

Active Detection Ability Analysis of Laser Countermeasure Systems Based on Cat Eye Effect

Chenghong Yang

The First Aircraft Institute, AVIC, Xi'an Shaanxi
Email: chenfej@163.com

Received: Jun. 25th, 2018; accepted: Jul. 9th, 2018; published: Jul. 17th, 2018

Abstract

The present countermeasure systems include platform maneuver, flares and DIRCM systems. The detection effect of laser active detection system is affected by various kinds of factors. In view of the application requirement, the influence factors of laser active detection were analyzed. The mathematical model of cat-eye target detection distance was built and environmental effects, platform effects and the effect of the parameters of the detecting system on the detection distance were analyzed. The results show that the detection distance is affected by environmental effects, platform effects and the effect of the parameters of the detecting system. In order to achieve pre-emptive strike against MANPADS, the paper based on the DIRCM technology and the principle of cat eye effect, proposes a new method to detect the positions of MANPADS.

Keywords

Cat Eye Effect, DIRCM, Active Imaging, Missile Seekers, Optical Sights

基于“猫眼效应”的激光对抗系统主动探测能力分析

杨成宏

航空工业第一飞机设计研究院航电所, 陕西 西安
Email: chenfej@163.com

收稿日期: 2018年6月25日; 录用日期: 2018年7月9日; 发布日期: 2018年7月17日

摘要

近年来, 对主动探测对抗措施的研究不断加强, 例如在导弹发射之前探测, 识别和应对威胁。激光主动

探测系统的探测效果受到众多因素的影响。针对应用需求,分析了主动探测的影响因素,建立了猫眼目标探测距离的数学模型,分析了环境效应、平台效应和探测系统参数对探测距离的影响,仿真研究了探测性能的制约因素。研究表明,激光主动探测的发现距离受到环境效应、平台效应和探测系统参数等因素的影响。为了实现对导弹先发制人,基于定向红外对抗技术,依据“猫眼效应”原理提出了一种基于脉冲激光主动探测便携式防空导弹的新方法。

关键词

猫眼效应, 定向红外对抗, 主动成像, 导弹导引头, 光学瞄准镜

Copyright © 2018 by author 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

对机载平台的武器威胁包括导弹和来自火炮,火箭推进榴弹和轻武器的直接攻击,将来的威胁可能涉及激光武器类的直接能量攻击。上述威胁武器很大程度上会使用雷达去探测和跟踪机载平台,但利用光电传感器被动探测和跟踪系统的数量也在不断增加,和成熟的雷达告警和定位能力相比,大部分被动光电系统将更难以被发现。

定向红外对抗系统应提供一种发射导弹或其它武器之前的探测,识别和应对危险的能力。在 DARPA 计划的 MEDUSA (用于美国飞机防御的多功能光电学)项目阶段,已经进行了基于猫眼效应的定向红外对抗系统技术的研究[1]。项目的目标是研制对抗红外和光电威胁的主动和被动的对抗措施。在主动模式中,系统应在武器投放之前消除威胁;而在被动模式中,系统的运行和现有定向红外对抗系统的方式相同,仅添加了能够在不同波长同时进行干扰的能力。

使用红外导引头的导弹属于发射后不管类型,但需要在发射前锁定瞄准目标,该过程需要操作者用眼睛或借助光电成像传感器来完成。导引头通常在红外 2 微米到 5 微米的区域工作,并采用双波长实现对诱饵弹的抗干扰。

目前军事上常用的光电装备包括:光电侦察系统、光电跟踪系统、光电搜索系统等,设备所用光学镜头的焦平面处都有反射现象存在,它们在受到激光束辐照时能够产生原路返回的激光回波,即光学镜头的“猫眼效应”现象[2],对抗系统的激光主动探测技术就是利用猫眼效应原理,通过发射激光束来对导弹导引头进行扫描探测,接收其猫眼效应反射光并进行信息处理,来实现对光学目标的探测和识别。激光主动探测技术可探测回波强度比被动探测的漫反射回波高 2~4 个量级,可在 MANPADS 攻击范围外实现对目标的干扰,提高平台的生存能力。

