



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

热工基础

李 诚 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书
电力职业技术教育教学改革系列教材

热工基础

电力职业技术教育教学改革系列教材
建设委员会

主任	张效胜				
副主任	李启涛	张伟			
委员	杨立久	苏庆民	王庆民	王焕金	
	杨新德	朱正堂	侯仰东	郭光宏	
	高洪雨	孙奎明	蔡卫敏	马明礼	

本书主编	李 诚	
编写	马明礼	刘红蕾
主 审	张灿勇	



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书是依据电力教学的实际与职业教育目标的要求而编写的。全书共分两篇，第一篇是工程热力学，第二篇是传热学。本书按照层次模块体系组织内容，以满足不同层次教学的需要。

工程热力学篇，按照内容发展的内在逻辑要求，以热力学第一定律与热力学第二定律为基础，给出了遵循这两个定律的用于理论分析的循环——卡诺循环；然后以该循环为中心，进行改进得到了火力发电厂实际应用的循环——朗肯循环、回热循环与再热循环；同时简单介绍了水蒸气及其流动和理想气体。

传热学篇，以内容与研究对象为主辅线索，介绍了热量传递的三种方式、传热过程，最后简单介绍了换热器的种类及其相关计算。

每章节均有适量的例题与丰富的习题，供学生进一步理解、巩固和强化知识之用。

本书可作为电力中等职业教育与职工培训的教材或教学参考书，也可作为大学、
生学习相关内容的入门参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

热工基础/李诚主编. 北京: 中国电力出版社, 2006
全国电力职业教育规划教材
ISBN 7-5083-4639-4

I. 热... II. 李... III. 热工学—职业教育—教材 IV. TK122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 099277 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>)
汇鑫印务有限公司印刷
各地新华书店经售

2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 280 千字
印数 0001—3000 册 定价 17.60 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前言

一、编写原则

本课程是中等职业学校“热动”及相关专业的一门主干专业基础理论课。其任务是使学生具备高素质劳动者和中初级专门人才所必需的热工基本知识和基本技能；为学生学习专业知识和掌握职业技能，提高全面素质，增强适应职业变化的能力，为继续学习打下必要的基础。

本课程的知识目标有以下内容：工程热力学部分，阐明凝汽式火力发电厂中，将热能转化为机械能的原理，提出基本的蒸汽动力循环，并进一步论述有效实现热能转化为机械能的理论方法；传热学部分，说明传热的形式及其规律，并列举其在火力发电厂中的应用实例。

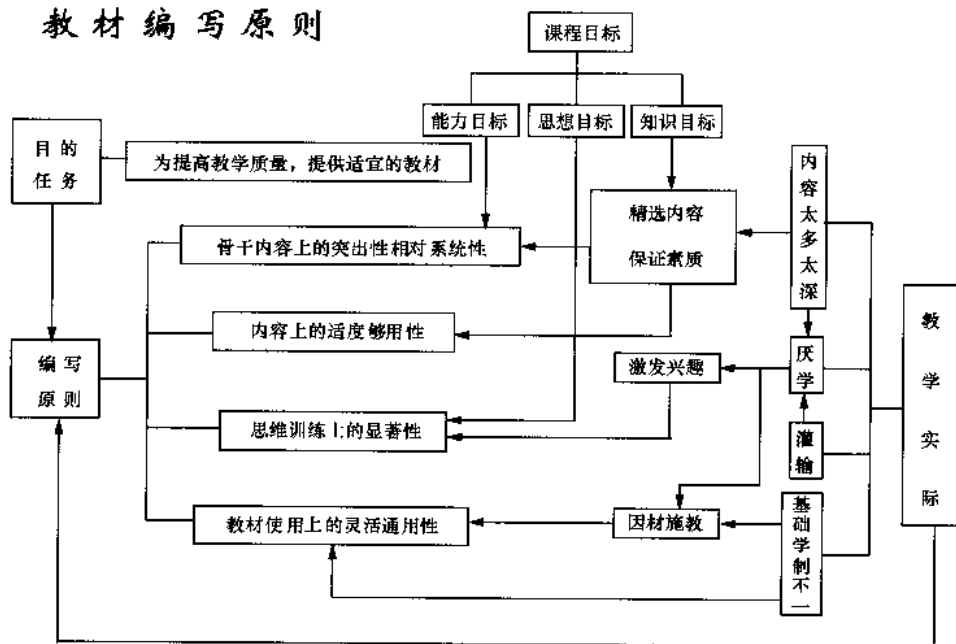
本课程的能力目标有以下内容：引导形成科学的获取信息与知识的能力；有效帮助形成正确的思维方法，提高科学地“提出问题，分析问题，解决问题”的能力；具有运用热力学与传热学的知识分析解决电厂实际问题的初步能力。

