

PUTONG GAODENG XUEXIAO
JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG
XILIE JIAOCAI



普通高等学校

建筑环境与设备工程系列教材

工程热力学

GONGCHENG RELIXUE

- 主 编 武淑萍
- 副主编 姜慧娟 杨 华
- 主 审 田胜元



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG

PUTONG GAODENG XUEXIAO
JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG
XILIE JIAOCAI



普通高等学校
建筑环境与设备工程系列教材

工程热力学

GONGCHENG RELIXUE

●主 编 武淑萍
●副主编 姜慧娟 杨 华
●主 审 田胜元



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书以工程热力学学科的知识体系和框架为主要线索,结合解决热能工程问题的一般思路、做法及理论要求安排全书内容。按基本概念、热力学第一定律、第二定律,工质的性质与计算,循环分析方法几大部分内容编排。结合建筑环境与设备工程、制冷与空调专业的特点及专业培养要求,有侧重地强化了湿空气、制冷循环、溶液热力学基础等方面知识点的介绍。本书注意引导学生在学习方法、思维训练、计算能力等方面的思考,并配有教学课件,包含绪论以及供师生使用的电子教案、基本概念的自适应练习诊断软件等。

本书可作为建筑环境与设备工程、制冷与空调、热能动力工程等专业本科教学用书,亦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/武淑萍主编. —重庆:重庆大学出版社,
2006.8

(普通高等学校建筑环境与设备工程系列教材)

ISBN 7-5624-3710-6

I. 工... II. 武... 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(2006)第 074578 号

普通高等学校建筑环境与设备工程系列教材 工程热力学

主 编 武淑萍

副主编 姜慧娟 杨 华

主 审 田胜元

责任编辑:陈红梅 朱丽梅 版式设计:李长惠 陈红梅

责任校对:任卓惠 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023)65102378 65105781

传真:(023)65103686 65105565

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

自贡新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.75 字数:430千 插页:4 开1页

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-3710-6 定价:28.00元(含1CD)

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

工程热力学是从工程的观点出发,研究物质的热力性质、能量转换规律以及热能利用等问题的基础学科。它是能源动力工程、机械工程、航空航天工程、材料工程、化学工程、生物工程等领域专业的重要技术基础课,是培养在涉及能源特别是与热能相关的各领域中具有创新能力人才的基础,也是培养 21 世纪工科学生科学素质的公共基础课。

本书是“普通高等院校建筑环境与设备工程系列教材”之一,是按照国家教育委员会制定的多学时“工程热力学课程教学基本要求”以及全国高等学校建筑环境与设备工程专业指导委员会教学会议精神,从新时期社会对应用型人才的需求出发,在结合作者多年教学实践的基础上编写而成的。

本书内容深入浅出,与工程实际结合紧密,并注重教材本身的科学性、启发性和实用性。全书共分 11 章,主要包括热力学基本概念、热力学第一定律、工质的性质与计算、热力学第二定律、湿空气、气体流动、溶液热力学及制冷循环等内容。第 2~6 章是热力学基本概念和基本理论知识部分,从全球环境保护角度出发,着重介绍了环境保护对制冷工质提出的要求与挑战;第 7~11 章为热力学理论在工程实际中应用的部分内容,着重介绍了建筑环境与设备专业要求加强的知识点。

本书在编排上,加强了现代教学理论提升,在教学手段上有所改进。全书以“工程热力学”学科知识体系和框架为主要线索,结合工程实践,以解决热能工程问题的一般思路、做法及理论要求安排内容:在每一章中安排了“内容浏览”,以帮助学生对所学习内容构架有一个整体的了解;同时,在每一章结束部分安排了“小结”,以概括全章重点内容,提出学习应达到的目标与要求。为了便于学生自学,本书结合课程必须掌握的基本概念和基本理论编制了《工程热力学自适应练习软件》,学生可以在软件中选择相应的知识点及概念练习,软件提供诊断功能,提示掌握尚欠缺的知识点及概念;本书配有电子教案,这是作者多年教学工作与经验的积累,可以作为教师授课的参考和学生自学的学习指导。

本书还针对难点以及重点知识、重要概念,以大量典型例题分析介绍相应的思维方法和解题思路。本书还引入“学习地图”的概念,帮助学生不断归纳、提炼所学的知识,使学生通过学习、练习和总结,掌握“工程热力学”知识体系框架。

本书适用于高等院校建筑环境与设备工程专业本科教学用书,也可供相近专业的教学使用,也可以作为相关工程技术人员的参考用书。

参加本书编写工作的有:南京工程学院武淑萍(第 1,2,5,7 章)、东南大学姜慧娟(第 6,9 章)、河北工业大学杨华(第 3,4 章)、南京工程学院管天(第 10,11 章)、南华大学顾炜莉(第 8 章)、南京工程学院上官剑峰(绪论,并承担了《工程热力学自适应练习软件》等计算机制

作)。全书由武淑萍统稿,由重庆大学田胜元教授担任主审。

本书电子教案由东南大学姜慧娟主持编制;《工程热力学自适应练习软件》由上官剑峰、武淑萍、宋学广共同编制。读者可登陆网址:www.cqup.com.cn,进入“教育资源网”进行最新教案及课件的下载。

在本书编写出版过程中,有关“水和水蒸气的热力性质”采用了我国学者严家騄教授等编制的《水和水蒸气热力性质图表》中的数据,并参考引用了其他大量文献资料;书稿的绘图、校稿得到南京工程学院陈磊、南京师范大学恽超等同学的大力协助;重庆大学出版社为本书的出版做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中难免存在错误,恳切希望广大同行专家与读者批评、指正。

编 者
2006 年 4 月

目 录

导 读	1
* 1 绪 论	4
1.1 能源及热能的利用	4
1.2 能量转换装置的工作	4
1.3 关于工程热力学研究	8
2 基本概念	9
2.1 热力系统	9
2.2 状态参数	12
2.3 平衡状态	16
2.4 状态方程及参数坐标图	17
2.5 热力过程	18
2.6 功与热量	20
2.7 循环	24
2.8 工程热力学的研究方法	25
练习题	27
小结	28
3 热力学第一定律	29
3.1 热力学第一定律	29
3.2 迁移能	31
3.3 焓	34
3.4 闭口系统热力学第一定律	34
3.5 开口系统能量方程	37
3.6 稳定流动能量方程的工程应用	41
3.7 非稳定流动能量方程应用简介	46
练习题	47
小结	50
4 理想气体热力性质与过程	51
4.1 理想气体状态方程	51
4.2 理想气体热容	54
4.3 理想气体热力学能、焓、熵的计算	60
4.4 理想气体典型热力过程	63
4.5 理想气体实用热力过程分析举例	74
4.6 理想气体混合物	80
练习题	86
小结	90
5 热力学第二定律	92

