

农民日报 × DJI 大疆农业

农业无人机行业白皮书

2025/2026



农民日报社 | 大疆农业
联合编写



dji 大疆农业

让农业更轻松，让生命更美好



低空经济已被纳入国家战略性新兴产业，2024 年以来，中央及地方密集出台支持政策，无人机产业快速发展。农业航空作为现代农业的重要组成部分和反应农业现代化水平的重要标志之一，是低空经济最早、最成熟、应用场景最丰富的领域。

华南农业大学于 2008 年提出了“我国必须加快发展农业航空”的思路；2011 年作为理事长单位，发起成立了国内首个“国家农业航空产业技术创新战略联盟”；在联盟的推动下，组织包括袁隆平院士在内的 31 位中国工程院院士，联名向国务院递交了《关于加快推进我国农业航空植保产业创新发展的建议》，获得国务院领导及相关部委的高度重视，为我国农业航空产业的健康快速发展指明了方向。在各方的推动下，2014 年中央一号文件中首次提到“加快农业航空建设”，我国农业航空产业从此走上了快车道。

美国是农业航空应用技术最成熟的国家之一，以有人驾驶固定翼飞机为主，年处理 40% 以上的耕地面积，全美 65% 的化学农药采用飞机作业完成喷洒，其中水稻肥药作业 100% 采用航空作业方式。但有人驾驶固定翼飞机需要机上驾驶员，且易受起降场地、使用地点和时间等限制，在中国，特别是南方丘陵、地形复杂的小地块区域适应性差。

无人机作业可弥补有人驾驶飞机的不足，是克服上述困难的高工效适宜作业技术，近十年来在中国迅猛发展，年处理耕地面积超过 38%，中国制造的农业无人机已推广到全球 100 多个国家使用，全球市场占有率超过 90%。

我从事智能农业装备研究多年，始终抱着一个梦想——让中国农业彻底告别面朝黄土背朝天的繁重劳作。这本白皮书的价值，在于呈现了大量农业无人机规模化应用案例与运营数据，清晰地勾勒出当前农业无人机作为现代农业的“新农具”正走向“常态化、智慧化运营”的应用新模式，展示了低空技术如何赋能现代农业生产，也展现了低空经济服务农业农村现代化建设的广阔前景。

从白皮书披露的成果中，我们看到了低空经济赋能“三农”的三重核心价值：

重塑农业生产力，保障粮食安全与绿色发展：在水稻、小麦等主粮作物上，以大疆为代表的农业无人机总体渗透率已达 40%；在东北、内蒙等主产区，“一喷多促”让玉米每亩增产 150 至 200 斤。更重要的是，通过多光谱遥感巡田与变量施肥喷药，农业无人机在大幅减量增效的同时，累计为全球节水 4.8 亿吨、减碳 6132 万吨，有力地支撑了绿色可持续农业的发展。

开创多场景应用，攻克山地物流与民生断层：在地形复杂的湖北秭归脐橙产区，农户利用大载重机型开展山地吊运，单台机器日运输量达 5-6 万斤，效率是传统人工的 15-20 倍，彻底替代了高龄、繁重的“背橙客”，每年为全县节约近亿元成本。这种从“植保飞防”向“物料吊运”的场景跨越，真正打通了乡村物流的最后一公里。

培育新农人生态，创造乡村振兴的内生动力：在全国 1400 多个售后网点的支撑下，我国已累计培养了超过 50 万名农业无人机专业飞手。从返乡创业的“浩哥”，到单手操作、一年回本的村支部书记，再到把主动权攥在自己手里的农村女飞手……农业无人机正化身为广大农民用得起、用得好的“新农具”，创造了约 50 万 + 个服务岗位，带动年产值超百亿元，让留在乡村的人看到了切实的财富与尊严。

农业无人机不仅改变了传统生产方式，也催生了飞防等社会化服务新业态，为乡村振兴注入了新的发展动能。但我们也必须清醒地看到，低空经济仍然是一项任重道远的系统工程，农业无人机的发展仍处于由“装备应用”向“体系化发展”迈进的重要阶段。未来不仅需要持续提升飞行平台、智能感知、自主作业系统等关键技术水平，更需要加快建设



低空配套的基础设施建设。正如地面交通离不开高速公路，大规模的农业无人机运行，必须依托涵盖充电站、通信网、管理网与服务网的智能化地面基础设施；此外，农田中的电杆、电线是农业无人机的隐形杀手，各地在进行农田规划时，加入大规模的集约化经营的安排，将电力电信布线等纳入农田整治范畴，为农业无人机低空作业提供安全适宜环境。同时，我们还必须建立严格的的安全管理制度，强化防护措施，守住安全红线。只有实现装备、数据、服务、管理和安全的协同创新，才能真正释放农业低空经济的巨大潜力。

科学技术的每一次进步，都是几代人接力奋斗的结果。谨以此序，与关心农业现代化和低空经济发展的各界同仁共勉，共同推动农业低空经济高质量发展，让科技创新成果更好地服务农业、造福农民，为建设农业强国贡献新的力量。

罗锡文
华南农业大学教授

目录

CONTENTS



引言	02
第一章 2025 年大事记	03
第二章 全球政策法规	
一、中国	07
(一) 宏观政策定位升级	07
(二) “十五五”专项规划确立农业低空经济产业地位	07
二、巴西	08
(一) 民航监管：民航局出台无人机法案，简化农业无人机应用审批	08
(二) 农业产业监管：农业部多维度完善农业无人机配套管理体系	08
三、欧盟	10
(一) 欧盟委员会：修订农药指令，计划放开无人机施药合规通道	10
(二) 欧洲航空安全局（EASA）：配套完善无人机飞行运行监管	11
(三) 欧盟成员国落地差异化配套法规	11
四、北美地区	13
(一) 美国	13
(二) 加拿大	14
五、澳大利亚	16
(一) 澳大利亚民航安全局（CASA）飞行运行监管	16
(二) 澳大利亚农药和兽药管理局（APVMA）农资监管	16
六、其他南美洲国家	17
(一) 阿根廷	17
(二) 智利	17
七、国际组织统一标准与全球协调政策	17
(一) 经济合作与发展组织（OECD）	17
(二) 联合国粮食及农业组织（FAO）	17
(三) 国际标准化组织（ISO）	18

第三章 农业无人机
田间试验

一、中国航空植保产业联盟专项田间试验	21
（一）粮食作物试验	21
（二）柑橘果园木虱、红蜘蛛防治试验	25
二、国际组织专项研究与试验报告	26
（一）经济合作与发展组织（OECD）2025《无人机农业施药系统文献综述报告》	26
（二）ISO 23117-2:2025《农林机械无人机喷施系统第 2 部分：横向喷洒分布测试方法》	26
（三）联合国粮食及农业组织（FAO）2025—2026 系列技术试验报告	27
三、全球头部农化企业 2025 年度规模化田间技术验证试验	27
（一）跨区域肥料撒施与作物植保试验	27
（二）变量喷施技术示范试验	27
（三）规模化商业农场标准化参数验证试验	28
（四）农田智能测绘与变量施药配套试验	28

第四章 农业无人机
新场景应用

一、全流程农业无人机方案	31
（一）水稻全流程无人机解决方案	31
（二）特色经济作物全流程应用	35
（三）水产养殖全流程方	40
（四）海外全流程作业	44
二、吊运案例	52
（一）安徽黄山无人机吊运全流程应用解决方案	52
（二）海南三亚芒果吊运无人机应用解决方案	53
（三）福建南平建瓯毛竹吊运无人机解决方案	54
三、海外市场特色作业场景	55
（一）大豆	55
（二）甘蔗	58
四、精准农业	60
（一）玉米精准作业	60
（二）AI 识别病害，果树全生命周期管理	01



第五章 最佳实践

（一） 人员培训	67
（二） 产品技术发展	67
（三） 水稻最佳作业	70

第六章 农业无人机安全飞行

一、总则	75
（一） 编制目的与适用范围	75
（二） 四大核心基本原则	75
（三） “六不” 安全铁律	75
二、人员安全管理规范	76
（一） 飞手（操作人员）安全标准	76
（二） 地勤辅助人员安全规范	76
（三） 周边行人、农户、群众防护管理	77
（四） 桨叶危险警示	77
三、分类型作业专项安全规范	78
（一） 植保喷洒作业安全细则	78
（二） 播撒作业安全细则	78
（三） 农用吊运作业专项安全规范	78
（四） 夜间作业专属安全规范	79
四、公共基础设施避让安全标准	80
（一） 电力线路、铁塔、变电站安全规范	81
（二） 铁路及接触网安全规范	81
（三） 公路、交通设施安全规范	81
（四） 水利、通信设施安全规范	82



（五）民居、田间财产设施避让规范	82
五、电池、充电、储运用电安全规范	83
（一）基础用电安全常识	83
（二）电池充电安全	83
（三）电池运输规范	83
（四）电池长期存放标准	83
六、气象环境作业限制与特殊地形要求	84
（一）禁止作业气象条件	84
（二）特殊环境作业要点	84
七、全场景通用应急综合处置流程	85
（一）作业前应急准备工作	85
（二）各类突发事件标准处置流程速查表	85
八、禁止行为清单	86
（一）飞行区域禁止行为	86
（二）设备操作禁止行为	86
（三）作业用途禁止行为	86
（四）人员状态禁止行为	86
九、法律指引	87
（一）核心法规依据	87
（二）违法违规法律后果	87
结语	88



INTRODUCTION

2025 年 -2026 年，大疆农业持续推进智能农业无人机全球规模化推广，依托全场景智能作业技术，搭建可持续现代农业技术底座。当前全球农业面临劳动力短缺、农资成本上涨、水土生态承压等共性难题，集植保、播种、山地转运功能于一体的农业无人机，已成为规模化农场、特色种养基地的标准生产设备。伴随农业数字化转型趋势，大疆农业深耕全球渠道、完善本地服务、搭建标准化飞手培养体系，实现增产降本、低碳环保等可量化价值批量落地；其中农林水产空中吊运业务快速崛起，成为全新业务增长点。

截至 2026 年 6 月 30 日，大疆农业无人机全球累计销量突破 70 万台，业务覆盖全球上百个农业产区，服务种植户、飞防企业、村集体等各类经营主体。完善本地化服务是产业稳定发展的基础，2025 年大疆完成全球服务网络升级，建成 3500 余家属地维修网点，提供整机、吊运套件维保与即时技术支持。同步建立标准化人才体系，依托 7000 余名认证讲师、70 万名持证飞手，建立覆盖全球的人才体系。吊运场景从 2025 年开始发展，着力解决山区农业的短途运输问题，已经累计吊运 1700 万吨农业物资。目前大疆农业无人机业务覆盖全球 100 余个国家和地区。大量落地案例证明，农业无人机适配不同地形、作物与种植模式，得到全球农户广泛认可。2025 年完成全机型场景适配升级，可服务 300 余种农作物全周期管理，集成病虫害喷施、变量撒肥、精密播种、地块测绘、物资吊运五大核心功能。无论是国内外连片大田，还是山地果园、湖区、热带种植园，植保 + 吊运一体化方案均可稳定落地，持续释放综合生产价值。

除生产效能提升外，农业无人机低碳效益持续增加。农业无人机依托精准变量作业、无田间碾压、低能耗山地吊运三大优势，累计减少二氧化碳排放 6132 万吨，等同于 2.9 亿成年树木一年的固碳量；累计节水 4.8 亿吨，相当于 8.8 亿居民全年生活用水量，为缺水地区提供可持续种植方案。

整体来看，2025-2026 年是大疆农业产业生态成熟、全球规模扩张、多元效益集中释放的关键一年。吊运业务补齐山地、湖区农机短板，形成植保、播撒、空中转运三位一体作业体系。设备保有量、专业飞手规模、低碳减排数据等多项指标证明，农业无人机已深度融入全球主流农业生产体系。中长期，大疆农业将持续迭代飞行器、智能算法与专用吊运配件，降低农户使用门槛，向全球输出高效、低碳、数字化农业综合解决方案，推动全球农业绿色高质量可持续发展。



第一章 2025 年大事记



六月

落地“荔枝出山”专项项目，依托农业无人机解决山地荔枝转运难题，开拓山地农产品物流全新应用场景。

七月

连续举办四场全国农业无人机吊运产业峰会，单场参会规模达数百人，推动吊运作业标准化、产业化快速发展。

八月

旗舰机型 Agras T100 亮相天空之城展厅，模块化设计、大载荷机身引发全行业高度关注。

九月

于墨西哥举办媒体专场推介会，深化拉美市场布局，输出无人机精准作业全套解决方案。

十月

发起“丰收守护者”优秀从业者评选活动，表彰优秀飞手与作业团队，激励行业一线从业人员。

十一月

大疆农业携 T100S、T70S、T55 及 T100 双电版四款农业无人机新品，亮相第三十九届中国植保双交会。

十二月

大疆农业荣获神农中华农业科技奖科学研究类成果一等奖，彰显农业科技不断向上的力量。



第二章 全球政策法规



全球精准农业与低空经济协同发展进入加速落地周期，农业无人机作为低空生产核心装备，迎来全球性监管政策友好化变革窗口期。从全球监管整体趋势来看，多国一改过往对无人机航空施药严格限制、逐案审批的管控模式，持续放开合规农药无人机喷施使用权限，同步简化空域飞行、设备准入、操作人员资质、超视距作业等全链条审批流程，叠加农机补贴、产业研发扶持、标准化试点推广等配套激励政策，构建起适配本国农业生产条件的宽松合规体系。我国依托多部委协同治理机制，形成农业产业扶持、民航差异化监管、国家低空经济顶层统筹三位一体的完整国家级政策框架

一、中国

（一）宏观政策定位升级

2026 年作为 “十五五” 规划开局之年，农业无人机在我国农业农村政策体系中的战略定位实现历史性提升。2026 年 1 月，2026 年中央一号文件提出：因地制宜发展农业新质生产力，推动人工智能与农业深度融合，拓展无人机、物联网、农业机器人等数字化装备应用场景。

这是农业无人机首次被写入中央一号文件，标志其产业定位从传统农业机械设备，升级为发展农业新质生产力的核心载体。同月，农业农村部配套出台实施意见，部署智慧农业专项行动，要求持续强化人工智能在农业农村落地应用，拓宽无人机、物联网、智能机器人应用场景；鼓励具备基础条件的地区先行开展智慧农业试点，发布一批可复制推广的典型案例、主推技术与数字化综合解决方案。



（二）“十五五” 专项规划确立农业低空经济产业地位

2026 年 6 月，国务院印发《加快农业农村现代化 “十五五” 规划》（国发〔2026〕14 号），首次将农业低空经济纳入国家农业农村现代化先导性核心产业，与智能设计育种、新能源农机、农业生物制造并列作为重点扶持产业。

1. 规划提出有序推进农业农村低空经济规范化发展；
2. 统筹布局新能源农机装备技术研发、产业协同与配套基础设施建设；
3. 搭建天地一体化农业观测监测网络，将农业无人机发展模式从单一设备应用，升级为全链条、体系化产业布局。



二、巴西

（一）民航监管：民航局出台无人机法案，简化农业无人机应用审批

2026 年 6 月 16 日，巴西国家民航局（ANAC）正式发布新版 RBAC100 无人机管理法案，全面更新本国无人机监管规则，针对农业作业创设“标准场景”预审批机制。该机制可实现农业无人机运营申请预先审核，大幅压缩审批周期、降低行政准入门槛，有效刺激农业无人机服务商提交运营资质申请，市场申报量大幅增长，直观体现监管优化带来的行业发展红利。

本次新规替代旧版 RBAC-E 94 规范，兼顾运营安全与产业可持续发展，同时增强巴西无人航空领域国际协同能力。新规摒弃过往单一硬性条款约束，转而设定安全与性能达标目标，在满足安全验证要求前提下，赋予企业更大技术创新空间。

（二）农业产业监管：农业部多维度完善农业无人机配套管理体系

巴西农业、畜牧业和供应部（MAPA）围绕行业规范、从业人员培训、田间科学试验、市场普及宣传四大维度出台配套管理措施，推动农业无人机标准化、规模化落地。

1. 设备与运营备案管理

（1）更新农业无人机作业通用规范，简化设备、运营主体注册备案流程，降低企业申报成本；明确无人机植保、撒肥、播



种全场景技术标准，划定作业区与水源、居民区等敏感区域安全隔离距离，统一环境管控要求。

(2) 针对核心农业产区开通作业审批绿色通道，联动多部门打通资质信息共享通道，消除重复申报环节；2025 年 11 月完成无人机运营法规修订，贴合无人机技术特性完善法律条款，提升从业者合规预期。

(3) 上线“农牧业产品与机构综合管理系统”，实现农业无人机线上自动注册，简化操作人员备案手续。

2. 从业人员标准化培训考核

(1) 强制要求所有农业无人机作业人员完成标准化培训，取得“远程农业施药员”从业资格证书方可上岗。

(2) 培训课程覆盖无人机构造原理、安全飞行规范、农资施用技术、飞行故障应急处置、生态环保、国内外相关法规六大模块，明确最低培训时长与实操考核硬性指标，保障操作人员专业能力与安全意识。

(3) 授权第三方专业机构开展统一培训，搭建标准化考核、证书统一管理、全流程质量监管体系；高标准化作业场景下，

要求配套农艺师、林业工程师现场协同，保障作业科学性。

3. 产区试点与技术研发落地

MAPA 联合科研院所、无人机制造企业、种植主体在粮食主产区、经济作物种植区落地多项应用试点，聚焦精准施肥、病虫害遥感监测、作物长势普查等场景开展联合试验，探索适配巴西本土农业的低成本、高效率无人机作业模式。依托无人机多光谱、热成像遥感技术，绘制土壤湿度、作物养分分布图，为精准农业数字化管理提供数据支撑。

4. 行业推广与全流程追溯管理

面向农户、农业经营主体开展技术普及宣传，推广无人机降本增效、绿色环保的核心优势；出台全流程安全管控细则，覆盖药液调配、田间作业环境监测、作业数据留存归档全环节，实现无人机作业全程可追溯、可审计。

三、欧盟

（一）欧盟委员会：修订农药指令，计划放开无人机施药合规通道

2025 年 12 月，欧盟委员会依托《食品与饲料简化综合法案》，发布无人机农药喷洒修订草案，对《农药可持续使用指令（2009/128/EC）》进行重大调整。

1. 政策改革背景

原指令全面禁止航空植保（含无人机），仅允许各国逐案单独审批，流程繁琐、成本高昂，严重制约农业无人机推广应用。本次改革将原有“全面禁令 + 个案特批”模式，调整为“通用豁免 + 正面清单 + 标准化风险评估”一体化监管框架，建立欧盟全域统一合规路径。

2. 核心改革内容

（1）通用豁免机制：符合欧盟授权法案技术标准的合规无人机机型，可直接享受全域通用豁免，无需单独逐国审批；豁免适用范围仅限农药标签明确允许航空施药、且未禁止无人机施用的产品。

（2）统一合规无人机清单：欧盟委员会制定官方授权清单，明确合规无人机最大起飞重量、喷洒系统、飘移抑制、精准定位等硬性技术参数，清单面向公众开放意见征集，仅清单内机型可享受豁免政策。

（3）统一风险评估标准：委托欧洲食品安全局（EFSA）编制无人机施药专项风险评估指南，统一药液飘移、生态影响、人体接触风险评估标准，消除各国审批标准差异。

（4）农药使用合规边界：标签许可航空施药且不限制无人机的农药可直接配套无人机作业；超出标签适用范围需单独申请紧急使用许可（EUP）；安全缓冲带、施药剂量、作业时段等环保安全要求维持原有严格标准。

3. 立法推进节奏

草案于 2025 年 12 月 16 日正式发布，2026 年交由欧洲议会、欧盟理事会审议，计划 2026 年末至 2027 年初正式落地实施，并同步配套过渡期管理细则。



（二）欧洲航空安全局（EASA）：配套完善无人机飞行运行监管

2025 年 12 月，EASA 同步更新农业植保无人机运行规则，与农药监管松绑政策形成协同配套，打通无人机作业空域、设备双重合规通道。

1. 优化 PDRA-S01 农业植保专用预风险评估标准

细化植保喷洒、播种专属 PDRA-S01 评估路径，统一视距内（VLOS）、超视距（BVLOS）作业、最大起飞重量、作业高度、人员隔离、空域协调通用标准，各成员国可直接采信该标准，无需额外单独审批，大幅简化运营许可办理流程。

2. 落地 SORA 2.5 版风险评估体系

2025 年 9 月新版 SORA 正式生效、12 月全面推行，针对农业无人机优化“特定保证与完整性等级（SAIL）”分类规则，降低中低风险植保无人机技术证明、文书备案合规成本，支撑大规模标准化田间作业。

3. 推进重型农业无人机专项法规

同步起草 150 公斤以上重载无人机适航与运行管理草案，针对大面积连片农田重型植保作业场景完善监管细则。

（三）欧盟成员国落地差异化配套法规

1. 法国

2025 年 4 月出台第 2025-365 号法案，明确在低风险农药、坡地种植等限定条件下，允许无人机开展植保作业；同年 8 月纳入《迪普隆法案》（第 2025-794 号法案），细化农业无人机全流程监管要求。

2. 匈牙利

建成欧盟首个无人机植保标准化授权体系，核心依据修订后的第 44/2005 号空中植保法令（2022 年 2 月通过第 4/2022 号法令正式落地），2025—2026 年持续扩充无人机适用农药清单、优化操作规范。

开展无人机施药需同时满足三项硬性条件：无人机作业相较地面机械具备显著优势；使用官方许可航空喷施农药；操作人员持有本国认证无人机飞行员执照，作业全程配备植保专家监督。

3. 罗马尼亚

2025—2026 年加速农业无人机植保立法，对标欧盟《农药可持续使用指令》完成国内法规现代化修订，解决农户无人机应用审批繁琐痛点。

- （1）设立简易通知备案制度，简化无人机施药准入流程；
- （2）明确农业无人机法律定义，限定仅可使用国家检疫机构核准农药；
- （3）操作人员需取得罗马尼亚民航局（AACR）资质证书；
- （4）搭建全国统一运营主体、飞行作业登记平台，实现作业全程可追溯；由国家植物检疫机构常态化抽查施药合规性。

目前该国参议院农业委员会已出具立法修正案支持意见，法案落地条件成熟。



四、北美地区

（一）美国

1. 美国联邦航空管理局（FAA）空域与设备监管政策

（1）低空超视距作业框架落地：2025 年 8 月发布《第 108 部分拟议规则制定通知》，2026 年 1 月完成基于性能标准的低空 BVLOS 核心监管条款制定，优先放开无人机播种、植保、作物监测规模化农业场景，替代过往零散个案豁免模式。

（2）简化农业无人机运行许可：2026 年 5 月 5 日优化 Part 137 农业无人机运营资质申请流程，开通线上绿色通道；申请人无需线下前往地区飞航标准办公室，仅需线上提交材料至指定邮箱即可启动认证。

（3）更新合规无人机机型清单：修订《美国法典》44807 条设备核准清单，新增多款符合安全性能标准的农业无人机，大疆 Agras T100 等全系列植保机型纳入官方核准名录，降低企业设备合规门槛。

Make	Model	Approved Maximum Take-Off Weight (MTOW), Incl. Payload
ABZ Innovation Kft.	L30 V2*	158.70 lbs.
AgrowDrone	UAS-e-M5	80.5 lbs.
AgrowDrone	UAS-e-M10	146.6 lbs.
AgTS	FireEye	75.8 lbs.
AiRanger	UAS	220 lbs.
Argo	1	280 lbs.
ASW	Heavy Lift Quadcopter	70.5 lbs.
ASW	Heavy Lift Hexacopter	99.2 lbs.
ASW	Heavy Lift Octocopter	158.7 lbs.
Avidrone	490TL*	125 lbs.
BFD Systems	GD40	120 lbs.
BROUAV	U30L-6	146.6 lbs.
BROUAV	S2L-8	264.55 lbs.
BROUAV	U60	242.5 lbs.
BROUAV	D-72L-8	324.08 lbs.
CERES AIR	C12	253.53 lbs.
CERES AIR	C31	537.20 lbs.
Chengdu JOUAV Drone	CW-30	75 lbs.
DJI	Agras T10	59.10 lbs.
DJI	Agras T16	92.6 lbs.
DJI	Agras T20P	127.86 lbs.
DJI	Agras T20	104.5 lbs.
DJI	Agras T25P	116.85 lbs.
DJI	Agras T25	127.8 lbs.
DJI	Agras T30	171.96 lbs.
DJI	Agras T40	222.66 lbs.
DJI	Agras T50	227.07 lbs.
DJI	Agras T70P	286.60 lbs.
DJI	Agras T100	390.21 lbs.
DJI	Flycart 30	209.73 lbs.
DJI	Flycart 100*	330 lbs.

