

汽車設計

第一冊

何乃民編著

商務印書館發行

汽 車 設 計

第 一 冊

何 乃 民 編 著

中國自動機工程學會叢書之二

商 務 印 書 館 發 行

序

抗戰期內交通部交通技術人員訓練所及公路運輸人員訓練所，先後三次招收大學機械系畢業生，成立汽車高級機務員班。本人擔任教授編著“汽車設計”，這本書當作講義。金陵大學汽車專修科亦採用此書為教本。我編此書時曾經參考英法美有關汽車設計書十餘種（附註）。初稿完成後，經再三整理，添加了不少新的材料。

汽車設計的範圍，整個的說起來，包含太多了。現在舉幾個簡略的例子，說明這部門的廣博性。

一、汽車的形狀由長方塊式，變成流線形，炮彈形，眼淚形，當然需要經過打樣師的設計。汽車重心的降低，和車身的加寬，不少汽車的上下踏板（Running board）取消了。水箱的前面加蓋一個銀白色的罩子（Grill），既增加了美觀，又可保護碎石片等不致打破了水箱。流進水箱的冷空氣，應由較低處流入，較高處流出。所以這幾年來汽車前面進空氣孔地位均降低了。

駕駛人前面的各種表，如充電表，汽油表，溫度表，路碼表，機油表等的形狀式樣，都比較從前的更美麗更好看。

這些形狀的改變，不能說與汽車設計沒有關係？

二、從前油漆一輛汽車，至少需等候 20 多天，纔得乾燥。如雪佛蘭（Chevrolet）福特（Ford）等汽車廠，每天要產製汽車 2000 輛。倘用老式方法油漆，廠內要積存汽車 40000 輛。費時佔地，又不經濟。後來經過多少專家的研究和設計，油漆一輛汽車祇需數小時。所以當天造的汽車，當天可以出廠。第二天就可交給買主使用。

這種驚人的油漆進步，不能說不包括在汽車設計範圍之內？

三、每輛汽車至少要用幾大塊玻璃。從前因振破玻璃，使乘客受着傷害的每年至少數千人。後來有法國人在無意之中將玻璃加熱，在二塊玻璃間夾進纖維紙，然後再行冷溫，使之結成一塊。於是玻璃不容易破碎。萬一破了，破裂的縫為蜘蛛網式，破裂處粗糙不鋒利，不容易刮破皮肉。後來又經過不少次的改善和研究，纔製成了安全玻璃。

四、從前的剎車來令 (Brake lining) 經不住高壓力，每平方公分不得越過 5.25 公斤 (75 磅/平方英寸)。現在汽車，馬力速率均增加，制動力亦隨着增加。製造來令的工廠，不得不設法將來令的耐壓力增強。經過研究改進之後，現在來令的壓力可以達到每平方公分 10.5 公斤 (合 150 磅/平方英寸)。

五、輪胎的壽命由 20000 公里進步到 50000 公里，由 50000 公里進步到 150,000 公里。胎的形狀加大加胖，凸紋亦有顯著的改革，使之能適合於雪滑地面的行駛。胎內壓力減小，硬性振動因以減低。凡此種種何能說不是與汽車設計有關的工作呢？

六、從前的汽油經不住高壓，所以發動機的壓縮率 (Compression ratio) 不能超過 5。現在提煉汽油的技術和設備，有了驚人的進步。汽油內所含辛烷 (Octane) 率增加。俗稱精煉汽油 (High octane number gasoline)，在飛機內用的最多，壓縮率可以達到 8。於是發動機的馬力增加，燃料消耗節省。

增加汽油內辛烷，不是一件平凡的工作，要絞盡多少位專家的腦和血。工業化需精煉汽油的設備費用，尤其是那樣的驚人。1941 年 9 月 26 日路透電稱：“美內長伊克斯 (Ickes) 宣佈，當局現正研究計畫，以一萬三千萬 (130,000,000) 美元的經費，使飛機用油的煉製效率增加三倍。”

