

中等林业学校試用教科书

热 工 学



东北林学院主編

木材机械加工、林产化学专业用

农业出版社

中等林业学校試用教科书

热 工 学

东北林学院主編

农业出版社

中等林业学校試用教科書

热 工 学

东北林学院主編

农 业 出 版 社 出 版

北京西总布胡同七号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第106号)

吉林省新华書店发行 各地新华書店經售

长春新华印刷厂印刷裝訂

統一書号 15144.258

1961年8月长春制型

1961年8月初版

1961年8月长春第一次印刷

印数 1-2,400册

开本 787×1092毫米
三十二分之一

字数 338千字

印张 十三又四分之一

插頁 三張

定价 (7) 一元二角五分

前 言

本书是在东北林学院党委的领导下，由热工及热力设备教研組組織了部分教师采用分工負責、集体討論、专人审校的方法，根据中等林业学校木材机械加工、林产化学专业的教学计划和热工学教学大綱的規定編写而成的。

热工学是一門內容丰富的基础技术課。为了保持課程所应有的系統性和完整性，使本課程更好地和实际相結合，以滿足有关专业課的要求。因此，本书在总的系統方面仍保留了“热工学”的特色，但在具体內容的安排和闡述方面則作了相应的变更，并对那些与专业有密切关系的章节(例如湿空气、对流换热、水蒸汽的性質、鍋炉設備、热电站等)給予了一定的重視。

全书共分三篇。第一篇是热工理論基础，包括工程热力学和传热学的基本知識，計有：基本概念、气体状态的分析、热力学的基本定律、热力过程的分析、热力循环的分析、湿空气、导热、对流换热、热輻射、传热和换热器等十章。

第二篇是蒸汽动力装置，計有：水蒸汽的热力性質和蒸汽动力厂的基本循环、鍋炉設備、蒸汽机、汽輪机、热电站等五章。

第三篇是內燃动力装置，計有：內燃机、燃气輪机、压气机等三章。

参加本书編写工作的有，徐永銘、許其春、韓学良、朱寿祺、楊榮宝、赵金昌、王瑞珍。編写期間得到了进修教师的协助，繪制了不少插图。在此謹致謝意。

在編写过程中，我們主观上力求本书內容能有明显的系統性，

并能反映出森林工业实际生产的特点和适合于本专业的需要。但由于受到理论知识 and 实际经验的限制，加上时间仓促，疏漏和谬误之处，在所难免，诚恳地希望使用本书的同志能给予批评和指正。

編 者

1961年5月

緒 論

一 热工学的基本內容

在現代的国民經济各个部門和日常生活中，热能的利用是极为广泛和重要的。

目前，热能的主要来源仍然是燃料。当燃料燃烧时就发生了燃料的化学能轉变为热能的过程。

人們利用热能可以有两种不同的方式，一种是将热能作为动力的能量来源，也就是間接地把热能轉变为机械能或电能加以利用。另一种是将热能作为加热的能量来源，也就是直接地把热能用于生产工艺过程和日常生活中。

經驗証明，欲使热能轉变为机械能或电能必須通过所謂“热力发动机”(或簡称热机)，并依靠某种媒介物质(或称工质)才能实现。虽然在今天的各种技术領域中所使用的热机类型很多，然而它們不外乎属于以下两大类：

一类叫做內燃机，主要有活塞式內燃机(汽油机、柴油机和煤气机等)和燃气輪机。这类热机是利用燃料燃烧后的产物作为工质的，由于燃料的燃烧是直接热机的气缸中进行的，因此叫做內燃机。

另一类叫做外燃机，主要有活塞式蒸汽机(包括鍋駝机)和蒸汽輪机。这类热机是利用水蒸汽作为工质的，由于水蒸汽通常是在热机外面的蒸汽鍋炉中产生，也就是燃料的燃烧是在热机的气

缸外面进行的，因此叫做外燃机。

研究上述各种热机的工作原理、构造特点和使用性能等知識的学科，叫做“热机学”。

人們在长期的实践中还知道，任何热机的工作都必须遵从一定的客观規律，因此要想正确和深入了解各种热机的工作，就必须首先掌握热能轉变为机械能所应该遵从的客观規律，寻找进行这种轉变过程的影响因素和最有利的条件，以求不断地改进热机的工作。研究这些知識的学科，叫做“工程热力学”。

