

机动车性能与检验

汤朝模 编

山东科学技术出版社

一九八五年·济南

的大力支持与鼓励；交通部济南交通学校秦鸿志讲师，还协助编写了附录一和绘制了全部插图，并对全书进行了校对。在此一并表示感谢！

由于编者水平所限，编写经验不足，书中难免存在某些缺点错误，恳切希望读者指正。

编 者

于交通部济南交通学校

1984年9月

责任编辑 张舒普

机动车性能与检验

汤朝模 编

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂德州厂印刷

*

787×1092毫米32开本 12.375印张 256千字

1985年2月第1版 1985年2月第1次印刷

印数: 1—20,000

书号 15195·166 定价 2.10 元

前 言

为了满足广大车辆监理、汽车运输、修理工程技术人员，学习机动车使用性能与检验方法的迫切需要，作者根据多年的教学与实践工作经验，并参阅了国内外有关资料，编写了《机动车性能与检验》这本书。

全书共分十章，分别讲述了热功转换；发动机工作过程、性能和试验；车辆的动力性、燃油经济性、制动性、操纵稳定性、通过性、行驶平顺性、噪声及其常用的检验方法等内容，书后还附有《准备知识》、《国家机动车制动检验规范》、《汽油车怠速污染物测量方法》及《柴油车自由加速烟度测量方法》。

本书具有资料丰富新颖，理论分析简明扼要，文字比较通俗易懂，切合实际应用等特点。除可供广大车辆监理、汽车运输、修理工程技术人员学习参考以外，因该书内容基本符合交通中等专业学校汽车运用与修理专业、汽车监理专业“发动机、汽车理论”课教学大纲的要求，业经交通部教育局推荐，本书也可作为全国中专交通学校汽车运用与修理专业“发动机、汽车理论”课的试用教材，

在编写过程中，蒙交通部教育局中教处、交通部公路局监理处、山东省交通厅监理处、山东省公安厅车管科等单位

目 录

第一章 热功转换	1
第一节 工质的热力性质	1
第二节 热力学基本定律	8
第三节 热力过程	10
第四节 实际循环与理想循环	15
第五节 发动机的性能指标	23
第二章 发动机的工作过程	33
第一节 换气过程	33
第二节 汽油机的燃烧过程	44
第三节 柴油机的燃烧过程	60
第四节 车辆的排放污染	68
第三章 发动机的特性	85
第一节 发动机的速度特性	85
第二节 发动机的负荷特性	97
第三节 万有特性	102
第四节 汽油机的调整特性	106
第五节 柴油机的调整特性	109
第六节 发动机的功率标定及进气修正	117
第四章 发动机的性能试验	125
第一节 发动机试验的分类	125

第二节	发动机试验台	126
第三节	性能试验的条件和方法	140
第四节	可靠性试验	149
第五章	动力性及检验	153
第一节	沿行驶方向车辆所受的力	153
第二节	车辆行驶应满足的条件	170
第三节	垂直于路面方向车辆所受的力	173
第四节	驱动力平衡	177
第五节	动力平衡	188
第六节	功率平衡	194
第七节	对列车动力性的要求	197
第八节	发动机及传动系参数的合理性检验	200
第九节	动力性检验	210
第六章	制动性及检验	223
第一节	制动效能	223
第二节	制动效能的恒定性	250
第三节	制动时的方向稳定性	252
第四节	理想的制动系统	260
第七章	燃油经济性及检验	266
第一节	评价指标及试验方法	266
第二节	燃油经济性计算	275
第三节	影响燃油经济性的因素	277
第八章	操纵稳定性及检验	284
第一节	机动车的翻倒	284
第二节	轮胎的侧偏特性	287

第三节	转向特性及检验	289
第四节	转向轮的摆振	305
第五节	转向轮的稳定和回正能力检验	311
第六节	单向跑偏	316
第九章	行驶平顺性与噪声检验	319
第一节	行驶平顺性及检验	319
第二节	噪声检验	328
第十章	通过性及检验	339
第一节	车辆通过性的几何参数	339
第二节	通过性的支承与牵引参数	342
第三节	影响通过性的主要因素	344
第四节	通过性检验	348
附 录		350
一、	准备知识	350
二、	中华人民共和国机动车制动检验规范	372
三、	中华人民共和国国家标准汽油车怠速污染物测量方法	380
四、	中华人民共和国柴油车自由加速烟度测量方法	382

