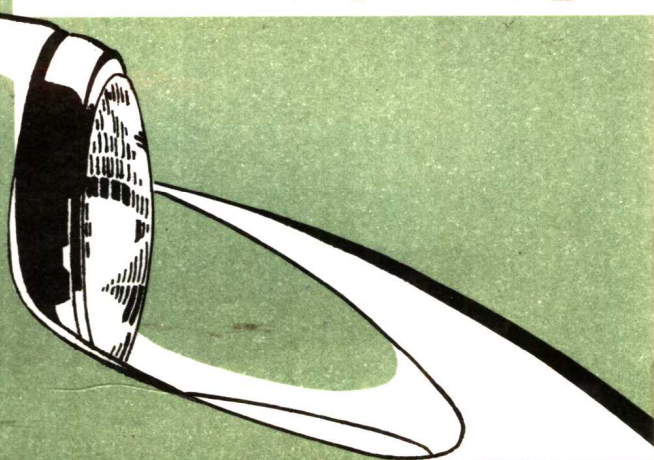


全国交通行业汽车驾驶员新等级标准培训教材

发动机 与汽车理论



高级工

汽车驾驶员新等级标准教材编委会 编

人民交通出版社

全国交通行业汽车驾驶员新等级标准培训教材

FADONGJI YU QICHE LILUN

发动机与汽车理论

(高级工)

汽车驾驶员新等级标准教材编委会 编

人民交通出版社

(京)新登字 091 号

全国交通行业汽车驾驶员新等级标准培训教材

发动机与汽车理论

(高级工)

汽车驾驶员新等级标准教材编委会 编

插图设计: 李京辉 正文设计: 崔凤莲 责任校对: 李石林

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京顺义振华胶印厂 印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 4.875 字数: 102 千

1992 年 9 月 第 1 版

1992 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001-10000 册 定价: 4.20 元

ISBN 7-114-01391-4

U · 00925

汽车驾驶员新等级标准教材

编写委员会

主任：于天栋

副主任：赵云望 邓华鸿 黄采绚 阿不都热合曼·赫力里

(按姓氏笔画排列)

委员：田富华 刘守国 吴汉有 陈辉照 李志强
周厚志 单成昕 秦声玉 黄树林 戴学光

汽车驾驶员新等级标准教材

编写委员会顾问

郭生海 交通部运输管理司副司长

郭献文 交通部教育司副司长

华北片区：吴善瑞 中国汽车运输总公司副总经理

西南片区：陈玲 四川省交通厅正厅级巡视员

东北片区：孙俊安 辽宁省交通厅副厅长

华南片区：孙民权 广东省交通厅副厅长

西北片区：胡国斌 甘肃省交通厅副厅长

华东片区：龚学智 山东省交通厅副厅长

前 言

本教材是按照劳动部关于修订工人技术等级标准的精神和汽车驾驶员技术等级标准(征求意见稿)的内容编写的,经交通部汽车运输职工教育研究会组织部分会员省市进行了审稿,由《汽车驾驶员新等级标准教材》编写委员会定稿。内容包括初、中、高三个等级的专业理论知识和操作技能训练与考核。在编写过程中充分考虑了工人培训的特点,并注意到全套教材的专业知识的梯度要求。尽量避免理论叙述过深和繁琐的公式推导,力争突出教材的科学性、系统性和完整性,做到理论联系实际,符合循序渐进和可读性强的要求。操作技能训练与考核教材,内容、要求层次分明,采用表格式,对各训练项目的技术标准、操作工艺、训练时间、考核及评分标准等均有明确规定,便于教学训练和考核。

本教材是汽车驾驶员按照国务院批准、劳动部颁布《工人考核条例》进行录用考核、转正定级考核、本等级考核以及升级考核的理想教本,也可作为技工学校、职业技术学校及各种汽车驾驶员培训班的教学用书。教材深入浅出、论述清晰、通俗易懂、图文并茂,适应工人的知识水平,也便于自学。

本教材由交通部汽车运输职工教育研究会组织领导山东、湖南、四川、甘肃、河南、河北、江西、广西、浙江、上海、长春等省市交通厅(局)及运管局的专家、工程技术人员进行审稿。在编写工作中,得到交通部教育司、人劳司、运

