

內燃機講義

第一回

501140-1



社團法 考友社 出版發行

第一講 概 說

● 命 題 重 點 ●

壹、概 說

一、內燃機的定義

內燃機是熱機 (heat engine) 的一種，所謂熱機乃是利用物質所含的化學能，經由燃燒過程而變成熱能，再由熱能產生機械動力的發動機。熱機又可分為外燃機 (external combustion engine) 與內燃機 (internal combustion engine)。

外燃機如圖1-1 所示。燃料在汽缸外燃燒，使水變成蒸汽，再將蒸汽導入一汽缸中，使其產生機械動力的機器，稱為外燃機。如蒸汽機、蒸汽

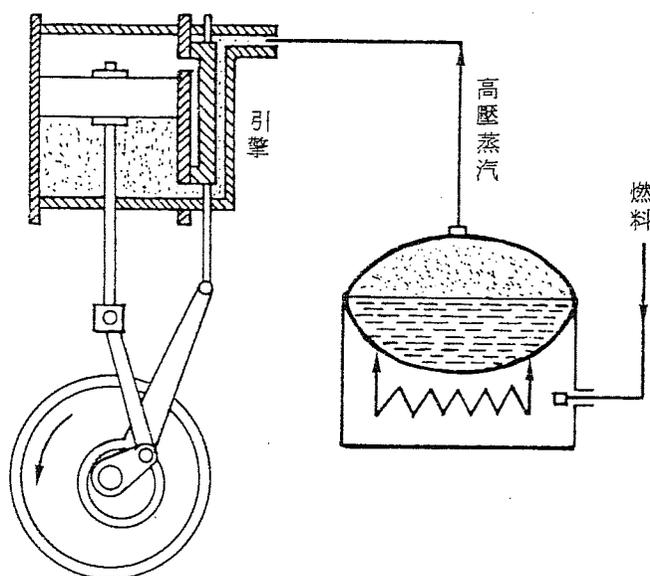


圖 1-1 外燃機

渦輪機 (steam turbine engine) 等。

內燃機如圖1-2 所示。燃料直接在汽缸中燃燒，將燃燒後所得到之膨脹氣壓，推動活塞，使其膨脹所產生之壓力轉變成機械動力，如汽油機、柴油機及燃氣渦輪機 (gas turbine engine) 等。

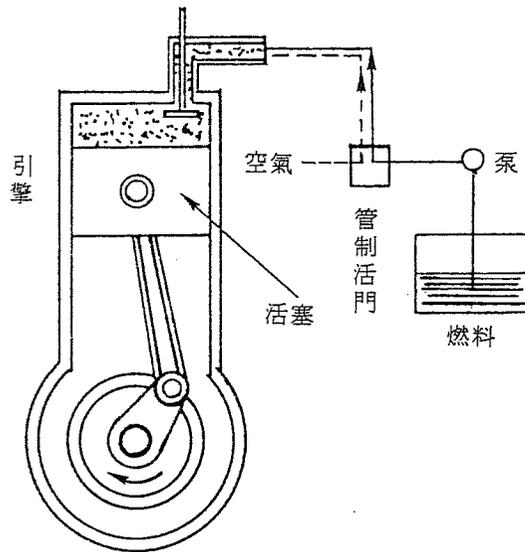


圖 1-2 內燃機

二、內燃機的基本原理

內燃機又稱為引擎，引擎要把熱所產生的能量轉變為機械式的動力，必需經過一定的工作程序，而且連續不斷，稱為引擎循環（engine cycle）。此乃德國科學家奧圖（Dr. N. A. Otto）在1862年所發表，並在1878年巴黎世界博覽會中展出第一具奧圖循環引擎，為表揚其功績，所以後人就將基本汽油引擎循環稱為奧圖循環（Otto cycle）。根據奧圖所提出之基本循環步驟，可分成四個形態（phase）銜接而成。引擎的基本原理，可由引擎之標準壓容圖說明之，如圖 1-3 所示。

