



電力工業技工學校教材試用本

鍋 爐 熱 力 學

沈陽電力技工學校編

電力工業出版社

鍋 爐 熱 力 學

沈陽電力技工學校編

中華人民共和國電力工業部教育司推薦
作為電力工業技工學校教材試用本

內 容 提 要

本書首先敘述了热力学的基础知識，然后着重講述了燃料和燃燒理論、鍋爐热平衡和热效率試驗。

本書是电力工業技工学校教材試用本，也可作为电厂培訓教材及热机工人和技术人員的讀物。

鍋 爐 热 力 学

沈陽电力技工学校編

*

462R 106

电力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版登記證出字第032号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092¹/₃₂开本*7¹/₁₆印張*145千字*定价(第9类)0.90元

1956年11月北京第1版

1956年11月北京第1次印刷(0001—14,100册)

序 言

“電力工業技工學校教材試用本”原是沈陽電力技工學校 1955 年的教材，內包括鍋爐、汽機、電氣三個專業（每一專業分運行和檢修兩班）的 22 種教材。沈陽電力技工學校編寫這套教材是以本校的教學計劃和教學大綱為根據，這個教學計劃和教學大綱是參照蘇聯技工學校的教學計劃和教學大綱制定，經電力工業部審查批准的。

由於電力技工學校的學員大都是初中程度的青年，他們都不懂技術，生活經驗也不豐富，因此在編寫這套教材時，盡量使內容淺顯，說理簡明，通俗易懂，並且避免了一些複雜公式的繁瑣推演和證明。另外，因為這些學員在校畢業以後，經過現場短期的實習，就要投入生產，擔負火力發電廠的運行或檢修工作，所以教材的內容就特別注意到貫徹法規和規程，結合現場實際的需要，並在必要的地方作了淺近的解釋，目的是使學員到達現場以後，很快地熟悉生產過程並掌握操作技術。因此，“電力工業技工學校教材試用本”不僅可供電力技工學校的學員學習，而且也可作為各發電廠培訓技術工人的教材，還可作為工人進修的讀物。

隨着國家電力工業的蓬勃發展，電力技工學校和現場培訓工作也在迅速地前進。根據客觀需要，電力工業出版

社和沈陽電力技工學校共同研究，決定將1955年的教材修訂出版。這套教材經中華人民共和國電力工業部教育司推薦作為“電力工業技工學校教材試用本”。

參加編寫和修訂這套教材的教師是很多的，其中有電氣科的蔡元宇、吳修法、徐康吉、魏蔭蓀、施致中、王熹德等同志；汽機科有周祖惠、劉勸勛、樓維時、于學富、郁善同、康文秀、林慶、齊恩海等同志；鍋爐科有李加夫、余立培、孫向方、蔣世徵、董樹文、劉少青、郭新民、王景龍、張印、孫吉星、王慶翰等同志；基礎技術科有李天璞、程與權、杜金祥、吳淑華、李恒章、樊學忠等同志。在修訂過程中，重慶電力技工學校張盛榮同志協助編寫汽機專業熱工學教材，重慶、上海二校教師周基善、蔡紹勤、胡駿之等同志對修訂教材提出了許多寶貴的建議，並校對了部分教材，特此對他們表示感謝。

“鍋爐熱力學”的編寫，主要是參考“熱工學理論基礎”(A. M. 李特文著，陳學俊譯)、“熱工學基礎”(裴堯作譯)、“鍋爐的燃燒理論及熱平衡”(韓士信等編譯)等書，在此，謹向這些書的著譯者致謝。

雖然修訂教材的同志們在主觀上盡了最大的努力，但由於限于水平，修訂時間短促，因而不完善的地方無疑是存在的，我們誠懇地希望讀者提出意見和批評，以便再版時修正。

沈陽電力技工學校

1956年9月

目 录

序 言

第一篇 热力学基础知识

第一章 基本知识	5
第1节 工业上的度量制度	5
第2节 功、功率、能	11
第3节 压力、真空	17
第4节 温度、热	25
第5节 热的传播	30
第6节 简单的气体性质	43
第7节 热力学定律	49
第二章 工质-水蒸汽	54
第1节 蒸汽的发生过程	54
第2节 蒸汽的品质及其热焓与比容	56
第3节 水蒸汽表与 $i-s$ 图	60
第4节 发电厂的经济技术指标(汽耗与煤耗)	69

