

The Application of Unmanned Aerial Vehicles in Rapid Search and Precise Delivery for Maritime Rescue Operations

Jie Ge

Beihai Branch of China Coast Guard Administration, Qingdao, Shandong, 266102, China

Abstract

In the face of complex marine environments, maritime rescue tasks encounter numerous challenges such as high implementation difficulty, poor response timeliness, and high rescue costs. Drones, with their advantages of high cost-effectiveness, flexible response, and strong timeliness, are playing an increasingly important role in maritime rescue operations. Facing the challenges of complex sea conditions, drones, relying on their wide-area patrol, detailed search, and all-weather operation capabilities, can efficiently carry out rapid search and rescue. At the same time, through precise delivery, communication relay, and coordination with manned equipment, it can effectively improve the quality and efficiency of rescue tasks. Through the organic integration and coordination of drones with related platform systems, payload equipment, command systems, and data systems, a new paradigm of efficient and three-dimensional maritime rescue is jointly constructed, providing feasible technical approaches for enhancing the response speed of rescue operations and improving the safety of the operation process.

Keywords

Maritime rescue; Rapid search and rescue; Precise delivery; Drones; Complex environment

无人机在海上救援中的快速搜救与精准投送应用

葛杰

中国海警局北海分局执法部, 中国·山东 青岛 266102

摘要

面对复杂海洋环境, 海上救援任务面临实施难度大、响应时效差、救援成本高等诸多挑战。无人机以其高性价比、反应灵活、时效性强等突出优势在海上救援中发挥着越来越重要的作用。面对复杂海况的挑战, 无人机依托其广域巡查、精细搜索及全天候作业能力, 能够高效开展快速搜救。同时, 通过精准投送、通信中继以及有人装备协同, 能有效提升救援任务质效。通过无人机与相关平台系统、载荷设备、指挥体系及数据系统有机集成与整合, 共同致力于构建一种高效立体的海上救援全新范式, 为提升救援行动的响应速度, 增强作业过程安全性提供可行技术途径。

关键词

海上救援; 快速搜救; 精准投送; 无人机; 复杂环境

1 引言

执行海上救援任务面临任务环境复杂、救援难度大、时效要求强、行动成本高等突出挑战, 通过无人机开展快速搜救与精准投送行动, 正成为提升救援质效的关键手段。无人机作为一种无人驾驶航空器, 可以通过地面操作人员遥控器飞行, 也可以通过 AI 智能算法及地理信息系统等根据预编程的飞行路径自主飞行, 完成指定任务。无人机凭借其消费比低、安全性强、自主可靠等突出优势能够代替人完成部分危险或重复性任务, 例如自然灾害后的搜救任务、海上常态巡逻等, 当前无人机已在各类搜救行动中得到广泛应用,

【作者简介】葛杰(1974-), 男, 中国山东莱阳人, 硕士, 工程师, 从事海上无人力量智能作用、海上态势感知研究。

并逐渐占据重要地位。

2 无人机海上快速搜救

2.1 海上搜救

海上搜救任务主要在接收到救援申请时, 对遭遇困难或遇险船只、人员开展救援、帮助等的组织及调度行动。及时有效开展海上搜救行动是维护航运秩序, 保障人员生命安全, 强化国际合作的有效手段及途径。

2.2 无人机在海上快速搜救任务中的应用模式

2.2.1 广域目标快速巡查与定位

在实施海上搜救任务时常面临失事海域范围广阔、目标分布高度不确定等问题挑战, 广域目标的快速巡查与精准定位成为海上救援的基础环节。搭载光电与红外载荷的具备长航时巡逻能力的固定翼无人机, 凭借其高速机动及广阔海域的网格化全域搜索能力成为广域目标快速巡查定位的杀

手铜装备。固定翼无人机搭载的机载传感器不仅能够不同光照条件下持续获取海上图像信息,还可通过智能目标检测识别算法对实时数据进行高速自主分析,实现从复杂海洋环境中智能识别如救生筏、船舶残骸、人员等多类不同特征目标及相似目标等^[1]。这种应用模式能够在实施救援初期最大程度地压缩原本需要人工目视搜索的时间,并且快速生成覆盖广泛区域的可疑目标点位分布图,从而为后续救援力量的精准调度以及重点区域的精细化搜索提供至关重要的先导信息与空间指引。

2.2.2 重点区域精细化搜索与确认

在完成广域初筛并锁定若干疑似目标后,救援行动随即转入重点区域的精细化搜索与确认阶段。该阶段,具备出色悬停与低速机动能力的多旋翼无人机能够迅速飞抵指定坐标上空并在目标区域进行稳定的低空盘旋或者定点悬停操作,并通过搭载高光电吊舱及高倍率变焦镜头,实施多角度、多距离的检测识别,从而实现海上不同特征可疑目标及相似目标毫米级的细节观察与取证工作。搭载高精度吊舱的多旋翼无人机不仅能够清晰辨识人员数量、目标的真实性及姿态、可见的生命活动迹象,同时还可以对目标实际状况进行初步评估^[2]。无人机获取的实时高清画面能够通过数据链实时回传至地面指挥中心,为指挥员判断事态进展、制定具体救援方案提供准确直观的决策依据,以有效避免情况误判,提升救援行动的针对性与成功率。

