



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

工程热力学

第三版

曾丹苓 敖 越 张新铭 刘 朝 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

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

工程热力学

第三版

曾丹苓 敖 越 张新铭 刘 朝 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 提 要

本书是根据教育部制定的多学时《工程热力学课程教学基本要求》(1995年修订版),在本书第一版(1980年)及第二版(1986年)的基础上,参照教育部“高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”中“热工系列课程教学内容和课程体系的改革与实践”项目的研究成果,结合前两版教材在使用过程中积累的经验和存在的问题修订而成的。本书是面向21世纪课程教材和教育部热工课程“九五”规划重点教材。

全书分为四个部分:热力学基本定律、工质的热力性质、热力过程及热力循环、化学反应系统的热力学原理。本书注意加强基础理论的阐述,注重理论与工程实践的联系,整个内容紧紧围绕工程应用展开。结合课程特点注意热力学方法的引导和训练,以提高学生的相关科学素养。各章附有“课后自检题目”,按课程基本要求检验学习效果,提高学生兴趣,诱导学生更深层次的思考,激发其创新精神。书中各章附有例题,习题均附有参考答案,附录有较详细的工质热物性资料。

全书采用我国法定计量单位。

本书经国家教育部热工课程教学指导委员会审订,可作为热能动力工程、热力发动机、制冷与低温技术、工程热物理及能源工程等专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程热力学/曾丹苓等编. —3版. —北京:高等教育出版社, 2002.12 (2004重印)

面向21世纪课程教材

ISBN 7-04-011606-5

I. 工… II. 曾… 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(2002)第080000号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
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	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京地质印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	1980年1月第1版
印 张	28.25		2002年12月第3版
字 数	520 000	印 次	2004年4月第2次印刷
		定 价	32.20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

序

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”中“热工课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目的研究成果,也是普通高等教育教育部热工课程“九五”规划重点教材。

本书是根据教育部制定的多学时《工程热力学课程教学基本要求》(1995 年修订版),在本书第一版(1980 年)及第二版(1986 年)的基础上,结合前两版教材在使用过程中积累的经验和存在的问题,并结合面向 21 世纪教学改革的要求修订而成的。

本书保留了原有的体系和框架,但在内容上作了必要的调整以适应科技发展及教学改革的需要和提高学生全面素质的要求。整个内容紧紧围绕工程应用展开。在修订中除继续注意加强理论基础外,更多地注重于工程应用及热力学方法的训练。在理论部分注意理论本身的准确性、系统性和完整性,通过充分提炼让学生掌握理论最本质也是最简单的内核;加强工程应用,在反复实践中提高教学效果;结合课程特点,注意培养学生从现象到理论的抽象能力和从理论到实践的运用技巧。

本书仍分为四个部分。第一部分阐明热力学基本定律。在这一部分加强了工程应用,使理论叙述一开始就有的放矢。第二部分探讨工质的热力性质。从课程教学基本要求出发删去了原书第六章相转变及相平衡,而将其中需保留的内容融汇在有关章节中。第三部分为热力过程及热力循环,为精简内容,删去了原书第十二章分析循环的一般方法,将有关内容融入到相关章节。同时,为拓宽专业适用面,适当加强了制冷循环部分。第四部分简单介绍了化学反应系统的热力学原理。

为了帮助学生更好地掌握课程内容及基本要求,书中一些章节附有各部分内容的层次、相互的联系及逻辑线索发展的框图。同时,每章后附有课后自检题目(包括习题),便于学生澄清一些最基本的概念,抓住问题的实质,从而对基本内容有较深入的把握。自检题目中除习题外还加入了计算机应用、简单工程设计及问题讨论,以提高学生的学习兴趣和自学能力。书中的习题均附有参考答案。

本书由浙江大学吴存真教授主审,并经国家教育部热工课程教学指导委员会会议审订。主审人及热工课程教学指导委员会对书稿提出了许多宝贵意见,在此特致以衷心的感谢。

本书第一、二版由重庆大学曾丹苓、敖越、朱克雄、李清荣编写及修订。参加第三版修订工作的有曾丹苓、敖越、张新铭、刘朝,并由曾丹苓担任主编。由于编者水平所限,书中不足之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

