

轿车及轻型车辆用柴油机

译 文 选

《国外内燃机》编辑部译

上海科学技术文献出版社

编译者序

国际汽车工程师协会联合会(FISITA)于1982年10月5日~7日在伦敦召开了一次“轿车及轻型车辆用柴油机”国际会议,并专门汇编了这本专辑。

在整个七十年代内,曾产生过三次世界性能源危机,世界石油市场受此影响价格连续暴涨,约提高了九倍。尽管1982年,石油价格有所下跌,但这掩盖不了石油储量有限这一现状。有些西方国家以及日本等国能源匮乏,完全仰仗进口。甚至连美国也有较大一部分石油依靠进口弥补其不足。因此,节约能源,降低燃油消耗,成为人们密切关注的问题。在这种背景下,西方国家对汽车节能,特别拥有量多、耗油量大和轿车改用柴油机问题予以极大重视。1977年前,西方世对界中仅联邦德国及日本重视上述问题,美国在当时实际上未予认真对待,然而到了1981年(最初九个月内)轿车柴油机化问题终于明朗化,在全部轿车产量中,柴油轿车占到了5.9%。尤其通用汽车公司占到了总数的8%。预计到1985年,将增加到20%。1981年通用公司与联邦德国的大众汽车公司柴油轿车分别增加了43%与14%。正如这次国际会议所提及的那样,预期在今后5~10年内柴油机进入轿车与卡车的数量将继续增加,估计欧洲销售的柴油轿车将占总数的15%。

目前,美国、日本和西欧国家大力向轿车柴油机化发展,进展很快。以日本为例,1.5吨级轻型车辆中(其中很大一部分是轿车)配用柴油机比例已略微超过50%。

随着轿车的柴油机化电脑技术在此同时也渗透到了内燃机工业和汽车工业。如柴油机在各种条件及运转工况下提高经济性,电子调速使柴油机具有最理想的调速特性,电子计算机辅助设计(降低噪声,提高结构强度及某些性能的预测等)与利用电子计算机进行标绘技术(性能曲线的标绘及修正),进行优选匹配(柴油机与传动系统的最优匹配)等,以及燃烧模型及放热规律,排放模型的分析与计算等理论研究工作均有所进展。

此外,增压技术(包括气波增压)的应用及匹配,新机型(整机)及零部件设计在七十年代也有很大发展。

本文集集中反映了上述各方面的进展情况,在我们引进先进技术过程中,也可作为借鉴。

鉴于上述情况,我编辑部从1983年开始着手组织翻译本文集,并由范思诚、潘循豪、蔡杰同志负责编审。

本文集的部分论文已分别在《国外内燃机》杂志中刊出,故删去,若需查考,可参见《国外内燃机》杂志83~86年有关各期。

限于时间及水平,错误及不妥之处在所难免,望读者多多批评指正。

《国外内燃机》编辑部

一九八五年四月

目 录

1. 柴油和汽油轿车以及轻型厢式车在相同道路性能下的燃油经济性…………… 1
[英国]M H L Waters
2. 小型车用柴油机与传动系统的匹配… 9
[英国]T D Barker 和J Ivens
3. 采用小型高速柴油机和最先进的传动系统改善燃油经济性……………18
[联邦德国] V Fleischer, W Schnorbus 和 H A Kuck
4. 在Porsche 924型车上采用TOP汽油机与柴油机的对比研究……………25
[联邦德国] D Gruden和 V Korte
5. 菲亚特 127 型柴油机……………33
[意大利]A Burgio
6. 意大利一种非传统设计的轿车与其它配套用高速柴油机……………45
[意大利]A N Milvio
7. 柴油的发展趋势……………51
[英国]T Coley和J Drummond
8. 未来柴油的性能……………54
[联邦德国] C G Schleyerbach, [英国] J Drummond和[美国]M J McNally
9. 轿车柴油机的增压……………62
[联邦德国]P Walzer和P Rottenkolber
10. 气波增压器在轿车上的使用经验…………69
[瑞士]A Mayer和G M Schruf
11. 轿车用小型柴油机废气涡轮增压器…78
[联邦德国]N Zloch和B Engels
12. 低噪声发动机设计的结构动态模拟…83
[奥地利]J Affenzeller和G E Thien
13. Elko 1.4 升 3 缸直喷式柴油机 ……91
[联邦德国] L Elsbett, G Elsbett, K Elsbett和M Behrens
14. 用转子式分配泵满足高速直喷式柴油机的喷油率要求 ……………100
[英国]C Greeves, G Kyriazis和H Redston
15. 涡流强度和空气流量对小型高速直喷式柴油机平均有效压力和废气排放的影响 ……………108
[联邦德国]R van Basshuysen, G Krömer和R Bauder
16. 轻型柴油机活塞及其性能 ……………114
[英国]E J Murray
17. 轿车和轻型柴油机用活塞…………… 128
[联邦德国]J Ellerman和G Betz
18. 柴油机喷油系统的试验与理论分析 ……………141
[联邦德国] H-D Erdmann, M Schönn 和K-P Schindler
19. 用发动机循环模拟来研究非直喷式柴油机的 NO_x 和碳烟排放 ……………146
[美国]S H Mansouri, J B Heywood和 J A Ekchian
20. 直喷式柴油机中燃烧模拟的现象近似法 ……………158
[法国]A Haupais
21. 车用直喷式柴油机性能和碳烟排放的预测模型 ……………164
[英国]J C Dent, P S Mehta和J Swan
22. 用计算机模拟分析涡流对直喷式柴油机燃烧的影响 ……………172
[英国]P S Harvey和A D Gosman
23. 直喷式柴油机火焰中碳粒氧化的速率 ……………183
[日本] T Kamimoto, S Matsuoka和 Y Miyairi
24. 直喷式柴油机气缸内涡流和紊流的研究 ……………189
[英国]M J Tindal, P G Brown 和S C Kyriakides

柴油和汽油轿车以及轻型厢式车在 相同道路性能下的燃油经济性

[英国] M H L Waters

一、引言

本文旨在介绍柴油车整车而不是柴油机单机的燃油经济性。由于本项工作的目的之一是要从整个国家的立场出发来验证节约燃油所带来的有效价值范围，因而被试对象是小型轿车（因为轿车用油超过公路运输用油的60%）和轻型厢式送货车，在这两种车型上迄今柴油机都还未获得普遍使用。文中所引述的各项结果主要是从生产的车型在有代表性的交通条件下作正常使用试验中获得的。可能会提出这样一个问题：交通运输和公路科学实验室(TRRL)为何最终要进行这样一项试验呢？难道各种技术期刊和其他专业机构所报道的试验还不够吗？这些试验当然都是极有价值的，但它们所涉及的范围远比仅仅是燃油经济性这一项要广泛得多。它们通常都未提供能精确进行比较的结果，并且对大量采用柴油车的节油预测通常也缺乏足够而详细的介绍。为此有必要了解全面的燃油耗特性，并且也要了解柴油车和汽油车对各种不同因素的敏感程度。本文所讨论的三个因素是：交通条件、驾驶员操作特点与冷机行驶的影响。

要对这些因素的影响作出定量评定就需要进行比较性的使用试验。试验时在一系列较短的区段上精确测出其燃油耗，然后对不同道路和交通条件的影响进行研究。试验规模也需要大到足以雇用好几位驾驶员，以便进行比较。

