军工T型台

据美国海军航空新闻《NAVAIR》报道，今年2月，美国海军完成了乔治·布什号航母无人空战中心（UAWC）的集成测试。随后，该航母在地中海地区参与联合军事行动，标志着UAWC系统正式投入实战使用。

UAWC本质上是一座舰载无人机控制站。作为无人机系统的指挥控制中心，无人机控制站是无人机的“中枢神经”，相当于有人机的显控座舱、智能设备的遥控终端，是决定无人机能否高效完成各项任务的核心系统。

从1917年无人机诞生至今，无人机控制站逐渐成为无人机的标准配置。那么，无人机控制站怎样进行工作，当前发展状况如何？舰载无人机控制站的出现意味着什么，又将为未来战场带来哪些改变？请看本期解读。

无人机控制站的“上舰”之路

■李翀伦　陈俊锋

乔治·布什号航母无人空战中心（UAWC）操控台。　供图：阳　明

无人机显威战场的“幕后英雄”

对于一个人来说，大脑就像人体的司令部，控制协调人体各项功能。

无人机控制站对无人机的重要作用，正如“大脑”之于“人体”、“中枢神经”之于“肢体运动”。作为无人机系统中唯一的人机交互子系统，无人机控制站在不断发展、升级换代中，逐步成为无人机系统的信息交互中枢、信息处理中心，是无人机系统发挥作战效能的关键。

早在无人机诞生之初，因为结构简单、功能单一，大多作为航模靶机使用，对测控要求较低。无人机一般采用“程序控制+自主调控”的方式飞行，并没有独立的控制站。直到1933年，英国空军首次为无人机配备了真正意义上的无人机控制站，并使用无线遥控技术实现了对“费尔雷昆士”无人机的控制。

作为无人机系统的“中枢神经”，除了早期的类航模简易控制，无人机控制站的发展先后经历了单平台控制、组网控制和体系化控制等3个阶段。

第一代无人机控制站——一站控一机。

20世纪50至70年代，美军开始尝试用无人机执行电子窃听、电台干扰、超低空拍摄等任务。当时，简单程序控制和简易遥控已经无法满足前线部队对无人机的控制需要。为了适应越来越复杂的任务，通过发送复杂控制指令的方式对无人机进行更精确的控制，催生了第一代无人机控制站。

第一代无人机控制站大多采用便携式结构，具有显示屏幕以及鼠标、键盘等设备，采用遥控器进行操控，主要应用于靶机、小型低成本无人机。飞行过程中，操作员根据屏幕上显示的飞行参数判断无人机的飞行状态，操纵其执行各种任务。

这一时期的无人机控制站开始实现对无人机的精细化控制，使无人机能够执行丰富的作战任务，但这种控制站与无人机平台深度绑定，不同无人机系统间只能通过人工方式传递信息。

第二代无人机控制站——一站控一型。

20世纪90年代，得益于卫星技术的发展和无人机装备技术的进步，无人机开始大量在超视距范围使用，大型多用途无人机系统涌现战场，多架无人机共同完成一些复杂任务。这使得第一代无人机控制站在信息交换能力上的劣势逐步凸显。

为了满足作战需要，以无人机集群化使用为核心需求的第二代复合控制多用途无人机控制站慢慢发展起来。

第二代无人机控制站以集群化为主要发展方向，主要应用于大中型无人机。控制站具备了简单的信息融合、故障诊断能力，能够在同型无人机系统间建立物理连接、实现信息交换。但是不同型号无人机系统之间，仍然存在信息壁垒。

第三代无人机控制站——一站控多型。

20世纪90年代末，随着任务环境的变化，无人机与有人机、无人机与无人机之间的协同任务形式逐渐丰富，任务类型日益多样，第二代无人机控制站对单一型号无人机的集群控制能力已经跟不上战争形态的改变。为解决这一问题，面向多型无人机通用化控制的第三代无人机控制站应运而生。

第三代无人机控制站以通用化、智能化控制为主要发展方向，最早源于“使用一种控制站操作多种不同型号无人机”的需求，希望控制站能够接收多型无人机回传的数据，并对数据进行统一处理。1997年，美国海军牵头开展无人机“战术控制系统”项目，结束了无人机地面控制站体系繁杂的局面，实现无人机在各军种地面站间的无缝连接。

第三代无人机控制站具备多型无人机通用控制的能力，极大拓展了无人机装备协同作战场景，降低了多种无人机系统整体保障难度。近年来，美军研发的The Block 50 GCS地面控制站、UGCS通用地面控制站和MD-5系列无人机控制站，都是第三代无人机控制站的典型代表。

无人机控制站从陆地走向海洋

进入21世纪以来，随着无人机的广泛运用，无人化作战系统已经渗透到战争的诸多环节，在军事行动中的颠覆性作用逐步凸显。

其中一个较为熟知的例子发生在2020年。当时的纳卡冲突中，阿塞拜疆大量使用无人机当作诱饵，消耗亚美尼亚的防空武器，而后使用“哈洛普”反辐射无人机和“TB-2”察打一体无人机发起突袭，成功摧毁亚军的防空系统、坦克装甲目标和炮兵阵地等，为后续作战创造了有利条件。此次冲突，无人机首次成为主战装备，快速打破了攻防平衡，改变了作战进程。

