

## 机载定向红外对抗系统的最新进展

张元生

(中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所,河南 洛阳 471000)

**摘要:**介绍了机载定向红外对抗系统的组成和工作原理,分析了近两年国外机载定向红外对抗系统的最新研制进展情况,给出了机载定向红外对抗系统的技术发展趋势。

**关键词:**光电对抗;定向红外对抗;导弹告警;定向干扰

**中图分类号:** V271.4; TN216 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2014)12-0053-04

## Development of Airborne Directional Infrared Countermeasure System

ZHANG Yuan-sheng

(Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment, AVIC, Luoyang 471000, China)

**Abstract:** Based on analysis to the working principle and composition of airborne directional infrared countermeasure(DIRCM) system, the development of some new foreign airborne DIRCM systems in recent years is introduced, and the perspective of DIRCM system is presented.

**Key words:** optical countermeasure; directional infrared countermeasure; missile warning; directional interference

### 0 引言

定向红外对抗(DIRCM)是光电有源对抗技术的重要对抗手段。近年来,定向红外对抗系统以其轻型、低功耗、高对抗效果的独特优势,受到世界各军事强国的高度重视,纷纷投入巨资研制和装备,研制技术得到了迅速的提高和发展,原有的对抗设备实现了升级换代,一大批新型对抗装备已处在试飞验证阶段<sup>[1-5]</sup>。为了及时准确地把握机载定向红外对抗系统(ADIRCM)的技术发展方向,有效指导国内光电对抗技术的发展和装备的研制,本文对近两年国外机载定向红外对抗系统的最新研制进展情况进行了深入分析,给出了机载定向红外对抗系统的技术发展趋势。

### 1 系统组成与工作原理

机载定向红外对抗系统的组成如图1所示,一般由导弹告警设备、定向干扰设备和综合处理设备组成,三者通过数据总线实现信息和数据互联,是一个完全自

动化的光电自卫防护系统。导弹告警设备是一个通过红外摄像机来探测目标的存在,并确定该目标是否是导弹的装置,其装机数量可根据飞机平台的防护范围和单个传感器的视场来确定;定向干扰设备利用导弹告警设备的引导信息,对导弹进行捕获、跟踪和干扰激光照射,使来袭导弹脱离跟踪轨迹,远离飞机平台,从而达到保护本机的目的;综合处理设备主要完成对来袭导弹的信息处理、目标跟踪、任务调度、对抗效果评估等功能。

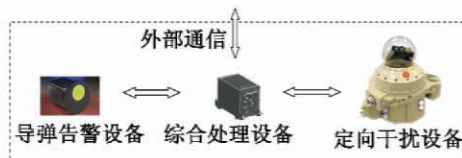


图1 机载定向红外对抗系统组成

Fig.1 Composition of ADIRCM

定向红外对抗系统的工作过程分为导弹告警,自动截获和跟踪,激光干扰,效果评估等4个阶段。图2所示为机载定向红外对抗系统的典型使用工作流程,具体工作过程如下所述。

- 1) 导弹告警设备实时探测来袭导弹威胁并进行告警,同时将导弹角位置信息传送到定向干扰设备。
- 2) 定向干扰设备自动完成对目标的截获与跟踪,并实施激光照射干扰。

收稿日期:2014-09-01

修回日期:2014-09-18

基金项目:国防预研基金(102080502)

