

汽車理論習題集

Г. В. 西米列夫
А. Ф. 馬聲科 著
В. И. 梅德維科夫
李 竹 林 譯
丁 珂 校

商 務 印 書 館

序

在幾個斯大林五年計劃的年代中，蘇聯創立了龐大的、先進的汽車工業。在極短的時期中，就組織好了優等汽車的大量生產。

汽車工業的成就保證了蘇聯國民經濟一切部門中廣泛應用汽車的可能性。

在這一方面，蘇聯汽車科學——特別是“汽車理論”課程所根據的有關汽車運動的科學——的飛速發展起了不小作用。

運用“汽車理論”課程中所導出的公式、方程式及圖解法來解答例題及習題，可以大大減輕掌握本課程基本理論的困難。

編纂這本習題集時，是以Г.Б. 西米列夫所著的“汽車理論”課程的習題集（蘇聯聯合科技出版社 1936 年出版）為藍本，並按本課程總的發展而對該習題集進行了重要的修改。

本習題集是為配合院士 E.A. 曲達可夫所著之“汽車理論”（蘇聯國立機器製造書籍出版社 1950 年出版）與 Г.Б. 西米列夫著“汽車理論”（蘇聯軍事部軍事出版社 1951 年出版）而編寫的。

對於本習題集中的典型習題，提供了數字解答和必要的公式與作圖法。各題的數據均採自實有的汽車。對於一系列較難的習題則提供了方法的提示，這些提示對獨立解題指出了總的方向。

多數的習題在書末附有答案，利用這些答案可以檢查解題是否正確。

在解題時的一切計算中，用標準的 25 公分對數計算尺已能得到足夠的精確度。

圖解最好劃在毫米方格紙上，並預先定出能保證所求數值達到足夠精確度的比例尺。

書末列有最近蘇聯所產各種汽車及發動機的規格數據及特性。學生在解答有關這些汽車的習題時，必須自己選擇解題時所需要的數據。

編者非常歡迎本書讀者所提出的意見、希望及批評。

主要符號

汽車的一般數據

汽車本身淨重, 公斤或噸	G_0
汽車全重, 公斤或噸	G_n
前軸上所受汽車重量, 公斤	G_1
後軸上所受汽車重量, 公斤	G_2
拖車重量, 公斤或噸	$G_{\text{拖車}}$
汽車輪距, 公尺或公厘	L
汽車輪轍, 公尺或公厘	B
高度(外廓), 公尺或公厘	H
寬度(外廓), 公尺或公厘	T_u
長度(外廓), 公尺或公厘	S_u
重心高度, 公尺或公厘	h_g
前軸至重心間距離, 公尺或公厘	a
後軸至重心間距離, 公尺或公厘	b
風力中心高度, 公尺或公厘	h_w
牽引-聯接構造位置的中心高度, 公尺或公厘	h_c
車輪名義半徑, 公尺或公厘	r_H
車輪滾動半徑, 公尺或公厘	r_R
車輪靜力半徑, 公尺或公厘	r_C
車輪動力半徑, 公尺或公厘	r_A
車輪工作半徑, 公尺或公厘	r
汽車繞重心處垂直軸線的慣性半徑, 公尺或公厘	ρ
汽車繞重心處水平軸線的慣性半徑, 公尺或公厘	ρ_y

汽車前方阻力面積, 公尺 ²	F
汽車質量, 公斤·秒 ² /公尺	M_a
發動機飛輪與飛輪相聯的發動機零件及離合器的	
轉動慣量, 公斤公尺秒 ²	I_m
車輪轉動慣量, 公斤公尺秒 ²	I_k
主要傳動減速比率	i_0
變速箱減速比率	i_k

