

doi: 10.7690/bgzd.2018.01.007

# 一种新型红外焦平面阵列非均匀校正算法

刘佳钰

(中国空空导弹研究院第十二研究所, 河南 洛阳 471009)

**摘要:** 针对现有红外热像产品多采用一点+两点的校正方式, 存在增加结构复杂度和整机功耗的问题, 开发研究一种新型的红外焦平面阵列非均匀性的校正方法。介绍非均匀性的 3 种定义, 给出非均匀校正的常用方法, 在以 ULIS0304 为试验件的基础上详细论述红外焦平面阵列非均匀性的校正方法, 并比较各温度校正前后直方图。结果表明: 校正后图像矩阵的非均匀性基本为 0, 算法有效。

**关键词:** 非均匀校正; 红外焦平面阵列; 非制冷红外

**中图分类号:** TP317.3 **文献标志码:** A

## New Algorithm of Infrared Focal Plane Array Nonuniformity Correction

Liu Jiayu

(No. 12 Institute, China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China)

**Abstract:** For most of the existing infrared imaging adopting the correction method of one point+two points, which increases structure complexity and overall power dissipation. Develop and design a new nonuniformity correction algorithm of infrared focal plane array. The paper introduces the three definition of nonuniformity and the common correction methods for nonuniformity correction. Based on test piece ULIS0304, describe non-uniformity correction of infrared focal plane array, then compare histograms before and after temperature correction. The results show that the non-uniformity of corrected image matrix is 0, and the algorithm is effective.

**Keywords:** nonuniformity correction; infrared focal plane array; un-cooled infrared

### 0 引言

非制冷红外焦平面阵列的出现, 是红外成像系统的一个划时代的进步, 现已广泛应用于国防、民用等各个领域<sup>[1-3]</sup>。红外焦平面阵列是红外成像系统的重要组成部分, 但其固有的非均匀性会影响图像质量<sup>[4-6]</sup>。理想情况下, 红外焦平面阵列受均匀辐射时, 输出电平信号应完全一样。但实际上, 由于材料本身、制造工艺等问题的影响, 非制冷焦平面阵列的各个单元输出的电平信号并不相同, 这就是所谓的红外焦平面阵列响应的非均匀性 (nonuniformity, NU)<sup>[7-9]</sup>, 也称为空间噪声、固定图像噪声<sup>[10-11]</sup>。这种非均匀性导致系统的温度分辨率下降, 使目标图像的质量受到严重影响。

解决这一问题通常有 2 种方法: 1) 降低器件的非均匀性, 通过不断提高非制冷焦平面的研制水平, 改进生产工艺等手段, 但在现有的技术条件下, 要想生产出具有理想均匀性的器件非常困难<sup>[12]</sup>; 2) 非制冷焦平面阵列的非均匀性通过信号处理的方法进行校正。这一方法投入少, 收效快, 国内外都竞相研制校正效果好的非均匀性校正算法来提高图像质量; 因此, 笔者对其进行研究。

### 1 非均匀性的定义

非均匀性常用的有 3 种定义:

1) 在均匀辐射下, 焦平面阵列像元中视频输出最大值与最小值之差同其和的百分比。

2) 在均匀辐射下, 焦平面阵列像元中视频输出的最大值与最小值之差同所有像元输出平均值的百分比。

3) 在均匀辐射下, 焦平面阵列像元视频输出值的均方根偏差与视频输出平均值的百分比。该定义为 (笔者所计算的均匀辐射下非均匀性全部都是以以此来定义的):

$$NU = \frac{1}{V_{\text{avg}}} \sqrt{\frac{1}{M \times N - (d+h)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (V_{i,j} - V_{\text{avg}})^2} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $V_{\text{avg}} = \frac{1}{M \times N - (d+h)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N V_{i,j}$  为焦平面上所有有效像元的视频信号平均值 (在计算视频信号之和以及非均匀性时, 均不包括无效像元的信号值);  $M$  和  $N$  分别为焦平面阵列的行数和列数;  $d$  为焦平面阵列中的死像元数;  $h$  为焦平面阵列中的过热像元数。

收稿日期: 2017-10-12; 修回日期: 2017-11-09

作者简介: 刘佳钰 (1983—), 女, 山东人, 硕士, 工程师, 从事面空武器总体设计研究。

## 2 非均匀校正的常用方法

基于定标源的非均匀校正最常用的方法是在红外热像系统上采用一点+两点的校正方式：两点校正用来修正增益，一点校正修正偏移。这种方法简单，较易实现，缺点是需要在结构上加装一个电机挡片，不定时地进行一点校正，这样不仅增加了结构复杂度，也增加了整机的功耗；因此，需要开发研究一种既实用又容易实现的红外非制冷焦平面非均匀性的校正方法。

## 3 笔者方法介绍

笔者研究的方法以 ULIS03 04 为试验件的基础上进行，采集每个温度点的探测器原始输出数据进行分析。通过对采集数据的观察，发现分别用-40、-0、-20、-10、0、10 和 20 °C 的某一帧上每一个像素除以 20 °C 的对应像素，每个像素随温度都有近似的变化曲线，如图 1。

