

實用內燃機學

任有性編著

龍門聯合書局出版

實用內燃機學

任有性編著

龍門聯合書局出版

實用內燃機學

任有性編著

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

啓智印刷廠印刷

上海自忠路239弄28號

1951年8月初版 印數9501-11,500冊

1953年9月五版

新定價 ₹ 22,000

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

序 言

目前在我國存在着一種現象：學校畢業生理論相當好，但在實際工作中，常有不能配合的感覺。另一方面：許多所謂經驗出身的技師，辛勤地工作了許多年，機器摸得很熟，就是不懂原理，換了一部新機器，又要從頭摸起，非常苦悶。新中國在工業建設的過程中，不能允許理論與實際脫節的現象繼續存在。尤其是提高勞動人民的技術水準，更是當前急務。

然而坊間關於內燃機一科的書籍，不是失之過於簡略，就是偏於高深理論。對於中等程度的讀者幫助甚微。適合於技術學校用的教材，可以說一本沒有。因此編者在教學之餘，整理題材寫成此書，以適應當前社會需要。

全書約二十萬言。附圖 213 幅。分為十四章卅六節敘述，一至四章偏重內燃機的基本原理。五至十四章全為各型引擎的結構和作用。足夠每星期三小時，一學年之用。

本書取材以第二次大戰前後市場上常見引擎為對象。內容還算新穎。為了照顧工農技術幹部，軍隊及海員的自修，文字寧願嚙嚙，力求通俗易懂。論述重心在於管理保養，但適當地具備了相當程度的理論基礎。零件計算部分從略，數學引證儘量避免。第三章有關熱力學部分及第九章歪輪畫法，自學者可以暫時略去不看。

目前中國關於工程書籍的出版，問題不在於講求好壞，而是在於有無。這本書無論在內容或編排方面，缺點都很多，錯誤當然難免。為了負起拋磚引玉的歷史任務，決然冒昧付印，深望專家識者多多指正。

任有性 序於一九五一年初上海

目 錄

第一章 總論	1
第一節 引言	1
第二節 內燃機發展史略	2
第三節 內燃機的分類	3
第二章 燃料和燃燒	7
第一節 燃燒的原理	7
完全燃燒所需要的空氣量——燃燒點和自燃點—— 燃料的熱值——擊撞現象	
第二節 內燃機中所用的燃料	14
氣體燃料——固體燃料化氣的原理——液體燃料—— 辛烷數和烯數	
第三章 內燃機的工作方法	24
第一節 熱能怎樣變成動能	24
變換的媒介——變換的規律——等容過程——等壓 過程——等溫過程——絕熱過程	
第二節 理論工作循環	27
鄂圖循環——提塞爾循環	
第三節 內燃機實際工作情况	32
內燃機的動作——四衝程提塞爾機的動作——四衝 程鄂圖機的動作——二衝程機提塞爾機的動作—— 二衝程鄂圖機的動作	
內燃機汽缸內實際動作問題——吸氣的供應效率—— 壓縮比——點火的時間——排氣損失	

第四章 怎樣計算引擎的馬力和效率	44
第一節 怎樣計算馬力	44
理論馬力——指示馬力——實馬力——容積馬力——	
計算馬力的經驗公式	
第二節 怎樣決定引擎的主要尺寸	50
引擎的型式——汽缸數目——活塞平均速度——汽	
缸直徑——活塞行程——活塞連桿的長度——燃燒	
室容積	
第三節 效率之計算	55
指示效率——機械效率——總效率——燃料效率和	
燃料消耗	
第五章 內燃機構造作用和主要機件的修理保養	60
第一節 幾種主要型式	80
四衝程提塞爾機——四衝程鄂圖機——二衝程提塞	
爾機——二衝程鄂圖機	
第二節 一般性的輔助設備	69
減熱系統——潤滑系統——燃料供應系統——起動	
系統——警報系統	
第三節 重要機件的作用原理和修理保養	80
汽缸和汽缸襯——汽缸頭或汽缸蓋——活塞——活	
塞令——活塞連桿及軸承襯——曲軸和飛輪	
第六章 鄂圖機之燃料混合和化氣	107
第一節 燃料和空氣混合的原則	107
第二節 煤氣混合器	108
四衝程機用煤氣混合器——二衝程機用煤氣混合器	
第三節 化油器	111

