

低碳理念下农机装备绿色改造技术分析

韦安帅 刘杰 隋玉振

山东五征集团有限公司

DOI:10.32629/as.v9i8.4225

[摘要] 在“双碳”战略全面推进的背景下,农业机械化快速发展带来的高能耗、高碳排放问题愈发突出,老旧农机污染耗能问题成为制约农业绿色发展的重要因素。本文以低碳发展理念为核心,分析我国传统农机装备的发展现状与低碳短板,从动力改造、能源替代、作业增效、智能赋能四个维度构建农机绿色改造技术体系。同时剖析当前技术推广、政策保障、产业服务、人才标准等方面的发展瓶颈,并提出针对性优化发展策略。研究旨在提升农机能源利用效率,为农机装备绿色升级、助力农业低碳高质量发展提供参考。

[关键词] 低碳理念; 农机装备; 绿色改造

中图分类号: S22 文献标识码: A

Technical Analysis of Green Transformation Technologies for Agricultural Machinery Equipment under the Low-Carbon Concept

Anshuai Wei Jie Liu Yuzhen Sui

Shandong Wuzheng Group Co., Ltd.

[Abstract] Against the backdrop of the comprehensive implementation of the dual-carbon strategy, the high energy consumption and carbon emissions associated with rapid agricultural mechanization have become increasingly prominent issues, while pollution and energy inefficiency caused by outdated machinery have emerged as significant constraints to green agricultural development. Centered on low-carbon development principles, this study analyzes the current status and existing shortcomings of traditional agricultural machinery in China, establishing a comprehensive green transformation technology framework encompassing four dimensions: power system upgrades, energy substitution, operational efficiency enhancement, and intelligent empowerment. It further identifies challenges in technology dissemination, policy support, industrial services, and talent development standards, proposing targeted optimization strategies. The research aims to improve energy utilization efficiency in agricultural machinery and provide insights for its green upgrading, thereby fostering low-carbon, high-quality agricultural development.

[Key words] Low-carbon concept; Agricultural machinery equipment; Green transformation

1 绪论

立足国家“双碳”发展战略,农业领域节能减排、低碳转型已成为乡村振兴与现代农业高质量发展的硬性要求。我国农机保有量持续攀升,存量老旧燃油农机占比偏高,普遍存在燃烧效率低、尾气污染物排放量大、作业能耗居高不下等问题,农机田间作业产生的碳排放是农业温室气体重要组成部分。伴随土地规模化流转、全程机械化普及,农机作业频次、作业面积逐年增加,能源消耗与污染物排放压力持续加剧。全新农机采购成本高昂,直接淘汰老旧设备资源浪费严重,因此针对现有农机开展低成本绿色改造,优化动力能耗、削减碳排放,成为兼顾经济效益与生态目标、推动农业低碳可持续发展的关键路径。

2 相关概念

2.1 低碳农业

低碳农业是依托绿色发展理念,摒弃传统高能耗、高排放的农业生产模式,通过技术优化、设备升级、模式革新等方式,降低农业生产全流程温室气体排放,兼顾农业生产效益与生态环境保护的新型农业发展形态,是“双碳”目标下现代农业发展的核心方向。

2.2 农机装备绿色改造

农机装备绿色改造指在不更换整机设备的前提下,针对在用农机的动力、传动、作业系统进行优化升级,通过节能改装、尾气净化、智能调控等技术手段,降低农机作业能耗与碳排放,提升设备作业效率和资源利用率的改造方式。

2.3 农业农机碳排放

农业农机碳排放特指农机设备在田间耕作、播种、收获、运输等作业及运维过程中,消耗化石能源所产生的二氧化碳等温室气体排放,是农业领域碳排放的主要构成部分。

3 低碳视角下传统农机装备现状及问题分析

3.1 我国农机装备发展现状

近年来国内农业机械化建设稳步推进,全国主要农作物耕、种、收综合机械化率超72%,各类农机设备已全覆盖农业生产全流程。在设备存量结构方面,国内农机整体保有规模巨大,使用年限八年以上的中小型老旧设备占比超45%,设备老化问题十分普遍,低碳化、智能化新式农机的普及程度仍然不足。在能耗排放层面,农机作业消耗的化石能源在农业总能耗中占比较高,耕地、收割等关键农事环节是农机碳排放的核心来源,整体表现为排放总量大、单位强度高、设备结构老旧的特点。

3.2 传统农机装备存在的低碳短板

老旧农业设备普遍存在能耗偏高、碳排超标的问题,核心动力机组技术老旧滞后,燃油燃烧利用率不足,能源利用水平达不到现行行业规范标准。同时,大部分传统农机缺少精准作业控制系统,作业模式粗放且重复劳作问题多发,造成能源损耗与土地资源浪费。此外,多数老旧农机未搭载尾气处理、降噪防尘等环保配套设施,作业过程中废气、噪音污染问题较为严重。再加上农户日常设备管护方式不规范,农机带故障运行、保养不及时等情况普遍,进一步增加设备能耗,提升碳排放总量。

