

最近一段时间,防空导弹有点火!  
去年12月,土耳其国防工业部门向军方交付了一套国产远程防空导弹系统。土耳其称该系统具备连续发射、多重交战和远程防空能力,可以在复杂气候条件下工作,并通过陆地、空中和海上等途径进行运输部署。  
无独有偶。去年11月,在伊朗伊斯兰革命卫队航空航天展览会上,伊朗展示了“迈赫兰”移动防空系统。这是一种远程地对空导弹系统,集成可收放的相控阵火控雷达,能够携带4枚导弹,射程可达320千米。

这两则新闻让军迷再度关注到防空导弹这款装备上。可以说,不仅是美、俄、大,一些新兴国家同样高度重视防空导弹发展,并将其作为体系作战中不可或缺的一部分。  
半个多世纪以来,从早期采用无线电指令制导技术,制导方式单一、机动性差,只能应对单个低速空中目标,到多种制导技术和固体火箭发动机技术加持,机动性、低空飞行能力和制导精度大幅提升,防空导弹经历多次迭代升级。随着多功能相控阵雷达的诞生,防空导弹实力大幅

提升,可以同时攻击多个目标,并具有较强的抗干扰能力。进入新世纪,新一代防空导弹在垂直发射、动能杀伤、精确制导等关键技术取得突破,具备远中近衔接、高低空相结合的拦截能力,守护空天安全的屏障作用更为凸显。  
近年来,随着新技术新材料的问世及应用,防空导弹的作战实力持续提升。那么,在空袭和反空袭的“矛”与“盾”交锋中,防空导弹是如何编织空天防护网的?又取得了哪些实质性突破?未来发展路向何方?本期,我们一探究竟。

从单打独斗到攥指成拳——

# 防空导弹的进阶之路

■周韵 詹乾坤 贾晨阳



俄罗斯S-400防空导弹系统。新华社发

## 军工T型台

### “矛”与“盾”的抗衡较量,推动防空导弹实现能力进阶

人类社会从古至今,发生过无数次大大小小的战争,一条战场法则亘古不变:战场制胜的前提不仅需要锋利的“矛”,还有坚固的“盾”。  
从战机投入战争的那一刻起,防空就成为各国高度关注的话题。早期的战机飞行高度、速度有限,防空主角是高射机枪和高炮。随着战机性能提升,防空导弹开始崭露头角。  
防空导弹主要对付各型来袭飞机、无人机、精确制导武器、弹道导弹和临近空间飞行器目标。与高炮相比,它的射程远、命中率高。与截击机相比,它的反应速度快、威力大,受目标速度和高度的限制较小,可在高中低空及远中近程构成一道严密的防空火力网。  
二战后期,为了应对盟军铺天盖地的轰炸机群,德国研制出“龙胆草”“莱茵女儿”“瀑布”等防空导弹,但均未来得及投入实战。二战后,美、苏加入防空导弹研发行列,第一代防空导弹诞生,可用于拦截高空、高速突防的战略侦察机和轰炸机,代表型号有美国的“奈基”、苏联的萨姆-1和萨姆-2等。这一时期,在高空战场上,“矛”与“盾”的抗衡较量,以“盾”的胜利给出阶段性结果,高空高速战略轰炸机黯然退场。  
20世纪60年代,在中高空、中远程防空导弹威胁下,战机开始实施低空突防战术。针对低空高速战略轰炸机的作战特点,军工科研人员找到应对之策——脉冲多普勒雷达被广泛应用于预警、制导、武器火控等设备,通过发射波与回波之间的频率差,可有效捕捉到高速移动目标,削弱“矛”的优势。第二代防空导弹强调了防空火力的快速反应能力,在导弹推力、系统自动化、整体小型化和电子对抗能力等方面水平明显提升,代表型号有美国“霍克”、英国“山猫”等。  
“矛”的不断变化,带动“盾”的迭代升级。20多年后,战场上发生新变化,来袭目标在干扰机掩护下可以进行多波次、全高度饱和攻击,作战区域覆盖高空、中空、低空和超低空。为了适应新变化,第三代防空导弹采用相控阵雷

