

工业专科学校試用教科書



热 机 学

RE JI XUE

(非动力类型各专业用)

湖北省三年制工业专科学校

热 机 学 选 编 组 选 编

湖 北 人 民 出 版 社

工业专科学校試用教科書

热 机 学

(非动力类型各专业用)

湖北省三年制工业专科学校

热机学选編組选編

*

湖北人民出版社出版 (武汉解放大道332号)

武汉市书刊出版业营业許可証新出字第1号

湖北省新华书店发行

湖北省新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 $3\frac{1}{2}$ · 10 $\frac{1}{2}$ 印张 · 5 插页 · 244,000 字

1961年7月第1版

1961年7月第1次印刷

印数: 1—2,950

统一书号: 15106·212

定 价 1.60 元

序

为解决工业专科学校基础課和各类专业教材問題。中央教育部責成我們：組織选編 高理、普通化学、俄語、工程力学、画法几何及机械零件、电工学、热机学及金屬工艺学等 10 門課程的 19 种教材；同时要求在四月全部脫稿，并在質量上比現有教材有所提高。

对于我們的力量來說，这个任务是艰巨的。但我們也認識到，这是貫徹“調整、巩固、充实、提高”的八字方針和提高教學質量的重要措施之一；从当前工业专科学校教材缺乏的严重情况来看，是一項政治任务。應該尽我們最大的努力去完成。为此，我們一面紧紧依靠中央教育部和中共湖北省委宣傳部的領導，一面从我省24所高等院校中抽出91位教师集中力量进行选編工作；并承广东省高等教育局的协助，选派了四位教师参加。这就使我們的工作既有明确的方向，又有比較可靠的力量，保證了任务的完成。

在选編过程中，我們特別注意了如下几个問題。首先是从工业专科学校的实际出发。由于時間紧迫，而又沒有現成的工业专科学校的教材作为选編基础，我們只好从本科教材中选择一些适当的藍本进行加工。根据这种客观情况，我們一再強調选編教材的分量与質量要从工业专科学校的教学要求出发；要注意到专科和本科的培养目标、每門課程的具体任务和学时数都是不同的。

其次，由于目前专科学校的教学条件（比如教师和学生的水平、教学仪器設備等等）还比較差，学生負担也比較重，因此我

的原則，吸收几年来各校对課程內容精
，反对不适当 地“求多、求全、求深、求

編的是通用的基础課和基础技术課的教
比較广博和巩固的基础理論知識，对于基础
、了貫徹“在保持科学系統性和基本內容的前提
和适当結合专业”的原則。对于基础技术課，虽
然具体課程都經過具体分析，但基本上也都是根据上述原則进行
选編的。

为达到上述目的，参加选編工作的教师同志們曾进行多次調
查訪問，对原稿进行反复討論、修改和审查。但由于任务重，时
間紧，特別是經驗不足，水平有限，我們这次选編的教材，只是
解决了“有无”的問題。缺点和錯誤是在所难免的。恳切希望使用
这些教材的全体师生同志們，多多給我們提供意見，以便今后进
行修改，使这些教材的質量逐步得到提高。

湖北省教育厅

1961年5月10日

热机学选編說明

本書是以清华大学热工教研組編的“热工要藍本”进行选編的。原書适用的范围主要是大工业的学生，而本書則是三年制工业专科学校非动生。因此我們对原書的内容作了适当的精簡与补充，使适用性更加广泛，内容更加紧凑。蒸汽机部份刪减了配汽图，汽輪机部份刪减了噴咀与叶片的能量轉变的理論性探討，內燃机部份刪减了系統部份有关結構的詳細介紹并刪去了特种內燃机一章，燃气輪机及噴气技术改写为一节并刪去了风动工具制冷技术，此外也增添了泵浦一章。为了帮助学生思考，在各章末均增加了复习題。除主要藍本外，我們还采用了同济大学热工教研組編的“热工学”1960年版本的某些节、句和插图，另外也采用了其他几本書的插图。

参加本書选編工作与审定工作的有武汉水运工程学院官賢、張鈺、武汉工学院周海云、华中工学院楊昌俊、武汉电力专科学校周敬仲、武汉鋼鐵学院湛从昌及武汉地質专科学校朱大荣等七位同志。在編审过程中武汉水运工程学院动力教研組朱尧曾、胡明勳、吳錦翔、陆瑞松、黎树明……等同志給予很多帮助。

