

文章编号: 1672-8785(2018)11-0007-04

某制冷型热像仪关键技术研究

周 宽 刘梁然

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘 要: 近年来, 红外成像技术在国内得到了迅猛发展。根据红外焦平面工作温度的不同, 热像仪可以分为制冷型和非制冷型两大类。制冷型热像仪的灵敏度高、性能优越、精度高, 但价格昂贵, 现主要用于军事领域。某型制冷型热像仪在使用过程中, 若成像场景的温度变化较大或者工作于极端环境温度下, 在调节积分时间时, 图像会出现四角发白中间黑、四角发黑中间白的现象。首先在不同黑体温度下采集了不同积分时间下的红外图像数据。针对上述问题进行了现象复现, 然后分析了问题根源, 并根据两点校正原理提出了解决思路和办法。最后通过实验数据验证了该方法的正确性, 并总结了此类问题的解决方案。

关键词: 红外成像; 积分时间; 两点校正

中图分类号: TN216 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2018.11.002

Research on Key Technologies of a Refrigeration Type Thermal Imager

ZHOU Kuan, LIU Liang-ran

(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: In recent years, infrared imaging technology has developed rapidly in China. According to the operating temperature, Infrared Focal Plane Arrays (IRFPAs) can be divided into cooled ones and uncooled ones. IRFPAs have the advantages of high sensitivity, high accuracy and excellent performance, but they are expensive. So they are mainly used in the military field now. In the use of a certain cooled infrared thermal imager, if the temperature of the scene changes greatly or if the imager operates at an extreme ambient temperature, a phenomenon may occur, that is, the image may exhibit white in the middle and exhibit black in the corner or vice versa when integration time is adjusted. Firstly, infrared image data are collected at different blackbody temperatures in different integration time. Let the phenomenon be recurrent according to the above problem. Then, the root of the problem is analyzed and the solution is put forward according to the principle of two-point correction. Finally, the correctness of the method is verified by the experimental data and the solutions to the problem are summarized.

Key words: infrared imaging; integration time; two-point correction

收稿日期: 2018-09-08

作者简介: 周宽(1985-), 男, 工程师, 主要从事红外图像处理方面的研究。

E-mail: 1423609199@qq.com

0 引言

由于热像仪的核心器件——焦平面探测器受到材料性能的限制,需要进行一系列复杂的图像处理,包括盲元填充、非均匀性校正、自动积分时间调整等。其中,积分时间是指像元感应红外辐射的时间长短,它需要根据响应波段、工作主频、环境温度等进行调节和改变。因为每个探测器之间存在性能差异,所以热像仪在成像前需要在不同温度的黑体下进行参数采集,并根据环境温度调节积分时间,以达到最佳的成像效果。

1 问题描述

当热像仪在使用过程中出现以下几种情况时,需要调整热像仪的积分时间:(1)场景温度发生较大变化。若当前积分时间下图像有部分数据饱和或截止,则需要适时减小或增加积分时间。(2)工作环境温度(如热像仪球罩内)较高,而场景温度较低。这种情况需要用低积分时间进行挡板校正以防止饱和,并用高积分时间对场景进行成像。在工作环境温度较低、场景温度较高的情况下,积分时间的调整顺序则相反。

但是当出现上述情况后,如果仅对积分时间进行调整,而不作其他处理,则会影响非均匀性校正,最终出现图像中间亮四周暗(调低积分时间)或者中间暗四周亮(调高积分时间)的问题。

