

文章编号:1001-5078(2007)01-0014-04

激光干扰技术的现状与发展趋势

张鸿雁¹, 李言俊¹, 张科¹, 徐锦², 徐世录³

(1. 西北工业大学航天学院, 陕西 西安 710072; 2. 辽宁对外经贸学院, 辽宁 大连 116052; 3. 东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘要: 文章介绍了激光干扰技术的发展历程以及装备的研制、改进情况, 指出了在现代战争中发展激光干扰技术的优势和重要性, 重点探讨了几种激光干扰技术的性能及其特点, 最后论述了激光干扰技术的现状与发展趋势。

关键词: 激光; 干扰技术; 现状与发展

中图分类号: TN97D **文献标识码:** A

Current Situation and Development Trend of the Laser Anti-jamming Technology

ZHANG Hong-yan¹, LI Yan-jun¹, ZHANG Ke¹, XU Jin², XU Shi-lu³

(1. College of Astronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, 710072, China; 2. Liaoning University of International Business and Economics, Dalian 116052, China; 3. Northeast Research Institute of Electronic Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The process of development of the laser anti-jamming technology and equipments in all countries over the world and its modification are described. The technique performance and properties of several laser anti-jamming seekers are discussed, the current situation and the development trend of laser anti-jamming technology are treated.

Key words: laser; anti-jamming technology; situation and development

1 引言

激光干扰就是用发射或转发激光以欺骗或压制敌方光电设备或遮挡、削弱敌方光电信号造成假象, 诱骗敌方进攻武器到其他方向, 使其失去攻击目标。本文对激光干扰技术的发展现状与趋势做进一步的研究和探讨^[1]。

2 激光干扰技术

激光干扰技术可分为有源干扰和无源干扰两大类。

2.1 无源干扰

无源干扰是利用本身不发光的器材, 对激光进行散射、吸收, 从而干扰激光信号, 以削弱敌方的光电设备和武器系统的效能。主要包括: 激光无源测距式欺骗干扰、烟幕干扰、气溶胶干扰、气球干扰和伪装技术等^[2]。

(1) 激光无源测距式欺骗干扰 采用光纤二次延迟技术, 即在所保卫平台接收到激光测距信号照

射后, 由光纤经极短的二次延迟后, 按原路反射回去。这样, 在敌方测距机设定的距离选通范围内探测到的只是产生测距正偏差的干扰信号, 使敌方造成错误判断, 从而成功地进行了激光干扰。该装置能自动产生正偏差的测距干扰脉冲, 其结构简单、成本低, 可方便地安装在各种要保护的平台上。

(2) 烟幕干扰 烟幕是至今最为原始但仍广泛使用的干扰手段。烟幕中的微粒能有效地吸收或散射激光, 造成激光能量的衰减, 其干扰效果依赖于烟幕的组成成分、烟幕微粒的大小和激光的波长。选择合适的烟幕, 可大大削弱激光的能量, 使敌方激光接收器接收不到足够的能量而失去功效。

(3) 气溶胶干扰 气溶胶是一种新型的干扰材料, 由悬浮在气体中的小颗粒构成, 对激光及红外辐

作者简介: 张鸿雁(1971-), 女, 在读工学硕士, 研究方向为无源干扰, 控制与仿真。

收稿日期: 2006-05-11; **修订日期:** 2006-06-26

射有明显的衰减作用。

(4) 气球干扰 气球干扰是利用释放气球形成隔离层来阻断敌方激光的干扰方式。在气球表面涂有激光强反射率的材料,气球内充有氢气和烟幕的混合气体,通过控制氢气和烟幕的比例,就可掌握气球上升的时间和高度,气球自爆后,又可利用气球内的烟幕形成二次干扰。

(5) 伪装技术 伪装就是利用天然的不通视区域,如在植物茂密地域布设和配置己方目标。或者架设人工遮障,对固定目标可利用可见光、红外、激光等综合性能制式散射型或吸收型伪装网等设置遮障。

2.2 有源干扰

有源干扰是一种主动式干扰方式,利用我方的光电设备发射或转发激光,以欺骗或压制敌方光电设备和武器系统。主要包括:激光测距式欺骗干扰、激光制导武器欺骗干扰、激光近炸引信干扰和激光致盲干扰技术等。

