

未来远程对空导弹发展思考

侯凯宇¹, 贺敏², 金鹏飞²

(1. 上海航天技术研究院, 上海 201109; 2. 上海机电工程研究所, 上海 201109)

摘要: 针对未来远程对空导弹的发展趋势, 本文分析了未来空战场的 3 种重要目标, 对远程对空导弹拦截 3 类目标的重要性进行了分析, 进一步从远程打击“侦-控-打-评”体系出发, 分析了远距作战对于预警探测、指挥控制与通讯、火力打击以及效能评估的四点需求。最后分析了未来远程对空导弹的 3 种能力特征: 防区外拦截能力、弱信息支援下的自主作战能力和强对抗下的有效杀伤能力, 并给出了相对应的技术发展方向。

关键词: 远程对空导弹; 远程打击; 自主作战; 弱信息支援; 强对抗

中图分类号: TJ 760 **文献标志码:** A

DOI: 10.19328/j.cnki.2096-8655.2021.03.009

Thoughts on the Development of Long-Range Air-to-Air Missiles

HOU Kaiyu¹, HE Min², JIN Pengfei²

(1. Shanghai Academy of Spaceflight Technology, Shanghai 201109, China;

2. Shanghai Electromechanical Engineering Institute, Shanghai 201109, China)

Abstract: In view of the development trend of long-range air-to-air missiles in the future, three important types of targets in the future air battlefield are analyzed. The significance of intercepting these targets with long-range air-to-air missiles is interpreted. Based on the “reconnaissance-control-strike-evaluation” integrated system for long range strike missiles, the four requirements of early warning detection, command control and communication, thermal strikes, and efficiency evaluation in long-distance combat are analyzed. The three capabilities of long-range air-to-air missiles in the future, i. e., external interception capacity, autonomous combat capability with limited information support, and effective killing capability under strong confrontation, are studied. Based on the aforementioned analyses, the development trend of technologies for long-range air-to-air missiles is given at last.

Key words: long-range air-to-air missile; long-range strike; autonomous combat; limited information support; strong confrontation

0 引言

现代空战, 攻防双方的博弈向多领域、强对抗发展。导弹武器的射程已经突破传统防御圈范围, 从超视距向更远的防区外攻击发展。与此同时, 作战理论不断推陈出新, 以国外分布式作战、马赛克战为代表的高弹性、快响应、低成本杀伤网正逐步走向战场。在可预见的未来, 未来空战中, 承担大范围预警监视、指挥控制和支援保障的大型飞机将撤离作战前线, 以避免关键节点被打击, 同时临近空间飞行器和下一代隐身平台将大显身手, 通过快速突防、隐身突袭手段提前击溃对手。

冷战时期, 美俄先后发展了数款远程对空导弹, 射程超过 200 km。远程对空导弹, 可对后撤的大型空中平台、远程突袭的临近空间飞行器、下一代隐身平台实施空中远程打击, 有效瘫痪作战体系对前线作战力量的支援保障, 粉碎预先突袭战术, 实现以远制远。为此, 需从未来空战场发展方向出发, 研判未来远程对空导弹能力特征, 辨识关键技术, 聚焦核心能力突破。

1 空空导弹远程化趋势

当前, 预警机、指挥监视机、轰炸机等大型空中

收稿日期: 2021-04-16; 修回日期: 2021-05-25

作者简介: 侯凯宇(1968—), 男, 硕士, 研究员, 主要研究方向为机载导弹武器系统总体设计。

平台由于功能高度集成,在空战体系中处于绝对的核心地位。早期的对空导弹“腿”不够长,无法对相距较远的敌方重要目标产生威胁,只能等待对方进入射程后再打击。伴随装备技术水平和远程作战支援能力的提高,世界军事强国在空战武器发展方面,逐步从视距内格斗、中远距拦射向超视距、超远程拦截的方向扩展,可实现远距离上提前对敌方重要目标进行打击。美苏在其远程对空导弹发展历程中即体现了这一点。

