

文章编号:1001-5078(2007)06-0558-03

一种动态红外隐身技术的实现与分析

冯云松,路远,范彬,吴丹

(解放军电子工程学院安徽省红外与低温等离子体重点实验室,安徽 合肥 230037)

摘要:提出了动态红外隐身技术的一种实现方案。综合考虑地面目标和地表环境的热红外特征,分析了目标动态红外隐身的基本理论,并利用调温器件阵列实现目标的动态红外隐身,最后给出动态红外隐身实验的结果和分析。

关键词:红外隐身;调温器件;红外热像

中图分类号:TN976 **文献标识码:**A

Realization and Analysis of a Dynamic Infrared Stealth Technique

FENG Yun-song, LU Yuan, FAN Bin, WU Dan

(Key Lab of IR and Low Temperature Plasma of Anhui Province, Electronic Engineering Institute, PLA, Hefei 230037, China)

Abstract: A scheme of dynamic infrared stealth techniques is presented. Infrared characterizations of ground targets and backgrounds are considered synthetically, and basic theory of targets dynamic infrared stealth is analyzed. By analyzing the presented result of the infrared stealth experimentation finally, targets had been realized dynamic infrared stealth with arrayed adjustable temperature devices distinctly.

Key words: infrared stealth; adjustable temperature devices; infrared images

1 引言

红外制导和红外成像制导武器的发现、识别和跟踪目标的能力越来越强,并且具有全天候工作的能力,各种地面被防护目标(如指挥、通信中心,导弹发射井等国防工程以及导弹发射车、坦克等移动目标),受到来自红外制导武器的威胁也越来越严重,因而,对地面目标红外隐身技术的研究和创新是提高其生存力和战斗力的关键和核心。

2 地面目标与背景的热红外特征分析

从红外物理学可知,黑体的普朗克公式通常可表示为:

$$M_{b\lambda} = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1} \quad (1)$$

式中, $M_{b\lambda}$ 为黑体的光谱辐射出射度, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$; λ 为波长, μm ; T 为物体的温度, K ; $c_1 = 3.741832 \times 10^{-16} \text{W} \cdot \text{m}^2$; $c_2 = hc/k = 1.438786 \times 10^{-2} \text{m} \cdot \text{K}$ 。

现实中的物体多数可以看作灰体,灰体的总辐射出射度由斯蒂芬-玻耳兹曼定律决定:

$$M = \varepsilon \sigma T^4 \quad (2)$$

式中, M 为物体的总辐射出射度; σ 为玻耳兹曼常数; ε 为物体的发射率; T 为物体的热力学温度。此式说明物体的热辐射与其温度和发射率有关。

本文所考虑的目标主要指如指挥、通信中心,导弹发射井等国防工程地面被防护目标以及导弹发射车、坦克等移动目标。由辐射理论可知,目标的热辐射主要由目标的外表面温度 T_i 及其表面发射率 ε_i 确定。目标外表面温度 T_i 通常由于受内部工作状态影响而高于或者低于环境温度 T_b 。但是目标表面的发射率 ε_i 对目标的红外辐射影响相对较小,很难从总体上改变目标所具有的辐射趋势。

至于地表,波长小于 $4\mu\text{m}$ 时,地物的红外辐射与太阳光和构成地物的物质反射率有关,超过 $4\mu\text{m}$ 时,地物的红外辐射主要来源于自身的热辐射。大

作者简介:冯云松(1979-),男,硕士,主要研究方向为光电对抗及图像处理等。E-mail:fyseei@163.com

收稿日期:2007-11-09

多数地物均有高的发射率,所以地表的红外辐射与地表温度更为密切相关,由图1可知,在不同时刻地表温度变化较大。

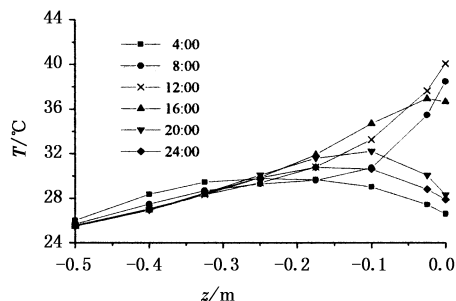


图1 地表和土壤内部在不同时刻的温度分布

由被保护目标和背景的热辐射特征分析可知,静态红外伪装很难适应变幻莫测的战场环境,必须使被保护目标的红外辐射随环境变化而动态变化。

3 隐身机理

3.1 红外隐身的准则

红外隐身的原则是使红外热成像系统在红外隐身模块上所获得红外图像信号和在环境中获得红外图像信号一致,即必须有:

$$\int_s \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} M_b(X, \lambda, t) \tau(\lambda, t) R(\lambda) d\lambda ds = \int_s \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} M_i(X, \lambda, t) \tau(\lambda, t) R(\lambda) d\lambda ds \quad (3)$$

