

内 燃 机

译 文 集

內 容 簡 介

本文集包括12篇譯文，主要論述了当前国外內燃机发展的趋向和研究的成果，其中以燃燒理論研究和渦輪增压为重点，介紹了M-过程的燃燒理論以及根据这种原理所設計的 发动机。同时也着重介紹了一些目前国外比較先进的应用于各种运输机械上的柴油机。另外，还提供了关于渦輪增压柴油机热强度、气門机构动力学等方面有参考价值的論文資料。

本文集所收集的文章，与当前科研、生产和教学等方面有較密切的联系，文中附有較多的表格、曲綫图和照片，有几篇文章后面还載有技术专题討論記錄。

本文集可供从事內燃机研究、生产和有关方面的工程技术人员閱讀，也可供大专院校师生参考。

內 燃 机 譯 文 集

呂 慎 剛 等 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

人民卫生出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印張 10¹/₈ 236 千字

1965 年 9 月第一版 1965 年 9 月第一次印刷 印数：0,001—3,800册

統一书号：15034·901 定价：(科七) 1.40元

序

內燃机工业的发展与国民經济的各个部門有着密切的关系。它是工业、农业以及国防建設不可缺少的动力机械，使用极为广泛。因此，世界各国对于內燃机的新技术发展，予以极大的重視。

目前，柴油机在国外发展的趋势，是在延长使用寿命和可靠性的同时，不断地提高功率和改善經濟性。在这种情况下，燃燒理論的研究就成为当前柴油机研究工作的主要方向。西德茅瑞尔根据近代燃燒动力学方面的研究成果和經驗，提出了 M-燃燒过程的新原理。西德 M. A. N. 公司根据这种原理設計的发动机具有很多优点，如燃燒完善、工作柔和、噪音小、性能指标高，同时又能燃燒重柴油、煤油、高辛烷值汽油等点火性能較差的燃料。这种燃燒过程的研究引起了各国发动机研究部門和軍事部門极大的兴趣。因而本文集重点收集了有关国外柴油机燃燒理論研究方面的資料（共 3 篇），如分开式燃燒室柴油机的渦流与燃燒；燃油噴射方向和壁溫对柴油机燃燒的影响；M-过程的动力学解釋等，可供研究燃燒过程的化学机理、提高燃燒热效率和降低燃燒噪音以及烟度等有关問題时参考。

另外有 5 篇文章介紹当前国外柴油机的发展趋势和一些較为先进的柴油机，如苏联的 ЯМЗ-238 汽車柴油机，西德的 D2850M1U 機車柴油机，美国的 12V-142 型扫雷艇柴油机，AC-21000 和 AC-16000 型柴油机。关于闡述渦輪增压柴油机热强度，气門机构动力学等方面的文章共有 4 篇。

編譯这些資料对我们來說，还是初步尝试，加之時間紧促，經驗不足，所以錯誤和缺点一定不少，希望讀者能提出宝貴意見并予以指正。

錢 钟 魯

目 录

序.....	(3)
分开式燃烧室柴油机的涡流与燃烧.....	(5)
M-过程的动力学解释	(30)
M. A. N.-M型高速非增压柴油机.....	(40)
燃油喷射方向和壁温对柴油机燃烧的影响.....	(49)
ЯМЗ-238 H 型柴油机的涡轮增压研究	(60)
汽车与拖拉机柴油机用涡轮增压器的结构布置展望.....	(69)
4 $\frac{1}{2}$ 磅/馬力动力装置以刚性和使用可靠性为特征的 900 馬力船用 柴油机的演变和发展.....	(75)
ЯМЗ 新型发动机	(89)
关于苏联高速柴油机未来发展的一些任务.....	(94)
艾利斯-查墨斯 (Allis-Chalmers) 公司两台新柴油机的发展	(103)
柴油机热强度比較评价的参数.....	(138)
关于内燃机气門动力状况的研究.....	(149)

内 燃 机

译 文 集

內 容 簡 介

本文集包括12篇譯文，主要論述了当前国外內燃机发展的趋向和研究的成果，其中以燃燒理論研究和渦輪增压为重点，介紹了M-过程的燃燒理論以及根据这种原理所設計的 发动机。同时也着重介紹了一些目前国外比較先进的应用于各种运输机械上的柴油机。另外，还提供了关于渦輪增压柴油机热强度、气門机构动力学等方面有参考价值的論文資料。

本文集所收集的文章，与当前科研、生产和教学等方面有較密切的联系，文中附有較多的表格、曲綫图和照片，有几篇文章后面还載有技术专题討論記錄。

本文集可供从事內燃机研究、生产和有关方面的工程技术人员閱讀，也可供大专院校师生参考。

內 燃 机 譯 文 集

呂 慎 剛 等 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

人民卫生出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印張 10¹/₈ 236 千字

1965 年 9 月第一版 1965 年 9 月第一次印刷 印数：0,001—3,800册

統一书号：15034·901 定价：(科七) 1.40元

序

內燃机工业的发展与国民經济的各个部門有着密切的关系。它是工业、农业以及国防建設不可缺少的动力机械，使用极为广泛。因此，世界各国对于內燃机的新技术发展，予以极大的重視。