美国作为最早装备远程对空导弹的国家^[1],一开始就将远程对空导弹作为打击苏联的高速轰炸机、对抗“饱和攻击”战术的重要手段。该型导弹为“不死鸟”AIM-54,如图1所示,采用主动雷达导引体制,射程达200 km,最高飞行速度达5马赫^[2]。“不死鸟”对空导弹需要配合F-14战斗机和AN/AWG-9机载雷达火控系统来使用,具备多目标攻击能力,1962年开始研制,1966年5月导弹完成首次制导发射并命中目标,1974年装备使用。在苏联解体前后的较长一段时期内,美国对空导弹射程指标并未出现大幅提升,而面对俄罗斯新型远程对空导弹的相继问世,美国也在远程对空导弹领域再次投入研发力量,先后提出了“先进联合战术导弹”AIM-260、远程交战武器“LREW”等,目前这两款导弹都处于研发过程中,其中,AIM-260射程在300 km级^[3],远程交战武器射程可能更远^[4]。美国还在探索发展“标准-6”空射型,于2018年进行了F/A-18携带去掉助推器的“标准-6”的挂机试飞,若成功转化为对空导弹,将成为美国实施远距离空中拦截的另一种选择。



图1 “不死鸟”AIM-54导弹
Fig.1 AIM-54 Phoenix missile

俄罗斯/苏联在装备研制上向来特立独行,体现着独特的装备发展思路和战术运用思想。俄罗

斯/苏联深知空中作战整体能力逊于美国、面对抗不占优的实际,擅长发展不对称的武器来打击对方弱点和要害,出奇制胜,远程对空导弹的发展正是这种思路的体现。俄罗斯/苏联远程对空导弹主要有较早的远程对空导弹R-37系列和后来发展的超远程对空导弹KS-172。R-37系列远程对空导弹主要有R-37/37M、出口型RVV-BD三个型号。R-37最大射程200 km,计划装备米格-31BM战斗机。R-37M是R-37的改进型,最大射程将突破300 km^[5]。RVV-BD是R-37M的出口型,如图2所示,最大射程为200 km^[6]。KS-172是俄罗斯1991年开始研发的全新的超远程对空导弹,导弹射程可达400 km,主要打击北约空中指挥平台和C³I节点,包括空中预警指挥飞机、对地监视飞机和加油机等^[7]。



图2 2011年莫斯科航展上展出的新型远程空空导弹RVV-BD
Fig.2 RVV-BD missile on display at the Moscow Air Show in 2011

目前,以美国为首的军事强国,大力发展远程作战能力,利用网络化技术,将武器系统的各个节点纳入网络,对各类武器装备均在进行一定程度的网络化改造,以适应复杂战场环境,实现对空中重要目标的超远程攻击。

2 未来远程对空导弹发展需求研判

2.1 未来空战场重要目标

2.1.1 空中大型平台

当今空战体系,是以预警机为核心、多型有人作战飞机为主要作战力量、各类支援保障飞机提供火力等资源保障的综合体。同时,国外正革新空战

理论和装备,推进空战形态变革。在作战理论层面,相继提出了多个作战概念,如空海一体战、分布式作战^[8]、马赛克战^[9]。空海一体战追求空海一体联合作战,特别强调研发和部署距离更为遥远的渗透性和防区外情报,监视与侦察和精确打击能力,强化大纵深条件下的远程打击力量,通过在预警机、侦察机等指挥与支援下,空军轰炸机和海军巡航导弹核潜艇发起快速进攻。分布式作战、马赛克战理论核心是将打击链路功能分解到分散部署的大量低成本武器和平台上,同时将核心节点后撤离远离威胁区。在战术运用层面,提出了“快速猛禽”等计划^[10],通过运输机与数架隐身战斗机组成快速机动小组,可在第一岛链内的小型机场、民用机场内快速转移分队一级的战术飞机机队。通过“快速猛禽”等类似计划,实现小规模大型支援保障平台深入前线作战。

可以研判,大型平台仍然是未来空战重要节点。实施分布式作战,需要将进攻和防御能力分布到在更为广阔的地理区域上分散部署的作战单元上,组织、指挥和控制这些分散部署的作战单元协同作战,需要进行统一的态势感知、指挥决策和任务筹划。特别是战场全局态势的感知、融合,战役级的任务筹划和决策,目前还依赖具备强大计算能力的大型平台来完成。分布式作战基于“海军一体化防空火控”(Naval Integrated Fire Control-Counter Air, NIFC-CA)系统构建,在NIFC-CA系统中,有人隐身战斗机和E-2D预警机成为关键节点^[11]。