5.1	热力学第二定律的表述	92
5.2	卡诺定理与卡诺循环	94
5.3	热力学第二定律的数学表达式	100
5.4	熵方程	107
5.5	能量贬值原理	110
	练习题	116
	小结	118
6	实际气体及蒸汽的热力性质	120
* 6.1	热力学的一般关系式	120
6.2	实际气体的性质	124
6.3	水蒸气的热力性质	131
6.4	制冷剂及其热力性质简介	139
	练习题	142
	小结	143
7	湿空气	144
7.1	湿空气	144
7.2	湿空气状态及状态参数	145
7.3	湿空气的焓—湿($h-d$)图	150
7.4	湿空气的热力过程及其应用	154
	练习题	159
	小结	160
8	气体、蒸汽的流动和压缩	161
8.1	气体、蒸汽稳定流动特性	161
8.2	气体滞止状态、临界状态	165
8.3	喷管的热力计算	167
8.4	喷管外形选择	170
8.5	有摩擦阻力的绝热流动	173
8.6	绝热节流	174
8.7	活塞式压气机的压气过程	175
8.8	叶轮式压气机的压气过程	181
8.9	引射器的工作原理	183
	练习题	183
	小结	185
9	动力循环	186
9.1	气体动力循环	186
9.2	蒸汽动力装置循环	194
	练习题	198
	小结	199
10	溶液热力学基础	200
10.1	溶液的基本概念	200
10.2	二元溶液的性质	202
10.3	二元溶液的相图	203
	练习题	207
	小结	207

11 制冷循环.....	208
11.1 逆卡诺循环.....	208
11.2 蒸汽压缩式制冷循环.....	209
11.3 吸收式制冷循环.....	211
11.4 蒸汽喷射式制冷循环.....	213
11.5 热泵循环.....	214
练习题.....	216
小结.....	216
练习题参考答案.....	218
附 录.....	223
附表 1 气体的摩尔质量、气体常数和低压下的比热容	223
附表 2 理想气体摩尔热容公式	223
附表 3 气体的平均摩尔定压热容	224
附表 4 气体的平均摩尔定容热容	225
附表 5 气体的平均定压比热容	226
附表 6 气体的平均定容比热容	227
附表 7 气体的直线关系平均比热容公式	228
附表 8 空气的理想气体性质	228
附表 9 理想气体性质(热力学能、焓和绝对熵)	229
附表 10 某些物质的临界参数	231
附表 11 饱和水与饱和蒸汽热力性质(以温度为序)	232
附表 12 饱和水与饱和蒸汽热力性质(以压力为序)	233
附表 13 未饱和水与过热蒸汽热力性质	234
附表 14 氨(NH ₃)饱和液与饱和蒸汽热力性质	241
附表 15 HFC-134a 饱和液与饱和蒸汽热力性质(以温度为序)	243
附表 16 HFC-134a 饱和液与饱和蒸汽热力性质(以压力为序)	244
附表 17 HFC-134a 过热蒸汽热力性质	245
附图 1 通用压缩因子图(a)、(b)、(c)	249
附图 2 氨的 lg <i>p-h</i> 图	251
附图 3 HFC-134a 的 lg <i>p-h</i> 图.....	252
附图 4 湿空气的 <i>h-d</i> 图	253
附图 5 水蒸气焓熵图	
参考文献.....	254
主要符号.....	255

导 读

本书包括教材、电子教案和练习软件3部分内容。全书以“工程热力学”学科知识体系和框架为线索,结合工程实践,以解决热能工程问题的一般思路、做法及理论要求安排内容。

★关于工程热力学教材

教材始终是学习中最主要的媒介,本书每章均按“内容浏览”、“基本知识与内容”、“小结及学习目标与要求”3个方面加以论述。

a. 内容浏览:归纳各章的内容梗概;有关理论问题的工程背景;有针对性地给出一些学习方略。

b. 学习目标与要求:针对各章有关的基础理论、基本知识与能力提出相关的学习要求。各种提法说明如下:

- “知道”是学习工程热力学过程中必须知道的内容。例如,工质的性质(比热、热力学能、焓、熵等)、热力学第一定律、热力学第二定律等,这些都是基本知识点。

- “理解”则要求学生能够领悟有关知识点的内涵与外延,熟悉知识要点之间的区别与联系。

- “掌握”是指能够对重要的知识内容做出正确的解释、说明和论述。

- “熟练掌握”则要求学生具备热力学分析的基本思路与方法,能够运用多个知识点,分析和解决较复杂的应用问题,掌握热力学常规的计算、绘图和分析论证。

学习中,根据自己的专业、学习能力确定相应的目标,这与最终得到的效果有一定的关系。

★关于工程热力学自适应练习软件

工程热力学对于不同的学生有不同的学习要求,最重要的是通过工程热力学的学习,使学生掌握能源及其利用的基本概念,具有最基本的计算、分析能力,从而进一步地深入学习与研究。就本课程的特点而言,要求学生建立扎实的基本概念,学生可以在自适应软件中选择相应的知识点及概念进行练习,软件提供诊断功能,提示掌握尚欠缺的知识点及概念。建议学习中,每一章学习完后选择相应内容反复练习,学会解决问题的思路、方法、技能与技巧,培养学生解决问题的能力。

★关于工程热力学辅助电子教案

为了使學生能通过多种途径进行学习,更好地理解 and 掌握工程热力学这门课程的内容,编者将多年积累的教学课件整理成适合学生使用、并与本教材配套的辅助电子教案。本教案可用于学习的各个阶段,学生可以从形象逼真的电子教案中快速了解所学内容的基本理论体系、掌握分析各问题的方法,也可以从教案中得知教材的主要脉络。