目前，柴油机在国外发展的趋势，是在延长使用寿命和可靠性的同时，不断地提高功率和改善經濟性。在这种情况下，燃燒理論的研究就成为当前柴油机研究工作的主要方向。西德茅瑞尔根据近代燃燒动力学方面的研究成果和經驗，提出了 M-燃燒过程的新原理。西德 M. A. N. 公司根据这种原理設計的发动机具有很多优点，如燃燒完善、工作柔和、噪音小、性能指标高，同时又能燃燒重柴油、煤油、高辛烷值汽油等点火性能較差的燃料。这种燃燒过程的研究引起了各国发动机研究部門和軍事部門极大的兴趣。因而本文集重点收集了有关国外柴油机燃燒理論研究方面的資料（共 3 篇），如分开式燃燒室柴油机的渦流与燃燒；燃油噴射方向和壁溫对柴油机燃燒的影响；M-过程的动力学解釋等，可供研究燃燒过程的化学机理、提高燃燒热效率和降低燃燒噪音以及烟度等有关問題时参考。

另外有 5 篇文章介紹当前国外柴油机的发展趋势和一些較为先进的柴油机，如苏联的 ЯМЗ-238 汽車柴油机，西德的 D2850M1U 機車柴油机，美国的 12V-142 型扫雷艇柴油机，AC-21000 和 AC-16000 型柴油机。关于闡述渦輪增压柴油机热强度，气門机构动力学等方面的文章共有 4 篇。

編譯这些資料对我们來說，还是初步尝试，加之時間紧促，經驗不足，所以錯誤和缺点一定不少，希望讀者能提出宝貴意見并予以指正。

錢 钟 魯

目 录

序.....	(3)
分开式燃烧室柴油机的涡流与燃烧.....	(5)
M-过程的动力学解释	(30)
M. A. N.-M型高速非增压柴油机.....	(40)
燃油喷射方向和壁温对柴油机燃烧的影响.....	(49)
ЯМЗ-238 H 型柴油机的涡轮增压研究	(60)
汽车与拖拉机柴油机用涡轮增压器的结构布置展望.....	(69)
4 $\frac{1}{2}$ 磅/馬力动力装置以刚性和使用可靠性为特征的 900 馬力船用 柴油机的演变和发展.....	(75)
ЯМЗ 新型发动机	(89)
关于苏联高速柴油机未来发展的一些任务.....	(94)
艾利斯-查墨斯 (Allis-Chalmers) 公司两台新柴油机的发展	(103)
柴油机热强度比較评价的参数.....	(138)
关于内燃机气門动力状况的研究.....	(149)

分开式燃烧室柴油机的涡流与燃烧

京都大学 长尾不二夫

宾夕法尼亚州大学 柿本治利

柴油机工程师們都知道,柴油机燃烧室中的涡流或紊流必須和油注相配合,以达到混合气迅速形成和噴入燃料的完全燃烧。研究空气涡流的作用,显然有助于高速柴油机的发展。

本文是以过去几年在日本京都大学所进行的研究工作为基础写成的。这一研究工作的目的是,确定空气涡流对分开式燃烧室小型高速柴油机燃烧过程的影响。

研究工作是借助于这一大学发展的特种試驗技术进行的,例如燃烧室压力变化的精确测量,在几种带有玻璃窗口的专门設計的燃烧室中对油注和火焰形状进行高速摄影。不仅注意提高最大功率和热效率,而且也特別注意降低燃烧噪音和排气冒烟。

用燃烧涡流控制燃烧

大家都知道,柴油机燃烧室的类型可分为:直接喷射式(开式),預燃室式,涡流室式和空气室式。对涡流强度和燃烧之間的关系,曾进行过許多的研究。H. R. 李卡多在三十多年前,曾研究过滑动气門四冲程发动机[1]● 涡流强度的作用。大家都公认,在涡流产生前噴油或涡流产生后噴油,混合气形成过程和燃烧是不相同的;然而有关这个問題的工作还研究得很不够。

分开式燃烧室柴油机的空气涡流通常属于以下三种之一:噴油前产生涡流,几乎与噴油同时产生涡流,噴油后产生涡流。

为了在单缸机上实际实现这些不同的燃烧过程,設計了图1所示的燃烧室。由两套噴油嘴在任一理想的时间分別噴入主燃烧室和輔助燃烧室不同的油量。从輔助燃烧室噴出的燃气流,进入在排气門下面的主燃烧室中,形成順时針方向旋轉的涡流。

图2表示在两个室中测量压力所得的燃烧特性以及輔助噴油时间变化时的其他数据。在这种情况下噴到两个室中去的油量不变,主噴油时间(实际的)固定在上死点前10度。当过分提前輔助噴油时间时,发火先在輔助燃烧室产生,而主燃烧室最高压力却高于輔助燃烧室最高压力。輔助噴油稍晚,在上死点前13度时,发火在两个室中同时产生,两个室中的发火开始和最高压力都接近于同一值。輔助噴油再迟后,发火先在主燃烧室开始,主燃烧室最高压力低于輔助燃烧室最高压力。主燃烧室压力升高速度的变化也表現有类似的傾向,在上死点前13度噴油时是下降的。我們认为这些現象是由于当两个室同时进行燃烧,从輔助燃烧室出来的燃气流的能量降低所造成的。輔助噴油进一步迟后,两个室的最高压力和压力升高速度都有某些升高。然而,当接近上死点,这两个值突然下降,然后达到两个不变数,分别为570磅/时²和21磅/时²/度。

