

文章编号: 1671-0576(2021)03-0018-05

激光制导技术的发展应用及干扰技术研究

汤永涛, 王国恩, 林鸿生

(海军士官学校, 安徽 蚌埠 233012)

摘要: 介绍了激光制导技术的发展与现状,总结了激光制导的优缺点,并重点对激光干扰技术进行了分析研究。指出随着激光制导武器抗干扰技术的发展,单一的干扰方式已不能满足现代电子战、信息战、智能战的需要,应采用复合干扰方式对激光制导武器实施干扰,提高干扰成功率。

关键词: 激光制导; 干扰方式; 干扰技术

中图分类号: TN977

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1671-0576.2021.03.004

Development and Application of Laser Guidance Technology and Research on Jamming Technology

TANG Yong-tao, WANG Guo-en, LIN Hong-sheng

(Naval Petty Officer Academy, Bengbu 233012, Anhui, China)

Abstract: The development and current situation of laser guidance technology are introduced. The advantages and disadvantages of laser guidance are summarized. The laser jamming technology is analyzed and researched emphatically. It is pointed out that with the development of anti-jamming technology of laser guidance weapon, single jamming mode can not meet the needs of modern electronic warfare, information warfare and intelligent warfare. Therefore, composite jamming should be used to improve the success rate of laser guidance weapon.

Key words: laser guidance; jamming mode; jamming technology

0 引言

激光制导因其发展速度惊人,受到世界各国

的广泛重视。激光制导利用激光作为目标跟踪和信息传输的手段,控制和修正导弹飞行弹道直至导弹命中目标。激光制导通常可分为激光寻的式制导和激光驾束式制导。激光制导的制导精度高,抗干扰能力强,可用于复合制导。因远程精确打击和抗干扰的应用需求,复合制导成为后续的重要发展方向。目前激光制导存在的问题是易受

收稿日期: 2021-05-06

作者简介: 汤永涛(1979—),男,学士,副教授,主要从事电子对抗技术研究。

气候的影响,不能全天候使用。对于半主动式激光制导方式,因导弹命中目标前,激光束必须一直照射目标,其激光器的载体易被敌方发现,面临遭受反击的风险。因此,从激光制导的发展应用出发,是目前研究干扰技术的最有效方式。

1 激光制导方式

1.1 半主动式激光制导

半主动式激光制导应用最广泛。半主动式激光制导系统由半主动激光导引头和激光照射器组成。导引头与激光照射器配置于两地,激光照射器照射目标,导引头接收目标漫反射激光,测量弹目相对位置误差,实现目标跟踪制导。相对于主动式制导,半主动式制导精度高、成本低,但缺点也较突出。例如,半主动式制导多采用波长 $0.53\ \mu\text{m}$ 或 $1.06\ \mu\text{m}$ 的激光,在传输的过程中容易受到外界的影响,照射目标时载体很容易被敌方发现;激光照射器和导引头的分离导致信号的发射与接收很难同步,易被敌方侦测和干扰。

1.2 主动式激光制导

主动式激光制导将激光照射器和导引头集成,弹载激光照射器发射激光照射目标,导引头自动接收目标的反射光,通过控制系统导引激光制导导弹实施精确打击。“发射后不管”是主动式制导的最大特点。这一特点是主动式制导与其他制导方式的根本区别。主动式激光制导导弹发射后不用人工干预,导弹根据预装的目标激光三维成像特征,自动识别目标类型并判断预期目标毁伤效果,进行选择攻击。主动式激光制导可以提高武器系统的生存力,但技术难度大,故应用很少^[1]。

1.3 驾束式激光制导

驾束式激光制导将激光照射器与导弹同时安装在发射台上,照射器发射导向激光束,即激光照射驾束,照射待攻击目标。导弹发射后进入激光照射驾束中,“驾”在激光束上,弹尾接收器接收激光信号,控制系统计算弹体相对于光束中心的位置偏差,纠正弹道,直至导弹命中目标。因为就像导弹“驾”在激光束上滑行一样,故俗称“驾束式

