



21

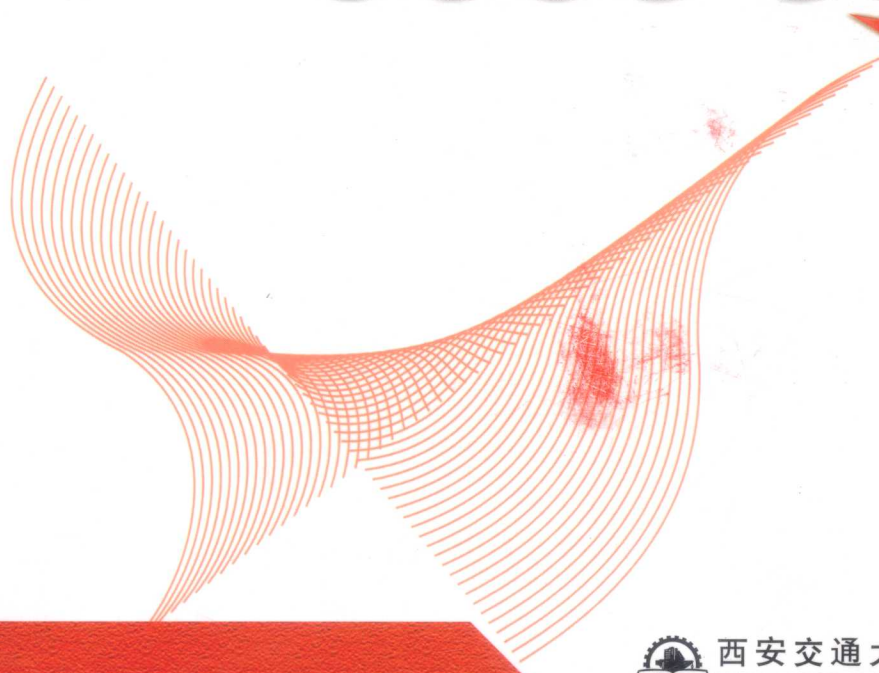
21世纪大学课程辅导丛书

工程热力学

精要分析 典型题解

新版

何雅玲



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



21

21世纪大学课程辅导丛书

工程热力学

精要分析 典型题解

新版

何雅玲



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书是作者在教学与教改实践的基础上,结合长期的教学经验、心得体会编写而成的。

本书按照《工程热力学》典型教材的章节进行划分,每章均按照基本要求、基本知识点、公式小结、重点与难点、典型题精解、自我测试等6个环节来编写,环环相扣,逐步铺垫和展开,做到层层深入,易于理解;突出了基本概念、基本原理,明确了重点和难点;列举了大量的经典例题,一题多解,大多附有启发读者思维的讨论,往往可以收到举一反三、画龙点睛的作用,并有自我测试题;结合工程实际,注重培养学生解决实际问题的能力;收录了多所高校的近年考研题,供读者参考。

本书可作为学生、教师及工程技术人员学习“工程热力学”时的参考用书,尤其对报考能源动力类研究生的考生有很大的参考价值 and 指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

工程热力学精要分析典型题解/何雅玲编. —新版.
西安:西安交通大学出版社,2008. 11
(21世纪大学课程辅导丛书)
ISBN 978-7-5605-1319-5

I. 工… II. 何… III. 工程力学-高等学校-教学参考资料 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 133695 号

书 名 工程热力学精要分析典型题解
编 者 何雅玲
责任编辑 邹 林

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 西安市新城区兴庆印刷厂

开 本 787mm×1 092mm 1/16 印张 28.375 字数 679 千字
版次印次 2008 年 11 月新版 2008 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-1319-5/TK·69
定 价 39.80 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

丛书总序

“21世纪大学课程辅导丛书”第一版出版已有十年时间,几经再版,深受广大读者的喜爱。为了满足读者朋友的需要,也为了适应高等教育改革的形势和新的教学要求,我们组织作者对本丛书进行了修订,以全新的面貌奉献给大家。

我们出版这套丛书的目的就是为普通高等学校理工类专业的大学生提供一流的学习资源,使大家共享一流教师的教学经验和教学成果,更好地学习、掌握基础课和专业基础课知识,为今后的学习和深造打下良好的基础。

西安交通大学是国内仅有的几所具有百年历史的高等学府,是首批进入国家“211工程”建设的七所大学之一,1999年被国家确定为中西部地区惟一所以建设世界知名高水平大学为目标的学校。西安交大历来重视本科生教学,1996年成为全国首家本科教学评估为优秀的大学。学校拥有国家级、省部级、校级教学名师数十名,具有丰富的、一流的教学资源。

