

文章编号:1001-5078(2024)05-0967-04

· 激光应用技术 ·

激光引信光学组件性能分析

刘云, 孙辉, 张骏, 姜飞, 程远方
(国营洛阳丹城无线电厂, 河南 洛阳 471000)

摘要:在对两枚激光引信各一个通道开展慢速交会仿真试验过程中,发现两个通道在相同交会条件下的启动性能差别较大。本文对两枚引信发射组件、接收组件性能进行了测试,并结合距离截止测试结果进行了对比分析,发现两枚引信接收组件响应度方面性能相当,发射组件光功率对引信截止距离影响较大。

关键词:激光引信;光学组件;探测灵敏度;光功率

中图分类号:TN974;TN249 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2024.05.006

Performance analysis of optic component in laser fuze

LIU Yun, SUN Hui, ZHANG Jun, JIANG Fei, CHENG Yuan-fang
(State-Run Luoyang Dan City Radio Power Plant, Louyang 471000, China)

Abstract:In slow speed rendezvous simulation test on one channel of each of the two laser fuzes, it is found that the start-up performance of the two channels under the same rendezvous conditions differs greatly. In this paper, the performance of two fuzes' transmitting and receiving components are tested and compared with the distance cut-off test results. It is found that the performance of two fuzes' receiving components is comparable in terms of responsiveness, and the optical power of transmitting components has a greater impact on the cut-off distance of the fuzes.

Keywords:laser fuze; optic component; detection sensitivity; optical power

1 引言

随着半导体材料生长质量、半导体器件结构设计的改进提升,半导体激光器的出光功率、光谱性能、光束质量、寿命等性能有了大幅提高^[1-4]。促使半导体激光器快速应用于光通信、光信息处理、光量子计算等前沿领域,并逐步在激光雷达方面得到广泛应用^[5-7]。激光引信是激光雷达应用的一种形式,通过对目标反射激光信号信息的获取,实现对目标和干扰的识别,使装有激光引信的装备能在杀伤作用范围内,在最有利的位时引爆战斗部,摧毁目标。

目前国际形势迎来大变局,现代战争对装备性能的可靠性提出了更高的要求。激光引信光学组件的各项性能指标直接影响武器装备的作战效能^[8-9]。在针对激光引信定期检测过程中,一般对

脉冲回波数、目标确认信号和执行级最终输出的起爆信号进行检测,反映光学系统性能的模拟量信号未进行测试。而光学系统性能直接关系到引信的作用距离和启动性能。

本文通过对两枚近炸引信开展发射组件光功率测试、接收组件响应度测试和截止距离测试,发现发射组件光功率、接收组件响应度对引信最终截止距离的影响。

2 激光引信简介

2.1 激光引信组成

某激光引信为一种主动型脉冲激光引信,由8个引信玻璃窗盖和光-电组件组成。其中光-电组件包括:8通道收-发装置、信号处理电路、脉冲发生器及二次电源等。

其周向探测采用多辐射方案,由8组激光发射器和接收器环状排列在柱体周围,收发组件分布示意图如图1所示。8个发射器轮流工作,发射光束相对轴向前倾一定角度,形成圆锥状的光束探测场^[10-11]。这种激光引信的设计方案可采用低功率的半导体激光器实现,且在许多装备中均有应用。

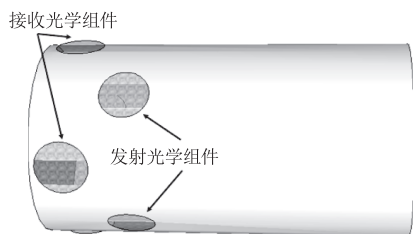


图1 收发组件分布示意图

Fig. 1 Schematic diagram of receiving and transmitting components

2.2 激光引信电路设计

激光引信是通过目标反馈信号的处理,控制产生起爆信号。其信号处理电路主要为:执行级控制电路和执行级电路。执行级电路框图如图2所示,由执行开关、储能器和起爆元件组成,他们共同形成了起爆信号输出,该信号引爆战斗部,达到杀伤目标的作用。

