

一名全副武装的士兵,背着飞行器从天而降,曾是科幻电影里的经典画面。如今,随着科技的进步,单兵飞行器正从银幕走向战场,“会飞的士兵”逐步成为现实。本期“兵器控”,聚焦3型各具特色的单兵飞行器。

凌空突击

JB-11 喷气背包



步兵如何越过复杂地形直插敌后?美国JetPack Aviation公司研发的JB-11喷气背包,给出了一个把动力“背在身上”的答案。

作为目前技术较为成熟的喷气背包之一,JB-11采用背负式设计,使用者依靠手握操纵杆来控制方向与姿态。其两侧各挂载3台微型发动机,仅靠其中4台推力便可满足飞行需求,另外2台为备份,确保单台失效时仍能安全降落。飞行员可凭借这款背包在空中飞行约12分钟,最大速度超过190千米/小时。

喷气背包看起来炫酷,实际上也很“高调”——噪音大、热辐射明显,极易被红外探测锁定,其实战应用仍受较多限制。

空中冲浪

Zapata“悬浮滑板”



站在滑板上,通过身体重心变化控制飞行方向和姿态,就像在空中冲浪一般——这是法国Zapata公司研发的“悬浮滑板”带给使用者的飞行体验。“悬浮滑板”底部装有5台涡轮喷气发动机,并配备先进的稳定系统。其飞行时间约6至10分钟,最大速度可达190千米/小时左右,最大升限约3000米。

这款飞行器最具标志性的亮相,在2019年法国国庆阅兵式上——该公司创始人手持步枪“飞”过香榭丽舍大街。同年,他驾驶该飞行器飞越英吉利海峡,航程约35千米。但是这款飞行器对使用者的平衡能力要求极高,更像是“技术秀场”上的明星,而非战场上的常客。

远距渗透

Blakcro脚踏式军用滑翔伞



近日,英国Blakcro公司推出了一款脚踏式军用滑翔伞。这款装备可使士兵在没有跑道或飞机协助下飞翔。

这款滑翔伞结构简单,整套装置可收纳进背包,即使在完全黑暗的环境下,也能在8分钟内组装完成。依靠自身动力,这款飞行器可飞行约322千米。同时,它可挂载防弹衣、夜视仪及多种武器装备,让士兵落地即能投入战斗。

与前两款相比,该飞行器具有较低的声学、视觉和雷达特征,更适合士兵执行纵深渗透任务。目前,该项目已获得英国国防部600万英镑的投资支持。不过,作为一款尚在发展中的装备,仍有待实战检验。



1982年5月4日,南大西洋的硝烟中,一枚重约700公斤的阿根廷“飞鱼”导弹贴着海面疾驰,以惊人的速度精准命中英国海军“谢菲尔德”号驱逐舰侧舷,导致这艘造价数亿美元的先进军舰起火沉没。这次突防,不仅改变了海战格局,也首次向全世界展示了巡航导弹的突防威力。

此后40多年,巡航导弹凭借低空突防与远程精确打击的双重能力,在多次局部战争中充当首波突击的“敲门者”角色,特别是在海湾战争中大放异彩,取得令人刮目相看的战果。然而,在防空雷达技术快速迭代发展的背

景下,巡航导弹的生存空间被持续压缩。如何让巡航导弹真正做到“来无影去无踪”,成为各军事强国角逐的焦点。

与此同时,近年崛起的远程无人机在体系化防空面前也渐显疲态。谁能接过远程突防的接力棒?答案指向了隐形巡航导弹——这款将低可探测性技术与精确打击融为一体的武器,正在改写远程突击的规则。隐形巡航导弹靠什么实现“销声匿迹”?它走过了怎样的发展道路?未来又将向何处去?请看本期解读。

隐形巡航导弹如何“销声匿迹”