第二篇 燃料与燃烧理论

第三章 燃料	69
第1节 燃料的种类	70
第2节 煤	73
第四章 煤的燃烧理论	95
第1节 煤中可燃质的燃烧概念	95
第2节 完全燃烧 1 千克煤所必需的理論空气量	101
第3节 燃烧产物的成分分析及容积的计算	103

第4节	过剩空气系数的计算	111
-----	-----------	-----

第5节	空气和烟气实际体积的计算	119
-----	--------------	-----

第三篇 鍋爐热平衡及热效率試驗

第五章	鍋爐热平衡和热效率	122
-----	-----------	-----

第1节	热平衡的意义	122
-----	--------	-----

第2节	机械未完全燃烧热損失的计算	124
-----	---------------	-----

第3节	排烟热損失的计算	133
-----	----------	-----

第4节	化学未完全燃烧热損失的计算	139
-----	---------------	-----

第5节	鍋爐散热損失的计算	144
-----	-----------	-----

第6节	利用在生产上的热量	146
-----	-----------	-----

第7节	鍋爐热效率	149
-----	-------	-----

第六章	热效率試驗	154
-----	-------	-----

第1节	鍋爐热效率試驗的概念	154
-----	------------	-----

第2节	試驗前的准备工作	156
-----	----------	-----

第3节	煤粉爐的調整試驗	174
-----	----------	-----

第4节	鏈条爐的調整試驗	176
-----	----------	-----

第5节	正式試驗	182
-----	------	-----

第七章	热效率試驗后的工作	183
-----	-----------	-----

第1节	試驗后的分析	183
-----	--------	-----

第2节	試驗后的总结	185
-----	--------	-----

第3节	試驗后的应用	187
-----	--------	-----

第4节	風机特性試驗与風平衡	190
-----	------------	-----

第5节	鍋爐負荷的經濟調度	199
-----	-----------	-----

复習題(第一章—第七章)		202
--------------	--	-----

附 录

1. 飽和水蒸汽(按溫度作)表	210
-----------------	-----

飽和水蒸汽(按压力作)表	214
--------------	-----

2. 水与过热蒸汽表	220
------------	-----

3. 水蒸汽的 $i-s$ 圖	220
-----------------	-----

第一篇 热力学基础知识

第一章 基本知识

第1节 工业上的度量制度

量及其测量：长度、面积、体积、时间等等以及研究各种物理现象所要用的量，我们都把它叫作物理量。

测量一个量的意思，就是要知道这个被测的量是另一个被定作测量单位的量的多少倍。比方说，要测量一个房间的容积是另一个容积的多少倍，这确定的容积叫作立方米，它被采用作为测量的单位。测量火车从北京开到莫斯科所需的时间，就是说，要知道这一段时间是另一段确定时间的多少倍，这段确定的时间叫作小时，它被采用作为测量的单位。

下面我们来研究测定长度、面积、体积和质量的办法。

一、长度的测量

公制长度的度量单位叫作“米”。在巴黎“国际度量衡局”里保存着铂制的量器，称为“米原器”，就是标准的长度单位。各国按着原器制成“副原器”，按着“副原器”制造通常的“米达尺”，就是用于测量长度的“米”。

测量长度仅用一个单位还感到不方便。如用米测量较

大的距离，数字就很大；因此，我们就应用另一长度单位——千米(公里)。但是，很小的一段距离用米去量，也感到不方便；因此有比米更小的单位。这些单位是：厘米、毫米，它们之间的关系可用下面的长度单位表表示：

表 1

名 称 单 位	千米(公里)	米	厘 米	毫 米
千米(公里)	1	10^3	10^5	10^6
米	0.001	1	10^2	10^3
厘米	0.00001	0.01	1	10
毫米	0.000001	0.001	0.1	1

