

工業常識叢書

柴油機

阿頓著 彭明藻譯

科學技術出版社

工業常識叢書

柴 油 機

阿 頓 著
彭 明 藻 譯

蘇工業學院圖書館
藏 書 章



科學技術出版社

1952

原著版本說明

書 名 The Diesel Engine
作 者 A. Orton
出版者 Sir. I. Pitman and Sons Ltd.
版 次 第四版
出版年月 1943年

* * *

總號：0072 分號：3-03 定價：3,700元

版權所有 不准翻印

著者：阿頓(英) 譯者：彭明藻

文字編輯：蔣 樞 責任校對：黃耀華

1952年2月發排(新華) 1952年6月付印(科技)

一九五二年七月初版

北京造 0001—2600 冊

科學技術出版社 北京崇文門內盤甲廠17號

總 經 售

三聯·中華·商務·開明·聯發

聯 合 組 織

中國圖書發行公司

出版者的話

柴油機是內燃機中常用的一種，目前在動力上還佔有相當重要的地位。本書敘述它的特點、構造原理、零件設備以及計算方法等，相當簡明扼要，可作學習柴油機的入門讀物。

1951 年 12 月

目 次

一	內燃機的类型	1
二	狄塞爾循環的特點	6
三	四衝程循環的要素	12
四	二衝程循環的要素	25
五	柴油機的一般裝置和型式	29
六	四衝程柴油機機件詳論	36
七	二衝程柴油機機件詳論	57
八	潤滑和冷却	62
九	實用作業要點	67
十	功率及效率	71

一 內燃機的类型

狄塞爾油機(以後從俗稱柴油機)是德國的已故工程師及科學家狄塞爾(Rudolf Diesel)博士在1892年發明的,所以就命名為狄塞爾油機。那時因為發現了很多不合實用的地方,他就大加改進,使該機煥然一新。也就因為改良的結果,從熱力方面來說,這種柴油機實在是當時效率最高的原動機。

在討論這種特型的內燃機以前,首先瞭解一般內燃機的性质及工作原理,顯然是必要的。

爲了簡便起見,可以把內燃機分爲六種型式,即:

1. 燃氣機:用煤氣、發生爐煤氣、或風爐煤氣;
2. 輕油機:用汽油、苯等;
3. 中油機:用石蠟油等;
4. 重油低壓機:用油頁岩及石油蒸餾物等;
5. 重油柴油機:用重油及落油蒸餾物等;
6. 重油高壓機:與柴油機所用的油相同。

這些在型式上雖有差異,但有共同的兩大特徵:

1. 主要工作件如汽缸、活塞、連桿及機軸的裝置相同;
- 2 都能工作於四衝程循環和二衝程循環。

燃料性質的影響 各種型式內燃機的主要差別,是由於所用燃料各有它不同的性質,因而必須用特別裝置使其燃燒。

燃氣機的燃料是可燃的氣體與適量的空氣混和以後一同

進入汽缸，祇需利用火焰或火花就可以使其着火而完全燃燒。

輕油機所用的燃料為液體，如汽油，它的主要特性是在通常氣溫之下可以揮發，利用汽化器使它與適當比例的空氣相混合而形成一種有爆炸性的混合物時，可以在汽缸中着火爆炸，這種情形與燃氣和空氣的混合物在燃氣機中着火爆炸的情形完全相似。

中油機除了液體燃料石蠟油，需用人工加熱使它蒸發以外，其餘與輕油機相同。加熱的方法，通常是將燃料及助燃的空氣通過一具特別製造的加熱室（即蒸發室），使它獲得必需的熱量而形成蒸汽及空氣的混合物。

重油低壓機，燃料是在直接附裝於汽缸的一個室內揮發，該室實際上構成壓縮空間的一部份，這一點是它與上述各型不同之處。蒸發室或‘熱球’的室壁，因汽缸內繼續發生的爆炸而自動地保持它的熱度。燃料在每一循環準時射入之後，一方面由於與此壁接觸所得的熱，另一方面由於壓縮所生的熱而蒸發（在內燃機起動以前，熱球的加熱，須用人工施行）。利用這種方法，即使是用比石蠟油更難燃燒的油料也可以圓滿地處理。

