

現代汽車學

第二篇 汽車引擎

Modern
Automotive
Mechanics

(普及版)

黃靖雄 編著



正工出版社

封面 林振陽

449.1
4404
C2

謹以此書做為家慈
黃曾血女士八秩
華誕賀禮

民國戊辰年吉月



國立彰化師範大學圖書館



0044401

本書參加教育部七十七學年度
 大學院校教學資料獎勵競賽
 榮獲講義類優等獎

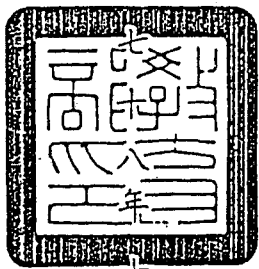
黃靖雄 謹啓

教育部獎牌

台(78)高字
 31251
 號

黃靖雄先生參加本部舉辦
 七十七學年度大學院校教學
 資料改進獎勵，作品經評審
 獲講義類優等獎，除致送獎
 金外特頒獎牌以資鼓勵。

部長 瓦高文



中華民國

十月二十日

編者簡介

黃靖雄

臺灣省臺中縣人

民國31年10月生



現職

國立彰化師範大學工業教育學系副教授

經歷

- *美國駐華安全分署汽車場技工
- *台北市公共汽車管理處修理廠工務員
- *省立台中高工汽車修護科教師兼科主任
- *台中縣私立東海、大豐汽車駕駛補習班主任
- *職訓局中區職業訓練中心訓練師兼教材課長、第五科主任
- *勞委會職訓局汽車修護技術士技能檢定68、69、70年度命題委員召集人
71、72、73、74、75、78年度命題委員
- *交通部汽車技工檢定筆試題庫命題研究員
- *台灣區車輛噪音排氣污染及油耗研究小組委員
- *台灣省台中市區車輛行車事故鑑定委員會委員
- *國際技能競賽中華民國委員會汽車修護職類裁判長

學歷

- *省立台中高工汽車修護科畢業
- *省立台北工專機械科汽車組畢業
- *國立台灣教育學院職業教育學系畢業
- *日本研修職業訓練
- *私立東海大學高級企業管理師結業
- *美國東北密蘇里州立大學工業教育碩士
- *國科會第廿五屆科技人員出國研修—日本國立廣島大學工學部

葉序

汽車為現代文明社會最重要的交通工具，它為各種科技的結晶，而為一綜合性製造工業；可帶動鋼鐵、石化、電機、電子、紡織、玻璃、橡膠……等各種工業之進步。其使用更涉及土木工程、交通法律、社會科學、環境污染、能源問題……等。半世紀以來，先進工業國家莫不以發展汽車工業為重點，近年來我國亦以汽車工業為策略性工業，積極輔導推動，以期早日進入開發國家之林。

本院工業教育學系講師黃靖雄先生乃汽車科班出身，畢業於省立台中高工汽車修護科及台北工專機械科汽車組。曾到工廠實地從事汽車修護工作，並擔任高工汽車科教師多年；課餘博覽各國汽車書籍雜誌，六十年為台灣省教育廳編撰“汽車學”一書供高工汽車科做教材，該書後自行增訂出版，廣為各高級工業學校採用為教科書，對提升我國汽車工業技術水準頗有貢獻。

六十一年黃先生辭去台中高工汽修科主任職務，進入本院工教系前身職業教育學系深造，畢業後進入職訓局中區職業訓練中心擔任訓練師並兼第五科（汽車修護、汽車板金、金屬塗裝）主任及教材課長；六十八年派赴日本進修汽車職業訓練，為我國汽車職業訓練打下良好根基。七十年進入本院工教系服務，七十一年至七十三年暑假赴美國東北密蘇里州立大學實用技藝學院進修，獲得工業教育碩士學位。去年九月獲得國科會第廿五屆科技人員國外進修獎助，再度赴日本國立廣島大學工學部研究汽車排氣污染控制技術。

黃先生過去在赴日、美期間，多方蒐集最新汽車書籍、雜誌及技術資料，返國後以其豐富經驗及所獲資料編寫“現代汽車學”一書，內容新穎實用，插圖精美，文字淺顯，條理井然，無論初學或深究，誠為不可或缺之汽車技術專門著作。出書前索序於余，因鑑於該書對發展我國汽車工業技術甚有助益，故樂為序。

國立台灣教育學院院長

葉學志

民國七十七年二月廿七日

自序

汽車工業為近半世紀以來發展最快之工業，尤其受到兩次能源危機的衝擊、排放空氣污染物含量之限制，半導體及電腦控制技術之導入，及配合大量生產技術之改進等，使現代汽車產生了不少蛻變。

我國近年來汽車工業亦蓬勃發展，國產汽車產量增加甚速，且配合國際化、自由化政策，政府已一改過去的保護措施，關稅一再降低，各國原裝的汽車也不斷的湧入國內市場，國產汽車亦輸出到國際市場。汽車已是國民必備的交通工具，各界對汽車知識之需求更為殷切。坊間之汽車技術圖書雖多，但大部份資料均已陳舊，對現代汽車之新裝置作有系統深入介紹的甚少。筆者有鑑於此，乃多方蒐集各國現代汽車各部機件的最新構造原理資料，加以歸納整理而編寫成本書，以提供大專相關科系做為教科書，及作為汽車從業人員及高工汽車科教師參考使用，俾我國之汽車技術水準能跟上世界潮流。全書共六篇，近二百萬言，精美插圖四千餘幅。

第一篇總論：介紹汽車及汽車工業之發展過程、製造過程、汽車之種類、基本構造……等，使讀者對汽車有一概括之認識。其次介紹汽車行駛時受到的各種阻力，及汽車應具備之各項性能，以了解理想汽車追求之目標及須克服之困難。

第二篇汽車引擎：首先介紹內燃機之種類及發展過程，四行程及二行程往復活塞式汽油及柴油引擎之基本構造及工作原理；迴轉活塞式引擎之工作原理……等，使讀者對汽車引擎有大概的了解。接著對引擎性能、燃料、燃燒、潤滑油等加以解說。其次介紹汽油引擎本體構造及附屬系統，從傳統到最新之高性能低公害省油汽車之各項裝置均有深入介紹，尤以進排氣系及燃料系之新資料最多。柴油引擎本體構造及附屬裝置部份僅介紹與汽油引擎不同者，重點在柴油引擎燃料系統，本書將具有代表性之各型燃料裝置從複式高壓噴射泵到電腦控制噴油裝置做有系統之整理介紹。迴轉活塞式引擎國內汽車雖甚少使用，但日本MAZDA公司生產之迴轉活塞引擎性能優異，暢銷世界各地，年產量在數十萬台以上，學汽車者有深入了解的必要，本書有深入之介紹。

第三篇汽車傳動機構：汽車之傳動裝置中各型之離合器、變速箱、傳動軸、差速器、後軸總成……等，本書均有詳細的介紹，尤其對自動變速箱及晚近推出之四輪驅動(4WD)汽車傳動裝置等本篇均有專章做深入的探討。

第四篇汽車底盤：對汽車之懸吊裝置、轉向裝置、煞車裝置、車輪……等及車架、車身門窗、鎖扣、座椅、安全裝置、聯結車之聯結裝置……等均妥為歸納分類，有條不紊的加以系統化整理。對各種新式裝置均儘可能加以介紹，如最近才發表之四輪轉向(4WS)，本篇已有深入探討。

第五篇汽車電系：汽車電氣製品近年來之蛻變最為快速，也最為複雜；因傳統的電氣製品仍在使用中，但新式的半導體、IC、微電腦控制的新產品不斷開發出來，故本篇將傳統與最新的汽車電氣製品做一整理，使讀者對蛻變中的汽車電學能有全盤的了解。首先

介紹汽車電學基礎知識，包括汽車電系概述、基礎電磁學、基礎電子學、電腦概論等。其次依序介紹電瓶、起動系統、充電系統、點火系統、燈光系統、雨刷及噴水裝置、汽車儀錶、其他汽車電器及電腦引擎控制……等，除對現在仍在使用中之傳統汽車電氣製品有詳細解說外，對晚近推出之電子化、電腦化產品，如 IC 調整器、電晶體與 IC 點火器、數位儀錶、自動車速控制、電子多功能電視及電腦引擎控制……等，均有詳細的介紹。

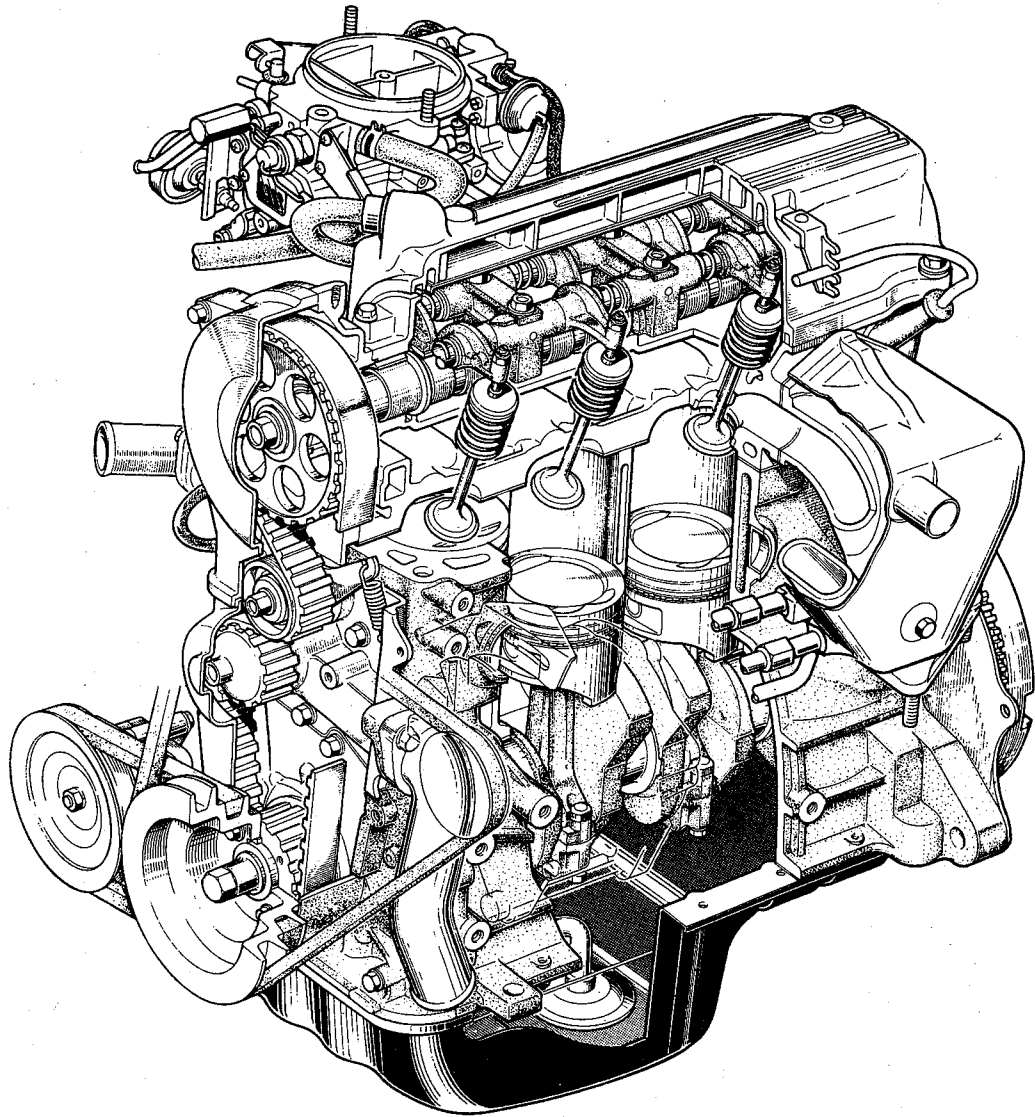
第六篇汽車空氣調節：隨著時代潮流的進步，現代的汽車必須具備省油、安全、快速、舒適等等多種要求。汽車空調已成為現代汽車不可缺少之裝備，用來創造舒適之空間，減輕駕駛人與乘客的疲勞，增進行車安全。本篇首先介紹空調的基本知識及工作原理，再將冷媒、壓縮機、蒸發器、冷凝器、貯液筒、膨脹閥等之構造及工作原理做詳細的解說，最後介紹空調的控制系統、電路系統及最新的全自動空調控制系統，使讀者對汽車空調裝置有深入之認識。

本書承蒙國立台灣教育學院附屬高工汽車科及省立台中高工汽車科的老師們協助校對，機圖科數位畢業學生長期辛苦的描繪插圖，謹致由衷謝意。本書打字排版承蔡綾姬小姐精心的設計與全力的投入，使能以最好的版面與讀者見面，謹致最真誠的敬意與謝意。筆者才疏學淺，疵謬之處在所難免，至盼讀者諸君賜予指正，不勝感激。

黃靖雄 謹識

民國七十七年三月

第二篇 汽車引擎



目 錄

第一章 總 論

第一節 熱機	1-1
第二節 汽車引擎之發展過程	1-1
第三節 往復活塞式引擎的基本構造和工作原理	1-3
第四節 內燃機之循環	1-4
第五節 四行程汽油引擎之基本構造	1-5
1-5-1 引擎本體	1-5
1-5-2 燃料裝置	1-6
1-5-3 點火裝置	1-6
1-5-4 冷卻裝置	1-6
1-5-5 潤滑裝置	1-6
1-5-6 排汽裝置	1-6
1-5-7 起動裝置	1-6
第六節 四行程汽油引擎之工作原理	1-7
第七節 四行程柴油引擎之基本構造	1-9
第八節 四行程柴油引擎之工作原理	1-9
第九節 二行程引擎之工作原理	1-10
1-9-1 概述	1-10
1-9-2 二行程引擎之掃汽方法	1-10
1-9-3 二行程汽油引擎之工作原理	1-10
1-9-4 二行程柴油引擎之工作原理	1-12
第十節 柴油引擎與汽油引擎之比較	1-13
1-10-1 比較	1-13
1-10-2 柴油引擎之優點	1-13
1-10-3 柴油引擎之缺點	1-14
1-10-4 汽油引擎與柴油引擎重要數據比較	1-14
第十一節 多種燃料引擎	1-14
1-11-1 概述	1-14
1-11-2 基本構造	1-14
1-11-3 工作原理	1-15
第十二節 迴轉活塞式引擎的基本構造及工作原理	1-15
1-12-1 概述	1-15
1-12-2 迴轉活塞式引擎之基本構造	1-16
1-12-3 迴轉活塞式引擎之工作原理	1-16
1-12-4 迴轉活塞式引擎之優點	1-17
1-12-5 迴轉活塞式引擎尚待改進之處	1-17
第十三節 汽車引擎之分類	1-18
1-13-1 以動力發生裝置的構造分	1-19
1-13-2 往復活塞式引擎及其分類	1-19

第二章 四行程汽油引擎構造

第一節 四行程汽油引擎本體之分類	2-1
第二節 四行程汽油引擎本體之構造	2-2
第三節 汽缸體總成	2-2
2-3-1 汽缸體	2-2
2-3-2 汽缸套	2-3
2-3-3 汽缸床墊	2-3
2-3-4 汽缸蓋	2-4
2-3-5 燃燒室	2-4
2-3-6 特殊燃燒室——低公害引擎改良燃燒室	2-5
2-3-7 油盆	2-7
第四節 活塞總成	2-8
2-4-1 概述	2-8
2-4-2 活塞應具備之條件	2-8
2-4-3 活塞之材質	2-8
2-4-4 活塞之種類	2-8
2-4-5 活塞之衝擊面	2-10
2-4-6 活塞環	2-10
2-4-7 活塞銷	2-13
第五節 連桿總成	2-14
2-5-1 概述	2-14
2-5-2 連桿種類	2-14
2-5-3 連桿軸承	2-15
第六節 曲軸總成	2-16
2-6-1 概述	2-16
2-6-2 曲軸之材料與加工	2-16
2-6-3 曲軸之平衡	2-16
2-6-4 曲軸之排列	2-17
2-6-5 點火順序與各缸動作之關係	2-19
2-6-6 動力重疊	2-20
2-6-7 曲軸軸承	2-20
第七節 飛輪與皮帶輪	2-21
2-7-1 概述	2-21
2-7-2 飛輪之種類與構造	2-21
2-7-3 皮帶輪與減震器	2-22
第八節 汽門機構	2-22
2-8-1 概述	2-22
2-8-2 汽門的工作情況	2-24
2-8-3 汽門應具備之條件及材料	2-24
2-8-4 汽門之種類與構造	2-25
2-8-5 汽門座	2-25
2-8-6 汽門導管	2-26

2-8-7	汽門彈簧	2-26
2-8-8	汽門彈簧座鎖扣	2-26
2-8-9	凸輪軸總成	2-26
2-8-10	汽門正時機構	2-27
2-8-11	汽門舉桿、推桿與搖臂	2-28
2-8-12	汽門旋轉器	2-29
2-8-13	汽缸數自動變化機構	2-30
2-8-14	多汽門引擎	2-31
2-8-15	進汽渦流強化系統	2-32
2-8-16	汽門數及正時控制機構	2-33
第九節	引擎支架	2-36
2-9-1	概述	2-36
2-9-2	三點式支持法	2-36
2-9-3	四點式支持法	2-36
2-9-4	浮動式支持法	2-37
2-9-5	引擎腳之種類	2-37
第三章 二行程汽油引擎構造		
第一節	二行程汽油引擎概述	3-1
第二節	二行程汽油引擎之汽缸體與活塞	3-1
3-2-1	汽缸體	3-1
3-2-2	活塞	3-1
3-2-3	連桿、曲軸與曲軸箱	3-1
3-2-4	進汽機構	3-2
第四章 柴油引擎構造		
第一節	柴油引擎概述	4-1
4-1-1	柴油引擎之發展史	4-1
4-1-2	柴油引擎概要	4-1
4-1-3	柴油引擎之逆轉	4-1
第二節	柴油引擎燃燒室	4-2
4-2-1	燃燒室概要	4-2
4-2-2	直接噴射式燃燒室	4-3
4-2-3	預燃室式燃燒室	4-4
4-2-4	渦流室式燃燒室	4-4
4-2-5	空氣室式燃燒室	4-5
第三節	四行程柴油引擎之構造	4-6
4-3-1	汽缸體	4-7
4-3-2	汽缸蓋	4-7
4-3-3	預燃室	4-7
4-3-4	活塞	4-7
4-3-5	曲軸與飛輪	4-8

4-3-6	正時齒輪	4-8
4-3-7	汽門與汽門啓閉機構	4-9
第四節	二行程柴油引擎之構造	4-9
4-4-1	引擎體及汽缸套	4-9
4-4-2	活塞、連桿與曲軸	4-10
4-4-3	汽缸蓋	4-10
4-4-4	汽門機構	4-10
4-4-5	時規齒輪	4-10
4-4-6	掃氣泵	4-10
第五章 引擎潤滑系統		
第一節	潤滑概要	5-1
第二節	機油的功用	5-2
第三節	引擎機油之分類	5-3
第四節	引擎機油應具備之性質	5-5
第五節	引擎機油添加劑	5-6
第六節	引擎機油之劣化	5-6
5-6-1	引擎機油劣化之原因	5-6
5-6-2	引擎機油劣化後之不良後果	5-7
第七節	汽油引擎的潤滑方法	5-7
5-7-1	飛濺式	5-7
5-7-2	壓送式	5-7
5-7-3	壓送飛濺複合式	5-8
5-7-4	混合燃料式	5-8
第八節	機油泵	5-9
5-8-1	概述	5-9
5-8-2	齒輪式機油泵	5-9
5-8-3	葉片式機油泵	5-9
5-8-4	轉子式機油泵	5-10
5-8-5	柱塞式機油泵	5-10
5-8-6	可變輸出量機油泵	5-10
第九節	機油濾清器	5-11
5-9-1	概述	5-11
5-9-2	機油過濾的方法	5-11
5-9-3	機油濾清器之構造	5-12
5-9-4	過濾材料種類	5-12
第十節	油尺、機油壓力錶或油壓警告燈	5-13
5-10-1	油尺	5-13
5-10-2	機油壓力錶或油壓警告燈	5-13
第十一節	油底殼	5-13
第十二節	曲軸箱吹漏氣控制	5-13
5-12-1	概述	5-14

5-12-2 機油泵與機油濾清器	5-14
5-12-3 機油冷却器	5-14
第十三節 柴油引擎潤滑系統	5-15
5-13-1 概述	5-15
5-13-2 機油泵與機油濾清器	5-15
5-13-3 機油冷却器	5-18

第六章 引擎冷却系統

第一節 冷却概要	6-1
6-1-1 概述	6-1
6-1-2 水冷式與氣冷式之比較	6-1
第二節 水冷式冷却系統	6-1
6-2-1 概述	6-1
6-2-2 水泵	6-2
6-2-3 風扇	6-2
6-2-4 散熱器(水箱)	6-5
6-2-5 散熱器蓋	6-6
6-2-6 水套與分水管	6-8
6-2-7 旁通道	6-8
6-2-8 調溫器	6-8
6-2-9 冷却液	6-10
6-2-10 風扇皮帶	6-11
6-2-11 溫度指示器	6-12
第三節 雙散熱器水冷却系統	6-12
6-3-1 概述	6-12
6-3-2 作用	6-13
第四節 氣冷式冷却系統	6-13
6-4-1 概述	6-13
6-4-2 氣冷式引擎送風法	6-14
6-4-3 冷却風量之控制	6-14
第五節 柴油引擎冷却系統	6-15

第七章 燃料與燃燒

第一節 概述	7-1
7-1-1 液體燃料	7-1
7-1-2 氣體燃料	7-1
7-1-3 石油的成分	7-1
7-1-4 石油的精煉	7-1
第二節 燃料的種類及性質	7-1
7-2-1 汽油的種類	7-1
7-2-2 汽油的性質	7-2
7-2-3 柴油的種類及性質	7-4

第三節 燃料和空氣的混合比	7-5
7-3-1 空氣之組成	7-5
7-3-2 空氣與汽油之正量混合比	7-5
7-3-3 空氣與汽油之實際混合比	7-5
7-3-4 柴油與空氣之混合比	7-6
第四節 汽油引擎之燃燒	7-6
7-4-1 汽油引擎之正常燃燒	7-6
7-4-2 汽油引擎之火焰傳播過程	7-6
7-4-3 汽油引擎之火焰傳播速度	7-7
7-4-4 汽油引擎之預燃與爆震	7-7
第五節 柴油引擎之燃燒	7-7
7-5-1 柴油粒的燃燒	7-7
7-5-2 柴油引擎之燃燒過程	7-8
7-5-3 柴油引擎之爆震	7-9

第八章 汽油引擎燃料系

第一節 汽油引擎燃料系概述	8-1
第二節 油箱	8-3
第三節 燃料蒸發汽體淨化裝置	8-4
8-3-1 概述	8-4
8-3-2 EEC 系統與傳統燃料系統之異點	8-4
8-3-3 EEC 系統油氣之儲存方法	8-6
8-3-4 活性炭罐油氣清除方法	8-6
第四節 油管與濾清器	8-7
8-4-1 油管	8-7
8-4-2 濾清器	8-7
第五節 汽油泵	8-7
8-5-1 概述	8-7
8-5-2 機械操作膜片積極式汽油泵	8-8
8-5-3 電動式汽油泵	8-8
8-5-4 真空操作式汽油泵	8-10
第六節 化油器概述	8-10
8-6-1 概述	8-10
8-6-2 化油器的種類	8-11
第七節 固定喉管式化油器	8-12
8-7-1 單管式化油器	8-12
8-7-2 雙管二段式化油器	8-20
8-7-3 化油器之異常現象	8-23
第八節 可變喉管式化油器	8-24
8-8-1 概述	8-24
8-8-2 構造及作用	8-24
8-8-3 真空活塞之作用	8-25

8-8-4 福特可變喉管式化油器	8-26
第九節 液化石油氣燃料系	8-29
8-9-1 概述	8-29
8-9-2 構造及作用	8-29
第十節 汽油噴射系統概述	8-31
8-10-1 概述	8-31
8-10-2 使用汽油噴射系統之優點	8-31
8-10-3 汽油噴射系統發展概況	8-31
8-10-4 汽油噴射系統之種類	8-31
第十一節 機械控制式汽油噴射系統	8-32
8-11-1 早期波細機械式汽油噴射系統	8-32
8-11-2 波細機械式汽油噴射系統	8-34
8-11-3 混合比回饋控制機械式汽油噴射系統	8-42
第十二節 電子控制汽油噴射系統	8-43
8-12-1 概述	8-43
8-12-2 L- Jetronic (EGI) 空氣量計量式電子控制汽油噴射系統	8-43
8-12-3 燃料系統各機件之構造及作用	8-45
8-12-4 空氣系統各機件之構造及作用	8-48
8-12-5 電氣系統各機件之構造及作用	8-50
8-12-6 D- Jetronic 壓力計量式電子控制汽油噴射系統	8-53
8-12-7 三菱ECI 旋渦超音波計量電子控制汽油噴射系統	8-54
8-12-8 熱線風速計式電子控制汽油噴射系統	8-59
第九章 進排汽系統	
第一節 進排汽概要	9-1
第二節 空氣濾清器	9-1
9-2-1 概述	9-1
9-2-2 空氣濾清器種類	9-1
第三節 進汽歧管	9-2
9-3-1 概述	9-2
第四節 排汽歧管	9-3
第五節 消音器	9-3
9-5-1 概述	9-3
9-5-2 消音器消音之原理	9-3
9-5-3 消音器之種類	9-3
第六節 熱控制活門	9-4
9-6-1 概述	9-4
9-6-2 節熱彈簧操作式熱控閥	9-4
9-6-3 真空操作熱控閥	9-4
第七節 進氣溫度自動調整式空氣濾清器	9-5
9-7-1 概述	9-5
9-7-2 作用	9-5

第八節 排氣再循環 (EGR) 裝置	9-6
9-8-1 概述	9-6
9-8-2 真空控制式 EGR	9-6
9-8-3 排壓控制式 GER	9-7
9-8-4 負荷比例式 GER	9-8
第九節 二次空氣供給裝置	9-12
9-9-1 概述	9-12
9-9-2 二次空氣噴射裝置	9-12
9-9-3 二次空氣導入裝置	9-16
第十節 熱反應器	9-16
第十一節 觸媒轉化器	9-16
9-11-1 氧化觸媒轉換器	9-16
9-11-2 三元觸媒轉換器	9-18
9-11-3 雙層觸媒轉換器	9-19
9-11-4 使用觸媒轉換器之注意事項	9-20
第十二節 排汽渦輪增壓進汽裝置	9-20
9-12-1 概述	9-20
9-12-2 排汽渦輪增壓進汽裝置之構造	9-21
9-12-3 渦輪增壓進汽引擎之保護裝置	9-22
第十三節 增壓器式增壓進汽裝置	9-24
9-13-1 概述	9-24
9-13-2 構造	9-24
9-13-3 作用	9-25
第十四節 柴油引擎進排汽系統	9-25
9-14-1 進汽裝置	9-25
9-14-2 排汽裝置	9-26
9-14-3 增壓進汽裝置	9-26

第十章 柴油引擎燃料系

第一節 柴油引擎燃料系概述	10-1
第二節 柴油引擎供油系統	10-2
10-2-1 供油泵	10-2
10-2-2 柴油濾清器	10-4
10-2-3 噴射管	10-6
第三節 柴油噴射系統概述	10-7
第四節 複式高壓噴射泵噴油系統	10-8
10-4-1 概述	10-8
10-4-2 種類及編號	10-8
10-4-3 複式高壓噴射泵之構造及作用	10-9
10-4-4 調速器之構造及作用	10-16
10-4-5 正時器之構造及作用	10-39
第五節 噴油器	10-42

10-5-1 概述	10-42
10-5-2 噴油器具備之條件	10-42
10-5-3 噴油器之種類	10-43
第六節 高壓分油式噴射泵噴射系統	10-47
10-6-1 概述	10-47
10-6-2 波細VM型高壓分油式噴射泵	10-48
10-6-3 波細VE型高壓分油式噴射泵	10-50
10-6-4 美國波細阿瑪PSI型高壓分油式噴射泵	10-53
10-6-5 CAV高壓分油式噴射泵	10-53
第七節 低壓分油式噴射泵噴射系統	10-56
10-7-1 概述	10-56
10-7-2 固敏氏PT型低壓分油式燃料系之構造及作用	10-56
10-7-3 固敏氏PT噴油器	10-58
第八節 GM柴油燃料系統	10-60
10-8-1 概述	10-60
10-8-2 GM噴油器之構造及作用	10-60
第九節 搖板式噴射泵	10-62
10-9-1 概述	10-62
10-9-2 構造及作用原理	10-62
第十節 電腦控制柴油噴射系統	10-64
10-10-1 概述	10-64
10-10-2 五十鈴I-TEC電腦控制柴油噴射系統	10-64
10-10-3 豐田2L-TE電腦控制柴油噴射系統	10-67
第十一章 迴轉活塞式汽油引擎構造	
第一節 迴轉活塞式汽油引擎概述	11-1
第二節 迴轉活塞式汽油引擎之構造	11-2
11-2-1 引擎本體	11-2
11-2-2 轉子總成	11-4
11-2-3 偏心軸及平衡機構總成	11-6
第三節 迴轉活塞式汽油引擎附屬裝置	11-6
11-3-1 迴轉活塞式引擎之潤滑系統	11-6
11-3-2 迴轉活塞式引擎之冷卻系統	11-7
11-3-3 進排汽裝置	11-9
11-3-4 點火裝置	11-9
第十二章 汽車引擎排汽污染與控制	
第一節 汽車各部排出之污氣分析	12-1
12-1-1 概述	12-1
12-1-2 汽車排汽管排出之污染	12-1
12-1-3 引擎曲軸箱吹漏氣體	12-1
12-1-4 汽車燃料系蒸發之污氣	12-1

第二節 汽車排出污氣成分之不良影響	12-1
12-2-1 一氧化碳 (CO)	12-2
12-2-2 碳化氫 (HC)	12-2
12-2-3 氮之氧化物 (NO _x)	12-2
12-2-4 甲醛 (H·CHO)	12-2
12-2-5 鉛化合物	12-2
12-2-6 二氧化硫 (SO ₂)	12-2
第三節 汽車排出污氣之發生過程與引擎工作情況之關係	12-2
12-3-1 CO之發生過程	12-2
12-3-2 HC之發生過程	12-3
12-3-3 NO _x 之發生過程	12-3
12-3-4 排氣中污染發生與引擎工作情況關係概述	12-4
12-3-5 混合比與污氣發生之關係	12-4
12-3-6 點火時間與污氣發生之關係	12-4
12-3-7 引擎溫度與污氣發生之關係	12-5
12-3-8 引擎運轉條件與染氣發生之關係	12-5
12-3-9 引擎負荷與污氣發生之關係	12-5
12-3-10 引擎設計與污氣發生之關係	12-5
第四節 控制汽車排出污氣之方法	12-6
12-4-1 減少曲軸箱吹漏氣排出之方法	12-6
12-4-2 減少燃料氣體排出之方法	12-6
12-4-3 減少排氣管排出污氣之方法	12-6
第十三章 汽車引擎性能	
第一節 排汽量	13-1
第二節 壓縮比	13-1
第三節 迴轉活塞式引擎之排汽量與壓縮比	13-1
第四節 功	13-2
第五節 扭矩	13-2
第六節 功率	13-3
第七節 引擎馬力	13-3
第八節 引擎扭矩	13-5
第九節 燃料消耗率	13-6
第十節 引擎效率	13-6
13-10-1 熱效率	13-6
13-10-2 機械效率	13-7
13-10-3 平均有效壓力	13-7
第十一節 熱能分配	13-7
第十二節 容積效率與進氣量	13-8
第十三節 影響引擎性能因素	13-8

第二篇 汽車引擎

第一章 總 論

第一節 熱 機

(一)將燃料燃燒，以燃燒產生之熱能，經過適當的方法，使機械產生往復運動或迴轉運動以作功之裝置稱為「熱機」(heat engine)。

(二)依燃燒之方法可分為內燃機及外燃機二大類。

1.內燃機如圖 2-1-1 所示，係將空氣及燃料在機械內部直接燃燒，作用在活塞或葉片上，而

產生往復運動或迴轉運動，以產生機械功之裝置，如汽油引擎、柴油引擎和燃汽渦輪引擎等。

2.外燃機如圖 2-1-2 所示，係將燃料在機械之外部燃燒，利用其所產生之熱能使水或其他工質變成蒸汽，再將蒸汽導入機械之內部，使活塞或葉片產生運轉之機械，如蒸汽機、蒸汽渦輪機等。

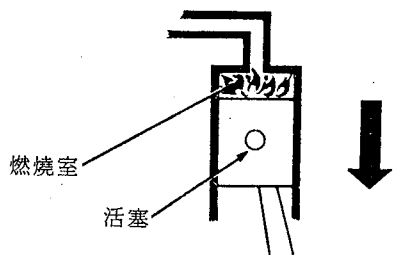
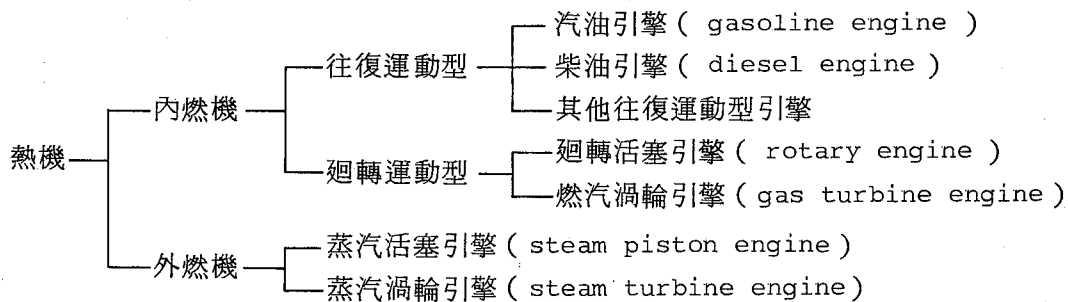


圖 2-1-1 內燃機 [註 1]

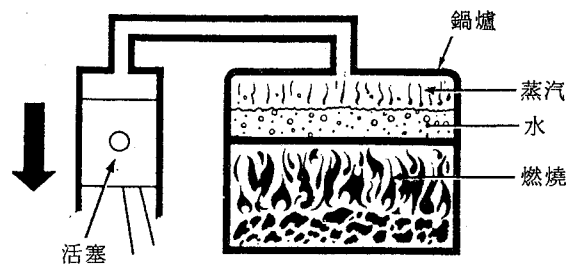


圖 2-1-2 外燃機 [註 1]

第二節 汽車引擎之發展過程

(一)1794 年，史屈特氏 (Robert Street) 利用一個倒置汽缸及一個可活動的活塞，汽缸底部由爐加熱，同時頂部用水冷卻。置數滴松節油酒精於汽缸底部使之汽化，上提活塞吸入一部分空

氣，與油氣混合成可燃之混合汽體，俟活塞提到一定之高度，然後投入火焰於汽缸，其爆炸力可推活塞上升。因汽缸水套冷卻之效果，使成一甚低的壓力，又使沈重的活塞回到汽缸底部。其製

造雖甚粗，然實為內燃機之鼻祖。

(C) 1824年，卡諾氏 (Sadi Carnot) 將許多內燃機之基本觀念綜合而提出下列四點：

1. 燃料在高壓空氣內自行點火——他說若將汽缸內空氣的壓縮比變為15:1，溫度將達 572°F (300°C)，則足夠點燃乾木或朽木。

2. 點火之前先壓縮空氣——在高壓下遠較大氣壓下容易燃燒，他更提議建造一簡單噴射器，將燃料壓縮後噴入。

3. 冷却引擎汽缸之方法——他認為汽缸壁需要冷却，以容許活塞連續的運轉。

4. 排汽熱量之利用——他提議引擎之排汽應經過水鍋爐之中加以利用，以後約 100 餘年，此原理被應用於工業上加熱或加工。

(D) 1860年，比利時人勒訥 (Lenoir) 製成商業用之第一部內燃機，第一行程時，活塞吸進煤氣與空氣，然後用電火花點燃氣體，推動活塞，再將廢汽排出。其燃料在燃燒前未經壓縮，故熱效率僅有 4% (註：1851年，法國人已發明了發火線圈)。

(E) 1862年，洛却氏 (Beau De Roches) 提出內燃機經濟性的改進條件如下：

1. 汽缸之容積應最大，但汽缸對外之冷却面積則應最小。

2. 在可能範圍內，活塞之速率宜最大。

3. 在工作行程或動力行程之始，壓力宜高。

4. 氣體爆炸後，膨脹之範圍宜大。

5. 他並提議：要獲得最佳之效果，宜用洛氏四行程循環原理，即下列四行程：

(1) 第一行程：當活塞向外行時吸氣。

(2) 第二行程：當活塞向內行時壓縮。

(3) 第三行程：在上死點點火與膨脹，將活塞推向外。

(4) 第四行程：即循環最後回程時，活塞由外向內將汽缸內已燃燒之汽體壓出。

(F) 1876年，德國人奧圖氏依據洛氏四行程循環原理製造出奧圖無聲煤氣引擎 (Otto silent gas engine)，也就是最早之四行程循環引擎。燃料在點燃前先加以壓縮，使效率大為提高，可達16%。

(G) 1880年，克拉克氏 (Clerk) 發明一種二行程循環之引擎，其係將四行程循環所含之動作

於二行程中完成之，惟其係於汽缸之外多備一汽缸，先將可燃之氣體與空氣在其內先稍壓縮壓到約 4 lb/in²，再送入汽缸內去燃燒。

(H) 1895年，狄塞爾氏 (Rudolf Diesel) 發明了柴油機，其熱效率為 24%，壓力 450 lb/in²，為水冷式，最顯著之特點為只壓縮空氣，使其溫度上升，燃料噴入後就能自行燃燒，且在噴入燃料燃燒之一段時間，壓力幾乎不變，其燃料係由空氣噴射器 (air injector) 噴入。

(I) 自 1920 年左右起，工程師們對往復活塞式引擎之興趣大減，於是極力從事汽渦輪引擎 (gas turbine engine) 之研究，現在發電機、火車、輪船、飛機等動力機械均使用此式引擎。

(J) 1926年起，萬克爾氏 (Felix Wankel) 對迴轉活塞引擎 (rotary piston engine) 從事有系統之研究，於 1957 年 2 月完成第一部單旋迴轉活塞引擎，並經不斷研究改良，於 1964 年首次裝在德國 NSU 廠出產之汽車上，因構造簡單，性能良好，世界各汽車廠均向德國購買專利，從事研究製造。日本東洋工業公司之迴轉活塞引擎最著名，至 1982 年止已銷售一百萬具以上。

(K) 其他促使引擎性能提高之重要發明如下：

1. 1893年，德國人波細發明磁電機點火裝置。

2. 1898年，美國人發明火星塞。

3. 1928年，美國人發明汽油泵。

4. 1931年，美國人發明下吸式化油器。

5. 1956年，美國人本的氏 (Bendix) 首先發明電子控制汽油噴射器。

6. 1961年，美國人開始採用交流發電機。

7. 1963年，美國人開始採用半晶體點火系。

8. 1965年，美國福特及通用汽車公司開始採用全晶體點火系。

9. 1967年，美國通用公司開始採用積體式 (IC) 調整器。

10. 1968年，德國波細完成電晶體控制汽油噴射器，並大量生產。

11. 1973年，美國通用公司發表中央電腦控制汽車計劃。

12. 1975年，美國克雷斯勒公司推出電子計算機控制之電子稀薄燃燒系統 (ELB)，使引擎控制進入電腦化。

13. 1978年，美國克雷斯勒公司發表回饋控制

電氣機械式化油器。

第三節 往復活塞式引擎的基本構造和工作原理

(一)四行程引擎之基本構造如圖 2-1-3 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運動，其轉速通常以每分鐘旋轉之次數 r.p.m. (revolution 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 2-1-4 所示：

1. 當曲軸銷 (crank pin) 在圖 2-1-4 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。

2. 當曲軸順轉，即軸銷中心自位置 1 以等速向 2 移動，活塞也自上死點向下移動，其速度自零逐漸增大。

3. 軸銷中心移至 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。

4. 當曲軸轉 180 度，即軸銷中心在位置 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。

5. 軸銷中心位置自 3 向位置 4 移動時，活塞

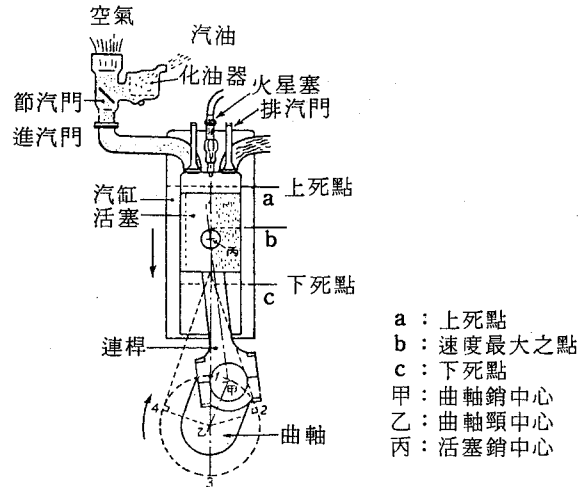


圖 2-1-4 活塞與曲軸運動關係 [註 3]

自下死點轉而向上移動，速度由零逐漸增大，在位置 4 時，活塞位移速度又為最大，此後速度又漸減，當軸銷中心回抵位置 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。

6. 圖 2-1-5 示某引擎活塞自上死點移往下死點時，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，活塞自下死點返回至上死點時，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。

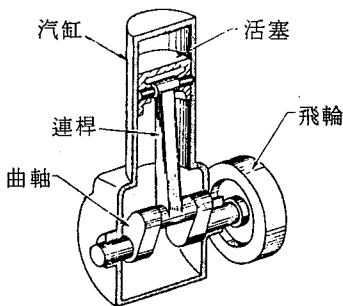


圖 2-1-3 往復活塞式引擎基本構造 [註 2]

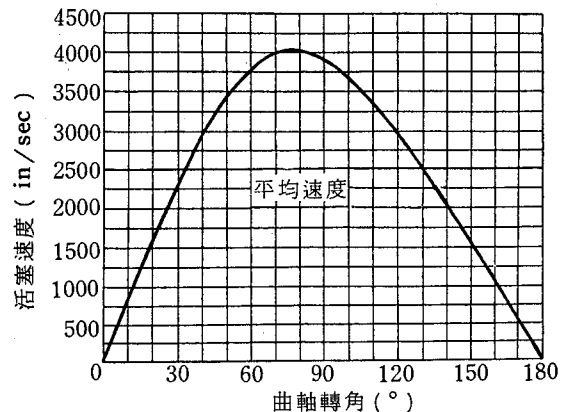


圖 2-1-5 活塞速度和曲軸轉角之關係 [註 4]

7. 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。

8. 在上死點和下死點時，往復運動各機件的慣性力（inertia force）之變化最大。

9. 活塞在上死點時，活塞頂面的汽缸容積稱為餘隙容積（clearance volume）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。

10. 壓縮比（compression ratio）：汽缸總容積與燃燒室容積之比，如圖 2-1-6 所示。

$$CR = \frac{TCV}{CCV} = \frac{CCV + PDV}{CCV}$$

CR：為壓縮比。

CCV：為燃燒室容積。

TCV：為汽缸總容積。

PDV：為活塞位移容積。

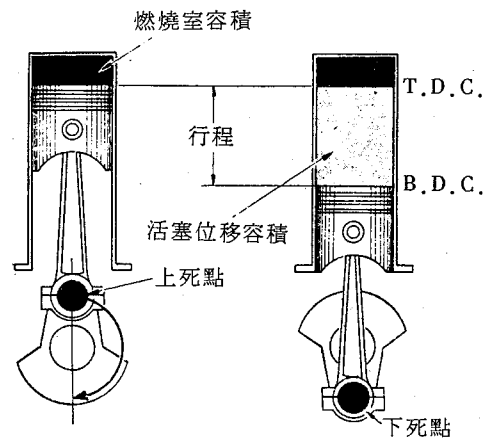


圖 2-1-6 壓縮比〔註 5〕

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。

因活塞銷與連桿及連桿與曲軸等為有相對運動之機件，機件間有間隙，故活塞在上死點和下死點時，曲軸可轉動 15 到 20 度，而活塞之位置却無顯著移動，此稱為洛克位置（Rock position）。

第四節 內燃機之循環

一、循環之定義

引擎在任何時間內，欲產生動力，必須經過一定之工作程序，且此程序需連續不斷，週而復始，稱為循環（cycle）。循環必須含有下列四個基本步驟，如圖 2-1-7 所示。

(一) 進汽行程（intake stroke）——即吸入適當比例之燃料與空氣之混合汽於汽缸中。

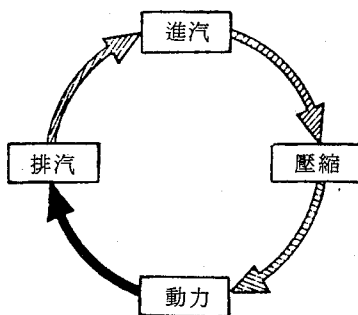


圖 2-1-7 內燃機之循環〔註 6〕

(二) 壓縮行程（compression stroke）——即將吸入之混合汽予以壓縮。

(三) 動力行程（power stroke）——在汽缸內之混合汽經過壓縮後，點火、燃燒、汽體膨脹將活塞推動。

(四) 排汽行程（exhaust stroke）——即將燃燒後之氣體自汽缸內排出。

二、引擎工作之四要素

空氣（air）、燃料（fuel）、壓縮（compression）、點火（ignition）為使引擎能工作之四大要素。空氣供給燃料以氧氣，燃料供給引擎之工作潛能，壓縮使燃料燃燒能產生大動力，點火使混合汽燃燒。上列四點均為基本要素，缺一則引擎無法工作。

三、循環之種類

(一) 以工作循環分：

1. 四行程循環（four stroke cycle）——

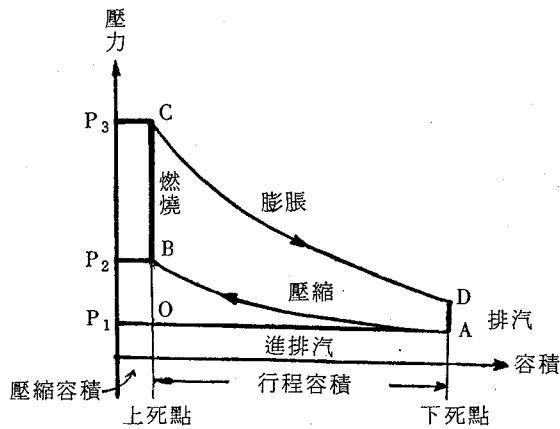


圖 2-1-8 奧圖循環

活塞在汽缸中移動四個行程或衝程，即曲軸旋轉 720 度才完成一次循環者稱之。

2. 二行程循環 (two stroke cycle) —— 活塞移動二個行程，即曲軸旋轉 360 度，就可以完成一次循環者稱之。

(一) 以熱力循環分：

1. 奧圖循環 (Otto cycle) —— 在熱力學上稱等容積循環，如圖 2-1-8 所示，活塞自上死點下行吸進混合汽，此時汽缸內之壓力接近大氣壓力 P_1 ，從 A 點活塞上行開始壓縮行程，此時汽缸內的容積愈來愈小而壓力愈來愈高；活塞到 B 點時混合汽被火花點着，此時混合汽爆發似的燃燒，壓力很快就達 C 點；活塞被這壓力推下，汽缸內壓力就降至 D 點，此為動力行程；接著排汽門打開，壓力像 DA 線般很快的降低；活塞經過下死點，再回向上死點，將燃燒後的汽體排除，完成排汽行程，又開始下一個循環的進汽行程，因燃燒壓力是在 B-C 等容下變化，因而稱做等容積循環。

2. 狄塞爾循環 (Diesel cycle) —— 在熱

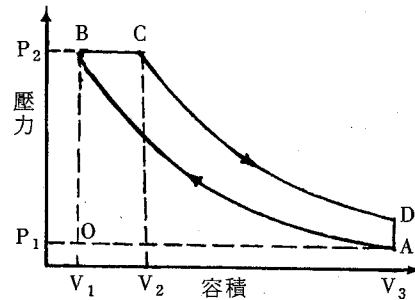


圖 2-1-9 狄塞爾循環

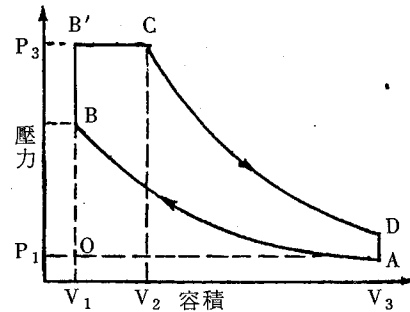


圖 2-1-10 混合循環

力學上，是叫做等壓力循環。早期的低速柴油引擎即利用此種循環，如圖 2-1-9 所示，A-B 是壓縮行程，在 B-C 間，柴油被噴進汽缸，發生燃燒。B-D 間是動力行程。D-A 是排汽行程。B-C 間的壓力保持一定，因而又稱為等壓力循環。

3. 混合循環 (savathe cycle) —— 又叫做等容等壓循環，如圖 2-1-10 所示，柴油在 B 點時開始噴進汽缸，到 C 點時噴油完畢，噴進汽缸裏的柴油，一部分在 B-B' 的等容積循環情形下燃燒，另一部分則在 B'-C 的等壓力循環下燃燒，等於混合了奧圖循環及狄塞爾循環，所以叫做混合循環。汽車柴油引擎就是使用這個循環。

第五節 四行程汽油引擎之基本構造

汽油引擎要能正常工作，必須有引擎本體、燃料裝置、點火裝置、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。

1-5-1 引擎本體

引擎本體由鋁合金或鑄鐵製成，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），如圖 2-1-11 所示。

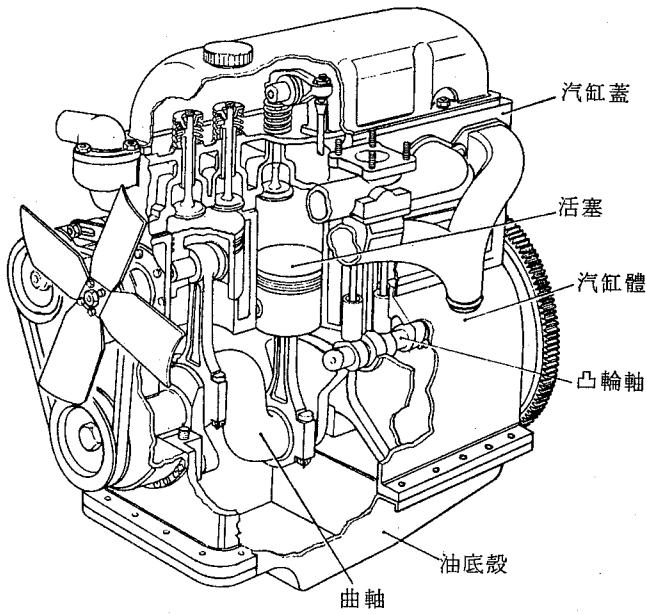


圖 2-1-11 引擎本體構造〔註 7〕

1-5-2 燃料裝置

將汽油及空氣配合成容易燃燒的混合汽，並配合引擎需要，送到汽缸內之裝置為燃料裝置，包括油箱、汽油泵、汽油濾清器、化油器、空氣濾清器、進汽歧管等，如圖 2-1-12 所示。

1-5-3 點火裝置

將汽缸內的混合汽點火燃燒之高壓電火花裝置，包括電瓶（或發電機）、發火開關、發火線圈、分電盤、高壓線、火星塞等裝置，如圖 2-1-13 所示。

1-5-4 冷却裝置

防止汽油燃燒時使引擎本體溫度過高之裝置為冷却裝置，包括散熱器（俗稱水箱）、水泵、環繞汽缸周圍之水套、節溫器等，如圖 2-1-14 所示。

1-5-5 潤滑裝置

引擎各部有往復運動或旋轉運動之機件，必

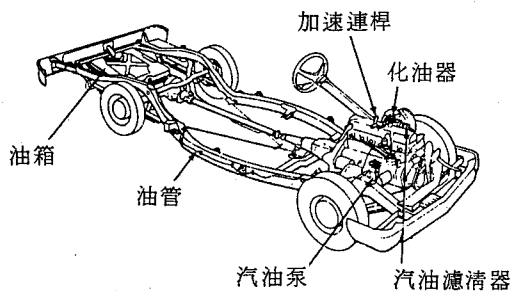


圖 2-1-12 燃料系統

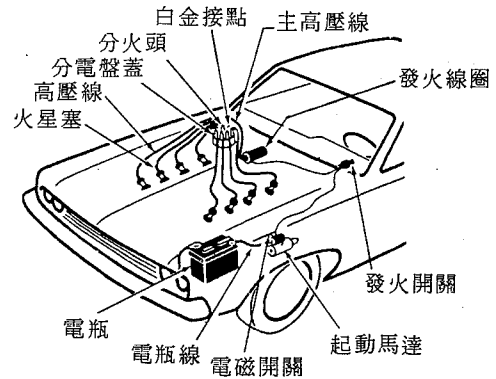


圖 2-1-13 點火與起動系

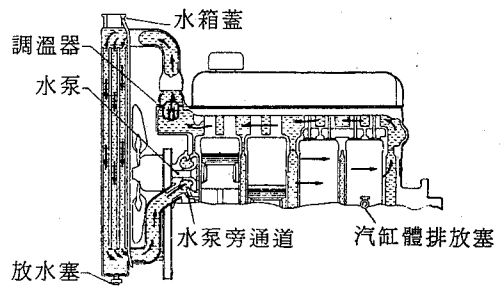


圖 2-1-14 冷却裝置

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，如圖 2-1-15 所示。

1-5-6 排汽裝置

將引擎廢汽安全引出之裝置為排汽裝置，包括排汽歧管、消音器、排汽管等。

1-5-7 起動裝置

引擎必須先搖轉，使循環工作能完成後才能運轉。最初都是用手搖轉，現代引擎則是使用起

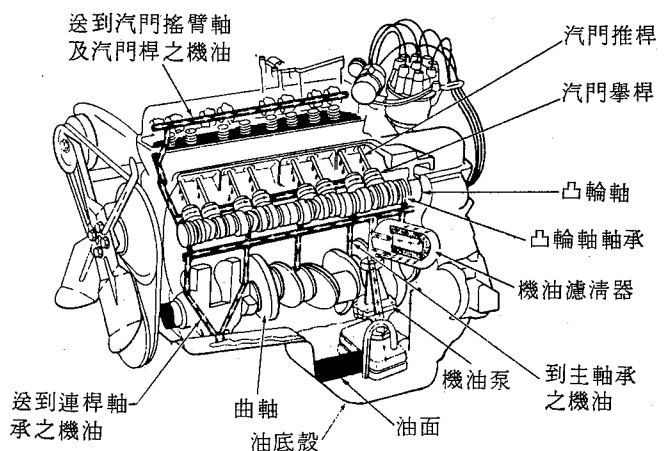


圖 2-1-15 潤滑裝置

動馬達。起動裝置包括電瓶、起動開關、電磁開

關、馬達等，如圖 2-1-13 所示。

第六節 四行程汽油引擎之工作原理

一、活塞在汽缸中移動四個行程，即曲軸轉 720 度，才完成一次奧圖循環的引擎稱為四行程循環引擎 (four stroke cycle engine)。

二、四個行程依照工作的先後次序，分別為進汽→壓縮→動力→排汽等四個工作。但四行程引擎的每一個工作形態，並不完全在一個行程內發生。

三、進汽行程 (intake stroke)，如圖 2-1-16 所示。

(一) 活塞自上死點向下行至下死點，進汽門開、排汽門關，汽缸內產生部分真空，將汽油和空氣的混合汽吸入汽缸內。

(二) 實際上進汽門在上死點前約 $5 \sim 25^\circ$ 時已打開，而在下死點後約 $36 \sim 92^\circ$ 才完全關閉，此種現象稱為進汽門的早開晚關或汽門正時 (valve timing)。

(三) 進汽門須早開之原因：

1. 因排汽行程末期時，因排出汽體的流動慣性，將新鮮混合汽吸入，並可利用進入汽缸中的新鮮混合汽，將殘留在燃燒室中的廢汽清掃乾淨。

2. 汽門的開放動作，需要相當的時間才能完成，為減少在進汽行程初期，混合汽流經汽門時所受的阻力，以增加進入汽缸中的混合汽量，提高功率，故進汽門應早開。

(四) 進汽門須晚關之原因：

1. 在高速時，汽缸中的真空增大，雖在進汽行程終了而活塞開始上行初期，汽缸內的壓力仍較大氣壓力低，混合汽仍可進入汽缸中。

2. 汽門的關閉動作需要相當時間才能完成，為保持在進汽行程內，進汽門能全開，使充分的混合汽能進入汽缸中，故進汽門宜晚關。

(五) 進汽門早開晚關之目的，為使充分的混合汽進入汽缸中；開得太晚或關得太早，引擎動力和容積效率均會減小。但開得太早或關得太晚也將影響引擎性能，並浪費汽油。

四、壓縮行程 (compression stroke)，如圖 2-1-17 所示。

(一) 進汽門和排汽門均關閉，活塞自下死點上行至上死點，將汽缸中的混合汽壓縮。

(二) 將混合汽壓縮的利益如下：

1. 可使混合汽混合得更均勻，溫度提高，燃燒容易。

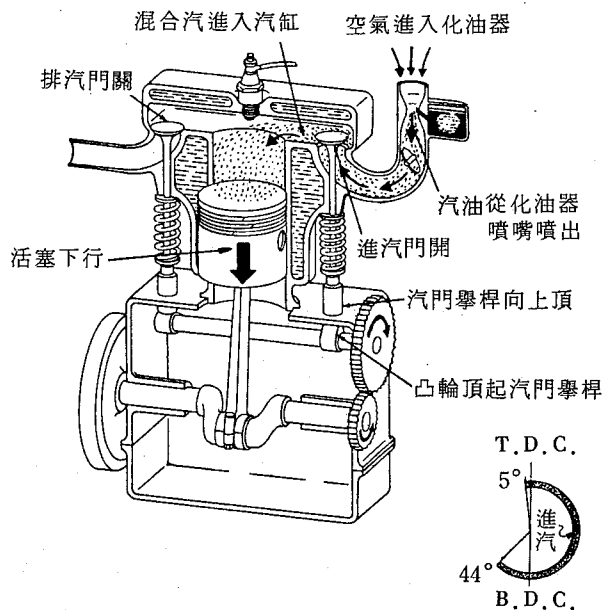


圖 2-1-16 進汽行程 [註 8]

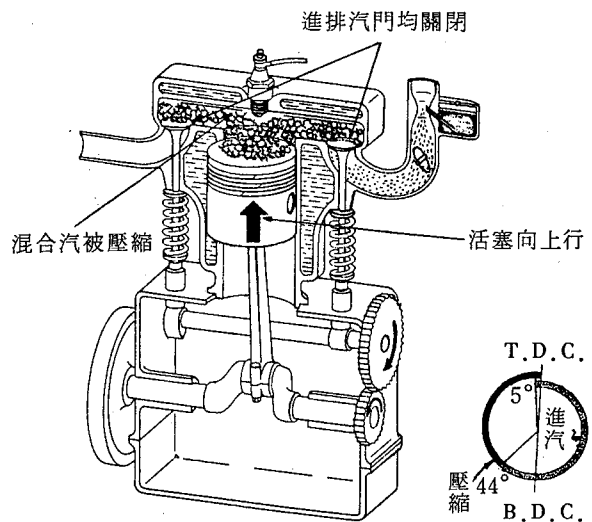


圖 2-1-17 壓縮行程 [註 9]

2. 可獲得較大的動力。

(二) 因為進汽門的晚關，故實際上壓縮形態在進汽門完全關閉之後才開始。

(四) 在壓縮行程內汽缸中混合汽的最大壓力稱為壓縮壓力 (compression pressure)。

(五) 進入汽缸中的混合汽量愈多，壓縮壓力也愈大。而汽缸內之壓縮壓力隨節汽門之開度而改變。最大壓縮壓力約 $11 \sim 18 \text{ kg/cm}^2$ ，壓縮比約 $6 \sim 11 : 1$ 。

五、動力行程 (power stroke)，如圖 2-1-18 所示。

(一) 進汽門和排汽門都關閉，混合汽點火燃燒，爆發壓力迅速增大，將活塞從上死點推至下死點，產生動力。

(二) 火星塞 (spark plug) 在上死點前將混合汽點燃，但真正有效的動力行程自活塞從上死點剛下行時開始。

(三) 因排汽門必須早開，故實際的動力形態在排汽門開始開啓時即已終止。

(四) 動力行程時汽缸中的最大壓力稱為燃燒壓力，四行程車用汽油引擎的燃燒壓力約 $40 \sim 60 \text{ kg/cm}^2$ 。

(五) 燃燒時汽缸的最高溫度可達 $2480 \text{ }^\circ\text{C}$ ($4500 \text{ }^\circ\text{F}$) 左右。

六、排汽行程 (exhaust stroke)，如圖 2-1-19 所示。

(一) 活塞自下死點向上行至上死點，進汽門關

閉、排汽門開啓，汽缸中已燃燒過的廢汽經排汽歧管等排至大氣中。

(二) 實際上排汽門必須在動力行程內活塞抵下死點前約 $37 \sim 70^\circ$ 時開始開啓，且在活塞行抵上死點後約 $5 \sim 42^\circ$ 才完全關閉，此種現象稱為排汽門的早開晚關。

(三) 排汽門必須早開晚關的原因如下：

1. 汽門的關閉和開啓動作需要相當的時間才能完成。

2. 廢汽排得愈乾淨，則引擎的動力愈大，效率愈佳。

3. 排汽門早開，直接代表可用熱能的損失，但如排汽門開放太晚，則在排汽行程初期，作用在活塞上的反壓力 (back pressure) 增大，所消耗的動力可能更大。

4. 排汽門關閉太早，則廢汽排不乾淨，引擎的容積效率降低，動力減小。但如關閉太晚，則新鮮混合汽隨廢汽流失太多，引擎耗油率增大，並可能引起排汽管放炮現象。排汽溫度在全負荷時約 $700 \sim 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

(四) 排汽的實際過程依序如下：

1. 從排汽門開始開啓至活塞行抵下死點時止，汽缸內的壓力比大氣壓力高，廢汽係從汽缸中自動流出。

2. 從活塞由下死點上行至上死點止，完全由活塞的推動力將廢汽排出。

3. 進汽門開始開啓後，活塞已在上死點附近

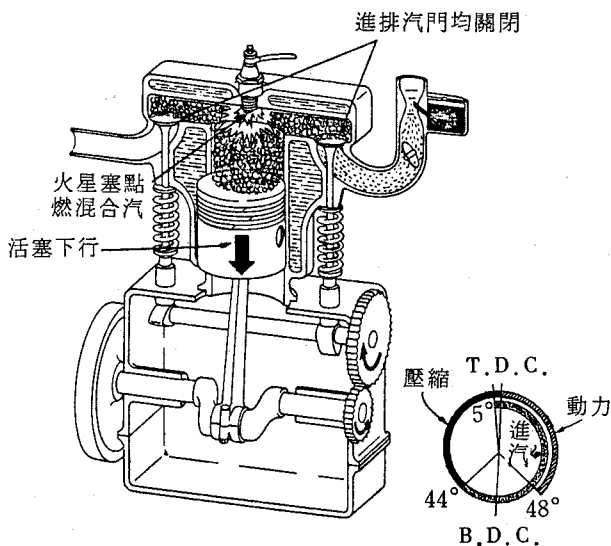


圖 2-1-18 動力行程 [註10]

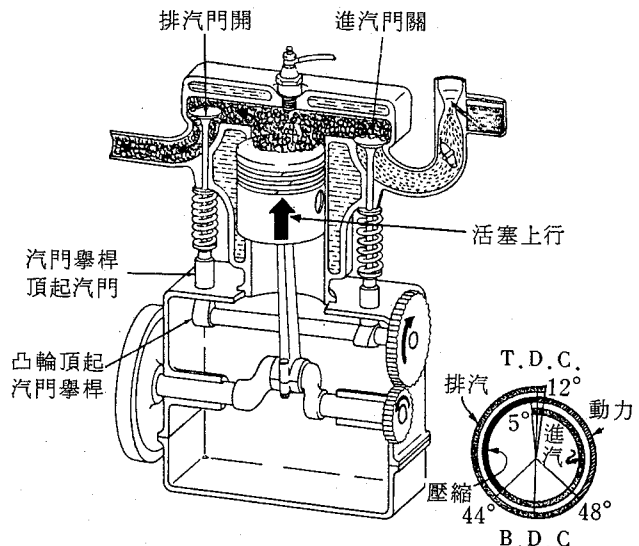


圖 2-1-19 排汽行程 [註11]

，至排汽門完全關閉時止，因排汽的流動慣性繼續流出，並將新鮮混合汽吸入，進入汽缸中的新

鮮混合汽將殘留在燃燒室中的廢汽清掃出汽缸之外，稱為掃汽作用。

第七節 四行程柴油引擎之基本構造

一、引擎本體

柴油引擎本體之構造同汽油引擎，但較為堅固；此外，為使燃燒良好，燃燒室較複雜，有單室式及複室式兩類。

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、潤滑裝置

構造作用同汽油引擎，但中型以上的引擎大

部分裝有機油冷却器，以降低機油溫度，保持潤滑效果。

四、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需之裝備，現代四行程柴油引擎及高性能汽油引擎也漸普遍裝用。

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，設有預熱塞或進汽空氣加熱裝置。

第八節 四行程柴油引擎之工作原理

(一) 活塞亦如四行程汽油引擎，須在汽缸內上下運動各二次，亦即曲軸轉二轉 (720°) 才完成一次循環。唯其進入汽缸為定量之純空氣，且利用壓縮空氣時所產生的高溫將噴入的燃料點火燃燒。

(二) 進汽行程：如圖 2-1-20 (a)，進汽門開啓，排汽門關閉，活塞自上死點下行，將純空氣吸入汽缸內。進汽門約在上死點前 $10 \sim 30^\circ$ 開啓，在過下死點後 $40 \sim 70^\circ$ 關閉，因無節汽門限制（使

用真空調速器者有節汽門），故進入汽缸中之空氣量在低速及高速時之變化很少。

(三) 壓縮行程：如圖 2-1-20 (b)，活塞上行，進汽門關閉，將已進入汽缸中之空氣以 $15:1 \sim 23:1$ 之壓縮比壓縮，空氣壓力升高至 $30 \text{ kg/cm}^2 \sim 55 \text{ kg/cm}^2$ ，溫度亦升高至 $700 \sim 900^\circ\text{C}$ 左右，柴油引擎之壓縮行程除了使在爆發時能產生較大之壓力外，更可利用其所生之高溫來點燃柴油。

(四) 動力行程：如圖 2-1-20 (c)，壓縮行程將近終了時，柴油自噴油嘴以霧狀噴入汽缸中，與高溫空氣接觸而自動燃燒，燃燒後的熱能就轉變為機械能，推動活塞下行。此時噴油仍繼續一段時間，其燃燒最大壓力可達 $65 \sim 94 \text{ kg/cm}^2$ 。

(五) 排汽行程：如圖 2-1-20 (d)，排汽門於下死點前約 $40 \sim 70^\circ$ 時開啓，廢汽以其本身之膨脹壓力衝出汽缸外，動力行程即告結束。活塞經下死點後上行，繼續將廢汽排出，為使廢汽排除得乾淨，排汽門於上死點後 $10 \sim 30^\circ$ 關閉而完成一次循環。在全負荷排汽溫度約 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 。

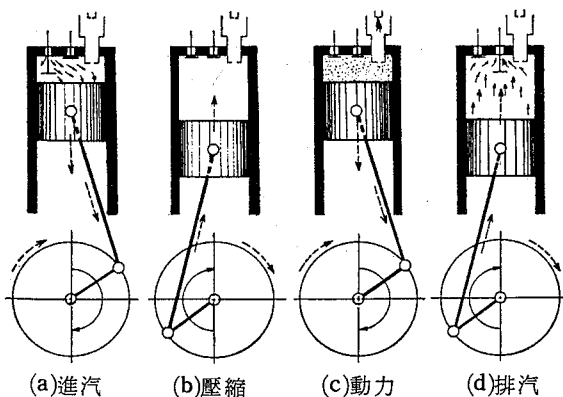


圖 2-1-20 四行程柴油引擎之工作循環〔註12〕

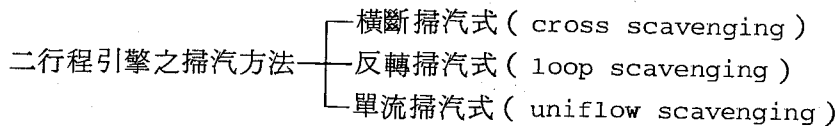
第九節 二行程引擎之工作原理

1-9-1 概述

(一) 活塞移動二個行程，即曲軸旋轉一轉(360°)就可完成進汽、壓縮、動力、排汽四個工作形態，完成一次循環，產生一次動力的引擎，稱為二行程循環引擎(two stroke cycle engine)。

(二) 因活塞只上下二次必須完成進汽、壓縮、動力、排汽四項工作，故沒有獨立的進汽及排汽行程，必須靠進入汽缸之新汽將廢汽排除，稱為掃汽作用(scavenging)。