一个具有主动探测能力的定向红外对抗系统更强调探测和分析目标特征的重要性,包括目标的发射,光学瞄准镜和导引头逆反射的探测。对抗系统激光主动探测技术的研究主要包括定向红外对抗系统的总体性能分析和猫眼效应特性研究 2 个方面。因此,本文开展了基于猫眼效应探测的定向红外系统的整体性探测能力分析,探讨在对抗系统中环境因素如大气和背景杂波对探测性能的影响。

2. 环境效应

2.1. 天气影响

自然大气中广泛存在散射和吸收,在低可见度的条件下,用于光学制导武器和定向红外对抗系统的

最大射程都会受到影响，而且影响的程度基本一致。以激光辐射和目标背景对比度为形式的目标特征将受到天气和时间变化的影响。

2.2. 背景杂波

背景杂波通常会限制被动和主动光学传感器的探测和识别能力。高杂波的城市地区较为困难，而农村地区杂波较低。在红外工作波段，从机载平台可以获取有限的杂波数据，尤其是对于主动探测。Sjöqvist 等探讨了光学探测杂波问题的实例[3]。

2.3. 大气湍流

大气湍流将影响光学反光的探测，识别和跟踪性能[4]。湍流的强度是用参数 $C_n^2 m^{-2/3}$ 来表示，该数值随着高度而减小，很多模型因为这个高度依赖而存在[5]，对于接近地面的路径最常用的模型如下：

$$C_n^2 = C_n^2(h_0) \cdot \left[\frac{h}{h_0} \right]^{-\alpha} \quad (1)$$

其中 α 在日间通常是 4/3，夜间条件是 2/3。如图 1 所示，从 C_n^2 的值和路径长度 L ，可以推导出光学感应性能的几个参数。最重要的参数是闪烁指数 $\sigma^2 I$ ，相干长度 r_0 和到达波束角 σ_α [6]。

闪烁是光束内的辐照度波动，这些造成已收到的信号幅值的变化并可能降低探测的可能性。辐照度的对数是正常分布的，这种分布的变化是对数强度变化 $\sigma_{\ln I}^2$ ，通过 $\sigma_I^2 = \exp(\sigma_{\ln I}^2) - 1$ 和闪烁指数联系起来。

对于强湍流值为 2 时，对数强度变化 $\sigma_{\ln I}^2$ 达到饱和。对于弱湍流，闪烁斑点尺寸等同于菲涅耳半径 $\sqrt{\lambda L}$ ，比强湍流更小。

在大气中，对于光学传感器，限制的角坐标分辨率(假设只有一个限制因素)由(2)给出：

$$\theta_{res} = \max \{ d_{pix}/F, \lambda/r_0, \lambda/D \} \quad (2)$$

其中 d_{pix} 是像素尺寸， F 是焦距， D 是相机的镜头直径。在高湍流时，角坐标分辨率受 λ/r_0 的限制。表 1 显示了起始于高度 $H = 50$ 米和路径长度 L ，在斜程中湍流的相关参数(图 6)。这里可以看出对于向下路径，小的对数强度变化和大的相干长度 r_0 值表明湍流对激光传输的影响是很小的。用于对比，水平和向上观察路径的相应值也一并给出。

图 2 给出了本文的一个例子[4]，对于给定的检测概率(P_D)或虚警组合概率(P_{fa})，闪烁将形成一个更高的信噪比(SNR)，也说明光束抖动将对探测性能造成影响。由于跟踪噪音等，参数 $\beta = w/\sigma_j$ 是光束半径和抖动半径之间的比率。这个参数也对探测性能产生较大影响，如图 2 中的两个例子所示。表 2 给出了用于机载平台的典型光束抖动的例子。

3. 气动光学和平台效应

和平台相关的效应如机械振动，和机身临近的气动光学效应及在喷气式发动机喷流附近的湍流等将

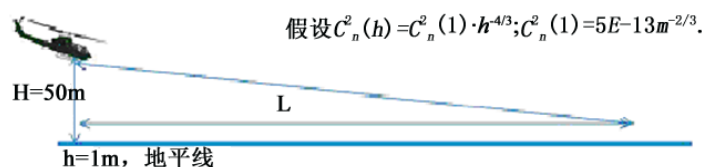


Figure 1. Assumptions for the turbulence and geometry to generate the values in Table 2
图 1. 表 2 数据对应的几何关系示意图