對於柴油機的特點，以後將要詳細地討論到，這裏不必多講；惟有一點須提到的是：燃料乃是被直接噴入汽缸內，並且是由於壓縮所產生的高熱而着火的。當燃料噴入的時候逐漸發生燃燒，並沒有爆炸的現象，而以前四種型式的內燃機則都是發生爆炸而燃燒，也就是全部燃料在瞬時間內同時燃燒，這是柴油機與以前四種型式的內燃機重要的區別。爆炸式的燃燒即所謂‘定容燃燒’，而狄塞爾式則稱為‘定壓燃燒’。

表 1 四衝程內燃機的標準數據

	機 型					
	燃氣機	輕油機	中油機	重油 低壓機	重油 柴油機	重油 高壓機
燃料	城市煤氣	汽油	石蠟油	石油蒸餾 物	石油餘渣	石油餘渣
淨熱值（以每磅 油或每立方呎煤 氣的英熱單位計 算）	515	18,500	18,500	18,500	18,000	18,000
吸入汽缸的物質	煤氣空氣 混合物	揮發汽空氣 混合物	揮發汽空氣 混合物	純空氣	純空氣	純空氣
被壓縮的物質	同上	同上	同上	油蒸汽及 空氣	同上	同上
壓縮壓力 (磅/吋 ²)	120	85	80	60	480	360
壓縮比 (V_1/V_2 見圖1)	5.2	4.3	4.2	3.4	14	11
壓縮溫度略數 (°F)	570	350	330	305	940	740
揮發方法	——	汽化器	分離揮發	熱表面及 壓縮熱	壓縮熱	熱表面及 壓縮熱
點火方法	火花	火花	火花	同上	同上	同上
燃燒型式	定容	定容	定容	定容	定壓	定容及定 壓
最大燃燒壓力 (約數)(磅/吋 ²)	350	350	320	130	480	560
平均指示壓力 (磅/吋 ²)	95	90	85	42	100	85
每制動馬力小時 所費燃料	19.5立方呎	0.60磅	0.65磅	0.75磅	0.42磅*	0.43磅*
每制動馬力小時 的英熱單位數	1050	11,100	12,000	13,400	7,560	7,740
熱效率百分數(以 制動馬力為準)	25.3	22.9	21.2	18.9	33.7	32.9

* 此項數字在最新內燃機中，大有改進，有低至每制動馬力小時 0.37 磅者，其熱效率當然也更高。

重油高壓機乃是新近的產物，是把低壓機的熱球與接近於柴油機的壓縮壓力相合併，且採用無氣噴射制。它的壓縮壓力極高，不需要把熱球預熱就可以從冷車起動。燃料的噴射情形，經過了適當的配合，使燃燒情形一部份為定容燃燒，一部份為定壓燃燒，也即是所謂‘雙燃燒制’。

這六種型式內燃機的各種特點列成簡表，如表 1。參看這表，我們便可以充分明瞭，各種內燃機因為必須有效地適合它特別使用的燃料，而有那些主要不同之處。

圖 1 是各型四衝程內燃機的標準示功圖，說明了壓力及容積變化的情形，足以幫助我們瞭解各種型式燃燒的差別。

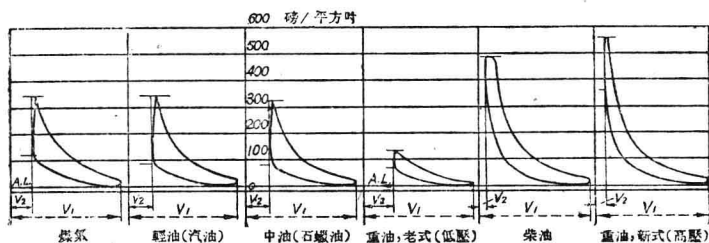


圖1 各型四衝程內燃機的標準示功圖

內燃機的容量和功率 各型內燃機上面已經簡要的敘述過了，現在再把最近各種機型的容量和功率大概地介紹一下，想來也是讀者們所樂於知道的。

燃氣機幾乎完全用於陸上的動力廠，每座功率從 1 到 5,000 制動馬力。功率較大的二衝程循環機和四衝程循環機都有製造。有一種標準的四衝程循環機，有 5,000 制動馬力，兩個曲柄及兩線串聯雙動汽缸，其汽缸口徑為 51 吋，衝程為 55 吋。

