

文章编号 1004-924X(2010)06-1354-07

# 单列光源反射式光幕靶检测弹着点

于纪言<sup>1</sup>,李永新<sup>2</sup>,王晓鸣<sup>1</sup>

(1. 南京理工大学 智能弹药技术国防重点学科实验室, 江苏 南京 210094;

2. 南京理工大学 机械工程学院, 江苏 南京 210094)

**摘要:** 为了降低弹丸着靶点检测的成本, 提出了一种新的弹着点检测原理。采用单列光源, 经两面条形表面反射镜反射后, 形成“Z”型的三道光幕, 用于实现对弹丸等飞行目标的测速及定位。弹丸的速度和着靶点水平方向的坐标可以通过对时间的测量得到, 弹丸着靶点竖直方向的坐标可以通过单列光探测器获知。文中对检测原理进行了研究, 对光源、探测器、信号特征、有效测试区域、射频测试能力等进行了分析, 并在桌面进行了原理性试验。高速摄影机拍摄的小球坐标与“Z”型结构测量出的坐标相对位置误差为 0.1~1 mm, 传统区截靶法与“Z”型结构测量出的小球速度相对测速误差为 0.02%~0.2%, 说明基于反射镜的“Z”型结构在定位和测速方面的应用具有可行性, 提出的方法具有结构简单、解算方便、节省成本的特点。

**关键词:** 光幕靶; 弹丸; 弹着点; 报靶; 速度测量

**中图分类号:** TJ012.36 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/OPE.20101806.1354

## Measurement of impact points using reflective light screen target of single column light source

YU Ji-yan<sup>1</sup>, LI Yong-xin<sup>2</sup>, WANG Xiao-ming<sup>1</sup>

(1. ZNDY, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;

2. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** To reduce the costs of an impact point measurement, a measuring method for impact points of projectiles was proposed. A Z-shaped light screen target containing three light screens was made up of a column laser source, an optical detector and two pieces of mirrors to measure the impact points and the velocities of projectiles. The velocity and the impact point position in the horizontal direction were obtained by a time measurement and the impact point position in vertical direction was obtained by an optical detector. The principle was analyzed and the light source, optical detector, the feature of impact signal, available detector area, and the firing rate were discussed. A principle experiment with a steel ball was carried out on a smooth plane table using a laser pen, two pieces of mirrors and a photodiode circuit. The experiments show that the absolute errors of position measurement by the proposed method are 0.1 to 1 mm as compared with that by a high speed camera. Furthermore, the relative errors of velocity measurement are between 0.02% to 0.2% as compared with that of a traditional meth-

收稿日期: 2009-07-06; 修订日期: 2009-07-23.

基金项目: 江苏省博士后科研资助基金项目 (No. AD41218)

od. The experimental results indicate that the method is feasible and easy to realize in a low cost.

**Key words:** light screen; projectile; impact point; scoring round target; velocity measurement

## 1 引言

弹着点检测技术在武器研究、验收、日常军事训练中具有广泛的用途,如在武器弹药领域衡量弹道武器的性能优劣,在射击比赛和军事射击训练中统计射击成绩(俗称报靶)等。传统的弹着点检测方法是人工判读,带有很多人为因素,且检测精度依赖于靶纸。现在的弹着点检测方法向声、光、电等自动化方向发展<sup>[1]</sup>,如导电橡胶靶法、基于图像处理的坐标靶<sup>[2]</sup>、光电坐标靶法<sup>[3-4]</sup>、线阵 CCD 靶法<sup>[5]</sup>、声电坐标靶法<sup>[6]</sup>等。

导电橡胶靶法存在靶板寿命的问题;基于图像处理的坐标靶法采用视觉处理的方法,实际使用效果与算法关系较大;线阵 CCD 靶法采用交汇的方式,成本较高;声靶法是对弹丸激波的检测,干扰较大;在实际应用中光电靶法是较常用的测量弹丸落点的方法。利用光电靶进行弹着点定位常用两种方式,一种是多光幕法,如文献[7-8]采用了4个光幕靶实现对弹着点的测量,该方法通过对时间的测量来推算出着靶点的位置;另外一种定位弹着点的方法如文献[9-12]所述的激光网络坐标靶法,该方法通过对弹丸遮挡住的光探测器的具体位置进行检测(即直接测量位置)来实现对弹丸着靶点的位置测量。

