

文章编号: 1001-5078 (2006) 09-0893-04

## 地面机动目标的红外伪装技术探讨

吕相银, 凌永顺, 李玉波, 吴丹, 路远  
(解放军电子工程学院, 安徽 合肥 230037)

**摘要:**利用红外热像仪对行驶中车辆的红外特征进行了实验测试和研究, 在对传统红外伪装技术分析的基础上, 探讨了机动目标红外伪装的难点, 提出了针对重要地面机动目标的新颖红外伪装技术, 并介绍了实验测试方法。

**关键词:**地面机动目标; 红外; 伪装; 半导体制冷

**中图分类号:** TN976      **文献标识码:** A

### Discussion of the Ground Maneuver Target's Infrared Camouflage Technology

LÜ Xiang-yin, LING Yong-shun, LI Yu-bo, WU Dan, LU Yuan  
(Electronic Engineering Institute of PLA, Hefei 230037, China)

**Abstract:** The running vehicle's infrared character is tested by the thermal imaging system. After the analysis of the tradition infrared camouflage technology, the difficulty of infrared camouflage for the ground maneuver target is analyzed. Then the new type infrared camouflage technology for important maneuvering ground targets is put forward and the experiment is done.

**Key words:** ground maneuver target; infrared; camouflage; the semiconductor cooling

#### 1 引言

随着红外成像制导技术的发展, 对目标红外伪装的要求越来越高。尤其是行驶在路面上的一些重要机动目标, 由于其所行驶路面的红外特征一般都比较明显, 往往容易成为敌方侦察的重点, 而目标本身由于处于运动状态, 其红外伪装要比静止目标伪装困难得多。本文从实验测试车辆行驶中的红外辐射特征和所经历的路面背景的红外辐射特征入手, 分析了路面机动目标红外伪装的难点, 在分析传统红外伪装不足的基础上, 讨论了路面机动目标的新颖红外伪装技术。

#### 2 路面机动目标及所处路面背景的红外辐射特征

由 Planck 公式、Stefan-Boltzmann 定律等热辐射的基本规律可知<sup>[1]</sup>, 目标的红外特征主要是由构成目标材料的表面温度和发射率所决定的。重要机动目标如导弹发射车等所行驶的路面, 一般都为柏油

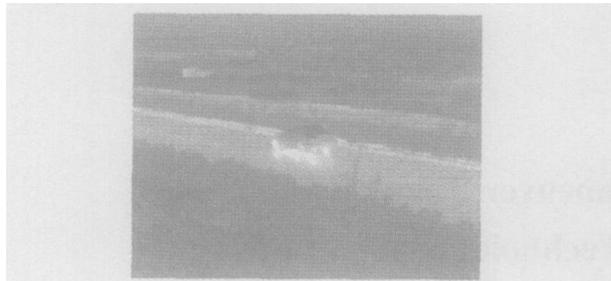
路面或水泥混凝土路面, 由于其形状特征比较明显, 路面结构和表面材料比较单一, 因此其表面温度和发射率都有着与周围环境不同的特性, 由图 1 可以看出其红外特征非常明显。图 2 是用红外辐射测温仪测试的路面温度特征, 可以看出路面温度起伏不大, 与图 1 的实验结果相符。

对于作为机动目标的车辆, 在行驶过程中, 一方面发动机的工作会产生大量的热量引起周围部分的高温, 进而产生很强的红外辐射, 这些辐射一部分会被车体挡住或反射到地面, 没有挡住的部分便向空间辐射强烈的红外辐射, 构成了车辆红外特征重要的一部分; 另一方面, 轮胎在转动过程中由于和驱动

作者简介: 吕相银 (1978 - ), 男, 博士研究生, 主要研究方向为光电对抗。

收稿日期: 2006-03-17

轴以及路面的摩擦也会产生大量的热量,温度迅速升高,因此轮胎也发出很强的红外辐射。此外,车辆的尾喷口如果没有被车体遮挡的话,也将是一个非常重要的红外辐射源。总体来说,车辆的辐射温度明显高于背景。整个车体的辐射中,车辆上部辐射相对较弱,车体下部轮胎部位和发动机部位辐射较强。同时路面也反射目标的辐射,因而靠近强红外辐射源的路面在热像仪上也呈现出较强红外辐射信号,如图 1(a)所示。另外机动目标热红外成像的清晰度相对于可见光来说比较弱,且远距离处高温点源特性比较突出,如图 1(b)所示。



