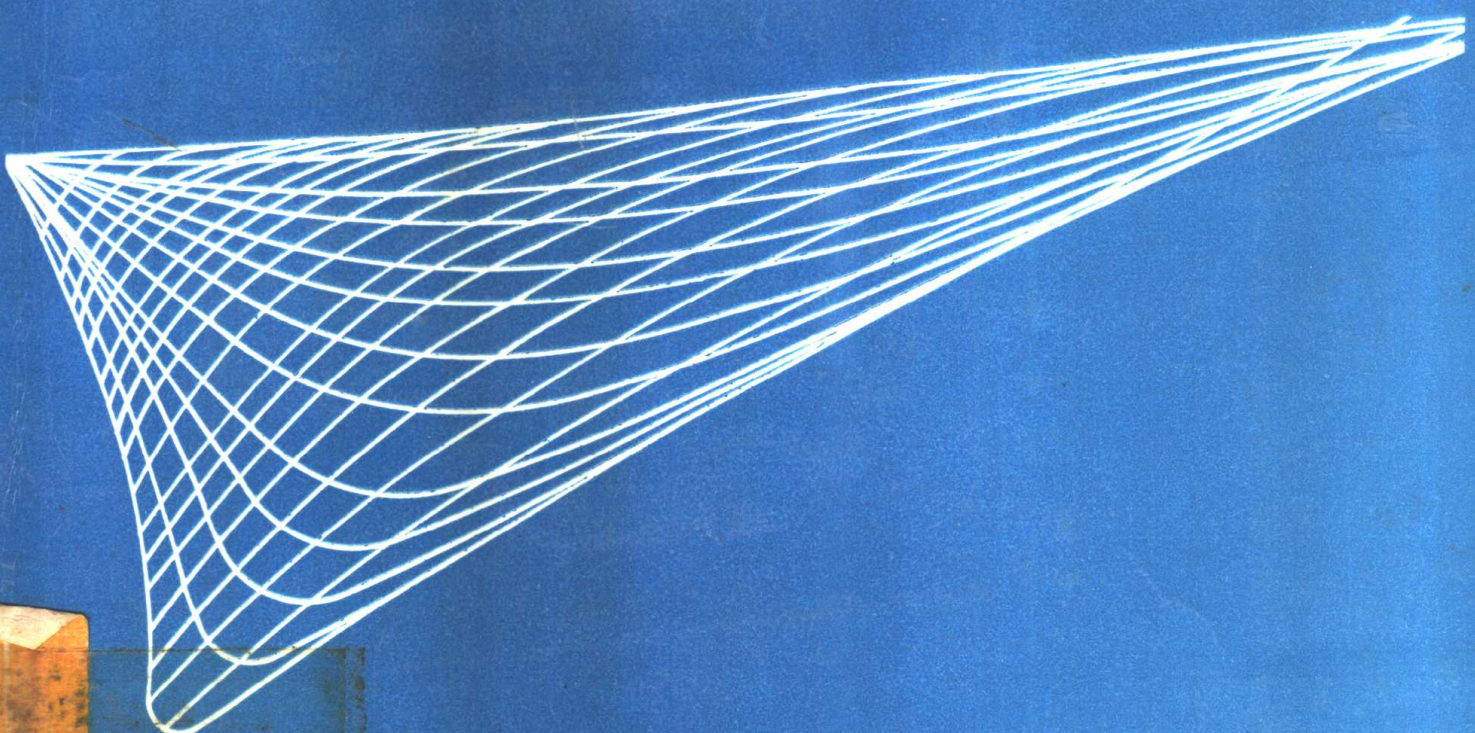


第二版

高等学校教材

工程热力学

郑令仪 孙祖国 赵静霞 编



兵器工业出版社

工 程 热 力 学

(第二版)

郑令仪 孙祖国 赵静霞 编

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

本书系根据《高等工业学校工程热力学课程教学基本要求》以及几年来课程改革的经验,在1983年版的基础上修订而成。

本书主要内容有热力学基本概念和基本定律、气体和蒸汽的热力性质、热力过程和热力循环以及化学热力学基础等。本书在取材的深度和广度上侧重于气体动力类专业的需要,但适当扩展,以适应拓宽专业面向的要求。

本书在第一版的基础上,对内容作了全面的充实和调整。本版中加强了有关热力学第二定律分析的理论基础,强调了第二定律数学表达式的工程应用,适当充实了工质热力性质的有关内容。本版中着重介绍了热力学分析的基本方法,并通过典型题例示范,阐明对实际热工问题建立热力学模型和综合应用热力学知识分析求解的方法。

