

提高汽車經濟性的方法

E. A. 楚达柯夫著
盛 景 方 譯



人民交通出版社

目 录

原 序.....	2
第一章 評價汽車經濟性的計量單位.....	3
1. 提高汽車經濟性的主要方法.....	3
2. 汽車发动机和汽車的經濟特性.....	5
第二章 減低汽車行駛阻力的損耗來提高汽車的經濟性.....	46
1. 汽車靜重对其經濟性的影响.....	46
2. 汽車流綫型对其經濟性的影响.....	50
3. 当保持汽車的动力性能不变时汽車靜重和空气阻 力因數对其經濟性的影响.....	52
4. 发动机和傳动系統的机械損耗对汽車經濟性的 影响.....	60
第三章 改进汽車傳动系統的構造來提高汽車的經濟性.....	77
1. 在傳动系統中采用超速档来提高汽車的經濟性.....	77
2. 在傳动系統中采用无級式变速器来提高汽車的 經濟性.....	85
第四章 采用調整发动机功率的先进方法來提高汽車的 經濟性.....	111
1. 用隔离气缸法（逐級調整）来調整发动机功率以 提高汽車的經濟性.....	111
2. 应用发动机增压給气来提高汽車的經濟性.....	135
第五章 当发动机在經濟規准下工作时积貯其能量來提 高汽車的經濟性.....	147
1. 积貯发动机的剩余能量来提高汽車的經濟性.....	147
2. 应用滑行来提高汽車的經濟性.....	151

原 序

在汽車實驗室著作集第十一冊中，已經研究過提高汽車發動機經濟性的某些方法，這些方法的最終目的是提高汽車的經濟性。可是除此之外，還有許多其他方法來提高汽車的經濟性，就是當裝于汽車上的發動機的經濟性相同時，而能夠降低汽油的消耗量 Q 公斤/100 公里。這些方法按其作用原理可分成几組，本書所研究的是以下各組方法：

- 1) 減低汽車行駛阻力的損耗；
- 2) 減低汽車機件內部摩擦的損耗；
- 3) 改進汽車傳動系統的構造，保證發動機在經濟的規范下工作；
- 4) 採用最有效的調整發動機功率的方法；

5) 將發動機在經濟規范下工作時的剩餘能量積貯起來，而當汽車在較艱難的條件下行駛時再利用這些能量。

第一章 評價汽車經濟性的計量單位

1. 提高汽車經濟性的主要方法

汽車在給定情況下的經濟性，就是指以汽車完成單位功的汽油消耗量計算的經濟性。

以汽油消耗量計算的汽車經濟性，首先是取決於裝在汽車上的發動機的經濟性和發動機對該汽車以及所給定的工作條件的適合程度。這些問題在前一冊著作集（汽車實驗室著作集第十一冊）中已有一定程度的說明。

顯然，當發動機的經濟性相同時，汽車的經濟性還隨着汽車行駛阻力損耗的多少而改變，這與汽車的構造有關。當汽車穩定行駛時，這損耗決定於滾動阻力、空氣阻力和上坡阻力。第一和第三項的阻力與汽車的重量成正比，而克服上述阻力所消耗的總合力 $P_f + P_a$ 則由下式確定：

$$P_f + P_a = f \cdot G + G \cdot \sin \alpha = \psi \cdot G \quad \text{公斤}, \quad (1)$$

式中：G——汽車重量；

f ——滾動阻力係數；

α ——道路上坡角度；

ψ ——道路阻力係數，這係數既體現了路面的品質，也體現了道路的上升坡度，並由下式來確定：

$$\psi = f + \sin \alpha. \quad (2)$$

滾動阻力係數 f 不單與路面的性質有關，並且還與輪胎的品質有關，也就是說在一定程度內與汽車的構造有關。

此外，根據汽車實驗室著作集第九冊上的資料，係數 f 也與驅動車輪所產生的總圓周力有關；因此，在給定的道路條件下，這係數還與汽車的行駛速度有關。

汽車行駛的空氣阻力用下式計算:

$$P_w = K \cdot F \cdot v^2 = W \cdot v^2 \quad \text{公斤,} \quad (3)$$

式中: F ——正面阻力面積, 公尺²;