● 括弧內的编号表示文末的参考文献。

將輔助噴油時間較晚（例如，上死點之後 6 度）的性能與上死點前 10 度的性能相比較，可以看出，在燃料消耗量一點也不增加的情況下，工作過程可以得到顯著改進，即主燃燒室的最高壓力降低約 210 磅/吋²，壓力升高速度降低，為較晚噴油時的三分之一，排氣冒煙也顯著下降。另一方面，輔助噴油較早所形成的強烈渦流，過度地加速了主燃燒室發火延遲期的混合氣形成，結果最高壓力、壓力升高速度以及排氣冒煙都升高。

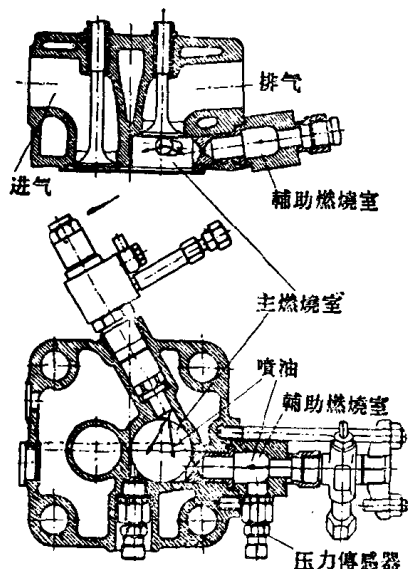


圖 1 研究燃燒渦流用的燃燒室的橫剖面；缸徑×沖程—3.75吋×4.53吋；壓縮比—15:1；輔助燃燒室容積與總壓縮容積之比—25%；通道面積與活塞面積之比—0.25%。

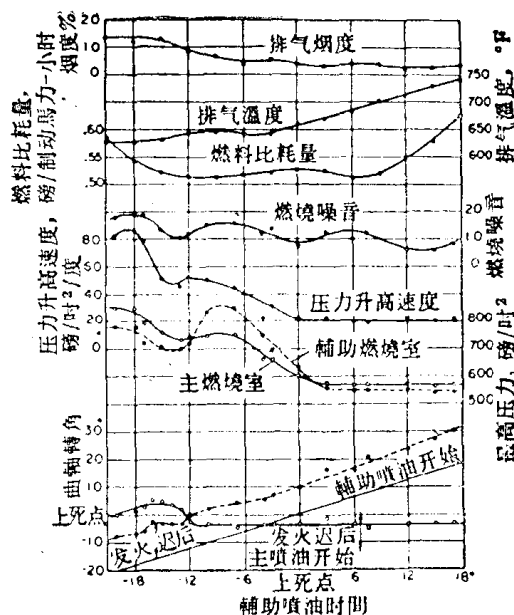


圖 2 輔助噴油時間變化時的燃燒特性；主噴油—0.25毫米，2 個孔，16.2毫克/沖程，上死點前 10 度；輔助噴油—DN8S1，15.4 毫克/沖程；發動機轉速—1250 轉/分。

“燃燒噪音”曲線表示發動機機體噪音的最大幅度，和壓力波形（圖 3）一起記錄在示波圖上。當噴油較早於上死點時，這一曲線與壓力升高速度的曲線相類似，但是噴油時間較晚，它是周期起伏的。

圖 2 所表示的結果以及其他的一些結果，可以得出關於燃燒渦流對柴油機燃燒的影響以下的結論：以較早的輔助噴油在主燃燒室產生燃燒渦流，大部分主噴油噴入已燃燒的高溫燃氣，在這種條件下，容易發生燃料分子裂化，初壓迅速升高[2]，燃燒緩慢而有煙，渦流對燃燒的改善並不很大。與此相反，發火後產生渦流，混合氣的形成和燃燒的加速，限制在較晚的階段，完全足以使後燃期縮短。渦流的作用在這種情況下實現了無煙燃燒，最高壓力極低。然而這一改進並不一定能降低燃料消耗量，因為該循環的熱力效率較低。

這些結果說明了為什麼 MWM 等壓預燃室式發動機[3]和蘭諾瓦空氣室式發動機[4]的工作性能柔和。據報告稱，前一種發動機在預燃室發火前，一部分燃料直接通過預燃室進到主燃燒室。蘭諾瓦式發動機的燃燒過程將在以後討論。

