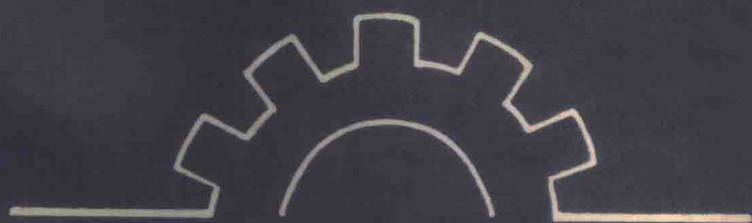


柴油引擎構造與保養

黃義鎮編著



正中書局印行

柴油引擎構造與保養

黃義鎮編著

正典書局印行

版權所有



翻印必究

中華民國五十五年一月臺初版

中華民國六十五年三月臺八版

柴油引擎構造與保養

全一冊 基本定價 一元九角

(外埠酌加運費滙費)

編 著 者 黃 義 鎮

發 行 人 黎 元 譽

發 行 印 刷 正 中 書 局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

暫遷臺北市泰安街一巷三號

海外總經銷 集 成 圖 書 公 司

(香港九龍油蔴地北海街七號)

海 風 書 店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

東 海 書 店

(日本京都市左京區田中門前町九八番地)

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第〇一九九號(4469)泰
(1000)

序 言

柴油引擎發明於一八九七年，歷史雖較汽油引擎爲短，但由於工作效率很好，且有較汽油引擎經濟之優點，故在一般石油產量不豐之國家，柴油引擎乃大有後來居上之趨勢，近幾年來，國內採用柴油引擎者日衆，而坊間可供學校工廠實際應用之柴油引擎書籍尙付闕如，著者有鑒於此，乃將歷年蒐集有關柴油引擎之資料，以及個人教學研讀之心得，詳加整理，寫成本書，以應當前各方面之需要。

本書之編著以實用爲原則，目前國內常用之幾種柴油引擎之構造及保養均有詳細之說明，書中插圖力求詳盡清晰，讀者可一目瞭然，故本書工廠技術人員用以自修參攷極爲合用，工業專科學校用爲教本，尤爲適宜。

本書所用機械名詞，係以教育部公佈、國立編譯館編訂之「機械工程名詞」爲準，書中重要機械名詞首次出現均附註英文，書後並附有中英文名詞對照表以供讀者參攷。

著者學識淺陋，本書內容如有欠妥之處，尙祈專家學者賜予指正，俾得於再版時修正是幸。

黃 義 鎮 民國五十一年十月於臺北

7-1151/02

目 錄

第一章 概 述

一、柴油引擎之發展……………	1	四、柴油引擎速率之區分……………	10
二、柴油引擎工作原理……………	1	五、半柴油引擎……………	11
三、柴油引擎與汽油引擎之比較…	7		

第二章 引擎主要機件

六、概述……………	13	十三、活塞梢……………	21
七、汽缸體……………	14	十四、連桿……………	22
八、汽缸套……………	14	十五、機軸……………	23
九、汽缸蓋……………	18	十六、飛輪……………	25
十、機軸箱……………	19	十七、汽閥機構……………	25
十一、活塞……………	19	十八、凸輪軸及調時齒輪……………	27
十二、活塞環……………	21		

第三章 燃料系統

十九、柴油之分拆……………	28	二七、奇爾姆柴油引擎燃料系統…	78
二十、燃料之噴射……………	33	二八、康米史柴油引擎分油盤式燃 料幫浦燃料系統……………	86
二一、燃料之點火及燃燒……………	36	二九、康米史柴油引擎「PT」燃料 幫浦燃料系統……………	96
二二、給油幫浦……………	40	三〇、艾克塞羅旋轉斜板式噴油幫 浦……………	102
二三、濾油器……………	43	三一、噴油設備之保養……………	106
二四、卡特披拉柴油引擎燃料系統	47		
二五、萬國豐年柴油引擎燃料系統	54		
二六、波西複式噴油幫浦燃料系統	66		