作者简介:张元生(1965—),男,河南南阳人,博士,研究员,研究方向为光电对抗技术。

3) 导弹在激光干扰下,导引头不能正常工作,偏离正常弹道。

4) 进行干扰效果评估,判定导弹不再对飞机构成威胁,停止干扰,准备对抗下一个威胁。

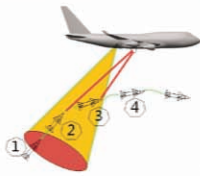


图2 定向红外对抗系统作战使用流程

Fig.2 Operational flowchart of DIRCM

## 2 国外机载定向红外对抗系统的研制最新进展

### 2.1 “通用红外对抗”(CIRCM)系统

CIRCM项目是美国陆军计划研制的一种能力更强、可靠性更高、综合性更好的CIRCM系统<sup>[6-8]</sup>,要求该系统重量更小,且能够满足各军种的使用要求。CIRCM系统是一种轻型、低成本、高可靠性的激光基对抗系统。它集成了原有和新型导弹告警系统,可以跨军兵种用于旋转翼、偏转翼及小型固定翼飞机。该项目是演示验证竞标项目,由Northrop Grumman公司和BAE系统公司分别同时开展技术演示验证样机研制,并于2013年完成了样机研制和试飞验证测试,测试结果均满足美国陆军提出的研制要求。Northrop Grumman公司的CIRCM系统(如图3a所示)由Selex公司的轻型指向器-跟踪器系统(ECLIPSE)和Solaris红外激光器组成,系统的跟踪传感器组件采用中波面阵红外探测器,工作波段 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ ,重量为10 kg,尺寸为 $230 \text{ mm} \times 178 \text{ mm} \times 280 \text{ mm}$ ,外露尺寸为127 mm,电子组件重量为3.18 kg,尺寸为 $178 \text{ mm} \times 178 \text{ mm} \times 280 \text{ mm}$ ,平均故障间隔时间大于3000 h,激光器工作波段为 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 。BAE系统公司的CIRCM系统(如图3b所示)Boldstroke,重量约14 kg,该系统将跟踪传感器集成在整体单元的上半部分,激光器集成在整体单元的下半部分,激光采用光路或光纤传输,系统通过半球形的整流罩完成对目标的探测和跟踪。Boldstroke系统采用模块化开放式系统构架和标准接口,可更换性好,便于技术升级。



a Northrop Grumman公司的CIRCM样机



b BAE系统公司的CIRCM样机Boldstroke

图3 CIRCM系统  
Fig.3 CIRCM system

### 2.2 “狮头战神”(Miysis)定向红外对抗系统

意大利Selex ES公司在2013年推出了新型“狮头战神”(Miysis)系统<sup>[9]</sup>,如图4所示。



图4 Miysis DIRCM系统

Fig.4 Miysis DIRCM system

Miysis是在该公司ECLIPSE产品(轻型和低成本IRCM点/跟踪器和二极管泵浦光纤激光器源)的基础上进行开发的,已经处于待出口状态。Miysis在技术上突破了系统重量、激光功率和响应速度3个难点。首先,系统足够轻巧,功耗足够低,以最低的能耗获得最佳防护效果,其重量不超过50 kg,功耗不高于500 W;其次,通过先进的激光源技术、高精度跟踪和高效的光束压窄技术实现了系统向威胁目标照射功率足够大的激光,达到对大型战略运输机和支援直升机的防护效果;第三,系统高响应速度,通过减少转动零件的数量实现对任何距离的便携式红外制导防空系统的发射均能做出快速响应。

Miysis DIRCM系统既可以分布直接分布在飞机平台上,也能够作为功能性吊舱使用。它包括2个干扰套件、5个告警传感器、电子组件座舱显示器和控制组件,光窗直径140 mm,总重量低于50 kg。Miysis DIRCM系统拟装备于A400M运输机等大型平台。

### 2.3 C-MUSIC定向红外对抗系统

以色列MUSIC系统<sup>[10]</sup>家族包括为不同类型飞机提供保护的四大系统:MUSIC用于保护大中型旋翼机和固定翼飞机;C-MUSIC是全球首套商用喷气机定向红外系统;J-MUSIC用于军用运输机、空中加油机、商务机等分散安装;mini-MUSIC用于中小型平台。

C-MUSIC吊舱如图5所示。该吊舱长2700 mm,宽600 mm,高500 mm,由导弹告警设备、系统处理器、激光器、红外成像设备和高速调转装置组成,安装在密封舱内以实现高可靠性,该吊舱便于维护和安装,特别适用于现役飞机改装。



图5 C-MUSIC吊舱

Fig.5 C-MUSIC payload

C-MUSIC就其本身而言是一个完整的自保护方案,以气动吊舱为基础,其中包括了Elbit公司的PAWS红外导弹告警系统和J-MUSIC DIRCM,系统采用中波

面阵红外探测器,波段范围为  $3 \sim 5 \mu\text{m}$ ,总重量为 160 kg。据 Elbit 公司报道,C-MUSIC 已于 2012 年 1 月成功进行了一系列飞行试验。

#### 2.4 MANTA 定向红外对抗系统

西班牙 MANTA 定向红外对抗系统如图 6 所示。该系统可保护飞机免遭红外制导导弹,尤其是便携式防空系统(MANPADS)的袭击。MANTA 系统能够在很短时间内探测到来袭防空导弹,并能够对其进行识别,如果判定为红外制导导弹则使用激光器对其进行干扰,使其偏离目标。MANTA 系统工作在短波和中波波段,波段范围为  $1.5 \sim 5 \mu\text{m}$ ,发射的激光干扰序列能够在短时间内对多个不同来袭导弹的导引头进行干扰,MANTA 系统可安装在西班牙 A310,C295 和 A400M 等飞机上。