速度及加速度

汽車運動速度, 公里/小時	v_a
汽車運動速度, 公尺/小時	v
車輪每分鐘轉數	n_k
發動機軸每分鐘轉數	n
車輪角速度, 1/秒	ω_k
發動機軸角速度, 1/秒	ω_m
轉向車輪的轉向角速度, 1/秒	$\frac{d\alpha}{dt}; \Omega$
加速行駛時的汽車加速度, 公尺/秒 ²	j_a
按附着情況所決定的汽車最大加速度, 公尺/秒 ²	j_p
汽車制動時的負加速度(減速度), 公尺/秒 ²	j_r
發動機軸角加速度, 1/秒 ²	$\frac{d\omega_m}{dt}$
重力加速度, 公尺/秒 ²	g

力及力矩

驅動輪胎上的總和週線力——牽引力, 公斤	P_k
制動輪胎上的總和週線力——制動力, 公斤	P_r
汽車車輪的滾動阻力, 公斤	W_f
升坡阻力, 公斤	W_i

空氣阻力, 公斤	W_w
加速阻力, 公斤	W_f
前軸車輪上所受道路垂直(輻向)反應力, 公斤	R_1
後軸車輪上所受道路垂直(輻向)反應力, 公斤	R_2
驅動輪胎上所受道路切線反應力, 公斤	T
制動輪胎上所受道路切線反應力, 公斤	T_r
發動機旋轉力矩, 公斤公尺	$M_{\text{旋轉}}$
驅動輪上旋轉力矩, 公斤公尺	M_K
制動力矩, 公斤公尺	M_r

功 率

發動機(有效)功率, 馬力	N_e
傳至驅動輪上的功率, 馬力	N_K
克服傳動摩擦所消耗的功率, 馬力	N_{Tp}
克服滾動阻力所消耗的功率, 馬力	N_f
克服升坡阻力所消耗的功率, 馬力	N_i
克服空氣阻力所消耗的功率, 馬力	N_w
加速時所消耗的功率, 馬力	N_f

表示汽車動力性能與經濟性能的指標

直接傳動檔動力因數	D
中間檔動力因數	D_K
附着條件所決定的動力因數最大值	D_{φ}
直接傳動檔動力因數最大值	$D_{\text{最大}}$
直接傳動檔最大速度, 公里/小時	$v_{a\text{最大}}$
直接傳動檔臨界速度, 公里/小時	v_K
加速時間, 秒	T

加速行程,公尺	S
制動行程,公尺	S_r
燃料消耗比量,公分/馬力-小時	g_e
每小時燃料消耗量,公斤/小時	Q
每 100 公里行程燃料消耗量,以公斤/100 公里 或公分/100 公里計	Q
經濟性因數,公里/公升	ϑ

係數及角度

汽車重量利用係數	η_G
汽車容積利用係數	η_u
輪胎變形係數	λ
傳動機械效率	η_m
旋轉質量計算係數	δ
轉數係數	η_n
空氣阻力換算係數(汽車流線型係數),公斤秒 ² 公尺 ⁻⁴	k
流線型因數,公斤 秒 ² 公尺 ⁻²	kF
反應力改變係數	$m_1; m_2$
牽引力係數	γ_p
彈性原件的剛性係數,公斤/公分	c
輪胎的橫向偏出係數,弧度/公斤(1/公斤)	C
車輪與道路間的附着係數	φ
滾動阻力係數	f
總和阻力係數	ψ
道路坡度,以百分數計	i
道路坡度,以度數計	α
道路橫向傾斜角,以度計	β

目 錄

序	i
主要符號	v
第一章 汽車運動的一般性問題	1
第二章 作用於汽車上的力	10
第三章 汽車的牽引性能	24
第四章 汽車的牽引計算	46
第五章 汽車的制動	56
第六章 汽車的迴轉	71
第七章 汽車的穩定性	90
第八章 汽車的行駛平穩性	103
第九章 汽車的燃料經濟性	120
答 案	148
參考書目	156

第一章 汽車運動的一般性問題

基本公式

在本章中，列出表示汽車特性的運動學與動力學基本公式的有關習題。

1. 車輪滾動半徑：

$$r_K = \frac{v}{\omega_K} \text{ 公尺。}$$

2. 汽車運動速度①：

$$v_a = \frac{\pi n r}{30 i_0 i_K} 3.6 \approx 0.377 \frac{n r}{i_0 i_K} \text{ 公里/小時。}$$