K ——空氣阻力係數, 公斤·秒²/公尺⁴;

v ——汽車速度, 公尺/秒;

W ——空氣阻力因數, 公斤·秒²/公尺²。

這樣, 阻力 P_w (在給定的空氣密度下) 完全由汽車的尺寸和形狀以及行駛速度來決定。

當裝在汽車上的發動機的經濟性一樣時, 減輕汽車的靜重、在流綫型方面改善其形狀、以及減少正面面積, 可保證大大地提高汽車的經濟性。

除了上述的由於外部阻力 (輪胎內部的損耗除外) 所引起的汽車行駛阻力 (滾動阻力和空氣阻力) 上的損耗以外, 還有在汽車轉動系統機件中的摩擦能量的損耗。

這個損耗決定於機件的構造、機件的狀態、和在很大程度上決定於潤滑這些機件所採用的潤滑油的品質。

研究所有上述的損耗對於汽車經濟性的影響是本書所要研究的問題之一。

汽車的經濟性也在頗大程度上決定於所選擇的發動機工作規准的正確程度及其與汽車最常遇到的行駛條件的適應程度。顯然, 為了使汽車獲得儘可能高的經濟性, 汽車發動機必須在適應於汽車最常遇到的行駛條件的工作規准下具有最高的經濟性, 而汽車的行駛條件是由汽車行駛速度 v 和道路阻力係數 ψ 來表示的。

在著作集的上一冊中已經研究過為了解決這個問題的一個措施, 即在汽化器的構造中採用工作規准節油器和怠轉節油器。此外, 在著作集的上一冊中指出, 這個問題還可以用其他較複雜而較有效的措施來解決, 這些措施按其原理可分成三組:

1. 在汽車傳動系統中採用具有相當多排檔的變速器。在這情況下每次可選用這樣的排檔, 使得在給定的汽車行駛條件下, 發動機可在儘可能接近於最經濟的情況下工作。

最完善地解決所提出的問題的方法是在汽車傳動系統中採用無級式

的变速器，它可經常自动地在发动机与汽車驅動車輪之間定出这样的速比，发出必需功率的发动机在这速比下是在这功率的最經濟的規范下工作的。

2. 建立发动机的后备功率。为此在汽車上裝置这样的发动机，其功率只够汽車在最常遇到的条件下行駛，这时发动机是在近于最高經濟性的規范下工作。当汽車在較艰难的条件（提高速度，道路艰难）行駛时，所需的輔助功率可以由开动第二台发动机（或第一台发动机以前停熄的气缸）或用增压給气来增强发动机而获得。

3. 积貯发动机的剩余能量并当汽車在較艰难的条件下行駛时加以利用。在这种情况下，汽車上裝置功率較低的发动机，它不能使汽車获得給定的最大速度或所要求的快捷加速。这种发动机全部時間或大部份時間是在近于最大的功率，和相应于最經濟規范的功率下工作；当汽車在輕易的条件下行駛时，所剩余的一部份发动机能量可用各种方法积貯起来，然后当在較艰难的条件下行駛时再加以利用。

发动机能量的积貯可用各种方法。現在其中最簡單的方法是将能量积貯于蓄电池中。

用这种方法（积貯能量）来提高汽車的經濟性，也可包括应用汽車滑行使駛的方法在內，即汽車交替地加速行駛和脫开发动机依靠慣性減速行駛的方法。汽車的加速可在相应于或近于最經濟的发动机功率下进行。当汽車依靠慣性行駛时发动机在怠轉下工作，这时其耗油量很小。这样当发动机在經濟的規范下工作时积貯了一部份能量（轉变为汽車的动能）然后在汽車依靠慣性行駛时再利用这些能量。

