

文章编号: 1001-3806(2012)06-0735-03

激光光幕靶坐标测量系统的设计和实现

邱婉静 姜三平* 郝晓剑

(中北大学 信息与通信工程学院 电子测试技术国家重点实验室,太原 030051)

摘要: 为了测量大靶面立靶坐标,提出了一种激光光幕靶的坐标测量方法,该方法采用4个90°扇形激光器作为发射光源,高灵敏度的光电二极管阵列作为接收装置。4个激光器发出的光相互交叉形成一个矩形激光光幕,当子弹穿过激光光幕时,会分别在 x 方向和 y 方向挡住一部分激光,促使相应的光电二极管产生信号;经过信号的采集和分析得到弹着点坐标,最后经过实弹试验得到子弹的坐标。结果表明,该立靶系统具有高精度和高灵敏度的特点。

关键词: 激光技术;立靶测量系统;坐标测量;弹着点

中图分类号: TJ206 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1001-3806.2012.06.006

Design and realization of a laser screen coordinate measurement system

QIU Wan-jing, JIANG San-ping, HAO Xiao-jian

(National Key Laboratory of Science and Technology on Electronic Test and Measurement, School of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In order to measure the vertical target coordinates of the large target surface, a coordinate measurement method with laser screen target was presented with four 90° fan-shaped lasers as light sources, and a high-sensitivity photodiode array as the receiver. When bullets fly through the rectangular laser screen, formed by the intersected light from the four lasers, they will block part of the laser in the x and y directions respectively, and thus corresponding signal produces from the photodiodes. The impact coordinates can be obtained by acquiring and processing the signal. Finally the coordinates of the bullet were tested in active experiments. The results show that this vertical target system has the characteristics of high precision and high sensitivity.

Key words: laser technique; vertical target measurement system; coordinate measurement; impact point

引言

关于子弹坐标的测量,有很多种方法,比如靶板法、声靶法、光电坐标靶等等^[1-3]。靶板法是指在预定的测试地点竖立一面纸板或木板,按照规定射击一定的子弹数,根据纸板或木板上留下的弹孔痕迹来分析得出子弹的坐标。靶板法虽然简单易操作、可靠性高,但是不能实时处理数据,容易产生误差,并且人为的误差很难消除^[4-5]。

光电坐标靶包括多光幕靶和电荷耦合元件(charge-coupled device, CCD)交汇测量立靶。多光幕靶由4个或6个不同方位的光幕相互交错形成,测量子弹穿过这几个光幕的时间计算子弹的坐标,此方法的测量精度很高,但是这个系统非常庞大,所以又很难实现。CCD交汇光靶是两台或者两台以上的CCD相机的视角交汇形成的光靶,它的结构简单、测量精度

高、使用也很方便,但是CCD交汇光靶容易受CCD相机的速率和光线的影响,而且不适合在室内使用^[6-8]。

光幕靶根据光源的不同可以分为发光二极管(light emitting diode, LED)光幕和激光光幕。LED光幕靶抗震性好,发出的光线不会脱离光电二极管,但是LED光源发散角度小,随着距离的增大光强会减弱,所以不适合做成大靶面的光幕靶。而激光器的能量比较集中,可以做成大靶面的光幕靶。目前多数激光光幕采用的是把激光排成一行作为光源,使激光器发出的光在一个平面内相互平行,在激光器的对面排列光电二极管阵列形成接收装置,这种方法需要较多的激光器,很难把激光器调成完全平行的光束^[9-10]。本文中就以以上的问题进行了深入的研究,提出了一种采用90°扇形的激光器作为光源的光幕靶。理论和实验均表明,该方法简单易操作,能达到较高的测量精度。