3. 在離合器與驅動輪沒有滑轉的條件下汽車加速度與發動機軸加速度的關係可由下式來聯繫

$$j_a = \frac{r}{i_0 i_K} \cdot \frac{d\omega_m}{dt} \text{ 公尺/秒}^2。$$

4. 發動機軸轉數、旋轉力矩與功率間的關係可由下列等式來表示

$$M_{\text{旋轉}} = 716.2 \frac{N_e}{n} \text{ 公斤公尺。}$$

5. 傳至驅動輪上的功率：

$$N_K = \eta_m N_e = \frac{P_K v_a}{270} \text{ 馬力。}$$

① 爲了簡化計算公式起見，在本章所有習題內，除特殊說明者外均用車輪工作半徑(r)的概念。

6. 驅動輪胎上的牽引力:

$$P_K = \frac{\eta_m M_{\text{旋轉}} i_0 i_K}{r} \text{ 公斤.}$$

7. 汽車重量利用係數:

$$\eta_G = \frac{G_a - G_0}{G_0}.$$

汽車容積利用係數:

$$\eta_u = \frac{U}{S_u T_u},$$

式中 U —載貨台面積。

問題 1 求 ГАЗ-MM, ГАЗ-51, ЗИЛ-150 及 ЗИЛ-5 汽車車輪的名義半徑 r_H 與工作半徑 r 。

輪胎變形係數假定為:低壓輪胎 $\lambda = 0.935$; 高壓輪胎 $\lambda = 0.95$ 。

問題 2 汽車用直接傳動檔以 $v_a = 47$ 公里/小時的速度運動,此時發動機軸轉速為 2000 轉/分。

主要傳動減速比率 $i_0 = 6.67$ 。

求驅動輪滾動半徑 r_{K0} 。

問題 3 在鼓輪上試驗承受一定輻向力載荷的氣胎車輪時,確定了車輪動力半徑與輪上所受力矩間成線性關係:當力矩增加 1 公斤公尺時車輪半徑減小 0.02 公厘。

如已知車輪靜力半徑為 $r_c = 394$ 公厘,求傳遞旋轉力矩 $M_K = 125$ 公斤公尺時的驅動輪動力半徑。

問題 4 在試驗台上作汽車試驗時,求得驅動輪胎上的牽引力 $P_K = 160$ 公斤。

如果試驗時驅動輪轉數等於 520 轉/分,發動機功率 $N_e = 50$ 馬力,傳動機械效率 $\eta_m = 0.92$,求車輪動力半徑 r_{K0} 。

解

$$N_K = \eta_m N_e = \frac{1}{75} M_K \omega_K = r_K P_K \frac{\pi n_K}{30 \cdot 75} \text{ 馬力,}$$