第四章 燃 燒 室

三二、概述……………	118	三五、渦流室式燃燒室……………	120
三三、敞開式燃燒室……………	119	三六、空氣室式燃燒室……………	120
三四、預燃室式燃燒室……………	119	三七、拉洛瓦能力室式燃燒室……………	121

第五章 調速器

三八、調速器之種類	式調速器	136
三九、卡特披拉柴油引擎變速機械式調速器	二、奇爾姆及康米史柴油引擎變速油壓式調速器	139
四〇、萬國豐年柴油引擎變速機械式調速器	四三、波西複式噴油幫浦氣力調速器	152
四一、波西複式噴油幫浦變速機械		

第六章 增壓器

四四、概述	四七、轉子末端間隙之檢查	161
四五、增壓器之工作	四八、轉子與外殼間隙之檢查	162
四六、增壓器之定時		

第七章 潤滑與冷却系統

四九、潤滑系統	五〇、冷却系統	165
---------	---------	-----

第八章 起動系統

五一、概述	五四、變換汽油引擎起動法	171
五二、壓縮空氣起動法	五五、起動馬達起動法	177
五三、輔助汽油引擎起動法	五六、預熱起動法	179

主要參攷書籍	183
--------	-----

中英文名詞對照表	184
----------	-----

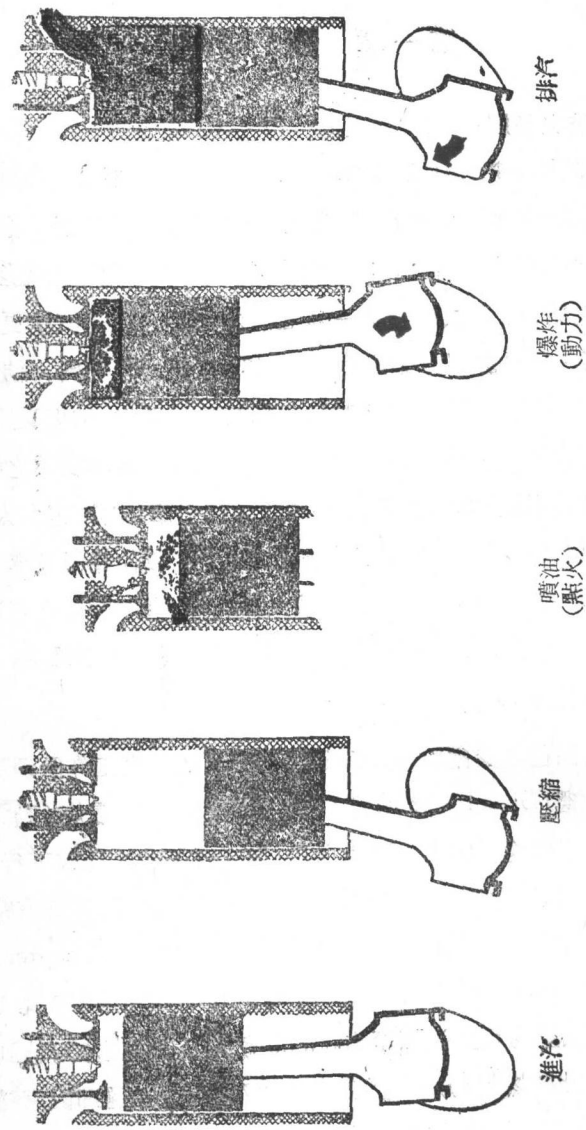
第一章 概 述

一、柴油引擎之發展：

柴油引擎即狄賽爾引擎 (Diesel Engine)，乃德國工學博士魯道夫·狄賽爾 (Rudolph Diesel) 於公元 1897 年製造成功者，德人爲紀念其功績，特以其姓氏名之。當時狄賽爾博士鑒於蒸汽機只能利用一小部份燃煤之能力，乃試圖設計一種在燃料消耗上較蒸汽機更爲經濟之引擎，其第一部試驗引擎完成於 1893 年，以煤粉爲燃料，結果產生爆炸，彼幾乎因此而喪命，第二次試驗仍以煤粉爲燃料，結果又遭失敗，於是彼乃決定改用液體燃料，最後試驗終告成功，其用作試驗之引擎爲一單汽缸引擎，可產生 25 匹馬力。早期之柴油引擎，由於速率太低，過於笨重，故僅用於發電，或供應工業方面之需要，以代替低效率之蒸汽機，以後逐漸改進，應用範圍亦隨之擴大，至於汽車上所用之高速柴油引擎，則爲近期發展之成果，本書所述即以高速柴油引擎爲主。

