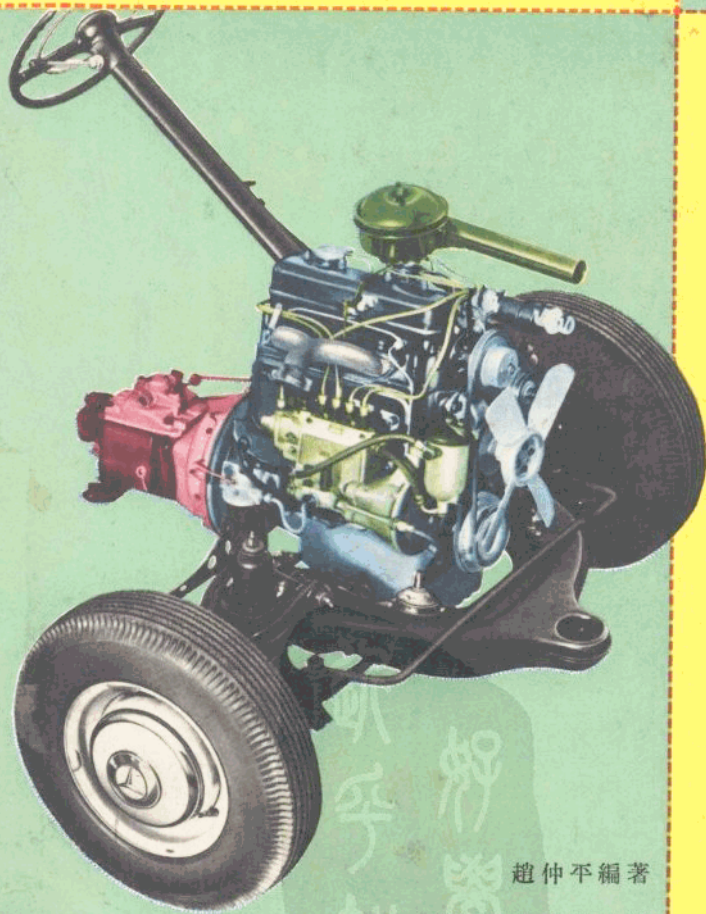


# 汽車的柴油發動機



趙仲平編著  
香港萬里書店出版

PDG

# 目 次

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第一章 概 述.....         | 1  |
| § 1 柴油發動機的類型.....    | 1  |
| § 2 柴油發動機的四衝程循環..... | 5  |
| § 3 柴油發動機的二衝程循環..... | 7  |
| § 4 柴油機與汽油機的比較.....  | 10 |
| 第二章 柴油發動機的構造.....    | 16 |
| § 5 柴油發動機的一般構造.....  | 16 |
| § 6 發動機的主要零件.....    | 26 |
| § 7 柴油發動機的配氣機構.....  | 31 |
| § 8 柴油發動機的正時裝置.....  | 32 |
| § 9 冷卻系.....         | 36 |
| § 10 潤滑系.....        | 37 |
| 第三章 燃燒室和混合物的形成.....  | 46 |
| § 11 混合物的形成.....     | 46 |
| § 12 直接噴射式燃燒室.....   | 48 |
| § 13 預燃式燃燒室.....     | 50 |
| § 14 旋流式燃燒室.....     | 52 |
| § 15 空氣室式燃燒室.....    | 55 |
| § 16 綜合性的燃燒室.....    | 57 |
| 第四章 燃油供給系統.....      | 59 |
| § 17 供給系的任務和型式.....  | 59 |

---

|                      |              |            |
|----------------------|--------------|------------|
| § 18                 | 儲油箱          | 62         |
| § 19                 | 輸油泵          | 63         |
| § 20                 | 燃油           | 68         |
| § 21                 | 燃油濾清器        | 69         |
| § 22                 | 輸油系的故障       | 71         |
| § 23                 | 噴油泵          | 72         |
| § 24                 | 噴油咀，油泵 - 噴油咀 | 105        |
| <b>第五章 限速器</b>       |              | <b>118</b> |
| § 25                 | 限速器的作用及種類    | 118        |
| § 26                 | 機械限速器        | 118        |
| § 27                 | 氣動限速器        | 122        |
| <b>第六章 柴油機的保養和檢修</b> |              | <b>125</b> |
| § 28                 | 柴油機的保養       | 125        |
| § 29                 | 柴油機的修理       | 133        |
| § 30                 | 柴油機的故障檢查     | 152        |

