



无人驾驶拖拉机在田间耕作 受访者供图

北斗接“地气”，助无人农机跑出新精度

◎本报记者 马爱平

农业机械卫星定位自动驾驶作业技术是现代智能农业机械装备的关键技术之一，可大幅提高劳动生产率、土地产出率和资源利用率。

在2020年底举行的世界智能制造大会上，国家重点研发计划“智能农机装备”重点专项项目成果“基于北斗的农机自动驾驶与作业精准测控关键技术”通过中国农业机械学会推荐，经过中国科协智能制造学会联合体和国际智能制造

联盟学术委员会的推荐、遴选，最终入选“2020世界智能制造十大科技进展”。

“该技术将北斗卫星定位和MEMS惯性传感器相结合，实现了农机不同作业工况下的高精度连续稳定定位和测姿。多传感器信息融合的农机导航定位技术的定位精度达到了国外同类技术的先进水平，但系统成本降低了1/3；其中水田自动驾驶作业和主从导航作业居国际领先水平，打破了国外技术垄断，保障了我国农机导航装备的自主安全可控。”中国工程院院士、华南农业大学教授罗锡文在接受科技日报记者采访时表示。

适应性和可靠性差

制约我国农机导航产品发展

农机装备自动化、信息化和智能化程度体现了一个国家农业装备的发展水平，是农业现代化的重要标志。随着精准农业和智能农业装备技术的发展和应用，传统的农业机械正在向融合卫星导航定位、智能测控与物联网等新一代信息技术的智能农业装备方向发展。

“近年来，我国农机装备产业发展迅速，已经成为世界农机制造和使用大国，这也带动了我国农业机械化水平快速提升，使得农机作业效率和作业质量不断提高。”中国工程院院士、北京农业信息技术研究中心首席科学家赵春江在接受科技日报记者采访时表示。但是与我国对农业机械化快速发展的需求相比，智能农机装备技术却相对落后，与发达国家有较大差距，农机导航、智

能测控、精准作业等高端技术装备受制于人，制约了我国农业机械化高质量发展。

“项目启动前，我国的农机导航作业系统产品在如下问题：导航信息来源单一，可靠性差；系统对不同作业环节的适用性差；系统对复杂作业工况的适应性差；系统不具备多机协同作业功能；系统缺少互联网+管控平台。”罗锡文说。

“十三五”期间，在国家重点研发计划“智能农机装备”重点专项的支持下，项目提出了明确的研究目标。如研制面向农业耕整、种植、灌溉、植保和收获等作业需求的自动驾驶作业系统，构建互联网+农机导航应用平台，为我国北斗卫星定位系统在精准农业领域的规模化应用提供典型应用示范。

产业链结合创新链

横向、纵向推进项目研究

“在项目实施过程中，科技部农村中心为整个专项项目搭建了平台，创造了一体化实施条件，得以与其他项目和企业沟通，推进整体研究进展。项目整个攻关过程分为关键技术研究、系统集成测试和成果转化应用三个阶段。以‘绩效四问’为导向，聚焦技术创新，产出高水平、标志性的研究成果。”罗锡文说。

罗锡文举例说，在成果转化应用阶段，参与项目的高科技公司和主机企业在项目成果基础上，瞄准市场需求，研发出多款满足我国农业生产需求的农机北斗自动驾驶作业产品，市场占有率逐年提高，整体技术水平达到了国际先进水平，打破了国

外的技术垄断，提升了我国农机装备的智能化水平，为农机装备产业的转型升级提供了技术支撑。

在项目实施期间，雷沃重工股份有限公司（以下简称雷沃重工）对华南农业大学转让的“基于卫星定位的农业机械导航及自动驾驶技术”科技成果开展了产品研发和产业化推广工作。

“雷沃重工制定了农机导航批量生产的行业技术标准，实现了前装和后装、电控液压和电动方向盘转向，单/双天线导航，并形成系列产品，获得产品鉴定和推广鉴定证书。近5年在新疆等7省（自治区）的10余种品牌拖拉机上安装1700余套，推广应用面积798.64万亩，节本增收

学习和团队成员终于松了一口气。

为更好地展示机械臂的特点，张学习身穿蓝色工装，手持银白色机械臂模型，一边模仿机械臂运动，一边向科技日报记者讲述研制机械臂经历的苦辣酸甜。

张学习说，为攻克面向月面环境的铝基复合材料复杂构件制备成形一体化技术，团队在多年技术积累基础上，结合月面工作条件进一步技术创新，在材料制备成形技术上攻克难点，突破了铝基复合材料晶须构型理论设计、高致密材料制备、复杂构件热加工过程成形与控性、强韧化与尺寸稳定化处理等关键技术，获得了十余项国家发明专利。

针对大尺寸机械臂弯曲和扭转载荷同步加载和刚度测试难题，张学习等团队成员经过1年多时间攻关，自主研发了大尺寸轴形零件弯扭联合加载专用测试装置，此装置成功获得两项国家发明专利，实现了机械臂弯矩和扭矩同步加载，以及刚度的精确测量和强度校核，为产品出厂提供了关键技术支撑。