二、柴油引擎工作原理：

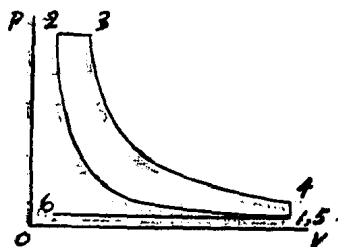
(一) 四衝程狄賽爾引擎：四衝程狄賽爾引擎之工作原理係以四衝程狄賽爾循環 (Diesel cycle) 爲依據，其進汽，壓縮，爆炸 (動力)，排汽四衝程實際工作情形如第 1 圖中所示，進汽衝程時，活塞下行，進汽閥開啓，空氣自進汽閥進入汽缸，壓縮衝程時，活塞上行，進排汽閥均關閉，汽缸內之空氣乃被壓縮，活塞自下靜點 (Bottom dead center) 上行至上靜點 (Top dead center)，其壓縮比通常爲 12 比 1 至 19 比 1，此時汽缸內之空氣壓力可高達每平方吋 500 磅左右，溫度亦可達到華氏 1000 度左右，此時燃料乃藉高壓自噴嘴噴入汽缸，並隨即因高熱而點火燃燒，產生爆炸 (動力) 衝程，噴嘴噴油量之多寡，則依引擎之需要而



第1圖 四衝程柴油引擎工作圖

定，爆炸衝程行將終了時，排汽閥開啓，廢汽乃經由排汽閥排出。

第2圖中所示乃四衝程柴油引擎之理想壓容圖(Pressure volume diagram)，圖中橫座標代表汽缸容積，縱座標代表汽缸壓力，曲線1—2表示壓縮衝程，2為活塞上靜點位置，活塞上行至上靜點時，燃料自噴嘴噴入汽缸並立即點火燃燒，燃燒所產生之爆炸壓力將活塞向下推，產生爆炸衝程，爆炸衝程剛開始時，燃料繼續噴入產生爆炸壓力，故爆炸衝程首先沿2—3線產生定壓燃燒(Constant pressure combustion)，汽缸壓力保持不變，活塞經過3以後，即沿3—4線下行，壓力逐漸降低，至4時排汽閥開啓，汽缸壓力迅速下降至5，5為活塞之下靜點，5—6為排汽衝程線，汽缸壓力應較大氣壓力略高，6—1為進汽衝程線，汽缸壓力應較大氣壓力稍低，由於汽缸壓力與大氣壓力相差甚微，故圖上5—6排汽衝程線，與6—1進汽衝程線，均與大氣壓力線重合。

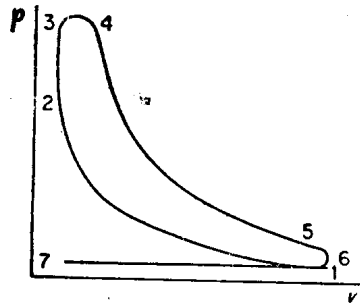


第2圖 四衝程柴油引擎理想壓容圖

柴油引擎之燃燒過程為定壓燃燒，因其在燃燒期中當活塞下行，汽缸容積增加，汽缸壓力行將下降時，由於有燃料繼續噴入燃燒，繼續產生壓力，故可使爆炸初期之壓力暫時保持不變，因之柴油引擎之燃燒過程謂之定壓燃燒，定壓燃燒極適合於低速空氣噴射之柴油引擎，可使引擎得到極圓滑之轉速，及最均勻之動力，但對高速柴油引擎則不適宜。

新式高速柴油引擎之燃燒過程，實際上為定壓定容雙重燃燒，一部份燃料在上靜點前噴入引擎，在上靜點時燃燒完成，是為定容燃燒(Constant volume combustion)，其餘燃料，則於活塞下行時繼續噴入，繼續燃燒，是為定壓燃燒，然則其最高壓力實際上並非保持不變，而係首先逐漸增高，然後逐漸降低，如此乃可使引擎得到最高之工作效

