

## 激光有源干扰设备概述

苗用新<sup>1,2</sup>, 陈兆兵<sup>1,2</sup>, 林洪沂<sup>1,2</sup>, 郭 劲<sup>1</sup>

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033; 2.中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 介绍了各类激光有源干扰设备的工作原理、特点, 并简要分析了某些设备的改进方法。最后, 综述了激光有源干扰设备的发展现状。

**关键词:** 激光; 光电对抗; 有源干扰; 概述

**中图分类号:** TN972+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2008)增(红外)-0707-04

## Discussion about the laser active jamming equipment

MIAO Yong-xin<sup>1,2</sup>, CHEN Zhao-bing<sup>1,2</sup>, LIN Hong-yi<sup>1,2</sup>, GUO Jin<sup>1</sup>

(1.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;

2.Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** Working mechanism and features of the laser active jamming equipment are introduced. Then discussions of the improvement of some equipments are presented. Finally, the current situation of the laser active jamming equipment is described.

**Key words:** Laser; EO countermeasure; Active jamming; Discussion

### 0 引言

在军事领域, 伴随精确制导技术的发展与兴旺, 光电有源干扰技术也取得了飞快的进步。自激光器发明以来, 经过近 50 年的发展, 目前从紫外一直到中远红外波段, 几乎在各个波段内都已经拥有了可以选用的实用型激光器作为干扰源。随着大功率、高光束质量激光器技术的进步, 使得以战场防空激光对抗武器为代表的激光有源干扰装备得到更高度的重视与发展, 并逐渐成为光电有源干扰设备的发展主流。文中分类讨论激光有源干扰装备并对其发展现状做进一步研究和探讨。

### 1 激光有源干扰设备

激光有源干扰设备是光电对抗系统的一个重要

组成部分, 是指那些自身产生光波辐射或转发干扰光波的设备, 主要用于欺骗、压制、致盲或破坏对方的光电制导武器、光电观瞄与跟踪设备。激光欺骗干扰设备、激光致盲武器、激光对抗武器, 以及战术激光武器等是当前技术发展比较成熟的典型激光有源干扰设备。

#### 1.1 激光欺骗干扰设备

主要的欺骗干扰机类型有四种: 激光测距欺骗干扰机、激光角度欺骗干扰机、同步转发干扰设备和激光近炸引信干扰设备。它们主要用来干扰激光测距机、激光雷达、激光跟踪或激光制导武器等, 使其测距、跟踪精度降低或使制导武器丢失目标而偏离攻击航线。

激光测距欺骗干扰机主要干扰对象是激光测距机、激光雷达这类以获取目标距离信息为目的的军用激光设备。它向对方接收视场内发射一个与激光测距

收稿日期: 2008-03-30

作者简介: 苗用新(1982-), 男, 河北沧州人, 硕士, 主要从事机载光电对抗方向研究。Email: myx1982@126.com

导师简介: 郭劲(1964-), 男, 吉林长春人, 研究员, 博士生导师, 主要从事光电对抗方向研究。Email: wangwei5878@sina.com

信号具有相同波长、脉宽和更高重复频率的激光信号, 确保在其距离选通波门限定时间内至少有一个干扰激光脉冲在来自目标的真实反射回波之前被接收。这样, 测距设备会以先入为主的干扰信号为依据, 从而导致测距发生较大偏差。主要欺骗干扰形式分为测距正偏差、测距负偏差等<sup>[1]</sup>。

激光角度欺骗干扰机主要用来保卫地面或海上重要目标, 作战对象主要是半主动激光制导武器与激光跟踪设备。它根据所侦查到的敌方激光照射信号, 复制一个与之具有同样波长和码型的激光干扰信号, 投射到预先设置的假目标上, 使制导武器在其寻的视场内出现两个回波信号, 由此导引头将按比例导引规律向两个目标的质心寻的, 偏离正确的攻击方向。

同步转发式干扰设备将激光告警器接收到的激光脉冲信号自动地进行放大, 并由其来触发激光干扰机进行转发。敌方目标指示器每发射一个脉冲, 激光干扰机便向假目标发射一个激光干扰脉冲。这样, 激光干扰机发射的干扰脉冲与敌方制导信号相一致, 但在时间上是滞后的, 滞后时间取决于激光干扰机的出光延迟。因此, 同步转发式干扰要求激光的出光延迟时间应极短, 以使干扰脉冲能落入导引头的选通波门内; 而激光干扰机的输出功率要远远超过敌方激光导引头所接收到的目标反射信号功率。

