

中华人民共和国国家标准

GB/T 14812—2008
代替 GB/T 14812—1993

热管传热性能试验方法

Testing method for heat transfer performance of heat pipes

2008-06-26 发布

2009-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准代替 GB/T 14812—1993《重力热管传热性能试验方法》。

本标准与 GB/T 14812—1993 相比主要变化如下：

- 将原标准名称“重力热管传热性能试验方法”修改为“热管传热性能试验方法”；
- 标准的适用范围由原来的“重力热管”扩展为“管状重力热管、蒸气腔热管、管状有管芯的热管、环路热管及毛细泵回路”；
- 增加蒸发器(区、段)热阻、冷凝器(区、段)热阻以及总热阻的试验及计算方法；
- 将原标准中的“重力热管”修改为“管状重力热管”；
- 扩展了重力热管试件的长度规格范围，即增加了长度 0.5 m 以下及 5 m 以上热管的相关内容；
- 增加了热管充装量误差范围要求；
- 增加了试验环境条件的相关要求；
- 增加了低温介质冷却热管试验台的相关内容；
- 对传热性能试验记录表进行了适应性修改，并以附录的形式给出。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天科技集团公司归口。

本标准起草单位：中国空间技术研究院总体部、中国科学院工程热物理研究所。

本标准主要起草人：苗建印、邵兴国、侯增祺、曲伟、吕巍。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 14812—1993。

热管传热性能试验方法

1 范围

本标准规定了用于传热性能试验的热管试件及其制备、试验装置和仪器、试验环境条件、试验及试验结果计算的要求或方法。

本标准适用于各种管状重力热管、蒸气腔热管、管状有管芯的热管、环路热管及毛细泵回路的传热性能试验,其他类型的热管可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 14811 热管术语

3 术语和定义

GB/T 14811 确立的术语和定义适用于本标准。

4 试件及其制备

4.1 试件的选取

4.1.1 管状重力热管及管状有管芯的热管

4.1.1.1 试件应采用与该种热管相同的管径、相同的材料、相同的工质以及相同的制作工艺。

4.1.1.2 试件长度根据热管的实际长度选取,见表1。

4.1.1.3 充装量误差范围一般为 $\pm 5\%$ 。

4.1.1.4 管状有管芯的热管试件的直线度应不大于 0.5 mm/m ,热管全长直线度应不大于 1 mm 。

表1 热管试件长度

单位为米

热管实际长度	试件长度	试件绝热段(区)最小长度
≤ 0.5	与热管实际长度相同	不小于试件长度的三分之一
$> 0.5 \sim 1.5$	1.0	0.3
$> 1.5 \sim 3.0$	2.0	0.5
$> 3.0 \sim 5.0$	4.0	0.7
> 5.0	5.0	1.0

4.1.2 蒸气腔热管

4.1.2.1 试件应采用与该种热管相同的设计结构及尺寸、相同的材料、相同的工质以及相同的制作工艺。

4.1.2.2 充装量误差范围一般为 $\pm 5\%$ 。

4.1.3 环路热管及毛细泵回路

4.1.3.1 试件应采用与该种环路热管或毛细泵回路相同的蒸发器结构及尺寸、相同的储液器结构及尺寸、相同的冷凝器结构及尺寸、相同的气管及液管截面尺寸、相同的材料、相同的工质以及相同的制作

工艺。

4.1.3.2 气管及液管长度应根据产品的试验要求确定。

4.1.3.3 充装量误差范围一般为±5%。

4.2 隔热

4.2.1 当采用蒸发器(区、段)输入热流进行热管传热热流量计算时,若热管工作温度高于环境温度,应对加热器、热管试件的蒸发器(区、段)及绝热段(区)进行隔热,若热管的工作温度低于环境温度,应对加热器及热管试件进行隔热。

4.2.2 当采用冷却介质的流量及温度变化进行热管传热热流量计算时,应对热管试件、冷却装置进行隔热。

4.2.3 对于深低温热管、低温热管或小功率热管,必要时还需将热管试件放入真空环境中进行测试,系统压力应低于 1×10^{-2} Pa,以减小对流漏热。

4.3 测温元件

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 测温元件一般采用热电偶、热电阻等温度传感器,温度传感器需经过检定并在有效期内,在试验温度范围内其误差一般应不大于0.3℃。