2. 美国农业部（USDA）产业技术扶持

(1) 推广“无人机即服务（DaaS）”商业模式，缩小大中小型农场技术应用差距，推动农业无人机普惠落地。

(2) 2025 年农业研究局（USDA-ARS）发布田间试验报告，量化风速、喷嘴型号对无人机喷雾沉积、药液飘移的影响数据，为行业标准化作业提供科学依据。



（二）加拿大

1. 加拿大交通部（空域飞行监管）

2025 年 11 月 4 日，《加拿大航空法规》第九部第二阶段修正案正式生效，2025—2026 年持续放宽农业无人机作业限制，简化植保、测绘、大田巡检审批流程。

(1) 中型植保无人机（25–150 公斤）简化审批：操作人员持有高级无人机飞行员证书、运营人证书，设备搭载合规安全系统时，视距内农业作业无需单独申请特殊飞行许可（SFOC）。

(2) 放开低风险超视距作业权限：增设一级复杂场景（L1C）飞行员认证，持证人员可在人烟稀少农田、G 类非管制空域开

展 122 米以下 BVLOS 作业，覆盖大田巡检、大面积植保，作业区域规避居民区与机场。

整套规则建立风险分级管控体系，在简化审批、释放规模化作业空间的同时，保留飞行员培训、空域隔离、运营监督等安全底线，与农药监管政策形成协同。

2. 加拿大卫生部（农药施用监管，PMRA）

2026 年 2 月发布里程碑式监管草案 PRO2026-01，打通无人机施药农药合规壁垒。

(1) 核心豁免规则：已获批传统载人航空喷施的农药，只要严格遵循标签剂量、雾滴规格、隔离缓冲带等全部使用要求，

可直接用于无人机作业，无需额外专项登记；仅标签明确禁止无人机施用的产品除外。

(2) 政策科学依据：田间试验证实无人机施药残留、健康与环境风险和传统航空作业风险等级一致，且人机分离模式可大幅降低操作人员药剂暴露风险，基于“风险等效”原则简化监管。

(3) 跨部门权责划分：PMRA 负责农药使用合规监管，交通部管控无人机飞行资质、注册、飞行员证书，各省同步配套农资操作人员认证标准，形成完整协同合规体系。

2026 年 6 月加拿大农业无人机行业协会已收到官方无异议函，明确过渡期合规执行细则，政策落地预期明确。



五、澳大利亚

（一）澳大利亚民航安全局（CASA）飞行运行监管

2025—2026 年依托《民航安全法规》第 101 部推行风险分级监管，定向简化商业化植保、测绘无人机审批流程。

1. 基础注册与资质要求

（1）商业农业无人机强制注册：500 克以上设备每年缴纳 40 澳元注册费，有效期 12 个月；

（2）2-25 公斤无人机操作人员需持有远程飞行员执照（RePL）；集群作业、复杂系统运营主体需取得远程运营人证书（ReOC）；

（3）自有农田非商用场景下，25-150 公斤中型无人机可享受部分豁免，但必须遵守基础安全规范。

2. 常规飞行约束：

作业高度上限 120 米，仅允许日间视距内飞行，与地面人员最小安全距离 30 米；250 克以上无人机禁止在管制机场周边 5.5 公里范围内飞行。

3. 超视距作业简化试点

推出为期 12 个月全国大田 BVLOS 试运行计划（截止 2026 年 10 月 15 日），ReOC 持证主体通过自我评估即可获得一年期运行许可，替代过往 3-6 个月的个案 SFOC 审批。2026 年 5 月底前，空域申报业务全面迁移至 FIMS 飞行信息管理系统，推进全国无人机交通管理（UTM）体系建设。

4. 重型无人机（150 公斤以上）新规修订

2025 年 10 月发布 CAO 100.24 大型无人机适航维修修订草案，配套 AusSORA 风险评估附件，2026 年 5 月完成公众意见征集，即将正式实施。

（1）改革原有载人航空器标准适航认证流程，搭建专属重型无人机分级适航体系（SAIL II/III），简化风险评估与设备合规声明材料；

（2）放宽维保资质要求，认可第三方维修机构，简化维

护计划审批，取消强制聘用载人飞机维修工程师要求，降低长期运营成本。

（二）澳大利亚农药和兽药管理局（APVMA）

农资监管

负责无人机施药农药登记、安全使用管控，2025—2026 年在维持安全标准前提下简化注册流程。

1. 基础合规规则：

无人机施用农药必须完成 APVMA 登记备案，无通用豁免；仅标签标注允许航空喷施、未限制无人机的产品可直接配套无人机作业，超标签范围使用需申请紧急使用许可（EUP）。

2. 农药注册流程优化

（1）2025 年 6 月规范 6、7 类高度相似农药审批标准，统一参考产品数据提交要求，减少重复田间测试；

（2）2026 年初发布低数据申报指南，覆盖 6、7、10、12、14 类产品，缩短适配无人机农药上市周期。

3. 长期监管规划

在《2026—2030 年监管展望声明》中明确持续推行风险导向评估机制，重点审查新烟碱类农药；推进澳新两国农资注册标准统一；作业人员需同时持有 CASA 飞行资质与各州农资施用专项证书方可开展无人机植保。

六、其他南美洲国家

（一）阿根廷

2025 年 8 月阿根廷国家民航局（ANAC）发布第 550/2025 号决议，完成全国无人机监管体系现代化改革，按风险等级划分为开放类、特定类、认证类三类运行标准。

政策利好农业场景：25 公斤以下无人机免除运营许可，全面放宽农村田间飞行限制；同步联动国家农业食品卫生与质量服务局（Senasa）完善航空植保管理细则，提升农业无人机作业灵活性。

（二）智利农资监管

以民用航空总局（DGAC）为核心，联合国家研究与发展署（ANID）、专业培训机构搭建政策、培训、推广一体化扶持

体系，将农业无人机作为精准农业、农业现代化核心抓手。

1. 注册与审批简化：搭建线上农业无人机注册平台，企业线上提交设备参数即可获得唯一识别编码；优化带药植保作业飞行许可、飞行计划申报流程，材料指引标准化。

2. 配套产业扶持：联合保险机构推出农业无人机专项商业责任险优惠方案，降低运营主体风险成本。

3. 法规迭代：现有监管依据《智利民航法规》DAN 第 151 部第 3 版、第 137 部；即将落地的 DAN 第 151 部第 4 版将进一步放宽行业约束。

七、国际组织统一标准与全球协调政策

（一）经济合作与发展组织（OECD）

2025—2026 年聚焦全球农业无人机监管规则协同，推动精准农业可持续落地。

1. 下设农药工作组、无人机工作组出台农业无人机作业统一风险评估指南，规范无人机施药人体健康、生态环境风险评估通用标准；开发标准化评估模型，缓解各国监管规则碎片化问题，加速技术商业化落地。

2. 认可匈牙利无人机植保结构化授权模式为创新监管范本，向全体成员国推广借鉴，推动全球监管体系统一。

（二）联合国粮食及农业组织（FAO）

将农业无人机纳入 2025—2026 全球精准农业、粮食安全核心战略。

1. 纳入全球农业普查计划（WCA 2030），把无人机应用普及率作为智能农业数据采集核心指标，为各国政策制定提供基准数据支撑。

2. 2026 年 1 月在阿曼落地首个区域无人机飞手培训项目，主攻沙漠蝗虫无人机监测防治，后续向全球各区域复制推广，提升农户无人机巡检、病虫害识别、精准喷施实操能力。

3. 明确无人机在节水、减药、增产领域的核心价值，相关项目全面对接全球可持续农业、粮食安全发展目标。


[Standards](#)
[Sectors](#)
[About ISO](#)
[Insights & news](#)
[Taking part](#)



ISO 23117-2:2025

Agricultural and forestry machinery — Unmanned aerial spraying systems Part 2: Test methods to assess the horizontal transverse spray distribution

Read sample

Published (Edition 1, 2025)

（三）国际标准化组织（ISO）

2025—2026 年发布多项农业无人机通用技术标准，搭建全球统一设备、操作规范体系。

1. 喷施设备标准：ISO 16122 喷雾设备通用标准被各国监管广泛采信，规范无人机喷洒横向药液分布（变异系数 < 15%）、飘移抑制等核心指标；2025 年发布 ISO 23117-2:2025《农林机械 无人机喷施系统 第 2 部分：横向喷洒分布测试方法》，统一设备检测规范。

2. 飞行员资质跨境标准：出台 ISO/IEC 22460-1:2025 无人机遥控飞行员国际证书标准，统一执照签发规范，简化飞手跨境农业作业资质互认，促进专业人才全球流动。





第三章 农业无人机田间试验



2025 年以来，全球科研院校、行业科研机构、国际标准化组织持续开展农业无人机全场景试验与系统化技术验证工作。本章整合多渠道权威实证资料，涵盖经济合作与发展组织（OECD）、联合国粮食及农业组织（FAO）、国际标准化组织（ISO）三大国际机构研究报告，国内外高校及科研院所学者专项研究成果，全球头部农化企业规模化田间试验数据，形成完整闭环的量化证据体系。本章以官方行业研究报告体例撰写，系统梳理各类试验方案、实测指标与核心结论，全部试验数据、研究观点均标注引用来源，为各国农业产业规划、行业政策制定、农业无人机商业化大规模推广提供客观、可溯源的科学支撑。

一、中国航空植保产业联盟专项田间试验

2025 年，中国航空植保产业联盟牵头，联合全国各省植保技术推广总站、地方农科院试验基地、头部植保无人机制造企业，在国内粮食主产区、山地林果种植区、热带蔬菜基地同步开展分组对照试验。试验统一设置人工背负喷雾、拖拉机喷杆、载人航空植保三类传统作业对照组，围绕农药利用率、水资源消耗、作物损耗、综合运营成本、药液飘移、产量变化六大指标开展持续监测，全部田间采样、作业记录、检测数据为本报告专项调研成果，覆盖粮食、经济林果、蔬菜三大品类，试验机型以大疆全系列主流农业无人机为主。

（一）粮食作物试验

1. 小麦穗期病虫害防治试验

防治对象包含赤霉病、白粉病、穗蚜。试验设定标准化作业参数：单位面积施药量 225~375 升 / 公顷；除草剂雾滴粒径 250~400 微米，杀虫、杀菌剂雾滴 100~300 微米；飞行速度 20~25km/h；航线间距 5.5~9m；作物冠层上方作业高度 2.2~3.5m。依托 RTK 厘米级航线规划系统可从根源规避重喷、漏喷问题，设备旋翼气流能够约束雾滴扩散范围，减少田埂、沟渠周边药剂残留。

实测数据表明，无人机标准化作业相较传统地面喷施农药用量降低 25%~30%，病虫害综合防治效果稳定维持在 85%~90%，植保作业质量显著优于传统设备。







2. 水稻除草与稻飞虱防控试验

无人机单位面积耗水量仅 225~337.5 升 / 公顷，对比传统人工漫灌、背负式喷雾节水率达 95%。设备低空作业形成的下洗气流可将药液输送至水稻中下部冠层，大幅提升稻飞虱防治效果，且不会出现水田土壤碾压、板结问题。

播种环节实测数据显示，无人机精量播种秧苗出苗均匀度 75.64%，远高于人工播种 54.73% 的水平。

3. 玉米中后期病虫害与生物防治试验

试验选用大疆 Agras T70、T100 大载荷机型，适配两米以上高秆玉米中后期作业场景，有效解决传统拖拉机进地碾压植株的行业痛点。传统机械行间行驶会造成 5.3% 的作物减产，折算每公顷每季粮食损失 47.7~63.6kg；无人机离地作业可实现零植株物理损伤。设备可同步搭载投放装置释放赤眼蜂开展生物防治，进一步削减化学杀虫剂使用规模。



4. 大豆病虫害变量喷施试验

试验机型选用大疆 Agras T70、T100，针对豆荚螟、锈病、褐斑病开展靶向作业。标准化作业参数为：施药量 225~375 升 / 公顷，雾滴粒径 100~300 微米，飞行速度 20~25km/h，航线

间距 6~8m，作物上方作业高度 2.5~3.5m。

变量靶向喷施模式可减少 35% 除草剂用量，田间豆荚破损率下降 60% 以上，无病害区域不会出现药剂过量沉积问题。

（二）柑橘果园木虱、红蜘蛛防治试验

针对山地柑橘园开展专项测试。设备旋翼下洗气流可抬升果树枝叶，药液能够充分附着于虫害集中的叶片背面，农药综合利用率提升 30%。设备可在坡度 30 度以内山地果园稳定作业，相比地面长杆喷雾，能够大幅降低远距离药液飘移引发的生态污染风险。



二、国际组织专项研究与试验报告

（一）经济合作与发展组织（OECD）2025《无人机农业施药系统文献综述报告》

OECD 整合欧盟、美国、加拿大、巴西、澳大利亚共计 37 组田间飘移平行试验数据，统一规范雾滴采集、人体暴露风险检测试验流程，设立 UAPASTF 专项工作组，持续 24 个月开展不同风速、机型、雾滴粒径条件下药液飘移量化对比，搭建全球统一无人机施药风险数据库，作为各国农药审批、空域运行许可审批的核心依据。2025 年 8 月工作组发布多年飘移试验汇总分析数据，出台统一《无人机施药最佳管理规范》¹，明确作业风速上限、下风向安全缓冲带、雾滴粒径分级管控标准。

报告核心结论：农业无人机具备三大不可替代应用优势，一是能够适配陡坡、低洼等传统农机无法进入的地块；二是大幅降低操作人员化学品直接暴露风险；三是支持分区变量精准施药，规避全域漫喷造成的药剂浪费。同时提出全球统一监管要求，各国需同步建立雾滴飘移、人体健康、田间药效三类标准化试验数据库，打通跨国设备市场准入通道。

（二）ISO 23117-2:2025《农林机械无人机喷施系统第 2 部分：横向喷洒分布测试方法》²

该项标准于 2025 年 2 月正式发布，是全球首部规范植保无人机药液横向沉积、作业幅宽检测的国际标准。国际标准化组织 ISO 联合瑞士、德国、澳大利亚、中国四国实验室开展联合比对验证试验，统一规定试验田规格、雾滴采集卡布设密度、图像定量测算方法，设定药液横向分布变异系数 < 15% 作为设备合格判定指标，同步完善雾滴飘移量检测统一流程。

目前欧盟、瑞士、澳大利亚、加拿大已将本标准纳入农业无人机上市强制检测项目，无对应检测报告的机型无法取得市场准入资质，为全球农业无人机性能判定建立统一技术基准。

Field Drift Studies – Data Generation



Globally focused Good Laboratory Practice (GLP) program

- Repeatable experiment to compare drift behavior across locations
- Same CRO & UAV pilot/consultant at each location
- Presence of representatives from regional regulatory agencies visited most of the trials

Location	Timing
USA (non GLP) (Robstown, Texas)	February 2023
Canada (GLP) (Saint-Jean-Sur-Richelieu, Quebec)	May 2023
Brazil #1 (GLP) (Santa Helena de Goiás, Goiás)	September 2023
Hungary (GLP) (Bugac)	October 2023
Spain (GLP) (Oropesa)	November 2023
USA (GLP) (Robstown, Texas)	December 2023
Brazil #2 (GLP) (Castro, Paraná)	March 2024
Australia (GLP) (Clifton, Queensland)	April 2024
South Africa #1 (GLP) (Delmas, Mpumalanga)	September 2024
South Africa #2 (GLP) (Hertzogville, Free State)	September 2024



¹ OECD. Literature Review of UAV Pesticide Application Systems [R]. OECD Pesticides Series No.105, 2025.

（三）联合国粮食及农业组织（FAO）

1. 蒙古国草场农田虫害预警专项试验

2025 年，FAO 在蒙古国用无人机做试验，试验搭载多光谱 NDVI 监测无人机，针对高海拔坡地草场、旱作农田开展虫害早期识别作业，同步配套无人机超低容量喷施防治试验，对比人工徒步巡查、载人飞机航拍两类传统监测方式。实测结果显示，无人机可减少农药整体用量 30%~50%，不会造成草场植被碾压损伤，大幅降低牧民药剂接触健康风险；虫害识别时间较传统方式提前 7 至 10 天，有效拓宽病虫害防治窗口期。

2. 中东沙漠蝗标准化防控配套试验

2026 年 2 月，FAO 搭建全球统一无人机飞手实操考核体系，配套开展标准化试验，覆盖航线规划、超低容量雾化喷施、雾滴沉积检测、设备故障应急处置全流程，在阿曼、沙特连片荒漠蝗区开展规模化防治验证，推动无人机从试点工具转变为常态化粮食安全防控装备。

3. AGRIS 全球数据库配套田间试验综述

研究整合全球 61 个国家无人机灌溉、施肥、病虫害监测试验数据，总结当前行业共性短板：锂电池续航能力不足、偏远农田通信覆盖缺失、各国监管规则存在明显差异，提出依托标准化设备、统一培训体系缓解行业发展约束。

三、全球头部农化企业 2025 年度规模化田间技术验证试验

全球头部农化企业于 2025 年在多国布局规模化田间对照试验，围绕肥料撒施、病虫害防治、变量喷施、专用药剂适配等方向开展技术验证，形成成套标准化大田作业方案。

（一）跨区域肥料撒施与作物植保试验

企业在加拿大冬小麦产区开展无人机疏肥撒施对照测试，对比新旧两大载荷植保无人机作业效率，新一代机型同等地块 6 小时可完成 2722 公斤肥料撒施，作业效率大幅提升；设备配套离心均匀播撒结构，田间不存在肥料堆积、漏喷条纹问题。在巴西棉花种植区开展超低容量喷施试验，无人机作业药液总使用量削减 96%，棉铃象甲防治效果与传统航空喷施保持一致。企业同步研发适配无人机超低容量作业的胶体植保制剂，有效抑制远距离雾滴飘移，降低水土面源污染风险。

（二）变量喷施技术示范试验

2025 年分别在德国甜菜田、爱尔兰草地开展处方图定点喷施、机载杂草实时识别两类试验。试验结论表明，全域漫喷模式会造成大量药剂浪费，AI 图像识别结合无人机变量喷施是未来标准化作业主流方向；当前行业发展核心制约为全球缺少统一施药设备检测标准。

² ISO 23117-2:2025 Agricultural and forestry machinery — Unmanned aerial spraying systems — Part 2: Test methods to assess horizontal transverse spray distribution [S]. International Organization for Standardization, 2025.



