

# 第五代空空导弹的特点及关键技术

## Characteristics and Key Technologies of the Fifth Generation of Air to Air Missiles

樊会涛 / 中国空空导弹研究院

**导读:**空空导弹自问世至今已发展了四代,空战的需求和科学技术的不断进步推动着空空导弹的更新换代。目前各军事强国均在进行第五代空空导弹的探索和研究。本文分析了未来空中威胁和空战的特点,介绍了国外新一代空空导弹发展计划,从未来空战作战模式、作战环境、目标特性等方面提出了对第五代空空导弹的军事需求,探讨并分析了第五代空空导弹应具备的特点,以及需突破的关键技术。

**关键词:** 空空导弹; 第五代; 关键技术

**Keywords:** air to air missile; the fifth generation; key technologies

### 1 空空导弹的发展历程

空空导弹于20世纪40年代问世,1958年首次投入实战,经过半个多世纪的发展,已经成为空中对抗的主战武器,以及夺取制空权、决定战争胜负的重要因素。

历次现代局部战争的实践表明,空空导弹发挥着越来越重要的作用。1973年的第四次中东战争,以色列空军共击落阿拉伯国家飞机335架,其中275架是用空空导弹击落的。1982年的英阿马岛战争,英军“鹞式”舰载战斗机共发射AIM-9L响尾蛇空空导弹27枚,击落阿根廷空军幻影战斗机24架。1991年的海湾战争,伊拉克空军共有44架飞机被多国部队击落,其中42架是被空空导弹击落的。1999年的科索沃战争,南联盟在空中损失的6架米格-29战机全部是被北约战机用空空导弹击落的,这些飞机都是刚刚起飞就被预警机引导下的北约战机用AIM-120先进中距空空导弹击毁<sup>[1]</sup>。

半个世纪以来,随着空中目标性能的不断提

高,空战战术的不断发展以及各种新理论、新技术、新材料在空空导弹设计制造中的不断应用,空空导弹技术获得了迅速的发展。迄今为止,空空导弹已发展了四代产品,形成了红外和雷达两种制导体制、近距离格斗和中远距拦射两大系列<sup>[2]</sup>。目前,第三代空空导弹仍在服役,第四代空空导弹已成为主战装备。进入21世纪,世界军事强国在研

发第四代空空导弹及其改进改型的同时,都在积极对第五代空空导弹进行探索性研究。

### 2 未来空中威胁和空战特点

从发展规律看,与其他武器装备一样,空空导弹的更新换代也是一个典型

表1 国外第四代红外型近距格斗导弹主要性能

型号	AIM-9X	ASRAAM	IRIS-T
国别	美国	英国	德国
弹径(mm)	127	166	127
弹重(kg)	85	87	85
导引方式	凝视焦平面	凝视焦平面	线列扫描
最大跟踪范围	±90°	±90°	±90°
迎头探测距离(km)	10~12	10~12	10~12
机动能力(g)	60	70	60
控制方式	推矢/气动	推矢/气动	推矢/气动
近炸引信	激光引信	激光引信	激光引信
服役时间(年份)	2002	2002	2004

表2 国外第四代中距拦射导弹主要性能

型号	AIM-120A	R-77	MICA-EM
国别	美国	俄罗斯	法国
弹径(mm)	178	200	165
弹重(kg)	158	175	112
制导方式	惯导、数据链、主动雷达	惯导、数据链、主动雷达	惯导、数据链、主动雷达
最大发射距离(km)	75	65	50
机动能力(g)	40	35	35
服役时间(年份)	1991	1995	1994

的“需求牵引、技术推动”的过程。每一代空空导弹的发展都是一个适应目标性能提高和作战环境变化的过程,也是一个技术进步推动的过程。

第四代战斗机、无人作战机以及超声速巡航导弹的出现对空空导弹的作战能力提出了新的更高的要求。第四代战斗机的装备对第五代空空导弹提出了现实的需求,四代机的典型特征是隐身、超声速巡航、高机动。美国的F-22已于2005年12月正式服役,累计交付187架;另一种四代机F-35的生产型也已经开始试飞,预计2013年左右装备部队。无人机正以惊人的速度发展,其作战任务已经由情报侦查、通信中继等发展到了对地打击,并正向对空作战方向发展。具有对地精确打击能力和具有空战能力的无人作战机将成为未来战场的生力军,预计这两类无人作战飞机将分别在2015年和2025年左右投入使用,其典型特点是超高的机动性能(最大机动能力达15~20g)和隐身性能。超声速巡航导弹也对肩负拦截任务的空空导弹提出了严酷挑战。超声速巡航导弹的典型代表是美国的Hystrike(巡航速度3~5Ma)、ASALM(巡航速度3.5~4.5Ma)、法国的ALSP(巡航速度3Ma)、印度的“布拉莫斯”(巡航速度3Ma)等。

