

激光角度欺骗干扰诱饵设备测试仿真研究

梁巍巍,殷瑞光,郭豪

(电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室,河南 洛阳 471003)

摘要:激光角度欺骗干扰是对抗半主动激光制导武器的有效手段之一,假目标设置是激光角度欺骗干扰能否成功的重要因素。本文首先进行了激光角度欺骗干扰战术应用分析,总结了激光角度欺骗干扰成功的条件;接着介绍了一种激光角度欺骗干扰诱饵假目标布设方法,并对诱饵设备的空间能量分布进行了测试;最后,根据战情设计,仿真计算了激光角度欺骗干扰条件下激光制导武器的弹道曲线和落点分布。结果表明:该诱饵假目标布设方法简单有效,诱饵设备能够有效实施激光角度欺骗干扰,激光制导武器偏离目标,该研究结果可以为全面评估干扰效果提供技术支撑。

关键词:激光制导武器;激光角度欺骗干扰;诱饵设备;仿真;干扰效果评估

中图分类号:TN977 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2021.12.017

Study on testing and simulation of laser angle deceptive jamming bait

LIANG Wei-wei, YIN Rui-guang, GUO Hao

(State Key Laboratory of Complex Electromagnetic Effects on Electronics and Information System, Luoyang 471003, China)

Abstract: Laser angle deceptive jamming is one of the effective means for countermeasure the semiactive laser guided weapon, and the false target setting is an important factor for successful laser angle deceptive jamming. In this paper, tactical application analysis of laser angle deceptive jamming was promoted first, and successful conditions of laser angle deceptive jamming were summarized. Then, a new false target setting method for laser angle deceptive jamming was introduced, and the energy spatial distribution of bait was tested. Finally, according to battle scenario designing, the ballistic curves and impact point distribution of laser guided weapon were simulated under laser angle deceptive jamming condition. The results indicate that the laser angle deceptive jamming bait setting method is simple and effective, the bait can implement laser angle deceptive jamming effectively, and the laser guided weapon are departure from the target. The result is helpful to improve the comprehension of the jamming effect evaluation.

Keywords: laser guided weapon; laser angle deceptive jamming; bait; simulation; jamming effect evaluation

1 引言

半主动激光制导武器具有精度高、结构简单和性价比高等优点,在最近的几场战争中都有大规模使用,受到世界各国越来越多的重视^[1]。面对战场上日益增长的激光制导武器威胁,针对激光制导武器的对抗技术也在飞速发展之中,激光角度欺骗干扰是对抗

半主动激光制导武器的有效手段之一,引起了广泛的关注。激光角度欺骗干扰设备已广泛地应用于各类武器平台上,如美军的 AN/GLQ-13 型车载激光诱骗系统、LATADS 激光对抗诱饵系统、英国 GEC-Marconi 航空电子设备公司研制的 405 型激光诱骗系统等^[2-3],用于保护高价值的地面目标和作战平台。

基金项目:装备预先研究项目资助。

作者简介:梁巍巍(1983-),男,硕士,主要研究方向为光电对抗及光电对抗仿真技术。E-mail:liangblue1044@163.com

收稿日期:2021-03-12

现代战争的战场环境日益复杂,如何评价激光角度欺骗干扰的干扰效果成为研究的热点,已经有很多研究团队对激光角度欺骗干扰技术进行了研究^[4-5],其中,假目标的设置决定着导引头处干扰激光和指示激光能量对比关系,对激光角度欺骗干扰的干扰效果有重要影响。有的团队针对激光角度欺骗干扰在作战中的假目标漫反射板的选择、束散角选择以及假目标和干扰机的配置进行了研究^[6-7];有的团队实际测量了典型自然地物的激光反射系数,对自然地物假目标设置时的材料及面形选择提出了建议^[8];有的团队研究了不同自然地物的BRDF函数,分析了假目标反射特性对激光角度欺骗干扰效果的影响,建议应选择高反射系数且具有一定倾斜面的自然地物作为假目标^[9-10]。

从已有文献报道可以看出^[4-14],目前激光角度欺骗干扰假目标的设置受到平台、作战环境等多重限制,不利于其最大作战效能的发挥,本文介绍了一种激光角度欺骗干扰假目标设置方式,其采用诱饵体制,不依赖于自然地物或人工靶板的反射特性,设置简单方便,能够有效提高激光角度欺骗干扰的灵活性;对诱饵设备进行了测试,得到了其空间能量密度分布,根据战情设置,仿真计算了激光角度欺骗干扰条件下某激光制导武器的弹道曲线和落点分布,研究结果有利于为激光角度欺骗干扰设备提供更加全面的效果评估。