达、复合制导和垂直发射技术,具备全空域、多目标拦截能力,主要代表有俄罗斯的S-300和美国的爱国者-2等。  
进入21世纪,空中角逐更加激烈。此时,空袭目标以体系作战方式出现,大量精确制导武器包括战术弹道导弹、隐身战机和无人机等多种新装备加入战场。“矛”与“盾”的较量再度升级,在这样的形势下,第四代防空导弹增大射程,提高制导精度、远程作战效能和快速反应能力,并具备反隐身及防空反导一体化能力,可以对大气层外目标实施拦截。这一阶段的代表型号有美国的爱国者-3、俄罗斯的S-500和以色列的箭-3等。  
战场上没有无坚不摧的“矛”,也没有攻克不了的“盾”,关键看谁洞悉在前,变化在先。要想铸造可靠的防空“盾牌”,就得在“矛”与“盾”的抗衡较量中不断突围进阶,才能赢得战场先机。  
构建无缝衔接的火力网,打出远中近防御“组合拳”  
信息化战争是体系与体系之间的对抗,在侦察与打击一体化目标威胁面前,传统防空导弹的个体防护,已经无法应对雷霆万钧的体系攻势。  
早期,防空导弹能够有效命中单一空中目标。各军事强国认识到,在单一武器装备很难突防的情况下,若将不同性能、不同功能、不同作战效果的武器装备和平台,用统一的指控系统组织起来,形成一个作战体系,既易于突防也会提升空袭效果。因此,各国形成了以无人机、巡航导弹、弹道导弹、高超声速导弹、空中格斗机和轰炸机为主力的高效空袭体系,可以实现对目标空域的饱和攻击。显然,再精良的防空导弹也对付不了多批次、多层次和分空域的群目标空袭,这让防空导弹陷入孤掌难鸣的境地。  
面对复杂多样的战场威胁,传统、单一的动能拦截手段优势不再,只有统筹作战资源,综合运用多种手段实施一体化防空反导,才能保证“盾”的能力走在“矛”的前面。防空导弹不再单打独斗,而是攥指成拳——在网联动、体系制胜的作战理念牵引下,防空导弹朝着防空导弹系统升级转变,成系统的防空导弹可以构建无缝衔接的火力网,打出远中近防御的“组合拳”,让作战效能

成倍提升。  
防空导弹系统的突出特点是依托整个作战团队,一般由搜索与制导雷达系统、发射系统、指挥控制系统、防空导弹和各类保障设备构成,通过多武器平台、多目标通道、多系统组网的方式实现体系对抗。防空导弹系统抗击空中目标时,只要雷达系统发现目标,就会把目标数据分发至各作战单元,由指挥控制系统反向指挥各单元进行破袭。  
一个系统多种武器,一种武器多个通道,一个火力点同时打击多个目标。经历升级后,俄罗斯S-300防空导弹系统可以在较大空域内分别引导数枚导弹对付多个目标。  
事物的发展变化,往往都是从简单到复杂、从量变到质变。防空力量从单一导弹到武器系统,已经逐步超出初始功能范畴,具备侦察预警、搜索指示、目标识别跟踪、导弹发射、制导控制和杀伤摧毁等综合功能,实现从精通“独门绝技”到练就“十八般武艺”的华丽转身。  
作战需求牵引武器装备快速发展,防空导弹发展呈现新亮点  
作战需求牵引武器装备快速发展。进入21世纪,为了应对世界新军事革命的迅猛发展和战争形态的加速演变,防空力量已成为各国取得军事竞争优势的重要砝码。近年来,防空导弹系统发展呈现出新亮点:  
一体化趋势明显。空天一体化进攻正逐步成为空袭常态,防空反导一体化是应对空天进攻体系的有效途径。下一代中程、中远程防空导弹系统必然会向防空反导一体化方向发展,采取类似俄罗斯S-500防空导弹系统的一体化目标分配与指示、多武器协同作战手段,加强防空反导一体化顶层设计,实现传感器和拦截弹的“随机组网、即插即用”,能够拦截空气动力类目标、战术弹道导弹、高超声速武器等。  
系列化程度提升。防空导弹系统研发风险高、投入大、技术复杂,各国往往采取家族化、系列化的发展途径。美国雷神公司研制的最新型“爱国者”导弹系统,具备中远程防空能力,通过弹上设备升级和气动外形优化设计,提升对复杂高难度目标的拦截能力。俄罗斯“金刚石-安泰”公司生产的S-400、S-500,包括在研的S-550,都是在S-300的基础

上发展而来。系列化的最大好处是发展迅速、换代快、兼容性好,就像计算机中的系列化产品,新一代产品还可以兼容旧产品。此外,产品可靠性、可用性、可维护性均有所提高。  
跨越化特点突出。空中作战呈现出立体多样的全方位打击态势。当前,防空反导防御目标已由传统战机、弹道导弹拓展到无人机、巡航导弹、高超声速武器等。新的目标威胁具备远程火力打击、网电攻击、天基信息支援等特殊能力,作战空间大幅拓展,防空反导的跨越化特点更为突出。因此,信息化时代的防空力量,必须具备在空、天、网、电等多域空间,遂行一体化作战任务能力。  
多任务能力增强。随着高性能处理器、相控阵雷达导引头和微小型拦截器等技术广泛应用战场,反隐身、反高超声速、反低慢小目标等技术有望取得突破性进展,防空导弹系统技术性能将全面升级,在复杂战场环境下抗干扰、抗欺骗、高毁伤能力将进一步提升。比如,俄罗斯“金刚石-安泰”公司的S-500根据防空反导、反高超声速等任务需要兼容多型雷达和导弹。未来,防空导弹系统同时防御各类目标的多任务能力将会显著增强。  
当前,战争形态正加速向以人工智能、无人系统等技术主导的新形态演变,作战样式不断创新,必将深刻影响和改变防空导弹系统的发展进程。相信这些新技术诞生及其在军事领域的应用,会给防空导弹进阶发展带来更多挑战与机遇。

