



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

NENGYUAN YU DONGLI
ZHUANGZHI JICHU

能源与动力 装置基础

何国庚 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

Thermal Energy & Power



普通高等教育“十五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

NENGYUAN YU DONGLI
ZHUANGZHI JICHU

能源与动力 装置基础

主 编 何国庚
编 写 孙建平 张燕平 魏明锐
主 审 蔡兆麟 刘伯棠



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

Thermal Energy & Power



内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书系统地介绍了能源动力工程中主要机械、设备、装置的组成、结构、工作原理和性能。同时，在有限的篇幅中，通过优化组合、精选素材，将相关专业方向的基础知识和内容融合在一起，以达到厚基础、宽口径的目的。通过本教材的学习，既拓宽了专业知识面和视野，也为进一步深入学习各个不同方向的专业课打下基础。

本书为热能与动力工程专业本科学生的教材，也可作为相关专业的教材，还可供相关行业能源与动力设备工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

能源与动力装置基础/何国庚主编. —北京: 中国电力出版社, 2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5083-6689-0

I. 能… II. 何… III. 能源—动力装置—高等学校—教材 IV. TK05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 006979 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 5 月第一版 2008 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22 印张 533 千字

定价 33.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

本书是“热能与动力工程专业”新课程体系的技术基础课教材,其目的是使学生基本认识和系统了解能源动力工程中主要机械、设备、装置的组成、结构、工作原理和性能。这样,既拓宽了专业知识和视野,也为进一步深入学习各个不同方向的专业课程打下基础。

在本书编写中,力求将不同专业方向的基础和内容融合在一起,避免简单地拼凑,这不仅能缩短学时,加强知识的系统性,而且符合学习掌握知识的规律,有利于培养学生举一反三、融会贯通能力,启发学生的创新思维。第一章从更宽广的视角对机器设备进行了分类,总结、归纳了在后面章节需要的流体力学、热力学基本知识;第二~四章讨论叶轮机械,前一章内容是叶轮机械共同点,后两章按工作机和原动机分开介绍;第五~七章讨论容积式机械,前一章内容是容积式机械共同点,后两章按原动机和工作机分开介绍;第八、九章分别讨论换热器和锅炉,都属于热交换设备;第十、十一章的内容为前面第二~九章讨论的机器设备组成的装置系统。从工作原理的安排来看,第二~九章主要是针对某种过程进行讨论(除内燃机是以循环为主外),第十、十一章则主要是针对循环进行讨论。共同的基础和内容融合主要体现还有:按工作机、原动机分类进行了整合,如叶片泵与通风机、叶片压缩机;容积泵与压缩机;汽轮机与透平膨胀机、燃气轮机装置、水轮机等。基本原理相近的进行了归类,如制冷、空调与低温在同一章中讨论;发电厂及其他动力装置放在一起介绍。

本书编写是在原有教材的基础上,总结了近年来编者教学经验和读者意见以及国内外热能与动力工程领域技术的新发展,内容组织有利于学生系统、全面而又循序渐进地学习、掌握。由于各个章节具有一定的独立性,因此学时安排有很大伸缩性。如第一章的流体力学、热力学基本知识可以少讲或不讲;不同单元的侧重面不同,可以有选择性地讲授。

全书共十一章,参加各章节编写的分别为:孙建平(第一~三章),张燕平(第四、九、十一章),何国庚(第五、七、八、十章),魏明锐(第六章)。本书由何国庚教授主编。刘华堂、刘扬娟、张晓梅、吴钢等老师也参与了部分章节的编写和组织工作,黄树红、王军、刘会猛、王坤、李嘉等老师给予了很大的支持,并提出了许多很好的意见,在此致以谢意。

本书由蔡兆麟、刘伯棠教授主审。张克危、舒水明老师也参与了部分审阅工作。审稿老师在审阅时提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于水平和时间所限,书中不足之外,恳望读者指正。

