

# Transport Aircraft Self-Protection Technology

Yang Yin<sup>1</sup>, Fang Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The First Aircraft Institute, AVIC, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment, AVIC, Luoyang Henan

Email: chenfej@163.com

Received: Jun. 15<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jul. 10<sup>th</sup>, 2018; published: Jul. 17<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Transport aircrafts are important assets in the military, as well as in civilian aviation. Today, the threat is not only in the battlespace but is also emerging and distributed throughout all the places where Transport aircrafts operate. In recent years, with the development of advanced infrared imaging guided weapons and technology, the jamming performance of traditional infrared countermeasure systems became more and more dissatisfactory. The technical concept of direct infrared countermeasure (DIRCM) was gradually proposed, which used high-power Xenon lamp or laser as sources of infrared energy. DIRCM has advantageous infrared countermeasure properties, such as the capability of jamming infrared imaging seeker by jamming, dazzling, in-band damaging and out-of band damaging, etc., the capability of reuse and high jamming efficiency, which makes it suitable for new generation of infrared countermeasure system. The necessity and importance of developing directional IR countermeasure (DIRCM) in modern wars are proposed in this paper. The development of DIRCM, the research and improvement of the equipments on Transport Aircraft of some foreign countries are particularly described.

## Keywords

Transport Aircraft, Self-Protection, Infrared Countermeasure

---

# 运输机防御系统

尹扬<sup>1</sup>, 陈方<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国航空工业集团公司第一飞机设计研究院, 陕西 西安

<sup>2</sup>中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所, 河南 洛阳

Email: chenfej@163.com

收稿日期: 2018年6月15日; 录用日期: 2018年7月10日; 发布日期: 2018年7月17日

文章引用: 尹扬, 陈方. 运输机防御系统[J]. 动力系统与控制, 2018, 7(3): 232-238.

DOI: 10.12677/dsc.2018.73025

## 摘要

无论是军用还是民用领域, 运输机都是很重要的装备。当前, 对运输机的威胁不仅仅在战场上, 在运输机飞行的整个区域都散布着威胁。近年来, 随着红外成像寻的制导武器和技术的发展, 常规的红外干扰手段对新型红外制导武器的干扰效果越来越不尽人意, 人们逐渐提出了以高功率氙灯或激光作为红外能量源的定向红外对抗(DIRCM)概念。该系统具备优越的红外干扰性能, 如通过干扰、致眩和毁伤等干扰红外成像导引头、多次重复使用、干扰效率高等, 现已成为新一代红外对抗系统的优选方案。本文指出在现代战争中发展定向红外对抗系统的必要性和重要性, 重点论述了外军红外定向对抗系统发展、在运输机上装备和改进情况。

## 关键词

运输机, 自卫, 红外对抗

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在利比亚危机中, 需要运输机能够在敌军包围的领土内以及雷达和红外制导武器的范围内工作, 这就会受到让人头疼的 SA-18 Iгла 和 SA-24 Iгла-S 等最新型、最有效的便携式导弹的袭击。这些导弹有许多都被偷出利比亚, 扩大了非法市场, 装备了恐怖组织和准军事部队, 所以, 即便危机结束, 来自武装力量和民间部队的威胁仍然很高。

与其他作战飞机相比, 军用运输机具有目标信号特征明显, 飞行速度慢, 起降时间长, 缺乏必要的自卫火力等特点。运输机在低空、低速飞行的起飞、降落、空投空降阶段, 必须采取有效的对抗手段进行防护, 提高其战场生存力。

