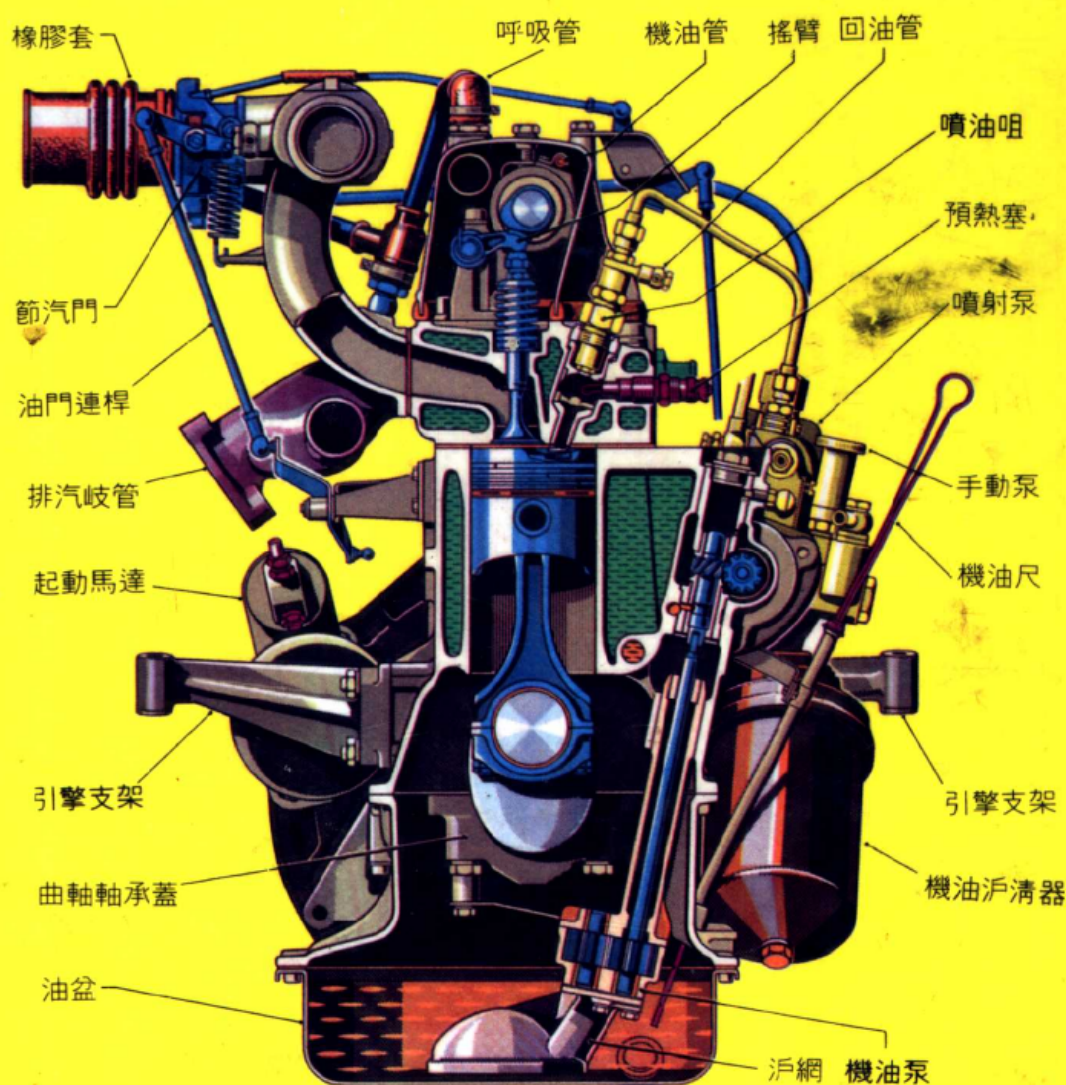


汽車技術叢書

現代車用柴油引擎

黃靖雄編著

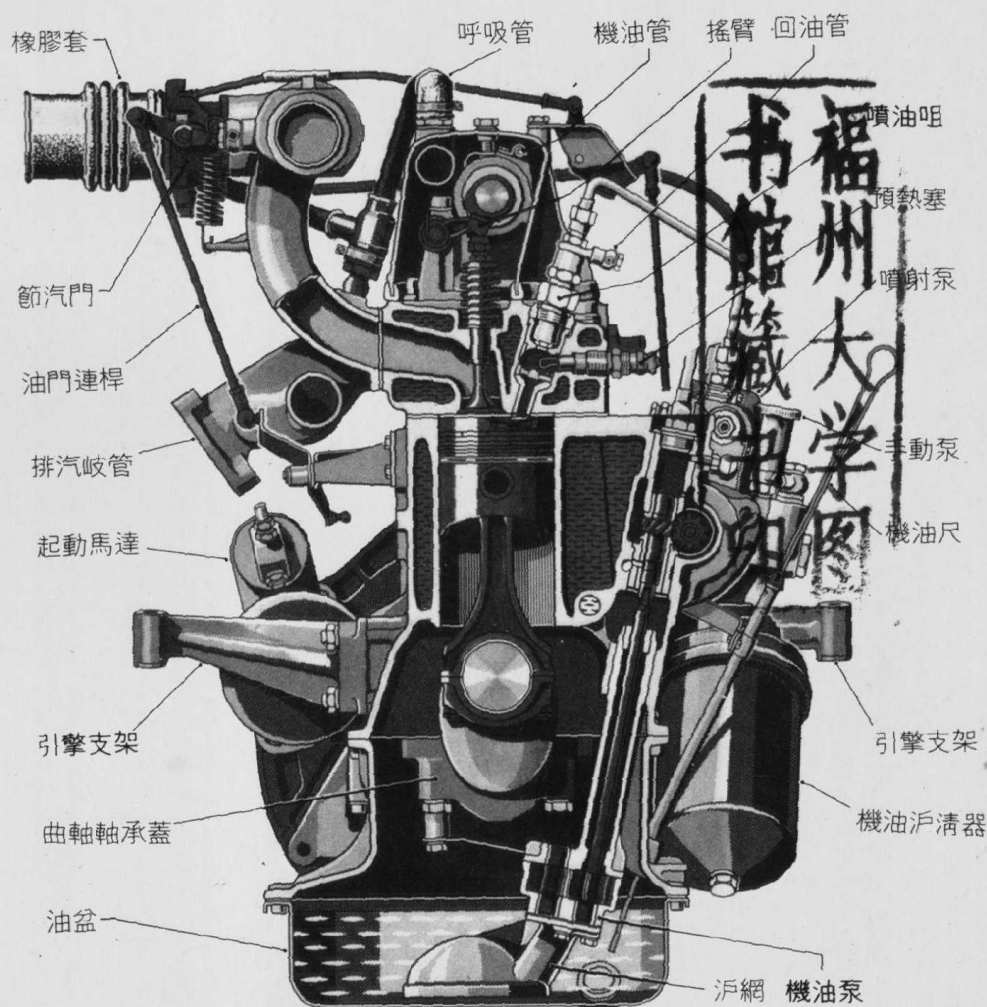


正工出版社 印行

汽車技術叢書

現代車用柴油引擎

黃靖雄編著



正工出版社 印行

中華民國七十三年二月初版
中華民國七十五年十月修訂版 1 刷
新聞局登記證局版台業字第 1689 號

現代車用柴油引擎

售 價：新臺幣貳佰肆拾元整

編著者：黃 靖 雄

發行人：廖 海 星

出版者：正工出版社

地址：台中市南屯區 40806 大聖街 433 號

電話：(04)2517772

郵政劃撥：0024083-2 號 黃靖雄帳戶

印刷者：大越藝術印刷廠股份有限公司

地址：台中市明德街 40 號

電話：(04)2877131·2878023

總經銷：全華科技圖書公司

地址：台北市龍江路 76 巷 20 之 2 號

電話：(02)5811300

序

柴油引擎熱效率高、扭力大、排汽污染少、油料價格低廉，故現代大型貨車及客車全部以柴油引擎為動力。近年來德國的Mercedes-Benz、Volkswagen，日本的Isuzu、Daihatsu、Nissan，美國的Oldsmobile……等汽車製造廠，均有高性能的高速柴油引擎小轎車的生產，逐漸打入傳統均為汽油引擎天下的小轎車市場。

