

水陆两栖飞机与搜救无人机中远海协同救援模式探讨

黄领才 宋乾福 孙瑶 雍明培

中航通飞华南飞机工业有限公司 广东珠海 519040

摘要：水陆两栖飞机因其航程长、低空低速特性好等特点，适用于中远海的搜索救援，但中远海救援时海域环境、遇险状态等存在不确定因素，对飞机及救援人员的安全性造成威胁。本文提出一种水陆两栖飞机与机载搜救无人机协同救援的概念，借助无人机的安全性、出动灵活性等特点，对遇险区域开展远观近察，为水陆两栖飞机救援提供相关信息和数据，为救援决策提供保障，提高救援的安全性和效率。

关键词：水陆两栖飞机 搜救无人机 中远海救援

在世界各国的海上救援体系中，固定翼飞机和直升机在执行海上搜救任务时有其独特优势：机动灵活，反应快速；作业效率高，可与水面舰船有效配合，发挥海空立体搜救优势。当前我国的海上搜救主要以船舰为主，同时配套为数不多的直升机和极少的小型固定翼飞机。搜救区域以近海、浅海为主，搜救半径约 200 海里，海上搜索救援能力还仅限于满足近海和浅海的海难救援需要。远距离和长航时中远海救援能力有待提高。

水陆两栖飞机既可在水面起降，又可在陆上起降，早在两次世界大战中就广泛用于海上救援，并在运输、反潜、巡逻等方面，发挥了巨大作用。大型水陆两栖飞机具有航程长，速度快，低空低速性能突出的特点，同时运载量较大，是执行运输、搜索与救援、救护与医疗后送、灭火和海上巡察等任务的良好平台。我国自主研发并已完成海上首飞的“鲲龙”AG600 飞机航程 4000 千米，巡航速度达到 480 千米/小时，一次就可救助 50 人，抗浪高度达到 2.0 米。可根据实施救援时的海况情况，实施海上着水救援、海上空投救援及海上联合救援等，救援形式灵活。该飞机不仅可担负海上救援平台，利用其速度快，海上起降灵活的特点，还可担负救援时的物资运输、人员的快速转运等，特别是在中远海救助时，可快速抵达失事地点，进行大范围的海面搜索和救援，并实时担当远海救助的指挥平台，协同指挥其他救援装备的联合救助。

目前，无人机发展迅速，且使用范围越来越广，由于无人机的无人化、轻便、反应快速、适应能力强等特点，非常适合执行海上搜救任务，近年来，美国、英国、以色列、澳大利亚等国都大力发展各类可执行海上搜救任务的无人机，并已投入到实际的搜救任务中。同时调查发现，有 88% 的民众接受无人机用于海上救援任务^[1]。如：澳大利亚在 2018 年完成了世界上首次无人机海上救援任务，利用无人机投放救生浮艇救起两名落

水者；美国海岸警卫队使用固定翼无人机携带机载摄像机，协助救援直升机完成海上搜索救援任务^[2]等。

由于海上复杂的恶劣的环境条件，给水陆两栖飞机的中远海救援带来很大难度，而无人机可快速、高效、便捷地在海域上空对遇险目标进行定位与显示，具有成本低、无人员伤亡风险、机动性能好、使用方便等优点^[3]。水陆两栖飞机与无人机相结合，优势互补，有助于提高中远海搜救的效率。本文以大型水陆两栖飞机与机载无人机在中远海协同搜索救援的工作模式为基础，结合国内外无人机在海上搜救的研究和应用，初步探讨大型水陆两栖飞机与无人机协同搜索救援的使用模式，阐述此种方式在中远海救援的可行性，并就中远海协同搜救提出了进一步的工作。

1.水陆两栖飞机和无人机在海上救援中的应用情况

俄罗斯中远海海上搜救主要采用大型水陆两栖飞机搜索定位，视条件执行空投或着水救援，辅以船舰配合打捞。此外，俄罗斯还特别重视救援飞机机上医疗救助技术发展，最大效能地实现生命救助。日本是水陆两栖飞机海上搜索救援技术发展和应用最为完备的国家，对搜索救援技术的追求孜孜不倦，海上航空搜索救援活动频繁、效果良好。日本的远海海上搜索救援也是主要采用大型水陆两栖飞机搜索定位，视条件执行空投或着水救援，辅以船舰配合打捞。飞机上执行手术的医疗条件更好，生命救助能力更强。相比俄罗斯而言，日本海上搜索救援设备更好，搜索救援技术更为先进。加拿大搜救体系发达，同时也是世界上水上飞机发展较快的国家，庞巴迪公司先后研制成功了 CL-215 型水陆两栖灭火飞机、CL-415 型多用途水陆两栖飞机等，销往克罗地亚、法国、希腊、意大利等世界许多国家和地区，有灭火型、海洋巡逻型、搜索和救援型，以及运输型等飞机。加拿大每年大约执行 10,000 次航空和海上搜救任务，其 10% 的军事航空资产都用于搜救行动。每年加拿大武装部队搜救队能帮助到 20,000 人，挽救 1,200 个加拿大人的生命。

