

高等学校教学用书

高速柴油机

下 册

H.P. 布里林格等著

机械工业出版社

目 錄

第 六 章 混合物形成和燃燒室的構造.....323

§ 1. 一般情況.....	323
§ 2. 直接噴射燃燒室柴油機.....	326
1. 燃燒室的描述.....	327
2. 工作過程的參數.....	333
3. 混合物形成所需能量的確定.....	342
§ 3. 渦流室柴油機.....	351
1. 燃燒室的描述.....	352
2. 工作過程的參數.....	360
3. 渦流室連接通道通過斷面的計算.....	368
4. 汽缸蓋、渦流室和活塞的溫度狀況.....	378
§ 4. 預燃室柴油機.....	383
1. 燃燒室的描述.....	385
2. 工作過程的參數.....	390
3. 預燃室能量指標的確定.....	404
§ 5. 空氣輔助室.....	411

第 七 章 燃料供給與噴霧總成.....417

§ 1. 燃料供給與噴霧總成的工作條件以及供給系統的簡圖.....	417
§ 2. 調節供油的方法與噴油泵的構造.....	419
§ 3. 噴油泵出量的決定.....	449
§ 4. 噴油泵的特性.....	451
§ 5. 噴油泵特性的校正.....	456
§ 6. 噴油器.....	462
1. 開式噴油器.....	463
2. 閉式噴油器.....	467
§ 7. 汽缸供油特性的決定.....	481
1. 不穩定流動方程式.....	481

2. 不穩定流動方程式應用於 KKA3 油泵的實例	488
3. 在噴油器中發生的過程	494
第 八 章 燃料系統的輔助設備與機構	507
§ 1. 調速器	507
1. 兩極離心式調速器	510
2. 全程離心式調速器	517
3. 全程氣壓式調速器	524
§ 2. 聯軸節和改變噴射提前角的機構	531
§ 3. 輸油泵	537
§ 4. 燃料濾清器	542
第 九 章 高速柴油機的特性曲線	549
第 十 章 起動裝置和柴油機的起動	566
§ 1. 起動前柴油機的熱力狀態	566
§ 2. 不同的條件對柴油機起動的影響	571
§ 3. 起動的基本方法和起動機械	576
§ 4. 便利起動的輔助方法	586
第十一章 柴油機的增壓	593
§ 1. 一般情況	593
§ 2. 增壓簡圖	597
§ 3. 增壓器形式及其特性	600
§ 4. 增壓時柴油機的空氣消耗量	614
§ 5. 具有驅動的增壓器增壓的柴油機的功率與經濟性	621
第十二章 運輸用高速柴油機的構造	634
1. 運輸用柴油機構造的基本技術指標	634
2. KDM-46 柴油機	639
3. KД-35 HATH 柴油機	647
4. Д-54 柴油機	656
5. СМC Д-7 柴油機	660
6. ДА5-204 柴油機	665
7. 查烏列爾柴油機(有增壓器的直線式)	670

8. B-2 和 J-6 柴油機	677
9. 查烏列爾柴油機(有增壓器的 V 式)	687
10. 並列的動力總成的 GMC 柴油機	691
11. 並列的動力總成的雷拉特柴油機	693
12. 塔脫拉柴油機	697
13. 雪米林柴油機(有增壓的)	700
參考文獻	704

第六章 混合物形成和燃燒室的構造

§ 1. 一般情況

按照燃燒室的構造，高速柴油機可分為兩種基本的類型：

- (1) 具有不分開的燃燒室，它稱為直接噴射室；
- (2) 具有分開的燃燒室。

在燃燒室不分開的柴油機中，燃燒空間是由活塞頂和汽缸蓋底面組成的一個容積。在這容積中進行燃料的霧化過程以及它與空氣充量的混合和燃燒。

燃燒室的構造形狀，部份地是從經過實踐的固定柴油機燃燒室獲得的，而且某些工廠在運輸用高速柴油機中完全保留了與固定柴油機一樣的燃燒室形狀。但是在高速柴油機的高速度下，由於工作過程的進行不夠滿意，必須尋覓新的方法來減少燃料的消耗，降低燃燒最高壓力 p_z 和過量空氣係數 α 及提高平均有效壓力 p_e 。

