

有管芯热管

1 范围

本标准规定了具有管芯结构热管(以下简称热管)的技术要求、检验项目、检验方法和交货准备等。

本标准适用于有管芯管状热管及有管芯平板热管的设计、制造和验收,其他类型有管芯热管可以参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2828.1—2003 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 14811—2008 热管术语

GB/T 14812—2008 热管传热性能试验方法

GB/T 14813—2008 热管寿命试验方法

3 术语和定义

GB/T 14811—2008 界定的术语和定义适用于本文件。

4 要求

4.1 材料与结构

4.1.1 工质

热管工质根据应用需求选择,在规定工作温度范围内,热管的传热性能应满足设计要求,与管壳、管芯及焊接材料相容。常用的工质参见附录A中的表A.1。

4.1.2 管壳

热管管壳的材料和结构形式根据应用需要选择,在规定的工作温度范围内,管壳的结构强度应满足设计要求,并与管芯和工质相容。常用的管壳材料参见附录A中的表A.1。

4.1.3 管芯

热管管芯根据应用需求设计,规定的工作条件下,热管的传热性能应满足设计要求,与管壳和工质相容。常用的管芯材料参见附录A中的表A.1。

4.1.4 相容性

在规定的寿命期内,热管工质不应与管壳、管芯及焊接材料发生化学反应生成足够数量的妨碍正常

运行的不凝结气体,等温性能和最大传热热流量应满足 4.5.1 和 4.5.2 的规定。管壳和工质的推荐组合参见附录 A 中的表 A.1。

4.2 尺寸

热管的外形尺寸和接口尺寸应符合设计要求。

4.3 外观质量

热管的外观质量应满足如下要求:

- a) 热管的外表面应呈管壳材料的金属色,色泽均匀,具有涂覆要求的热管涂覆层应均匀;
- b) 热管壳体不应有影响产品使用的裂纹、凹坑、腐蚀等缺陷;
- c) 焊缝应平整光滑。

4.4 产品标志

热管产品一般应有标志,标志应醒目、清晰、牢固。标志内容一般包括:

- a) 规格或型号;
- b) 制造批次;
- c) 制造厂名称或商标。

4.5 热管性能

4.5.1 等温性能

热管在指定测试温度下,热管外壁面两点温度之差应满足表 1 要求。

表 1 热管等温检验条件和要求

序号	工质	测试热管工作温度范围/ ℃	温差/ ℃	凝结段冷却环境	温度测量点位置
1	氮	-190~-175	5	真空环境、低温冷源	绝热段/冷凝段
2	甲烷	-170~-135	5	真空环境、低温冷源	绝热段/冷凝段
3	乙烷	-110~-60	3	真空环境、低温冷源	绝热段/冷凝段
4	氨	30~60	1	大气环境、自然冷却	冷凝段
5	氢氟烃 134A	30~60	2	大气环境、自然冷却	冷凝段
6	丙酮	50~80	3	大气环境、自然冷却	冷凝段
7	水	60~80	3	大气环境、自然冷却	冷凝段
8	钾	400~800	30	大气环境、自然冷却	冷凝段
9	钠	550~1 000	30	大气环境、自然冷却	冷凝段

4.5.2 最大传热热流量

热管在规定的工作条件下,最大传热热流量应满足设计要求。

4.5.3 逆重力传热热流量

热管逆重力工作能力应满足要求。根据应用要求不同,在规定的逆重力条件下,热管稳定工作的最大传热热流量应满足设计或合同要求;或在规定的传热热流量条件下,热管的最大逆重力高度满足设计或合同要求。

4.5.4 蒸发段传热系数、凝结段传热系数

热管蒸发段传热系数、凝结段传热系数应满足表 2 的要求。

表 2 热管蒸发段传热系数、凝结段传热系数

序号	工质	测量温度范围/ ℃	蒸发段传热系数/ W/(m ² ·℃)	凝结段传热系数/ W/(m ² ·℃)
1	氮	-190~-175	>200	>300
2	甲烷	-170~-135	>300	>400
3	乙烷	-110~-60	>500	>500
4	氨	30~60	>6 000	>8 000
5	氢氟烃 134A	30~60	>2 000	>1 800
6	丙酮	50~80	>1 500	>3 000
7	水	60~80	>5 000	>6 000
8	钾	400~800	>15 000	>18 000
9	钠	550~1 000	>30 000	>40 000

