兵器广角

凭借特有的弹道和突防能力，巡航导弹在战场上常被用作“踹门利器”，在现代战争中一再扮演重要角色。然而，随着战争样式和形态不断演变，为更好实现突防、降低被拦截的概率，巡航导弹的进化也一直在路上。

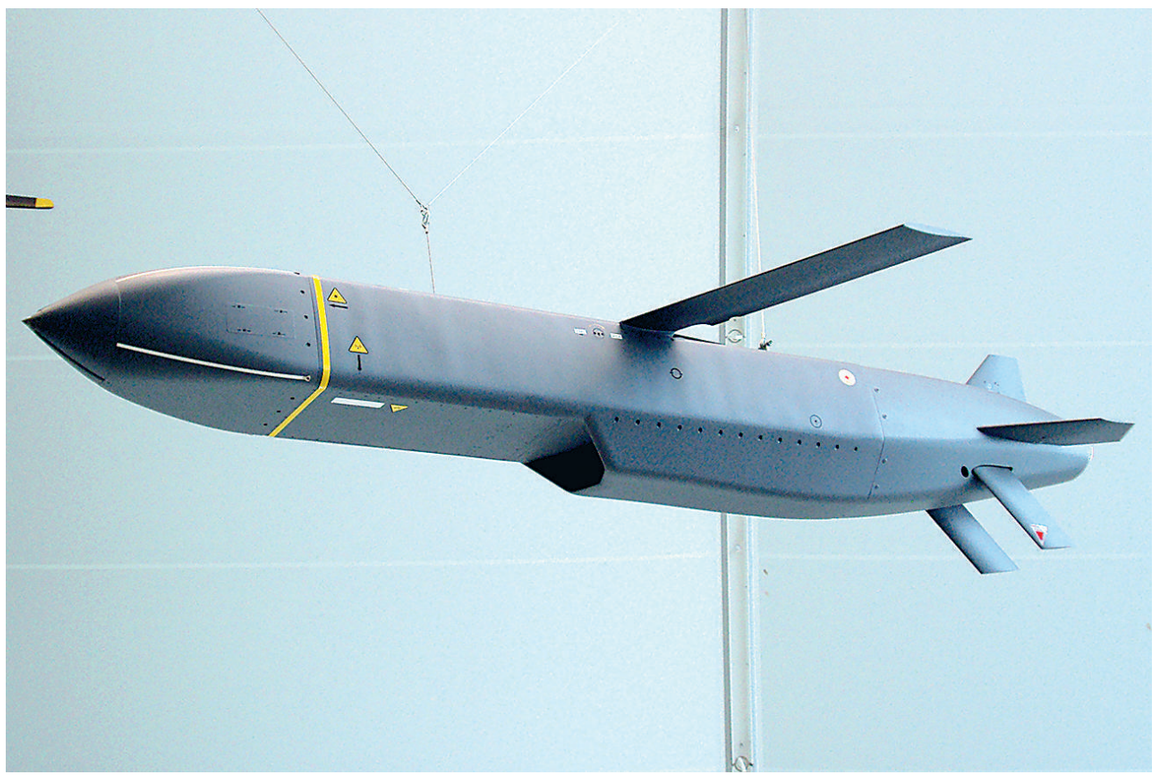
英国和法国于20世纪90年代中期联合研制的“风暴阴影”，就是这样一款远程隐身精确打击巡航导弹。自去年英法宣布复产“风暴阴影”空射巡航导弹后，今年2月双方又宣布要将该型导弹升级到Mk2标准。

那么，“风暴阴影”究竟是一款什么样的导弹，让英法两国重启生产线扩产？它的“升级之路”，又能折射出巡航导弹未来发展的哪些新动向新趋势？请看本期解读。

英法联合推进空射巡航导弹升级——

“风暴阴影”飞向何方

■柴水萍 张志敏



“风暴阴影”空射巡航导弹。 阳 明供图

“海湾”之殇，亟需“圈外”打击利器

海湾战争期间，美国使用“战斧”巡航导弹高效实现防区外精确打击且零伤亡，而欧洲“狂风”战斗机因需深入伊拉克防空火力圈投弹而损失惨重，仅英国就损失7架、多名飞行员阵亡或被俘，在多国部队中损失战机数量最多，暴露出远程高精度打击能力短板。海湾战争让英国充分认清没有防区外导弹就没有载机安全，必须加速发展属于自己的空基导弹。