設計這種高速度的柴油機的困難任務之一；是將空氣充量分配到不分開的燃燒室中，和在混合物形成的過程中空氣充量產生有規律的運動；因此另一種不分開的燃燒室形狀得以推廣，它具有兩個獨立的容積。這兩個容積用通過斷面較大的連通道連接。當空氣和熾熱的氣體從一個容積流入另一個的時候，雖然內部表面較大，但由於流動阻力不大，所以在這種燃燒室中熱量損失減縮到最小。

圖 188 表示不分開燃燒室的典型圖。在圖 188, a 和 b 所表明的燃燒室中，混合物形成的正確的發展發生於：

- (1) 由於利用帶導氣屏的進氣閥或在二衝程發動機中利用適當傾斜排列的換氣孔所獲得的渦流運動；

(2) 當燃燒室的形狀與霧狀焰體的形狀和油注的分配相符合的時候。

在這種燃燒室中，獲得了滿意的耗油率和高平均有效壓力。

在圖 188, ϵ 和 ι 所表明的具有連通兩個容積的寬口的燃燒室中，也得到高的能量指標和經濟指標。在這種構造中，燃燒室位於活塞內。這種情況使熱量損失比燃燒室安置在汽缸蓋中的構造為少，因為從活塞頂通過空氣介質和通過活塞環傳出的熱量比較少。

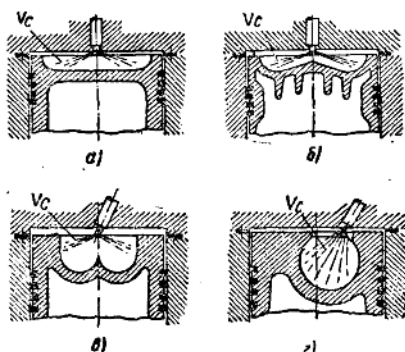


圖 188. 不分開的燃燒室簡圖：

a 和 b —單獨的直接噴射室； c 和 d —位於活塞中的雙燃燒室。

在燃燒室分開的柴油機中，利用在壓縮衝程和在燃燒過程中通過連接口或通過一些通道的氣體流動的能量，來保證噴成霧狀的燃料與空氣強烈的混合。但壓縮和膨脹時氣體流動過程是在高速度下進行的，並伴隨着發生附加的流動損失和熱量損失。在燃燒室分開的柴油機中，壓縮空間通常是由安置在汽缸蓋中的特別形狀的附加容積（球形，階級柱形等）和活塞頂上面的容積所組成的。

圖 189 中給出分開的燃燒室的示意圖。

按照混合物形成的原理，燃燒室的主要構造可以分為三類：

- (1) 渦流室（參看圖 189, a , b 和 c ）；
- (2) 預燃室（圖 189, d ）；

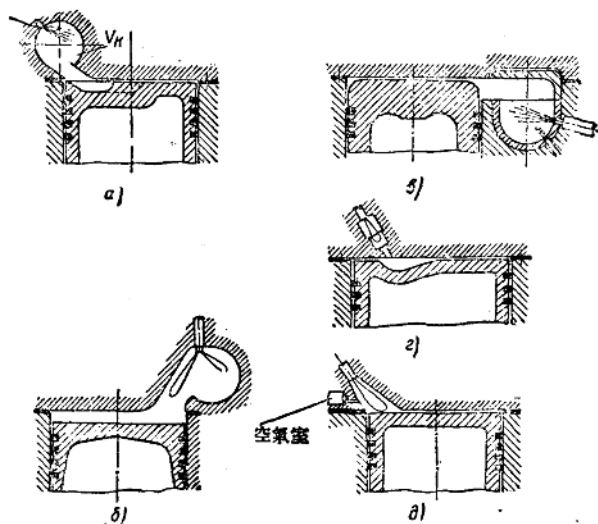


圖 189. 分開的燃燒室簡圖

(3) 輔助空氣室(圖 189, d)。

許多設計者做了有成就的嘗試來合併各別燃燒室的優點，以產生這種燃燒室，在其中消除了各別混合物形成形式的缺點。例如，爲了改良發動機起動的性能或爲了提高熱過程的效率，就曾合併各別的混合物形成的形式。