本丛书由西安交通大学长期在教学一线主讲的教授、副教授主编,他们具有丰富的基础课、专业基础课教学和辅导经验。丛书作者们在长期的教学实践中,深深了解学生在学习基础课、专业基础课时的难点和困惑点之所在,对如何使学生更有效地学习、掌握课程的基本知识和解题技巧进行了深入的探索和研究,并将成果体现于书中。

本丛书以普通高等学校的学生为主要对象,不拘泥于某一本教材,而是将有特色和使用量较大的各种版本的教材加以归纳总结,取其精华,自成一体。书中对课程的基本内容、研究对象、教学要求、学习方法、解题思路等进行了全面、系统的总结和提炼,按基本知识点、重点与难点、典型题解析、自我检测题等环节进行编排;书后附录了自我检测题参考答案和近年来一些院校的期末考试题、考研试题及相应题解。本丛书的指导思想是帮助学生理清学习思路,总结并掌握各章节的要点;通过各类精选题的剖析、求解和示范,分析解题思路,示范解题过程,总结方法要略,展示题型变化;达到扩展知识视野,启迪创新思维,促进能力提高的目的。

本丛书既可以单独使用,也可以与其他教材配合使用;既可以作为课程学习时的同步自学辅导教材,也可以作为考研复习时的主要参考资料。

我们衷心希望本丛书成为您大学基础课和专业基础课学习阶段的良师益友,帮助您克服困难,进入大学学习的自由王国;也希望在考研冲刺时本丛书能助您一臂之力,使您一举成功!

在学习使用过程中,您如果发现书中有不妥之处或有好的建议,敬请批评指正并反馈给我们,我们一定会进一步改进自己的工作,力争使您满意。

真诚感谢您使用西安交大版图书。

西安交大出版社网址: <http://press.xjtu.edu.cn/>

理工医事业部网址: <http://lgny.xjtupress.com/>

理工医事业部信箱: jdlgy@yahoo.cn

西安交通大学出版社

2008年6月

前 言

热现象是自然界与科学技术领域中最普遍的物理现象,热能的转换和利用仍然是人类有效利用能源的最主要方式,而工程热力学就是研究热功转换规律、热能合理利用的科学。我国目前的能源战略形式不容乐观,一方面人均能源资源量少,另一方面,能源利用效率低,环境污染严重,这极大地制约了国民经济的发展和人民生活水平的提高。因此,“工程热力学”作为能源科学的一门理论基础课程,必须予以重视。

作者长期从事工程热力学、传热传质学等工程热物理方面的教学与科研工作,是国家级工程热力学、传热学课程试题库的负责人,比较了解学生在学习“工程热力学”时的难点和困惑点所在,也对如何使学生更好地学习、掌握工程热力学的基本知识作过一些探索,积累了一定的经验。2000年,作者编写出版了《工程热力学精要分析及典型题精解》一书,几经重印,受到了全国有关高校广大任课教师和学生的欢迎,同时也给作者提出了一些很好的建议。

为了帮助读者更好地掌握《工程热力学》这门重要课程,本书在编写过程中,针对工程热力学的特点,将国内有特色的各种版本的工程热力学教材加以归纳总结,取其精华,融为一体;同时对工程热力学的基本内容、研究任务、对象、思路和方法进行了全面系统的总结,抓住基础、突出重点,有利于读者理解工程热力学的本质、把握工程热力学的主脉。具体来说:(1)思路清晰,层层深入,易于理解和掌握。本书每章均按基本要求和基本知识点、公式小结、重点与难点、典型题精解及自我测试题6个部分编写,仔细推敲、逐步铺垫、环环相扣,由易到难地不断深入,因此便于理解;(2)突出基本概念和基本原理,详细阐述了各章的基本要求和基本知识点;(3)明确学习重点和难点,逐一进行深入浅出的分析;(4)举例典型,

一题多解,富有启发性,并给出了自我测试题;(5)结合工程实际,注重培养解决实际问题的能力;(6)附录多所重点院校本科生和研究生入学考试试题,有很大的参考价值。

本书结构严谨,自成体系,既可与其他教材配套使用,也可单独使用,特别适合于能源动力类、机械类、土建类、交通运输类、化工制药类及环境与安全类专业,是学习工程热力学并通过研究生入学考试的有力工具,也可供有关工程技术人员自学或参考。

