

弯曲热管传热性能的试验研究

徐红艳 李忠 沈同俊 谢荣建
(上海技术物理研究所 上海 200083)

摘要: 热管是一种高效的传热元件,在空间探索方面获得了广泛运用。本文以一种毛细吸液芯的管状热管为研究对象,针对不同的安装方式,主要是管路弯道数目对传热性能的影响,进行了实验研究,认为在相同的传输热量的情况下,弯道越多,热管两端温差越大。

关键词: 热管 强化传热

Experimental study on thermal characteristics of bending heat pipes

Hongyan Xu Zhong Li Tongjun Shen Rongjian Xie

(Shanghai Institute of Technical Physics Chinese Academy of Sciences Shanghai 200083)

Abstract: The heat pipe is an efficient heat transfer device. It has good application prospects in space investigation. An experimental study is conducted of three types of bending heat pipes. Given the result that: In the same heat transfer condition, the more bends is there in heat pipe the temperature difference between the cold end and hot end is larger.

Key words : heat pipe , heat transfer enhancement

1 引言

热管是一种具有高导热性能的传热元件,由于热管具有在工作区域传输效率高、能量消耗极小、无活动部件、结构紧凑、较小的体积质量比等突出的优点,已被作为传热的重要手段。被广泛用于航天器热控、空间辐射散热、遥感技术中红外探测器低温制冷及光学元件表面的热控等技术中^[1]。

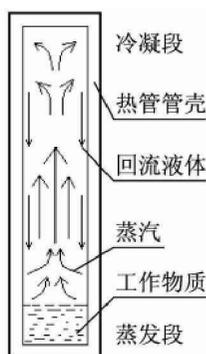


图 1 典型热管结构图

Fig1 Sketch map of classical heat pipe

普通热管是由一根两端封闭的充入一定量工作液体的管子所制成,见图 1。为了热管能够在较低温度下启动工作并具有良好的等温和传

热性能,在充入工作液体前需要将管子内部抽真空。在管内壁可加装毛细材料(如丝网)或直接采用光管,当采用光管时又称为热虹吸管,热虹吸管中的冷凝液必须依靠重力回流到蒸发段。热管工作时,工作液体在热管的蒸发段沸腾汽化吸热,在冷凝段凝结放热,凝结液在毛细力或重力的作用下返回到蒸发段继续受热汽化。由于热管利用工作液体的相变进行传热,因此具有很大的传热量^[2]。

尽管如此,热管的传热能力仍然受到某些因素限制,例如随着传热功率的增加,管内上升蒸汽和回流液的反向相对流速增大,当达到一定程度时,蒸汽对回流液产生携带,使回流液不能正常流回到蒸发段,热管由于达到携带极限而不能正常工作。当传热功率大、需要换热的冷热流体相隔较远、热管做得细长时,热管传热功率往往受到携带极限的限制。

由于受到安装位置和空间的限制,需要换热的两部分,不能通过直线热管连接,热管需要弯一道、两道,甚至数道弯,这样势必会增加工质的流动阻力,影响热管的传热性能。本文就不同数目弯道的热管传热性能开展试验研究。

2 试验装置

本文所研究的热管的相关尺寸参数如表 1 所示。热管一端安装在铝板上,铝板当作热沉,

尺寸为 800*100*20,另一端贴 50 欧姆的加热器,通过稳压直流电源供电,加热功率可调。在热管壁上贴铂电阻测温,分别在热管蒸发段,冷凝段和热沉处各贴型号为 Pt100 的铂电阻,通过数显仪可显示各测点温度。热沉和热管的外面包裹多层隔热材料,为了维持热沉低温,通过管路把液氮注入热沉。试验装置的实物如图 2 所示。

表 1 热管的物理参数

Table 1 Physical parameters of heat pipe

材料	外径	管长	壁厚	冷凝段长	蒸发段长	工质
不锈钢	10 mm	600m m	1m m	100m m	20m m	氮

试验分组,热管分为直线热管,一道弯热管、两道弯热管和三道弯热管四组,每道弯成 90°,曲率半径 80mm。开始时给热沉通液氮,降低热沉的温度,待热沉温度低于 0°C,关闭液氮阀门。待温度均匀后,开启电源加热,记录各测点温度和时间,改变加热功率,记录温度和时间变化。