本文将测时定位的方法和光探测器直接测量落点坐标的方法结合起来,利用两面条形表面光学反射镜,将基于平行光的单列光源反射两次后拓展成具有三道光幕的“Z”型光幕靶,通过光电坐标靶的接收特性确定出垂直方向的着靶坐标,通过对弹丸经过三道光幕时刻的测量测算出水平方向的着靶点坐标值,同时也可测量出弹丸的着靶速度,并具有连续测量按照一定射频发射的弹丸的能力。因为结构简单,所以解算方便。为验证原理的可行性,本文在桌面通过发射钢球进行了原理性实验,主要用来验证通过测时的方法测算位置及速度是否可行,并通过高速摄影机对着靶点位置进行对比验证,通过传统区截靶法对速度测量能力进行对比验证。

由于采用了反射镜反射光线的方法拓展光路,因此可以节省光源与光探测器,如文献[9]采用64对光源与光探测器组成了具有测量弹丸落点坐标及速度的系统,按照本文的方法实现相同的功能,只需要16对光源与探测器外加两面反射镜即可,同时也节省了一块数据采集卡,故降低了测试成本。

## 2 检测方法研究

### 2.1 检测原理

如图1所示,由平行光源组成的平行光幕经两长条形形状的反射镜两次反射后到达光探测器,形成三道光幕,总体呈“Z”字型结构。整体框架在 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 方向上的长度记为 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 。

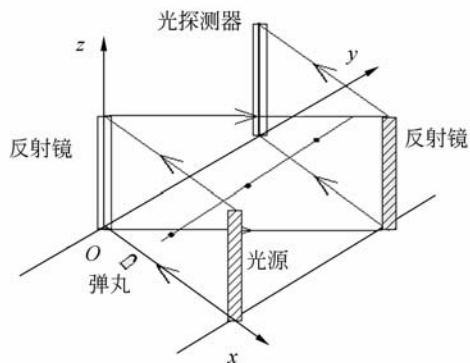
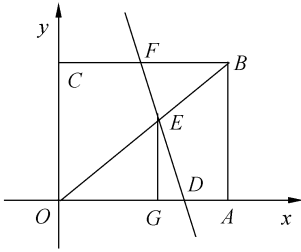


图1 反射式光幕靶原理结构图

Fig. 1 Structure of reflective light screen target

弹丸穿越靶体过程中,会3次穿越光幕,弹丸遮挡住相应的光线后光探测器将会有相应的信号输出,弹着点在 $z$ 方向的坐标可由检测装置直接读出。弹着点在 $x$ 、 $y$ 方向的坐标需要通过测时来进行计算。弹丸进入靶体时多为垂直入射,出于通用性考虑,假设弹丸入射时有一定倾角入射,如图2中 $DF$ 为弹丸轨迹投影。在 $xOy$ 平面内, $DF$ 与光幕投影 $AO$ 、 $OB$ 、 $BC$ 交于点 $D$ 、 $E$ 、 $F$ 。假设弹丸到达 $AO$ 、 $OB$ 、 $AC$ 的时刻为 $t_0$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ , $t_{ij} = t_j - t_i$ 为 $t_j$ 与 $t_i$ 的时间差。

图 2  $xOy$  平面投影图Fig. 2 Projection on  $xOy$ 

由  $\triangle ODE \sim \triangle BEF$ , 故  $\frac{|OE|}{|EB|} = \frac{|DE|}{|EF|} = \frac{vt_{01}}{vt_{02}}$   
 $= \frac{t_{01}}{t_{02}}$ ; 由于  $\triangle OGE \sim \triangle OAB$ ,  $\frac{|OG|}{|OA|} = \frac{|OE|}{|OB|} = \frac{vt_{01}}{vt_{02}}$   
 $= \frac{t_{01}}{t_{02}}$ ,  $|OG| = x_E$ ,  $|OA| = a$ , 可得:

$$x_E = \frac{t_{01}}{t_{02}} a, \quad (1)$$

同理可得:

$$y_E = \frac{t_{01}}{t_{02}} b, \quad (2)$$

弹丸在  $y$  方向的速度:

$$v_y = \frac{b}{t_{02}}, \quad (3)$$

根据误差传递公式<sup>[13]</sup>, 测量误差为:

$$\Delta x_E = \sqrt{\left(\frac{\partial x_E}{\partial t_{01}}\right)^2 \Delta t_{01}^2 + \left(\frac{\partial \ln x_E}{\partial a}\right)^2 \Delta a^2 + \left(\frac{\partial \ln x_E}{\partial t_{02}}\right)^2 \Delta t_{02}^2} = \sqrt{\left(\frac{a}{t_{02}}\right)^2 \Delta t_{01}^2 + \left(\frac{t_{01}}{t_{02}}\right)^2 \Delta a^2 + \left(\frac{t_{01}}{t_{02}} a\right)^2 \Delta t_{02}^2}, \quad (4)$$

$$\Delta y_E = \sqrt{\left(\frac{\partial y_E}{\partial t_{01}}\right)^2 \Delta t_{01}^2 + \left(\frac{\partial \ln y_E}{\partial a}\right)^2 \Delta a^2 + \left(\frac{\partial \ln y_E}{\partial t_{02}}\right)^2 \Delta t_{02}^2} = \sqrt{\left(\frac{b}{t_{02}}\right)^2 \Delta t_{01}^2 + \left(\frac{t_{01}}{t_{02}}\right)^2 \Delta b^2 + \left(\frac{t_{01}}{t_{02}} b\right)^2 \Delta t_{02}^2}, \quad (5)$$

相对测速误差为:

$$\frac{\Delta v_y}{v_y} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln v_y}{\partial b}\right)^2 \Delta b^2 + \left(\frac{\partial \ln v_y}{\partial t_{02}}\right)^2 \Delta t_{02}^2} = \sqrt{\frac{\Delta b^2}{b^2} + \frac{\Delta t_{02}^2}{t_{02}^2}}, \quad (6)$$

弹着点  $z$  方向坐标的测量精度由光探测器来决定, 弹着点在  $x, y$  方向上坐标的测量精度主要由布局的误差与测时精度来保证, 可提升空间较大, 通常在  $x, y$  方向上坐标的测量精度优于  $z$  方向坐标的测量精度。一般多采用提高结构安装精度的方法来提高测量精度<sup>[14]</sup>。

## 2.1 光源与探测器

本文要求的光幕为平行光幕, 根据实际测量

系统的要求, 对于较大口径弹丸测量条件下, 光源可以选用文献[9-11]中多个点激光光源排成一排发出平行激光束的方法, 光探测器可选用光敏二极管或者光敏三极管。对于测量较小口径的弹丸可以采用文献[4]的方法作为光源, 文中将点激光二极管发出的光经过胶合透镜后产生平行光, 多个排列后经过光阑产生平行光幕, 光探测器采用光电池, 使得位置分辨率达到 2.54 mm, 如图 3 所示。

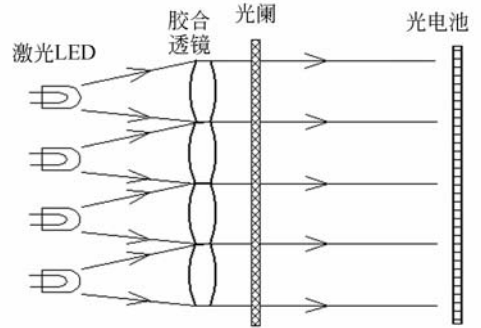


图 3 平行光幕

Fig. 3 Parallel light screen

## 2.2 特性分析

当光路被弹丸遮挡住, 相应位置的的光探测器会输出相应信号, 由于探测器输出的路数较多, 因此需要多路采集测时装置。文献[7]采用了多路数据采集卡进行测时; 文献[4]采用 DSP 与 CPLD 实现了对 384 路信号的检测; 文献[12]设计了以 FPGA 为核心的信号处理电路, 实现了对 256 路信号的检测。

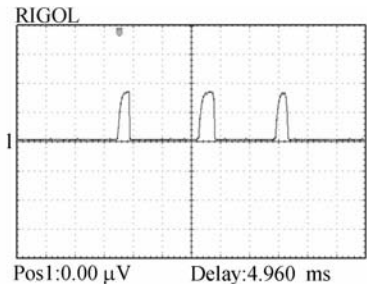


图 4 典型过靶信号

Fig. 4 Typical signal of impact

如图 4 所示, 弹丸穿越三道光幕要产生 3 个完整的脉冲作为计时信号。如果弹丸过长, 或者过于靠近靶体两端, 即当弹丸尾部还没有飞出第一道光幕的时候就已经进入第二道光幕, 则脉冲