在体系定位上,大型平台仍然维持了重要节点的角色,但从作战阵位上呈现了新的态势——后撤。由于近年来国内外防空武器防御范围逐渐增强和拓展,大型平台离作战前线越近,面临被打击风险越高,一旦预警机、运输机等遭受打击,作战体系运转将受到影响。未来,承担预警监视、指挥控制和支援保障的大型飞机将进一步撤离作战前线,提高生存概率。

2.1.2 临近空间飞行器

临近空间飞行器是21世纪航空航天技术的新制高点,该技术的突破,将对国际战略格局、军事力量对比等产生重大和深远的影响。当前临近空间飞行器竞争愈发激烈,多国试图抢占临近空间飞行器实战化先机。可以预见未来,临近空间飞行器将迎来井喷式发展,并在3~5年内有望实战化部署。

临近空间飞行器主要包括吸气式和助推滑翔式。吸气式的典型代表是俄罗斯的“锆石”和美国的X-51A等;助推滑翔式的典型代表是美国AGM-183A、俄罗斯的“匕首”等。

临近空间飞行器相对于传统目标,其飞行高度高,已超出传统防空作战的有效覆盖空域;且采用跳跃式弹道,弹道高度低、预测难,使目前的末段高层和中段反导基本不具备拦截能力。同时由于飞行速度快、突防能力强,防御方的预警、探测、评估、决策等响应时间极其有限,无法及时发挥相关作战效能,使得现有防御系统面临清零的危险。作为一种改变战争游戏规则的新型装备,可以实施的任务包括打击核心通信和指挥枢纽、打击战略机动弹道导弹武器系统、打击大型水面舰艇等,具备对对手的作战体系关键节点进行针对性突袭,达到使对手作战体系失效的目的,从而实现以战术手段打击对手战略要点、摧毁或削弱对手的战略攻击和防御能力。

2.1.3 下一代隐身平台

国外正在发展新一代隐身轰炸机,用于替代已有的轰炸机,新一代隐身轰炸机具备远程打击的能力。除此之外,国外还在发展新一代隐身战斗机,新一代隐身战斗机是基于网络战、新型传感器和组织架构而形成的新系统与能力集成体,将成为上一代隐身战斗机的后继者。

根据下一代隐身战斗机的任务定位,在未来空战中其将深入敌方领空,并直接在对方领空开展行动,在此情况下,新一代隐身轰炸机将和F-35等飞机一道来完成对地面目标的打击任务。由于新一代隐身轰炸机的极低隐身性,执行任务时可以不像传统轰炸机那样需要战斗机伴随护航。同时,国外将新一代隐身轰炸机设想为支持远程打击任务的体系架构的一部分,该机可以自主执行打击任务,也可以与各种非机载系统联通,获取或传递情报信息。新一代高隐身平台装备,将依靠隐身的技术优势,成为对手的天空梦魇。

2.2 远程对空导弹拦截3类目标的重要性

远程对空导弹,若能对未来空战场重要目标实施远程打击,将具有以下战术意义。

2.2.1 打击空中大型平台

通过远程对空导弹打击预警机、指挥机,将产

生“牵一发而动全身”的效果,破坏机群编队关键点,瓦解指挥控制和传感网络,瘫痪航母舰队“大脑”中枢和“视觉”系统,从而掌握战场制空权和主动权,能够起到有效威慑、遏制甚至逼退航母舰队的作用。

空中加油机给飞行中的飞机补加燃料,可使受油机增大航程,延长续航时间,增加有效载重,提高航空部队的作战能力。远程对空导弹可迫使加油机远离前线,大幅降低前线作战飞机航程、留空时间,使其持续作战能力受到显著影响。

2.2.2 反制快速突防战术

临近空间飞行器携带打击火力,或自身即作为打击武器,将给对手防空系统的防御反应时间、拦截概率提出巨大挑战。若远程对空导弹具备对临近空间飞行器的远距离拦截能力,借助空基拦截平台的前出能力,将极大缓解地面防空压力。以战术防御手段反制战术攻击手段,保护战略要点的安全性,使作战体系依然可投入后续常规作战。

2.2.3 抵消新一代轰炸机的隐身攻击

目前远程战术打击主要依靠舰载、潜射以及空射远程巡航导弹。在近几年局部战争中,当被打击目标距离超过舰载远程巡航导弹射程时,将借助轰炸机远程奔袭能力实施远程打击。未来空战场,新一代隐身轰炸机可以进一步抵近目标实施打击,若同时具备强悍的远程巡航导弹挂载能力,可饱和攻击对手防空系统。一旦远程对空导弹形成对轰炸机的威慑与作战能力后,可极大减少突防的巡航导弹数量,从而在很大程度上抵消远程精确打击武器对防空系统的饱和和攻击压力。