率，如第3圖中所示，即四衝程柴油引擎實際壓容圖，曲線1—2表示壓縮衝程，汽缸壓力逐漸增高，2—3為燃燒之第一部份，汽缸壓力迅速增高，近乎定容燃燒，3—4為燃燒之第二部份，汽缸壓力近乎相等，是為定壓燃燒，4—5為爆炸衝程，活塞下行，汽缸壓力逐漸降低，至5時排汽閥開啓，汽缸壓力開始降低甚慢，接近下靜點6時，汽缸壓力乃迅速下降，6—7為排汽衝程線，7—1為進汽衝程線，因汽缸壓力與大氣壓力很接近，故圖上6—7與7—1二線與大氣壓力線重合。

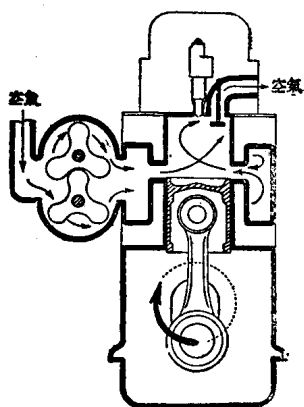


第3圖 四衝程柴油引擎實際壓容圖

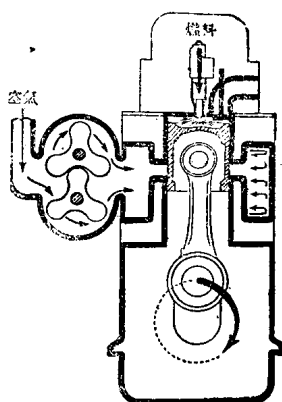
柴油引擎最重要之工作為燃料之噴射與燃燒，早期之柴油引擎係使用空氣噴射法 (Air injection)，此種方法另外需要一空氣壓縮機 (Air compressor)，用以供給高壓之空氣，以備噴射燃料之用，如此對較小之引擎極不適宜，後期之柴油引擎通常使用機械噴射法 (Mechanical injection)，利用高壓噴油泵 (Fuel injection pump) 及噴嘴 (Injection nozzle) 噴射燃料，此種方法雖較輕便，但燃料之控制機構則較複雜。

柴油引擎所用之燃料為柴油 (Diesel oil)，柴油不似汽油 (Gasoline) 燃燒容易而迅速，由於柴油燃燒時比較緩慢，故柴油引擎之旋轉速度較汽油引擎為低，柴油引擎工作時通常備有過量之空氣，無空氣不足之顧慮，但如何使空氣與噴入之燃料完全混合，則為另一極大之問題，因此柴油引擎之燃燒室乃有各種不同之特殊設計，使汽缸內之空氣在壓縮衝程時產生渦流運動，俾得與噴入之燃料完全混合，迅速燃燒。

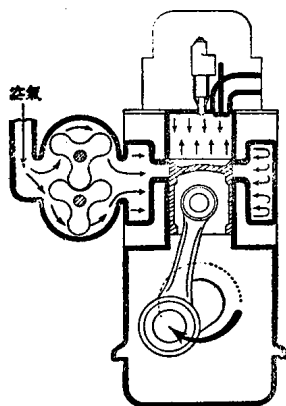
(二) 二衝程柴油引擎：二衝程柴油引擎之工作循環在活塞上下



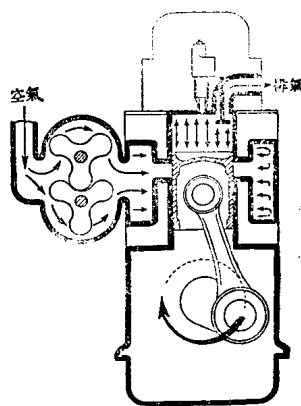
(一) 進汽



(三) 噴油, 點火,
爆炸(動力)