3.3 农机装备绿色改造的必要性与可行性

从政策维度来看,国家“双碳”战略部署、农业绿色发展专项规划等相关政策文件,均提出对老旧农机开展节能改造与升级优化,为农机低碳化发展提供了有力的政策保障。从技术维度来看,动力系统优化、尾气净化处理、智能节能改装等相关技术日趋完善,模块化改造模式可适配多种农机设备,技术落地应用难度低、可行性强。从经济维度来看,相较于全新购机的高昂费用,存量农机绿色改造成本更低,能够有效节约燃油消耗与设备维护费用,投资回本周期短、经济效益突出,是当前农业领域实现低碳转型的最佳方式^[1]。

4 低碳理念下农机装备绿色改造核心技术体系

在“双碳”战略与农业绿色发展背景下,农机装备低碳改造不再局限于单一零部件维修,而是形成了多维度、系统化的技术升级体系。本章从动力改造、能源替代、作业优化、智能升级四个维度,构建完整的农机绿色改造技术框架,结合行业实测节能数据、技术应用场景及效益差异,搭配技术体系结构图与节能参数统计表,系统剖析各类低碳改造技术的原理、优势与适用范围,为老旧农机低碳升级提供技术依据。

4.1 农机动力系统低碳改造技术

动力系统是农机能耗与碳排放的核心来源,也是绿色改造的核心环节,通过针对性优化可显著提升燃油利用率、降低污染物排放。发动机节能优化与精密调校技术,主要针对老旧柴油机喷油提前角、气门间隙、压缩比等参数进行精准校准,修复设备

长期运行产生的参数偏移问题,实测可提升燃油燃烧效率10%~15%,有效减少不完全燃烧产生的碳排放。燃油雾化改良与尾气净化改造技术,通过更换精细化多孔雾化喷嘴、加装尾气三元净化装置,细化燃油颗粒、过滤有害气体,可降低尾气中颗粒物排放32%、氮氧化物排放18%,大幅改善农机作业污染状况。

传统燃油农机油电混合改造技术多用于大中型拖拉机、联合收割机,在原有燃油动力基础上加装动力电池与智能切换系统,空载、低速作业阶段采用电力驱动,重载工况切换燃油动力,综合节油率可达15%~20%。老旧动力设备节能降噪改造通过更换减震配件、优化齿轮配合间隙、改良排气管道结构,减少机械摩擦与气流噪音,不仅能降低无效能耗损耗,还可将农机作业噪音降低10~15分贝,改善田间作业环境。

4.2 农机能源结构绿色替代改造技术

能源结构替代是从源头削减农机化石能源消耗的关键技术。农机光伏辅助供能改造技术,通过在农机机身搭载轻质柔性光伏组件,配套储能电池为车载控制系统、照明系统、启停设备供电,可替代整机12%左右的燃油能耗,适配露天长时间作业场景。中小型农机电动化改装技术,主要应用于微耕机、播种机、插秧机等轻型设备,以锂电池动力系统替换传统燃油发动机,实现作业全过程零尾气排放,能耗成本较燃油设备降低40%以上。

生物质燃料适配改造技术通过改装发动机燃料喷射与燃烧适配系统,使农机可兼容生物柴油、秸秆生物质混合燃料,替代传统石化柴油,燃料清洁度更高,碳排放强度显著降低,适配规模化农业产区推广应用。

4.3 农机作业系统节能增效改造技术

作业系统不合理运行是农机间接能耗浪费的主要原因。耕作农机低阻轻量化改造采用高强度轻质合金材料替换传统厚重农具,优化犁体曲面结构,减少土壤耕作阻力,可降低整机作业能耗8%~12%。播种、收获农机精准作业改造,修正设备作业深度、行距、转速参数,解决传统农机漏播、重播、收割残留等问题,避免重复作业造成的能源浪费,有效提升农资与能源利用率。农机传动系统节能优化改造通过更换耐磨低损耗传动链条、皮带及齿轮组件,优化传动配比,减少动力传输过程中的能量损耗,提升整机动力传输效率,实现节能增效的改造目标,见表4-1: 农机作业系统改造节能参数表。

表4-1 农机作业系统改造节能参数表

改造技术类型	适用农机设备	改造前能耗水平	改造后能耗水平	综合节能率	作业效率提升	主要改造效益
耕作农机低阻轻量化改造	旋耕机、犁、耙机	21.8L/hm ²	19.2L/hm ²	11.9%	8.5%	降低耕作土壤阻力,减少无效能耗
精准作业改造(播种/收获)	播种机、联合收割机	17.5L/hm ²	14.8L/hm ²	15.4%	10.2%	杜绝重耕重播,节约燃油与农资损耗
传动系统节能优化改造	各类大中型农机总成	作业传动损耗 16.3%	作业传动损耗 9.7%	9.2%	7.8%	减少机械摩擦损耗,提升动力传输效率