2.2.3 夜间及恶劣气象条件下的辅助搜救

海上救援任务常需应对随时可能出现的各种突发状况以及恶劣天气所带来的双重挑战,尤其是在夜间及浓雾、暴雨等恶劣天气导致的低能见度环境时,传统的搜救手段面对难以克服的技术瓶颈。配备特种传感器的无人机系统具备在恶劣天气下的维持搜救能力。其中,轻型并且具备良好气动稳定性的无人机平台,拥有在常规航空器受到限制的恶劣天气中持续作业的能力,通过搭载红外热成像设备,能够精准探测人体、船舶残骸、海水等不同物体间的细微温差,形成清晰的热辐射图像,最终实现在完全黑暗或者浓雾弥漫的环境中有效识别目标的目的^[3]。通过搭载高灵敏度的微光夜视相机,可以将夜间微弱的月光、星光等自然光进行大幅增强处理,从而为指挥人员或行动单元提供具有详细细节的可见光画面以辅助观察。红外成像设备微光夜市相机等所获取的影像,通过稳定的数据链进行实时回传,能够辅助后方指挥中心在近乎零可见度的恶劣海况下,持续掌握海上环境态势及目标动态情况,为研判救援窗口、指挥后续行动提供不可或缺的夜间及全天候的感知能力^[4]。

3 无人机在海上精准投送任务中的应用模式

传统的对海上舰船目标补给的船对船及直升机补给的方式,在投送质量的应用效率上相对较低,随着无人装备及新材料等高精技术的快速发展,以无人物流方式成为了一种便利、低廉、高效的运输方式。

3.1 紧急生命保障物资投送

为应对海上遇险情况,组织及时救助及物资投送,在确定落水人员或幸存者精确位置后,能否第一时间提供紧急生命支持,成为决定救援行动成败的核心要素。无人机在这一重要环节中,被赋予了承担紧急生命保障物资投送任务的重要职责。具备稳定悬停能力及自主精准飞控能力的多旋翼无人机,通过搭载设计精巧的集成化物资承载与释放机构,以极快速度飞抵目标所在位置上空。无人机执行任务期间,操作人员需要依据无人机实时回传至控制终端的画面与数据信息,及时调整飞行策略,以克服复杂多变的海面气流及目标随海浪不断漂移所带来的位移变化干扰,将无人机稳定悬停于最为理想的投送位置之上,并遥控触发无人机的释放机构,采用缓降或者可控空投的方式,将自动充气救生筏、个人浮具、保温毯、淡水以及急救药品等生存必需物资,精准送达至幸存者附近的海面区域。这种创新的投送方式能够在船舶、直升机等大型救援装备尚未抵达现场之前,抢先为身处险境的人员提供最基础的生存保障措施,以达到有效延长人员生存时间窗口,为后续开展的救援行动创造更为有利客观条件的目的。

3.2 救援先导设备与通信中继部署

在复杂海况伴随远距离救援的复杂场景下,保持对目标的持续追踪并构建稳定的指挥通信体系成为了执行救援任务的核心挑战。无人机在此场景中能够有效执行先导救援以及通信中继部署的相关任务。通过定点精准抛投这一技术手段,无人机能够把自身携带电源的定位信标或者是漂浮式信号发生器,准确无误地投送到幸存者附近区域,这种信标会持续发射出高功率的定位信号,为后续支援的船舶或者直升机提供明确且稳定的导向目标信息。与此同时,搭载着通信中继模块的无人机可以在任务空域进行悬停作业,充当临时的空中通信枢纽,这种方式能够有效解决地球曲率以及海面遮挡所产生信号盲区的问题,保障遇险人员、现场救援单元与后方指挥中心之间的有效联通状态,构建一套完整救援信息网络,极大提升救援行动的可控性以及协同效率^[6]。

3.3 与有人救援装备的协同作业

海上救援行动中,通过无人机与船舶、直升机等有人装备开展协同作业,能够构建一个多类型、多功能装备组合的高效立体救援体系。借助于数据链联通技术的通信无人机能够将作业过程中实时画面、精准坐标信息以及海洋环境数据进行整合,并持续传输共享给在途或正在执行救援任务的船舶或者直升机。通过协同定位机制以及任务信息实时共享模式,无人机在救援行动中前出,担任“眼睛”与“向导”的角色,持续为有人驾驶的救援平台提供精确的导航信息以及实时的态势感知数据,进而引导有人驾驶平台有效规避航行路线上可能存在的各种障碍并能够沿着经过优化计算的最优路径快速地抵达核心救援区域。在诸如联合投送这类需要多装备配合完成的任务当中,无人机可以开展先期的侦察

