

# 高速柴油机的維修

A. W. 傑奇 著

左 堅 譯

人民交通出版社

本書系根据英国A.W.傑奇氏所著“高速柴油机的維修”1956年第四版譯出的。內容包括柴油机的工作原理，柴油机的構造及燃油噴射系統的工作原理和維修方法，尤以后者闡述較為詳盡，除可供中等汽車機械學校汽車修理專業參考外，对柴油机燃油系統保養調整工及柴油机修理厂技術人員均有实际参考价值。

高速柴油机的維修  
MAINTENANCE OF  
HIGH-SPEED  
DIESEL ENGINES

ARTHUR W. JUDGE

LONDON  
CHAPMAN & HALL LTD.  
37 ESSEX STREET W.C.2  
1956

本書根据英国恰普曼与荷尔氏有限公司1956年英文版本譯出

左 堅 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版  
(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

新 華 書 店 發 行

公 私 合 營 慈 成 印 刷 工 廠 印 刷

1958年9月北京第一版 1958年9月北京第一次印刷

開本：850×1168 1/32 印張：7 1/2張

全書：255,000字 印數：1—5,100冊

統一書號：15044·4194

定價(10)：1.30元

## 目 录

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 譯序.....                       | 1   |
| 第一章 柴油机的工作原理.....             | 2   |
| 第二章 柴油机的構造.....               | 9   |
| 第三章 柴油机的一般維護.....             | 26  |
| 第四章 气缸.....                   | 54  |
| 第五章 活塞及活塞环.....               | 78  |
| 第六章 气門及气門座.....               | 93  |
| 第七章 連杆及曲軸.....                | 113 |
| 第八章 燃油噴射系統.....               | 123 |
| 第九章 噴油器及噴油咀.....              | 186 |
| 第十章 噴油泵正时.....                | 213 |
| 第十一章 起动步驟与运轉故障.....           | 220 |
| 第十二章 电热塞、燃油濾清器及空气濾清器等附件 ..... | 227 |
| 第十三章 修理后的发动机試驗.....           | 239 |

## 譯 序

本書是根据英国 A·W·傑奇氏所著的“高速柴油机的維修”(Maintenance of High Speed Diesel Engines) 1956年第四版譯出的。原書的內容偏重于柴油机燃料系的維護修理。对于結構上与汽油机差不多的部分則比較簡略。

原書所舉的例虽仅限于英国出产的柴油机，但其主要構造与其它柴油机的構造相差不多，故仍可供一般参考学习之用。由于英国不用油泵与噴油器合一的噴油机构（如苏联亞斯 204 发动机用的），故本書也沒有提到这一种結構。譯者考虑在这方面已有其他俄文版及翻譯的有关修理維護的書籍，故亦不从它处选譯补入了。

譯文中换算的公制單位与原英制稍有出入，在研究参考时仍以英制为主要依据，希讀者注意。

此外，在文字方面略有删节，有的章节亦合併了一些，但改动不多。譯者水平有限，錯誤难免，还請讀者指正。

左 坚 1957年11月

## 第一章 柴油机的工作原理

关于高速柴油机（又称压燃式发动机）运转的工作原理的知识对这种发动机的使用和维修工作人员都是很要紧的。因此本章即针对这种发动机所用的工作循环加以说明并指出它与汽油机的不同之点。

大家都知道，汽油机用汽油蒸汽与空气成 1: 12~16（重量）的混合气作为燃料。混合气由汽化器供入气缸，在气缸中它被上升的活塞压缩至原来容积的 1/6 至 1/8；到压缩终了时压力大约是 10~19.5 公斤/公分<sup>2</sup>（140~275 磅/吋<sup>2</sup>）。压缩了的混合气然后再由一个电火花点燃，使它的压力和温度都急剧升高。而由于高温燃烧生成物的膨胀作用使发动机获得了动能。

柴油机的工作原理则不同，它既不用汽化器也不用电火花。它用一种比较重而黏度较高的柴油作为燃料，并用一个适当的喷油咀将这种燃料以极细的油雾状直接射入气缸中。

柴油机并不将空气和燃油的混合气引入气缸中，而只引入纯净的空气。进入气缸中的空气即被活塞压至比汽油机中高得多的压力；空气被压至原来的容积的 1/12 至 1/16，使产生大约为 27~39 公斤/公分<sup>2</sup>（380~550 磅/吋<sup>2</sup>）的压力。压缩的结果使空气温度大大升高，一般能高至 500~600°C。这个温度已到了足以使柴油自燃的温度（350~450°C）。显然将柴油射入已经压缩至极高压力和温度的空气中就会使它迅速燃烧起来。因此也不再需要用火花来点燃油雾和压缩空气了。燃油被射入气缸后，燃烧产物的温度会大大升高（至 2000~2700°C），但是压力却不象汽油机那样升高至压缩压力的许多倍；一般情况下，压力只升到 53~67 公斤/公分<sup>2</sup>（750~950 磅/吋<sup>2</sup>）。此后燃烧气体即发生膨胀，驱使活塞向下（或向内）移动，便供给了作功冲程的能量。