从理想情况看，使用试验应在每种车型

的几辆样车上进行。但实际上，由于车源的限制，只好在每种车型的一辆样车上进行试验。这样做显然是冒险的，因为所选的一辆车对该特定型号可能没有代表性，也就是说，对每一型号的不同样车间燃油耗的差别尚无法进行估计。然而限于条件也只好接受这一局限性了。不过还是将所测得的汽车性能与其他单位在不同样车上取得或公布的结果作了校核。即使如此，要是能在几辆样车上进行试验，其结果会更良好。

在选择柴油和汽油轿车时，最重要的是两者必须具有相同的道路性能，如加速性、

表 1 大众Golf轿车：主要性能

型号	Golf(4 门)	Golf(4 门)
燃油	柴油(公路车辆用柴油)	汽油(二星级)*
发动机:		
排量	1471mL	1093mL
压缩比	23.5	8.0
最大功率(DIN)	5000 $\frac{r}{min}$ 时为 37kW	6000 $\frac{r}{min}$ 时为 37kW
最大扭矩(DIN)	3000 $\frac{r}{min}$ 时为 82N·m	3000 $\frac{r}{min}$ 时为 80N·m
最高转速	5400 $\frac{r}{min}$	6300 $\frac{r}{min}$
变速箱:	手动	手动
速比: 1 档	3.45	3.45
2 档	1.94	2.05
3 档	1.29	1.35
4 档	0.97	0.96
倒档	3.17	3.38
主传动比	3.89	4.57
轮胎	155SR 13(Michelin XZX)	155SR 13(Michelin XZX)

续表		
型号	Golf(4门)	Golf(4门)
重量	830kg	775kg
最大载重量	420kg	475kg
油箱容量	45l	45l
电瓶	12V93Ah	12V36Ah
性能(工厂数据)		
最高车速	141km/h	139km/h
加速性(0—80 km/h)	11.5s	10.5s
加速性(0—100 km/h)	18.2s	16.5s
燃油耗(DIN)	6.5L/100km	8.3L/100km
燃油耗——ECE		
城市循环(TRRL 的专门试验)	6.7L/100km	11.0L/100km
齿轮总传动比		
(km/h/1000 $\frac{r}{min}$ 在最高档时)	27.8	23.5

*欧洲汽油一般分五级，二星级相当于我国 100号汽油——译者注

表 2 城市送货厢式车——主要性能

型号	贝特福特 CF250	贝特福特 CF220
燃油	柴油 (公路车辆用柴油)	汽油(二星级)
发动机:	1770mL	1759mL
排量压缩比	22:1	7.3:1
最大功率(DIN)	4000 $\frac{r}{min}$ 时为 36.9kW	5200 $\frac{r}{min}$ 时为 49.3kW
最大扭矩(DIN)	2100 $\frac{r}{min}$ 时为 108.1N·m	2800 $\frac{r}{min}$ 时为 116.7N·m
变速箱:		
速比: 1 档	4.54	4.06
2 档	2.94	2.64
3 档	1.87	1.68
4 档	1.00	1.00
倒档	4.20	3.77
主传动器速比	4.63:1	4.63:1
最高档时 $\frac{r}{min}$	28.5	28.5
轮胎	195×14 有径向 钢丝拉条	195×14 有 径向 钢丝拉条
重量: 总重	2500kg	2240kg
最大载重量	1198kg	1040kg
性能: 最高车速	105km/h	118km/h

最高车速等，装备的标准也要相同。柴油轿车最好装有一台设计良好的现代发动机。大众 Golf 1500 毫升柴油轿车和1100 毫升汽油轿车满足了这些条件。表 1 列出了这两辆汽车的技术参数。由表可见，两者的道路特性非常相近。由于车身外壳相同，因此乘客的装备也相同。尽管发动机的设计无论在汽油机或柴油机领域内都不会是停滞不前的，但是Golf车的间接喷射柴油机由于采用了现代技术，被普遍认为，是一台特别好的机型。它也是未来轿车柴油机的一个“基准”，而 Golf 车的 1100毫升汽油机在 1978 年进行试验时其性能至少也处于平均水平。可以认为，这一对轿车在进行现代柴油和汽油轿车燃油经济性的对比试验中具有非常好的可比性。而所选的一对 城市 送货厢式车则未能达到这样好的可比性。表 2 详细地列出了它们的技术参数，从表中可见，虽然两者均是载重量为1吨的车辆 的变型，但柴油车的载重量比汽油车高，而发动机的功率则较低。虽然如此，当它们在伦敦市中心试验时，驾驶员认为两者的性能还是可比的，它们的总平均车速非常接近，而功率较低的柴油车的车速还稍高一些，为17.9公里/小时，而汽油车则为17.4公里/小时，因此可以认为，两者在城市交通条件下比较其燃油经济性还是比较合理的。

本文对柴油和汽油车燃油消耗的比较均以体积为单位，即以百公里的公升数来表示。对这一表示方法曾进行过相当多的讨论，初看起来，这种表示法对柴油车显得非常有利（因为每公升柴油包含的能量比汽油多10%左右），但当计入提炼两种燃油所需的能量时，则用直接的体积单位进行比较与采用进入炼油厂的原油进行燃油耗比较，两者是相等的。因此可将本文所引用的燃油耗看作柴油和汽油车的初始能量消耗。

二、柴油和汽油轿车的试验

1. 使用试验

二辆轿车的技术参数及性能列于表1。由于它们在该型号中均具有代表性,作为校核,特将其道路特性及在稳定车速下的燃油耗与其他已公布的试验结果进行了比较。比较表明,二辆样车在该型号中是具有代表性的。

二辆轿车均装有仪器以测量在被试路段上的行驶时间和所消耗的燃油。柴油轿车的燃油耗测量误差小于3%,汽油轿车则小于2%。柴油轿车的误差较大是由于它装有两只燃油流量计,一只用以测量油箱至喷油器的燃油流量,另一只用以测量从喷油器流回油箱的燃油量。分析测量结果时对不同温度的影响作了修正。

径向行驶路线由克劳桑至伦敦,约70公里长,系由农村道路、市郊道路和高速公路混合组成。为便于测量,它被分为6个区段,详细列于表3。然后是10公里的伦敦市中心环形道路,它同样也被分成6个区段。每辆轿车在1978年夏季的31个工作日内总共行驶了约6000公里。

表 3 径向路线

区段	路 线	道路类型	长(km)	
			向东行驶	向西行驶
R1	TRRL到A329(M)	农村单行车道	6.597	6.366
R2	A329(M)到M4	2车道农村高速公路	4.994	4.656
R3	M4到Heston	3车道高速公路	37.369	36.475
R4	Heston到Chiswick	2车道市内高速公路	7.523	7.654
R5	Chiswick到Earls Court	市内环行车道	6.191	6.134
R6	Earls Court到Monk街	市内单行车道	5.635	5.883
全 长			68.309	67.169

2. 使用试验结果

全面试验结果见表4。表中给出了柴油和汽油轿车在伦敦市中心和径向路线的燃油耗及其标准误差。在伦敦市中心,柴油轿车所用燃油比汽油轿车少40~45%,而在径向路线上(包括相当多的高速公路路段),柴油

表 4 大众 Golf 轿车总的试验结果——平均燃油耗及其标准误差(L/100km)

路 线	柴 油 车		汽 油 车	
	(2位乘客)	(5位乘客)	(2位乘客)	(5位乘客)
伦敦市中心	8.48±0.18	10.28±0.48	14.25±0.39	15.89±0.45
径向路线	6.21±0.10	6.84±0.14	8.91±0.14	9.56±0.11