■郭杰峰 李泽平

从“低空硬闯”到“主动藏形”,气动外形隐身成为巡航导弹进化的首要方向

巡航导弹的隐形进化,本质上是与防空体系博弈过程中的被动发展。当现代防空体系日益严密,巡航导弹被迫从“低空硬闯”转向“主动藏形”。

上世纪70年代问世的早期巡航导弹,设计重点集中于提升射程与打击精度,对降低可探测性关注不足。以美国初代“战斧”BGM-109为例,其虽依靠低空飞行规避部分雷达探测,但圆润弹体、突出进气道及裸露翼展形成的多处直角反射结构,在先进雷达面前难以隐匿行踪。后续批次逐步加装吸波涂层,使其雷达反射截面积降至0.05至0.1平方米,在当时同类装备中表现尚可,然因缺乏系统性的隐身外形设计,面对日益普及的脉冲多普勒雷达与相控阵雷达,其战场生存能力仍面临严峻挑战。

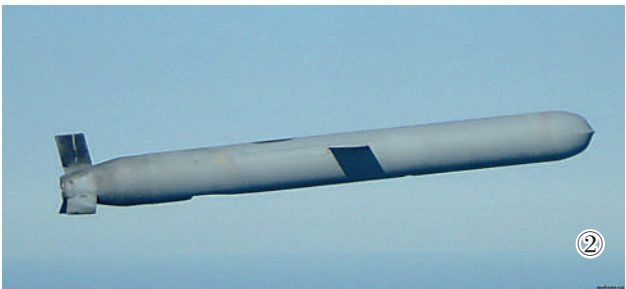
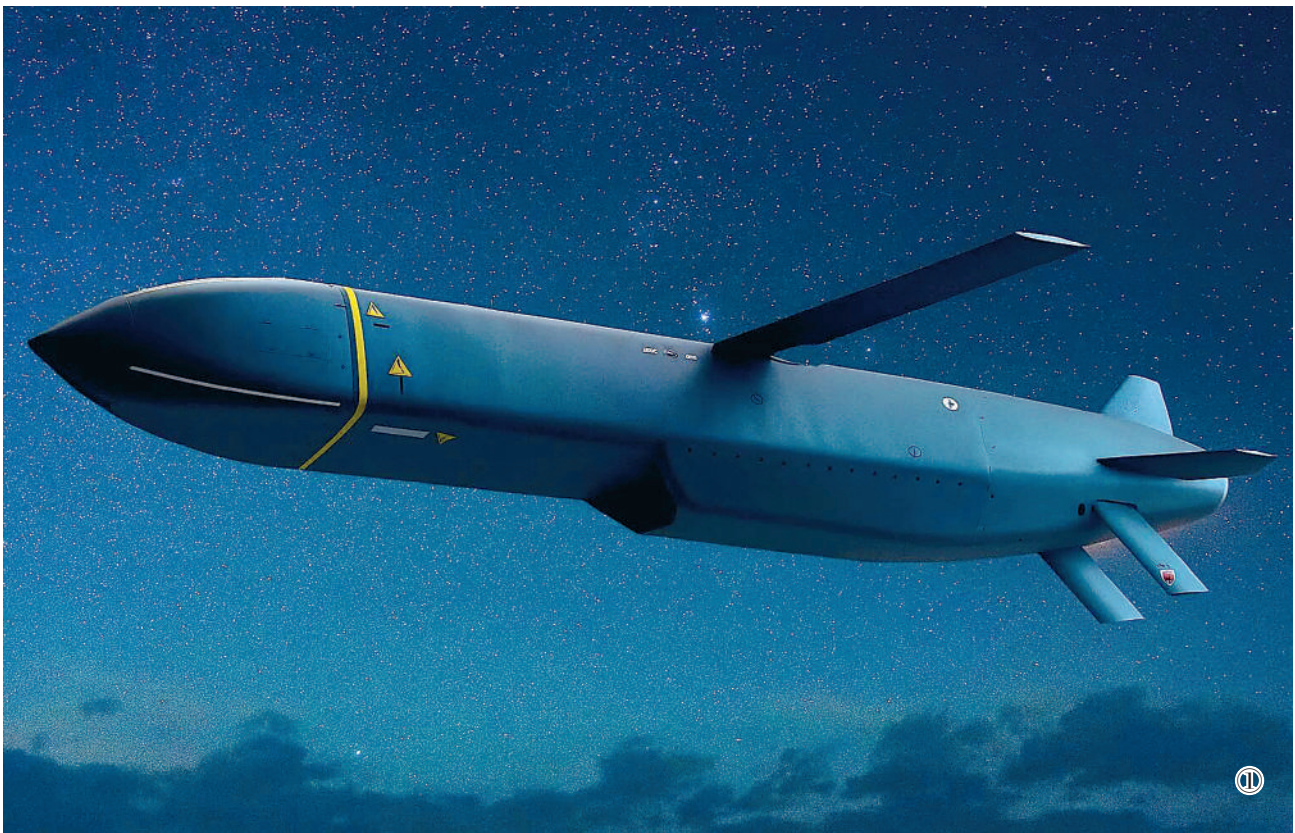
对此,改进巡航导弹的首要攻关方向,是突破气动外形隐身这一核心技术瓶颈。其核心思路可归纳为“散射规避、内置消弹、曲面平滑”:采用多面体或非圆截面构型替代传统圆柱体,将进气道、尾喷口等强反射源内置或设计为S形弯曲通道,最大限度消除弹体表面凸起与缝隙,使人射雷达波散射至非威胁方向。