了解了汽油机与柴油机的基本区别以后，我们可以研究柴油机的两种不同的工作循环。

### 四冲程柴油机

四冲程柴油机和四冲程汽油机一样，它的工作周期或循环包括活塞的四个连续行程，相当于曲轴旋转两周。四个冲程中只有一个是作功的，其它三

个不作功。

图1是一个柴油机气缸的剖面示意图，图中繪出了活塞与曲柄在循环中的不同的位置。发动机的气缸，活塞，曲柄，进、排气門和一般的汽油机相同，但它安装了一个噴油咀以代替火花塞。

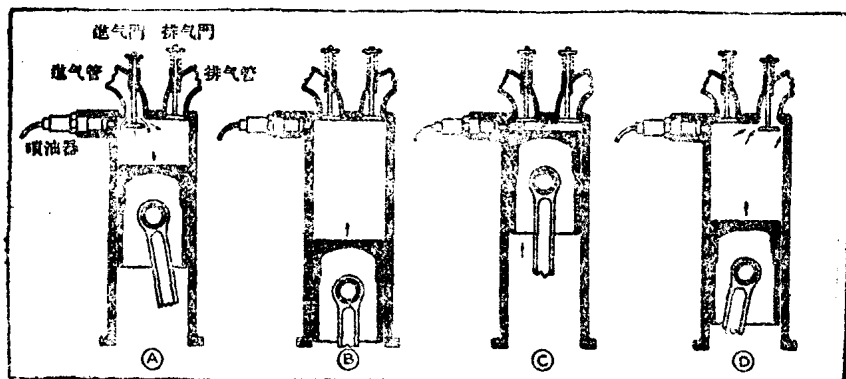


图1 四冲程柴油机的工作原理

图1, A 表示活塞接近冲程頂点, 这时燃燒室中充滿了上一次燃燒時尚未排出的或殘余的廢氣。当活塞下行, 进气門則开着。当进气門开放时 (通常通过一个空气濾清器与大气接通), 活塞下行时即將純淨的空氣吸入气缸。

当活塞到达行程的最低点时, 进气門即关闭, 因为排气門也是关闭的, 故下一个向上的冲程 (图1, B) 即將空气压缩, 并使其产生一个高至約  $27 \sim 39$  公斤/公分<sup>2</sup> ( $380 \sim 550$  磅/吋<sup>2</sup>) 的压力和  $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$  的溫度。正当活塞到达压缩冲程的上止点之前 (图1, C) 一个机械驅动的柱塞系即定时地將燃油以  $100 \sim 170$  公斤/公分<sup>2</sup> ( $1500 \sim 2500$  磅/吋<sup>2</sup>) 的压力射入气缸中而发生燃燒, 油注射入气缸中的高热空气时形成一个高度霧化的錐形体。因此油霧差不多立即燃燒, 而且在噴油咀噴入燃油的全部時間內还不断地燃燒, 其持續時間大約相当于曲軸旋轉角  $15 \sim 30^{\circ}$ 。

在下一个下行冲程中, 高热的廢气从它們初始压力  $50 \sim 60$  公斤/公分<sup>2</sup> ( $700 \sim 900$  磅/吋<sup>2</sup>) 降低到大气压力 ( $1$  公斤/公分<sup>2</sup> 或  $14.7$  磅/吋<sup>2</sup>) (此时大約是膨脹冲程之末, 排气門已开启)。进气門在膨脹冲程及接連着的排气冲程 (图1, D) 中是关闭着的。在排气冲程中活塞向上行, 將廢气从排气門中驅出。大約在排气冲程之末, 排气門关闭, 进气門再度打开; 这样整个循环

就在兩轉內完成。

## 压力狀況

柴油机与汽油机的压力狀況有很大的区别。大多数的載重汽車用柴油发动机总是設法使它的最高压力（燃燒压力）低一些，以便使它比压缩压力高不了多少。低速柴油机中这两个压力则几乎是相等的，所以当燃油在燃燒室中燃燒时，压力升高得不多，因为在膨胀冲程中活塞已开始向下移动，所以我们称这种发动机为“等压”式发动机。