1. 進氣形態：（又稱吸氣過程）

將適當比例之燃料與空氣混合成可燃之氣體，吸入一個封閉的容器（汽缸）中，如圖 1-3 中之 $a-b$ 過程。

2. 壓縮形態：（又稱壓縮過程）

將可燃之氣體，經由活塞壓縮，使其容易著火，而產生更大的能量，如圖 1-3 中之 $b-c$ 過程。

3. 動力形態：（又稱爆發過程）

利用火花點燃受壓的可燃氣體，使其爆發，產生高壓，推動活塞

，將燃料所產生的能量變為機械動力，如圖 1-3 中之 $c-y-d$ 過程。

4. 排氣形態：（又稱排氣過程）

將燃燒生成物（廢氣），從容器中排出，準備作下一次新循環，如圖 1.3 中之 $d-a$ 過程。

三、內燃機的重要性

今日交通的發達，有賴於內燃機之發明，因此內燃機直接影響近代人類之生活，現在的汽車、輪船、飛機大部份均採用內燃機，可見內燃機之用途日漸普遍廣泛。

四、內燃機的發展史

內燃機從開始研究時算起，到現在已有三百多年歷史，各國人民都曾貢獻了相當力量，今將其發展過程略述於後：

1. 1660 年荷人海根史（Huyghens）製造一具汽缸，內裝有活塞，活塞的一端放一些火藥，用火花點燃火藥使其爆炸，將汽缸內之空氣經排氣閥排出，冷卻後汽缸中產生真空，外界的大氣壓力，使活塞產生移動，利用活塞移動的動力，來做一些碼頭起重的工作，此法稱為爆炸真空法（explosion vacuum method）是內燃機發展之始。
2. 1791 年英人巴柏（John Barber）用煤或石油所蒸餾出來的氣體作為燃料，混合適量空氣送入汽缸，利用燃燒之膨脹力衝擊於一葉輪（paddle wheel）之葉片上，使其產生旋轉運動，此為現代燃氣渦輪機之始。
3. 1794 年英人斯特里特（Robert Street）發明一種機械，其方法是用火加熱汽缸之底部，使滴入之松節油（turpentine）氣化，與空氣混合後，再以火花點燃，使其發生爆炸而推動活塞，再以槓桿連接於抽水機，作抽水之用，是為最早利用液體燃料之內燃機。
4. 1799 年法人雷朋（Philip Lebon）發明以煤氣為燃料的內燃機，此內燃機的活塞為雙擊式（double acting type），點火採用電火花（electric spark）點火。