# 第一章 概述

現代汽車上的發動機，最廣泛使用的，除汽油機外，還有柴油機( Diesel Engine )。舊式的柴油機，雖然有過於笨重，轉速過低，起動困難等缺點，但經過多年來的改進，這些缺點已逐漸克服過來。現在除了載重汽車、軍用汽車、拖拉機和公共汽車之外，其他營業汽車，大、中、小型房車，都越來越多地採用了柴油發動機。

汽車上使用的柴油發動機，也是一種內燃機。它最適宜使用柴油作燃料，所以叫做柴油發動機。亦有人稱它為“狄塞爾發動機”(狄塞爾 - Diesel 是發明人)。柴油發動機是利用空氣壓縮時所產生的高溫使燃油燃燒的，所以又稱為“壓燃式發動機”。

## §1 柴油發動機的類型

現在汽車上所使的柴油發動機，轉速都在1000轉 / 分以上，是一種高速的發動機。在汽車上使用的高速柴油發動機，類型很多，各國出品的任何一種發動機，都有一定規範。但發動機的分類不外按氣缸排列型式、氣缸數、冷卻方法和衝程來區分。

按氣缸排列型式來區分：有直列式( Straight )(圖1)、橫臥式( Horizontal )(圖2)和V式( V-Type )(圖3)等幾種。其中以直列式最為普遍，但其他兩式也不少。