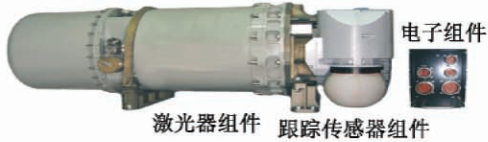


图 6 MANTA DIRCM 系统  
Fig. 6 MANTA DIRCM system

#### 2.5 101KS-O 定向红外对抗系统

俄罗斯 T-50 战斗机在驾驶舱背部和机腹分别安装了一套 101KS-O 定向红外对抗系统,实现整个  $4\pi$  空间的防护,如图 7 所示。101KS-O 定向红外对抗系统采用了内埋式构型,由第一面反射镜实现方位和俯仰扫描,系统外露部分为能够透过红外的超半球整流罩,对飞机的气动影响很小。



图 7 101KS-O DIRCM 系统  
Fig. 7 101KS-O DIRCM system

#### 2.6 MIRAS 多色红外告警系统

法国 Thales 公司的 MIRAS 多色红外告警系统<sup>[11]</sup>如图 8 所示。

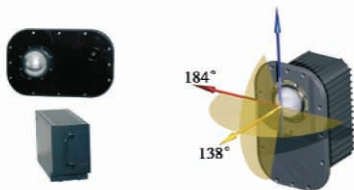


图 8 MIRAS 多色红外告警系统  
Fig. 8 Multi-color infrared alerting sensor

其主要针对便携式防空导弹或其他空空导弹的来袭告警,具有探测距离远、反应时间短、虚警率低的特点,且便于安装在运输机和战斗机上。单个探头视场

为  $184^\circ \times 135^\circ$ ,3 个探测头进行拼接构成  $4\pi$  立体角的防御空域。告警器工作在中波红外  $3 \sim 5 \mu\text{m}$  之间的两个波段,体积为  $232 \text{ mm} \times 364 \text{ mm} \times 168 \text{ mm}$ ,重量不大于 10 kg,告警信号处理器重量不大于 5 kg。

### 3 机载定向红外对抗系统的发展趋势

由上述机载定向红外系统的研制最新情况可以看出,定向红外对抗系统的技术发展呈现出新的趋势。

#### 1) 通用化、低成本、高可靠性、轻量化。

轻型、低成本、高可靠性是机载定向红外对抗系统产品永恒追求的目标,通用化可以使定向红外对抗系统跨军兵种用于旋转翼、偏转翼及固定翼飞机,有利于系统降低研发生产成本、缩短装备保障时间,整体提高部队的战斗力。因此,通用化、低成本、高可靠性和轻量化是机载定向红外对抗系统的总体发展方向。

#### 2) 告警干扰一体化与内埋分布式共存。

面对多波段光电探测和精确制导导弹的威胁,定向红外对抗系统必须可以探测各主要波段的光电威胁,并且能够对抗多类型、多目标、多批次的红外精确制导导弹,满足快响应、高对抗效率、方便装机维护的实战要求,因此,告警与干扰装置一体化、软硬杀伤一体化的综合定向红外对抗系统是今后的发展目标之一。

告警与干扰装置分布式集成于飞机平台对于综合多种对抗措施、提高整个平台自卫系统的防护效率,方便新机的一体化设计、提高空间利用率、减少气动阻力,无疑是一种很好的选择,因此,分布式定向对抗系统也是今后的发展方向之一。

无论是吊舱式还是分布式,其光学窗口均采用固定整流罩形式,不但可以减少系统外部的气动扰动和气动加热,提高系统的跟瞄精度、缩短反应时间、减小体积重量,而且也有利于降低系统对飞机平台的影响。

#### 3) 与其他光电对抗手段综合使用。

随着光学技术、计算机技术、高速大规模集成电路,以及高性能探测器件、数据融合技术等不断发展,综合定向红外对抗系统将信息获取、数据处理与指挥控制融为一体,集红外光、可见光、紫外光、激光等多波段,有源和无源等干扰手段于一身。高度集成的综合系统将威胁探测与报警装置、干扰对抗与信号处理装置集于一体,通过资源共享,实现功能整合,能够在复杂多变的战场环境中自动分析和识别信号,对各种威胁做出快速反应,并通过威胁的分析与识别,根据威胁的严重程度确定优先等级,确定最佳对抗方案与时机,进而达到最佳对抗效果,有效提高飞机的安全性。

#### 4) 采用超大视场、低虚警轻型凝视告警技术。

超大视场凝视式是分布探测式告警技术的一种拓

展式应用,采用扩大单个告警探头的探测视场来减少探头个数,减少整机体积。随着大面阵红外探测阵列的发展,单机超大空域凝视红外告警无疑是代表着发展方向的实用技术,世界各军事强国将大视角凝视红外成像技术作为红外告警系统的攻关重点。近年来,视角达 $135^\circ$ 甚至 $180^\circ$ 的超广角红外镜头初露头角,以此为基础的超大空域凝视告警系统也将逐步走向实用。