激光近炸引信干扰设备对激光近炸引信实施有源干扰, 一般采用转发式距离欺骗干扰方式。由激光干扰机对来袭目标发射激光干扰信号, 使激光干扰

信号在远距离上提前进入引信的接收视场, 以压制真正的目标回波信号, 形成有效的距离欺骗, 使引信的信号鉴别与选通系统产生误判, 提前输出起爆信号引起导弹早炸, 达到保护被攻击目标的目的。

综上所述激光欺骗干扰设备都有以下特点。(1) 为实现有效的欺骗干扰, 要求干扰信号必须与被干扰目标工作信号具有多重相关性, 包括特征相关性、时间相关性和空间相关性等; (2) 干扰设备以激光信号为诱饵, 除消耗少量电能外, 几乎不消耗其它资源, 可重复使用。

## 1.2 激光致盲武器

其主要致盲对象为战场作战人员的眼睛等, 是一种概念型非致命性低功率激光武器。激光对人眼造成伤害主要是波长 400 nm~1.4 μm 的可见光和近红外光, 其中尤以波长 530 nm 的蓝绿光对人眼伤害最大。较早的激光致盲武器主要采用 0.53 μm 激光器, 在

100~200 mJ/脉冲的输出能量和较小发散角情况下, 可对人眼在 10 km 的距离以上致眩, 在 5 km 以内造成损伤。此外, 还有美军发展的车载“鲑鱼”和机载“贵冠王子”等几种型号的激光对抗系统, 在具备干扰光电传感器能力的同时, 也具备对人眼造成损伤的能力。

随着激光防护技术的迅速发展, 对激光致盲武器提出了新的要求。显然, 最有效的办法就是发展波长可以快速变化的可调谐激光器, 使得那些只能防护几个固定波长的防护器材达不到预定的作用。由于大多数激光告警设备目前不具备对于宽波段可调谐激光器的侦查能力, 所以可调谐激光致盲武器的运用更具有突然性和隐蔽性。

激光致盲武器主要特点有: (1) 采用人眼敏感的可见光或近红外波段激光实施致盲; (2) 重频脉冲对人眼和可见光探测器的致盲效果高于连续激光; (3) 对激光器输出功率和跟瞄精度要求较低等。

## 1.3 激光对抗武器

这类武器以干扰、致盲精确制导武器光电传感器为主, 其对抗能力高于激光致盲武器和战术激光武器之间, 是激光有源干扰的重要手段, 也是今后光电对抗发展的重点。

影响激光对抗武器作战性能的因素很多, 如跟瞄精度和环境适应性等, 但最关键的因素还是到达目标上的远场激光功率及其密度, 这是对目标实施干扰或损伤的基础。因此, 在设计、改进激光对抗武器系统时, 一切都是从计算与分析到达远场目标之上的激光功率密度为基本出发点。会聚到空间远场某一光学系统中的激光功率密度计算公式为:

$$P_0 = 0.21 \left[ \tau_0 \left( \frac{D}{d} \right)^2 \right] \left[ \tau'_0 \left( \frac{D_0}{n\lambda} \right)^2 E \right] \tau_a \frac{1}{L^2} \quad (1)$$

式中:  $D$  为对方光学系统接收口径;  $d$  为对方光电探测器光敏面直径;  $D_0$  为激光光学发射系统望远镜口径;  $\tau_0$  为对方光学接收系统总透过率;  $\tau'_0$  为激光光学系统总透过率;  $\tau_a$  为大气平均透过率;  $n$  为干扰激光束衍射极限倍数;  $\lambda$  为干扰激光波长;  $E$  为干扰激光功率;  $L$  为有效激光干扰距离。

对上式进行分析可以看出, 到达目标传感器上的激光功率密度与三个方面的因素有关: 第一个括号内参与对方光学系统与探测器的技术参数相关; 第二个括号内参数与激光对抗武器采用的激光器和光学系统的参数相关; 其余参数与大气传输情况和作用距离

相关。

总结起来可以从以下几个方面改进激光致盲武器:(1) 提高激光器输出能量和光束质量,来提供更集中有效的到达目标上的远场激光能量强激光干扰系统中应用最多的激光器是波长  $1.06\ \mu\text{m}$  的 Nd:YAG 板条激光器和波长  $10.6\ \mu\text{m}$  的  $\text{CO}_2$  激光器,以及波长  $3.8\ \mu\text{m}$  的 DF 激光器。一般选用非稳谐振腔设计技术,是提高激光光束质量的有效方法;(2) 改良精密跟踪瞄准技术,提高打击的快速准确性,采用红外跟踪、电视跟踪、激光角跟踪等综合措施来实现微弧度量级的精密跟踪瞄准;(3) 制造工艺先进的强激光发射天线和质量轻、抗辐射的反射镜;(4) 采用自适应光学技术实时探测大气参数和激光束波前变化,来实时调整激光发射系统的光学特性,使激光束以最佳方式聚焦在目标上。