从上表可以看出它们之间的关系。

$$1 \text{ 米} = 100 \text{ 厘米};$$

$$1 \text{ 米} = 1000 \text{ 毫米}.$$

为了便于书写；可用拉丁字作为符号。米用 m 代替，千米用 km 代替，厘米为 cm，毫米为 mm。

根据以上所说，可以知道：度量单位间的关系都是十进位的，这就大大地简化了计算的手续，这是公制的最大优点。

例一：测得一根导管的长度为 25 米 3 厘米 5 毫米，试将导管长度化为米。

先把 3 厘米化为米。因 $1 \text{ 厘米} = 0.01 \text{ 米}$ ，所以：

$$3 \text{ 厘米} = 3 \times 0.01 = 0.03 \text{ 米}.$$

再把 5 毫米化为米，因 $1 \text{ 毫米} = 0.001 \text{ 米}$ ，所以：

$$5 \text{ 毫米} = 5 \times 0.001 = 0.005 \text{ 米.}$$

导管全長为:

$$25 + 0.03 + 0.005 = 25.035 \text{ 米.}$$

例二: 將“例一”中导管的長度化为毫米。因1米=1000毫米, 所以:

$$25 \text{ 米} = 25 \times 1000 = 25000 \text{ 毫米};$$

$$3 \text{ 厘米} = 3 \times 10 = 30 \text{ 毫米};$$

导管全長为: $25000 + 30 + 5 = 25035 \text{ 毫米}.$

二、面积的测量

面积的單位定为边長等于單位長度的正方形的面积。边長一米的正方形的面积叫做米²(m²); 边長一厘米的正方形的面积叫做厘米²(cm²); 边長一毫米的正方形的面积叫作毫米²(mm²)。

这些面积当中的任何一个都可以取作面积的單位[此外还有其它的單位, 例如1千米²(1 km²)]。

測定某一面积的意思, 就是要知道这面积是單位面积的多少倍, 要测量大的面积时, 用較大的單位(例如米²)就比較方便, 要测量小的面积时, 則用較小的單位(厘米²与毫米²)。

