



国防科工委“十五”规划教材·动力机械及工程热物理

# 工程热力学

冯 青 李世武 张 丽 编著

**西北工业大学出版社**

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社  
哈尔滨工业大学出版社 哈尔滨工程大学出版社

## 内容简介

本书是国防科工委“十五”规划教材,是根据原国家教育委员会制定的普通高等院校多学时“工程热力学课程要求”(1995 修订版)编写的,其中吸收了作者长期从事工程热力学教学与教改实践的经验和国内外同类教科书的经验与优点。对概念、定律或公式的论述和推导更加严密、规范,容易理解,在增强教材的实用性、趣味性等方面做了有益的尝试,颇有新意。

本书共 12 章,主要内容有基本概念、热力学第一定律与理想气体性质、理想气体的热力过程、热力学第二定律、气体的流动、气体动力循环、热力学普遍关系式、实际气体和水蒸气的性质、蒸汽动力循环、制冷循环、理想气体混合物及湿空气、化学热力学基础等。每章有小结、思考题、习题,书后附有常用的各种图表、工程热力学主要名词的索引及英文翻译、习题答案。

本书可作为普通高等院校热能工程、动力机械、空调制冷、供暖通风、工程热物理等专业的教科书,也可供有关工程技术人员自学或作为参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

工程热力学/冯青,李世武,张丽编著. —西安:西北工业大学出版社,2006.9

国防科工委“十五”规划教材·动力机械及工程热物理

ISBN 7-5612-2107-X

I. 工… II. ①冯… ②李… ③张… 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 085388 号

## 工程热力学

冯 青 李世武 张丽 编著

责任编辑 王夏林

责任校对 季苏平

西北工业大学出版社出版发行

西安市友谊西路 127 号(710072)

市场部电话:029-88493844,88491757

<http://www.nwpup.com>

陕西向阳印务有限公司印制 各地书店经销

开本:787 mm×960 mm 1/16

印张:41.5 字数:890 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印数:1~3 000 册

ISBN 7-5612-2059-6 定价:55.00 元(平装) 70.00 元(精装)

# 国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任：张华祝

副主任：王泽山 陈懋章 屠森林

编委：王 祁 王文生 王泽山 田 蔚 史仪凯

乔少杰 仲顺安 张华祝 张近乐 张耀春

杨志宏 肖锦清 苏秀华 辛玖林 陈光祚

陈国平 陈懋章 庞思勤 武博祎 金鸿章

贺安之 夏人伟 徐德民 聂 宏 贾宝山

郭黎利 屠森林 崔锐捷 黄文良 葛小春



# 总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。党的十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济做出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技



新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版 200 种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的 100 多位专家、学者,对经各单位精选的近 550 种教材和专著进行了严格的评审,评选出近 200 种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华北工学院、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入 21 世纪,我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提



升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



# 前 言

一直想写一本既通俗易懂、简单直观、方便学习,又能准确、深刻地反映工程热力学实质的工程热力学教材,因为我们在长期的教学实践中发现,对大多数学生来说,工程热力学是一门难学、难懂、更难用的课程,这是与工程热力学逻辑严密、概念众多、结论抽象且适用范围非常广泛的特点分不开的。另外,21世纪课程改革更向着缩减学时、内容浓缩和精练、信息量大、重视素质教育的方向发展。本书就是为满足上述要求而写的。“国防科工委‘十五’重点教材建设计划”给我们提供了这样一个机会。

在体系编排上,本书将理想气体的性质与热力学第一定律放在同一章,这样可以扩大热力学第一定律的习题量,并通过对有理想气体在内的热力系的计算分析加深对热力学第一定律的理解和认识。这样做还可以进一步密切能量与物质的关系,体现“能量与物质不可分割”的道理。另外,把理想气体混合物的性质放在第11章的湿空气的性质之前,可以把湿空气当做理想气体混合物的一个特例加以介绍,使学生能够马上学以致用,而将气体的混合过程放在第2章中,作为热力学第一定律的一个应用。

在内容方面,本书从最基本的知识出发,对工程热力学的基本概念、定律、定理和公式进行了严密的推理、论证和深入的论述、分析,力图全面阐述概念、定律、定理和公式的来历、目的和用途。为此,本书采取了以下五项措施:一是对概念、定律或公式的论述和推导更加严密、规范,也更加容易理解。如对热的定义,给出了热的“热力学定义”,避免了热力学内部的逻辑矛盾。对于热力学第二定律的论述,也没有像一般热力学教材中采用的从自然过程进行的方向性来表述,而是通过对热力循环的分析,直接由热力循环得到,这样做使读者更加容易理解,降低了由于太抽象带来