增加壓縮率是使汽車設計進步的主腦因素。如果沒有精煉汽油，亦

稱防敲炸汽油 (Antiknocking gasoline) 的產生，壓縮率是無法提高的。汽油的特性要影響汽車的設計，這是很明顯的事實。但研究汽油的人們，多屬化學師，普通研究汽車設計的多屬機械師。所以汽油與汽車設計關係雖深，他們的研究部門，卻是分離得相當遙遠。

七、電焊 (Electric welding) 與汽車設計有什麼關係呢？沒有電焊，流線形車輛不易做成。有了電焊，後輪軸喇叭管 (Rear axle housing) 的材料，可由鑄鋼改用鋼皮。鑄鋼工作應力 (Working stress) 每平方公分為 500 公斤，鋼皮的為 1000 公斤/平方公分。這種改革使堅固增加，製造加快，重量減輕。因有電焊後輪軸的設計起了革命！

八、可塑體 (Plastic) 的勢力新近亦侵入到汽車界，車身的殼子有用他來代替的可能。

九、陸空兩用汽車，將汽車的重量盡量減輕，發動機的馬力增加到 300 匹。裝上活動翼子，即可上升飛行，折下翼子，又變成了汽車。這問題現正動用了不少專家的腦力在研究。

諸如上面所舉的例子，簡接直接的與汽車設計發生關係。但這些例子在“汽車設計”正文內，大多數根本不予提及。或有偶爾提及，亦均未加深論。所以本書依照歐美一般汽車設計書籍作者的慣例，所研究的祇限於汽車發動機和底盤各部份機件的計算。這些計算是汽車本身設計的基本智識，亦是汽車設計廣大範圍中的重要部門。

我要提出上面這些例子的用意，是希望汽車界同志深切瞭解：“汽車設計”是多方面的，不是一部單純的工作。化學家，打樣家，電氣家，汽油專家，冶金專家，輪胎專家，可塑體專家等對汽車設計均佔有重要的位置。汽車的進步需要多方面的共同研究和努力。

說到汽車各部份的計算，大多依據理論的和經驗的公式。這些公式在二十年以前和現在，並無異樣；再過二十年以後仍可應用。這些死的

公式，如何能迎合着汽車繼續不斷的新的進步呢？回答這個問題，可用

• 下舉幾個例子來解釋：

1. 計算制動馬力 (Brake horse power) 的有名公式：

$$\text{B.H.P.} = \frac{nePLAN}{75 \times 2 \times 60}$$

曾經汽車界採用多年。普通小汽車發動機的制動馬力如汽缸隻數 n ，活塞行程 L ，汽缸橫斷面積 A 均相同；在十五年以前，祇能得到 50 匹馬力左右，不能再多；現在的約可得 100 匹，太少了就不合時髦，出售為難。

這十五年來馬力數字改變了很多，但所用公式並未改動。不過公式裏的機械效率 e 由 80% 增加到約 95%；平均有效壓力 (Mean effective pressure) P 自每平方公分 5 公斤增加到 10 公斤；每分鐘旋轉數 (Revolution per minute) N 由 2800 次增加到約 4000 次。因為有這三個數目字的改進，所以公式的答數，亦就跟着的增加了。依此推測，再過幾年，這同式樣發動機的馬力，很可能的可以增加到 150 匹。

2. 計算剎車每片來令壓力的公式：

$$P = pbc.$$

現在汽車制動力 (Braking effort) 均比從前的增加。來令壓力 P 與制動力成正比例。要增加 P ，來令寬 b 和長 c ，因為所佔地位的關係，不能增加的太多。來令的每平方公分許可壓力 p ，因製造上和所用材料的進步，由 5 公斤增到 10 公斤，於是非特 P 可以增加，而且 b 及 c 還可以減少。

