

前不久,以色列武器采购委员会正式批准采购“铁束”激光防空系统,用于对现有“铁穹”防空反导系统的补充。据称,以色列这款新型防空系统具有作战成本低、反应时间短等特点,能够有效杀伤无人机、火箭弹等空中目标。

近年来,世界很多国家将反导拦截技术视为战略防御的核心领域,但当前掌握此技术的国家屈指可数。有人比喻其研制难度:“就像是隔着几百公里用子弹打子弹”。

回首历史,该技术自诞生以来已实现多次迭代升级。按照导弹拦截时机不同,可将反导系统分为助推段、中段、末段拦截3种阶段。那么,这3种阶段各有什么特点?实施起来又有哪些技术难点?请看本文解读。

反导拦截系统:

# “用子弹打子弹”到底有多难

■齐呈荣 高 傲 杨洁瑜

## 军工科普

### 助推段拦截:“纸上谈兵”

1957年8月,苏联拜科努尔发射场,一枚喷着墨绿漆色的导弹,拖着长长尾焰腾空而起,绽放出耀眼光芒。世界上第一枚洲际弹道导弹SS-6发射成功。

3年后,“奈基-宙斯”反弹道导弹在大洋彼岸诞生,拉开了“矛”与“盾”交锋的序幕。

如何拦住万里之外的导弹?科研人员首先想到的是在导弹发射初始阶段将其击毁。我们知道,导弹处于助推段时,飞行速度慢、难以机动变轨,喷射出的高温燃气很容易被红外探测装置发现。

自1960年开始,美国先后发射12颗预警卫星,通过红外传感器检测洲际弹道导弹和潜射弹道导弹发射地点,为实现助推段反导拦截铺设道路。

一切貌似进展顺利,拦截方式的选择却难倒了科研人员。导弹从本土起飞,拦截导弹很难快速抵达发射地点,这导致理论上最容易实现的助推段拦截,实施起来却非常困难。因此,美国随后提出天基激光拦截方案——依托卫星平台布置激光武器,达到跨越敌国防御完成助推段拦截的效果。该方案提出后,科研人员对激光器部署轨道展开激烈讨论。有人提出,激光束存在发散问题,部署轨道要尽可能低,保证威力充足;另一部分人则认为,轨道低会导致覆盖面积缩小,意味着要部署大量激光器,成本又很高,所以轨道高更有优势。

争论尚未平息,一场激光武器试验给出答案:受云、雨、雾等不确定自然因素影响,激光武器并未发挥预期效果,巨额投入与实战收效难成正比。为减少开支,增强助推段拦截可行性,1994年,美国空军提出了“机载激光武器拦截助推段导弹概念设计”任务。机载拦截系统摒弃了卫星上布置激光武器的设想,而是使用波音747-400F飞机作为平台,根据任务需要对目标空域展开防御布置,战术机动性更具优势。

不过,机载拦截系统也暴露出一个弱点——执行任务时,飞机要飞抵离导弹初始发射位置数百公里外空域,一旦对方战斗机发现波音这类宽体飞机,会快速将其锁定击落。这一致命漏洞,迫使美军最终放弃该方案。

科研人员始终没有放弃助推段拦截。近年来,随着五代机问世,美国提出通过F-35战斗机携带的机载导弹对助推段导弹进行拦截。虽然F-35性能较为优越,但其飞行速度仅为1.6马赫,短时间内完成寻找导弹位置、突破战机封锁、瞄准发射弹药,确保命中目标……这一过程实施起来困难重重,近乎于痴人说梦。

就目前军事科技水平看,各国不遗余力地开展技术攻关但收效甚微,助推



段拦截依然是“纸上谈兵”。

### 中段拦截:“弯弓射雕”

完成助推段飞行后,导弹会在空气稀薄的外大气层飞行,这一过程被称为中段飞行。

中段拦截的优点是在对方导弹尚未到达本土之前将其摧毁,其技术门槛同样很高,要想精准完成万米高空的“零误差”拦截,达到“弯弓射雕”的实战效果,拦截导弹需要具备以下三种能力:

一是看得见。中段飞行导弹,所处大气层温度较低,对红外探测设备要求极高。由于部分加速火箭已经脱落,仅剩体积较小的弹头飞行,需要采用高性能远程雷达准确捕捉到来袭导弹位置。此外,中段飞行导弹还会释放多枚诱饵弹头或随时变换轨道,不断迷惑对方反导武器识别与跟踪,使捕捉导弹飞行轨迹的难度大大增加。

针对“狡猾”的中段飞行导弹,有的国家在传统雷达基础上研制出高性能

大型相控阵雷达,通过数以千计的辐射器,发射波束在空中不间断扫描,与卫星相互配合,以达到锁定导弹飞行轨迹的目的。

二是反应快。经过助推段加速后,处于中段飞行的导弹,飞行速度非常快,即便捕捉到弹头轨迹,能否快速飞抵拦截空域也是一大难题。

20世纪80年代,美国提出天基拦截方案,在低轨道上部署大量称为“智能卵石”的拦截器,覆盖整个轨道高度。一旦有导弹进入轨道,“智能卵石”会被激活,启动发动机前去拦截。不过,这种方案需要部署的拦截器数量很大,建造、发射和维护成本也非常高。

三是打得准。中段飞行的导弹具有随时变轨特点,这就要求执行拦截任务的导弹必须拥有变轨能力。而助推器的脱落时机是导弹变轨的关键,只有精准计算出调整脱落时机,在有限的变轨次数中碰撞目标,才能顺利完成拦截任务。

为此,科研人员集合精确探测跟踪与末制导技术、空间作战平台战时测控技术等一系列前沿技术,为精准计算变轨时机、控制导弹姿态提供有力支撑。此外,科研人员在执行拦截任务导弹上

安装了多个小型轨道调整发动机,用于短距离机动,以便将目标纳入杀伤范围。

中段飞行导弹如同太空中的“陨石”,具备高速迷惑性、高速度、高威力等特点,拦截可靠度并不高。以美国为例,截至2017年,开展了19次陆基中段反导系统拦截试验,只有10次成功,成功率仅有52%。

总的来说,中段拦截对整个反导作战技术要求很高,大部分国家都是先具备了末段拦截的保底能力,才有能力研究中段拦截技术。随着卫星技术、激光技术的发展,未来天基中段拦截可能打破陆基中段拦截的主格局,“天女散花”将会取代“弯弓射雕”,成为新的拦截模式。

### 末段拦截:“多管齐下”

如果在助推段、中段对导弹难以实现成功拦截,那么只能依靠末段拦截守住最后防线。

末段拦截导弹飞行速度要有多快?以色列箭-2反导系统给出答案:9马赫。然而,即便拥有如此快的速度,面对末段飞行导弹,依旧十分吃力。在末段飞行过程中,受重力影响,来袭导弹最大飞行速度可达20马赫。

尽管速度很快,但末段飞行导弹具有高度较低、难以及时变轨、无外界因素干扰等特点。与助推段、中段拦截相比,末段拦截难度系数要小很多,被世界各国军队广泛采用。

发现导弹后,如何实现精准毁伤,不同国家给出不同方案。

例如,美国“爱国者”反导系统的拦截导弹采用“直接碰撞+杀伤增强”的毁伤方式进行反导,弹头无需携带大量破片战斗部,这样可以大大缩小导弹体积,使发射车携带更多枚导弹。俄罗斯S-300系列防空反导系统则采用破片定向杀伤战斗部,其中加装的控制系统可以控制导弹战斗部实现破片杀伤,杀伤效应大大提升。

一向博取众长的欧洲各国,汲取各方经验,合力研制出“紫苑”防空导弹系统。该系统装备了破片式高爆炸头和近炸引信,能在近距离内引爆。为提升拦截精度,科研人员在传统尾翼制动的的基础上,采用更先进的直接推力控制技术,灵敏度比尾翼制动高得多。