本课程的思想目标是弘扬科学精神，传递创新意识。

本教材编写的根本目的与任务是为提高电力中等职业教育教学质量而提供适宜的教材。

为此，我们认真分析了电力中等职业教育的教学实际情况，认为提高教学质量，从教学环节上看，其关键是因材施教与激发兴趣，克服厌学心理。为实现这一目标，编写适宜的教材无疑是必要的，也是重要的。

教材编写原则



本教材紧紧围绕着这一目的而构思设计。如果说本教材有什么特色的话,那么其最大的特色就是适应了电力中等职业教育提高教学质量的需要,注重了教材的实用性。

如何在教材中体现“激发兴趣,克服厌学心理”?学生厌学的原因很多,从教学内容上看,突出的问题是内容太多太深,超出了学生实际接受能力;从教学方法上看,突出的问题是填鸭式的被动学习。考虑到这些实际情况,本教材精选内容,并以不降低专业要求为前提,坚持了“内容上的适度够用性”、“骨干内容上的突出性与相对系统性”和“思维能力训练上的显著性”三原则。

如何在教材中体现“因材施教”?学生基础差别大;教育类型多,学时不一。考虑到这些情况,本教材遵循了“教学使用上的灵活通用性”的原则。

各原则提出的依据,我们表示在教材编写原则图中。

二、编写原则的贯彻

1. 内容上的适度够用性

要正确地把握该原则,必须正确地理解对该课程的定位。

本课程是“热动”及相关专业的主干专业基础理论课。

其中的“理论”定位点,要求该课程的中心内容是理论,理论内容与应用内容不是并重的,更不应该轻理论重应用。教材中的应用实例应该是为正确理解掌握理论服务的,这就是内容选择的“适度”含义之一。

“够用性”,就是指满足本专业对“基础理论”的需要。这要求对理论内容的选择必须按照“主干专业基础”的需要确定,即选择对专业课最需要、最重要、最实用的理论内容,而不是见“有用”就选择;同时还要考虑学生的接受能力。这就是“够用性”的“适度”。

“主干专业基础”的需要,也是本课程的根本目标,一切要围绕着这个目标展开。我们每选择一部分内容,首先要问“这部分内容可否不要?要的话,起什么作用?”(因为目前我们的教材内容太多,已经脱离了学生的实际,不这样做的话,很容易受惯性思维的影响而难以改变)。

工程热力学的目标是凝汽式火力发电厂如何发电(准确说,是将热能转化为机械能,下同)?如何更好地发电?其核心问题是热效率。

传热学的目标是如何实现传热(方式)?如何控制传热(增强与削弱)?其核心问题是传热强度(热流密度、单位管长热流量)。

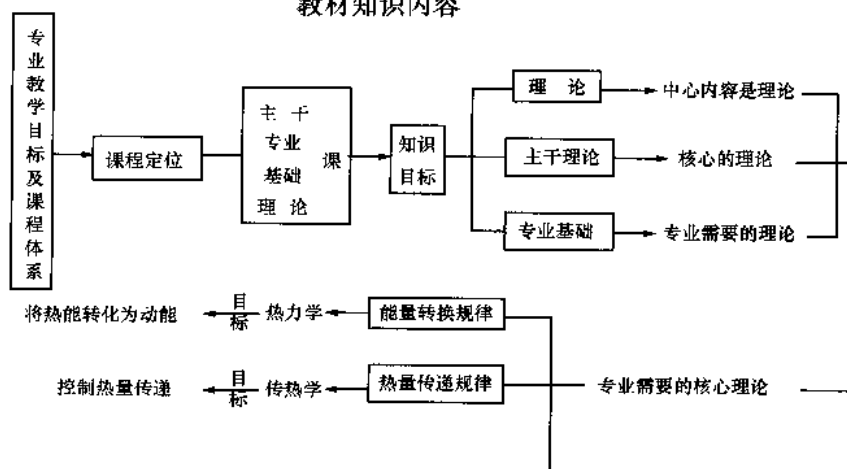
根据上述理解,我们对内容进行了精选。比如我们适度削减了传热学中的定量计算内容;理想气体,在专业上有一定的用处,但作用不大,我们就安排了其基本内容供选学。

