

# 无人机在海岸线监管业务中的应用

李浩

广东省海洋发展规划研究中心, 广东省广州市, 510000;

**摘要:** 随着海洋经济快速发展, 我国 1.8 万公里大陆及岛屿海岸线监管面临生态保护、资源开发、防灾减灾等多重复杂挑战。无人机技术为其提供创新解决方案。本文探讨无人机在海岸线监管的应用现状, 包括多旋翼、固定翼等机型对砂质、岩质、淤泥质海岸线的适配性; 分析其技术优势, 如多传感器融合带来的全方位监测能力; 展望与人工智能、5G 融合的发展方向。通过剖析在日常巡查、环境参数监测(水温、盐度等)、应急事件(石油泄漏等)中的应用, 阐述其在提升监管效率(单日覆盖较人工提升 5-8 倍)、降低成本(年运营成本降低 40% 以上)、增强数据准确性(误差  $\leq 5\%$ ) 等方面的成效。同时, 针对续航限制、数据传输延迟等挑战, 提出氢燃料电池、边缘计算节点等解决方案, 为实践提供支持。

**关键词:** 无人机; 海岸线监管; 海洋环境监测; 应急响应; 多传感器融合

**DOI:** 10.64216/3080-1508.25.07.018

海岸线作为陆海交互的生态过渡带, 兼具生态屏障、资源储备、交通枢纽等功能, 其健康关乎海洋生态安全与沿海经济社会发展<sup>[1]</sup>。传统监管以人工巡查和固定站点为主, 存在明显局限: 人工巡查受地形(悬崖、沼泽)和气象(暴雨、强风)限制, 日均巡查不足 20 公里, 存在盲区; 固定设备(岸基雷达等)覆盖有限(单站半径 5 公里内), 难应对潮汐导致的岸线迁移。随着无人机技术升级, 其应用价值凸显: 多旋翼无人机(如大疆 Matrice300RTK)适用于近岸精细化监测, 固定翼无人机(如彩虹-4)续航超 10 小时适合大范围巡查, 垂直起降机型融合两者优势。本文从技术应用、优势、挑战与发展维度, 结合案例探讨其应用路径, 为构建智能立体监管体系提供参考。

## 1 无人机在海岸线监管中的技术应用

### 1.1 海岸线巡查

无人机在海岸线巡查中的核心价值在于突破时空限制, 实现高效、精准的动态监管。其应用流程通常包括前期航线规划、实时数据采集、现场分析反馈三个环节: 基于 GIS 系统预先划定巡查区域, 结合潮汐表(避开高潮位淹没区)规划最优航线, 确保覆盖岸线及向海延伸 1-2 公里的近岸区域; 飞行过程中, 搭载的 2000 万像素以上高分辨率摄像头可捕捉厘米级细节, 如沙滩上的违规搭建物、未授权的养殖网箱, 红外热成像仪(分辨率  $640 \times 512$ )则能在夜间或雾天识别非法捕捞的灯光渔船或搁浅的船只。

例如, 在我国东南某砂质海岸线巡查中, 执法部门采用固定翼无人机进行每周 2 次的常规巡查, 单次飞行

2 小时可覆盖 50 公里岸线, 相比传统人工巡查(日均 15 公里)效率提升 3 倍以上。2023 年该区域通过无人机巡查发现 12 起违规填海行为, 均在施工初期被制止, 避免了后期拆除的高额成本。在岩质海岸线巡查中, 多旋翼无人机可贴近崖壁飞行, 拍摄高清影像识别海蚀崖的裂缝发育情况, 为地质灾害预警提供数据支持, 而此类区域人工巡查需攀爬设备, 风险极高且效率低下<sup>[2]</sup>。

此外, 无人机巡查数据可实时回传至指挥中心, 通过 AI 识别算法(如 YOLOv8)自动标记异常目标(准确率达 92%), 执法人员可根据标记信息快速调度现场处置, 形成“发现-识别-处置-复核”的闭环管理。

### 1.2 海洋环境监测

无人机在海洋环境监测中通过搭载专业化传感器, 实现对海岸线及近岸海域生态参数的高精度、高频次采集。针对水质监测, 多旋翼无人机可搭载多参数水质传感器(如 YSIEX03), 实时测定海水温度(精度  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ )、盐度( $\pm 0.1\text{PSU}$ )、pH 值( $\pm 0.02$ )、溶解氧( $\pm 0.1\text{mg/L}$ )等参数, 配合光谱仪(如 OceanOpticsSTS)反演叶绿素 a 浓度, 识别赤潮发生的早期迹象。

在某海湾的赤潮监测中, 无人机每周 3 次沿预设航线采集数据, 结合卫星遥感影像, 构建了赤潮扩散的动态模型, 提前 48 小时发出预警, 为养殖区渔民争取了转移时间, 减少经济损失约 500 万元。针对海岸线生态监测, 无人机可通过激光雷达(LiDAR)扫描潮间带植被(如红树林)的覆盖度和高度, 计算年生长量, 相比传统样方法, 数据覆盖范围扩大 10 倍, 且避免了人为干扰植被生长。