在引擎本體構造、潤滑、冷卻等方面，本書僅就與汽油引擎不同部份加以講解，讀者若需對前述各項深入了解請參閱「現代車用汽油引擎」或「現代汽車引擎」二書。

本書之重點在柴油引擎最精密且複雜之燃料系統及預熱起動系統；從各型複式高壓噴射泵燃料系、高壓分油式噴射泵燃料系、低壓分油式燃料系、GM單體噴油器燃料系、到最新之電腦控制柴油噴射系統，每一機件之構造及作用本書均有深入之講解。在預熱起動系統方面從傳統之串聯式預熱塞預熱系統、並聯式預熱塞預熱系統、電熱式空氣預熱器、進氣加熱系統、到在零下20°C也不必等待預熱，一觸即發之U-QOS超快速起動系統；電樞移動型、齒輪撥動型、齒輪滑動型等柴油引擎用起動馬達，本書均有圖文並茂之解說。

本書中有許多內容與「現代汽車引擎」相同，特此敬告讀者。本書雖經細心核對，疵謬之處在所難免，至盼諸君賜予指正，不勝感激。

黃靖雄 謹識

73年2月於台中

本書主要參考資料

1. 楊思裕編著 汽車柴油引擎(上)(下)。
2. 黃義鎮編著 柴油引擎構造與保養。
3. 宋建勤編著 現代柴油引擎燃料系統。
4. 孫國旺編著 柴油引擎。
5. 陸昌壽編著 柴油汽車燃料系統。
6. 日本僱用促進事業團職業訓練部編 自動車内燃機關の構造。
7. 日本全國自動車整備學校連盟編ジーゼル エンジンの構造。
8. 日本自動車整備振興會聯合會編 三級自動車ジーゼル エンジン。
9. 日本自動車整備振興會聯合會編 二級自動車ジーゼル エンジン。
10. 日本勞動省職業訓練局編 自動車整備(2)内燃機關編。
11. 日產自動車株式會社編 自動車工學一 エンジン篇
12. 日本社團法人自動車技術會編 新編自動車工學 ハントブック。
13. 關敏郎著 自動車工學。
14. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 A型ポンプ編。
15. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 P型ポンプ編。
16. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 VE型ポンプ編。
17. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 PF型ポンプ編。
18. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 NB型ポンプ編。
19. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 R 801 型ガバナ編。
20. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 RQ型ガバナ編。
21. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 RQR型ガバナ編。
22. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 RU・RUV型ガバナ編。
23. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 コンバインド型ガバナ編。
24. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 RSV型ガバナ編。
25. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 ニューマチックガバナ編。
26. デンソー 燃料噴射ポンプ説明書 RSQ型ガバナ編。
27. 自動車工學月刊 1978年2月起至1986年9月止 鐵道日本社出版。
28. DIESEL PUBLICATIONS INC 出版 DIESEL ENGINEERING HAND BOOK 11th EDITION
29. BOSCH 出版 AUTOMOTIVE HAND BOOK
30. BOSCH 出版 TECHNICAL INSTRUCTION FUEL INJECTION EQUIPMENT FOR DIESEL ENGINES FUEL INJECTION PUMPS PE AND PF
31. BOSCH 出版 TECHNICAL INSTRUCTION FUEL INJECTION EQUIPMENT FOR DIESEL ENGINES GOVERNORS FOR INLINE PUMPS
32. TOYOTA出版 DIESEL ENGINE SERVICE TRAINING INFORMATION

