

国外激光告警系统技术发展与应用研究

胡瑞卿 王海滨

海军航空大学

DOI:10.12238/acair.v2i2.7401

[摘要] 随着激光技术的飞速发展,测距仪、目标指示器、激光束制导武器等新型装备层出不穷,并多次在现代战争中发挥了十分重要的作用。随着激光威胁的日益严重,世界各国都在大力发展激光对抗技术。文章分析了机载激光告警系统的基本特点,介绍了激光告警器的主要类型和几种典型的国外机载激光告警系统,研究了机载激光告警系统的主要发展趋势。

[关键词] 机载; 激光; 告警

中图分类号: E933.43 **文献标识码:** A

Research on the technical development and application of laser alarm system abroad

Ruiqing Hu Haibin Wang

Naval Aeronautical University

[Abstract] With the development of laser technology, laser range finder, laser target indicator and laser driving beam guidance weapons have emerged rapidly, and have played an important role in several local wars. In the face of the increasingly serious laser threat, all countries are trying to develop photoelectric countermeasures technology. This paper introduces the basic characteristics of airborne laser alarm system, analyzes the main types of laser alarm system and several typical foreign airborne laser alarm systems, and studies the main development trend of airborne laser alarm system.

[Key words] Airboard; laser; alarm

引言

机载激光预警系统可以探测到正在出现的激光威胁,并确定威胁源的方向、类型和特征,并通过声音和图像预警与空战武器系统进行交叉链接。它是光电消防系统的重要组成部分。随着现代战场环境越来越复杂,激光告警装备也面临着重大的挑战,这就要求激光告警技术和装备能够适应未来实战的需要。

1 机载激光告警系统

激光报警系统一般由两部分组成:探测器和显示器。探测器安装在平台外部接收激光辐射信号,显示器安装在驾驶舱或炮塔内,为机组人员提供警报信号,并提供威胁源的方向、类型和工作模式等警报信息。

激光告警系统一般都具有如下特点:

(1)较宽的探测器视场,可以接收多个方向的激光辐射信号。(2)较宽的光谱信号接收带宽,能够覆盖所有激光信号的工作波长。(3)能从复杂的背景光中识别出激光脉冲信号,且具有非常低的漏警概率。(4)能够准确判断激光确定威胁信号源的方向,获得激光束的时间特性,计算目标激光信号的波长和强度。(5)可以同时探测和处理多个威胁目标。(6)系统探测距离大于

10-15公里,响应时间小于5秒,虚警率低。(7)探测设备拥有体积小、重量轻、价格低和便于安装的优点。

2 国外典型机载激光告警系统

根据不同的探测原理,激光告警设备主要包括三种类型:相干识别型、光谱识别型和散射探测型。其中,相干识别类型包括法布里-珀罗型和迈克尔逊型,光谱识别类型可分为成像型和非成像型。

国外早期的激光告警装备主要以通道识别型为主,近年来,国外激光告警朝着提高探测精度的方向发展,导致编码探测技术和成像探测技术的出现。典型成像型激光告警系统有HALWR高精度激光告警接收机和HARLLD高角分辨率激光探测器。相干识别型激光告警器包括法布里-珀罗、迈克尔逊型等类别,典型法布里-波型激光告警接收机型号为AN/AVR-2和MINLAWS。

2.1 AN/AVR-2B(V)激光告警系统

AN/AVR-2B(V)是M国武装部队使用的最新一代航空激光预警系统(以前由Goodrich品牌提供)。该系统比前一个版本更小、更轻,使用更少的功率,并且演示了增强的性能、可靠性和可维护性。它能探测到测距仪、目标指示器和波束激光辅助武器系统,并且能够使用多种飞机信号接口。

AN/AVR-2B(V) 外部链路探测激光测距仪、目标指示器和 beamrider 激光辅助系统, 目标是飞机或车辆, 并能使用多种飞机信号接口。AVR-2B 比 AVR-2A 更小、更轻, 使用更少的功率, 并且增强了性能、可靠性和可维护性。除此之外, 还可以与其它系统交联配合, 模拟武器交战, 进行作战战术相关课目的训练。

2.2 AN/AVR-2A(V) 激光威胁探测装置

AN/AVR-2A 激光威胁探测装置 (LDS) 是一种被动的激光预警系统, 它接收、处理和显示由激光对飞机照明所产生的威胁信息。AN/AVR-2A LDS 是由基础型通过几个工程变更建议 (ECPs) 的合并而来的。这些 ECPs 包括: 集成了多个集成的激光对抗系统和空对地系统; 将可移动用户数据模块合并到场强计接口中, 以允许应用软件更改和系统解密的方法; 提高了 III 级灵敏度, 提高了威胁检测性能。

