

1 主题内容与适用范围

本标准规定了热管及热管技术的基本术语。

本标准适用于有关热管的科学、技术、产品等领域。

2 热管结构

2.1 热管 heat pipe

以毛细结构的抽吸作用来驱动工作介质(简称工质)循环流动的蒸发、凝结传热元件。

2.1.1 高温热管 high temperature heat pipe

工作温度在 750 K 以上的热管。

2.1.2 中温热管 medium temperature heat pipe

工作温度在 550~750 K 的热管。

2.1.3 低温热管 low temperature heat pipe

工作温度在 200~550 K 的热管。

2.1.4 深低温热管 cryogenic heat pipe

工作温度在 200 K 以下的热管。

2.2 管壳 container

包容管芯和工质的热管壳体。

2.3 工质 working fluid

热管内用于传递热量的流体。

2.4 管芯 wick

热管中为液态工质(简称液体)提供毛细抽吸力及流动通道的结构。

同义词:毛细芯 capillary wick

2.4.1 丝网管芯 screen wick

由丝网构成的管芯。

2.4.2 纵向槽管芯 longitudinal groove wick

由管壳内壁上的纵向槽道构成的管芯。

2.4.3 周向槽管芯 circumferential groove wick

由管壳内壁上的周向槽道构成的管芯。

2.4.4 烧结管芯 sintered wick

由烧结于管壳内壁上的多孔材料构成的管芯。

2.4.5 组合管芯 composite wick

由提供抽吸力的毛细结构与液体流动通道两部分组成的管芯。

2.4.6 板式干道芯 flat plate artery wick

由管壳内壁上的周向槽道与多层丝网复合而成的板式通道组成的管芯。

2.4.7 网管式干道芯 pedestal artery wick

由管壳内壁上的周向槽道、丝网构成的小圆柱形通道及连接辐条组成的管芯。

2.4.8 螺旋干道芯 spiral artery wick

由管壳内壁上的周向槽道、管中心由螺旋状网夹层围成的通道及连接辐条组成的管芯。

2.4.9 隧道干道芯 tunnel artery wick

由管壳内壁上的周向槽道与管中心同心网管围成的通道及连接辐条组成的管芯。

2.4.10 网盖槽管芯 channels covered with screen

表面覆盖细丝网的轴向槽道管芯。

2.5 蒸发段 evaporator

热管工质受热、汽化的区域。

2.6 凝结段 condenser

热管工质散热、凝结的区域。

2.7 绝热段 adiabatic section

热管蒸发段与凝结段之间的不与外界换热的区域。

2.8 充液管 filling tube

排出热管内空气及注入工质的细管。

2.9 充液量 liquid inventory

注入热管内的工质质量。

2.10 不凝气体 non-condensable gas

在热管工作温度、压力范围内不凝结的气体。

2.11 有效长度 effective length

计算热管传热能力的折合长度。对于蒸发段均匀受热和凝结段均匀冷却的热管,其有效长度为自蒸发段中点到凝结段中点的距离。

3 热管性能

3.1 毛细抽吸力 capillary pumping force

工质在蒸发和凝结过程中,蒸发段与凝结段管芯内由于液体弯月面曲率不同而形成的静压力之差。

3.2 最大毛细压头 maximum capillary head

当蒸发段管芯液体弯月面曲率半径最小与凝结段管芯液体弯月面曲率半径最大时的毛细抽吸力。

3.3 工作温度 operating temperature

热管运行时的工质蒸气温度。

3.4 工作温度范围 operating temperature range

由工质、管壳和管芯材料的性能和安全运行要求决定的热管工作温度区域。

3.5 工作状态 operating state

能连续维持热管工质蒸发、凝结、循环过程并具有一定温度均匀性的状态。

3.6 稳定工作状态 steady operating state

热管温度不随时间变化的工作状态。

3.7 最大传热量 maximum heat transfer rate

热管在设定工作温度下所能传递的最大热流量。

3.8 最大传热能力 maximum heat transfer capability

热管有效长度与最大传热量的乘积。

同义词: 传热能力因子 heat transfer capability factor

3.9 热管的启动 heat pipe start-up

从热管开始受热到进入工作状态之前的过程。

3.10 轴向热流密度 axial heat flux

通过垂直于热管轴线的内截面单位面积的热流量。

3.11 径向热流密度 radial heat flux

通过热管内表面单位面积的沿径向的热流量。

3.12 蒸发段传热系数 heat transfer coefficient in evaporator

通过蒸发段管壁单位面积单位温差下的热流量。见公式(1):

$$h_e = Q_e / (\Delta t_e \cdot A_e) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: h_e ——蒸发段传热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