本书保持了第一版的特点,注意加强理论基础,突出工程观点,重视培养学生运用热力学理论解决工程问题的能力。书中附有数量较多、教学针对性强并与正文论述有机结合的例题、习题和思考题,便于自学,也适宜于实施启发式教学。书中还附有各种必要的图表。

本书可用作高等工业学校内燃动力、热能利用等专业的教科书与参考书,也可供有关技术人员参考。

工 程 热 力 学

(第二版)

郑令仪 孙祖国 赵静霞 编

*

兵器工业出版社 出版

(北京市海淀区车道沟10号)

新华书店总店科技发行所发行

各地新华书店经销

顺义县后沙峪印刷厂印装

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 19.625 (插页一张) 字数: 482.04 千字

1983年11月第1版 1993年9月第2版 1993年9月第1次印刷

印数: 1-2000 定价: 7.95元

ISBN 7-80038-546-9/TK·11(课)

前 言

本书系根据《高等工业学校工程热力学课程教学基本要求》以及几年来课程改革的经验，在1983年版的基础上修订而成。

本版保持了原书的体系和特点。在取材的深度和广度上仍侧重于气体动力类专业的需要，但适当扩展，以适应拓宽专业面向的要求。

为培养学生具有较为坚实的理论基础与分析解决工程问题的基本能力，在修订版中，更着力于加强理论基础，突出工程观点，力图使理论密切联系实际。为此，对于基本概念和基本理论做了更为严密而深入的论述；充实了热力学基本定律数学表达式工程应用的内容；在正文论述中尽可能结合工程实际，例题、习题中增加了工程问题的比例。同时，更加强调了系统的热力学分析方法，注重培养学生运用热力学理论处理工程问题的能力。如在第四章中专列一节“热力过程能量分析的一般方法”，系统地阐明并示范了对实际热工问题进行模型化以及综合应用热力学知识分析求解的方法。

为适应学科发展与教学的实际需要，修订版对原书内容作了进一步的精选和全面的充实调整。适当提高了课程起点，更新了内容，增加了信息量。例如，考虑到能源合理利用和节能的重要性，本版扩展和深化了第五章热力学第二定律，特别是充实了有关第二定律分析的基础知识，如加强了焓、熵、熵产、熵方程、焓平衡方程、典型不可逆过程的熵产及焓损失计算等内容。本版还适当充实了实际气体、水蒸气、湿空气、致冷循环等各章的内容。

修订版注意贯彻教学法原则，在内容的组织编排上，注意了各部分之间的相互联系和有层次的发展；重点突出、难点分散；概念清晰，文字易懂，便于学生自学。

本版精心选编和调整了例题、习题和思考题。这些题的教学针对性强、与正文内容有机配合，并且分不同层次，以适应不同教学阶段的需要。为了训练学生建立热力学模型的能力及综合分析能力，本版增添了若干综合性强、难度较大的习题，这些题可用于课堂讨论或阶段综合练习。

本书在编写中学习了国内外同类教材的优点，并汲取了某些新内容。书中某些扩展内容用小字印出，可根据不同专业的需要，予以取舍。

全书采用“中华人民共和国法定计量单位”，并附有各种单位的换算公式。

本书由清华大学朱明善教授主审并提出许多宝贵意见，编者深表谢意。编写过程中曾得到北京理工大学谢焕章教授、秦有方教授、李卫教授、李学同教授、王福乔老师和王瑞君老师的帮助，编者在此一并致谢。

本书由郑令仪主编。绪论、一、二、三、四、五、十一章由郑令仪编写；六、七、八、九、十章由孙祖国编写；十二、十三、十四章由赵静霞编写；王福乔参加了一至五章的例题与习题的编撰。鉴于编者水平有限，不当之处恳请读者指正。