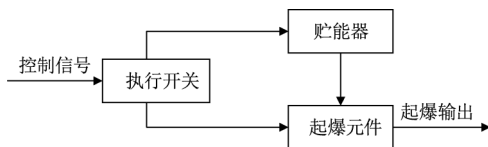


图2 执行级电路框图

Fig. 2 Diagram of execution-level circuit

激光引信执行级控制电路框图如图3所示。

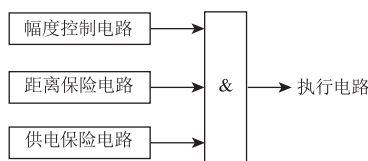


图3 执行级控制电路框图

Fig. 3 Diagram of execution-level control circuit

执行级控制信号的形成主要由幅度控制电路、距离保险电路和供电保险电路组成。幅度控制电路的功能是:激光发射组件发射激光,激光与目标相互作用后携带目标信息返回激光引信激光探测器,探测器信号经放大后,进入信号处理电路,与门限电压相比较后,高于门限电压的信号进入下级电路产生目标回波脉冲信号。距离保险电路的功能是:保证装备发射后,在预定的距离或时间条件内处于安全状态,保证发射装备的安全。供电保险电路的功能

是:保证执行电路的控制信号在产品掉电情况下处于安全状态,不产生执行级放电控制信号。

3 测试原理和方法

3.1 测试思路

通过分析,激光引信中激光发射信号在与目标相互作用后返回到激光接收组件中,经过接收光学组件信号放大后,进入信号处理板,进入处理板的信号幅值超过比较器门限电压的情况下,进入回波脉冲形成电路,在回波脉冲数满足要求的情况下形成目标信号,最终控制执行级输出起爆信号。光电系统的接收信号在经过比较器之后由模拟信号转为数字信号,因此,为研究激光引信启动性能的差异,需从比较器之前的光电系统进行测试和研究,所包含的测试组件有激光发射组件、激光接收组件。

3.2 激光发射组件的测试

3.2.1 激光发射组件测试参数的选取

激光引信中发射组件为半导体激光器,表征半导体激光器出光特性的参数主要有:光功率、光束发散角和光谱宽度。这些参数中光功率能够直观的反应激光器出光的能量,直接影响着激光器的作用距离。光束发散角表征的是出射激光的方向性,对于装备中的激光引信来说,在可靠引爆范围内,激光光斑能够完全落在作用目标上,因此,可不予考虑。光谱宽度表征的是出射激光的单色性,对于该激光引信来说,其回波信号处理电路中只对回波能量进行判断,未进行多波段的目标特性提取,且对于该引信波段,采用的探测器为硅探测器,硅探测器响应度与波长的关系如图4所示^[12]。在该波段硅探测器的响应度随波长变化不大,因此,也无需考虑发射组件的光谱宽度。综上所述,选取光功率来表征发射组件的性能。

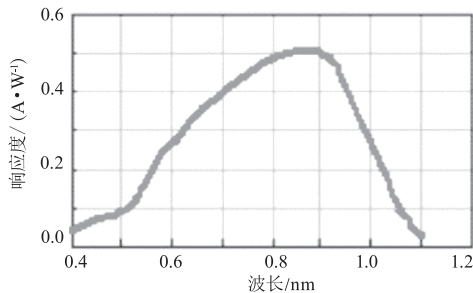


图4 硅探测器响应度与波长的关系

Fig. 4 Responsivity of Si detector with the wavelengths

3.2.2 光功率的测试

光功率测试系统示意图如图5所示。将两枚激光引信放置在可以转动的托架上,使发射窗口正对光功率探头。由于一个发射窗盖中有两个激光发射器,因此,光敏探头需与窗盖之间保持一定距离,以避免测试时一个窗口中的两个激光发射器相互干扰。两枚激光引信各8个激光发射器测得的光功率测试结果如图6所示。