#### 1.4 战术激光武器

通过发出高能激光束照射目标,使其发生特殊的物理效应,产生极为有效的杀伤破坏力。激光照射目标后,部分能量被目标吸收而转化为热能,引起烧蚀效应,由于目标的表面材料急剧汽化,蒸气高速向外膨胀,在极短的时间内可给目标以强大的反冲作用,从而在目标中形成激波,其激波又能引起目标材料的断裂或损坏,这就是激波效应。而且,由于目标表面材料的汽化,还会形成等离子体云,因而又造成辐射效应,这比激光直接照射所引起的破坏力可能更厉害。战术激光武器和激光对抗武器有着相同的关键支持技术,但对光束质量、输出能量、定位精度、大气影响等发面要求更高。

战术激光武器特点:(1) 反应时间短、照射速度快、命中精度高。激光武器的照射速度极快,可达  $30\ 000\ \text{km/s}$ ,比普通枪弹非初速要快 40 万倍,比导弹的速度快 10 万倍,所以无需计算提前量,只要瞄准便可百发百中。(2) 辐射强度高,摧毁威力大。而且,激光武器发射的是光弹,一秒种可以连射 1 000 发,没有后座力,只要有电源就能继续发射。(3) 无污染,不易受电子干扰,属于比较干净的新杀伤机理武器。

## 2 激光有源干扰设备发展现状

随着激光技术的进步,世界上很多国家都在积极发展激光有源干扰设备。近年来,激光有源干扰设备

又有一些新的进展。

美国研发的 PH&SR(人员暂停和刺激响应)是一种非致命的激光步枪,这种激光步枪是由位于新墨西哥州的空军研究实验室研制的。PH&SR 和 M60 式机枪大小相当,质量约为 9 kg。它可发射出低功率的激光,其发射出的光线有点像人们凝视太阳时那种使人晕眩的光芒。这种 PH&SR 激光步枪的最大特点在于可以自动感知与目标的距离,自动控制输出激光能量,使人暂时失明,失去空间定位的能力却又避免对眼睛造成永久性损伤。该系统还使用了“双波长激光系统”,从而使对方激光的防护更加困难。

20 世纪 90 年代末,DBD、EADS 和 Thales 三家公司在发展光导发光干扰技术方面进行合作,共同研制名为“FLASH”的定向红外干扰设备(DIRCM)。它是一种闭环系统,发射激光束,致盲任意类型的红外导引头和快速干扰与摧毁探测到的导弹。

“FLASH”的特点是灵活模块化设计,使其能适应所有类型的平台、飞机和系统。2002 年完成了系统的综合论证,并在接下来的两年里进行了地面和飞行实验来检验系统功能。在飞行试验中,系统被安装于 C-160 运输机上,并完成对 SIDEMIR(性能与 SAM 相当)的被动追踪。2005 年初,对于“FLASH”系统的所有试验均成功完成,各方面性能均达到预定要求。基本设计装备欧洲的 A400 运输机。“FLASH”计划为其他类型飞机研制广谱自保护器和系统铺平了道路<sup>[2]</sup>。

法国宇航实验室宣传已经研制成功供机载对抗使用的紧凑型 OPO 激光器。该设备能在连续波或高重复脉冲工作模式下辐射出几瓦的能量;辐射激光的波长覆盖  $2\sim 12\ \mu\text{m}$  范围;宽带、窄线宽辐射;结构紧凑、体积小。整个系统中最引人注目的是他的 OPO 谐振腔,体积仅为  $100\ \text{cm}^3$ 。在高重复频率下泵浦,激光器输出需要的能量,光束的衍射极限为  $1.5^{[3]}$ 。这类激光器有望成为现有定向红外对抗系统(DIRCM)的有力补充甚至取而代之。

Scorpion 属于美国海军快速转换(RTT)计划,其成本低于 ATIRCM、DIRCM 和 LAIRCM,最终将代替 BAE 系统公司老式 AN/ALQ-144 热弧光灯红外对抗系统。2005 年 1 月,美国海军开始为 AH-1Z“眼镜蛇”攻击直升机研制轻型低成本 Scorpion 飞机自卫系统。2005 年末,完成初始指示器验证。2006 年 4 月,Scorpion 验证系统完成设计并开始进行适当研制

