

汽車活葉學習材料

汽車的燃料——柴油

許金釗編

39

人民交通出版社

汽車的燃料——柴油

許金釗 編 人民交通出版社出版

北京安定門外和平里

新華書店發行 中科藝文聯合印刷廠印刷

一九五六年七月上海第一版第一次印刷

1—12100 冊

開本 787×1092 1/32 17000 字

印張：14

定價(9)：一角

上海市書刊出版業營業許可證出客登字號

目 錄

一 柴油是什麼.....	1
二 對柴油的一般要求.....	2
三 柴油的特性.....	3
四 柴油特性的測定.....	13
五 節約柴油.....	17
附錄 汽車上現用柴油的一般規格.....	22

柴油作為汽車發動機的燃料，在最近幾十年中得到廣泛的採用；主要的原因是由於：柴油的提煉、加工、輸運和儲存都比汽油來得簡單、經濟和安全，柴油的來源比汽油來得豐富，價格也來得便宜，此外柴油機的熱效率比汽油機的高，單位油耗量較低。當然柴油機到目前為止還存在着一定的缺點，如構造複雜，以致每馬力所佔的平均重量較大，也就是說發出同樣大小功率的發動機，柴油機要比汽油機所用的金屬材料多些。但這些缺點不是主要的，因為合金的採用以及設計和製造方法的改善，有可能把柴油機的構造改進得更為合理，更為簡單。

現在我國的汽車運輸部門中，已擁有相當數量的柴油機汽車：如亞斯-200、却貝爾 D-350、太脫拉-111、斯可達 706R、依發和布拉格等型的載重汽車，以及依卡路斯-30、斯可達 706RO 等型公共汽車。此外，農業上使用的拖拉機，大都裝用柴油發動機，如斯大林-80 型拖拉機上所用的 KDM-46 型柴油機，林畢茲克工廠所出產的拖拉機上裝有 KД-35 型柴油機，斯大林格勒拖拉機工廠在履帶式拖拉機上安裝了 Д-54 型柴油機等。柴油機上最複雜的機構是燃料系統，燃料系統的工作和所用燃料——柴油有密切的關係，因此汽車和拖拉機駕駛員和修理技工應該具備有關柴油的一些基礎知識。

一 柴油是什麼

柴油是從石油中蒸餾出來的。石油中包含的當然不只是柴油，蒸餾石油時，最先出來的液體是汽油，因為汽油最容易蒸發，其次是煤油，再次才是柴油，留剩下來的石油殘渣叫做重油。所以柴油

是介乎煤油和重油之間的石油產物。

除在蒸餾石油時能夠得到比汽油數量更多的柴油以外，還可以利用其他原料如油頁岩、褐煤和煤焦油來提煉柴油。這樣就豐富了柴油的來源，增加了柴油的產量，降低了柴油的成本。

柴油是一種含有多種碳氫化合物的混合物，這些碳氫化合物各有各的特性。正因為如此，同樣作為燃料的柴油，其間的特性差別很大，也就是說柴油的成分是不一致的。僅就柴油的比重來說，最小為 0.82，最大可為 0.98。比重小的稱為輕質柴油，比重大的稱為重質柴油。汽車和拖拉機上的柴油機都用輕質柴油，比重在 0.83 到 0.89 之間；重質柴油只能用在低轉速的柴油機上。

柴油既然是由多種碳氫化合物所組成，所以不能用一個化學分子式把它們表示出來。為了計算柴油燃燒時所需要的空氣量，通常可以採取一公斤的柴油中含碳 0.86 公斤、氫 0.13 公斤和氧 0.01 公斤，其分子量（近似值）為 186。

柴油是一種不容易蒸發的燃料，因而不能像汽油那樣，利用汽化器的裝置來使柴油汽化，更談不到靠汽化器來保證柴油與空氣的混合。要柴油在氣缸內着火和燃燒，就得預先用高壓力將柴油噴成霧狀，才能與氣缸內的高溫空氣混合。這就說明了：柴油機的供油裝置為什麼是與汽油機的不同，為什麼柴油機又叫做壓燃式發動機。