无人机最早于 20 世纪初被设计用于军事靶机，仅具备最简单的飞行控制系统^[4]，发展至今，已经在军事、民用等领域得到较为成熟的应用^[5-8]。目前，无人机在民用方面主要用于海洋监管、海洋测绘、气候探测、海上搜救等领域。随着技术的成熟，传感器的微型化，无人机的应用范围越来越广。使用无人机进行海上救援的最大意义就是：保证在紧急救援人员到达现场之前，遇险者能够凭借无人机投放的救生物资保持漂浮状态，并且进行适当的自救活动，为他们提供更多的宝贵时间等待救援。

国外在可执行海上搜救任务的无人机的研究和应用中发展较快，如美国、英国、以色列、澳大利亚等国都在大力发展各类可执行海上搜救任务的无人机，并已投入到实际

的搜救任务中。美国海岸警卫队将无人机集成到现有的 SAR 飞行模式中，采用特定设计算法可让无人机跟踪直升机保持所需要的搜索范围^[2]。一种采用人工神经网络的专家导向系统用于无人机海上救援任务^[9]。比利时的皇家陆军学院开展了一项无人搜救集成系统，主要由无人机、地面机器人和海上机器人组成，用于海上搜救时，无人机负责侦查和搜索遇险人员，无人机还为遇险者提供帮助，提高生存机会^[10]。无人机还可以跟踪移动目标，如果救援人员未能及时到达遇险区域，无人机可投放应急物资，在海上无法建立通信时，可兼任通信中继。

随着我国无人机技术的快速发展，国内学者也就无人机在海事救援方面的应用开展了相关探索，如：赵德灿介绍了无人机在海上搜救中的优势以及救助中具有定位、视频传输和投放救生设备三方面的应用^[11]。周伟等参考了国内无人机研制机构的产品，分析了无人机在海上监管救助和内河水面上救助中的适用性和优势^[12]；刘畅探讨了无人机在海事现代化建设中的作用^[13]；卢大河等基于海事监管现状，分析了无人机应用于海事监管的优势，探讨了应用无人机实现全天候、多角度、快反应的“海-陆-空”立体化的海事监管体系的可行性^[14]。可以预测，随着无人机技术的逐步成熟，其将在海事管理领域中有广阔的应用前景。

AG600 飞机是根据国家应急救援体系建设的整体规划和应急救援装备的发展现状，着重围绕满足森林灭火、海上救援等方面的迫切需求而研制的一种大型航空应急救援装备。大型水陆两栖飞机装有较为先进、完善的搜索与通讯联络设备，海上搜索救援速度可达（400-500）公里/小时，搜救半径可达 1600 公里以上，能覆盖第一岛链；一次可救援 50 名遇险人员，具备空投救援和着水救援能力。大型水陆两栖飞机用于中远海海上搜索救援，能带动我国中远海航空应急救援水平的跨越式提升，突破阻碍我国远海岛/礁补给、远海搜救困难的关键瓶颈，提升我国应急救援水平。

2.水陆两栖飞机与无人机的协同救援系统设想

大型水陆两栖飞机 AG600 定位在中远海搜救，相对于近海救援，中远海救援有很多难点：1）中远海海域出现险情，不仅搜救的距离和范围大，而且发生险情海域的环境条件变化性也大；2）遇险船只、人员的搜索识别难度相对较大，难以搜救；救助后医疗救治和后送就要求救助飞机不但有远海上搜救能力，更需要快速运输的能力。3）对于中远海重大海上事件，需要开展海空联合救援行动，多品种多类型的海上救援装备协同配合能更好的完成救援任务。

