

激光照射指示器整机性能检测方法研究

李 刚,汪岳峰,董 伟,胡文刚,王 炜

(军械工程学院 光学工程教研室,河北 石家庄 050003)

摘 要:根据激光末端制导的工作原理,分析了激光照射指示器的性能指标,提出了各性能指标的数字化检测方法。采用模拟回波和精密延时电路检测照射能力、用 CCD 采集激光光斑测试激光束散角,实现了整机性能的数字化检测。能够测量每个照射周期各激光脉冲的能量、脉冲间隔、频率精度等参数,并在同一脉冲序列图中绘出波形。给出了电路框图、光路图和数据处理的方法。采用的四通道结构和上位机与下位机串行通讯的措施,减小了仪器的体积,提高了硬件的模块化结构和软件的可靠性与可视化程度。

关键词:激光照射指示器; 性能检测; 数字化检测

中图分类号: TN24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2004)05-0462-03

Digital method to checkout complete appliance of laser radiation indicating meter

LI Gang, WANG Yue-feng, DONG Wei, HU Wen-gang, WANG Wei

(Department of Optics Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: According to the principle of laser terminal guidance, some important performances of laser radiation indicator are analyzed and the numeralization test method is introduced. Using simulation echo wave and accurate time delay circuit to measure ranging ability, using CCD to grasp laser facular to measure divergence of laser pulse, the digitized methods are realized. It can measure the energy of every laser pulse, interval, frequency precision of one exposure period. It also gives the sequence chart to describe them. The circuit and light path diagrams are described with their data processing method. For using four-channel structure, host computer communicates with slave single chip microcomputer, the size of modularization is reduced, and the man-machine interface and the reliability of software are improved.

Key words: Laser radiation indicated meter; Performance test; Numeralization test

收稿日期:2003-11-01; 修订日期:2004-02-28

作者简介:李刚(1973-),男,河南泌阳人,讲师,硕士,主要从事军用光学仪器智能化检测方面的研究。

0 引言

末端制导武器系统中,激光照射指示器发射高能重频激光束照射目标并提供目标的距离、方位信息,指示制导炮弹的飞行,是全系统的关键部件,其激光测距和照射两种状态下的性能指标是决定系统制导精度的关键因素。因此,在平时的维护保养和实战条件下必须对这些关键性能进行实时的技术检查^[1]。生产过程的检测,可以对各项指标分别进行检测。野战条件下的检测则需要一种能在一台仪器上快速检测指示器整机性能的装置。其测距性能可以通过模拟目标回波和精密计时电路完成,束散角的检测可以通过采集激光光斑图样在计算机中分析。采用能量、功率、测距能力、束散角四通道结构可以实现这一要求。

1 末端制导原理

激光末制导系统由于在制导炮弹飞行末端实行激光导引而得名,也称激光寻的制导。全系统由火炮、制导炮弹、电台、同步器、激光照射指示器五部分组成。导引头安装在弹上,被用来自动跟踪目标、测量和修正弹的飞行误差。而照射器在前沿阵地,用来指示目标。具体的工作过程如图1所示。

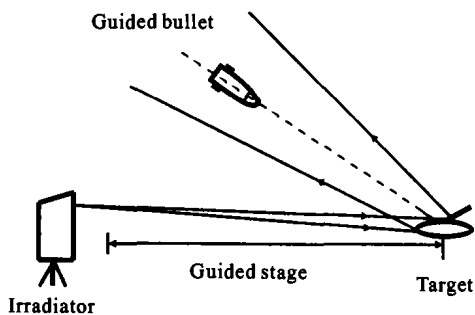


图1 激光末制导工作原理图

Fig. 1 Schematic diagram of terminal guidance weapon system

当从后方炮阵地粗略瞄准目标、发射制导炮弹时,阵地通信兵启动同步器,将“发射了”的信号经无线电台传给前方指挥所,并经同步器送给激光照射指示器。制导炮弹开始时处于惯性飞行阶段,在飞行末端,由执行同步器启动激光照射指示器工作。对准轰炸目标发射一系列具有一定频率编码的接近衍射极限

