖拉机、无人植保机、智能灌溉系统等，能够准确无误地执行来自“大脑”的决策指令。

2 智慧农业关键技术在高标准基本农田中的集成体系

高标准基本农田的智慧化并非单一技术的简单叠加,而是多种技术的深度融合与系统集成。本文构建了一个“三层四维”的技术集成框架。

2.1 基础支撑层:构建数字底座

①地理信息系统(GIS)与数字孪生:以高精度测绘为基础,构建包含地形、土壤、水系、道路、电力等要素的三维数字农田地图,形成高标准基本农田的“数字孪生体”,为所有上层应用提供统一的空间基准和可视化载体。②物联网(IoT)基础设施:在田间地头广泛布设各类传感节点,形成一张覆盖全域的物联网感知网络,实时采集环境与作物数据。③通信网络:根据区域特点,灵活组合使用有线光纤、无线4G/5G、低功耗广域网(LPWAN)等技术,确保数据传输的畅通无阻。

2.2 核心应用层:赋能关键环节

2.2.1 智慧灌溉与水肥一体化:

集成土壤墒情传感器+气象站+作物需水模型+自动阀门控制系统+水肥一体机。系统可根据作物不同生育期的需水需肥规律,结合实时土壤墒情和未来天气预报,自动生成最优灌溉施肥方案,并远程控制设备精准执行,实现节水30%以上,节肥20%以上。

2.2.2 精准种植与变量作业:

集成无人机遥感/卫星遥感+AI图像识别+变量播种/施肥/喷药农机。通过遥感影像分析,可绘制出田块内作物长势、病虫害、杂草分布的“处方图”。智能农机根据处方图,在行进过程中自动调整播种密度、施肥量或喷药量,实现“哪里需要治哪里,需要多少给多少”。

2.2.3 智能监测与灾害预警:

集成高清摄像头+病虫害AI识别模型+微气象站+预警信息发布平台。田间摄像头可自动捕捉作物叶片图像,AI模型能快速识别出病虫害种类和发生程度。结合气象数据,可提前数天甚至一周对霜冻、干热风、涝灾等气象灾害发出预警,指导农户及时采取防范措施^[3]。

2.2.4 农机调度与社会化服务:

集成农机北斗定位+作业监控终端+农机共享服务平台。平台可实时掌握区域内所有农机的位置、状态和作业能力,农户可通过手机APP一键下单,平台智能匹配最近的农机手,实现农机资源的高效共享和作业过程的全程可追溯。

2.3 综合管理层:打造智慧中枢

①高标准农田智慧管理平台:这是整个技术体系的“指挥中心”。平台集成上述所有数据和功能模块,为政府管理者提供“一张图”总览,实现对辖区内高标准农田的宏观监测、绩效评估和科学规划;为新型经营主体

(合作社、家庭农场等)提供个性化的农事管理、投入品采购、产品销售等一站式服务。②区块链与质量安全追溯:将农田投入品使用、农事操作、环境数据等关键信息上链存证,确保数据不可篡改,为农产品质量安全追溯提供可信依据,提升品牌溢价能力。

3 智慧农业驱动高标准基本农田建设的应用模式

3.1 模式一:“全要素感知-智能决策”闭环模式

“全要素感知-智能决策”闭环模式主要适用于大型国有农场或规模化农业企业主导的高标准农田项目。该模式的核心特征在于高度自主、技术密集,其终极目标是追求极致的生产效率和资源利用效率。在这种模式下,经营主体通常拥有完整的土地权属和雄厚的资金实力,能够在其自有土地上大规模部署物联网感知设备、智能农机和边缘计算节点,构建一个封闭而高效的内部生态系统。所有的农事活动几乎完全由中央控制室的数据分析结果驱动,人工干预被压缩到最低限度。从春播的精准变量播种,到生长季的智能水肥调控,再到秋收的无人化联合收割,整个生产流程形成了一个由数据流驱动的完美闭环。以北大荒集团某智慧农场为例,该农场通过部署上千个土壤传感器和数十台无人农机,实现了玉米从春播到秋收的全流程无人化作业。其智慧平台能精确计算每一块地的最佳播种时间、品种和密度,并在生长季动态调整水肥方案,最终实现玉米单产较周边地区高出15%,综合成本下降10%。这种模式代表了智慧农业发展的最高水平,但其高投入和强技术依赖性也决定了其难以在短期内大规模普及。

