

# 隐身飞机中光电系统及光窗无线电隐身性能分析

仇振安<sup>1</sup>, 边拴成<sup>2</sup>, 刘先胜<sup>2</sup>

(1. 陆航驻北京地区军代室, 北京 100176; 2. 中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所, 河南 洛阳 471009)

**摘要:** 在对光电系统特点分析的基础上, 介绍了国外隐身飞机中光电系统的应用情况, 并对其特点进行了归纳总结。分析了不同形式的光窗对光电系统隐身性能的影响, 并给出了数学仿真结果。

**关键词:** 隐身飞机; 光电系统; 光窗; 雷达散射截面

中图分类号: V241.5 文献标志码: A 文章编号: 1671-637X(2013)05-0094-03

## Analysis of Electro-Optical System Onboard Stealth Aircrafts and Its Radio Stealth Property of Window

QIU Zhen'an<sup>1</sup>, BIAN Shuancheng<sup>2</sup>, LIU Xiansheng<sup>2</sup>

(1. Military Deputy Office in Beijing, Army Air Force, General Staff, Beijing 100176, China;

2. Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment, AVIC, Luoyang 471009, China)

**Abstract:** Based on analysis to the characteristics of electro-optical system, the application of electro-optical system in stealth aircrafts of foreign countries is introduced. The influences of different windows on stealth performance of the electro-optical systems are analyzed, and the results of RCS simulations are given.

**Key words:** stealth aircraft; electro-optical system; window; RCS

### 0 引言

光电系统利用目标自身的热辐射或其反射的可见光所体现的特性, 可以在战场复杂电磁环境下完成对目标的探测、跟踪和定位, 并能够引导激光制导武器对目标进行精确打击, 具有抗电子干扰能力强、隐蔽性好和定位精度高等特点, 是现代作战飞机的重要战术传感器。随着雷达隐身技术的高速发展, 光电系统作为隐身飞机的关键设备得到了广泛的应用, 并且在几次局部战争中表现十分出色<sup>[1-2]</sup>。本文在对国外隐身飞机光电系统特点分析的基础上, 分析和仿真了不同形式的光窗对光电系统隐身性能的影响, 并对光电系统的隐身设计提供了相应的参考。

### 1 光电系统在隐身飞机中的典型应用

#### 1.1 F-117 飞机及其光电系统

F-117 飞机是一种单座战斗轰炸机, 主要用途是利用隐身性能突破敌火力网, 压制敌防空系统, 摧毁严密防守的指挥所、战略要地和工业目标等。F-117 飞机

没有安装微波雷达, 主要利用光电系统完成对目标的探测和瞄准。

F-117 飞机的光电系统为红外搜索照射系统 (IRADS), 包括前视红外 (FLIR) 和下视红外 (DLIR) 两个组件 (见图 1), 前视红外位于挡风玻璃下面, 利用其双视场红外传感器对目标进行探测和瞄准, 该传感器窗口覆盖有细小格栅, 主要用于对电磁波进行屏蔽, 从而降低飞机整体的雷达散射截面 (RCS)。下视红外位于机身下方左侧, 组成包括红外传感器和激光照射器, 激光照射器伺服于红外传感器, 可以引导激光制导武器对目标进行精确攻击。在具体使用过程中, 当载机接近目标时, 红外搜索照射系统将自动对准目标区域, 驾驶员通过显示器选择目标和瞄准点, 一旦截获目标, 红外搜索照射系统将会自动对目标进行跟踪, 同时激光器照射目标并对其进行测距和照射, 最后完成对精确制导武器的引导<sup>[2]</sup>。

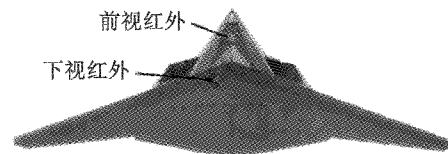


图1 F-117 飞机的红外搜索照射系统

Fig.1 The infrared acquisition and designation system of F-117

## 1.2 F-35 战斗机及其光电系统

F-35 战斗机是一种能够在空军、海军等多兵种中应用的隐身作战飞机,其光电系统主要包括两部分:光电瞄准系统(Electro-Optical Targeting System, EOTS)和分布式孔径系统(Distributed Aperture System, DAS),如图2所示。

