

多仓库下物流无人机协同配送方法

李伯阳, 徐岩, 吕猛, 潘翔, 宋权民
广东工贸职业技术学院, 广东 广州 510510
DOI: 10.61369/VDE.2025190008

摘 要 : 当前, 随着电子商务行业的不断发展, 人们对于仓储物流配送能力的需求也在不断提升。在此背景下, 围绕多仓库布局而展开的物流无人机协同配送模式也在悄然兴起。基于此, 本文探讨多仓库环境下物流无人机协同配送相关概念的同时, 就其中的难点问题和有效应对策略进行了分析, 以期能够给相关人士提供一些参考借鉴。

关 键 词 : 多仓库; 物流无人机; 协同配送

Collaborative Distribution Method of Logistics UAVs under Multi-Warehouse Environment

Li Boyang, Xu Yan, Lv Meng, Pan Xiang, Song Quanmin
Guangdong Vocational and Technical College of Industry and Trade, Guangzhou, Guangdong 510510

Abstract : Currently, with the continuous development of the e-commerce industry, people's demand for warehousing and logistics distribution capabilities is also constantly increasing. Against this background, the collaborative distribution mode of logistics Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) based on multi-warehouse layout is quietly emerging. Based on this, this paper discusses the concepts related to the collaborative distribution of logistics UAVs in a multi-warehouse environment, and at the same time analyzes the difficult problems and effective response strategies therein, hoping to provide some references for relevant personnel.

Keywords : multi-warehouse; logistics UAVs; collaborative distribution

在数字化时代下, 电商行业蓬勃发展, 社会对于物流配送的需求也在不断提升。多仓库布局作为一种优化仓储网络、缩短配送半径的重要策略, 已经成为广大物流企业的第一选择^[1]。但是, 在传统的配送模式下, 多仓库布局对于人力以及地面交通实际情况有着较高的要求, 这也使得企业无法很好地控制中间成本和配送效率。而多仓库下的物流无人机协同配送则能够依托无人机较强的灵活性特点, 大幅提升配送效率并降低人力、物力成本, 进而有效解决“最后一公里”的配送难题。所以, 在新时期深入探讨多仓库下的物流无人机协同配送方法有着重要的现实意义。

一、多仓库下物流无人机协同配送概述

(一) 相关内涵概述

多仓库布局指的是当前物流企业为了有效降低配送成本和提升配送效率, 在不同地区搭建仓储中心, 进而形成一个能够覆盖多区域物流仓储网络的运营模式^[2]。其次, 对于物流无人机配送而言, 其指的是运用无人机飞行器, 来对货物进行精准配送, 进而保证仓库完成统一调度需求和配送任务需求。

(二) 配送优势探讨

相较于传统配送方式而言, 无人机配送有着较强的灵活性和便利性, 它在物流配送过程中不会受到地面交通情况的影响, 是交通拥堵情况下的最优配送方式选择。同时, 在该模式下, 多仓库之间的配送速率也会大大提高, 所用的人工配送成本以及物力成本都会有效降低, 这也能够帮助企业更好地控制资金成本支出。此外, 无人机协同配送可覆盖的区域是非常广泛的。尤其是

在一些交通不便利的山地、丘陵地区, 通过无人机的协同配送, 物流配送效率将会大幅提升, 这也能够有效提升人们对于物流配送的满意度^[3]。此外, 该模式的应用也能够进一步增强物流配送的应急能力, 如在一些自然灾害下, 该模式能够更好地适应恶劣环境, 快速完成紧急配送任务。

(三) 应用场景分析

结合现实情况来看, 多仓库物流无人机协同配送主要应用场景是一些小批量、高频次的配送订单。例如, 在城市配送中, 鲜花、药品等对于物流配送的时效性有着较高的要求, 这时多仓库物流无人机协同配送的优势就显现了出来^[4]。其次, 在一些偏远地区, 可能因为交通不便、地形复杂等因素存在配送成本高以及配送难等问题, 这时利用该模式能够有效解决物流配送的难题问题, 进一步降低物流配送成本。再者, 在自然灾害等紧急情况下, 该模式可以发挥较强的灵活性优势, 如可以向某一目标地区及时配送食品、药物等物资, 满足人们对于物流配送及时性的

要求。

二、多仓库物流无人机协同配送面临的问题

（一）相关技术难题

当前，无人机协同配送也面临着一定的技术难题，如避障技术以及导航技术等都需要进一步优化，以此来更好地适应多场域下的复杂配送条件，避免出现配送偏差与安全等问题。同时，无人机续航技术也有待进一步完善，可以看到，当前的无人机的续航能力普遍不高，这也限制了多仓库物流配送的距离，影响了实际的协同配送效果^[5]。再者，信号稳定性技术方面也亟待进行突破。无人机协同配送对于信息交互质量有着较高的要求，而在一些干扰强或者是信息化设施不太完善的地区，则会常常面临信号中断风险，这也直接影响了实践的协同配送质量。