(1) 激光测距式欺骗干扰 根据产生的欺骗干扰形式的不同,可分为产生测距正偏差和产生测距负偏差两类^[3]。

测距正偏差。有源型采用电子延迟和激光器,在受到敌方激光测距信号照射后,经极短的电子延迟,按原路发射一个同敌方测距信号同波长、同脉宽的信号,从而产生测距正偏差的干扰信号,使其造成错误判断。干扰激光器可采用 Nd:YAG 固体激光器,也可采用半导体激光器,控制激光干扰脉冲信号强度,延迟时间精确可调,能非常有效地干扰敌方激光测距机。

测距负偏差。产生测距负偏差,向警戒空域连续不断地发射高重复频率的激光干扰脉冲,使敌方测距机接收到一个负偏差(短距离)虚假测距信号,从而有效地隐蔽真目标。例如,在 3km 以远干扰 30°角范围内的激光测距机,所需干扰激光输出峰值功率为 500W 左右,重复频率不低于 50kHz,平均功率为 2~3W。用 Nd:YAG 激光器就可以实现这一指标。

(2) 激光制导武器欺骗式干扰 其方法是产生激光假目标,欺骗敌方激光制导武器。可分为回答式和同步转发式两种^[4]。

回答式干扰是对接收到的敌方激光制导脉冲信号进行精确的重频测量和编码识别等信息处理,根据接收到的第一组激光编码脉冲,同时考虑激光干扰机的出光延迟时间,精确地复制出与敌方激光制

导信号重频和编码完全一致的干扰脉冲,超前同步触发激光干扰机向预设的假目标发射欺骗干扰脉冲,从而将敌方激光制导武器引向假目标。

激光有源欺骗干扰信号必须严格超前同步于敌方激光目标指示信号。这是因为激光目标指示编码脉冲的脉宽,一般为几毫微秒到几十毫微秒,对于 10ns 的激光信号,激光欺骗干扰脉冲与敌方目标指示脉冲几乎不可能同时出现。所以,如果激光欺骗干扰信号不同步或滞后于敌方目标指示信号,则激光干扰信号或者一开始就被敌方激光导引头抗干扰波门所滤除,或者激光欺骗干扰信号即使能通过抗干扰波门,但因其信号的滞后而不能被敌方激光导引头所认同,起不到干扰作用。

同步转发式干扰是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,激光干扰机也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,滞后的时间取决于激光干扰机的出光延迟。所以,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。

为了有效地实施激光欺骗式干扰,应调整激光干扰机的输出功率和假目标的激光反射率,使到达敌方导引头的激光欺骗干扰信号高于导引头的阈值功率,这样敌方导引头会认同所接收到的激光欺骗干扰信号为激光制导信号,并据此设定波门选通时间和波门宽度,从而只对欺骗干扰信号进行处理,而不会理睬真实目标的反射信号,由此将激光制导武器引向假目标。适当加大激光干扰机的输出功率,同时,采用激光隐身或烟幕遮蔽技术,对于同步转发式干扰尤为重要。

应当指出,实际的激光制导有源欺骗干扰系统往往将回答式干扰和同步转发式干扰两者综合应用。

(3) 激光近炸引信干扰 一般采用的是转发式的距离欺骗干扰方式。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,而提前输出起爆信号,引起导弹的早炸^[5]。

当装备有激光引信的导弹进入目标警戒区域时,激光近炸引信干扰系统的目标识别单元首先对来袭目标的威胁方位、激光原码信息、激光引信的发射视场及接收视场进行相关识别,并将来袭目标的威胁方位信息和视场相关信息传送给干扰实施控制单元,同时将激光威胁的原码信号送至信息处理单元;干扰实施控制单元通过对威胁方位信息和视场相关信息的解算,完成方位控制信息转换,形成干扰方位选通控制信息,并通过该控制信息,完成对干扰实施单元中有源干扰输出方位及无源干扰发射方位的实时控制;信息处理单元通过对激光威胁信号原码信息的发射方式进行综合分析处理后,准确识别出激光引信信号选通系统的工作方式,同时生成干扰触发控制信息,完成对激光有源干扰机的触发控制和无源干扰设备的发射控制。

