

〈制导与对抗〉

## 红外双波段自适应伪装装置研究

何士浩<sup>1</sup>, 刘剑<sup>1,2</sup>, 张俊举<sup>1</sup>, 曾萌<sup>1,2</sup>

(1.南京理工大学 电子工程与光电技术学院, 江苏 南京 210094; 2.无锡市星迪仪器有限公司, 江苏 无锡 214000)

**摘要:** 对红外双波段自适应伪装装置的实现方案进行了理论分析, 并详细介绍了装置的组成、设计方案和硬件设计, 通过实验证明了装置的自适应伪装效果。装置可以在近红外和远红外双波段内实现自适应伪装, 对自适应伪装装置的研发有一定的参考价值。

**关键词:** 近红外; 远红外; 双波段; 自适应伪装

中图分类号: TN223

文献标志码: A

文章编号: 1001-8891(2017)09-0855-04

## Research on an Adaptive Camouflage Device Based on Near and Far Infrared Bands

HE Shihao<sup>1</sup>, LIU Jian<sup>1,2</sup>, ZHANG Junju<sup>1</sup>, ZENG Meng<sup>1,2</sup>

(1. Nanjing University of Science and Technology, Electronic engineering and Photoelectric technology department,  
Nanjing, 210094, China; 2.Xingdi Instruments Co., Ltd, Wuxi 214000, China)

**Abstract:** In this paper, the scheme of an infrared dual-band adaptive temperature control and color-changing camouflage device is theoretically analyzed. The composition of the device, scheme, and hardware design are introduced in detail. The adaptive camouflage effect of the device is verified via numerous experiments. According to the results, it can be observed that the device can realize adaptive camouflage in the near-infrared and far-infrared bands, which is highly relevant for the research and development of an adaptive camouflage device.

**Key words:** near infrared, far infrared, dual band, adaptive camouflage

## 0 引言

由于科学技术的迅猛发展, 军事侦察和精确打击能力大幅度提高, 红外高技术侦察手段显示出强大的优势和作用。在这种条件下, 军事目标的生存防卫显得尤为重要。伪装是提高军事目标战场生存能力的一种重要手段。妨碍敌人侦察和干扰制导武器攻击目标的伪装遮蔽物称为遮障, 具有伪装频域宽、价格低廉, 使用方便等突出的优点, 集中体现了隐真、遮蔽、融合等3项伪装技术, 被广泛用于地面固定工程设施及装备的伪装, 在条件允许的情况下, 还可作为大面积施工地域以及集群目标的伪装。

伪装遮障有两点要考虑的因素。一方面, 伪装材料所仿造的斑点、图案、表面状态及波谱特征(如颜色、亮度、雷达散射系数和中远红外辐射特性)要与背景特征相匹配。对于特定的环境, 一般可以找到与

背景波谱特征相匹配的材料。但当目标所处环境的温度、亮度等发生改变时, 目标的波谱特征也相应地发生变化, 这时伪装材料的波谱特征难以与之相匹配, 伪装失效。另一方面, 在现代战争中, 敌方的侦察已不仅仅是单一的侦察形式, 而是多种侦察手段综合运用。在这种情况下, 伪装遮障系统应是包括紫外、可见光、近红外、远红外以及毫米波、厘米波等波段的全波段兼容的综合性器材, 又应是在各个波段的单一频波上有最佳性能的器材, 以有效的对付全波段内的相应的探测器材的综合性或单一性、高分辨率的探测。针对以上两点, 设计了一种红外双波段自适应控温变色伪装装置。

## 1 原理分析

红外双波段自适应控温变色伪装装置中的双波段指波长1~3 μm的近红外波段和波长8~14 μm的

收稿日期: 2016-11-05; 修订日期: 2017-05-14。

作者简介: 何士浩(1993-), 男, 硕士研究生, 研究方向为光学工程。

远红外波段。通过采集目标温度及环境照度等信息,可自动调控伪装板温度及表面近红外补偿,使其与背景的红外辐射特性相对一致,达到目标对近红外与远红外波段的自适应智能伪装效果。