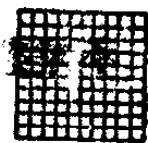


圖 1

圖 1 表示一个平方厘米被分成許多个平方毫米的情况, 由圖中可知 $1 \text{ 厘米}^2 = 100 \text{ 毫米}^2$ 。

三、体积的测量

体积(容积)的單位定为边長等于單位長度的立方体的体积。

边長1米的立方体的体积叫作米³(m³); 边長1厘米

的立方体的体积叫作厘米³ (cm³)；以此类推。这些体积当中的任何一个都可以取作体积单位。

要测定某一个体积(容积)的意思，就是要知道它是单位体积的多少倍。圖 2 表示一个米³ 被分成许多个厘米³，为了明显起见，其中一个画在外面。

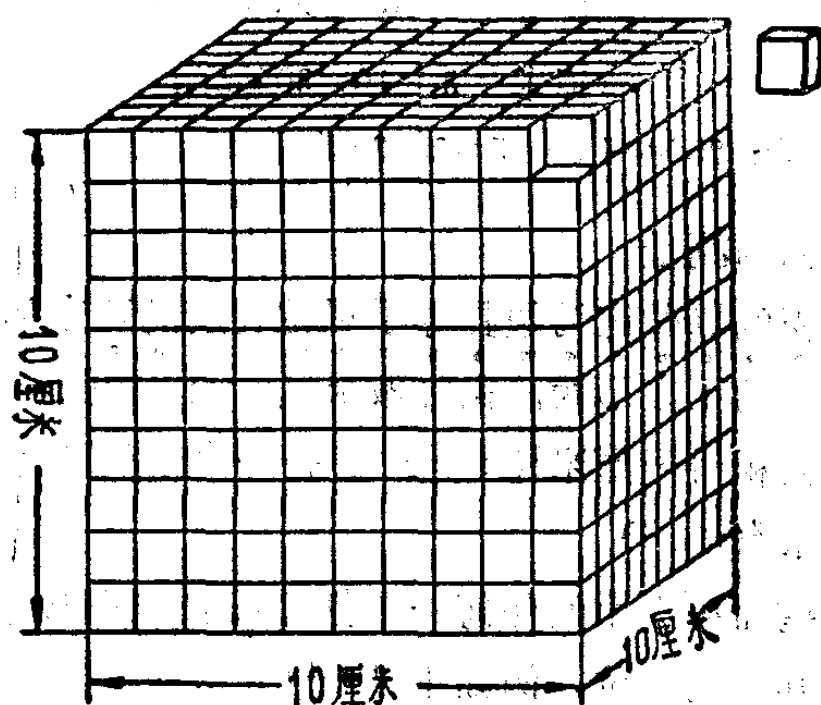


圖 2

不难想到：

$$1 \text{ 分米}^3 = 1000 \text{ 厘米}^3,$$

$$1 \text{ 米}^3 = 1000 \text{ 分米}^3 = 1\,000\,000 \text{ 厘米}^3.$$

1 分米的体积又叫升(1 L)。工业中最常用到的体积单位是：1 米³、1 分米³、1 厘米³。

一定量液体的体积可以用量筒与量杯(圖 3)来测量。在量筒及量杯的壁上画有刻度，根据刻度可以读出液体的体积是多少立方厘米或者多少立方毫米。这样所得的读数应该从液面下界读得的，像圖 3 所表示的那样。

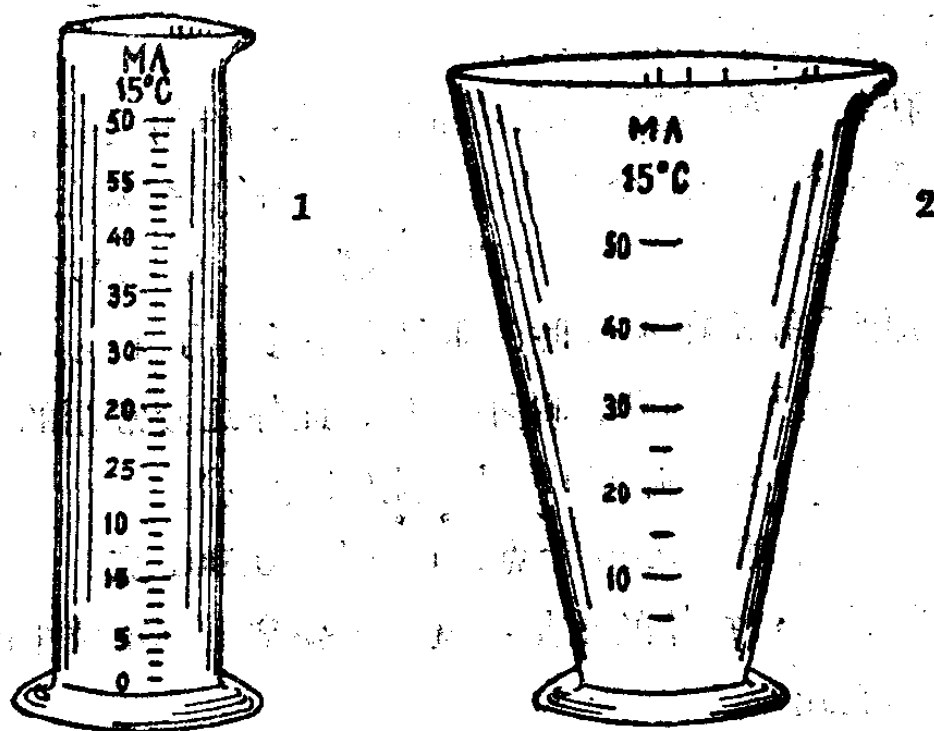


圖 3

許多種物體的體積，可以根據它們的某些直綫尺寸來計算。

四、重量和質量

一切物體都被地球所吸引，我們把這種引力叫作重力或者重量。通常把保存在國際度量衡檢定局中的鋼制圓柱（原器）的重量（在緯度 45° 的海平面上）定為重量單位。這個單位稱為重量千克。

