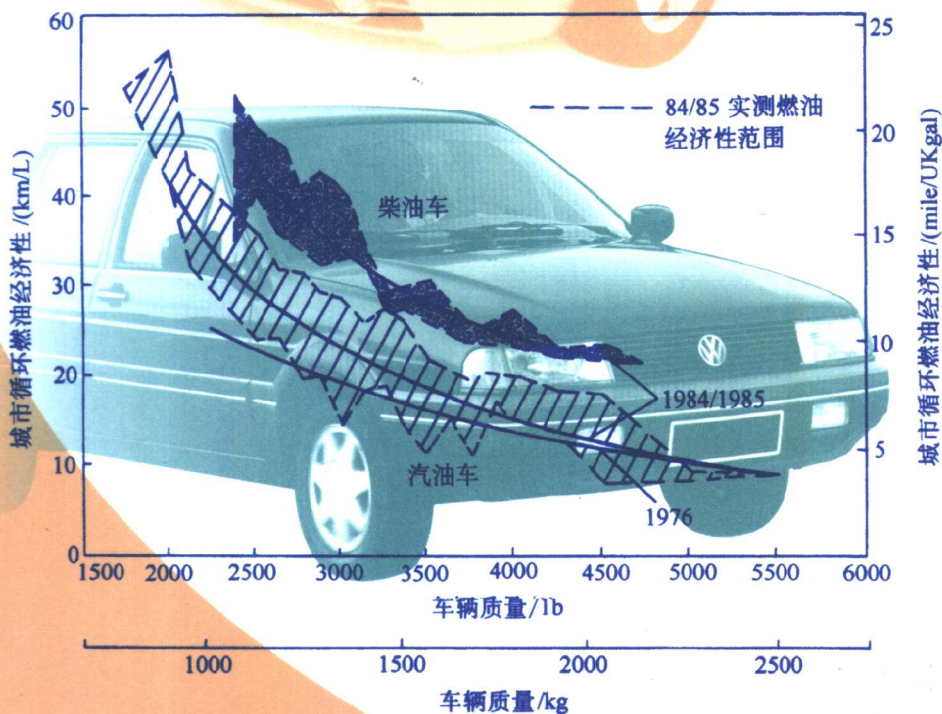


汽车节能技术与原理

普通高等教育交通类“十五”规划教材



吉林大学 刘玉梅 主编



普通高等教育交通类“十五”规划教材

汽车节能技术与原理

主编 刘玉梅

主审 高延龄



机械工业出版社

本书采用最新的技术数据,系统、全面地反映当前汽车节能方面最新的科技和科研成果。书中介绍了国内外汽车节能技术的发展现状,汽车节能的潜力;重点分析了汽车节能的基本原理、途径及方法;详细地介绍了国内外最新的汽车节能理论、节能技术及节能装置等。本书内容新颖,理论与实践紧密结合,具有较高的实用价值。

本书除作为高等院校交通运输专业本科生的教材外,也可作为汽车使用、管理、维修技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

·汽车节能技术与原理/刘玉梅主编. —北京:机械工业出版社, 2003. 2

普通高等教育交通类“十五”规划教材

ISBN 7-111-10033-6

I. 汽… II. 刘… III. 汽车-节能-高等学校-教材 N. U471.23

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第006088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: 杨民强 版式设计: 冉晓华 责任校对: 吴美英
蒋有彩

封面设计: 姚毅 责任印制: 闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年3月第1版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·8.75印张·337千字

0 001—4 000册

定价: 24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材是根据全国高等院校汽车运用工程专业教学指导委员会第二届第六次会议通过的交通运输专业“十五”教材编写规划和《汽车节能技术与原理》教材编写大纲而编写的，既可作为高等院校交通运输专业学生的学习教材，又可作为汽车制造、汽车运输、汽车维修企业技术人员的参考资料。

