doi：10.16576/j.ISSN.1007-4414.2024.02.048

双碳目标下农业机械发展趋势探究*

贾承谧，王祎才，杨　正
（甘肃畜牧工程职业技术学院，甘肃 武威　733000）

摘　要：随着我国绿色农业经济的发展，人们对绿色农业机械的发展更加关注。目前绿色农业机械技术仍处于起步阶段，但是农业机械低碳化、智能化依然是未来的发展趋势。该文重点分析了中国农业机械低碳化发展的关键环节，并从中国农机发展历程、农机低碳化发展现状、农机低碳化核心技术创新及农机低碳化应用推广等方面阐述其阶段性特征和发展方向，对未来低碳化农业机械技术发展及市场推广应用提出几点建议。文章指出通过创新驱动、市场驱动、政策驱动促进低碳农业机械快速、高质量发展，推动农业产业结构优化升级，加快落后产能装备快速淘汰，构建绿色农业经济体制，助推中国农业经济绿色转型及国家“双碳”指标顺利达成。

关键词：双碳目标；农业机械；低碳经济；技术创新
中图分类号：S210.6　　文献标识码：A　　文章编号：1007-4414(2024)02-0182-05

Research on the Development Trend of Agricultural Machinery under the Dual Carbon Target

JIA Cheng-mi, WANG Yi-cai, YANG　Zheng
(*Gansu Polytechnic College of Animal Husbandry & Engineering*, *Wuwei　733000*, *Gansu*, *China*)

Abstract: As the green agricultural economy develops, the application of green agricultural machinery has attracted much attention. At present, agricultural machinery technology is still in its infancy, yet low carbon and intelligent agricultural machinery is the development trend in the future. This research focuses on analyzing the key links in the development of low carbon agricultural machinery in China. The phased characteristics and development direction of low carbon agricultural machinery are described from the aspects of the development history of China´s agricultural machinery, the development status of low carbon agricultural machinery, innovation of low carbon core technology of agricultural machinery, application and promotion of low carbon agricultural machinery. Then some suggestions on the future development of low carbon agricultural machinery technology and its application in the market are put forward. It is pointed out that innovation-driven, market-driven and policy-driven approaches should be taken to improve the rapid and high-quality development of low-carbon agricultural machinery, promote the optimization and upgrading of agricultural industrial structure, accelerate the elimination of backward production capacity and equipment, and build a green agricultural economic system, so as to boost the green transformation of China´s agricultural economy and smooth achievement of the “dual carbon” target.

Key words: dual carbon target; agricultural machinery; low carbon economy; technological innovation

0　引　言

我国作为农业大国，农机的生产和保有量居世界前列。统计数据表明，2018 年我国农机保有量为 1.98 亿台，2019 年我国农机保有量上升到 2.01 亿台，2020 年我国农机保有量达到 2.04 亿台，农业机械总动力达 10.56 亿千瓦。农业机械基本以柴油机为动力，在传统的作业生产模式中，效率低下且碳排放极高。伴随着经济的发展和科技的进步，气候变化问题已成为威胁全人类的生存和发展的重大问题，由此引发了全球的极大关注和广泛重视，世界各国呼吁要共同应对气候变化[1]。2020 年习近平总书记在联合国大会上庄严宣布了中国的双碳目标：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，CO_2 排放力争 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”，首次向全世界展示中国在维护全球环境中的大国担当与精神。2021 年两会报告中，双碳目标作为十四五战略规划的重要板块，现身政府工作汇报。此后，国务院及地方政府相继出台绿色发展相关政策，践行“绿色、低碳”发展理念。十九大报告指出：我国农业需要向高质量方向发展，推动农业机械“绿色节能、环保低碳、智能安全、可靠增效”发展路径将助力农业经济快速转型。目前，国家及地方政府相继发布助力绿色产业发展的政策，通过财政补贴及政策扶持等利好政策，推动低碳产业及其上下游支柱产业快速发展。在双碳目标背景下，农业机械绿色、低碳、智能化发展引起高度重视，并作为我国节能减