图 1 所示分别为在 90、180、210 积分时间下对黑体进行外校正,然后将积分时间从 90 调整至 210 时对黑体的成像效果。

通过仔细观察可以发现,在校正时,发黑或发白程度会随挡板采样时与成像时的积分时间差值的增大而增大。

2 实验分析及验证

两点校正公式可以表达为 $y = Kx + B$ 。按图 2 所示的思路进行问题分析。

2.1 仿真分析

2.1.1 数据采集

使用某型标准热像仪采集了不同环境温度

以及不同积分时间下的黑体成像数据(结果见表 1)。

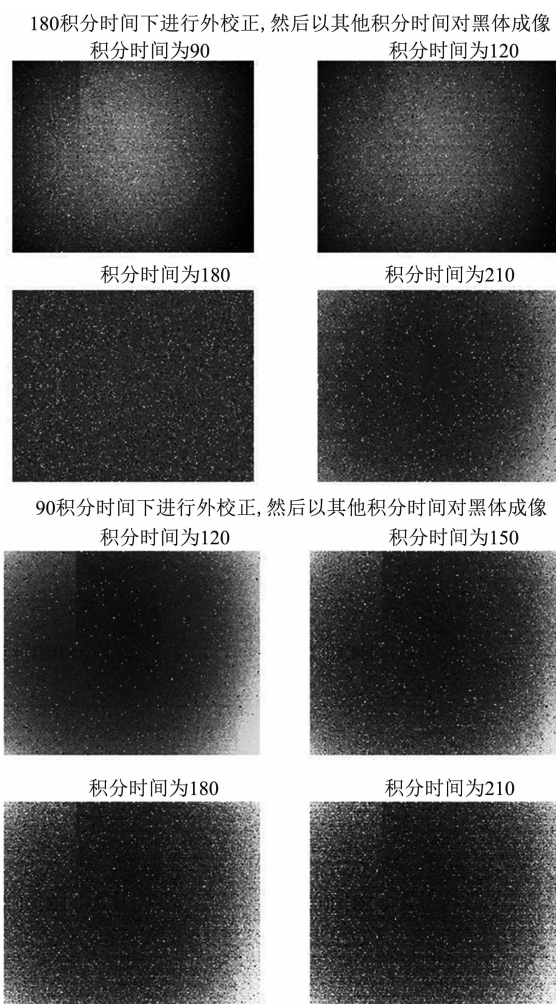


图 1 90、180、210 积分时间下的黑体图像

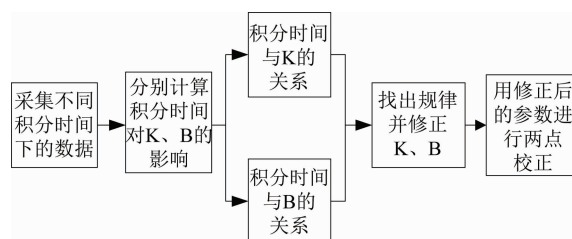


图 2 解决思路

表 1 黑体成像数据

环境温度(℃)	积分时间	黑体温度(℃)
10	90、120、150、180	20、30、40
20	90、120、150、180	20、30、40
30	90、120、150、180	20、30、40

注:全文的积分时间数值仅作为大小参考。

2.1.2 积分时间对 K 的影响

选取环境温度为 10°C 、黑体温度为 20°C 和 40°C 的数据来计算 K 值。图 3 是积分时间依次为 90、120、150、180 时的 K 值第 256 行 (图像分辨率为 512×640) 数据曲线图。

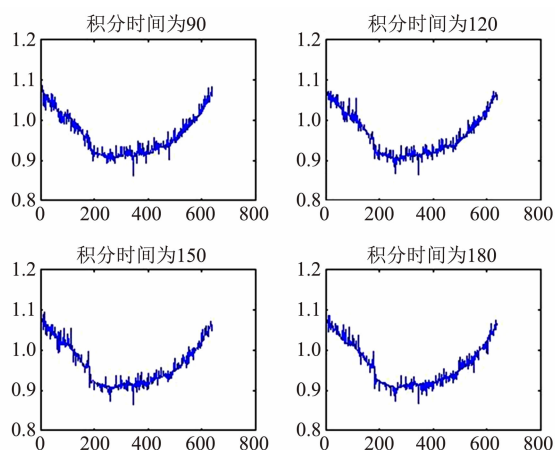


图 3 不同积分时间下的 K 值第 256 行数据曲线图

从图 3 中可以看出, 4 条曲线的形状几乎一样。如图 4 所示, 以不同颜色将 4 条曲线作在一个面板上, 发现它们几乎重合, 个别地方不重合可视为因采样时间点不同而产生的随机噪声误差。