按着這個國際原器已經作了 40 個極精確的仿製品，發送到每個國家里去，這些仿製品中有許多成了那些國家的國家原器。根據這個標準又製造出了許多直接在生活中使用的秤錘和砝碼等，這種秤錘和砝碼每隔一定時期需要檢查一次，看它的重量變化了多少。

應當特別指出，重量單位所指的不是原器本身，而是

地球对它的吸引力。

在物理学中通常不采用重量千克，而用它的千分之一作为重量单位，这个单位叫作克。1 分米³ 纯水在 4°C 时的重量差不多等于 1 千克(较准确的数字是 0.99997 千克)，而 1 厘米³ 纯水在 4°C 时的重量差不多等于 1 克，这差别在大多数情形下可以忽略不计算。此外比较常用的重量单位还有重量吨(1 吨)和重量毫克(1 毫克)。

$$1 \text{ 吨} = 1000 \text{ 千克}; 1 \text{ 毫克} = 0.001 \text{ 克}.$$

测量一个物体的重量，就是说要拿上述单位中的某一个来和它比较。

每一个物体都含有一定数量的质料，有些物体包含的多一些，有些则包含的少些。

包含在某物体内的质料的量，称为这个物体的质量。

理解这个概念是有困难的，因为各种物体的质料的性质是不相同的。但是，一切物体都有一个共同的性质，它们都有惯性，物体惯性的大小就表示质量的大小。称质量的仪器是天平，如果两个物体在天平的两个盘上互相平衡了，我们就认为这两个物体的质量相同，不管它们是由什么质料构成的。另外，在同一地点，两个物体的重量相同，质量也相同。

质量的单位叫作质量千克(1 kg)。质量千克的千分之一叫作 1 克。此外，质量吨(1 吨 = 1000 千克)也是常用的单位。

第2节 功、功率、能

一、力所作的功

在日常生活中，我們把各种性质的活动叫作工作，其中也包括智力活动。我們衡量工作的大小，是根据它所引起的疲乏程度和所花費的时间，或者根据它所得的结果的有效程度。

在力学中，所謂功就是物体受力作用而移动的过程。

一工人持某重物而静止不动，从一般的观点来看，因为他感到疲乏，應該說是作了功，然而从力学观点来看，这一工人并没有作功。因为重物静止不动，沒有在重力作用下移动一点路程，沒有运动就不能作功，所以我們說他没有做功。

如果物体不受外力的作用而移动了某一距离（例如当物体沒有受到阻力，由于惯性而移动时），在这种情况下，照样不能說它是作了功，因为沒有力就不能作功。

現在讓我們考察一种情况：当一物体受力 F 的作用而沿这力的方向移动距离 S （圖4），因为力和受力作用时，所經過的行程是作功的必要条件，所以作功的度量或者大小必須要以力和距离来表示。当力的方向与运动方向相同时（圖4），我們便規定把力与距离的乘积作为功的度量，就是說，如以 A 表示所作的功，可得公式：

$$A = F \cdot S. \quad (1)$$

式中 F 表示力， S 表示距离。

譬如當我們將一重量为 Q 的重物，均匀地举起高度 h

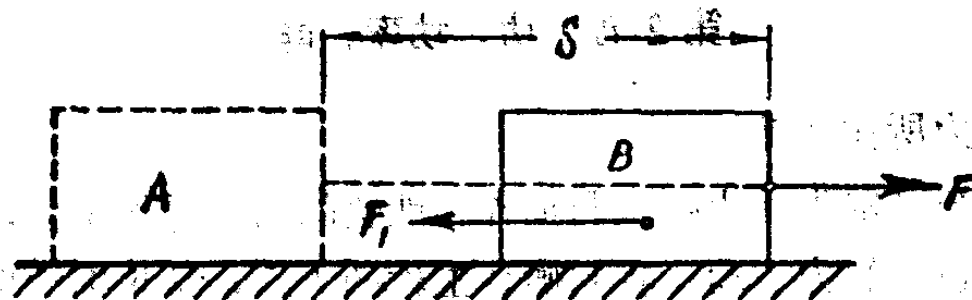


圖 4

时，必須有一向上作用于重物的力，其大小与 Q 相等，因此，均匀举重所作的功，可由 Q ， h 的乘积来表示：

$$A = Q \cdot h. \quad (2)$$

二、功的單位

为了求出在公制里功的單位，可以設 $F = 1$ 达因， $S = 1$ 厘米，所以 $A = 1$ 达因 $\times 1$ 厘米 $= 1$ 达因·厘米 $= 1$ 尔格。