2.3 远程打击“侦-控-打-评”需求

2.3.1 预警探测需求

为实现远程打击能力,目标的探测与识别是关键,考虑地球曲率影响,载机平台的探测距离受限,需要发挥体系的作用,融合天基、地基、空基等信息源,通过组网形式实现目标的有效探测识别。在作战中,由于预警机和地面雷达作用距离无法覆盖目标所在位置,因此,中制导信息支援主要依靠地基雷达、天基系统等超视距探测手段。除了借助天基系统和地基雷达,还可以依靠多域多元传感器,如在前置海空域的、无人值守的传感器网络,通过主动、被动等方式对目标进行定位。还可以利用前置

飞行器作为探测平台,引导发射和制导,包括预警机控制无人预警机实施区域预警探测发现隐身目标并提供粗精度定位信息的方式,牵引预警机传感器探测提供高精度情报。

2.3.2 指挥控制与通讯需求

信息融合方面,单个传感器难以满足在复杂环境中对广域多个目标及多样目标的跟踪的准确性,而空基、天基和地基的预警探测平台面对提供的多源多目标信息进行融合处理,需解决时间、空间配准问题,实现目标航迹关联和航迹融合处理,为武器系统提供高精度制导信息。对于远距离、隐身目标,要求作战体系具备信号级融合能力。借助武器、天基、空基传感器获取目标多视角图像,将目标图像信号借助高带宽网络上传云端,通过集中式或分布式的计算网络融合目标信息,实现更精细化的目标识别。

定位建航方面,为满足制导信息要求,体系中的预警机或者地面探测中心、天基系统需在对目标建航基础上具备对探测目标的航迹预测能力,实现对盘旋机动目标的连续制导能力。随着导弹射程增加,制导过程时间同步延长,对火控情报稳定性提出了更高的要求。体系中单个传感器在对目标跟踪过程中可能存在断批问题。尤其是目标小半径盘旋、快速升高逃逸、存在有意/无意干扰等场景下的断批问题会更加突出。需研究提升航迹质量,或具备中制导过程中断批后快速自动接续能力。

威胁判断方面,现有的属性识别手段依然以敌我识别系统(Identify Friend or Foe,IFF)/二次监视雷达(Secondary Surveillance Radar,SSR)和电子侦察为主,识别手段和距离有限,尚不能满足远距离打击的要求。同时,针对电磁静默的非合作目标,目标类型的识别只能依靠预警机的航线特征等进行,对于航线特征不明显的侦察机、反潜机、加油机、轰炸机等则不适用,缺乏有效的目标识别手段。

任务规划及目标分配方面,随着现代空战的日益激烈以及信息化的快速发展,单机单弹作战的样式已经不能适应现代战争的需求,协同空战应运而生。在协同空战中,各作战单元通过信息流的交互连通作用,能够有效地提高集群的探测、识别、跟踪、引导和对敌攻击能力,并能有效地交替掩护,安全退出。如何对机群及弹群合理有效地分配目标和攻击任务,使得整体的作战效能最大化,成为协

同空战的一个核心决策问题。

通信方面,在空中远程打击作战中,由于范围广,环境复杂,体系组成要素多,要求具备远距离全向、高带宽、极低延时、高速传输的“信号级协同数据链”的通信能力。从远期来看,要求作战单元具备通信资源覆盖情况下的随遇接入能力,具备满足对远距离上多个方向的通信需求。

2.3.3 火力打击需求

1) 发射平台多样化。远程对空导弹需具备适装多种空中飞机平台的能力,也可以是陆基车辆、海基舰船。具备强大的平台适应性,使其在战时具备更多选择,将有助于提升远程对空导弹应对复杂多样化打击任务的灵活性,进而提高其作为武器装备的战斗力。

2) 发射方式多样化。需适应不同的发射平台和发射条件,由于远程对空导弹体型、重量相对较大,一般采用弹射的发射方式。当采用载弹量较大的轰炸机内埋时,很有可能采用旋转弹射方式发射。当平台采用较高马赫数超音速飞行时,还要求具备反推式弹射的能力,以尽可能降低对载机飞行产生不利影响。