2. 骨干内容上的突出性与相对系统性

这里的“骨干内容”,是指从知识的内在逻辑关系上看,属于其产生、发展的主线索的部分,我们也可称为内容主线索或者知识主线索。

(1)“系统性”,指在内容选择上一定要把握知识体系的主线索(自然属于核心目标的内容),以形成完整的知识体系。这样有利于真正理解掌握知识的。所谓“相对性”,是指主线

教材知识内容



索的内容逻辑系统是完整的（注意系统完整，不是指细节内容详细完全），不能中断（哪怕是难度高或者不直接实用的内容），而枝叶内容只要满足掌握知识的需要就可以了，而不强调其自身的逻辑性。

只有系统性的知识，才可能有效地培养抽象思维的能力，才能有力地宏扬科学的严谨作风。所以“系统性”也是能力目标与思想目标的必然要求。

（2）突出骨干线索。为此，我们的做法是：

1）主线内容特别详细，对应的例题、习题也明显多。

2）前面的内容，如果不属于主线索的，则尽可能放到开始需要的地方，这样既可以不打乱视线，又有利于知识的学习。如等效卡诺循环，我们放到蒸汽动力循环中（比传统推后）；再如传统上蒸汽的流动一章放在蒸汽动力循环前，而我们正好反过来了（虽然从表面看，先有流动后有循环，但从内容研究目标上看，两部分都是前面理论的不同应用，是并列的关系，没有逻辑上的先后关系。而动力循环，从实用上看，对我们更重要，是工程热力学最关注的部分；从内容上看，是前而理论内容的集大成部分，这样次序变化后，会使整体体系结构更紧凑，对学习更有利）。

3）对于主线索的内容，如果又属于重要内容的话，我们在可能的情况下进行了不同角度的阐述。

能量转化规律，是专业课需要的重要理论，对其可从 $T-s$ 图和等效卡诺循环两个角度分别阐述。这两个角度各有其妙。前者直观，后者更方便交流，有些内容两者可以优势互补，所以我们采用了两个角度阐述。这样既突出了主线，同时也有助于对内容的全面深入理解。

再如卡诺循环的三推论，我们就先从直观的 $T-s$ 图上说明，后从抽象的数学公式上阐述，还从热能的品位上讨论了部分内容。

4）每章先给出内容主线索，该线索根据内容的本质逻辑编写，而不是简单的重点内容罗列。

5) 理论基础部分选用的例题、习题, 首先从后续主线(与专业课)内容需要中提炼, 设计出合适的题目, 这同时也分散了难点。

6) 调整细节内容布局, 精心选择节的标题, 尽量使标题本身就是内容线索的提示。

3. 思维能力训练上的显著性

为达到教材能力目标的要求, 本教材合理地安排内容结构体系, 使学习过程尽量遵循科学的思维规律。比如我们给出的热力学第二定律的开尔文—普朗克说法, 就是从卡诺定理按照自然的逻辑推理得到的, 这样既容易懂, 又可以训练逻辑思维能力。

在教材内容编写上, 行文要充分注意启发思维, 逐步引导, 主动地帮助学生进行探究式地学习, 尽量减少只是知识汇总式的表述方式, 特别是骨干内容。

为达到“传递创新意识”思想目标的要求, 在适当的内容中, 可大胆质疑, 如水蒸气的五个状态命名的科学性等。科学精神的集中体现, 是典型的科学研究过程, 所以我们建议在教学中, 教师可以选择典型的科学探索故事作为阅读材料, 以更好地“传递科学精神”。