的对热力学第二定律理解上的困难。而且将热力循环与热力学第二定律相联系,将热力过程与热力学第一定律相联系,符合工程热力学的内在逻辑。二是对概念、定律或公式的来历、历史进行了介绍,这在绪论及相关的各章节中都表现得很充分。对于热力学发展中遇到的矛盾和问题,如“热质说”与“热动说”,“孤立体系熵增原理”与“热寂说”,熵与信息的关系等也进行了介绍。实际上,从教育心理学的角度看,人们从反面教训中得到的东西比从正面的成功中学到的东西更多。三是对与热力学相关的历史人物、科学家进行了一些介绍,并给出了几乎所有人物的中英文名称及生卒年,使科学技术具有了历史感和真实感。四是增加了思考题、习题的数量,特别是思考题,数量多,且都针对概念上的薄弱环节。五是对概念、定律、公式应用的介绍尽可能具体化,介绍了依赖工程热力学原理建立起来的工程技术的过去、现在和未来。更多地介绍了现代科学技术特别是现代动力技术的发展,充分展示了现代动力技术的成果。如在 6.3 节(空气喷气发动机循环)中介绍了近年来热门的冲压发动机及超燃冲压发动机技术;在 6.4 节(液体火箭发动机循环)中介绍了电火箭、核火箭和太阳能火箭发动机技术;在 6.5 节(斯特林循环)中介绍了热气发动机的一些特殊用途,包括作为“不依赖空气推进装置(AIP)”的潜艇动力技术;0.2 节和 9.6 节中介绍的各种热机及动力装置的联合运行技术更是目前先进动力技术的发展方向。把科学和技术置于历史发展的长河中,并将工程热力学与现代工程技术更紧密地联系在一起,更加贴近工程实际,增加了学生学习和认识的维度,使平面的知识变得立体,使生硬的知识变得鲜活,使冷漠的知识变得亲切。相信能够增加学生的学习兴趣,提高学习质量。

在教学方法上,本书也进行了一些新的探索。本书尝试着把学生的注意力吸引到科学方法上,而不是通常的那样仅仅注意对知识的学习。如在“绪论”中,不仅详细介绍了工程热力学所采用的研究方法——宏观方法和微观方法,而且还介绍了与科学方法密切相关的科学的逻辑——归纳法和演绎法,并且在后面各章节的讲解中将这些科学方法的应用贯



穿始终。比如在大部分例题中都将“建立物理模型→建立数学模型及求解(解方程)→讨论及结论”作为固定的解题模式,以期通过对科学方法的训练达到学会科学研究方法的目的。在第6章(气体动力循环)中,将比较热效率的方法归纳为温度法、热量法、循环分解法、公式法等,以方便学生掌握。实际上,本书每章后的小结,更多的是对各种研究方法和分析方法的概括与总结,而不仅仅是各知识点的总结。此外,本书还加强了各知识点之间的联系,所有的知识,不是在讲解一次就完了,而是在随后各章的内容中反复提及、强调并加以应用,同时还在括号中注明该知识点的出处。本书还建立了索引,所有书中涉及概念的文字,都加黑和加重点号予以突出,并在书后的“工程热力学主要名词的索引及英文翻译”中标出该名词出现的章节号,这样做,一是方便学生复习和查找概念;二是有利于学生在学习过程中把所有的概念联系起来,不仅学习概念,更要应用概念,在应用中逐渐熟练。总之,书中各章节虽然相对独立,但前后照应,浑然一体,形成了一个有机的整体。

本书在“工程热力学主要名词的索引及英文翻译”中还给出了所有中文名词相应的英文名称,可以为工程热力学向双语教学过渡提供方便,同时也使学生可以有机会从另一种语言的角度学习和理解工程热力学的概念。注意,这里“相应的英文名称”是指在工程热力学的英文书籍中与中文对应使用的名称,而不一定是中文名称的直译。比如“马力”一词在英文中就是“horse power”,直译成中文应为“马功率”,“马力”实际上是个误译,但在中文中已经习惯成自然。再如“对比态”在英文中是“corresponding state”,直译成中文为“对应态”。在附录1(国家法定计量单位与英、美计量单位之间的换算关系)中也给出了各种单位的英文名称,以及各单位之间,特别是法定计量单位与非法定计量单位之间、国际单位与英美单位之间的换算关系,以方便大家阅读英文书籍。

