

面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

传 热 学

第四版

杨世铭 陶文铨 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

传 热 学

第四版

杨世铭 陶文铨 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 提 要

本书是在第三版的基础上,根据教育部制定的“高等学校工科本科传热学课程教学基本要求”,并总结近年来教学改革成果修订而成的。本书第三版是面向 21 世纪课程教材、普通高等教育“九五”国家级重点教材和首届国家级精品课程主讲教材。

本书根据我国“国家中长期科学和技术发展规划纲要”的精神以及当前世界范围内科学技术的飞速发展、高等教育国际化与本土化的发展趋势,在教材内容上力争反映最新科技成就,注重学生能力的培养,提倡节约能源,拓展教材适应性,以适应我国 21 世纪初叶发展的需要。全书共 11 章,包括导热、对流传热、辐射传热、传热过程和换热器、传质学等内容,每章有小结与应用。全书典型例题剖析深刻,习题丰富,参考文献详尽,可供读者深入学习时参考。

本书可作为高等学校能源动力类、化工与制药类、航空航天类、机械类、环境与安全类、交通运输类、武器类以及土建类等专业的教科书或教学参考书,也可供其他专业选用和有关科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

传热学/杨世铭,陶文铨编著. —4 版. —北京:高等教育出版社,2006. 8

ISBN 7-04-018918-6

I. 传... II. ①杨... ②陶... III. 传热学 - 高等学校 - 教材 IV. TK124

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 079670 号

策划编辑	宋 晓	责任编辑	宋 晓	封面设计	杨立新
责任绘图	朱 静	版式设计	王艳红	责任校对	杨雪莲
责任印制	宋克学				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印 刷	北京地质印刷厂		http://www.landrace.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	1982 年 7 月第 1 版
印 张	38		2006 年 8 月第 4 版
字 数	720 000	印 次	2006 年 8 月第 1 次印刷
		定 价	38.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18918-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

第四版前言

本书第三版自 1998 年出版以来,被国内高等学校作为教材广泛采用,迄今为止已经重印 15 次。在这七八年中,世界范围内科学技术的迅速发展和我国经济建设取得的显著成就,都对传热学课程的发展产生了积极的影响。尽管传热学的基本规律并无变化,但是研究手段的发展和工程应用领域的扩大进一步丰富了传热学的内涵。与此同时,在我国加入世界贸易组织(WTO)以后,关于高等教育的国际化与本土化已成为热门的话题,部分国外优秀的原版教材被引进到大学的讲坛上。如何借鉴国外优秀教材而编写出具有中国特色的教材,已引起高等教育界的普遍关注。本书编者之一所负责的传热学课程在 2003 年获得了教育部首批国家级精品课程的称号,本教材也列入了高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材建设计划精品项目”。本书作者就是在这样的一些背景条件下开始本版修订工作的。

本版教材的主要特点可从以下五个方面予以说明。

1. 具有与本学科发展相应的学术水平

20 世纪末,由于微机电系统乃至纳机电系统(nano - electro mechanical system,简称 NEMS)研究的迅速发展,在世界范围内兴起了对微米 - 纳米尺度范围传热与流动问题的研究热潮,形成了微米 - 纳米传热学的研究方向,这无疑传热学发展史上具有里程碑意义的进展。虽然关于微纳米传热学的内容,或者由于目前还未有定论,或者因为内容深度的问题还不宜作为本科教学的主要内容,但是在教材的相关部分恰当地介绍一些基本概念、特点与研究进展是必须的,且也可作为对本课程要求较高的专业方向选学的内容。因此,本书在导热问题(2.2 节)、对流传热部分(6.3 节)等处引入了相关的内容。

此外,强化单相对流传热的纵向涡方法、管壳式换热器中的螺旋折流板换热器等,也是最近 20 年中发展起来的,本版对此也做了相应介绍。

为保持教材总体容量的适当平衡,对于传统教材中部分相对陈旧的内容本版做了较多的删减,包括管内湍流传热的齐德 - 泰特公式、米海耶夫公式、流体横掠管束的格里森公式等。