编者在教案中按教材的顺序摘要性地对某些文字部分(定义、定理和论述等)进行了概括性整理。利用多媒体优势,通过形象生动的动画效果使一些抽象的概念变得简明易懂,如热力系统、状态参数、流动功、技术功、热力学曲面、湿球温度和绝热饱和温度等。通过丰富多彩的热工设备图片、热力学分析模型图、热力过程模拟图和热力装置工艺流程图等,充分展示了各种设备及装置的主要工作特点和工作效果,使学生很快便可熟悉原本陌生的工程问题。

希望该电子教案对选用本教材学习的学生和教师都有所帮助,使其成为工程热力学教学的好助手。

★关于工程热力学学习的策略

如何提高学习效率,是许多同学苦苦寻求的学习境界。众所周知,人们通过探索、研究学习方法,提出了种类繁多的学习方法,但发现各种学习方法都具有很强的情景性和个体性。20世纪70年代以来,人们开始重视各种学习变量、元认知与学习方法选用之间关系问题的研究*。研究分析学习情境中的“为什么”,即为什么学、学什么、何时学和怎么学的问题,把学习方法的选用置于更广泛的学习情境中考察。这样就将学习方法的探索提高到一个新的水平,提高到研究策略性的学习水平高度。

学习策略主要指在学习情境中,学习者对学习任务的认知;为达到一定的学习目标而学会学习的规则、方法和技巧;它是一种在学习活动中思考问题的操作过程。运用学习策略的目的在于使广大学生学会学习,提高学习效率。学习策略强调学生是学习的主人。

在具体的学习过程中,同学们首先得明确学习任务;必须学会针对不同的学习内容确定不同的学习策略,调用不同的学习方法;学会对学习的反思,不断修正调节学习策略。下面介绍一些受到广泛推崇的方法。

1) 宏观了解

宏观了解就是对整体需要学习掌握的情况有全盘性的了解。以本书为例,不妨很快地翻阅一遍,注意每一章的“内容浏览”,这就像我们看报纸的方式,也是开始学习的有效方法,达到对本书的内容构架的整体性了解。

2) 建立核心理念

每一主题内容都有一个核心理念作为全部内容的统领。一本课本不可能满篇都是重点,学会抓住核心理念就能使书越读越薄。

例如,学习工程热力学是为了研究能量转换规律,掌握热力系统分析计算的方法,探讨提高能量转换的经济性的途径,借此为后续课程和继续深造奠定基础,而不是为了仅仅知道几个定律与公式。一旦抓住这一理念,这一学科的学习就会变得非常轻松;否则,只是死背一些公式,不知有何用处,是毫无意义的。

3) 摘要记录

学会记笔记,在开始之前、学习过程中都要做一些笔记。

首先,摘要写下已知的,了解即将学习的课程内容。例如,同学们学过多年的物理、数学,对功、热量、热容等概念都有一些了解,应该有很好的基础学习“工程热力学”。当你对该主题有一些基本了解,不但信心增加了,而且可以凸现你知识上的不足之处,如此,你就会特别注意到那些可以弥补你不足之处的信息。

把你必须更进一步探索、了解的事情记录下来,这样心中就会开始形成问题。例如,当你记下:“我必须更进一步认识 $\times \times \times$ ”之后,你就会开始寻找答案,于是就会全心投入。

4) 一次一小步

翻阅一本300多页的课本是相当令人头痛的事。许多学习在没有开始之前就失败了,因为他们被沉重的功课负担吓倒了。

应付难题的方法就是,将所要学习的课程分成几个较小的单元,逐一解决,你就会经历一连串小小的成功,而不会有消化不良的现象,使你学习的愿望和信心始终维持高昂的状态。

* 蒯超英著. 学习策略. 武汉:湖北教育出版社,2001

5) 提出问题

学习中不断地提出问题,可以使你的注意力集中,不断得到的答案会牢牢印在脑海中,对你将特别有意义;因为这些答案是针对你所提出的问题而做的,当寻找答案时,将对所学的课程满怀兴趣。

6) 学习绘制学习地图

学习地图就是在一张纸上记录下学习过程中每一主题的关键理念以及各种理念和想法间的关系,这是一张反映你学习过程思维的关系图。

学习地图是掌握重点信息的有效方法。利用学习地图来呈现和捕捉课程内容的过程,相当符合人脑思考的自然运作情形。人脑就像一片巨大的森林,里面有千万棵树,树有树干,树干长出树枝,树枝又长出细枝。学习地图的结构也是一样,一个主题分出许多子题,而信息就储藏在子题内。这种呈现方式,可以帮助你以整体的方式来思考问题,并且增加你思考的灵活性。学习地图可以让你清楚地看到一个主题的整体结构,这是纲要性的笔记所无法做到的。

* 1 绪 论

工程热力学是一门研究能量和能量转换规律及应用的基础学科。工程热力学在阐述热力学普遍原理的基础上,以工程观点研究热能与其他形式能量间的转换规律,并且着眼于能量的质方面的研究。热力学原理在技术上的具体应用以及影响能量转换的各种因素,尤其是热能与机械能之间的转换规律一直被列为工程热力学的重点。

通过工程热力学的学习,使同学们知道如何遵循能量传递和转换的客观规律来合理组织和优化各种热力系统;初步具备分析如何提高能量利用的技术水平、减少能量损失等基础理论知识。

1.1 能源及热能的利用

自然界为人类提供了丰富的能源资源,如化学能、风能、水力能、太阳能、地热能、核能等,其中有些可直接加以利用,但大部分能源的利用过程离不开热能的转换这一渠道。通过燃烧矿物燃料、气体或液体燃料使其化学能转变为热能,进而转换为其他形式的能量,这是极为普遍的现象。有关统计表明:自然界的能源资源,经过热能形式而被利用的部分占 85%,甚至可达 90% 以上,工程领域的技术工作都离不开能量的利用。热能的利用有 2 种基本方式:

(1) 热能的直接利用 将热能直接用于加热物体,以满足生活采暖、烘干物料、熔炼等需要。

(2) 热能的动力利用 将热能通过动力装置转换为机械能,进而转换为电能,为人类的日常生活、工农业及交通运输提供动力。因此,对热能的性质以及如何合理利用热能,尤其是对热能和机械能之间的转换规律进行研究是十分必要的。