化油器的基本原理——化油器的構造和作用——增 尼斯化油器——巴拉斯強力化油器——吸柏祿化油 器——省油化油器——化油器詳例	
第七章 提塞爾機之燃料混合和噴射	122
第一節 各種混合方法	122
半提塞爾機——有壓氣機式提塞爾機——無壓氣機 式提塞爾機——直接噴入式——預燃室式——儲氣 室式——旋氣室式	
第二節 噴油設備	129
吹油式——噴油式——定壓噴油——急動噴油—— Deco 噴油泵——Bosch 噴油泵——Ex-Cell-O 式擺 盤控制噴油泵——Bosch 泵噴嘴——Benz 嘴油 嘴——De-la Vergne 噴油嘴——Hesselman 噴油 嘴——GM 式噴油器	
第八章 鄂圖機的點火	148
第一節 點火的原理	148
第二節 點火的順序	149
第三節 點火的設備	151
磁鐵點火——電池點火——斷電器——火花塞—— 保險裝置——限電器	
第九章 四衝程機之氣閥定時和歪輪	164
第一節 氣閥的定時	164
第二節 歪輪和氣閥	167
切線歪輪——加速歪輪——歪輪軸——氣閥——氣 閥的裝置型式	

第十章	二衝程機之清淨	183
第一節	二衝程機的清淨方法	183
	橫穿清淨——迴流清淨——切線清淨——複合清淨—— 順流清淨——壓風機——曲軸室壓風——單孔式—— 雙孔式——三孔式	
第二節	各種二衝程機	187
	純氣縫式的橫穿清淨機——輔助閥式橫穿清淨機—— M.A.N. 雙面作用式迴旋清淨機——相對活塞式順 流清淨機——容克式——F.M 式——Hill 式——排 氣閥式順流清淨機	
第十一章	控制和調節	197
第一節	各種動作的控制機構	197
	傳動方法——起動控制——進油控制——停車控制—— 超速保險和倒車保險控制——點火控制——噴油動 作的校正——點火校正——氣閥校正	
第二節	調整轉速	218
	調速的方法——調速器作用原理——機械調速器—— 武德華式液力調速器——馬癸式液力調速器	
第十二章	減熱	229
第一節	減熱的必要	229
第二節	減熱的方法	230
	空氣減熱法——液體減熱法——自流循環法——壓 流循環法——節流循環法——一般機件的減熱方 法——散熱器——防凍劑	
第十三章	潤滑	238

第一節	潤滑目的和潤滑油的選擇	238
第二節	潤滑的方法	239
	滴油法——無壓機械加油法——油泵壓油法	
第三節	各種機件的潤滑方法	241
	活塞和汽缸——曲軸——活塞肖——齒輪和定時系統——潤滑系統舉例	
第十四章	開車和倒車	248
第一節	開車方法	248
	手搖開車——輔助機開車——爆發開車——惰性開車——電力開車——壓縮空氣開車	
第二節	倒車方法	253
	移軸法——移滾輪法——倒車附屬設置	
第三節	開車停車的手續	257

第一章

總論

第一節 引言

所謂內燃機就是將燃料放在汽缸中燃燒，燃料中貯蓄的熱能，直接轉化變為機械能的一種動力機器。轉化的過程很簡單。燃料燃燒經過化學過程放出熱量，這種熱量的全部或一部做工作，產生推力，推動活塞作往復運動，再藉活塞連桿及曲軸等機件的傳導，使往復運動變為圓周運動傳達至機器外部，成為可直接工作的機械能。這種轉化過程，如果在別的動力機例如蒸汽機等，必須借助於鍋爐作為媒介。燃料中的熱能係在鍋爐中燃燒時放出來傳導給水，水化為水蒸汽，由水蒸汽再將熱量帶到汽缸中去工作。因此蒸汽機是屬於外燃機一類。外燃機熱能轉化多一道手續也就多一道麻煩，同時也多一重損失。而且鍋爐體積大而笨重，極不方便。內燃機的轉化過程是直接在汽缸中進行的。手續非常簡便，設備輕巧，所以應用範圍極為廣泛。從實際能進行工作的內燃機正式製造成功到現在，不過數十年之事。但在各方面均有飛速的進展。廣泛加以利用的情形，已大大壓倒了蒸汽機。試看目前人類社會中；無論在航空、汽車、發電廠、戰車、輪船、火車、農田水利以及各種工作場所。凡是人類目光所及之處，到處都可以看到內燃機在被大量應用。由此可見內燃機與人類生活的密切關係以及對人類社會進步作了多麼偉大的貢獻。誇大地說；目前的世界為內燃機世界亦不為太過。世界各國凡是工業進步國家，對內燃機的研究和製造，無不勾心鬪角各具匠心。各國均有輝煌成就。唯獨我國地大物博人多，需要正切，而對此一端極為缺乏。正當大局初定全國一致走向工業建設之際，實不可予以忽視，必須努力研究迎頭趕上，以適應當前形勢需要。