在厘米克秒制^①里，功的單位叫尔格。

1 尔格就是 1 达因力使物体沿着力的方向运动 1 厘米所作的功。

如用克厘米/秒²来代替达因，則尔格也可以用克厘米²/秒²来代替。

較大的功的單位为焦耳。1 焦耳等于 10⁷ 尔格。 1000 焦耳又叫作千焦耳(或千焦)。

在实际上，特别是在电学的应用上，常常用下列功的單位：

^① “厘米克”秒制單位是由三个基本單位(1 厘米——長度，1 秒——時間，1 克——質量)和三个导出單位(1 厘米/秒——速度，1 厘米/秒²——加速度，1 克厘米/秒²或达因——力)所組成的單位制度。

3600 焦耳——瓦特小时。

360 000 焦耳——百瓦特小时。

3 600 000 焦耳——千瓦特小时。

在实用制里，取 $F=1$ 千克， $S=1$ 米，即 $A=1$ 千克 $\times 1$ 米 = 1 千克米。

在实用单位制里，功的单位叫作千克米，即 1 千克的力使物体沿着力的方向移动 1 米所作的功。

两种制度里功的单位，一种是千克米，另一种是尔格与焦耳。这两种制度单位之间关系如下：

1 千克米约等于 9.8 焦耳(0.0098 千焦耳)。

1 千焦耳等于 102 千克米。

三、功率、功率的公式、功率单位

如果只知道各种动力机械所作的功的数值，而不知道它们作这些功所费的时间，我们就不可能比较它们效率的大小。例如，人在某种情形下共作了 135 000 千克米的功，而汽车在另一种情形下共作了 120 000 千克米的功，但是总不能说人在任何情形下，作功的效率比汽车都要太些。为了研究各种机械功功率的大小，应该观察它们在相同时间内各作了多少功。因此，在物理学上就用一个新的量——功率。

功率就是单位时间所作的功。

如果用 A 表示功，用 t 表示时间，用 P 表示功率；根据定义，这三个量相互关系可以用如下的公式来表示：

$$P = \frac{A}{t} \quad (3)$$

假如一物体受 F 力作用沿力的方向作等速移动，则
 $A = F \cdot S$, $P = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot V$ ，因此功率还可以得到一个
 公式：

$$P = F \cdot V \quad (4)$$

由功率的公式显然可见，功率的单位应定为单位时间内完成单位功的功率。

取单位功为 1 千克米，单位时间为 1 秒，则得：

$$\text{单位功率} = \frac{\text{单位功}}{\text{单位时间}} = \frac{1 \text{ 千克米}}{1 \text{ 秒}} = 1 \text{ 千克米/秒}$$

因此，在一秒内作一千克米的功的发动机的功率，就是一个单位功率。

在工程中，发动机（蒸汽机、汽轮机、内燃机等等）的功率通常以更大的单位——马力来表示。1 马力与 1 千克米/秒之间关系为：

$$1 \text{ 马力} = 75 \text{ 千克米/秒}$$

在电工学中常常应用瓦特的功率单位，就是在一秒钟内完成一焦耳的功，这一功率就叫瓦特。

$$1 \text{ 瓦特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 秒}} = 1 \text{ 焦耳/秒}$$

由上述可得 1 瓦特与 1 千克米/秒的关系：

$$1 \text{ 瓦特} = 0.102 \text{ 千克米/秒}$$

或

$$1 \text{ 千克米/秒} = 9.8 \text{ 瓦特}$$

此外，还有应用下列功率单位的：

$$1 \text{ 千瓦} = 1000 \text{ 瓦特} = 102 \text{ 千克米/秒}$$