3. 計算驅動軸 (Propeller shaft)，後輪軸 (Rear axle shaft) 方向軸 (Steering shaft) 等的直徑，所用公式：

$$d = 1.73 \sqrt[3]{\frac{Q}{f}}$$

現在轉動矩力 Q 較 15 年前要增加約 $\frac{1}{3}$ ，但各軸所用材料許可應力 f 增

加的有一倍之多。所以用同一公式計算，所得軸的直徑 d 比從前的細小，且更堅固。

4. 計算公式不變，而活塞重量，齒輪寬度等均可以比從前的減小一半。

按照上面所說，我們可以得到結論：汽車設計所用公式，大多數是死的，但式內的數目字是活的。汽車的進步，就可用這活的數字代表。汽車在繼續不斷的進步，這種活的數字，也在繼續不斷的變動。這種活動性，可以增加我們究研的興趣。

使這些數字成爲活的變動，是一件艱難而複雜的工作。發動機旋轉數由 2800 次左右增加到 4800 次左右；活塞和聯桿 (Connecting rod) 的重量必須設法減輕，曲軸軸承 (Main bearing) 必須能耐高速，汽門的開關，點火的設備均須能配合着這高速率的演進。所以改進這些數字，往往需要很多專家的精力和數年的歲月。

所以研究本書裏各種計算，可以明瞭既往，推演將來。在目前引用這些計算，可以從事汽車的製造，使材料節省，安全增加。

本書各種計算數字，對於機件所受的碰擊 (Chocs)，振動 (Vibration)，加速率 (Acceleration) 以及材料所受的損蝕 (Wearing) 和受熱 (Heating) 等所引起的複雜而不易確定的計算均未論列。例如汽缸所受最大的壓力，有形的爲每平方公分四十公斤。但計算汽缸材料的工作應力爲每平方公分 200 公斤，安全係數爲 8。這種單純的計算已將汽缸的受熱，振動，損蝕等包括在安全係數之內，如果汽缸工作，沒有這些複雜和不易確定的因數存在，安全係數可以降到 4，於是工作應力每平方公分可增到 400 公斤。

理想的設計希望汽車各部份的損蝕相等，壽命相同。但這問題不能單憑計算解決，需要依靠試驗室，試車場，和實際行車所得的報告，作爲

改進的根據，將容易損壞的部份，特別設法加強。

說到本書所用單位，以公尺制為主，英美制為輔。照現在的環境，研究汽車設計的人們，對公尺制及英美制兩種單位，都應該會用。

最後對這本書的完成，我要特別提出感謝吾妻薛助羣女士。民國十八年冬我寫完“高等汽車學，”發熱有一個月不退。這次“汽車設計”初稿完成，又痛遭發熱不退，瘦弱不支。這二次的發熱，均幾乎斷送了生命。全賴吾妻苦心照護，病體纔得迅速恢復。今此書完成，不幸吾妻已病亡。追念前情，不禁流下眼淚。今敬以此書紀念吾妻。並當以最大的努力繼續為汽車界工作。使我內心裏能夠對得起我最親敬的愛妻！

1948年4月何乃民書於上海。

附註參考書名稱：

- Le Moteur A Explosions..... R. Devillers.
 Calcul des Organes de l'Automobile Autres que le moteur
 M. Boisseaux.
 Organisation et Fonctionnement des Vehicules Automobiles
 P. Prévost.
 Agenda Dunod: Automobile..... G. Mohr.
 High-Speed Combustion Engine Heldt.
 Automotive Chassis..... Heldt.
 Motor Vehicle Engineering Ethelbert Favary.
 S.A.E. Hand-Book S.A.E.
 S.A.E. Journal..... S.A.E.
 The Automobile Engineer's Pocket Book..... H. Kerr Thomas.
 The Element of Motor Vehicle Design C.B.T. Donkin.
 The Automobile Engineering B.A.E.