高速柴油機的工作過程應該保證：高的經濟性，高的平均有效壓力，適度的最高燃燒壓力 P_z ，在轉數和負荷變動時的工作靈活性，容易起動。

當選擇燃燒室構造時，必須儘可能減少與工作過程相聯系的損失，以保持柴油機循環的主要優點——高度的經濟性。

在燃燒室不分開的柴油機中，由於其中沒有燃燒室分開的柴油機中所固有的附加的熱量損失和流動損失，所以能在這方面得到最大的效果。

通過空氣充量的利用與小的熱量損失、流動損失和機械損失來達到高的平均有效壓力。高的 p_e 數值可以使柴油機的尺寸和重量減小並提高每公升的功率。

高的燃燒壓力和粗暴的工作引起連桿曲柄機構的加重和磨損的增加。

柴油機工作的靈活性以工作過程對速度和負荷情況變動的迅速反應來表徵，此時應該保證比耗油量的穩定性。

易於起動是必要的條件，任何燃燒室的構造應該滿足這條件。爲了保證發動機易於起動，燃燒室應該具有最小的比表面並且最小的熱量損失和流動損失。從所有混合物形成的形式中，直接噴射式柴油機具有最優良的起動性能。

§ 2. 直接噴射燃燒室柴油機

在直接噴射式柴油機中，燃料噴入由任何構造形式的活塞頂、汽缸蓋底面和汽缸壁所組成的燃燒室中。燃料在燃燒室中的分配過程和工作混合物的形成過程是與噴油器的噴嘴構造有關，並與燃料供應的條件、燃燒室的構造及燃燒室內的渦流有關。

在每一個各別的情況下，燃燒室的形狀確定於噴嘴的構造——孔的數目、孔的直徑和油注的方向。在某些構造中採用使燃料通過環形縫隙完全噴成霧狀的噴嘴。

在直接噴射式柴油機中，燃燒過程的效果可以用下列方法達到：

(1) 使噴成霧狀的燃料的全部質量在燃燒室中均勻的分佈，在這種情況下渦流速度祇有次要的意義；

(2) 當燃料噴成霧狀時，由於空氣充量有顯著的渦流運動。

在燃燒室的主要構造中，利用裝置方向適當的進氣閥，帶有導氣屏的進氣閥（圖 190），和特別形狀的活塞頂可以造成空氣渦流。但前面兩種因素祇能形成強度較弱的渦流。在進氣閥上安置導氣屏，減少了通過面積，因而也降低充氣係數，因此這種氣閥在高速柴油機製造中實際上沒有得到廣泛的應用。