扫描下方二维码“中国军号”二维码,观看军工科普融媒体视频。欢迎各位读者在评论区留言互动,我们将结合您所关注的热点话题,持续推出更多精品力作。看军事,上军号,我们在“中国军号”等你。  
融合策划:曾璇、贾丙乾  
主播:楚亚楠  
视频合成:贾丙乾、薛英杰



前段时间,有消息称,伊朗空军列装了一批雅克-130高级教练机,以提高空军训练和作战能力。  
自20世纪90年代采购数架米格-29战机以来,这是时隔30多年后伊朗空军首次进口外国战机。  
雅克-130是雅科夫列夫设计局研制的一款喷气式教练机,采用双发涡扇发动机,除了用于飞行员的中高级飞行训练和作战模拟训练外,还可执行对地攻击等作战任务,凭借其性能稳定、用途多样、适应性强的特点,受到国际军贸市场青睐。  
值得一提的是,去年3月,伊朗军方为首架国产喷气式教练机“亚辛”及其生产线举行了揭幕仪式。放眼全球,能够自主完成从喷气式飞机关键部件配套研发,到整机设计生产的国家并不多。长期以来,伊朗受到美西方国家的技术封锁和单边制裁,依靠本国公司和技术人才的努力研制出教练机,实属不易。  
一直以来,伊朗航空工业走的是以自身技术力量为基础,引进技术为补充的发展之路。这就不难理解伊朗在自研“亚辛”教练机的基础上,为何还要引进雅克-130高级教练机了。  
一方面,伊朗在退役T-33等高级教练机后,一直缺乏专用喷气式教练机,只能暂时用螺旋桨飞机执行飞行员培训任务。而伊朗自研的“亚辛”教练机,论其技术级别、飞行性能和雷达电子系统,与雅克-130有着明显差距,引进后可有效弥补缺陷。  
尽管雅克-130是一款教练机,但从技术角度来看,它是伊朗空军目前最先进的战机之一。雅克-130翼下和机身下方共有9个外挂点,总挂载量可以达到3吨左右。除了常见的火箭弹发射巢和炸弹外,还能携带R-73空空导弹以及各式制导弹药,具备一定的侦察和攻击能力,堪比部分轻型战机。雅克-130的引进,可有效提升伊朗空军战斗力。  
另一方面,早在去年年初,伊朗军方宣布将引进苏-35战机。虽然受技术转让等原因影响,伊朗与俄罗斯尚未能达成相关协议,但伊朗从未放弃引进先进战机。

## 伊朗缘何引进「雅克」教练机

■潘翔 刘含钰

雅克-130作为世界一流的教练机,可以模拟苏-35战机飞行和各种火控、航电系统操作,帮助培养先进战机飞行员。由此可见,伊朗引进雅克-130是空军发展的战略规划,既可以解决伊朗空军目前高级教练机匮乏的难题,又可以为未来引进先进战机做好人才储备。  
上图:雅克-130高级教练机。资料照片

## 军工世界观

### 机场除雪有妙招

■熊天霞 胡广泉

## 军工科普

大雪过后,机场跑道上会留下一层厚厚的积雪。机场积雪会使跑道摩擦系数降低,不仅危及飞机降落安全,还会对飞机的气动性能造成影响。此前,一架E-145支线客机在芝加哥奥黑尔机场降落时滑出跑道,机身整体向右倾斜栽倒在雪地上。飞机在降落过程中,滑出跑道事故时有发生,除去机械故障、操作失误等因素外,机场跑道路面状况也是决定飞机能否安全降落的重要因素。  
根据跑道积雪密度和含水量不同,可分为自然积雪、压实积雪和融冻冰雪。目前,机场常用的除雪方法有以下4种。  
化学制冰法。借助机械设备将除冰剂喷洒到积雪上,可以除冰雪、防结冰。这种除雪方法的优点是气温相对较高、降雪量不大时效果明显,且作业覆盖面积大、作业速度快。  
高温高压法。机场使用专门的热风机将热风吹向跑道表面,使冰雪快速融化,或使用高压水枪将水流喷射到跑道表面。这种除雪方法适用于湿雪过多的低温干燥地区,可以快速清除跑道表面的积雪和冰层。  
机械除冰法。大多数机场会配备装有刮雪板、扫雪刷的车辆,可以采用

吹、扫、推、抛等方式将冰雪清理出跑道,防止积雪和冰层重新形成。这种除雪方法适用于机场大面积降雪,缺点是对空间受限区域难以实施清扫作业。  
人工清扫法。顾名思义是指采用人工作业的方式,使用铁锹、扫帚和刮雪板等简易工具清除冰雪。该方法操作简单,可以作为前3种除雪方式的有效补充。  
近年来,为解决机场积雪问题,一些国家相继研发出智能除冰雪装置。随着人工智能技术的快速发展,无人化装备将取代人工作业,大幅提高机场跑道除雪效率。  
下图:海军航空大学某团场务官兵利用机械设备清除机场跑道积雪。  
赵力摄

