

电阻阵列红外假目标变换弛豫时间研究

樊帆, 田昌会, 杨百愚, 李均盛, 王云飞, 穆鑫, 田晓霞

(空军工程大学理学院,西安,710051)

摘要 为了获得电阻阵列红外假目标变换的弛豫时间,为提高图样变换速度提出解决思路,通过对不同电阻(丝)的升、降温特性测试和分析指出:常见的电阻中金属膜电阻的升、降温时间最短,时间在30 s左右;2种康铜电阻丝的升、降温时间变化长于金属膜电阻,其中升温增长约22.4%,降温增长约43.9%。被釉电阻与陶瓷绕线电阻升、降温时间较长,均超过了100 s;同一电阻,在不同加热电压下的升、降温时间基本一致;同一电阻其降温时间长于升温时间。实验结果表明:可通过选用质量小、比热容小的电阻及介质材料来降低电阻的升、降温时间,提高电阻元件阵列红外假目标显示屏图样变换速度。

关键词 红外假目标;电阻阵列;弛豫时间

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2015.06.011

中图分类号 TN216 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2015)06-0051-04

Research on Relaxation Time of a Resistor Array Infrared Decoy Transformation

FAN Fan, TIAN Changhui, YANG Baiyu, LI Junsheng, WANG Yunfei, MU Xin, TIAN Xiaoxia
(Science College, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

Abstract: In order to obtain the relaxation time of the resistor array infrared decoy transformation, and to settle an idea for improving transformation speed of patterns through testing and analyzing the temperature variety characteristics of different resistors, a conclusion is as follows: Among familiar resistors, metal-film resistor has the shortest relaxation time in increasing and decreasing temperature which is approximately 30 s. Two kinds of constantan resistance wire's relaxation time are longer than Metal film resistor's, the time of increasing temperature extends about 22.4%, and the time of decreasing temperature extends about 43.9%, the relaxation time of increasing and decreasing temperature of glazed wire wound resistor and Ceramic wire wound resistor are relative longer, which more than 100 s. One resistor has about the same relaxation time under different voltages. The relaxation time of cooling is longer than that of temperature rise to the same resistor. To shorten the relaxation time of temperature variety and improve patterns transformation speed, the resistor and the dielectric material must have small mass and heat capacity.

Key words: infrared decoy; resistor; relaxation time

随着红外探测技术的飞速发展,各种具有高探测精度、高分辨率的红外探测和遥感设备不断涌现,

收稿日期:2014-12-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(21471159)

作者简介:樊帆(1990-),男,陕西韩城人,硕士生,主要从事红外辐射特性与探测研究.E-mail:yffs766172@163.com

通信作者:田昌会(1963-),男,教授,博士,主要从事红外辐射特性与探测研究.E-mail:tchtyb001@163.com

引用格式:樊帆,田昌会,杨百愚,等.电阻阵列红外假目标变换弛豫时间研究[J].空军工程大学学报:自然科学版,2015,16(6):51-54. FAN Fan, TIAN Changhui, YANG Baiyu, et al. Research on Relaxation Time of a Resistor Array Infrared Decoy Transformation[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2015, 16(6): 51-54.

对武器装备的战场生存产生了极大的威胁^[1-4]。对抗这些高精度红外探测的方法主要有:①降低目标的红外辐射,主要应用于飞机、舰艇等重装备;②提供红外假目标,以欺骗敌方的侦查、探测和制导系统,达到保护重要军事目标或迷惑敌人的目的^[4]。红外假目标的研制也是红外辐射、传输与探测研究的需要^[5-7]。目前已经成型产品中应用的主要技术为电阻(丝)加热法^[8-9],也有一些资料提出的新理论,比如红外影像投射技术^[10]、相变材料^[11-12]研制红外假目标等。以上研究只针对单一目标,要实现一个假红外装置可以变换红外图样来提供不同装备的红外信号,控制电阻元件阵列的红外辐射是一种可行方法。这种显示方式涉及图样的变换驰豫时间,它主要取决于电阻的升降温时间。为了给出确切的数值并对降低图样变换时间提出努力方向,本文对不同电阻(丝)的升、降温时间作了测试,并对降低电阻升、降温时间的途径作了进一步分析。