在近代的高速发动机中，使燃油在活塞到达压缩冲程上止点前 $10\sim 15^\circ$ 开始射入气缸是比较好的。因此燃燒压力就比压缩压力高了。大多数的載重汽車发动机的（气缸）压力一般不超过 $50\sim 60$ 公斤/公分 $^2$ （ $700\sim 800$ 磅/时 $^2$ ），亦即为压缩压力的 $1.4\sim 1.7$ 倍，但是某些新型的高功率发动机则在全负荷状态下最高压力可能达到 $70$ 公斤/公分 $^2$ （ $1000$ 磅/时 $^2$ ）。这样提高压力的主要原因是使发动机的重量減輕，因为当最高压力提高时，每马力的重量降低了。汽油发动机的最高压力一般为压缩压力的 $4\sim 5$ 倍，虽然一般汽車用汽油发动机的压力很少有超过 $50$ 公斤/公分 $^2$ （ $700$ 磅/时 $^2$ ）的。

在另一方面，四冲程无增压裝置的汽油发动机的平均压力大約是 $7\sim 10$ 公斤/公分 $^2$ （ $100\sim 145$ 磅/时 $^2$ ），轉速可高至 $7000$ 轉/分，而柴油机的平均压力大約是 $5.8\sim 7.7$ 公斤/公分 $^2$ （ $80\sim 110$ 磅/时 $^2$ ），轉速大約是 $2000$ 轉/分。实际上这种发动机在 $4000$ 轉/分也能滿意地運轉，在理論上似乎并没有什么不能使轉速更高的理由。

## 二冲程发动机

柴油机和汽油机一样，也能使一个工作循环在活塞的两个行程內，亦即曲軸的一轉內完成，这样就可以比四冲程式发动机多发出一倍的功率。

图2就是二冲程发动机工作原理示意图，图2，A中气缸有一个排气孔（B）、使大气与曲軸箱相通的进气孔（C）、以及气缸与曲軸箱間的連通孔（D）。这样的設計与三孔、二冲程的汽油机是一样的。

在图2，A中，膨胀冲程方才完毕，当活塞快临近冲程終了时，它的上緣使孔B开启，廢气即从此孔排出。活塞再向下走一些距离就打开了連通孔（D）。这样就使以前吸入曲軸箱并被下行的活塞所压缩的空气冲入气缸中。活塞現在又开始上行（见图2，B及D），將孔（B）及（D）遮断，并将空气加以压缩。

当活塞实际上已到达压缩冲程的最高位置时（图2，C），空气也像四冲程发动机那样被压缩至很高的溫度与压力，此时即將高压的燃油射入燃燒

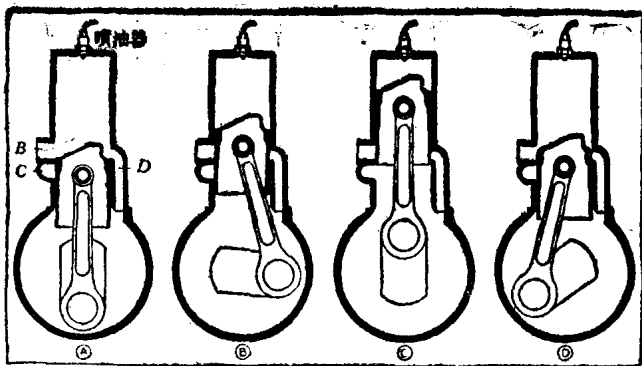


圖2 二冲程柴油機的工作原理

室中，油霧遇到熾熱的空氣便立刻燃燒起來。燃油的噴射在預定的時間內停止，活塞被推向下，進行作功冲程（如圖2，A），而當它的頂部左緣離開孔B時，就算完成了一個工作循環。

二冲程柴油機比起汽油機來有一個顯著的優點，這就是在壓縮時氣缸內只有空氣，因此雖然當兩孔同時打開時有一部分空氣由連通孔直接逸入排氣孔，但燃油並沒有損失，而在汽油機中，由於在曲軸箱中被壓縮的是油氣混合物，則當混合氣逃入排氣孔時，燃油也隨之而損失了。

理論上，二冲程發動機的功率應當比四冲程發動機加倍，但實際上很少有超過50~60%的，因為它的容積效率較低，並且還有一些無法避免的損失。不過我們可以利用二冲程發動機原理使高速柴油發動機重量減輕很多。德國容克史飛機廠的“Jumo”型二冲程航空發動機每馬力重量只有1.02公斤（2 $\frac{1}{2}$ 磅）左右，與同功率的四冲程汽油機差不多。

圖2所示的二冲程發動機是用來說明原理的最簡單的一種。近代的二冲程柴油發動機並不用曲軸箱壓縮的方式，而用旋轉的或往復的空氣壓縮機來使氣缸充氣。在某種情況下一般的蘭式氣門也用來排氣和掃氣。

### 空氣掃氣式二冲程柴油發動機

用來說明二冲程柴油發動機原理的曲軸箱壓縮式的發動機，在壓縮壓力、燃料經濟性及功率等方面來說是很不適合於柴油發動機的要求的。近代的高速柴油發動機用一套單獨的發動機驅動或廢氣驅動的空氣壓縮機（增壓器或掃氣系）來清除氣缸中的廢氣，並使氣缸內在壓縮冲程開始時有比較冷

