

文章编号 1004-924X(2010)08-1732-06

## 轻武器光学瞄具的视差参数测试

于秋水<sup>1,2</sup>, 安志勇<sup>1</sup>, 杨瑞宁<sup>3</sup>, 梁爽<sup>1</sup>, 宋静怡<sup>4</sup>

(1. 长春理工大学 光电工程学院, 吉林 长春 130022; 2. 空军航空大学 基础部, 吉林 长春 130022;  
3. 山东临沂师范学院, 山东 临沂 276005; 4. 吉林大学 电子科学与工程学院, 吉林 长春 130012)

**摘要:**在对传统的视差测量方法进行充分研究的基础上,提出了基于自动调焦技术的轻武器光学瞄具的视差参数测试方法。介绍了自动调焦技术的工作原理及其系统组成框图;根据轻武器瞄具性能指标的具体要求,结合自动调焦技术设计了一套轻武器瞄具的视差参数测试系统,并介绍了被测瞄具放入该测试系统前后的自动调焦过程;最终通过求取视度之差得到视差。根据轻武器瞄具光学系统的实际测试要求进行了5次测试实验,并对这5次实验数据进行了分析。结果表明,视差测试精度为 $0.0296\text{ m}^{-1}$ ,达到了轻武器光学瞄具技术指标 $<0.1\text{ m}^{-1}$ 的要求,保证了测量精度。

**关键词:**轻武器;光学瞄具;自动调焦;视差测试

**中图分类号:**TH745.4;TP306 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20101808.1732

## Test of parallax parameters for optoelectronic sights in small arms

YU Qiu-shui<sup>1,2</sup>, AN Zhi-yong<sup>1</sup>, YANG Rui-ning<sup>3</sup>, LIANG Shuang<sup>1</sup>, SONG Jing-yi<sup>4</sup>

(1. *College of Electronics & Information Engineering,*

*Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China;*

*2. Fundamental Department, Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China;*

*3. Linyi Normal University, Linyi 27600, China;*

*4. College of Electronics Science & Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China)*

**Abstract:** According to the research of traditional parallax measuring techniques, a parameter test method based on the auto-focus technology was proposed, and the principle of auto-focus and its composition block diagram were introduced. Then, in consideration of the specific requirements of small arms for sight performance, a parallax test system was designed combined with the auto-focus technology and the auto-focus processes before or after the measuring sight placed in the test system were described in detail. Furthermore, the parallax parameters were obtained according to the difference of diopter. Five experiments were performed on the requirements of the actual optical system, and the obtained parallax parameters were analyzed. Results show that the measurement accuracy of parallax parameters is  $0.0296\text{ m}^{-1}$ , which achieves the technical specification less than  $0.1\text{ m}^{-1}$  and guarantees the measuring accuracy.

**Key words:** small arm; optoelectronic sight; auto-focusing; parallax test

收稿日期:2009-06-23;修订日期:2009-10-26.

基金项目:总装十一五预研基金资助项目

## 1 引言

轻武器瞄具是枪械的重要组成部分,它赋予轻武器正确的射向,使轻武器能够在预期的位置毁伤敌目标。瞄具中光学系统性能参数的优劣直接影响其整体性能的好坏,其中直接影响轻武器的瞄准精度的视差参数尤其重要。为此,对光学瞄具的视差进行测试,以便对其进行调整与校正的工作十分受人关注。

传统的视差测量方法主要有采用平行光管视差仪或视度筒对视差进行测量两种<sup>[1-2]</sup>。采用平行光管视差仪是依据本身存在误差的仪器当眼睛在出瞳平面内摆动时,会产生瞄准误差的原理而提出的。该方法对存在视差的仪器只能定性判断,不能给出被检测系统的实际视差值。采用视度筒检测视差时,首先分别检测出被测系统的分划线与无穷远物像的像方视度值,然后取二者之差作为视差大小的度量。该方法不仅存在视度筒自身精度造成的测量误差,而且测试结果受人的主观因素影响较大,不能客观定量地反映被测系统的视差值。

高灵敏度低噪声 CCD 器件的应用和自动调焦技术的发展,使轻武器瞄具视差参数的客观检测成为可能。自动调焦技术是计算机视觉和各类成像系统的关键技术之一<sup>[3]</sup>。自从 1977 年世界上第一台自动调焦 AF 相机(柯尼卡 C35AF)问世以来,自动调焦技术发展迅猛,目前对于照相机来说已经是成熟的技术了。然而自动调焦技术在测量仪器中还远没有实现,其原因虽然有价值的问题,但实际上与测量仪器相匹配的自动调焦技术至今还没有完全成熟。为了满足快速、非接触、精确测量和低成本的需要,采用普通光学成像系统和 CCD 相结合来实现自动调焦变得十分重要,因此,本文提出了一种能够实现快速、准确自动调焦和对轻武器瞄具视差参数精确测量的系统,该系统具有精度高、成本低等优点。