二 對柴油的一般要求

這裏首先要說明的，我們所討論的是高速柴油機所用的柴油，所以下面所提的要求是指高速柴油機的柴油而言。

汽車上所用的柴油機有這樣的特點，即柴油機是在不同的外界環境下工作的，並且隨時需要熄火和起動。根據這些特點，就要求：不論外界環境如何變化，仍能按時供給氣缸以必要的油量，保證完

成運輸任務；此外還必須滿足柴油機起動容易的要求。

柴油在柴油機氣缸內是否能燃燒完全，當然與一系列的因素（如空氣溫度、壓力和擾動程度、噴油泵壓力、噴油器構造和燃燒室形狀等等）有關，但柴油本身應該具有適當的黏度，以便噴成霧狀，進行燃燒。另一方面，在柴油機的運轉範圍內，柴油的黏度不允許有大的變化。

柴油經過噴油泵和噴油器的作用呈霧狀噴入氣缸。柴油顆粒進入氣缸以後要隔一些時間才能開始着火和燃燒，這段時間一般稱為柴油的着火延遲階段。這一階段影響着柴油機的工作平穩性。因為這一階段的延長意味着在着火以前氣缸內積存了多量的柴油，柴油一多，待着火和燃燒開始以後，大量熱能隨着產生，使氣缸內的壓力劇烈升高，以致發生爆震現象。反之，當着火延遲階段短暫時，柴油機的工作就平穩了。因此，要求柴油本身有好的着火性能和蒸發性能。

就經濟角度來說，柴油應該具有高的發熱量。一般用在高速柴油機上的柴油，其發熱量約與汽油的相等，每一公斤的柴油能發出10000 仟卡左右的熱量。

柴油機氣缸內的積碳，固然與燃燒過程的進行情況有關，但與柴油本身在燃燒時是否易於產生碳渣也有很大關係。為此，對柴油的含碳量也有一定的要求。

此外，柴油的含酸、含硫、含機械雜質和水等等都有一定的規定，以免供油設備的另件受到腐蝕和損壞。

三 柴油的特性

着火性能

柴油不像汽油那樣預先與空氣混合妥當再進入氣缸內的，而是直接進入氣缸，在燃燒之前的片刻，臨時與氣缸內高溫高壓的空氣

混合，接着發生劇烈的氧化作用。由此可知，柴油顆粒從進入氣缸到着火燃燒，是有一段時間的（實際上這段時間是很短的）。這段時間的長短，對柴油機的運轉平穩程度和起動的快慢有很大的關係，而這段時間的長短決定於柴油的着火性能。因此，着火性能是柴油的重要特性之一。

柴油的着火性能可用兩種標準來評定，即十六烷值和柴油指數。

1. 十六烷值——經過很多學者的研究和試驗，已經肯定：最容易着火的是一種叫做十六烷（化學分子式為 $C_{16}H_{34}$ ）的碳氫化合物；而另一種最不容易着火的碳氫化合物是 α -甲基萘（ $C_{10}H_7CH_3$ ）。我們把着火容易的十六烷的十六烷值定為 100，而 α -甲基萘的十六烷值定為零。把以上兩種碳氫化合物按不同的體積比例加以混合，便能獲得各種不同十六烷值的混合物，也就是說便能獲得各種不同着火性能的混合物。混合物中含十六烷多的，它的着火性能也好；反之，它的着火性能就差，十六烷值也相應減小。有了以上的各種不同着火性能的混合物，便可把着火性能未知的柴油與它們作比較，因而決定被試驗的柴油的十六烷值。

柴油在氣缸內的燃燒是否良好，在很大的程度上是與柴油的着火性能有關。因為着火性能差的柴油，進入氣缸以後，一時不能着火，而柴油還是繼續不斷的噴進來，氣缸內的積存柴油（在着火之前）越來越多，一旦着火開始，大量柴油顆粒同時參加燃燒，氣缸內的壓力突然上昇，以致引起金屬的敲擊聲，這就稱為柴油機的爆震。在汽油機中，為了防止燃燒時發生爆震現象，不希望汽油有良好的着火性能，而對柴油機的燃料着火性能來說，要求恰好相反，也就是說十六烷值和辛烷值之間存在着相反的關係。這個關係可以近似地用下面的式子來表示：