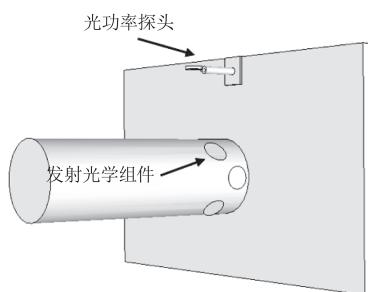


图5 光功率测试系统示意图

Fig.5 Schematic diagram of optical power test system

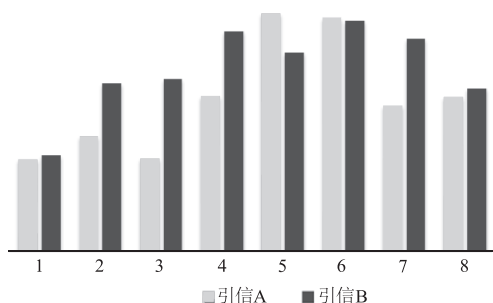


图6 光功率测试结果

Fig.6 Results of optical power

3.3 激光接收组件的测试

3.3.1 激光接收组件测试参数的选取

激光引信中激光探测器为硅探测器,其响应度在激光器发射波长附近基本不变。半导体激光器的响应度定义为单位入射光功率作用到探测器后在外电路产生的光电流的大小,单位为 A/W 。考虑到该激光探测器芯片上直接集成了放大电路,且探测器输出信号为电压信号。因此,选取单位入射光功率作用到探测器后在外电路产生的光电压作为响应度表征参数,单位为 V/W 。

3.3.2 响应度的测试

响应度测试是将两枚激光引信放置在可以转动的托架上,将激光发射器固定在台面上,正对探测器接收窗口,激光发射器与接收窗口之间要相距一定距离,以避免两个探测器同时接收到发射激光。在测试过程中,用示波器采集光学接收组件传入信号

处理板的信号引脚。在转动引信时,每经过一个接收光学组件,记录示波器采集的最大电压幅值,用来计算接收光学组件的响应度。激光接收组件响应度测试结果如图7所示。

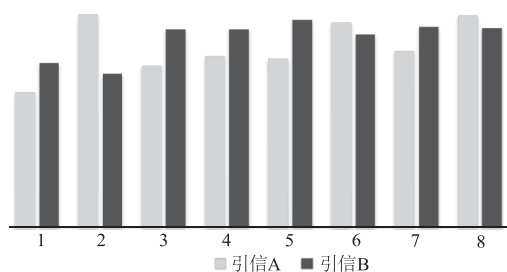


图7 响应度测试结果

Fig.7 Results of responsivity

3.4 测试结果分析

由光功率测试结果和响应度测试结果可以看出:单个引信8个通道的光功率一致性不强,引信A光功率的均方差为0.804,引信B光功率的均方差为0.733;两枚引信光功率相差较大,引信A的光功率平均值低于引信B的光功率平均值;引信A和引信B的接收组件响应度差别不大;引信A的探测器响应度平均值低于引信B的探测器响应度平均值。

4 距离截止性能测试

发射组件的光功率和接收组件的响应度只表征了发射组件或接收组件的单独性能,而影响激光引信实际作战效能的性能参数为截止距离。截止距离是指引信能够产生满足要求的回波信号的最远距目标距离。

距离截止测试是让引信光束作用到目标上,测试引信在距目标多远距离处能产生满足要求的回波信号,并形成目标确认信号。距离截止测试示意图如图8所示。

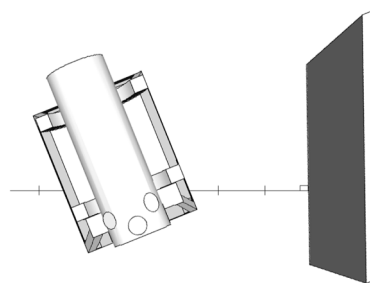


图8 距离截止测试示意图

Fig.8 Schematic diagram of distance cutoff

激光引信中,发射组件出光方向和接收组件的探测方向相对轴向有一定的前倾角,因此将产品轴向偏离目标面法线,使发射光束垂直目标面。将引信从距目标由近及远移动,并保证移动过程中激光

发射光束照射目标上的位置不变。在对引信进行距离截止测试过程中,用示波器采集引信的回波脉冲信号和目标确认信号,记录回波脉冲符合目标回波要求时的距离。

距离截止测试结果如图9所示。由测试结果可以看出,引信B的1、2、3、4、7、8通道的截止距离均大于引信A的相应通道截止距离,该趋势与发射组件的光功率趋势保持一致,但各个通道的截止距离大小顺序并不严格与光功率大小排序一致,说明截止距离一定程度上还受响应度的影响。

