

★ 军工T型台

第十一届空军航空开放活动和长春航空展上,数架战机威武列阵,机翼下挂载的先进导弹在阳光下散发着冷冽的光芒。这些代表现代航空工业成果的导弹,以超远射程和卓越精度彰显着现代空战的核心法则——精度决定命中率,命中率决定空战胜负。

决胜千里,何以“分毫”必争?因为在现代空天作战中,一枚导弹的精准杀伤可能决定着战场的走向。

导弹从千里之外精准命中高机动目标,背后是制导技术的持续演进、战场环境的极限挑战,以及战术思维的革命性转变。弹药精度已超越单纯的技术指标范畴,成为决定战场态势、影响作战效能的关键要素。

从实验室里的误差测算,到硝烟弥漫中的实战命中率,每一组数据的背后,都是制导技术、动力技术、抗干扰能力与战术运用的紧密耦合。

决胜千里,何以“分毫”必争

——导弹精度的发展简史

■王皖阳 迟小斐 舒 勇



俄罗斯展出X-69远程空射巡航导弹等装备。

资料图片

演变——
从技术参数到实战变量

在军工领域,“精度”二字的内涵远非“打得准”那么简单。它是可以通过公式计算的物理参数,也是受多重战场因素影响的动态变量。一般来讲,导弹命中精度常用圆概率误差(CEP)来表示,即在弹着平面上,以平均弹着点为中心,包括50%弹着点的圆半径值。

导弹精度的衡量标准因任务属性而异。对于打击地面固定目标的巡航导弹,如俄罗斯新型X-69远程空射巡航导弹,CEP值小于5米,意味着导弹有一半的概率可以命中400千米外一座建筑的核心区域。而对于打击高机动目标的空空导弹,精度则直接以命中概率体现,需综合发射条件、目标机动性、战场环境等变量进行评估。

导弹精度的提升,依赖硬件的发展升级,也离不开靶试数据闭环的支撑。欧盟2024年开发的“精准感知”系统,通过实时采集弹道数据并反向校准制导算法,大大压缩了CEP波动范围。在连续100次射击中,命中率稳定在93%左右。这种从“静态指标”到“动态效能”的转化,使精度展现出战场属性——它不再是纸面数字,而是决定“能否命中”的生死线。

导弹精度还涉及系统误差与随机误差的匹配优化。系统误差指平均弹着点到瞄准点的距离,这样的误差通常较小且可修正。随机误差则指每个弹着点到平均弹着点的距离,常常会受到风速、气流等不可控因素的影响。2024

年土耳其国防测试中心的模拟中,系统误差通过校准机制被压缩至±0.5米,但随机误差仍占总误差的70%。由此可以看出,当系统误差被优化后,随机误差就成为影响导弹命中率的关键因素。

实战中的导弹命中率更是多维度的综合体现。这是一个综合性的系统指标,不仅取决于导弹自身的制导精度,还受到载机火控系统、敌我识别、电子对抗环境、目标特性、飞行员战术运用等多种因素的影响。因此,精度并非孤立存在,而是与环境、战术共同作用下的“综合结果”。

基石——
紧密耦合的技术体系

一枚导弹要实现“指哪打哪”的作战效果,背后需要一整套先进技术体系支撑。从制导方式的创新到动力技术的突破,再到抗干扰能力的强化,每一项技术的进步,都在推动弹药精度向更高水平迈进。这些先进技术共同构建了“感知—决策—执行”的闭环链条,将理论精度转化为实战可靠性。

多模复合制导是高精度打击的“眼睛”与“大脑”。制导系统是决定弹药精度的核心因素,其性能直接影响导弹能否准确追踪并击中目标。近年来,制导技术已从单一模式向多模复合方向发展,显著提升了弹药在复杂战场环境下的适应能力。俄罗斯研发的新型空空导弹,采用“主动雷达+红外成像”双模导引头,在复杂电磁环境下,如果主动雷达受到干扰失效,红外成像导引头可

立即接管制导任务,确保导弹不会丢失目标。

智能化制导技术是导弹的“神经中枢”。智能化制导技术的引入,让导弹具备了“自主思考”的能力,大幅提升了应对动态战场态势的灵活性。通过嵌入人工智能算法,导弹可以实时分析战场环境数据,自主识别目标类型、判断威胁等级,并规划最优攻击路径。以法国ASMPA-R导弹为例,其采用自适应滤波算法,导弹在飞行过程中,若发现原定目标被摧毁或出现更具价值的临时目标,即可自主调整航路,优先攻击高价值目标。在遭遇敌方防空拦截时,该型导弹能根据拦截武器的类型,自主选择规避机动方式,提高突防成功率。这种智能化作战能力,使导弹从“被动执行指令”转变为“主动适应战场”,精度不再受限于预设程序,而是能根据实战情况动态优化。