的空气；此外，用这种方法还能获得某种程度的增压。图3与图4是两种典型的新式二冲程柴油机。图3表示气缸充气的过程，图4是压缩冲程开始的情形。

三叶罗茨式空气压缩机从外面吸入空气并将空气送到环绕着气缸下部的带形空气室内，而气缸下部具有进气孔多处，当活塞接近于动力冲程最低点时，空气即从此处在压力作用下进入气缸。正当活塞将让开进气孔之前，装在气缸盖上的机械传动的排气门打开，废气即由此排出。在此气门尚未关闭时，活塞让开了进气孔，空气即由四周的进气孔迅速地进入气缸，将废气逐出。然后排气门关闭，使气缸中充满了略大于一个大气压力的新鲜空气。

在发动机曲轴的兩轉中，二冲程发动机发出的热量比相当的四冲程式发动机实际上高出一倍，因此燃烧室和气缸的冷却是一个比较难解决的问题。但是上述空气扫气式的发动机，由于冷空气在压力下流过了气缸内，所以能够满意地解决冷却问题。

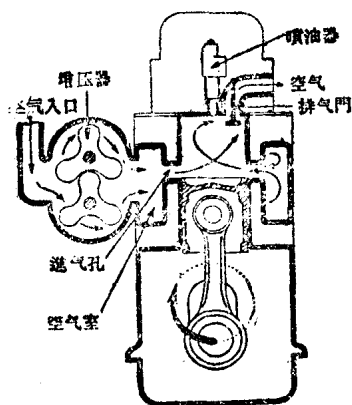


图3 空气扫气式二冲程柴油机

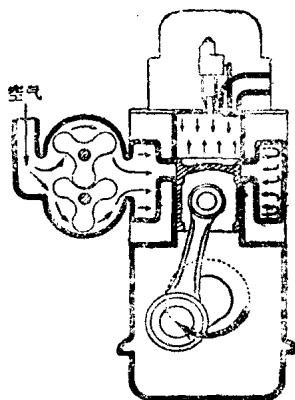


图4 空气充量的压缩

图4中在进气冲程以后，活塞开始上行，关闭了进气孔，并将空气压缩至足以点燃燃油的程度为止。由于喷射燃油的燃烧方法及以后的动力（工作）冲程与以前所介绍的一样，故不赘述。这种低压充气式的发动机功率虽然比曲轴箱压缩式发动机功率要高得多，但是功率中的一部分却要用来驱动空气压缩机。即使如此，这种发动机比起同样气缸容积的四冲程发动机效率和输出功率还是高得多。英国的福登（Foden）、康玛（Commer）、透纳（Turner）与苏联的亚斯-204型发动机都属于这一类型。

## 汽油机和柴油机的比較

汽油机的混合气是在发动机外部的汽化器中混合，然后用进气管平均分配到各个气缸去的，因此很难使气体获得理想的充气。此外，我們还要求汽化器能够在变化幅度极大的温度、空气密度、湿度和压力条件、发动机的各种轉速与节气門开度下供給正确混合比的混合气；市上没有有一个汽化器能够說是满足所有这些条件的。

但是柴油发动机所吸入气缸的只是純洁的空气；发动机对气流的阻力要比汽油机小得多，因为在汽油机中，空气必需通过汽化器及曲折的进气歧管。柴油机的燃油以預先精確地规定的量射入气缸中，保證了所有气缸中正确的油气混合比。因此，柴油发动机的容积或充气效率和燃油分配情况都要好一些。

汽油机只能用节气門控制功率，节气門能使进入气缸的混合气多一些或者少一些。

另一方面，柴油发动机的输出功率的控制則完全决定于燃油的供应量。無論在什么情况下，对于不增压式的发动机說来，在发动机全部轉速的工作范围内，吸入气缸的空气量总是全部充量的80~85%，但是射入气缸中的燃油量則变化极大，从怠速时的最少量增至全負荷及全速时的最高量。因此噴油系的噴射時間要根据情况而变；这种噴射時間一般是以曲柄轉动角度来表示的。燃油在低負荷时的噴射時間可以从曲柄在压缩冲程上止点前 $25^{\circ}$ 开始到上止点前 $18\sim 13^{\circ}$ 为止；在高負荷时可以噴射到上止点时为止。在这两种情况下，噴射時間將各为 $7\sim 12^{\circ}$ 及 $25^{\circ}$ 曲柄轉角。噴油時間即开始噴射的时间正像汽油机的点火提前角一样，对发动机的运转及燃油消耗量有重大的影响。提前噴油到一定程度为止是有利的，但是提前太多就会使气缸压力过高。因此对柴油机來說噴油提前的正时是十分重要的。有些直接噴射式柴油机装有当发动机轉速提高时自动提前噴油角的裝置。

