

480651

热管理理论与实用

〔美〕S. W. 纪 著

蒋章焰 译



C0224601

1981

内 容 简 介

热管是1964年出现的一种新型传热元件,目前已在许多领域获得应用。本书对热管的理论、设计和制造作了全面论述,同时也对热管的若干应用作了简要介绍。书中还有一些设计图表和设计计算的数值实例。此外,译后记附有译者编写的热管研究的现状和前景。

本书主要对象是在核能技术、航天技术、电子技术以及动力、化工、电力、冶金、航空、建筑等领域从事传热工作的科技人员,也可供高等学校有关专业师生参考。

S. W. Chi

HEAT PIPE THEORY AND PRACTICE

McGraw-Hill 1976

热 管 理 论 与 实 用

[美] S. W. 纪 著

蒋章焰 译

责任编辑 陈文芳

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年9月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1981年9月第一次印刷 印张: 10 5/8

印数: 0001—4,600 字数: 234,000

统一书号: 15031·357

本社书号: 2252·15-10

定 价: 1.65 元

1981.9.2

序

热管是一种在小的温度梯度下就能把热量从一处传往另一处的传热元件。自从1964年洛斯-阿拉莫斯科学实验室的科学家第一次发表它的工作原理以来,它已经在许多方面获得广泛应用。热管技术的迅速发展,促使作者从1971年以来在乔治·华盛顿大学组织了一年一期的研究班,研究班的名称就叫“热管理论与实用”。这个研究班使工程师和教师们有机会了解这个传热新技术的各个方面的进展情况。近年来,不论是热管的理论和应用,还是热管制造工艺都得到了迅速发展。作者希望在这本书里能对热管技术的各个方面(即理论、设计、制造和应用)作一全面论述。这些内容不论是对从事实际工作的工程师,还是对从事课堂教学的教师,都是极为有用的。曾经从事其它型式传热设备设计和研制,而现在打算钻研热管的工程师们,可以在这本书里找到现有资料的全面集锦。机械工程和技术方面的教师们曾经为编写大学生结业教材和研究生初级教材而煞费苦心,他们也将发现这本书对他们有所裨益。热管技术会促使大学生们实际应用热力学、传热学、材料科学的一些基本定律,以及机械制造工艺过程方面的知识。

本书第一章是关于热管工作原理、类型和应用的一个引论。接着对热管理论、设计和制造作了全面论述。热管理论的编写体例是:在分析热管的同时也阐明热力学、传热学、流体力学和材料科学等方面的一些基本定律。为了方便从事实际工作的工程师们解决问题,书中在总结理论知识的基础上

提出了热管的设计步骤。此外,比较详尽地介绍了在总结大量研究资料的基础上提出来的若干方法。对热管全面论述的最后一部分,描述了热管制造工艺的当前实际情况。最后一章讲述热管对能源系统的当前应用情况和未来的可能应用;这一章对致力于寻求保持各种建筑、其他结构以及工业生产过程能源平衡方法的工程师和建筑师们该是有用的。

然而,热管技术还在探索之中,要说热管理论、设计和制造只此一说别无他途,或许还为时过早;已有不少研究人员在作出种种努力,以便确定究竟哪一种方法是可以采用的最好方法。这本著作不打算取代这一领域的其他各种著作。实际上,作者有意避开还有争议的一些问题。而且,为了把问题讲透彻,热管理论的某些方面也不那么严格处理,这些方面的论述要比可能做到的精确程度差些。但是,作者还是极为小心谨慎,尽力保证这种论述方法不会有基本原理方面的错误。本书包含为数不少、经过精心选择的例题,它跟正文配合,并且是本书内容不可分割的一部分。实际上,有许多例题超出了论题范围,是正文内容的实际应用。这些例题全都用英制和国际单位制(SI)详细解出。