1-9-2 二行程引擎之掃汽方法



(一) 橫斷掃汽式：

如圖 2-1-21，掃汽口在排汽口稍下方，分別在汽缸壁之對面，新汽橫過汽缸將廢汽排出汽缸外。新汽之流失較多，掃汽效果較差；構造簡單，一般小型引擎使用。

(二) 反轉掃汽式：

如圖 2-1-22，進汽口與排汽口在汽缸之同側或相差在 90° 以內，新汽進入汽缸後，反轉將廢汽排出汽缸外。

(三) 單流掃汽式：

新汽由汽缸中部之進汽口進入，排汽門裝置於汽缸蓋上，新汽將廢汽以同一流動方向掃出，此式效率高，為目前柴油引擎使用最多之掃汽方式，如圖 2-1-23 所示。

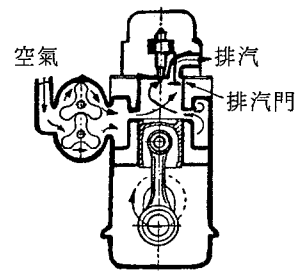


圖 2-1-23 單流掃汽式〔註15〕

1-9-3 二行程汽油引擎之工作原理

(一) 二行程汽油引擎因混合汽需利用曲軸箱預壓後進入汽缸中，故曲軸箱不能裝機油，曲軸及連桿活塞等機件之潤滑，須靠混在汽油中之機油來達成，潤滑效果較差，只適用於小型引擎。大部分使用空氣冷卻，圖 2-1-24 為空氣冷卻二行

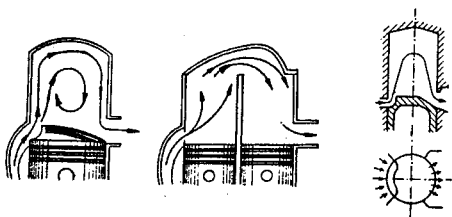


圖 2-1-21 三種橫斷掃汽式〔註13〕

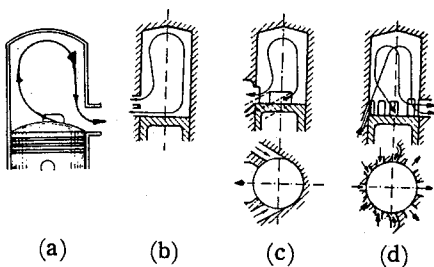


圖 2-1-22 反轉掃汽式〔註14〕

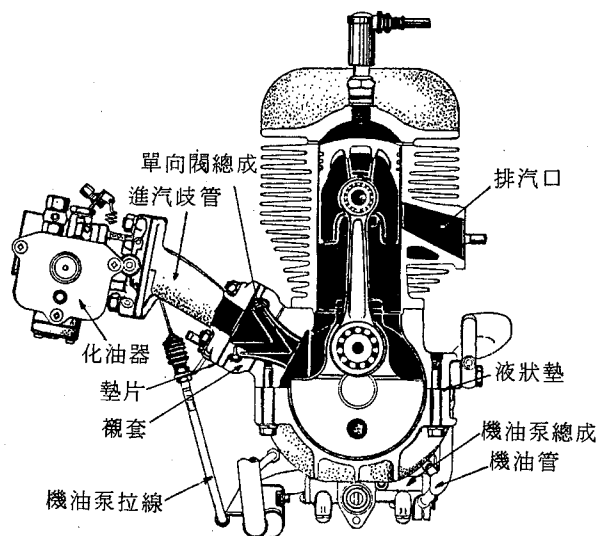


圖 2-1-24 空氣冷卻二行程汽油引擎〔註16〕

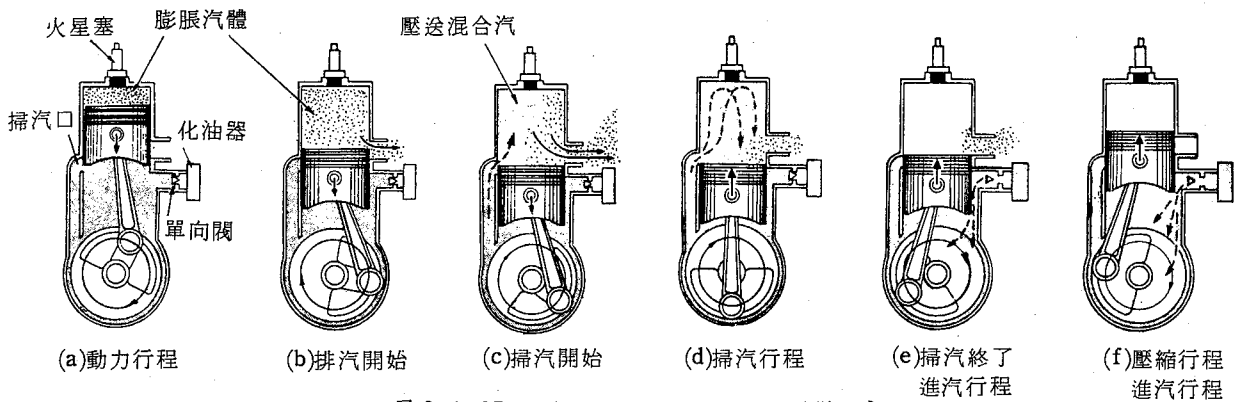


圖 2-1-25 二行程汽油引擎工作原理〔註17〕

程汽油引擎之構造。

(二)二行程汽油引擎以使用橫斷掃汽及反轉掃汽較多，現以圖 2-1-25 所示之引擎來介紹其工作原理。

1. 進汽形態：分為二個階段完成。

(1)自活塞由下死點上行將掃汽口封閉時起，至活塞行抵上死點時止，因活塞向上移動，曲軸箱容積增大，而產生真空，單向進汽閥打開，混合汽就進入曲軸箱中，如圖 2-1-25 中(e)、(f)所示。

(2)活塞從上死點轉而下行，單向閥關閉，曲軸箱容積變小，其內的混合汽被曲軸壓縮，至活塞將掃汽口開放時起，混合汽即自由曲軸箱中經掃汽口進入汽缸中，直至活塞行抵下死點轉而上行，再將掃汽口封閉為止，完成進汽形態，如圖 2-1-25 中(c)、(d)所示。

2. 壓縮形態：自活塞由下死點上行將排汽口封閉後，至活塞行抵上死點時止，與進汽形態第一階段的大部分同時發生，如圖 2-1-25 (f)所示。

3. 動力形態：活塞將到上死點附近時，火星塞點火點燃混合汽，將活塞從上死點向下推動，直到活塞將排汽口打開為止。

4. 排汽形態：自活塞下行將排汽口開放時起，至活塞經下死點轉而上行，再將排汽口封閉時止，可分為下列二個階段完成：

(1)排汽口已開而掃汽口未開期間，汽缸內的壓力比大氣壓力高，廢汽從汽缸中自動逸出，如圖 2-1-25 (b)所示。

(2)在掃汽口開放期內，新鮮混合汽進入汽缸中，將廢汽清掃出汽缸外，如圖 2-1-25(d)。

(三)二行程汽油引擎之汽門正時，如圖 2-1-26 所示，因為單向閥，掃汽口、排汽口之位置固定，且由活塞來擔任啓閉任務，因此各汽口之開閉時間與上下死點位置對稱。由圖上可知掃汽口關閉後，排汽口才關閉，因此部分新鮮混合汽會隨廢汽排出，造成燃料消耗的增加。

(四)如果設計尺寸和工作情況（如活塞位移容積、轉速等）完全相同，理論上二行程引擎所產生的動力，應是四行程的二倍，但因二行程引擎在構造上有許多弱點，如進排汽不完全、潤滑不良等，故實際上二行程引擎所產生之動力僅比同樣大小的四行程引擎動力大 1.4~1.7 倍。

(五)二行程汽油引擎與四行程汽油引擎比較時，其優劣點如下：

1. 優點：

- (1)構造簡單，價格便宜。
- (2)重量較輕，體積較小。
- (3)動力次數多，引擎運轉平穩。

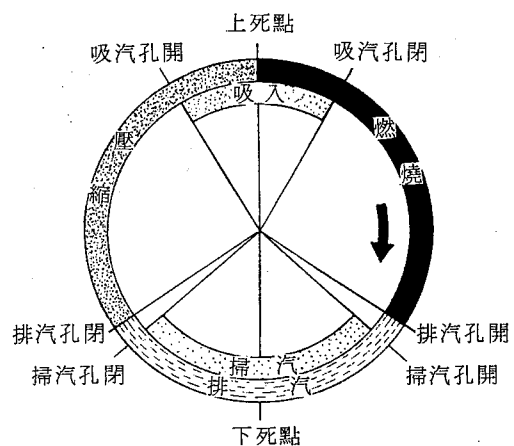


圖 2-1-26 二行程汽油引擎之汽門正時圖〔註18〕

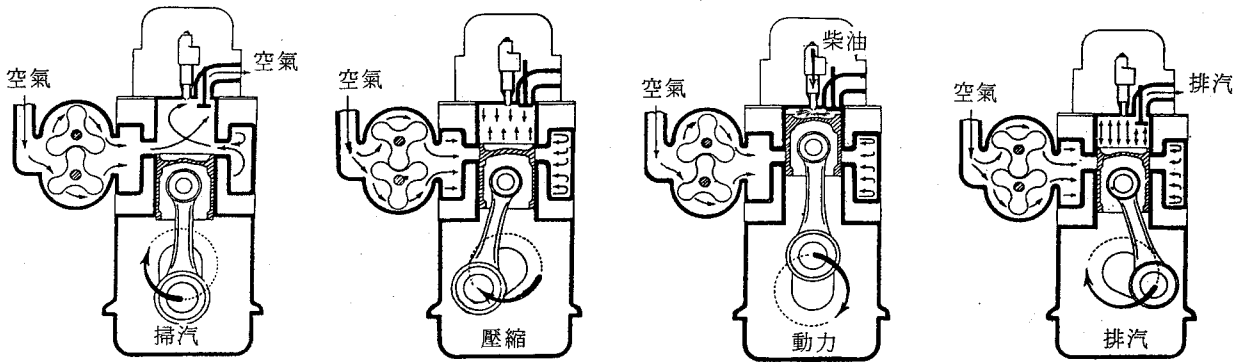


圖 2-1-27 二行程柴油引擎工作圖〔註19〕

2. 缺點：

- (1)耗油率大。
 - (2)進汽不充分，廢汽排不乾淨，因而容積效率較低。
 - (3)潤滑困難，潤滑係靠燃料中混入機油來完成。
 - (4)平均有效壓力較低，因燃料須混入機油，使辛烷值降低，故引擎之壓縮比不能提高。
 - (5)最高轉速低，對過負荷運轉之耐久性小。
 - (6)因進排汽口溫度不均，易使汽缸變形，且大汽缸口徑製造困難，故無法用於大馬力引擎。
 - (7)起動較困難。
 - (8)排汽聲音大。
- (六)二行程汽油引擎之改良。

1. 因為進汽不充分，廢汽排不乾淨，故使用增壓器 (super charger) 使得進汽充分，排汽乾淨。

2. 因其潤滑困難，乃有自動給油裝置、曲軸離心噴油裝置等不同的潤滑方式來改良。

1-9-4 二行程柴油引擎之工作原理

(一)活塞上下各移動一次，即曲軸轉 360 度就完成一個循環的柴油引擎即是，現以單流掃汽式二行程柴油引擎來說明其工作原理。

(二)其排汽與進汽作用係在活塞之下行程與一部分上行行程中同時進行，此時燃燒後之廢汽如果只靠本身之壓力排出，由於力量較弱，排汽不完全，因此二行程柴油引擎大都使用增壓器來壓縮空氣，將殘餘之廢汽吹出汽缸外，同時使新鮮空氣充滿汽缸。

(三)各行程工作情況如下 (圖 2-1-27)。

1. 進汽與壓縮行程：活塞在下死點，排汽門與進汽口開啓，增壓器將新鮮空氣送入汽缸中，趕出廢汽，並使汽缸充滿新鮮空氣。活塞上行，進汽口被遮閉而排汽門亦關閉，空氣便被壓縮，開始壓縮行程。

2. 動力與排汽行程：活塞快達上死點時，柴油成霧狀噴入燃燒室中，柴油與高溫空氣接觸而自行燃燒，產生動力推活塞下行。接近下死點時，排汽門開啓，燃燒後之廢汽由其本身之壓力排出汽缸，完成一次循環。

(四)二行程 UD 柴油引擎之汽門正時，如圖 2-1-28 所示，二行程單流掃汽式柴油引擎，因排汽門可由凸輪控制，因此可以較掃汽孔早開而晚關，使排汽乾淨，進汽充足，使用鼓風機可得增壓進汽之效果。

(五)二行程柴油引擎與四行程柴油引擎之比較：

1. 二行程柴油引擎之優點：

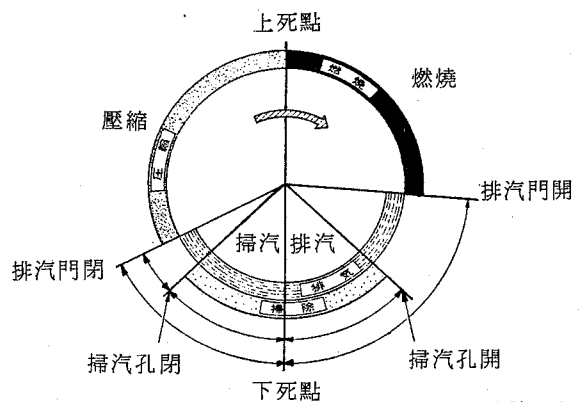


圖 2-1-28 二行程 UD 柴油引擎之汽門正時

〔註20〕

- (1) 扭矩平均，運轉平穩。
- (2) 同一排汽量之引擎，通常比四行程引擎之馬力大 1.7 倍。
- (3) 產生同一馬力所需汽缸數目較四行程引擎少，因此重量減輕，製造成本亦低，且裝設時所佔之位置亦較小。
- (4) 可省略進汽門或排汽門裝置，使構造簡化。

2. 二行程柴油引擎之缺點：

- (1) 排汽沒有四行程者完全，故最大馬力及最高轉速較低。
- (2) 單位時間內動力行程數目較四行程者大一倍，因此冷卻設備必須加大。
- (3) 耗油量較大。
- (4) 必須使用增壓設備，因此消耗部分動力，且易形成故障原因。

第十節 柴油引擎與汽油引擎之比較

1-10-1 比較

表 2-1-1 柴油引擎與汽油引擎之比較表

項 目	汽 油 引 擎	柴 油 引 擎
進 汽	混合汽	純空氣
速度控制	控制流入之空氣量	控制噴油量
點火方式	用高壓電火花點火	用壓縮空氣高溫點火
扭 矩	低速扭矩小	低速扭矩大
熱 效 率	較低 (25 ~ 30 %)，行程短，排汽溫度高，約 700 °C	較高 (30 ~ 40 %)，行程長，排汽溫度低，約 500 °C
燃料之霧化	使用化油器利用真空及噴油嘴使汽油霧化	使用高壓力及噴油嘴使柴油霧化
燃料特性	不需黏性，着火點愈高愈好	需有黏性，着火點愈低愈好
壓 縮 比	低 (6 ~ 11 : 1)	高 (15 ~ 23 : 1)
熱力循環	等容燃燒循環	等容等壓混合燃燒循環
起動裝置	起動馬達之電功率較小，無預熱、減壓裝置	起動馬達電功率較大，部分需預熱、減壓裝置
引擎結構	因燃燒壓力低，構造較輕巧	因燃燒壓力高，故引擎構造較堅固笨重

1-10-2 柴油引擎之優點

- (一) 熱效率高，通常 30 ~ 40 %，汽油引擎為 25 ~ 30 %。
- (二) 柴油引擎的閃火點高，使用和保養時的危險性少。
- (三) 燃料的消耗量少，約為汽油引擎之 70 %。
- (四) 在極寒冷的天氣，汽油引擎燃料的消耗率比正常溫度時增加約 1.5 倍，柴油引擎則僅增加 15 ~ 20 %。
- (五) 在攝氏零下 20 ~ 40° 的嚴寒地區，無論是那一種引擎在發動時，都需要烤熱機油，柴油引擎因為柴油的閃火點高，在烤熱時比較安全，並且不會像汽油引擎一般發生混合汽過濃或過稀，不易發動的毛病。

(六) 汽油引擎因爆震的關係，通常汽缸直徑 160 mm 以上的引擎製造很困難，但是柴油引擎已能製造 900 mm 之汽缸。

(七) 沒有複雜的高壓點火系統，因此故障少。

(八) 汽油引擎在低速運轉時，因為化油器的進汽速度緩慢，所以汽油霧化作用不良，扭矩小。柴油引擎中，柴油的霧化和轉速是沒有關連的，因此低速時扭矩大。

(九) 汽油引擎的高壓電會生干擾無線電波，柴油引擎則不會。

(十) 柴油引擎的柴油和空氣混合比大，燃燒比較完全，所以廢汽中的一氧化碳 (CO) 較少。

(十一) 二行程柴油引擎的特殊優點：無二行程汽油引擎浪費油料及潤滑不良之缺點。因柴油引擎

吸入汽缸中為純空氣，空氣隨廢汽排出，不像汽油引擎混合汽隨廢汽排出，因而耗油率較大；且進入汽缸之空氣通常不通過曲軸箱，因此曲軸箱可以存放機油，潤滑良好。

1-10-3 柴油引擎之缺點

(一)燃燒產生的最高壓力約為汽油引擎之二倍，各部分機件必須比較堅固，所以柴油引擎比同馬力的汽油引擎重，且運轉時響聲也大。

(二)柴油引擎因為壓縮力高，扭矩也大，所以怠速空轉時的震動較大。

(三)柴油引擎的平均有效壓力和最高轉速比汽油引擎低，因此同一排汽量的柴油引擎能發出的

馬力較低。

(四)柴油引擎的噴射機件必須非常精細，購買費用較貴，並且需要委託專門工廠和技術人員修理和調整。

(五)柴油引擎因為壓縮力高，起動馬達必須加大。

(六)柴油引擎的燃燒壓力高，為了承受這個壓力，引擎各機件的材料品質要好，必須能耐壓耐磨，因此製造成本高，使柴油引擎價格昂貴。

1-10-4 汽油引擎與柴油引擎重要數據比較

表 2-1-2 汽油引擎與柴油引擎重要數據之比較

項 目	汽 油 引 擎 (火花着火引擎 <i>s.i</i>)	柴 油 引 擎 (壓縮着火引擎 <i>c.i</i>)
燃料消耗量	100 %	70 %
壓 縮 比	6 ~ 11	14 ~ 23
最後壓縮壓力	11 ~ 18 kg/cm ²	30 ~ 55 kg/cm ²
壓縮後之溫度	400 ~ 600 °C	700 ~ 900 °C
最大燃燒壓力	40 ~ 60 kg/cm ²	65 ~ 90 kg/cm ²
全負荷時排汽溫度	700 ~ 1000 °C	500 ~ 600 °C
燃料閃火點	> - 25 °C	> + 55 °C
低 速 扭 矩	低	高
循環不規則變化	100 %	160 %

(本表摘自 Bosch Automotive Hand Book)

第十一節 多種燃料引擎

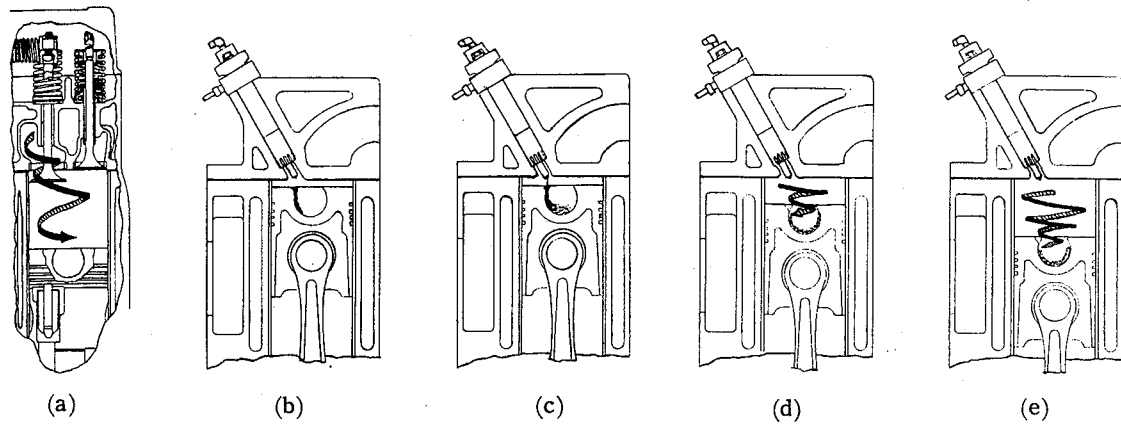
1-11-1 概述

1955年德國MAN公司(Maschinenfabrik Angsburg Nurnberg AG of Germany)為改善柴油引擎，乃研究成功一種效能良好的引擎。復經實驗，該引擎能使用範圍廣泛之石油燃料，從輕汽油到重油均能使用，而不改變引擎之性能。此種引擎研究成功後由美國大陸航空公司(Continental Aviation and Engineering Corporation)購得專利權，繼續研究改良，於1961年正式製成LD-427型引擎，後改良為LD-465型，用於軍用車輛上，性能甚佳，馬力達140PS，加裝增壓器後可達210PS。該引擎不經過調整，可使用汽油、煤油、柴油及其混合油。此後美

國復以此引擎為基礎，在不改變引擎大小，不增加缸徑與行程下，又發展成一種可變壓縮比引擎，馬力更為提高，能適應各種不同油料，在軍用途上尤具價值。我國聯勤兵工廠出產之中正式軍用車輛，即採用此種引擎。

1-11-2 基本構造

(一)多種燃料引擎之構造與四行程柴油引擎完全相同，祇有部分機件經改良。因為多種燃料引擎之燃燒方式不同於柴油引擎，在活塞上有半球形燃燒室，為其特點。進汽道為一種特殊設計之進汽旋轉通道(intake swirl port)，使進入汽缸之空氣能產生高速之旋轉。為控制活塞溫度，在活塞下設有潤滑油噴嘴，如圖2-1-29所示



- (a)進氣通道產生旋轉空氣進入汽缸。
 (b)噴油嘴噴射油料，大部分積存在半球狀燃燒室壁上。
 (c)少量油量(5%)直接與空氣混合而燃燒，形成火種，以作點火用。
 (d)當噴射與燃燒期間，空氣仍繼續旋轉，表層汽化油料由空氣帶走並混合之，隨即點火燃燒。
 (e)在動力行程期間，旋轉空氣是繼續前述圖(d)之工作，保持平穩燃燒。

圖 2-1-29 多種燃料引擎之燃燒室及燃燒步驟

，使活塞中有機油循環冷卻，以保持燃燒室壁溫度在 335°C 左右。

(二)為適應不同燃料之特性，使各種燃料在全負荷時在同一轉速可獲得同一輸出馬力，必須增加能自動調節噴射量之機構，稱為燃料密度黏性補償器 (fuel density viscosity compensator)。

1-11-3 工作原理

(一)多種燃料引擎之主要原理在於燃燒方式之不同，現先比較汽油引擎、柴油引擎及多種燃料引擎之燃燒過程。

1. 在汽油引擎之進汽行程時，進入汽缸的是汽油與空氣之混合汽，混合汽被壓縮後所得的壓縮溫度不能使混合汽自燃，必須在壓縮行程將完成時，由火星塞點火，點火後火星塞周圍的混合汽開始燃燒，形成一個球面火焰，逐漸向外擴大，已經燃燒的混合汽體積膨脹，壓力提高，將未燃的混合汽壓縮，使其溫度升高，溫度雖升高，尚不致構成自燃，必須等到火焰接觸後才會燃燒，其燃燒是火星塞點火後逐步漸進的。

2. 在柴油引擎，進汽行程進入汽缸的是純空

氣，空氣經過壓縮後，其溫度升高，在壓縮行程將完了時，由噴油嘴噴入柴油，柴油成霧狀噴入汽缸空氣中，利用空氣之攪動而迅速混合。由於壓縮溫度高，此混合汽即自燃。在開始噴油至開始自燃，其間有一段時間，稱為着火遲延時間 (period of ignition delay)，因燃料進入汽缸後，首先吸收熱量，然後汽化，等溫度升高到燃點後才開始自燃，其燃燒係噴入汽缸之燃料經着火遲延後驟然燃燒。

3. 多種燃料引擎之燃燒原理與汽油引擎之逐步燃燒原理相似，而與柴油引擎之驟然燃燒不同。為達成此目的，以使壓力上升不致太高，首先使噴入之燃料僅有 5% 與空氣混合，以供遲延時期結束時燃燒，其餘約 95% 之燃料，則使之積存在燃燒室壁上。換言之，5% 燃料之燃燒情形與柴油引擎相似，皆為自燃，燃燒後產生白熱碳質，此碳質作為點火用，其作用有如汽油引擎的火星塞，將其餘 95% 燃料逐漸點燃。因之在柴油引擎壓力上升急劇，而在多種燃料引擎，汽缸壓力之上升緩慢。

第十二節 迴轉活塞式引擎的基本構造及工作原理

1-12-1 概述

(一)往復式引擎，因往復運動機件 (活塞、汽

門等) 在改變運動方向時，有很大之慣性損失，使引擎平衡不良；又作用在活塞之力，經連桿傳

到曲軸時，因分力之結果，使效率大為降低；引擎速率受到限制，加速性能無法大幅提高；而且引擎構造複雜，故障多，故使得往復引擎發展受到限制。

(一)目前裝在汽車上之迴轉引擎（俗稱萬克爾引擎）已克服了往復引擎的缺點，使內燃機發展又進入了一個新的里程，此種引擎是德國工程師萬克爾（Felix Wankel）於1957年完成了第一部單旋式（SIM）迴轉引擎（該引擎機座及轉子均在轉動，排汽量125立方公分，可產生28.6馬力）。

(二)直到1960年，德國NSU廠購買萬克爾之專利，經研究改良，由Walter Froede博士將單旋式SIM型改為行星式PLM型，將燃燒室外殼固定，其三角活塞運轉時，係循一個偏心的固定軌跡，爲了要使機座靜止不動，不用包絡套，改用一偏心輪的輸出軸，迴轉活塞繞輸出軸之偏心輪旋轉，同時使偏心輪轉動，此種設計可以減少零件數量，使構造簡化，且加大有效壓縮比範圍，但冷卻及潤滑性較差。目前世界各國所研製之迴轉引擎均屬此類，此種引擎於1964年，首次裝在NSU牌汽車上。

1-12-2 迴轉活塞式引擎之基本構造

(一)迴轉活塞式引擎有與往復式引擎之汽缸體相當之轉子殼室（rotor housing），轉子殼上有冷卻水流通，及裝火星塞孔與排汽口；與往復活塞式引擎之活塞相當之轉子（rotor）爲三角

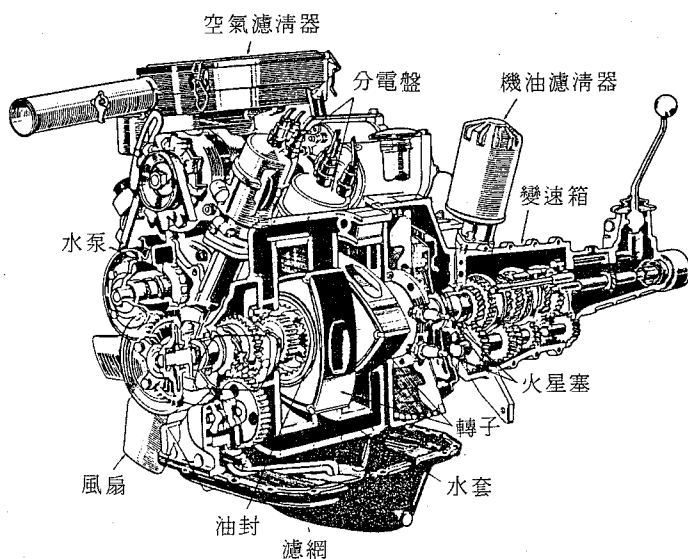


圖 2-1-30 迴轉活塞式引擎之構造〔註21〕

形，與活塞環相當之密封裝置有稜封及邊封；轉子中央有偏心軸（eccentric shaft），與往復式引擎之曲軸相當。轉子殼之兩端有端殼（side housing），上面有進汽口，如圖2-1-30所示。

(二)迴轉活塞式引擎之附屬裝置與往復式汽油引擎相同，有燃料裝置、潤滑裝置、冷卻裝置、點火裝置、起動裝置等。

1-12-3 迴轉活塞式引擎之工作原理

(一)此式引擎由一個迴轉的活塞在一個曲線形的汽缸中滾轉而成，使用零件很少，構造亦非常簡單。

(二)汽缸內壁爲輪曲線的一種，輪曲線爲當一個滾轉圓板，沿另一個固定圓板的周邊作純粹滾動，而二者之間絕不發生滑動時，滾動圓板上任何一點的軌跡曲線即是。

(三)工作原理如圖2-1-31所示：

1. 迴轉引擎的進汽、壓縮、動力和排汽四種形態有極明顯的劃分，和四行程往復式引擎完全相同。

2. 曲面三角形的迴轉活塞沿汽缸壁滾轉一周，每個活塞面產生一次動力，和六個汽缸之往復式四行程循環引擎曲軸轉一轉時之動力次數作用相同。

3. 進汽相：以活塞AC面爲例，其進汽過程如下：

(1)在圖2-1-31(a)時，進汽口和排汽口相通，活塞繼續轉動，AC面和汽缸壁間的空室逐漸增大，產生真空，開始吸進新鮮混合汽。

(2)當轉至圖2-1-31(b)時，空室容積已增大，進入的混合汽量增多，此時進排汽口仍相通，少部分新鮮混合汽可能經排汽口流失，也可能將排汽管中殘留的一部分廢汽吸入空室②中。

(3)再轉至圖2-1-31(c)時，稜邊C將進排汽口隔離，空室容積從圖2-1-31(b)中之②增到圖(c)中之③，活塞繼續轉動，空室再增大至圖(d)中之④。

4. 壓縮相：以活塞AB面爲例說明，其過程如下：

(1)在圖2-1-31(a)中之⑤時，壓縮剛開始。

(2)當轉至圖2-1-31(b)時，原在圖(a)中之空室

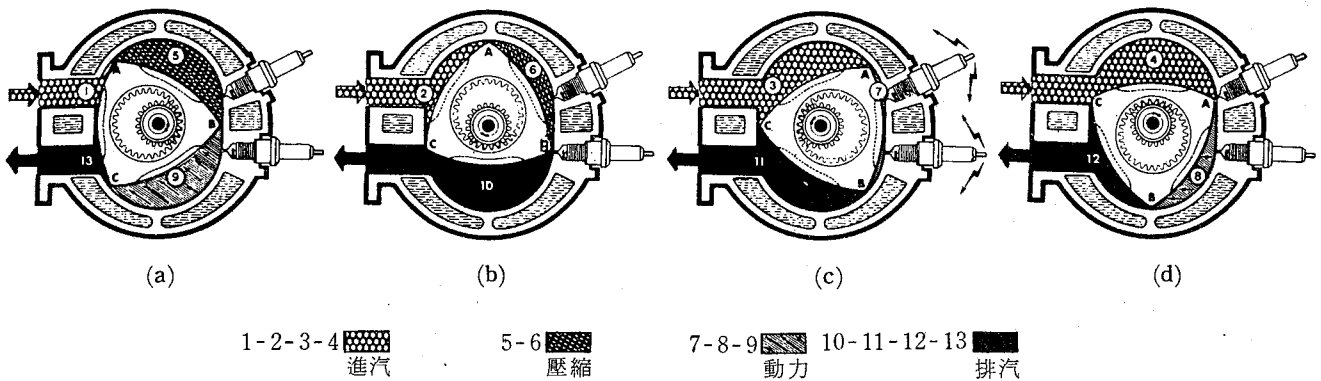


圖 2-1-31 迴轉活塞式引擎的工作原理〔註22〕

⑤已被壓縮成圖(b)中空室⑥，混合汽被壓縮到相當程度。

(3)再至圖 2-1-31(c)時，空室再被壓縮至⑦，壓縮行程終了。

5. 動力相：以活塞 AB 面為例說明，其過程如下：

(1) AB 面在圖 2-1-31(c)時，火星塞發火，將混合汽點燃，燃燒作用開始，汽體壓力作用在 AB 面上產生動力。

(2)當在圖 2-1-31(d)時，大部分混合汽已點燃作用在 AB 面上之壓力增大。

(3)設圖 2-1-31 之 AB 面滾轉至圖 2-1-31 之 BC 面⑨之位置，此時混合汽已膨脹到相當程度，壓力也降低。

6. 排汽相：以活塞 BC 面為例說明之，其過程如下：

(1)在圖 2-1-31(a)中之⑨時，排汽即開始。

(2)當轉至圖(b)中之⑩時，排汽口完全開啓，高壓的廢汽從空室⑩經排汽口散失於大氣中。

(3)再滾轉至圖(c)時，廢汽的壓力已減至大氣壓左右。

(4)假設 BC 面繼續滾轉至圖(d)中之⑫及圖(a)中之 AC 面空室⑬時，進排汽口又相通，一部分新鮮混合汽協助將廢汽掃清。此刻進排汽同時作用。

7. 無論迴轉活塞在何位置，三個活塞面中，總有一面受高壓燃燒汽體的壓力作用而產生動力，故進汽、壓縮及排汽所消耗的動力，皆可由迴轉活塞自行供給，不像往復式引擎，必須使用飛輪之慣性作用來儲存和供應動力。

8. 迴轉活塞式引擎之扭矩輸出情況如圖 2-1-32 所示。

9. 迴轉活塞式引擎與四行程往復式引擎一般性能之比較如表 2-1-3 所示。

1-12-4 迴轉活塞式引擎之優點

(一)迴轉活塞式引擎沒有上下往復運動，只有偏心軸穩定的旋轉，且當活塞面在任何位置均有一面受動力，故動力的產生是連貫的。

(二)由於活塞在旋轉時直接控制進排汽口的開閉，因此不需汽門及其複雜的控制機構，也不會有排汽門過熱或局部高溫點的存在了。

(三)綜合上述，迴轉活塞式引擎較四行程往復式引擎之優點如下：

1. 構造簡單，價格低廉，同馬力之引擎配件數僅為 V-8 引擎之半，因配件少，毛病自然少，保養費用亦相對減低。

2. 重量與體積極輕小，體積僅 V-8 之 1/3。

3. 因無往復運動機件，引擎運轉極平穩。

4. 沒有局部高溫，冷卻均勻，沒有汽門過熱現象，故可提高壓縮比及使用辛烷值較低的汽油也不易發生爆震，即使發生爆震，對引擎機件的危害也較小。

5. 轉速可以增加，而且轉速愈高性能愈佳。

6. 馬力加大容易，欲使馬力加大，可將引擎尺寸比例加大，或增加轉子數即可解決。

7. 在性能、速度、起步、加速、超車及耐用性方面之潛能，遠優於往復式引擎。

8. 熱效率高。

1-12-5 迴轉活塞式引擎尚待改進之處

(一)耗油率較高，因燃燒時間短，故較不完全

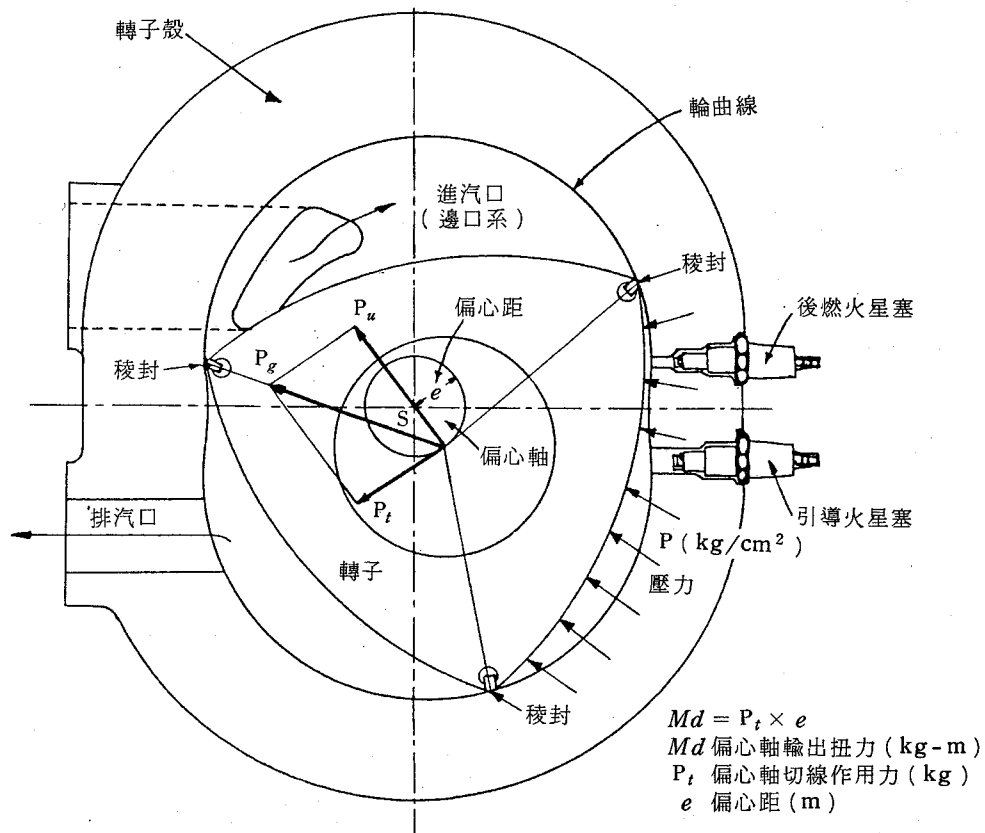


圖 2-1-32 迴轉活塞式引擎扭力輸出情況〔註23〕

表 2-1-3 迴轉活塞式引擎與四行程往復式引擎一般性能之比較

項 目	迴 轉 式 引 擎	往 復 式 引 擎
壓 縮 比	8 ~ 12	7 ~ 9
壓 縮 壓 力 (kg/cm ²)	9.8 ~ 10.5	7.5 ~ 8.5
單 位 排 汽 量 功 率 (ps/cc)	0.11 ~ 0.13	0.04 ~ 0.05
單 位 排 汽 量 重 量 (g/cc)	78.15 ~ 94.82	496 ~ 705
單 位 功 率 重 量 (kg/ps)	0.68 ~ 1.13	13.5 ~ 20.5
最 經 濟 效 率 (%)	34 ~ 40	25 ~ 35

，使耗油量稍大（約多10%），但迴轉活塞式引擎使用普通汽油，故在油費方面增加有限。

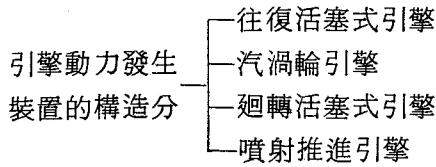
(二)在起動及低速時，排出大量的碳氫化合物（為一般往復式引擎的二倍），但加速時排出量即減少，且下降率甚顯著。因廢汽污染是一個很嚴重的問題，故迴轉活塞的引擎的工作人員都盡力在為減少廢汽排出而努力。一般均裝用熱反應器（thermal reactor）或觸媒反應器（cata-

lytic convertor)及後燃器(after burner)。因迴轉活塞式引擎體積小，有足夠空間來安裝這些裝置。此外，迴轉活塞式引擎每個排汽口排出之廢汽比往復式引擎多，排汽通道短，廢汽不易冷卻，點火較為遲延，使用之空氣汽油混合比較稀等原因，廢汽溫度較高，故後燃器之使用，對迴轉活塞式引擎極為有利，大部分情況下，不需再進行點火。

第十三節 汽車引擎之分類

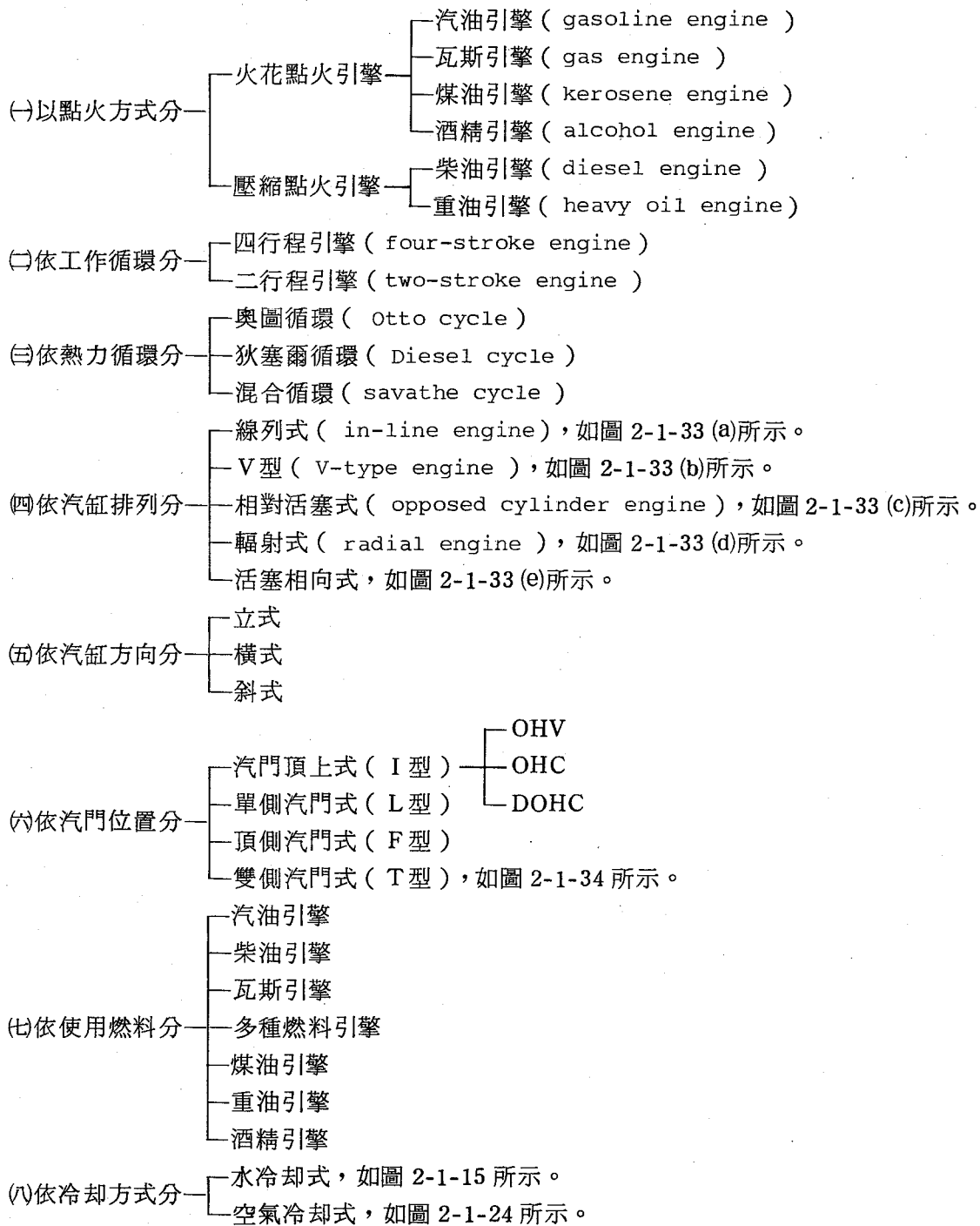
1-13-1 以動力發生裝置的構造分

汽車引擎依動力發生裝置構造的不同，可分為下列幾種：



1-13-2 往復活塞式引擎及其分類

往復活塞式引擎為現代內燃機的主流。活塞在汽缸中做往復的直線運動，經連桿、曲軸轉變為迴轉運動，構造複雜，效率低。汽車、船舶交通用引擎及發電、建設機械、農業機械所用之引擎，大部分為此式。往復活塞式引擎依點火方式、工作循環、熱力循環、汽缸排列、汽門排列、使用燃料、冷卻方式，又可分為很多不同形式。



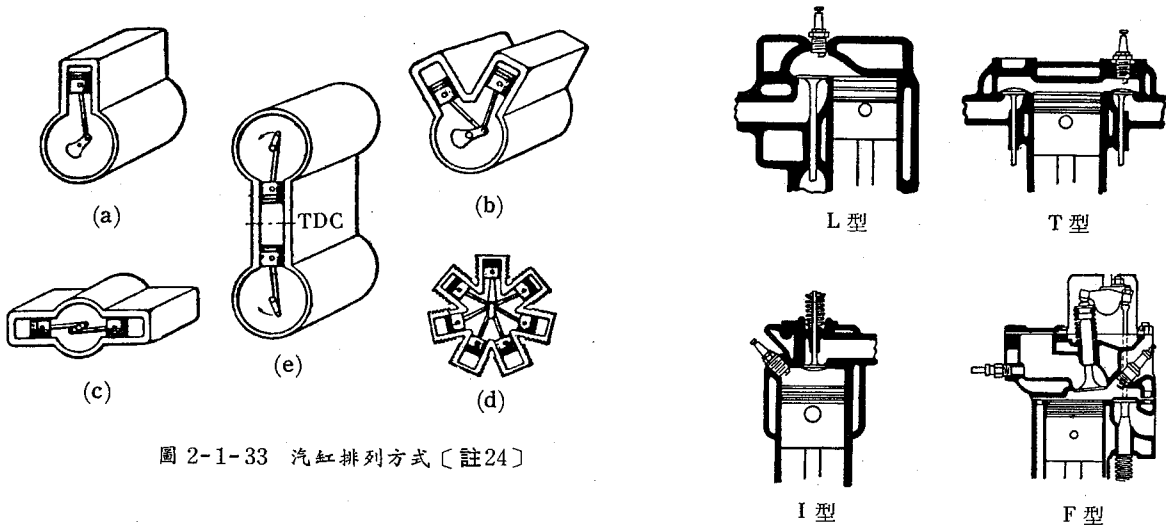


圖 2-1-33 汽缸排列方式〔註24〕

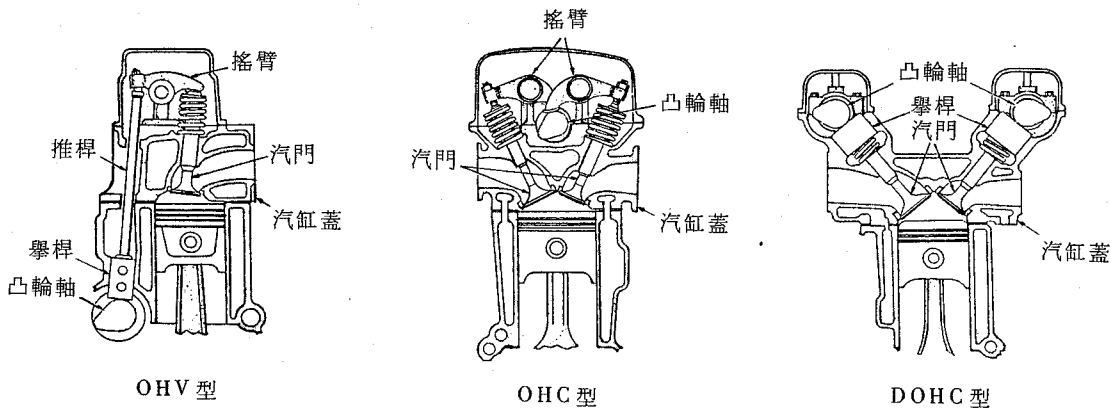
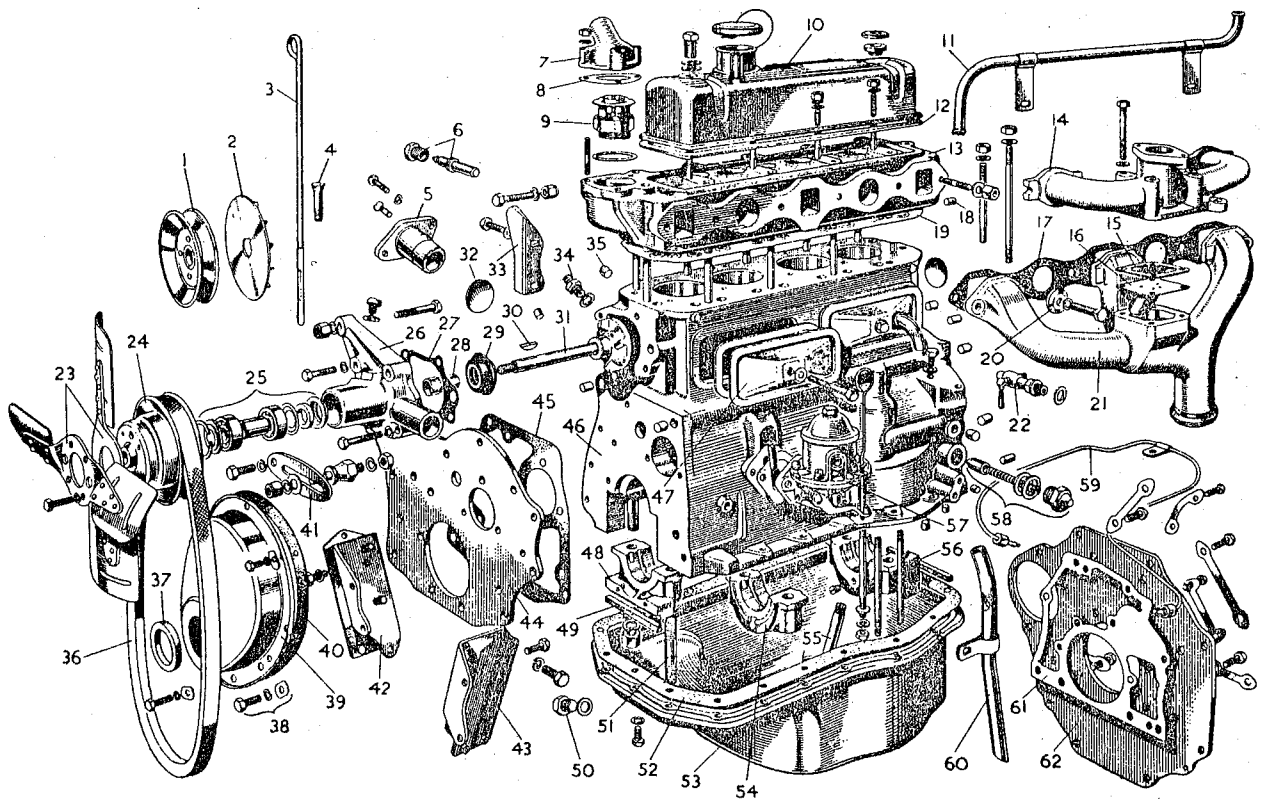


圖 2-1-34 汽門之安裝方法〔註25〕

【習題】

1. 何謂內燃機及外燃機？
2. 何謂循環？
3. 試述內燃機循環之基本步驟。
4. 引擎之工作要素為何？
5. 試繪圖說明奧圖循環及混合循環。
6. 何謂上死點及下死點？
7. 有一六缸引擎，其缸徑為 6 公分，行程為 6.5 公分，試求其活塞位移容積。
8. 有一引擎，其活塞位移容積為 200 立方公分，汽缸餘隙容積為 50 立方公分，試求其壓縮比及其汽缸壓縮壓力。

9. 進汽門早開晚關之原因為何？
10. 排汽門早開晚關之原因為何？
11. 試述四行程柴油引擎之工作原理。
12. 試述二行程汽油引擎之工作原理。
13. 試比較二行程汽油引擎與四行程汽油引擎之優劣點。
14. 二行程汽油引擎應如何改良？
15. 試比較二行程柴油引擎與四行程柴油引擎之優劣點。
16. 試比較汽油引擎與柴油引擎之優劣點。
17. 按汽門裝置方法及汽缸排列方法引擎可分為幾種？



- | | | | | |
|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 1. 發電機皮帶輪 | 14. 進汽歧管 | 27. 水泵墊 | 40. 墊片 | 53. 油盆 |
| 2. 發電機冷卻葉片 | 15. 墊片 | 28. 空間墊 | 41. 發電機調整連桿 | 54. 中間主軸承蓋 |
| 3. 油面尺 | 16. 進汽歧管加熱板 | 29. 水封 | 42. 右前引擎腳 | 55. 機油回流管 |
| 4. 油尺導管 | 17. 進排汽歧管襯墊 | 30. 水泵軸鍵 | 43. 左前引擎腳 | 56. 後主軸承 |
| 5. 分電盤軸銅套 | 18. 定位銷 | 31. 水泵軸 | 44. 引擎前板 | 57. 汽油泵 |
| 6. 溫度錶開關 | 19. 汽缸床 | 32. 水套塞 | 45. 前板墊片 | 58. 機油壓力釋放門 |
| 7. 調溫器外壳 | 20. 歧管墊圈 | 33. 發電機安裝架 | 46. 曲軸箱與引擎體 | 59. 真空提前管 |
| 8. 墊片 | 21. 排汽歧管 | 34. 機油壓力錶開關 | 47. 汽門舉桿室蓋 | 60. 通風管 |
| 9. 調溫器 | 22. 汽缸體放水塞 | 35. 芯塞 | 48. 前主軸承 | 61. 飛輪壳墊 |
| 10. 搖臂室蓋 | 23. 風扇葉片 | 36. 風扇皮帶 | 49. 軟木墊 | 62. 引擎後板 |
| 11. 加熱管 | 24. 風扇及水泵皮帶輪 | 37. 油封 | 50. 油底殼放油塞 | |
| 12. 搖臂室蓋墊 | 25. 水泵軸承及封圈 | 38. 時規齒輪室蓋螺絲 | 51. 前主軸承螺絲 | |
| 13. 汽缸蓋 | 26. 水泵 | 39. 時規齒輪室蓋 | 52. 油底壳墊 | |

圖 2-1-35 引擎總成分解圖

【資料來源註釋】

- 〔註1〕 Departments of the Army and Air Force
Principles of Automotive Vehicles Fig6
- 〔註2〕 永屋元靖著 自動車百科全書 圖 2-2
- 〔註3〕 范欽惠編著 車用汽油引擎 圖 1-3
- 〔註4〕 同〔註3〕 圖 1-4
- 〔註5〕 同〔註2〕 圖 2-18
- 〔註6〕 同〔註2〕 圖 2-1
- 〔註7〕 Nissan Motor Co. LTD. Engine Construction Fig 2-1
- 〔註8〕 同〔註1〕 Fig 4
- 〔註9〕 同〔註8〕
- 〔註10〕 同〔註8〕
- 〔註11〕 同〔註8〕
- 〔註12〕 日本自動車整備振興會聯合會編 二級ジーゼル自動車ジーゼル・エンジン編 圖 1-8
- 〔註13〕 同〔註2〕 圖 2-96
- 〔註14〕 Dissel Engineering Handbook 11th ed.
Fig 1-7
- 〔註15〕 同〔註14〕 Fig 1-8
- 〔註16〕 雇用促進事業團職業訓練部編 自動車内燃機關の構造 圖 1-11
- 〔註17〕 同〔註2〕 圖 2-8
- 〔註18〕 日本自動車整備振興會聯合會編 三級自動車ガソリン・エンジン上 圖 1-4
- 〔註19〕 孫國旺編著 柴油引擎 圖 2-2
- 〔註20〕 同〔註12〕 圖 1-15
- 〔註21〕 同〔註16〕 圖 1-19
- 〔註22〕 William H. Crouse Automotive Mechanics 7th ed Fig 15-19
- 〔註23〕 東洋工業株式會社 カベラロータリ構造解説書
- 〔註24〕 同〔註3〕 圖 1-12
- 〔註25〕 同〔註18〕 圖 VII-1, VII-2

返回目录

第二章 四行程汽油引擎構造

第一節 四行程汽油引擎本體之分類

汽油引擎本體之構造因工作循環、冷却方式、汽缸排列方式、汽門排列方式等，而有相當大

之不同。但在基本構造上並無很大區別。本章之介紹以四行程水冷式汽油引擎之構造為主。

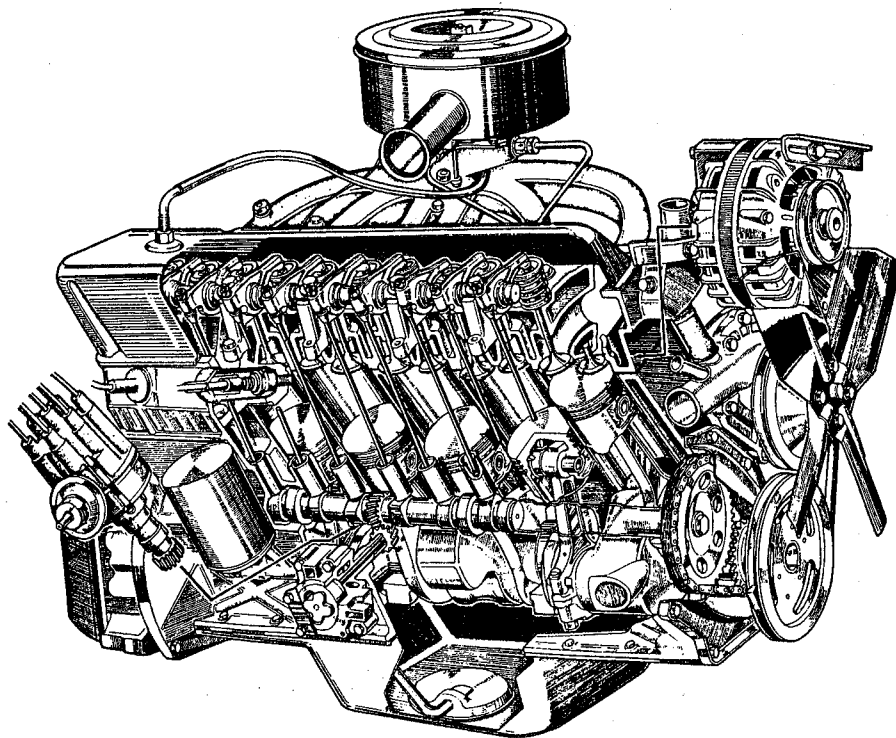
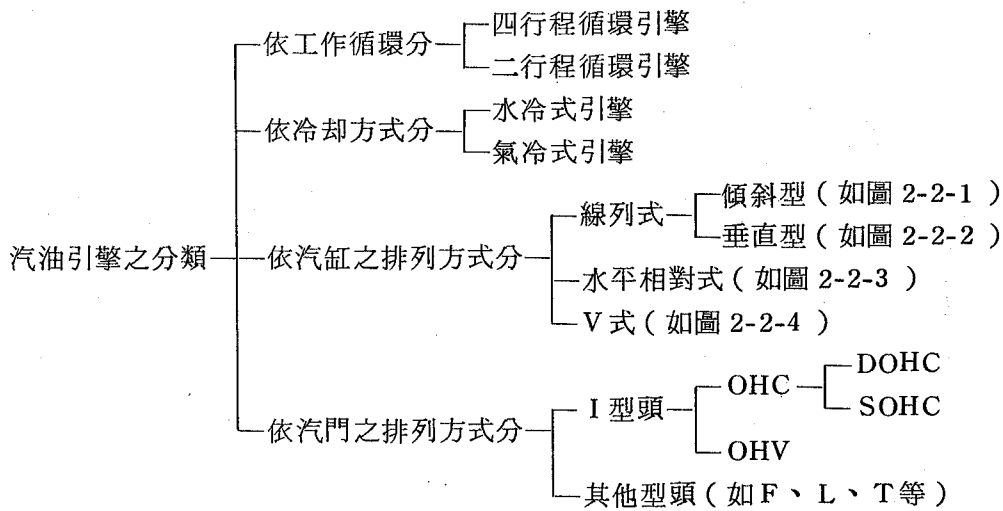


圖 2-2-1 傾斜線列式水冷 OHV 四行程汽油引擎 (傾斜 30°) (Chrysler Co.)

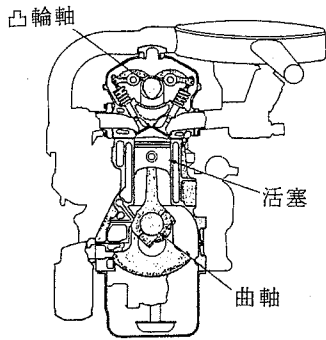


圖 2-2-2 垂直型線列式水冷 SOHC 四行程汽油引擎斷面圖〔註 1〕

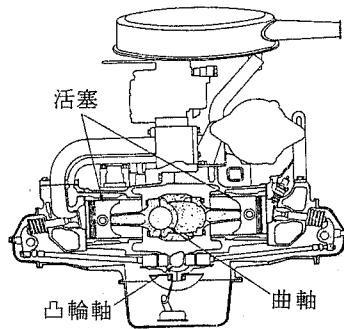


圖 2-2-3 水平相對式〔註 2〕

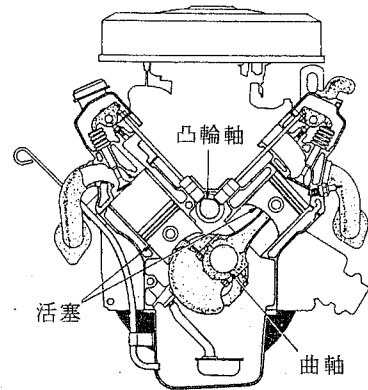


圖 2-2-4 V 式引擎〔註 3〕

第二節 四行程汽油引擎本體之構造

四行程汽油引擎本體包括下列主要機件：

- (一)汽缸體 (cylinder block)。
- (二)活塞 (piston)。
- (三)連桿 (connecting rod)。
- (四)曲軸 (crankshaft)。

(五)汽門 (valve) 及汽門操作機構 (valve operating mechanism)。

(六)飛輪 (flywheel)。

(七)引擎支架 (engine support)。

第三節 汽缸體總成

2-3-1 汽缸體

(一)汽缸體為引擎之骨架，其內部安裝汽缸，上部安裝汽缸蓋，下部連接油盆，此外它並裝有下列零件，如：曲軸、凸輪軸、進排汽歧管、水

泵、機油泵、汽門機構、汽油泵等附件。同時變速箱或離合器殼等皆以其為支架。

(二)汽缸體通常使用含錳之合金鑄鐵澆鑄，或以鋁合金壓鑄而成。

(三)汽缸體由汽缸部分及曲軸箱部分合鑄成一體，如圖 2-2-5 所示。

(四)汽缸體有水冷式引擎用及氣冷式引擎用，如圖 2-2-6 所示。

1. 水冷式引擎之汽缸體均為合鑄式，各汽缸

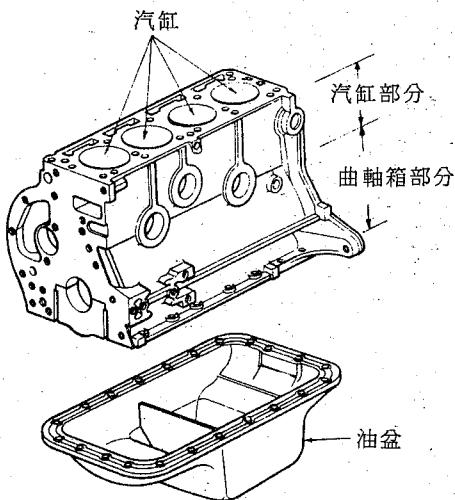


圖 2-2-5 汽缸體實體圖〔註 4〕

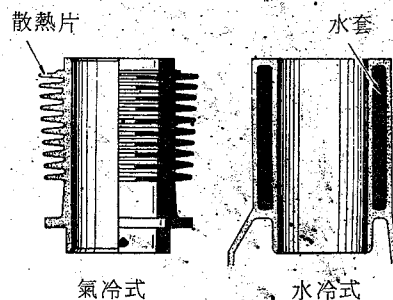


圖 2-2-6 汽缸體〔註 5〕

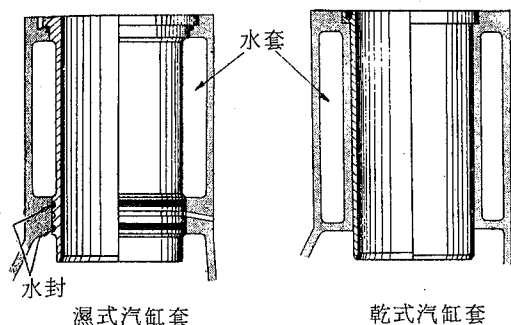


圖 2-2-7 汽缸套之種類 [註 6]

合鑄成一體。在汽缸套周圍有水套 (water jacket) 環繞，水套內充以循環之冷却水，以防止引擎溫度過高。

2. 氣冷式引擎之汽缸體多用鋁合金，且採用分鑄式。汽缸體周圍有散熱片 (fit)，以增加散熱面積，提高散熱效能。

2-3-2 汽缸套

汽缸體中之汽缸，必須為正圓筒形，因活塞在內部以極快速度作往復運動，故必須能耐磨；且混合汽燃燒之溫度極高，故必須導熱性能良好，以保持正常之工作溫度，因而通常汽缸另鑲入特殊材質之汽缸套 (sleeve)。汽缸套多採含鎳鉻的耐磨合金鑄鐵，以離心澆鑄法鑄成，內外精密加工。有些缸套為提高耐磨性及機油附着性，內部用「凡得荷斯鍍鉻法」鍍上一層多孔性之鉻。水冷式引擎之汽缸套依有無與冷却水直接接觸而分為乾式及濕式兩種，如圖 2-2-7 所示。

一、乾式汽缸套

乾式 (dry type) 汽缸套不與冷却水直接接觸，故厚度較薄。通常均以較汽缸孔內徑為大的外徑擠壓入汽缸孔之中，使二者能緊密接合，因此散熱較快，大多用於汽油引擎上。

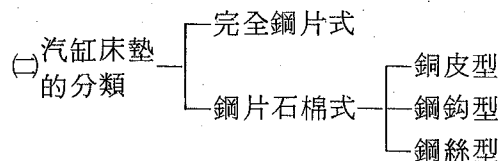
二、濕式汽缸套

濕式 (wet type) 汽缸套與冷却水直接接觸，其上部有凸緣，利用汽缸蓋壓緊在汽缸體上，以避免鬆動。上部及下部並使用 1~2 條之橡皮水封圈封住，以防止漏水，柴油引擎使用較多。

2-3-3 汽缸床墊

(一) 汽缸蓋與汽缸體之間必須使用汽缸床墊 (cylinder gasket) 來保持密封，防止漏氣、漏水、漏油。此外，汽缸床必須具有良好之強度

、耐壓性佳及耐熱性佳。



(二) 完全鋼片式汽缸床墊，如圖 2-2-8 所示，使用合金鋼板為材質製成，在汽缸孔、水孔、螺絲孔等部位均沖成凹線緣，以防止洩漏。

(四) 鋼片石棉式汽缸床墊如圖 2-2-9 及圖 2-2-10 所示。

1. 銅皮型

此式在銅皮中包有石棉，另外在汽缸孔、水套孔及螺絲孔的周圍以鋼片包覆之。

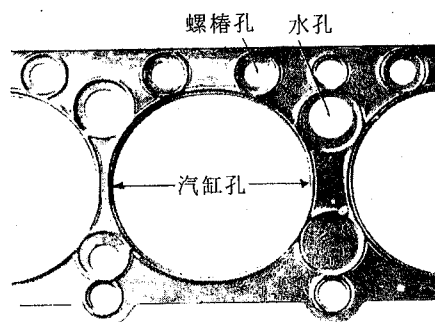


圖 2-2-8 完全鋼片式汽缸床墊

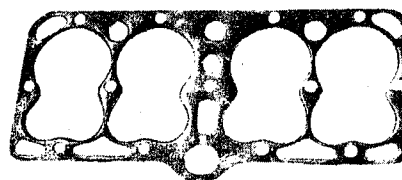


圖 2-2-9 鋼片石棉式汽缸床墊

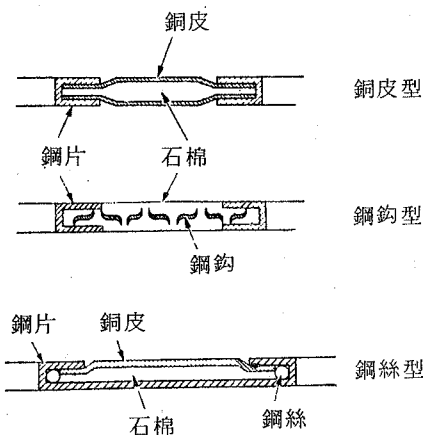


圖 2-2-10 鋼片石棉式汽缸床墊之種類 [註 7]

2. 鋼鈎型

此式在石棉板內埋入甚多個鋼鈎，另外在汽缸孔、水套孔及螺絲孔周圍以鋼片包覆之。

3. 鋼絲型

此式採用金屬網、石棉、橡膠、銅皮等製成，另外在汽缸孔、水套孔及螺絲孔周圍埋有鋼絲，使密封的能力更佳。

2-3-4 汽缸蓋

(一)汽缸蓋裝在汽缸體的上方，二者之間用汽缸床墊保持密封，如圖 2-2-11 所示。活塞在上死點時，汽缸蓋的底部與活塞的頂部之間形成燃燒室。汽油引擎燃燒室之變化大多在汽缸蓋之底部而形成之，如圖 2-2-12 所示。其使用材料同汽缸體，但近代小型車多採用鋁合金之汽缸蓋。

(二)現代引擎普遍使用 I 型頭汽門裝置法，因上面需要裝進排汽門及火星塞，水冷式者在火星塞及排汽孔道周圍必須有水套圍繞，故構造最為

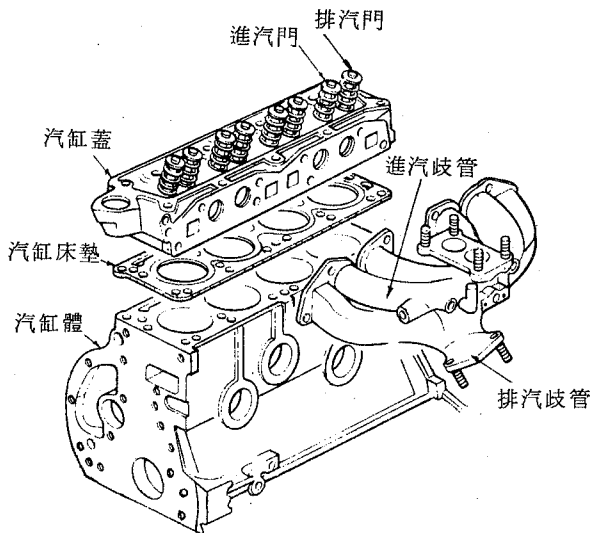


圖 2-2-11 汽缸蓋及汽缸床墊〔註 8〕

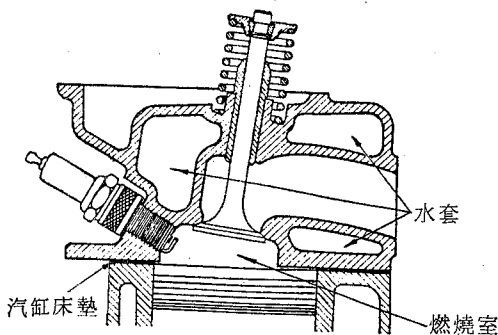


圖 2-2-12 I 型水冷式汽缸蓋之斷面圖〔註 9〕

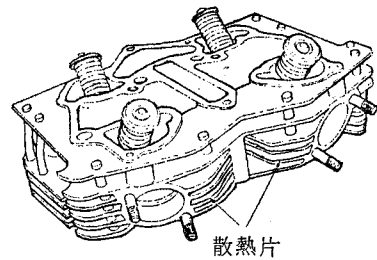


圖 2-2-13 I 型氣冷式之汽缸蓋〔註 10〕

複雜，如圖 2-2-12 所示。

(三)氣冷式必須在汽缸蓋周圍鑄以散熱片，如圖 2-2-13 所示。

2-3-5 燃燒室

一、概述

活塞在上死點時，活塞頂部與汽缸蓋底部之間所形成的空間稱為燃燒室 (combustion chamber)，汽油引擎燃燒室的設計，必須符合下述各項條件：

(一)進汽門之配置，應使進入之混合汽能產生渦流，而使燃燒迅速。

(二)排汽門之配置，應使排汽流出容易，使排汽乾淨及阻力減至最小。

(三)火星塞之配置，使發火位置到混合汽體末端之距離應儘可能縮短，使不發生預燃而產生爆震。

(四)使火焰之擴大圓滑迅速，俾所產生之熱能儘可能的轉換成動力。

(五)表面積與容積之比應儘量小，以減少熱能之損失。

二、燃燒室之分類

- 汽油引擎燃燒室之種類
 - 圓頂室式
 - 楔形室式
 - 浴桶室式
 - 特殊燃燒室

(一)圓頂室式

燃燒室成半球形，表面積與容積之比最小，熱損失少，進排汽之效率甚佳，但汽門機構較複雜，多用於 OHC 引擎，如圖 2-2-14 所示。

(二)楔形室式

進排汽門成一列排在汽缸蓋上，大約與汽缸體中心線傾斜 20 度左右，其優點為：進排汽效率佳，不易產生爆震，汽門機構安裝甚易，多用於

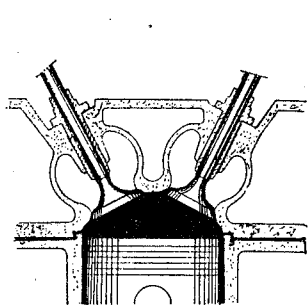


圖 2-2-14 圓頂室式燃燒室 [註11]

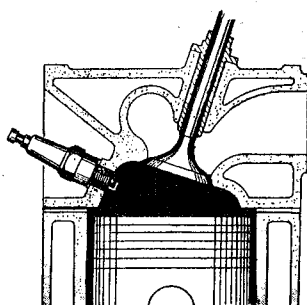


圖 2-2-15 楔形室式燃燒室 [註12]

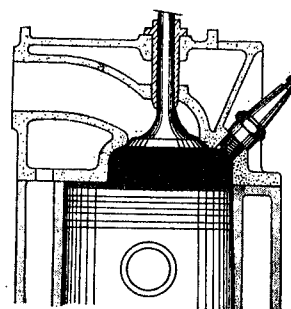


圖 2-2-16 浴桶室式燃燒室 [註13]

OHV 或 OHC 引擎，如圖 2-2-15 所示。

(三)浴桶室式

進排汽門成一列而垂直安置在汽缸蓋上，優點與楔形室式相同，多用於 OHV 引擎，如圖 2-2-16 所示。

2-3-6 特殊燃燒室—低公害引擎改良燃燒室

現代引擎為減少一氧化碳 (CO)、碳化氫 (HC)、氮氧化物 (NO_x) 等有毒氣體之排出，故必須供給較稀薄的混合汽，使其能安定的燃燒，而提高燃燒速度，以縮短達到最高燃燒溫度的時間，因此現代新式引擎在燃燒室上做了很多改進，茲分述如下：

一、壓縮比的適當化

若引擎的壓縮比適度降低時，HC、NO_x 的發生量會減少。因此在不影響引擎的輸出性能及燃料的經濟性之範圍內，將壓縮比降低。

二、燃燒室的表面積與容積比的適當化

如圖 2-2-17 所示，燃燒室之形狀接近半球狀時，燃燒室的表面積與容積比 (S/V 比) 變小，靠近汽缸壁之殘留氣體較少，因此排汽內的 HC 會減少，故 S/V 比應檢討引擎性能關係後才能決定。

三、適當的汽門重疊時期

引擎汽門重疊開啓的時間較長時，排出的一部分氣體，會因自然還流之結果而再流入燃燒室中，這與排氣再循環 (EGR) 方法有相同之效果，可以降低最高溫度而減少 NO_x 的發生。但是利用汽門重疊開啓之時間較長的方法，以減少 NO_x 的效果，在引擎低速迴轉時較佳，況且汽門的關閉時期與燃燒之良否直接有關，因此不能過大，必須調整到適當之大小。

四、變更燃燒室之形狀

使引擎排汽淨化的有效方法，係使用稀薄之混合汽來燃燒。但混合汽太稀薄，或者大量的排汽再循環時，會使着火性變差，同時因燃燒速度變慢而使輸出馬力降低，反而使燃料消耗率增加。

汽油引擎「使用稀薄的混合汽」及「使用多量的排汽再循環」仍能得到良好的燃燒效果，因此通常採用下列數種特殊燃燒室以達成之。

- 特殊燃燒室的種類
- 設有副燃燒室之燃燒室
 - 設有亂流產生洞之燃燒室
 - 設有進汽噴射閥之燃燒室
 - 設有凸出壁的燃燒室
 - 設有二個火星塞之燃燒室

(一)增設副燃燒室之燃燒室

圖 2-2-18 所示為設有副燃燒室之燃燒室構造。裝有小進汽門的小容積副燃燒室，在此小副燃燒室中吸入容易點火的濃混合汽，而在主燃燒室中吸入較稀薄的混合汽，混合汽的供應分別由獨立的燃料系統供給之。整個燃燒過程為一種稀薄之混合汽的成層給汽方式，稱為複合渦流控制燃

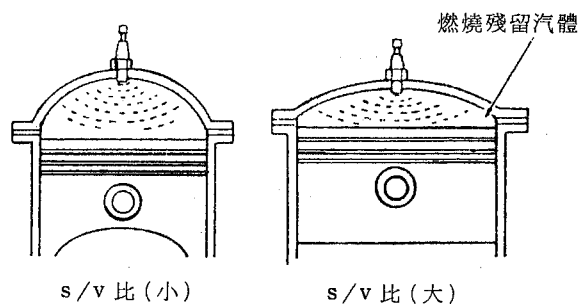


圖 2-2-17 燃燒室之形狀 (二者的容積 V 相同時而言) [註14]

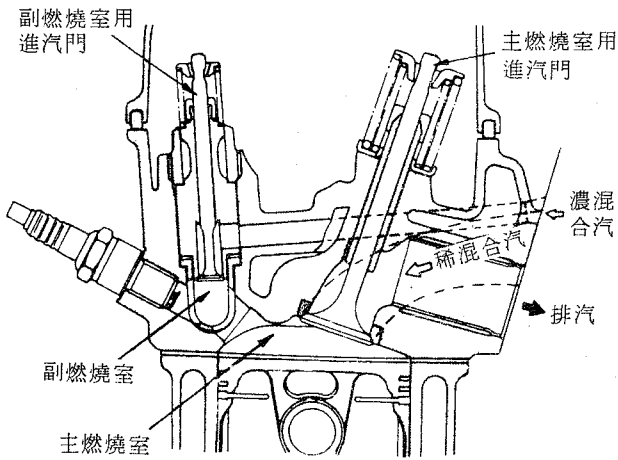


圖 2-2-18 設副燃燒室之燃燒室 (Honda Co.)