伴随着新武器和新技术的应用,未来的空战特点将发生深刻变革,改变传统的空战武器作战方式。未来的空战模式将是在天基和地基支援下的多种飞机平台编队联合群体的对抗,是以预警机为空中指挥中心,以战斗机、无人战斗机和巡航导弹为主攻武器,辅以电子干扰机、电子侦察机、远距支援干扰机、天基支援平台和地基支援平台支持的信息化、网络化的体系与体系的对抗。

未来空中威胁目标性能的提高和空战特点的改变对空战的主战武

器——空空导弹提出了严峻的挑战,现有的第四代空空导弹难以对高隐身、高机动、高速的目标进行有效攻击,也难以适应未来空战的需求。因此,研发新一代高性能的空空导弹以适应未来空战的需要已势在必行。

### 3 国外新一代空空导弹发展计划

为了继续保持空中优势,美国在完成第四代中距空空导弹AIM-120和第四代近距格斗空空导弹AIM-9X的研制后,一方面积极改进现有的中距空空导弹和近距格斗空空导弹,另一方面积极探索未来新一代的空空导弹技术。通过对未来作战环境、攻击对象、保障效能的综合考虑后,在1997年提出了“双射程导弹”(AADRM)的新概念。所谓“双射程导弹”就是既可近距格斗又能超视距攻击的空空导弹,要求其具有高空超声速发射超视距拦截能力、中低空亚声速发射近距格斗能力。“双射程导弹”可以对付450m~185km范围内高机动目标,其设计目标是:在最大射程为185km时,可进行30g的全方位机动飞行(发射高度9000m,发射速度0.9~1.5Ma);从3000m高度、0.8Ma速度飞行的载机发射时,发射后5s内能够拦截初始斜距450m、离轴角45°、过载达9g的迎头目标。

双射程项目的研究合同在1997年4月由美国空军授予雷神公司,2000年3月结束,仅进行了概念研究和关键技术攻关,未进入型号研制。

在双射程项目之后,美国空军提出了研发联合“双用途空中优势导弹”(JDRADM)的计划。JDRADM是为适应第四代战斗机和未来空战需求计划研制的下一代机载武器,计划装备于四代机和无人作战飞机上,代替完成AIM-120和AGM-88(空地反辐射导弹)的作战任务。2006年9月,美国空军研究试验室分别与雷神公司、洛·马公司和波音公司签订了为期5个月的JDRADM第一批初步论证合同。2007年美国空军选择了波音公司进行第二阶段论证工作。该导弹计划于2012年开始研制,2020年前投产。

JDRADM可全向攻击空中目标和敌方地面防空设施,作战距离为1.5km~180km。执行空空作战任务时,导弹既可大离轴发射,也可攻击超视距目标;安装双向数据链;导弹由载机提供瞄准信息,可以采用头盔瞄准具等多种方式,或者使用联合作战中其他平台所提供的网络数据;具备后半球攻击能力;具备利用多频谱传感器融合进行目标识别的能力。图1是JDRADM的作战能力示意图。

