

激光敌我识别系统复杂光电环境适应性实验方法研究

刘艳芳 黄成功* 王彦斌 李英华 黄振宇

中国洛阳电子装备试验中心,河南 洛阳 471003

摘要 战场复杂光电信号环境对激光敌我识别系统性能有重要影响。分析了战场激光信号源、典型作战态势及战场激光信号的探测途径,研究了激光敌我识别系统在战场环境下所处的复杂激光信号环境。以坦克装甲车作为激光敌我识别系统的安装平台为例,分析了复杂光电环境适应性实验布局,探讨了激光敌我识别系统复杂光电环境适应性实验方法。

关键词 激光技术;激光敌我识别系统;复杂光电环境;适应性实验;实验环境构建

中图分类号 TH745;E933.43 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP51.010002

Adaptability Test Research of Complex Photoelectric Environment for Laser IFF System

Liu Yanfang Huang Chenggong Wang Yanbin Li Yinghua Huang Zhenyu

Luoyang Electric Equipment Test Center, Luoyang, Henan 471003, China

Abstract The complex photoelectric environment on the battlefield is very important for laser identification friend or foe (IFF) system. The laser threat signal, combat situation and laser detection approach are analyzed. The complex laser threat signal environment of laser IFF system on the battlefield is researched. Taking the case of armoured vehicle as laser IFF system installation platform as an example, test conditions construction of complex photoelectric environment is analyzed, and the adaptability test method is discussed.

Key words laser technique; laser identification friend or foe system; complex photoelectric environment; adaptability test; test conditions construction

OCIS codes 220.4840; 120.1880

1 引言

与无线电波识别技术和毫米波识别技术相比,激光敌我识别(IFF)技术具有自身独特的优势:激光的发射角小,系统识别定位精度高,可以实现“点对点”的识别;抗电磁干扰,抗原子辐射,信号传递通道窄,密码很难被干扰和破译;调制速度快,大大缩短了识别的时间和信号被截取的可能性,保密性好;系统的结构紧凑,体积小。激光敌我识别开辟了敌我识别技术的新领域,已成为当今研究的重点之一^[1-3]。

目前,很多设备的技术指标测试主要是在单一环境下进行,并未考虑复杂信号环境下的抗干扰能力,尚不能真实反映其在战场环境下的性能,对于激光设备尤其如此。随着战争的信息化程度越来越高,激光的各种优点决定了其作为侦察、攻击等手段在战场上的应用必然会越来越广,激光测距、激光通信、激光制导、激光成像以及激光对抗设备等大量激光设备的应用将会使未来战场上激光信号环境复杂多样。

对于激光敌我识别设备而言,战场光电信号环境对其性能有重要影响。激光敌我识别系统主要通过编码信号进行敌我属性信息的传递,如果战场光电信号被识别过程中的激光敌我识别系统接收,极易对编码信号的时域及频域特性带来干扰,可能造成目标属性判别失误,给作战单元带来严重威胁。因此,复杂光电环境适应性是激光敌我识别系统的一项重要指标。文献[3]研究了在激光敌我识别系统中光学镜片采用滤

收稿日期: 2013-08-18; 收到修改稿日期: 2013-11-04; 网络出版日期: 2013-12-26

作者简介: 刘艳芳(1972—),女,工程师,主要从事光电对抗系统及其数学仿真方面的研究。

E-mail: liuyanfang@126.com

*通信联系人。E-mail: huang162001@126.com

光膜技术以降低非工作波段激光干扰的技术。文献[4]指出了强激光压制干扰对激光敌我识别系统性能的影响。但是在以往的研究中,均未系统地研究战场复杂光电环境对激光敌我识别系统影响的测试方法。本文通过分析战场情况下激光信号源的分类、激光敌我识别系统典型作战态势及战场激光信号的探测途径,研究了激光敌我识别系统在战场环境下所处的复杂激光信号环境,探讨了激光敌我识别系统复杂光电环境适应性实验方法。