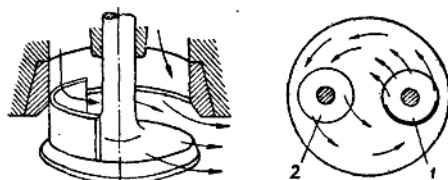


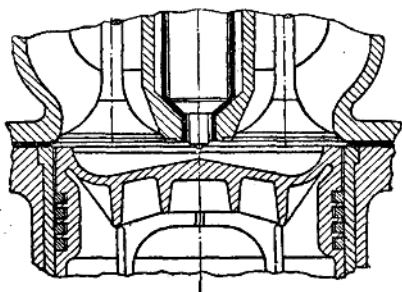
圖 190. 具有導氣屏的進氣閥：

1—進氣閥； 2—排氣閥。

在設計燃燒室時，應該注意到要求小的比冷卻表面的數值，就是，燃燒室所有表面與壓縮空間容積之比應該小。

應該分為冷卻水直接接觸的表面——汽缸壁與汽缸蓋——和冷卻水不直接接觸的表面——活塞頂。第一種表面冷卻激烈，因此最好減小它的相對數值。

直接噴射式發動機具有高的噴霧壓力。這允許燃料獲得足夠有效的噴細和它在壓縮空氣工質中的貫穿能力。



1. 燃燒室的描述

直接噴射式燃燒室在構造上形成各種不同的式樣，這從下列的構造可以看出。

耶羅斯拉夫斯基汽車工廠的二衝程柴油機 (ЯАЗ-204) (圖 191) 具有圓錐狀的活塞頂外形。在燃料噴射的一瞬間，活塞邊緣將

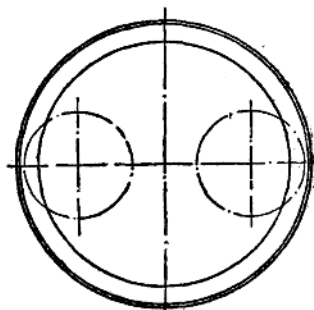


圖 191. ЯАЗ-204 柴油機的燃燒室

冷的汽缸壁遮隔。開式的噴油器安置在中部並具有六個直徑為0.15公厘的孔。噴成霧狀的錐形等於 155° 並適應於活塞頂錐形。

換氣口的傾斜造成繞汽缸軸線的空气渦流運動。多孔噴嘴和空氣充量的強烈渦流保證在這燃燒室中燃料的均勻分配。活塞由可鍛鑄鐵做成，它的頂部為從連桿頭飛濺出來的潤滑油所冷卻。由於二衝程過程的高的平均溫度，所以採用可鍛鑄鐵製成的活塞。

蘇聯的 B-2 柴油機的燃燒室表示於圖 192。噴油器放在中心並在氣閥導管之間。由於空氣從活塞上部沿着汽缸周圍的環狀空間流進活塞頂的空穴，故形成不很強烈的渦流。用具有七個直徑為 0.25 公厘噴孔的多孔噴油器得到燃料均勻分配的目的和品質優良的混合物形成。噴嘴針閥的開啓壓力為 200 公斤/平方公分。

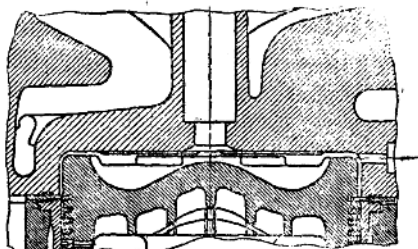


圖 192. B-2 柴油機燃燒室

圖 193 為重型載重汽車所用的，空氣冷卻的捷克塔脫拉 (Tatra) 柴

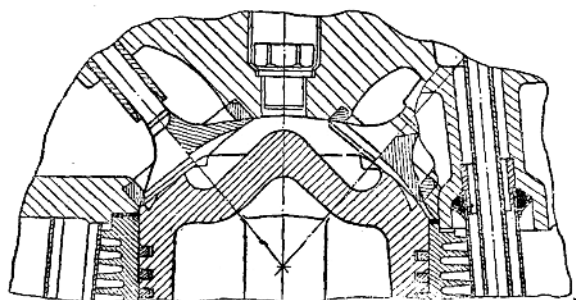


圖 193. 帶有傾斜閥的柴油機燃燒室

油機的燃燒室。當噴油器安置在中心時，氣閥傾斜的安排允許獲得進氣閥與排氣閥增大的通過面積。在汽缸蓋中的帳幕頂式的燃燒室形狀，確定了活塞的圓錐角等於 90° 。

燃料通過五個孔的噴嘴而噴入。在這種柴油機中，進氣閥和排氣閥的直徑與汽缸直徑的比例較高，並相應地爲： $\frac{d_{en}}{D}=0.41$ ， $\frac{d_{ex}}{D}=0.34$ 。

