

汽车驾驶员高级技术培训教材（试用）

QICHE LILUN JICHU

汽车理论基础

单成昕 编

人民交通出版社

前 言

为了配合交通行业的工人技术培训和技师聘任工作，根据交通部（1988年）交劳字10号“关于重新颁发《汽车驾驶员技术等级标准》（试行）的通知”及交通部教育司（1989年）教成字94号“关于征求汽车驾驶员、汽车修理工高级技术培训教学计划意见的函”的精神，新疆维吾尔自治区交通厅成立了“汽车驾驶员、修理工高级技术培训教材（试用）编写委员会”，并组织科研、工程技术人员、专业教师，编写了两套培训教材。

本套教材适用于高级汽车驾驶员培训。本套教材包括：
①《交通工程基础》；②《汽车使用管理》；③《汽车理论基础》；④《汽车维修》；⑤《现代汽车新技术》；⑥《汽车驾驶员操作技能训练教程》，共计六册。

在培训教材的整个编写过程中，我们力求各册内容符合教学大纲要求，理论联系实际，针对读者对象，文字通俗易懂，便于驾驶员自学。

本书承蒙田富华、张明正两位同志主审和黄采绚、杨奕城、单成昕、徐昌礼、梁祝衡等同志参与审稿，借本书出版之际顺致谢意。

由于编者水平有限，敬请读者批评指正。

《汽车驾驶员高级技术培训教材(试用)》

编写委员会

内 容 提 要

本教材是根据交通部教育司交通行业汽车驾驶员、汽车修理工、高级工培训教学大纲编写的。全书以汽车（包括汽车列车）为讨论对象，研究汽车的主要使用性能，内容包括：汽车发动机基本理论；汽车的经济性、动力性、制动性、操纵稳定性、平顺性和通过性等，共两篇十章。

全书内容充实，材料丰富，语言通俗易懂，较少涉及公式推导，实用性较强，是交通行业汽车驾驶员，汽车修理工的必备读本，同时也可作中等专业学校汽车专业的教学参考书，亦可作为汽车爱好者的自学读本。

汽车驾驶员高级技术培训教材(试用)

汽车理论基础

单成昕 编

责任编辑 齐国强

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：4.125 字数：86 千

1990年4月 第1版

1990年4月 第1版 第1次印刷

印数：0001-14300册 定价：1.55 元

《汽车驾驶员高级技术
培训教材(试用)》
编写委员会名单

主任委员：于天栋

副主任委员：邓华鸿 黄采绚 徐国富
杨奕城 阿卜杜热合曼·赫里鲁夫
委员：戴学光 单成昕 马德俊
吴析林 庞洪柱 黄日铜
张永高 秦声玉 原 勇
黄志刚 李振洋 张锦星

目 录

第一篇 汽车发动机理论

第一章 发动机的性能指标	1
第一节 发动机的有效指标	1
第二节 机械损失	8
第二章 发动机的特性	4
第一节 汽油发动机的速度特性	5
第二节 汽油发动机的负荷特性	9
第三节 柴油发动机的特性	11

第二篇 汽车理论

第三章 汽车的动力性	16
第一节 汽车的动力性指标	16
第二节 汽车的驱动力和行驶阻力	17
第三节 驱动与附着条件	25
第四节 汽车的牵引平衡	26
第五节 汽车的功率平衡	29
第六节 汽车的动力特性图	33
第七节 影响汽车动力性的因素	35
第四章 汽车的燃料经济性	39
第一节 汽车燃料经济性的评价指标	39
第二节 汽车燃料经济性	40
第三节 影响汽车燃料经济性的因素	43

第五章 汽车的制动性能	51
第一节 制动性能的评价指标	51
第二节 制动时车轮受力情况	56
第三节 制动效能的恒定性	59
第四节 制动时汽车的方向稳定性	60
第五节 影响制动性的主要因素	63
第六章 汽车的操纵稳定性	72
第一节 汽车纵向和横向稳定性	73
第二节 前轮定位的作用	77
第七章 汽车的行驶平顺性	80
第一节 汽车行驶平顺性的评价指标	81
第二节 影响汽车平顺性的因素	82
第八章 汽车的通过性	84
第一节 汽车通过性评价指标	85
第二节 影响汽车通过性的主要因素	90
第九章 汽车的性能试验	94
第一节 汽车动力性的试验	94
第二节 汽车制动性能试验	98
第三节 燃料经济性能试验	101
第十章 汽车列车	105
第一节 概述	105
第二节 汽车列车主要使用性能的评价及试验	109