机载 AN/AVR-2A 激光预警系统提供激光能量对飞机预警, 包括激光测距仪和激光制导系统, 使机组人员能够采取规避动作。激光探测装置和激光辅助武器相组合, 并向机组发出警告, 以允许采取规避救生行动。该系统可探测、识别水平 360 度位置, 竖直 45 度的位置。

AN/AVR-2A(V) 激光检测装置是一种无源电子战系统, 可用于对机载和地面平台发射的敌方激光辅助武器进行扫描、定位和识别。LDS 是雷达告警 (RW) 系统的一个频率扩展。该系统可直接探测, 将激光数据处理成激光威胁信息, 并将这些数据发送到 RW 数字处理器以提供系统的视觉和听觉威胁告警。

3 机载激光告警系统发展趋势

为了适应未来的战场需要, 应对可能出现的各类新型激光威胁信号, 激光告警技术的发展方向应以提高告警设备的作战效能为首要任务, 在不断优化和提升现有激光告警技术和性能指标的基础上, 创新应用新技术。

3.1 应用激光高分辨率

光电对抗系统的作战过程大致可分为三个阶段, 主要包括目标信号的侦察预警、干扰系统资源的部署和抗干扰的实施, 所有实施过程都应在威胁真正到来之前完成。侦察预警作为整个系统实施过程的第一阶段, 也是最重要的环节, 关系到整个系统最终的对抗效果。因此, 其性能指标, 尤其是威胁目标方位识别的准确性, 直接影响到整个系统的有效性。

研究数据可以证明, 威胁信号的拦截与警报的方位精度密切相关: 当警报精度为 90 至 360 度时, 拦截目标的时间约为 4 至 10 秒; 当警报精度为 8 度时, 拦截目标的时间约为 3 至 4 秒; 当警报精度为 1 至 2 度时, 拦截目标的时间约为 1 至 2 秒; 当警报精度为 0.1 度时, 拦截目标只需 0.1 秒。因此, 高分辨率激光告警系统是未来机载激光告警系统的发展方向。

3.2 高灵敏度

激光制导武器为了能够对抗激光告警设备, 尽量不被激光告警器发现, 在保证正常攻击效果和作战效能的前提下, 通常会采用尽可能低的激光发射功率, 因此, 照射到被攻击目标上的激光能量将减少, 特别是随着单光子探测技术的发展, 未来激光武

器的辐照功率将大幅降低。对于激光告警系统, 告警的灵敏度高低决定了设备的探测能力和最远告警距离, 因此, 为了能有预警距离越远, 拦截半径越大, 有必要研究具有更高灵敏度的激光预警探测设备。

3.3 主动侦察告警

传统意义上的激光告警是一种被动告警技术, 系统本身不发射激光信号, 只能通过被动接收目标发射的信号进行告警, 而当敌方不发射激光信号时, 激光告警设备不能发出告警。主动侦察告警原理与雷达类似, 它是通过发射侦察激光信号, 经过目标的反射, 根据激光反射信号的接收情况来判断目标的, 它打破了传统激光告警的概念, 可实现对所有目标的侦察告警, 丰富了激光侦察告警的范围。

与雷达探测相比, 激光主动侦察告警具备以下特点和优势: (1) 激光束发散角更小, 反侦察能力更强; (2) 波长更短, 测量精度更高; (3) 不辐射电磁信号, 在电磁静默状态下也可以进行探测。

目前, 由于各种技术的原因和限制, 激光主动侦察的距离和探测视场一直都不够理想, 但一直是各国研究人员的努力方向, 相信随着技术的不断发展, 一定会有所突破, 激光主动侦察告警未来定会成为机载激光告警系统的发展方向。

3.4 编码探测

激光告警系统对目标方位的探测是通过分析比对信号进入的探测不同方向的激光信号进入相应的激光探测通道。处理系统经过分析处理后, 提取接收到的激光信号的检测通道, 从而判断激光源的方向。基于这个原理, 要想有比较高的激光信号源定向精度, 就需要大幅增加探测通道数量, 这对设备和技术就提出了比较高的要求, 而编码探测技术则能解决这个问题, 它可以通过编码的方式减少通道数量, 目前出现的编码探测技术有光纤前端延时编码技术、HARLID 屏蔽窗编码技术等。

