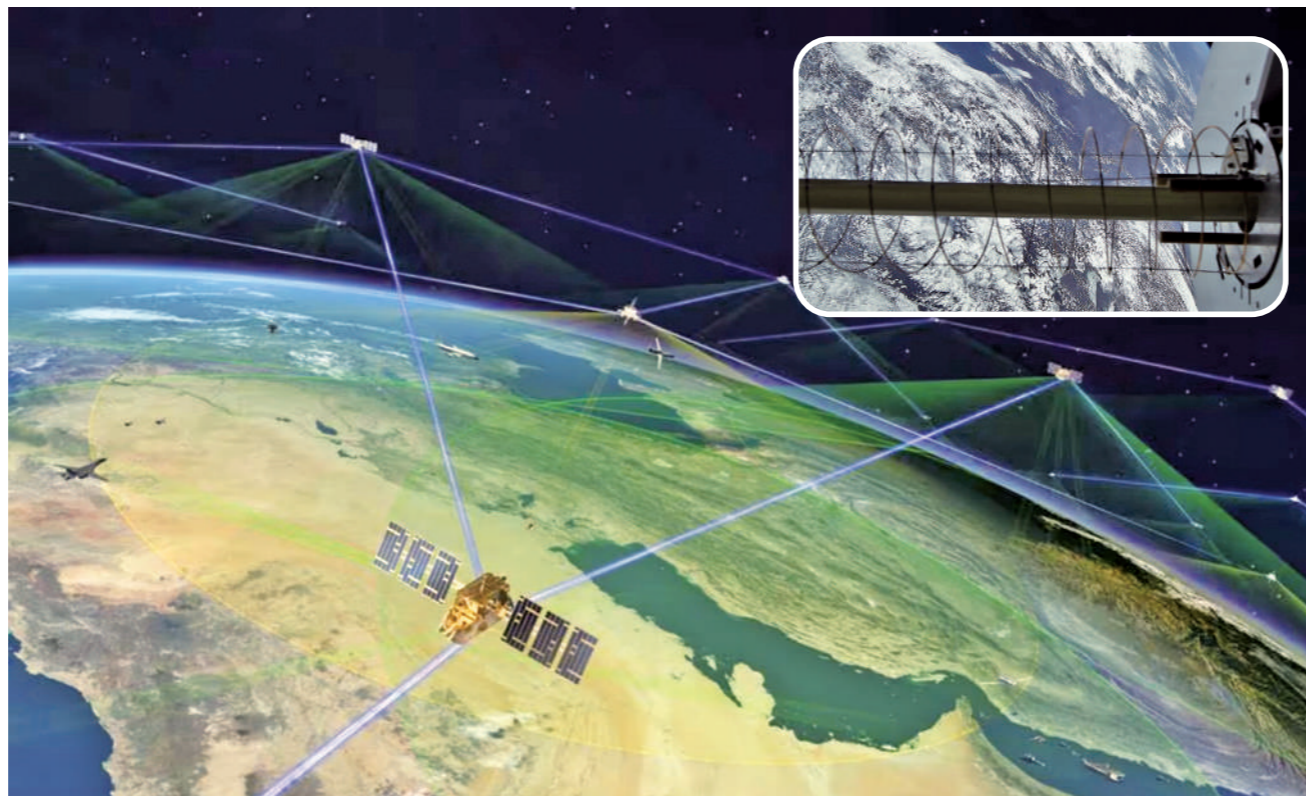


美军寻求卫星“赋能”战场通信

■周殿革

近日，美太空发展局首次公开展示由低轨卫星搭载的 Link16 战术数据链的星地间通信能力。据介绍，经过 3 次测试，Link16 战术数据链与地面无线电实现时频同步连接，并向地面广播了多条战术信息。美太空发展局局长称，这项技术证明了通过战术数据链向地面作战人员提供天基作战情报的可行性，因此“如何强调其重要性都不为过”。



大图：美军下一代卫星通信网络示意图。小图：卫星上搭载的 Link16 战术数据链的终端设备。

现有数据链通信距离短

Link 系列数据链又名“战术数据信息链”，是美军较早装备的态势感知数据链之一，北约简称其“Link”。从第一代 Link4，到第二代 Link11 和第三代 Link4A，再到第四代的 Link16 以及最新的 Link22，Link 系列数据链的性能不断改进，适用范围从最初的美海空军，发展为多军种全域通用。与前几代相比，Link16 战术数据链解决了因消息格式不同带来的信息交互性差的问题，因此成为适用领域最广、平台最多的态势感知数据链，并且具备同北约各国武器平台进行战术信息交互能力。

