

农村电商物流中无人机配送的可行性与实践路径

任 静

四川文轩职业学院 四川 成都 611330

【摘要】：乡村电商产业稳步发展促使城乡物资流通频次持续提升，传统人车配送受农村复杂地形与分散村落布局制约，整体运营成本偏高、配送速度有限，末端服务难以覆盖全域区域，无法适配电商零散、高频的物流运转特征。无人机适配地形能力突出，作业模式灵活高效，可弥补乡村末端物流诸多不足，是物流体系升级的重要方向。现阶段行业落地仍存在明显制约，空域审批方式固化、合规标准缺失、基层空域监管体系不完善，均阻碍规模化常态化运营。结合乡村实际物流工况优化审批规则、搭建专属合规体系、完善基层监管机制，可推动乡村无人机电商物流规范长效发展，助力乡村现代物流体系迭代升级。

【关键词】：农村电商；物流配送；无人机；空域管控；合规体系

DOI:10.12417/2982-3803.26.03.047

1 农村电商物流无人机配送发展现状与研究基础

乡村电商产业不断提质升级，生鲜农产品外销、日用消费品下乡的双向物流需求持续提升，国内多数偏远乡村地形复杂、村落布局分散，传统人车配送路线偏远、投入成本高、配送时效缓慢，末端服务难以全面覆盖，固有作业模式无法适配农村电商碎片化、高频次的物流运转特点^[1]。低空经济相关扶持政策逐步落地，为农村无人机物流配送行业创造了良好的政策环境与发展机遇，各大物流企业纷纷布局乡村无人机短途配送试点，设备突破地形限制、补齐末端物流短板的应用价值得到初步验证。现阶段农村无人机配送整体处于初步探索阶段，应用场景集中在村镇短途货物派送，规模化、常态化的成熟运营模式尚未形成，空域利用规则、行业运营规范、全域监管体系等配套建设滞后于行业发展速度，行业整体呈现市场需求充足但落地条件不成熟、试点项目数量多但全域普及度低的发展状态^[4]。

2 空域管控与合规体系不完善配送运营受限

2.1 农村低空空域审批机制缺乏灵活性规范

国内低空空域管控工作普遍参照通用航空管理标准执行，没有结合农村电商物流无人机短途飞行、高频作业、低空运行的独有特征制定针对性审批规则，固化的审批模式不利于乡村物流常态化配送工作开展。农村无人机配送作业点位分散，服务范围集中在乡镇至村级站点的短途航线，飞行高度多控制在百米以内低空区域，作业频次随电商订单量动态波动，具备随机性、碎片化、区域性的运行特点。现行空域审批统一采用线上报备、逐级审核的固定流程，未对城市商用飞行与乡村便民物流飞行进行场景区分，乡村常规配送航线依旧需要履行完整报备手续，无法贴合农村物流即时性的作业需求灵活调整飞行方案。现有空域审批制度未针对乡村常态化低空配送航线开放豁免权限，固定配送航线无法实现简化备案管理，临时加急配

送订单需要重复提交审核资料，审批耗时与物流配送的时效要求存在明显脱节。繁琐固化的审批流程拉低了整体配送效率，增加物流企业前期运营筹备成本，乡村无人机配送只能局限于定点试点运行，全域常态化的物流服务难以落地，无人机设备在农村电商物流场景的普及应用受到极大限制^[5]。

