

# 低空物流视域下湖南省县、乡、村车机协同配送现状及必要性分析

张超凡 宾厚 江博硕 周蓉<sup>(通讯作者)</sup>

湖南工业大学经济与管理学院 湖南 株洲 412007

**【摘要】**：在低空经济与乡村振兴协同推进背景下，县乡村物流体系正由传统公路运输向空地一体化配送转型。湖南省受复杂地形、村落分散和末端需求碎片化影响，长期面临配送成本高、时效慢和服务覆盖不足等问题。基于湖南省县乡村低空物流发展现状，从政策环境、基础设施、运营模式和现实约束等方面分析车机协同配送的发展基础与主要瓶颈。研究发现，湖南省已形成一定的政策支撑与试点实践基础，但在专项标准、节点设施、数智协同、商业模式和人才支撑等方面仍存在明显短板。进一步分析表明，推进车机协同配送模式构建，有助于降低末端物流成本、提升配送时效、增强基层物流网络韧性，并促进县域物流体系提质增效。为此，提出完善政策制度、优化节点布局、夯实低空基础设施、推动数据协同和创新运营机制等对策，以推动湖南省县乡村车机协同配送由试点探索走向规模化应用。

**【关键词】**：低空物流；车机协同配送；县乡村物流；湖南省

DOI:10.12417/3041-0630.26.08.081

## 引言

随着低空经济加快发展，无人机在物流配送中的应用逐步由应急、试验场景向常态化、商业化场景延伸。相较于传统地面配送方式，无人机具有跨越复杂地形、缩短运输链路和提升响应速度等优势，尤其适用于山区、丘陵和交通不便区域的末端配送<sup>[1-2]</sup>。在乡村振兴和县域商业体系建设持续推进的背景下，农村物流体系对配送时效、服务覆盖和资源协同提出了更高要求，单一依赖公路运输的模式已难以完全适应分散化、小批量、高频次的配送需求<sup>[3]</sup>。

湖南省地貌结构复杂，山地、丘陵和水域分布广泛，县乡村三级物流网络建设虽然取得明显进展，但在偏远山区、湖区和林区等区域，仍普遍存在物流线路迂回、配送成本高和末端服务能力不足等问题<sup>[4]</sup>。在此情况下，车机协同配送通过发挥货车干线运输和无人机末端直达的互补优势，可在一定程度上突破传统地面物流的空间约束，已成为县乡村物流模式创新的重要方向<sup>[5]</sup>。

目前，关于车机协同配送的研究多集中于路径优化、协同调度和运输效率提升等技术层面，而针对中部复杂地形地区县乡村场景的现实基础、推广障碍与实施路径的研究相对不足。基于此，本文从湖南省实际出发，对县乡村车机协同配送的发

展现状、主要瓶颈与优化路径进行分析，以期对湖南乃至类似地区低空物流场景应用提供参考。

## 1 湖南省县乡村车机协同配送的发展现状

### 1.1 政策与环境基础逐步形成

近年来，低空物流逐步成为物流业转型升级的重要方向。已有研究指出，政策开放、技术进步和场景需求增长是推动低空物流发展的关键因素<sup>[6]</sup>。湖南省作为农业大省，县乡村物流体系建设较早推进，具备较好的农村物流组织基础。随着低空经济相关探索持续推进，湖南在山区农产品上行、偏远地区配送及应急物资投送等方面已具备一定应用条件<sup>[7]</sup>。

### 1.2 三级物流节点网络不断完善

县乡村物流体系是车机协同配送落地的重要载体。当前湖南县级物流节点主要承担仓储分拨、集散中转和干线运输功能；乡镇节点多依托共配站、电商服务中心等承担接驳和转运任务；村级节点则负责末端收发与便民服务。整体上看，三级物流节点网络已经初具规模，为低空物流与地面物流的衔接提供了组织基础。

但从适配程度看，现有多数节点仍主要围绕地面配送模式构建，面向无人机起降、充换电、智能接驳和低空调度的设施

作者简介：张超凡（2001-），男，河南郑州人，湖南工业大学；

宾厚（1974-），男，湖南株洲人，湖南工业大学；

江博硕（2002-），男，湖南株洲人，湖南工业大学；

周蓉（1982-），女，湖南株洲人，湖南工业大学。

基金项目：2025年湖南省社会科学成果评审委员会立项课题-低空物流视域下湖南省“县乡村车机协同”配送模式及策略研究（课题编号：XSP25YBZ181）。

供给不足。部分节点虽可承担临时起降和中转功能，但标准化程度和持续运行能力不高。这说明湖南省乡村物流网络已具备“点”的基础，但要实现常态化车机协同配送，仍需进一步完善“线”和“网”的衔接能力。