目 錄

第一章	壓縮率	1
	汽缸容量——燃燒室容量——發動機汽缸容量——壓縮率——燒燃室百分數——燃燒室形狀——壓縮率與燃料——壓縮率與熱效率——結論——問題。	
第二章	熱力學提要	14
	絕對溫度——絕對壓力——比熱——氣體的比熱——熱與工作——波爾定律——查爾定律——能力公式熱力學第一定律——氣體工作——熱力學第二定律——卡努循環——熱率——等溫變——斷熱變——等溫及斷熱圖解——問題。	
第三章	奧多循環	28
	理論循環——實際循環——進汽——壓汽——爆炸與膨脹——出汽——結尾——問題。	
第四章	平均有效壓力	41
	M.E.P.——壓縮率與平均有效壓力——表示平均有效壓力——制動平均有效壓力——問題。	
第五章	馬力	47
	表示馬力——理論馬力——摩擦馬力——制動馬力——汽油馬力——馬力旋轉數與平均有效壓力三者間的關係——問題。	

第六章	馬力的試驗	54
	試驗的工具——電量力機——佛路特量力機——馬力負荷及風門——馬力負荷旋轉數及汽油量的消耗——馬力壓縮率汽油量的消耗——S. A. E. 試驗馬力法規摘要——A. 法規及用法——B. 應用格式規則——問題.	
第七章	轉動矩力	72
	說明——發動機轉動矩力的計算——轉動矩力圖解——問題.	
第八章	效率	85
	容量效率——機械效率——熱效率——理想熱效率——效率與空氣量——相對效率——問題.	
第九章	汽缸大小與馬力	93
	先決定汽缸尺寸再求馬力——混合氣強度——先決定馬力再計算汽缸尺寸——汽缸口徑與行程之比的研究——問題.	
第十章	汽油	104
	汽油的公式——汽油的提煉——汽油的比重——汽油的汽化——汽油完全蒸發所需熱量——進汽溫度——出汽氣體——酒精——問題.	
第十一章	化汽機	123
	化汽機條件——凡都利管——凡都利管口徑——化汽機內低壓——空氣及汽油的速率——空氣及汽油的流量——流量係數——空氣汽油比例——混合氣比例調整方法——補助空氣門——補助噴油嘴——滲空氣噴油嘴——慢車噴油嘴——加速邦浦——問題.	

- 第十二章 點火.....146
發電機——蓄電池——變壓器斷電器分配器——火星塞——
點火時間——燃燒時間與效率——問題。
- 第十三章 敲炸.....156
燒料的化學成份——壓縮率——混合氣溫度——燃燒室形狀
——火星塞地位——汽缸蓋材料——最大敲炸壓力——先行
點火——問題。
- 第十四章 高速率柴油發動機(上).....163
狄賽爾循環——柴油機公式——循環效率——效率及平均有
效壓力與壓縮率及過量空氣——問題。
- 第十五章 高速率柴油發動機(下).....172
燃料噴射——噴射燃料數量——噴射嘴的計算——噴射燃料
時間及消耗率——毛雨化——燃料射程——噴射嘴及噴射邦
浦——柴油——問題。
- 第十六章 飛機發動機.....184
天空狀態——飛機重量——高度與馬力——發動機轉動矩力
依高度減小——油料消耗——增壓發動機——輕量柴油飛機
發動機——問題。
- 第十七章 活塞運動(上).....198
往返機件——往返機件重量——活塞移動距離——活塞速率
及加速率——活塞最大及零加速率——慣性率——慣性壓力
圖解——危險速率——問題。
- 第十八章 活塞運動(下).....212
活塞運動的另一算法——聯桿傾斜——活塞速率——活塞平