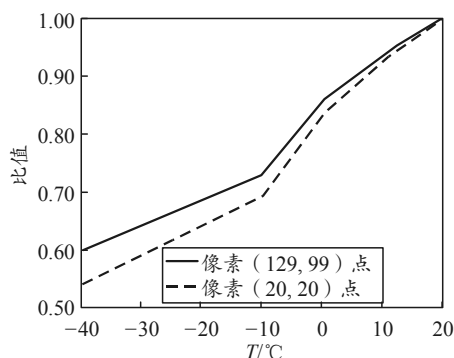


图 1 某 2 个像素点随温度的变化曲线

由图可知：2 条曲线的变化趋势是一致的，只是在不同温度时，差值不同：20 °C 时差值为 0，-40 °C 时差值最大。

笔者以-40 °C 的差值作为基准，其他温度的差值除以-40 °C 的差值，-40 °C 时相除结果为 1，20 °C 时相除结果为 0，得到了如图 2 的变化曲线。

因此，笔者用如下方法进行校正：

1) 用一函数表示某一像素点随温度的变化曲线(试验中所取像素(20, 20))，则其函数表达式为

$$f = a + \frac{b}{1 + e^{(c-d \times T)}} \quad (2)$$

其中： $T$  是温度； $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  是待定的系数。即用该函数来逼近如图 1 所示的曲线。这里，笔者需要记录 20 °C 第 35 帧黑体图像，将其作为第 1 个数组。

2) 为了求得焦平面上其他像素如图 1 的曲线，笔者需要记录-40 °C 第 35 帧黑体图像除以 20 °C 第 35 帧黑体图像后，并且每个像素减去像素(20, 20) 后的结果，将其作为第 2 个数组。这样，笔者就可

以通过图 3 所记录的曲线算出其他像素相对于基准曲线的差值。

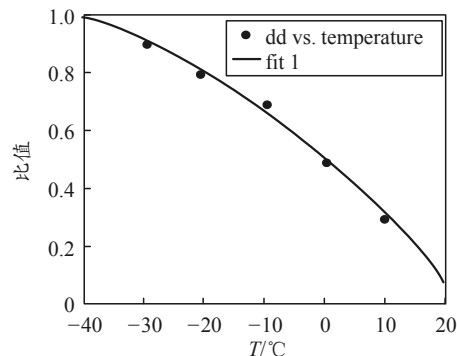
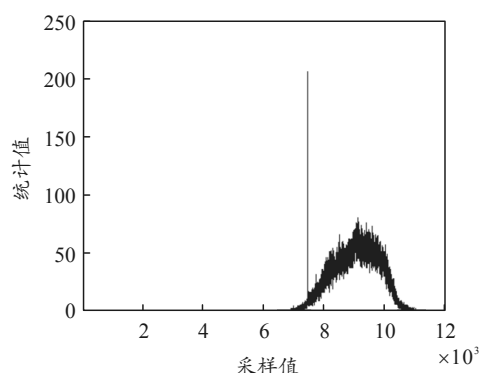
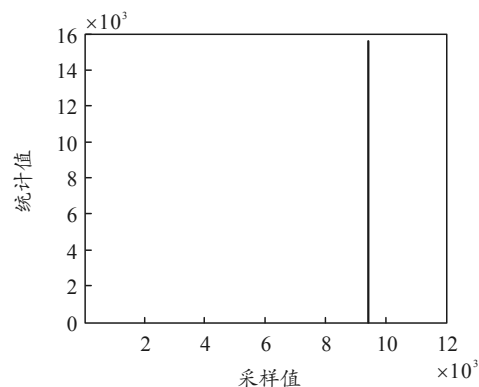


图 2 其他差值除以-40 °C 差值结果



(a) 20 °C 校正前第 35 帧直方图



(b) 20 °C 校正后第 35 帧直方图

图 3 20 °C 校正前后第 35 帧直方图

3) 算出 2) 中所讲差值，加上基准曲线后，便得到其他像素如图 1 所示的曲线。然后，对于某一个温度  $T$ ，就可以算出每个像素点相对于第一个指纹图的比值，乘以 1) 中所提到的第 1 个指纹图后，便得到在温度  $T$  下估算的黑体图像。