（三）规模化商业农场标准化参数验证试验

农化企业将小型试验田成熟作业方案复制至北美千亩级商业农场，选用主流大载荷植保无人机与传统牵引喷杆机开展全周期对照，通过多梯度对比试验明确最优施药量、雾滴粒径、作业高度成套标准化技术参数，形成可直接落地推广的大田无人机作业规程。

（四）农田智能测绘与变量施药配套试验

企业迭代无人机杂草智能测绘系统，依托航拍图像自动生成分区变量施药处方；田间实测数据显示，无人机变量作业模式下农资、用水、人工工时综合节约比例最高可达 60%。企业深度参与 OECD 无人机施药全球管理规范编制，面向全球种植主体推广适配无人机的低飘移专用植保药剂方案。



第四章 农业无人机新场景应用

让农业更轻松，让生命更美好 | Better Growth, Better Life



2025-2026 年，农业无人机在农作物生命全周期的管理方式，拓展到更多的农作物上，喷洒、播撒、吊运三大功能分别在农作物的不同生长周期发挥重要作用。本章介绍一些全流程案例和新的吊运案例，旨在给新农人带来更多的经验和启发。

一、全流程农业无人机方案

（一）水稻全流程无人机解决方案

水稻是我国核心粮食作物，不同地域形成差异化种植模式，东北寒地单季稻、长江中下游双季稻轮作是两大代表性赛道，大疆 T100S、T70S、T70 系列无人机可覆盖水稻从育秧、插秧、植保、追肥全周期作业，同时配套秧苗吊运功能，解决水田泥泞、用工短缺、作业窗口期短等行业痛点。无人机是低空经济中发展成熟度最高的领域。把先进的技术应用在农业上，为传统的农业迸发出新的生命力。

1、黑龙江五常单季稻（稻花香）全流程应用

1) 产业背景

五常市地处黑龙江省最南部，北纬 45° 黄金水稻产区，三面环山、中部形成“C”字形盆地地貌。东南部高山屏障与西部松嫩平原暖流在此交汇，8-9 月昼夜温差达 15.8℃，加之拉林河、牯牛河贯穿全境，水量充盈、水质优良，共同造就了五常大米独一无二的品质优势。

五常市水稻种植面积常年稳定在 249-253 万亩，核心产区集中在安家镇、民乐乡、杜山镇等地。“五常大米”品牌价值已超 900 亿元，连续五年蝉联地标产品大米类全国第一，零售均价较普通北方米溢价 100%-150%，是中国高端大米第一品牌。主栽品种五优稻 4 号（稻花香）种植面积占比 60% 以上，优质田亩产 1200-1400 斤，产品远销全国及海外市场。

五常水稻种植属于典型的寒地稻作模式，一年一熟单季稻，品种以耐冷性强、抗病早熟的优质粳稻为主。然而，传统种植方式面临用工难、效率低、管理粗放等突出问题，尤其是在插秧季 10 天窗口期的秧苗运输、分蘖至孕穗期的集中植保追肥等环节，对机械化、智能化升级的需求极为迫切。

水稻种植关键参数：

参数项	数值 / 说明
主栽品种	五优稻 4 号（稻花香），种植面积占比 60%+
种植面积	249-253 万亩（五常市）
生育期	约 130 天（4 月播种 - 10 月收获）
插秧密度	株行距 30cm × 13.3cm，18-20 万株 / 亩
目标有效穗数	25-30 万穗 / 亩
优质田亩产	1200-1400 斤
品牌价值	超 900 亿元，连续五年地标大米类全国第一

2) 无人机全程应用方案

大疆农业针对五常水稻种植特点，推出了以 T100S、T70S 为核心的无人机全流程解决方案，全年可作业窗口覆盖 7 个月（4-10 月），年度作业机会 15-20 次 / 亩，涵盖喷洒、播撒、吊运三大场景。五常地区大疆无人机保有量约 1500 台，年作业面积达 500 万亩次，已成为当地农业生产不可或缺的重要装备。

1. 秧苗吊运

插秧季窗口期仅 10 天左右（5 月 15-25 日），传统人工挑运每人每天仅运 300-500 盘，且受泥泞道路和天气条件限制。T100S 无人机单次可吊运 38 盘秧苗（约 95kg），单次往返仅 2-3 分钟（距离 500-800 米），日作业量达 3750 盘，满足约 107 亩插秧需求。成本方面，无人机吊运仅 0.5-1 元 / 盘，较人工 2.5 元 / 盘节省 60%-80%。按 300 亩基地计算，吊运环节可节省成本 1-1.5 万元。

2. 植保喷洒

五常水稻全生育期需植保喷洒 5-7 次 / 亩，覆盖苗前封闭、分蘖期除草杀虫、拔节孕穗期杀菌杀虫、抽穗灌浆期保叶防虫等环节。T100S 采用离心喷头技术，雾滴粒径 80-300 微米可调，飞行高度 1.5-3 米，速度 3-6 米 / 秒，有效喷幅 3-9 米，亩喷液量 2-5 升。单机日作业面积 800-1200 亩，是人工背负喷雾（15 亩 / 天）的 80-150 倍。

在病虫害防治方面，分蘖期重点防治二化螟、稻飞虱、纹枯病，孕穗期破口前 5-7 天是预防穗颈瘟和稻曲病的关键窗口期，齐穗期以保穗粒、控飞虱为目标，搭配叶面肥增强灌浆。无人机作业效率高、雾化均匀、穿透性强，防治效果较传统方式提升 10%-15%。



3. 追肥播撒

无人机播撒系统在五常水稻追肥环节发挥重要作用。分蘖期追施尿素 5kg / 亩 + 氯化钾 5kg / 亩，穗肥追施尿素 3-5kg / 亩，叶面肥（磷酸二氢钾）在灌浆期喷施 2-3 次。T100S 播撒系统日作业面积 500-800 亩，播撒均匀度达 90% 以上，较人工撒施（变异系数 30%+）大幅提升，氮肥利用率从 35% 提升至 50% 以上。

3) 应用价值分析

五常水稻种植中无人机的应用，带来了显著的经济效益和社会效益。每亩综合效益提升 100-150 元 / 年，其中精准防治增产 30-50 斤 / 亩，折合增收 60-100 元 / 亩，节约节肥 10-15 元 / 亩，播撒专项效益 35-55 元 / 亩 / 年。2025 年高峰期 1300 余台无人机同时作业，彻底改变了“面朝黄土背朝天”的传统耕作方式，让农民“穿白衬衫站在田埂上干活”成为现实。

随着五常水稻种植规模化、标准化程度的不断提升，无人机将在秧苗吊运、精准植保、变量施肥等领域发挥更加重要的作用，推动五常大米产业向智能化、绿色化方向持续升级。

对比维度	传统人工	无人机方案
植保效率	15 亩 / 天 / 人	800-1200 亩 / 天，效率 80-150 倍
播撒效率	10-15 亩 / 天 / 人	500-800 亩 / 天，均匀度 90%+
秧苗吊运	500 盘 / 天 / 人，2.5 元 / 盘	3750 盘 / 天，0.5-1 元 / 盘，节省 60%-80%
综合效益	人工成本高、效率低	节本增效 100-150 元 / 亩 / 年

2. 安徽安庆宿松虾稻轮作全流程应用

1) 产业背景

虾稻轮作是长江中下游地区重要的生态农业模式，通过水稻种植与小龙虾养殖的轮作共生，实现了“一田双收、粮渔共赢”的可持续发展目标。安徽省安庆市宿松县地处长江北岸，水域资源丰富，是典型的虾稻轮作主产区。

虾稻轮作模式对田间管理提出了更高要求——既要保障水稻的正常生长和病虫害防治，又要兼顾小龙虾的养殖环境安全。传统的农业作业方式面临劳动强度大、作业窗口期短、农药化肥使用精准度不足等突出问题，亟需引入更高效的智能化管理手段。

2) 无人机应用方案

大疆农业无人机为虾稻轮作量身定制了全流程解决方案，利用 T70 等机型完成播种、施肥、病虫害防治等各环节作业。无人机能够根据预设航线自动飞行作业，精准控制播撒量和喷洒量，避免了对虾苗的伤害，同时保障水稻的正常生长。

在施肥环节，无人机搭载播撒系统可实现均匀撒施，肥料利用率提升 30% 以上；在病虫害防治环节，无人机采用离心喷头技术，雾滴粒径可控在 100-300 微米之间，药液附着率大幅提升，有效减少农药飘移对虾田的影响。

3) 无人机作业参数

通过该方案的实施，虾稻轮作区的农户实现了“种养双赢”——水稻亩产稳定在 600 公斤以上，小龙虾亩产达 100-150 公斤，综合亩产值较传统模式提升 40% 以上。同时，无人机作业节省人工成本约 60%，农药使用量减少 25%，真正做到了降本增效、绿色环保。

适用机型	T70 农业无人机
作业高度	2-3.5 米（根据作物高度自动调节）
作业速度	4-6 米 / 秒
有效喷幅	5-8 米
亩用量（喷洒）	8-15 升 / 亩
播撒能力	70kg / 架次（肥料 / 种子）
日作业面积	300-500 亩 / 天



(二) 特色经济作物全流程应用

1、亳州中药材白术无人机全流程应用解决方案

1) 产业背景

亳州作为“中华药都”，是我国最大中药材集散地和标准化种植示范区，中药材种植面积超过 120 万亩。白术作为大宗常用中药材之一，具有健脾益气、燥湿利水等功效，市场需求量大，种植面积持续增长。然而，白术种植过程中面临病虫害多发、人工管理成本高、标准化程度不足等突出问题。

传统白术种植主要依赖人工进行施肥、打药等田间管理，不仅劳动强度大、效率低，而且容易出现施药不均匀、错过最佳防治窗口期等问题，直接影响白术产量和品质。随着农村劳动力短缺问题日益突出，引入无人机等智能化装备已成为产业发展迫切需求。

2) 无人机全程应用方案

大疆农业针对亳州中药材白术种植特点，推出以 T50/T70 为核心的无人机全流程解决方案，涵盖整地播种、施肥管理、病虫害防治和采收运输等环节。无人机搭载高精度 RTK 定位系统，可按照预设航线实现厘米级精度自动化作业。

白术常见病害包括根腐病、白绢病、叶斑病等，虫害主要有蚜虫、红蜘蛛、地老虎等。无人机采用离心喷头技术，雾滴粒径 50-300 微米可调，确保药液均匀覆盖叶片正反面。作业参数：飞行高度 2-3 米，速度 3-5 米 / 秒，亩用量 10-20 升 / 亩，有效喷幅 5-7 米。与传统人工背负喷雾相比，无人机植保效率提升 20 倍以上，省药 20%-30%。

无人机搭载播撒系统，可精准定量播撒有机肥、复合肥等。白术生长周期中需肥量大，传统人工撒施不均匀，易造成局部肥害或缺肥。无人机播撒采用绞龙式振动下料，播撒均匀度达 95% 以上，日作业面积 300-500 亩。

生育期	作业月份	作业类型	年作业频次	无人机作业机会
移栽定植期	12 月下旬 - 次年 2 月下旬（冬至 - 春分）	封闭除草	1	无人机全田喷施，降低杂草系数
返青苗期	3-4 月	杀虫 + 防病 + 叶面壮苗肥	2 次	无人机全田低空喷施，重点喷淋根茎基部防立枯病
旺长期	5-6 月	铁叶病预防 + 蚜虫防治 + 磷钾叶面肥	3 次	中低速飞行，风场打透叶背，预防早期锈斑
现蕾控蕾期	6 月下旬 - 7 月	白绢病 + 根腐病 + 控蕾抑花叶面药	3 次	全年关键期，加大亩用水量，药液直达茎基部
根茎膨大期	7-9 月	根结线虫 + 炭疽 + 膨大块茎叶面肥	4 次	高频飞防，雨后 24 小时内应急补喷杀菌剂
采收清园	10 月	清园杀虫灭菌	1 次	全田消杀，降低越冬病虫害基数

3) 应用效果

通过无人机全流程解决方案实施，亳州白术种植实现显著经济效益。一是作业效率大幅提升，单机日作业面积相当于 20-30 个人工能完成的面积；二是用药用肥更加精准，农药使用量减少 25%，肥料利用率提升 30%；三是白术产量和品质明显改善，亩均增产约 15%，优质品率提升 20 个百分点；四是综合种植成本降低约 40%，亩均增收超过 800 元。

无人机应用不仅解决中药材种植“用工难、用工贵”问题，更推动亳州中药材产业向标准化、智能化方向转型升级。

2. 湖北洪湖莲藕无人机全流程最佳实践

湖北是全国第一大莲藕产区，种植 130 万亩、产量占全国 40%；洪湖市为“中国莲藕之乡”，种植 22.5 万亩、年产 32 万吨、藕带产量占全国 67%。当地以藕带 + 莲藕共作种植为主（5-8 月采藕带，7- 次年 3 月采莲藕），主要种植田块为江汉平原湖区 25-35 米淤泥层。

莲藕长期处于深水烂泥环境，传统种植存在以下四大痛点：

- 生产效率极低：人工单日仅打药 20 亩、施肥 0.67 吨，封行后田间无法通行。
- 作业风险极高：夏季高温中暑，人药直接接触易中毒。
- 病虫害防控效果差：人工漏喷重喷，地下害虫无法有效触杀。
- 关键期人机资源冲突：藕带采收与植保关键期重叠，人力匮乏紧张。

农业无人机以植保、撒肥、吊运三大场景介入，可全程破局，赋能生产。

1) 种藕定植期 —— 莲藕吊运作业

莲藕栽种的第一步是种藕定植。由于藕田多为深水烂泥，传统人工搬运藕苗下田步履维艰，体力消耗巨大。如今，通过引入农业无人机进行藕苗吊运，彻底改变了这一现状。无人机可将打包好的种藕直接从田埂精准吊运至田间的各个栽种点，完美充当“空中搬运工”的角色。这种人力与现代无人机机械相结合的作业模式，替代了传统搬运模式，单日单机可完成 20 吨吊运，显著提高了搬运效率，极大减轻种植户春季定植沉重体力劳动。

参数项	数值
机型	T100S
作业类型	吊运（藕苗 / 藕带 / 商品藕）
飞行高度	≤ 30 m
飞行速度	≤ 13.8 m/s（线状安全速度 ≤ 10 m/s）
吊绳	标配 10 m，推荐 10-15 m
载重	建议 ≤ 80 kg（留 15% 余量），最大 ≤ 95 kg
特殊要求	硬化田埂起降；30% 电量更换电池；安全第一

2) 萌芽浮叶期管理 —— 防治初期虫害

进入萌芽浮叶期后，福寿螺成为危害莲藕嫩芽的头号天敌，同时蚜虫也开始滋生。萌芽期莲藕叶片较少，且福寿螺多聚集于田埂浅水区，径直喷洒施药容易污染水体。无人机撒施可选用专用的滴管设备，在避免颗粒飘移污染水体的同时可以对福寿螺实现定点灭杀。喷雾时无人机可选择重点喷植株基部。针对蚜虫，需要重点喷洒嫩梢、新叶、叶背。

参数项	数值
机型	T100S
作业类型	防福寿螺 / 蚜虫（喷洒）
飞行高度	2.5–3.5 m
飞行速度	6–7 m/s
亩用量	2.3–3 L / 亩
行距	5–7 m
特殊要求	田埂应单独规划低空航线；颗粒杀螺剂需专用撒播 / 水管设备；雾作业需注意内缩与扫边操作

3) 成株封行期 —— 高发病虫害防治 & 藕带采收

随着莲藕迅速生长进入成株封行期，田间郁闭度大幅增加。此时属于盛夏时节，高温炎热，同时叶面下方空气流通差，病害一旦发生就会迅速在叶片之间传染扩散，正是斜纹夜蛾和叶斑病的高发期。斜纹夜蛾幼虫会大量啃食叶片，而叶斑病则会削弱植株的光合作用，两者均会对莲藕生长造成不良损害。由于成株期的莲藕立叶高大、水田泥泞，传统人工打药难以施展，农业无人机凭借强大的下压风场成为有效的解决方案。在防治斜纹夜蛾时，农业无人机可选择傍晚或阴天进行施药，此时害虫活动频繁，防效更佳，且药液需重点穿透覆盖至植株中下部与叶片背面。针对叶斑病，因莲藕叶片表面带有较厚蜡质层，喷洒时需添加专用农药助剂，提升药液在叶片正反面附着力与穿透性，破解“荷叶效应”。作业完毕后，建议配合人工及时摘除严重病叶并带出田外集中销毁。总体而言，成株封行期采用无人机施药优势明显，农业无人机补喷灵活、可穿透冠层作业的特点，可有效应对高温水塘难作业难题。

成株封行期是植保的“生死关键期”，也是藕带采收的“黄金时期”。藕带指地下莲藕（地下茎）最前端顶芽。这个时节，莲藕迅速生长且尚未膨大，前端藕带口感脆嫩、含水量极高，是初夏高附加值时令作物，能为农户带来丰厚收益。然而，藕带采收是一项极其消耗体力的重活，农户要在泥水里弯腰摸索一整天，两米高的荷叶成株让人在田地中难以行走。在炎热夏天，采完藕带的农户缺乏多余体力再背着几十斤喷雾器下田打药。在运用农机植保施药后，农户体力得到解放，可以全身心投入高收益藕带采收之中。并且，通过“划区轮采轮防、采收前 7 天停药”的模式，农户可以错开人工下水与农机施药的时空冲突，在死守食品安全红线前提下，高效化解“既要打药保命，又要抢收卖钱”劳动力短缺难题。

参数项	数值
机型	T100S
作业类型	防病防虫（喷洒）+ 追肥（喷洒）
飞行高度	3–3.5 m
飞行速度	5–7 m/s
亩用液量	2.0–2.5 L / 亩
行距	5–7 m
特殊要求	避开大风天气；叶面蜡质层需加助剂；夜间作业；采收前 7 天停药

4) 结藕膨大期 —— 后期管理

到了结藕膨大期，管理核心在于防病防早衰以及施用膨藕肥。为促进养分加速向地下茎转移，提高莲藕粉度与最终产量，无人机会进行磷酸二氢钾等叶面肥喷施作业。在这个阶段，厚重冠层要求无人机具备极强风场穿透力，可选择高下压力机型穿透冠层。但同时操作人员需要严格控制飞行高度与速度，防止无人机下洗气流过大折断上部功能叶片。为避免高温药害并提升作业效率，夜间作业成为这一时期理想选择。作业时须严格遵守食品安全标准，注意药剂安全间隔期。

参数项	数值
机型	T100S（高下压力机型）
作业类型	防病 / 膨藕肥（喷洒）
飞行高度	4-4.5 m
飞行速度	6-7 m/s
亩用量	2.0-3.0 L / 亩（8月上旬-9月下旬 1.8-2.0 L / 亩）
行距	6-7 m
特殊要求	高下压力机型，穿透冠层

水稻种植关键参数：

生育时期	作业类型	飞行高度	飞行速度	亩用量 / 重量	行距	特殊要求
定植期	撒地下虫药	3.5-5 m	≥ 10 m/s	—	9-10 m	超大号绞龙，甩盘 1100 转
浮叶期	防福寿螺 / 蚜虫	2.5-3.5 m	6-7 m/s	2.3-3 L	5-7 m	田埂单独低空航线
立叶期	防病防虫	3-3.5 m	6-7 m/s	2.0-2.5 L	5-7 m	避开大风天气
封行期	防病防虫追肥	3-3.5 m	5-6 m/s	2.0-2.5 L	5-7 m	夜间作业，藕带采收前 7 天停药
膨大期	防病 / 膨藕肥	4-4.5 m	6-7 m/s	2.0-3.0 L	6-7 m	高下压力机型，穿透冠层
藕苗 / 商品藕 / 藕带	吊运	≤ 30 m	≤ 13.8 m/s	≤ 95 kg	—	安全第一
立叶期、封行期、膨大期	施肥(基肥、追肥)	3-5 m	≥ 10 米 / 秒	—	3.5-5m	莲藕全年需施用 3-4 次复合肥，需定期追肥

通用作业规范：雾滴粒径控制在 100-300 μ m 以保证附着；风速 > 3 m/s 时禁止作业，避免药液飘移浪费与环境污染。

5) 作业原则与注意事项

防治 原则：预防为主、关口前移；抓关键生育期集中统防；
病虫害兼治、一喷多效；
施肥原则：基肥打底、分期追肥、肥药协同；参数匹配靶标；
绿色减量、按需控量。

6) 关键注意事项

- 1、药剂 / 肥料：优先用莲藕登记、对鱼虾低毒的药剂与
水溶肥；禁用硫丹、毒死蜱等高毒高残留药剂及易结块肥料。
- 2、配药：二次稀释、精准称量、当日配当日用，加油类
助剂提升附着穿透。
- 3、作业环境：15-30℃ 最佳；风速> 3 m/s、雨天及降
雨前后 6 小时禁止作业，雨后间隔 2 小时待叶面水珠蒸发再补
防；避开每日 10:00-16:00 高温时段，优先清晨 / 傍晚 / 夜间。
- 4、安全防护：远离鱼塘、蜂箱、畜禽区，留 10-15 m 隔

- 离带；操作员全程戴口罩手套。
- 5、作业后：更换药剂 / 肥前彻底清洗药箱、管路、喷
头及撒施绞龙。
- 6、套养田：藕虾套养水体对农药敏感，严禁菊酯类、
有机磷类农药，严格执行额外安全规定。

7) 应用价值

- 在洪湖大沙区用户 1000 亩藕带莲基地实测中，无人机
作业在降本增效方面表现显著：
- 1、人工成本：人工 80 元 / 亩 → 无人机 29 元 / 亩，
年节省约 51000 元。
 - 2、施药效率：人工 20 亩 / 天 → 无人机 600 亩 / 天，
提升约 30 倍。
 - 3、施肥效率：人工 0.67 吨 / 天 → 无人机 20 吨 / 天，
提升约 30 倍

指标	传统模式	无人机模式	差值
农资成本（农药 + 肥料）	800 元 / 亩	800 元 / 亩	持平
人工成本（飞防代替人工喷洒）	1572 元 / 亩	1521 元 / 亩	↓ 51 元
亩均产量	1500 kg	1500 kg	持平
亩均净收益	628 元 / 亩	679 元 / 亩	↑ 51 元

通过综合测算，标杆农户自购 T100S（约 3.5 万元），首年即可收回设备成本并盈余（全年人工综合收益 5.1 万元）。在不
增加农资投入、不改变产量前提下，提升经营纯利水平，同时施肥打药效率提升约 30 倍，规模化效益显著。



(三) 水产养殖全流程方案

1. 河北北唐山盐田虾无人机全流程解决方案

唐山地处渤海南岸，海岸线总长 229.7 公里，全域地势北高南低，依托天然盐卤资源形成规模化盐田虾养殖产业，曹妃甸、滦南、海港开发区四大核心养殖片区集中布局。

区域盐田虾整体养殖面积 30-50 万亩，年产盐田虾 15-20 万吨，产量占全国同类产品 10% 以上，是国内北方规模最大盐田虾标准化养殖基地。当地已构建苗种繁育 — 盐田生态养殖 — 加工冷链 — 终端销售完整产业链，产业年产值突破 20 亿元，

直接带动上万农户就地就业，是沿海村镇稳固增收、长效防贫核心特色产业。

产业现存痛点：盐田养殖地块分散、地处沿海偏远滩涂，农机维修网点覆盖不足，设备故障后售后维保响应慢，人工投喂、水体消杀、物资转运劳动强度大，人工成本持续上涨，制约养殖户收益提升。