[註15]

燒 (compound vortex controlled combustion, 簡稱 CVCC)。副燃燒室中的混合汽由火星塞點火, 燃燒火焰再噴入主燃燒室中, 燃燒稀薄的混合汽。此種方式可以使稀薄混合汽得到確實良好的燃燒, 故不但可以同時減少 CO、HC 及 NO_x 之發生量, 且節省燃料消費。

(二) 增設亂流產生洞之燃燒室

圖 2-2-19 為在燃燒室中設亂流產生洞 (TGP; turbulence generating pot) 之燃燒室構造, 在火星塞電極附近設亂流產生洞。火星塞點火時, 先點燃洞口附近或洞內之混合汽, 點燃之混合汽如圖 2-2-20 所示, 產生火焰噴流噴入主燃燒室中。因此使用較稀薄的混合汽也可以得到良好的燃燒, 使 CO、HC 及 NO_x 的發生量減少。

(三) 設副進汽門 (噴射汽門) 之燃燒室

混合汽在燃燒室中如能產生積極的流動時, 可以提高燃燒速度。在使用頻度較高之駕駛領域, 可以使用較稀薄的混合汽而仍能得良好的燃燒。圖 2-2-21 的燃燒室, 除一般之進排汽門外, 另

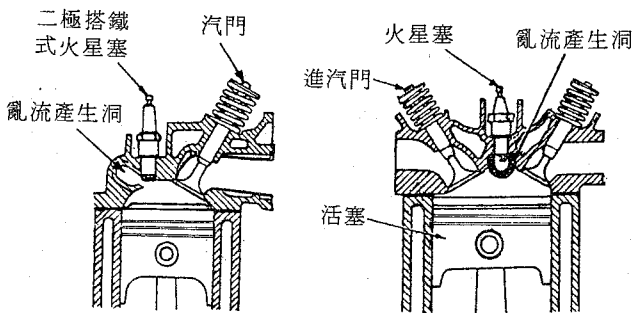


圖 2-2-19 設有亂流產生洞之燃燒室 (Toyota Co.)

[註16]

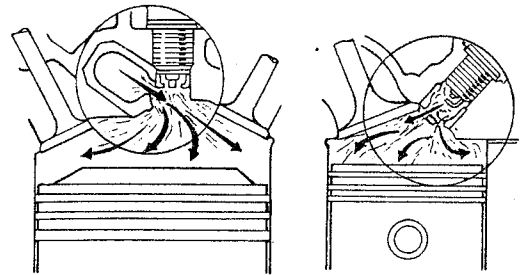


圖 2-2-20 亂流產生洞之作用 (Toyota Co.)

[註17]

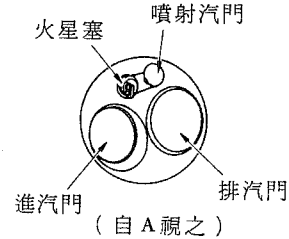
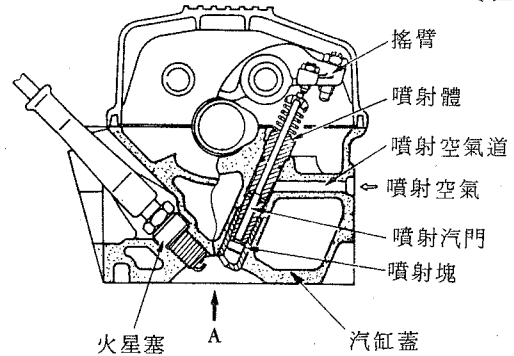


圖 2-2-21 設副進汽門之燃燒室 (Mitsubishi Co.)

[註18]

外還裝設一支小型的噴射汽門 (jet valve), 能隨引擎運轉條件之不同, 由化油器供應噴出超稀薄的混合汽或空氣, 由此噴流產生汽缸中混合汽的強渦流, 如圖 2-2-22 所示。此強渦流能維持到壓縮行程末期, 可以促進火星塞點火後火焰的傳播速度, 使稀薄的混合汽亦能產生良好的燃燒, 減少 CO、HC 及 NO_x 之發生量。

(四) 設凸出壁之燃燒室

欲擴大使用混合汽的稀薄混合比界限及排汽再循環的容許界限, 加速混合汽的燃燒速度為有效的方法。而加速燃燒的辦法, 為使燃燒室中的混合汽能產生快速的渦流或亂流, 如圖 2-2-23 所示, 在燃燒室內設凸出壁, 使吸入汽缸中之混合汽因凸出壁之作用而產生一定方向之流動而造成渦流, 可以促進燃料的霧化及汽化, 增進燃燒速度, 因此可以減少 CO、HC 及 NO_x 的發生量。

(五) 使用兩個火星塞之燃燒室

圖 2-2-24 所示為在燃燒室中, 裝設兩個火星

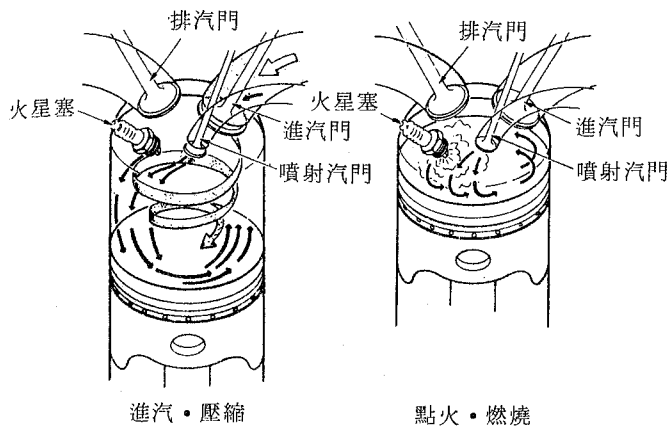


圖 2-2-22 副進汽門之作用〔註19〕

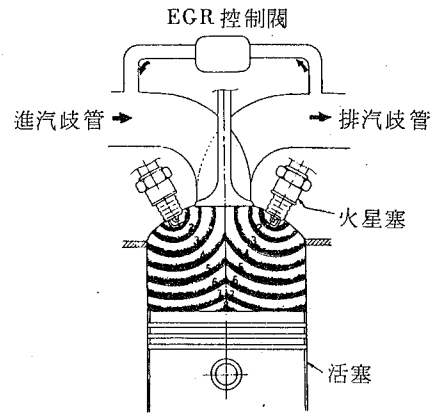


圖 2-2-25 兩個火星塞之急速燃燒作用〔註22〕

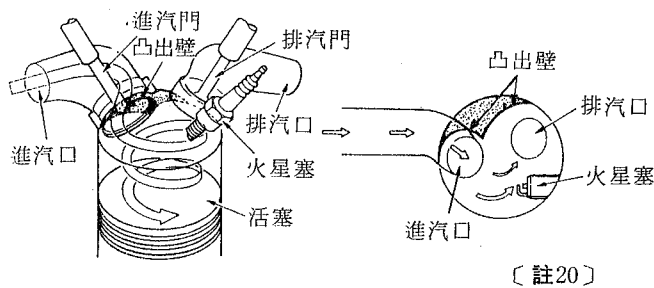


圖 2-2-23 設凸出壁之燃燒室 (Toyota Co.)

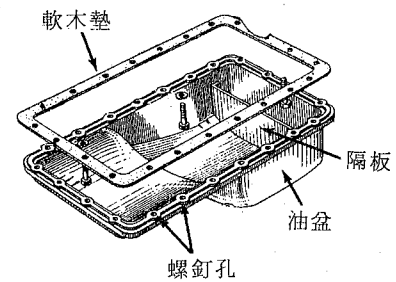


圖 2-2-26 油盆

塞。兩個火星塞同時點火，可以縮短燃燒時間，提高燃燒速度。普通增加 EGR 量後火焰的傳播速度會降低，引擎之運轉也變為不穩定，但如圖 2-2-25 所示，使用兩個火星塞同時點火，雖然有多量的 EGR 仍可以得到與一般引擎一樣良好安定的燃燒，減少 NO_x 之發生量。

2-3-7 油盆

汽缸體之下部為油盆，俗稱油底壳，如圖 2-2-26 所示，二者以螺釘連接，中間襯以軟木墊，以防機油洩漏。油盆係裝機油之用，內部有隔板分隔，以防機油的波動。普通使用鋼皮壓成，也有使用鋁合金製成，其上有散熱翼以促進機油冷卻。

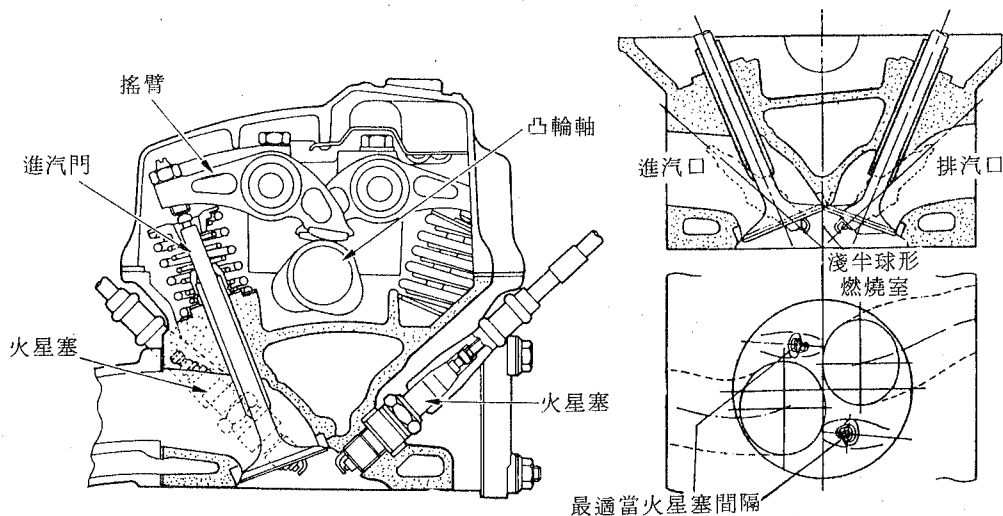


圖 2-2-24 裝兩個火星塞之燃燒室 (Nissan Co.) 〔註21〕

第四節 活塞總成

2-4-1 概述

活塞在汽缸中往復運動，將燃燒產生之動力經活塞銷 (piston pin) 及連桿而傳到曲軸，使曲軸做迴轉運動。活塞為圓筒形，上部周圍有槽，槽中裝置活塞環 (piston ring)，它可以於運轉時，防止漏汽及機油進入燃燒室。現代引擎之活塞的頭部與裙部之尺寸不同，且裙部加工成橢圓形。圖 2-2-27 為活塞各部名稱，圖 2-2-28 為活塞、活塞銷、連桿及曲軸之相互關係圖。

2-4-2 活塞應具備之條件

活塞與燃燒之高壓氣體接觸，承受混合汽爆

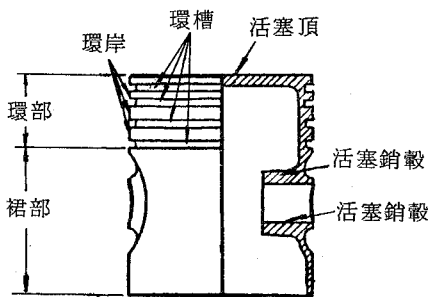
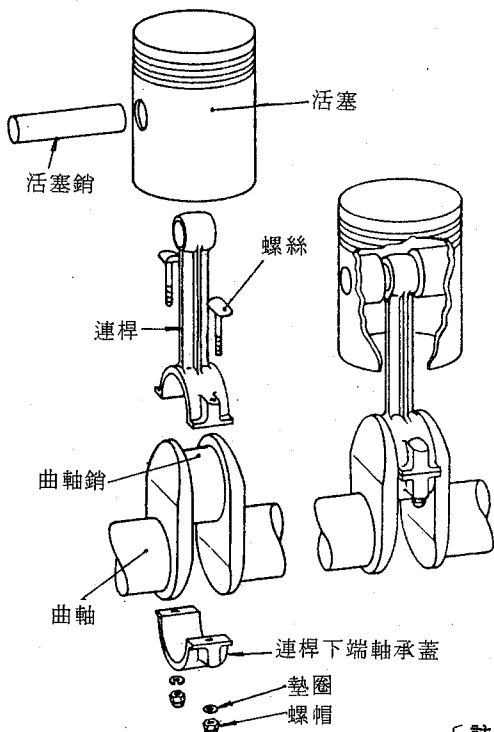


圖 2-2-27 活塞各部名稱



〔註23〕

圖 2-2-28 活塞、活塞銷、連桿、曲軸之相互關係

表 2-2-1 鑄鐵活塞與鋁合金活塞之比較

項目	鑄鐵 活 塞	鋁 合 金 活 塞
重量(比重值)	重(7.1~7.3)	輕(2.79)
強 度	高	低
耐 磨 性	佳	差
熱 膨 脹	小(1.1×10^{-5})	大(2.3×10^{-5})
熱 傳 導	差	佳
價 格	便 宜	較 貴
炭 堆 積	多 量	少 量
引擎爆震	易發生	不易發生

炸時之衝擊壓力，並且以甚高之速度在汽缸中往復運動，而與汽缸壁間快速的相對運動產生摩擦，因此活塞必須具備下列各條件：

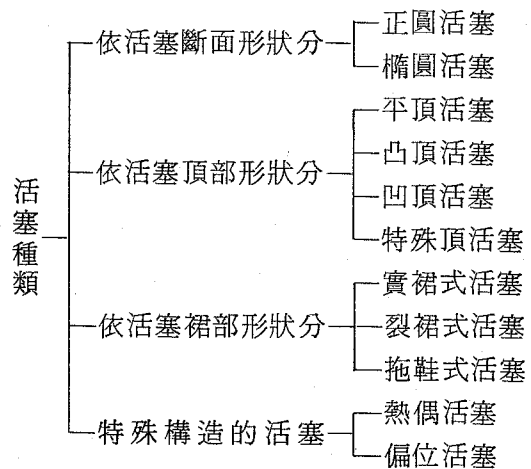
- (一)能耐高温與高壓。
- (二)摩擦係數小，且耐磨損。
- (三)熱傳導性佳，且膨脹係數小。
- (四)質輕而強度大。

2-4-3 活塞之材質

活塞之材料，以前用鑄鐵製成，現在都是使用鋁合金製造。鑄鐵與鋁合金活塞比較如表 2-2-1。

現代引擎所使用的鋁合金活塞，有銅系的 Y 合金及碳系之低膨脹合金兩大類，同時活塞表面均經過氧化處理，使活塞表面有一層氧化鋁，以提高吸油性能，而減少磨損。

2-4-4 活塞之種類



一、以活塞斷面形狀分

- (一)正圓活塞

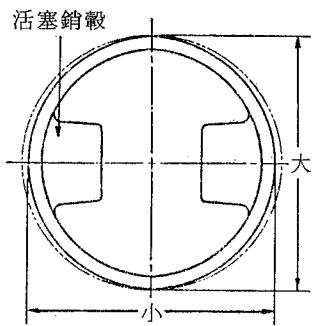


圖 2-2-29 橢圓活塞〔註24〕

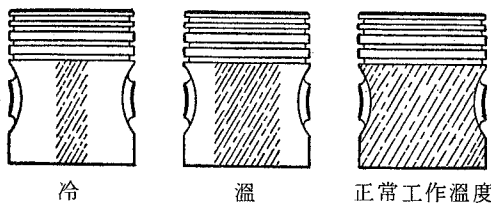


圖 2-2-30 橢圓活塞與汽缸壁接觸情形

其材質多採用鑄鐵或合金鋼，製成正圓筒形，現在甚少使用。

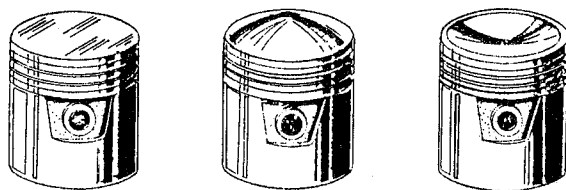
(一)橢圓活塞

其材質多採用鋁合金，且活塞之裙部加工成橢圓形，即活塞銷孔方向之直徑較短，與銷孔成90度方向之直徑較長，每100mm約差0.1~0.2mm左右，如圖2-2-29所示，活塞冷時僅一部分與汽缸壁接觸，溫度升高後，因活塞銷孔方向之金屬較多，故膨脹較大，使接觸面積逐漸增加，當引擎達到正常工作溫度時，活塞成正圓形，而和汽缸壁全部接觸。它的優點為活塞與汽缸壁之間隙可以較小，使冷引擎運轉之噪音小，且活塞之擺動少，故活塞環與汽缸壁之磨損也較小，如圖2-2-30所示。

二、以活塞頂部形狀分

(一)平頂式：如圖2-2-31(a)所示，此式構造簡單，使用甚多。

(二)凸頂式：如圖2-2-31(b)所示，高壓縮比引擎使用較多。



(a)平頂 (b)凸頂 (c)凹頂

圖 2-2-31 各種活塞頂部形式〔註25〕

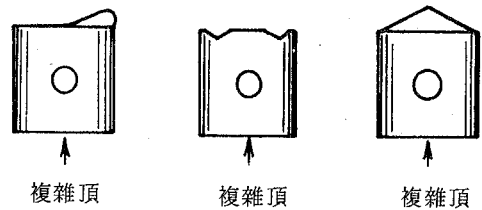


圖 2-2-32 特殊頂式活塞〔註26〕

(三)凹頂式：如圖2-2-31(c)所示，直接噴射式柴油引擎使用。

(四)特殊頂式：如圖2-2-32所示為各種特殊頂部形狀之活塞圖，其目的為容納汽門或造成渦流之用。

三、以活塞裙部形狀分

(一)實裙式：又稱全筒式活塞，如圖2-2-33所示，其優點為堅固，但重量較大。

(二)裂裙式：在活塞裙部開槽，以容納膨脹或減少活塞上部之熱傳到活塞裙，因而活塞與汽缸壁之間隙可留得較小，以減少冷引擎運轉時產生之拍擊響聲，如圖2-2-34所示為裂裙式活塞。

與活塞環平行的槽為隔斷熱之傳導用，與活塞環垂直的槽為容納膨脹之用，開槽之形式有下列四種：

1. T型槽式：如圖2-2-35(a)所示。
2. 斜槽式：如圖2-2-35(b)所示。
3. 直槽式：如圖2-2-35(c)所示。
4. 倒U型槽式：如圖2-2-35(d)所示。

(三)拖鞋式：如圖2-2-36所示。在活塞銷孔方向裙部削去，與銷成90°方向，裙部較長，以減輕重量並防止活塞搖擺。

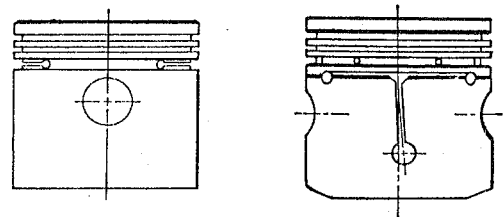
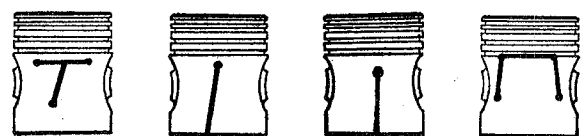


圖 2-2-33 實裙式活塞〔註27〕

圖 2-2-34 裂裙式活塞〔註28〕



(a)T型槽式 (b)斜槽式 (c)直槽式 (d)倒U型槽式

圖 2-2-35 活塞裙膨脹槽之形式

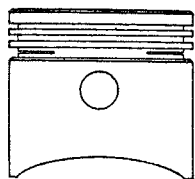


圖 2-2-36 拖鞋式活塞
〔註29〕

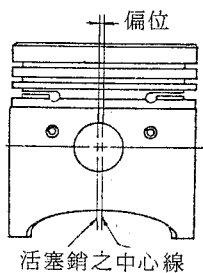


圖 2-2-38 偏位活塞
〔註30〕

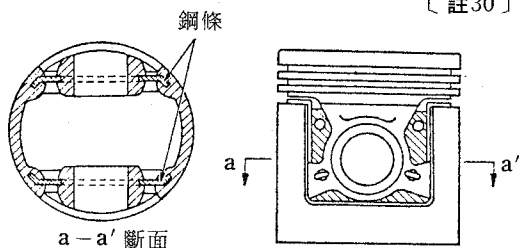


圖 2-2-37 熱偶活塞之構造〔註31〕

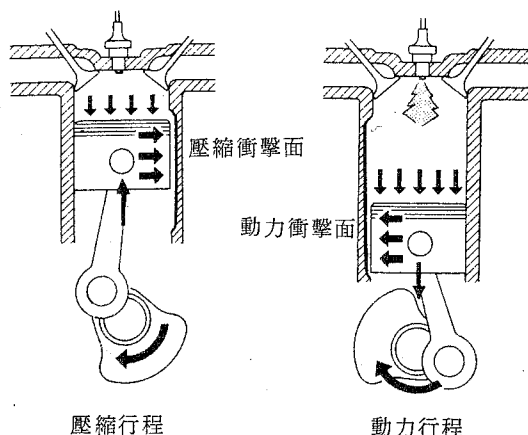


圖 2-2-39 活塞之衝擊面〔註32〕

四、特殊活塞

(一)熱偶活塞

鋁合金活塞，在鑄造時於活塞銷處鑲入特殊合金鋼條，即成爲熱偶活塞，其優點爲增加強度，並用以控制活塞之膨脹。因鋁之膨脹率大，鋼之膨脹率小，於活塞冷時成橢圓形，溫度上升後，因變形之關係，就會變成正圓，如圖2-2-37所示。

(二)偏位活塞

活塞銷中心與活塞之中心不同在同一直線上，每100mm直徑約有1~2mm之偏移，如圖2-2-38所示，此種活塞稱爲偏位活塞，其功用爲減少活塞對汽缸壁產生之拍擊力。

2-4-5 活塞之衝擊面

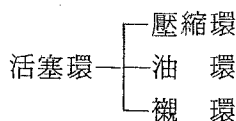
因連桿與曲軸間角度變化的關係，使活塞在動力行程（下行）和壓縮行程時，產生側推力而撞擊汽缸壁。因動力行程時，活塞受到之壓力較壓縮行程時爲大，故活塞之膨脹槽應開在壓縮衝擊面上，不可開在動力衝擊面上。圖2-2-39所示爲壓縮衝擊面與動力衝擊面之部位。

2-4-6 活塞環

一、概述

活塞環爲鑄鐵製之圓環，安裝於活塞環槽中。活塞環具有張力，以與汽缸壁保持密接，使氣密良好；同時引擎運轉時，活塞頭部所受的熱，大部分須經活塞環傳到汽缸壁；此外，活塞環並

能將汽缸壁過多之機油刮除，以免進入燃燒室中。以氣密爲主要目的之活塞環稱爲壓縮環（compression ring），普通裝在上方約有2~3條。以控制汽缸壁適當油膜爲主要目的，而將多餘機油刮除之環稱爲油環（oil ring），普通裝在下方，約有1~2條（二行程汽油引擎無油環）。此外爲了增加油環之張力，有些油環的內部再加裝襯環。



二、活塞環應具備之條件

- (一)在高溫時，不可以失去彈性。
- (二)耐磨損，同時也不易使汽缸壁磨損。
- (三)熱膨脹係數要小。

三、活塞環之材料及處理

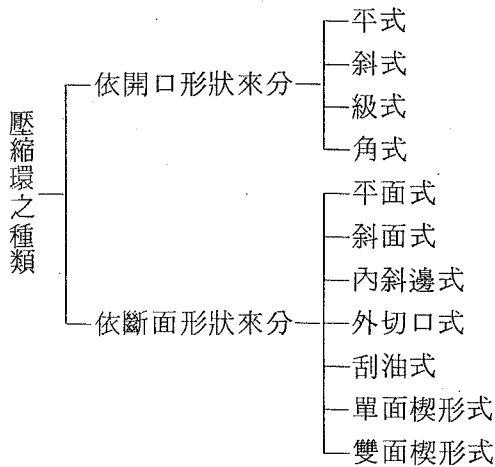
(一)活塞環之材料

活塞環要能適合以上之條件，通常均使用特殊鑄鐵製成，含矽（Si）2.4~2.5%，錳（Mn）0.3~0.5%，碳（C）3.4~3.5%之鑄鐵。

(二)活塞環之處理

第一道環通常在表面鍍鉻後磨光，以增耐磨性，亦有用凡得荷斯鍍鉻法處理，使具多孔性，而能吸油，以提高潤滑性能。第二、第三道環常在表面鍍氧化鐵、磷酸或錫等軟金屬，使易與汽缸壁磨合，並增強吸油性，以提高潤滑效能而防止刮曳（scuffing）。

四、壓縮環之種類



(一)以開口形狀分

1. 平式 (butt joint) : 如圖 2-2-40(a) 所示, 構造簡單, 但密封性較差。
2. 斜式 (angle joint) : 如圖 2-2-40(b) 所示。
3. 級式 (lap joint) : 如圖 2-2-40(c) 所示, 密封性較佳, 但加工困難。
4. 角式 (seal joint) : 如圖 2-2-40(d) 所示, 密封性能最佳, 但加工最困難。

(二)以斷面形狀分

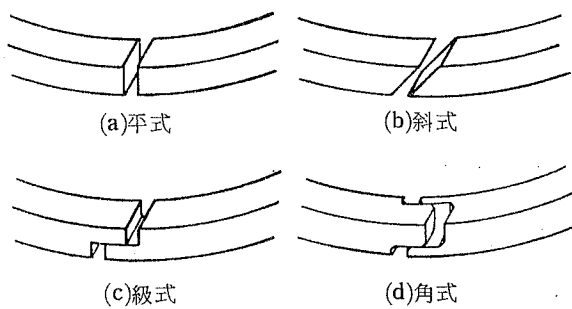


圖 2-2-40 壓縮環之開口形式

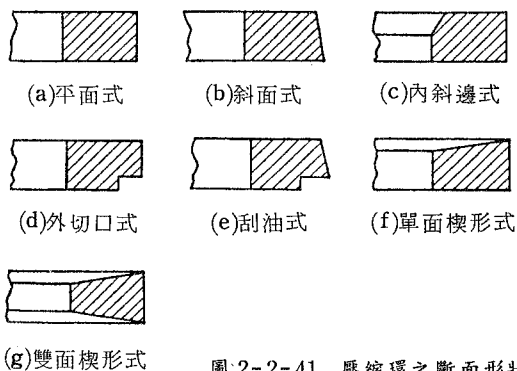


圖 2-2-41 壓縮環之斷面形狀 [註33]

1. 平面式 (plain type) : 如圖 2-2-41(a) 所示, 多用於第一道環。

2. 斜面式 (taper face type) : 如圖 2-2-41(b) 所示, 多用於第二道環。

3. 內斜邊式 (inner bevel type) : 如圖 2-2-41(c) 所示, 用於第一或第二道環。

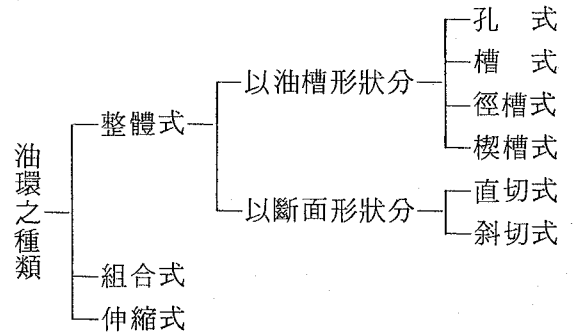
4. 外切口式 (outer cut type) : 如圖 2-2-41(d) 所示, 用於第二道油環。

5. 刮油式 (scraper type) 或稱斜外切口式 (tappet out cut type) : 如圖 2-2-41(e) 所示, 用在第二道環。

6. 單面楔形式 (one side keystone type) : 如圖 2-2-41(f) 所示, 此式可以防止積膠使環卡住, 造成上機油或氣密不良之毛病。

7. 雙面楔形式 (two side keystone type) : 如圖 2-2-41(g) 所示。

五、油環之種類



(一)整體式油環

整體式油環用合金鑄鐵製成, 於環的中央開槽, 依槽的形狀及斷面形狀可分為下列數種:

1. 依油槽形狀分

- (1) 孔式 (drilled type) : 如圖 2-2-42(a) 所示。
- (2) 槽式 (slotted type) : 如圖 2-2-42(b) 所示。
- (3) 徑槽式 (radius slotted type) : 如圖

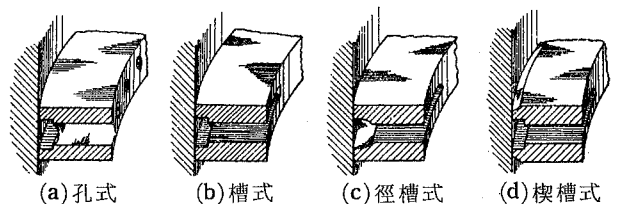


圖 2-2-42 整體式油環槽之形狀 [註34]

2-2-42(c)所示。

(4)楔槽式 (wedge slotted type) : 如圖 2-2-42(d)所示。

2. 依斷面形狀分

(1)直切式 : 如圖 2-2-43(a)所示。

(2)斜切式 : 如圖 2-2-43(b)、(c)所示。

(一)組合式油環

高速引擎為了有效控制汽缸壁之機油，常使用組合式油環，此種油環係由兩片合金鋼片及鱗狀彈簧與張力環等組成，如圖 2-2-44。

(二)伸縮式油環

有些引擎直接使用如圖 2-2-45 所示，由合金鋼片製成之伸縮式油環。

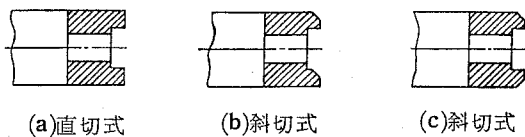


圖 2-2-43 整體式油環之斷面形狀 [註35]

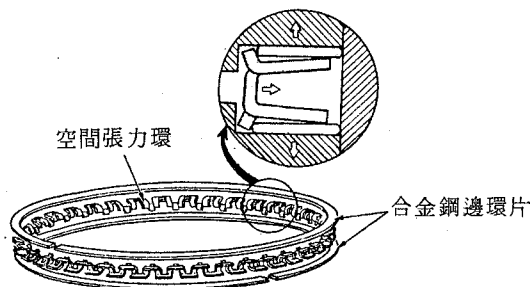


圖 2-2-44 組合式油環 [註36]

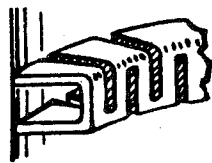


圖 2-2-45 伸縮式油環

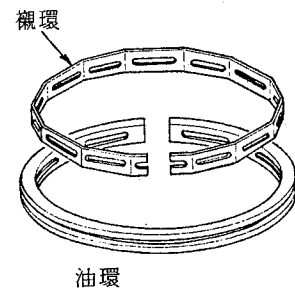
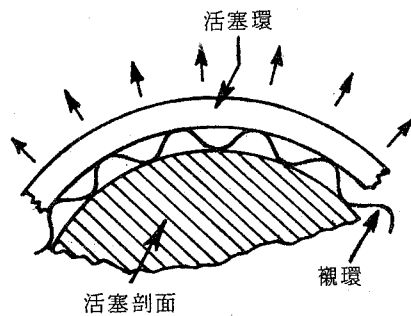
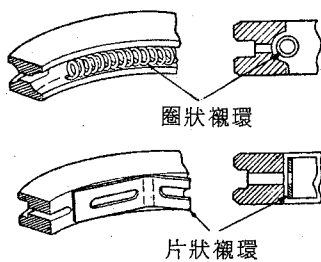


圖 2-2-46 襯環之構造及作用

六、襯環

襯環又叫脹環，一般用在油環之內或第二道壓縮環之內，以增加環之張力。襯環種類有二，即片狀襯環與圈狀襯環，圖 2-2-46 所示為襯環之構造及作用。

七、活塞環之作用

(一)平面式壓縮環：表面經常與汽缸壁全部接觸，以本身之張力來緊壓汽缸壁。於動力行程及壓縮行程時，如圖 2-2-47 所示，燃燒汽體的壓力及壓縮汽體的壓力，從環之上面及內面加壓環側，以強大之壓力使與汽缸壁保持密接，因此可以防止漏汽及上機油。

(二)斜面式壓縮環：它的尖端與汽缸壁成爲線接觸，因此容易磨合，大多用在第二道環。於活塞上行時，環從機油面上滑過，而活塞下行時，環就將機油刮下，以維持一定的油膜，避免燃燒室上機油。此外，它的氣密性相當良好，如圖 2-2-48 所示。

(三)內斜邊式：於動力行程燃燒汽體之壓力加上時，此刻其作用與平面式壓縮環相同，如圖 2-2-49 所示，使環表面與汽缸壁全面接觸。但當進汽行程無壓力加上時，則如圖 2-2-50 所示，變成線接觸，就可將機油刮下，且機油不會從環之背面，進入燃燒室。

(四)油環：油環主要目的在控制汽缸壁之油膜

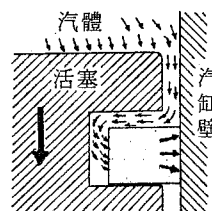


圖 2-2-47 平式環之作用 [註37]

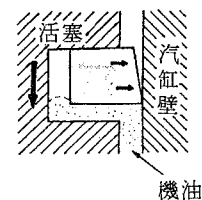


圖 2-2-48 斜面式環之作用 [註38]

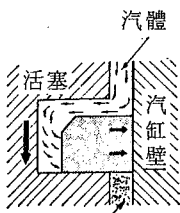


圖 2-2-49 內斜邊式環之作用(一) [註39]

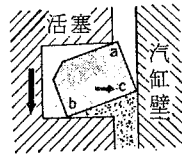


圖 2-2-50 內斜邊式環之作用(二) [註40]

厚度，它能將潤滑剩下之機油刮落，且刮落之機油會從油環之中央開孔，再經活塞之孔口而流回油底殼，如圖 2-2-51 所示。

八、活塞環之機油控制

活塞環與環槽之間隙必須適當。間隙太小，環會卡死在槽中而失去作用，如間隙太大，會造成漏汽及上機油，壓縮環在環槽中機油控制情形如下：

(一)進汽行程時：

活塞下行，活塞裙及油環將機油刮除，但必須留下少量之機油，在汽缸壁上形成油膜，以供壓縮行程時潤滑之用，此時壓縮環停在環槽之上方，如圖 2-2-52 所示；機油則由環之下方進入環背與槽底之間。如果環磨損而槽之間隙過大時，或汽缸壁磨損而與活塞之間隙過大時，則進入環槽內之機油量很多，機油易進到燃燒室，使機油消耗量大增，此稱為泵油 (pumping oil)，又

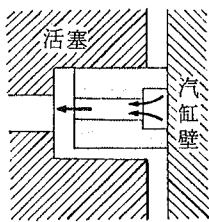


圖 2-2-51 油環之作用 [註41]

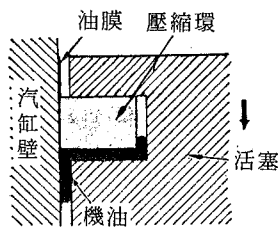


圖 2-2-52 進汽行程時之作用 [註42]

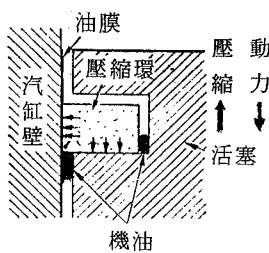


圖 2-2-53 壓縮行程之作用 (動力行程亦同) [註43]

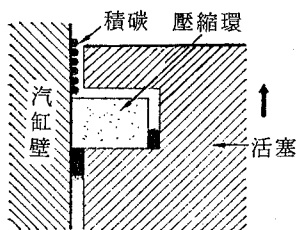


圖 2-2-54 排汽行程之作用 [註44]

稱上油，它會使燃燒室積碳及火星塞積碳及火星塞油污短路。

(二)壓縮行程及動力行程時：

在壓縮行程及動力行程時，汽缸內汽體之壓力使壓縮環強力壓向汽缸壁，而防止漏氣，如果壓縮環或汽缸壁磨損，而無法保持氣密時，則產生漏汽，使引擎無力，如圖 2-2-53 所示。

(三)排汽行程時：

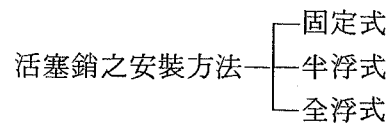
活塞上行，環在槽之下方，環需將附著於汽缸壁上之碳粒 (汽缸壁上之油膜經燃燒後形成碳粒) 刮掉，使隨排汽而排出，如圖 2-2-54 所示。

2-4-7 活塞銷

一、概述

活塞銷用以連接活塞及連桿小端，它承受甚大之衝擊負荷，因此必須強度大；又活塞銷隨活塞運動，故必須質輕以減少慣性，因此通常使用鉻鉬或鎳鉻合金鋼管製成，表面並淬硬磨光，以增加耐磨性。

二、活塞銷之安裝方法



(一)固定式：

活塞銷用螺釘固定在活塞上，連桿小端與活塞銷之間可以滑動，連桿小端的孔內裝銅套，如圖 2-2-55(a) 所示。

(二)半浮式：

活塞銷固定在連桿上，活塞與活塞銷之間可以滑動，活塞的銷孔內裝銅套，如圖 2-2-55(b) 所示。

(三)全浮式：

活塞銷既不固定在活塞上，也不固定在連桿

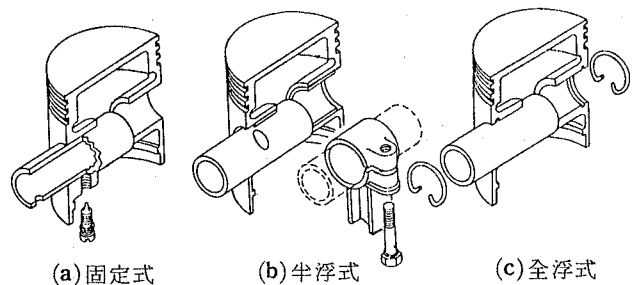


圖 2-2-55 活塞銷之安裝方法 [註45]

上，在連桿小端孔內，與活塞的銷孔內均裝銅套。並且在活塞的銷轂之二端用扣環 (snap ring

)扣住，以防止活塞銷滑出，如圖 2-2-55(c) 所示。
註：使用鋁合金活塞者，不必裝銅套。

第五節 連桿總成

2-5-1 概述

(一)連桿總成由連桿、軸承(銅套及軸承片)、螺絲等組成，係連接在活塞與曲軸之間，而將活塞之動力傳遞到曲軸，並將活塞的往復運動變成曲軸的旋轉運動。故必須質輕，以減少慣性的損失；復因承受甚大之衝擊力，故必須強度大且不易變形。

(二)連桿之長度約為活塞行程的 1.5~2.3 倍。長度愈長，則活塞受到之側壓力愈小，汽缸壁之磨損就減少，引擎的轉速低，但扭矩大；長度較短時，則可以降低引擎之高度以減輕重量，引擎的轉速高，但扭矩小。

(三)連桿通常使用碳鋼或鎳鉻鋼或鉻鉬鋼等鍛造成形，為減輕重量，且不易變形，故斷面均製成 I 字型，如圖 2-2-56 所示。

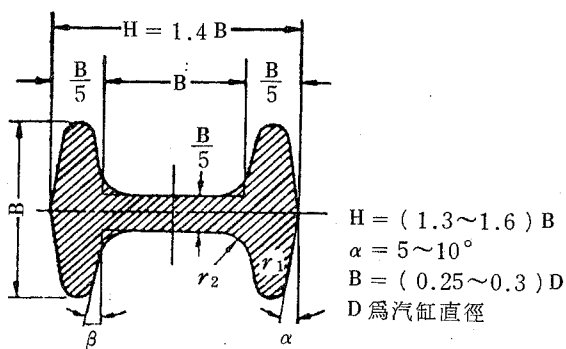
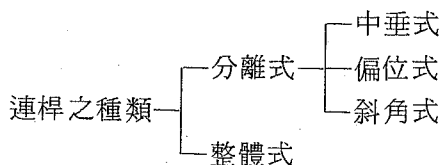


圖 2-2-56 連桿斷面之形狀

2-5-2 連桿種類

連桿依大端是否分開，而分為整體式與分離式兩大類：



一、分離式連桿

一般汽車引擎所使用之連桿均將大端分成兩

半，使用精密配合之高強度螺絲來固定。並且為了防止螺帽在轉動中鬆脫，將引擎打破，一般均使用開口銷或防鬆螺帽，或另裝一只鎖定螺帽來防止之。此外，連桿大端的軸承座係精密加工而成，再與精密式軸承片相配合，如圖 2-2-57 所示。它又依大端之形狀不同而分成下列數種：

(一)中垂式：各部分均勻對稱，如圖 2-2-57 所示，使用最多。

(二)偏位式：連桿大端偏位一邊，以配合汽缸及軸承之安裝，如圖 2-2-58 所示。

(三)斜角式：如圖 2-2-59 所示，大端蓋之開口斜到一邊，以便於拆裝。

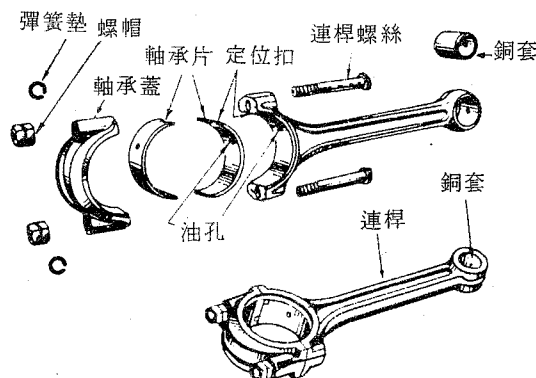


圖 2-2-57 分離式連桿之構造 [註 46]

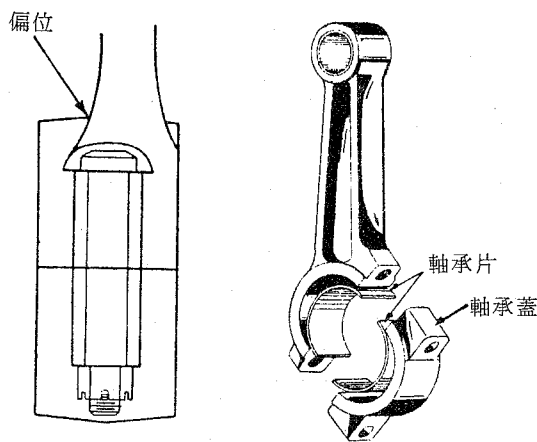


圖 2-2-58 偏位式連桿

圖 2-2-59 斜角式連桿

二、整體式連桿

整體式連桿多用於二行程汽油引擎或小型引擎上，連桿之大小端均使用滾柱軸承 (roller bearing)，以減少磨擦，如圖2-2-60所示。

2-5-3 連桿軸承

一、連桿小端軸承

一般連桿小端軸承皆以青銅為主，亦有使用鋼板為背，內襯以磷青銅或青銅之精密軸承。小型車或部分高轉速引擎，採用滾柱軸承。

二、連桿大端軸承

(一)一般連桿大端軸承，皆為精密式軸承，以軟鋼為背，內襯以軸承合金。此外為了防止軸承鬆動，就在軸承片上端製有一凸起之扣唇，而與軸承座上之凹槽相嵌合，如圖2-2-61所示。

(二)連桿軸承應具備之特性：

1. 磨擦係數低，耐磨耗性佳。
2. 導熱性佳，不使溫度過份升高。
3. 耐疲勞性佳且必須有相當之硬度及強度 (軸承經常受很大衝擊負荷，因此必須有相當之硬度及強度，不因疲勞而破壞)。
4. 具有埋沒性 (引擎機油中的固體微粒，或引擎運轉所產生之金屬粒等，能埋入軸承合金中，避免刮傷軸面，並防止磨耗)。

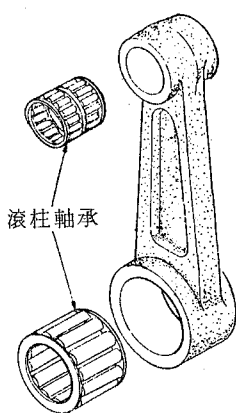


圖 2-2-60 整體式連桿與滾柱軸承 [註47]

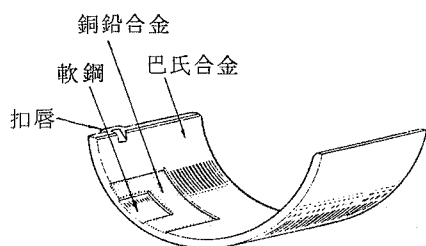
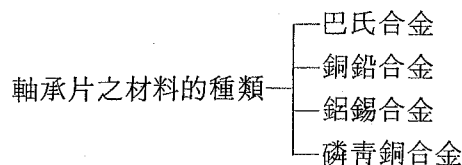


圖 2-2-61 連桿軸承片

5. 有適應性：軸承底座有變形或軸彎曲或安裝不正時，會使軸承與軸間之接觸面不良，如此就造成油膜不均，故此軸承片必須能適應才可。

(三)軸承片之材料：



1. 巴氏合金 (錫鉛合金)

以錫或鉛為主要成份而製成之軸承合金，稱為巴氏合金 (babbitt) 或白合金，此種合金係各軸承片之襯裏的材料中適應性、埋沒性、黏著抵抗力最好之一種，不僅耐用及不受機油中酸類之侵蝕，且鑄造性好。錫含量較多者為錫基合金，性能優良，但熔點低且價昂，故常提高鉛之含量，使成為鉛基合金。

2. 銅鉛合金：

銅鉛合金 (含鉛 20~40%) 含鉛量愈高其硬度愈低，而其適應性則愈佳。銅鉛合金之優點為疲勞強度大，且高溫下不會過份減低其強度，另外其導熱性好，可使軸承表面得到較低之溫度；反之，由於硬度高，故對於軸之適應性及埋沒性較差。現代引擎廣泛使用之軸承片為銅鉛合金，再於表面鍍一層 0.02~0.005 mm 厚之鉛基巴氏合金，中層銅鉛合金厚約 0.2~0.4 mm，連同鋼背共有三層，稱為三層軸承 (trimetal)。

3. 鋁錫合金

以鋁為基質，加入 20% 錫及少量之銅、鎳而成，它是一種新開發之軸承片金屬。具有耐腐蝕性、耐疲勞性及導熱性好之優點，但其適應性及埋沒性較差。鋁合金之膨脹係數較大，故要有較大之機油間隙 (oil clearance)。

4. 磷青銅合金

磷青銅合金耐壓性、耐磨耗性、耐腐蝕性均佳，機械強度亦高，為連桿小端所常用之軸承合金。

(四)連桿軸承之尺寸：

1. 擠壓高度 (crush height)：為使軸承片的背部與軸承座確實密合，使導熱性良好，故軸承片裝在座後，兩端應略為凸出，如圖2-2-62

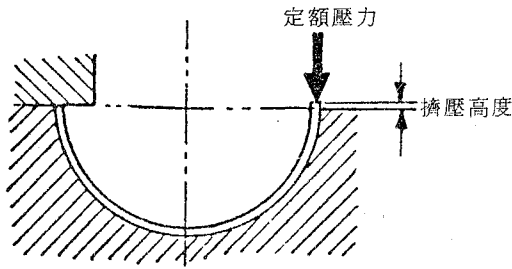


圖 2-2-62 軸承片之擠壓高度〔註48〕

所示。當軸承蓋鎖緊後，軸承片就會受到擠壓，而密合底座中，如此就可防止引擎運轉時軸承片在底座中移動。

擠壓高度約 0.05 mm，過小時，軸承片在底座中浮動，散熱不良使軸承片燒壞；擠壓高度過

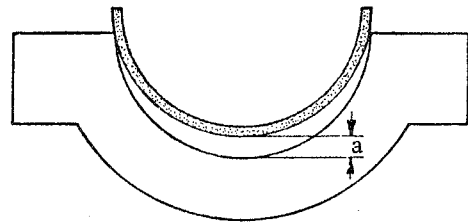


圖 2-2-63 軸承片外徑應較軸承座內徑大〔註49〕

大時，當螺絲鎖緊後，使軸承片向內彎曲而變形，損壞軸承片。

2. 軸承片在安裝前，軸承片之外徑應比軸承座之內徑為大，使其稍具彈性，如圖 2-2-63 所示。安裝時可與底座緊合，並防止軸承片凸出部分受擠壓而向內彎曲。

第六節 曲軸總成

2-6-1 概述

曲軸將各缸動力行程時產生之動力經由飛輪向外輸出，並將活塞之往復運動經連桿轉變為旋轉運動，並利用飛輪之慣性，將動力供給活塞做進汽、壓縮、排汽等工作。曲軸係由曲軸頸 (crank journal)、曲軸銷 (crank pin)、曲軸臂 (crank arm)、曲軸配重 (crank balance weight) 等組成，如圖 2-2-64 所示。

2-6-2 曲軸之材料與加工

(一) 曲軸承受很大之衝擊負荷，且高速迴轉，因此必須強度大耐磨損，過去均使用炭鋼或特殊鋼為材料，先鍛造成胚，再經過精密加工而成。現代高速引擎之活塞行程較短，曲軸銷到曲軸頸中心之距離亦縮短，故曲軸頸與曲軸銷之直線重疊部分增加，導致曲軸之剛性提高，故改用成本較低之球狀石墨鑄鐵或可鍛製鐵製成。

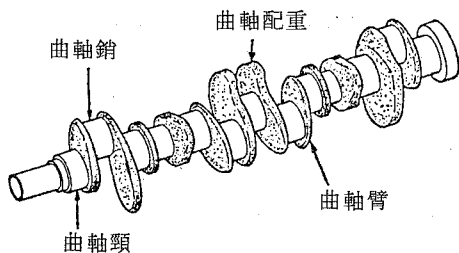


圖 2-2-64 曲軸之各部名稱〔註50〕

(二) 曲軸頸與曲軸銷部分於車光後經表面硬化處理，再磨光做為摩擦面，此外在各接角部均製成圓弧，以免應力集中而斷裂，如圖 2-2-65 所示。

曲軸各軸頸及軸銷之間均鑽有油道，使各相關軸承部分能得到充分之潤滑，並可減輕曲軸重量，如圖 2-2-66 所示。

2-6-3 曲軸之平衡

曲軸以極高轉速運轉，如果有局部重量不均，將產生嚴重振動，而使曲軸疲勞折斷，因此在曲軸銷之對面必須加上配重以保持平衡。有用螺

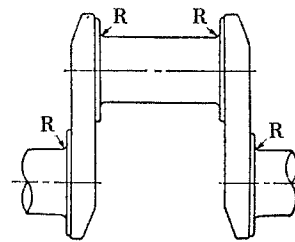


圖 2-2-65 曲軸頸與軸銷之圓弧加工〔註51〕

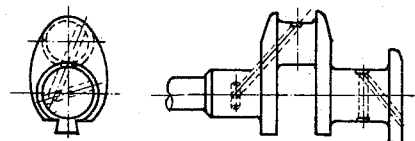


圖 2-2-66 曲軸之油道〔註52〕

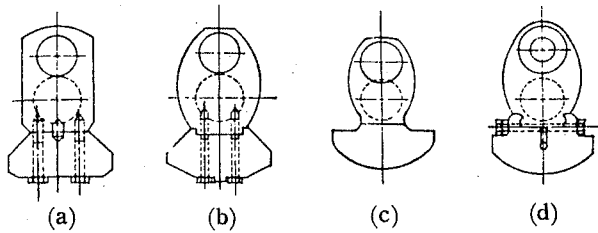


圖 2-2-67 曲軸之平衡配重 [註53]

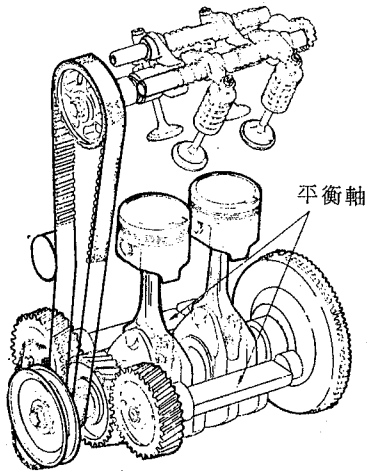


圖 2-2-68 平衡軸之裝置情形

絲固定可拆卸者如圖 2-2-67(a)、(b)、(d) 所示，亦有直接鑄造者如圖 2-2-67(c) 所示。

現在之高速引擎為減少引擎噪音，有採用如圖 2-2-68 所示之平衡軸來提高平衡效果者，平衡軸通常使用兩根，為半圓斷面，使用膠木齒輪 (bakelite gear) 與曲軸齒輪相嚙合，與曲軸之轉動方向相反，以消除曲軸轉動之慣性力。

2-6-4 曲軸之排列

一、概述

曲軸軸銷之排列，必須能得到最佳之平衡，當曲軸銷之排列決定後，則該引擎的汽門正時及點火正時也隨之決定。曲軸銷之數目，一般來說垂直線列式引擎和汽缸數相同，V 型或水平線列式引擎則為汽缸數之半。曲軸銷中心線之間相隔的角度稱為曲軸配角，現列表說明缸數與配角之關係如下：

表 2-2-2 缸數與曲軸配角之關係

缸數及型式	曲軸配角	缸數及型式	曲軸配角
1 (直)	360°	5 (直)	72°
2 (直)	180°	6 (直)(v)	120°
3 (直)	120°	8 (v)	90°
4 (v)(直)	180°		

二、二缸引擎曲軸

使用二或三道軸頸，軸銷配角為 180° 或 360°，點火順序為 1—2。

三、三缸引擎曲軸

使用四道軸頸，軸銷配角為 120°，點火順序 1—3—2 或 1—2—3。

四、四缸引擎曲軸

(一)線列式：如圖 2-2-69 所示，曲軸銷均在同一平面上，1—4 缸在一側，2—3 缸在另一側，通常使用三道或五道軸頸，曲軸銷配角為 180°。點火順序為 1—3—4—2 或 1—2—4—3，如圖 2-2-70 所示。

(二)V 式：如圖 2-2-71 所示，左右排之相對汽缸共用一個曲軸銷，使用二或三道軸頸，點火順序為 1—3—4—2 或 1—2—4—3，如圖 2-2-72 所示。

五、六缸引擎曲軸

(一)線列式：如圖 2-2-73 所示者稱為右手曲軸，因為由引擎前面看，第 3 缸在第 1 缸之右側，圖 2-2-74 所示者稱為左手曲軸，因為由引擎前面看，第 3 缸在第 1 缸之左側。第 1 缸與第 6 缸、第 2 缸與第 5 缸、第 3 缸與第 4 缸在同一平面，

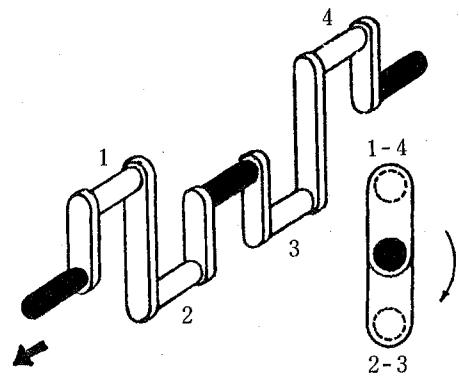


圖 2-2-69 線列四缸曲軸排列圖 [註54]

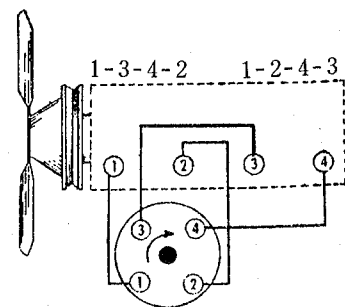


圖 2-2-70 線列四缸點火次序圖

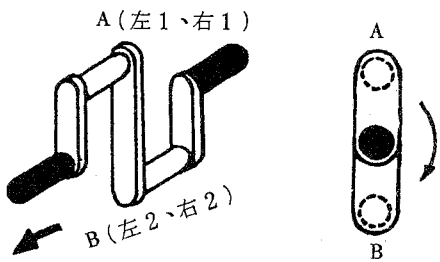


圖 2-2-71 四缸曲軸排列圖 A (左1, 右1)

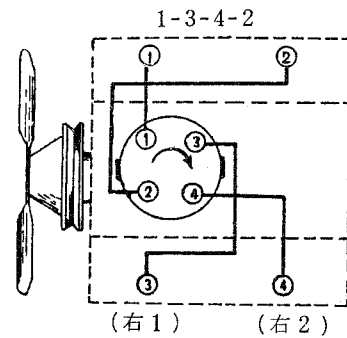


圖 2-2-72 四缸點火次序圖 B (左2, 右2)

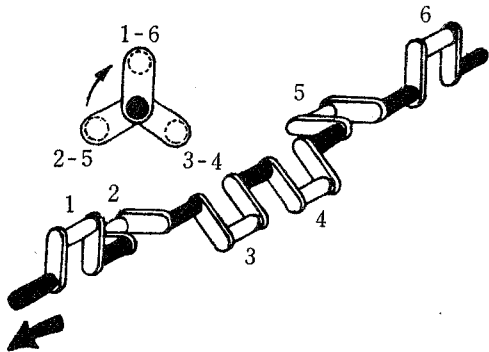


圖 2-2-73 線列六缸右手曲軸排列圖〔註55〕

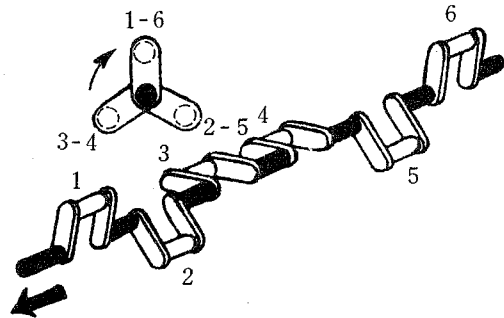


圖 2-2-74 線列六缸左手曲軸排列圖〔註56〕

其間各相隔 120° ，使用四或七道軸頸。點火順序右手曲軸為 1—5—3—6—2—4；左手曲軸為 1—4—2—6—3—5，如圖 2-2-75 所示。

(-)V 型如圖 2-2-76 所示，左右排之相對汽缸共用一道軸銷，使用四道軸頸，點火順序為 1—6—5—4—3—2，如圖 2-2-77 所示。即：

右 1—左 3—右 3—左 2—右 2—左 1
(即 1—6—5—4—3—2)

六、八缸引擎曲軸

(-)線列式使用兩根線列四缸曲軸相錯 90° 連接在一起稱為 4—4 曲軸，如圖 2-2-78 所示，另有一種將一根四缸線列曲軸，切成二半分別接在另一根曲軸前後端者稱為 2—4—2 曲軸。

因為引擎太長，佔用空間，且引擎平衡不佳，故現代引擎已不使用。4—4 曲軸第 1 與第 4 缸、第 2 與第 3 缸、第 5 與第 8 缸、第 6 與第 7 缸在同一平面。點火順序為 1—8—3—7—4—5—2—6；2—4—2 曲軸第 1 與第 8 缸、第 2 與第 7 缸、第 3 與第 6 缸、第 4 與第 5 缸在同一平面，點火順序為 1—6—2—5—8—3—7—4，如圖 2-2-79 所示。

(-)V 型如圖 2-2-80 所示，左右排之相對汽缸共用一軸銷，曲軸配角為 90° ，使用三道或五道軸頸，因各引擎之算法不同，而有很多不同之點火順序，基本上之點火順序有二，即：

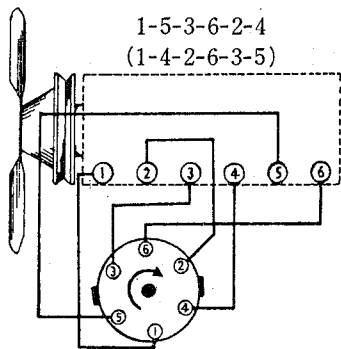


圖 2-2-75 線列六缸點火次序圖

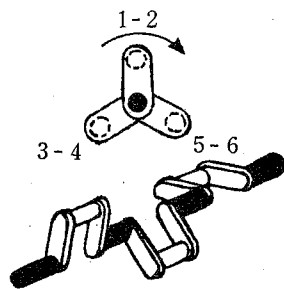


圖 2-2-76 V 式六缸曲軸排列圖

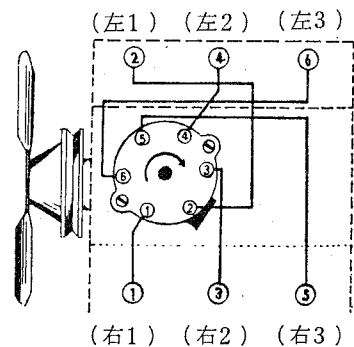


圖 2-2-77 V 式六缸點火次序圖

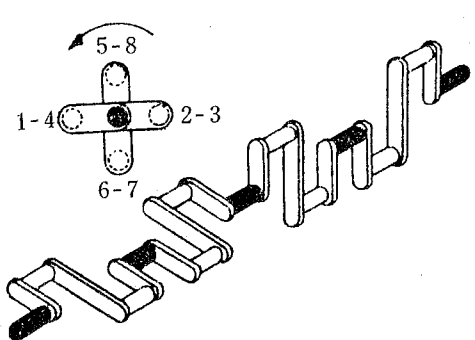


圖 2-2-78 線列八缸 4-4 曲軸排列圖 [註57]