对于海洋污染监测,无人机的应用更为关键。在石油泄漏事件中,搭载紫外成像仪的无人机可在1小时内划定泄漏范围(精度 $\pm 50$ 米),通过多光谱数据反演油膜厚度,为围控方案制定提供依据。2022年某港口溢油事故中,无人机监测数据指导应急队伍精准布设围油栏,使清理效率提升40%,减少了油污扩散面积。

### 1.3 应急响应

无人机在海岸线应急响应中以快速部署、多任务协同为核心优势,广泛应用于自然灾害、海上事故等突发事件的处置<sup>[3]</sup>。在台风、风暴潮等灾害过后,固定翼无人机可在灾后1小时内升空,对受损岸线进行全景扫描,评估堤坝溃决长度、房屋损毁数量、植被倒伏面积等,数据实时传输至应急指挥平台,辅助制定救援优先级。例如2023年台风“杜苏芮”过后,福建某海岸线通过无人机巡查,2小时内完成20公里岸线的灾情评估,比传统人工勘查缩短8小时,为抢险队伍争取了宝贵时间。

在海上搜救中,搭载热成像仪(探测距离可达1.5公里)和喊话器的多旋翼无人机,可配合船舶、直升机形成立体搜救网络。某渔民失联事件中,无人机在搜救船舶抵达前先行升空,通过热成像发现海中漂浮目标,引导船舶快速救援,从发现到获救仅用35分钟,较传统搜救模式缩短1.5小时。

此外,无人机可承担应急物资投送任务,在浅滩或船舶无法靠近的区域,投放救生圈、急救包等物资(载荷可达5公斤);搭载中继通信模块时,可在信号盲区构建临时通信网络(覆盖半径3公里),保障救援指令的顺畅传递。

## 2 无人机在海岸线监管中的优势分析

### 2.1 提升监管效率

无人机通过“空间覆盖广+时间调度灵+数据处理快”的组合优势,大幅提升海岸线监管效率。空间上,固定翼无人机单次飞行可覆盖50-100公里岸线,较人工巡查(日均20公里)提升2-5倍,且能覆盖人工难以抵达的区域(如离岸岛礁、沼泽湿地);时间上,无人机可实现全天候调度,凌晨、夜间等薄弱监管时段仍能开展巡查,某沿海城市引入无人机后,监管时段从每天8小时扩展至24小时,违规行为发现率提升60%。

数据处理方面,自动化识别技术减少了人工干预:无人机采集的影像经AI算法处理,可自动识别违规建筑、非法养殖、垃圾堆积等目标,处理效率达每秒10帧,较人工判读(每小时50张影像)提升200倍。同时,智能航线规划系统可根据潮汐、气象实时调整飞行

路径,避免重复作业,某区域通过优化航线,巡查冗余里程减少30%,电池能耗降低25%。

### 2.2 降低人力成本

无人机的应用从“人员投入-作业安全-设备维护”三个层面降低监管成本。人员方面,传统人工巡查需配置多支队伍(每组3-5人),而无人机监管仅需1名飞手+1名数据分析师即可完成同等范围的工作,某地级市海岸线监管队伍从200人精简至50人,年人力成本减少1200万元。

作业安全方面,无人机替代了人工在危险区域的作业,如悬崖段巡查、台风后危房评估,避免了人员伤亡风险,间接降低了安全防护成本(如攀爬设备、救生装备采购)。设备维护上,无人机的年均运维成本(约5万元/架)远低于固定监测站(单站年均15万元),且部署灵活,可根据监管重点动态调整,避免固定设备的闲置浪费。

### 2.3 增强数据准确性

无人机通过“多源数据融合+高频次监测+标准化采集”提升数据准确性。多源传感器(光学、红外、光谱、激光)采集的数据可相互验证,如水质监测中,光谱反演的叶绿素a浓度与水质传感器实测值交叉比对,误差控制在3%以内,较单一设备监测更可靠。

高频次监测(如每周2-3次)捕捉了海岸线的动态变化,如沙滩侵蚀速率通过每月无人机激光扫描数据计算,精度达 $\pm 0.5$ 米/年,为岸线保护工程设计提供精准参数。标准化采集流程(统一飞行高度、传感器参数、数据格式)确保了不同时期、不同区域数据的可比性,某研究团队基于5年无人机数据,建立的海岸线变迁模型,其预测误差较传统方法降低40%。

## 3 无人机在海岸线监管中的技术挑战与未来发展

### 3.1 技术挑战

当前无人机在海岸线监管中面临三方面核心挑战:续航与载荷平衡,多旋翼无人机续航普遍在30分钟以内,难以满足长距离巡查需求,若增加电池容量则会降低载荷能力(如无法搭载重型传感器);固定翼无人机续航虽长(10小时以上),但需跑道起降,限制了复杂地形的应用。