* 收稿日期：2023-11-16
作者简介：贾承谧（1974-），男，甘肃靖远人，副教授，研究方向：农业装备技术。
通讯作者：王祎才（1970-），男，甘肃灵台人，教授，研究方向：农业装备技术。

排计划中不可或缺的版块,未来农业机械将融合绿色技术、信息技术及农机工程为一体,通过智能、电动、小型化方向发展,带动整个农业经济向绿色、环保、智能、高效方向发展,助力双碳目标顺利达成[2-5]。

“绿水青山就是金山银山”,从 2016 年开始,中央相继发布《农机装备发展行动方案(2016-2025)》《建立以绿色生态为导向的农业补贴制度改革方案》《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》《关于推进金融支持农业绿色发展工作的通知》等绿色农业经济发展政策,要求农业机械向新能源化方向发展[6]。2021 年 9 月,国家发改委根据党中央绿色农业经济发展要求,印发《农业领域相关专项中央预算内投资管理办法的通知》,其中包含绿色农业发展投资管理办法,国家对符合相关条件的项目,通过直接投资补助等方式给予大力支持。地方政府纷纷响应国家低碳发展战略,出台地方政策,助推绿色农业高质量发展。2021 年 5 月,江苏省为了贯彻国家双碳发展理念,联合多部门发布《关于鼓励推广空气源热泵等绿色清洁粮食烘干装备与技术的意见》,通过政策驱动推广清洁能源农业机械装备及技术,在农业低碳化发展道路中探索新发展模式,实现农业绿色投资、绿色生产、绿色建设等清洁农业发展模式,助力江苏农业低碳化发展提档升级[7]。

同时,各地针对农业机械绿色化、智能化发展做了大量研究及示范运营。早在 2018 年,河南省结合物联网、大数据、共享经济等技术手段,打造了以绿色智能为主题的“互联共享”农业装备体系。2019 年,上海市崇明区实现了国内首个智慧农机示范基地的建设,并通过全面机械化、绿色能源、智能遥控、障碍识别等技术手段精准定位,实现对示范区农机的高效管理。山西省农业机械化科学研究院通过阐述传统农机与新能源智能农机的区别,分析了新能源农机发展的可行性,得出新能源农机的发展是调整农业经济碳结构的载体和手段,并立足山西新能源农机发展现状,对山西省绿色农业经济发展提出了宝贵的建议[8]。中国科学院指出农业机械化、绿色化、智能化发展将带动中国农业发展方式的变革。目前,中国农业机械仍处于“大而不强”的阶段,以拖拉机为农业机械发展的典型代表,系统阐述了农业机械工业体系发展的重要里程,提出未来第三代农业机械创新发展体系,并指出电子化、绿色化、智能化是该体系未来发展关键的要素[9]。黑龙江省农业研究院及高校学者在固碳减排大背景下,分析了黑龙江省农业发展现状,深入阐述了实现农业碳中和的主要方法,并针对现代化农业低碳化发展提出框架路线图等发展理念,为现实农业快速、高效发展提供发展模式、技术路线等方面的借鉴[10-11]。

综上所述,目前虽然中国大部分地区农业机械处于燃油动力阶段,但是农机机械化、智能化、低碳化发展是未来的发展趋势,通过政策导向、技术创新将促进农业产业结构优化升级,加快落后产能装备快速淘汰,构建绿色农业经济体制,助推国家“双碳”指标顺利达成及中国农业经济绿色转型。笔者针对中国农业机械低碳化发展趋势,回顾中国农机发展里程,阐述中国农机低碳化发展现状及应用模式,分析低碳化农业机械“电池、电机、补能、底盘”等核心技术的发展趋势,所述内容可对未来低碳化农业机械技术发展及市场推广提供参考依据。

