

# 大面阵红外焦平面探测器的漂移特性研究

*The drifting characteristic research on large format infrared FPA detector*

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 2.中国科学院研究生院 3.91550 部队 220 所) 朱 玮<sup>1</sup> 张卫国<sup>3</sup> 孙志远<sup>1,2</sup>

ZHU Wei ZHANG Wei-guo SUN Zhi-yuan

**摘要:** 红外辐射特性测量是导弹预警和识别的主要手段,相关研究具有较大的军事应用价值。现在广泛地使用红外焦平面探测器进行目标的跟踪与辐射特性测量,介绍了红外测量系统的组成。在测量过程中发现红外探测器存在能量漂移现象,通过实验总结了红外探测器的漂移规律,同时分析了产生漂移现象的原因并提出了漂移补偿的方法。实验数据表明,漂移补偿能有效地减小测量误差,漂移补偿后的测温误差 $<1.5^{\circ}$ 。

**关键词:** 焦平面; 红外探测器; 能量漂移; 漂移补偿

中图分类号: TN219

文献标识码: A

**Abstract:** Infrared radiation characteristics measurement is the main method for the precaution and discrimination of missiles, relevant research is worthy in military application. Nowadays, infrared FPA detector is applied in the tracking and measurement of infrared target. The constitution of infrared measurement system is introduced. In the process of measurement, it is found that infrared detector has the character of energy drift, the drift disciplinarians are summarized by experiment. Meanwhile, the cause of energy drift is analyzed and the drift compensation method is taken out. The experiment data indicates that drift compensation could minish the measurement error effectively. The temperature measurement error reaches less than  $1.5^{\circ}$  centigrade after compensation.

**Key words:** focal plane; infrared detector; energy drift; drift compensation

## 1 引言

红外辐射特性测量在空间武器研究、空间目标跟踪与实时监控等领域起着越来越重要的地位。现在广泛地使用红外焦平面探测器进行目标的辐射特性测量,通过红外探测器对物体的热辐射进行探测,将物体热辐射的功率信号转换成电信号,就可以将物体表面温度的空间分布经电子系统处理,得到与物体表面热分布相应的热像图,即温度场。运用这一方法,便能实现对目标进行远距离热成像和测温,并进行分析判断。通过利用黑体对红外探测器进行标定,即可实现对物体表面温度准确测量。实验过程中发现,测量温度恒定不变的目标时,红外探测器像元的响应能量随测量时间增加,我们称这种现象为能量漂移,这种现象会影响测量精度,需要补偿该项引起的测量误差。

## 2 红外测量系统组成

红外测量系统主要由光学系统、红外探测器和标准黑体辐射源等组成。各部分具体参数如下所示。

### 2.1 红外探测器

探测器组件为制冷型中波 FPA 探测器,具体参数如下:

响应波段:  $3.7\mu\text{m}\sim 4.8\mu\text{m}$ ;  
光敏面像元数:  $640(\text{H})\times 512(\text{V})$ ;  
像元尺寸:  $15\mu\text{m}\times 15\mu\text{m}$ ;  
制冷方式: 斯特林制冷。

### 2.2 光学系统

光学系统主要参数如下:

口径:  $50\text{mm}$ ;

焦距:  $100\text{mm}$ ;

视场大小:  $5.4^{\circ}\times 4.3^{\circ}$ 。

### 2.3 标准黑体辐射源

选用 CI 公司的 SR-800 宽范围高精度面黑体,主要技术参数如下:

可设温度范围:  $-25^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$

温度稳定度:  $\pm 0.001^{\circ}\text{C}$

## 3 红外探测器的漂移特性

### 3.1 漂移现象及形成原因

将温度恒定的黑体放置在红外探测器前,使黑体成像在红外探测器像面的中心位置,每隔 10 分钟对黑体进行一次图像采集。对采集到的红外图像进行处理[1],在像面中心的黑体成像区域任取三个像元点进行仿真,得到这三个像元的响应灰度值随时间的变化曲线如图 1 所示,这里“测量时间”指采集图像的时间与开机时间的间隔。