Table 1. Parameters relevant for turbulence in slant paths starting at height $H = 50$ meters and with a path length L
表 1. 以高度为 50 m, 路径长度为 L 的斜程路径中干扰的相关参数

距离 L (m)	菲涅耳半径 $\sqrt{\lambda L}$ (m)	相干长度 $r_{0\text{horiz}}$ (m)	相干长度 $r_{0\text{up}}$ (m)	相干长度 $r_{0\text{down}}$ (m)	对数值 $\sigma_{\text{In} \text{horiz}}^2$	对数值 $\sigma_{\text{In} \text{up}}^2$	对数值 $\sigma_{\text{In} \text{down}}^2$
100	0.0122	0.1360	0.5160	72.9300	0.0617	0.0013	1.64e-006
500	0.0274	0.0520	0.1965	27.7700	1.1798	0.0252	3.15e-005
1000	0.0387	0.0341	0.1297	18.3200	4.2045	0.0897	1.12e-004
2000	0.0548	0.0225	0.0855	12.0800	(14.9830)	0.3195	4.00e-004
3000	0.0671	0.0176	0.0671	9.4765	(31.5088)	0.6719	8.41e-004
5000	0.0866	0.0130	0.0494	6.9799	饱和	1.7140	0.0021
7000	0.1025	0.0106	0.0403	5.6990	饱和	3.1763	0.0040
10,000	0.1225	0.0086	0.0326	4.6097	饱和	(6.1081)	0.0077
15,000	0.1500	0.0067	0.0255	3.6080	饱和	(12.845)	0.0161
20,000	0.1732	0.0057	0.0215	3.0360	饱和	(21.7668)	0.0273

Table 2. Characteristic amplitude for platform induced laser beam jitter [7]
表 2. 不同载机平台所产生的几组典型的激光束振幅 [7]

载机平台	振幅 σ_j (μrad rms)	频率 Hz	说明
直升机	800	18	振幅最大
直升机	100~400	10~40	典型振幅
喷气式飞机	600	20	振幅最大
喷气式飞机	50~200	10~200	典型振幅

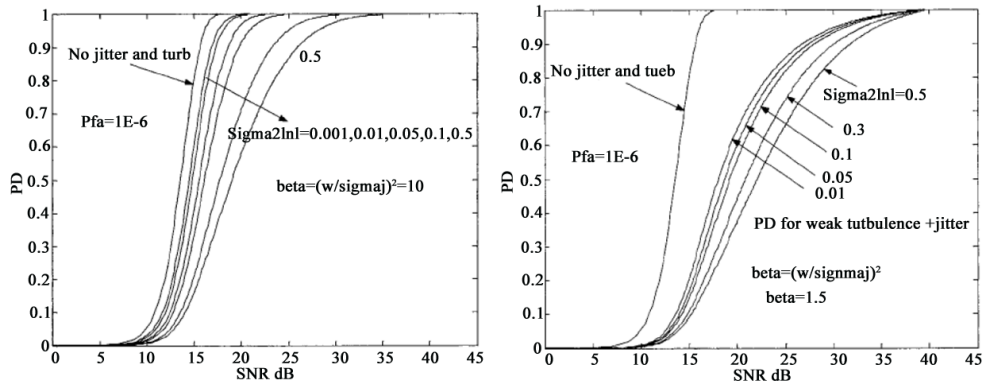


Figure 2. Two examples of detection performance vs. turbulence levels in the form of log intensity variance $\sigma_{\text{In} j}^2$. Two examples of beam jitter are given, one small jitter ($\beta = 10$, left figure) and one large ($\beta = 1.5$ right figure) [4]

图 2. 不同对数光强方差 $\sigma_{\text{In} j}^2$ 的扰动下探测能力的比较。两组例子中光束抖动已经给定，左图为小抖动 ($\beta = 10$)，右图为大抖动 ($\beta = 1.5$) [4]

造成激光系统的性能下降。来自关于激光束控制的 WEAG 研究，表 2 显示了安装在机载平台的激光系统生成的典型的光束抖动。

在喷气式发动机环境中，激光束传播过程光束漂移在 50~200 微弧范围内，用于中波红外波长的闪烁指数达到 0.5。中波红外波长激光穿过喷流的短路径时，波段展宽可以达到 4。