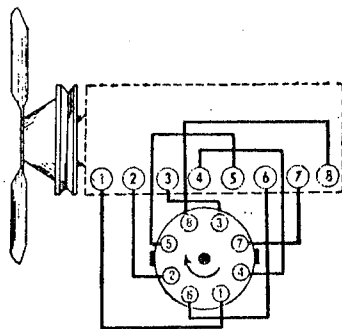


圖 2-2-79 線列八缸點火次序

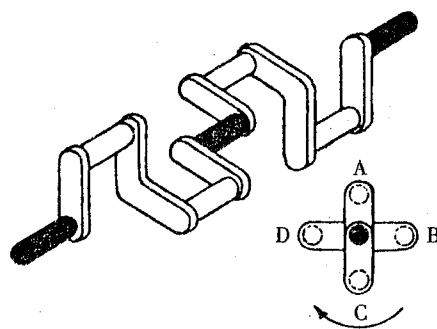


圖 2-2-80 V 型八缸曲軸排列 [註58]

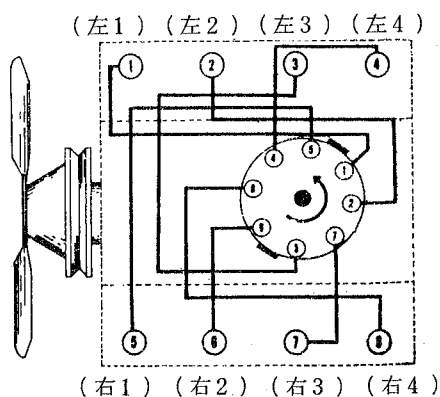


圖 2-2-81 V 8 引擎點火次序圖

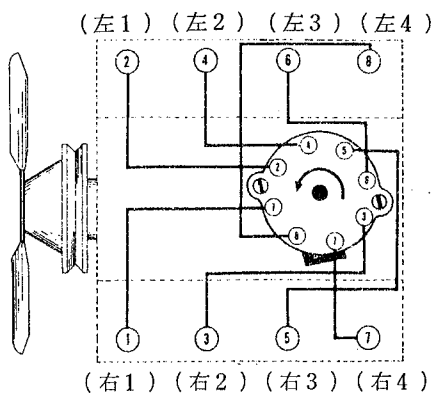


圖 2-2-82 V 8 引擎點火次序圖

左 1—右 1—左 4—右 4—右 2—左 3—
右 3—左 2
(即 1—5—4—8—6—3—7—2)
右 1—左 4—右 4—右 2—左 3—右 3—
左 2—右 1
(即 1—8—7—3—6—5—4—2)
如圖 2-2-81 及圖 2-2-82 所示。

七、五缸引擎曲軸

過去四行程線列式引擎未有五缸者，西德奧迪 (Audi) 最近推出線列式五缸引擎，曲軸配角 72°，使用 6 道主軸頸，點火順序 1—2—4—5—3。

2-6-5 點火順序與各缸動作之關係

一、直列形四汽缸

(一) 1—3—4—2

曲軸回轉角度 汽缸數	← 1 回轉 →		← 2 回轉 →	
	0~180°	180~360°	360~540°	540~720°
1	燃 燒	排 汽	吸 入	壓 縮
2	排 汽	吸 入	壓 縮	燃 燒
3	壓 縮	燃 燒	排 汽	吸 入
4	吸 入	壓 縮	燃 燒	排 汽

(二) 1—2—4—3

曲軸回轉角度 汽缸數	← 1 回轉 →		← 2 回轉 →	
	0~180°	180~360°	360~540°	540~720°
1	燃 燒	排 汽	吸 入	壓 縮
2	壓 縮	燃 燒	排 汽	吸 入
3	排 汽	吸 入	壓 縮	燃 燒
4	吸 入	壓 縮	燃 燒	排 汽

二、直列形六汽缸

(一) 1-5-3-6-2-4

汽缸數	曲軸回轉角度		← 1 回轉 →		← 2 回轉 →	
	0~180°	180~360°	360~540°	540~720°		
	60~120°	240~300°	420~480°	600~660°		
1	燃 燒	排 汽	吸 入	壓 縮		
2	排 汽	吸 入	壓 縮	燃 燒	排	
3	入	壓 縮	燃 燒	排 汽	吸 入	
4	燒	排 汽	吸 入	壓 縮	燃 燒	
5	壓 縮	燃 燒	排 汽	吸 入	壓	
6	吸 入	壓 縮	燃 燒	排 汽		

(二) 1-4-2-6-3-5

汽缸數	曲軸回轉角度		← 1 回轉 →		← 2 回轉 →	
	0~180°	180~360°	360~540°	540~720°		
	60~120°	240~300°	420~480°	600~660°		
1	燃 燒	排 汽	吸 入	壓 縮		
2	入	壓 縮	燃 燒	排 汽	吸 入	
3	排 汽	吸 入	壓 縮	燃 燒	排	
4	壓 縮	燃 燒	排 汽	吸 入	壓	
5	燒	排 汽	吸 入	壓 縮	燃 燒	
6	吸 入	壓 縮	燃 燒	排 汽		

三、直列形八汽缸

1-5-4-8-6-3-7-2

汽缸數	曲軸回轉角度		← 1 回轉 →		← 2 回轉 →	
	0~180°	180~360°	360~540°	540~720°		
	90°	270°	450°	630°		
1	燃 燒	排 汽	吸 入	壓 縮		
2	燒	排 汽	吸 入	壓 縮	燃	
3	汽	吸 入	壓 縮	燃 燒	排	
4	壓 縮	燃 燒	排 汽	吸 入	壓	
5	縮	燃 燒	排 汽	吸 入	壓	
6	吸 入	壓 縮	燃 燒	排 汽		
7	排 汽	吸 入	壓 縮	燃 燒		
8	入	壓 縮	燃 燒	排 汽	吸	

2-6-6 動力重疊

在六缸以上之引擎，前一缸之動力未完，次一缸之動力已經開始，因此就有動力重疊的部分，此稱為動力重疊 (power over lap)，若排汽門早開 48°，則四行程六缸及八缸引擎動力重疊角度如下：

每缸動力行程時實際曲軸轉角

$$180^\circ - 48^\circ = 132^\circ$$

六缸引擎之動力間隔

$$720^\circ \div 6 = 120^\circ$$

八缸引擎之動力間隔

$$720^\circ \div 8 = 90^\circ$$

六缸之動力重疊角度

$$132^\circ - 120^\circ = 12^\circ$$

八缸之動力重疊角度

$$132^\circ - 90^\circ = 42^\circ$$

圖 2-2-83 為四缸、六缸及八缸四行程引擎之動力情形。

2-6-7 曲軸軸承

曲軸銷處用連桿大端軸承與連桿相連接，在曲軸頸處則必須用曲軸軸承 (俗稱主軸承) 支承在汽缸體上，其形狀材質均與連桿大端軸承相同，但曲軸之主軸承，至少需一道推力軸承 (thrust bearing)，以承受曲軸之軸向推力。這

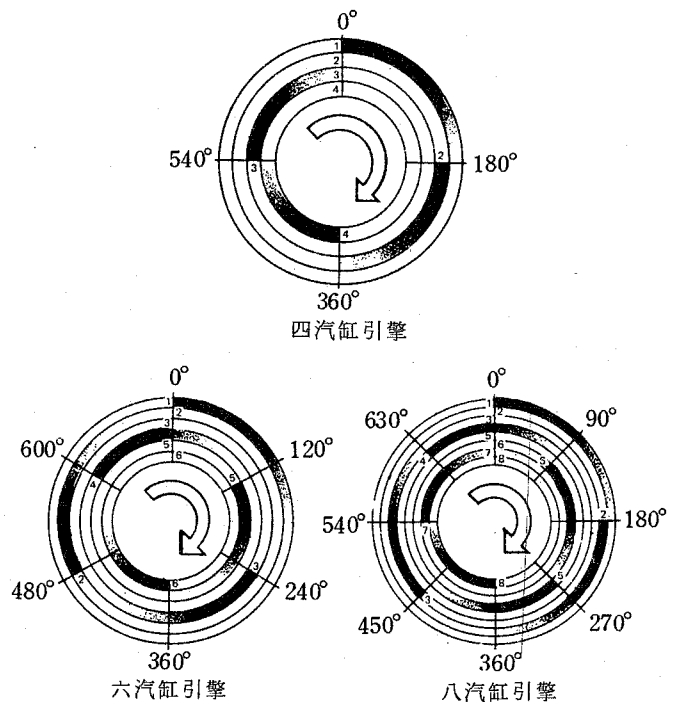


圖 2-2-83 四缸、六缸、八缸之動力重疊情形 [註59]

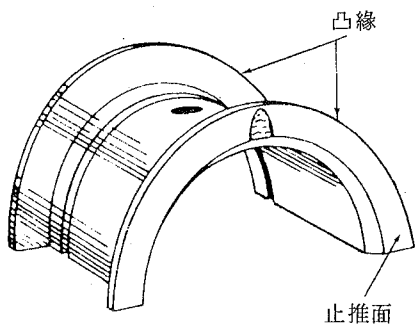


圖 2-2-84 曲軸凸緣推力軸承〔註60〕

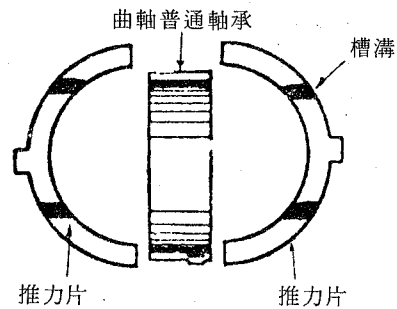


圖 2-2-85 推力軸承

個推力軸承安裝之位置不一定，有的在中央之主軸頸處，亦有在前後之主軸頸處。其形式有兩種，一種為整體式，即兩端有凸緣之凸緣軸承 (flanged bearing)，如圖2-2-84所示。

另一種為使用兩片半圓形狀之推力片，分開夾住主軸承之兩側，推力片上有凸脊或銷來固定，壓力面上有槽溝以儲存潤滑油，如圖2-2-85所示。

第七節 飛輪與皮帶輪

2-7-1 概述

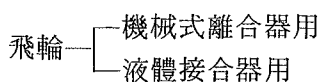
曲軸的後端接飛輪 (flywheel)，前端接皮帶盤 (pulley) 或減震器 (damper)。

飛輪的功用在動力行程時吸收動能向外輸出，並儲存部分動能供給進汽、壓縮、排汽各行程時用，使引擎能運轉並使動力能平穩輸出，並做為離合器之主動機件，及發動引擎時之被動機件。引擎汽缸數少，所需要之飛輪愈大愈重，普通四缸引擎有40%之動能儲存，六缸引擎有20%之動能儲存。

2-7-2 飛輪之種類與構造

一、概述

引擎使用之飛輪依離合器之不同而異，分機械離合器與液體接合器二類：



二、機械離合器用飛輪

圖2-2-86所示為機械離合器所使用之飛輪，用鑄鐵製成。使用螺絲與曲軸凸緣相連接，中間有嚮導軸承 (pilot bearing)，與離合器片之摩擦面經精密加工。圓周裝有齒環，普通係將齒環加熱後套入，冷卻後即緊密結合在一起。有些飛輪上並打有上死點及點火正時記號。

三、液體接合器用飛輪

圖2-2-87所示為液體接合器用之飛輪。飛輪與主動葉輪焊在一起，被動葉輪與不動葉輪等包在內部，而形成一個液體接合器組。

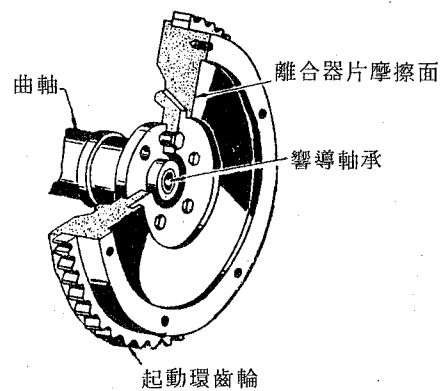


圖 2-2-86 機械離合器所使用之飛輪〔註61〕

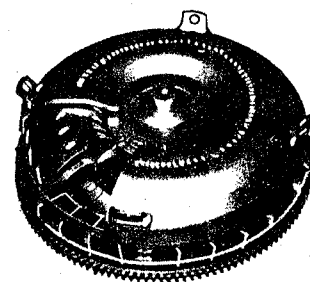


圖 2-2-87 液體接合器所使用之飛輪

2-7-3 皮帶輪與減震器

一、概述

引擎曲軸前端在四缸以下之引擎裝用簡單之皮帶輪，用以驅動水泵及發電機，或動力轉向機油泵與冷氣機之壓縮機等。六缸以上長曲軸，裝用減震器，除前述之功用外，並可以吸收曲軸之扭轉振動 (torsional vibration)。

所謂扭轉振動係假定曲軸為橡皮製成，當曲軸之第一、二缸動力行程時，有使曲軸前部向前轉動之傾向，而曲軸後部則因飛輪之慣性不能立刻跟隨轉動，此時曲軸產生扭曲現象。第一、二缸動力行程以後，飛輪之慣性反使曲軸之後部較

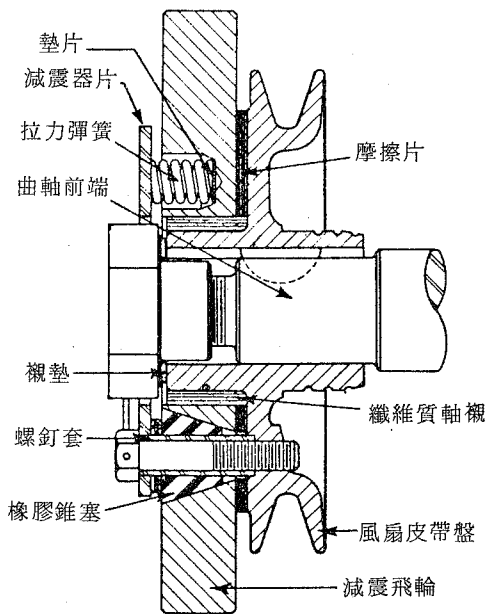


圖 2-2-88 摩擦片式減震器〔註62〕

前部轉得快，而發生另一方向之扭轉，此種來回之扭轉若不加以控制，在某種轉速時會很嚴重，而曲軸經長時間受扭轉應力會產生疲勞而致斷裂。減震器就是用來吸收此種振動之用。當曲軸前端發生加速或減速時，減震器上之配重就發生遲滯作用，而吸收扭轉振動。減震器有摩擦片式、橡膠式及液體式等三種。

二、摩擦片式減震器

圖 2-2-88 為摩擦片式減震器之構造，由減震飛輪、摩擦片等組成。由減震飛輪與皮帶盤間之滑動來吸收振動。

三、橡膠式減震器

如圖 2-2-89 所示，慣性環與皮帶盤間使用橡皮接合。利用橡皮之彈性來吸收振動。

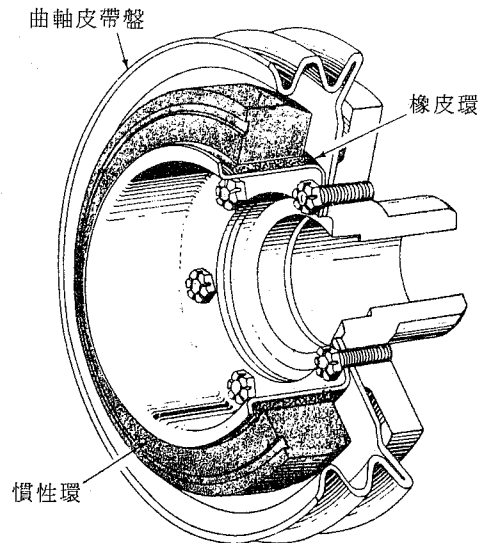


圖 2-2-89 橡膠式減震器〔註63〕

第八節 汽門機構

2-8-1 概述

四行程引擎之汽門操作機構，可分為側汽門式 (side valve type)，如圖 2-2-90 所示，頂上汽門式 (over head valve type)，如圖 2-2-91 所示，頂上凸輪軸式 (over head cam-shaft type)，如圖 2-2-92 所示三大類。近代引擎有多採用頂上凸輪式 (簡稱 O.H.C.) 之傾向。

一、側汽門式操作機構

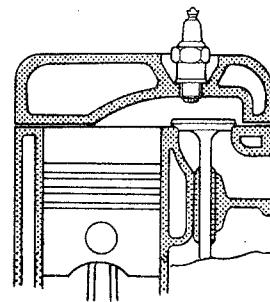


圖 2-2-90 側汽門式操作機構〔註64〕

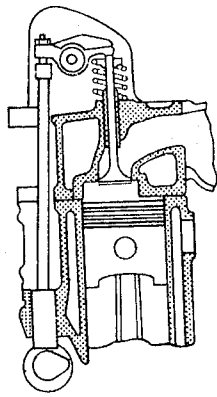


圖 2-2-91 頂上汽門式操作機構〔註65〕

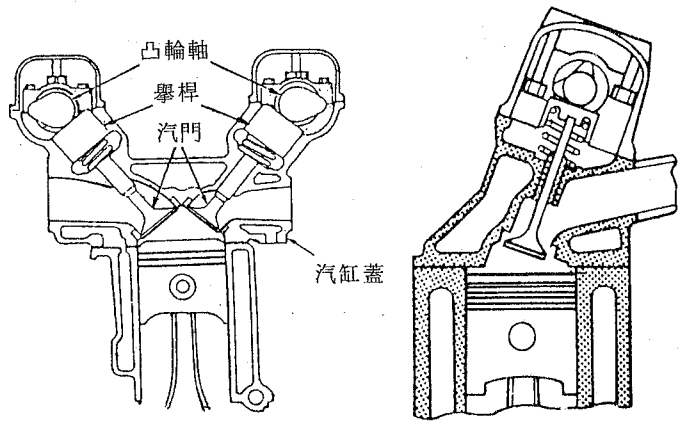


圖 2-2-92 頂上凸輪式操作機構〔註66〕

T型及L型之進排汽門，F型之排汽門的汽門操作機構屬於此式。包括曲軸時規齒輪 (crankshaft timing gear) 或鏈輪 (sprocket)、凸輪軸 (camshaft)、凸輪軸時規齒輪 (camshaft timing gear) 或鏈輪、時規鏈條 (timing chain)、汽門舉桿 (tappet)、汽門 (valve)、汽門座 (valve seat)、汽門導管 (valve guide)、汽門彈簧 (valve spring)、汽門彈簧座 (valve spring retainer) 等組成，如圖 2-2-93、2-2-94 所示。

於此式，因汽門裝在汽缸蓋上，除側汽門式操作機構之全部機件都有外，另外尚需增加汽門推桿 (push rod)、汽門搖臂 (rocker arm)、汽門搖臂軸 (valve rocker arm shaft)、搖臂間彈簧 (rocker arm space spring) 等機件，如圖 2-2-95 所示。

二、頂上汽門式操作機構

F型之進汽門及OHV之進排汽門操作機構屬

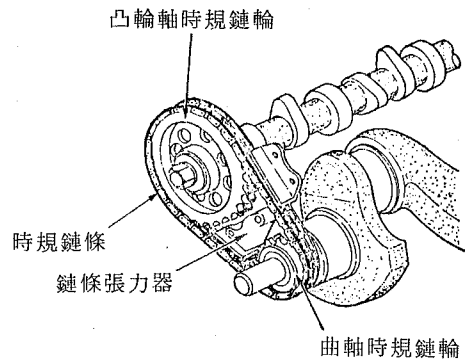


圖 2-2-94 時規鏈條與鏈輪〔註68〕

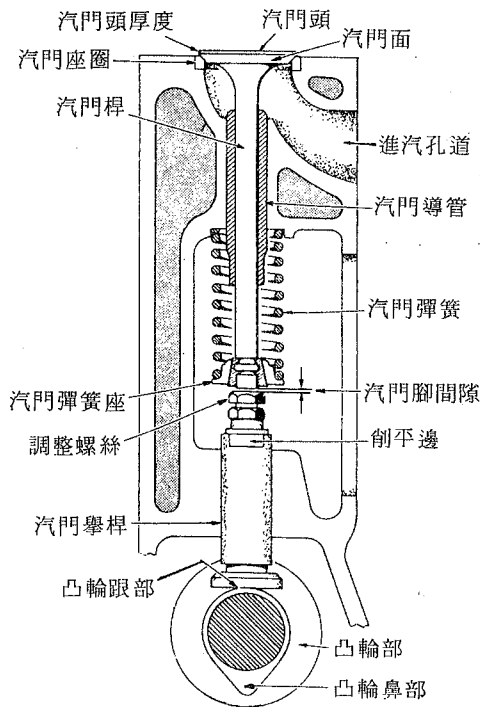


圖 2-2-93 側汽門式操作機構〔註67〕

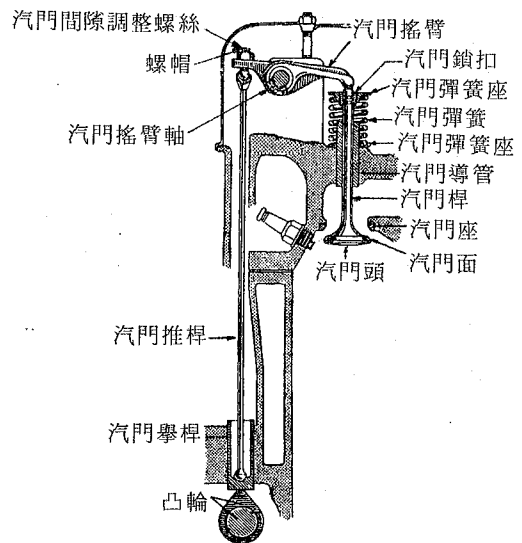


圖 2-2-95 頂上汽門式操作機構

三、頂上凸輪式操作機構

頂上凸輪有單凸輪及雙凸輪兩種，以單凸輪者使用較多，因凸輪裝在汽缸蓋上，由凸輪直接操作汽門之開閉或經搖臂控制汽門之開閉，因此需要使用很長之金屬鏈條，或附齒之橡皮帶。使用長之鏈條必須使用張力器 (tensioner) 及鏈條減震器 (chain damper) 來控制鏈條。不必使用汽門舉桿與推桿，如圖 2-2-96。

2-8-2 汽門的工作情況

汽門尤其是排汽門之工作情況為引擎中最艱鉅之機件，承受之溫度很高，動作速度很快，承受的力量很大，如圖 2-2-97 所示，現簡述如下：

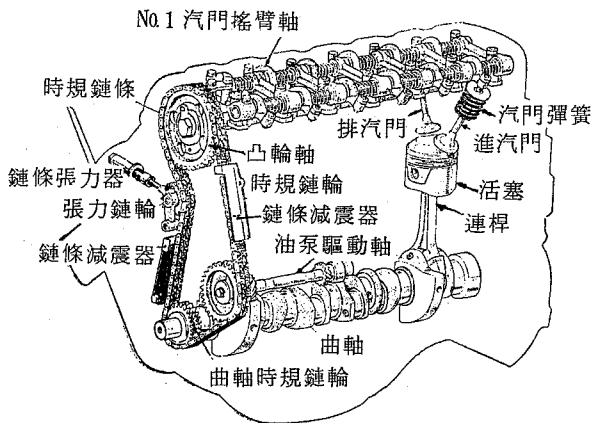


圖 2-2-96 頂上凸輪式汽門操作機構〔註 69〕

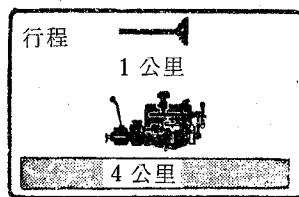
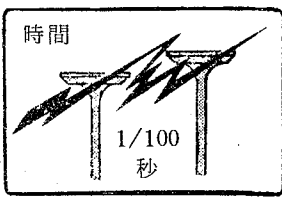
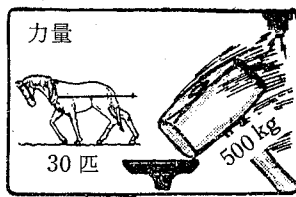
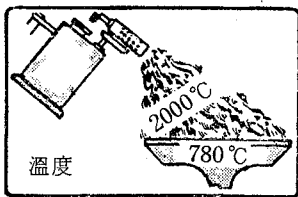
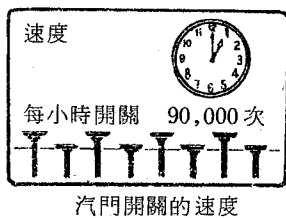


圖 2-2-97 汽門工作情況

一、速度

一部以每小時 60 公里速度行駛之車輛，若引擎以每分鐘 3,000 轉運轉，則汽門每小時要開閉將近 90,000 次。

二、時間

若引擎以每分鐘 3,000 轉運轉，汽門打開或關閉的時間約 1/100 秒，其中汽門開的時間約佔 1/3，關的時間佔 2/3，可見汽門開閉動作非常迅速。

三、溫度

排汽門頭及座要承受高達 2,200 °C 之燃燒氣體作用，汽門本身最高溫度可達 780 °C，而仍須保持原有的硬度和形狀。

四、行程

汽車每行駛 4 公里，汽門在導管中的行程大約要來回走 1 公里。

五、力量

每個汽門重約 150 克，但需控制約 30~40 匹馬力和約 500 kg 的壓力，而不致發生漏汽。

2-8-3 汽門應具備之條件及材料

排汽門在工作時各部溫度之分佈如圖 2-2-98 所示，在接近 800 °C 的高溫下，都已變成赤紅狀態，但必須能與汽門座保持良好接觸，且須保持原有強度以承受撞擊。

一般鋼鐵在高溫下均會迅速氧化脫壳而很快腐損，因此，排汽門使用之材料須具有抗熱性，最重要的是在高溫下必須保持其強度、硬度而不腐蝕，因此常使用含高鉻之鎳鉻鋼、矽鉻鋼等製造。進汽門因有新鮮混合汽冷卻，工作溫度較低，一般使用普通合金鋼、鈷鉻鋼、鎳鉻鋼等製成。由前述汽門之工作情況，可知汽門應具備下列

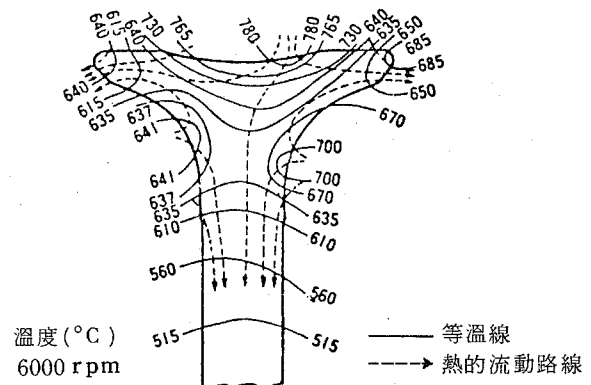


圖 2-2-98 排汽門工作溫度之分佈與傳導

條件：

- (一)具有耐熱性及良好導熱性。
- (二)在高溫下不會發生氧化腐蝕。
- (三)在高溫下仍能保持其硬度與強度，能耐衝擊。
- (四)具有良好的耐磨損性。

2-8-4 汽門之種類及構造

一、汽門之構造

現代引擎所使用之汽門的構造及各部名稱如圖2-2-99所示，分汽門桿、汽門頭兩大部分。汽門頭之邊緣厚度 (margin) 必須足夠才不會變形；汽門面 (face) 之角度，通常排汽門為 45°，進汽門為 30° 或 45°；汽門桿端或稱汽門腳有槽溝，以安裝汽門彈簧鎖扣。

二、汽門種類

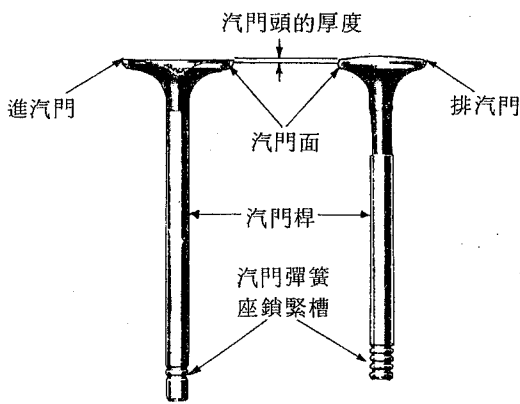
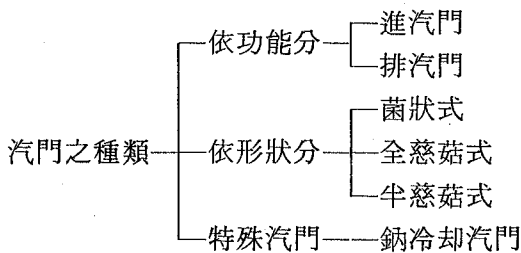


圖 2-2-99 汽門各部名稱〔註70〕

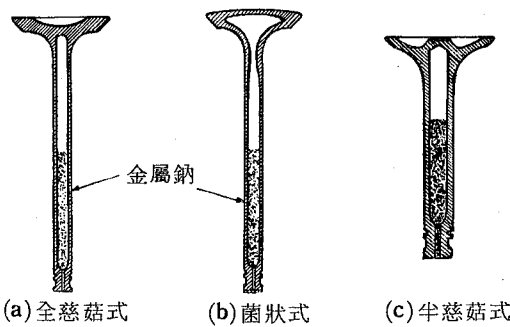


圖 2-2-100 汽門形狀及充鈉汽門

依汽門頭部剖面形狀不同可分下列三種：

(一)菌狀式：汽門頭頂部稍微凸出或平整，使用最多，如圖 2-2-100 (b)所示。

(二)全慈菇式：汽門頭頂部整個凹下，一般用在較大之進汽門上，目的為減輕重量，如圖 2-2-100 (a)所示。

(三)半慈菇式：汽門頭頂部有一圈凹下，中央與周邊同高，如圖 2-2-100 (c)所示。

三、鈉冷卻汽門

為提高排汽門之散熱效能，防止排汽門因高溫而損壞，有些重型車輛及氣冷式引擎常使用鈉汽門。鈉汽門之汽門桿為中空，內裝半滿之金屬鈉 (metallic sodium)，如圖 2-2-100 所示。鈉之比熱極高，熔點僅 132.2 °C，但沸點高達 880 °C，汽門在開閉動作時，內部之鈉隨著上下跳動，鈉在汽門桿頂部時，可以吸收大量熱，流到汽門桿底部時，將熱經汽門導管而發散到冷卻系中。

2-8-5 汽門座

一、概述

汽門座用以承座汽門，普通汽缸體或汽缸蓋在鑄造時直接製成，亦有加入鎳鉻於汽門座附近使成局部鑄鐵合金。鋁合金之汽缸體或汽缸蓋則需另外鑄入鎳鉻鋼 (tungstenchrome steel) 等製成之汽門座圈。

二、汽門座寬度

汽門座要與汽門保持良好的氣密，最好為線接觸。因汽門不斷的在上面打擊，因此最初配合時必須有適當的寬度。汽門座寬度較大的導熱性較好，但容易夾雜物而使氣密不良。普通進汽門座寬度較狹，約 1 mm，排汽門座寬度較大，約 1.5 mm。

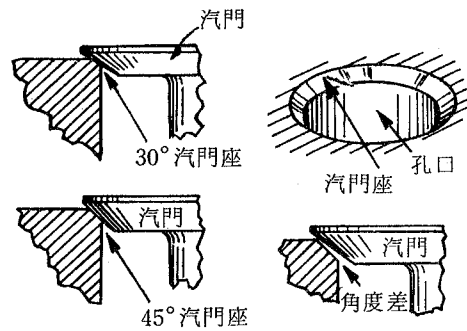


圖 2-2-101 汽門座與汽門的配合〔註70〕

三、汽門座角度

汽門座角度進汽門為 45° 或 30°，排汽門為 45°。有些車子排汽門磨成 45° 而汽門座磨成 46°，或汽門座 45°，汽門磨成 44°，使成爲線接觸以提高密封性，如圖 2-2-101 所示。

2-8-6 汽門導管

汽門導管之目的爲保持汽門的正確直線運動，普通爲鑄鐵製成，內外精密加工後壓入汽缸體或汽缸蓋中，如圖 2-2-102 所示。汽門桿與汽門導管間必須保持適當的間隙，普通排汽門之間隙要比進汽門大，以免汽門卡死在導管中。汽門桿與汽門導管之間隙若太大時，引擎機油會從此間隙進入燃燒室中。因此 OHV 或 OHC 引擎之汽門導管上裝有油封，以防止機油進入。

2-8-7 汽門彈簧

汽門彈簧之目的爲使汽門能確實的關閉，普通使用 1~2 條圈狀彈簧，二端磨平，使壓力平均，其表面塗一層保護漆或加以電鍍以保護之。材料普通爲矽錳鋼、鉻釩 (vandium) 鋼製成。爲防止彈簧之諧震與汽門之開閉動作相近時會使汽門無法關閉，因此常使用兩只彈簧一大一小套在一起，使諧震不會發生。如果僅用一條彈簧時，彈簧之圈距必須疏密不等，在安裝時，密的一端向固定端，疏的一端向活動端。

2-8-8 汽門彈簧座鎖扣

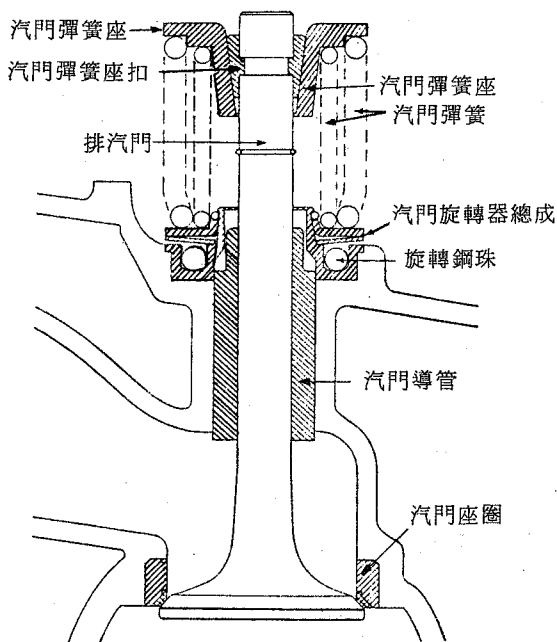


圖 2-2-102 汽門組合圖

汽門彈簧座與汽門桿之固定均使用鎖扣，鎖扣有下列數種：

(一)馬蹄式 (horse shoe type)，如圖 2-2-103 (a) 所示。

(二)銷式 (pin type)，如圖 2-2-103 (b) 所示。

(三)錐體式 (conical type)，如圖 2-2-103 (c) 所示。

2-8-9 凸輪軸總成

一、概述

凸輪軸總成包括凸輪軸 (cam shaft)、鏈輪 (chain sprocket)、軸承 (bearing)、鏈條 (chain)、張力器 (tensioner)、鏈條減震器 (chain damper) 等，如圖 2-2-104 所示。

二、凸輪軸

凸輪軸由曲軸以齒輪或鏈條帶動，其轉速四行程引擎爲曲軸之半。用來控制進排汽門之開閉及用以驅動汽油泵、分電盤、機油泵等機件。

一般引擎凸輪軸裝在汽缸體上與曲軸平行，OHC 引擎則裝在汽缸蓋上。凸輪軸之材質爲低炭鋼或中炭鋼鍛製而成，亦有使用特殊鑄鐵者，在凸輪及軸頸處經表面硬化處理後，精密磨光而成。

三、凸輪應具備之條件

凸輪以很快的速度開閉汽門，而汽門之開閉動作時間非常短，必須很確實，且不能發生噪音

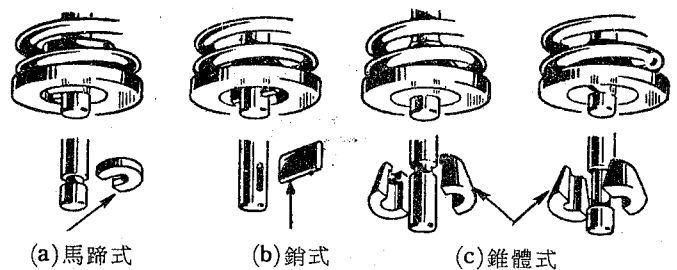


圖 2-2-103 汽門彈簧座鎖扣之種類 [註 71]

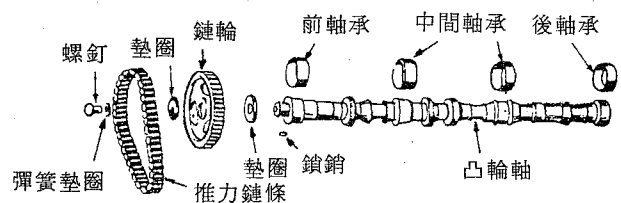


圖 2-2-104 凸輪軸總成

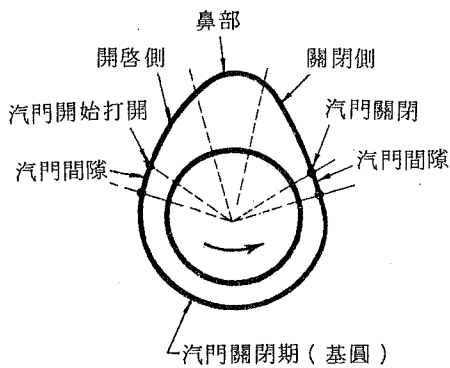


圖 2-2-105 凸輪各部名稱〔註72〕

，故凸輪必須具備下列條件：

(一)汽門開啓時不能產生撞擊，且開始打開到完全打開之時間儘可能縮短。

(二)汽門開啓完畢時，不會發生撞擊，且維持完全開啓的時間要長。

(三)汽門關閉的動作要儘量的縮短，汽門關閉完了時，不可產生撞擊。凸輪各部的名稱如圖2-2-105。

2-8-10 汽門正時機構

活塞移動與汽門開閉及火星塞之點火，其時間都必須精確配合。故曲軸與凸輪軸的轉動角度必須精確對正且須固定不變。曲軸與凸輪軸之傳動過去有使用正時齒輪 (timing gear) 者，但現代車輛都使用正時鏈條與鏈輪。正時齒輪都使用膠木 (bakelite)、西羅龍 (celeron) 及其他酚脂材料 (phenolic material) 製成，此類材料重量輕而彈性極佳，在高速時可承受較大負荷，而且操作無響聲。正時鏈條與鏈輪使用合金鋼製成。正時齒輪及正時鏈條與鏈輪之正時記號舉例如下：

(一)圖 2-2-106 爲用在側汽門式引擎之正時齒

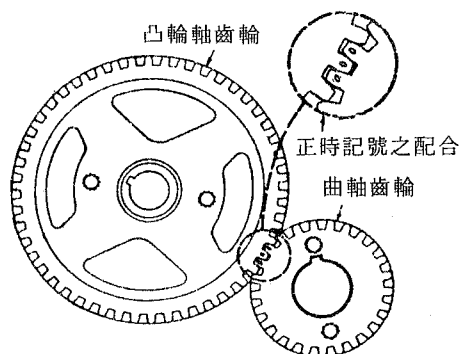


圖 2-2-106 正時齒輪記號〔註73〕

輪記號。

(二)圖 2-2-107 爲用在 OHV引擎之一種正時鏈

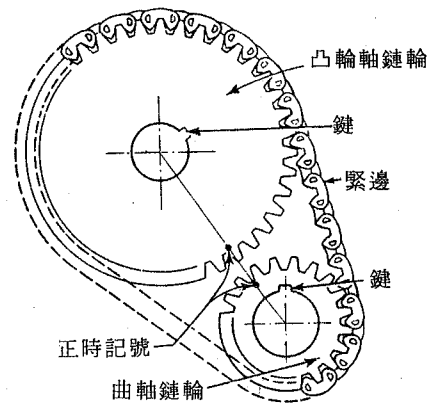


圖 2-2-107 正時鏈輪之正時記號〔註74〕

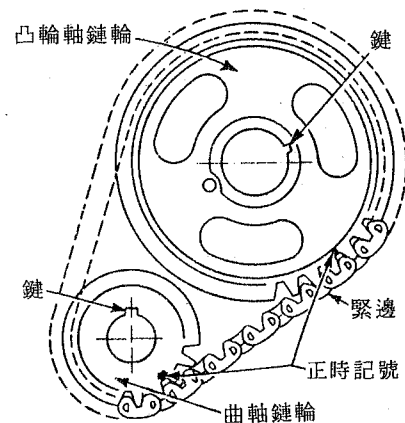


圖 2-2-108 正時鏈條與鏈輪之記號〔註75〕

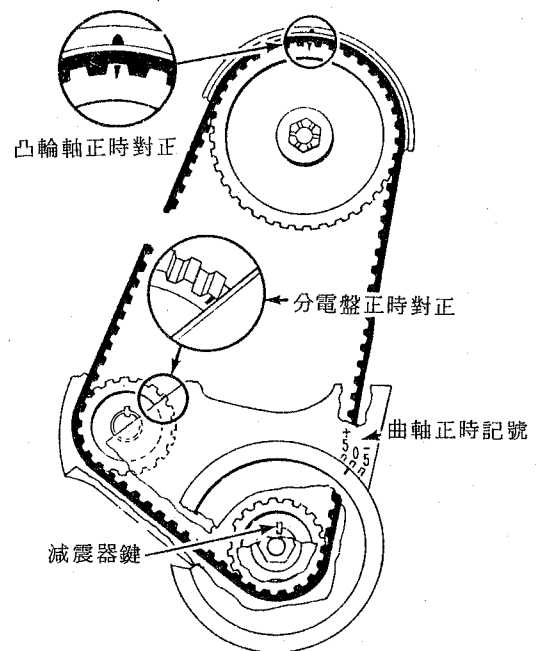


圖 2-2-109 OHC 引擎之正時記號〔註76〕

條與正時鏈輪之記號。

(三)圖 2-2-108 為用在 OHV 引擎之另一種正時記號。

(四)圖 2-2-109 為用在 OHC 引擎之正時記號。

2-8-11 汽門舉桿、推桿與搖臂

一、概述

汽門舉桿 (valve lifter or tappet) 係裝在引擎之汽門舉桿導管 (tappet guider) 中，將凸輪之旋轉運動變成直線運動，普通使用特殊鑄鐵製成，與凸輪及推桿之接觸面經表面硬化處理後磨光。為減少舉桿之磨損，舉桿與凸輪偏接，使舉桿在上下運動時能旋轉使磨損平均。如圖 2-2-93 所示，側汽門式引擎之舉桿上面有調整螺絲，用以調整汽門腳間隙。頂上汽門式引擎，間隙調整螺絲在汽門搖臂上；汽門推桿用在頂上汽門式引擎，為合金鋼製成，上端有球座，以容納搖臂調整螺絲，下端為球頭，承座在汽門舉桿上；汽門搖臂介於推桿與汽門間，改變運動方向，並具備槓桿利益，使汽門開啓量較凸輪之升程為大。圖 2-2-110 為 OHV 引擎之汽門舉桿、推桿、搖臂、搖臂軸、汽門等機件之構造。

二、汽門腳間隙

因汽門舉桿、推桿、汽門桿等機件在受熱後會膨脹，因此必須留有適當間隙，以防止汽門無法關閉，造成壓縮不良、漏火 (不點火) 或使汽門燒燬之毛病，如圖 2-2-111 所示。

但汽門腳間隙過大時會發生噪音，並且使汽門開啓之時間變短 (晚開、早關)，使引擎之性

能降低，因此引擎必須定期調整汽門腳間隙，以確保引擎性能。

三、消除汽門響聲之方法

汽門腳有間隙存在時，引擎運轉時會產生噪音，除在凸輪的初開及將關之部分設計斜面，使汽門之開閉不發生撞擊外，並有消除汽門腳響聲之特殊設計。

無聲汽門開閉裝置 — 液壓式汽門舉桿
— 無隙式汽門搖臂

(一)液壓式汽門舉桿 (hydraulic valve lifter)：圖 2-2-112 為液壓式汽門舉桿之構造及作用。液壓汽門舉桿由舉桿體 (lifter body)、推桿座 (push rod cup)、柱塞 (plunger)、柱塞彈簧 (plunger spring)、單向閥 (check valve) 等組成。

1. 當凸輪上行，推舉桿體向上，開啓汽門時

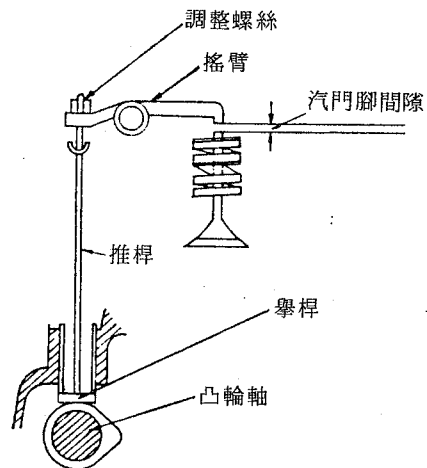


圖 2-2-111 汽門腳間隙 [註77]

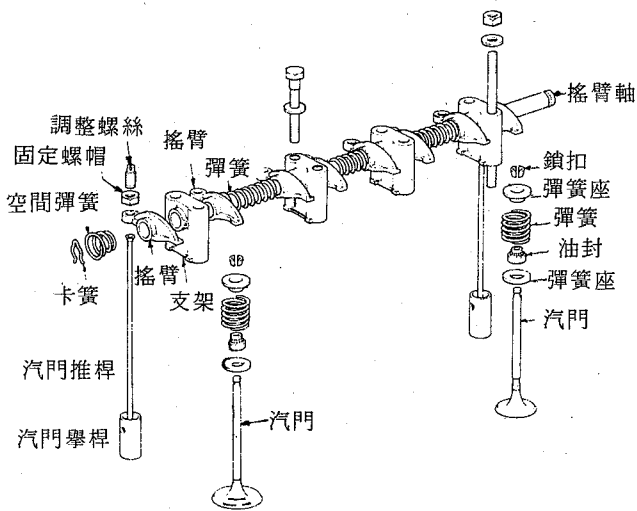


圖 2-2-110 OHV 引擎之汽門舉桿、推桿、搖臂、搖臂軸等機件

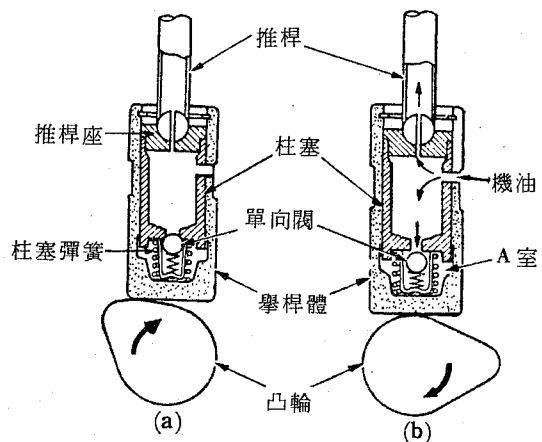


圖 2-2-112 液壓汽門舉桿的作用

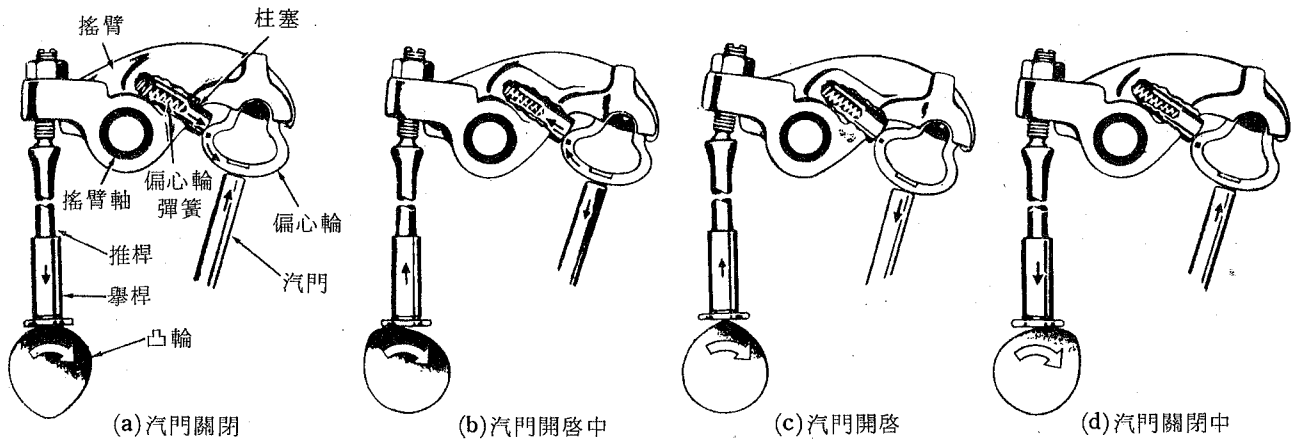


圖 2-2-113 無隙式汽門搖臂作用情形 (Ford Co.)

，如圖 2-2-112 (a)所示，舉桿體與柱塞間油壓上升，使單向閥關閉，使液壓舉桿成爲一整體，將汽門推開，此時會有部分機油從舉桿體與柱塞間漏出，供應潤滑。

2.當凸輪由最高點轉過，舉桿受到汽門彈簧張力向下行，到汽門關閉以後，汽門彈簧之壓力不再作用於舉桿上，柱塞彈簧之彈力使舉桿體與凸輪保持接觸，並使柱塞上推與汽門推桿保持接觸。A室中之容積變大，油壓降低使單向閥打開，機油進入補充，如圖 2-2-112 (b)所示，使汽門操作機件間不存空隙，運轉寂靜無聲。

(一)無隙式汽門搖臂 (silent lash type valve rocker arm)：無隙式汽門搖臂之構造及作用如圖 2-2-113 所示。搖臂中心增加偏心輪 (eccentric)、偏心輪彈簧 (eccentric spring)、柱塞 (plunger) 等機件。

1.當汽門閉合時，柱塞受偏心輪彈簧之力量將偏心輪向外推，使與汽門腳保持接觸，消除間隙，如圖 2-2-113 (a)所示。

2.當汽門打開時，偏心輪受力而向柱塞方向滑動，壓縮柱塞彈簧，柱塞頂住搖臂時，偏心輪即停止移動而將汽門壓開，如圖 2-2-113 (b)、(c)所示。因此不論汽門打開或關閉，偏心輪經常與汽門腳保持接觸，而使操作無噪音。

2-8-12 汽門旋轉器

一、概述

汽門旋轉器使汽門在每次開閉時能旋轉一些角度，具有下列優點：

(一)汽門面與汽門座能保持清潔，防止積炭或雜物堆存其間，使汽門關合緊密。

(二)汽門頂部溫度分佈比較均勻。

(三)汽門沾滯的故障減少。

(四)汽門使用壽命增長。

二、汽門旋轉器之種類

汽門旋轉器種類—自由式
自轉式

(一)自由式汽門旋轉器

如圖 2-2-114 所示，此式構造最簡單，僅在汽門舉桿與汽門腳間裝一脚杯 (tip cup) 即可，汽門桿之鎖扣槽溝較寬，使用圓柱形之汽門彈簧座鎖扣。當汽門舉桿頂起時，先頂汽門腳杯，

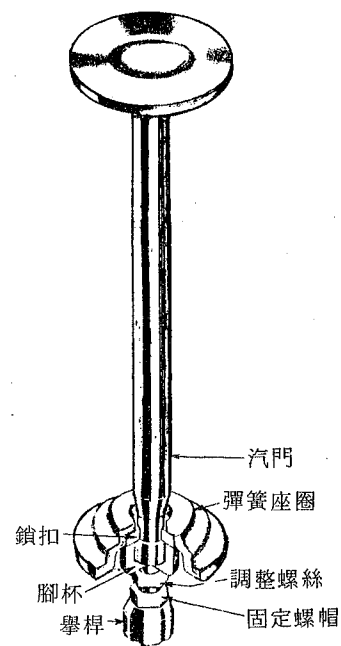


圖 2-2-114 自由式汽門旋轉器〔註78〕

脚杯再頂起汽門彈簧座，將汽門彈簧壓縮，使汽門桿未受到彈簧之張力而完全自由，因引擎運轉時之震動，就可以使汽門自由的旋轉。

(二)自轉式汽門旋轉器

自轉式汽門旋轉器係在彈簧座上加裝旋轉裝置，如圖 2-2-115 所示，彈簧座中裝置 5 只彈簧及鋼珠，鋼珠槽係斜形如 X X 斷面圖，彈簧座上有撓曲墊圈及座領，汽門彈簧壓在座領上。

1. 汽門舉桿上升推汽門脚時，汽門彈簧壓於座領之壓力增大，將撓曲墊圈壓平，再將鋼珠下壓，使鋼珠滑到斜槽之下方，壓縮鋼珠彈簧座有一反作用力存在。

2. 汽門關閉時，汽門彈簧作用在座領上之壓力減輕，撓曲墊圈又恢復原狀，鋼珠彈簧伸張，使彈簧座與座領間產生相對運動，汽門因鎖扣與彈簧座扣住，而旋轉若干角度。

2-8-13 汽缸數自動變化機構

一、概述

汽缸數自動變化機構 (variable cylinder select system) 為美國通用汽車公司 (GM) 裝於 1981 年型凱迪萊克 (Cadillac) 車上之 V-8-6-4 可變汽缸數引擎。此機構使用微電腦 (micro computer)，依汽車的行駛狀況改變引擎的排氣量。於引擎低轉速範圍時能產生大扭矩；於負荷小的巡行速度時，能將部分汽缸停止作用，使用汽缸數可由 8 缸變 6 缸或變 4 缸，以減少燃料消耗。

二、構造與作用

(一)汽缸數自動變化機構內的中樞為電子控制單元 [微電腦 E.C.M. (electronic control module)]，接受各感知器送來之信號，經研判

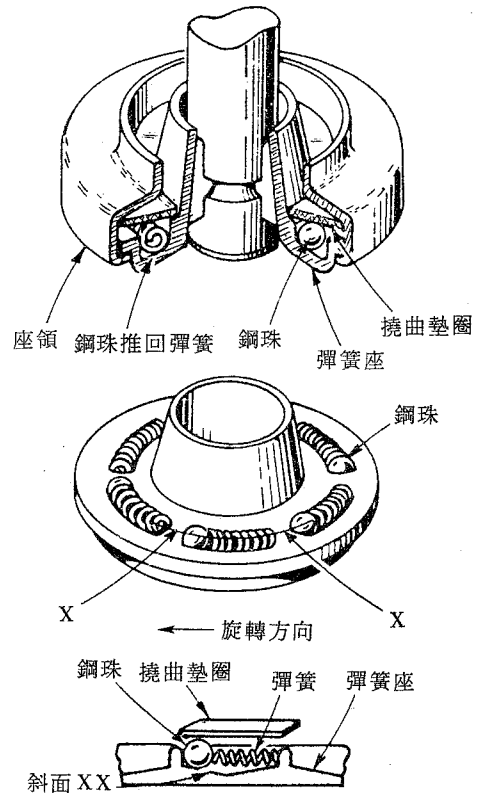


圖 2-2-115 自轉式汽門旋轉器 [註79]

後由電磁閥轉變為機械控制。汽缸蓋上有汽門操作機構，其構造如圖 2-2-116 所示。

(二)汽門搖臂的中央樞軸上部裝有選擇機構。選擇器的內部有彈簧，外部為選擇器體，選擇器的上部有阻擋板 (blocker plate)，阻擋板與電磁閥連在一起。

(三)當 E.C.M. 有信號送來時，首先電磁閥產生作用 (吸引)，將阻擋板旋轉。阻擋板上有一孔，選擇器上有一突出部 (爪)，當選擇器之爪從阻擋板的孔中露出時，選擇器體內的彈簧可以被壓縮，汽門搖臂改以汽門脚做支點上下運動，

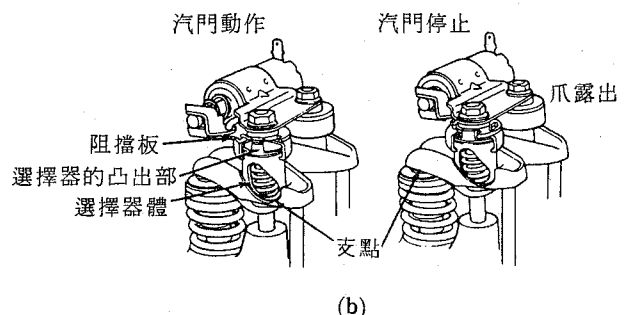
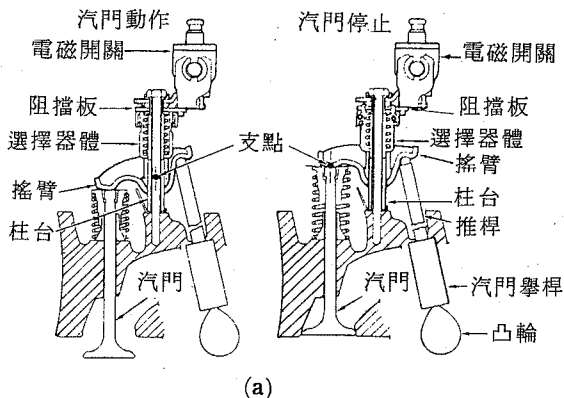


圖 2-2-116 可變汽缸數汽門操作機構 [註80]

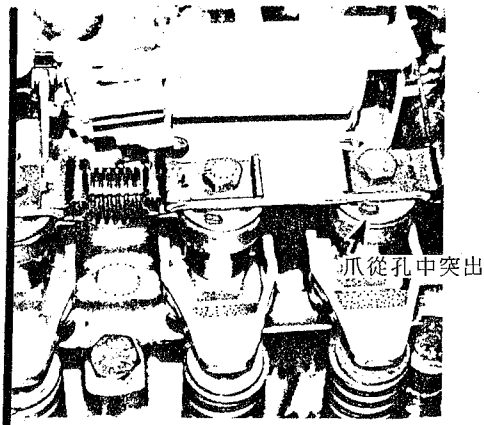


圖 2-2-117 電磁閥作用，爪從孔中突出情形

汽門推桿作用時，搖臂壓縮選擇器彈簧上下運動，使汽門無法打開，如圖 2-2-117 所示。

(四)當 E.C.M. 無信號送來時，電磁閥無電流，阻擋板復原，擋住選擇器體的突出部。汽門搖臂又恢復在搖臂中央，汽門能正常的開閉。

三、作用控制

汽缸的動作或停止由 E.C.M. 根據引擎冷卻水之溫度、使用排檔、引擎轉速、引擎負荷、車速等幾個感知器 (sensor) 送來的信號經研判處理後，自動的控制汽缸數，駕駛人不能隨意改變作用的汽缸數。

四、作用條件

(一)八個汽缸中，1—4—6—7 號汽缸上裝有汽門選擇器，如圖 2-2-118 所示，於六汽缸工作時停止 1—4 缸，於四汽缸工作時停止 1—4—6—7 缸。排汽量在八缸工作時約為 6,000 cc。

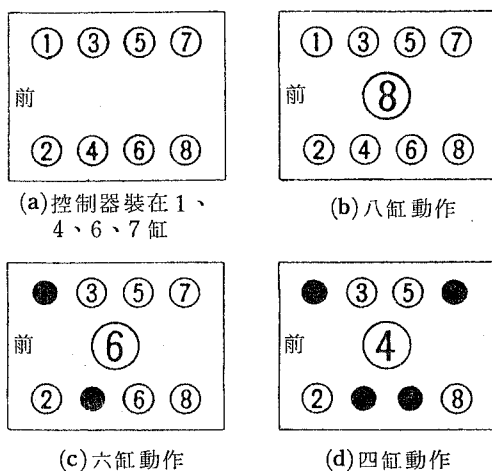


圖 2-2-118 汽門選擇器之安裝與控制

，六缸工作時約為 4,500 cc，四缸工作時約為 3,000 cc。必須水溫達到 70℃ 以上，排檔在高速檔，汽門選擇器才能產生作用。

(二)八汽缸工作：

車速在 93 km/hr 以上行駛中，腳離開節汽門減速需引擎煞車時，為八汽缸工作，或在下列情況時（但與引擎真空高低無關）：

1. 冷卻水溫未在 70~110℃ 範圍內。
2. 排檔未入高速檔。
3. 引擎轉速在 2600 rpm 以下。
4. 車速 43 km/hr 以下。

(三)八汽缸或四汽缸工作：

車速在 43~75 km/hr 範圍內，依據引擎的真空變化，引擎以八汽缸或四汽缸工作，不會變成六汽缸工作。

(四)八一六一四汽缸工作：

車速在 75 km/hr 以上，工作汽缸數如圖 2-2-118 (d) 所示，依引擎真空在八一六一四汽缸間變化。

(五)為了解引擎工作汽缸的數量變化，在儀錶板的中央設有省油指示錶 (economy meter)，將工作汽缸數按鍵按下時，工作汽缸數可以從數字錶中顯示出來。

2-8-14 多汽門引擎

1980 年代之日本新式汽油引擎為提高進汽效率以提高引擎性能，許多引擎採用 DOHC 多汽門化；四汽缸引擎使用 16 只汽門，如圖 2-2-119 所

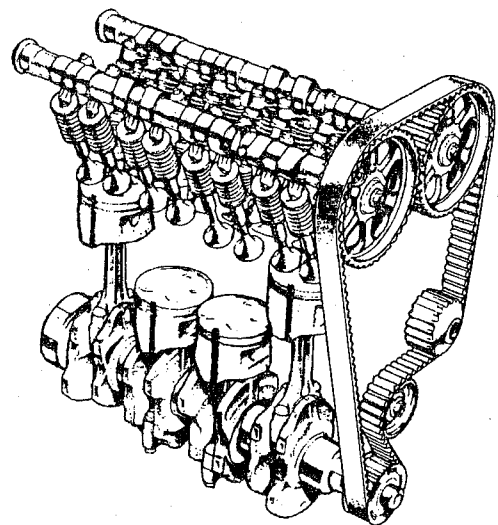


圖 2-2-119 四汽缸 16 只汽門引擎

示；六汽缸引擎使用24只汽門，火星塞裝在4只汽門之中間，如圖 2-2-120 所示。亦有一些 SOHC 四汽缸引擎使用12 只汽門(內每缸 2 只進汽門，1 只排汽門)，如圖 2-2-121 所示。

日本山葉 (Yamaha) FJ 750 機車四汽缸使用20只汽門，每個汽缸有 3 只進汽門，2 只排汽門，圖 2-2-122 為每缸五汽門之安裝情形。

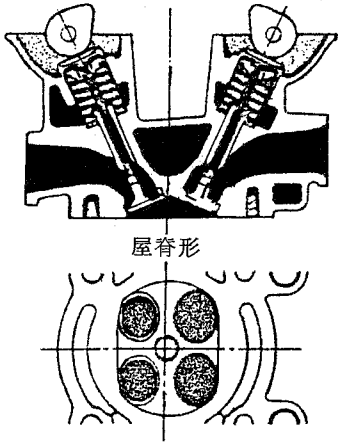


圖 2-2-120 汽門及火星塞位置〔註81〕

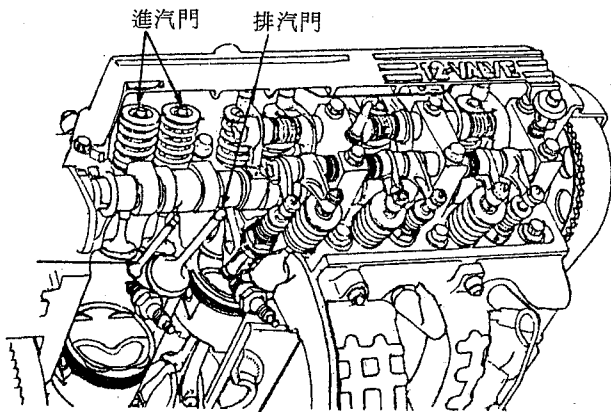


圖 2-2-121 四汽缸 12 只汽門引擎

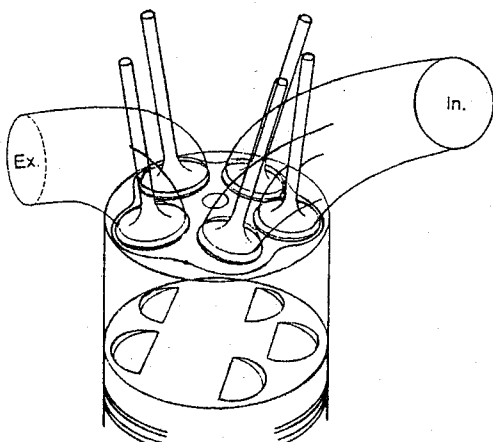


圖 2-2-122 每汽缸 5 只汽門之安裝方法

2-8-15 進汽渦流強化系統

(一)日本豐田汽車公司之六缸24汽門引擎，為提高進汽渦流，使用一種 T-VIS系統 (Toyota variable intake system)，即豐田可變進汽系統，二只進汽門對應兩個進汽管，在一側設有進汽控制閥，係以電磁閥及真空動作閥來開閉，如圖 2-2-123 所示，使在進汽量少的低速行駛範圍仍能使進汽流速保持一定，以維持良好渦流效果。

(二)後來豐田又以 T-VIS 為基礎，在 SOHC 引

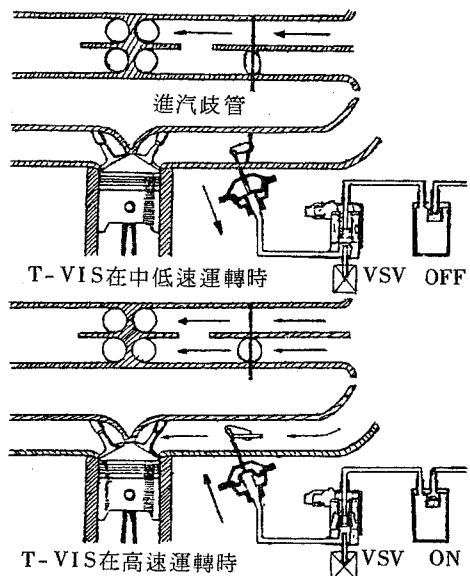


圖 2-2-123 豐田 T-VIS 作用圖〔註82〕

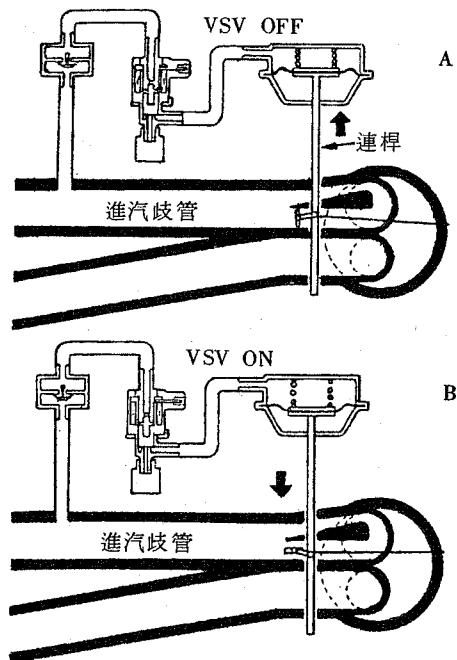


圖 2-2-124 豐田 SCV 作用圖〔註83〕

擎也使用渦流控制閥 (swirl control valve ; SCV)，將進汽歧管在入口處分為二，一側裝有 SCV，由渦流動作器 (swirl control actuator)，依進汽管之真空大小控制之。進汽管真空在 290 mmHg 以上之輕負荷範圍 SCV 關閉，以防止進汽流速降低。當進汽管真空在 210 mmHg 以下之高負荷範圍，SCV 打開，以防止進汽效率降低。圖 2-2-124 為 SCV 之構造及作用。

2-8-16 汽門數及正時控制機構

一、概述

日本三菱汽車公司於 1984 年推出一種可變進汽門數及正時之引擎，稱為雙作用超級汽缸蓋 (Dual action super head，簡稱 DASH)。該引擎之特點為：每個汽缸使用 3 只汽門，一只排汽門，二只直徑不同之進汽門；直徑較小的稱為一次進汽門 (primary intake valve，簡稱 PV)，直徑較大的稱為二次進汽門 (secondary intake valve，簡稱 SV)，進汽門之正時及通路面積能依行駛狀況做最佳之控制。

二、汽門正時與引擎轉速及扭矩之關係

圖 2-2-125 所示，為引擎使用早開晚關度數較少之低速型凸輪及使用早開晚關度數較多之高速型凸輪之引擎轉速與扭矩曲線圖。使用低速型凸輪在引擎高速運轉時，因進汽效率較差，故扭矩降低；使用高速型凸輪則相反，在低速真空強時之進汽效率差，故扭矩較低速型低。

三、提高進汽渦流，促進燃燒

要使燃燒良好，進入汽缸之混合汽必須有快速之渦流，在吸入空氣量較少的低速範圍，若通路面積大時，空氣流速會降低，改善燃燒作用之

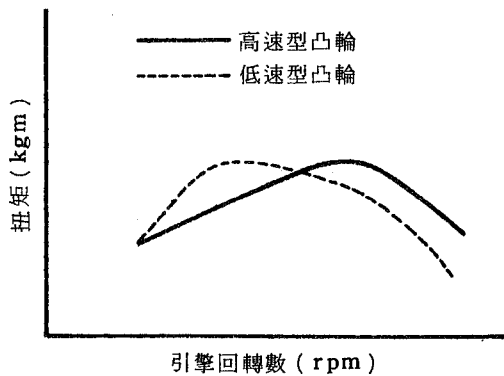


圖 2-2-125 高低速型凸輪性能曲線 [註84]

