

农业机械智能化技术应用前景分析

车建海

宁夏隆德县农业综合执法大队 宁夏自治区 固原 756300

摘要: 随着全球人口持续增长、耕地资源日益紧张以及气候变化带来的不确定性加剧,传统农业生产方式面临严峻挑战。在此背景下,农业机械智能化作为现代农业发展的核心驱动力,正以前所未有的速度在全球范围内推进。本文系统梳理了农业机械智能化的关键技术体系,包括智能感知、自动驾驶、精准作业、数据融合与决策支持等;深入剖析其在耕、种、管、收等农业生产全链条中的典型应用场景;通过SWOT方法对当前发展态势进行综合评估。最后,本文从政策引导、技术研发、标准建设、人才培养和基础设施完善等维度提出推动农业机械智能化高质量发展的对策建议,以期为我国乃至全球智慧农业的转型升级提供理论支撑与实践参考。

关键词: 农业机械;智能化;精准农业;人工智能;物联网;自动驾驶

引言

联合国粮农组织(FAO)预测,到2050年全球人口将达到97亿,粮食需求将比现在增加约50%。然而,可耕地面积增长有限,水资源短缺、劳动力老龄化、极端气候频发等问题日益突出,传统粗放式农业模式难以为继。在此背景下,以信息技术、人工智能、大数据、物联网(IoT)、全球导航卫星系统(GNSS)等为代表的新兴技术与农业机械深度融合,催生了“智能农机”这一新业态。农业机械智能化不仅意味着单机功能的升级,更代表着农业生产方式的系统性变革——从“人+机”经验驱动转向“数据+算法”智能决策驱动。中国作为农业大国,高度重视农业现代化进程,《“十四五”全国农业农村科技发展规划》明确提出要“加快智能农机装备研发与应用”,推动农业向高质量、高效率、绿色化方向发展。因此,系统分析农业机械智能化技术的应用现状、核心优势、面临挑战及未来前景,具有重要的理论意义与现实价值。

1 农业机械智能化的核心技术体系

1.1 智能感知技术

智能感知技术是智能农机的“感官”,负责实时采集农田环境、作物生长及机械运行等多维信息。多光谱与高光谱成像技术借助无人机或车载平台,获取作物冠层反射光谱特征,反演出叶绿素含量等生理指标,为精准管理提供依据。激光雷达与毫米波雷达用于地形测绘、障碍物识别及作物株高测量,构建高精度三维空间模型,提升作业安全性与适应性。土壤传感器网络可连续监测土壤关键参数,为变量施肥奠定数据基础。基于深度学习的机器视觉技术能高效识别杂草、定位果实等,增强农机对农田场景的理解能力。

1.2 自动驾驶与路径规划技术

自动驾驶与路径规划是实现农业机械无人化作业的关键。主流方案融合高精度全球导航卫星系统(如北斗、GPS等)与惯性导航系统,辅以实时动态差分(RTK)技术,使定位精度达厘米级。在此基础上,采用先进路径规划方法,智能农机可自主完成复杂动作,支持多台设备协同作业^[1]。这大幅延长了有效作业时间,降低了对熟练操作人员的依赖。

1.3 精准作业执行技术

精准作业是农业机械智能化的落脚点,其核心理念是“按需施用、变量控制”。现代智能农机集成变量施肥、播种与喷药系统,根据处方图动态调整作业参数。例如,玉米播种时,系统可根据土壤墒情与种子活力调节播深与株距;植保环节,依据杂草密度分布图调控药液流量。电液比例技术通过伺服阀对液压系统进行毫秒级调节,保障作业一致性与稳定性。智能末端执行器研发也取得进展,如自适应仿形割台、柔性采摘机械臂等,拓展了智能农机在复杂农艺场景中的适用边界。

1.4 数据融合与智能决策系统

智能农机是移动的数据采集与处理节点。通过“端—边—云”一体化架构,实现从本地实时控制到全局优化决策的无缝衔接。边缘端嵌入式计算单元对传感器原始数据进行快速处理,支撑本地闭环控制;云端农业大数据平台借助人工智能模型进行长周期趋势预测等。决策支持系统(DSS)整合多源信息,生成科学农事操作建议。如约翰迪尔的Operations Center平台,能实时监控设备运行状态,生成全流程管理方案,真正实现“数据驱动农业”。