近年来,以色列“铁穹”防御系统倍受关注。2021年3月16日,升级版“铁穹”系统在测试中成功实现同时拦截无人机群、齐射导弹和火箭弹,提高了应对多种复杂威胁的能力。今年巴以冲突,以色列“铁穹”防御系统再次交出答卷——巴勒斯坦伊斯兰圣战组织(杰哈德)向以色列发射了上百枚火箭弹,大多被以军“铁穹”防御系统拦截,显示出末段反导拦截技术的强大威力。

上图:今年8月,以色列“铁穹”防御系统在以色列与加沙边境地带发射一枚拦截导弹。

新华社发

# 青春的赛道 强军的舞台

■俞大耘

习主席在党的二十大报告中勉励广大青年,立志做有理想、敢担当、能吃苦、肯奋斗的新时代好青年,让青春在全面建设社会主义现代化国家的火热实践中绽放绚丽之花。

奋斗是青春最亮丽的底色,行动是青年最有效的磨砺。民族复兴的使命靠奋斗来实现,人生理想的风帆靠奋斗来扬起。回首历史,一代代青年之所以“历尽千帆,归来仍是少年”,是因为他们勇于在披荆斩棘中开辟道路,敢于在劈波斩浪中开拓前进,自觉投身民族复兴祖国建设伟业,释放出强大的青春能量,书写了绚丽的青春篇章。

青春由磨砺而出彩,人生因奋斗而升华。空气动力专家顾诵芬,26岁时被委以设计飞机气动布局的重任;飞机设计师屠基达,31岁时带领设计团队用了72天试制出初教-6飞机;我国核潜艇第一任总设计师彭士禄,33岁时受命主持潜艇核动力装置的论证工作……那一代军工人用青春热血推动着共和国武器装备发展前进的巨轮,以奋斗之我谱写了一曲壮丽的青春赞歌。

值得警惕的是,当下,“躺平”一词悄然流行。面对复杂环境、激烈竞争,有的年轻人暴露出自暴自弃、随波逐流的消极心态。陈独秀曾说,“退隐为弱者不逞竞争之现象”,并断言“排万难而前行,乃人生之天职”。身处风云激荡的新时代,“躺平”没有出路,奋斗才有未来。火热青春只有为梦想拼搏才能绽放光芒,为国家为人民奋斗才能彰显永恒的价值。

可喜的是,国防军工一线,广大“80后”“90后”青年军工人以坚强臂膀扛起英雄旗帜,在武器装备现代化建设的道路上砥砺奋进、接力前行。“80后”航母副总设计师王硕威,带领平均年龄不到35岁的设计师队伍冲在试验第一线,保证首艘国产航母的顺利交付;“90后”飞行器设计师姜明,与团队成员潜心研发导弹,在一次试验中不断突破自我,仅用半年时间就实现了某型导弹的飞天梦想……事实证明,青年科技工作者是可爱、可为、可信的一代,是勇挑重担、堪当大任的一代。

世上没有“躺赢”的捷径,奋斗的路每一步都算数。李大钊说,青年之字典,无“困难”之字;青年之口头,无“障碍”之语。对于

新时代青年军工人而言,青春的赛道是强军的舞台,最好的成绩就是打造制胜强敌的武器装备。这注定了奔跑的路途,不可能是一片坦途、一路鲜花,难免有曲折、有阵痛,必须准备为之付出更为艰巨、更为艰苦的努力。只有坚定不移沿着正确的赛道奋力奔跑,向英雄学习,仅用半年时间就实现了某型导弹的飞天梦想……事实证明,青年科技工作者是可爱、可为、可信的一代,是勇挑重担、堪当大任的一代。

世上没有“躺赢”的捷径,奋斗的路每一步都算数。李大钊说,青年之字典,无“困难”之字;青年之口头,无“障碍”之语。对于

## 匠心慧眼

### 空军装备部某军代室副主任黄吉传——

# “每天像燕子垒窝一样”

■李宝星 李梅 本报记者 张东盼



一次验收某型战机,黄吉传在一项参数上提出质疑,厂家技术人员则以参数在正常范围内为由毫不退让。一番据理力争,厂家态度渐渐发生转变:“黄吉传不是在和厂家较劲,他是为战斗力负责。”

