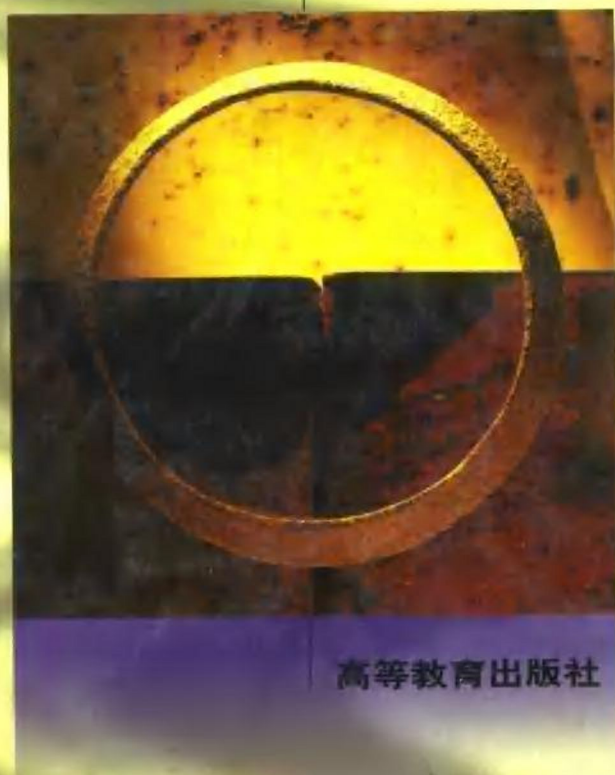


高等学校教材

工程热力学

刘桂玉
刘志刚
阴建民
何雅玲



高等教育出版社

高等学校教材

工程热力学

刘桂玉 刘志刚 阴建民 何雅玲

高等教育出版社

(京)11:

图书在版编目(CIP)数据

工程热力学/刘桂玉等编著. —北京:高等教育出版社,
1998

高等学校教材

ISBN 7-04-006451-0

I. 工… II. 刘… III. 工程热力学-高等学校-教材
IV. TK123

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 00722 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店总店北京发行所发行

北京印刷二厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 16.5 字数 420 000

1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月第 1 次印刷

印数 0 001—1 621

定价 15.70 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

内 容 简 介

本书是作者在长期教学与教改实践的基础上,按照国家教育委员会 1995 年制定的多学时“工程热力学课程教学基本要求”(修订版)编写的。编写中特别注意到 21 世纪初叶科学技术与高等教育的发展趋势,课程改革方向,少而精、理论联系实际和学以致用等原则,并吸收了当今热工科技的新成果。

全书贯穿了能量不仅有量的多少而且有品质高低的观点;阐明了有序能、无序能,有效能、无效能,有用功、无用功等基本概念,并运用它们分析能量间的相互转换。熵的导出不采用传统方法,而是根据能量贬值原理直接得到,使熵具有明确、易懂的物理意义。物性部分加强了纯质热力学 p - v - T 曲面的介绍,增加了阿马伽(pv - p)曲线图和通用压缩因子图。循环部分特别注意删繁就简,注重分析方法的论述。

本书是一本既注意继承又有新意的教材,可作为能源工程、动力机械、低温工程和化学工程等多类专业的工程热力学教科书,也可供有关工程技术人员参考。

序

本书是在长期教学与教改实践的基础上,按照国家教育委员会 1995 年制定的多学时“工程热力学课程教学基本要求”(修订版)编写的。编写中特别注意到 21 世纪初叶科学技术与高等教育的发展趋势,课程改革方向,少而精、理论联系实际和学以致用等原则,并吸收了当今热工科技的新成果。

全书贯穿了能量不仅有量的多少而且有品质高低的观点;阐明了有序能、无序能,有效能、无效能,有用功、无用功等基本概念,并运用它们分析能量间的相互转换。熵的导出不采用传统方法,而是根据能量贬值原理直接得到,使熵具有明确、易懂的物理意义。物性部分加强了纯质热力学 p - v - T 曲面的介绍,增加了阿马伽(pv - p)曲线图和通用压缩因子图。循环部分特别注意删繁就简,注重分析方法的论述。水和水蒸气热力性质采用我国学者严家驷教授等编制的《水和水蒸气热力性质图表》中的数据。全书采用我国法定计量单位。

本书由西安交通大学刘桂玉教授(绪论及第一、二、五、六、十一章)、刘志刚教授(第七、八、九、十章)、阴建民教授(第十三、十四、十五章)和何雅玲副教授(第三、四、十二章)编写,由刘桂玉教授任主编。