4.3.1.2 测温元件与热管壁面应紧密接触,不允许有胶层间隔。

4.3.1.3 测温元件的布点位置应便于检测热管性能。

4.3.1.4 在用电加热丝加热时,蒸发器(区、段)测温点应与加热丝隔离,两者之间的距离为3 mm~5 mm,热电偶丝引出前,应保持一段等温段。

4.3.1.5 隔热材料外表面布置适量测温点,用于估算漏热量。

4.3.2 测温元件数量的确定

4.3.2.1 管状重力热管及管状有管芯的热管

热管试件的测温元件布点及最少数目按表2选取。长度1 m 以上的热管试件,绝热段(区)测温点离蒸发器(区、段)及冷凝器(区、段)距离应不小于50 mm;长度0.5 m 以下的热管试件,绝热段(区)测温点离蒸发器(区、段)及冷凝器(区、段)的距离应不小于绝热段(区)长度的三分之一。

表2 管状重力热管及管状有管芯的热管测温元件布点数目

热管试件长度 m	测温点总数	蒸发器(区、段) 测温点数	绝热段(区) 测温点数	冷凝器(区、段) 测温点数
≤0.5	8	3	2	3
1.0	10	4	2	4
2.0	12	5	2	5
4.0	15	6	3	6
5.0	15	6	3	6

4.3.2.2 蒸气腔热管

热管试件的测温元件布点及最少数目按表3选取。

表3 蒸气腔热管测温元件布点数目

热管部位	测温点数
蒸发器(区、段)	2
冷凝器(区、段)	6

4.3.2.3 环路热管及毛细泵回路

热管试件的测温元件布点及最少数目按表4选取。

表 4 环路热管及毛细泵回路测温元件布点数目

位置	蒸发器	蒸发器出口 (气管)	储液器	储液器入口 (液管)	冷凝器入口 (气管)	冷凝器	冷凝器出口 (液管)
测温点数	4	1	2	1	1	≥5	1

5 试验装置和仪器

5.1 风冷式热管试验装置

风冷式热管试验装置主要由热管安装支架、风机、风道、试验段、风速测量系统、电源调控系统、加热器及测温系统组成。试验段的风速应均匀,风量可以调节。根据需要,热管安装支架可以具备调节倾斜角度的功能,调节精度应满足测试要求。

5.2 水冷式热管试验装置

水冷式热管试验装置主要由热管安装支架、恒温恒压水源、水套(或喷淋管、冷板)、流量计、电源调控系统、加热器及测温系统等组成。冷却水进口温度波动应不大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。热管安装支架可以具备调节倾斜角度的功能,调节精度应满足测试要求。

5.3 低温介质冷却热管试验装置

低温介质冷却热管试验装置由热管安装支架、低温冷源(制冷机、液氮制冷系统等)、冷板(或冷套)、流量计、电源调控系统、加热器及测温系统等组成。冷却介质进口温度波动应满足试验要求。热管安装支架可以具备调节倾斜角度的功能,调节精度应满足测试要求。

5.4 测试仪器

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

5.4.2 温度测量采用数字电压表、电位差计或数字温度计,温度测量分辨力一般应优于 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.4.3 水或其他冷却介质流量的测量可用转子流量计或用称量法,流量测量精度一般应优于 $\pm 5\%$ 。

6 试验环境条件

热管传热性能试验的环境条件为:

- a) 温度: $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度:不大于80%;
- c) 照度:不小于 300 lx ;
- d) 压力为当地大气压。