(4)激光致盲干扰 主要指使敌方光学系统、光电传感器失效或破坏^[6]。

激光对人眼造成伤害主要是波长 400nm ~ 1.4 μ m 的可见光和近红外光,其中尤以波长 530nm 的蓝绿光对人眼伤害最大。

激光致盲干扰的关键技术主要有:高能量、高光束质量激光器技术;精密跟踪瞄准技术;质量轻、抗辐射激光束控制发射技术;激光大气传输效应研究及自适应光学技术等。

高能量、高光束质量激光器是强激光干扰系统的核心。激光器发射强激光实现对目标的干扰和破坏。强激光干扰系统中应用最多的激光器是波长 1.06 μ m 的 Nd:YAG 板条激光器和波长 10.6 μ m 的 CO₂ 激光器,以及波长 3.8 μ m 的 DF 激光器。激光输出能量和束散角成正比,而光斑面积则与距离和束散角乘积的平方成正比,从而,激光远场的激光能量密度就与距离和束散角乘积的平方成反比,与激光器的初始输出能量成正比。所以,激光输出束散角是一个比激光输出能量更重要的指标。

精密跟踪瞄准技术。激光干扰设备的作用是用强激光束直接照射目标使其致盲或损坏,这要求设备具有很高的跟踪瞄准精度,对于空对地等运动较快的光电威胁目标,强激光干扰设备的跟踪瞄准系统还应具有较高的跟踪角速度和角加速度。强激光干扰设备所要求的跟踪瞄准精度高达微弧度量级,需采用红外跟踪、电视跟踪、激光角跟踪等综合措施来实现精密跟踪瞄准。

质量轻、抗辐射激光束控制发射技术。强激光发射天线是干扰设备中的关键部件,它起到将

激光束聚焦到目标上的作用。发射天线通常采用折反式结构,反射镜的孔径越大,出射光束的发散角越小;但是,孔径过大,制造工艺困难,也不容易控制。反射镜制作还应考虑质量轻、耐强激光辐射等问题。

激光大气传输效应及自适应光学技术。大气对激光会产生吸收、散射和湍流等效应,研究大气对强激光传输的影响,采用自适应光学技术可使大气对激光传输的影响减少到最低程度。自适应光学技术就是采用实时探测大气参数和激光束波前变化的方法,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^[3]。

3 现状与发展趋势

目前,国外在激光干扰军事应用方面都有一定的研究,尤其是美国、俄罗斯等军事强国。激光干扰技术已趋于成熟,且设备种类繁多,从便携式到车载、机载、舰载式。有的已装备部队,且现行的装备大都将软硬功能有机地结合起来,在实践中既发挥激光干扰作用,又能起到杀伤敌军的作用。

3.1 法、德

为了对抗新的威胁,Diehl、EADS 和泰莱斯(Thales)三家公司将在发展光导发光干扰技术方面进行合作。他们共同研制一种名为“FLASH”的、已经在伊拉克战争中被证明其有效性的定向红外干扰(DIRCM)验证机^[7]。

“FLASH”在设计上克服了金属箔条和曳光弹布撒器的缺点,特别是宽机身飞机和直升机对抗最新一代便携式导弹方面。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。

基本设计装备欧洲的 A400 运输机。“FLASH”计划将为其他类型飞机研制广谱自保护器和系统铺平了道路。

3.2 俄罗斯

俄罗斯的激光红外干扰吊舱是自动系统公司为俄罗斯空军战斗机研制的,用于干扰空对空和地对空红外制导导弹。系统的关键器件是安装在吊舱内的脉冲氟化氙激光器,每架战斗机需要装备两个吊舱,完成全向覆盖。

该系统由机载导弹来袭告警系统提供来袭导弹的信息,将激光对准来袭导弹。系统可与导弹来袭告警系统配合工作。从探测到导弹到干扰系统启动

仅需 1s;激光发射后 1.5s,系统的干扰效能就能达到 80%。空对空导弹的探测距离一般是 10 ~ 20km,地对空导弹的探测距离为 5 ~ 10km。

干扰系统在红外导弹发射前就能将其破坏。载机探测到威胁时,可先用激光在导弹还没发射前破坏导引头,使它不能锁定目标。系统设计的主要攻击对象是第三代红外制导导弹。自动系统公司还研制出了对付更先进的红外成像制导导弹的干扰系统,如 AIM-9X、ASRAAM 和“怪蛇”4 导弹。

干扰系统的前向和后向覆盖范围均为 $-45^{\circ} \sim +30^{\circ}$ 。系统质量不包括吊舱本身是 150kg。主要部件为控制装置、供电系统、信号处理装置、激光器、光学和机械子系统、冷却装置与机载计算机。

