

汽車汽油发动机基本原理

张 燁 編 著

人 民 交 通 出 版 社

汽車汽油發動機基本原理

張 燁 編 著

汽車汽油发动机基本原理

张 燁 編 著

*

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版业营业許可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

*

1955年4月上海第一版 1964年3月北京第九次印刷

开本: 787×1092_{毫米} 印張: 2_量張

全書: 62,000字 印数: 47,281—52,580册

統一書号: 15044·4058

定价(科六): 0.36元

目 錄

一	氣缸內的燃燒.....	1
二	燃燒前的準備.....	8
三	燃料的準備.....	18
四	汽化器原理.....	26
五	發動機的性能.....	42
六	突爆和早燃.....	54
七	發動機的潤滑.....	62
八	冷却系.....	73

一 氣缸內的燃燒

我們知道，發動機的動力，來自燃料的燃燒。氣缸內燃料燃燒時的情況和變化，非常複雜，而對發動機運轉的影響却十分重要。

燃燒是什麼

燃燒是一種急劇的“氧化”過程。任何物質和氧氣化合，叫做氧化。例如汽油是氫原子（以符號H表示）和碳原子（以符號C表示）化合而成的物質；空氣中含有氧氣（以符號O表示）和氮氣（以符號N表示）。燃燒時，汽油中的氫和碳分開，氫和空氣中的氧化合成水（水是二個氫原子，一個氧原子的化合物，符號 H_2O ），碳和氧化合成一種氣體叫二氧化碳（符號 CO_2 ），這兩個化合作用，都叫做氧化。在氣缸中的這種氧化，進行得非常劇烈，發生大量的熱，產生火光，我們把它叫做“燃燒”。

空氣和燃油，要在一定條件下才能燃燒。例如把汽油和空氣的混合物充入氣缸，必須點火才能燃燒，而柴油噴入柴油機內便能起火，這是因為混合物要在一定的溫度下才能燃燒。另一方面，如果混合物中，汽油太多空氣太少（空氣重量為汽油的六倍以下時）或空氣太多汽油太少（空氣重量為汽油的20倍以上時），火花塞縱使發火，也不能燃燒。

燃燒時，發生大量的熱，燃燒一公斤汽油，約可發生10000

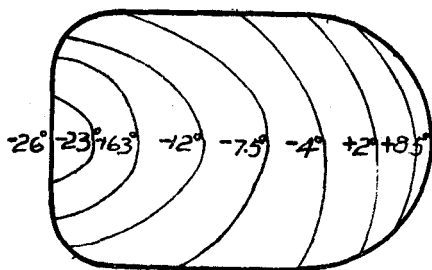
仟卡(熱量的單位)以上的熱,這叫做汽油的“熱值或發熱量”。

火焰的推進

氣缸內混合氣的氧化作用,分幾個階段:第一是先驅期。因為在混合氣受壓縮時,溫度上升,而氣缸內又存在着高溫的排氣閥、活塞、火花塞等物,一部分汽油和氧氣起比較緩慢的複雜的化合作用,產生一系列的中間生成物,但數量很少。如果到相當時期不發生火花,氧化便停止,不會引起燃燒。第二是發火期。火花塞產生火花,混合氣受到火花的熱,化合作用加強,氣體的溫度升高而發光,這便是可以看到的火焰。第三是推進期。火焰從火花塞端逐漸向四周展開,使未燃部分繼續燃燒,直到最遠部分為止。

由此可知火焰是逐漸推進的,從開始點火到燒完,必須

經歷一段時間,雖然這個時間非常短。這便是點火時間必須提早的理由。從實驗所得燃燒室中火焰推進的實例,見圖一。



火焰的推進:

—號——表示在上止點前的曲軸旋轉度數

+號——表示上止點後的曲軸旋轉度數

火花塞點火——上止點前 26 度

圖 一

在推進時,已燃部分溫度上升,壓力增高,將未燃部分混合氣壓縮,使它的溫度提高,而產生了先驅期的

緩慢氧化作用,生成許多中間物質。如果火焰很快地達到最後未燃部分,使它着火,則燃燒情況正常。如果火焰尚未到達以前,而這個最後部分混合氣,由於中間物質的加多及溫度提高