随着能源危机的加剧，世界各国更加重视节约能源工作，许多国家都将节能作为一项国策，先后制订了有关的能源政策以及限制汽车油耗的相应法规。节约能源是实现交通运输业可持续发展的重要议题，因此汽车节能技术也就受到世界各国的关注，使汽车节能技术有了飞速的发展。本教材系统、全面地论述了汽车节能新方法、新技术、新成果，使学生能在有限的时间内了解、掌握汽车节能技术，进而开拓思路，创造出新的节能方法和技术。这对培养节能意识和造就节能技术人才具有很大意义，同时也对汽车节能技术的推广使用起到一定的推波助澜作用。

本教材共分五章，分别介绍了汽车节能技术发展概况、潜力及节能的基础理论知识；发动机的节能原理与技术、发动机的节能装置；整车的节能原理、技术及节能装置；汽车使用节能技术与方法；新能源汽车等内容。

本教材由吉林大学刘玉梅任主编，青岛建工学院宋年秀任副主编，由吉林大学高延龄教授主审。参与编写工作的还有翟乃斌、戴建国、魏传峰、齐铁东。

由于时间仓促和编者水平有限，书中难免有不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 汽车节能的重要意义	1
1.2 国内外汽车节能概况	2
1.3 国内汽车节能的潜力	3
1.4 汽车节油效果的评价指标	3
第 2 章 发动机的节能原理与技术	5
2.1 发动机的工作性能及评价指标	5
2.1.1 发动机的工作性能	5
2.1.2 发动机的性能指标	5
2.1.3 发动机特性	7
2.2 发动机的节能原理与途径	12
2.2.1 提高充气效率	12
2.2.2 提高发动机的机械效率	17
2.2.3 可燃混合气浓度与发动机工况的合理匹配	21
2.2.4 提高循环热效率	29
2.2.5 提高发动机的压缩比	36
2.2.6 采用可变压缩比	38
2.3 发动机节能技术	38
2.3.1 发动机稀燃技术	38
2.3.2 发动机的增压技术	49
2.3.3 燃油掺水节油技术	63
2.3.4 微机自控闭缸节油技术	70
2.3.5 电控化油器	72
2.3.6 汽油机燃油喷射与点火系统的电子控制技术	73
2.3.7 柴油机燃油喷射系统的电子控制技术	84
2.4 发动机的节能装置	90
2.4.1 火花塞二次空气导人环	90
2.4.2 发动机磁化节油器	93
2.4.3 喷水节油器	95
2.4.4 HJK 型怠速负荷节油器	96
2.4.5 电控怠速节油器	100
2.4.6 真空自动控制怠速节油器	101

2.4.7	简易怠速节油器	101
2.4.8	废气回流预热器	102
2.4.9	雾化节油器	103
2.4.10	最佳燃油比控制器	106
2.4.11	燃油压力调节器	107
2.4.12	节油点火装置	111
第3章 整车的节能原理与技术		128
3.1	汽车的燃油经济性	128
3.1.1	汽车燃油经济性的评价指标	128
3.1.2	汽车燃油经济性的计算	129
3.1.3	装有液力传动装置的汽车燃油经济性的计算	134
3.2	整车的节能技术	135
3.2.1	改进传动系统	135
3.2.2	减小汽车行驶阻力	148
3.2.3	减轻汽车整备质量	154
3.2.4	自动滑行超越离合器	156
3.2.5	润滑油的使用	157
第4章 汽车使用节能技术		160
4.1	发动机起动升温与节油	160
4.1.1	常温起动	160
4.1.2	冷车起动	160
4.1.3	热起动	164
4.2	汽车起步加速与节油	165
4.2.1	起步操作	165
4.2.2	初始档位的选择	165
4.2.3	起步时控制节气门的方法	166
4.2.4	起步时发动机水温对油耗的影响	167
4.3	汽车换挡操作与节油	167
4.4	合理选择运行速度	169
4.5	合理控制行车温度	170
4.6	汽车滑行与节油	173
4.7	燃油和润滑油的合理使用与节油	175
4.7.1	内燃机燃油性能及合理选用	175
4.7.2	车用润滑油的性能及合理选用	180
4.8	轮胎的合理使用与节油	193
4.9	汽车的合理维护与节油	195
4.9.1	发动机维护与节油	195
4.9.2	汽车底盘维护与节油	208