4. 教学使用上的灵活通用性

(1) “教学使用上的灵活通用性”, 指本教材可以灵活地适用于不同层次的学历教育与短期及技能培训的教学, 也可适应于同一层次不同基础水平的学生, 有助于因材施教。

为达到此目的, 我们采用了分层编排的体系, 这种体系可以实现在科学的时间间隔里重温有关内容, 对学习是有利的。

(2) 编写主线的选择。注意编写主线索与骨干内容线索是有区别的, 相对而言, 前者更多强调的是行文逻辑, 而后者强调的是内容自身的逻辑。热力学与传热学不同的特点, 决定了其各自编写主线的选择不同。

热力学内容的逻辑性强, 内容总体是逐步单线深入发展的, 但有深浅、宽窄的不同; 编写主线只能是内容的发展过程, 但对内容要求的深度、广度, 可以做不同的要求, 所以我们采用了分层编排的体系。

传热学理论内容演进长度短(概念—热阻—传热强度), 但涉及的研究对象多(三种传热方式、传热过程), 也就是说有多个并列的对象, 而研究的内容类似。这样我们就有两种主线索(研究对象与研究内容逻辑), 自然产生了以下几种编排体系:

第一种: 以研究对象为主线, 内容为副线, 这是目前流行的体系。

第二种: 以内容为主线, 研究对象为副线。

第三种: 部分内容采用第一种, 部分内容采用第二种。

权衡利弊, 我们采用了第三种体系, 即对三种基本形式的内容, 采用第二种, 而对于其他内容采用第一种。

我们认为这样处理的好处——对三种基本形式可以实现对比理解。

(3) 对热力学的内容层次安排是:

第一层: 重点解决“是什么”的问题, 是有关内容的入门阶段, 主要属于定性的范畴。教材书写要求注重深入浅出, 多联系生活实际, 强调突出直观性、形象性, 尽量不用数

学式。

第二层（标注*部分）：重点解决“定量计算与应用”的问题，并对第一层的定性讨论，做一定程度的深度及广度提高。教材书写要求注重启发思维，注重能力的培养与训练。

第三层：重点解决“为什么与灵活应用”的问题，对内容的理解深度在进一步消化有关内容的前提下，加以提高，开阔思维。教材编写注重梯度设计和思考的独立性培养，应包含有关重要内容的简要历史发展、定律的适用范围、有趣的本学科发展故事与争论、没有解决的问题等（本教材没有编写）。

如果说第一层与第二层属于一定时期的学科水平，是静态点的话，那么第三层则属于动态的线。

同一层次内容要求构成完整的系统，也就是说，先后知识具有“足够性”。换句话说，就是第一层构成一个完整的体系，第一层与第二层合起来构成另一个完整的更大的体系。

对传热学的分层依据是对内容要求的深浅程度，第一层说明传热的最基本原理；第二层（标注*部分）说明电厂应用实例及加深的理论内容。

（4）第一层基本可以适用于中专第二学历、非专业管理人员与时间短的专业培训等。到第二层，基本适用于动力、集控等中专学历教育及其以下的培训（教学中适当删减）等。

关于内容层次及其适用对象示例，请参见附录1——知识层次模块表。

三、其他说明

本书前言、绪论与第一章、第二章、第三章，由李诚执笔；第四章、第五章、第六章、第七章，由马明礼执笔；第八章、第九章、第十章，由刘红蕾执笔。全书由李诚主编并统稿，张灿勇审稿。

在本书写作过程中，编写组得到了山东省电力学校领导的大力支持，同时也得到了许多同事们的无私帮助，特别是毛正孝、张磊、张立华、刘玉文、柴彤等老师，提出了许多具体的建议，在此我们深表感谢！