2 激光敌我识别系统组成及工作原理

激光敌我识别系统一般都采用协同式敌我识别方式,由询问分系统和应答分系统两部分组成,相互配合完成敌我识别工作^[6]。激光敌我识别系统的原理框图如图1所示,其工作过程为:首先由询问分系统向识别目标发射经过加密的激光询问信号,应答分系统将接收到的询问信号进行解密确认为友方询问信号后,发射相应的经过加密的应答激光信号,询问分系统收到此应答信号后,对此信号进行解密并判断,若应答信息是有效信息,则确认目标为友方,若询问方没有收到任何应答信号或者收到的应答信息无效,则判定目标为非友方目标。如果被询问方不是安装激光敌我识别系统的友方目标,当它收到询问信号后,由于不知道事先约定的编码方式,所以将不能对询问信号解码,即使能解算出编码也会因为不知道正确的应答信号而无法应答。

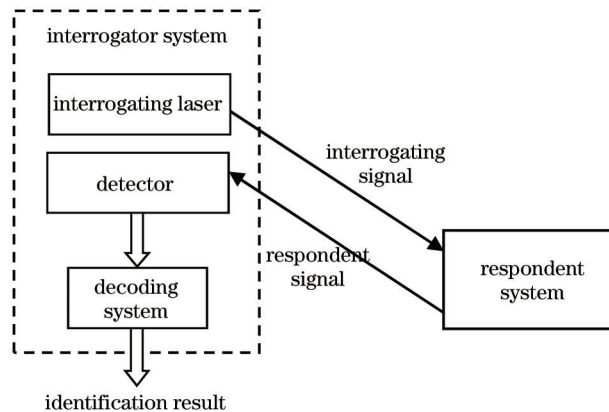


图1 激光敌我识别系统原理图

Fig.1 Principle diagram of laser IFF system

3 激光敌我识别系统激光信号环境特点

3.1 战场激光信号源分类

为了分析激光敌我识别系统工作的激光信号环境,需要研究战场上各种激光信号源的特点、战术使用方式以及对战场激光环境的影响。战场常见的激光信号源包括激光测距、激光通信、激光制导、激光成像以及激光对抗设备等。

激光测距中采用的激光波长一般在1.06、1.54、10.6 μm 等波段,光脉冲能量一般在10~100 mJ之间,脉冲宽度为5~20 ns,束散角约为1 mrad,战场上一次识别过程一般只需发射一个脉冲^[6]。各种作战单元都可能被我方或敌方激光测距机所照射。

目前大气激光通信设备选取的激光波段大多为1.550 μm ^[7-9],平均功率的典型值为10~50 W,载波频率从几十千赫兹到几十兆赫兹,通信时间可以持续几分钟到几小时不等。为了保证通信距离,光束的束散角较小,一般为 10^{-4} rad量级。有报道的手持便携式激光通信设备并不多见,主要是机载、车载以及舰载平台。

激光制导武器精度高,抗干扰能力强,制导系统体积小、重量轻,因此在战场上大量使用,如攻击重要军事目标的“宝石路”系列激光制导炸弹、“海尔法”半主动激光制导反坦克导弹、俄罗斯“旋风”半主动激光制导导弹等。激光制导信号的工作激光波段集中在1.06 μm ,多采用10~20 Hz的编码激光信号制导,单脉冲能量一般在几十到几百毫焦,脉宽约为10 ns,束散角约为 10^{-3} rad^[10-12]。

激光成像技术在激光成像雷达、激光成像测高技术等方面大量应用,也成为战场复杂激光信号环境的信号来源之一。激光成像的激光信号一般为1.06 μm 或10.6 μm 激光,单脉冲能量为几百毫焦到几十焦,根

据系统性能不同重复频率在几百赫兹到几千赫兹,脉宽约为 10 ns,束散角在 10^{-4} rad 量级。

激光对抗设备是指战场上以敌方激光测距机、激光制导武器等为作战对象的激光干扰设备。采取欺骗干扰方式的激光对抗设备的激光信号为编码激光脉冲,信号特征与激光制导武器指示相似。采取压制干扰方式的激光对抗设备的激光信号为高重复频率激光信号,干扰激光频率一般为几十千赫兹^[10]。

3.2 激光敌我识别系统典型作战态势

激光敌我识别系统主要使用平台可以分为地面载车、空中平台和单兵便携设备等几类。下面分析激光敌我识别系统安装平台的主要作战态势。

可以安装激光敌我识别系统的载车平台主要包括坦克、步兵战车、侦察车、电子对抗车,装甲型的自行火炮、反坦克炮、战术导弹发射车及工程、后勤保障用的各种车辆等。其中,各种坦克、步兵战车等载车平台主要处于敌我双方接触作战的战况;各种自行火炮、反坦克炮、战术导弹发射车等载车平台主要处于战线后方几公里到几十公里的作战区域;各种装甲侦察车、装甲电子对抗车及工程、后勤保障用的车辆等载车平台一般布设在重要目标如指控中心、通信枢纽等的附近,其主要任务是区域防护与保障。