参数项	数值 / 说明
精养亩产	800-1000 斤
标准养殖周期	120 天 / 季，一年一茬低密度生态养殖
核心病害	白斑综合征、弧菌爆发
关键水质调控物料	过碳酸钠增氧颗粒、生石灰、水体消毒剂、蛭弧菌
人工综合开支占比	网具损耗 11%、苗种运输驯化 40%、水质检测 2.3%、人工投喂转运 2.8%，其余零散杂费
特殊天气管控标准	阴雨、低气压、虾蜕壳期投饵量减少 30%-50%

针对唐山盐田开阔水面、滩涂道路通行差、人工作业效率低的痛点，推出 T100S、T100 分层机型配套方案，覆盖水体消杀、底改增氧、饲料播撒、物资吊运全链条，作业效率为人工数倍至数十倍。

1) 病害防控与水体消杀作业

核心管控节点：放苗前清塘消毒、养殖周期弧菌常态化抑制、高温期抗应激处理、收获前休药期管控；

作业机型：T100S 大载荷喷洒平台；

标准化作业参数：飞行高度 6-8m，飞行速度 6m/s，标准行距 4-6m，药液 / 消毒颗粒全域均匀覆盖，无塘口漏喷死角；

操作要点：沿塘口轮廓规划自动航线，优先微风天气作业，高温午后避开强光时段喷洒。

2) 底改、饲料播撒作业

清塘预处理：每亩均匀撒施生石灰 20-30kg，杀灭底层有害菌、改良盐田底质，为放苗奠定基础；

日常投喂 & 增氧：定期播撒水产专用颗粒饲料、过碳酸钠增氧颗粒；T100S 大容量料箱适配大批量物料一次性装载，减少往返补给频次；

设备适配：更换水产专用大口径绞龙，粉料、颗粒料不堵塞，撒布均匀度 90% 以上。

3) 物资吊运运输

配套标准化吊运套件，完成虾苗袋、生石灰、增氧剂、捕捞工具、成品虾短途转运；滩涂泥路车辆难以直达塘口，无人机点对点空中转运，省去多次中转人工成本。

4) 投入成本与收益考量

大疆 T100S 整机采购价 4-5 万元，对中小型散户存在一次性投入压力；但规模化养殖基地通过投喂、消杀、转运一体化降本，综合增产、减人工收益可量化，1-2 个养殖季即可收回设备成本。

配套传统地面辅助设备：推土机、挖掘机（塘口修整）、抽水泵、地笼捕捞网、捕捞船、冷链运输车。

5) 应用价值分析

稳产增收：依托无人机精准投料、定时消杀、常态化底改，精养塘亩产稳定维持 800-1000 斤，相较传统人工粗放养殖产量大幅提升，农户经营性收入稳定增长，夯实沿海村镇防返贫产业基础；

病害绿色防控：定期播撒蛭弧菌、噬菌体生物制剂抑制弧菌，减少化学抗生素使用；暴雨、盐度突变等应激天气提前空中布防，大幅降低白斑病爆发概率，符合绿色水产养殖政策要求；

人工成本大幅缩减：人工投喂、消杀、转运全部替代，减少阴雨、高温下水作业，特殊天气自动减量投放，规避应激死虾损失；

采收提效：9 月中下旬水温低于 15℃完成集中捕捞，无人机提前转运捕捞工具、冷链包装物料，解决大面积盐田人工转运效率低下难题；

产业适配政策：契合中央一号文件智慧渔业、农机装备扶持相关部署，沿海规模化养殖合作社可申领农机购置补贴，降低养殖户购机门槛，推动特色水产数字化转型。



让农业更轻松，让生命更美好 | Better Growth, Better Life

2. 海参养殖全流程方案

辽宁是全国海参养殖规模第一大省，大连作为辽参核心主产区，坐拥瓦房店、普兰店、长海、庄河等九大核心养殖片区。2024年大连海参养殖总面积达 218 万亩，海参年产量近 8.2 万吨，占全国总产量 29%、辽宁总产量 73%，是国内纬度最高、冷水慢养、品质顶尖的辽参核心产区。当地已构建海参苗种繁育、海域 / 池塘养殖、捕捞加工、品牌销售一体化完整产业链，全产业链年产值突破 300 亿元，直接带动超 30 万群众就地就业，是辽东沿海乡村增收、长效防返贫支柱特色海洋产业。

产业整体布局呈现 “大连核心集聚、全省沿海辐射拓展” 格局，养殖产业从大连延伸至营口、锦州等渤海沿岸城市，养殖载体分为深海底播、近海网箱、沿海池塘 / 围堰三大主流模式。

传统养殖长期存在多重痛点：近海养殖海域分散、滩涂道路通达性差，人工船运投喂、消杀往返耗时久；高温季病害集中爆发，人工泼洒药剂覆盖不均；参苗、成品海参、饲料物资依靠渔船短途转运，人工 “海碰子” 下水作业安全风险高；人工管理用工成本逐年上涨，制约规模化基地扩产增效，亟需智能化空中作业装备补齐养殖机械化短板。

1) 三大主流养殖模式生长周期

- ①深海底播增殖：3 ~ 5 年，完全依靠海底天然藻类、微生物摄食，无人工饲料投喂，生长缓慢、品质最优；
- ②近海围堰养殖：2 ~ 3 年，依托自然潮汐补给饵料，少量补充底改物料，生长速度中等；
- ③沿海池塘养殖：1.5 ~ 2 年，浅水升温快、摄食周期长，适度人工补料；
- ④近海网箱高密度精养：1 ~ 2 年，精细化定时投喂饲料，生长速度最快。

2) 辽宁海参标准化采收周期

辽宁海参分三季采捕，适配不同海域水温条件：

- ①春参：4—6 月，水温回升，海参摄食活跃，长海、普兰店长海底播海域为主；
- ②秋参：9—12 月，全域池塘、围堰、浅海通用采收窗口；
- ③冬参：11—12 月，仅深水底播海域可采，浅池低温海参进入冬眠不宜捕捞。

3) 核心病害与诱发条件

病害名称	高发时段	发病症状	高发养殖载体
化皮病	1—3 月、7—8 月高温期	体表溃烂、排脏死亡	池塘、围堰
盾纤虫病	越冬前后低温阶段	体表寄生、溃烂损耗	池塘、近海网箱
应激吐肠症	7—9 月暴雨、海水低盐期	吐肠、免疫力暴跌	池塘、围堰
底质黑臭缺氧	夏季持续高温	水体硫化氢超标	浅水池塘

4) 全年标准化物料播撒频次参考

底改颗粒、益生菌、抗应激制剂、消毒药剂全年规划播撒次数：

常规底播海域：消毒 4 次、益生菌 4 次、底改颗粒 3 次；

近海围堰：消毒 4 次、益生菌 6 次、抗应激制剂 2 次；

沿海池塘：消毒 3 次、益生菌 3 次、底改颗粒 4 次；

近海网箱：消毒 2 次、益生菌 2 次、底改颗粒 3 次。

5) 不同模式年度运营成本差异

- ①深海底播：运营成本极低，仅人工采捕、海域管护费用，无饲料投入；

②近海围堰：成本偏低，潮汐天然饵料充足，仅定期投放底改、生物制剂；

③池塘养殖：成本中等，需采购饲料、益生菌，定期换水调盐；

④近海网箱精养：成本极高，饲料、网具更换、人工管护开支占比大。

6) 基础养殖前置作业要求

①底播海域：投放石块、混凝土人工礁，清理海底淤泥杂物；

②池塘围堰：养殖前排干积水，彻底清淤消毒；

③放苗标准：水温稳定 10℃以上投放参苗，投放密度 2—5 头 / m²。

7) 新疆农业无人机全流程应用方案

新疆农业针对辽参池塘、围堰、近海网箱、底播牧场多场景养殖需求，推出 T100S、T100、T70S、T70 分层机型配套全流程作业方案，覆盖水体消杀、底改益生菌播撒、饲料投喂、海上物资吊运四大核心环节，作业效率为人工船只、人工下水作业数倍至数十倍。

a. 病害防控与水体消毒喷洒：

针对化皮病、盾纤虫病两类高频病害制定空中消杀方案：

高温、低温病害高发窗口期，无人机低空全域快速喷洒水体消毒剂，飞行高度 3—6m，航线行距 5—8m，海面药剂覆盖均匀无死角；暴雨过后快速喷洒抗应激制剂，降低海参吐肠、大面积损耗风险；全程抢病害防治窗口期，相比人工船运泼洒，药剂均匀度提升 60% 以上。

b. 底改、饲料、益生菌智能播撒

适配水产专用大口径防堵绞龙，可投放颗粒饲料、过硫酸氢钾底改颗粒、蛭弧菌益生菌、抗应激盐类物料；高温底质恶化时段，均匀播撒增氧底改颗粒，改善水体硫化氢超标问题；池塘狭小水域、连片围堰可全自动航线循环投喂，大幅减少人工驾船往返频次。

c. 近海网箱精准投喂专项应用

近海网箱海域人工行船投喂距离远、风浪干扰大，无人机定点悬停向网箱上空投撒水产饲料；不受浅滩、礁石阻挡，大风天气仍可完成基础投喂作业，饲料落水精准，减少海水冲刷浪费。

d. 海上物资吊运运输

配套标准化重载吊运套件，适配近海、滩涂全场景转运：

①苗种运输：将打包参苗从岸边吊运至海上网箱投放点；

②农资转运：饲料、底改药剂、消毒物料空中直达养殖区；

③成品转运：捕捞后鲜参、加工物料从海域快速运回岸边冷库；

彻底解决近海道路缺失、渔船往返运输效率低、人工负重转运安全隐患等痛点。

8) 应用价值分析

无人机实现病害提前干预、水质常态化调控，化皮病、盾纤虫病发病率下降 50% 以上，暴雨应激死亡损耗大幅减少；不同养殖模式海参成活率稳定提升，基地亩产稳步增长，沿海养殖户经营性收入持续提高，依托标准化智慧海洋养殖稳固长效增收渠道。

替代传统人工船运投喂、人工泼药、潜水辅助转运等多道重体力工序，大幅削减船员、海碰子用工开支；底改、饲料、药剂精准定量投放，避免人工粗放撒施造成物料浪费，全年农资投入同步缩减。

依托变量精准播撒技术，按需投放益生菌、生物底改制剂，减少化学消毒剂整体使用量，契合水产绿色养殖、投入品减量政策；全程无人工下水频繁扰动海底生态，保护近海藻类与海域自然饵料体系，符合国家级海洋牧场生态管控标准。

浅滩淤泥池塘、礁石近海、连片网箱等船只难以抵达区域，无人机均可稳定作业；暴雨、高温等恶劣天气后可第一时间进场开展抗应激、改底作业，打破人工船只受海况、路况限制的作业瓶颈。

（四）海外全流程作业

1、牧草播种与植保喷施

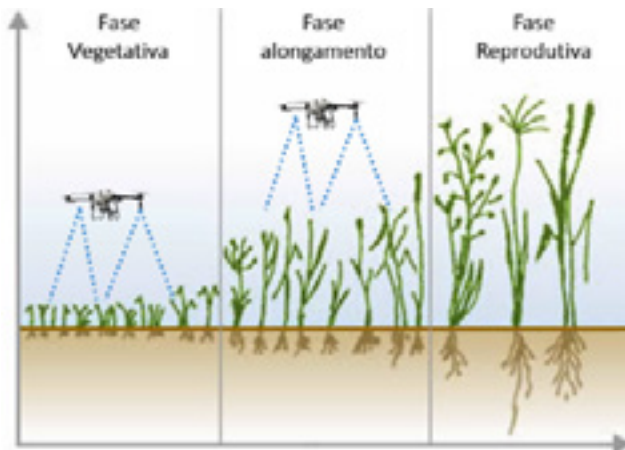
牧草、饲草作物是全球畜牧业根基，为牛、羊、山羊等反刍动物提供饲料，支撑肉、奶、羊毛产业发展。全球永久草场总面积约 33 亿公顷，占全球农业用地一半以上。巴西、澳大利亚、美国、阿根廷等国，标准化草场是农业生产、生态可持续发展的核心载体。臂形草、黍、狗牙根等饲草既可放牧，也可制作干草、青贮，同时在种养结合模式中作为覆盖作物改良土壤。

巴西拥有全球规模最大的商用牛群，存栏量超 2 亿头，绝大多数肉牛、奶牛饲养于人工草场，全国草场面积超 1.6 亿公顷，核心分布区为塞拉多草原（马托格罗索、戈亚斯、南马托格罗索州）、亚马逊边缘地带（帕拉、朗多尼亚州）、南里奥格兰德州潘帕斯草原。标准化草场可改良土壤、固碳减排，减轻原生植被开发压力。



但草场管理存在独特难点：杂草泛滥（臂形草混生后易恶性入侵）、沫蝉等虫害、真菌病害大幅降低饲草品质与载畜量。农业无人机并非完全替代地面机械、载人飞机，而是高效柔性配套设备，核心配套价值如下：

1. 杂草定点喷施：仅针对杂草丛生区域作业，除草剂用量最高减少 35%；
2. 雨后快速作业：田地泥泞拖拉机无法进场时，无人机可立即开展防治；
3. 生态敏感区精准作业：河道、山泉、原生植被保护区周边，无人机药液飘移量极低，无土壤板结；
4. 草场复耕撒种：无人机可直接在现有草场上播撒臂形草、黍类饲草种子，不破坏原有草层，播种均匀、作业高效；
5. 农机服务增收：中小型草场农户自用无人机之余，可为周边农户提供撒种、植保代打服务，缩短设备回本周期。



(1) 落地实践案例：帕拉州马拉巴镇 —— 无人机配套草场全流程管理

帕拉州东南部马拉巴镇地处亚马逊生态过渡带，一名种养农户经营 200 公顷人工草场，主力种植马兰杜 / 皮亚特臂形草，草场划分为 15~20 公顷单元分区轮牧；农场同步轮作大豆、玉米，草场作为经济作物间隙覆盖作物。2023 年前，农户依靠拖拉机喷杆喷雾机处理大片干燥地块，超连片草场偶尔租用载人植保飞机。两种设备均存在明显短板：降雨后草场泥泞，拖拉机数日内无法进场，车轮压实土壤，抑制饲草再生；载人飞机作业审批流程复杂（临近伊塔卡乌纳斯河流域自然保护区），药液极易飘移污染原生植被。

2023 年农户试点大疆 T50 无人机；2024 年扩充设备：T25P 负责小块地块、杂草定点精准喷施，T70P、T100 处理大面积草场。当前无人机 50% 工时用于自有草场管理，剩余 50% 对外承接周边农户植保、撒种代作业，设备回本周期仅 1.5 年。

农户强调：无人机不会完全替代地面喷雾机、载人飞机，而是差异化配套使用：土壤干燥平坦的大面积地块仍使用拖拉机；大规模应急统防统治选用载人飞机；无人机填补其余作业空白 —— 泥泞地块、不规则小块草场、生态保护区周边、杂草定点处理、草场播种作业。

无人机在草场管理中最核心应用为播种作业。农户依托 T70P、T100 撒肥系统播撒饲草种子，既可在整地后新建草场，也可直接在退化草场补播复壮。对比拖拉机播种、人工撒种，无人机播种优势显著：无土壤板结、坡地积水地块播种均匀、无需破坏原有草层即可精准补播。

(2) 种子选配与预处理

1. 适用品种：主力选用马兰杜 / 皮亚特臂形草、鲁兹臂形草，搭配黍类快速覆盖；种子分裸种、包膜种两类，包膜提升下料流畅度；



2. 拌种处理：为避免撒肥仓堵塞，农户会将种子混合少量干沙 / 颗粒肥（体积占比 10%~20%），保障撒播均匀；杀菌、杀虫包膜种子可直接适配无人机计量下料系统；

3. 储存管理：种子存放阴凉干燥处，装填前过筛去除碎荚、大杂质，防止下料口堵塞。

(3) 草场播种无人机撒肥系统参数配置

T70P、T100 撒肥仓最大载量 100 公斤，最大下料流速 400 公斤 / 分钟；细小饲草种子更换小号下料闸门（适配 0.5~4 毫米颗粒物料），转盘转速根据目标播幅、下种密度调整。

草场播种核心设置：

1. 转盘转速：1100~1300 转 / 分钟；转速越高播幅越宽，但易损伤娇嫩种子；臂形草统一设置 1200 转 / 分；
2. 下料闸门开度：细小种子开启 10%~15%，根据校准试验微调；
3. 离地作业高度：7~10 米，播幅可达 8~12 米（受风、转盘转速影响）；
4. 飞行速度：24~36 千米 / 小时；小块地块低速提升精度，开阔大片地块提速增效；
5. 航线间距（播幅重叠）：10 米，重叠 50%~60% 杜绝漏播；
6. 单位播种量：纯臂形草种子 15~20 公斤 / 公顷；种子混肥后 10~15 公斤 / 公顷。



(4) 播种前校准试飞流程

每次播种作业前，农户完成三步校准：

1. 静态台架测试：无人机静止，撒肥机运转 30 秒，收集物料称重，调整闸门开度至目标下料速率；
2. 田间条带试飞：裸地 / 防水布上单趟飞行 50~100 米，选取多处 1 平方米样方收集种子，验证播种均匀度与单位下种量；
3. 参数微调：根据试飞结果调整飞行高度、转盘转速、航线间距。

(5) 标准化播种作业流程

1. 地块预处理：新建草场浅旋耕打造疏松种床；退化草场补播前重度放牧或割草，降低原有牧草竞争；
2. 测绘航线规划：RTK 测绘地块边界，地块内树木、石块、饮水槽等障碍物在软件标注；生态敏感区预留 5~10 米安全隔离带；
3. 装填种子：撒肥仓装填校准配比种子混合物，无人机停放平整地面后再安装电池，防止粉尘进入供电接口；
4. 全自动播种：无人机沿规划航线自主飞行，地头自动转向；仅在目标地块下料，边界自动停料减少浪费；
5. 播后管护：新建草场条件允许可轻滚镇压覆土；补播草场 4~6 周内暂停放牧，保障幼苗扎根。飞结果调整飞行高度、

转盘转速、航线间距。

(6) 无人机播种作业效率

T100 播种作业效率 30~40 公顷 / 小时(含往返加种时间)；200 公顷草场全程播种仅需 5~7 小时，远快于拖拉机撒种，且全程无土壤板结。雨后土壤墒情最佳、利于种子发芽时，无人机可立刻进场，地面设备无法比拟。

(7) 草场植保喷施（除草、病虫害防治）

除播种外，农户全年依靠无人机完成草场各类药剂喷施：

1. 苗前、苗后杂草管控：T70P/T100 喷施 1~2 次除草剂；依托田间巡查、M3M 多光谱测绘识别杂草斑块，仅病草区定点喷施，除草剂用量较全覆盖节省 35%；
 2. 生长期饲草养护：喷施 1~2 次杀菌剂（防治锈病等叶部病害）、杀虫剂（主打沫蝉防控）、叶面肥；15~20 公顷小块草场优先选用灵活 T25P，大面积连片草场使用 T70P/T100。
- T70P、T100 均搭载 RTK 厘米级导航、地形跟随雷达、双离心雾化喷头；河道保护区周边喷施除草剂时，选用 300~350 微米大粒径雾滴、降低飞行速度，最大限度减少药液飘移。



草场场景 T25P/T70P/T100 作业参数表

作业类型 / 机型	施药量（喷施， 升 / 公顷） / 播种 量（撒肥， 公斤 / 公顷）	雾滴粒径（微米） / 撒肥转盘转速	飞行速度 （千米 / 小时）	航线间距（米）	作物上方作业 高度（米）	7 小时单日作 业面积（公顷）
T25P 除草剂（定 点 / 全覆盖）	8~10 升 / 公顷	180~250	23~36	4~5	3.2~4.0	70~80
T25P 杀虫 / 杀菌 / 叶面肥	8~10 升 / 公顷	180~250	23~36	4~5	3.2~4.0	70~80
T70P 除草剂	10~15 升 / 公顷	180~250	36~50	9~11	4~6	240
T70P 杀虫 / 杀菌 / 叶面肥	10~15 升 / 公顷	180~250	50~72	11~13	4~6	260
T100 除草 / 杀虫 / 杀菌剂	10~15 升 / 公顷	180~250	50~72	11~13	4~6	280
T100 草场播种 （撒肥模式）	15~20 公斤 / 公顷	小号下料口 （0.5~4 毫米）， 1100~1300 转 / 分	24~36	10	7~10	播种效率 30~40 公顷 / 小时



所有喷施作业依托 RTK 全自动运行；大风天气喷施除草剂建议选用大粒径雾滴、降低飞行速度。T100 撒肥仓最大载量 100 公斤、下料流速快，适配大面积草场播种。

（8）实地观测额外收益

1. 生态合规：伊塔卡乌纳斯河、原生保护区周边作业无需复杂载人飞机审批，药液飘移事故几乎清零，保护原生植被；
2. 土壤健康：无车轮碾压，土壤渗水能力提升、水土流失减少，牧草根系发育更好，草场可持续利用年限延长；
3. 虫害应急处置：沫蝉爆发数周内即可摧毁整片草场，无人机发现虫害后数小时内完成喷施，保住饲草产量；
4. 农机服务增收：大豆、玉米大田作业旺季周边农户用工紧张，草场农户承接谷物地撒种、植保代作业，增加副业收入，大幅提升无人机投资回报率。

（9）小结：无人机是巴西草场管理不可或缺的配套设备

草场是巴西肉牛、奶业产业根基，高效、可持续草场管理需要多类设备协同作业：地面喷雾机、载人植保飞机、无人机

各有适用场景。无人机的核心优势集中在地面设备短板场景：泥泞地块、小型不规则草场、生态敏感区、杂草定点治理、种子撒播。无人机不会取代拖拉机、载人飞机，而是填补时效、精度、环保合规层面的作业空白。

帕拉州马拉巴镇案例证明：200 公顷草场农户通过自用 + 对外代作业模式，无人机 1.5 年即可回本；T25P 适配小块草场、T70P 适配中等地块、T100 主打大载荷喷施播种，无人机现已成为巴西现代化草场管理标配设备。