第一篇 汽车发动机理论

第一章 发动机的性能指标

第一节 发动机的有效指标

以发动机曲轴输出功率为基础的发动机动力性和经济性指标，称为发动机性能的有效指标。评价动力性有效指标是有效功率、有效扭矩和平均有效压力；评价经济性的有效指标是有效燃料消耗率和有效效率。

一、有效功率

发动机气缸完成一个工作循环时，在单位时间内，工质对活塞所做的有用功，称为指示功率 P_i 。由发动机曲轴输出的功率称有效功率 P_e 。在发动机工作时，发动机内部的运动机件存在摩擦损失，驱动发动机辅助机构也要消耗功率，所有这些消耗的功率一般统称为机械损失功率 P_m ，则有效功率：

$$P_e = P_i - P_m, \text{ kW}$$

P_i 是发动机指示功率。

二、有效扭矩

由发动机曲轴输出的扭矩称为有效扭矩 M_e 。它与有效

功率之间的关系如下：

$$M_e = 9550 \frac{P_e}{n}, \text{ N}\cdot\text{m}$$

式中： P_e ——有效功率，kW；

n ——发动机转速，r/min。

三、平均有效压力

平均有效压力是发动机单位气缸容积在一个工作循环中所做的有效功。它表明了发动机工作循环情况的好坏，是发动机基本性能指标。所以平均有效压力是一个很重要的动力性指标，可以用来直接评价各种不同排量发动机的动力性。

四、有效燃料消耗率

发动机每作 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 的有效功所需要的燃料量称为有效燃料消耗率 g_e ，即：

$$g_e = \frac{1000G_T}{P_e}, \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$$

式中： P_e ——有效功率，kW；

G_T ——每小时燃料消耗量，kg/h。

因为有效燃料消耗率能直接表明发动机燃料消耗的经济性好坏，所以是发动机经济性最常用的评价指标。

五、有效效率

通常人们把转变为 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 有效功的热量与完成 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 有效功所消耗的热量之比称为有效效率 η_e ，即：

$$\eta_e = \frac{3.6 \times 10^6}{g_e H_u}$$

式中： g_e ——有效燃料消耗率， $g/(kW \cdot h)$ ；

H_u ——燃料低热值， kJ/kg 。

有效效率常用来衡量燃料所含热量转为有效功的有效程度。

第二节 机械损失

一、机械损失的组成

在发动机正常工作时，有一部分指示功率要消耗于发动机的内部损失，这些内部损失包括活塞及活塞环与缸壁的摩擦损失；各处轴承的摩擦损失；驱动配气机构以及风扇、水泵、机油泵和发电机等附件所消耗的功率；运动件的空气阻力损失等。此外，在四行程发动机中还包括进排气过程引起的泵气损失。

在全部机械损失中，活塞及活塞环与缸壁的摩擦损失约占50%~60%，其中活塞环的摩擦损失大于活塞的摩擦损失。轴承摩擦损失约占10%~30%，驱动辅助机构的损失约占10%~30%，泵气损失约占15%~30%，空气阻力是很小的，一般忽略不计。

机械损失常用机械效率 η_m 来表示，它等于有效功率与指示功率的比值，即：

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = 1 - \frac{P_m}{P_i}$$

二、影响机械损失的因素

1. 负荷

当发动机转速不变而负荷改变时，气缸内的压力情况改

变，各处摩擦面的压力也将有所变化，所以在负荷改变时，摩擦损失将有所变化。

2. 转速

当发动机转速增加时，进气流和排气流的速度也增加，因此导致进气压力降低，排气压力升高，泵气损失增大。随着转速的增加，发动机运动件的惯性力增大，摩擦损失亦增大。发动机辅助机构也因转速的增加而消耗较多的功率。上述原因表明，当转速增加时，机械损失增大。