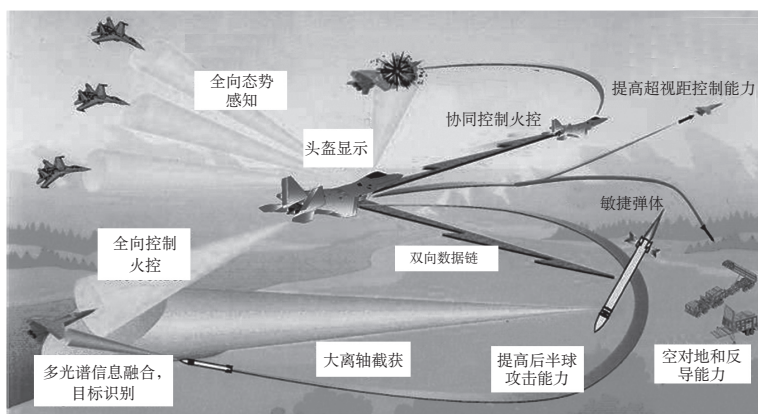


图1 JDRADM导弹的作战能力示意图

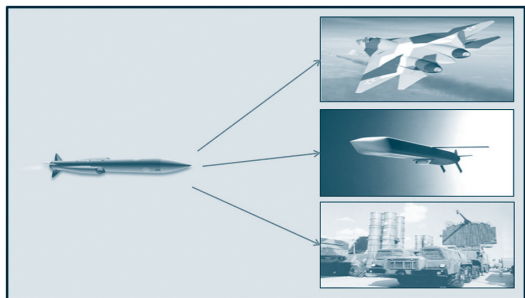


图2 T3导弹方案想象图及其打击的三类目标

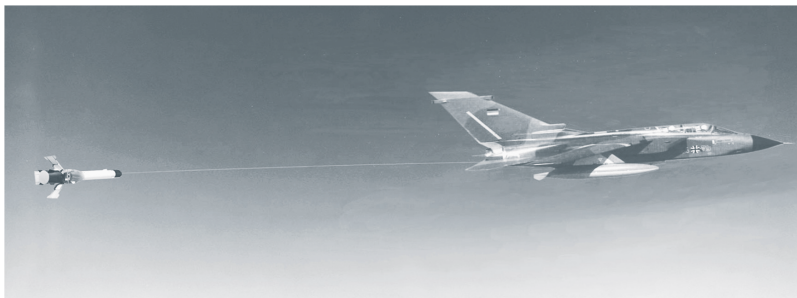


图3 拖曳式诱饵

JDRADM的主要特点:具有远距攻击能力;具有增强的毁伤能力;具有良好的动力性能和机动能力;具备空空和空地反辐射作战能力;可挂载于F-22、F-35、无人作战飞机及三代机<sup>[3]</sup>。

与“双射程空空导弹”相比,“双用途空中优势导弹”在任务需求和作战能力上的主要差别:一是强调在满足空空作战能力的同时具备空地反辐射攻击能力;二是在空空攻击能力方面,不强调对近距格斗能力的要求,最小攻击距离要求由450m放宽到1.5km。

2010年9月,美国国防预先研究计划局(DARPA)授予雷神公司和波音公司各自一份价值2100万美元的合同,启动“三类目标终结者”(T3)导弹(图2)的研制,要求两家公司在一年内完成全尺寸样弹研制,2014年开始飞行试验。T3导弹被描述成一款“可打击高性能飞机、巡航导弹和防空目标的高速远程导弹”,可内埋于隐身喷气式轰炸机、F-35或者F-15E,也可外挂于传统的喷气式战斗机、轰炸机和无人机(UAV)。T3导弹可将任何飞机快速地在空空与空地模式之间进行转换,其速度、机动性和网络中心能力将增强飞机的生存能力,提高单位架次摧毁目标的数量与类型。

## 4 第五代空空导弹的战术特征分析

从需求牵引的角度看,空空导弹

作为战斗机携带的空战武器,有其一定的特殊性,受到攻击目标和攻击方式、战场环境和干扰技术的强烈牵引,同时还受到载机的需求牵引和制约。总体上看,适应对不断出现的各种更高性能空战目标的有效打击、持续增强复杂战场环境的作战能力、不断提高载机的作战使用灵活性,三个方面共同构成了对空空导弹不断跨代发展的需求<sup>[4]</sup>。分析未来空战对空空导弹的作战需求,结合国外四代后空空导弹的相关研究状况,笔者认为第五代空空导弹应具备以下典型战术特征。

### 1) 有效打击高性能空中目标

适应对新型空中威胁目标的打击能力是第五代空空导弹的核心要求。第五代空空导弹应可对包括第四代战斗机、无人作战飞机和超声速巡航导弹在内的多种空中威胁目标进行有效打击。

### 2) 多任务和双射程

第四代战斗机的隐身性能要求其空战武器内埋挂装,由于内埋弹舱体积有限,因此要求其武器在有限挂弹数量下最大程度地满足载机的作战任务需求。目前有两个基本的发展方向,一是多任务,即在具备强大的空对空攻击能力的同时,还具备一定的对地打击能力,如美国的JDRADM和T3导弹都要求具备对地反辐射(防空压制)能力;二是双射程,即导弹同时具备中远距拦截和近距格斗的功能。

### 3) 具有优良的抗干扰能力

干扰和抗干扰的对抗始终存在,干扰手段的进步一直以来都是推动空空导弹跨代发展和技术进步的重要因素。各国都在不断发展各种无源和有源干扰手段,拖曳式诱饵(图3)等新型干扰已经开始广泛应用,空空导弹面临的战场环境日益复杂,干扰的常态化、高强度将是未来战场环境的主要特征。第五代空空导弹必须在复杂的电磁、光电复合的干扰环境下能够对各种目标进行有效打击。