1 实验测试方法

为了全面了解电阻的升降温特性,比较不同结构电阻(丝)的升、降温时间,实验中,将阻值都为 $100\ \Omega$ 的五环金属膜电阻(A)、被釉绕线电阻(B)、陶瓷绕线电阻(C)、有绝缘漆层的康铜电阻丝(D)、无绝缘漆层的铁铬铝电阻丝(E)分别依次接通到可控电源装置上。在环境温度稳定的情况下(室温温度: $24\ ^\circ\text{C}$)在电阻(丝)上分别加载 $3\ \text{V}$ 、 $4\ \text{V}$ 、 $5\ \text{V}$ 电压,用G120红外热像仪(发射系数取 0.9)拍摄记录电阻(丝)温度变化过程,每隔 $5\ \text{s}$ 记录 1 次。温度到达稳定状态后,关闭电源,用测量升温过程相同的方法测量降温过程。为了保持使用条件相接近,电阻丝测量用密绕结构,将直径 $0.1\ \text{mm}$ 有绝缘层的电阻丝紧密缠绕在长 $8\ \text{cm}$ 、宽 $2\ \text{cm}$ 的云母隔热板上,没有绝缘层的电阻丝每圈间隔在 $1\ \text{mm}$ 以内,但不能接触。

2 实验结果与分析

为了比较分析测量结果,对所获得的热像图进行数据提取,应用origin软件做出拟合的电阻升、降温曲线图,图1为升温过程,图2为降温过程。图中符号▲、▼、★分别代表加载电压为 $3\ \text{V}$ 、 $4\ \text{V}$ 、 $5\ \text{V}$ 的升、降温测试数据。

从图中可以看出,电阻(丝)在不同电压下的升、

降温规律是相似的。为了定量,取电阻升(降)温过程中达到最大升温差 90% 时所对应的时间为升(降)温时间,加压 $5\ \text{V}$ 时不同电阻(丝)的升、降温时间。见表1。可以看出:金属膜电阻升温时间最短,2种电阻丝的升温变化略长于金属膜电阻,其中升温增长约 22.4% ,降温增长约 43.9% 。被釉电阻与陶瓷绕线电阻升温时间较长,超过了 $100\ \text{s}$;从图中可以看出,同一电阻,在不同电压下,达到的最高温度不同,但所用的时间基本一致;同一电阻其降温时间略长于升温时间,升温快的电阻降温速度也快。