3. 温度

润滑油和冷却水的温度增高时，润滑油的粘度将降低，对运动件的粘滞阻力减小，因此机械损失功率也将减小。但润滑油温度过高，会造成粘度过低、油膜的支承能力下降，因此出现半干摩擦甚至干摩擦的现象，或导致润滑油变质，使其粘度反而增高。这两种情况均使机械损失功率增大。由上述可知，发动机在运转时，应保持一定的润滑油温度和冷却水温度。

第二章 发动机的特性

汽车在行驶过程中需要克服各种不同的阻力，这些阻力不仅与汽车行驶速度有关，还与道路情况和土壤性能有密切的关系。因此，汽车发动机发出的功率须能在一定范围内变化以适应行驶阻力的变化。同时，汽车在不同的道路条件下要求能具有不同的合适的行驶速度。这就要求汽车发动机能以不同的转速来适应行驶速度的变化。由此可见，汽车发动机可在一定的负荷和一定的转速范围内的任何一种工况下工作。

发动机的工况决定于它所发出的功率 P_e 和曲轴转速 n ，例如发动机全负荷工作就是指全供油（或节气门（即油门）全开）时不同转速的任何工况。发动机的其它工况则是由全负荷的百分数及相应的转速来规定的。随着调整情况和使用情况的不同，它所发出的功率 P_e 、扭矩 M_e 和燃料消耗率 g_e 等也是不断改变的，这些性能指标及其主要参数随调整情况和工况而变化的关系，称为发动机的特性。通常在坐标图上以曲线的形式表示这种关系，这些曲线称为发动机的特性曲线。

第一节 汽油发动机的速度特性

研究汽油发动机速度特性的目的在于找出汽油机在不同的转速情况下工作时，其动力性和经济性的变化规律，及对应最大功率 $P_{e\max}$ 、最大扭矩 $M_{e\max}$ 和最小燃料消耗率 $g_{e\min}$ 时的转速，从而可以确定汽油机工作时最有利的转速范围。

汽油机的速度特性是指在节气门开度一定，点火提前角维持最佳数值及化油器已调整适当的情况下，汽油机的扭矩 M_e 、功率 P_e 和燃料消耗率 g_e 随转速而变化的关系。表示这一变化关系的曲线 $M_e = f(n)$ 、 $P_e = f(n)$ 及 $g_e = f(n)$ 称为速度特性曲线。节气门部分打开所得的速度特性称为部分特性。节气门完全打开时所得到的速度特性称为汽油机的外特性，如图 2-1 所示。这时汽油机的功率最大，代表该汽油机所能达到的最高性能。一般汽油机铭牌上标明的功率 P_e 、扭矩 M_e 及相应的转速都是以外特性为依据的。因此，在速度特性中以外特性最为重要。

部分特性有无限多个，可形成外特性曲线下的一组曲线

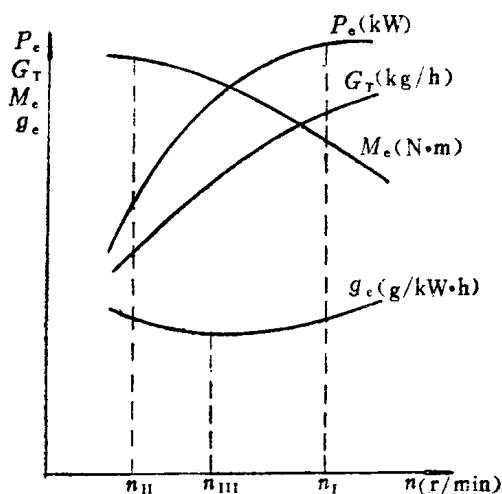


图2-1 汽油机的外特性

族。凡是低于外特性的任何功率和转速的工况，都可以在某一条部分特性曲线上找到。不同的汽油机，其速度特性上各点的数值不同，但其曲线变化规律都相似。

在实际使用中，当驾驶员将加速踏板保持在一定位置时，如果汽车所遇到的阻力不同，车速将发生变化，阻力越大，车速越低。此时汽油机即在按与速度特性相似的工况下工作。当然，汽车在实际使用中，不可能永久地保持加速踏板的位置不变，所以速度特性并不代表汽油机的所有工况，而是其中的一种特殊情况而已。