其次，現代热机工作的好坏常常还和热的传递发生直接联系，并对改进热机的工作起着很大的作用。另一方面，在那些直接利用热能的場所，亦需要掌握和利用热的传递的規律。研究这些知識的学科，叫做“传热学”。

綜合研究热能利用的知識，即研究燃料的化学能轉变为热能、机械能的規律，研究参加这些轉变过程的工質的热力性質和所使用的装置的工作原理、构造特点和使用性能，以及研究生产工艺过程和日常生活中所需要的热能利用等問題就构成了“热工学”的基本內容。

因此热工学是由工程热力学、传热学和热机学这三大部分組成的，其中工程热力学和传热学則构成了热工学的理論基础。

二 热工学的发展簡史

热工学和其他学科一样，是人們經過长期热工实践的經驗总结 and 系統化了的理論知識，并在指导生产实践过程中不断得到了丰富和发展。

热工学的建立和发展是与热能的直接利用和热机的創造及发展不可分隔地联系在一起。

根据已有的資料記載，我国人民很早就在热工方面有过重大

的貢獻。公元1150年，我國南宋時代就出現了走馬燈，從工作原理方面來看，它就是近代燃氣輪機的雛型。十三世紀出現了利用火藥的各種爆竹和煙火，它們就是近代火箭的雛型，1678年到1679年南懷仁在北京曾首次試驗了由一種蒸汽輪推動的汽車和汽船的模型，並對熱工的一些理論作了研究。然而這些成就在當時的封建制度社會中並沒有得到重視和發展。

十七世紀，水力逐漸成為生產中的重要動力，水力機械在很多國家得到了使用，可是，由於水力的利用要受到自然條件的限制，它已經不能滿足當時社會生產力發展的需要。生產各部門都迫切要求有能不受自然條件限制，滿足生產需要的新的原動機。因此，利用燃料的熱能轉變為機械能就成為當時唯一的方法。十八世紀初，英人塞維利首先發明了蒸汽汲水泵，這台用蒸汽工作的機器只能間歇地工作。1765年，俄國發明家波爾宗諾夫又創造出連續作用的萬能蒸汽機。以後隔了20年，英人瓦特亦製造了一台蒸汽機，並且在結構上有了顯著的改進，它把活塞的往復運動變成了軸的旋轉運動，因而可以帶動各種機器。蒸汽機的出現在歷史上是一個重大的事件，它促進了產業革命，推動了當時社會的發展。同時人們對熱的本質亦有了更深刻的了解。由於最初出現的一些蒸汽機，效率是極低的，燃料消耗量很大，這樣就促使人們要對熱機的工作過程進行深入研究，熱工理論也就相應得到了發展，由於無數次的生產實踐和實驗工作，人們終於發現了許多重要的客觀規律，十九世紀中葉，能量守恆和轉換定律得到了科學界的公認，反映到热力學的領域中，就是熱力學第一定律和熱力學第二定律的確定，這些定律奠定了熱工理論發展的基礎。人們依據這些客觀規律，對蒸汽機進行了巨大的改進工作，使它不斷完善，效率也逐漸提高。例如蒸汽機的熱效率已從十九世紀中葉的4—5%，提高到二十世紀的10—18%。

但是由于蒸汽机本身存在着一系列固有的缺点(效率低、容量不大、轉数不高等),使它不能滿足生产发展的全部要求,在十九世紀末期,由于社会生产中大工业部門的出現,尤其是电力工业要求有大容量和高轉数的原动机。因而在1844年和1890年分別出現了反动式和冲动式蒸汽輪机,随着冶金技术和热力学以及空气动力学的发展,使蒸汽輪机的容量和效率大大超过了蒸汽机。终于在大型固定动力設備方面几乎完全代替了蒸汽机。蒸汽輪机的容量已从十九世紀的几个瓩提高到二十世紀的30—60万瓩以上,热效率也由8.5%提高到現今的37%左右。