至能自己發火的溫度，便引起猛烈的燃燒（圖二），如同炸彈中炸藥的突然爆炸，稱為“突爆”。突爆時產生的高壓力，使氣缸震動而發生金屬敲擊聲，並發生高熱，排出黑烟，嚴重時可能損傷機件。突爆是一種應該避免的不正常燃燒。

燃燒時氣體的成份、壓力和溫度的變化

燃燒前後，氣缸中的氣體，在各方面都產生了變化：

第一是成份的變化。燃燒前是汽油和空氣的混合物，加上前次燃燒殘留下來的廢氣。燃燒後生成的氣體，有時叫做“燃氣”，主要是二氧化碳、水汽、空氣中未起作用的氮氣、未曾燒完的氧氣和汽油或少量其他生成物。

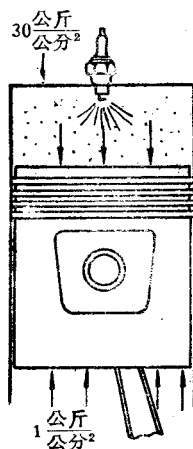


圖 三

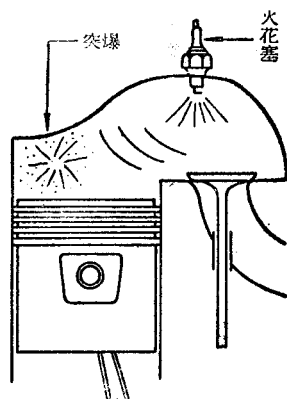


圖 二

第二是溫度的變化。在燃燒前，壓縮終了時的溫度約在 300°C 左右，但燃燒時產生大量的熱，燃氣溫度達 $1800\sim 2200^{\circ}\text{C}$ 。這是氣缸必須用水加以冷卻的理由。

第三是壓力的變化。氣體受熱，便要膨脹，因而產生高壓力。在壓縮終了時，壓力約為每平方公分 6 至 9 公斤，燃燒後上升到每平方公分 30 至 40 公斤（圖三）。

由於在氣缸內活塞上方有這樣高的燃氣壓力，而活塞下方只有大氣壓力（約每平方公分 1 公斤），所以活塞便被壓向下行，經

連桿推轉曲軸，產生動力而做工作。

活塞被壓下行時，它上方的氣缸容積增加，燃氣便進行膨脹。這叫做活塞的“膨脹行程”或“作工行程”。這時燃氣的容積增大，而壓力降低。

火焰前進的速率

燃燒需要經歷一段時間，而發動機內准許燃燒所用的時間非常短。例如每分 1800 轉的汽油機，燃燒時間約只有 $1/240$ 秒。所以燃燒過程要短。也就是火焰前進速率越快越好。

同時，全部混合氣，最好於活塞行至上止點時已經燒完(圖四左方)。因為這時燃燒室中容積最小，壓力可達最高，而全

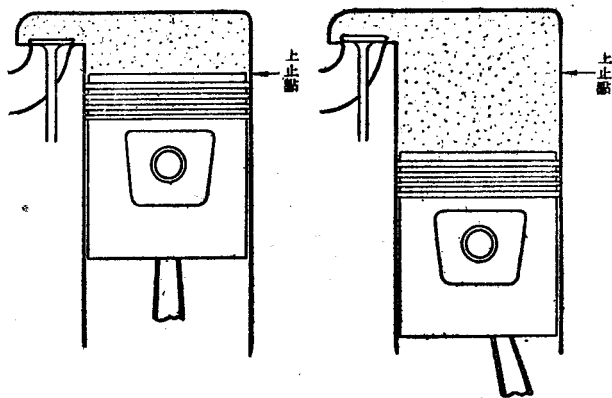


圖 四

部壓力，可用來壓下活塞，故產生的動力最大。如燃燒遲緩，直到活塞下行一段才燒完(圖四右方)，則此時氣缸中容積增大，燃氣已經膨脹，壓力便不能升至左圖那麼大小，於是產生的動力便減小了。此外，燃燒終止得遲，則排氣時廢氣的溫度較高，也要損失熱力。