编者

目 录

主要符号	(1)
绪论	(4)
§ 0-1 热能的利用	(4)
§ 0-2 热动力装置中的能量转换过程	(5)
§ 0-3 工程热力学的研究对象及其主要内容	(7)
§ 0-4 工程热力学的研究方法	(7)
第一章 基本概念	(9)
§ 1-1 热力系统	(9)
§ 1-2 状态及状态参数	(10)
§ 1-3 状态参数的特性	(14)
§ 1-4 平衡状态	(15)
§ 1-5 状态方程 状态参数坐标图	(15)
§ 1-6 准平衡过程和可逆过程	(16)
思考题	(19)
习题	(20)
第二章 热力学第一定律	(21)
§ 2-1 热力学第一定律的实质	(21)
§ 2-2 内能	(21)
§ 2-3 热量	(23)
§ 2-4 功	(24)
§ 2-5 闭口系统的能量方程	(28)
§ 2-6 开口系统的能量方程	(30)
§ 2-7 焓	(32)
§ 2-8 稳定流动能量方程	(34)
§ 2-9 稳定流动能量方程应用举例	(38)
思考题	(40)
习题	(41)
第三章 理想气体的性质	(44)
§ 3-1 理想气体及其状态方程	(44)
§ 3-2 比热容	(46)
§ 3-3 理想气体的比热容	(47)
§ 3-4 理想气体的内能和焓	(51)
§ 3-5 熵 理想气体的熵	(54)
§ 3-6 理想气体混合物	(58)
思考题	(64)

习题	(65)
第四章 理想气体的热力过程	(67)
§ 4-1 概述	(67)
§ 4-2 定容过程	(68)
§ 4-3 定压过程	(69)
§ 4-4 定温过程	(70)
§ 4-5 绝热过程	(71)
§ 4-6 多变过程	(77)
§ 4-7 热力过程能量分析的一般方法	(84)
§ 4-8 压气机的压气过程	(87)
思考题	(92)
习题	(93)
第五章 熵与热力学第二定律	(97)
§ 5-1 热力循环	(97)
§ 5-2 热力学第二定律	(100)
§ 5-3 卡诺循环	(102)
§ 5-4 卡诺定理	(105)
§ 5-5 一定温度范围内循环热效率的限值	(106)
• § 5-6 热力学温标	(108)
§ 5-7 克劳修斯不等式	(110)
§ 5-8 熵	(113)
§ 5-9 不可逆过程中熵的变化	(114)
§ 5-10 孤立系统熵增原理	(116)
§ 5-11 熵方程	(118)
§ 5-12 熵 热量熵	(121)
§ 5-13 工质的熵	(124)
§ 5-14 不可逆过程中的熵损失	(126)
• § 5-15 熵与热力学第二定律的统计意义	(130)
思考题	(133)
习题	(135)
第六章 实际气体	(138)
§ 6-1 概述	(138)
§ 6-2 实际气体对理想气体性质的偏离	(138)
§ 6-3 实际气体的液化	(139)
§ 6-4 范德瓦尔方程式	(140)
§ 6-5 几种实际气体状态方程	(142)
§ 6-6 对比态原理 通用压缩因子图	(144)
思考题	(148)
习题	(148)

第七章 热力学微分方程	(149)
§ 7-1 概述	(149)
§ 7-2 热力学微分方程的推导方法	(149)
§ 7-3 麦克斯韦方程	(150)
§ 7-4 内能的微分方程	(151)
§ 7-5 焓的微分方程	(152)
§ 7-6 熵的微分方程	(154)
§ 7-7 比热容的微分方程	(155)
思考题	(157)
习题	(157)
第八章 水蒸气	(159)
§ 8-1 概述	(159)
§ 8-2 定压下水蒸气的发生过程	(159)
§ 8-3 水的三相点及 p - T 图	(162)
§ 8-4 水和水蒸气的热力性质表	(163)
§ 8-5 水蒸气的焓-熵图	(165)
§ 8-6 水蒸气的热力过程	(166)
思考题	(168)
习题	(169)
第九章 湿空气	(171)
§ 9-1 概述	(171)
§ 9-2 湿空气的状态参数	(171)
§ 9-3 相对湿度的测定	(174)
§ 9-4 湿空气的焓-湿图	(175)
§ 9-5 湿空气的典型过程	(177)
思考题	(179)
习题	(179)
第十章 气体和蒸汽的流动	(181)
§ 10-1 概述	(181)
§ 10-2 稳定流动基本方程	(181)
§ 10-3 一维定熵管流基本方程	(183)
§ 10-4 喷管的计算	(186)
§ 10-5 工作条件变化时喷管中流动过程的分析	(193)
§ 10-6 水蒸气的定熵流动	(197)
§ 10-7 有摩擦的绝热管流	(198)
§ 10-8 绝热节流	(199)
§ 10-9 合流	(202)
思考题	(203)
习题	(204)