### 4) 具有全方位立体攻击能力

“先视先射”是空战制胜的重要原则,实现先射对导弹的主要要求就是扩大导弹的攻击包络。第四代近距格斗导弹最大发射离轴角已经达到90°,可以实现对载机前半圆目标的攻击。如果可以实现180°的最大发射离轴角,就可以实现以载机为中心的全方位攻击,对载机各个方位一定距离范围的目标都可有效攻击,极大地提高载机的作战使用灵活性。

### 5) 具有网络化制导能力

截至目前,空空导弹都是使用本机发射、本机制导的平台式攻击方式,要求载机雷达等探测手段必须首先探测目标,空空导弹的攻击能力受到载机目标探测手段的限制。随着战术协同数据链技术应用的日趋成熟,第五代空空导弹需要适应信息化技术的发展,具备



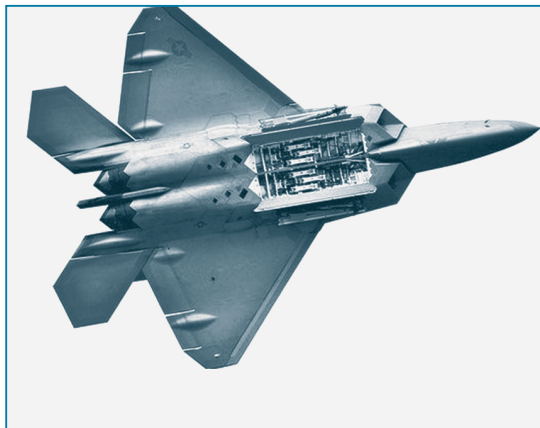


图4 F-22的内埋侧武器舱和主武器舱



图5 采用固冲发动机的流星(Meteor)空空导弹

他机制导方式,进一步增强其使用灵活性,减少对单一平台在目标探测和制导方面的依赖。

#### 6) 高密度内埋挂装

第四代战斗机的隐身性能要求其空战武器内埋挂装,为了最大限度地实现载机的作战任务,要求其内埋的空空导弹体积更小、重量更轻,尽可能增加武器内埋挂装数量,实现高密度的挂装(图4)。

## 5 第五代空空导弹关键技术

从技术推动的角度看,每一代空空导弹都会采用若干个标志性的新技术特征,如第四代近距格斗空空导弹采用了大攻角气动外形、红外成像制导、推力矢量控制等技术,第四代中距拦射空空导弹采用了主动雷达导引、复合制导等技术<sup>[5]</sup>。第五代空空导弹为满足其主要战术技术性能要求,也必将采用一系列新技术,由此形成代表第五代空空导弹技术特征的关键技术。

#### 1) 导弹总体的系统综合设计

第五代空空导弹的战术技术性能与第四代相比有质的提高,为了适应四代机高密度内埋需求,要求其性能高、体积小、重量轻,对总体设计、集成和验证提出更高的要求。需要在总体性能的

各品质要素之间、总体性能与发射平台能力之间进行充分权衡。在采用冲压发动机后,导弹气动、制导控制和发动机几个分系统高度耦合,传统的气动-推进-制导控制系统的串行设计将无法实现设计需求,要求在总体设计时就充分考虑气动性能、控制系统能力和发动机工作范围等多个因素。

#### 2) 多模导引技术

第四代及四代前空空导弹均采用的是红外或者雷达导引的单模导引体制。而国外研究成果表明,多模导引头可有效提高对隐身目标的探测能力,与单模导引相比,多模导引可以获取更多的目标信息,通过对这些信息的综合处理可以提高导引头的探测能力。此外,多模导引还可提高导弹的抗干扰能力,这在未来的强电磁干扰环境下尤其重要。目前来看,比较可能应用于第五代空空导弹的多模组合主要有红外/主动雷达复合、主动雷达/被动雷达复合、双波段主动雷达复合等方式。

#### 3) 快速响应控制技术

第五代空空导弹要求能攻击高速、高机动目标,并具备全方位攻击能力,要求其控制系统必须具有全弹道条件下的快速响应能力。采用诸如反作用射流控制、推力矢量控制等技术提高控制

系统快速性是有效的技术措施,这些控制方式可将控制系统的响应速度比常规的空气舵控制提高3~8倍。其中推力矢量控制技术可有效解决弹道初始段的快速转弯问题,反作用射流控制技术使得导弹在弹道末端段攻击高空高速的逃逸目标上具有很大的优势。

#### 4) 制导引信一体化技术

制导引信的一体化(GIF)是引信技术的发展趋势。双模导引头提供的丰富目标信息使得制导引信一体化成为可能。采用制导引信一体化技术后,传统的引信硬件将不复存在,导引头将替代其近距探测功能;引信软件也将与弹载飞行控制软件等集成,这样不仅能减小全弹重量,而且可利用导引头和制导控制系统提供的信息,对引信起爆时间进行预测估计,达到精确引炸的目的。