由于水平有限，书中难免有不妥与错误之处，真诚欢迎读者斧正。作者 E-MAIL: lwf-lc@126.com。

编 者

2006年5月

本书体例说明

章节标题

章节标题中，在左上角标注“*”号的，属于第二层内容；在左上角标注“**”号的，属于选学内容；其他的属于第一层内容。

引言

每章的开头话，基本上是提出一些实用的本章重要问题。

内容主线

每篇与每章均有主线的描述。其内容分两部分，一部分是内容脉络图，该图直观地显示出本部分内容的总体框架；一部分是对内容脉络的语言描述。两部分实质上是一致的，都是对内容内在逻辑关系的粗线条勾画。

正文

正常字号、字体部分，属于正常学习范围内的内容；其中带有灰网的部分属于选学内容。

华魏新魏字体部分，属于启发引导的内容。

正常字体部分，内容是独立的，前后知识具有足够性。

第一层内容，构成一个独立完整的体系；第二层是在第一层基础上的延伸或者发展，第二层依附于第一层。

旁栏

旁栏的内容，题材较多，有的是顾名思义，有的是具有启发性的问题，有的是对思维方法的议论等。

该部分内容与邻近的正文内容，有某种联系。

循序习题

每节后的循序习题，是按照教材内容的讲解顺序设计的属于识记性的题目，不分题型。

习题

每节后的习题，是属于综合度或者难度有一定提高的题目，也不分题型。

复习题

重点章后面设计的复习题，是温习本章重点内容的题目，按题型编排。

目 录

前言	
本书体例说明	
绪论	1
习题	4

第一篇 工程热力学

本篇内容概要	5
第一章 热力学基础	7
第一节 状态参数	7
循序习题	10
习题	10
第二节 平衡状态	11
循序习题	11
习题	12
第三节 平衡过程	12
循序习题	12
习题	12
* 第四节 基础知识补充	13
循序习题	14
习题	14
复习题	14
第二章 热力学第一定律	16
第一节 热量与功	16
循序习题	18
习题	19
* 第二节 热量与功的计算	19
循序习题	22
习题	22
第三节 热力学能	23
循序习题	24
习题	24
第四节 热力学第一定律	24
循序习题	25
习题	26
* 第五节 稳定流动能量方程	26

循序习题	28
习题	28
* 第六节 热力学第一定律补充	28
循序习题	30
习题	30
复习题	30
第三章 热力学第二定律	33
第一节 温熵图	34
循序习题	37
习题	37
第二节 卡诺循环	37
循序习题	39
习题	39
第三节 循环热效率比较	40
循序习题	42
习题	42
第四节 热力学第二定律	43
循序习题	44
习题	45
* 第五节 卡诺循环再论	45
循序习题	46
习题	46
* 第六节 焓	46
循序习题	48
习题	48
复习题	49
第四章 水蒸气	51
第一节 水蒸气的定压产生过程	51
循序习题	55
习题	55
第二节 水蒸气的温熵图	55
循序习题	57
习题	57
* 第三节 水及水蒸气的状态参数	57
循序习题	61
习题	61
* 第四节 水蒸气焓熵图训练	61
循序习题	64
习题	64
复习题	64
第五章 蒸汽动力循环	67
第一节 朗肯循环	67
循序习题	71

习题	71
第二节 蒸汽参数对朗肯循环热效率的影响	71
循序习题	74
习题	75
* 第三节 朗肯循环续论	75
循序习题	80
习题	81
第四节 回热循环	81
循序习题	84
习题	84
* 第五节 回热循环续论	84
循序习题	88
习题	88
第六节 蒸汽中间再热循环	88
循序习题	89
习题	89
* 第七节 蒸汽中间再热循环续论	90
循序习题	92
习题	92
第八节 热电合供循环	92
循序习题	94
习题	95
复习题	95
第六章 水蒸气的流动	97
第一节 管内气体的流动特性	97
循序习题	99
习题	99
* 第二节 水蒸气的绝热节流	100
循序习题	101
习题	102
** 第七章 理想气体	103
循序习题	106
习题	107

第二篇 传热学

本篇内容概要	108
循序习题	109
习题	109
第八章 传热方式	110
第一节 三种传热方式	110
循序习题	112
习题	112
第二节 热流密度	113