圖 194 所示爲查烏列爾(Завреп)汽車發動機的燃燒室。在這種燃燒室中，藉助於吸氣與壓縮的渦流作用來實現複式渦流的原理。空氣通過兩個有導氣屏的進氣閥進入汽缸，由於這樣的結果便產生繞汽缸軸線的週轉運動。在壓縮衝程中，空氣流往位於活塞頂部中的心臟形狀的室中。伴隨着這種流動發生了與汽缸中心軸線垂直的新渦流運動。當活塞在上止點時，噴油器的噴嘴孔突出汽缸蓋平面 8 公厘並伸入活塞的燃燒室中 6 公厘。這種噴嘴孔的佈置在實際上所採用的噴射提前角下保證燃料在活塞的燃燒室內噴成霧狀。噴霧由四個直徑爲 0.18 公厘的孔進行。噴油器針閥的開啓壓力等於 185 公斤/平方公分。

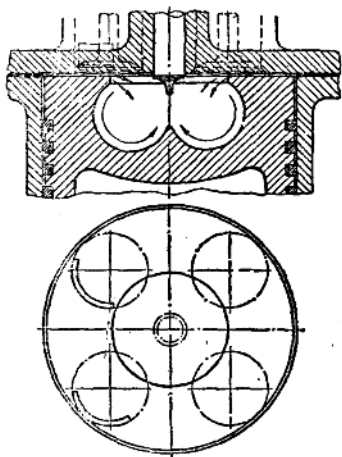


圖 194. 位於活塞中的環形燃燒室

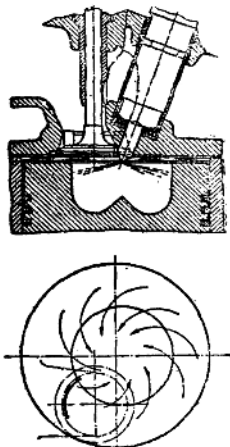


圖 195. 位於活塞中的圓柱形燃燒室

圖 195 表明具有導氣屏進氣閥的汽車柴油機燃燒室，而且是位於活塞中的圓柱形燃燒室。爲了增加進氣閥的尺寸，噴油器傾斜着安置；活塞中的燃燒室是對汽缸中心軸線偏心地安置着的。噴嘴有四個孔，並且在燃料噴射的一瞬間低於活塞頂的表面。

圖 196 表示位於活塞中的球形燃燒室，室中含有壓縮空間全部空氣的 81%。噴油器的噴嘴直接安置在球形邊緣。進入活塞的通過面積需如此之大，以使空氣流能以微小的速度通過。這種柴油機安裝平座式噴嘴(參看圖 133)，它保證燃料在整個球形容積中均勻的噴成霧狀。噴油器針閥的開啓壓力相當於 130 公斤/平方公分。

