

doi: 10.7690/bgzd.2014.11.003

## 微光像增强器在热带雨林中的环境适应性分析

杨玉萍<sup>1</sup>, 字正华<sup>2</sup>, 刘剑<sup>1</sup>, 赵远荣<sup>1</sup>, 肖建军<sup>1</sup>

(1. 国营第二九八厂, 昆明 650114; 2. 昆明物理研究所, 昆明 650223)

**摘要:** 针对微光像增强器在高湿、高热环境易产生失效和劣化现象的问题, 对 2 种型号的微光像增强器进行比较分析。以热带雨林环境为试验背景进行棚下暴露试验, 以试验前后微光像增强器的亮度增益、分辨力、等效背景照度、信噪比作为参考依据, 并结合环境因素监测数据, 分析微光像增强器在热带雨林中的环境适应性。通过两年的试验结果表明: A 型微光像增强器在热带雨林自然环境中的适应性比 B 型微光像增强器稍好。该试验结果对微光像增强器的使用、维护、性能评价以及设计改进具有一定的指导意义。

**关键词:** 像增强器; 热带雨林环境; 环境适应性; 亮度增益

**中图分类号:** TJ03 **文献标志码:** A

## Environmental Adaptability Analysis of Low-Light-Level Image Intensifier in Tropical Rainforest

Yang Yuping<sup>1</sup>, Zi Zhenghua<sup>2</sup>, Liu Jian<sup>1</sup>, Zhao Yuanrong<sup>1</sup>, Xiao Jianjun<sup>1</sup>

(1. State-Owned No. 298 Factory, Kunming 650114, China; 2. Kunming Institute of Physics, Kunming 650223, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that low-light-level image intensifier was easy failed and inferior in high temperature and humidity environment, 2 types of low-light-level image intensifier were comparatively analyzed. Took tropical rainforest environment as background to exposure test under shed, in order to luminance gain, resolution, equivalent background input, signal-to-noise ratio of front and behind of testing for the reference, linked dates of natural environmental factors, environmental adaptability of low-light-level image intensifier in the tropical rainforest was analyzed. Through 2 years of testing, the research results showed that environmental adaptability of A low-light-level image intensifier in the tropical rainforest was better than B low-light-level image intensifier. The test result has certain guiding significance to operation, maintenance, performance evaluation and design improvement of low-light-level image intensifier.

**Keywords:** image intensifier; natural environmental in the tropical rainforest; environmental adaptability; luminance gain

### 0 引言

微光像增强器又名像管, 是微光探测器的一种, 由安装在高真空管壳内的光电阴极、电子透镜(有静电聚焦和磁聚焦 2 种)和荧光屏 3 部分组成<sup>[1]</sup>。它的工作原理是将投射在光阴极上的光学图像转变成电子像, 电子透镜将电子像聚焦并加速投射到荧光屏上产生增强的像, 然后用照相方法记录下来<sup>[2-3]</sup>。它利用光增强技术的直视微光夜视系统大大改善了人眼在微光下的视觉性能, 并且由于它能在极低照度下( $10^{-4}lx$ )完全“被动”地工作, 克服了主动红外夜视系统自身容易暴露的弱点<sup>[4-5]</sup>, 因而在军事上得到重点发展和广泛应用。其主要的性能参数有亮度增益、等效背景照度、信噪比、分辨力等。

光电器件在高湿、高热环境易产生失效和劣化现象。开展产品在热带雨林环境中的环境适应性试验与研究尤为重要。

基于此, 选择 A 型和 B 型微光像增强器典型产品型号各 3 支进行热带雨林自然环境中工况状态下的棚下暴露试验, 通过环境试验前后微光像增强器的亮度增益、信噪比、等效背景照度、分辨力等性能参数的测试比较, 结合热带雨林环境因素的分析, 研究微光像增强器在热带雨林的环境适应性, 为微光像增强器的使用、维护、性能评价以及设计改进提供支持。

### 1 试验及分析

以半年为一个检测周期, 选择典型型号的 A 型和 B 型微光像增强器各 3 支, 在热带雨林自然环境共进行了为期 2 a 共 4 个周期的试验。自然环境试验前, 对 6 支像增强器的亮度增益、信噪比、等效背景照度、分辨力等性能参数在实验室进行检测, 每个周期的自然环境试验结束后, 在实验室对以上性能参数进行检测, 检测结束后又接着进行自然环

收稿日期: 2014-05-15; 修回日期: 2014-06-27

基金项目: 国防科技工业技术基础科研支持项目(H092011B001)