2000年6月于重庆大学

主要符号表

拉丁字母

A	面积, m^2
a	加速度, m/s^2
C_m	摩尔热容, kJ/mol
$C_{p,m}$	摩尔定压热容, $\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
$C_{V,m}$	摩尔定容热容, $\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
c	比热容(质量热容), $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; 多变比热容, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; 声速, m/s
c_f	流速, m/s
c_p	比定压热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
c_v	比定容热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
D	蒸汽流量, kg/h
d	耗汽率, $\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$; 含湿量(比湿度), $\text{kg}/\text{kg}(\text{A})$
E	储存能, kJ
e	比储存能, kJ/kg
E_k	宏观动能, kJ/kg
E_p	宏观位能, kJ
E_x	有效能(焔), kJ
e_x	比有效能(比焔), kJ/kg
$E_{x,Q}$	热量有效能(热量焔), kJ
$e_{x,Q}$	比热量有效能, kJ/kg
E_n	无用能, kJ
e_n	比无用能, kJ/kg
F	力;自由能(亥姆霍兹函数), kJ
f	比自由能(比亥姆霍兹函数), kJ/kg

G	自由焔(吉布斯函数), kJ
g	比自由焔(比吉布斯函数), kJ/kg ;重力加速度, m/s^2
ΔG_f^0	标准生成自由焔, J/mol
H	焔, kJ
H_m	摩尔焔, J/mol
h	比焔, kJ/kg ;高度, m
ΔH_c^0	标准燃烧焔, J/mol
ΔH_f^0	标准生成焔, J/mol
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
M	摩尔质量, kg/mol
Ma	马赫数
M_r	相对分子质量
m	质量, kg
n	多变指数;物质的量, mol
p	绝对压力, Pa
p_B	喷管背压, Pa
p_d	缩放喷管设计出口压力, Pa
p_b	大气压力, Pa
p_e	表压力, Pa
p_i	分压力, Pa
p_s	饱和压力, Pa
p_v	真空度;湿空气中水蒸气 的分压力, Pa
P	功率, W
Q	热量, kJ
q	比热量, kJ/kg

q_m	质量流量(质量流率), kg/s	W_f	流动功, kJ
q_n	摩尔流量, mol/s	w_f	比流动功, kJ/kg
q_V	体积流量, m ³ /s	W_l	耗散功, kJ
$\dot{Q}$	热流率, kJ/s	w_l	比耗散功, kJ/kg
Q_p	定压热效应, kJ	W_{net}	净功, kJ
Q_V	定容热效应, kJ	w_{net}	比净功, kJ/kg
R	摩尔气体常数, J/(mol·K)	W_t	技术功, kJ
R_g	气体常数, kJ/(kg·K)	w_t	比技术功, kJ/kg
r	汽化潜热, kJ/kg	W_u	有用功, kJ
S	熵, kJ/K	w_u	比有用功, kJ/kg
S_f	熵流, kJ	w_i	质量分数
S_g	熵产, kJ	x	干度
S_m	摩尔熵, J/(mol·K)	x_i	摩尔分数
S_m^0	标准摩尔绝对熵, J/(mol·K)	z	压缩因子, 高度, m
T	热力学温度, K	希腊字母	
t	摄氏温度, °C		
$T_s(t_s)$	饱和温度, K(°C)	α	抽汽量
T_i	转回温度, K	α_V	体膨胀系数, K ⁻¹
T_w	湿球温度, K	γ	比热比
U	热力学能(亦称内能), kJ	ϵ	制冷系数; 气体循环压缩比;
u	比热力学能(亦称比内能), J/mol		热湿比
U_m	摩尔热力学能(亦称摩尔 内能), J/mol	ϵ'	供热系数
V	体积, m ³	η	效率
v	比体积(亦称质量体积), m ³ /kg	η_C	卡诺循环效率
V_m	摩尔体积, m ³ /mol	$\eta_{C,s}$	压气机绝热效率
W	体积变化功(膨胀功或压缩 功), kJ; 循环净功, kJ	η_{e_s}	有效能(焓)效率
w	比体积变化功(比膨胀功或比 压缩功), kJ/kg; 比循环净功, kJ/kg	η_n	喷管效率
		η_T	汽轮机和燃气轮机相对内效率
		η_l	循环热效率
		κ	等熵指数
		κ_s	等熵压缩率, Pa ⁻¹
		κ_T	等温压缩率, Pa ⁻¹
		λ	气体循环定容增压比

