

像增强器亮度增益测试的重复性研究

拜晓锋^{1,2}, 尹雷^{1,2}, 胡文^{1,2}, 师宏立^{1,2}, 贺英萍^{1,2}

- (1. 微光夜视技术重点实验室, 陕西 西安 710065;
2. 北方夜视科技集团有限公司, 云南 昆明 650223)

摘要: 亮度增益是衡量微光像增强器图像增强能力的一个重要技术指标, 其直接影响着微光夜视系统的观察效果。为了提高像增强器亮度增益测试的重复性, 在给像增强器提供稳定供电的条件下研究了光源色温、光源输出光亮度以及荧光屏发光亮度随时间的变化过程, 分析了光源色温和光源输出光亮度对于亮度增益的影响机理以及荧光屏发光亮度对于亮度增益测试的影响过程, 确定了光源的预热时间不少于 15 min 且像增强器的工作时间不少于 1 min 的结论。实际测试结果表明: 当光源充分预热且严格控制像增强器的工作时间时测量得到的像增强器亮度增益的重复性优于 3%。

关键词: 亮度增益; 重复性; 像增强器; 色温; 荧光屏

中图分类号: TN223 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2276(2011)07-0495-04

Repetitive characteristic of image intensifier's luminance gain

Bai Xiaofeng^{1,2}, Yin Lei^{1,2}, Hu Wen^{1,2}, Shi Hongli^{1,2}, He Yingping^{1,2}

- (1. Science and Technology on Low-Light-Level Night Vision Laboratory, Xi'an 710065, China;
2. North Night Vision Science & Technology Group Cotp, Ltd, Kunming 650223, China)

Abstract: Luminance gain, which was directly affect the image quality of night vision system in low light level condition, was an important technological index to evaluate the ability to amply image light intensity. In order to improve the repetitive characteristic of image intensifier's luminance gain, changing process of light source color temperature, light source output luminance and screen luminance had been studied respectively, theory of light source color temperature, light source output luminance and screen luminance impacting on luminance gain had been analyzed. The conclusion with warming-up of light source should not be less than 15 minutes and work time for image intensifier should not be less than 1 minute had been established. Test result showed that repetitive characteristic of image intensifier was better than 3% when light source had been warmed-up sufficiently and image intensifier's work time was controlled strictly.

Key words: luminance gain; repetitive characteristic; image intensifier; color temperature; screen

收稿日期: 2012-06-15; 修订日期: 2012-07-13

基金项目: 国防科研项目

作者简介: 拜晓锋(1982-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事像增强器测试和系统设计方面的研究。Email: baixiaofeng2001@163.com

0 引言

微光像增强器是微光夜视系统的核心器件^[1],亮度增益反映了像增强器对于输入微弱光信号的放大能力,直接影响到人们的视觉观察能力^[2],是衡量像增强器对于低照度目标倍增能力的重要参数^[3]。国内外对于像增强器亮度增益测试的研究仅局限在测试系统的设计和研制方面^[4-7],关于亮度增益测试的精度问题很少报道。文中主要针对像增强器亮度增益测试过程中光源色温、光源发光强度以及被测像增强器荧光屏输出亮度的变化情况进行研究,以找到提高微光像增强器亮度增益测试重复性的方法。

1 亮度增益测试原理与系统

在像增强器的相关标准中定义的亮度增益测试原理是^[8]:用规定照度的光照射光阴极,在输出轴的方向上分别测量有光输入和无光输入时荧光屏的法向亮度,两者亮度之差与入射到光阴极面上的照度之比,即是亮度增益。测试原理图如图 1 所示。稳流源控制下的光源输出光强经减光器后在被测器件的感光面上形成规定照度的入射光,光度计分别在光阑打开、关闭的状态下测试器件的输出光亮度,经过计算便可得到被测像增强器的亮度增益。