安装激光敌我识别系统的空中平台主要包括作战飞机、武装直升机等,其作战态势主要是战争前期对作战区域制空权的争夺以及对敌方重要目标的打击。

单兵便携激光敌我识别系统所面临的作战态势主要是敌我双方接触作战或是敌后侦察的作战态势。

3.3 激光信号探测途径

战场激光信号进入激光敌我识别系统探测器的主要途径包括直射、大气散射及物体表面散射。其中,直射时能量最强;大气散射时,能量密度比直射情况低 5~8 个量级;物体表面散射时,能量密度比直射情况低 3~5 个量级。

比如激光敌我识别系统的安装平台上同时安装了激光通信设备,那么告警天线可能会被激光通信设备发射的激光信号直接照射,也可能接收到激光精确制导武器的干扰设备发射的激光干扰脉冲经过大气散射的激光信号。但是,在设备安装平台的正常作战距离上,直接照射激光信号会比大气散射的激光信号强 5~8 个数量级。

4 复杂光电环境适应性实验方法

前面分析战场激光信号源类型及典型作战态势,主要是为了分析激光敌我识别系统的光电探测器在战场环境下所接收到的激光信号源的类型、数目、发射激光参数(频率、能量高低等)、激光信号到达探测器的途径(大气散射、物体表面散射)等信息,据此可以在激光敌我识别系统复杂光电环境适应性实验中设置干扰信号的数量、能量、频率等仿真条件,构建实验环境。

以激光敌我识别系统安装平台为坦克装甲车为例,其作战态势主要是敌我接触作战,战场环境下,可能对其形成干扰的激光信号源包括激光测距机、激光制导信号指示器、激光高重复频率对抗设备等,探测途径包括直射和大气散射。

需要单独检验激光敌我识别系统的询问分系统的复杂光电环境适应性时,实验布局如图 2 所示。战场上激光信号源虽然多种多样,但是同时有 3 个以上激光干扰信号进入激光敌我识别系统探测器的概率很小。因此,图 2 所示的实验布局中,设置了 2 个模拟战场干扰激光信号源的激光器。通过改变图 2 中激光信号源的类型和发射参数,可以模拟激光敌我识别系统所处的不同战场环境。

图 2 中激光器的类型可以设置为激光测距机、激光目标指示信号模拟器和高重复频率激光干扰信号模拟器。高重复频率干扰信号主要是通过大气散射到达激光敌我识别系统激光探测窗口的,激光测距信号及激光目标指示信号一般直射到达设备探测窗口,因此高重复频率激光干扰信号模拟器前加的衰减片的衰减倍数要比激光测距机及激光目标指示器前加的衰减片多 50~80 dB。根据相关文献[3,7,11-13],实验中激光器参数设置见表 1。激光敌我识别系统询问分系统在图 2 所示的实验环境下,发射询问信号,应答分系统进行正常应答,检验其询问分系统能否完成敌我属性识别。单独检验激光敌我识别系统的应答分系统的复杂光电环境适应性时,实验布局与图 2 类似,只需调换询问分系统和应答分系统位置。