3) 打击模式要求具备多发连射或多发齐射的能力。敌空中重要节点将具备战斗机等护航兵力,还可能处于海面舰队的防空火力保护范围内,依靠单弹不足以保证有效、可靠的杀伤对方。这是对单目标的作战任务。同时我方有可能需要执行打击多个目标任务。在远程对空导弹打击过程中,需要多弹协同通过协同探测、协同导航来保证可靠的中制导以及中末制导交班。

4) 网络化制导能力。敌方重要目标一般位于我方导弹载机探测范围以外,导弹射程远、作战环境复杂,仅依赖一种信息源提供支撑,系统难以有效作战,因此,需要采用体系化作战模式。远程对空导弹作战过程中需要由我方作战体系中的其他探测节点,如预警机、陆基雷达、卫星等提供早期告警、目标识别、目标装订、导弹制导等信息,能通过协同数据链,将分布在战场上的各类传感器联网,构成一个巨大的分布式传感器网络。通过多域传感器、多弹组网以及信息的有效融合,不仅能提高信息探测精度,同时能解决单一平台抗毁能力差、容易受干扰等缺点,进而大幅提高远程对空导弹的作战效能。

5) 载机前出能力。在执行空中远程打击任务时,常常需要发射平台前突一定距离再发射载机,这样,载机的前突能力也是打击环节需要考量的重要部分。隐身能力将影响前突距离和被发现概率,而飞行速度将直接决定飞机赶赴任务区域以及撤离至安全区域的快慢,这些对于执行有被打击风险任务的载机安全性有重要影响。

2.3.4 效能评估需求

一方面,作战指挥中心需要对远程对空导弹的打击效果进行评估,以为后续决策提供依据。通过探测目标特性变化及轨迹延伸变化进行打击效果评估,当目标特性与目标库配对不同且无轨迹延伸或目标某些典型特征消失时说明击中目标,当目标特征与目标库配对相同且有轨迹延伸或探测到目标某些典型特征时说明未击中目标,需要实施二次打击。

另一方面,多弹协同打击过程中,突前的对空导弹首先与目标遭遇,后续对空导弹获取打击实时图像、目标实际特征信息、其释放的干扰信号,基于对前一发对空导弹的打击效果的判断,后续对空导弹通过在线任务规划,实施调整飞行路线和打击目标。

3 未来远程对空导弹能力特征与技术发展方向

3.1 防区外拦截能力

由于国内外远距离空空导弹发展,空中大型平台后撤,同时,临近空间飞行器和下一代隐身平台的远距攻击能力提升,要求远距对空导弹在完成远距攻击任务的同时,需要保证载机或防空导弹系统自身的安全。从能力下限而言,至少需要在敌方护航编队的最远攻击距离外,对敌编队后方的重要目标实施打击;从能力上限而言,需要威慑敌方作战体系后方重要的信息或资源节点,使之不敢靠近前线,从而无法对前线兵力形成足够支援,甚至整体撤出。

3.1.1 基于 SoC/SiP 的电子设备小型化技术

未来导弹要实现更远的射程,需要进一步减小电子舱段尺寸,解决导弹制导、控制、电气、导航的系统的集成设计问题。一个重要方向是将各个功能模块进行拆分,再将各模块重新整合,减少重复

模块,缩小各模块尺寸。可采用SoC(System on Chip)/SiP(System-in-Package)技术将导弹电子设备进行集成化和小型化,在不增加导弹直径和长度的基础上提高发动机装药质量,从而提高导弹射程。

SoC技术将微处理器、模拟IP核、数字IP核和存储器(或片外存储控制接口)、专用算法、片上总线和相关协议等集成在单一芯片上,形成一个微小型控制系统^[12]。SiP技术将封装的内涵由简单的器件保护盒功能扩展到实现系统或子系统功能,通过高度整合可减少印刷电路板的尺寸及层数,降低整体质量、空间以及材料成本^[13]。

