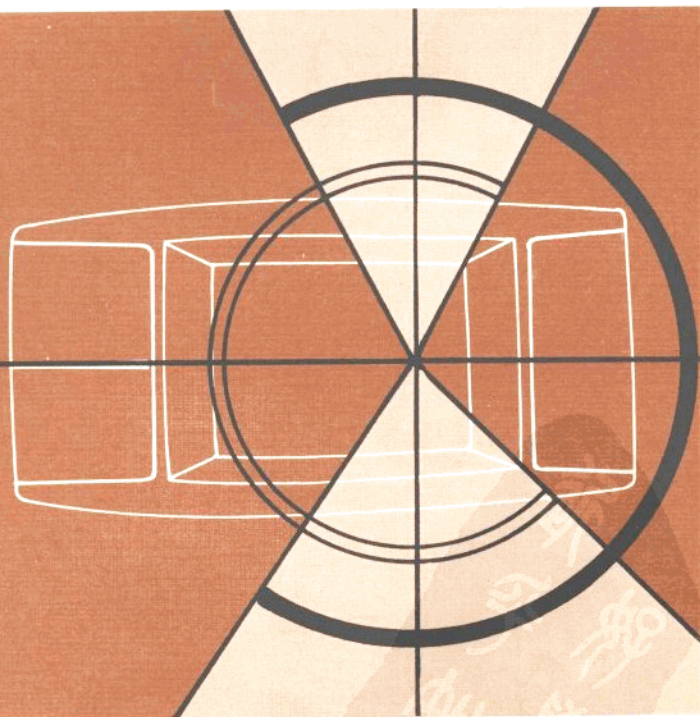


教育部審定 高工適用

汽車柴油引擎(上)

楊思裕 編著



全華科技圖書公司印行

我們的宗旨：



感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！

編輯大意

1. 本書係根據教育部六十三年二月修訂公佈之高級工業職業學校汽車修護科汽車柴油引擎課程標準編輯而成。
2. 本書分成上、下二冊，每冊各五章，上册供第二學年上學期，下冊供第二學年下學期，每週二小時授課用。
3. 本書最後一章燃料系統所佔編幅較多，爲保完整不宜分割，教師可視實際進度，上學期授至柴油噴射泵，下學期自調速器續授之。
4. 本書取材爲兼顧汽車柴油引擎原理之完整性，對於課程標準之節次稍予調整並斟酌補入若干遺漏部份。
5. 本書對柴油引擎之構造及原理有詳細之介紹，且插圖甚豐，亦適宜初學者自修之用。
6. 本書所用名詞，依教育部公佈之機械工程名詞爲準，間亦採用汽車界習用之術語，並附英文原名，以資對照。
7. 本書於授課之餘編寫完成，疏漏之處，在所難免，尙祈諸先進不吝指教。

編 者 謹 識

六十六年三月於彰化

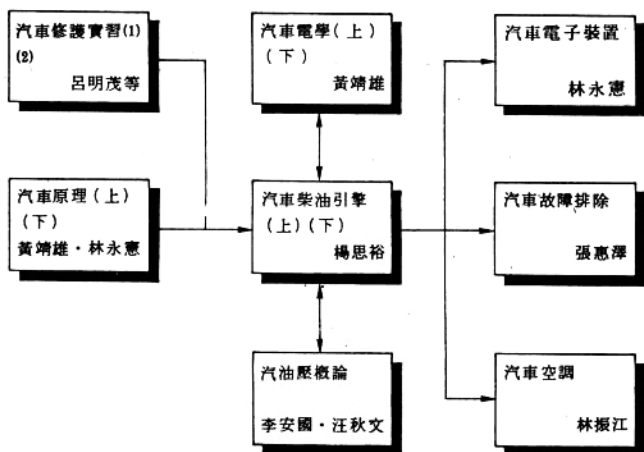
編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，且循序漸進。