2、柑橘果园全流程管理（日本案例）

柑橘是全球种植范围最广的果树作物，全球年产量超 1.5 亿吨。橙子、蜜柑、柠檬、西柚等鲜果可直接食用，也用于果汁加工、食品工业。全球主产国为巴西、中国、美国、墨西哥、西班牙。柑橘果园多选址坡地，排水、光照条件优越，但机械化作业难度极大；传统人工打药、施肥人工成本高、作业效率低，年轻务农劳动力持续流失。

(1) 日本柑橘产业发展困境

日本柑橘种植历史悠久，爱媛县、广岛县、和歌山县、四国岛为主产区，爱媛县温州蜜柑享誉全球。但日本柑橘行业面临严峻危机：2015~2020 年全国柑橘种植面积缩减 27.4%，种植农户数量下降 47.6%；现有农户中 74% 年龄超 65 岁，较 2015 年上涨 4 个百分点。劳动力短缺导致大量果园撂荒、管护粗放；绝大多数柑橘园坐落陡坡，喷杆拖拉机无法通行；传统背负式、小型机动喷雾器笨重、作业缓慢，高龄农户操作风险极高。农业无人机成为实用配套方案，坡地喷施、施肥、果品转运全程无人安全隐患。

标准柑橘果园全年需开展 15~24 次田间作业：杀虫 8~10 次、杀菌 7~8 次、追肥 2~3 次，无人机可全自动完成全部工序，陡坡地形也可稳定作业。额外核心优势：

1. 大容量喷施：T70P 大载荷机型可采用低稀释浓度农药，单位面积施药量 100~500 升，可直接适配常规农药（无需专用无人机药剂）；
2. 果树定点精准喷施：果园专属作业模式，提前测绘果树坐标，单株定向施药，农药用量减少 50%~70%；
3. 颗粒肥撒施：无人机每公顷撒施颗粒肥 100~200 公斤，彻底解决山地果园机械化追肥空白；
4. 物资果品转运：同款无人机最大可吊装 70 公斤果品、农资，替代果园单轨运输机、人工挑运；陡坡采收果品下山、肥料上山效率大幅提升；
5. 应急快速防治：发现病虫害后数小时内完成喷施，人工地面作业需耗时数日。

(2) 落地实践案例：爱媛县宇和岛市陡坡蜜柑果园全面无人机改造

草场是巴西肉牛、奶业产业根基，高效、可持续草场管理



需爱媛县宇和岛市一处 2 公顷温州蜜柑果园，坐落坡度超 20 度山坡。农户此前全程依靠机动卷管喷雾机开展农药喷施：每 0.2 公顷地块单次喷施需徒步攀爬 2.5~3 小时，背负重型设备；肥料人工撒施，效率低、施肥不均、陡坡作业风险高；采收果品依靠人力挑运或小型单轨运输机，设备安装、维护成本高昂。

2022 年农户引入大疆测绘无人机，依托大疆智图软件规划果园航线；2024 年全国更换大疆 T70P（升级前代机型）。T70P 搭载 70 升药箱、80 公斤颗粒肥仓，完美适配该果园规模与山地地形。当前无人机包揽全园喷施、施肥、果品转运，彻底淘汰人工、机动喷雾设备。

(3) 全年无人机标准化作业方案（温州蜜柑）

1. 休眠期（2~3 月）：喷施休眠矿物油杀虫剂、铜制剂杀菌剂；T70P 单位施药量 150 升 / 公顷，80~120 微米细雾滴，覆盖树皮缝隙；
2. 萌芽至花期（4~5 月）：2~3 次蚜虫、潜叶蛾杀虫剂，疮痂病、黑点病杀菌剂；开启果园模式，单株果树悬停 5~8 秒，单株给药 200~300 毫升，单位施药量约 200 升 / 公顷；



3. 坐果至幼果膨大期（6~7月）：木虱、吸果夜蛾杀虫剂，溃疡病、脂点黄斑病杀菌剂 2~3 次；T70P 飞行速度 6~8 千米 / 小时，雾滴粒径 100~150 微米，冠层上方 4~5 米作业；

4. 生长中期（8~9 月）：红蜘蛛、粉蚧核心防治期，喷施 2~3 次杀虫剂；同步第一次缓释颗粒肥追肥，无人机每公顷撒施 150 公斤氮磷钾复合肥，飞行速度 15 千米 / 小时，航线间距 7.5 米，离地 3 米作业；

5. 采收前（10~11 月）：最后一遍杀菌剂（预防储藏期腐烂），按需二次追肥；无人机搭配吊装挂钩单次转运 70 公斤网袋果品，从山坡果园直达山脚收集点，替代单轨运输、人工挑运；

6. 采收后（12 月）：休眠期铜制剂清园，按需第三次追肥。

农户全年开展 18~20 趟无人机作业：杀虫 9 趟、杀菌 7 趟、施肥 2 趟，外加果品转运飞行；全部作业依托多光谱测绘生成果园预规划航线全自动运行。

（4）两年完整作业周期实测对比

日本柑橘产业受农户老龄化、山地地形制约持续萎缩，植保无人机提供全流程解决方案：喷施、施肥、果品转运一体化。大疆 T70P 配备 70 升药箱、80 公斤颗粒肥仓，适配蜜柑全年 15~24 次田间管护需求。爱媛县实地案例证明：2 公顷陡坡果

园单台无人机即可完成全部管护，人工工时减少 93%、农药用量下降、省去高价单轨运输机投入、产量同步提升。对于地中海、美国加州等同类山地柑橘产区，无人机技术是可持续种植的可行路径。





3、印尼油棕园全周期管理

油棕是全球单位产油效率最高的油料作物，每公顷油棕年产量是大豆、油菜、向日葵的 4~10 倍。2024 年全球棕榈油总产量突破 8000 万吨，应用覆盖食用油、食品加工、生物燃料、化妆品、工业润滑油。油棕是热带国家核心经济作物，印尼、马来西亚两国棕榈油供应量占全球 80% 以上，带动数百万小农户、种植园务工人员就业；可持续标准化种植模式下，油棕土地利用率优势显著。

(1) 印尼油棕产业国家战略地位

印尼是全球第一大棕榈油生产国，油棕种植面积超 1500 万公顷，产业为国家创造大量出口外汇、带动乡村就业、推动区域经济发展。核心产区为廖内、北苏门答腊、中加里曼丹、西加里曼丹。但油棕种植长期存在痛点：人工撒肥、病虫害防治用工缺口大；坡地、湿地地形作业难度高；大面积分散地块需精准、及时开展田间药剂与肥料施用。传统作业模式依靠人工背负喷雾器、手提肥料桶，效率低下、施肥施药均匀度差，年轻劳动力招工困难；载人植保飞机使用成本高，居民区、天然林地周边药液飘移风险大。农业无人机成为配套解决方案，兼顾作业精度、效率与实时园区数据监测。

(2) 无人机覆盖油棕全生长周期作业价值

无人机并非单一功能设备，可贯穿油棕数十年完整生命周期：整地备耕、幼苗期、未成龄期、25~30 年成龄挂果期均可投入使用，核心功能如下：

1. 除草剂喷施：定植前、成龄棕榈树行间精准喷施灭生性除草剂，避免药液飘移损伤目标植被；
2. 杀虫杀菌剂喷施：幼苗、未成龄棕榈树防护，防治犀金龟、

真菌病害；

3. 颗粒肥撒施：成龄油棕每年需定期追肥 3~4 次；无人机可大面积均匀广播施肥，或单株定点精准施肥，每棵棕榈树根部定量投放 1.5~2 公斤肥料，肥料利用率最高；

4. 移栽、未成龄期生长调节剂、农药喷施：喷施生长激素、靶向杀虫剂；

5. 实时园区监测：无人机作业数据同步至大疆智慧农场、AGMS 管理平台，管理人员可实时查看肥料消耗量、作业覆盖面积、单机作业产能。

无人机彻底解决用工荒：单台 T100 每日连续广播撒肥 5~6 吨，定点单株施肥每日 3~4 吨；人工单日仅能撒肥 0.5~1 吨；泥泞、坡地、湿软地块人工、车辆无法通行，无人机可全天候作业。



二、吊运案例

（一）安徽黄山无人机吊运全流程应用解决方案

1. 产业背景

黄山市地处皖南山区，地形以山地丘陵为主，是全国知名的旅游城市和重要的农林产区。受益于独特的地理条件与丰富的林业资源，黄山市已成为皖南地区无人机吊运应用最为活跃的区域之一，低空经济发展势头强劲，吊运场景在其中占据突出地位。皖南山区毛竹资源储量丰富，集中分布于黄山周边山地，然而山区地形陡峭、道路通达性差，传统的人工挑运和车辆转运方式长期面临效率低下、安全隐患突出、运营成本居高不下等痛点。黄山风景区日常维护、林业疫木除治、茶园物资运输等场景对无人机吊运存在强烈的刚性需求，市场基础扎实，应用前景清晰。

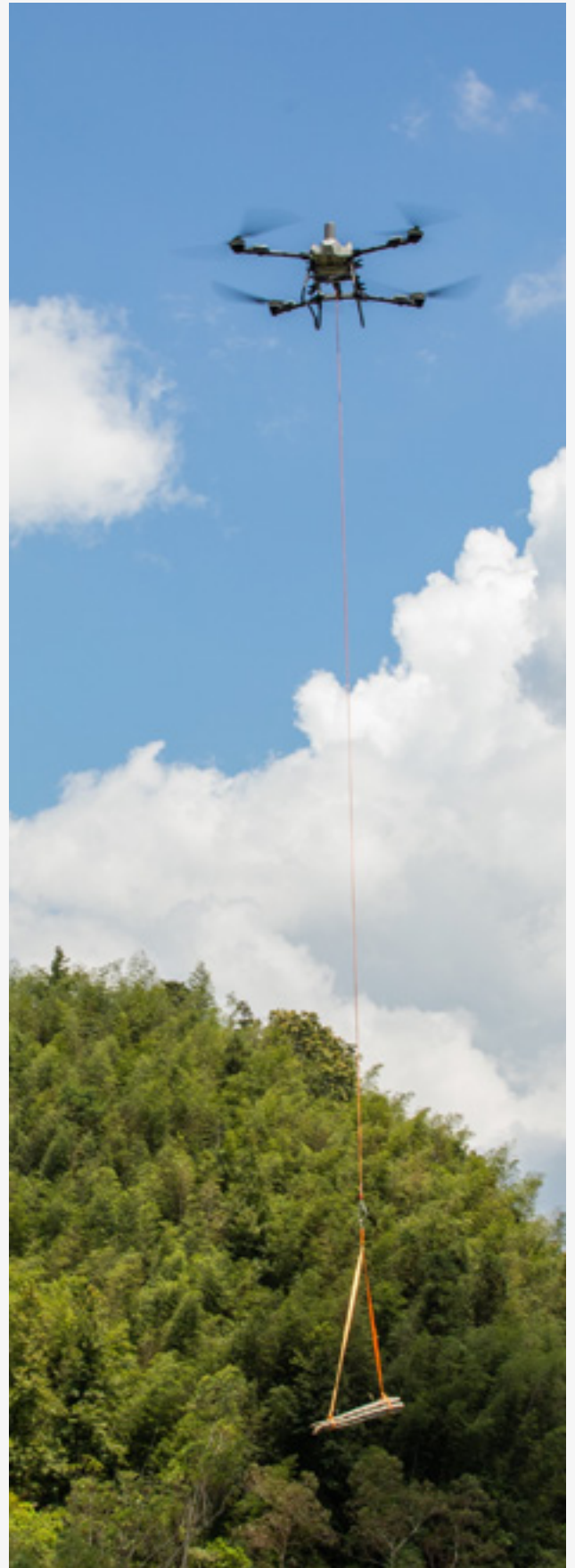
2. 无人机吊运市场分析

随着低空经济政策红利持续释放，无人机吊运市场正从早期探索迈向规模化落地阶段，在林业、建筑、电力等多个场景中呈现出强劲的替代需求。尤其在皖南山地林区，毛竹运输、疫木清除等作业场景对无人机吊运的依赖程度逐年加深，市场接受度快速提升，设备保有量持续扩张，区域示范效应已开始向周边辐射蔓延。安徽省凭借丰富的山地林业资源与积极的政策导向，已成为全国无人机吊运应用最为活跃的省份之一，黄山市更是形成了具有代表性的规模化作业生态，市场潜力仍处于加速释放阶段，未来成长空间十分广阔。

3. 无人机吊运解决方案

农业无人机在山区吊运作业中展现出卓越的地形适应能力与作业效率，为传统农林运输模式提供了可靠的替代方案。

农林牧渔吊运作业是无人机吊运最核心、最成熟的应用场景。在林业领域，毛竹、木材等林产品的下山运输长期依赖人工肩挑背扛，劳动强度大、效率极低，无人机吊运可实现复杂山地地形下的高效转运，显著降低作业成本与安全风险。在农业领域，茶叶等高山农产品的采摘季运输历来是制约生产效率的瓶颈，无人机吊运能够精准到达传统车辆无法抵达的茶园作业区，有效解决“最后一公里”难题。在林业病害防治领域，疫木的快速清运对于阻断病害蔓延至关重要，无人机吊运可在不破坏林区生态环境的前提下实现高效作业。此外，山区农业生产所需的化肥、农资等物资的上山配送，同样是无人机吊运的重要应用方向，整体作业场景覆盖广泛，刚性需求突出，商业化落地条件成熟。



4. 吊运作业时序安排

皖南山区全年吊运需求呈现明显季节性特征。春季 3-5 月为茶叶采摘需求高峰，无人机吊运运力缺口高达 30%-50%；夏季 6-8 月为竹材采伐和疫木除治集中期；秋季 9-11 月为竹材采伐峰值期；冬季则主要进行茶园清园和疫木清理。职业飞手每年可吊运作业约 2000 吨（按作业 7-9 个月计算），全年可覆盖各时段作业需求。

5. 应用价值

无人机吊运方案的推广实施，为皖南山区带来了显著的经

济效益和社会效益。一是大幅降低运输成本，无人机吊运综合成本约为人工的 30%-50%；二是彻底突破山区地形限制，实现了“点对点”直达运输；三是大幅提升作业安全性，避免工人在陡坡负重行走的安全风险；四是有效缓解农忙季节“用工难”问题，为山区农林产业发展注入新动力。

随着低空经济快速发展和技术持续进步，无人机吊运将成为山区物资运输主流方式，推动农林产业向智能化、高效化方向全面升级。

（二）海南三亚芒果吊运无人机应用解决方案

1. 产业背景

海南是我国重要热带水果产区，芒果种植面积约 103 万亩，年产量约 90 万吨，居全国第三。三亚、乐东、东方、昌江等六市县是芒果核心产区，其中三亚芒果面积占全省 37.46%，产量超 50%。主要品种包括台农 1 号（小台芒）、金煌芒、贵妃芒等，产品远销全国及海外市场。

海南芒果种植区以丘陵坡地为主，全省 103 万亩芒果种植地块中，约 65% 的果园位于坡度大于 15° 的坡地。传统采收运输方式主要依靠人工肩挑背扛，面临成本高昂、效率低下、安全风险大等突出问题。传统人工成本约 200-220 元 / 人 / 天，人工单趟往返需 20-30 分钟，日均运力不足 2 吨。陡坡区域人工作业极度危险，甚至无法开展。

2. 无人机吊运方案

大疆 T70 农业无人机在芒果吊运中展现出卓越性能。芒果采收期集中在 11 月至次年 6 月，占全年作业量 80% 以上。旺季期间，无人机可实现单机日均吊运 8-12 吨，效率是人工数十倍。

1) 作业参数

适用机型	大疆 T70 / T100 农业无人机
吊运载重	30-80kg / 架次（根据海拔和地形调整）
日吊运量	8-15 吨 / 台 / 天
作业高度	15-30 米（根据地形自动调整）
飞行速度	8-12 米 / 秒（空载） / 5-8 米 / 秒（满载）
吊运模式	智能装卸点 + 自动返航
适用地形	无限制（<15° 缓坡至 ≥ 25° 陡坡全覆盖）
作业人员	1 名飞手 + 1 名及以上地勤

2) 全年吊运时序

海南芒果全年作业约 240 天，呈现明显双高峰特征。11 月至次年 6 月为采收高峰期，占全年 80% 以上作业量，单日吊运需求高峰可达 15-20 吨 / 团队。7-10 月为低峰期，主要进行农资、肥料、基建物料上山运输。全年无绝对空档期，业务节奏清晰互补。

3. 经济效益对比

无人机吊运方案在海南芒果产区的应用，彻底改变传统采收运输方式。在 15° -25° 中坡地区，无人机大幅提升作业效率，降低人力成本；在 ≥ 25° 陡坡地区，无人机更是完成作业的唯一可行方案。据测算，采用无人机吊运后，芒果采收运输综合成本降低 50%-70%，损耗率从 15%-25% 降至 5% 以下，有效保障果农经济收益。

对比维度	传统人工	无人机吊运
日均运力	<2 吨 / 人	8-15 吨 / 台
单趟时间	20-30 分钟	3-5 分钟
综合成本	200-220 元 / 人 / 天	降低 50%-70%
安全性	工伤风险高	人员远离危险区域

(三) 福建南平建瓯毛竹吊运无人机解决方案

1. 产业背景

福建省南平市建瓯地区是我国重要毛竹产区，竹林面积广阔，毛竹产业是当地农民增收致富的支柱产业。然而，毛竹采伐后的运输问题长期困扰竹农。建瓯地处闽北山区，地形以山地丘陵为主，竹山道路坡度大、路况差，传统人工扛运和车辆转运方式效率极低。

在传统运输模式下，人工背竹单趟往返需 1-2 小时，日均运力不足 2 吨；采用三轮车转运又受限于道路条件，无法直达深山林地，需要二次中转；溜槽放竹虽然效率相对较高，但竹材磕碰损耗率达 15%-25%，且严重破坏地表植被。面对这些难题，无人机吊运技术为毛竹运输提供全新解决方案。

2. 无人机吊运方案

大疆 T70/T100 等农业无人机在毛竹吊运中发挥重要作用。通过配备专用吊运套件，无人机可实现从竹山采伐点到山脚集材点的 "点对点" 直达运输，完全不受地形限制，单次吊运 30-80kg，日吊运量可达 10-15 吨，效率是人工的 10-15 倍。

1) 作业参数

适用机型	大疆 T70 / T100S / T100 农业无人机
吊运载重	30-80kg / 架次
日吊运量	10-15 吨 / 台
吊运模式	智能装卸 + 自动返航 + 轨迹复演
适用坡度	无限制 (≤ 15° 平坡至 ≥ 25° 陡坡全覆盖)
消摆功能	自动消摆，减少竹材晃动，降低损耗

2) 标准作业流程

无人机毛竹吊运采用全流程标准化操作，分为上货→飞行→卸货三个步骤。第一步，地勤人员在林间采收点整理竹材，捋顺吊绳，确认安全后发出起飞指令；第二步，飞手操控无人机沿预设航线飞行，利用轨迹复演功能实现两点间重复往返自动飞行，配合消摆功能确保竹材平稳运输；第三步，无人机抵达卸货区后缓慢下降，货物触地后飞手将无人机移至悬停位置，地勤确认安全后上前解绳取货。

安全方面，严禁超载吊运、恶劣天气强行作业、飞跃人群和村庄、人员拉扯吊绳、带病设备作业及单人无配合作业，确保全流程安全可控。

3. 应用效益

无人机毛竹吊运方案在福建建瓯推广应用，带来显著经济和社会效益：一是运输成本大幅降低，综合成本仅为传统人工的 30%-50%；二是竹材损耗率从 15%-25% 降至 3% 以下，有效减少物料损失；三是作业效率提升 10-15 倍，日吊运量达 10-15 吨；四是彻底消除工人在陡坡负重行走的安全风险，有效保障作业人员人身安全。无人机吊运已成为闽北山区毛竹运输不可替代的重要方式。



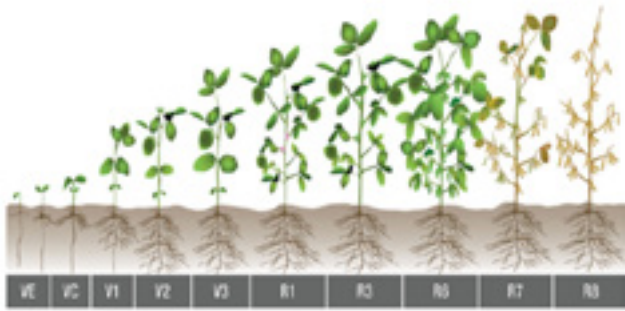
三、海外市场特色作业场景

(一) 大豆

(1) 大豆的全球产业地位

大豆是全球核心大宗农产品之一。原产于东亚，如今支撑着全球粮食安全、畜禽饲料生产与生物燃料产业。2024 年全球大豆总产量突破 3.9 亿吨，按产量计位列全球第四大农作物。大豆富含蛋白质，广泛用于畜禽与水产养殖；豆油可食用也可工业加工，极强的通用性使其成为各国战略性农作物。

全球大豆主产国包括美国（中西部产区）、巴西、阿根廷、中国、印度。其中巴西已跃居全球第一大大豆出口国，占据全球近半数大豆贸易份额。



(2) 巴西大豆：国家经济支柱

在巴西，大豆早已超越普通农作物范畴，成为国民经济增长引擎。2024/25 种植季，巴西大豆种植面积超 4500 万公顷，预估产量 1.6 亿吨。核心产区为马托格罗索州、巴拉那州、南里奥格兰德州、戈亚斯州、南马托格罗索州。大豆每年创造数十亿美元出口收入，带动数百万就业岗位，同时推动农业科技



革新。

但巴西豆农面临多重严峻难题：热带虫害（椿象、毛虫）、亚洲大豆锈病、降雨无规律、运营成本居高不下。传统拖拉机喷施还会造成植株碾压损耗（当地称 amassamento），巴西农牧业研究院（EMBRAPA）数据显示，该问题会造成 4%~7% 的产量减产。以上痛点倒逼行业寻求更智能、灵活的作业方案。

农业无人机彻底革新大豆种植管理。相较于拖拉机与载人植保飞机，无人机低空作业不接触作物，彻底杜绝碾压减产；雨后田地泥泞、重型机械无法进场时，无人机可在数小时内开展喷施作业。同时无人机落地精准农业模式：依托杂草分布图实现变量施药，减少农药用量；螺旋桨下洗气流可将药液雾滴输送至作物冠层深处，提升防效。

