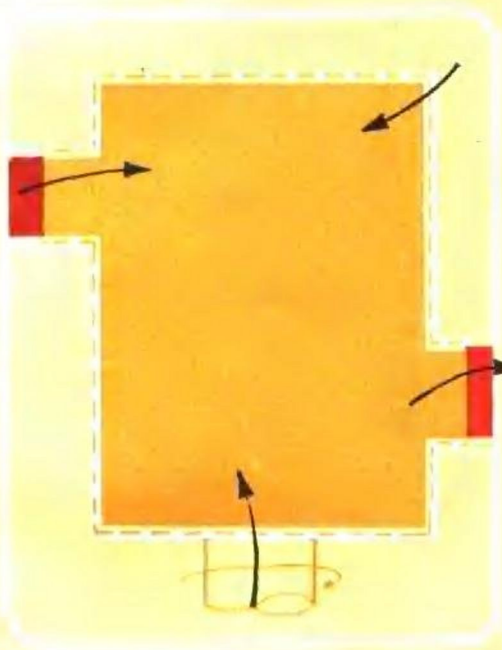




工程热力学

上册

[美] W. C. 雷诺兹 H. C. 珀金斯 著
华中工学院 罗干辉 黄文迪 金六一 译

高等教育出版社

内 容 提 要

本书根据美国麦克劳-希尔图书公司(McGraw-Hill Book Company)出版、W. C. 雷诺兹(斯坦福大学)和 H. C. 珀金斯(亚利桑那大学)合著的《工程热力学》第二版(1977)译出。

全书共十四章。第一至五章分别介绍热力学基本概念、热力学第一定律及其应用、简单物质的热力学性质;第六、七章讨论热力学第二定律及其推论和应用;第八至十章分别介绍热力学一般关系式、各种工程热力系统、工质的热力学性质、混合物及湿空气;第十一章介绍有化学反应的混合物;第十二章讲述平衡理论;第十三章介绍可压缩流的热力学分析;第十四章介绍基本的传热理论。书末还附有比较详细的图表资料。

本书分上、下两册,上册包括前九章。

本书取材广泛新颖,说理透彻、深入浅出。全书既注重基本理论的阐述,又注重培养学生分析和解决实际问题的能力。

本书可作为高等学校动力、工程热物理等专业教学参考用书,也可供有关工程技术人员参考。

工程热力学

上 册

【美】 W. C. 雷诺兹 H. C. 珀金斯 著

华中工学院

罗干泽 黄文迪 金六一 译

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

保定市东方印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 14.25 字数 341,000

1985年1月第1版 1985年8月第1次印刷

印数 00,001—6,850

书号 15010·0561 定价 3.25 元

译者的话

本书根据美国麦克劳-希尔图书公司 (McGraw-Hill Book Company) 出版、斯坦福大学机械工程系 W. C. 雷诺兹和亚利桑那大学机械工程系 H. C. 珀金斯合著的《工程热力学》第二版 (1977) 译出。

正如作者在序言中所指出, 作为一门工程课程的教材, 原书既保持了宏观热力学的特点, 也注意运用微观理论对一些基本概念进行解释, 以加深读者对它们的理解。此外, 原书强调运用热力学问题的系统分析方法, 并注意培养运用热力学知识解决工程实际问题的能力。原书内容丰富, 涉及的知识面广, 叙述深入浅出, 说理透彻, 在深度上一般都能为本科学生所接受。作为教学用书, 这样的一些特点对于教和学都是很有好处的。原书在取材、内容编排, 以至在一些具体观点上与目前国内使用的教材有些不同。显然, 教材和教学参考书在内容和风格上的多样化, 对于进一步提高教学质量是有帮助的。为此把原书译出, 以期在教学上能起些作用。

原书中的排印错误, 我们都已作了必要的改正。除此以外, 全书基本照原样译出, 对于作者有关自然科学的个别观点, 有无不妥之处, 请读者留意鉴别。

本书部分章节曾作为工程热力学课程外文教材在华中工学院动力系有关专业教学中使用过, 并受到好评。

本书由罗干辉主译, 并对全稿作了校核。书中第 1~8 章和附录 B 由黄文迪翻译; 序言、第 9 章、第 11~14 章、附录 A 和 C 由罗干辉翻译; 第 10 章由金六一翻译。本书在翻译过程中还曾得到过章霞飞、徐瑞鑫、陈旭、汪北平、李良茂、杨昌俊、陈义龙、吴胜春、