33. CAV AND SIMMS PARTS AND SERVICE 出版 DPA FUEL INJECTION PUMP
34. ERICH J. SCHULZ 著 DIESEL MECHANICS
35. BILL TOBOLDT 著 DIESEL FUNDAMENTALS, SERVICE, REPAIR
36. P. M. HELDT 著 HIGH-SPEED DIESEL ENGINES
37. V. L. MALEEV M.E. DR. A.M. 著 DIESEL ENGINE OPERATION AND MAINTENANCE
38. CUMMINS ENGINE COMPANY INC. 出版 CUMINS PT FUEL PUMP REBUILDING AND CALIBRATION INSTRUCTIONS
39. NISAN MOTOR CO. LTD 出版 SD22 & SD33 DIESEL ENGINE
40. DETROIT DIESEL ENGINE CO. LTD. 出版 V-71, SERIES 53 SERVICE MANUAL
41. MOTOR 著 TRUCK REPAIR MANUAL 30th EDITION

目錄

第一章 柴油引擎概述.....	1
第一節 柴油引擎之發展簡史.....	1
第二節 往復活塞式引擎之基本構造及工作原理.....	2
第三節 四行程柴油引擎的基本構造.....	4
第四節 柴油引擎概要.....	5
第五節 柴油引擎之逆轉.....	8
1-5-1 概述.....	8
1-5-2 發生逆轉之原因.....	8
1-5-3 逆轉之特徵及後果.....	9
1-5-4 逆轉時引擎之熄火方法.....	9
第二章 柴油引擎工作原理.....	10
第一節 四行程柴油引擎的工作原理.....	10
第二節 二行程柴油引擎之工作原理.....	12
2-2-1 概述.....	12
2-2-2 二行程引擎之掃汽方法.....	12
2-2-3 單流掃氣式柴油引擎工作原理.....	13
第三節 柴油引擎與汽油引擎之比較.....	15
2-3-1 汽油引擎與柴油引擎之比較.....	15
2-3-2 柴油引擎之優點.....	15
2-3-3 柴油引擎之缺點.....	16
2-3-4 汽油引擎與柴油引擎重要數據比較.....	16
第三章 柴油引擎構造.....	18
第一節 概述.....	18
第二節 四行程引擎本體構造.....	18
3-2-1 汽缸體.....	18
3-2-2 汽缸蓋.....	18
3-2-3 預燃室.....	19
3-2-4 活塞.....	19
3-2-5 曲軸與飛輪.....	19
3-2-6 正時齒輪.....	20

3-2-7 汽門與汽門啓閉機構·····	20
第三節 燃燒室·····	22
3-3-1 燃燒室概述·····	22
3-3-2 直接噴射式燃燒室·····	22
3-3-3 預燃室式燃燒室·····	24
3-3-4 渦流室式燃燒室·····	25
3-3-5 空氣室式燃燒室·····	26
第四節 柴油引擎潤滑系統·····	28
3-4-1 概述·····	28
3-4-2 機油泵與機油濾清器·····	31
3-4-3 機油冷却器·····	32
第五節 柴油引擎冷却系統·····	34
第六節 二行程柴油引擎構造·····	35
3-6-1 概述·····	35
3-6-2 引擎體及汽缸套·····	35
3-6-3 活塞、連桿與曲軸·····	35
3-6-4 汽缸蓋·····	35
3-6-5 汽門機構·····	36
3-6-6 時規齒輪·····	36
3-6-7 掃氣泵·····	36
第七節 進排汽系統·····	38
3-7-1 進汽裝置·····	38
3-7-2 排汽裝置·····	39
3-7-3 增壓進汽裝置·····	39
第四章 燃料與燃燒·····	40
第一節 石油的成份及煉製·····	40
4-1-1 概述·····	40
4-1-2 石油成份及性質·····	40
4-1-3 石油之煉製·····	41
第二節 柴油的種類及性質·····	42
4-2-1 柴油的種類·····	42
4-2-2 柴油的性質·····	42
4-2-3 柴油的添加劑·····	49