由于編者的水平有限，錯誤之处在所难免，希望讀者多多提出意見，以便再版时修正。

关于本書詳情，另編有教材使用說明書，可資參考。

湖北省三年制工业专科学校热机学教材选編組

內 容 提 要

工业专科学校非动力类专业所写的教材，本書是为三年制专业的教材之用。也可作为二年制同类型专业的基础技术課，可是非动力类专业“热机学”是最通常分配得較少。本書照顧到上述的特点，避对本課程在內容取舍上，首先是从各专业的共同要求出发，主要讲述各类热机的原理和构造，并介紹有关热机的使用和维护的知識。同时，考虑到工业专科学校主要是为中小型厂、矿、企业培养技术干部，因而在热机选材上以中小型为主，以內燃机为重点。为照顧到厂、矿及农村的需要，对压气机及泵浦也作了簡明的敘述。本書內容力求理論联系实际，敘述力求深入浅出、富于启发性，文字力求通順。

全書共四篇十三章。第一篇热工理論基础部份，只闡明热力学和傳热学最基本的知識，为以后各章理解热机的工作原理及其发展趋向提供基础。第二篇、第三篇热机部份，在內容的選擇与編排上主次分明，重点明确。如內燃机、煤气机、中小型鍋爐、蒸汽机、鍋駝机敘述較詳，而汽輪机、热力发电厂敘述較簡。第四篇，結合目前工业专科学校非动力类专业沒有开设压气机及泵浦这类課程的情形，对压气机及泵浦的原理、构造、使用、维护作了扼要的介紹。

每章末均附有复习題，便于帮助学生思考。書末还附有实验說明書、水蒸汽表及焓熵图。

目 录

緒論	1
----------	---

第一篇 热工理論基

第一章 工程热力学基本知識	7
§ 1-1. 工程热力学的研究对象和任务	7
§ 1-2. 工質的基本状态参数	7
§ 1-3. 气体定律	14
§ 1-4. 功量及热量	17
§ 1-5. 热力学第一定律	22
§ 1-6. 焓	24
§ 1-7. 基本热力过程的分析	28
§ 1-8. 热力循环及循环热效率	33
§ 1-9. 熵和溫—熵图	35
§ 1-10. 卡諾循环及其在热力学上的意义	38
§ 1-11. 热力学第二定律	39
复习題	41

第二章 傳热学基本知識	42
§ 2-1. 傳热的一般概念	42
§ 2-2. 导热	43
§ 2-3. 对流換热	47
§ 2-4. 热輻射	51
§ 2-5. 通过壁的傳热	54
§ 2-6. 换热器的基本概念	57
复习題	63

第二篇 蒸汽动力装置

第三章 蒸汽的性質和蒸汽动力装置的基本工作循环	65
§ 3-1. 蒸汽的形成	65
§ 3-2. 饱和蒸汽与过热蒸汽状态的确定	68

§3-3. 蒸汽的焓-熵图(i-s图)及其应用	71
§3-4. 蒸汽的节流过程与蒸汽干度的测定	73
§3-5. 蒸汽 本热力循环	75
复习题	80
第四章	81
§4 介绍	81
§4 工作特性	83
§4-3. 鍋爐燃料	83
§4-4. 爐子	85
§4-5. 小型鍋爐的构造	93
§4-6. 鍋爐的热平衡	105
§4-7. 小型鍋爐的运行与维护	107
§4-8. 中型与大型鍋爐的簡單介紹	109
复习题	112
第五章 蒸汽机	113
§5-1. 蒸汽机的发展及其应用范围	113
§5-2. 蒸汽机的构造及其工作原理	114
§5-3. 蒸汽机的理論示功图及实际示功图	115
§5-4. 蒸汽机的功率及其經濟性	119
§5-5. 蒸汽机中的主要損失及其改进方法	122
§5-6. 蒸汽机的配汽	125
§5-7. 反轉机构的原理	130
§5-8. 蒸汽机的調节	131
§5-9. 蒸汽机主要部件的构造	133
复习题	135
第六章 鍋駝机	137
§6-1. 鍋駝机的一般介紹	137
§6-2. 几种典型鍋駝机的构造介紹	138
§6-3. 鍋駝机的运行与维护	144
复习题	145
第七章 汽輪机	146

§7-1. 汽輪机的工作原理	146
§7-2. 噴管的作用原理	149
§7-3. 多級汽輪机	150
§7-4. 汽輪机的調节与油系統	154
§7-5. 汽輪机的凝汽設備	159
§7-6. 小型汽輪机的运行与維護	159
§7-7. 汽輪机与蒸汽机的比較	161
复习題	162