1　中国农业机械低碳化发展情况

1.1　中国农业机械发展历程

在新中国成立以前,我国农业机械体系并未形成,农民均立足于传统的铁犁牛耕劳作,效率非常低下。20 世纪 50 年代,新中国成立后,国内引入了苏联农业机械技术,成立了东方红洛阳拖拉机厂,上海拖拉机厂,新疆、湖北拖拉机厂等十大拖拉机制造厂,产出了“东方红”牌、“红旗”牌等拖拉机,这标志着我国农业机械化体系初步形成;改革开放后,由于农业生产模式的变更,产品需求多元化发展,现有的农业机械体系已经难以满足个体多样化的生产需求,逐步出现了小手扶、小四轮等小型农业机械装备;到 20 世纪 80 年代,我国引进了欧美技术,通过消化吸收产生了以电动燃油喷射、高压共轨燃油机等核心技术为特征的农机产业聚集区和新的农机品牌[12-14]。直至 2016 年,美国研发出全球首台无人驾驶智能农机,引领全球农业机械朝无人化、低碳化、智能化发展,中国也开启了新一代农业机械体系的新篇章,通过一系列政策扶持与引导,驱动农业机械装备低碳智能化快速发展[15-16]。

图 1 所示为我国农机发展历程。通过图 1 发展历程可以看出,我国农业机械发展迅速,但是前两代都是依靠引进国外技术,缺乏农业机械装备核心技术支撑,核心零部件长期依赖国外进口。目前,我国在农业机械低碳化、智能化发展阶段起步较早,之后要立足我国农机需求多样化现状,构建拥有独立自主知道产权的低碳化新型农业机械体系,实现弯道超车。

图 1　我国农机发展历程

1.2　中国农业机械低碳化技术研究现状分析

随着我国机械电子、电池、物联网、云计算等技术快速发展，低碳化智慧农业产业正在兴起，并逐步解决我国社会老龄化、城镇化发展引起的农业劳动力短缺等现实问题，实现“耕、种、管、收”生产环节智能控制、低碳运行[17]。纯电动农机机械应用图如图 2 所示，电动技术已经在农业机械中逐步渗透，永磁同步电机、高能量密度电池、快速补能、氢燃料电池技术等使电动农机取代燃油农业装备的地位更加迅速。低碳化农机目前主要采取电驱动方式，能量的补充目前主要发展方向为磷酸铁锂电池、氢燃料电池等。根据农业机械的作业模式，目前插电式与换电式电动农机成为替代传统农机的主要趋势，燃料电池农机是未来新能源农机的终极趋势。同时智能感知技术、智能控制技术及智能决策技术的发展将推动低碳化农业机械实现质的提升，解放劳动力。

图 2　纯电动农机机械应用

20 世纪末，我国开始了农业机械低碳化研究，先从小微农机起步，逐步延伸至大型农机[18]。2009 年华南农业大学的农机研发团队开发了电动水稻插秧机；2012 年浙江工业大学联合其他科研团队研发了电动油菜割晒机；2018 年河南省智能农机创新中心联合中国一拖、中国科学院计算技术研究所等单位利用整车电动控制、跟踪算法与无人自主路径规划等技术，研制了超级拖拉机 1 号；2020 年新能源汽车领头羊比亚迪将农业机械纳入发展版图之中，引起了业内人士的广泛关注；同年，在中国国际农业机械展览会上，超星智能推出的新能源无人驾驶拖拉机获得展览专家的一致好评。

目前，农业机械低碳化发展正处于研发探索、示范运营阶段，只有不断加大投资与研发力度，升级核心技术，提升续航能力，再通过产品力+创新力实现智慧农机产业化发展，降低整机成本，为我国农业机械行业升级换代、低碳化发展作出巨大贡献。

