

DOI: 10.12086/oe.2018.170535

## 地基中波红外测量系统的灰度漂移补偿

赵云\*, 李满良, 崔植, 孙金刚, 安学广

中国人民解放军 63618 部队, 新疆 库尔勒 841001

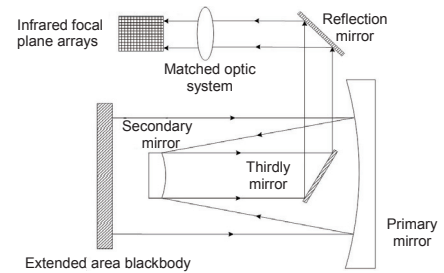
**摘要:** 灰度漂移是地基中波红外测量系统标定和测量的主要误差来源之一。通过研究外场辐射标定时环境温度对中波红外测量系统输出灰度的影响, 发现了灰度随环境温度漂移的规律, 找到了灰度漂移的原因, 推导了环境温度与灰度漂移的关系, 提出了基于环境温度的灰度漂移补偿方法。实验结果表明, 文中所提方法能有效补偿红外测量系统的灰度漂移量, 降低中波红外测量系统受环境温度变化引起的灰度漂移。

**关键词:** 灰度漂移; 环境温度; 辐射标定; 辐射测量

**中图分类号:** TN219

**文献标志码:** A

**引用格式:** 赵云, 李满良, 崔植, 等. 地基中波红外测量系统的灰度漂移补偿[J]. 光电工程, 2018, 45(4): 170535



## Compensation of gray value drift for ground-based MWIR measurement system

Zhao Yun\*, Li Manliang, Cui Zhi, Sun Jingang, An Xueguang

Unit 63618 of PLA, Kuerle, Xinjiang 841001, China

**Abstract:** When using ground-based medium wave infrared measurement system, gray value drift is one of the significant errors in radiation calibration and measurement. By investigating the dependence between the ambient temperature with the output gray value of infrared system, the law of gray drift with ambient temperature was summarized, the reason of gray drift was found, the relationship between ambient temperature and gray drift was deduced, and a method based on ambient temperature was proposed to compensate the gray value drift. The results indicated that the method in this paper can compensate gray value drift effectively and reduce the gray value drift caused by ambient temperature.

**Keywords:** gray drift; ambient temperature; radiation calibration; radiation measurement

**Citation:** Zhao Y, Li M L, Cui Z, et al. Compensation of gray value drift for ground-based MWIR measurement system[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2018, 45(4): 170535

### 1 引言

随着红外探测器和大气测量技术的发展, 红外辐射特性测量系统的应用领域越来越广泛。辐射标定是红外辐射特性测量过程中的重要组成部分, 是红外辐

射测量数据分析、处理和反演的前提, 要实现高精度的红外辐射测量, 首先要对红外成像系统进行高精度的辐射标定<sup>[1-5]</sup>。研究表明, 红外辐射特性测量系统的灰度漂移对辐射标定和辐射测量的精度有着至关重要的影响<sup>[6-10]</sup>。余毅<sup>[6]</sup>等通过研究环境温度对红外成像系

收稿日期: 2017-10-10; 收到修改稿日期: 2018-01-23

作者简介: 赵云(1986-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事靶场光学测量和红外辐射特性测量方面的研究。E-mail: pbzhaoyun@163.com

统的灰度漂移,提出了一种灰度漂移修正算法,将灰度漂移从 7.92%降低至 0.23%。孙志远<sup>[7]</sup>等研究了红外辐射特性测量过程中环境影响,建立了红外探测器的测温模型,将黑体作为测温对象,测温误差从 1.965 °C降低至 0.335 °C。

提高红外辐射特性测量系统辐射标定精度的方法主要有利用优化的响应度曲线拟合方法<sup>[2-3]</sup>,利用测量多目标星和修正大气透过率修正结合的方法<sup>[4]</sup>,内外标定相结合的修正方法<sup>[5-10]</sup>等。研究表明,上述方法均能不同程度提高辐射标定的精度,同时,外部环境温度的变化对红外辐射特性测量系统的测温结果存在一定的影响<sup>[6-9]</sup>。在外场利用扩展源黑体对中波红外测量系统标定时发现对于相同的外部环境温度和黑体温度,红外测量系统的输出灰度也会发生漂移,由于在辐射标定时系统输出灰度与扩展源黑体的辐射亮度成正比关系,若红外测量系统的灰度发生漂移,辐射标定的精度必将受到影响。文中研究了地基中波红外测量系统的输出灰度随系统内部环境温度变化的漂移现象,找到了灰度漂移的原因,提出了灰度漂移补偿的方法,并通过灰度漂移补偿实验进行了验证,能够提高辐射标定和辐射测量的精度。