第八章 热力发电厂	163
§8-1. 发电厂常用的热力循环——回热循环	163
§8-2. 再热循环	165
§8-3. 热化	166
§8-4. 热力发电厂的組成部分	168
§8-5. 热力发电厂的經濟指标	170
复习題	172

第三篇 內燃动力装置

引言	173
----------	-----

第九章 內燃机的工作原理	177
§9-1. 內燃机的燃料	177
§9-2. 点燃式內燃机的工作循环	181
§9-3. 压燃式內燃机的工作循环	188
§9-4. 二冲程內燃机的工作原理	194
§9-5. 热球式內燃机	198
§9-6. 內燃机的功率、油耗率和效率的計算及其增压問題	201
§9-7. 燃气輪机装置的基本概念	205
§9-8. 自由活塞气体发生器与燃气輪机的联合装置	208
复习題	211

第十章 內燃机的构造和維護	213
§10-1. 內燃机的基本零件	213
§10-2. 汽油机的燃料供給系統	235

§ 10-3. 点火设备.....	228
§ 10-4. 柴油机的燃料供给系统.....	233
§ 10-5. 柴油机的燃烧室.....	237
§ 10-6. 内燃机的润滑系统.....	240
§ 10-7. 内燃机的冷却系统.....	243
§ 10-8. 内燃机的调速装置.....	249
§ 10-9. 内燃机的起动方法.....	252
§ 10-10. 内燃机的总体结构.....	257
§ 10-11. 内燃机起动和停车的操作步骤和注意事项.....	259
§ 10-12. 内燃机主要故障的检查和处理.....	260
复习题.....	266

第十一章 煤气机.....	267
§ 11-1. 煤气发生炉及其燃料.....	267
§ 11-2. 煤气机的主要附属设备及混合器.....	270
§ 11-3. 几种典型煤气机的构造介绍.....	274
§ 11-4. 煤气机的运行与维护.....	277
§ 11-5. 沼气在内燃机中的应用.....	280
复习题.....	281

第四篇 压气机及泵浦

第十二章 压气机.....	283
§ 12-1. 压气机概论.....	283
§ 12-2. 往复式压气机的工作原理、构造及设备.....	287
§ 12-3. 压气机的理想工作过程和压气功量的计算.....	289
§ 12-4. 压气机的实际示功图.....	291
§ 12-5. 压气机气缸的冷却.....	292
§ 12-6. 多级压缩及级间冷却, 多级往复式压气机.....	294
§ 12-7. 往复式压气机的调节及使用要点.....	297
复习题.....	298

第十三章 泵浦.....	299
§ 13-1. 概述.....	299

§ 13-2. 离心泵装置及结构	303
§ 13-3. 离心泵的特性和调节	305
§ 13-4. 离心泵的选择和运转	308
复习题	310
附录:	311
I—实验说明	311
II—水蒸汽表及 $i-s$ 图	321
表1. 饱和蒸汽表 (按压力编排)	321
表2. 饱和蒸汽表 (按温度编排)	323
表3. 水与过热蒸汽	
水蒸汽的 $i-s$ 图	

緒 論

热机学的内容

在現代技术領域里，热能有着广泛的应用。原則上，人們利用热能可以有两种方式：一种是讓热能經過能量形式的轉变，最后轉变为机械功或电能而加以利用，也就是把热能当作取得原动力的一种能量来源；另一种是把热能直接当作加热的能量来源。

前一种利用方式，要通过“热力发动机”、或簡称“热机”来实现。所謂“热机”，是指各种依靠热能发生动力的机械設備，例如內燃机、蒸气机、鍋駝机、汽輪机等。講述各种热机的原理、构造、使用等知識的学科，叫做“热机学”。

热机的分类

热机的种类很多。按热机中的工作物質接受燃料燃燒所釋放出来的热能的方式来分，有內燃机和与之相对的所謂“外燃机”两大类。如果按机构的动作来分，主要有“迴轉式”和“往复式”(或称“活塞式”)两种。

內燃机是一种这样的热机，燃料的燃燒直接在发动机的气缸里进行，燃燒所生成的气体，就成为热机的工作物質。目前被广泛用来作为汽車和拖拉机发动机的汽油机和柴油机，都是內燃机。而蒸汽原动机就完全是另外一种情况。不論是輕便的蒸气机(鍋駝机)或热力发电厂里的大型汽輪机，它們的工作物質(水蒸汽)都不是燃料燃燒过程直接生成的物質。这里，工作物質是在專門的設備里，即鍋爐的汽鍋里产生的，而燃料的燃燒則是在鍋爐的爐