第一章 热功转换

机动车的发动机通常采用汽油机或柴油机，它们都是把燃料燃烧的热能转变为机械功的设备。进行这种转变要用气体来作工质。汽油机：燃烧前的工质是汽油和空气的混合气。柴油机：燃烧前的工质是空气。燃烧后的工质都是燃气。燃气的主要成分是二氧化碳、水蒸气和空气中未参加燃烧反应的氮气。

为了阐明发动机的性能与检验方法，本章将叙述热功转换的有关知识。

第一节 工质的热力性质

一、工质的基本状态参数

在发动机中，热能转变为机械功是依靠工质热力状态的变化来实现的。通常用压力 p 、比容 v 、温度 T 等基本状态参数来描述工质的热力状态。

(一) 压力 p (绝对压力)

工质在单位面积的容器壁面上作用的垂直力称为压力，它是大量气体分子，在紊乱运动中对容器壁面碰撞的结果。压力的单位是帕，1帕表示每平方米面积上作用的垂直力是

1 牛顿

$$1 \text{ (帕)} = 1 \text{ (牛顿/米}^2\text{)}$$

帕这个单位太小。工程上，压力常以千帕为单位

$$1 \text{ (千帕)} = 1000 \text{ (帕)}$$

气体的压力通常用压力表或真空表来测量，所测出的是气体的绝对压力 p 与大气压力 p_0 之差，称为表压力。

测量高于大气压力的压力用压力表。测出的表压力为 p_B ，并有

$$p = p_0 + p_B$$

测量低于大气压力的压力用真空表，测出的表压力值称为真空度 p_c ，并有

$$p = p_0 - p_c$$

真空度表示了气体的绝对压力低于大气压力的数值。绝对压力、表压力及真空度之间的关系如图 1—1 所示。

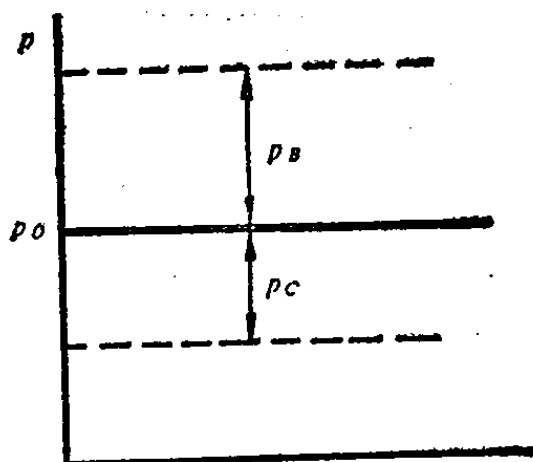


图 1—1 绝对压力、表压力和真空度的关系

(二) 比容 v

单位质量的工质所占有的容积称为比容

$$v = \frac{V}{m} \text{ (米}^3\text{/千克)}$$

式中： V —— m 千克质量的气体占有的总容积（米³）；

m ——气体的质量（千克）。

(三) 温度 T

温度表示气体分子运动强弱的程度，气体分子运动速度愈高，其温度也愈高。

常用的温标为开氏温标，单位记为 K 。开氏温标的温度 T 与摄氏温标的温度 t 之间的关系是

$$T = t + 273.15$$

二、理想气体状态方程

分子不占有体积，分子之间又没有吸引力的气体称为理想气体。一些实际气体，它们的分子体积很小，分子间的距离比分子直径大得很多，分子间的吸引力很小，通常都可以把它们当成理想气体来对待。车用发动机的工质都可以看成是理想气体。

1 千克质量的理想气体，在状态发生变化时，其基本状态参数 p 、 v 、 T 之间有下列关系

$$\frac{pv}{T} = R$$

或

$$pv = RT \quad (1-1)$$

对 m 千克的理想气体，有

$$pV = mRT \quad (1-2)$$

式中： V —— m 千克气体的总容积（米³）， $V = mv$ ；

R ——气体常数（千焦耳/千克·度）。

不同气体具有不同的气体常数 R 。例如，空气 $R = 0.29$ （千焦耳/千克·度），氮气 $R = 0.30$ （千焦耳/千克·度），氧气 $R = 0.26$ （千焦耳/千克·度）。

