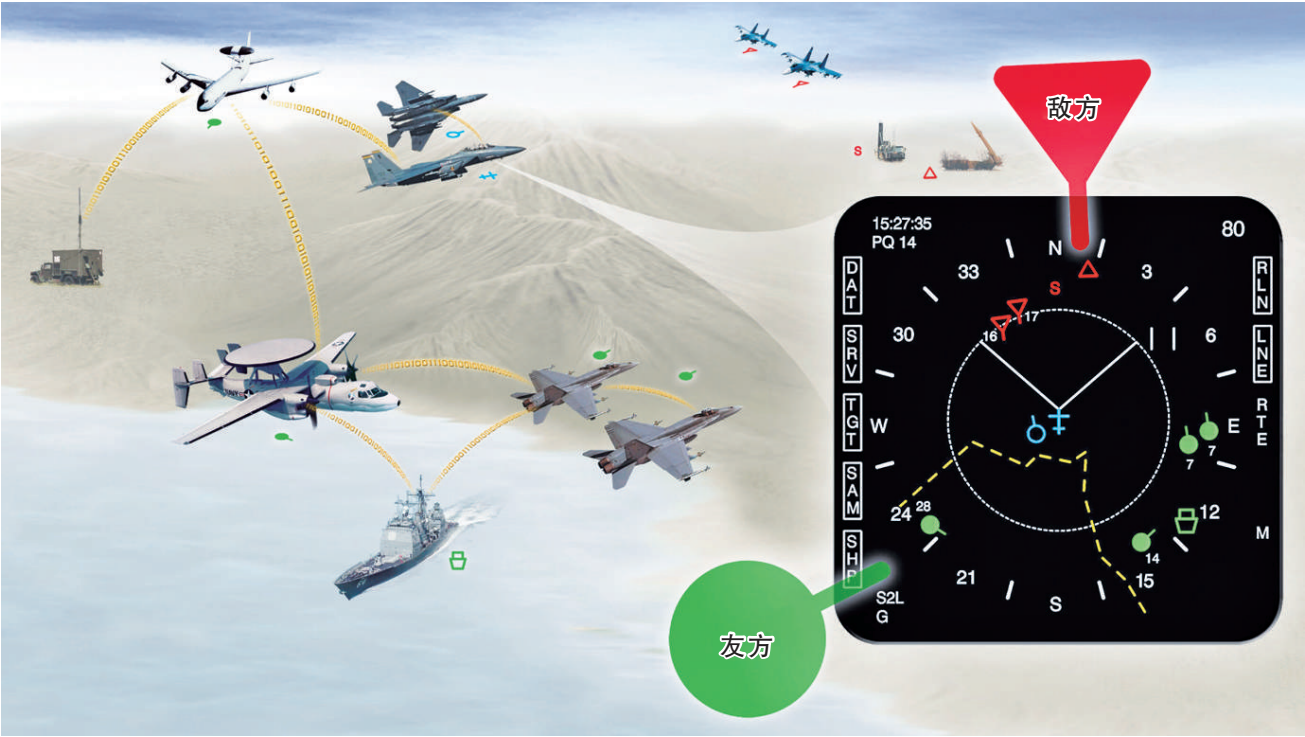


数据链：现代战争的“神经系统”

■于 斌



不只是“军用无线电”

很多人把数据链理解为一种高级无线电，实际上这个理解只对了一半。数据链的确通过无线电波传输，但传输的不是语音，而是标准化数字信息。两者的区别在哪？传统语音电台靠人说话、靠耳朵听，当战场环境复杂、参战单位众多时，话音通道的短板就会凸显：一名指挥员最多只能同时引导两三批飞机；语音电台信号容易被截获或受干扰；战况越紧张，语音通信越容易出现混乱。数据链则将目标坐标、航向、速度、属性、武器状态及指挥员指令等信息，编码为标准格式化消息进行传输，并呈现在作战平台的终端显示器上。

数据链之所以能做到这一点，靠的是3个技术特点。一是报文标准化。所有参战装备说同一种“语言”，每个数据字段的含义统一，不同平台报告的目标信息能融合成一张态势图。二是实时自动化。信息从获取、编码、发送到显示，全程只需几秒甚至更短，没有人工转译环节，差错大大减少。三是抗干扰能力强。以美军Link-16数据链为例，它工作在L波段，采用跳频扩频、加密和时分多址技术，信号频率每秒钟跳变7万多次，难以被截获、干扰。可以这样理解：语音电台好比“喊话传信”，数据链则是战场上铺设的一张“高速数据网”，雷达、指挥所、武器平台都是网上的节点，一旦接入这张网，便能通联整个战场。