第三節 燃燒與空氣之混合比·····	51
4－3－1 空氣之組成·····	51
4－3－2 空氣與柴油之理論混合比·····	51
4－3－3 空氣與柴油之實際混合比·····	52
第四節 柴油引擎之燃燒·····	53
4－4－1 柴油粒的燃燒·····	53
4－4－2 柴油引擎之燃燒過程·····	53
4－4－3 柴油引擎之爆震·····	55
第五章 引擎潤滑及潤滑油·····	58
第一節 潤滑概述·····	58
第二節 機油的功用·····	60
第三節 引擎機油·····	62
5－3－1 引擎機油之分類·····	62
5－3－2 引擎機油應具備之性質·····	67
5－3－3 引擎機油添加劑·····	68
5－3－4 引擎機油之劣化·····	69
第六章 柴油引擎燃料系統·····	70
第一節 概述·····	70
第二節 柴油引擎供油系統·····	73
6－2－1 供油泵·····	73
6－2－2 柴油濾清器·····	77
6－2－3 噴射管·····	81
第三節 柴油噴射系統概述·····	82
6－3－1 概述·····	82
6－3－2 噴射系統應具備之性能·····	82
6－3－3 燃料的噴射方法·····	82
6－3－4 噴射系統之種類·····	82
第四節 複式高壓噴射泵噴油系統·····	84
6－4－1 概述·····	84
6－4－2 種類及編號·····	84
6－4－3 複式高壓噴射泵之構造及作用·····	86
一、構造·····	86
二、噴射泵之傳動·····	87

三、噴射泵之作用·····	87
四、柱塞之種類·····	91
五、輸油門與輸油門座·····	92
六、舉桿機構·····	93
七、齒環與控制套·····	93
八、齒桿與限制套·····	93
九、凸輪軸與軸承·····	96
6-4-4 調速器概說·····	97
6-4-5 真空調速器之構造及作用·····	100
6-4-6 離心調速器之構造及作用·····	107
一、離心調速器之作用原理·····	108
二、離心調速器之作用特性·····	110
三、離心調速器之型式·····	110
四、R型調速器之構造及作用·····	110
五、RQ型調速器之構造及作用·····	112
六、RQV型調速器之構造及作用·····	117
七、RQU與RQUV型調速器·····	121
八、RS型調速器之構造及作用·····	121
九、RSV型調速器之構造及作用·····	125
十、RSVD型調速器之構造及作用·····	132
十一、RSQ型調速器之構造及作用·····	135
十二、RUV型調速器之構造及作用·····	138
十三、RAD型調速器之構造及作用·····	138
十四、RBD型調速器之構造及作用·····	141
十五、RSUV型調速器之構造及作用·····	143
6-4-7 正時器之構造及作用·····	145
一、概述·····	145
二、手動正時器·····	145
三、自動正時器·····	146
四、SA型自動正時器·····	146
五、SP型自動正時器·····	149
六、SCD型自動正時器·····	150
七、正時器編號意義·····	150

第五節 噴油器	152
6-5-1 概述	152
6-5-2 噴油器具備之條件	153
6-5-3 噴油器之種類	153
一、開式噴油器	154
二、閉式噴油器	154
(一)針型噴油嘴	154
(二)孔型噴油嘴	156
(三)混合型噴油嘴	157
(四)閉式噴油器噴油咀規格	158
(五)閉式噴油器噴油咀之編號意義	158
(六)閉式噴油器噴油咀架	159
(七)閉式噴油器噴油咀架的編號意義	159
第六節 高壓分油式噴射泵噴射系統	161
6-6-1 概述	161
6-6-2 波細VM型高壓分油式噴射泵	162
6-6-3 波細VE型高壓分油式噴射泵	170
6-6-4 美國波細阿瑪PSJ型高壓分油式噴射泵	175
6-6-5 C.A.V. 高壓分油式噴射泵	180
第七節 低壓分油式噴射系統	187
6-7-1 概述	187
6-7-2 固敏式P.T 型低壓分油式燃料系之構造作用	187
6-7-3 固敏式PT噴油器	192
第八節 GM柴油燃料系統	197
6-8-1 概述	197
6-8-2 GM噴油器之構造及作用	197
6-8-3 GM燃料系調速器	203
第九節 電腦控制柴油噴射系統	222
6-9-1 概述	222
6-9-2 五十鈴I-TEC電腦控制柴油噴射系統	222
6-9-3 豐田2L-TE 電腦控制柴油噴射系統	211
第十節 搖板式噴射泵	211
6-10-1 概述	211