制导”。

驾束式激光制导是一种无线制导方式,适用于空空、地空、舰空、地地等导弹,且导弹的飞行速度可达数马赫。驾束式激光制导系统具有全天候和首发命中的能力,近年来引起了各国军方的极大重视,并得到了迅速发展。

驾束式激光制导具有四大功能:瞄准与跟踪、发射与编码、弹上接收与译码、指令形成与控制。驾束式激光制导系统利用跟踪瞄准器和激光照射器实现制导功能。其工作流程为:激光照射器不断地向目标发射经过调制编码的激光束,跟踪瞄准器接收目标反射光束对目标进行瞄准跟踪;位于弹尾的激光接收器接收到激光照射器发射的激光信号后,根据弹体相对于光束中心的位置偏差,修正导弹飞行方向,使得导弹沿着瞄准线的方向飞行,因为光束中心一直是对准目标的,这样导弹就能击中目标。与半主动式制导相比,驾束式制导的优势是结构简单、成本低。另外,跟踪瞄准器安装在弹体的尾部,不影响导弹的毁伤性能。驾束式制导导弹在激光束内飞行,导弹有很高的速度,适用于对坦克或装甲目标^[2]等机动目标的制导跟踪。

1.4 指令式激光制导

指令式激光制导是指制导指令经编码后控制调制器对激光进行调制,再经激光照射器发射;编码后的激光制导指令传送到导弹,经弹上接收系统解调和解码,形成制导指令,控制导弹飞行,对目标实施攻击。

指令式制导导弹在飞向目标的过程中始终保持在激光束中心,如果导弹偏离了这个中心,安装在弹体尾部的激光接收器便会发出偏差信号,然后通过控制系统要求激光束和导弹发射方向严格配合。指令式制导技术难度较大,但整个系统小巧轻便,适合单兵使用,是目前应用较成功的制导方式,主要用于低空防御导弹。

2 激光制导的优缺点

激光制导系统具有抗干扰能力强、结构简单、空间分辨率高等优点。

除浓雾天气外,在任何气候条件下激光制导

均能有效地工作,且受电子干扰影响较小。激光制导具有较强的抗红外干扰能力,能在各种复杂的人为干扰及背景干扰中实现对选定目标的识别与跟踪。激光制导的制导精度高、结构简单、成本低,可以和其它寻的制导系统兼容,满足“一弹多头”的需要。可以对高重复频率的激光脉冲进行编码,使得不同的激光制导武器系统具有同时攻击不同目标的能力。另外,激光制导对信息处理系统要求较低,且有较高的空间分辨率。

但激光制导系统在搜索目标、抗云雾干扰等方面能力存在不足。激光制导系统发射的激光束窄,目标搜索能力差,且激光束易受气象条件的影响,不能全天候工作。激光半主动制导的武器系统,激光束在导弹命中目标之前必须一直照射目标,导致激光器的载体易被敌方发现和遭受反击。另外激光制导炸弹准备工作也十分复杂,需要提前提供目标及投放条件等各方面的准确数据。

3 激光干扰技术

激光干扰是利用各种有源或无源干扰设备,对激光制导武器、激光测距仪等实施欺骗、压制或摧毁干扰。激光干扰可分为有源干扰和无源干扰两类。

3.1 激光有源干扰技术

激光有源干扰主要包括激光高重复频率干扰、激光角度欺骗干扰、激光致盲干扰、激光摧毁式干扰等。

(1) 激光高重复频率干扰

激光高重复频率干扰的原理是使用一台或数台干扰机向激光制导武器发射重复频率达到数万赫兹的激光干扰脉冲。如果激光干扰脉冲的重复频率足够高,激光导引头可能在波门内接收到激光干扰脉冲。如果干扰脉冲超前于回波信号脉冲,则激光导引头会把干扰脉冲作为回波信号脉冲,此时导引头输出的制导信号已经不能真实反映激光制导导弹相对目标的真实位置,因此激光制导导弹在此制导信号作用下,飞行轨迹将会偏离目标。