中远海搜索救援行动中，航程远、速度快的水陆两栖飞机可担负海上救援平台，快速抵达失事地点，进行大范围的海面搜索和救援，并实时担当远海救助的指挥平台，协

同指挥其他救援装备的联合救助。机载无人机系统，在海上恶劣环境条件下，可协助水陆两栖飞机实时为开展险情侦察、险情海域提供监控和数据传递，帮助水陆两栖飞机决策搜索方案。机载无人机的性能要求：可移动式发射，高智能化飞行操作。搭载的摄像头可获取水面视觉信息；通过搭载 VHF 基站实现应急通信的有效中继；便于实现立体化的海上事故搜救。对遇险海域可实现快速、全方位、立体化的多源信息采集与传递；并能将甚高频语音、AIS、现场视频等信息实时回传水陆两栖飞机或至岸基搜救中心，为决策海上搜救方案提供信息支撑。同时无人机要具备目标识别能力，(1) 海上船舶目标识别—无人机利用视频图像，实现对海上遇险海域位置和船舶的定位与跟踪提高水上遇险搜救效率。(2) 海面遇险人员目标识别—利用机载摄像机的视频信号，实现对海面遇险人员目标的经纬度有效识别，便于对遇险人员实施救助。

3.水陆两栖飞机与无人机协同搜索模式的规划

大型水陆两栖飞机 AG600 定位在中远海搜救，其中机载着水救援设备由机动救生艇、换乘装置、系留装置、油箱柜、船外机柜、救生衣、双联座椅、担架站等组件及救援物品包组成；空投救援设备由空投信号装置、空投人员防护装置、投放装置及救援物品包组成。搜救无人机搭载集成装备。如：机载 VHF 设备，用于扩大甚高频语音和 AIS 的通信范围；机载图像传感器，用于遇险目标的识别和定位；机载北斗通信模块，用于实现定位跟踪、巡航路径预设等功能等。

大型水陆两栖飞机在接到遇险报告后，在飞行到遇险海域后，调整飞行状态，释放机载无人机，利用无人机的机动性，协助扩大搜救视野范围以及近距离遇险情况搜索，并通过无人机视觉系统进行事故现场图像传输，同时建立遇险船舶与飞机之间的通信联系；还可通过北斗通信模块，向地面中心回传位置信息，实现远程巡航搜救。

在利用机载搜救无人机协助中远海搜救时，可实施以下三种救援模式：1) 无人机搜索、监控+飞机着水救援模式，这种模式适用于适合水陆两栖飞机可着水时的海况条件，此时，水陆两栖飞机可根据无人机提供的遇险海域的海面状况、气象条件、遇险船只或人员的详细情况，在遇险海域的适当位置降落，实施着水救援。2) 空投救援模式，此种模式适用于水陆两栖飞机不能着水救援的情况，飞机在遇险海域上空盘旋，接受无人机回传的现场画面，据此判断空投救生物品的方案，然后下降高度，减速，并及时判断准确位置，向遇险人员附近空投救生船、救生圈等救生设备及物品，延长遇险人员生存时间，同时无人机始终在遇险海域低空盘旋，增强遇险船只和人员的信心，等待救援。3) 协同实施夜间救援模式，水陆两栖飞机夜间救助难度大，危险性高，因夜间海面无法辨识，不能实施着水救援。此种情况下，释放搭载红外夜视仪或热成像仪的无人机，

在夜间也能快速锁定遇险人员，并通过对周围环境的探查，降低夜间救援的安全风险，在方便立即施救的情况下，无人机可投放小型自救设备和物资，提高遇险人员的自救生存能力，为救援赢得时间。

4.开展多种救援模式的进一步工作

海上救援工作受飞机本身安全性要求、海上气候、海洋环境和救援对象等因素影响较大，采用机载搜索无人机，可远观、可近察、快速搜索特定海域，并将现场情况通过图像数据传输并及时反馈，为救援决策提供依据。近年来，复杂环境下的无人机协同目标搜索的研究已有很多，但关于有人机与无人机在协同搜索救援方面的研究相对很少。从岸基基地和船舶上发射无人机的技术已相对成熟，但从飞行的飞机上发射无人机的关键技术还处于研究中，需加大此方面的研究投入，将 AG600 水陆两栖飞机定位于中远海救援的装备，扩展我国中远海救援模式和能力的提升。

水陆两栖飞机和机载无人机协同救援，相互取长补短，在进行中远海救援过程中，遇险海域存在不确定性因素，对水陆两栖飞机的安全造成威胁，借助于搜救无人机，可降低搜救的安全风险，提高搜救效率。开展利用无人机跟踪显示目标定位，机上释放无人小艇等救生设备，直接将有能力的遇险人员遥控拖回到飞机前救助的使用模式研究。开展针对不同机型以及救助船舶之间协同搜救的流程和程序的研究，救援流程应使“救援飞机—救援人员—救援设备—救援流程”高度协调，救援过程的各个阶段必须环环相扣，各环节所采用的救援设备、技术应充分兼容，保证整个救援过程快速、安全。