联合研制，摆脱对美国依赖。回溯历史，早在1982年马岛战争后，英国等国就意识到远程打击武器不可或缺，同年北约多国启动“模块化防区外武器（MSOW）”计划，然而该计划由于美国退出而告终。为加速获得防区外打击武器，1994年英国启动了“常规防区外空射导弹（CASOM）”项目，经过多轮竞标与技术验证，英国最终选择与法国联合研制，选择直接基于法国几近成型的“阿帕奇”C型反跑道巡航导弹进行深度改装研发。

快马加鞭，5年实现列装。英国选择与法国联手，也是出于技术、成本、周期等多重因素考虑。两国于1996年7月签约，1997年授予欧洲导弹集团研制合同，2000年12月由法国“幻影”2000N战斗机首次试射，2002年率先装备英国皇家空军，从签订研制合同到列装只花了5年时间，可以说周期短、效率高，及时填补了这一领域空白。

一弹两名，软件系统有异同。英法两国根据各自需求，英国版叫“风暴阴影”，法国版叫“斯卡普”-EG。二者硬件相同，关键技术同源，但所采用的软件、接口及子系统略有不同。英国“风暴阴影”适配北约通信系统、数据链及标准，主要装备“狂风”GR4和“台风”战斗机；法国则采用自主研制的航电与任务软件，主要用于装备“幻影”2000D和“阵风”等战斗机，且更为强调自主作战能力。

集中优势研发，设计有其独特之处

“风暴阴影”可以说是英法两国倾尽自身优势技术和工程设计而研发的一款亚声速隐身防区外空射巡航导弹，与美国AGM-86类超声速空射巡航导弹相比，其设计理念和技术路线有所不同。

注重外形隐身，强调低空低速。摒弃传统导弹圆柱外形，通体采用多面体棱角构型，矩形弹体、扁平布局、锥形头部、折叠式后掠翼，最大化规避镜面反射，压缩雷达反射截面积。采用吸波涂层和复合材料，发动机尾喷口做了降温降噪处理，降低红外与雷达探测概率。搭载TR160小型涡喷发动机，亚声速，飞行速度约0.8马赫。其优势在于噪声低、不易被防空雷达稳定锁定，可在30至40米的低空贴地飞行，实施隐蔽突防。

多模复合制导，突出自适应修正。采用惯性导航、GPS卫星定位、三维地形轮廓匹配和红外成像末制导，靠组合手段确保打击精度，使导弹能最大程度紧贴山地、峡谷、海岸线等低空自动避障，也使其具备了“发射后不管”的能力。与此同时，为防止敌方雷达压制、卫星信息欺骗，内置了电磁抗干扰模块，确保在复杂气象与干扰环境下仍能有效运行，命中精度能控制在5米以内。

串联式战斗部，专门对付硬目标。其战斗部与常规爆破弹有区别，专门针对高防护硬目标而设计，毁伤力强。弹头总重约450千克，第一级为前置聚能装药破障弹头，可率先穿透土层、混凝土或装甲防护层，据称可击穿6米钢筋混凝土或约20米土层；第二级为主杀伤侵彻弹头，可钻入内部起爆，尤为适合打击地下工事、弹药库、加固机堡和重装甲车辆等高价值目标，如果发挥得当，单弹就可瘫痪关键设施，如果多弹齐射+多向攻击，饱和打击效果则更强。

融入灵智设计，防区外能力适中。采用了较为先进的软件，具备航线预编程能力、支持目标优先级判定、可灵活规划迂回航线，认错目标可自爆，中途亦可切换打击对象，战术灵活性高，突显初级“智能”作战特性。标准出口型射程限制在250千米，自用型最远可达560千米，虽然与美军射程超1000千米的AGM-158增程型联合防区外空地导弹相比射程略“短”，但其借助低空隐身+远距发射，也能确保战机无需深陷敌方防空圈即可实施打击。

此外，该弹药体积紧凑、挂载占用空间小，单架战机至少可挂载2枚，且采用模块化设计，能适配大多数战机，这也是英法援助乌克兰后，乌克兰苏-24战斗机经过适度改装均可挂载的主要原因。

实战显威，但也渐显能力短板

“风暴阴影”研发快，投入实战更快，服役不足1年就陆续投入伊拉克、叙利亚行动，充分发挥优势，有效打击摧毁了多个重要军事设施。实战表明该型导弹打击效果较好，战机损失率大幅降低，确立了其作为欧洲“王牌”空射巡航导弹的地位。