第十一章 动力循环	(205)
§ 11-1 分析动力循环的一般方法	(205)
§ 11-2 活塞式内燃机的理想循环	(207)
§ 11-3 活塞式内燃机理想循环的分析	(210)
§ 11-4 影响内燃机循环的基本因素	(213)
§ 11-5 活塞式内燃机理想循环的比较	(215)
§ 11-6 燃气轮机装置的理想循环	(217)
§ 11-7 燃气轮机装置的实际循环	(220)
§ 11-8 具有回热、中间冷却、再热的燃气轮机装置循环	(225)
• § 11-9 废气涡轮增压式内燃机及其循环	(228)
• § 11-10 涡轮喷气发动机及其循环	(229)
• § 11-11 活塞式热气发动机的理想循环	(230)
§ 11-12 蒸汽动力循环	(231)
§ 11-13 燃气-蒸汽联合循环	(234)
思考题	(235)
习题	(236)
第十二章 致冷循环	(238)
§ 12-1 空气压缩致冷循环	(238)
§ 12-2 蒸汽压缩致冷循环	(241)
§ 12-3 蒸汽喷射致冷循环	(244)
§ 12-4 吸收式致冷循环	(245)
思考题	(246)
习题	(246)
第十三章 热化学	(247)
§ 13-1 概述	(247)
§ 13-2 燃料的燃烧	(247)
§ 13-3 热力学第一定律在化学反应中的应用	(250)
§ 13-4 化学反应的热效应	(250)
§ 13-5 反应热与热效应的计算	(252)
§ 13-6 理论燃烧温度	(255)
思考题	(257)
习题	(258)
第十四章 化学平衡	(260)
§ 14-1 概述	(260)
§ 14-2 化学反应方向和限度的判据	(260)
§ 14-3 理想气体化学反应吉布斯函数的变化	(262)
§ 14-4 化学平衡与平衡常数	(265)
§ 14-5 化学反应的等温方程式	(269)
§ 14-6 温度和压力对化学平衡的影响	(269)

§ 14-7 解离和解离度	(272)
§ 14-8 同时反应平衡组成的计算	(273)
§ 14-9 实际反应热与实际燃烧温度	(274)
§ 14-10 标准生成吉布斯函数	(277)
§ 14-11 热力学第三定律	(278)
思考题	(279)
习题	(280)
主要参考文献	(283)
附录	(284)
附表1 常用气体的热力性质	(284)
附表2 理想气体状态下的定压千摩比热容与温度的关系式	(284)
附表3 气体的平均定容比热容	(284)
附表4 气体的平均定压比热容	(285)
附表5 空气的热力性质表	(286)
附表6 氧的热力性质表	(288)
附表7 氮的热力性质表	(289)
附表8 氢的热力性质表	(289)
附表9 二氧化碳的热力性质表	(290)
附表10 一氧化碳的热力性质表	(291)
附表11 水蒸气的热力性质表(理想气体状态)	(292)
附表12 焓的多项系数表	(293)
附表13 一些物质的临界参数	(293)
附表14 饱和水与饱和蒸汽表(按温度排列)	(294)
附表15 饱和水与饱和蒸汽表(按压力排列)	(295)
附表16 未饱和水与过热蒸汽表	(297)
附表17 各种物质的标准生成焓、标准生成吉布斯函数、标准绝对熵	(299)
附表18 标准平衡常数的对数值 $\log_{10} K^{\ominus}$	(300)
附表19 压力单位换算表	(301)
附表20 功、热量和能量单位换算表	(301)
附图	(302)
图1 水蒸气焓-熵图	(插页)
图2 通用压缩因子图	(302)
图3 湿空气的焓-含湿量图	(303)
图4 氮的压-焓图	(304)

主 要 符 号

拉丁字母

A	面积; 亥姆霍兹函数
A_n	炔
a	音速
$C_{p,m}$	定压千摩热容
$C_{V,m}$	定容千摩热容
c	流速; 比热容
c_p	定压比热容
c_V	定容比热容
d	含湿量
E, e	系统总能量及比总能量
E_L	焓损失
E_k, e_k	动能及比动能
E_p, e_p	位能及比位能
E_x, e_x	焓及比焓
E_{xh}, e_{xh}	焓焓及比焓焓
E_{xQ}, e_{xQ}	热量焓及比热量焓
E_{xu}, e_{xu}	内能焓及比内能焓
G, G_m	吉布斯函数及千摩吉布斯函数
$\Delta_f G_m^\ominus$	标准生成吉布斯函数
H, H_m, h	焓、千摩焓及比焓
$\Delta_f H_m^\ominus$	标准生成焓
$K^\ominus$	标准平衡常数
K_x	化学平衡常数
M	千摩质量
Ma	马赫数
M_m	平均千摩质量
M_r	相对分子质量
$m, \dot{m}$	质量及质量流量
n	物质的量
p	绝对压力
p_B	背压
p_b	大气环境压力
p_z	表压力