6-10-2 構造及作用原理	217
第七章 柴油引擎預熱系統	225
第一節 預熱系統概述	225
第二節 線圈式預熱塞(串聯式)預熱系統	226
7-2-1 串聯式預熱塞預熱電路	226
7-2-2 預熱電路各機件之構造作用	226
第三節 被覆式預熱塞(並聯式)預熱系統	232
7-3-1 並聯式預熱塞預熱電路	232
7-3-2 被覆式預熱塞之構造	232
第四節 快速預熱系統	234
7-4-1 概述	234
7-4-2 快速起動系統QOS	234
7-4-3 超快速起動系統U-QOS	236
第五節 電熱式空氣預熱器	239
第六節 進氣加熱系統	240
7-6-1 概述	240
7-6-2 進氣加熱系統之構造作用	240
第八章 柴油引擎起動系統	241
第一節 起動系概述	241
第二節 電樞移動型起動馬達	243
8-2-1 概述	243
8-2-2 馬達本體	243
8-2-3 傳動機構	245
8-2-4 電磁開關	248
第三節 齒輪撥動型起動馬達	249
8-3-1 概述	251
8-3-2 齒輪撥動型起動馬達構造	251
8-3-3 齒輪撥動型起動馬達之作用	254
8-3-4 電樞制動	256
8-3-5 齒輪撥動型起動馬達電路	257
第四節 齒輪滑動型起動馬達	260
8-4-1 概述	260
8-4-2 齒輪滑動型起動馬達構造	260

8-4-3 齒輪滑動型起動馬達之作用.....	261
第九章 引擎性能.....	265
第一節 馬力.....	265
9-1-1 概述.....	265
9-1-2 指示馬力求法.....	265
9-1-3 制動馬力求法.....	266
9-1-4 摩擦馬力.....	267
第二節 扭力.....	268
第三節 燃料消耗率.....	270
第四節 引擎效率.....	271
9-4-1 熱效率.....	271
9-4-2 機械效率.....	272
9-4-3 平均有效壓力.....	272
9-4-4 容積效率與進氣量.....	273
9-4-5 影響引擎性能因素.....	274

現代車用柴油引擎

第一章 柴油引擎概述

第一節 柴油引擎之發展簡史

- 一、柴油引擎又叫狄塞爾引擎 (Diesel Engine)，係紀念柴油引擎發明人，德國工程師狄塞爾博士 (Dr Rudolf Diesel) 而命名。
- 二、1891年一月狄塞爾博士發表了「進氣行程只吸入普通空氣，壓縮到原來體積的十六分之一左右，溫度可增到約攝氏500°，此時將燃料注入汽缸內，燃料吸收熱空氣的高溫，自行著火燃燒推動活塞」之理論，結果得到之動力超過預估強度，發生爆炸而遭失敗。
- 三、1897年狄塞爾經不斷試驗，終於完成了一部柴油引擎，能產生二十匹馬力，舉世矚目。早期之柴油引擎因較笨重，只用於工業方面。
- 四、1924年德國鵬馳 (Benz) 及M.A.N公司完成高速柴油引擎，並開始使用於汽車上，初期僅使用在大型客貨車上，經不斷的研究改良，現已有高性能的小型高速柴油引擎用在小客車上。

第二節 往復活塞式引擎之基本構造及工作原理

一、四行程引擎之基本構造如圖 1-1 所示，由活塞 (Piston)、汽缸 (Cylinder)、連桿 (Connecting Rod)、曲軸 (Crank Shaft)、飛輪 (Flywheel) 等構成。