式(1—1)及式(1—2)称为理想气体状态方程式。它表明,一定质量的气体,若两个状态参数已知,则第三个状态参数可以算出,因而气体的状态也就确定了。显然,对于一定质量的气体,它的状态可以用以压力 p 为纵坐标、以容积 V (或比容 v)为横坐标的 p — V 图(或 p — v 图)上的一个点来表示。

三、热力过程的功量

热力过程是指工质从某一状态变化到另一状态所经历的全部过程的总和。

图1—2所示为气体在气缸中作的功。假定在图1—2(a)所示的气缸中装有 m 千克的气体,由上止点1膨胀到下止点2,即由燃烧室容积 V_c 膨胀到气缸总容积 V_s ,所经历的一系列状态变化用 p — V 图上的过程线1—2来表示。为了求

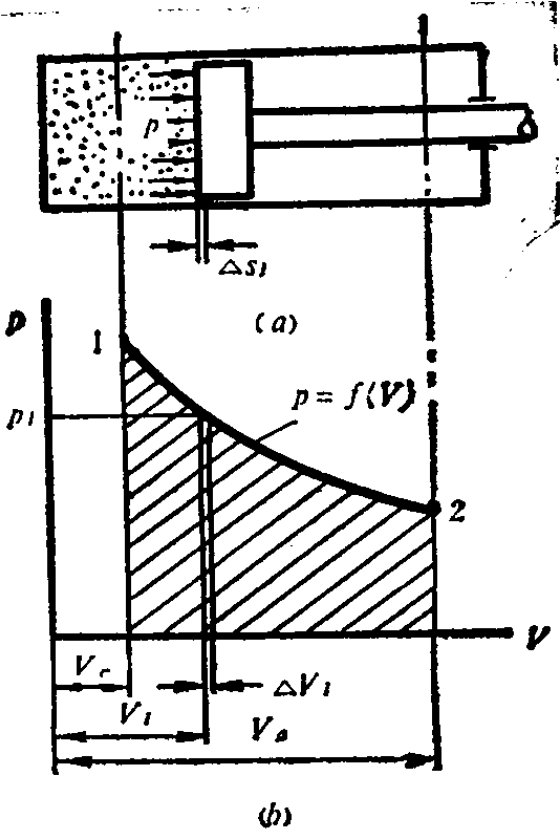


图1—2 气体在气缸中作的功

出该膨胀过程气体的功量,把该过程分成很多个微元过程。气体在某一微元过程中,在不变的压力 p_i 作用下,推动面积为 A 的活塞移动了一个极小的距离 ΔS_i 。在这个微元过程中气体对活塞所作的功

$$\Delta W_i = p_i A \Delta S_i = p_i \Delta V_i$$

式中， ΔV_i ——该微元过程中气缸容积的增量。在 ΔS_i 趋近于零的条件下，将所有微元过程的功量相加，可得由状态 1 到状态 2 气体的功量

$$W = \Sigma \Delta W_i = \Sigma p_i \Delta V_i \tag{1-3}$$

或用积分式表达为

$$W = \int_{V_c}^{V_a} p dV \tag{1-4}$$

由此可见， p — V 图上画阴影部分的面积代表气体状态变化过程的功量。因此， p — V 图又称为示功图。气体在膨胀过程中，总压力 pA 的方向与活塞移动的方向一致，气体的容积增加，气体对活塞作了功，气体的功量是正值。若过程反向进行，气体的容积缩小，气体受到压缩，其功量为负值。当气缸中的气体受到压缩时， V_a 与 V_c 之比称为压缩比 ε

