

文章编号:1002-2082(2007)02-0138-04

一种新的热红外图像生成方法研究

秦建飞, 沈均平, 胡江华, 曾朝阳, 智 军

(解放军理工大学 工程兵工程学院, 江苏 南京 210007)

摘 要: 针对目标与背景热红外辐射特性的描述是否精确将直接影响到红外导引头对目标的发现、识别和跟踪水平,在分析热红外图像再现技术原理的基础上,按照所需再现热图像的灰度分布特征制成相应透射水平的热图底片,提出了一种利用不同透射能力涂层生成热图像的方法。借助热红外图像再现实验和图像相关系数算法,证明该方法能较好地再现目标以及背景的热红外辐射特征和细节。它不仅可用于热红外导引头和热成像仪性能的检测及评估,同时也为军用目标的热红外隐真和示假方法提供了一种新的技术途径。

关键词: 图像生成;热红外辐射;信息合成

中图分类号:TN219

文献标志码:A

Research on a new method of thermal IR image generation

QIN Jian-fei, SHEN Jun-ping, HU Jiang-hua, ZENG Zhao-yang, ZHI Jun

(Engineering Institute of Engineer Corps, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract: Based on the principle analysis of thermal IR image reconstruction, thermal image negative of corresponding transmission was made according to gray distribution characters of the required reproduction thermal image, and a new method to generate thermal IR image by coating different transmission films is put forward, for investigating the effect of the description accuracy of the object and background thermal radiation characteristics on the target acquisition, recognition and tracking by IR target seeker. It is verified that this method could reproduce the properties and details of both targets and backgrounds by the thermal IR reproduction experiment and the algorithm of image correlation coefficient. The new method can not only be used in testing and assessing the properties of thermal IR target seekers and high-precision guided weapons, but also can be taken as a new camouflage technique for military targets.

Key words: image generation; IR radiation; information synthesis

引言

随着红外精确制导武器的发展,对目标与背景的热红外辐射特性及其对比特性的要求越来越高,目标与背景热红外辐射特性的描述是否精确将直接影响到红外导引头对目标的发现、识别和跟踪水平^[1]。因此,对军事目标与背景的热红外辐射特性及其对比特性的研究是红外导引头研制过程中不

可缺少的阶段,同时其研究成果也可作为实施相应热红外伪装技术措施的理论依据。

在军用目标与背景的热红外热成像建模及其红外景象合成技术研究方面,美国等军备技术先进的国家投入了大量的人力和物力,对坦克、飞机等军用目标的热红外辐射特性及其与背景的热红外景象合成进行了大量的研究,形成了一系列较为完整的多

收稿日期:2006-10-19; 修回日期:2006-12-15

作者简介:秦建飞(1966—),男,江苏张家港人,副教授,博士,主要从事军事伪装教学与研究。E-mail:qjfh@163.com

目标/背景红外景像合成软件^[2]。目前,美国已将该软件应用于红外成像探测器的性能检验和仿真以及目标的红外识别技术。

国内有关这方面的研究起步相对较晚。相关院校和研究机构分别建立了各自的军用目标和背景的红外模型,并取得了一定的进展,但存在一些不足,如目标和背景的红外模型研究工作是彼此独立进行的^[3-4],或模拟的温度范围较窄、稳定性较差以及效费比差等。而用热图“底片”再现热红外图像这一方法能够克服以上缺点,并可用于热红外导引头和热成像仪性能的检测和评估,亦可为军用目标的热红外隐真和示假提供一种新的技术途径。

1 热红外图像再现技术的基本原理

对光电侦察系统来说,最终获取的信息均以图像形式显示在荧光屏上,供人员观察、判读;或以数字图像形式存贮完成图像处理。红外热像仪借助获取目标和背景的辐射分布得到热红外图像,倘若能够再现并发出目标和背景具有相同特征的辐射分布,那么就能够使红外热像仪得到具有同样辐射特征的目标和背景的热红外图像,即再现目标和背景的热辐射特征。

任何一种材料对入射辐射的电磁波均具有反射、吸收和透射的性能,其透射能力与材料自身的性质有关。如果在同一性质的材料表面涂敷具有不同透射性能的涂层,则这种材料将具有不同的透射能力^[5],同一入射水平辐射能量在热红外波段就表现为不同的透射辐射能力。图1为热红外图像再现技术的原理示意图,材料左侧按照所需再现热红外图像的辐射分布涂敷具有不同透射性能的涂层,如果材料右侧的入射辐射能量相同,由于此时材料对入射辐射具有不同的透射能力,因此会相应形成具有涂层纹理的热红外图像。