3.1.2 高性能固体火箭发动机技术

提升射程一方面需减小电子舱段尺寸,另一方面需提升导弹发动机动力。未来可发展高性能固体火箭发动机技术,采用高能化发动机推进剂,提升导弹总冲。例如,叠氮含硼推进剂采用硼作为燃料,叠氮缩水甘油醚(Glycidyl Azide Polymer, GAP)、3,3-双叠氮甲基氧丁环(3,3-diazido methylloxetane, BAMO)等叠氮材料作为黏合剂,利用硼的高质量热值、容积热值的优点,叠氮黏合剂具有正的生成热、燃温高和燃烧火焰较强烈等特点^[14],改善含硼推进剂的点火滞延时间和燃烧效率,有效提高推进剂性能。在发动机尺寸、空间一定的条件下,采用高装填或满装填的发动机装填技术也是未来提高发动机总冲的一种方式,其通过新装药工艺提升发动机装药量,从而提高发动机总体性能,实现导弹攻击距离提升。

3.2 弱信息支援下的自主作战能力

未来导弹作战过程中,利用预警机、陆基雷达、卫星等网络化的探测信息进行攻击,网络信息由分布在战场上的各类传感器信息构成,由于探测平台差异以及战场电磁环境复杂,信息存在异构、数据精度低、数据可能存在中断等问题,导弹需要具备在以上弱信息支援下完成导弹制导攻击。比如,传统面空导弹由制导雷达信息进行制导,未来可以利用预警机探测目标,将信息回传,供面空导弹制导。传统空空导弹作战模式为载机向导弹发送攻击预定目标并进行制导,为点对点线性交战模式,俗称“指哪打哪”,该作战模式要求载机必须提供高精度、短周期的连续稳定目标信息,同时导弹需获取

卫星导航信息,以保证中末制导交班时目标处于导引头小角度搜索范围内,以确保导引头能够准确地截获跟踪预定攻击目标。在弱信息支援下,该作战模式则面临攻击失效的问题,导弹需提升自主作战能力。

3.2.1 智能探测感知技术

随着军事武器的不断发展,未来对空导弹作战以群与群对抗为主^[15],远程对空导弹在长距离飞行过程中,会面临各种有人或无人大规模协同集群,战场态势复杂。敌方在战场中同时存在多种目标类型,由于不同目标类型具备不同速度、机动性能,导弹的攻击概率也不一样,为实现弹群对战场环境中目标的最大杀伤效能,需准确识别出目标的类型,从而使得弹群可选择更优的目标进行攻击。在弱信息支援下,导弹从体系获得的目标信息有限,导弹需要具备复杂战场的态势感知和对威胁目标的识别能力。

智能态势感知主要指导弹能够利用战场多个平台的探测信息,以及通过导弹导引头探测信息共享,通过异构、多信息源的融合处理形成导弹对战场空间内敌方态势图^[16]。目标识别主要是识别目标类型和敌我属性,一方面可以通过单枚导引头多维度信息获取进行融合处理,实现目标识别;另一方面,可以通过信号级协同探测,利用高速弹间数据链将各个导引头探测到的信号级信息传输至进行信号协同处理的导引头,可实现发射接收全相参处理,提升目标识别能力。

信号级协同目标识别技术包括导弹间的协同目标识别和体系之间的协同目标识别技术,其核心是将不同平台(包括导弹、长航时无人机、预警机、天基卫星等)探测得到的目标模拟信号传递至信号处理终端,通过将不同位置、角度探测得到的目标模拟信号进行融合处理得到真实的目标信息,由于目标信息量巨大,未来可采用分布式计算和深度学习等方式对目标信息进行处理,提高计算速度和目标识别效率。由于传递的目标模拟信号涵盖了目标几乎所有有用信息,因此,通过信号级协同的方式可有效提高目标探测距离和对目标的识别准确度和速度,极大提高导弹识别能力和作战能力。

3.2.2 弹群协同导航制导技术

未来战争复杂电磁环境将导致卫星导航拒止情况下单弹导航精度不足,网络化制导信息精度

低,连续性难以保证。这都会导致导弹的中末制导交班能力下降,使导弹远距攻击制导链路不能闭环。随着未来对空导弹体系化、集群化作战需求发展,多枚导弹可以组成编队,同时完成对空中多个作战任务^[17],通过协同导航、制导等提升中末制导交班能力。

未来对空导弹集群作战的导航模式需要由各个导弹单独导航飞行转变为弹群多个导弹协同导航飞行,基于多个导弹的多个导航设备信息融合技术,并将信息采集、传输以及处理等3个环节合为一体的“超级传感系统”。在信息化战争中,基于多弹多导航设备信息融合技术的弹群协同导航飞行必将取代传统意义下单弹单导航设备^[18]。协同导航飞行可明显加强感知的能力和提高体系内各用户信息共享的程度,能够为“协同攻击”奠定良好的基础,更好地满足实战的需求。