在蒸汽輪机发展的同时,內燃机也获得了迅速的发展,对于中小型企业 and 交通运输工具来講,都需要輕便而且效率高的原动机,在这方面內燃机恰恰是最为合适的,因为內燃机的工作不需要庞大的蒸汽鍋炉和其他笨重的輔助設備。1860年,出現了可以在工业中实际应用的內燃机,然而它的效率是很低的。直到1877年和1892年由于理論的研究和实际的工作,出現了定容燃烧和定压燃烧的四冲程內燃机以后,內燃机的工作过程才日趋完善和合理,現在大型內燃机的热效率已可达40%以上。

十九世紀末,由于在工业上解决了耐高溫的金属材料和高效率的压气机以后,燃气輪机也获得了发展。第一台燃气輪机是在1897年制成的。燃气輪机首先被广泛应用于航空上,現今,这种新型的原动机已經在动力工业和其他工业中得到了实际的应用。

由于近代的热机都是在高溫和高压下工作,因此研究热机中有关热传递的問題日益显得重要。此外,在各种生产工艺过程中(例如木材干燥、木材热处理等)热能的利用和換热設備的发展,都促使传热学得到了相应的飞速发展。

从上述可知,热机总是为了滿足提高生产力的要求而发展的,并随之要求热工理論有相应的发展,以便解决实际生产中出現的

許多具体問題，而這些問題的解决反过来又推动了生产力繼續向更高的水平发展。

今天，苏联已經成功地将第一个載人的卫星式宇宙飞船“东方号”发射到圍繞地球的軌道上。其次，在开辟新的能源(例如用热核反应的方法来解放原子核中的巨大能量)方面亦取得了一定的成功，这些成就标志了在社会主义制度下热力工程这門科学已經进入了一个嶄新的历史阶段。

应当指出，热工学还是一門比較年青的科学，它只有200多年的历史，随着生产技术的迅速发展，热工学在今后的发展无疑的会非常迅速。

三 我国热工事业发展的概况

我国的热工事业，在解放后，尤其是1958年的大跃进以来已經得到了迅速的发展，热工事业的面貌正在迅速改变。

党和国家一直非常重視热工事业的发展，为了更好地贯彻执行国民经济以农业为基础，全党全民大办农业，大办粮食的方針，热工事业必須坚决贯彻党的社会主义建設总路綫和一整套“两条腿”走路的方針向前发展，在已經取得巨大成就的基础上，采取調整、巩固、充实、提高的方針，不断提高产品质量，增加产品品种，以滿足工农业不断发展的需要。

下面我們扼要地列举一些例子來說明我国热工事业发展的概况和远景。

热力发电方面：热力发电站(或火力发电厂)是大規模地集中利用热能以取得原动力的場所，它的发展可以反映一个国家热工事业的水平。

解放前，我国只有一些零星的发电厂，它們几乎全为帝国主义者所操縱，而且設備陈旧，效率很低。那时我国全部发电設備总

容量和年发电量都很低。

解放后，在党中央和毛主席的正确领导下，我国的工人阶级和工程技术人员经过不断的努力，不仅修复和扩建了已有的发电厂，而且新建了许多现代化的大型火力发电厂和热电站。发电设备总容量和年发电量有了很大的增长。

发电设备的設計和制造能力也发展得非常迅速。解放后，我国先后建立了大型的鍋炉制造厂、汽轮机制造厂和发电机制造厂。制造了各种容量的汽轮发电设备。目前，我国的鍋炉和汽轮机制造业已经走上自行设计的阶段。由于三年的大跃进，有些省、市都建立了自己的动力工业基地，生产了不少的中小型鍋炉和汽轮机，有力地支援了工农业生产的需要。

农业动力机械方面：解放后，为了从根本上改变我国农业的落后面貌，党领导全国人民进行了巨大的改革工作，首先在农村改变了束缚生产力的旧的生产关系，促进了生产力的发展，使我国的农村已经经过互助组、初级农业生产合作社、高级农业生产合作社，一直发展到由农业合作社联合组成的人民公社。其次，党还领导了人民大力进行了农业机械化的工作。为了尽早实现我国农业机械化的计划，热机的发展和利用占着重要的地位。我国已经有了现代化的汽车和拖拉机制造厂，生产了各种汽车和农业用拖拉机，有力地支援了农业机械化工作。现在我国不仅有完全现代化的农业机械制造工业，而且从省到县甚至在人民公社，亦大都有了农业机械修配或制造工业。小型内燃机、鍋驼机、机引农具和排灌动力机械的使用不断的增加。目前，实现全国农业机械化的工作正在加速地进行中。

