

# 美国气象工作中的“军民融合”要素

■ 王卓妮 盖程程

在美国气象工作中，无论是从研究视角还是业务服务视角看，军用和民用的分工和管理基本上处于良好的融合状态。美国空军和海军经常被作为民用气象信息的主要用户；气象预报预测信息在美国应急管理和海啸预警决策中发挥着重要作用。随着“军民融合”的深化，为了更高效地共建共享气象业务体系和技术研发成果，美国军队和联邦气象部门呼吁建立开放的科研合作对话机制，并将在适应和减缓气候变化、管理体制机制等方面继续加强合作。

中图分类号：P4

文献标志码：A

DOI：10.3969/j.issn.2095-1973.2024.03.014

美国联邦气象，在军用和民用分工和管理方面，曾多次发生摇摆。然而，无论是过去还是现在，美国军事气象在民用气象活动中从未缺席。这种未缺席表现在多个方面，一是在参加气象和大气科学学术活动方面，例如美国气象学会（AMS）召开的学术会议等，美国军方气象学者与非军方学者进行平等的交流；二是在各种气象和大气科学试验、模式比对等活动中，也很容易找到美国军方的身影；三是美国气象部门重视军方需求和军方信息补充等要素融入整个联邦气象服务业务流中。

美国联邦年度气象预算，通过美国商务部组建的气象学联邦协调员办公室（OFCM）、现在的先进制造

系统跨学科中心（ICAMS）来参与协调，美国目前的雷达网，是国家海洋和大气管理局（NOAA）、民航和国防部（DOD）三方合作的成果，使得这些重要的气象业务系统全面考虑了军用和民用两个方面的需求。美国目前极轨气象卫星系列（JPSS）的框架（图1）表明，美国NOAA主导的民用气象体系中，美国军方要素及其作用。在这个体系里，卫星数据的输入端包括目前2颗依然在轨的国防气象卫星DMSP。它们是当前和未来民用极轨卫星S-NPP和JPSS系列的补充。在输出端，美国空军（USAF）和美国海军（USN）都作为民用气象信息的主要用户被加以考虑。

美国联邦气象“军民融合”的特色特别地体现在

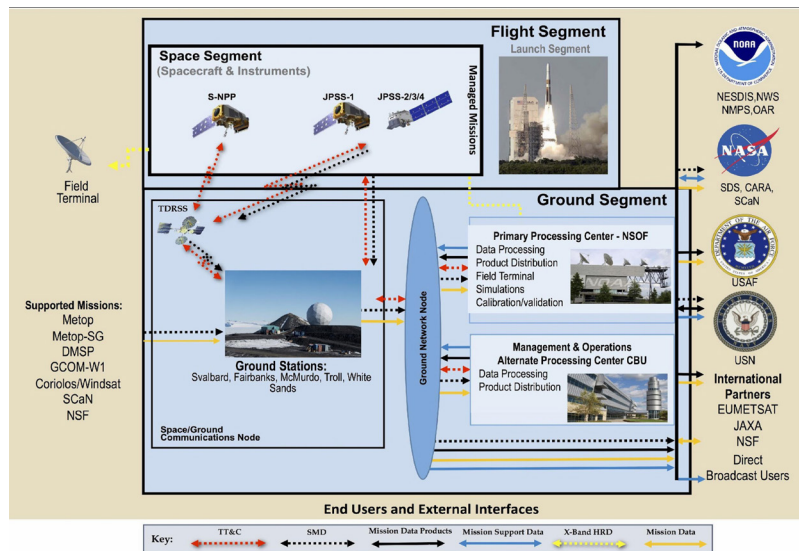


图1 极轨气象卫星系列 (JPSS) 框架

收稿日期：2022年9月28日；修回日期：2022年12月16日

第一作者：王卓妮（1982—），Email: wangzn@cma.gov.cn

资助信息：国家自然科学基金项目（42342025）；国家社会科学基金项目（21AZD123）

海军气象活动、联邦应急管理和海啸预警决策等方面，在美国气象学会（AMS）2022年年会上有关专家进行了有关讨论，本文基于会议信息进行了信息梳理和简要分析。

## 1 活跃的美国海军气象活动

在第38届环境信息处理技术研讨年会上，来自美国海军气象和海洋指挥部的学者，在“气象机构服务更新”分会场，介绍了其所属部门气象活动最新情况。美国海军气象和海洋部门，拥有一支由全球分布和专注于战事任务的由海军和军民共同组成的队伍。该部门的海上预报员为美国军方和联邦，以及美国的国际合作伙伴获得优质气象、海洋和水文分析数据。海军