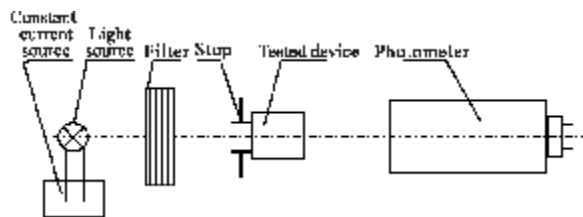


图 1 微光像增强器亮度增益测试原理

Fig.1 Luminance gain test principle of image intensifier

根据亮度增益测试原理建立的亮度增益测试系统如图 2 所示。

图 2 中,像增强器亮度增益测试系统主要由光源、测试暗箱、光度计和处理器四部分组成。光源采用积分球钨丝灯光源形式,其功率为 60 W,积分球直径为 250 mm,钨丝灯光源在控制器的控制下可输出具有可见光和红外光谱分布的光^[9],根据测试需要可以对其输出光照度进行调节,光度计对被测器件的输出光强进行探测,并通过与处理器的交互完成

亮度增益的自动化测量,同时处理器还承担有光源输出光强监控的功能,测试暗箱主要是用来屏蔽外界杂散光的。

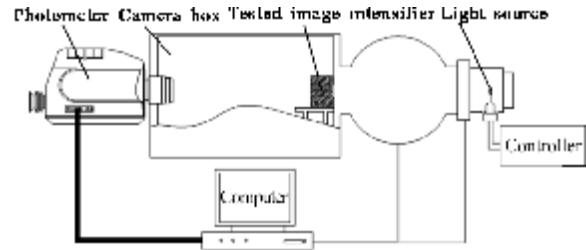


图 2 像增强器亮度增益测试系统

Fig.2 Luminance gain test system of image intensifier

2 实验和结果

在图 2 中亮度增益测试系统上进行增益重复性实验,像增强器正常工作所需的 3 V 直流电压由高稳定性直流稳压源提供。

实验中主要采用美国 Photo-Research 公司生产的高稳定性 PR880 光度计进行色温、亮度测量,PR880 光度计为成像式光度计,经相关计量检验部门校准,其色温测量的不确定度为 1.8%,亮度测量的不确定度为 1.3%。

实验对光源色温随时间的变化、光源输出亮度随时间的变化以及像增强器输出光亮度随时间的变化情况分别进行了测试,得到图 3、图 4 和图 5 所示的结果,图 3 为光源色温随时间变化关系曲线,主要测试了近 30 min 内光源色温的变化情况;图 4 为光源输出光亮度随时间变化关系曲线,主要测试了近 30 min 内光源输出光亮度的变化情况;图 5 为像增强器荧光屏输出光亮度随时间变化曲线,主要测试了 3 min 以内像增强器荧光屏输出光亮度的变化情况。