在本書中将研究利用所有上述的方法来提高汽車經濟性的問題。为了获得比較性的結果，我們要利用汽車发动机和汽車的經濟特性，其概念将在下面叙述。

和著作集第十一冊中一样，在本書中只研究快速燃燒循环的汽化器式发动机的汽車的經濟性。

2. 汽車发动机和汽車的經濟特性

为了比較提高汽車經濟性的各种方法的效能，在下面要利用“汽車

发动机的經濟特性”和“汽車的經濟特性”图解。

只利用发动机在某一确定的工作規准下的單位汽油消耗量 g_e 克/有效馬力-小时的一个数字来評價汽車发动机的經濟性，还不能足够清楚地表明在真实而变化无常的汽車工作条件下的发动机的經濟性。

常常用来说明发动机經濟性的在节气門全开情况下的消耗量 g_e 克/有效馬力-小时曲綫（和功率外特性曲綫一起），对于发动机的經濟性完全不能給予应有的評價，因为发动机在真实条件下是很少在节气門全开情况下工作的。汽油消耗量的节流曲綫已能相当全面地来評價汽車发动机的經濟性，然而此致在这个情况下也不能精確地確定在任何給定的汽車工作条件下的发动机的經濟性。

因此，为了評價汽車发动机的經濟性，作者曾建議过確定汽油消耗量 g_e 克/有效馬力-小时对汽車速度 v 和道路阻力系数 ψ 之間关系的图解。

这种图解的式样示于图 1 上。在这里縱軸綫是汽油消耗量 g_e 克/有效馬力-小时，而橫軸綫是汽車速度 v 公里/小时。

图解中的每一曲綫相应于一定的道路阻力系数 ψ 之值。

当发动机曲軸与驅動車輪之間的速比 i 一定时以及驅動車輪在支承面上无滑轉时，則汽車速度 v 与曲軸的每分鐘轉數 n_m 成正比。

$$v = \frac{2\pi \cdot r \cdot n_m \cdot 3.6}{60 \cdot i} \text{ 公里/小时,} \quad (4)$$

式中： i —— 上述的速比；

r —— 驅動車輪的滾動半徑。

所以在图 1 的橫軸綫下，除了汽車速度 v 以外，还有曲軸每分鐘轉數 n_m 的軸綫。

在这里，和以前的假定一样，我們假設車輪的滾動半徑不变，而且与汽車的行駛速度无关。依照汽車實驗室著作集第九冊的敘述，这会引起某些不正確性，但在所給定的情況下是没有什么重大关系的。

这样，示于图 1 上的图解使得有可能来評價裝在某一汽車上的发动机的經濟性，这也是最有实际意义的。同样的发动机如裝在另一輛汽車上，虽然汽車的行駛条件相同，單位汽油消耗量 g_e 也可能有显著的改变。

