

185-188
5

热电阻阵列红外图像模拟器的驱动信号变换

施永毅 周建勋

(南京理工大学光电技术系, 江苏, 南京, 210094)

TN216

摘要 在表述热电阻阵列红外图像模拟器模拟原理的基础上, 经过理论分析推导了模拟器的驱动信号变换关系, 并对模拟器驱动信号变换中可能出现的问题进行了探讨。

关键词 红外图像, 模拟器, 驱动信号.

热成像系统

引言

红外热成像系统利用目标与背景的红外辐射特性来实现目标的探测、识别和追踪。在红外热成像系统, 特别是红外制导系统的研制过程中, 常需要进行大量的外场实验, 由于实际外场条件的不可控制性使许多实验不能按要求进行, 而且要耗费大量的人力和物力。为此人们在实验室内研制了可以真实模拟目标与背景红外辐射空间分布、时间分布和光谱分布的红外图像模拟器, 红外图像模拟器为红外成像系统的研制提供了有利条件^[1~4]。

1 热电阻阵列红外图像模拟器

1.1 红外图像模拟器原理

设实际景物的红外辐射分布用 $M(X, \lambda)$, 其中 X 为景物空间坐标或相对应的景物像空间坐标, λ 为波长, $\tau_a(\lambda)$ 为大气透过率, 则热像仪红外探测器的输出信号 $U(X)$ 可以表示为

$$U(X) = \alpha_1 \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} M(X, \lambda) \tau_a(\lambda) R(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

式(1)中 $R(\lambda)$ 为所用红外热像仪探测器的光谱响应; λ_1 、 λ_2 为红外探测器工作波段; α_1 为与热像仪口径等有关的比例常数。

为使某一红外热成像系统对红外图像模拟器工作的图像信号等效于对实际场景工作的图像信号, 则红外图像模拟器空间红外辐射光谱分布 $M_m(X, \lambda)$ 必须满足

$$\alpha_2 \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} M(X, \lambda) \tau_a(\lambda) R(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} M_m(X, \lambda) R_r(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

式(2)中 $R_r(\lambda)$ 为使用模拟器实验的热像仪光谱响应; α_2 为与模拟器结构有关的比例常数。

若考虑不同红外热成像系统光谱响应的波动性, 为保证式(2)成立, 必须有

$$M(X, \lambda) \tau_e(\lambda) = M_m(X, \lambda), \quad (3)$$

即: 红外图像模拟器必须与实际场景有完全相同的红外辐射分布.

1.2 热电阻阵列

热电阻阵列红外图像模拟器是较为常见的一种红外图像模拟器, 阵列中每个 MOS 电阻单元可视为一基本红外热辐射像元, 这样 $M \times N$ 的热电阻阵列即可构成 $M \times N$ 像素的红外图像模拟器. 如果热电阻阵列采用电压驱动方式工作, 加载于 MOS 电阻上的电压为 V , 则 MOS 电阻单元的输入功率为

$$W = V^2/r, \quad (4)$$

式(4)中 r 为 MOS 电阻的阻值. 根据能量平衡原理, 对每一个 MOS 电阻单元有

$$W + W' = W_1 + W_2 + W_3, \quad (5)$$

式(5)中 W_1 、 W_2 和 W_3 分别为 MOS 电阻的热传导项、热对流项和热辐射项; W' 为 MOS 电阻单元接受的其它单元热功率项. 如果把 MOS 电阻看作灰体辐射元, 则有

$$W_3 = s\varepsilon\sigma T^4, \quad (6)$$

或

$$W_3(\lambda) = s\varepsilon M_b(\lambda, T), \quad (7)$$

式(7)中 s 为 MOS 电阻单元辐射面积; σ 为斯忒-波尔兹曼常数; ε 为 MOS 电阻单元的辐射率; T 为 MOS 电阻单元温度; $M_b(\lambda, T)$ 为黑体热辐射本领.

很明显景物的红外辐射分布 $M(X, \lambda)$ 不可能完全被限制在灰体辐射的光谱分布范围内, 即通过调节 MOS 电阻单元温度 T 可能无法保证式(3)成立. 因此, 热电阻阵列红外图像模拟器的模拟一般只能在式(2)等效的基础上.

2 模拟器的图像驱动信号

电阻阵列红外模拟器的图像驱动信号指使模拟器生成确定红外辐射图像所需要的电阻阵列驱动电压信号. 确定景物的红外辐射图像可以通过理论计算和实际热成像二种方式获得, 本文主要研究通过实际热成像方式从热像仪输出信号中获取 MOS 电阻阵列红外模拟器的图像驱动信号.