输管理司、人民交通出版社、交通部汽车运输职工教育研究会等领导及编委会顾问、专家们的帮助和指导；得到新疆维吾尔自治区党委、人民政府领导、新疆维吾尔自治区工人考核委员会的热情关怀和大力支持，在此，表示衷心感谢。

本册教材属于高级工汽车驾驶员培训教材，高级汽车驾驶员培训教材包括：1. 交通工程基础；2. 发动机及汽车理论；3. 汽车运输企业经营管理基本知识；4. 汽车检测技术；5. 现代汽车技术及发展动态；6. 高级汽车驾驶员操作技能训练与考核。

本书作者：葛在。

本书承蒙赵云望、于天栋、吴汉有、戴学光同志主审和湖南省邓秋源等同志参加审稿，借本书出版之际顺致谢意。

由于编者水平有限，谬误疏漏之处在所难免，竭诚欢迎读者批评指正。

编委会

更正：已出版的九册中级汽车驾驶员培训教材“前言”正数第二行“和修订后的‘汽车驾驶员技术等级标准’的要求”一句，改为“和汽车驾驶员技术等级标准（征求意见稿）的内容”。

目 录

第一章 发动机的工作过程和性能指标	1
第一节 发动机的实际循环	1
第二节 发动机的有效性能指标	6
第三节 换气过程及提高充气系数的措施	9
第四节 燃烧过程	13
第二章 发动机特性	25
第一节 汽油机特性	25
第二节 柴油机特性	31
第三节 发动机试验	34
第三章 作用在汽车上的外力	38
第一节 汽车的驱动力	38
第二节 滚动阻力和空气阻力	44
第三节 坡度阻力和加速阻力	49
第四节 汽车的驱动和附着条件	52
第四章 汽车的动力性	55
第一节 汽车驱动力与行驶阻力的平衡图	55
第二节 动力特性图及其应用	60
第三节 汽车行驶的功率平衡	64
第四节 影响汽车动力性的主要因素	66
第五章 汽车的燃料经济性	71
第一节 燃料经济性指标	71
第二节 提高燃料经济性的措施	76
第六章 汽车的制动性	86

第一节	地面制动力和制动器制动力	86
第二节	制动效能	89
第三节	制动时方向的稳定性	94
第四节	前后制动器制动力的比例关系	98
第五节	影响制动性能的使用因素	101
第七章	汽车的稳定性	105
第一节	汽车的纵向和横向稳定性	105
第二节	汽车的转向特性	110
第三节	汽车转向轮的摆振	116
第四节	转向轮的稳定	118
第八章	汽车的通过性和平顺性	123
第一节	汽车的通过性	123
第二节	汽车的平顺性	131
附录 1		137
附录 2		144
参考书		146

第一章 发动机的工作过程和性能指标

第一节 发动机的实际循环

汽车发动机是一种能量转换工具，它把燃料（汽油、柴油）燃烧产生的热能转变成机械能，所以发动机也叫做热力发动机（简称热机）。实现能量转变的媒介物质叫工质，工质可以是燃料、空气，或者是两者相混合的混合气体。

在发动机中，能量的转换过程是通过工质（气体）的状态变化来实现的，而气体所处的状态是由其物理特性参数（状态参数）来表述的。为此，先将气体三个基本状态参数作一简介，然后再讨论发动机的工作循环。

一、压力和真空度

气体对单位面积上的垂直作用力称为压力。压力的单位是Pa（帕斯卡）。1Pa表示在每 m^2 面积上的垂直作用力为1N（牛顿）。即

$$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$$

$$1\text{kPa} (\text{千帕}) = 10^3\text{Pa}$$

$$1\text{MPa} (\text{兆帕}) = 10^6\text{Pa}$$

外界环境空气的压力称为大气压，用字母 p_0 表示。在海平面上的大气压叫做一个“标准大气压”，一个标准大气压约为101kPa。大气压力是随着海拔高度的变化而变化的，海拔高度愈高，大气压力愈低。