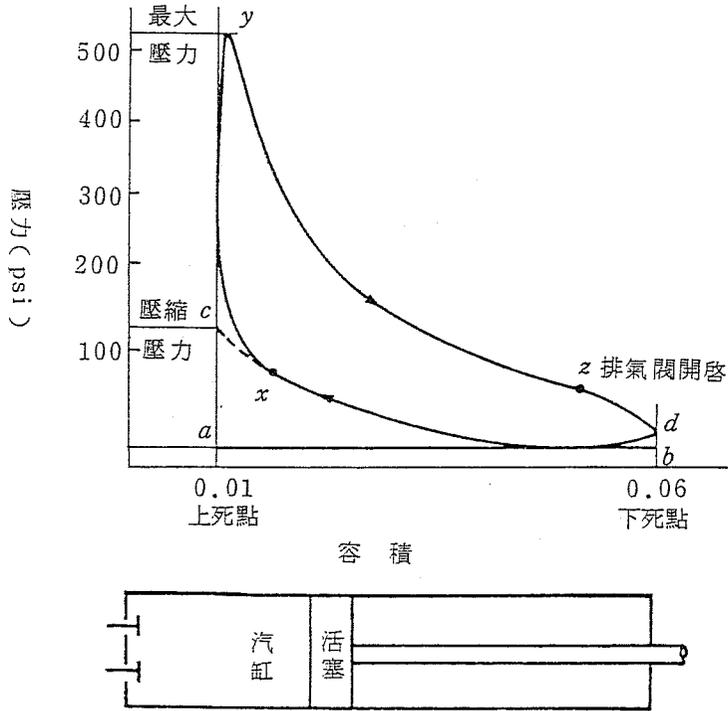


圖 1-3 引擎之標準壓容圖

5. 1820 年英人塞希耳 (Reverend W. Cecil), 在劍橋哲學會 (Cambridge Philosophical Society) 中發表其設計之內燃機, 利用氫與空氣之混合氣體, 其原理與 Huyghens 相似, 燃燒後產生壓力推動活塞, 然後利用冷卻後之部份真空使活塞恢復原狀, 如此發生往復運動, 此種方式稱為爆炸真空法 (explosion vacuum method)。
6. 1838 年英人巴內特 (Willam Barnett) 始倡壓縮法 (compression System), 巴內特先將燃料與空氣的混合氣體壓縮, 使其溫度增高, 然後點火燃燒, 可以增強爆炸力, 這種方法對於現在內燃機發展影響甚大, 此法稱為壓縮法。
7. 1862 年法人羅查斯 (Beau De Rochas) 認為欲使內燃機之熱效率提高, 必須具備下列之條件:
 - (1) 汽缸容積宜大, 但對外之冷卻面積宜小。

- (2) 活塞之速率宜大。
- (3) 膨脹比 (expansion ratio) 宜大。
- (4) 開始膨脹時之壓力宜大。

※同時更列舉四行程之工作為：

- (1) 吸氣 (suction) 。
- (2) 壓縮 (compression) 。
- (3) 點火 (ignition) 及膨脹 (expansion) 。
- (4) 排氣 (exhaust) 。

因此才正式奠定內燃機理論上之基礎，以後之發展大部以此為根據，為紀念起見，特將此種連續之動作稱為 Beau De Rochas 循環。

8. 1876 年德人奧圖 (Nikolaus A. Otto) 根據 Beau De Rochas 之理論，製成實際之內燃機，得到英、美、德、法諸國之專利權，現稱為奧圖引擎，故此循環亦稱奧圖循環。
9. 1879 年德人勳賴氏 (Sohnlein)，把四行程引擎的四個步驟改在兩個行程中完成，稱為二行程引擎，此二行程引擎最大特點為不裝進氣閥 (此法為勳賴氏所發明) 而在汽缸上開一個氣縫，由活塞的行程來控制氣縫的開關，非常的簡便。
10. 1893 年德人狄塞爾 (Rudolf Diesel) 鑒於奧圖引擎中混合氣體若壓縮過甚，極易達到燃料之自燃點，產生不良效果，故改為先吸入空氣而將其壓縮達到足夠之溫度，噴入燃料，以供燃燒，此即所謂狄塞爾引擎，其循環稱為狄塞爾循環。
11. 1895 年起內燃機正式用作汽車引擎。1903 至 1904 年完成第一架飛機引擎的設計，近數十年間更有從往復式的內燃機，已進展到氣旋式內燃機，且在不斷的研究發展中，其應用範圍亦日益廣大，前途不可限量。

五、內燃機的發展趨勢

1. 早期之內燃機，體積大轉速低，為了改良此一缺點，後來增加壓縮比，改善燃燒，提高機器之熱效率。

2. 其後之發展乃在於選擇採用強度較高之材料，並減輕機器之重量，例如現在用合金代替以前的鑄鐵。
3. 現在有改變機器的形狀，以增加功率之輸出，減輕機器之重量，縮小機器之體積，例如V形汽缸之採用。
4. 未來主要的趨勢，不外乎繼續增高其轉速，獲得更完全的燃燒及向著氣旋渦輪機方面發展，惟由於目前之機器溫度及壓力幾已達到其安全之限度，進一步之改進，當將愈感困難。

貳、內燃機之分類

1. 按行程分：

- (1) 四行程引擎：四個行程完成一個工作循環的引擎。
- (2) 二行程引擎：二個行程完成一個工作循環的引擎。

2. 按活塞運動方式之不同分：

- (1) 活塞往復式引擎 (reciprocating engine)。
- (2) 迴轉活塞引擎 (rotary engine)：利用迴轉活塞在汽缸內旋轉的迴轉活塞引擎如圖 1-4 所示，它直接承受動力並輸出，體積小、轉速高、馬力輸出更大。