从语音引导到网络作战

数据链的诞生，源于实战需求。20世纪50年代，喷气式战机速度越来越快，雷达探测距离越来越远，靠语音引导已经跟不上拦截高速目标的需要。在这一背景下，美国海军率先研制出Link-4数据链，用于指引舰载机，解决航母与舰载机之间的协同问题。这一时期的数据链单向、低速、功能简单，本质上只是把“语音引导”换成了“数字引导”。

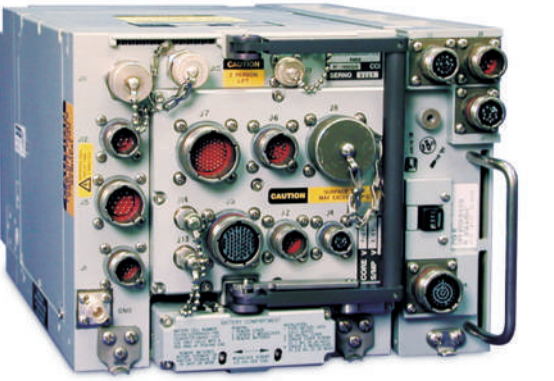
20世纪60年代，美国海军进一步发展出Link-11数据链，实现了舰艇与舰艇、舰艇与飞机、舰队与岸上指挥所之间的双向情报交换。然而，以Link-11为代表的第二代数据链有个“通病”：自成体系，与其他数据链不兼容；即使兼容，信息交换速度也非常慢，且容量小，难以支撑跨军种大规模联合作战。

真正的分水岭是Link-16数据链的出现。从20世纪70年代中期起，为解决军种之间的互通问题，美军开始研制联合战术信息分发系统——Link-16，并于20世纪80年代装备部队。Link-16集通信、导航、识别三大功能于一体，是美陆、海、空三军通用的战术数据链，可将战斗机、预警机、军舰、地面防空单元和指挥所纳入同一个网络，并以近乎实时速度交换战术信息。海湾战争期间，美军首次使用Link-16，此后数据链被视为信息化作战不可或缺的利器。

与此同时，数据链技术在世界范围内进一步扩大。北约将Link-16确定为标准链路，在其基础上发展出Link-22，

上图：数据链提供的抗干扰网络使己方战机、军舰和地面装备共享战术信息（示意图）。

右图：美军Link-16数据链的多信道终端机。



可利用短波实现近2000千米的远距离信息传输。如今，完备的数据链体系已经成为衡量军队现代化水平的重要指标。

战斗力倍增器

数据链的价值不在于纸面上的技术参数，而是经过实战反复检验的战斗力倍增器。

1982年的贝卡谷地之战中，以色列空军对叙利亚防空系统发动了一场突袭。这场作战中，以军预警机作为空中指挥所，通过数据链将地面雷达、无人机获取的叙军位置、航向等信息，直接传给战斗机。战斗机无需开启机载雷达，根据预警机传来的数据对叙军战斗机发起突然打击。这场空战以叙利亚损失数十架战机和多个地空导弹阵地告终。此后，以数据链为支撑的作战网

络被认为是影响战局走向的重要因素之一。

海湾战争期间，美军首次大规模使用Link-16，协助战机传递空情、目标信息和指挥指令。此后的科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争中，数据链扮演的角色越来越重要。据报道，伊拉克战争中美军的通信需求是海湾战争时期的10倍。如此庞大的信息量，只有数据链才能承载。

具体来说，数据链的作战价值集中体现在3个层面。

一是共享战场态势图。在数据链构成的网络中，各个作战平台将探测到的目标上报，融合生成统一的战场态势图。飞行员看到的不只是己方雷达发现的若干目标，而是战场全貌。这既从根本上降低了对友军的误伤风险，又让指挥决策有了可靠依据。

二是缩短杀伤链。从发现目标到武

器命中，要经历发现、判断、决策、打击多个环节。依靠语音通信，每个环节都要靠人报告、人听取、人判断，远远达不到现代空战节奏要求。相比之下，数据链可将目标信息自动推送给作战人员，一键下达指令，杀伤链的闭合时间由分钟级压缩到秒级。

三是重塑协同交战方式。最典型的是美国海军的“海军一体化防空火控”系统，俗称“A射B导”。受地球曲率限制，舰载雷达看不远、看不高，对掠海飞行的目标尤其无奈，舰队防空圈因此受限。有了数据链，情况就变了。预警机在高空盘旋，能够发现数百千米外的目标，通过数据链将目标数据实时传给驱逐舰；驱逐舰无需开启雷达即可发射拦截弹，导弹在飞行中段也由预警机提供指引信息，最终命中地平线之外的目标。这种作战模式，让舰队防空范围从几十千米拓展到数百千米。

