

内 燃 机

苏联 A. M. 雷多瓦尔 著
吴兆汉 梁有方 译

人民邮电出版社

內 燃 机

苏联 A. И. 密多瓦尔 著

吳兆漢 秦有方 譯

人 民 郵 電 出 版 社

А. И. Медовар
Двигатели Внутреннего Сгорания
Москва—1949

本書是苏联邮电部 全苏邮电中等技术函授学校教材，原書經苏联邮电部学校教育处審定为邮电学校教学参攷書。全書共十一章，分为三个主要部分：1)热力学；2)燃料；3)內燃机。內容簡明扼要，系統明确，每章后均附有复習問題，可以供电信学校学生使用，也可以供通信企業电力技术人員自學，参攷使用。

本書由北京工業学院吳兆漢、秦有方譯出，吳大昌校訂。

內 燃 机

著 者:	苏聯 A. И. 密 多 瓦 尔
譯 者:	吳 兆 漢 秦 有 方
校 者:	吳 大 昌
出 版 者:	人 民 邮 电 出 版 社 北京东四区 6 条胡同 13 号
印 刷 者:	人 民 邮 电 出 版 社 南 京 印 刷 厂 南京太平路戶部街 15 号
發 行 者:	新 華 書 店

書号有99 1957年3月南京第一版第一次印刷1—7,570册

850×1168 1/32 102頁 印張 $6\frac{12}{32}$ 印刷字数152千字 定价(10)1.0元

★北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八号★

原 序

由于在邮电中等技术学校缺乏适合内燃机课程大纲的系统化书籍，学生在学习这门课程时，就感到困难，并且对于学生家庭作业与实验工作的有限时间，也影响其利用效果。

邮电中等技术学校分配给这门课程的时间是100小时，而发动机实验室实习课约佔其中的40%。

这门课程中十分必需的材料分散在数十本书里，而学生却需要在很短的时间中学完这个课程。因此学生不得不化很多的时间去参考大量的书籍，并且还需要有综合书中知识的能力，才能使这些知识形成关于某些发动机的某种程度的完善的概念。

编写本书的理由，就是为了补救上述的缺点。

本书是根据全苏联中等技术函授学校“内燃机”的大纲编写的。

全书的内容共分为三个主要部分：1)热力学，2)燃料，3)内燃机。

最后一部分是叙述一些在通信事业中采用得最多的发动机。

本书所叙述的材料尽可能的采用了图表以及数字的例子，这一点请特别注意。

为了更好地掌握所述的材料，在每章的终了都提出了复习问题。

本书供邮电学校的学生使用，也可以供通信用动力站的各个工程技术工作人员使用。

本书的材料除了作者亲身实践的和教学的经验之外，还参考了各种书籍，这些参考书的书目附在本书的后面。

作 者

目 錄

原 序

第 一 章 热 力 学

热力学的对象····· (1)	絕热过程····· (23)
气体的参数····· (1)	多变过程····· (27)
气体和混合气体的热容 量····· (5)	热力学第二定律。可逆 过程····· (32)
等容热容量和等压热容 量 (C_v 和 C_p) ····· (8)	周而复始的过程或循环 (33)
混合气体的热容量····· (13)	卡諾循环····· (35)
热力学第一定律····· (13)	热力学第二定律的定 义····· (38)
气体所完成过程的圖解 表示法····· (15)	內燃机的理想循环····· (38)
等容过程····· (16)	循环的热效率····· (39)
等压过程····· (17)	热效率和各种因素的关 系····· (43)
等温过程····· (19)	复習問題····· (48)

第 二 章 內 燃 机

內燃机的分类····· (49)	机的示功圖····· (54)
按 $V = \text{常数}$ 循环工作的 迅速燃燒四冲程發動机 的一般構造····· (50)	迅速燃燒的二冲程發動 机的一般構造和工作簡 圖····· (57)
迅速燃燒的四冲程發動 机的工作过程簡圖····· (52)	迅速燃燒的二冲程發動 机的示功圖····· (59)
迅速燃燒的四冲程發動	燒球式發動机的一般構

造..... (60)	无压缩机柴油机的一般
压缩机式柴油机的一般	構造..... (65)
構造和工作簡圖..... (62)	复習問題..... (67)

第 三 章 內燃机的燃料和潤滑材料

燃料的种类..... (68)	燃燒过程..... (76)
液体燃料..... (68)	潤滑材料..... (79)
燃料的物理化学性質... (70)	对潤滑油的基本要求... (79)
气体燃料..... (74)	复習問題..... (81)
关于燃料的热值..... (75)	