气象和海洋部门建有高分辨率数值环境预测系统，依靠实况和遥感观测以及高性能计算的强大支持，提供以作战为重点的定制预测为美国海军在物理战场上赢取更多的胜算。

### 1.1 气象海洋部门全年活跃

美国海军气象部门2021年保持很高的活跃度（图2）。美国海军2021年在全球海洋呈现几乎“平均”的活动态势，很难再区分美国军方的所谓“远海”和“近海”。全年海军测量船只累计航行超过21万n mile（1 n mile $\approx$ 1.852 km），布设无人系统1359次。美国海军气象部门从事“观测、预报、决策”，形成了规范业务链条，其主要活动与民用气象部门别无二致，只是其决策，主要着眼于军事活动和战争。

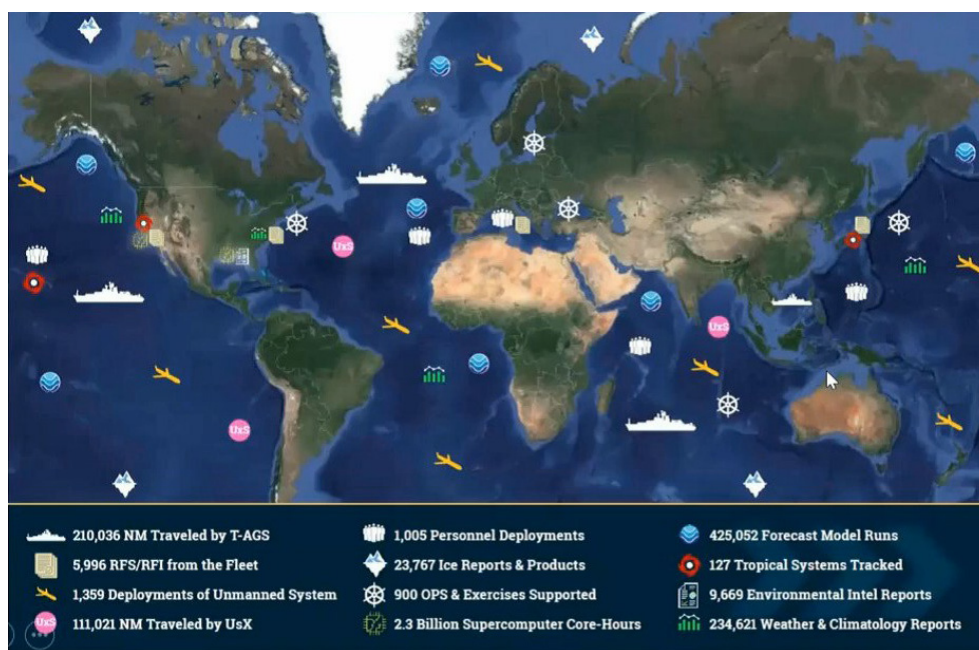


图2 美国海军气象和海洋部门2021年全年活动概览

### 1.2 无人观测、模式能力更新和瞄准作战需求

2021年俄乌冲突尚未爆发，然而，从美国海军实战化的能力更新（图3）不难看出，其长距离无人气象海洋信息探测仪器，是战时获取气象海洋信息最重要的手段，美国海军GOFS模式（Global Ocean Forecast System，全球海洋预报系统）被全球气象界熟知，已完成重要改进。GOFS模式的最新版本（V3.5）不仅引入具有潮汐的新全球海洋模型，而且大气全球模型改进了数据同化和垂直分辨率，热带气旋预报和超级计算系统都进一步更新换代。

海军气象和海洋部门，还将继续加速下一代大气全球非流体静力学模型研发，继续定期更新全球耦合海冰集合模型、无人传感系统。与此同时，海军第一

个业务近太空环境模型也即将推出。2021年8月，美国海军启用海军地球系统预测系统（Navy-ESPC）。Navy-ESPC是集成海军全球环境模型（NAVGENM）的大气模式、混合坐标海洋模式（HYCOM）和海冰模式（CICE）等模式的全球耦合预测系统，其独特性在于集成了集合预报及高分辨率的涡流解析海洋模型。以前，全球海洋和海冰预报只能提供7 d的确定性预报，但Navy-ESPC提供了从1 d到长达45 d的高分辨率集合预报，并首次提供了环境预报信息，从而填补了天气和气候时间尺度上的空白，为作战提供动态、可重构的建模功能。这对保障军事人员安全与作战计划制订和调整至关重要，比如提前获悉西太平洋的台风季节预测信息，可更好地进行应急准备和力量部署。Navy-

