



新编职业技能培训教材

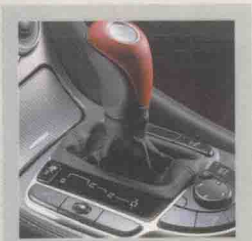
XINBIANZHUYEJINENG
PEIXUNJIAOCAI

跟我学
genwoxue



依据劳动和社会保障部制定的
《国家职业标准》要求编写

国家职业资格培训教材编审委员会/编



汽车 修理工

MOJUJIEGOUSHEJI

初级、技师、高级技师

本书的主要内容包括：
汽车修理技师专业知识、编制汽车修理工艺规程，解决汽车修理过程中的技术难题，组织协调维修作业，诊断发动机使用中出现的故障，诊断汽车底盘的疑难故障，汽车修理的质量管理，汽车修理的生产管理，撰写技术总结和论文，技术改造和科学实验。书末附有与之配套的试题库和答案，以便于企业培训、考核鉴定和读者自测自查。



覆盖面广 实用性强
上手快 易学习



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新编职业技能培训教材

技能型人才培养用书
国家职业资格培训用书

汽车修理工

国家职业资格培训教材编审委员会 编
关文达 张凯良 主编



机械工业出版社

内 容 简 介

本书是依据《国家职业标准》汽车修理工技师和高级技师的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书的主要内容包括:汽车修理工师专业知识,编制汽车修理工艺规程,解决汽车修理过程中的技术难题,组织协调维修作业,诊断发动机使用中出现的故障,诊断汽车底盘的疑难故障物,汽车修理的质量管理,汽车修理的生产管理,撰写技术总结和论文,技术改造和科学实验。

本书主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构的教材,也可作为高级技校、技师学院、高职、各种培训班的教学用书,还可作为读者自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车修理工(技师、高级技师)/关文达,张凯良主编. —北京:机械工业出版社,2006.12
ISBN 978-7-111-20373-5

I. 汽… II. ①关…②张… III. 汽车—车辆修理—技术培训—教材 IV. U472.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第137889号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:黄养成 版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:饶薇 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2008年3月第1版第1次印刷

787×1092 19.5印张 495千字

0 001—4 000册定价:28.8元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

目前,我国正在实行职业资格证书制度,取得职业资格证书已经成为劳动者就业上岗的必备条件,也是作为劳动者职业能力的客观评价。取得职业资格证书不但是广大从业人员、待岗人员的迫切需要,而且已经成为各级各类普通教育院校、职业技术学院毕业生追求的目标。

本教材的主要特点是:

1. 最大限度地体现技能培训的特色。教材以最新国家职业标准为依据,以职业技能鉴定要求为尺度,以满足本职业对从业人员的要求为目标。凡是《国家职业标准》汽车修理工(技师和高级技师)中要求的技能和有关知识,均作了详细介绍。

2. 以岗位技能需求为出发点,按照“模块式”教材编写思路,确定教材的核心技能模块,以此为基础,完成每一个技能训练单元所需掌握的相关知识、技能训练、模拟考试、试题库等结构体系。

3. 服务目标明确。本套教材主要服务于教育、劳动保障系统以及其他培训机构或社会力量办学所举办的各类培训教学,也适用于各级院校举办的中短期培训教学。

4. 内容先进。本套教材在强调实用性、典型性的前提下,充分重视内容的先进性,尽可能反映与本职业相关联的新技术、新工艺、新设备、新材料和新方法。本书部分图形采用汽车行业图形,可能与部分国家最新电路标准图形不一致。

本书在编写过程中坚持按岗位培训需要编写的原则,以“实用”、“够用”为宗旨。突出技能;以技能为主线,理论为技能服务,使理论知识和操作技能结合起来,并有机地融于一体。在编写过程中我们还力求教材内容精炼、实用、通俗易懂、覆盖面广、通用性强。

本书由关文达、张凯良主编,吴明、王巍任副主编,文建辉、王雨琴、王超、刘兆惠、刘宏飞、张忠伟、李凤英、陈殿辉、鲁春山、李春荣、初立东参加编写,王耀斌主审。

文中标有“★”的内容为高级技师选修内容,请在学习过程中予以注意。

由于教材编写时间仓促,编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正,我们表示衷心的感谢!

编 者

目 录

序	
前言	
第一章 汽车修理技师专业知识	1
第一节 发动机特性与汽车理论记	1
一、发动机的特性	1
二、汽车的动力性	4
三、汽车的燃料经济性	8
四、汽车的制动性	11
五、汽车的操纵稳定性和转向特性	13
第二节 典型汽车电子控制机构	14
一、多气门发动机控制原理	14
* 二、电控自动变速器	16
* 三、电控巡航系统 CCS	21
* 四、电控悬架系统 ASC	23
第三节 汽车电子系统控制知识	26
一、数字电路基本知识	26
二、发动机电子控制系统	30
三、进气增压装置的结构与工作 原理	32
第四节 汽车电路及仪表	33
一、汽车电路原理图、电器线路图	33
二、汽车电器系统符号标准	35
三、汽车电子仪表	45
第五节 液压系统知识	47
一、液压系统原理图	47
二、液压传动系统的组成	47
三、液压传动的特点	49
四、液压基本回路	49
五、液压传动在汽车上的应用实例	53
第六节 质量管理的基础知识	53
一、质量的基本概念	53
二、质量分析方法	56
三、质量保证体系	61
四、汽车维修质量标准	63
第七节 汽车维修质量管理专业知识	65
一、ISO9000 质量管理简介	65
* 二、汽车零部件的失效模式	66
复习思考题	67
第二章 编制汽车修理工艺规程	69
第一节 编制汽车修理工艺规程的 基础知识	69
* 一、汽车零部件测绘知识	69
* 二、汽车修理工艺	78
第二节 编制汽车修理工艺规程 技能训练	82