Q_e ——由蒸发段外壁面向工质蒸气传递的热流量, W ;

Δt_e ——蒸发段外壁面与工质蒸气之间的温差, $^\circ C$;

A_e ——蒸发段管壁内表面积, m^2 。

3.13 凝结段传热系数 heat transfer coefficient in condenser

通过凝结段管壁单位面积单位温差下的热流量。见公式(2):

$$h_c = Q_c / (\Delta t_c \cdot A_c) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: h_c ——凝结段传热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

Q_c ——由工质蒸气向凝结段外壁面传递的热流量, W ;

Δt_c ——凝结段蒸气与外壁面之间的温差, $^\circ C$;

A_c ——凝结段管壁内表面积, m^2 。

3.14 蒸发段热阻 thermal resistance of evaporator

由蒸发段外表面至蒸发段工质蒸气的热阻。包括蒸发段管壁热阻、蒸发段管芯热阻和工质的汽化热阻。

3.15 凝结段热阻 thermal resistance of condenser

由凝结段工质蒸气至凝结段外壁之间的热阻。包括工质蒸气的凝结热阻、凝结段管芯热阻和凝结段管壁热阻。

3.16 总热阻 total thermal resistance

从蒸发段外壁面到凝结段外壁面之间各热阻之和。包括蒸发段热阻、工质蒸气流动热阻和凝结段热阻。

3.17 总热导 total thermal conductance

热管在单位温差下传递的热流量,其数值是总热阻的倒数。

3.18 等温性 isothermicity

在一定的热负荷和工作温度下,热管呈现出的管壁温度均匀的特性。

3.19 相容 compatibility

工质与管壳、管芯材料之间的相容,是指它们之间不会发生足以破坏热管工作状态的化学反应(如腐蚀或产生不凝气体)。

3.20 热管失效 heat pipe failure

热管工作状态受到破坏后,管壁沿轴向温差大于规定数值。

- 3.21 工作寿命 operating life
热管从开始运行至失效之间的工作时间。
- 3.22 传热极限 heat transfer limit
在某些特定条件下热管能达到的最大传热量。
- 3.22.1 毛细限 capillary limit
热管工质流动阻力与最大毛细压头平衡时的热流量。
- 3.22.2 携带限 entrainment limit
液体被蒸气携带回凝结段而导致热管蒸发段发生局部干涸时的热流量。
- 3.22.3 沸腾限 boiling limit
热管蒸发段工质发生膜态沸腾时的径向热流密度。
- 3.22.4 声速限 sonic limit
蒸发段出口处蒸气流速达到当地声速(马赫数等于1)时热管的热流量。
- 3.23 工质传输品质因数 figure of merit of working fluid transmission
液态工质与传输有关的若干物性参数的组合。见公式(3)：

$$N_e = \sigma \rho_l h_{lg} / \mu_l \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： N_e ——工质传输品质因数， W/m^2 ；
 σ ——液态工质表面张力， N/m ；
 ρ_l ——液态工质密度， kg/m^3 ；
 h_{lg} ——液态工质的汽化潜热， J/kg ；
 μ_l ——液态工质的动力粘度， $N \cdot s/m^2$ 。

