



2017年11月9日，第一架MQ-4C无人机飞抵美国海军航空技术训练中心。

## 行将部署

### ——美国海军正式装备MQ-4C海上监视无人机

温杰

2017年11月9日，诺格公司向位于加利福尼亚州文图拉县穆古角的美国海军航空技术训练中心交付了第一架作战型MQ-4C海上监视无人机，标志着长达十年的“广域海上监视”（BAMS）计划完成了研制、发展与测试阶段，开始了作战训练和维护使用阶段，将在2018年形成初期作战能力，随后部署到关岛安德森空军基地。

作为“全球鹰”高空长航时无人机的海上衍生型，MQ-4C“海神信使”（Triton）无人机的主要角色是作为P-8A反潜巡逻机的助手，可以凭借着出色的续航能力和全方位的覆盖能力，在大洋上空执行情报、监视与侦察（ISR）任务，正在成为提升美国海军作战能力的一种全新“力量倍增器”。

#### 满足作战需求

早在20世纪90年代末，美国海军针对在役反潜和监视平台更新换代的迫切需要，开始考虑未来执行多种海上作战任务的新型平台及其发展途径，并初步制定了一项称之为“广域海上监视”的远景规划，旨在打造一个全球海上监视和攻击网络，继续保持自身在海上的绝对力量。

依据这一发展蓝图，美国海军率先制定了一项多用途海上飞机（MMA）计划，最终发展出P-8A反潜巡逻机。与此同时，美国海军决定研制一种陆基长航时无人机，协助海上巡逻机队监控海面上的一举一动。按照设想，BAMS无人机会向美国海军提供一种持久的全球ISR系统，具有探测、跟踪、分类

和识别海上目标的能力，为其海上巡逻机队提供预警。此举标志着美国海军正在加快步伐，开始寻求一种低空飞行战术系统或高空长航时无人驾驶平台，将BAMS无人机的设想向前推进了一步。

从BAMS无人机项目浮出水面到RO-4N方案脱颖而出，直至MQ-4C无人机组装、试飞和交付，诺格公司在十年时间里通过关键技术验证和各项设计优化，将“全球鹰”高空长航时无人机发展成为一种全球海上作战平台，并为美国海军提供了持久的海上ISR数据搜集与分发能力。

根据美国海军的作战理念，MQ-4C无人机组将作为P-8A反潜巡逻机的一个补充，极大地延伸海上侦察的视野。这种无人机的任务范围包括海上监视、敌方作战信息搜集、战场损伤评估、港口监视、通信中继，还有作战支援、海上封锁、战场空间管理、海上定位及攻击瞄准。它可以在更广大范围内持续不断地监视海洋或陆地，大大增强战场态势感知能力，并通过一条通用数据链实现情报信息的无缝连接，将探测到的潜在目标及时地传送给P-8A反潜巡逻机，协助其跟踪和攻击目标，显著缩短“从传感器到射手”的时间。

2017年8月22日，美国国防部负责采购、技术和后勤的副部长弗兰克·肯德尔正式批准了美国海军MQ-4C无人机组发展计划的“里程碑C”评审结果，由此，MQ-4C无人机组进入低速初始生产（LRIP）阶段。同年12月29日，美国海军航空系统司令部与诺格公司签署了一份价值2.55亿美元的LRIP 2合同，用于生产3架MQ-4C无人机。

#### 集成先进系统

美国海军在位于马里兰州的帕克图辛海军航空站组建了“海神信使”综合测试团队（ITT），主要承担作战评估任务。该团队由帕克图辛海军航空站、第20飞行测试与评估中队（VX-20）和“先锋者”飞行测试与评估中队（VX-1）等研制与作战测试部门的人员组成。

ITT团队在帕克图辛海军航空站专门建造了一个设施，配备了3架MQ-4C无人机、一个足够容纳3架MQ-4C无人机的机库以及飞行试验计划所需的多种类型控制站，包括在前方作战基地使用的控制站。随着MQ-4C无人机组成功完成作战评估，各项数据表明了这种自主无人机组的成熟度。与“全球鹰”相比，MQ-4C无人机在外部构型上看起来非常相似，但是在蒙皮下加强了机翼结构，不仅增加了一套防冰和除冰系统，还配备了多种机载传感器系统，有别于美国空军的“全球鹰”系列无人机。