(a)近距离车辆红外辐射特征



(b)远距离车辆红外辐射特征

图 1 行驶中车辆的红外辐射特征

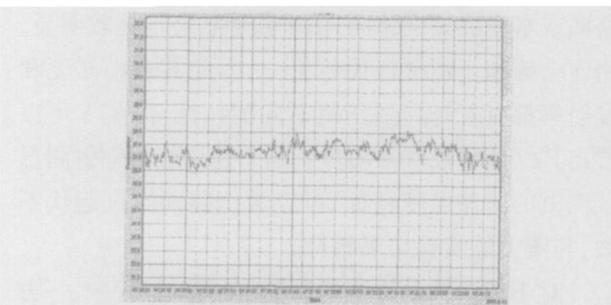


图 2 路面的温度特征

### 3 地面机动目标红外伪装的难点分析

对于机动目标,红外伪装的困难主要体现在以下两个方面:

一是机动目标往往和背景之间存在热惯性的差异,随着环境和热源的变化,目标与背景的温度都会变化。对于热惯性大于路面的机动目标,在日出以后,目标的表面温度往往比路面背景温度低,而在日落以后,目标的表面温度与背景的温度出现反转而

高于路面背景。对于热惯性小于路面的机动目标,情况刚好相反。这些因素的影响使目标的温度很难和背景融为一体,造成了目标红外特征抑制的难题;

二是被保护目标处于运动状态,由于其运动特征、进气及排气尾烟剂等原因,常规的伪装网等伪装器材很难适用,而且机动目标的动力部位,如发动机和轮胎等处于较高温度状态,现役的伪装涂料无法掩盖高温特征,遮障的热屏蔽和热迷彩难度加大。

由于以上原因,机动目标周围环境和背景处于时刻变化状态,常规的针对特定环境和背景的红外伪装技术和器材,不能确保被保护机动目标全时刻和全天候的伪装效果。因此对机动目标而言,传统的红外迷彩和隔热技术很难达到很好的红外伪装效果。

## 4 地面机动目标红外伪装技术探讨

### 4.1 红外伪装技术的研究现状

到目前为止,常见的目标红外伪装和隐身技术主要有以下几种方法:采用低发射率材料技术实现红外迷彩、采用相变材料、采用热惯量大和大热容量材料、采用光谱转换技术、采用冷却技术和隔热技术<sup>[2]</sup>等。

红外迷彩伪装是针对红外成像探测和制导的主要隐身技术手段。这种技术是以不同的红外发射率的斑块形成红外迷彩,从而使目标在被红外热像仪观察时形成的目标被分割或变形或与背景相融合,使目标不易被红外热像仪所探测和识别,从而达到隐身或伪装的效果。

相变材料技术是利用物质的相变化,如在固态、液态和气态的相互转变中或固态的晶型转变中,要吸收或放出大量的热量来减少目标温度的波动或减小目标背景间的温差。利用相变材料在发生物相转变时伴随吸热放热效应而引起温度变化的这种特性,可以从温度上对目标的热辐射能量加以控制。因此,近年来相变材料在热隐身方面的应用倍受瞩目。相变材料体系通过将内装相变物质的胶囊埋置在泡沫状物质中、分散在织物中、或是与胶粘剂混合后用在军事目标上,通过吸收目标放出的热量,降低其热红外辐射强度。

与使用相变材料的目的相似,大热惯性材料和大热容量材料,也都是为了减少目标温度的波动或减小目标背景间的温差。

光谱转换技术通常是利用掺杂半导体材料,将

吸收的某种波长的光谱转换成另一种波长的光。它在红外伪装上的应用,就是将容易被红外探测器探测的能量转变成不容易被其探测到的能量。

隔热技术典型使用隔热毯,它通常由隔热性能良好的材料组成,主要作用是遮挡被保护目标的红外辐射。冷却技术是针对动力部位及其排气系统,如美军在驱逐舰中采用燃气轮机排气引射系统降低排气温度,同时在烟道内布置喷水系统,在遭受攻击时喷出水雾以冷却烟气。