4) 对于某一温度稳定后的图像，减去估算的黑体图像，再加上估算黑体图像的均值，就得到校正后的图像。

## 4 试验结果

各温度校正前后的直方图比较如图 3—5、表 1

所示。

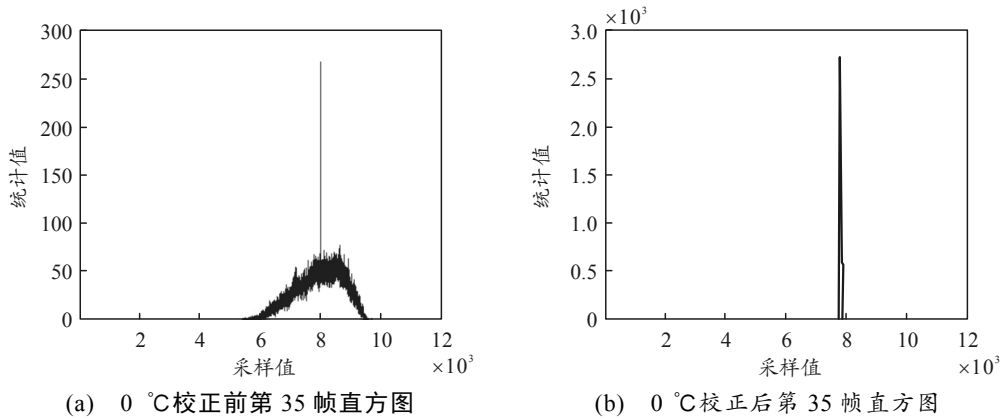


图 4 0 °C校正前后第 35 帧直方图

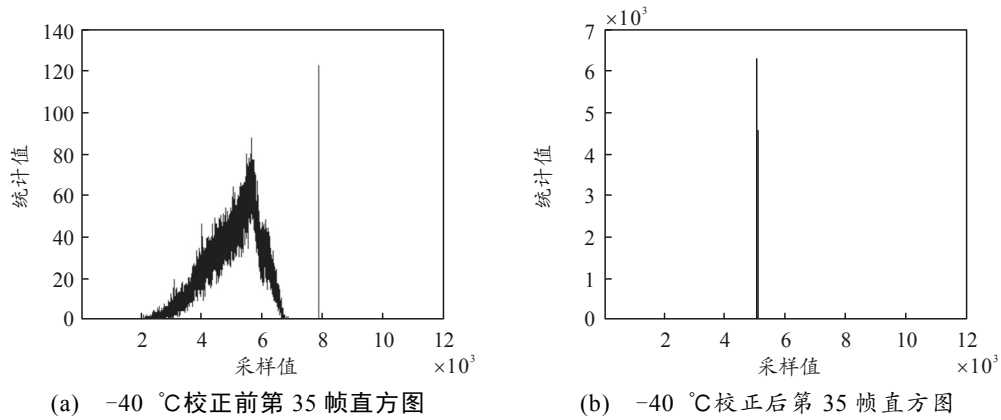


图 5 -40 °C校正前后第 35 帧直方图

表 1 第 35 帧非均匀性

温度/°C	校正前	校正后	温度/°C	校正前	校正后
-40	0.168 5	0.001 3	0	0.097 9	0.003 2
-30	0.151 9	0.001 1	10	0.084 6	0.003 1
-20	0.136 5	0.001 5	20	0.076 1	0.000 3
-10	0.122 3	0.002 3			

### 5 结论

根据上述数据以及直方图可以看出：校正后图像矩阵的非均匀性基本为 0，非均匀校正的结果有效。但这种校正方法需要对每台探测器从-40~20 °C开始采集大量数据，工作量很大，在实际的工业生产中还需要进一步改进算法模型。

### 参考文献：

[1] 刘永进, 朱红, 赵亦工. 基于红外焦平面阵列读出结构的非均匀校正算法[J]. 光学精密工程, 2008, 16(1): 128-133.

[2] 张俊举, 孙恋君, 王世允, 等. 一种基于场景的非均匀校正算法[J]. 激光与红外, 2006, 36(6): 174-177.

[3] 史浩然, 李召龙, 沈同圣. 红外焦平面阵列的非均匀校正方法研究[J]. 激光与红外, 2016, 46(5): 204-208.

[4] 国亚双, 王英瑞. 一种新的基于场景的红外图像非均匀校正算法[J]. 红外, 2006, 27(3): 128-133.

[5] 蔡盛, 柏旭光, 乔彦峰. 基于标定的 IRFPA 非均匀校正方法综述[J]. 红外技术, 2007, 29(10): 589-592.

[6] 吕游, 何听, 魏仲慧. 红外焦平面阵列非均匀性校正算法研究[J]. 计算机技术与发展, 2015, 25(2): 1-5.

[7] TANAKA S C. A need and method for nonuniformity correction in solid state image sensor[J]. Technical Symposium, 1983, 350: 58-65.

[8] 李兵, 潘银松, 袁祥辉, 等. 固体图像传感器非均匀性实时校正研究[J]. 红外技术, 2000, 22(4): 30-33.

[9] 代少升. 红外焦平面阵列非均匀性校正与探究[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 30(4): 606-609.

[10] SCMBNER D A, KRUEER M R, KILLIANY J M. Infrared focal plane array technology[J]. Proc of the IEEE, 1991, 79(1): 66-85.

[11] 刘会通. 红外焦平面阵列非均匀性的测试和检验[J]. 激光与红外, 1998, 28(5): 305-307.

[12] 袁祥辉. 固体图像传感器及其应用[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1996: 1-5.

[13] 董亮初, 丁端军, 梁平治, 等. 红外焦平面阵列特性参数测试技术规范[S]. 上海: 中国科学院上海技术物理研究所, 1999.