

## 红外近距格斗空空导弹发展展望

樊会涛,刘代军

(中国空空导弹研究院,河南 洛阳 471009)

**摘要:**在最近发生的几次局部战争中,空空导弹对夺取制空权起到了非常重要的作用,许多国家都开始发展和装备新一代空空导弹。分析了现代空战对新一代红外近距格斗导弹的要求,指出拦截巡航导弹将成为新一代红外格斗导弹的作战使命。介绍了国外新一代红外近距格斗导弹典型型号的发展情况,主要是美国的 AIM-9X、英国的 ASRAAM、德国的 IRIS-T。最后对新一代红外近距格斗导弹普遍采用的关键技术——气动外形与系统设计、红外成像制导、气动力/推力矢量复合控制、小型捷联惯导等进行了探讨。

**关键词:**红外近距格斗导弹; 红外成像制导; 气动力/推力矢量复合控制

**中图分类号:** TN21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2005)05-0564-05

## Development trends of short-range dogfight IR air to air missile

FAN Hui-tao, LIU Dai-jun

(China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China)

**Abstract:** In the recent local wars, air to air missile plays an very important role in controlling air-supremacy, for which many countries commence to develop and equip new generation air to air missile. Firstly, the modern air-combat's requirements for new generation short-range dogfight IR missile are analyzed in the article, and it is pointed out that interception of cruise missile will be combat mission of new generation short-range dogfight IR missile. Then, the development trends of foreign new generation short-range dogfight IR missile are introduced, including U.S. AIM-9X, Britain ASRAAM and Germany IRIS-T. Finally, the key technologies generally used by new generation short-range dogfight IR missile, such as the advanced aerodynamic configuration/system design, IIR guidance, aerodynamic/TVC complex control and small strap-down inertial guidance system, are discussed.

**Key words:** Short-range dogfight IR missile; IIR guidance; Aerodynamic/TVC complex control

### 0 引言

夺取了制空权就掌握了战争的主动权,而空空导弹是夺取制空权的重要武器。未来空战遵从先视先射的原则,在超视距交战开始,在强大的电子干扰和光电干  
在现代战争中,空战成为具有决定意义的较量,

收稿日期:2004-10-10; 修订日期:2005-01-05

作者简介:樊会涛(1962-),男,河南洛阳人,研究员,硕士,主要从事空空导弹研究工作。

扰的支援下,按照作战网络提供的全面信息和指令,用中远程导弹毁伤威胁最大的各类目标,包括破坏敌方的信息链路;继而按照“看见即攻击”的原则,用全向近距格斗导弹,消灭余下的目标,以贴近格斗结束战斗<sup>[1]</sup>。模拟空战的结果显示,空战中双方约有40%的概率要进入近距格斗状态。

未来空战将充分体现体系对抗的特点,目前各种作战飞机广泛采用光电、电磁以及综合干扰手段,使敌方的飞机无法在中距有效地进行攻击。另外,飞机的隐身化也是一个重要的发展方向。据报道,美国F-117隐身战斗机的雷达反射面积几乎与一只大鸟相当,机载雷达很难在远距离发现这样的隐身目标。电磁干扰环境的日益恶化和飞机隐身性能的提高使空战中双方突然遭遇的可能性加大,在敌对双方势均力敌的情况下将有更大的概率进入近距格斗状态。美国最先进的第四代战斗机F-22有多种武器配置,但每种配备方案都至少有两枚近距格斗弹AIM-9X,这说明了近距格斗导弹在未来空战中仍然是必不可少的。

从近年来发生的海湾战争、科索沃战争以及伊拉克战争中可以看出,巡航导弹总是作为战争的先锋官对敌方首先发动攻击,并且具有巨大的破坏力,对敌方造成心理震撼,因此如何防范巡航导弹的攻击成为现代战争重要的研究课题。与地面高炮、地空导弹相比,空空导弹由于发射平台的机动、灵活性,克服了地面防空部队阵地容易被敌方发现和摧毁的缺点。另外,由于制导精度和机动能力的优势,空空导弹对巡航导弹的拦截成功概率要远大于其他武器。对巡航导弹的拦截将成为新一代近距格斗导弹的作战使命。