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$$

四、比热

质量为 1 千克的工质，温度增高 1 K (1 °C) 所需要加入的热量称为该工质的比热 C 。比热与加热的过程有很大的关系。图 1—3

(a) 所示的密闭容器中，装有 m 千克的工质，外界加

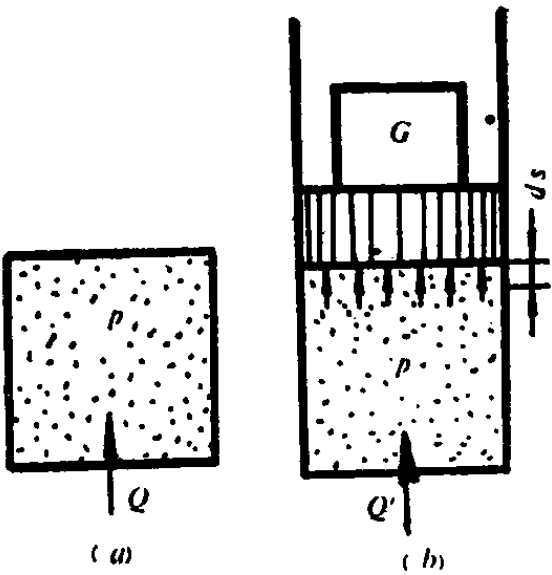


图 1—3 定容加热与定压加热示意图

入的热量为 Q ，使温度由 T_1 上升到 T_2 。这是一个定容过程，工质的定容比热

$$c_v = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (\text{千焦耳/千克} \cdot \text{度}) \quad (1-5)$$

定容过程所加入的热量

$$Q = mc_v(T_2 - T_1) \quad (\text{千焦耳}) \quad (1-6)$$

图 1—3 (b) 所示为 m 千克的工质，用重量为 G 的活塞封闭在气缸内。由外界加入热量 Q' ，使温度由 T_1 升高到 T_2 ，这是定压加热过程。工质的定压比热

$$c_p = \frac{Q'}{m(T_2 - T_1)} \quad (\text{千焦耳/千克} \cdot \text{度}) \quad (1-7)$$

该定压过程加入的热量

$$Q' = mc_p(T_2 - T_1) \quad (\text{千焦耳}) \quad (1-8)$$

将上述两种加热过程相比较：在定容加热过程中，加入的热量只用于使工质的温度增高，不对外做功；在定压加热过程中，加入的热量除了使工质的温度增高以外，还推动活塞移动了一个距离，工质作了正功。因此，工质的定压比热必然大于定容比热。

工质的定压比热与定容比热之比称为绝热指数 k

$$k = \frac{c_p}{c_v} \quad (1-9)$$

不同工质具有不同的定压比热与定容比热。例如，空气的定压比热 c_p 为1.0046千焦耳/千克·度，定容比热 c_v 为0.7158千焦耳/千克·度，其绝热指数 $k = 1.4$ 。

五、工质的内能

工质的内能是指工质内部具有的总能量。它包括：气体分子直线运动的动能；分子旋转运动的动能；组成分子的原子振动的动能；分子之间由于相互的吸引力而具有的位能。由于理想气体分子之间没有吸引力，没有位能，只有前述的三种动能。由分子运动论可知，气体分子直线运动的动能、分子旋转运动的动能和组成分子的原子的振动能都随温度的增高而加大。因此，理想气体的内能是温度的单值函数，它只与温度有关，与气体的压力、比容和所进行的过程无关。气体从某一状态开始，无论经历什么过程到达另一状态，其内能的改变只取决于温度的变化。只要找出内能变化随温差变化的关系，即可得出发生该温差变化时，任何热力过程内能的变化。

例如， m 千克质量的气体，在定容加热过程中加入的热量为 Q ，气体的温度由 T_1 增加到 T_2 。由于工质不对外做功，加入的热量全部用来增加气体的内能。因此，从式（1—6）可得内能的变化为

$$U_2 - U_1 = Q = mc_v(T_2 - T_1) \quad (1-10)$$

式中： U_2 、 U_1 ——分别为工质终态及初态的内能。

用式（1—10）可计算任何热力过程内能的变化。

对于 1 千克的工质，式（1—10）写成

$$u_2 - u_1 = c_v(T_2 - T_1) \quad (1-11)$$

对于某个加入热量为 dq 的微元过程，式（1—11）可写成

$$du = c_v dT$$

(1—12)