輕油機和中油機由於經濟上的原因，除特別使用於飛機

上而曾經製造過超出 1,000 制動馬力的以外，一般限用小型的。通常用於汽車的汽油機，不論是四汽缸或六汽缸大多不超出 40 名義制動馬力。具有這樣輸出量的四汽缸機，其汽缸尺寸約為 $4\frac{1}{2}$ 吋直徑乘 6 吋衝程^①。

石蠟油機多用於拖拉機及小船舶。具有六隻汽缸，8 吋口徑，9 吋衝程，發出 120 制動馬力的內燃機，為船舶常用的極大容量。

如表 1 所示的重油低壓機，現在已很少採用，而多採用高壓型的，因為高壓型可獲得更高的效率，在實用和性能上也與柴油機極為接近。現時^②最大的一座標準四衝程臥式機，每一汽缸有 185 制動馬力，汽缸的直徑為 $25\frac{1}{2}$ 吋，衝程為 30 吋。

① 正確的說法應該是：汽缸容積 = $\frac{\pi}{4} \times (\text{直徑})^2 \times \text{衝程} = \frac{\pi}{4} \times (4\frac{1}{2})^2 \times 6$ (吋³)。——譯者

② 原作者寫書時，以下同。——譯者

二 狄塞爾循環的特點

真正的柴油機其工作循環須包括下列三項原則：

1. 吸入與壓縮的僅為單純的空氣；
2. 加以充分的高壓力，因此當燃料進入時，藉壓縮而發生的高熱將其汽化並燃着；
3. 調節燃料噴入的時間，使燃燒在壓縮的最高點開始；並維持適當的噴入速率，使在燃燒期間，壓力能維持定值。

柴油機與其最初專利時的規範不同之處，即在上述的第三個特點。以前狄塞爾主張燃燒在等溫中進行，經過實驗後乃放棄這一主張而代之以定壓燃燒制。

柴油機之應用四衝程循環或二衝程循環者，皆有製造。這兩種制度應用於柴油機上的情形，今將特別詳細地加以說明，圖 2、3 為單動立式機的圖解。

四衝程柴油機 圖 2 A 所示為第一衝程，活塞向下移動，空氣經進氣瓣入汽缸中。

第二衝程如 B 所示，活塞移向上方而壓縮空氣，等到進抵衝程的頂點時，壓力高至 480 磅/吋²。在這一衝程中，汽缸蓋上的一切氣瓣完全封閉。

第三衝程或稱工作衝程如 C 所示，可分為二個階段：燃燒及膨脹。第一階段約在曲柄圓周上佔 34°，燃料經汽缸蓋中心的活瓣噴入而燃燒，汽缸內的壓力實際上維持定值。在第二階段，汽缸內的氣體膨脹而將活塞向下推動。