- 均速率——活塞加速率——問題。
- 第十九章 活塞 活塞令 活塞梢子……………223
- 活塞條件——活塞直徑——活塞的長——活塞的厚——幾種
 活塞合金——活塞令——令開口間隙——活塞令厚——活
 塞環壓力——活塞軸——活塞軸內直徑——活塞梢孔——問
 題。
- 第二十章 聯桿……………239
- 聯桿桿身——聯桿小頭——聯桿大頭——聯桿大頭螺旋——
 問題。
- 第二十一章 曲軸……………246
- 曲軸材料——曲軸形狀——曲軸的計算——曲軸梢子——曲
 軸臂承軸——承軸及梢子摩擦工作——梢子的計算——計算
 曲軸臂——工作合力——兩曲軸梢子間長曲軸臂——工作合
 力——許可應力——經驗公式——曲軸通行數字——危險速
 率——問題。
- 第二十二章 發動機的平衡……………268
- 平衡有關公式——基本條件——直形四隻汽缸發動機——直
 形六隻汽缸發動機——直形八隻汽缸發動機——問題。
- 第二十三章 飛輪……………278
- 多餘能力——多餘能力的三種算法——曲軸每轉多餘能力的
 計算——用動能力公式計算——用慣性矩力形式計算——飛
 輪重量——飛輪輻伸拉外力——問題。
- 第二十四章 汽缸……………287
- 汽缸壁厚度——汽缸蓋——水套——曲軸箱——問題。

- 第二十五章 桃子輪軸.....296
汽門開關角度——推桿——桃子輪——間隙角——桃子輪軸
——桃子輪軸直徑的計算——桃子輪軸齒輪——問題。
- 第二十六章 汽門.....308
汽門材料——活塞及氣體速率——汽門大小與活塞的關係
——汽門開放面積的幾種算法——摩汽門與進汽面積的影響
——汽門厚及汽門桿直徑——汽門導管——問題。
- 第二十七章 汽門彈簧.....319
加速率及慣性率——汽門提高與彈簧壓縮——彈簧最小強度
——汽門彈簧的計算——彈簧的振動——問題。
- 第二十八章 進出汽管.....329
多種困難——進汽低壓及速率——阻力不計——阻力計算在
內——出汽速率——進汽管斷面——汽門管斷面——汽管的
注意事項——用邦浦進汽——進汽管加熱——問題。
- 第二十九章 發動機的散熱.....341
發動機平均溫度——氣體與水間的傳熱——應散去的熱量
——空氣散熱——散熱片——空氣散熱優劣點——水散熱
——進出水管——散熱器——問題。
- 第三十章 風扇和水邦浦.....358
風扇——水邦浦——離心式水邦浦構造——水邦浦內發生空
隙現象——水循環負荷的損失——水管內負荷損失——45°
灣——90°灣——圓角——水套內損失——水箱內損失——
——防凍劑——問題。

第三十一章 潤滑.....375

摩擦——摩擦係數——移動面與潤滑油接觸牽引力——影響區——分子摩擦——現象圖解——壓力影響——潤滑油特性——S. A. E. 所定潤滑油號數——軸承——軸承所需機油量——機油邦浦——軸承材料——機油消耗量——問題。

第三十二章 速率及加速率.....392

車行速率——車輪速率——公尺制及英美制——加速率——問題。

第三十三章 前進力.....399

前進力——前進工率——前進力與轉動矩力——道路阻力——空氣阻力——坡度阻力——加速力——應用曲線——問題。

第三十四章 附着力.....415

前進力可以無限制的增加嗎？——附着力係數——增加附着力方法——附着力的影響——上坡時車輪前進力的限制——起動時車輪滑行——轉彎時發生橫滑——汽車停在坡路上——附着力很大的車輛——前後輪主動拖車——鏈條車——半掛車——問題。

第三十五章 克拉子.....425

提要——克拉子的革命——液力傳動——摩擦材料——摩擦轉動矩力——克拉子踏板的計算——平板每一面傳動力的計算——多片平板克拉子——單片克拉子的計算——克拉子彈簧——問題。