## 2 标定原理及系统组成

### 2.1 标定原理

利用扩展源黑体进行红外辐射标定的原理如图 1 所示。

红外辐射标定就是建立标准黑体辐射源与红外探

测器灰度响应之间的关系,文中采用近距离扩展源方法进行标定,得到某积分时间下黑体辐射源的辐射亮度与红外成像系统的输出灰度关系为

$$G = k \cdot L + B \quad (1)$$

其中:  $G$  为探测器像元输出灰度,  $k$  为标定系数,  $B$  为标定常数,  $L$  为黑体的辐射亮度:

$$L = \frac{\varepsilon}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} W(\lambda, T) d\lambda \quad (2)$$

其中:  $\varepsilon$  为黑体发射率,  $\lambda_1 \sim \lambda_2$  为探测器工作波段范围,  $W(\lambda, T)$  为普朗克公式得到的辐射力,单位为  $W/(m^2 \cdot \mu m)$ 。

从式(1)和式(2)可知,改变黑体辐射源的温度就能得出该温度下探测器的灰度响应,对不同温度下黑体的辐射亮度和灰度响应进行最小二乘拟合,即可得到标定系数和标定常数。

### 2.2 标定系统组成

本文的中波红外标定系统主要由光学系统、红外探测器、标准黑体辐射源等部分组成。

1) 光学系统主要包括主镜镜筒、遮光罩、各类镜组及镜组支撑机构等;

2) 红外探测器为制冷型中波红外探测器,材料为碲镉汞(HgCdTe),响应波段为 3.7  $\mu m \sim 4.8 \mu m$ ,制冷方式为斯特林制冷;

3) 标准黑体辐射源为扩展源黑体辐射源 HFY-305C,黑体有效辐射面 450 mm×450 mm,温度分辨率为 0.1 °C,温度稳定性为  $\pm 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}/30 \text{ min}$ ,有效发射率为 0.95。

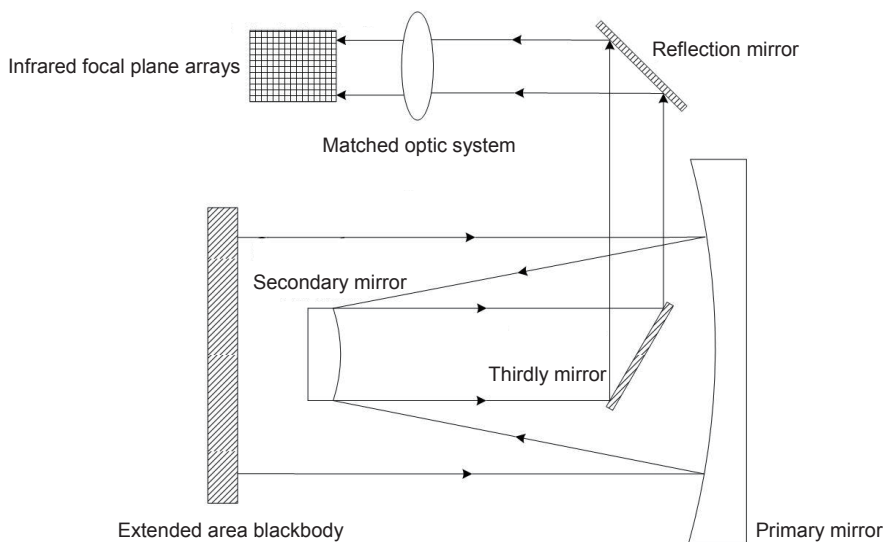


图 1 扩展源黑体辐射标定示意图

Fig. 1 Schematic diagram of radiation calibration system using extended area blackbody

### 3 环境温度对红外系统输出灰度的影响

#### 3.1 不同环境温度下的灰度漂移

分别将红外测量系统的环境温度设置为 25 °C、30 °C、35 °C、40 °C，扩展源黑体温度设置为 50 °C，待黑体温度稳定后靠近红外测量系统的主镜筒(黑体与系统遮光罩距离为 3 cm)，以此时刻为“零时刻”，每隔 10 min 记录一次数据，连续观察 120 min，得到的灰度漂移曲线如图 2 所示。