训练 编制发动机装配修理 工艺规范····· 82	三、汽车修理技术检修····· 161
复习思考题····· 85	第二节 组织协调维修作业技能
第三章 解决汽车修理过程中的技术	训练····· 163
难题 ····· 86	训练1 桑塔纳轿车二级维护 作业组织····· 163
第一节 解决汽车修理过程中的 技术难题必备的专业知识····· 86	训练2 发动机大修作业的统筹 规划····· 169
* 一、汽车用电脑及传感器基本 知识····· 86	复习思考题····· 171
二、计算机控制点火系····· 96	第五章 诊断发动机使用中出现的 故障 ····· 172
三、电控燃油喷射系统的 构造原理与基本检验····· 98	第一节 诊断发动机疑难故障 必备的专业知识····· 172
四、自动变速器的组成及基本 检验····· 106	* 一、发动机综合性能检测仪 简介····· 172
* 五、柴油机电控技术····· 111	二、发动机常见异响的特征、 原因与诊断方法····· 173
* 六、汽车数据总线知识····· 113	三、示波器与波形····· 179
* 七、汽车排放控制与检测技术····· 117	四、电控汽油发动机故障诊断 步骤····· 185
第二节 汽车修理过程中技术 难题技能训练····· 121	五、故障树的概念、符号及 故障树分析法····· 188
训练1 传感器系统的诊断····· 121	六、故障自诊断系统····· 190
训练2 计算机控制点火系的 诊断····· 124	七、故障分析报告····· 191
训练3 自动变速器液压操纵 系统的检修····· 126	八、技术资料检索····· 192
*训练4 动力转向液压泵的检修····· 128	第二节 诊断发动机疑难故障技能
*训练5 发动机综合性能检测····· 129	训练····· 193
复习思考题····· 132	训练1 用示波器诊断点火系 故障····· 193
第四章 组织协调维修作业 ····· 133	训练2 用解码器对电控燃油喷射 系统故障进行诊断····· 195
第一节 组织协调维修作业必备的 专业知识····· 133	复习思考题····· 199
一、汽车二级维护作业····· 133	
二、汽车修理作业····· 154	

第六章 诊断汽车底盘的疑难故障 ····· 201	训练 ····· 278
第一节 诊断汽车底盘的疑难故障	* 训练1 汽车大修费用的计算····· 278
必备的专业知识 ····· 201	* 训练2 产品成本核算····· 278
一、车辆识别代号编码的相关	* 训练3 汽车修理工时定额
知识 ····· 201	计算 ····· 278
二、自动变速器故障诊断步骤与	复习思考题 ····· 279
参数 ····· 206	第八章 撰写技术总结和论文 ····· 280
三、转向轮定位原理、检测和调整 ····· 225	第一节 撰写技术文件的基础知识 ····· 280
四、电子控制动力转向系统 ····· 231	一、技术总结(科技报告) ····· 280
五、防抱死制动系统(ABS) ····· 231	二、科技论文 ····· 283
* 六、汽车综合检测站的功能、	第二节 例文点评 ····· 286
检测项目 ····· 248	例文《汽车修理技师技术总结》
第二节 诊断汽车底盘疑难	例文点评 ····· 286
故障技能训练 ····· 251	复习思考题 ····· 289
训练1 用解码器诊断自动	第九章 技术改进和科学实验 ····· 290
变速器故障 ····· 251	第一节 技术改进和科学实验
训练2 电控动力转向	必备的专业知识 ····· 290
系统的故障诊断 ····· 253	* 一、汽车修理设备设计
训练3 防抱死制动系统的	(或改造)知识 ····· 290
故障诊断 ····· 254	二、LPG 发动机汽车的结构与
复习思考题 ····· 258	原理 ····· 293
第七章 汽车修理的生产管理 ····· 259	* 三、科学试验的研究方法与管理 ····· 296
第一节 汽车维修企业的开业条件 ····· 259	* 四、汽车的使用性能与试验 ····· 297
一、汽车整车维修企业开业条件 ····· 259	第二节 技术改进和科学实验技能
二、汽车专项维修业户开业条件 ····· 262	训练 ····· 299
第二节 生产管理必备的专业知识 ····· 270	训练1 汽车修理设备的选配 ····· 299
一、汽车修理成本核算知识 ····· 270	训练2 LPG 发动机汽车改造 ····· 300
二、汽车修理定额管理知识 ····· 275	复习思考题 ····· 306
第三节 汽车修理生产管理技能	参考文献 ····· 307

第一章 汽车修理技师专业知识

培训学习目标

掌握发动机与汽车理论、典型的汽车电子控制的基本知识；了解数字电路、汽车电路原理图、汽车电器线路图和液压系统基本知识；了解质量管理的基础知识及汽车维修的常用英语词汇。

第一节 发动机特性与汽车理论

一、发动机的特性

在实际工作中，发动机的工作状况变化是很大的。不同的工况，发动机的性能指标随之变化。发动机性能指标随发动机调整和运转工况而变化的关系，称为发动机的特性。使用管理者对发动机运用正确与否，是以发动机特性为基础的。发动机的特性主要有：发动机速度特性、发动机调整特性、发动机负荷特性和发动机万有特性。