第二节 热力学基本定律

一、热力学第一定律

热力学第一定律的简要说法是：热可以转变为功，功可以转变为热，转变前、后的能量保持不变。这一定律是自然界的普遍规律、能量守恒定律在热功能转换中的反映。

假定 Q 表示转变为功的热量， W 表示转换过来的功，热量和功的单位都用千焦耳，热力学第一定律的数学表达式为

$$Q = W \text{ (千焦耳)} \quad (1-13)$$

二、能量方程

热力学第一定律只是阐述热和功的相互转换关系，而在热力过程中，由于工质状态变化而产生的能量平衡关系，则由能量平衡方程式表示。

假设有 m 千克质量的工质，在状态变化的过程中，加入的热量为 Q ，工质对外做功为 W ，内能的增量为 $U_2 - U_1$ ，则能量方程为

$$Q = U_2 - U_1 + W \quad (1-14)$$

对于1千克质量的工质，式(1—14)可写成

$$q = u_2 - u_1 + w \quad (1-15)$$

对于某微元过程，式(1—15)可写成

$$dq = du + dw$$

或

$$dq = c_v dT + p dv \quad (1-16)$$

三、热力学第二定律

大量的实践证明：通过摩擦作用可将机械功全部转变为热，而任何发动机也不可能把全部的热连续地转变为机械功。以汽油机的工作循环为例，在压缩终了时，用电火花点燃混合气，使它在气缸容积近似不变的情况下燃烧完毕。这一过程可理解为由某一热源向工质进行定容加热的过程。但是，经历一个循环工质从热源吸收的热量只有一部分转变为功，其余部分热量通过冷却水和废气传给了大气（冷源），向冷源放出一部分热量。

热力学第二定律的简要说法是：不可能创造出只从热源吸收热量做功、而不向冷源放出热量的发动机。

从热力学第二定律可知，任何发动机的热效率不可能等于100%。

工质经历一个工作循环，转变为功的热量与所加入的热量之比称为循环的热效率。假定一个循环工质从热源吸收的热量为 Q_1 千焦耳，对外做功为 W 千焦耳，放给冷源的热量为 Q_2 千焦耳，则循环的热效率

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (1-17)$$

由于放给冷源的热量 Q_2 不可能为零，所以，循环的热效率总是小于100%。

第三节 热力过程

汽油机和柴油机的理想工作循环，是由若干个基本热力过程所组成的。这些基本热力过程是：等容过程、等压过程和绝热过程。

一、等容过程

气体容积保持不变的热力过程称为等容过程。图 1—4 所示为等容过程的 p — V 图，等容过程的过程线如 cz' 和 ba 所示，它们都平行于纵坐标轴。

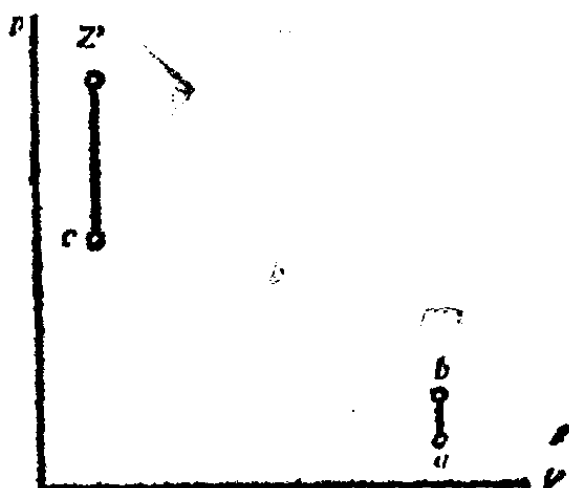


图 1—4 等容过程的 P — V 图

对于定容加热过程 cz' ，由理想气体状态方程式及容积不变的条件，有

$$p_{z'} V_c = mRT_{z'}$$

$$p_c V_c = mRT_c$$

将两式相除，求出定容加热终态温度 $T_{z'}$ 与初态温度 T_c 间的关系

$$T_{z'} = T_c \frac{p_{z'}}{p_c} = \lambda T_c \quad (1-18)$$

上式中令 $\lambda = \frac{p_{z'}}{p_c}$ ，称为压力升高比。

过程中加入的热量为