编者

2007年12月

常用符号一览表

A	面积, m^2	δq_v	泄漏体积流量
a	加速度, m/s^2 ; 声速, m/s	R	半径, m ; 气体常数, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
a_0	导叶开口, m	r	半径, m
b	叶道宽度、叶高, m	s	比熵, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
c	绝对速度, m/s	T	热力学温度, K
c_p	质量定压热容, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	t	时间, s ; 温度, $^{\circ}\text{C}$
c_v	质量定容热容, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	u	圆周速度, m/s ; 质量热力学能, J/K
D	直径, m	V	体积, m^3
F, f	力, N	v	质量体积, m^3/kg
g	重力加速度, m/s^2	W	功, 膨胀功, J
H	水头、扬程, m	w	相对速度, m/s ; 单位质量介质的功, J/kg
H_a	大气压力 (水柱高), m	Z	叶片数、高度, m
H_v	吸入真空高度, m	α	绝对流动角、翼型攻角, $(^{\circ})$
δH	水头损失	α_b	固定叶片安放角, $(^{\circ})$
h	比焓, 能量头, J/kg	β	相对流动角, $(^{\circ})$
δh	能量损失	β_b	叶轮叶片安放角, $(^{\circ})$
K	比值、系数	$\Delta\beta$	翼型转折角
L	长度, 翼型弦长, m	Γ	环量, m^2/s
L/t	叶栅稠 (密) 度	δ	叶片厚度, m ; 落后角, $(^{\circ})$
M	力矩, $\text{N} \cdot \text{m}$	ε	压缩比
N, n	转速, r/min	ζ	流动损失系数
n	多变指数	η	效率
n_s, n_q	比转数	θ	圆周角, $(^{\circ})$
P	功率, kW	κ	等熵指数 (绝热指数)
δP_r	圆盘损失功率	λ	功率系数; 滑动角, $(^{\circ})$
p	压力, Pa	μ	动力黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$; 修正系数
δp	压力损失	ν	运动黏度, m^2/s
Q	热量, J	π	压力升高比
q	单位质量流体的热量; 单位面积热负荷, J/kg	ρ	密度, kg/m^3
q_m	质量流量, kg/s	σ	空化系数, 滑移系数
δq_m	泄漏质量流量	τ	排挤系数, 阻塞系数
q_v	体积流量, m^3/s	φ	流量系数, 叶片转角 $(^{\circ})$
		ψ	压力系数, 速度系数

Ω 反作用度
 ω 角速度
 Eu 欧拉数

Ma 马赫数
 Re 雷诺数
 Sr 斯特劳哈尔数

下标: 1 机器进口, 叶片进口
 in 进口; out 出口
 p 高压端, 叶片压力面, 原型、真机
 s 低压端, 叶片吸力面

2 机器出口, 叶轮出口
 th 理论的; Tot, t 总的
 ∞ 无穷叶片数
 m 轴面, 子午面, 模型, 平均

目 录

前言	1
常用符号一览表	1
第一章 基础知识	1
第一节 绪论	1
第二节 分类和应用	5
第三节 工程热力学和流体力学基础	12
第四节 实际过程中常见的能量转换	23
思考题和习题	28
第二章 叶轮机械的基本理论	30
第一节 叶轮机械的典型结构	30
第二节 流体在叶轮中的运动分析	33
第三节 叶轮机械的基本方程式	36
第四节 典型静止通流部件的作用原理	44
第五节 一元流动分析	47
第六节 有限叶片数的影响	52
思考题和习题	55
第三章 叶片式工作机	56
第一节 叶片式工作机的结构形式和应用范围	56
第二节 主要性能参数和特性曲线	59
第三节 相似定律、比转数	67
第四节 泵与风机在管网中的运行	74
第五节 喘振与空化	82
思考题和习题	88
第四章 涡轮机	90
第一节 概述	90
第二节 汽轮机级内能量转换过程及效率	92
第三节 多级汽轮机	104
第四节 汽轮机自动调节	112
第五节 燃气轮机	119
第六节 水轮机	124
思考题和习题	127
第五章 往复活塞式机械的结构分析	129
第一节 往复活塞式机械的功能与分类	129
第二节 总体结构和主要部件	131

第三节 曲柄连杆机构动力学	137
第四节 往复式机器的惯性力的平衡	142
思考题和习题	144
第六章 内燃机	145
第一节 内燃机的工作过程	145
第二节 柴油机的燃烧和燃料供给系统	154
第三节 汽油机燃料供给系统	162
第四节 柴油机增压系统	166
第五节 内燃机的性能指标和特性	168
第六节 内燃机的排气净化	172
第七节 内燃机代用燃料	173
思考题和习题	176
第七章 容积式压缩机和泵	177
第一节 结构形式与工作原理	177
第二节 压缩机的排气量调节	187
第三节 螺杆压缩机转子的几何分析	191
第四节 螺杆压缩机性能参数的选择	195
思考题和习题	197
第八章 热质交换设备	198
第一节 概述	198
第二节 表面式换热器	198
第三节 混合式换热器	211
第四节 蓄热(冷)式换热器	213
第五节 特殊换热器	215
第六节 换热器的强化传热技术	219
第七节 换热器的传热计算	221
思考题和习题	227
第九章 锅炉及其主要部件	228
第一节 锅炉概述	228
第二节 锅炉燃料及热平衡	231
第三节 燃料的燃烧及其燃烧设备	241
第四节 锅炉受热面	251
思考题和习题	259
第十章 制冷原理与空气调节	260
第一节 概述	260
第二节 制冷基本理论	260
第三节 单级蒸气压缩制冷循环	262
第四节 制冷剂与载冷剂	271
第五节 吸收式制冷循环	272

