

# 聚焦国家重点研发计划之农业领域——农机篇

编者按 农业的根本出路在于机械化,农业机械化是农业现代化的重要标志。科技部在“十三五”期间组织实施了国家重点研发计划“智能农机装备”重点专项,从基础研究、共性关键技术与装备、典型示范3个层面设置了11项重点任务。该专项将力争突破智能农机技术与装备瓶颈,研发农业全程全面生产配套机械,提升我国农机装备智能化水平,缩小与国外主流产品差距,支撑引领现代农业的创新发展。

## 突破瓶颈 提高水田农机具作业效率

——记“水田拖拉机行走驱动技术与整机开发”项目

近年来,党中央高度重视农业科技自主创新,提高农业科技核心竞争力,进一步加快农业前沿技术与农机高端制造技术的研究和开发。

我国水田约3000万公顷,以水稻种植为主。因地域与种植方式不同,作业复杂程度远超日韩及东南亚诸国,无法照搬日韩等国水田作业装备。同时,我国水田存在深泥脚(深度≥40cm)的问题,一是源于上世纪围湖造田,二是常年泡水的传统耕作习惯,三是土地集约化改造,机具功率越来越大,造成“泥脚越深,机具功率越大,耕底层破坏、泥脚更深”的恶性循环。正是由于外部技术不适用,内部又存在传统弊端,“水田拖拉机行走驱动技术与整机开发”项目势在必行。

为突破这种弊端模式,本项目研发的水田拖拉机项目以水田为主,兼顾旱地和固定作业,以基础理论及关键技术为突破口,实现拖拉机数字化、模块化、轻量化设计制造和机器的智能化。重点研发轮式、高地隙式、轻型橡胶履带式、船型滑撬式等结构形式的水田拖拉机,创制高地隙轻量化轮式拖拉机、中功率轻型橡胶履带式拖拉机和加装船型滑撬部件的轮式或轻型橡胶履带拖拉机系列产品,以适应不同泥脚深度、不同地块、不同形式的水田作业。基本上能够解决深泥脚、水旱间作、水田多种复式作业等问题,为我国

水田保护性耕作探索出新路子。

项目集中了浙江大学、合肥工业大学、机械科学研究总院、中国科学院、中航力源液压股份有限公司、广西玉柴机械股份有限公司等11家单位参与,各个参与单位合理分工。项目研究内容包括机具—土壤作用机理及机器行走动力学与动力学特性;拖拉机与作业机组智能控制技术;关键系统部件数字化、模块化设计开发;零部件轻量化与密封副防腐防腐技术;智能水田拖拉机产品创制及试验示范六大内容。从技术路线上来说,涵盖基础及应用技术研究,关键零部件设计制造技术,数字化、模块化设计制造及智能化技术研发,智能水田拖拉机创制,试验示范等全过程,确保项目合理高效并实现产业化目标。

目前,全国3000万公顷水田约年需求量为7.5万台,如能出口东南亚地区,年需求可达10万台,约有100亿人民币的市场规模。项目产业化后预计第5年力争实现30%的市场占有率,能够实现年产值30亿元,利税5.24亿元。

项目完成后,将有效解决南方农业装备水田高效率、高质量、保护性工作的难题。对于促进水稻生产全程机械化及规模化种植,推进城镇化建设,以及水田保护性耕作具有战略性意义,也将有力推进国内农机产品技术创新和行业技术进步,提升我国农业机械化水平。

## 乘科技东风 打造现代农业装备

——记“甘蔗和甜菜多功能收获技术与装备研发”项目

甘蔗和甜菜是我国制糖业最主要糖料来源和重要的经济作物之一。目前甘蔗全国种植面积2600多万亩,种植面积仅次于巴西和印度,居世界甘蔗种植第三大国,主要分布在广西、云南、广东等地;甜菜全国种植面积200多万亩,主要分布在新疆、内蒙古、黑龙江等地。近年来甘蔗和甜菜种植面积一直在下滑,如甜菜种植面积从2012年的360多万亩下滑至2014年的200多万亩,严重威胁我国糖业安全,主要原因是人力成本增加,机械化收获水平低推高糖料成本,如甘蔗收获机械化水平仅约1%,制约我国糖业发展。国外发达产糖国家,如巴西、美国、澳大利亚等,甘蔗生产机械化程度高,从深松、整地、播种、施肥、收获等全程机械化作业;巴西目前全程机械化综合水平在70%以上;欧美等发达国家甜菜生产已经实现全程机械化作业。我国党和政府高度重视糖业安全生产,国家发展改革委2015年出台了“糖料蔗主产区生产发展规划(2015—2020年)”,糖料主产区政府也相继提出促进机械化收获的措施,国家在“十三五”“十二五”科技项目都涉及到甘蔗和甜菜收获机械研究,通过广大科技人员的努力取得了可喜进步。