把這一種雙噴油系統應用到自由活塞燃氣發生器上[5]，會得到另一額外的優點。利用如圖 2 所示的推遲輔助噴油可以產生高溫燃氣，而不增加總噴油量。

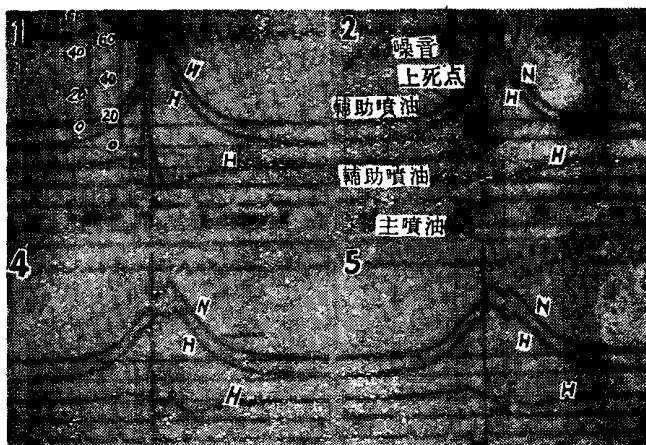


图3 示功图示例。

N —辅助燃烧室压力； H —主燃烧室压力； H' —主燃烧室压力升高速度；

波形图编号 1 2 4 5

辅助喷油时间（度）-20 -10 0 +3

预燃室式发动机的燃烧

预燃室的发火位置和进入主燃烧室的燃气流●

在预燃室式柴油机中，燃料喷射到预燃室，并在这里发火。压力升高迫使大部分残余燃料流出，以高速度通过小孔，因而产生强烈的紊流，并把燃料分布到整个主燃烧室的空气中。所以从预燃室流出的气流的动能被认为是影响这种发动机主燃烧室燃烧过程的主要因素。用预燃室容积比和连接通道横断面面积比为函数来计算这种动能[6, 7]，为此曾作过一些研究。然而我们发现，流出的气流受另一个因素——预燃室发火点的位置严重的影响。

为了简化处理，使用一个在一端有出口的圆柱形预燃室模型。模型中充满可燃的混合气，混合气可以用火花塞点燃。在室中心的某一点发火时，就有两个焰前奔向两端，压缩未燃烧的气体。这时气体通过出口射向大气。气体流出的结果，在整个室中形成气体奔向出口的运动。

图4表示在几个火花塞位置上，室中的压力升高、相应的室内火焰移动轨迹以及流出的气流动能的数字计算的结果。发火点以“0~10”表示，从封闭端到喉口之间等距离分布的。

当发火点从“10”移向“0”，压力升高量增加，在某一点达到最大，然后减低。未燃烧的气体向外排出时，压力曲线用虚线表示；当已燃烧气体向外排出时，压力曲线用实线表示。当两个焰前同时达到两端的发火位置时，压力最大。发火点从“10”移向“0”，完全排出气流所需的时间迅速减少，当压力最高的发火位置时所需时间最短，在这种情况下，气

● 排气变色的测量是用500厘米³气体容量的Saurer烟度计透过30毫米直径的滤纸进行的。

这部分的理论分析可见“Beitrag zur Verbesserung der Verbrennung im Vorkammer-Dieselmotor,” MTZ, Vol. 18, №10, (1957), 301.

流排出时间仅是在“10”点上所需时间的八分之一。在“0”点发火——只形成一个火焰，压力升高量小，但是气流排出时间相当短。在“2”和“9点”上，一个焰前先到喉口，因为焰前的数量减少，未燃气体变燃烧产物使射出气流的速度提高，压力迅速达到某一平衡状态。这一平衡值一直保持到后一个焰前达到对壁时不变。在“10”点上，发火后压力立即达到类似的平衡值，因为从一开始起只有一个焰前，排出的气体总是已燃气体。另一方面，在

“1”点上，焰前较早地达到对面一端的壁上，因而压力曲线在下降时有一段弯曲。

图4的下面部分说明流出气流的时间与能量之间的关系。当排出的气流由未燃烧状态变成燃烧状态的瞬间，能量突然增加。虽然这一关系几乎是和压力-时间曲线的趋势相同，但是总能量最大的发火点，与最大压力点比较起来，稍微靠近喉口。

图5表示用光电示功仪得到的压力图。条件和计算的一样，气体成分是25%的城市煤气和75%的空气(按容积计算)。示波图上的编号相当于发火点的位置。试验结果自然不同于计算的，因为假设发火点同时在一个平面上产生，而实际上发火在一点上开始，稍微有些迟后。但是，试验结果不仅在趋势上，而且在最高压力值和气体流出时间上都较精确地与理论一致。

其他的压力图是用球形的和阶梯的圆柱形室得到的，这些形式是实际预燃室常用的形式。球形室与圆柱形室最大压力较低，排出气流的时间较短。两者都很少受发火位置的影响。另一方面，在阶梯圆柱形室中，发火位置的影响很显著，但是仅在靠近内壁发火时看到较大

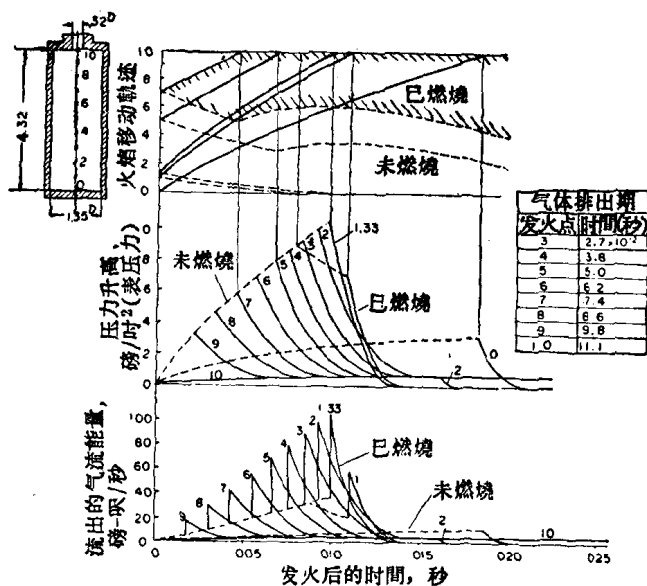


图4 根据不同发火位置 and 不同时间而绘制的模型室压力升高和火焰移动轨迹以及流出的气体能量图；最初压力和外界压力—14.7磅/时²；混合气燃烧速度—41时/秒；由于混合气在大气中燃烧温度提高—2900°F。