1. 发动机速度特性

发动机性能指标随转速变化的关系称为发动机速度特性。

(1) 汽油机速度特性 汽油机节气门开度不变，发动机有效功率 P_e 、有效转矩 T_{iq} 、耗油率 b_e 、每小时耗油量 B 等性能指标随转速变化的关系称为汽油机速度特性。节气门全开，所得到的速度特性称为汽油机外特性（图 1-1）；节气门部分开启所得到的速度特性称为部分特性。部分特性曲线有无数条，外特性曲线只有一条。

汽油机有效转矩的变化规律是：有效转矩 T_{iq} 随发动机转速的增加，逐渐增大，出现最大转矩后随转速的增加逐渐下降，且下降速度越来越快。

汽油机转矩曲线取决于进入汽缸的可燃混合气数量，而转速的变化则影响进入汽缸内的可燃混合气数量。首先，发动机转速影响发动机充气效率 η_v ，发动机转速低，进气惯性小，充气效率低；发动机转速高，进气阻力大，充气效率也低。只有在某一最佳转速，充气效率最高。其次，发动机转速还影响机械效率 η_m ，发动机转速升高时，机械效率下降使功率损失增加，转速也随之下降。另外，发动机转速还影响其指示热效率 η_i ，发动机在某一转速时，其指示热效率为最大值。转速低时，可燃混合气燃烧速度慢，且汽缸散热快，指示热效率低；转速高时，燃烧延续时间长，燃烧效率低，使得指示热效率也低。

总之，当发动机转速由低向高变化时，充气效率和指示热效率均上升，尽管机械效率略有下降，但发动机有效转矩 T_{iq} 总的趋势是上升的，达到某一转速后得到最大转矩。发

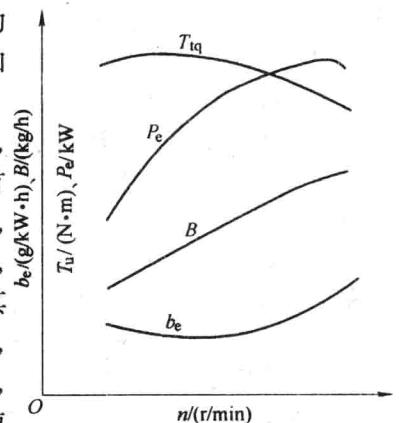


图 1-1 汽油机外特性曲线

动机转速继续升高，由于充气效率、指示热效率和机械效率都下降，使得发动机有效转矩迅速下降，且变化较陡。

有效功率变化规律：由于 $P_e = T_{iq}n/9550$ ，所以当发动机转速升高时，开始时 T_{iq} 也增加，功率 P_e 迅速增加，直到转矩 T_{iq} 达到最大值后，由于转矩开始下降，使功率 P_e 上升缓慢，当 $T_{iq}n$ 达最大值时， P_e 达最大值。此后，虽然发动机转速 n 仍增加，但抵不过转矩 T_{iq} 的下降，所以功率 P_e 下降。

耗油率变化规律：虽然发动机转速增加时每小时耗油量 B 增加，但在发动机中等负荷及相应转速下，供应的可燃混合气为经济可燃混合气，燃烧效率高，使得耗油率 b_e 在中间某一转速时最低；低于该转速时，指示热效率 η_i 上升弥补了机械效率 η_m 的下降，使 b_e 增加；高于该转速时，指示热效率 η_i 、机械效率 η_m 随转速 n 的升高而下降，使 b_e 增加。总之， b_e 曲线为一条下凹曲线，且该曲线变化较平坦。

汽油机外特性代表发动机最高性能。因实验条件不同，又可分为：

1) 使用外特性，试验时发动机带全部附件，所输出的功率为净功率或使用外特性。

2) 发动机仅带维持运转所必需的附件时所输出的校正有效功率称总功率。我国发动机特性数据多属于这后一种数据。

部分速度特性曲线与外特性曲线基本相似，只是性能指标低于外特性指标。

(2) 柴油机速度特性 喷油泵油量调节机构（油量调节拉杆或齿条拉杆）位置不动，柴油机性能指标 P_e 、 T_{ip} 、 b_e 、 B 等随发动机转速变化而变化的关系，称为柴油机速度特性。

当油量调节拉杆固定在标定功率循环供油量位置时，测得的速度特性，习惯上称为柴油机外特性（图 1-2），当油量调节拉杆固定在小于标定功率循环供油量位置时的速度特性称为柴油机部分速度特性。

柴油机有效转矩 T_{iq} 变化规律：在各转速下，柴油机转矩的大小主要取决于柴油机每个工作循环供油量 Δb 的多少。在常用的柱塞式喷油泵中，在油量调节拉杆位置一定时，每个工作循环供油量 Δb 由喷油泵的速度特性决定，它将随发动机转速的升高而增加，但柴油发动机进气阻力较小，在发动机转速升高时，充气效率降低较少，所以随发动机转速的升高，转矩缓慢增加，且曲线变化平坦。当发动机转速升高到某一数值时，由于供油量增加，使燃烧状况恶化，指示热效率 η_i 和机械效率 η_m 均下降，导致有效转矩 T_{iq} 曲线下降较陡。

