

基于市场的策略调整

苏-57是俄罗斯首款第五代隐身战斗机,由苏霍伊设计局牵头研制,旨在打造一款能够与西方顶尖五代机抗衡,同时兼顾国土防空与远程突击能力的重型隐身平台。

不过,该型飞机的研发过程并不顺利,自2010年原型机完成首飞后,项目就因发动机、航电系统等问题多次推迟,量产时间也大幅延后,直到2020年才正式列装俄空军。再加上近年来全球五代机市场竞争日趋激烈,因此外贸版的苏-57E推出很长一段时间,在国际军贸市场上的存在感并不强。

为尽快打破市场僵局,俄罗斯对苏-57E的外销策略进行了调整。

就销售对象而言,目标客户群体更加聚焦。与“广撒网”的方式不同,苏-57E外销采取了“传统客户优先、地缘伙伴重点突破”的策略。一方面,深耕那些长期使用俄制装备、后勤体系高度兼容的传统军贸客户,稳住存量市场;另一方面,瞄准那些有五代机采购需求,但因受西方制裁排斥或预算限制而无法采购F-35的非西方国家,填补市场空白。

同时,销售模式与合作形式也更为灵活。除了直接采购成品整机的基础合作模式外,俄罗斯还提供了其他深度合作选项。特别是在技术合作与转让方面,俄罗斯主动打破以往的传统保守姿态,从严防死守转为适度开放,努力寻找“技术换市场”与“技术保密”之间的最佳结合点。对于核心意向客户,俄罗斯更是给予更高权限,包括转让生产许可、允许客户进行本土组装和生产,以及自主改装升级并集成本国武器。2025年,俄国防部甚至罕见表态,愿意向印度开放苏-57E设



军工档案

在野战防空装备谱系中,苏联ZSU-23-4“石勒喀河”23毫米四联自行高炮是一座里程碑。它首次实现雷达与火炮稳定系统一体化集成,以全自动作战能力和密集火力,改写野战防空规则,成为伴随装甲部队突击的“低空守护神”。

20世纪60年代,喷气式攻击机低空突防技术日趋成熟,传统牵引高炮反应迟缓、火力分散,难以应对瞬息万变的低空威胁。彼时,苏军正大力推进装甲部队现代化建设,迫切需要一款能伴随坦克纵队行进、具备全自动搜索射击能力、可快速形成火力压制的伴随式防空装备。此前列装的ZSU-57-2双管自行高炮,仍依赖光学瞄准和人力操控,在喷气机主导的战场环境中已力不从心。

当时,在苏联军工界,一场著名的“双河之争”由此展开:一方是图拉仪表

继外媒曝出阿尔及利亚成为俄罗斯苏-57E隐形战斗机首个全球出口客户后,国际军贸市场近日又传消息:在4月份马来西亚吉隆坡举行的2026亚洲防务展开幕式上,俄罗斯国防出口集团证实,多个国家对

苏-57E战斗机表现出浓厚兴趣,有的国家已经与俄方签订了采购合同。苏-57E如何从前期的鲜有问津变成如今的颇受关注?潜在客户为何在全球五代机市场上对苏-57E情有独钟?请看本期解读。

苏-57E 对外军贸“由冷转热”

■ 梁 君 孙文静



计源代码,还表示可以与印度联合研发苏-57改进型。

此外,在配置方案上,苏-57E提供了多种模块化、可定制的增强型升级选装包,客户可根据预算与任务需求,对战机航电、武器、航程等性能进行深度定制,从而兼顾性价比与作战效能。付款方式也不止现金交易一种选项,对于资金相对有限但需求迫切的国家,俄罗斯允许其使用石油、矿产等资源进行置换,既缓解了买方资金压力,同时也降低了订单签约门槛。

经过一系列优化调整,苏-57E出口从传统的整机销售拓展为定制化、体系化的复合模式,从单纯一手交钱一手交货的“装备买卖”,升级为提供涵盖训练、维护、配套、升级、改装、技术转让乃

至联合研发的一揽子“防务解决方案”,更加符合潜在客户的需求,大大提高了该型战机在全球市场上的现实吸引力。

俄五代机外销“一冷一热”

事实上,俄罗斯五代机布局分为重型与轻型两条线。

除了高端双发重型机苏-57E外,俄罗斯还有一款专门为出口打造的低成本单发轻型五代机苏-75。俄罗斯原本打算双管齐下,“轻重搭配,高低并行”,合力争夺全球五代机市场份额。但从实际效果看,苏-75市场表现远没有达到预期,截至目前销售惨淡,一直未能形成实质性订单。因此,苏-57E成了俄五代机出口的“独苗”,扛起了外销“大旗”。