1.2 能量转换装置的工作

热能的转换与利用离不开能量转换装置,如蒸汽动力装置、内燃机、燃气轮机、制冷装置、空调装置等。下面是一些工程上常见的能量转换装置,从这些装置的工作过程中,可以揭示能量转换的基本规律。

1.2.1 热能动力装置的工作

火力发电厂的工作为人们源源不断地提供了充足的电能。火力发电厂采用的热能转换装置是蒸汽动力装置。简单的蒸汽动力装置由锅炉、汽轮机、水泵和冷凝器等设备组成,如图 1.1 所示。

* 绪论配有光盘。

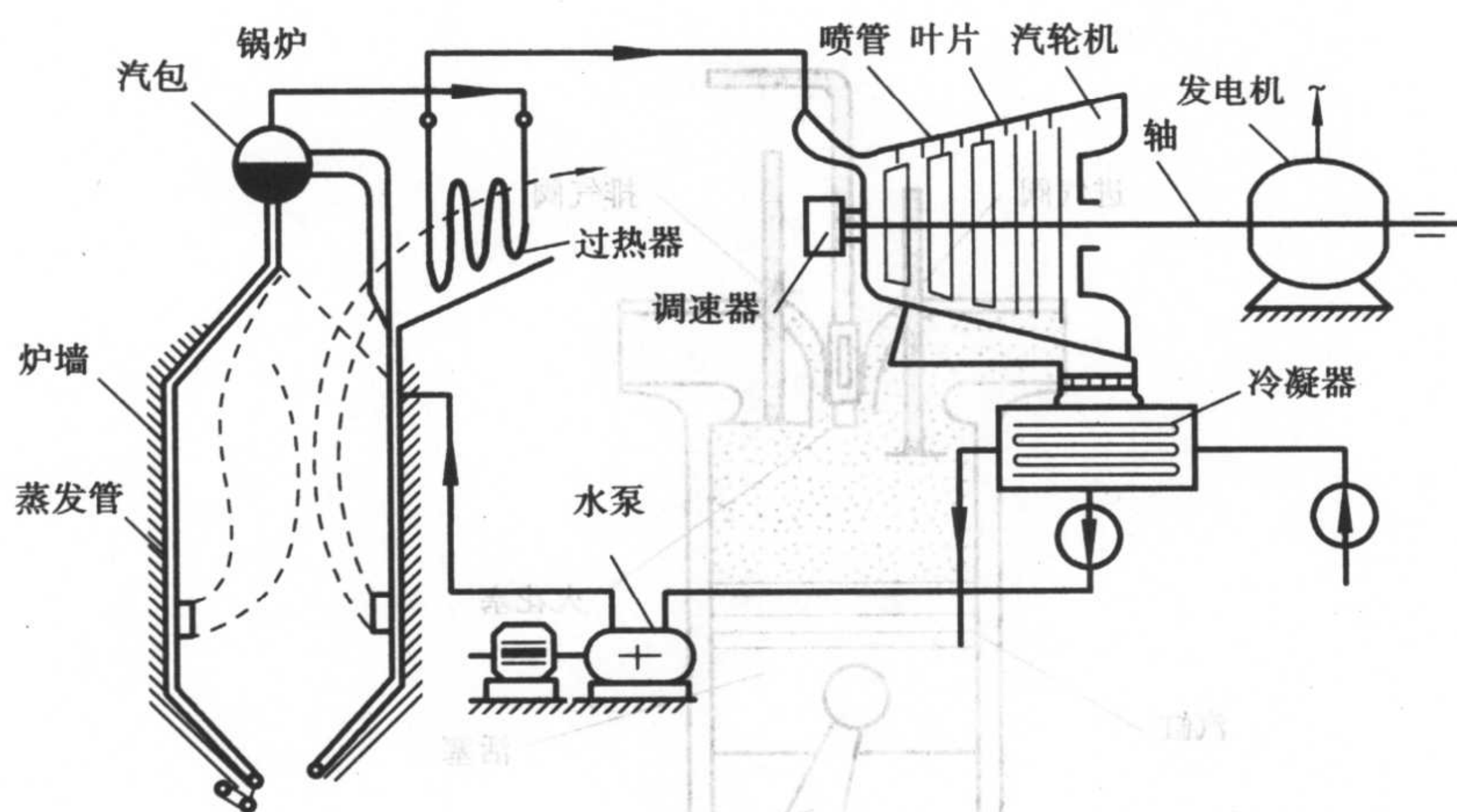


图 1.1 火力发电厂生产过程示意图

燃料在锅炉内燃烧,释放大量的热能,并产生高温烟气;水在锅炉中不断地吸收烟气的热量而变为过热蒸汽;高温高压的过热蒸汽具有做功的能力,进入汽轮机后,首先在喷管中膨胀降压,则热能转换为动能,高速气流冲击叶片,带动叶轮旋转,气流的动能转换为叶轮旋转的机械能并输出;做功后的蒸汽进入冷凝器与冷却水放出热量进行热量交换,凝结成水后由水泵加压送入锅炉。蒸汽动力装置就是如此周而复始地循环工作,完成热能与机械能之间的转换。

飞机、火车、远洋轮船采用燃气机为其提供动力,尽管不同的场合,燃气机结构形式不同,但它们的工作过程均可以简化为相同的系统分析模型,最简单的燃气轮机装置由压气机、燃气轮机和燃烧室组成。空气与燃料分别经压气机和燃料泵增压进入燃烧室,燃料与空气混合并燃烧,释放大量的热能,高温燃气进入燃气轮机,燃机中的工作介质是高温燃气,与汽轮机的水蒸气一样,首先在喷管中经过膨胀降压,热能转换为动能进而转变为高速旋转的机械能并输出,气体做完功后排出,如图 1.2 所示。