## 2 基于自动调焦技术的视差测试

### 2.1 视差概念

在瞄具光学系统中,若分划板的分划面未装在其物镜的像方平面(即后焦平面上),距焦面有一定距离  $b$  或  $-b$ ,如图 1 所示,这种光学系统内像面与分划板刻线面轴向不重合的现象叫视差。当人眼在出瞳平面内垂直移动时,会看到视场中物像与分划面相互错动,从而影响对物像的瞄准,其中若分划面处于 1 的位置称为前视差,分划面处于  $1'$  的位置称为后视差。

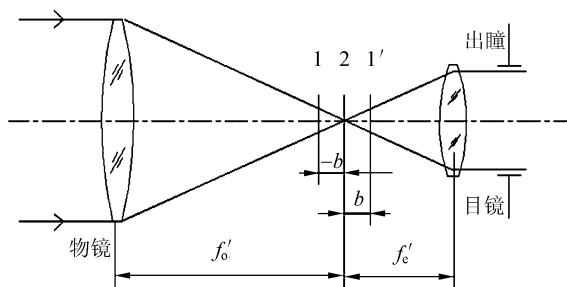


图 1 视差示意图

Fig. 1 Sketch map of parallax

图中:1,  $1'$  为系统分划板分划面的位置;2 为物镜焦平面位置或像面位置。

瞄具光学系统的视差通常以视差角或视度差表示。视差角表示法只能对存在视差的仪器做定性判断,不能给出被检测系统的实际视差值。视度差表示法不仅存在视度筒自身精度造成的测量误差,而且测试结果受人的主观因素影响较大,亦不能客观定量的反映被测系统的视差值。其工作原理如下:若待检系统的视度为  $SD = \frac{1000}{L}$ , 移动视度筒物镜,使经待检望远系统成的像再经视度筒物镜成像在分划板上,这样人眼通过视度筒目镜可以清楚地看到物像和分划板。设视度筒物镜相对分划板移动距离为  $\Delta$ , 视度筒物镜至待检望远系统眼点的距离为  $l$ , 则由牛顿公式可写出:

$$-(-L-l+f_0)\Delta = -f_0'^2, \quad (1)$$

若  $l$  可略去不计,式(1)可写成

$$\Delta = -\frac{f_0'^2}{L+f_0'^2} = -\frac{f_0'^2}{\frac{1000}{SD}+f_0'} = -\left[\frac{SD}{\frac{1000}{f_0'}+SD}\right]f_0', \quad (2)$$

(2)

式中： $SD$  为被测系统视度； $f_0'$  为视度筒物镜的焦距。

## 2.2 自动调焦技术

本文采用自动调焦技术的检测方法，用 CCD 摄像系统代替人眼来实现人为因素影响较小的客观检测。

自动调焦按照实现的方式可分为主动调焦和被动调焦。主动调焦多采用测距方法，即通过主动测量目标的距离和方位，根据光学成像原理计算最佳的调焦位置，通过信息处理器来控制电机实现自动调焦。由于这种方法需要额外的测距设备，因此采用这种方法的仪器一般体积较大，价格较高；被动调焦是指利用所获取的图像本身的信息，按照一定的方法对图像信息进行分析处理，判断调焦的方向，通过镜头位置的调节来得到清晰的聚焦图像。由于这种方法不需要额外的测距设备，因此成为目前自动调焦中的主流方法，被用于轻武器瞄具性能参数的测试中。

首先，计算机通过 CCD 拍摄一张图像。然后，由计算机软件进行图像处理，通过图像清晰度

评价函数的计算，得到当前图像的清晰度信息。计算机根据此信息驱动调焦步进电机控制调焦组件向相机焦面移动，最终完成调焦过程。系统结构框如图 2 所示。

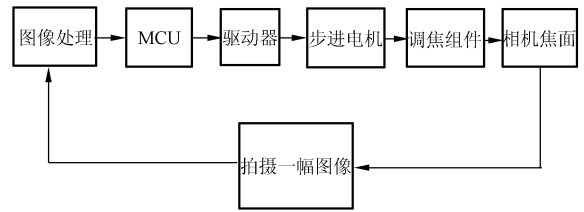


图 2 自动调焦系统框图

Fig. 2 Diagram of auto-focusing system

## 2.3 视差测试原理

由于图像的清晰度对测试结果影响较大，因此本系统采用光电自动调焦技术<sup>[4-5]</sup>，以提高测试精度。测试装置主要由平行光管、被测瞄具、六维电动调整台、六维手动调整台、CCD 短焦距摄像系统、电控系统与计算机数据处理系统<sup>[6-7]</sup>组成。测试原理如图 3 所示。