### 1.1 远红外自动控温功能

通过感知环境红外信号和装置自身的远红外信号,经由控制电路处理,输出脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation, PWM)信号驱动半导体芯片,使装置的红外辐射温度能根据环境温度快速变温,形成远红外迷彩大斑点,达到自适应迷彩伪装效果;或者通过PC机的人为调控,改变红外大斑点的温度,形成所需迷彩;随着温度的改变,装置表面的远红外特性也进行相应改变,使目标在远红外部分达到与环境特征动态融合的效果,实现温度可调式自适应变化。

### 1.2 近红外自适应补偿功能

近红外自适应补偿模块主要实现装置在近红外波段的伪装。通过采集环境光的照度信息,并将采集到的照度信息传送到主控电路模块;主控电路根据采集到的照度信号,结合装备及目标的近红外反射率,计算输出电压驱动信号,采用PWM驱动调制,通过电压占空比的变化自动改变补偿量;补偿驱动模块接收主控电路模块输出的驱动信号,驱动LED发光,LED发光强度随驱动信号的变化而变化,达到近红外自适应补偿的目的。

## 2 装置的硬件设计

装置由伪装板单元模块、光度探头、热释电探头、单片机主控模块、电源模块、PC机构成,原理框图如图1所示。

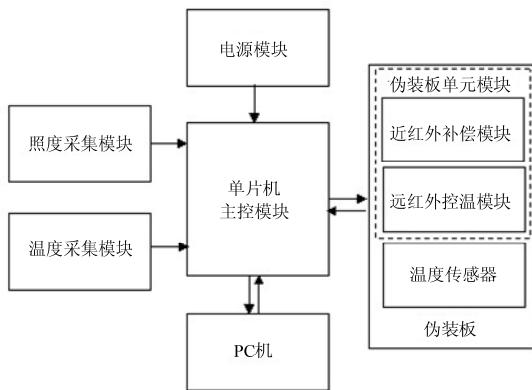


图1 装置结构 Fig.1 Device structure

### 2.1 电源模块

装置工作电压为标准市电电压,即220V交流电。电源模块内置12V变压器,电源模块硬件方面采用低压差线性稳压芯片,将12V电压转变成稳定的5V电压。5V电压用于运算放大器、EEPROM、MAX232

电平转换芯片、热释电探头、LED驱动等,12V电压用于驱动H桥电路。

### 2.2 温度采集模块

装置中包含2个采温装置,一是通过温度传感器(AD590)探测伪装板的温度,二是通过非接触式红外温度传感器(热释电红外传感器),探测背景环境的温度,选用型号为TN901。TN901采用高灵敏度、高精度、低功耗的设计,保证了采用的优良特性,同时,TN901自带内部协议,包含模数转换模块,热释电红外探头接收到目标的红外辐射,根据红外测温原理将目标的红外辐射信息转化成目标的温度,通过模数转换模块将采集到的温度数据转化为串行数字信号输出。



图2 环境温度采集流程

Fig.2 Environmental temperature acquisition process

### 2.3 照度采集模块

参考光谱亮度补偿的理论原理,以背景植被的反射率和装置的反射率差值与环境中目标波段光强的乘积,作为所需补偿量。由光度探头采集环境的光照强度,光度探头中包括硅光电池和滤光片,光度探头将采集到的信息传送到CD4066芯片。CD4066是双向模拟开关,由4个相互独立的模拟开关构成,每个开关有输入、输出和控制3个端子,其中输入、输出端可以互换。控制端加高电平时,开关导通;控制端加低电平时,开关断开。开关可以相互独立的开断,互不影响。从CD4066出来的照度信息通过ADS1101模数转换芯片转换成串行数字信号,输出给单片机使用,单片机将有用信号存储于FM24C04。照度采集模块电路的结构如图3所示。

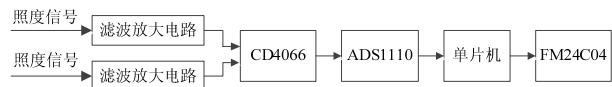


图3 照度采集模块电路的结构

Fig.3 Structure of illumination acquisition module circuit

### 2.4 伪装板单元模块

伪装板是装置的主要部分,利用伪装板可对需要伪装的目标进行遮挡,伪装板与背景在近红外与远红外波段范围内实现动态融合,达到伪装效果。伪装板由若干个单元模块拼接而成,装置中的伪装板由32个单元模块组成,被均分成4组,每组后面设有温度传感器,用于实时探测各组的温度,探测到的温度信息依次经过滤波放大电路和模数转换电路,输出给单片机,如图3所示。每个单元模块又包括近红外补偿

