

便携式红外瞄准镜瞄准基线检测系统研究

温彬, 李永亮, 曾佑洪, 姚建波, 侯作风
(长春理工大学, 吉林 长春 130022)

摘要:设计了一种便携式红外瞄准镜瞄准基线检测系统,用于检测红外瞄准镜的光学瞄准基线偏差即零位走动量。系统研制了离轴抛物面反射式平行光管和双控差分黑体,为检测系统提供红外平行光,作为被试品瞄准的无穷远红外目标;设计的平行光管焦距为600 mm,数值孔径1/5;研制的差分黑体温控精度为0.1℃,经试验验证,系统可满足0.7 mil的被测系统精度定性要求,使用方便,满足了生产上快速检测的需要。

关键词:红外;瞄准镜;检测;瞄准基线

中图分类号:TH741

文献标识码:A

Research on test system for the portable infrared aiming baseline

WEN Bin, LI Yong-liang, ZENG You-hong, YAO Jian-bo, HOU Zuo-feng
(Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, Chian)

Abstract: This paper presents a test system for portable infrared aiming baseline which can test the infrared optical aiming deviation (the baseline's walking from zero). This system adopts an off-axis parabolic reflective collimator tube and dual controlled difference blackbody as the parallel IR light source to simulate a infrared target at infinity. In this design, the focal length of collimator is 600 mm, the numerical aperture is 1/5 and the controlled temperature accuracy of the differential blackbody is 0.1℃. Proven by experiments, the system can reach an accuracy of 0.7 mil. It is easy to use and meet the rapid test needs of lot production.

Key words: IR; sight; detect; target baseline

1 引言

光学瞄准镜用于瞄准目标,是武器的重要组成部分,它赋予了武器正确的射向,使武器能够在预期的位置毁伤敌方目标。20世纪以来随着光电技术的发展,许多高新技术在武器瞄准镜上得到了广泛运用,瞄准镜种类层出不穷,诸如白光瞄准镜、激光瞄准镜、微光瞄准镜和红外热成像瞄准镜等。随着计算机技术、激光技术、微光技术和红外热成像技术在枪用瞄准镜上的不断应用,枪用瞄准镜技术获得了巨大提高,从而极大地提高了轻武器的性能、作战能力和潜在威力^[1-3]。

瞄准镜的零位(即瞄准基线)稳定性是所有类型的光学瞄准镜实现其基本使命的根本保障。对于大部分依靠弹丸命中、以动能杀伤目标的轻武

器来说,瞄准精度显得尤为重要。若瞄准镜的零位走动量为1密位,那么枪对100 m距离上的目标实施射击时,瞄准点与平均弹着点的偏差在方向就差0.1 m。所以,武器的光学瞄准镜的零位走动量是一个关键评判指标。同时,零位走动量也是评判瞄准镜寿终的重要依据,决定了瞄准镜的基本性能^[4-5]。