当我们想知道某容器内气体的压力时，就要用压力仪表（压力表）来测量。压力表本身是与大气相通的，即处在大气压力的作用之下。所以，当与容器连接进行测量时，压力表的读数是被测容器内气体的压力与大气压力的差值，称作表压力，用 p_p 表示。容器内气体的压力，叫绝对压力，以 p_2 表示。三者的关系可以表示成：

$$p_2 = p_0 + p_p \quad (1-1)$$

p_2 表示容器内的气体绝对压力高于外界大气压的情况。

如果容器内气体绝对压力低于外界大气压。测量所用的压力表叫真空表，其表示的读数，称为真空度，以 p_v 表示。此时三者的关系为：

$$p_1 = p_0 - p_v \quad (1-2)$$

p_1 ——低于大气压的绝对压力。

可见，容器内气体的实际压力是指其绝对压力，而表压力、真空度是相对压力。它们之间的关系可归纳成如图 1-1 所示。

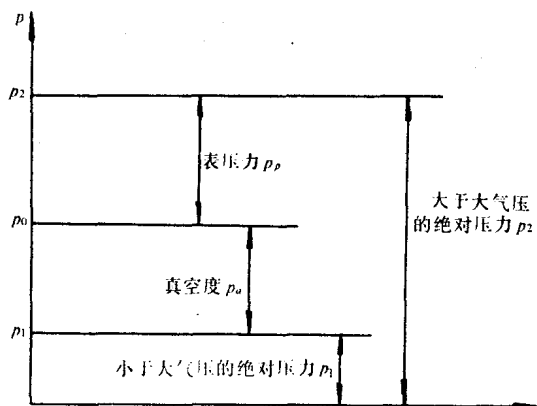


图 1-1 表压力和真空度

例如，用气缸压力表测量气缸压力，设读数为 0.7MPa。如果当地大气压力为 0.1MPa，则气缸压力的绝对值应为 0.8MPa。

二、比容和温度

单位质量的工质所占有的容积称为比容 v 。

$$v = \frac{V}{m} \quad \text{m}^3/\text{kg}$$

V ——工质所占有的容积， m^3 ；

m ——工质的质量， kg 。

常用的温度标准有摄氏温标和开氏温标。摄氏温标的单位是 $^{\circ}\text{C}$ ，用 t 表示。开氏温标的单位是 K ，用 T 表示。开氏温标和摄氏温标的关系是：

$$T = t + 273.15 \quad \text{K}$$

即气温为 0°C 时，相当于开氏温度 273.15K。

三、实际循环

发动机的工作循环由进气、压缩、燃烧、膨胀、排气五个过程组成。每一循环都从吸入新气开始，经过压缩、燃烧释放出热量，膨胀推动活塞做功，排出废气，再进行下一次循环。整个过程是靠曲轴回转带动活塞往复运动来完成的。

1. 实际循环

研究发动机的实际循环可在 $p-V$ 图（即示功图）上进行。容积 V 是指气缸、活塞、燃烧室之间形成的容积，用横坐标表示。纵坐标代表工质的压力 p 。发动机工作时，气缸内的压力 p 随气缸容积的改变而发生变化。当进行了一个工作循环时，则可在 $p-V$ 图上表示出一根封闭的曲线。如图 1-2、图 1-3 所示。

图中 V_c 是压缩终点的气缸容积， V_h 为气缸的工作容积， V_a 为气缸总容积。

$r-a$ 段称为进气过程。为了吸入新鲜气体，进气门打开，排气门关闭，进气压力低于大气压。

$a-c$ 段是压缩过程。这时进、排气均关闭。随着气体体积的减少，气体的压力和温度逐渐增高。

图中的 $c-z$ 段是燃烧过程。 c 点取决于点火或喷油的开始时

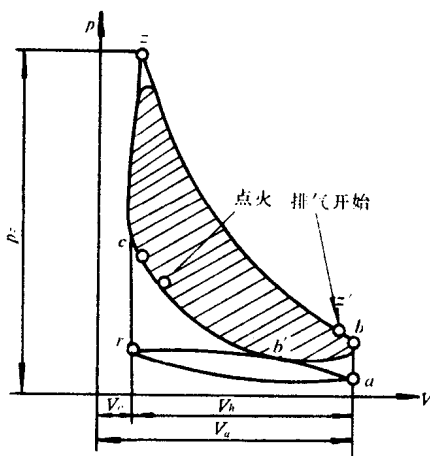


图 1-2 汽油机的示功图

刻。燃烧后气体压力和温度急剧上升。由于该过程时间很短，所以汽油机的燃烧过程几乎是在容积不变的情况下完成的，在 $p-V$ 图上出现凸起的尖顶。柴油机由于燃烧与喷油同时进行，因此活塞下行后燃烧还在进行， $p-V$ 图的峰顶比较圆滑。