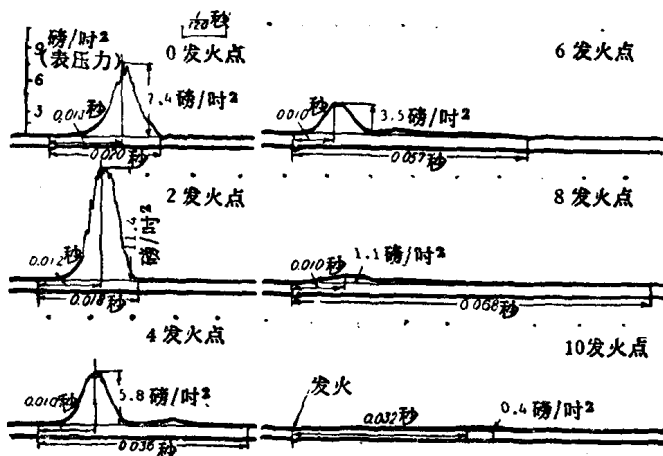


图5 圆柱形室中记录下的压力图。

的压力升高。

为了确定把发火位置的影响应用于实际的预燃室式柴油机上的可能性，在洋馬(Yanmar) K-3 型发动机上进行了試驗。在預燃室中鑲入一块发火元件。使用两种不同的元件，一个叫“热絲”，另一个叫“燃气包”。

热絲装置是直径为 1/16 吋的热阻絲綫圈，装在如图 6 所示的預燃室不同的位置，图 6 还表示不同热絲位置的燃料比耗量。结果表明最好性能是在热絲在最里边位置“2”得到的。从这一結果可以得出結論：在最里边位置发火增加了排出气体的能量，因而改进了燃烧。

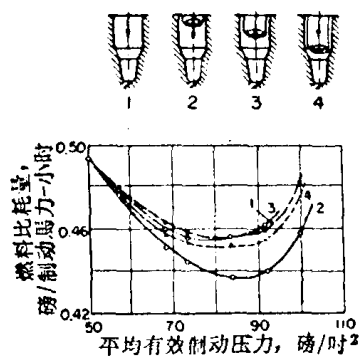


图 6 热絲对性能的影响，

試驗发动机—洋馬K-3 (3.34吋×4.53吋)；发动机轉速—1000轉/分。

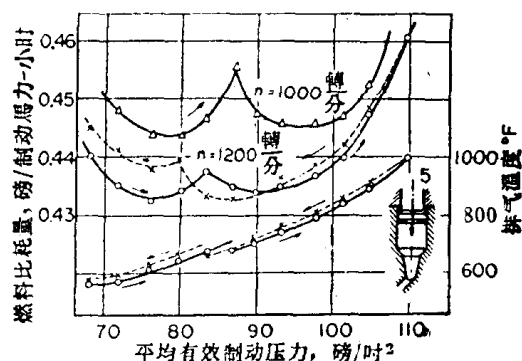


图 7 燃气包对性能的影响，

試驗发动机—洋馬K-3。

燃气包装置，如图 7 所示装在預燃室“5”的里边部分。它的作用可以看作类似于热泡发火发动机的点火球，依靠残余气体的过热和集聚促使临近处发火。值得注意的是，燃料消耗量曲线和排气温度曲线的倾斜部分有不連續的点。可以推断，超过某一平均有效制动压力之后，发火位置移向預燃室的内部，結果燃烧得到改善。

表 1 从压力图所得的平均值

預燃室号	1	2	4	5	7
預燃室中的发火延迟(度)	7	6	5	7	7
預燃室中的最高压力(磅/吋²)	750	780	725	765	725
主燃燒室中的最高压力(磅/吋²)	740	765	695	765	695
兩室之間的最大压力差(磅/吋²)	85	125	67	114	67
最高气缸压力的曲柄位置(上死点后)	8	6	13	6	7

表 1 表示从压力图所得的平均值(主要的)。在預燃室“2”和“5”中，預燃室和主燃燒室的最高压力及其最大压力差值显然是比較高的，主燃燒室的最大压力在較早的曲軸轉角上。我們相信这些結果証明了发火元件的实际作用。

装有热絲的預燃室，在发动机較高的轉速范围得到了显著的改进，例如，在 1600轉/分平均有效制动压力的提高超过 11 磅/吋²，燃料消耗量降低达 0.045 磅/馬力-小时。

預燃室中的燃烧

多年来作了巨大的努力，使用各种技术[6]了解預燃室式发动机的燃烧过程，例如测量压力图，从而計算預燃室和主燃燒室的放热[8,9]，或者分析气体样品[10]。然而这些