(二) 壓縮

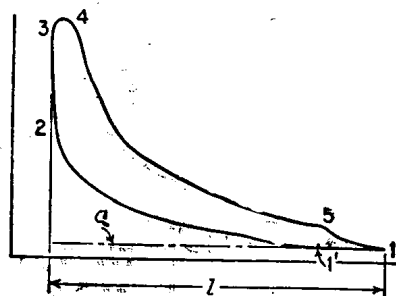


(四) 排汽

第 4 圖 二衝程柴油引擎工作圖

二衝程間完成，亦即在機軸（曲軸 Crankshaft）一旋轉中完成之，是項工作在四衝程引擎中，機軸須二旋轉始能完成，二衝程引擎之壓縮、燃燒及爆炸動作與四衝程引擎相同，其主要相異之處，乃在於進排汽之方法與時間之不同，四衝程引擎之進汽與排汽，分別於活塞進汽衝程及排汽衝程時完成，進排汽之時間甚長，二衝程引擎之進汽與排汽，則須藉增壓器（Supercharger）之幫助，當活塞接近下靜點時迅速完成，進排汽之時間極短。二衝程引擎中所用之增壓器，又稱鼓風器（Blower），其功用是將空氣壓入汽缸，藉以排出已燃燒之廢汽，並供給新鮮之空氣以備燃燒。

二衝程引擎之汽缸壁，在活塞下靜點上面製造有一列進汽口，當活塞下行至其底部使進汽口開啓時，增壓器立刻將新鮮之空氣壓入汽缸，氣流之方向係對向汽缸頂上之排汽閥，因此對已燃燒之廢汽乃產生排除作用，如第 4 圖所示，當活塞上行再將進汽口封閉時，汽缸中留存者乃完全為新鮮之空氣，當活塞繼續上行時，排汽閥關閉，汽缸中之空氣乃開始壓縮，在活塞行將達到上靜點之前，噴嘴將所需要之燃料噴入燃燒室，並立刻產生燃燒，同時燃料繼續噴入繼續燃燒，燃燒所產生之壓力將活塞向下推，產生爆炸衝程，當活塞下行約百分之 80 至 95 時，排汽閥再開啓，燃燒後之廢汽乃經排汽口排出，活塞繼續下行時，進汽口立刻開啓，新鮮之空氣再進入汽缸，二衝程引擎整個工作循環在機軸一旋轉中完成。



a. 大氣壓力線
l. 活塞衝程距
第 5 圖 二衝程柴油引擎壓容圖

第 5 圖中所示乃二衝程引擎之壓容圖，曲線 1—2 為壓縮過程，2—3

與3—4表示燃燒過程,4—5爲爆炸過程,活塞下行至5時排汽閥開啓,活塞上行大約接近1'時,排汽閥與進汽口均關閉,汽缸中乃開始壓縮。

三、柴油引擎與汽油引擎之比較:

(一) 一般構造:柴油引擎與汽油引擎之基本原理與構造極爲接近,二者均有空氣,燃料,壓縮及點火四大要素,引擎之主要機件,如機軸(曲軸),活塞,連桿等亦類似,惟二者之燃料供應裝置則各異,此外柴油引擎汽缸中使用汽缸套,燃燒室有特殊之設計,此乃爲其較汽油引擎顯著不同之點。

(二) 點火法:柴油引擎之工作循環爲狄賽爾循環(Diesel cycle),其與汽油引擎之鄂圖循環 (Otto cycle) 主要不同之點爲點火方法不同,狄賽爾循環係採用壓縮點火法,當活塞在壓縮衝程上行接近上靜點時,壓縮空氣之溫度高達華氏 1000 度左右,此時燃料噴入立即點火燃燒,柴油引擎汽缸頂上之噴嘴即爲噴射燃料之用,鄂圖循環則係利用高壓電點火,汽缸頂上之點火塞(火花塞)爲供給高壓電點火之用。

(三) 壓縮比:柴油引擎之壓縮比通常大約爲 12 比 1 至 19 比 1,其最高壓縮壓力可高達每平方吋 500 磅,由于空氣所受之壓力每增加一磅,其溫度即升高約華氏二度,故柴油引擎之壓縮溫度可高達華氏 1000 度左右,汽油引擎之壓縮比通常在 6.5 比 1 至 7.5 比 1 之間,其壓縮壓力約爲每平方吋 70 磅至 125 磅。