2.2 无人机配送合规标准体系尚未全面建立

国内现行无人机合规标准大多围绕工业巡检、航拍测绘等领域制定，专门适配农村电商物流配送场景的标准化体系存在大量空白，行业合规依据模糊、执行标准不统一，市场运营乱象频发。设备管控层面，现有技术标准没有考虑农村山地复杂、风雨天气多发、信号覆盖薄弱的特殊作业环境，物流无人机的载重上限、续航时长、抗风能力、安全防护等关键指标，缺少适配乡村场景的专项规范，不同企业生产的设备参数、性能标准差异较大，设备合规判定工作缺少统一依据。作业管控层面，农村无人机物流飞行操作流程、货物装载规范、生鲜物资防护方式、起降场地使用要求均未形成统一标准，各试点区域的作业流程与安全规范各行其是，行业缺少通用的合规运营准则。人员管控层面，乡村物流无人机操作人员的资质考核标准、上岗规范、操作准则不够完善，通用无人机执照考核内容与农村物流实操场景贴合度较低，从业人员合规上岗的判定标准较为模糊。不完善的合规体系让乡村无人机配送运营缺少执行依据，企业合规运营成本居高不下，行业准入规则混乱，规模化、市场化的运营格局难以形成，各类安全运营隐患随之产生。

3 农村电商物流无人机配送优化落地的实践路径

3.1 优化空域审批机制提升乡村配送灵活性

农村电商物流无人机具备短途运行、高频作业、点位分散的运行特征，传统空域审批流程繁琐、场景适配性弱、审批时效滞后的问题较为突出，监管部门与行业主体需打破通用航空审批的固化框架，搭建适配乡村物流场景的差异化、轻量化审

批管理制度，释放末端无人机配送的运营活力（见图1）。各地可结合县域乡村物流整体布局，联合民航、交通、低空经济管理相关部门，全面摸排勘测乡村低空物流航线资源，结合乡镇集散中心、村级服务节点的分布位置，划定专属农村物流低空作业空域，明确百米以下乡村低空配送区域的豁免管控细则，将常态化村镇配送航线纳入固定空域名录，精简冗余审批环节。长期稳定运行的物流配送航线，可推行年度备案、动态更新的简化管理模式，物流企业年初统一提交设备资质、人员信息、固定航线图谱、常态化作业时段等资料，经属地部门审核备案后，全年可自主开展常规配送作业，每季度仅需完成航线信息复核，无需针对单笔订单重复申报。生鲜农产品紧急外运、乡村应急物资补给、偏远村落刚需物资派送等临时场景，可开通乡村无人机物流审批绿色通道，搭建省级线上智能报备系统，精简申报材料，取消多层级人工审核流程，依托系统自动核验实现即时报备生效，解决临时订单审批耗时过长的问題。空域动态调整机制的建立，能够结合农忙时段、电商大节点、恶劣天气等特殊场景，灵活调整空域开放范围、飞行高度与作业时限，明确山地空域、高压线沿线、人员聚居区等区域的禁飞、限飞边界，在保障飞行安全的基础上，充分适配农村电商物流的灵活作业需求，推动无人机配送从零星试点转向全域常态化运营。



图1 乡村无人机空域审批优化实施流程

3.2 构建完善合规标准规范配送行业发展

行业标准缺失、运营不规范是制约农村无人机配送发展的核心问题，设备性能参差不齐、作业流程混乱、人员资质不规范等乱象普遍存在，行业主管部门可联合科研机构、头部物流企业，结合乡村复杂地形、多变气候、多元货物的配送特点，搭建覆盖设备、作业、人员的全维度专属合规标准体系，为乡村无人机物流运营提供统一执行依据（见图2）。设备合规层面，出台农村物流无人机专项技术规范，区别于城市通用设备标准，贴合乡村山地大风、阴雨潮湿、信号薄弱的作业环境，明确配送无人机抗风等级、防尘防水性能、信号稳定性、有效载重等硬性技术指标，统一设备出厂检测、入网核验、年度检

修的执行标准，杜绝非标、无安全防护的设备投入乡村物流运营。结合农村双向物流货物属性，针对生鲜农产品、易碎农副产品、日用百货、农资物资等不同品类，制定差异化装载防护规范，配套标准化保鲜货箱、防撞固定装置、防掉落设备，明确各类货物的装载重量、摆放形式与防护要求，降低乡村货物配送损耗。作业合规层面，统一乡村无人机物流全流程操作标准，细化设备起飞自检、航线巡航、障碍物规避、定点起降、货物交接、返航复盘等各环节操作要求，明确村级临时起降点、乡镇配送枢纽的场地建设规格、硬化标准、安全隔离规范，针对生鲜、普通货物划分差异化配送时限，规避行业无序竞争、超时配送等问题。人员合规层面，重构乡村物流无人机从业人员考核管理体系，优化现有执照考核内容，删减脱离乡村实操的理论模块，增加山地飞行、气流应对、信号中断处置、货物应急防护等实操考核内容，推出乡村物流专属从业资质。落实岗前培训、季度轮训、年度年审制度，常态化开展合规运营、安全防控、应急处置专项培训，搭建从业人员信息备案台账，实现全员持证上岗、动态管控，全面规整行业运营秩序。