作为一种能够在战场环境下实现语音、文本等数据传输的无线电设备，Link16 战术数据链在传输速率、抗干扰和安全保密等方面性能突出，缺点是通信距离短。资料显示，工作在 L 波段的 Link16 战术数据链的最大传输距离仅 550 千米，达不到美军的远距离传输要求。为解决这一问题，美空海军借助卫星进行中继传输，但存在一定的技术局限。一是能够采用中继方式传

输的信息有限，同时终端接收信息时难以实现精准同步，抗干扰能力差，无法发挥 Link16 战术数据链原有的多重优势；二是替代的其他战术数据链针对某军种研制，适用平台有限。而通用性强的 Link16 战术数据链，无法依托卫星技术实现完全意义上的超视距通信与全球覆盖。

借助卫星实现超视距通信

据外媒报道，此次用于演示的 3 颗卫星，隶属美军下一代军用卫星网络。该卫星网络原名为“国防太空架构”，后更名为“激增作战太空架构”，目前正在组网建设当中。“激增作战太空架构”的建设重点，是用于通信组网的“传输层”卫星和用于预警、跟踪、导弹、以及高超音速导弹的“跟踪层”卫星，并通过搭建星间链路，实现不同卫星之间的通信。

未来，“传输层”卫星作为“激增作战太空架构”的主体，其部分卫星将搭载 Link16 战术数据链的终端设备。这些终端设备不仅有助于增大 Link16 战术数据链的传输距离，实现不同终端之间在超视距条件下的战术信息交

互，还能够将“跟踪层”卫星获取的预警和跟踪信息链接至 Link16 战术数据链网络，提升美军在天基反导作战中的态势感知能力。此外，美军还计划利用星载 Link16 战术数据链终端设备开发 GPS 替代技术，为美军作战人员和装备在 GPS 拒止条件下提供定位、导航替代方案。

正因如此，美太空发展局局长认为对 Link16 战术数据链的星地超视距通信能力的测试，是美军打造低轨卫星星座的重要一步，也是美军“联合全域指挥与控制”体系的关键一环。

卫星“赋能”面临多重影响

卫星技术赋能战术数据链应用看似颇具优势，要想取得成效并非易事。对于美军而言，该技术的未来发展将面临诸多影响。

技术挑战层出不穷。卫星距离地面遥远，移动速度快，容易引发星地通信传输时延和多普勒频移效应，进而对信号收发和处理造成延迟。此次演示仅验证了 Link16 战术数据链星地传输的技术可行性，如何调整优

化使系统稳定运行，达到战场态势信息保障标准，可能还有很长的路要走。

军地合作面临阻力。Link16 战术数据链的工作频率与民航机载应答机的工作频率有所重合，为确保民航班机的飞行安全，美联邦航空管理局历来反对在美国领空使用 Link16 战术数据链，美军此前多次测试也因此被推迟。为实施此次演示，美太空发展局向美国国家电信与信息管理局申请在国际领空进行 Link16 战术数据链演示。据美方披露，美太空发展局最终通过盟友的地面无线电完成演示。

资金保障不足。由于美国两党至今未就 2024 财年国家预算法案达成一致，美国国会于 2023 年 9 月和 11 月两次通过临时拨款法案，用于维持政府各部门运作。根据两党早前达成的债务上限协议，如在 2023 年底前未通过国家预算法案，联邦政府各部门需自动削减 1% 的开支。面对预算的不确定性，美太空发展局局长公开表示，该部门打算搁置“激增作战太空架构”第 2 期建设任务，未来还可能暂停其相关演示工作。

印度隐形无人机完成关键技术验证

■蒋红磊

据外媒报道，印度国防研究与发展组织在卡纳塔克邦奇特拉杜尔加航空试验场，完成自主飞翼技术演示机的全状态飞行试验。这是继 2022 年 7 月该机完成首飞以来，取得的又一次技术突破，标志着印度在国产隐形无人机研制方面迈出重要一步。

此次测试的自主飞翼技术演示机，又名“隐形翼飞行试验台(SWIFT)”，是印度大型隐形无人攻击机项目的缩比验证机。大型隐形无人攻击机由印度空军主导研发，主要用于打击纵深目标。该机的设计起飞重量为 15 吨、飞行高度为 9100 米，弹舱内可挂载炸弹和精确制导导弹等。该项目的研发关键是突破飞翼设计。