网络化制导技术是体系协同的精度倍增器。网络化制导技术通过接入战术数据链,打破了导弹与其他作战平台之间的信息壁垒,实现了“信息共享、协同打击”的作战模式。在这种模式下,导弹可综合利用预警机、卫星、无人机、地面雷达等多种平台提供的目标数据,进行中段弹道修正。这种技术不仅扩展了导弹的攻击范围,还能通过多平台数据融合,减少单一数据源的误差,进一步提高命中精度。土耳其“游隼”预警机与导弹联演中,导弹通过数据链接收预警机的目标动态更新,中段制导误差补偿效率提升50%。

先进动力技术是导弹机动精度的物理保障。多脉冲发动机、推力矢量技术等创新成果的应用,为弹药精度提供了强大的动力支撑。在导弹飞行初期,多脉冲发动机可提供大推力,快速将导弹加速至高速。在导弹接近目标阶段,通过点燃后续脉冲,调整推力大小,优化弹道轨迹,避免因能量耗尽导致机动性下降。这种技术在攻击远距离或高机动目标时优势尤为明显。

先进技术的协同运用,使现代导弹精度实现了质变。过去几十年间,通过技术迭代,导弹命中率平均提升了近25%。导弹对精度的要求越来越高——没有它,导弹系统就无法进入现代作战序列。

命中——
体系化战场的复杂博弈

在实验室中,导弹精度可以通过仪器测量和公式计算得出。但在真实

战场上,精度与命中率之间并非简单的线性关系,而是受到飞行员战术、体系对抗、战场环境等多重因素的影响。“不可逃逸区”的局限性、体系对抗的决定性作用、精度的战术价值,共同构成了实战中导弹命中率的复杂图景。

“不可逃逸区”的真相是,精度不等于必然命中。

在空空导弹领域,“不可逃逸区”是一个被广泛提及的概念。其定义为:在该区域内,导弹的杀伤范围足以覆盖目标的最大机动范围,目标无论如何规避都无法逃脱导弹的攻击。但实战经验表明,“不可逃逸区”并非绝对“死亡区域”,高水平飞行员通过综合运用战术手段,仍能有效规避敌方导弹攻击。

比如,电子干扰与红外诱饵的配合使用,可以有效削弱导弹的制导能力。在发现被导弹锁定后,飞行员可释放箔条干扰,对导弹的雷达制导系统进行压制;同时释放红外诱饵弹,诱骗红外制导导弹偏离目标。

体系对抗的决定性影响,体现为信息优势即命中优势。

现代空战早已不是单一平台之间的对抗,而是体系与体系的较量。预警机、电子战飞机的支援能力和防空体系的压制效果,都会对导弹的最终命中率产生决定性影响。在体系对抗中,信息优势是提升命中率的核心前提。

比如,预警机作为空战体系的“空中指挥中心”,能为导弹提供远距离目标探测与数据支持,大幅扩展导弹的有效攻击范围。预警机的雷达探测距离通常是战斗机雷达的3倍以上,可在战斗机发现目标前,提前将目标位置、速度等数据传输给战斗机,使战斗机能在更远距离发射导弹,并通过数据链提供制导修正信息。

精度的战术价值,成为重塑空战战术的核心要素。

更高的精度不仅意味着更高的命中概率,还能带来一系列战术优势,深刻影响空战战术的设计与运用。更少的弹药消耗、更宽的攻击窗口、更广的有效射程、更强的多目标应对能力,共同构成了精度的战术价值体系。

从圆概率误差的极限追求,到实战命中率的复杂博弈,导弹精度的发展历程,是军工科技不断突破的缩影。在现代战争中,精度已不再是单一的技术指标,而是体系化作战能力的集中体现。

随着人工智能、量子制导、新型推进技术等前沿科技的不断融入,弹药精度将向更高水平迈进,而围绕精度的战场博弈也将更为复杂、更加激烈。



★ 保障达人

扳手、螺丝刀、手电筒,是机务人员再熟悉不过的工具。然而,南部战区海军航空兵某旅三级军士长范中浩的工具,却是一台计算机。

入伍之初,范中浩和其他机务人员一样,整天操着“机务三件套”,在机库忙上忙下。一次在外场进行机务预先准备工作时,他发现,如果多个机组同时申领工具,仅配送工具就会消耗大量时间。

机务维护保障效率,直接影响战机出动时间。范中浩尝试联系机务大队工具房,和他们合作设计了一款线上配送软件。不久后,软件正式上线,外场工具配送时间缩短到原来的三分之一。新软件的使用不仅大大提高了外场工具配送效率,还拓宽了机组申领工具的渠道,实现多人同时下单、集中统一配送,得到战友们一致好评。