更远、更快、更难被切断

未来，数据链的发展正沿着几条清晰的方向展开。

一是延伸覆盖范围。过去的数据链依赖空中和海上中继，在广阔的远洋、极地，中继平台往往鞭长莫及。近年来，美国开始把Link-16终端载荷搬上低轨卫星，验证从卫星向地面传输信息。数据链一旦全面“上天”，意味着战术网络将从区域覆盖走向全球覆盖。

二是提升速度与容量。新一代数据链采用自组网架构，入网时间仅约5秒，可容纳数百乃至数千个节点，传输速率更高，能够承载图像、视频等大数据量信息，适应未来战场信息量爆炸式增长趋势。

三是抗干扰与隐蔽性强。面对日益严酷的电子干扰威胁，新一代数据链普遍采用定向天线、低截获波形、智能抗干扰等技术。例如，五代机配备的先进数据链，通过Ku波段相控阵天线实现定向、高速、低截获概率的隐蔽通信，让敌方难以发现。

四是融入更大的作战体系。美军正在推进的“联合全域指挥控制”构想，目标是把陆、海、空、天、网、电各作战域的感知端和打击端无缝链接，数据链正是这张大网的纽带。可以预见，未来的数据链将是联合作战体系的组成部分。

回望其发展历程，数据链从一条简单的单向引导链路，走向横跨陆海空天的庞大网络。它不发射一发炮弹，却决定着炮弹飞向哪里；它无形无质，却让现代战争须臾不可离。对于任何一支现代化军队而言，谁掌握了数据链，谁就掌握了信息化作战的命脉。



前沿技术

美国完成量子导航系统空中测试



发射中的“伐木工”无人机。

据外媒报道，近期，美国诺斯罗普·格鲁曼公司在其“伐木工”无人机上完成搭载磁导航系统的飞行测试。该系统用于在GPS信号中断或无法接收时，确保无人机的正常飞行。

此次试验将“伐木工”无人机与磁导航传感器配对使用。磁导航技术利用超灵敏量子传感器测量地球磁场的微小变化，并与预置磁场地图进行比对，据此实现不依赖GPS的自主导航定位。测试证明，这套磁导航系统能够抵抗干扰，并在GPS拒止环境下运行。

此次测试使用的“伐木工”无人机可搭载电子战套件、战术数据链及多型导弹，具备侦察和精确打击能力。

韩国推出火炮无人机一体化作战概念

据外媒报道，韩国韩华航空航天公司公布了一种将垂直起降无人机直接嵌入K9“雷霆”自行榴弹炮火力打击链条的新型作战概念。这一概念将从目标探测到毁伤评估的多环节流程整合至单一无人平台，形成统一、实时的作战回路。

按照构想，垂直起降无人机承担目标探测、跟踪、坐标解算和打击后评估任务。无人机发现目标后，由机载传感器确定其精确位置，并将坐标传输至火炮火控系统，由后者自动完成射击诸元计算，从而将从发现目标到实施打击的时间由过去的数分钟压缩至数秒。

报道称，在高强度作战中，人工协调方式常成为现代作战节奏的瓶颈，单次打击循环耗时达15至20分钟甚至更久。该无人机一体化系统通过实时数据共享，可在探测到目标后一分钟内实施打击，使交战时间缩短90%以上。

此外，打击后的持续监视与评估同样由无人机完成。无人机在目标区上空持续存在，目视确认弹着、评估毁伤并将结果回传，从而省去另派侦察无人机或地面小组的环节，消除报告延迟，提高决策时效性，同时降低人员在侦察和毁伤评估阶段的暴露风险。（宁国强）



欧洲自研防空系统补位“爱国者”

■周歌苹

据外媒报道，丹麦将于2028年开始接收法国和意大利共同研制的SAMP/T NG防空系统，成为继法、意之后第3个装备该防空系统的国家。丹麦于去年9月放弃采购美制“爱国者”系统，转向欧洲自研防空系统。据悉，欧洲泰雷兹集团将为丹麦提供该系统所需雷达、指挥控制系统和“阿斯特”导弹的导引头。

SAMP/T NG系统由欧洲防空导弹公司生产，该公司由欧洲导弹集团下属法、意分公司，以及泰雷兹公司共同组建，是以“阿斯特”导弹为基础的防空系统主生产商和设计方，也是目前欧洲唯一能提供中远程防空解决方案的厂商。

SAMP/T NG是SAMP/T防空系统的升级版，系统配备泰雷兹公司研制的“地火300”防空雷达，采用旋转S波段有源电子扫描阵列天线，能够在恶劣环境下完成多目标探测、跟踪和识别工作，抗干扰能力强。雷达及配套发电机为标准集装箱尺寸，可在15分钟内完成部署。该雷达的探测范围达400千米，能够实