第 四 章 发动机的功率和经济性

平均指示压力 P_i ... (82)	指示效率 η_i (91)
根据取得的示功圖决定	有效功率 N_e (92)
平均指示压力..... (86)	发动机的經濟性。有效
发动机的指示功率	效率 η_e (95)
N_i (89)	复習問題..... (98)

第 五 章 汽化器式发动机中混合物的形成和点火

最簡單的汽化器的工	的工作簡圖..... (113)
作..... (98)	同轉綫卷式磁电机的構
霧化式汽化器的簡單理	造..... (117)
論..... (101)	同轉磁鉄式磁电机的工
補償噴管式汽化器..... (106)	作簡圖和構造..... (121)
气压制动燃料式汽化	电点火火花塞..... (125)
器..... (111)	复習問題..... (126)
磁电机点火系。磁电机	

第 六 章 无压缩机式柴油机中混合物的形成

混合物形成的方法..... (127)	散燃料的柴油机..... (127)
射流噴散燃料或直接噴	利用射流噴散燃料时的

空气涡流运动…………… (129)	无压缩机式柴油机的燃
利用预燃室喷散燃料的	料泵…………… (139)
柴油机…………… (131)	无压缩机式柴油机的喷
涡流室式柴油机…………… (134)	咀…………… (147)
空气室式柴油机…………… (137)	复习问题…………… (152)

第七章 燒球式發動機混合物的形成

燃料的噴散，混合和燃	調速器和噴咀…………… (155)
燒…………… (153)	燒球式發動機的起動… (159)
燒球式發動機的燃油泵、	复习問題…………… (159)

第八章 發動機轉速的調整

發動機調速的意義和實	質調整法…………… (163)
質…………… (160)	混合調整法…………… (164)
量調整法…………… (161)	复习問題…………… (164)

第九章 發動機的冷卻

發動機的冷卻方法…… (161)	空氣冷卻…………… (169)
水冷卻…………… (165)	复习問題…………… (170)

第十章 發動機的起動

汽化器式發動機及輕型	的起動…………… (175)
高速柴油機的起動…… (171)	复习問題…………… (177)
固定式无压缩機柴油機	

第十一章 裝在通信用電力站上的常用發動機的簡述及其數據

發動機的標志…………… (178)	无压缩機式A16/20型柴
A-3½型發動機…………… (179)	油機…………… (188)
1 A20/24 (A—22)型	M710.5/13型无压缩機
燒球式發動機…………… (186)	式柴油機…………… (194)
	复习問題…………… (196)

附 錄

參考書

第一章

热力学

热力学的对象

工程热力学是研究热转变为机械功的科学。

热力学分为两个部分：气体和蒸气。

由于在内燃机中将热转变为功的工作物质是气体，因此我们研究的对象只是气体。

气体的参数

决定工作物质状态的数量称为参数。属于这些参数的数量有以下各项：

1. 容积。
2. 压力。
3. 温度。

气体的容积

任意数量气体的全部容积通常用字母 V 立方公尺来表示。1 公斤气体的容积称为比容，用小写字母 v 立方公尺 / 公斤来表示。于是

$$v = \frac{V}{G} \quad \text{立方公尺/公斤。} \quad (1)$$

式中 G —— 气体的重量，以公斤计。

1 立方公尺气体的重量称为比重，用 γ 公斤 / 立方公尺来表示，

于是

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \text{公斤/立方公尺} \quad (2)$$

由(1)和(2)的关系, 可得

$$\gamma = \frac{1}{v},$$

即比容和比重互为倒数。在表1中列出某些气体的比重的数值。

气体的压力

压力是作用在物体单位面积上的力。以公斤/平方公尺来量度的压力用字母 P 来表示; 以公斤/平方公分来量度的压力用字母 p 来表示。物理的大气压力和工程的大气压力不同。物理的大气压力是海平面上大气的平均压力, 它在 0°C 时用 760 公厘高度水银柱的压力来量度的。

1 个物理大气压力以公斤/平方公分为单位时等于:

$P = 13.596 \times 1000 \times 0.76 = 10332.9 \approx 10333$ 公斤/平方公尺 = 1.033 公斤/平方公分, 式中 13.596×1000 公斤/立方公尺是水银的比重。

1 个工程大气压力以公斤/平方公分为单位时等于:

$P = 10000$ 公斤/平方公尺 = 1 公斤/平方公分。

除了所指出的用公斤/平方公分为单位来量度气体压力的方法外, 还采用其他的方法来量度, 即采用和气体压力相平衡的液柱的高度来测量。例如, 1 个工程大气压力以水银柱的公厘数来量度时, 等于:

$$1 \text{ 大气压} = 760 \times \frac{10000}{10333} = 735.6 \text{ 公厘水銀柱}$$

为了得到真实的或者絕對的压力，必須將压力表的讀数加上大气空气的压力，即加上气压表的压力（气压表指示大气的絕對压力）。

因此

$$P_{\text{絕對}} = P_{\text{压力表}} + P_{\text{气压表}}$$

低于大气压力的压力，用真空表來量度。真空表指示出大气压力超出气体压力的压力数。

因而，假定在絕對压力低于大气压力的情况下（例如內燃机的進气和排气），要量絕對压力时，就要將气压表的讀数减去真空表的讀数，即

$$P_{\text{絕對}} = P_{\text{气压表}} - P_{\text{真空表}}$$

最簡單的真空表是一个垂直的或傾斜的装着有顏色的水或水銀的玻璃管（圖1）。管子的一端放入裝有液体的小杯中，杯中的液体和大气相通，而管的另一端則和要确定稀薄度的介質相接。玻璃管兩端液体的高度差用水柱的公厘数來量度，这高度差就是表示介質的稀薄度（真空度）。很明顯的，高度 h 是和压力 p_1 、 p_0 的差数有关。根据流体靜力学的平衡，可以寫成 $p_1 - p_0 = \gamma h$ 。量出 h 的公尺数，并查出水的比重 $\gamma = 1000$ 公斤 / 立方公尺，即可得到 1 大气压力的压力差：

$$p_1 - p_0 = 10000 \text{ 公斤 / 平方公尺,}$$

于是

$$h = \frac{p_1 - p_0}{\gamma} = \frac{10000}{1000} = 10 \text{ 公尺,}$$

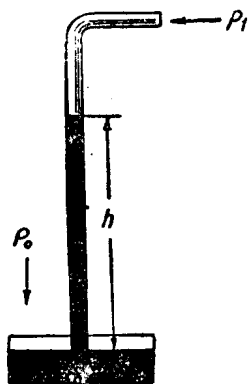


圖 1. 最簡單的真空表

即 1 大 气 压 相 当 于 10 公 尺 或 者 10000 公 厘 水 柱 的 高 度。

因 而， 1 公 厘 的 水 柱 相 当 于 0.0001 公 斤 / 平 方 公 分 的 压 力。

汽 化 器 中 的 稀 薄 度 通 常 都 是 利 用 这 种 的 液 体 真 空 表 來 量 度 的。

例 如， 假 定 真 空 表 的 讀 数 等 于 500 公 厘 的 水 柱， 即 表 示 和 这 仪 表 相 連 接 的 汽 化 器 的 压 力 低 于 該 一 瞬 間 外 面 的 压 力 500 公 厘 的 水 柱， 也 就

是 低 0.05 大 气 压。

气 体 的 温 度

符 号 t 相 当 于 按 攝 氏 表 量 度 的 温 度， 符 号 T 相 当 于 按 絕 对 温 度 (或 凱 尔 文 度 数 $T^{\circ}K$) 量 度 的 温 度。 如 众 所 周 知 的：

$$T = 273 + t。$$

状 态 的 特 性 方 程 式

上 述 各 参 数 之 間 的 关 系， 可 以 用 特 性 方 程 式 來 确 定， 即 对 于 1 公 斤 气 体

$$\boxed{Pv = RT} \quad (3)$$

將 方 程 式 兩 端 各 乘 以 气 体 的 重 量 G 。

則

$$PvG = GRT,$$

但 是

$$vG = V。$$

代入后即可得到对于 G 公斤气体的特性方程式为

$$\boxed{PV = GRT} \quad (4)$$

这便成为适用于任意数量气体的特性方程式的另一种形式。

气 体 常 数

数值 R 称为气体常数, 它对于每一种气体都有一个固定的数值。

对 R 解方程式 (4), 可得:

$$R = \frac{PV}{GT} \quad \text{公斤公尺 / 公斤 } ^\circ K。$$

这式子可以作出关于气体常数 R 的物理意义的结论, 即 R 为 1 公斤气体在等压下加热 1° 时膨胀功的公斤公尺数。

例, 求 $G = 1$ 公斤的空气在 $0^\circ C$ 和 760 公厘水银时的气体常数。

当 $0^\circ C$ 和 760 公厘水银柱时, 空气的比重 $r = 1.293$ 公斤 / 立方公尺,
于是

$$R = \frac{10333}{273 \times 1.293} = \frac{37.8}{r} = \frac{37.8}{1.293} = 29.27 \text{ 公斤公尺 / 公斤 } ^\circ K$$