2 农业机械智能化的典型应用场景

智能化技术已在农业生产各环节广泛应用,显著提升效率与效益。(1)智能耕地:搭载自动驾驶系统的拖拉机牵引深松犁、旋耕机作业,可确保行距一致、深度均匀,减少重耕漏耕。结合土壤传感器,可实现差异化深松,打破犁底层而不破坏耕作层结构。(2)精准播种与移栽:智能播种机可根据土壤墒情、种子活力自动调节播深、株距与下种量。在水稻种植中,无人驾驶插秧机可实现“直、匀、稳”的高标准作业,秧苗成活率提高5%以上。(3)智能植保:无人机植保已成为主流趋势^[2]。新疆农业无人机可实现每小时150亩的作业效率,药液利用率提升30%,减少农药使用量20%以上。地面植保机器人则适用于果园、温室等复杂场景,通过AI识别靶标,实现“打药只打叶子不打果”。(4)智能收获:联合收割机集成产量监测系统(Yield Monitor),实时绘制产量分布图,为来年管理提供依据。采棉机、番茄收获机等专用机械通过视觉识别与机械臂协同,实现果实无损采摘。在果园中,自动驾驶运输车可自动接驳采摘人员与果实,减少人工搬运。(5)畜牧与水产智能化:智能饲喂机器人根据个体体重、产奶量自动配比饲料;挤奶机器人实现24小时无人值守;水产养殖中,投饵船结合水质监测自动巡航投喂,降低饵料浪费与水体污染。

3 农业机械智能化发展的SWOT分析

3.1 优势(Strengths)

农业机械智能化在提升生产效率方面表现突出,通过减少对人工的依赖、延长有效作业时间、降低劳动强度,显著缓解了农村劳动力短缺问题。同时,精准作业模式大幅节约了种子、化肥、农药及燃油等关键生产资料,据多项实证研究显示,综合生产成本可降低10%至30%。此外,标准化、程序化的作业流程有效减少了人为操作误差,保障了农产品品质的一致性与可追溯性。更为深远的是,智能农机在作业过程中持续积累的多维数据,形成了宝贵的数字农田资产,为长期农艺优化与科学决策提供了坚实支撑。

3.2 劣势(Weaknesses)

尽管优势明显,农业机械智能化仍面临诸多现实制约。首当其冲的是高昂的初始投入成本,智能农机价格通常是传统机械的1.5至3倍,对以小农户为主体的经营格局构成较大经济压力。其次,技术复杂度高导致操作与维护门槛上升,而当前农村地区专业技术服务体系尚不健全,故障响应慢、维修成本高等问题普遍存在。再者,行业标准体系严重滞后,不同厂商设备间通信协议不统一、数据格式互不兼容,形成大量“数据孤岛”,阻碍了系统集成与价值释放。此外,农村地区5G网络覆盖不足、

北斗地基增强站点稀疏等基础设施短板,也限制了高精度定位与实时通信能力的发挥。

3.3 机遇(Opportunities)

当前,农业机械智能化正处于历史性发展机遇期。国家层面高度重视,中央一号文件连续多年强调发展智慧农业,农机购置补贴政策明确向智能装备倾斜,为市场培育提供了有力引导。与此同时,随着芯片、传感器、通信模块等核心元器件成本持续下降,智能农机的规模化应用经济性日益凸显。新型农业经营主体如家庭农场、农民专业合作社及农业企业的快速崛起,也为智能装备提供了稳定的市场需求^[3]。更重要的是,在“双碳”战略目标驱动下,智能化所蕴含的资源节约与减排潜力,使其成为推动农业绿色低碳转型的关键抓手。

3.4 威胁(Threats)

然而,外部环境亦存在不容忽视的挑战。农田数据作为新型生产要素,其所有权、使用权与收益权界定不清,存在被大型平台企业垄断的风险,可能削弱农民在产业链中的话语权。此外,过度依赖算法决策可能导致传统农艺经验的流失,引发技术伦理争议。国际竞争方面,约翰迪尔、凯斯纽荷兰等欧美巨头正加速布局中国市场,凭借技术先发优势构筑壁垒,对本土企业形成挤压。最后,农业生产的露天特性决定了其易受极端天气干扰,暴雨、沙尘等恶劣环境可能影响传感器精度与系统稳定性,对技术可靠性提出更高要求。