第 5 章 代用燃料汽车	212
5.1 天然气汽车	212
5.1.1 概述	212
5.1.2 天然气汽车技术	218
5.1.3 压缩天然气-汽油两用燃料汽车	221
5.1.4 压缩天然气-柴油双燃料汽车	227
5.2 液化石油气汽车	239
5.2.1 概述	239
5.2.2 液化石油气-汽油两用燃料汽车	243
5.2.3 液化石油气-柴油双燃料汽车	248
5.3 电动汽车	249
5.3.1 概述	250
5.3.2 电动汽车的基本结构及性能	252

第 1 章 概 述

1.1 汽车节能的重要意义

能源是人类赖以生存和发展的物质基础。现代文明标志之一的汽车一刻也离不开石油。据统计,一辆汽车年平均消耗石油约五吨。到目前为止,全世界汽车保有量已突破 8 亿辆大关(其中中国为 1800 多万辆)。据国际汽车分析家预测,到 2010 年世界汽车保有量可达到 10 亿辆。可见,汽车是消耗石油的大户。

汽车的主要能源是石油产品——汽油和柴油。据推测,全世界石油的储藏量约为 3000 亿 t,其中 600 亿 t 已经开采,1000 亿 t 已被探明。20 世纪 70 年代末期,全世界石油的年总产量为 33 亿 t,目前已经增长到 50 亿 t。照此计算,以探明的石油仅能开采 20 年左右。

汽车作为运输工具,因其具有机动灵活的特点,公路运输在各种运输方式中的地位日趋重要,汽车保有量迅速增加。20 世纪 70 年代末,全世界汽车保有量即达 4 亿辆,80 年代末增加到 5 亿辆,目前已增加到 8 亿辆。这些汽车每年要消耗巨额数量的石油制品。以美国为例,1980 年汽车保有量为 1.59 亿辆,年耗汽油 3.14 亿 t,耗柴油 3712.9 万 t(1979 年);日本 1980 年汽车保有量 3333 万辆,年耗汽油 2580.2 万 t,耗柴油 1755 万 t。可见,人类必须正视能源问题,以保证能源的可持续发展。只有尽可能地节约能源,才能延缓石油枯竭的时间,并赢得充足的时间,以完成新能源的替换工作。

节能的目的,就是减少国家整个经济发展对能源的需求,以尽可能少的能源消耗来获得尽可能多的经济效益。世界节能委员会的报告提出:节能的中心思想是采用技术上现实可行,经济上合理和环境与社会上可以接受的方法,来有效地利用资源。可见,节能的目的,要求从开发到利用的全部过程中获得更高的能源利用率。

节能从某种意义上说也是最便宜、最迅速地获得能源供应的“新能源”。因此人们说:“节能是开发第五能源(煤炭、石油、水电、核能四大能源之外),是不产生放射性废料,没有什么污染的能源”。因此,世界各工业发达国家都非常重视节能工作。

1.2 国内外汽车节能概况

受石油危机的影响,汽车节油工作受到了世界各国的普遍重视,许多国家都把节能作为一项国策。

美国1975年颁布了1978~1985年小客车油耗法规,规定1985年小客车油耗要比1975年下降31.5%;1978年又批准轻型载货汽车油耗标准,规定1985年与1975年相比,单轴驱动的轻型货车油耗下降13.1%~23.4%,双轴驱动的轻型货车油耗下降2.7%~20.8%。1985年新的油耗法规规定,小客车油耗1995年比1985年下降12.5%,轻型载货汽车油耗1995年比1985年下降7.1%。为了研究降低汽车油耗的技术,美国各大汽车公司均拨出大量研究经费。例如为了达到1984年的油耗标准,通用汽车公司投资12亿美元,福特公司投资8.42亿美元,克莱斯勒公司投资12.55亿美元,美国汽车公司投资0.29亿美元。与此同时,美国国家还对建设公路和养路进行了大量投资,以期降低油耗。

日本是没有石油的国家,所需石油全部依靠进口,这就迫使日本自20世纪60年代起就高度重视发展节能型汽车。在1979年2月,颁布了小客车油耗法规,规定小客车平均油耗1985年比1978年下降11.4%。1988年新的油耗法规规定小客车平均油耗,1995年比1986年下降6.2%。