μ	化学势, kJ/kg	g	气体的参数
μ_j	绝热节流系数, K/Pa	Hp	热泵
ξ	能量利用系数	i	序号
π	压气机增压比	in	进口参数
ν	喷管出口与进口压力比	irre	不可逆过程
ν_{cr}	临界压力比	iso	孤立系统
ν_d	缩放喷管设计压力比	j	序号
ρ	密度, kg/m ³ ; 内燃机循环预胀比	m	每摩尔物质的物理量; 平均值
σ	表面张力, N/m	out	出口参数
τ	时间, s	P	管道; 水泵
φ	喷管的速度系数; 相对湿度	p	定压过程的物理量
φ_i	体积分数	R	制冷机, 可逆机
ψ	闭系工质有用能, kJ	r	对比参数

角 注 符 号

a	空气中干空气的参数	s	饱和状态; 固体的参数
B	锅炉	surr	环境参数
C	临界点参数	T	等温过程的物理量
C	压缩机; 卡诺循环	T	汽轮机; 燃气轮机
Con	冷凝器	Tp	三相点
cr	临界流动状况下的参数	u	有用功
C.V	控制体积	v	湿空气中蒸汽的物理量
f	流体的参数	w	水的参数
fg	汽化	0	周围环境的参数
		*	滞止状态下的参数

目 录

主要符号表	i
绪论	1
0-1 热能及其利用	1
0-2 热力学及其发展简史	3
0-3 能量转换装置的工作过程	5
0-4 工程热力学研究的对象及主要内容	9
0-5 法定计量单位简介	10
本书主要内容及相互联系	13

第一部分 热力学基本定律

第一章 基本概念及定义	15
1-1 热力系	15
1-2 热力系的描述	16
1-3 基本状态参数	18
1-4 状态方程式,状态参数坐标图	25
1-5 热力过程及热力循环	27
本章要求	32
课后自检题目	32
第二章 能量与热力学第一定律	35
2-1 热力学第一定律的实质	35
2-2 功	36
2-3 热	39
2-4 循环过程热力学第一定律的表达式	40
2-5 热力学第一定律的推论,状态参数热力学能	41
2-6 热力系与外界的物质交换	43
2-7 热力学第一定律的表达式	46
2-8 能量方程式的应用	49
2-9 非稳定流动的能量方程式	52
本章要求	55
本章主要内容及相互联系	56
课后自检题目	56
第三章 熵与热力学第二定律	61

3-1 概述	61
3-2 热过程的不可逆性	62
3-3 可逆过程	64
3-4 热力学第二定律的几种表述	65
3-5 卡诺定理	67
3-6 热力学第二定律推论 I, 热力学温度标尺	69
3-7 卡诺循环	72
3-8 热力学第二定律推论 II, 克劳修斯不等式	74
3-9 热力学第二定律推论 III, 状态参数熵	76
3-10 热力学第二定律推论 IV, 熵增原理	78
3-11 热力学第二定律的数学表达式, 熵方程	83
3-12 热力系的有效能	84
3-13 热力学第二定律熵方程应用举例	88
3-14 热力学第二定律的统计解释	95
3-15 热力学第二定律的局限性	97
本章要求	98
本章主要内容及相互联系	99
课后自检题目	99

第二部分 工质的热力性质

第四章 热力学一般关系	106
4-1 基本热力学关系	106
4-2 热系数	108
4-3 热力学能、焓和熵的微分式	111
4-4 热系数之间的一般关系	112
本章要点	115
本章主要内容及相互联系	118
课后自检题目	118
第五章 气体的热力性质	121
5-1 理想气体性质	121
5-2 理想气体比热容及参数计算	124
5-3 实际气体状态方程	130
5-4 实际气体的比热容及焓、熵函数	137
本章主要内容及相互联系	140
课后自检题目	140
第六章 蒸气的热力性质	143
6-1 单元工质的相图与相转变	143
6-2 单元复相系平衡条件	145