英法联合研发的“风暴阴影”巡航导弹(又名“斯卡普”巡航导弹)堪称早期外形隐身技术的典范。研发团队采用由多组倾斜平面精密拼接而成的多面体构型,弹头尖锐且向内收敛,所有易暴露的零部件均被巧妙内置隐藏。这套外形设计,有效将雷达反射截面积压缩至极低水平。在2018年美英法对叙利亚化武设施的联合打击行动中,英国皇家空军“狂风”GR4战机发射的“风暴阴影”导弹,成功穿过了叙利亚在大马士革附近部署的严密防空网,精确命中了位于巴泽的化武研究设施。这次在高对抗性环境下的成功突防,被视为“风暴阴影”导弹穿透现代化、多层次综合防空体系能力的一次关键性实战验证。

然而,单纯依赖外形隐身技术终究存在局限。随着防空雷达向多频段、多基址协同探测方向加速发展,仅靠“藏形”已难以确保突防成功率。巡航导弹的战场生存能力与突防效能,正呼唤着更全面、更深层次的综合隐身技术。

多维度隐形手段的叠加,让巡航导弹成为真正难以防范的“空中刺客”

如果说外形设计是给巡航导弹穿上了一件“隐身衣”,那么进入21世纪后,材料、动力、电子等领域的突破,则让这件“隐身衣”实现了从单一手段到综合防护的质变升级。这一代“巡航导



图①:“风暴阴影”巡航导弹渲染图;图②:美国“战斧”BGM-109巡航导弹;图③:俄罗斯Kh-101巡航导弹。

阳 明供图

弹”不再仅凭外形设计“隐身”,而是将吸波材料、红外抑制、电子对抗融于一体,突防能力由此获得跨越式提升。

早期巡航导弹依赖铁氧体、镍基铁等传统吸波涂层,不仅笨重易损,且有效频段狭窄。如今,纳米吸波材料和蜂窝夹层吸波结构等新方案被广泛应用。它们重量显著减轻,却能覆盖更宽的雷达探测波段。以俄罗斯Kh-101巡航导弹为例,其碳纤维复合材料弹体结合多层特制吸波涂层,成功将雷达反射面积压缩至0.01平方米,显著提升了隐蔽性。

动力系统的“降温”,则是应对红外探测的关键。巡航导弹尾焰是红外预警卫星和防空系统最容易捕捉的信号。传统涡喷发动机尾温高,红外特征强,而新一代导弹普遍改用涡扇发动机,油耗更低的同时尾焰温度明显下降。再加上尾喷口加装红外抑制器引入冷空气掺混、使用低烟燃料减少凝结尾迹,红外信号被大幅压缩。以美国的AGM-158B“增程型联合防区外空地导弹”为例,其新型涡扇加红外抑制技术使其红外信号大幅降低,配合扁平梯形

