我国安全应急无人机应用现状与展望

王秀梅 李家琳

中国信息通信研究院 北京 100083

摘要: 安全应急无人机作为低空经济的核心载体,在安全巡检、灾害救援、灾情评估等领域展现出不可替代的战略价值。本文基于技术与政策协同视角,系统分析我国安全应急无人机产业的应用现状、技术融合与产业链特征,揭示核心技术仍需加强、供需衔接不舒畅、产业保障不足等关键问题,并提出以强化自主创新、完善标准体系和强化产业保障的未来发展路径。研究结论可为政策制定与产业实践提供理论支撑。

关键词: 无人机;安全应急;应用现状;展望

1 安全应急无人机的应用价值与典型案例

1.1 应用场景的广泛性与高效性

当前,我国面临着日益复杂的工业安全生产和灾害救援形势,面对危险环境作业、高层消防、“断路、断电、断网”等场景,传统装备的局限性日益凸显。无人机作为新型装备,可通过快速飞行和空中悬停迅速到达人员无法到达的复杂灾害现场,进行巡检侦查、高层灭火、通信中继、物资投送等一系列应急救援工作,显著提高救援效率,减少人员伤亡。

(1) 工业安全生产巡检。在工业园区、电力设施、化工园区等场景,无人机通过高空视角、多传感器融合和自动化作业,解决了传统人工巡检效率低、覆盖不全、高危区域难以触及等问题。例如某工业园区通过大疆无人机对储罐顶部及隐蔽区域进行自动化巡检,单次飞行仅需13分钟即可完成全区域覆盖,大幅提升巡检效率。

(2) 高层建筑灭火。对于高层特别是150米以上的超高层建筑火灾,常规灭火手段难以解决。无人机不仅能携带水带或灭火剂等,精确到达灭火层进行救援,也能实现火情实时监测和物资投送。2025年3月,深圳坪山区在潮商广场模拟高层建筑火灾,首次引入“无人机+消防车”协同模块。无人机搭载50毫米口径消防水带,20秒内升至百米高空,通过高压水柱喷射灭火,半小时控制火势。本次演练灭火时间缩短50%,减少消防员高空作业风险。

(3) 灾害侦察与评估。无人机在灾害侦察与评估领域主要应用于地震、洪水、森林火灾等自然灾害场景,通过实时影像采集、热成像探测及精准数据回传,解决了传统人工勘察效率低、危险区域难以覆盖、灾情信息滞后等问题。2024年,山西某地一林区发生森林火灾,起火点位于高山陡坡,仅靠传统侦察方式难以高效获取火情信息,当地消防救援队使用无人机开展火情侦察,

协助消防人员高效掌握火情现场情况和火情蔓延趋势等关键信息,助力快速评估火情、控制火情和部署力量。

(4) 灾区通信中继。在重大灾害发生后,地面通信基础设施的损毁常常导致灾区陷入与外界的“信息孤岛”状态。无人机作为新一代的空中平台,能够快速部署并携带小型通信设备,充当临时的空中基站,迅速恢复灾区的通信能力,成为连接灾区内外的生命线。2021年7月21日郑州特大洪涝灾害中,翼龙无人机搭载中国移动应急通信空中基站,实现对超过50平方公里范围的稳定连续移动通信信号覆盖^[1]。

(5) 森林草原火灾救援。无人机在森林草原火灾救援领域主要应用于火场侦察、火源精准定位、灭火剂投送及应急通信保障等场景,解决了传统人工扑救难以接近火源、效率低、高危区域覆盖不足等问题。北京远度互联垂直起降固定翼无人机应用于2022年10月广西桂林森林大火,发挥空中优势配合消防人员开展救援工作,实现火情实时监测、隐患排查巡视和受灾区域测绘。

(6) 物资投送。面对地震、洪水等自然灾害造成的地面交通中断时,无人机凭借其灵活机动性,可以实现快速响应和应急物资精准投放。2023年7月,京津冀地区出现极端降雨现象,引发洪涝灾害。无人机群迅速响应,将救援物资准确无误地送到了被困群众手中。

1.2 技术驱动的应用深化

安全应急无人机一般应用于工业生产安全、地震洪涝、火灾等重大生产安全事故和自然灾害场景等极端环境,可靠性、稳定性、一致性等性能要求更高,目前广泛应用与其多技术深度融合密不可分。

