

低空经济背景下无人机场景应用的多维度发展研究

夏巧刚 俞磊 王海丹

浙江省公众信息产业有限公司, 浙江省杭州市, 311100;

摘要: 本文围绕“低空经济”背景下无人机技术的多维应用与发展策略展开, 首先概述了我国无人机产业与低空经济的市场规模与融合趋势, 阐明了无人机从单一航拍向智慧交通、农业植保、应急救援、物流配送、环境监测与公共安全等场景延伸的技术演进与实践成效; 其次, 深入分析了各场景中数据感知、决策协同与软硬件协同的创新要点; 最后, 从应用场景创新、产业基础优势与空域管理模式三方面提出推动我国低空经济可持续发展的政策与技术建议, 为行业高质量发展提供了系统化、可操作的参考路径。

关键词: 低空经济; 无人机应用; 场景联动; 产业生态

DOI: 10.64216/3080-1486.25.02.051

引言

伴随城市化加速和“碳中和”目标驱动, 低空经济被视为助力产业升级和社会治理创新的新动能。无人机因其灵活机动、成本相对低廉、数据获取高频次的天然优势, 成为低空经济的关键载体。现代无人机技术已从单一的航拍测绘迈向智慧交通管控、精准农业植保、应急救援指挥、末端物流配送、生态环境监测及城市安全巡防等多个领域, 与5G/6G、边缘计算和物联网深度融合, 塑造出“感知—连接—决策—执行”一体化的智能化作业模式。本文旨在通过梳理典型应用场景及其技术实践, 探讨提升系统效率与可靠性的关键路径, 并对产业发展提出系统性建议。

1 低空经济下的无人机应用概述

1.1 行业背景

2023年, 我国无人机产业市场规模达1571.23亿元, 预计2024年将增至1737亿元; 同期, 我国无人驾驶市场规模约3301亿元, 2024年有望突破3832亿元; 全球无人机市场规模预计2024年达到352.8亿美元^[1]。无人经济通过降低人力成本、提升作业效率, 在交通物流、制造、监测巡检、医疗救援等领域催生出千亿级红利赛道。“低空经济”则是指在1000米以下(可延伸至不超过3000米)低空空域内, 以有人和无人航空器为载体, 开展运输、监测、服务、娱乐等多场景活动, 形成完整产业链的经济体系。据赛迪顾问测算, 2024年我国低空经济市场规模预计可达6702.5亿元, 其中航空器制造与运营服务占比接近55%; 中国民航局预测, 到2025年该规模将突破1.5万亿元。低空经济具有覆盖面广、响应速度快和成本优势明显等特点, 与无人经济深度融

合, 将成为新型基础设施和产业升级的重要驱动力^[2]。

1.2 低空经济下的无人机发展现状

在低空经济蓬勃发展的背景下, 无人机产业呈现“供给—应用—服务”全链条加速扩容的态势。截至2023年底, 全国注册民用无人机数量突破126.7万架, 较2022年增长32.2%; 仅2024年上半年新增注册量超过60万架, 预计全年注册总量将超200万架。运营企业数从2021年的12663家跃升至2023年的19825家, 2024年有望达到23161家, 年均复合增长率约25.1%^[3]。

在应用端, 农业植保、地理测绘、物流配送和巡检巡逻等场景占据主导地位。2023年, 我国农林植保无人机应用占比20.9%, 地理测绘占30.2%, 城市物流占17.2%; 与此同时, 城市管理、应急救援和空中旅游等新兴业态正加速探索商业化模式。借助5G/6G网络与边缘计算技术, 无人机正从简单拍摄向智能化决策支持转型, 实现对低空经济各领域的实时监控与数据驱动运营, 为未来“空中滑板”与eVTOL等新载具的普及应用奠定了坚实基础^[4]。

2 低空经济背景下无人机场景应用

2.1 智慧交通与空中交通管理

智慧交通场景下的无人机不再只是“空中摄像头”, 而是与地面信号灯、车联网平台实时互通的数据节点。当早高峰车流超过阈值时, 空管平台自动派遣无人机升空, 对重点路段进行俯拍并运行车流分割模型, 三十秒内即可向交管中心推送拥堵热力图与事故置信度报告; 若检测到车辆滞留或异常轨迹, 系统同步计算最佳疏导路径, 通过车路协同接口向信号灯推送配时指令, 把原

本可能蔓延数公里的拥堵锁定在源头。在大型活动或极端天气下，多架无人机可组成蜂群，通过ADS-B Lite与5G切片实现亚秒级避碰与任务分工，同时把现场高清视频编码为边缘流媒体，为指挥中心提供多视角态势图^[5]。随着城市低空交通走廊与U-Space试点的落地，空地协同管理将进一步向算法自治演进，为未来eVTOL空中出租车与货运无人机铺设可信、安全的数字基础设施。此外，基于区块链的航迹记录与权限管理机制正被纳入新一代UTM框架，每一次飞行指令、路径修改与数据上报都将实时写入不可篡改的分布式账本，不仅提高事故溯源效率，也为跨城市甚至跨国界的低空交通运营奠定信用基础；在商业模式上，交通管理部门可将拥堵缓解率、续航里程等核心指标按服务付费输出，激励社会资本参与公共空管建设，共同打造可持续的空中智慧交通生态。