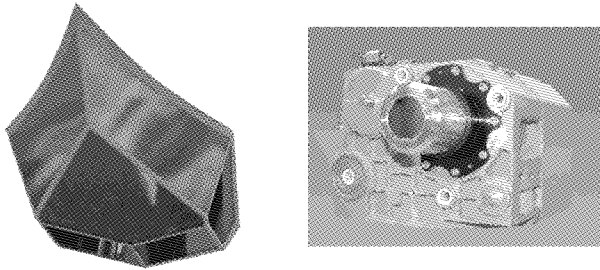


图2 F-35 战斗机光电瞄准系统的光窗和分布式孔径系统

Fig. 2 The window of electro-optical targeting system and distributed aperture system of F-35

光电瞄准系统是在“蓝盾”和“狙击手”等先进目标瞄准吊舱的基础上研制的最新一代高性能轻型多功能光电系统。该系统将前视红外功能与红外搜索功能相结合,具有对防区外目标精确探测和识别的能力、激光定位和瞄准的能力及引导激光制导武器精确打击地面目标的能力,其视野范围主要为飞机的前下方。分布式孔径系统采用6个固定的凝视型红外传感器代替传统的陀螺稳定的光电传感器,每个红外传感器覆盖的视场为 $90^\circ \times 90^\circ$ ,通过将不同的红外传感器分别放置在飞机的前上、前下、后上、后下、左侧和右侧6个部位,并确保视场中心方向与上述方向重合,最终实现对飞机周围区域的全方位球面覆盖,其主要功能包括导弹/飞机探测与跟踪、态势感知、毁伤评估和辅助导航等<sup>[3-4]</sup>。2010年,诺思罗普·格鲁门公司完成了利用分布式孔径系统对弹道导弹探测的飞行试验,在没有其他外部引导参数输入的条件下,分布式孔径系统自动探测和跟踪了1300 km外由地平线上发射的弹道导弹,有力证明了该系统能够满足F-35战斗机对弹道导弹探测和跟踪的需求。在2011年“北方利刃(Northern Edge)”联合军演中,分布式孔径系统在机载环境下验证了 $360^\circ$ 状态感知和目标跟踪能力,其提供的同时全向多机跟踪能力在空战环境中首次实现,为后续的推广和应用奠定了基础。

## 2 隐身飞机的光电系统特点分析

隐身飞机为了提高其生存能力和精确的打击能

力,必须在保证光电系统探测性能的前提下,实现光电系统对雷达探测的隐身,由于光电系统需要通过光学窗口来敏感红外或可见光完成对目标的探测,因此不能简单地采用改变外形或涂覆吸波材料的方式实现隐身。目前,光电系统采取的隐身方式主要有两种:一种是在光学窗口表面沉积一层既能高效透过红外或可见光,又能屏蔽雷达波的透明导电薄膜材料;另一种是在光学窗口表面或窗口内部制作有周期阵列的导电金属网栅,金属网栅的周期远大于红外或可见光的波长,同时又远小于电磁波长,从而保证其具有电磁屏蔽功能时,又对系统的光学性能影响较小<sup>[5-6]</sup>。F-117、F-35等隐身飞机均采用平面光窗和金属网栅组合作为保护层覆盖住光电系统的空腔,防止形成雷达波散射谐振腔,并对光窗的放置角度进行了优化设计,达到减小飞机前向雷达散射截面的目的。通过对隐身飞机及其光电系统的分析可以看出,光电系统具有工作波长短、不受电子干扰影响和适应战场复杂电磁环境的特点,同时具有被动探测、隐蔽性好和提供实时高分辨率图像等优势,通过改进光窗,能够很好地满足隐身飞机的作战需求。

## 3 光窗作用分析

通过对隐身飞机光电系统的特点分析可以看出,光窗作为保证隐身性能的重要部件,在具有良好的光学、力学和热学性能的同时,还需要具备良好的电磁屏蔽能力,以防止在光电系统内部形成雷达波散射谐振腔,同时光窗的安装位置与方式也对光电系统的雷达散射截面具有较大影响。下文对同一光电系统采用不同形式光窗后的雷达散射截面变化情况进行了仿真分析。在雷达散射截面仿真计算领域中可以采用高频渐近方法和低频精确方法对系统的RCS进行估算,高频渐近方法包含几何光学法(GO)、物理光学法(PO)、几何绕射理论(GTD)和物理绕射理论(PTD)等,低频精确方法包括矩量法(MoM)、有限元法(FEM)和有限差分法(FDM)等。由于高频渐近方法具有计算速度较快、简单明晰和容易掌握的特点,因此本文采用高频渐近方法对光电系统的RCS进行估算。