二、曲軸因飛輪的關係，作等速轉動，其轉速通常以每分鐘旋轉之次數 R 、 P 、 M (Revolutions Per Minute) 表示。

三、活塞在汽缸中做變速的往復運動。

四、活塞與曲軸的運動關係如圖 1-2 所示

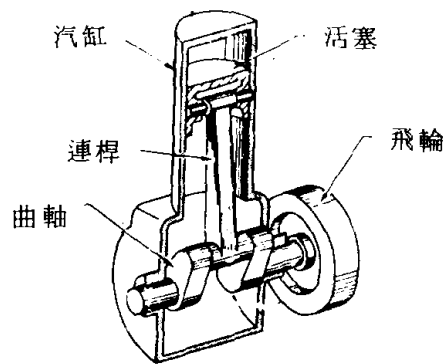


圖 1-1 往復活塞式引擎基本構造

(一)當曲軸肖 (Crank Pin) 在圖 10-4

中 (1) 時，活塞頂面亦在最高位置 (a) 點 (或距軸頸中心最遠位置)，此位置稱為活塞位移的上死點 (Top Dead Center, 簡稱 T.D.C)，在此位置時活塞之瞬時速度為零。

(二)當曲軸順轉，即軸肖中心自位置 (1) 以等速向 (2) 移動，活塞也自上死點向下移動，其速度自零逐漸加大。

(三)軸肖中心移至 (2) 時，活塞頂面移至 (b) 點，此時連桿中心線與曲軸臂中心線互成直角，活塞位移速度最大，經過此點下移時，活塞的速度即漸減。

(四)當曲軸轉 180 度，即軸肖中心在位置 (3) 時，活塞頂面也在其最低位置 (c) 點，或距軸頸中心最近之位置，此位置稱為活塞位移的下死點 (Bottom Dead Center, 簡稱 B.D.C)，在下死點時活塞瞬時速度也是零。

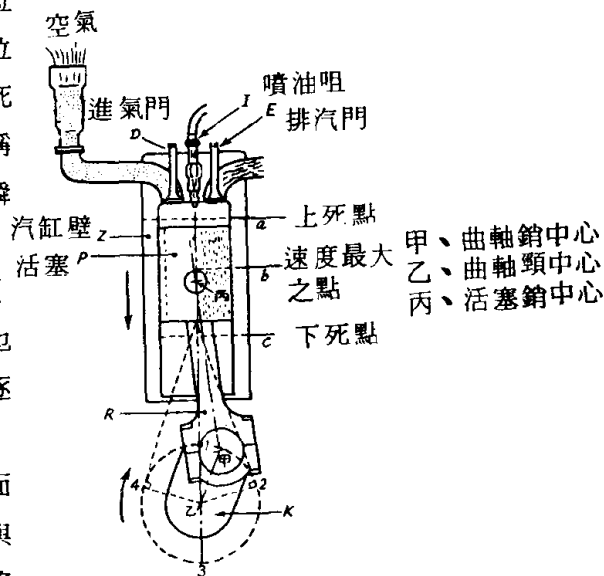


圖 1-2 活塞與曲軸運動關係

(d) 軸肖中心自位置 (3) 向位置 (4) 移動時，活塞自下死點轉而向上移動，速度由零逐漸增大，在位置 (4) 時，活塞頂面上升至 (b) 點，活塞位移速度又為最大，此後速度又漸減，當軸肖中心回抵位置 (1) 時，曲軸共旋轉 360 度，活塞頂面亦回抵上死點，活塞移動速度再降為零。

(e) 圖 1-3 示某引擎，活塞自 T . D . C 移往 B . D . C 時，活塞速度與曲軸轉角之關係，此引擎之曲軸臂長 5.08 cm (2 inch)，連桿中心距 20.32 cm (8 inch) 轉速 3750 轉，活塞自 B . D . C 返回至 T . D . C 時，活塞之速度亦循此曲線變化，惟其方向則相反，若曲軸臂長及連桿中心距變更，其曲線亦隨之改變。