(1) 低空飞行控制与协同作业技术。集成了精准定位、高级避障算法和灵活控制机制,使无人机能敏锐感知环境并自动规避障碍,确保飞行安全。在工业巡检过程中,安全应急无人机需应对突发情况,如突然出现的

障碍或风向变化,这要求其具有高度自主性和适应性。协同作业技术增强了安全应急无人机群的集体效能,在大规模搜索救援行动中,它们可统一团队般协作,自动调整队形和航线,以迅速分散至指定区域进行地毯式搜索,或从多角度收集灾区详细信息。

(2) 空对地无线信号连续覆盖技术。主要是针对应急通信系统在安全应急无人机平台上快速移动场景下的对地信号连续覆盖方法,实现应急通信区域和移动通信核心网络之间稳定的、长时间的语音、数据、图像等信息的综合业务数据通信服务的效果。同时,无人机可作为公网与专网之间可靠的中继节点,能够显著增强通信信号的覆盖范围和稳定性。

(3) 人工智能技术。通过集成深度学习、计算机视觉和边缘计算等技术,安全应急无人机已实现自主路径规划与动态避障、多模态传感器数据实时融合分析,以及基于语义分割的目标识别与追踪等核心功能。在载荷应用层面,基于卷积神经网络的图像处理算法可对高分辨率航拍数据进行端到端分析,实现工业安全生产、地质灾害裂缝、森林草原火灾等专业场景应用自动监测预警;强化学习算法则通过环境交互优化任务执行策略,显著提升电力巡检、应急救援等复杂任务的作业效率。

(4) 其他关键技术。随着安全应急无人机智能化水平的提升,其面临的网络攻击风险也随之增加。因此,加强无人机的网络安全防护,包括加密通信、防火墙设置和定期的安全审计,成为确保无人机系统安全的当务之急。同时,安全应急无人机续航能力是制约其广泛应用的关键因素,创新的能源技术,如太阳能充电、氢燃料电池和无线充电站,正逐渐成为延长无人机续航时间的潜在解决方案。

1.3 国内产业链相对完备

安全应急无人机产业链涵盖了从上游零部件制造、中游无人机制造到下游终端应用市场的完整生态,体现了现代制造业与服务业的深度融合^[2]。

产业链的上游涵盖了安全应急无人机的设计研发和所需原材料的供应。设计研发是产业链的起点,涉及无人机的总体架构、飞行控制系统、动力系统、通信系统等关键技术的研究与开发。原材料供应则是指提供无人机制造所需的各类材料,包括但不限于钢材、铝合金、钛合金等金属材料,以及树脂基、陶瓷基、金属基等复合材料。金属材料国内龙头企业有炼石航空、宝钛股份、中国航天和钢研高纳;复合材料国内龙头企业有中航高科、泰和新材、会通股份和银禧科技。

中游环节聚焦于安全应急无人机系统的集成与整机

的制造。这一阶段包括了无人机机体的组装、飞行控制系统的嵌入、传感器的安装以及其他电子设备的集成。民用无人机在此阶段被细分为消费级无人机和工业级无人机,前者主要用于个人娱乐、航拍摄影等,后者则应用于农业、物流、检测、测绘等专业领域。就无人机组件制造来说,国内飞行系统的主要制造商有威海广泰和零度智控,动力系统的制造商有欣旺达和德赛电池,导航系统的主要制造商为易瓦特和中海达,机体结构件的主要制造商为中信海直和博云新材。任务载荷系统的主要制造商为高德红外和华测导航。就无人机整机制造来说,军用无人机的制造商为中航沈飞、航天彩虹、中无人机和航天电子;民用无人机的制造商为大疆创新、亿航智能、极飞科技和纵横股份;地面系统的主要制造商为大疆、华科尔、易瓦特和华测导航。

下游市场是安全应急无人机产业链的终端,涵盖了无人机的实际应用领域。民用无人机在国防安保、农林植保、航空拍摄、环境监测、物流运输、地理测绘、应急巡检等多个领域发挥着重要作用。例如,在农业领域,无人机可用于喷洒农药、施肥、作物监测等;在物流领域,无人机可实现偏远地区的货物配送;在环境监测领域,无人机能收集大气、水质等环境数据。

2 产业发展的核心问题与挑战

随着无人机技术逐步成熟,我国安全应急领域无人机应用发展取得初步成效,在洪涝灾害、地震搜救等多次灾害救援中获得应用,但其广泛应用仍面临技术、供需及生态等多维度挑战。

