

低空物流赋能山区农产品流通的实践逻辑与优化路径——以江西省为例

张慧婷¹ 王彦¹ 任馨悦¹ 杨宣¹ 傅毓章² 丁昕^{1*}

1. 华东交通大学 经济管理学院, 中国·江西 南昌 330013

2. 华东交通大学 国际学院, 中国·江西 南昌 330013

摘要: 山区农产品所依赖的生产区域往往有地形复杂、交通联系不密及物流点分散诸项特点, 一般地面运输于采收期易出现时间过长、用工成本高或产品损耗多的问题。低空物流利用无人机这类航空器, 在山区农产品短距离接驳及“最初一公里”情境中开辟了新的技术可能性。文章以江西省有关实例为基础, 结合政策文本分析与案例考察来思考低空物流介入山区农产品流通的各种运行前提、应用形态及其实际限制。按时间顺序看, 江西省目前的探索基本是沿着政策引导、基建展开、局部试验及产业要素集中诸阶段逐步推进的。南康区将无人机用于高铁辅助、脐橙短程中转乃至梯田粮食转移等做法都说明其在地形跨越、接驳效率、应急服务上具有潜力。但要使试点顺利转为常态运营, 空域协调尚不充分、设备与操作费用偏高、人才缺乏、复杂天气应对困难及运输需求有季节性仍是主要障碍。根据已有分析, 文中就空域资源、运营成本、人才培育、技术开发和物流配合五项内容给出改进建议。所持观点是: 低空物流不应取代传统物流体系整体, 而要同公路、高速、冷链及电商配送配合使用, 才有助于山区农产品更高效地流通。

关键词: 低空物流; 农产品流通; 农业新质生产力; 江西省; 实践路径

Practical Logic and Optimization Path of Low-altitude Logistics Empowering the Circulation of Mountain Agricultural Products — A Case Study of Jiangxi Province

Zhang Huiting¹, Wang Yan¹, Ren Xinyue¹, Yang Xuan¹, Fu Yuzhang², Ding Xin^{1*}

1. School of Economics and Management, East China Jiaotong University, China Jiangxi Nanchang 330013

2. International School of East China Jiaotong University, China Jiangxi Nanchang 330013

Abstract: The production areas on which mountain agricultural products rely are often characterized by complex terrain, inadequate transportation connections and scattered logistics nodes. Conventional ground transportation tends to suffer from long lead times, high labor costs and substantial product losses during the harvest season. Low-altitude logistics, adopting aircraft such as unmanned aerial vehicles (UAVs), creates new technical possibilities for short-distance transfer and the "first mile" delivery of mountain agricultural products. Based on practical cases in Jiangxi Province, this paper analyzes the operational prerequisites, application modes and practical constraints of low-altitude logistics participating in the circulation of mountain agricultural products through policy document analysis and case investigation. Chronologically, the exploration in Jiangxi Province has advanced gradually through stages including policy guidance, infrastructure construction, local pilot projects and concentration of industrial factors. Practices in Nankang District, such as applying UAVs for high-speed rail auxiliary transportation, short-distance transshipment of navel oranges and grain transfer in terraced fields, demonstrate its potential in terrain crossing, transfer efficiency and emergency services. However, for the smooth transition from pilot projects to regular operation, major obstacles remain, including insufficient airspace coordination, high equipment and operation costs, talent shortage, difficulties in adapting to severe weather and seasonal fluctuations in transportation demand. On the basis of the above analysis, this paper puts forward optimization suggestions in five aspects: airspace resource allocation, operation cost control, talent training, technological R&D and logistics coordination. It is argued that low-altitude logistics should not replace the traditional logistics system as a whole, but be coordinated with highways, expressways, cold chain logistics and e-commerce distribution, so as to facilitate the more efficient circulation of mountain agricultural products.

