

低空物流技术在校园场景中的应用瓶颈与智翼护航安全管理路径

李志诚 张明静 蔡雨婷 杨武蕊 姚潇雅

西安思源学院, 陕西西安, 710100;

摘要: 随着低空经济的蓬勃发展, 低空物流技术凭借高效、便捷的优势, 在校园这一人员密集、需求多样的场景中展现出广阔应用前景。然而, 当前低空物流技术在校园场景的应用仍面临诸多瓶颈, 如技术适配性不足、安全管理体系不完善、法规标准不健全等问题, 严重制约了其规模化推广。本文首先分析校园场景的独特性及低空物流技术的应用价值, 进而系统梳理技术、管理、法规、社会认知等层面的应用瓶颈, 最后创新性地提出智翼护航安全管理路径, 从智能技术赋能、管理机制优化、法规标准完善、社会协同参与四个维度构建解决方案, 旨在为低空物流技术在校园场景的安全、高效应用提供理论支撑与实践参考。

关键词: 低空物流技术; 校园场景; 应用瓶颈; 智翼护航

DOI: 10.69979/3029-2735.26.01.079

引言

近年来, 无人机、自动驾驶航空器等低空物流装备技术快速迭代, 推动低空物流从概念走向实践, 在快递配送、应急物资运输、医疗补给等领域逐步落地。校园作为集教学、科研、生活于一体的复杂场景, 日均产生大量物资运输需求, 如教材教具配送、餐饮外卖运输、实验器材流转、学生个人快递收发等。传统物流模式依赖人工配送, 存在效率低、成本高、高峰期拥堵(如课间、用餐时段)等问题, 而低空物流技术凭借垂直空间利用、灵活机动的特点, 能够有效破解校园物流最后一公里难题, 提升物资流转效率, 减少地面交通压力。

然而, 校园场景人员密度高、建筑布局复杂(教学楼、宿舍楼、实验室密集)、空域环境敏感(部分校园临近机场或军事管理区), 对低空物流的安全性、精准性、噪音控制等提出极高要求。目前, 低空物流技术在校园的应用仍处于试点探索阶段, 尚未形成成熟的运营模式, 各类瓶颈问题凸显。因此, 深入分析低空物流技术在校园场景的应用瓶颈, 构建科学有效的安全管理路径, 不仅对推动低空经济在教育领域的应用具有重要意义, 也能为其他人员密集型场景(如社区、商圈)的低空物流发展提供借鉴。

1 低空物流技术在校园场景的应用价值与适配场景

1.1 应用价值

校园里的地面配送常常会受到人流高峰、道路狭窄

等因素的制约, 导致配送效率十分低下。就拿高校来说, 在上课时段, 教学楼周边的人流量很大; 用餐时段, 食堂周边也是如此。这就使得人工配送车辆难以快速通行, 进而造成教材、外卖等物资无法按时送达。而低空物流技术借助空域进行运输, 能够避开地面的拥堵状况, 实现物资从起点到终点的直达, 大大缩短了配送所需的时间。例如, 某高校开展了无人机配送校园外卖的试点工作, 从食堂到宿舍楼的配送时间从传统人工的 20 - 30 分钟减少到了 5 - 8 分钟, 效率提升了将近 70%。传统的校园物流需要投入大量的人力(像配送员)和物力(如电动车、三轮车), 并且还存在车辆维护、人员管理等隐性成本。低空物流装备(例如小型无人机)能够实现自动化、规模化的运营, 单架无人机每天的配送量可以达到 50 - 100 单, 这相当于 2 - 3 名人工配送员的工作量, 长期运营成本明显低于人工。同时, 低空物流不需要占用地面的仓储空间, 可以利用校园里闲置的屋顶、操场角落等地方建设小型起降点, 从而优化校园空间资源的配置。校园里的突发应急事件(比如疫情封控、突发疾病、实验器材紧急补给等)对物资运输的时效性有着极高的要求。在疫情封控期间, 校园内人员的流动受到限制, 传统的物流渠道也因此受阻, 而低空物流技术能够快速运输口罩、药品、生活物资等, 保障师生的基本生活需求。此外, 在实验室有紧急需求的场景下, 无人机能够在短时间内将关键的实验试剂、器材送到指定的实验室, 避免因物资短缺而影响科研进度。