3.2 模式二:“平台赋能-服务下沉”协同模式

与闭环模式不同,“平台赋能-服务下沉”协同模式更侧重于普惠性和共享性,特别适用于由地方政府主导、面向广大中小农户的高标准农田建设项目。该模式的理念是“政府搭台、市场唱戏、普惠共享”。地方政府作为主导者,负责投资建设覆盖全域的物联网基础设施和统一的智慧管理平台,解决了单个农户无力承担高昂初始投入的难题。随后,政府通过购买服务的方式,引入专业的农业科技公司负责平台的日常运营维护和技术支持,确保了服务的专业性和可持续性。广大中小农户则成为这一公共服务体系的直接受益者,他们只需一部智能手机,通过关注微信公众号或下载APP,就能免费或以极低的成本享受到气象预警、病虫害在线诊断、农技专家咨询等基础信息服务^[4]。对于精准作业等增值服务,农户也可以按需付费,灵活选择。

3.3 模式三:“绿色生态-精准管控”融合模式

“绿色生态-精准管控”融合模式则聚焦于生态优先

和可持续发展,尤其适用于位于生态敏感区、水源保护区或致力于发展绿色、有机农业的高标准农田。在这种模式下,智慧农业技术不再仅仅是增产提效的工具,更是守护绿水青山、践行绿色发展理念的核心手段。其运作机制首先体现在对生态指标的高度重视上,除了常规的农情监测外,还重点部署了水质、土壤重金属、生物多样性等生态健康监测设备,为绿色生产提供全方位的数据支撑。其次,其智能决策模型内置了严格的绿色生产标准,系统在生成农事方案时,会优先推荐生物防治、物理防治和有机肥替代等环境友好型措施,严格限制化学农药和化肥的使用。最后,为了增强市场信任,该模式普遍采用区块链技术,将整个绿色生产过程的关键信息上链存证,确保数据的真实性和不可篡改性。浙江省安吉县白茶高标准生态茶园的实践生动诠释了这一模式的价值。茶园利用光谱无人机定期巡检,精准识别茶树营养状况和病虫害热点区域,但系统严格限制化学农药的使用,优先推送释放天敌、安装诱捕器等绿色防控措施。所有农事操作和投入品信息均上链,消费者扫描包装上的二维码,即可看到这片茶叶从种植到加工的全过程,这种透明可追溯的体验极大地提升了“安吉白茶”的品牌价值和市场竞争力,实现了经济效益与生态效益的双赢。

4 挑战与对策

尽管前景广阔,但智慧农业驱动高标准基本农田建设仍面临诸多挑战。①挑战一:数据孤岛与壁垒。各部门、各企业间的数据标准不一,难以互通共享,制约了整体效能的发挥。加快制定统一的数据采集、传输、存储和接口标准。推动建立由政府主导的公共数据交换平台,鼓励数据在保障安全和隐私的前提下有序开放共享。②挑战二:初期投入成本高。对于许多地方财政和普通农户而言,智慧化改造的硬件和软件投入是一笔不小的开支。创新投融资模式,如采用PPP(政府和社会资本合作)、以奖代补、贷款贴息等方式。大力发展“智慧农业即服务”(AaaS)模式,让农户按需租用服务,降低使

用门槛。③挑战三:复合型人才短缺。既懂农业又懂信息技术的“新农人”严重不足,导致技术“落地难”。加强校企合作,定向培养智慧农业专业人才。加大对基层农技人员和新型职业农民的培训力度,提升其数字素养和应用能力。④挑战四:技术适用性与稳定性。部分技术在复杂多变的农田环境下可靠性不足,且未能充分考虑不同区域、不同作物的差异化需求。鼓励技术研发与农业生产一线紧密结合,开展更多田间试验和适应性改进。建立智慧农业技术成熟度评价和推广目录,引导用户选择成熟可靠的技术方案。

5 结语

智慧农业为高标准基本农田建设注入了强大的新动能,使其从静态的工程实体转变为动态的、有生命的、会思考的“智慧生命体”。通过构建“三层四维”的技术集成体系,并因地制宜地推广“全要素感知-智能决策”、“平台赋能-服务下沉”、“绿色生态-精准管控”等多元化应用模式,可以有效提升高标准基本农田的产能、效率、韧性和可持续性。未来,随着技术的不断迭代和成本的持续下降,智慧农业与高标准基本农田的融合将更加紧密。我们应着力破除数据、资金、人才、标准等方面的障碍,推动形成政府引导、市场主导、农民参与、科技支撑的协同发展格局,最终将我国的高标准基本农田全面建成集约高效、绿色生态、智慧赋能的现代化“天府良田”,为保障国家粮食安全和全面推进乡村振兴筑牢最坚实的根基。

参考文献

- [1]刘世国,邵明星.智慧农业在高标准农田建设中的应用[J].黑龙江水利科技,2024,52(09):108-111.
- [2]孙学涛,张丽娟.高标准农田建设对智慧农业的影响研究[J].现代经济探讨,2025,(03):111-122+132.
- [3]黄慧敏.智慧农业在西林县高标准农田建设中的应用现状及建议[J].农村科学实验,2025,(05):83-85.
- [4]张宁宁,贺雪会,李华伟.智慧农业技术在河南省高标准农田中的应用[J].农村科学实验,2025,(16):82-84.