轿车则比汽油轿车少约30%。

燃油耗对交通条件的敏感程度是用建立燃油耗作为交通条件所决定的区段平均车速函数的燃油耗回归方程式加以分析的。在这些特殊试验中,为了使数据得到最佳配合,需要有速度、速度平方、速度倒数这些项次,最终的方程式表明了总试验数据偏离值的45—77%(剩下的数据偏离,包括未计入速度项次而由交通条件所引起的变化、驾驶员操作特点产生的变化、以及气候的影响)。

图1表示在某一情况下基本数据的分布情况。图2为由多次回归分析得出的曲线,它表明了“平均”条件下燃油耗与车速的关系。从图可知,在平均车速为20公里/小时,柴油轿车所用燃油比汽油轿车约少35%,而在平均车速为100公里/小时约少25%。此外,二辆轿车的最低燃油耗都出现在50公里/小时左右,在其他相同的试验中也出现过这种情况。

从上述多方面试验中可得出如下结论:在典型的市区、市郊和高速公路混合道路上行驶时(典型比例为50:40:10),小型柴油轿车要比性能相同的小型汽油轿车少用约30%的燃油。

最后,从这些试验中还可能就燃油耗对驾驶技术的敏感程度作某些分析,当然这些分析多少带有试验性质,因为仅有5位驾驶员参加试验,而且也并非随意挑选的。详细检验每位驾驶员在作为平均车速函数的样车车型、载荷、路线等各种条件下所得的试验结果表明,驾驶员的排列次序在所有情况下几

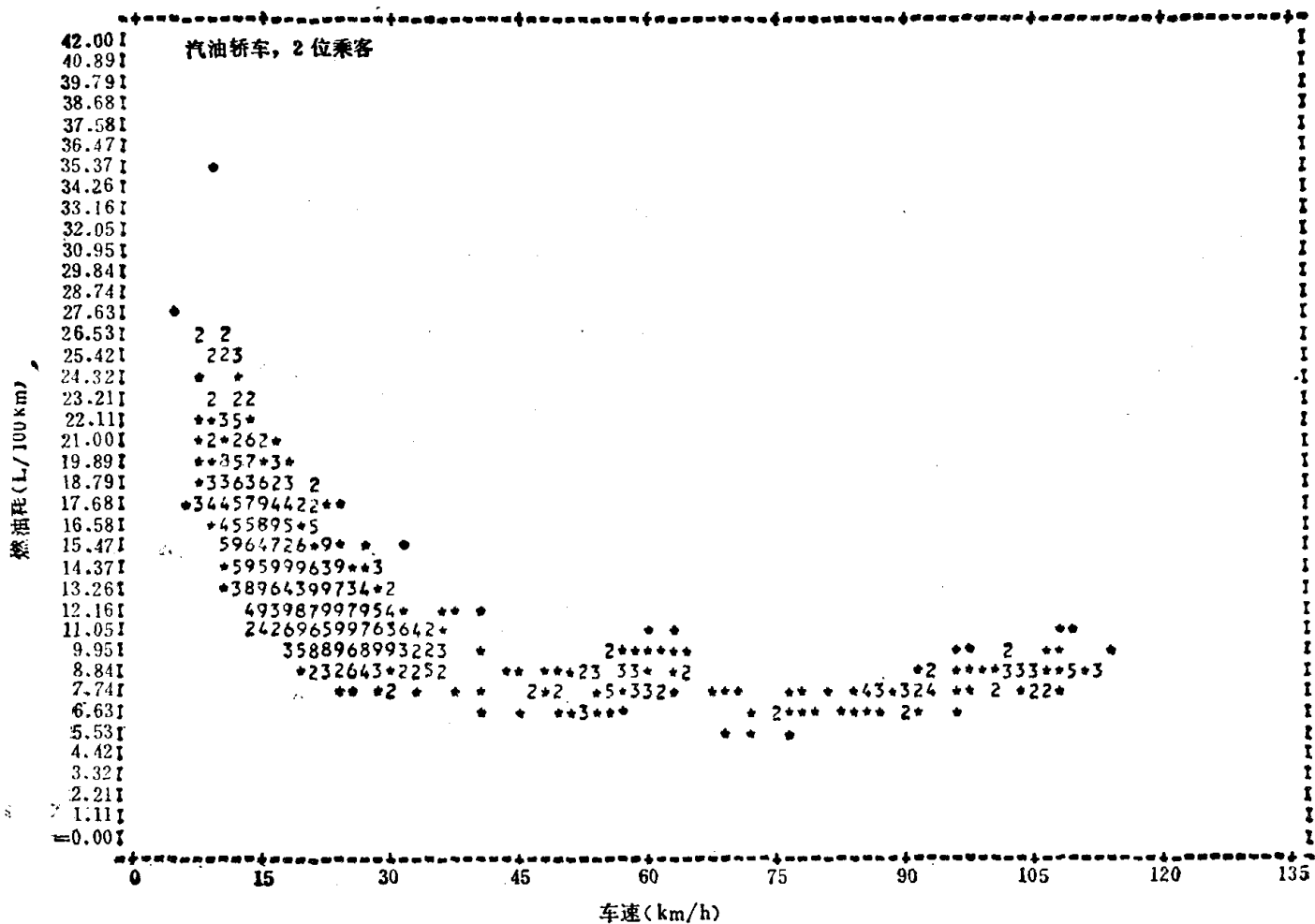


图 1 汽油轿车原始数据的分布图

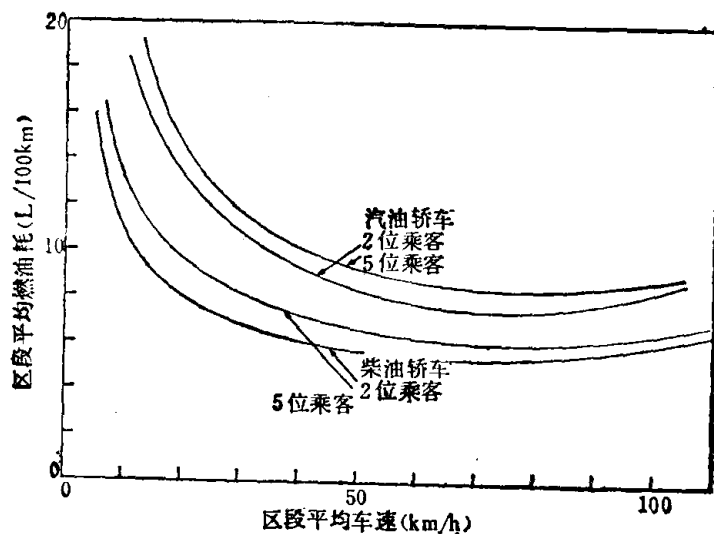


图 2 大众 Golf 轿车燃油耗与平均车速间的回归关系

操作特点进行观察的结果表明, 较为果断的驾驶员用油虽较多, 但多得微不足道, 即使多一些, 也可节省时间。

如果用回归曲线去除不同平均车速的影响, 则这些结果表明, 对带两位乘客的柴油轿车由于驾驶员不同而引起的平均燃油耗的变化约为 ± 0.8 升/百公里, 而汽油轿车的变化则为 ± 1.5 升/百公里。由于柴油轿车的平均燃油耗要比汽油轿车的低得多 (约为平均值的 $\pm 10\%$), 因而表明, 驾驶员的不同操作特点对柴油轿车燃油耗影响的重要程度至少和汽油机相同。