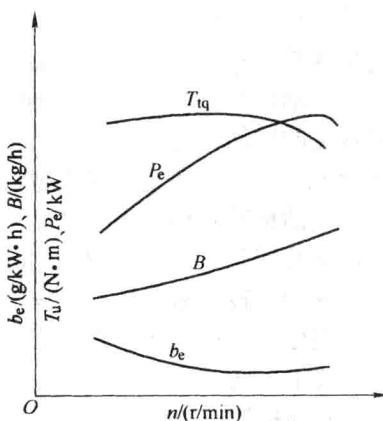


图 1-2 柴油机外特性曲线

有效功率变化规律：由于有效转矩 T_{iq} 变化平坦，在一定转速范围内，有效功率几乎与转速成正比增加。

耗油率变化规律：随着发动机转速的增加，发动机燃烧状况得到改善，所以耗油率曲线呈下降趋势。当发动机转速达某一数值时，耗油率达最小值。随着发动机转速继续升高，燃烧状况有变坏，耗油率曲线又上升。总之，耗油率曲线在中间某一转速最低，但整条曲线变化不大。

部分速度特性曲线与外特性曲线基本相似。发动机有效功率 P_e 有效转矩 T_{iq} 随负荷的减小与外特性曲线相平行下移；耗油率曲线 b_e 变化趋势与外特性曲线相同。

2. 发动机负荷特性

是指发动机转速不变，其经济性随负荷变化而变化的关系。如汽车等速的在阻力变化的道路上行驶即为该情况。此时加速踏板（汽油机）或调速手柄（柴油机）必须经常改变以调整发动机有效转矩，适应外接阻力变化，以保持发动机转速不变。

(1) 汽油机负荷特性 当汽油机转速不变，逐渐改变节气门开度，同时调节测功器负荷，如改变水力测功器水量，以保持发动机转速不变，每小时耗油量 B 和耗油率曲线 b_e 随有效功率 P_e （或有效转矩 T_{iq} 、平均有效压力 p_{me} ）变化而变化的关系称为汽油机负荷特性，如图 1-3 所示。

耗油率 b_e 变化规律：耗油率 b_e 曲线的形状取决于指示热效率和机械效率随负荷的变化。

发动机空转时，输出功率 P_e 为零，机械效率 η_m 为零，所以 b_e （ $b_e = k_3 / \eta_i \eta_m$ ）为无穷大。随着节气门开度的增加， η_i 和 η_m 均上升，使耗油率 b_e 急剧下降。在大负荷和接近全负荷时，由于加浓装置开始起作用，可燃混合气变浓，不完全燃烧现象加剧，指示热效率下降，耗油率 b_e 上升。

每小时耗油量 B 的变化规律：当汽油发动机转速一定时，每小时耗油量 B 值主要取决于节气门开度和可燃混合气成分。随着节气门开度的逐渐加大，可燃混合气数量增多，每小时耗油量 B 上升。在全负荷时，可燃混合气变浓，每小时耗油量 B 迅速增加（图中曲线变陡）。

(2) 柴油机负荷特性 当柴油机保持某一转速不变，移动喷油泵油量调节拉杆，改变每循环供油量 Δb 时， B 、 b_e 随 P_e （ T_{iq} 、 P_{me} ）变化而变化的关系称为柴油机负荷特性，如图 1-4 所示。

耗油率 b_e 曲线形状： b_e 曲线变化取决于指示热效率 η_i 和机械效率 η_m 的变化。指示热效率 η_i 随负荷的增加，每循环供油量增加，使可燃混合气变浓，不完全燃烧加剧，使 η_i 降低。大负荷时， η_i 下降速度加快。机械效率 η_m 随负荷的增加而增加。柴油机空转时，机械效率 η_m 等于零，耗油率 b_e 趋于无穷大。随着负荷的增加，机械效率 η_m 上升速度比指示热效率 η_i 下降速度要快，所以耗油率 b_e 减少，直至 b_e 降至最低点后，若负荷继续增加，使得可燃混合气过浓，燃烧恶化， η_i 下降较快，导致 b_e 升高。负荷增加到某点，排气出现碳烟，达到“冒烟界限”。继续增加供油量， b_e 显著增加。

每小时耗油量 B 曲线形状：当柴油发动机转速一定时，每小时耗油量 B 值主要取决于每循环供油量 Δb ，随着柴油机负荷的增加每循环供油量加大，每小时耗油量 B 增加，当接近“冒烟界限”时，燃烧状况恶化，每小时耗油量 B 迅速增加。