本书以各章为模块,可以根据需要组合使用。如第1~3章组成工程热力学的“热力学第一定律模块”,是工程热力学的“基础模块”;第1~4



章则组成了工程热力学的“理论核心模块”；第1~6章(第5章和第6章也可以只选一个)组成了工程热力学的“理论+基本应用模块”，是工程热力学从理论到应用的最小模块；第1~9章(其中第7章也可以根据需要取舍)则组成了工程热力学的“理论+基本应用+实际气体模块”，是工程热力学涉及实际工质(水蒸气)应用的模块；第1~10章组成了工程热力学的“理论+基本应用+实际气体+制冷模块”，是工程热力学涉及逆向循环应用的模块；第1~11章组成了工程热力学的“理论+基本应用+实际气体+制冷+湿空气模块”，是工程热力学涉及制冷与空气调节应用及混合气体物性的模块；第1~12章组成了工程热力学的“理论+基本应用+实际气体+制冷+湿空气+化学热力学模块”，是工程热力学涉及化学反应(主要是燃烧)应用的模块，也是工程热力学理论与应用的完整模块，其中第7~12章都可以根据需要取舍。因此，通过选取不同的模块实施教学，本书可以适用于15~70学时的多种教学计划。

本书中“绪论”篇幅较长，主要目的是希望读者在学习工程热力学之前能够对热能使用的历史和工程热力学的发展史有一个大致的了解，并对目前热能动力技术的发展现状有一个较为完整的概览，以获得具体的印象和引起一定的兴趣。但由于“绪论”内容丰富，信息量大，涉及的概念和理论多，读者可能也不够熟悉，阅读起来会有一些困难。若如此，不妨先跳过“绪论”，待有了一定的理论基础后再回头来阅读，效果可能更好。或者也可以直接把“绪论”当做学习过程中的参考资料，边学边读，与各章内容互相补充。我们坚信：历史是一面镜子。以铜为鉴，可以正衣冠；以人为鉴，可以知得失；以史为鉴，可以知兴替。社会发展如此，科学技术的发展也是如此。要想赶超世界科技的先进水平，就必须“鉴前世之兴衰，考当今之得失”“关国家之盛衰，系生民之休戚。”<sup>①</sup>

本书由西北工业大学动力与能源学院冯青(绪论、第1~7章，第11

<sup>①</sup>引自宋朝著名史学家司马光所著《资治通鉴》。



章和第12章)、李世武(第8章和第9章)、张丽(第10章)根据原国家教育委员会制定的多学时“工程热力学课程要求”(1995修订版)编写,全书由冯青完成最后的统稿。

本书承蒙西安交通大学何雅玲教授、北京航空航天大学徐国强教授审阅,在此表示衷心的感谢。

由于编著者水平所限,书中不妥之处,恳请读者和同行专家不吝指正。

编著者

2006年5月

# 目 录

绪论	1
0.1 工程热力学的发展简史及作用	1
0.2 热能动力及利用	15
0.3 工程热力学的主要研究内容和研究方法	33
思考题	38
第 1 章 基本概念	39
1.1 热力学的研究对象——热力系	39
1.2 热力系的描述——状态和状态参数	41
1.3 状态参数间的关系——状态方程	48
1.4 状态参数的变化——热力过程	49
1.5 发生热力过程的原因——功和热	53
1.6 小结	58
思考题	59
习题	61
第 2 章 热力学第一定律与理想气体性质	64
2.1 热力学第一定律的实质——能量转换与守恒定律	64
2.2 闭口系统的能量方程	65
2.3 开口系统的能量方程与焓	70
2.4 能量方程的工程应用举例	81
2.5 理想气体的热力性质	87
2.6 小结	99
思考题	103
习题	106
第 3 章 理想气体的热力过程	113
3.1 研究热力过程的目的、方法和内容	113
3.2 定熵过程	115
3.3 多变过程及基本热力过程的综合分析	117
3.4 变比热容定熵过程	124
3.5 热力过程的工程应用——气体的压缩	128
3.6 小结	139
思考题	142