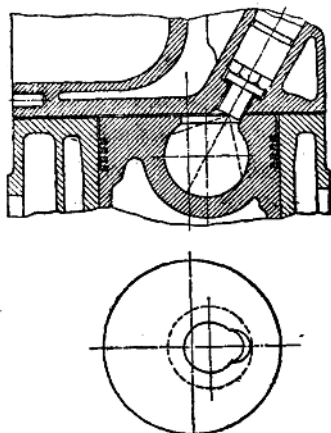


圖 196. 位於活塞中的球形燃燒室

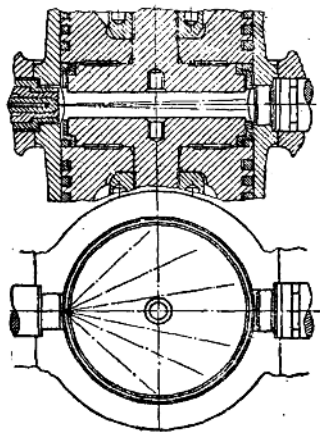


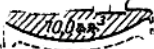
圖 197. 具有活塞對稱運動的柴油機燃燒室

按照燃燒室的外形而言，具有活塞對稱運動的蒼克斯(Юнкерс)二衝程發動機燃燒室(圖 197)是最簡單的燃燒室。換氣口的位置保證空氣充量在兩個活塞頂之間的汽缸中發生迴轉運動。在最高速度下，當達到約 600 公斤/平方公分的大壓力之下通過開式噴油器噴射燃料。噴嘴口噴射的油面形成對活塞頂成 15° 角的平扇形。爲了得到較大的耐熱性和減少發火延遲時間，在活塞頂鑲上耐熱鋼製成的可分離部份。

某些與汽車的型式相比具有較大工作汽缸尺度的四衝程柴油機，裝備 B-2 類型直接噴射式的燃燒室，具有多孔噴油器(孔數 7—10)。在這類燃燒室中，空氣充量的渦流運動不很強烈，而混合物形成的過程完全依賴於燃料在壓縮空氣工質中正確的和均勻的分佈。被噴射的燃料

應該越過所形成的一個跟着一個的燃燒區域，祇有在這種情況下，最後的油粒才能射到外圍和利用那邊所存在的氧氣。由實驗確定，在較大尺度的汽缸中，當無渦流的混合物形成時，燃料噴射過程應該以增高的速度來進行。按照噴射的程度，最後的油粒的貫穿能力應增加。在這

表 35.

室的形狀	壓縮室的總表面 S_c		強烈冷卻的表面 S_a	
	公 分 ²	對最小表面的%	公 分 ²	對最小表面的%
球 形 	82.1	—	—	—
球狀弓形 	182.4	100	89.9	100
圓柱形室 	199.8	109.5	113.2	126
半球形室 	206.3	113.0	89.9	100
分開的球形室 	213.8	117.1	108.6	120.7
在活塞中的球形室 	235.6	129.1	89.9	100

發動機壓縮比 $\epsilon = 17.0$.

壓縮空間容積 $V_0 = 70.0$ 立方公分。

$S/D = 130/105$.

種情況中，保證了工作過程較好的經濟性。

表 35 中列出柴油機燃燒室的絕對的和相對的冷卻表面，這些柴油機雖具有不同的燃燒室構造形式，但具有同樣的壓縮比。

在表 35 中給出總冷卻表面 S_c 和直接用水冷卻的強烈冷卻的表面 S_u 的數值。最有利的形式是球狀弓形，在其中總的冷卻表面與用水強烈冷卻的表面都是最小。在其他形狀，總的冷卻表面是顯著地大些，然而強烈冷卻表面在某些簡圖則並不超過最小的數值，例如圖 196 所表示的燃燒室中總的冷卻表面大 29.1%，而強烈冷卻的表面不超過最小的數值。在這種室中壓縮空氣的大部份集中於安置在活塞中的容積內，所以氣體流動並不引起很大的熱量損失。

表 36 示燃燒室參數，比較表面 S_c 和 S_u 對燃燒室容積 V_c 的比值，與強烈冷卻的表面 S_u 對總的表面 S_c 的比值。

表 36.

柴油機名稱	汽缸直徑 D 公厘	活塞衝程 S 公厘	汽缸排量 V_A 公升	壓縮比 ϵ	$\frac{S_c}{V_c}$ 公分 ² /公分 ³	$\frac{S_u}{V_c}$ 公分 ² /公分 ³	$\frac{S_u}{S_c} 100\%$
HA3-204.....	108	127	1.160	16.0	3.07	1.26	41.2
B-2.....	150	180	3.180	14.0	2.14	1.20	49.0
		186.7	3.900				
塔脫拉.....	110	130	1.235	16.0	4.96	1.59	31.9
查烏列爾.....	110	150	1.425	14.5	2.47	0.96	38.8
蘇克斯.....	85	240	1.930	17 23	1.90	0.40	24.3
圓柱形室在活 塞中的柴油機..	105	146	1.263	16.0	2.72	1.10	40.4
球形室在活 塞中的柴油機....	105	130	1.125	17.0	3.32	1.28	38.2