同一时刻，无人机的作战范围也逐渐从陆地延伸到海洋。不论数量还是种类，越来越多的无人机正在随舰部署，远离所属国家的本土遂行任务。以航母为中心的海上编队，在战场前沿对无人机进行指挥控制的需求越来越迫切，传统“前沿起降—后方控制”的集中式控制站，已经很难根据战况快速完成对兵力的统筹指挥。

在这一背景下，建立与舰艇深度融合的舰载无人机控制站，成为未来海上作战的必然要求。

与陆地上的无人机控制站相比，舰载无人机控制站更难实现，其相关探索历时数十年，最早可以追溯至20世纪60年代。当时，在越南战争期间，美国研制并使用QH-50舰载无人直升机，同时也将目光投入到舰载无人机控制站的研制工作。

一路走来，从“开始研制”到“真正上舰”，无人机控制站“上舰”坎坎坷坷历时数十年，主要经历了临时便携部署、舰上固定部署和舰机深度融合3个主要发展阶段。

——临时便携部署。以美国海军“扫描鹰”、RQ-21等小型无人机为例，这些无人机的控制站形态，主要以手持设备和笔记本电脑等便携式设备为主。操控人员可以随身携带无人机控制站并按需使用，但这一阶段的无人机控制站设备相对独立，与舰艇几乎没有信息交互。

——舰上固定部署。这一阶段，通过在舰艇上设置固定的无人机控制台位，无人机控制站能与舰艇进行信息交互，不过，实现信息交互的前提条件必须是同型号的小型舰载无人直升机。

——舰机深度融合。2018年，美国海军确定MQ-25A“黄貂鱼”舰载无人加油机为首型航母舰载无人机。

这类大型舰载无人机使用流程复杂、对配套资源要求高、统筹难度大，致使传统舰载无人机控制站与海军舰艇设备的不同系统之间耦合矛盾突出。

为此，美国海军提出了UAWC概念，计划从底层深度整合无人机控制站与海军舰艇，进一步实现舰机信息共享，全面统筹空海兵力资源，实现空海一体化作战。

根据美国战略与预算评估中心研究报告中的估计，至2040年，美国航母除将搭载5到10架舰载无人加油机外，还可能搭载无人作战飞机。

从临时便携部署到舰上固定部署，再到舰机深度融合，舰载无人机控制站的进步提高了无人机在战场前沿的响应速度。不过，从目前来看，舰载无人机控制站如何与航母进一步整合，并在舰上独立操纵无人机完成各式各样的飞行任务，仍有待实际运作测试和实战能力检验。

未来海上作战或将迎来新变化

近年来，随着无人机逐渐从辅助装备转变为主战装备，各国对无人机控制站的运用与投入不断增大。

有消息称，俄罗斯正在建设S-70“猎人”无人机的地面控制站。该控制站是一个用于中型和重型无人机的标准化地面控制站，未来将用于控制不同位置的无人机。

同一时刻，舰载无人机控制站的出现，也标志着无人机系统能够以舰载无人机控制站为媒介，与海军舰艇形成一个有机整体，有助于在未来战场上实现空海协同作战。

未来，搭载舰载无人机控制站的舰艇可以按需申请无人机控制权和侦察信息，实现对无人机精准灵活的指挥控制，最大程度缩短指挥链和情报链。

从人员效率角度看，舰载无人机控制站完成部署后，人员可以与舰艇其他岗位协同工作，在固定舱室内完成舰载无人机起降、调运、任务控制等操作，显著改善舰载无人机操控人员的工作环境，有效提高工作效率。

从兵力管理角度看，舰载无人机控制站可以集中管理和控制多型舰载无人机执行多种不同类型的作战任务，并能通过智能化管理和数据分析，优化对舰载无人机的调度，进一步优化和提高舰载无人机的使用效率，进而提升舰艇编队作战效能。

从协同使用角度看，部署舰载无人机控制站的舰艇可同时操控和管理多型多架舰载无人机，这更有利于指挥不同无人机开展多种协同作战任务，同时控制站可以快速整合和分析舰载无人机获得的各类战场信息，帮助舰艇编队指挥官提高对战场态势的感知和决策速度，增强舰艇编队在情报、监视与侦察方面的作战能力。

从体系作战角度看，随着多种舰型搭载舰载无人机控制站，无人机指挥控制将摆脱单节点中心指挥模式，向多节点、高冗余、分布式指挥方向发展，形成网络随遇接入、信息按需分发、授权指挥管理的新型作战模式，将无人机装备进一步融入空海协同与分布式作战概念中，提升海军兵力作战灵活性，完善海上联合作战体系。

无人机控制站的关键技术涵盖了通信、飞行控制、数据处理、人机交互等多个方面，未来随着人工智能、飞行器等技术的不断发展，无人机控制站也将不断完善和进步，为无人机在未来战场上更高效、更智能地执行飞行任务提供有力支持。