弹群协同导航主要利用数据链组网将多个弹的导航系统进行信息融合实现协同导航,以提升单弹的导航精度,如图3所示。弹群中的单弹可根据成本需求、作战任务和拒止环境的不同,分别具有不同的导航系统,如惯性导航、卫星导航、天文导航、导引头成像匹配导航等多个异构导航系统。因此,利用弹群中各导弹具有的不同导航系统,通过数据链信息交互,优势互补,构建异构多源信息自适应智能融合算法,将本弹导航系统信息与弹群中其他导弹导航系统信息进行融合,实现弹群协同导航,保证弹群在卫星导航拒止等复杂战场环境下的导航精度,降低了单弹导航系统的成本。

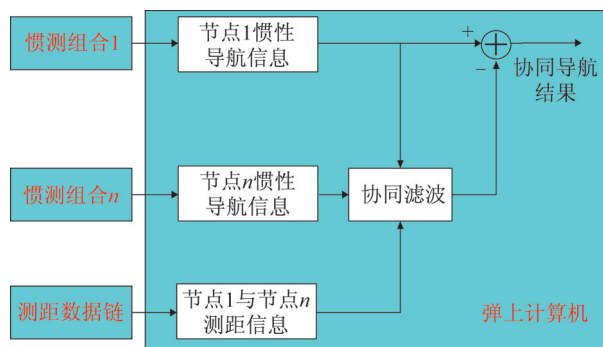


图3 协同导航系统结构

Fig.3 Structure of the cooperative navigation system

面对弱信息支援下目指位置信息误差大、目指速度信息缺失等问题^[19],传统的单弹搜索策略在有限时间内不足以完成对疑似区域的搜索。弹群可

以通过协同制导和探测,实现有利探测位置占位,通过多枚导弹的探测任务分配与合成,扩大搜索范围,实现弱信息支援下的中末制导交班^[20]。当采用被动导引头时,还可以通过多弹协同实现无源高精度定位能力。

3.3 强对抗下的有效杀伤能力

战场环境日益复杂,有人或无人大规模协同集群、常态化高强度多样式干扰是未来战场环境的主要特征^[21]。要求导弹在复杂的电子干扰和目标机动规避等对抗条件下,通过感知、预测敌方干扰和机动,动态地做出最优的抗干扰或攻击策略,以规避或者降低敌方施加的干扰对精确制导的影响,提高杀伤概率。

3.3.1 自主规划与决策技术

自主规划与决策技术要求导弹随着目标信息的不断变化,能自主动态制定和调整打击任务、决策,对航迹进行必要的局部修改或进行重新规划。

由于战场中导弹数量和目标数量多,导弹和目标在空中的态势比较复杂,多枚导弹在飞行过程中,需要针对复杂的、不确定的作战条件,对导弹的战术意图和行为进行实时决策,合理分配各枚导弹的攻击目标及协同打击策略,使导弹从探测、跟踪、寻的、拦截到最后摧毁目标的整个作战和制导过程实现完全自主,实现多弹协同攻击的最大打击效益。自主规划与决策技术可通过空战对抗情景仿真,建立以大量仿真样本的“大数据”,通过深度学习系统进行训练,构建自主决策数据库,弹群依据自主决策数据库逻辑依据战场态势变化进行实时决策,实现导弹对战场态势动态适应和攻击效能的提升。

弹道规划根据导弹的决策结果、目标信息、战场环境信息、导弹自身状态、到达目标时间等,实时规划出最合适的飞行弹道,自主机动飞行,实现对指定目标的打击。一般飞行员面临导弹来袭告警,会选择机动规避,空域上多发导弹可从多个角度协同进行攻击,对目标形成夹击、合围,甚至导弹数量较多时,可做到无论目标如何机动,都存在最佳攻击态势的导弹。弹道规划可采用飞行时间、攻击角度控制的协同制导律实现同时、预定时间间隔、预定攻击角度等协同策略命中目标,提高对目标的命中概率。

3.3.2 智能抗干扰技术

导弹需要具备在复杂对抗环境下的抗干扰能力,例如典型的抗远距支援干扰、自卫干扰、拖曳式诱饵干扰、空射诱饵、拖速/拖距密集假目标等干扰,实现干扰条件下假目标检测和跟踪。典型复杂电磁干扰态势场景如图4所示。