渦流無法形成。因此在低速吸入空氣量少時，應使進汽通路面積減少，以維持良好的渦流。

四、三菱 DASH (G 63B 型引擎) 之效果

三菱 G 63 B 型引擎改為 DASH 後，與原來引擎比較，最大馬力由 175 ps/5500 rpm，提高為 200 ps/6000 rpm，最大扭矩由 25.0 kgm/3500 rpm，提高為 28.5 kgm/3500 rpm，十段 (10 mode) 耗油率由 11.2 km/ℓ 提高為 11.4 km/ℓ，60 公里/小時定速耗油率由 20.7 km/ℓ 提高為 21.2 km/ℓ。最大馬力及扭矩均增高約 14%，且耗油率反而減少。

五、三菱 DASH 可變進汽門數及正時系統之構造及作用

(一) 三菱 DASH 汽門機構之構造如圖 2-2-126 所示，汽缸蓋內側之形狀如圖 2-2-127 所示。

(二) 進汽歧管之斷面積比例 $P : S = 1 : 2$ 。

(三) 進汽控制機構裝在 SV 上，如圖 2-2-128 所示。以 4 kg/cm^2 之油壓操作，由電腦指示電磁閥 ON-OFF 以控制搖臂內的活塞，使停止板

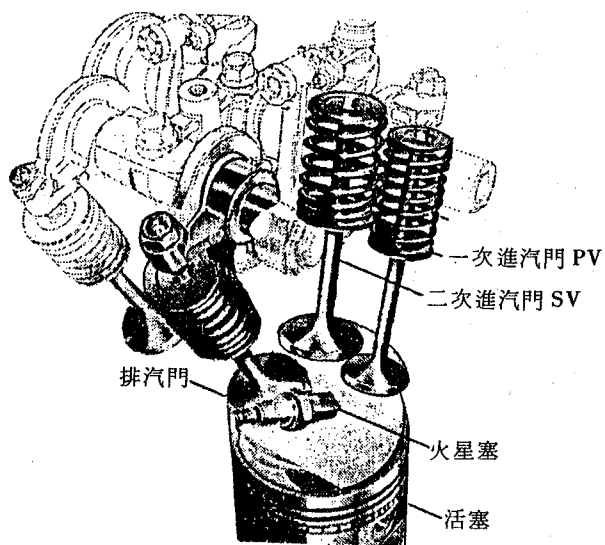


圖 2-2-126 三菱 DASH 汽門機構 [註85]



圖 2-2-127 三菱 DASH 汽門位置 [註86]

表 2-2-3 三菱 DASH (G63B) 與基本引擎汽門相關數據對照表

規格別	汽門頭直徑 (mm)		汽門正時 (開/閉)				汽門升高度 (mm)	
引擎別	G 63 B 引擎	基本引擎	G 63 B 引擎		基本引擎		G 63 B 引擎	基本引擎
進汽門	P	29	43	P	BTDC 10° / ABDC 42°	BTDC 19° / ABDC 57°	P	7.2
	S	37		S	BTDC 34° / ABDC 74°		S	9.0
排汽門	37		35		BBDC 72° / ATDC 20°	BBDC 57° / ATDC 9°	10.0	10.0

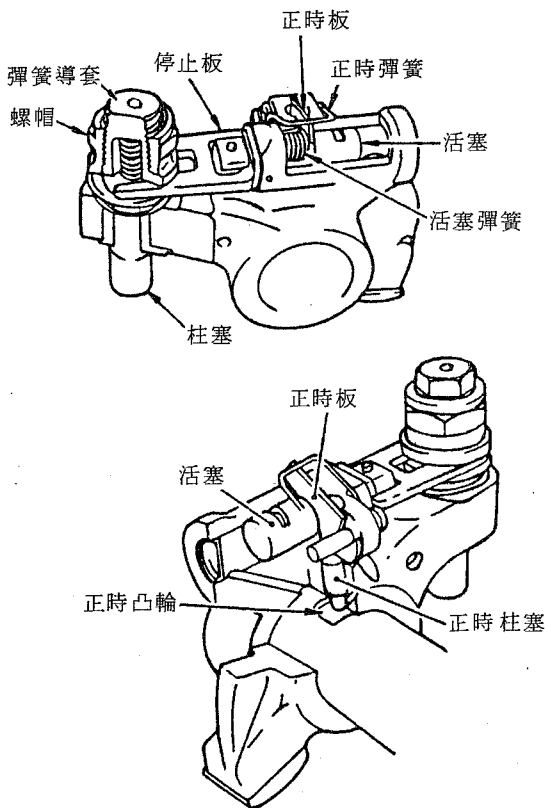


圖 2-2-128 SV 汽門控制機構構造 [註 87]

(stop plate) 進出以使 SV 關閉或打開。圖 2-2-129 所示為控制系統組成圖。

(四) 三菱 DASH (G 63 B) 與基本引擎各汽門之尺寸、汽門正時及汽門升高度之規格如表 2-2-3 所示。

(五) 在低速時, SV 不開, 僅 PV 作用, 以較少的早開晚關角度之汽門正時, 配合低速範圍之需要, 以維持良好的進汽渦流。

(六) 在中高速時, SV 及 PV 同時作用, 使進汽通路面積增大, 汽門正時配合中高速之需要, 早開晚關度數增大, 增加進汽效率, 提高引擎性能。

(七) SV 控制裝置之作用情形如圖 2-2-130 所示, 當油壓低時 (如圖中之 ① ~ ③), 活塞被彈簧推出, 同時將停止板拉出, 活塞完全退出後被正時板擋住, 停止板被拔出後, 柱塞能通過停止板上之大缺口。因此當搖臂壓下時, 柱塞滑入導

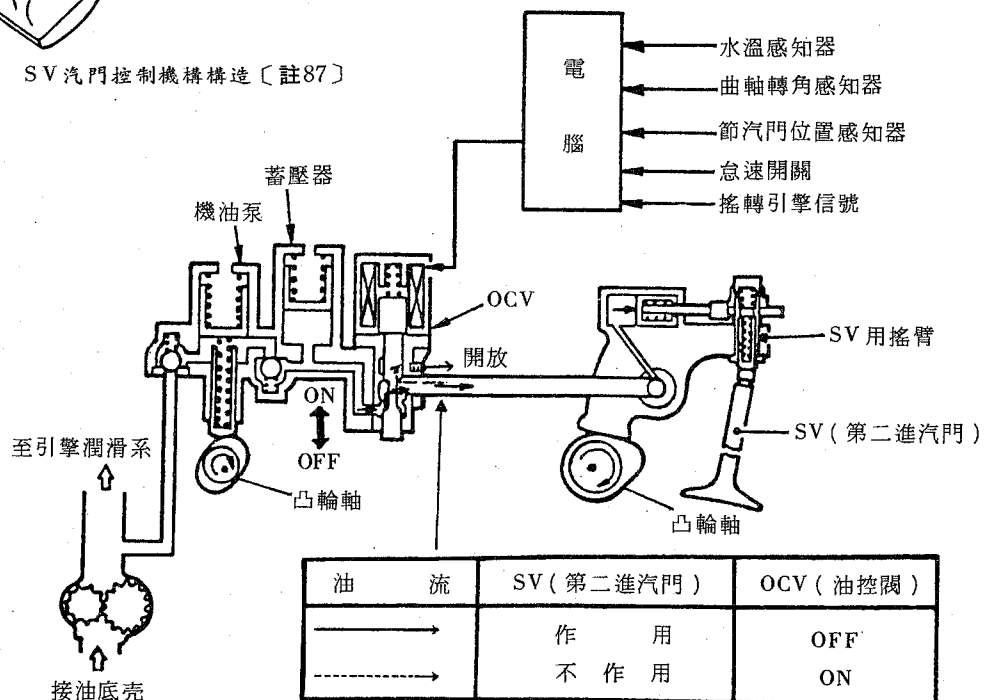


圖 2-2-129 SV 之關閉由電腦及油控閥控制 [註 88]

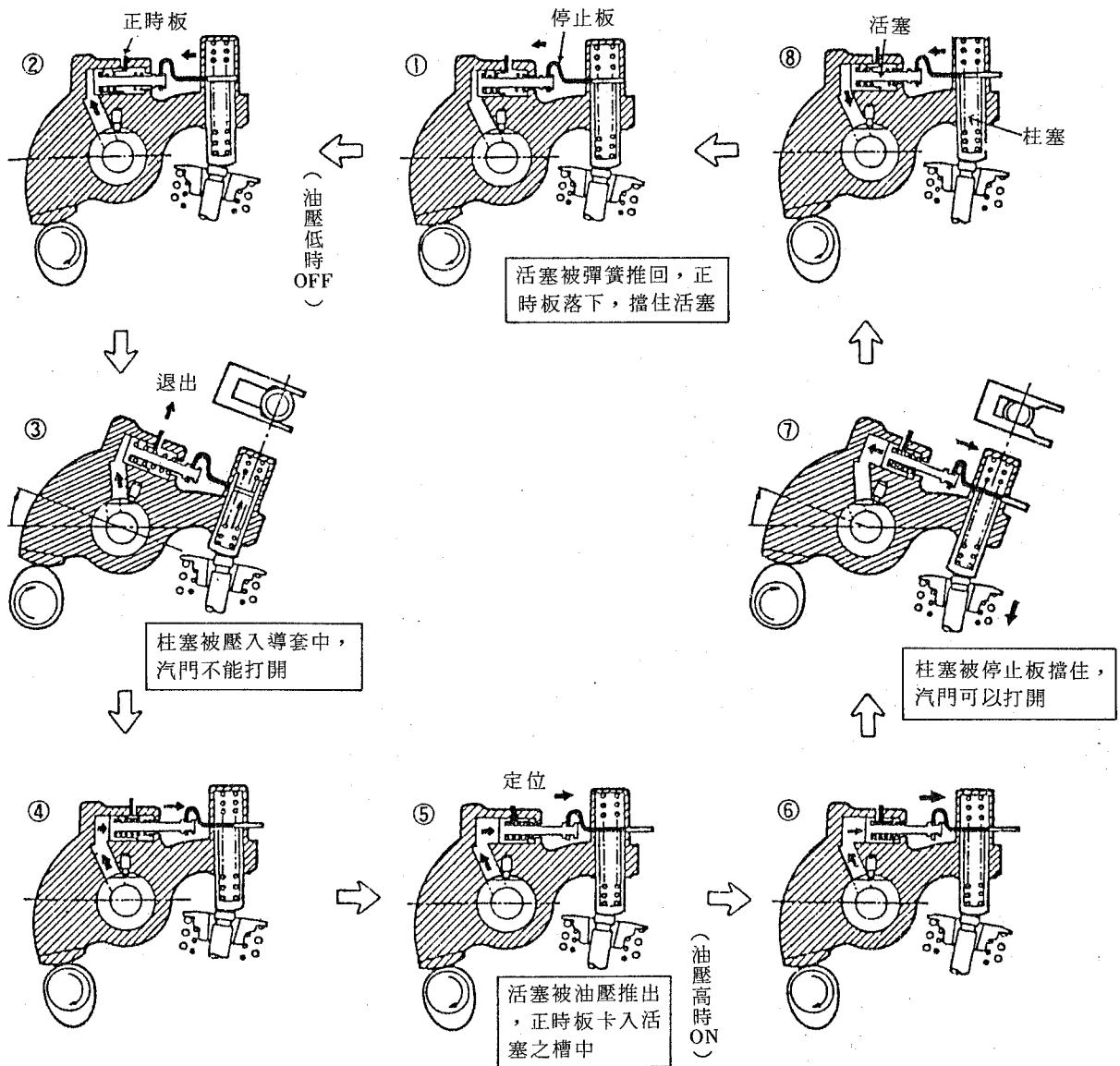
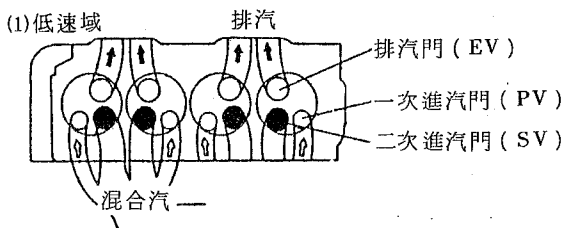
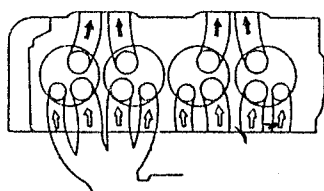


圖 2-2-130 SV 控制裝置之作用 [註89]



(2) 中·高速域



在低速範圍，僅直徑較小之 PV 作用，減少進口斷面積，使進入之混合汽能產生高速渦流，提高燃燒效率，扭力增大，燃料消耗減少

在中高速範圍，PV 及 SV 均作用，進口斷面積增大，進汽阻力減少，使吸入混合汽量增加，發揮高出力性能

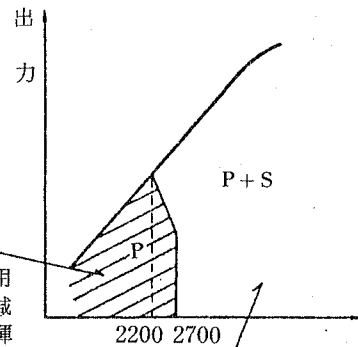


圖 2-2-131 DASH 在低速及中高速範圍之作用情形 [註90]

套中，汽門(SV)無法打開。當油壓高時(如圖中之⑤~⑦)，先將正時板壓出，到定位時，正時板再卡住活塞上之槽，以防停止板移動，停止板被推入後，擋住柱塞，因此搖臂壓下時，柱塞能將汽門打開。

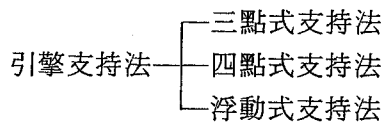
(V)SV控制裝置之切換點約為 2500 rpm，

而能依引擎之運轉狀況在2200~2700 rpm間變動。又在引擎溫度太低時，機油之黏度高，會使SV之控制裝置失常，因此水溫在一定之溫度下，SV控制裝置不產生作用。圖2-2-131為低速範圍(僅PV動作)及中高速範圍(PV及SV均動作)之控制狀況。

第九節 引擎支架

2-9-1 概述

引擎支架(engine support)用來連接引擎與車架(frame)，使引擎不會因路震及本身之震動而損壞。引擎支持的方法有下列數種：



2-9-2 三點式支持法

引擎之前面使用二個，變速箱使用一個引擎腳與車架相連接的方法，稱為三點式支持法，如圖2-2-132所示。在支點上使用橡皮之引擎腳來吸收震動。此式構造簡單，但路面之不平對車架產生之震動會傳到引擎，引擎本身的震動也容易傳到車架。

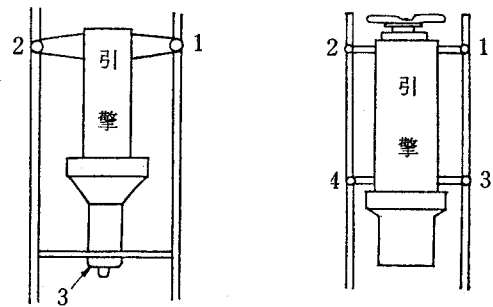


圖 2-2-132 三點支持法 [註91]

圖 2-2-133 四點支持法 [註91]

2-9-3 四點式支持法

引擎的前部與後部二側各用兩個引擎腳來支持，如圖2-2-133所示。路面的衝擊亦會影響引擎，引擎之震動也會影響車架，但此法較三點式支持法堅固些。

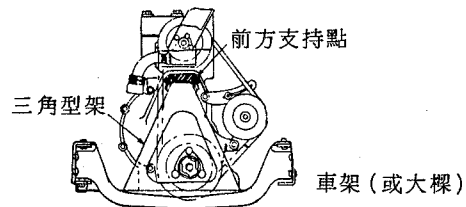


圖 2-2-134 浮動式支持法 [註91]

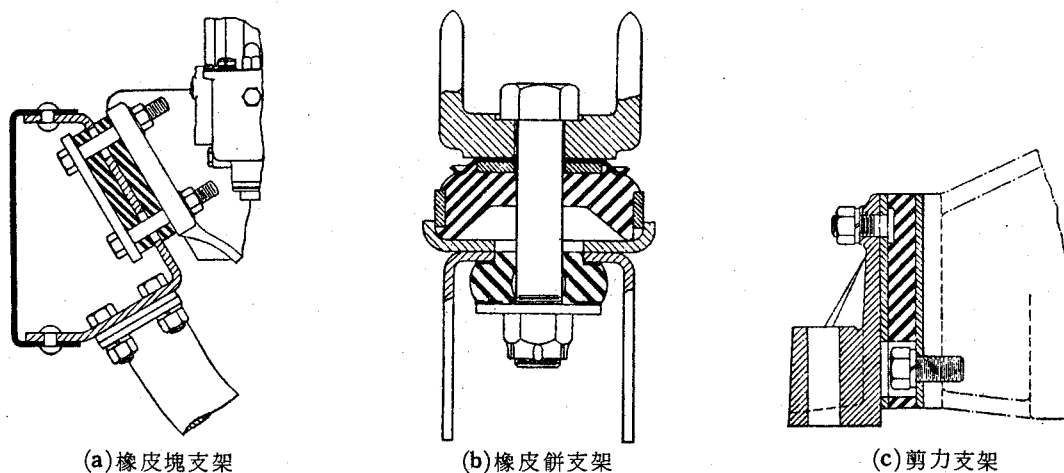


圖 2-2-135 引擎腳之種類 [註92]

2-9-4 浮動式支持法

引擎前部之支持點較高，後部之支持點較低，在相當範圍內可以浮動，如圖 2-2-134 所示。引擎之震動較不會傳到車架，車架的震動也較不會傳到引擎。

2-9-5 引擎腳之種類

連接引擎與車架之支持點稱為引擎腳或支架，均由特種人造橡膠製成，以吸收震動，常用者有下列三種：

- (一) 橡皮塊支架，如圖 2-2-135 (a) 所示。
- (二) 橡皮餅支架，如圖 2-2-135 (b) 所示。
- (三) 剪力支架，如圖 2-2-135 (c) 所示。

【習題】

一、問答：

1. 試述汽缸套應具備之條件及安裝方式。
2. 活塞應具備的特性為何？
3. 試述橢圓形活塞之工作情形及其優點。
4. 何謂壓縮衝擊面及動力衝擊面，活塞膨脹槽應裝在那一個衝擊面上？
5. 依斷面形狀及接口形式活塞環有幾種？
6. 試述油環之種類。
7. 繪圖說明汽環在進汽及動力行程時的作用情形。
8. 活塞銷的固定方式有幾種？
9. 連桿有何功用及特性？
10. 燃燒室應具備的條件為何？
11. 汽油引擎的燃燒室有幾種？
12. 何謂四四曲軸？
13. 飛輪之功用為何？
14. 試述汽門之工作情況。
15. 汽門外形有那些式樣？
16. 鈉冷卻汽門之工作情況如何？其有何優點？
17. 為何有的車子進排汽門面與汽門座相差一度？
18. 何謂汽門腳間隙？如何調整？
19. 試繪圖說明偏心式汽門搖臂作用情形。
20. 繪圖說明液壓式汽門舉桿的作用情形。
21. 使汽門開閉時能旋轉有何優點？
22. 試說明汽門旋轉器的種類及作用情形？
23. 汽車引擎所用的軸承有幾種？
24. 皮帶傳動那些機件？
25. 如何使引擎達到平衡？
26. 何謂扭轉震動？
27. 某四行程八缸引擎，進汽門早開 11 度晚關 63 度，排汽門早開 54 度晚關 15 度。試計算第四缸於動力行程上死點後 20° ，其他各缸在何

位置做何工作？進排汽門各打開之角度若干？動力重疊角度若干？進排汽門同時打開之角度若干？

28. 試述裝置平衡軸之目的何在？
29. 汽缸數自動變化機構如何作用？
30. 試述引擎支架之種類。

二、填充：

1. _____ 與 _____ 為引擎之骨架。
2. 汽缸套有 _____ 與 _____ 二種。
3. 橢圓形活塞與缸壁之間隙可以較 _____。
4. 活塞之膨脹槽應裝在 _____ 衝擊面上。
5. 油環應具備良好 _____ 及承受 _____。
6. 整體式油環分為 _____、_____、_____、_____ 等四種。
7. 分離式油環在可伸縮之 _____ 上下置二鋼片而成。
8. 連接活塞與連桿小端者為 _____。
9. 全浮式活塞銷乃於銷孔二端用 _____ 扣住。
10. 連桿計有 _____、_____、_____ 等三種。
11. 多用於 L 型引擎燃燒室者為 _____ 式。
12. 五缸引擎點火次序多為 _____。
13. 飛輪是 _____ 之主動件及 _____ 之被動件。
14. 汽車普通速率行駛時，汽門關著時間佔 _____。
15. 汽門彈簧一端疏一端密，乃防止 _____ 用。
16. 汽門鎖扣有 _____、_____、_____ 等三種。
17. 正時機構的傳動分 _____、_____ 二種。

18. 使用二根凸輪軸，並置放在汽缸蓋上之 I 型引擎稱_____。
19. 汽門腳間隙於_____汽門者較大。
20. 自由式汽門旋轉器於_____及_____均有間隙存在。
21. 連桿大端多使用_____軸承。
22. 推力片可用於_____上。
23. 汽缸蓋與缸體間必須使用_____。
24. 汽車底盤與引擎的連接通常多用_____支架。
25. 發電機多由引擎用_____驅動。

【資料來源註釋】

- 〔註 1〕 日本自動車整備振興會連合會編 二級ガソリン自動車ガソリン・エンジン編 圖 I-1
- 〔註 2〕 同〔註 1〕 圖 I-2
- 〔註 3〕 同〔註 1〕 圖 I-3
- 〔註 4〕 Nissan Motor Engine Construction Fig 2-2
- 〔註 5〕 永屋元靖著 自動車百科全書 圖 2-23
- 〔註 6〕 同〔註 5〕 圖 2-25
- 〔註 7〕 同〔註 1〕 圖 II-2
- 〔註 8〕 同〔註 4〕 Fig 2-6
- 〔註 9〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車ガソリン・エンジン上 圖 II-2
- 〔註 10〕 同〔註 9〕 圖 II-4
- 〔註 11〕 同〔註 5〕 圖 2-29
- 〔註 12〕 同〔註 5〕 圖 2-32
- 〔註 13〕 同〔註 5〕 圖 2-33
- 〔註 14〕 日本自動車整備振興會連合會編 自動車排出ガス對策 53年度版 圖 III-17
- 〔註 15〕 同〔註 14〕 圖 III-18
- 〔註 16〕 同〔註 14〕 圖 III-19
- 〔註 17〕 同〔註 14〕 圖 III-20
- 〔註 18〕 同〔註 14〕 圖 III-21
- 〔註 19〕 同〔註 14〕 圖 III-22
- 〔註 20〕 同〔註 14〕 圖 III-23
- 〔註 21〕 同〔註 14〕 圖 III-24
- 〔註 22〕 同〔註 14〕 圖 III-25
- 〔註 23〕 Departments of the Army and the Air Force Principles of Automotive Vehicles Fig 2
- 〔註 24〕 同〔註 9〕 圖 IV-3
- 〔註 25〕 雇用促進事業團職業訓練部編 自動車內燃機の構造 圖 6-7
- 〔註 26〕 Stockel Auto Mechanics Fundamentals Fig 2-21
- 〔註 27〕 同〔註 1〕 圖 IV-1
- 〔註 28〕 同〔註 1〕 圖 IV-3
- 〔註 29〕 同〔註 1〕 圖 IV-2
- 〔註 30〕 同〔註 1〕 圖 IV-5
- 〔註 31〕 同〔註 1〕 圖 IV-4
- 〔註 32〕 同〔註 4〕 Fig 2-4
- 〔註 33〕 同〔註 1〕 圖 IV-6
- 〔註 34〕 William H. Crouse Automotive Mechanics 7th ed. Fig 13-10
- 〔註 35〕 同〔註 1〕 圖 IV-7
- 〔註 36〕 同〔註 9〕 圖 IV-9
- 〔註 37〕 同〔註 9〕 圖 IV-10
- 〔註 38〕 同〔註 9〕 圖 IV-11
- 〔註 39〕 同〔註 9〕 圖 IV-12
- 〔註 40〕 同〔註 9〕 圖 IV-13
- 〔註 41〕 同〔註 9〕 圖 IV-14
- 〔註 42〕 同〔註 1〕 圖 IV-10
- 〔註 43〕 同〔註 1〕 圖 IV-11
- 〔註 44〕 同〔註 1〕 圖 IV-12
- 〔註 45〕 同〔註 23〕 Fig 35
- 〔註 46〕 同〔註 34〕 Fig 13-1
- 〔註 47〕 同〔註 9〕 圖 V-3
- 〔註 48〕 同〔註 9〕 圖 V-4
- 〔註 49〕 同〔註 9〕 圖 V-5
- 〔註 50〕 同〔註 1〕 圖 VI-1
- 〔註 51〕 同〔註 1〕 圖 VI-2
- 〔註 52〕 同〔註 9〕 圖 VI-2
- 〔註 53〕 同〔註 25〕 圖 6-18
- 〔註 54〕 同〔註 26〕 Fig 2-61 A
- 〔註 55〕 同〔註 26〕 Fig 2-61 C
- 〔註 56〕 同〔註 26〕 Fig 2-61 E
- 〔註 57〕 同〔註 26〕 Fig 2-61 D
- 〔註 58〕 同〔註 26〕 Fig 2-61 B
- 〔註 59〕 同〔註 34〕 Fig 12-22
- 〔註 60〕 同〔註 34〕 Fig 12-27
- 〔註 61〕 同〔註 5〕 圖 2-53
- 〔註 62〕 Goodheart-Wilcox Automotive Encyclopedia Fig 7-6
- 〔註 63〕 同〔註 34〕 Fig 12-23
- 〔註 64〕 同〔註 4〕 Fig 2-7
- 〔註 65〕 同〔註 4〕 Fig 2-7
- 〔註 66〕 同〔註 4〕 Fig 2-8
- 〔註 67〕 同〔註 72〕 Fig 29

- 〔註68〕 同〔註9〕 圖VIII-4
〔註69〕 同〔註25〕 圖6-25
〔註70〕 同〔註26〕 Fig2-74
〔註71〕 同〔註34〕 Fig14-8
〔註72〕 Motor Auto Engine and Electrical
System Fig110
〔註73〕 范欽惠著 車用汽油引擎 圖2-39
〔註74〕 同〔註72〕 Fig114
〔註75〕 同〔註72〕 Fig115
〔註76〕 同〔註72〕 Fig118
〔註77〕 同〔註25〕 圖6-31
〔註78〕 同〔註72〕 Fig2
〔註79〕 同〔註34〕 Fig14-16
〔註80〕 自動車工學 Vol30 No2 P.28-31
〔註81〕 自動車工學 Vol34 No2 P.32
〔註82〕 同〔註81〕 P.45
〔註83〕 自動車工學 Vol33 No8 P.36
〔註84〕 同〔註83〕 P.42 第1圖
〔註85〕 同〔註83〕 P.43 第2圖
〔註86〕 同〔註83〕 P.43 第3圖
〔註87〕 同〔註83〕 P.44 第4圖
〔註88〕 同〔註83〕 P.44 第5圖
〔註89〕 同〔註83〕 P.45 第6圖
〔註90〕 同〔註83〕 P.46 第7圖
〔註91〕 同〔註25〕 圖6-41
〔註92〕 同〔註73〕 圖2-42, 2-43, 2-44

[返回目錄](#)

第三章 二行程汽油引擎構造

第一節 二行程汽油引擎概述

二行程汽油引擎較四行程引擎構造簡單，實用化較早，但因潤滑、進排汽問題等限制，僅用

在小馬力之汽車及機車上。本章就二行程汽油引擎與四行程汽油引擎不相同之處加以說明。

第二節 二行程汽油引擎之汽缸體與活塞

3-2-1 汽缸體

因小型引擎多用氣冷式，故在汽缸體上都鑄了許多散熱翼，汽缸壁上有掃汽道及進排汽口，如圖 2-3-1 所示。

3-2-2 活塞

二行程引擎之活塞多用鋁合金製成，為配合掃汽作用，很多在活塞頂上有特殊形狀（見圖 2-2-21）以提高掃汽效果。活塞裙部在銷孔方向常切去，以配合掃汽孔之位置，與活塞銷成 90° 方向，有些挖有掃汽孔，如圖 2-3-2 所示。

因採用潤滑油與汽油混合之潤滑方式，曲軸箱中無機油，故不使用油環，只使用二條壓縮環。為防止活塞環轉動使開口成一直線發生漏汽，在活塞環中裝有防轉銷，如圖 2-3-3 所示。

3-2-3 連桿、曲軸與曲軸箱

(一)二行程汽油引擎因採用機油混於汽油中之潤滑方式，潤滑較差，通常均使用滾柱式軸承，如圖 2-2-48 所示。

(二)因連桿大端為整體式，故曲軸必須為可分解者，如圖 2-3-4 所示。

(三)因混合汽必須進入曲軸箱中預壓，因此曲軸箱在容積上應儘可能縮小，但亦不得妨害混合汽之流動。此外，曲軸箱必須完全汽密，故在主軸承外要使用汽密封圈；使用一個汽缸以上之引擎，每缸曲軸箱均應隔離，且必須保持汽密，如圖 2-3-5 所示。

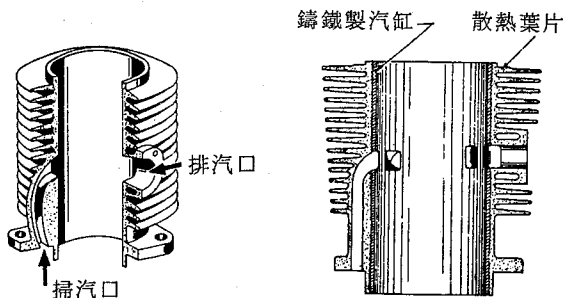


圖 2-3-1 二行程汽油引擎之汽缸體〔註 1〕

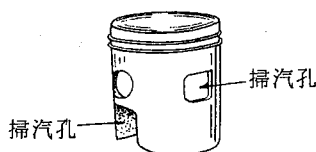


圖 2-3-2 二行程汽油引擎用活塞〔註 2〕

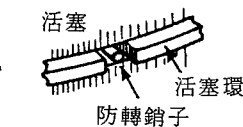


圖 2-3-3 活塞環防轉銷〔註 3〕

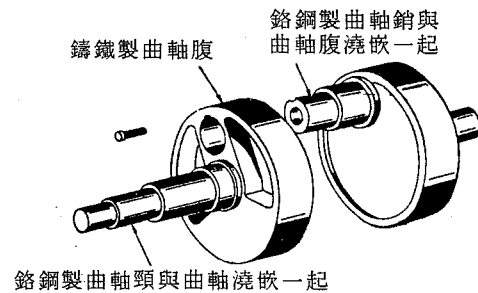


圖 2-3-4 可分解式曲軸總成〔註 4〕

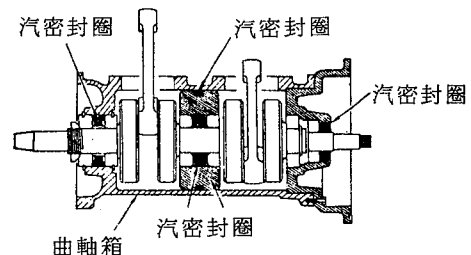


圖 2-3-5 二行程汽油引擎曲軸箱構造圖〔註 5〕

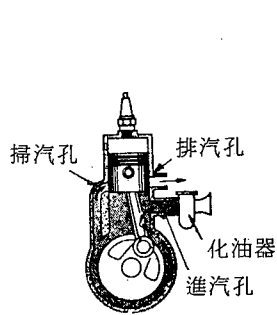


圖 2-3-6 活塞控制進汽口
〔註 6〕

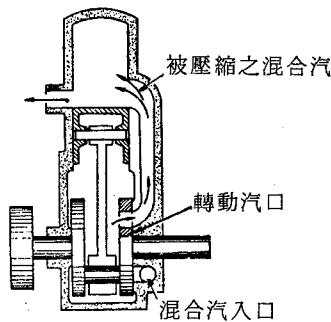


圖 2-3-7 曲軸控制式進汽口
〔註 7〕

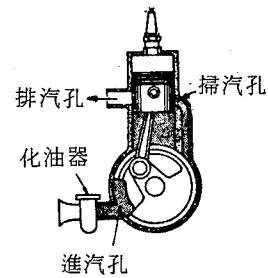


圖 2-3-8 曲軸控制式進汽口〔註 8〕

3-2-4 進汽機構

二行程汽油引擎之混合汽先吸入曲軸箱預壓後再經掃氣道及掃氣孔進入汽缸中，因此有進汽之控制裝置。排汽係由活塞直接控制，從排汽口排出，無需控制裝置。進汽機構有下列三種：

(一) 活塞控制進汽口式

如圖 2-3-6 所示，由活塞裙之下部來控制進汽口之開閉，構造最簡單。其缺點在高負荷運轉時易生反壓現象。

(二) 曲軸控制進汽口式

曲軸腹做成圓板形，其圓周上挖有一孔做為進汽口用，對進汽時間之選擇較自由，但汽密較困難為其缺點，如圖 2-3-7 所示。圖 2-3-8 為曲軸控制式掃汽之情形。

(三) 單向閥控制式進汽口

在進汽口中裝置單向閥，混合汽只能進入，不能流出，可以提高進汽效率為其優點，如圖 2-

3-9 所示。單向閥之構造作用如圖 2-3-10 所示。

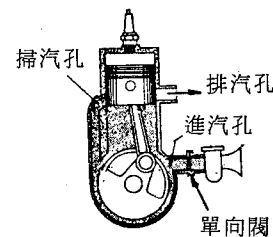


圖 2-3-9 單向閥控制式進汽口〔註 9〕

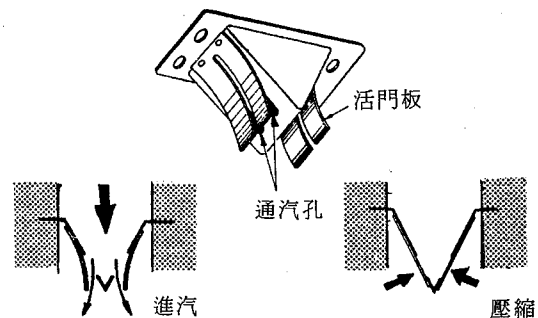


圖 2-3-10 單向閥之構造作用〔註 10〕

【習題】

1. 為何要開發四行程往復引擎？
2. 二行程往復引擎之活塞有何功能？

3. 二行程往復引擎之曲軸箱構造如何？
4. 二行程之進汽機構有那些？
5. 二行程之掃汽法有幾種？並說明之。

【資料來源註釋】

- 〔註 1〕 永屋元靖著 自動車百科全書 圖 2-99, 101
 〔註 2〕 雇用促進事業團職業訓練部編 自動車內燃機關の構造 圖 6-9
 〔註 3〕 Stockel Auto Mechanics Fundamentals Fig 2-29
 〔註 4〕 同〔註 1〕 圖 2-103

- 〔註 5〕 同〔註 1〕 圖 2-102
 〔註 6〕 同〔註 1〕 圖 2-91
 〔註 7〕 同〔註 1〕 圖 2-93
 〔註 8〕 同〔註 1〕 圖 2-92
 〔註 9〕 同〔註 1〕 圖 2-94
 〔註 10〕 同〔註 1〕 圖 2-95

第四章 柴油引擎構造

第一節 柴油引擎概述

4-1-1 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. Roudolf Diesel) 而命名。

(二)1891年1月狄塞爾博士發表了「進汽行程只吸入普通空氣，壓縮到原來體積的 $\frac{1}{6}$ 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，狄塞爾不斷試驗結果終於完成了一部柴油引擎，能產生20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，德國朋馳 (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，經過不斷的研究改良，現已有高性能的小型高速柴油引擎用在小客車上。

4-1-2 柴油引擎概要

(一)柴油引擎將空氣吸入汽缸後，以快速壓縮產生很高之壓力及溫度，再將燃料以霧狀噴入汽缸中，利用壓縮空氣之高熱使燃料自行著火燃燒，產生高壓力推動活塞作功。因燃燒壓力高，因此必須使用高強度之材料，且燃料之噴射壓力甚高，必須有極精密之燃料噴射系統，將燃料以極細之霧粒噴入高壓空氣中，故製造技術及成本較汽油引擎高。

(二)一般汽車用柴油引擎之壓縮比約 $14 \sim 23:1$ ，行程與缸徑比約 $0.8 \sim 1.3$ ，壓縮後汽缸中之壓力約 $30 \sim 55 \text{ kg/cm}^2$ ，壓縮後空氣之溫度約為 $700 \sim 900^{\circ}\text{C}$ ，最高燃燒壓力約 $65 \sim 90 \text{ kg/cm}^2$ ，柴油在 30 kg/cm^2 之壓力下，其著火溫度約 200°C ，故柴油噴入汽缸中可以迅速自行著火燃燒。引擎最高轉速大型車用約 $2100 \sim 3200 \text{ rpm}$

，小型車用約 $4000 \sim 5000 \text{ rpm}$ ，排汽溫度約為 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$ (汽油引擎約 $700 \sim 1,000^{\circ}\text{C}$)。

4-1-3 柴油引擎之逆轉

一、概述

(一)汽油引擎不論在任何情況下不可能發生逆轉，因吸入汽缸的為混合汽，無混合汽則不可能發動。但柴油引擎不同，進入汽缸被壓縮者為純空氣，從進氣門進入與從排汽門進入並無不同，因此曲軸逆轉時，引擎同樣能發動，此為柴油引擎特有之現象。

(二)圖2-4-1為四行程柴油引擎之汽門正時圖，進氣門與排汽門開啓時間大約成對稱，引擎逆轉時，排汽門變為進氣門，進氣門變為排汽門，活塞運轉順序倒轉，原來之排汽行程變為進氣行程，原來之動力行程變為壓縮行程，原來之壓縮

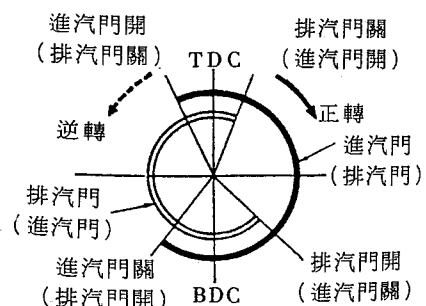


圖 2-4-1 柴油引擎正轉時之汽門正時，() 內為逆轉時 [註 1]

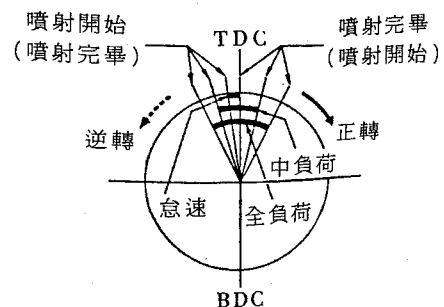


圖 2-4-2 柴油引擎正轉時之噴油正時，() 內為逆轉時 [註 2]

行程變為動力行程，原來之進氣行程變為排汽行程，可與正轉時產生相同之循環。

(三)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 2-4-2 所示，在上死點附近開始噴射，仍為可燃時期，因此引擎照樣發動。

(四)二行程柴油引擎因進排汽（掃汽）時期差異較大，掃汽作用不完全，故較不易發生逆轉。

二、發生逆轉之原因

(一)起動不當：柴油引擎壓縮比高達 14~23，壓縮壓力甚高，引擎起動時，如馬達未能續轉，使引擎得到完全之起動時，飛輪之慣性不足，在馬達驅動力停止之瞬間，碰巧活塞移動到壓縮點前，並已開始噴油入汽缸，因馬達動力消失，汽缸正開始發生燃燒，將活塞反壓回去，引擎即發生逆轉。

(二)引擎熄火時處理不當：汽車行駛中，遇爬坡或橫過道路駛上高凸之路肩時，因駕駛人操作不當，引擎驅動力不足而致引擎熄火，汽車由停止狀態而轉為後退，若駕駛人不能及時踩下離合器，使引擎與傳動系分離時，引擎即發生逆轉。

(三)停駐汽車發生滑溜：將汽車停駐於坡道上，通常駕駛員會打排檔及拉緊手煞車，若因坡度大或受外力作用，使車子移動，例如打入前進檔而車子後退，或打入後退檔而車子向前移動時，均會使引擎發生逆轉。

三、逆轉之特徵及後果

(一)引擎發生逆轉時，從進氣管（空氣濾清器）排出大量黑煙，主要原因為空氣量不足，噴油正時不準確。

(二)使用真空調速器之引擎，會以最高轉速運轉，因排汽壓力作用於真空膜片室，將齒桿推向最大噴油量處，使引擎以最高速度運轉。現代之真空調速器真空口，使用輔助文氏管，萬一引擎逆轉時，因廢汽高速從輔助文氏管流過，亦能產生真空，防止引擎高速運轉。

(三)使用機械調速器之柴油引擎，因仍可產生調速作用，可由加速踏板之操作控制轉速不會高速轉動。

(四)爆震聲很大。

(五)因機油泵逆轉，機油壓力指示燈點亮。

(六)如未能在最短期間熄火，則引擎軸承燒燬，空氣濾清器損壞，與進氣系統有關之橡膠管燒壞，嚴重時發生火災，使整車燒燬。

四、逆轉時引擎之熄火方法

(一)發生逆轉時應儘量設法使引擎熄火，以保護引擎，一般熄火方法為操作減壓桿或切斷燃料供應。

(二)使用進汽遮斷裝置熄火之引擎，常無法有效熄火，可迅速踩離合器，將排檔推入高速檔，踩緊煞車及拉手煞車，放離合器來熄火。

五、防止引擎逆轉之方法

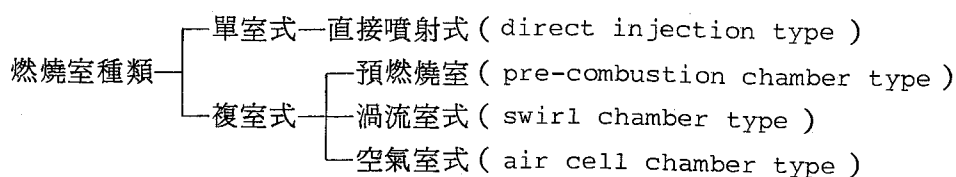
現代採用分油式噴射泵之柴油引擎，在引擎逆轉時不會噴油，故柴油引擎逆轉已不會發生。

第二節 柴油引擎燃燒室

4-2-1 燃燒室概述

柴油引擎的燃燒室為影響柴油引擎性能的最重要部門，柴油引擎係將柴油噴入高壓空氣中，噴入燃燒室之燃料與壓縮空氣之混合必須儘可能完全霧化且均勻分佈於整個燃燒室，而不能觸及

燃燒室壁，才能夠產生完全的燃燒。高速柴油引擎必須使壓縮空氣能產生高速的渦動，才能使壓縮空氣與柴油混合良好，縮短燃燒時間，提高引擎性能。為達到以上目標，因此柴油引擎燃燒室有種種不同之設計，現可歸納為下列四類：



4-2-2 直接噴射式燃燒室

一、概述

(一)直接噴射式燃燒室又叫展開式或敞開室式燃燒室，此式為柴油引擎燃燒室中最簡單之一種型式，如圖 2-4-3 所示。

(二)在汽缸蓋與活塞頂部之中間，形成單一個燃燒室，燃料直接噴入此室而發生完全燃燒。為了防止噴出之柴油粒子觸到活塞頂或汽缸壁，產生不完全燃燒，噴油嘴孔至活塞之間，需要具有相當長和寬之空間，因此將活塞頂部或汽缸蓋製成凹下，凹下之深度和形狀，有許多不同的型式。此式燃燒室並無特別設計之空室或孔道以幫助柴油與空氣之混合，故為使噴入燃燒室內之燃料與空氣混合而得到完全燃燒，必須產生適度之空氣渦流。

(三)空氣渦流之方法有進氣渦流和壓縮渦流兩種：

1. 進氣渦流係在進氣行程時發生，四行程引擎在進氣門上設置遮壁並設計進汽通道之形狀，使易於發生渦流。單流式掃汽 (uniflow scavenging) 之二行程引擎在汽缸下方之掃汽孔加

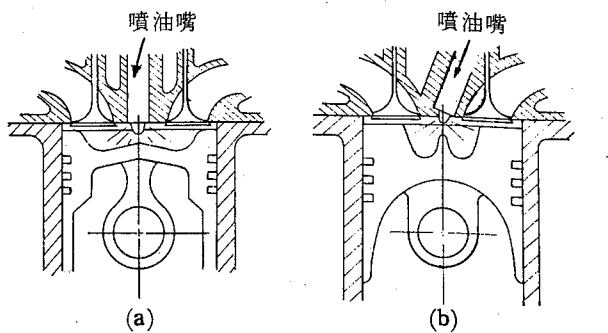


圖 2-4-3 直接噴射式燃燒室〔註 3〕

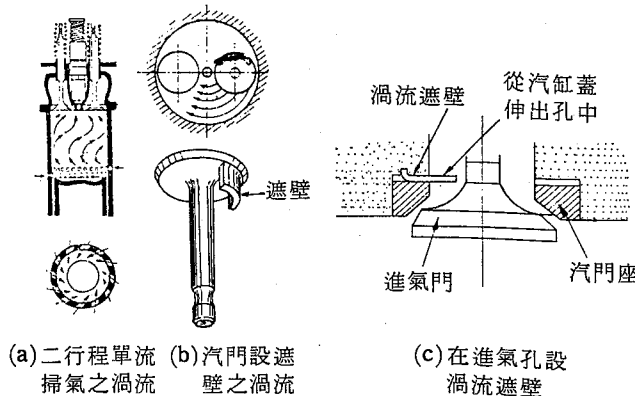


圖 2-4-4 進氣渦流之方法〔註 4〕

工成所需之角度，以產生空氣之回旋運動，如圖 2-4-4 所示為進氣渦流。(a)為二行程單流掃汽渦流。(b)為汽門設遮壁之渦流。(c)為進氣孔設渦流壁之渦流。

2. 壓縮渦流係在壓縮行程時發生，在上死點時活塞頂部有一道與汽缸蓋極為靠近之狹口 (squish area)，當活塞上行至壓縮上死點時，造成氣流向活塞頂部內流動，如圖 2-4-5 所示。壓縮渦流與上述進汽渦流併用發生水平、垂直軸方向之複合渦流，可得最好之性能。

(四)直接噴射式燃燒室為使柴油粒子汽化和燃燒迅速起見，噴油嘴多採用孔徑 0.2~0.5 mm，噴孔 2~8 個之多孔型，以高達 175~300 kg/cm² 之噴射壓力，將柴油以極微細的霧狀噴出，以達到完全燃燒之要求。

二、直接噴射式燃燒室之優點

(一)燃燒室之構造簡單，汽缸蓋容易加工，熱變形少。

(二)無副室通道之熱能損失，冷車容易發動，不需預熱塞幫助起動。

(三)燃燒室之冷卻面積小，熱能損失少，故熱效率高，柴油消耗率低 (約為 170~200 g/ps-hr)。

(四)排汽溫度較低。

三、直接噴射式燃燒室之缺點

(一)和複室式比較，空氣之渦流較弱，混合汽之濃度不均勻，需要使用品質良好之燃料。

(二)噴射壓力較高，普通 200 kg/cm² 以上。

(三)噴射油嘴為多孔式，孔徑較小，容易阻塞，故障較多。

(四)燃燒壓力比他種型式高，故引擎機件須較為強固。

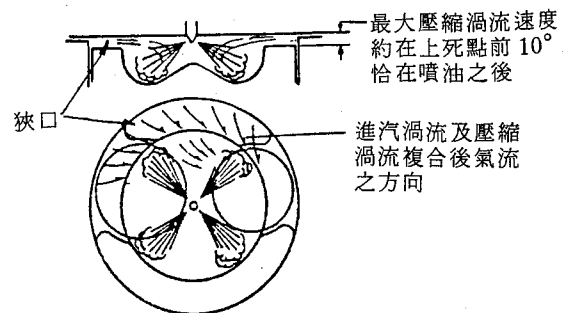


圖 2-4-5 壓縮渦流之方法〔註 5〕

(五)燃料噴射狀態少量之變化立即影響引擎之性能。

(六)和複室式比較，空氣之渦流較弱，故空氣之利用率不佳（空氣過剩率 $\lambda > 1.4$ ），2500 rpm 以上之高速迴轉較困難。

4-2-3 預燃室式燃燒室

一、概述

(一)預燃室式燃燒室，如圖 2-4-6 所示，在汽缸蓋內另設一小室，稱為預燃室，活塞頂凹下部分為主燃燒室。預燃室和主燃燒室間，有 3~5 個通氣孔相通，連接孔面積約為活塞頂部面積的 0.3~0.6%。當活塞上行將主燃燒室壓縮之新鮮空氣經通氣孔壓入預燃室內，主燃燒室與預燃室均充滿高溫空氣，噴入預燃室內之燃料與少量空氣混合開始燃燒。預燃室之溫度與壓力上升之際，噴油還在繼續中，半燃燒氣體或未燃氣體經通氣孔以 100~300 m/sec 之高速氣流噴入主燃燒室中，由於壓力與速度極高，故引起急激的渦流，使柴油充分霧化及汽化，與高溫新鮮空氣混合，因此即使品質低劣之燃料，亦可獲得完全燃燒。

(二)預燃室之容積，普通佔總燃燒室之 30~45%，容積過大時，通道之損失大，容積過小時，噴出之熱能不足。預燃室之位置需要避開進排汽門，一般在汽缸蓋側面，成垂直或適度之傾斜，噴油嘴以預燃室之中心線為噴霧中心裝置之。預燃室之本體，特別在噴油孔之部分，經常承受高熱之緣故，必須用耐熱鋼製造，普通用 18/8 之不銹鋼（鉻 18%，鎳 8%）或用相似之

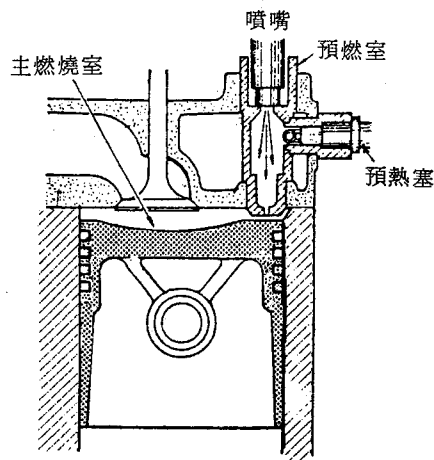


圖 2-4-6 預燃室式燃燒室〔註 6〕

耐熱鋼。

二、預燃燒室式燃燒室之優點

(一)因氣流自預燃燒室高速噴入主燃燒室，燃料與空氣之混合良好，故使用低品質之燃料，仍可得到良好之燃燒性能。

(二)噴射壓力較低，約 100~120 kg/cm²，燃料系統故障因而減少。

(三)預燃燒室之壓力可高達 80 kg/cm² 左右，但預燃燒室之通氣孔限制其出口速度，故主燃燒室之壓力較低，爆震小，運轉平穩。

(四)因燃料與空氣混合良好，故空氣過剩率可小於 1.2。

(五)噴射時期或噴射狀態少量之變化，對引擎性能之影響較小。

(六)可使用針型噴油嘴，故障較少。

三、預燃燒室式燃燒室之缺點

(一)總燃燒室之表面積較大，且有通道之熱能損失，故柴油之消耗率較多（約為 200~250 g/ps-hr）。

(二)汽缸蓋內設置預燃燒室，構造較複雜，有熱變形之問題。

(三)因通道之熱能損失，低溫起動性不良，需要預熱塞幫助起動。

(四)平均制動有效壓力 (m.b.e.p.) 較直接噴射式為低。

(五)熱效率較直接噴射式為低。

4-2-4 渦流室式燃燒室

一、概述

(一)渦流室式燃燒室如圖 2-4-7 所示，在汽缸蓋或汽缸之側邊，另設置一個接近球形的燃燒室，稱為渦流室。渦流室容積佔總燃燒室容積之 65~75%，渦流室和主燃燒室之間以活塞頂部面積 1~3.5% 左右斷面積之通道相連接，通道設計與渦流室成切線方向以獲得高速之空氣渦動，渦流室之形狀以球形居多。

(二)當活塞上行至壓縮上死點附近，燃料以發生狹口渦流的方向噴入，燃料與空氣混合良好，故燃料迅即着火燃燒。渦流室之燃燒與預燃燒室半燃燒情況不同，燃料與空氣已充分混合，因此大部分之燃料完全燃燒，此燃燒汽體自渦流室繼續燃燒將活塞壓下。渦流室式的特性介於直接噴射式與預燃燒室式之間。渦流室和主燃燒室之通

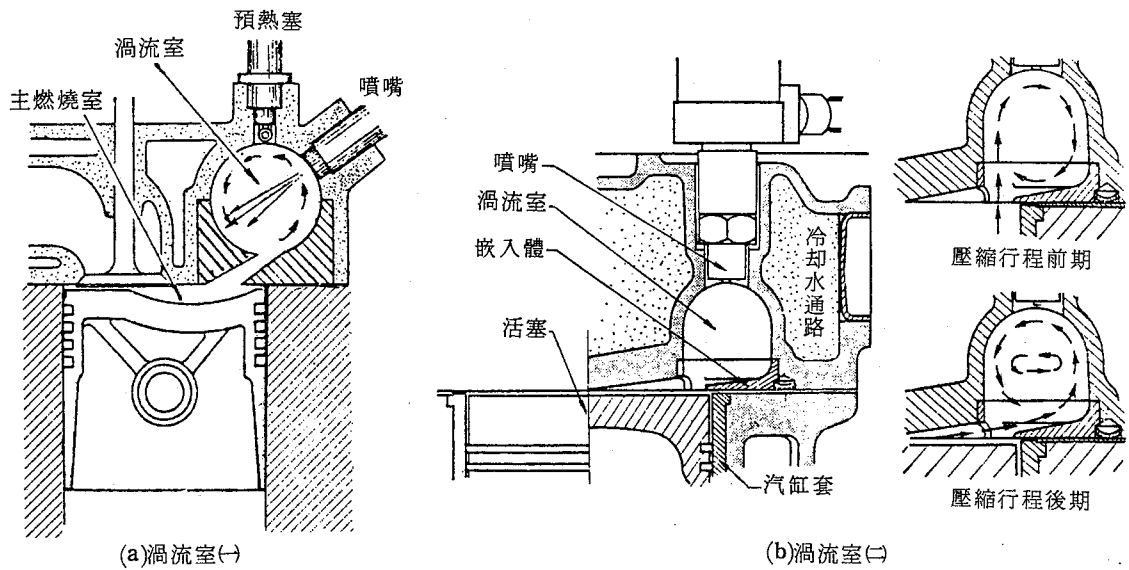


圖 2-4-7 渦流室式燃燒室〔註 7〕

道遠比預燃燒室通氣孔之面積為大，故通道之熱能損失小。因空氣在渦流室中之速度與引擎之轉速成正比，可以適應高速運轉，目前已可達到 4500 rpm 以上之高轉速，且加減速反應靈敏，很適合汽車引擎使用。

二、渦流室式燃燒室之優點

(一)利用強力壓縮渦流之故，空氣過剩率可低於 1.3，引擎轉速和平均有效壓力高，柴油消耗率低（約 190~220 g / ps-hr）。

(二)使用針型噴油嘴，噴油嘴的故障較少。

(三)引擎轉速範圍較廣（1200~4500 rpm），因此適合汽車使用。

(四)因空氣渦流之故，噴射壓力僅 100~120 kg / cm² 即可使燃料充分霧化。

三、渦流室式燃燒室之缺點

(一)因汽缸或汽缸蓋內裝設渦流室，故構造較複雜，容易因熱變形發生破裂。

(二)空氣或燃燒汽體進出渦流室之通道損失熱能，故熱效率較直接噴射式為低。

(三)冷車發動需預熱塞之幫助。

(四)對燃料之性質較敏感。

(五)低速時容易引起爆震，運轉也不平穩。

4-2-5 空氣室式燃燒室

一、概述

(一)空氣室式燃燒室如圖 2-4-8 所示，在汽缸蓋或活塞上另設有空氣室，以小通道與主燃燒室相連通，噴油嘴裝在主燃燒室，其噴霧方向對準空氣室。

(二)主燃燒室之空氣量為總空氣量之 6.5~20%，柴油噴入主燃燒室內產生燃燒，因主燃燒室中之空氣量較少，故柴油噴入後之燃燒速度較為緩慢。當活塞開始下行，主燃燒室中之壓力隨之降低，儲存於空氣室內之高壓空氣向外噴出，補充燃燒所需之空氣，並且產生強力之渦流，使燃

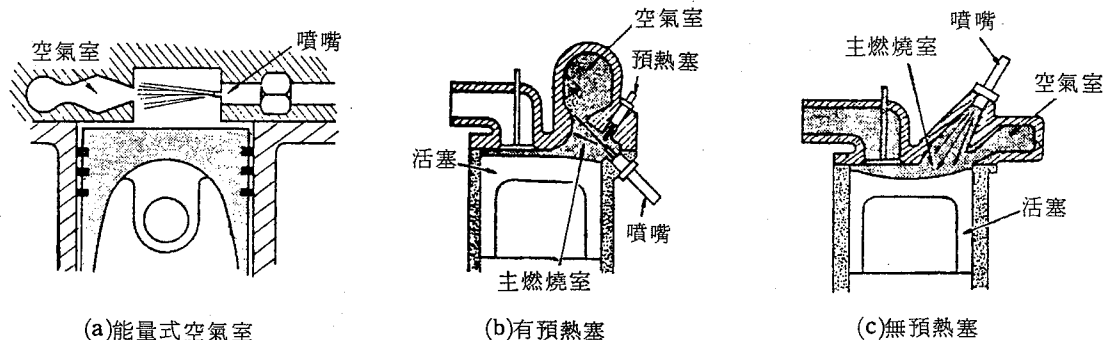


圖 2-4-8 空氣室式燃燒室〔註 8〕

燒完全。

(三)有些引擎改變設計，將一部分燃料噴入空氣室中燃燒，使噴出之能量 (energy) 增大，以提高燃燒性能，如圖 2-4-8 (a) 所示。

二、空氣室式燃燒室之優點

(一)燃燒速度緩慢，引擎運轉較為安靜。

(二)最高燃燒壓力為各式燃燒室中最低者，約為 50 kg/cm^2 。

(三)燃料直接噴入主燃燒室中，燃燒汽體之流動和預燃燒室之情況相反，故無通道之熱損失，

引擎起動性好，冷車發動不需要預熱塞之幫助。

(四)可使用針型噴油嘴，噴油嘴之故障較少，噴射壓力亦較低，約為 $80 \sim 150 \text{ kg/cm}^2$ 。

三、空氣室式燃燒室之缺點

(一)燃燒室之加工較為複雜。

(二)燃燒室之表面積大，故燃料消耗率較大 (約 $210 \sim 230 \text{ g/ps-hr}$)。

(三)噴射時期之變化對引擎性能之影響較大。

(四)容易發生續燒，排汽溫度較高。

第三節 四行程柴油引擎之構造

圖 2-4-9 為四行程六缸直列立式水冷式預燃室式柴油引擎之橫切面圖，圖 2-4-10 為縱切面

圖。本節僅介紹柴油引擎與汽油引擎構造不同之部分零件。

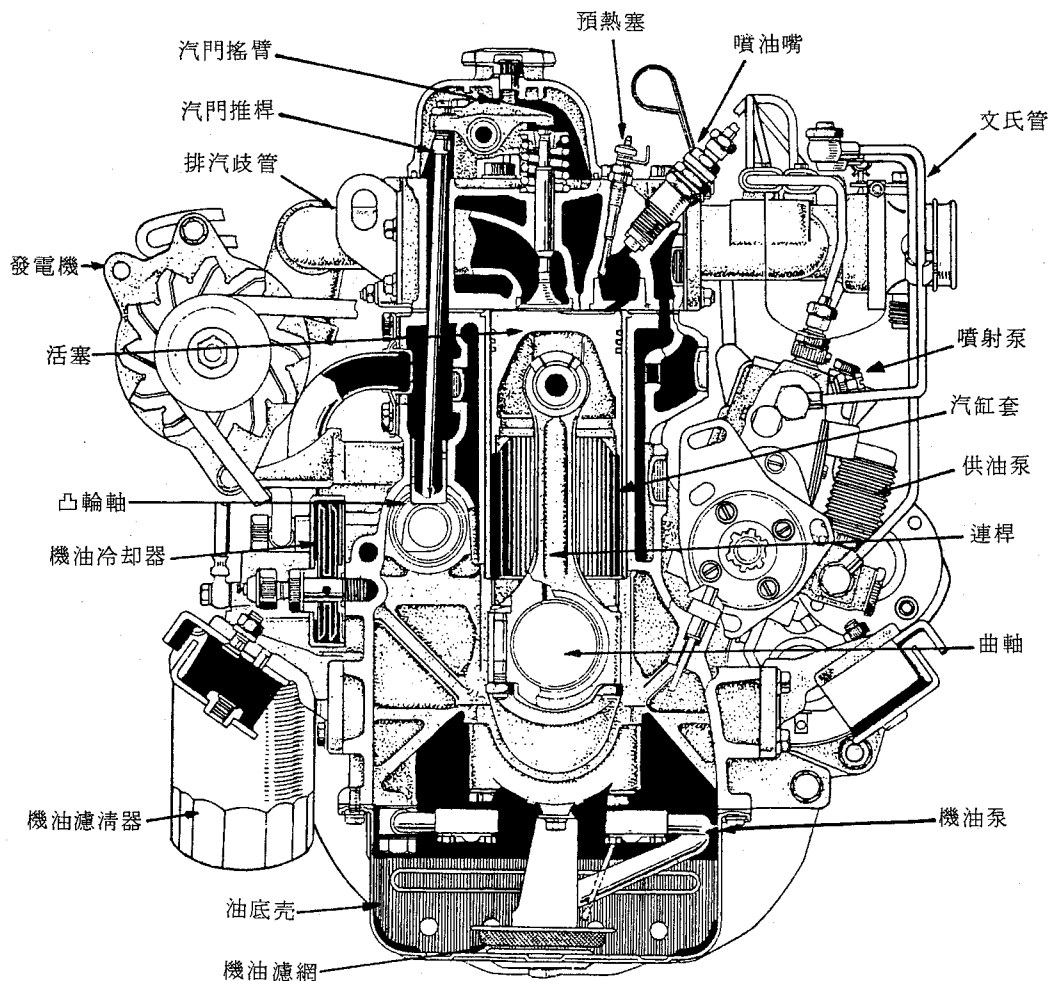


圖 2-4-9 四行程直列水冷預燃室式柴油引擎橫切面 (Toyota Co.)

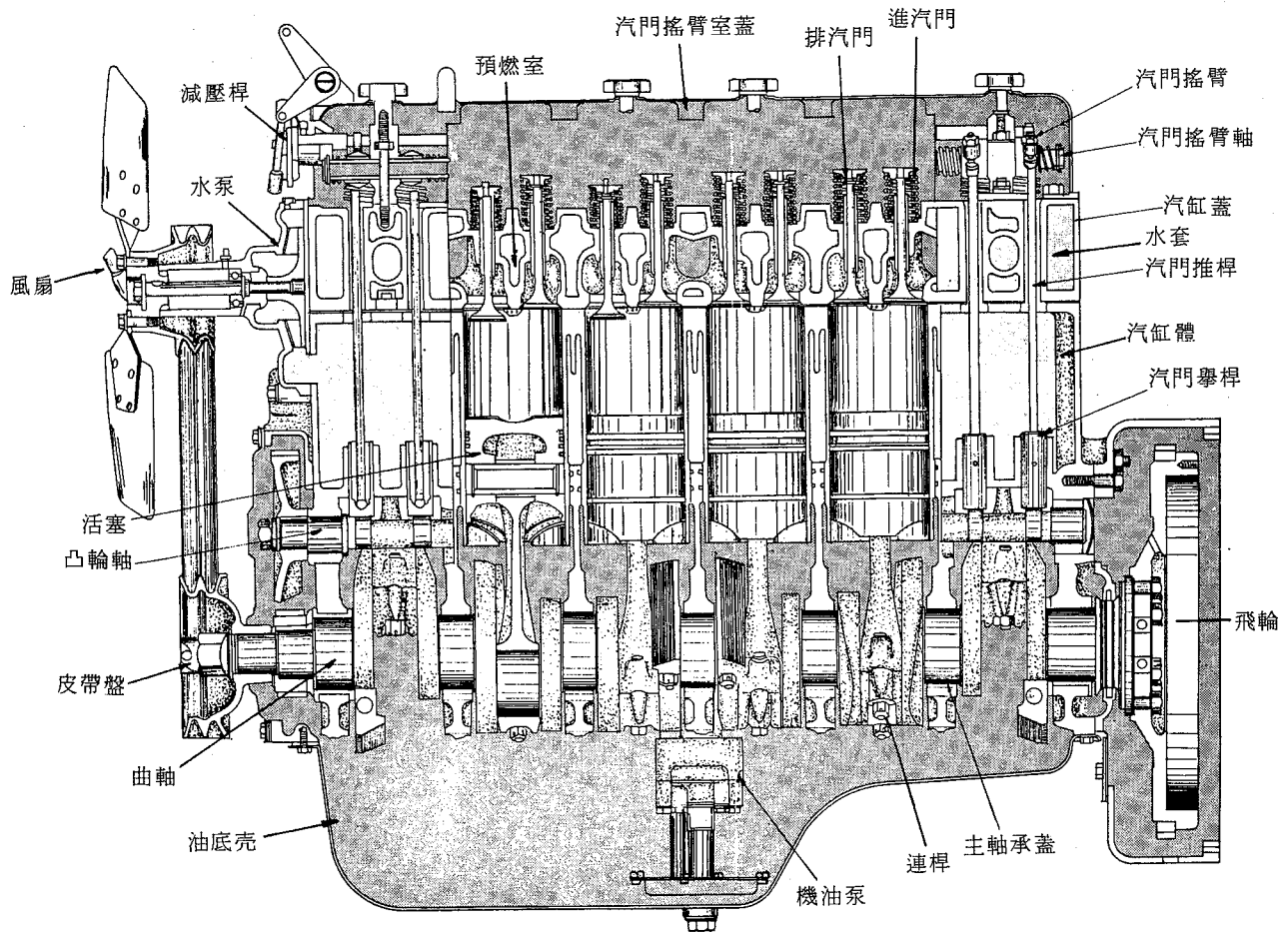


圖 2-4-10 四行程六缸直列水冷預燃室式柴油引擎縱切面 (Toyota Co.)

4-3-1 汽缸體

柴油引擎之汽缸體都以特殊鑄鐵製成，一般使用濕式汽缸套。圖 2-4-11 為濕式汽缸套之構造及安裝情形，汽缸套上之凸緣以汽缸蓋壓在汽缸體上以防移動。下部有 O 型環以防止漏水。

4-3-2 汽缸蓋

柴油引擎之汽缸蓋亦使用特殊鑄鐵製成，大型引擎之汽缸蓋常使用分割式，以便於拆裝，如圖 2-4-12 所示。

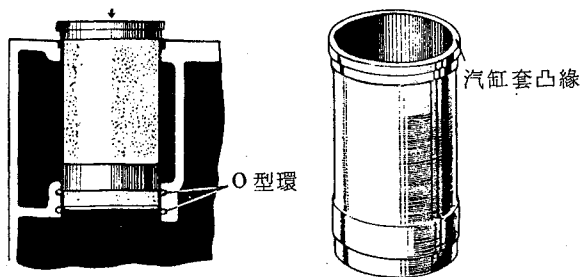


圖 2-4-11 濕式汽缸套 (Toyota Co.)

小型引擎則使用一體式。複室式柴油引擎汽缸蓋上需安裝預燃室或渦流室及噴油嘴、汽門、預熱塞等，構造甚為複雜。

4-3-3 預燃室

預燃室裝於主燃燒室之上方，依其冷却方式分濕式及乾式兩種，預燃室壁與冷却水直接接觸者為濕式，預燃室壁不與冷却水直接接觸者為乾式。預燃室與主燃燒室有 3~5 個孔相通，並有預熱塞孔以安裝預熱塞，供冷引擎起動時加熱空氣。預燃室尤其是噴孔處在引擎運轉時，經常需承受極高之溫度，因此需以特種耐熱鋼製造。圖 2-4-13 為各種預燃室之形狀。預燃室裝於汽缸蓋之方法有垂直式、水平式與傾斜式三種，一般汽車柴油引擎以傾斜式及垂直式較多。

4-3-4 活塞

現代汽車柴油引擎之活塞需承受 1000 °C 以上之高溫及 60 kg / cm² 以上之高壓，都採用鋁合金製成，因承受力量較汽油引擎大，故材料通

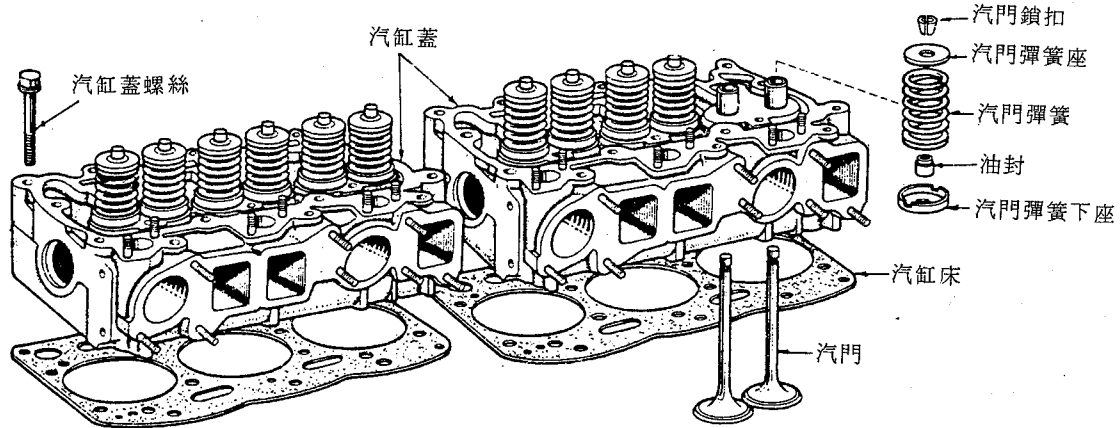


圖 2-4-12 分割式汽缸蓋 (Toyota Co.)

