



作者：徐業良(2003-10-18)；推薦：徐業良(2003-10-18)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2003年十一月號，史丹福專欄。

淺談柴油和柴油引擎

月初的時候雜誌社編輯告訴我，台灣加入 WTO 之後國內開放柴油引擎車進口，部分進口車商已積極規劃引進柴油引擎車，所以汽車購買指南也開始規劃一系列柴油引擎車報導文章。

報導柴油引擎車？確定嗎？要報導的是大貨車、大客車、還是，火車？

後來很快就發現自己這樣的疑問實在有夠不專業，不知道您是不是和我一樣，對柴油引擎車的印象，還是停留在不知道多少年前，粗糙、廉價、高污染的烏賊車？

那可能真的是很久以前的印象了。目前國內也許您完全看不到柴油引擎小客車，但是在國外，特別是歐洲，柴油引擎小客車可是有相當重要的地位。柴油引擎有先天上省油、耐用的低成本優勢，低轉速就有大扭力輸出，加上許多歐洲車廠致力於改善柴油引擎的精緻度和降低污染，您心目中的歐洲品牌高級車，朋馳、BMW、福斯等，都有配置柴油引擎的高級車款，還頗受歐洲車主的歡迎。前兩個禮拜看到一個數據，歐洲市場柴油引擎小客車的佔有率大約有 40%，我在象牙塔裡不食人間煙火已久，看到這個數字著實嚇了一大跳。

所以這個月的史丹福專欄就也來共襄盛舉，寫一篇關於柴油與柴油引擎的技術文章，在柴油引擎車正式進口之前為大家熱熱身。

先不談柴油引擎，從柴油引擎的燃料—柴油開始談起。

柴油這個詞兒不知道中文的典故為何，柴油引擎英文叫做 Diesel engine，柴油的英文就叫做 Diesel fuel。Diesel 這個字一定得大寫，因為這其實是個人名，這位叫做 Rudolf Diesel 的先生在 1892 年時獲得柴油引擎的德國專利，從此以後名垂青史，不但他發明的引擎以他為名，甚至柴油引擎用的燃料也直接冠上了他的名字。

要瞭解柴油的特性，得要話說從頭，從原油的提煉談起。您知道，原油就是從地底下抽取的黑色液體，叫做石油(petroleum)，而石油這種液體之所以如此特殊，主要是其富含脂肪性的碳氫化合物，所謂脂肪性碳氫化合物裡只有碳和氫，完全沒有其他元素，非常適合當作燃料。

在石油所含的碳氫化合物裡，碳原子都是連接在一起，形成長短不同的「碳鍊」，然後氫原子再依附在碳原子上，而碳鍊的長度不同，碳氫化合物就會有不同的行為表現。舉例來說，最短的碳鍊就是一個碳原子本身，氫原子依附在上面，形成最輕的碳氫化合物 CH_4 ，就是甲烷(methane)或俗稱的沼氣。甲烷如此的輕，可以像輕氣球裡灌的氫氣一樣浮在空氣裡。

噢，不知道您還記不記得國中的化學課，C 是碳、H 是氫， CH_4 就表示有一個碳原子和四個氫原子結合在一起，成為碳氫化合物。

當這個碳鍊越來越長的時候，形成的碳氫化合物就越來越重了。前面提到碳鍊只有一個碳原子時，形成的碳氫化合物是 CH_4 (methane)，碳鍊中有兩個、三個、四個碳原子時，形成的碳氫化合物分別是 C_2H_6 (ethane)、 C_3H_8 (propane)、和 C_4H_{10} (butane)，中文命名就直接很方便地叫做甲烷、乙烷、丙烷、和丁烷。

有沒有注意到在這些碳氫化合物中，氫原子的個數總是比碳原子個數的兩倍還多兩個？以丁烷 C_4H_{10} 做例子，四個碳原子連成一條碳鍊「C-C-C-C」，一個碳原子有四隻手臂，可以連接四個其他的原子，在「C-C-C-C」這四個碳原子裡，中間兩個碳原子只剩兩隻手臂各牽一個氫原子，頭尾兩個碳原子則各還有三隻手臂可以牽各三個氫原子，所以碳氫化合物中氫原子的個數比碳原子個數的兩倍還多兩個，每個碳原子各牽兩個氫原子，碳鍊頭尾的兩個碳原子再各多牽一個氫原子。