图 2 热管性能测试实验装置

Fig2 Diagram of experimental system

3、试验结果

试验时热管外面未包隔热材料,热端加热功率 10.3W,由图 3 可见,热端温度逐渐上升,但在 10.7°C 时出现波动,之后继续呈上升趋势。冷端温度一直呈上升趋势,斜率小于热端,热沉温度平稳上升。热端与冷端温差由小变大,最大时达到 3.8°C。

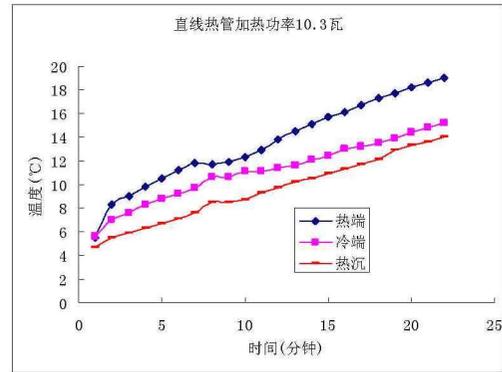


图 3 直线热管温度变化曲线

Fig3 Temperature trend lines of lining heat pipe

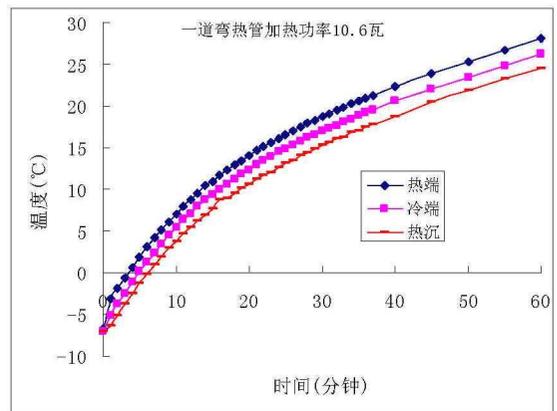
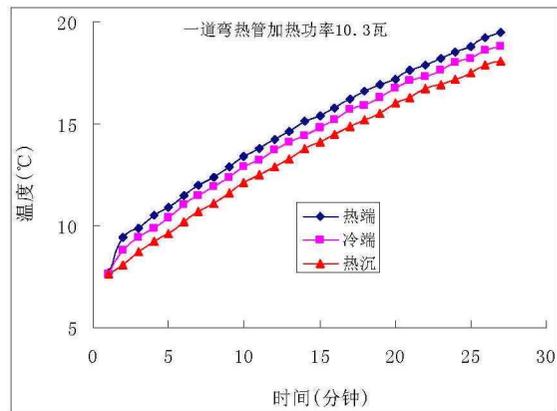


图 4 一道弯热管温度变化曲线

Fig4 Temperature trend lines of one bending heat pipe

对于一道弯热管,热管冷端和热端温度平稳上升,当加热功率为 10.3W 时,热端与冷端温差小于 0.8°C,当加热功率为 10.6W 时,热端与冷端的温差小于 1.8°C。随着传热功率的增加,热管两端的温差加大。

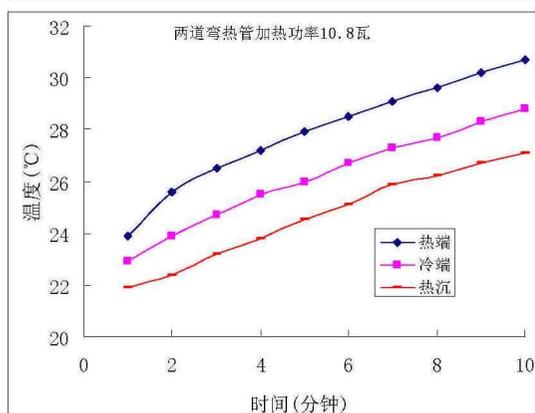
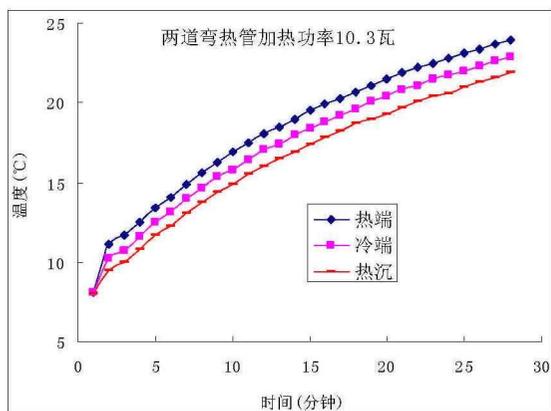