英国政府仅在1980年就提供了600万英镑作为研究节能问题的资金,其中400万英镑用于研制发动机、变速器与微机处理器,200万英镑用于研制电动汽车及蓄电池。

法国政府于1974年就成立了国家能源机构。1975年由中央计划委员会制定了法国的“能源政策”。1991年,法国政府投资2.3亿法郎给标志-雪铁龙联合公司和雷诺公司共同生产电动轿车。

由于各国能源法规的制定,有力地推动了节能技术的发展,各种节能新技术、新装置、新材料、新车型应运而生。诸如汽油直接喷射、闭缸节油、分层进气、稀燃技术、高能点火、汽车导流罩、子午线轮胎等,都是节能技术研究带来的典型产物。

我国能源工作的总方针是开发与节约并重。1986年1月12日,国务院颁布了《节约能源管理暂行条例》,这是我国第一部节约能源的管理办法。1990年12月8日,国务院第六次节能办公会议确定,从1991年开始,每年举行一次“全国节约宣传周”活动,以增强全国节能意识。党和国家领导人分别题词:“节约能源,保护资源,造福子孙”;“节约能源,是我国经济发展的一项长远战略方针”等。1998年,国务院又颁布了《中华人民共和国节约能源法》,从此把我国的节能工作纳入了法制化的轨道。

近年来,由于引进、吸收了国外一些先进技术,汽车制造部门为降低汽车油耗,进行了大量的试验和改进汽车结构工作,有的已在生产过程中广泛应用,并取得了明显的成效。如长春第一汽车制造厂生产的CA1091系列载货汽车,其汽车的低速转矩比原有车型提高了13%,最大功率提高了15%,燃油经济性提高了3%~4.5%;长春一汽-大众采用的五气阀式的配气机构,具有良好的节能效果;第二汽车制造厂生产的东风EQ1090系列载货汽车,节能效果明显;北京吉普车加装前桥离合器后,可节油2%~3%;新型高原化油器比原化油器节油13%,轿车规定必须使用汽油直接喷射技术。另外,在汽车管理,旧车淘汰、改造,合理拖挂,汽车柴油机化,汽车维护和检测智能化手段,以及各种节能装置的研究、推广、应用方面作了有益的尝试,并取得了明显的经济效益。如微电子技术、计算机自动控制技术在国产车上已推广使用,这标志着我国汽车节能技术已向纵深发展。

1.3 国内汽车节能的潜力

建国以来,我国内燃机与汽车工业获得了很大发展。1995年我国汽车保有量为1050多万辆,目前已经超过1800万辆,我国石油生产1995年突破一亿七千万吨,进入了世界石油大国的行列。其中汽车用油占10%,农业用油占9.3%,铁路和航运用油约占3%,共占约22.3%,即每生产1000万t石油,内燃机消耗油量约223万t。

我国内燃机与汽车工业,由于产品没有及时更新换代,因此在动力性与经济性指标上与国外产品尚有一定差距。一般汽油机油耗比外国同类产品约高10%~15%,柴油机约高10%~13%,这表明我国内燃机与汽车工业在节能技术方面还比较落后,大有节能潜力可挖,以提高能源的利用率。

近年来,我国政府有关部门和各级学术组织,多次召开了以汽车节能为中心议题的会议。各汽车制造厂都开发了节能产品,缩小与国外的差距。尤其近几年来国产汽车以节能为中心的改造和改型工作,取得了令人鼓舞的成果。如果采取节油措施后,按节油5%计算,则每年可节油11万t,这是相当可观的数字。

1.4 汽车节油效果的评价指标

汽车节油效果的好坏,一般用节油率 ξ 来表示。

$$\xi = \frac{B_0 - B}{B_0} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 B_0 ——油耗定额 (kg/h);

B ——实际油耗 (kg/h)。

我国的油耗定额有两种：一是内燃机（或车辆）使用说明书规定的油耗定额；二是各地汽车运输企业规定的油耗定额。由于我国各地的气候条件、道路条件差别很大，所以一般采用第二个油耗定额。