第六节 热电制冷	276
第七节 空气品质与空气处理	279
第八节 空调系统	283
第九节 空调系统中的热泵技术	284
第十节 典型的低温气体液化循环	288
思考题和习题	294
第十一章 发电厂系统及其他动力装置	296
第一节 火电厂热力系统	296
第二节 联合动力循环	308
第三节 核能发电	314
第四节 水电站	317
第五节 太阳能的利用	323
第六节 地热利用装置	329
第七节 风能的利用	331
第八节 其他能源利用装置	334
思考题和习题	337
附录 R134a 压焓图	338
参考文献	339

第一章 基础知识

第一节 绪 论

能源、材料、信息是近代社会发展的三大支柱,其中能源是最基本的物质基础。人类利用能源的历史,也就是人类认识和征服自然的历史。能源消耗的水平是人类生活水平和生活质量的重要尺度。能源与经济发展互相促进而又相互制约。能源发展包括能源总量的增长,能源品种的增加,能源质量的提高和新能源的开发。能源开发为经济发展提供了充足的燃料和动力。能源增长速度和品质的提高,受到能源资源、投资能力和技术水平的限制,从而限制了经济的过快增长和发展;经济的发展水平又影响了投资能力和技术水平,从而限制了能源的发展。矿物能源的过度开采和使用,造成空气污染、水污染,破坏生态环境,危及动植物的生存和人类的健康。因而需要大力发展节能技术和能源清洁高效开发、转化、利用技术。积极发展新能源技术,促进能源多元化。攻克一批能源开发、利用和节能重大关键技术与装备,形成一批新兴能源产业生长点。掌握新能源、氢能和燃料电池等战略高技术,建立起能源科技持续创新平台,为经济、社会可持续发展提供清洁高效能源技术的支撑。

人类可利用的能源多种多样,可以从不同的角度进行分类。如根据能源的形成条件将其分为一次能源和二次能源;根据其可否再生分为可再生能源和非再生能源;根据其利用历史状况和技术水平分为常规能源和新能源;根据其对环境的污染程度分为清洁能源(绿色能源)和非清洁能源。

一次能源是指自然界中存在的天然能源,如化石燃料、核燃料、太阳能、水力、风能、地热、海洋能、生物质能等。二次能源是由一次能源直接或间接加工转换而成的人工能源,如电能、热水、蒸汽、压缩气、石油制品、煤制品、酒精、氢气、沼气、合成燃料、激光等。

现代社会人类需要的能源形式主要有电能、热能(冷能)、机械能。自然界存在的一次能源中,除风力、水力以及部分海洋能作为机械能可以直接利用外,其他各种能源或是直接以热能形式存在,或是经过燃烧反应、原子核反应等首先将其转换为热能再予以利用。热能的取得方式主要有太阳热能、地热、燃料燃烧放热、核裂变或核聚变放热。热能还可以由电能转换而来。由热力学第二定律可知,热和功之间的转换存在着明确的方向和限度,热能是一种品位较低的能量,且其品位直接与温度有关。

机械能是物体宏观机械运动所具有的能量。与热能相比它是一种更为理想的能量形式,它能以100%的效率转换为热能,也能以非常高的效率转换为电能。机械能除少部分来自一次能源中的水力、风能、海流、潮汐和波浪外,大部分是通过某种类型的热机(如内燃机、燃气轮机、蒸汽轮机等)从热能转换而得到,或通过电动机由电能转换而来。

电能是电荷的流动或聚积而具有的做功能力。它是人类社会至今应用最广泛、使用最方便、最清洁的一种二次能源,又称电力。它是由一次能源(如煤炭、石油、天然气、核燃料、水能、风能、地热能、海洋能等)通过电磁感应转换而成,也可以通过燃料电池将氢、

煤气、天然气、甲醇等燃料的化学能直接转换而成，还可以利用光伏效应将太阳能直接转换而成。后两种方式虽然有广阔的发展前景，但目前只占电能生产量的很小部分。

热能、机械能和电能的产生以及各种能量在转化、传递和做功过程中所利用的各种机械、设备以及由它们组成的各种装置的工作原理、结构、性能和组成方式是本课程研究的主要内容。