蘇克斯發動機的燃燒室由於具有兩個對移活塞的構造，獲得最小的 $\frac{S_u}{S_c}$ 比值。在其餘的發動機中，這比值約從 32 到 49%。

直接噴射的特性是小的比值 $\frac{S_c}{V_c}$ 。但以上所研究的空氣冷卻的柴油機的燃燒室為例外。

2. 工作過程的參數

直接噴射式柴油機的熱過程具有下列特點：

- (1) 活躍的燃燒過程中，每度曲柄轉角的壓力增加率 $\frac{\Delta p}{\Delta \alpha}$ 相當大；
- (2) 高的燃燒壓力 p_z ；
- (3) 高的平均有效壓力 p_e ；
- (4) 低的比耗油量 g_e 。

表 37 中示出在額定轉速下許多柴油機的熱過程的參數，在這些柴油機中，ЯАЗ-204、查烏列爾與蓉克斯在進氣與壓縮過程中形成劇烈的空氣渦流，而 B-2 柴油機與具有同一類型燃燒室的單汽缸柴油機[51]則在空氣充量渦流很小的情況下工作。

表 37.

名 稱	n 轉/分	α	p_z 公斤/公分 ²	$\frac{p_z}{p_e}$	$\frac{\Delta p}{\Delta \alpha}$ $\frac{\text{公斤}}{\text{公分}^2 \cdot \text{度}}$	p_e 公斤/公分 ²	g_e $\frac{\text{公分}}{\text{馬力} \cdot \text{小時}}$
ЯАЗ-204....	2000	—	70	1.97	—	5.45	220
B-2.....	2000	1.70	72	2.00	—	6.00	176
單汽缸柴油機	1600	1.58	75	2.00	8.8	6.55	196
查烏列爾....	2000	1.30	54	1.57	2.2	6.30	202
蓉克斯.....	1700	—	83	2.00	2.2	6.52	165
柱形燃燒室在 活塞中的柴油機	1800	—	67	1.82	—	6.05	186
球形燃燒室在 活塞中的柴油機	2200	1.50	62	2.00	6.3	6.05	170

在渦流運動小的燃燒室中，相當大的壓力增加速度是由於大的燃料發火延遲時間的結果。在燃燒開始時，累積着相當大的燃料部份活躍地參加反應，並且在這一瞬間燃料已部份地處在汽化狀態。在燃燒開始前燃料完全噴入活塞中的球形燃燒室的實驗結果與燃燒開始前噴入燃料 62% 的單汽缸發動機的實驗結果可以作為示範的例子。在這些柴油機中表明燃料燃燒過程是不可控制的。在這情況下為了獲得有效的過程起見，燃料在空氣充量中的分配應在燃燒開始前一瞬間完成。

圖 198 援引在活塞中的球形燃燒室柴油機的實驗數據作為證明，

在這柴油機中的噴射延續時間為 14.5° 曲柄轉角。

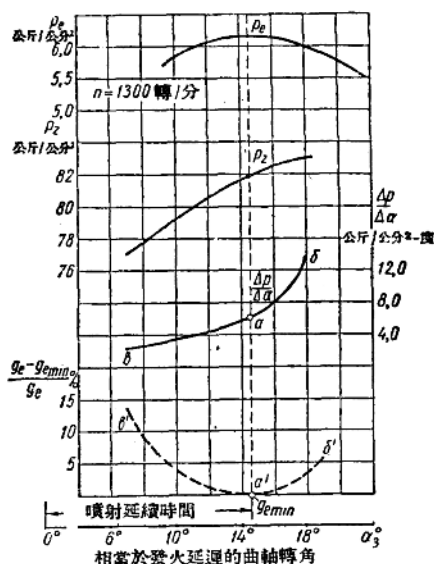


圖 198. 與發火延遲時間有關的 p_e , p_z , $\frac{\Delta p}{\Delta \alpha}$ 曲線以及相對的比耗油量的曲線變動。球形燃燒室在活塞中的柴油機