节油率可以用下式计算：

$$\xi = \frac{b_{eo} - b_e}{b_{eo}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 b_{eo} ——装节油器前的油耗 [kg/(kW·h)]；

b_e ——装节油器后的油耗 [kg/(kW·h)]。

实际上它是该种节油器的节油率（效果）。

第 2 章 发动机的节能原理与技术

2.1 发动机的工作性能及评价指标

2.1.1 发动机的工作性能

发动机的工作性能包括动力性、经济性、运转性能和可靠性等几个方面。其中动力性和经济性与节能的关系最为密切，也是发动机最为重要的两个性能，它们相互联系又相互制约。在研究节能技术时，只有在满足动力性要求的前提下，经济性才有意义。

2.1.2 发动机的性能指标

发动机性能指标所包含的内容很广泛，主要有动力性能指标、经济性能指标及运转性能指标。衡量一台发动机性能的好坏，主要是对以上性能指标进行评价，但在评定时不仅要考虑性能指标，还要把可靠性、耐久性、结构工艺、生产实际条件，以及使用特点等诸多方面予以综合评定，并把各种性能有机地结合起来。

发动机的动力性和经济性指标又分为有效性能指标和指示性能指标两种。

1. 指示性能指标

以工质在气缸内对活塞所作之功为计算基准的指标，称为指示性能指标，简称指示指标。指示指标不受动力输出过程中机械摩擦和附件消耗等各种外来因素的影响，直接反映由燃烧到热功转换的工作循环进行的好坏，因而在工作过程的分析研究中得到广泛应用。

2. 有效性能指标

以发动机曲轴输出功为计算基准的指标，称为有效性能指标，简称有效指标。有效指标被用来直接评定发动机实际工作性能的优劣，因而在生产实践中获得广泛的应用。在对发动机节能效果的优劣进行评定时，主要采用有效性能指标。发动机的有效性能指标主要包括发动机的有效功率、有效转矩和燃油消耗率。

3. 有效功率

发动机通过飞轮对外输出的功率，称为发动机的有效功率，用 P_e 表示，单位为千瓦 (kW)。它等于有效转矩与曲轴转角速度的乘积。发动机的有效功率可以用台架试验来测定，也可以用测功机测定有效转矩和曲轴转角速度，然后用下面的公式计算发动机的有效功率：

$$P_e = T_e \frac{2\pi n}{60} \times 10^{-3} = \frac{T_e n}{9550} \quad (2-1)$$

式中 T_e ——有效转矩 (N·m)；

n ——曲轴转速 (r/min)。

根据发动机原理，有效功率也可按下式计算：

$$P_e = \frac{i V_h p_{me} n}{30\tau} \quad (2-2)$$

式中 i ——发动机的气缸数；

V_h ——每个气缸的工作容积 (L)；

τ ——完成一个工作循环的冲程数；

p_{me} ——发动机的平均有效压力 (MPa)。

所谓平均有效压力，即为单位气缸工作容积所输出的有效功。它是衡量内燃机动力性能方面的一个常用指标，可用下式计算：

$$p_{me} = K_1 \eta_v \frac{\eta_i}{\alpha} \eta_m \quad (2-3)$$

式中 K_1 ——系数；

η_v ——发动机的充气效率；

η_i ——发动机的指示热效率；

η_m ——发动机的机械效率；

α ——混合气的过量空气系数。

4. 有效转矩

发动机通过飞轮对外输出的转矩，称为发动机的有效转矩，以 T_e 表示，单位为牛顿米 (N·m)。有效转矩与外界施加于发动机曲轴上的阻力矩相平衡，可以用测功机来测定发动机的有效转矩。

5. 燃油消耗率

发动机每发出 1kW 的有效功率，在 1h 内所消耗的燃油的质量，称为燃油消耗率，用 b_e 表示，单位为 g/(kW·h)。显然，燃油消耗率越低，发动机的经济性越好。燃油消耗率可按下列公式计算：

$$b_e = \frac{B}{P_e} \times 10^3 \quad (2-4)$$

或

$$b_e = \frac{3.6 \times 10^6}{\eta_i \eta_m W_j} \quad (2-5)$$

式中 B ——发动机在单位时间内的燃油消耗量 (kg/h)，可通过试验测定；

P_e ——发动机的有效功率 (kW)；

W_j ——燃用燃料的热值 (kJ/kg)。

6. 运转性能指标

发动机的运转性能指标主要指排气品质、噪声、起动性能等。由于这些性能不仅与使用者利益相关，更关系到人类的健康，因此必须制定共同遵守的统一标准，并给予严格控制。发动机的节能技术也必须首先遵守这一标准。