在表 1 中列出某些气体的比重和气体常数的数值。

气体和混合气体的热容量

热容量是物体自己吸收、接受热能的特性。

如众所周知的, 不同成份的物体, 虽然是同样的重量加热到同样的程度 (即同样的温度), 但它们吸收的热量却大不相同。例如,

气体的某些物理特性

表 I

气 体	化 学 公 式	分 子 量 m	比 重		气体常数 R 公斤公尺/公斤 $^{\circ}K$
			当 $15^{\circ}C$ 和 1公斤/平方公分 时, 以 公斤/立 方公尺 計	当 $0^{\circ}C$ 和 760公 厘水銀柱时, 以 公斤/立方公尺 計	
空 气	混合气体	28.90	1.188	1.293	29.27
氧	O_2	32.00	1.312	1.429	26.50
氮	N_2	28.08	1.151	1.251	30.26
氢	H_2	2.016	0.0827	0.0899	420.60
一氧化碳	CO	28.00	1.148	1.250	30.29
二氧化碳	CO_2	44.00	1.304	1.977	19.27
乙 炔	C_2H_2	26.016	1.066	1.176	32.59
甲 烷	CH_4	16.032	0.653	0.717	52.89
照 明 气	混合气体	12.58	0.516	0.0562	67.40

加热 1 公斤的水所消耗的热量约为加热 1 公斤的铁, 提高了同样温度, 所消耗的热量的 9 倍。由此可见, 物体吸热的能力和物体自然特性有关。1 公斤的物体加热 1° 时所需要的卡数(大卡)称为单位热容量或者简称热容量。

许多实验的研究指出: 固体、液体以及气体的热容量都与它们加热时的温度有关。当加热前后温度差不很大时, 固体、液体热容量的变化并不显著, 因此这些物体的热容量可以看作是常数。

气体的热容量的变化是不能忽视的: 因为在各种的热力工程的过程中, 温度的变化很大。例如在内燃机中温度变化的范围很广, 从 50 到 $1700^{\circ}C$, 在这种情况下要是不注意到热容量的变化(即 $C = f(t)$), 就会发生错误。

平均热容量和真实热容量不同。

平均热容量的概念是: 当 1 公斤的物质加热 $t_2 - t_1$ 度时, 消耗

某些热量 Q ，將 Q 用 t_2-t_1 來除就是平均热容量；用 C_m 來表示平均热容量，就可以寫成

$$C_m = \frac{Q}{t_2 - t_1}。$$

正如前面所說过的，热容量是个变化的数值，甚至对于同一种物質也是变值（因为它和气体温度的变化大小有关），因此必須有表示任一溫度范围的真实热容量的公式。

当 Δt 減小时平均热容量趋近的極限称为真实热容量，即

$$C = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}。$$

由这式子即可以确定出气体状态变化时所必需的热量：

$$dq = C dt$$

和

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} C dt。 \quad (5)$$

为了使計算簡單起見，可以認為所討論的溫度范围（ t_1-t_2 ）中的真实热容量仍为常数，于是

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} C dt = C(t_2 - t_1)。 \quad (6)$$

当热容量是定值时，在 $q-t$ 座标上的 q 和 t 的关系可以用直綫 AB （圖2）來表示。这是由于热量是和溫度成比例增加，并且在所有的溫度范围内，当加热的度数相同时，所加的热量也相同。

当热容量是变值时，所說的比例也变化，因此 q 和 t 的关系也不能用直綫來表示，而是用某种曲綫表示（見圖3）。利用这个曲

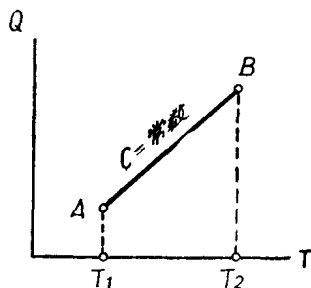


圖 2. 定值热容量的直綫

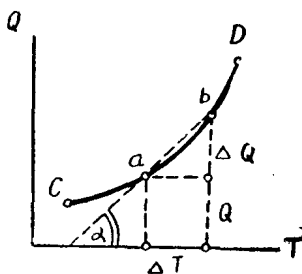


圖 3. 变值热容量的曲綫

綫，便可求出在任一給定的溫度（例如 t_1 ）时的真实热容量。在这种情况下，热容量可以由曲綫上某一点的切綫和横座标軸之間的 α 角正切值來确定，因为按照圖上所示：

$$\operatorname{tg} \alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}。$$

等容热容量和等压热容量 (C_v 和 C_p)