Keywords: Low-altitude logistics; Agricultural product circulation; New quality productive forces in agriculture; Jiangxi Province; Practical path

0 引言

我国山区面积约占国土总面积的三分之二，大量优质农产品因交通不便而长期困于深山。以赣南地区为例，农户多分散居住在海拔数百米的山区，传统物流模式依赖人力与摩托车运输，存在“成本高、效率低、损耗大”的突出痛点。山区农产品面临的“最初一公里”流通困境，一方面推高了农产品整体物流成本，我国农产品物流成本占总成本比重达 30%，显著高于发达国家约 10% 的平均水平；另一方面，较长的运输周期进一步加剧生鲜农产品损耗，常温条件下损耗率可达 20%–30%。由此可见，流通瓶颈已成为制约山区农业增效、农民增收的关键因素。

与此同时，低空经济正在经历从概念探索到制度落地的快速演进。2024 年，低空经济首次被写入政府工作报告并定位为新增长引擎^[1]；2025 年中央一号文件提出支持发展智慧农业，拓展人工智能、数据、低空等技术应用场景^[2]；2026 年新修订的《民用航空法》增设发展促进专章，明确国家采取措施优化低空空域资源配置，鼓励低空经济领域技术创新和应用拓展，促进低空经济发展^[3]。这一系列政策演进，标志着低空经济正从管制思维向发展思维全面转型。

低空物流所具有的“点对点”类直达方式、不依附地形、灵活而高效的特点是解决山区农产品流通难题的一种全新技术思路。但目前有关低空物流的研究大体上只讨论其技术现实或产业总体走向，未就它怎样实际促进山区农产品流通、运作中有哪些规律、存在哪些根本困难、应以何种方法改进等要点做较完整的思考，因而缺少对该问题的系统性学术分析与解答。

江西省要实现低空物流较快发展，必须依靠制度上的系统性安排。现在省内已把低空经济当作重点来抓，制定多类扶持政策，对空域利用作适当优化，使飞行计划较易获批。从省级政策出发，赣州市对无人机的购买及运行予以补贴，南康区是目前全国最早由民航局批准试用无人机物流的几个地方之一，于都县有专门针对低空经济的资金配置，安远县正考虑山区起降点的布局，由此形成由省定法规、市补细则到县做落实的政策梯度。所建立的制度体系正是低空物流扩大运用的实质性保障。

1 文献回顾与分析框架

1.1 低空物流与农产品流通相关研究

低空物流是指低空经济中进行货物运输和相关经济活

动的部分，主要依托民用有人驾驶及无人驾驶航空器，以多样化载货低空飞行活动为核心驱动力，涵盖无人机、轻型固定翼飞机、直升机等多种飞行器类型，以及配套的空

中交通管理系统、地面基础设施和物流网络。

现在学界已就低空物流应用于农业的情况作过初步的思考与分析。所涉研究都肯定低空物流对农产品配送的提速作用、对地理障碍的克服能力以及对信息利用的促进意义^[4]。按实际案例考察，重庆巫山所产脆李用无人机配合运输后，转运时间由 1 小时变为 8 分钟，损耗比例由 15% 减到 4.7%，效率提高达 86.7%^①；湖北秭归脐橙经由无人机吊装处理，每亩成本约省 250 元^②。上述事实是分析低空物流价值的非常有力的支撑材料。

然而，已有的论述大体以技术应用所涉效果为讨论中心，有关低空物流促进农产品流通的理论说明尚不完整，特别是没有把农业新质生产力纳入思考范围，没有就低空物流做生产力角度的整体考察。

1.2 农业新质生产力的理论视角

“新质生产力”是由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生的先进生产力形态。在农业领域，新质生产力意味着以科技创新为核心驱动力，推动农业劳动者、劳动资料和劳动对象实现质的跃升。

低空物流赋能农产品流通，正是农业新质生产力的生动体现^[5]。从劳动者维度看，低空物流催生了无人机飞手、低空物流运营专员等新农人群体，推动农业劳动力从体力型向技能型转变；从劳动资料维度看，无人机、智能货柜、低空物联网等新型劳动工具的引入，使农产品运输从人背马驮跃迁为智能配送，实现了劳动工具的质变；从劳动对象维度看，低空物流将农产品流通的物理空间从地面延伸至低空空域，使空域资源转化为农业生产要素，实现了劳动对象的创新性拓展。

1.3 分析框架

基于上述理论视角，本文构建“实践逻辑—制约因素—优化路径”的三维分析框架。首先，从制度环境、基础设施、场景应用等维度系统梳理江西省低空物流赋能农产品流通的实践探索，提炼其内在的实践逻辑；其次，深入分析制约低空物流规模化推广的深层因素；最后，在农业新质生产力理论指引下，从制度、成本、人才、技术和协同五个维度提出系统性优化路径。

^① 李晓婷，周文冲. 一颗巫山脆李的出山新旅[EB/OL]. 新华网，2025-07-08.