从图 2 可以看出，当黑体温度高于环境温度时，在任意环境温度下，红外测量系统的灰度输出随观测时间的增加均会发生灰度漂移；同一环境温度下，灰度漂移量随时间增加近似呈线性关系，灰度漂移增量

随观测时间逐渐减小；不同的环境温度下，红外探测器的灰度漂移曲线近似为平行的曲线，只是灰度漂移的起始灰度随环境温度升高而增大。

#### 3.2 黑体与环境温度相同时的灰度漂移

将黑体温度设置为与环境温度相同，待黑体温度稳定后靠近红外测量系统的主镜筒(黑体与系统遮光罩距离为 3 cm)，以此时刻为“零时刻”，每隔 10 min 记录一次灰度数据，连续观测 120 min，结果如图 3 所示。

从图 3 可以看出，当黑体和环境温度相同时，随着观测时间的增加，红外测量系统的灰度几乎不发生漂移(或灰度基本稳定)，图 3 中的灰度值变化主要是由于扩展源黑体和环境温度的微小变化所致。

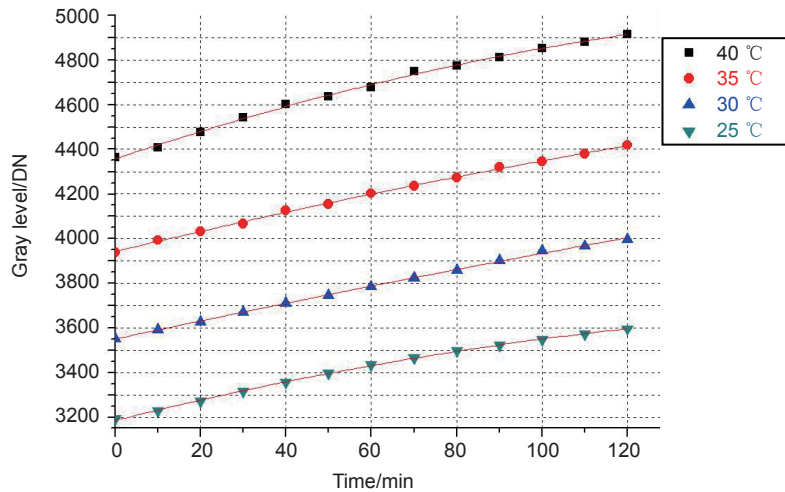


图 2 不同环境温度下的漂移曲线

Fig. 2 Drift curve at different ambient temperatures

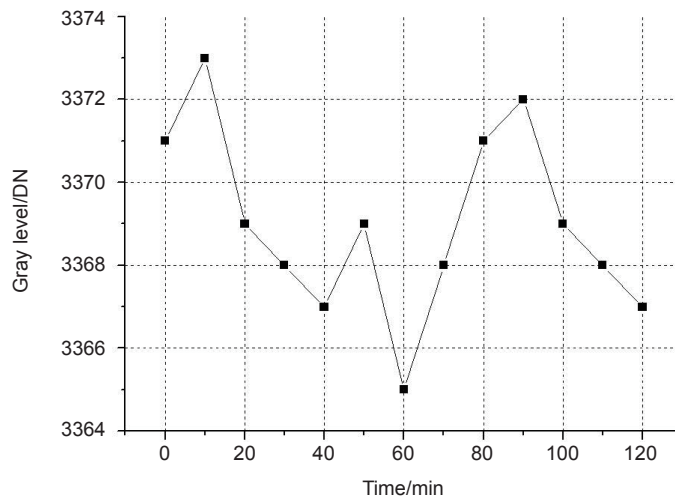


图 3 黑体和环境温度一致时的漂移曲线

Fig. 3 Drift curve for the same temperature between blackbody and ambience

### 3.3 红外系统灰度漂移的原因分析

对比图 2、图 3 可以看出,当扩展源黑体温度高于环境温度,标准黑体辐射出的能量会被红外测量系统的镜筒、镜组、镜组支撑机构、遮光筒等机构散射和吸收,导致这些光学器件的温度升高。这些光学器件同时会向红外探测器辐射红外能量,当光学器件本身的热吸收和热辐射达到平衡后,红外测量系统的灰度漂移才会趋向一个稳定值;当黑体温度与环境温度一致时,光学器件本身的热吸收和热辐射是平衡的,扩展源黑体不会对光学器件进行加热,红外测量系统的灰度几乎不发生漂移。由此可知,红外测量系统灰度漂移的主要原因是扩展源黑体的辐射能量被光学器件吸收、散射、反射所致,也就是说,当红外测量系统外部环境温度稳定时,引起红外测量系统灰度漂移的根本原因是红外系统内部环境温度的变化。