与定位工作，之后由有人装备实施大规模的人员转运任务或者进行重型物资的投送作业。有人及无人装备通过功能及优势互补，能够有效提升在复杂海况条件下开展的协同行动的精确性及整体的作业效率。

4 支撑海上救援行动的无人机关键技术与系统集成

4.1 无人机平台特性要求

严苛复杂的海上救援环境对执行任务的无人机平台提出了明确的特性要求，这些要求涵盖多个关键方面，一是无人平台要具备有效应对海上常见强阵风以及不稳定气流等复杂气象条件并平稳飞行的能力，要具备完成广域搜索与精准投送任务的卓越抗风性能。二是其机体结构与关键部件需要进行严格防盐雾、防腐蚀处理，以抵抗高湿度、高盐分海洋大气环境的长期侵蚀。三是为实现从处于摇摆状态的救援船舶甲板等平台起降的作业模式，无人机需配备在该类平台上安全起降与高效作业的着舰引导与紧固系统，并具备足够的续航能力以支撑其执行大范围巡查、长时间监控或远程投送等任务，提升无人机在执行单次任务中的有效覆盖范围与持续作业时间。上述特性共同组合，构成了无人机在海上环境中执行救援任务不可或缺的物理前提。

4.2 任务载荷集成

无人机凭借其灵活且高效的载荷集成，能够在海上救援中展现丰富的功能作用。其中，搜救专用光电吊舱是执行搜救任务无人机的关键组成部分，该吊舱集成有高分辨率可见光相机、具备热成像功能的红外相机以及高精度激光测距仪，此类设备可依据昼夜更替以及天气变化等条件来切换探测模式，实现对海面目标全天候、多谱段的发现、识别以及定位功能。无人机配备的专用投送装置一般涵盖稳定的吊舱与可控的释放机构，该装置能够携带诸如救生浮具、医疗包等应急物资，并完成精准空投任务；此外，无人机平台上集成的如宽带中继电台等小型化应急通信设备，能够在任务区域内快速构建临时通信网络，实现指挥通信距离的有效延伸，有效解决当前技术条件下对远海地区通信覆盖不足的难题。上述相关载荷均通过标准化接口与飞控系统交联，并依据不同的任务需求进行快速的配置切换，构建执行复杂海上救援任务的能力基石。

4.3 指挥控制系统

作为实现无人机在海上救援任务中高效应用之中枢的

指挥控制系统，通过卫星中继、舰载通信链路获取可靠超视距控制能力，以实现无人机的远程精准操控与状态监控。同时，指控系统支持多架无人机的协同任务规划与实时调度，并能依据任务态势动态分配搜索区域或投送目标。该系统与岸基或船基救援指挥中心能够进行深度融合后将无人机获取的实时画面、定位数据等信息和电子海图、气象水文等多源信息进行综合处理与显示，从而为指挥员提供统一且清晰的全局态势视图以支撑快速且科学的救援决策。

4.4 数据处理与通信

高效的数据处理与通信体系是支撑无人机海上救援任务的关键，搭载包含可见光、红外等类型传感器的无人机能够将获取的实时图像与视频，连同自身状态、目标位置信息通过稳定的宽带数据链持续传输至指挥中心。指挥系统对这些数据进行快速处理之后，会把诸如精确坐标、目标属性之类的关键信息分发给相关的救援单元，并且系统还能够依据实时态势、气象海况的变化情况或者新接收到的目标信息，针对无人机的飞行航迹实施动态规划与调整，以此确保搜索覆盖范围不存在死角，投送路径达到最优状态，进而全面提升救援行动的响应速度与作业效能。

5 结语

通过多载荷集成的救援无人机凭借着将快速搜救与精准投送能力，构建起了一种有别于传统海上救援的新型作业模式，这种模式在前出侦察、广域搜索、目标判别、精准投送等多个关键领域展现出显著优势，能够有效拓展搜索范围、扩大响应距离、提升作业精度并保障人员安全。同时在抗恶劣环境平台、多种功能载荷以及一体化指挥系统等技术平台的有力支撑之下，无人机救援方式正以一种深刻变革方式改变传统海上救援体系，为复杂海况下的救援任务和精准投送提供了更为高效、立体的解决方案。

参考文献

- [1] 卿绍勋. 无人机视角下海上救援目标检测算法研究[D]. 重庆理工大学, 2022, 7(3): 34-46.
- [2] 刘畅. 基于ACE-YOLOv10的无人机船舶检测算法[J]. 智能计算机与应用, 2023, 15(2): 1-8.
- [3] 王亦林. 基于功能分析法的海上救援无人机设计研究[J]. 百花, 2024, 22(1): 45-52.
- [4] 宋哲. 海上搜救船舶与无人机协同路径规划研究[D]. 大连海事大学, 2023, 7(14): 41-52.