用于地面、转台和有限的飞行测试。2006 年夏完成系统的地面测试。2006 年末研制出系统演示样机。Teal 公司预测, 基于大型定向红外对抗的成本为 200 万美元, Scorpion 将按 50 万美元的成本全速生产。

用于大型飞机的“平静眼”与 Scorpion 的不同之处在于它不需要导弹告警传感器。2005 年 9 月美国国防部根据防御购买咨询(DAC)计划选择 15 项新启动的计划以争取 2006 财年的投资。其中, 空军选择了雷声公司的“平静眼”计划来设计、研制、测试和验证低成本定向红外微型转台, 以满足大型飞机红外对抗需要。

美国国土安全部在 2004 年正式启动了开发保护民航机免遭肩上传感器发射导弹攻击的计划。第一阶段共有三家公司竞争, 诺·格公司和 BAE 系统公司采用激光红外干扰机, 而联合航空公司采用投放廉价诱饵的办法。经过半年对概念, 对抗系统的经济、制造和保养问题的研究, 并提出建议后, 国土安全部选择了激光红外干扰机的方案, 而淘汰了施放诱饵的方案。诺·格公司和 BAE 系统公司进入计划的第二阶段, 将完成设计并进行关键的设计评审, 然后制造并在民航机上试验样机。BAE 系统的方案包括了它的 ATIRCM 系统和通用导弹告警系统技术。该系统采用吊舱放在飞机的下面<sup>[4]</sup>。

美国的机载激光武器 (ABL) 安装在大型宽机身波音 747 飞机上, 以高能化学氧碘激光器为基础, 主要用于拦截助推段的战区弹道导弹, 如“飞毛腿”导弹, 并有能力完成其他任务, 如防御巡航导弹、压制敌方防空、保护高价值的空中资源、成像监视等。2006 年 6 月, 美国导弹防御局(MDA)以及由波音公司牵头的多家防务工业公司共同成功地完成了机载激光武器飞机内的发射试验, 试验中用低能激光器替代高能激光器, 还使用了两台照射激光器。2007 年 3 月, 波音公司称在飞行试验中 ABL 的追踪激光器, 第一次成功向机载目标发射激光, 并完成追踪。2008 年到 2009 年将对 ABL 进行更进一步的地面及飞行试验<sup>[5]</sup>。

法国 SAGEM 防务安全公司等, 来自 7 个国家的 18 家公司共同进行 CASAM 系统研发工作, 并计划于 2008 年进行地面试验。该系统采用闭环工作方

式, 双波段辐射激光, 主要用来保护民用飞机免受第一代和第二代 MANPADS 的威胁。它的吊舱直径为 15 cm, 分为上、下两部分: 上部可以转动, 安置在机身外; 下部包括激光发射/接受设备和红外摄像机及其图像处理设备, 直接与激光波长转换模块连接<sup>[6]</sup>。截至 2007 年中, CASAM 各项研究工作顺利进行, 大部分试验用的硬件都在生产中。

### 3 结束语

激光有源干扰设备在军事领域中取得了越来越广泛的应用。随着技术的进步, 低功率的干扰设备将会在闭环工作模式下更为准确有效的干扰目标; 高功率的干扰设备将采用更高光束质量的光源直接摧毁目标的光学设备或部件<sup>[7]</sup>。激光有源干扰设备将朝着高功率、小型化、低成本的方向发展, 成为光电对抗设备的主力军。

### 参考文献:

- [1] 张鸿雁, 李言俊, 张科, 等. 激光干扰技术的现状与发展趋势[J]. 激光与红外, 2007, 37(1): 14-17.
- [2] MOLOCHER B. Countermeasure laser development[C]//Proceedings of SPIE, 2005, 5989, 598902: 1-10.
- [3] GODARD A, LEFEBVRE M, SAID A, et al. Development of a compact laser source for airborne countermeasures[C]//Proceedings of SPIE, 2007, 6738, 67380C: 1-10.
- [4] KEIRSTEAD B. Laser Countermeasures for Commercial Airlines[C]//Proceedings of SPIE, 2005, 5781: 1-6.
- [5] BOLKCOM C, STEVEN A. Hildreth. Airborne Laser (ABL): Issues for Congress[C]. Congressional Research Service, The Library of Congress, 101 Independence Ave, E, Washington DC, 20540-7500, 2007.
- [6] VERGNOLLE J. The European Project CASAM for the protection of commercial. Airliners in flight [C]//Proceedings of SPIE, 2007, 6738, 673801: 1-10.
- [7] 任国光, 黄裕年. 用激光红外干扰系统保护军用和民航机[J]. 激光与红外, 2006, 36(1): 1-6.