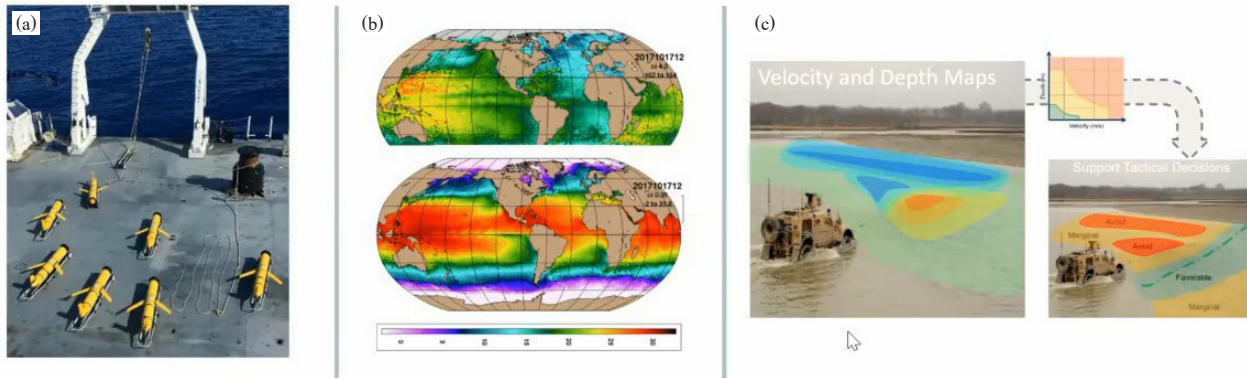


图3 美国海军气象部门能力更新和为作战服务  
(a) 海洋和大气观测; (b) 全球海洋预报系统 (GOFS) V3.5; (c) 增强型应用

ESPC第1版目前正在运行,第2版在快速开发中,预计2022年进行测试。在Navy-ESPC第2版,重要更新将包括整体更高水平分辨率的大气、高海拔大气、包含波浪的海洋模式、包含整体海洋中的潮汐等要素。此外,不确定性等因素在下一代CICE模型(CICEv6)和集成公式的改进中加以充分考虑。

## 2 天气预报信息在“军民融合”的美国应急管理中发挥着重要作用

美国国家天气局(NWS)与联邦、州和社区的应急管理和水管理部门,以及其他关注公共安全的政府机构(比如国防部部门)密切合作。NWS通过自下而上的多级组织机构收集信息和制作服务产品,向合作伙伴提供基于影响的决策支持服务(IDSS)信息。这些合作伙伴包括联邦应急管理局(FEMA)、国防部(DOD)北方司令部(NorthCom)等。

### 2.1 美国应急管理组织结构与资源调度

FEMA是美国应急响应的主管部门。根据1974年制定、1988年11月23日修订的《斯坦福德法案》(Stafford Act, PL 100-707)的规定,FEMA负责处理包括飓风和地震等天灾以及危险品泄漏、炸弹爆炸和战争等人为灾难在内的各种各样所有可能的灾难。FEMA最重要的职责,是代表总统整合联邦政府机构的资源,强化州和地方的防灾减灾和应急处置能力。灾害救助及预防和应急准备是其中的两项重点。

面对上述威胁都需要国防部提供支持,与FEMA共同应对。FEMA遵循属地管理、分工协作的原则。在纵向关系上,美国非常强调地方尤其是第一响应者的先期反应能力,当发生灾害后,首先由所在州进行自我救援。联邦政府“有求才应”,只是“当灾难的后果超出州和地方的处理能力之外时,提供补充性的帮助”。涉及的部门众多,不同级别紧急事件,所调

动的资源也不同,包括州内资源、联邦资源(FEMA)和国防部资源(NorthCom)。如果只是发生火灾、流行病、爆炸,低水位洪水或慢涨的洪水,龙卷风等,根据《斯坦福德法案》,主要由州做出应急响应,联邦资源和国防部(DOD)资源不会介入。