$z-b$ 段是膨胀过程。膨胀过程是发动机作功过程。气缸容积增大，气体压力下降。

力下降。

$b-r$ 段是排气过程。由于排气系统有阻力，排气终了的

压力温度均高于大气压力和温度。排气温度可用以衡量发动机工作好坏的标志，希望排气温度尽可能地低。

2. 循环的指示功

图 1-2 或图 1-3 中的封闭曲线分别构成了两个封闭面积。上部阴影面积 $b'czbb'$ 表示发动机内工质对活塞做的功，是正功，称为循环的指示功。而下部封闭面积 $brab$ 是进、排气过程消耗的能量，是负功，或称为泵气损失。因此，通过一次循环，发动机所做的有用功应当是上部阴影面积 $b'czbb'$ 与下部面积 $brab$ 之差。如果泵气损失包括在发动机的机械损失内，可以只用阴影部分表示指示功。

由此可知， $p-V$ 图中封闭曲线面积的大小可以反映出气体工质对活塞做功的多少。

四、关于实际循环的热效率

进入气缸中的可燃工质在压缩行程上止点附近开始着火燃烧，放出热量，使工质的温度和压力急剧升高，工质膨胀，推动活塞移动而转换成机械功。在膨胀行程终了时，工质的压力和温度仍高于大气的压力和温度。这样，就有相当数量的热量通过排气行程排放到大气中去，另一方面，在发动机作功循环中，还有一部分热量通过气缸壁传给冷却系统。所以，在整个实际循环中，工质燃烧放出的热量 Q 不可能全部转换为指示功，其热能转换的百分率，称之为发动机实际循环的热效率，即

$$\eta_i = \frac{W_i}{Q}$$

式中： W_i —— 发动机工作循环的指示功，kJ；

Q —— 为得到指示功 W_i 所消耗的燃料的热量，kJ。

上述热效率称为指示热效率。

实际情况表明，发动机的热效率是不高的，它的大致范

围是：汽油机 $\eta_k = 0.25 \sim 0.40$ ，柴油机 $\eta_k = 0.40 \sim 0.50$ 。

第二节 发动机的有效性能指标

发动机的指示性能指标是以工质对活塞做功为基础建立的指标。是用来评定工作循环优劣的指标。上述指示功和指示热效率就是其中的两个。发动机有效性能指标是以曲轴上输出的净功率为基础建立的指标，涉及到整个发动机的工作情况，特别是发动机工作过程中的机械损失。对于使用者来说，发动机的有效指标更应重视。

一、有效功率 P_e

单位时间所作的功叫功率。气体对活塞每单位时间所做的指示功叫指示功率 P_i 。有效功率 P_e 是发动机从曲轴输出的净功率。发动机工作时，运动机件运转时要克服摩擦，如活塞、活塞环与缸壁之间的摩擦，曲轴与轴承之间的摩擦等，都要消耗功率；附件运转，如机油泵、水泵、配气机构、点火装置的驱动机构（汽油机）和喷油泵（柴油机）等也要消耗功率。所有这些损失的功率总起来叫做机械损失功率，用 P_m 表示。这样发动机曲轴输出的功率为：

$$P_e = P_i - P_m \quad \text{kW} \quad (1-3)$$

P_e 与 P_i 之比称为机械效率，表示成

$$\begin{aligned} \eta_m &= \frac{P_e}{P_i} \\ &= 1 - \frac{P_m}{P_i} \end{aligned} \quad (1-4)$$