2. 努力培养学生分析问题、解决问题的能力

教材的功能是向学生传授知识,同时也是培养学生分析问题、解决问题能力的载体。从人才培养的整体计划来说,培养能力是更为根本的任务,本版在继承

第三版这一传统的基础上进一步做出了努力。这些努力包括:(1) 在每章末增加了本章内容的应用部分,此处所举例题更为接近工程实际,需要学生应用更多的知识进行分析;(2) 教材正文与例题部分更为注重对较为复杂的实际问题如何进行分析的讲授,例题9-13对问题的分层次的剖析就是一例;(3) 在大多数章节的习题中增加了小论文题目。编者近几年在本课程的教学实践中体会到课程学习过程中组织学生撰写与课程学习内容相关的小论文,是激发学生学习兴趣,培养分析问题、解决问题能力的好办法。新增的这些习题可用于这样的目的,供教师选用。

3. 将节约能源作为贯穿始终的一根主线

我国《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中指出:“能源在国民经济中具有重要的战略地位。我国目前能源供需矛盾尖锐,结构不合理,能源利用效率低”。根据2003年的统计数字,我国单位产值的能耗是世界平均值的2.2倍。为此,我国国民经济和社会发展第十一个五年计划规定,到2010年单位产值的能耗要降低20%。在电力、冶金、化工、建材等高能耗行业中热能是能源的主要表现形式之一,据估计80%的热量需要通过换热器予以转换,以适应不同的工艺要求,因此热能利用的效率直接影响到这些领域综合能耗的高低。据此,在本版的撰写中特别注意将传热的强化与削弱紧密地与节能联系起来,使学生通过课程学习不仅能掌握节约热能的技术与方法,并且树立起“节能优先”的基本观点。

4. 积极反映我国科学技术的成就

我国科学技术工作者在传热学的基本原理以及工程应用方面进行了卓有成效的工作,这些应该在相应的教学部分做适度的介绍,这也是使教材具有中国特色的标志之一。本版在这方面做了进一步的努力。例如,引用了我国学者拍摄的关于珠状凝结的照片,简要介绍了我国学者在珠状凝结方面的研究成果,特别是:在强化单相对流传热方面,较为仔细地介绍了由我国学者提出的场协同原理;在关于自然对流流态判别的准则方面,进一步阐述了由本书第一作者提出的应该以 Gr 数而不是 Ra 数为依据的观点,并介绍了部分国际上认同的文献。在数值方法的介绍方面,本书没有采用目前国外教材普遍采用的对不同位置的节点列出离散方程表格的方法,而是强调掌握能量平衡法的基本思想,并将其统一应用于三种边界条件的推导,这也多少反应了编者的研究心得。此外,在习题与例题中也多次引入了我国作者的工作。

5. 具有较广泛的适应性

努力使本版能适应不同层次、不同专业方向教学的需要,是本次修订的又一次尝试。在内容上尽量做到由浅入深、循序渐进,使教学学时较少的专业仍然可以利用本教材的基本部分。在习题安排方面,继续第三版中按内容编排的原则,同

时同一内容的习题基本上从易到难编排。在例题与习题涉及的专业内容方面,除了有足够的关于能源动力类专业内容的题目外,关于电子器件冷却、机械制造等方面也较多地做了考虑。此外,每章末的内容小结也能为不同层次的学生提供关于基本内容与拓宽内容的描述。与本书配套的电子教案、教学参考图片、习题解答与试题库等资料也可为不同层次及不同专业的教学提供选择的机会,这些配套资料将随后陆续由高等教育出版社出版。

本书的修订大纲系由两位作者共同讨论确定,杨世铭修改了部分章节,其余的修订工作主要由陶文铨完成。

本书初稿承蒙华中科技大学黄素逸教授仔细审阅,他对书稿提出了许多宝贵的修改意见,特此致谢。西安交通大学热流中心传热学教学组的各位同事,特别是何雅玲教授、王秋旺教授、赵长颖教授、李增耀博士、唐桂华博士、屈治国博士和曾敏博士,以及清华大学李志新教授、香港科技大学赵天寿教授、上海理工大学杨莱教授等,对书稿内容的完善提供了有益的帮助。研究生吴志根、丁鹏、吴学红、樊菊芳、栾辉宝、冀文涛或者协助查阅资料,或者协助输入文字、插图及校对等,为编者提供了不少帮助。高等教育出版社为作者提供了宽松的编写条件,使本书得以如期出版。在此一并表示衷心感谢。