本书的很多习题及部分例题引自刘桂玉、刘咸定、钱立伦、马元编《工程热力学》(高等教育出版社,1989),并引用了刘咸定教授提出的“非作功能”概念。本书吸取了西安交通大学热工教研室同事们及一些兄弟院校同仁们丰富的教学经验与教研成果,在此一并表示深切谢意。

本书由清华大学朱明善教授、浙江大学吴存真教授审稿,并经

国家教育委员会热工课程教学指导委员会会议(1996年)审订,在此一并致以衷心谢意。

编 者

1997年4月

主要符号表

拉丁字母

A	面积
a	加速度
c_f	流速
c	比热容(质量热容);声速
c_p	比定压热容
c_v	比定容热容
C_m	摩尔热容
$C_{p,m}$	摩尔定压热容
$C_{v,m}$	摩尔定容热容
D	蒸汽量
d	耗汽量(耗汽率);含湿量(比湿度)
E	储存能
e	比储存能
E_x	有效能(焔)
e_x	比有效能(比焔)
$E_{x,Q}$	热量有效能(热量焔)
$e_{x,Q}$	比热量有效能
$E_{x,U}$	热力学能有效能
$e_{x,U}$	比热力学能有效能
$E_{x,H}$	焓有效能
$e_{x,H}$	比焓有效能

E_n	无效能
e_n	比无效能
E_v	无用功能
e_v	比无用功能
E_w	非作功能
e_w	比非作功能
E_k	宏观动能
E_p	宏观位能
F	力;亥姆霍兹函数
f	比亥姆霍兹函数
G	吉布斯函数
g	重力加速度;比吉布斯函数
H	焓
h	高度;比焓;普朗克常数
H_m	摩尔焓
ΔH_0^0	标准燃烧焓
ΔH_f^0	标准生成焓
I	有效能损失(能量损耗)
i	比有效能损失(比能量损耗)
j	转动量子数
K_c	以浓度表示的化学平衡常数
K_p	以分压力表示的化学平衡常数
L, l	长度
M	摩尔质量
Ma	马赫数
M_r	相对分子质量
M_{eq}	平均摩尔质量(折合摩尔质量)
N	粒子数

N_A	阿伏加德罗常数
n	多变指数;物质的量
P	功率
p	绝对压力
p_0, p_b	大气环境压力
p_e	表压力
p_i	分压力
p_s	饱和压力
p_v	真空度;湿空气中水蒸气分压力
Q	热量
q	比热量
q_m	质量流量
q_v	体积流量;容积制冷量
Q_p	定压热效应
Q_v	定容热效应
R	摩尔气体常数
R_g	气体常数
$R_{g,eq}$	平均气体常数(折合气体常数)
S	熵
s	比熵
S_g	熵产
S_f	熵流
$S_{f,Q}$	热熵流
$S_{f,m}$	质熵流
S_m	摩尔熵
S_m^0	标准摩尔绝对熵
T	热力学温度
T_i	转回温度

t	摄氏温度
t_B	玻意耳温度
T_s, t_s	沸点温度;饱和温度
T_w	湿球温度
U	热力学能
u	比热力学能
U_m	摩尔热力学能
V	体积
V_m	摩尔体积
v	比体积(质量体积)
W	膨胀功
w	比膨胀功
W_{net}	净功
w_{net}	比净功
W_t	技术功
w_t	比技术功
W_s	轴功
w_s	比轴功
W_f	流动功
w_f	比流动功
W_u	有用功
w_u	比有用功
w_i	质量分数
x	干度(专指湿蒸气中干饱和蒸气的质量分数)
x_i	摩尔分数
z	压缩因子;高度

希腊字母

α	抽汽量;离解度
----------	---------

α_V	体膨胀系数
γ	比热比(质量热容比)
ε	制冷系数;压缩比;化学反应度;粒子能量
ε'	供热系数
η_C	卡诺循环热效率
$\eta_{C,s}$	压气机绝热效率
η_x	有效能(烟)效率
η_N	喷管效率
η_T	蒸汽轮机、燃气轮机相对内效率
η_i	循环热效率
η_R	回热器效率
κ	等熵指数
κ_S	等熵压缩率
κ_T	等温压缩率
λ	升压比
μ	化学势
μ_j	绝热节流系数(焦汤系数,微分节流温度效应)
ξ	能量利用系数;热量利用系数
π	压力比(增压比)
ν	化学计量系数
ν_{cr}	临界压力比
ρ	密度;预胀比
σ	表面张力;回热度
τ	时间
φ	相对湿度;喷管速度系数
φ_i	体积分