从上述颇为有限的驾驶技术试验中能得出的主要结论是: 柴油轿车看来也具有与汽油轿车同样大小的节油驾驶 (实质上应称为

乎都相同, 即每次回来时第 1、第 2 号驾驶员消耗的燃油总比第 3、第 5 号驾驶员的高, 而第 4 号驾驶员则接近每组的中间, 结合驾驶员的

费油驾驶)范围。下面还要介绍驾驶员在按节油驾驶后所获得的一些效果。

3. 冷起动行驶试验

以上介绍的使用试验均在夏季完成,除每天在第一段径向路线以外,发动机均在正常热态下运行。大家知道,轿车从冷态起动时要消耗更多燃油,因而利用Golf样车进行某些有限的试验以确定柴油车型在这方面是否具有优越性,看来是有益的。柴油车由于从冷态起动时不需要燃油加浓装置,因此会经济一些。

但是要进行一项完全与实际情况相符的冷起动行驶试验也并不容易,经过一番考虑后,在力求既符合实际情况又具有重复性的情况下进行了两项试验。第一项试验是:二辆轿车于1980年冬天气温为 $0\sim 6^{\circ}\text{C}$ 时在停车场停放过夜,然后,作为一种特殊试验,使二辆轿车在起动后立即以尽快的速度根据TRRL的试验道路达到选定的稳定车速。所用的环形试验道路约为7.5公里,共4圈,二辆车在第4圈的末了(即行驶了约30公里)达到正常走热状态。试验时在三种稳定车速下(48, 60, 80公里/小时)测量了燃油耗。

第二项试验的是关于发动机走热后怠速燃油耗的变化。上述两项试验的详细情况可见文献5。本文仅集中介绍冷起动行驶试验。

4. 冷起动行驶试验结果

汽车从冷态起动所额外消耗的燃油可用许多方法加以表示,其中特别有用的是所谓冷起动行驶的“燃油当量行驶里程”,它被定义为按实际汽车冷态起动行驶所消耗的燃油而以汽车完全走热时的燃油耗来换算所得出的一段行驶里程。图3为用这种方法表示的不同稳定车速下的试验结果。对于每一辆车,作为“汽车起动行驶里程”函数的“燃油当量行驶里程”都大致分布在一个宽带状范围以内,而与试验的车速并无很严格的关系。图3表明,对于汽油车,5公里的冷起动行驶里程大致相当于发动机完全走热时行驶13公

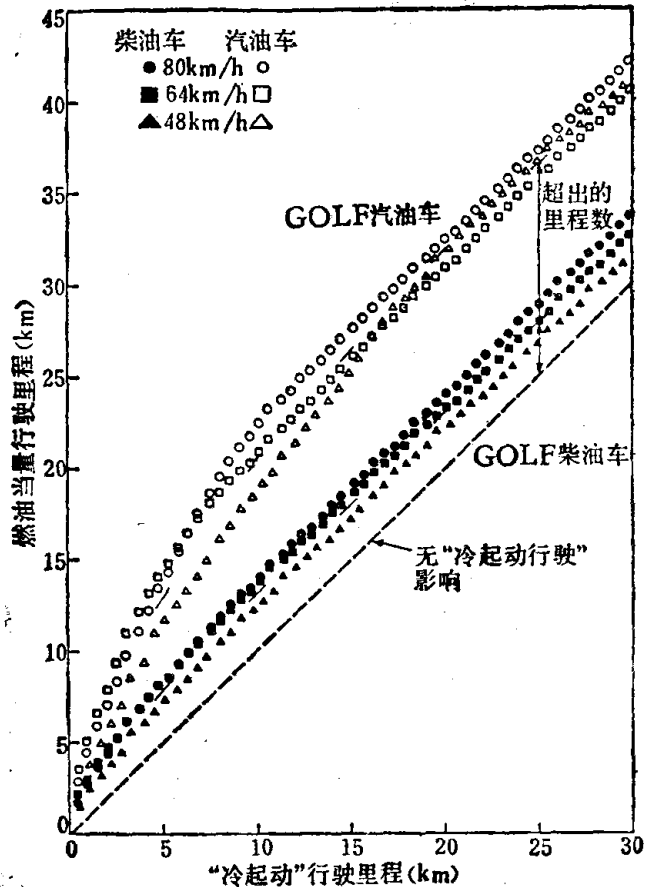


图3 汽油、柴油轿车的“燃油当量行驶里程”

里,而对于柴油车,则约为8公里。

对更长的行驶里程,如20公里或更多时,则汽油车的燃油当量行驶里程要比实际汽车行驶里程多11公里左右,而柴油车则多约3公里。这多出的里程数代表了发动机由于从冷态开始起动行驶而带来的“固定损失”。若用燃油量来表示,则汽油轿车约为 $3/4$ 升,柴油轿车约为 $1/7$ 升。

要评定汽车起动行程对总燃油消耗量的重要程度必须用冷态发动机进行许多次行驶试验才能得出。目前对此还不很了解,但有一点已被公认,即很多轿车的行驶里程都非常短,80%的轿车行驶里程只有16公里长,在英国则更短。有一例子说明,如果轿车的行驶里程中有一半是在发动机处于冷态下进行,则汽油轿车的燃油耗将是它处于完全走热状态时的1.37倍,而柴油轿车则为汽油轿车的0.78倍左右,也就是说为汽油轿车实际燃油耗的60%。

5. 节油驾驶

前面已经提到，由少数驾驶员在城市交通条件下试验柴油和汽油轿车所测出的燃油耗的变化范围约为其平均值的±10%，因而很希望了解是否能够通过鼓励或训练的办法来提高驾驶技术水平，从而降低燃油耗。1979年TRRL的对外开放日正好是一次良好的考察机会，以了解其中一部分参观者能否以比他们在常规情况下更节油的方式开车通过“小型道路系统”的环形试验路。这一“小型道路系统”是按城市道路的规格建立的一个道路网，具有红绿灯、弯路与各种交通标志，其原来的设计目标是为TRRL的试验基地提供一个在有监督控制条件下进行驾驶员安全性试验的场所，但现已表明，它对于燃油耗试验也是一项十分有用的设施。柴油和汽油轿车的试验结果都是很有意义的。

图4表示了两种轿车燃油耗的累计频率分布情况。很明显，驾驶者无论对柴油轿车或汽油轿车均能采用节油驾驶以降低其燃油耗，即使试验前并未对他们作任何指导。汽车在节油环形道路上的车速平均低于在正常“基准”环形道路上的车速。对于柴油轿车的平均数值是：车速降低15%，节油30%。对于汽油轿车是：车速降低13%，节油约20%。

显然，这种由于车速降低而产生的燃油耗下降是因为驾驶者在试验环形道路上选择了更为节油的加速方式和不太急剧的刹车。

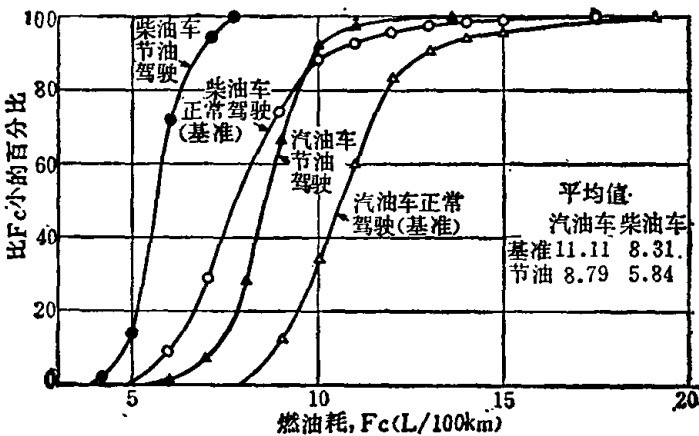


图4 Golf 汽油和柴油轿车燃油耗的累计频率分布：正常及节油驾驶

这与交通拥挤的情况正好相反（见图2），此时平均车速低是由于与其他车辆相遇而引起的。

对节油驾驶结果进行更详细的分析表明，在节油驾驶及基准驾驶间的差别相当大，这种差别可用分开的曲线在燃油耗/平均车速图上加以表示。这些结果表明，即使不降低平均车速，燃油耗也可借助更好的驾驶技术获得改善。对于柴油轿车，在每小时行驶30公里时，由于这一与速度无关的因素的影响而可获得省油15%的效果，对汽油轿车大致也相同。良好驾驶技术的价值虽然已被大家认识多年，其效果也在其他类似的试验中测出，然而本文要着重说明的是：柴油轿车同汽油轿车一样对节油驾驶技术是敏感的。