图 1-1 为火力发电厂的生产过程示意图。锅炉中煤粉与来自空气预热器的热空气混合在炉膛内燃烧，将燃料的化学能转变为高温烟气的热能，热能通过锅炉的省煤器、水冷壁、过热器等受热面使水变为过热蒸汽；过热蒸汽推动汽轮机旋转，将热能转变成机械能，并通过发电机产生电能；汽轮机内膨胀做功后的蒸汽进入凝汽器内凝结成水；凝结水由水泵送入低压加热器、除氧器和高压加热器，吸收汽轮机抽汽的热量后又回到锅炉。工质又返回初态，完成了一个闭合循环。

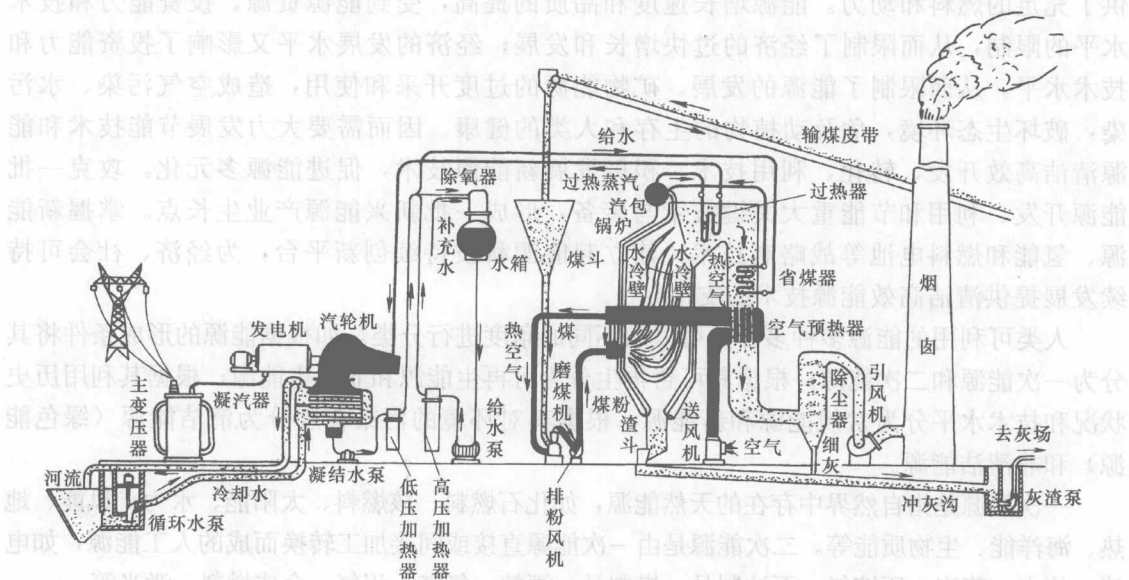


图 1-1 火力发电厂的生产过程图

锅炉、汽轮机和发电机是火力发电厂的三大主件。锅炉是将燃料化学能转换为热能的部件，锅炉受热面从某种意义上讲是一种换热设备。在发电厂循环中的换热设备有省煤器、空气预热器、水冷壁、过热器、再热器、凝汽器、加热器等。汽轮机是将工质（蒸汽）的能量转换为机械功的机械，属于流体机械。在火力发电厂中还有给水泵、循环泵、凝结水泵、灰渣泵、送风机和引风机等各种流体机械。

核电厂的热能动力循环中蒸汽不用锅炉供给，是用核反应堆和蒸汽发生器。图 1-2 所示为核电站与火电站系统示意图。由图 1-2 可知，核电站装置中也包括类似火力发电厂的各种流体机械和换热设备。

燃气轮机是内燃机的一种形式，它又与蒸汽轮机同属于热力涡轮机，燃气轮机的工质是燃气而不是水蒸气，因而与蒸汽轮机装置相比，燃气轮机装置省去了锅炉、凝汽器、给水处理等大型设备。图 1-3 是燃气轮机装置简图。其部件可分成两类，一类是与工质交换能量的流体机械，如涡轮机和压气（缩）机，另一类是静止不动的换热设备，中冷器、回热器、