1 系统测量原理

把4个90°扇形激光器分别放在矩形的4个角上作为发射装置,如图1所示,激光器发出的光就会相互交错形成一个大的矩形光幕^[11],在矩形光幕的4个边

作者简介:邱婉静(1987-),女,硕士研究生,主要研究方向为光电检测技术。

* 通讯联系人。E-mail: jiangsanping@nuc.edu.cn

收稿日期:2012-03-21;收到修改稿日期:2012-03-30

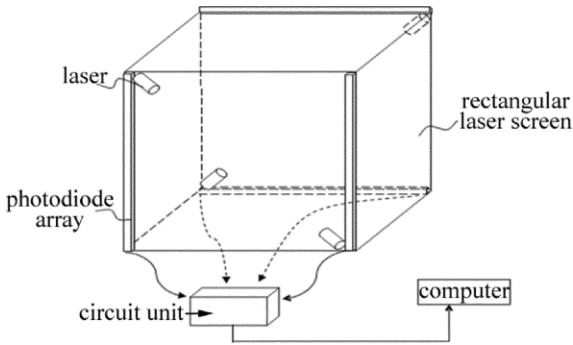


Fig. 1 Overall structure of the photoelectric target

上安装光电二极管阵列作为接收装置,用来接收激光器发出的光。当子弹穿过光幕靶时,就会在水平方向 x 和垂直方向 y 分别遮挡住一部分进入光电二极管的光,被遮挡的光相对应的光电二极管的光电效应电压就会发生变化,二极管对应的信号经过放大、转换电路和数字电路的分析会得到一组数据,经过数学计算最后得到子弹过靶时的坐标位置。

2 电路单元设计

本文中所用到的电路包括信号转换电路和数字信号处理电路两部分。图2是电路整体结构图,光电二极管将光信号转换成电流信号,然后经过一个运放 A_1 把电流转换成电压信号,最后通过比较器 A_2 把电压信号转换成数字信号输出,这就完成了由光信号到数字信号转换的过程。然后把输出的数字信号连接到与非门和锁存器的输入端。当子弹穿过靶区挡住了激光,光电二极管就接收不到信号,这时比较器输出一个低电平(逻辑0),同时与非门输出一个高电平(逻辑1)并通过锁存器的 LD 引脚启动锁存器将信号锁存^[11],同时微处理器将锁存的信号读出。

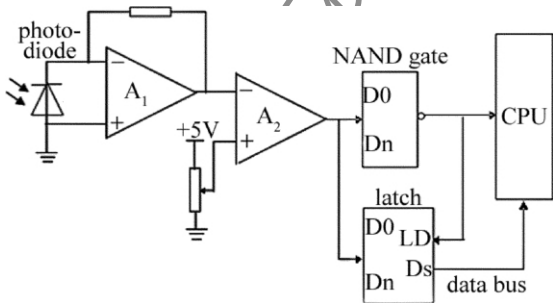


Fig. 2 Overall structure of the circuit

3 系统灵敏度分析

系统的灵敏度是决定系统是否成功的关键因素。本实验中,要想得到更精确的结果,必须解决的关键问题有两点:(1)激光器的选择问题,本文中设计的光幕靶选用的是波长为 650nm、出瞳功率 150nW、扇角为 90°的激光器,由于激光器的能量比较集中,在一个角

上发散,在另外的方向几乎不发散,并且随着距离的增大,它的能量损失非常小,发出的光也是厚度均匀且适中,这就提高了激光光幕的灵敏度和测量精度;(2)光电二极管的选择和排列密集度的问题,作为接收装置选择了高灵敏度的光电二极管,其感光面为圆形,尺寸约为 2mm。光电二极管排列得越密集,坐标靶的灵敏度就越高,测量误差也越小,由于光电二极管的直径约为 2mm,所以两个光电二极管之间的最小距离为 2mm,故给系统带来的误差范围在 1mm 左右。

4 误差分析

由于光电二极管的排列是离散的,所以就存在了一种误差叫离散误差。取 D 为光电二极管的排放间隔,那么误差范围为 $-\frac{D}{2} \sim \frac{D}{2}$ 。设 X 和 Y 表示检测到信号的光电二极管的位置。 X 和 Y 的测量误差分别为 ΔX 和 ΔY 。那么 X, Y 的最大测量误差存在 4 种组合:

$$\begin{cases} \Delta X = \frac{D}{2} \\ \Delta Y = \frac{D}{2} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \Delta X = \frac{D}{2} \\ \Delta Y = -\frac{D}{2} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \Delta X = -\frac{D}{2} \\ \Delta Y = -\frac{D}{2} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \Delta X = -\frac{D}{2} \\ \Delta Y = \frac{D}{2} \end{cases} \quad (4)$$