“由于形状特殊的机械臂没有通用的检测装置，又考虑到月球真空环境、阳光照射造成产品温差大，嫦娥五号会面临极端的环境，在此条件下，机械臂很可能因刚度强度不足或热胀冷缩而变形，降低重复采样精度。我们针对这些问题自主研发了一套不同温度条件下机械臂性能检测



多传感器信息融合的农机导航定位技术的定位精度达到了国外同类技术的先进水平，但系统成本降低了1/3；其中水田自动驾驶作业和主从导航作业居国际领先水平，打破了国外技术垄断，保障了我国农机导航装备的自主安全可控。

罗锡文

中国工程院院士、华南农业大学教授

99915.23万元。”罗锡文说。

“通过科技部农村中心横向产业链与基础研究、共性关键技术攻关、装备研制、示范应用的纵向创新链相结合的一体化科技创新设计，我们首先围绕精准作业生产要求，重点开展了土壤、植物、机器作业等信息感知、监测应用基础研究，弥补了农机精准作业控制和运维管理领域的基础理论研究短板。此外，还重点突破了农机定位与导航、农机作业智能监测、精准作业控制等共性关键技术。”赵春江介绍，通过协同创新，项目产

生了一批具有自主知识产权的农业传感器、农机北斗自动驾驶、农机智能监测终端、农机精准作业控制系统等智能作业装备；而通过与龙头农机企业、农机管理部门、规模化农场、农机专业合作社、家庭农场等应用主体开展协同合作，开展精准农业以及智能农业装备技术的综合应用示范，积极探索“产学研用”合作新模式，推动农机北斗自动驾驶、农机智能监测终端等先进适用装备的产业化推广应用，项目扎实推进了农业科技创新供给和成果转化应用。

成果服务作业面积1.1亿亩

在国内首次创建水稻无人农场

北京农业信息技术研究中心在项目攻关过程中，创制了具有自主知识产权的电液、电机转向两类农机北斗自动驾驶产品，提升了农机作业质量和效率，降低了作业成本。

“我们创制了13种智能监测终端，构建了全程机械化作业智能监测技术体系；攻克了广域集群农机作业多元异构数据高并发接入、大数据分析处理技术，构建了基于大数据的全程机械化作业云平台，可提供自动驾驶AB线收发、作业质量分析、作业量统计、作业重漏区域检测、跨区作业检测等15项云服务，并在国内率先实现了业务化运行。”赵春江说。

这些成果在全国23个省市、387个县区、2733个合作社、123个大型农场开展了规模化应用，服务作业面积1.1亿亩，为国家农机作业补贴政策规范高效实施和农机作业智能化管理服务提供了有效的技术支撑。

2020年，华南农业大学项目团队基于项目

成果在国内首次创建了水稻无人农场，该水稻无人农场就坐落在广州市增城区华南农业大学教学科研基地。

罗锡文指出，该无人农场有5个特点。一是耕种管收生产环节全覆盖，即覆盖农作物生产中的耕整、种植、田间管理（水、肥、药）和收获各个环节。二是机库田间转移作业全自动，即农机自动从机库转移到田间，完成田间作业后自动回到机库。三是自动避障异况停车保安全，即在农机转移和作业过程中能实现自动避障，遇到异常情况能自动停车，以确保安全。四是作物生产过程实时全监控，即能对作物生产过程中的长势和病虫害情况进行实时监控。五是智能决策精准作业全无人，即能根据作物的长势和病虫害情况等及时作出决策并自动进行精准作业，包括精准灌溉、精准施肥和精准施药等。

目前水稻无人农场已完成一季水稻生产实践。

针对这些问题，科研团队自主研发了一套不同温度条件下机械臂性能检测装置，测试表明机械臂刚度和尺寸稳定性超过设计要求，保证了机械臂挖掘月壤和转移样品过程中极高的重复定位精度。

装置，测试表明机械臂刚度和尺寸稳定性超过设计要求，保证了机械臂挖掘月壤和转移样品过程中极高的重复定位精度。经过反反复复一年多的试验，进行了上百次强度、刚度等多种性能的检测。”张学习说，“只有不停地试验验证，才能在实际应用中万无一失。”

楼体一点点微小的震动都会影响试验结果。为了保证试验测量精度，避免环境影响，张学习及项目组只能在晚上进行检测，因为只有那

秀成果

“甘霖-1”首飞成功

可飞跨甘肃东西全境增雨雪作业

科技日报讯（郗金 杜英）1月6日，“甘霖-1”人工影响天气无人机在甘肃省金昌市成功首飞。捷报传来，意味着我国破解了国内大型无人人工增雨的“密码”。“甘霖-1”是目前全球第一架大型人工影响天气无人机，它的首飞开辟了人工增雨雪的新途径，属于世界首创。”中国气象局副局长余勇表示。