图5 两道弯热管温度变化曲线

Fig5 Temperature trend lines of two bendings heat pipe

对于两道弯热管,在传热过程中,热管冷端和热端温度平稳上升,当加热功率为 10.3W 时,热端与冷端温差小于 1.1℃,当加热功率为 10.8W 时,热端与冷端的温差小于 2.0℃。随着传热功率的增加,热管两端的温差加大。对于相同的传热功率,两道弯热管两端温差大于一道弯热管两端的温差。

从温度曲线来看,对于三道弯热管,在升温过程中,热管热端的温度出现突变,当热端的加热功率由 10.3W 调到 17.4W 时,热端的温度升高速度大于冷端温度升高速度,两端温差增大,15 分钟后,热端温度出现陡降,随后又平稳升高,推测是由于内部工质发生过冷现象引起。在加热过程中,热管冷端温度始终平稳上升,当加热功率为 10.3W 时,热端与冷端温差小于 1.6℃,当加热功率为 17.4W 时,热端与冷端的温差小于 2.9℃。随着传热功率的增加,热管两端的温差加大。对于相同的传热功率,三道弯热管两端温差大于一道弯和两道弯热管两端的温差。

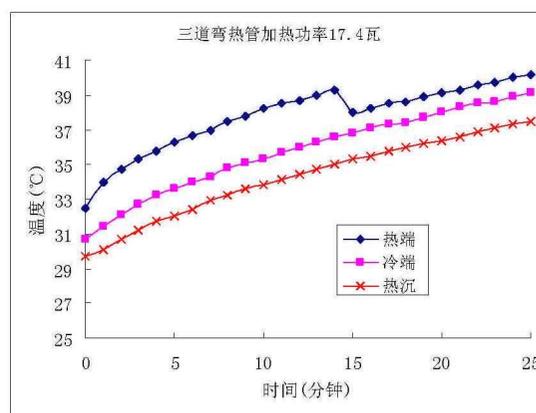
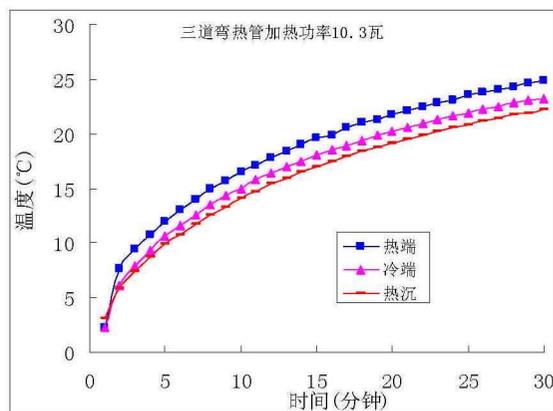


图6 三道弯热管温度变化曲线

Fig6 Temperature trend lines of three bendings heat pipe

4、结论

对于管状热管,由于受到安装位置的限制,在传热路径上需要弯转时,弯转的角度和次数都会影响热管的传热性能,针对该试验热管来说,在相同传热量的情况下,由一道弯,增加到两道弯,热管两端的温差增大 0.3℃,由两道弯增加到三道弯,热管两端的温差增大 0.5℃。随着弯数的增加,温差会逐步增加。

参考文献

- [1]. 宋小鹿,热管在 LD 端面泵浦固体激光器散热系统中的应用,上海交通大学学报,2009 年 3 月, VOL43, NO.3
- [2]. 庄骏,张红. 热管技术及其工程应用. 北京: 化学工业出版社, 2000