的个数就会小于 3 个。如图 5 所示,假如弹丸长度较长,设弹丸的长度为  $d$ ,当  $d > |DE|$  且弹丸在  $|OD|$  区域进入第一道光幕,此时将产生一个上升沿的输出信号,而直到弹丸飞出第二道光幕的时候才会产生下降沿信号,而按照设计要求,飞出第二道光幕靶后应该产生两个脉冲信号,故应避免信号不全情况的产生。同理,弹丸靠近 A 端也会出现弹丸飞经第二道、第三道光幕靶只产生一个脉冲的情况,故存在一个有效测试区域。图 5 中阴影部分便为有效测试区域,其整体框架在  $x$ 、 $y$  方向上长度为  $a$ 、 $b$  的靶体在  $x$  方向的有效测试范围为  $(\frac{ad}{b}, a - \frac{ad}{b})$ 。

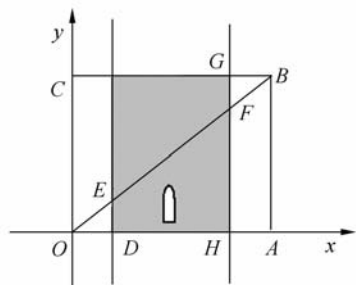


图 5 有效测试区域

Fig. 5 Available measurement area

设弹丸初速为  $v_0$ ,则弹丸飞经靶体需要的时间为  $t = \frac{b}{v_0}$ ,由此对于连发弹丸的检测,可以检测连发弹丸的射频为  $f = \frac{60}{t} = \frac{60v_0}{b}$ 。假设弹丸初速为 500 m/s,靶体长度为 1 m,则可检测射频为  $30\ 000\ \text{min}^{-1}$  的连发弹丸。

### 3 原理性实验

#### 3.1 实验概述

为验证镜反射式光幕靶测试的有效性,本文进行了桌面发射小球的原理性试验,用来验证采用测时的方法测量着靶点及速度的可行性。采用小球在桌面上做实验,是对原理的一种验证,不能完全替代实际靶场实验,靶场实弹射击过程中可能遇到的诸如光干扰、激波干扰等问题本文实验中并未涉及到。实验布局如图 6 所示,实验采用激光笔发射直线光束,经两面表面反射镜反射后光线进入光敏二极管,组成了“Z”型测试结构。

光敏检测电路如图 7 所示,由于原理决定了三道光幕靶的接收器为同一个接收器,故接收到的信号特征一致性好,延时一致性好,对信号的测时误差较传统方法小得多。

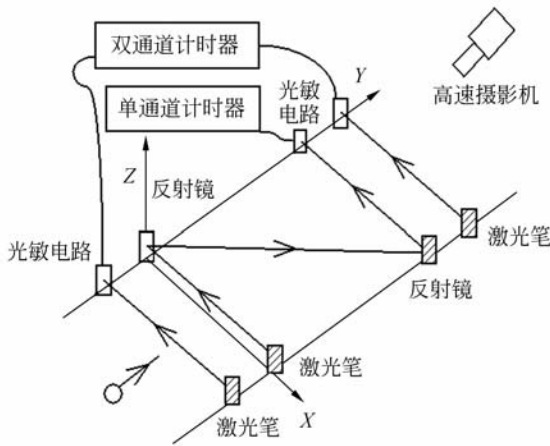


图 6 实验布局示意图

Fig. 6 Theory of comparison experiment

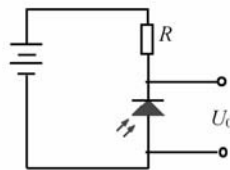


图 7 光敏检测电路

Fig. 7 Optical detector circuit

布局的长宽均为 30 cm。为验证  $y$  方向测速的能力,在距离两面反射镜前后 10 cm 处各设置一道光幕,均由激光笔和光敏二极管组成,测量出的小球速度用  $v_m$  表示。由“Z”型结构测量出来的小球速度用  $v$  表示。两者的相对测速误差  $\epsilon_v$  为:

$$\epsilon_v = \frac{v - v_m}{v_m} \times 100\% \quad (7)$$

为验证方向坐标测量的准确性,使用 Red-lake HG XL 型高速摄影机对钢球进行拍摄,由于室内光线较暗,拍摄帧频为 250 frame/s,坐标纸标示刻度以 cm 为单位,对照片判读时可估计到 1 mm 分辨率。采用“Z”型结构测量出来的小球着靶坐标用  $x$  表示,由高速摄影机所拍画面判读出来的小球着靶坐标用  $x_m$  表示。两者的测量误差  $\epsilon_x$  为:

$$\epsilon_x = x - x_m \quad (8)$$

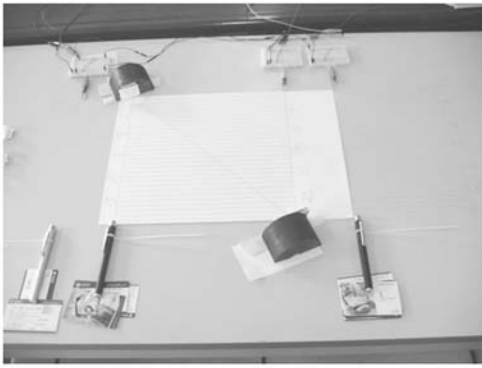


图 8 试验现场照片

Fig. 8 Picture of experiment layout

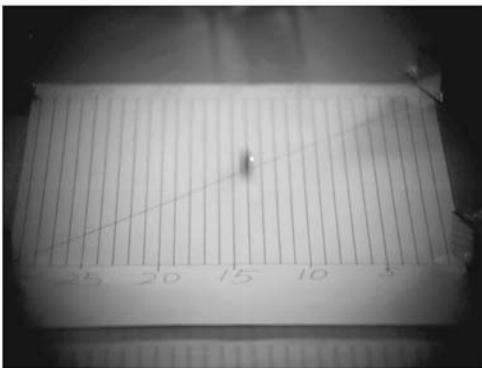


图 9 高速摄影机所拍照片

Fig. 9 Picture taken by high speed camera

针对于“Z”型结构的测时装置为单通道多脉冲测时装置,进行对比测速的测时装置为双通道单脉冲测时装置,两者均在 DSP F2812 基础上开发,利用 F2812 的捕获单元记录捕获输入引脚上的跳变,工作频率为 100 MHz,测时分辨率为 10 ns。测试过程中以下降沿为计时时刻。

### 3.2 结果分析

由式(4)、(6)可知,测时误差、光路的位置误差均会影响到测量结果。这里假设小球速度为 15 m/s,  $t_{02}$  为 0.02 s,按照误差最大化原则定量地对实验结果进行了误差分析。实验中测时的分辨率为 10 ns,将其放大 100 倍作为测时误差,即  $1 \mu\text{s}$ ;  $\Delta a, \Delta b$  按照 1 mm 计算;由式(4)、(6)可以看出  $\frac{t_{01}}{t_{02}}$  的比值越大则对误差的影响越大,在此将

其最大化为 1。经计算可得  $\Delta x = 1 \text{ mm}$ ,  $\frac{\Delta v}{v} = 0.782\%$ 。此结果为初步理论估计,因无法与真值

对比,只能作为一个大致的参考,实际效果可参考对比试验的结果。

表 1 实验结果

Tab. 1 Experimental results

No.	$x$ mm	$x_m$ mm	$\epsilon_x$ mm	$v$ m/s	$v_m$ m/s	$\epsilon_v$ %
1	167.2	167	0.2	9.215 8	9.210 9	0.05
2	154.8	154	0.8	8.138 2	8.139 6	-0.02
3	100.0	99	1.0	10.838 0	10.824 3	0.13
4	155.9	155	0.9	10.228 9	10.249 3	-0.20
5	141.8	142	-0.2	11.666 8	11.665	0.02
6	98.9	99	-0.1	14.087 7	14.099 1	-0.08
7	99.4	100	-0.6	10.670 9	10.682 1	-0.10
8	151.0	150	1.0	11.919 9	11.905 9	0.12
9	149.2	149	0.2	9.463 4	9.474 7	-0.12
10	143.1	143	0.1	10.863 7	10.877 9	-0.13
11	184.3	184	0.3	13.142 6	13.161	-0.14
12	187.6	187	0.6	11.880 9	11.902 2	-0.18