4.5.5 总热阻

热管在规定的工作条件下,总热阻应满足设计要求。

4.5.6 耐温性能

为检验热管产品管壳的安全性,要求热管在 1.5 倍的最高工作压力对应的饱和温度下,进行耐温检验,试验时间为 1 h,热管不应发生管壳破裂或工质泄漏。附录 B 中的表 B.1 为按照热管最高允许工作温度核算的耐温检验温度要求,热管产品需按照产品的实际应用最高温度,按照本条要求进行耐温检验温度核算。

5 检验条件、检验项目和检验方法

5.1 检验条件

5.1.1 检验环境

除另有规定外,应在下列环境条件下进行检验:

- a) 温度:0℃~40℃;
- b) 相对湿度:20%~80%;
- c) 气压:当地大气压。

5.1.2 检验仪器及设备

检验用仪器、设备应经计量部门检定合格,并在有效期内。检验用仪器、设备的量程和精度应满足产品的测试要求。

5.2 型式检验

5.2.1 检验条件

有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品投产前；
- b) 如工艺、结构、材料有较大改变，可能影响产品质量时；
- c) 产品停产 1 a 以上，恢复生产时；
- d) 正常生产时，应每 3 a 进行一次；
- e) 国家质量技术监督机构提出进行型式检验要求时。

5.2.2 检验项目

产品型式检验按表 3、表 4 规定的检验项目和检验顺序进行。

表 3 管状有管芯热管检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	要求章条号	检验方法章条号
1	工质	•	—	4.1.1	5.4.1
	管壳	•	—	4.1.2	5.4.2
	管芯	•	—	4.1.3	5.4.3
	相容性	•	—	4.1.4	5.4.4
2	尺寸	•	•	4.2	5.4.5
3	外观质量	•	•	4.3	5.4.6
4	产品标志	•	•	4.4	5.4.7
5	等温性能	•	•	4.5.1	5.4.8
6	最大传热热流量	•	—	4.5.2	5.4.9
7	逆重力传热热流量	•	—	4.5.3	5.4.10
8	蒸发段传热系数、 凝结段传热系数	•	—	4.5.4	5.4.11
9	总热阻	•	—	4.5.5	5.4.12
10	耐温性能	•	—	4.5.6	5.4.13
注：• 必检项目；— 不检项目。					

表 4 平板有管芯热管检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	要求章条号	检验方法章条号
1	工质	•	—	4.1.1	5.4.1
	管壳	•	—	4.1.2	5.4.2
	管芯	•	—	4.1.3	5.4.3
	相容性	•	—	4.1.4	5.4.4
2	尺寸	•	•	4.2	5.4.5
3	外观质量	•	•	4.3	5.4.6
4	产品标志	•	•	4.4	5.4.7
5	等温性能	•	•	4.5.1	5.4.8
6	最大传热热流量	•	—	4.5.2	5.4.9

表 4 (续)

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	要求章条号	检验方法章条号
7	逆重力传热热流量	•	—	4.5.3	5.4.10
8	总热阻	•	—	4.5.5	5.4.12
9	耐温性能	•	—	4.5.6	5.4.13
注: • 必检项目; — 不检项目。					

5.2.3 检验数量

从不少于 10 支同批次生产的热管样品中随机抽取 3 支。

5.2.4 合格判据

符合表 3、表 4 规定的各检验项目要求即认为型式检验合格。若有检验项目未满足要求,允许再随机抽取 6 支热管对不合格项重新进行检验,检验项目符合规定的要求,产品型式检验合格。否则,为不合格。

5.3 出厂检验

5.3.1 检验项目

出厂检验按表 3、表 4 规定的检验项目和检验顺序进行。

5.3.2 检验类型

检验分为全数(百分之百)检验和抽样检验。

5.3.3 组批规则

5.3.3.1 除全数检验外,制造方应以同材料、同规格和同工艺,在基本相同的时段制造的产品组批。

5.3.3.2 除全数检验外,承制方可按每个订货合同组批,也可按一次交货产品组批。

5.3.4 抽样方案

5.3.4.1 除另有规定外,外观质量、等温性能为全数检验。

5.3.4.2 除另有规定外,热管的尺寸、产品标志应按 GB/T 2828.1—2003 规定的正常检查一次抽样方案进行。符合一般检查水平 II 级、接收质量限(AQL)为 4.0。

5.4 检验方法

5.4.1 工质

工质按所选材料的相关标准要求检验。

5.4.2 管壳

管壳按所选材料的相关标准要求检验。

5.4.3 管芯

管芯按所选材料的相关标准要求检验。

5.4.4 相容性

附录 A 中的表 A.1 推荐的工质与管壳组合满足相容性要求,不需要进行相容性检验;附录 A 中的表 A.1 之外的组合,如有实验数据证明相容,也可不进行相容性检验;其他组合情况需按照 GB/T 14813—2008 的规定进行相容性检验。