下角标符号

a	空气中干空气的参数
---	-----------

ad	绝热系
B	锅炉
C	临界点参数
C	压缩机
con	冷凝器
cr	临界流动状况的参数
CV	控制体积
f	流体的参数
fg	汽化
g	气体的参数
G	发电机
<i>i</i>	序号
in	进口参数
iso	孤立系统
<i>j</i>	序号
m	物质的量;平均值
0	环境的参数;滞止参数
out	出口参数
opt	最佳值
<i>p</i>	定压过程物理量
P	管道;水泵
r	对比参数
re	可逆过程
s	等熵过程物理量
s	饱和状态参数
T	等温过程物理量
T	汽轮机;燃气轮机
TP	三相点
u	有用的功量

V	定容过程物理量
v	湿空气中蒸汽的物理量
w	水的参数

责任编辑	李吉蓉
封面设计	季思九
责任绘图	吴文信
版式设计	焦东立
责任校对	冯树秀
责任印制	宋克学

目 录

主要符号表	I
绪论	1
§ 0-1 热能的利用和热力学发展简史	1
§ 0-2 能量转换装置简介	3
§ 0-3 工程热力学的研究对象	7
§ 0-4 热力学的研究方法	8
第一章 基本概念	11
§ 1-1 热力系和工质	11
§ 1-2 平衡态、状态参数	13
§ 1-3 压力、比体积和温度	15
§ 1-4 状态公理、状态方程式	21
§ 1-5 能量、功和热量	23
§ 1-6 准静态过程和可逆过程	25
§ 1-7 循环	29
习题	31
第二章 热力学第一定律	34
§ 2-1 热力学第一定律的实质	34
§ 2-2 热力学能和总能量——储存能	34
§ 2-3 功和热量——迁移能	35
§ 2-4 热力学第一定律及其表达式	40
§ 2-5 闭口系的能量方程	40
§ 2-6 稳定流动系的能量方程	42
§ 2-7 稳定流动能量方程的应用	47
* § 2-8 一般开口系的能量分析	53
习题	60

第三章 理想气体及其混合物的热力性质	64
§ 3-1 理想气体状态方程式	64
§ 3-2 理想气体的比热容	67
§ 3-3 理想气体的热力学能、焓和熵	73
§ 3-4 理想气体混合物	80
习题	87
第四章 理想气体的热力过程	91
§ 4-1 研究理想气体热力过程的任务与方法	91
§ 4-2 基本过程	92
§ 4-3 多变过程	110
习题	120
第五章 热力学第二定律	123
§ 5-1 自发过程的方向性、不可逆性与热力学第二定律	123
§ 5-2 卡诺定理·熵	126
§ 5-3 有效能与无效能	133
§ 5-4 能量贬值原理与熵增原理	144
§ 5-5 熵的意义与应用	147
§ 5-6 热力学温标	151
小结	168
习题	172
第六章 化学热力学基础	178
§ 6-1 基本概念	178
§ 6-2 热力学第一定律在化学过程中的应用	182
§ 6-3 盖斯定律与基尔霍夫定律	188
§ 6-4 理论燃烧温度	190
§ 6-5 化学反应的方向与化学平衡·化学势	193
§ 6-6 化学平衡常数与平衡转移原理	199
§ 6-7 热力学第三定律和绝对熵	205
习题	209
第七章 热力学一般关系式	211

§ 7-1	偏导数基础	212
§ 7-2	麦克斯韦方程	213
§ 7-3	焓方程	215
§ 7-4	热力学能方程和焓方程	216
§ 7-5	比热容方程	220
§ 7-6	焦耳-汤姆逊系数	226
习题		228
第八章 实际气体		231
§ 8-1	纯物质的 $p-v-T$ 热力学面	231
§ 8-2	理想气体状态方程的偏差	235
§ 8-3	实际气体状态方程	237
§ 8-4	对应态原理与通用压缩因子图	247
* § 8-5	实际气体焓和熵的计算	258
习题		261
第九章 蒸气的热力性质		264
§ 9-1	气液相变	264
§ 9-2	蒸气的定压发生过程	270
§ 9-3	水和水蒸气的状态参数	273
§ 9-4	纯物质的热力性质表	277
§ 9-5	蒸气的热力性质图	282
§ 9-6	蒸气的热力过程	286
习题		293
第十章 湿空气		296
§ 10-1	湿空气的状态参数	297
§ 10-2	相对湿度的测定	304
§ 10-3	湿空气的焓湿($h-d$)图	305
§ 10-4	湿空气过程及其应用	308
习题		314
第十一章 气体与蒸气的流动		316
§ 11-1	声速与马赫数	316