（二）法律政策问题

可以看到，当前关于多仓库无人机物流协同配送方面的法律法规以及相关政策还不够完善。例如，并没有对无人机的飞行规则、飞行区域以及责任认定等进行明确规定，这也使得一些企业在无人机协同配送的过程中，面临很大风险^[6]。同时，由于缺少良好的监管体系，无人机配送难以得到有效监管，这也直接影响了多仓库物流无人机协同配送方面的质量和效果。

（三）安全隐私挑战

安全与隐私也是当前多仓库物流无人机协同配送所面临的两大问题。首先，在安全方面，无人机配送存在坠机风险，一旦出现这一问题将会导致配送物品出现损坏、丢失等情况，同时也给地面的人员以及财产等造成伤害^[7]。其次，在隐私方面，无人机配送过程中可能会涉及到拍摄地面私人住宅等情况，进而引发隐私保护方面的相关争议。

（四）设施建设不足

多仓库物流无人机协同配送需要设置专门的场地，而在城市中适合的场地相对较少，而如果运用屋顶等临时场地又会对配送的效率以及安全性带来冲击。同时，无人机需要经常充电，这也对相关基础设施建设提出了更高的要求^[8]。此外，多仓库物流无人机协同配送需要强大的数据后台为支撑，就目前而言，相关仓库在这一方面建设还是不够充分的。

三、多仓库物流无人机协同配送方法

（一）协同控制算法

首先，是运用集中式算法，其主要是通过中央控制系统来对配送信息进行统一处理，同时制定相应的配送计划和发布配送指令。它的优势主要是覆盖面大，能够保证配送全局的信息传递质量，但是其对于中心系统的运算能力有着极高的要求，如果出现了系统故障，那么将会对整个配送网络造成巨大影响。其次，是分布式算法，其主要通过仓库节点来连接无人机，实现信息相互传送，有着较高的灵活性，但是其整体的优化效果相对较差^[9]。再者，是混合式算法，其综合了上述两种算法的优点，在关键决策

方面主要由中央系统负责，而局部的决策则由相关节点来进行自主完成，这也保障了配送过程中的灵活性。

（二）路径规划方法

通过粒子群优化算法以及遗传算法等来进行启发式路径规划，以此来保证配送路径选择的最优化结果。期间，通过对群体行为以及生物进化的模拟来计算最优路径解，进而适应多仓库环境下的配送场景需求。此外，蚁群算法也是该模式的重要路径规划方法，其主要是模拟蚂蚁觅食的行为，通过信息素传递来规划出最优的配送路径，能够更好地适应环境变化同时也可以及时对路径进行调整，以此来更好地保障配送效率和质量。

（三）任务分配策略

多仓库物流无人机协同配送涉及到了任务分配问题，这一方面主要是结合无人机的实际性能（负载量、续航力、飞行速度等）来分配相应的任务，以此来保障配送流程的及时性与高效性。例如，针对大负重、长距离的配送任务，自动分配给在负载量、续航力方面性能较优秀的无人机；针对时效性较高的配送任务，分配给飞行速度较快的无人机等等。此外，任务分配还将结合仓库的位置来进行就近分配，以此来更好地保障配送效率。

四、相关案例分析

（一）吴江无人机配送快递模式

吴江地区的电商与物流行业较为发达，并且在多仓库物流无人机协同配送方面有着积极尝试。其主要利用集中式协同控制算法，通过中央系统来进行配送规划。期间，通过启发式算法来对配送的路径进行精准选择，避开城市中可能存在的障碍物，以此来保障实际的配送效率。同时，在实践中该模式的应用能够有效保障配送实效，并大大降低人力成本消耗。但是，当面对暴雨等突发恶劣天气情况时，无人机的避障以及续航问题则较为突出。

（二）成都某物流公司“无人机+无人车”联运模式

成都某物流公司针对多仓库物流配送需求，采取了“无人机+无人车”联运模式。其中，无人机配送方面主要负责空中配送，并将货物送到指定地点。在此基础上，无人车将负责完成最后一步配送工作。而在协同控制方面，其主要运用了混合式算法，通过中央系统来制定相应配送计划，然后无人机以及无人车进行自主协调对接。而在路径规划方面，其主要运用了蚁群算法，以此来更好地基于现实交通情况来选择最优配送计划，这也能够更好地保障配送覆盖面和配送效率，同时也能够有效减少成本方面的消耗。但是，其中也存在信息交互不及时以及设备协同性方面的问题。