此前,为了更好地管理机务大队日常耗材使用、登记情况等相关资料,范中浩在网上学习专业代码、自编程序,成功研发出耗材网络申领与管理平台。从此,机务大队所有耗材零件实现了计算机信息统计。平台建立了详细的耗材出入库登记明细,还能依据大数据分析计算出剩余耗材数量,为官兵领取耗材节省了不少时间。

尝过了信息化的“甜头”,范中浩希望让科技带来的便利融入更多日常工作中。

有段时间,空气异常潮湿,战机出动频繁。每当战机执行完任务归建,机组人员都会逐个部位检查飞机腐蚀情况,但这样效率较低。范中浩随即找到相关人员收集情况,立足现有装备、现有条件,从摸排飞机的腐蚀周期、飞机易被腐蚀部位入手,研发出一套腐蚀监控系统。每当有飞机需要进行腐蚀处理时,该系统会提前一周时间提醒,这为机务官兵维护保障飞机提供了极大的便利。

如何做好机务保障工作,充分发挥本职岗位作用,一直都是范中浩努力的方向。“时代在发展,装备在进步,我们的保障方式也要与时俱进。”他说。

南部战区海军航空兵某旅三级军士长范中浩——
助战鹰高飞的军营“程序员”

■张 通 本报特约记者 傅金泉

入伍14年来,范中浩凭着一股拼劲,始终坚持学习、不断自我加压,自主研发设计软件,牵头搭建网络系统。凭借着对战机的热爱和守护蓝天的决心,范中浩先后完成了全旅20余项优化改良工作,提高了机务保障效率。因工作实绩突出,他荣立三等功,并获全军区官兵优秀人才奖三等奖,成了小有名气的军营“程序员”。

上图:范中浩正在操作设备平台。

张 通摄

RPG-7:装甲“克星”

■迷心一 周宇宽



俄罗斯RPG-7式反坦克火箭筒。

资料图片

1993年10月,美军在索马里执行军事行动时,两架UH-60“黑鹰”运输直升机被索马里反政府武装击落。击落“黑鹰”的,正是俄罗斯RPG-7式反坦克火箭筒。

作为二战后苏联研制的明星装备之一,RPG-7火箭筒的历史可以追溯到初代RPG-1火箭筒。RPG-1由苏联根据纳粹德国“铁拳”150式44mm火箭筒仿制而成,只存在了很短一段时间,后经结构优化改进为新一代RPG-2装备部队。RPG-2将火箭筒口径尺寸缩小至40mm,将腋下扶持的发射方式改为肩射,同时更换战斗部药型罩材料为紫铜。RPG-2火箭筒的破甲深度为150mm,达到了当时世界先进水平。

二战后,随着北约主战坦克装甲性能不断提高,苏联意识到,包括RPG-2在内的数种仿制火箭筒已难以满足作战需求,反坦克火箭筒的专项研究机构应运而生。RPG-7火箭筒是其最成功的作品之一,于1966年正式成为苏联陆军步兵班的制式反坦克武器。

针对火箭筒战斗部威力和有效射

程不足问题,RPG-7采用了无后坐力发射药和火箭弹增压发动机的推进方式。作为世界上第一款采用喷射抛射原理发射的火箭筒,RPG-7在发射中可双重推进弹药,将对面状目标的最大射程提升至920米。此举能有效减弱尾焰影响,同时优化弹道低伸角度,提升射手操作效率。其装药采用精密的圆锥药型罩,辅以PBX高能炸药填充,使弹药爆炸时能生成高温高速的金属射流,穿透均质钢装甲板。针对装有爆炸反应装甲的坦克,RPG-7进一步开发了携带串联战斗部的火箭弹,以加强射流摧毁效能。

便携性好、用途多元,服役后的RPG-7火箭筒深受士兵喜爱。RPG-7整体武器系统设计为发射筒、瞄准具和弹药3个模块。发射筒采用合金材料,可根据战斗需求安装定位、测量、保护等结构,单兵左右肩均可使用。瞄准具则采用瞄准合一的光学瞄准镜,视场角大且质量较轻,可根据作战场景拓展光谱至红外、微光等,极大提升了火箭筒在复杂环境下的战斗力。适配多样弹药的同时,RPG-7为触发引信加装定时装置,使得火箭弹脱离目标自爆时间被控制在约4.5秒,无论是近距离突击还是远距离伏击都能游刃有余。

如今,RPG-7火箭筒正在逐渐淡出大众视野。但受其启发研制和改进的第四代单兵火箭筒,进化出更优越性能,在信息化智能化战场上发挥着作用。

★ 军工档案



导弹的导引头。

资料图片