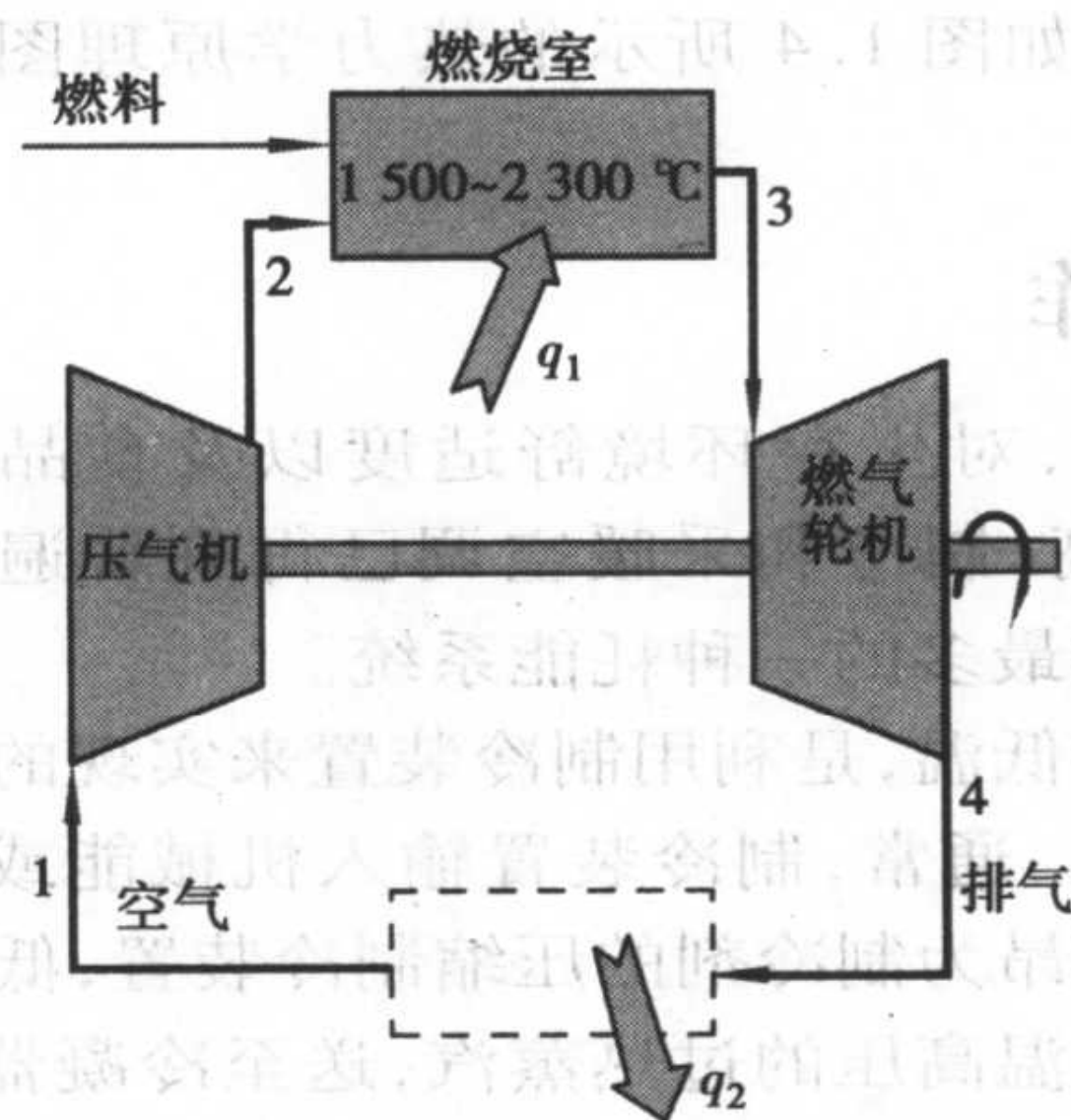


图 1.2 燃气轮机的工作过程

内燃机是交通运输工具的主要动力装置,内燃机的工作特点是:燃料在汽缸内被点火燃烧,产生的高温燃气直接推动活塞做功,如图 1.3 所示。

各类热能转换装置具有共同的特征,各类装置都需有参与能量转换的媒介物质,热力学研究中称之为工质;循环中,工质从某个设备中获取热量,将其中一部分转换为功,剩余的排送到另一个设备,周而复始地完成热能与机械能的转换。热力学分析中,将各类热能转换装置抽象