循序习题	118
习题	119
第三节 电厂应用实例	119
循序习题	123
习题	124
复习题	124
第九章 传热过程	126
第一节 传热过程	126
循序习题	128
习题	128
第二节 热流量	128
循序习题	131
习题	131
第三节 传热的增强	132
循序习题	133
习题	133
复习题	133
第十章 换热器	135
第一节 换热器的种类	135
循序习题	138
习题	139
第二节 平均温差	139
循序习题	141
习题	141
**第三节 表面式换热器的计算	141
循序习题	144
习题	144
复习题	144
附录	146
附录 1 知识层次模块表	146
附录 2 饱和水与饱和水蒸气的热力性质表 (按温度排列)	149
附录 3 饱和水及干饱和蒸汽热力性质表 (按压力排列)	151
附录 4 未饱和水与过热水蒸气热力性质表	153
附录 5 保温、建筑及其他材料的密度和热导率	171
附录 6 几种保温、耐火材料的热导率与温度的关系	173

绪 论

一、火力发电厂生产过程

电厂，是主要用来产生电能的工厂。发电厂，只向外输送电能；热电厂，不仅输出电能，同时还输出热能。

发电厂输出的电能，只能从其他的能量转化而来。根据电能来源的能量形式不同，将发电厂分为不同的种类。凡电能来自于燃料燃烧获得的热能的发电厂，称为火力发电厂。

与各类发电比较，火力发电厂的发电量占我国总发电量的比例最高。下面我们介绍火力发电厂最简要的生产过程及其对应的装置系统。

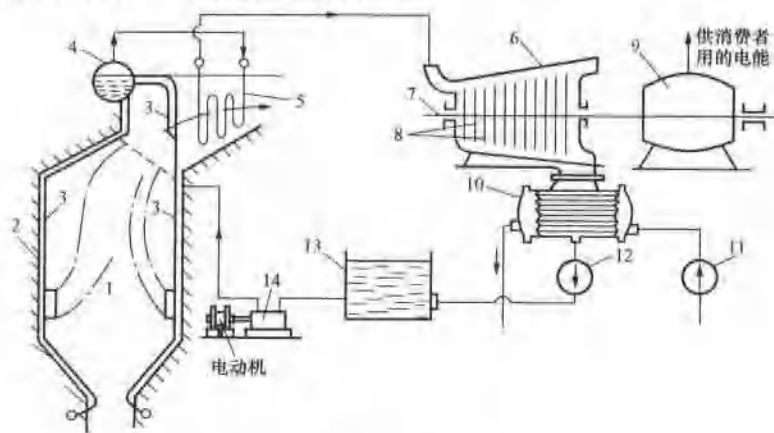


图 0-1 蒸汽动力装置系统示意图

1—炉膛；2—炉墙；3—水冷壁；4—汽包；5—过热器；6—汽缸；7—主轴；8—叶轮；
9—发电机；10—凝汽器；11—循环水泵；12—凝结水泵；13—给水箱；14—给水泵

让我们先简要说明图 0-1 中各设备的作用。

锅炉，顾名思义，有锅有炉即成锅炉。电厂的“锅”也称汽水系统，它是由很多长长的钢管组成的，其中流动着水或水蒸气；电厂的“炉”也称风烟系统，燃料在由四面炉墙组成的“炉膛”中燃烧，形成高温烟气，烟气依次流过钢管来加热其中的水或水蒸气。所以电厂的“锅”与“炉”，构成一体，不可分割。锅炉的作用是什么？锅炉的作用是用来产生具有一定参数的水蒸气。

汽轮机，顾名思义，是一种机械设备，是一种围绕着固定的轴转动——轮动的机械，犹如孩提的风车玩具，但其驱动的气体是水蒸气，所以名之汽轮机。汽轮机的作用是什么？汽轮机的作用是把蒸汽的能量转变成汽轮机的动能。