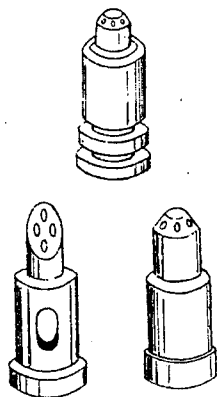


圖 2-4-13 預燃燒室之形狀〔註9〕

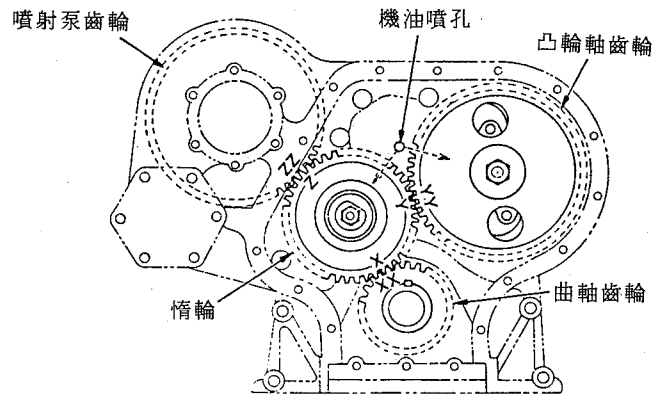


圖 2-4-16 正時齒輪與正時記號〔註12〕

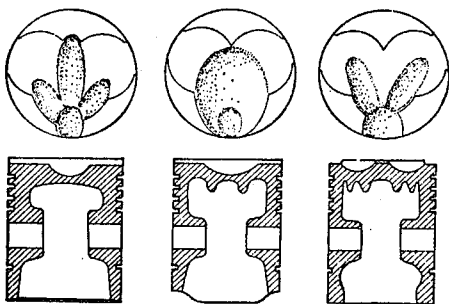


圖 2-4-14 活塞頂之形狀〔註10〕

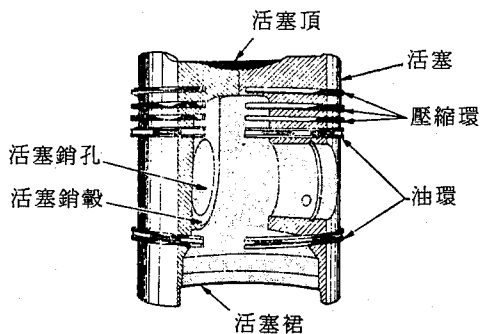


圖 2-4-15 柴油引擎之活塞及活塞環構造〔註11〕

常較厚。為使空氣在壓縮時造成渦流，並避免柴油粒碰到活塞頂，活塞頂通常有各種複雜之形狀，如圖2-4-14所示。因柴油引擎之行程較長，一般使用實裙式橢圓活塞，因承受之壓力較高，通常使用2~3條壓縮環，2條油環，如圖2-4-15所示。

4-3-5 曲軸與飛輪

柴油引擎之曲軸均使用鎳鉻鋼或鉻鋼等鍛製而成，普通主軸頸均較汽缸多一道，以承受大的動力。平衡配重有可拆裝式，亦有整體式。因柴油引擎壓力之變動較大，故飛輪之重量較汽油引擎大，使引擎怠速運轉的震動得以減少。

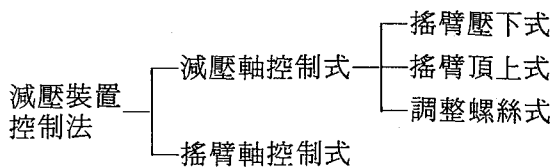
4-3-6 正時齒輪

四行程柴油引擎曲軸齒輪每轉二轉，凸輪軸齒輪及噴射泵齒輪需轉一轉；普通曲軸齒輪不是直接驅動，而是經過惰輪 (idle gear) 來驅動，如圖2-4-16所示，正時記號如圖上所示三個地方都必須對正。為減少齒輪傳動之噪音，普通均使用斜齒輪。

4-3-7 汽門與汽門啓閉機構

(一)柴油引擎之汽門與汽門啓閉機構的構造及要求與汽油引擎相同，但有些大型之柴油引擎為減少汽門之重量，增高排進汽能力，每缸各使用二個進汽門，並且在汽門舉桿與凸輪間使用跟從器 (follower) 及滾輪 (roller)，以減少磨損。

(二)柴油引擎因壓縮比高，壓縮壓力也高，起動引擎時為減少馬達負荷，使引擎容易發動，通常裝有減壓裝置 (decompression device)。



一、減壓軸控制式減壓裝置

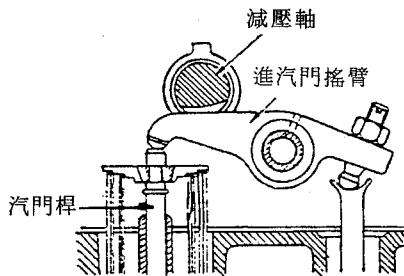


圖 2-4-17 搖臂壓下式減壓軸〔註13〕

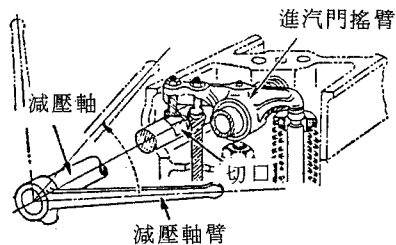


圖 2-4-18 搖臂頂上式減壓軸〔註13〕

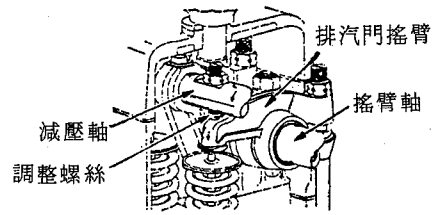


圖 2-4-19 調整螺絲式減壓軸

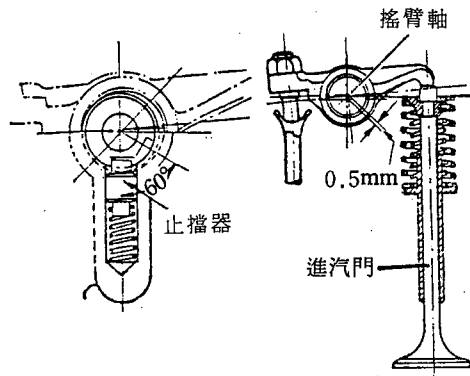


圖 2-4-20 搖臂軸控制式減壓裝置〔註13〕

(一)搖臂壓下式：如圖2-4-17所示，減壓軸上有缺口對正進汽門搖臂，平時搖臂在缺口中作上下運動。減壓時旋轉減壓軸，使進汽門不能關閉。

(二)搖臂頂上式：如圖2-4-18所示，減壓軸裝在汽門搖臂下方，平時缺口對正進汽門搖臂之螺絲。減壓時旋轉減壓軸，使進汽門不能關閉。

(三)調整螺絲式：如圖2-4-19所示，減壓軸裝在搖臂上方較高位置，對面排汽門搖臂上裝有螺絲，平時螺絲離開搖臂，使排汽門能關閉。減壓時旋轉減壓軸，使排汽門不能關閉而減壓。

二、搖臂軸控制式減壓裝置

如圖2-4-20所示，進汽門搖臂之搖臂軸偏心，減壓時旋轉搖臂軸使汽門不能關閉。

第四節 二行程柴油引擎之構造

二行程柴油引擎的構造，因掃汽方法不同而有很大之區別，一般柴油引擎之掃汽方法有：(一)單流掃汽(二)橫斷掃汽(三)反轉掃汽等。汽車用二行程柴油引擎以單流掃汽使用較多，現以日產汽車公司生產之二行程單流掃汽 (UD) 式為主，來說明二行程柴油引擎之構造。

4-4-1 引擎體及汽缸套

圖2-4-21所示為汽缸體及汽缸套之構造，汽缸套之上部與水套相接觸，中段為掃汽套，下部與曲軸箱連在一起。汽缸套的中部有斜形之掃汽口，使空氣進入時能產生旋轉。汽缸套內部鍍鉻以延長使用壽命。汽缸上半部由冷却水冷却，下

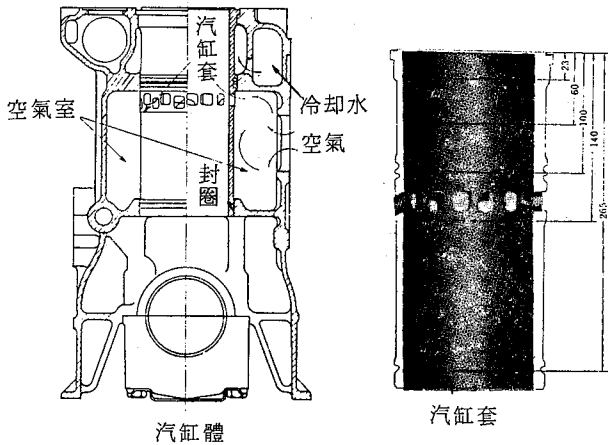


圖 2-4-21 汽缸體與汽缸套〔註14〕

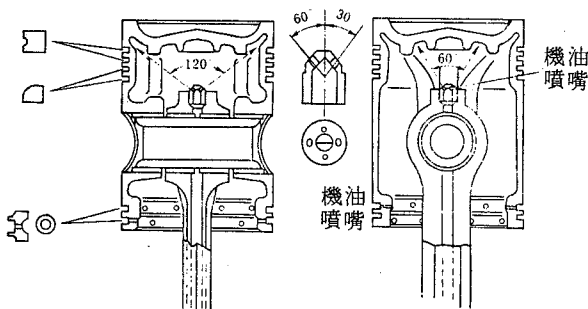


圖 2-4-22 二行程引擎之活塞與連桿〔註15〕

半部靠空氣冷却。

4-4-2 活塞、連桿與曲軸

二行程柴油引擎之活塞為正圓筒形，使用耐磨性高的可鍛鑄鐵製成，活塞的頂部凹下為燃燒室的一部分，使用四條壓縮環，二條油環，活塞上部並有隔熱槽 (heatdam)。連桿小端有機油噴嘴，利用機油噴灑在活塞頂上，以冷却活塞，如圖2-4-22所示。連桿為工形斷面，中央有機油通路。曲軸為高鎳鋼鍛製而成，軸頸部表面以高週波硬化處理，曲軸臂上有配重，以螺絲固定成一體製成。

4-4-3 汽缸蓋

汽缸蓋為鑄鐵製成，如圖2-4-23所示，各汽缸中央有鋼製之噴油嘴架管與冷却水直接接觸，噴油嘴架管周圍有四只排汽門。汽缸蓋內有水套，並裝有許多噴水管 (water jet)，以保持良好的冷却。

4-4-4 汽門機構

凸輪軸以鎳鋼製成，每一汽缸有兩只凸輪，凸輪跟從器 (cam follower) 上裝有滾輪以減

少磨損，一個凸輪控制兩個排汽門。二行程UD柴油引擎之汽門正時如圖2-4-24所示。

4-4-5 時規齒輪

二行程UD柴油引擎之時規齒輪如圖2-4-25所示，共有六個齒輪，凸輪軸齒輪、曲軸齒輪、噴射泵齒輪之齒數相同。鼓風機齒數較少，以2.1倍曲軸轉速運轉。凸輪軸齒輪上有配重，使平衡良好。

4-4-6 掃氣泵

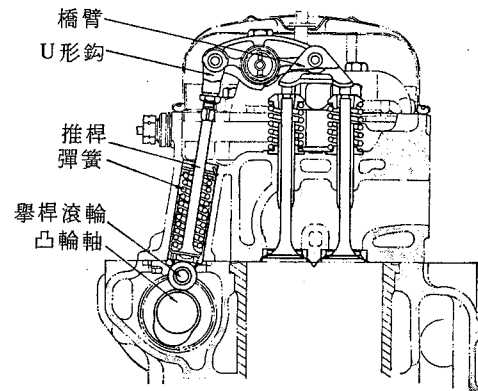


圖 2-4-23 二行程柴油引擎之汽缸蓋〔註16〕

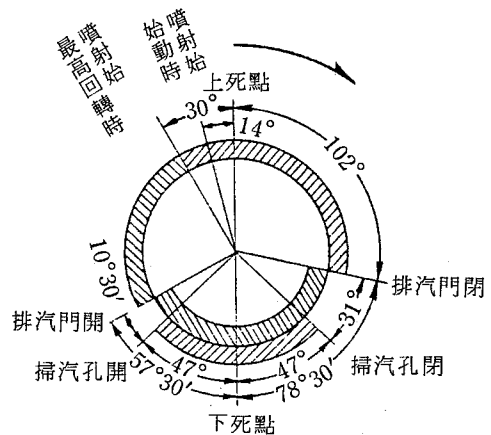


圖 2-4-24 UD引擎汽門正時〔註17〕

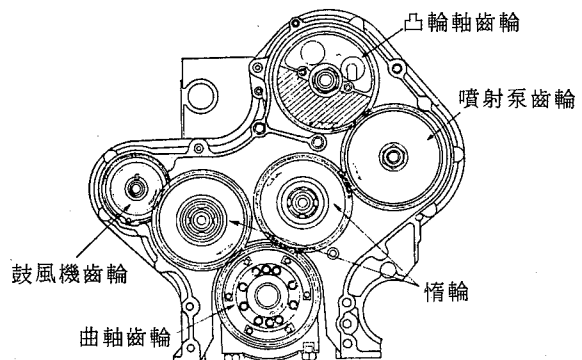
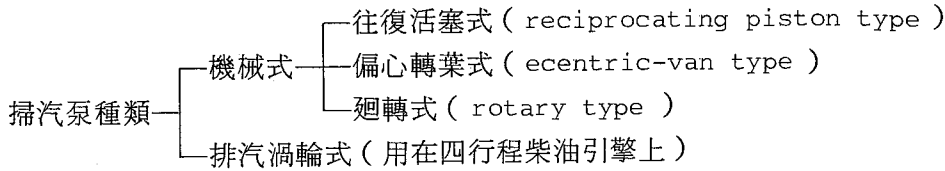


圖 2-4-25 UD引擎時規齒輪〔註18〕

二行程 UD 柴油引擎之新鮮空氣的供給與廢汽的排除需要靠掃汽泵（鼓風機）(scavenging

pump) 加壓來完成。掃汽泵之種類很多。

一、掃汽泵種類



二、迴轉式鼓風機

二行程 UD 柴油引擎一般採用魯茲式 (Roots-type) 迴轉式鼓風機，構造如圖 2-4-26 所示。由兩個轉子構成，轉子為中空，以輕金屬製成，每個轉子有兩個或三個輪葉瓣 (lobe)，轉子封閉於殼室內，並裝在軸上，由引擎以 2.1 倍曲軸轉速驅動。送風壓力在 2000 rpm 時為 6.4 kg/cm²。兩轉子之主動齒輪與被動齒輪有正時

記號，必須正時正確才能使二個或三個輪葉瓣在任何情形下旋轉而不相撞，葉瓣與葉瓣間及葉瓣與外殼之間隙極小，以防止洩氣，提高送風效率。鼓風機之輪葉瓣間因有間隙存在，故不須潤滑，但驅動齒輪及軸承則須由引擎送來之機油噴濺潤滑。

三、往復活塞式及偏心轉葉式鼓風機，汽車柴油引擎未使用，故從略。

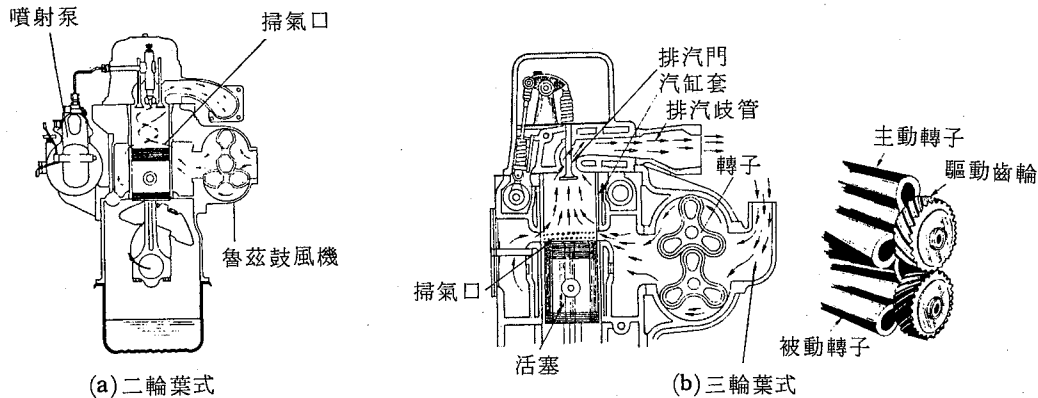


圖 2-4-26 魯茲式轉子式鼓風機構造〔註 19〕

【習題】

一、選擇題：

1. 現代柴油引擎壓縮後，汽缸內之空氣溫度約為① 300 ~ 500 °C ② 700 ~ 900 °C ③ 1,100 ~ 1,200 °C。
2. 能倒轉發動的是①四行程汽油引擎②二行程汽油引擎③四行程柴油引擎④迴轉引擎。
3. 柴油引擎燃料的燃燒是①利用預熱塞點火②火星塞點火③壓縮空氣高溫點火。
4. 熱效率最高之燃燒室是①展開室式②預燃室式③渦流室式④空氣室式。

5. 一般柴油引擎活塞使用①一條油環一條壓縮環②一條油環二條壓縮環③二條油環二~三條壓縮環。

二、問答題：

1. 試述柴油引擎發生逆轉的原因及後果。
2. 試比較各種不同柴油引擎燃燒室之優劣點。
3. 汽油引擎之活塞與柴油引擎之活塞有何顯著差異？
4. 為何柴油引擎要裝減壓裝置？
5. 試繪簡圖說明四行程與二行程 UD 柴油引擎之時規齒輪系統。

【資料來源註釋】

- 〔註1〕 楊思裕編著 汽車柴油引擎(上) 圖1-1
〔註2〕 同〔註1〕 圖1-2
〔註3〕 雇用促進事業團職業訓練部編 自動車内燃機
關の構造 圖8-2
〔註4〕 同〔註3〕 圖8-3
〔註5〕 同〔註1〕 圖4-11
〔註6〕 永屋元靖著 自動車百科全書 圖2-194
〔註7〕 同〔註6〕 圖2-195,〔註3〕 圖8-5
〔註8〕 同〔註3〕 圖8-6,〔註6〕 圖2-196(b)
〔註9〕 同〔註3〕 圖8-11
〔註10〕 全國自動車整備學校連盟編 ジーゼル・エン
ジンの構造 圖4-19
〔註11〕 同〔註10〕 圖4-18
〔註12〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車
ジーゼル・エンジン上 圖ⅤⅢ-4
〔註13〕 同〔註3〕 圖8-45
〔註14〕 同〔註3〕 圖8-47, 8-48
〔註15〕 同〔註3〕 圖8-49
〔註16〕 同〔註3〕 圖8-51
〔註17〕 同〔註3〕 圖8-52
〔註18〕 同〔註3〕 圖8-53
〔註19〕 同〔註3〕 圖8-57

[返回目錄](#)

第五章 引擎潤滑系統

第一節 潤滑概要

(一)固體與固體接觸面間有相對運動時，均有摩擦產生，以肉眼看起來很平滑的平面，在顯微鏡放大下就可以看到驚人的凹凸起伏，如圖 2-5-1 所示。

(二)當凹凸不平的兩面有相互移動時，因實際接觸部分很少，因此接觸部分承受之負荷很大，如相對運動速度快時，因高壓及高溫會導致變形，甚至發生熔合現象。

(三)如果兩接觸面加工很平至鏡面程度時，摩擦雖可減少，但是因兩平面間的距離非常接近，兩平面間分子的引力會造成很大的阻力，而阻止相對運動。

(四)固體與固體間直接接觸，中間無任何物質狀態下之摩擦稱為乾燥摩擦。摩擦之大小與兩接觸面之材料、光滑度及正壓力有關。摩擦大的其摩擦係數約在 0.5 以上，一般均用來做煞車及離合器之接觸部分使用。

(五)汽車各部的活動部分之摩擦力愈小愈佳，在摩擦面間加入潤滑油可以避免金屬與金屬間直接接觸以減少摩擦，稱為潤滑。潤滑的狀態有下列三種，如圖 2-5-2 所示。

1. 完全潤滑：

潤滑油充滿於兩固體滑動面之間形成油膜，油壓將兩接觸面完全分離，此時影響摩擦的為潤滑油之黏度，與固體表面情況無關，此種狀態之潤滑稱為完全潤滑，其摩擦係數僅 0.01~0.005 左右，如圖 2-5-2 (a)所示。

2. 境界潤滑：

比完全潤滑之荷重增加或油溫上升使潤滑油黏度降低時，油壓無法完全支持軸之負荷，故軸無法在油中完全浮起，此時只能依靠兩滑動面間附着的機油薄膜來防止金屬間直接的接觸，此種狀態的潤滑稱為境界潤滑或不完全潤滑。此時潤滑油無流動，沒有液體摩擦之特性，故潤滑油黏

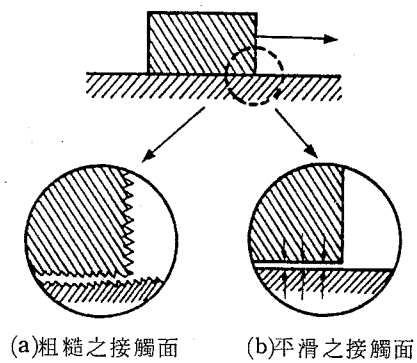


圖 2-5-1 摩擦現象〔註 1〕

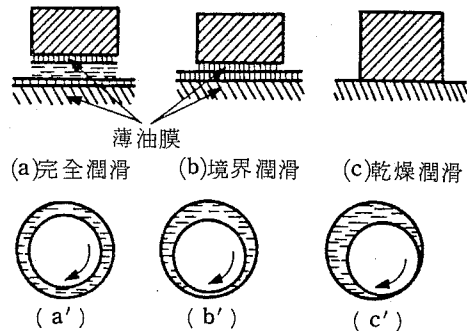


圖 2-5-2 潤滑的狀態〔註 2〕

度已無關重要，這時最主要的為金屬表面附着油膜之如何長久保持。此種境界潤滑在高負荷低轉速或潤滑油不足或油之黏度不足時最易發生，尤其在引擎之發動及停止前後，或汽缸上死點附近的汽缸壁及活塞環處最易發生。此時之摩擦係數約為 0.1~0.01 左右，如圖 2-5-2 (b)所示。

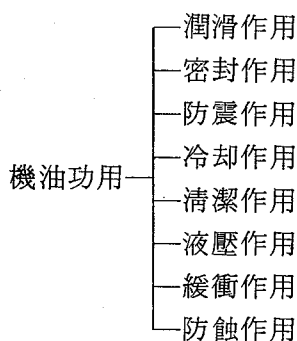
3. 極壓潤滑：

比境界潤滑之荷重更大或油溫更高，使吸着在金屬表面上之油膜破裂而產生金屬的直接接觸，發生乾燥摩擦似的觸着性摩擦，稱為極壓潤滑。在這種潤滑情況下，潤滑油中必需加入極壓劑（如 MoS_2 等），以產生不會使接觸面觸着之油膜。汽車內擺線式最後傳動齒輪部分之潤滑即為極壓潤滑。

第二節 機油的功用

一、概述

汽車引擎各活動機件必須靠機油潤滑以減少摩擦，機油之功用如下：



二、潤滑作用

引擎汽缸套經搪缸機搪磨或曲軸柄及曲軸頸部分經曲軸研磨機之修磨或研磨後，如用目視則感到十分光滑，若以顯微鏡觀看，其表面則顯示出凹凸不平的現象，此種凹凸不平的地方就會產

生摩擦。因機油可使活塞環與汽缸壁的金屬摩擦面間產生油膜，使金屬面間的直接固體摩擦變成液體的內部摩擦，如此可以防止摩擦的損傷，同時減少熱能的損失，而得良好的潤滑作用，故機油有潤滑作用。

三、密封作用

機油能使汽缸壁與活塞環及活塞之間間隙產生油膜，如此不但可減少汽缸壁與活塞環及活塞之間的摩擦，而且汽缸壁與活塞環及活塞之間因有油膜密封，故可以防止燃燒氣體及壓縮氣體的漏洩，使壓縮氣體能完全燃燒，故機油有密封作用。

四、防震作用

汽缸內壓縮氣體燃燒爆發之後，活塞銷與曲軸大小軸承在爆炸瞬間會受到很大的衝擊壓力，而機油能承受此種衝擊，故有防震作用，並可防止噪音，進而防止磨耗，所以機油有防震作用。

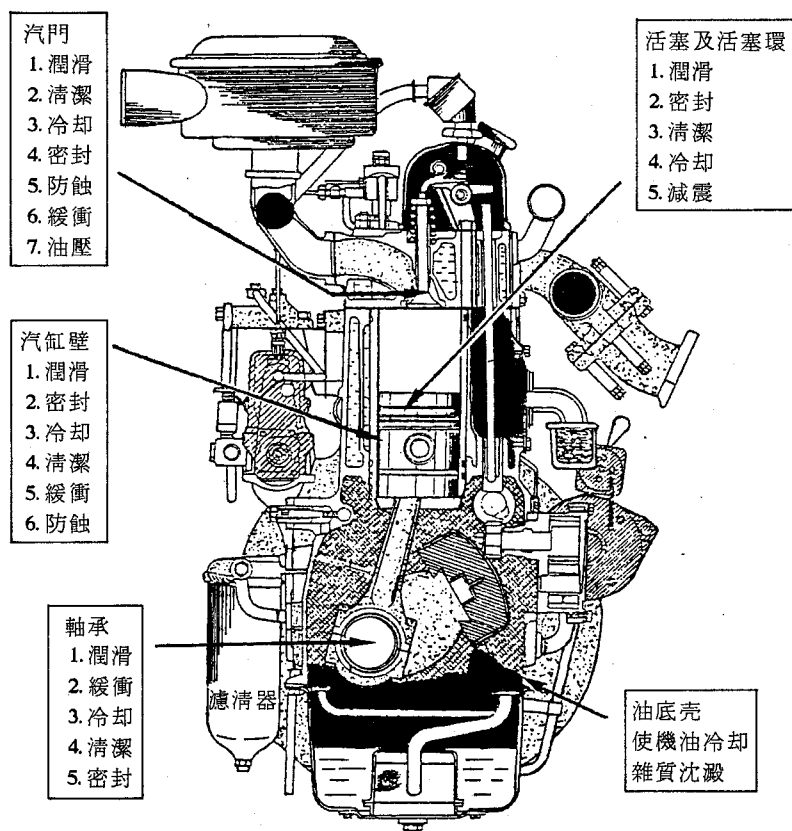


圖 2-5-3 機油之功用

五、冷卻作用

引擎內部的汽缸壁、活塞及各軸承等在運轉中所產生的熱，完全靠冷卻系統來吸收，事實上是不可可能的。在引擎內循環的機油能將熱吸收送至外部冷卻，故機油有冷卻作用。

六、清潔作用

機油在循環時能將摩擦部分所附着的碳、鐵屑、泥沙等細微雜質由機油濾清器予以過濾積存，故機油有清潔作用。

七、液壓作用

機油有時被用在液壓舉桿或其他液壓機件內充當液壓油等用途，因此機油有液壓作用。

八、緩衝作用

強而薄的機油油膜，猶如一層絨毛墊放在相對運動機件之間，而具有緩衝作用，以減少震動，並可避免摩擦損壞，以增長引擎使用壽命，故機油有緩衝作用。

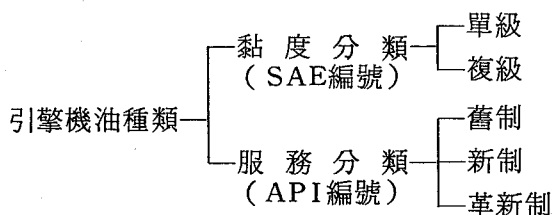
九、防蝕作用

在車輛短程行駛中，間歇開停，尤其是在氣溫低的時候，則排出氣體亦冷，多量的水份凝縮在機件上，且燃料內的硫磺化合物於燃燒以後變成氧化硫，再與水蒸汽溶合，就變成腐蝕性很強的硫酸，對於活塞及軸承等機件進行腐化銹蝕。正好機油循環時能將其沖淡且帶走，故機油有防蝕作用。

第三節 引擎機油之分類

引擎機油通常以黏度及服務性能來分類如下：

一、概述



註：SAE (Society of Automotive Engineer) 美國汽車工程學會。

二、黏度分類

(一)黏度為引擎機油之基本性質，黏度愈高，附着於金屬面之油膜愈厚；反之，黏度愈低，則附着之油膜愈薄。但黏度會隨溫度而變化，溫度升高時黏度降低；溫度降低時，黏度增高。引擎機油不僅應具備適當的黏度，而且溫度變化時黏度之變化率應愈少愈佳。用以表示機油在不同溫度時黏度變化之數值稱為黏度指數 (viscosity index)，黏度指數愈高，則黏度因溫度之變化愈小，換言之，即熱時不易變稀薄，冷時也不易變濃稠。

(二)機油之黏度以 SAE 之編號來表示，號碼愈大，表示機油之黏度愈大，普通分為 5W、10W、20W、20、30、40、50 等七級。在重級機油中，有一種複級 (multi grade) 機油，其

SAE 編號為 10W—30，或 20W—40 等，此種機油低溫時之流動性好，高溫時之黏性佳，能適用在廣大之溫度範圍，故四季可通用。表 2-5-1 為機油 SAE 黏度分類表。

(三)引擎機油黏度之選用應考慮氣溫及使用狀況。原則上夏天或低速重負荷時選用高黏度機油；冬天或高速輕負荷時應選用低黏度機油。使用過稀機油，油膜易遭破壞而影響機件壽命；使用過濃之機油阻力較大。本省適用之機油黏度為 SAE 30 或 40。

三、API 服務分類

(一)API 服務分類是用來表示引擎機油品質的方法。1947年，美國石油協會 (American Petroleum Institute，簡稱 API) 將引擎機油分為普通級 (regular)、高級 (premium) 及重級 (heavy duty) 三種。因引擎工作情形的不斷進步，於 1952年細分為 ML、MM、MS、DG、DS 五種，1956年追加 DM 而成六種，如表 2-5-2 所示。

(二)1972年，美國石油協會對引擎機油之標準重新訂定，汽油引擎用分為 SA、SB、SC、SD、SE 等 5 級，柴油引擎用分為 CA、CB、CC、CD 等 4 級。1980年又增 SF 級，而成 10 級。革新之 API 分類法各級機油品質定義，如表 2-5-3 所示。

表 2-5-1 機油 SAE 黏度分類表

SAE 號碼	黏 度 S S U (c s t)		使 用 溫 度	備 註
	0°F (-17.78°C)	210°F (98.89°C)		
5 W	< 4000 (869)	> 39 (3.86)	< -10°F (-23.3°C)	
10 W	(1) 6000~12000 (1303~2606)	> 40 (4.18)	> -10°F (-23.3°C)	
20 W	(2) 12000~48000 (2606~10423)	> 45 (5.73)	> 10°F (-12.2°C)	
20	—	45~58 (5.73 ~9.62)	> 32°F (0°C)	
30	—	58~70 (9.62 ~12.49)	—	台灣常用
40	—	70~85 (12.94 ~16.77)	—	夏季用
50	—	85~110 (16.77 ~22.63)	—	

註：(1) 0°F 時之最低黏度，在 210°F 之黏度超過 40 S S U (4.18 c s t) 時，可省略。

(2) 0°F 時之最高黏度，在 210°F 之黏度超過 45 S S U (5.73 c s t) 時，可省略。

表 2-5-2 機油 API 新舊分類及通用範圍

	API 舊制	API 新制	通 用 引 擎 工 作 情 況
汽 油 引 擎	普 通 級	ML (Motor Light)	使用於輕負荷、機油溫度較低及無特別潤滑條件之引擎。為純粹礦物質，未含添加劑。
	高 級	MM (Motor Moderate)	內含抗氧化劑，使用於中負荷之引擎。能緩和高溫下之氧化及淤渣的發生，並防止軸承之腐蝕。
	重 級	MS (Motor Severe)	除抗氧化劑及抗腐蝕劑外，另加清潔劑。使用於重負荷、高溫、高速之引擎，對於低溫斷續運轉而使汽油混入者，更為適宜。
柴 油 引 擎	普 通 級	DG (Diesel General)	使用於輕負荷，馬力變化少，溫度不過份升高，而致發生嚴重淤渣及磨損之引擎，如農耕用引擎或一般卡車。
	高 級	DM (Diesel Moderate)	使用於較重負荷之引擎，及該引擎容易受柴油品質的影響，而易遭氧化時用之。
	重 級	DS (Diesel Severe)	使用於極重負荷及高速之引擎，因柴油之品質而發生嚴重淤渣、磨耗、腐蝕、積炭，而對潤滑構成極嚴重之威脅時使用，如工程機械引擎或增壓引擎。

表 2-5-3 革新機油 API 服務分類及適用範圍

API 革新制	使用條件	清潔性	分散性	抗氧化性	抗腐蝕性	耐磨耗性	防銹性	相當 API 新制	
汽油 引擎 用 機 油	SA	使用於輕負荷運轉及無特別要求條件之引擎。它為直餾礦物質，未含添加劑者。	—	—	—	—	—	ML	
	SB	內含少量添加劑（抗氧化劑及抗腐蝕劑），使用於中負荷之引擎。它能防止刮痕、機油之氧化及軸承之腐蝕。	—	—	—	△	△	MM	
	SC	適用於未裝 PCV 裝置之 1964 年~1967 年式轎車及卡車之汽油引擎。它具有防止高溫或低溫時產生淤渣、磨耗、生銹、腐蝕等性能。	○	△	○	○	△	△	MS
	SD	使用於裝有 PCV 裝置之 1968 年~1971 年式轎車及卡車之汽油引擎。它對於防止高溫或低溫時產生淤渣、磨耗、生銹、腐蝕之性能較 SC 級為優。	◎	○	○	◎	○	○	
	SE	使用於 1972 年以後之轎車及卡車之汽油引擎。它的抗氧化及防止高溫或低溫時產生淤渣、生銹、磨耗、腐蝕等性能較 SC 及 SD 級更為優良。	◎	◎	○	◎	◎	◎	
	SF	使用於 1980 年以後，裝用排氣渦輪增壓進汽之汽油引擎，它的抗氧化、耐高溫、耐高壓、抗腐蝕性等較 SE 級更為優良。	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
柴油 引擎 用 機 油	CA	適用於使用高品質燃料及輕負荷運轉之柴油引擎。它具有防止高溫時產生淤渣及腐蝕軸承等性能。	△	—	○	○	—	—	DG
	CB	適用於使用低品質燃料，輕及中負荷運轉之柴油引擎。它具有防止使用高硫量成分燃油時，使柴油引擎軸承腐蝕及高溫時產生淤渣之性能。	○	—	○	○	—	—	DM
	CC	使用於裝有增壓器之高負荷柴油引擎（亦適用於較重負荷之柴油引擎），多用於卡車、工程機械及農業機械方面。它具有防止柴油引擎於高溫時產生淤渣、生銹、腐蝕等性能及防止汽油引擎生銹、腐蝕與低溫時產生淤渣等性能。	◎	△	○	○	—	△	DS
	CD	使用於裝有增壓器之極重負荷及高速之柴油引擎。它具有防止上述使用條件而高溫時易產生淤渣及腐蝕軸承現象發生等性能	◎	—	○	○	—	—	DS

○ 符號代表要求性能較重者，係同項目之比較。

第四節 引擎機油應具備之性質

一、黏度指數高，流動點低

引擎無論在低溫或高溫時，要求機油之黏度變化小，以適應引擎之運轉。故引擎所使用之機油，必須黏度指數高，流動點低。

二、氧化抵抗性高，防蝕性能好

柴油引擎之機油，其工作溫度較高，容易氧化，且柴油中含有之硫量成分，經燃燒後容易變成硫酸，故使潤滑部分產生腐蝕及磨耗。並因航

髒容易生成淤渣及堆積物，影響機油及引擎壽命。故機油之氧化抵抗性及防蝕性至為重要，所以引擎機油必須添加防止氧化及防腐蝕之添加劑。

三、清潔分散性好

機油劣化後生成淤渣或燃料燃燒後生成炭素，此等氧化物混入機油中時，使機油髒污，並在引擎內沈積。其沈積物附着於潤滑機件，使活塞環膠着，並使潤滑部分之潤滑效率降低，縮短引擎壽命。故機油必須使用清潔分散劑，分散機油中之淤渣或炭素，以保持引擎之清潔。特別是柴油引擎，炭素之形成較多，對於選用清潔及分散性良好之機油至為重要。

四、油膜强度大

潤滑部分產生之油膜，必須具有承受高壓力

而不被撕剪之能力，其大小和黏度無關。此外，機油之油性 (oilness) 亦至為重要，油性係對金屬表面之附着性和油膜形成性之總成，和黏度係為完全兩件事，各不相干。

五、無起泡性

機油承受激烈之攪拌或侵入空氣而發生泡沫時，使機油泵送出之機油混有空氣而阻礙泵油作用，引起潤滑面斷油，使該部零件損耗，故須具有被攪拌而不發生泡沫之性質。

上述引擎機油各種應具備之性質，由於引擎性能之日愈進步，其要求條件亦更為提高，單從基油 (base oil) 精煉之機油已不能滿足需要，而必須在基油精煉過程中，按該油實際需要而添加適量之添加劑。

第五節 引擎機油添加劑

任何礦物性機油本身均不能同時具備以上各種條件，因此在機油中加入許多不同的添加劑，俗稱“合成機油”，用來改善機油的各種性能。早在1962年，就有一種金屬肥皂（鉛皂）被用來減少跳震；於1965年，又有一種油溶性的金屬肥皂被用來消除柴油引擎活塞環黏住的毛病；又在1969年，有一種防蝕且有清潔作用的機油產生，以減少合金軸承腐蝕和磨損。前述基本的合成機油發明後，引發了今日使用多種添加劑的機油。一般來說，加入機油的添加劑總含量從很少數至10%左右。

(一)黏度添加劑：是使黏度隨著溫度改變的速度減慢。它為長鏈性的化學物，本身非常黏，但無潤滑性能，祇用來改良機油的黏度指數。

(二)附着力添加劑：是以脂肪油或脂肪酸加入機油裏，對於金屬有潤滑和黏着的性能，但易腐

蝕合金軸承，應加注意。

(三)防腐蝕添加劑：是複雜的化學藥品，包含有磷、鋅或硫，形成一薄層而貼在金屬表面，以減少氧化和腐蝕，不但維護引擎和機油本身，還可減少油渣、油膠和漆膠的產生。這種添加劑對於合金軸承特別有效。

(四)清潔分散添加劑：為鈣、銀和金屬肥皂等製成，是用來減少或消除炭和油渣等的生成。其主要作用是使氧化產品變成溶解性，且可使引擎內的煤煙、油膠和氧化物分散在機油中。

(五)極壓添加劑：這種添加劑是在金屬直接接觸時才能發生作用，它可視為“乾潤滑劑”，以防止金屬機件表面的刮傷或擦毛。在引擎磨合時期，防止損壞特別有效。以二硫化鉬 (MoS_2) 使用最多。

第六節 引擎機油之劣化

5-6-1 引擎機油劣化之原因

引擎機油使用一段時間後，因各種雜物的侵入，而使品質逐漸劣化，喪失原有之潤滑性能。使引擎機油劣化之原因如下：

(一)機油被沖淡：過度使用阻風門時，過濃的混合汽進入汽缸後，部分汽油仍保持液態，而由活塞環與汽缸壁間進入曲軸箱中，與機油混合後，使機油之黏度變稀。據實驗顯示，機油滲入2

%的汽油後，可使SAE 30機油黏度降到SAE 20，滲入10%時，降到SAE 10。

(二) **固體物**：油底殼中之機油含有少量之固體物幾乎是不可避免的，部分固體物為金屬屑，因零件摩擦而掉下，有些固體物為燃燒後的副產品。

(三) **炭**：炭的產生係因溫度過高或機油濺附着於高熱金屬面燃燒而成。在冷却水管不暢通或排汽受阻而發生高熱時，炭之發生量增多。

(四) **膠質及焦油**：汽油或機油長久曝露於高溫下所產生。在引擎燃燒不完全或經常超載時，焦油與膠質之發生量會大增。

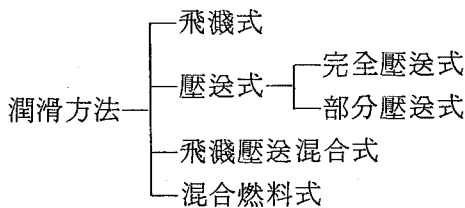
(五) **水分**：引擎在燃燒行程吹漏到曲軸箱中之吹漏氣 (blow by gas)，含有大量水蒸汽 (燃燒生成物)，引擎熄火後，水蒸汽即凝結成水滴，水滴與機油混合後，即乳化成濃稠之油泥。

5-6-2 引擎機油劣化後之不良後果

引擎機油經使用一段時間後，因雜質、汽油、水份、固體物、炭等的混入或因高溫而膠化等，都會使機油失去潤滑性，或形成油泥阻礙油道並堆積於機油濾清器、活塞環槽、汽門機構、油底殼等處；因此機油必須定期更換，否則嚴重影響引擎使用壽命。

第七節 汽油引擎的潤滑方法

汽油引擎依潤滑油供應方法之不同分下列數種：



5-7-1 飛濺式

此式用在舊式之引擎上，因潤滑效果不佳，現在汽車已不採用。但因構造簡單，部分小型引擎如割草機、抽水機、機車等小引擎仍採用甚多，構造及作用如圖 2-5-4 及 2-5-5 所示。在連桿

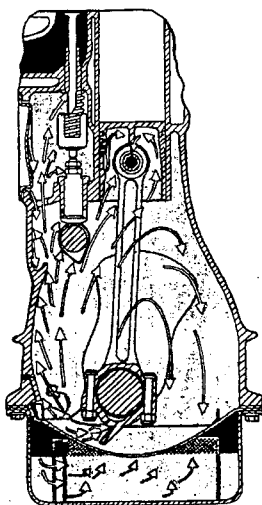


圖 2-5-4 飛濺式潤滑系構造作用(一)〔註 3〕

大端上，裝一油杓，在旋轉時，將油槽中的機油撥起成微小的機油粒子，分散噴濺到需潤滑的各機件上。油槽之油係由機油泵供應。

5-7-2 壓送式

現代引擎多採用此式，各部潤滑所需之機油

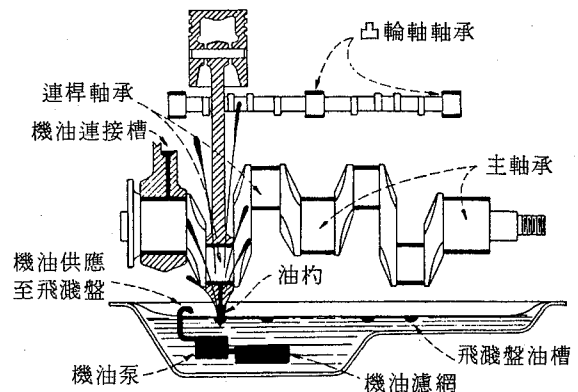


圖 2-5-5 飛濺式潤滑系構造作用(二)〔註 4〕

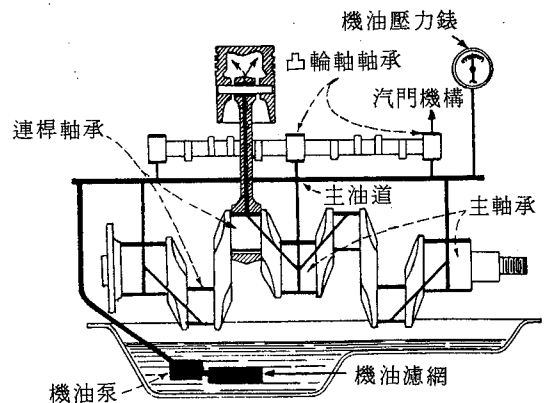
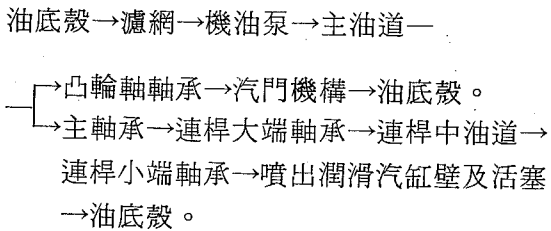


圖 2-5-6 完全壓送式潤滑系〔註 5〕

全部由機油泵壓送供應。依供應潤滑活塞與活塞銷方式之不同再分完全壓送式及部分壓送式兩類：

(一)完全壓送式：如圖 2-5-6 所示，用在全浮式或固定式活塞銷之引擎，機油壓送循環過程如下：



(二)部分壓送式：如圖 2-5-7 所示，用在半浮式活塞銷之引擎，機油壓送循環過程如下：

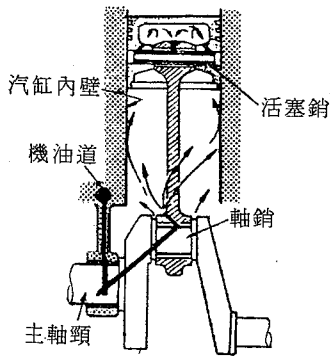
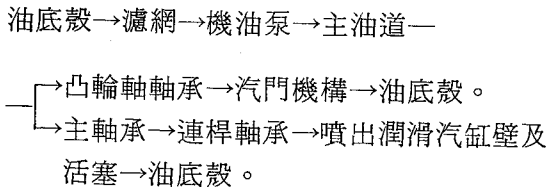


圖 2-5-7 部分壓送式潤滑系噴油情形〔註 6〕

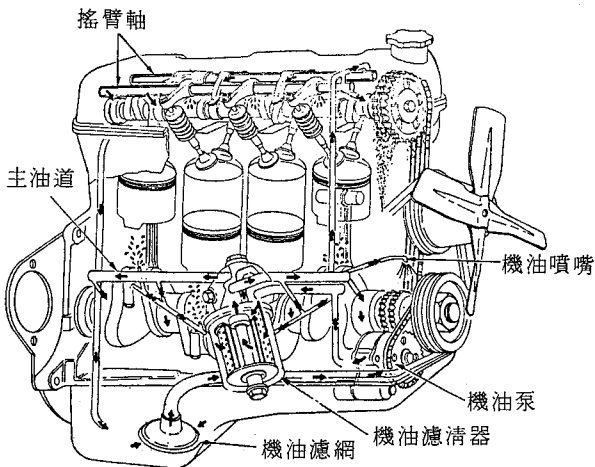


圖 2-5-8 OHC 全流過濾部分壓送式潤滑系之機件潤滑情形 (Nissan Co.)

(三)圖 2-5-8 為 OHC 引擎使用部分壓送全流過濾式潤滑系各部機件，潤滑油之供應情形。

5-7-3 壓送飛濺複合式

有些引擎採用壓送、飛濺並用之潤滑方式，曲軸主軸承、凸輪軸軸承及汽門機構等機件之潤滑由機油泵壓送。連桿軸承、汽缸壁、活塞、活塞銷之潤滑由連桿大端之油杓撥動飛濺而潤滑，如圖 2-5-9 所示。

5-7-4 混合燃料式

二行程汽油引擎所使用之潤滑不同於四行程引擎，因混合汽必須先進入曲軸箱中預壓後才送到汽缸，故曲軸箱中不能存放機油，因此，曲軸軸承、活塞與汽缸壁各機件之潤滑需靠混在燃料中之潤滑油來達成。早期之引擎均將機油以一定比例混在汽油中（4~8%）來供應，因無法適應引擎怠速到高速各種情況所需之潤滑油量，常造成潤滑不良或排煙過度之毛病；因此，現代之二行程引擎多改用分離潤滑的方式，使用可變輸出量之油泵供應適量機油與汽油混合，以提供主軸承、連桿軸承之潤滑，如圖 2-5-10 所示。

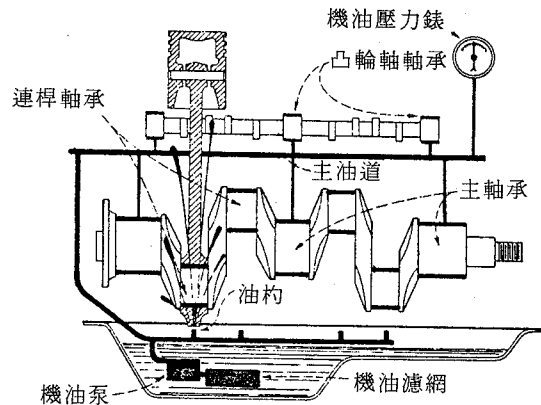


圖 2-5-9 壓力飛濺混合式潤滑系〔註 7〕

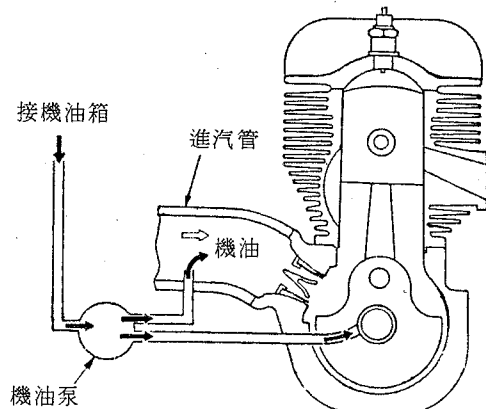
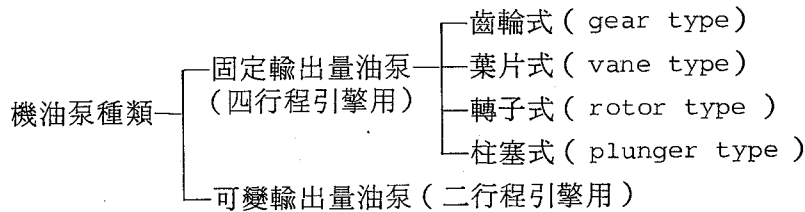


圖 2-5-10 分離潤滑混合燃料式潤滑系〔註 8〕

第八節 機油泵

5-8-1 概述

機油泵普通均由凸輪軸來驅動，如圖2-5-11 所示，依作用及構造之不同分為下列數種：



5-8-2 齒輪式機油泵

圖2-5-12所示為齒輪式機油泵之構造，由泵體 (pump body)、泵蓋 (pump cover)、濾網 (oil stainer)、釋放閥 (relief valve)、主動齒輪 (driving gear)、被動齒輪 (driven gear) 等組成。其作用如圖2-5-13所示，主動齒輪由凸輪軸之螺旋齒輪經主動軸驅動，依圖示方向旋轉，進油口處產生真空，將機油吸入，隨齒輪之轉動，沿齒輪與泵體間的空隙帶到吐出口壓出，送到主油道；因送油量及壓力與齒輪轉速成正比，在高速時送油量及油壓都會超過規定，當出口油壓超過釋放閥彈簧彈力時 (普通約 $2 \sim 4 \text{ kg/cm}^2$)，將釋放閥推開，機油又回到入口處，以保持一定的送油量及壓力。齒輪式另外還有一種使用內齒輪及外齒輪之內外齒輪式，主動為較小之外齒輪，被動為較大之內齒輪，以同方向轉動，將油存在內外齒輪間之半月塊

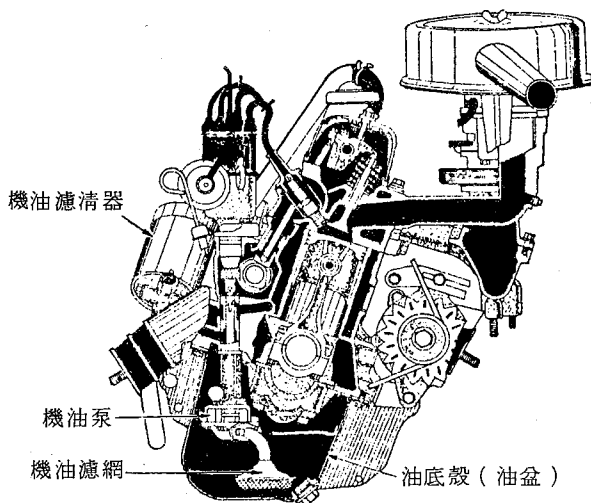


圖 2-5-11 機油泵安裝位置 [註 9]

間，以產生吸送油作用，如圖2-5-14所示。

5-8-3 葉片式機油泵

葉片機油泵由偏心之轉子 (rotor)、葉片、葉片彈簧及泵體所組成，如圖2-5-15所示。葉片以彈簧壓緊在泵體上，轉子偏心安裝，轉子與葉片一起旋轉時，葉片間之容積產生大小之變化，在容積由小變大處設置吸入口，即可以產生吸

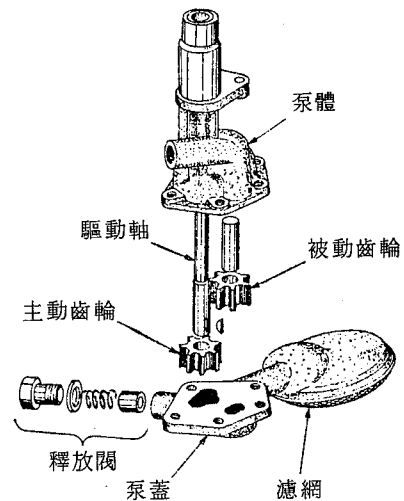


圖 2-5-12 齒輪式機油泵構造 [註 10]

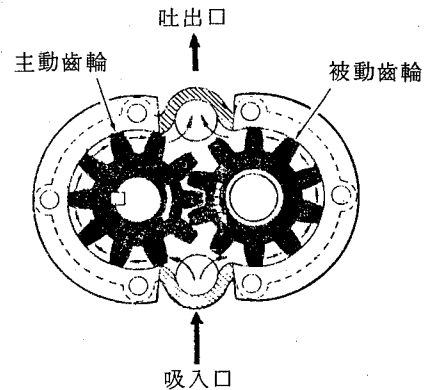


圖 2-5-13 齒輪式機油泵之作用 [註 11]

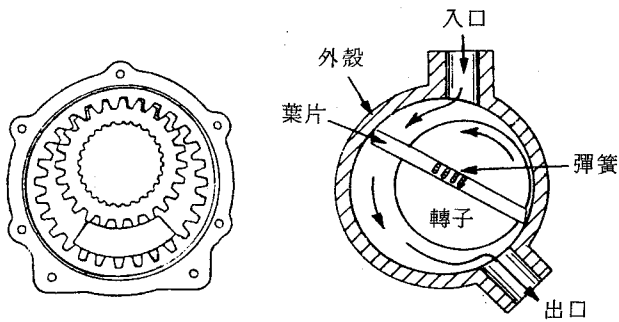


圖 2-5-14 內外齒輪式機油泵〔註12〕 圖 2-5-15 葉片式機油泵

油作用；在容積由大變小處設吐出口，即能將機油以壓力送出。

5-8-4 轉子式機油泵

轉子式機油泵之構造如圖2-5-16所示，由泵體、泵蓋、濾網、釋放閥、內轉子（主動）、外轉子（被動）等組成。內轉子之牙數較外轉子少一牙。內轉子與泵壳偏心安裝，當內轉子驅動外轉子轉動時，內外轉子牙之空間發生由小變大，再由大變小之運動，而產生吸送油作用，如圖2-5-17所示。此式油泵構造簡單，作用確實，壽命長，故現代引擎採用最多。機油泵上亦附有釋放

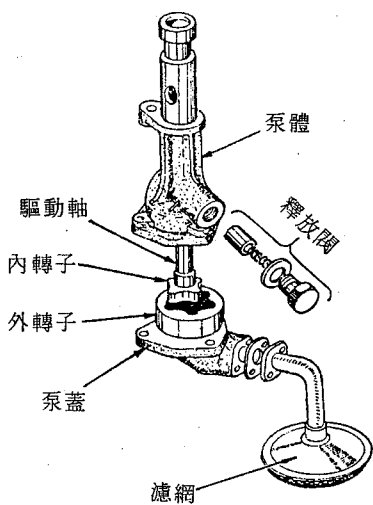


圖 2-5-16 轉子式機油泵構造〔註13〕

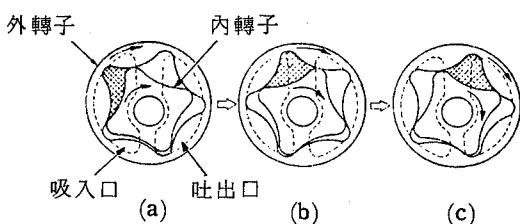


圖 2-5-17 轉子式機油泵之作用〔註14〕

閥，以限制送油量及油壓，圖2-5-18為釋放閥之作用情形。

5-8-5 柱塞式機油泵

圖2-5-19為固定輸出量之柱塞式機油泵構造，由凸輪直接推動柱塞作往復運動，配合進油閥及出油閥之控制產生吸送油作用，因易磨損且噪音大，故現代引擎已不採用。

5-8-6 可變輸出量機油泵

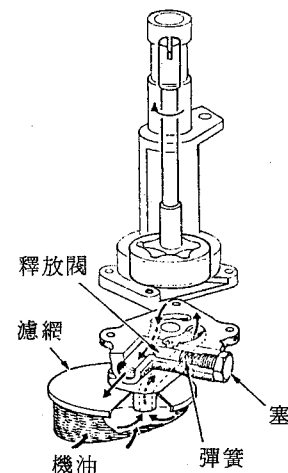


圖 2-5-18 釋放閥之作用情形〔註15〕

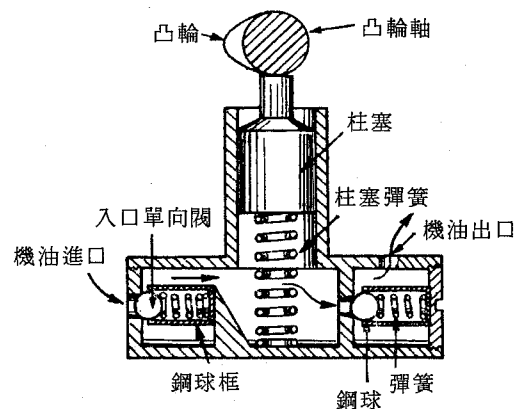


圖 2-5-19 柱塞式機油泵構造作用〔註16〕

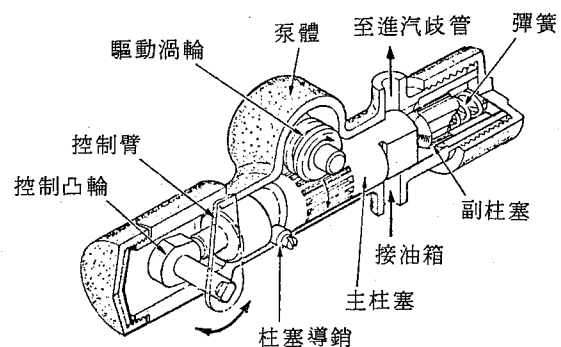


圖 2-5-20 可變輸出量柱塞式機油泵構造〔註17〕

一、構造

二行程汽油引擎所使用之機油泵為可變輸出量(即輸出量可以由外部油門控制)之柱塞式油泵,其構造如圖2-5-20所示,由泵體(body)、驅動蝸輪(driving worm)、主柱塞(main plunger)、副柱塞(diferential plunger)、柱塞導銷(plunger guide pin)、控制凸輪(control cam)、控制臂(control lever)及彈簧(spring)等組成。

二、作用

驅動蝸輪由引擎曲軸帶動,驅動主柱塞,主柱塞在轉動時因柱塞導銷與主柱塞上斜槽溝之作用而同時產生往復運動。彈簧將副柱塞及主柱塞向左側推動。主柱塞轉一轉時,同時亦做一次往復運動,如圖2-5-21所示,其吸油作用如下:

(一)吸入行程:如圖2-5-22所示,當主柱塞向左側移動時,吸入口打開,吐出口關閉,泵室之容積逐漸增大,產生吸力將吸油吸入。

(二)吐出行程:如圖2-5-23所示,主柱塞開始向右側移動時,吸入口關閉(吐出口仍未打開);泵室之容積由大變小,機油之壓力上升,將副柱塞向右推壓縮彈簧,當主柱塞之切口對正吐出口時,機油送出,彈簧將副柱塞向左推。

(三)油量調整:控制桿使用鋼繩或連桿與油門相連接,當油門踩下時,控制桿使控制凸輪轉動,而改變主柱塞向左側移動之行程,因而變化機油之輸出量。

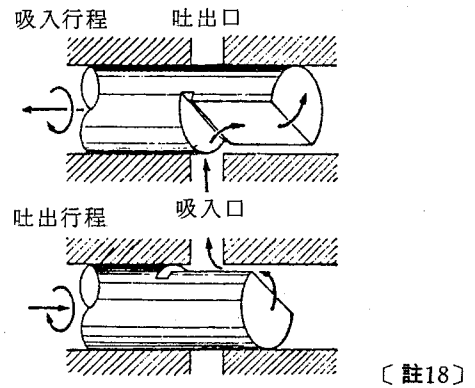


圖 2-5-21 可變輸出量柱塞式機油泵之作用(一)

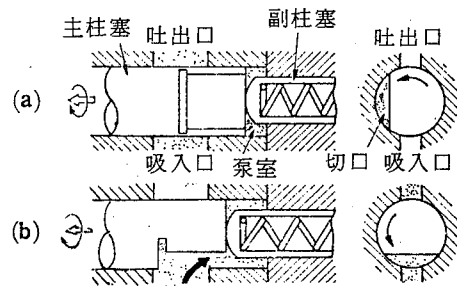


圖 2-5-22 吸入行程 [註19]

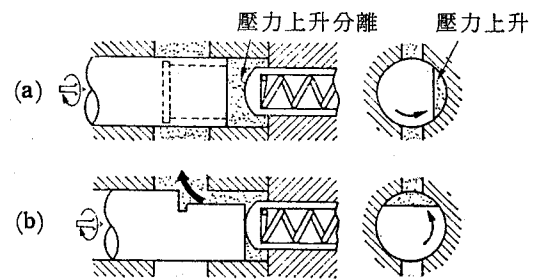


圖 2-5-23 吐出作用 [註19]

第九節 機油濾清器

5-9-1 概述

燃料不完全燃燒產生之碳素,及機油因高溫氧化而生成之淤渣(sludge)混入機油中時,使活塞環或各軸承之滑動面發生磨損。為使各機件免於磨損,延長使用壽命,及防止引擎馬力之降低,必須使用機油濾清器,使引擎機油經常保持清潔。

機油濾清器應具備的機能如下:

- (一)過濾效率高。
- (二)壓力損失小。
- (三)使用壽命長。

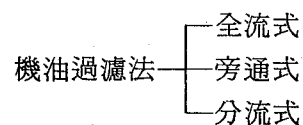
(四)小型、重量輕。

(五)容易拆裝。

(六)不促進機油之氧化。

在油底殼機油與機油泵之間先有一個機油濾網,如圖2-5-24所示,將大粒雜質過濾,避免雜質進入機油泵及由此吸入較乾淨的機油。

5-9-2 機油過濾的方法



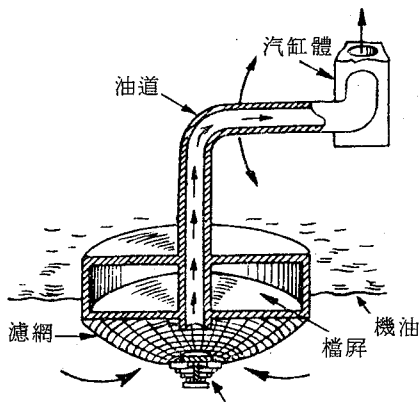


圖 2-5-24 油底殼內的機油濾網

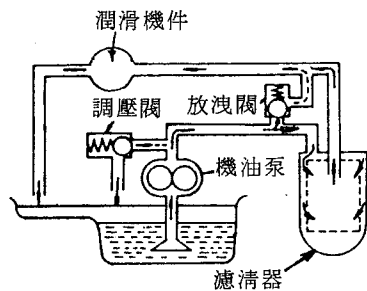


圖 2-5-25 全流式

一、全流式 (full flow type)

如圖2-5-25所示，即機油濾清器裝在油泵與主油道之間，流入主油道之機油都必須經過濾清器。此式必須有旁道閥在機油泵內或濾清器內，萬一機油濾清器蕊子堵塞時，機油可以推開旁道閥，不經濾清器直接流到主油道，確保機油循環，此式濾清器效果較為確實。圖2-5-26為旁道閥之構造。

二、旁通式 (bypass type)

機油泵壓出的油一部分經濾清器濾清而回到

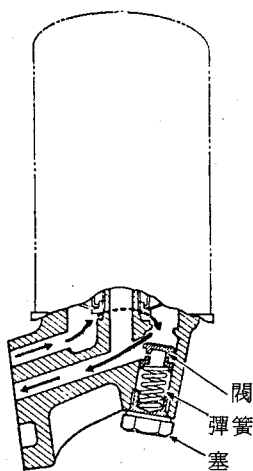


圖 2-5-26 旁道閥構造

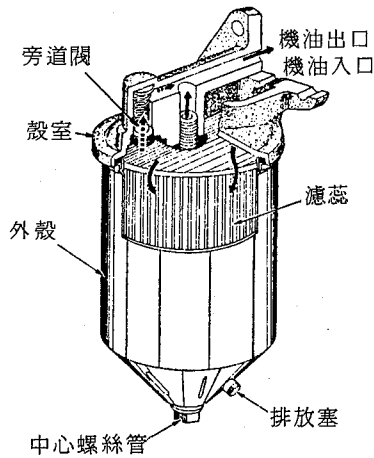


圖 2-5-29 濾蕊更換式機油濾清器 [註20]

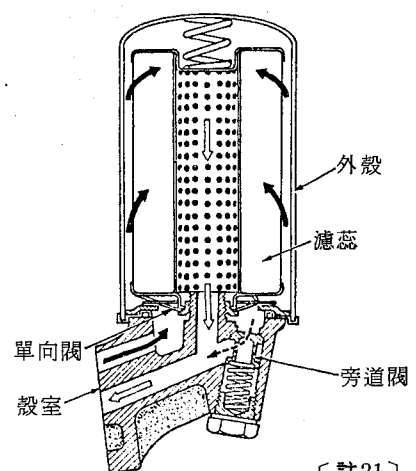


圖 2-5-30 整體更換式機油濾清器 [註21]

油底殼中，另一部分則流到主油道中潤滑曲軸軸承及活塞環、汽缸壁等，如圖 2-5-27 所示。

三、分流式 (shunt type)

如圖2-5-28所示，機油泵壓出的油一部分經濾清器濾清後與另一部分流來之機油一齊流到主油道中潤滑曲軸軸承、活塞等。

5-9-3 機油濾清器之構造

機油濾清器有濾蕊更換式，如圖2-5-29所示，及整體更換式，如圖2-5-30所示，前者由外殼、中心螺絲管、濾蕊等組成，更換時僅換濾蕊，後者則外殼與蕊材一起更換。

5-9-4 過濾材料種類

濾清器之過濾材料分為濾紙式、疊層板式、鐵絲式、綿紗式及燒結式等數種，汽油引擎使用濾紙式較多。

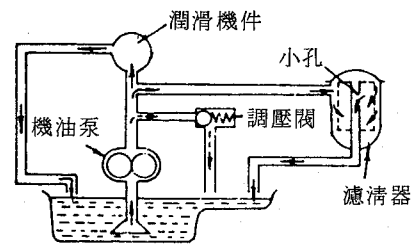


圖 2-5-27 旁通式

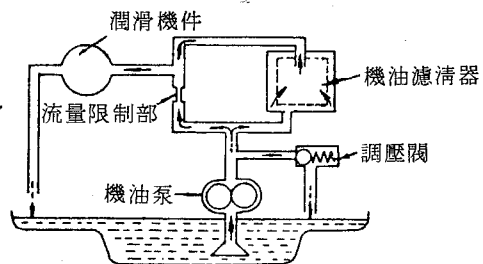


圖 2-5-28 分流式

一、濾紙式

濾紙式濾件的濾網孔可小至約 $2\ \mu$ ，但一般使用的濾清器多為 $5\sim 20\ \mu$ 。濾紙濾件的特性是使用後濾件的網孔逐漸堵塞，使流通阻力急速增加。

二、疊層板式

由薄鐵板或鋁板重疊而成者，板與板之間形成間隙，利用其間隙將污物捕住。污物係利用引擎之震動等將之拂落，而儲存於外殼之下方。此種濾件其過濾之污物粒子較粗。

三、鐵絲式

鐵絲式濾件係由約 $0.3\ \text{mm}$ 之細鐵絲經特殊加工疊積而成，其過濾效果較差，故一般與濾紙濾件或離心式濾清器合併使用。

四、綿紗式

綿紗式係將綿紗壓入後擠入一定之容器，機油通過後將污物吸着之方式。

五、燒結式

燒結式係利用金屬微粒之間隙將污物捕住的方式。此式用於機油濾清器者較少。

第十節 油尺、機油壓力錶或油壓警告燈

5-10-1 油尺

引擎的機油量有一定，如機油不足時無法供應潤滑系統所需油量，則油壓不足，潤滑不良，嚴重影響引擎壽命。機油量過多時，則引擎運轉之阻力增大，造成引擎無力；同時，過多機油進入燃燒室造成積碳，火星塞不作用等故障。油尺就是用來檢查引擎機油量之用，檢查引擎機油量應在引擎發動前，或引擎停止後五分鐘以上。油量應保持在油尺的上下限之間。