上述措施除了红外迷彩和冷却及隔热技术外,其它的措施由于对材料有特殊要求尚未进入实用阶段。

#### 4.2 针对机动目标的新型红外伪装技术探索

由于在传统的伪装方式中,材料的发射率和热惯性一经确定,就不能改变,因而无法达到全时空和全天候的同背景融合,尤其是在环境温度骤变时,由于遮障等伪装器材本身的升降温跟不上背景的温度变化,因而伪装器材反而成了一种暴露的目标。而采用变发射率材料和半导体的电致变温技术,同时利用传感器技术探测背景的红外辐射特征,通过控制系统来控制目标发射率和温度的变化,将有效地实现目标和背景之间全时刻和全天候的融合,进而实现目标的智能红外隐身。

##### 4.2.1 变发射率材料<sup>[3]</sup>

变发射率材料是一种能够在外部激励(如电场、光、热等)作用下,发射率能够循环改变的材料。由于背景的多样性以及其随时间的变化性,隐身涂料的发射率最好能随背景的改变而改变。理想的变发射率材料所提供的发射率和反射率应能做到与背景自适应。目前在可见光波段,变色材料在国内外已有很多报道成果。但是在红外波段,红外变色材料,也就是变发射率材料,仍处于研究阶段,其关键在于色原体的研制。国外也报道了利用导电聚合物实现红外发射率的动态变化的技术<sup>[3]</sup>。但如何把相关材料技术应用于机动目标的表面,实现智能控制仍是一个难点,有待于进一步研究。

##### 4.2.2 半导体电致变温技术

当一块 N 型半导体材料和一块 P 型半导体材料联结成电偶对时,在这个电路中接通直流电流后,就能产生能量的转移,电流由 N 型元件流向 P 型元件的接头,吸收热量,成为冷端;由 P 型元件流向 N 型元件的接头,释放热量,成为热端。吸热和放热的

大小是通过电流的大小以及半导体材料 N、P 的元件对数来决定,这就是半导体变温原理<sup>[4]</sup>。

半导体制冷器的工作运转是用直流电流,通过改变直流电流的极性来决定在同一制冷器上实现制冷或加热。图 3 就是一个单片的制冷器,它由两片陶瓷片组成,其中间有 N 型和 P 型的半导体材料(碲化铋),这个半导体元件在电路上是串联形式连结组成。

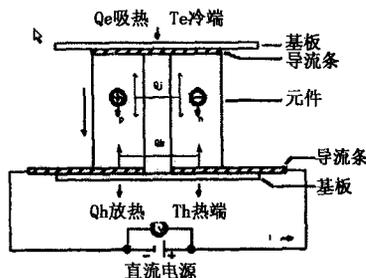
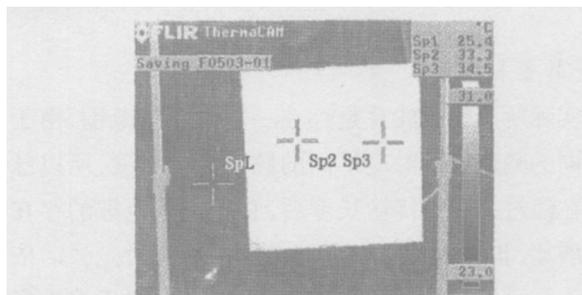
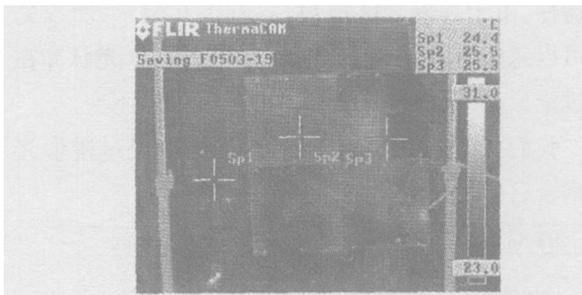


图 3 半导体制冷原理图

半导体变温不需要任何制冷剂,也不需要复杂的机械部件,既能制冷,又能加热,而且热惯性非常小,通过对输入电流的控制,可实现高精度的温度控制,再加上温度检测和控制手段,很容易实现遥控、程控、计算机控制,便于组成自动控制系统。由于这些优点,它成为非常适用于空间受到限制的地面重要机动目标上红外智能隐身中的温度控制技术。