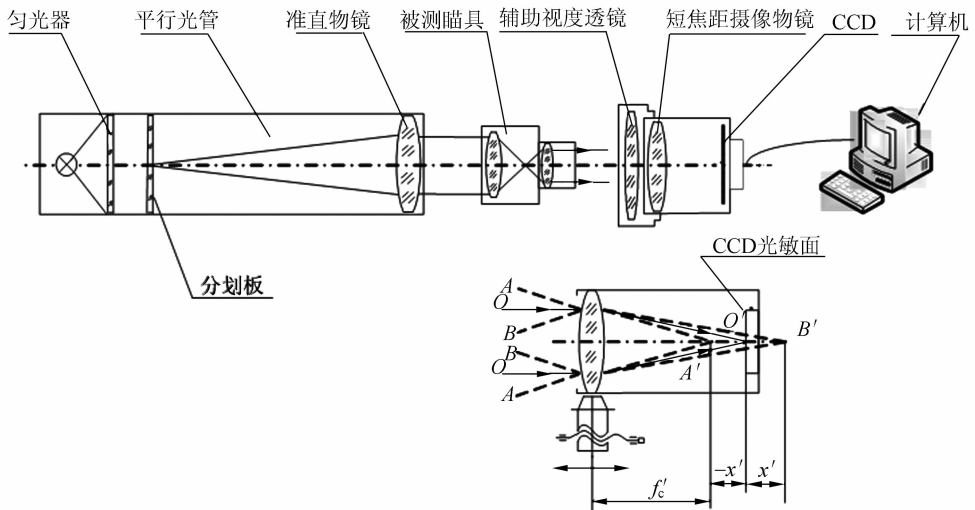


图 3 视差测试原理图

Fig. 3 Schematic diagram for parallax test

图中： $A'$  点为会聚光束交点（正视度）； $B'$  点为发散光束交点（负视度）； $O'$  点为平行光束交点（零视度）。

测试前，调整平行光管、被测瞄具与 CCD 短焦距摄像系统共轴。在无被测瞄具时，由 CCD 短焦距摄像系统摄取平行光管焦平面位置珀罗板的像。采用 sobel 算子对图像进行实时处理实现边

缘锐化，计算该图像区域的平均对比度；采用逐渐逼近法寻找最佳像面位置，即由步进电机驱动 CCD 摄像物镜做小范围移动后，再采集一幅珀罗板图像，计算此时图像的平均对比度，并与上幅图像的平均对比度进行比较。如果对比度增强，则驱动物镜同方向微量移动；如果对比度减弱，则回到上幅图像的位置后，驱动物镜做反方向微量移

动,直到采集到的图像平均对比度(如图 4)最大,即完成了自动调焦过程<sup>[8]</sup>。标定此时为零视度位置,然后放入被测瞄具,仍采用光电自动调焦法移动 CCD 短焦距摄像系统物镜,自动寻求此时平行光管珀罗板最佳像面(如图 5)位置,由光栅位移测量系统测量出物镜的移动量 $\Delta$ ,根据公式(2),通过计算机数据处理系统自动求出被测瞄具分划板视度  $SD_{reticule}$ (如图 6 所示)和像平面(即平

行光管分划板所成像平面)视度  $SD_{image}$ (如图 7 所示)<sup>[9-12]</sup>,这时可求出视度差  $\Delta(SD) = SD_{image} - SD_{reticule}$ ,视其为视差。