无人增雨雪作业利用高性能无人机平台，搭载机载播撒系统，可在复杂天气背景下，进入云层中实施播撒作业，也可以在低空安全条件复杂的山区发挥独特技术优势。它具有成本和风险较低、保障维护方便、布设灵活等特点，是未来人工增雨雪技术发展的必然趋势。

“甘霖-1”如此耀眼，到底有哪些“黑科技”？“甘霖-1”可以在气象条件复杂多变的环境中穿行作业，这是以往飞机增雨雪难以具备的。”据甘肃省气象局副局长李照荣介绍，祁连山区常年积雪，地理地貌复杂，以往用人驾飞机实施增雨雪作业很难灵活深入云水资源多且富集的深山区。由于“甘霖-1”系统智能化程度高，机动性灵活，转弯半径小，能够自动沿预设航线或者实时快速修正航线到达目标区，深入绵绵群峰间实施降雨催化作业任务。

其次，“甘霖-1”犹如增雨雪航空群落里一个充满智慧的“逆行者”，不分昼夜、风雨无阻，航时超过14小时，航程5000公里，能一次绰绰有余地飞跨甘肃东西全境，不仅能精准探测最适宜增雨雪的区域实施作业，而且能深入作业区域探测效果，实现先探测、再作业且能自动评估效果。“这是人工增雨雪作业质的飞跃。”李照荣说。

据了解，甘肃将持续开展祁连山生态修复人工增雨雪工程，涵养祁连山水源，富集祁连山冰川，构筑坚固的祁连山生态屏障，在精准应急救援、自然灾害评估、自然生态遥感等方面，挖掘“甘霖-1”潜力。“以每年开展50个架次人工增雨雪作业测算，祁连山区区域年增水将达到6—8亿立方米，全省年人工增雨（雪）量增加10%—15%，达到20亿立方米左右。”李照荣表示。



1月6日，在金昌金川机场，技术人员开展人工影响天气无人机“甘霖-1”首飞前的准备工作。新华社记者 范培坤摄

苹果“免套袋”，亩增5000元

◎本报记者 王延斌

陕西省洛川县苹果种植大户李海民今年果园效益不错，“我家苹果在地头出售每斤3.15元，而卖给重庆、昆明、上海的客户，价格更达到每斤8—12元。”

2020年12月29日，他不远千里从陕西洛川赶到山东泰安开会，不仅只是想揭开自家苹果卖出高价的秘密，更重要的是他想跟大家分享苹果好吃的技术源头——他采用了免套袋优质高效生产技术（以下简称免套袋技术）。

李海民参加的这个会议，名为“全国苹果产业高质量发展科技论坛暨苹果免套袋省力化生产技术研讨培训会”。顾名思义，苹果产业的高质量发展，将与免套袋技术紧密相连。

果实套袋栽培技术，自20世纪90年代以来被我国果农普遍采用。在很长时间内，此技术对改善果实外观品质、提高商品率发挥了重要作用。但技术是一把双刃剑，该技术同时带来的，还有用工量大、成本高、苹果内在品质下降、生理病害加重、废弃纸袋污染等问题。

这些问题，让国家苹果产业技术体系花果管理岗位科学家、山东省果树研究所研究员王金政坐不住了。在国家现代农业产业技术体系岗位科学家建设基金、国家科技支撑项目基金支持下，他带领科研团队于2009年开始投身苹果免套袋技术的科研中。

免套袋技术并非“一免了之”。王金政向科技日报记者透露，关键是要研究果实病虫害如何控制、外观品质怎样改善、商品率怎样提高。

长期的摸索之后，一系列技术措施逐渐在王金政团队手中成型；比如，选择优质高档着色品种，优化改善果园微域生态环境、高光效树形培养与整形修剪、提高土壤肥力及肥水均衡供用。

同时，他们还研发出以主要病虫害预测预报为先导，农业、生物、物理防控为核心配合精准药剂防控的绿色综合防控技术。

技术好不好，果农说了算。烟台市莱州琅琊岭小龙农产品合作社理事长王景波便是新技术的受益者。在本次论坛上，他“现身说法”，与大家分享：“2020年，我们的果园，采用免套袋优质高效生产技术，每亩节本增收5600元左右，生产的苹果每斤卖10元，还很抢手。”

实际上，自2015年开始，王金政团队便在山东泰安、莱州、蓬莱、栖霞、文登推广免套袋优质高效生产技术，建立了8处试验示范园，面积1.2万亩，辐射应用5.5万亩。实践证明，应用免套袋技术，果园虫果率可以控制在0.5%以下，病果率1.0%以下；果肉硬度提高5%左右，可溶性固形物含量提高1.6—2.5度；果实内在品质优于套袋果，外观与套袋果相仿；每亩节省纸袋成本1500元左右，新增纯收益3665—5650元，平均4600元左右。

2020年7月，农业农村部下发通知，苹果免套袋优质高效生产技术被列入全国十大引领性技术。这意味着其驶入了推广应用的“快车道”，将肩负起推动苹果产业转型升级、提质增效和高质量发展的重任。