一、外特性曲线的变化规律

1) 扭矩 M_e 曲线的变化规律。如图 2-1 所示，扭矩 M_e 。

曲线的变化轮廓基本上是一条凸形曲线，在转速较低时，随着转速的提高，扭矩有所增加，到某一中间转速如图中 n_{II} 时，扭矩 M_e 达最大值，以后随着转速的继续增加，扭矩 M_e 反而下降。

2) 功率 P_e 曲线的变化规律。当发动机转速从很低的数值增加时， P_e 迅速增大，当至相应扭矩 M_e 达最大值的转速 n_{II} 时，功率 P_e 随转速 n 提高而增大程度开始逐步减慢。在 n 达到 n_I 时， P_e 达到最大值 $P_{e\max}$ ，当 n 继续增加时， P_e 将迅速降低， P_e 曲线发生转折。

3) 燃料消耗率 g_e 的变化规律。从图 2-1 中可以看出 g_e 值在某一中间转速 n_{III} 时最小，当转速高于或低于 n_{III} 时， g_e 都增加。

理想的 g_e 曲线，不仅要求 $g_{e\min}$ 值尽可能小，而且当 n 增加或降低时， g_e 上升比较缓慢，即 g_e 曲线的变化比较平缓。这就表明该汽油机在广泛的转速范围内都具有良好的经济性，同时也希望 $g_{e\min}$ 相对应的转速 n_{III} 值，尽可能接近汽车常用的发动机转速，这样可以有良好的省油效果。

二、汽油机的工作范围

一般汽油机的工作范围应在最大功率时的转速 n_I 与最大扭矩时的转速 n_{II} 之间，如图 2-1 所示。当工作转速 $n > n_{II}$ 时，汽油机的动力性、经济性和可靠性均大大变坏，因而不能使用。当工作转速 $n < n_I$ 时，由于汽油机工作不稳定，也不可能正常使用。

从经济性来考虑，汽油机工作的最有利转速范围应介于 n_I 和 n_{III} 之间，此转速范围可以作为选择汽油机标定转速范围的参考依据。

三、扭矩储备系数

为了充分表明汽车用汽油机的动力特性，除了标定最大功率 $P_{e\max}$ 及相应转速以外，还要同时考虑汽油机的扭矩特性，给出最大扭矩 $M_{e\max}$ 及其相应的转速和标定工况的扭矩 M_g 及相应的转速。这两个扭矩之差 $M_{e\max} - M_g$ 越大，则汽车在不需换用低档的情况下，克服阻力的潜力越大。评定汽车用汽油机的这种重要动力性能，常用扭矩储备系数 μ 作为指标：

$$\mu = \frac{M_{e\max} - M_g}{M_g} \times 100\%$$

一般汽车用汽油机的 μ 值在 10% ~ 30% 的范围内。

除了扭矩储备系数以外，最大扭矩时的转速 n_{II} 的大小也影响到汽油机克服外界阻力的潜力。在实际使用中，当汽车突然遇到比较大的阻力时，汽油机的转速 n 将由于外界阻力的增加而降低，如果汽油机最大扭矩的转速 n_{II} 较小，则汽油机尚能以比较低的转速稳定地工作，并能充分运用内部运动部件的动能来克服短时超载。因此，最大扭矩 $M_{e\max}$ 的转速 n_{II} 越低，汽车在不换挡的情况下，克服阻力的潜力越大。

不同用途的汽车，其汽油机对扭矩特性的要求也是不同的。例如，长期行驶在山区的载重汽车，由于它对最高车速要求较低，经常使用高功率运行，后备功率较小，且要求具有在不良路面上行驶的能力，因此应选用扭矩储备系数较大和 n_{II} 的数值较低的扭矩特性。对市内公共汽车，其加速性能对提高平均车速有很大影响，也应选用扭矩储备系数较大的扭矩特性。对各型中、高级小客车，由于它对最高车速的

要求比较高，需要增大高转速时的扭矩以提高它的超车能力，且因这种汽油机的功率一般比较大，后备功率较多，低速时已有良好动力性，因此宜选用最大扭矩 $M_{e\max}$ 出现在高转速下的扭矩特性。

应当指出的是影响汽车用汽油机外特性的因素有许多。配气定时、进气排气门的尺寸和形状、行程与缸径比 S/D 、压缩比 ε 、排气系统的结构和凸轮的外形等对汽油机外特性曲线的形状都有重要影响。