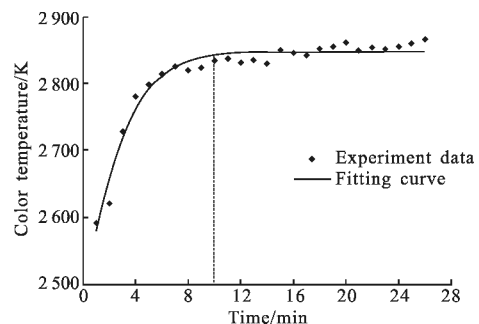


图 3 光源色温随时间变化曲线

Fig.3 Color temperature of light source vs time

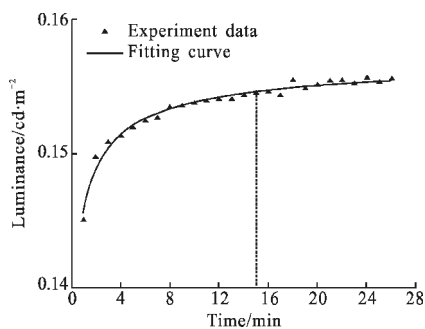


图 4 光源输出光亮度随时间变化曲线

Fig.4 Output luminance of light source vs time

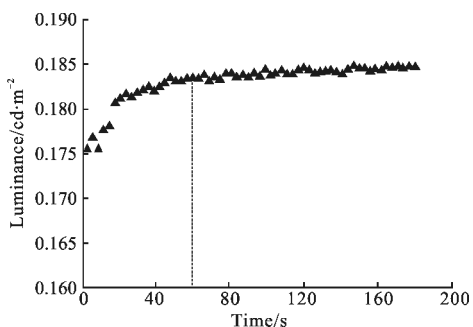


图 5 像增强器荧光屏输出光亮度随时间变化曲线

Fig.5 Screen luminance of image intensifier vs time

3 分析与讨论

由图 3(a)的光源色温随时间变化曲线可见,在光源启动的最初 10 min 内,色温在迅速地增加;10 min 后,光源的色温缓慢变化并趋于稳定。如果在光源启动的 10 min 内进行亮度增益测试,那么将导致测试结果的严重偏差。由于色温体现的是光源的光谱分布特性^[10],当光源的色温改变时,其光谱分布也将随之改变,考虑到像增强器光电阴极的光谱响应特性,像增强器的积分灵敏度将发生变化,最终导致亮度增益测试结果的偏差。相关文献报道提到了控制发光体色温的方法主要有“恒流源+温控”和“光功率负反馈”^[11],从图 3(a)的测试结果可以看出,除了对光源进行色温控制外,在实际的测试过程中,适当地延长光源的预热时间,也是提高测试重复性的有效手段。

图 3(b)给出了光源输出光亮度随时间的变化情况。在最初的 8 min 内,光源的输出光亮度变化较快,在 8~15 min 时变化相对缓慢,而当超过 15 min 后,光源的输出光亮度的变化就更加缓慢了。光源输出光亮度与亮度增益之间有如下的关系^[12]:

$$G_l = \frac{\frac{\partial}{\partial \omega} \left[K_m M_m \int_0^\infty K(\lambda) M(\lambda) d\lambda \right] \theta=0}{K_m E_m \int_0^\infty K(\lambda) E(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

式中: G_l 为亮度增益; ω 是输出面的球面度; θ 为输出面的法向角; λ 为波长; K_m 和 $K(\lambda)$ 分别为人眼的最大光谱光视效能和相对光谱光视效能; M_m 和 $M(\lambda)$ 分别为输出的最大单色辐射出射度和相对光谱辐射出射度, E_m 和 $E(\lambda)$ 分别为标准辐射输入的最大单色辐照度和相对光谱辐照度。当光源输出光亮度发生改变时,公式(1)中的 $M(\lambda)$ 将发生变化,导致了亮度增益的变化,从而影响了亮度增益的重复性。从图 3(b)给出的曲线可以看出,当光源充分预热至少 15 min 后,光源输出光亮度基本上没有较大的变化,从而可以提高亮度增益测试的重复性。

由图 3(c)给出的荧光屏输出光亮度随时间的变化曲线可以看出,荧光屏输出光亮度在器件工作 1 min 后达到稳定状态。这主要是由像增强器内部的真空电子系统工作状态决定的,当器件刚开始通电工作时,各功能部件在高压供电条件下开始工作,内部真空电子系统由初始状态开始向正常工作状态过渡,这一过渡需要一定的时间。图 3(c)给出的曲线表明:在像增强器通电工作 1 min 后进行亮度增益测试可以提高测试的重复性。

综上所述,如果在光源开启的最初 8 min 后即刻进行亮度增益测试,由于光源色温、输出光亮度还处于上升阶段,且荧光屏输出光亮度尚未达到稳定状态,将导致亮度增益测试结果偏小;如果在光源开启 15 min 且像增强器工作至少 1 min 后再进行亮度增益测试,此时无论是光源还是被测器件均已达到稳定状态,测试得到的亮度增益将是一个稳定值,也就是此时的亮度增益具有较好的重复性。

在图 2 的测试系统上对随意挑选的 70 只微光像增强器进行亮度增益测试,每只像增强器重复测试 5 次,将测试得到的重复性结果绘制成曲线如图 6 所示。

由图 6 可以看出,由于在测试过程中严格控制了光源的色温、光源输出光强度和荧光屏输出光亮度,被测 70 只像增强器亮度增益结果的重复性最大偏差均不超过 3%,在划定区间呈正态分布。

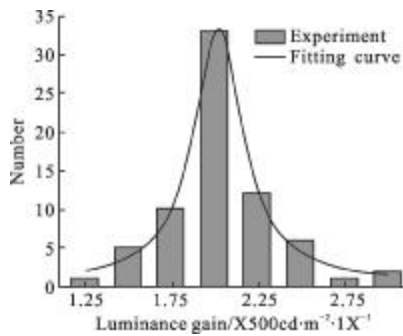


图 6 被测像增强器重复性分布曲线

Fig.6 Distribution of repeatability for tested image intensifier

4 结论

光源的稳定性和被测器件的输出稳定性是影响三代微光像增强器亮度增益测试重复性的主要因素。通过文中的研究表明:当测试系统光源预热不少于 15 min,被测器件工作不少于 1 min 时测量的亮度增益具有较高的重复性,其测试重复性优于 3%。