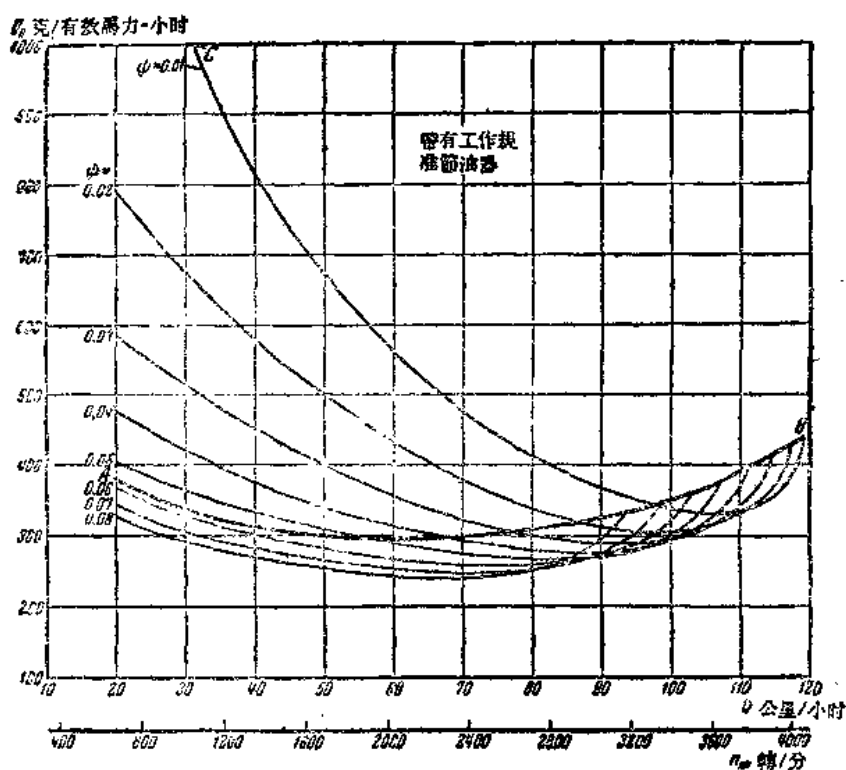


圖 1 在汽化器中帶有工作標準節油器時輕便汽車發動機的經濟特性

在圖 1 上的曲線 AB 相當於發動機在節氣門全開的情況下工作。這曲線是所有其他按給定係數 ψ 值所繪的曲線的限製線。係數 ψ 的最小值採用為 0.01 (曲線 BC)，這相當於具有很好路面的水平道路。

為了評價汽車的經濟性，作者曾提議採用與汽車發動機經濟特性相似的而是確定汽油消耗量 Q 公斤/100 公里與汽車速度 v 和道路阻力係數 ψ 之間關係的圖解。

這種圖解 (汽車經濟特性) 的式樣示於圖 2 上。這種圖解上的每一曲線相當於一定的道路阻力係數 ψ 之值，並確定汽油消耗量 Q 公斤/100

公里与汽车速度。公里/小时之间的关系。

这样，汽车经济特性的图解就有可能用来直接评价在任何行驶条件下的汽车的经济性。

在图2上的曲线 AB 相当于发动机在节气门全开的情况下工作；它是所有其他按着给定道路阻力系数 ψ 值所绘的曲线的限制线，并确定汽车在给定的系数 ψ 值下所能产生的最高速度。

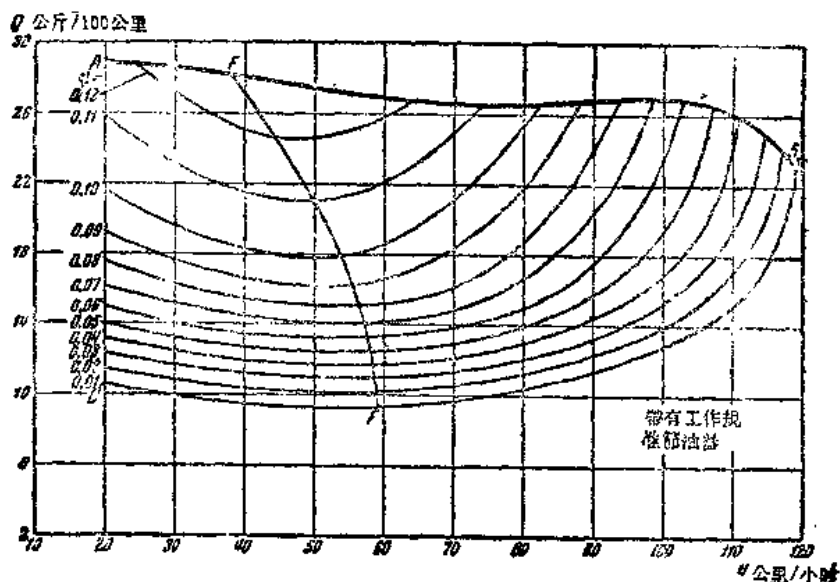


图2 在汽化器中带有工作标准省油器时轻便汽车的经济特性

当绘制图2上的汽车经济特性时，系数 ψ 的最小值采用为0.01。在图2上相应于系数 ψ 这个值的曲线 BC 限制了图解上汽油消耗量 Q 公斤/100公里的最小值。

对于每一道路阻力系数 ψ 值来说，都具有某一最经济的汽车速度，在这速度时汽油消耗量 Q 公斤/100公里为最小。在图2上经过这些相当于最小汽油消耗量的各点绘出曲线 FF 。