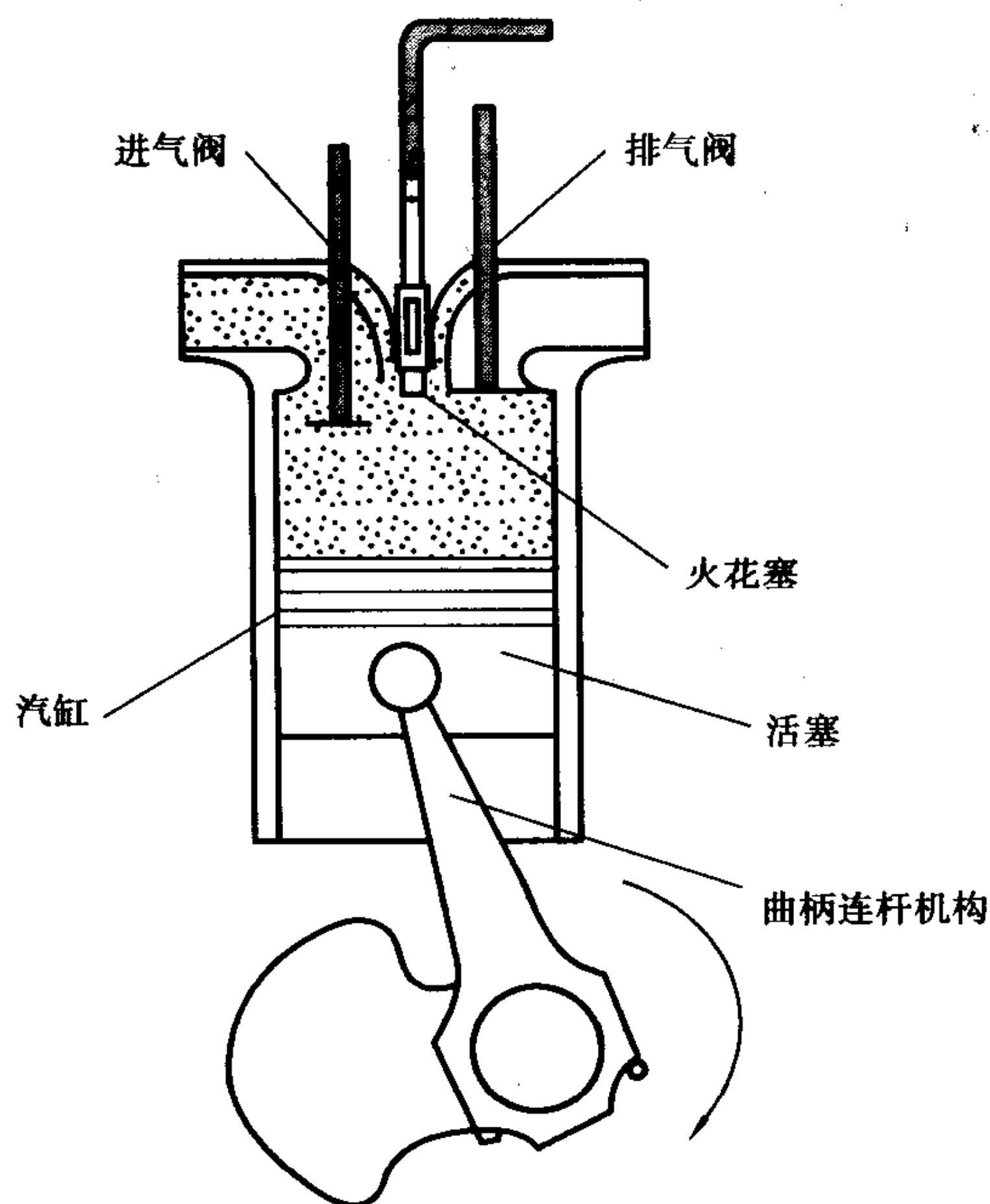


图 1.3 内燃机的工作过程

为工质、热源、冷源之间的工作。

工质——参与能量转换的媒介物质；

热源——为工质提供热量的设备或物体；

冷源——接受工质排放热量的设备或物体。

循环中工质经历吸热、膨胀、放热、升压的状态变化过程，各类热能转换装置都可以抽象为如图 1.4 所示的热力学原理图来表示。

1.2.2 制冷装置的工作

随着人们生活质量的提高，对生存环境舒适度以及食品储存、生物等技术的需求越来越高，制冷和采暖空调已得到普遍应用，它们已逐步成为世界上耗能最多的一种耗能系统。

创造一个低温环境，并维持低温，是利用制冷装置来实现的。制冷装置通过工质的循环将热从低温移出并排向高温物体。通常，制冷装置输入机械能或由热源提供热能来实现制冷。如图 1.5 所示，为一个采用氟利昂为制冷剂的压缩制冷装置，低温低压的氟利昂蒸汽从蒸发器被吸入压缩机后，经压缩变为高温高压的过热蒸汽，送至冷凝器冷凝为高压液态氟利昂，再经节流阀降压降温后送回蒸发器，吸收热量汽化为蒸汽，蒸发室则形成并保持低温环境。

在较寒冷的冬天，人们可以使用热泵来创造温暖舒适的环境。热泵是一种消耗一定量的高位能，使热量从低温热源传向高温热源的装置。热泵与制冷机的工作原理相同，只是工作温度范围和使用的目的不同。热泵工作时，冷凝器释放的热量通过供热系统供给热用户。热泵的工作使热能由低温热源源源不断地“泵”向高温热源，如图 1.6 所示。

能量转换规律揭示：能量从一种状态转化为另一种状态，伴随着能量的转换就存在能量的品质下降，能量将会被贬值，并以热能的形式散失在自然环境中；同时，在能量转换和利用过程