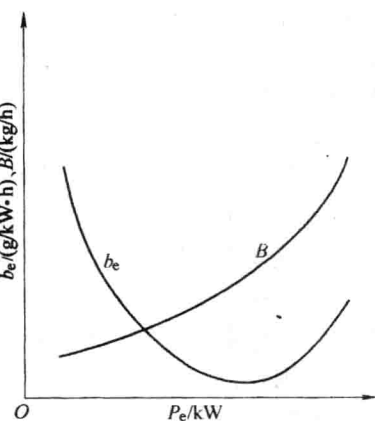


图 1-3 汽油机负荷特性曲线

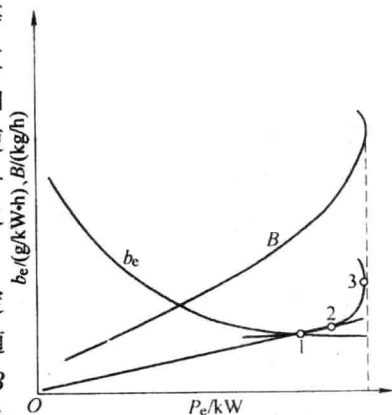


图 1-4 柴油机负荷特性曲线

3. 发动机调整特性

发动机的性能指标随调整情况而变化的关系叫调整特性。

汽油机的调整特性有燃料调整和点火提前角的调整。

柴油机的调整特性有供油时刻的调整和速度的调整。速度的调整又称为调速特性。

在调速器起作用，喷油泵调速手柄位置固定时，柴油机的性能指标随转速的变化关系称为调速特性。调速特性表达方式有两种：一种以有效功率 P_e 为横坐标，相当于负荷特性的形式（图 1-5）；另一种以发动机转速 n 为横坐标，相当于速度特性的形式（图 1-6）。

柴油机调速特性曲线由调速器起作用段的调速段和调速器不起作用的外特性段组成。柴油机在调速器调速段工作时，即使外界阻力矩变化较大，柴油机转速波动也会很小。

4. 发动机万有特性

负荷特性和速度特性只能表示发动机在某一转速或某一个节气门开度（或某一油量调节拉杆位置）时发动机参数间的变化规律，而汽车工况变化范围很广，要分析各种工况下的发动机性能需要许多负荷特性和速度特性图，显然这样做既不清楚，也不方便。为了能在一张图上较全面的表示发动机的相关性能，常采用多参数的特性曲线—万有特性曲线。

应用较为广泛的万有特性曲线用发动机转速 n 作横坐标，用平均有效压力 P_{me} （或转矩 T_{tq} ）作纵坐标，在图上画出许多等油耗率 b_e 曲线和等功率 P_e 曲线。

等油耗率 b_e 曲线根据各种转速下的负荷特性曲线用作图法得到。

图 1-7 所示为东风 EQ6100 汽油机万有特性曲线。从图中看出，最内层的等油耗率 b_e 曲线是最经济的区域，油耗率最低。曲线愈向外，经济性愈差。应尽量使发动机常用转速和负荷处于最经济区；并且希望等油耗率曲线沿横坐标方向长些，使发动机在较大的转速范围内均有较好的经济性。

二、汽车的动力性

汽车的动力性是汽车的主要性能之一。汽车的动力性是指汽车在良好路面上直线行驶时由汽车纵向外力决定的、所能达到的平均行驶速

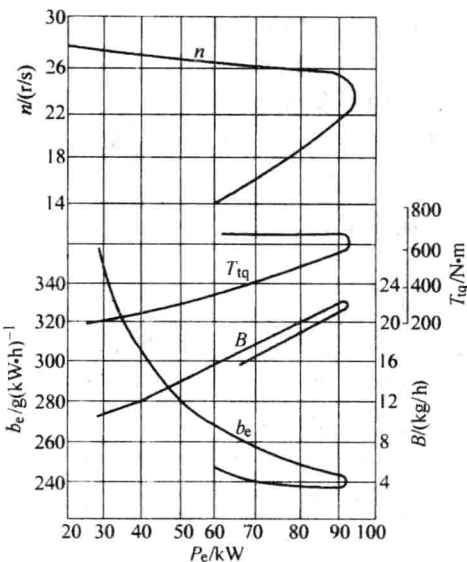


图 1-5 6153K-2 型柴油机调整特性

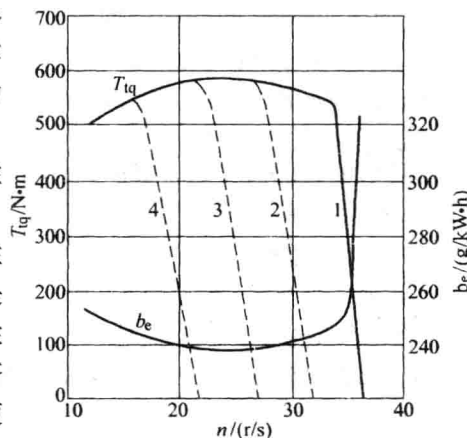


图 1-6 6120 型柴油机调速特性

度。汽车的动力性好，则说明汽车具有较高的行驶速度，较好的加速能力和上坡能力。

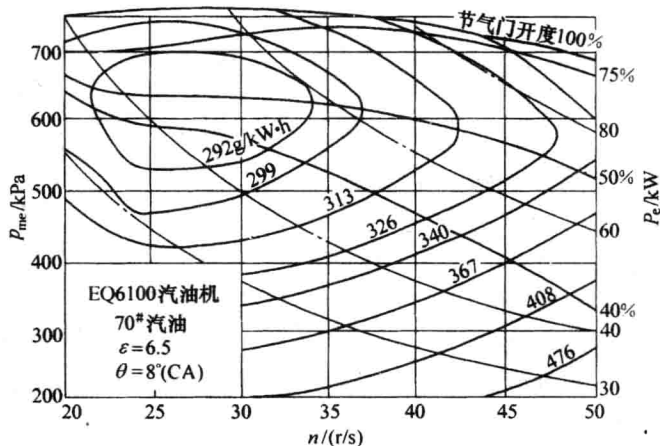


图 1-7 汽油机万有特性曲线

1. 动力性指标

汽车动力性指标包括：汽车的最高车速、汽车的加速时间和汽车的最大爬坡度。

(1) 汽车的最高车速 指在良好的水平路面（混凝土或沥青）上汽车所能达到的最高车速，用 U_{amax} 表示，单位为 km/h。轿车一般最高车速为 150 ~ 200km/h。