1.2 适配场景

综合考虑校园场景的需求特点以及低空物流技术的优势,其主要适配的场景可以分为以下几类:包含校园餐饮外卖配送(从食堂到宿舍楼、教学楼)、学生个人快递配送(从快递站到宿舍楼)、教材与办公用品配送(从图书馆、行政楼到教学楼、办公室)等。这类场景的需求稳定,出现的频次较高,适合低空物流技术进行规模化应用。包括在疫情、自然灾害等突发情况下的生活物资(食品、饮用水、口罩)、医疗物资(药品、急救设备)运输,以及实验室紧急试剂、器材运输等。这类场景对时效性的要求很高,低空物流技术可以作为应急运输的重要补充方式。对于校园内交通不便或者人员较少的区域,像偏远的实验基地、体育场、教职工生活区等,传统的人工配送成本高、效率低,低空物流技术能够实现对此类区域的高效覆盖。

2 低空物流技术在校园场景的应用瓶颈

尽管低空物流技术在校园场景具有显著应用价值,但当前其推广应用仍面临技术、管理、法规、社会认知等多维度瓶颈,具体如下:

2.1 技术瓶颈: 适配性和可靠性欠佳

校园里建筑林立、树木遮蔽多,传统GPS导航易受信号干扰,致使无人机定位精度降低(误差可达5-10米),很难精准停在小型起降点(像宿舍楼阳台、教学楼窗边)。另外,校园内高楼间的峡谷效应会产生复杂气流,影响无人机飞行稳定性,增大坠机风险。比如,某高校试点时,无人机因气流干扰偏离航线,差点撞上教学楼外墙,致使试点暂时中断。当前主流小型物流无人机负载能力大多在2-5公斤,续航时间约20-30分钟,仅能满足小件、短距离物资配送(如外卖、小型快递),无法承担教材、实验器材等较重物资(部分实验器材重量可达10-20公斤)的运输需求。同时,续航时间短使无人机需频繁返航充电,降低运营效率,难以满足大型校园(如面积超1000亩的高校)的远距离配送需求。现有低空物流系统的自动化调度、路径规划、应急避障等功能还不成熟。在校园人员密集场景中,若突然出现行人、飞鸟等障碍物,无人机的自主避障系统可能反应不及时,需人工远程操控干预。此外,无人机起降、物资装卸仍需人工辅助,尚未实现全流程自动化,增加了人力成本与操作风险。

2.2 管理瓶颈: 安全管理体系缺位

校园空域属于城市低空范围,目前我国低空管理尚未完全放开,校园周边空域可能与机场航线、军事管理区空域重合,导致无人机飞行权限申请困难。同时,校

园内部缺乏专属低空航线规划,无人机飞行路径随意性强,易与其他低空活动(如校园航拍、模型飞机社团活动)冲突,增加空域安全风险。当前校园低空物流安全监管主要依靠人工巡查与简单的视频监控,无法实时掌握无人机的飞行状态(如位置、速度、电量)、物资信息(如种类、重量),难以预警飞行异常(如失控、坠机)。此外,针对无人机黑飞(未申请飞行权限)、违规飞行(如进入禁飞区)的监管手段不足,存在较大安全隐患。校园低空物流可能发生无人机坠机、物资坠落、电池起火等安全事故,但多数校园尚未建立完善的应急处置机制,缺乏专业的应急救援队伍与设备(如无人机回收工具、灭火器材)。一旦发生事故,无法快速响应、妥善处置,可能导致事故后果扩大,如砸伤师生、损坏校园设施。

2.3 法规瓶颈: 标准体系不完善

目前我国关于低空物流的法规主要集中在国家层面(如《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》),针对校园这一特殊场景的专项法规缺失。例如,校园低空物流无人机的适航标准、飞行高度限制、起降点建设标准、操作人员资质要求等尚未明确,导致企业与学校在开展试点时无章可循。在校园低空物流事故中,涉及无人机企业、学校、师生、第三方机构等多方主体,责任划分复杂。例如,无人机因技术故障坠机砸伤学生,责任应归属于无人机制造商、运营企业还是学校?目前尚无明确法规界定各方责任。同时,事故赔偿机制缺失,缺乏专门的保险产品(如无人机第三者责任险),一旦发生事故,受害者权益难以得到保障。企业或学校开展校园低空物流试点,需向当地民航管理部门、空管部门申请飞行权限,审批流程繁琐、周期长(通常需要1-3个月),且审批结果存在不确定性。这不仅增加了试点的时间成本与行政成本,也制约了低空物流技术在校园场景的快速迭代与规模化推广。

2.4 社会认知瓶颈: 师生接受度和信任度不高

安全担忧成主要抵触因素,部分师生对低空物流技术的安全性存在忧虑,担心无人机坠机、物资坠落造成人身伤害或财产损失,或无人机飞行产生的噪音影响教学、休息环境。例如,某高校调研显示,65%的受访师生表示担心无人机失控砸人,58%的师生认为无人机噪音会干扰课堂秩序。无人机在飞行过程中可能搭载摄像头等设备,若存在数据采集不规范的情况,可能泄露校园内师生的隐私(如宿舍窗户、操场活动场景)。此外,低空物流系统涉及师生的个人信息(如姓名、住址、联

