

无人机在海事监管特殊时段中的应用

王静波

杭州市交通运输行政执法队 浙江 杭州 312100

摘要：极端天气、夜间低能见度、航运高峰期及应急处置等特殊时段，传统海事监管手段受限。无人机凭借稳定飞行、全天候监测、灵活调度等优势，可实现动态监测、目标识别、信息传输及应急支援等功能。通过强化技术、运营及安全保障，推动技术升级、应用模式优化与保障体系完善，可提升无人机在特殊时段海事监管效能，保障水上交通安全有序。

关键词：无人机；海事监管；特殊时段；动态监测；应急支援

引言：海事监管对维护水上交通安全至关重要，但特殊时段监管难度大。极端天气干扰设备信号，夜间低能见度影响目视巡查，航运高峰期船舶激增，突发事故需快速响应，传统监管手段面临挑战。无人机具备灵活、高效、适应复杂环境等特点，可弥补传统手段不足，在海事监管特殊时段发挥关键作用，成为提升监管效能的重要工具。

1 海事监管特殊时段的分类及无人机适配性分析

1.1 极端水文天气时段

在钱塘江大潮汛期、突发性洪水、强风暴潮、持续高水位等极端水文时段和强对流、强台风等极端天气时段，现有的监控设备信号传输易受干扰，传统巡逻船舶在这种极端水文天气时段难以稳定航行，执法人员登船检查面临极大安全隐患，导致监管范围收缩、响应效率下降。无人机可突破地面通行限制，即使在强风暴雨环境中也能保持稳定飞行，无需担心水面激流对作业的影响，能深入传统设备难以覆盖的水域，持续开展监管作业，弥补极端水文天气下传统监管手段的不足。

1.2 夜间及低能见度时段

夜间光线不足、浓雾或强降雨导致的低能见度环境，会使岸基监控画面清晰度大幅降低，传统目视巡查难以识别船舶细节状态，船舶之间也易因视野受限增加碰撞风险，监管人员难以精准掌握辖区动态^[1]。无人机可搭载夜视设备和红外探测组件，不受光线条件制约，能清晰捕捉夜间船舶航行轨迹、甲板人员活动及货物装载情况，即使在低能见度环境中，也能通过红外成像识别船舶位置与状态，实现全天候不间断监管。

1.3 航运高峰期时段

航运高峰期水域船舶数量激增，通航密度大幅提升，船舶交汇、变道频次增加，监管需快速掌握水域船舶流量分布、航向航速变化，及时排查航道拥堵、违规

锚泊等问题，避免发生通航秩序混乱。无人机起飞准备时间短，可根据监管需求灵活调度，同时覆盖多个通航密集区域，通过高清摄像设备实时传回船舶动态信息，帮助监管人员快速梳理水域航运态势，高效完成大范围、多目标的监管任务，缓解高峰期监管力量不足的压力。

1.4 应急处置时段

船舶搁浅、碰撞或漏油等突发事故发生后，监管需第一时间获取事故现场位置、船舶受损程度、漏油扩散范围等关键信息，为救援方案制定和处置资源调配提供依据，拖延会导致事故影响扩大。无人机响应速度快，能在事故发生后迅速起飞，短时间内抵达事故现场，不受水面复杂状况阻碍，通过多角度拍摄和实时数据传输，将现场情况同步至指挥中心，为应急处置决策提供及时、直观的参考，助力提升事故处置效率。

2 无人机在海事监管特殊时段中的核心应用功能

2.1 动态监测与态势感知

无人机可低空巡航覆盖监管水域，通过灵活调整飞行高度与航线，兼顾码头、船闸、航道交汇处等重点区域与开阔通航水域的监测需求，实时捕捉船舶航行状态，清晰掌握每艘船舶的航向、航速及航行轨迹，及时发现船舶偏离航道、随意变道等异常情况。针对水域环境，无人机能勘察水流走向、流速变化，识别水面漂浮物、水下暗礁等障碍物，甚至可通过搭载的专用设备感知水温、水质等环境参数，为船舶航行提供全面环境参考。在把控整体航运秩序方面，无人机通过大范围巡查，汇总水域内船舶分布密度、通航繁忙程度等信息，形成直观的态势画面，帮助监管人员快速判断是否存在航道拥堵、锚地占用混乱等问题，形成对监管区域航运态势的全面且精准的掌控。