### 2.2 军民协作的应急管理流程建立了上下沟通和部际沟通机制

紧急事件一旦升级,上升到NorthCom需要介入时,就激活国防协调官(DCO),NorthCom在当地的第二应急员抵达现场,通知指定的官员和当地应急中心(EOC),请求互助和州政府援助。州长命令州应急中心(EOC)评估损害,请求州际应急管理互助协议(EMAC)或其他州际互助,以及请求总统宣告紧急情况。FEMA区域办公室评估事态和州长的请求提出建议,上报FEMA局长。FEMA局长根据FEMA区域办公室对事态和州长请求的评估报告,经DHS秘书向总统提交建议,总统定夺是否宣布进入“紧急状态”或发生“重大灾难事件”。

### 2.3 气象预报预测信息在应急管理决策中发挥重要作用

随着事件等级提高,所需调动的资源从州和当地,上升到联邦和国防部。无论在哪个级别的应急响应中,对事态最初的预测都非常重要。这关系到州长和州应急管理部门动用国民警卫队的规模和范围。随着预测信息增加,从威胁的非常不确定性到更可信线索的出现,将给应急管理部门提供更合理的资源调度部署,甚至将涉及到联邦资源。FEMA部署和调度应急资源比州政府要快。但是,及时获取事件最坏情景及发生概率等预测信息,并且信息在参与应急的所有部门间实现同步和共享,才能帮助FEMA做出与州政府一致的决策。这其中,气象学家的建模和预测,影

响FEMA做决策的方式，对FEMA的工作非常重要。

美国国家天气局(NWS)区域指挥中心(ROC)与FEMA的10个区域办公室，在地域分布上有所重叠。ROC和FEMA第6区域办公室会保持沟通协作，主要包括日常情况简讯，ROC支持每天天气简讯，ROC参与FEMA应急计划的制定和演习等。同时，FEMA在10个区域办公室，都有一名上校或海军舰长，以DCO身份工作，并配合FEMA区域办公室的工作，了解FEMA本区域情况，以便应急情况发生时，及时调度和协调DOD资源。FEMA与恶劣天气预报中心(SWPC)，通过飓风计划(HLT)与国家飓风中心(NHC)、国家监测中心(NWC)等3个中心交换永久联络人。这些联络人都是FEMA国家级雇员，他们在这三个中心向FEMA发送信息，报告每日事项及发展态势等。

NWS对FEMA应灾计划的制定有重要影响。在过去几年中，飓风的加剧缩短了FEMA的飓风登陆时间表的时间跨度，从过去通常的5 d减少到现在的3 d。这意味着FEMA和DOD一起准备应急资源的时间缩短了。NWS数据标准的更新后，这引起了FEMA重新调整应灾计划的制定要素，需随NWS数据标准发生变化。

### 3 美国海军和国家天气局在海啸预警决策中的互动合作

#### 3.1 海啸预警决策是军民协作的又一个教科书式范例

美国有两个海啸预警中心，分别是夏威夷太平洋海啸预警中心(PTWC)和阿拉斯加国家帕默海啸预警中心(NTWC)，都隶属NWS，是NOAA下属机构，负责东太平洋地区海啸预警。联合台风预警中心(JTWC)是美国海军夏威夷珍珠港的海军太平洋气象与海洋中心(NPMOC)的分部，负责为太平洋、印度洋及其他海域的热带气旋警报，实际负责整个太平洋区域约80%的热带气旋活动。JTWC服务美国国防部的所有分支机构以及其他政府机构，制作的数据产品，主要用于保障军用舰船及飞机的安全，并会传送到与世界各国共同运作的军方基地，比如与日本气象厅进行数据共享及供西太平洋热带气旋预警决策参考。

#### 3.2 海啸预警决策支持系统

海啸预警决策支持系统是“军民融合”的决策支持系统，涉及了USGS、NOAA、鱼类及野生动植物管理局(FWC)、美国海军等政府机构和军队，实现了数据互通、分析同步、决策互动等目标。美国地质

调查局(USGS)一旦探测到有海啸可能的地震，就会将情况同时推送给NOAA的两个海啸预警中心(TWC)和JTWC，并把地震活动一手数据直接发给JTWC。TWC分析地震参数了解海啸的可能性，发布海啸公告后，就启动了海啸决策流程。JTWC并不发布海啸预警，却是NWS发出民用预警的中继站，将海啸公告发向所有受影响的资产、基础设施等相关机构部门，同时，JTWC通过FWC资源保护联络制度，通知美国内政部的FWC及分支机构，本次海啸可能造成的影响与范围，视情况向其提供海啸观测、振幅分析和预测等情报。JTWC需要依靠TWC提供的潮汐仪数据和海洋浮标观测等数据进行预报核查，以及根据观测数据不断更新的高清模型结果来为DOD利益相关领域提供释用产品。最后，在TWC的海啸淹没风险评估基础上，JTWC分析数据、采用插值法预测影响。