7 试验

7.1 试验状态

7.1.1 管状重力热管

试验过程中,热管应处于竖直或倾斜状态,热管蒸发器(区、段)在下,冷凝器(区、段)在上;当处于倾斜状态时,热管倾角根据产品特点及使用要求确定。

7.1.2 管状有管芯的热管

试验过程中,热管应处于水平或倾斜状态;当处于倾斜状态时,热管蒸发器(区、段)在上,冷凝器(区、段)在下,热管倾角根据产品特点及使用要求确定。

7.1.3 蒸气腔热管

试验过程中,样件的试验方位取决于其实际应用状态。当处于竖直状态时,蒸发段(区)在下,冷凝器(区、段)在上。

7.1.4 环路热管及毛细泵回路

试验过程中,环路热管及毛细泵回路应处于水平或反重力状态;反重力高度需要根据产品的特点及

使用要求确定。

7.2 蒸发器(区、段)加热方法

试验时,蒸发器(区、段)一般用电加热的方法加热,要求加热均匀。

7.3 冷凝器(区、段)冷却方法

7.3.1 热管冷凝器(区、段)可用强迫空冷方法,要求沿冷凝器(区、段)长度方向均匀冷却。

7.3.2 热管冷凝器(区、段)可采用水冷方法,要求沿冷凝器(区、段)长度方向均匀冷却。

7.3.3 热管冷凝器(区、段)可采用低温介质冷却方法,要求沿冷凝器(区、段)长度方向均匀冷却。

7.4 调节工作温度

7.4.1 根据产品的技术条件,确定热管的试验工作温度。

7.4.2 管状重力热管、管状有管芯的热管、蒸气腔热管可用改变冷却介质流量及温度的方法调节热管的试验工作温度。

7.4.3 环路热管及毛细泵回路可以通过制冷和加热的方式调节储液器的温度,从而实现环路热管及毛细泵回路试验工作温度的调节。

7.5 确定稳定工作状态

一般情况下,当热管的试验工作温度在 30 min 内变化小于 1 °C 时,认为热管达到稳定工作状态,可以开始测量和记录各种试验数据。

7.6 确定传热热流量

7.6.1 当热管达到稳定工作状态后,开始进行测量。

7.6.2 当采用蒸发器(区、段)输入热流进行热管传热热流量计算时,记录加热功率、热管各测点温度,记录格式参见附录 A。

7.6.3 当采用冷却介质的流量及温度变化进行热管传热热流量计算时,记录热管各测点温度、冷却介质质量流量及其进、出口温度,记录格式参见附录 A。

7.6.4 由测量的数据通过计算获得热管的传热热流量。

7.7 确定传热系数及热阻

7.7.1 当热管达到稳定工作状态后,开始进行测量。

7.7.2 记录加热功率、蒸发器(区、段)测点温度、绝热段(区)或蒸发器出口测点温度、冷凝器(区、段)测点温度、冷却介质质量流量、冷却介质中温度出口及隔热材料外表面温度等数据,记录格式参见附录 A。

7.7.3 由测量的数据通过计算获得热管蒸发器(区、段)传热系数、冷凝器(区、段)传热系数、蒸发器(区、段)热阻、冷凝器(区、段)热阻以及总热阻。

7.8 确定最大传热热流量

在设定的试验状态下,逐步增加加热功率,如蒸发器(区、段)出现局部温度明显上升或温度出现明显振荡和不稳定现象时,即视此热管已达到该试验状态及工作温度下的传热极限。出现上述现象前的最大加热功率减去向环境的漏热热流量或冷却介质得到的热流量,即为此热管在对应试验状态及工作温度下的最大传热热流量。

8 试验结果的计算

8.1 传热热流量

当采用蒸发器(区、段)输入热流进行热管传热热流量计算时,热管的传热热流量按公式(1)计算。

Q = Q₁ - Q₂(1)

式中:

- Q——热管的传热热流量,单位为瓦特(W);
Q₁——实测的电加热功率,单位为瓦特(W);
Q₂——向环境的漏热热流量,为正值,单位为瓦特(W)。

当采用冷却介质的质量流量及温度变化进行热管传热热流量计算时,热管的传热热流量按公式(2)计算。

$$Q = Q_3 - Q_4 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

Q_3 ——冷却介质得到的热流量,单位为瓦特(W);

Q_4 ——环境向冷却水套或装置的漏热热流量,为正值,单位为瓦特(W)。

冷却介质得到的热流量按公式(3)计算。

$$Q_3 = G \times c_p(T_2 - T_1) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

G ——冷却介质的质量流量,单位为千克每秒(kg/s);

c_p ——冷却介质的比热,单位为焦耳每千克摄氏度[J/(kg·°C)];

T_1 ——冷却介质的进口温度,单位为摄氏度(°C);