由此可以算出 4 个距离误差,把这 4 个距离误差值中的最大值定义为所求得的弹着点的最大距离误差^[11]。

图3是用 MATLAB 对误差的分析结果,其中靶的边长 $L = 1000\text{mm}$,光电二极管的排放间隔 $D =$

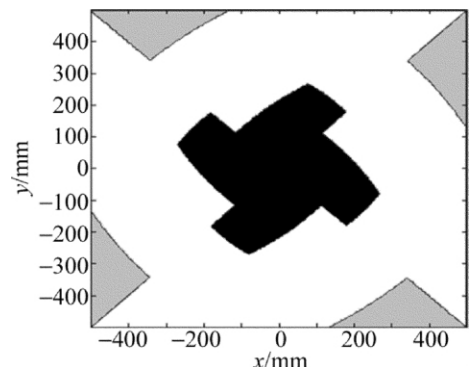


Fig. 3 Error analysis results

2.5mm。图中黑色区域的最大距离误差小于1mm,白色区域的最大距离误差小于2mm,灰色区域的最大距离误差大于2mm并小于2.9mm。

5 实验

根据上面分析的原理,作者做了一个光电靶的原理样机,这个光电靶原理样机的边长是1m×1m,光电二极管的间隔是2.5mm,如图4所示。用这个光电坐标靶进行了7.62mm子弹实弹射击实验。图4也是作者的一个实验现场。在实验过程中,发现距离激光器15m处,光电探测电路所接收到稳定、可靠的光的通断信号,因此,可以判断该方法也可实现大靶面面积的坐标靶。

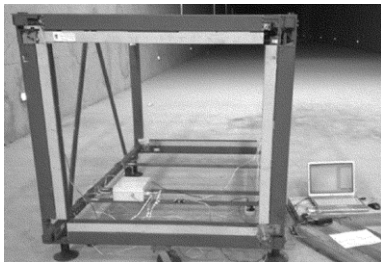


Fig. 4 Optical coordinates of the target prototype and experiment site

在实验中,为了和传统方法进行比较,在靶的后面悬挂一个纸板靶,共射击了8发子弹,通过计算机的分析得到了8发子弹的位置,并且对光电坐标靶和人工测量的纸板靶进行了比较,如表1所示。

Table 1 Photoelectric target and the measurement results of the cardboard target

No.		d/mm	
from	to	photoelectric target	cardboard target
1	2	352.9	352.0
1	3	250.5	251.5
1	4	279.0	279.0
1	5	456.6	457.0
1	6	518.5	520.0
1	7	361.7	362.5
1	8	354.6	353.0
2	3	225.7	225.0
2	4	567.8	566.0
2	5	340.0	340.5
3	5	355.3	357.0
3	6	657.2	659.0
3	7	552.4	554.0
3	8	517.5	517.0
4	5	349.1	347.5
4	6	521.8	523.5
4	7	652.5	652.0

从表1中的结果可以看出,光电坐标靶测量的结果比人工纸板靶测量的结果更准确、精度更高。

6 结论

提出了一种采用激光作为光源,光电二极管作为接收装置的测量子弹坐标的方法,该方法结构简单易于操作,并且通过对系统的精度分析和实弹实验可以看出,该方法测量精度高,并且适应于多种口径弹丸的射击。希望通过本文中的研究可以推动靶场测试技术等一系列的研究。

参考文献

- [1] LIANG J H, ZHAO D E, DONG J. Design and improvement of photoelectric target [J]. Laser Technology, 2008, 32 (5): 457-459 (in Chinese).
- [2] WANG M, LI H. Capturing of GCD vertical target measurement system [J]. Acta Photonica Sinica, 2009, 38(6): 1540-1541 (in Chinese).
- [3] LI Y, WANG T L, DONG T. Research on large area photoelectric target for indoor environment [J]. China Measurement & Test, 2010, 36(1): 42-45 (in Chinese).
- [4] DONG T, NI J P, GAO F, et al. Study of large sensor area laser screen [J]. Tool Engineering, 2010, 44(6): 85-87 (in Chinese).
- [5] ZHANG J, YAN S H, XU Y. Automatic target-reading system development [J]. Laser & Infrared, 2006, 36(12): 1152-1164 (in Chinese).
- [6] DONG T, NI J P, MA Q, et al. Design of 10×10m large sensor area laser target [J]. Optical Technique, 2010, 36(3): 368-371 (in Chinese).
- [7] JIANG S P. Signal analysis of laser screen system using wavelet [J]. Journal of North University of China (Natural Science Edition), 2008, 29(2): 185-188 (in Chinese).
- [8] FENG B, NI J P, YANG L. Principle of measuring impacting position of vertical target of six-light-screens [J]. Journal of Ballistics, 2008, 20(1): 60-62 (in Chinese).
- [9] SHI D H, LIU X J, HUANG G Q, et al. Study on transmission laser detection instrument for runway visibility [J]. Laser Technology, 2003, 27(5): 196-200 (in Chinese).
- [10] KANG J Y, YU J Z. The research of laser in measuring bullet velocity [J]. Laser & Infrared, 2002, 32(1): 11-14 (in Chinese).
- [11] JIANG S P, HAO X J, SHAN X Y. Vertical coordinates measurement based on laser screen and photodiode arrays [J]. Journal of Ballistics, 2011, 23(3): 89-92 (in Chinese).