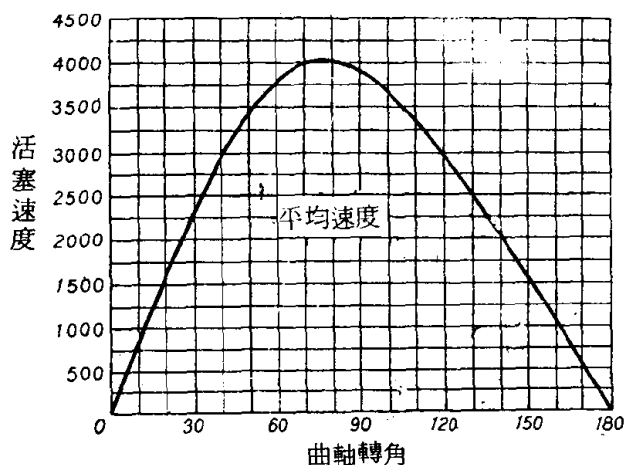


圖 1-3 活塞速度和曲軸轉角之關係

(f) 活塞移動一個行程，曲軸轉 180 度，即曲軸轉一轉

(360 度) 活塞移動二個行程，一個行程等於二倍曲軸臂長。

(g) 在 T . D . C 和 B . D . C 時，往復運動各機件的慣性力 (Inertia Force) 之變化最大。

(h) 活塞在上死點時，活塞頂面的汽缸容積稱為餘隙容積 (Clearance Space) 或燃燒室容積 (Combustion Chamber Volume)；活塞在下死點時，汽缸內之容積稱為汽缸總容積 (Total Cylinder Volume)；上死點到下死點間之汽缸容積叫活塞位移容積 (Piston Displacement Volume) 俗稱排氣量。

(i) 壓縮比 (Compression Ratio)：汽缸總容積與燃燒室容積之比。

$$C.R = \frac{T.C.V}{C.C.V} = \frac{C.C.V + P.D.V}{C.C.V}$$

C . R 為壓縮比。

T . C . V 為汽缸總容積

C . C . V 為燃燒室容積

P . D . V 為活塞位移容積

引擎壓縮比愈高，則產生之動力愈大。汽油引擎壓縮比高時，必須使用抗爆性高之汽油。汽油引擎之壓縮比約 6 ~ 11:1，柴油引擎之壓縮比約 15 ~ 23:1。

第三節 四行程柴油引擎的基本構造

柴油引擎要能正常工作，必須有引擎本體、燃料裝置、減壓裝置、冷卻裝置、潤滑裝置、排汽裝置、起動裝置等，任一部分不良，引擎都無法正常工作。

一、引擎本體

引擎本體由合金鋼或鑄鐵製成，分成二部分，上部為汽缸蓋，下部為汽缸體，汽缸體中有汽缸套，汽缸套周圍有水環繞（水冷式）；活塞在汽缸套內，上下運動，經連桿將動力傳到曲軸，並將往復運動變成旋轉運動。汽缸蓋中裝有進、排汽門及搖臂等汽門操縱機構（OHV型）。

二、燃料裝置

將燃料以極高壓力噴入汽缸內燃燒之裝置。油箱中之柴油經供油泵抽出，經濾清器送到噴射泵，在噴射泵產生 100 kg/cm^2 以上之高壓，再由噴油嘴噴到汽缸中。

三、冷卻裝置

防止汽油燃燒時，使引擎本體溫度過高之裝置，包括散熱器（俗稱水箱）、水泵、環繞汽缸周圍之水套、節溫器等。

四、潤滑裝置

引擎各部有往復運動或旋轉運動之機件，必須有機油供應，才能防止因摩擦造成損壞，此項供應各部機件所需潤滑油之裝置即為潤滑裝置。包括機油泵、油盆（油底殼）、機油濾清器等。

五、起動預熱裝置

柴油引擎為使起動容易，除起動馬達外，通常裝有減壓裝置，於起動初期除去汽缸之壓縮力，使馬達易搖轉引擎。此外為加溫空氣，使引擎容易發動，設有預熱塞或進氣空氣加熱裝置。

六、增壓器

將空氣加壓後送入汽缸，以增加空氣吸入量之裝置，為二行程柴油引擎必須之裝備，現代四行程柴油引擎及高性能汽油引擎也漸普遍裝用。

七、排汽裝置

將引擎廢汽安全引出之裝置，包括排汽歧管、消音器、排汽管等。