在图1的汽车发动机经济特性的图解上确定了汽油消耗量 g ，克/有

效馬力-小时与汽車行駛条件(v 和 ψ)之間的关系。但对采用各种燃料而言,單位消耗量 g_e 克/有效馬力-小时还不能說明发动机的真実(熱力)經濟性。为了能从这个观点来評價发动机的經濟性,以及为了能比較用不同燃料工作的汽車发动机的經濟性,必須計入燃料的发热量;在这种情况下,作为发动机經濟性的計量單位不是燃料消耗量 g_e 克/有效馬力-小时,而是效率 η_e 。如燃料的低熱值以 h_u 千卡/克表示,則效率 η_e 与單位燃料消耗量 g_e 克/有效馬力-小时之間的关系以下式表示:

$$\eta_e = \frac{632}{h_u \cdot g_e} \quad (5)$$

在給定的燃料消耗量 g_e 克/有效馬力-小时下 应用这个方程式可繪制汽車发动机的經濟特性,并表示效率 η_e 与汽車速度 v 和 道路阻力系数 ψ 之間的关系。这样的图解示于图3上。这个图解是用图1和方程式(5)繪成的,其中燃料的低熱值 h_u 采用为每克10千卡,这相当于每公斤为10000千卡。在图3上的曲綫 AB 和 BC 与图1上的情况相同。

同样地,汽車經濟特性的图解也可这样繪制,使它表示出汽車單位行程的燃料消耗量或效率 η_e 的改变与汽車行駛条件的关系。

在第一种情况下[Q 千卡/100公里= $f(v, \psi)$]只要在图2的縱座标的比尺上乘以1公斤燃料的熱值就可以了。在第二种情况下[$\eta_e = f(v, \psi)$]必須引入汽車效率 η_e 的概念。每100公里行程的燃料消耗量等于 $H_u \cdot Q$ 千卡/100公里,式中 H_u ——1公斤燃料的低熱值; Q ——每100公里行程的燃料消耗量,以公斤計。这热量消耗在克服汽車行駛的阻力;克服这阻力所消耗的功(在100公里行程內)等于 $(\psi \cdot G + W \cdot v^2) 100000$ 公斤·公尺。

由此可得假定的汽車效率 η_e 的数式:

$$\eta_e = \frac{(\psi \cdot G + W \cdot v^2) 100000}{427 \cdot H_u \cdot Q} \quad (6)$$

在图4上繪制与汽車經濟特性(图2)相似的图解,并表示效率 η_e 与速度 v 和道路阻力系数 ψ 之間的关系。这个图解是利用图2和方程式(6)繪出的,同时汽車的参数 G 和 W 之值与繪图2时所用的一样,而1公斤燃料的熱值采用为10000千卡。