的激光脉冲。激光脉冲经过目标表面的反射,形成以照射点为圆心的半球空间的激光漫反射场。激光末制导炮弹上的导引头通过探测激光漫反射信号的辐射方向和编码信息判断目标,从而控制炮弹飞向轰炸目标^[2]。

由系统工作过程可以看出,激光照射指示器配属在前沿阵地,在制导过程中发挥重要作用。第一,实施实地的侦察和测量。要求指示器准确地瞄准目标的关键部位,精确地测量出距离和方位信息。通过电台将该信息提供给后方炮阵地,控制制导炮弹飞向目标上空。第二,发射精确编码的激光脉冲信号,照射到目标后给制导炮弹提供信号源。要求该激光信号的能量和功率满足技术指标要求,使其反射回波被炮弹导引头探测器接收。为避免复杂战场环境的干扰,出射激光束散角和编码精度必须满足指标要求,才能正确地识别真假目标,保证制导的精度。

2 激光照射指示器主要战技指标

激光照射指示器的性能指标可以分为光学瞄准性能、激光测距性能和激光指示性能。其中对制导精度起关键作用,需经常检测的性能指标有以下几种^[3,4]:

(1) 最小测量距离、最大测量距离。必须保证有效的测程,在指标要求的距离上能够正确地测距。

(2) 测距误差、测距逻辑。对多目标实施正确的逻辑选择。

(3) 在照射周期前几秒内激光发射脉冲的平均能量。为了保证制导炮弹在进入制导段的初期能有效地捕捉到信号,必须保证这段时间内激光脉冲的能量。

(4) 在照射周期内激光发射脉冲的平均能量。由于发射的是高能重频激光,所以一个照射周期的时间很短。为了在整个制导周期都能对制导炮弹提供发射的目标信息,要对整个照射周期内的激光脉冲平均能量进行检查。

(5) 每周期内激光脉冲的个数。为了在复杂战场环境下,可靠地识别真假目标信号,激光照射指示器发射的是一束经过编码的激光脉冲序列。必须保证这些激光脉冲的个数、脉冲间隔和重复频率精度正确,才能对炮弹进行可靠的制导。

(6) 激光脉冲间隔。

(7) 激光脉冲频率。

(8) 激光束散角。

出射激光束散角如果过大,则发射能量密度降低,反射激光能量降低,容易丢失目标。同时由于照射的范围可能大于目标,所以容易出现假目标,降低制导精度。

3 整机检测原理

测试系统分为检测仪和计算机两部分。计算机为上位机,完成数据的处理和可视化显示。检测仪单片机为下位机,完成时序控制和信号采集,通过 RS232 进行通讯。图 2 为检测仪四通道结构图,能量、功率、测距能力和束散角分别采用四个独立的通

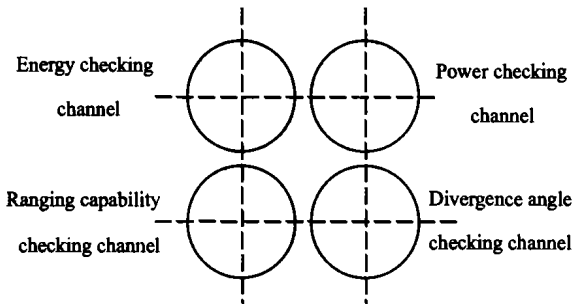


图 2 检测仪四通道结构图

Fig. 2 4-channel structure of checking system

道,提高系统的模块化和可靠性。内部分别封装能量探测器、功率计、CCD、接收二极管、发光二极管、相应的聚焦透镜和处理电路^[4~6]。检测系统光路如图 3 所示,工作原理如图 4 所示。