陈维汉等同志的协助和鼓励,在此谨向他们表示衷心的感谢。限于译者水平,译文中错误和不妥之处,在所难免,望读者批评指正。

译 者

1982.10

序 言

本书是作者继前著《热力学》而编写的另一著作。两书的宗旨一样，都是利用微观理论来洞察基本的宏观原理。前书讨论热力学在工程上和物理化学上的广泛应用，并包括统计热力学、分子动力论及不可逆过程热力学等章的简论。对比前书，本书则着重于以更传统的工程课程的方法加以论述，并具有浓厚的工程气味，且包括了一维气体动力学简论及传热学简论两章。

在全书中，强调了在分析中系统研究法的重要性，这种方法是绝对必要的，并应布置在学生的习题中。学生一贯地“从中间”开始做习题常常引起对工程基础知识缺乏了解。在这种情况下，过分容易的家庭作业，往往能够成功地得到解答，因而我们有意的提供了一些较长较难的习题，特别是在后几章里，一个单一的分析常常会涉及几个热力学原理。我们发现：尽快地掌握简单热力学系统的分析会对理论上的进一步发展起到很好的推动作用。因此，我们在介绍第二定律的一些概念之前提出了能量平衡问题的应用。这种安排也为状态及第一定律的概念提供了一段消化的时间，并有助于新概念的引入，使之在整个课程的安排中较为均衡。

我们的意图是要以这样一种方式来阐述主题，即既要保存纯宏观热力学的普遍性和简明性，也要引起学生对微观知识的注意。为此目的，我们利用微观理论来为宏观原理提供直观的基础，但是，热力学定律并非由微观理论推导出来的。这一方法既保持了宏观热力学的普遍性，同时又使能量、熵和温度的概念牢固地扎根于微观世界之中。

这一版对第二定律的内容编排作了适当的更动。作为第一版特征的微观材料被保留了，而示例性的微观计算则被置于那些喜欢遵循更传统的宏观讲法的教师可删去不讲的这样一种位置上。本版更加强调了熵产的概念，因为在我们自己的教学工作中已经发现，这有助于学生理解和运用第二定律。对第二定律分析的应用格式作了更有力的阐明，并且增加了许多第二定律分析的新例子。这些例子着重于最佳性能可能性的分析，因而引进了最大可用能的概念。这种分析对于国家能源节约规划显然是很重要的，它促进了第二定律在工程中的应用。

本版非常强调采用“两种量纲制”，对国际单位制(SI)和英制这两种单位予以同样的重视。我们认为，今天的工程技术人员既熟悉SI、也能完全适应英制是重要的。这有很多理由，其中包括需要与不适应SI的人员打交道以及能够使用英制资料(今日工程技术人员实际使用的资料只有极少数是SI的)。本书中的例题、习题和热力学资料采用SI和英制两种单位。

热力学常被认为是一门难学的学科。的确，如果学习的方法只是记忆课程中所推导出的每一个公式，那么这门学科就会是非常难学的。然而我们极力主张学生采用一种基本的学习方法：在学习中弄清基本概念，并培养在对系统的分析中运用基本原理的能力。采用这种方法学习的学生一定会发现，热力学这门学科其实是十分容易学的，而且这种方法还能为工程分析提供一套非常有用的工具。

如果没有我们两人所属学院的同事和学生们的不断鼓励和建议，这本书是不会写成的。特别是，我们两人都因工程热力学分析中的系统研究法而获得伦敦(A. L. London)教授的真正赞赏。我们还要感谢那些曾使用过本书初版而又帮助我们改进现在版本的其他学院的同行们。我们还要向我们各自的妻子和家属表示特别

的感谢，是他们能耐心地忍受我们对于手稿的讨论和我们在手稿上花费的大量时间。

W. C. 雷诺兹

H. C. 珀金斯

主要符号

A	面积 亥姆霍兹函数, $U-Ts$
a	加速度 单位质量的亥姆霍兹函数, $u-Ts$
$\bar{a}$	每摩尔的亥姆霍兹函数, $\bar{a}-Ts$
$B, \mathbf{B}$	磁感
C	常数, 随使用场合而定义 物质的居里常数 热容量
CM	控制质量
CV	控制容积
cop	性能系数 (对制冷装置称作制冷系数, 对热泵称作供暖系数)
c	光速 声速
c_p	定压比热
$\bar{c}_p$	摩尔定压比热
c_v	定容比热
$\bar{c}_v$	摩尔定容比热
c	对不可压缩物质 $c = c_p = c_v$
c_H	定外加磁场比热
c_M	定磁化强度比热
$D, \mathbf{D}$	电位移
$\mathcal{E}$	静电电位