在过去十年中,已经发表的热管论文和报告已超过一千篇,本书不可能包罗一个完备的书目。但是书中还是精选了一些最恰当的参考文献,附在相应的各章之后。这些参考文献不单单是体现推荐给读者进一步攻读的目标,而且应该看作是查找资料的一些线索。从乔治·华盛顿大学研究班的参加者那里获得了一些补充材料,其中特别要提到的是下列先生们和博士们: W. B. 贝纳特(W. B. Bienert), T. A. 西格纳罗维兹(T. A. Cygnarowicz), L. S. 盖洛温(L. S. Galowin), W. E. 哈博(W. E. Harbaugh), J. E. 凯姆(J. E. Kemme), R. 科森(R. Kosson), R. 麦金托什(R. McIntosh),

以及 R. A. 小罗兹 (R. A. Rhodes, Jr.) 作者在热管这个领域的知识来自接触大量人员的工作, 他们有在政府部门和工厂企业里的, 有在研究实验室和大学里的. 要对所有有关人员一一表示作者的衷心感谢是不可能的. 但是, 作者希望以笼统的方式对(美国)国家航空和航天管理局戈达德航天飞行中心 (NASA/GSFC) 的工作人员表示谢意, 他们支持了作者的研究, 并且对这部著作施加了影响.

应该说明, 没有 F. 克赖思 (F. Kreith) 教授的热情鼓励, 这本书是写不出来的, 正是他, 首先建议就热管这个题材写一本书. 为此, 作者谨表示深切的谢意. 还应该感谢 J. P. 哈特内特 (J. P. Hartnett) 和 T. F. 欧文 (T. F. Irvine) 两位教授的鼓励, 他们把这本书收入他们主编的热力工程丛书. 威廉·贝格 (William Begell) 及其半球出版股份有限公司 (Hemisphere) 的工作人员也帮助使本书得以问世. 我的学生 T. 詹姆森 (T. Jameson) 先生帮助编制本书的图表, M. C. 哈 (M. C. Ha) 小姐打印了本书的手稿, 他们以极大的耐心尽力完成这类烦琐工作, 作者对此表示感谢.

最后, 作者欢迎对本书提出的任何批评指正, 不论是细微末节也好, 还是总的纲要也好. 只有从这种批评当中, 作者才有希望弄清楚所采用的论述这类新课题的方法究竟是否正确.

S. W. 纪

术 语 符 号

- A 面积, 方程 (2-74)
- A_b 波纹管的横截面积, 方程 (5-40)
- A_c 冷凝段外表面的面积, 方程 (2-74)
- A_i 冷空气进口通道的横截面积, 方程 (9-4)
- A_s 蒸发段外表面的面积, 方程 (2-74)
- A_{sh} 热管和外热源、外热汇之间的分界面的面积, 方程 (4-1)
- A_f 肋片的面积, 方程 (4-6)
- A_{th} 热排气通道的横截面积, 方程 (9-4)
- A_l 液体通流截面, 第 (2-3) 节
- A_{n0} 带肋管无肋部分的面积, 方程 (4-6)
- A_p 根据热管外径计算的横截面积, 方程 (2-74)
- A_{p0} 无肋时热管外表面的面积, 方程 (4-5)
- A_{p1} 在吸液芯-蒸汽分界面上吸液芯毛细孔的面积, 方程 (3-12)
- A_{p2} 蒸汽腔的横截面积, 方程 (2-31)
- A_{p3} 吸液芯的横截面积, 方程 (2-19)
- A, B, C, D 积分常数, 例题 (5-5)
- c_f 热管外表面沸腾液体的比热, 方程 (4-12)
- $c_{p,a}$ 空气的比热, 例题 (4-2)
- $c_{p,f}$ 在热管外表面流动的流体的比热, 第 (4-2) 节
- C 常数, 方程 (4-2)
- C_i 液体流动的湿周, 第 (2-3) 节
- C_{min} 热流体或冷流体的热容量率, 取两者之中较小者, 方程 (9-1)
- C_{p1} 在吸液芯-蒸汽分界面上吸液芯毛细孔的湿周
- C_{pf} 常数, 方程 (4-12)
- C_p 热管周长, 定义为 $2\pi r_{ps}$, 方程 (5-1)