燃燒遲緩還有一缺點，即發動機要發熱。因為燃燒得快，則燒完時高溫燃氣接觸的氣缸壁面積小（圖四左方），燃燒得慢，則後來燃燒的高溫燃氣接觸的氣缸壁面積大（圖四右方），接觸面積大則氣缸吸熱較多而溫度就提高。因此燃燒必須要快，才能提高經濟性。

影響燃燒快慢的因素

影響火焰前進快慢的因素很多，第一是混合氣中空氣和汽油的比例。據實驗結果，比理論混合比（約 15:1）稍濃的混合氣（13.5:1），燃燒速率最快；更濃或較稀的混合氣，燃燒都比較慢。

第二是節氣閥（油門）的開度。當開度小時，進入氣缸的混合氣較少。但氣缸中上次燃燒的殘餘廢氣還是那麼多，二者混和的結果，使混合氣變稀（汽油分子相對的減少），於是燃燒減慢。

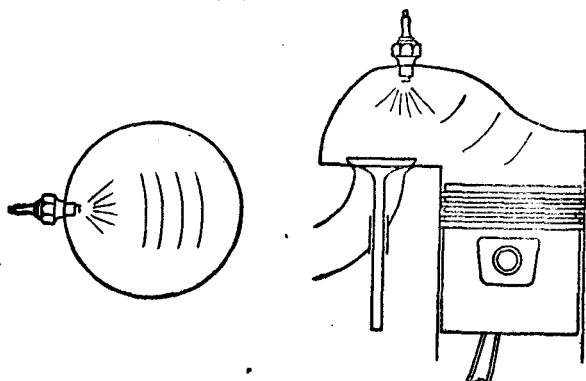
第三是氣缸壁的溫度。通常發動機冷却水的溫度自 75°C 至 90°C，如冷水溫度降低則氣缸壁溫度也降低，燃燒時氣體經氣缸壁傳出去的熱加多，氣體溫度降低，而燃燒速率減慢。下面是某一試驗的結果：

冷水溫度°C	41	61	93
燃燒歷時，曲軸轉度，	52°	47°	44°

冷却水溫度低，則曲軸箱內滑油的黏性增大，增加摩擦損失。

第四是發動機的轉速。燃燒時氣缸中氣體的擾動加大，則燃燒進行較快（圖五）。轉速快時，擾動加強，故燃燒加快。表一是實驗的結果。由表中可見，當轉速從 600 轉增至 1800 轉時，火焰前進時間減至近於三分之一。但曲軸轉度略增，這

是因為轉快了三倍的緣故。



靜止的球中火焰每
秒前進 2~4 公尺

有振動的氣缸中，火焰
每秒前進 15~30 公尺

圖 五

表 一

發 動 機 每 分 轉 速	600	1200	1800
火焰前進 95% 路程所歷時間，秒數	.016	.009	.006
同上，曲軸旋轉角度	56	64	73
火焰速度，每秒公尺數	12.6	28.5	—

第五是壓縮比。壓縮比加大，則壓縮完了燃燒開始時壓力和溫度都增大，因此燃燒加快，而歷時縮短。表二是實驗的證明。

表 二

壓 縮 比	4	5	6
燃 燒 歷 時	.0054	.0045	.0037

由上可知，燃燒速率越快越好，但在發動機工作期間，燃燒速率是經常變化的。

燃燒的不完全性

理想上，希望進入氣缸的汽油，能完全和氧氣化合，但實際上却有困難。因為燃燒生成物是二氧化碳（符號 CO_2 ）和水汽。但若把二氧化碳和水汽加熱到 2000°C ，便有一部分起分解。水分解為氫和氧，二氧化碳分離為氧和一氧化碳（ CO ）。在燃燒時，氣缸內一面由汽油與氧化合而產生水汽和二氧化碳，一方面它們又有一部分分解，兩個作用，同時進行。在一定溫度下，這兩方面的作用相平衡，即氫和氧化合生成水汽的數量，等於水汽分解為氫和氧的數量（二氧化碳也是如此），兩方面的物質數量便不起變化。