2.2 农业植保与精准巡查

在农业植保与精准巡查场景，智能无人机已进入“感知—决策—作业”一体化阶段。作业前，机载多光谱相机和超高清RGB相机扫描叶面反射率并建立三维点云，平台即时生成氮素分布图及冠层高度模型；无人机返航后，系统根据长势差异自动规划差速喷洒处方，将药剂量、飞行高度、航速等参数写入飞控。次日清晨，无人机按照处方独立起飞，仅对病虫害高发区实施靶向喷洒，将农药用量减少三成且保持防治效果。若监测到水分胁迫指数升高，后台则联动物联网阀门实施分区滴灌，并通过卫星互联网回传数据供农业专家远程诊断。经过一个生产周期的闭环迭代，系统累积的叶片纹理、气象与土壤数据将训练出区域化模型，逐步构建“地块数字孪生”，让农场主能够按区块租赁飞防服务并实时预估投入产出比。在政策层面，各地农业农村部门已把无人机作业纳入补贴目录，配合示范田共同验证“机器换人”的成本结构与收益模型，为大规模推广提供可复制的商业范式。

2.3 应急救援与灾害响应

应急救援场景对时间与全域覆盖提出极致要求。新一代应急无人机通常常驻于社区屋顶、消防塔架或山区瞭望台，接到警情十秒内即可垂直升空；飞行途中，机载AI通过红外热成像与烟雾穿透算法锁定火点或被困者坐标，并实时回传至指挥车大屏，辅助救援队制定进攻路线。在山洪、地震或大型滑坡场景，混合动力固定翼无人机可携带抛投式通信基站，在断网地区部署临时LTE信号，为前线提供语音与视频回传通道；多旋翼无人机同时承担微光照明、生命探测与物资投递任务，通

过蜂群组网协同构成“天—地—人”三位一体的信息网络，使指挥部对灾区态势的认知从小时级压缩到分钟级。在灾后评估阶段，高分辨率倾斜摄影可快速生成三维点云模型，帮助规划部门精准评估损失、模拟余震风险，并指导重建选址。

2.4 物流配送与智慧供应链

无人机物流的关键在于安全、效率与成本的动态平衡。当前主流方案是在郊区或产业园区建造轻量级起降场和集群充电桩，调度系统根据订单重量、距离、时效自动匹配最佳机型与航线；订单生成后，平台即时审核气象与空域许可，五分钟内完成装载并起飞。机载视觉、毫米波雷达与激光融合导航让无人机能够在楼宇狭缝中精准降落至智能收件箱，用户通过一次性验证码即可完成取货。运营商通过全生命周期电池管理与分布式调度，使机队日均飞行转场次数提升两倍，单位配送成本低于骑手模式四成；在碳达峰背景下，清洁能源驱动的无人机每单配送碳排放可降低约七成，帮助零售企业打造绿色供应链。随着立体交通走廊规划文件陆续落地，城市核心区将逐步划设“空中慢车道”，让无人机在固定高度层双向循环飞行，避免与载人航空器冲突。快递公司正尝试“批量智能包裹”概念，将同区域多件包裹装入可展开式蜂巢箱，通过中途空中分拆减少悬停次数，并用区块链记录全流程温控与震动数据，为医药冷链与高价值元件提供可追溯质控。未来，一旦城市级UTM平台与eVTOL货运机型同步成熟，无人机物流将从短程配送迈向跨城甚至跨境的中程货运，为智慧供应链打开规模化增长的新空间。

2.5 环境监测与生态保护

环境监测强调长期、连续与多维数据耦合，无人机以其灵活机动优势填补了卫星与地面监测的时间、空间分辨率缺口。在森林防火系统中，固定翼无人机每晚沿林带自动巡航，利用中红外传感器捕捉零点五摄氏度的温差信号，一旦触发阈值，中心平台即刻推送坐标与燃料类型给护林员；多旋翼机同步投射激光雷达，构建厘米级数字高程模型，为消防车规划安全通道。在湿地保护场景，无人机挂载高光谱相机与水质采样模块，可测定叶绿素、溶解氧及藻类密度，并通过AI模型预测富营养化趋势。通过将无人机数据与物联网浮标、地面气象站融合，生态管理部门能够实时呈现三维“数字孪生湿地”，对水位、植被和鸟群栖息地进行动态模拟与情景演练。在大气监测方面，垂直起降固定翼无人机可搭载激光甲烷传感器及颗粒物采样器，沿工业园区上空执行断面飞行，精准绘制污染羽流，帮助执法人员锁定超