作者诚恳欢迎读者批评指正。

编者

2006-02-16

主要符号表

a	热扩散率, m^2/s
A	表面面积, m^2
A_c	截面面积, m^2
b	宽度, m
c	比热容, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; 光速, m/s
c_B	组分 B 的物质的量浓度, mol/m^3
c_f	Fanning(范宁)摩擦系数
c_p	比定压热容, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
c_1	第一辐射常量, $\text{W} \cdot \text{m}^2$
c_2	第二辐射常量, $\text{m} \cdot \text{K}$
d	直径, m
D	扩散系数, m^2/s
E	辐射力, W/m^2
E_λ	光谱辐射力, W/m^3
f	达尔西(Darcy)摩擦系数; 频率, Hz
F	力, N
g	重力加速度, m/s^2
G	投入辐射, W/m^2
h	对流传热表面传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; 流体的比焓, J/kg
H	焓, J ; 高度, m
I	电流, A ; 定向辐射强度, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$
j	传热因子
J	有效辐射, W/m^2 ; 电流密度, A/m^2
k	传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
l	长度, m
M	质量通量密度, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
M_r	相对分子质量
n	物质的量, mol ; 折射率
N	物质的量通量密度, $\text{kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

II 主要符号表

p	压力, Pa
P	功率, W; 周长, m
q	热流密度, W/m ²
q_m	质量流量, kg/s
q_v	体积流量, m ³ /s
Q	热量, J
r	半径, m; 汽化潜热, J/kg
R	热阻, K/W; 摩尔气体常数, J/(mol · K); 电阻, Ω
R_A	面积热阻, m ² · K/W
s	程长, m; 管间距, m
S	形状因子
t	摄氏温度, °C
T	热力学温度, K; 周期, s
u	比热力学能, J/kg; 速度, m/s
U	热力学能, J; 电位差, V
v	比体积, m ³ /kg; 速度, m/s
V	体积, m ³ ; 电位, V
w	速度, m/s
w_B	组分 B 的质量分数
W	功, J
x	笛卡儿 (Cartesian) 坐标, m; 干度
δ	厚度, m
ε	发射率; 换热器效能
$\varepsilon(\lambda)$	光谱发射率
η	(动力) 粘度, Pa · s; 效率
θ	过余温度, °C 或 K; 平面角, rad
Θ	无量纲过余温度
λ	波长, m 或 μm; 导热系数, W/(m · K)
ν	运动粘度, m ² /s
ρ	密度, kg/m ³ ; 反射比; 电阻率, Ω · m
ρ_B	组分 B 的质量浓度, kg/m ³
$\rho(\lambda)$	光谱反射比
σ	斯忒藩 - 玻耳兹曼 (Stefan - Boltzmann) 常量, W/(m ² · K ⁴); 表面张力, N/m

τ	时间, s; 透射比
τ_c	时间常数, s
$\tau(\lambda)$	光谱透射比
Φ	热流量, W
φ_B	组分 B 的体积分数
ψ	对数平均温差修正系数
Ω	立体角, sr
Bi	毕渥 (Biot) 数, hl/λ (λ 为固体的导热系数)
Fo	傅里叶 (Fourier) 数, $a\tau/l^2$
Gr	格拉晓夫 (Grashof) 数, $gl^3\alpha\Delta t/\nu^2$
Ja	雅各布 (Jakob) 数, $r/c_p(t_s - t_w)$
Le	路易斯 (Lewis) 数, a/D
Nu	努塞尔 (Nusselt) 数, hl/λ (λ 为流体的导热系数)
Pe	贝克来 (Peclet) 数, vl/a
Pr	普朗特 (Prandtl) 数, ν/a
Re	雷诺 (Reynolds) 数, vl/ν
Ra	瑞利 (Rayleigh) 数, $gl^3\alpha\Delta t/(a\nu)$
Sh	舍伍德 (Sherwood) 数, $h_m l/D$
St	斯坦顿 (Stanton) 数, $h/(\rho v c_p)$
Sc	施密特 (Schmidt) 数, ν/D