### 1.3 试点应用呈现多场景探索趋势

在应用实践方面，湖南部分地区已围绕特色农产品运输、民生物资配送和基层医疗保障等场景开展低空物流试点。已有研究表明，在山区农村场景中，车机协同配送能够有效缩短物流时间，提高偏远地区配送可达性。特别是在农产品上行和高效物资配送领域，低空物流的优势更加突出。

从现阶段来看，湖南的车机协同配送仍以试点运行为主，主要特征是政策驱动明显、应用场景较为集中、市场化程度相对有限。这种发展状态说明，湖南低空物流已完成从“技术可行”向“场景验证”的初步过渡，但尚未形成成熟的规模化运行体系。

## 2 湖南省县乡村车机协同配送面临的现实瓶颈

### 2.1 制度供给与协同机制仍显不足

低空物流涉及空域管理、交通运输、邮政快递、农业农村和地方治理等多个领域，具有较强的跨部门协同特征。相关研究指出，当前我国低空物流发展面临标准体系不完善、部门协调难度较大等共性问题。对于湖南省乡村场景而言，这种制度短板表现得更为明显。

一方面，车机协同配送缺乏针对性较强的运行规范和技术标准，特别是在起降条件、交接流程、风险防控和责任界定方面，统一规则仍较欠缺。另一方面，县乡基层在推进试点过程中往往面临多部门审批和协同成本偏高的问题，影响了模式落地效率。

### 2.2 基础设施专用化和适配性不足

车机协同配送对基础设施的要求高于传统物流模式，既需要地面节点具备仓储、分拨和接驳功能，也需要配置低空起降、能源补给、通信监测和安全防护设施。但从湖南现实情况看，现有三级物流节点在低空适配方面普遍存在短板。

县级节点虽然具备一定集散能力，但缺少综合性低空物流调度功能；乡镇节点多数设施较为简易，难以满足高频次起降和中转需求；村级节点则普遍缺乏智能化末端接收条件。特别是在山区和偏远地区，设施布局分散、标准不一，难以形成稳定的车机协同配送链路。

### 2.3 数智协同能力相对薄弱

低空物流运行离不开通信、导航、监视和调度平台支持。已有研究表明，数字化和智能化是提升车机协同配送效率的关

键支撑。然而，湖南部分山区和丘陵地区仍存在通信盲区、低空感知能力不足、多源数据难以共享等问题，这在一定程度上削弱了车机协同配送的运行效率和安全保障水平。

此外，不同主体之间的信息系统标准不统一，物流企业、平台企业与基层节点之间尚未建立顺畅的数据协同机制，影响了订单调度、航线规划和运行监测的整体效率。

### 2.4 商业模式可持续性有待增强

从运营角度看，低空物流前期投入高、农村市场分散、订单波动大，是制约模式可持续发展的重要因素<sup>[7]</sup>。尤其在县乡村场景中，订单密度不足和运力利用率偏低问题较为突出，导致无人机配送成本难以快速摊薄。

现阶段，湖南多数低空物流试点仍以项目制、示范制方式运行，对财政补贴、政策支持或企业战略投入依赖较强。如何通过多场景复用、干支末协同和服务延伸形成稳定收益，是后续发展必须解决的问题。

## 3 湖南省县乡村车机协同配送的优化路径

### 3.1 完善区域协同机制与标准体系

湖南省乡村车机协同配送涉及低空空域、地面交通、邮政快递、应急管理、农业农村等多个领域，单靠某一部门或某一企业难以完成系统推进。因此，首先要从区域协同机制入手，推动形成政府统筹、部门联动、企业参与、基层配合的工作格局。省级层面应强化顶层设计，明确交通、邮政、公安、自然资源、通信管理等部门在低空物流场景中的职责边界与协作流程，减少重复审批和多头管理问题。市县层面则应结合本地地形条件、物流基础和产业需求，建立常态化协调机制，推动空域申请、航线规划、节点建设、通信保障和安全监管协同开展，提高政策落地效率。

在此基础上，还应加快健全适用于县乡村车机协同配送的标准体系。当前湖南虽然已有一定试点基础，但在具体运行中仍普遍存在设施建设标准不统一、作业流程不规范、风险责任界定不清晰等问题，制约了模式复制推广。下一步，应围绕车机交接、货物装卸、起降管理、设备运维、异常处置和服务评价等关键环节，形成一套较为系统的操作规范。