采用高重复频率的脉冲激光干扰源,无需对接收到的敌方激光脉冲信号进行编码识别和复制,就能使假目标信号进入敌方制导系统,从而提

高了干扰方的主动性和适应能力。激光高重复频率干扰原理如图 1 所示。

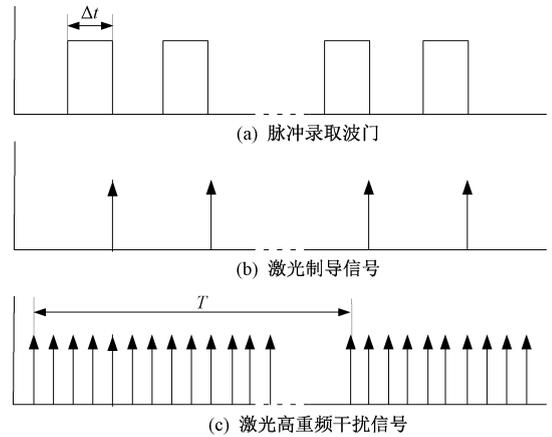


图 1 激光高重复频率干扰原理示意图

载机跟踪锁定目标后投弹,初始阶段弹体靠惯性制导飞向预定方向,当导引头接收到的激光信号超过阈值时,转为激光制导。只要激光干扰脉冲在导弹转入激光制导前进入导引头的选通波门,导引头的信号处理系统就有可能把干扰信号当成目标信号来处理,从而达到干扰的目的。假设激光导引头的脉冲录取波门宽度为 Δt ,若激光干扰信号的重复周期 T 不小于 Δt ,则对应每一个选通波门必有一个干扰信号能进入,如果干扰信号的功率足够大,理论上其干扰成功率能达到 100%^[3]。

(2) 激光角度欺骗干扰

作为激光干扰重要组成部分的激光角度欺骗干扰能够相对高效地降低光电武器系统的作战效能,因此日益得到重视。激光角度欺骗干扰通过发射、转发或反射激光辐射信号,形成具有欺骗性的激光干扰信号,扰乱或者欺骗敌方激光测距、观测、跟踪或制导系统,使其得出错误的角度信息,从而达到降低激光武器系统作战效能的目的。研究表明,激光角度欺骗干扰是对抗激光半主动制导武器的有效手段。具体说来,就是在被保护目标附近放置激光漫反射假目标,用激光干扰机向假目标发射与制导信号相关的激光干扰信号,该信号经假目标反射后,形成漫反射干扰信号,进入敌方激光导引头的接收视场,当导引头上的信息识别系统将干扰信号误当作制导信号时,导引头就受到欺骗,并控制导弹向假目标飞去。目前激光角度欺骗干扰设备已较广泛地应用于地面武器

平台,用于保护高价值的地面设施或载车平台。而要使激光角度欺骗干扰更加可靠有效,假目标干扰是必不可少的。随着战场环境的日益复杂,以及考虑到设备工作时假目标设置的方便性,假目标干扰的设置方式逐渐从人工设置假目标靶板变为利用被保护目标所处临时自然地形、地物。所以有必要对自然地物激光假目标的选取进行分析和讨论,以获得更好的欺骗干扰效果。

(3) 激光致盲干扰

激光角度欺骗干扰和激光高重频干扰都是对激光制导武器的发射信号或回波信号进行欺骗,而对激光制导武器本身并没有进行破坏。激光致盲干扰则能干扰或致盲甚至破坏导引头、跟踪器、目标指示器、测距仪、观瞄设备等,并可损伤人眼,在战场上起到扰乱、封锁、阻遏或压制的作用,是现代战争中一种非常有力的激光干扰手段。