作者简介: 杨玉萍(1982—), 女, 云南人, 学士, 工程师, 从事自然环境试验及霉菌检测技术研究。

境试验。

1.1 微光像增强器性能参数指标(表 1)

表 1 微光像增强器性能参数指标

管子类别	亮度增益	等效背景照	S/N 信噪比	R 分辨力
A 型	28~56	≤ 139	≥ 19	> 42(中心及边缘 φ 14 处)
B 型	94~141	≤ 139	> 93	> 100(中心及边缘 φ 14 处)

1.2 气象因素监测数据分析

1.2.1 温度随时间变化趋势

温度随时间变化趋势图见图 1。

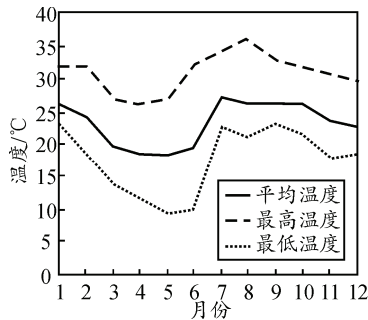


图 1 温度变化趋势

第 1、3 个周期从 9 月份到次年 2 月份, 平均温度约为 21.0 °C; 第 2、4 个周期从 2 月份到 8 月份平均温度为约 25.3 °C。由图 1 可以看出, 在整个试验过程中, 自然环境温度都较高, 未出现极低温度。

1.2.2 相对湿度变化趋势

相对湿度变化趋势图见图 2。

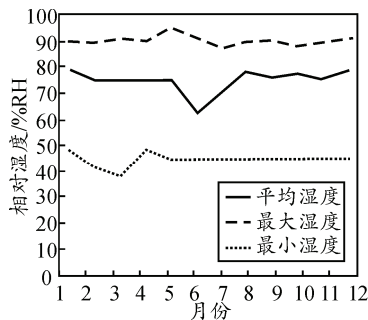


图 2 相对湿度变化趋势

第 1、3 个周期从 9 月份到次年 2 月份平均相对湿度约为 73.5%RH; 第 2、4 个周期从 2 月份到 8 月份平均相对湿度约为 75.8%RH。由图 2 可见: 在整个试验中, 自然环境的湿度较高, 平均湿度几乎都在 70%RH 以上, 满足了高湿的自然环境条件。

1.3 微光像增强器性能指标检测数据分析

1.3.1 亮度增益变化的分析

微光像增强器亮度增益指的是用色温为

(2 856±50) K 的钨丝白炽灯照射像管的光电阴极, 荧光屏的法向输出光亮度  $L_{出}$  与光电阴极输入光照度  $E_{入}$  之比, 即:

$$G_L = L_{出} / E_{入} (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1})^{[1]}$$

在实验室用亮度增益测试仪对 6 支微光像增强器的亮度增益进行了检测, 检测数据见表 2。

表 2 亮度增益检测数据

检测时间	A 型管			B 型管		
	1	2	3	1	2	3
试验前	35	36	35	100	100	98
第 1 个周期	35	34	35	93	100	95
第 2 个周期	35	33	36	79	82	68
第 3 个周期	35	33	35	80	82	69
第 4 个周期	37	35	38	68	87	80

从表中的数据可以看出: 经过 4 个周期的环境试验, 3 支 A 型微光像增强器亮度增益基本无变化, 与表 1 中的亮度增益指标对比, 均能满足指标要求; 3 支 B 型微光像增强器的亮度增益均明显降低, 与表 1 中的亮度增益指标对比, 在半年到一年之间降低到指标要求以下, 说明亮度增益高的 B 型微光像增强器在高温高湿的热带雨林环境中的适应性较差。

1.3.2 分辨力变化的分析

微光像增强器分辨力是指像管分辨相邻 2 个物点或像点的能力。如果把矩形波空间频率图样投射到光电阴极上, 分辨力即可用在荧光屏上能分辨的最高空间频率表示<sup>[1]</sup>。

在实验室用分辨力测试仪对 6 支微光像增强器的中心分辨力和边缘分辨力进行了检测, 检测数据见表 3 和表 4。

表 3 中心分辨力检测数据

检测时间	A 型管			B 型管		
	1	2	3	1	2	3
试验前	83	75	75	100	90	95
第 1 个周期	83	75	75	95	95	100
第 2 个周期	83	75	75	95	95	100
第 3 个周期	83	75	75	95	95	100
第 4 个周期	83	75	75	95	95	100