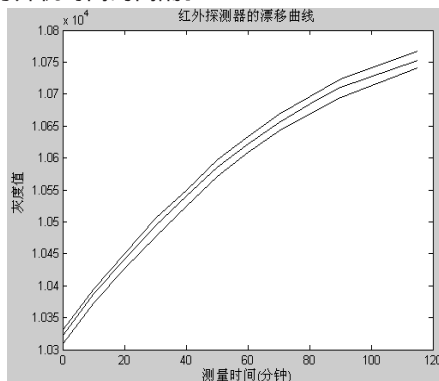


图 1 红外探测器的漂移曲线

从图1中我们可以看出,红外探测器像元的响应灰度值随测量时间的增加而增加,即红外探测器像元在跟踪测量过程中存在能量漂移,并且探测器每个像元的漂移规律近似相同。随着测量时间的增加,测量误差也会随着增加,所以需要补偿漂移对测温精度的影响。

探测器跟踪测量目标的辐射特性时,除了目标本身的辐射能,还有很多杂散辐射,包括:相机内部的非聚焦能量,目标反射周围物体的辐射能,目标反射大气的辐射能,目标和探测器之间的大气辐射能等。由于漂移实验过程中黑体距离镜头较近,所以这里忽略大气环境的影响,探测器接收到的能量可以由下式表示:

$$L(T(x, y)) = L^0(T(x, y)) + C(x, y) \cdot L^0(T_c) \quad (1)$$

式中,第一项为黑体的辐射能量;第二项为立体角外的非聚焦背景能量,即相机盒内部边缘和光学镜头在探测器上的能量叠加。由于设定黑体为一恒定的温度,所以探测器的漂移主要由(1)式的第二项引起的,即主要是由非聚焦能量引起的。当环境温度很低时,斯特林制冷机产生热量使得相机盒内部的温度大于相机盒外部的温度,热量会很快地向外部扩散,即可以使相机盒内部保持一个较为恒定的温度,所以探测器接收的能量随时间的变化不大;而当恒温箱中的温度高于环境温度时,相机盒内部的温度向外扩散的很慢,这导致相机盒内部的温度随着开机时间一直增加,即非聚焦能量一直在增加。通过以上分析,探测器的漂移主要由相机的非聚焦能量引起的。

### 3.2 漂移规律总结

下面通过实验总结红外探测器的漂移特性。进行三次相同条件的实验,拟合得到探测器中心像元的漂移曲线,如图2所示。由图2可以看出,相同的实验条件下拟合得到的漂移曲线是近似平行的。

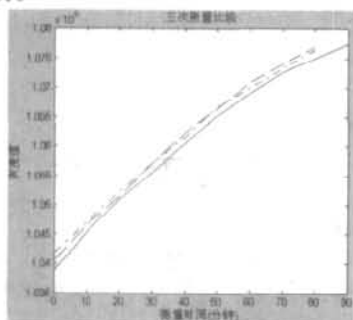


图2 三次相同实验拟合得到的漂移曲线

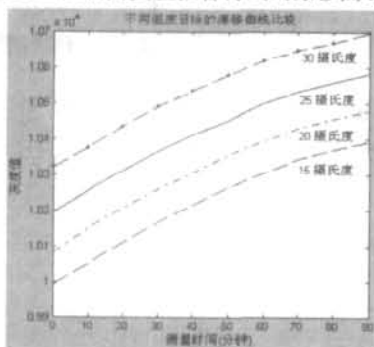


图3 目标不同时的漂移曲线比较

将黑体的温度分别设定在15℃、20℃、25℃和30℃,分别拟合了探测器中心像元的漂移曲线,如图3所示。由图3可以看出,目标温度不同时,红外探测器的漂移曲线是平行的,只是

