

· 红外技术 ·

## 一种基于热管温控技术的红外抑制方法

杨 辉, 谢 卫, 张拴勤, 凌 军, 连长春

(总装工程兵科研一所, 江苏 无锡 214035)

**摘 要:**针对高温物体的红外抑制方法,采用具有高导热特性的热管模块进行研究。理论分析了热管模块的技术特点,建立了热管模块的热传导模型,计算了不同功率的热管模块实现红外抑制的效能,搭建了热管模块原理验证试验模型,实际测试了热管模块的红外抑制效果。测试结果表明,辐射温度为140℃的物体经热管导热散热后辐射温度仅为65℃。

**关键词:**红外辐射;红外抑制;热管

中图分类号:TQ051.5

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2011)06-0022-03

## Infrared Suppression Approach Based on Heat Pipe Temperature Control Technology

YANG Hui, XIE Wei, ZHANG Shuan-qin, LING Jun, LIAN Chang-chun

(The First Engineers Scientific Research Institute of the General Armaments Department, Wuxi 214035, China)

**Abstract:** Aiming at the method for infrared suppression of the high temperature object, the heat pipe with the high thermal conductivity is studied. The technology characteristics of heat pipe are analyzed theoretically, and the thermal conductivity model of heat pipe module is established. The performance of the infrared suppression of the heat pipes with different power is calculated systematically. The experimental model of the theory of the heat pipe module is established, and the infrared suppression effect of heat pipe is tested. The results show that the radiation temperature of the object is reduced from 140℃ to 65℃ when the heat pipe is used.

**Key words:** infrared radiation; infrared suppression; heat pipe

从红外物理学可知,物体红外辐射能量由斯蒂芬—玻尔兹曼定律决定<sup>[1]</sup>

$$W = \epsilon \sigma T^4 \quad (1)$$

式中, $W$ 为物体的辐射发射量; $\epsilon$ 为玻尔兹曼常数; $\sigma$ 为物体的比辐射率; $T$ 为物体的绝对温度。

物体的红外辐射能量与温度的四次方成正比,因此对高温物体,降低其红外辐射特性的主要方法是降低其温度。红外抑制的主要方法有蒸汽制冷、半导体致冷、磁制冷、热管温控等。热管是一种传热元件,它充分利用了热传导原理与致冷介质的快速热传递性质,其导热能力远远超过任何已知金属的导热能力。通过热管温控装置的设计和制备,实验验证了热管温控的红外抑制效能。

### 1 热管技术简介

高效导热散热结构是指结合热管和高效散热翅片的复合结构,其特点是能够迅速将热源部位的热量转移到散热翅片上,利用散热翅片的高效散热特性将热量迅速散发到周围环境背景中<sup>[2]</sup>。图1表示了热管管内汽-液交界面形状,蒸汽质量、流量、压力以及管壁温度 $T_w$ 和管内蒸气温度 $T_v$ 沿管长的变化趋势。沿整个热管长度,汽-液交界处的汽相与液相之间的静压差都与该处的局部毛细压差相平衡。

热管正常工作的必要条件是

$$\Delta P_c \geq \Delta P_l + \Delta P_v + \Delta P_g \quad (2)$$

其中, $\Delta P_c$ 是热管内部工作液体循环的推动力,用来

克服蒸汽从蒸发段流向冷凝段的压力降 $\Delta P_v$ , 冷凝液体从冷凝段流回蒸发段的压力降 $\Delta P_l$ , 和重力场对液体流动的压力降 $\Delta P_g$  ( $\Delta P_g$ 可以是正值、负值或为零, 视热管在重力场中的位置而定)。