苏-75外销遇冷,折射出其面临的多重困境,特别是与苏-57E相比,其在技术、市场、产能等方面均存在明显的瓶颈。

首先,技术成熟度不足。苏-57E已完成从原型机试飞、俄军列装到外销适配的全周期验证,并在叙利亚战场和俄乌战场投入过实战,技术成熟度远超苏-75。同时作为苏-57的外销型号,苏-57E主要是在原机基础上加以调整,核心设计和技术可以最大限度复用俄军现有成熟平台,技术风险远低于全新设计的项目。相较之下,苏-75自从项目启动后,数年内未见多少实质性进

展,研发多停留在模型、图纸、设计优化等层面。原定2023年进行首飞的计划屡次推迟,直到2025年11月首架苏-75原型机才进入最后调试,截至目前仍未完成首飞和定型。由于项目前景不明、技术风险高,国际资本与潜在客户对苏-75观望情绪浓厚,不愿也不敢轻易冒险下单。

其次,市场定位较为尴尬。苏-75定位为低成本轻型五代机,主要面向预算有限的中小国家,但国际市场对轻型五代机的需求并不像俄方设想的那样旺盛。这些中小国家军费有限,出于性价比考虑,通常很少选择轻型或中型五代机,而是更倾向于购买那些具备较强制空与对地打击能力、能够真正形成区域优势的重型平台。苏-75的单发设计,以及航程短、载弹量低、隐身性能不强等特点,导致其性能上存在先天不足,难以承担战略威慑任务,无法满足目标市场需求。此外,苏-75本想填补F-35等高端五代机与四代半战机之间的市场空白,但随着F-35通过降价、政治捆绑等方式抢占市场,以及韩国KF-21等竞品相继出现,苏-75在当前全球五代机市场竞争中并无优势。

最后,量产能力难以得到保证。苏-75为纯外贸导向,俄军无列装计划,缺乏国内订单托底。作为“无订单、未量产”的全新型号,苏-75目前尚未建立专属的固定生产线,产业链也还在搭建之中,虽然可以有苏-57的技术基础为依托,但缺乏成熟的大规模量产经验与规模效应,与苏-57E较为完整的“研发—生产—供应—售后”全

链条生态差距明显。参考苏-57首飞10年后才实现量产,再考虑到持续外部制裁下俄罗斯航空工业高端元器件、复合材料、精密制造受限,苏-75的量产时间表存在较大变数,其后续稳定交付能力堪忧。

取舍背后的采购逻辑

对于阿尔及利亚以及其他潜在客户而言,选择苏-57E不只是单纯的装备更新,更是考虑诸多因素之后做出的战略取舍。

一是安全因素。这是军购最原始的驱动力,也是各国选购苏-57E的核心出发点。当前区域军事竞争不断升级,空中力量的代差劣势已然成为国家安全的巨大隐患。以阿尔及利亚为例,与之长期存在领土争端的邻国摩洛哥已将战机升级为F-16V,甚至还有采购F-35的计划。因此,出于国土安全和地缘对抗考虑,阿尔及利亚需要通过引进五代机来维持其在北非地区的空中优势,保持区域威慑能力。

二是经济因素。这是军购决策中最现实、最直白且无法回避的硬性约束。五代机不是一次性消费品,“买得起用不起”的例子比比皆是,因此在现代化高端战机普遍成本高企的背景下,性价比成为各国决策中至关重要的衡量标尺。相较于西方同代战机高昂的采购价格和后期维护费用,苏-57E的定价更加易于接受。更为重要的是,阿尔及利亚以及印度、伊朗等其他意向客户中,很多都与俄罗斯长期保持着稳定的军事合作,从主力战机到远程防空系统都是俄系装备,早已形成较为成熟的俄式后勤保障体系。苏-57E与现有装备在维修保养、弹药配套、人员训练及零部件供应等方面可实现无缝衔接,体系兼容障碍较低,用户无需投入巨额资金重建后勤链条可以大幅降低换装成本,显著缩短战斗力生成周期。

三是政治因素。这往往是军购交易背后的深层战略逻辑,也是分量最重的一块砧码。苏-57E提供了一种不同于西方军售模式的选项,合作模式相对而言更加开放,特别是在技术转让、本土化生产、源代码共享等方面表现出更大的灵活性。这对那些迫切渴望军工自主的国家来说尤其具有吸引力,在他们眼中,这是一条通往军工自主的战略路径,可以借助武器来源上的“去西方化”,摆脱西方的技术垄断与军备控制,掌握自身国防与发展主动权。