模块和远红外控温模块。这些单元模块由表面层、隔热层、电路层和散热层组成,单元模块形状成正六边形,有利于伪装板的无缝拼接及面积扩展。单元模块上均匀分布着6个不同波长的LED灯,6种波长覆盖近红外波段,通过导光柱将光线导出,用作近红外补偿。表面层背面紧贴半导体元件,在驱动电压的控制下,半导体元件可实现升温或降温。伪装板单元模块结构如图4。

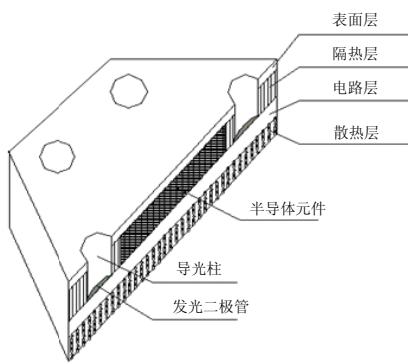


图4 伪装板单元模块切面图

Fig.4 The section of the camouflage board module

## 2.5 单片机主控模块

单片机主控模块完成信息的分析、处理以及整体调控。装置中的单片机采用R8C028单片机,光度探头采集的照度信息、TN901采集的背景温度信息以及AD590采集的伪装板温度信息汇总到单片机主控模块,单片机根据背景及伪装板的温度差,产生驱动信号用于驱动H桥电路。同时根据当前环境照度信息及伪装板表面反射率,产生驱动信号用以控制发光二极管。

## 2.6 PC机

装置上含有串口,可根据需要与PC机相连,通过串口调试助手可对装置进行控制。装置通过串口可输出环境照度信息、伪装板及环境背景温度信息。PC机也可通过串口向装置发送指令,控制伪装板整体或单个区域的升温或降温。

## 3 装置的性能测试及应用

### 3.1 远红外自适应性

远红外自适应性是指伪装板温度可以随环境温度的变化而变化,完成自动控温功能,装置的自动控温过程曲线如图5所示。实验环境温度为17.8℃。

实验中,将红外温度传感器对准背景(实验开始背景温度与环境温度相同),参照板不作任何处理,不具备自适应性。实验开始1~9s时,保持背景温度不变,参照板和伪装板温度与背景(环境)温度近似相等,9s时改变背景温度,使之升高到22.8℃,2s

后伪装板温度开始升高,25s时,达到与背景相近的温度并保持稳定状态,40s时,背景温度降低到环境温度,随后伪装板也下降到环境温度,实现与背景温度一致变化的自适应伪装效果。而参照板在实验中保持温度不变,不具备自适应性。

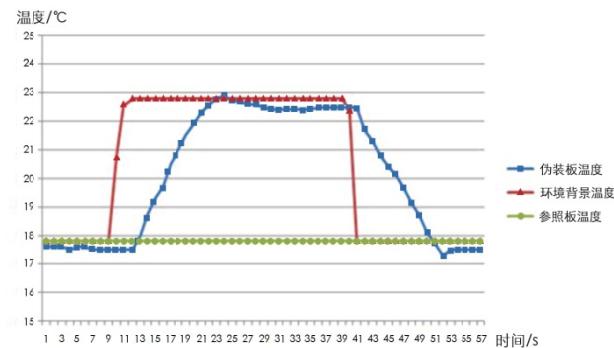


图5 装置自适应性实验曲线

Fig.5 The experimental curves of the adaptability of the device

如图6红外自适应效果图所示,将伪装板分成两部分,一部分与控制板相连,为伪装区,另一部分与控制板断开,为非伪装区。将手臂作为目标,热释电探测器探测手臂温度。可以发现,在伪装区内,手臂与伪装板温度相同,达到几乎完全融合的状态,而非伪装区内,手臂与伪装板温度相差较大,在远红外图像下,目标暴露明显。