自苏维埃年代末, 便携式导弹威胁就已经经历了四代的历史[1][2]:

a) 俄罗斯的 SA-7A Strela-2、SA-7B Strela-2M, 巴基斯坦的 Anza Mk I 和美国 FIM-43 Redeye 都属于装备了非制冷导引头的第一代产品, 这些导引头采用单元探测和旋转扫描幅值调制工作方式, 使用的非制冷硫化铅探测器光谱响应波段为 1.5~2.5  $\mu\text{m}$ , 只能探测飞机发动机尾喷管的红外辐射, 只能进行尾追攻击, 易受到诱饵弹的干扰;

b) 美国的 FIM-92A Stinger Basic、俄罗斯的 SA-14 Strela-3、巴基斯坦的 Anza Mk II 和伊朗的 Misagh-1 是第二代武器, 采用制冷探测器和圆锥扫描调频调制方式, 提高了跟踪能力。使用的制冷碲化铅(PbSe)或碲化铟(InSb)探测器光谱响应波段扩展到中红外 3~5  $\mu\text{m}$ , 探测能力增强, 实现了对飞机的前向攻击能力, 抗干扰能力明显提高。

c) 美国 FIM-92B/C/E, Stinger Post/RMP/Block I 和 SA-24 Iгла-S、巴基斯坦的 Anza Mk III 和伊朗的 Misagh-2, 都属于第三代产品, 采用多元探测和光机扫描工作方式, 具备了对飞机目标的全向探测、攻击能力; 具有对诱饵弹高抵抗性以及较高的单发杀伤概率。

d) 日本 Kin-SAM 型 91 和美国的毒刺 BLOCK II, 配备了全成像 IR 导引头, 实现了面阵探测和凝视成像的工作方式, 能够预测跟踪将假目标区分出来, 具有较强的抗干扰能力。

直到二十世纪九十年代, 为了保护能够产生较大的热特性和雷达横断面的低速战术和战略运输机, 典型的 EW 套件都应包括一个雷达告警接收机(RWR)、被动紫外导弹告警系统(MWS)和对抗(金属箔片/燃烧弹)投放系统(CMDS), 虽然一些平台经过改型后, 仍然能够为特种部队执行许多任务, 但是战场搜索和救援以及指挥和控制、心理和电子情报搜集任务中仍然需要配备更先进的 EW 套件。新一代武器的出现促进了从先进 MWS 到定向红外对抗系统(DIRCM)的套件改型。

## 2. 导弹告警系统

先进的被动导弹告警系统是指那些能够探测到导弹排气尾流紫外和红外辐射的系统。诺斯罗普格鲁门和 ATK 公司将分别给固定翼平台提供 AAR-54 和 AAR-47 [3], 如图 1 和图 2 所示, 服役于美国空军、海军、陆军和国际客户, 而对外, MWS 的主要供应商是 Elisra 电子系统公司、Cassidian 和萨博电子防御系统公司。Elisra 能够提供被动导弹逼近告警系统(PAWS)IR 焦平面阵列和带有双色 IR 告警系统的 PAWS 2, 如图 3 所示, 而 Cassidian 公司则能够提供 AAR-60 Milds, 萨博能够提供 Maw-300, 基于 UV 的 MWS。



Figure 1. AAR-54 MWS  
图 1. AAR-54 导弹告警系统



Figure 2. AAR-47 MWS  
图 2. AAR-47 导弹告警系统

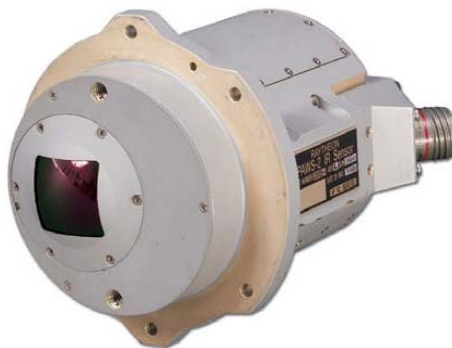


Figure 3. PAWS 2 MWS  
图 3. PAWS 2 导弹告警系统

### 3. DIRCM

随着红外制导技术的发展, 红外诱饵弹的干扰能力大大削弱, 亟需发展新型红外对抗系统以应对更先进红外导弹的威胁。基于激光的 DIRCM 能够对抗所有已知的和未知的红外制导导弹威胁, 是一种更通用的对抗手段。对 DIRCM 的成本、维护和可靠性方面的担心限制了它们的应用, 但是随着激光技术和系统小型化的改进以及越来越先进的威胁出现, 大型运输机和特殊平台上都做好了配备 DIRCM 的准备。