近距格斗空空导弹在未来空战中是必不可少的,并且未来空战对红外近距格斗导弹也提出了更高的要求。为了在未来空战的近距格斗中获胜,要求携带导弹的载体具有不占位发射能力,或至少对占位的要求比较低。所谓载体“占位”是指在近距空中格斗时,为使目标进入导弹允许发射区载体所作的机动<sup>[1]</sup>。不占位发射就是要求载体能够攻击载体前方、侧方甚至后方的目标,这对近距格斗导弹提出了很高的要求。为了实现这一要求,近距格斗导弹应具有大离轴发射能力,发射离轴角达到 $\pm 90^\circ$ ;应具有很好的敏捷性,机

动能力达到60g以上;应大大增加迎头探测能力,真正实现全向攻击;应具有发射后截获目标的能力,扩大发射攻击区;应具有越肩发射能力,可以攻击载机侧后方的目标;应具有优异的抗红外诱饵干扰能力,适应复杂的战场环境。目前正在服役的第三代红外近距格斗导弹大多是在20世纪80年代完成设计定型的,难以满足现代空战的需要,主要表现在对目标迎头探测距离太小、抗干扰能力差、离轴角和机动过载较小,不具备发射后截获能力等方面。因此,必须发展新一代红外近距格斗导弹以满足现代空战的需要。

## 1 国外红外近距格斗导弹的发展情况

世界各主要军事强国都竞相发展和装备新一代红外近距格斗导弹,主要型号有:美国的“AIM-9X”、英国的“ASRAAM”、以德国为主多国联合研制的“IRIS-T”、法国的“MICA 红外型”、南非的“A-Darter”和以色列的“Python IV”等。下面简单介绍几个型号的基本情况:

### (1) AIM-9X

AIM-9X是由美国空军和海军联合研制的新一代红外近距格斗空空导弹,用于取代现役的AIM-9L/M。美国空军和海军对AIM-9X的性能要求各有侧重,但一致要求AIM-9X总体的战术性能要超过前苏联的R-73和其他大离轴角发射全向攻击的导弹,即具有更好的目标截获能力、更大的机动能力和优良的抗红外干扰能力;要求导弹能够在发射前和发射后锁定目标,以获得发射后不管的能力<sup>[2]</sup>。美国雷锡恩公司经过八年的研制,于2002年定型并开始小批量生产。AIM-9X主要装备F-15、F-16、F/A-18、EF2000等先进战斗机,尤其能够在F-22战斗机的武器舱中内埋发射。AIM-9X导弹外形如图1所示。

AIM-9X导弹进行了全新的气动外形设计,采用正常式布局,前弹体装有四个固定翼,弹体尾部安装了四个控制舵。导引头采用128×128元的碲镉汞凝视焦平面红外成像探测器,工作波段为3~5 $\mu\text{m}$ ,导引头的框架角能够达到 $\pm 90^\circ$ 。控制系统采用气动舵与推力矢量相结合的复合控制系统,提高了导弹的敏捷性,可以使导弹在高空、低速时进行大攻角飞行,攻角可达 $50^\circ$ ,导弹的转弯速率达到60~100°/s。其动力装置、

激光引信和战斗部与 AIM-9M 的相同。

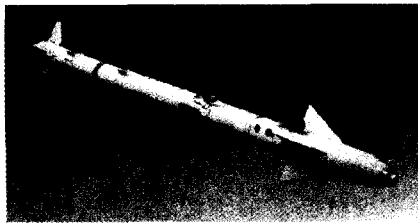


图 1 AIM-9X 导弹外形图

Fig.1 AIM-9X missile

## (2) ASRAAM

20 世纪 90 年代初,美欧合作研制新一代空空导弹计划失败后,英国就以马特拉英宇航动力公司为主承包商开始独立研发一种红外制导的先进近距空空导弹——ASRAAM。该弹经过十年的研制,于 2002 年交付英国皇家空军使用。装备的飞机有 EF-2000、狂风 GR MK4 和鹞式 GR-5/7 等。ASRAAM 导弹外形如图 2 所示。