第二節 內燃機發展史略

從歷史上追溯：內燃機從開始研究時算起，到現在已有二百多年的歷史。各國人民都曾貢獻了相當力量。如果說內燃機為某國或某人所單獨發明，實在是欺人之談。遠在公曆 1670 年之初，荷蘭人海根史 (Huyghens) 即開始研究，想做一具利用火藥爆炸力之原動機。他的理想是將火藥放在汽缸中。汽缸上端有一只活塞，汽缸的另一端裝置一只外開氣閥。先將火藥燃着發生爆炸，利用這種爆炸力將汽缸中原來存在的空氣通過氣閥驅逐到外面去。等汽缸中剩餘空氣溫度漸冷壓力漸低時，發生了部分真空，於是活塞受了外面大氣壓力的作用向下行動。這種行動速度較慢，可以經過槓桿及滑車等機構利用來做起重等等工作。海氏的理想並沒有完全實現，當時人多集中注意研究蒸汽機，內燃機之發展遂告停頓。其間雖然也有若干活動，但都沒有什麼成就與貢獻。他的方法可以稱之為爆炸真空法。和現在內燃機的工作原理完全不同。到了 1838 年才由英國人巴內特 (Barnett) 氏提倡壓縮方法。先將混合氣體加以壓縮使其溫度增高，然後點火燃燒，可以增強爆炸力。這種方法對於現在的內燃機影響很大。

1876 年德國 *M. A. N.* 廠經理鄂圖氏 (Otto) 製成第一部四衝程引擎。他的工作原理至今稱為鄂圖循環，他把活塞在汽缸中的動作分為四個步驟：每一步驟叫做一個衝程。

第一衝程：活塞從汽缸的一端向另一端行動，將可燃燒的氣體和空氣吸進來充滿汽缸，叫做吸氣衝程。

第二衝程：活塞向回頭跑，將吸進來的燃氣加以壓縮，稱為壓縮衝程。

第三衝程：在壓縮衝程的末尾，將被壓縮的燃氣點着，發生爆炸推動活塞，稱為膨脹衝程。

第四衝程：活塞第二次向回頭跑，把已經燒過的氣體排出機外稱為排氣衝程。

在這四個衝程之中，祇有第三衝程能產生動力，所以又稱做動力衝程。四個衝程合起來完成一個工作循環，周而復始。這種方法一直沿用至今，大多數內燃機中都普遍採用。

1879年由德國人勳賴(Söhnlein)氏發明二衝程引擎。把四衝程機的四個步驟改在兩個衝程中完成。另外設一只壓氣泵，事先將燃氣和空氣的混合體由氣泵作輕微的壓縮。在活塞工作衝程之末進氣門開，被壓縮的混合氣就從氣泵壓入汽缸之中。二衝程機的最大特點在勳賴氏發明不用氣閥，而在汽缸上開氣縫。由活塞的行程來控制氣縫的開閉，非常簡便。此法沿用至今。凡二衝程機都應用這種方法。

1895年德國人提塞爾(Diesel)氏造出第一部柴油機，特稱做提塞爾機。這種引擎的熱效率比以前幾種都高。它的最大特點在僅將空氣作高度的壓縮，使空氣溫度上升的程度足以使隨後噴進去的柴油發生自燃。並且在柴油噴進去燃燒的一段過程當中保持壓力近於不變。這種工作方法稱做提塞爾循環。