（三）案例对比与启示

结合上述两个方案来看，多仓库协同以及先进算法的应用能够大大降低成本消耗，同时也可以有效保障配送效率。前者比较适用于城市内部的短途运输，后者则能够适应多变的外部环境，满足多元化的配送需求。在具体的应用过程中，相关企业主体可以基于具体的需求来科学选择配送模式，同时也要加快解决两种配送模式中存在的 technical 问题，以此来更好地保障多仓库物流无

人机协同配送效果与质量。

五、发展建议与对策

（一）技术创新与突破

科技创新是推动多仓库下物流无人机协同配送应用与发展的核心动力。在新时期，面对相关技术难题，必须要加大技术创新力度，不断突破各个技术难关。首先，要积极在无人机导航、续航以及避障等方面展开技术研究，通过加大技术研发投入等方式来不断提升无人机协同配送的性能，如针对无人机续航问题，可以加大对续航电池技术的研发，以此来进一步提高无人机配送的续航能力^[10]。其次，要加强通信技术的研发，以此来进一步提高配送效率，强化多仓库和无人机之间的信息连接与交互质量，如可以积极将 AI、5G 等技术引入到该领域，不断提高信息传输质量与速度，全面提高多仓库下物流无人机协同配送的可靠性与安全性。

（二）完善法规与政策

相关部门应当基于当前多仓库下物流无人机协同配送的实际需求，加快完善相关法律法规建设，如明确相关空域的使用规则，同时明确相关安全标准以及责任认定等，以此来为该领域的创新与发展奠定坚实的法律基础。此外，应当成立相应的监管部

门对跨区域协调与配送等进行监管审批，在此基础上，为企业提供相应的政策指引，促进该领域规范化、可持续化发展。

（三）加强基础设施建设

面对基础设施建设方面的问题，相关企业应当加快无人机起降场地及其充电站的建设进程，同时要保证建设点的科学规划，以此来更好地保障多仓库物流无人机协同配送质量。在此基础上，还应加大数据处理中心及相关设施、系统的建设力度，以此来提升数据处理与运算能力，全面提升配送效果与质量。

（四）人才培养与引进

多仓库物流无人机协同配送的应用与发展离不开高素质人才支持，对此，高校物流管理以及无人机等专业与企业之间可以进行紧密合作，基于多仓库物流无人机协同配送的发展趋势来优化教学内容和人才培养流程，培养出更多高素质、复合型人才。在此基础上，相关企业可以引入专业人才来完善人才结构，为多仓库物流无人机协同配送奠定坚实的人才基础。

总之，在新时期多仓库物流无人机协同配送不断发展，在此背景下，我们也应该看到其中的不足，并积极通过技术创新、完善相关法律法规与政策、加强基础设施建设以及强化人才培养与引进等方式来解决现实问题，以此来推动该模式持续优化，更好地服务物流行业转型升级。

参考文献

- [1] 闫少华，石星雨，张兆宁. 基于改进 A* 算法的城市物流无人机三维路径规划 [J]. 科学技术与工程, 2024, 24(29): 12781-12788.
- [2] 易美，黎聪. 智慧物流背景下校企共建物流无人机人才培养基地研究与实践 [J]. 营销界, 2024, (02): 131-133.
- [3] 陈继伟，包长春，赵子恒. 基于改进 A* 算法的物流无人机航迹规划研究 [J]. 软件导刊, 2023, 22(11): 123-128.
- [4] 宁雨舟，赵蕊. 基于改进蚁群算法的物流无人机路径规划 [J]. 电子技术与软件工程, 2023, (02): 142-146.
- [5] 范鲁娜. 基于遗传算法的物流无人机控制矫正研究 [J]. 物流科技, 2022, 45(10): 38-40.
- [6] 耿增显，程文亮，王子睿，等. 物流无人机路径规划问题研究综述 [J]. 科技传播, 2022, 14(06): 101-104.
- [7] 周嘉骏，万然. 城市物流无人机配送存在的问题及对策分析 [J]. 信息系统工程, 2021, (09): 142-144.
- [8] 周斯斯. 城市物流无人机配送存在的问题及对策 [J]. 中国航务周刊, 2021, (33): 112-113.
- [9] 李翰，张洪海，张连东，等. 城市区域多物流无人机协同任务分配 [J]. 系统工程与电子技术, 2021, 43(12): 3594-3602.
- [10] 曾珏. 物流无人机应用和发展研究 [J]. 内蒙古科技与经济, 2019, (20): 57-58.