2.2 目标识别与追踪

借助高清摄像设备与智能图像识别技术，无人机能

在复杂背景中精准识别监管区域内的目标船舶，区分货船、渔船、游艇等不同类型船舶，核验船舶外观特征、船体标识等关键信息，即便在夜间或低能见度环境下，也能通过红外成像技术捕捉船舶轮廓，保障识别准确性。发现船舶存在违规航行、非法作业、未经许可进入管制水域等可疑行为时，无人机可保持安全距离持续跟随目标船舶，不受水域地形与船舶行驶速度影响，稳定跟踪并记录其行为轨迹与操作动作，为后续监管处置留存完整且连续的证据。遇到船舶遇险、人员落水等紧急情况，无人机能快速锁定遇险船舶位置、落水人员方位，通过悬停定位明确目标所在具体经纬度与周边环境，为救援行动精准指引方向。

2.3 信息传输与指令传达辅助

无人机依托稳定的通信链路，将监管现场拍摄的高清图像、实时视频等信息同步回传至地面监管中心，传输过程中可自动适配信号强弱调整画质，确保在复杂水域环境下信息不中断、不模糊，让监管人员直观且及时地了解水域动态、船舶状态及突发情况，打破空间限制实现远程实时监控^[2]。当发现船舶存在违规倾向、航行风险或需调整航行路线时，无人机可搭载喊话装置，以清晰的语言辅助地面监管部门向相关船舶传递警示提示、航行调度、避让指令等内容，确保信息直接触达目标船舶操作人员。在极端天气导致传统通信信号中断、基站受损等特殊情况，无人机可作为临时通信中继节点，搭建起监管部门与船舶之间的信息互通通道，保障关键监管指令与船舶反馈信息的顺畅传递。

2.4 应急支援与协同配合

船舶发生搁浅、碰撞、漏油等事故时，无人机无需等待通航条件改善，可迅速飞抵事故现场，通过多角度拍摄、环绕巡查等方式，详细勘察事故区域地形、水域环境、船舶受损部位及程度、污染物扩散范围与扩散速度等关键信息，生成现场三维图像或态势报告，为应急救援方案制定提供详细且全面的现场数据支撑。在日常监管及应急处置中，无人机配合巡逻船开展水域巡查，提前将发现的可疑船舶、障碍物等信息同步给巡逻船，引导船舶精准前往目标区域，弥补船舶浅滩、狭水道等浅水区的监管盲区。此外，无人机可携带救生圈、急救药品、求救信号器等小型应急物品，精准投送至遇险人员身边，还能通过投放荧光标识、浮标等标识物，清晰标记事故现场范围、危险区域边界及救援通道，辅助后续救援队伍、清理设备有序开展工作，避免救援过程中出现二次风险。

3 无人机在海事监管特殊时段应用的保障体系

3.1 技术保障

无人机硬件需强化续航能力，通过优化电池能量密度或搭载可快速更换的模块化电池，延长单次作业时长至满足特殊时段连续监管需求，机身采用碳纤维等轻质耐候材料，兼顾抗强风、防盐雾腐蚀性能，机身密封设计提升防水等级，适应水上暴雨、高湿等恶劣环境。配套的高清摄像设备搭载光学防抖与宽动态范围技术，在强光、逆光环境下仍能捕捉清晰船舶细节，夜视设备采用红外热成像与微光融合技术，增强低能见度下的目标识别效果，定位设备集成多卫星导航信号接收功能，削弱复杂地形对定位精度的影响，通信设备采用抗干扰跳频技术，保障远距离、强电磁干扰环境下的信号稳定传输。技术支撑系统中，飞行控制系统内置智能航线规划模块，可根据水域实时环境动态调整飞行路径，配备多传感器融合避障系统，精准识别水面障碍物与突发危险，数据处理系统搭载边缘计算模块，实现现场数据快速分析与筛选，优先传输关键监管信息，为决策提供高效支持。

3.2 运营保障

无人机操作人员需接受针对性培训，熟练掌握极端天气下的稳定操控技巧、夜间低能见度环境的飞行要领，具备快速排查设备常见故障、应对突发飞行异常的能力，定期开展模拟特殊时段场景的实操训练。建立适配特殊时段的调度与管理机制，提前研判不同时段的监管重点，制定多套飞行预案，依托调度平台实时掌握无人机作业状态与剩余电量，根据监管需求灵活调整作业区域、频次与优先级，确保关键水域不出现监管空档。日常强化无人机维护保养，按周期检测机身结构强度、动力系统稳定性、电池充放电性能与配套设备运行状态，建立备用设备储备库，储备适配不同特殊场景的无人机机型、充足的备用电池及核心配件，设立快速维修通道，设备出现故障时能第一时间完成检修或更换，保障特殊时段监管设备持续可用。