5.4.5 尺寸

用直尺、游标卡尺、塞尺等工具或检测仪器检查热管的外形尺寸。

5.4.6 外观质量

用目视方法检查。

5.4.7 产品标志

用目视方法检查。

5.4.8 等温性能

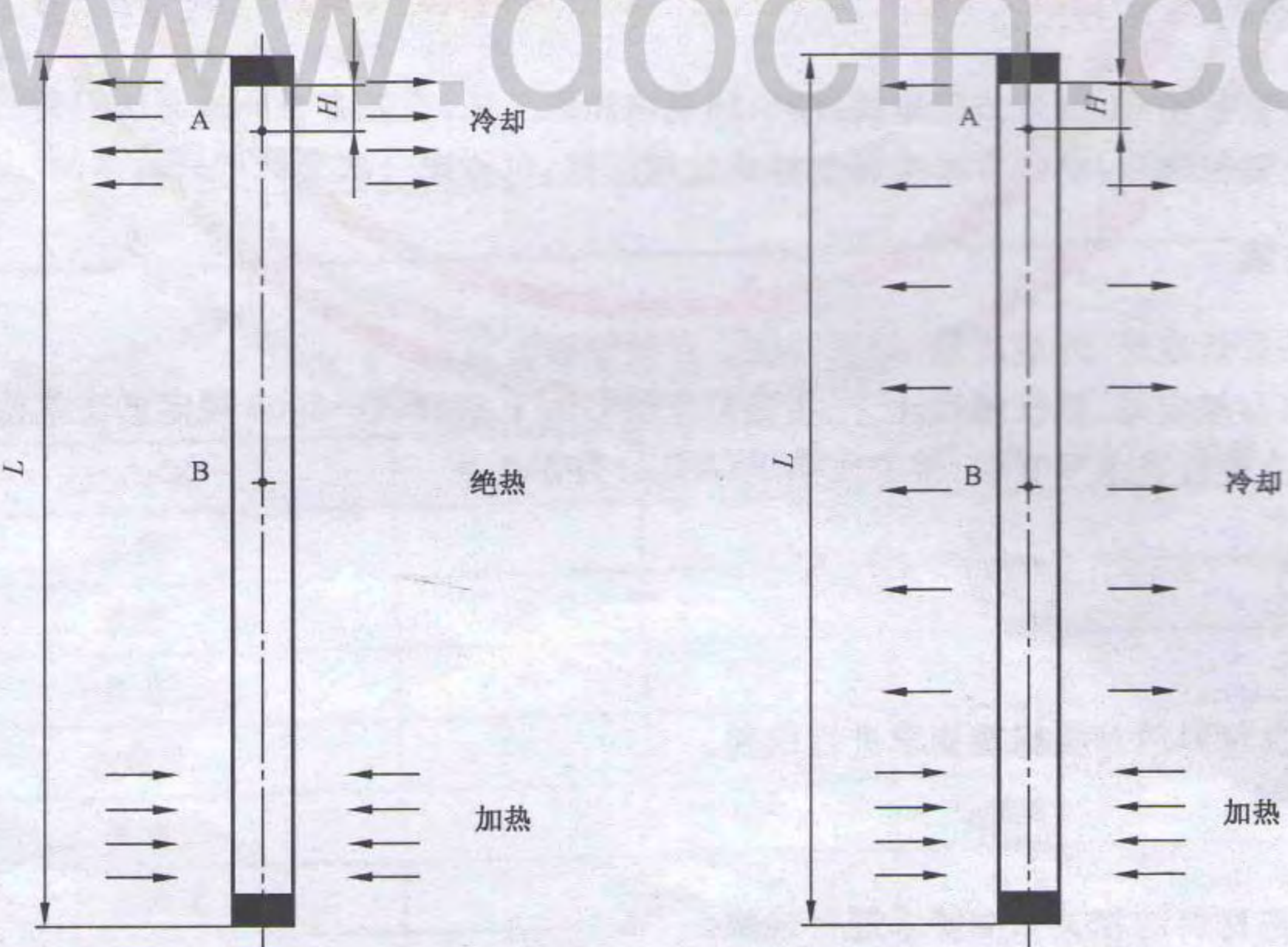
5.4.8.1 管状热管

将热管置于等温性能测试台上,使凝结段高于蒸发段,加热及冷凝方法根据热管特点确定,管状热管等温性测试示意图见图 1。对蒸发段加热,使热管温度处于规定测试温度范围内,并保持稳定。测量热管外壁面 A、B 两点温度后,用式(1)计算热管的温差。

$$\Delta t = t_b - t_a \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- Δt ——温差,单位为摄氏度(℃);
- t_b ——热管凝结段中点(B点)的温度,深低温热管取绝热段中点(B点),单位为摄氏度(℃);
- t_a ——距离热管凝结段端部小于 20 mm 处(A点)的壁面温度,单位为摄氏度(℃)。