式中, $M_b(X, \lambda, t)$ 表示地表在空间 X 点的红外辐射光谱分布; $M_i(X, \lambda, t)$ 表示动态隐身模块在空间 X 点的红外辐射光谱分布; s 为红外成像探测器像元所对应的面积。

由于红外探测器的光谱响应不尽相同,单纯从数学上看,要使上式成立的严格条件是:

$$\int_s M_b(X, \lambda, t) ds = \int_s M_i(X, \lambda, t) ds \quad (4)$$

即红外隐身模块必须有与实际场景完全相同的红外辐射分布特征,才能在光谱域实现对任意红外探测器的完全隐身。

3.2 红外隐身模块阵列热辐射特征性能分析

根据基尔霍夫定律,热辐射元阵列的红外辐射分布可写为:

$$M_i(X, \lambda, t) = \varepsilon(X, \lambda, t) M(X, \lambda, t) \quad (5)$$

式中, $M(X, \lambda, t)$ 为空间 X 点的黑体辐射; $\varepsilon(X, \lambda, t)$ 为热辐射元表面发射率,常选发射率较高的灰体材料,用 ε_m 表示; $X = X(T)$, 表示空间坐标 X 是温度 T 的函数。

对于某一时刻,调节隐身模块上对应热辐射元的温度 T ,使之满足:

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} M_b(X, \lambda, t) \tau(\lambda, t) R(\lambda) d\lambda$$

$$= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varepsilon_m M_i(X, \lambda, t) \tau(\lambda, t) R(\lambda) d\lambda \quad (6)$$

隐身模块的每一单元的温度独立可控, $m \times n$ 元隐身模块就可产生空间分辨率为 $m \times n$ 的二维红外景像。依照实际背景的红外辐射空间和时间变化分布,不断调节对应热辐射元的温度,即可在红外探测器上获得与背景等效的序列动态红外图像,从而使目标实现动态红外隐身。

4 隐身系统方案

4.1 调温器件

经长期研究和探索,研制出一种轻便、实用的调温器件,器件的工作原理如图2所示。当直流电流从1端流向2端时,器件的上面产生吸热现象,此端称冷面;而下面产生放热现象,此端称热面。如果电流方向反过来,从2端流向1端时,则冷热端相互转换。所以该种调温器件的一面吸热一面放热。

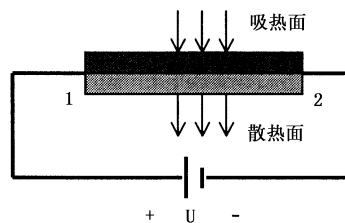


图2 调温器件示意图

由于调温器件具有随电压换向和幅值变化而迅速改变(升/降)两侧温度的特性,所以采用该器件作为隐身模块的热辐射元,组成调温器件阵列,另外在阵列表面涂敷一层发射率接近地表发射率的灰体材料,并在可见光波段迷彩。

3.3 隐身系统工作原理

隐身系统的工作原理如图3所示。

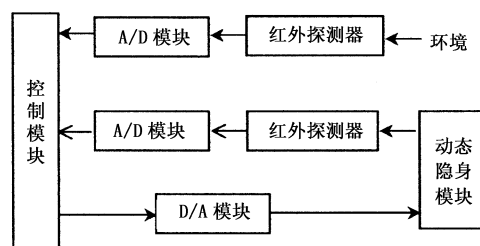


图3 隐身系统框图

由红外探测器测得地表的辐射温度,经 A/D 模块数字化后,将一路信号送入上微机;同时,由红外探测器测得动态隐身模块的辐射温度,经 A/D 模块数字化后,将另一路信号送入上微机。将两路信号进行比较,并形成升温/降温指令,以使动态隐身模块跟踪环境温度,从而使目标达到动态红外隐身。