项目是“智能农机装备”重点专项2016年度立项项目,属于甘蔗甜菜收获关键共性

技术研究和重大装备开发,总投资5312万元,其中中国投资2656万元,企业自筹资金2656万元。下设5个课题,其中1个为甘蔗甜菜共性技术研究课题,2个为甘蔗收获装备研制课题,2个为甜菜收获研制课题。执行期限2016年7月—2020年12月。

项目瞄准糖料蔗主产区“双高”需求,重点研究装备智能化控制技术与系统、甘蔗收获技术与新装置开发、甜菜收获技术与新装置开发、甘蔗和甜菜收获机整机集成研制。突破电液智能控制,甘蔗扶蔗、根切、宽窄行收割、切段工艺和甜菜自动对行切顶、减阻挖掘、振动分离8项核心技术。解决广西、云南和广东集中连片规模地与丘陵地种植、台风季风山风导致倒伏生长、榨季多雨带来的机械收获地块适应性等问题;解决等行距和宽窄行种植模式带来的机械收获机具适应性;解决甜菜联合与分段高效能机械收获问题。

项目由现代农装科技股份有限公司牵头,联合华南农业大学、中国农业大学、浙江大学、青岛农业大学、西南大学5所大学,中国农业机械化科学研究院、广西壮族农业机械化研究所、黑龙江省农业机械科学研究所、中国科学院沈阳自动化研究所4家研究所,中航美诺科技股份有限公司、中联重机股份有限公司、广州悍牛农业机械

股份有限公司和黑龙江沃尔农装科技股份有限公司4家技术企业,组成14家产学研团队共同承担。集合了现有国内甘蔗和甜菜研制最具实力的高校、院所和高新技术企业,具有土壤植物机器系统技术国家重点实验室、甘蔗机械国家重点工业性试验基地等。“十三五”“十二五”期间通过承担的国家科技项目研究了甘蔗收获根切、切段、输送、除杂和甜菜收获的切顶、挖掘、输送、果土分离等关键技术,获得了多项国家专利,研制了多种样机。将为项目开展提供强大的创新科研队伍和先进的试验与制造手段及良好前期技术基础。

项目以智能化技术为主线,实用性设计为先导,核心关键技术重点突破,集成技术装备及关键技术通过试验检验并在试验中不断提升的技术路线开展创新研究。集成研制7种装备。履带式轮式切段甘蔗联合收割机2种,喂入量≥6kg/s;集料式和提升臂装运式履带丘陵山地甘蔗收割机2种,喂入量≥4kg/s;宿根破头率≤17%,损失率≤5%,含杂率≤7%,试验考核总面积≥500hm<sup>2</sup>。自走式甜菜联合收获机、甜菜挖掘铺放和捡拾收获机3种,切顶合格率≥85%,块根折损率≤8.0%,含杂率和总损失率≤4.5%,捡拾收获机作业效率0.8—1.0hm<sup>2</sup>/h,试验考核总面积≥800hm<sup>2</sup>。将形成31—35项具有自主

知识产权的国家专利,制定标准7项,发表论文30—35篇;提升装备智能化水平,具备根切、切段、排杂等驱动马达参数实时采集,故障诊断与自动监控功能。

项目的实施将解决甘蔗收获连片规模地与丘陵地种植等条件和等行距和宽窄行种植模式带来的机械收获适应性问题,解决甜菜联合与分段高效能机械收获问题,实现甘蔗机收率由现有不足1%的跨越增长;提升甘蔗与甜菜行业技术水平和产品制造水平,缩短与先进国家间的差距。据测算:机收率每增长5%,则需要1200台甘蔗收割机和45台甜菜收获机,预计有16.14亿元产值。节本、增效,提高农民收入,机收与人工收获相比可节约支出甘蔗100—150元/亩,甜菜约100元/亩,替代进口可节约购机成本20%以上。解决劳动力紧缺收获用工荒问题,1台大甘蔗收获机和甜菜收获机可分别替代300个工人以上。装备的研究成功将推进我国甘蔗和甜菜机械化收获进程,推动糖料机械化收获产业升级创新,促进糖业平稳可持续发展,保障我国食糖产业安全有重要作用。同时,因甘蔗和甜菜种植主要集中于广西、云南、新疆和内蒙古等边境省区和少数民族聚集地,提高糖农收入水平,有助于促进边境地区经济发展。