参考文献:

- [1] Bai Lianfa, Zhang Yi, Gu Guohua, et al. Analysis and fusion methods on low light level image and ultra-violet image[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2007, 36(1): 113-117. (in Chinese)
柏连发, 张毅, 顾国华, 等. 微光图像和紫外图像分析与融合方法研究[J]. *红外与激光工程*, 2007, 36(1): 113-117.
- [2] Yan Changshan. Study and discussion on some familiar problem of Low-Light-Level image intensifier[J]. *Yunguangjishu*, 2001, 33(6): 18-20. (in Chinese)
闫常善. 微光像增强器几个常见问题的研究与探讨[J]. *云光技术*, 2001, 33(6): 18-20.
- [3] Xiang Shiming, Ni Guoqiang. The Principle of Photoelectric Imaging Devices [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2006. (in Chinese)
向世明, 倪国强. 光电子成像器件原理[M].北京:国防工业出版社, 2006.
- [4] Qian Yunsheng, Chang Benkang, Qiu Yafeng, et al. Measurement of luminance gain and equivalent background input LLL image intensifiers[J]. *Vacuum Electronics*, 2004(2): 34-37. (in Chinese)
钱芸生, 常本康, 邱亚峰, 等. 微光像增强器亮度增益和等效背景照度测试技术[J]. *真空电子技术*, 2004(2): 34-37.
- [5] Shi Jifang, Wang Shengyun, Sun Yunan, et al. Third generation of image intensifier brightness gain measurement device[J]. *Journal of Applied Optics*, 2011, 32(2): 300-302. (in Chinese)
史继芳, 王生云, 孙宇楠, 等. 三代微光像增强器亮度增益测量装置[J]. *应用光学*, 2011, 32(2): 300-302.
- [6] Qiu Yafeng, Qian Yunsheng, Chang Benkang. Research and development of luminance gain and equivalent background input test set for LLL image intensifier [J]. *Infrared Technology*, 2003, 25(5): 76-79. (in Chinese)
邱亚峰, 钱芸生, 常本康. 像增强器亮度增益和等效背景照度测试仪的研制[J]. *红外技术*, 2003, 25(5): 76-79.
- [7] Gao Yue, Wang Zhongchun, Gao Zhiyun. Test instrument for brightness gain and background of image tube [J]. *Journal of Applied Optics*, 2003, 24(5): 14-15. (in Chinese)
高岳, 王仲春, 高稚允. 像管亮度增益与背景测试仪[J]. *应用光学*, 2003, 24(5):14-15.
- [8] Li Jingsheng, Chen Wei, He Yingping, et al. GJB598 specification for generation III image intensin assembly [S]. Beijing: China ordnance Industria standardization Research Institute, 2007: 8-11.(in Chinese)
- [9] Yu Shengyun, Qian Jing, Yong Chaoliang, et al. Temperature control system and performance test method for new infrared radiant target[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2011, 40(2): 199-202. (in Chinese)
于胜云, 钱婧, 雍朝良, 等. 红外辐射源温控及性能测试方法[J]. *红外与激光工程*, 2011, 40(2): 199-202.
- [10] Fang Ruzhang, Liu Yufeng. Optoelectronic Devices [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1988. (in Chinese)
方如章, 刘玉凤. 光电器件 [M]. 北京: 国防工业出版社. 1988.
- [11] Zhou Xiaoli, Liu Muqing. Control the stability of infrared radiation source[J]. *Lamps & Lighting*, 2004(4): 4-8. (in Chinese)
周小丽, 刘木清. 近红外光源的稳定性控制 [J]. *光源与照明*, 2004(4): 4-8.
- [12] Zou Yisong, Liu Yufeng, Bai Tingzhu. Principles of Optical Imaging [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 1997. (in Chinese)
邹异松, 刘玉凤, 白廷柱. 光电成像原理 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.