p_s	饱和压力
p_v	真空度
Q, q	热量及比热量
Q_p	定压热效应
Q_V	定容热效应
R, R_m	气体常数及通用气体常数
r	潜热
S, S_m, s	熵、千摩熵及比熵
$S_m^\ominus, s^\ominus$	千摩标准熵及比标准熵
T, t	热力学温度及摄氏温度
t_s	饱和温度
U, U_m, u	内能、千摩内能及比内能
V, V_m, v	容积、千摩容积及比容
W, w	膨胀功及比膨胀功
w_i	组元 <i>i</i> 的质量分数
w_i	实际循环功
W_0, w_0	循环净功及比循环净功
W_e, w_e	可用功及比可用功
W_s, w_s	轴功及比轴功
W_t, w_t	技术功及比技术功
x	干度
x_i	组元 <i>i</i> 的摩尔分数
Z	压缩因子; 空燃比
z	高度
希腊字母	
α	解离度
ε	压缩比
ε_c	致冷系数
ε_w	供暖系数
η_c	压气机效率
η_{ex}	炯效率
η_i	实际循环效率
η_T	涡轮效率
η_t	循环热效率
κ	理想气体比热容比, 定熵指数
λ	定容升压比
μ	化学位
μ_J	绝热节流系数
ν	化学计量系数

p_c	临界压比
ξ	热量利用系数
π	增压比
ρ	密度；定压预胀比
τ	增温比，时间
φ	相对湿度
φ_i	i 组元的体积分数

角标符号

a	湿空气中干空气的
c	临界状态的；压气机的
e	出口的
i	进口的
i	序号
iso	孤立系统的
P	生成物的
p	定压过程的
R	反应物的
r	对比状态的
s	定熵过程的
s	饱和状态的
T	定温过程的
T	涡轮的
V	定容过程的
v	湿空气中水蒸气的
*	滞止状态的
$\ominus$	101.325kPa压力下的
0	周围环境的

绪 论

热现象是人类生活中最早接触的自然现象之一。人们为了有效地利用这类现象为生产和生活服务,就必须研究它的规律。热力学是研究与热现象有关的能量转换规律的科学。热力学研究热能与其它形式能量之间的转换以及能量转换与物质性质之间的关系。将热力学的基本理论应用于工程技术领域,则为工程热力学。工程热力学主要研究热能与机械能之间的转换规律及其在工程中的应用。

为了能够比较具体地理解工程热力学的研究对象及其主要内容,绪论中先介绍热能的利用以及某些热机的工作原理。

§ 0-1 热能的利用

人类在生产或日常生活中,需要各种形式的能量,其中用量最大的是热能、机械能和电能。例如,工农业生产中推动工具机需要动力(机械能),冶炼和蒸煮需要加热,通讯和照明需要电能。自然界中,迄今可供利用的能量资源,有风力、水力、太阳能、地热、燃料的化学能和核能等。天然气、煤和石油等矿物燃料的化学能是当前的主要能源。核能则是最有发展前途的能源之一,可以预计它是未来解决世界能源问题的一个重要支柱。自然界所提供的能量,有些可直接加以利用,但通常是根据需