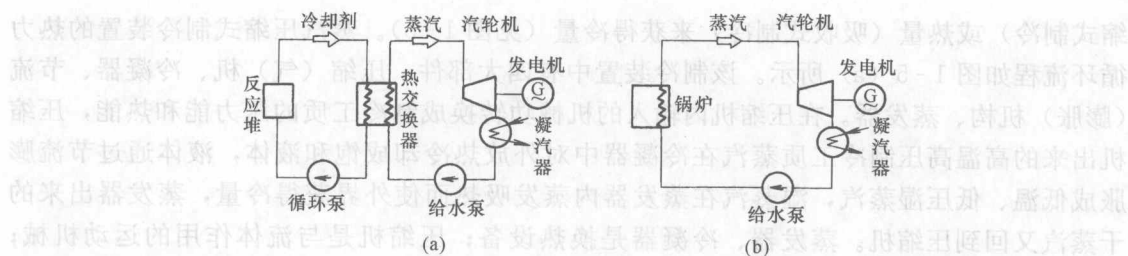


图 1-2 核电站与火电站系统示意图

(a) 核电站; (b) 火电站

燃烧室等。其中，压气机、涡轮机和燃烧室是燃气轮机装置中的三大部件。

往复式内燃机是应用广泛的一种动力机械，其热力循环与燃气轮机类似。工质在汽缸内进行压缩、点火、燃烧、膨胀做功，压缩、膨胀与活塞和连杆运动相关。因此，内燃机也是将工质（燃气）的能量转换为机械功的机械，属于流体机械。其增压装置还包括压气机和涡轮机。

燃烧设备、热能动力机械以及它们的辅助设备统称热能动力装置。热能动力装置主要有两种：一种是燃烧的燃气直接进入流体机械内进行能量交换，如燃气轮机和内燃机；另一种则首先将燃料燃烧产生的热能传递给某种液体工质（如水）使其汽化，然后将蒸汽导入流体机械进行热功转换，如蒸汽机和汽轮机。在内燃机和蒸汽机中，汽缸内的高温高压燃气或蒸汽经膨胀可推动活塞做功，并通过曲柄连杆机构将能量传递到发电机轴上。在燃气轮机和汽轮机中，高温高压的燃气或蒸汽首先在喷管中膨胀加速，将热能转换为动能，然后冲击叶片使轴转动而做功。

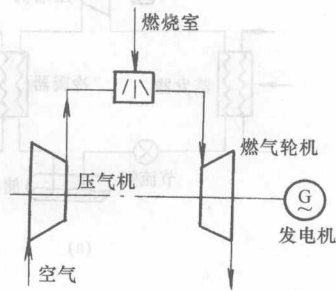


图 1-3 燃气轮机装置简图

水力发电厂的工质是水，它没有发生相和热能的变化。水的动能和势能（机械能）通过水轮机转轮转变成机械能，通过发电机转换成为电能。

风力机是利用风能发电或用来驱动其它机械。风能就是空气的动能，是指风所负载的能量，风能的大小决定于风速和空气密度。一般速度在 $3 \sim 20 \text{ m/s}$ 的风可以作为一种能量资源加以利用。

汽轮机、燃气轮机、内燃机、水轮机以及风力机输出机械功，可以带动发电机产生电能，也可以直接作为动力驱动其它机械，所以常常被称为动力机械。

以上热力循环是通过工质膨胀将热能转变成机械功输出的循环，常称之为正循环。在工程中还存在着另一种相反的循环，称之为逆循环。例如，热泵装置和制冷装置的热力循环都是逆循环，如图 1-4 所示。逆循环是输入机械功（或热能），对工质进行压缩而获得热量（热泵）或冷量（制冷）的循环。

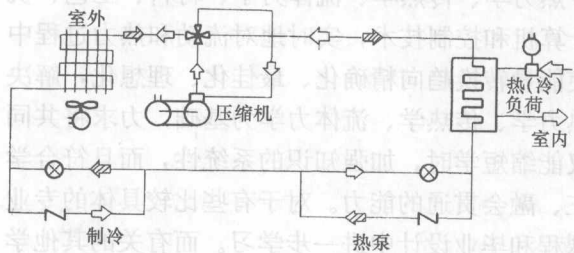


图 1-4 制冷装置和热泵装置的结构流程简图

逆循环是输入机械功（或热能），对工质进行压缩而获得热量（热泵）或冷量（制冷）的循环。

制冷装置是通过消耗机械功（蒸汽压

缩式制冷)或热量(吸收式制冷)来获得冷量(见图1-5)。蒸汽压缩式制冷装置的热力循环流程如图1-5(a)所示。该制冷装置中有四大部件:压缩(气)机、冷凝器、节流(膨胀)机构、蒸发器。在压缩机内输入的机械功转换成制冷工质的压力能和热能,压缩机出来的高温高压制冷工质蒸汽在冷凝器中对外放热冷却成饱和液体,液体通过节流膨胀成低温、低压湿蒸汽,湿蒸汽在蒸发器内蒸发吸热而使外界获得冷量,蒸发器出来的干蒸汽又回到压缩机。蒸发器、冷凝器是换热设备;压缩机是与流体作用的运动机械;在有的制冷装置中是通过膨胀机实现工质膨胀的[见图1-5(c)],膨胀机也是与流体作用的运动机械。

