

农机智能化改装对农业生产效率的影响分析

阿拉坦塔娜

内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克前旗乡村振兴事业发展中心

DOI:10.32629/as.v9i2.3755

[摘要] 随着全球人口增长、资源约束趋紧及劳动力结构性短缺,提升农业生产效率已成为保障粮食安全与农业可持续发展的核心议题。传统农机与现代信息技术、智能装备的融合——即农机智能化改装,正成为推动农业生产深刻变革的关键路径。本文旨在系统综述农机智能化改装的内涵、关键技术体系,并深入分析其对农业生产效率在作业质量、资源利用率、劳动生产率和经济效益等方面的多维影响。同时,剖析当前改装实践中面临的技术、成本、数据与人才挑战,最终展望未来发展趋势。研究表明,智能化改装通过精准化、自动化与决策智能化,能显著提升全要素生产率,是传统农业向智慧农业转型升级的务实且有效的突破口。

[关键词] 农机智能化; 改装; 生产效率; 精准农业; 智慧农业

中图分类号: F324.2 **文献标识码:** A

Analysis of the Impact of Intelligent Modification of Agricultural Machinery on Agricultural Production Efficiency

Alatantana

The Rural Revitalization Development Center of E'toqian Banner, Ordos City, Inner Mongolia Autonomous Region

[Abstract] With the global population growth, tightening resource constraints and structural labor shortages, enhancing agricultural production efficiency has become a core issue in ensuring food security and sustainable agricultural development. The integration of traditional agricultural machinery with modern information technology and intelligent equipment – that is, the intelligent modification of agricultural machinery – is becoming a key path to drive profound changes in agricultural productivity. This article aims to systematically review the connotation and key technical system of intelligent modification of agricultural machinery, and deeply analyze its multi-dimensional impact on agricultural production efficiency in terms of operation quality, resource utilization rate, labor productivity and economic benefits. At the same time, analyze the technical, cost, data and talent challenges currently faced in modification practices, and ultimately look forward to the future development trends. Research shows that intelligent modification, through precision, automation and intelligent decision-making, can significantly enhance total factor productivity and is a practical and effective breakthrough for the transformation and upgrading of traditional agriculture to smart agriculture.

[Key words] Intelligent agricultural machinery Modification; Production efficiency Precision agriculture Smart Agriculture

引言

农业是国民经济的基础,其生产效率直接关系到粮食安全、农民增收和农村振兴。长期以来,我国农业面临着“谁来种地”、“如何种好地”的严峻挑战。农村青壮年劳动力持续向非农业转移,导致农业劳动力成本急剧上升且老龄化严重。与此同时,传统粗放型的农业生产模式存在资源消耗大、生产效率低、环境压力加剧等问题。在此背景下,以高新技术赋能农业机械,推动农业机械化向智能化、智慧化演进,成为破解上述困境的必然

选择。

购置全新智能农机固然是理想路径,但其高昂的成本、复杂的操作维护要求以及对现有农机资产的巨大沉没成本,使得大规模普及在短期内面临困难。因此,农机智能化改装——即在保有大量现有传统农机的基础上,通过加装传感器、控制器、导航系统、作业终端等智能模块,使其具备部分或全部自动化、信息化、精准作业能力——成为一种成本效益更高、推广更灵活、更符合当前我国及许多发展中国家国情的现实方案。

本文旨在对农机智能化改装这一领域进行系统性综述,重点探讨其对农业生产效率产生的实质性影响,以期为学术研究、政策制定和产业实践提供理论参考与实践指引。

1 农机智能化改装的内涵与关键技术体系

1.1 内涵界定

农机智能化改装是指利用现代信息技术、人工智能、自动控制技术等,对传统农业机械的动力系统、传动系统、执行机构或操控系统进行局部或整体的技术升级与集成创新,赋予其环境感知、实时分析、自主决策、精准执行和互联互通等能力的过程。其核心目标是实现从“人操控机械”到“人监控智能系统”的转变,最终达到提升作业质量、降低劳动强度、优化资源配置和提高综合效益的目的。

1.2 关键技术体系

农机智能化改装是一个多技术融合的体系,主要包含以下核心层:

感知与导航层:这是智能化的“眼睛”和“耳朵”。主要包括:

GNSS(全球导航卫星系统)高精度定位技术:提供厘米级精度的实时位置信息,是自动驾驶和变量作业的基础。

多源传感器技术:包括激光雷达(LiDAR)、毫米波雷达、超声波传感器用于避障和环境建模;视觉传感器(摄像头)用于作物行线识别、杂草检测、果实定位;近地遥感传感器用于实时监测土壤养分、作物长势、病虫害等信息。