e	一个电子的电荷
E	能量
	辐射力
e	单位质量的能量
E, E	电场强度
F	形状因数
$\mathcal{F}$	灰体辐射因数
F, F	力
$f(x)$	x 的函数
f	百分率
g_c	牛顿定律中的常数, $F = (1/g_c)Ma$
g	当地重力加速度
	单位质量的吉布斯函数, $h - Ts$
g	每摩尔的吉布斯函数, $\bar{h} - Ts$
G	吉布斯函数, $U + PV - TS$
	质量速度, ρV
ΔG_r	一完全的单位反应吉布斯函数的变化
G, G	引力场强度
g	单位质量的磁吉布斯函数, $h - Ts$
h	单位质量的焓, $u + Pv$
$\bar{h}$	每摩尔的焓, $\bar{u} + P\bar{v}$
h	磁焓, $u + \mu_0 v \mathbf{H} \cdot \mathbf{M}$
h	普朗克常数
	对流放热系数(或对流传热系数)
H, H	磁场强度
Δh_f°	在标准参考状态下由其各组成元素形成的 1 mol 化合物的生成焓

ΔH_r	一完全的单位反应的焓变化
i	电流
I	惯性矩
	冲量函数
k	比热比(绝热指数), c_p/c_v
k	玻耳兹曼常数
k_N	牛顿定律中的常数, $k_N=1/g_c$
k_G	库仑定律中的常数, $k_G=1/(4\pi\epsilon_0)$
k_B	毕奥-沙伐定律中的常数, $k_B=1/(4\pi)$
k_G	万有引力定律中的常数
K	理想气体反应中的平衡常数
KE	动能
$\mathcal{N}$	伴随热的熵传递量
$\dot{\mathcal{N}}$	伴随热的熵传递率
L	长度
M	质量
m	分子量(无因次)
	肋片参量, $m^2=hp/kA$
$\bar{M}$	摩尔质量
m	粒子质量
$\dot{M}$	质量流量
$M, \mathbf{M}$	单位容积的磁偶极矩
	动量
M	马赫数
n, N	粒子数
$\mathcal{N}$	摩尔数
N_0	阿伏伽德罗数

NTU	传递单位数
Nu	努谢尔特数, hL/k
Pr	普朗特数, $\mu c_p/k$
PE	位能
P	压力
P, P	单位容积的电偶极矩
$\dot{\Phi}_E, \dot{\Phi}_S, \dot{\Phi}_M$	能量产量, 熵产(量), 动量产量
$\dot{\Phi}_E, \dot{\Phi}_S, \dot{\Phi}_M$	能量产率, 熵产率, 动量产率
P	几率
	肋片的周长
p	质点的动量
p_r	对比压力
P^*	压力比
	在一个纯相中的压力
Q	以热的方式传递的能量
$\dot{Q}$	以热的方式的能量传递率
Q	电荷
q''	比热流
$\mathbf{q}''$	比热流矢量
R	热阻
Re	雷诺数, $VL\rho/\mu$
R	特定气体的气体常数
$\mathcal{R}$	通用气体常数
r	半径
S	熵
s	单位质量的熵(比熵)
$\bar{s}$	每摩尔的熵

s^0	在标准参考状态下, 每摩尔物质的绝对
ΔS_r	一完全的单位反应的熵变化
s	热源强度
St	斯坦顿数, $h/(v\rho c_p)$
T	绝对温度
T^*	温度比
t	时间
U	内能
u	单位容积的内能
u	单位质量的内能(比内能)
u	每摩尔的内能
U	总传热系数
V	容积
V, v	速度
V_m	平均速度
v	单位质量的容积(比容)
v	摩尔容积
W	以功方式传递的能量
$\dot{W}$	能量以功的方式的传递率
x	湿蒸气的干度
X	方向坐标
x_i	广义强度参数(比容, 磁化强度等等)
X_i	固有的强度参数的梯度
Z	压缩因子, $Z = Pv/RT$
x, y, z	坐标
α	定熵压缩系数
	吸收率