保障达人

汗水浇灌梦想开花

南疆军区某团修理技师邓超——

■葛宁国　杨继禹

站在领奖台上，南疆军区某团修理技师邓超紧紧握住手里的“三小发明”二等奖证书，目光坚毅沉稳。

手里的这份证书来之不易，不仅代表了邓超在修理专业领域获得的认可，更凝结着邓超一路走来的艰辛、奋斗与成长。

时光倒回转岗那一年。

伴随部队调整改革，邓超离开熟悉的坦克射手岗位，转岗成为一名装甲底盘修理兵。

面对从来没接触过的修理专业，迷茫与陌生一起向邓超涌来。打开修理专业书籍，他的心情和书页上密密匝匝的电路图一样杂乱。

第二天来到训练场，望向飞驰的装甲抢修车，不服输的邓超暗下决心，一定要把修理专业学明白。

一个个夜晚，灯火通明的修理车间，见证着那段奋起直追的时光。

寒冷的夜晚，站在模拟战损的坦克前，邓超挽起衣袖，反复练习液压管路抢修操作，手指冻僵打滑，他就用背包绳将手掌与工具捆在一起，坚持完成练习；打开一本修理专业理论书籍，五颜六色的便签纸上，密密麻麻地记录着他的学习感悟和思考……

用辛勤的汗水浇灌梦想，终将闯出一番天地。

一次演训，一辆坦克突发故障，系统液压锁失效无法行动。邓超赶到现场时，系统金属部件已经冻得结霜。

有战友提议用喷灯加热，但时间紧急，光是启动喷灯就要花费不少时间。这时，邓超想起修理专业书中关于零部件解冻的另一个方法，果断采取相关措施。

冰霜渐渐融化，他侧身躺进车底，用自制扳手避开管线盲区，直接拧开故障部件，最终抢修成功。

邓超并没有止步。那股不服输的劲头促使他一次次把头埋进修理难题里，攻克一个又一个难关。

他聚力创新，在模型坦克底盘加装收放马达，赢得大家赞誉；自主研制的液压模拟器、绞盘模拟器，被单位采纳并投入训练一线，有效破解了吊装保障、装备抢修等课目的训练难题；参与单位重难点课目训练教案编写修订，为部队培育专业人才添砖加瓦……

“哪里有难点课目，哪里就有他的身影。”在战友刘卓眼里，邓超总是不畏艰难，积极迎接一个又一个挑战。

敢闯敢拼方能成长进步。“我将不辜负期待，继续努力向前。”握紧手里的获奖证书，邓超坚定地说。

邓超正在检修装备。　袁旖阳摄

舰艇隐身涂层技术

■刘其旭　宋润鹏

军工科普

在现代海战中，舰艇隐身性能已经成为决定战争胜负的关键因素之一。

在军事领域，隐身涂层技术是世界各国实现舰艇隐身的普遍手段，其主要通过在舰艇表面涂上不同的隐身涂层材料，最大程度降低舰艇被各类探测手段发现的概率，最终提升舰艇隐蔽性。根据探测手段的不同，隐身涂层被划分为以下几个种类：

——雷达隐身涂层。

这类隐身涂层借助吸波材料，减弱、抑制、吸收或偏转目标的雷达回波强度，使目标在一定范围内难以被雷达识别和发现，增加了敌方雷达远距离探测的难度。这类材料的微观结构犹如一个精心构建的“迷宫”，当电磁波进入其中，便会在无数微小的界面间反复折射、散射，最终电磁波能量被吸收和衰减，实现对雷达隐身的目的。

——红外隐身涂层。

舰艇在航行作业过程中，其发动机等关键设备会产生大量热量，形成显著的红外信号特征，极易被捕捉锁定。红外隐身涂层主要利用高性能隔热材料等，抑制舰艇内部热量向外部环境的传导，大幅降低舰艇表面的热辐射强度，消除目标与背景之间的亮度差或温度差，使得目标与背景的红外特征相近，从而让红外线探测设备难以探测目标。

——激光隐身涂层。

激光隐身过程与雷达隐身过程类似，通过降低目标表面的反射系数，减小探测器的回波功率，进而降低激光探测器的性能，使敌方不能或难以对目标进行激光探测，达到隐身的目的。目前，实现激光隐身的涂层材料主要包括激光吸收材料、导光材料和透射材料三大类型。

隐身涂层不仅能提高舰艇的作战隐蔽性，还能吸收、阻隔舰艇航行过程中产生的机械振动噪声、水流动力噪声等，进而提高舰艇声呐系统的探测精度。

此外，从目前隐身涂层技术的发展情况来看，随着多模复合制导技术的不断进步以及探测手段的日益多样，战场武器装备可能同时面临雷达、红外等不同探测手段的威胁，多波段复合隐身涂层材料的研发越来越受到相关研究人员的重视。不少研究人员表示，研发能够兼容不同波段的复合隐身涂层材料，或将成为未来隐身涂层技术发展的重要方向。

下图：具备出色隐身性能的瑞典维斯比级巡逻舰。　资料图片