2 激光角度欺骗干扰战术应用分析

激光角度欺骗干扰的原理是,激光告警设备实时探测敌方来袭指示激光信号,识别敌方激光指示信号的波长、重频、编码、方位等威胁信息和码型信息;复制时序特性和编码方式与指示激光完全相同,并采用超前同步转发的方式,触发干扰激光器发射干扰激光,干扰激光照射在假目标上经漫反射后形成激光欺骗干扰信号,对激光导引头实施欺骗干扰,将其引偏至假目标,完成对敌方来袭半主动激光制导武器的角度欺骗干扰。

激光角度欺骗干扰成功的条件可以总结为^[2-6]:

(1) 干扰激光的波长、重频、码型与指示激光一致;

(2) 设置的假目标在激光制导武器导引头视场内;

(3) 到达激光导引头的干扰激光能量要强于指示激光;

(4) 到达激光导引头的干扰激光时间应超前于指示激光。

半主动激光制导武器的作战方式通常有地面指示作战(飞机载激光制导武器,地面设置激光指示器)、单机作战(本机投掷激光制导武器,本机激光指示器指示目标)和双机协同作战(本机投掷激光制导武器,它机激光指示器指示目标)等多种方式。

以单机作战为例,对激光角度欺骗干扰作战模式进行介绍。载机到达目标区后,飞行员借助电视摄像机或红外前视设备搜索并识别目标;在选定攻击目标后,用激光目标指示器照射目标,然后发射激光制导武器,激光制导武器发射后,导引头开始对目标进行搜索,当搜索到目标后进入稳定跟踪的末制导阶段,在激光导引头的目标搜索段和末制导段,要求激光目标指示器始终照射目标,激光导引头追踪目标反射的激光信号,形成制导链路。

激光角度欺骗干扰主要是针对激光制导武器的目标搜索阶段和末制导阶段实施干扰的,在激光告警设备探测到激光指示信号后,信息处理机识别来袭激光信号信息,并将指示信号的方位信息传送到角度欺骗干扰设备,干扰设备在接到方位信息后,调转激光干扰机瞄准预先设定的假目标,干扰设备对威胁源识别处理后,采用超前同步转发的方式发射干扰信号,从而使激光导引头在目标搜索阶段或末制导阶段中因接收到干扰信号而出现偏差,最终引偏至假目标,导致激光制导武器攻击目标失败。

3 诱饵设备测试分析

激光角度欺骗干扰中,假目标的设置直接影响着导引头处干扰激光和指示激光能量对比关系,决定着激光角度欺骗干扰能否成功,是研究的热点之一^[5-9]。根据报道,目前假目标的设置方式主要有人工设置靶板、自然地物等。

人工设置靶板,一般采用各向一致性较好的高反射系数郎伯体制作,其表面激光反射分布符合郎伯定律;自然地物一般有山体植被、土壤、草地等。在实际作战时,假目标的激光反射系数影响干扰激光的反射能量。参照文献资料^[8],军用涂层的1.064 μm 激光反射系数见表1,不同自然地物1.064 μm 激光反射系数见表2。

表 1 不同军用涂层的 1.064 μm 激光反射系数Tab. 1 Laser reflective factor of different military coatings in 1.064 μm

波长 / μm	军用涂层激光反射系数			
	浅棕色	绿褐色	黄褐色	灰色
1.064	0.257	0.121	0.118	0.074

表 2 不同自然地物的 1.064 μm 激光反射系数Tab. 2 Laser reflective factor of different nature ground object in 1.064 μm

波长 / μm	自然地物激光反射系数						
	树叶	植被	草地	干粘土	混凝土	泥土地	沥青
1.064	0.58	0.5	0.47	0.40	0.36	0.20	0.17

假目标的设置一方面受限于干扰平台高度的限制,另一方面又要考虑假目标要离被保护目标有一定的距离,且要保持通视,使用自然地物或人工设置靶板作为假目标,经常会受到各种条件的限制,导致干扰失败。

激光角度欺骗干扰诱饵设备可以有效提高激光角度欺骗干扰的成功概率,该诱饵设备为一碗状结构,作战时,使用三脚架将诱饵设备架设在被保护目标附近,可以将激光制导武器诱偏至诱饵,从而达到保护目标的目的。