TWC提供了观测数据、模型和海啸淹没风险评估报告等技术支持和海啸预警决策。而JTWC完成了海啸预警产品的定制化、精细化，包装成DOD出品的民用产品，发给FWC等用户，满足不同决策者的实际使用要求。

## 4 加强气象“军民融合”的思考

### 4.1 对新科学技术的共同追求是加强气象“军民融合”的动力

即使联邦气象在军用或民用的分工管理方面，因预算机制出现多次摇摆。但是始终没有停止军民气象部门联合研发新技术、新方法、新设备的脚步。未来的气象卫星体系、气象信息共享机制、气象“观测、预报、决策”技术链条，都将随着“军民融合”的深度和广度而又快又好地呈现更多成果，并将让应急管理等部门受益。正因为这样的预期，FEMA非常希望气象学家深入参与应灾计划场景的设置，重现应灾场景以保持其真实性，在分层预测建模与仿真领域开展科研合作，比如针对洪水/风暴潮，风碎片估计，土壤饱和度和树木水分等，鼓励国防部和NWS共同参与改进GIS图层、地图日志和仪表板的共享。军用气象和民用气象呼吁建立开放的军民对话机制，针对这些前沿研究问题开展科技研究和合作。

### 4.2 适应和减缓极端天气气候事件影响是气象“军民融合”的重点合作领域

未来，极端天气气候事件频发，全球海洋变暖速度更快，气候变化风险更加复杂且难以管理。这是因为气候变化风险的复合和级联，多种灾害并发、影响多个系统，而且风险在不同行业、不同区域的传

导。军民气象合作的重要领域是应对累积性复合事件影响和级联风险的影响。例如，热浪与干旱的复合并发同时对农作物生产、农民身体健康和劳动力等造成影响，从而导致粮食产量下降，进而影响农民家庭收入，并导致食品价格上升。风险便从粮食安全领域传导至经济社会领域。进而通过粮食进出口和价格波动，影响国际贸易，传导至全球其他区域。大规模的有效级联的气候变化将会带来威胁乘数效应，即使是与气候变化无关的社会冲突（比如粮食短缺），它也可以通过转移和自然资源而可能会加剧气候变化风险及其社会经济等方面影响。许多尚未解决或定论的科学问题尚待联合研究。当特定的热带气旋穿过上涌冷水时，很可能吸引更多渔民在附近海域捕鱼，渔民冒险捕鱼的后果很可能是人财两空。与热带气旋相关的气候变化信号是否会因热带气旋活动而加强或改变，仍存在争论，正需要军民联手开展技术攻关。

#### 4.3 国防协调官双重身份指挥官的设置和永久联络人制度是“军民融合”的桥梁

无论是在应急管理决策中，还是海啸预警决策中，这样的人员互动，至少起到了两方面的作用：一方面是提高不同机构间的协调效率，另一方面是提高实时信息共享。在2022年AMS年会的“加强极端天气

前、期间和之后的军民协调”主题论坛上，FEMA和NorthCom的专家都认为，天气预报等实时信息共享的及时性和准确性和建模工作，尽管在“卡娜里娜”飓风后得到了大幅提升，使各级政府和机构在作决策时使用相同的规划要素制定应急计划，但是由于预报预测信息实时共享和建模在应急管理决策中的极端重要性，未来还需进一步加强。

#### 深入阅读

- 杜兰英, 陈鑫, 2011. 发达国家军民融合的经验与启示[J]. 科技进步与对策, 28(23): 126-130.
- 刘光旭, 2022. 世界典型“军民融合”发展模式探析及其对推动我国军民融合深度发展的启示[J]. 世界科技研究与发展, 44(4): 482-491.
- Buchalter A R, 2007. Military support to civil authorities: the role of the department of defense in support of homeland defense[R]. Washington D.C.: the Federal Research Division, Library of Congress. <https://info.publicintelligence.net/LOC-MSCA.pdf>.
- Department of Defense, 2017. Defense support of civil authorities: DoD incident response[R]. Office of the Under Secretary of Defense for Policy. <https://www.hsdl.org/?view&did=794853>.
- IPCC, 2022. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press.

(作者单位：中国气象局气象干部培训学院)  
(编辑：卢冰)