远海恶劣环境下的搜救对飞机的性能要求高，海难往往发生在恶劣气候，救援环境恶劣，水陆两栖飞机在恶劣环境下搜救不仅是对飞机的考验，也是对飞行员、救援人员的考验，及早研究恶劣环境下的模拟训练，确保恶劣环境下的搜救的效率。

在我国现有的海上搜救体系下，直升机近海搜救体系已经成熟，而中远海的搜救体系还未形成，随着我国自主研制的水陆两栖飞机逐渐完成，应逐步在水陆两栖飞机使用的基础设施、海上救援运营经验、相关人才、维护、培训等方面加快工作。

参考文献

- [1] Bloss, Richard. 2014. "Unmanned Vehicles While Becoming Smaller and Smarter Are Addressing New Applications in Medical, Agriculture, in Addition to Military and Security." *Industrial Robot: An International Journal* 41 (1): 82-86.
- [2] RTS Ideas. 2014. *Pars Drone*.

- [3] 钟南. 无人机水上交通安全应急处置关键技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2016.
- [4] 胡中华, 赵敏. 无人机任务规划系统研究及发展[J]. 航天电子对抗, 2009, 25 (4): 49-51.
- [5] National Aeronautics and Space Administration (NASA). NASA Testing Helicopter Drone to Accompany Next Mars Rover-Extreme Tech[R]. Washington D.C.: NASA, 2016.
- [6] Sauer F, Schoernig N. Killer Drones: The ' Silver Bullet of Democratic Warfare?[J]. Security Dialogue, 2012, 43(4): 363-380.
- [7] Wall T, Monahan T. Surveillance and Violence from Afar: The Politics of Drones and Liminal Security-Scapes[J]. Theoretical Criminology, 2011, 15(3): 239-254.
- [8] Saska M, Vonasek V, et al. Coordination and Navigation of Heterogeneous MAV-UGV Formations Localized by a ' Hawk-eye ' -like Approach Under a Model Predictive Control Scheme[J]. International Journal of Robotics Research, 2014, 33(10): 1393-1412.
- [9] Fernandez, F., E. Besada, D. Sanchez, and J.A. Lopez-Orozco. 2011. "Expert Guidance System for Unmanned Aerial Vehicles Based on Artificial Neural Networks." Journal of Maritime Research VIII. www.jmr.unican.es/index.php/jmr/article/download/145/142.
- [10] De Cubber, Geert, Daniela Doroftei, Daniel Serrano, Keshav Chintamani, Rui Sabino, and Stephane Ourevitch. 2013. "The Eu-Icarus Project: Developing Assistive Robotic Tools for Search and Rescue Operations." *Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), 2013 IEEE International Symposium on: IEEE.*
- [11] 曹德胜, 桑凌志. 无人机水上遇险搜救关键技术研究[J]. 交通运输研究, 2017, 3 (3): 62-68
- [12] 周伟, 宋军, 成旭. 无人机在海事监管救助中的应用与选型[J]. 水运管理, 2012, 34 (4): 11-13.
- [13] 刘畅. 论无人机在海事现代化建设中的作用[J]. 天津航海, 2014 (2): 65-67.
- [14] 卢大河, 樊伟. 无人机在海事监管中的应用[J]. 中国水运, 2017 (4): 24-25



作者简介：黄领才，1966年生，研究员，中航通飞华南飞机工业有限公司总工程师，“鲲龙”AG600飞机总设计师。一直从事通用飞机的设计研发和技术创新工作，曾参加过无人机、直升机、小型涡桨通用飞机和大型水陆两栖飞机等十余个型号的具体设计工作，并主持过多个型号的研制工作。

A Study on the Mode of Amphibious Aircraft and SAR UAV Coordinated Rescue on Mid/High Sea

Huang Lingcai SongQianfu, Sun Yao, Yong Mingpei

Avic General Huanan Aircraft Industry Co., Ltd, Zhuhai, Guangdong, 519040

Abstract: Because of long range and excellent low-speed at low-altitude, etc., amphibious aircraft are suitable for Mid/High sea search and rescue (SAR), however, the marine environment and distress state, etc. meanwhile face uncertainties that could threaten the safety of both the aircraft and rescue personnel. Thus, in view of taking the advantage of UAV's safety and dispatch flexibility etc., a concept of amphibious aircraft and airborne SAR UAV coordinated rescue, during which UAV will carry out observation of the distress area far and near to provide relevant information and data for amphibious aircraft rescue, provide guarantee for rescue decision-making, and improve the safety and efficiency of rescue, is proposed in this paper.

Keywords: Amphibious Aircraft, SAR UAV, Mid/HighSea Rescue