## 4 光学系统内部环境温度对辐射标定的影响

一般情况下,红外辐射标定时能保证红外测量系统的外部环境温度恒定,为了获取辐射标定数据,需要不断改变黑体的温度,有时甚至需要达到上百摄氏度。那么在辐射标定过程中,由于黑体对红外测量系统内部环境温度的改变,必然导致红外测量系统的灰度输出发生漂移,所以,为了提高辐射标定的精度,研究辐射标定时扩展源黑体对红外测量系统内部环境温度的影响就显得极为重要。设定红外探测器的积分时间为 2 ms,保持红外测量系统的外部环境温度为 20 °C,黑体温度从 30 °C 开始上升,每隔 10 °C 记录红

外测量系统的灰度响应,得到的标定曲线如图 4 所示。

对图 4 中的数据作线性拟合得到  $G=672.6L+1147.0$ , 设为 a 组。为了比较辐射标定精度的变化,选取图 4 中的前 3 点数据进行线性拟合得到  $G=661.3L+1179.0$ , 设为 b 组; 选取后 3 点数据进行线性拟合得到  $G=708.2L+754.7$ , 设为 c 组。由于在辐射反演计算时,标定常数  $B$  不会对辐射测量精度造成影响,主要关心红外测量系统的响应率  $k$ , 故只比较标定系数  $k$  的变化情况。将 a 组数据中的响应率  $k$  作为标准, b 组数据与 a 组数据比较,响应率相对误差为 1.68%; c 组数据与 a 组数据比较,响应率相对误差为 5.29%。从数据比较来看,在红外测量系统所处外部环境温度不变的情况下,辐射标定过程的前期和后期,标定精度存在一定的误差,尤其是 b 组和 c 组的响应率相对误差甚至达到了 7.09%,已经接近工程上标定误差小于 10% 的要求。

综上所述,保持外部环境温度不变,红外测量系统在进行辐射标定时,随着扩展源黑体对红外测量系统内部环境温度的影响,红外探测器的灰度会发生漂移。在进行辐射标定数据处理时,假设红外探测器的灰度响应变化仅仅是由标准黑体温度变化引起的,没有考虑黑体对红外测量系统内部光学器件加热情况,如果不消除红外测量系统内部环境温度对红外探测器灰度响应的影响,将会降低辐射标定的精度,进而影响辐射测量的准确性。

## 5 灰度漂移补偿实验

为了消除扩展源黑体对红外测量系统内部光学器

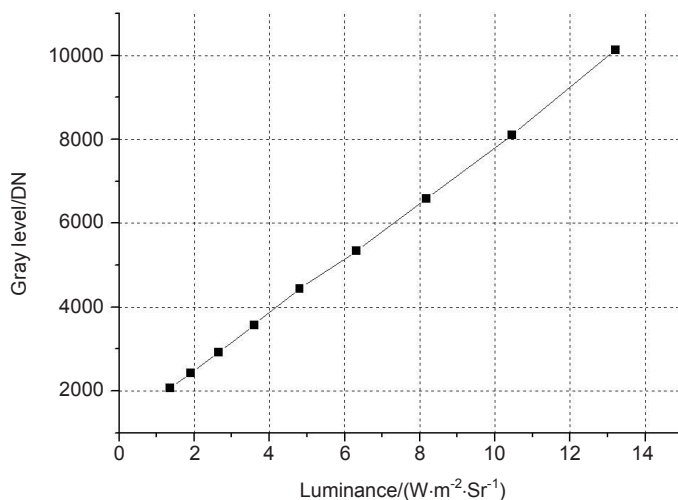


图 4 积分时间为 2 ms 时的红外探测器标定曲线

Fig. 4 Calibration curve for infrared detector at integration time of 2 ms



件加热造成的灰度漂移,降低红外测量系统内部环境温度变化引起的灰度漂移误差,必须对系统的内部环境温度引起的灰度漂移进行相应的补偿修正。为描述方便,下文中的环境温度不再指整个红外测量系统所处的环境温度,而是特指红外测量系统内部光学器件所处的环境温度。