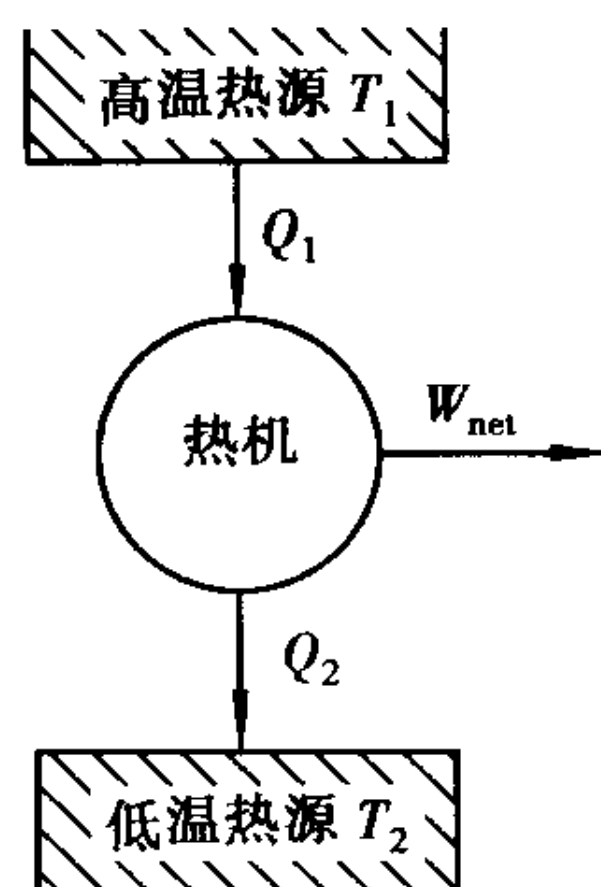


图 1.4 热机工作原理图

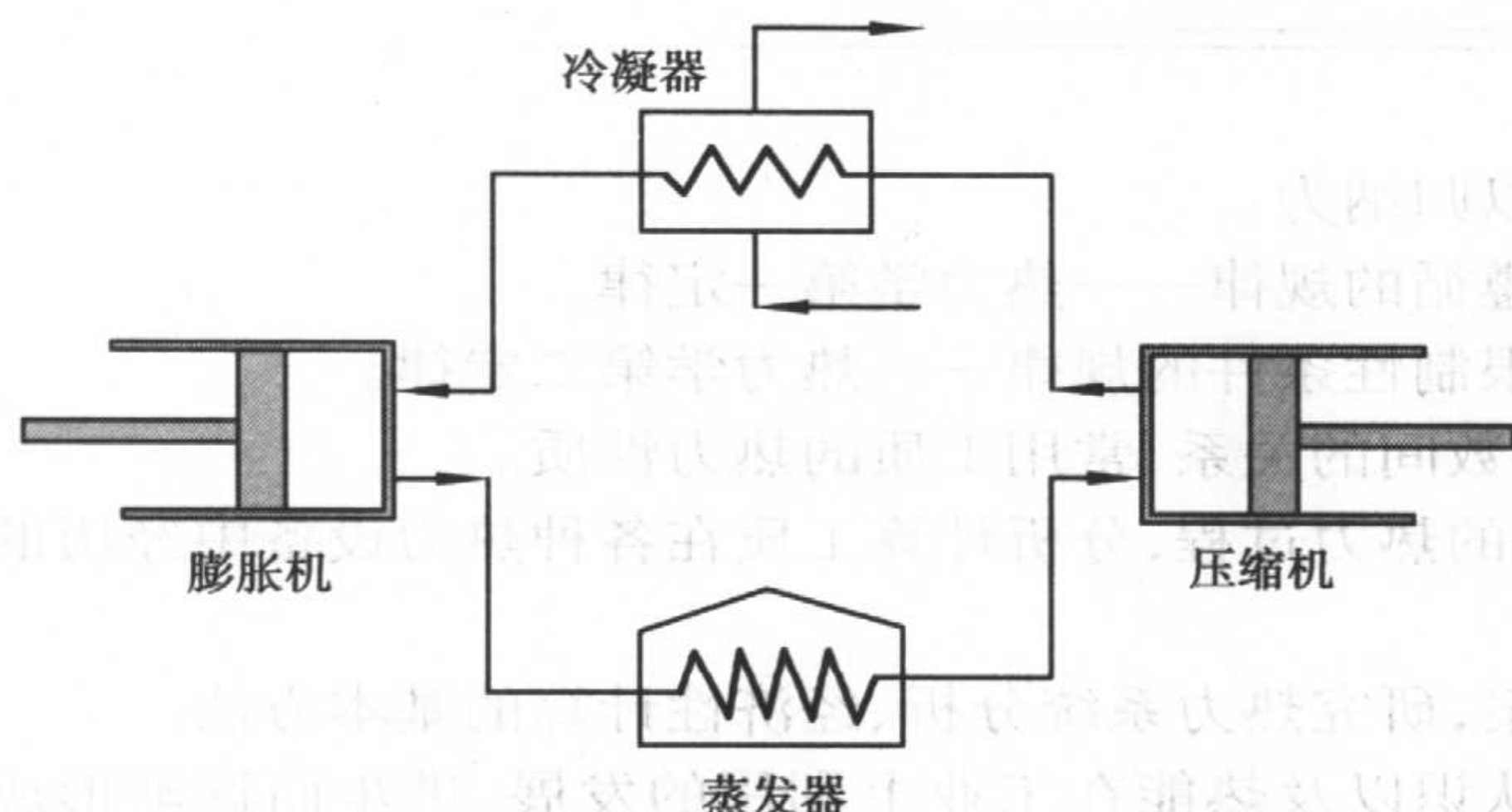


图 1.5 蒸汽压缩制冷循环的工作过程

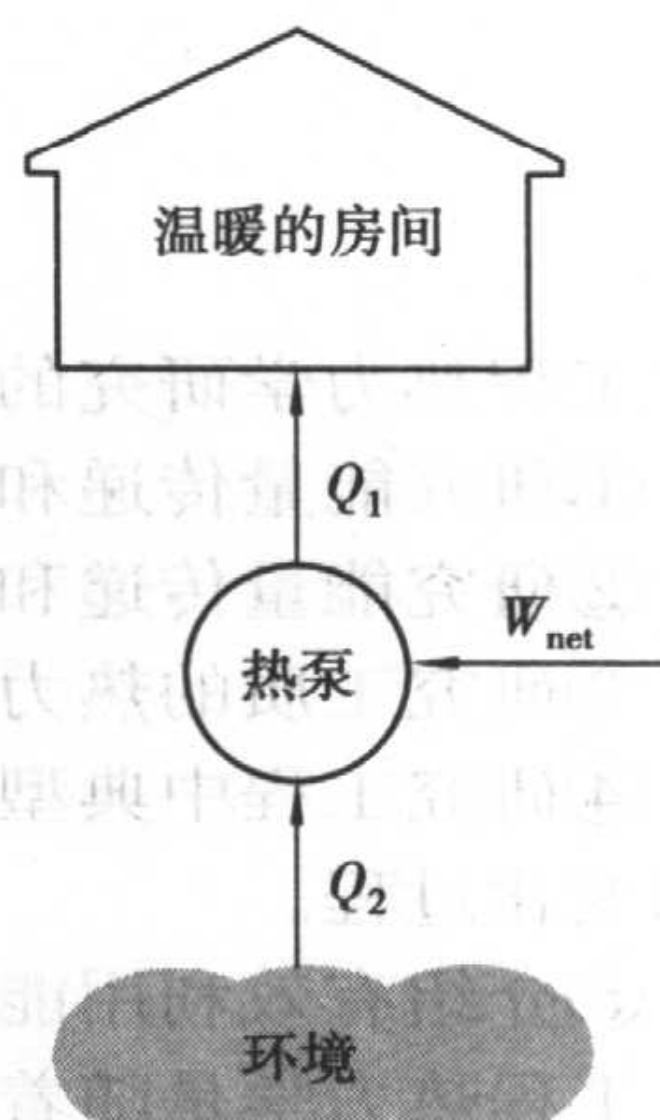


图 1.6 热泵工作示意图

中还会产生大量的排放物，如烟气的粉尘、二氧化碳（ CO_2 ）、二氧化硫（ SO_2 ）、氮氧化物（ NO_x ）等，这些排放物是造成大气污染的主要工业污染源，如图 1.7 所示。采暖制冷循环采用的含氯离子的氟利昂制冷剂，其泄漏物漂浮至大气层会使臭氧层浓度急剧减小，变薄的臭氧层大大削弱了对紫外线的吸收能力，从而大量紫外线直接照射到地球表面，导致人体免疫功能降低，皮肤癌增加并使农、畜、水产品的产量减少，破坏了原有的生态平衡；此外，地球上空大量积聚的二氧化碳加剧了温室效应。因此，了解能量转换利用对环境的影响，提高环保意识也是工程热力学课程应该关注的要点。