图2 农村无人机配送合规标准体系构建流程

3.3 健全空域监管机制筑牢合规运营基础

乡村空域监管覆盖不足、监管盲区较多、追责体系不完善的现状，需要通过科技赋能、基层落地、全程溯源的常态化监管体系补齐短板，全方位夯实农村无人机配送合规安全运营基础（见图3）。推进乡村低空监管基础设施下沉布局，结合偏远村落分散、地形复杂的特点，在乡镇核心配送区域、重点物流航线、山区飞行路段，布设轻量化低空监测基站、雷达感知设备与视频监控终端，补齐乡村空域硬件监管短板，实现无人机飞行状态、航线轨迹、作业高度的全域实时动态监测，彻底消除监管空白区域。完善基层监管队伍配置，依托乡镇交通、应急、市场监管等基层职能部门，组建专职乡村低空监管小队，开展无人机监管、违规处置、安全排查专项培训，赋予基层人员常态化巡查、违规劝导、简易执法权限，解决乡村监管力量薄弱、响应滞后的问题。搭建政企联动智慧监管平台，打通民航监管、地方物流部门、运营企业的数据壁垒，实现无人机设备信息、人员资质、飞行轨迹、作业数据的全域联网共享，形成飞行前资质核验、飞行中动态监测、飞行后数据溯源的全流程监管模式。完善乡村无人机配送违规追责与安全处置机制，明确黑飞、越线飞行、违规起降等行为的处罚标准，细化飞行

事故溯源、责任划分、应急处置流程，建立企业信用评级与违规惩戒制度，对合规运营企业给予政策倾斜，对违规企业督促限期整改、暂停运营资格。硬件升级、队伍建设、平台赋能、制度约束的多维监管体系，能够有效防控乡村无人机配送各类安全风险，推动行业朝着规范化、长效化、可持续化方向发展。



图3 乡村无人机空域常态化监管落地流程

4 结语

无人机配送可完善乡村现有物流架构，填补农村电商末端配送现存缺口，压缩整体物流开支，加快货品流转速度，方便本地农副产品向外输送。国内相关应用仍停留在试点摸索阶段，审批规则缺少弹性，配套行业规范尚未成型，基层空域管控资源配置不足，行业大范围落地始终受到牵制。调整空域审批细则，统一全链条行业规范，搭建智能化基层管控框架，可化解落地阻碍，理顺行业运行环境。低空相关政策与配套技术持续完善过后，这类配送模式会在县域电商物流大范围落地，支撑乡村物流提质建设，助力乡村振兴各项建设稳步推进。

参考文献：

- [1] 马佳,李桐言,李楚连.农村电商末端物流下卡车-无人机协同配送路径优化研究[J].包装工程,2026,47(5):245-256.
- [2] 吴杭轩,张翠平,傅聿焯,等.面向农村电商的无人机-车辆联合配送系统设计与实现[J].现代信息科技,2024,8(2):75-81.
- [3] 许菱,杨林超,朱文兴,等.农村电商物流下无人机与车辆协同配送路径优化研究[J].计算机工程与应用,2024,60(1):310-318.
- [4] 武胜良.农村电商物流“最后一公里”无人机配送应用对策研究[J].物流科技,2022,45(8):61-63.
- [5] 肖建华,徐俐轩,李雅梦.基于卡车-无人机的农村电商“最后一公里”联合配送优化研究[J].数学的实践与认识,2021,51(15):133-145.