4.4 农机智能化低碳改造技术

智能升级改造是保障农业机械长期低碳节能运行的核心途径。通过加装智能调速、能耗管控装置,结合负荷感应技术,设备可根据田间土质条件与实际作业载荷,自主调整引擎转速和动力输出状态,有效规避机具空转、超负荷作业带来的无效能耗损耗。依托物联网传感设备完成农机能耗数据升级改造,可实时捕捉机具油耗、能量消耗、碳排数值及作业时长等关键信息,完成动态监控与数据统计分析,为农机精细化管理、低碳化运营提供可靠的数据依据。基于北斗定位系统与智能控制模块的自动驾驶节能改造,能够自动规划最优田间作业路线,减少无效行驶与重复耕作行为,在规范农机作业流程的基础上,有效缩减整体能耗与碳排放量^[2]。

5 低碳理念下农机装备绿色改造优化发展策略

基于上文梳理的农机绿色升级改造现存问题,针对技术适配性不足、政策体系不健全、基层配套服务薄弱等发展痛点,本章从技术创新、政策扶持、产业构建、人才培育、标准建设、数字赋能六个角度制定优化方案,搭建一套全覆盖、可落地、可执行的农机低碳改造发展体系,全方位提升农业机械设备的节能降碳综合能力。

5.1 技术优化: 分类研发适配性绿色改造技术

针对现有农机改造技术通用性过强、场景适配性较差的现状,需结合大、中、小型农机的设备差异,以及耕地、播种、田间管护、作物采收等不同农事场景,开展差异化、针对性的技术研发工作。面向普通农户推广低成本、模块化、轻量化的成套改造设备,最大限度降低改装成本与设备改动幅度,降低低碳改造的落地门槛。针对大型农机重点攻关油电混动、智能能耗调节等高端节能技术,针对小型农机普及燃油雾化优化、机身轻量化等简易改造工艺,实现分机型精准适配,全面提升农机节能改造效果。

5.2 政策赋能: 完善农机绿色改造扶持政策

当前国内农机低碳改造存在补贴覆盖范围有限、扶持力度不足等问题,极大影响了农户参与设备升级改造的主动性。各地区需优化农机绿色改造专项补贴机制,根据农机机型规格、改造后的节能减排效益实行分级补贴,并配套落实税收优惠等扶持政策。同时搭建老旧农机改造升级优先、淘汰报废兜底的联动管理机制,严格管控超期服役、高能耗高污染农机设备,引导农户自主开展绿色改造或合规报废,构建农机设备良性更新循环体系。

5.3 产业升级: 构建农机绿色改造服务体系

针对当前农机低碳改造市场布局分散、专业化服务水平不

足的行业现状,各地应积极培育本地化、专业化的农机绿色改造服务主体,整合农机维修、节能改装、能耗检测等各类行业资源。打造集前期改装升级、中期日常运维、后期能耗监测评估于一体的全链条服务模式,推动农机绿色改造朝着标准化、产业化、常态化方向发展,补齐基层农机低碳改造的服务短板。

5.4 标准规范: 建立农机绿色改造行业标准

国内现阶段尚未形成统一的农机绿色改造技术准则,造成市场改造质量参差不齐、效果差异较大。行业主管部门需尽快制定出台各类农机设备的改造技术细则、安全管控标准、能耗检测参数及竣工验收规范,建立改造设备常态化抽样质检机制,从制度层面严控农机改造质量,推动行业绿色改造工作规范化、标准化有序开展。

5.5 智能赋能: 推进农机改造数字化升级

依托大数据、物联网技术搭建区域农机能耗与碳排放监测平台,对改造后农机的油耗、作业能耗、排放数据进行实时动态监测,实现数据可视化管理。通过智能数据分析优化农机运维方案、改进改造技术,持续提升农机装备低碳运行效能^[3]。

6 结论

本文立足于“双碳”战略与农业绿色低碳发展背景,聚焦农机装备高能耗、高排放的行业痛点,系统探究了低碳理念下农机装备绿色改造技术与发展路径。文章首先梳理了我国农机装备保有结构、机械化发展及能耗排放现状,明确老旧设备占比高、能源利用率低、运维体系不规范等核心低碳短板。在此基础上,从动力改造、能源替代、作业增效、智能升级四个维度,构建了系统化的农机绿色改造技术体系,阐明了各类改造技术的原理、适配场景与节能降碳效益。同时从技术、政策、产业、人才、标准、智能赋能六个层面提出针对性优化策略,可为基层农机绿色改造推广、农业领域节能减排及现代农业低碳高质量发展提供理论参考与实践支撑。

[参考文献]

- [1]刘青霞.数字普惠金融支持下智慧农机装备推广应用模式研究[J].中国农机装备,2026,4(6):33-35.
- [2]李艳丽.关于推广高性能农机装备的必要性及建议[J].河北农业,2026,(6):28-29.
- [3]王秀娟.智能农机装备在现代农业技术推广应用中的适应性评估[J].山东农机化,2026(3):56-58.

作者简介:

韦安帅(1991--),男,汉族,山东菏泽人,本科,工程师,主要研究方向机械电气。