還真像上化學課。

不過您還真的得對碳鍊的樣子有個概念，才容易瞭解石油中為何可以提煉出這麼多不同種類的油品。

甲烷、乙烷、丙烷、丁烷全部都是氣體，沸點都很低，分別在攝氏-107 度、-67 度、-43 度、和-18 度，基本上隨著碳鍊變長，沸點的溫度也逐漸升高。接下來碳鍊長度從從 C5 開始到 C18 左右的碳氫化合物，在室溫之下都是液體，碳鍊長度超過 C19，在室溫之下就都是固體了。這些碳鍊長度不同的燃料，沸點的溫度也逐漸升高，因此可以用蒸餾法從原油當中分別提煉出來。這也是石油精煉廠實際發生的過程，將原油加熱，在不同的蒸發溫度下，不同碳鍊長度的燃料就會被蒸發，再凝結、提煉出來。

原油中提煉出來的碳氫化合物，碳鍊長度在 C5、C6、和 C7 範圍內時，雖然是液體，但都非常輕，很容易揮發，油品看起來很清澈，一般叫做揮發油，常常用來作為溶劑，像是乾洗衣服用的液體溶劑，或者溶解油漆的溶劑、以及其他快乾產品。在原油提煉過程中，碳鍊長度從 C7H₁₆ 到 C₁₁H₂₄ 的燃料，全部都混在一起，成為我們用的汽油。在這個範圍碳鍊長度之下，燃料的沸點低於水的沸點，這就是為什麼您會覺得汽油很容易揮發。再接下來是煤油，碳鍊長度範圍在 C12 到 C15，煤油之後被蒸餾分離出來的才是柴油（大約是 C₁₄H₃₀）和重油（暖氣、鍋爐加熱常用的油）。

柴油、重油之後是潤滑油，潤滑油在室溫下便完全不會揮發了，像是您汽車引擎機油可以在攝氏 120 度以上的高溫，跑個一整天而完全不會揮發。潤滑油也有分別，從比較輕的引擎機油，到比較重的齒輪箱油，到半固體的油脂。碳鍊長度超過 C20 以上，室溫之下是固體，從石蠟到焦油，最後是拿來鋪路的瀝青。

哇！這麼多不同的物質都是從原油中提煉出來的！儘管外在性質差異很大，這些物質組成的成分卻都是碳氫化合物，唯一的差別是其碳鍊的長度，柴油便是其中碳鍊長度較長的液體燃料。

如果您實際拿著一罐柴油和一罐汽油，從外觀觀察比較看看，您會知道柴油和汽油看起來就明顯不同，味道聞起來也很不一樣。實際摸摸看，您會發現柴油更油、更黏，柴油揮發也比汽油慢得多。

比較不同的能源型態時，有個很重要的特性是所謂「能量密度(energy density)」，也就是單位體積的能源，包含了多少能量，能量密度越高的能源，使用上自然越有效率。和許多能源相比，汽油的能量密度已經非常好了，一加侖(3.8 升)汽油包含了 132 百萬焦耳的能量，柴油的能量密度則比汽油還高，平均來說，一加侖(3.8L)柴油包含大約 155 百萬焦耳的能量。

從原油提煉時，柴油需要較少的精鍊，所以價格通常比汽油便宜，然而每公升的柴油內卻包含了更多的能量，標準的俗擱大碗。

便宜、省油也正是柴油引擎對抗汽油引擎最大的優勢，Rudolf Diesel 先生 1892 年發明柴油引擎時，主要的目標便是創造一具高效率的引擎，特別是在那個時代，1876 年發明的汽油引擎並不十分有效率。除了省油之外，柴油引擎構造較簡單，可靠性較高，維修費用相對低廉，不看新車價格的話，柴油引擎車整體運作的成本確實頗有吸引力。