气体的热容量不僅和溫度有关，而且也 and 气体加热时外界条件有关。在这种情况下，当气体加热时压力或容積变化所產生的影响具有主要的意义。

气体的等容热容量 (C_v)

將 1 公斤的气体在密閉的容器中加热（圖 4），使它的容積保持不变：这时，气体对于容器壁的压力随溫度上升而提高，为了提高 1°C 所消耗的热量 C_v 称为等容热容量。

气体的等压热容量 (C_p)

假定，在类似的实验中，容器是由一个可动的活塞关闭着，这

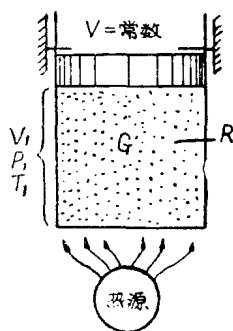


圖 4. 在等容时气体的加热

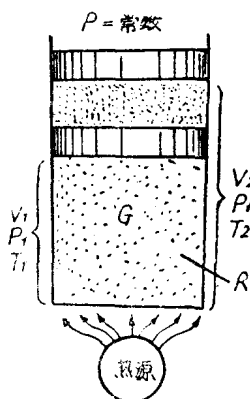


圖 5. 在等压时气体的加热

活塞可以自由地运动，而且沒有摩擦（圖 5）。

令活塞上的压力等于 P 公斤/平方公尺，而气体的容積等于 V_1 立方公尺；如果我們开始加热，气体就开始膨胀并保持压力不变。这时，气体温度增加 1° ，則气体將具有 V_2 立方公尺的容積，并且頂起了活塞，在頂起活塞时便作了功

$$P(V_2 - V_1) \text{ 公斤公尺。}$$

在这种条件下，加热气体所消耗的热量称为等压热容量，用字母 C_P 来表示。由此可見，在等压时所加的热量多于在等容时加热同数量气体所必需的热量，即 $C_P > C_v$ ，所多出的数值是消耗于气体的膨胀功。

用 R 表示气体的外功，即

$$R = P(V_2 - V_1),$$

（气体常数 R 的物理意义参考第 5 頁），于是可得

$$C_P = C_v + AR$$

或

$$C_P - C_v = AR$$

(7)

式中的 $A = \frac{1}{427}$ 卡/公斤公尺，是功的热当量。

由此可見，气体的等压热容量和等容热容量的差数是常数。

在解决許多热力学的问题中，經常利用比值 $\frac{C_P}{C_v}$ ，这比值通常用字母 k （絕热指数）來表示。

根据以前所說的，大家都知道 $R = \frac{848}{m}$ ，

$$\text{因此 } C_P - C_v = \frac{848}{427 \times m} = \frac{1.985}{m} \quad (8)$$

假定將等式的兩端用 C_v 來除，并且加以整理，就可得到这个比值的数值

$$k = \frac{C_P}{C_v} = 1 + \frac{1.985}{m C_v} \quad (9)$$

由此可見，不僅差数 $C_P - C_v$ 是常数，而且它們的比例也接近于常数。

以前曾說过，热容量 C_v 和 C_P 都是溫度的函数。对于工程上最重要的双原子气体（ O_2 、 H_2 、 N_2 、 CO 、空气以及它們的混合气体）來說，气体的真实热容量差不多是按直綫的規律而变化，即

$$C = f(t) = a + bt, \quad (\text{直綫方程式}) \quad (10)$$

式中 a 是 T° 时的热容量， b 是考慮到热容量随溫度的增加而上升的系数。对于不同的气体來說， a 和 b 都是定值，并且可用实验的方法來确定。

知道了真实热容量的公式，就容易由下面等式求出平均热容量 C_m ：

$$C_m = \frac{q}{t_2 - t_1},$$

式中 q 是所消耗的热量，它也是按照气体真实热容量根据下式而求