(1) 排气品质 发动机的排气中含有对人体有害的物质，它们已经对大气造成污染，形成公害，因此各国对此都采取了相应的措施，制订了严格的控制法规。发动机排出的有害排放物主要有氮氧化物 (NO_x)、碳氢化合物 (HC)、一氧化碳 (CO) 和一些排气颗粒。由于各国的条件不同，限制的标准也不一样。美国联邦汽车排放法规 (FTP) 是目前世界上最严的标准，它规定 1994 年后轿车的排放必须满足标准见表 2-1。

表 2-1 美国联邦汽车排放法规的标准

项 目	CO	HC	NO_x	排气颗粒
单位				
g/mile	3.4	0.25	0.4	0.08
g/km	2.11	0.16	0.25	0.05

(2) 噪声 汽车噪声是城市的主要噪声源之一，发动机又是汽车的主要噪声源，所以必须严格控制。我国的噪声标准中规定，客车车内噪声级不得高于 82dB，汽车驾驶员耳旁的噪声级应不大于 90dB。

(3) 起动性能 起动性能好的发动机，在低温情况下能可靠起动，起动迅速，起动消耗的功率小。发动机起动性能的好坏除与发动机的结构有关外，还与发动机工作过程相联系，它直接影响汽车的机动性能、操作者的安全和劳动强度。我国国家标准规定，不采用特殊的低温起动措施，汽油机在 -10°C 、柴油机在 -5°C 以下的气温条件下起动发动机，15s 以内发动机要能自行运转。

2.1.3 发动机特性

发动机特性是指一定条件下，发动机的性能指标与特性参数随着调整情况及运行工况变化而变化的关系。发动机特性用曲线表示就称为发动机的特性曲线。其中发动机性能指标随着调整情况（参数）而变化的关系，称为调整特性；随着发动机工况参数而变化的关系，称为性能特性。

发动机的性能特性包括速度特性、负荷特性、万有特性等。

1. 发动机的速度特性

发动机的有效功率 P_e 、有效转矩 T_e 和燃油消耗率 g_e 随曲轴转速 n 而变化的规律，叫做发动机的速度特性。而三者随曲轴转速 n 变化的关系曲线，称作一定节气门开度下的发动机的速度特性曲线。

节气门开度不同，所得到的一组曲线也不同（图 2-1）。当节气门开度最大时，

所得的一组特性曲线称为发动机外特性曲线；在节气门其他开度情况下所得到的特性曲线，称为部分特性曲线。发动机的外特性代表了发动机所具有的最高性能（燃油消耗率除外）。

(1) 汽油机的速度特性 测定汽油机速度特性曲线时，除了保持节气门开度不变以外，各工况均需调整到最佳点火提前角，而过量空气系数则要按照理想值来制备。此外，水温、油温、油压等均应保持正常稳定的状态。

由图 2-1 可以看出，当曲轴转速为 n_1 时，发动机输出最大扭矩 ($T_e = T_{e\max}$)。当转速小于 n_1 时，由于活塞移动速度慢，燃烧室内气体涡流强度小，混合气形成质量较差，不易完全燃烧，产生的热量相对较小；当转速低时，每一个工作循环的时间增长，增加了燃烧气体与气缸壁的接触时间，热损失加大，因而转矩 T_e 减小。在转速大于 n_1 且不断提高时，因进气行程持续的时间短，气体流速高，阻力大，充气量减少，而摩擦损失又增大，转矩 T_e 下降较快，转速越高，降的越快。部分特性曲线随节气门开度的减小更急剧下降。