图 1.7 能量利用对环境的污染

1.2.3 能量转换装置的共同特性

热能动力装置、制冷装置、热泵这些能量转换装置的结构与工作方式不同，但经分析后不难发现其共同的特性。

①能量转换装置在工作中都需要有媒介物质的参与，这种媒介物质就是工质。例如，水、水蒸气、空气、燃气、氟利昂等，尽管这些物质性质不同，在能量转换中的作用是相同的。

②能量转换是在工质状态不断地变化中实现的。各种能量转换装置中的工质都必然经历压缩、吸热、膨胀、放热等状态变化过程。

③能量转换是在周而复始的循环中连续实现的。动力循环中将吸热量中的一部分转换为机械能，剩余的部分排向冷却水或环境；制冷循环则消耗机械能，将热量由低温物体排向高温物体。

针对这些规律人们会提出许多问题：

为了得到一定数量的机械能，需要投入多少热能？

热能从低温物体流向高温物体的过程能否自动进行？

能量转换中既要吸热又要放热，既有升压又有降压，这些过程是否都是必需的？

能量转换的效果受到哪些因素的制约？如何提高其转换效率？

为什么不同的装置要求的工质不同？怎样的物质才能充当能量转换的工质？

.....

所有这些正是工程热力学需要讨论的问题。

1.3 关于工程热力学研究

工程热力学研究的主要课题内容可以归纳为：

- ①研究能量传递和转换时在数量上遵循的规律——热力学第一定律。
- ②研究能量传递和转换时方向性和限制性条件的规律——热力学第二定律。
- ③研究工质的热力性质,包括工质参数间的关系,常用工质的热力性质。
- ④研究工程中典型的能量传递、转换的热力过程,分析计算工质在各种热力设备中经历的状态变化过程。
- ⑤介绍有效利用能量的典型工程方案,研究热力系统分析、经济性计算的基本方法。

工程热力学是随着人们对热现象的认识以及热能在工业上利用的发展、进步而逐渐形成并完善的,是一门成熟的、应用广泛的基础学科。工程热力学研究的课题源于生活和工程实践,具有鲜明的工程应用背景。工程热力学除阐述热力学的基本规律以外,为工程应用服务是其重要的宗旨。例如,推导适合工程应用的参数计算公式,介绍实际热力机械的工作原理、工程应用系统的热力分析方法等。学习工程热力学时,必须注意理论联系实际。

通常,热力学的研究从少数的抽象概念和热力学的定律出发,用严密的逻辑推理方法得出对实践有指导意义的结论。工程热力学的基本概念、基本定律和分析方法都不涉及具体事物的结构构造。例如,工程上用于冷、热流体交换的各类装置,当用于不同用途时,在结构构造上有很大的差异,如民用茶水炉、工业锅炉、电站锅炉、冷凝器、冷却塔……但从工程热力学的观点出发,它们可以被抽象为具有同一性质的热交换过程,其主要功能都是为了完成冷、热流体的交换,能量转换规律相同;又如,工程上或生活中会遇到各种不同性质的气态物质(如氧气、氢气、氮气、空气……),在工程热力学的研究中这些气体都被归纳为一种气体模型——理想气体,针对上述不同气体,均可以使用相同的分析方法,来推导出各自不同的物理性质及相关的计算公式。

工程热力学研究中采用的这种逻辑严密、辩证思维的模式,在工科大学生必须具备的基本训练中是很重要的。学习和思维不是彼此独立的,而是紧密联系在一起。同学们应该在思维活动中学习,并且学习思维本身,两个过程是相辅相成的。

2 基本概念

内容浏览

任何科学的研究都必须从了解基本概念开始,学习工程热力学也是如此。本章围绕能量传递、转换以及工质的状态及其变化等内容,介绍了热力系统、状态参数、平衡状态、热力过程、功量和热量以及循环等基本概念。通过这些基本概念的学习,能引导同学们初步掌握工程热力学的研究方法和学习目的。

2.1 热力系统

热力学是人们在探索一系列有关热现象时提出并发展起来的基础理论学科,主要研究物质的热力性质、能量以及能量的相互转换问题。

当我们需要对某一热力现象展开分析研究,针对复杂的热力系统分析时首先应该确定研究对象,如同力学中受力分析时选取隔离体一样,即首先应该选取热力系统,建立它与周围事物的相互关系。

根据所要解决问题的不同,选择研究对象。例如,需要确定风机的功率,可以将风机或流过的空气作为热力系统;需要确定空气调节的热负荷时,将房间的墙壁、屋顶和窗户包括在热力系统内进行分析即可;研究如何提高采暖的经济性时,应该将热泵、蒸发器、冷凝器、热用户等都包括在热力系统中才能进行分析。因此,选取热力系统是热力学研究的开始。

2.1.1 热力系统的相关概念

1) 热力系统的定义

①热力系统:进行热力学研究时,根据研究问题的需要,人为划定的由某种边界包围的一定量物质或空间作为研究对象,该分隔出来的研究对象就称为热力系统。

例如:活塞—汽缸中的气体,汽轮机中的流动蒸汽,均可作为研究对象,如图 2.1a 所示。根据研究问题的不同,还可以人为地变换选取的对象,若需要分析电炉对汽缸—活塞系统加热所消耗的能量,热力系统就需要做相应的变化,如图 2.1b 所示。

②边界:分离热力系统与外界的分界面,称为边界。

热力系统的边界可以是真实的,也可以是假想的;可以是固定不变的,也可以是移动或可变形的。例如,活塞式压缩机的汽缸,当活塞往复运动时,由活塞和汽缸壁面组成的边界在不断变形。

③外界:边界以外与热力系统相互作用,并能够分别接受和给予热力系统热量、功量和质量的物体。

针对各类研究问题选择的热力系统有不同物理含义,在热力学中忽略这些不同的物理含义,热力系统可以抽象为由研究对象、边界、外界组成的系统,如图2.2所示。通常热力学研究