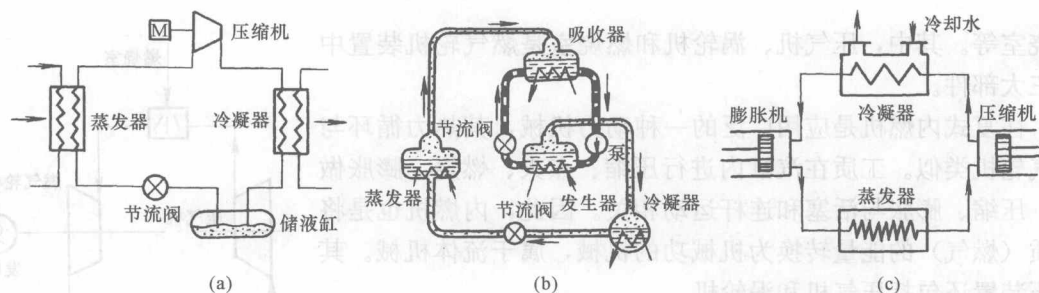


图1-5 制冷装置和热泵简图

(a) 蒸汽压缩式制冷装置; (b) 吸收式制冷装置; (c) 有膨胀机的制冷装置

热泵装置的工作原理与制冷装置相同,但其目的是获得热量而不是冷量。透平膨胀机的工作原理与涡轮机完全相同,也可以看成是涡轮机在不同领域的应用形式。

由以上讨论可知,能源动力工程中装置、机械、设备是相互关联的,具有共同的基础和原理,有些相同或类似的内容,如在能量转换过程中,流体一般都要经历一系列的吸热、放热、压缩、膨胀等,因此,我们尝试将动力装置、机械、设备的一些相互关联的内容放在一起讨论,其目的是使学生能基本认识和系统了解能源动力工程中的主要机械、设备、装置的组成、结构、工作原理、性能及它们之间的共性。这样,既拓宽了专业知识面,也为进一步深入学习专业课打下基础。

能源动力工程中的机械、换热设备的基础是流体和热科学,先修课程是流体力学、热力学、传热学。流体和热科学在工程中的应用是非常广泛的,能源动力工程中的机械、换热设备是其应用的一个重要领域,学习该课程不仅可以掌握专业知识,而且可以加深对流体和热科学的进一步理解。

现代能源动力工程中的机械、设备、装置已经超出了传统产品的范围,已发展成技术密集型产品。它是许多学科结合的产物,包括了热力学、传热学、流体力学、材料、工艺、机械学、控制、信息、计算机等。例如,利用计算机和控制技术,实时地对流动和热力过程中的信息参数进行获取、处理、控制和反馈,使能量转换趋向精确化、最佳化、理想化,解决了过去很难解决的问题。本书在编写中,以热力学、传热学、流体力学为基础,力求将共同的内容融合在一起,避免简单地拼凑,这不仅能缩短学时,加强知识的系统性,而且符合学习掌握知识的规律,有利于培养学生举一反三、融会贯通的能力。对于有些比较具体的专业内容,例如设计计算部分,可以在相关专业课程和毕业设计中进一步学习。而有关的其他学科知识,已安排在有关课程中。

第二节 分类和应用

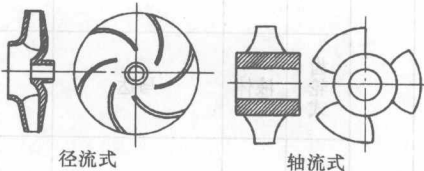
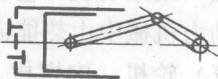
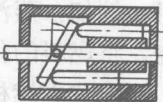
组成能源与动力装置的各种机械和设备几乎涉及到人们经济生活的方方面面，其种类繁多。由于出发点不同，分类也不同。从能源与动力装置中的各种机械和设备的功用出发，可将其归纳为两大类，即流体机械和换热设备。本课程主要研究的是流体机械、换热设备以及由它们组成的相关装置的基本原理、结构和性能。

一、分类

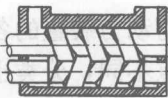
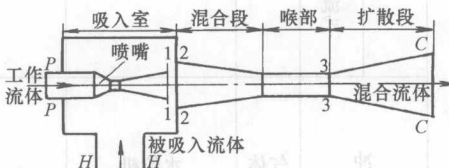
(一) 流体机械