习题 .....	144
<b>第 4 章 热力学第二定律 .....</b>	<b>150</b>
4.1 自然过程进行的方向性 .....	150
4.2 热力循环 .....	151
4.3 热力学第二定律的各种说法及其实质 .....	158
4.4 热力学第二定律推论之一——卡诺定理 .....	162
4.5 热力学第二定律推论之二——热力学温标 .....	170
4.6 热力学第二定律推论之三——熵 .....	173
4.7 热力学第二定律推论之四——孤立体系熵增原理 .....	176
4.8 熵方程 .....	182
4.9 热力学第二定律的意义与局限性 .....	188
4.10 热力学第一定律和第二定律的统一——焓 .....	192
4.11 绝热过程内部不可逆性的度量——定熵效率 .....	200
4.12 小结 .....	201
思考题 .....	204
习题 .....	206
<b>第 5 章 气体的流动 .....</b>	<b>212</b>
5.1 稳定流动问题求解的基本方法 .....	212
5.2 声速和马赫数 .....	215
5.3 气体绝能定熵流动的滞止参数和临界参数 .....	219
5.4 气体在管道中的绝能定熵流动速度 .....	224
5.5 喷管与扩压管 .....	228
5.6 绝热节流 .....	241
5.7 气体流动在飞行器动力装置中的应用 .....	243
5.8 小结 .....	250
思考题 .....	254
习题 .....	256
<b>第 6 章 气体动力循环 .....</b>	<b>259</b>
6.1 活塞式内燃机循环 .....	259
6.2 燃气轮机循环 .....	272
6.3 空气喷气发动机循环 .....	291
6.4 液体火箭发动机循环 .....	299
6.5 斯特林循环 .....	302
6.6 增压内燃机循环 .....	305
6.7 小结 .....	308
思考题 .....	312
习题 .....	313



<b>第 7 章 热力学普遍关系式</b> .....	318
7.1 研究热力学普遍关系式的目的 .....	318
7.2 推导中常用的数学关系式 .....	318
7.3 基本热力学关系式 .....	321
7.4 热系数 .....	323
7.5 比热容关系式 .....	324
7.6 熵、热力学能、焓的普遍关系式 .....	327
7.7 绝热节流温度效应 .....	330
7.8 小结 .....	333
思考题 .....	335
习题 .....	335
<b>第 8 章 实际气体和水蒸气的性质</b> .....	339
8.1 范德瓦尔方程 .....	339
8.2 纯物质的 $p-v-T$ 关系 .....	346
8.3 热力学相似与对比态原理 .....	355
8.4 水蒸气的定压发生过程 .....	362
8.5 水和水蒸气热力性质图表的制定 .....	364
8.6 水蒸气的热力过程 .....	372
8.7 计算机在水和水蒸气状态参数计算中的应用 .....	375
8.8 小结 .....	380
思考题 .....	383
习题 .....	384
<b>第 9 章 蒸汽动力循环</b> .....	389
9.1 蒸汽卡诺循环及其缺陷 .....	389
9.2 简单蒸汽动力循环——朗肯循环 .....	392
9.3 再热循环 .....	401
9.4 回热循环 .....	405
9.5 热电循环 .....	415
9.6 两汽[气]循环 .....	418
9.7 小结 .....	425
思考题 .....	430
习题 .....	431
<b>第 10 章 制冷循环</b> .....	434
10.1 理想制冷循环 .....	434
10.2 空气压缩制冷循环 .....	437
10.3 蒸气压缩制冷循环 .....	444
10.4 制冷剂的热力性质 .....	451