注: A 点位于凝结段距上端盖下 H mm 处, H<20 mm, B 点位于热管凝结段 1/2 长度处。

图 1 管状热管等温性测试示意图

5.4.8.2 平板热管

将热管水平置于等温性能测试台上,上表面作为冷凝区,下表面作为蒸发区,加热及冷凝方法根据热管特点确定,其中热管下表面加热区域面积不大于下表面总面积的三分之一。对蒸发区加热,使热管温度处于规定测试温度范围内,并保持稳定,测量热管冷凝区表面温度,等温性测试示意图见图2。用式(2)计算热管的温差。

$$\Delta t' = \bar{t} - t_0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\Delta t'$ ——温差,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

\bar{t} ——离冷凝区边缘小于20 mm外的各测点平均温度,测量点的数量不少于4个,测量位置根据产品特点及用户要求确定,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t_0 ——冷凝区壁面中心点温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

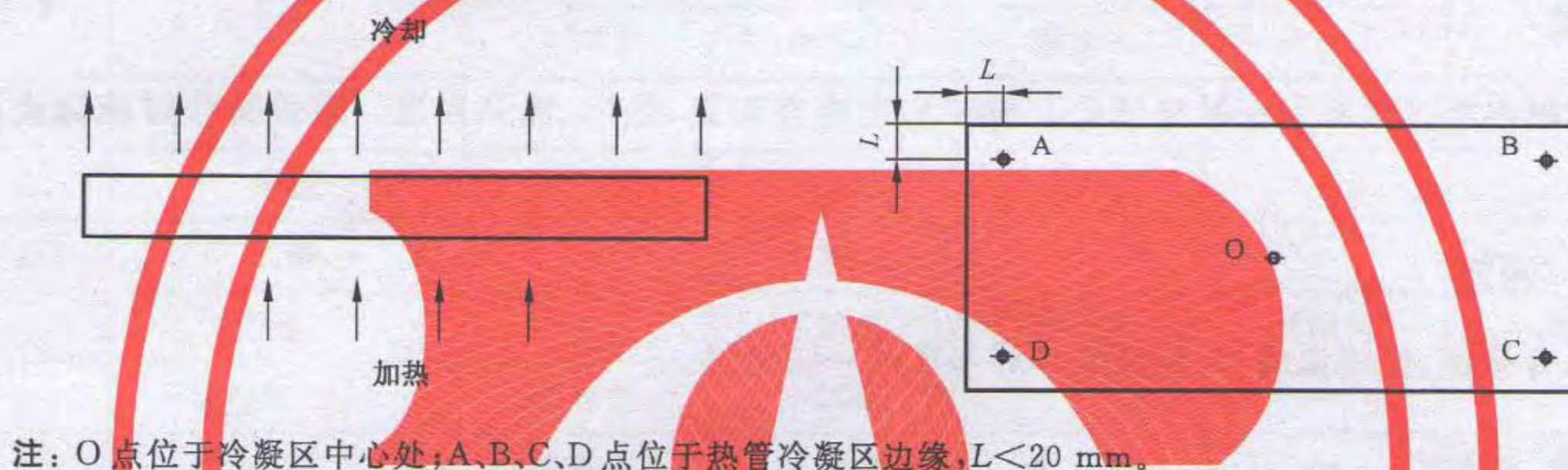


图2 平板热管等温性测试示意图

5.4.9 最大传热热流量

管状有管芯热管的测试方法和结果分析方法应按 GB/T 14812—2008 中第7章和8.4的规定;平板有管芯热管的测试方法和结果分析方法参照 GB/T 14812—2008 中第7章和8.4的规定。

5.4.10 逆重力传热热流量

特定逆重力高度要求下,热管最大传热热流量检验按下述方法进行。将热管处于倾斜状态,热管的蒸发段(蒸发区)水平高度高于冷凝段(冷凝区),逆重力高度差或者热管倾角根据设计要求设定。对热管的蒸发段(蒸发区)加热,并逐渐提高热负荷,直至蒸发段(蒸发区)出现干涸现象(管壁温度持续升高)为止。此时的传热热流量即为特定逆重力高度下的极限传热热流量。管状有管芯热管的结果分析方法应按 GB/T 14812—2008 中8.4的规定;平板有管芯热管的结果分析方法参照 GB/T 14812—2008 中8.4的规定。