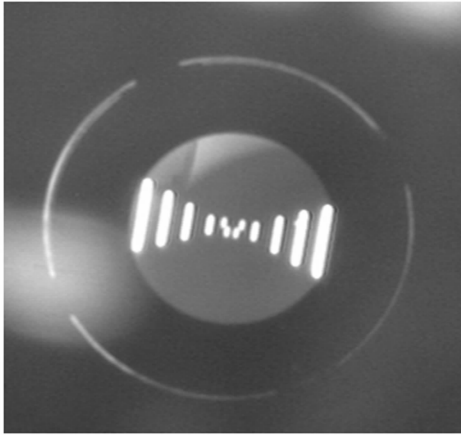


图 4 珀罗板像

Fig. 4 Perot board image

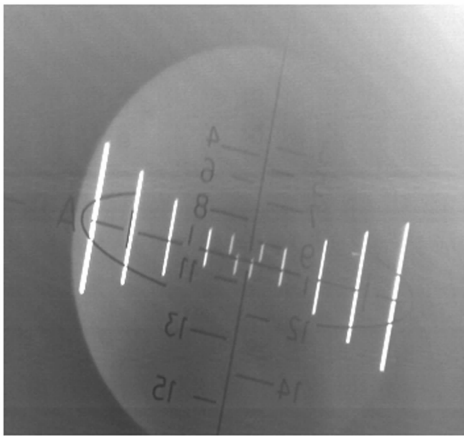


图 5 移入瞄具后珀罗板清晰像

Fig. 5 Sharp image of Perot board with aiming device

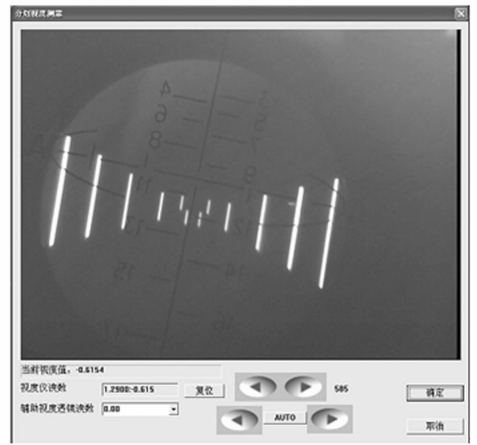


图 6 瞄具分划板视度测量界面

Fig. 6 Visual degree survey contact surface of reticules in aiming device

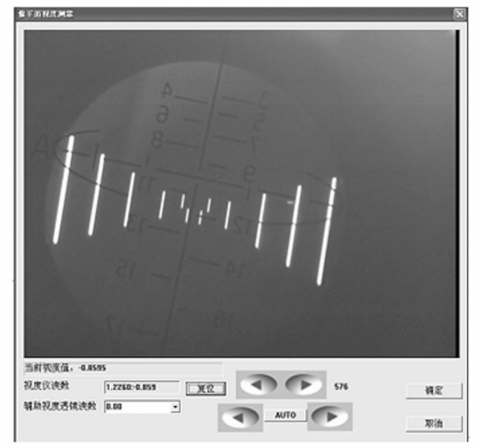


图 7 像平面视度测量界面

Fig. 7 Visual degree survey contact surface of image plane

### 3 试验数据

视差重复性测试数据如表 1 所示。

表 1 视差测试数据

Tab. 1 Data of parallax test

( $m^{-1}$ )

测量次数	无穷远分划视度 $SD_{reticule}$	瞄具分划视度 $SD_{image}$	差值 $\Delta(SD) =  SD_{image} - SD_{reticule} $
1	-0.784	-0.758	0.026
2	-0.781	-0.733	0.048
3	-0.759	-0.735	0.024
4	-0.758	-0.739	0.019
5	-0.767	-0.736	0.031

上面的实验数据  $SD_{\text{reticule}}$  和  $SD_{\text{image}}$  为负值,说明此时的瞄具出射光束呈发散状态。在这 5 次测量数据中最大视差值为  $0.048 \text{ m}^{-1}$ ,而这 5 次视差的平均测量值为  $0.0296 \text{ m}^{-1}$ ,均达到了技术指标  $<0.1 \text{ m}^{-1}$  的要求。

## 4 结 论

本文根据轻武器瞄具视差参数测试精度的要

求,提出了基于自动调焦技术的检测方法,并详细地介绍了视差测试原理。最后,通过实验数据证明:视差测试系统的测试精度为  $0.0296 \text{ m}^{-1}$ ,达到技术指标  $<0.1 \text{ m}^{-1}$  的要求,说明本文采用自动调焦技术,不仅能完全满足视差的测量要求,而且克服了人的主观因素影响,保证了测量精度,实现了轻武器瞄具视差参数的智能测试,具有应用价值和推广意义。