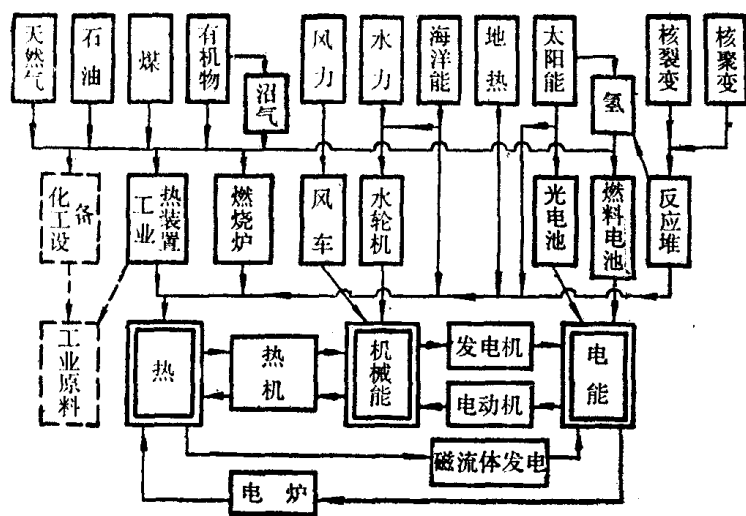


图 0-1

这个环节而被利用的能量在我国占90%以上,世界各国平均超过85%。

热能的利用,采取以下两种基本方式:一种是直接利用,即把热能直接用以加热物体,以满足各种工艺流程和生活的需要,如蒸煮、烘干、采暖、冶炼等;另一种是间接利用,把热能转换成机械能、或者再转换成电能加以利用,例如,汽车、船舶、飞机等运输工具所需的动力,由各自装备的热动力装置供给。而这些热动力装置工作过程的实质都是把燃料的化学能(或核燃料的原子核能)转换为热能,继而再转换为机械能,以此提供给运输工具作为

动力。至于热力发电厂，它的工作过程可归结为燃料化学能（或核能） $\rightarrow$ 热能 $\rightarrow$ 机械能 $\rightarrow$ 电能。可见，采用这后一种方式时，热能向其它形式能量的转换是热能利用的前提。这里，转换的效果当然是至关重要的。按目前科学技术水平，一般热力发电厂只将供给它的热能的40%左右转变为电能；运输车辆上常用的内燃机可将所供热能的30~42%转变为机械能；而老式机车用的蒸汽机，只能将所供热能的7~8%转变为机械能，其余的热能都失散于环境中。因此，在当前仍然以热能动力为主要动力来源的情况下，如何更有效、更经济地将热能转变为机械能或电能，对于能源的有效利用以及国民经济的发展，具有十分重要的意义。

§ 0-2 热动力装置中的能量转换过程

工程热力学属于工程应用学科。在本课程教学过程中，特别是在许多例题和习题中，将涉及某些热动力装置的工作过程。如对这些装置的工作原理有一概略了解，将有助于联系实际地理解本课程的基本理论，并且也有助于应用基本理论分析与这些设备有关的实际问题。本节简略地介绍几种常用的热动力装置。

一、蒸汽动力装置的工作原理

简单的蒸汽动力装置由锅炉、汽轮机、水泵及冷凝器等设备组成，图0-2为其示意图。图0-3为蒸汽动力装置的流程示意图。

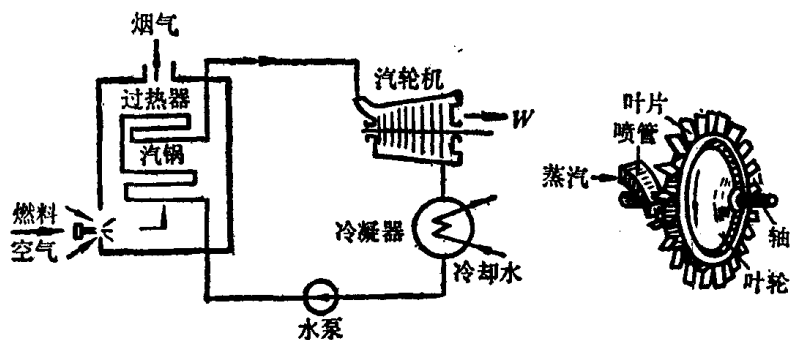


图 0-2

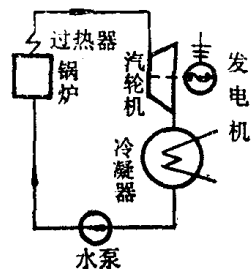


图 0-3

燃料（煤或燃油）在锅炉的炉膛内燃烧，它的化学能转变为热能，生成高温的烟气。汽锅内的水从烟气吸热，变为蒸汽，当它流经过热器时，温度进一步提高，变为过热蒸汽。高温高压的蒸汽进入汽轮机，先在汽轮机的喷管内边流动边膨胀，压力、温度降低，流速增大。在喷管出口，蒸汽以高速流出，冲击汽轮机转子上的叶片使转子转动，转子得到的机械能由汽轮机的轴输出。作功后的蒸汽由汽轮机流入冷凝器。在这里，蒸汽向冷却水放热，凝结成水，并由水泵压入锅炉，重复上述吸热，膨胀作功、放热和升压等一系列过程。这样，水在此动力装置内循环周转，连续不断地将燃料燃烧时放出的热能转变为机械能。