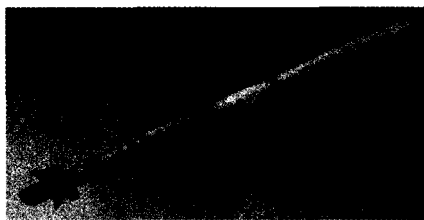


图 2 ASRAAM 导弹外形图

Fig.2 ASRAAM missile

ASRAAM 导弹外形采用“干净”弹身、切梢三角形尾舵控制方案,这种气动方案可使导弹获得较高的机动性能,同时阻力较小、飞行速度高。其导引头与 AIM-9X 的相同。ASRAAM 同样采用了推力矢量/气动力复合控制系统,且可做到全程推力矢量控制。其动力装置采用高性能固体火箭发动机,有助推续航两级推力,发动机的红外特征较弱,且尾烟少。据称,该弹的制导精度很高,能选择目标的关键部位进行攻击,并能在敌方干扰严重的情况下有效攻击。此外,ASRAAM 也具有发射后截获目标能力<sup>[3]</sup>。

## (3) IRIS-T

IRIS-T 导弹是由德国牵头,六国联合研制的先进

红外型近距格斗空空导弹。该导弹于 1996 年开始方案设计,2002 年完成了设计定型,在定型靶试中 6 发导弹全部直接命中目标,2004 年开始批量生产并交付用户。IRIS-T 将装备欧洲各国“台风”、“阵风”战斗机。IRIS-T 导弹外形如图 3 所示。

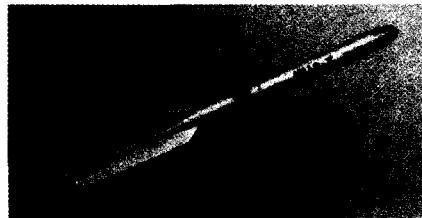


图 3 IRIS-T 导弹外形图

Fig.3 IRIS-T missile

IRIS-T 导弹采用正常式气动布局,用四个反安定面取代了响尾蛇的四个鸭式舵,以实现大攻角时的敏捷性。弹体中部装有四个固定边条翼,以增加升力并保持大攻角时的可控性。采用机械扫描的 128×4 的碲化镉红外成像导引头,工作波段为 3~5 μm,与头盔瞄准具配合使用能以大于 90°的离轴角锁定目标,并且具有优异的抗人工和自然干扰性能。其机动由气动控制面和导弹后部的发动机推力矢量控制机构共同完成,推力矢量控制机构为燃气舵形式。采用固体火箭发动机,推进剂为少烟的星型装药,该发动机具有助推-巡航-续航的推力曲线。采用主动激光引信,该引信在距目标一定距离时由成像导引头产生的“目标接近”信号启动<sup>[3]</sup>。

## 2 新一代红外近距格斗导弹的关键技术

为了满足现代空战对近距格斗导弹的要求,国外新一代红外近距格斗导弹普遍采用先进的气动外形与系统设计技术、红外成像制导技术、气动力/推力矢量复合控制技术和小型捷联惯导技术等<sup>[4]</sup>。

### 2.1 先进的气动外形与系统设计技术

新一代近距格斗导弹采用了全新的气动外形设计,抛弃了第三代导弹的鸭式气动布局,采用正常式布局,并且缩小了舵翼面尺寸,甚至采用干净的弹身,导弹机动所需要的过载主要通过大攻角飞行时弹身提供的升力产生。这对气动外形设计提出了很高的要

求,导弹大攻角飞行时,对称弹体将产生非对称、不稳定的分离涡,而弹体产生的涡流流场是影响飞行器稳定性和操纵性的关键因素。如何准确地预测弹体大攻角气动特性,研究导弹在大攻角下的非对称流场以及对操稳特性的影响,对导弹设计显得尤为重要。另外对于大攻角气动外形的气洞试验方法也是设计师要解决的新问题<sup>[4]</sup>。

新一代红外近距格斗导弹大量采用新技术,使导弹性能大幅度提高,这增加了系统总体设计的难度,使导弹和载机的联系更为紧密,成为一个完整的武器系统。导弹的大离轴发射、越肩发射、发射后截获、抗干扰以及拦截巡航导弹等技术是系统设计时需要重点考虑的问题,系统设计往往需要多次叠代才能闭合总体设计方案,数字仿真、虚拟样机和半实物仿真是主要的系统设计手段。