5 试验结果及分析

在隐身模块的动态红外隐身过程中,用置于离隐身模块约4m处的8~14μm红外热像仪,分别在

第0s、第6s、第10s采集隐身模块的红外热像,并用灰度直方图表示出不同时刻起红外热像的统计特征,如图4所示。在第0s、第6s的红外热像图以及其灰度直方图,可以明显探测、辨识目标,但是当第10s时,其灰度直方图只有一条狭长的峰,目标几乎实现与背景(地表)的完全融合,达到在极短时间内目标动态红外隐身的目的。

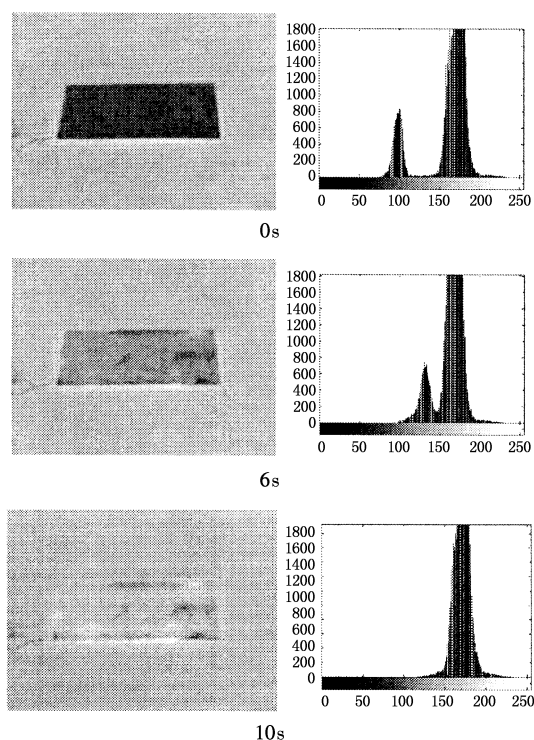


图4 隐身模块红外图像及其灰度直方图

6 结束语

该隐身系统有较理想的红外隐身效果,并能随环境的变化动态的实现红外隐身,在目标防护领域中具有较为广泛的应用前景。为了能使该系统达到实战应用水平,须从以下几个方面进一步深入研究:

(1)控制方式的优化;

(2)调温器件的轻型化、软质化可以进一步探讨和研究;

(3)隐身模块的阵列结构以及散热问题必须作为一个重要的研究内容;

(4)研究隐身模块与被防护目标间的兼容性问题。

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] 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,1992.
- [3] 王春勇,等. 红外图像特征分析与模拟[J]. 红外技术, 1996,5:14-18.
- [4] 徐飞,等. MATLAB应用图像处理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [5] 谢剑英,贾青. 微型计算机控制技术[M]. 北京:国防工业出版社,2001.
- [6] 宣益民,韩玉阁. 地面目标与背景的红外特征[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [7] S R Harutyunyan, et al. Thermoelectric cooling at cryogenic temperatures[J]. Applied Physics Letters, 2003, 83 (11): 2142-2144.

关于《激光与红外》网上稿件审理系统的说明

一、登录系统

登录激光与红外网站(www.laser-infrared.com),点击“激光与红外杂志”导航菜单即可进入系统页面。

二、用户注册

系统采用“邮件激活”的方式自由注册。填写个人基本信息要准确、真实,特别是通信联系方式要详实,以便及时联系。为确保您的E-mail准确有效,注册后,系统会很快通过E-mail发送“注册成功通知单”,按照系统提供的有关信息,打开“激活用户”网页点击“激活”命令按钮即可正常使用。

审稿人,可由愿意承担本刊审稿的人员担任,须经本人注册申请、编辑部审核同意后,即可开展审稿工作。

三、关于稿件

登录“在线投稿”系统后,通过“稿件管理”栏下的“稿件查询”菜单,可看到稿件的整个进程状态和审理记录,如果投稿后在此看不到新稿信息,说明投稿不成功,需重投。

不要使用“投稿”菜单投修改稿,否则系统将视为重复投稿。请通过“稿件管理”的“上传/下载修改稿”菜单,针对“退修”意见,下载上传修改稿:如果是作者本人要求修改稿件内容,请用E-mail通知编辑部,经系统“退修”后,按上述步骤进行即可。建议使用Ms Office2003 Word“工具”菜单下的“修订”功能修改稿件,以便查看修改记录,保证稿件审理进度。

由于其他原因,作者要求撤稿,请通过E-mail通知编辑部,系统将作“退稿”处理。