三、柴油和汽油送货厢式车的试验

1. 使用试验

试验用的两辆汽车均为可供实际商业用的贝特福特CF型厢式车，其技术规格列于表2。选用伦敦市中心作为试验场地，试验路线则与轿车试验时相同。

参加试验的均为商业车辆的职业驾驶员，他们通常都在伦敦市中心一带工作，由于试验时间很长而足以使他们达到自然驾驶状态，因而毋需再提出特别的要求。

使用试验分两阶段进行，第一阶段在1978年2月和3月，第二阶段在同年9月，试验终了时每辆车记录的行驶里程都超过了3000公里。

2. 结果

试验结果是用建立初次能源消耗的多次回归模型加以分析的。为建立回归方程式，需要有速度、速度平方、速度倒数等一些项次。根据这些原始数据建立的回归方程式示于图5。由于送货厢式车的质量比轿车大，因而对每一路段终了时动能与位能的差别作了修正。最终的回归模型中包括了

考虑这一影响的重要项次，也包括了驾驶员与车型间相互影响的一些项次，最终建立的模型计入了测出燃油耗数据偏离值的90%以上。

这两辆轻型卡车的试验结果表明，当燃油燃按同一平均车速校正后，柴油车的总燃油耗为11升/100公里，而汽油车则为20.3升/100公里，因而汽油车的初始能源消耗为柴油车的1.85倍。

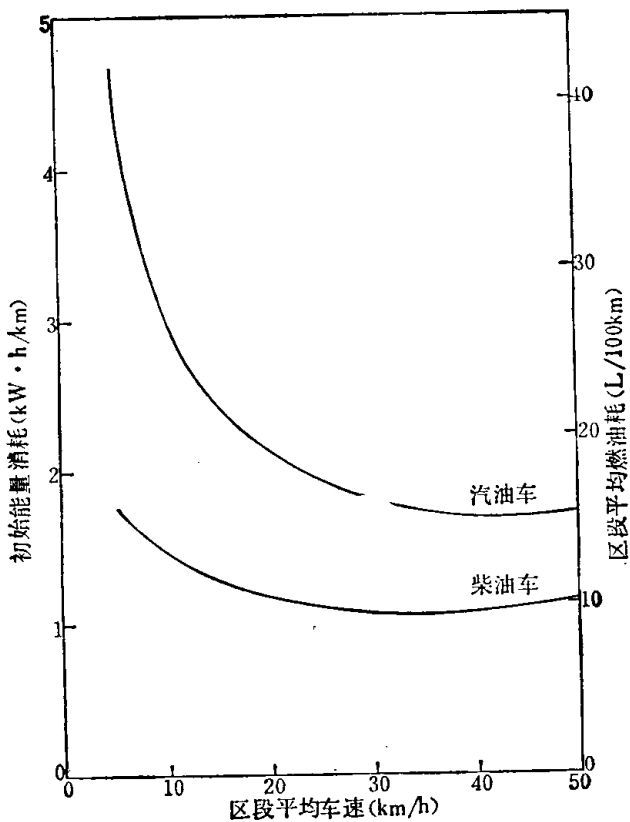


图5 用回归模型表示的初始能量消耗与平均车速的特性变化关系：城市轻型送货厢式车

图5所示为燃油耗与取决于交通条件的平均车速的关系。从图中可知，在所有条件下汽油车的燃油耗都较高，特别在高度拥挤的交通条件下则更高。这两条曲线总的形状与图2中所导出的柴油和汽油轿车的曲线是相似的。

此外，不同的驾驶特点对车辆燃油耗的影响也可作出某些评价。表5列出了驾驶员对燃油耗影响的范围（即最节油的驾驶员和最不节油的驾驶员间的差别）和它们的标准偏差。上述结果表明，柴油车至少和它相当的

表5 城市轻型厢式送货车——燃油耗对驾驶技术的敏感性

车 型	7 位驾驶员		3 位驾驶员	
	范围* (%)	标准偏差 (%)	范围* (%)	标准偏差 (%)
汽油车	22.0	7.4	10.1	5.4
柴油车	11.4	4.8	10.6	5.5

* 用平均燃油耗的百分比表示的最耗油和最节油驾驶员之间的差别

汽油车一样对驾驶员的特点也是敏感的。对试验结果进一步详细检查后表明，那些在柴油车试验中节油的驾驶员，在汽油车试验中同样也是节油的。

城市轻型送货厢式车的使用试验也进一步肯定了柴油和汽油轿车的试验结果。柴油厢式车的总燃油耗较低，对拥挤的交通条件敏感性较小。与汽油机相同，对驾驶员的技术也是有所反映的。虽然所试的两辆厢式车在性能上的可比性不如轿车那样好，但试验结果表明，在城市轻型送货厢式车上采用柴油机来降低燃油耗是有相当大的潜力的。

四、轻型柴油车的成本及收益

使用试验和以上各节所介绍的试验结果表明，在小型轿车和轻型厢式车上采用柴油机能使燃油耗显著下降。但这是靠采用较昂贵的发动机和稍微增加车辆重量获得的。从节约燃油的有效价值看，这是否值得？

首先，从整个国家的资源看，问题是提供柴油汽车的成本(不包括税收)是否少于所节约燃油的成本。要进行这类计算是比较复杂的，必须对诸如未来的燃油成本，柴油轿车、厢式车或其他变型车的寿命和年行驶里程作出假设。很明显，这将会导致一系列复杂的假设和随之而来的计算，但是用一个简单的实例也能说明其原理。

假定柴油轿车的燃油耗为6升/百公里(而与其相比的汽油车的燃油耗为9升/百公里)，若驾驶员每年开车15,000公里，则将节

约燃油 450 升。目前在加油站的汽油和柴油价格(不包括税收)约为18辨士/升,由于英国决定按当前世界的市价来销售石油,因而应将这一无税收的世界价格作为燃油的有效成本,由此则每年的平均节约数(不包括税收)约为80英镑,如汽车的寿命按10年计算,每年的折旧为 5%,则这一节约数正好被初始成本的增加(约 620 英镑)所抵销。因此如要在全英国一般驾驶员所行驶的里程范围内有价值,而且被认为是一项降低成本的有效措施的话,则汽车的改造费用必须低于这一成本。

但是要估计轻型柴油机与其相当的汽油机相比时制造成本的增加又是极为困难的。1979 年大众Golf发动机报道的数字为 150 英镑,但究竟如何得出还是远远不够清楚的,然而,发动机和燃油喷射系统所增加的初始成本可能会小于轿车在整个使用寿命期间所节约燃油的折旧费,因此从整个国家看,可以认为采用轻型柴油汽车是一项节约成本的有效措施——当然还需考虑能否获得英国本身制造的柴油轿车和厢式车的问题。