借此机会,作者衷心感谢给予关心和支持的各位前辈、各位同仁,衷心感谢对作者予以鼓励和厚爱的热心读者,感谢西安交通大学出版社及陈丽编审对出版此书付出的辛勤工作。

由于水平所限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

何雅玲

于西安交通大学

yalinghe@mail.xjtu.edu.cn



何雅玲,女,1963年9月生,博士,教授,博士生导师,获政府特殊津贴的专家,长江学者奖励计划特聘教授,国家杰出青年科学基金获得者及全国百篇优秀博士论文获得者,第二届国家教学名师奖获得者,被人事部、科技部等七部委联合确定为新世纪百千万人才工程国家级人才,获国家人事部、教育部授予的全国模范教师称号,教育部新世纪优秀人才,全国优秀教师宝钢特等奖获得者,国家首届优秀教学团队负责人,国家级精品课程“工程热力学”负责人。

现兼任:国际制冷学会热力学与传热过程委员会副主席,教育部高等学校热工基础课程教学指导委员会副主任委员,中国工程热物理学会理事及工程热力学分科学会副主任,真空低温技术与物理国防科技国家重点实验室学术委员会委员等多个学术委员会的委员或理事。国际期刊《Applied Thermal Engineering》地区副主编,《科学通报》、《西安交通大学学报》等多个学术期刊编委。国家科学技术奖评审专家,国际科技合作计划项目评价专家,国家863计划评审专家。

成果:多年来一直从事能源与动力工程领域的前沿研究。主持多项国家重点基础研究(973),国家重点科技攻关,国家自然科学基金重点与面上项目,国家863,教育部重大科技项目,国防武器预研项目,中美、中日国际合作等科研项目30余项。获科研、教学成果奖30余项,其中,国家自然科学基金二等奖1项,教育部科技进步一等奖、教育部自然科学二等奖各1项,省科技进步一等奖1项;国家级优秀教学成果一等奖1项,二等奖2项,省优秀教学成果特等奖2项,一等奖2项。出版著作、教材9部(含合作)。发表研究论文330余篇,国际期刊100余篇,国际会议80余篇。获发明专利授权10项,实用新型专利5项,获软件著作权13项。

主要研究方向:能源的高效利用与节能理论与新方法研究,新能源利用(燃料电池,太阳能),电子器件冷却技术,流动与传热过程的数值原理及其应用,高技术中热机和制冷机的新循环及其热工理论。

主要符号表

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(焵)
e_x	比有效能(比焵)
$E_{x,Q}$	热量有效能(热量焵)
$e_{x,Q}$	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
$E_{x,H}$	焵有效能
$e_{x,H}$	比焵有效能
E_n	无效能
e_n	比无效能
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	焵
h	高度;比焵;普朗克常数
H_m	摩尔焵
ΔH_0^0	标准燃烧焵
ΔH_f^0	标准生成焵
I	有效能损失(能量损耗)
i	比有效能损失(比能量损耗)

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	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_g	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;容量制冷量
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	摄氏温度
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
$\eta_{C,s}$	压气机绝热效率
η_{e_x}	有效能(焓)效率
η_N	喷管效率
η_T	蒸汽轮机、燃气轮机相对内效率
$\eta_{t,c}$	卡诺循环热效率
η_t	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	序号
in	进口参数
iso	孤立系统
j	序号
m	物质的量;平均值
o	环境的参数;滞止参数
out	出口参数
opt	最佳值
p	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

目 录

主要符号表

第 1 章 基本概念

1.1 基本要求	(1)
1.2 基本知识点	(1)
1.2.1 工程热力学的研究对象和方法	(1)
1.2.2 热力系和工质	(2)
1.2.3 平衡状态	(2)
1.2.4 状态参数、状态公理与状态方程式	(3)
1.2.5 热力过程、功量和热量	(4)
1.2.6 热力循环	(4)
1.2.7 工程热力学的分析方法	(5)
1.3 公式小结	(6)
1.4 重点与难点	(6)
1.4.1 一些重要概念	(6)
1.4.2 状态量与过程量	(8)
1.5 典型题精解	(9)
1.6 自我测验题	(12)

第 2 章 热力学第一定律

2.1 基本要求	(14)
2.2 基本知识点	(14)
2.2.1 热力学第一定律的实质	(14)
2.2.2 储存能	(14)
2.2.3 迁移能——功量和热量	(15)
2.2.4 焓	(16)
2.2.5 闭口系的能量方程	(16)
2.2.6 稳定流动系的能量方程	(17)
2.2.7 一般开口系的能量方程	(18)
2.3 公式小结	(18)
2.4 重点与难点	(19)
2.4.1 焓	(19)
2.4.2 功、稳定流动过程中几种功的关系	(20)
2.4.3 能量方程式的应用	(21)
2.5 典型题精解	(23)

2.5.1	闭口系能量方程的应用	(23)
2.5.2	稳定流动能量方程的应用	(26)
2.5.3	一般开口系能量方程的应用	(32)
2.6	自我测验题	(34)