表 4 边缘分辨力检测数据

检测时间	A 型管			B 型管		
	1	2	3	1	2	3
试验前	83	75	75	100	90	95
第 1 个周期	83	75	75	95	90	100
第 2 个周期	83	75	75	95	90	100
第 3 个周期	83	75	75	95	90	100
第 4 个周期	83	75	75	95	90	100

由表 3 和 4 中的数据可以看出: 经过 4 个周期的环境试验, 微光像增强器的中心分辨力和边缘分

辨力都没有显著变化,与表 1 中的分辨力指标对比,均能满足指标要求,说明在 2 a 时间内,高温高湿的热带雨林自然环境对微光像增强器的分辨力基本无影响。

### 1.3.3 等效背景照度变化的分析

在有光输入时,处于工作状态的像管荧光屏上存在的随入射光强弱而变化的那部分附加光亮度,称为光生背景<sup>[1]</sup>。

当光电阴极的中心用一个不透明的圆片遮掩,并均匀照明光电阴极,荧光屏中心会出现一个暗斑,暗斑处的输出光亮度与取掉不透明圆片、用同一光源均匀照明光电阴极时荧光屏中心处的输出光亮度之比,即表示光生背景的大小,也就是等效背景照度<sup>[1]</sup>。

在实验室用亮度增益测试仪对 6 支微光像增强器的等效背景照度进行了检测,检测数据见表 5。

表 5 等效背景照度检测数据

检测时间	A 型管			B 型管		
	1	2	3	1	2	3
试验前	83	83	83	89	100	94
第 1 个周期	94	100	89	61	83	89
第 2 个周期	94	217	106	139	83	89
第 3 个周期	106	221	117	128	100	89
第 4 个周期	112	225	120	130	117	139

由表中的数据可以看出:经过 4 个周期的环境试验,微光像增强器的等效背景照度均有显著增大,与表 1 中的等效背景照度指标对比,其中 1 支 A 型管超出了指标要求,1 支 B 型管达到指标要求极限,说明在 2 a 时间内,高温高湿的热带雨林自然环境对 2 种类型的微光像增强器的等效背景照度均产生了较大的不利影响。

### 1.3.4 信噪比变化的分析

信噪比是评定像管成像质量的综合指标。像管在规定的工作条件下输出的信号与噪声之比即为信噪比<sup>[1]</sup>。

在实验室用信噪比测试仪对 6 支微光像增强器的信噪比进行了检测,检测数据见表 6。

由表中数据可以看出,经过 4 个周期的环境试

验, A 型微光像增强器的信噪比有所升高,与表 1 中的信噪比指标对比,均满足指标要求; B 型微光像增强器的信噪有所降低,与表 1 中的信噪比指标对比,其中的 1、2 号管超出了指标要求,说明在 2 a 时间内,高温高湿的热带雨林自然环境对信噪低的 A 型微光像增强器产生了有利影响,对信噪比高的 B 型微光像增强器产生了少许不利影响。

表 6 信噪比检测数据

检测时间	A 型管			B 型管		
	1	2	3	1	2	3
试验前	27	26	25	93	94	100
第 1 个周期	26	25	23	88	88	92
第 2 个周期	35	35	32	94	92	97
第 3 个周期	35	35	33	92	93	97
第 4 个周期	32	29	28	88	92	95

## 2 结论

由试验分析可得到以下结论:在 2 a 的时间里,高温高湿的热带雨林自然环境对亮度增益、信噪比、分辨力高的 B 型微光像增强器的影响较大, B 型微光像增强器亮度增益明显减小、分辨力无变化、等效背景照度增大、信噪比减小,对于使用产生了不利影响; A 型微光像增强器亮度增益和分辨力基本无变化、等效背景照度增大、信噪比增大,对于使用基本无太大影响。总的来看, A 型微光像增强器在热带雨林自然环境中的适应性比 B 型微光像增强器稍好。该试验结果对微光像增强器的使用、维护、性能评价以及设计改进具有一定的指导意义。

### 参考文献:

- [1] 吴宗凡,柳美琳,张绍举,等. 红外与微光技术[M]. 北京:国防工业出版社,1998:342-344.
- [2] 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,2006:210-211.
- [3] 王楚,汤俊熊. 光学[M]. 北京:北京大学出版社,2001:105-107.
- [4] 赵建平,周锦标,何剑伟,等. 一种面向物化视图的远程增量维护系统[J]. 兵工自动化,2013,32(5):91-94.
- [5] 李全勇,李向天,康玉思,等. 长波红外景象模拟器投影光学系统无热化设计[J]. 兵工自动化,2013,32(12):33-35.