柴油机的压缩比較高，故燃油每馬力的消耗量比最好的汽油机还小得多。一般柴油机的耗油量是181克/馬力小时（0.4磅/馬力小时）左右，汽油机則要消耗227~272克/馬力小时（0.5~0.6磅/馬力小时）。显然柴油机的油耗量是低得多的，而且由于柴油比重比汽油大，故以容量（公升或加侖）計的燃料消耗实际上还有一个比重的差值，也就是說柴油更为节省。

柴油机还有一个优点，是在它所有的工作速度范围内牽引力或扭矩都很大。柴油汽車在最高擋时性能比汽油机要好得多。柴油机其他的优点是：它沒有磁电机或点火綫圈及火花塞，沒有汽化器及其各种調整；所用的燃料閃

点比汽油高得多，实际上消除了火灾的危险；装用较小的水箱，因柴油机损失于气缸壁及冷却水的热能较小；在冷车起步性能及牵引性较好，所需的维修工作也少些。

柴油机另一个巨大优点是它在冷车起步以后几乎立即可以在全负荷下工作，亦即它比汽油机能更快地承受负荷，因为汽油机在起动机以后要经过好几分钟的“暖起”过程才能满意地行驶。

某些旧式柴油机有一个共同的缺点就是在某些转速下会发生较重的敲击声，这种响声通常叫做“柴油机爆震”，其原因是燃油燃烧过于迅速，结果引起了压力过快的增高。这种现象与汽油机的爆震差不多，但是影响更显著。

近代的柴油机采用了涡旋式及半涡旋式特殊设计的燃烧室。这样便更容易控制压力的升高，而且由于燃料燃烧得更充分，也消除了早期高速柴油发动机的排气冒烟现象。与相当的汽油机比较起来，柴油机总是比较重的，而且由于燃油喷射设备成本较高，它的价格也总比汽油机贵。如果使用时间长了，则燃料及维护修理费用的节省实际上不但补偿了柴油机较高的初置费用，并且还使它获得经常的较低运转费用。一般在汽车行驶 45000 ~ 90000 公里以后，初置费用的差数已经可以得到补偿了。

## 第二章 柴油机的構造

本章的目的是在第一章所介绍的柴油机的原理及其优越性的基础上进一步说明它的实际构造。

图5是一般车用柴油机主要机构示意图，这种由气缸上部活塞的凹下的顶部与缸盖形成了燃烧室的发动机构造是比较简单的；以后我们还要介绍有与主燃烧室以适当的通道连接的辅助燃烧室的新式柴油机。

图5所示的柴油机是属于直接喷射式的，因为燃油被直接地喷射到气缸中去的。活塞(R)是在接近压缩冲程終了时的位置，进气门(I)及排气门(E)都关闭着。柴油从油箱由滤清器(F)被油泵(P)吸入；滤清器的作用是除去所有固体杂质，因为这些固体杂质不但要增加运动机构的磨损，而且会阻塞极精细的喷油咀(J)中的通路。凸轮(C)的转速是发动机转速的一半。

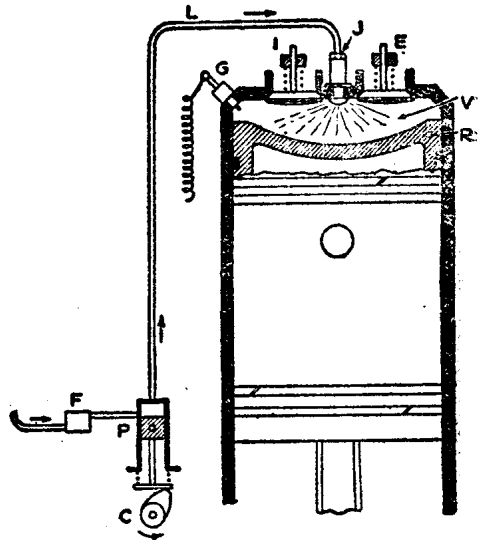


圖5 直接喷射式柴油机

油泵将精确地量出的一定量油在正确的时间通过一个止回阀送到细孔径的油管(L)中。对四冲程式发动机，油泵是设计成以发动机一半的转速在转动的，它能使喷射的燃油具有克服气缸(V)中存在的压缩压力(26~38公斤/公分<sup>2</sup>或380~550磅/吋<sup>2</sup>)的高压力。一般的燃油喷射压力是105~175公斤/公分<sup>2</sup>(1500~2500磅/吋<sup>2</sup>)，虽然有些发动机的喷射压力可达700公斤/公分<sup>2</sup>(10000磅/吋<sup>2</sup>)。