6-3 蒸气的定压发生过程	153
6-4 蒸气热力性质表	156
6-5 蒸气热力性质图	158
6-6 蒸气热力性质图、表应用举例	162
课后自检题目	169
第七章 理想气体混合物与湿空气	173
7-1 混合物的成分、摩尔质量及气体常数	173
7-2 分压定律与分体积定律	175
7-3 理想气体混合物的热力学能、焓、比热容和熵的计算	177
7-4 湿空气及其状态参数	182
7-5 干-湿球温度计	186
7-6 焓-湿图	188
7-7 湿空气过程	189
课后自检题目	195
第三部分 热力过程及热力循环	
第八章 理想气体的热力过程	199
8-1 概述	199
8-2 四种典型热力过程的分析	201
8-3 多变过程	212
8-4 热力过程的热力学第二定律分析(熵分析)举例	218
课后自检题目	222
第九章 气体与蒸汽的流动	226
9-1 概述	226
9-2 稳定流动的基本方程	226
9-3 定熵流动的基本特性,声速与马赫数	228
9-4 气体在喷管和扩压管中的流动	231
9-5 喷管中气体流动的计算	234
9-6 水蒸气在喷管中的定熵流动	245
9-7 有摩擦的绝热流动	249
9-8 绝热节流	252
本章要求	254
本章主要内容及相互联系	255
课后自检题目	255
第十章 气体的压缩	259
10-1 压气机的工作原理	259
10-2 压缩过程的热力学分析	261
10-3 单级活塞式压气机余隙容积的影响	265

10-4 多级压缩及中间冷却	266
10-5 引射器	270
课后自检题目	271
第十一章 蒸汽动力循环	273
11-1 概述	273
11-2 蒸汽卡诺循环	274
11-3 朗肯循环	275
11-4 蒸汽参数对循环热效率的影响	277
11-5 蒸汽再热循环	280
11-6 回热循环	282
11-7 热电循环	288
11-8 蒸汽动力理想工质性质	289
11-9 蒸汽动力设备热力学分析举例	290
课后自检题目	295
第十二章 气体动力循环	297
12-1 燃气轮机装置定压加热理想循环	297
12-2 考虑不可逆损失时燃气轮机装置定压加热循环的分析	300
12-3 具有回热的燃气轮机装置循环	305
12-4 往复式活塞式内燃机理想循环	307
12-5 喷气式发动机简介	313
12-6 蒸汽-燃气联合循环	314
课后自检题目	316
第十三章 制冷循环	319
13-1 制冷机及热泵	319
13-2 逆卡诺循环	320
13-3 空气制冷循环	321
13-4 蒸气压缩制冷循环	325
13-5 制冷剂	327
13-6 蒸汽喷射制冷循环	332
13-7 吸收式制冷装置循环	333
13-8 热泵供热循环	334
本章要求	335
本章主要内容及相互联系	336
课后自检题目	336
第四部分 化学反应系统的热力学原理	
第十四章 化学反应系统的热力学原理	339
14-1 概述	339

14-2 热力学第一定律在化学反应中的应用	340
14-3 化学反应的功和热	342
14-4 赫斯定律	343
14-5 反应热效应与温度的关系——基尔霍夫定律	346
14-6 理论燃烧温度	349
14-7 热力学第二定律在化学反应中的应用	350
14-8 化学反应方向的判据	351
14-9 反应的最大功	351
14-10 化学平衡	355
14-11 热力学第三定律	362
本章要求	365
本章主要内容及相互联系	366
课后自检题目	366
附录	369
附表 1 一些气体的摩尔质量、气体常数和低压下的比热容	369
附表 2 理想气体摩尔热容公式	370
附表 3 气体的平均摩尔定压热容	371
附表 4 气体的平均比定压热容	372
附表 5 气体的平均比热容公式(0~1 500 ℃)	373
附表 6 空气的理想气体性质	374
附表 7 N_2 、 O_2 等气体的理想气体性质(热力学能、焓和绝对熵)	375
附表 8 一些物质的临界参数	379
附表 9 饱和水与饱和蒸汽热力性质(以温度为序)	380
附表 10 饱和水与饱和蒸汽热力性质(以压力为序)	384
附表 11 未饱和水与过热蒸汽热力性质	388
附表 12 氨(NH_3)饱和液与饱和蒸气热力性质	395
附表 13 R134a(CF_3CH_2F)饱和液与饱和蒸气热力性质(以温度为序)	398
附表 14 R134a(CF_3CH_2F)饱和液与饱和蒸气热力性质(以压力为序)	400
附表 15 R134a(CF_3CH_2F)过热蒸气热力性质	402
附表 16 物质在 1.013×10^5 Pa(1 atm)、25 ℃ 下的燃烧焓 ΔH_c^0	408
附表 17 物质在 1.013×10^5 Pa(1 atm)、25 ℃ 下的生成焓 ΔH_f^0 、生成吉布斯函数 ΔG_f^0 和绝对熵 S_m^0	408
附表 18 一些反应的定压热效应 Q_p	409
附表 19 一些反应的平衡常数 K_p	411
附图 1 通用压缩因子图	413
附图 2 氨的 $\lg p - h$ 图	416
附图 3 R134a 的 $\lg p - h$ 图	417
附图 4 湿空气的 $h - d$ 图	418

