

国内水稻联合收割机发展历程及趋势

刘晓飞^{1,2}, 代占朝^{1,2}, 宋 华^{1,2}, 魏志松^{1,2}, 段国臣^{1,2}, 王帅勇³

(1. 智能农业动力装备全国重点实验室, 河南 洛阳 471039; 2. 洛阳拖拉机研究所有限公司, 河南 洛阳 471039;
3. 河北宗申戈梅利农业机械制造有限公司, 河北 邯郸 056800)

摘要: 概述了我国水稻联合收割机的发展历程, 结合我国水稻联合收割机的技术现状和作业需求, 展望了未来我国水稻联合收割机的发展方向, 为我国水稻联合收割机的研发提供参考。

关键词: 收获作业; 水稻联合收割机; 发展历程; 发展趋势

中图分类号: S225.4

文献标志码: A

文章编号: 1006-0006(2024)01-0001-04

Development Course and Trend of Domestic Rice Combine Harvester

LIU Xiaofei^{1,2}, DAI Zhanchao^{1,2}, SONG Hua^{1,2}, WEI Zhisong^{1,2}, DUAN Guochen^{1,2}, WANG Shuaiyong³

(1. State Key Laboratory of Intelligent Agricultural Power Equipment, Luoyang 471039, China;

2. Luoyang Tractor Research Institute Co., Ltd., Luoyang 471039, China;

3. Hebei Zongshen Gomeli Agricultural Machinery Manufacturing Co., Ltd., Handan 056800, China)

Abstract: The development course of rice combine harvester in China was summarized in the paper. According to the technical status and operational requirements of rice combine harvester in China, the future development direction of rice combine harvester was prospected, which provided a reference for the research and development of rice combine harvester in China.

Key words: Harvesting operation; Rice combine harvester; Development course; Development trend

水稻是我国重要的粮食作物之一, 实现水稻收获作业机械化对确保我国粮食安全具有重要的战略意义。联合收割机可以一次完成作物的收割、脱粒、分离、清选、集粮等工序, 从田间直接获取籽粒, 为抢抓农时、丰产丰收提供了强力保障, 被誉为劳动人民从弯腰收割上千年到机械化收获嬗变的利器^[1]。

我国水稻种植区域主要分布在安徽、湖南、湖北、江西、浙江、福建、四川和重庆等地, 这类区域多山地和丘陵, 以中小地块种植为主, 个别地区湿烂田较多, 种植模式差异也较大; 比如在部分地区存在超级杂交稻、双季稻、再生稻等种植模式; 在东北、安徽等地的大型农场也存在规模种植区, 这类区域以集中连片的大面积地块为主。我国不同地区水稻收获作业环境和气候等差异较大, 水稻种植模式、收获时间、产量、作业地块沉陷程度等相差也较大, 因此对联合收割机的适应性和可靠性提出了更高的要求^[2]。

1 国内水稻联合收割机发展历程

1.1 我国水稻收获机械化背景

相较于小麦联合收割机, 国内水稻收获机械化

发展缓慢。与国内水田作业环境相似的日本, 在 60 年代之前, 水稻收获也以人工为主, 1968 年日本才成功研制实用化的半喂入水稻收割机, 并进一步开发了全喂入机型, 因此, 我国水稻收获机械化进程中可供借鉴的经验技术较少, 发展基础更加薄弱^[3]。

1.2 20 世纪 50 年代—80 年代: 自主探索阶段

我国水稻联合收割机研发始于 20 世纪 50 年代。1952 年, 国内科研院所及企业以引进的苏联 C-4 等联合收割机进行水稻收获试验, 但因易下陷、脱不净、破碎多等原因试验失败。1957 年, 我国发明了世界首台半喂入式联合收割机, 并在 1958 年亮相莱比锡国际展览会, 但该机在面对高矮不齐作物时无法保证作物穗头都进入脱粒滚筒, 损失较大, 同时脱粒能力不够, 占地过宽, 机动性差, 不适应南方水田耕作区, 实用化存在问题, 未能推广应用。1965 年, 我国又尝试在悬挂式联合收割机上进行了轴流脱粒装置研究并取得成功, 该机在总体设计及脱粒原理上取得重大突破, 取消了庞大复杂的逐稿器, 为整机尺寸缩小奠定了基础。1967 年, 利用轴流滚筒脱粒分离技术成功开发了 GT-1.2 型履带自走式联

合收割机,成为我国南方应用最广的履带自走式全喂入联合收割机的雏形。文革时期,国内水稻联合收割机发展出现停滞,在此期间,也出现了一些机型,但大多未能推广应用^[4]。