3.3 安全保障

无人机飞行前需通过空域管理系统核查飞行区域的空域权限，规划避开民航航线、人口密集区等敏感区域的航线，搭载空域监测与预警设备，实时感知周边其他飞行器动态，一旦发现潜在空域冲突立即触发警报并自动调整飞行轨迹，防止发生碰撞。定期对无人机开展全面故障排查，重点检测动力系统、控制系统、导航系统的稳定性，为关键部件加装故障预警传感器，提前识别电池鼓包、电机异常、线路老化等潜在问题，避免设备在空中突发故障坠落^[3]。数据安全方面，对传输的监管图像、视频及船舶信息采用加密传输协议，存储设备设置

多重访问权限与数据备份机制，防止信息被非法获取、篡改或丢失。操作人员作业时需配备适配特殊环境的防护装备，极端天气下穿戴防风、防雨、防寒防护服与防滑鞋，夜间作业携带强光信号装置，选择地势平坦、无障碍物的安全区域起降，避免在高压线路、易燃易爆区域周边开展作业，最大程度降低人员安全风险。

4 无人机在海事监管特殊时段应用的发展方向

4.1 技术升级方向

持续改进无人机机身材料与结构设计，采用耐强腐蚀的钛合金复合材料、抗冲击的蜂窝式机身结构，提升设备在强台风、暴雨、高盐雾等恶劣条件下的抗损能力与稳定运行时长。研发更先进的智能控制系统，融合多传感器数据升级自主避障功能，让无人机能精准识别水面漂浮物、过往船舶等动态障碍物，灵活调整飞行路径。强化自动识别技术，通过深度学习算法优化提升对船舶类型、航行状态、违规行为的识别精度，减少人工干预。增加无人机的载荷承载能力，兼容更多类型的专用设备，除常规监测设备外，可搭载水质检测、溢油识别、声波探测等专业装置，拓展在特殊时段的监管功能覆盖范围。

4.2 应用模式优化方向

搭建多机协同监管系统，依托智能调度平台实现多架无人机的任务分配与信息共享，根据监管区域大小与复杂程度，灵活配置侦察型、追踪型、监测型等不同功能的无人机形成作业编队，分工完成大范围巡查、重点区域细查、目标追踪等任务，提升监管覆盖的效率与全面性。推动无人机与卫星遥感、岸基监测等技术的深度融合，整合各方监测数据形成统一的监管信息平台，通过数据互补消除近岸死角、远海盲区，让监管人员能综合掌握水域动态。梳理特殊时段无人机监管的全流程，明确不同场景下的设备选型、飞行规划、数据处理等标

准，形成可复制的标准化操作规范，提升应用的规范性与效率。

4.3 保障体系完善方向

建立针对特殊时段的专项运维保障机制，提前储备适配极端环境的维修配件与耗材，组建具备快速响应能力的应急维修团队，制定30分钟内到场处置的设备故障快速响应与修复流程，确保特殊时段设备问题能及时解决。完善操作人员专项培训体系，结合不同特殊时段的监管需求与环境特点，设计模块化培训课程，增加模拟极端天气、夜间作业等场景的高频次实操训练，配套定期考核机制，提升操作人员的综合应对能力。优化安全管理与风险防控体系，建立无人机飞行安全实时监控系统，完善空域使用协调机制，加强监管数据全生命周期的安全防护，同时制定特殊时段作业风险评估与应急预案，全面降低应用过程中的各类风险。

结束语

无人机在海事监管特殊时段的应用，有效解决了传统监管方式的诸多难题，显著提升了监管的及时性、全面性与精准性。随着技术不断进步、应用模式持续优化以及保障体系的日益完善，无人机将在海事监管领域发挥更大作用，为保障水上交通安全、维护水上生态环境稳定提供更有力的支持，推动海事监管向智能化、高效化方向迈进。

参考文献

- [1]郭旭.陆海空天一体化水上交通运输安全保障体系中的无人机海事业务体系构建[J].珠江水运,2022,(23):32-34.
- [2]朱宁宸.关于无人机在港区型海事处应用实践探讨[J].珠江水运,2025(4):154-156.
- [3]鲁一帆,郭文强,苏泽.黄浦江核心区水域陆海空联动巡航模式研究[J].航海,2024(6):67-71.