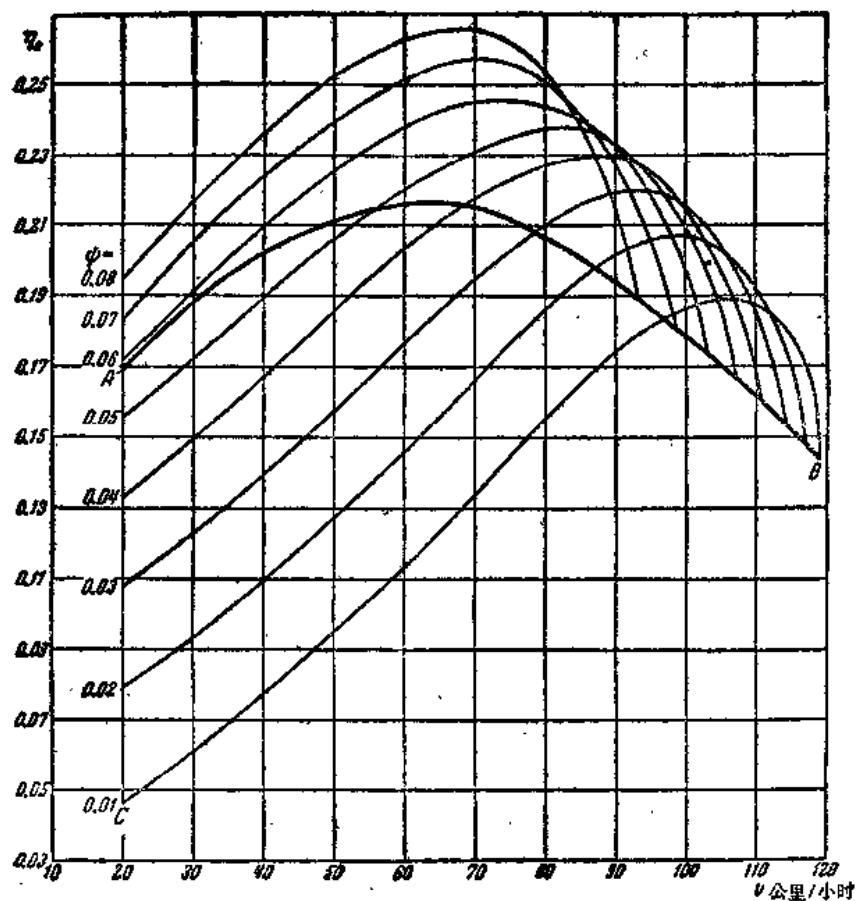


图3 轻便汽车发动机的经济特性

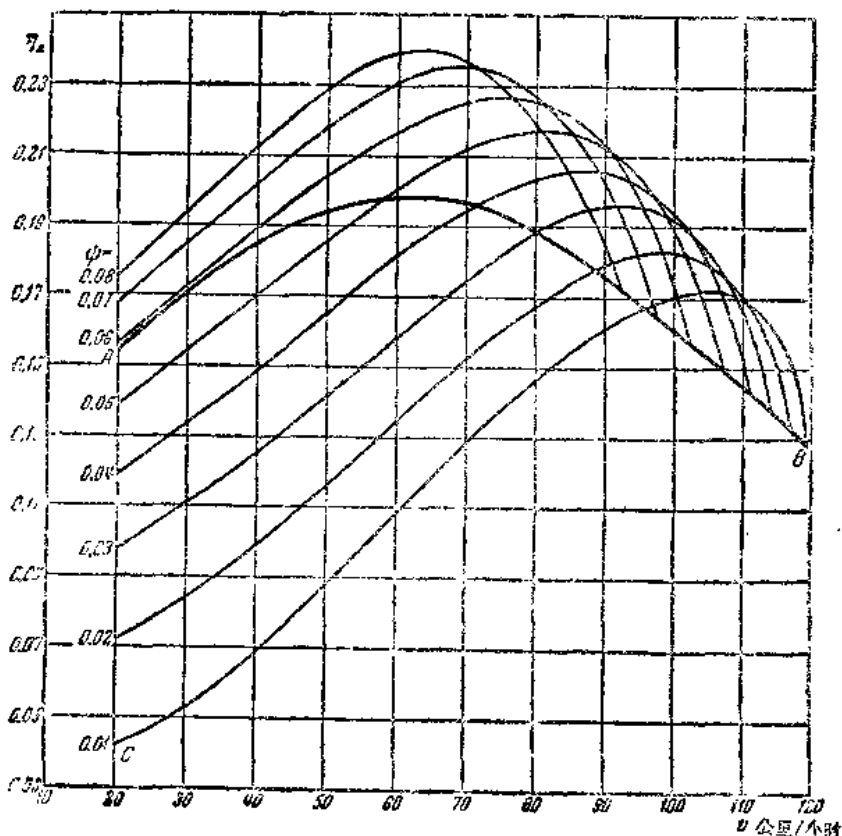


圖 4 輕便汽車的經濟特性

在本書中，所有關於各種不同構造上的措施對於汽車發動機和整個汽車經濟性影響的問題的研究都是在這樣的假定之下進行的，即以汽油作為燃料。所以在以後所應用的汽車發動機和汽車的經濟特性的圖解，其式樣與圖 1 和圖 2 所示的一樣。