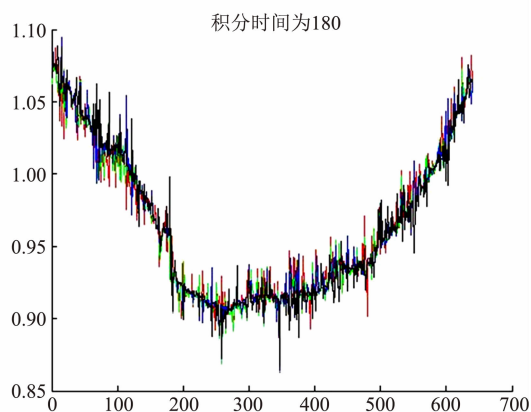


图 4 不同积分时间下的 K 值第 256 行合并曲线图

更换不同环境温度下的数据进行重复试验, 结果相同, 由此得出结论: 积分时间对 K 值几乎没有影响。

2.1.3 积分时间对 B 值的影响

通过前面的试验数据分析可以发现, 积分时间对 K 值几乎没有影响, 那么两点校正后

的图像非均匀性只可能是由 B 值变化引起的。

基于环境温度为 10°C 、黑体温度 20°C 、积分时间依次为 90、120、150、180 的黑体成像数据, 取第 256 行作曲线, 得出图 5 所示的结果。

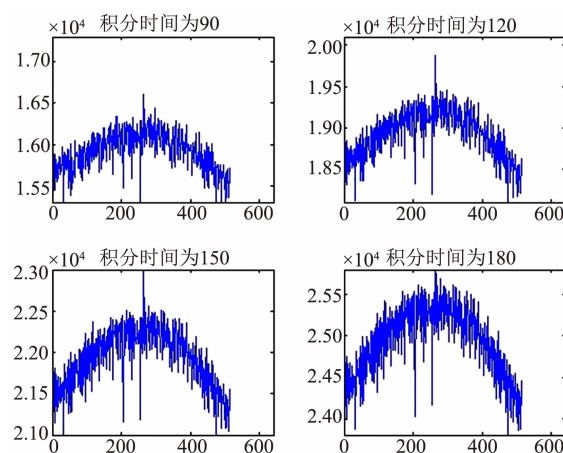


图 5 不同积分时间下的第 256 行灰度曲线图

从图 5 中可以看出, 图像灰度值 (辐射值) 与积分时间之间存在一个固定关系, 即积分时间增加 30, 图像灰度值约增加 3000。

假定每变化一个单位积分时间, 图像灰度值的变化量是一定的, 所以理论上可通过下述步骤用任何积分时间下的成像数据算出另一积分时间下的成像数据:

(1) 在当前需要成像的环境温度下, 分别以不同的积分时间 (90、210) 对同一温度的黑体进行成像, 获取成像数据 b_1 、 b_2 。

(2) 根据式 (1), 利用 90、210 和 b_1 、 b_2 可以计算当前环境温度下每变化一个单位积分时间所带来的灰度均值变化 i_{g_gray} :

$$i_{g_gray} = (b_2 - b_1) / (210 - 90) \quad (1)$$

(3) 假设需要将当前积分时间 (记为 T) 下的数据 (b) 拟合到 180 积分时间上, 则按式 (2) 进行:

$$\begin{aligned} b_{1z} &= b + i_{g_gray} * (T - 180) \\ &= b + \frac{(b_2 - b_1)}{(210 - 90)} * (T - 180) \end{aligned} \quad (2)$$