2 系统设计及测试原理

2.1 总体设计及工作原理

红外瞄准镜瞄准基线检测系统的总体结构及工作原理如图1和图2所示。

基金项目:“十一五”预研支撑基金项目(No. 62301110103)资助。

作者简介:温彬(1985-),女,硕士研究生,主要从事光电测控技术与仪器等方面的研究。

收稿日期:2010-07-20;**修订日期:**2010-09-17

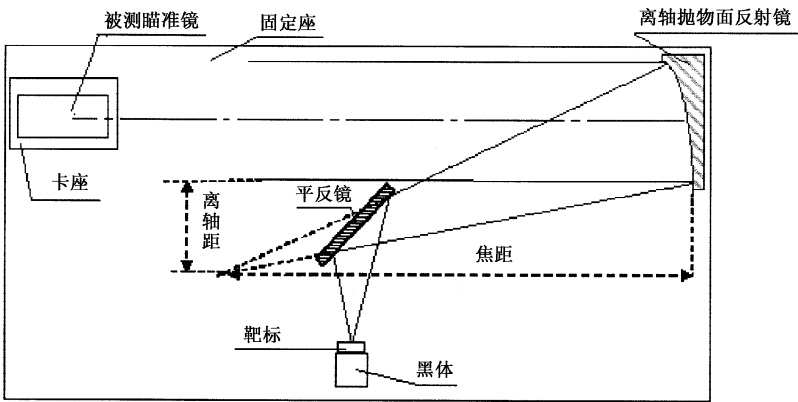


图1 系统结构及测试原理图

Fig.1 schematic of the system structure and the test principle

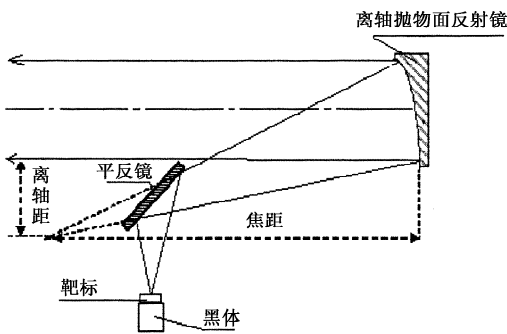


图2 红外平行光管原理图

Fig.2 schematic of the infrared collimator

红外瞄准镜瞄准基线检测系统主要由黑体及黑体控制器、靶标、平反镜、离轴抛物面反射镜、固定座、卡座等部分组成。黑体及靶标提供红外电热分划像,经平反镜和抛物面反射镜反射后形成红外平行光输出,瞄准镜通过卡座安装在固定座上,固定座与红外平行光管为一体式结构,并且基准台的台面与红外光管的光轴平行;调整黑体控制器的差分温度,使靶标在瞄准镜视场内成像清晰,通过调整瞄准镜的电子分划使其十字中心与光管靶标中心重合;保持此时卡座位置不变,然后取下瞄准镜进行冲击、振动及环境试验;将经过试验的红外瞄准镜重新安装到卡座上,进行机械复位;开启红外光管,通过瞄准镜观察瞄准镜分划中心与红外光管靶标中心的偏离情况,看瞄准镜的分划中心是否仍在靶标圆孔内,即可判断是否存在零位走动量及其是否超差。

2.2 靶标计算

如图3所示,红外瞄准镜要求的零位走动量的合格值为: $\delta=0.7\text{ mil}$

红外光管的焦距为: $f'=600\text{ mm}$

由此可得零位走动量值在红外光管靶标面(即红外光管的焦平面)上的最大位移量为:

$$R=\delta\cdot f'=0.7\text{ mil}\times 600\text{ mm}=0.7\text{ mil}\times 1.05$$

$$\text{mrad}\times 600\text{ mm}=0.44\text{ mm}$$

即靶标上对应0.7 mil的圆孔直径为 $\phi 0.88\text{ mm}$ 。

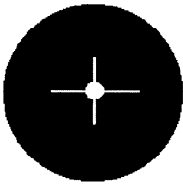


图3 设计的圆孔靶标

Fig.3 the designed circular target

3 实验结果及精度分析

3.1 实验结果

采用像素384×288的国产(武汉高德)非制冷红外热像仪对系统进行试验,系统输出稳定,在差分温度为5℃时,热像仪上所成十字线靶标图像如图4所示,对热像仪进行多次重复安装,系统复位准确,工作稳定。

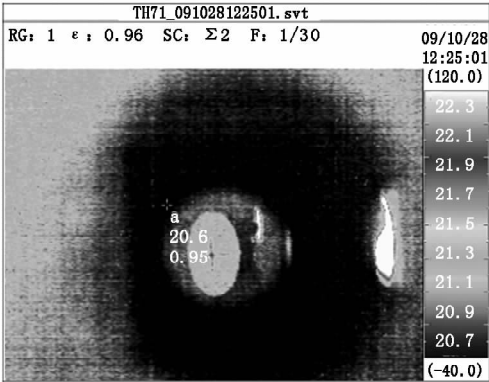


图4 实验结果图

Fig.4 the diagram of experimental result

3.2 精度分析

3.2.1 卡座复位引入的误差 σ_1

瞄准镜卡座选用实际使用状态下的瞄准镜配套卡座,复位精度与实际使用状态应该一致。瞄准镜机械定位的卡具要求具有足够的重复精度,即给定

为 $\sigma_1 = 0.007 \text{ mil}$ 。

3.2.2 平行光管的校准误差 σ_2

由于本系统是对瞄准基线的检测,平行光管提供了一个无穷远的目标,所以说平行光管的光轴的平行性非常重要,是整个系统设计的关键,虽然存在其他误差因素,但其影响根据实际情况可以忽略或已经做出限定。本系统中,平行光管误差至关重要,直接影响到检测系统的测量精度,故这里针对系统平行光管的误差进行分析。根据误差理论^[6],结合本检测系统具体情况,进行如下精度分析:

平行光管的分划面与物镜焦面之间存在一定的离焦量 Δ ,致使射出的光束不可能绝对平行。设平行光管焦距为 600 mm,口径为 120 mm,则:

$$\mu' = \arctan\left(\frac{60}{600}\right) \approx 5.71^\circ \quad (1)$$

由此 $\sin(\mu') = 0.099$,取波长为 530 nm,由瑞利判据和斯托列尔准则得到一倍焦深为:

$$\Delta = \frac{\lambda}{\sin^2(\mu')} = \frac{0.00053}{0.099^2} = 0.054 \text{ mm} \quad (2)$$

调焦误差为等概率分布,其标准偏差为:

$$\sigma = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.054}{\sqrt{3}} = 0.031 \text{ mm} \quad (3)$$

由牛顿公式可知:

$$\sigma_x = \frac{f_0^2}{\sigma} = \frac{600^2}{0.031} = 11612903.23 \quad (4)$$

光束发散角标准偏差为:

$$\sigma_a = \frac{D}{\sigma_x} = \frac{120}{11612903.23} = 1.03 \times 10^{-2} \text{ mrad} \quad (5)$$

引起的总误差为:

$$\sigma_{\text{总}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0.007^2 + 0.01^2} = 0.012 \text{ mil} \quad (6)$$

4 结 论

本文设计的红外瞄准镜瞄准基线检测系统的各项测试指标均很好地满足了生产的需求,经试验验证,设计的平行光管口径能够完全覆盖被测瞄准镜,研制的差分黑体温控精度为 0.1°C ,满足测试需要。系统可满足 0.7 mil 的被测系统精度定性要求,满足了生产上快速检测的需要,这对于提高我国轻武器瞄准装备检测的水平,保证产品的质量等方面都具

有很重要的意义。

参考文献:

- [1] He Wen-hong, Peng Huan-liang. IR image integrated test system[J]. Laser & Infrared, 2005, 35(9): 653 - 655. (in Chinese)
何文忠,彭焕良. 热像仪综合测量评价系统[J]. 激光与红外, 2005, 35(9): 653 - 655.
- [2] Liang Yan, Shi Li-xia, Zhao Feng. The zero position walking momentum. Testing system research for optic aiming device[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2008, 31(1): 30 - 32. (in Chinese)
梁妍,石利霞,赵峰. 光学瞄具零位走动量测试系统研究[J]. 长春理工大学学报:自然科学版, 2008, 31(1): 30 - 32.
- [3] Yang Rui-ning, An Zhi-yong, Shi Li-xia, et al. Research on modern test system for graduation inclining and image inclining in optical sighting telescope[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2008, 29(8): 1731 - 1734. (in Chinese)
杨瑞宁,安志勇,石利霞,等. 光学瞄具分划倾斜与像倾斜现代测试系统研究[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(8): 1731 - 1734.
- [4] He Yao-xin, Su Bao-xin, Yu Gui-bo, et al. Test method of the aiming line shift based on measurement of spatial straight lines[J]. Journal of Ordnance Engineering College, 2006, 18(3): 22 - 24. (in Chinese)
何耀欣,苏保欣,于贵波,等. 基于空间直线检测的地面火炮瞄准线偏移检测方法[J]. 军械工程学院学报, 2006, 18(3): 22 - 24.
- [5] Zhang Yu. Research on the test system about parameter of exit pupil of the gun optical sighting[D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2009. (in Chinese)
张禹. 枪用光学瞄具出瞳参数测试系统研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2009.
- [6] Wang Er-qi, Song De-hui. Optical instrument precision analysis[M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 1988. (in Chinese)
王尔祺,宋德慧. 光学仪器精度分析[M]. 北京: 测绘出版社, 1988.