$$\text{辛烷值} = 120 - 2 \times \text{十六烷值}$$

大家知道：汽油的辛烷值愈高，它的抗爆性也愈好。但是柴油

的十六烷值與爆震之間却没有這樣直接的關係。在圖 1 上表示了柴油進入氣缸後直到着火開始的一段時間（用柴油機曲軸所轉角度來表示）與十六烷值之間的關係。

很清楚地可以看出：當十六烷值從 30 增加到 40 時，着火性能改善了。改善的程度相當於曲軸少轉 6 度，即着火性能好了 6 度。如果十六烷值從 50 增加到 70，着火性能的改善僅相當於曲軸少轉 2 度。這就說明了十六烷值在 50 以上如果再加以提高，對着火性能的影響是不大的。

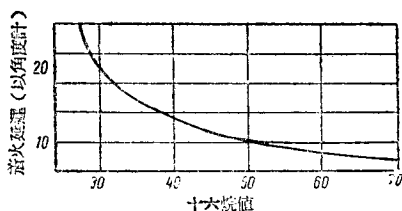


圖 1 柴油十六烷值與着火延遲的關係

在圖 2 中表示了柴油機氣缸內壓力昇高的速度與柴油十六烷值之間的關係。當柴油的十六烷值小於 45 時，十六烷值愈小，壓力昇高速度愈快，因而採用低十六烷值的柴油容易使柴油機發生爆震。但十六烷值大於 45 時，對氣缸內壓力的昇高速度幾乎很少影響。

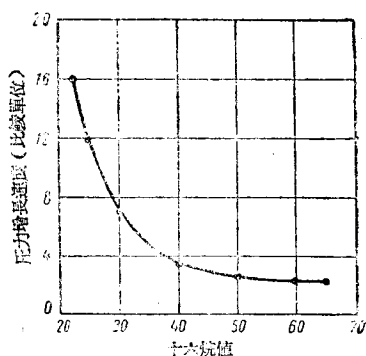


圖 2 柴油十六烷值與氣缸內壓力增長速度的關係

那末，柴油的十六烷值如果無限的提高，是不是有害呢？從圖 3 上看出，當十六烷值大於 56 時，柴油的單位消耗量便成正比例地增高。這是由於高十六烷值的柴油在氣缸內發生迅速的裂化作用，析出碳素，而這些碳素又沒有足夠的時間與氧化合，以致變成浪費，提高了每馬力小時的柴油消耗量。

這裏我們可以得到這樣的結論：柴油十六烷值的大小代表了它着火性能的好壞；但十六烷值超過了一定數值，非但收效不大，還

影響了經濟性。然而不能忽略這一問題，即柴油的十六烷值是決定柴油着火性能的指標，因此當十六烷值不够標準時，有必要設法加以提高。

提高柴油十六烷值的方法為在柴油中加注些特殊的附加劑。各個地區所產的和各種方法所提煉出來的柴油特性不同，因此對各種附加劑的反應也不同。表1所列的是附加劑對直餾柴油十六烷值的提高情況：

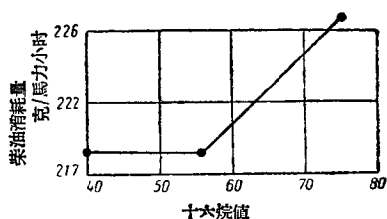


圖3 柴油十六烷值與單位消耗量的關係

2. 柴油指數——柴油的着火性能，除用十六烷值表示外，還可以用柴油指數來表示。柴油指數是柴油的苯胺點和比重量的函數。

柴油中含有芳香族碳氫化合物，芳香族碳氫化合物溶解於苯胺液體中的溫度比其他碳氫化合物的都來得低。當柴油與苯胺以1:1的比例配合，在加熱到某一溫度時，芳香族碳氫化合物便開始溶解。這時的溫