c_1, c_2	常数, 方程 (4-3)
d	丝网细丝的直径, 方程 (2-14)
d_i	热管内径, 例题 (2-2)
d_o	热管外径, 例题 (2-1)
d_v	蒸汽腔直径, 方程 (2-58a)
D	扩散系数, 方程 (5-30)
D_o	动力压力系数, 方程 (2-33)
f_i	液流的阻力系数, 方程 (2-18)
f_{max}	最大周应力, 方程 (7-2)
f_u	拉伸强度极限, 第 (6-3) 节
f_v	蒸汽流的阻力系数, 方程 (2-31)
$f_{v,c}$	可压缩流动时的蒸汽流的阻力系数, 方程 (2-38)
$f_{v,i}$	不可压缩流动时的蒸汽流的阻力系数, 方程 (2-38)
F_A	辐射的形状因数, 方程 (4-7)
F_E	辐射的发射率因数, 方程 (4-7)
F_f	液流的摩擦系数, 方程 (2-21)
F_s	液-汽分界面的切应力, 方程 (3-12)
F_t	液体-吸液芯分界面上的表面张力, 方程 (3-13)
F_v	蒸汽流的摩擦系数, 方程 (2-33)
g	重力加速度, 方程 (2-17)
h_c	冷凝段的总传热系数, 方程 (5-1)
h_e	蒸发段的总传热系数, 方程 (5-49)
h_f	热管和外热汇或外热源之间的分界面的放热系数, 方程 (4-1)
$h_{f,c}$	热管冷凝段和外热汇之间的分界面的放热系数, 第 (4-2) 节
$h_{f,e}$	带肋管分界面的有效放热系数, 方程 (4-5)
$h_{p,w}$	热管管壳壁和浸满液体吸液芯的组合传热系数, 例题 (5-4)
J	热的机械功当量, 方程 (2-77)
k	热导率, 方程 (2-46)
$k_{b,s}$	波纹管的弹性常数, 方程 (5-40)
k_e	浸满液体吸液芯的有效热导率, 方程 (2-46)
$k_{e,c}$	冷凝段浸满液体吸液芯的有效热导率, 方程 (2-78)

- $k_{s,e}$ 蒸发段浸满液体吸液芯的有效热导率, 方程 (2-78)
 k_f 在热管外面流动的流体的热导率, 第 (4-2) 节
 $k_{f,c}$ 冷凝段的 k_f , 例题 (4-1)
 k_l 液体的热导率, 方程 (2-46)
 k_w 吸液芯材料的热导率, 方程 (2-46)
 k_p 热管管壳材料的热导率, 方程 (2-78)
 k_1 热导率, 方程 (2-54)
 k_2 热导率, 方程 (2-55)
 K 吸液芯的渗透率, 方程 (2-22)
 K 喷管的背压系数, 方程 (5-51)
 K_1, K_2 常数, 方程 (3-12) 和 (3-13)
 l 管子外部肋片的高度, 方程 (4-4)
 L 热管有效长度, 方程 (2-63)
 L 热管长度, 方程 (2-76)
 L_a 热管绝热段的长度, 方程 (2-65)
 L_c 热管冷凝段的长度, 方程 (2-65)
 L_e 热管蒸发段的长度, 方程 (2-65)
 L_t 热管的总长度, 方程 (2-63)
 $L_{c,e}$ 冷凝段工作部分的长度, 方程 (5-1)
 $L_{c,i}$ 冷凝段不工作部分的长度, 第 (5-2) 节
 m 方程 (5-24) 定义的参数
 m 工质灌注量, 方程 (8-1)
 m_g 气体的质量, 方程 (5-2)
 $\dot{m}_g$ 气体的质量流量, 方程 (5-30)
 $\dot{m}_v$ 蒸汽的质量流量, 方程 (2-31) 和方程 (5-30)
 $\dot{m}_v''$ 每单位面积的蒸汽质量流量, 方程 (3-4)
 M 分子量, 例题 (3-1)
 M_g 气体的分子量, 方程 (5-33)
 M_v 蒸汽流的马赫数, 方程 (2-37)
 M_v 蒸汽的分子量, 方程 (5-33)
 n 槽道数, 例题 (2-1)