橫臥式發動機裝置在車架底下，不佔車廂位置，所以很多大型的公共汽車都多採用橫臥式。

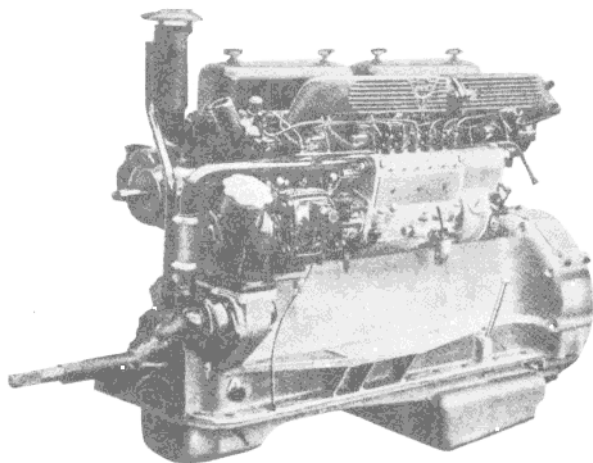


圖 1 直列式柴油發動機

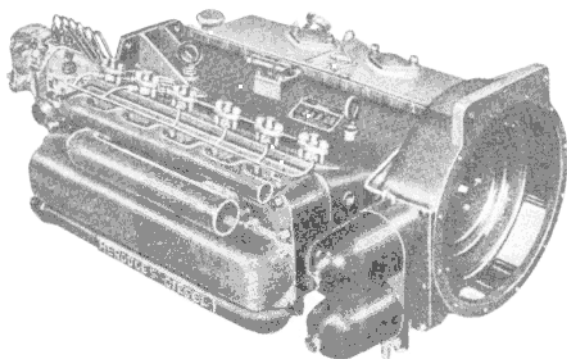


圖 2 橫臥式柴油發動機

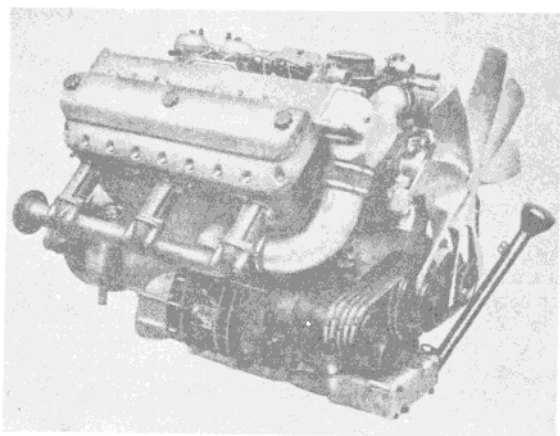


圖 3 V 式柴油發動機

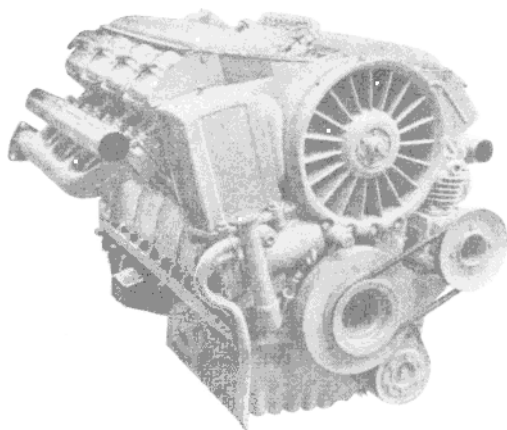


圖 4 氣冷式柴油發動機

按氣缸數來區分：有 2、3、4、5、6、8、12、16 等多種。

按冷卻方法來區分，有水冷式和氣冷式（圖 4）兩種，但以水冷式用得最多。

按衝程來區分的，有四衝程循環發動機和二衝程循環發動機兩種。其中以四衝程的用得多。二衝程發動機（圖 5）一般都裝有增壓器。

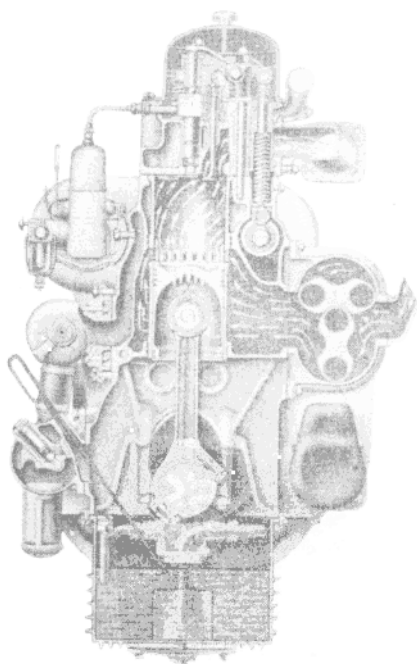


圖 5 二衝程循環柴油發動機

柴油發動機的工作循環，包括進氣、壓縮、燃燒產生動力和排氣這四個過程。當活塞在氣缸內上下移動共四次（曲軸旋轉兩周），就能完成上述四個過程的，這種發動機，就是四衝程發動機（Four Stroke engine）（圖 6）。當活塞在氣缸內上下移動共二次（曲軸旋轉一周），就能完成上述四個過程的，叫做二衝程發動機（Two Stroke engine）。

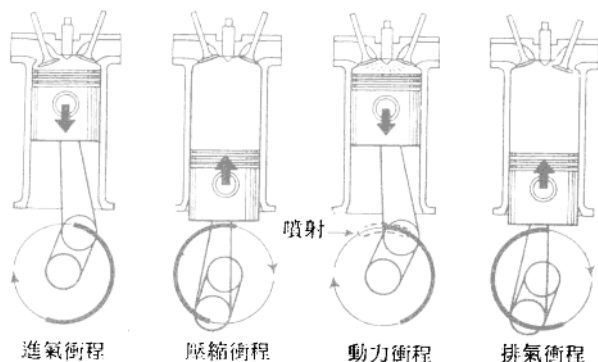


圖 6 四衝程柴油發動機的工作循環

## § 2 柴油發動機的四衝程循環

活塞(Piston)在氣缸(Cylinder)內離曲軸(Crankshaft)中心最大距離時的位置，叫做上止點(Top dead Center)；活塞在氣缸內離曲軸中心最小距離時的位置，叫做下止點(Bottom dead Center)。上、下止點間的距離叫做衝程(Stroke)。