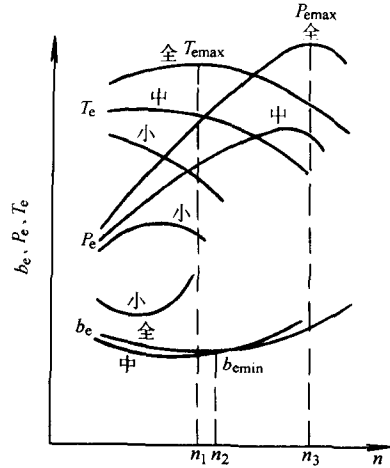


图 2-1 汽油机在全、中、小三种节气门开度（负荷）时的速度特性曲线

当转速为 n_3 时，发动机发出最大功率 ($P_e = P_{e\max}$)。由式 (2-1) 可知，功率 P_e 是转矩 T_e 与转速 n 的乘积。在转速小于 n_1 时，因 T_e 和 n 都是渐增的，因而 P_e 也是增加的。在 $n_1 \sim n_3$ 范围内， n 虽持续增加， T_e 却逐渐下降，不过因 T_e 降低较为缓慢，综合结果 P_e 还是增加的。直到 n_3 时， P_e 达最大值 $P_{e\max}$ 。转速超过 n_3 后，虽然 n 还在增加，但因 T_e 下降很快，导致 P_e 也开始逐渐下降。汽油机外特性上这一转折点，即点 $P_{e\max}$ 一般就是标定功率点。节气门开度减小时，各自的最高功率转速必然比标定转速低。

由图 2-1 还可看出，发动机最小比油耗相应的转速 n_2 ，介于最大扭矩的转速 n_1 和最大功率的转速 n_3 之间，即居于发动机某一中间转速。且随转速的不断加，曲线上翘幅度加大，节气门开度愈小，则曲线的弯曲度愈大。

(2) 柴油机的速度特性 测定柴油机速度特性时，除保持油量调节杆位置不变外，各工况均需调整到各自的最佳供油提前角，此外，水温、油温等参数均应保持正常稳定的状态。

油量调节杆位置和驾驶员控制的加速踏板位置不一定成正比。所以保持加速踏板位置不变得到的速度特性曲线，和保持油量调节杆位置不变得到的速度特性曲线有区别。加速踏板位置不变时，各转速对应的油量调节杆位置往往要经过

“校正”或“调速”而有所变动。

图 2-2 所示为某型柴油机在全、中、小三种负荷下柴油机的速度特性曲线。由图可以看出，柴油机的转矩 T_e 低速时有上升趋势，小负荷时上升加剧，而高速时均略为下降，大负荷时下降多一些。

有效功率曲线总是随转速 n 的上升而增大。由于曲线较平坦，所以可达到的最大功率点远离最高使用转速（图上看不出来）。

燃油消耗率在低转速时，随转速的增加而降低；而在高转速时，曲线随转速 n 的上升而上翘度加大，即燃油消耗率增加。

2. 发动机的负荷特性

负荷是指在一定转速下，发动机实际输出的有效功率，与在该转速下发动机所能输出的最大功率之比以百分数表示，负荷的量纲为 1，但是它可以理解为外界阻力矩的大小。在发动机稳定运转时，曲轴输出的转矩与外界阻力矩是相等的，因而发动机的负荷也可以反映发动机输出转矩的情况。平常所说的发动机在大负荷下工作，也就是在大转矩下工作，因此可以用有效转矩 T_e 的大小来反映发动机负荷的大小。当发动机工作转速一定时，因有效功率 P_e 与有效转矩 T_e 成正比，因此有效功率 P_e 也可用来反映负荷的大小。

负荷特性是指在转速一定的情况下，发动机经济性能指标（单位耗油量 B 、燃油消耗率 b_e ）随负荷变化而变化的关系。若用曲线表示此种关系，即为负荷特性曲线，如图 2-3 和图 2-4 所示。负荷特性曲线可由发动机台架试验测得。

在图 2-3 负荷特性的 b_e 曲线上有三个特殊点：点①为最低 b_e 点；点②为柴油机供油量增加到一定程度后的冒烟点；点③为最大 P_e 点。尽管发动机在不同转速下有不同的负荷特性曲线，但其变化的趋势是一样的。