提高十六烷值的附加劑 表1

附 加 劑	柴 油 十 六 烷 值	
	未加附加劑	加入5%附加劑
丙酮的過氧化物	39.0	45.0
丙酮的過氧化物	50.0	61.0
硝酸乙脂	52.0	60.0
硝酸戊脂	56.0	66.4
硝酸戊脂	54.0	63.5
硝酸異戊脂	50.0	57.0

度稱為柴油的苯胺點。柴油中含芳香族碳氫化合物愈多，苯胺點愈低，柴油指數也愈小。知道了柴油的苯胺點（以攝氏度數表示）以及在15°C時柴油的比重，柴油指數便可按下式計算：

$$\text{柴油指數} = \frac{(1.8 \times \text{苯胺點} + 32)(141.5 - 131.5 \times 15^\circ\text{C 時的比重})}{100 \times 15^\circ\text{C 時的比重}}$$

柴油指數和十六烷值之間有如表 2 所列的關係：

良好柴油的柴油指數應該在 50 到 55 之間，指數小於或等於 40 的柴油是低劣的。

柴油指數和十六烷值的關係 表2

柴油指數	20	30	40	50	62	70	80
十六烷值	30	35	40	45	55	65	80

黏 度

黏度是柴油的重要特性之一。在談到黏度之前，必須先了解黏度的單位。

柴油黏度是用恩氏度數 (°E) 或百分拓來表示的。恩氏黏度是 200 立方公分的柴油與同體積的水分別流過同一個孔所需時間的比值。由恩氏度數換算到百分拓黏度值可以用下面的公式：

$$\text{百分拓} = \left(7.319 \times \text{恩氏度數} - \frac{6.31}{\text{恩氏度數}} \right)$$

必須指出，柴油的黏度是與溫度有關，因此說明柴油黏度的同時，還應該給出溫度為若干。圖 4 所示的為柴油黏度隨溫度而變化的曲線。一般書本上所給出的柴油黏度是指溫度為攝氏 20 度的數值，否則另行註明。柴油的黏度決定了柴油的霧化質量和柴油的消耗量。黏度高的柴油，不容易噴散，所以形成的顆粒也比較大些。顆粒一大就不容易與空氣中的氧氣作均勻的混合，當然談不到完全的燃燒，以致在柴油機的排氣中含有黑色濃煙，結果增加了柴油的消耗量。

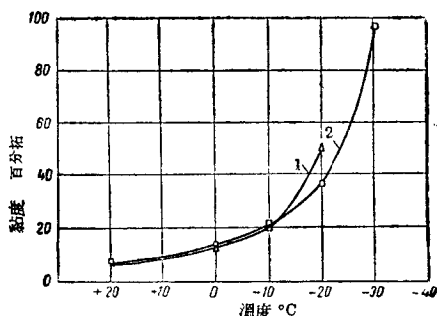


圖 4 柴油黏度與溫度的關係
1-夏季柴油 2-冬季柴油

當柴油黏度從 7 百分拓增加到 65 百分拓（當時的溫度為 50°C），每馬力小時的柴油消耗量要增加百分之三十，見表 3 所列。

那末是不是說柴油的黏度愈小愈好呢？不，黏度過小（即很薄的柴油）對柴油機的使用壽命和運轉經濟性是有害

柴油黏度對單位消耗量的影響 表 3

50°C 時的黏度, 百分拓	7	9	15	16	40	49	65
單位消耗量, 克/馬力小時	246	250	247	250	260	315	328

的。因為噴油泵和噴油嘴的機件在發生相對運動時是靠柴油來潤滑的。既然柴油兼充潤滑劑，就得有一定的黏度，過低的黏度就會使機件的磨耗增大，縮短了柴油機的使用壽命。此外，黏度低的柴油，其漏耗的比例也大。我們知道，柴油是在很高的壓力作用下，噴入氣缸完成霧化的。受壓的柴油沿供油設備流動時，由於供油系統各連接機件之間有一定的隙縫，難免要發生漏耗。柴油的黏度愈小，漏耗也愈大。圖 5 表示了由噴油泵截面不密合處漏耗的油量與柴油黏度的關係。為了說明這一問題，一般是用一個叫做充量係數來表示：