弹体和吸波材料,实现了雷达与红外的双重“隐匿”。2018年4月,该弹在叙利亚首次投入实战,据美军公布,19枚导弹均命中预定目标。外界推测,其正面雷达反射面积可能达到约0.0001平方米的水平。

主动电子对抗,为巡航导弹加上了一层“软护甲”。俄罗斯Kh-101巡航导弹,凭借其标志性的有源频率干扰机和箔条/红外干扰弹投放器,成为巡航导弹发展史上一个鲜明的节点。它的列装与实战应用,标志着新一代“隐身刺客”的核心能力已超越被动隐藏,迈入了主动实施电子对抗、干扰制导的攻防新阶段。

低空突防战术,赋予了巡航导弹利用环境“遁形”的绝技,将广袤大地直接变成了最好的“隐身衣”。2023年6月,乌军使用英制“风暴阴影”导弹突袭卢甘斯克俄军修理厂。导弹进入俄控区后,迅速降至60米以下超低空,巧妙利用丘陵河谷地形起伏,结合智能航线规划进行蛇形机动规避俄军预警雷达网,精准摧毁目标。

多维度隐形手段的叠加,让巡航导弹成为真正难以防范的“空中刺客”。

各国的技术路线各有侧重,但目标一致,让巡航导弹更难被发现、更难被拦截。当单枚导弹的隐形能力已经做到极致时,设计者们开始思考一个新的问题——如何让一群这样的“刺客”协同作战,发挥群体突防的倍增效应。

持续强化的综合防空体系,催生隐形巡航导弹未来发展新图景

在信息化与智能化浪潮的席卷下,隐形巡航导弹正经历一场深刻的蜕变。它的进化早已超越了单纯追求弹体隐身的时代,正向着智能决策、集群协同、全频谱隐蔽方向深度拓展。

过去的巡航导弹,航线和对抗策略往往在发射前就设定完毕,面对瞬息万变的战场,显得有些“呆板”。如今的新一代导弹,正变得更“聪明”。它们搭载了智能信号处理模块,如同拥有了敏锐的“电子感官”,能够实时捕捉并分析敌方雷达的工作状态,并据此动态调整飞

俄“黎明”低轨卫星通信系统加速演进

■张志勇 卢 晗

光纤网络。近年来,这类系统在军事行动中展现出的潜力,让各国愈发重视这张“太空网”的军事价值。

“黎明”系统由俄罗斯1440局牵头研制。它最初是一个商业互联网星座计划,后来被纳入国家战略规划,转为军民两用重点工程,优先保障国防需求。受国际制裁影响,项目起步并不顺利;高精度芯片供应受限、卫星量产能

力不足、发射排期紧张,导致组网时间多次推迟。为破解产能瓶颈,俄方推行模块化设计,简化部分非必要测试环节,建设“卫星流水线”,把单颗卫星交付周期从24个月压缩到9个月,逐步打通批量制造链条。这一“小步快跑”的思路,为后续快速补网打下基础。

按照规划,“黎明”星座完整规模将达到900余颗卫星,运行在500至800千

米的低地球轨道。该系统把激光星间通信作为核心技术,卫星之间可以直接通过激光束交换数据。一旦部分地面站遭到压制或破坏,星座依靠空间激光链路仍能维持一定程度的组网运行。同时,激光通信波束窄、信号难截获,在复杂电磁对抗环境下具备天然优势。着眼长远信息安全需求,科研人员还在卫星平台预置量子密钥分发试验载荷,

前不久,俄代号“黎明”的低轨卫星通信系统正式投入实战,开始为前线作战单元提供卫星通信与情报传输支撑。作为俄罗斯自主研发的低轨卫星互联网星座核心,“黎明”系统正在加速从试验阶段迈向战场应用。

理解“黎明”系统的价值,首先要认识低轨宽带卫星星座。简单说,就是把许多颗小卫星送到距离地面几百到一千千米的低空轨道,像在太空中织一张大网。地面终端只要对准卫星,就能获得高速网络服务。与传统的地球同步轨道卫星不同,“黎明”系统位于低轨,信号传输延迟极低,理论上可媲美地面