## 只为测得更准、控得更精、管得更细

——记“机器作业状态参数测试方法研究”项目

2016年7月,由中国农业机械化科学研究院联合中国农业大学、浙江大学、吉林大学、北京农业智能装备研究中心、上海交通大学、中科院自动化所、华南农业大学、江苏大学、农业部南京农机化所、中科院沈阳自动化所等15家智能农机领域优势高校和科研机构承担的国家重点研发计划项目“机器作业状态参数测试方法研究”启动。

项目围绕现代农业发展方式转变、提质增效对高端技术和市场重大产品的迫切需求,重点突破市场机制和企业无力解决的试验检测基础和关键共性技术,实现自主化、破解完全依赖进口、受制于人的瓶颈;重点突破农机作业环境与本体信息感知方法、精细生产管理控制、作业状态参数测试方法等方面的关键技术,创制关键共性核心技术装置与系统,达到测得准、控得精、管得细,解决我国农机装备技术基础研究不足,农机作业过程粗放、可靠性安全性低、作业质量差,

导致农业投入品浪费,严重影响粮食产量、品质和作业效率等问题。

项目针对复杂开放工况下机器作业状态参数缺乏有效在线监测方法的问题,研究复杂开放工况下农机作业安全探测原理,突破土壤致损性硬异物探测、作业区域隐蔽性人畜识别、收获作业隐性火灾预警;研究动力机械作业参数检测方法,突破超低速驱动轮滑转率检测、维系原悬挂结构空间动态载荷测试;研究作业质量监测技术,突破播种深度检测、漏播断条报警、种肥流速率检测、喷雾均匀性评价、果园对靶喷雾控制、收获籽粒破损和含水率检测等关键技术,研制在线检测系列传感器;集成开发农用力、施肥播种、植保和收获等农机在线检测装置和测试系统。

在理论方法创新方面,项目提出适应复杂环境的系列传感检测方法,包括:采用自吸式气敏传感方法探测干燥环境下棉花和

秸秆等隐性火灾,采用热敏传感及切片成像方法实现隐蔽环境下人畜安全距离识别,采用电容层析成像方法实现播种施肥机排料管内种肥流量流速检测,采用内置自动对比和连续积分相结合的光谱分析方法实现复杂环境下稻麦水分快速在线检测。

在关键技术创新方面,项目一是突破农机主要性能参数检测与传感关键技术,包括:采用多传感方法融合的超低速滑差率测量技术,实现复杂植被和丘陵山地等复杂环境驱动轮滑转率检测;采用维系原悬挂结构的空腔空间动态载荷检测技术,实现农用力机械本身性能和配套机具空间载荷的六分力在线检测;采用喷杆运动与状态参数的自动检测技术,实现宽幅喷杆自适应高度匹配;采用喂入负荷、脱粒负荷、输送负荷等关键参数的性能在线检测技术,实现收获机堵塞自动报警。二是突破农机作业质量检测与传感关键技术,包括:采用

后悬挂件动态测量技术,实现拖拉机耕播作业深度在线检测;采用流速流量压电传感技术,实现气流输送式播种施肥机播种施肥均匀性在线检测;采用多传感器信息融合喷雾质量测量技术,实现喷雾机喷雾均匀性的在线检测。

项目预期突破机器作业测试技术12项,研制新型传感器15种,开发农用力、施肥播种、植保和收获等车载测试系统与检测装置15套。项目开发的产品作为独立的配套监测及控制系统安装在国产农机上,可以进一步提高种、药、肥、苗等的利用率,减少农业生产资料过量投入造成的环境污染。

项目的实施,将为我我国农机智能装备精细作业的精确、精准的理论方法与技术基础提供支撑作用;对加快发展智能农机装备技术,缩小与国外主流产品差距,支撑现代农业发展,保障粮食和产业安全意义重大。

## 自主创新 戮力打破智能农机“洋品牌”垄断

——记“智能化稻麦联合收获技术与装备研发”项目

农业是国民经济的基础,其根本出路在于机械化,智能农机装备代表着农业先进生产力,是提高生产效率、转变发展方式、增强农业综合生产能力的物质基础,也是国际农业装备产业技术竞争的焦点。

长期以来,我国农机装备技术基础研究不足,整机可靠性和作业效率不高,核心部件和高端产品依赖进口,而国外联合收获机智能化技术已实现了收获过程中作业参数和性能的在线监测、割仿形、自动调产和多功能操控等功能,整机作业性能和效率高。国外农机企业凭借技术和资本优势全面进入中国,抢占高端农机市场,我国农业生产和产业安全面临着严峻挑战。