以上所述為內燃機發展的大概情形。目前世界上所應用的內燃機，大致總不出鄂圖，提塞爾及勳賴氏三種方法。1895年起內燃機正式用作汽車引擎。1903—1904年完成第一架飛機引擎的設計。發展到現在，應用範圍日益廣大前途不可限量。

第三節 內燃機的分類

內燃機中靠着產生動力的物質是空氣和燃料(氣體燃料或液體燃料)。但是利用空氣和燃料產生動力的發動機並不完全屬於內燃機。例如熱空氣機就是一例。熱空氣機係在汽缸的外面將燃料燃燒。靠了金屬器壁的傳導，加熱給空氣，再將此熱空氣導入汽缸進行工作。這種機器所用的原料大體上和內燃機差不多。而取得熱能，轉化為動能的過程，實在和蒸汽機相似。所以祇能列入外燃機一類，不在本課研究範圍之內。

內燃機的基本定義必須是燃料在汽缸裏面燃燒，所產生的熱量直

接作用在缸中的氣體上，使其能產生動力。爲了研究方便起見，必須將內燃機分門別類列成系統以求明晰。由於內燃機的種類極多，故分類方法亦難求統一。茲以常用的九種分類方法列舉於下：

1. 按燃料分 內燃機中所用燃料種類不一。總而言之可以歸納成爲三種；即輕油類，重油類和煤氣類，因此可以稱爲：

- a. 輕油機 b. 重油機 c. 煤氣機

2. 按點火方法分 燃料進入汽缸之後，必須燃燒而後才能產生動力。使燃料起火燃燒的方法叫做點火。點火方法有兩種；一種是讓燃料和熱空氣接觸發生自燃。在重油機中都用這種方法。另一種是利用電力或其他器械先產生火花，而後點火，稱爲他燃法。多被輕油機或煤氣機中所採用。故稱爲：

- a. 自燃式機 b. 他燃式機

3. 按衝程分 所謂衝程係指活塞在汽缸中從一端走到另一端的動作而言。一來一去作爲兩個衝程計算，而曲軸才轉了一轉。凡是以兩個衝程完成一個工作循環的叫做二衝程機。凡是經過四個衝程完成一個工作循環的叫做四衝程機。即

- a. 二衝程機 b. 四衝程機

4. 按工作方法分 在第二節中曾提到內燃機的工作循環，由鄂圖氏發明鄂圖循環。由提塞爾氏發明提塞爾循環。應用這兩種循環所造成的引擎統可稱爲：

- a. 鄂圖機 b. 提塞爾機

5. 按冷卻方法分 引擎開動時熱度很高，必須設法加以冷卻才能長久使用。冷卻的方法有水冷法和風冷法兩種。故應用這兩種冷卻方法的引擎稱爲：

- a. 水冷式機 b. 風冷式機

6. 按應用範圍分 以應用範圍來分最感困難。因爲範圍很廣型式也種種不一。祇能大體歸納成：

- a. 固定式機 b. 船用式機 c. 航空式機 d. 軍用式機

7. 按安置情形分 指引擎裝置的情形而言。概可分為：

- a. 立式機 b. 臥式機 c. 懸式機

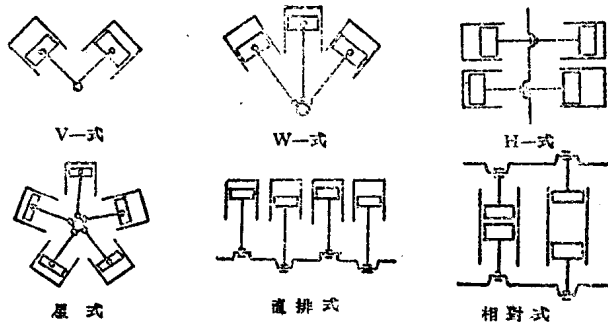
8. 按汽缸數分 內燃機汽缸數目並沒有定。全看馬力大小需要，裝置地位以及應用條件而定。一般來說可分為：

- a. 單缸機 b. 多缸機

在多缸機中常見的有二缸機、三缸機、四缸機、五缸機、六缸機、七缸機、八缸機、十缸機、十二缸機、十六缸機、及廿四缸機等種。最通用者為四、六、八、十二數種。七缸機多用於飛機引擎上，船用引擎有採用三缸及五缸的。