3.5 超短脉冲激光告警

对于单个激光脉冲, 当脉冲能量一定时, 脉冲宽度与峰值功率成反比。因此, 在实际应用中, 为了获得更高的激光峰值功率, 通常会对激光脉冲的宽度进行窄化, 常见的窄脉冲激光宽度在 ns 量级。

随着激光技术的发展, 脉冲宽度为皮秒和飞秒的超短脉冲激光器也将应用于各种军事装备。由于纳秒脉冲信号与皮秒、飞秒等超短脉冲信号时频特性差异较大, 纳秒脉冲激光接收系统对皮秒和超短脉冲激光的灵敏度极低。因此, 针对未来超短脉冲激光的威胁, 研究新的激光预警技术势在必行。

3.6 基于柱透镜汇聚的线光斑探测

顾名思义, 这种技术的基本原理是利用柱面透镜将激光束汇聚成线点, 然后利用线探测器接收线点, 进而计算出线点在探测器上的位置, 从而根据光学系统的参数计算出激光入射角。实现对激光目标信号方位的检测。与用于成像检测的面阵 CCD 探测器相比, 该新技术中使用的线检测器具有更少的光敏元件, 并且线检测器可以实现对脉冲激光的实时检测。

光强分配探测原理如下图所示,它包含一种特殊的二元光电探测器用于接收由目标激光束形成的线光斑。由于入射到二元光电探测器上不同方向的激光线光斑的有效长度不同,因此可以通过光电探测器两个输出信号的强度来判断激光信号的入射角度。

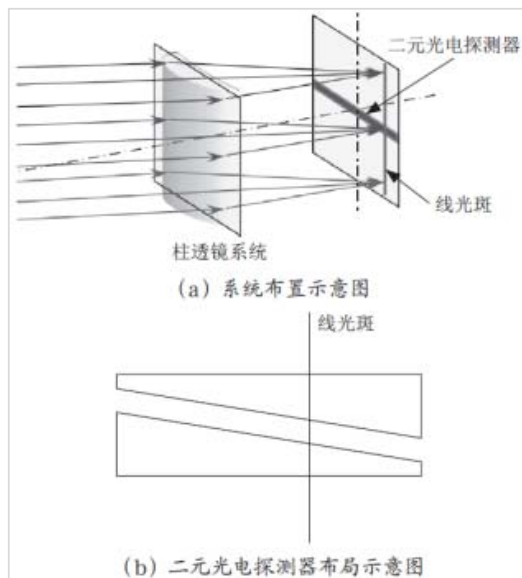


图 光强分配探测原理图

3.7 面阵探测

面阵探测技术是利用光学成像系统将激光照射信号汇聚成像点,从而确定激光的入射角。该系统中,面阵探测器位于光学系统焦平面上接收像点位置,目前主要为图像传感器,以美国的HALWR激光告警系统为例,其需要采用超高帧频CCD作为光电传感器,是激光告警发展的主要方向之一。

非成像区域阵列传感器阵列无帧速率限制,能够实时检测入射激光信号,是一种理想的激光预警效果。然而,由于它需要

大量的光电传感器,并且所有光电传感器的信号都能及时独立地输出,因此需要庞大的信号放大和信息处理电路系统,这是未来研究工作中亟待解决的问题。

4 结语

面对日益复杂的作战环境,为了应对和适应作战对象的不断升级和更新换代,未来高技术现代化战争对机载激光告警系统提出了新的更高要求,需要在不断改进激光告警基础技术的同时,不断推动新技术的发展和进步。随着机载激光告警系统的快速发展,各种不同特性的新型装备相继出现,并在许多现代局部战争中发挥了非常重要的作用。因此,世界各国都对机载激光告警设备的研制和使用给予了极大的重视和资金投入,以期在未来战争中拥有更多的主动权。

【参考文献】

- [1]张方,任华军.激光侦察告警技术现状与发展趋势[J].现代信息科技,2019,3(10):44-46.
- [2]王帅,黄富瑜,李婷,等.陆战场红外侦察告警装备作战效能评估[J].激光与红外,2019,49(03):341-348.
- [3]韩枫.激光告警系统中抗单粒子翻转及数据通信技术研究[D].中北大学,2015.
- [4]任华军.激光照射方位精确探测技术研究[D].西安电子科技大学,2014.
- [5]陈宁,王兵,陈兆兵.激光告警装备的发展现状与趋势分析[J].舰船电子工程,2011,31(07):19-22.
- [6]淦元柳,李朝荣.激光告警与激光干扰技术的发展[J].舰船电子工程,2010,30(12):15-19+60.

作者简介:

胡瑞卿(1982--),男,汉族,山西应县人,硕士研究生,研究方向:机载电子对抗。