(四) 供油法:柴油引擎中開始進入汽缸內之空氣完全爲純空氣,當活塞在壓縮衝程上行接近上靜點時,燃料始自噴嘴噴入與空氣混合一起燃燒,汽油引擎之汽油與空氣係在汽化器(化油器 Carburetor)中混合之後再進入汽缸。

(五) 燃燒過程:汽油引擎之燃燒,當活塞在上靜點時燃燒即已完

成，亦即混合汽之體積，在絕大部份燃燒過程中沒有改變，故汽油引擎之燃燒過程謂之定容燃燒，柴油引擎在燃燒過程中，活塞一面下行，燃料則同時繼續噴入燃燒，繼續產生壓力，其爆炸衝程初期之壓力幾乎可保持不變，故柴油引擎之燃燒過程謂之定壓燃燒。

(六) 轉速與動力之控制：

1. 柴油引擎產生之轉速與動力，除部份運輸載重車輛上使用之柴油引擎以外(註)，就一般而言，係視噴入燃燒室內燃料量之多少而定，此適與汽油引擎相反，因汽油引擎之動力與轉速，係視通過汽化器進入汽缸之空氣量之多少而定，故二者簡單之區別在於柴油引擎控制噴嘴噴入之燃料，而汽油引擎則為控制通過汽化器之空氣。

(註)：參考第五章三八節調速器之種類

2. 在柴油引擎中，係以不定量之燃料與一定量之壓縮空氣在汽缸內混合，每一進汽衝程，空氣均以全量進入汽缸，即每次進入之空氣均為定量，故引擎之動力及轉速，全由噴入汽缸內燃料之多少決定之，又因每次噴射燃料時，其噴射量均在製造廠設計引擎之最大需要範圍以內，故汽缸內之空氣始終十分充足，可使燃料完全燃燒，空氣與燃料依重量計之混合比，可自全載荷下之 18 比 1，至無載荷下近於 100 比 1，因柴油引擎進入之空氣一定，燃料可以控制，故可得任何空氣與燃料之混合比。

3. 汽油引擎之汽化器(化油器)，控制進入汽缸之空氣，同時空氣之進入量及其流速又能控制被其吸出而與之混合進入汽缸之燃料(汽油)，空氣與燃料依重量計之混合比通常在 12 比 1 至 17 比 1 之間。

(七) 熱效率：

1. 柴油之價格較汽油低廉，其含熱量亦較多，汽油之含熱量平均每加侖約 125,000 英熱單位(B. T. U.)，柴油之含熱量平均每加侖約

142,000 英熱單位，一具引擎實際將熱能轉變成有用動能之熱量，與消耗燃料中所含總熱量之比之百分數稱為該引擎之熱效率。

2. 在汽油引擎中熱效率甚少超過百分之25者，此即每100英熱單位中，僅有25單位轉變成動能，其他75單位，則因未完全燃燒，克服磨擦，及經由冷卻及排汽系統而消耗，故汽油引擎排出廢汽之溫度高達華氏1300度，其中含有大量未經完全燃燒之有毒一氧化碳氣體，危險性極大。

3. 在柴油引擎中，因燃燒之時間較長，且經常有足量之空氣可供燃料完全燃燒，故熱能轉變成動能者較多，其效率可高達百分之三十五，排出廢汽之溫度約為華氏900度，其中僅含有極少量一氧化碳有毒氣體，故危險性甚小。

4. 由于柴油引擎燃燒時間較長，故在全載荷下不致有過度發熱及乏力等現象，尤其在低速重載荷下需要持久之高扭力時性能特佳，故柴油引擎除經濟外，尚有此優良之特性。

5. 柴油引擎與汽油引擎在各種不同載荷情況下耗油量之比較如下表：

載 荷	在 100 匹馬力引擎上 每 小 時 耗 油 加 侖 數		汽油引擎較柴油 引擎超出之耗油 量百分數
	汽油引擎	柴油引擎	
全載荷(100匹馬力)	10.7	6.7	60%
$\frac{3}{4}$ 載荷(75匹馬力)	8.9	5.4	65%
$\frac{1}{2}$ 載荷(50匹馬力)	7.2	4.1	75%
$\frac{1}{4}$ 載荷(25匹馬力)	5.7	2.9	97%