激光致盲干扰系统一般由激光主动侦察分系统、激光被动侦察分系统和强激光干扰分系统组成,其中强激光干扰分系统采用低能激光。激光致盲干扰系统要求激光侦察的定向精度高,激光发射功率大。激光致盲干扰系统在作战中通常采用主动侦察和被动侦察两种工作模式。主动侦察模式利用光电装备的“猫眼效应”对目标精确定位,然后启动强激光对目标致盲。作战时,首先用激光扫描搜索目标,如果激光进入敌方光电设备的光学通道,由于光电系统的“猫眼”效应,部分激光将反射回被动侦察系统,以此探测和跟踪目标,并可将目标数据提供给火力单元用于瞄准射击。在导弹瞄准目标的同时,启动强激光干扰分系统发射窄光束的高能量激光,致盲或损毁敌方光电设备。被动侦察模式直接采用激光被动侦察设备截获威胁目标信号,对目标精确定向,并启动强激光系统对目标致盲。

还有一种激光致盲干扰方法是采用激光致盲弹。激光致盲弹是一次性干扰器材,它是在弹体内装入炸药和惰性气体,引爆后产生高温高压气体,形成高温等离子体,产生极强的激光辐射,破坏敌方光电侦察设备。这种激光可定向、也可全向辐射,波长覆盖紫外至红外波段。

(4) 激光摧毁式干扰

相对于实施激光致盲干扰的低能激光武器,激光摧毁式干扰系统采用可以实现硬杀伤的高能

激光武器。激光摧毁式干扰系统由高能激光器、精密瞄准跟踪装置、光速控制器及发射装置组成。其工作过程为:通过雷达预警、激光告警等技术获得威胁目标的信息,用一定的技术手段进一步确定其位置;指挥控制系统向干扰系统的精密瞄准跟踪装置发出指令,光束控制和发射装置直接瞄准目标,并自动启动激光器;根据攻击指令,强激光通过发射望远镜直接射向目标,激光束锁定在威胁目标的预定位置,最终摧毁威胁目标或使其失效。激光摧毁式干扰系统具有快速、灵活(可在短时间内拦截多个目标)、精确、不受电磁干扰及威力大等特点。从作战领域来分,激光摧毁式干扰可分为战术性和战略性两类干扰,分别进行战略防御、战区防御和战术防空,对设备、人员、卫星、导弹等进行摧毁式干扰。激光摧毁式干扰系统虽然研制费用高,但使用费用非常低(仅消耗燃料)。激光摧毁式干扰凭借其极高的效费比,在现代电子对抗中发挥着极其重要的作用。

3.2 激光无源干扰技术

激光无源干扰主要包括烟幕干扰和激光箔条干扰。

(1) 烟幕干扰

对激光制导武器最直接、最有效,也是目前使用最广泛的无源干扰技术便是烟幕干扰。烟幕由烟(固体微粒)和雾(液体微粒)组成,属于气溶胶体系,是光学不均匀介质,其分散介质是空气。烟幕的遮蔽作用主要依靠烟幕对光的散射和吸收来实现。当光线通过烟幕时,由于烟幕微粒的大小、形状、表面粗糙程度和性质的不同,将对不同波长的光波产生不同程度的折射、反射、衍射、吸收和透过,最终导致透过烟幕的光的强度小于进入烟幕的光的强度。散射和吸收是造成光衰减的直接原因。烟不仅能散射光,而且能吸收光,当光通过一个物体时,辐射能转化为其它形式的能,如电、热、化学能等,从而导致光的强度减弱。烟对光的吸收,是由两部分作用组成的,一是分散介质(空气)对光的吸收作用,二是分散相(微粒)对光的吸收作用。空气对光的吸收作用比微粒对光的吸收作用小得多,对烟幕来说主要是微粒对光的吸收。使用这种干扰方法,可使激光导弹命中率降低(70~80)%。典型的烟幕干扰系统有舰载烟幕干

扰系统、装甲车辆自防的烟幕干扰系统、直升机用快速烟幕干扰系统、保护地面目标的快速防空烟幕干扰系统等^[4]。

舰载烟幕干扰系统是目前水面舰艇应用最广泛的对抗激光制导武器的手段之一。该系统主要由无源干扰发射装置和烟幕干扰弹组成,在发射后可形成一面烟幕墙,来保护舰艇免受激光制导武器的威胁。例如俄罗斯公开的专利介绍了一种新型海陆两用烟幕弹药,用来应对多模制导武器和多种探测器材。该弹药采用分室装填的结构,装填材料有箔条、金属粉、烟火药,弹体抛出后可在空气中形成大面积的圆盘形烟幕,可在可见光、红外、微波波段产生多频谱干扰^[5]。