- n 管束的列数, 表(4-1)
- N 丝网的网目数, 方程(2-28)
- N_f 液体的输运因数, 方程(6-3)
- Nu_f 流体在管外流动时的努赛尔数, 方程(4-2)
- $Nu_{f,c}$ 在热管冷凝段管壳外的 Nu_f , 例题(4-1)
- P 压力, 方程(3-20)
- P_a, P_b, P_c, P_d 第(3-2)节中定义的压力
- P_c 毛细压力, 方程(2-1)
- $P_{c,r}$ 流体循环所需要的毛细压力, 第(2-6)节
- P_{cm} 最大毛细压力, 方程(2-4)
- $P_{cm,e}$ 用于流体循环的有效毛细压力, 方程(2-58)
- P_g 由重力造成的水静压力, 方程(7-13)
- $P_{g,r}$ 贮气室中的气体压力, 方程(5-2)
- $P_{g,i}$ 冷凝段不工作部分的气体压力, 方程(5-2)
- P_l 液体压力, 方程(2-1)
- P_{max} 最大压差, 第(2-6)节
- P_{min} 最小压差, 第(2-6)节
- P_o 驻点的压力, 方程(3-1)
- P_{pm} 最大有效啁送压力, 例题(2-1)
- P_{pw} 管壳-吸液芯分界面上的压力, 方程(3-18)
- P_t 方程(2-71)和(2-72)定义的总压力
- P_v 蒸汽压力, 方程(2-1)
- $P_{v,s}$ 冷凝段工作部分的蒸汽压力, 方程(5-3)
- $P_{v,s,max}$ 在控制范围内传热率最大时冷凝段工作部分的蒸汽压力, 方程(5-47)
- $P_{v,s,min}$ 在控制范围内传热率最小时冷凝段工作部分的蒸汽压力, 方程(5-48)
- $P_{w,b}$ 波纹管内控制流体的蒸汽压力, 方程(5-40)
- $P_{w,b,max}$ 在控制范围内传热率最大时波纹管内控制流体的蒸汽压力, 方程(5-47)
- $P_{w,b,min}$ 在控制范围内传热率最小时波纹管内控制流体的蒸汽压力,

方程 (5-48)

- $P_{s,c}$ 冷凝段的蒸汽压力, 方程 (5-53)
- $P_{s,e}$ 蒸发段的蒸汽压力, 方程 (5-53)
- $P_{s,i}$ 冷凝段不工作部分的蒸汽压力, 方程 (5-4)
- $P_{s,r}$ 贮气室中的蒸汽压力, 方程 (5-3)
- $P_{s,t}$ 在热汇温度下的蒸汽压力, 例题 (5-2)
- $P_{w,p}$ 在吸液芯-管壳分界面上的饱和蒸汽压力, 方程 (3-18)
- P_1, P_2 压力, 方程 (2-77)
- ΔP_l 液体的压降, 方程 (2-1)
- ΔP_v 蒸汽的压降, 方程 (2-1)
- $\Delta P_{\perp}$ 垂直于热管轴线方向的水静压力, 方程 (2-58)
- Pr_f 流体的在热管外面流动时的普朗特数, 方程 (4-2)
- $Pr_{f,c}$ 流体的在热管冷凝段外面流动时的普朗特数, 例题 (4-1)
- Q 热通量, 方程 (2-19)
- Q' 每单位热管长度的热通量, 方程 (5-22)
- $Q_{b,max}$ 传热率的沸腾限, 方程 (3-24)
- $Q_{c,max}$ 传热率的毛细限, 方程 (2-65)
- $Q_{e,max}$ 传热率的携带限, 方程 (3-17)
- Q_L 假定的热负荷, 例题 (2-4)
- Q_{max} 控制范围内的最大传热率, 方程 (5-14)
- Q_{min} 控制范围内的最小传热率, 方程 (5-48)
- $Q_{s,max}$ 传热率的声速限, 方程 (3-10)
- $(QL)_{c,max}$ 传热因数毛细限, 方程 (2-63)
- r 圆柱的半径, 方程 (2-5)
- r_b 汽泡的半径, 方程 (3-18)
- r_c 有效毛细半径, 方程 (2-4)
- r_c 烧结球的接触半径, 方程 (2-51)
- r_f 带肋管的肋片外半径, 第 (4-2) 节
- $r_{h,l}$ 液流的水力半径, 方程 (2-17)
- $r_{h,c}$ 在蒸汽-吸液芯分界面上吸液芯的水力半径, 方程 (3-15)
- $r_{h,v}$ 蒸汽流的水力半径, 方程 (2-31)