## 参考文献:

- [1] 程守澄. 光学仪器检校[M]. 北京:兵器工业出版社, 1992.  
CHENG SH CH. *Optical Instrument Calibration* [M]. Beijing: Weapon Industry Press, 1992. (in Chinese)
- [2] YANG M Y, KWON Oh-dal. Crater wear measurement using computer vision and automatic focusing [J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 1996, 58(4): 362-367.
- [3] 李惠民. 关于测量仪器的自动聚焦[J]. 北京测绘, 1998, 3: 36-38.  
LI HM. The auto-focus on measuring instruments [J]. *Beijing Surveying and Mapping*, 1998, 3: 36-38. (in Chinese)
- [4] 段瑞玲, 段惠波, 李庆祥, 等. 基于图像处理的微装配自动调焦系统[J]. 光学精密工程, 2006, 14(3): 468-472.  
DUAN RL, DUAN H B, LI QX, et al.. Micro-assembly auto2focusing system based on image processing[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(3): 468-472. (in Chinese)
- [5] 刘瑞安, 靳世久, 吴晓荣, 等. 视线跟踪系统中 CCD 摄像机的自适应调节[J]. 光学精密工程, 2007, 15(6): 966-972.  
LIU R A, JIN SH J, WU X R, et al.. Adaptive regulation of CCD camera in eye gaze tracking system [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(6): 966-972. (in Chinese)
- [6] 张伟, 汪岳峰, 董伟. 光学仪器视差自动检测研究[J]. 光学技术, 2002, 28(4): 365-366.
- [7] 李刚, 周冰, 董伟, 等. 一种视差的自动检测方法[J]. 光学仪器, 2002, 24(2): 3-6.
- [8] 王义文, 刘献礼, 谢晖. 基于小波变换的显微图像清晰度评价函数及 3-D 自动调焦技术[J]. 光学精密工程, 2006, 14(6): 1063-1069.  
WANG Y W, LIU XL, XIE H. A wavelet2based focus measure and 3D autofocusing for microscope images [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(6): 1063-1069. (in Chinese)
- [9] MA X H, TAN Q L, ZHANG W D. Improvement to CCD capturing method for higher resolving images[J]. *ISTM*, 2005, 6(7): 6430-6432.
- [10] ELAD M, FEUER A. Restoration of a single superresolution image from several blurred, noise, and undersampled measured Images [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1997, 6(12): 1646-1658.
- [11] WEI L, HEE K S. Improved optimization strategies for autofocusing motion compensation in MRI via the analysis of image metric maps[J]. *Magnetic Resonance Imaging*, 2006, 24(6): 751-760.
- [12] FAN K CH, CHU C L, MOU J I. Development of a low-cost autofocusing probe for profile measurement[J]. *Meas. Sci. Technol*, 2001, 12(12): 2137-2146.
- [13] ZHANG W, WANG YF, DONG W. Research on automatic parallax measurement [J]. *Optical Technology*, 2002, 28(4): 365-366. (in Chinese)
- [14] LI G, ZHOU B, DONG W, et al.. Measuring parallax of the telescope system with CCD device [J]. *Optical Instruments*, 2002, 24(2): 3-6. (in Chinese)

## 作者简介:



于秋水(1974—),女,吉林长春人,讲师,博士研究生,主要从事精密测控技术及仪器的研究。E-mail: yuqiushui123@126.com



梁爽(1974—)男,吉林长春人,副教授,博士研究生,主要从事精密测控技术及仪器的研究。E-Mail: liangsh-ciomp@hotmail.com



安志勇(1943—),男,吉林长春人,教授,博士生导师,主要从事光电测控系统与仪器的研究。E-Mail: an\_zhiyong@126.com



宋静怡(1985—)女,吉林长春人,硕士研究生,主要从事自适应滤波算法的研究。E-Mail: theamy@126.com



杨瑞宁(1974—),男,山东临沂人,讲师,博士,主要从事光电测控技术及仪器的研究。E-mail: yangruining1974@126.com

## ●下期预告

## 大曲率弧矢弯曲复合晶体的研制

李中亮,康乐,赵飞云,程显超,徐朝银

(中国科学技术大学 国家同步辐射实验室,安徽 合肥 230029)

采取晶体与等分切槽的钛合金复合制作的大曲率弧矢弯曲复合晶体作为弧矢聚焦晶体单色器中第二晶体的成像元件,既能实现大曲率弹性弯曲,防止晶体断裂,建立光子能量、压弯半径和施加力矩之间的对应关系,随机控制成像效果,又能有效抑制或消除鞍型变形和晶格变化,保持晶体原有的衍射性能。鉴于 NSRL-XAFS 实验的光学要求,设计制作了复合晶体试验模型,通过有限元分析计算和长程面形仪实际测量得到不同弯曲半径下的面形精度,并用激光模拟其聚焦性能,结果表明,在缩放比 1/3 时,样品上的成像束斑水平尺度缩小到 2.98 mm,光子密度提高近一个量级,满足 NSRL 现有光源条件下,提升 XAFS 数据采集质量的要求。