流体机械是指以流体（液体和气体）为工作介质，实现工质能量与外界进行能量传递和转换的机械设备。流体机械的工作过程是流体的能量与机械的机械能相互转换或不同能量的流体之间能量传递的过程。由于流体机械的应用极为广泛，不同应用场合的流体机械的结构形式和工作特点有很大的差别。流体机械的分类见表 1-1。

表 1-1 流体机械分类

型式分类		流体	动力机械	工作机械	结构简图
速度式	反动式	径流式	气体 液体	汽（气）轮机 膨胀机 水轮机 压缩机 鼓风机 风机 泵 螺旋桨	 径流式 轴流式
		轴流式			
		斜流式			 斜流式
	冲动式	气体 液体	水轮机 汽（气）轮机	横流风机	
容积式	往复式	活塞式	气体 液体	内燃机 膨胀机	
		柱塞式	气体 液体	马达	

续表

型 式 分 类		流体	动力 机 械	工作 机 械	结 构 简 图	
容 积 式	回 转 式	螺杆式	气 体 液 体	马 达 膨胀机	压缩机 真空泵 泵	
		罗茨式	气 体 液 体		鼓风机 真空泵 泵	
		涡旋式	气 体 液 体	马 达 膨胀机	压缩机 鼓风机 真空泵 泵	
		滚动活塞	气 体 液 体		压缩机 真空泵 泵	
		齿轮式	液 体	马达	泵	
		滑片式	气 体 液 体	马达	鼓风机 真空泵 泵	
喷射式		气 体 液 体	喷气推进器	压缩机 真空泵 泵		

根据能量传递的方向不同,可分为原动机(动力机械)和工作机。

动力机械(或原动机)输出机械功,它包括汽(气)轮机、水轮机、内燃机、风力机、膨胀机等。动力机械中由热能向机械能转变时被称为热能动力机械(又称热机),常称为热机的有汽(气)轮机、内燃机。汽(气)轮机中工质是蒸汽(或燃气、尾气等高温高压气体),高温高压的高能量工质膨胀对外输出机械功。如果工质是在其外面得到热能的机器常常被称为外燃机,例如,蒸汽轮机中工质的热能是在蒸汽轮机外的锅炉得到的。内燃机是燃料在机器内燃烧,将燃料的化学能转变成热能,并直接将燃气的热能转变为机械能输出,它包括燃气轮机、活塞式内燃机和火箭发动机。常常将活塞式内燃机简称为内燃机,此时的内

燃机分两种,一种是奥托创制的以汽油为燃料的汽油机;另一种是狄塞尔创制的以柴油为燃料的柴油机。水轮机将水的动能和势能转变成机械能输出。风力机主要是将风的动能转变成机械能输出。膨胀机与气轮机的工作原理相同,通过高温、高压的工质在机器内膨胀变成低温、低压状态而对外输出机械功。不过,在低温装置中膨胀机的主要目的是获得低温,同时回收机械功;在作为能量回收装置时,例如高炉气透平膨胀机,就是回收热能并获得机械功输出。

工作机械从外界输入机械功,它包括通风机、泵、鼓风机、压缩机、螺旋桨。由于通风机、泵、鼓风机、压缩机是量大面广的机械,它们都属于通用机械。在工作机械中流体得到外界输入的机械功而提高内能、压力能、动能、势能等。通风机、叶片式鼓风机和压缩机有时统称为风机,通风机中气体的压力升高小于 14700Pa ,鼓风机和压缩机中气体的压力升高用出口与进口压力之比表示,常常以压比小于 3 的称为鼓风机,大于 3 的称为压缩机。风机中压力升高小于 98Pa 的常叫做风扇。泵的工质一般是液体。真空泵是将空间抽成一定真空度。真空泵的工质也有气体,此时若从气体压力升高的原理来划分,气体真空泵有时属于风机范畴。螺旋桨将机械功传递给流体,又由流体得到反作用力,该力推动螺旋桨及其运载器前进。

从工作原理看,工作机是原动机的逆过程,反之亦然。在以后的章节中会看到,工作机和原动机的流动过程的基本公式是类似的,差别仅在正负号上。

根据流体与机械相互作用的方式,可将流体机械分为速度式、容积式和其它作用原理流体机械。

容积式流体机械的工作介质处于一个或多个封闭的工作腔中,工作腔的容积是变化的,机械与流体之间的相互作用力主要是静压力。例如往复活塞式泵,活塞与缸体形成一个封闭工作腔,介质与机械间的相互作用力为活塞表面的压力。当介质推动活塞运动时为原动机,当活塞推动介质流动时为工作机。容积式流体机械包括各类液、气介质的往复泵、转子泵、液气动马达和压缩机等。