(2) 汽车的加速时间 表示汽车的加速能力，用 t 表示，单位为 s。加速时间分原地起步加速时间与超车加速时间两种。原地起步加速时间指汽车由低挡起步，并以最快的加速度逐步换至最高挡，达到某一距离和车速所需的时间。超车加速时间指用高挡由某一较低车速全力加速至某一高速所需的时间。

(3) 汽车的最大爬坡度 指汽车挂一档时的最大爬坡度。爬坡度可用角度表示；也可用每百米水平距离内坡度的升高 h 与百米之比 i 来表示，即

$$i = h/100 \times 100\% = \tan\alpha$$

2. 汽车的驱动力——行驶阻力平衡图

(1) 汽车的驱动力图 用驱动力与车速的函数关系曲线 $F_t - U_a$ 来全面表示汽车的驱动力，称为汽车的驱动力图（图 1-8）。根据汽车发动机外特性曲线、传动系的传动比、传动系效率和车轮半径等参数，可求出各个挡位的发动机相应转速的驱动力 F_t 值。

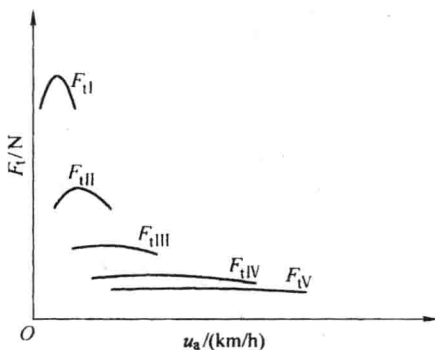


图 1-8 汽车的驱动力图

1) 汽车的驱动力。发动机飞轮输出的转矩经汽车传动系传到驱动车轮上，作用在驱动车轮上的转矩 T_t ，使车轮对路面产生一圆周力 F_o ，路面对驱动车轮的反作用力 F_t ，就是驱动汽车行驶的外力，此外力称为汽车的驱动力（图 1-9），单位为 N。驱动力可由式（1-1）求出。

$$F_t = T_t/r \tag{1-1}$$

式中 F_t ——驱动力 (N)；

T_t ——作用在驱动车轮的转矩 (N·m);

r ——车轮半径 (m)。

作用在驱动车轮的转矩 T_t 是由发动机产生并经传动系传至驱动轮上的。

$$T_t = T_{tq} i_g i_o \eta_t$$

式中 T_t ——作用在驱动车轮的转矩 (N·m);

T_{tq} ——发动机转矩 (N·m);

i_g ——变速器的传动比;

i_o ——主减速器的传动比;

η_t ——传动系的机械效率。

2) 汽车行驶速度。根据发动机转速、变速器的传动比、主减速器的传动比和车轮半径可求出汽车行驶速度 U_a 。

$$U_a = 0.377m/i_{gto}$$

式中 U_a ——汽车行驶速度 (km/h);

n ——发动机转速 (n/min);

r ——车轮半径 (m);

i_g ——变速器的传动比;

i_o ——主减速器的传动比。

根据所求各挡位的 F_t 和 U_a ，即可得到 F_t-U_a 曲线 (见图 1-8)。

(2) 汽车的驱动力—行驶阻力平衡图 汽车的行驶方程式为

$$F_t = F_f + F_i + F_w + F_j \tag{1-2}$$

$$\text{或 } T_{tq} i_g i_o \eta_t / r = Gf + Gi + C_D A U_a^2 / 21.15 + \delta m du / dt$$

式中 F_t ——滚动阻力 (N);

F_i ——坡度阻力 (N);

F_w ——空气阻力 (N);

F_j ——加速阻力 (N);

G ——汽车重力 (N);

f ——滚动阻力系数;

i ——路面坡度 (%);

$C_D A$ ——空气阻力系数与迎风面积 (m²);

U_a ——汽车行驶速度 (km/h);

δ ——旋转质量换算系数;

m ——汽车质量 (kg);

du/dt ——汽车加速度 (m/s²)。

汽车的行驶方程式表明了汽车行驶时驱动力与外界阻力之间的相互关系。若发动机转速特性、变速器的传动比、主减速器的传动比、传动系的机械效率、车轮半径、空气阻力系数、迎风面积及汽车质量等确定后，即可利用汽车行驶方程式分析汽车的行驶能力。