图①:俄罗斯苏-57E战斗机。
图②:俄罗斯苏-75战斗机模型。
资料图片

空战百年,生存与毁灭的博弈从未停歇。当一枚导弹以数倍音速呼啸而来,留给战机的反应时间往往只有短短数秒。从机动规避到抛洒干扰弹,早期,战机的自卫手段曾长期局限于“被动躲避”的范畴。直到有着空中“金钟罩”之称的主动防御系统出现,这场由“盾”向“矛”发起的较量迎来了从“躲”到“打”的本质转变。

被动干扰效能的断崖式下滑,是主动防御技术萌芽的直接动因。二战结束后的半个多世纪里,铝箔条与红外诱饵弹构成的“黄金组合”曾是战机可靠的护身符。在越南战争中,美军战机通过大量抛洒红外诱饵弹,有效降低了苏制“萨姆-7”(SA-7)红外制导导弹的命中率。然而,随着制导技术的代际跃迁——采用凝视焦平面阵列的红外成像导弹能够识别战机的完整轮廓,不再被点状热源欺骗;搭载数字射频存储器的雷达制导导弹可以复制并转发战机的雷达信号,让漫天飞舞的铝箔条形同虚设。

空中『金钟罩』进化之路

冷战末期,科研人员不再满足于制造虚假目标,而是选择直接“致盲”导弹的“眼睛”,第一代主动防御系统应运而生,战机自卫进入“软杀伤”时代。该系统采用氙灯作为光源,发射高强度红外脉冲,扰乱导弹导引头的信号处理电路,这种红外干扰系统可以持续工作,可同时对抗多枚来袭目标。但该系统仍存在明显缺陷:只能覆盖有限的红外波段,且能量分散,对采用抗干扰编码技术的新型导弹效果有限。

实现“软杀伤”的同时,科研人员还将目光投向了直接摧毁来袭导弹的“硬杀伤”路线。这一路线分化为两个并行发展的方向:一是激光定向能武器,利用高能激光束加热导弹导引头或弹体结构,使其失效或解体,美国空军自2010年来已在多型试验机上开展机载激光武器测试,验证了其在数公里距离上拦截并毁伤空空导弹的技术可行性;二是机载微型拦截弹,通过发射小型导弹对来袭目标进行动能撞击,俄罗斯是首批将此类系统投入原型机测试的国家之一,其研制的拦截弹重量不足10公斤,可在战机周围形成半径数公里的防御圈。

尽管技术迭代迅速,主动防御系统仍面临诸多短期内难以突破的技术瓶颈。首先是探测窗口狭窄,现有光电告警系统对来袭导弹的有效探测距离通常不超过10公里,留给系统的反应时间仅有数秒;其次是多目标对抗能力有限,大多数现役系统只能同时对2~3枚来袭目标,面对饱和攻击时仍显乏力;再者是平台适配性问题,一套完整的主动防御系统重量可达数百公斤,会挤占战机的载弹与燃油空间,影响作战半径和机动性能。

未来,战机主动防御系统将朝着分布式、智能化、多频谱融合的方向持续演进:分布式孔径系统实现全向无死角探测;人工智能算法提升目标识别与决策速度;无人僚机构建前置防御屏障……随着高功率微波技术日趋成熟,未来战机主动防御系统还将具备同时干扰雷达和红外导引头的的能力,真正实现“一系统多防”的全域对抗。

“石勒喀河”四联自行高炮——

冷战时期的“低空猎手”

■ 李子博

忌惮的低空威胁。战后,美军部分装备的防护设计,也将抵御该型高炮弹药作为重要参考依据。1979年阿富汗战争,在达鲁拉曼官攻坚行动中,“石勒喀河”以大仰角精准压制火力点,为突击部队打开通路,高射速带来的压制力让步兵信赖有加。

纵横战场的同时,“石勒喀河”也暴露出一些问题:自动化程度高、火力猛烈,但雷达系统易受电磁干扰,对车组操作要求高;23毫米弹药对付重装甲目标能力有限,且造价与维护成本较高,在部队中评价不一。

1983年,“石勒喀河”正式停产,逾6500辆的产量使其成为冷战时期装备最广的自行高炮之一,成为许多国家和地区的防空支柱。20世纪80年代,我国也曾引进进行研究与试验,为国产新一代自行高炮的发展积累了宝贵经验。

作为世界上第一种将搜索雷达与火炮稳定系统高度集成的第二代自行高炮,“石勒喀河”以强大火力与自动化技术,破解了冷战时期低空防空的核心难题,见证了防空武器从人力操控到自动作战、从传统模式向信息化体系的跨越式演进,在野战防空史上刻下了不可

磨灭的印记。
下图:ZSU-23-4“石勒喀河”23毫米四联自行高炮。
资料图片