3. 按點火方式分：

- (1) 壓縮點火式引擎 (compression ignition engine)。
- (2) 火花點火式引擎 (spark ignition engine)。
 - ① 蓄電池點火 (battery ignition)：蓄電池點火系統之電源來自電瓶，容易發動，低速性能較磁電機點火系統為佳。
 - ② 磁電機點火 (magneto ignition)：磁電機點火系統則由本身發電，發動比較困難，低速性能較差，但在高速時，其點火效果要比蓄電池點火良好。

4. 按閥排列之不同分，如圖 1-5 所示。

- (1) T型頭引擎 (T-head engine)：閥裝在汽缸之二邊，需由二組閥操縱機構操作，且進氣阻力大，進氣不良，故現在的引擎已經不

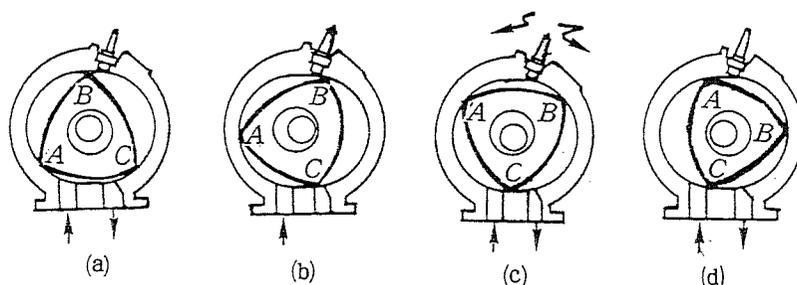


圖 1-4 迴轉活塞引擎

採用 T 型缸頭。

- (2) F 型頭引擎 (F-head engine)：一個閥在汽缸之旁，另一個閥在汽缸蓋上，此為吉甫車上所採用。
 - (3) I 型引擎 (I-head engine)：閥均在汽缸蓋上，故有 OHV (over head valve) 之稱，因其有進、排氣容易，調整閥之間隙方便，壓縮比較高等之優點，故為現在大部份引擎所採用。
 - (4) L 型頭引擎 (L-head engine)：進氣閥與排氣閥，同在汽缸之一旁，閥之操作在閥下，以一凸輪軸控制閥之開關，因裝在汽缸之旁，易受高溫影響，且進氣阻力亦大，調整閥之間隙不易，現在也很少被採用。
5. 按汽缸數目分：
- (1) 單汽缸引擎 (single-cylinder engine)：由一個汽缸構成之引擎。
 - (2) 多汽缸引擎 (multi-cylinder engine)：由兩個以上汽缸構成之引擎。
6. 按汽缸排列分 (engine classification by cylinder arrangement)：如圖 1-6 所示。
- (1) 直列式 (in-line type)：汽缸作垂直直線排列。
 - (2) 對置汽缸式 (opposed cylinder type)：兩個汽缸左右相對，曲軸在中央。
 - (3) 對衝活塞式 (opposed piston type)：兩個活塞在一個汽缸中對衝活動。
 - (4) V 型式 (V-type)：兩組直列式汽缸作 V 型排列。