內燃機汽油引擎的動作原理，您大概早就十分清楚，柴油引擎的動作原理基本上也類似，進氣、壓縮、燃燒、排氣四個衝程，柴油引擎也都有。柴油引擎和汽油引擎動作原理上最重要的不同點，是進氣衝程時，汽油引擎通常使用化油器或噴射供油的方式，將燃料和空氣在進入汽缸之前便已經混合好了，引擎經由進氣閥門吸入汽缸內的是油氣混合氣，壓縮之後經由火星塞點火。柴油引擎則是僅僅吸入空氣，壓縮之後再將燃料噴入汽缸內壓縮空氣中，由空氣被壓縮產生的高溫、熱量讓燃料自燃。

壓縮衝程中汽油引擎油氣混合氣一起被壓縮，限制了汽油引擎的壓縮比，如果壓縮比太大，油氣混合氣會在壓縮衝程就提前自燃而產生爆震(knocking)，所以一般汽油引擎壓縮比限制在 8:1 到 12:1。柴油引擎只壓縮空氣，沒有提前自燃的顧慮，且要靠壓縮空氣產生的高溫高熱點燃柴油，先天上需要比較高的壓縮比，因此柴油引擎壓縮比一般從 14:1 到高達 25:1。柴油引擎的壓縮比高，燃燒效率比較好，動力衝程力道大，因此低速時的扭力大，也是柴油引擎重要的特色。但也正因為其壓縮比高，壓縮衝程中活塞要走的行程較長，壓縮的抗力也較大，所以柴油引擎轉速拉不高，柴油引擎車極速、最大馬力的數字看起來都不怎麼樣。

另外為了顧及高壓縮比的設計，柴油引擎結構上必須要更為強固，而使得製造成本較高，但是柴油引擎沒有火星塞，相對也省了不少需要維修的零件，使得其維修成本較汽油引擎為低，引擎體積也可以做得比較小。噴油系統是柴油引擎上最複雜的元件，至今似乎仍是柴油引擎研發的重點，不同的引擎上都可能有不同的設計。噴油器必須能夠承受汽缸內的高溫高壓，而仍然能將柴油以細霧狀噴射出，同時必須讓霧狀柴油在汽缸中充分循環，能夠平均分佈，得到最好的燃燒效率。對柴油引擎著力最深的福斯車廠(Volkswagen)一連串 SDI 柴油引擎、TDI 柴油引擎的研發，重點都是在噴油器的設計。

另外柴油引擎沒有火星塞，冷起動點火也是一個技術上的重點。有些柴油引擎採用一種 glow plug 的設計，當柴油引擎冷的時候，壓縮過程沒有辦法將空氣溫度提高

到足以點燃燃料，這時 glow plug 是一個電熱導線，就像是您在烤麵包雞裡看到發紅的電熱導線，可以在柴油引擎冷時預熱柴油，讓引擎可以發動。不過現代較大型的柴油引擎則是由引擎控制模組(ECM)全盤掌控，利用一系列感測器量測引擎所有的狀況，從轉速到引擎水溫、油溫，當天氣冷時調整噴油時間，讓柴油較晚噴入汽缸，空氣在汽缸內獲得較大的壓縮，產生更高熱量，幫助起動。

最後還是柴油引擎廢氣排放的問題。柴油引擎廢氣排放和柴油燃料的組成以及油品品質很有關係。柴油引擎小客車雖然在歐洲大行其道，在全球最大的汽車市場北美洲，卻是全面潰敗，近乎絕跡，也是和北美柴油品質不如歐洲，造成柴油引擎車廢氣排放不能符合北美嚴格的標準有關。國內柴油油品的品質據稱也有同樣問題。不過以福斯車廠為首的幾家大力推廣柴油引擎汽車的車廠，不以歐洲市場為滿足，已經發展各種技術，如氧化觸媒技術、廢氣再迴圈裝置，希望能將柴油引擎的廢氣排放，符合全球各個市場日益嚴苛的廢氣排放標準，重新進軍世界。

福斯車廠已經對北美市場擬定了 2004 年大規模柴油引擎小客車反攻計畫，對於台灣這個小小的汽車市場似乎也有所規劃。

且讓我們拭目以待！