鋼制高压油管的內徑愈小愈好，根据发动机的大小不同，約为 1.5 ~ 3 公厘。

噴油咀 (J) 的式样一般是一个彈簧压紧的柱塞，它具有錐形或特殊形狀的端部，平时由彈簧压力靠紧在噴油咀座上，噴油咀座裝置的位置靠近燃燒室的壁部。在噴射时，油系产生的高压克服了彈簧压力，將柱塞頂起来，讓油进入燃燒室中。噴油咀的尺寸与形狀根据所需的油注形狀而定，噴射压力应当足以迫使极細的油霧进入燃燒室的最远部分。这是直接噴射式发动机的一个特点，因为燃油应当迅速接触到燃燒室中空气中的氧。图 5 所示活塞頂部向內做成碟形，其目的就是使燃油質点的运动長度大致相等；这样可以使燃燒作用在全部燃燒空間中非常均匀。

直接噴射式柴油机燃燒室也有好几种設計。图 6 所示的設計是采用了一种拱形活塞頂部和一個噴射角非常广的噴油咀，噴出的油注形狀和活塞頂部形狀相适应；这样可以使分得很細的油霧充分地渗透入空气充量中去。另外还有几种不同式样的直接噴射式燃燒系統，其作用原理是相同的，故不重复。

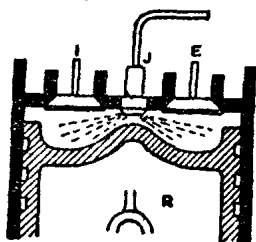


圖 6 另一种帶拱形活塞頂部的直接噴射式柴油机的燃燒室

直接噴射式发动机的噴油咀要根据所需的噴油注形狀而定；一般总采用多孔式噴咀，噴射压力也要高一些，使油霧能透入各部分，以提高空气充量中氧的利用率。

## 电热塞

直接噴射式发动机的热效率比较高，因为全部燃燒过程都是在燃燒室中发生的。这种发动机也較易于不用电热塞作冷車起動。

有輔助燃燒室的发动机往往需要电热塞，但是最近有一种叫做品陶 (Pin-taux) 型的噴油咀，可以使李卡多-慧星式 (Ricardo-Comet) 燃燒室的发动机不再用电热塞起動 (这种噴油咀的構造将在本章另节中介绍)。

普通的电热塞和火花塞很相象，但它有一个电阻綫圈，当需要冷車起動

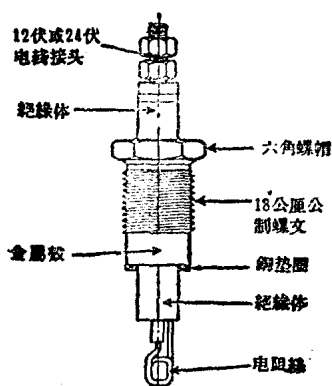


圖7 典型的电热塞構造示意图

时，就利用汽車上蓄電池（12或24伏）將它加熱至紅熱狀態。待發動機起動後即將電熱塞的電路切斷。圖7就是一個典型的電熱塞，中間的綫頭是絕緣的，與電阻絲另一端連接的外殼構成與汽缸蓋相連的接地端，這是與火花塞一樣的。電熱塞一般放在燃燒室的一側或者放在新式發動機的輔助燃燒室的側壁上。圖5中的G即為電熱塞，但實際上直接噴射式發動機是不需要電熱塞的，因為它是很容易作汽車起動的。

## 噴油咀

目前採用的噴油咀有好幾種型式。它們大致可以分為兩類，即開式噴油咀及閉式噴油咀。開式噴油咀在噴射作用停止後也沒有防止燃油繼續自噴油咀流出的控制閥，而閉式噴油咀則具有這樣的機構——用彈簧加壓的閥——

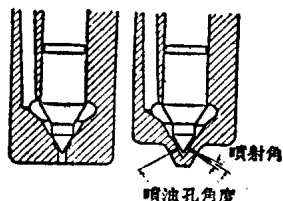


圖8 單孔式噴油咀（左）及多孔式噴油咀（右）

當噴射停止時使噴油孔關閉。

開式噴油咀的供油完全由油系控制；閉式噴油咀的供油則用液壓或機械驅動的閥門來控制。在高速柴油機中閉式噴油咀用得較多，因為它沒有漏油及某些其它毛病。

圖8是兩種典型噴油咀的剖面圖，左側是一個單孔閉式噴油咀，右側是一個多孔式的噴油咀。這兩種噴油咀的供油都是從左側油道下來而進入環繞着大錐體的空間。當油在噴射壓力下時，它就將在彈簧壓力下的錐形端部的柱塞頂起，這樣就讓在高压下的燃油通過噴油孔而進入燃燒室。

圖9示一個典型噴油咀的剖面圖及其零件的名稱。在105~175公斤/公分<sup>2</sup>（1500~2500磅/吋<sup>2</sup>）的壓力下由油系送來的油