特定传热热流量条件下,热管最大逆重力高度的检验按下述方法进行。使热管处于水平状态,对蒸发段(蒸发区)加热,使热管处于设计规定要求的热负荷下工作,逐渐增加蒸发段(蒸发区)与冷凝段(冷凝区)的高度差,直至蒸发段(蒸发区)出现干涸现象(管壁温度持续升高)为止。此时逆重力高度为特定传热热流量下热管的最大逆重力高度。管状有管芯热管的结果分析方法应按照 GB/T 14812—2008 中8.4的规定;平板有管芯热管的结果分析方法参照 GB/T 14812—2008 中的8.4执行。

5.4.11 蒸发段传热系数、凝结段传热系数

将热管置于水平测试台上,加热蒸发段(蒸发区)、冷凝段(冷凝区),控制热管处于要求的工作状态。计算方法应按照 GB/T 14812—2008 中8.2和8.3的规定。

5.4.12 总热阻

热管总热阻的测试方法应按 GB/T 14812—2008 中 7.7 的规定,计算方法应按 GB/T 14812—2008 中 8.5.3 的规定。

5.4.13 耐温性能

将被测热管整体置于按温度要求设置的环境试验箱内,或控制热管蒸发器受热,使热管整体温度达到要求,试验过程注意观察热管的状态,当试验持续时间达到要求后,结束试验,待温度恢复到常温时检查热管壳体,观察热管是否发生泄露或破裂。

6 交货准备

6.1 包装

交付的热管必须有完好的包装箱。包装箱内应有减振、防潮、隔热措施。装箱操作时应防止损坏热管。

6.2 交付文件

产品合格证、使用说明书、装箱清单等与产品一同交付。

6.3 运输

包装完好的热管可通过公路、铁路、水路和航空运输。在运输过程中不应受机械撞击和雨雪淋袭,运输环境不应有腐蚀性物质。

6.4 贮存

热管应在下列条件下贮存:

- a) 室内环境应无腐蚀性物质;
- b) 环境温度范围一般为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$,工质为水的热管需在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上贮存;
- c) 相对湿度不大于90%。

6.5 包装标志

包装箱上应标明产品名称、型号、产品数量、执行标准号、箱体尺寸、总重量、制造厂家和包装日期等。包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

附录 A
(资料性附录)
管壳、管芯和工质的相容性

热管的工质与管壳及管芯材料必须满足长期工作的稳定性要求。表 A.1 给出的工质和管壳及管芯材料组合建议,可作为热管设计的参考依据。由于合金材料的微量成分或工质中的杂质对热管稳定性均有较大影响,因此对材料和工质品质进行必要的控制很重要,经过寿命试验是检验热管稳定性的有效方法。

表 A.1 热管管壳、管芯、工质组合

序号	工质	推荐管壳和管芯材料				工作温度范围/ ℃
		材料 1	材料 2	材料 3	材料 4	
1	氮	铝合金	不锈钢	—	—	—200~—160
2	甲烷	铝合金	不锈钢	—	—	—170~—100
3	乙烷	铝合金	不锈钢	—	—	—125~0
4	氨	铝合金	不锈钢	镍合金	低碳钢	—60~80
5	氢氟烃 134A	铝合金	不锈钢	—	—	—30~80
6	丙酮	铝合金	不锈钢	铜、黄铜	—	0~120
7	水 ^a	铜	碳钢 ^a	—	—	50~260
8	钾	不锈钢	镍	Mo14Re	高温合金钢	380~820
9	钠	不锈钢	镍	Mo14Re	高温合金钢	530~1 030
^a 工质为水、管壳材料为碳钢时,水需经去离子处理,碳钢内壁需经化学处理。						

附录 B
(资料性附录)

热管耐温性能检验条件和要求

热管的管壳强度必须满足最高工作温度下的安全性要求,因此,热管产品必须经过耐温性检验。
表 B.1 为按照热管最高允许工作温度核算的耐温检验温度要求。

表 B.1 热管耐温性能检验条件和要求

序号	工质	工作温度范围/ ℃	耐温检验温度/ ℃	试验时间/ h
1	氮	—200~—160	最高存储温度+5	1
2	甲烷	—170~—100	最高存储温度+5	1
3	乙烷	—125~0	最高存储温度+5	1
4	氨	—60~80	100±5	1
5	氢氟烃 134A	—30~80	100±5	1
6	丙酮	0~120	140±5	1
7	水	50~260	286±5	1
8	钾	380~820	918±10	1
9	钠	530~1 030	1 132±10	1