4 农业机械智能化的发展前景展望

4.1 从“单机智能”向“系统智能”演进

未来的智慧农场将不再局限于单台设备的智能化,而是演变为由拖拉机、无人机、机器人、传感器、灌溉系统等多元主体构成的协同作业网络。通过数字孪生技术,物理农田将在虚拟空间中被精确映射,管理者可在数字模型中模拟不同农事方案的效果,优化资源配置,实现“先仿真、后执行”的科学管理模式。这种系统级智能将极大提升农业生产的整体韧性与响应速度。

4.2 人工智能深度赋能

人工智能将在农业机械智能化进程中扮演愈发核心的角色。农业大语言模型有望整合海量农学文献、地方农谚与专家经验,提供自然语言交互的农事咨询服务;强化学习算法将用于优化多目标调度问题,在成本、能耗、时效等约束下求解最优作业序列;而联邦学习等隐私计算技术,则可在不共享原始数据的前提下,实现跨农场、跨区域的模型协同训练,破解数据孤岛难题,释放更大AI价值。

4.3 绿色低碳成为核心导向

在“双碳”目标引领下，绿色低碳将成为智能农机设计与应用的核心导向。未来设备将普遍集成碳排放监测模块，通过优化作业路径与发动机工况，最大限度降低燃油消耗与尾气排放。动力系统方面，纯电动、氢燃料电池等清洁能源方案将逐步替代传统柴油机^[4]。更重要的是，精准作业本身即是一种绿色实践——通过减少化肥、农药的过量施用，直接降低农业面源污染，助力农业生态系统修复与碳汇功能提升。

4.4 普惠化与适地化并重

为实现智能农机的广泛普及，未来发展必须兼顾普惠性与地域适应性。一方面，针对小农户群体，应大力开发低成本、模块化、易安装的智能套件，如后装式自动驾驶系统、简易变量控制装置等，降低技术使用门槛；另一方面，针对丘陵山地、设施农业、特色经济作物等特殊场景，需重点研发小型化、轻量化、高灵活性的专用智能装备，确保技术红利能够惠及不同区域、不同类型的农业生产主体。

5 推动农业机械智能化发展的对策建议

为加速农业机械智能化落地，需多方协同发力：强化顶层设计与政策扶持是首要任务。应尽快制定《智能农机发展中长期规划》，明确技术路线图与产业目标，并扩大农机购置补贴对智能装备的覆盖范围与支持力度，设立国家级专项基金，重点支持基础性、共性关键技术攻关。同时，必须着力突破核心零部件“卡脖子”瓶颈，集中力量研发高精度国产传感器、农业专用芯片、高可靠性智能控制器及精密执行机构，降低对外依存度，保障产业链安全。构建统一标准与开放平台同样至关重要，应加快推动农机通信协议（如ISOBUS扩展）、数据格式、接口规范的标准化进程，鼓励建立开源社区与共享生态，

打破厂商壁垒，促进设备互联互通。此外，必须同步完善农村数字基础设施，加快5G网络、北斗地基增强系统及农业物联网在县域特别是粮食主产区的覆盖密度，建设区域性农业大数据中心，夯实智能化底座。人才培养方面，应在高等农业院校增设“智能农业装备工程”等交叉学科专业，同时面向基层开展农机手数字化技能轮训，培育一批既懂农艺、又通技术的复合型新型职业农民。最后，应积极探索多元化商业模式，推广“农机共享”“作业服务包”“数据订阅”等新业态，通过服务化降低用户初始投入，提升设备利用率与投资回报率。

6 结语

农业机械智能化是破解“谁来种地、怎么种好地”时代命题的关键路径，也是实现农业强国战略的必然选择。尽管当前仍面临成本高、标准缺、人才少等挑战，但在技术迭代、政策驱动与市场需求的共同作用下，其发展前景广阔。未来，应坚持“技术—产业—政策”三位一体推进策略，以系统思维构建智能农机创新生态，推动农业生产从“汗水农业”向“智慧农业”跨越，为保障国家粮食安全、促进乡村全面振兴和实现农业可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]熊利平.智能化技术在农业机械中的应用与发展研究分析[J].农业开发与装备,2025,(06):53-55.
- [2]刘计明,惠祥志.智慧农业背景下农业机械智能化技术应用分析[J].农业工程技术,2024,44(32):25-26+55.
- [3]汪嘉睿,王海.关于高标准农田中农业机械智能化技术的应用与分析[J].农业机械,2025,(07):94-96+100.
- [4]李香服,张华.智能化技术在农业机械中的应用分析[J].南方农机,2022,53(14):48-50.