^② 郑家裕. 湖北秭归：脐橙乘无人机快速下山[EB/OL]. 新华网，2023-04-11.

2 江西省低空物流赋能农产品流通的实践探索

2.1 制度环境与政策创新

江西省低空物流的快速发展,离不开系统性的制度供给。江西省积极推进低空经济发展,出台系列支持政策,优化低空空域使用流程,提升飞行计划审批效率。在省级政策框架下,赣州市出台了无人机购置与作业补贴等扶持政策^[6],南康区作为全国首批获民航局批复的无人机物流配送试点地区之一,于都县设立低空经济专项基金,安远县规划山区无人机起降点,形成了省级立法引领—市级政策配套—县级落地细化的梯次政策体系。这种制度体系的构建,为低空物流的规模化应用提供了关键支撑。

2.2 基础设施与网络布局

基础设施是低空物流运行的物理底座。江西省加快推进低空基础设施建设,建成多个通用机场和垂直起降场,布局低空飞行服务站,推进低空物联网和无人机综合监管平台建设^[7]。在物流配送领域,南康区无人机物流配送试点已累计开通航线 215 条,完成订单超 300 万单^[8],初步形成覆盖重点区域的无人机物流网络。赣州市南康区主要作业区已实现 5G 网络覆盖,气象服务接入低空物流中心,空域资源方面开通了多条低空农业专用航线。赣州低空经济产业园已引育多家企业,全产业链营收持续增长^①。这些基础设施构成了低空物流运行的硬件底座。

2.3 典型实践案例分析

(1) 南康无人机+高铁联运模式。赣州市南康区隆木乡平均海拔超 800 米,山路崎岖,农产品外运长期依赖人力与摩托车运输。2023 年起,当地创新推出无人机+高铁城乡跨域联运模式,构建起山上无人机快速集货、山下高铁成网运输的跨城联运新场景。山上无人机将农产品从高山农场运至山下集散点仅需 12 分钟,较传统汽车配送大幅缩短;山下衔接赣深高铁快运专列,实现深山农产品朝夕至送达全国。该模式入选交通运输部低空交通运输应用场景典型案例^[9],已惠及当地众多家庭农场和农户,2025 年上半年相关总收入突破 1900 万元^②。

(2) 脐橙无人机运输专线。赣州依托南康无人机物流试点,探索脐橙无人机运输模式,大型无人机将新鲜采摘的脐橙从果园精准投送至山下分拣点,大幅提升了作业效率与智能化水平^[10]。

(3) 崇义上堡梯田无人机运粮。崇义县上堡梯田利用

无人机进行稻谷运输,将采收周期缩短约 1 周,有效解决了梯田地形机械无法进入、人工搬运成本高的问题。

(4) 隆木乡共享高山农场数字化平台。隆木乡搭建共享高山农场数字化平台,农场跑山鸡月出栏量大幅增长。2025 年全乡农产品销售额显著提升,运输成本有效降低。该模式将低空物流与电商平台、冷链技术深度融合,形成了无人机低空集货—高铁骨干网运输—冷链末端配送—线上平台对接的完整闭环。

2.4 实践成效与逻辑提炼

综合上述实践,江西省低空物流赋能农产品流通的实践逻辑可概括为政策驱动—基建先行—场景落地—集群发展的递进路径^[11]。在政策层面,通过省级立法与地方配套形成制度合力;在基建层面,以通用机场、起降场、物联网和监管平台构建物理底座;在场景层面,以无人机+高铁脐橙专线共享农场等具体场景验证商业可行性;在产业层面,以低空经济产业园为载体形成集聚效应。这一路径体现了农业新质生产力技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级的核心特征。

3 实践中的制约因素与深层逻辑

3.1 空域管理协同性仍然不足

现在所称的低空物流要同时考虑飞行计划、空域利用、通信安排、治安及事故诸项内容。跨区飞行或特殊时间的活动多需由多个部门配合完成,此时若没有清楚的权责划分或手续规范,有关企业将付出较多制度性时间。又因目前缺少专门的农业无人机保险以及对事故的完整判断方法,所以村集体乃至相关企业对实际操作的投入会有所保留、态度较为谨慎。