相比国外联合收获机智能化水平,国内收获机智能化技术起步较晚,智能化水平主要以工作部件的转速监测及显示为主,在籽粒损失、谷物流量监测和辅助导航等方面的研究尚处于试验阶段,未实现商品化。国产谷物联合收获机市场主流机型喂入量为5—7kg/s,行走底盘以两驱为主,在籽粒损失、谷物流量监测和辅助导航等方面的研究尚处于试验阶段,未实现商品化。国产谷物联合收获机市场主流机型喂入量为5—7kg/s,行走底盘以两驱为主,在籽粒损失、谷物流量监测和辅助导航等方面的研究尚处于试验阶段,未实现商品化。

为突破关键技术封锁,研制出具有自主知识产权、符合我国国情的智能化谷物联合收获机和深泥脚水田联合收获机,雷沃重工股份有限公司牵头联合江苏大学、北京农业智能装备技术研究中心等9家国内一流院校及科研机构,承担了国家重点研发计划项目“智能化稻麦联合收获技术与装备研发”,主要开展稻麦联合收获机监测及智能控制策略研究、智能高效轮式稻麦联合收获机研制、履带式全喂入深泥脚水田联合收获机研制三方面的研究工作,突破籽粒含杂率、破碎率和作物喂入量

## 创新驱动打造农业机械的强大“心脏”

——记“新型节能环保农用发动机开发”项目

经过近10年的快速发展,我国农机工业已经成为世界农机生产大国,但要成为农机强国,在自主创新、产业结构水平、信息化程度、质量效益等方面仍需取得更大突破。

农用柴油机作为农业机械的“心脏”,是国家农机技术水平和制造能力的重要标志,也是国际农机产业竞争的焦点之一。从现状看,欧美引领着农用柴油机技术的发展,几乎所有73.5kW以上的农用柴油机都采用了适于低速大扭矩特性的电控高压燃油喷射系统、后处理系统等关键技术,柴油机的动力性、经济性、排放、振动和噪声、可靠性等指标优于国内。而国内非道路国三排放农用柴油机普遍采用电控单体泵燃油喷射系统,少量采用外企生

产的高压共轨燃油喷射系统,与国际先进水平相比有较大的差距。随着非道路移动机械排放标准的逐步升级,国内农动力升级换代迫在眉睫,亟待行业集中攻关,促进产业升级。

本项目由国机集团牵头,联合天津大学、西安交通大学、潍柴动力股份有限公司、成都威特电喷有限责任公司等15家单位,组建起强大的联合开发团队。项目旨在围绕我国现代农业对高性能节能环保农动力与装备的迫切需求,重点突破低油耗、低噪声和低污染的新型农用柴油机关键技术,开发关键核心零部件,提升农机智能化管理水平,开发符合非道路国四及欧洲非道路Stage IV排放法规要求的大、中功率新型节能环保农用柴油机,实现国产柴

油机的精益制造,突破国外技术垄断,提升我国农机装备的整体技术水平和国际竞争力。该项目研究目标是针对农用柴油机作业环境复杂、用途多样化、低速大扭矩工况的特殊要求以及燃油耗高、噪声大、污染严重等问题,通过产业链环节一体化联合攻关,重点掌握新型节能环保农用柴油机关键共性技术、开发新型节能环保农用柴油机智能管理平台 and 关键核心零部件,实现集成匹配和精益制造。主要研究内容包括:低转速强化燃烧过程理论,非道路排放控制技术,减振降噪技术应用,农用柴油机与作业机械匹配,农用柴油机智能控制策略与管理系统,电控高压喷射技术等方面的研究工作。

项目成功实施后,将突破节能环保农

用柴油机有关基础理论和关键技术,项目成果产品技术水平将达到国际先进水平,项目产业化成果将打破国外产品在该领域的垄断地位,形成的试验研究平台可为行业提供服务。这些对于进一步提升我国农机制造企业的自主创新能力,促进农机产业工业化进程,提高先进适用产品的供给能力,增强中国企业参与全球市场的竞争能力,提升农业生产效率,降低农业机械能源消耗与有害排放总量,促进可持续发展等方面将起到示范和引领作用。通过产、学、研、用结合,共同攻克内燃机的技术壁垒,加速关键共性技术科技成果运用,提高我国国内内燃机自主开发能力和技术创新成果的辐射能力,全力打造我国农业机械的强大“心脏”。