#### 3.1. 大飞机红外对抗系统

AAQ-24(V)大飞机红外对抗系统(LAIRCM)是诺斯罗普格鲁门公司早期生产的 AAQ-24 Nemesis 的升级产品。到 2011 年, 其在美军和联盟部队中的飞行时间已经超过了 100 小时, 其中大部分时间都处于部属状态和作战条件下, 作战可用性超过 99%。LAIRCM 是一个基于模块化和高可靠性系列组件的开放式系统, 由 AAR-54 MWS、干扰转塔、激光发射套件、控制及处理组件组成, 用于探测、跟踪、干扰和对抗来袭红外制导导弹。

每架飞机上告警传感器的数量(达到六个)和转塔的数量(达到三个)都由飞机的尺寸和特征来决定。LAIRCM 最初被安装在 C-17 上, 后来又装备在 C130、C5 和新型 C130J 上。LAIRCM 还被集成在美国海军的 C40A Clipper 运输机和 P8A Poseidon ASW/ASUW 上。但其试验则是在 KC135 飞机上进行的, KC135 上装备了一个独立的、易拆卸的吊舱, 吊舱内装载了所有电子组件, 对 AAR-54 MWS 和集成激光发射套件的干扰转塔进行管理。LAIRCM 还装备了 RAF 的 C17、Tristars 和空客 A330 Voyager 等飞机。开始在军用市场上出售, 澳大利亚以及加拿大国防部都选定或准备将 LAIRCM 装备在 C130、C17 和 B737 Wedgetail AEW&C 平台上。

空军 LAIRCM 在 2005 年投入使用[4], 如图 4 所示。其干扰转塔称为小型激光发射机套件(SLTA)。该 LAIRCM 还采用了由 Fibertek 公司研发的无色人眼安全多波段 Viper 二极管泵浦固态激光器, 能够在红外制导导弹使用的三个红外波段下工作。LAIRCM 升级版是一个更小、更轻的干扰转塔, 称为保护激光发射机套件(GLTA), 这款干扰转塔由诺斯罗普格鲁门公司于 2008 年底开始随下一代 MWS 交付空军使用。诺斯罗普格鲁门公司根据客户的需求不断地制造 SLTA 和 GLTA, 而美国空军也正逐渐在许多平台上用



Figure 4. LAIRCM [5]

图 4. LAIRCM [5]

GLTA 来替换 SLTA, 包括 C-17。在新的特种部队 MC130J 项目中, 美国空军提供了一种综合嵌装式转塔、GLTA 和下一代 MWS 的配置。在 2012 年 5 月, 该项目采用了新型双色红外 MWS, 来替换 AAR-54 UV 传感器。新型双色红外 MWS 降低了虚警率, 并能够提供远距离探测。而且, 提供了  $4\pi$  空间无遮挡的红外视景, 为飞行员增强态势感知能力。

### 3.2. Music DIRCM

根据 Elbit 系统公司和 Eletttronica 公司之间在 2007 年签署的联合协议, 即以 Elbit 系统公司的 Music DIRCM 系列产品为基础, 双方合作并共同完成光纤激光器技术的联合开发, 为意大利军备总局定制一个双转塔 ELT/572 套件, 目的是保护旋翼和固定翼的军民飞机。双转塔套件的研发是为了装备服役中的战术运输机(C130, C27J)和新型 AW101 战场搜索&救援直升机[6]。

Eletttronica 公司和意大利空军将单转塔 DIRCM 安装在一个旋翼平台上, 通过对抗模拟的红外导引头和真正的红外导引头, 成功地通过了实验室试验。之后, 将该系统和 Cassidian 公司的 Milds(AAR-60)紫外 MWS 集成, 进行了地面和飞行试验。意大利武装部队的运输机和旋翼平台已经装备了这些系统。最终的双转塔/MWS 构型在 2013 年底完成了确认。

如图 5 所示, ELT/572 系统包括干扰转塔、光纤激光器和处理器组件, 总重量为 45 kg。根据 Eletttronica 公司发布信息, 该系统已经处于“可出口”状态, 并不受出口限制(ITAR 规定)的影响, 并能够加载专有的激光干扰编码库。该系统引起了欧洲和中东国家的极大兴趣, 且在 2012 年 7 月, 德国国防部已经在 Oberjettenberg 的 WTD52 试验场对该系统进行成功试验。