现通过上述方案由 90、120、150 积分时间下的黑体成像数据估算出 180 积分时间下的

成像数据,并将其与真实的 180 积分时间下的黑体成像数据进行对比,以验证上述方法的可行性。

将计算结果取中间行作曲线,得到了图 6 所示的结果。

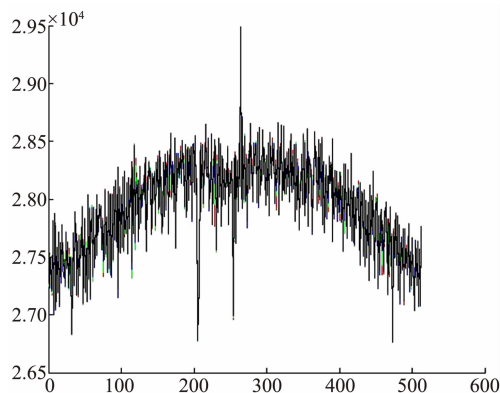


图 6 不同积分时间下的 180 灰度理论值与实际值的曲线图

从图 6 中可以看出,在排除极个别存在的测量误差后,各条黑体成像曲线(黑色)完全重合,从而验证了上述猜想的正确性。

3 结束语

3.1 结论

通过对实验数据的仿真分析,可以得出以下结论:在场景温度和环境温度不变时,积分

时间对获取辐射量的影响是线性的,即存在:

$$data_{T_1} - data_{T_2} = k \times (T_1 - T_2) \quad (3)$$

式中, $data$ 为图像对黑体的成像结果; T 为成像时的积分时间; k 对于每一个像元均为常数。

3.2 实现方式

实际应用中,可在调整积分时间时按以下方式实时修正 B 值:

(1) 参数 A 的采集计算。与原两点法相同,即在环境温度相同时,热像仪对 10°C 、 30°C 黑体进行成像,记结果为 $data_L$ 、 $data_H$, 则

$$K = \frac{\text{mean}(data_H) - \text{mean}(data_L)}{data_H - data_L} \quad (4)$$

K 值存储在 flash 中,一般在所内采集完成,写入后不轻易更改。

(2) 在成像时采集参数 B 。原两点法采集参数 B 是直接在当前成像的积分时间下采集,一旦积分时间调整后, B 值则不适用,而需要重新采集。现改进为在两个积分时间 T_1 、 T_2 下对均匀背景进行采集,得到数据 $data_{t1}$ 、 $data_{t2}$ 。根据 2.1 节的分析结果,积分时间为 T 时的外校正结果可估算为

$$\begin{aligned} data_T = & data_{t1} + (T - T_1) / (T_2 - T_1) \\ & \times (data_{t2} - data_{t1}) = data_{t1} \\ & + (T - T_1) \times M \end{aligned} \quad (5)$$

环境温度为 30°C , 用积分时间为 150 的挡板值来校正积分时间为 180 的输入图像

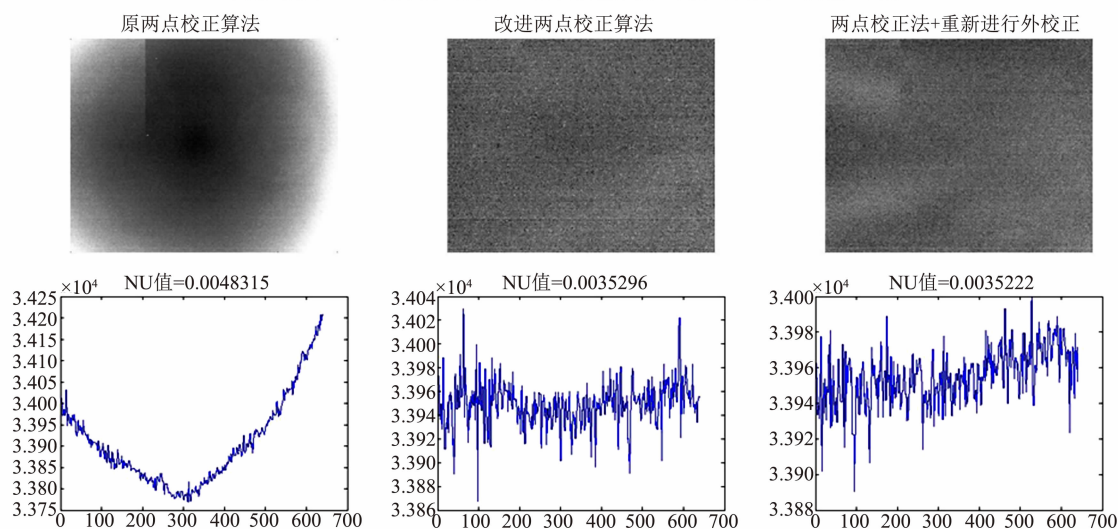


图 7 修正算法后的图像对比

(下转第 38 页)