图 3 为在激光敌我识别系统的询问分系统和应答分系统同时被干扰的情况下检验其完成敌我属性识别

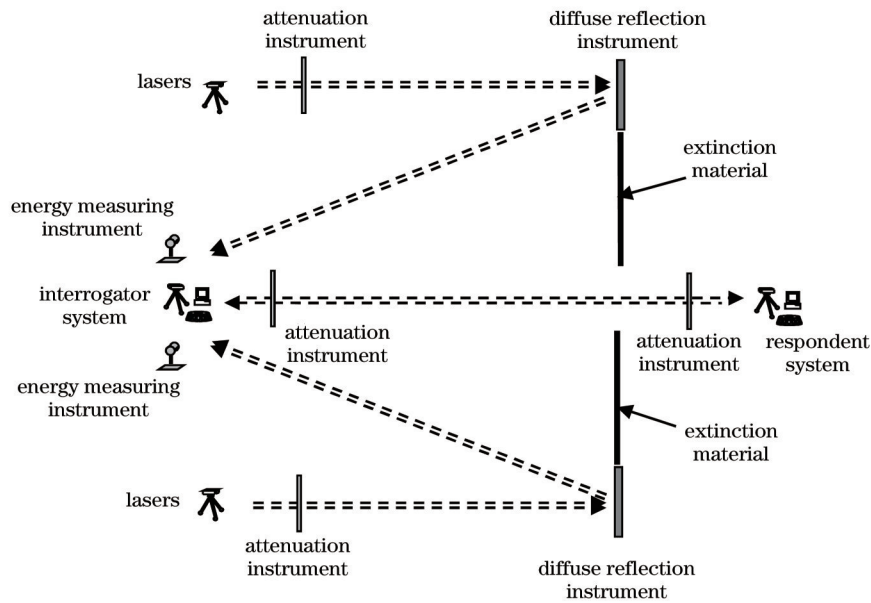


图2 询问设备抗干扰效果实验布局图

Fig.2 Layout of anti-jamming performance testing for interrogator system

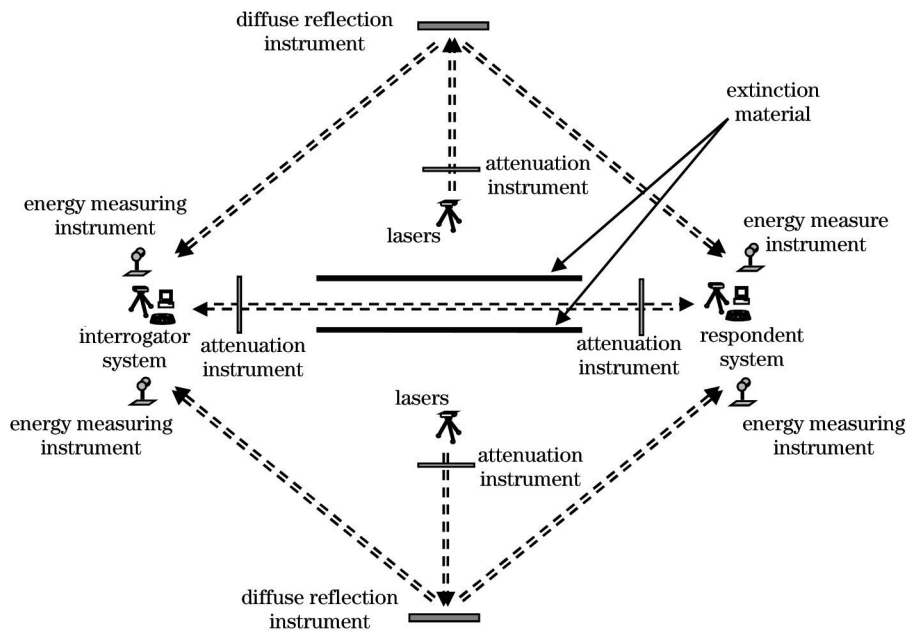


图3 询问设备、应答设备同时被干扰时实验布局图

Fig.3 Layout of anti-jamming performance testing both for interrogator and responder system

表1 激光器参数设置

Table 1 Parameter setting of lasers

Laser type	Intensity of laser signal	Frequency	Simulating object
Laser range finder	20mJ (Single pulse)	Single pulse	Signal of laser rangefinder
Simulator of lasers indicator	100 mJ (Single pulse)	10 Hz	Indicating signal of semi-active laser-guided weapon
High repetition rate lasers	200 mW (Average power)	50 kHz	High repetition rate jamming signal of semi-active laser-guided weapon

能力的实验布局图。

为了减少实验中所设置干扰光之外的杂散光的影响,实验中需要设置遮光墙,其表面为消光材料,高度

超过实验设备摆放高度两倍以上。

5 结束语

通过分析战场激光信号源、设备典型作战态势及战场激光信号的探测途径,研究了激光敌我识别系统在战场情况下所处的复杂激光信号环境。以坦克装甲车作为激光敌我识别系统的安装平台为例,分析了设备复杂光电环境适应性半实物仿真实验布局,探讨了激光干扰源设置方法,为激光敌我识别系统的复杂光电环境适应性实验打下了基础。