- 第三十六章 牙齒箱.....440
牙齒箱的任務——用計算方法說明牙齒箱功用——比速的研究——實際比速——速率圖解——速率比速圖解——問題。
- 第三十七章 齒輪.....450
齒輪各部份名稱——模數——徑距——牙齒的變形——牙齒的計算——齒輪傳送馬力及轉動矩力——齒輪直徑——斜齒輪——問題。
- 第三十八章 齒輪軸.....466
軸的負荷——齒輪軸的長——軸的計算——齒條軸——齒條軸軸承反力的計算——軸承——軸承的分類——軸承的計算——史氏軸承公式——倒車——問題。
- 第三十九章 驅動軸.....482
驅動軸的計算——驅動軸的危險速率——鏈條傳動——鏈條齒輪的計算——問題。
- 第四十章 萬向關節.....489
單式萬向關節——十字軸關節——複式萬向關節——脫氏複式關節——彈子複式關節——關節的應用——問題。
- 第四十一章 盆子輪.....499
錐形盆子輪——螺式斜齒盆子輪——提前角——虛模數——真模數——格里孫齒輪——格理孫輪優點和缺點——軸向力及輻向力的計算——軸承的負荷——內擺線齒輪——無窮螺旋——螺桿的計算——P.T.U. 的計算——螺柱及螺輪的效率——螺柱及螺輪的優劣點——軸承負荷——問題。

- 第四十二章 差速箱518
 行星輪和衛星輪的計算——衛星輪軸——差速箱軸承負荷
 ——傳遞到各部份轉動矩力的計算——問題。
- 第四十三章 後軸及後輪524
 後輪殼——後輪軸——後軸管——雙後軸——問題。
- 第四十四章 前軸及前輪530
 外傾——前指——主梢裏傾——前縮——前放——主梢軸承
 ——前輪軸——前軸本身——問題。
- 第四十五章 方向(上)537
 名詞——腳踏車方向——馬車方向——汽車方向——四輪及
 六輪轉向車輛——兩輪被拖車——結論——轉向的聯結——
 ——角度的設計——計算 e 角——問題。
- 第四十六章 方向(下)553
 比速——回復——效率——蟲柱蟲輪方向箱——方向軸轉動
 矩力——方向軸的大小——問題。
- 第四十七章 制動562
 制動力——制動時負荷的分佈——使車輛停止的條件——停
 止時間——剎車來令——來令的計算——比桿——桿的長
 ——前輪制動——油剎車——制動與車輛的安定,橫滑——
 問題。
- 第四十八章 車架579
 車輛重量——車輛的重心——縱梁的計算——問題。

- 第四十九章 鋼板.....589
提要——彎曲距——鋼板的計算——鋼板特性分析——彎曲率的影响——鋼板每次振動所需時間的影响——懸掛重量與非懸掛重量之比的影响——問題。
- 第五十章 車輪與輪胎.....599
輪胎——車輪的新趨勢——反動力及上跳矩力——問題。
- 第五十一章 小汽車和運貨汽車.....605
發動機——每馬力所擔負的重量——汽油消耗——傳動減速——鋼板及輪胎——結論——問題。
- 第五十二章 汽車與飛機.....610
發動機——車行速率——飛機構造的幾種特性——材料——載重運貨車——結論——今後飛機特性——問題。
- 第五十三章 汽車材料.....619
提要——動能力——矩力——慣性矩力——極慣性矩力——旋徑——斷面係數——應力——變形——彈性限度——應力應變圖解——彈性係數——材料強度——安全係數及許可應力——變長——變細——脆性率——硬度——問題。
- 第五十四章 鋼的化學成分.....638
- 第五十五章 熱處理.....645
熱處理各種名詞定義——正常煉及再煉——表皮硬——危險溫度——問題。
- 第五十六章 金屬粉.....652
硬合金工具——通氣軸承合金——鐵粉齒輪——電氣零件及焊條——其他用途——問題。