1.3　低碳化技术在农业机械装备的应用模式

从 1978 年改革开放至 2020 年，我国农业机械总动力从 1.17 亿千瓦增长到 10.56 亿千瓦，全国农作物机械化率为 71%，我国“十四五”规划指出，要加强大中型、低碳化、智能化、复合型农业机械的研发应用，使农作物耕种收综合机械化率提高到 75%。目前，我国低碳化技术在农业机械领域的产品应用处于小批量及示范运营阶段，主要依靠电机进行作业，分为固定作业和移动作业两种模式。固定作业模式主要应用于脱谷机械、排灌装备及农作物烘干设备等，特点为机械设备固定不动，通过电源线连接设备驱动电机进行作业，该作业模式由于成本低、可靠性好、作业模式简单等优点，得到广大农户喜爱，应用范围较广。并且通过不断发展，该作业模式逐渐应用于绿色智能大棚方向，通过在大棚中配备多种电动机来控制棚膜的开启、自动灌溉、淋浴、自动施肥、自动喷药等功能。移动作业模式通过在移动作业式农业机械中配备移动电池，满足移动作业需求，目前该模式主要以小功率电动机为主，配备电池容量较小，例如电动喷雾机、电动播种机、电动三轮车等，电动三轮车的应用目前是农业机械电动化发展的典型案例。同时目前已实现大功率农业机械电动化小批量示范运营，例如纯电动拖拉机，固定路径的电动运输机，由于电池能量密度技术瓶颈未突破，大功率机械设备作业时间较短，未来随着电池技术的发展以及换电模式的批量推广，大功率农业机械电动化趋势将快速大范围落地应用。

2　低碳化农业机械关键技术发展趋势

碳排放、碳达峰、碳中和已经成为“十四五”规划的一部分，随着低碳农业经济及电池、电机、人工智能、大数据等核心技术的发展，农业机械将逐渐向低碳、智能、环保、高效化发展，将给农业生产带来质的飞跃，改善农业经济，提高资源利用率。

2.1　动力电池技术发展趋势

动力电池是农业机械低碳化发展最核心的零部件，其发展水平及发展趋势关乎农业机械电动化转型升级的历程。目前随着电池能量密度的逐步提升，铅酸电池逐步被磷酸铁锂电池、三元电池、钠离子电池、刀片电池等替代，当前在交通运输领域，以上几种电池已经被广泛应用，如图 3 所示。

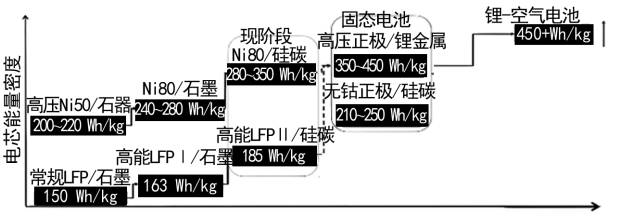

图 3　动力电池技术发展趋势

新一代动力电池-固态电池、锂空气电池目前已经处于技术攻关阶段，在不久的将来，将替代现有的电池技术，成为主流高能量密度移动储能设备。相信

随着农业机械低碳化趋势的发展,高性能、高可靠性、高安全、高能量密度的动力电池将广泛应用在农业机械领域,助力农业经济快速转型,助力国家双碳发展战略,为全球环保贡献巨大力量[19-20]。

2.2　驱动电机技术发展趋势

目前在农业机械低碳化领域,驱动电机主要为小型永磁同步电机及异步电机,作为农业机械低碳化发展的主要核心部件之一,驱动电机的特性将影响农业机械的核心性能。驱动电机将电能转化为机械能,同时通过电机反转将机械能转换为电能,大大提高农业机械能量利用率。现阶段,中国通过消化、吸收及创新,在电机核心技术及制造工艺方面取得很大进步,集成化技术不断提高,朝着高转矩、高功率密度、小型化方向发展。如图4所示,未来通过油冷、扁线电机、高度集成等技术,将推进驱动电机新技术快速发展示范应用。农业机械低碳化作为我国主要战略发展板块,高性能、高功率、高可靠性、高精度控制室的驱动电机,将在小型、大型农业机械领域大范围应用,助推农业经济快速低碳化发展。

图4　驱动电机发展趋势

2.3　能量补充技术发展趋势

目前我国农业机械的能量补充手段主要分为充电及换电两种方式,充电技术在充电站通过充电枪配合农机的充电口对设备进行充电,补能时间较长,农忙阶段会发生充电不及时影响作业效率的情况;另一种是换电技术,当农业机械电量较少时,可通过更换满电量的电池包进行补能,补能时间较短,可提升农业机械的作业效率,但是该技术标准要求较高,同时普及运营成本较高。未来农业机械补能技术将朝着大功率快充、便捷的无线充电方向发展,同时随着未来燃料电池技术在农业机械领域的不断渗透,高压气态氢、液态氢及固态氢的加注也是未来低碳化农业机械能量补充的主要发展方向[21]。