由于在气压(无黏性流领域)和冲击现象中的变化,影响定向红外对抗系统的主要气动光学效应被分为:边界和剪切层湍流效应。斯特列尔比 S , 因为气动光学效应, 可以作为评价光束质量下降的参数。 S 被定义为具有相同通量的畸变光束的峰值辐照度和衍射极限光束的峰值辐照度之间的比率。典型的斯特列尔比因为喷射流的气动光学效应下降到 0.5~0.9 范围内, 时间频率在 1~10 kHz 范围内[8]。Whiteley 等开展了气动光学效应在飞行中对激光系统的性能影响研究[9]。

近些年的研究表明, 在没有热废气和气流混合的纯粹旋翼下洗流对导弹告警和激光对抗有着微不足道的影响[10] [11] [12]。

4. 光学反射探测分析

本部分将从光学传感器角度对反射探测做一个分析。

4.1. 导弹光学导引头的激光信号

导弹的激光回波将由表面反射或逆反射组成, 如图 3 所示。采用激光雷达方程来估计反射激光辐射的返回信号的强度。

$$P_{rec} = T_{opt} \cdot P_{out} \cdot \frac{1}{\Omega_{laser} \cdot R^2} \cdot A_{\Delta} \cdot \frac{A_{rec}}{R^2} \cdot e^{-2\sigma R} \quad (3)$$

其中 P_{out} 是发射激光功率, T_{opt} 是光学传输, P_{rec} 是探测器收到的功率, A_{Δ} 是有效的激光雷达散射截面, Ω_{laser} 是激光立体角, A_{rec} 是接收器区域。 σ 决定了大气的衰减系数, R 是目标范围。为了确定在定向红外对抗系统中被用作跟踪接收器的象限检测或成像检测器件的信噪比, 需要估计有效的激光雷达散射截面 A_{Δ} 。

4.2. 表面反射

对于一个球形目标或抛物线目标, 沿着对称轴的有效激光雷达散射截面 A_{Δ} 由式(4)给出:

$$A_{\Delta} = \frac{\rho \cdot r^2}{4} \quad (4)$$

其中 ρ 是反射率, r 是曲率半径(顶点曲率半径)。对于一个典型的导弹导引头光学表面, 这个横截面特别小, 量值为 $10^{-2} \text{m}^2/\text{sr}$ 或更小, 因此表面反射的激光回波不能有效用于主动探测。

4.3. 逆反射

当激光束直接入射到光学传感器, 产生逆反射现象, 即入射的部分激光束会沿着同样的路径反射回来, 这会形成一个非常强的返回信号, 使远距离的传感器被有效探测, 如图 4 所示。如果某个调制元器件包含在光学路径中, 通过逆反射能够将传感器进行归类。

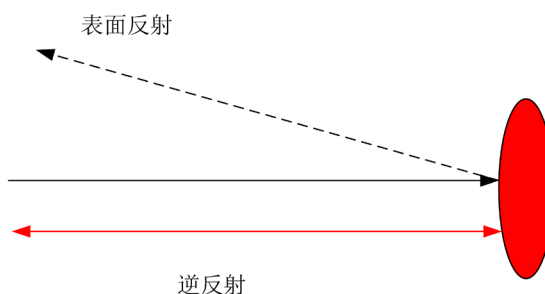


Figure 3. Illustration of the surface and retro reflection phenomena
图 3. 有光学导引头的导弹反射和逆反射的激光特征

同时考虑几何光学和衍射可以估计激光雷达散射截面。作为一个估计，我们使用一个简单的模型并运用衍射原理获取反射光束理想的立体角 $\Omega_{refl} \approx \lambda^2 / D_{optics}^2$ 以及横截面 A_Δ 。

$$A_\Delta \approx \frac{\rho A_{optics}}{\Omega_{refl}} \approx \frac{\rho A_{optics}^2}{\lambda^2} \tag{5}$$

可以从式(4)和式(5)看出，逆反射激光散射截面比表面反射的激光散射截面要大的多。逆反射和表面反射之间的比率 $q = 4\pi / \Omega_{refl} \approx 16A_{optics} / \lambda^2$ ，其中 q 是一个大数字 (1.6×10^5 ， $A_{optics} = 0.01 \text{ m}^2$ 且 $\lambda = 1 \mu\text{m}$)。上述表达是简化的近似值，可以用作横截面的上限。实际上，由于光学偏差，元器件的损耗和离焦的存在，上述数值要低于理想数值。