决策与控制层:这是智能化的“大脑”。主要包括:

自动驾驶与驾驶系统:基于高精度GNSS和IMU(惯性测量单元),通过转向液压阀或电机改装,实现农机沿预设路径的自动行驶,解决直线行驶的精度问题,减轻驾驶员疲劳。

变量作业(VRT)控制系统:集成处方图(来自遥感或土壤采样)和实时传感器数据,通过改装播种机、施肥机、喷药机的控制阀与执行机构,实现种子、肥料、农药投入品的按需变量施用。

智能决策模型:嵌入基于规则、机器学习或深度学习的算法模型,对感知数据进行分析,实时做出如喷药时机、收割参数调整等决策。

执行与机构层:这是智能化的“手脚”。通过对传统农机执行机构的电控化、伺服化改装,如将手动调节的排种器改为电控伺服排种器,将机械式喷雾阀改为电磁比例阀,确保决策指令能被精确、快速地执行。

数据与平台层:这是智能化的“神经网络”。通过加装物联网(IoT)终端,将作业过程中的位置、状态、作业量等数据实时上传至云平台,实现作业过程的数字化管理、远程监控、智能调度和数据分析,为后续农艺决策提供支持。

2 农机智能化改装对农业生产效率的多维影响分析

生产效率是投入与产出的比率。农机智能化改装通过优化各项生产要素的配置与使用效率,从以下多个维度深刻提升了农业生产效率。

2.1 提升作业质量与精度,直接影响产出端

提高土地利用与播种质量:自动驾驶系统可使拖拉机直线行驶精度达到±2.5厘米以内,彻底消除传统人工驾驶中的重播、漏播现象。这不仅提高了播种均匀度,为作物生长创造良好环境,还通过精准接行减少了地头转弯的重叠与遗漏,平均可提升土地有效利用面积3%-5%。精准播种也减少了后续间苗的人工成本。

优化植保与施肥效果:变量喷药和施肥系统能根据病虫害发生程度或土壤肥力差异,实现“处方用药”和“按需施肥”。这避免了传统均匀喷洒造成的过量与不足问题,在保证防治效果和作物营养的同时,将农药、化肥使用量降低15%-30%,从源头上提升了农产品质量安全水平,并减少了面源污染。

改善收获效率与减损:加装了产量监测器和智能调控系统的联合收割机,能实时监测收获产量、水分、破碎率等指标,并自动调整滚筒转速、行驶速度等参数,在复杂田间条件下实现最佳作业状态,将机收损失率降低1-3个百分点。对于我国粮食总产量而言,这相当于挽回数百万吨的粮食损失,直接增加了有效产出。

2.2 优化资源配置效率,降低投入端消耗

节约生产资料:如前所述,变量技术的直接效应就是种子、化肥、农药、灌溉水等生产资料的精准化投入。这直接降低了单位面积的物质成本,提高了资源的边际产出率,符合绿色可持续发展要求。

节约能源消耗:自动驾驶系统规划出的最优路径减少了不必要的行驶、重叠和转弯,使柴油消耗平均降低5%-10%。精准作业也避免了因过量投入而导致的后续能源浪费(如过量施肥引起的徒长所需的额外管理能耗)。

延长有效作业时间:具备自动驾驶和夜间作业能力的改装农机,可以突破人类驾驶员的生理限制,在夜间、低能见度条件下持续作业,抢抓农时窗口,特别是在抢收抢种时节,极大地提高了时间利用效率。

2.3 提高劳动生产率,缓解人力约束

降低劳动强度与技能要求:驾驶员的主要角色从高度紧张的手脚协同操作转变为系统监控和应急处理,劳动强度大幅下降。这使更多年龄偏大或技能稍逊的劳动者也能胜任复杂农机作业,扩大了农机手的供给池。

单人作业能力倍增:通过远程监控和集群调度,一个管理员可以同时监控多台无人或自动作业的农机(如无人植保机群、自动驾驶拖拉机),实现了“一人多机”的作业模式,极大提升了人均管理面积和产出。

吸引新型职业农民:智能化改装使农机操作更具科技感和吸引力,有助于吸引懂技术、善经营的年轻人投身现代农业,为农业注入新的活力。

2.4 提升经济效益与决策科学性

降低综合生产成本:虽然初期有改装投入,但长期来看,节约的物资、燃油、人工成本以及减损增收的效益,通常能在2-4个作业季内收回投资,长期经济效益显著。

实现数据驱动的精化管理: 改装农机成为移动的数据采集终端, 实时生成农田空间变异地图(产量图、肥力图、病虫害分布图)。这些高质量数据为农场管理者提供了前所未有的洞察力, 使其农艺决策从“经验驱动”转变为“数据驱动”, 实现整个生产系统的持续优化, 这是一种更深层次的全要素生产率提升。