Elbit Elops 公司通过与 Eletttronica 公司的友好合作, 准备将 Music 系列的小巧、轻型光纤激光器 DIRCM 推向市场, 该系统在以色列和其他国家获得很好的销售额——尤其是在印度, 已经用于国防部的 AgustaWestland AW101 直升机。除了为保护直升机和小到中型固定翼涡轮螺旋桨飞机提出的 Music 方案, Elbit 公司还推出了 J-Music 和 C-Music 产品。J-Music 以高动态的反射镜转塔(代替了 Music 的多面转塔)为研发基础, 具有一个分布式构型, 能够为大飞机提供保护, 如重型空运机、坦克和快速喷气式飞机等。C-Music 是自成一体完整的防御系统, 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, 总重量是 160 kg。为民用和大型商务喷气式飞机特别设计的 C-Music, 能够满足民用飞机的标准, 且被以色列政府选定装备其飞机舰队。据 Elbit 公司报道, C-Music 已经于 2012 年 1 月成功进行了一系列飞行试验。

### 3.3. Manta DIRCM

十年前, 西班牙的 Indra 公司决定启动便携式防空系统威胁规避(Manta)项目, 增加 DIRCM 来补充军用运输机的自卫套件, 如图 6 所示。目前, Manta 在证明其技术成熟度及与广泛使用的 Cassidian AAR-60 Milds 告警设备的综合性等工作后, 已经得到了装备运输机的西班牙适航局认证。在 2011 年 9 月在 Cazaux (法国)



Figure 5. Music DIRCM  
图 5. Music DIRCM



的 SG2/NATO 激光 Embow 试验期间以及 2012 年的其他国际试验中, Manta 更是大展身手。多光谱多波段 Manta 采用了体积相对较大的化学激光器, 使系统具有闭环性能, 实现了对 IR/非 IR 制导导弹的分类及达到了最高干扰成功的概率, 具备多威胁防御和对抗系统有效性的瞬时评估。由于该系统设计用于中型和大型平台, 目前 Indra 公司正致力于研发用于更轻型平台的小巧型产品, 但是仍然保留了产品的最初版本, 用于保护大型飞机, 如 A400M。Manta 能够安装在西班牙 A310 VIP 飞机上, C295 飞机和 A400M 飞机[7]。

### 3.4. Miysis DIRCM

Selex ES 公司以高性能机载激光器和光电跟瞄系统的开发和生产经验为基础, 在 IDEX 2013 提出了新型 DIRCM 方案。

如图 7 所示, Miysis DIRCM 是在该公司 Eclipse 轻型和低成本 IRCM 点/跟踪器和 160 型 IRCM 二极管泵浦光纤激光器的基础上进行开发的, 已经处于待出口状态。2010 年 3 月, 英国 MoD 选择了 Eclipse 和 160 型产品作为共同防御辅助套件技术验证机项目的一部分, 该项目以界定先进防御辅助系统的架构为目标。Miysis DIRCM 既能够与防御辅助子系统集成或既在独立的构型中与联合元器件集成, 也能够作为吊舱方案。它包括两个干扰转塔套件、五个导弹告警传感器、电子组件座舱显示器和控制组件, 总重量不大于 50 kg。Miysis 套件适用于许多不同的应用领域, 从轻型飞机和无人机再到大型运输机, 它只需要低于 500W 的电气功率, 并且其开放式的架构使其能够与许多告警系统集成, 包括最新的 Cassidian 的 Milds AAR60 和萨博的 Maw300 导弹告警设备。根据 Selex 的文件资料, 两个干扰转塔套件和 MWS 套件非常强大, 足以保护像 A400M 这样一个大型平台[8]。