凝汽器，顾名思义，“器”，容器，有盛放、容纳之意，是一种具有容纳功能的设备。但同时它还具有“凝汽”，即凝结蒸汽的作用。凝汽器的任务就是把从汽轮机尾部排出来的

顾名思义

“乏”，疲乏之意。从汽轮机尾部出来的蒸汽，压力很低，已无力推动汽轮机转动了。称其为乏汽，是不是很形象？

乏汽凝结为水，该水称为凝结水。

凝汽器由一些金属管构成，管内通入冷水，管外是乏汽，热量自乏汽传递给冷水，乏汽得以冷却为凝结水。温度升高了的冷却水，被送入冷水塔的中部，在其下落过程中被空气冷却，再打入凝汽器内，如此反复，所以该冷却水称为循环冷却水。

给水泵的作用是提高水的压力，以使水进入锅炉。为什么要提高水的压力？因为凝汽器内的压力通常比外界大气压力还低，而锅炉内的压力则要高得多，压力不升高，水就无法进入锅炉。

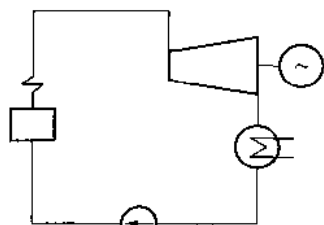


图 0-2 蒸汽动力装置系统简图

最后让我们简略地说明发电厂的生产过程。

如图 0-1 所示，水在锅炉中吸收热量变为一定参数的水蒸气，水蒸气进入汽轮机推动汽轮机转动，从汽轮机排汽口出来的乏汽，经凝汽器冷凝为凝结水后，用给水泵升高压力，再送回锅炉。如此周而复始，循环不断，就可以源源不断地产生电能。该过程可简要地用图 0-2 表示，图中的符号含义，

列示于表 0-1 中。

表 0-1

常见动力循环装置图例符号

装置名称	图例符号	装置名称	图例符号
锅炉		汽轮机	
发电机		凝汽器	
水泵		回热加热器	

二、本课程的内容

本书共有两篇。第一篇是工程热力学，第二篇是传热学。

热力学，本来是力学与热学融合的产物。但随着研究的逐步深化，涉及的内容越来越广泛，所以其内涵也随之改变。考虑到我们的需要，我们可以将热力学中的“热”，理解为“热能”，什么是热能？而将“力”理解成“机械能”。什么是机械能？这样，热力学就是研究热能与机械能相互转化规律的一门学科。热能向机械能的转化规律，自然是我们关注的核心问题。为什么？

工程热力学研究的是如何应用热力学规律，进行大规模的能源开发与利用。自然界的能量形式有很多，但各种形态的能量都最终转化为热能的形式，因此热能有其独特的意义。在人类获得电能的方法中，目前应用最广泛的是：先将其其他的能量转变为热能，然后把热能转变为机械能，最后利用机械能获得电能。我们介绍的火力发电厂生产过程就是这样做的。所以工程热力学是应用热力学规律，研究大规模、有效地实现热能与机械能相互转化的技术理论方法的学科。

电厂的根本任务就是完成能量形式的转化，所以能量转化的规律是电厂设计、生产的根本规律，由此也决定了工程热力学在电力生产中具有十分重要的地位。

火力发电厂的生产涉及大量的热量传递过程。如热量自高温烟气传递给炉水,凝汽器中的乏汽冷凝的过程等。电厂生产的各环节是相互联系的,为了顺利完成循环,必须保证热量传递具有相应的速度。这势必要求我们把握传热的规律。这就是传热学所要完成的任务。

考虑到后续专业课的需要,我们在第七章中简要介绍了理想气体的初步知识,作为选学内容。从内容上看,该章是独立的,我们安排在工程热力学的最后。

三、本课程的学习方法

下面仅就本教材与课程的特点,对其学习方法说明几点。

1. 抓住主线 理解本质

本课程是一门专业理论课,虽然其与专业课的距离较基础课近多了,但其根本目标依然属于理论。

作为一名工科学生,最终的目标确实不是搞理论研究的,而是重在实践应用。但由此认为只要记住几个概念,掌握几个公式,对于系统的理论只要了解一下的想法是非常有害的,也是十分错误的。

人类的任何实践如果没有理论的指导,是不行的。发电厂是人类完全依照自然规律之理论设计的系统,其理论指导的作用就更加彰显。

如果不懂得热力学基本理论,在电厂中工作,可以说犹如盲人摸象。其实热动专业的专业课——汽轮机与锅炉,其最根本的工作原理就是热力学理论。电厂实现热能到机械能转变的整体系统设计原理,也是工程热力学理论。