系方式），若数据安全管理工作不到位，易引发隐私泄露风险，降低师生对低空物流技术的信任度。部分师生对低空物流技术的认知仍停留在高科技玩具层面，认为其只是噱头，无法真正解决校园物流问题，或担心低空物流技术会取代人工配送员，导致校园就业岗位减少（如校园快递站工作人员、外卖配送员），因此对技术应用持抵触态度。

3 智翼护航安全管理路径构建

针对低空物流技术在校园场景的应用瓶颈，本文创新性地提出智翼护航安全管理路径，以智能赋能、管理协同、法规保障、社会参与为核心，从四个维度构建全方位、多层次的安全管理体系，推动低空物流技术在校园场景的安全、高效应用。

智能技术赋能：破解技术适配与可靠瓶颈。整合多源导航技术建校园专属导航定位系统，部署地面增强基站提定位精度，用视觉导航辅助飞行；研发气流监测系统，为路径规划提供参考。针对配送特点，研发定制化无人机，优化电池技术并建分布式充电站点。构建智能调度平台，实现全流程自动化；研发自主避障系统，减少人工干预。

管理机制优化：完善安全管理体系。联合相关部门规划校园专属低空航线网络，设动态调整机制；搭建安全监管平台，实现空地一体化监控；部署反黑飞设备。制定应急预案，明确分级与处置流程，组建应急救援队伍并开展演练。

法规标准完善：提供制度保障。多部门出台管理办法，明确操作标准与企业准入条件，规范各方责任，建立赔偿机制与引入仲裁机构。推动建立审批绿色通道，简化流程，建立常态化沟通机制，提升应用效率。

社会协同参与：提升师生接受度与信任度。通过校园官网、公众号等渠道，向师生普及低空物流技术安全性能、应用优势与管理措施，展示自主避障系统等消除坠机伤人担忧，介绍噪音控制措施减少噪音顾虑。邀请师生参与试点体验活动，增强对技术信任。

制定《校园低空物流数据安全规范》，明确数据采集、存储、使用要求，如必要时采集图像数据并加密存储，师生信息仅用于配送等。公开管理措施接受监督，消除隐私泄露担忧。

建立校园低空物流师生议事会，由学校管理人员、企业代表、师生代表组成，每季度开会讨论运营方案等事项。针对师生意见 15 个工作日内反馈，联合就业指导中心开展技能培训，消除岗位替代担忧。

4 结语

低空物流技术是低空经济重要部分，为破解校园物流最后一公里难题提供创新方案，其提升配送效率等价值已初步验证。但校园人员密集、环境复杂、空域敏感，使该技术应用面临技术适配不足、管理体系缺失等瓶颈，需构建全方位安全管理体系。智翼护航安全管理路径以智能技术为核心、管理机制为保障、法规标准为底线、社会协同为基础，形成四维联动方案，破解技术瓶颈，完善管理体系，填补制度空白，提升社会接受度，为技术与校园场景融合提供实践框架。随着低空经济政策完善、无人机技术升级和校园管理模式创新，低空物流技术在校园应用空间广阔。技术推广应安全优先、循序渐进，先试点再扩大范围，加强跨主体协作。智翼护航路径落地后，低空物流技术将支撑校园智慧化建设，为师生提供优质服务，助力构建现代化、智能化校园生态体系。

参考文献

- [1] 石佳炜. 以智为翼 创新安全检查管理系统[J]. 劳动保护, 2025(3).
- [2] 方轮, 陈坤杰, 李凌霄, 等. 基于校园快递智慧物流的大学生创新创业探索[J]. 冶金丛刊, 2020, 005(016): 224-228.
- [3] 朱淼鑫, 沈长鹏. 兰剑智能: 以创新为翼, 助力物流数智化转型腾飞——访兰剑智能科技股份有限公司高级副总裁沈长鹏博士[J]. 物流技术与应用, 2025, 30(1): 92-96.
- [4] 张春. 基于“教育+互联网”的智慧校园实践路径探析[J]. 2025.

作者简介: 李志诚(2006.09), 男(汉族), 河北省邢台市, 本科生。

张明静(2006.08), 女(汉族), 甘肃省甘谷县, 本科生。

蔡雨婷(2005.10), 女(汉族), 安徽省六安市, 本科生。

杨武蕊(2006.05), 女(汉族), 陕西省安康市, 本科生。

姚潇雅(2005.12), 女(汉族), 陕西省宝鸡市, 本科生。

基金项目: 2025 年陕西省大学生创新创业训练计划项目(S202513121012), 主办单位: 西安思源学院, 项目名称: 智翼护航: 校园低空物流配送安全管家。