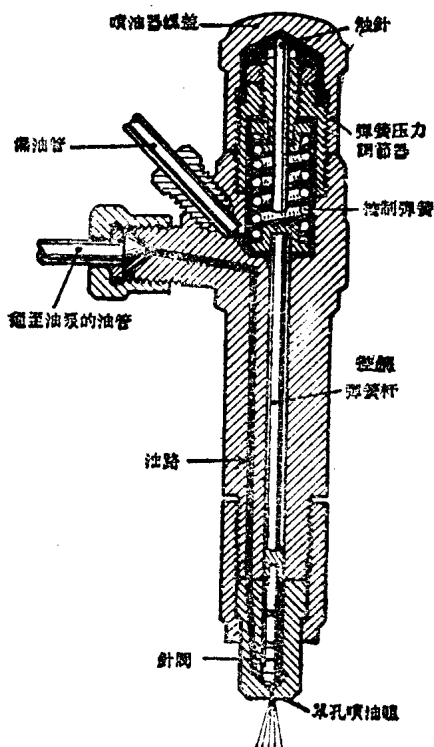


圖9 典型噴油咀構造

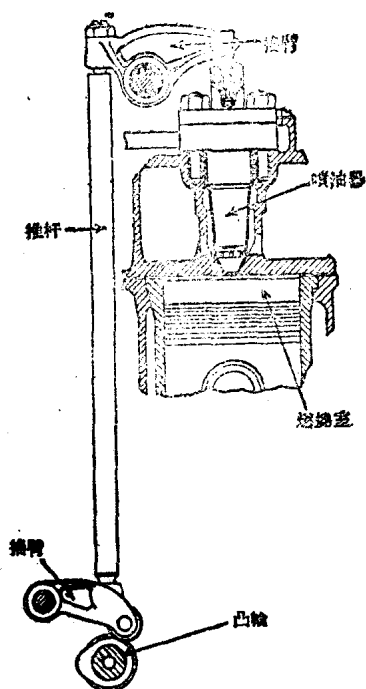


圖10 机械驱动式噴油咀(肯敏斯)

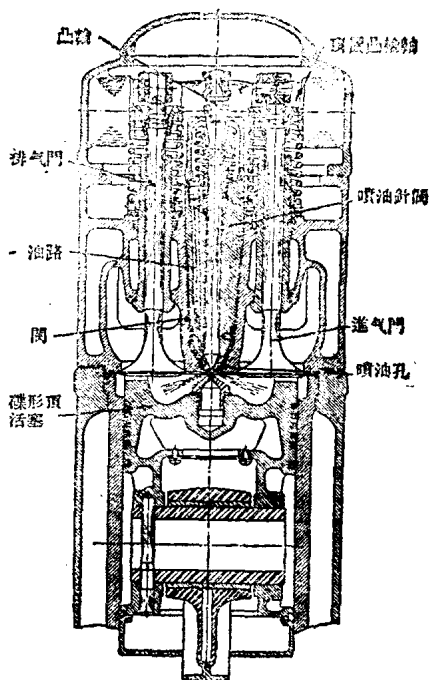


圖11 肯敏斯柴油机的噴射裝置圖

被送到燃油入口处，由油路通到锥形端部噴油咀針閥下面的空間。在油的壓力下針閥即克服了彈簧壓力（彈簧壓力是可以由上部的調整螺絲調整的）而升起，燃油即通過噴油咀噴孔進入燃燒室。通過控制杆漏出的少許燃油可以從漏油管中流出。

### 机械傳動的噴油咀針閥

圖10示另外一種噴油咀針閥不用液壓傳動方法，這種機構用一個搖臂杆在一定的時間打開噴油咀針閥，而搖臂杆則由發動機驅動的凸輪驅動。這種方法的優點是由一個油系送到共同的貯油室中的油在管路中的壓力比用上述液壓驅動的噴油咀時要低得多。油壓只在噴油咀中由上述機構驅動的柱塞使它升至最高壓力。

圖11是美國肯敏斯(Cummins)柴油機氣缸蓋內噴油裝置的布置圖，從圖上可以很清楚地看到中央燃油閥，供油的油路及其止回閥以及多孔式噴咀。同時也可以看到驅動進、排氣門和噴油咀針閥的頂置凸輪軸，這種發動機是直接噴射式的，活塞頂部是碟形。活塞上面也有一個空氣室，在燃燒階段的

后期，被高度压缩的空气即由空气室中放出进入气缸中。当活塞开始下行时，空气即开始放出，这样可以很好地调节压力并防止柴油机敲击。

## 喷油泵

大多数液压式喷油咀所用的喷油泵是由许多单系所组成，发动机的每一个气缸有一单系，单系则由柱塞、系筒、进油及出油阀组成。所以四气缸发动机有四个单系，六缸发动机则有六个单系，余类推。