光学导引头或瞄准镜反射的激光束被导弹中的十字线以特有的方式调制，这种方式由每种导弹的类型决定。因此，通过逆反射的信号分析逼近或跟踪威胁的分类是可行的。

通过使用获得的威胁调制逆信号，可以将最优化的干扰波形照射到导弹导引头上实现快速光学脱锁(OBL)。这个技术通常被称为闭环红外对抗(CLIRCM)。当监控逆信息时，闭环也提供另一个非常重要的功能，能够有效估计对抗效果的有效性。

4.4. 用于 4 μm 时的反光探测激光对抗的性能估计

本部分将研究使用定向红外对抗系统中的中波激光光源和红外跟踪探测器阵列以探测 3~5 μm 范围内导引头或光学瞄准镜的逆反射信号的可行性，3~5 μm 范围内激光和探测器阵列参数如表 3 所示。由于表面整流罩的激光反射，根据式(6)可以计算已收到的像素能量

$$E_{rec} = T_{opt} \cdot E_{laser\ pix} \cdot \frac{1}{\Omega_{laser} \cdot R^2} \cdot A_\Delta \cdot \frac{A_{rec}}{R^2} \cdot \exp(-2\sigma R) \cdot N \tag{6}$$

其中直接按照式(1)，一个像素中单个激光脉冲的脉冲能量是 $E_{laser\ pix}$ ， N 是在探测器积分时间内脉冲的数目。这个目标信号应与探测器和背景噪声能量相比较。每个像素噪声等效能量由式(7)给出：

$$ENE_{pix} = T_{opt} NEI \cdot A_{rec} \cdot \tau_{int} \tag{7}$$

其中 NEI 是光学接收器前面的等效噪声辐射率， τ_{int} 是积分时间。 NEI 可以通过式(8)由接收器参数给出：

$$NEI = \frac{\sqrt{A_d \Delta f}}{A_{rec} D^* \cdot T_{opt}} \tag{8}$$

其中 A_d 是探测器像素尺寸， $\Delta f = 1/2\tau_{int}$ ， D^* 是特定的探测率。对于 3~5 μm 阵列探测器 ($A_d = 20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$, $\Delta f = 100 \text{ kHz}$, $D^* = 5 \times 10^{11} \text{ cmHz}^{1/2}/\text{W}$) 的特殊值，50 mm 接收器直径 $T_{opt} = 0.7$ ，可以得到 $NEI = 2.3 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ 。

假设飞行器用定向红外对抗系统扫描用于探测反光的的地面，按照图 5 扫描阵列的视场。设横跨飞机方向的总扫描为 2 弧度，而单帧覆盖为 $25.6 \times 25.6 \text{ mrad}^2$ ，那么每次扫描的帧数 $N_f = 78$ ，面积覆盖率为 $Y = S \times V$ ，其中 S 为幅宽， V 为飞机速度。每次扫描的时间为 $T_{sweep} = V/\Delta x_{proj}$ ，其中 Δx_{proj} 为飞机 X 方向阵列视场的投影。对于 $V = 300 \text{ m/s}$ ， $H = 300 \text{ m}$ 我们得到 $T_{sweep} = 35 \text{ ms}$ 步进凝视运动中的时间帧是

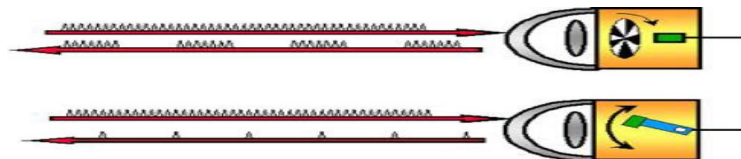


Figure 4. Modulated retro signal from different type of sensors
图 4. 不同类型传感器的调制逆信号

Table 3. Parameter for laser and detector array in the 3 - 5 μm region
表 3. 3~5 μm 范围内激光和探测器阵列参数

激光说明			被动红外传感器 - 追踪器		
参数	符号	值	参数	符号	值
平均功耗	P_{ave}	10 W	波长	$\lambda_1 - \lambda_2$	3~5 μm
波长	λ	4 μm	视场	θ	1.5°
脉冲重复频率	Prf	20 kHz	阵列大小	N^2	256 × 256
光束发散度	ϕ	2 mrad	瞬时视场	$IFOV$	100 μrad
孔径	D_{rec}	50 mm	噪声等效辐照度	NEI	$2.3 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$