采用多传感器融合技术,用双色或多色无源导弹逼近告警系统替代现有的红外或紫外导弹告警系统,将多波段信息进行融合,大大提高设备的探测距离、降低告警设备的虚警率,从而提高对抗敌方装备的成功率,是定向红外对抗系统发展的必然趋势。

5) 采用多波段、高效率、环境适应性强的小型红外激光器技术<sup>[12-13]</sup>。

定向红外对抗系统进一步发展的关键还在于高效的干扰源。激光作为一种功率很高的光源,能够干扰、致盲或破坏敌方的传感器,激光技术显然成为定向红外对抗系统的关键技术之一。激光定向红外对抗系统利用激光能量集中、高亮度、高定向性、高干扰性、快速性等特点,易于将产生的干扰能量聚焦在红外导引头上,对导弹实施干扰、致盲或硬破坏,且只需很少的能量,这可大大提高干扰信号比,降低红外探测器的工作距离和目标识别能力,甚至使其暂时失效,从而达到破坏导弹精确打击,保护载机平台安全的目的。

激光器的小型化是机载定向红外系统轻量化、满足装机空间要求的必然选择,这也是国外定向红外对抗系统普遍小巧的重要原因。

#### 4 结束语

本文对机载定向红外对抗系统研制的最新情况和今后的技术发展趋势进行了分析研究,希望对机载定

向红外系统的研制和技术发展有所帮助。

#### 参 考 文 献

- [1] RAFAILOV M K. Ultra-fast laser IR countermeasures[J]. Proceedings of SPIE, 2013, 7325:1-7.
- [2] SAHINGIL M C, ASLAN M S. Determining the flare dispensing program effectiveness against conical-scan and spin-scan reticle systems via Gaussian mixture models[J]. Proceedings of SPIE, 2013, 8752:1-15.
- [3] BAE T W, KIM B I, KIM Y C, et al. Jamming effect analysis of infrared reticle seeker for directed infrared countermeasures[J]. Infrared Physics & Technology, 2012, 55: 431-441.
- [4] BAE T W, ZHANG F, KWEON I S. Edge directional 2D LMS filter for infrared small target detection[J]. Infrared Physics & Technology, 2012, 55:137-145.
- [5] RAFAILOV M K. Ultrafast bandgap photonics for IR directional countermeasures and low observables[J]. Proceedings of SPIE, 2011, 8039:1-7.
- [6] CIRCMdatasheet[Z]. <http://www.northropgrumman.com>.
- [7] Boldstroke[Z]. <http://www.baesystems.com>.
- [8] Jane's Electro-optical system[Z]. 2011-2012.
- [9] Body\_Miysis\_DIRCM[Z]. <http://www.selex-es.com>.
- [10] MUSIC\_C-MUSIC[Z]. <http://www.elbitsystems.com/elop>.
- [11] Miras[Z]. <http://www.thalesgroup.com/land-joint>.
- [12] GERHARDS M. High energy and narrow bandwidth mid IR nanosecond laser system[J]. Optics Communications, 2004, 241:493-497.
- [13] ZAFRANI N, SACKS Z, GREENSTEIN S, et al. Forty years of lasers at ELOP-Elbit systems[J]. Optical Engineering, 2010, 49:1-12.
- (上接第9页)
- [6] 周林, 娄寿春, 赵杰. 基于 MADM 的威胁评估排序模型[J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(1):18-19.  
ZHOU L, LOU S C, ZHAO J. Model of menace assess ordering based on MADM[J]. Systems Engineering and Electronics, 2001, 23(1):18-19.
- [7] 金庭, 陈璟. 协同空对地攻击中的目标分配方法[J]. 计算机仿真, 2008, 25(11):40-43.  
JIN T, CHEN J. Target allocation in cooperative air-to-ground attacking[J]. Computer Simulation, 2008, 25(11):40-43.
- [8] 张涛, 周中良, 苟新禹, 等. 基于信息熵和 TOPSIS 法的目标威胁评估及排序[J]. 电光与控制, 2012, 19(11):35-38.  
ZHANG T, ZHOU Z L, GOU X Y, et al. Threat assessment and sorting of aerial targets based on information entropy and TOPSIS method[J]. Electronics Optics & Control, 2012, 19(11):35-38.
- [9] 李波, 高晓光. 单机多目标火力/电子战攻击综合决策[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(5):872-875.  
LI B, GAO X G. Integrated decision of fire and electronic warfare in single to multiple attack[J]. Systems Engineering and Electronics, 2008, 30(5):872-875.