汽车行驶方程常用图解法来进行分析，形象比较清晰。所谓图解法，就是在汽车驱动力图上画上汽车行驶时经常遇到的滚动阻力和空气阻力曲线，作出汽车的驱动力—行驶阻

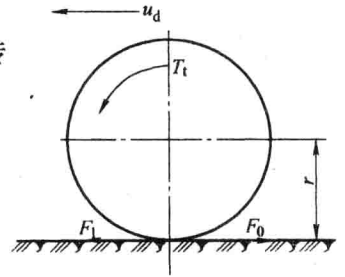


图 1-9 汽车驱动力的产生

力平衡图，并以此确定汽车的动力性。

图 1-10 所示是某一个装有四挡变速器的汽车的驱动力—行驶阻力平衡图。图中既有各挡的驱动力，又有滚动阻力和滚动阻力及空气阻力迭加后得到的行驶阻力曲线。

从图中可看到不同车速时的驱动力与行驶阻力之间的关系。

3. 汽车的动力因数

若将汽车行驶方程式

$$F_t = F_f + F_i + F_w + F_j \quad (1-3)$$

$$F_t = Gf + Gi + C_D AU_a^2 / 21.15 + \delta m du / dt$$

两边分别除以汽车重力，得到

$$(F_t - F_w) / G = f + i + \delta / g du / dt$$

设 $D = (F_t - F_w) / G$ ，称 D 为汽车动力因数。

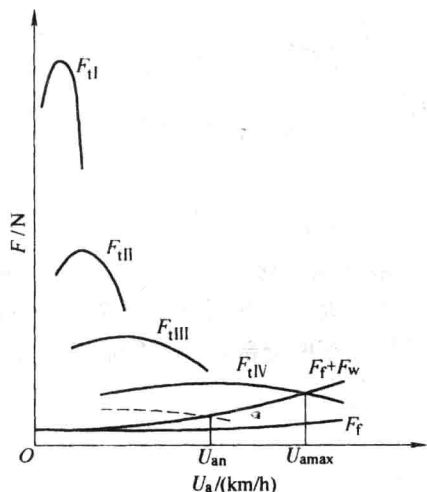


图 1-10 汽车的驱动力—行驶阻力平衡图

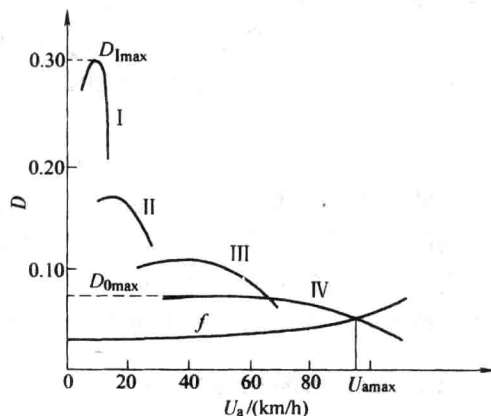


图 1-11 汽车动力特性图

汽车各挡时的动力因数与车速的关系曲线图称为汽车动力特性图，如图 1-11 所示。

4. 汽车的功率平衡与后备功率

汽车在行驶时，除了驱动力与行驶阻力相互平衡外，汽车发动机功率与汽车行驶的阻力功率也总是平衡的。在汽车行驶的每一时刻，发动机输出的功率总是等于机械传动损失与全部运动阻力所消耗的功率。

若发动机输出的功率为 P_e ，滚动阻力功率 P_f ，空气阻力功率 P_w ，坡度阻力功率 P_i ，加速阻力功率 P_j ，则

$$P_e = 1 / \eta_t (P_f + P_w + P_i + P_j)$$

这就是汽车功率平衡方程式。其中

$$\text{滚动阻力功率 } P_f = 1 / 3600 g f u_a;$$

$$\text{空气阻力功率 } P_w = 1 / 76140 c_D a u_a^3;$$

$$\text{坡度阻力功率 } P_i = 1 / 3600 g i u_a;$$

$$\text{加速阻力功率 } P_j = 1 / 3600 \delta m u_a du / dt。$$

则得到汽车功率平衡方程式

$$P_e = 1/\eta_t (GfU_a/3600 + C_D AU_a^3/76140 + GiU_a/3600 + \delta m U_a/3600 du/dt)$$

若以纵坐标表示功率，横坐标表示车速，将发动机功率 P_e 和汽车行驶阻力功率 $(P_f + P_w) / \eta_t$ 对车速 U_a 的关系曲线绘制在坐标图上，便可得到汽车功率平衡图（图1-12）。

由图可看出，不同的挡位，发动机功率大小不变，但发动机功率曲线对应的车速位置不同。高挡时车速高，且速度变化范围宽；低挡时车速低，速度变化范围窄。

汽车挂高挡时，发动机功率曲线与阻力功率曲线交点对应的车速，即是汽车在良好水平路面上的最高车速 U_{amax} 。汽车在良好的水平路面上以较低速度 U'_a 等速行驶时，汽车的阻力功率 $(P_f + P_w) / \eta_t$ 为 bc ，此时驾驶员为了维持汽车等速行驶，可减小节气门开度，发动机功率曲线为图中虚线所示。如果发动机在汽车行驶速度 U'_a 时，节气门全开，则发动机发出的功率 P_e 为 ac ，于是

$$P_e - 1/\eta_t (P_f + P_w) = \overline{ac} - \overline{bc} = \overline{ab}$$

\overline{ab} 对应的功率，称为汽车的后备功率。汽车的后备功率可用来使汽车加速或爬坡。因此，一般情况下，若维持汽车等速行驶需要的发动机功率并不大，节气门开度可减小，只是在汽车需要加速或爬坡时，驾驶员才加大节气门开度，使汽车的全部和部分的后备功率发挥作用。因此，汽车的后备功率越大，汽车的动力性越好。

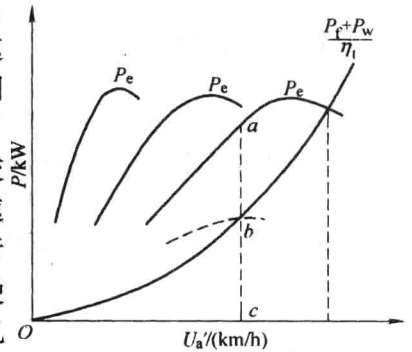


图 1-12 汽车功率平衡图

三、汽车的燃料经济性

汽车的燃料经济性是指在保证动力性的条件下，汽车以最小的燃油消耗量完成单位运输工作的能力。汽车的燃料经济性好，可降低汽车的运输成本、节约能源；另外，还可降低汽车发动机排放污染物。