大疆 T70P、T100 等现代化植保无人机核心优势：

1. 零作物损伤：无车轮碾压、无植株折断；
2. 作业时效强：降雨结束 1~2 小时即可喷施，抓住病虫害防治黄金窗口期；
3. 省水：每公顷仅需药液 10~20 升，拖拉机喷施需 400~500 升；
4. 省人工：1~2 名操作人员单日可作业数百公顷；
5. 人员安全：农户无需直接接触农药；
6. 精准作业：RTK 厘米级导航、定点除草，除草剂用量最高节省 35%。

(3) 落地实践案例：南里奥格兰德州凯萨拉镇 —— 拖拉机全面替换无人机

南里奥格兰德州西北部凯萨拉镇一名大豆种植户，经营 17 公顷大豆农场。多年来依靠牵引式拖拉机喷雾机作业，效率低、成本高、作物损伤严重。每次降雨后，农户需等待 1~2 天土壤干透才能下地，极易错过防治亚洲锈病的最佳施药期；拖拉机车轮碾压约 5% 植株，直接造成经济损失。

2024/25 种植季，农户完成设备升级：采购大疆 T70P 用于除草剂、干燥剂精准喷施；大疆 T100 负责杀菌剂、杀虫剂大面积统防统治，最终作业效果远超预期。

(4) 改用无人机前的痛点

1. 植株碾压损耗：减产 5%，折合每公顷减产 180 公斤；
2. 雨后作业延迟：等待 1~2 天，锈病大面积爆发，最高减产 20%；
3. 耗水量大：每公顷 400~500 升药液，物流成本高；
4. 人工成本高：单次作业需 2~5 人，人员直接接触农药；
5. 地形限制：坡地、积水地块药液喷施不均匀。

农户按照巴西农牧业研究院推荐的大豆生育周期，制定全年无人机喷施方案：

1. 营养生长期（V1~V3 期）：T70P 喷施 1 次除草剂；
2. V4 至初英期 R1（开花、幼荚形成阶段）：T70P 精准喷施 2~3 次杀虫、杀菌、叶面肥混合药液；
3. 生殖生长期 R1~R3：切换大载荷 T100 喷施 1~2 次杀虫杀菌剂，提升作业效率；
4. 鼓粒期 R4~R6：T100 喷施 1~2 遍杀菌剂；
5. 收获前：视需求使用 T70P 喷施一遍干燥剂。

两款无人机均搭载 RTK 厘米级导航、地形跟随雷达、双离心雾化喷头。

表 1 大豆种植场景 T70P、T100 作业参数

作业模式 / 机型	单位面积施药量 (升 / 公顷)	雾滴粒径(微米)	飞行速度 (千米 / 小时)	航线间距 (米)	作物上方作业 高度 (米)	7 小时单日作业 面积 (公顷)
T70P 除草剂 / 干燥剂	15~20	300~450	22~26	6.5~7.5	3.0~3.5	240
T70P 杀虫 / 杀菌剂	10~12	100~250	24~28	8~9	3.0~3.5	260
T100 杀虫 / 杀菌剂	10~15	200~350	26~32	9~10	3.2~3.8	280
T100 收获前干 燥剂	12~18	100~300	24~30	8~9	3.5~4.0	270

* 全部作业依托 RTK 全自动运行；T100 药箱容积 70 升、撒肥载量 80 公斤，减少往返加药频次。



2024/25 收获季，农户对比无人机作业地块与往年拖拉机作业地块，收益提升效果显著。

(5) 投入产出对比

在巴西，大豆早已超越普通农作物范畴，成为国民经济增长引擎。2024/25 种植季，巴西大豆种植面积超 4500 万公顷，预估产量 1.6 亿吨。核心产区为马托格罗索州、巴拉那州、南里奥格兰德州、戈亚斯州、南马托格罗索州。大豆每年创造数十亿美元出口收入，带动数百万就业岗位，同时推动农业科技革新。

成本 / 收益项目	拖拉机喷雾机	T70P+T100 无人机	节约 / 增收幅度
燃油 / 电力成本	高（柴油）	极低（电动）	燃油成本降低约 93%
耗水量	400~500 升 / 公顷	12 升 / 公顷	节水 97%
单日人工成本	250 雷亚尔（2~5 人）	80 雷亚尔（1~2 人）	人工成本下降 68%
农机维护成本	40 雷亚尔 / 公顷	6 雷亚尔 / 公顷	维护费降低 85%
除草剂用量	全覆盖喷施（基准 100%）	定点喷施（65%）	除草剂节省 35%
碾压造成减产	5%（180 公斤 / 公顷）	0%	每公顷增产 180 公斤（折合 3 袋）
规避减产新增收益	—	360 雷亚尔 / 公顷	每公顷增收 360 雷亚尔
综合运营成本降幅	基准值	降低约 40%	每公顷节约 210 雷亚尔

* 大豆收购价按 120 雷亚尔 / 60 公斤袋计算，数据来源：巴西农牧业研究院、农场实地记录。

(6) 表格外额外收益

- 1. 作业时效：降雨结束 2 小时内即可喷施；拖拉机需等待 1~2 天，该农户依靠无人机成功规避周边农场大规模爆发的亚洲锈病；
- 2. 人员安全：农户彻底杜绝农药直接接触，无需人工配药、徒步进入施药田块；
- 3. 环保效益：无土壤板结、无柴油泄漏；17 公顷农场全种植季碳排放量减少约 2.4 吨二氧化碳。

大豆是巴西农业产业的核心命脉，植保无人机已成为现代化可持续种植的最优配套设备。大疆 T70P、T100 兼具超高精准度、作业效率与操作安全性，彻底解决长期存在的作物碾压难题，大幅节水减药，让农户抓住最佳防治窗口期，不再被动等待土壤干燥。

仍在使用拖拉机喷雾设备的大豆种植户，无人机变革已然到来，且能创造可观经济效益。凯萨拉镇实地案例充分证明，普及无人机并非简单设备升级，而是保障种植竞争力的刚需。

(二) 甘蔗

甘蔗是全球核心经济作物之一，全球约 80% 食糖产自甘蔗，同时也是生产生物乙醇的核心原料，该可再生燃料可大幅降低温室气体排放。2024 年全球甘蔗总产量突破 19 亿吨，主产国为巴西、印度、中国、泰国、巴基斯坦。甘蔗附加产业链覆盖糖蜜、朗姆酒、蔗渣（发电、造纸）、生物塑料等。对众多热带国家而言，甘蔗不仅保障食品与能源供给，更是乡村就业、工业发展的支柱产业。

巴西是全球甘蔗第一大生产国与出口国。2024/25 种植季，巴西甘蔗种植面积约 850 万公顷，总产量超 7 亿吨，核心产区为中南部与东北部。甘蔗产业链体系完善，配套糖厂、乙醇蒸馏厂、热电联产项目；巴西大量灵活燃料汽车以含水乙醇为燃料，甘蔗因此成为国家能源安全的核心支撑。

但甘蔗种植行业痛点突出：甘蔗为多年生作物，宿根可连续多年采收，每年收割 1~2 次；传统拖拉机喷施极易造成蔗秆碾压、土

壤板结，雨后作业大幅延后；甘蔗螟虫、甘蔗橙锈病、黑穗病等病虫害必须及时喷施杀菌、杀虫剂；甘蔗植株高大、冠层茂密，地面设备难以实现药液均匀附着。

农业无人机重构甘蔗田间管理模式。相较于拖拉机、自走式喷杆喷雾机，无人机上空作业，零植株碾压、零土壤板结；雨后田地泥泞重型机械无法进场时，无人机可立即作业；无人机螺旋桨下洗气流可将药液送入茂密蔗丛内部，提升病虫害防控效果；同时依托多光谱测绘实现杂草定点喷施、提前识别作物长势衰弱区域。

大疆 T70P、T100 植保无人机核心优势：

- 1. 零作物损伤：无车轮压断蔗秆、无土壤板结；
- 2. 作业时效：降雨结束 12 小时内即可喷施，抓住防治窗口期；
- 3. 省水：每公顷仅需药液 10~15 升，拖拉机喷施需 400~500 升；
- 4. 省人工：1~2 名操作人员单日可作业数百公顷；
- 5. 人员安全：农户无需直接接触农药、催熟剂；
- 6. 精准作业：RTK 导航 + 变量施药，除草剂用量最高节省 35%。

(1) 落地实践案例：圣埃斯皮里图州 —— 拖拉机全面切换无人机

圣埃斯皮里图州一名甘蔗种植户，经营 700 公顷土地，每年两季甘蔗、一季大豆轮作。2023 年前全程依靠拖拉机牵引喷杆喷雾机，作业成本高、效率低、作物损伤严重。每次降雨后必须停工 1~2 天等待土壤干透；拖拉机车轮碾压大量新生蔗苗，宿根再生能力下降，起伏地形药液喷施厚薄不均。

2023 年农户试点无人机喷施，效果显著；2024 年农场大面积替换无人机，小块、高精度作业地块使用大疆 T70P，700

公顷主体地块采用大疆 T100。

(2) 改用无人机前的痛点

- 1. 植株碾压、土壤板结：宿根甘蔗减产，增加重植成本；
- 2. 雨后作业延后：停工 1~2 天，螟虫、锈病快速扩散；
- 3. 耗水量大：每公顷 400~500 升药液，频繁往返加水；
- 4. 人工密集：单台喷雾机需 3~4 人（驾驶员、配药员、供水员）；
- 5. 地形局限：坡地、积水、不规则地块存在漏喷、重喷问题。

(3) 无人机全套作业方案（T70P+T100）

农户根据甘蔗四大生育周期（定植期、分蘖期、伸长期、成熟期）制定全年喷施计划：

- 1. 定植期（新植 / 宿根收割后）：T70P 一次性喷施除草、杀菌、杀虫混合药液，保障蔗苗健康再生；
- 2. 分蘖期：T70P 精准喷施 1~2 次杀虫、杀菌、叶面肥混合液；
- 3. 快速伸长期：切换大载荷 T100 开展 2~3 次杀虫杀菌剂大面积喷施，提升作业效率；
- 4. 成熟期：T100 喷施一遍甘蔗催熟剂，统一糖分积累速度，同步采收周期。



表 1 甘蔗种植场景 T70P、T100 作业参数

作业类型 / 机型	单位面积施药量 (升 / 公顷)	雾滴粒径(微米)	飞行速度 (千米 / 小时)	航线间距 (米)	作物上方作业 高度 (米)	7 小时单日作业 面积 (公顷)
T70P 定植期除草剂	10~15	180~250	36~50	9~11	4~6	240
T70P 杀虫 / 杀菌 / 叶面肥	10~15	180~250	50~72	11~13	4~6	260
T100 杀虫 / 杀菌 / 叶面肥	10~15	180~250	50~72	11~13	4~6	280
T100 甘蔗催熟剂	10~15	180~250	50~72	11~13	4~6	280

两款无人机均搭载 RTK 厘米级导航、地形跟随雷达、双离心雾化喷头。每年种植季前，农户使用大疆 M3M 多光谱无人机测绘杂草分布、作物长势，实现除草剂变量精准喷施。

完成一整季 700 公顷无人机喷施作业后，农户对比传统拖拉机作业模式，经济效益优势突出。

表 2 传统拖拉机喷雾机 VS T70P/T100 无人机 每公顷投入产出对比

成本 / 收益项目	拖拉机喷杆喷雾机	T70P+T100 无人机	节约 / 增收幅度
燃油 / 电力成本	高（柴油）	极低（电动）	燃油成本降低约 90%
耗水量	400~500 升 / 公顷	12 升 / 公顷	节水 97%
单日人工成本	300 雷亚尔（3~4 人）	100 雷亚尔（1~2 人）	人工成本下降 67%
农机维护成本	35 雷亚尔 / 公顷	6 雷亚尔 / 公顷	维护费降低 83%
除草剂用量	全覆盖喷施（基准 100%）	依托 M3M 测绘定点喷施（65%）	除草剂节省 35%
碾压造成减产	6%~8%（预估每公顷减产 6 吨）	0%	每公顷增产 6 吨
规避减产新增收益	—	540 雷亚尔 / 公顷（甘蔗单价 90 雷亚尔 / 吨）	每公顷增收 540 雷亚尔
综合运营成本降幅	基准值	降低约 45%	每公顷节约 280 雷亚尔

* 甘蔗基准产量 80 吨 / 公顷，收购价 90 雷亚尔 / 吨，数据来源：农场记录、巴西农牧业研究院碾压损耗专项研究。

四、精准农业

（一）玉米精准作业

农业是国家安全与民生的根基。在乡村振兴战略深入实施的下，突破传统农业“人海战术”“经验驱动”的局限，成为产业升级的关键命题。

近年来，随着低空经济与人工智能的深入融合，农业现代化迎来了全新路径。在广西马山县，一场以“数字种业”为切入点的实践，正通过大疆机场 3 的落地应用，为当地农业发展注入智能化新动力。



广西马山县玉米制种基地部署大疆机场 3



马山县玉米制种基地（图片来源：南宁日报）

人工巡查玉米制种情况，效率和效果有限

近年来，马山县充分利用地理优势和自然资源，将当地发展成为杂交玉米制种的优质产区，当前已建成 4.5 万亩高标准玉米制种基地。

玉米制种过程中，去雄和授粉是关键环节。传统模式依赖人工逐株排查，农户劳动强度大、效率低；人工巡查主要依赖经验判断，误判风险高，无法进行规模化作业管理。

此外，玉米是否授粉成功决定了果实的质量和产量。传统

方式难以及时发现并精准定位授粉问题区域，如果不能及时发现未成功授粉的植株，种子质量与产量将受到影响。

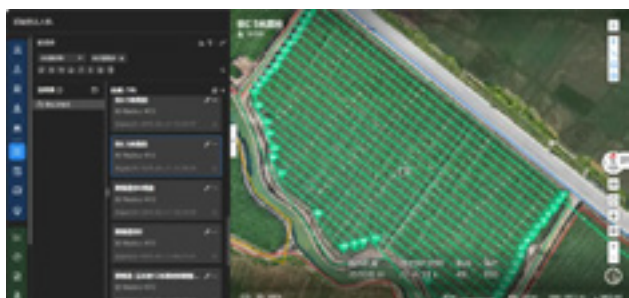
针对这些问题，马山县农业农村局联合浙江托普云农科技股份有限公司，在玉米制种基地部署 5 台大疆机场 3，通过无人机自动巡检采集数据，并结合智能检测技术，精准识别并定位雄穗漏去和植株未授粉情况，推动种业管理向数字化、精准化转型。

在马山县，单台机场 3 覆盖半径达 6 公里，能轻松应对

让农业更轻松，让生命更美好 | Better Growth, Better Life

玉米制种基地整体巡查需求,有效解决“地大人少、抽查盲区多”的难题。Matrice 4D 系列无人机快速采集种植地的全量数据,帮助农户全面掌握田间情况,为农事管理提供精准依据。

在玉米制种关键期,根据系统规划的航线任务,无人机每日或隔日自动定时巡检。无需人工干预,即可保证花期与授粉期的关键农事窗口“零错过”。



Matrice 4D 系列无人机搭载 7 到 14 倍光学变焦的高清相机,即便在高空,也能清晰捕捉玉米出芽、雄穗形态、籽粒发育等细节。农户无需走进密植田块,借助高清影像即可完成精准判断,大幅节省人力与时间成本,巡检工作变得轻松又高效。

智能检测,快速处理,农事管理形成高效闭环

无人机巡检数据实时回传至系统,系统结合托普云农智能算法,精准识别母本雄穗漏去情况与授粉失败植株,并用红色标志。仅需半小时,系统即可输出绿色“合格区”与红色“问题区”的可视化报告。



随后,系统将可视化报告与精准坐标推送给农户。根据预警和操作建议,农户快速调度农事行动,确保雄穗漏去和植株未授粉问题得到及时解决。有效的闭环管理,从源头降低了种子混杂与减产风险。

此外,所有巡检数据与处理记录均留存平台,实现农事过程可追溯、效果可量化,助力农业生产现从“经验驱动”到“数据驱动”的精准管理升级。



大疆机场 3 不仅在安防、电力、交通、矿业等领域发挥价值,在农业场景中同样具有规模化落地的潜力。通过数字化手段替代人工巡查,大疆机场 3 推动“可视、可量、可调度”的智慧农业模式成为现实,帮助更多地区发展高产、高效、高质的智慧农业。

(二) AI 识别病害, 果树全生命周期管理

炎炎夏日,正是荔枝上市的季节。作为荔枝的原产地之一,海南荔枝产业近年来发展迅速,每年产值达数亿元。高价值的硕果背后,有着大疆机场 2 的守护。

1. 传统人工管理果树投入产出比低

近年来,海南省农业农村厅提出建设“智慧果园”,推动荔枝生产管理实现数字化、智能化、机械化和信息化,提升荔枝生产管理的科学化和标准化水平。

海南省澄迈县某荔枝园区域广阔,总面积达 1000 亩,荔枝果树数量庞大,日常植保难度大。采用传统人工的方式,每人每天巡查 10 亩,巡查整个果园需要 10-20 名长工,人力成本高昂、效率较低且无法覆盖整个园区。



为了更好地利用高科技，帮助园区实现智慧管理，荔枝园通过广州海格亚华防务科技有限公司，引入大疆机场 2 无人值守解决方案。

精细化管理荔枝园
AI 自动识别果树病害

首先，工作人员利用 DJI Mavic 3E 采集整个园区的二三维数据，并通过司空 2 云端重建功能处理数据，获取果园数字底图，帮助农场主确定果树最佳种植地点和开展果园日常管理。



同时，在数字底图的基础上，工作人员为大疆机场 2 规划 12 条日常作业航线。无人机每天自动起飞，执行 6 条航线任务，2 天即可完成一次全面巡检，有效覆盖整个园区。



大疆机场 2 配备 Matrice 3D 无人机。无人机根据航线自动巡飞作业，变焦拍摄果树近景高清照片，照片及时回传至云端。数据回传后，工作人员利用大疆司空 2 云云对接功能，将司空 2 与智慧果园管理平台打通。无人机采集的照片作为作物

表型信息，直接应用于在果园日常管理。



果园管理平台

利用果园管理平台的 AI 智能算法，工作人员能够快速掌握荔枝果树的生长态势与病虫害风险。一旦发现果树嫩叶出现高危性状或啃食、卷曲、斑变等病虫害痕迹，可立即采取相应的防治措施，避免病虫害对荔枝树的进一步侵害。



在澄迈荔枝园，工作人员利用大疆机场 2 和果园管理平台，实现了果树全生命周期的精细化管理。荔枝园自今年 5 月部署大疆机场 2 以来，无人机共作业 186 架次，飞行时长超 50 小时，采集照片超 3.5 万张。照片经管理平台分析，识别出果园有果数量 10%，预计产量 12000 斤。

大疆机场 2 值守智慧果园，每一份荔枝的鲜甜背后都有无人机的保障。除了澄迈荔枝园，海南凤梨基地也有大疆机场 2 的身影。

机场 2 巡查凤梨基地及时发现安全隐患

琼中某凤梨基地种植了 1000 余亩 300 万株凤梨，总产值可达 1200 万。基地面积大且为开放性园区，监控盲区多，这一切都给基地的日常管理带来了不小的挑战。



该凤梨基地为开放性园区

为此，凤梨基地通过深圳市天空领域实业发展有限公司引入大疆机场 2，24 小时全天候值守园区。工作人员定期使用机场 2 获取基地的二维正射影像，并通过对比高清正射影像的前后变化，确认是否存在牲畜破坏等异常区域。



无人机巡查航线

为此，凤梨基地通过深圳市天空领域实业发展有限公司引入大疆机场 2，24 小时全天候值守园区。工作人员定期使用机场 2 获取基地的二维正射影像，并通过对比高清正射影像的前后变化，确认是否存在牲畜破坏等异常区域。

对于凤梨基地，火灾是破坏性最大的灾害。无人机高空巡查，可快速发现火情，让工作人员及时做出应急响应，为凤梨园区保驾护航。

无论是荔枝园或是凤梨园区，都通过大疆机场 2 实现了果园的智慧管理。在果园，工作人员利用大疆机场 2 自动作业，采集果树数据，开展安全巡查，再结合软件端进行大数据识别和分析，促进产业转型升级，用科技守护每一份鲜甜的果实。



第五章 最佳实践

让农业更轻松，让生命更美好 | Better Growth, Better Life



农业无人机的应用，是人员操作、产品研发、农业技术、农药施用等多领域的深度融合。这一融合过程的实现，离不开全行业的协同努力与持续探索，唯有如此，才能逐步沉淀出适配实际需求的“最佳实践”。

一、人员培训

2025 年，大疆农业进一步拓展全球培训布局，以应对农业无人机专业人才的巨大缺口，聚焦农业无人机飞手与教员体系化培养，支撑全球农业无人机产业规范化发展。针对教员培养，大疆农业与全球各地农业主管部门、专业培训机构及行业协会开展深度合作，推出融合理论教学、实操演练与教学方法指导的专项培训计划，内容涵盖无人机性能参数、安全飞行规范、作业技巧与教学能力等核心模块，旨在培养能独立开展本地化培训、传递专业知识的高质量教员。针对农业无人机飞手，培训采用场景化与分级化模式，结合全球区域农业特色定制培训内容——例如针对山区农业吊运、草原喷洒播种、大规模绿化苗木运输等场景开展专项训练，内容涵盖基础操控、应急处置、设备维护等实战技能，帮助不同基础的学员掌握专业化作业能力。大量经过培训的飞手与教员已获得官方认证资质，并在各地广泛从事农业无人机作业、培训与技术指导工作，有效填补了行业人才缺口，为农业无人机在全球农林牧渔领域的推广应用提供了有力的人才支撑。



二、产品技术发展

作为大疆农业 2025 年发布的旗舰机型，T100S 定义了农业无人机中的“六边形战士”：稳定、效率、智能、安全、多场景、性价比六个方面全面提升，“一机全场景，旗舰硬实力”。T100S 最大起飞重量 149.9 公斤，喷洒系统容量达 85 升、播撒载重 90 公斤，吊运载重 95 公斤。搭载 DB2122 智能飞行电池与创新机载电池散热器，实现“边飞边散热，作业不超温”，轻松应对高强度连续作业需求。