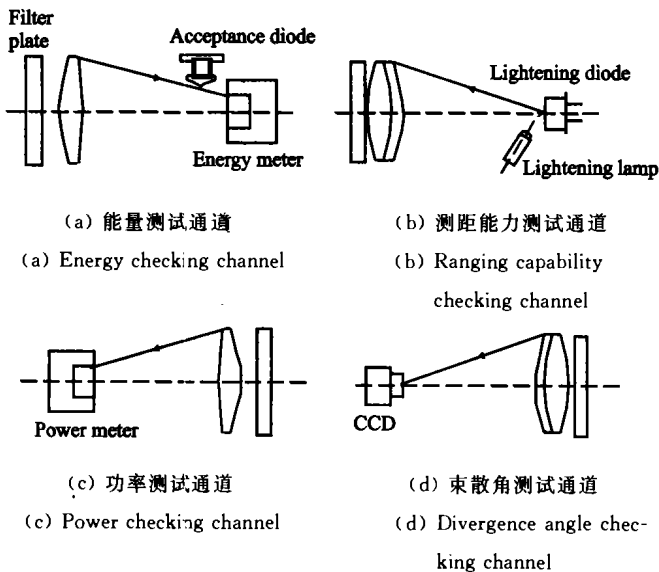


图 3 检测仪光路图

Fig. 3 Beam path of checking system

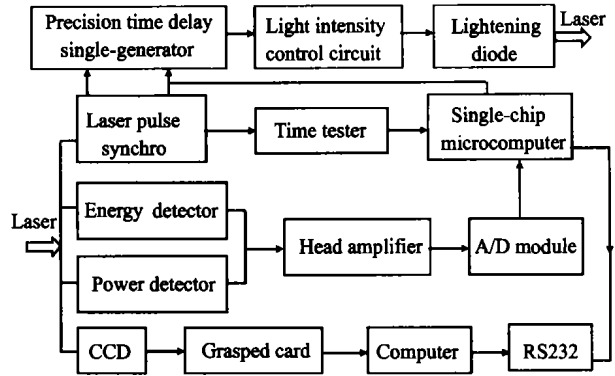


图 4 检测仪工作原理图

Fig. 4 Schematic of checking system

3.1 测距功能检测

对距离 L 上的测距能力进行检测时,单片机根据时钟周期 T 和光速 C 计算出对应的计数值 $N = 2L/CT$,送入延时信号发生器,如图 4 所示。当控制照射器在测距状态下发射一个激光脉冲时,接收二极管检测到该激光的出射信号,如图 3(a)所示,控制激光脉冲信号同步器打开延时信号发生器。计数 N 结束后,发光强度控制电路控制发光二极管发出经过准直的模拟激光回波信号。该信号强度和距离 L 上的回波信号能量相同,如图 3(b)所示。该回波信号进入激光照射器的接收物镜,使照射器显示测量的距离值、比较显示值和设置值即可。

3.2 能量测量

控制照射器发出激光脉冲,经能量测试通道(见图 3(a))进入能量探测器。经过前置放大和光电转换后送至单片机(见图 4),在计算机中经过修正补偿后输出。对于连续激光脉冲功率的测试采用图 3(c)的光路,原理相同。

3.3 周期精度检测

当照射器发出一序列激光脉冲时,接收二极管检测到每一个激光脉冲的开始和结束信号,送入激光脉冲信号同步器。该同步器触发重复频率测时器进行计数,即可根据时钟周期计算出照射周期,同时对脉冲个数进行计数,得到如图 5 所示的激光脉冲序列,图中 T 为每个照射周期时间, t_i 为第 i 个脉冲宽度、 t'_n 是第 n 个脉冲间隔、 Q_m 是第 m 个脉冲的能量。据此,可以计算出待检测的脉冲个数、脉冲间隔、脉冲频率、频率精度、周期、周期精度等参数。

(下转第 492 页)

化和白噪声的去除,并且给出了详细的理论分析。大量的仿真实验表明,采用这种方法能够取得很好的检测效果,它的优点体现在,抗强噪声干扰能力特别强,可检测到 2 个像素左右、最小信噪比达 1.2 的弱小目标,理论检测概率保证在 95% 以上,因此具有很强的应用价值。

参考文献:

[1] 高新波,谢维信. 基于小波变换的分形噪声白化滤波器[J]. 西安

电子科技大学学报,1998,25(5);565-569.