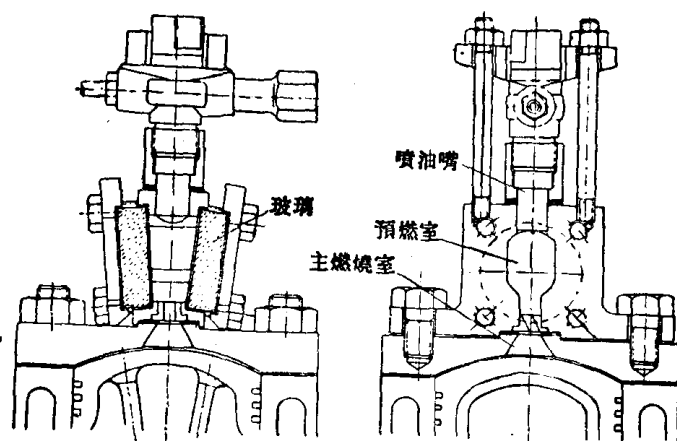


图8 預燃室燃燒摄影用的裝置。

技术看来还是不够,結果也不滿意。用眼睛观察实际发动机的混合气形成和燃料的燃燒[11],可以得到更多的了解。

为了进行这样的照相研究,改装了一台环流扫气二冲程发动机(缸徑——3.15吋;冲程——3.54吋),无气門的缸盖使燃燒室可以自由設計,并能有寬大的空間来装耐热玻璃窗。大多数照片所用的摄影机是16毫米Hitachi Kpc-25型高速摄影机,最高速度是每秒2500張。这样的摄影速度对于观察油注发火和火焰傳播是不够的。图8是带有玻璃窗的燃燒室图。为了在发动机相对較冷的情况下得到正常的发火延迟期,使用十六烷值为72的柴油。实际测得的发火延迟期是曲軸轉角6~10度,与实际发动机的数值很一致。燃燒室在安装摄影机的对面用灯光照明,其强度应达到在同一照片上照出油注和火焰的形状。預燃室所取得的照片示例汇集于图9。

預燃室式发动机,在接近压缩冲程終了时噴油,在这时通过相对較小的通道的空气速度几乎达到其最大值。当噴油直接对着从单孔通道(照片1)进来的空气流,油注边缘上的細微顆粒立即被强烈的空气流擋回去,油注心部頂端很少能达到預燃室的喉口。发火后火焰在很短的时间內傳播到整个室內。在这样的預燃室中,最初出去的部分气体一定是稀混合气,而非常濃的混合气繼續留在預燃室中長時間燃燒,結果在預燃室中形成严重的油烟。所有这样的油烟絕不能在主燃燒室中燃燒,因而排气顏色变得很坏。这样的燃燒自然很难获得良好的发动机性能。

用这样的預燃室的另一試驗,选择当前德国和日本所成功使用的連接通道。在这一預燃室中,大部分的空气从主孔进来,沿着側壁往上流,从而在預燃室的主要部分产生渦流运动。照片2表示,通过針閥式噴嘴(DN15S3),噴射角度 15° ,穿透力弱的情況下噴油的燃燒过程。可以看見油注卷入空气渦流,很难达到喉口附近。在預燃室的中部发火,因而火焰的范围迅速扩大充滿整个室的面积。然而,在預燃室中完成燃燒后期,尽管表面上混合气形成良好,而在室中仍留下大量的油烟。在这种情况下,形成这样严重的油烟,是由于預燃室中过于濃的混合气燃燒而产生的,因为直接卷入渦流的大部分燃料,沒有及时輸送到主燃燒室。各种不同油注角噴嘴的比較性能曲綫和排气变色曲綫示于图10,在图10上很明显的是,油注角减小性能就有所改善。