2015年下半年，ITT和美国海军航空系统司令部下属的持久海上无人机组计划办公室（PMA-262）为MQ-4C无人机组集成的最新系统软件，可以将诺格公司研制的多功能有源相控阵雷达和雷神公司生产的多频谱目标截获系统、电子支援措施、自动识别系统融为一体，达到基本的作战能力，满足国防部规定的“里程碑C”要求。

凭借着出色的长续航能力，MQ-4C无人机在广域监视领域具有无与伦比的优势，而出色完成ISR任务的关键是在机身腹部安装的多功能有

源传感器（MFAS），正式编号为AN/ZPY-3型。这种雷达是第一种能够从极远的距离对海洋及沿岸实现360度持续覆盖的雷达系统，采用了2D有源电子扫描阵列（AESA），具备海上模式和空地模式，可以远距离探测、识别和跟踪海上和沿岸的多个目标。

根据海上任务需要，MQ-4C无人机在机头下采用了雷神公司研制的多频谱目标截获系统（MTS-B）。该系统可以实现远程空中监视、高空目标截获、跟踪、测距，主要用于侦察和瞄准，在技术上最突出特点是把图像融合能力作为标准配置，增强了图像处理能力，提高了清晰度。

MQ-4C无人机还根据海上巡逻任务需要安装了一种自动识别系统（AIS），可以接收到海面上行驶的船只通过VHF频段广播数据传输系统自动、定时播发的信息，有效地采集到相关的船籍、船型、位置和航向等多种数据，从而可以全面地掌控目标海域的战场态势，完善海上ISR手段。此外，该机还配备了ZLO-1电子支持措施系统，用于检测、识别和定位雷达威胁信号。



在VUP-19中队组建仪式上，美国海军展示了一架MQ-4C无人机组全尺寸样机。

#### 准备作战部署

目前，“海神信使”研制计划已经完成了3个主要阶段，围绕着不同的综合功能化能力（IFC）测试具体的软件，分别为：IFC 1，主要实现在位通信能力和扩大飞行包线；IFC 2，引入和验证宽带和卫星通信能力、初始传感器能力；IFC 3，引入和验证防冰和除冰系统、主动重心控制和其他一些机身系统，以便最大限度地提高燃油效率和燃油效率，同时针对海岸环境所需的雷达附加作战模式。2017年底，ITT将着手测试IFC 3.1软件。

按照最初的BAMS计划，美国海军计划采购68架MQ-4C无人机，与117架P-8A反潜机组成编队，逐步替代现役的P-3C巡逻机。但是，美国海军航空系统司令部负责MQ-4C计划的吉姆·霍克上校透露，美国海军可能考虑减少MQ-4C无人机的采购数量，因为它的可靠性高出预期。

2016年10月28日，美国海军在佛罗里达州杰克逊维尔海军航空站组建了第一支装备“海神信使”的无人机组巡逻中队（VUP-19），标志着自主系统的历史性转变。该中队由操纵MQ-4C无人机的后方任务人员组成，在2017年底形成初期作战能力。首批两架MQ-4C基准构型无人机和一个负责起飞、回收与维护的团队最早将在2018年夏天部署到位于关岛的安德森空军基地，着手建立一条前线作战基地。

此举的主要目的是通过海军与空军的密切协作，进一步加强对亚太地区的战略侦察能力。关岛位于美国海军第七舰队的任务范围内，在一年内将部署两架MQ-4C无人机组，部署时间为两年。MQ-4C无人机从关岛起飞后，可以直接飞往南海或日本海，在上空实施不间断侦察。在此期间，MQ-4C无人机组将在雷达、电子支援措施和自动识别系统方面的功能得到进一步改进，其后，美国海军预计将装备一种早期作战构型。

根据计划，美国海军将陆续组建5个“海神信使”无人机组，在2020年具备完全作战能力，先后部署到5个前哨基地，从而实现全球部署的目的。到时，每个中队可以根据任务要求，在每年80%的时间里，执行每周7天、每天24小时的持续监视任务，覆盖范围达到大约2300千米。美国海军认为，高空巡航的MQ-4C无人机与低空飞