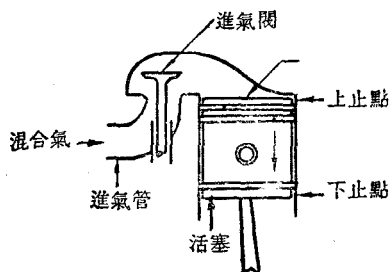
發動機中燃燒時溫度達 2000°C 以上，故一部分水汽和二氧化碳起分解，由於平衡作用，始終保持一部分的未完全燃燒成分（氫和一氧化碳等）。這當然使發生的熱量減少。並且，隨廢氣排出的一氧化碳極毒，我們必須注意。

二 燃燒前的準備

燃料在氣缸中燃燒以前，要經過兩項準備過程：①把燃油和空氣的混合氣吸入氣缸；②把混合氣加以壓縮。在混合氣被吸入以前，還有兩項工作：第一是把燃油和空氣依一定比例配製成可燃混合氣；第二是把氣缸中上次燃燒和工作後的廢氣排除出去。配製成混合氣，是發動機的附屬裝置——燃料系的任務，這裏暫且不談。本章只談一下混合氣被吸入、受壓縮和廢氣被排出去的三個過程。

吸氣過程

混合氣的吸入——當吸氣時，活塞在氣缸中由上止點向下移動至下止點（叫做吸氣行程）見圖六。此時進氣閥已開放，因活塞讓開而空出了地位，混合氣便從進氣管流入氣缸。活塞繼續下行，混合氣便繼續進入，一直到活塞走過下止點回向上行一小段，進氣閥關閉為止。吸氣



圖六

時間比曲軸半轉（ 180° ）略多些。進氣閥在過下止點後關閉，是由於此時活塞壓縮混合氣所生壓力不大，而外面的混合氣正順勢繼續衝進來，因而可多進入一些混合氣。

充氣重量

充氣量——吸入混合氣的容積，等於活塞讓開的容積（叫做活塞排氣量）。它等於氣缸截面積 $\times$ 活塞行程 $=\frac{\pi}{4} D^2 \times S$ （ $\pi = 3.1416$ ， D = 氣缸內徑， S = 活塞行程）。吸入混合氣的重量 = 活塞排氣量 $\times$ 混合氣的密度。吸入的重量越大，則燃燒後的平均壓力越高，可能產生的動力也越大。

密度是單位容積的重量（例如一公升混合氣的公斤數）。吸入氣缸中的混合氣密度，受到壓力和溫度變化的影響很大。

氣流阻力影響——理論上，吸氣完了時，氣缸中應充滿了等於大氣壓力（約 1 公斤/公分²）的混合氣。但當氣體流過進氣管道和進氣閥時，都要受到阻力，爲了克服這些阻力，並使混合氣能以一定速度流動，必須消耗掉一部分壓力，於是氣缸內的壓力，總是低於大氣壓力。氣體密度是隨着壓力而變的，壓力降低，密度也就減小，而實際吸入混合氣的重量就減少了。

要減少氣流阻力的影響，最好把進氣閥處氣流通路的面積加大。即把氣閥面積加大些（有些發動機進氣閥比排氣閥大），但這一點受到構造上的限制。也有把氣閥座角改爲 30°，以增大氣流通路。

轉速的影響——製成的發動機，氣道的大小雖不變，但吸氣壓力，還要按轉速和負載而變化。表三示一具汽車發動機在節氣閥保持全開，轉速因負載不同而變化時的壓力變化情況。從表中可見轉速每分從 700 轉增至 2100 轉時，壓力從 0.96 減至 0.80，即減 20%。