主要参考书	419
习题参考答案	421
索引	430

绪 论

0-1 热能及其利用

自然能源的开发和利用是人类走向繁荣的起点,而能源开发和利用的程度是生产发展的一个重要标志。所谓能源是指为人类生产与日常生活提供各种能量和动力的物质资源。迄今为止,自然界中已为人们发现的可被利用的能源主要有风能、水能、太阳能、地热能、海洋潮汐能、核能和燃料的化学能等。在这些能源中,除风能、水能和海洋潮汐能是以机械能的形式(指流体的动能和位能)提供给人们之外,其余各种能源都往往以热能的形式提供给人们。太阳以热辐射的方式向地球传送大量的热能;地热能可以将水加热成为热水或蒸汽以传送热能;煤、石油和天然气等的化学能,常通过燃烧转换为热能;核能无论通过裂变反应或聚变反应释放出来的能量都是高温热能的形式。以上事实说明,人们从自然能源中获得能量的主要形式是热能。据统计,经过热能形式而被利用的能量,在我国占 90% 以上,世界其它各国也超过 85%。因此,热能的利用和研究对于整个人类的生产与生活有着重要的意义。各种能源与热能的转换以及热能的利用情况如图 0-1 所示。

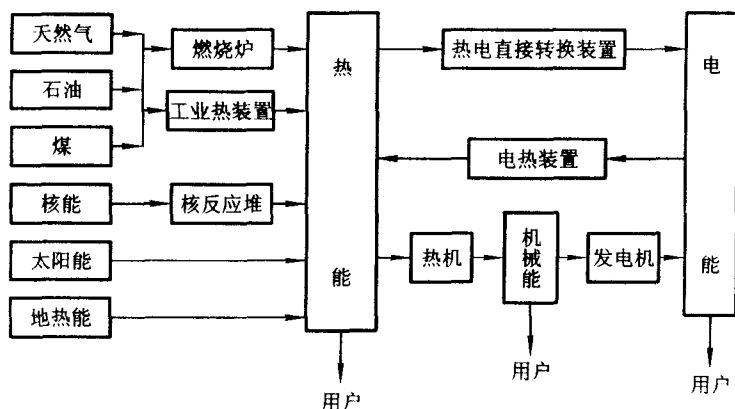


图 0-1 热能及其工程应用

热能利用有以下两种基本方式:一种是直接利用,即将热能直接用于加热物体,如烘干、蒸煮、采暖、熔化等;另一种是间接利用,通常是指将热能转变为其它

形式的能量,如机械能或者电能而加以利用,热力发电厂、车辆、船舶、飞机等的动力装置皆属此类。

直接用热能加热物体,为生产工艺或生活服务固然重要,然而间接使用热能,使之变为机械能或者电能的形式向人类提供动力或电其意义更为重要。特别是,由于电能具有传输和使用方便等许多优点,一般将热能最终转变为电能的形式使用。对于一个国家而言,按人口平均的能量耗用水平可直接反映其国民经济发展的水平、生产水平和科学技术水平。而在总的能量消耗中,用电比重的大小,则可以说明其能源使用效率的高低。据统计,世界年人均能耗,在1900年及2000年分别为0.493 t(标准煤)及3.3 t(标准煤)。而电能占总能消耗的比例,据2000年统计,我国为30%,一般发达国家为45%以上。