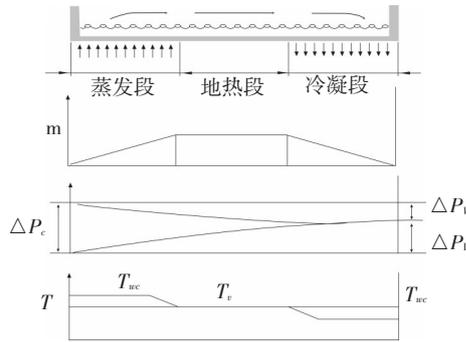


图1 热管工作示意图

## 2 热管温控装置设计与制备

### 2.1 热管温控装置设计<sup>[3-7]</sup>

在进行热管设计前, 应该确定以下因素: ①热管管内工作液体的选择; ②热管管内吸液芯结构形式; ③热管的工作温度, 以及工作情况下热管内部工作液体的饱和蒸汽温度; ④热管管壳材料的选择。

管径设计: 管径设计的一个基本原则就是管内的蒸汽速度不超过一定的极限值, 这个极限值就是在蒸汽通道中最大马赫数不能超过0.2, 这时蒸汽流动可以被认为不可压缩的流体流动, 轴向温度梯

度很小, 可以忽略不计。

管壳设计: 热管工作时, 一般处于负压状态(低温热管除外), 外界压力一般为大气压力, 故可以不考虑管壳失稳的问题, 因而管壳的设计主要从强度考虑。

吸液芯设计: 设计吸液芯的依据是毛细极限的计算。

### 2.2 热管温控装置制备<sup>[8-9]</sup>

热管的主要零部件为管壳、端盖(封头)、吸液芯、腰板(连接密封件)四部分, 首先要对这些部分进行制备。

(1)管壳制备: 热管管壳采用金属无缝钢管, 管径为20 mm。同时考虑管材与工作液体相容性的要求。

(2)端盖: 端盖外圆尺寸稍小于管壳。

(3)吸液芯结构: 吸液芯的结构形式将直接影响到热管的性能。管芯制备应考虑: ①. 足够大的毛细抽吸压力, 或较小的管芯有效孔径; ②. 较小的液体流动阻力, 即有较高的渗透率; ③. 良好的传热特性; ④. 良好的工艺重复性及可靠性。

(4)管芯的构造型式: 管芯的构造型式采用组合管芯。

(5)工质的选择: 工质优选考虑液体的沸点、工作温度范围等参数。

采用了微型多槽道平板热管作为散热元件, 工

表1 热管的工作温度与工作介质及相容壳体材料

种类	工作介质	工作温度/( $^{\circ}\text{C}$ )	相容壳体材料
常温热管	已烷	0 ~ 100	黄铜、不锈钢
	丙酮	0 ~ 120	铝、铜、不锈钢
	乙醇	0 ~ 130	铜、不锈钢
	甲醇	10 ~ 130	铜、不锈钢、碳钢
	甲苯	0 ~ 290	低碳钢、低合金钢
	水	30 ~ 250	铜、碳钢
中温热管	萘	147 ~ 350	铝、不锈钢、碳钢
	联苯	147 ~ 300	不锈钢、碳钢
	导热姆A	150 ~ 395	铜、不锈钢、碳钢
	导热姆B	147 ~ 300	不锈钢、碳钢、镍
	汞	250 ~ 650	奥氏体不锈钢
高温热管	钾	400 ~ 1 000	不锈钢
	铯	400 ~ 1 100	钛、铌
	钠	500 ~ 1 200	不锈钢、镍合金
	锂	1 000 ~ 1 800	钨、钽、钼、铌
	银	1 800 ~ 2 300	钨、钽

质选择了水、乙醇、丙酮混相介质。图2为制备的带有散热装置的平板型热管。

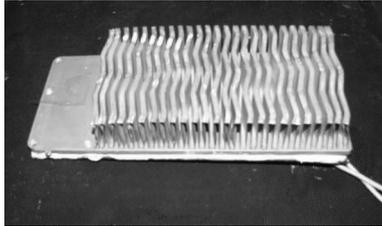


图2 带有散热装置的平板型热管

### 3 实验及效能分析

#### 3.1 实验设计

将两块相同的加热片分别连于铝板和经热管散热的铝板,在自然对流条件下用加热片加热,同时模拟自然环境空气流动,使用风洞对目标表面产生对流。采用型号为HY6850的红外热像仪(工作波段为 $8\sim 14\ \mu\text{m}$ )分别在不同加热功率条件下,当铝板表面温度达到稳定时拍摄了热图,并进行了比较。