10.5	吸收式制冷循环 .....	455
10.6	固体吸附式制冷 .....	458
10.7	热泵循环 .....	459
10.8	小结 .....	461
	思考题 .....	462
	习题 .....	464
<b>第 11 章</b>	<b>理想气体混合物及湿空气 .....</b>	<b>467</b>
11.1	混合气体的成分 .....	467
11.2	分压力定律与分体积定律 .....	471
11.3	理想混合气体的热力性质计算及混合熵增 .....	474
11.4	湿空气及其湿度 .....	482
11.5	湿空气的焓、熵和比体积 .....	485
11.6	湿空气湿度的测量 .....	487
11.7	湿度图 .....	494
11.8	湿空气的基本热力过程 .....	497
11.9	小结 .....	507
	思考题 .....	510
	习题 .....	512
<b>第 12 章</b>	<b>化学热力学基础 .....</b>	<b>518</b>
12.1	概述 .....	518
12.2	质量守恒原理在化学反应中的应用 .....	519
12.3	热力学第一定律在化学反应中的应用 .....	522
12.4	热力学第二定律在化学反应中的应用 .....	532
12.5	热力学第三定律和绝对熵 .....	551
12.6	小结 .....	556
	思考题 .....	559
	习题 .....	560
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>564</b>
附录 1	国家法定计量单位与英、美计量单位之间的换算关系 .....	564
附录 2	理想气体比定压热容随温度变化及摩尔质量 .....	568
附录 3	在 $t_0 = 0^\circ\text{C}$ 时, 给出的各种气体的平均比热容 .....	569
附录 4	空气及其他理想气体的热力性质表 .....	571
附录 5	饱和水与饱和蒸汽热力性质表 .....	577
附录 6	未饱和水与过热蒸汽热力性质表 .....	582
附录 7	某些物质的标准生成焓和标准生成自由焓、绝对熵 .....	589
附录 8	常见燃料的高热值和低热值 .....	590
附录 9	常见化学反应平衡常数对数值 $\ln K_p$ 随温度的变化 .....	591



附录 10 R22 制冷剂 $\lg p-h$ 图 .....	592
附录 11 R134a 制冷剂 $\lg p-h$ 图 .....	593
附录 12 R717 制冷剂 $\lg p-h$ 图 .....	594
附录 13 湿空气的湿度图 .....	595
附录 14 水和水蒸气的 $h-s$ 图 .....	596
工程热力学主要名词的索引及英文翻译 .....	597
习题参考答案 .....	622
参考文献 .....	636

# 绪 论

## 0.1 工程热力学的发展简史及作用

### 一、什么是工程热力学？

当人类面对科学技术和生产力的迅猛发展并享受着由此带来的丰富的物质文明和精神文明的时候，可曾经常关心过：这一切的物质基础——能源，作为地球上有限的资源，即将枯竭！当人类面对汹涌而来的信息化浪潮，并由衷地为它所具备的、同时也是人类自己所具备的强大功能和神奇发出赞叹的时候，可曾想过：热能，作为人类自钻木取火时代就掌握和利用的第一种生产和生活工具，曾经拥有一个辉煌的去，为人类社会的发展做出了杰出的贡献，而它的现在和将来又会如何发展呢？当人类面对由于自身迅速发展伴随而来的能源和环境等一系列问题困扰的时候，不禁要问：人类有能力解决这些问题吗？如何才能解决这些问题呢？

给出这些问题的答案离不开工程热力学。热力学是研究能量及其相互转换规律的科学，即是一门关于能量的普遍学说。由于运动都伴随着能量，而能量是对运动的普遍概括和高度抽象，因此，热力学理论也具有高度的抽象性和概括性，其研究领域几乎涉及所有学科，目前甚至很难对热力学的研究领域划分出一个明确的范围。但是，作为面向工程应用的工程热力学，它所涉及的是工程上应用最广泛的两种能量——机械能和热能<sup>①</sup>。机械能是工程中应用最多的能量，绝大多数的能量最终都体现到机械能上，如机器运转、汽车前进、飞机与火箭飞行等都是依赖机械运动；而热能则是大多数能量转换都必须经过的环节，比如汽车前进、飞机与火箭飞行等的机械运动都是通过发动机由燃料燃烧的热能转换来的。机器运转虽然可以用电机驱动，但大多数电能也是通过火力发电即热能这个环节的，只有很小比例的电能可以不通过热能得到，如水力发电、太阳能电池、风力发电、潮汐能发电等。更不用说直接利用热能的室内供暖、空调等，这部分消耗的能量几乎占人类总耗能的  $1/4 \sim 1/3$ ，生产工艺中直接用热的比例更大。据统计，全世界每年通过热能这个环节消耗的能量在总能量中约占 70%，我国则要更多。因此，工程热力学是研究热能与机械能及其相互转换规律的一门工程科学，其目的就是提高机械能和热能之间相互转换的效率，以消耗最少的热能，获得最多的机械能，或者以花费最少的机械能，获得最多的热能。

<sup>①</sup> 见 2.2 节(第 66 页)中关于“热能”的注释。