实验共进行 12 次弹射,实验结果如表 1 所示,由于无法获知实验的真值,对比试验也仅仅是提供对比参考。由于通过高速摄影机拍摄画面判读出的小球位置本身就存在误差,通过一对激光笔测出来的小球速度本身也存在测量误差,如果“Z”型结构测量值与传统方法相差不大,那就说明“Z”型结构在节省成本的情况下替代传统的方法进行测试具有可行性。由实验结果可以看出,用反射法“Z”型结构测出的方向坐标和通过高速摄影机所拍摄照片的对比误差的绝对值在 0.1 mm 和 1 mm 之间,说明利用镜反射后的“Z”型结构可以有效地对运动目标定位。“Z”型结构测出的小球方向速度与传统区截靶法测出速度相对误差的绝对值在 0.02% 和 0.2% 之间,说明利用“Z”型结构测速具有可行性。

在此需要说明的是在实验过程中,小球在桌面并非每次都是一直贴着桌面运动,会有微小的弹跳过程,这也就造成了测时会有误差,这与实际靶场实验中弹丸在有章动情况下着靶的情况比较类似,总体来说实验结果比较令人满意。

## 4 结 论

本文设计了基于单列平行光源和反射镜的“Z”型光幕靶结构的测量原理,实现了对弹丸着

靶坐标和速度的测量。文中对原理进行了设计,对该结构光幕靶的特性进行了分析,并进行了原理性对比验证实验,与传统方法相比定位对比误差为 $0.1\sim 1\text{ mm}$ ,测速相对误差为 $0.02\%\sim 0.2\%$ 。实验结果表明,基于反射镜的“Z”型结构光幕靶可以替代传统测量方法,实现对弹丸的定位和测速。将此原理工程化后可在低成本的情况下广泛用于武器研制、验收及报靶等。由于采用

了反射镜对光路进行拓展,因此光源和光探测器可以节省为传统结构的 $1/4$ 。由于是同源光幕,三道光幕的一致性较好,而且具有原理简单、易于解算的特点。

本文设计的方法在实际工程操作也会遇到所有光幕靶在实际靶场实验中遇到的相同问题,比如安装精度、抗光干扰、误触发、弹丸激波干扰等等,具体工程实践及改进措施还需要进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 张军,颜树华,徐球.自动报靶系统的研究进展[J].激光与红外,2006,36(12):1152-1154  
ZHANG J, YAN S H, XU Y. Automatic target reading system development [J]. *Laser & Infrared*, 2006, 36(12): 1152-1154. (in Chinese)
- [2] 王向军,韩双来.弹落点坐标测量系统的快速校准方法及精度分析[J].光学精密工程,2005,13(6):686-690  
WANG X J, HAN S L. A high speed camera calibration method in coordinate measurement of bomb-fall and its precision analysis [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2005, 13(6): 686-690. (in Chinese)
- [3] 李国宁,刘妍妍,金龙旭.用于动态目标跟踪的面阵CCD成像系统[J].光学精密工程,2008,16(3):558-564.  
LI G N, LIU Y Y, JIN L X. Area CCD imaging system used in moving target tracking [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2008, 16(3): 558-564. (in Chinese).
- [4] 姜海洋.基于平行光的弹着点坐标测量系统研制[D].南京理工大学,2008.  
JIANG H Y. *Study on impact point measurement based on parallel light* [D]. Graduate Nanjing University of Science & Technology, 2008. (in Chinese)
- [5] 艾莉莉,袁峰,丁振良.应用线阵CCD的空间目标外姿态测量系统[J].光学精密工程,2008,16(1):161-165.  
AI L L, YUAN F, DING Z L. An exterior attitude measurement system for spatial object based on linear CCD [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2008, 16(1): 161-165. (in Chinese)
- [6] 李言华.基于弹丸激波的弹着点自动检测系统研制[D].南京理工大学,2008.  
LI Y H. *Study on impact point measurement based on sock waves* [D]. Graduate Nanjing University of Science & Technology, 2008. (in Chinese)
- [7] 倪晋平,蔡荣立,崔长青,等.弹丸着靶坐标测试系统的原理与信号处理电路[J].测试技术学报,2005,51(1):11-17.  
NI J P, CAI R L, CUI C Q, et al.. Measurement system for precise bullet location and signal processing circuitry [J]. *Journal of Test and Measurement Technology*, 2005, 51(1): 11-17. (in Chinese)
- [8] 倪晋平,崔长青,田会,等.四光幕交汇立靶测试系统及纸靶校准方法[J].西安工业学院学报,2004,24(4):319-323.  
NI J P, CUI C Q, TIAN H, et al.. Four screens target measuring system and calibration with paper target sheet [J]. *Journal of Xi'an Institute of Technology*, 2004, 24(4): 319-323. (in Chinese)
- [9] 周承仙,李仰军,武锦辉,等.弹丸速度及弹着点坐标测量系统研究[J].弹道学报,2008,20(1):55-58.  
ZHOU C X, LI Y J, WU J H, et al.. Measuring system of velocity and impact point coordinate of projectiles [J]. *Journal of Ballistics*, 2008, 20(1): 55-58. (in Chinese)
- [10] 张明熙.激光坐标定位法在自动报靶系统中的实现[J].计算机工程,2004,30(B12):527-529.  
ZHANG M X. Realization of laser coordinate orientation method in automatic scoring round target [J]. *Computer Engineering*, 2004, 30(B12): 527-529. (in Chinese)
- [11] 魏志华,信思金.一种自动报靶系统的设计[J].武汉理工大学学报,2005,27(2):178-179.  
WEI Z H, XIN S J. Design of an automatic target record system [J]. *Journal of WUT*, 2005, 27(2): 178-179. (in Chinese)
- [12] 秦向军,周汉昌.激光光幕自动报靶系统的设计与实现[J].计量与测试技术,2009,36(3):30-31.  
QIN X J, ZHOU H C. Design and realization of the automatic photoelectric target - scoring system [J]. *Metrology & Measurement Technique*, 2009,