诺格公司在帕特森特河航空站测试MQ-4C无人机。

## 美空军增加投资加快将技术突破转化为战斗力

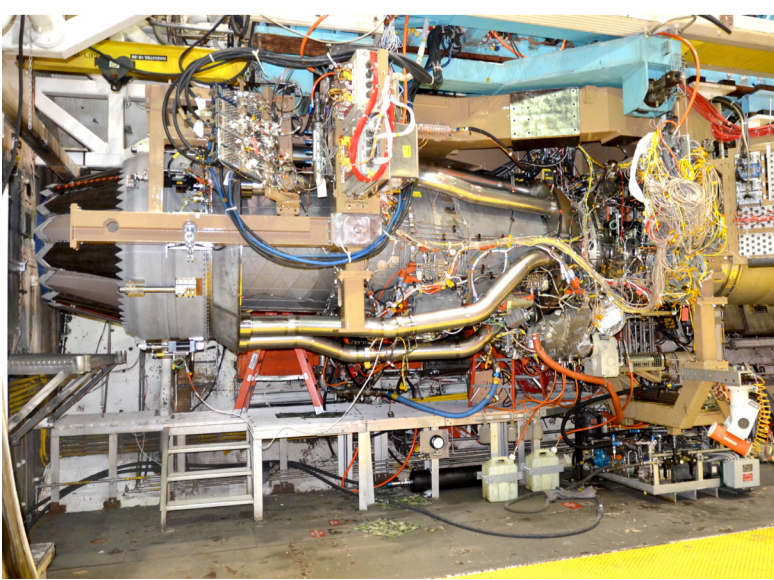
张洋

1月25日，美国《航空周刊与空间技术》网站报道称，美空军从2014年开始，在6.4类即“高级的部件和原型化”类预算中安排了技术转化项目（预算编号PE 0604858F），当年为该项目拨款4800万美元，2018财年获批拨款增至近9.37亿美元（美空军申请8.4亿美元，美国国会通过的《2018财年国防授权法》又增拨9500万美元，用于开展额外的高超声速、定向能和远程航空平台实验工作）。虽然美空军要到2月才发布2019财年预算，但消息来源指出，这种指数级增长势头在2019财年将继续。因此，美空军那些迈向科技与工程之间“死亡谷”的科技专项不用再担心了，尤其是与自主性、定向能、高超声速、低成本和长航时飞机有关的专项。

技术转化项目设立的初衷是带领有前景的技术越过所谓的“死亡谷”。在这个“死亡谷”中，如果不能尽快找到一个能匹配的采办项目，从而转入全面研制和部署，实验室的成果通常就会“死亡”。技术转化项目为进行实际的部件和平台试验提供投资，这样就能促进设计的成熟。一个消息来源指出，在2019财年，美空军将通过技术转化项目重点支持吸气式高超声速推进、高超声速打击武器和低成本可消耗（或有限寿命）飞机技术的转化；另外一个消息来源则补充说定向能和自主计算（尤其是用于情报、监视与侦察的）技术也是重点。其中，许多投向是美空军研究实验室（AFRL）许多原型化工作的延续项目，使这些工作能够超越实验室

的实验，为未来的全面研制或应用做好更充分的准备。

具体而言，2019财年技术转化项目的资金投向包括：AFRL和美国国防部国防预先研究计划局（DARPA）联合开展的“高超声速吸气式武器概念”项目（HAWC，雷神公司和洛马公司正分别开展研发）和“战术助推滑翔”项目（TBC，洛马公司正开展研发）；XO-58A“战神婢女”低成本可消耗无人机项目（克拉托斯公司正在开展研发）；“高能液态激光区域防御系统”项目（HELLADS，通用原子公司正开展研发）；“自防护高能激光演示器”项目（SHIELD，波音、洛马和诺格公司正开展研发）。其他正在进行的重要专项包括与美海陆空联合实施的一个名为“高功率联合电磁非动力学打击”（HJENKS）