不管怎样,情况正在不断变化着。现在柴油比汽油便宜,目前已有一家大公司在对各项成本进行认真分析,并决定将其经营的车队全部改为柴油轿车。

改用柴油机的好处很明显是燃油的经济性,柴油机在可靠性方面也有好的声誉,但也有一些缺点,包括一些看上去微不足道的缺点:如柴油机的气味;往油箱中加油困难,易冒气泡与溢出;怠速敲缸声;需要熟练的

保养技工,以及发动机的寿命相对车身来说显得太长等。

最后,比较一下柴油机和相当的汽油机的排放问题。本文并非专门研究柴油机排放对健康可能产生的影响问题,但对柴油机还是可作一些评价。其优点是:无需采用昂贵而耗油的特殊排放控制措施;采用无铅的燃油;一氧化碳排放值低;多环芳香烟碳氢化合物的排放值则与相当的汽油机相仿。反对采用柴油机的理由则是其NO_x和颗粒(其中多环芳香烟可被吸收)的排放值较高,若发动机保养不好,会排出可见黑烟和烟雾。

总的来说,在降低燃油耗方面,柴油机带来了非常实在的收益,因此它将成为公路车辆节约燃油有效价值的主要竞争者。

五、结 论

从小型柴油轿车和轻型厢式车的比较性使用试验中可以看出,柴油车在所述的道路和交通条件下可显著的降低燃油耗。对于这一对轿车来说,柴油车在冷车和短途行驶中还可进一步节约燃油。柴油车和汽油车在节油方面对驾驶员的操作技术同样是敏感的。

限于篇幅,本文无法将现有结果与早期的研究进行详细比较。但是现有的柴油车在燃油耗方面所具有的优点似乎比早期所介绍的更为良好。

(参考文献从略)

赵嘉鼎 译 范思诚 校

小型车用柴油机与传动系统的匹配

〔英国〕 T D Barker 和 J Ivens

一、引言

本文介绍了福特公司的柴油机如何与小型车辆相匹配，使之在满足性能要求的前提下保证其良好的燃油经济性。

第一部分主要介绍一种以原先的汽油机为基础发展的柴油机新机型，以使造价降至最低。

第二部分介绍传动系统匹配采用计算机计算的程序，从而取得性能与经济性之间的最佳平衡。

该项研究结果最后又与汽油机的类似研究结果作了比较，以便小型柴油轿车和汽油轿车直接进行对比。

二、发动机设计

设计这种车用新型柴油机的最初设想是在保持良好燃油经济性的同时又要保证造价低，性能又达到较好水平。经过对各种可供选用的方案的广泛研究，认为最合算的方法是在现有汽油机基础上采用一个全新的柴油机缸盖。这样，现有的大部分加工工艺装备可保持不变，使机体造价保持最低，而发动机通过采用专用气缸盖使之最佳化。

发动机主要参数如下：

排量：1.6升

缸径×行程：80毫米×80毫米

缸径行程比：1

燃烧室：里卡多彗星V型涡流室

气门传动系：顶置凸轮轴

扭矩：95牛顿·米/3000转/分

目前，发动机采用非直喷式与自然吸气，将来可采用直喷式或涡轮增压，或两者同时

采用。

为降低成本，气缸盖选用铸铁制。缸盖垫床为整体式，即使在涡轮增压情况下亦如此。为提高发动机的可靠性还采用了直接作用的杯形挺柱和气门镶座。挺柱调整机构选用了机械式以改善燃油经济性。

除了常用的喷油提前机构外，转子式分配泵还包括一个由冷却油温控制的起动预热期间低速喷油提前装置。调速器为两极式，断油始点置于最大标定转速超速15%处以保证取得象汽油机那样的高速扭矩特性。

部分负荷特性通过加速踏板进行控制使其具有“汽油机感”。喷油器采用轴针式喷嘴，通过调谐喷油管供油。

经扩大设计和研制取得的成果是：所花代价很低，柴油机很可靠。一般常碰到的故障在这台柴油机上几乎没有。图1所示为该柴油机所达到的功率和燃油耗特性曲线。

三、程序

1. 概述

本节所介绍的程序是以汽车性能和燃油经济性的计算机模拟为基础的。该项模拟允许发动机以各种不同的变速箱和主传动器的速比作试验，以便在满足所需性能要求的同时选用具有最佳燃油经济性的传动装置。但是从工程和制造观点来看，选用最佳传动装置是不切实际的，最切实可行的办法还是对变速箱和主传动器速比进行组配。

在这一节里对所需数据，性能目标的确定，选配过程最佳化及最后对发动机最佳化的校正作几点说明。

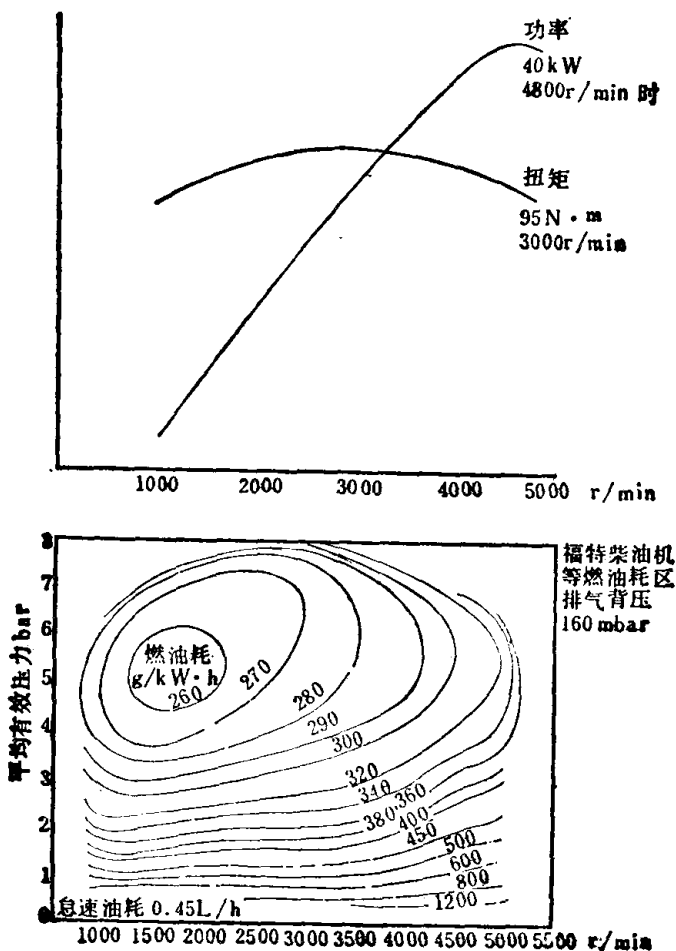


图1 功率和燃油耗特性曲线

2. 所需数据

下表系模型中用以描述整车所需数据:

汽车

迎风面积

空气阻力系数, c_d

轮胎尺寸

滚动阻力系数

轮胎充气压力

汽车总重, GVW

在汽车总重状态下驱动轮上的负荷

试验重量(车辆自重 + 200公斤)

在试验重量状态下从动轮上的负荷

重心高度

惯性重量级

转鼓试验台功率调定

传动系统

变速箱速比

变速箱每档效率

主传动器速比(以下简称为“主传动比”)

发动机

全负荷扭矩特性曲线;

怠速(转/分)与最大功率转速(转/分);