活塞由上止點走到下止點，或由下止點走到上止點，我們說它完成了一個衝程。活塞每經歷一個衝程，也就是代表着曲軸旋轉了半周，即 $180^\circ$ 。

圖 6 是表示四衝程柴油發動機的工作循環。

**進氣衝程**——活塞從上止點移向下止點時，空氣經開啓的進氣門流入氣缸。這時氣缸的壓力稍低於大氣壓力（約 12～13 磅/吋）。在進氣衝程時，充入空氣數量的多少，會影響混合物的燃燒性能，但實際的充氣量總比理論上的充氣量少。一般的充氣效率大約是 75～85%，有些發動機爲了提高充氣效率，便裝置了增壓器 (Supercharger)。

**壓縮衝程**——活塞從下止點移到上止點，這時進氣門和排氣門都關閉，因此空氣就被壓縮 (Compression)。

柴油發動機的壓縮比，約是 16～20，這樣高的壓縮比，在壓縮終了時，可使氣缸內的平均壓力達到 450～550 磅/吋，被壓縮的空氣溫度亦迅速上升，達到 500～550°C，超過了燃油 (Fuel) 的燃燒點（柴油的燃燒點約 350°C），爲燃燒準備了條件。

當活塞接近上止點時，噴油咀 (Atomizer Nozzle) 在噴油泵 (Fuel injection Pump) 在 1500～4000 磅/吋的高度壓力之下，噴出霧狀燃油，開始發生燃燒。

**動力衝程**——噴油咀繼續噴出霧狀燃油，並繼續燃燒，燃燒以後所生成的氣體，在氣缸內膨脹，推動活塞往下走，發出動力。這衝程一直繼續到下止點爲止。

在燃燒時，氣缸內的溫度達到 2,000～2,700°C，壓力達到 700～1,000 磅/吋。

在燃燒過程中，可分爲三個階段：

第一個階段：着火延遲時期。是從燃油開始噴射，至開始着火時止。這時，進入氣缸內的燃油受熱，並有一部分被蒸發而和空氣混合，爲燃油燃燒準備好條件。

着火延遲時期的長短，決定於燃燒室 (Combustion Chamber) 的形狀和大小、壓縮終結時的溫度、燃料的性質、曲軸的轉速和

負荷等，這段時間不能過長，否則發動機就運轉得不夠理想。

第二個階段：速燃時期。是從混合物開始着火，並將第一階段時期所積存的燃油燒完為止。

在開始着火時，如果着火延遲時期過長，噴射進來的燃油積存過多，就會發出大量的熱而使壓力驟然上升，使氣缸內發生突爆。這時發動機的工作就顯得粗暴而不夠平穩。相反，在開始着火時，如着火延遲時期不長，噴射進來的燃油量不多，在燃燒時壓力就不會驟然上升。因為大部分的燃油是在燃燒過程中噴入的，這樣發動機的工作就顯得柔和。

第三個階段：慢燃時期。在這個階段內噴進的燃油，隨噴隨燃。這是由於在速燃時期內，混合物迅速燃燒，造成氣缸內氣體溫度和壓力提高的緣故。在這個時期內，由於活塞向下止點移動，使氣體體積增加，因此壓力增加得極小。

這一階段時間的長短，決定於燃油噴射時間的長短。

排氣衝程——活塞從下止點移向上止點，廢氣通過已經開啓的排氣門，從氣缸內排出，完成了一個工作循環。

當活塞再往下走時，又開始了另一循環的進氣衝程。如此週而復始，使柴油機繼續不斷地轉動，產生動力。

### §3 柴油發動機的二衝程循環

二衝程柴油發動機在換氣過程中是利用空氣換氣，不像四衝程汽油發動機那樣要用混合物來換氣，同時在換氣時，它沒有燃油的損耗。在運轉方面，由於每二個衝程中就有一個動力衝程，所以比四衝程發動機較為平穩，並且比同體積、同重量的四衝程發動機的效率大。但是二衝程發動機的燃料消耗率較四衝程發動機高。