現在，我們將這本「汽車柴油引擎」呈獻給您。汽車引擎是汽車的心臟，汽車動力之源，在目前汽車逐漸普遍的社會裏，實在有好好研究汽車結構與修護的必要，現在出版本書，就是要由柴油引擎開始來研究其原理、構造。願這本書能帶給您充足的知識，使您看了後對於柴油引擎有徹底且全盤的了解，做為進一步了解整個汽車原理與修護的基礎。

我們爲了提供您對汽車結構與修護方面有完整的知識，特地以流程圖方式列出這類叢書研讀的次序，由淺入繁，循序漸進地引導您得到完整且有系統的知識，同時也減少您獨自摸索的時間。若您有其他問題，歡迎來信連繫，我們將竭誠爲您服務。

流 程 圖



目次

第一章 概 說

1.1 柴油引擎發展史	1
1.2 柴油引擎概要	2
1.3 壓縮着火原理	2
1.4 柴油引擎和汽油引擎之比較	3
1.5 柴油引擎之分類	5
1.6 柴油引擎之逆轉	7

第二章 柴油引擎工作原理

2.1 四行程引擎工作原理	11
2.2 二行程引擎工作原理	14
2.3 二行程引擎和四行程引擎之比較	17

第三章 柴油引擎性能

3.1 內燃機之熱力循環	19
3.2 性能因素	22
3.2.1 排氣量	22
3.2.2 壓縮比	22
3.2.3 活塞平均速度	24
3.2.4 燃料噴射時期	24
3.2.5 馬力	25
3.2.6 扭力	27
3.2.7 馬力與扭力關係	28
3.2.8 燃料消耗率	30

3.3 引擎效率.....	30
3.3.1 熱效率.....	30
3.3.2 機械效率.....	31
3.3.3 平均有效壓力.....	32
3.4 熱能分配.....	33
3.5 容積效率和進氣量.....	34
3.5.1 容積效率.....	34
3.5.2 空氣過剩率.....	36
3.6 引擎性能變化因素.....	36

第四章 燃料與燃燒

4.1 燃料.....	39
4.1.1 概說.....	39
4.1.2 石油成分及性質.....	39
4.1.3 原油之精煉.....	41
4.1.4 柴油引擎燃料之特性.....	41
4.1.5 柴油之規格.....	46
4.1.6 柴油之添加劑.....	48
4.1.7 燃料之熱值.....	49
4.2 燃燒.....	49
4.2.1 油粒之燃燒.....	49
4.2.2 柴油燃燒與空氣.....	50
4.2.3 燃燒過程.....	51
4.2.4 燃料噴霧應具備之條件.....	52
4.2.5 噴射油粒大小之影響因素.....	53
4.2.6 噴射油粒到達距離之影響因素.....	54
4.2.7 笛塞爾爆震.....	54
4.2.8 笛塞爾爆震和汽油爆震之比較.....	55

4.2.9 笛塞爾爆震之影響·····	55
4.2.10 笛塞爾爆震之原因·····	56
4.2.11 防止笛塞爾爆震之方法·····	57
4.3 燃燒室·····	58
4.3.1 燃燒室之種類·····	58
4.3.2 各種燃燒室之構造及特性·····	59
4.3.3 各種燃燒室之比較·····	66

第五章 燃料系統

5.1 概說·····	69
5.1.1 燃料噴射系統之機能·····	69
5.1.2 燃料噴射系統之類別·····	70
5.1.3 燃料系統之組成及功用·····	70
5.2 燃料供油系統·····	71
5.2.1 供油泵·····	71
5.2.2 柴油濾清器·····	77
5.2.3 噴射管·····	81
5.3 燃料噴射系統·····	81
5.3.1 柴油噴射泵·····	81
一、噴射泵之種類·····	81
二、噴射泵之構造及作用·····	82
(一)複式噴射泵·····	82
(二)搖板式噴射泵·····	100
(三)分配式噴射泵·····	102
(四)單式高壓噴射器·····	119
5.3.2 調速器·····	124
一、概說·····	124
二、調速器之種類·····	124