图4 典型复杂电磁干扰态势场景示意图

Fig.4 Schematic diagram of typical complex electromagnetic interference situation scenario

传统单一维度的信号和数据处理难以挖掘和利用全部维度特征信息,且各维度信号和数据处理是独立进行,没有利用不同维度特征间的关联信息,未来远程对空导弹可通过时、频、空、图像、波形、能量等多维信息融合处理,采用基于人工智能的抗干扰处理手段,对多维特征信息进行综合运用,挖掘不同维度信号蕴藏的信息及相互间的关联信息,大幅提升对干扰的识别和对抗能力。

4 结束语

本文对未来远程对空导弹的发展需求、能力特征和关键技术进行了分析,首先对国外空空导弹远程化趋势进行了研判,根据发展趋势分析了未来远程对空导弹3类主要打击对象——空中大型平台、临近空间飞行器和下一代隐身平台,并分析了远程对空导弹拦截3类目标的重要性。进一步从远程打击“侦-控-打-评”体系出发,分析了远距作战对于预警探测、指挥控制与通信、火力打击以及效能评估四点需求,并提出了未来远程对空导弹防区外拦截、弱信息支援下自主作战、强对抗条件下的有效杀伤能力特征与技术方向,以其对未来对空导弹发展提供参考。

参考文献

- [1] 潘辉,卫旭芳.美国海军空空导弹发展历程及启示[J].飞航导弹,2020(3):46-50.
- [2] 王海俭.国外几种主要空空导弹:不死鸟(AIM-54A/C)[J].航空兵器,1982(4):41-46.
- [3] 何懿.追赶中俄,美军发展新型 AIM-260 远程空空导弹[J].兵器知识,2019(10):31-33.
- [4] 任森,文琳,王秀萍.2017年国外空空导弹发展动态研究[J].航空兵器,2018(1):66-74.
- [5] 任森,文琳,李双.2018年国外空空导弹发展动态研究[J].航空兵器,2019,26(3):5-13.
- [6] 李双,王秀萍.在2011年莫斯科航展上披露的 RVV-BD 远程空空导弹[J].航空兵器,2012(1):8.
- [7] 杨政卫.苏-35BM 超远程武器使用方式研析[J].航空世界,2015(3):72-77.
- [8] 袁成,穆作栋.分布式空中作战概念分析[J].航空兵器,2020(4):11-16.
- [9] 程翔.人工智能时代马赛克战致胜机理研究[J].舰船电子对抗,2020,43(2):12-15.
- [10] 温杰.“快速猛禽”美军部署 F-22 的新战术[J].兵器知识,2016(8):46-49.
- [11] 熊海峰.浅析 NIFC-CA 系统在美军杀伤网构建中发挥的作用[J].军事文摘,2021(3):15-20.
- [12] 沈文发,王维,李景须.航天 SoC 技术的发展态势与开发方法研究[J].航天元器件,2012(3):10-13.
- [13] 陈悦,周晓宁,季秀霞.SIP 技术的发展与应用[J].印刷电路信息,2015(9):51-53.
- [14] 吴战鹏,卢兴福,王锐鑫,等.整体级发动机用叠氮含硼推进剂研究[J].推进技术,2003,24(6):567-570.
- [15] 肖增博,雷虎民,夏训辉.多导弹协同作战关键技术研究及展望[J].飞航导弹,2008(6):24-26.
- [16] 刘伟,伊同亮.关于军事智能与深度态势感知的几点思考[J].军事运筹与系统工程,2019,33(4):66-70.
- [17] 商巍,赵涛,环夏,等.导弹武器系统协同作战研究[J].战术导弹技术,2018(2):31-35.
- [18] 谢启龙,宋龙,鲁耗,等.协同导航技术研究综述[J].航空兵器,2019,26(4):23-30.
- [19] 吴雄君,马宁.多弹协同探测综述[J].制导与引信,2016,37(2):1-5.
- [20] 谢宇婷,周军,卢晓东.基于多导弹协同目标探测的空间配准算法[J].航空兵器,2018(2):9-15.
- [21] 蔡天一,李丹,赵源.从美国电子战反导技术新动向看导引头抗干扰技术发展态势[J].控制与制导,2018(10):79-84.