1.3 20世纪80年代—90年代:技术合作与自主研发阶段

20世纪80年代,我国水稻联合收割机的研制再次进入正轨,代表性产品有半喂入收割机湖州-100型、江南-120型、开封联合收割机厂与德国克拉斯公司合作开发的全喂入收割机KC070型等,如图1所示,相关机型的推广应用,开启了我国水稻收获机械化发展之路。



图1 湖州-100半喂入联合收割机
Fig. 1 Huzhou-100 Head-feed Harvester

1.4 20世纪90年代—2000年:快速发展阶段

20世纪90年代初,日本企业比较成熟的半喂入式水稻收割机开始进入中国,该机型具有功耗小、效率高、清选负荷低等优点,曾被认为将全面取代全喂入机型,国内企业纷纷仿制,实际上该机型结构复杂、价格昂贵,市场难以接受和推广。同时期,结合履带行走装置水田通过性好和轴流脱粒装置适应性好,国内农机企业推出了简易实用的履带自走式全喂入联合收割机,得到了市场认可,代表性机型便是湖州-130和台州-130等,如图2所示。



图2 湖州-130联合收割机
Fig. 2 Huzhou-130 Combine Harvester

1.5 2000年至今:市场认可并完成技术升级

21世纪初,国内企业生产的全喂入单横轴流水稻机形成市场规模,国产水稻机基本满足水稻收获

需求,得到用户认可;在新疆-2轮式小麦收割机取得巨大成功后,国内农机企业纷纷开发效率更高的切流+横轴流式双滚筒水稻机,如图3所示。此时期,国内全喂入水稻机呈现单横轴流向切流+横轴流技术升级的局面,工作效率和适应性得到显著提高,同时,国内农机企业也在积极研制推广半喂入机型。



图3 双滚筒联合收割机
Fig. 3 Double Drums Combine Harvester

2004年,水稻联合收割机开始参与北方小麦收获,同跨区作业的主力机型新疆-2型相比,水稻联合收割机在工作效率、性能、通过性等方面表现亮眼,但由于履带行走装置远距离行走不便,用户开始自备运输车托运收割机参与跨区作业,使得该机的作业时间极大延长,稻麦兼收带来较大收益,极大促进了水稻联合收割机的市场发展,对小麦联合收割机市场造成较大冲击。

2009年,日本纵轴流水稻联合收割机进入中国,国内各企业开启了本土化研发改进之路。2013年,国内水稻联合收割机率先完成技术升级,市场主力机型完成了横轴流向纵轴流技术切换,国产单纵轴流水稻联合收割机成为市场主流并积极参与到跨区作业的南征北战中,如图4所示。



图4 纵轴流式收割机
Fig. 4 Longitudinal Axial Flow Combine Harvester

经过十几年发展,国产纵轴流水稻收割机的工作效率、性能得到显著提高。2022年,市场主流全

喂入水稻收割机喂入量达到 6~8 kg/s,国产半喂入机型也在同步发展,工作行数达到 6 行,但市场份额较小。

2 国内水稻联合收割机技术现状

我国地域辽阔,南北方种植环境等差异大,需求也不尽相同。目前我国水稻联合收割机已形成大中小型齐全、全喂入与半喂入机型并行发展的布局,2022 年,我国水稻机收率超过 94%^[5]。

我国半喂入式联合收割机在经过自主研发、仿制借鉴、自主创新之路后国内已能自产,南方水田收获机械制造企业基本都推出了半喂入产品,机型也已涵盖大中小型,但因技术难度大、成本高、故障率高等原因发展缓慢,市场份额较低。目前,日韩品牌的半喂入收割机技术比较成熟,国产半喂入机型与日韩品牌相比,在基础材质、可靠性、适应性等方面差距较大。

我国全喂入式水稻联合收割机已成系列化,国产品牌占据了主要市场份额,机型品种齐全,满足国内各区域市场需求。在东北等规模化作业区域,对大型高效联合收割机需求较大,以喂入量 8~10 kg/s 的全喂入机型为主,如沃得巨龙 4LZ-10,该机仍然沿用成熟的双滚筒技术路线。在南方水田区域以及跨区作业需求上,主销机型以喂入量 6~8 kg/s 全喂入纵轴流机型为主,如沃得锐龙 4LZ-8,雷沃谷神 RG80 等。经过 10 几年发展,性能及可靠性等方面已趋于稳定,整体尺寸非常适合自备小型运输车装载转运,为跨区作业带来较大便利,该机型稻麦兼收,极大提高了市场占有率,得到了广大用户的认可。这类机型技术特点主要有:行走系统采用 HST+机械变速箱形式实现前进后退无级变速,脱粒系统采用单纵轴流技术,清选系统采用风筛组合式,部分机型配置了底盘升降机构提高通过性等。在小田块区域,对联合收割机的车身尺寸、重量、离地间隙等要求较高,所需产品以重量轻、车身小的小机型为主,如沃得旋龙 4LZ-4。在丘陵山地区域,地形复杂,地块小道路窄,梯田、山坡地、套种地较多,这类地区以微型自走式联合收获机为主,这类机型一般配套在手扶拖拉机上,结构简单,体积小,通过性好。