我们认为学习热工基础,其基本概念与公式是重要的,但更重要的是真正理解掌握其基本的规律与方法,并能够用来理解、解决实践问题。

因此学习本课程,要更重视对其理论实质的理解掌握。说得具体些,要形成一个整体的理论体系,而不要迷恋于学习了几个概念、几个公式,对于中专层次而言,我们未来基本不做什么计算,但我们需要真正明白生产的体系与过程,清楚某种变化可能引起的后果等。要达到该目标要求,必须真正理解理论的本质。为此,在学习时,要勤于思考,反复探讨;要始终抓住课程、章节的主线索,因此要高度重视教材提供的主线说明,每学习一部分新内容,要放到主线上,审视其所处的地位与作用。同时学员要自己动手书写每一节的线索,以融会贯通。

2. 注重独立思考 提高思维能力

知识固然很重要,但相对而言,方法与能力更加重要。为了训练正确的思维方法,为了提高提出问题、解决问题的能力,教材安排了一定数量的问题。一种是在行文过程中提出,有的采用变字体的形式给出,有的是没有变字体的设问。这些问题经过读者一定的努力,可以给出答案。无论结果是否正确,试图思考解答的过程,对我们能力的提高是大有帮助的。所以我们希望能充分利用教材提供的这些问题,先独立思考,尽量给出自己的解答,然后再研读教材,反复揣摩,并对照检查自己的思维方法与结果。需要强调,我们的目的是提高学员的能力。任何能力的培养,都需要经过反复的训练,这些问题就是为此而设计的。如果仅仅囿于知识的掌握,而排斥,厌烦,那么我们的期望将会落空。

右边附加的旁栏中的内容,有利于启发思维,开拓视野,建议学员也仔细揣摩。

3. 反复复习

本课程，特别是热力学部分，理论抽象，系统性强，要真正掌握，需要经过一个反复消化吸收的过程。

在该过程中，起初我们会觉得很明白，但过了一段时间，随着内容的增多，以及思考问题范围的扩大，我们会感到糊涂了。

这是学习的必然过程，关键是要锲而不舍，努力探究。不久，我们就又会感到明白了。此时我们会有一种豁然开朗的幸福感。

但这种令人舒服的感觉，可能又会被接下来的新的糊涂感觉所替代。

请记住：由明白到糊涂，从糊涂到明白，这样的过程，对任何一个初学者都会循环多次发生，其中必然与之相伴发生的是我们感情上的快乐与痛苦的交替。坚持住！要知道，每一次的循环，都是我们水平提高的标志！一般经过几次循环后，我们就会达到融会贯通的奇妙境界！

4. 适量练习

本教材，在每一节后，首先按照教材内容顺序，安排了识记性的“循序习题”，然后是有一定综合性的“习题”；在内容进行到一定程度后，编排了一定数量的复习题。

适量的练习是掌握本课程的必要学习环节，请尽量练习之。

最后，我们想特别强调，我们在书中，安排了一些“小议”、“顾名思义”等形式的内容。安排这些内容的目的，多数是属于启发思维、培养科学精神（比如科学的怀疑精神）的。由于其内容多属于作者的个人见解，观点难免偏颇，甚至错误，所以希望学员不要作为知识性的内容来对待。另外，为了培养科学思维的过程，我们对有些内容采用了研究式思维要求的行文顺序，这难免比传统教材多了一份拉杂之感。这种感觉，同样会来自于为满足不同学员要求的分层体系安排。这样的编排，仅仅是我们初步的探索。我们真诚地欢迎各方面的指教与批评，只要能起到使学员开阔思路、大胆质疑、努力创新的效果，能起到有利于不同层次教学使用的效果，我们的目的就达到了。

习 题

1. 锅炉、汽轮机、凝汽器、给水泵的作用各是什么？
2. 请你说出火力发电厂的生产过程，并画出其装置系统图。
3. 什么是工程热力学？
4. 应该怎样学习本课程？