經濟特性可近似地根據發動機的热能計算而求得。但是當這些特性是用實驗來確定時，則可得到無比正確的結果。

下文敘述根據在制動台架上試驗發動機和汽車時所得到的數據來繪制上述經濟特性的方法。

从汽车的功率平衡式中可看出，当汽车稳定行驶时，发动机功率 N_m ，减去汽车传动系统中摩擦的机械损耗后，是消耗于克服道路阻力（功率 N_ψ ）和空气阻力（功率 N_w ）。这样就得到：

$$N_m = \frac{1}{75\eta_m} (N_\psi + N_w) \text{ 馬力,} \quad (7)$$

式中： η_m ——汽车传动系统的机械效率。

在方程式(7)中发动机功率 N_m 以馬力表示，而功率 N_ψ 和 N_w 以公斤-公尺/秒表示。这些功率由下式确定：

$$N_\psi = \psi \cdot G \cdot v; \quad N_w = W \cdot v^3. \quad (8)$$

从方程式(7)和(8)可得到：

$$N_m = (\psi \cdot G + W \cdot v^2) \frac{v}{75\eta_m} \text{ 馬力.} \quad (9)$$

在方程式中汽车速度 v 以公尺/秒表示；如以公里/小时表示，则方程式改为：

$$N_m = \left(\psi \cdot G + W \frac{v^2}{3.6^3} \right) \frac{v}{270\eta_m} \text{ 馬力.} \quad (9-a)$$

在图 3 上所示的为汽车发动机特性 (N_m) 的实例。在图中的横轴綫上除了曲軸的每分鐘轉數 n_m 的比尺外，还有汽车速度 v 的比尺，对于变速器的任何排档来说，这比尺可用方程式(4)算出。在所给的情况下，比尺之间的关系是在这样的假定下确定的，就是汽车是在最后一档 ($i_k = 1$) 上行驶，其主减速器的速比 i_0 ，亦即总速比 i 等于 4.5。驱动車輪的滚动半径 r 等于 0.35 公尺。

发动机功率 N_m 的一部份消耗于汽车行驶的空气阻力。假如计入传动系统中机件摩擦的功率损耗，则这部份发动机功率由下式确定：

$$\frac{1}{\eta_m} N_w = \frac{1}{\eta_m} W \frac{v^3}{75 \times 3.6^3} \text{ 馬力.} \quad (10)$$

如在发动机功率曲线 N_m 的下面截一縱距等于功率 $\frac{1}{\eta_m} N_w$ (发动机消耗于空气阻力的功率)，则得到克服道路阻力和汽车加速所消耗的功率 N_w 的曲线，这里也包括了相应的传动系统中摩擦的功率损耗。