三真空式調速器	125
(一)真空調速器之作用原理	125
(二)真空調速器之構造及作用	127
四機械式調速器	134
(一)機械式調速器之作用原理	134
(二)R型調速器	135
(三)RQ型調速器	138
(四)RQV和RQU型調速器	143
(五)RSV型調速器	146
(六)RSVD型調速器	155
(七)RAD型調速器	160
五複合式調速器	165
(一)RBD型調速器	165
5.3.3 正時器	169
一、概說	169
二、手動正時器	169
三、自動正時器	170
5.3.4 噴油嘴及噴油嘴架	172
一、噴油嘴之功用	172
二、噴油嘴之種類	173
三、噴油嘴之構造及作用	178
四、噴油嘴架	179
5.4 故障及原因	180
附錄	187

1.1 柴油引擎發展史

現在一般人稱柴油機為笛塞爾 (Diesel)，按笛塞爾一詞，實乃柴油機發明人德國工程師笛塞爾博士 (Dr. Rudolf Diesel) 之姓，其所以成了一個普通名詞，是後人為了紀念他對柴油機之偉大貢獻。

笛塞爾尚在慕尼黑攻讀時，鑒於當時最好的蒸氣機也要損失燃料（煤）所產生能量的百分之九十，認係機械原理原則上之一種錯誤，因而產生能量作直接利用之想法。

1891年1月，他出版一本「一具合理的熱力引擎的原理與製造法」，按其理論，活塞向外抽時，只吸入普通空氣，不需要混入其他物質，然後活塞推入時，將空氣壓縮至原來體積的十六分之一左右，使其溫度增高至攝氏約 500 度，此時將燃料注入汽缸內，燃料便因熱空氣而自行燃燒將活塞壓動。」則製造一具引擎便無需複雜的點火方法。

2 汽車柴油引擎(上)

1893年8月笛塞爾完成第一具試驗引擎，以極細之煤粉為燃料，結果得到之動力超過預先計算之數字，發生爆炸而遭失敗。

笛塞爾照自己之理論又經數次之試驗，四年後即1897年成功地完成一具效能令人驚異的二十四馬力之柴油引擎，受舉世矚目。不過早期之柴油引擎，因效率低，且極笨重，故僅用於工業或發電方面。

1924年德國朋馳及M.A.N.公司製成高速柴油引擎，開始應用於汽車。

1.2 柴油引擎概要

將空氣急速壓縮時溫度升高，雖部份失熱於汽缸壁，但溫度仍極高，此即所謂壓縮熱。

柴油引擎係將純粹之空氣吸入汽缸內壓縮，在高壓及高溫之空氣內，噴入霧狀燃料，利用壓縮熱使霧狀燃料產生自然着火燃燒。

在構造上，大致與往復活塞式汽油引擎相同，惟因壓縮壓力較高，引擎設計較為堅固，另因係壓縮着火式，故無點火裝置，為產生霧狀燃料則有燃料噴射裝置。

1.3 壓縮着火原理

將吸入汽缸之空氣，以高壓力壓縮，使它產生極高之溫度，再將燃料以霧狀噴入汽缸中，利用空氣之壓縮壓力和高溫，使燃料自行着火燃燒。

空氣愈被壓縮，其壓縮後之空氣壓力與溫度也愈高。現行製造的柴油

引擎，其壓縮比約為 15 至 22，亦即吸入汽缸中之空氣被壓縮至原來體積的十五分之一至二十二分之一，壓縮後之空氣壓力達到 $25 \sim 35 \text{ kg/cm}^2$ ，同時空氣溫度升高至 $400 \sim 650^\circ\text{C}$ ，柴油在 30 kg/cm^2 壓縮壓力下之着火點約為 200°C 。此時將柴油以霧狀噴入此高壓高溫空氣內時，迅即產生自燃 (Auto Ignition)。

1.4 柴油引擎和汽油引擎之比較

柴油引擎和汽油引擎最主要差異在於燃料着火方式。

一、基本差異

項 目 \ 引 擎 別	柴 油 引 擎	汽 油 引 擎
燃 料	柴 油	汽 油
着 火	壓 縮 熱	電 火 花
壓 縮 比	15~22	7~9
燃 料 供 給	噴 射	化 油 器 混 合
各 缸 爆 發	依噴射泵凸輪軸之各缸噴射次序噴射	依分電盤各缸點火次序點火