### 3.2 优化三级物流节点布局

县乡村三级物流节点是车机协同配送落地运行的基础载体，其布局合理与否，直接影响配送效率和协同水平。当前湖南部分地区虽然已经形成县级分拨、乡镇接驳、村级末端服务的基本框架，但从实际运行看，节点之间功能分工仍不够清晰，部分区域还存在县级集散能力不足、乡镇中转节点薄弱、村级末端服务承载能力有限等问题。因此，必须按照车机协同配送的运行逻辑，对三级节点进行再优化、再整合。

同时,节点优化还应坚持因地制宜原则。对于山区、丘陵和湖区等复杂场景,应根据人口分布、道路条件和产业布局,科学确定起降点位置和服务半径,避免一味追求“大而全”建设,防止资源闲置和重复投入。通过构建层级清晰、功能互补、布局合理的三级节点体系,逐步形成“县级集散、乡镇接驳、村级触达”的车机协同配送网络。

### 3.3 推进低空物流基础设施专用化建设

低空物流能否由试点示范走向常态化应用,很大程度上取决于基础设施是否完善。与传统公路物流相比,车机协同配送对基础设施提出了更高要求,不仅要有地面仓储、分拨和装卸设施,还需要配套建设起降场、充换电装置、通信基站、微气象监测设备和安全防护设施。当前湖南不少地区的低空物流基础设施仍处于起步阶段,存在点位分散、标准不一、保障能力偏弱等问题,难以支撑高频次、规模化运行。

因此,下一步应围绕“可起降、可补能、可监测、可保障”的目标,分层分类推进低空物流基础设施建设。县级枢纽可优先建设标准化起降区、设备检修区、电池管理区和运行监控中心,增强综合保障能力;乡镇接驳站应重点补齐简易起降坪、快充换电设备和基础通信设施,满足中转接驳需求;村级末端点则可根据实际情况配置小型降落平台、智能货柜和必要的安全防护设施,提高末端接收效率。

### 3.4 强化平台协同与数据融合

车机协同配送本质上不是简单地把无人机叠加到传统物

流体系中,而是要通过数字化平台实现空地资源的统一调度和高效协同。因此,强化平台协同与数据融合,是提升湖南省乡村车机协同配送运行效率的重要抓手。当前实际运行中,车辆调度、无人机飞行、站点接驳、订单流转和货物状态等数据多分散在不同平台和不同主体之间,信息接口不统一、数据共享不充分,直接影响协同决策效率。

对此,应加快建设面向县乡村物流场景的一体化调度平台,推动订单、车辆、无人机、站点、线路等关键资源纳入统一管理,实现配送任务智能分派、运输路径动态优化和运行状态实时监控。特别是在县级枢纽层面,应增强平台对“车—机—站—货”全链条资源的统筹能力,使货车运输与无人机配送形成更加顺畅的衔接关系。同时,还应建立统一的数据接口和共享标准,推动政府监管平台、物流企业系统、站点终端和飞行服务平台之间的数据互通,减少信息孤岛现象。

## 4 结语

总体来看,湖南省县乡村车机协同配送已具备一定发展基础,在应对复杂地形条件下的末端配送难题方面具有明显优势。当前其主要问题集中在制度协同不足、设施适配不强、平台能力较弱和商业模式不成熟等方面。未来,应立足湖南省乡村物流需求特征和低空物流应用趋势,统筹推进制度建设、节点优化、设施升级、平台协同与模式创新,推动车机协同配送由试点示范向常态化、规模化应用转变,为县域物流体系提质增效和乡村振兴提供有力支撑。

## 参考文献:

- [1] 路世昌,邵旭伦,李丹.卡车-无人机协同救灾物资避障配送问题研究[J].计算机工程与应用,2023,59(02):289-298.
- [2] 杨雷博,周俊.限制区下货车联合无人机配送路径问题研究[J].计算机工程与应用,2023,59(12):326-332.
- [3] 韩晶,刘艳秋.考虑道路受损和公平性的卡车无人机协同配送路径优化研究[J].运筹与管理,2025,34(06):55-62.
- [4] 许钢焱,龙玉莹,王欣悦,等.考虑货车-无人机协同的灾后应急响应策略及调度优化[J].安全与环境学报,2023,23(05):1587-1595.
- [5] 张林静,丁溢.基于卡车-无人机协同配送的双目标应急物资运送优化[J].系统管理学报,2025,34(01):81-95.
- [6] 范厚明,甘兰,陈天磊,等.时变路网及区域限时禁飞下车辆-无人机同时取送货路径问题[J].系统管理学报,2025,34(01):50-67.
- [7] M.K.S,Sadhna C,K.A M,et al.A green 4-dimensional multi objective transportation system for disaster relief operations under time-sequential complex fermatean framework with safety measure[J].Applied Soft Computing,2024,151111102.