森林工业的动力设备和热能利用方面：为着使森林工业的生产摆脱繁重的体力劳动和手工业的生产方式，实现整个木材生产工艺过程的机械化和自动化，在我国几个木材生产基地已经建成

了很多企业性汽輪机发电站。木材生产和木材加工作业中的机械化水平也不断地提高。目前,木材生产中,已經部分使用着各种伐木用的动力鋸(油鋸、电鋸)、集材用的拖拉机以及运材用的汽車和机車(蒸汽机車、內燃机車)。我国一批现代化的綜合木材机械加工厂和林产化学工厂已經建成,因此热机的使用和热能的直接利用范围也必将随之迅速扩大。

由以上的簡單叙述中可以看出,热力工程在国民經济中有着重要的意义。在总路綫、大跃进和人民公社三面紅旗的光輝照耀下,我国热工事业的成就是巨大的,而且有着极为广闊的发展前途。

四 热工学課程的性質

热工学是一門基础技术課,它是一門基础技术理論知識和基础技术专业知識相結合的課程,其中每一部分除以热工理論作为基础理論外,还要牵涉到許多其他基础知識。

所以热工学一方面和基础課,例如数学、物理、化学等发生密切联系;另一方面又要和本专业結合,为专业課和专业教育服务。在木材机械加工和林产化学专业中,热工学将为木材干燥学、制材与細木工学、胶合板制造、纖維板制造、木材热解和木材水解等专业課的学习奠定理論基础。

目 录

第一篇 热工理论基础

第一章 基本概念	1
§ 1-1 工程热力学的研究对象和任务	1
§ 1-2 热能和功	2
§ 1-3 在热机中热变为功的过程	4
§ 1-4 工质的状态、过程和循环	6
第二章 气体状态的分析	8
§ 2-1 理想气体和实际气体	8
§ 2-2 气体的基本状态参数	9
§ 2-3 气体的基本定律和状态方程式	14
第三章 热力学的基本定律	23
§ 3-1 热力学第一定律	23
§ 3-2 热力学第二定律	24
§ 3-3 气体的内能	26
§ 3-4 气体的膨胀功及其计算	27
§ 3-5 气体的比热和热量计算	31
§ 3-6 热力学第一定律的解析式	40
§ 3-7 气体的焓及其应用	42
§ 3-8 气体的熵及其应用	48
第四章 热力过程的分析	51
§ 4-1 研究热力过程的任务和方法	51
§ 4-2 定容过程	53

§ 4—3定压过程.....	55
§ 4—4定温过程.....	58
§ 4—5绝热过程.....	60
§ 4—6多变过程.....	65
§ 4—7可逆过程与不可逆过程.....	70
第五章 热力循环的分析	77
§ 5—1循环的基本定义.....	77
§ 5—2卡诺循环及对研究热机的指导意义.....	79
第六章 湿空气	83
§ 6—1混合气体的概念和计算法.....	83
§ 6—2绝对湿度、相对湿度和湿含量	95
§ 6—3湿空气的状态参数计算.....	97
§ 6—4湿空气的 <i>l-d</i> 图及其在木材干燥中的应用.....	101
第七章 导热	107
§ 7—1传热学的研究对象和任务.....	107
§ 7—2热传递的基本方式及实例.....	108
§ 7—3导热的基本定律.....	110
§ 7—4平壁导热的计算.....	112
§ 7—5圆筒壁导热的计算.....	115
第八章 对流换热	119
§ 8—1对流换热过程的进行及影响因素.....	119
§ 8—2对流换热的基本定律.....	121
§ 8—3相似理论的原理及其在对流放热中的应用.....	124
第九章 热辐射	129
§ 9—1基本概念和定义.....	129
§ 9—2热辐射的基本定律.....	130
§ 9—3气体辐射及其在木材干燥中的应用.....	132
第十章 传热和换热器	137