3.3 美国

美海军在 2004 年进行了一系列的实弹试验,测试战术飞机红外定向干扰(TADIRCM)系统对付来袭导弹的能力^[8]。

安装在靶机下腹的 TADIRCM 系统由两部分组成:双色红外导弹预警系统和“机敏眼”激光干扰头,能对敌方来袭导弹发射一定量的激光束,迷惑导弹导引头,致使导弹偏离目标达几千米远。

该系统的导弹预警系统与现有预警系统相比,对红外导弹的探测距离更远,而且更可靠。一旦探测到一个威胁,激光干扰机将对来袭导弹的导引头自动发射激光束。根据来袭导弹的速度、距离目标飞机的远近以及激光束的输出功率的不同,导弹偏离目标的距离也不同。

TADIRCM 系统于 1996 年开始研制。“超级大黄蜂”和 AV-8B“鹞”式战斗机是装备该系统的主要候选平台。2007—2008 财年开始小规模初始生产,2009 或 2010 财年将装备部队。

商用飞机的导弹防御系统——激光干扰系统原型,主要防御肩扛式导弹的袭击。

BAE 系统公司及其合作公司提议利用美陆军直升机导弹防御系统的基本设计,为商用飞机建造一个“可定向电子红外对抗系统(DIRCMS)”。本系统将侦测到导弹发射,并对发射的导弹进行分析,以保证发射的是一枚导弹(而不是诱饵弹),然后再沿着导弹的弹道轨迹,对着导弹的寻的器发射出一束激光,从而改变其飞行路线。

诺·格公司及其合作公司也提议在现有导弹防御系统的基础上为商用飞机研发导弹防御系统,即 DIRCMS,将对探测到的来袭导弹进行激光光束干扰;不同的是,后者的干扰系统具有双重检查功能,

能够进一步确定来袭导弹是否是真实的导弹,从而避免引起不必要的惊慌。

2006 年 4 月 10 日,BAE 系统公司赢得 5200 万美元的合同,将为美国陆军提供 200 套通用导弹告警系统(Common Missile Warning System, CMWS),以保护陆军固定翼和旋翼飞机免受红外制导导弹的威胁。

CMWS 是一种工作在紫外波段的凝视成像导弹告警系统,它与先进威胁红外对抗系统(Advanced Threat Infrared Countermeasures, ATIRCM)、先进红外曳光弹一起构成了美国陆军综合红外对抗套件——ATIRCM/CMWS。ATIRCM/CMWS 是陆军新一代基于激光的多波段定向对抗系统,可用来对付应用越来越广的热寻的导弹。

根据 2004 年 9 月签署的一份合同,BAE 系统公司已经开始向美国陆军交付 CMWS。目前的月交付量为 40 套,以后还将更多。美国陆军希望将这种自卫系统尽快装备飞机。此外,这种系统还可以装备在商用飞机上对付肩射导弹。

4 结束语

大功率强激光干扰机将发展成为激光武器。小功率激光干扰系统可以干扰光电设备。大功率微波发射装备将发展成为微波波束武器,不仅可以干扰破坏电子设备,而且可以作为武器摧毁或破坏目标。未来电子战将开辟一个全方位、多层次、大纵深、广频谱、宽频带的非线性战场。

参考文献:

- [1] R Tuttle. Large Aircraft Infrared Countermeasures System [J]. Aerospace Daily & Defense Report, 2004, 210(7): 6-7.
- [2] 侯振宁. 激光欺骗干扰技术研究[J]. 应用光学, 2002, 23(1): 34-35.
- [3] 蒋耀庭, 潘丽娜. 激光有源干扰及其发展现状[J]. 激光技术, 2004, 28(4): 438-441.
- [4] 周治伟, 孙晓泉, 樊祥. 延迟光纤激光测距干扰系统参数分析[J]. 舰船电子对抗, 2006, (1): 16-19.
- [5] 许路铁, 刘兆辉, 涂胜元, 等. 激光末制导炮弹导引头接收能量对抗模型[J]. 弹箭与制导学报, 2006, (1): 367-370.
- [6] 谢小川. 高重频激光对激光导引头干扰性能的研究[J]. 航天电子对抗, 2005, (5): 23-25.
- [7] 葛成良, 范国滨, 梁正, 等. 单元红外成像探测器的激光干扰实验研究[J]. 强激光与粒子束, 2006, (1): 25-30.
- [8] 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.