诱饵设备的激光能量分布是激光角度欺骗干扰能否成功的关键因素之一,为了对诱饵设备的空间激光反射特性进行研究,对诱饵设备在各个方向上的能量分布进行了测试,如图 1 所示。

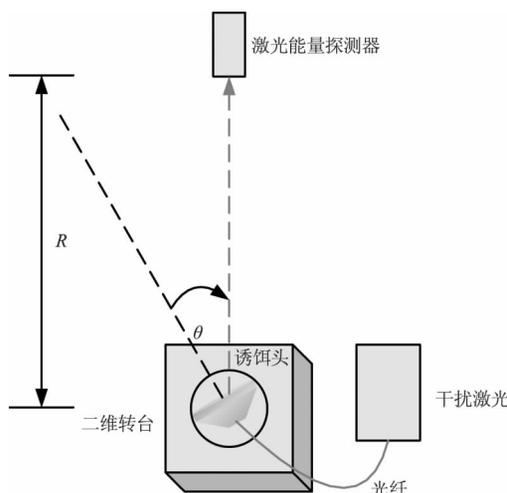


图 1 诱饵设备测试示意图

Fig. 1 Testing schematic diagram of bait

为诱饵设备的测试示意图。将诱饵设备固定在二维转台上,激光能量探测器与诱饵设备的距离为

R ,激光能量探测器法线与诱饵设备轴线夹角为 θ ,通过二维转台转动不同的角度 θ ,发射激光,记录此时激光能量探测器入瞳处的能量密度 E ,可以得到距离 R 处诱饵设备的漫反射激光能量密度,将激光的大气衰减考虑在内,可以建立诱饵设备的能量密度空间分布模型,推导出任意距离处不同角度下诱饵设备的漫反射激光能量密度。

由于诱饵设备为一轴对称结构,为不失一般性,将诱饵设备旋转 120° ,对诱饵设备进行了 3 组测试,获得了诱饵设备的 3 组测试数据。测试曲线表明,夹角为 0° 时,对应的激光能量密度最强;诱饵设备的空间能量密度分布曲线以 0° 为轴,左右对称;夹角大于 0° 范围内,随着夹角的增大,能量密度呈下降趋势。除中心(夹角为 0° 附近)外,3 组测试数据的一致性较好;夹角较小时,可能存在一定的干扰激光没有经过反射直接穿透光学玻璃的情况。

4 激光角度欺骗干扰仿真研究

以单机作战为例,将采用诱饵设备的激光角度欺骗干扰设备纳入激光制导武器数学仿真系统,进行弹道仿真,如图 2 所示。

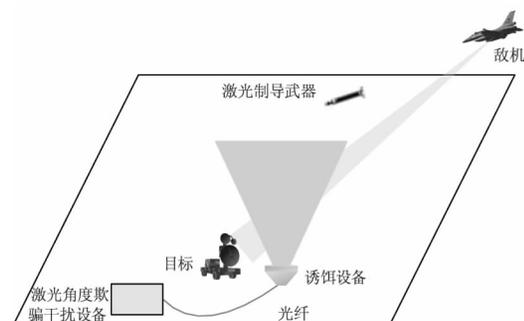


图 2 激光角度欺骗干扰态势示意图

Fig. 2 Schematic diagram of laser angle deceptive jamming situation

为单机作战条件下激光角度欺骗干扰态势示意图,敌机携带激光制导武器和激光目标指示器攻击我方雷达站等地面目标,敌机选定目标后使用激光目标指示器照射目标,同时投掷激光制导武器;激光角度欺骗干扰设备执行要地防空任务,布设在目标附近,激光告警设备对来袭的指示激光告警,将指示激光的波长、重频、编码、方位等威胁信息上报给激光角度欺骗设备信息处理机,信息处理机根据程序设置的超前时间和能量触发激光角度欺骗干扰设备激光器出光,诱饵设备布设在远离目标的激光制导武器的杀伤范围之外,干扰激光经过光纤传输后通过诱饵设备投射到空中,将激光制导武器诱偏至诱

饵处,从而达到保护目标的目的。

在数学仿真中,设定诱饵设备中心轴线垂直地面向上,使反射的激光投射到空中,超前时间根据设备的具体参数设定;首先根据诱饵设备、目标和武器的相对位置关系,计算诱饵设备和目标是否在视场内;其次根据指示激光能量和诱饵设备能量空间分布,计算到达导引头的干扰激光和指示激光能量密度;最后,综合视场和能量密度情况判断导引头是跟踪目标还是诱饵设备,并输出相应的制导指令。