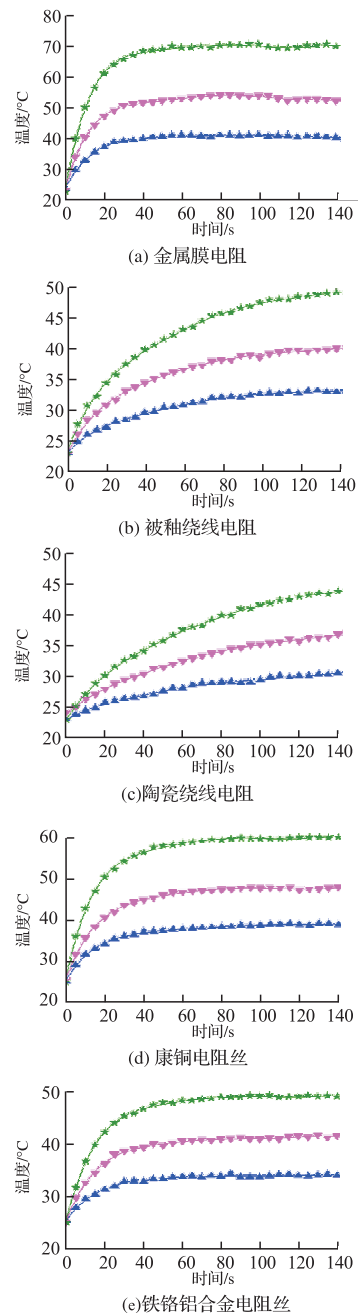


图1 电阻升温过程图

Fig.1 The process of increasing temperature

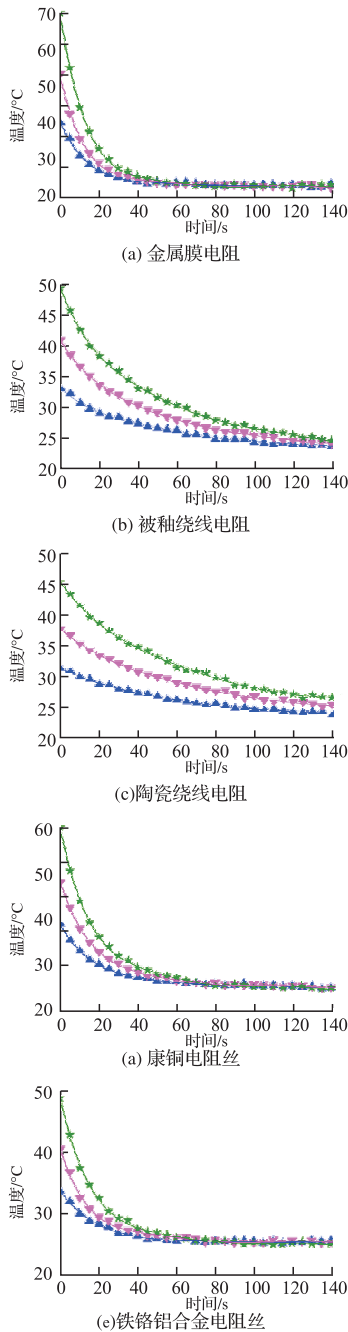


图 2 电阻降温过程图

Fig.2 The process of decreasing temperature

表 1 不同电阻(丝)的升、降温时间

Tab.1 The relaxation time of increasing and decreasing temperature of the resistors or resistance wire

电阻	A	B	C	D	E
$t_{\text{升温}} / \text{S}$	29	100	135	35	36
$t_{\text{降温}} / \text{S}$	33	135	160	45	50

在电路中,电阻产生的热功率 P 与加载电压 U 及阻值 R 满足关系式: $P=U^2/R$, 同一电阻, 加载电压越大, 热功率越大, 升温速度越快, 但电阻升温也越高, 电阻与环境的温差也大, 散热也多, 相应需要增长到温度稳定值的时间, 正是因为这正、反两方面的影响, 同一电阻在不同加载电压下的升、降温时间

基本一致。

对于不同电阻(丝), 降温时间大于升温时间的情况, 本文认为主要决定于电阻的结构。用热像仪测量电阻(丝)温度, 实际反映的是电阻(丝)表面的红外辐射温度, 它取决于发热体发热量、热对流、热传导和热辐射。被釉绕线电阻和陶瓷绕线电阻其构造是将镍铬线(或者锰铜线、康铜线)绕在耐热瓷管上, 并且在表面加上耐热、耐湿, 无腐蚀的不燃性保护材料(保护漆或者玻璃釉)制作而成的电阻, 在加载电压时, 直接发热体镍铬合金电阻丝, 热量传递至电阻表皮保护材料(玻璃釉或保护漆), 同样也传递给内部的瓷管结构, 电阻丝发热体在整个电阻中的比例偏小, 传递过程中要加热外层电阻材料所需热量较多, 无论在升温还是降温过程中, 都会受到热量在不同材料之间传递的影响, 导致升、降温弛豫时间延长; 而金属膜电阻是采用高温真空镀膜技术将镍铬合金或者其它类似的合金, 镀在白瓷棒的表面, 然后经过切割调试达到符合要求的阻值。由于金属膜电阻在加载电压时直接发热部分是镍铬合金膜, 热量除向外扩散外也向内部的瓷管结构传递, 金属膜发热体占电阻体积的比例大, 电阻内部热量传递影响很小, 故而升降温时间相对于其它电阻要短。对于电阻丝而言, 由于测试时需缠绕在云母板上, 受云母片在升温时会吸收热量与降温时会释放热量的影响, 电阻丝的升、降温弛豫时间稍长于金属膜电阻。对于降温时间大于升温时间的问题, 我们认为这主要因为加热体距表面近, 表面升温快于整体升温, 而降温过程需整体温度下降, 体传热需要更长时间。

从物体的比热容公式可以进一步说明有效降低电阻升、降温时间的途径。物体的比热容定义式:

$$C = \frac{\Delta Q}{m \Delta T} \tag{1}$$

式中: ΔQ 为吸收或释放的热量; ΔT 为温度的变化量; m 为材料的质量。

将式(1) 变换, 可以得出温度的变化量:

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{mC} \tag{2}$$

可见, 对于功率一定的情况下要增加单位时间的温度改变量, 降低升、降温时间, 需选用质量小、比热容小的电阻及介质材料。

3 结论与讨论

通过实验测试与数据分析可知: 市面上常见的电阻中金属膜电阻升、降温时间最短, 时间在 30 s 左右; 同一电阻在不同加热电压下的升、降温时间基

本一致,降温时间略长于升温时间。

通过理论分析可知:要降低电阻的升、降温时间,提高电阻元件阵列红外假目标显示屏图样变换速度,可通过选用质量小、比热容小的电阻及介质材料来实现。

红外热像仪实际测量的是目标的红外辐射亮度,通常用目标的辐射温度来反映,取用不同的发射系数其辐射温度显示值会有所不同,但对辐射亮度没有影响。本文实际关心的是辐射亮度,只是采用辐射温度这种常用的表征方法,因此,本文发射系数统一取 0.9 可能对电阻材料不一定都合理,但不会影响本文的相关结论。

参考文献(References):

- [1] 田昌会,蔡明,王斌科,等. 红外辐射对比度概念的探讨[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2013,14(4):92-94.
TIAN Changhui, CAI Ming, WANG Binke, et al. Discussion of Infrared Radiation Contrast[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2013, 14(4):92-94. (in Chinese)
- [2] Hemant R. Sonawane, Shripad P. Mahulikar. Tactical Air Warfare: Generic Model for Aircraft Susceptibility to Infrared Guided Missiles[J]. Aerospace Science and Technology, 2011, 15: 249-260.
- [3] Sidonie Lefebvre, Antoine Roblin, Suzanne Varet Gerard Durand. A Methodological Approach for Statistical Evaluation of Aircraft Infrared Signature[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2010, 95: 484-493.
- [4] 胡江华,秦建飞,沈均平. 防红外成像制导伪装技术途径探讨[J]. 红外技术, 2005, 27(2): 119-123.
HU Jianghua, QIN Jianfei, SHEN Junping. A Study on Camouflage Approachs against Infrared Imaging Guide[J]. Infrared Technology, 2005, 27(2): 119-123. (in Chinese)
- [5] 田昌会,杨百愚,蔡明,等. 大气背景对红外目标探测的影响研究[J]. 红外与激光工程, 2014, 42(2): 438-441
TIAN Changhui, YANG Baiyu, CAI Ming, et al. Effect of Atmospheric Background on Infrared Target Detection[J]. Infrared and Laser Engineering, 2014, 42(2): 438-441. (in Chinese)
- [6] Xiubao Sui, Qian Chen, Lianfa Bai. Detection Algorithm of Targets for Infrared Search System Based on Area Infrared Focal Plane Array Under Complicated Background[J]. Optik, 2012, 123: 235-239.
- [7] Zhengzhou Li, Jing Chen, Yuanshan Gu, et al. Small Moving Infrared Space Target Tracking Algorithm Based on Probabilistic Data Association Filter[J]. Infrared Physics & Technology, 2014, 63: 84-91
- [8] 程永. 面源红外假目标特性参数分析[J]. 水雷战与舰船防护, 2012, 20(2): 72-74.
CHENG Yong. Analysis on Characteristic Parameters of Surface-type Infrared Decoy[J]. Mine Warfare & Ship Self-defence, 2012, 20(2): 72-74. (in Chinese)
- [9] 刘静梅, 宫伏安. 烟幕协同的面源红外干扰使用及效果评估研究[J]. 舰船电子工程, 2011, 31(8): 176-179.
LIU Jingmei, GONG Fuan. Research on Usage and Effect Evaluation of Surface-type Infrared Jamming Cooperated with Smoke Screen[J]. Ship Electronic Engineering, 2011, 31(8): 176-179. (in Chinese)
- [10] 胡江华, 马栋良, 秦建飞, 等. 一种新型红外影像假目标的可行性分析[J]. 红外技术, 2007, 29(7): 422-424.
HU Jianghua, MA Dongliang, QIN Jinfei, et al. Feasibility Analysis of a New Type Infrared Image Decoy [J]. Infrared Technology, 2007, 29(7): 422-424. (in Chinese)
- [11] 满亚辉. 相变潜热机理及其应用技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2010.
MAN Yahui. The Mechanism and Application of Phase Change Latent Heat[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2010. (in Chinese)
- [12] Ye Hong, Jiang Lifeng. Optimization Design of Thermal Conduction Enhanced PCM Plates for Simulating the Infrared Signature of Steel Plate[J]. Journal of China Ordnance, 2008, 4(1): 52-60.

(编辑:徐敏)