国内一些科研院所和企业同期也研发了切纵流、多滚筒、双纵轴流等多种技术路线产品,但并未形成量产规模,因此,目前国内主销全喂入水稻联合收割机产品技术路线比较单一,产品同质化严重。但是,水稻联合收割机凭借良好的适应性、极高的通过性等优势对其他收获类产品形成了极强的替代效应,不断蚕食轮式小麦机市场,得到各企业的重

视,市场竞争较为激烈。

3 未来国内水稻联合收割机的发展方向

3.1 高效脱粒清选技术

联合收割机工作效率与作业收益直接相关。通过增加联合收割机割幅、加大工作装置尺寸、提高配套动力等成为提高联合收割机工作效率的有效途径,这也使联合收割机的外形尺寸越来越大,整机重量越来越大,影响整机在湿烂田、中小地块等区域的通过性。此外,外形尺寸持续增大将会超过用户自备运输车的装载尺寸限制,严重影响联合收割机转运能力进而对跨区市场需求产生不利影响。因此在尽量不增大整机外形尺寸的前提下,研究高效脱粒清选技术,尽可能提高联合收割机的工作效率成为急需解决的难题,比如研究脱粒物料预清选技术、低茎秆碎断高效脱粒技术等。

3.2 行走方式采用差动转向技术

现有水稻联合收割机普遍采用橡胶履带行走机构,转向时靠一侧履带前进另一侧履带原地制动实现最小转向半径,转向过程中制动履带会破坏土壤,功耗大,履带磨损严重,也影响后续田间作业和作物生长。履带行走机构实现差动转向是提高联合收割机转向性能的有效手段,其核心技术是转向时一侧履带前进另一侧履带后退,若两侧履带速度相等可实现理论转向半径为零的原地转向。实现差动转向可通过静液压技术对两侧履带独立驱动,但这种技术成本较高,对零部件制作精度要求较高,且易出现直线行走困难等问题。也有部分科研院所研制出了适配履带联合收割机的差速变速箱^[6],为实现差动转向提供了全新的解决方案。

3.3 注重轻量化设计

整车重量是影响土壤压实程度的直接因素,水稻联合收割机大型化趋势明显,重量也越来越大,在面对湿烂田时整机通过性差。因此,为了降低对土壤的压实、剪切破坏,提高燃油经济性和通过性能,应对联合收割机进行轻量化设计尽可能降低整机重量。但是,在轻量化设计过程中还需综合考虑结构强度、整机寿命、成本等因素。

3.4 一机多用,提高通用性

实现联合收割机的多种作物收获可显著提高联合收割机的有效作业时间,提高用户收益。目前水稻联合收割机对小麦收获表现出了极强的适应性,在跨区作业中表现优异。生产企业应继续加大不同作物的收获技术研发力度,研发相关附件装置,用户直接更换相关附件可兼收大豆、玉米、油菜、谷子、荞麦等作物,进一步提高整机收益率。

3.5 检测、控制智能化

近几年,我国水稻联合收割机的智能化水平不断进步,工作装置检测传感器如转速传感器、粮箱仓满报警器已普遍应用,但在籽粒损失检测、产量检测等方面与国外差距较大,缺乏实用性的专业传感器^[7],而开发精确、可靠、稳定、高适应性的传感器技术是实现智能化的首要任务。

3.6 加大半喂入机型研发力度

我国于1957年发明了世界上首台半喂入式收割机,但因实用性差等原因未能应用。20世纪60年代末日本开始应用半喂入联合收割机,至今已是中国日本水稻收获的主销机型。日本半喂入机型进入中国后,国内企业再次重视半喂入机型的研发,但由于其结构复杂,技术含量高、制造工艺难度大等原因始终未能掌握其核心技术,其市场份额也始终较小,限制了半喂入机型的研发投入能力。随着秸秆回收利用、环保等因素影响,低功耗、高效率的半喂入联合收割机必将是未来的发展方向,因此国内企业应重视半喂入收割机的投入。