由此可得

$$\tau_A = \frac{\eta_m N_e \cdot 30 \cdot 75}{P_R \pi n_R}$$

問題 5 汽車用直接傳動檔以 75 公里/小時的速度運動，而驅動輪並不滑轉或滑移。

主要傳動減速比率 $i_0 = 5.125$ ，輪胎尺寸為 6.00—16，輪胎變形係數為 $\lambda = 0.935$ 。

求發動機軸的轉數。

問題 6 當新的 M-20 汽車試車時，直接傳動檔最大速度不應超過 50—55 公里/小時；此數值主要決定於試車過程中所容許的發動機軸的最大轉數。

根據此項條件，求 M-20 型汽車試車過程中所容許的頭檔及二檔運動速度。

問題 7 輕便汽車 ЗИС-110 與載重汽車 ЗИС-150 以同一速度運動；兩車變速箱中均連接直接傳動檔。

ЗИС-110 汽車車輪工作半徑為 $r = 0.374$ 公尺，ЗИС-150 汽車車輪工作半徑則為 $r = 0.459$ 公尺。

試求哪一輪汽車發動機軸的每分鐘轉數較大，並較另一車大百分之幾？

問題 8 圖 1 為載重汽車的發動機特性曲線，已知該車主要傳動減速比率 $i_0 = 7.62$ ；而變速箱減速比率則為：

頭檔 $i_{KI} = 5.22$ ，

二檔 $i_{KII} = 3.17$ ，

三檔 $i_{KIII} = 1.96$ ，

四檔 $i_{KIV} = 1$ ；

輪胎尺寸為 34×7 ，輪胎變形係數為 $\lambda = 0.95$ 。

試重新繪製圖 1 上所示的發動機特性曲線，沿橫座標軸線列

出輔助比例尺,表明用四個檔運動時汽車速度的比例尺。

提示 若以 a 表汽車運動速度的比例尺,則 1 公厘 = a 公里/小時。若以 u 表發動機軸轉速的比例尺;則 1 公厘 = u 轉/分。汽車運動速度 v_a 與發動機軸轉速的關係可以下式表示:

$$v_a = 0.377 \frac{r}{i_K i_0} n.$$

與發動機軸轉速 u 轉/分 (亦即橫座標 1 公厘) 相當的汽車運動速度等於:

$$v_{a(u)} = 0.377 \frac{r}{i_K i_0} u.$$

因此,速度比例尺與轉速比例尺的關係為:

$$a = 0.377 \frac{r}{i_K i_0} u.$$

將各檔的已知 i_K 值代入此式,可得所求的比例尺:

$$a_{IV}; a_{III}; a_{II}; a_{I}.$$

問題 9 輕便汽車主要傳動減速比率為 $i_0 = 4.08$; 車輪工作半徑為 $r = 0.33$ 公尺。

如汽車用直接傳動檔行駛了 1 公里的路程,問發動機軸轉了多少轉。

問題 10 汽車發動機當 $n = 1680$ 轉/分時發出功率為 $N_e = 48$ 馬力。

如已知主要傳動減速比率 $i_0 = 4.2$, 傳動機械效率 $\eta_m = 0.92$, 求汽車用直接傳動檔作等速運動時驅動輪上的旋轉力矩 M_K 。

問題 11 在後橋驅動的雙軸汽車上,導至一個驅動輪胎上的旋轉力矩 M_K 等於 212 公斤公尺。

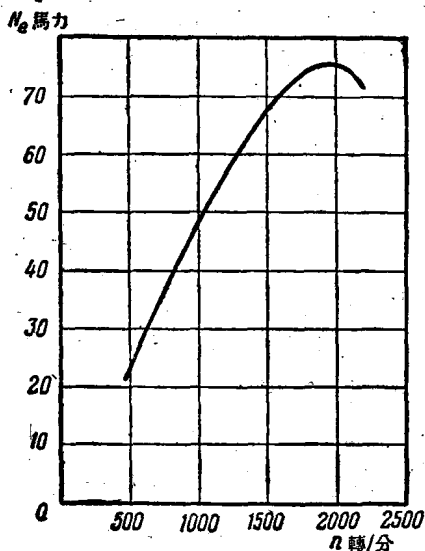


圖 1.

主要傳動減速比率 $i_0 = 7.18$ ，變速箱二檔減速比率為 $i_{\text{II}} = 3.86$ ，傳動機械效率為 $\eta_m = 0.88$ 。

如已知變速箱中掛上二檔而汽車車輪每分鐘 80 轉，求發動機的功率。

用兩種方法來解此題：利用減速比率值或不用減速比率值。

問題 12 汽車以 $v_a = 56$ 公里/小時的速度作等速運動；發動機發出的功率為 $N_e = 42$ 馬力。

假定傳動機械效率 $\eta_m = 0.90$ ，求汽車驅動輪上的牽引力。

問題 13 利用圖 2 上所示的發動機特性曲線，用圖解法畫出

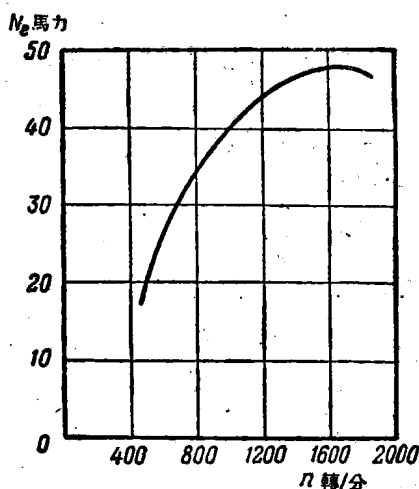


圖 2.