二、内燃机的工作原理

内燃机工作过程的特点是，燃料在气缸内燃烧，所产生的燃气直接推动活塞作功。下面，以图0-4所示的汽油机为例，说明内燃机的工作原理。

开始, 活塞向下移动, 进气阀开启, 汽油与空气的混合气进入气缸。当活塞到达最低位置后, 改变运动方向而向上移动, 这时进气阀关闭, 缸内气体受到压缩。压缩终了, 电火花将燃料点燃。燃料燃烧所产生的高温高压的燃气在缸内膨胀, 向下推动活塞而作功。当活塞再次上行时, 排气阀打开, 作功后的废气经排气阀排向大气, 至此, 内燃机完成了一个工作循环。以后, 燃料和空气的混合物又重新进入气缸, 重复上述压缩、燃烧、膨胀、排气等过程。这样, 周期循环, 不断地将燃料的化学能转变为热能, 继而再转变为机械能。

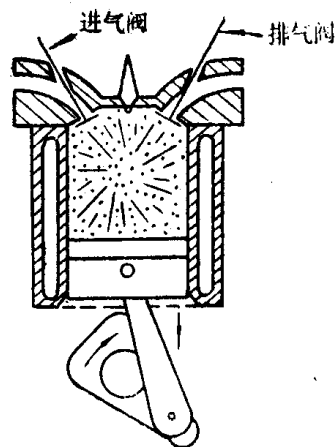


图 0-4

三、燃气轮机装置的工作原理

燃气轮机装置是一种比较新型的动力装置, 最简单的燃气轮机装置包括三个主要部件:

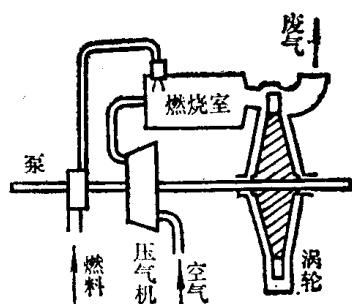


图 0-5

压气机、涡轮和燃烧室, 图0-5为其示意图。这种装置的工作原理如下: 空气和燃料分别经压气机与泵增压后送入燃烧室。在这里, 燃料与空气混合并进行燃烧, 释放出热能使混合气温度升高。高温高压的燃气流入涡轮, 推动叶轮旋转作功。作功后的废气由涡轮出口排向大气。

上述三种动力装置的结构与工作方式虽各不相同, 但分析其能量转换过程, 不难发现它们的共性, 可归纳为以下几点:

首先, 任何热动力装置实现能量转换时, 均需要某些物质作为它的工作物质, 这种工作物质常称为工质。例如, 蒸汽动力装置以蒸汽作为工质, 而内燃机与燃气轮机则以空气和燃烧产物作为工质。

其次, 在上述动力装置中, 动力的产生是依靠工质的膨胀作功 (蒸汽在汽轮机中膨胀作功, 燃气在内燃机气缸中膨胀作功)。而要使工质具有膨胀作功的能力, 必须使它在膨胀前具有较高的温度和压力。为此, 必须对工质事先进行压缩、加热。所以, 总起来说, 动力装置工作时, 工质的状态是不断变化的。正是通过工质的这一系列状态变化, 热能才转变为机械能。

此外, 供给热动力装置的热, 只有一部分能转变为功, 其余的部分则排给大气或冷却水了。例如, 蒸汽动力装置中, 作功后的蒸汽在冷凝器中向冷却水放热。内燃机与燃气轮机中, 进气的温度基本上是大气温度, 而作功后的废气温度, 却远高于大气温度, 也就是说, 加给气体的热能未全部转变为功, 其中一部分随着废气排向大气, 最终失散于大气之中。

上述分析中, 提出了如下一些值得研究的问题:

热动力装置工作时, 工质除了需要吸热外, 是否必须向外放热? 这是否是热能转变为机械能的必要条件?

热动力装置的能量转换效果受哪些因素影响? 工质的性质及其状态变化所经历的步骤对此影响如何?

如何提高热动力装置的能量转换效果?