### 5.1 灰度漂移补偿模型

文中制冷型中波红外探测器的工作温度一般在 90 K 左右,红外探测器的灰度响应不会随环境温度而改变,引起灰度漂移的根本原因是红外测量系统的杂散辐射,主要包括光学镜组的热辐射、遮光筒和镜筒的热辐射、镜筒的漫反射、环境背景的热辐射等。红外测量系统的镜筒、镜组本身的热辐射会通过镜组的反射、透射及镜组结构的漫反射到达红外探测器。为便于讨论,将环境温度引入的辐射能量等效成温度为  $T_{amb}$ 、发射率为  $\varepsilon_{amb}$  的扩展源黑体,其辐射亮度为  $L_{amb}$ ,红外探测器对等效黑体的响应率为  $k_{amb}$ ,根据式(2):

$$L_{amb} = \frac{\varepsilon_{amb}}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} W(\lambda, T_{amb}) d\lambda \quad (3)$$

同理,标准扩展源黑体温度为  $T$ 、发射率为  $\varepsilon$ ,则辐射亮度  $L$  为

$$L = \frac{\varepsilon}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} W(\lambda, T) d\lambda \quad (4)$$

则进入红外探测器总的辐射亮度  $L_{tot}$  为

$$L_{tot} = L + L_{amb} = \frac{\varepsilon}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} W(\lambda, T) d\lambda + \frac{\varepsilon_{amb}}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} W(\lambda, T_{amb}) d\lambda \quad (5)$$

将式(5)代入式(1)可得

$$G = k \cdot L + k_{amb} \cdot L_{amb} + B \quad (6)$$

从式(6)可以看出,红外辐射特性测量系统的灰度响应为杂散辐射和黑体辐射能量的总和。保持红外探测器的积分时间和黑体的温度不变,环境温度变化时,相当于等效黑体的辐射亮度从  $L_{amb1}$  变为  $L_{amb2}$ ,根据式(6)可以得到系统灰度的漂移量为

$$\Delta G = k_{amb} \cdot (\Delta L_{amb2} - \Delta L_{amb1}) = k_{amb} \cdot \Delta L_{amb} \quad (7)$$

由式(7)可知,在保持红外探测器积分时间和黑体温度不变的情况下,改变环境温度可以得到  $\Delta L_{amb}$  与  $\Delta G$  的关系,进行线性最小二乘拟合即可得到  $k_{amb}$ 。将  $k_{amb}$  代入式(7)则可以计算出任意积分时间和环境温度下红外测量系统的灰度漂移量,进而对灰度漂移进行相应的补偿修正。

### 5.2 不同环境温度下的灰度

设置黑体温度为 50 °C,待黑体温度稳定后靠近红外测量系统的主镜筒(黑体与系统遮光罩距离为 3 cm),记录环境温度和红外测量系统的灰度输出,所得结果如图 5 所示。

从图 5 可以看出,同一黑体温度下,当环境温度发生变化时,灰度的漂移量与环境温度近似呈线性关系,且灰度漂移量的大小与积分时间成正比。

### 5.3 灰度漂移补偿结果

当积分时间为 2 ms,环境温度为 26.2 °C 和 20.7 °C 时,红外系统的灰度输出分别为 2970 和 2177(单位 DN),环境温度等效黑体的辐射亮度分别为 1.172771 和 0.954563(单位  $W/(m^2 \cdot \mu m)$ ),代入式(7)可得 2 ms 积分时间下红外系统响应率为 3634.147236。积分时间为 4 ms,环境温度为 26.2 °C 和 20.7 °C 时,红外系统的灰度输出分别为 9217 和 7639(单位 DN),同理可得红外

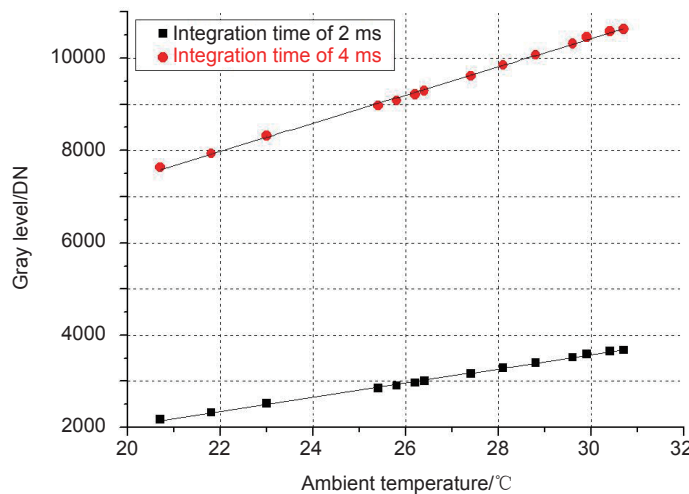


图 5 同一黑体温度下输出灰度漂移量与环境温度的关系

Fig. 5 Relationship between gray value drift and ambient temperature at same blackbody temperature