4 特种热管

- 4.1 重力热管 gravity heat pipe
依靠重力作用完成液体回液的热管。
同义词：两相闭式热虹吸管 two-phase closed thermosyphon
- 4.2 重力辅助热管 gravity assisted heat pipe
由重力辅助管芯完成液体回流的热管。
- 4.3 逆重力热管 anti-gravity heat pipe
能够使液体克服重力而由下部的凝结段回流到上部的蒸发段的热管。
- 4.4 分离式热管 separate type heat pipe
蒸发段与凝结段分离的、由汽导管、液导管连接的传热装置。
- 4.5 旋转热管 rotating heat pipe
绕管轴旋转，并利用离心力回输液体的热管。
- 4.6 渗透热管 osmotic heat pipe
以工质(溶液)的渗透压力驱动液体回流的热管。
- 4.7 电渗透热管 electro-osmotic heat pipe
以电渗透力驱动液体回流的热管。
- 4.8 电动力热管 electrodynamic heat pipe
以电动力驱动液体回流的热管。
- 4.9 磁流体动力热管 magnetohydrodynamic heat pipe
以磁场的作用驱动其液体回流的热管。

- 4.10 开式热管 open loop heat pipe
运行中工质蒸气可部分排出的热管。
- 4.11 双组分热管 two-component heat pipe
装有二种工质的热管。
- 4.12 电绝缘热管 electrical insulating heat pipe
管壳、管芯和工质均为电绝缘体的热管。
- 4.13 平板式热管 flat plate heat pipe
管壳呈扁平状的热管。
- 4.14 径向热管 radial heat pipe
热流量径向传递的热管。
- 4.15 可控热管 controllable heat pipe
可以对其热流方向及其通断实施控制的、或者能调节其温度的热管。
- 4.15.1 热管热开关 heat pipe thermal switch
能实施热流通断功能的热管。
- 4.15.2 热二极管 thermal diode
只能单向传递热量的热管。
- 4.15.3 阻断能量 cut-off energy
热二极管从正向传热转到逆向阻断状态所需加入的热量。
- 4.15.4 阻断时间 cut-off time
热二极管自正向传热到完成逆向阻断所需的时间。
- 4.15.5 可变热导热管(VCHP) variable conductance heat pipe
当外界条件改变时能自动调节其热导以维持其工作温度的可控热管。
- 4.15.6 贮气室 reservoir
可控热管中,用于贮存不凝气体的容器。
- 4.15.7 冷贮气室可变热导热管 variable conductance heat pipe with cold reservoir
贮气室受热沉温度影响的可变热导热管。
- 4.15.8 热贮气室可变热导热管 variable conductance heat pipe with hot reservoir
贮气室受热源温度影响的可变热导热管。
- 4.15.9 机械反馈式可变热导热管 mechanical feedback controlled variable conductance heat pipe
通过机械反馈动作控制不凝气体界面位置来调节热导的可变热导热管。
- 4.15.10 电反馈式可变热导热管 electrical feedback controlled variable conductance heat pipe
通过电子控制器的反馈信号控制不凝气体界面位置来调节热导的可变热导热管。

附录 A
中文索引
(补充件)

		径向热流密度.....	3.11
		绝热段	2.7
	B		
板式干道芯	2.4.6		
不凝气体.....	2.10		
	C		
充液量	2.9		
充液管	2.8		
磁流体动力热管	4.9		
传热极限.....	3.22		
传热能力因子	3.8		
	D		
低温热管	2.1.3		
电渗透热管	4.7		
电动力热管	4.8		
电反馈式可变热导热管	4.15.10		
电绝缘热管.....	4.12		
等温性.....	3.18		
	F		
沸腾限.....	3.22.3		
分离式热管	4.4		
	G		
高温热管	2.1.1		
工质	2.3		
工作温度	3.3		
工作温度范围	3.4		
工作状态	3.5		
工作寿命.....	3.21		
工质传输品质因数.....	3.23		
管芯	2.4		
管壳	2.2		
	J		
机械反馈式可变热导热管.....	4.15.9		
径向热管.....	4.14		
		可控热管.....	4.15
		可变热导热管.....	4.15.5
		开式热管.....	4.10
		K	
		L	
		两相闭式热虹吸管	4.1
		冷贮气室可变热导热管.....	4.15.7
		螺旋干道芯	2.4.8
		M	
		毛细抽吸力	3.1
		毛细限.....	3.22.1
		毛细芯	2.4
		N	
		逆重力热管	4.3
		凝结段	2.6
		凝结段传热系数.....	3.13
		凝结段热阻.....	3.15
		P	
		平板式热管.....	4.13
		R	
		热二极管.....	4.15.2
		热管	2.1
		热管热开关.....	4.15.1
		热管的启动	3.9
		热管失效.....	3.20
		热贮气室可变热导热管.....	4.15.8
		S	
		深低温热管	2.1.4
		烧结管芯	2.4.4