普惠公司在美空军阿诺德工程发展中心的试车台上试验自适应发动机技术。

的保密项目，旨在发展微波能量武器的项目，旨在发展微波能量武器。

根据美空军的预算材料，在此之前，该技术转化项目曾投资于HELLADS陆基激光武器演示验证，演示了“在首都地区防御中提示、跟踪和摧毁空中目标”的能力。此外，项目资金还投向了OA-X轻型观察攻击飞机实验和“自动防撞地系统”（Auto GCAS），其中后一系统正在被美空军空中国民警卫队的F-16采用，并已实际挽救了飞行员的生命。此外，美空军部长希瑟·威尔逊于2018年1月18日在美国科学院举办的“2030年的科学与技术”活动（由美空军赞助）中发表讲话时，曾赞扬了通过该项目资助的三涵道自适应循环发动机，目前该发动机已在“自适应发动机转化项目”（AETP）之下

专项全面演示验证。美国通用电气航空集团和普惠公司都已发展了备选设计，瞄准推力增大10%、效率提高25%的战斗级发动机。

在“2030年的科学与技术”活动的场合下，AFRL首长威廉·库雷少将（William Cooley）表示，重要的高超声速推进、高超声速武器和低成本可消耗飞机项目“没有失去支持。它们正向前推进。我期待它们的交付，并满足我们为它们制定的各项目标。”他说，将技术从实验室转化到战场通常具有挑战性，但美空军正致力于部署这些高超声速、定向能和低成本飞机系统，“通过‘死亡谷’从来没有一条清晰的路径。那里是不是有个潜在的转化机会？当然！我们将做我们能做的每一件事情，让它成为现实。”

随着上述这些“今天的”技术试图从实验室的实验跃变为战斗力，美空军正在科学与技术领域寻求“下一个重器”。AFRL首席技术官莫雷·斯通（Morley Stone）说，美空军即将到来的“2030年的科学与技术”研究将突出基础研究中的可支持美空军使命任务的新兴领域。他指出，该研究列出的清单很可能不会包括纳米机器人技术或量子计算技术，因为AFRL想要看得比它们还要更远。该项研究的信息搜集阶段将在2018年7月底完成，美空军将在8月分析结果并进行“红队”评估，9月之前研究结果将出台。他说，“对于那些我们应当注意的重要技术，我们将始终保持关注。”他也透露，“2030年的科学与技术”研究结果将保持非密，从而激发外部兴趣。

（上接7版）

上世纪60年代，苏联科学家分析一颗卫星电磁信号时，发现卫星记录到地震低频电磁辐射前兆现象，称之为“地震电离层效应”。我国在1976年唐山地震时，也通过地面雷达系统发现了相应的电离层扰动现象。这给人类探索预报地震带来了一线“难得的光明”。

地球周围有着一层薄薄的“壳”——空间等离子体环境。近些年，科学家发现地震也会对空间等离子体环境中的电磁场产生影响，有些影响甚至可能出现在地震发生前。地震预测是世界各国普遍面对的难题之一，即便在科技高度发达的今天，依然没有很好的手段进行有效的预测，而我国又是世界上大陆地震活动最强，遭受地震灾害最严重的国家之一。但是常年以来，我国在地震数据和监测手段上始终落后于美日等国。“张衡一号”卫星将会有效的解决我国在监测手段上的单一性，并且能够提高我国的地震预测水平。因此，科学家希望通过研究空间等离子体变化与地震活动的关联规律，探索如何攻克“地震预报”这一千年难题。

这个思路恰与高歌教授的主张不谋而合。

“张衡一号”卫星，总重为730千克，外形为一个长、宽、高均为1.4米的立方体，该卫星各项技术均达到了国际先进水平，它的主要任务是分析中国6级、世界主要地区7级以上的地震电磁信息。“张衡一号”所在的轨道，每五天就能对地球上同一地点进行检测。

坦率地说，“张衡一号”并不能直接预测预报地震，而主要用于地震前兆信息研究，为未来建立地震监测体系进行前期技术储备。作为我国首个天基地震电磁综合观测平台，“张衡一号”开辟了我国地震监测研究的新视角，是我国构建天-地-空一体化地震立体监测体系的重要里程碑。

同时它也集合了多项航天技术创新成果。

要从太空探地震，“张衡一号”的主要任务是电场探测仪，用于探测卫星轨道环境空间电场。这是目前国际上运行在太阳同步轨道功能配置最全的空间电场探测仪器。

行的P-8A反潜巡逻机之间相互配合将有效提高侦察能力。

#### 扩展任务能力

针对BAMS计划的发展要求，PMA-262在2016年底决定将MQ-4C无人机的初始作战测试与评估阶段从2017年第四季度推迟到2020年第四季度，改变了“海神信使”无人机组的采购策略。这一改变的主要目的是力求与MQ-4C无人机第一件作战构型的研制与交付保持同步，这种构型将具备“海神信使”最为重要的多情报能力。