#### 3.2 实验器材及步骤

##### 3.2.1 实验器材

- (1) 平板型热管:尺寸 $18\ \text{cm}\times 7\ \text{cm}\times 4\ \text{mm}$ ,热管一面安装了散热肋片;
- (2) 铝板,尺寸 $18\ \text{cm}\times 7\ \text{cm}\times 4\ \text{mm}$ ;
- (3) 平板型加热器,加热器电阻丝电阻为 $121\ \Omega$ ;
- (4) 风洞:风洞由风源和管道两部分构成,风源是额定功率 $40\ \text{W}$ 的排气扇,管道截面尺寸为 $29\ \text{cm}\times 29\ \text{cm}$ ,管道长 $80\ \text{cm}$ ,风洞内风速为 $3.5\ \text{m/s}$ ,如图3。

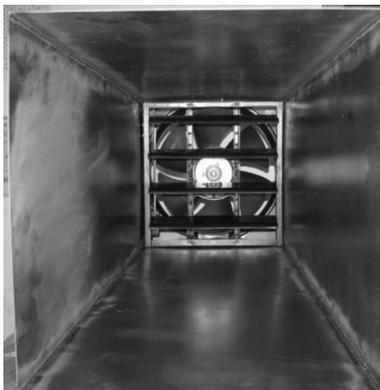


图3 风洞

#### 3.2.2 实验步骤

(1) 连接加热器和被测物,为了减小加热器和被测物体之间的接触热阻,加热器和被测物体用导热硅胶粘在一起,热管另一面布有散热肋片;

(2) 使用相同的加热功率,当热电偶显示温度达到稳态时用热像仪拍出两者的热图。

#### 3.3 实验结果

采用型号为HY6850的红外热像仪(工作波段为 $8\sim 14\ \mu\text{m}$ ),分别在加热器使用不同功率,当加热片温度稳定时拍摄了热图,图4~图5为加热器功率 $P=140\ \text{W}$ 时,自然对流和受迫对流条件下的热图。

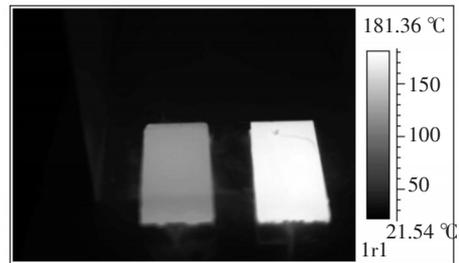


图4 自然对流热图

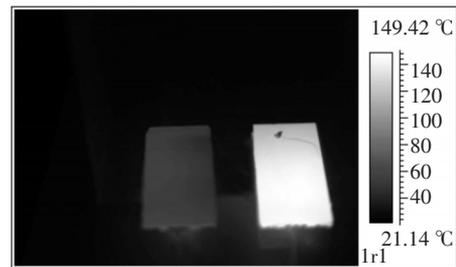


图5 受迫对流热图

表2给出了不同加热功率加热片对铝板进行加热和经过热管散热后的辐射温度。

表2 不同加热功率下铝板的辐射温度

不同加热器功率/W	辐射温度/(°C)			
	自然对流		受迫对流	
	直接加热	热管散热	直接加热	热管散热
45.5	120	80	90	40
60	140	90	110	45
140	180	110	140	65

由表2可以看出,使用热管散热后明显降低了铝板的辐射温度,当加热功率为 $140\ \text{W}$ 时,在受迫对流(下转第38页)

- [9] Zhiyao, Xiaojun Zhou, Rui Liang, et al. Numerical investigation on buffer performance based on acoustic excitation by stimulated Brillouin scattering in an As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> fiber [J]. Optics Communications, 2009, 282:2746.
- [10] Zhaoming Zhu, Daniel J Gauthier, Robert W Boyd. Supporting online material for stored light in an optical fiber via Stimulated Brillouin Scattering. [J]. Science, 2007, 318: 1748.
- [11] Zhaoming Zhu, Andrew M C Dawes, Daniel J Gauthier. 12-GHz-bandwidth SBS slow light in optical fiber [C]// Optical Fiber Communication Conference. American, 2006: PDP1.
- [12] Miguel Gonzalez Herraiez, Kwang Yong Song, Luc Thevenaz. Arbitrary-band Brillouin slow light in optical fibers. [J]. Optics Express, 2006, 14:1395.