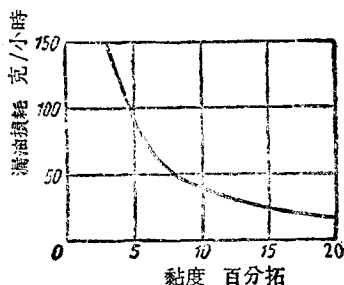


圖 5 由噴油泵截面不密合處漏耗的油量與柴油黏度的關係

$$\text{充量係數} = \frac{\text{實際進入氣缸的柴油容積}}{\text{噴油泵的壓縮室容積}}$$

當柴油黏度從 3 百分拓增加到 8 百分拓時，充量係數可提高 13~16% 左右。

柴油的黏度與壓力之間也存在着一一定的關係。當把壓力從 1 大氣壓增加到 200 大氣壓時，柴油的黏度約增加 60%；如果繼續提高壓力，達 400 大氣壓時，黏度達到原有的三倍。黏度與壓力之間的

關係，可用下面的式子來表示： $K = A^P$

式中 K = 相對黏度（在壓力 P 時的黏度/在大氣壓時的黏度）

$A = 0.9789 + 0.026 \gamma$ (γ 為柴油的比重)

P = 壓力（公斤/平方公分）

從以上的分析可以看出：柴油的黏度影響着柴油機的運轉性能和經濟性。因此，應該對柴油的黏度有一個正確的選擇。在現代汽車柴油機上所用的柴油，其黏度在溫度為 20°C 時不應高於 8 百分，相當於恩氏度數 1.7。此外，還有一個要求，即在發動機的運轉範圍內，柴油黏度的變化要小，也即柴油的黏度要具有高度的穩定性。

凝固點和渾濁點

上面已經說過，柴油的黏度是隨着溫度的降低而變大。柴油中含有石蠟成分，當柴油受到冷卻時，其中所含的石蠟晶體開始析出來，這時的溫度叫做柴油的渾濁點。石蠟晶體的出現，使柴油濾清器受到阻塞，以致供油發生困難。

如果柴油繼續受到冷卻，則將開始失去它的流動性能，這時的溫度稱為柴油的凝固點。柴油受冷凝固而失却流動性，當然談不到供油的可能性。一般來說，柴油的凝固點要比渾濁點低 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

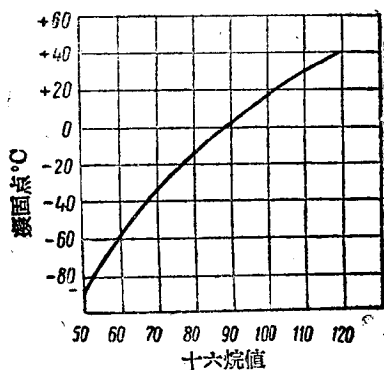


圖 6 柴油十六烷值與凝固點的關係

渾濁點和凝固點高的柴油，對它的使用範圍就受到一定的限制。比如在我國東北地區的冬季溫度經常在零下 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，如果柴油的渾濁點和凝固點比上述的溫度為高，則這些柴油就不能充作東北

地區的冬季燃料。不但如此，我們永遠要求柴油的凝固點比發動機使用溫度大約低 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

還有一個問題值得注意的，即具有較高十六烷值的柴油，它的凝固點一般都較高。兩者之間的關係如圖 6 所示。柴油具有較高的十六烷值是我們所歡迎的，因為它有較好的着火性能。但高的凝固點對發動機在低溫時的運轉是有害的，因此在必要時可以把煤油（不可用含石蠟多的煤油）摻入柴油中，以降低柴油的凝固點。

蒸發性能

柴油的蒸發性能一直沒有受到使用者的注意，往往認為柴油的蒸發性能與它的使用性能無關，以致形成了這樣一個錯覺，好像柴油機的燃料可以採用各種不同類型的重油，這是不對的。對高速柴油機（汽車上用的柴油機都是高速的）來說，柴油的蒸發性能尤其重要，因為要在很短的時間內，使柴油顆粒與空氣很好地混合，不但與柴油的霧化程度有關，並與柴油的蒸發性能有很大的關係。