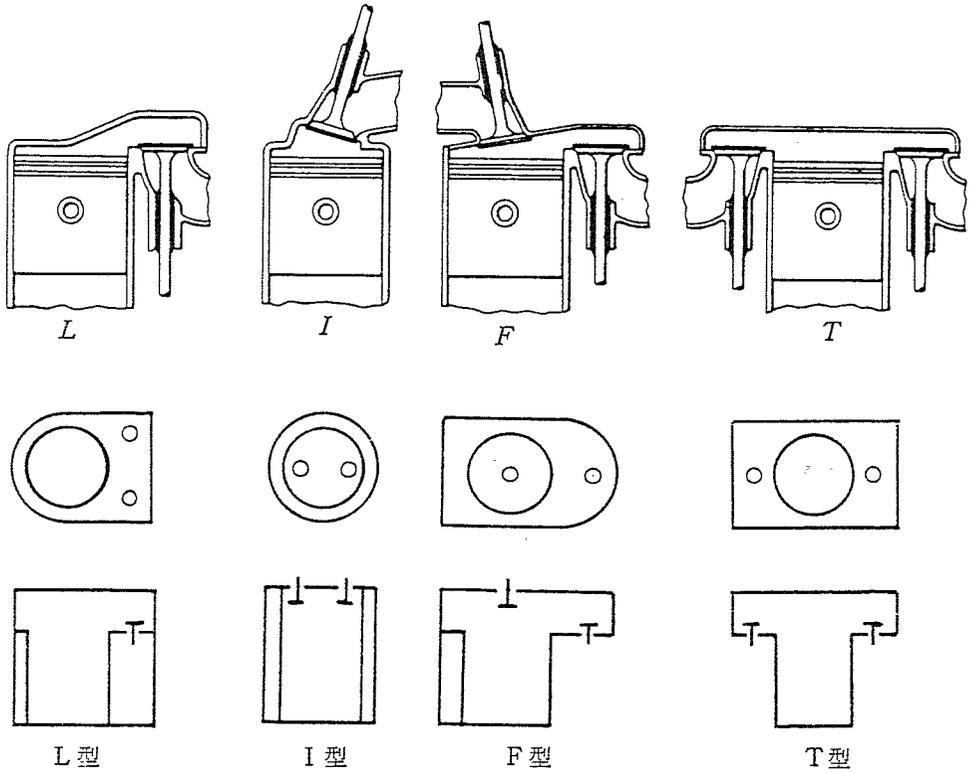


圖 1-5 閥裝置型式

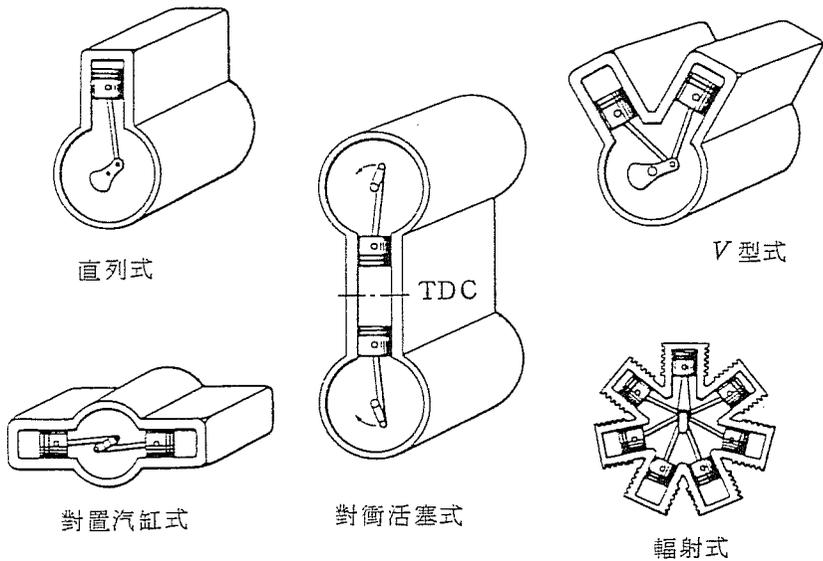


圖 1-6 汽缸排列型式

(5) 輻射式 (radial type) : 多個汽缸作輻射狀星型排列。

7. 按冷却方式分：

- (1) 水冷式引擎 (water cooled engine) : 利用冷却水在汽缸體水套內循環，使引擎冷却之內燃機。
 - (2) 空氣冷却式引擎 (air cooled engine) : 利用汽缸周圍之散熱片，經風扇吹動氣流，使引擎冷却之內燃機。
8. 按燃料分：
- (1) 輕油引擎：利用汽油或柴油為燃料之內燃機。
 - (2) 重油引擎：利用重油為燃料之內燃機。
 - (3) 煤氣引擎：利用煤氣為燃料之內燃機。
9. 按用途用：
- (1) 汽車用引擎：用於汽車動力之內燃機。
 - (2) 飛機用引擎：用於飛機動力之內燃機。
 - (3) 輪船用引擎：用於輪船動力之內燃機。
 - (4) 動力用引擎：用於一般動力機之內燃機。