系统的响应率为 7231.632204。以环境温度 26.2 °C 时的测量数据为基准，红外探测器灰度漂移补偿前后的灰

度值结果如图 6 所示。

同等实验条件下，对获取的实验数据进行处理，

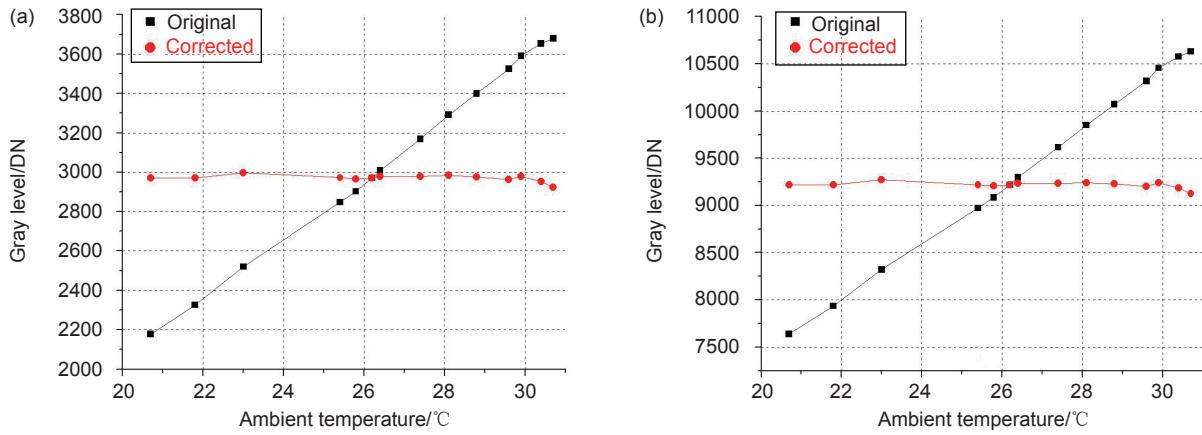


图 6 红外探测器灰度漂移补偿修正前后的灰度值。(a) 积分时间 2 ms; (b) 积分时间 4 ms  
Fig. 6 Original and corrected gray level of infrared detector. (a) Integration time of 2 ms; (b) Integration time of 4 ms

表 1 灰度漂移补偿前后的结果

Table 1 The results before and after gray drift compensation

Integration time/ms	Ambient temperature/°C	Gray level/DN	Error of gray level/%	Corrected gray level/DN	Correction error of gray drift/%
2	21.8	2326	21.68	2971	0.03
	23	2520	15.15	2998	0.93
	25.4	2848	4.11	2972	0.06
	25.8	2903	2.26	2965	0.16
	26.4	3009	1.31	2978	0.25
	27.4	3169	6.70	2978	0.25
	28.1	3290	10.77	2984	0.46
	28.8	3400	14.48	2976	0.21
	29.6	3524	18.65	2963	0.23
	29.9	3591	20.91	2978	0.27
	30.4	3653	23.00	2952	0.61
	30.7	3679	23.87	2924	1.54
4	21.8	7935	13.91	9219	0.02
	23	8320	9.73	9271	0.58
	25.4	8972	2.66	9218	0.02
	25.8	9085	1.43	9209	0.09
	26.4	9297	0.87	9235	0.19
	27.4	9615	4.32	9234	0.18
	28.1	9850	6.87	9240	0.25
	28.8	10070	9.25	9227	0.11
	29.6	10319	11.96	9203	0.15
	29.9	10456	13.44	9236	0.21
	30.4	10578	14.77	9183	0.37
	30.7	10630	15.33	9128	0.96

得到红外测量系统灰度漂移补偿前后的结果见表 1。

从表 1 可以看出,在积分时间为 2 ms 时,实际最大的灰度漂移误差为 23.87%,经过漂移补偿后的最大灰度漂移误差为 1.54%;在积分时间为 4 ms 时,实际最大的灰度漂移误差为 15.33%,经过漂移补偿后的最大灰度漂移误差为 0.96%。

从图 6 和表 1 中的灰度漂移补偿结果可以看出,在任意环境温度和积分时间下,本文的灰度漂移补偿方法能够对灰度漂移进行补偿修正,可以有效减小灰度漂移误差。在利用扩展源黑体对红外测量系统进行辐射标定时,实时测量红外系统内部光学器件所处的环境温度,就能对灰度漂移进行补偿。