試驗的結果指出，當柴油的蒸發性能不良時，氣缸內的燃燒進行得非常惡劣，以致柴油機的馬力相應地下降和燃料平均消耗量也相應地增加。根據亞斯-200型汽車路上試驗的結果，用蒸發終點溫度為 288°C 的柴油作燃料，可以在 100 公里的路程中比用蒸發終點溫度為 356°C 的柴油節省 3.2 公斤。一般來說，柴油的蒸發終點溫度不應該超過 370°C ，而蒸發出 90% 的溫度應該低於 350°C ，否則便有形成氣缸內積碳過多和排氣含碳的可能性。為了便於柴油機的始動和避免碳質的形成，在柴油規格中還規定了柴油的開始蒸發溫度和蒸發出 50% 及 90% 的溫度。

含碳量

在一定的條件下，把柴油加熱，使它全部蒸發。蒸發後所遺留

下來的殘渣，叫做柴油的碳渣，用百分數表示柴油的碳渣叫做柴油的含碳量。所以含碳量的多寡是柴油質地的輕重和是否純潔的指標。柴油質地愈輕愈純潔，含碳量也愈少。

當柴油在空氣供應不足的情況下燃燒時，便發生不完全的燃燒。這當然與柴油本身的含碳量是兩回事。但必須指出，含碳量高的柴油，霧化程度不易良好，也就是說容易發生不完全的燃燒。

由於柴油的含碳量高或燃燒不完全，燃燒室的表面和活塞的頂部便結有碳渣層，以致促成噴油孔和活塞環的燒毀。

因此，在柴油規格中對柴油的含碳量有一定的規定，即不能高於5%。

灰 份

柴油中除了含有那些沒有燃燒價值的機械雜質外，還存在着灰份。柴油所含的灰份應該很少，因為在燃燒之後，這些灰份的存在，像堅硬的磨料一般，增加了氣缸套筒和活塞環的磨損。高速柴油機的燃料中，灰份只允許在0.01~0.02%之間，即在重柴油中也不允許灰份超過0.08%。

機械雜質和水份

柴油中所含的砂粒和鐵銹等物質叫做機械雜質。我們知道，噴油孔的直徑是很小的，這些雜質很容易把噴孔塞住而停止噴油。機械雜質也能堵塞濾油器而使供油不暢。而且由於雜質的存在加速了噴油泵和噴油器的磨損。所以柴油中的機械雜質應該儘量的減少。

這些雜質的混入，往往是由於在儲藏和運輸時的疏忽所致，所以在處理柴油時須特別加以注意，加注柴油入油箱時要注意過濾，以免雜質混入。

柴油中含有水份也是不許可的。水份的存在非但減少了單位時

間內對柴油機的供油量，並且使柴油機的功率下降，因為水份在氣缸內蒸發時要吸收熱能。

水份還能使氣缸壁、活塞和氣門生銹。

在冬季使用含有水份的柴油時，常常結成冰粒，使供油不暢。

含 硫 量

柴油內含有硫和硫化物時，常常容易引起柴油機另件的腐蝕。實驗指出：含有硫質的柴油在燃燒時不僅形成二氧化硫，還發生三氧化硫，後者與水蒸汽化合後成為硫酸，對金屬起了強烈的腐蝕作用。圖 7 表示了柴油含硫量對柴油機腐蝕的影響。

因此柴油的含硫量也應該加以規定，一般不應超過 0.2%。

為了減少柴油機由於柴油中的硫分而引起的腐蝕，可將柴油加以處理，減少其含硫量。最簡便的清理法是使柴油經過一系列的過濾，而以水礬土^①（是一種含鐵鋁氧的礦石）作為濾清劑。過濾後的柴油含硫量可以減去 40~50%。