r_i	热管的内半径, 方程 (2-78)
r_n	沸腾的汽化中心起沫半径, 方程 (3-24)
r_o	热管的外半径, 方程 (2-78)
r_s	球体的半径, 方程 (2-15)
r_v	蒸汽腔的半径, 方程 (2-78)
r_1	环道的外半径, 第 (2-3) 节
r_2	环道的内半径, 第 (2-3) 节
R	曲率半径, 方程 (2-5)
R	热阻, 方程 (2-75)
$\bar{R}$	通用气体常数, 例题 (3-1)
R_g	气体常数, 方程 (5-2)
$R_{p,c}$	热管冷凝段管壳壁的热阻, 方程 (2-81)
$R_{p,e}$	热管蒸发段管壳壁的热阻, 方程 (2-81)
R_v	蒸汽的气体常数, 方程 (2-37)
R_w	从蒸发段到冷凝段的蒸汽流的热阻, 方程 (2-81)
$R_{w,c}$	热管冷凝段吸液芯的热阻, 方程 (2-81)
$R_{w,e}$	热管蒸发段吸液芯的热阻, 方程 (2-81)
Re_f	流体在热管外面流动时的雷诺数
$Re_{f,c}$	流体在热管冷凝段外面流动时的雷诺数, 例题 (4-1)
Re_l	液流的雷诺数, 方程 (2-18)
Re_v	蒸汽流的雷诺数, 方程 (2-31)
RD	热管管束的列数, 方程 (9-5)
RD_s	在标准状况下热管管束的列数, 方程 (9-5)
s	外部肋片的间距, 方程 (4-4)
S	丝网的皱折因数, 方程 (2-28)
t	厚度, 方程 (7-2)
t_p	热管管壳壁的厚度, 方程 (2-79)
t_w	吸液芯的厚度, 方程 (2-79)
T	温度
T_c	冷空气的平均温度, 方程 (9-3)
$T_{c,in}$	冷流体的进口温度, 方程 (9-1)