## 6 结 论

通过研究环境温度对制冷型中波红外测量系统输出灰度的影响,总结了地基中波红外测量系统的灰度漂移规律,得出了扩展源黑体对红外测量系统内部环境温度的改变是导致灰度漂移的根本原因,建立了红外测量系统内部环境温度与系统灰度漂移的数学模型,提出了利用灰度漂移补偿方法对辐射标定过程中的灰度漂移进行补偿。实验结果表明,在任意环境温度和积分时间下,本文提出的灰度漂移补偿方法能有效地对红外测量系统的灰度漂移进行补偿修正,从而提高辐射标定和辐射测量的精度,对靶场红外辐射特性测量具有重要意义。

本文研究了地基中波红外测量系统内部环境温度变化导致的灰度漂移现象,并进行了灰度漂移补偿。下一步的工作将增加红外测量系统的内部温度的变化范围,进行漂移补偿结果分析,以验证该灰度漂移补偿方法的适用性。另外将深入研究灰度漂移现象对辐射标定精度的具体影响,并将灰度漂移补偿研究拓展至长波和短波红外测量系统。

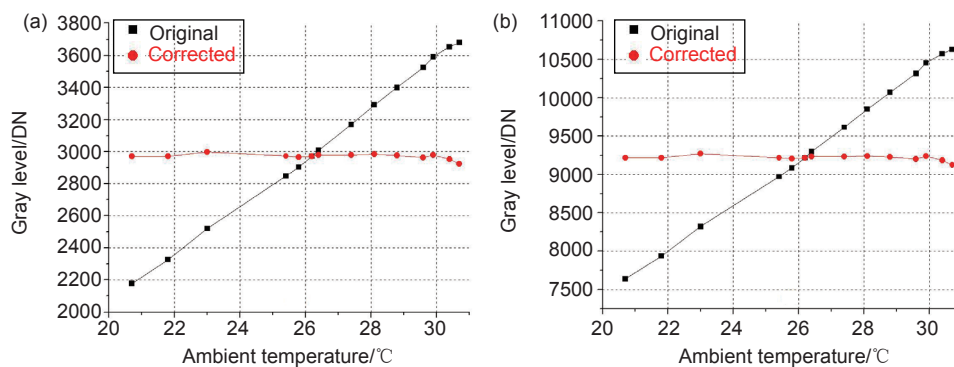
## 参 考 文 献

- [1] Sun Z Y, Chang S T, Zhu W. Simplifying method of radiance calibration for MWIR detector[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2014, **43**(7): 2132–2137.
- [2] Li N, Yang C Y, Cao L H, et al. Radiance calibration for 3~5  $\mu\text{m}$  infrared focal plane array[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2011, **19**(10): 2319–2325.  
李宁, 杨词银, 曹立华, 等. 3~5  $\mu\text{m}$  红外焦平面阵列的辐射定标[J]. *光学精密工程*, 2011, **19**(10): 2319–2325.
- [3] Cao L H, Li N, Yang C Y, et al. Radiance calibration for 3~5  $\mu\text{m}$  infrared detector[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2012, **41**(4): 858–864.  
曹立华, 李宁, 杨词银, 等. 3~5  $\mu\text{m}$  红外探测器的辐射定标[J]. *红外与激光工程*, 2012, **41**(4): 858–864.
- [4] Liu J C, Li H W, Wang J L, et al. Fast radiance calibration for ground-based large-aperture infrared opto-electric equipment[J]. *Acta Optica Sinica*, 2015, **35**(3): 0301003.  
刘俊池, 李洪文, 王建立, 等. 地基大口径红外光电设备快速辐射定标[J]. *光学学报*, 2015, **35**(3): 0301003.
- [5] Wang J J, Huang C, Gao X, et al. Inner and outer calibration technology of infrared radiation measurement[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2014, **43**(6): 1767–1771.  
王建军, 黄晨, 高昕, 等. 红外辐射测量系统内外标定技术[J]. *红外与激光工程*, 2014, **43**(6): 1767–1771.
- [6] Yu Y, Wang M, Chang S T, et al. Drift compensation of infrared imaging system using ambient temperature[J]. *Acta Optica Sinica*, 2014, **34**(10): 1004002.  
余毅, 王昱, 常松涛, 等. 根据环境温度进行红外成像系统漂移补偿[J]. *光学学报*, 2014, **34**(10): 1004002.
- [7] Sun Z Y, Zhu W, Qiao Y F. Amendment of gray drift in infrared temperature measurement[J]. *Chinese Journal of Optics and Applied Optics*, 2010, **3**(4): 391–396.  
孙志远, 朱玮, 乔彦峰. 红外测温过程中灰度值漂移的修正[J]. *中国光学与应用光学*, 2010, **3**(4): 391–396.
- [8] Sun Z Y, Zhu W, Qiao Y F, et al. Atmosphere amending research in infrared radiation characteristic measurement[J]. *Laser & Infrared*, 2010, **40**(2): 162–165.  
孙志远, 朱玮, 乔彦峰, 等. 红外辐射特性测量中环境影响的修正研究[J]. *激光与红外*, 2010, **40**(2): 162–165.
- [9] Sun Z Y, Wang J, Qiao Y F. Influence of environment on temperature measurement precision based on middle-wave IRF-PA[J]. *Chinese Journal of Optics and Applied Optics*, 2010, **3**(6): 659–664.  
孙志远, 王晶, 乔彦峰. 环境中波红外探测器测温精度的影响[J]. *中国光学与应用光学*, 2010, **3**(6): 659–664.
- [10] Sun Z Y, Chang S T, Zhu W, et al. Radiation calibration of infrared system by amendment of inner and outer calibrations[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2015, **23**(2): 356–362.  
孙志远, 常松涛, 朱玮, 等. 应用内外定标修正实现红外测量系统辐射定标[J]. *光学精密工程*, 2015, **23**(2): 356–362.