子里进行的。

蒸汽原动机中的蒸汽机，以及內燃机中的汽油机、柴油机等，它們的作功机构都是在气缸中具有作往复运动的活塞，因此都是往复式的。而蒸汽原动机中的汽轮机，作功机构是迴轉的叶輪，沒有往复部分，因此是迴轉式的。目前正在很快发展中的新型热机——燃气輪机，在工作物質接受热量的方式上，是属于內燃式的，而其作功机构却同汽轮机一样，因此是迴轉式的內燃机。由于习惯，一般所說的“內燃机”往往是指往复式的內燃机。

热机分类的基本情况可以用以下簡表总括說明：

內燃机	{	往复式的——狭义的“內燃机”，例如汽油机、柴油
		机、煤气机等；
		迴轉式的——例如燃气輪机。

蒸汽原动机 （“外燃机”）	{	往复式的——蒸汽机；
		迴轉式的——汽轮机。

至于最近才发展起来的噴气发动机以及火箭发动机，若按工作物質接受热量的方式，也应该属于內燃式的。不过，它們的作功过程又是另一种特殊的方式，是依靠气体噴射所产生的反作用力，所以通常也叫做“反冲发动机”。在上面简单的分类里，沒有把它們包括进去。

热机的发展

自然界中蘊藏着无穷无尽的能量，例如风能、水能、燃料热能以及原子能、太阳能等。这些都是可以充分利用的自然界能源。其中，燃料的热能是十分广泛利用的一种。

我們祖先对热能的利用，有着光輝的成就。相傳燧人氏鑽木

取火，是利用摩擦生热的起始。随后，有文字記載的如“物原”中載有“祝融作炭”（公元前2400年左右）；前汉書地理志（公元前200年）載有对煤、石油、天然气等燃料的发现与应用。西汉时所发明的火藥，不仅在化学工程上有着划时代的意义，也为利用固体燃料所产生的气体反冲力显著地作出功来提出了明确的方向。进而在公元605~615年（隋煬帝时）我国民間已有可作为近代火箭雛型的“流星焰火”；南宋时又有了可作为燃气輪机鼻祖的“走馬灯”……。上述事实說明我們祖先是勤勞智慧的。可是在反动階級統治之下，上述光輝成果，未能进一步发展为供动力用的热机。

作为原动力用的热机的出現，乃是最近二百年来事，它的出現和发展完全决定于生产发展的历史規律。为了生产社会生存和发展所必需的物質財富，人就必須变革自然界，从事生产斗争。通过生产斗争的实践，人类逐步認識了自然界，逐漸发现可以利用自然界的能量来減輕自己沉重的体力劳动，提高劳动生产率。首先是利用畜力，后来又利用了风力和水力。随着生产力的发展，风力和水力受到气候变化和地区限制这一弱点，就日益突出。这时，对一种不受气候变化与地区限制、也不受時間限制的新型原动机的要求就越来越迫切了。正是这种形势，促成了蒸汽机的出現和迅速发展。

原始的、专门用来排水的蒸汽动力装置在十七世紀末就出現了①。到了十八世紀，由于紡織等各个工业部門的发展，日益要求蒸汽机的巨大力量来带动各种机械。这种“通用的”蒸汽机終于

① 英人塞維利(T. Savery, 約1650—1715)于1698年制成蒸汽抽水裝置。大約同时法人巴本(D. Papin, 1647—1714)也制出了同样的器械。

在十八世紀後半叶，首先在俄国、随后在英国出現了①。

剛出現的蒸汽机，效率是很低的，需要消耗掉很多燃料。随着生产进一步的发展，蒸汽机用得越来越多，使用的范围也越来越广。特别是当蒸汽机用在航海业上以后，由于船上貯煤空間的宝贵，人們对蒸汽机的改进不能再漠不关心。这样，在生产的推动下，蒸汽机就不断发展与改进。与此同时，热机工作的基本道理也一天天被人們認識得更清楚、更深入，热工理論也就逐漸形成和发展，并立即不断地在热机的实践中起了作用。

从十九世紀後半叶起，当交通运输业需要輕巧的高效率的发动机时，內燃机出現了。当电力工业迫切地需要强大的发动机时，汽輪机得到了很快的发展。近年来，由于高速高空飞行的要求，又使得燃气輪机和噴气发动机的研究和使用得到了进一步的成功②。直到今日，我們已經有了多种多样的、适用于各种目的的热机。