(a)控制前



(b)控制后

图 4 变温器件温度随背景的变化

通常情况下,柏油路面的发射率是一定的。当目标表面所涂材料发射率与其一致时,只要控制目标温度和路面温度一致,则目标就可和路面背景相

融合,实现红外隐身的目的。根据这种思路,利用传感器技术探测路面背景的温度,然后通过控制系统来控制半导体变温器件的温度,将可有效地实现目标和路面背景之间全时刻和全天候的融合,进而实现目标的智能红外隐身。据此,我们设计了模仿路面温度变化的背景模板和相应的半导体变温器件,并进行了有关实验。图 4 是实验中控制前后的两幅图片。由图 4 可以看出,没有控制时由于“目标”(变温器件)的温度远高于“背景”的温度,呈现出与“背景”截然不同的红外特征。当启动自动控制系统后,传感器感知目标的温度后,迅速通过控制系统对变温器件进行温度控制,在很短的时间内(20s之内)就实现了目标和背景的融合。

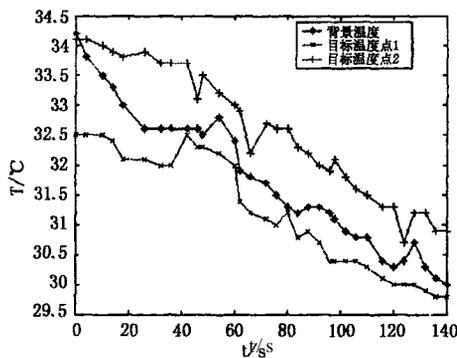


图 5 目标温度随背景温度的变化

图 5 是目标温度随背景温度变化而自适应变化的数据记录。由图 5 可以看出,虽然背景温度在不断变化,但是目标温度始终保持在和背景温差在 1 的范围内,可以认为目标在背景中实现了很好的智能隐身。

## 5 结束语

随着红外成像系统在战争中越来越广泛应用,未来地面机动目标的红外伪装必然要向智能化方向发展。若要实现目标的智能红外伪装,就要实现对目标表面发射率和温度的智能控制。在变发射率材料未取得突破以前,半导体制冷技术以其结构简单、控温实时精确等特点,可以在实时控制温度进而实现目标的智能红外伪装中发挥特殊的作用。

## 参考文献:

- [1] 张建奇,等. 红外物理 [M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004
- [2] 时家明,路远. 红外对抗原理 [M]. 北京:解放军出版社,2002
- [3] P Chandrasekhar, T J Dooley Far-IR transparency and dynamic infrared signature control with novel conducting polymer systems[A]. Proc. SPIE, 2528: 169 - 180
- [4] 徐德胜. 半导体制冷与应用技术 [M]. 上海:上海交通大学出版社,1999

(上接第 888 页)

而实际所用的载波总是存在一定的频谱范围,由于不同的频谱分量对应不同的脉冲传播速度,所以脉冲在经过一定的传输长度后,总会由于色散的存在而展宽;非线性效应主要是指由折射率对光强的依赖关系而导致的自相位调制(SPM),但对于熔锥光纤器件,由于其耦合区极短,只有十几微米,所以完全可以忽略色散效应和非线性效应,因此,光脉冲在经过锥形光纤耦合后,会保持其脉冲形状不变。

我们按如图 9 实验装置,对光脉冲经过锥形光纤耦合后的变化进行了检测。

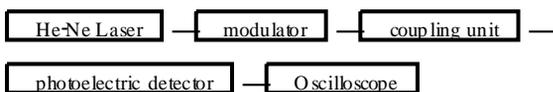


图 9 检测调制特性检测

Fig 9 the measuring of modulated properties

从示波器的显示图对比可知,脉冲在实验误差范围内基本无变化。即光脉冲在经过锥形光纤耦合

传输后其形状保持不变。

## 6 结论

锥形光纤主要是靠锥区的特殊性质来实现光功率的分配、复用/解复用、功率耦合和增益平坦化等功能,因此研究锥型光纤的传输、耦合、偏振和调制特性是非常必要的,不但有利于熔锥型光纤器件性能的提高,也可以进一步促进光纤器件的发展和应用。

## 参考文献:

- [1] D K Mynbavv, L L Scheiner 光纤通信技术 [M]. 北京:科学出版社,2002 3: 597 - 600
- [2] 黄祝明,张国平. 光纤锥探针传输特性的研究 [J]. 吉林化工学院学报,2002,19(2): 30 - 31
- [3] 傅思镜,刘叶新,童洲森. 单模光纤熔锥型 OWDm 耦合率的计算 [J]. 中山大学学报,2001,40(2): 122 - 125
- [4] 肖志刚,祝生祥,薛春荣. 锥形光纤的偏振特性 [J]. 应用光学,2004,25(6): 22 - 25