T_2 ——冷却介质的出口温度,单位为摄氏度(°C)。

8.2 蒸发器(区、段)传热系数

蒸发器(区、段)传热系数按公式(4)及公式(5)计算。

$$h_e = \frac{Q_e}{\Delta t_e A_e} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\Delta t_e = T_{we} - T_v \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

h_e ——蒸发器(区、段)传热系数,单位为瓦特每平方米摄氏度[W/(m²·°C)];

Q_e ——由蒸发器(区、段)管壳外表面向蒸气的传热量,可由公式(1)求得,单位为瓦特(W);

Δt_e ——蒸发器管壳外表面与蒸气之间的温差,单位为摄氏度(°C);

T_{we} ——蒸发器(区、段)管壳外表面平均温度,单位为摄氏度(°C);

T_v ——热管工作温度,环路热管及毛细泵回路取气管外表面温度的平均值,其他种类热管取绝热段(区)管壳外表面温度的平均值,单位为摄氏度(°C);

A_e ——蒸发器(区、段)管壳内表面积,单位为平方米(m²)。

8.3 冷凝器(区、段)传热系数

冷凝器(区、段)传热系数按公式(6)及公式(7)计算。

$$h_c = \frac{Q_c}{\Delta t_c A_c} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\Delta t_c = T_v - T_{wc} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

h_c ——冷凝器(区、段)传热系数,单位为瓦特每平方米摄氏度[W/(m²·°C)];

Q_c ——由蒸气向冷凝器(区、段)管壳外表面的传热量,可由公式(1)或公式(2)求得,单位为瓦特(W);

Δt_c ——冷凝器(区、段)内蒸气与管壳外表面之间的温差,单位为摄氏度(°C);

T_{wc} ——冷凝器(区、段)管壳外表面平均温度,单位为摄氏度(°C);

A_c ——冷凝器(区、段)管壳内表面积,单位为平方米(m²)。

8.4 最大传热热流量

最大传热热流量按 7.8 确定的方法。

当采用蒸发器(区、段)输入热流进行热管传热热流量计算时,热管的最大传热热流量按公式(8)计算。

$$Q_{\max} = Q_1 - Q_2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中：

Q_{\max} ——最大传热热流量，单位为瓦特(W)。

当采用冷却介质的质量流量及温度变化进行热管传热热流量计算时，热管的最大传热热流量按公式(9)计算。

$$Q_{\max} = Q_3 - Q_4 \dots\dots\dots(9)$$

8.5 热阻

8.5.1 蒸发器(区、段)热阻按公式(10)计算。

$$R_e = \frac{T_{we} - T_v}{Q} \dots\dots\dots(10)$$

式中：

R_e ——蒸发器(区、段)热阻，单位为摄氏度每瓦特(°C/W)。

8.5.2 冷凝器(区、段)热阻按公式(11)计算。

$$R_c = \frac{T_v - T_{wc}}{Q} \dots\dots\dots(11)$$

式中：

R_c ——冷凝器(区、段)热阻，单位为摄氏度每瓦特(°C/W)。

8.5.3 总热阻按公式(12)计算。

$$R_t = \frac{T_{we} - T_{wc}}{Q} \dots\dots\dots(12)$$

式中：

R_t ——总热阻，单位为摄氏度每瓦特(°C/W)。

附 录 A
(资料性附录)
传热性能试验记录格式

传热性能试验记录格式参见图 A.1。

传热性能试验记录表								
环境温度 ℃		环境相对湿度 %		试验气压 Pa	测试日期		测试人	
热管品种		热管编号		试件尺寸	试验状态	加热方式	冷却方式	
加热功率 W	蒸发器 (区、段) 测点温度 ℃	绝热段(区) 或蒸发器 (区、段)出 口测点温度 ℃	冷凝器 (区、段) 测点温度 ℃	冷却介质 质量流量 kg/s	冷却介质温度 ℃		隔热材料外 表面温度 ℃	备 注
					进口	出口		

图 A.1 传热性能试验记录格式

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
热管传热性能试验方法
GB/T 14812—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

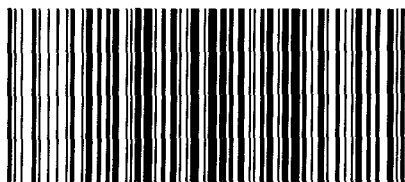
*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 16 千字
2008年9月第一版 2008年9月第一次印刷

*

书号: 155066·1-33721 定价 14.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 14812-2008