解放后我国热力工程发展概况

解放后，我国热力工程得到了前所未有的巨大发展。

解放以前，我国人民长期遭受反动統治以及帝国主义压迫，生产力异常低落，工业极不发达，农业也十分落后。沉重的手工劳动压倒一切，根本談不上什么机械化、电气化，也談不上广泛

① 俄国采矿工程师波尔祖諾夫(И.И.Ползунов, 1730—1766)于1766年制成世界上第一台通用的蒸汽机。英人瓦特(J. Watt, 1736—1819)于1784年在改进同国人紐可門(Newcomen, 1663—1729)的蒸汽机的基础上制成通用蒸汽机。由于当时社会制度的不同，波尔祖諾夫的蒸汽机在当时农奴社会的俄国得不到发展。被埋沒了；而瓦特的蒸汽机在資本主义初期的英国則大大推动了生产力的发展，引起了产业革命。

② 燃气輪机也可以作为陆地上和船艦上使用的原动机。

地使用各種熱力發動機，讓機器發出巨大的動力來減輕人們的體力勞動。那時，我國僅有少量的使用熱機的設備，如熱力發電設備、機車、汽車等等，連同熱機本身，絕大多數都是從外國進口來的，稍為龐大精密一些的熱機，我國就根本不會製造。

解放後，反動統治被推翻了，舊的生產關係被打破了；生產力得到了解放和飛躍的發展。用機器的力量來減輕人們的體力負擔，以大大提高勞動生產率，就自然成為十分重要的問題。於是，各種熱機的使用和製造在短短十一年內，就取得了解放前所難於想象的成就。今天，我國熱力工程的規模和水平，已經和解放前的貧乏、落后面貌不可同日而語，發展的速度也不是資本主義國家所能比擬的。

現在就國民經濟事業中使用熱機較廣泛的几个主要方面來看一下它的发展情况：

1. 熱力發電方面：熱力發電廠（又稱“火力發電廠”）是大規模地集中利用熱能以取得原動力的場所，它的发展在一定程度上可以反映出熱力工程的一般面貌。解放前，舊中國只有少數地方有電廠，設備都是資本主義國家製造的，一般都很陳舊，效率也很低。目前，我國已能設計和製造高溫高壓大容量的全套發電設備。這是資本主義國家所不能設想的驚人成就。

2. 交通運輸方面：在交通運輸工具上，廣泛使用着各種熱機作為發動機。解放前，我國根本不會製造汽車。而目前，全國各地都已經有成批優秀的國產“解放牌”載重汽車在擔負着繁重的運輸任務。“東風牌”小轎車開始了我國自制小汽車的歷史。其他交通運輸工具也一樣，例如：1957年製成2960馬力的“和平號”蒸汽機車和2400馬力、單流式的船用蒸汽機；1959年試製成了大功率的內燃機車；更大功率的船用內燃機和功率很大的船用汽輪機也都正在製造。此外，我國還有了自己的飛機製造業。

3. 农业机械和农村动力方面：解放后，我国几千年来农业劳动的面貌开始有了新的变化。拖拉机已经不是什么新鲜的东西了。我国已经建立了规模巨大的拖拉机制造厂。在农村人民公社化以后，机器的使用和推广更取得了十分有利的条件。

4. 施工机械方面：解放后全国到处在进行着规模宏大的社会主义建设工程。工地上各种机械化施工设备逐渐代替了人们沉重的体力劳动。在水壩工地上，拖拉机拖着羊角碾在碾压壩身，推土机、挖土机、起重机在担负着各种繁重的任务；在桥梁工地上蒸汽打桩机在进行着打桩工作……。目前，很多种施工机械我国都能自己制造，使我们能创造出比我们祖先徒手建成的万里长城雄伟得多的奇迹，使我们的祖国日新月异地改变着面貌。

就从这些简略的叙述中，已可看出解放后十一年中我国热力工程事业的巨大进展。但是，和我国是一个六亿多人口的大国的需要来比，目前规模和水平还是远远不相适应的。因此，必须在党的正确领导下，在总路线的光辉照耀下，进一步大力发展，让全国各有关部门都能用越来越多的、各式各样的新型热机武装起来，以促使我国工农业生产的高速发展。完全可以预料，在我国热机的使用将一天天更为普遍，而热机方面的基本知识也将日益为更多人所需要。