由於二衝程柴油機比較輕巧，因此不少汽車都採用它，特別是大型的汽車比較適宜。

現代的高速二衝程柴油發動機，爲了更好地清除氣缸內的廢氣，和充入新鮮空氣，都裝有專門的增壓器將空氣壓入氣缸。空氣由增壓器送入空氣室內，空氣室在氣缸的周圍。進氣時，空氣由氣缸壁(Cylindry Wall)上的許多小孔充入氣缸(圖5)，並將廢氣清除。

圖7是具有增壓器的二衝程柴油發動機的工作示意圖。

第一衝程：活塞從下止點移向上止點。在這個衝程開始時

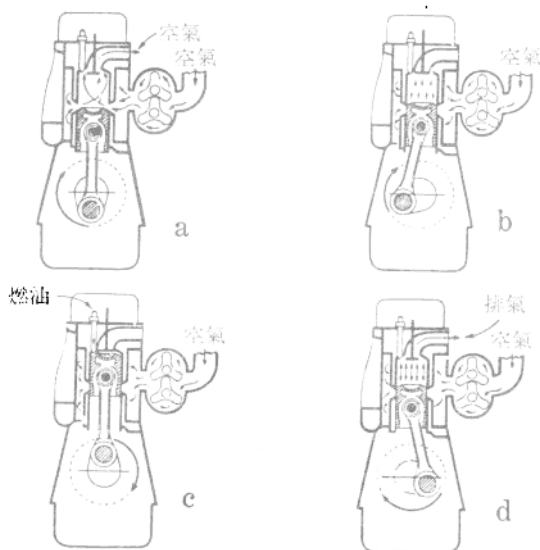


圖7 具有增壓器的二衝程柴油發動機工作示意圖

(圖 7 a)，進氣孔(Inlet Port)和排氣門(Exhaust Valve)都開啓，新鮮空氣由增壓器壓入氣缸，並將上一衝程的廢氣從排氣門趕出。當活塞繼續向上止點移動時，進氣孔被遮蔽而排氣門亦關閉。這時，活塞上方的空氣便被壓縮(圖 7 b)。

在壓縮時，氣缸內的壓力可達570~700磅/吋，溫度約600~700°C。當活塞接近上止點時，燃油在高壓下噴入氣缸(圖 7 c)，並開始燃燒。

第二衝程：活塞從上止點移向下止點。在這衝程開始時，燃油繼續由噴油咀噴入氣缸，燃燒時，氣缸內的壓力增大到1300~1500磅/吋，高壓的氣體，便將活塞推下，發生了動力。當活塞接近下止點，排氣門開啓，廢氣藉着本身的壓力，從排氣門排出(圖 7 d)。活塞繼續向下移動，這時氣缸內的壓力已經減低，而進氣孔亦開啓，增壓器送入新鮮空氣開始使氣缸換氣。

上述的二衝程柴油機，在充氣時，活塞受到新鮮空氣的冷卻，因此活塞的工作情況較好。此外，當活塞接近下止點時，進氣孔的開啓面積比排氣孔的開啓面積大，因此氣缸的充氣相當完善。現代汽車上所採用的二衝程柴油機，多採用這種型式。

圖 8 是對置活塞式二衝程柴油發動機。

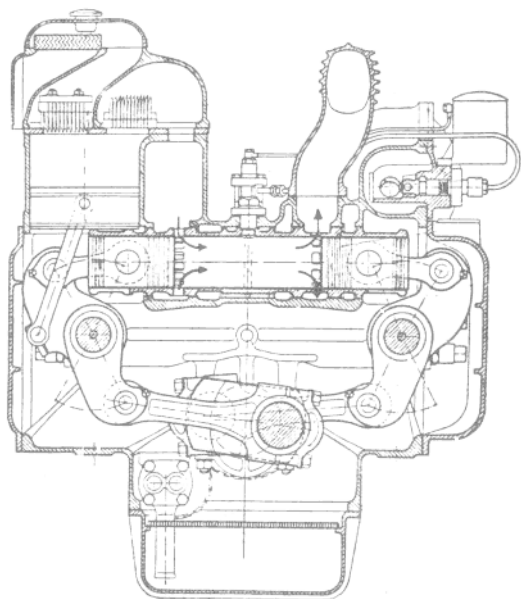


圖 8 對置活塞式二衝程柴油發動機

## § 4 柴油機與汽油機的比較

圖 9 是柴油機和汽油機四個衝程的比較。

柴油機的熱效率較高。如果某發動機所用燃料所含的全部熱量中能有25%（或33%）變為有用的機械能，則這具發動機的熱效率為25%（或33%）。另外的一大半熱量，將因機件的磨擦、冷卻水的傳散以及廢氣中所含的餘熱，而損失。