4 结束语

纵观新中国成立至今70多年的收获机械工业发展史,国内全喂入水稻联合收割机是我国自主开发设计的机型。这种在履带底盘上移植悬挂式收割机的工作装置组合成的机型基本解决了水稻收获作业存在的“损失、破碎、行走”等技术难题,迅速成为我国水稻收获的主导力量。

经过多年发展及技术迭代,我国水稻联合收割机已形成品种齐全、半喂入与全喂入并行发展的格局,国产品牌占据市场主导地位,为我国端牢自己的“饭碗”奠定了坚实的基础。本文概述了我国水稻联合收割机的发展历程,分析了我国水稻联合收割机的技术现状,并根据水稻联合收割机的应用现状及市场需求,展望了未来我国水稻联合收割机的发展方向,为我国水稻联合收割机的研发提供参考。

参考文献:

- [1] 王艳红,知谷APP.联合收获机:弯腰割麦上千年到机械化收获的嬗变[J].农业机械杂志,2019(2):46-50.
- [2] 赵研科,张建宗,代占朝,等.国内水稻收割机现状和发展前景[J].拖拉机与农用运输车,2018,45(2):8-9.
- [3] 陈德俊,陈宽,姜喆熊,等.国外水稻联合收割机新技术及相关理论研究[M].镇江:江苏大学出版社,2015:6.
- [4] 陈德俊,戴素江,陈宽,等.水稻联合收割机新型工作装置设计与试验[M].北京:中国农业大学出版社,2018:7.
- [5] 2022 中国农业机械化发展白皮书(一)[EB/OL].(2023-04-02).http://www.cama.org.cn/web_secondPage/getDetails/2162.
- [6] 李耀明,陈劲松,梁振伟,等.履带式联合收获机差速转向机构设计与试验[J].农业机械学报,2016,47(7):127-134.
- [7] 冉军辉,吴崇友.传感器在谷物联合收获机中的应用进展及发展方向[J].江苏农业科学,2019,47(22):23-29.

(编辑 张晓超)

作者简介:刘晓飞(1992-),男,河南濮阳人,硕士,主要从事收获机械设计制造方向研究。

国内首台!中国一拖成功下线3款废气再循环(EGR)拖拉机产品

“洛阳创新”再添“国内首台”!近日,在位于洛阳市涧西区的中国一拖,聚焦180、200马力段,该企业成功下线3款国内首台废气再循环(EGR)拖拉机产品,再次为国产农机绿色高质量发展贡献创新动力。

作为农机“国三”升“国四”技术路线的一种,废气再循环(EGR)是实现内燃机在燃烧后将部分排出气体分离并导入进气侧使其再度燃烧的技术,主要目的是降低柴油发动机废气中的氮氧化物(NO_x)含量,推动农机排放达标。

此次下线的东方红LX1804-E、LX2004-M、LN2004三款拖拉机,均为对应领域国内首台应用了废气再循环(EGR)技术的拖拉机产品。与当前应用较广的选择性催化还原(SCR)技术相比,该系列拖拉机在配置上不增加尿素箱,在使用过程中不添加尿素,其生产设计成本和后期运营成本较低,实现了“轻装上阵”,且具有动力充沛、作业效率高等优势,旋耕深松样样精通,是农田作业的“全能选手”和农机“国四”升级的新一代“绿色先锋”。

而作为目前业内主流的SCR技术,在农机使用中需要配备尿素作为还原剂,使其在柴油发动机尾气中与氮氧化物反应,从而减少尾气排放和污染。应用该技术的“国四”农机需

要增设装置和长期应用尿素,整机价格和投入维护成本较高。此外,由于尿酸在寒冷天气下易结晶,也给农机使用造成了一定限制。

去年以来,针对以上不足,中国一拖成功研发国内首台150马力废气再循环“国四”机型——东方红LX1504拖拉机,并在此基础上向更大马力段发起冲锋。

“与SCR通过反应减少排放的路径不同,应用了EGR技术的拖拉机发动机,需要在循环燃烧的同时做到动力强劲持久,这就对大马力发动机的设计逻辑和软硬件搭配提出了全新要求。”中国一拖大拖公司产品部副部长姚海波表示。

围绕大马力废气再循环拖拉机研发,企业成立专项团队,针对相关技术开展积极攻关,在今年年初推出该批产品,并通过今年春耕、秋收作业,使拖拉机在河北、黑龙江、安徽等地得到充分验证。该批产品目前已处于正式生产阶段,预计将在明年批量上市。

此次落地的三款“国内首台”,是中国一拖聚焦农机绿色高质量发展的最新创新成果。作为国家拖拉机产业链“链主”企业,后续企业将持续保持技术领先和市场领先“两个优势”,进一步为发展壮大我国农机装备产业链贡献力量。