促进规模化与服务化: 智能化改装后的农机作业标准化程度高、质量稳定, 极大增强了农机合作社或社会化服务组织的服务能力和信誉, 推动了农业生产性服务业的专业化发展, 使小农户也能共享智能化红利, 间接提升了全社会的农业生产效率。

3 当前面临的挑战

尽管前景广阔, 但农机智能化改装在推广应用上仍面临一系列挑战:

技术集成与可靠性挑战: 改装涉及机械、电子、信息、农艺等多学科交叉, 不同厂商设备间的兼容性、系统稳定性、在恶劣农业环境(振动、灰尘、潮湿、高温)下的长期可靠性仍是技术难点。

初始成本与投资回报风险: 对于个体农户和小型农场, 一套高精度导航或变量施肥改装系统的成本仍显高昂, 且其投资回报受作物价格、种植规模、服务范围等因素影响, 存在不确定性, 抑制了改装意愿。

数据壁垒与标准缺失: 不同平台产生的数据格式不一, 形成“数据孤岛”, 难以互联互通和深度挖掘。缺乏统一的改装技术标准、数据接口标准和作业质量标准, 制约了产业健康发展。

专业人才短缺: 改装、校准、维护、维修智能化设备需要既懂农业机械又熟悉信息技术的复合型人才, 当前这类人才严重短缺, 成为推广的重要瓶颈。

基础设施与政策支持: 高精度定位服务(如北斗增强网络)的覆盖范围和稳定性、农村地区高速通信网络(5G)的普及程度, 直接影响改装效果的发挥。相应的购置补贴、作业补贴、金融保险等政策体系尚不完善。

4 结论与展望

农机智能化改装是连接传统农业机械化与未来智慧农业的重要桥梁, 是现阶段以合理成本快速提升农业生产效率的可行且有效的战略路径。本文综述表明, 通过对传统农机赋能“感知、决策、执行、互联”能力, 智能化改装能够系统性提升作

业精度、资源利用率、劳动生产率和经济效益, 其影响是全方位和革命性的。

展望未来, 农机智能化改装将呈现以下趋势:

(1) 技术趋势: 向“软硬件解耦、模块化、通用化”发展, 即开发适应多种品牌机型的通用智能改装套件; 人工智能深度融合, 实现从“自动执行”到“自主智能”的跨越; 5G、边缘计算技术将实现更低的控制延迟和更强的实时处理能力。

(2) 模式趋势: “改装即服务(RaaS)”模式可能兴起, 用户无需购买高昂设备, 而是按作业面积或时间订阅智能改装服务, 降低使用门槛。

(3) 产业生态趋势: 需要农机企业、科技公司、农业服务组织、科研院校和政府部门共同构建开放协同的生态体系, 推动标准制定、数据共享和人才培养。

(4) 政策导向: 政府应加大对关键核心技术研发、高精度基础设施建设、改装购置与作业补贴、示范应用基地建设等方面的支持力度, 并完善相关的法律法规和保险体系。

总之, 农机智能化改装不仅是技术升级, 更是农业生产方式的变革。积极应对挑战, 把握发展趋势, 稳步推进农机智能化改装, 对于我国在“大国小农”基本国情下实现农业现代化、保障国家粮食安全具有极其重要的现实意义和战略价值。

[参考文献]

- [1]张铁民,李继宇,张智刚.农机智能化改装技术体系与发展趋势[J].农业机械学报,2022,53(08):1-18.
- [2]陈立平,赵春江,孟志军.精准农业关键技术与装备研发进展[J].中国工程科学,2021,23(03):102-110.
- [3]李洪文,何进,王庆杰.我国农业机械化与智能化融合发展路径研究[J].农业工程学报,2023,39(12):1-9.
- [4]王秀,马伟,杨福增.农机变量作业技术的应用现状与发展前景[J].农机化研究,2022,44(05):1-7.
- [5]赵博,周建军,王金武.农机智能化改装对粮食生产效率的影响——基于东北三省农户调研数据[J].中国农业资源与区划,2024,45(01):189-196.
- [6]孙星钊,陈兵旗,刘刚.农业物联网在农机智能化改装中的应用与实践[J].农业工程技术,2022,42(24):34-38.

作者简介:

阿拉坦塔娜(1985--),女,蒙古族,鄂托克前旗人,硕士研究生,中级职称,研究方向:农牧业机械工程。