柴油機與汽油機中，燃料所含熱量的支配情況是不同的（圖 10）。柴油機的熱效率高（33%），汽油機則較低（25%），這

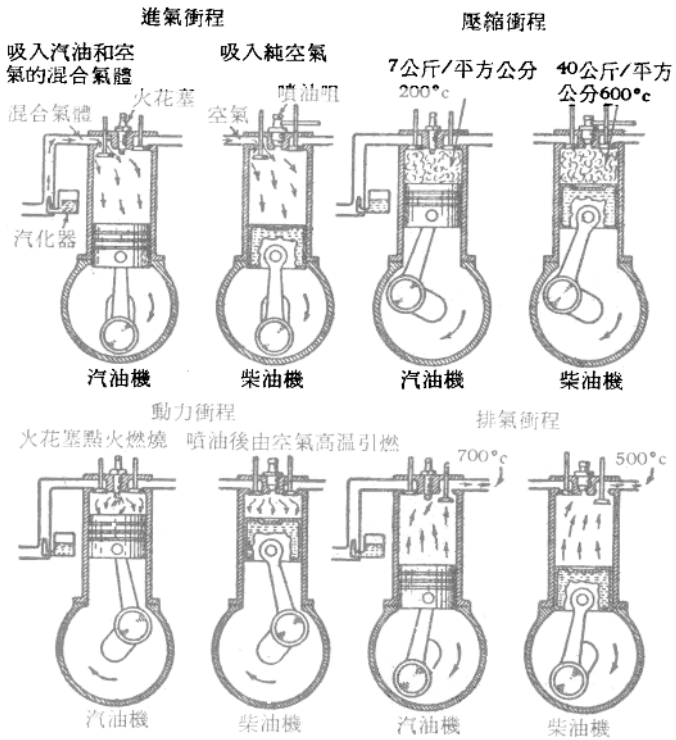


圖 9 柴油機與汽油機四個衝程的比較

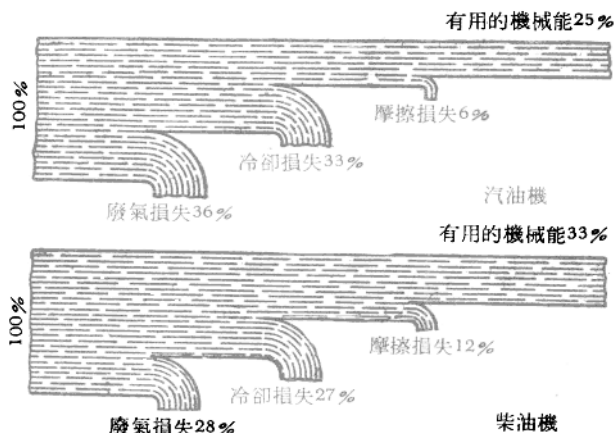


圖10 柴油機與汽油機中熱量支配情況的比較

主要是由於柴油機的壓縮比（16:1至20:1）要比汽油機的壓縮比（5:1至7:1）高的緣故。壓縮比與熱效率兩者間存在着正變關係，壓縮比越高，熱效率也越高。

從圖10中我們還可以看出，柴油機中由於機件摩擦而造成的熱量損失（12%）要比汽油機中（6%）大些，這主要是由於柴油機的機件爲了要承受高壓，因此設計得比較堅固和笨重的緣故。由冷却水所傳散損失的熱量，在柴油機中（27%）要比汽油機中（33%）少些，這是由於柴油機中的燃油是徐徐噴入氣缸的，它的燃燒是徐徐完成的，不比在汽油機中，燃燒後所生成的氣體膨脹得比較徹底，最後排出的廢氣中所餘熱量比較少的緣故。