多情报任务构型将使MQ-4C无人机组具备搜集电子和信号情报能力，包括传感器和相应支持软件与硬件，后者可以处理机密、敏感和隔离的信息。MQ-4C无人机组的多情报构型将有效扩大现役P-8A反潜机所具备的海上ISR能力，并最终取代目前执行大多数任务的EP-3E“白羊座”II情报搜集飞机，这是美国海军装备MQ-4C无人机组的主要目的。

诺格公司将针对根据MQ-4C无人机组的多情报任务能力的发展需求，着手研制和验证IFC 4构型，重点增加信号情报载荷，同时根据技术的成熟程度，及时集成一种空中防撞系统。

2016年12月底，美国海军对IFC 4构型进行了初步设计评审，时隔一年后又完成了关键设计评审。到2019年，诺格公司预计将把2架MQ-4C原型机改装为IFC 4构型，用于测试和评估有关任务载荷。除了一些额外的天线外，MQ-4C原型机的大部分结构保持不变，但是需要重新布设机身内部的线缆，以适应从EP-3E飞机拆下来的机密任务载荷。

按照计划，诺格公司将在2020年开始交付IFC 4构型的MQ-4C无人机组，配备新的信号情报载荷，预计在2021年具备初始作战能力。借助于这些任务载荷，MQ-4C无人机组在现代海上作战中，可以第一时间识别任何舰船发射的无线电、雷达或卫星通信等电子信号，立即分发相关作战单元，由攻击平台瞄准、锁定目标，直至摧毁敌方的海上舰船。例如，洛马公司的空射型AGM-159C型远程反舰导弹利用来自敌方军舰发出的各种信号进行中段制导。

为了感知空间三维电场，探测仪通过伸杆向卫星本体伸出四个传感器，如同四个灵敏的“触角”。每个触角都能准确感知周围等离子体环境电势，两触角间电势差与距离的商，就是两触角方向的电场，多组不共面方向的电场便能推算出空间三维电场。这些探测仪灵敏度极高，可以探测到非常微小的等离子体电势变化。

在卫星内部，有着探测仪的“大脑”——信号处理单元。这台高灵敏电子学测量设备，能探测到探测到的微小波动细分成十几个通道，通过进一步精细处理，变成数字量，分成频谱，再传输到地面，供科学家研究。

在近地轨道地球磁场很强大的情况下，要精确探测电场的微弱变化，需要卫星“隐身”在电离层里。这对卫星本体的电磁洁净度提出了极高要求。根据工程要求，卫星本体磁性对磁场测量影响不确定性要控制在0.5纳特斯拉以内，这相当于地球表面磁场强度的十万分之一。“张衡一号”的整星磁洁净度达到了0.33纳特斯拉。

“张衡一号”卫星的发射成功，使我国成为目前世界上唯一一个拥有在轨高精度地震监测卫星的国家，此前在轨运行的高磁洁净度卫星全部由国外研制。“张衡一号”不仅拥有了独一无二的高磁洁净度特性，也成为了我国第一代磁洁净卫星平台，弥补了我国天基科学探测领域发展的一大短板，对后续空间电磁场探测任务的发展具有重要意义。美日两国的媒体对此评论称：我们应该跟中国谋求合作，以便获取详细的地震资料。

2018年2月7日，“张衡一号”发回首批探测数据。

在中国的地震预测研究之路上，“张衡一号”迈出了一大步——有望让我国第一次具备全疆域和全球三维地球物理场动态监测能力。换言之，中国境内6级以上、全球主要地区7级以上的地震电磁信息，这颗卫星都有可能“看到”。目前，国防科工局正会同有关部委推动地震监测卫星（02星）的论证工作，该卫星计划将于2020年发射。

为了能够预报预防地震，从中国东汉时期科学家张衡起，近两千年来，人类经年累月苦苦探索，经历了数十代人的不懈努力，未来一定能够接近并实现这个目标。