飞翼布局是近年来各国隐身无人机普遍采用的机体设计，既没有平尾又没有垂尾，也没有确定的机身、乘员、设备和有效载荷都置于机翼里。这种设计的优点包括提高升限、降低油耗、增大内部空间等，缺点是飞机的起降性能差、升降舵操作效率低、以及航向稳定性差等。

为解决这些问题，印度专门打造了缩比验证机进行技术验证。据外媒消息，自主飞翼技术演示机长 3.96 米，翼展 4.8 米，重约 1043 千克，采用飞翼布局，进气道位于机身顶部，机内可能加装微波数据链等设备。

自主飞翼技术演示机的机身、起落架、飞控系统和航电系统均由印度自主研发。其中，机身采用碳纤维复合材料打造，并安装有监测机体寿命的传感器。该机在 GPS 系统引导下，可自主完成着陆起飞，无需地面雷达辅助。另外，该机使用俄罗斯土星 36MT 涡轮风扇发动机，具备成熟可靠的优点。

2022 年 7 月，自主飞翼技术演示机在印度卡纳塔克邦奇特拉杜尔加航空试验场首飞时，加装了垂尾，表明该机在低速飞行时的稳定性不足，只好通过加装垂尾确保安全。此后，印度使用两架原型机先后进行了 6 次飞行试验，最终在本次成功完成全状态飞行试验。印度国防部长拉杰纳特·辛格表示，自

主飞翼技术演示机完成飞翼布局、隐身设计等关键技术试验，大大推动印度国产隐形无人攻击机项目的发展。然而，从自主飞翼技术演示机到大型隐形无人攻击机，印度还要攻克国产发动机等难关。其后续发展是否顺利，有待进一步观察。



印度的自主飞翼技术演示机。

潜艇的“眼睛”

■王笑梦

这是一张非常有意思的照片(下图)，照片上显示的是从俄制基洛级 877 型常规动力潜艇的潜望镜里，看到其指挥塔围壳上方的光电设备。

画面中央，包裹在金属柱中的光学仪器，是潜艇上用于搜索目标的 PZNG-8M 搜索潜望镜。潜望镜后部像长矛一样的设备，是用于海面通信的低频无线电天线。另一侧的小型抛物面天线，是负责预警的 MRK-50 对空/对海搜索雷达。此外，镜头背后用于观察的这具潜望镜，是协助进行鱼雷攻击作战的 PZKG-11 攻击潜望镜。这些设备平时收纳在潜艇指挥塔中，以减少潜

航时的阻力和不必要的磨损，只有在使用时才会升起。

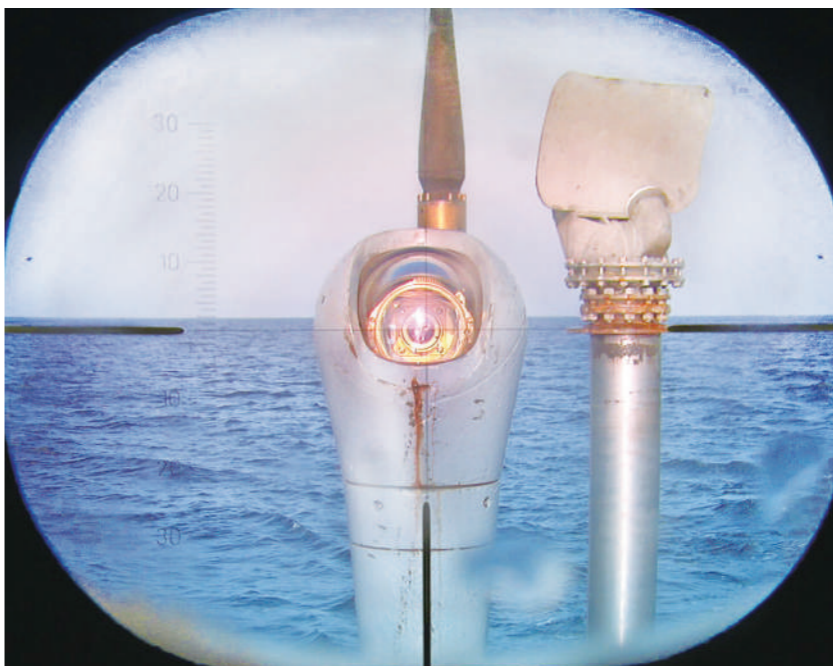
877 型常规动力潜艇是苏联基洛级潜艇家族的早期型号，配备的潜望镜并不先进。为此，该艇分别使用搜索潜望镜和攻击潜望镜配合完成搜索攻击任务。其中，搜索潜望镜具备较大的视场范围，能够快速发现威胁。一旦发现可疑目标，就由攻击潜望镜仔细观察，测算目标的相关数据，为发起鱼雷攻击做准备。两个潜望镜均采用瞄准线双轴陀螺稳定技术，大大提高了成像质量和测距精度。同时，这两个潜望镜配合使用，能够对水面、空中目标进行精确搜索，并确定目标的