3.2 运营成本与需求规模存在矛盾

低空物流的成本不仅包括无人机购置费用,还包括起降设施、人员培训、日常维护、能源补给、通信服务、保险和飞行管理等支出。山区农产品运输具有明显的季节性和分散性,旺季订单集中,淡季需求不足,设备利用率难以保持稳定。若单个农户独立承担设备购置和运营费用,通常难以形成合理的投入产出关系。因此,设备共享、订单整合和多场景运营是降低单位成本的重要条件。

3.3 复合型人才供给不足

山区所涉低空物流应由既懂飞行、又知设备、又了解农产品及订单的各类工作人员来完成。若只把飞行技能当作主要能力,农产品的装运、保存乃至运输路线未必能处

^① 人民网江西频道. 向“数”向“新”,南康构建现代化产业新体系[EB/OL]. 人民网, 2025-01-28.

^② 赣州市人民政府. 开路先锋 枢纽强市[EB/OL]. 赣州市人民政府网, 2026-01-07.

理得当；而对农业本身很熟悉的员工不一定知道如何飞、怎样管设备。目前培训一般只教单个环节，有关教育或培训的课程与实际岗位尚有落差，复合人才的缺乏正是此类项目长期开展时遇到的主要困难。

3.4 技术性能与山区应用场景不完全匹配

山区所用的无人机要同时满足续航、载重、避障、定位及抗风诸项性能的要求。果园、峡谷、梯田或林地都可能使通信受阻、定位不准或起降变得困难。对于天气状况不好的情况要作充分估计，设备失灵或坠毁本身就有损于人与作物乃至自然生态。所以研究飞行技术不应只以实验室中各项指标为标准，而要结合山区真实航线做有关适应性的试验以及对安全的分析考察。

4 低空物流赋能农产品流通的优化路径

4.1 完善面向运营的空域服务机制

应围绕跨区域飞行、固定航线和特殊天气条件下的作业需求，细化飞行申请、风险评估、动态监控和事故处置流程。对于运行条件成熟、风险边界清晰的固定航线，可以探索更加稳定和便利的审批服务机制。同时，应明确民航、公安、交通、农业和通信等部门在低空物流项目中的职责，减少重复审批和监管空白。

4.2 建立与实际需求相匹配的成本分担机制

财政支持不宜只集中于设备购置，还应适度覆盖航线运营、平台服务、设备维护和人员培训等持续性支出。地方政府可以通过购买服务、订单补贴或示范项目补助等方式，降低项目初期的运营压力。村集体可发挥组织和整合作用，将分散农户的运输需求集中起来，由专业企业统一运营，避免重复购置设备。对于订单量不足的地区，还可以将无人机用于巡检、植保和应急运输，提高设备利用率。

4.3 培养了解农业业务的低空物流人才

高校和职业院校可以根据地方产业需求设置无人机应用、低空物流运营和设备维护等课程，并与农业企业、物流企业共建实训基地。地方培训项目应将飞行安全、农产品包装、冷链链接、订单管理和设备保养纳入培训内容。对返乡青年和新型职业农民，可采取短期培训、岗位实训和职业资格评价相结合的方式，提升培训与实际就业之间的衔接程度。

4.4 推进面向山区场景的技术研发

技术改进应重点围绕续航、载重、定位、避障和抗恶劣天气能力展开。企业和科研机构可以针对果园、梯田和高山村落设计不同的机型及运输方案，避免以单一设备适配所有场景。对通信不稳定和起降条件有限的区域，应加

强航线规划、备用降落点和远程监控建设。涉及人工智能、北斗定位和自动避障等技术时，还应同步建立数据安全、运行记录和责任追溯机制。

4.5 推动低空运输与既有物流网络协同

低空物流不应被视为对传统物流的替代，而应作为既有物流体系的有机补充和升级延伸^[15-16]。一方面，推动低空物流与高铁快运、冷链物流、电商平台的深度融合，构建无人机集货 + 骨干网运输 + 末端配送的全链条网络。南康无人机 + 高铁模式已证明这一路径的可行性。另一方面，推动低空物流与数字乡村建设协同推进，将低空物流数据接入农产品溯源系统，以作业数据上链增强品牌溢价能力^[17]。此外，还应探索一机多用模式，使无人机在非运输时段兼顾植保、监测等功能，以多元化收入分摊运营成本。