5-10-2 機油壓力錶或油壓警告燈

現代引擎都是使用壓送式潤滑系統，機油必須具有足夠的壓力才能確保潤滑系統的效能，為了解引擎潤滑系統之功能是否良好，一般引擎上裝置有機油壓力錶或油壓警告燈，用以指示主油道中機油之壓力或於機油壓力低於規定時提出警

告。機油壓力錶有波唐管式及電動式兩類，圖2-5-31為電動式機油壓力錶之電路及構造。關於機油壓力錶之構造作用將於第五篇汽車電學中詳為介紹，此處暫不說明。

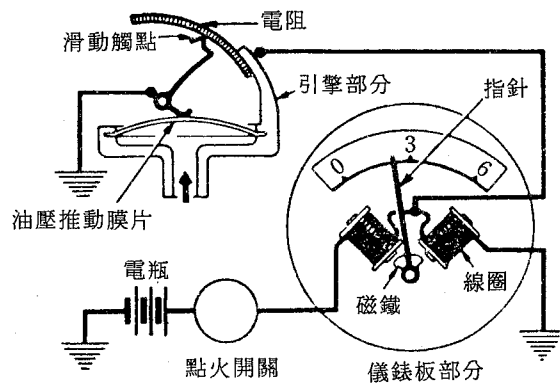


圖 2-5-31 電動式機油壓力錶電路圖〔註22〕

第十一節 油底殼

油底殼裝於曲軸箱下方，用以貯存及冷卻機油，如圖2-5-32所示。為防止機油搖動，內部設有隔板。在下裝有排油塞，以更換機油。有些引擎在油底殼中並放置磁鐵，以吸住磨損下來的金屬粉，防止再進入潤滑系統中，以延長引擎使用壽命。

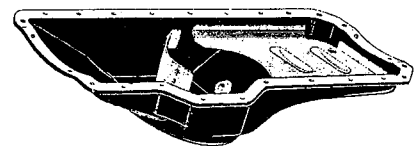
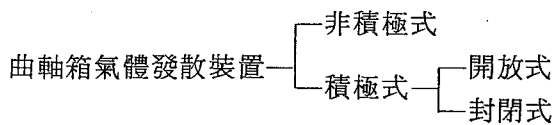


圖 2-5-32 油底殼〔註23〕

第十二節 曲軸箱吹漏氣控制

5-12-1 概述

引擎在壓縮及動力行程，會有氣體從活塞環開口、活塞環與環槽及汽缸壁間之隙漏入曲軸箱中，稱為吹漏氣體 (blow by gas)，此種吹漏氣體約有80%為未燃燒之混合汽。此種氣體必須排除或還原吸入汽缸中燃燒，否則會使機油變質，甚至引起爆炸。曲軸箱氣體發散裝置有下列幾種：



5-12-2 非積極式曲軸箱氣體發散裝置

早期的引擎使用自然的通風方式來發散曲軸箱中之氣體，新鮮空氣從引擎上端之汽門搖臂室蓋或曲軸箱旁之呼吸蓋 (breather cap) 進入。在曲軸箱之後端另裝一排出管，其開口在油底殼下方，當汽車行駛時，在排出管之端口因空氣流動產生真空，將曲軸箱中之氣體吸出，如圖2-5-33所示。現代汽車引擎正努力防止汽車引擎排出廢氣污染空氣，因此年份新的引擎已不採用此種方法。

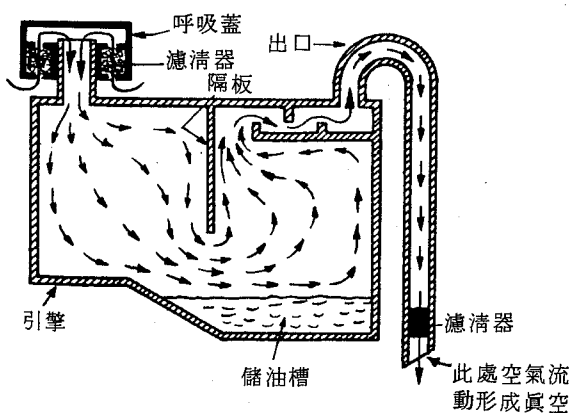


圖 2-5-33 非積極式曲軸箱廢汽發散系統構造圖 [註24]

5-12-3 積極式曲軸箱氣體發散裝置

一、開放型 (open type)

如圖2-5-34所示，新鮮空氣從曲軸箱之空氣濾清器進入曲軸箱中，與吹漏氣體混合後，經控制閥 (control valve) 或稱計量閥 (metering valve) 調整流量後吸入進汽歧管中，再送回汽缸燃燒。其缺點為在引擎高負荷時，因經控制閥

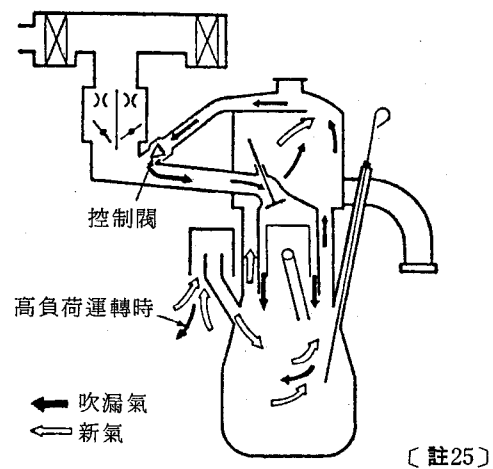


圖 2-5-34 開放型積極式曲軸箱氣體發散裝置 [註25]

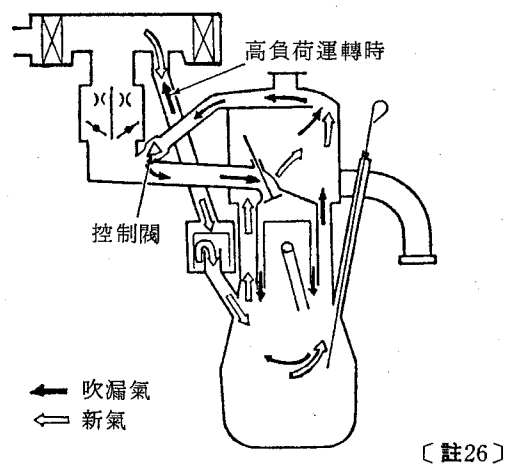


圖 2-5-35 封閉型積極式曲軸箱氣體發散裝置 [註26]

吸到進汽歧管的能力降低，吹漏氣會從新鮮空氣導入口排到大氣中，故現代廢汽污染管制之引擎均不採用。

二、封閉型 (closed type)

封閉型積極式曲軸箱氣體發散裝置為目前使用最多之方式，新鮮空氣由化油器上之空氣濾清器導入，在曲軸箱中與吹漏氣混合後，經控制閥調整流量後，吸到進汽歧管，再送進汽缸燃燒。當引擎高負荷時，吹漏氣增加而吸入能力降低時，吹漏氣會流到空氣濾清器，再吸到引擎內，不會排到大氣中，如圖2-5-35所示。

三、控制閥之構造作用

控制閥之功用為防止吸入汽缸中之混合汽變得太稀薄而影響引擎性能，用來調節進入進汽歧管氣體流量之裝置。一般吹漏氣之發生量在進汽歧管的真空吸力大，也就是引擎之負荷小時少；在進汽管之真空降低，也就是引擎的負荷大時多

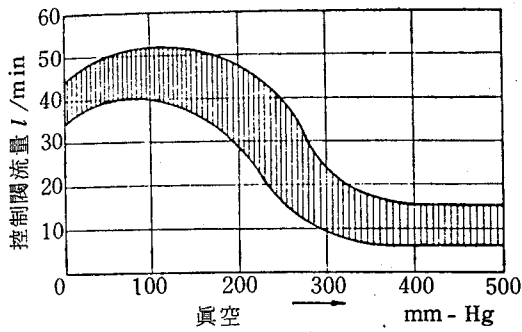


圖 2-5-36 控制閥之流量特性 [註27]

。因此控制閥的流量特性如圖 2-5-36 所示，在真空大時流量少。控制閥在引擎各種工作情況時之作用如下：

(一)怠速運轉時：引擎在怠速運轉時，吹漏氣之發生量少，進氣歧管中之真空大，控制閥如圖 2-5-37 所示，被吸向進汽管側，通路變狹窄，通過之氣體減少，以防止引擎因混合汽太稀而使怠

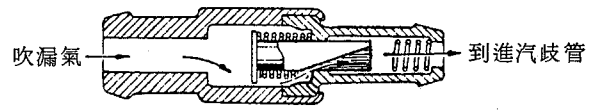


圖 2-5-37 在怠速時控制閥之作用 [註28]

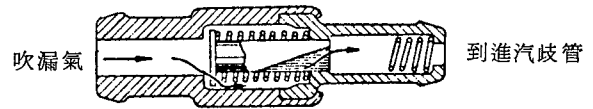


圖 2-5-38 在加速及高負荷時控制閥之作用 [註29]

速運轉不穩定。

(二)加速或高負荷：引擎在加速或高負荷運轉時，吹漏氣之發生量多，進汽歧管中之真空小，控制閥被彈簧推到曲軸箱側，使通路變寬做，大量的氣體被吸到進汽歧管去，如圖 2-5-38 所示。

(三)遇引擎回火時，控制閥被推向左方關閉通路，防止火焰進入曲軸箱，以免發生爆炸。

第十三節 柴油引擎潤滑系統

5-13-1 概述

柴油引擎因燃燒壓力高，引擎各部之負荷很重，因此潤滑系均須使用完全壓力式。潤滑油過濾的方法有全流式，如圖 2-5-39(a)所示，亦有採用分流式（如圖 2-5-39(b)所示）及併用式（如圖 2-5-39(c)所示），現代高速柴油引擎以採用併用式較多。全流式部分之機油濾清器採用紙質濾芯，分流式部分則採用離心式濾清器。

圖 2-5-40 為柴油引擎之潤滑系統圖。各部機件機油循環之情形如圖 2-5-41 所示。圖 2-5-42 為 Toyota 柴油引擎潤滑系統之實體及符號方塊圖。柴油引擎活塞之冷卻常使用機油噴射達成，圖 2-

5-43 為機油噴嘴及連桿小端噴油孔之構造。

5-13-2 機油泵與機油濾清器

一、機油泵

柴油引擎使用之機油泵以齒輪式較多，如圖 2-5-44 所示。送油量一般較汽油引擎大，由曲軸齒輪經惰輪驅動。上面裝有釋放閥，當油壓超過時打開。亦有使用轉子式者，其構造及作用與汽油引擎用的機油泵相同，不再贅述。

二、機油濾清器

(一)機油在循環時，引擎之各活動部分會有磨下之金屬粉末，進氣時之灰塵……等，燃燒生成物、燃料、水等會混入潤滑油中，為防止這些雜

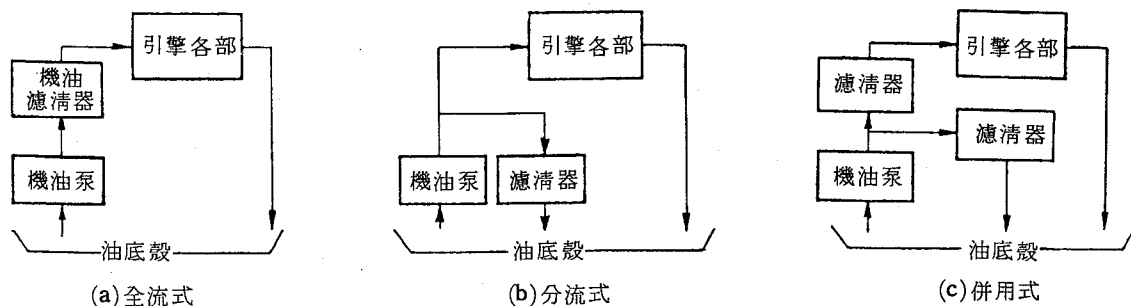


圖 2-5-39 機油的過濾方式 [註30]

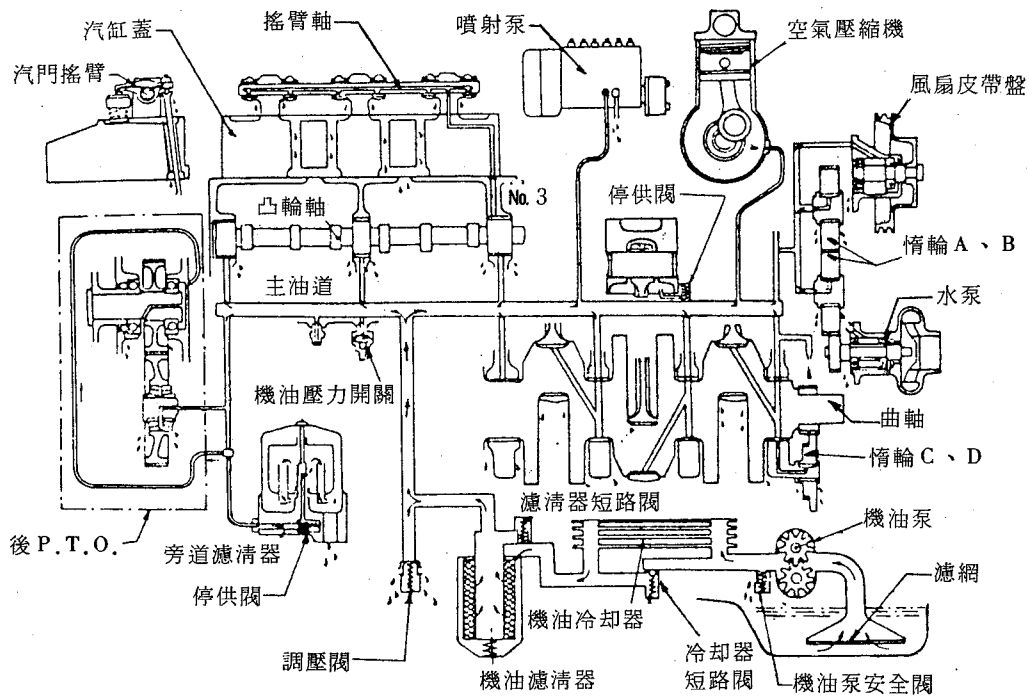


圖 2-5-40 柴油引擎潤滑系統圖〔註31〕

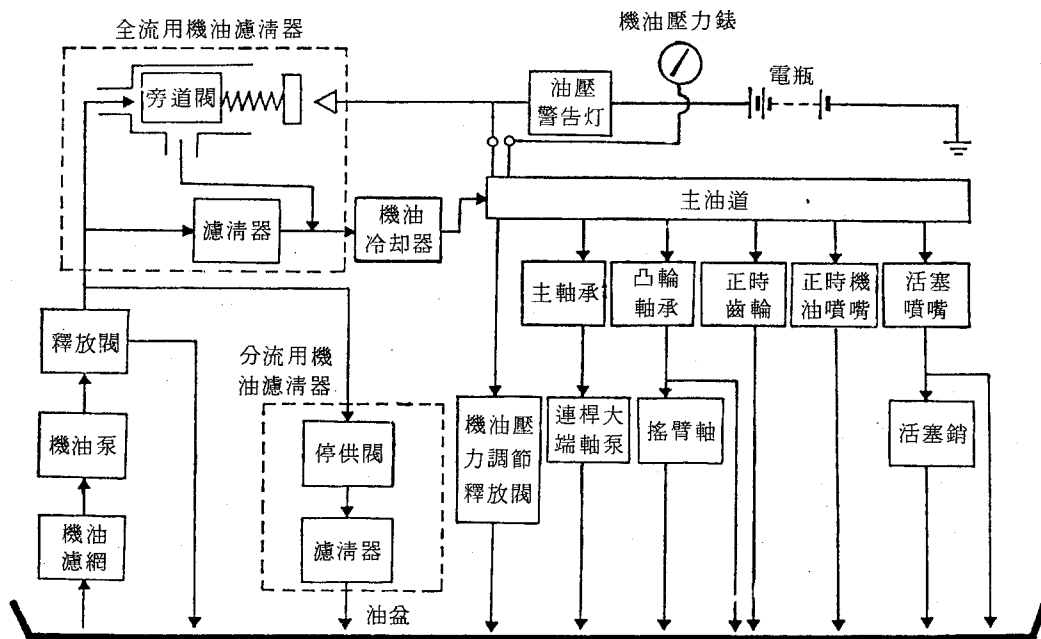


圖 2-5-41 柴油引擎機油循環之情形〔註32〕

質損壞引擎，必須加以清除，機油濾清器就是用來清除過濾雜質的。

(二)濾清器濾芯之構造有紙質、金屬絲、金屬板、不織布等，與汽油引擎用者相同，不再贅述。

(三)離心式濾清器構造作用：離心式機油濾清器常用於柴油引擎潤滑系之分流式過濾上。圖 2-5-45 為離心式機油濾清器之剖面。圖 2-5-46 為離心式機油濾清器之分解圖。濾清器之中心轉子，機油泵送來之機油沿圖示箭頭方向自中心螺絲

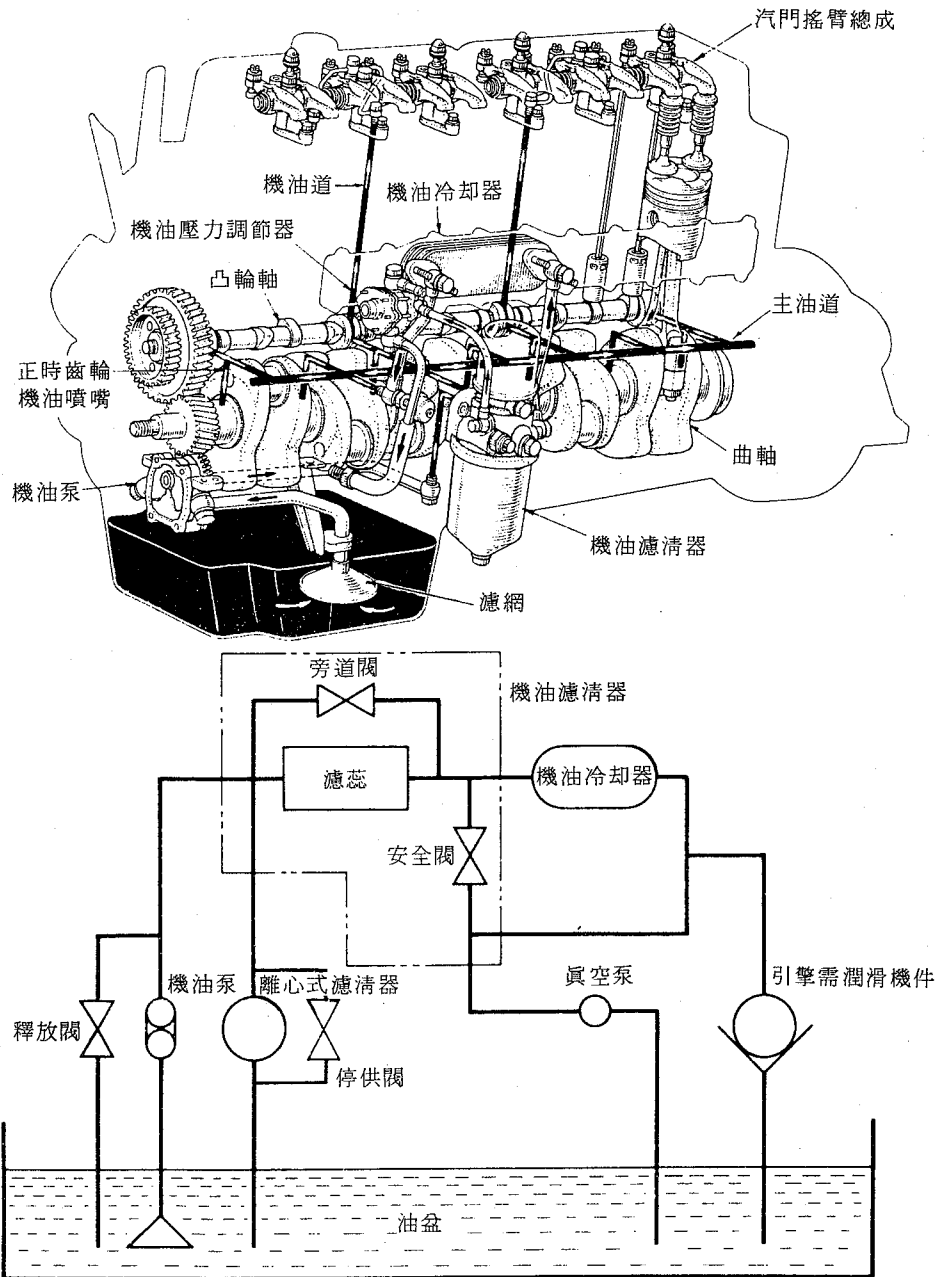


圖 2-5-42 柴油引擎潤滑系統之實體及符號方塊圖 (Toyota Co.)

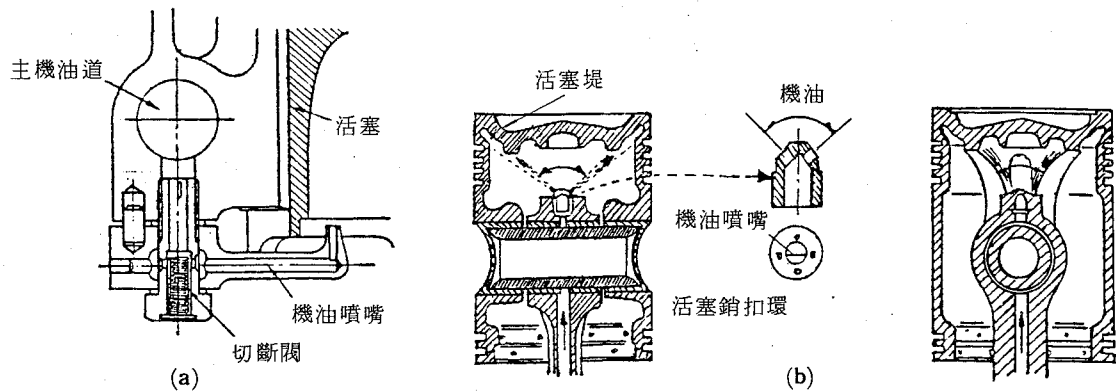


圖 2-5-43 活塞之機油冷却 [註33]

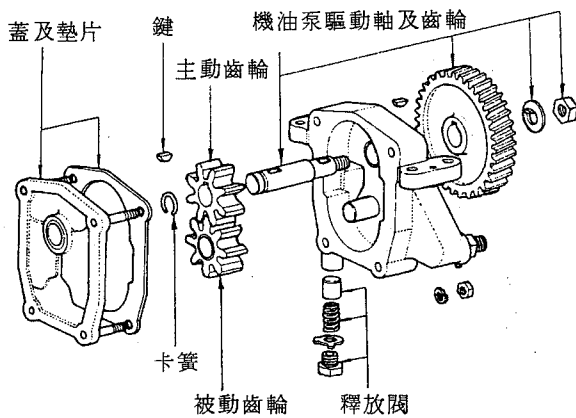


圖 2-5-44 柴油引擎用機油泵 (Toyota Co.)

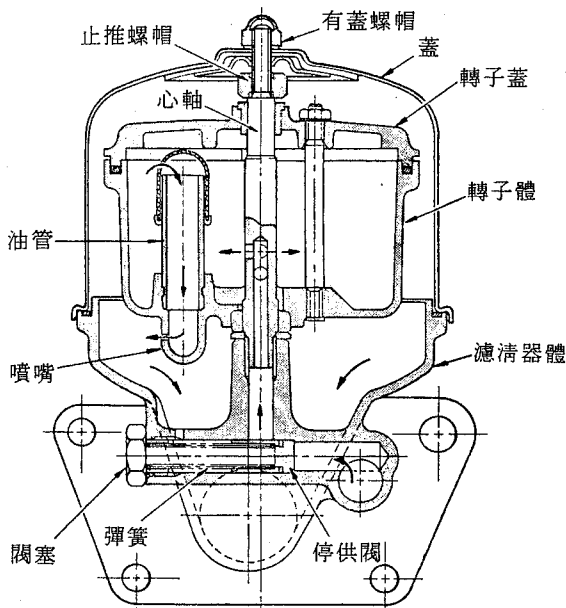


圖 2-5-45 離心式機油濾清器 [註34]

經濾網及油管而從噴嘴噴出，機油噴射之反作用力，使轉子以 2,000 → 9,000 rpm 之高速迴轉，噴射出的機油從外殼下部流回油底殼。機油中所含之碳渣或金屬粉不純物因離心力之作用而聚積於轉子體側壁上，可以拆下蓋子而清洗之。離心式濾清器之入口處有一停供閥 (cut-off valve)，在油壓未達一定值前機油不能進入，以維持引擎良好之潤滑。

5-13-3 機油冷却器

柴油引擎因工作溫度較高，而潤滑油溫度超過 125 ~ 130°C 以上時，潤滑油性能急激減低，使油膜保持困難，導致各滑動部分之損壞。一般汽車用四行程柴油引擎，潤滑油不需特別冷却，但在高速、高負荷長時間運轉之卡車、消防車或

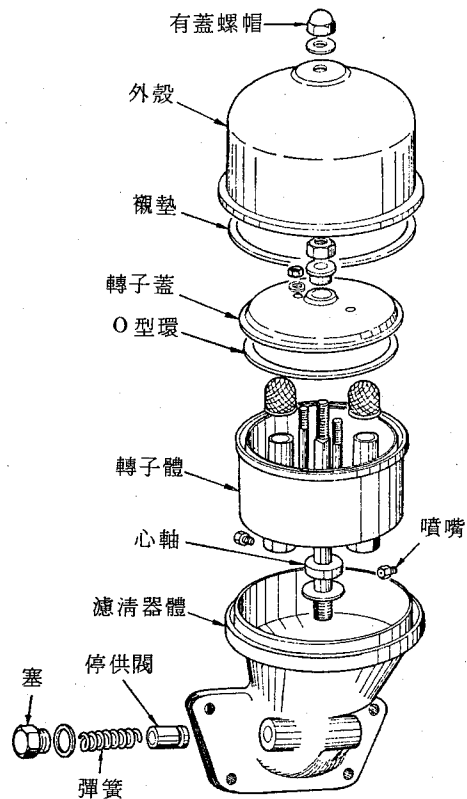


圖 2-5-46 離心式機油濾清器分解圖 [註35]

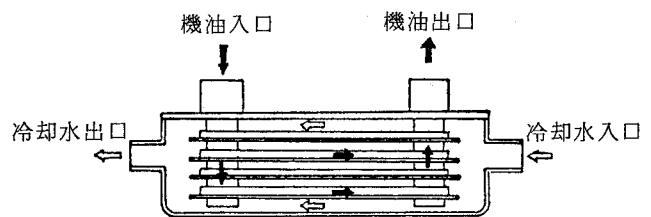


圖 2-5-47 水冷式機油冷却器 [註36]

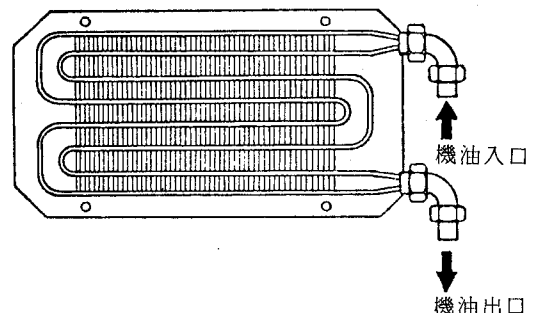


圖 2-5-48 氣冷式機油冷却器 [註37]

二行程柴油引擎則須使用機油冷却器來冷却潤滑油。機油冷却器依構造不同可分板管式及蜂巢式兩種，一般以板管式使用較多；冷却方法有水冷式及氣冷式兩種，水冷式利用冷却水來冷却，如圖 2-5-47 所示，氣冷式由風扇鼓動空氣而散熱之，如圖 2-5-48 所示。

【習題】

一、問答：

1. 潤滑油有何功用？
2. 四行程引擎之潤滑方式有幾種？
3. 試繪圖說明轉子式機油泵之作用。
4. 試詳述機油過濾的方法。
5. 曲軸箱用那幾種方法排除油汽？
6. 試詳述二行程汽油引擎之潤滑方式。
7. 機油的種類及性質為何？
8. 試簡述各種潤滑狀態。
9. 試述引擎機油應具備之性質。
10. 常用之機油添加劑有那些？
11. 試述機油劣化之原因。
12. 試述可變輸出量機油泵之用途及工作原理。
13. 機油過濾的方式有幾種？以那一種使用最多？
14. 為何曲軸箱吹漏氣必須加以控制？控制法有幾種？

二、選擇：

1. 機油泵直接由引擎①凸輪軸②皮帶盤③曲軸

傳動。

2. SAE 10 號機油用於①寒冷地區②炎熱地區③溫暖地區。
3. 最常用的引擎潤滑油為① 20 號② 30 號③ 40 號機油。
4. 機油壓力高則溫度①高②低③不變。
5. 機油壓力以不超過① 20 ② 10 ③ 5 kg/cm² 為限。

三、填充：

1. 引擎的溫度高，機油易被蒸發或變質，失去_____作用，增加機件_____。
2. 現代汽車發動機內都採用_____式和_____式的綜合潤滑系統。
3. 全流式機油濾清器裝在潤滑系統的_____油道中，通常和其他潤滑油道_____聯。
4. 凡壓力潤滑系統皆裝有_____以使最大油壓力不_____規定之值。
5. 機油壓力太高，則機油溫度亦_____，黏度變_____。

【資料來源註釋】

- 〔註1〕 雇用促進事業團職業訓練部編 自動車内燃機關の構造 圖 5-1
- 〔註2〕 同〔註1〕 圖 5-2
- 〔註3〕 范欽惠編著 車用汽油引擎 圖 5-7
- 〔註4〕 楊思裕編著 汽車柴油引擎(下)
- 〔註5〕 同〔註4〕
- 〔註6〕 永屋元靖著 自動車百科全書 圖 2-76-(2)
- 〔註7〕 同〔註4〕
- 〔註8〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車ガソリン・エンジン上 圖 I-3
- 〔註9〕 同〔註8〕 圖 II-1
- 〔註10〕 同〔註8〕 圖 II-6
- 〔註11〕 同〔註8〕 圖 II-9
- 〔註12〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車ジゼル・エンジン上 圖 3-5
- 〔註13〕 同〔註8〕 圖 II-5
- 〔註14〕 同〔註8〕 圖 II-8
- 〔註15〕 全國自動車整備學校連盟編 ジゼル・エンジン 圖 5-2
- 〔註16〕 Stockel Auto Mechanics Fundamentals Fig 5-21
- 〔註17〕 同〔註8〕 圖 II-7

- 〔註18〕 同〔註8〕 圖 II-10
- 〔註19〕 同〔註8〕 圖 II-11
- 〔註20〕 同〔註8〕 圖 III-1
- 〔註21〕 同〔註8〕 圖 III-2
- 〔註22〕 William H. Crouse Automotive Mechanics 7th ed Fig 21-10
- 〔註23〕 同〔註1〕 圖 6-39
- 〔註24〕 同〔註16〕 Fig 5-34
- 〔註25〕 日本自動車整備振興會連合會編 自動車排出ガス対策 53年版 圖 III-41
- 〔註26〕 同〔註25〕 圖 III-43
- 〔註27〕 日本自動車整備振興會連合會編 二級ガソリン自動車ガソリン・エンジン編 圖 II-2
- 〔註28〕 同〔註27〕 圖 II-3
- 〔註29〕 同〔註27〕 圖 II-4
- 〔註30〕 同〔註1〕 圖 8-19
- 〔註31〕 同〔註1〕 圖 8-20
- 〔註32〕 同〔註1〕 圖 8-29
- 〔註33〕 同〔註1〕 圖 8-22
- 〔註34〕 同〔註1〕 圖 8-25
- 〔註35〕 同〔註1〕 圖 8-26
- 〔註36〕 同〔註27〕 圖 I-6
- 〔註37〕 同〔註27〕 圖 I-5

第六章 引擎冷卻系統

第一節 冷卻概要

6-1-1 概述

(一)混合汽在汽缸中燃燒後所產生的大量熱能約有70%不能轉為引擎之機械動能，而且燃燒溫度可高達 $2,600^{\circ}\text{C}$ ($4,700^{\circ}\text{F}$)左右，此項無用的熱能約有一半隨著廢汽排出引擎外，另一半則直接作用在引擎機件上。

(二)引擎必須保持 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 左右，各機件才能保持需要的強度，潤滑與燃料系統的作用也才會正常。故必須利用一種裝置將這些無用的熱量從引擎中發散出去，冷卻系的裝置就是為此而設，以保持引擎在正常溫度下工作。

(三)冷卻不良會導致引擎過熱，使汽門容易燒燬，潤滑作用不良，因而各部機件加速磨損，同時也容易引起爆震、引擎無力、燃料系汽阻等毛病。如引擎工作溫度過低時則汽油汽化不完全，混合汽分佈不均，引擎機油易被沖淡。

(四)汽車引擎的冷卻方法有空氣冷卻式及水冷式兩類，一般汽車以使用水冷式較多。

6-1-2 水冷式與氣冷式之比較

一、冷卻效果

水冷式引擎各部能得到均勻之冷卻，冷卻效果大，氣冷式不易得到均勻之冷卻，汽缸容易產生熱變形，汽缸溫度易升高，高壓縮比引擎無法使用。

二、引擎出力

氣冷式較水冷式之壓縮比低，汽缸溫度高，

容積效率低，故同排量引擎馬力較水冷式低。

三、引擎重量及體積

氣冷式因不需水套、水箱、水泵等，單位馬力之引擎重量較水冷式輕；氣冷式因需使用很大之冷卻翼，汽缸之間隔要加大，因此單位馬力之引擎體積較水冷式大。

四、保養、使用

水冷式之冷卻水會結冰、沸騰、洩漏，須常補充等，因此使用、保養很麻煩，氣冷式則不須保養。

五、汽缸之磨損

氣冷式汽缸之溫度高，引擎溫熱時間短，冷引擎起動後，很快即達到正常工作溫度，故燃燒生成物在汽缸內凝結之機會少，故很少有化學磨損之產生。

六、冷卻耗用之動力

空氣冷卻在低速時消耗之動力較少，中、高速以後相差有限。

七、燃料及潤滑油消費量

氣冷式較水冷式之壓縮比低，故燃料消費量多。同時因活塞與汽缸壁之間隙較大，汽缸之溫度高，故潤滑油之消費量較多。

八、引擎噪音

水冷式水套能吸收汽缸內燃燒聲、活塞拍擊聲，故噪音小。氣冷式無法吸收，且活塞與汽缸壁之間隙大，故噪音較大。

第二節 水冷式冷卻系統

6-2-1 概述

水冷式冷卻系由汽缸體與汽缸蓋之水套 (water jacket)、水泵 (water pump)、散熱器 (radiator) 俗稱水箱、風扇 (fan)、

調溫器 (thermostat) 等組成。水的循環，過去舊式引擎採用自然循環方式，利用冷卻水溫度變化時比重的自動變化 (冷時比重大，熱時比重小) 自然產生對流。現代之高速、高馬力引擎產

生之熱量大，自然循環不能達到效果，因此均採用壓力式強制循環；由水泵將水從引擎體下側水套壓入，經汽缸蓋流回水泵（稱為小循環），或經調溫器至散熱器冷卻後流回水泵（稱為大循環），圖 2-6-1 為冷卻水之循環情形。

6-2-2 水泵

一、構造

汽油引擎之水泵均採用離心式水泵，由泵體、葉片、水泵軸、水封等組成。水泵軸與風扇皮帶盤裝在一起，由引擎曲軸皮帶盤用三角皮帶驅動，如圖 2-6-2 及圖 2-6-3 所示。普通均裝在汽

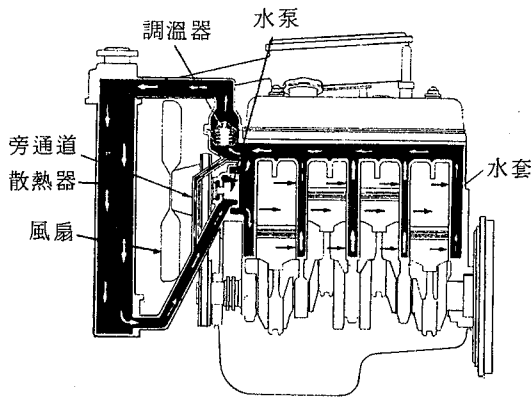


圖 2-6-1 冷卻水之循環路線〔註 1〕

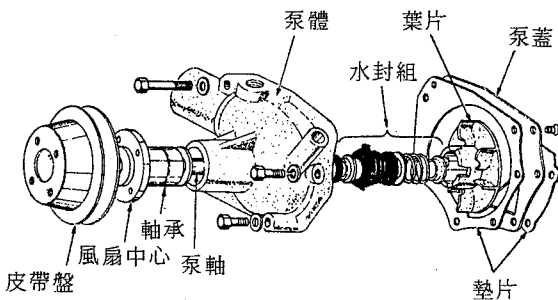


圖 2-6-2 水泵之構造〔註 2〕

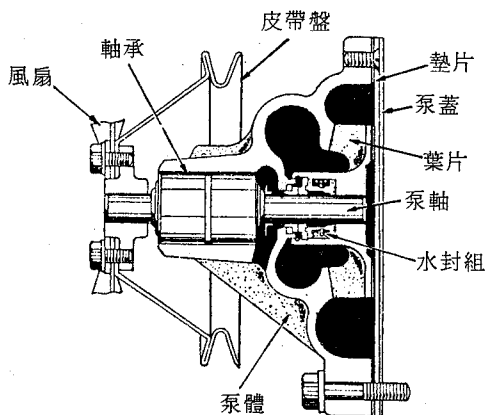


圖 2-6-3 水泵之斷面〔註 3〕

缸體上，將散熱器下水箱來之冷卻水或從汽缸蓋經旁道來之冷卻水壓入汽缸水套中使水循環。或將水泵裝在汽缸蓋上，將引擎水套中的水抽送到散熱器者。普通水泵軸之軸承均採用封閉式軸承，平時不必打黃油，但仍有部分大型車之水泵軸承仍須定期加灌耐水黃油。

二、水泵葉片形狀

水泵之葉片有放射型及旋渦型兩種，如圖 2-6-4 所示。

三、水在水泵中之流動

如圖 2-6-5 所示，冷卻水在水泵中是從中間流入，經葉片加速後由旁邊流出。

6-2-3 風扇

一、概述

(一)風扇裝在水泵皮帶盤前端，其功用為將空氣吸經散熱器並吹向引擎外殼，使散熱器中的熱水溫度降低，沉至散熱器底部，同時並使引擎外殼及附件獲得適當冷卻。風扇葉片的間隔故意製成不等，如圖 2-6-6 所示。曲折角度亦做成不同，如圖 2-6-7 所示，以減小風扇旋轉時因共振而引起的噪音，使風扇轉速可以增高。

(二)風扇所消耗的動力隨轉數的增高而變大，汽車引擎風扇轉速約為曲軸的 0.8~1.4 倍左右，其所消耗的動力約為引擎出功的 5% 左右。為

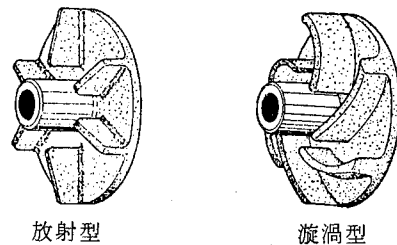


圖 2-6-4 水泵葉片之形狀〔註 4〕

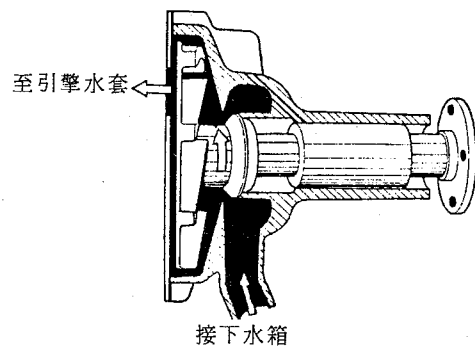
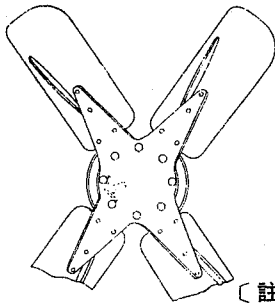


圖 2-6-5 水泵內水的循環〔註 5〕



[註 6]

圖 2-6-6 不等間隔的風扇

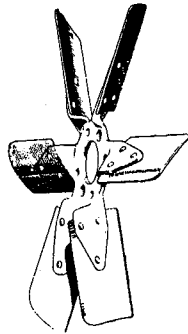
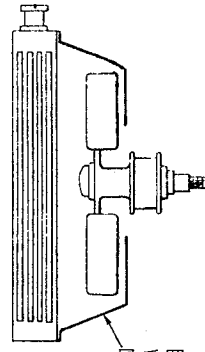


圖 2-6-7 曲折角度不同的風扇



風扇罩
圖 2-6-8 風扇罩 [註 7]

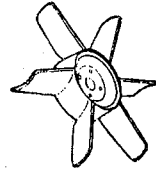


圖 2-6-9 合成樹脂製風扇

使水箱四週獲得良好冷卻，並提高風扇效率，現代車多裝用風扇罩，如圖 2-6-8 所示。風扇與散熱器之距離約 30 ~ 100 mm，風扇掃過面積約為散熱器全面積之 1/2。

(三)風扇過去均以鋼板衝壓製成，如圖 2-6-6、2-6-7 所示。現代引擎則多採用合成樹脂製成，如圖 2-6-9 所示，可以使運轉噪音減少。

(四)當汽車輕負荷、高速行駛時，以自然通風

量對散熱器冷卻即可，但此時風扇仍轉得很快，不僅損失引擎動力，且使風扇產生很大的噪音，故新式引擎裝置風扇傳動控制裝置。

二、風扇傳動控制裝置

風扇傳動控制裝置用以控制冷卻風扇與驅動皮帶輪接合或分離。常用之風扇傳動控制裝置有數種：

- 風扇自動控制裝置
 - 液體接合器 (fluid coupling) ——風扇轉速到一定後不能上昇轉速。
 - 自動離合器 (fan clutch) ——冷卻水溫未達一定溫度風扇不轉。
 - 控制式液體接合器 (fan coupling tempered roller) ——風扇之轉速由冷卻水溫及引擎轉速控制。

(一)風扇液體接合器

1.構造：

風扇液體接合器之構造如圖 2-6-10 所示，由皮帶盤驅動主動板，連接風扇之被動板及特種黏性油 (矽油 silicon oil) 等組成。

2.作用：

皮帶盤轉動時，使液體接合器中之主動板轉動，依靠矽油之黏性使被動板也跟著轉動，驅動

風扇使隨著轉動。風扇之阻力與風扇速度成正比，矽油之黏性有一定，故風扇到達一定轉速後，速度即無法再隨皮帶盤升高。風扇之最高轉速隨矽油之量及黏度而定。

(二)自動風扇離合器

自動風扇離合器依控制方法之不同，又可分为離心式及矽油控制式兩種：

1.離心式自動風扇離合器：

(1)構造：

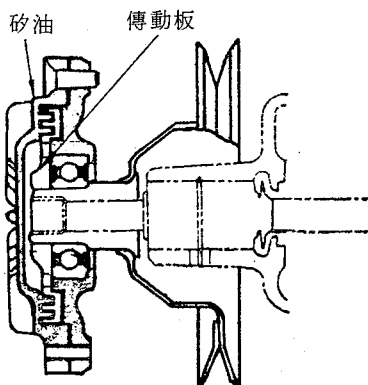


圖 2-6-10 風扇液體接合器

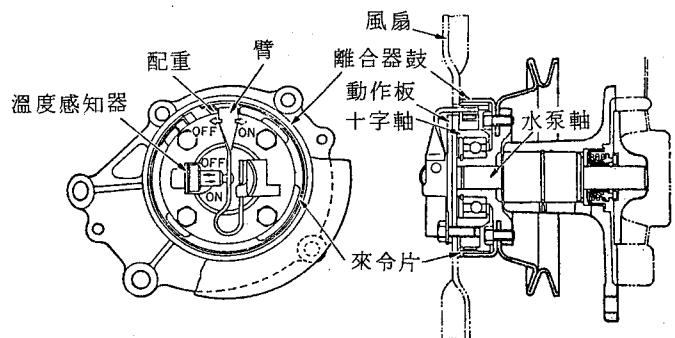


圖 2-6-11 離心式自動風扇離合器構造 [註 8]

如圖2-6-11所示，由溫度感知器 (thermostat)、離合器來令 (clutch lining)、離合器鼓 (drum)、動作板、十字軸 (spider) 等組成。皮帶盤與離合器鼓裝在一起，風扇與離合器來令裝在一起。

(2)作用：

- ①當引擎冷却水之溫度低時，從散熱器吹來經過溫度感知器之空氣的溫度低，感知器不產生作用，此時因動作板彈簧力之作用使離合器來令片與離合器鼓分離，皮帶盤轉動而風扇不轉。
- ②當冷却水之溫度高時，通過散熱器空氣之溫度亦上升，溫度感知器產生作用，感知器內部之軸將動作彈簧推動，而使來令片壓緊在離合器鼓上，使風扇皮帶盤轉動，如圖2-5-12所示。

2. 矽油控制自動風扇離合器：

(1)構造：

矽油控制自動風扇離合器之構造如圖2-6-13所示，由矽油、板彈簧、永久磁鐵、壓

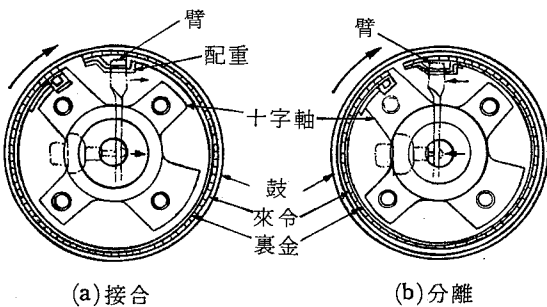


圖 2-6-12 離心式自動離合器之作用與分離狀態 [註9]

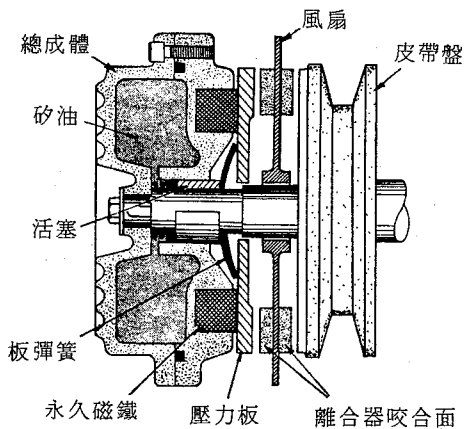


圖 2-6-13 矽油控制自動風扇離合器 [註10]

板、離合器片等組成。

(2)作用：

- ①當通過水箱之空氣溫度低於 65°C (149°F) 時，使其總成內部的矽油收縮，板彈簧將活塞向左壓動，壓力板則因永久磁鐵之吸引，將風扇脫離皮帶盤而成空轉，如圖2-6-14 (a)所示。
- ②當溫度高於 65°C (149°F) 以上時，則總成內部矽油膨脹，將活塞向右推動，其推動力勝過永久磁鐵之吸引力，乃將風扇與皮帶盤接上，使風扇轉動，通過水箱之空氣增加，以增進冷却效果，如圖 2-6-14 (b)所示。

三、控制式風扇液體接合器

1.構造：

液體接合器的動作由引擎轉速及冷却水溫度感知器共同控制。控制器 (emperedroller) 係由雙金屬溫度感知器 (bimetal thermostat)、滑動閥 (slide valve) 組成，用來控制液體接合器中之矽油量，回轉力由矽油傳遞，其構造如圖 2-6-15 所示。

2.作用：

當冷却水之溫度低時，雙金屬熱偶感知器不作用，和它連在一起之滑動閥也不作用，此時，液體接合器中之矽油因離心力之作用排出，進入貯藏室中。液體接合器之凹凸槽接合器 (labyrinth) 中無矽油，引擎 (皮帶盤) 轉動時風扇不轉。

3.冷却水溫上升後，雙金屬溫度感知器因高溫空氣之作用，使它產生變形，而將滑動閥移動。滑動閥移動時使矽油之流入孔打開，流出孔關

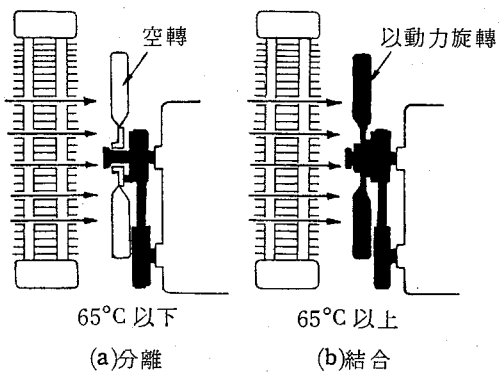


圖 2-6-14 自動離合器之作用情形 [註11]

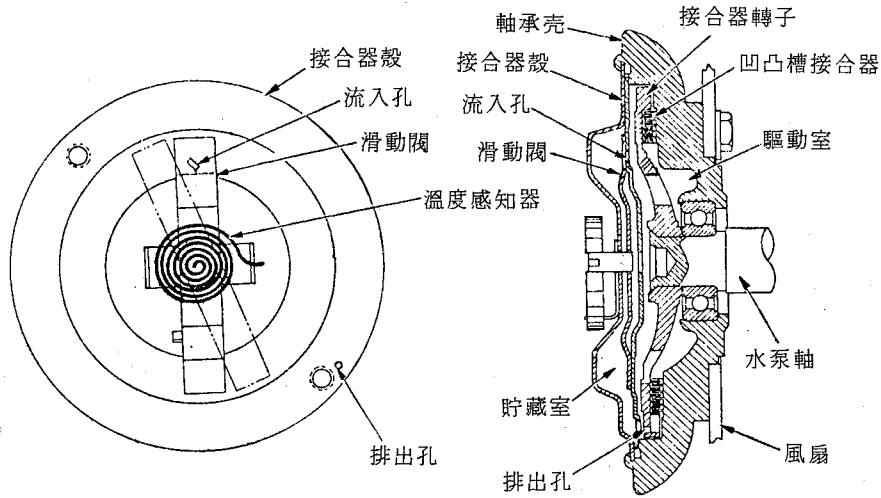


圖 2-6-15 控制式風扇液體接合器〔註12〕

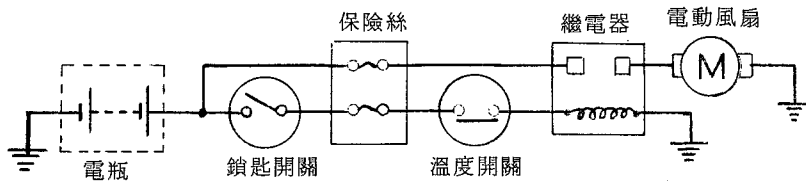


圖 2-6-16 電動風扇配線圖

閉，使液體接合器中充滿矽油，可以傳遞旋轉力而使風扇隨皮帶轉動。但因矽油黏性之限制，風扇轉到一定轉速後即不能再隨引擎轉速升高。

三、電動風扇

(一)現代許多汽車改用電動風扇，其特點為引擎溫度低時風扇不轉動，縮短引擎溫熱時間，同時運轉噪音也小。

(二)電動馬達之轉動是由散熱器上水箱中之溫度感知器來控制。冷卻水之溫度要達 92°C 以上時，感知器接通電路，使馬達運轉；冷卻水之溫度降到 87°C 時，感知器切斷電路，馬達停止轉動，其配線圖如2-6-16所示，構造如圖2-6-17所示。

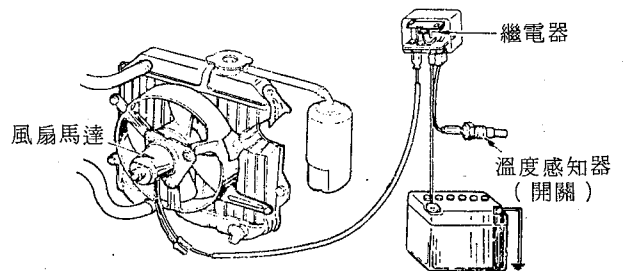


圖 2-6-17 電動風扇構造〔註13〕

6-2-4 散熱器(水箱)

一、構造

冷卻水從水套中流過時吸取之熱量在通過散熱器時排到空氣中，普通都是裝在汽車或引擎之前部。由上水箱(upper tank)、下水箱(lower tank)、中央的散熱器蕊子(radiator core)、水箱蓋(radiator cap)、冷卻水出口、入口、排放塞(drain cook)等組成，如圖2-6-18所示。因需導熱性佳，故通常用銅或鋁製成。

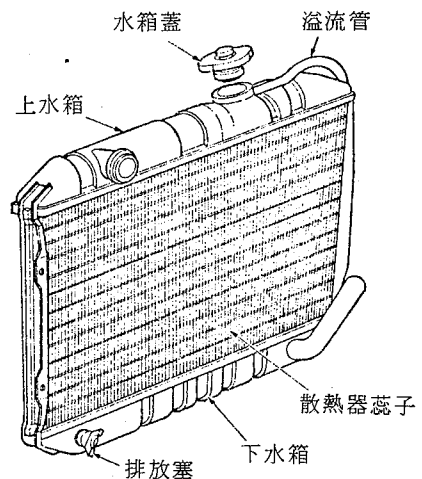
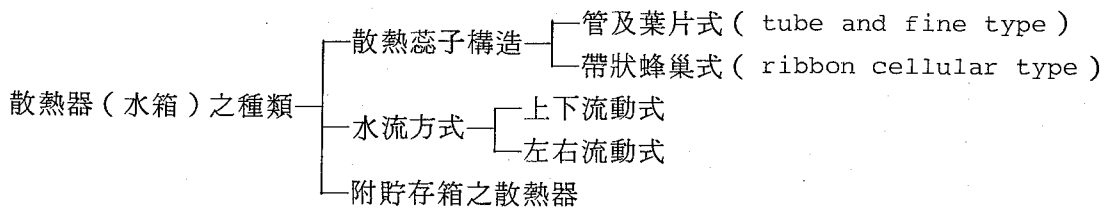


圖 2-6-18 散熱器〔註14〕

散熱器普通依蕊子構造、水流方式及是否附貯存箱而分類：

二、散熱器之種類



(一)散熱器蕊子構造

1.管及葉片式：此式構造簡單，使用量多，由許多上下之細銅管穿過許多板狀之銅片焊接而成者，如圖2-6-19所示稱為板翼(plate fin)式。由上下銅管及上下波狀銅片焊接者，如圖2-6-20所示稱為波翼(corrugated fin)式。

2.帶狀蜂巢式：圖2-6-21所示為帶狀蜂巢式散熱器蕊子之構造，通風孔成六角之蜂巢形，水曲折流過水管，散熱效果好，但因製造困難，成本高，現已甚少採用。

(二)散熱器中冷却水之流動

1.上下流動式：熱冷却水由上水箱進入，冷却過的冷却水再由下水箱流出，再由水泵打入水套中，因能配合水溫與比重之變化，效果好，使用最多，如圖2-6-22所示。

2.左右流動式：又稱橫流式，貯水箱在散熱器蕊子之兩端，冷却水橫方向左右流動，如圖2-6-23所示。

(三)附貯存箱之散熱器

現代汽車使用之散熱器，旁邊常附有貯存箱(reserve tank)，如圖2-6-24所示。當冷却水溫度上升體積膨脹時，散熱器中之冷却水壓入貯存箱中；溫度降低，冷却水體積收縮時，貯存箱中之冷却水再流回散熱器。如此，散熱器可以經常保持在滿水狀態以提高冷却效果，同時駕駛人也不必經常檢查冷却水量，散熱器之上水箱也可以做得較小。此式散熱器使用壓力式蓋，散熱器中之壓力大於大氣壓 $0.8\sim 0.9\text{ kg/cm}^2$ 時打開。貯存箱通常使用塑膠蓋，上面有 $2\phi\text{ mm}$ 之小孔，以保持大氣壓力。

6-2-5 散熱器蓋

一、概述

現代汽車引擎所使用之散熱器蓋均為壓力式，以提高冷却水之沸點，使冷却水不易沸騰，同時可以提高散熱器水與空氣之溫度差，提高冷却效率，並且可以減少冷却水之流失，以免日常保養之麻煩。普通壓力蓋所增加之壓力為表壓力 $0.5\sim 0.9\text{ kg/cm}^2$ ，可使冷却水之沸點提高到

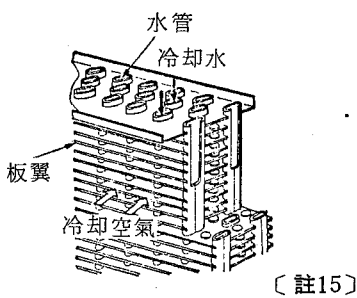


圖 2-6-19 板翼式散熱器蕊子

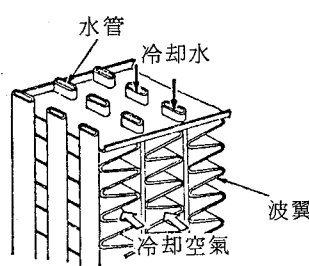


圖 2-6-20 波翼式散熱器蕊子 [註15]

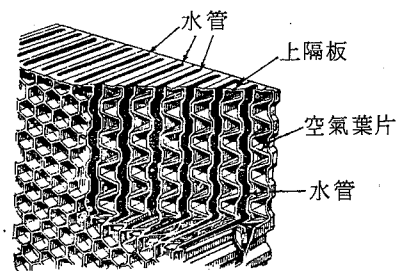


圖 2-6-21 帶狀蜂巢式散熱器蕊子 [註16]

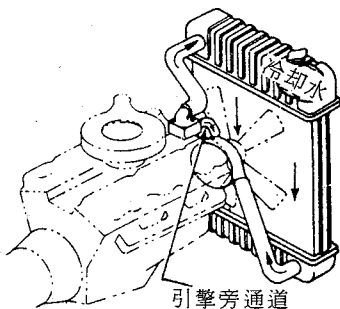


圖 2-6-22 上下流動式散熱器 [註17]

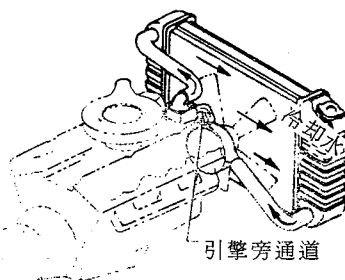


圖 2-6-23 橫流式散熱器 [註18]

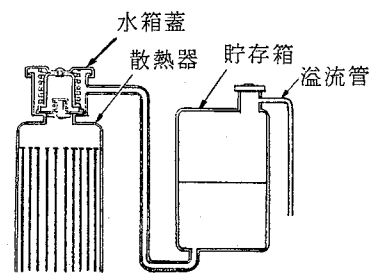


圖 2-6-24 附貯存箱之散熱器 [註19]

110~125℃。

二、構造及作用

(一)壓力式散熱器蓋由壓力閥、壓力彈簧、真空閥、真空彈簧等組成，如圖2-6-25所示。

(二)當散熱器內部壓力大於規定值時，壓力閥打開，高壓蒸汽及冷却水由溢流管流出，如圖2-6-26所示。

(三)當引擎停止，冷却水溫度降低，體積收縮後，散熱器內之壓力會低於大氣壓力，此時真空閥打開，使空氣或貯存箱中之冷却水流入散熱器內，以防止散熱器或水管場陷，並保持冷却水量，如圖2-6-27所示。

三、附減壓裝置之散熱器蓋

當引擎因負荷過大，或其他原因使冷却系之溫度過高時，若把壓力蓋打開，因壓力突然降低，會使散熱器中沸騰之冷却水噴出，造成危險。故有些引擎裝用附有減壓裝置之壓力式散熱蓋，有下列兩種：

附減壓裝置之壓力式散熱器蓋種類

- 槓桿式
- 按鈕式

(一)槓桿減壓式散熱器蓋，構造如圖2-6-28所示

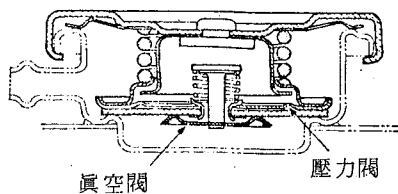


圖 2-6-25 壓力式散熱器蓋構造〔註20〕

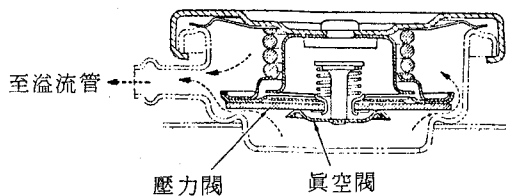


圖 2-6-26 壓力閥打開〔註21〕

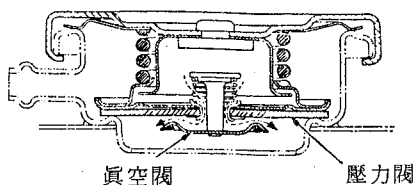


圖 2-6-27 真空閥打開〔註22〕

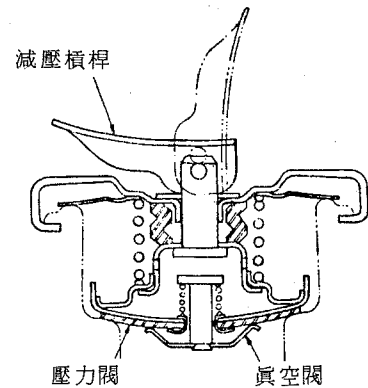
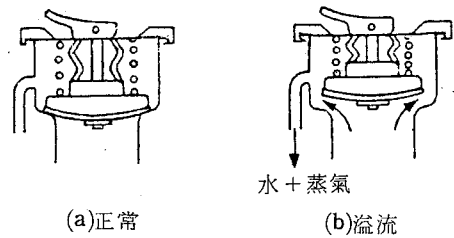
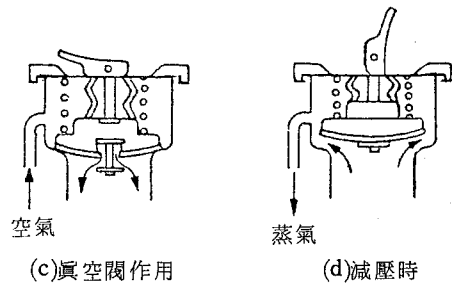


圖 2-6-28 附槓桿減壓式散熱器蓋〔註23〕



(a)正常

(b)溢流



(c)真空閥作用

(d)減壓時

圖 2-6-29 槓桿減壓式散熱器蓋之作用〔註24〕

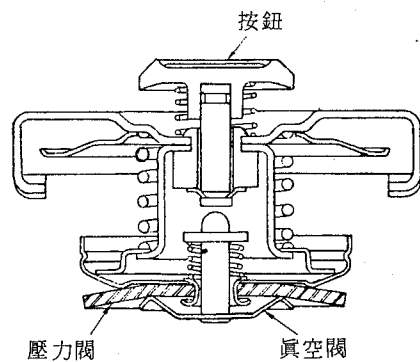


圖 2-6-30 按鈕減壓式散熱器蓋〔註25〕

示，平時槓桿水平倒下，使壓力閥能關住散熱器口，當熱引擎打開散熱器蓋前，先扳起槓桿，使散熱器之高壓蒸汽從溢流管噴出，俟壓力降低後再打開蓋子就不會發生危險了。圖2-6-29所示為附有減壓槓桿之散熱器壓力蓋作用之情形。

(二)按鈕減壓式散熱器蓋，構造如圖2-6-30所示。欲減壓時將按鈕壓下即可先排除散熱器內之

高壓。

6-2-6 水套與分水管

水冷式引擎在鑄造時，汽缸體及汽缸蓋中已鑄有水套，汽缸床上也有水孔，使水能繞汽缸、汽門之周圍循環（見圖 2-6-1）。因各汽缸和排汽門與水泵之距離遠近不相等，故在水套中裝有分水管（distribution tube），使冷却水能均勻流到各汽缸，保持各汽缸之溫度平均，避免局部過熱，如圖 2-6-31 所示。

有些引擎在排汽門座附近另裝有噴水口，使冷却水以較快速度流經溫度極高之排汽門座附近，以減低其溫度，如圖 2-6-32 所示。

6-2-7 旁通道

一、概述

裝在引擎水套與水泵間調溫器前，有下列數種型式：

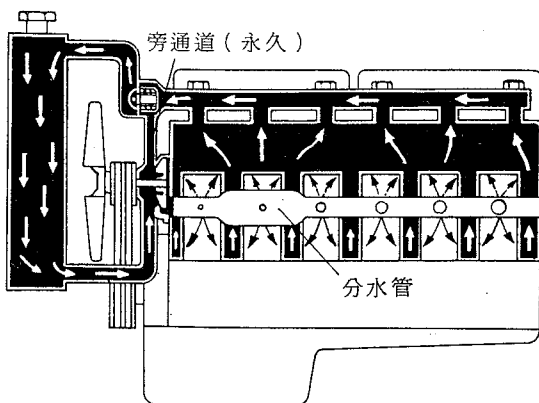
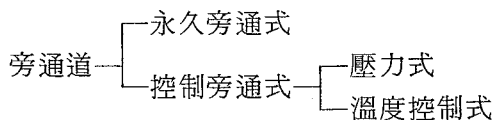


圖 2-6-31 水套與分水管

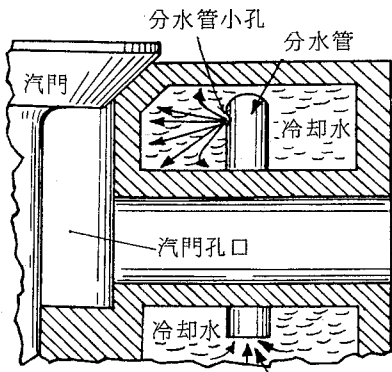


圖 2-6-32 排汽門座附近之噴水口 [註 26]

二、永久旁通式

如圖 2-6-31 所示，不論調溫器打開或關閉，旁通道均暢通，有冷却水流過。

三、控制旁通式

(一) 壓力式

在旁通道中裝置有一活門及彈簧。在冷却水溫度低，調溫器未打開時，水壓高，將活門推開，冷却水由旁通道進入水泵；冷却水溫度升高，調溫器開放後，水壓減小，彈簧使活門關閉，冷却水經散熱器循環。

(二) 溫度控制式

在調溫器上附有旁通道控制閥。冷却水溫度低時，調溫器關閉通往散熱器之活門，打開旁通道控制閥，冷却水由旁通道進入水泵循環，如圖 2-6-37；當冷却水溫度高時，調溫器打開到散熱器之活門而關閉旁通道閥，冷却水流經散熱器循環。

6-2-8 調溫器

一、概述

要使引擎保持最佳效率，延長引擎使用壽命，冷却水之溫度最好保持在 80~90 °C 之間，引擎溫度太低時，燃料消耗率增加，且引擎易磨損。調溫器之功用就是使冷却水溫度太低時，不要流到散熱器，只在引擎水套內循環，使冷却水溫度很快上升到正常的工作溫度。圖 2-6-33 為冷却水溫度與燃料消費率之關係。

二、作用

(一) 圖 2-6-34 所示為冷却水溫度低時，調溫器關閉，冷却水只在引擎水套與水泵間循環，稱為小循環之情形。

(二) 圖 2-6-35 所示為冷却水溫度達到規定溫度

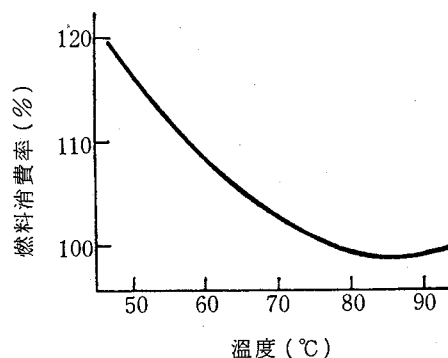


圖 2-6-33 冷却水溫度與燃料消費率之關係

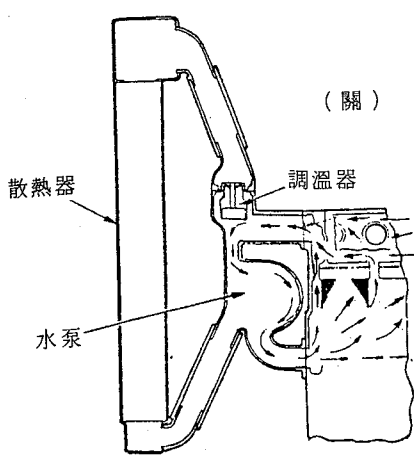


圖 2-6-34 溫度低時小循環情形
〔註 27〕

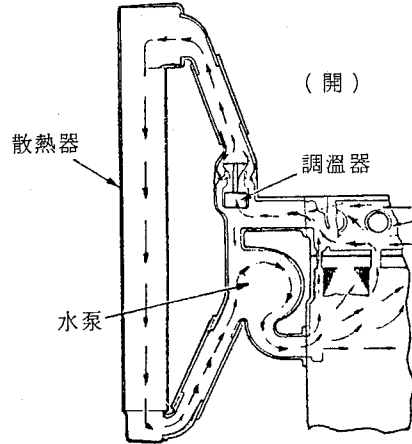


圖 2-6-35 溫度高時大循環情形
〔註 28〕

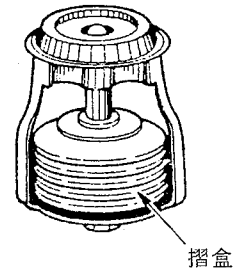


圖 2-6-36 摺盒式調溫器
〔註 29〕

以上時，調溫器打開，冷卻水從引擎水套出來，經散熱器冷卻後流回水泵，再打入引擎水套，稱為大循環之情形。

三、調溫器種類

調溫器因構造不同分下列三種：

- 調溫器種類
 - 摺盒式 (bellows type)
 - 蠟丸式 (wax pellet type)
 - 雙金屬熱偶式 (bimetal type)