(1) 部分关键技术仍需加强与攻关。安全应急领域对无人机的带载能力和续航能力有较高要求,但主流安全应急无人机续航仍普遍低于2小时,难以满足长距离救援需求。例如,在2024年郑州洪灾中,翼龙无人机虽实现通信中继,但其作业时长受限于电池技术,需多次返航补给。此外无人机在强风(如7级以上)、暴雨等极端天气中易失控。2024年某边境巡逻任务中,因突遇强风导致多架无人机坠毁,暴露抗风算与硬件设计短板。

(2) 安全应急无人机供需衔接不足。目前我国尚未简列安全应急无人机装备体系,企业表示在无人机技术研发过程中难以确定装备的体系定位,应急场景论证受限于一时一地,牵引性指标难以明确。具体的实际应用需求,调研显示虽然目前需要可搭载通信中继、空中指挥、运输投送等集成化无人机平台,虽然技术成熟,但未有符合需求的产品。

(3) 安全应急无人机产业发展保障不足。一是存在空域审批困难问题。航景科技企业提出,目前产品演示

空域问题较难协调,大多数演示局限于静态演示,影响产品的宣传推广。二是安全应急无人机标准建设不足。目前,安全应急无人机在研发、制造、产品认证、运行标准方面仍不完善,由于没有相应标准和对专利的保护,模仿者越来越多,以次充好,影响高质量产品的推广应用。

3 进一步推动安全应急无人机应用的着力点

(1) 提升安全应急无人机自主创新能力。一是大力支持高性能传感器、精准导航系统、高效能电池和飞行控制算法等关键技术的研发,助力提升安全应急无人机在复杂环境中的应急响应能力。二是建议增加科研资金投入,构建产学研用一体化的合作平台,促进高校、研究机构与企业的深度融合,形成技术创新的完整链条。

(2) 完善安全应急无人机装备体系。一是加强安全应急无人机装备体系的顶层设计。将无人机在安全应急领域的应用纳入安全应急装备产业发展的整体战略体系,进一步梳理无人机在安全应急领域的不同场景、不同用途、不同特点的应用特点和发展需求,建立无人机平台的配套装备体系^[1]。二是建立无人机企业与应用单位的联动平台,建立对安全应急无人机装备体系的共同话语体系,形成用户部门共同参与装备研制、工程化以及应用推广的无人机研发推广体系。

(3) 加强安全应急无人机产业发展保障。一是进一步开放和规范低空管理。进一步简化空域申请流程,对参与应急救援的无人机提供绿色通道,提高通航企业参与应急救援的积极性,灵活调动无人机参与救援。二是出台行业标准规范。逐步建立安全应急无人机的行业标准和法规,加强标准化研制与生产,提高安全应急无人机的准入门槛,保证产品质量,增强无人机救援飞行任务的安全性。

(4) 建立安全应急无人机示范区。通过选择地理、经济和科技条件优越的地区,如沿海发达城市或内陆科技高地,作为示范区的选址,可以最大限度地利用当地资源,推动无人机技术的全面发展。示范区内应集中展示无人机在应急救援、环境监测和城市管理等领域的实际应用效果,构建智能调度系统、无人机场和数据分析中心等基础设施,为无人机的日常运营提供全方位支持。同时,通过吸引无人机制造商、核心部件供应商和软件开发商等企业入驻,形成一个完整的产业链,推动技术创新和应用升级。示范区还应加强国际合作与技术交流,通过定期举办技术研讨会和实操演练,提升国际影响力,推动全球无人机应急应用的发展。建设示范区不仅能为无人机技术的创新和应用提供实践平台,还能为产业的长远发展积累宝贵经验。

4 结语

无人机在安全应急领域的应用潜力巨大,但需系统性突破技术、加强供需对接与产业发展保障,通过技术创新、法规完善与产业协同,构建安全、高效、可持续的产业体系,助力我国在全球低空经济竞争中占据领先地位。

参考文献

- [1] 骄阳. 灾区通信中断怎么办翼龙无人机移动公网基站来帮忙[N]. 科技日报, 2021-07-23(002). DOI:10.28502/n.cnki.nkjr.2021.003981.
- [2] 招商证券. 低空经济政策密集出台 聚焦三大细分赛道. 新浪财经. https://stock.finance.sina.com.cn/stock/go.php/vReport_Show/kind/search/rptid/766271209833/index.phtml.
- [3] 高宏, 于萍. 无人机在应急通信中的应用前景[J]. 劳动保护, 2022,(04):85-87.