1. 燃料经济性评价指标

汽车燃料经济性用一定负荷、一定里程的耗油量或一定耗油量能使汽车行驶的里程来表示。我国的燃料经济性评价指标为：一定运行工况下汽车行驶百公里的燃油消耗量，即汽车行驶 100km 所消耗的燃油升数，单位为 L/100km，该数值越大，汽车的燃料经济性就越差。

百公里燃油消耗量分为等速行驶百公里燃油消耗量和循环工况行驶百公里燃油消耗量。

(1) 等速行驶百公里燃油消耗量 它是在汽车额定载荷下，以最高挡在水平良好路面上等速行驶 100km 的燃油消耗量。若把汽车在各个速度下的等速百公里燃油消耗量标注在以汽车行驶速度为横坐标，百公里燃油消耗量为纵坐标的图上，即可得到等速百公里燃油消耗量曲线，见图 1-13。用等速百公里燃油消耗量曲线可分析和评价汽车的燃料经济性。

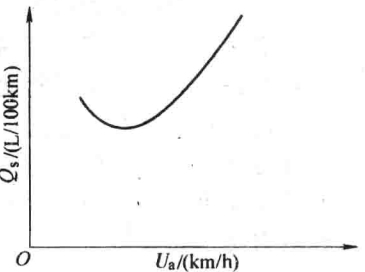


图 1-13 汽车等速百公里燃油消耗量曲线

(2) 循环工况行驶百公里公里燃油消耗量 等速行驶工况不能全面反映汽车实际运行情况, 因此, 可制定一些典型的循环行驶实验工况模拟汽车实际运行状况, 并以其百公里燃油消耗量来评定相应行驶工况的燃油经济性。我国制定了货车及客车的路上行驶循环工况, 货车为六工况, 1.075km 循环 (图 1-14a); 客车为城市四工况, 0.70km 循环 (图 1-14b)。

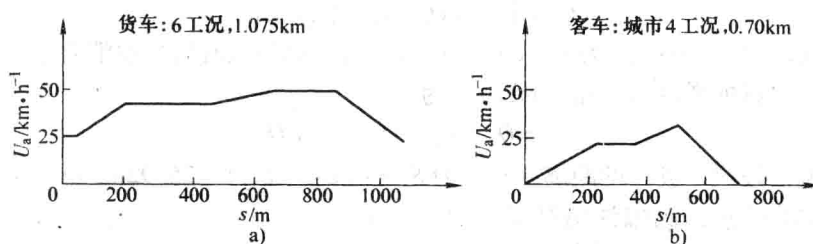


图 1-14 我国货、客车燃油经济性的行驶工况

2. 汽车燃料经济性的计算方法

汽车燃料经济性可根据发动机台架试验得到的万有特性图和汽车功率平衡图进行估算。

(1) 等速行驶百公里燃油消耗量的计算

$$Q_s = P_e b_e / 1.02 U_a \rho g \quad (\text{L}/100\text{km})$$

式中 Q_s ——百公里燃油消耗量 (L/100km);

P_e ——发动机有效功率 (kw);

b_e ——燃油消耗率 (g/kw·h);

U_a ——车速 (km/h);

ρ ——燃油的密度, 汽油取 0.71~0.73kg/L, 柴油取 0.81~0.83kg/L;

g ——重力加速度。

(2) 循环工况燃油消耗量的计算 循环工况除了等速行驶外, 还包括加速、减速和怠速停车等行驶工况。它们的燃油消耗量计算分别如下:

1) 等加速行驶工况燃油消耗量的计算。汽车加速行驶时, 若加速度为 du/dt , 则发动机提供的功率为

$$P_e = 1/\eta_t (GfU_a/3600 + C_D AU_a^3/76140 + \delta m U_a/3600 du/dt)$$

借助图 1-15 可计算出汽车由 U_{a1} 以等加速度加速行驶至 U_{a2} 的燃油消耗量。

首先, 把加速过程分成若干小区间, 例如速度每增加 1km/h 为一个小小区间; 然后根据其平均的单位时间燃油消耗量与行驶时间计算出每个区间的燃油消耗量。从初始速度 U_{a1} 加速到 $U_{a1} + 1\text{mk/h}$ 所需燃油量 (单位为 mL)

$$Q_1 = 1/2 (Q_{i0} + Q_{i1}) \Delta t$$

式中, Q_{i0} 为初始速度 U_{a1} 时, 即 t_0 时刻的单位时间燃油消耗量 (mL/s); Q_{i1} 是车速为 $U_{a1} + 1\text{mk/h}$ 时, 即 t_1 时刻的单位时间燃油消耗量 (mL/s)。单位时间燃油消耗量 Q_i (mL/s), 根据相应的发动机功率与燃油消耗率求出 $Q_i = P_e b_e / 367.1 \rho g$; Δt 为车速增加 1km/h 所需的时间 (s), 可通过下式求出 $\Delta t = 3.6 du/dt$ 。式中的 du/dt 为汽车加速度 (m/s^2)。

由车速 $U_{a1} + 1\text{mk/h}$ 再增加 1km/h 所需的燃油量 (单位为 mL) 为