

中华人民共和国国家标准

重力热管传热性能试验方法

GB/T 14812—93

The testing method of heat transfer
performance for gravity heat pipe

1 主题内容与适用范围

本标准规定了重力热管的最大传热能力、热管蒸发段传热系数和热管凝结段传热系数的试验方法。本标准适用于各种管状重力式热管的传热性能试验。

2 试样及其制备

2.1 试样的选取

试样应采用与该种热管相同材料、相同管径、相同工质以及用同样工艺制作的热管。试样的长度按表1选取。热管外表为光管。试验时如用风冷,则凝结段应装有翅片。

表1 热管试样长度

热管长度,m	0.5~1.5	1.5~3.0	3.0~5.0
试样长度,m	1.0	2.0	4.0
试样绝热段最小长度,m	0.3	0.5	0.7
测温元件(个)	12	18	24

2.2 隔热

热管试样的蒸发段和绝热段应用隔热材料严密包扎,尽量减少与环境的换热。

2.3 测温元件

2.3.1 测温元件一般采用热电偶。热电偶经过标定,其误差不大于 0.3°C 。

2.3.2 热管试样的测温元件布点数目按表1选取。其中,绝热段均布3个。绝热段测温点离蒸发段及凝结段距离应不小于100 mm。

2.3.3 测温元件与管外壁应紧密接触,不允许有胶层间隔。在用电加热丝加热时,蒸发段测温点应与加热丝隔离,测温元件与加热丝之间的距离保持在3~5 mm范围内。热电偶丝引出前,应保持一段等温段。

2.3.4 隔热材料外表面均布3个测温点,用于估计漏热量。

3 试验装置和仪器

3.1 风冷式热管试验台

风冷式热管试验台主要由风机、风道、试验段、风速测量、电源及测温系统组成。试验段的风速应均匀,风量可调节。

3.2 水冷式热管试验台

国家技术监督局1993-12-30批准

1994-08-01实施

水冷式热管试验台主要由高位水箱、水套(或喷淋管)、流量计、电源及测温系统组成。高位水箱的水温波动应不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

3.3 测试仪器

3.3.1 测量加热电功率的仪表可用电流、电压表或功率表,精度等级不低于0.5级。

3.3.2 温度测量采用数字电压表或电位差计,其分辨率不大于 $1\mu\text{V}$ 。

3.3.3 水流量的测量可用转子流量计或用称量法,转子流量计需用称量法标定。

4 试验条件

4.1 热管的试验状态

整个试验过程中,热管应处于垂直状态。

4.2 热管蒸发段的加热方法

试验时热管蒸发段用电加热方法加热,要求在蒸发段长度方向及周向都均匀地加热。

4.3 热管凝结段的冷却方法

4.3.1 热管凝结段可用强迫空冷方法,沿凝结段长度方向均匀地进行冷却。

4.3.2 热管凝结段亦可采用水冷方法,包括用水套或喷淋方法,要求沿凝结段长度上均匀冷却。当用水套冷却时,冷却水进、出口水温的温差应大于 7°C ,以保证热流量测量的精度。

5 试验程序

5.1 调节热管的试验工作温度

根据产品技术条件,确定热管的试验工作温度。可用改变冷却风流量及风温或冷却水流量及水温的方法调节热管的试验工作温度。

5.2 确定热管的稳定工作状态

当热管的试验工作温度在5 min内变化小于 1°C 时,热管的工作达到稳定状态。可开始测量和记录各种试验数据。

5.3 测量热管传热热流量

5.3.1 当热管达到稳定工作状态后,开始进行测量。在采用空气冷却或水喷淋冷却时,测量以下数据,并记入表2中。

- a. 加热电流和电压,或电功率;
- b. 隔热层外表面各点的温度。

表2 传热性能试验记录表

热管品种	试样尺寸			冷却方式	环境温度, $^{\circ}\text{C}$		日期	备注
	绝热段 测点温度 $^{\circ}\text{C}$	蒸发段 测点温度 $^{\circ}\text{C}$	凝结段 测点温度 $^{\circ}\text{C}$		冷却水温度, $^{\circ}\text{C}$			
加热功率 $V \times A$ W				冷却水流量 kg/min	进口	出口		

5.3.2 当采用水套水冷却时,除按5.3.1的方法测量外,还应测量和记录冷却水流量及其进、出口温度。

5.4 传热系数的测定

应在热管达到稳定工作状态下测定其蒸发段及凝结段的传热系数,记录(参考表 2):

- a. 热管壁面各测温点的温度及冷却水进、出口温度;
- b. 热管电加热功率;
- c. 冷却水流量。

5.5 确定热管的最大传热能力

试验中逐步增加加热功率,如蒸发段出现局部温度明显上升或蒸发段温度出现振荡和不稳定现象时,即视此热管已达到该工作温度下的传热极限。出现上述现象前的最大加热功率扣除向环境的漏热热流量,即为此热管的最大传热能力。

6 试验结果的计算

6.1 热管最大传热能力

按蒸发段出现局部温度明显上升或蒸发段温度出现振荡和不稳定现象前的最大加热功率扣除向环境的漏热热流量求得:

$$Q_{\max} = Q_1 - Q_2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: Q_{\max} ——热管最大传热能力, W;

Q_1 ——实测的电加热功率, W;

Q_2 ——向环境的漏热热流量, W。

也可由冷却水得到的热流量来求得,则:

$$Q_{\max} = Q_1 + Q_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中: Q_1 ——冷却水得到的热流量, W;

Q_2 ——冷却水套与环境的换热热流量, W。

向环境的漏热热流量为正值。

$$Q_1 = Gc_p(T_2 - T_1) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中: G ——冷却水的质量流量, kg/s;

c_p ——冷却水的比热, J/kg, °C;

T_1 ——冷却水的进口温度, °C;

T_2 ——冷却水的出口温度, °C。

6.2 蒸发段和凝结段的传热系数

6.2.1 用 6.1 条的方法计算热管的传热热流量 Q 。

$$Q = Q_1 - Q_2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

6.2.2 用下列计算式,得到蒸发段及凝结段的平均传热系数。

$$h_e = q_{re}/(T_{we} - T_v) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$q_{re} = Q/A_e \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中： h_e ——蒸发段平均传热系数， $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ；

q_{re} ——蒸发段平均径向热流量密度， W/m^2 ；

T_{we} ——蒸发段外壁面平均温度， $^\circ C$ ；

T_v ——热管工作温度，取绝热段外壁温度的平均值， $^\circ C$ ；

Q ——传入热管的热流量， W ；

A_c ——热管蒸发段内表面积， m^2 。

$$h_c = q_{rc} / (T - T_{wc}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$q_{rc} = Q / A_c \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中： h_c ——凝结段平均传热系数， $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ；

q_{rc} ——凝结段径向平均热流量密度， W/m^2 ；

T_{wc} ——凝结段外壁面的平均温度， $^\circ C$ ；

A_c ——热管凝结段内表面积， m^2 。



附加说明：

本标准由中华人民共和国航空航天工业部提出。

本标准由航空航天工业部五〇一设计部负责起草。

本标准主要起草人侯增祺、吴存真、张正芳。