目 录

主要符号表	I
第 1 章 绪论	1
1.1 传热学的研究内容及其在科学技术和工程中的应用	1
1.2 热能传递的三种基本方式	4
1.3 传热过程和传热系数	12
1.4 传热学的发展简史和研究方法	15
本章小结与应用	21
复习题	23
习题	24
参考文献	30
第 2 章 稳态热传导	33
2.1 导热基本定律——傅里叶定律	33
2.2 导热问题的数学描写	41
2.3 典型一维稳态导热问题的分析解	46
2.4 通过肋片的导热	57
2.5 具有内热源的一维导热问题	70
2.6 多维稳态导热的求解	76
本章小结与应用	82
复习题	88
习题	88
参考文献	108
第 3 章 非稳态热传导	112
3.1 非稳态导热的基本概念	112
3.2 零维问题的分析法——集中参数法	117
3.3 典型一维物体非稳态导热的分析解	123
3.4 半无限大物体的非稳态导热	133
3.5 简单几何形状物体多维非稳态导热的分析解	138
本章小结与应用	147
复习题	151

习题	151
参考文献	160
第 4 章 热传导问题的数值解法	162
4.1 导热问题数值求解的基本思想	162
4.2 内节点离散方程的建立方法	165
4.3 边界节点离散方程的建立及代数方程的求解	167
4.4 非稳态导热问题的数值解法	174
本章小结与应用	180
复习题	185
习题	186
参考文献	195
第 5 章 对流传热的理论基础	197
5.1 对流传热概说	197
5.2 对流传热问题的数学描写	202
5.3 边界层型对流传热问题的数学描写	206
5.4 流体外掠平板传热层流分析解及比拟理论	211
本章小结与应用	219
复习题	224
习题	224
参考文献	227
第 6 章 单相对流传热的实验关联式	229
6.1 相似原理与量纲分析	229
6.2 相似原理的应用	237
6.3 内部强制对流传热的实验关联式	243
6.4 外部强制对流传热——流体横掠单管、球体及管束的实验关联式	256
6.5 大空间与有限空间内自然对流传热的实验关联式	263
6.6 射流冲击传热的实验关联式	277
本章小结与应用	280
复习题	286
习题	286
参考文献	296
第 7 章 相变对流传热	301
7.1 凝结传热的模式	301

7.2 膜状凝结分析解及计算关联式	303
7.3 膜状凝结的影响因素及其传热强化	309
7.4 沸腾传热的模式	315
7.5 大容器沸腾传热的实验关联式	320
7.6 沸腾传热的影响因素及其强化	327
7.7 热管简介	331
本章小结与应用	336
复习题	338
习题	339
参考文献	347
第8章 热辐射基本定律和辐射特性	351
8.1 热辐射现象的基本概念	351
8.2 黑体热辐射的基本定律	356
8.3 固体和液体的辐射特性	365
8.4 实际物体对辐射能的吸收与辐射的关系	372
8.5 太阳与环境辐射	379
本章小结与应用	383
复习题	387
习题	387
参考文献	393
第9章 辐射传热的计算	395
9.1 辐射传热的角系数	395
9.2 两表面封闭系统的辐射传热	404
9.3 多表面系统的辐射传热	411
9.4 气体辐射的特点及计算	419
9.5 辐射传热的控制(强化与削弱)	429
9.6 综合传热问题分析	434
本章小结与应用	438
复习题	445
习题	445
参考文献	457
第10章 传热过程分析与换热器的热计算	459
10.1 传热过程的分析和计算	459
10.2 换热器的类型	466