β	定压膨胀系数
δ	边界层厚度
ϵ	黑度或辐射率
	肋片效率
ϵ_i	系统处于量子态 i 时的能量
ε	粒子能量
ϵ_0	真空的介电常数
ϕ	理想气体的一个温度的函数
	相对湿度
	标量势
γ	含湿量(湿比)
κ	定温压缩系数
λ	波长
μ	单位质量的电化学势
	粘性
$\hat{\mu}$	每摩尔的电化学势
μ_0	真空的导磁率
Ω	量子态数
ω	角频率
Ψ	容积成分
Φ	质量成分
η	循环的能量转换效率
η_s	定熵效率
σ	斯蒂芬-玻耳兹曼常数
	单位容积的熵产(量)
	表面张力
θ	角

ν	频率
	运动粘度
ν_i	在化学方程式中的化学计量系数
τ	转矩
	穿透率
ρ	密度
	反射率
x	摩尔成分
专用符号	
d	物质参数的无限小增量
$\bar{d}$	通过某种作用而传递的无限小量
Δ	物质参数的有限增量
	$\Delta \equiv \text{终} - \text{初}$
$(\partial y / \partial x)_z$	y 对 x 的偏导数, 根据函数 $y(x, z)$ 得到
$f(x), f(x, y)$	函数关系
$f \cdot (x)$	f 倍 x , 用以避免错读为函数 $f(x)$
$\bar{x}$	x 量的时间平均值
$\mathbf{B}$	向量 $\mathbf{B}$
B	向量 $\mathbf{B}$ 的量值
n	一摩尔的量
$\equiv$	恒等号, 当公式定义等号左边的量时使用
$\approx$	表示“具有……的量纲”
$\sum_i x_i$	$x_1 + x_2 + \cdots + x_n$ 的总和
$\prod_i x_i$	乘积 $x_1 x_2 x_3 \cdots x_n$
$\dot{W}, \dot{Q}, \dot{M}$	传递率或流量; <u>不要理解为对时间的导数</u>

SI

国际制

常用的下标

W_{12}, Q_{12}

相应于从状态 1 到状态 2 的变化以功和热的方式传递的能量

W_1, Q_1

过程 1 中以功和热的方式传递的能量; 不要理解为“在状态 1 时的功和热”

h_f, h_g, h_s

饱和液体, 饱和蒸气以及饱和固体状态

h_{fg}, s_{fg}

$h_g - h_f, s_g - s_f$ 等等

h_c

临界状态

x_i

“虚构指数”, 它可取任何可能的正数

T_0

滞止状况

T_{sat}

饱和状况

T_x

冲波上游

T_y

冲波下游

目 录

译者的话	1
序言	1
主要符号	1
第一章 绪论	1
1-1 热力学的性质	1
1-2 概念、模型和定律	4
1-3 力学概念	6
1-4 电磁学概念	13
1-5 量纲和单位制	15
1-6 力学中的能量概念	22
1-7 能量单位	25
1-8 一个实例	27
参考文献	28
思考题	28
习题	29
第二章 能量和热力学第一定律	33
2-1 系统	33
2-2 微观能量模式	35
2-3 能量的宏观描述	38
2-4 能量守恒	39
2-5 以功的方式传递能量	41
2-6 以功的方式传递能量的计算	43
2-7 几种特殊的做功模式	48
2-8 功与过程有关	53
2-9 以热的方式传递能量	55
2-10 控制质量的能量平衡	58
2-11 控制质量能量平衡举例	59
2-12 小结	67

参考文献	67
思考题	68
习题	69
第三章 参数和状态	73
3-1 参数及状态的概念	73
3-2 平衡状态和热力学参数	76
3-3 压力	78
3-4 温度	81
3-5 强度状态参数和广延状态参数	86
3-6 热力学状态的独立变量	87
3-7 状态公理	89
参考文献	92
思考题	92
习题	93
第四章 简单物质的状态	96
4-1 简单物质	96
4-2 状态方程	97
4-3 简单可压缩物质的一般性质	99
4-4 表列和图示形式状态方程的使用	104
4-5 相变过程中的亚稳状态	106
4-6 参数数据在工程分析中的应用	110
4-7 其它一些热力学参数	111
4-8 理想气体	115
4-9 简单磁性物质	122
参考文献	122
思考题	123
习题	124
第五章 能量分析	127
5-1 一般分析方法	127
5-2 控制质量能量分析举例	129
5-3 控制容积转换	144