(八) 容積效率：二衝程柴油引擎使用一增高容積效率之機構，

但二衝程汽油引擎則無此需要，此項增高容積效率機構爲一增壓器 (Supercharger)，增壓器將新鮮之空氣壓入燃燒室，使進入汽缸之空氣量增加，同時迫使燃燒後之廢汽迅速經排汽閥排出，活塞上行壓縮時僅有極少量之廢汽殘存于汽缸內，因而使噴入之燃料有足夠之氧氣燃燒，在二衝程汽油引擎中，如使用增壓器，則一部份燃料將隨廢汽排出，抵消增壓器之效率，故二衝程汽油引擎不使用增壓器。

四、柴油引擎速率之區分：

一般柴油引擎通常根據其速率區分爲低速引擎，中速引擎及高速引擎等，其區分方法有以機軸(曲軸)轉速爲準者，亦有以活塞速率爲準者，但此二種區分方法均不可靠，因爲若僅以機軸轉速爲準，則未考慮引擎之體積因素，因爲一體積龐大之引擎，其機軸轉速雖然較低，但活塞速率則很高，事實上仍應區分爲高速引擎，一體積甚小之引擎，即使曲軸轉速甚高，但仍應屬於中速引擎，因其活塞速率甚低，若僅以活塞速率爲準，其情形則相反，因爲一體積龐大之引擎，其活塞速率很高，但其機軸轉速則甚低，而一體積甚小之引擎，其活塞速率雖低，但機軸轉速則很高。

爲同時考慮此兩種因素，另一比較可靠之區分方法，係以機軸轉速 (n) 與活塞速率 (c) 之乘積爲準，此項乘積以速率因數 (Speed factor) (Cs) 表示之，爲使所得之數字較小容易記憶起見，乃以 100,000 除之，其計算公式如下

$$Cs = \frac{nc}{100,000}$$

公式中 $C = \frac{ln}{6}$ ，C 以每分鐘呎數爲單位，「l」爲活塞之衝程 (Stroke) 以吋爲單位。

現在一般柴油引擎速率因數可自 1 高至 81 以上，根據速率因數區分，柴油引擎可分為四大類。

第一類：低速引擎，速率因數為 1 至 3。

第二類：中速引擎，速率因數為 3 至 9。

第三類：高速引擎，速率因數為 9 至 27。

第四類：超高速引擎，速率因數為 27 至 81 以上。

引擎之速率區分愈高者，其構造愈精細，工作人員愈應依照製造廠家說明書之規定，仔細檢查實施保養，使引擎經常在最佳工作情況下工作。

五、半柴油引擎 (Semidiesel engine):

半柴油引擎所用之燃料雖仍為柴油，但汽缸壓力甚低，並非藉壓縮之高熱點火，故稱之為半柴油引擎，亦有以其汽缸壓力甚低因而稱之為低壓柴油引擎者 (Low compression diesel engine)，半柴油引擎點火之方法有兩種，一種與汽油引擎相同，利用點火塞點火，空氣單獨自進汽管進入，唯進入之空氣量又有可控制者與不可控制者二種，空氣量可控制者與汽油引擎相似，汽缸壓力依空氣進入之多少，可自每平方吋 35 磅至 175 磅，空氣量不可控制者與柴油引擎相同，汽缸壓力約為每平方吋 125 磅，另一種點火方法為中壓 (Moderate pressure) 點火，汽缸壓力可自每平方吋 100 磅至 350 磅，燃燒室內部具有特殊之設計，使其一部份表面不被冷卻，可以保持高熱，因而於壓縮衝程時，可使空氣加熱，使之適時達到點火溫度，燃燒室內此項高熱表面為未受冷卻之加熱板，或球形加熱塞，故此種引擎又稱為表面點火引擎 (Surface-ignition engine)，此種引擎開始起動時，需要外面之熱源，如噴燈 (Blow torch) 或電熱裝置 (Electrical heating element) 等先行加溫。