4 汽車柴油引擎(上)

二、構造差異

裝 置 別 / 引 擎 別	柴 油 引 擎	汽 油 引 擎
引 擎 本 體	1. 燃燒室較複雜 2. 通常需設起動減壓裝置 3. 引擎本體較大, 重量大	1. 燃燒室較簡單 2. 無需設起動減壓裝置 3. 引擎本體較小
電 器 裝 置	1. 無點火裝置 2. 裝有預熱裝置 3. 起動馬達約 5HP	1. 需要點火裝置 2. 無預熱裝置 3. 起動馬達約 1HP
燃 料 裝 置	1. 需要噴射泵 2. 需要噴油嘴	1. 需要化油器 2. 無噴油嘴

三、優劣點比較

(一)柴油引擎之優點(汽油引擎之劣點)

1. 熱效率高, 燃料消耗率低

因壓縮比較高, 故其熱效率較好。柴油引擎熱效率約為 30~35%, 汽油引擎約為 25~28%。因此其燃料消耗率亦較低。

柴油引擎 170~220 gr/ps-hr。汽油引擎 220~300 gr/ps-hr。

2. 運轉成本較便宜

燃料消耗率低, 且其使用燃料之價格較便宜, 故燃料費較低, 減少運轉成本。

3. 汽缸直徑不受限制

汽油引擎受爆震問題之限制, 不能製造大徑汽缸。柴油引擎爆震之發生和汽油引擎不同, 故柴油引擎之缸徑不受限制。

4. 扭力變化少, 行駛性能優良

柴油引擎在各轉速時之油量可自由調節, 其扭力曲線較汽油引擎平坦, 故行駛性能較為優良。

5. 無複雜之高壓點火裝置，故障率較少。
6. 柴油之引火點高，引起火災之危險性小。
7. 可能燃燒之燃料空氣比範圍較廣。

汽油引擎可燃燒範圍之空氣過剩率為0.7~1.3，普通使用之空氣過剩率為0.8~0.9（混合比12~13.5）柴油引擎空氣過剩率為1.2~10，故不像汽油引擎混合氣過濃或過稀均無法發動。

8. 排氣含有毒性一氧化碳較少。
9. 無高壓電點火裝置，因此不會干擾無線電。

（二）柴油引擎之劣點（汽油引擎之優點）

1. 燃燒壓力高，約為汽油引擎之兩倍，引擎整體結構必須較為堅固，因此單位馬力的重量大，單位馬力價格高，同馬力之柴油引擎比汽油引擎重，製造費高。
2. 柴油引擎之平均有效壓力與最高轉速比汽油引擎低，因此同一排氣量之柴油引擎比汽油引擎之馬力低。
3. 因燃燒問題，運轉時聲響及振動較大。
4. 壓縮比高，起動馬達及電瓶容量需較大。
5. 和汽油引擎比較，柴油引擎起動困難，於冷天其傾向尤為顯著。
6. 需要較精密之燃料噴射裝置，調整工作較困難。

柴油引擎之所以日漸普及，主要原因為柴油價廉，熱效率好，燃料消耗率低，運轉成本低，而其缺點由於近代技術之進步，上述缺點已獲得相當程度之改善。

1.5 柴油引擎之分類

一、依用途分

6 汽車柴油引擎(上)

1. 低速柴油引擎

最高轉速在 1000 r.p.m 以下，主要用之於大型船舶及發電動力。

2. 中速柴油引擎

最高轉速在 1000~2000 r.p.m，小型船舶或農耕機等用。

3. 高速柴油引擎

最高轉速在 2000 r.p.m 以上，用於汽車等。

二、依工作循環分

(一)機械循環

1. 四行程循環引擎

曲軸轉兩轉即活塞在汽缸中移動四個行程，完成進氣、壓縮、動力、排氣等一次循環。

2. 二行程循環引擎

曲軸轉一轉，即完成一次循環。

(二)熱力循環

1. 笛塞爾循環(等壓縮環)