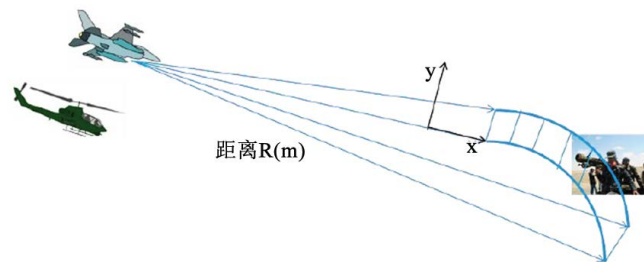


Figure 5. Scanning the 3 - 5 μm detector array with laser illumination to search for glints from tracking optics
图 5. 使用激光照明扫描 3~5 微米阵列探测器以搜寻来自导弹导引头的闪光

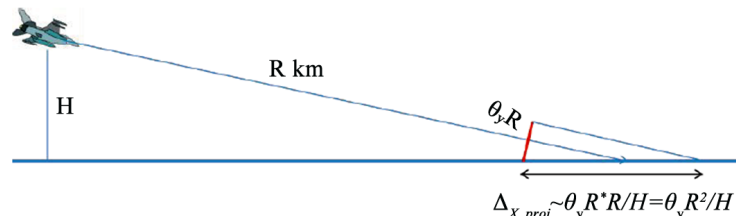


Figure 6. Geometry for the scanning pattern according to figure 5
图 6. 图 5 中扫描模式的几何光学

$T_{frame} = T_{sweep}/N_f$, 对于激光 PRF 为 20 kHz 来说, N = 9 脉冲。

对于凝视模式, 每像素的脉冲数量受限于使用被动图像中目标特征的跟踪精度。有效的积分时间大概为 5 ms, 意味着可以积分 100 个脉冲来改善探测和识别性能。来自背景的能量可以从下述表达式中得到:

$$E_{bgr} = T_{opt} \cdot \Delta\lambda \cdot \Omega_{IFOV} \cdot A_{rec} \cdot [E_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda bgr} + M_{\lambda} / \pi] = T_{opt} \cdot \Delta\lambda \cdot \Omega_{IFOV} \cdot A_{rec} \cdot B_{\lambda bgr} \quad (9)$$

背景辐射在 4 μm 附近, 可以在 10~100 $\mu\text{Wcm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ 之间变化。 E_{bgr} 的值低于 10^{-12} J 。

典型发射后导弹目标的辐射强度 I_{target} 在 1~100 W/sr 之间。来自这种辐射强度的被动成像信号 $E_{ptarget}$ 将与主动闪光回波的亮度进行对比。

$$E_{ptarget} = T_{opt} \cdot \frac{I_{target}}{R^2} \cdot \exp(-\sigma_{3-5\mu\text{m}} \cdot R) \cdot \tau_{int} \quad (10)$$

本文将研究 20 kHz prf 的脉冲激光系统。假定有相当高的覆盖功率, 10 W 就能搜索和探测远距范围, 超出在单兵防空武器的攻击距离(5~6 公里)之外。

图 7 显示了对抗系统脉冲激光的信号和噪声像素能量, 由于脉冲激光的周期时间短, 红外跟踪

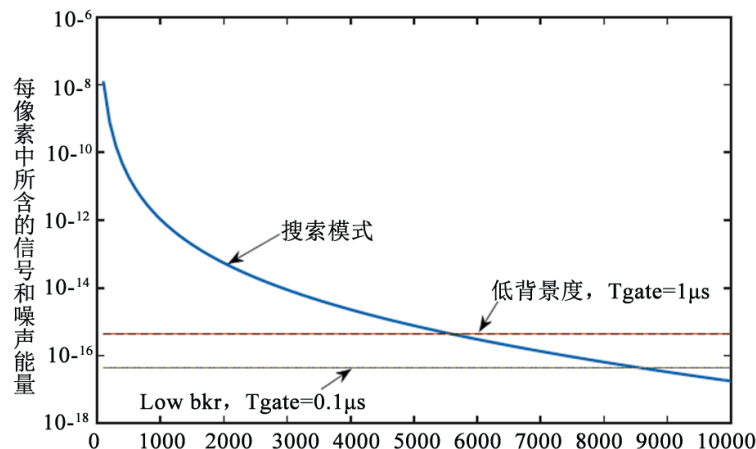


Figure 7. Signal and noise pixel energies for a pulse 20 KHz laser
图 7. 一个脉冲 20 KHz 激光器的信号与噪声能量