## 4. 定向红外对抗系统与技术的发展趋势

### 4.1. 开放系统结构、可承受性和多功能

未来的机载光电电子战装备将采用系统解决方案, 强调模块化开放系统结构、减小体积、质量和功耗、多功能, 提供体积质量功耗显著降低、一体化的、可承受的解决方案。降低尺寸、重量和功率(SWaP)要求是机载设备发展的主要目标, 但这一要求必然会影响到其它的系统设计考虑因素。系统兼容性也是一个关键的项目要求——最直接的原因就是 DIRCM 接收的初始导弹信息来自飞机上导弹告警系统, 对不同飞机来说, 可能会采用不同的告警系统。开放型的系统架构及接口(MOSA)可集成不同类型的干扰激光、



Figure 6. Manta DIRCM

图 6. Manta DIRCM



Figure 7. Miysis DIRCM

图 7. Miysis DIRCM

导弹跟踪器, 及导弹告警传感器。MOSA 接口使系统具备和不同的告警系统集成可能性。

#### 4.2. 发展具有更高输出功率和光谱覆盖范围的定向红外对抗激光源

目前为止, 一般采用光参量振荡的方式获得此波段的激光输出。中红外光参量振荡器(OPO)一直是国外的研究热点。但光参量振荡器(OPO)激光效能低, 因为它包括一个二级过程。为了产生所需的中波红外输出波长, 其中的高能级二极管激光被用来泵浦非线性晶体。

目前, 用于新一代定向红外对抗系统的激光源, 已演进为包括光学泵浦半导体激光器、量子级联激光器及飞秒激光器的新型半导体激光器, 这些激光器在功率和光谱覆盖方面都有进步, 并具有使导引头或其单元物理损伤的潜力。由于结构简单且具有稳健性, 并能定向光电输出和全波段工作, 量子级联激光器最近引起了定向红外对抗界的极大兴趣, 它能够满足未来激光红外对抗系统在系统尺寸、质量、功耗和成本方面的要求。飞秒激光器可以提供很高的峰值功率, 能够实现新型的定向激光对抗或将未来的高能激光对抗(HELICM)。这些最新的激光器件的采用, 将使定向红外对抗系统的源技术取得新的突破, 使红外对抗系统具有更强的干扰能量和全波段覆盖能力。

#### 5. 结束语

随着红外制导导弹的不断更新换代和大功率中红外激光技术的成熟, 在多威胁和不断变化的环境中, 虽然消耗性诱导导弹系统将装备运输机和专用固定翼平台舰队, 但 DIRCM 的应用范围在不断地拓宽。未来几年, DIRCM 将逐渐渗透到世界各种运输机市场, 并在红外对抗中扮演越来越重要的角色, 定向红外对抗技术将得到进一步的发展。

#### 参考文献

- [1] Willers, C.J. and Willers, M.S. (2012) Simulating the DIRCM Engagement: Component and System Level Performance. *SPIE, Technologies for Optical Countermeasures IX*, **8543**, 85430M. <https://doi.org/10.1117/12.974812>
- [2] Smith, C.R., Grasso, R., Pledger, J. and Murarka, N. (2012) Trends in electro-optical electronic warfare. *SPIE, Technologies for Optical Countermeasures IX*, **8543**, 854302. <https://doi.org/10.1117/12.978652>
- [3] <http://www.docin.com/p-804143868.html>
- [4] 陈德富. 国外红外定向对抗技术的发展[J]. 战术导弹技术, 2011(2): 123-128.
- [5] [http://www.sohu.com/a/205655541\\_628941](http://www.sohu.com/a/205655541_628941)
- [6] Borriello, G., Bonori, V., Cresti, M., et al. (2014) ELT-572(v)2 DIRCM: Simulation, System Design and DT&E Process to Protect ItAF Platforms against ManPADS. *SPIE, Technologies for Optical Countermeasures XI*, **9251**, 92510K.
- [7] 范晋祥, 李亮, 李文军. 定向红外对抗系统与技术的发展[J]. 红外与激光工程, 2015, 44(3): 789-794.
- [8] 张元生. 机载定向红外对抗系统的最新进展[J]. 电光与控制, 2014, 21(12): 53-56.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2325-677X，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[dsc@hanspub.org](mailto:dsc@hanspub.org)