为了紧凑和方便起见，这些单系装在一个室壳中，它们的柱塞也由一个凸轮轴驱动。每个单元的出油侧部有一根通至各个气缸喷油咀的细孔细油管。

图12是喷油泵一般原理的示意图。左边示柱塞由发动机驱动的凸轮顶起和由一个弹簧使它落下的情形。当柱塞下行时，燃油通过一个止回阀被吸入系的腔内，然

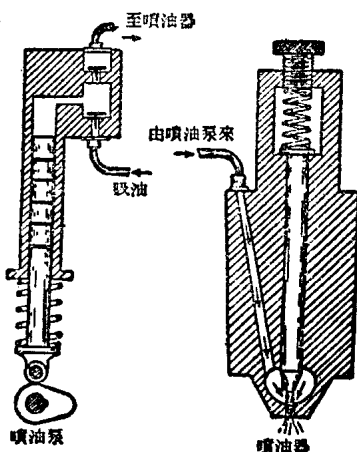


图12 燃油喷射原理

后当柱塞上行时，通过另一个止回阀被压经过供油管而到喷油咀针阀去。燃油的流路用箭头表明。

右边是喷油咀，燃油通过斜的细油路通到喷油咀柱塞下端的空腔。柱塞是用弹簧压在阀座上的。油泵除了要將油供給指定的喷油咀以外，还要正好在规定的喷油时间供給很少量的油。为了要做到这一点，每个单系都有能调节柱塞每一冲程供应的燃油量的装置。各个单系的调整装置是連在一起的，故调整时各单系一同调整。大部分的油泵有一个齿杆形的调节杆，它的齿部与在各柱塞下端圆柱形部分上切出的齿互相啮合。

当我们使齿杆作轴向移动时，它使每个柱塞转动，因此柱塞上端切出的螺旋纹边被随之上下移动以控制供油量。驱动油泵柱塞的凸轮是在一根整体轴上加工出来的，这一点与汽油机的凸轮轴相仿，而各个凸轮间的相对角度则与发动机曲轴的曲柄一样。

控制杆（调速齿杆）实际上控制了喷油时间，前面已经提到过，柴油机的功率就是用变更喷射时间的长短来控制的，我们可以用改变柱塞位置的方法使油泵根据需要作较长或较短时间的供油，控制杆的操作方法可以是一般的手拉或足踏控制杆，或者用离心式、真空式或者液力式的调速器。调速器是用来限制发动机的最高转速及怠速的。驾驶员可以用手拉或足踏控制杆

在这两个轉速之間控制发动机的轉速，但是不能使发动机在预先选定的最低轉速以下或最高轉速以上运转。

图13是一具典型的汽車用高速柴油机的調速器，这种調速器能調节发动机怠速或“无負荷”及全負荷的轉速。駕駛員也可以在此兩極限間任意選擇，在图中可以很容易地看到达到这个目的的機構裝置。

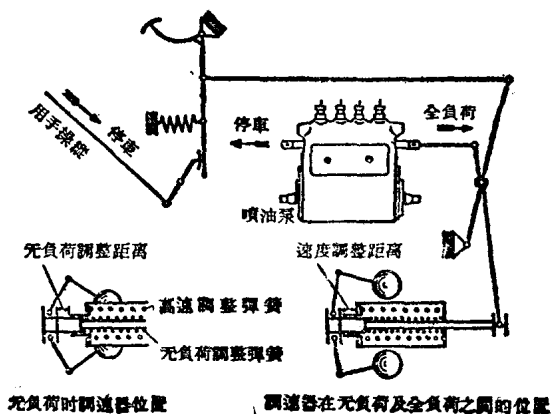


圖13 調節柴油怠速及最高速的機構示意圖

噴油系还有另一种必要的調整工作，即改变噴油正时的調整。我們已經說过，在压缩冲程將終了时的燃油喷射开始時間对发动机的一般运转性能极有关系。因此設置一些使喷射時間根据需耍而提早一些或推迟一些的調整裝置是非常必要的。这种調整是用改变噴油泵凸輪軸相对于发动机曲軸的角度来实现的。所需的角变化是很小的，大約只是曲軸角度的 $10\sim 20^\circ$ ，或噴油泵凸輪軸角度的 $5\sim 10^\circ$ 。因此在发动机驱动軸和噴油泵凸輪軸之間装有一个可調整的联轴节。第十章中將詳細地介紹这种联轴节的構造以及其他有关的調节裝置。

### 燃料系全貌

图14是裝于2~3吨載重汽車上的四缸福特柴油机的全部燃料系統。这种发动机的缸工作容积（排量）是3.61公升，在2000轉/分时发出約55馬力，在2400轉/分时发出60馬力的最大功率。

油箱中的柴油被裝在噴油泵旁边并用噴油泵凸輪軸驅動的輸油泵吸过一个燃油粗濾器，粗濾器有一个玻璃的沉澱盆。低压燃油通过一根长的油管被送到一个較大，效率較高的精濾器中，在此处剩余的灰尘、毛髮等杂物全部