#### 5) 小型高效战斗部技术

传统的战斗部结构多为轴对称体,起爆后破片周向均匀分布向外飞散,在整个杀伤区域内只有小部分的破片分布在目标方向上,因此破片利用率较低。在战斗部质量一定的条件下,改进战斗部的设计,提高破片利用率,以增大战斗部的杀伤效果,将成为战斗部技术的发展方向。第五代空空导弹要求其战斗部在小型化的基础上完成对四代

# 中国航空学会2011年学术年会暨庆祝新中国航空工业建立60周年学术报告会召开

2011年5月31日,中国航空学会2011年学术年会暨庆祝新中国航空工业建立60周年学术报告会在沈阳航空航天大学隆重召开,来自全国的600余位代表参加了会议。

本次会议由中国航空学会主办,沈阳航空航天大学承办,辽宁省航空宇航学会协办。会议以“加快推进自主创新,努力建设航空强国”为主题,在新中国航空工业建立60周年之际,邀请院士和著名专家做学术报告,为广大航空科技工作者和会员提供了航空制造业及其科技发展的前沿信息,以此推动航空科学技术发展,促进学科交流,鼓励科技创新,为广大会员和航空科技工作者服务,为新中国航空工业建立60周年献礼。

会议开幕式由中国航空学会秘书长吴松主持。中国航空学会常务理事、沈阳航空航天大学书记王维代表承办单位致欢迎词。中国航空学会副理事长、学术工作委员会主任、中国航空工业集团公司副总经理张新国致开幕词并作关于航空工业科技创新回顾与展望的开幕演讲。

李天院士、杨凤田院士,以及空军装备研究院总工程师甘晓华、中国商飞C919型号常务副总设计师陈迎春、中国民



航大学适航审定中心副主任冯振宇、中国航空工业集团公司第一飞机设计研究院总设计师唐长红、中国航空工业集团公司北京航空材料研究院科技委主任益小苏在大会上做了专题报告。各位专家围绕各自科技领域,从不同角度对中国航空工业科技创新发展提出自己的观点与思路,开阔了与会者的创新视野,振奋了与会者的创新激情。

中国航空学会的学术年会是学会举办的重点大型综合性学术交流活动,每两年召开一次。

机、无人作战飞机、超声速巡航导弹等目标的高效杀伤。为此战斗部由侧向爆炸方式改为前向爆炸方式或定向爆炸方式,不仅可以集中高密度的破片打击目标,大幅度地提高战斗部杀伤威力及对目标的毁伤概率,并有效减轻战斗部的重量;配合以前向探测的制导一体化的引信,还可以在高速交会条件下对巡航导弹类小目标进行有效杀伤。定向战斗部应用于空空导弹的主要难度是要求其定向方式响应快、飞散角可控、结构简单、可靠性高。

## 6) 先进发动机技术

第五代空空导弹的多任务、远射程、轻重量的要求需要采用先进的发动机技术,要求发动机具有灵活的能量管理能力以适应各种高度和速度下的推

力要求;同时提高发动机的比冲,有效减轻其重量。在此方面,可控推力的冲压发动机应该是主要的发展方向,冲压发动机不仅具有更高的比冲(比冲可由固体火箭发动机的2200~2500 N·s/kg提高到8000~10000 N·s/kg),而且可以采用燃气流量调节、进气道调节等措施改变其推力,从而能够根据优化弹道的需求进行推力大小的调节和能量的分配。冲压发动机在空空导弹上应用需解决整个飞行包线尤其是大攻角情况下稳定工作(推力大于阻力)的技术难题。

AST

## 参考文献

[1]樊会涛等. 空空导弹设计丛书[M]. 北京:国防工业出版社,2006.

[2]郑志伟.空空导弹系统概论[M]. 北京:兵器工业出版社,1997.

[3] Air force road map 2006-2025. Washington DC: US Air Force, 2006.

[4]Stillion J, Perdue S. Air combat past, present and future[OL]. [http://www.defenseindustrydaily.com/files/2008\\_RAND\\_Pacific\\_View\\_Air\\_Combat\\_Briefing.pdf](http://www.defenseindustrydaily.com/files/2008_RAND_Pacific_View_Air_Combat_Briefing.pdf). August 2008.

[5]樊会涛.空空导弹21世纪展望[J].航空兵器,2001(1).

## 作者简介

樊会涛,中航工业武器技术首席技术专家,中国空空导弹研究院总设计师,长期从事空空导弹型号研制和预先研究工作。