由于探测接收的能量不同使漂移曲线的起始点不同。

将黑体分别放置在镜头前、距离镜头5m和20m处,拟合得到不同距离处红外探测器的漂移曲线如图4所示。从图4可以看出,目标和镜头之间的距离不同时,探测器的漂移特性近似不变。

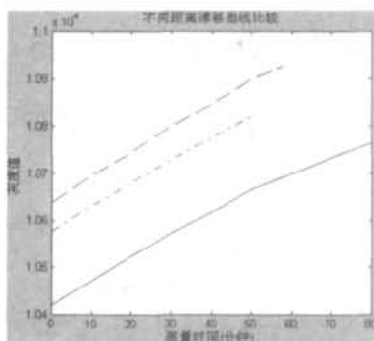


图4 目标在不同距离时的漂移曲线比较

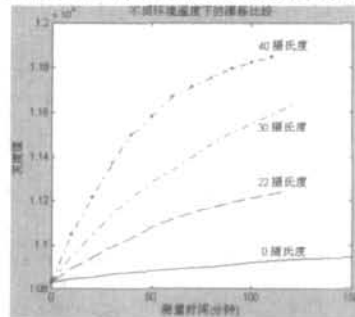


图5 不同环境温度的漂移曲线比较

将红外相机放入恒温箱中进行实验,恒温箱的温度分别设定为0℃、22℃、30℃和40℃,拟合红外探测器的漂移曲线如图5所示。从图5中可以看出,环境温度越高,漂移曲线的斜率越大。

根据以上几个漂移实验,总结红外探测器的漂移规律如下:

(1) 探测器像元的漂移特性与目标的温度及目标和镜头之间的距离无关。

(2) 环境温度变化不大时,探测器像元的漂移曲线是近似平行的。

(3) 环境温度不同时,探测器像元的漂移曲线斜率不同,而且环境温度越高,漂移曲线的斜率越大,能量漂移越剧烈。

(4) 探测器像面上不同点的漂移曲线近似相同。

### 3.3 漂移补偿方法

由前述的红外探测器的漂移规律可知,探测器的漂移曲线只与环境温度相关,而且温度变化不大时,拟合的漂移曲线是近似平行的,即在一定时间内的红外探测器的响应灰度值的增量是一定的。如果拟合出探测器的漂移曲线,并记录红外探测器的开机时间和数据采集时间,就可以计算出该段时间内目标灰度值的变化量,补偿该变化量,就可以减小漂移对测量精度的影响。

## 4 实验部分

我们将一可控温的灰体目标放置在红外测量系统约30m,其中,灰体目标的控温精度为±0.1℃,将灰体设定在不同的温度值,分别在开机后30分钟和60分钟进行图像采集,对采集到的红外图像进行处理,比较两个测量时间漂移补偿前和漂移补偿后的测温误差,如表1.2所示。由以上两个表可以看

出,漂移补偿后,测温精度得到了明显的提高。补偿后的测温误差 $<1.5^{\circ}\text{C}$ 。

表1 30分钟时测温误差

温度值	漂移补偿前的 测温误差	漂移补偿后的 测温误差
23	3.4822	-0.0770
25	3.9972	0.3660
28	4.2803	0.5924
33	5.3935	1.0656
35	5.4274	0.6945
38	5.8783	0.5173

表2 60分钟时测温误差比较

温度值	漂移补偿前的 测温误差	漂移补偿后的 测温误差
23	5.9933	1.0355
25	5.4231	0.6085
28	5.4250	0.8181
33	5.9047	1.0365
35	6.0523	0.7818
38	6.1103	0.2970