方位角、高度和距离，为实施鱼雷攻击提供具体参数等，其间还会对目标进行拍照。

随着声呐、鱼雷技术的发展，潜艇的水下交战距离大幅延伸，与此同时，作为潜艇的观测和瞄准设备，潜望镜的重要性正逐步下降。另外，传统的穿透式光电潜望镜配备长长的桅杆，从艇外一直延伸到指挥塔内，造成指挥塔内桅杆林立、空间局促，艇长通过潜望镜上的目镜观察目标，并进行分析、评估、判断和决策，这种方式效率低下，远远不能满足现代作战需求。

近年来，以光电潜望镜为核心的非穿透耐压壳体综合光电桅杆，逐渐取代传统的光学成像系统。与传统的光电潜望镜相比，综合光电桅杆获取的图像信息通过光纤传输方式，发送给艇内作战指挥系统，再经过计算机高速扫描后以视频方式显示在艇内显示器上，并自动进行威胁评估。如此一来，作战效率大幅提升。同时，新一代综合光电桅杆还将导航系统、雷达系统、无线电接收系统整合在一起。如此一来，潜艇指挥塔上桅杆林立的状态得到大幅改观。

俄罗斯新一代基洛级 633 型潜艇采用综合光电桅杆后，大大提高了其作战效率。有意思的是，设计人员在综合光电桅杆的一旁，保留了一具传统的攻击潜望镜作为备份。目的是在光电桅杆出现故障时，艇内人员可通过成熟可靠的传统潜望镜进行观察。



图文兵戈



伊朗“卡卡尔”无人机搭载 AD-08“马吉德”导弹。

据法新社报道，伊朗军队已经装备可携带空空导弹的喷气式无人机，以增强空中打击能力。当地时间 2023 年 12 月 10 日，伊朗在德黑兰一所军事院校举行的仪式上展示了这款“卡卡尔”无人机，并宣称其作战半径超过 1000 千米。

伊朗无人机挂空空导弹引关注

■施海波

“卡卡尔”无人机是由伊朗飞机工业公司基于美国 MQM-107 无人靶机，逆向仿制的一款喷气式无人机。该无人机采用圆柱形机身设计，搭载一台伊朗国产涡喷发动机，尾部采用 H 型尾翼。该机全长 3.75 米，翼展 3.1 米，高 1.5 米，巡航速度 700 千米/小时，最高飞行速度 900 千米/小时，最大飞行高度 1.35 万米。

“卡卡尔”无人机采用美国佳明公司生产的 GPS 民用导航设备，同时配备惯性制导设备，以提高导航和定位精度。该机采用移动发射架助推发射和伞降回收技术，提高了无人机的使用效率。“卡卡尔”无人机于 2010 年首次亮相，目前已经发展到第 4 代，被广泛用于空中侦

察、对地攻击、自杀式袭击和电子干扰等作战任务。

“卡卡尔”无人机配备的空空导弹，是 AD-08“马吉德”导弹的最新改进型。这款导弹外形为细长圆柱体，直径 0.15 米，长 2.67 米，全重 75 千克，射程为 0.7 至 8 千米，采用被动式红外成像制导技术，其弹体前部有 1 对弹翼，后部有 1 对尾翼，构成“X-X”形布局。导弹在发射前被装在机身下的发射筒内，发射出筒后，弹翼自动弹开。

伊朗将“卡卡尔”无人机与 AD-08“马吉德”导弹整合在一起，表明伊朗在无人机技术领域取得一定突破。目前，大多数攻击型无人机都不能搭载

空空导弹，“卡卡尔”无人机的早期型号仅能搭载对地打击的航空炸弹。该机在挂载空空导弹后，将具备一定的对空作战能力。不过由于该导弹的射程较短，仅能用于对付一些低、慢、小空中目标。

随着科技飞速发展，无人机已经成为现代战场的主力装备之一。伊朗近年来在无人机领域取得明显进步，已有多款性能优良的无人机投入服役，引起美国和以色列的“担忧”，指责伊朗向涉及地区冲突的相关国家提供无人机技术和装备。对此，伊朗方面予以否认，并强调发展无人机技术主要用于国土防御和战术威慑，迫使潜在对手采取更为谨慎的态度。