由於柴油機的熱效率比汽油機高，因此，它用油比較省，燃油消耗率比較低。在正常情況下，柴油機每匹馬力每小時的耗油

量通常約0.18~0.22公斤，而汽油機則需要0.23~0.30公斤。柴油的比重比汽油大，因此，如果按燃料體積（公升）來比較兩種發動機的耗油量，則柴油機用油的節省情況，將更為顯著。

曾經有人做過一些試驗，來比較柴油機和汽油機的耗油情況。試驗結果證明：當發動機負荷越輕時，柴油機的耗油性能和汽油機相比，越顯得優越。具體數據參見下表：

| 負 荷 情 況     | 每小時耗油量(公升) |      | 耗油量的比較 |      |
|-------------|------------|------|--------|------|
|             | 汽油機        | 柴油機  | 汽油機    | 柴油機  |
| 全負荷(100馬力)  | 40.5       | 25.4 | 160%   | 100% |
| 3/4負荷(75馬力) | 33.7       | 20.4 | 165%   | 100% |
| 1/2負荷(50馬力) | 27.3       | 15.5 | 175%   | 100% |
| 1/4負荷(25馬力) | 21.6       | 11.0 | 197%   | 100% |

柴油機比汽油機安全。①柴油機中排出的廢氣毒性低：不論柴油或汽油，在燃燒後所產生的廢氣中，均含有二氧化碳(CO<sub>2</sub>)及一氧化碳(CO)的成份。燃燒得越完全，則二氧化碳越多，一氧化碳越少。

二氧化碳無毒，而一氧化碳則有劇烈毒性。如果在含有千分之幾的一氧化碳的空氣中停留一小時，即可能中毒致命。

根據汽油機的設計原理，當它在怠速和全負荷運轉時，汽化器所供給的混合氣體是比較濃的，其中所含的空氣不足以幫助燃油達成完全的燃燒。因此，排出的廢氣中含有相當多的一氧化碳。如果將汽油機在室內運轉而通風效果又不良好的話，將是很危險的。

相反地，在柴油機裏面，每完成一次進氣衝程時，氣缸內便充滿了新鮮的空氣，使柴油機不論作部分負荷或全負荷運轉時，

都能有足夠（而且多餘）的空氣來幫助柴油達成完全的燃燒。因此，廢氣中基本上不含一氧化碳，運用起來是比較安全的。

②柴油不易引起火災：汽油極易揮發，在汽油容器四周往往存在着汽油的蒸氣，如遇到火星，即可能引起火災。而柴油的揮發性比較差，使用起來是比較安全的。

柴油機燃油系統的故障比較少。汽油機燃油系統中的設備特別是汽化器，需要經常加以調節和檢修，同時也是汽油機發生故障的主要來源之一。而在柴油機裏面，沒有汽化器以及因它而引起的一些故障。柴油機雖然有一套複雜而精密的噴油設備，但它構造結實，具有經久耐用的特點，故障較少。

在汽油機裏面，各氣缸離汽化器的距離不一致，各氣缸所獲得的混合氣體的濃度也不一致，因此，各氣缸所產生動力的大小是不一致的。然而，在柴油機裏面，各氣缸從噴油咀所獲得的燃油量是相同的，稀濃不一致的毛病，根本不存在。

柴油機沒有點火電系的故障。柴油機無需電火花點火的一套設備，所以，也沒有因這些設備而引起的許多故障。而且汽油機中的點火電系，對無線電波要產生干擾作用，將影響車輛上無線電收音設備的正常使用。在柴油機中，便沒有這種毛病。

柴油機的製造費用較昂。柴油機的機件，爲了要承受高壓，因此設計得很堅固，這不但使柴油機變得比較笨重，而且使它的製造費用也比汽油機昂貴些。

此外，柴油機上面所用的噴油設備，由於必須精密而耐用，因此製造費用也相當大。柴油機的始動系統，不論是利用電動機或其他辦法始動，其中機件的製造費用，都比汽油機中大些。

柴油機始動較困難。柴油機始動時，需要較大的外力，且必須有足夠的轉速（100~200轉/分），才能使氣缸內產生爲燃油