在喷洒性能方面，大疆 T100S 标配多重雾化离心喷头，喷头甩盘雾化效率提升 30%。流量提升至 40 升 / 分钟，增幅高达 33%，充分满足旱田封闭、蔬菜、药材等大水量需求。针对果树作业场景，可选配后置离心弥雾喷头，流量进一步提升至 50 升 / 分钟，在最细 10 微米的雾滴粒径下仍能保持满流量喷洒，实现全粒径，满流量。叶背雾滴覆盖率提升 50%，确保药液均匀穿透厚冠层果树。

T100S 的播撒系统同样卓越，拥有 126 升的超大容量（载重 90 公斤），可一次播撒两袋肥，配合 400 公斤 / 分钟的超大流量，作业效率显著提升。共可支持 5 种可更换绞龙，可精准播撒 0.5-10 毫米粒径的各类物料，从大田施肥到水产投喂皆可高效完成。播撒系统还支持流量免校准功能，一键调用物料模板即可快速开工，大幅简化作业流程。

在吊运功能上，T100S 最大吊运载重达 95 公斤，满载垂直升降速度提升至 4 米 / 秒。全新的货物避障算法与自动消摆功能，让吊运作业更加平稳安全；轨迹复演功能可记录手动飞行路径，实现两点间自动往返作业，特别适合重复性运输任务。全新拉杆式弃绳脱困机制，3 秒内即可完成释放，进一步保障作业安全。

安全系统是本次 T100S 的核心亮点。搭载全新 256 线激光雷达，点云密度提升 153%，对电线等细小障碍物的探测距离提升 5 倍；新一代毫米波雷达收发天线数量增加 130%，点云密度达 25 万点 / 秒，这意味着 T100S 对电线的避障能力进一步提升，保险政策从 7 米 / 秒以内全保提升到了 10 米 / 秒以内全保，13.8 米 / 秒对非线状障碍物避障。AR 辅助功能为飞手提供全面视野，全新升级的三

目视觉系统在起降时支持水平 360 度行人车辆检测，作业中可生成 AR 航线、返航点投影，降落点投影画面，构建全方位安全防护体系。



大疆 T70S 承袭 T100S 同款安全系统与核心功能，在保证旗舰级作业性能的同时，为地块相对较小或者年作业量较低的用户带来更具竞争力的高性价比选择。其喷洒载重 50 升，播撒载重 70 公斤，吊运载重 70 公斤，配备 30 安时智能电池，能满足绝大部分大田种植户、自用加服务、中小果园自用用户的需求，是旗舰性价比之选。

T70S 的喷洒系统同样支持 40 升 / 分钟标准流量，选配弥雾喷头后可达 50 升 / 分钟，雾化效果与旗舰机型保持一致。播撒系统继承 400 公斤 / 分钟超大流量设计，作业高效稳定。在感知系统方面，T70S 同样搭载 256 线激光雷达、新一代毫米波雷达与四目鱼

眼视觉系统，支持 AR 辅助影像与免航测仿地作业及圈测一体等先进功能，使其成为中型农场与专业服务队的理想之选。

专为单人作业设计的大疆 T55，以轻量化机身与极简操控逻辑，重新定义入门级农业无人机标准。整机结构显著优化，新增搬运把手，单人即可轻松完成设备转运。新增极简操作模式“手机控飞机” workflow，仅需一部手机即可完成全自动作业规划，大幅降低操作门槛。针对无网络环境作业，用户还可搭配全新迷你遥控器，实现 O4 图传稳定连接，确保信号流畅可靠。同时，T55 还支持 4G 增强图传、O4 图传中继及 D-RTK3 农业版高精度定位模块多种配件，保障能力全面。



大疆 T55 喷洒容量为 50 升，双喷头设计将流量提升至 40 升 / 分钟，增幅达 33%，面对果树作业的场景，选配后置弥雾喷头流量后可达 50 升 / 分钟，最细雾滴粒径可达 1 钟超大流量，配备 5 种可更换绞龙，广泛适配多种物料。吊运功能支持 40 公斤载重，具备货物避障、自动消摆等实用功能，满足轻量吊运需求。

在安全配置方面，T55 同样表现全面，搭载毫米波雷达与四目视觉系统，支持 7 米 / 秒的有效避障速度；AR 辅助影像、障碍物记忆、智能绕行等功能的加入，让飞行越用越安全。配合 20 安时智能电池与创新机载电池散热系统，T55 在实现经济续航的同时，也保障高效的持续作业，是自用实惠的理想之选。



三、水稻最佳作业

2026 年，全国农技中心印发了《植保无人机施药防控水稻重大病虫害技术指导意见》，对水稻最佳实践作出规范。

1. 正确选择防控药剂

1) 紧盯防控适期。根据水稻病虫害发生时期、种类、程度等，因地制宜确定主治对象和防控适期。在分蘖期，重点防控二化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱、纹枯病、稻瘟病等病虫害。在孕穗至破口前期，重点防控二化螟、稻飞虱、稻纵卷叶螟、穗瘟病、纹枯病等病虫害。在齐穗期，重点防控稻飞虱、稻瘟病、稻曲病等病虫害。

2) 选用对路药剂。防控二化螟，应在卵孵化高峰期施药，可轮换使用乙基多杀菌素、阿维·茚虫威等药剂。防控稻飞虱，应在低龄若虫高峰期施药，可轮换使用三氟苯嘧啶、烯啶虫胺、氟啶虫胺胍等药剂。防控稻纵卷叶螟，应在卵孵化始盛期至低龄幼虫高峰期施药，可选用四氯虫酰胺、茚虫威、多杀菌素等药剂。防控叶瘟病，应在田间初见病斑时施药，重发田块可在 7 天后二次施药，可选用吡唑醚菌酯等治疗性杀菌剂。预防穗瘟病，应在破口初期施药，若气候适温高湿建议在齐穗期二次施药，可选用三环唑、丙硫唑、咪唑·氟环唑等保护性杀菌剂。防控纹枯病，应在分蘖末期、破口抽穗初期施药，可选用氟环唑、己唑醇、咪唑·氟环唑、噻呋酰胺等药剂。防控稻曲病和穗腐病，应在破口前 7—10 天施药预防，如遇多雨天气可在 7 天后二次施药，可选用氟唑菌酰胺、苯甲·丙环唑、肟菌·戊唑醇等药剂。在“一喷多促”作业时，可合理混配芸苔素内酯、噻苯隆、调环酸钙等植物生长调节剂，提高植株抗逆能力，预防早衰，增加粒重。

2. 科学选择剂型和添加桶混助剂

1) 科学选择适用剂型。适用于植保无人机作业的农药剂型有悬浮剂、可分散油悬浮剂、水剂、水乳剂、微乳剂、水分散粒剂、乳油等，粉剂和可湿性粉剂的可混性相对较差。多种药剂混配时，建议按照以下顺序依次添加：清水—固体制剂（水分散粒剂）—悬浮剂（可分散油悬浮剂、悬浮剂）—乳液制剂（微乳剂、水乳剂）—分散液体剂（乳油）。每加入一种药剂，需充分搅拌均匀，确保药液体系稳定、无分层、无沉淀后，再加入下一种药剂，避免药液絮凝、堵塞喷头或降低药效。

2) 规范添加桶混助剂。施药作业前，应在药液中添加适量的桶混助剂，改善农药药液性能，促进雾滴沉降、减少飘移损失、提高耐雨水冲刷和抗蒸发性，有效提高防控效果。优先选用适配飞防作业的专用助剂，注意与所用药剂的兼容性，避免药液失效或不良反应。一般按药液量的 0.5%—1% 添加助剂，具体可根据助剂类型、药液浓度和作业环境适当调整。

3. 严格遵守飞防要求

1) 作业区域。在空旷、视野开阔的区域，开展植保无人机施药作业。施药作业前，要调查施药区域周边环境、确定施药边界，综合评估潜在风险，防止雾滴飘移造成非靶标生物毒害和周边作物药害。施药区域下风向 200m 内不能有蜜源植物。



2) 作业环境。施药作业时，环境风速应小于三级风（ $\leq 3.4\text{m/s}$ ），环境温度处于 15°C — 30°C 。各地可结合实际确定适宜的施药时间，应避免 30°C 以上的高温时间段；如遇大雾、露水等情况，应在雾气和露水散开后再施药。

4. 合理设置作业参数

1) 基础作业参数。不同植保无人飞机的施药参数有差异，应综合考虑机型大小、下压风场、水稻生育期、防控病虫害种类等因素，合理设定飞行参数，确保喷雾均匀、无重喷漏喷、飘移损失小且植株无折损；大规模施药前须开展作业均匀性和稳定性试验。随着飞机载荷提升，飞行高度应适当增加、飞行速度应适当减小。

2) 不同气象条件作业方式。施药作业时，应根据风速、风向等实际情况，因地制宜调整作业航线和参数。为减轻侧风飘移，可设置航向与风向平行；为增加药液沉积，当航向和风向相反时可适当降低飞行速度，当航向与风向相同时可适当提高飞行速度。

3) 水稻分蘖期作业参数。此时植株相对矮小、田间郁闭度低，作业应兼顾药液均匀覆盖与植株安全。以载荷 50L—70L 的多旋翼植保无人机为例：东北稻区较为适宜的作业参数为施药液量 1.5L/亩 — 2.5L/亩 ，飞行高度 2m—3m，飞行速度

5m/s — 7m/s ；长江中下游和华南稻区较为适宜的作业参数为施药液量 2L/亩 — 3L/亩 ，飞行高度 2m—3m，飞行速度 5m/s — 7m/s 。注意确保药液均匀覆盖水稻中下部叶片，避免药液飘移到周边敏感作物。

4) 水稻孕穗至破口前期作业参数。此时是水稻病虫害防控的关键节点，药液重点喷施于穗部及剑叶层，应兼顾防控效果与作业安全。以载荷 50L—70L 的多旋翼植保无人机为例：东北稻区较为适宜的作业参数为施药液量 2L/亩 — 3L/亩 ，飞行高度 2m—3m，飞行速度 5m/s — 7m/s ；长江中下游和华南稻区较为适宜的作业参数为施药液量 2.5L/亩 — 3.5L/亩 ，飞行高度 2m—3m，飞行速度 5m/s — 7m/s 。防控白叶枯病等细菌性病害时，应适当提高飞行高度，减少叶面摩擦出现伤口导致病菌侵染；防控稻飞虱等茎基部病虫害时，要适当加大施药液量、降低飞行速度，确保药液能沉积到水稻茎基部，提升防控效果。

5) 水稻齐穗期作业参数。应兼顾药液沉积均匀性与稻穗安全，避免对稻穗造成物理损伤或药害。以载荷 50L—70L 的多旋翼植保无人机为例：东北稻区较为适宜的作业参数为施药液量 3L/亩 — 4L/亩 ，飞行高度 3m—4m，飞行速度 5m/s — 7m/s ；长江中下游和华南稻区较为适宜的作业参数为施药液量

4L/亩—5L/亩，飞行高度 3m—4m，飞行速度 5m/s—7m/s。

此外，在“一喷多促”桶混药液时，需先做药剂混配稳定性试验，确认无分层、絮凝、沉淀等物理化学反应后，再开展大面积统防统治。

5. 规范开展施药作业

1) 落实人员资质与安全防护。作业人员应持证上岗，穿戴必要的防护用品；飞机起降时，规范区域安全管理，应远离障碍物、高压线路和人员，保持安全距离。

2) 做好施药前质量预控。施药作业前，可根据需要在水稻植株上提前布放雾滴测试卡，进行雾滴密度检测和飞防作业质量评价；为保证孕穗至破口前期、齐穗期的作业质量和防控效果，建议雾滴密度 ≥ 30 个/平方厘米。

3) 严格现场安全管控。施药作业时，所有作业人员应处于喷雾的上风向位置，严禁在施药区内穿行；机手不可进食、抽烟、接打电话等，应目视植保无人飞机和遥控器，一旦遇到

突发情况，及时处理；严禁人员在起降点区域内走动，以免造成人员受伤。

4) 规范作业收尾评估。施药作业后，对于障碍物、边角地等未喷洒到的区域，应及时进行人工补喷；做好药箱、喷头等的清洗和维护，并将包装废弃物交至经营门店或者包装废弃物回收站（点）；定期调查病虫害防控效果，评估施药作业质量。

5) 强化除草剂飞防管控。采用植保无人机喷洒除草剂时，要控制药液飘移，以免对临近敏感作物造成药害；要适当加大施药液量，确保在杂草表面均匀沉积。二氯喹啉酸、2 甲 4 氯钠盐、氯氟吡啶酯等激素类除草剂不宜使用植保无人机施用。





第六章 农业无人机安全飞行

让农业更轻松，让生命更美好 | Better Growth, Better Life



当前国内农业无人机保有量持续快速增长，植保喷洒、物资吊运、农田测绘等各类作业场景不断拓展，相关作业风险有上升趋势。为统一农业无人机全流程安全作业标准，补齐人员操作、设备使用、设施避让、应急处置等环节安全管控短板，有效防范人身伤害、设备损毁、基础设施破坏、财产损失等各类安全事故，本章整合各类规范、操作标准、事故案例、电池 / 吊运 / 播撒 / 用电专项安全要求，统一体系、合并重复条款、细化各类作业场景安全操作与突发事件处置流程，同步完善设备用电、电池储运、典型事故警示相关内容，覆盖全品类农业无人机田间作业场景，适用于飞手、地勤辅助人员、项目管理人员，作为农业无人机标准化安全作业完整执行依据。

一、总则

（一）编制目的与适用范围

1. 为规范农业无人机全流程作业安全管理，杜绝人身伤亡、设备损毁、农作物药害、电力 / 铁路 / 交通基础设施损毁、水体污染等事故，防范民事赔偿、行政处罚乃至刑事追责，依据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》、GB/T 38918-2020《民用无人驾驶航空器系统安全要求》、NY/T 3213-2018《植保无人飞机安全施药作业技术规范》、《电力设施保护条例》《铁路安全管理条例》及大疆农业官方安全规范制定本章。

1) 适用作业场景：农田植保喷洒、颗粒肥 / 种子播撒、农用物资吊运、农田测绘巡检、田间测绘；覆盖日间、夜间、山地、平原、电力 / 铁路 / 公路沿线、水库村落等全部田间作业环境。

（二）四大核心基本原则

1. 持证上岗、分级作业

1) 操作人员必须持有对应等级有效农业无人机操控资质，无证、超等级禁止操作；高风险复杂区域（高压走廊、高铁沿线、密集村落）仅允许高级持证飞手作业。

2. 安全第一、预防为主

1) 作业前全域勘察风险，作业全程实时监控设备、气象、周边人员，突发故障优先撤离人员，不优先抢救设备。

3. 依法报备、主动协同

1) 电力、铁路、高速、机场管控区作业必须提前向对应主管部门报备审批，严禁盲飞、偷飞。

4. 敬畏规章、杜绝侥幸

1) 不超限载重、不恶劣天气强行作业、不私自改装设备、不违规穿越管线交通设施，严格执行“六不”铁律。

（三）“六不”安全铁律

1. 不盲目启动

1) 起飞前完成设备、环境、人员三重安全检查，完整勘察地块障碍物。

2. 不摘机取挂

1) 无人机挂碰电力线路后，严禁任何人私自攀爬、使用工具取机，必须联系电力专业人员处置。

3. 不攀爬杆塔

1) 无论线路是否断电，禁止攀爬电线杆、输电铁塔、信号塔。

4. 不超限穿越

1) 严禁横穿高压输电线、铁路接触网正上方低空飞行。

5. 不超视距盲飞

1) 无官方专项授权，禁止远距离全自动飞行，全程保持肉眼可视操控。

6. 不冒险作业

1) 大风、雷雨、大雾、设备报错。

二、人员安全管理规范

（一）飞手（操作人员）安全标准

1. 资质硬性要求

- 1) 完成厂商系统化培训，取得有效《农用无人驾驶航空器操作证》，证件在有效期内；无证人员禁止独立操控设备。

2. 身体与精神状态约束

- 1) 无色盲色弱、肢体残缺、心脑血管、精神类疾病；严禁酒后、服用镇静 / 麻醉类药物、重度疲劳、带病作业；通宵作业后禁止驾驶机动车转场，避免叠加安全事故。

3. 全套个人防护装备

- 1) 全程佩戴安全帽、全身防护服、防眩光防护眼镜、橡胶防护手套、防尘防毒口罩；吊运作业额外穿戴反光警示衣；禁止穿戴宽松外套、悬挂项链、手链等易被桨叶缠绕饰品。

4. 标准化飞行操作要求

- 1) 严格按照报备航线、限定高度、规定速度飞行，山地、管线周边低速平稳飞行；禁止高速俯冲、急转弯、贴障碍物低空穿行。
- 2) 起降统一执行对尾起飞、对尾降落，降落前提前通知地勤人员撤离安全区域。
- 3) 作业全程开启避障系统，仅临时避让障碍物关闭时，避让完成后立刻恢复开启。
- 4) 复杂山地、林木遮挡区域选择制高点操控，保证遥控器与无人机之间无山体、大树遮挡，保障遥控、图传信号稳定。
- 5) 作业期间禁止玩手机、闲聊、分心娱乐，全程专注监控飞行器状态。

5. 气象作业红线

- 1) 五级及以上大风、中雨及以上降雨、能见度低于 1km、作业区域 3km 内存在雷电、气温 $> 40^{\circ}\text{C}$ 或 $< -5^{\circ}\text{C}$ 时，立即停止全部作业。

6. 应急处置能力

- 1) 作业前熟记地块避险点位、应急联络电话；发生失联、飘移、撞障、坠机时，第一时间保障自身与周边人员安全，再处置设备。

（二）地勤辅助人员安全规范

1. 上岗前置条件

- 1) 必须完成完整安全培训，熟悉桨叶风险、配药、换电、吊运流程，未培训人员禁止进入作业区域。

2. 强制安全距离

- 1) 常规喷洒、播撒作业：与旋转桨叶无人机保持不少于 6 米安全距离；
- 2) 物资吊运作业：全程保持不少于 10 米安全距离；
- 3) 统一最低安全底线：任何情况下不得进入无人机起降区、航线正下方、旋翼旋转覆盖范围，通用安全距离不低于 15 米。

3. 设备操作硬性规定

- 1) 更换电池、加注农药、添加肥料、清理播撒绞龙等操作，必须等待飞行器完全停机、桨叶完全静止后方可进行；桨叶未停稳严禁折返靠近机身。

4. 通讯协同要求

- 1) 飞手与地勤配备对讲机，统一标准口令；地勤发现行人闯入、设备异响、管线遮挡等隐患，立刻喊话通知飞手停机返航。

5. 田间杂物清理

- 1) 作业前清理地块内空化肥袋、塑料薄膜、秸秆、碎石，防止飞行中吸入桨叶、堵塞播撒系统。

（三）周边行人、农户、群众防护管理

1. 田间、村落、乡村道路作业时，提前布设警戒隔离区，摆放醒目安全警示标识，安排专人全程值守劝阻无关人员靠近。
2. 起飞前全域巡查地块，确认无农户、孩童、牲畜滞留后方可解锁起飞；作业途中发现行人靠近，立即悬停后撤或返航降落。
3. 山地、郊野隐蔽沟渠、灌木丛必须全面排查，防范坠机误伤路人。
4. 喷洒除草剂、高毒农药地块，提前告知农户药液飘移风险，下风向预留隔离缓冲带，远离虾蟹水产养殖场、果蔬敏感作物。

（四）桨叶危险警示

农业无人机桨叶为大尺寸碳纤维材质，转速极高，破坏力极强，可划破铁皮、3mm 铝合金板、切断骨骼；所有人员任何时段禁止徒手触碰旋转桨叶，停机后也需确认完全停转再靠近机身。



让农业更轻松，让生命更美好 | Better Growth, Better Life

三、分类型作业专项安全规范

（一）植保喷洒作业安全细则

1. 配药操作安全

1) 地勤人员必须在上风向位置调配农药，执行二次稀释配药标准；穿戴全套防护装备，避免皮肤、口鼻直接接触药液。

2. 药害防控要求

1) 除草剂作业优先选择无风天气，雾滴粒径控制 300 微米以上；作业前勘察地块四周，下风向 300 米内存在敏感作物、水产养殖区禁止喷洒除草药剂。

3. 飞行操作规范

1) 起飞后先拉升至安全高度，再驶入作业地块；禁止低空掠过人员、大棚、农机、民居；全程开启高精度定位，减少定位飘移。

4. 药液管控

1) 禁止超量加注药液超载飞行；高温天气缩短单架次作业时长，避免药液快速蒸发引发药害、电池过热等。

（二）播撒作业安全细则

1. 物料使用限制

1) 仅允许投放直径 0.5–10mm 干燥颗粒种子、化肥；禁止使用板结块肥料、秸秆、编织袋、碎石、尖锐杂物，防止堵转绞龙、损坏电机。

2. 设备检修规范

1) 拆卸绞龙清理残留物时，严禁拉扯电机线缆；清理、检修前必须完全断电；旋转绞龙运转期间禁止徒手触碰，防止机械划伤。

3. 航线规划

1) 播撒航线避开民居、露天水池、养殖塘，防止肥料污染水体、灼伤周边绿植。

（三）农用吊运作业专项安全规范

1. 基础资质与设备限制

1) 仅原厂专用吊运机型可开展物资吊运；禁止使用普通植保机吊运，禁止吊运光伏板、水泥、砂石、燃放鞭炮等非农林牧渔物资，违规作业发生事故保险不予理赔。



2. 吊绳选用标准

1) 吊绳选用直径不少于 6mm、10 米长度自重不少于 450g 圆形专用吊绳；出现磨损、开裂、打结立即更换。

3. 吊运前检查清单

- 1) 吊绳无打结、无破损，不挤压在飞行器脚架下方；
- 2) 货物捆绑牢固，禁止反向挂钩磨损吊绳；
- 3) 确认电池电量充足，低电量禁止启动吊运作业；
- 4) 起降场地面积不少于 50 m²，上空无电线、铁塔、树枝遮挡。