§ 10—1 经过平壁的传热	137
§ 10—2 换热器的概念和种类	140
§ 10—3 换热器的计算原理	142

第二篇 蒸汽动力装置

第十一章 水蒸汽的性质和

蒸汽动力厂的基本循环	147
------------	-----

§ 11—1 水蒸汽发生的过程	147
§ 11—2 水蒸汽状态参数的确定	150
§ 11—3 水蒸汽表	156
§ 11—4 水蒸汽的温焓图和焓熵图	156
§ 11—5 水蒸汽的热力过程	160
§ 11—6 水蒸汽的节流过程	163
§ 11—7 蒸汽动力厂的基本热力循环	164
§ 11—8 蒸汽消耗率和热量消耗率	169

第十二章 锅炉设备

§ 12—1 锅炉设备的一般知识	172
§ 12—2 锅炉设备的工作特性	176
§ 12—3 锅炉的燃料	177
§ 12—4 燃料的燃烧	182
§ 12—5 炉子	186
§ 12—6 锅炉的型式	203
§ 12—7 锅炉的辅助设备	221
§ 12—8 锅炉设备的热平衡	228
§ 12—9 锅炉设备的运行和安全	230

第十三章 蒸汽机

§ 13—1 蒸汽机工作的基本概念	232
§ 13—2 蒸汽机的工作过程	234

§ 13—3 蒸汽机的功率、效率和汽耗率	238
§ 13—4 蒸汽机的配汽机构	243
§ 13—5 蒸汽机的调节机构	247
§ 13—6 蒸汽机的构造实例及其零件	248
§ 13—7 鍋駝机	252
§ 13—8 鍋駝机的运行和維護	253
第十四章 汽輪机	256
§ 14—1 汽輪机工作的基本概念	256
§ 14—2 蒸汽在噴管中的流动	257
§ 14—3 冲动式汽輪机和反动式汽輪机	260
§ 14—4 多級汽輪机	263
§ 14—5 汽輪机的效率、功率和汽耗率	266
§ 14—6 汽輪机的构造实例及其部件	269
§ 14—7 汽輪机的调节机构和油系统	279
§ 14—8 凝汽设备	283
第十五章 热电站	287
§ 15—1 热电站的基本概念和分类	287
§ 15—2 林业生产中的用电和用热	291
§ 15—3 热电站負荷曲綫和容量的确定	296
§ 15—4 热电站的組成和布置	298
§ 15—5 热电站的热力系统和主要设备的选择	300
§ 15—6 热电站的經濟指标	303

第三篇 內燃动力装置

第十六章 內燃机	308
§ 16—1 內燃机的一般概念	309
§ 16—2 四冲程內燃机的工作原理和实际示功图	311
§ 16—3 四冲程內燃机的理想工作循环	315
§ 16—4 两冲程点燃式和压燃式內燃机的工作原理	325

§ 16—5 两冲程发动机与四冲程发动机的比较	327
§ 16—6 内燃机的功率、效率和燃料消耗率	328
§ 16—7 内燃机的燃料	332
§ 16—8 内燃机的构造实例及其主要部件和系统	335
第十七章 燃气轮机	358
§ 17—1 燃气轮机的基本概念和工作原理	358
§ 17—2 各种热力发动机的应用场合和发展趋势	362
第十八章 压气机	367
§ 18—1 压气机的基本概念及分类	367
§ 18—2 往复式压气机	371
§ 18—3 离心式压气机	378

附录

表1. 气体的定压真实摩尔比热	384
表2. 气体的定容真实摩尔比热	385
表3. 气体的定压平均摩尔比热	386
表4. 气体的定容平均摩尔比热	387
表5. 气体的定压平均重量比热	388
表6. 气体的定容平均重量比热	399
表7. 气体的定压平均容积比热	390
表8. 气体的定容平均容积比热	391
表9. 饱和水蒸汽(变数为温度)	392
表10. 饱和水蒸汽(变数为压力)	393
表11. 过热蒸汽和水	
表12. 在饱和线上蒸汽的物理参数	395
表13. 在饱和线上水的物理参数	396
表14. 各种不同流体的热参数	398
表15. 各种不同流体的导热系数	398
表16. 各种不同材料的重度、导热系数、热容量和导温系数	399
表17. 在大气压力下各种不同气体的导热系数	401