然而，随着反制手段不断增多、变强，巡航导弹被诱偏、拦截的概率逐渐增大。“风暴阴影”也不例外，2023年援助乌克兰后密集使用，印度也于2025年5月使用了该型导弹打击了巴基斯坦军事设施。这些实战充分证明，该型导弹在相对宽松的环境下“游刃有余”，但面对严密防空和复杂强对抗环境，其短板不足亦相当明显。

抗不住强干扰，易被诱偏。虽然“风暴阴影”导弹具有一定的抗干扰能力，但不适应复杂电磁环境。乌克兰打击俄境内目标期间，其GPS信号就多次被俄军电子战系统干扰导致偏航、丢失目标甚至坠毁，虽然惯性导航和地形匹配系统能部分补偿，但其红外成像末制导系统易受烟雾、热焰弹、红外诱饵和伪装目标干扰，导致打击精度下降。而且，地形匹配系统依赖预存地形数据，如遇陌生或复杂地形，精度匹配就降低。

飞行速度偏低，易被拦截。速度不占优，一旦突防路径被提早预警或预判，就极易被防空系统提前锁定并拦截。俄罗斯多次利用雷达捕获、电子战致盲、防空导弹中程拦截或远程预警等组合模式精准拦截多枚“风暴阴影”。

功能比较单一，效果有限。“风暴阴影”对移动或时敏目标打击能力偏弱，缺乏反舰、反装甲等多样化目标适配能力。其战斗部主打爆破和破片，缺乏末段俯冲攻顶、聚能破甲和云爆等多效应，特别是对于10米以下的深埋地下工事或超深加固目标毁伤能力欠缺。此外，“风暴阴影”只能依托空中载机发射，相比“战斧”舰载发射等，射程要短，某种程度上也增加了载机风险。

造价高且产量少，经不起消耗。“风暴阴影”使用成本偏高，低配的1枚200万美元左右、高配的1枚250～280万美元不等，持续高强度使用经济压力大。此外，由于前期产能有限，经过几场局部战争和外援后，英法两国存量捉襟见肘。加上印度等国外用户提出增购需求，为充裕库存，2025年7月英法两国宣布重启生产线，但据称产能有限，部分还要援助乌克兰，目前来看，其产能难以支撑规模打击。

适应未来战争，不断增量升级迭代

基于实战暴露出的问题不足，结合未来作战需求，英法两国在新的“工业协约”框架下，计划多线推动“风暴阴影”导弹升级，并推动后继型号研发。

一是增量改进，升级至Mk2标准。这也是深度改装方案，重点在经过中期延寿的Mk1导弹基础上，进一步升级GPS抗干扰模块、筹划集成欧洲“伽利略”导航系统、提升地形匹配系统地图分辨率、增加机载双向数据链、集成新一代红外成像导引头，融合解决被电子战压制后失效问题。Mk2标准计划融入智能算法，增强对移动或时敏目标识别、动态目标优先级分配能力，优化低空突防路径，通过多弹协同、与无人机协作等模式实施饱和攻击，降低被拦截概率。此外，升级型号将改进发动机性能，提升续航并改善亚声速突防弱势，并将升级战斗部，预兼容重型攻坚弹头技术，强化对地下深埋目标打击效能，考虑适配对海纵深打击需求。

二是增程提能，发展下一代予以替换。英法两国于2025年提出了“未来巡航/反舰武器（FC/ASW）”双钩型项目。按计划，由英国主牵头负责研制空射型亚声速隐身巡航导弹，用于替换“风暴阴影”；由法国主导超声速反舰导弹研发，用于替换“鱼叉”反舰导弹。据悉，后继型或将采用飞翼布局，融入智能化技术，采用模块化战斗部，具备较低可探测性、智能复合制导、自主集群组网等典型特征，射程有望达到600～1000千米，兼顾对地对海纵深打击能力。

总的来看，“风暴阴影”源于实战之需，也将脱胎换骨于未来作战所需，其发展运用及发展进化值得持续关注。

兵器控

品味有故事的兵器

■本期观察：马 驷 聂 龙

信息化战场上，单兵战术通信装备是连接士兵与指挥体系的“战场神经末梢”，直接决定着班组协同效能与战场生存能力。本期“兵器控”，介绍3款各具特色的单兵战术通信装备。

稳定抗扰

俄罗斯R-187“阿扎特”单兵电台

2020年起，俄罗斯陆军开始大规模列装R-187“阿扎特”单兵软件定义电台。该电台具有主打强抗干扰、全地形通联能力。

该电台沿用了俄军传统电台的全加固式机身，既能满足严寒、沙尘等极端野战环境下的使用需求，也能在强电磁干扰下保持稳定通信。

该电台覆盖27至520兆赫兹超宽频段，支持每秒最高2万次的高速跳频加密，可遂行语音通信、短报文传输、战术数据共享等任务。其单兵手持型号通信距离约4千米，搭配中继节点后可拓展至数十千米，车载型号在高频段通信最大距离可达500千米，实现营连级全域覆盖。