第二节 汽油发动机的负荷特性

熟悉汽油机负荷特性的目的，是为了了解汽油机在各种负荷情况下工作时的经济性。

由于汽油机的负荷是靠改变节气门的开度（即节流）来

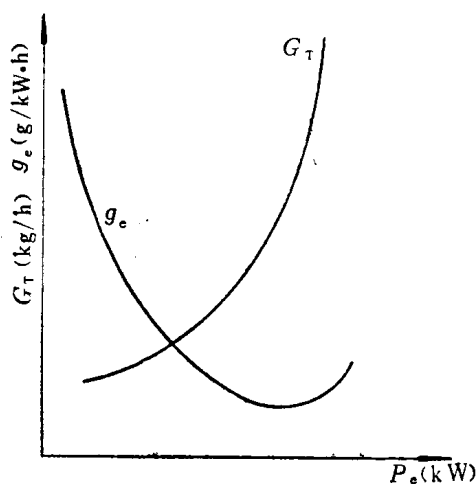


图2-2 汽油机的负荷特性

改变进入气缸的混合气量来调节的，因此，其负荷特性又称节流特性。即当汽油机转速保持一定而改变负荷时，每小时燃料消耗量 G_T 和燃料消耗率 g_e 将随负荷而变化，这种变化关系 $G_T = f(P_e)$ 、 $g_e = f(P_e)$ 就是负荷特性，如图 2-2 所示。

实际上，当汽车在道路条件改变的情况下行驶时，驾驶员通过油门踏板来改变节气门开度，使汽油机的转速（或汽车的前进速度）不变。此时，汽油机的工作情况即近似符合负荷特性的条件。当然，在实际工作中，不可能永久地保持汽油机的转速不变。因此，负荷特性也不能代表汽油机的所有工况，仅能代表其中的一种特殊情况而已。

一、曲线 $G_T = f(P_e)$ 的变化规律

转速一定时，每小时燃料消耗量 G_T 主要取决于节气门的开度和混合气的成分。随着节气门开度的加大，进入气缸中的可燃混合气量增多，虽然混合气的成分有些变稀，但是这种变化不大，所以 G_T 随之迅速增加。当节气门的开度逐渐增大至接近全开（例如70%~80%）时，由于化油器中的省油器或多腔化油器的副腔也开始参加工作，混合气变浓，因此 G_T 增加得更快。

二、曲线 $g_e = f(P_e)$ 的变化规律

从图 2-2 中可以看出 $g_e = f(P_e)$ 曲线的变化规律。当负荷为某个值时， g_e 最小；负荷小于或大于这一定值时， g_e 都将增加。如果在某一转速时，汽油机所能发出的最大功率（满负荷）为负荷率的100%，则 g_e 在负荷率为85%~95%时最小。若负荷提高，由于化油器省油器参加工作，混合气

成分变浓，燃烧不完全等原因， g_e 也随之提高。

理想的 g_e 曲线的最低值要尽可能小，同时，在负荷改变时， g_e 曲线上升越缓慢越好。这样，汽油机就能在负荷标定变化范围内比较经济地工作。

上述负荷特性是在转速保持一定值的情况下测定的。如果转速保持在几种不同的情况时，就可以获得一系列相似的负荷特性曲线，这些曲线可用来全面评定不同转速及不同负荷下汽油机的经济性。

根据汽油机负荷特性，可以找出提高汽车燃料经济性的如下途径：

①在动力性足够的情况下，尽量采用功率较小的汽油机，使汽油机工作时经常处于负荷较高的状况下，以提高汽车使用燃料的经济性。

②在道路情况良好，汽油机的后备功率较大的情况下，合理地拖带挂车或半挂车，对提高运输生产率及降低成本都有很大的现实意义。

③当汽车以等速行驶即当汽油机负荷较低时，加大节气门开度，增加汽油机的负荷，使汽车加速前进，然后利用汽车的惯性滑行（发动机怠速运转），即汽车驾驶中提到的加速—滑行法，使汽油机的 g_e 接近负荷特性曲线较低点，从而节省燃料。但这种操作方法会增加驾驶员的劳动强度和加速汽油机的磨损。

第三节 柴油发动机的特性

一、速度特性

柴油机的速度特性与汽油机相似，是在喷油泵调节杆位