平时,黄吉传的工作与生活与常人没有什么不同。但一旦任务来临,时间跳动的频率会陡然加速,要与时间赛跑。

“宁愿我们等设备,也决不让设备等我们。”近年来,空军装备加速更新换代,对装备的研制生产进度、质量以及军代表的素质提出更高要求。某型战机在西北大漠开展鉴定试飞期间,黄吉传全年累计跟飞200多天,顶着漫天风沙、冒着严寒酷暑,安全保障飞行600余架次,圆满完成多项重点任务。

那年,对某型战机进行整机军检验收,黄吉传发现某处有轻微损伤。他连夜组织厂家技术人员,分析排查问题并进行试验论证。随后,黄吉传带领厂家技术人员连续奋战数日,将问题彻底查清归零,及时堵住了危及飞行安全的质量漏洞。

“差之毫厘,谬以千里。”作为国之重器的监造者,黄吉传比任何人都清楚,武器装备质量关系到战友生命,决定未来战场胜负。他在工作始终坚守一条原则:“精益求精,严把质量关。”

从事军代表工作这么多年来,黄吉传共验收400余架战机,他个人荣获全军质量监督成果二等奖1项,空军质量监督成果一等奖1项、三等奖1项。

最近,黄吉传还在推进一项工作——牵头组建编纂小组,将近些年出现的典型质量问题梳理总结、编写为一本实用手册,把多年来宝贵的工作经验毫无保留地分享给后来人,为年轻的共和国监造官们快速成长提供智力支持。

作为一名航空武器装备监造官,黄吉传的日常工作是在战机转场交付前,对其进行质检,并协助厂家拿出解决方案。“简单来讲,我是唱‘黑脸’的。”黄吉传说,“‘黑脸’一般很难唱。”

为摸清战机性能和质量底数,黄吉传通常要多方面询问、征集、汇总有关情况,再对战机进行质检验收。有时候,黄吉传提出问题一多,有的厂家误以为他是“故意找茬”。

上图:黄吉传查阅资料。

作者供图

## 监造官

## 军工现场

插上读卡器,录入数据,经过战机健康评估系统快速计算,一张张战机“体检表”随即生成。看着红绿相间的参数指标,于开民脸上露出满意笑容。

于开民是海军航空大学某团质控中心主任,负责对战机健康状态进行管理评估。自博士毕业来到该团,于开民运用科学方法开展创新攻关,开发出多套飞行数据分析软件,并将这些成果应用到部队机务工作中。

“高学历人才从事机务工作,有点大材小用。”刚开始,有同事不理解。可于开民乐在其中:“常年处在战机保障一线,最能贴近官兵需求开展科研工作。”他说。

战机数据分析评估是世界航空界

公认难题。过去,飞参技师必须将战机参数记录下来,手动判读给出结果。这种评估方式,既耗时又费力。

“这是制约战机战斗力生成的一个‘堵点’,必须尽快解决。”于开民看在眼里,急在心里。那段时间,他到多家单位调研,制订出多种科研方案,一个具有自动判读功能的数据分析评估系统初步成形。

一次偶然机会,于开民看到一篇利用大数据手段分析预判人类疾病的论文,点燃了他的创新灵感。没过多久,于开民提出“用大数据预测战机故障”的想法。那段时间,于开民加班加点学习大数据知识,不断汲取业界最新成果。一年多后,于开民不仅完善了数据分析评估系统,还拿下了多项发明专利。紧接着,于开民开始思考:如何将成果更好

地转化为战斗力?

结合日常机务工作,于开民探索新型数据分析系统的使用方法,成功编写相应使用管理规范,在多个部队推广应用,得到广大官兵好评。

“战机维修保障工作不是测参数、换零件那么简单,多留心、肯钻研才能当好‘战地医生’。”于开民说,只有让科研成果更高效,飞行员驾驶战机才更有底气。

地转化为战斗力?

结合日常机务工作,于开民探索新型数据分析系统的使用方法,成功编写相应使用管理规范,在多个部队推广应用,得到广大官兵好评。

# 用大数据给战机“体检”

■沈高剑 姜子晗 李子豪

## 监造官