2.4　农业机械新型底盘技术发展方向

农业机械底盘总成集成动力传输、行走系统、转向系统、制动系统等关键系统于一体,是移动式作业农业机械重要组成部分,它可以使农业机械在复杂的作业环境中进行耕、播、管、收等活动。未来农业机械底盘技术将朝着“高效、智能、环保”的方向发展,传动系统将逐步向电力式传动或轮毂电机直接驱动趋势发展,集成化水平逐步提高;智能换挡技术将逐步替代现有换挡技术,逐步提高农业机械的动力、经济性、舒适性及平顺性;为了适应多变的农业作业环境,未来具备轮距可调的驱动桥技术将有效提高农用机械作业过程中对环境的适应性,提高作业效率,同时悬浮式前桥技术的发展,将衰减由于路况与车速相互作用产生的振动,提升农业机械的驾驶平顺性;如图5所示,结合线控转向、制动防滑、底盘遥控、智能感知、智能决策、智能驱动、智能管控等技术,未来农业机械底盘的信息化、智能化、平台化、轻量化将大幅度提升,无人化、多机协同化作业将成为未来农业机械底盘技术发展的新亮点和新方向[22]。

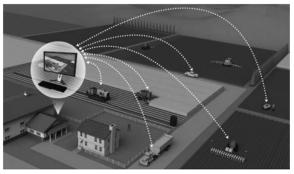

图5　无人化、多机协同化作业

3　农业机械低碳化发展的建议

我国低碳化农业机械健康发展要遵循以下原则:创新驱动、市场驱动、政策驱动。随着低碳化农业经济的发展,绿色农业机械被赋予了新的时代内涵,将倒逼农业经济发展模式优化升级,加速淘汰老旧落后农业设备,严格控制农业经济碳排放,把握新型农业产业,推动能源变革,促进能源结构持续优化,为“双碳”目标的实现奠定基础。

3.1　创新增效,体现高校引领作用

高校是人才汇聚之地,可将低碳化技术逐渐应用于高校专业教学中,并对低碳化技术及其理念进行深度推广,以此建立完善的人才储备库及培养机制,邀请行业内专家对专业人才进行培训,组织技术交流活动,营造良好的学术创新氛围;坚持以技术创新为核

心,建立完善的学术研究体系与校企合作通道,不断创新低碳化技术在农业机械领域的应用,鼓励高校结合农业机械生产需求,建立绿色技术研究实验室,结合现实需求及应用过程,对农业机械核心系统低碳化发展路线及智能化控制方向进行深度研究,促使农业机械低碳化技术创新路线高质量发展。

3.2　健全市场推广机制

和欧洲发达国家相比,我国低碳化农业机械市场推广脚步缓慢,由于产业化技术不成熟、绿色农业设备成本较高、相关配套设施不完善等客观因素,未形成完整的市场推广体系。要结合各地实际农业经济,完善市场推广技术链建设,征求农机专家意见,创新绿色农机推广路径;通过补贴政策驱动,推行低碳化农业机械示范运营,推动充电桩等相关配套设施快速落地应用,健全绿色农业机械运维体系,逐步实现低碳化农业机械产业化发展目标,以市场为导向,倒逼绿色低碳化技术快速发展。

3.3　推进利好政策、构建金融发展体系

地方政府要积极细化落实国家低碳化发展方针,根据当地实际情况,制定宏观调控政策,鼓励农民使用绿色农业机械,出台补贴政策,完善相关制度;引导国有企业、重点企业发挥引领作用,对标国内外低碳化先进技术,搭建低碳化农业机械发展平台,开展示范运营模式,带动上下游产业积极转型低碳化发展模式;构建完善的低碳金融体系,推动低碳化农业机械产业结构优化升级,以市场为导向,支持农业机械低碳化投资、融资项目,助力农业绿色金融产品多样性和创新性方向迅速发展。

4　结　语

我国农业机械发展历程漫长而艰辛,结合国家绿色农业经济发展战略,低碳化农机将逐步替代传统低效的燃油农机,对现代化农业建设,增加农民收入,改变农村生产面貌有巨大积极作用。