(2) 激光箔条干扰

激光箔条的干扰原理是利用箔条本身固有的激光反射特性,将一定数量的激光箔条弥散在空中,形成相应密度的箔条云,可以对激光信号进行散射,形成假目标,对敌方激光探测设备进行诱骗,也能形成后向散射的回波作为我方激光有源对抗的假目标。箔条云的激光散射效果如图 2 所示。

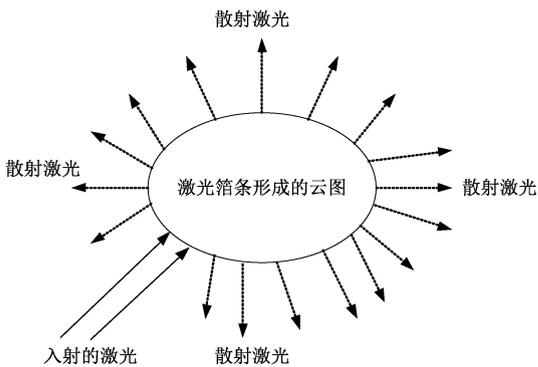


图 2 激光箔条散射示意图

激光箔条主要用于诱骗激光半主动制导的导弹、炸弹和炮弹。通常可由火箭弹或迫击炮弹发射,也可直接由飞机抛洒,到达指定空域后,激光箔条与弹(机)分离,由于质量轻,因此可以较长时间弥散在空中。如果将激光箔条布撒在敌方激光照射器的照射光路上,则由激光箔条散射的回波将把被攻击目标反射的回波淹没,使得目标被掩

盖在由激光箔条散射形成的激光斑点噪声之中,从而导致激光制导武器丢失目标。激光箔条也可以在作战中与主动激光干扰机配合,在空中任意位置上制造激光假目标,即利用己方一台激光干扰机直接照射箔条阵,在非目标区人为地造成大面积激光散射回波,从而诱骗激光制导武器向其寻的,大大降低激光制导武器命中精度^[6]。

4 结束语

激光制导武器与激光干扰技术本身就是矛与盾的关系,两者互相促进。本文介绍了激光制导方式的发展现状,总结了激光制导的优缺点,同时提出目前对抗激光制导武器的有源与无源干扰技术。随着激光制导武器抗干扰技术的发展,多功能复合烟幕^[7]、新型气溶胶等新型激光干扰材料应运而生,单一的干扰方式已不能满足现代电子战、信息战、智能战的需要,必须采用综合干扰方法对激光制导武器实施干扰,同时根据战场实际环境,采用主动与被动干扰相结合的方式,提高对激光制导武器干扰的成功率。

参考文献

- [1] 张合新, 孙鹏, 孟飞. 激光在高精度制导武器中的应用[J]. 激光与红外, 2004, 34(1): 6-8.
- [2] 范保虎, 赵长明, 马国强. 激光制导技术在现代武器中的应用与发展[J]. 飞航导弹, 2006(5): 47-50.
- [3] 车进喜, 薛建国, 陈勇. 高重频激光对半主动激光制导武器干扰机理分析及实施方法探讨[J]. 光电技术应用, 2006, 21(6): 29-33.
- [4] 梁柳, 徐迎, 金丰年. 烟幕干扰技术综述[J]. 现代防御技术, 2007, 35(4): 22-26.
- [5] 冷锋, 王甲寅. 烟幕技术在光电对抗中的应用及发展趋势[J]. 光电技术应用, 2004, 19(2): 28-31.
- [6] 袁新波. 一种无源干扰技术[J]. 兵器装备工程学报, 2017, 38(12): 155-158.
- [7] 刘禹廷, 张倩, 姚强, 等. 烟幕干扰技术研究进展[J]. 飞航导弹, 2018(2): 77-81.