- T_f 热汇或热源的温度, 对于对流传热的分界面, 它是流体的温度; 对于辐射传热的分界面, 它是固体的温度, 方程 (4-1) 和方程 (4-7)
- $T_{f,e}$ 在热管冷凝段外面流动的流体的温度, 例题 (4-1)
- T_g 气体温度, 方程 (5-2)
- T_h 热流体的平均温度, 方程 (9-4)
- $T_{h,in}$ 热流体的进口温度, 方程 (9-1)
- $T_{g,i}$ 冷凝段不工作部分的气体温度, 方程 (5-2)
- $T_{g,r}$ 贮气室中的气体温度, 方程 (5-2)
- T_p 热管管壳壁的温度, 方程 (4-1)
- $T_{p,c}$ 热管冷凝段管壳壁温度, 第 (2-7) 节
- $T_{p,e}$ 热管蒸发段管壳壁温度, 第 (2-7) 节
- $T_{p,w}$ 管壳-吸液芯分界面温度, 第 (2-7) 节
- $T_{pw,c}$ 冷凝段管壳-吸液芯分界面温度, 第 (2-7) 节
- $T_{pw,e}$ 蒸发段管壳-吸液芯分界面温度, 第 (2-7) 节
- T_o 驻点温度, 方程 (3-1)
- T_s 热汇温度, 方程 (5-22)
- $T_{s,c}$ 冷凝段的热汇温度, 方程 (5-1)
- $T_{s,e}$ 蒸发段的热源温度, 方程 (5-49)
- T_v 蒸汽温度, 方程 (2-37)
- $T_{v,w}$ 冷凝段工作部分的蒸汽温度, 方程 (5-1)
- $T_{v,w,max}$ 在控制范围内传热率最大时的冷凝段工作部分的蒸汽温度, 方程 (5-46)
- $T_{v,w,min}$ 在控制范围内传热率最小时的冷凝段工作部分的蒸汽温度, 方程 (5-48)
- $T_{v,c}$ 冷凝段的蒸汽温度, 第 (2-7) 节
- $T_{v,e}$ 蒸发段的蒸汽温度, 第 (2-7) 节
- $T_{w,v}$ 吸液芯-蒸汽分界面的温度, 第 (2-7) 节
- $T_{wv,c}$ 冷凝段的 T_{wv} , 第 (2-7) 节
- $T_{wv,e}$ 蒸发段的 T_{wv} , 第 (2-7) 节
- T_1, T_2 温度, 方程 (2-75)

- $\Delta \bar{T}$ 温降, 例题 (4-1)
- ΔT 吸液芯结构横向温降, 方程 (6-2)
- ΔT_p 热管管壳壁横向温降, 例题 (4-1)
- $\Delta T_{p,c}$ 热管冷凝段管壳壁横向温降, 例题 (4-1)
- $\Delta T_{p,e}$ 热管蒸发段管壳壁横向温降, 例题 (4-1)
- ΔT_s 蒸汽流道的温降, 例题 (4-1)
- $\Delta T_{w,c}$ 冷凝段吸液芯结构的横向温降, 例题 (4-1)
- $\Delta T_{w,e}$ 蒸发段吸液芯结构的横向温降, 例题 (4-1)
- U_{HP} 热管传热系数, 方程 (2-74)
- $U_{HP,c}$ 根据冷凝段表面积确定的热管传热系数, 方程 (2-74)
- $U_{HP,e}$ 根据蒸发段表面积确定的热管传热系数, 方程 (2-74)
- $U_{HP,p}$ 根据热管横截面积确定的热管传热系数, 方程 (2-74)
- v_c 冷空气进口速度, 方程 (9-3)
- V_b 在压缩或膨胀情况下波纹管的体积, 方程 (5-41)
- $V_{b,0}$ 波纹管的自然体积, 方程 (5-41)
- V_c 冷凝段的蒸汽腔体积, 方程 (5-16)
- V_o 冷空气进口容积流量, 第 (9-4) 节
- V_{ex} 热管过量液相工质的体积, 方程 (5-42)
- $V_{f,max}$ 流体的横向绕流管束时的最大速度, 第 (4-2) 节
- V_h 热排气的容积流量, 方程 (9-2)
- V_l 液体速度, 方程 (2-18)
- V_r 贮气室的体积, 方程 (5-2)
- V_s 蒸汽速度, 方程 (2-32)
- w 槽道宽度, 方程 (2-9)
- w 丝网细丝的间距, 方程 (2-13)
- w_f 槽道肋脊宽度, 方程 (2-53)
- We 韦伯数, 方程 (3-14)
- x 轴向位置, 方程 (2-1)
- x_b 波纹管在膨胀或压缩时的长度, 方程 (5-40)
- $x_{b,0}$ 波纹管的自然长度, 方程 (5-40)