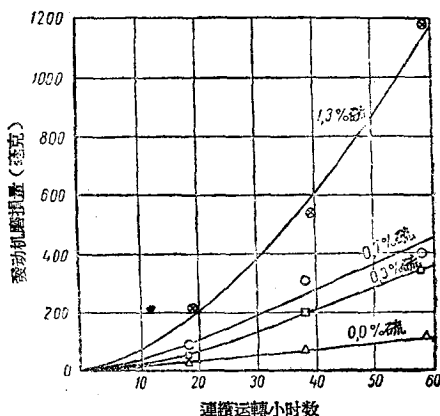


圖 7 柴油含硫量與發動機磨損的關係

酸 值

柴油應該是中性的，不應該含有酸的成分。酸性柴油不僅使燃料供應系統的設備受到侵蝕，柴油機的其他另件也將遭到損蝕。因

^① 也稱為鋁土礦，分子式是 $Al_2O_3 \cdot x H_2O$ ——編輯者

此，在使用前應該經過中性試驗。

柴油中含酸的分量往往用酸值來表示。酸值是中和 100 立方公分燃料中所含的酸分所需的氫氧化鉀的毫克數。一般規定，柴油容許的酸值不能超過 5。

爲了說明酸分對柴油機的危害性，特提出下面的試驗結果供作參考（表 4）：

亞斯-204型柴油機用不同酸值的柴油進行試驗的結果 表4

項 目	用酸值爲 4 的柴油	用酸值爲 50 的柴油
經過 500 小時工作後柴油機的功率下降	5馬力	23馬力
噴油器的噴油量下降(柱塞每次行程)	1.94 立方公厘	15.4 立方公厘
在 500 小時工作後柱塞平均損耗	0.0015 公厘	0.0023 公厘
第一道活塞環損耗	0.03 公厘	0.07 公厘

閃 點

柴油的閃點是柴油產生可燃油氣的最低溫度。這時如果用一火焰很快地越過油面，便形成瞬時的燃燒，但柴油本身在這樣的溫度下是不會燃燒的。閃點對於柴油在運輸和貯藏時的安全問題，具有很大的意義。

四 柴油特性的測定

要逐項而精確地來測定柴油的特性，當然要有一套齊全的設備，這對柴油的使用單位來說是辦不到的。但當對柴油的規格有必要加以作一般性的測定時，可以應用下面的方法。

着火性能的測定

柴油的着火性能是一項重要的特性。測定柴油的十六烷值是在

特殊的燃料試驗機上進行的。這種燃料試驗機僅供作試驗研究之用，所以不在這裏介紹。

前面我們說過，柴油指數也能表示其着火性能的好壞，良好柴油的柴油指數應該在 50~55 之間。那末，我們怎樣來決定柴油指數呢？從計算柴油指數的公式中，燃料在 15°C 時的比重是容易測得的，如果能求得苯胺點，就能算出柴油指數了。

苯胺點的求法是把不含水份的苯胺（分子式為 $C_6H_5NH_2$ ）摻入體積相同的柴油中，再加熱，使它們完全混合為止。然後徐徐冷卻，注意開始混濁時的溫度，這一溫度就是苯胺點。

根據試驗得出的結論：按燃料試驗機所得的十六烷值與根據苯胺點所測得的柴油指數具有一樣的價值。

其實，苯胺點本身也足以表示柴油的着火性能。比如說柴油在 15°C 時的比重已經知道；另一方面我們也知道了柴油指數應該在 50~55 之間，那末根據公式即可確定苯胺點應有的變化範圍了。

測定苯胺點的儀器如圖 8 所示。

黏度的測定

柴油的黏度可用如圖 9 所示的儀器來測定。所測得的黏度單位為恩氏度數。水罐 2 內放置了盛杯 1，柴油或蒸餾水即注入盛杯 1 中。水罐 2 內的水用環形酒精燈加熱，並用攪拌器 5 攪拌，使水罐內的水具有均勻的溫度。盛杯 1 內的柴油或蒸餾水溫度可從溫度計 3 上讀出。柴油或蒸餾水從盛杯底部的排量是由量針 4 來控制的，即量針上升，量孔增大，排量便增多，反之，排量也相應地減少。

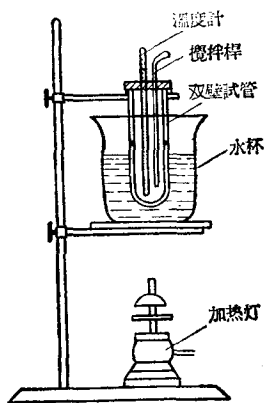


圖 8 苯胺點測定器