10.3 换热器中传热过程平均温差的计算	474
10.4 间壁式换热器的热设计	484
10.5 热量传递过程的控制(强化与削弱)	497
本章小结与应用	509
复习题	516
习题	517
参考文献	536
第 11 章 传质学简介	540
11.1 质扩散与斐克定律	540
11.2 对流传质及表面传质系数	545
本章小结与应用	549
复习题	551
习题	551
参考文献	553
附录	554
附录 1 常用单位换算表	554
附录 2 金属材料的密度、比热容和导热系数	555
附录 3 保温、建筑及其他材料的密度和导热系数	557
附录 4 几种保温、耐火材料的导热系数与温度的关系	558
附录 5 大气压力($p = 1.013\ 25 \times 10^5$ Pa)下干空气的热物理性质	559
附录 6 大气压力($p = 1.013\ 25 \times 10^5$ Pa)下标准烟气的热物理性质	560
附录 7 大气压力($p = 1.013\ 25 \times 10^5$ Pa)下过热水蒸气的热物理性质	560
附录 8 大气压力($p = 1.013\ 25 \times 10^5$ Pa)下二氧化碳、氢气、氧气的热物理性质	561
附录 9 饱和水的热物理性质	563
附录 10 干饱和水蒸气的热物理性质	565
附录 11 几种饱和液体的热物理性质	567
附录 12 几种液体的体胀系数	570
附录 13 液态金属的热物理性质	571
附录 14 第一类贝塞尔(Bessel)函数选择	572
附录 15 误差函数选摘	572
附录 16 长圆柱非稳态导热线算图	573
附录 17 球体非稳态导热线算图	575
主题索引	577
作者索引	586

第1章 绪 论

本章将论述传热学的研究内容,简介其在科学技术和工程领域中的应用,扼要介绍热量传递的三种基本方式,以及由这些方式组合而成的传热过程,并给出通过三种基本传热方式及传热过程所传递热量的计算公式。本章的教学目的在于,使读者对传热学这门学科的研究内容有一个总体的了解,并沟通与普通物理学以及工程热力学两门课程之间的关系,为以后分章深入学习打下基础。为使读者对传热学与生产技术发展之间的密切关系有所了解,本章最后介绍了传热学的发展历史和传热学的研究方法。

本书采用我国法定计量单位,其与工程单位之间的关系在本书的附录1中给出。

1.1 传热学的研究内容及其在科学技术和工程中的应用

1.1.1 传热学的研究内容

在我们生活着的大千世界中发生着各种各样的过程,其中与人类的生存关系最密切的物理过程之一是热能的传递:从现代楼宇的暖通空调到自然界的风霜雨雪的形成,从航天飞机重返大气层时壳体的热防护到电子器件的有效冷却,从一年四季人们穿着的变化到人类器官的冷冻储存,无不与热能的传递过程密切相关。传热学(heat transfer)就是研究由温差(temperature difference)引起的热能传递规律的科学。热力学第二定律指出:凡是有温差存在的地方,就有热能自发地从高温物体向低温物体传递(传递过程中的热能常称热量)。自然界和各种生产技术领域到处存在着温差,因此热能的传递就成为自然界和生产技术领域一种极普遍的物理现象。这里所谓的热能传递规律,主要是指单位时间内所传递的热量(热能的多少)与物体中相应的温度差之间的关系,反映这种

规律的第一层次的关系式称为热量传递的速率方程(rate equation)。在本章的讨论中将给出热量传递的三种基本方式在一定简化条件下的速率方程。反映这种规律的更深层次的研究是要找出不同条件下物体中各点的温度分布,这将在以后的有关章节中介绍。

1.1.2 传热学研究中的连续介质假定

在本教材讨论的范围内,将假定所研究的物体中的温度、密度、速度、压力等物理参数都是空间的连续函数。对于气体,只要被研究物体的几何尺度远大于分子间的平均自由程,这种连续体的假定总是成立的^[1]。一个物理大气压、室温下的空气分子的平均自由程约为 $0.07 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$)。由此可见,除非研究到微米级别的几何尺度中的热量传递现象,或者高空极其稀薄气体中热量传递问题,常规尺度的物体都满足这一假定。

最近十余年中,微机电系统(MEMS, micro - electromechanical system)技术得到迅速发展。所谓微机电系统,是指由尺寸在 $1 \mu\text{m}$ 到 1mm 之间的器件所组成的系统。发生在这样大小的器件中的流动与传热问题就常不能采用连续介质的假定,在本书有关章节中将给予简要介绍。