复杂环境适应性方面,高湿度、高盐雾的海洋环境易腐蚀设备,导致传感器精度下降(如盐雾附着镜头影响成像);强风(风速超过12米/秒)会导致无人机姿

态不稳,数据采集模糊,某海域台风季无人机故障率高达30%。

数据处理压力显著,单日巡查可产生100GB以上的数据(如高清影像、点云数据),传统处理软件需数小时完成拼接与分析,难以满足应急响应的实时性需求;同时,多源数据的融合算法尚不成熟,不同传感器数据的时空匹配误差较大<sup>[4]</sup>。

### 3.2 解决方案

针对续航问题,可采用“氢燃料电池+太阳能辅助”动力系统,某新型无人机搭载氢电池后,续航延长至4小时(多旋翼),且氢燃料加注时间仅10分钟;垂直起降固定翼无人机(如倾转旋翼机型)则兼顾长续航(6小时)与垂直起降能力,适配复杂地形。

环境适应性提升可通过“防腐蚀设计+智能避障”实现,机身采用钛合金材质+纳米涂层,盐雾腐蚀速率降低70%;搭载毫米波雷达(探测距离200米)与视觉避障系统,可在8级风中稳定悬停,数据采集模糊率控制在5%以下。

数据处理方面,边缘计算节点部署在无人机或地面站,实现实时数据压缩与初步分析(如异常目标快速标记),再将关键数据上传云端,处理效率提升80%;引入联邦学习算法,实现多无人机数据的分布式融合,时空匹配误差从10米降至2米以内。

### 3.3 未来发展

技术融合将推动无人机监管向“智能化-网络化-协同化”发展。智能化方面,AI算法从“目标识别”升级为“行为预测”,如通过分析船舶轨迹,提前识别可能的非法倾倒行为,预警准确率达85%;自主飞行系统实现全流程无人干预(自动规划航线-避障-降落-数据上传),适应复杂环境。

网络化方面,无人机与卫星、岸基雷达、水下机器人构建“空-天-地-海”一体化监测网络,数据通过5G/6G实时传输至云端平台,某试点区域已实现无人机数据与卫星遥感数据的无缝拼接,监管覆盖精度达98%。

政策与人才层面,需完善标准体系(如《无人机海岸线监管技术规范》),明确飞行空域、数据安全等要求;加强复合型人才培养(飞手+海洋知识+数据分析),高校开设“海洋无人机应用”专业方向,培养专业人才。公众参与方面,开发“海岸卫士”APP,鼓励公众上传疑似违规线索,无人机快速核实反馈,形成“政府主导

+公众协同”的监管模式。

## 4 结论与展望

### 4.1 结论

无人机技术为海岸线监管提供高效、经济、精准的解决方案,在巡查执法中可快速识别违规行为,大幅扩展单日监管范围;环境监测借助多传感器融合,降低水质参数监测误差并提高数据采集频次;应急响应中加快灾后评估速度,提升搜救效率,弥补了传统监管不足。虽面临多旋翼机型续航短、高盐雾环境设备故障率高、大规模数据处理压力大等挑战,但通过氢燃料动力等技术创新及标准制定、人才培养等体系优化,这些问题正逐步解决,为海岸线监管提供了可靠技术支撑。

### 4.2 展望

未来,随着人工智能、新能源、通信技术的融合应用,无人机将深度融入海岸线智慧监管体系。AI算法将实现从简单的目标识别向精准的行为预测转变,氢燃料电池与太阳能技术的结合有望实现全天候续航,5G/6G技术将保障数据的实时高效传输,使无人机成为监管体系中的核心节点,推动监管模式从“被动响应”向“主动预警”转变。预计在不久的将来,我国大部分海岸线将实现无人机常态化监管,为红树林保护等生态工作提供动态监测数据,为滩涂开发等资源利用提供科学依据,为风暴潮应对等防灾工作提供高效支持,助力构建“人海和谐”的海洋生态文明。

### 参考文献

- [1]曹洪军,韩贵鑫.渤海海洋生态安全屏障构建过程中区际协同平台建设研究[J].中国渔业经济,2021,39(02):64-71.
- [2]王一笑.水文地质调查中无人机遥感技术的应用创新[J].海峡科技与产业,2025,38(02):69-71.
- [3]张明.复杂环境下基于无人机视频分析的海上小目标跟踪[D].东华大学,2023.
- [4]祖国强,何俏君,张志德,等.无人驾驶环境感知中多源数据融合应用综述[J].汽车文摘,2022,(08):8-13.

作者简介:李浩,出生年月:1994.03,性别:男,民族:汉,籍贯:湖北荆州,学历:硕士研究生,职称:测绘工程师(中级),研究方向:遥感图像处理。