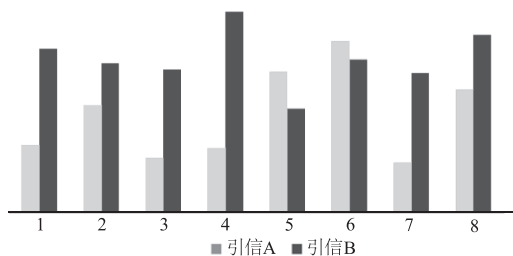


图9 距离截止测试结果

Fig. 9 Results of distance cutoff

5 总结

对引信A、引信B的光学组件进行了发射组件光功率、接收组件探测器响应度和距离截止测试,通过测试结果对比分析可以看出:两枚引信接收组件响应度差别不大,光功率性能差别较大;激光引信截止距离性能的优劣与光功率性能趋势几乎一致,但一定程度上也受接收组件响应度的影响。

参考文献:

- [1] Yang Shaohua, Huang Yun. Progress in high power semiconductor lasers lifetime evaluation [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2007, 44(6): 34-37. (in Chinese)
杨少华, 黄云. 高功率半导体激光器的寿命评价[J]. 激光与光电子学进展, 2007, 44(6): 34-37.
- [2] Yao Na. Study on output characteristics of 915 nm wide-stripe strained quantum well semiconductor lasers [D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2020. (in Chinese)
么娜. 915 nm 宽条形应变量子阱半导体激光器输出特性研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2020.
- [3] L Liu, Y Liu, H W Qu, et al. Angled cavity photonic crystal laser diodes with tilted sidewalls for improving the far-field patterns [J]. Optics Letters, 2014, 39(8): 2391-2394.
- [4] Geng Sujie, Wang Lin. The semiconductor laser and its applications in military [J]. Laser & Infrared, 2003, 33(4): 311-312. (in Chinese)
耿素杰, 王琳. 半导体激光器及其在军事领域的应用[J]. 激光与红外, 2003, 33(4): 311-312.
- [5] Xiong Xianming, Li Sanlong, Zhang Wentao, et al. Design of driving laser diode for ladar ranging system [J]. Infrared and Laser Engineering, 2016, 45(2): 206004. (in Chinese)
熊显名, 李三龙, 张文涛, 等. 激光雷达测距系统光源驱动设计[J]. 红外与激光工程, 2016, 45(2): 206004.
- [6] Chen Xiangcheng. Research on echo processing methods and system of pulsed laser radar [D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2015. (in Chinese)
陈向成. 脉冲激光雷达回波处理方法与系统研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2015.
- [7] Wang Jianying, Qi Yabin. Analysis on false alarm to the impulser laser ladar ranging system [J]. Infrared and Laser Engineering, 2006, 35(23): 257-261. (in Chinese)
王剑英, 齐亚斌. 脉冲激光雷达测距系统虚警分析[J]. 红外与激光工程, 2006, 35(23): 257-261.
- [8] Tan Zuojun, Chen Haiqing, Kang Jingran, et al. Synthetic measurement technology on optic component in laser fuze [J]. Laser & Infrared, 2008, 38(8): 805-808. (in Chinese)
谭佐军, 陈海清, 康竟然, 等. 激光引信光学组件参数综合测试技术[J]. 激光与红外, 2008, 38(8): 805-808.
- [9] Huang Daizheng, Chen Haiqing, Yang Guoyuan, et al. Test research for optics module of transmitter used in laser fuze [J]. Laser & Infrared, 2006, 36(1): 32-34. (in Chinese)
黄代政, 陈海清, 杨国元, 等. 激光引信中发射机光学组件的测试研究[J]. 激光与红外, 2006, 36(1): 32-34.
- [10] Zhang Zhenghui, Yang Ming, Xu Shiwen. Analysis of FOV configuration in laser proximity fuze [J]. Infrared and Laser Engineering, 2006, 35(6): 700-704, 2006, 35(6): 700-704. (in Chinese)
张正辉, 杨明, 许士文. 激光引信光束布局方式的选择与分析[J]. 红外与激光工程, 2006, 35(6): 700-704.
- [11] Tao Min, Wang Zhuo, Bai Xiuyu. The choice and analysis of laser fuze beam position [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2007, 27(2): 162-165. (in Chinese)
陶敏, 王卓, 白修宇. 激光引信光束布局方式的选择与分析[J]. 火箭与制导学报, 2007, 27(2): 162-165.
- [12] Zhang Haojun, Zhao Jianlin. Applications of silicon diodes detectors on laser proximity-fuze [J]. Semiconductor Optoelectronics, 2011, 32(4): 589-592. (in Chinese)
张好军, 赵建林. 硅探测器在激光引信中的应用分析[J]. 半导体光电, 2011, 32(4): 589-592.