實驗證明，在發火延遲時間和噴射延續時間相等時得出最有利的情況 (a' 點)，即相當於最高的平均有效壓力與最小的耗油量。

在發火延遲時間超過噴射延續時間 ($a-\delta$ 段) 的情況下，因為不正確的燃料分配惡化了工作過程。由於油粒來得及附着在燃燒室壁上，同時由於活塞壁的劇烈輸出熱量而油粒汽化並參加急速的燃燒反應，這些原因引起顯著的壓力升高。不均勻的燃料分配惡化了它的指示效率。由於與較大的燃燒壓力相聯繫的機械損失的增加，比耗油量也相對的升高 ($a'-\delta'$ 段)。

假如發火延遲時間少於噴射延續時間 ($a-\delta$ 段)，那末全部燃料的分配在這種情況下也是不均勻的，並在燃燒室中出現空氣未被利用的

區域。在發火以後燃燒過程破壞了從噴油器所噴入的燃料分配。以後它的進行便與燃料噴射規律不符合。燃燒過程是按照時間發展的，在工作過程經濟惡化的同時（ $a'-e'$ 段）， $\frac{\Delta p}{\Delta \alpha}$ 的數值是減小了。

在蓉克斯發動機中，由於耐熱的活塞邊緣的高溫可以得到壓力增加率不大的工作過程，這從表 37 的數據中可見。

應該指出，蓉克斯柴油機在發火延遲時期內僅噴入 14% 的燃料。

圖 199 給出蓉克斯柴油機按照曲柄轉角展開的示功圖與燃料供給曲線。從後者可見，在 15° 曲柄轉角內噴射全部燃料的 90%；此時 $\frac{\Delta p}{\Delta \alpha}$ 達到每 1° 曲柄轉角 2.0—2.5 公斤/平方公分的數值。在所供給的全部燃料中，25% 在上止點以前噴入，而 75% 在上止點以後噴入。

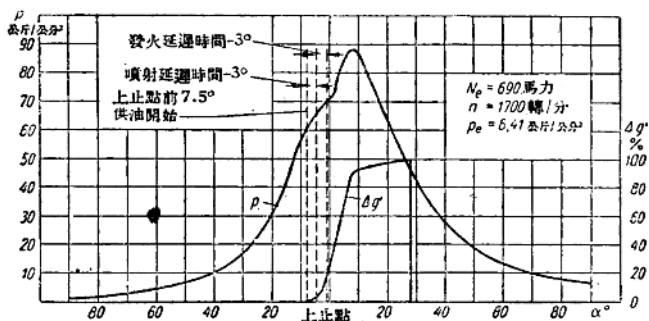


圖 199. 蓉克斯柴油機展開的示功圖與熱量傳遞曲線。在過程的不同相位進入汽缸中的燃料量（以總供應量的百分率計）：在上止點以前 25%，在上止點以後 75%，發火延遲時間 14%，壓力增長時間 71%，膨脹時間 15%

在這種發動機中，高的熱過程效率是由於下列各因素影響的結果：劇烈的空氣渦流與熾熱的鋼製的活塞頂的熱效應，細微的燃料噴散，高的噴射壓力，小的熱量損失（ $\frac{S_u}{S_c} = 24.3\%$ ）以及高的壓縮比。一切在上面指出的因素對獲得小的發火延遲時間的數值發生影響——這數值為控制過程的主要因素，即在這過程中每一個從噴油器噴出的油粒要空氣來保證，使它不僅很快發火而且要很快燃燒。 $\frac{\Delta p}{\Delta \alpha}$ 的數值與燃料在