目前低碳化农机技术仍然处于起步阶段,产品应用处于小批量验证及示范运营阶段,需持续提升绿色农业机械核心技术自主创新能力,以技术创新为核心,市场应用为导向,建立中国低碳化农业机械推广的新标杆。

政府要通过政策引导,建立以研发探索、技术创新、产业化发展、融资体系、政策推广为一体的创新体系,助力农业机械低碳化、智能化方向快速、高质量发展,解放农村劳动力,实现农业经济结构优化升级,适应我国新农业经济发展格局要求,为践行我国“双碳”经济发展战略贡献力量。

参考文献:

[1] 郭晓萧,李　平.绿色发展理念下低碳化创新研究的动态演化、特征及趋势[J].贵州社会科学,2021(11):130-138.

[2] 任智惠.“双碳”目标下我国风电产业“十四五”发展机遇和挑战——访中国农业机械工业协会风力机械分会常务副理事长兼秘书长祁和生[J].电气时代,2022(8):32-35.

[3] 朱　莹,谭利伟,张春英, 等.“双碳”目标背景下光伏与农业结合发展的现状与建议[J].农业工程技术,2022,42(11):43-44+46.

[4] 张宝民.对低碳农业机械化与农业机械低碳化的思考[J].现代农业科技,2018(22):168.

[5] 单海勇,刘旭杰,张　晋,等.旱地玉米播种施肥机械低碳化发展及有效路径[J].现代农业装备,2022,43(3):13-18.

[6] 艾士军.绿色制造技术在农业机械产品中的应用[J].农机使用与维修,2022(11):38-40.

[7] 本刊通讯员.江苏率先出台粮食绿色烘干政策助力“碳达峰”“碳中和”[J].江苏农机化,2021(4):8.

[8] 刘玉琴.农业机械的新能源化发展情况与关键技术研发方向[J].农机使用与维修,2021(4):33-34.

[9] 席尚明.促进山西省电动农机发展的对策和建议[J].当代农机,2017(1):74-76.

[10] 董文军,孟　英,张　俊,等.黑龙江省农业实现碳中和的主要途径及建议[J].黑龙江农业科学,2021(11):79-84.

[11] 马边防.黑龙江省现代化大农业低碳化发展研究[D].黑龙江:东北农业大学,2015.

[12] 徐　峰,李君略,仵建涛,等.农用柴油机排放标准升级对农机行业的影响[J].安徽农业科学,2015,43(30):354-356.

[13] 倪计民,刘　越,石秀勇,等.可变喷嘴涡轮增压及废气再循环系统改善柴油机排放性能[J].农业工程学报,2016,32(16):82-88.

[14] 罗锡文,廖　娟,胡　炼,等.提高农业机械化水平促进农业可持续发展[J].农业工程学报,2016,32(1):1-11.

[15] 马玉玲.现代农业机械中智能化技术的发展应用[J].农业工程技术,2022,42(27):16-17.

[16] 缪新男,闫　旭.农业机械化与节能减排技术探究[J].南方农机,2022,53(18):171-173.

[17] 谢　斌,武仲斌,毛恩荣.农业拖拉机关键技术发展现状与展望[J].农业机械学报,2018,49(8):1-17.

[18] 孙庆振.电动力农业机械发展现状与趋势[J].农业开发与装备,2017(2):122.

[19] Weerachai A,Masayuki K,Tomohiro T,et al. Preliminary study on the applicability of an electric tractor (part2)-effectof battery allocation on the tractive performance[J].Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery,2001,63(5):92-99.

[20] Zaini M S M, Anuar N F, Al-Junid S A M, et al. Syed-Hassan, Agricultural biomass-based carbon cathode materials for lithium-sulfur batteries: A systematic review[J], Materials Science for Energy Technologies,2023(6):205-225.

[21] 孙凝晖,张玉成,石晶林.构建我国第三代农机的创新体系[J].中国科学院院刊,2020,35(2):154-165.

[22] 王韦韦,陈黎卿,杨　洋, 等.农业机械底盘技术研究现状与展望[J].农业机械学报,2021,52(8):1-15.