利用激光角度欺骗干扰数学仿真系统,设置某型激光制导武器的战情为:指示方式为本机照射,投弹高度 3000 m,初始速度 250 m/s,下推角 0° ,投弹距离 5600 m,目标位置为(0,0,0),诱饵设备位置为(0,0,-100),考虑器件随机误差和随机风影响,进行了数学仿真,弹道曲线如图 3 所示,可以看出干扰成功,激光制导武器击中了诱饵设备,目标得到了保护。

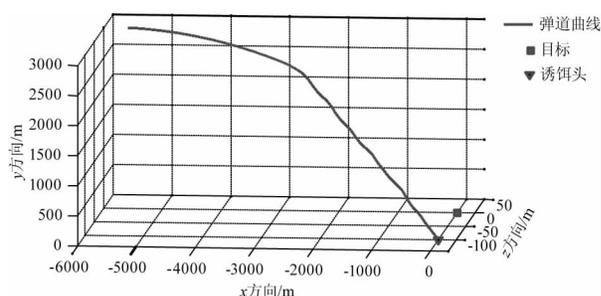


图 3 干扰条件下激光制导武器弹道曲线示意图

Fig. 3 Ballistic curves of laser guided weapon in jamming condition

为了更加全面地评估干扰效果,采用蒙特卡洛方法,使用激光角度欺骗干扰数学仿真系统对诱饵设备进行了 100 次仿真计算,如图 4 所示为干扰条件下激光制导武器 100 次落点分布示意图。从图中可以看出,炸弹的落点基本分布在诱饵设备附近,远离目标,能够有效干扰激光制导武器,保护目标。

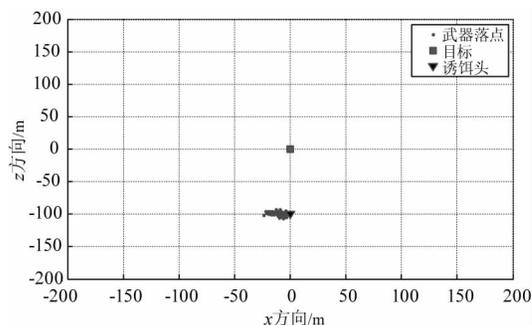


图 4 干扰条件下激光制导武器落点分布示意图

Fig. 4 Impact point distribution of laser guided weapon in jamming condition

5 结论

激光角度欺骗干扰是对抗半主动激光制导武器的有效手段之一,假目标的布设是激光角度欺骗干扰效果的重要影响因素,本文首先对激光角度欺骗干扰的战术应用进行了分析,介绍了一种新的激光角度欺骗假目标布设方法,其采用诱饵体制,对诱饵设备进行了测试,建立了诱饵设备的能量密度空间分布模型,将模型接入某激光制导武器数学仿真系统,仿真计算了激光角度欺骗干扰条件下激光制导武器的弹道曲线和落点分布,结果表明,采用诱饵设备结构的激光角度欺骗干扰设备能够有效干扰激光制导武器,成功保护目标。

由于诱饵设备具有架设方便的优势,在实际作战中,还可以在目标周围架设多个诱饵设备,能够更好的保护目标。研究结果为激光角度欺骗干扰的作战效能评估提供了重要技术支撑,为下一步提高干扰设备的作战效能提供了一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] Wang Kuangbiao. Status quo, key technology and development of laser guided weapon[J]. Infrared and Laser Engineering, 2007, 36(5): 651-655. (in Chinese)
王狂飙. 激光制导武器的现状、关键技术与发展[J]. 红外与激光工程, 2007, 36(5): 651-655.
- [2] Bai Feng, Wei Wenjian, Mang Guangzhi, et al. Status quo and development of laser active deceptive jamming technology[J]. Defense Technology, 2009, 30(6): 5-8. (in Chinese)
白峰, 魏文俭, 满广志, 等. 激光有源欺骗式干扰技术现状与发展[J]. 国防科技, 2009, 30(6): 5-8.
- [3] Gao Wei, Ru Zhibing, Lei Hhaili, et al. Application of laser induced bias interference technology in vehicle active protection system[J]. Journal of Applied Optics, 2019, 40(2): 217-222. (in Chinese)
高玮, 茹志兵, 雷海丽, 等. 激光诱偏干扰技术在车载主动防护系统中的应用[J]. 应用光学, 2019, 40(2): 217-222.
- [4] Li Shuanggang, Nie Jinsong, Li Hua, et al. Assessment of effectiveness on angle deceptive jamming to semi-active laser-guided weapon[J]. Infrared and Laser Engineering, 2011, 40(1): 41-45. (in Chinese)
李双刚, 聂劲松, 李化, 等. 对激光半主动制导武器的角度欺骗干扰的效能评估[J]. 红外与激光工程,