參、四行程火花式內燃機

火花式內燃機是利用高壓放電所產生的火花，點燃在汽缸中被壓縮之空氣與燃油之混合氣，使其發生爆炸，產生高壓而推動活塞之一種機器，此種機器是根據法人 Beau de Rochas 所創之作用原理，由德人 Otto 於 1862 年首次應用於實際引擎。慢慢的，這種循環方式遂被稱為奧圖循環 (Otto cycle)。這種火花點火引擎主要用於轎車、貨車、大客車、小艇、飛機及農業機械等。

火花點火式內燃機可以用二行程循環 (曲軸每轉一週有一次動力行程) 或四行程循環 (曲軸每轉兩週有一次動力行程)，但是二行程引擎由於有大量之可燃混合物隨廢氣排出而遭受損失，故除了在某些情況為舷外機 (outboard motor) 或摩托車等外，二行程火花式內燃機並不廣泛採用。故大部份火花式內燃機都採用四行程循環，此循環之各行程順序如下：

1. 進氣行程 (intake stroke) : 進氣閥開啓，排氣閥關閉，活塞向下行並從化油器處吸入燃料與空氣之新鮮可燃混合物，如圖 1-7 (a) 所示。
2. 壓縮行程 (compression stroke) : 進排氣閥均關閉，活塞上行，

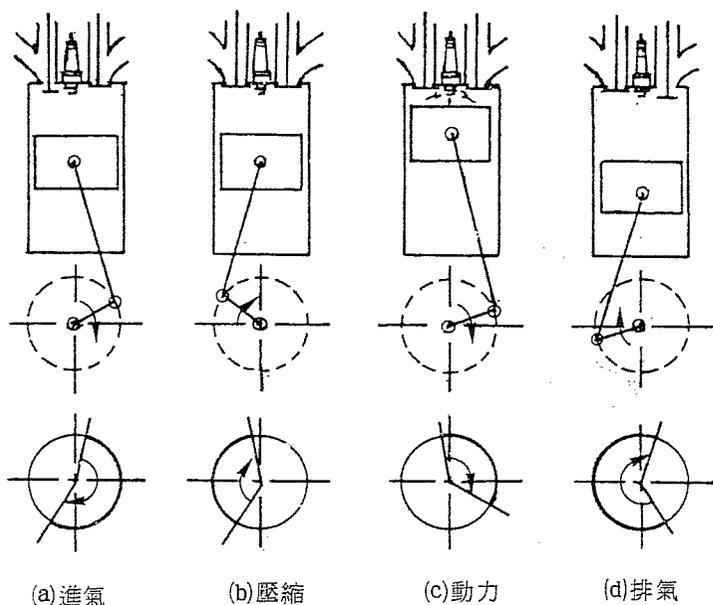


圖 1-7 四行程循環引擎之作用

將可燃之混合物壓縮，如圖 1-7 (b)所示。

3. 動力行程 (power stroke)：進排氣閥均關閉，被壓縮之可燃混合物為火花塞所點著，膨脹之氣體驅活塞下行產生動力，如圖 1-7 (c)所示。
4. 排氣行程 (exhaust stroke)：排氣閥開啓，進氣閥關閉，燃燒後之廢氣被上行之活塞驅趕，經由排氣閥排出，如圖 1-7 (d)所示。

肆、二行程火花式內燃機

爲了要瞭解二行程火花式內燃機基本原理之前，先要知道一些有關於內燃機中，有關容積之名詞解釋如圖 1-8 所示。

1. 上死點 (top dead center)，簡稱 TDC

當曲軸梢在最高點，即曲臂與連桿成一直線時，活塞頂面所在的位置稱爲上死點，在上死點時，活塞的瞬間速度爲零。

2. 下死點 (bottom dead center)，簡稱 BDC

當曲軸梢在最低點時，即曲軸臂與連桿重合在一直線上時，活塞