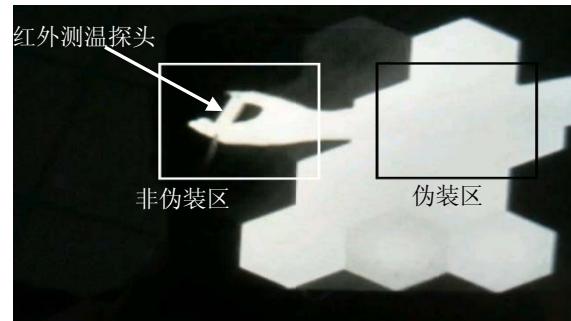


图6 远红外自适应性效果图

Fig.6 Far infrared adaptive effect diagram

### 3.2 近红外自适应补偿

图7为近红外自适应补偿效果图,伪装板被分成补偿区和非补偿区两部分,以树为背景目标,在环境光照度20000lx下进行实验。

通过相关软件计算图像灰度值,表1给出了环境光照度20000lx时各区域的灰度及其同目标的对比度信息,从表中可以看到,补偿区同目标的对比度远小于非补偿区同目标的对比度,装置可以实现近红外自适应补偿功能。



图 7 近红外自适应补偿效果图

Fig.7 Near infrared adaptive compensation effect diagram

表 1 环境照度 20000lx 下各区域灰度及其同目标的对比度

Table 1 The gray contrast between each region and target under 20000lx illumination

	灰度	对比度
目标	144	0
补偿区	151	0.045
非补偿区	117	0.188

## 4 结论

本文讨论了装置的组成、设计方案，并对系统硬件进行了设计，通过实验证了装置的自适应伪装效果。本文的研究成果一方面可应用于提高部队武器装备的伪装防护水平，保证机动群团在现代高技术侦察手段下的隐形特性，从而确保军事目标的安全；另一方面可推广应用与机库、阵地等固定目标的伪装防护，也可用应用于指导地形假目标的设计及野营帐篷、野战医院的搭建。本文的研究成果具有重要的军事、经济应用价值和良好的推广前景。

## 参考文献：

- [1] 冯云松, 范彬, 李亮. 动态红外迷彩伪装的机理与实现[J]. 现代防御技术, 2013, 41(2): 51-55.  
FENG Yunsong, FAN Bin, LI Liang. Mechanism and Realization of dynamic infrared camouflage[J]. *Modern Defence Technology*, 2013, 41(2): 51-55.
- [2] 唐平, 彭天秀, 曹红锦. 国外多频谱伪装网的结构和材料[J]. 环境装备工程, 2008(5): 58-60.  
TANG Ping, PENG Tianxiu, CAO Hongjin. The structure and material of multi spectral camouflage network abroad[J]. *Materiel environmental engineering*, 2008(5): 58-60.
- [3] 李科, 徐克虎, 张波. 多特征自适应融合的军事伪装目标跟踪[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(34): 171-174.  
LI Ke, XU Kehu, ZHANG Bo. Military camouflage target tracking based on multi feature fusion[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2012, 48(34): 171-174.
- [4] 李佩青, 田英, 曹嘉峰. 自适应红外隐身技术研究进展[J]. 传感器与微系统, 2013(10): 5-8.  
LI Peiqing, TIAN Ying, CAO Jiafeng. Research progress of adaptive infrared stealth technology[J]. *Transducer and Microsystem Technologies*, 2013(10): 5-8.
- [5] 颜云辉, 王展, 董德威. 军事伪装技术的发展现状与趋势[J]. 中国机械工程, 2012, 23(17): 2136-2141.  
YAN Yunhui, WANG Zhan, DONG Dewei. Development status and trend of military camouflage technology[J]. *China Mechanical Engineering*, 2012, 23(17): 2136-2141.
- [6] 李俊涛. 基于 H 桥驱动电路的半导体制冷片恒温控制系统[J]. 北华大学学报: 自然科学报, 2010, 11(5): 464-466.  
LI Juntao. Constant temperature control system of semiconductor refrigeration chip based on H bridge driving circuit[J]. *Journal of Beihua University: Natural Science*, 2010, 11(5): 464-466.