排企业。未来,通过接入区块链存证平台,采样数据将以加密哈希方式同步写入公共账本,确保数据完整性与可追溯性;随着氢燃料电池、小型合成孔径雷达和智能空管技术成熟,无人机可在极端天气下保持十小时以上航时,真正实现对广域生态系统的全天候、多尺度、精细化监测,通过无人机与边缘AI协同的持续演进,生态监测正从“诊断”迈向“预测”。

3 我国低空经济多维度发展建议

3.1 应用场景创新,形成无人机全产业链图谱

低空经济要实现跨越式增长,首要任务是打通“需求—技术—市场”闭环,围绕多元化应用场景建立完整产业链图谱。政府应牵头发布行业“场景清单”和技术路线图,鼓励电力巡检、应急救援、林业防火、物流配送、空中旅游等头部场景率先标准化、模块化,为上下游企业提供可复制、可迁移的商业范式。龙头整机厂商配合推出任务模块即插即用、接口协议开放的通用平台,配套企业则围绕传感器、飞控、通信链路、数据安全、后端算法等环节深耕细作,最终形成“核心部件—整机制造—系统集成—运营服务—数据增值”五位一体的生态闭环。通过建设场景“试验田”和公共示范中心,打通测试、验证、认证、保险、金融等关键环节,降低创新成本,加速技术成熟度提升,以场景牵引带动全产业链高质量协同发展。

3.2 产业基础雄厚,充分发挥政策人才优势

我国已在航空制造、锂电池、5G通信与人工智能等领域拥有全球领先的产业基础,应进一步整合优势资源,形成低空经济“国家队”。中央层面可设立低空经济专项基金,引导社会资本与地方政府共同投向关键技术攻关与示范项目;省市层面则通过税收优惠、首购补贴、首试保险等政策降低企业早期风险。高校与科研机构应面向实际场景开展复合型课程,建立产教融合基地,培育兼具飞控、算法、试飞与合规知识的“新工科”人才。同时,借鉴民航适航管理经验,构建涵盖机型审定、驾驶培训、运维保障的分级认证体系,实现人才、标准、资本与技术的同频共振;在此基础上,以区域协同创新平台为载体,推动长三角、珠三角、成渝等集群间的专利共享与成果转化,形成梯度完善、竞合有序的产业成长环境。

3.3 利用空域优质资源,创新试飞审管模式

低空空域是发展无人机经济的“稀缺土地”,要通

过精细化管理释放资源红利。首先,民航、空军与地方政府应共同划设动态可变的低空走廊与试飞空域,针对物流、巡检、旅游等不同任务建立差异化适航标准和通信协议,实现“按需即开、任务即审、失效即关”的柔性管控。其次,试点建设数字化空管平台,引入北斗、ADS-B、蜂窝网络融合定位技术及U-space/UTM体系,支持海量无人机安全接入与协同飞行。再次,引进“监管沙盒”理念,为创新型企业提供限定时空、额度和场景的试飞豁免,让新机型、新算法、新商业模式在可控风险下快速迭代。最后,完善空域资源有偿使用与碳排放指标交易机制,通过市场化定价激励高效利用,既保障公共安全,又为地方财政创造新的增长点,从而构建灵活、高效、可持续的低空经济管理新范式。

4 结束语

低空经济与无人机技术的融合,已在多个领域展现出显著的社会和经济价值,但仍面临场景创新不足、产业协同不够、空域管理制约等挑战。未来,应通过构建全产业链生态、强化政策与人才支撑、以及创新空域试飞与监管机制,实现应用场景的深度赋能与规模化推广。伴随5G/6G网络、人工智能与新型动力技术的成熟,无人机将持续推动低空经济向智能化、绿色化、协同化方向发展,为构建现代化“空地一体”治理与服务体系提供坚实支撑。

参考文献

- [1]徐亮.低空经济背景下小型无人机在城市轨道交通行业的应用展望[J].智能建筑与智慧城市,2025,(04):17-19.
- [2]任日莹.无人机飞手:低空经济的追风者[J].杭州,2025,(07):22-25.
- [3]胡淼,胡永梁,王路,等.低空经济浪潮下高速公路无人机运营管理探究[J].中国交通信息化,2025,(S1):117-119.
- [4]于成.低空经济对无人机应用技术专业发展的影响分析[J].上海商业,2025,(03):16-18.
- [5]李方,邢万勇,张驱,等.低空经济背景下高速公路无人机应用思考[J].中国交通信息化,2025,(02):131-134.
- [6]李红中,罗毅,徐凯燕,等.无人机平台在自然资源环境领域的研究进展——关于响应低空经济发展的思路及潜力探讨[J].广东交通职业技术学院学报,2025,24(01):36-45.