第四衝程，如 D 所示，活塞又向上移動，經汽缸蓋上張開的排氣瓣而將廢氣排出。

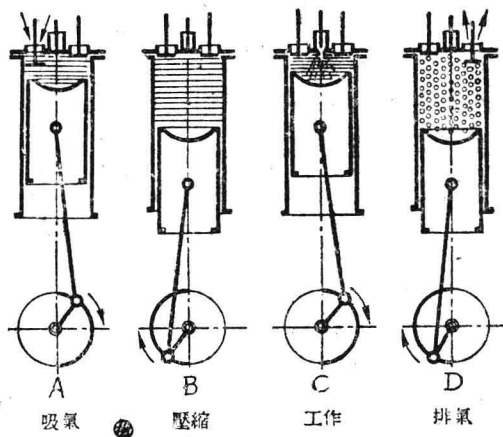


圖2 四衝程單動柴油機中的各事項

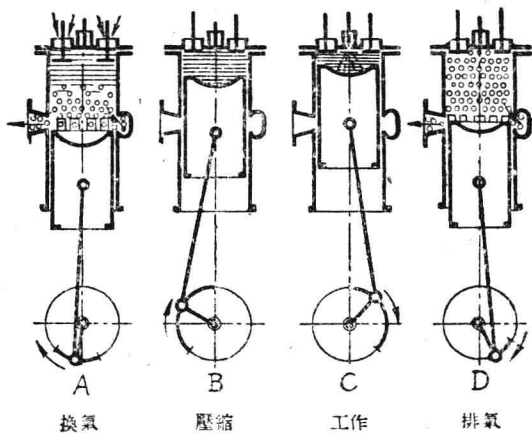


圖3 二衝程單動柴油機中的各事項

二衝程柴油機 圖 3 所示為另一種機型，新鮮空氣由汽缸蓋上的活瓣進入汽缸，而廢氣則自排列於汽缸周圍的氣門排出。這些氣門在活塞下行至衝程的底點時，就被活塞所開放。此種柴油機稱為活瓣換氣型。另外還有一種型式，空氣自汽缸壁的氣門流入，而廢氣則經過汽缸蓋上由機械所操縱的氣瓣逃出，這些以後就要談到的。

構成二衝程的四個階段，如圖 3 所示：

1. 圖 3 A，活塞剛開始它的上行衝程。這時汽缸蓋上的進氣瓣張開，而排氣門也沒有被掩閉着，新空氣流入，廢氣被排出。因此新空氣送入進氣瓣時的壓力稍高於大氣的壓力，有利於這種作用的完成。

2. 圖 3 B，活塞已上移了相當距離。排氣門已被掩蓋，進氣瓣也關閉了，因而發生壓縮。在這一衝程的終點可達到與四衝程機相同的壓力與溫度。

3. 圖 3 C，活塞下移，開始其工作衝程。燃料已經射入，燃燒也已經發生，一如四衝程循環，而燃氣則正在膨脹中。

4. 圖 3 D，活塞將排氣門開放，廢氣迅速流入大氣中。這時汽缸內還有相當大的壓力，不過很快就減低了，到最後幾乎與大氣相等。在活塞開放排氣門到某一深度時，進氣瓣張開，放入新空氣。當空氣自汽缸頂部填充整個汽缸時，就將它前面的廢氣驅逐出去；汽缸中經過燃燒後而現已無用的產物遂一掃而光。在活塞上行而排氣門重行封閉之前，這種換氣作用繼續進行；過了這一點後，進氣瓣立即關閉，汽缸中又充滿了新空氣以備壓縮。換氣所用的新空氣，常由附裝於機上而被該機帶動的一具特製的泵來供給。

四衝程和二衝程柴油機的示功圖 研究圖4及圖5後，對於上述各點可以更加明瞭。這兩圖分別表明四衝程循環和二衝程循環的‘示功圖’，這種圖又稱壓容圖。

在這兩圖中，OX 線表示絕對零度壓力。從該線到圖上任何一點的垂直高度，表示汽缸中該一時刻的絕對壓力。OY 線表示零度容積，從該線到圖上任何一點的水平距離，表示該一時刻汽缸中的容積。因此水平距離 OA 表示餘隙容積，而 OB 表示汽缸的全容積。OB 與 OA 的比值為壓縮比，其數值在柴油機約為14~14.5(見表1)。水平距離 AB 所表示的為活塞的衝程容積。

圖4為四衝程循環。AB 線表示吸氣衝程，比大氣壓力線稍低一點，因為要使新空氣迅速進入，那麼在汽缸內維持輕度的真空，實在是必要的。BC 線表示在壓縮衝程中壓力增高的情形。平直線 CD 表示燃燒時期，這時活塞的移動約為其工作衝程的十分之一，同時氣體容積自餘隙容積 C 增加至其兩倍