[2] 朱梦宇,赵宝军,韩秋月. 用小波变换去除红外图像中 $1/f$ 噪声的方法[J]. 北京理工大学学报, 2001,21(5);641-644.
 [3] Wornell G W. A Karhunen-Loeve-Like Expansion for $1/f$ Processes Via Wavelet[J]. IEEE Tran IT, 1990, 26(4);859-866.
 [4] Wornell G. Wavelet-based representations for the $1/f$ family of fractal process[J]. Proceeding of the IEEE, 1993, 81; 1428-1450.
 [5] 牟松涛. 基于小波变换的红外图像弱小点目标检测研究[D]. 上海:上海航天技术研究院第八〇三研究所,2003.

(上接第 464 页)

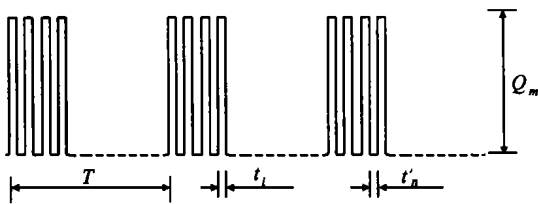


图 5 激光脉冲序列图

Fig. 5 Diagram of laser pulse sequence

3.4 束散角检测

区别于传统的套孔法和反射靶板法,由采集卡将激光脉冲在 CCD 上成的光斑图像送到计算机中进行处理。由于激光并非规则的圆形,所以用质心法确定光斑中心。根据每个像素的灰度值和像素位置,计算光斑图像的中心质点,即光斑中心。然后由中心向外做半径 R 处一定宽度的圆环,计算该微小圆环内所有像素的灰度均值 ρ ,做出 $\rho-R$ 关系图,如图 6 所示。在计算机中对准确的光斑半径进行修正即可得到对应的光斑半径 $R^{[7,8]}$ 。

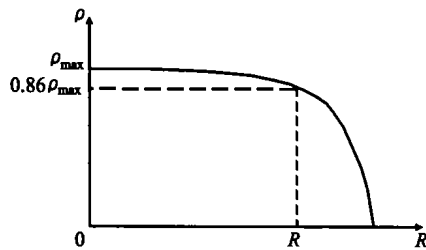


图 6 $\rho-R$ 关系图

Fig. 6 Diagram of ρ as a function of R

根据图 3(d)的光路,可以得到 CCD 物镜像方焦平面上的光斑大小和待测的束散角的关系式:

$$u = -\frac{2R}{f'} \quad (1)$$

式中 u 为待测激光的束散角; f' 为 CCD 物镜的焦距; R 为 CCD 物镜焦平面上得到的光斑半径。已知 f' ,由计算机解算出激光光斑半径 R ,即可得到束散角 u 。

4 结 论

采用该结构方法,可以将激光照射指示器的整机参数结合在一台仪器上进行测试。用 VC6.0 编写计算机操作界面,汇编语言编写单片机控制和 RS232 接口程序,各模块独立运行,工作稳定,可用于部队的野外检测和维修、验收部门的室内检测。实验证明,该方案具有较高的检测精度和可操作性。

参考文献:

[1] 李保平. 精确制导技术在未来制导兵器发展中的应用预测(二)[J]. 红外与激光工程,1996,25(3);54-60.
 [2] 付伟. 激光侦察告警技术的现状和发展趋势[J]. 红外与激光工程,1999,29(4);12-25.
 [3] 陈拥军. 宽频带激光告警技术的研究[J]. 红外与激光工程,2003,32(4);346-350.
 [4] 胡以华,舒嵘,薛永祺. 地面目标激光回波特征实验研究[J]. 红外与激光工程,2002,31(2);105-108.
 [5] 郝建华,曾峦. 激光多周期测距方法[J]. 红外与激光工程,2002,31(2);109-112.
 [6] 王永仲. 现代光学技术[M]. 北京:科学出版社,1999.
 [7] 吕海宝. 激光光电检测[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2000.
 [8] 王永仲. 智能光电系统[M]. 北京:科学出版社,1999.