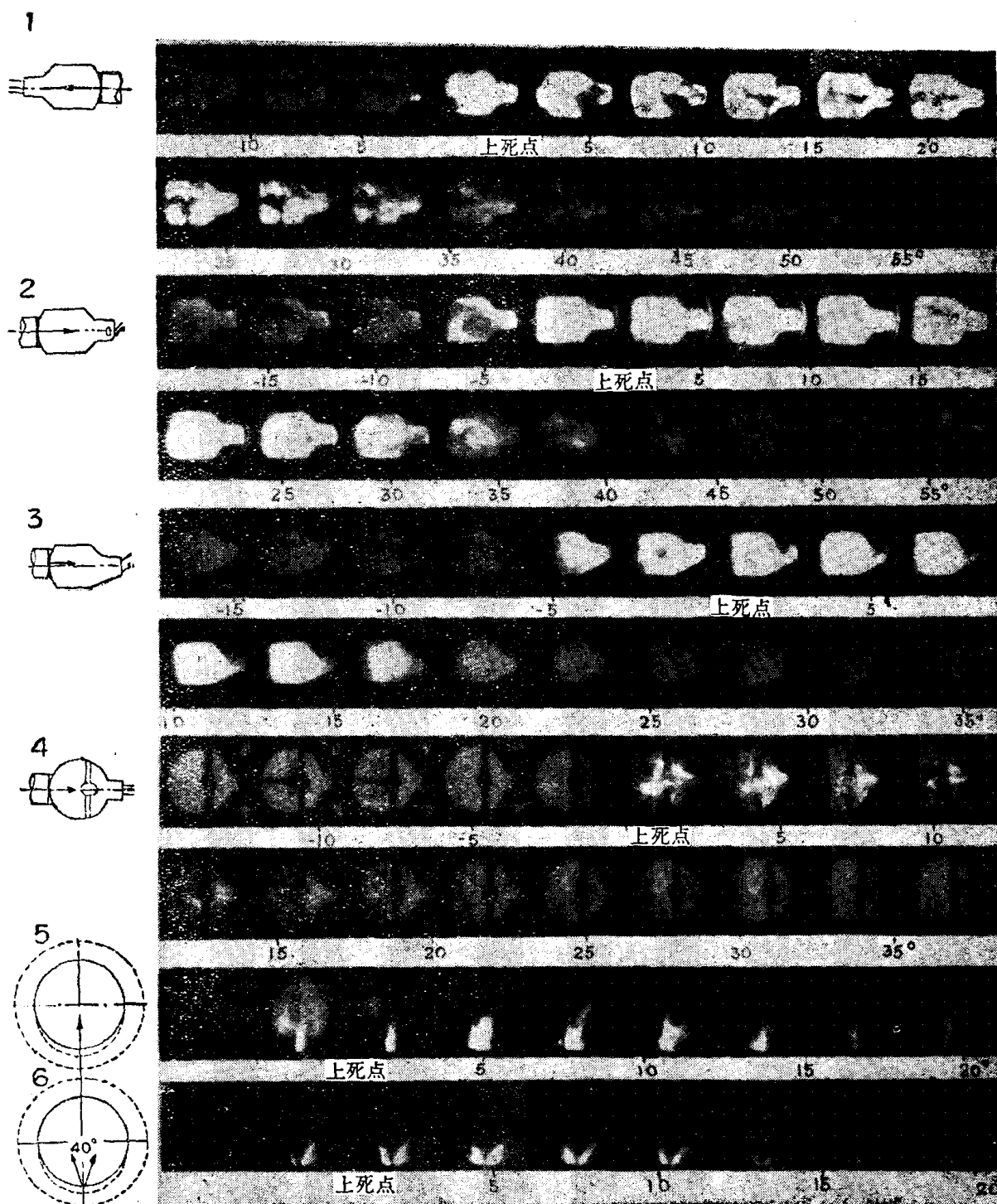


图9 预燃室式发动机高速摄影示例。

照片号	1	2	3	4	5	6
喷油嘴	DN8S1	DN15S3	DN4S1	DN4S1	DN4S1	DN15S3
燃料量 (毫克/冲程)	17.5	17.5	17.5	5.9	7.2	7.2
		2~0.09				
连接通道 (孔的编号-直径) (吋)	1~0.22	1~0.16	1~0.22	1~0.22	1~0.18	2~0.13
预燃室的容积比 (%)	54	54	55	54	38	38
每秒镜头数	1940	1920	1860	1440	2540	2660
发动机转速 (转/分)	1280	1140	1000	770	1200	1200

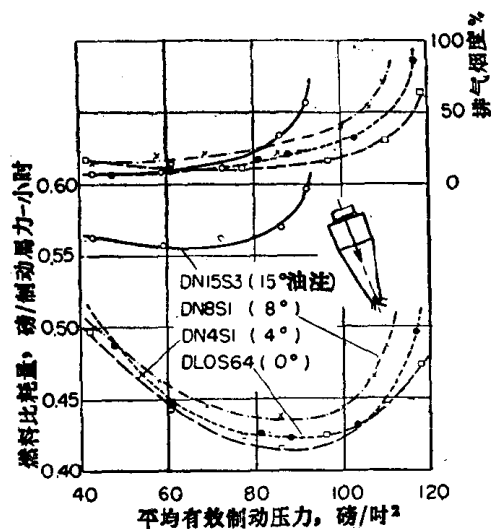


图10 各种油注角度的比較性能曲綫；

試驗发动机—洋馬ST-95 (3.34吋×4.53吋)；发
动机轉速—1500轉/分；預燃室的容积比—33%；
連接通道的面积比—0.524%。

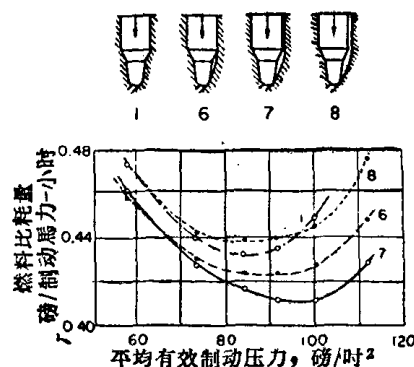


图11 預燃室空气流的影响；

試驗发动机—洋馬 K-3；发动机轉速—1200
轉/分；預燃室的容积比—34%；連接通道的面
积比—0.45%；噴油嘴—DN4S1。

照片3所示是噴嘴布置在最适当位置时的燃燒情况。为了避免油注和气流相碰，噴油嘴的布置稍微偏离中心，油注窄而穿透力强，連接通道偏斜，保持空气流经油注边缘。可以看見大部分油注达到了喉口。集聚的濃混合气，在发火后气体流出的最初阶段以很大的能量輸送到主燃燒室。值得指出的是，此时在預燃室中产生油烟很少。

图11表示这些方法是应用洋馬 K-3 型发动机的結果。这一結果表明，使用側壁上有淺沟槽的預燃室“7”，可达到最好的性能。使用有較深沟槽的預燃室，則性能很差。

总结上述結果，以及过去对預燃室設計的知識，可以得出結論：預燃室的形状，預燃室的喉口和噴油方向應該这样来决定，即使主要的油綫束和最初射出的气流一起吹入气缸，以消除在預燃室中燃燒过濃的混合气。这一要求用防止油注被进来的空气流擋回去和把濃混合气集中在喉口附近的方法来达到。这一原則已广泛地应用于預燃室[14]的設計中。典型的例子是布辛格和亨歇尔預燃室[12, 13]。此外，預燃室混合气的形成在很大程度上受空气渦流的影响。虽然預燃室的完全燃燒希望有适当的渦流强度，但是过于强烈的渦流有时会妨碍燃料較早流出，因而在重負荷的情况下排气冒烟很坏。这一典型的例子在图12“W”預燃室中可以看到。图12是各种形状的預燃室性能的比较。