参考文献

- 1 Yao Lirong, Yang Wanhai. The situation and development on the system of identification between friend or foe [J]. *Fire Control Radar Technology*, 2004, 33(2): 53-57.
么立蓉, 杨万海. 敌我识别系统的现状及发展[J]. *火控雷达技术*, 2004, 33(2): 53-57.
- 2 Xiao Shunwang, Li Shengcai, Zhang Changquan, *et al.*. The identification friend or foe system and its development [J]. *Fire Control and Command Control*, 2008, 33(11): 5-7.
肖顺旺, 李升才, 张长泉, 等. 敌我识别系统及其进展[J]. *火力与指挥控制*, 2008, 33(11): 5-7.
- 3 Yang Yongliang, Liu Guojun, Fu Xiu-hua, *et al.*. Study and fabrication of filter film in laser identification between friend or foe system [J]. *Acta Optica Sinica*, 2012, 32(1): 0131002.
杨永亮, 刘国军, 付秀华, 等. 激光敌我识别系统中滤光膜的研制[J]. *光学学报*, 2012, 32(1): 0131002.
- 4 Hu Shaohua, Li Xiuping, Mao Xuequan. Study on the countermeasure against laser IFF system [J]. *Electro-Optic Technology Application*, 2004, (1): 16-18.
胡绍华, 李修平, 茆学权. 对激光敌我识别系统的对抗问题研究[J]. *光电技术应用*, 2004,(1): 16-18.
- 5 Jiang Shidong. Research and Design of Laser IFF System Interrogator [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2005.
姜世栋. 激光敌我识别设备中询问机的研究与设计[D]. 成都: 电子科技大学硕士论文, 2005.
- 6 Wang Gang, Sun Lingyu, Wang Weining, *et al.*. Research on new portable laser rangefinder [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2010, 47(7): 072801.
王刚, 孙凌宇, 王卫宁, 等. 新型便携式激光测距仪的研究[J]. *激光与光电子学进展*, 2010, 47(7): 072801.
- 7 Sun Feng, Deng Daizhu, Zhang Xin. Development of atmospheric laser communication system [J]. *Proceedings of Electronic Technology 2009*, 2009. 32-36.
孙峰, 邓代竹, 张鑫. 大气激光通信系统装备发展现状[C]. 电子技术学术委员会2009年学术会议, 2009. 32-36.
- 8 Chen Jing, Xue Haizhong, Liu Xuewen, *et al.*. Low-power laser jamming techniques to free space optical system [J]. *Acta Optica Sinica*, 2012, 32(1): 0106005.
陈静, 薛海中, 刘学文, 等. 无线激光通信系统弱光干扰技术[J]. *光学学报*, 2012, 32(1): 0106005.
- 9 Han Xudong, Chen Dingan, Li Xiaojuan, *et al.*. Wireless laser communication technology [J]. *Chinese J Electron Devices*, 2006, 29(2): 602-604.
韩旭东, 陈定安, 李小娟, 等. 无线激光通信技术[J]. *电子器件*, 2006, 29(2): 602-604.
- 10 Xue Jianguo, Chen Yong. Research on the jamming effect of the high repetition laser to the laser guidance [J]. *Aero Weaponry*, 2006, (3): 30-32.
薛建国, 陈勇. 高重频激光对激光导引头的干扰研究[J]. *航空兵器*, 2006, (3): 30-32.
- 11 Li Hui, Li Yan, Liu Bingfeng, *et al.*. Status, development and key technique analysis of laser jamming technology [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2011, 48(8): 081407.
李慧, 李岩, 刘冰锋, 等. 激光干扰技术现状与发展及关键技术分析[J]. *激光与光电子学进展*, 2011, 48(8): 081407.
- 12 Jin Liangan, Wang Xiaotong, Yang Changqing, *et al.*. Study on optical attenuation with foam interfering screens [J]. *Acta Optica Sinica*, 2005, 25(2): 237-240.
金良安, 王孝通, 杨常清, 等. 泡沫型干扰幕的光学衰减性能研究[J]. *光学学报*, 2005, 25(2): 237-240.
- 13 Wang Bingjie, Qian Jianjun, Zhao Tong, *et al.*. Anti-jamming performance of chaotic lidar [J]. *Chinese J Lasers*, 2011, 38(5): 0514002.
王冰洁, 钱建军, 赵彤, 等. 混沌激光雷达抗干扰性能分析[J]. *中国激光*, 2011, 38(5): 0514002.