- 2011,40(1):41-45.
- [5] Zang Yongqiang, Liu Zhiguo, Wang Shicheng, et al. Digital simulation on laser-angle-cheating jamming[J]. Infrared and Laser Engineering, 2012, 41(12):3234-3240. (in Chinese)
臧永强, 刘志国, 王仕成, 等. 激光角度欺骗干扰的数学仿真[J]. 红外与激光工程, 2012, 41(12):3234-3240.
- [6] Zhang Xiaobao, Tong Lipeng. Research on deception jamming technology to laser-guided weapons[J]. Aerospace Electronic Countermeasure, 2013, 29(2):7-8. (in Chinese)
张小保, 全力鹏. 对激光制导武器欺骗干扰技术研究[J]. 航天电子对抗, 2013, 29(2):7-8.
- [7] Tong Zhongcheng, Jiao Yang, Sun Xiaoquan. Study on false target setting of angle deceptive jamming[J]. Journal of PLA Electronic Engineering Institute, 2002(2):25-28. (in Chinese)
童忠诚, 焦洋, 孙晓泉. 角度欺骗干扰中假目标的布设问题研究[J]. 电子工程学院学报, 2002(2):25-28.
- [8] Chen Wei, Gong Chikun, Lu Jun, et al. Selection of laser angle deceptive interference to natural objects[J]. Infrared and Laser Engineering, 2012, 41(2):452-456. (in Chinese)
陈蔚, 龚赤坤, 陆君, 等. 激光角度欺骗干扰设备对自然地物激光假目标的设置[J]. 红外与激光工程, 2012, 41(2):452-456.
- [9] Kang Dayong, Yu Zhihui, Wang Bing, et al. Analysis and influence of false target BRDF to laser angle deceptive jamming effect[J]. Electronic Countermeasure Test, 2009, 19(3):36-39. (in Chinese)
康大勇, 于志辉, 王冰, 等. 假目标 BRDF 对激光角度欺骗干扰效果的影响分析[J]. 电子对抗试验, 2009, 19(3):36-39.
- [10] Huang Chenggong, Wu Junhui, Zhao Linfeng, et al. A 3D measuring technique of laser scattering characteristic data for surface[J]. Chinese Journal of lasers, 2012, 39(7):0708004. (in Chinese)
黄成功, 吴军辉, 赵琳锋, 等. 一种表面激光散射特性数据三维测量方法[J]. 中国激光, 2012, 39(7):0708004.
- [11] Ye Shunliu, Zhu Shaolan, Sun Qibing, et al. Research on atmosphere scattering influence on laser angle cheating jam[J]. Laser & Infrared, 2009, 39(12):1305-1308. (in Chinese)
叶顺流, 朱少岚, 孙启兵, 等. 大气散射对激光角度欺骗干扰影响的研究[J]. 激光与红外, 2009, 39(12):1305-1308.
- [12] Xin Cheng, Wang Yafu, Zhou Quan, et al. Research on layout of laser fake targets in complex terrain[J]. Laser & Infrared, 2017, 47(7):875-878. (in Chinese)
辛诚, 汪亚夫, 周权, 等. 复杂地形条件下激光假目标布设问题研究[J]. 激光与红外, 2017, 47(7):875-878.
- [13] Dang Dongni, Li Bin, Fan Dongqi, et al. Design of semi-physical simulation test system for laser jamming of angle deception[J]. Laser & Infrared, 2007, 37(5):398-401. (in Chinese)
党东妮, 李斌, 范东启, 等. 激光角度欺骗干扰半实物仿真试验系统设计[J]. 激光与红外, 2007, 37(5):398-401.
- [14] Zhao Qian, Xu Liguang, Fan Xiaohu, et al. Research of hardware-in-the-loop simulation for laser angle deception[J]. Laser & Infrared, 2017, 47(5):635-640. (in Chinese)
赵乾, 徐利国, 范小虎, 等. 激光角度欺骗干扰半实物仿真研究[J]. 激光与红外, 2017, 47(5):635-640.