4. 载重与速度管控

1) 严格按照机型额定载重作业，严禁超载；超载设备系统自动限制飞行速度至 2m/s，禁止强制解除限速。

5. 人员与通讯要求

1) 飞手、地勤统一佩戴安全帽、反光衣，全程配备对讲机实时沟通；吊运路线设置警戒区，禁止行人穿行。

6. 航线勘察要求

1) 提前徒步勘察吊运全程，避开电线杆、斜拉线、树木凸起障碍物；吊运飞行高度预留充足安全余量，防止货物勾挂障碍物坠落伤人。

（四）夜间作业专属安全规范

1. 前期勘察

1) 必须在白天完成全域地形、障碍物、管线、航线勘测，提前规划全自动作业航线，夜间不开展无规划手动盲飞。

2. 故障处置

1) 夜间发生坠机，人员站在 10 米以外使用手电观察现场，优先确认是否触碰高压线，防止断线触电；一旦挂线，立刻拨打电力热线，封锁现场禁止人员靠近。

3. 照明与警戒

1) 夜间起降点布设照明设备，扩大警戒范围，加派值守人员劝阻路人。



四、公共基础设施避让安全标准

（一）电力线路、铁塔、变电站安全规范

1. 分级安全距离标准（双重标准统一执行，取更严格数值）

（1）按电压等级最小安全距离

- 1) < 1kV 低压电线：1.5 米；
- 2) 1kV-10kV：3 米；
- 3) 35kV-63kV：4 米；
- 4) 110kV：5 米；
- 5) 220kV：6 米；
- 6) 330kV：7 米；
- 7) 500kV 超高压：8.5 米。

（2）综合作业全域管控距离

- 1) 110kV 及以上高压输电线路：50 米范围内严禁飞行；
- 2) 变电站、换流站：周边 50 米全程禁飞；
- 3) 普通田间低压电线：保持 10 米以上，禁止低空穿越；
- 4) 电线杆、铁塔塔体：保持 20 米以上，塔基周边禁止悬停；
- 5) 铁塔绝缘子、均压环：30 米以内禁止靠近；
- 6) 500kV 及以上超高压走廊：保持 30 至 45 米间距，全程肉眼可视飞行，禁止悬停导线下方；
- 7) 铁塔防风拉线：保持 20 米以上，航线必须标注所有隐蔽拉线，拉线是高发挂线隐患。

2. 高压区域作业前置要求

- 1) 人工徒步勘察电线密集、隐蔽线路地块，遥控器地图标记全部电线杆、铁塔、拉线、弧垂最低点；夏季高温导线弧垂加大，额外预留安全高度。
- 2) 航线优先平行于电线走向，禁止垂直横穿密集线路；高压区域关闭全自动盲飞，全程手动可控飞行。
- 3) 作业区域距离电力设施 5 米以内，必须提前联系当地供电局报备，可通过 114 查询供电单位；架空线路导线两侧 300 米内作业需官方审批。
- 4) 强制开启高精度差分定位，规避定位飘移导致误入高压危险区。

3. 高压电磁干扰风险提示

- 1) 220kV、500kV、765kV 高压线路产生强电磁场，干扰无人机指南针、定位、遥控图传信号；会出现机身偏航、高度剧烈波动、信号失联失控；禁止在线路正下方、两导线中间长时间悬停；无电磁屏蔽机型必须全程肉眼可视飞行，随时手动接管操控。

4. 无人机挂线、撞高压线路应急处置（严禁私自取机）

- 1) 立刻远程锁定电机，停止桨叶转动；禁止推油门挣脱、一键返航，极易造成线路短路、电弧爆炸、断线坠落。
- 2) 快速疏散所有围观群众，以故障点位为中心设置 8 至 10 米警戒圈，防止跨步电压触电；断线落地导线全部视作带电，人员距离不少于 8 米。
- 3) 拨打电力应急热线，清晰上报事发定位、线路电压等级、是否断线起火、有无停电，留存联系电话保持畅通。
- 4) 全程封锁现场，等待电力专业人员处置，禁止以下危险行为：
 - ① 竹竿、木棍、金属杆挑取飞机（潮湿竹木导电，高压电击致死）；
 - ② 攀爬电杆、铁塔自行取机；
 - ③ 私自拉闸断电后入场；
 - ④ 绳索套取机身触碰另一根导线引发短路。

5) 事故后续同步联系对应保险报案。

5. 发现线路断落、设备损毁处置

1) 人员与断线保持不少于 8 米距离，不触碰、不靠近；立即拨打 110、119、电力热线；设置围挡警戒，阻拦人员、牲畜进入危险区域。

6. 法律风险警示

1) 2026 年广东惠州案例：飞手未报备、违规近线飞行撞高压线，造成片区停电，行政拘留 12 天并承担数万设备修复费用；大面积停电影响民生、医院、工厂生产，可构成过失以危险方法危害公共安全罪，追究刑事责任；《电力设施保护条例》明确 300 米内未经许可放飞飞行器可处以罚款。

(二) 铁路及接触网安全规范

1. 安全距离管控

- 1) 高速铁路（时速 $\geq 250\text{km/h}$ ）：轨道两侧 30 米全域禁止飞行、禁止横穿铁轨上空；
- 2) 普速铁路：轨道两侧 50 米范围内禁止作业；
- 3) 25kV 铁路接触网：遵循高压线标准，保持不少于 10 米安全距离；
- 4) 铁路道岔、信号设备、隧道口、铁路桥正上方全面禁飞。

2. 跨铁路飞行硬性条件

1) 仅满足全部条件才可短时垂直穿越：飞行高度距轨面不少于 20 米、垂直铁轨最短距离快速通过、确认无运行列车、全程肉眼可视操控；禁止铁轨上方悬停、长时间平行沿线飞行；近铁路作业遵循 1:1 安全规则：无人机水平距离不少于飞行高度。

3. 作业前置要求

1) 高铁 30 米、普速 50 米管控范围内作业，提前向铁路局、铁路公安报备许可；作业配备专人瞭望来车，列车驶入视野前立即返航至安全区域。

4. 信号干扰提示

1) 铁路专用通信频段易干扰无人机遥控、图传信号，作业前测试信号稳定性，遮挡严重时放弃近铁路作业。

5. 无人机坠入轨道 / 接触网应急流程

1) 第一时间拨打 110 或铁路紧急报警电话，上报线路区间、里程定位；严禁翻越铁路防护栅栏进入轨道；禁止向行驶列车挥手拦车，等待铁路调度统一处置。

6. 事故警示案例

1) 2025 年 3 月江苏高邮：农业无人机撞击高铁接触网，多趟动车紧急停运，造成重大经济损失，全省下发农业无人机飞行安全管控通知，明确铁路沿线 500 米范围谨慎飞行。

(三) 公路、交通设施安全规范

1. 安全距离标准

- 1) 高速公路：道路两侧 30 米范围内禁止任何作业；
- 2) 国道、省道、普通公路：两侧 30 米谨慎作业，禁止在公路上空悬停、低空滞留；
- 3) 高架桥、跨线桥桥面上方低空飞行全面禁止。



2. 作业管控要求

1) 避开早晚交通高峰时段；绿化带作业避让路灯杆、交通标志牌、架空线缆；禁止在机动车上空低空作业，防止坠机引发交通事故。

3. 坠落在公路应急处置

1) 操控飞行器迫降至路肩安全区域；立即拨打 122 交警报警，设置警示标识，配合交警封闭车道清理设备，疏导车流。

（四）水利、通信设施安全规范

1. 水利设施

1) 主动避让河道、堤坝、水库、水闸取水口；禁止低空俯冲飞越水利核心设施；水库、湖泊上空作业严控药液洒落，防止水体污染；无人机落水后标记落点，同步评估水质污染风险。

2. 通信设施

1) 远离通信基站、信号塔、架空光缆线路，防止碰撞损毁通信线缆；基站射频信号会干扰无人机遥控图传，信号丢失风险大幅提升。

（五）民居、田间财产设施避让规范

1. 房屋、仓库、大棚安全距离：水平不少于 10 米、垂直不少于 5 米；禁止贴楼低空穿行、穿越建筑缝隙；人口密集村落上空减少长时间作业。

2. 田间农机、车辆：作业前全部挪移，无法挪移则规划绕行航线，禁止在车辆上空飞行，防范坠机、药液腐蚀、桨叶磕碰。

3. 农用设施：避让果园支架、灌溉管道、围栏、大棚骨架，重点排查田间斜拉线，该障碍物为无人机挂线最高发隐患。

五、电池、充电、储运用电安全规范

（一）基础用电安全常识

1. 人体安全电压为 36V，220V 单相、380V 三相工业用电均可致命；无人机机身、机臂、桨叶为铝合金、碳纤维导电材质，触碰挂在高压线上的飞行器等同于直接触电。



2. 充电接线仅允许持有有效电工证人员操作，接线全程佩戴绝缘手套，充电器地线必须可靠接地。

3. 供电线路径安全标准

- 1) 2.5 平方铜线：安全载流量 28A；
- 2) 4 平方铜线：安全载流量 35A；
- 3) 6 平方铜线：安全载流量 48A。

4. 充电器区分规格

- 1) C12000 快充 12000W、慢充 3000W，适配 16A 插座；
- 2) C5000 快充 4500W、慢充 3000W，适配 T25P 机型。

（二）电池充电安全

1. 充电场地开阔通风，远离干草、塑料、农药等易燃物；全程有人值守，禁止无人看管充电。

2. 电池出现鼓包、破损、漏液立刻停止充电，转移至空旷沙土区域。

（三）电池运输规范

1. 运输车辆优先选用封闭式车厢，随车配备干粉灭火器、沙土应急物资。

2. 运输前清理发电机汽油，无人机、电池做好固定缓冲，防止颠簸撞击破损；禁止车辆行驶途中同步充电。

3. 电池分层隔离，避免互相挤压、尖锐物穿刺电芯。

（四）电池长期存放标准

1. 存储电量维持 40%–60%；每 2–3 个月补电一次维持活性，超过 5 个月未维护电池厂商不予保修。

2. 存放环境干燥阴凉，远离热源、火源；电池平放，禁止倒置、堆叠挤压，多块电池存放间距不少于 30cm。

3. 存储区域常备沙土、水桶、灭火器；电池起火后，灭火完成需将电池放入盐水浸泡 24 小时，消除复燃风险；有条件使用防爆柜集中存放电池。



六、气象环境作业限制与特殊地形要求

（一）禁止作业气象条件

项目	禁止作业阈值
风力	5 级及以上（风速 8.0–10.7m/s）
降雨	中雨及以上降雨
能见度	低于 1km，无法目视无人机本体
雷电	作业区域 3km 范围内存在雷电云、闪电
温度	环境温度 > 40℃或 < -5℃（视机型微调）

（二）特殊环境作业要点

1. 高温天气

1) 药液蒸发快易产生作物药害；电池散热压力大，缩短单架次飞行时长，增加电池轮换冷却时间。

2. 湿软水田地块

1) 避免超低空飞行，旋翼强气流冲刷土层、损毁农作物根系。

3. 山地丘陵

1) 山体遮挡极易造成遥控、图传信号中断；作业前规划信号中继点位，优先选择制高点操控，预留迫降安全区域。



七、全场景通用应急综合处置流程

（一）作业前应急准备工作

1. 手机完整存储应急联络清单：当地供电局、铁路公安、110、119、120、属地派出所、无人机厂商售后、保险报案电话，填写《应急联系电话记录表》。
2. 地块勘察书面记录所有电线杆、铁塔、拉线、铁路、高速、水塘等危险源位置，航线规避标注。
3. 作业前对全体飞手、地勤开展应急预案交底，明确分工、人员撤离路线。
4. 起飞前核查机身险、第三者责任险均在有效期内；未购买三者险禁止开展作业。
5. 携带基础急救物资、灭火器、沙土应对农药中毒、电池起火。

（二）各类突发事件标准处置流程速查表

1. 无人机撞线、挂高压电线
 - 1) 标准处置步骤：远程锁定电机→疏散群众设置 8-10 米警戒圈→拨打电力热线→联系保险报案→原地等候电力专业人员；
 - 2) 绝对禁止行为：攀爬杆塔、竹竿挑取、强行油门挣脱、私自断电取机。
2. 遥控信号丢失、飞行器失联
 - 1) 标准处置步骤：等待自动返航→实时观察落点→若坠落高压 / 铁路区域立刻报备主管部门封锁现场；
 - 2) 绝对禁止行为：盲目追逐飞行器进入危险区域。
3. 坠机堵塞公路
 - 1) 标准处置步骤：操控迫降路肩→拨打 122 交警→摆放警示标识隔离车流；
 - 2) 绝对禁止行为：人员直接横穿车道捡拾设备。
4. 飞行器落水、坠入水库
 - 1) 标准处置步骤：标记精准落点→评估水体农药污染风险→专业打捞，禁止私自下水；
 - 2) 绝对禁止行为：无防护下水，防止溺水、农药中毒。
5. 桨叶、坠机误伤人员
 - 1) 标准处置步骤：立刻停机断电→撤离至安全通风区域→拨打 120 急救→保护现场、报警、报保险；
 - 2) 绝对禁止行为：随意移动重伤人员，盲目处理伤口。
6. 电池鼓包、起火
 - 1) 标准处置步骤：快速转移至空旷沙土区域→干粉灭火器覆盖灭火→冷却后盐水浸泡 24 小时→联系厂商回收报废；
 - 2) 绝对禁止行为：用水直接喷射锂电、密闭堆放燃烧电池。
7. 农药人员中毒
 - 1) 标准处置步骤：立刻脱离污染区域，脱去沾染农药衣物→肥皂水 / 淡碱水冲洗皮肤→根据药剂类型催吐、吸氧→严重者送医血液灌流、透析治疗；
 - 2) 绝对禁止行为：拖延就医，随意服用不明解毒药剂。

8. 飞行器侵入铁路轨道、接触网

- 1) 标准处置步骤：全员撤离铁路防护网外→拨打 110、铁路调度→封锁周边禁止路人靠近轨道；
- 2) 绝对禁止行为：翻越栅栏进入铁路区域、挥手拦停列车。

八、禁止行为清单

（一）飞行区域禁止行为

1. 飞跃学校、集市、村落等人员密集区域上空；
2. 穿越高铁、普速铁路、军事管制区、机场围界内；
3. 低空横穿高压输电走廊、变电站上空。

（二）设备操作禁止行为

1. 私自改装电机、桨叶、喷洒 / 吊运系统；
2. 超载喷洒、超载吊运物资；
3. 无资质开展远距离全自动飞行；
4. 桨叶未完全停转时人员靠近机身、加药换电。

（三）作业用途禁止行为

1. 载人飞行；
2. 使用植保无人机吊运砂石、光伏板、建材、燃放烟花鞭炮等非农林牧渔作业；违规用途出险保险不予理赔。

（四）人员状态禁止行为

1. 酒后、服药、疲劳、带病操控无人机；
2. 作业过程分心玩手机、闲聊、娱乐。



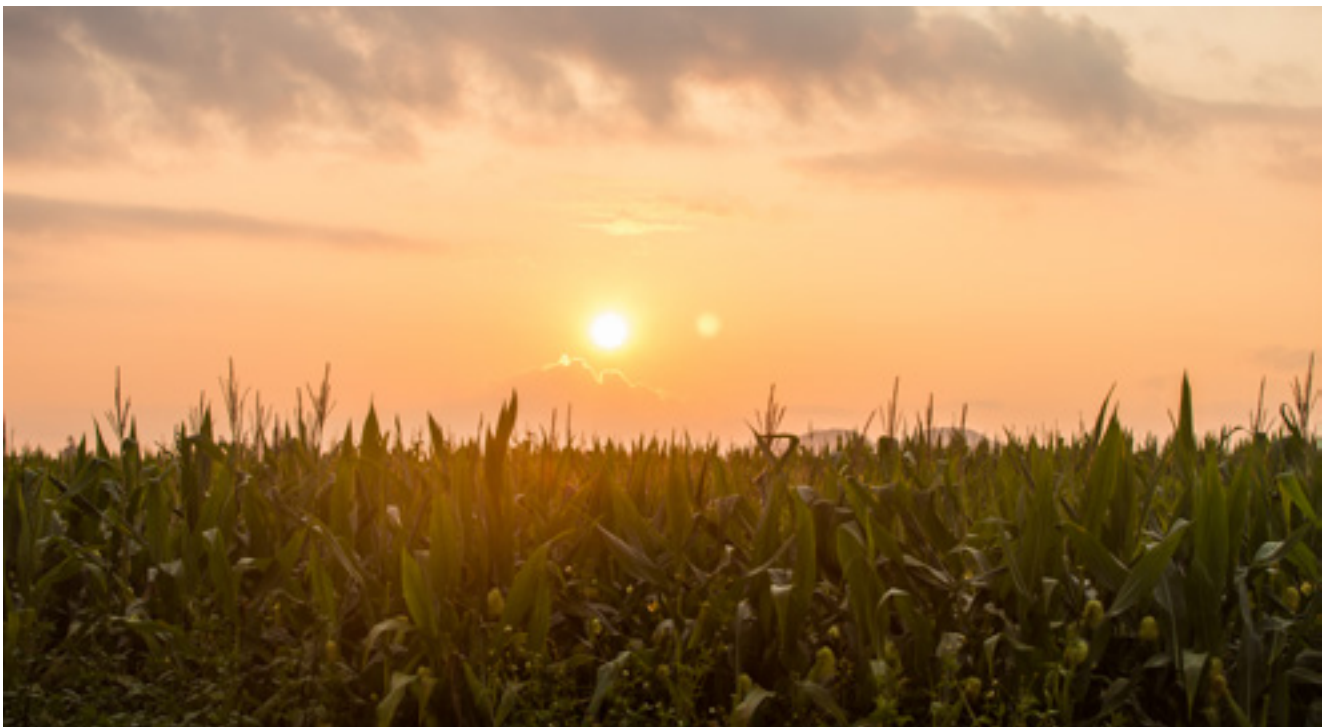
九、法律指引

（一）核心法规依据

1. 《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》：无人机实名登记、持证飞行、空域报备硬性要求；
2. 《电力设施保护条例》：架空线路两侧 300 米内未经许可禁止施放飞行器；
3. NY/T 3213-2018《植保无人飞机安全施药作业技术规范》：农药喷洒、人员防护、药害防控行业标准；
4. 《铁路安全管理条例》：铁路沿线违规放飞无人机造成行车事故追究法律责任；
5. 地方性管控文件。

（二）违法违规法律后果

1. 无证操作、未实名登记、未报备进入管控区作业：处以行政处罚、罚款，发生事故加重追责；
2. 撞击高压线造成停电、线路损毁：行政拘留、全额承担电力设施修复费用；造成大面积民生、工业损失，追究刑事责任（过失以危险方法危害公共安全罪）；
3. 铁路沿线违规飞行逼停列车、损毁接触网：高额民事赔偿、行政处罚，情节严重追究刑责；
4. 农药飘移造成周边作物、水产大面积药害：全额赔偿农户经济损失；
5. 违规改装、超载、非合规吊运作业出险：保险公司有权拒绝理赔，全部损失由飞手、作业团队自行承担。



附录 A 作业前安全自查完整清单

- ☐ 无人机已完成实名登记
- ☐ 飞手操作证真实有效、在有效期内
- ☐ 机身险、第三者责任险已投保且在保期
- ☐ 高压 / 铁路管控区作业已提前向主管部门报备
- ☐ 全域勘察完毕，电线杆、铁塔、拉线、铁路、公路障碍物全部标注
- ☐ 遥控器、电池电量充足，电池无鼓包破损
- ☐ 桨叶、机臂、紧固件、喷洒 / 播撒 / 吊运设备完整牢固
- ☐ 应急联系电话存入手机（供电、铁路、急救、保险、售后）
- ☐ 全体地勤人员完成安全交底培训
- ☐ 当日天气预报核查完毕，风力、雷电、降雨符合作业条件
- ☐ 起降场地无杂物、无人员滞留，警戒标识摆放到位
- ☐ 充电、电池储运场地消防物资（灭火器、沙土）配齐



附录 B 应急联系电话记录表

联系单位	联系号码	备注
当地供电局（电力应急）	电力热线 / 本地供电营业厅电话	通过 114 查询属地专线
铁路公安 / 铁路调度	110 / 当地铁路段电话	记录作业线路、里程桩号
火警、急救	119 / 120	农药中毒、电池起火、人员受伤拨打
属地派出所报警	110	坠机伤人、设施损毁、群众纠纷
无人机厂商技术售后	大疆农业官方客服	设备故障、技术咨询
保险理赔专线	人保专线 / 众安专线	机身损坏、第三者赔偿报案

十、结语

统观 2025—2026 年全球农业无人机产业发展全貌，行业发展路径深度契合 2026 年中央一号文件部署要求，紧扣“拓展无人机、物联网、机器人等应用场景、培育农业新质生产力”工作方向，同时对标联合国粮农组织（FAO）气候智慧型农业、全球粮食安全三大核心目标，肩负全面推进乡村振兴、防返贫与国际农业可持续发展等多重。

国内发展层面，农业无人机突破传统植保、播撒局限，山地林果、湖区水产、竹木物资空中吊运全新赛道全面成熟，催生持证飞手、专业吊运服务队、本地化农机服务商大量就地就业岗位，拓宽山区、湖区、脱贫地区群众稳定增收渠道，依托农机产业筑牢常态化防返贫产业根基，为乡村全面振兴注入新动能。放眼全球，覆盖百国落地实践充分印证，农业无人机可有效化解复杂地形、极端旱涝、水土退化带来的生产难题，提升各国粮食、经济作物稳产抗灾能力，践行 FAO “更好生产、更好环境、更好生活”发展纲领。

农业无人机早已超越单一农机工具的范畴。从整机、动力、感知到吊运全套核心技术自主迭代，是我国坚持农业领域科技自立自强、由传统农业大国迈向现代农业强国的生动实践。依托无人机降本增产、盘活闲置山地资源、带动群众就近就业多重价值，持续壮大乡村富民产业，夯实不发生规模性返贫的长效产业支撑，交出以数字科技赋能乡村振兴、扎实推进共同富裕的时代答卷。

面向中长期，行业将持续对标中央一号文件智慧农业发展部署，紧跟 FAO 可持续农业行动框架，持续迭代高效低碳、全场景适配的农业无人机软硬件方案，以中国智能农机技术助力国内三农现代化建设，同时向全球输出可复制的数字农业解决方案，为世界粮食安全、减贫发展、绿色低碳转型持续贡献中国农业科技力量。



让农业更轻松，让生命更美好