燃燒在一定之壓力中進行，如空氣噴射式之大型低速柴油引擎。

2. 複合循環

燃燒在等容積及等壓力中進行，如機械噴射式之中速及高速柴油引擎。

三、依進氣方法分

1. 正常吸氣引擎(Normally-Aspirated Engine)

引擎進氣行程時，活塞在汽缸內向下移動形成真空而將空氣吸入汽缸，在壓縮開始之壓力幾近於大氣壓或略低於大氣壓。

2. 增壓引擎(Supercharged Engine)

利用增壓器先將空氣壓縮，使高於大氣壓力之空氣充入汽缸。

四、依汽缸數分

1. 單缸引擎
2. 多缸引擎

五、依汽缸排列分

1. 立式柴油引擎

汽缸爲垂直排列，適合於一般車輛及動力廠固定引擎。

2. 水平式柴油引擎

汽缸之排列係在曲軸之一側平臥排成一排，或平排在曲軸二側，故引擎之高度低，可裝於車架之最低部份，使裝載之空間增大，適合於公共汽車、柴油火車，以及工業動力部份之引擎。

3. V式柴油引擎

係兩行立式排列之汽缸成V型安裝於同一曲軸上，其兩行汽缸間角度之設計，依汽缸數而定，通常 90° 者用於八汽缸， 75° ， 60° 或 45° 者用於十二汽缸， 45° 及 135° 者用於十六汽缸之引擎。V型排列引擎曲軸銷通常爲汽缸之半數，即左右相對兩汽缸，其連桿共用一曲軸銷。

4. 對置活塞式 (Opposed piston Type) 柴油引擎一個汽缸內裝有二只活塞，上下對置或水平對置之引擎。

1.6 柴油引擎之逆轉

一、發生逆轉之理由

停駐於上坡道之汽車，起步時引擎力量應大於上坡需要之抵抗力始可爬坡。起步時，鬆開離合器、踏板，同時放鬆手刹車，並踩下加速踏板使車輛起動，如加油過少引擎力量不足而接合離合器時，則引擎熄火並使汽車滑退，此時變速箱之齒輪啮合着，因汽車滑退之牽引，引擎通過停止狀態，曲軸由正轉變成逆轉。

往復活塞式之四行程柴油引擎，曲軸逆轉時可與正轉時同樣發動，形成柴油引擎之一種特有現象。

如圖 1-1 所示為代表性四行程柴油引擎之汽門正時圖，進氣門與排氣門之開啓期間大約對稱。曲軸逆轉時，排氣門變為進氣門，進氣門變為排氣門，因正時齒輪啮合不變，活塞運動方向倒轉，原來之進氣行程變成排氣行程，排氣行程變成進氣行程，因壓縮動力行程之各汽門均關閉，故壓縮行程乃變成動力行程，而動力行程變成壓縮行程，因此曲軸逆轉時，仍可形成與正轉時相同之完全循環。

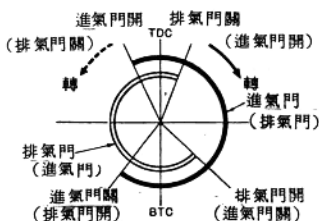


圖 1-1 代表性四行程柴油引擎汽門正時圖（）為逆轉時之作用

另一方面，柴油引擎之進氣為純空氣，如逆轉時雖由排氣門進氣，仍然可以得到與正轉時同樣之進氣效果，雖然進氣效率略低，但吸入空氣仍充分壓縮達到可燃燒之溫度，而且逆轉時，柴油引擎之燃料噴射開始時期為正轉時之噴射完畢時期，如圖 1-2 所示，在上死點附近開始噴射，故逆轉時之噴射正時恰為可能燃燒時期，因此曲軸逆轉時照樣發動。

汽油引擎因正轉時，係由進氣管吸入混合氣，逆轉時却由排氣門吸入純空氣，因無可燃性之進氣，雖點火而不爆發，故引擎不能回轉。

二行程引擎，因進排氣（掃氣）時間差異較大，掃氣作用不完全，故較不易發生逆轉，但非絕對不發生，而是可能性比較少。