x_{rel}	以 x 度量的轴向参考位置, 方程 (2-1)
x_{min}	毛细压力最小处的轴向位置, 方程 (2-2)
x_{max}	毛细压力最大处的轴向位置, 方程 (2-59)
α	第 (2-3) 节中定义的矩形槽道的长宽比
β	三角形槽道的半角, 方程 (2-10)
β	动量通量的形状系数, 方程 (2-32)
r_v	蒸汽比热之比, 方程 (2-37)
δ	槽道深度, 方程 (2-25)
δ	平板厚度, 方程 (2-76)
δ	管子外部肋片的厚度, 方程 (4-4)
ϵ	吸液芯的孔隙率, 方程 (2-19)
ϵ	换热器的效率, 方程 (9-1)
ϵ'	烧结金属的参数, 方程 (2-51)
ϵ_p	热管管壳壁表面的发射率, 方程 (4-8)
η_l	肋片效率, 方程 (4-6)
θ	液体-固体的润湿角, 方程 (2-5)
λ	汽化潜热, 方程 (2-19)
λ_f	在热管外面流动的流体的汽化潜热, 方程 (4-11)
μ_f	在热管外面流动的流体的动力粘度, 第 (4-2) 节
$\mu_{f,c}$	冷凝段的 μ_f , 例题 (4-1)
μ_l	液体的动力粘度, 方程 (2-18)
μ_v	蒸汽的动力粘度, 方程 (2-31)
ρ	气体-蒸汽混合物的密度, 方程 (5-30)
ρ	材料密度, 第 (6-3) 节
ρ_f	在热管外面流动的流体的密度, 第 (4-2) 节
ρ_l	液体密度, 方程 (2-17)
ρ_v	在滞止情况下的蒸汽密度, 方程 (3-1)
ρ_v	蒸汽密度, 方程 (2-31)
σ	表面张力系数, 方程 (2-3)
σ_f	热管外面沸腾液体的表面张力系数, 方程 (4-12)

σ	斯蒂芬-玻耳兹曼常数, 方程 (4-7)
τ_l	液体的摩擦应力, 方程 (2-17)
τ_v	蒸汽的摩擦应力, 第 (2-4) 节
χ_g	气体的质量浓度, 方程 (5-30)
ψ	从水平位置度量的热管的倾斜角, 方程 (2-17)

目 录

序	vi
术语符号	vii
第一章 热管的类型和应用	1
1-1 热管的发明和工作原理	1
1-2 工质	3
1-3 吸液芯的结构	6
1-4 控制方法	9
1-5 应用	16
书目	34

第一篇 热管理论

参考文献	37
第二章 毛细极限和温度特性	38
2-1 压力平衡	38
2-2 最大毛细压力	40
2-3 液体的压降	44
2-4 蒸汽的压降	49
2-5 吸液芯结构的有效热导率	54
2-6 传热功率的毛细极限	58
2-7 热管的温度特性	79
参考文献	89
第三章 声速限、携带限和沸腾限	91
3-1 引论	91
3-2 声速限	92
3-3 携带限	99

3-4	沸腾限	100
	参考文献	109
第四章	热管的工作条件	110
4-1	引论	110
4-2	分界面的条件	110
4-3	工作条件的确定	116
4-4	热管的启动特性	128
	参考文献	134
第五章	可控热管的分析	135
5-1	引论	135
5-2	充气热管的基本原理和理论	135
5-3	不带贮气室的充气热管	138
5-4	带敷设吸液芯贮气室的充气热管	144
5-5	带不敷设吸液芯贮气室的充气热管	150
5-6	扩散效应	157
5-7	过量液相工质热管	165
5-8	汽流调节热管	168
5-9	液流调节热管	171
	参考文献	173

第二篇 热管的设计

第六章	热管的工质、吸液芯结构和材料	176
6-1	工质的选择	176
6-2	吸液芯的选择	179
6-3	材料的选择	182
6-4	初步设计需要考虑的问题	184
第七章	热管的设计步骤	186
7-1	引论	186
7-2	热管的直径	187
7-3	热管管壳的设计	189