负荷特性反映着发动机在不同负荷下运行的燃料经济性，它是讨论汽车燃料经济性的主要依据。在曲线上， b_e 点越低则其经济性能越好。但要汽车在大部分运行条件下都能保证具有较好的燃料经济性，还要求 b_e 曲线在离开 $b_{e\min}$ 点时上升不能太快，即 b_e 曲线变化要平缓。这一点对经常处于中、小负荷下运行的汽车用发动机尤为重要。从这个意义来讲，柴油机的 b_e 曲线比汽油机变化平缓，加之柴油机热负荷高，比油耗 b_e 比汽油机低 20%~30%，所以汽车使用柴油机比使用汽油机省油。

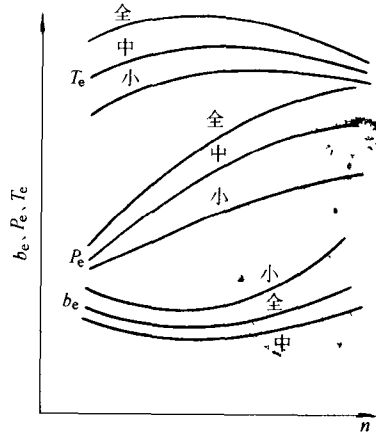


图 2-2 柴油机在全、中、小三种油量调节杆位置（负荷）时的速度特性曲线

从图 2-3 的负荷特性曲线还可以看出,在同一功率 (P_e 相同) 时,转速高,比油耗 b_e 也较高。这就是说高转速比低转速费油,而且在中、小负荷时更为明显。

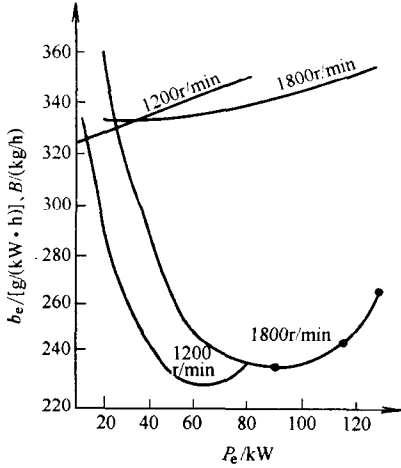


图 2-3 6135Q 型车用柴油机
负荷特性曲线

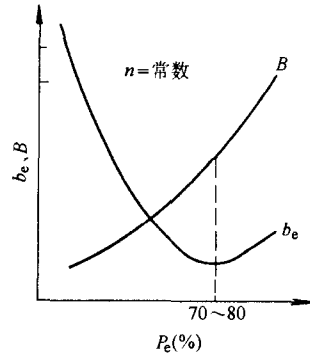


图 2-4 汽油机的一条负
荷特性曲线

测定汽油机负荷特性曲线时,除保持转速不变外,各工况均须调到最佳点火提前角和保持理想的过量空气系数,并按规定保持水温、机油压力等参数在合理范围之内。

3. 发动机的万有特性

负荷特性、速度特性只能表示某一转速或某一节气门开度(或油量调节杆位置)时,发动机参数间的变化规律。对于工况变化大的发动机,要分析各种工况下的性能,就需要在一张图上全面表示出内燃机性能的特性曲线。发动机的多参数特性称为万有特性。广泛应用的万有特性用转速 n 作为横坐标,用平均有效压力 p_{me} 作为纵坐标,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 曲线是根据不同转速下的负荷特性曲线作出来的。

万有特性曲线最内层燃油消耗率 b_e 最低,越向外燃油消耗率 b_e 值越高,我们希望最低油耗率 b_e 区域越宽越好。对于车用发动机,希望经济区最好在万有特性的中间位置,使常用转速和负荷落在最经济区内,并希望等燃油消耗率 b_e 曲线沿横坐标方向长些。如果等油耗曲线的形状在横向较长,则表示发动机在负荷变化不大,而转速变化较大的情况下工作时,燃油消耗率变化较小;如果曲线形状在纵向较长,则表示发动机在负荷变化较大,而转速变化不大的情况下工作时,燃油消耗率变化较小。

(1) 汽油机的万有特性 如图 2-5 所示,与柴油机相比,汽油机万有特性具有