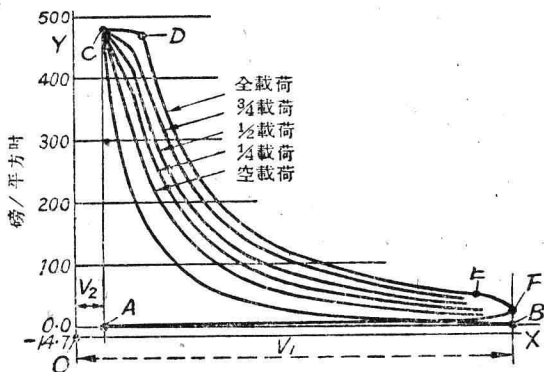


圖4 四衝程柴油機的示功圖

多的D處。但壓力則維持不變，因為由於燃料燃燒所給予氣體的熱，所產生的速率，剛好調節到使溫度漸漸增加而壓力又不致降低。從這一點可以更明白地瞭解定壓燃燒的意義。

至D點時，燃料的供給停止，不再有熱量產生；但因氣體在移動的活塞後面膨脹，其壓力開始下降。膨脹繼續至E點，排氣瓣在此時張開，使燃燒產物逃到大氣中。在這一衝程的終點F，壓力的減少甚大，而在排氣衝程，自F至A，壓力不過稍稍高於大氣壓力。這是因氣體流過排氣瓣及氣道時遭受到阻力的緣故。為清晰起見，把吸氣線AB與排氣線FA間的壓力差稍稍地擴大了一些。

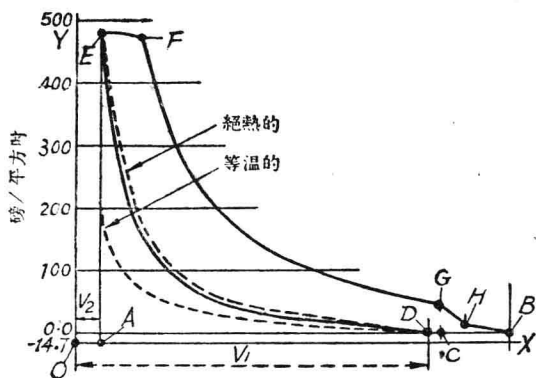


圖5 二衝程柴油機的示功圖

再看圖5為二衝程循環。B點相當於活塞在其底部的地位，換氣瓣及排氣門都是開放的。新空氣流進，廢氣流出，壓力實際上與大氣相同。活塞開始了它的上行衝程，自B移至C，排氣門在該點關閉；在緊接於它後面的D點，換氣瓣也關閉了。這時汽缸內壓力約與供給的換氣壓力相等，而汽缸內充滿了

新空氣。從這點而上,DE 表示壓縮,EF 表示定壓燃燒,而FG 表示膨脹,完全與在四衝程機中所發生的情形相同。在G點排氣門不再為活塞所掩蓋,壓力遂迅速下降,因此到了H點,當換氣瓣張開時已經大約與換入空氣的壓力相等了。在H點,廢氣的大部份已經逃出由該點至B,再至C,換氣又重行發生了。

三 四衝程循環的要素

柴油機的一般工作情形，可以從前章所說得一概念，今將進一步詳細研討構成循環各階段的要素。每一個要素將要分別加以討論；關於控制壓力、容積及溫度變化的定律及條件也將予以闡述。同時各要素對於柴油機一般效率的影響也將論及。

四衝程循環可以認為是由下列各個要素所組成：吸入、壓縮、噴油、燃燒、膨脹和排氣。

吸入壓力、容積及溫度 設周圍大氣的溫度為 61°F (521°F 絕對溫度)，絕對壓力為 14.7 磅/吋²，但當空氣進入汽缸後，因它與前一循環所遺留在餘隙空間的熱廢氣相混和，又因它與汽缸的熱壁相接觸，其溫度遂略行增高；但是它的壓力，則因迅速移動的活塞在汽缸中造成輕度真空，反而略行降低。壓力降低的程度視活塞速率及進氣瓣與進氣門的面積大小而定。這在一彈簧示功圖上極易確定。溫度升高的情形難以確實決定，因其完全要看遺留廢氣的溫度和吸入新空氣的實在重量而定，但這兩項的數字都不易準確。前一項或者可以根據逃離汽缸的廢氣溫度計算，後者除極小的內燃機外，很難直接加以測定。汽缸壁的效果如何，雖然也不明瞭，但比較說來，是一項不重要的因素。

根據下面合理的假設，溫度的增高，可以簡便而相當準確地算出：