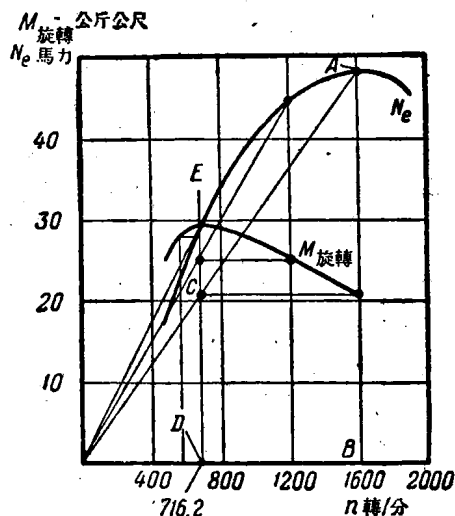


圖 3.

發動機旋轉力矩與曲軸轉數的關係曲線。

提示 作圖程序如下：經過相當於 716.2 轉/分的 D 點，畫出垂線 DE (圖 3)。這根垂線在整個作圖過程中都要用到。然後經過發動機轉數為 1600 轉/分之 B 點，畫出垂線 BA 與發動機特性曲線相交於 A 點。由原點畫射線 OA 至 A 點。經過 OA 與 DE

交點 C ，引水平線與垂線 BA 相交；此交點即為所求曲線上的第一點。用同樣的方法可畫出該曲線上表示發動機其他轉數之各點。

試根據幾何關係及轉數、力矩和功率間的基本關係，證明上述的圖解方法是正確的。

問題 14 在制動台上作發動機試驗時所得數據如下：

表 1.

n 轉/分	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
M 旋轉公斤公尺	35.5	36	36.2	36	35.5	34.7	34	33	31.9

試繪製發動機功率 N_e 隨轉數而變的關係曲線，以及導至驅動輪上的功率 N_k 的曲線。傳動機械效率假定等於 0.90。

問題 15 根據圖 4 上的發動機外特性曲線，求旋轉力矩的最大值。不得用繪製 M 旋轉與發動機軸轉數關係曲線的方法。

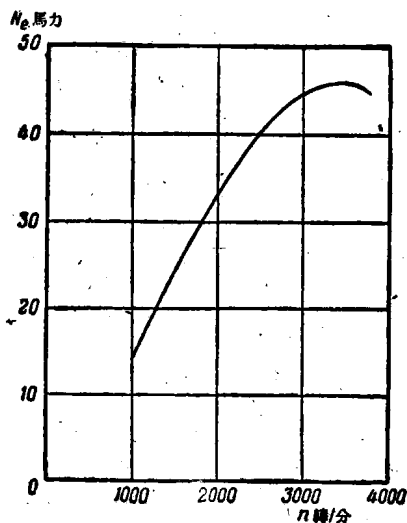


圖 4.



圖 5.

問題 16 節流閥全開時發動機功率 N_0 與曲軸轉數 n 間的關係如下：

表 2.

n 轉/分	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
N_0 馬力	20	32.5	40	46	48	48	45.5

假定傳動機械效率 η_m 等於 0.88, 並假定此值不隨發動機軸轉數而變, 試繪製克服傳動摩擦所需功率隨發動機軸轉數而變的關係曲線。

問題 17 當直徑 400 公厘、厚 61 公厘的鋼盤懸掛在金屬絲下時(圖 5), 其微小自由扭轉振動的週期 $T_0 = 2$ 秒。如果用 3HC-120 發動的飛輪和離合器的組合來代替圓盤, 而懸掛在同一金屬線下端, 則片的扭轉振動週期 $T = 1.87$ 秒。