燃油数据——扭矩与燃油耗的关系, 从1000转/分至最大转速时的典型负荷(10—30—50—70—100%负荷), 怠速燃油耗。

3. 性能目标

恰当选择性能目标对传动系统匹配过程来说是很重要的。传动系统必须进行匹配以达到汽车所要求的性能。但要确定这些目标是非常困难的。这些目标必须符合用户所预期的性能水平。虽然这些要求往往连用户自己也很难用数量来表示。

在确定性能目标时应包括两方面内容。首先得确定性能项目, 亦即用什么“尺度”来测定性能, 其次是确定性能项目的具体标准, 亦即所要求“尺度”的大小。这两方面对用户来说是主要的, 必须做到切实可行。

在确定具体的标准以前, 当然先要选好性能项目。传统的, 广泛应用的性能项目是0—100公里/小时的加速时间(以秒计)。这个性能极易测量, 已普遍推广应用, 用户也熟悉。问题在于0—100公里/小时加速时间对汽车(加速性能“感觉”)来说, 反应欠佳。这是由于当以0—100公里/小时加速行驶时, 发动机转速相当高, 且通常又以头二档或三档行驶。而当其以低速(高扭矩)或速比较高的档次行驶时反应欠佳。实际上除了第I档外, 对其余变速档的反应都不敏感。出现这种情况的原因是驾驶员为保持高速运行, 得判断换档模式以达到最佳功率和0—100公里/小时的加速时间。

显然, 其余性能项目也要求传动系统匹

配合适。福特公司以用户调查及驾驶技术评定为基础建立了一组项目标准。虽然这些项目比起传统的 0—100 公里/小时加速性测量方法来有了较大改进，但仍嫌不够完善。现将所选用的这些项目列述如下：

- 0—100 公里/小时加速时间，秒
 - 行驶档，50—100 公里/小时加速时间，秒
 - 行驶档，40—60 公里/小时加速时间，秒
 - 汽车总重状态下坡度30%时的爬坡能力
 - 平路最大车速，公里/小时
 - 3 % 坡道，高速档时最大车速，公里/小时
- 上述项目逐条说明于下。

行驶档加速时间（50—100公里/小时和40—60 公里/小时）表明在市郊和市区条件下加速性能感觉。行驶档对不同变速箱具有不同含义。按惯例，四速变速箱的行驶档系指第四档。此外，各种变速箱都有一个“经济”(E)高速档，系应用低于高速档的一档作为行驶档。

这样，与传动系统特性有关的行驶档（50—100公里/小时和40—60公里/小时）加速时间并不包括 0—100公里/小时的加速时间。图2表示这些项目与其它项目和相应的汽车牵引力曲线。牵引力是变速档和发动机扭矩的函数。

一个新的项目，3 % 坡道上的最大车速被用来表示汽车的高速档性能。设置这个项目很重要。因为“经济”高速档常用于正规的高速公路行驶。3 % 坡道被选作为标准高速公路的侧坡，而不必再去选择极端工况。

若汽车在大多数坡道情况下保持规定车速，驾驶员就没有必要经常换档而放弃燃油经济性。这个项目显然关系到发动机扭矩和高速档行驶问题。

这组性能项目确定后，必须确定这些项目的规定标准。在进行这项工作时，要认识

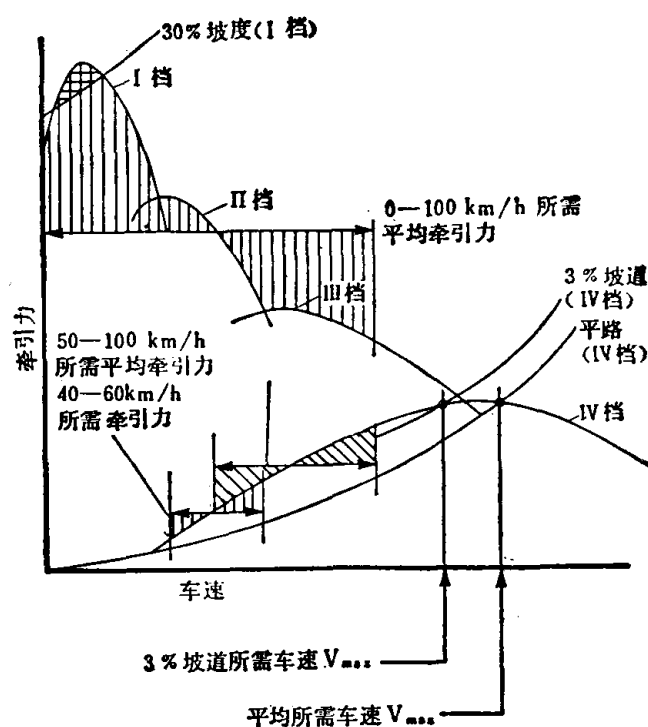


图2 以牵引力和车速表示的性能项目

到柴油机用户主要对燃油经济性比较注意，当然也希望柴油机具有相当的性能水平。因为他花了更多的费用买来的柴油机，装用于同一辆轿车上，故在某些指标上应比最经济的汽油机更好。

表1列举了发动机结合变速箱综合效益考虑后选用的性能标准。

表1 性能目标

发 动 机	变 速 箱	40—60 km/h (s)	50—100 km/h (s)	0— 100 km/ h (s)	汽车总 重条件 下30% 坡度爬 坡能力	3 % 坡道 的最大 车速 km/h	最大 车速 km/ h
柴油机	3+E	5.6/Ⅲ档	16/Ⅲ档	18	能	111	142
	4+E	7/Ⅳ档	20/Ⅳ档	17	能	111	145
汽油机	3+E	16/Ⅲ档	17/Ⅲ档	22	能	111	134

必须指出，这里列举的仅是性能目标。从下面介绍的情况来看，汽车加速性能可比上述指标更好，但最终进行分析时还有必要在某些标准上采取折衷办法，即当变速箱遇到实际问题的限制时还要对加速性能和经济性进行综合平衡以获得最佳结果。

4. 变速箱速比的最佳化

实际选择最佳速比包括为性能标准所允

每种方案至少都达到了加速性能目标。临界(控制)的极限标准都注有星号*。

实用的变速箱方案如表所示有两种 3 + E 和一种 4 + E。因为全部方案都能满足目标性能要求，故选择 3 + E 变速箱时必须以燃油耗为依据。下面还将进行介绍。

为进行比较，类似的传动系统匹配方法用在一台专门作过改进的汽油机上，并特地配在同一辆汽车上。这台试验用汽油机对燃油耗和低速扭矩特性作了一系列的改进。这样该车的燃油经济性至少可与当今市场上出售的最佳小轿车相媲美。

为便于比较，仅采用了 3 + E 变速箱方案。表 3 列举了汽油机装用最佳的和实用的变速箱的相应 V/n 值。必须指出，有一种实

用变速箱方案未能全部满足目标性能要求。实用的“ A ”型方案采用的主传动比为 3.33，在 30 % 坡度的爬坡能力略低于标准值。如改用 3.58 的主传动比则 30 % 坡度的爬坡能力就能满足要求。不过燃油经济性上略有损失。这时第一档爬坡能力略差的方案由于考虑其它方面接近于理想匹配，故认为还是可采用的。汽油机与柴油机相比，柴油机显然略胜一筹，但还要取决于其它的目标性能。柴油机与汽油机的燃油耗列于表 4。燃油耗以汽油机与实用的“ A ”型变速箱相匹配作为基准，并以 ELA* 燃油耗百分比作为改善与否的标准。表 2，表 3 列举的变速箱都是相同的，结果其性能均合格。这样最佳的变速箱可严格按照表 4 所列的燃油耗标准为依据来选用。