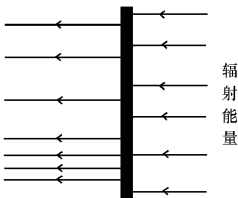


图1 热红外图像再现技术原理示意图

Fig. 1 Principle sketch of thermal IR image reproduction technique

由于材料的吸收率 α 、透射率 β 和反射率 γ 满足关系: $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。从多次实验效果看,材料自身对热红外辐射的透射率满足: $\beta \gg \alpha, \gamma$,且材料自身的导热系数 λ 值大,即材料在热红外波段上是透明的。如果材料右侧入射辐射的热流量均匀且恒定(记为 q),材料厚度与其平面尺寸相比可忽略不计,则材料自身不发出热量(即材料内部无内热源),此时材料可看成是无限大平板的一维稳态温度场。如不考虑环境条件对材料表面的影响,根据传热学的傅里叶定律,有:

$$q = -\lambda \times \text{grad} T \quad (\text{W/m}^2) \quad (1)$$

式中: q 为热流量; $\text{grad} T$ 表示温度梯度; λ 表示材料的导热系数;“-”表示热流方向与温度梯度的方向相反。

根据传热学理论,此时材料左侧辐射的热流量完全由涂层的导热系数决定。图2为对材料左侧进行划分的网格单元,每个网格单元的导热系

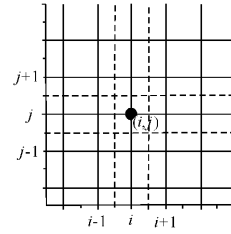


图2 材料左侧划分的网格单元

数是所在网格单元的函数,即有 $\lambda(i, j)$ 。此时(1)式可写为

$$q = \lambda(i, j) \times \text{grad} T \quad (2)$$

图3为将材料左侧表面划分成 20×20 个网格单元,且入射辐射通量为 617 W/m^2 时材料左侧表面的辐射通量分布图。从辐射通量分布图看,由于材料左侧的辐射通量在各个网格单元上是不同的,

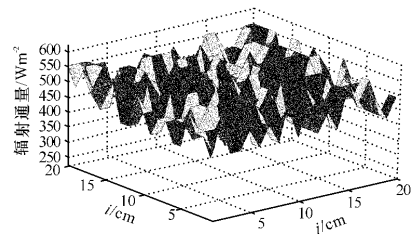


图3 辐射通量分布图

Fig. 3 Distribution diagram of radiation flux

因此,在红外热像仪上会形成相应的热红外图像,这就是热红外图像再现技术的基本原理。

2 热红外图像再现技术的实现方法

为了验证热红外图像再现技术的可行性,提出一种热红外图像再现技术的实现方法。根据红外热像仪获取所需的再现目标/背景热红外图像,按照其灰度分布特征制成相对应透射水平的热图“底片”。实验装置示意图如图4所示,左侧为一均匀发热的平面热源,热图“底片”和平面热源离开一定的距离,此时用红外热像仪对其进行观察,就能使原目标/背景的热红外辐射特征分布再现在热成像仪上。



图4 热红外图像再现实验装置

Fig. 4 Experiment equipment for reproduction of thermal IR image

目标/背景灰度热图像的“底片”可通过多种途径获得,最初是利用普通黑白底片拍摄的方法获取目标/背景的灰度热图像,并把其做成负片。理论上讲,黑白底片中的卤化银颗粒在冲洗曝光过程中所形成的灰度差异对热红外辐射传输会形成不同的透过水平,从而导致热成像仪上再现出目标/背景的热图像。该方法取材容易、加工简单,便于推广。在实验方案研究初期,预计所需要的热源能量较大,故先采用600 K的黑体作为热源。通过多次实验观察发现:黑白底片的底材对热红外能量透过能力较弱,不宜作为热图再现的“底片”。为此需寻找一种对热红外辐射能量具有较高透过能力的材料,且易形成目标/背景的灰度图像。经过多方调研及试验,找到了一系列可行材料(如113号材料),并取得了较好的预期效果,如图5所示。

图中左侧为用红外热像仪采集的某一热图像,右侧为左侧图像经热图像再现技术再现后的图像(右侧再现的热图像已经过适当放大,但并未做其他任何处理)。从再现热图像的灰度分布看,除局部精细的效果稍差外,左侧热图像的主要温度辐射分布特征已在右图中很好地再现出来了。表1为这2

个热图像相应灰度图像统计的标准方差、均值和相关系数。

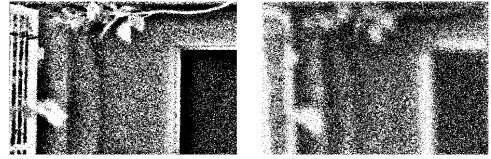


图5 某一热图像和再现的热图像

Fig. 5 One thermal image and its reproduction thermal image

表1 2个热图像相应统计值

Table 1 Correspondence statistical values of two thermal images

	相关系数	标准方差	均值
原热图像	0.68	91.87	105.29
再现热图像	0.68	58.10	108.65

从表1的统计数值来看,均值基本一致,标准方差值相差较大,相关系数值说明了两者为相似。标准方差数值相差大的主要原因是由于再现热图像放大的结果。随着研究的深入,已可再现出效果更好的热图。同时发现:黑体热源虽能辐射很强的能量,但由于其辐射的能量很大且过于集中,在热成像仪上观察到的灰度图像并不均匀,这给利用相同入射辐射能量再现热图像带来了很大的弊端。为此,制作了一新型均匀可控平面热源。