发动机的有效功率是从发动机台架试验得到的。例如，解放 CA1091 型汽车所用的 CA6102 发动机在 3000r/min 时的功率为 99kW 就是指在该转速下的有效功率。

二、有效转矩 T_e

从发动机曲轴输出端测得的转矩称为有效转矩。它与有效功率 P_e 之间的关系式为：

$$P_e = \frac{T_e n}{9550}, \text{ kW} \quad (1-5)$$

式中： n ——发动机转速，r/min。

例如，东风EQ1090 (EQ140) 型汽车的发动机在 1200~1400r/min 时可测得转矩为 353~372N·m。

三、平均有效压力

发动机在单位气缸工作容积中所作的有效功，称为平均有效压力 p_e 。平均有效压力由下式计算：

$$p_e = \frac{30\tau P_e}{iV_h n} \times 10^3 \quad (\text{kPa}) \quad (1-6)$$

式中： τ ——发动机行程数；

V_h ——每缸工作容积， m^3 ；

i ——气缸数；

P_e ——有效功率，kW；

n ——发动机转速，r/min。

平均有效压力愈高，表示发动机单位气缸工作容积中所作的有效功愈大。因此，可用来比较各种不同排量发动机的动力性能。

p_e 值一般范围是：

汽油机 588~981 kPa

柴油机 588~883 kPa

四、有效燃料消耗率 g_e

有效燃油消耗率 g_e 是指单位有效功的燃油消耗量，或称有效耗油率，其计算公式是：

$$g_e = \frac{1000G_T}{P_e} \quad \text{g/ (kW} \cdot \text{h)} \quad (1-7)$$

式中：

G_T ——每小时的燃油消耗量；kg/h；

P_e ——有效功率，kW。

g_e 愈小，表示发动机曲轴输出的净功率所消耗的燃料愈少。在汽车使用说明书中通常给出发动机的最低燃油消耗率。 g_e 实际上是随发动机的工况而变化的。

所谓工况，就是发动机在某一负荷，某一转速下工作所处的状况。

g_e 反映了发动机的经济性，关系到汽车是否省油。 g_e 值的大致范围是：

汽油机	270~410 g/ (kW · h)
柴油机	215~285 g/ (kW · h)

五、标定指标

发动机铭牌上给出的功率、转矩、燃料消耗率等指标就是标定指标。铭牌上所给出的有效功率和有效转矩都是最大值，有效燃料消耗率 g_e 是最小值。

在确定发动机标定功率时，要考虑到发动机的动用场合。例如，车用发动机经常在中等负荷的情况下运行，仅在上坡和加速情况下才需要最大功率。而用于发电机组的发动机，其转速、功率是基本上固定不变的。因此，对同一台发动机，为了确保发动机寿命，车用发动机标定的标定功率要高一些，以便满足汽车短期大负荷运行的需要。用于发电的标定功率要低一些。

6120 柴油机在不同使用条件下的标定的功率不同，如表 1-1 所示。

6120 柴油机的标定功率与转速

表 1-1

功 率 转 速 马 力 r/min	1500	1800	2000	备 注
连续运转时间				
15min	128	144	160	外特性
1h	109	132		
12h	99	120		
24h	90	108		

第三节 换气过程及提高充气系数的措施

一、换气过程与配气相位

发动机的排气过程和进气过程称为换气过程。它包括从排气门开启到进气门关闭之间的全过程。如图 1-4 所示。

从图中可以看出，进气持续角大于理论进气行程的曲轴转角 (180°)，排气持续角大于理论排气行程的曲轴转角 (180°)。

配气相位角这样安排有两方面的因素。

其一，气门及其传动机构工作时的速度和加速度以及由此产生的惯性力，对气门机构工作的噪声和使用寿命影响极大。在设计上既要保证气门开启有较大的通气断面，来满足发动机输出功率的需要，又要降低加速度，减小惯性力。因此只有将气门提前开启，落后关闭，增大进排气门开启的配气相位角。

其二，考虑到气体流动惯性。不论是从气缸内排出的废气还是吸入的新鲜气体，都具有一定的质量。要达到高速度、定向流动，必须有一个过程，来克服气流的惯性，使其流动并加速，或已产生了流动惯性，则需尽量利用其惯性，把缸