第3章 理想气体的性质与过程

3.1	基本要求	(37)
3.2	基本知识点	(37)
3.2.1	理想气体的概念及状态方程式	(37)
3.2.2	理想气体的比热容	(38)
3.2.3	理想气体的热力学能、焓和熵	(39)
3.2.4	研究热力过程的目的和方法	(40)
3.2.5	基本过程及多变过程的分析	(41)
3.3	公式小结	(42)
3.3.1	理想气体的热力性质	(42)
3.3.2	理想气体的热力过程	(43)
3.4	重点与难点	(44)
3.4.1	理想气体的热力性质	(44)
3.4.2	理想气体的热力过程	(45)
3.5	典型题精解	(50)
3.5.1	理想气体状态方程的应用	(50)
3.5.2	理想气体的比热容	(51)
3.5.3	理想气体热力过程的计算	(54)
3.5.4	过程在 $p-v$ 图, $T-s$ 图上的表示与分析	(65)
3.6	自我测验题	(68)

第4章 热力学第二定律与熵

4.1	基本要求	(71)
4.2	基本知识点	(71)
4.2.1	热过程的方向性与热力学第二定律的表述	(71)
4.2.2	卡诺循环和卡诺定理	(72)
4.2.3	熵的导出及孤立系熵增原理	(74)
4.2.4	熵方程	(76)
4.2.5	焓及其计算	(77)
4.3	重点与难点	(79)
4.4	典型题精解	(83)
4.4.1	判断过程的方向性,求极值	(83)
4.4.2	典型不可逆过程有效能损失的计算	(89)
4.4.3	焓	(93)

4.5 自我测验题	(94)
第5章 热力学一般关系式及实际气体的性质	
5.1 基本要求	(97)
5.2 基本知识点	(97)
5.2.1 热力学一般关系式	(97)
5.2.2 实际气体的性质	(101)
5.3 公式小结	(104)
5.4 重点与难点	(105)
5.4.1 热力学一般关系式	(105)
5.4.2 实际气体的性质	(105)
5.5 典型题精解	(106)
5.6 自我测验题	(112)
第6章 蒸气的热力性质	
6.1 基本要求	(114)
6.2 基本知识点	(114)
6.2.1 汽化与饱和	(114)
6.2.2 蒸气的定压发生过程	(115)
6.2.3 蒸气的热力性质图表	(116)
6.2.4 蒸气的热力过程	(117)
6.3 重点与难点	(117)
6.4 典型题精解	(120)
6.5 自我测验题	(130)
第7章 理想气体混合物及湿空气	
7.1 基本要求	(132)
7.2 基本知识点	(132)
7.2.1 理想气体混合物	(132)
7.2.2 湿空气	(135)
7.3 公式小结	(138)
7.3.1 理想气体混合物	(138)
7.3.2 湿空气	(139)
7.4 重点与难点	(140)
7.4.1 理想气体混合物	(140)
7.4.2 湿空气	(140)
7.5 典型题精解	(142)
7.5.1 理想气体混合物	(142)
7.5.2 湿空气	(148)
7.6 自我测验题	(155)
第8章 气体和蒸气的流动	
8.1 基本要求	(157)

8.2	基本知识点	(157)
8.2.1	一元稳定流动的基本方程式	(157)
8.2.2	促使流速改变的条件	(158)
8.2.3	喷管的热力计算	(159)
8.2.4	有摩阻的绝热流动	(161)
8.2.5	绝热节流	(162)
8.2.6	绝热流动混合	(162)
8.3	公式小结	(162)
8.4	重点与难点	(164)
8.4.1	难点	(164)
8.4.2	重点	(165)
8.5	典型题精解	(168)
8.6	自我测验题	(178)
第9章 气体和蒸气的压缩		
9.1	基本要求	(181)
9.2	基本知识点	(181)
9.2.1	活塞式压气机的过程分析	(181)
9.2.2	多级压缩、中间冷却	(183)
9.2.3	活塞式压气机的余隙影响	(184)
9.2.4	叶轮式压气机	(185)
9.3	公式小结	(186)
9.4	重点与难点	(186)
9.5	典型题精解	(187)
9.6	自我测验题	(197)
第10章 热力装置及其循环		
10.1	基本要求	(199)
10.2	基本知识点	(199)
10.2.1	分析循环的一般方法	(199)
10.2.2	活塞式内燃机循环	(200)
10.2.3	燃气轮机装置循环	(203)
10.2.4	蒸汽动力循环	(207)
10.2.5	制冷循环	(210)
10.3	公式小结	(215)
10.3.1	活塞式内燃机循环	(215)
10.3.2	燃气轮机装置循环	(215)
10.3.3	蒸汽动力循环	(216)
10.3.4	制冷循环	(217)
10.4	重点与难点	(217)
10.5	典型题精解	(220)