图6为不同时间段、不同平面热源辐射温度条件下,再现的热图像与对应时间段上获取的热图像的相关系数数值曲线图。

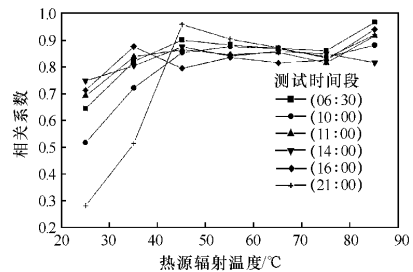


图6 不同时间段、不同热源辐射温度下图像间的相关系数曲线

Fig. 6 Correlation coefficient curves of different time slot and heat source radiation temperature

从图6的曲线可以清楚地看出,当平面热源的辐射温度为35 °C时,除测试时间21:00外,再现的热图像与原热图像的相关系数均在70%以上。当热源的辐射温度在40 °C以上时,在任何时刻再现出

的热图像与原热图像的相关系数均在80%以上。从其变化的规律可以看出,此种方法可以通过控制热源的辐射强度使其与环境变化相适应。

3 结论

热红外图像再现技术是军用目标与背景在红外热成像建模及其红外景象合成技术研究方面的一种新的技术手段,它与图像模拟和仿真技术有着本质区别。图像模拟是利用相应的技术手段模拟出目标和背景的热红外辐射特征分布,它可以模拟出自然界根本不存在的任何事物。而再现技术是根据目标和背景的热红外辐射特征分布,利用相应的技术手段把其再现出来,前提是必须先要有相应的热红外图像。因此,从图像的视觉效果看,对于辐射特征分布的细节再现技术要比模拟技术更易实现。

参考文献:

[1] 刘隆和. 多模复合寻的制导技术[M]. 北京:国防工

业出版社,2001:243-251.

LIU Long-he. The multi-model composite homing guidance technology [M]. Beijing: National Defence Industry Press. 2001:243-251. (in Chinese)

[2] Mark L B Rodgers. The development and application of diurnal thermal modeling for camouflage, concealment and deception[J]. SPIE, 2000, 4029: 369-377.

[3] YOSEL N B. Measurement and analysis of 2-D infrared natural background[J]. Appl. Opt., 1985, 24 (14):210-219.

[4] YOSEL N B. Simulation of IR images of infrared natural background[J]. Appl. Opt., 1983, 22(1): 190-200.

[5] 王洪昌,王占山. 多层膜优化设计方法[J]. 应用光学, 2005,26(5): 50-53.

WANG Hong-chang, WANG Zhan-shan. The optimizing and designing method of multilayer film [J]. Journal of Applied Optics, 2005, 26 (5): 50-53. (in Chinese)

美以“喀秋莎盾”激光武器项目悄然下马

据报道,在经历了长达10年研制过程,花费了3亿多美元后,美国和以色列悄无声息地搁置了“喀秋莎盾”激光武器研究计划。该项激光武器计划被搁置的主要原因是这种武器体积庞大、成本高昂,在战场上的预期效果却不尽如人意。参与启动这项计划的美国前五角大楼官员彭罗斯·奥尔布赖特说,这项半途而废的计划说明制造反导弹武器的种种困难以及失败的后果。

10年前,黎巴嫩真主党武装向以色列发射了成百上千枚“喀秋莎”火箭弹。美国和以色列因此一致决定研制一种能在火箭弹飞行途中将其摧毁的激光武器。美国和以色列1996年4月批准建造名为“喀秋莎盾”的武器研制计划。这套系统的样机体积大约相当于6辆公共汽车,包括指挥中心、追踪目标的雷达和望远镜、化学激光器、燃料箱和一个向目标反射激光的旋转镜面。2000年,这种武器在实验中击落了20多枚“喀秋莎”火箭弹。但是,军方官员说,测试人员始终没有同时发射两枚以上火箭弹以检验这种武器的传感器和激光束。以色列特拉维夫大学战略研究中心的军事分析家伊夫塔·沙皮尔说,如果一个火箭发射车在不到1分钟内发射40枚“喀秋莎”火箭弹,可以轻而易举地压制住这套防御系统。此外,用这种激光武器发射一次就需要大约3000美元,“保护以色列整个边境将需要几十台这种装置”,其费用可能高达数十亿美元。

(秦 风)