图3所示的模型是球径为500 mm的光电系统,其光窗直径为150 mm,并采用金属网栅对雷达波进行屏蔽,利用物理光学法对光窗前方方位 $\pm 30^\circ$ 范围内的雷达散射截面进行了计算,入射波频率取5 GHz、8 GHz、12 GHz和18 GHz,采用垂直极化方式,仿真结果如图4所示。



图3 光电系统模型1

Fig. 3 The electro-optical system model 1

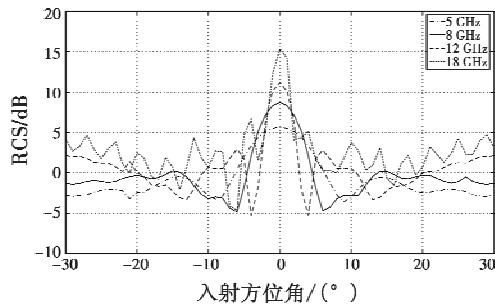


图4 光电系统模型1的RCS计算结果

Fig. 4 The RCS of electro-optical system model 1

图5所示的模型是在图3所示光电系统的基础上,在外部添加了两片倾斜一定角度的平板光窗。平板光窗上采用金属网栅对雷达波进行屏蔽,利用物理光学法对光窗前方位角 $\pm 30^\circ$ 范围内的雷达散射截面进行了计算,入射波频率取5 GHz、8 GHz、12 GHz和18 GHz,采用垂直极化方式,仿真结果如图6所示。

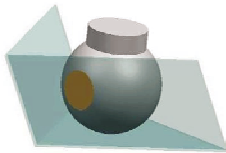


图5 光电系统模型2

Fig. 5 The electro-optical system model 2

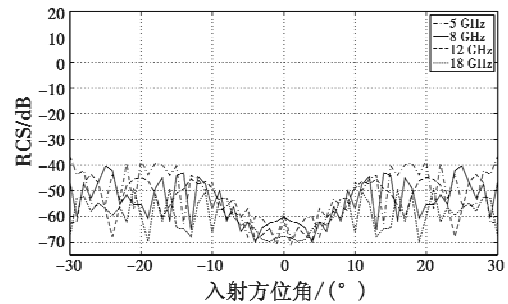


图6 光电系统模型2的RCS计算结果

Fig. 6 The RCS of electro-optical system model 2

## 4 结论

通过对比仿真结果可以发现,将整个光电系统放置在大片平板隐身光窗之后可以在一定空间方向上有效缩减其雷达散射截面,提高系统的隐身性能,与上述对国外隐身飞机光电系统的特点分析结果一致。

## 参考文献

- [1] 李保中,韩邦杰,李艳晓. 光电系统半实物仿真系统技术概述[J]. 电光与控制,2010,17(4):30-33.
- [2] 赵妙娟,张红刚. 国外机载光电系统隐身技术综述[C]//火力与指挥控制2007年学术年会论文集,2007:6-8.
- [3] Jane's Electro-optical system[Z]. 2008-2009.
- [4] MOIR I, SEABRIDGE A, JUKES M. Military Avionics Systems[M]. John Wiley & Sons,2006.
- [5] 刘敬民,王浩,张洁. 先进战斗机光电综合系统发展综述[J]. 光电技术应用,2007,22(6):4-6,19.
- [6] 钱纁,滕祥红,杜洪兵,等. 具有雷达波隐身功能的红外窗口的研制[J]. 人工晶体学报,2008,37(5):1162-1165.
- [7] 戴宝峰,崔少辉,王岩. 基于IEEE 1588协议的时间戳的生成与分析[J]. 仪表技术,2007,36(7):15-17.
- [8] 同江,蔡远文,解维奇,等. IEEE1588精确时钟同步技术[J]. 导弹与航天运载技术,2010(4):37-40.
- [9] 程春姬. 综合模块化航电系统时间管理技术[J]. 航空电子技术,2010,41(1):17-21.
- [10] NATO. Modular and open avionics architectures part VI-Guidelines for system issues Vol. 5: Time management [S]. ASAAC, 2005.

(上接第84页)

- [3] SAE ARP4754A-2010. Guidelines for development of civil aircraft and systems[S]. SEA, 2010:32-35.
- [4] 叶卫东,张润东. IEEE 1588精密时钟同步协议2.0版本浅析[J]. 测控技术,2010(2):1-4.
- [5] 李聪,高丽. 基于IEEE 1588的时钟同步技术在分布式系统中的应用[J]. 电子设计工程,2009,17(12):54-56.
- [6] 孔令彬,文赫胜,陈向文. IEEE1588精密时钟同步关键技术研究[J]. 计算机测量与控制,2010,18(7):1585-1588.