组网协同

美国AN/PRC-154“步枪手”单兵电台

与R-187侧重远距离抗扰保通不同，美国AN/PRC-154“步枪手”单兵电台在保留基础通信能力的同时，突出了轻量化、全员化、自组网的班组级通信能力。

该电台由泰利斯公司与通用动力公司联合研制，专门为普通步兵设计，无需专业通信兵操作。与美军此前列装的电台相比，该电台体积更小、功耗更低、成本也更具优势。

该电台工作在特高频频段，支持无中心自组网。班内士兵可一键实现互联互通，自动调整通信路由。多个单兵电台通过自组网接力延伸，通信范围理论上可达50千米，即使部分节点损毁仍能保持网络畅通。该电台还可实时传输士兵位置信息、战场态势数据，为班组协同作战提供支撑。

便携通联

以色列PNR-500单兵网络电台

与前两型侧重野战与班组通信的装备相比，以色列PNR-500单兵网络电台更加小巧轻便，主打超近距离、高密度、隐蔽式的小队级通信能力。

该电台最初由以色列Tadiran公司为小队级近距离通信设计。与传统单兵电台相比，PNR-500采用了高度集成化的微型电路设计，全重仅370克，体积相当于一部智能手机，可直接放入战术背心口袋。

该电台最多可实现6人同时通话，通信距离约800米，在城市建筑群、地下工事等复杂环境中信号依然稳定，可自动切换子网，避免相互干扰。该电台还可接入以军“数字化士兵”系统，实现与无人机、无人车等作战平台的信息共享，具备较强的战术拓展能力，已被以军特种部队和步兵班组广泛列装。

新装备展台

巡飞弹中的“务实派”来了

■穆春奎

随着现代战争形态演变，低成本可消耗的远程巡飞弹正成为各国国防工业的研发热点。

不久前，在土耳其伊斯坦布尔SAHA国际防务与航空航天工业展览会上，土耳其STM公司首次公开展示了其自主研发的“库兹贡”远程巡飞弹。其设计理念和性能特点引发了各国防务界的广泛关注。

“库兹贡”巡飞弹的机身采用当下主流的三角翼布局，动力系统采用后置双缸内燃机驱动双叶螺旋桨，兼顾气动效率、长续航能力和低生产成本，该弹的总起飞重量为200千克，配备了40千克高爆破片战斗部，避免了不必要的额外重量。通过采用成熟的航空零部件、简化的系统设计和轻量化的载重，其能够在战时以较大规模生产，持续进行低成本饱和打击。

在部署使用上，“库兹贡”巡飞弹充分体现了实用主义设计理念。其采取火箭助推发射方式，无需依赖专用机场以及复杂的地面保障设施，可集成于机动车辆上，发射准备时间短，可快速转移和隐蔽部署，能够有效规避敌方先期火力打击。6个小时的续航时间，提供了充足的打击窗口，使其能够在目标区域上空等待最佳打击时机。每小时180千米的巡航速度配合低空飞行的特性，使其能够在复杂地形条件下实现隐蔽突防。

与同类型的伊朗“沙赫德-136”巡飞弹和美国“卢卡斯”巡飞弹相比，“库兹贡”走出了一条可靠且实用的路线。相较于伊朗“沙赫德-136”，“库兹贡”依托土耳其更为完善的国防工业体系，制造精度和可靠性更好，零件标准化程度更高；与美国“卢卡斯”相比，“库兹贡”没有堆砌不必要的先进技术，更注重装备的实用性和大规模生产能力。“库兹贡”巡飞弹的诞生为全球低成本远程巡飞弹的发展提供了一条值得借鉴的技术路径。

当然，“库兹贡”巡飞弹也并非完美无缺。其仅配备了抗干扰GNSS/INS导航系统，虽然可实现全任务流程自主导航，但只能打击预先确定的固定目标，针对突入现代化防空体系、打击移动目标时还存在一定局限。

目前，“库兹贡”巡飞弹仍处于原型展示和测试阶段，其最终的发展前景和实际作战效能，仍需要时间来检验。