9. 按汽缸排列的型式分 內燃機汽缸排列型式很多。常見的有如下幾種：（見第 1—1 圖）

- a. V 式機 b. W 式機 c. H 式機 d. 星形機
e. 直排式機



第 1—1 圖 汽缸排列形式

V 式機常見的有四缸，八缸和十二缸等種，稱為 V—4 式機，V—8 式機，和 V—12 式機。缸分兩排互成 45° 或 90° 最為普通。

W 式及星式機多見於航空發動機。但坦克車中也採用星形式，取其馬力大地位省的緣故。大馬力發動機如重轟炸機中的星形引擎，可

將兩組星形重疊排列使用。例如兩圈七缸星形即為十四只汽缸，馬力增加一倍。

有一種容克式相對活塞機，它的工作方式雖和H式機相似，而實不相同。依照汽缸排列似應列入直排式中。依其工作循環則應該屬於二衝程機一類。

第二章

燃料和燃燒

前章開始的時候已經說明：內燃機之所以能產生動力，全靠燃料在汽缸中燃燒時，將燃料中儲蓄的熱能轉化成能做工作的機械能。因此必須慎重地選擇燃料，使能適應各種引擎的需要。同時必須注意各種燃料的燃燒性質。如果燃料很好而燃燒的方法不適當，當然無法使其中含蓄的熱能順利地轉化成機械能。所以不但要研究燃料性質，而且要研究燃燒的方法。

第一節 燃燒的原理

所謂燃燒，實在是一種氧化作用。即燃料中可以燃燒的物質和氧發生化合，成為氧化物時放出熱量。同時發生溫度增高或壓力增加的現象。

各種燃料用化學方法分析的結果，發現其中所含的成分能夠燃燒的主要是炭和氫。有時參雜一點硫質在裏面。硫雖然也能氧化，但硫氧化時對於機件有不良影響。故選擇內燃機的燃料時，應該以含硫成分極少者為對象。

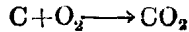
分析成分以汽油和柴油為例。如第 2—1 表中所載，大部分是炭，達 85%。有少量的氫，硫量極微少。

第 2—1 表 成分分析%

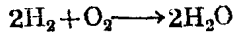
燃 料	C	H	O	S
汽 油	85	14.9	—	0.1
柴 油	85	13	1.7	0.3

在燃燒時，炭及氫和空氣中的氧化合成碳酸氣及水。

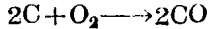
例如



或



燃燒的情形有兩種。一種叫做完全燃燒，另一種叫做不完全燃燒。完全燃燒的意思是燃料中所含的炭氫能夠和氧得到充分的化合，完全變成 CO_2 和 H_2O 。反過來說，可燃的物質之中如果僅燃燒了一部分，即



這就是不全完燃燒。內燃機中必須要有完全燃燒，才能放出燃料中儲蓄的全部熱能。不完全燃燒所放出的熱量少，於是產生了燃料損失，不合經濟原則。要想得到完全燃燒，必須要有充分的氧來供應。不但如此，而且要有適當的混合情況以及在適當的溫度下進行燃燒。

1. 完全燃燒所需要的空氣量 如果已經確知燃料成分 C, H, O, 的百分數，則此燃料單位量在理論上作完全燃燒時所必需的氧氣量可由下式中算出：

$$\left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right)$$

或

$$\frac{1}{12} \left\{ C + 3 \left(H - \frac{O}{8} \right) \right\}$$

大氣之中常含有 21% 的氧（這是按容積%計算的。如果按重量%計算當為 23%）。故從上式求出來的氧氣量再乘以 100/21 就得到所需要的空氣數量。這是理論上的算法。

工業上可以用經驗公式來計算理論上所需的空氣量，設理論空氣量為 L_{min} ，則

$$L_{min} = \frac{0.85}{1000} \times H_u + 2 \text{ Nm}^3/\text{Kg} \cdots \cdots \text{用於液體燃料}$$

$$L_{min} = \frac{0.875}{1000} \times H_u \text{ Nm}^3/\text{Kg} \cdots \cdots \text{用於氣體燃料 } H_u < 2500 \text{ 者}$$

$$L_{min} = \frac{1.09}{1000} \times H_u - 0.25 \text{ Nm}^3/\text{Kg} \cdots \cdots \text{用於氣體燃料 } H_u > 3500 \text{ 者}$$