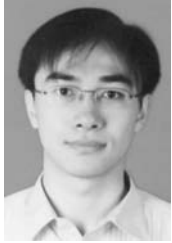
36(3):30-31. (in Chinese)

- [13] 许丽,张之江. 结构光测量系统的误差传递分析[J]. 光学精密工程,2009,17(2):306-313.  
XU L, ZHAN Z J. Error propagation analysis of structured light system [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009,17(2):306-313. (in Chinese)
- [14] 李娜娜,安志勇,崔继承. 中阶梯光栅光谱仪光学

系统的安装及检测[J]. 光学精密工程,2009,17(3):531-536.

LI N N, AN Z Y, CUI J C. Aligning and testing of optical system of echelle spectrograph[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009, 17(3): 531-536. (in Chinese)

#### 作者简介:



于纪言(1979—),男,黑龙江双鸭山人,讲师,2001年、2004年、2008年于南京理工大学分别获得学士、硕士、博士学位,主要从事光学跟踪和测量技术、靶场测试技术等方面的研究。E-mail: yujiyan@139.com



王晓鸣(1962—),男,江苏泰州人,教授,博士生导师,1982年、1985年、2000年于南京理工大学分别获得学士、硕士、博士学位,主要从事弹药总体技术、毁伤机理与终点效应、弹药精确化与智能化技术等方面的研究。E-mail: 202xm@mail.njust.edu.cn



李永新(1962—),男,湖南桃源人,教授,博士生导师,1982年、1985年、1994年于南京理工大学分别获得学士、硕士、博士学位,现为南京理工大学机械工程学院精密仪器与测控工程系主任,主要从事动态测试计量技术、智能测控技术等方面的研究。E-mail: 800lyx@gmail.com

#### ● 下期预告

## 高对比度低压驱动全息聚合物分散液晶光栅

李文萃<sup>1,2</sup>, 郑致刚<sup>3</sup>, 刘永刚<sup>1</sup>, 宋静<sup>4</sup>, 宣丽<sup>1</sup>

- (1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所应用光学国家重点实验室,吉林长春 130033;  
2. 中国科学院研究生院,北京 100039;3. 华东理工大学物理系,上海 200237;  
4. 长春理工大学材料科学与工程学院,吉林长春 130022)

为了降低全息聚合物分散液晶光栅的驱动电压并提高其对比度,基于偏振原理设计了一种新型电调谐光栅。首先,对传统的全息聚合物分散液晶(HPDLC)光栅进行了基板表面取向处理,加强液晶的均一排列程度,使液晶区域散射消除;然后,在光栅前面放置TN偏振调谐器,通过调节入射光的偏振方向,实现光栅内液晶折射率的变化,进而改变与聚合物的折射率差别,实现衍射强度的调谐。实验结果表明:光栅的阈值电压降低到0.75~0.8V,对比度提高到245:1,是传统HPDLC光栅的6~7倍,同时也大幅降低了散射损失且稳定性良好,满足了在高端光学设备及显示产品方面的需求。