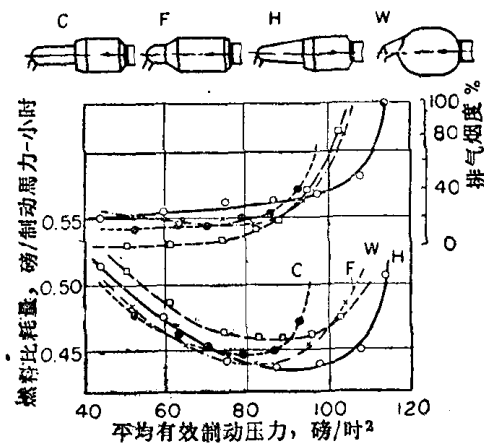


图12 各种形状的預燃室性能的比较；
試驗发动机—洋馬ST-95；发动机轉速—1500
轉/分；預燃室的容积比—35% (C, F, H)，
45% (W)；噴油嘴—DN4S1。

为了确定預燃室中渦流强度的作用，对許多不同形状的其他預燃室进行了試驗。特別值得注意的是，喉口边缘的銳利程度对发动机的性能有良好的作用。H. 霍弗曼也报告說，

达姆勒-苯茨 OM-312 型发动机的預燃室所使用的“渦流槽”对燃燒有輔助作用[16]。这些結果說明，小量的空气紊流（如像邊緣所引起的），也对油注的发火和燃燒有影响。

主燃燒室的燃燒

对于燃料能否被預燃室中所含的氧气充分燃燒的情况來說，主燃燒室的燃燒似乎沒有多大問題。但是，燃料量增加，主燃燒室的放热速度或燃燒速度开始影响发动机的性能。进一步可以肯定地說，发动机所获得的最大平均有效制动压力，是受主燃燒室中空气利用程度的限制，因为主燃燒室中所含的空气經常是超过总空气量的百分之六十。尽管主燃燒室的燃燒状况主要取决于混合气的分布，但是也取决于預燃室的燃燒状况，例如，預燃室的燃燒不完全所产生的油烟，在主燃燒室中不能完全被消除。

把对主燃燒室燃燒的单个因素的影响孤立起来进行研究，在过去沒有取得很大的效果，因为有关因素的任何改变都会引起預燃室燃燒的变化，預燃室燃燒本身就对主燃燒室的过程起重要的影响。因此必須考虑各种因素总的影響，而不要考虑各种因素单独的影響。

用重新制造的一、二冲程循环的发动机缸盖，以获得主燃燒室火焰形状的高速摄影，这一缸盖繪于图 13。活塞頂用螺釘固定于活塞体上，使活塞頂部空腔的形状容易改变。图 14 表示使用这种装置所获的一些典型燃燒照片。

照片 1 和 2 表示不同噴油時間主燃燒室的火焰形状。从噴油時間早的情况（照片 1）看出，最初的爆发使混合气劇烈燃燒，达到某点之后，两室之間的压差变小，因而使气体流出停留一陣。在上死点之后，由于活塞运动形成压力降，重新出現二次发光火焰流出。值得指出的是，二次气体喷射与最初一股气体相比較，毕竟是能量太低，不能使气体迅速与主燃燒室的空气相混合。另一方面，从噴油時間晚的情况（照片 2）看出，虽然气体流出开始較晚（上死点后 4 度），但是很稳定而沒有間断。火焰迅速而劇烈地扩展到整个活塞面上，在較短的时期后消失。除了所观察出的这些情况之外，对于正

确的噴油時間的情况也值得指出，在第一阶段燃燒之后，气体流出变弱一会儿，但是并不完全停止。有趣的是，火焰的消失時間並沒有很大的不同。

有几位研究工作者，他們用示功图計算預燃室和主燃燒室的放热速度[8, 9]，他們宣称气体流入主燃燒室有两个阶段，燃燒也有两个阶段。这和我們照相的結果是一致的。

照片 3 証明了以大角度針閥式噴嘴噴油，流往主燃燒室的燃料迟后，結果燃燒不良。可以看出最初流出火焰很小，二次噴射的发光火焰大約在上死点后 35 度之前仍繼續緩慢噴出。

如渦流对气体的混合和燃燒的影响观察一样，对气体噴出所形成的渦流形状也进行了某些观察。从直通中心的单孔通道的燃燒室中可看出，最初的强烈气流碰撞通道出口对面的

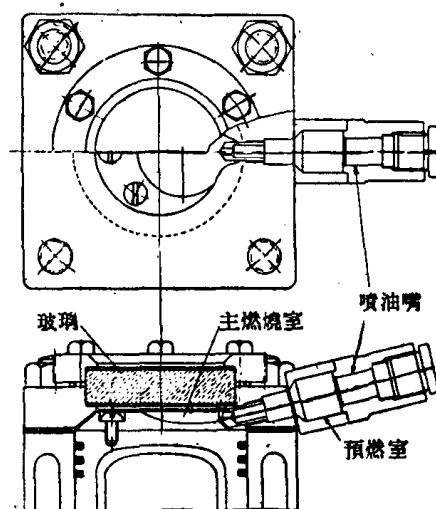


图13 主燃燒室燃燒摄影用的装置。