1.1.3 传热学与工程热力学的关系

传热学与工程热力学都是研究与热现象有关的科学,在我国工程教育界将这两门课程合称为热工课程。这两个科学领域研究内容的区别可以从以下几个方面来说明。首先,也是最根本的区别是:工程热力学研究的是处于平衡状态的系统,其中不存在温差或者压力差,而传热学则正是研究有温差存在时的热能传递规律。以将一个钢锭从 1000°C 在油槽中冷却到 100°C 的过程为例,热力学可以告诉我们每公斤的钢锭在这一冷却过程中散失的热量。假定钢锭的比热容为 $450 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$,则每公斤钢锭损失的热力学能为 $1 \text{ kg} \times 450 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \times (1000 - 100) \text{ K} = 405 \text{ kJ}$ 。但是,热力学无法告诉我们为达到这一温度需要多长时间。这一时间取决于油槽的温度,油的运动情况、油的物理性质等,这正是传热学的研究内容。其次,由于上面的根本原因,反映在热力学与传热学中广泛使用的物理参数单位上的区别是:在热力学的各个物理量(如焓、热力学能、熵、比热容等)中都不包含时间,而传热学的主要物理量都以时间作为分母,即关心单位时间内能传递多少热能^[2]。

另一方面,传热学与工程热力学又有着密切的关系:分析任何的热量传递过程都要用到热力学第一定律,即能量守恒定律。人们从工程热力学的课程中知道^[3,4],热力学第一定律的表达式可以对封闭系统(closed system)写出,也可以对开口系统(open system)写出。对于每种系统又有稳态(steady state)和非稳态

(unsteady state)两种情形。从热量传递的角度,所谓稳态过程是指系统中各点的温度不随时间而改变的过程,而非稳态过程中各点的温度则随时间而异。以后在分析固体中的导热过程时要用到封闭系统的热力学第一定律表达式,而研究对流传热过程时则采用开口系统的表达方式。此外,在研究热能从一种介质传递到另一种介质时,在两种介质的分界面上也要用到能量守恒的原则。例如,对于图 1-1 所示的固体介质 I 与流体介质 II 发生热量传递的情形,从固体内部传递到图中所示的界面左侧的能量,无论过程为稳态或非稳态都应该等于从界面右侧传递到流体中去的能量。在传热学文献中经常使用“能量平衡”或者“热平衡”这一术语(energy or heat balance),实际上这就是热力学第一定律的简单称谓。

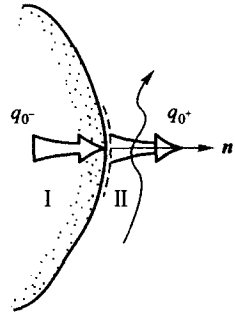


图 1-1 两种介质分界面上的能量平衡

热量传递过程的动力是温度差,热能总是由高温处向低温处传递。两种介质或者同一物体的两部分之间如果没有温差就不可能有热量的传递,而这正是热力学第二定律所规定的基本内容。因此,工程热力学的第一、第二定律是进行传热学研究的基础。

1.1.4 传热学在科学技术各个领域中的应用

传热学在科学技术各个领域中都有十分广泛的应用^[5]。尽管各个科学技术领域中遇到的传热问题形式多样,但大致上可以归纳为三种类型的问题^[6]:

(1) 强化传热。即在一定的条件(如一定的温差、体积、重量或泵功等)下增加所传递的热量。

(2) 削弱传热,或称热绝缘。即在一定的温差下使热量的传递减到最小。

(3) 温度控制。为使一些设备能安全经济地运行,或者为得到优质产品,要对热量传递过程中物体关键部位的温度进行控制。

强化传热类型的问题可以家用空调器为例。随着人民生活水平的提高,空调器已经广泛地进入到民众家庭。最近 20 年,家用空调器的尺寸在不断地缩小,所需的能耗也有所降低,这主要归功于强化传热研究的成果。我们知道,蒸气压缩式的空调器由压缩机、膨胀阀、冷凝器及蒸发器(简称两器)组成,其中两器的体积占了空调器体积的大部分。在两器中,制冷剂在管内凝结或者蒸发,空气在管外冷却或者加热制冷剂。最近 20 年中,无论是强化空气侧的传热还是强化制冷剂侧的传热的研究都有长足的进步,导致空调器的尺寸不断缩小,能耗减少。