现360度全景覆盖以及90度仰角范围内的目标监测，同时探测和跟踪从无人机、战斗机到弹道导弹等多种威胁目标。

SAMP/T NG系统将适配“阿斯特”30 Block1拦截弹，该拦截弹射程150千米，可拦截中程弹道导弹甚至机动性更强的高超声速导弹。SAMP/T NG系统最多配备6个发射器，按每个模块携带8枚导弹计算，最大备弹量48枚。此外，SAMP/T NG系统的指挥、控制与火控系统采用开放式架构，能够与其他防御系统实现协同运作。

丹麦放弃采购美制“爱国者”系统的直接原因是“等不起”。2025年以来，美国“爱国者”系统拦截弹产量有限，且优先保障冲突地区使用，使得欧洲国家的订单被大幅延迟。在这一背景下，以SAMP/T为代表的欧洲自研防空系统受到欧洲多国的青睐。这是否会对“爱国者”系统在欧洲防务市场上的传统优势地位形成挑战，值得持续关注。

上图：SAMP/T NG系统（效果图）。

“超压”杀伤——

美军列装新型手榴弹应对城市作战

■薛锐史斌

据外媒报道，今年3月，美国陆军正式批准M111手榴弹量产，用以替换服役近60年的Mk3A2手榴弹。这是自1968年以来，美军首次列装新型杀伤型手榴弹。M111的设计思路明确：放弃传统破片杀伤，转而依靠爆炸产生的高压气体，在密闭空间内对敌方人员形成压制，同时降低己方误伤风险。这一技术背后，是城市作战环境对武器精准性和安全性的现实需求。

M111手榴弹由美国皮卡汀尼兵工厂研制生产，弹重357克，弹体高112毫米、直径60毫米，内装112克新型PAX-3高能炸药，采用爆炸“超压”效果杀伤人员。在整体设计上，M111的弹体外形由Mk3A2的圆柱体改为八棱柱，便于握投且抛掷后能稳定停留在预定位置，避免因滚动减弱杀伤效果或产生误伤。同时，它采用与美军目前装备的M67手榴弹相同的延时引信，士兵无需重新培训即可使用。

在杀伤机理上，M111聚焦使用场景，瞄准密闭空间精准杀伤发力。新型PAX-3高能炸药由奥克托金、铝粉、乙酸丁酸纤维素和含能增塑剂组成，爆炸速度约8070米/秒，高于TNT的6900米/秒，爆炸后形成的高压冲击波，以瞬时气压差损害人体内脏、呼吸与循环系统，有效杀伤半径5至8米，冲击波可绕过墙体并多次反射，杀伤障碍物后方人



M111手榴弹（左）与配套的M112训练弹（右）。

员。与传统爆炸冲击波和破片杀伤相比，该弹针对人体弱点，绕过传统防弹衣的硬防护能力，在室内、隧道、地下工事内使用效果显著，适用于城镇清剿、坑道突入、舱内作战等场景，并可大幅降低误伤率。士兵突入建筑物时，可使用M111进行“超压清洗”，在不破坏建筑物主体结构、不产生大量飞溅弹片的前提下，迅速剥夺对方反抗能力。这种“精准控场”能力，是手榴弹作战效能的

创新。

在作战运用上，该弹与M67手榴弹形成内外结合、作用互补的使用场景。在典型的城镇清剿战斗中，美军单兵通常携带“2枚M111+2枚M67”或“3枚M111+1枚M67”，M111用于突入房间、清理坑道或舱室；M67以15米杀伤半径和约600块预制破片，用于杀伤开阔地或室外暴露目标。该弹的列装，进一步完善了美军单兵“攻防互补”的火

力组合。

M111的快速列装，折射出美军在城市作战转型中的多重考量。

一是紧贴实战，武器研发以战场需求为牵引。通过近年来的多场地区冲突，美军意识到城镇及大规模建筑群将是未来战争的重要战场。M111的研发是“实战教训转化为技术优势”的典型，它不再追求“全能杀伤”，而是深耕“特定场景”下的精准杀伤。

二是从“硬碰硬”到“从软肋开刀”。过去的研发思路大多是开发更强的破甲弹药以增大杀伤面积和杀伤力度，M111则选择攻击人体最脆弱的呼吸、内脏与神经系统。这种“从软肋开刀”的研发思路，使目前的单兵防护装备在高压冲击波面前失去了作用。

三是体系化保障思路。M111在设计之初就考虑到与现有训练保障体系的兼容性，通过使用成熟的引信和训练方法，兼容现有装备，并同步研发M112训练弹，M111可快速融入现有保障与战术体系。

未来，M111将与美军近年来加速换装的“下一代班组武器”项目共同构成单兵装备转型的新拼图；新枪旨在解决远距离“打不穿”的问题，M111用于近距离精准控场、解决“打不净”的问题。通过技术引领战术，M111体现了美军在武器研发上的务实态度。