# Compensation of gray value drift for ground-based MWIR measurement system

Zhao Yun\*, Li Manliang, Cui Zhi, Sun Jingang, An Xueguang

Unit 63618 of PLA, Kuerle, Xinjiang 841001, China



Original and corrected gray level of infrared detector. (a) Integration time of 2 ms; (b) Integration time of 4 ms

**Overview:** With the development of infrared detectors and atmosphere measurement technology, infrared radiation characteristics measurement is applied to more and more important field of measurement. As infrared radiation characteristics measurement is the main method for the precaution and discrimination of missiles, relevant research is worthy in military application. Nowadays, infrared device is applied in the tracking and measurement of infrared target. To realize the quantitative measurement of space moving target infrared radiation, infrared radiation measurement system must be calibrated in advance. The infrared radiation calibration is the precision reference of infrared radiation characteristics. To ensure the accuracy of radiation measurement, it is necessary to calibrate the infrared radiation measurement system. The related researches in the past show that the results of infrared radiation characteristics measurement is affected by the change of environment temperature. However, even at the same environment and blackbody temperature, when we use extended area blackbody to radiation calibration, the output gray of infrared radiation characteristics measurement is drifting. We consider that the reason of gray value drift must be the stray radiation. After this, we conduct an experiment at different environment and same blackbody temperature, the results show that the gray value will be drifted when the blackbody temperature is higher than environment temperature, and the gray value drift of infrared radiation measurement system is time-varying. Meanwhile, because extended area blackbody must be heated to a high temperature, and the distance between extended area blackbody and lens cone of infrared radiation measurement system is so close, the primary cause of gray value drift is the heat of extended area blackbody. In this paper, the environment temperature of infrared detector is defined as ambient temperature and the gray value drift of infrared radiation measurement system is caused by the change of ambient temperature. Because we think the output gray value of infrared radiation measurement system is constant at an one certain blackbody temperature in advance, the gray value drift caused by the change of ambient temperature is one of the significant errors in radiation calibration and measurement. In order to reduce the output gray value of infrared radiation characteristics measurement caused by ambient temperature, we conduct an experiment to find the relationship between ambient temperature and gray value drift. At last, the reason of gray value drift of infrared system is found, a gray value drift compensation method based on ambient temperature is proposed by analyzing the data of experiment, and the relationship between ambient temperature and gray value drift was derived. A calibration experiment is designed for verification, and the results indicated that before and after gray drift compensation the max gray drift error is 23.87% and 1.54% at integration time of 2 ms, the max gray drift error is 15.33% and 0.96% at integration time of 4 ms. The method in this paper can compensate gray value drift effectively at any ambient temperature and integration time of infrared radiation characteristics measurement system that can reduce the gray value drift caused by ambient temperature which is measured in real time.

**Citation:** Zhao Y, Li M L, Cui Z, *et al.* Compensation of gray value drift for ground-based MWIR measurement system[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2018, 45(4): 170535

\* E-mail: pbzhaoyun@163.com