## 5 结束语

由于本文的测量实验中,目标与测量系统的距离较近,受环境影响较小,外场测量时的测量误差需要进一步工作来计算。

本文作者创新点:通过实验总结出了大面阵中波红外探测器在不同条件下的漂移特性,并对红外相机的漂移进行了补偿,补偿后明显提高了辐射特性的测量精度。

项目经济效益 20 万元,数据来源和研究方法:实验。

### 参考文献

- [1]赵登超,胡君红,钟胜等.基于FPGA的两点非均匀校正模块的设计与实现[J].微计算机信息,2006,10-2:72-73.
  - [2]N.Horny. FPA camera standardisation [J]. Infrared physics & Technology,2003,44:109-119.
  - [3]杨华,凌永顺,马东辉等.空间飞行器对背景辐射的反射特性[J].红外与激光工程,2002,31(4): 326-328.
- 作者简介:朱玮(1962—),男(汉),吉林省长春人,中国科学院长春光机所光电测控部研究员,硕士,主要从事精密光学仪器的研制工作。

**Biography:**ZHU Wei (1962—), male (the Han nationality), Jilin Province, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, the Chinese Academy of Science, researcher, master, research area is developed precise optical apparatus.

(130033 吉林 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)朱 玮 孙志远

(100039 中国科学院研究生院 北京)孙志远

(116023 91550 部队 220 所 大连)张卫国

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, the Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China)  
ZHU Wei SUN Zhi-yuan

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)SUN Zhi-yuan

通讯地址:(130033 吉林省长春市经济技术开发区东南湖大路

16 号长春光机所光电测控部 1020 室)朱玮

(收稿日期:2008.9.15)(修稿日期:2008.10.25)

(上接第 117 页)

## 5 结语

本识别仪设计方案目前在第四版人民币的大面值纸币识别应用上具有较高的可靠性,可以方便随身携带,具有很大的市场前景,预计能产生经济效益 200 万。但是本方案对于还在流通的第三版人民币识别率较差。我们会在以后的版本中扩大辅助存储器的容量加入第三版人民币面值特征区域的投影特征曲线,并改进识别算法提高反应速率以便能更好的满足人们的需求。

本文作者创新点:本设计方案利用对特征区域图像二值化再求投影特征曲线,消除了纸币磨损褶皱等对特征曲线的影响,提高了识别率。识别仪以 LPC2316 为核心具有体积小可随身携带、识别率高、语音播报等特点,方便用户。

### 参考文献

- [1]周立功.深入浅出 ARM7—LPC213x/214x[M].北京:人民邮电出版社,2005.
- [2]汪国有,邹玉兰,凌勇.基于显著性的 OTSU 局部递归分割算法[J].华中科技大学学报,2002,3(09): 57-59
- [3]曹丹华,刘斌,吴裕斌.投影特征匹配的快速纸币面值识别算法[J].光电工程,2004,(01)
- [4]Philips. LPC213x User Manual[R], 2005.
- [5]PixArt Imaging Inc. PAS106BCB -283 COMS CIF COLOR DIGITAL IMAGE SENSOR DATASHEET[R], 2003
- [6]刘成安,孙涛.车牌自动定位与识别方法研究[J].微计算机信息,2007,09-1 263-331

作者简介:查穹(1982.6—),男,河南郑县人,汉族,硕士研究生,河南科技大学电子信息工程学院。主要研究方向:人工智能与模式识别。

**Biography:** ZHA Qiong(1982—), male, master, Henan, Electronic Information Engineering College, Henan University of Science & Technology, Research area: Artificial Intelligence & Pattern Recognition.

(471003 河南 洛阳 河南科技大学 电子信息工程学院)查 穹  
(Electronic Information Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang Henan 471003, China)  
ZHA Qiong

通讯地址:(471003 河南省洛阳市西苑路 48 号河南科技大学校本部 2030 信箱)查 穹

(收稿日期:2008.9.15)(修稿日期:2008.10.25)

## 书 讯

《现场总线技术应用 200 例》  
55 元 / 本 (免邮资) 汇至

《PLC 应用 200 例》  
110 元 / 本 (免邮资) 汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室  
微计算机信息 邮编:100081  
电话:010-62132436 010-62192616 (T/F)