根据上面所叙述的道路阻力所消耗的发动机功率，如计入传动系统

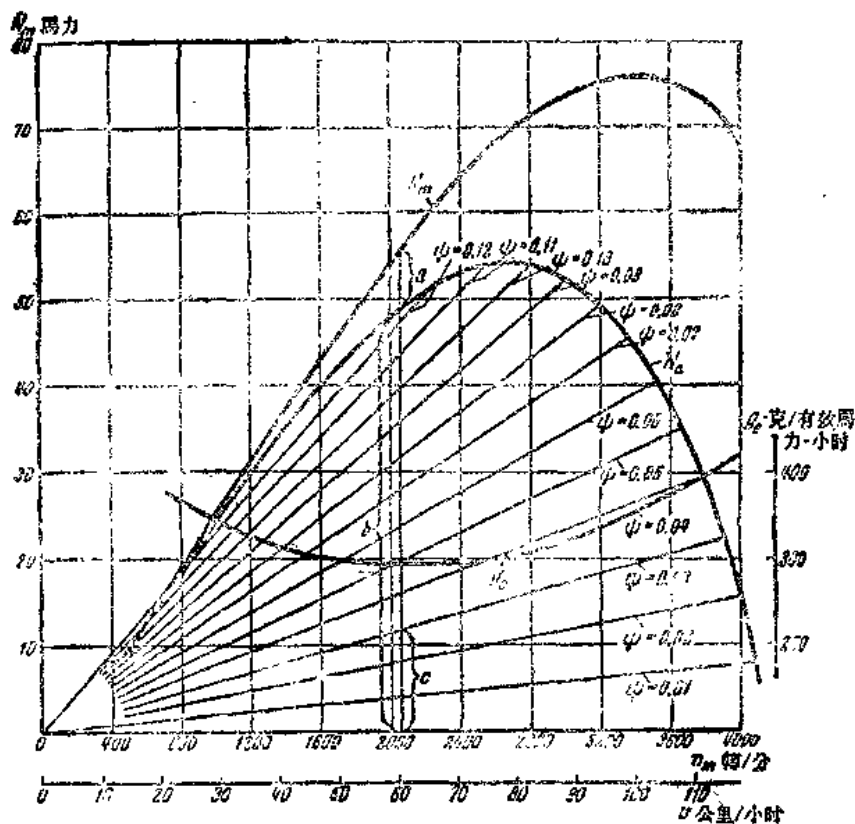


圖 5 繪制汽車發動機經濟特性的方法的圖解

中摩擦的損耗，則由下式來確定：

$$\frac{1}{\eta_{\text{m}}} N \psi = \frac{1}{\eta_{\text{m}}} \psi \cdot G \frac{v}{75 \times 3.6} \text{ 馬力。} \quad (11)$$

利用這個數式，從圖 5 的座標原點上引出許多相對於不同道路阻力系數 ψ 值的直線。結果可得到這樣的圖解，根據這個圖解可繪制汽車發動機的經濟特性。

對於每一汽車速度 v 和任一道路阻力系數 ψ 之值，可利用所得到的圖解，來確定發動機在當時所產生的功率與在同樣的汽車行駛速度下而

节气門全开时发动机所产生的功率之間的百分比。例如当速度 v 等于 60 公里/小时而道路阻力系数 ϕ 等于 0.03 时，需要由綫段 $a+c$ 的总和所量得的功率。在同样的汽車行駛速度下，发动机所产生的最大功率等于綫段 $a+b$ 的总和。由此就確定了在給定的汽車行駛条件下发动机所产生的功率与在同样的汽車行駛速度下（或在同样的曲軸轉速下）但节气門全开时发动机所产生的功率之間的百分比：

$$\frac{a+c}{a+b} \cdot 100 \%$$

有了在給定的汽車行駛条件下发动机所产生的功率的百分比，利用汽油消耗量 g_e 克/有效馬力-小时的节流曲綫，可確定在任一汽車行駛速度 v 和在每一給定的道路阻力系数 ϕ 值下的單位汽油消耗量。这样就可以得到汽油消耗量 g_e 克/有效馬力-小时与汽車行駛速度和道路阻力之間的关系，这在精制汽車发动机經濟特性时也是必需知道的。

图 6 所示的是用来繪制发动机經濟特性的汽油消耗量节流曲綫的图解。

图 6 所示的是当在发动机汽化器內裝有工作規准节油器时的汽油消耗量节流曲綫的图解。所以当发动机在节气門接近全开的情況下工作时，單位汽油消耗量稍为增加，在图 6 上的曲綫亦随着发动机所产生的功率接近于 100% 时稍許上升。

因而图 1 上的曲綫 AB 就不是处于最低的位置，亦即不是与汽油消耗量 g_e 克/有效馬力-小时的最小值相适应。

当不带工作規准节油器时，相应于 100% 功率的，亦即当发动机在节气門全开的情況下工作时的汽油消耗量 g_e 克/有效馬力-小时的曲綫，通常是最小汽油消耗量 g_e 克/有效馬力-小时的曲綫。

图 7 所示的是在汽化器中不带工作規准节油器时汽車发动机的汽油消耗量节流曲綫图解的实例。

当不带工作規准节油器时发动机的外特性是位于帶有工作規准节油器的发动机的外特性的下面。在图 5 上已示出帶有工作規准节油器的輕便汽車发动机（作为研究的实例）的外特性（ N_m ）。在图 8 上示有同样的发动机而不带工作規准节油器的外特性（曲綫 B ）。在这图中还有从

圖 7 不帶工作規矩油時時輕便汽車發動機的汽油消耗量流線曲綫