速度式流体机械中,能量转换是在带有叶片的转子与连续绕流叶片的介质之间进行的。叶片与流体的相互作用力是惯性力。叶片使介质的速度(方向或大小)发生变化,由于介质的惯性作用产生作用于叶片上的力,该力作用于转动的叶片而产生功率。叶片式机械最简单的例子是风力机,当叶片转动时,空气连续绕流叶片。空气流过叶片后,其速度的大小、方向都发生改变。当流动的空气(风)推动叶片转动时,是原动机(风力机),如果是叶片推动空气流动,就是工作机(风扇)。速度式流体机械包括各种叶片式泵、通风机、压缩机、汽轮机、水轮机等,也包括液力传动机械。

在速度式流体机械中,根据流体在叶轮内的压力与速度的变化,分成反动式(反击式)和冲动式(冲击式)两类,在反动式机器的叶轮中,流体的压力和速度都发生变化,流体与叶片交换的能量中既有压力能(势能)也有速度能(动能);在冲动式流体机械的叶轮中,流体的压力是不变的,流体与叶片交换的能量中只有速度能(动能)。

喷射式流体机械中没有运动部件。它的工作原理是:高压工作流体(如蒸汽)通过喷嘴或喷管形成高速射流区,该区压力大大降低而吸入被引射流体,高速射流与被引射流体进行动量交换形成混合流体,从而使被引射流体得到能量。如果被引射流体来自密封容器,则是喷射式真空泵;输出的混合流体的压力大于被引射流体时,则是喷射式泵或压缩器;混合流体主要以动能的形式输出时,则为喷射式发动机或推动器。

其他作用原理流体机械，如射流泵、液环泵、旋涡泵、部分流泵、冲击式水轮机等，具有与叶片式和容积式不同的作用机理。

根据工作介质的性质，也可以将流体机械分为两类。以液体为工作介质的流体机械称为水力机械，以气体为工作介质的称为热力机械。两种介质的主要区别在于，在一般的应用场合下，液体可以认为是不可压缩的而气体一般是可压缩的。当可压缩介质的体积发生变化时，必然伴随着功的传递及介质内能的变化。应该指出，可压缩性是一个相对的概念，当压力变化极大时（例如在水锤过程中），必须考虑液体的可压缩性。而当压力变化很小的时候（例如在通风机中），也可以不考虑空气的可压缩性。

应该指出，还有许多其他的分类方法，例如根据流体机械的用途、结构特点等进行分类和命名。

(二) 换热设备

在许多工业领域中，往往要将热量从温度较高的热流体传递给温度较低的冷流体，以满足工艺流程的需要，或者为了回收能量，实现这种要求的装置称为换热器。它是热能与动力工程中常见的热能交换装备。它包括各种各样的热交换器和锅炉、燃烧器等，例如制冷装置中的蒸发器、冷凝器；火力发电装置中的省煤器、预热器、过热器、再热器、凝汽器、加热器等；燃气轮机装置内的中冷器、回热器等。这些热交换器一般是固体两边壁面上温度不同的流体通过对流进行热交换，也有通过辐射、两流体直接接触等方式进行热交换的。

对于两流体进行换热的热交换器有不同的分类方法。按热、冷流体的流动方向可以分为顺流式（两流体同向平行流动）、逆流式（两流体反向平行流动）、错流式（两流体垂直交叉流动）和混流式（顺流逆流两种形式同时存在）。

按传递热量的方法热交换器可以分为间壁式、混合式、蓄热式三大类（表 1-2）。间壁（表面）式热交换器中热冷流体不直接接触，热量通过壁面进行传递。间壁式热交换器可分为管式、板式；管式热交换器有沉浸式、喷淋式、套管式、管壳式、翅片管式、热管式等；板式热交换器可以分为波纹平板式、螺旋板式、板壳式、板翅式等。混合式（直接接触式）热交换器中热冷流体直接接触混合而传热，例如冷却塔。蓄热式（回热式或再生式）热交换器中热冷流体轮流与壁面接触而进行热交换，热流体流过时，热量储蓄于壁内；冷流体流过时，壁面放出热量，冷流体得到热量，例如炼铁厂的热风炉，锅炉回转式空气预热器等。

表 1-2 热 交 换 器 分 类

间 壁 式	管 式			
		1. 沉浸式	2. 喷淋式	