这些问题涉及能量转换的基本规律、工质的性质、热力过程和循环，也正是本课程所研究的主要课题。

§ 0-3 工程热力学的研究对象及其主要内容

工程热力学主要是研究热能与机械能相互转变的规律及其在工程中的应用，为研究热力设备（特别是热动力装置）中的能量转换提供理论基础。

工程热力学的主要内容，包括以下几个方面：

1. 研究热力学的基本定律——热力学第一定律和热力学第二定律。这是工程热力学的理论基础。其中，热力学第一定律规定了热能与机械能相互转变时的数量关系；热力学第二定律指出能量转换的方向性，并由此说明热能与机械能之间存在着质的差别。应用这两个定律可以从量和质两个方面综合地研究热力设备中的能量转换。

2. 研究工质的热物理性质。热力设备中的能量转换是借助于工质来完成的，故研究热力设备中的能量转换必须掌握工质的基本热力性质。

3. 研究各种热力设备中的能量转换过程。即应用热力学基本定律，分析计算工质在热力设备中所经历的状态变化过程和循环，并在此基础上，进一步分析影响能量转换效果的因素，探讨提高转换效果的途径。

4. 研究与热力设备的工作过程直接有关的一些化学和物理化学问题。目前，热动力装置中热能的主要来源是依靠燃料的燃烧，而燃烧是剧烈的物理化学反应。因此，为了更全面更深入地研究热力设备中的能量转换，必须掌握有关化学热力学的基础知识。

工程热力学是动力专业的一门主要技术基础课，无论是分析和改进原有的热动力装置，还是设计研制新的动力装置，都需要用到工程热力学的理论和计算方法。并且，由于热现象广泛地存在于各种工程问题之中，因此，工程热力学已不限于只是作为建立热机理论的基础，它的应用范围已扩展到许多工程技术领域，如，制冷、热泵、空气分离、空气调节、海水淡化、化学精炼、生物工程等，都需要应用工程热力学的基本理论和基本知识。因此，工程热力学已成为许多有关专业所必修的一门技术基础课。

§ 0-4 工程热力学的研究方法

研究热现象有两种不同的方法，即热力学的宏观研究方法与统计物理学的微观研究方法。工程热力学主要采用宏观研究方法。

宏观研究方法不涉及物质的微观结构，只是根据由观察和实验所总结出来的热力学基本定律，运用严密的逻辑推理方法，对物质的宏观性质和宏观现象进行分析研究。这种方法的优点是简单、可靠，只需少数几个宏观物理量即可描述系统的状态，而且，所依据的热力学基本定律已为大量实践所证实，具有高度的普遍性和可靠性。由此导出的推论，只要在推导过程中没有引入其它假设，这些结论具有同样的可靠性和普遍性。但宏观方法也有其局限性，由于不考虑物质的微观结构，因而它不能解释热现象的微观本质，也不能用以得出具体物质的性质。微观研究方法及其研究成果正好弥补了这个不足。

统计物理学则是从物质的微观结构出发，即从构成物质的分子、原子的运动和它们之间

的相互作用出发,依据每个微粒所遵循的力学规律,应用概率理论和统计平均的方法,研究大量微粒的运动所表现出来的物质的宏观性质和宏观现象。这种方法不但可以解释宏观现象的本质,而且对物质的结构进行一些合理的假设后,甚至还可得出具体的物性,如可以提供物质比热容的理论,解释物质宏观性质的涨落现象等。由于统计物理学对物质微观结构作了某些简化假定,因而其推论结果的可靠性较差。但随着人们对物质结构认识的深入,统计物理学的研究结果也将逐步地更接近实际。

在本课程中,以宏观研究方法为主,并引用微观理论的某些结论以帮助理解宏观热现象的物理本质。

值得注意的是,在工程热力学中普遍地采用了抽象、概括、理想化和简化的方法。鉴于实际热现象的复杂性和多样性,为便于理论分析,必须对实际事物进行简化和抽象,即略去某些细节,抽出其共性,突出本质,突出主要矛盾。应用上述方法,热力学中建立了一系列理想化了的热力学模型,如理想气体、可逆过程、理想循环等等。这些模型对于发展热力学理论有着重要的作用。希望读者有意识地学习这种科学的研究方法。特别是,将热力学理论用于分析实际问题时,应注意正确选择热力学模型。这是说,为实际事物所选定的热力学模型,应能代表该事物的物理本质;同时,对实际事物的简化程度,还应与研究目的、计算精度要求、可用的计算工具等相适应,即还需按工程观点考虑。这样,即使是同一种工质或者是同一种实际过程,在不同的场合下,有可能选用简化程度不同的热力学模型。