在18世纪以前,能的主要来源是人力、畜力、风力和水力等自然动力。18世纪中叶出现了蒸汽机,实现了热能对机械能的转换,开创了使用矿物燃料能源的新途径。蒸汽机的广泛应用促进了工业的迅速发展,并促使人们对水蒸气和其它物质的热力性质作深入的研究,从而大大促进了热力学学科的形成和发展。随着工业的发展,人们对动力的要求日趋迫切,各种各样的热动力装置应运而生。19世纪发明了蒸汽轮机和内燃机,20世纪又发明了燃气轮机、喷气发动机等,尤其是近年来核动力装置的利用,为人类开辟了利用能源的新纪元。在热力工程的发展过程中,同时也使热力学发展成一门成熟的广泛应用于各领域的科学。

在热能的间接利用中,能量的转换往往是能量利用的前提。各种热动力装置工作的实质都是将热能转化为机械能,或再通过动力机带动发电机将热能最终转换成电能的形式使用,即是说,采用热能→机械能,或热能→机械能→电能的间接利用方式。至于热能→电能的热电直接转换装置,它既可以提高转换的效率又可免去庞大的热力机械。例如,磁流体发电就是这种方式,它目前正处于试验研究之中,尚未达到成熟的工业应用阶段。将物质中储存的化学能(如氢能)直接转换为电能的装置,如燃料电池,由于它是将化学能直接转换为电能而不经转换热为热能这一环节,因而效率较高,且不受热力学第二定律的限制。

目前,各种热动力装置仍然是为人类提供动力的主要形式。在动力需求日益增长的今天,如何开发新的能源,如何更有效地实现能量转换,这是摆在能量转换学科及动力工作者面前的一个十分迫切而又重要的课题。

与此同时,一种消耗能量(如热能、机械能)而使热从低温移向高温的制冷装置也在工业生产、医药卫生和人们生活中有了愈来愈多的应用,显现出愈来愈大的重要性。

为了使热动力装置能更有效地将热能转变为机械功,或制冷装置能更有效地实现热能从低温向高温的输运,需要充分掌握有关能量及其相互转换规律

的知识——即工程热力学的知识。

0-2 热力学及其发展简史

热力学是一门发展较早、应用甚广的学科。热学这门科学是建立在人类利用热现象的基础上的。人们为了有效地利用热现象需要认识热现象的本质,掌握热现象的规律。由于在史前时期人类已经发明了火,因此对热现象本质的探索是人类对自然界法则的最早追求之一。在历史上对热的本质存在两种截然不同的说法,一是热质说,这种学说认为热是一种流质,可透入一切物质之中,不生不灭,一个物体是热还是冷就看它所含热质是多还是少。这种学说显然不能解释摩擦生热等现象,因此最终被科学界所抛弃。另一与之对立的学说认为热是一种运动的表现形式。伦福德(Conat Rumford)在1789年利用他著名的实验说明制造枪炮所切下的碎屑温度很高,而且在工作中高温碎屑将不断的产生。因此得出结论,热既然能不断产生,它就非是一种运动不可。一年后,戴维(H. Davy)用两冰块相互摩擦使之完全熔化从而再次用实验支持了热是运动的学说。1842年德国医生迈耶(J. R. Mayer)提出能量守恒的理论,认为热是能量的一种形式,它可与机械能相互转化。在同一时期,焦耳(James P. Joule)用不同的机械生热法测出了热功当量,从而使能量守恒的原理得到了科学界的公认,导致了热力学第一定律的诞生。

紧接着,开尔文(Lord Kelvin)及克劳修斯(R. Clausius)分别在1848及1850年提出了有关热现象的第二个重要定律——热力学第二定律。尽管他们对此定律有不同的表述,但却是揭露的有关热过程的一个共同的使它区别于其它物理过程的重要特性——实际热过程不可逆,从而使热力学成为独立于其它物理学科的一门科学而得到了发展。

1912年奈斯特(W. Nernst)针对低温现象提出了热力学第三定律,指出,绝对温度的零度是不可能达到的,这个定律在分析低温热现象及有化学反应系统的热力学行为中是十分重要的。这样,一个完整的关于热现象的理论——热力学即建立了起来,并在不同领域中得到广泛的应用,使之发展成为具有重要意义的一门学科。

如前所述,热力学是研究热能与其它形式的能量之间相互转换规律的科学,它在不同领域有广泛的应用。热力学由于其研究目的和内容的不同有以下分支:

理论热力学(物理热力学):研究热力学的一般理论基础,以及各种有热能参与的物理现象和物理过程中能量转换的规律。

化学热力学:将热力学基本定律应用于化学过程,研究各种化学反应的热效