隧道干道芯	2.4.9	蒸发段传热系数	3.12
声速限	3.22.4	蒸发段热阻	3.14
渗透热管	4.6	中温热管	2.1.2
双组分热管	4.11	重力热管	4.1
丝网管芯	2.4.1	重力辅助热管	4.2
W			
稳定工作状态	3.6	轴向热流密度	3.10
网管式干道芯	2.4.7	周向槽管芯	2.4.3
网盖槽管芯	2.4.10	贮气室	4.15.6
X			
相容	3.19	纵向槽管芯	2.4.2
携带限	3.22.2	总热导	3.17
旋转热管	4.5	总热阻	3.16
Y			
有效长度	2.11	阻断时间	4.15.4
Z			
蒸发段	2.5	阻断能量	4.15.3
		组合管芯	2.4.5
		最大传热量	3.7
		最大传热能力	3.8
		最大毛细压头	3.2

附录 B
英文索引
(补充件)

A	
adiabatic section	2.7
anti-gravity heat pipe	4.3
axial heat flux	3.10
B	
boiling limit	3.22.3
C	
capillary limit	3.22.1
capillary pumping force	3.1
capillary wick	2.4
channels covered with screen	2.4.10
circumferential groove wick	2.4.3
compatibility	3.19

composite wick	2.4.5
condenser	2.6
container	2.2
controllable heat pipe	4.15
cryogenic heat pipe	2.1.4
cut-off energy	4.15.3
cut-off time	4.15.4

E

effective length	2.11
electrical feedback controlled variable conductance heat pipe	4.15.10
electrical insulating heat pipe	4.12
electrodynamic heat pipe	4.8
electro-osmotic heat pipe	4.7
entrainment limit	3.22.2
evaporator	2.5

F

figure of merit of working fluid transmission	3.23
filling tube	2.8
flat plate artery wick	2.4.6
flat plate heat pipe	4.13

G

gravity assisted heat pipe	4.2
gravity heat pipe	4.1

H

heat pipe	2.1
heat pipe failure	3.20
heat pipe start-up	3.9
heat pipe thermal switch	4.15.1
heat transfer capability factor	3.8
heat transfer coefficient in condenser	3.13
heat transfer coefficient in evaporator	3.12
heat transfer limit	3.22
high temperature heat pipe	2.1.1

I

isothermicity	3.18
---------------------	------

L

liquid inventory	2.9
------------------------	-----

longitudinal groove wick	2.4.2
low temperature heat pipe	2.1.3

M

magnetohydrodynamic heat pipe	4.9
maximum capillary head	3.2
maximum heat transfer capability	3.8
maximum heat transfer rate	3.7
mechanical feedback controlled variable conductance heat pipe	4.15.9
medium temperature heat pipe	2.1.2

N

non-condensable gas	2.10
---------------------------	------

O

open loop heat pipe	4.10
operating life	3.21
operating temperature	3.3
operating temperature range	3.4
operating state	3.5
osmotic heat pipe	4.6

P

pedestal artery wick	2.4.7
----------------------------	-------

R

radial heat flux	3.11
radial heat pipe	4.14
reservoir	4.15.6
rotating heat pipe	4.5

S

screen wick	2.4.1
separate type heat pipe	4.4
sintered wick	2.4.4
sonic limit	3.22.4
spiral artery wick	2.4.8
steady operating state	3.6

T

thermal diode	4.15.2
thermal resistance of condenser	3.15
thermal resistance of evaporator	3.14

total thermal conductance	3.17
total thermal resistance	3.16
tunnel artery wick	2.4.9
two-component heat pipe	4.11
two-phase closed thermosyphon	4.1

V

variable conductance heat pipe	4.15.5
variable conductance heat pipe with cold reservoir	4.15.7
variable conductance heat pipe with hot reservoir	4.15.8

W

wick	2.4
working fluid	2.3

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院五〇一设计部和浙江大学热能系负责起草。

本标准起草人郭舜、曹黎明、吴存真。