表 3 汽油机与传动系统匹配的性能

变 速 箱	各档的 V/n 值 km/h/1000r/min					主 传 动 比	加 速 性 能					
	I	I	II	IV	V		40—60 km/h (s)	50—100 km/h (s)	0—100 km/h (s)	汽车总重 状 态 下 30%坡度 的爬坡能力	3 %坡道 汽车最大 车速 km/h	最大车速 km/h
最佳 3 + E	7.85	14.77	22.43	33.79	—		5.7	15.7	17.8	能	111*	142
实用的“ A ”型, 3 + E	8.27	14.50	22.87	33.76	—	3.33	5.9*	16.3	18.0	不能**	111*	142
实用的“ B ”型, 3 + E	7.18	13.49	22.14	34.04	—	3.84	5.6	15.7	17.8	能	111*	140
	目标性能, 3 + E						6.0	17.0	22.0	能	111	134

* 极限性能。 ** 低于性能标准，但仅低 5 % V/n 值。

表 4 燃油耗

发 动 机	变 速 箱	燃油耗，比基准型好(坏)			
		ECE -15	90 km/h	120 km/h	ELA
柴 油 机	最佳 3 + E	14.9%	12.7%	13.5%	14%
	最佳 4 + E	12.6%	14.1%	14.8%	13.6%
	实用的“ A ”型, 3 + E	11%	7.3%	8.7%	9.5%
	实用的“ B ”型, 3 + E	11%	10.9%	12.4%	11.3%
	实用的“ C ”型, 4 + E	6.8%	12.2%	13.4%	9.9%
汽 油 机	最佳 3 + E	0%	0%	0%	0%
	实用的“ B ”型, 3 + E*	基 准 型			
	实用的“ B ”型, 3 + E	(3.7%)	0%	0.3%	(1.8%)

* 最佳实用的变速箱。

先读柴油机情况。由表可知最佳 3 + E 与最佳 4 + E 方案的燃油耗明显改善，从所有方

案来看，最佳变速箱相匹配为最好， 3 + E 方案燃油耗改善 14 % (按 ELA)，而 4 + E 方案改善 13.6 %。最好的实用的变速箱为“ B ”型，燃油耗改善 11.3 %，实用的“ C ”型， 4 + E 方案改善 9.9 %。

选用实用的变速箱与主传动器速比组配时适当考虑其接近于最佳变速箱，例如 3 + E 方案相差 2.7 %， 4 + E 方案相差 3.7 %。

汽油机的燃油耗也列于表 4，因其扭矩

• ELA 为“欧洲平均法规”系指 ECE-15， 90 公里/小时， 120 公里/小时的加权平均值燃油耗。按下式计算：
ELA(升/100 公里) = (2 × ECE15 + 90 + 120) ÷ 4
——原作者注

曲线不一样,故这里最好的实用变速箱是不相同的,不象柴油机那样是相同的。较小的汽油机就不能象柴油机那样利用“B”型变速箱特别宽广的速比。故采用“A”型变速箱的燃油耗就比“B”型好1.8%,这是因为“A”型变速箱匹配得非常好,提供了与最佳变速箱实际上相同的燃油耗。

在这一点上,上述变速箱优选值得与传统方法来比较一下。采用传统方法,速比接近的4速变速箱与一个现成的合适的主传动比相组配后所得的IV档最大车速比柴油机最大功率转速高5%。在这个实例中,最接近的合适的主传动比为3.58,其V/n值如下:

排档	传统的V/n值
R ₁ (I档)	7.69
R ₂ (II档)	13.5
R ₃ (III档)	20.48
R ₄ (IV档)	28.98

毫不奇怪,ELA燃油耗比最佳变速箱3+E差13%,高速档加速性也比目标指标差。

从传动系统比较图上能更清楚地看出加速性能与经济性的得益情况。图3用立柱坐标对各种传动系统,各级排档的V/n值进行了对比。传统的汽油机选用标准4速变速箱的情况绘于图3右下角。柴油机和汽油机最佳传动系统的对比明显地表明配柴油机后速比要比汽油机宽得多。“B”型比“A”型更接近于柴油机与最佳变速箱相匹配的结果。

由图3可知,经济高速档的得益是很明显的。经济高速档的V/n值比参考的标准变速箱第IV档要高出很多。实际上,最佳3+E变速箱III档的V/n值仅比参考用标准变速箱的IV档略低,故称其为“3+E(经济)”档是确切的。

图3提出柴油机与“B”型变速箱相匹配,其主传动比值可取得稍低。图4表示的加速特性、经济性与主传动比的关系曲线可用来研究潜在的效益。这些曲线还说明在遇到控制的目标性能(3%坡道最大车速)限制以前,主传动比可从3.58降至3.42。这可使燃油耗降低1.3%直至1.5%最佳水平。这个速比实用性究竟如何还须从设计和制造观点来加以鉴定。

类似曲线还可用来研究现行变速箱内各档传动比改进的潜力。图5和图6表示高速档和I档性能与经济性对V/n值的关系。特别值得指出的是当3%坡道的最大车速从120公里/小时降至现行目标值111公里/小时,燃油耗几乎没有得益。另一方面,ECE-15燃油耗标准对I档的V/n值却非常敏感(图6)。

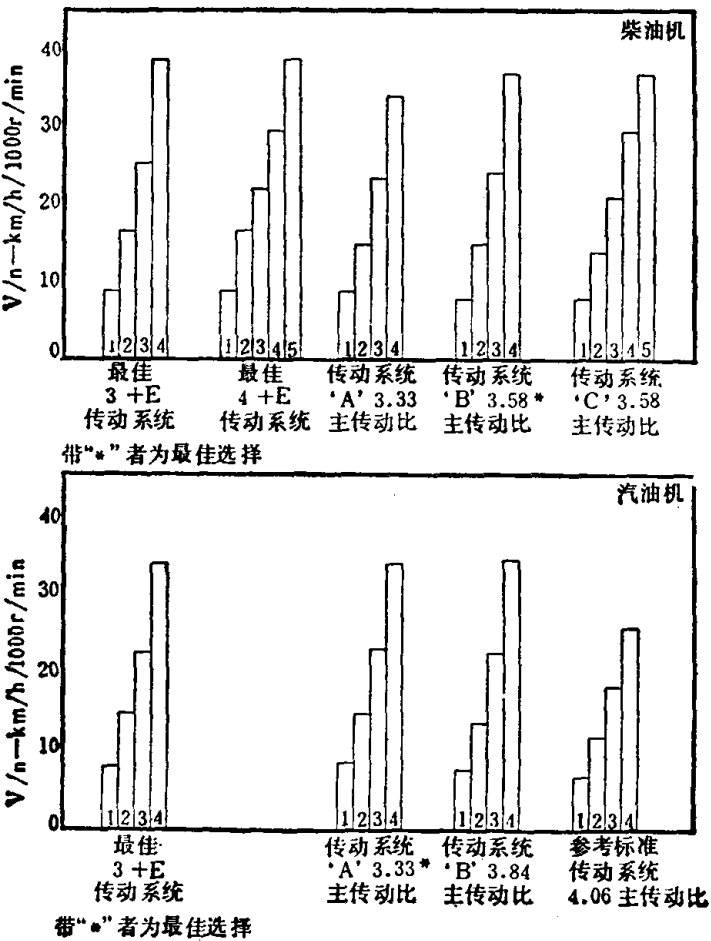


图3 传动系统比较图