求上述飛輪離合器組合的轉動慣量。

問題 18 飛輪的尺寸如下(圖 6):

$D_1 = 50$ 公分; $D_2 = 42$ 公分; $D_3 = 18$ 公分; $a = 11$ 公分; $b = 3$ 公分; $C = 1$ 公分。

飛輪材料的比重 $\gamma = 7.8$ 克/公分³。

求飛輪的轉動慣量。

問題 19 汽車用頭檔以 $j_a = 0.8$ 公尺/秒² 的加速度運動。

汽車的數據如下: 車輪工作半徑 $r = 0.39$ 公尺; 頭檔減速比率 $i_{KI} = 3.22$; 主要傳動減速比率 $i_0 = 4.42$ 。

假定離合器與驅動輪沒有滑轉, 求發動機飛輪的角加速度。

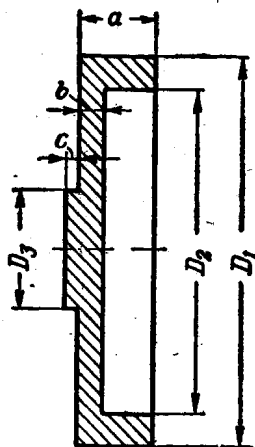


圖 6.

問題 20 汽車用直接傳動檔以加速行駛。

發動機飛輪的角加速度等於 4 秒^{-2} ；主要傳動減速比率 $i_0 = 4.18$ ；車輪工作半徑 $r = 0.38 \text{ 公尺}$ 。

假定驅動輪與離合器沒有滑轉，求汽車的加速度。

問題 21 汽車用直接傳動檔以 $j_a = 0.3 \text{ 公尺/秒}^2$ 的加速度行駛。

已知飛輪轉動慣量 $I_m = 8.8 \text{ 公斤公分秒}^2$ ，車輪工作半徑 $r = 0.41 \text{ 公尺}$ ，主要傳動減速比率 $i_0 = 5.15$ 。

求發動機飛輪的慣性力矩 M_j 。

問題 22 雙軸汽車用直接傳動檔以 $j_a = 0.25 \text{ 公尺/秒}^2$ 的加速度行駛；此時發動機所發出的旋轉力矩 $M_{\text{旋轉}} = 23 \text{ 公斤公尺}$ 。

汽車數據：車輪工作半徑 $r = 0.41 \text{ 公尺}$ ；主要傳動減速比率 $i_0 = 6.14$ ；飛輪轉動慣量 $I_m = 9.1 \text{ 公斤公分秒}^2$ ；每個車輪轉動慣量 $I_k = 22 \text{ 公斤公分秒}^2$ ；傳動機械效率 $\eta_m = 0.88$ 。

後橋——雙輪式；制動鼓轉動慣量可以略去不計。

求驅動輪上牽引力之大小。

問題 23 1. 求 ЯАЗ-200 型汽車的重量利用係數 η_G 。

2. ГАЗ-MM, ГАЗ-51, ЗИС-5 與 ЗИС-150 汽車本身淨重應降低百分之幾，才能使這些汽車的重量利用係數 η_G 等於 ЯАЗ-200 汽車的重量利用係數 η_G 。

解此題時可利用表 3 的數據。

表 3.

汽車類型	本身淨重 公斤	載重量 公斤
ГАЗ-MM	1810	1500
ГАЗ-51	2710	2500
ЗИС-5	3100	3000
ЗИС-150	3900	4000
ЯАЗ-200	6500	7000

問題 24 利用表 4 所列數據計算各載重汽車的容積利用係數。

表 4.

汽 車 類 型	汽車大小尺寸 公厘	貨 台 尺 寸 公厘
ГАЗ-ММ	5335×2040	2450×1870
ГАЗ-51	5525×2200	2940×1990
ЗИС-5	6060×2235	3085×2085
ЗИС-150	6720×2385	3540×2250
ЯАЗ-200	7620×2650	4500×2480