## 2.2 红外成像制导技术

红外制导的空空导弹制导体制从最初的单元红外发展为多元红外,最后发展为红外成像。多元红外在一定程度上增加了导引头的探测距离和抗干扰能力,但与红外成像相比,具有体制上的不足,其性能比红外成像的差。

红外成像导引头是一种有大量探测元,利用目标与背景之间的温度差经过数据信息处理成像的导引头,具有以下特点<sup>[5]</sup>:

(1) 较高的灵敏度和空间分辨率,以被动方式全方位对目标进行探测,对目标迎头探测距离远大于点元或多元导引头;

(2) 抗红外干扰能力强,对红外诱饵、假目标具有较高的鉴别能力,并且可以抑制背景干扰;

(3) 可以实现智能化制导,利用软件实现对目标的自行判断、决策和跟踪,使导弹可以选择目标和可选择攻击目标的关键部位,导弹发射后在飞行过程中即使丢失目标,导引头仍具有记忆和推断目标运动状态、重新搜索并截获目标的能力。

(4) 与单元和多元导引头相比,红外成像导引头能够得到大量目标信息,可以实现制导引信一体化设计,即引信可以利用导引头得到的目标信息,优化引信配合,进一步提高对各类目标的毁伤概率。

根据成像方式不同,目前发展的红外成像导引头主要有扫描成像和凝视阵列成像两种。凝视阵列成像的优点是采用能瞬间观察景物的电扫,取消了扫描成像的一套摆动或旋转式反射镜对景物扫描的机构及电子处理设备,并具有更高的对目标截获能力的分辨率、信噪比及低的虚警率和小的质量体积,但是凝视阵列系统具有阵列中探测器响应不均匀的缺点,且价格昂贵。而线列扫描成像则具有难度小、成本低的优点。两种导引头都可以采用摆动的万向支架,使导引头框架角达到 $\pm 90^\circ$ 以上,提高了导弹离轴发射和跟踪能力。由于各国工业基础、经济基础以及技术发展水平各不相同,目前世界上发展的新一代红外近距格斗导弹红外成像导引头既有采用凝视阵列成像的(如AIM-9X和ASRAAM),也有采用扫描成像体制的(如IRIS-T和A-Darter)。

## 2.3 气动力/推力矢量复合控制技术

近距空战对空空导弹的要求越来越高,为了有效对付未来大机动的空中飞行目标,需要更大的横向可用过载和更快的响应速度,传统的气动面控制受飞行速度和飞行环境的影响较大,已经不能满足要求。推力矢量控制是一种通过控制发动机主推力相对于弹轴的偏移来产生所需控制力矩的控制技术。很显然,推力矢量控制的特点使导弹的机动性不依赖于飞行环境,其机动加速度和转弯依靠控制导弹推力矢量的方向得到,而与它的飞行速度、飞行高度无关,这对于导弹的初始飞行段(速度较低)和高空飞行段(空气稀薄)的控制特别有益<sup>[6]</sup>。推力矢量控制系统使导弹在低速、高空飞行状态下仍然可以产生较大的横向过载,这一点是常规的空气动力翼面控制系统根本无法比拟的。另外,推力矢量控制技术的采用使导弹在初始飞行段可以获得较大的过载,这对于消除初始发射误差,提高制导精度具有重要意义。空空导弹使用推力矢量控制技术具有增大导弹的攻击区、减小导弹舵翼展、提高导弹的快速性等优点,这些优点对于近距格斗型空空导弹具有特殊的价值。推力矢量控制技术在现代空空导弹的设计中得到了广泛的应用<sup>[7]</sup>。

目前推力矢量控制在空空导弹上主要有两种应用模式:全程推力矢量控制方式和气动力/推力矢量

复合控制方式<sup>[8]</sup>。所谓全程推力矢量控制方式是指在导弹外形设计上完全取消空气舵面和翼面,导弹所需的机动需求完全由推力矢量舵提供。所谓气动力/推力矢量复合控制方式是指在发动机燃烧时,推力矢量舵和空气舵同时工作,当发动机关车后,推力矢量舵不起作用,只使用空气舵进行控制。