如果 $U(X)$ 是利用标准红外热像仪在景物辐射为 $M(X, \lambda)$ 下所获得的图像信号, 热电阻阵列单元的能量平衡方程为式(5)、热电阻阵列单元的热辐射满足式(7), 则模拟器的驱动信号 $V(X)$ 是指在此信号驱动下模拟器所产生的红外辐射分布 $M_m(X, \lambda)$ 满足式(2).

3 图像驱动信号的变换

3.1 图像驱动信号的变换

完整的图像驱动信号变换指利用 $U(X)$ 获得 $V(X)$ 的计算过程. 它应该包括:

(1) 利用标准红外热像仪在景物辐射为 $M(X, \lambda)$ 下所获得的图像信号 $U(X)$ 计算景物的等效色温分布 $T_e(X)$.

(2) 利用等效色温分布 $T_r(X)$ 所产生的红外辐射替代景物的实际红外辐射 $M(X, \lambda)$, 在模拟等效原则式(2)条件下计算模拟器应该具有的温度分布 $T_m(X)$.

(3) 根据各电阻单元的能量平衡方程, 解出不同电阻单元驱动电压与温度的关系, 将模拟器温度分布 $T_m(X)$ 转化为实际电压驱动信号 $V(X)$.

3.2 驱动信号变换特例

作为一种驱动信号变换特例可以假定式(5)中的 W_1 、 W_2 和 W' 项均等于 0, 即忽略电阻阵列的其它热损失, 这样式(5)改变为

$$\frac{V^2(X)}{r} = \varepsilon \sigma T_m^4(X). \quad (8)$$

假定所用热像仪的光谱响应为 $R_z(\lambda)$, 则可以将模拟等效方程式(2)改写为

$$\alpha_2 \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} M_b(T_r, \lambda) R_z(\lambda) d\lambda = \varepsilon \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} M_b(T_m, \lambda) R_z(\lambda) d\lambda, \quad (9)$$

从而建立起信号变换所需要的 $T_r(X)$ 和 $T_m(X)$ 间的转化关系.

进一步采用全辐射测温原理, 式(1)可以转变为

$$U(X) = \alpha_1 \sigma T_r^4(X) R, \quad (10)$$

式(10)中 R 为全辐射测温原理下的探测器积分响应率.

式(8)、(9)和(10)构成一个特定条件下的驱动信号变换关系, 它们完成了从 $U(X)$ 到 $V(X)$ 的转化.

4 关于驱动信号变换的讨论

电阻阵列红外模拟器的图像驱动信号是一个不完全确定的信号, 它不仅与红外图像摄取时所用的热像仪光谱响应 $R(\lambda)$ 有关, 还与红外模拟器应用对象的光谱响应 $R_z(\lambda)$ 相关, 这种相关特性主要表现在热像仪红外探测器的光谱响应的差异. 在模拟器的实际使用中, 如果热成像系统的光谱响应变化较大, 应该注意进行图像光谱响应差异方面的修正.

利用标准红外热像仪所获得的图像信号 $U(X)$ 计算景物的等效色温分布 $T_r(X)$, 实际上是二维辐射温度测量的一种形式. 利用红外辐射进行温度测量有全辐射和部分辐射二种方法, 但无论哪一种方法为保证测量的精确性均需要进行所测物体的辐射率修正. 逐点进行所测物体的辐射率修正固然较好, 但由于所测物体辐射率的准确值很难实际测量, 故该方法在使用中有较大的局限性. 从实际应用角度出发, 可以在景物所显示的温度范围内选择出核心区域, 并根据此核心区域确定出全辐射或部分辐射的测量修正值, 以减小模拟误差.

如果把图像驱动信号的变换基础建立在式(5)所给出的能量平衡方程上, 考虑到电阻单元的自身热容、热阻和阵列的复杂热状态与边界条件, 则即使是静态景物红外图像, 其模拟显示驱动信号也将随时间变化. 进一步考虑到实际图像随时间变化性能和热电阻阵列的扫描驱动规律, 图像驱动信号的变换将更加复杂.

参考文献

- 1 Mobby S B. *SPIE*, 1991, **1486**: 331
- 2 Pritchard A P. *SPIE*, 1988, **940**: 144~149
- 3 Barnett T. *SPIE*, 1987, **765**: 82~84
- 4 Daehler M. *SPIE*, 1987, **765**: 94~101

TRANSFORMATION OF THE DRIVING SIGNAL OF IR IMAGE SIMULATOR USING THERMAL RESISTANCE ARRAY

Shi Yongyi Zhou Jianxun

(*Department of Optoelectronic Technique, Nanjing University of Science
and Technology, Nanjing, Jiangsu 210094, China*)

Abstract The principle of IR simulator was described. The driving signal transformation relation was derived by theoretical analysis. Finally the problem which may be met in driving signal transformation was discussed.

Key words IR image, simulator, driving signal.