這是因爲轉速增加三倍時，活塞移動速度加快三倍，氣流速度也要加快三倍，才能有同樣重量的氣體進入氣缸。但由於高速時氣道中阻力的影響增大，故氣流不能以同樣比例增加。

也就是低速時充氣較佳，結果平均有效壓力和扭力也較大（扭力和平均有效壓力成正比）。

表 三

轉 速，每 分 轉 數	700	1400	2100
氣 缸 中 吸 氣 壓 力 公斤/公分 ²	0.96	0.91	0.80

節氣閥開度的影響——如因負載變更，而增減節氣閥開度，以保持轉速不變，則因氣道中受到節氣閥的阻力不同，而氣缸中吸氣壓力也不同，開度大時吸氣壓力大得多，充氣量和發出的馬力，當然也大得多了。表四是某一發動機實驗的結果。

表 四

節 氣 閥 開 度 百 分 數	100	65	40	25
氣 缸 中 吸 氣 壓 力 公斤/公分 ²	0.96	0.8	0.6	0.35
轉 速	2000 轉/分			

在實際運用中，節氣閥很少開足，所以吸氣壓力和密度比較小。轉速也時常變化，吸氣壓力也跟着變動。

溫度的影響——溫度增加則氣體膨脹而密度減小，使充氣量減少。混合氣的溫度，由於下面各種原因而變動：

1. 進氣歧管和氣缸或氣缸蓋連接，並和排氣歧管相聯，在運轉時受到傳來的熱，溫度比外界氣溫高些，混合氣通過進氣歧管時，溫度便提高 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{C}$ （圖七甲）。

2. 氣缸內的機件溫度都很高。根據實驗，水冷式發動機

氣缸壁的平均溫度近於 100°C ，進氣閥近於 150°C ，排氣閥近於 700°C ，鋁活塞頂部的溫度約自 $220\sim 270^{\circ}\text{C}$ 。混合氣和這些機件接觸，也吸熱而提高了溫度。

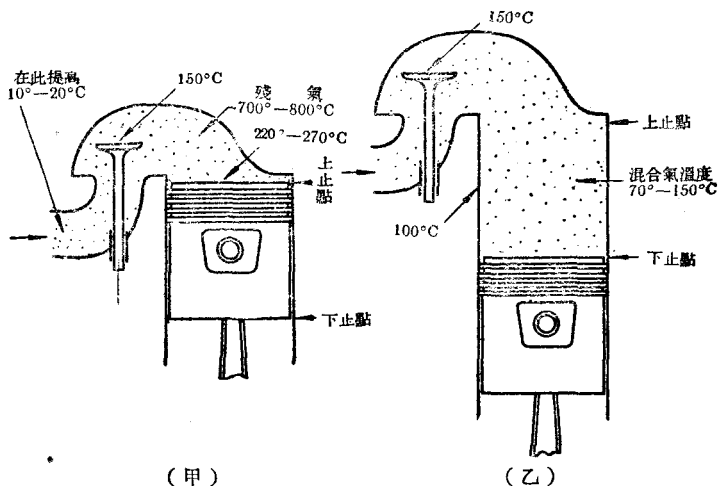


圖 七

3. 混合氣中的汽油，在進入氣缸前並未完全汽化。那些未汽化的液體油粒，在進氣管中及和氣缸中熱機件接觸時便要化汽。凡液體汽化，都要吸收熱，因此使溫度降低。混合氣越濃，則化汽的汽油數量越多，而溫度的下降越大。

上面由於從進氣管及熱機件受熱和因汽化失熱的三種情況引起的總結果，在高轉速時混合氣溫度約上升 15°C ，低轉速時約上升 25°C （用鋁活塞），高速時，混合氣和熱機件接觸的時間較短，所以溫度上升較少。

4. 在進氣行程開始時，氣缸中存有上次燃燒後未排盡的殘餘廢氣，它的溫度甚高，約為 $700^{\circ}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，超過汽油的自燃點很多。最初吸入氣缸的混合氣和此高溫殘氣相混和，溫度