#### 2.4 小型捷联惯导技术

新一代红外近距格斗导弹为了具有发射后截获能力和实现越肩发射必须采用捷联惯导技术。采用捷联惯导技术也是基于先进制导律的要求,另外,自动驾驶仪闭环稳定也要求惯导系统提供弹体姿态角、姿态角速度以及线加速度等信号。

捷联惯导系统主要由惯性测量组件(IMU)、惯导计算机及惯导电源三部分组成,惯导计算机及惯导电源部分在导弹总体设计时可以考虑分别合并到导引头计算机和弹上主电源,惯性测量组件就成为捷联惯导系统中唯一独立出现的部分,同时它又是捷联惯导系统的核心部分。惯性测量组件主要由敏感角速度的陀螺、敏感加速度的线加速度计和处理补偿传感器数据的电子部件三部分组成。与中远程空空导弹捷联惯导系统相比,近距格斗导弹捷联惯导系统应更加强调小型化设计,所以应用于近距格斗导弹的捷联惯导系统大都采用了新型惯性器件(光纤陀螺和硅加速度计)。

光纤陀螺是基于萨格纳克效应的一种新型的光学惯性器件,与基于经典力学原理的机械陀螺相比,由于光纤陀螺内部取消了高速旋转的活动件,所以它具有普通机械陀螺无法比拟的优点,如准备时间短、动态范围大、无转动摩擦、抗振动/冲击性能好、可靠性高以及全寿命费用低、体积功耗小等。因而光纤陀螺是弹载捷联惯导系统理想的惯性测量器件,目前光纤陀螺正在进一步向小型化、低成本和高性能方面发展。

### 3 结束语

空中力量将是今后战争中的核心力量,制空权是完成一切作战任务的前提,在争夺制空权的战斗中,近距空战不可避免。面对未来日益复杂、严峻的空战

环境,第三代红外型近距格斗空空导弹已不能满足需要,世界各国都在积极发展和装备性能先进的新一代红外近距格斗导弹。新一代近距格斗导弹普遍采用了系统设计和集成、红外成像制导、气动力/推力矢量复合控制、小型捷联惯导等先进技术。这些先进技术的采用,使近距格斗空空导弹在机动能力、发射距离、抗干扰能力以及作战使用等方面得到了质的改进,对敌方作战飞机的毁伤效能不断提高,成为近距格斗中名副其实的“空中杀手”,是空战进入格斗时的决定性武器。

#### 参考文献:

- [1] FAN Hui-tao. Air to air missile development trends in 21 century [J]. Aero Weaponry (樊会涛. 空空导弹 21 世纪展望. 航空兵器), 2001, (1): 1-4.
- [2] Mark Hewish, Mark Daly, Joris Janssen Lok. An arrow to the heart [J]. Jane's International Defense Review, 2002, 35(7): 1-36.
- [3] Rupert Pengelly, Bill Sweetman. Arming for close-in air combat [J]. Jane's International Defense Review, 1999, 32(1): 45-49.
- [4] XING Xiao-lan, LIU Dai-jun. The key technologies discussion of the fourth generation short-range dogfight IR missile [J]. Aero Weaponry (邢晓岚, 刘代军. 第四代红外近距格斗空空导弹关键技术探讨. 航空兵器), 2001, (6): 37-40.
- [5] FANG You-pei. Jamming technology research to the imaging IR guidance missile [J]. Infrared and Laser Engineering (方有培. 对红外成像制导导弹的干扰技术研究. 红外与激光工程), 2000, 29(3): 7-10.
- [6] SONG Zhen-feng. Application of TVC technology in air to air missile [J]. Aero Weaponry (宋振峰. 推力矢量技术在空空导弹上的应用. 航空兵器), 1993, (3): 26-28.
- [7] WANG Xi-quan. Some viewpoints of IIR air to air missile and its guidance system [J]. Aero Weaponry (王锡泉. 红外成像空空导弹及其制导系统的一些考虑. 航空兵器), 1993, (6): 1-6.
- [8] LIU Dai-jun, CUI Hao. TVC technology and the fourth generation air to air missile [J]. Aero Weaponry (刘代军, 崔颢. 推力矢量控制技术 with 第四代空空导弹. 航空兵器), 2000, (5): 28-31.