探测器积分时间要同步于激光脉冲；由图可知，基于“猫眼效应”的探测距离达到 5.6~8.5 公里，超过便携式导弹的攻击距离，可实现先敌发现。

在探测到潜在的跟踪武器系统的强反射之后，导引头干扰和激光致眩似乎是主要的对抗方式。定向红外对抗系统的干扰光源完全可以实现对导弹导引头的干扰。而对抗传感器的激光致眩在原理上是可行的。可是信号处理或对方操作员如何处理传感器致眩部分图像存在不确定性。在几公里的距离上，对成像传感器如 CCD 和红外焦平面阵列的激光致眩可以一直使图像画面处于饱和状态。如果上述类型的致眩激光在今后广泛应用，可以实现更多的保护方式。

5. 结论

本文介绍了一个基于“猫眼效应”的定向对抗红外系统的主要功能，重点在于基本的技术和现象。分析了定向红外对抗系统实现激光主动探测技术的可行性，从环境的观点分析了穿过或接近喷气羽流对光束质量的影响，气动光学对成像退化的影响，将导致成像产生严重的退化，仿真了目标的发射，光学瞄准镜和导引头逆反射的探测能力，并提出了有效的对抗措施。

参考文献

- [1] http://archive.darpa.mil/darpatech2002/presentations/spo_pdf/speeches/haug.pdf
- [2] 赵延伸, 孙华燕, 宋丰华. 探测激光入射角对猫眼效应反射特性的影响[J]. 强激光与粒子束, 2007, 19(3): 364-368.
- [3] Zhao, Y.-Z., Sun, H.-Y. and Song, F.-H. (2007) Effect of Incidence Angle on Reflecting Characteristics of Cat Eye Effect. *High Power Laser and Particle Beams*, **19**, 364-368.
- [4] Sjöqvist, L., Allard, L., Bolander, G., Pettersson, M. and Edström, S. (2012) Optics Detection Using a Dual Channel Approach. *Proc. of SPIE*, **8543**, 85430F. <https://doi.org/10.1117/12.974811>
- [5] Steinvall, O. (2004) Performance of Laser Tracking of Small Targets during Turbulence and Beam Jitter. *Optical Engineering*, **43**, 1609-1621. <https://doi.org/10.1117/1.1738430>
- [6] Gustafsson, O. (2015) The Effects of Turbulence for Slant Paths. FOI Report nr FOI-R-4047-SE. (In Swedish)
- [7] Andrews, L.C., Phillips, R.L. and Hoppen, C.Y. (2001) Laser Beam Scintillation with Applications. SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, WA. <https://doi.org/10.1117/3.412858>
- [8] Joint Programme Concerning Laser Beam Steering, JP 8.11, WEAG, 2004 (Classified).
- [9] Sjöqvist, L. (2008) Laser Beam Propagation in Jet Engine Plume Environment: A Review. *Proc. of SPIE*, **7115**, 71150C. <https://doi.org/10.1117/12.803543>

-
- [10] Whiteley, M.R., Goorskey, D.J. and Drye, R. (2013) Aero-Optical Jitter Estimation Using Higher-Order Wavefronts. *Optical Engineering*, **52**, 071411. <https://doi.org/10.1117/1.OE.52.7.071411>
- [11] Seiffer, D.P., Eisele, C., Henriksson, M., Moller, S., Sjoqvist, L.J., Velluet, M.-T. and Togna, F. (2015) Quantification of Helicopter Rotor Downwash Effects on Electro-Optical Defensive Aids Suites. *Proc. of SPIE*, **96540**, 96500I.
- [12] Henriksson, M., Sjöqvist, L. and Seiffer, D. (2015) Helicopter Engine Exhaust Rotor Downwash Effects on Laser Beams. *Proc. of SPIE*, **96540**, 96500M.

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: 2160-7567, 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: app@hanspub.org