升得很高，但因燃料數量極小，不致着火，以後活塞下移，氣體膨脹而溫度迅速降低，故不會燃燒。至下止點時，溫度約有 $70 \sim 150^{\circ}\text{C}$ ，見圖七乙。和未進入氣缸以前比較，溫度提高得很多。因此，密度和充氣量也要降低。

此外，節氣閥開度，也要影響吸氣終了時的溫度。因為開度小時進入氣缸的混合氣數量較少，而殘氣還是那麼多，混和後的溫度便要高些。

充氣效率——由上可知，理論上每次吸氣行程吸入氣缸的混合氣重量 = 活塞排氣容積 $\times$ 大氣溫度及壓力下的混合氣密度，而實際上吸入的混合氣重量 = 活塞排氣容積 $\times$ 吸入後混合氣的實在密度。後者常比前者少。我們把後者和前者的比，叫做“充氣效率”。即

$$\text{充氣效率} = \frac{\text{實際進入氣缸的混合氣重量}}{\text{理論上可能充入的混合氣重量}}$$

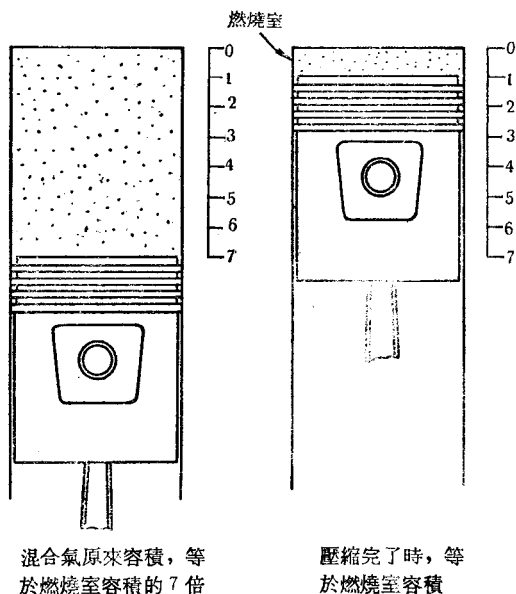
由上可知：①轉速增加，則充氣效率降低，據某一發動機的試驗結果，充氣效率最高是在 1000 轉時，約為 82% 至 85%，最高轉速時，只有 70%。②發動機機件的溫度高，則充氣效率降低，根據實驗，冷機和熱機的充氣量相差可達 15~20%。因此，加熱混合氣，也有降低充氣效率的影響。③進氣管道的阻力大，則充氣效率低，因此在構造上要使阻力減低。④節氣閥開度小，則充氣量減少，而發生的動力也小。但這種減小，是我們根據需要而加以控制的。

壓縮過程

壓縮比——吸入的混合氣，還要先由活塞加以壓縮後，才點火燃燒。壓縮時，活塞從下止點走向上止點，此時進排氣閥都關閉。混合氣被壓到極小空隙（燃燒室）中去。原來的總容

積和燃燒室容積之比，叫做壓縮比。見圖八。

為什麼要壓縮——壓縮後，氣體容積縮小，密度加大。着火後燃燒比較迅速，壓力上升較高，於是壓下活塞的力量加大。也就是發生的動力較大。這好比把火藥裝入砲筒，鬆鬆地裝進去爆發力不大，必須把它沖得結實，點着後爆發力才大。



圖八 壓縮比=7:1

壓縮比越大，也就是同樣多的混合氣壓縮得容積越小，則發生的動力越大，我們說發動機的“熱效率”越高。但壓縮比過大，燃燒時容易發生“突爆”。現代汽車汽油發動機的壓縮比約在 6:1 至 7.5:1 之間，例如格斯-51 的壓縮比為 6.2，吉斯-110 的壓縮比為 6.85。壓縮比高的，要用特種汽油。

壓縮前後的變化——混合氣受壓縮後壓力和溫度都提高。