5 结论与展望

本文以江西省相关实践为案例，分析了低空物流参与山区农产品流通的应用路径及现实约束。研究表明，低空物流的应用通常需要经历政策支持、基础设施建设、具体场景验证和产业要素集聚等环节。无人机在高山集货、梯田运输和应急配送等方面能够发挥一定作用，尤其适合弥补地面交通网络在局部区域的覆盖不足。

但低空物流目前仍处于由试点应用向稳定运营过渡的阶段。空域管理协同不足、前期投入较大、订单季节性明显、复合型人才短缺以及山区环境适应性不足，都会影响其推广效果。这些因素并不是彼此独立的：审批不确定性会增加运营成本，成本上升会削弱农户和企业的使用意愿，需求不足又会降低设备利用率并限制技术投入。因此，政策优化、成本控制、人才培养和技术改进需要同步推进。

本文的局限在于研究样本集中于江西省，案例资料主要来自公开信息，尚未通过大规模农户调查和连续运营数据检验低空物流的实际经济效益。因此，后续研究可以从三个方面展开：一是开展不同省份和不同地形区域之间的比较研究；二是通过农户调查分析其服务需求、支付能力和采纳意愿；三是跟踪试点项目的长期运营情况，比较不同商业模式在成本、效率和安全方面的实际表现。

参考文献：

- [1] 李强. 政府工作报告——2024 年 3 月 5 日在第十四届全国人民代表大会第二次会议上[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2024(9):2-16.
- [2] 中共中央国务院关于进一步深化农村改革扎实推进乡村全面振兴的意见：(二〇二五年一月一日)[N]. 人民

日报, 2025-02-24(001).

[3] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国民用航空法 (2025 年修订) [Z]. 2025-12-27.

[4] 何勇, 戴馥霜, 朱姜蓬等. 农业低空经济应用场景及产业发展现状与趋势[J]. 智慧农业 (中英文), 2025, 7(06): 1-17.

[5] 罗必良. 论农业新质生产力[J]. 改革, 2024(04): 19-30.

[6] 国务院. 国家综合立体交通网规划纲要[Z]. 2021.

[7] 中国民用航空局. 中国民用航空局关于印发落实数字中国建设总体部署 加快推动智慧民航建设发展的指导意见: 民航发〔2023〕17 号[Z]. 2023-07-03.

[8] 江西省人民政府. 江西省制造业重点产业链现代化建设“1269”行动计划 (2023-2026 年) [Z]. 2023.

[9] 濮云海. 低空场景下空铁联运发展路径探析[J]. 民航学报, 2025, 9(06): 1-5.

[10] 许铭杰. 低空经济赋能云南农业发展协同效应探究[J]. 云南农业, 2025, 39(10): 9-11.

[11] 王亚红, 韦月莉. 农业新质生产力对农民增收的影响[J]. 农林经济管理学报, 2024, 23(04): 446-455.

[12] 张军, 宗超, 魏愚凡. 低空物流的发展现状与前景分析——以安徽省为例[J]. 全国流通经济, 2025(22): 13-16.

[13] 甘淑婷. 低空经济视域下农村电商物流发展问题及对策[J]. 物流科技, 2025, 48(23): 97-99.

[14] 农业农村部. “十四五”全国农业机械化发展规划[Z]. 2021.

[15] 李梅, 张予洁, 卢忠东等. 低空经济与智能物流协同发展的逻辑、挑战与推进路径[J]. 企业科技与发展, 2025(02): 14-20.

[16] 曾凡雷. 低空物流助力农产品供应链的机遇、挑战与路径[J]. 知与行, 2026(1):50-61.

[17] 侯冠宇, 张震宇. 因地制宜: 低空经济助推城乡融合发展的路径与着力点[J]. 山西农业大学学报 (社会科学版), 2025, 24(05): 74-81.

基金项目: 江西省社科“十四五”(2023 年)基金: 低碳经济转型对长江经济带制造业高质量发展的作用机制与对策研究 (项目编号: 23YJ30)。

作者简介: 张慧婷, 女, 华东交通大学经济管理学院 2023 级本科生。

* 通讯作者: 丁昕 (1990-), 女, 江西抚州人, 华东交通大学经济管理学院副教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 企业创新、区域经绿色经济转型。