(上接第24页)

的条件下,铝板的辐射温度为140℃,而使用热管导热散热时铝板的辐射温度仅为65℃,很好地表明了热管导热散热的作用。

#### 4 结束语

文中分析了热管导热机理,通过热管温控装置的设计、搭建,设计了对铝板加热而使用热管导热散热的模拟实验,很好地表明了热管导热散热的作用,而不同工作性质的热管技术在红外抑制方面的应用尚需进一步的研究。

#### 参考文献

- [1] 张建奇,方小平.红外物理[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004.

- [2] 杨辉,谢卫,张栓勤,等.红外抑制新方法探讨[J].光电技术应用,2010,25(3):6-9.
- [3] 康建英.热管技术简介[J].中国特种设备安全,2006,22(9):65.
- [4] 魏新宇.热管技术的应用展望[J].甘肃冶金,2006,28,(3):98-102.
- [5] 莫才颂,李权.热管传热及散热分析[J].茂名学院学报,2006,16(3):31-34.
- [6] M N伊凡诺夫斯基, V P索罗金, I V雅戈德金.热管的物理原理[M].潘永密,顾金初,华永利.北京:中国石化出版社,1991.
- [7] 黄问盈.热管与热管换热器设计基础[M].北京:中国铁道出版社,1996.
- [8] 庄骏,张红.热管技术及其工程应用[M].北京:化学工业出版社,2000.
- [9] 李时娟,杨彬.新型平板热管传热性能的实验研究[C]//第十一届全国热管会议论文集,2008:288-292.

(上接第27页)

#### 4 结论

通过算法软件仿真结果(如图1所示)与硬件实现效果(如图4所示)比对,可以发现:仿真阶段采集到的红外图像经过文献[1]所提到的改进算法出来后,再加入灰度值取反的操作,使得图像在观察上更接近于人眼的明视觉,在软件上很好地对单幅红外图像实现了图像增强。图4是将改方法应用于实时硬件系统,接监视器输出,图像模糊出现的可能性较小,图像较之原图像,轮廓得到加强,更易于识别图像目标。硬件实时系统验证了锐化算法的有效性。

#### 参考文献

- [1] 吴宗凡.红外热像仪的原理和技术发展[J].光学及光电仪器,1997:28-30.
- [2] 李星.红外热图像实时处理器的研究与设计[D].南京:南京理工大学,2002.
- [3] 郭婧,黄家才.一种组合边缘检测算法实现红外图像增强

[J].红外技术,2010,32(3):133-136.

- [4] 赵春江,施文康,邓勇.新的梯度边缘检测方法[J].光电工程,2005,32(4):86-88.
- [5] 余锦华,范宏波,郑智捷.红外视频图像实时二维增强算法与实现[J].红外技术,2005,27(3):227-230.
- [6] 王坤.MATLAB在对图像进行边缘检测方面的作用[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2005,23(2):161-165.
- [7] 毕军,张长江.红外图像边缘检测的循环移位算法[J].光电工程,2005,32(5):27-30.
- [8] 王娜,李霞.一种新的改进Candy边缘检测算法[J].深圳大学学报(理工版),2005,22(2):149-152.
- [9] 张军,李含善.可编程视频信号输入处理器SAA7111[J].国外电子元器件,2002(8):39-42.
- [10] 吴豫,孟宪元. Flash 编程器的FPGA实现[J].半导体技术,2003,28(5):48-51.
- [11] 徐大诚.C51编程在I2C总线接口通信中的应用[J].计算机应用,2002(9):80-82.
- [12] 潘松,黄继业.EDA技术实用教程[M].3版.北京:科学出版社,2009.