(一) 摺盒式調溫器

1. 構造：

摺盒式調溫器為早期無加壓冷卻系統使用之調溫器，構造如圖 2-6-36 所示，由活門、活門連桿、摺盒支架等組成，摺盒內裝沸點很低的乙醚，有些附有旁通道控制閥。

2. 作用：

(1) 當冷卻水之溫度低時，乙醚未汽化仍為液

體，體積小，摺盒收縮使活門關閉，而使旁通道控制閥打開，如圖 2-6-37(a) 所示。

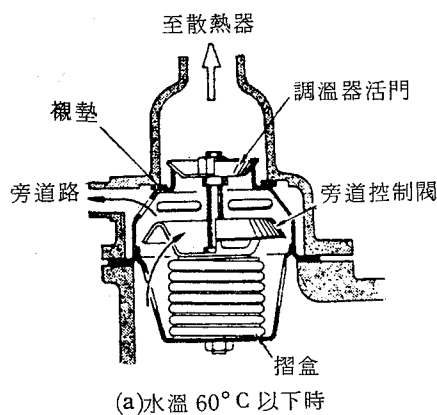
(2) 當冷卻水之溫度到達 60°C 以上時，摺盒內部之乙醚液體開始汽化，體積膨脹，摺盒伸張，使活門逐漸打開，到 75°C 時開到最大位置，同時使旁通道閥關閉，冷卻水全部流到散熱器，如圖 2-6-37(b) 所示。

(3) 此式因全開溫度低，且摺盒對壓力很敏感，水套內之壓力改變時，會影響調溫器活門打開之溫度，使調溫器活門之開閉不是完全由溫度來控制，故在壓力式冷卻系統不宜使用。

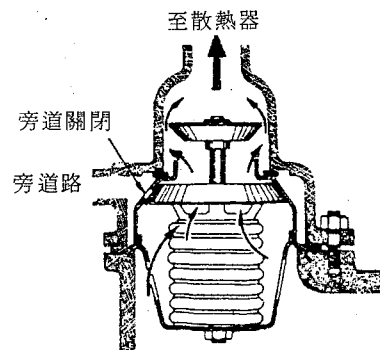
(二) 蠟丸式調溫器

1. 構造：

現代加壓式冷卻系統使用之調溫器多為蠟丸式，由支架、活塞桿 (needle piston)、蠟 (wax)、合成橡皮滑套、容器 (pellet) 等組



(a) 水溫 60°C 以下時



(b) 水溫 75°C 以上時

圖 2-6-37 摺盒式控制旁道型調溫器作用情形 〔註 30〕

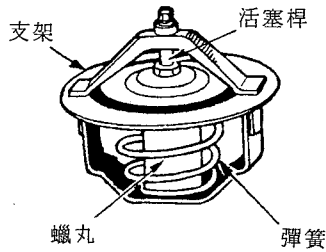


圖 2-6-38 蠟丸式調溫器〔註31〕

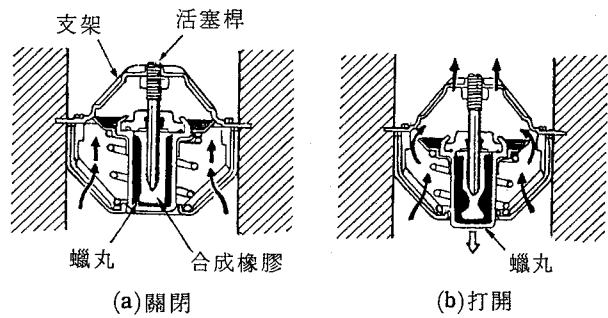


圖 2-6-39 蠟丸式調溫器之作用〔註32〕

成，如圖2-6-38所示。

2. 作用：

- (1) 當冷却水之溫度低時，蠟為固體，體積小，彈簧之力量將容器及活門向上推，關閉引擎水套到散熱器之通路，如圖2-6-39(a)所示。
- (2) 冷却水之溫度上升到規定溫度時，蠟溶化成液體，體積膨脹，產生壓力，作用在活塞桿上，活塞桿固定在支架上不能動，其反作用力使容器克服彈簧力向下移動，而使活門打開，如圖2-6-39(b)所示。
- (3) 此式活門之開閉由蠟丸從固體變液體時體積之變化來控制，作用力大，不受冷却系內壓力變化之影響，活門之開閉能完全依

溫度而定。

(三) 雙金屬熱偶式調溫器

如圖2-6-40所示，由雙金屬熱偶彈簧及活門組成。雙金屬熱偶彈簧內層為青銅片（膨脹率大），外層為鋼片（膨脹率小），冷時彈簧捲緊，將活門關閉，當水溫增高時，熱偶彈簧捲鬆，使活門逐漸打開，至正常溫度時，活門開至最大位置。

四、調溫器鈎閥 (jigger valve)

(一) 概述

為防止引擎水套循環系統內有空氣存留，影響冷却效果，調溫器架上裝有鈎閥以排除空氣，如圖2-6-41所示。

(二) 作用

1. 如圖2-6-42所示，當引擎水套之冷却水有空氣存在時，鈎閥因重力關係傾斜，將呼吸孔打開，使空氣流出。

2. 當引擎水套側之冷却水無空氣時，冷却水之壓力將鈎閥推動，關閉呼吸孔，使冷引擎時冷却水不會經此流到散熱器，縮短引擎溫熱時間，如圖2-6-43所示。

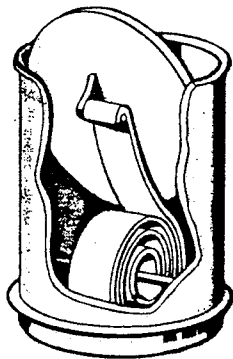


圖 2-6-40 雙金屬片熱偶式調溫器

6-2-9 冷却液

一、概述

水冷式引擎最普遍使用之冷却液為水，因其

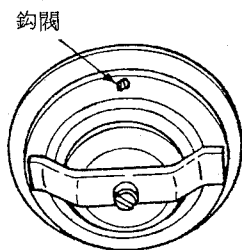


圖 2-6-41 鈎閥之位置〔註33〕

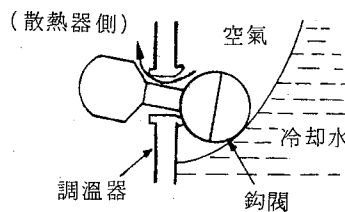


圖 2-6-42 鈎閥打開〔註34〕

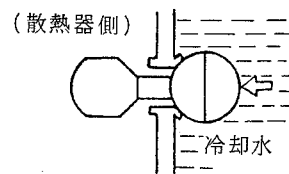


圖 2-6-43 鈎閥關閉〔註34〕

價廉取用方便，但需為清潔之軟水才可，如水中含有鐵、鹽、硫化物等，會使水套發生腐蝕或積垢，影響冷卻效果。水之沸點，恰在引擎正常工作溫度以上，但水之冰點為 0℃，在寒冷地區，引擎停止時，水會結冰膨脹，使冷卻系機件損壞，因此，在寒冷地區，應加入防凍劑 (anti-freezer) 以降低冷卻水之冰點。有些封閉式冷卻系統使用乙炔乙二醇 (ethylene glycol) 為冷卻液，其優點為沸點較水為高，不易蒸發，冷卻效果較好。

二、防凍劑

防凍劑係加在寒冷地區使用之引擎冷卻水中，以降低水之凝結溫度 (冰點)，有半永久式 (S.P.T. semi-permanent type) 及永久式 (P.T. permanent type) 兩種。

(一)永久式防凍劑：以乙炔乙二醇 (ethylene glycol) 為主劑，以防凍劑 60%，水 40% 時之冰點為最低，約 - 45℃。

(二)半永久式防凍劑：以酒精 (alcohol) 及乙炔乙二醇為主劑，以防凍劑 60%，水 40% 時之冰點為最低，約 - 58℃。

三、冷卻液添加劑

為保護冷卻系統，防止生銹，產生水垢及漏水，現代汽車製造廠均建議使用冷卻液添加劑。一般使用之冷卻液添加劑有冷卻系保護劑 CSP (cooling system protector) 及冷卻系封劑 CSS (cooling system sealer)。

(一)冷卻系保護劑 CSP之功能

- 1.防止產生水垢及銹，以免影響冷卻效果。
- 2.含有微粒成份，具有密封性，能防止滲漏。

3.濾過性良好，可以防止散熱器及加熱器 (暖氣用) 之蕊子堵塞，具有潤滑性，能防止水泵產生噪音。

(二)冷卻系封劑 CSS之功能

- 1.能防止漏水、漏氣。
- 2.防止水套中之銹及水垢附着。
- 3.減少水泵水封之磨損。
- 4.防止過熱。

6-2-10 風扇皮帶

一、概述

水泵及風扇之驅動一般均使用風扇皮帶，風

扇皮帶之要求為傳動時不產生噪音，不要加油潤滑，力的傳動效率良好。一般均使用梯形斷面，以配合 V 形皮帶盤槽。

二、構造

風扇皮帶依構造不同有下列三種：

(一)被覆型皮帶

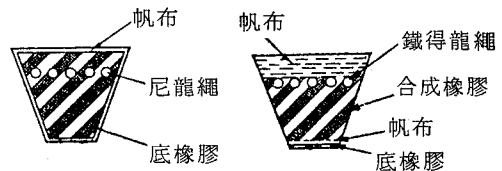
皮帶之蕊以合成橡膠及抗張力極高之尼龍繩製成，外面以帆布被覆，如圖 2-6-44(a) 所示，為過去一直使用之風扇皮帶形式。

(二)露膠型皮帶

此型皮帶如圖 2-6-44(b) 所示，無側面之被覆帆布，使橡膠直接與皮帶盤槽接觸，可以提高摩擦力，減少滑動 (slip)，傳動效率優良，必須使用高強度合成橡膠製成。

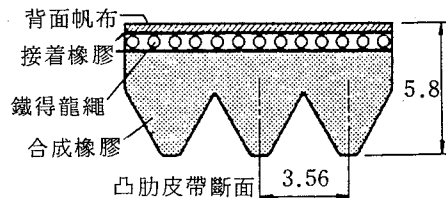
(三)凸肋型皮帶 (ribbed belt)

此型皮帶如圖 2-6-44(c) 所示，皮帶之內側有凸起之肋，與皮帶盤上之 U 型槽相配合，以增加皮帶之接觸面積，使傳遞之驅動力增加，圖 2-6-44(d) 為 GM HT-4100 V-8 引擎上使用單一皮

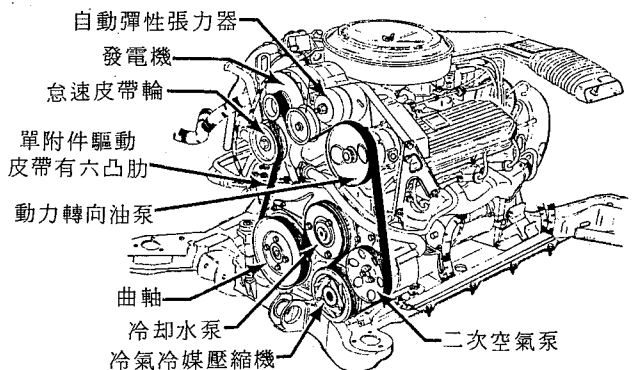


(a) 被覆型

(b) 露膠型



(c) 凸肋型皮帶



(d) GM HT-4100 V8 引擎皮帶驅動

圖 2-6-44 風扇皮帶之構造

帶驅動水泵、動力轉向油泵、冷氣冷媒壓縮機、二次空氣泵、發電機等之裝置情形。

6-2-11 溫度指示器

一、概述

駕駛員必須隨時知道冷却液的溫度如何，因此汽車儀錶板上均裝有溫度指示裝置，以指示引擎冷却水之溫度，常用之溫度指示器有下列三種：

- 溫度指示器種類
 - 電動式
 - 蒸汽壓力式（波唐管式）
 - 指示燈式

二、電動式溫度錶

電動式溫度錶有線圈式、熱偶式等不同構造，詳細構造及作用情形在汽車電學之儀錶一章中介紹。主要由溫度錶及冷却水溫感知器 (sensor) 等組成，如圖2-6-45所示。

三、蒸汽壓力式溫度錶

此式由溫度錶本體及感溫球組成，感溫球裝在引擎水套上，裏面裝有乙醚等液體，以細管與溫度錶連接。溫度變化時，使感溫球內之液體體積及壓力產生變化，而使溫度錶之指針擺動，指示出冷却水之溫度。

四、溫度指示燈

有些引擎使用一只紅燈，亦有使用一只藍燈及一只紅燈來指示引擎冷却水溫度。使用一只紅燈者，在發火開關打開，引擎未發動時，紅燈亮，引擎發動後紅燈熄，冷却水溫度高於規定時，紅燈再亮。

使用一只藍燈及一只紅燈者，當引擎發火，開關初打開及冷却水未達正常工作溫度時，藍燈亮，冷却水溫度到達正常時，藍燈熄滅。當冷却水之溫度高於安全溫度時，紅燈亮，以警告駕駛人，引擎冷却系不正常，應將引擎熄火，以免引擎受到嚴重損害。圖2-6-46為冷熱指示燈之溫度

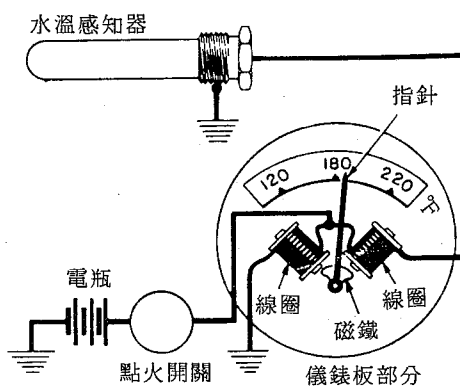


圖 2-6-45 電動線圈式溫度錶〔註35〕

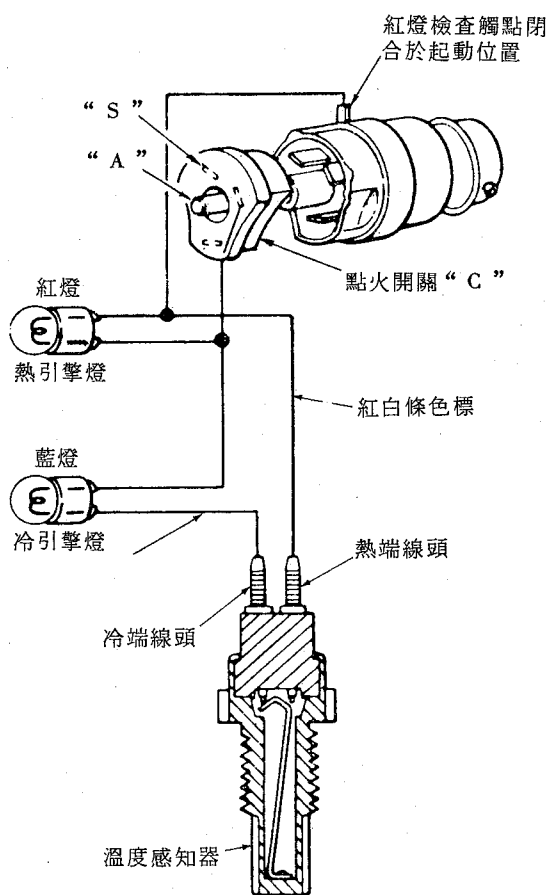


圖 2-6-46 冷熱指示燈之溫度指示系統〔註36〕

指示系統圖，紅燈於起動引擎時會亮，以確定燈未損壞。

第三節 雙散熱器水冷却系統

6-3-1 概述

為確保引擎的工作溫度及使冷引擎發動後，冷却水能很快到達正常工作溫度，當引擎負荷大

時，亦能維持冷却水之溫度不致過高。現代有些引擎採用雙散熱器之冷却系統，如圖2-6-47所示，由主散熱器 (main radiator)、副散熱器 (

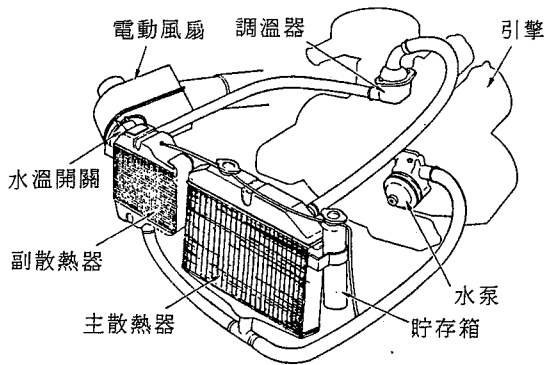


圖 2-6-47 雙散熱器之冷却系統〔註37〕

sub radiator)、貯存箱、水泵、調溫器、電動風扇等組成。

6-3-2 作用

雙散熱器冷却系統之作用分三個階段：

一、第一階段

冷却水在 82°C 以下時調溫器未開，冷却水如圖2-6-48所示，在引擎水套與副散熱器之間循環，電動風扇不作用，冷却水溫度很快上升。

二、第二階段

冷却水的溫度達 82°C 以上時，調溫器打開，如圖2-6-49所示，冷却水同時經過副散熱器及主散熱器循環，冷却能力大增，使冷却水溫度保持在 $82\sim 92^{\circ}\text{C}$ 之間（引擎最佳之工作溫度）。

三、第三階段

當車子之負荷增大，而車速很慢時，因主散熱器流動空氣量不足，冷却水的溫度超過 92°C 以上，此時裝在副散熱器上之電動風扇開始轉動，因此副散熱器之散熱能力大增，冷却水之溫度迅速降低；冷却水之溫度低於 88°C 時，溫度開關（thermal switch）切斷，電動風扇停止運轉。

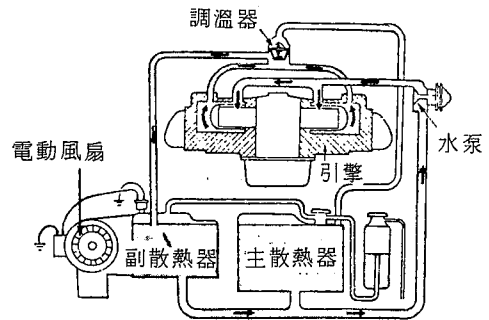


圖 2-6-48 第一階段的動作〔註38〕

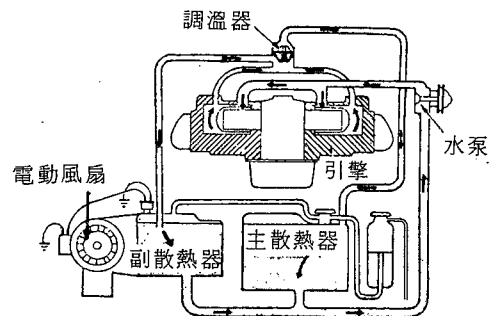


圖 2-6-49 第二階段的動作〔註39〕

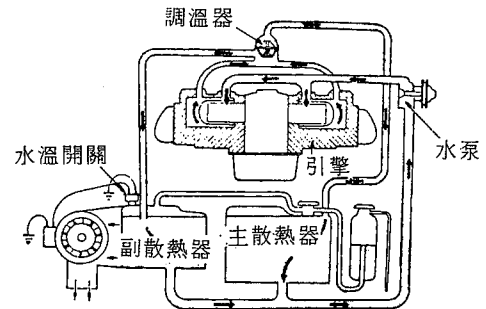


圖 2-6-50 第三階段的動作〔註40〕

風扇停止後水溫上升達 92°C 以上時，溫度開關再閉合，使風扇運轉，如此可以維持冷却水溫度在 $88\sim 92^{\circ}\text{C}$ 之間，如圖2-6-50所示。

第四節 氣冷式冷却系統

6-4-1 概述

氣冷式引擎為使散熱面積增加，提高冷却效果，汽缸體及汽缸蓋上均有散熱翼片（fins），冷却的方法有自然冷却及強制冷却法兩種：

氣冷式—
 —自然冷却式
 —強制冷却式

(一)自然冷却式：

利用行駛時自然流動的風來冷却，普通用在二輪機車上。

(二)強制冷却式：

一般汽車引擎均使用強制冷却法，在汽缸體、汽缸蓋外面用護罩（shroud）包圍，以引導空氣流動，使用風扇或鼓風機來強制送風，圖2-6-

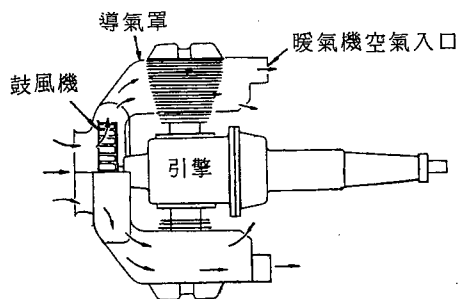


圖 2-6-51 強制空氣冷却系例(一)〔註41〕

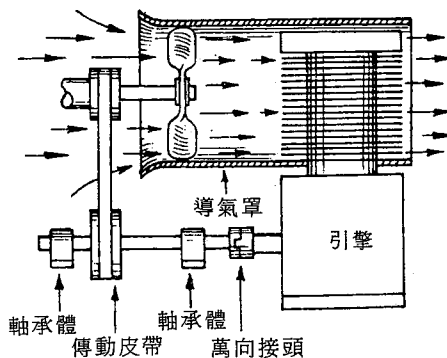


圖 2-6-53 葉片式風扇作用圖〔註43〕

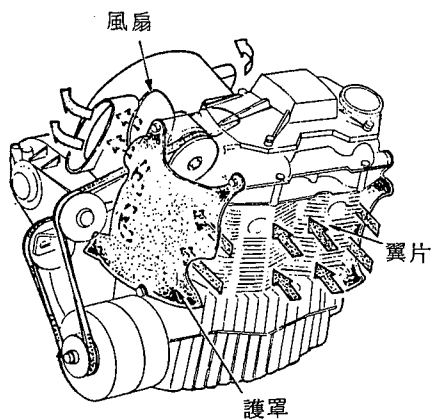


圖 2-6-52 強制空氣冷却系例(二)〔註42〕

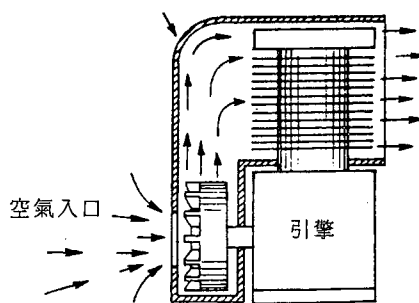


圖 2-6-54 飛輪式鼓風機作用圖〔註44〕

51 及 2-6-52 為強制空氣冷却系之構造例。

6-4-2 氣冷式引擎送風法

強制空氣冷却式引擎之送風方式有下列兩種：

(一)風扇送風法：

如圖 2-6-52 及 2-6-53 所示，由引擎曲軸利用風扇皮帶驅動風扇鼓風，以冷却引擎。

(二)鼓風機送風法：

如圖 2-6-51 及 2-6-54 所示，由引擎曲軸直接帶動鼓風機鼓風以冷却引擎，有些鼓風機與飛輪製成一體，如圖 2-6-54 所示。

6-4-3 冷却風量之控制

一、自動控制式風扇或鼓風機

使用氣冷式引擎在輕負荷高速行駛時，以自然通風即足夠冷却作用，若此時鼓風機或風扇仍高速運轉，不僅損失引擎動力，造成噪音，且會使引擎過冷，降低熱效率。因此亦使用自動控制式風扇或鼓風機，可以自動調整轉速，或於引擎轉動時不轉，圖 2-6-55 所示為自動控制鼓風機之例子。

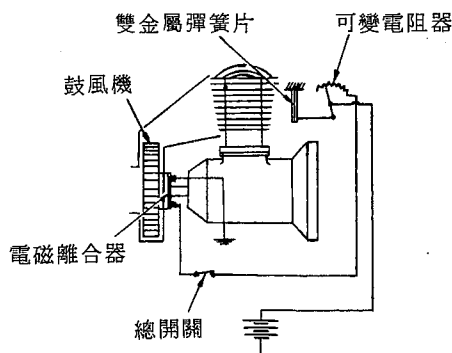


圖 2-6-55 自動操作式鼓風機線路圖〔註45〕

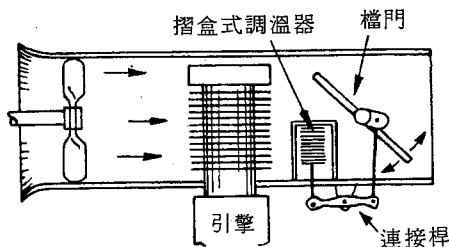


圖 2-6-56 自動控制擋門〔註46〕

二、自動控制式擋門

有些引擎則在散熱空氣道中裝置自動控制擋門，能依引擎溫度自動調節通風之風量，如圖 2-6-56 所示。

第五節 柴油引擎冷卻系統

柴油引擎之冷卻系統一般均使用強制循環水冷卻系統，使用壓力式水箱蓋以提高水之沸點。冷卻系各部分機件之構造及作用均與汽油引擎相同。柴油引擎之熱效率較高，故同大小之汽油引擎與柴油引擎冷卻裝置容量，柴油引擎較小。柴油引擎過冷時引擎易生爆震，燃料消耗增加，並發生潤滑不良，加速機件磨損，因此柴油引擎均

裝有調溫器及風扇離合器以防止引擎過冷。柴油引擎使用引擎煞車時，由於燃料被切斷，沒有燃燒發生，於冬季容易發生引擎過度冷卻現象，此點與汽油引擎不同。為防止潤滑油之溫度過高，柴油引擎常有機油冷卻器之裝置，如圖2-6-57所示。

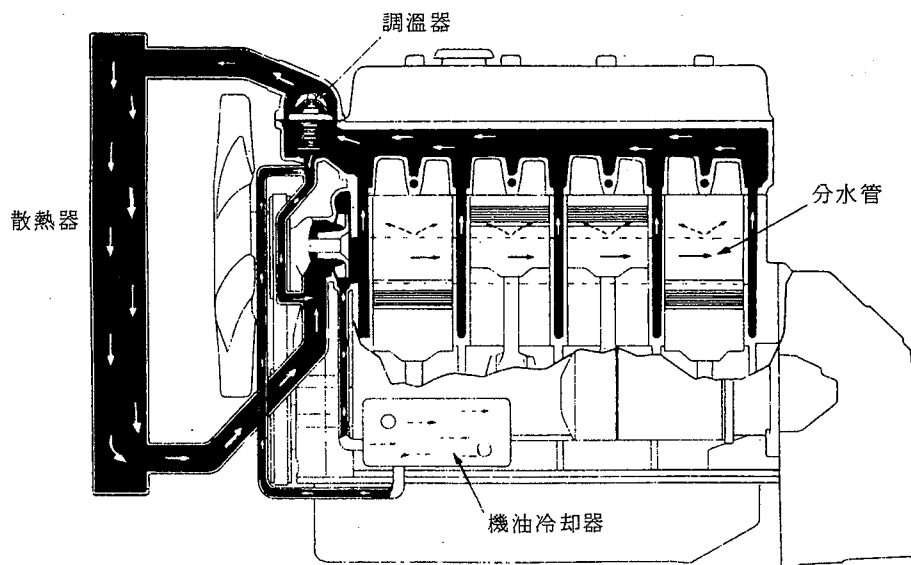


圖 2-6-57 柴油引擎冷卻系統 (Toyota Co.)

【習題】

一、問答題：

1. 冷卻方式有幾種？各有何特點？
2. 水冷卻系統由那些機件組成？
3. 試述壓力式水箱蓋之功用及構造。
4. 壓力式冷卻系統有何優點？
5. 使用風扇自動控制裝置有何用處？有幾種方

法？

6. 使用電動風扇有何優點？
7. 冷卻水在水箱中之流動方法有那些？
8. 試述調溫器之功用，有幾種不同型式？
9. 鈎閥之功用為何？
10. 使用雙散熱器水冷卻系統有何優點？

【資料來源註釋】

- 〔註1〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車
ガソリン・エンジン 圖 I-1
- 〔註2〕 同〔註1〕 圖 II-5
- 〔註3〕 同〔註1〕 圖 II-2
- 〔註4〕 同〔註1〕 圖 II-3
- 〔註5〕 同〔註1〕 圖 II-4
- 〔註6〕 范欽惠編著 車用汽油引擎 圖 6-4
- 〔註7〕 同〔註6〕 圖 6-5
- 〔註8〕 日本自動車整備振興會連合會編 二級ガソリ
ン自動車ガソリン・エンジン編 圖 I-7
- 〔註9〕 同〔註8〕 圖 I-8
- 〔註10〕 永屋元靖著 自動車百科全書 圖 2-172
- 〔註11〕 同〔註10〕 圖 2-171
- 〔註12〕 同〔註8〕 圖 1-6
- 〔註13〕 同〔註8〕 圖 1-9
- 〔註14〕 同〔註1〕 圖 III-1
- 〔註15〕 同〔註1〕 圖 III-2
- 〔註16〕 William H. Crouse Automotive Mecha-
nics 7th ed Fig 23-8
- 〔註17〕 同〔註16〕 Fig 23-9
- 〔註18〕 同〔註16〕 Fig 23-10
- 〔註19〕 同〔註1〕 圖 III-3
- 〔註20〕 同〔註1〕 圖 III-4
- 〔註21〕 同〔註1〕 圖 III-8
- 〔註22〕 同〔註1〕 圖 III-9
- 〔註23〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車
ジーゼル・エンジン上 圖 4-13
- 〔註24〕 同〔註23〕 圖 4-14
- 〔註25〕 同〔註23〕 圖 4-15
- 〔註26〕 Stockel Auto Mechanics Fundamentals
Fig 4-12
- 〔註27〕 同〔註1〕 圖 III-10
- 〔註28〕 同〔註1〕 圖 III-11
- 〔註29〕 同〔註1〕 圖 III-6
- 〔註30〕 同〔註10〕 圖 2-169
- 〔註31〕 同〔註1〕 圖 III-5
- 〔註32〕 同〔註1〕 圖 III-12
- 〔註33〕 同〔註23〕 圖 4-19
- 〔註34〕 同〔註23〕 圖 4-20
- 〔註35〕 同〔註16〕 Fig 23-22
- 〔註36〕 同〔註16〕 Fig 23-23
- 〔註37〕 同〔註8〕 圖 I-2
- 〔註38〕 同〔註8〕 圖 I-3
- 〔註39〕 同〔註8〕 圖 I-4
- 〔註40〕 同〔註8〕 圖 I-5
- 〔註41〕 同〔註10〕 圖 2-161
- 〔註42〕 同〔註1〕 圖 I-2
- 〔註43〕 同〔註26〕 Fig 4-41
- 〔註44〕 同〔註26〕 Fig 4-42
- 〔註45〕 同〔註10〕 圖 2-163
- 〔註46〕 同〔註26〕 Fig 4-43

返回目錄

第七章 燃料與燃燒

第一節 概 述

7-1-1 液體燃料

目前最經濟的燃料來源為石油 (petroleum)，若其供應低於需求或產品成本超過目前水準時，燃料油可從油頁岩 (oil shale)、煤 (coal) 或植物 (vegetable) 等內提煉出燃料油來。

7-1-2 氣體燃料

氣體燃料計有天然氣 (natural gas)、液化石油氣 (liquid petroleum gas, 簡稱 L.P.G.)，或從煤精煉產生之污氣 (sewage gas) 等。液化石油氣現已廣泛的使用於貨車、公共汽車、牽引車、鐵路機車等引擎上。

7-1-3 石油的成分

原油 (crude oil) 和天然氣產於地下高達每平方吋數百磅壓力之地層內。二者通常均發現於同一井內。石油由碳 (carbon 簡寫 C) 原子和氫 (hydrogen 簡寫 H) 原子互相結合成碳氫化合物，其內尚混合有硫與氮之化合物，少量可溶性的有機化合物及少許雜質，如水和沉積物。一般言之，石油內碳氫化合物可分為三種族類，

即石臘油族 (parafins)，以分子式 C_nH_{2n+2} 表示，如甲烷 (methane) 為 CH_4 ；石腦油族 (naphthens) 以分子式 C_nH_{2n} 表示，如環戊烷 (cyclopentane) 為 C_5H_{10} ；芳香油族 (aromatics) 以分子式 C_nH_{2n-6} 表示，如苯 (benzene) 為 C_6H_6 。

7-1-4 石油的精煉

先將原油加熱，大部分均蒸發，蒸發後的氣體流經分餾冷卻塔 (fractioning cooling tower)，再依其凝結溫度而分離出煤氣 (gases)、生汽油 (raw gasoline)、生煤油 (raw kerosine)、蒸餾油 (distillate)、重氣油 (heavy gas oil)、潤滑蒸餾油 (lube distillate)、重底層 (heavy bottoms)，較重部分需更進一步使大分子裂化 (cracking) 成較小之分子，形成較輕之油料；煤氣體部分形成之小分子，可以經過較大分子之聚合 (polymerization) 或吸收 (absorption) 而構成汽油。重底層部分能經過最後提煉成焦煤 (coke)、柏油 (asphalt)。

第二節 燃料的種類及性質

7-2-1 汽油的種類

(一) 汽油是由石油精煉而成，汽車引擎所使用之汽油通常用下列三種汽油混合而製成：

1. 天然汽油 (natural gasoline)：由天然氣加壓冷凝後製成，揮發性較高。

2. 直餾汽油 (straight run gasoline)：由石油中蒸餾冷凝後製成，其蒸餾溫度約為 $37 \sim 224^\circ C$ 或 $100 \sim 435^\circ F$ 。

3. 裂煉汽油 (cracked gasoline)：由在高溫及高壓下將較重的碳氫化合物分解重組為較

輕的碳氫化合物及碳而製成，或用加觸媒裂煉法 (catalytic cracking) 製成。此種汽油的沸點較高，揮發性較差，但抗爆品質較佳。

(二) 此外，還有氫生成法 (Hydrogenation)、碳氫氣聚合法 (Polymerization) 及烷化法 (Alkylation) 等提煉汽油之方法。

(三) 車用汽油以屬於石臘油族者較多，其碳氫化合物的各種主要成分及名稱如下：

1. 戊烷 (pentane) C_5H_{12} ，高熱值 21000 BTU。

2. 己烷 (hexane) C_6H_{14} , 高熱值 20705 BTU 。

3. 庚烷 (heptane) C_7H_{16} , 高熱值 20598 BTU 。

4. 辛烷 (octane) C_8H_{18} , 高熱值 20522 BTU 。

5. 壬烷 (nonane) C_9H_{20} , 高熱值 20462 BTU 。

6. 癸烷 (decane) $C_{10}H_{22}$, 高熱值 20417 BTU 。

(四) 商用汽車分為普通汽油 (regular gasoline)、高級汽油 (premium gasoline)、無鉛汽油 (unleaded gasoline) 等三種。

7-2-2 汽油的性質

一、密度和比重

(一) 單位體積的汽油在 60°F 時的重量和同體積的水在 39°F 時的重量之比稱為汽油的比重 (gravity) , 其值通常都在 0.678 至 0.750 之間。

(二) 汽油之密度 (density) 用 API 度數 (American Petroleum Institute) 標示之。API 度數可用比重計 (hydrometer) 在 60°F 時直接測量而得。

(三) 比重愈大, API 度數愈小, 反之亦然; 汽油的 API 度數約在 60 度左右。汽油的比重及 API 度數可用換算表 (conversion table) 折算, 或使用下列公式求出。

$$\text{比重} = \frac{141.5}{131.5 + \text{API 度數}}$$

二、揮發性 (volatility)

(一) 汽油的汽化溫度範圍隨其組成的汽油種類和數量的多少而不同, 通常約至 37°C (100°F) 開始汽化, 至約 224°C (435°F) 時完全汽化乾淨。

(二) 揮發性高的汽油在低溫範圍的汽化百分比大, 容易和空氣充分混合, 使燃燒較完全, 冷引擎容易發動, 但熱引擎時容易造成氣阻 (vapor lock) , 致混合汽過稀或引擎回火。

(三) 揮發性低的汽油不能和空氣充分混合, 燃燒不完全, 冷引擎發動困難, 且曲軸箱機油易被沖淡, 而且進入各汽缸混合汽之濃度亦不均勻。

(四) 夏天應用揮發性低的汽油, 冬天應用揮發

性高的汽油。

三、抗爆率 (anti knock rating)

(一) 壓縮比高的引擎動力大, 耗油率小; 但引擎的壓縮比受汽油的抗爆品質 (anti knock quality) 的限制。車用汽油的抗爆品質以辛烷號數 (octane No.) 表之。

(二) 汽油的辛烷號數用聯合燃料研究引擎 (C. F. R. engine) [由美國聯合燃料研究委員會 (Cooperative Fuel Research Committee, 簡稱 C. F. R. C.) 所創製, 現改稱 Coordinating Research Council, 簡稱 C. R. C.] 及爆震指示計 (detonation indicator) 測試出來。此種 C. F. R. 引擎的壓縮比可以變更, 在標準試驗情況下, 先用待測的汽油為燃料, 逐漸增加引擎的壓縮比, 直至某一程度的爆震發生時停止。保持試驗狀況及 C. F. R. 引擎的壓縮比不變, 然後使用異辛烷 (iso octane) 及正庚烷 (normal heptane) 的混合液為燃料, 逐漸變更其所含異辛烷的容積百分比量, 直至同樣強度的爆震發生時, 即表示二種燃料的抗爆品質或抗爆率相等, 並以混合液所含的異辛烷容積百分比, 為該種汽油的辛烷號數。例如某種汽油在試驗時, 其抗爆品質和 75% 的異辛烷與 25% 的正庚烷之混合液的抗爆品質相同, 則該種汽油的辛烷號數即為 75。

(三) 異辛烷和正庚烷都是經常存在於汽油中的碳氫化合物, 二者的沸點相同, 其他性質亦極相似, 惟其抗爆品質截然不同。異辛烷的抗爆性極佳, 而正庚烷則極差。

(四) 將依索液體 (ethyl fluid) 加在汽油中, 可提高汽油的抗爆品質, 此法採用最多, 其最大混合量為每加侖中混入 3 立方公分的依索液體。其主要成分為四乙基鉛 (tetraethyl lead)、溴化合物 (bromide compounds) 及氯化物 (chlorine compounds) 三者混合而成。

(五) 壓縮比高的引擎必須使用辛烷號數高之汽油, 如誤用較低者, 就會引起爆震, 發生引擎無力、過熱及機件加速損壞等弊害, 耗油率也會增大。壓縮比低的引擎使用辛烷號數高的汽油, 並不能增大引擎的動力, 反而因燃燒溫度過高, 使排汽門燒壞。茲將引擎壓縮比和所適用的汽油辛烷號數列述如表 2-7-1 所示。

(六) 中國石油公司目前出售之車用汽油、普通

表 2-7-1 壓縮比與辛烷號數之關係

壓縮比	適用辛烷號數
6~7	75~87
7~8	87~92
8~9	92~95
9~10	95~100

汽油辛烷號數 79，高級汽油辛烷號數 91。

四、熱值 (heat value)

(一)汽油的熱值是指在過量空氣或氧氣供應狀況下燃燒時所產生的熱量，以 BTU/lb 或 kcal/kg 表示之。

(二)可分為高熱值 (higher heat value) 及低熱值 (lower heat value) 二種。高熱值包含燃燒生成物的水蒸汽凝結熱 (latent heat) 在內，低熱值則不含該項熱量。

(三)通常使用的石臘油族汽油，其低熱值平均為每磅 19,000 BTU，碳氫化合物中的含氫量增大時，其熱值也隨之提高。

五、蒸汽壓力 (vapor pressure)

(一)汽油蒸汽壓力是指在任何溫度，當汽油表面完全被一層由其本身蒸發而形成的汽油蒸汽包

覆時，液體汽油變成汽體時的壓力而言。通常使用雷氏法 (Reid method) 測試，稱為雷氏汽壓，其溫度固定在 37.7°C 或 100°F。

(二)車用汽油的雷氏汽壓通常為 10 lb/in² 左右，雷氏汽壓在 12 lb/in² 以下時發生氣阻的可能性極少。

(三)蒸汽壓力高，則在油管及油嘴中容易發生氣阻。

六、蒸汽密度 (vapor density)

(一)蒸汽密度是指在同一溫度和同一壓力下，同體積的汽油蒸汽和同體積空氣的重量比。

(二)汽油的蒸汽密度為 4，意即謂汽油蒸汽較空氣重四倍，故在空氣中汽油蒸汽下沉。

七、分壓力 (partial pressure)

(一)在一狹小空間的汽油蒸汽的分壓力，是指僅汽油蒸汽單獨存於該空間時的氣壓而言，在某一溫度時，汽油將連續汽化，直至汽油表面混合汽中的蒸汽分壓力等於其蒸汽壓力時為止。

(二)汽油蒸汽的分壓力愈低，汽油愈容易汽化。

八、含硫量 (sulfur content)

含硫量太高會對金屬零件發生銹蝕，車用汽

表 2-7-2 平均車用汽油規範

	普通 高級		Test Method	
	Regular	Premium	CNS	ASTM
美制比重: Gravity °API at 60°F	Reported	Reported	1221 K325	D287
辛烷值: Octane No. Research. min.	79	91	-	D908
雷氏氣壓: Reid Vapor Pressure. Psi. Max.	10	10	-	D323
含硫量: Sulfur, % wt, max.	0.25	0.25	46 K19	D1266
侵蝕性: Corrosion, Copper Strip max.	No.1	No.1	1219 K323	D130
氧化穩定期: Oxidation Stability. Induction Period, minutes. min.	480	480	-	D525
含膠量: Existent Gum, mg/100ml., max.	5	5	46 K19	D381
含鉛量: TEL Content, ml/gal., max.	3	3	-	D526
蒸餾試驗: Distillation, 10%, °F	165 max.	165 max.	1218 K322	D86
50%, °F	260 max.	260 max.		
90%, °F	360 max.	360 max.		
Residue, %, max.	2	2		

油之含硫量不得超過 0.25%。

九、含膠量 (gum content)

(一)含膠量太多容易造成膠垢，阻塞化油器的油嘴及油道，並黏附在各有關機件上，如汽門導管、活塞等。

(二)含膠量愈低愈佳，每 100 cc 汽油中不得超過 0.3% 為限。汽油中通常加入抗氧劑以延遲或防止膠污的形成。

十、車用汽油規範

表 2-7-2 為中國石油公司出品之車用汽油規範。

7-2-3 柴油的種類及性質

一、概述

柴油係由原油精煉而成之產物，由已將汽油、煤油等較易揮發之輕油提出後剩下之粗油渣中提煉而成。

二、柴油的性質

(一)比重：單位體積的柴油與同體積的水在 60°F 的重量比稱為柴油的比重，通常其比值約為 0.82~0.89。

(二)密度：用 API 度數表之，或可用比重計在 60°F 時直接測量而得，亦可用下列公式求出：

$$\text{API 度數} = \frac{141.5}{\text{比重}_{60/60^\circ\text{F}}} - 131.5$$

柴油的 API 度數約為 27~41 之間。

(三)揮發性

係以「蒸餾試驗」中所得之溫度表示之，當 90% 之柴油蒸餾變成蒸汽後之溫度，即為其揮發性之溫度。此溫度愈低，其揮發性則愈高，柴油之揮發性以能確保完全霧化及燃燒良好即可，因揮發性高，其含熱量則低。一般高速柴油引擎所用之柴油，其揮發性最大值在 375°C 或 675°F 左右，「蒸餾試驗」中的沸點 (end point) 最大值約為 385°C 或 725°F。

(四)黏度 (viscosity)

所謂黏度乃液體內部分子對流動之阻力或為液體內部分子間之摩擦。柴油之黏度係以 SSU (seconds saybolt universal) 秒數表之，係以 60 cc 之柴油在 100°F 之溫度下，置于塞波特通用黏度計 (Saybolt universal viscosimeter) 中，經一定大小之油口流出，其完全

流出所需之秒數即為此柴油之黏度。柴油之黏度需適宜，太低則噴射機件易磨損，太高則噴油時不易霧化，普通約在 35~45 秒之間。

(五)流點 (pour point)

流點乃液體可以流動之最低溫度，流點對於引擎之發動及燃料之處理極為重要。柴油之最高流點通常為 0~35°F 之間。

(六)點火性 (ignition quality)

柴油必須在引擎汽缸中所具之高溫高壓下自動燃燒，此種自燃之性質即為點火性。其點火性以十六烷值 (cetane No.) 表示，係由點火性良好的十六烷 ($C_{16}H_{34}$) 與點火性不良的甲基萘 (α -methyl-naphthalene) ($C_{10}H_{17}$)，以各種不同的混合比例混合後，定為標準燃料，在 C.F.R. 引擎上，試驗其點火性能，比較決定，如十六烷 70 號的柴油，是指此柴油的點火性能與 70% 的十六烷和 30% 的甲基萘的比例混合成的燃料點火性能是一樣的。現在高速柴油引擎所用之柴油，其十六烷值約為 45 號左右。

(七)燃點 (flash point)

燃點乃燃料必須加熱至可點火產生燃燒之最低溫度，藉此乃可產生足量易燃燒之蒸汽，此種蒸汽與火焰接觸時，即可產生發火或暫時燃燒之現象。燃料之燃點愈低，貯存及處理時則愈危險，柴油之燃點最低為 140°F。

(八)含硫量

普通其值不得超過 0.5~1.5%。

(九)熱值

可用一熱量計 (calorimeter) 測量之，亦分為高、低二種熱值。普通柴油之高熱值可由下列公式算出：

$$\text{高熱值 BTU/lb} = 18640 + 40 (\text{API 度數} - 10)$$

三、燃料添加劑 (fuel additives)

加入柴油中以提高燃料的性能。

(一)硝化戊烷 (amyl nitrate)：為十六烷值點火性之改良劑，其可增加燃料的十六烷值及縮短點火遲延期。

(二)清潔添加劑 (detergent additives)：其能保持整個燃料噴射系統的清潔。

(三)氧化抑制劑 (oxidation inhibitors)

：當儲存期間和在廣泛的溫度變化時，改進燃料的穩度。

(四)腐蝕抑制劑 (corrosion inhibitors)
：減少燃料的腐蝕作用。

第三節 燃料和空氣的混合比

7-3-1 空氣之組成

空氣中主要成份為氮 (N₂) 及氧 (O₂)，依重量計氧佔 23%，氮佔 76.9%；依體積計氧佔 20.8%，氮佔 79.2%，故空氣中有 1 公斤 (kg

) 氧即有 3.33 公斤氮，即 4.33 公斤空氣中才有 1 公斤之氧；或有 1 立方公尺 (m³) 氧即有 3.8 立方公尺之氮，即 4.8 立方公尺之空氣中才有 1 立方公尺之氧，如表 2-7-3 所示。

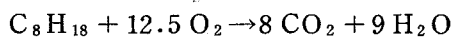
表 2-7-3 空氣之成分表

比較標準	氧百分比	氮百分比	氮與氧成分比	空氣與氧成分比
容積	20.8	79.2	3.8 : 1	4.8 : 1
重量	23.1	76.9	3.33 : 1	4.33 : 1

空氣中除氮及氧外，尚有極少量之稀有氣體如氫 (Ar)、氖 (Ne)、氦 (He)、氪 (Kr)、氫 (H₂)、二氧化碳 (CO₂)、水蒸氣 (H₂O)、灰塵及其他物質等，因其量甚微，且與燃燒不發生關係，在燃燒計算時可以不必考慮。

7-3-2 空氣與汽油之正量混合比

有關元素之分子量為 O₂ = 32，N₂ = 28，H₂ = 2，C = 12。通常我們以辛烷 C₈H₁₈ 代表汽油元素，在燃燒過程中，氮與辛烷不發生作用，故可以不必考慮，茲以純氧與辛烷燃燒，其反應式如下：



依重量計，其前後之分子重如下：

$$\begin{aligned} (12 \times 8 + 1 \times 18) + 12.5 \times 32 &\rightarrow \\ 8 \times (12 + 32) + 9 \times (2 + 16) & \\ 114 + 400 &\rightarrow 352 + 162 \end{aligned}$$

設燒 1 份 C₈H₁₈ 需 x 份 O₂，

$$\text{則 } 1 : x = 114 : 400$$

$$\text{得 } x = 3.5$$

故燒 1 公斤汽油需 3.5 公斤之純氧，但 4.33 公斤空氣中才有 1 公斤之氧，故燒 1 公斤之汽油需要 $3.5 \times 4.33 = 15.16$ 公斤之空氣，即空氣與汽油之混合比 (重量比) 為 15.16 : 1。

7-3-3 空氣與汽油之實際混合比

(一)汽油引擎的混合汽普通皆使用按重量計的空氣汽油比 (air gasoline ratio) 來表示。

(二)空氣與汽油的實際混合比，能燃燒之極限混合比最濃為 7 : 1，最稀為 20 : 1。

1. 在怠速 (即引擎慢車空轉) 節汽門全關、引擎無負荷時，空氣流速很低，進汽歧管分汽作用差且廢汽排不乾淨，故混合汽比較濃，約 11.8 ~ 12.8，怠速愈低，汽門早開晚關度數愈多，則混合汽濃度需愈濃。

2. 中速節汽門在半開位置，中等負荷時，引擎 1200 rpm 混合比需 13 : 1 ~ 14 : 1，在 2000 rpm 時混合比約 14 ~ 16 : 1。

3. 在高速節汽門開度在 $\frac{3}{4}$ 以上，因需要的引擎動力大，且為減低排汽門溫度，故需使用較濃的混合比，約需 12.5 ~ 13.8 : 1。

4. 在全負荷節汽門大開，因負荷增大，強力油道產生作用，約需 12.5 ~ 13.8 : 1。

5. 引擎之型式不同，其所需混合比亦有不同。天冷汽化不良時所需之比值隨之減小 (變濃)。

(三)空氣比 (air ratio) 以 λ 表示，亦稱空氣過剩率 (excess air factor)；汽油引擎之空氣比約 0.9 ~ 1.1，其公式如下：

$$\lambda (\text{空氣比}) =$$

$$\frac{\text{燃燒定量汽油實際所使用之空氣量}}{\text{燃燒定量汽油理論上所需之空氣量}}$$

7-3-4 柴油與空氣之混合比

(一)在柴油引擎中係以不定量之柴油與一定量之壓縮空氣在汽缸內混合，故引擎之動力及轉速全由噴入汽缸內柴油之多少來決定之。

(二)又因每次噴射柴油之量均在設計引擎最大需要範圍以內，故汽缸內之空氣始終十分充足，可使柴油完全燃燒，空氣與柴油依重量計之混合

比，可自全載負荷下之 16 : 1 至無載負荷下近於 200 : 1，因柴油引擎進入之空氣一定，且柴油可以控制，故可得任何空氣與柴油之混合比。

(三)為了使噴射出來的柴油油粒能夠和新鮮空氣接觸的機會增多，獲得完全燃燒起見，實際上的空氣量要比理論上的多，此二者之比稱為空氣過剩率 λ ，柴油引擎之 λ 值約 1.1 ~ 11。

第四節 汽油引擎之燃燒

7-4-1 汽油引擎之正常燃燒

(一)汽缸內的混合汽在壓縮行程將完畢前，火星塞適時跳火，使火星塞中央電極與搭鐵電極周圍的混合汽開始燃燒，並形成一個「球面火焰烽」，從火星塞處逐漸向外擴散。

(二)如果球面火焰烽連續而穩定地傳至整個燃燒室，且其傳播速度及火焰形狀並未發生突然變化時，稱為正常燃燒，如圖 2-7-1 所示。

(三)混合汽的燃燒是一種鏈狀化學反應。火星塞跳火，使少數活動性高的混合汽分子先予燃燒，因壓力溫度的升高，因而產生更多的高活性分

子發生燃燒，如此重複作用，使燃燒迅速的擴大，至燃燒完畢為止。

(四)已經燃燒的混合汽，體積膨脹，壓力增高，將尚未燃燒的混合汽壓縮，使其溫度與壓力亦隨之增高，但尚不致構成自燃，須等到和球面火焰烽接觸後，才會點火燃燒。

(五)正常燃燒時，汽缸內之壓力與曲軸轉角之關係如圖 2-7-2 所示：

1. 在 A 點，火星塞開始跳火，周圍之混合汽點燃，使壓力及溫度緩慢升高。
2. 過 B 點時，汽缸內混合汽急速地燃燒。
3. C 點為燃燒壓力之最高點。
4. D 點為混合汽燃燒終了之點。

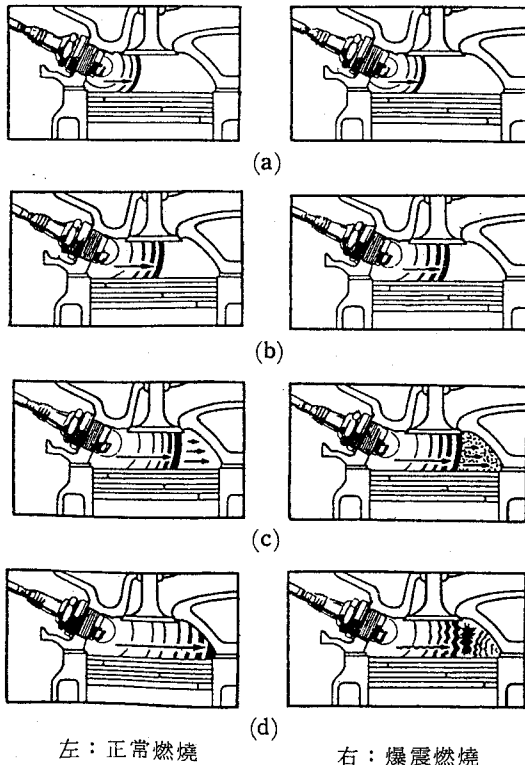
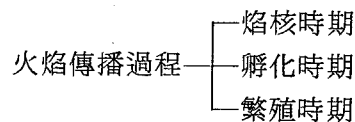


圖 2-7-1 汽油引擎之燃燒過程〔註 1〕

7-4-2 汽油引擎之火焰傳播過程



一、焰核時期

(一)從火星塞點火的 0% 之火焰行距到 10% 之

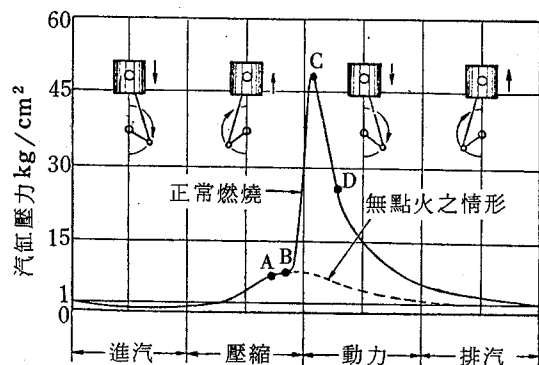


圖 2-7-2 汽油引擎汽缸壓力與曲軸轉角之關係圖〔註 2〕

火焰行距稱焰核時期。

(一)此時在火星塞電極周圍形成一個火焰核，然後才逐漸擴大。

(二)此刻已燃燒的混合汽量尚微不足道。

二、孵化時期

(一)從10%火焰行距到95%火焰行距稱孵化時期。

(二)前述的火焰核逐漸擴大時，火焰鋒面向四周的混合汽推進，使壓力與溫度升高。

(三)此時期燃燒之混合汽約60%左右。

三、繁殖時期

(一)從95%的火焰行距到100%火焰行距稱繁殖時期。

(二)剩下的40%左右之混合汽量在繁殖時期迅速燃燒，產生極高的壓力與溫度，而將活塞推下。

(三)汽油引擎的爆震都是在繁殖時期產生的。

7-4-3 汽油引擎之火焰傳播速度

(一)在0~10%火焰行距內，火焰傳播速度較慢，隨後愈來愈快。

(二)約在50%火焰行距時火焰傳播速度最快。

(三)火焰傳到燃燒室四壁附近時，因受到缸壁的冷卻，故傳播速度會降低。

(四)汽油引擎正常燃燒時，其火焰傳播之平均速率約為10~25公尺/秒，爆震時的平均速率約2,000公尺/秒。

7-4-4 汽油引擎之預燃與爆震

一、預燃

(一)火星塞尚未跳火，或燃燒火焰鋒尚未波及，未燃燒的混合汽自行着火燃燒的現象，稱為預燃 (preignition) 或自燃 (autoignition)。

(二)如圖 2-7-1 (d)圖之燃燒即稱自燃。

(三)預燃產生之原因如下：

1. 混合汽溫度過高。
2. 混合汽壓力過高。
3. 燃燒室中有熱點 (如積碳等)。

二、爆震

(一)在汽缸內的燃燒過程中，如果火焰傳播之速度發生突變或火焰鋒的形狀突變 (例如自燃現象)，則燃燒室中即產生「壓力波」(pressure wave)。

(二)汽缸內突變的壓力波和燃燒室四壁的機件發生碰撞，就使汽缸壁等發生震動，而發出類似金屬敲擊的聲音，此種現象稱為爆震 (detonation 或 knocking)。

(三)如圖 2-7-1 的右面圖。

(四)爆震嚴重時的後果：

1. 引擎無力、耗油、過熱。
2. 引擎機件加速損壞。

三、汽油引擎爆震之原因

(一)汽油辛烷號數過低。

(二)燃燒室內局部過熱。

(三)引擎過熱。

(四)汽缸內部積碳過多。

(五)點火時間太早。

(六)混合汽太稀。

(七)混合汽溫度太高。

(八)混合汽壓力太高。

(九)引擎壓縮比變高。

(四)現代汽油引擎的點火正時通常都調整到引擎剛剛開始發生極微爆震時為止，以獲得最佳之引擎效率。

第五節 柴油引擎之燃燒

7-5-1 柴油粒的燃燒

(一)柴油引擎於壓縮行程將結束時，被壓縮的純空氣溫度高達700~900℃左右。

(二)此時將柴油成霧狀噴入汽缸內，但是霧狀的柴油粒並不能立即燃燒。

(三)如圖 2-7-3 所示，為柴油粒之構造模型圖。

(四)柴油粒首先自周圍的高溫獲得熱量，使溫度急速增高，則油粒表面開始氧化，氧化之燃料由於油粒自體運動或空氣流動而向周圍的空氣擴散成為可燃的混合汽。

(五)上述可燃的混合汽遇到汽缸內高溫的壓縮空氣，乃自己着火而開始燃燒，燃燒後溫度大增，氧化更快，因此產生動力行程。

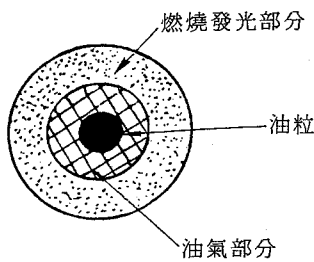
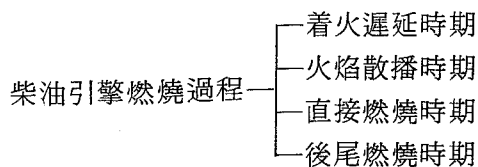


圖 2-7-3 柴油粒之燃燒〔註 3〕

(六)所謂「燃燒」即急激的氧化，並同時放出大量熱能與光能。

7-5-2 柴油引擎之燃燒過程



柴油引擎正常燃燒時，汽缸內之燃燒壓力與曲軸轉角之關係圖如圖 2-7-4 所示。

一、着火遲延時期

(一)着火遲延時期又稱「燃燒準備時期」。

(二)自柴油開始噴入汽缸至開始燃燒的一段時期，稱着火遲延時期，如圖 2-7-4 的 A→B 段所示。即柴油在 A 點開始噴入汽缸，連續的噴油，直到 B 點方才着火燃燒。

(三)柴油自 A 點開始噴入汽缸，但柴油粒並不能立即着火燃燒，柴油粒須自高溫的壓縮空氣吸收熱量，發生氧化作用，俟其溫度升高至着火點以上，方能着火燃燒。

(四)着火遲延時期很短，一般來說在 0.001 ~ 0.002 秒間才不致於發生引擎爆震。

(五)着火遲延時期長短的有關因素：

1. 柴油的着火性。
2. 柴油的噴射狀態。
3. 汽缸內的溫度。
4. 汽缸內的壓力。
5. 汽缸內空氣之渦動程度。
6. 柴油的黏度。

(六)柴油引擎進入汽缸的是純空氣，等空氣被壓縮快到上死點時，柴油方才噴入汽缸內，在肉眼看來是極細小的霧粒，但實際上它們還是液體。況且霧粒太集中，因此在霧粒的密集區內，空

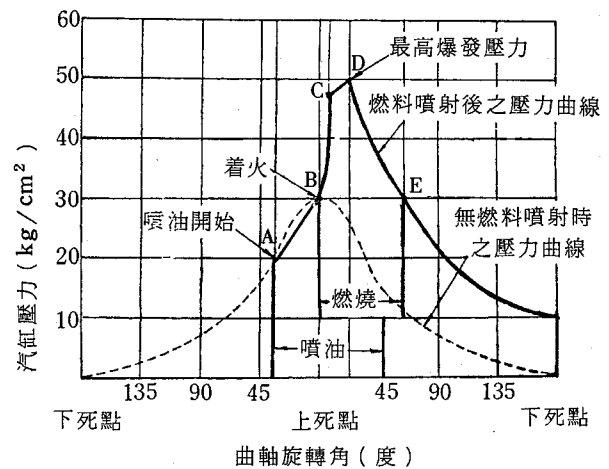


圖 2-7-4 柴油引擎燃燒時汽缸內壓力之變化曲線圖〔註 4〕

氣中的氧氣不足以應付那麼多的柴油霧粒同時燃燒，因此柴油的燃燒必須要有「着火遲延時期」，使柴油的霧粒能夠汽化，並且分散到燃燒室的各處而和空氣中的氧氣充分混合。

(七)但是對於汽油引擎來說，化油器將汽油和空氣以適當的比例混合，因此在進汽和壓縮行程時，每一個汽油的汽體分子均有充分的時間和空氣中的氧氣混合。只要火星塞一跳火，便能立刻發生劇烈的燃燒，是不需要「着火遲延時期」的。

二、火焰散播時期

(一)火焰散播時期又稱「放任燃燒時期」或「迅速燃燒時期」。

(二)從柴油開始燃燒，到着火遲延時期累積的柴油燒完為止，稱為火焰散播時期，如圖 2-7-4 的 B→C 段。

(三)着火遲延時期結束，完成燃燒準備，在圖 2-7-4 之 B 點的時候，一部份的柴油已經開始着火，成為導火線。

(四)因此在着火遲延時期內，噴入汽缸中累積的幾乎全部柴油，和這段時期繼續噴入的柴油，就在火焰散播時期內同時迅速燃燒，因此汽缸中的溫度和壓力，好像爆炸似地突然升得極高，所謂柴油引擎爆震 (Diesel knock) 也就是在這個時期中發生。

三、直接燃燒時期

(一)直接燃燒時期又稱「控制燃燒時期」。

(二)從火焰散播時期後到柴油停止噴油為止，

稱為直接燃燒時期，如圖 2-7-4 的 C→D 段。

(三) 火焰散播時期過去後，柴油仍在噴射，這時汽缸中仍在燃燒，溫度極高，所以過了圖 2-7-4 的 C 點以後，所噴入汽缸中的柴油立刻着火燃燒，使壓力又再上升而達最高壓力點。

(四) 因為直接燃燒時期間的壓力，是隨著噴油量的多少而變化，能夠受我們控制，所以又稱為「控制燃燒時期」。

四、後尾燃燒時期

(一) 從直接燃燒時期後到停止燃燒為止，稱為後尾燃燒時期，如圖 2-7-4 的 D→E 段，又稱後燃時期。

(二) 如圖 2-7-4 的 D 點，柴油噴射完畢，燃燒氣體膨脹而把活塞壓下，但是在 D 點以前，未完全燃燒的柴油，就在後燃時期內繼續燃燒，直到燒完為止。

(三) 後燃時間愈短愈好，若變長則會使排汽溫度升高及引擎熱效率降低。

五、如圖 2-7-4 的虛線表示不噴油時，汽缸中壓力之變化曲線。

7-5-3 柴油引擎之爆震

一、柴油引擎爆震

(一) 在上節曾說過，柴油霧粒噴入汽缸後，要經過一段着火遲延時期，使柴油霧粒吸收壓縮空氣的熱量，讓溫度上升，因此一部份柴油霧粒會自行着火燃燒而引起所有累積柴油的全部燃燒。

(二) 假若在着火遲延時期內，汽缸中累積的柴油量太多，當這些柴油突然同時燃燒，會使汽缸裏面的壓力劇烈上升，如圖 2-7-5 的右圖所示。高壓壓力波撞擊到汽缸壁周圍之金屬而發出特別的敲擊響聲，這種現象就稱為柴油引擎爆震，又

稱狄塞爾爆震 (Diesel knocking)。

二、汽油引擎爆震與柴油引擎爆震之比較

(一) 汽油引擎爆震燃燒和正常燃燒，是二種截然不同的現象，故汽油引擎發生爆震時，有下列嚴重的狀況發生：

1. 引擎無力。
2. 引擎耗油。
3. 引擎過熱。
4. 引擎機件加速損壞。

(二) 柴油引擎爆震燃燒和正常燃燒，在本質上來說是相似的，均是自然着火而燃燒。可說是同一現象。

1. 柴油引擎發生爆震時，因為它與正常燃燒屬於同一現象，所以會發生下列狀況：

- (1) 情況輕微時，祇是汽缸內部的壓力與溫度異常增高而已。
- (2) 情況嚴重時，會使汽缸內部的壓力及溫度劇烈上升，而加大引擎內部機件所受之壓力而已。

2. 柴油引擎並不像汽油引擎爆震那麼嚴重的受害，但仍應防止其發生。

(三) 汽油引擎爆震與柴油引擎爆震二者汽缸壓力及曲軸轉角的比較如圖 2-7-5 所示。

(四) 汽油引擎爆震與柴油引擎爆震之基本比較如表 2-7-4。

(五) 柴油引擎爆震的原因：

1. 引擎壓縮比過低。
2. 引擎負荷較輕 (同一轉速下) 。
3. 引擎壓縮壓力過低。
4. 引擎轉速過低。
5. 柴油噴射量無變化 (註：最好是先少量噴

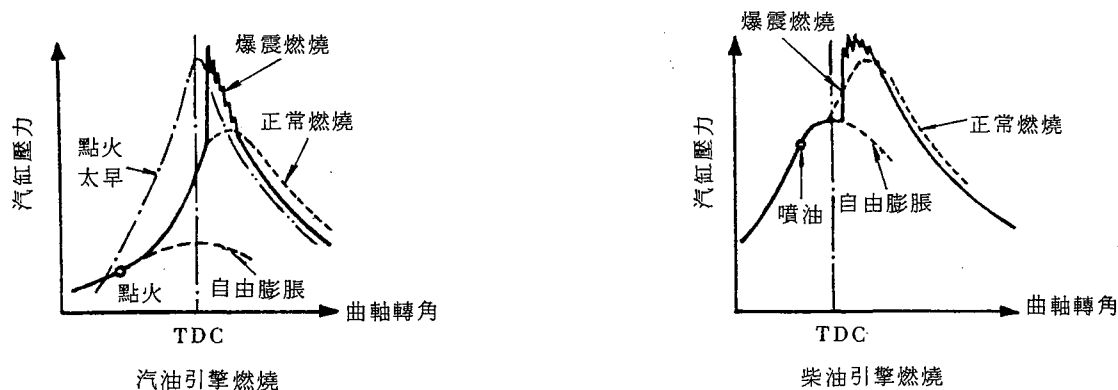


圖 2-7-5 汽油引擎與柴油引擎燃燒之比較 [註 5]

表 2-7-4 汽油引擎爆震與柴油引擎爆震之基本比較

爆震產生的主因	汽油引擎	柴油引擎
壓縮壓力(壓縮比)	過高	過低
進汽溫度	過高	過低
點火時間(著火時間)	點火過早	著火過晚
著火點	過低	過高
進汽溫度(進汽壓力)	過高	過低
燃燒室溫度	過高	過低
著火遲延時間	過短	過長
引擎轉數	過高	過低
汽缸容積	過大	過小
車輛負荷	愈重	愈輕
燃燒過程	燃燒末期發生爆震	燃燒初期發生爆震

，然後才大量噴的變化噴射量法為佳)。

6. 柴油噴射過早(或過晚)。

7. 柴油着火點過高。

8. 柴油黏度過大。

9. 柴油噴射霧粒過大。

10. 空氣壓縮時無渦流。

11. 進氣壓力過低。

12. 進汽溫度過低。

13. 燃燒室溫度過低。

14. 燃燒室的設計不良。

15. 噴射嘴的設計不良。

16. 噴射泵柱塞的設計不良。

(六) 柴油引擎減少爆震之基本方法：

1. 縮短着火遲延時期，如採用十六烷號數高的柴油等。

2. 減少着火遲延時期燃料之噴射率，如採用節流型噴油嘴。

3. 提高引擎溫度。

【習題】

1. 何謂 L.P.G. 引擎？有何優點？

2. 石油共分那幾種族類？其分子式分別為何？

3. 何謂汽油之抗爆率？

4. 揮發性高的汽油有何優點？

5. 如何提高汽油中的辛烷號數？

6. 四乙基鉛有何功用？

7. 汽車使用無鉛汽油之目的何在？

8. 柴油的添加劑有那些？

9. 使用着火性佳的柴油時有何優點？

10. 如何提高柴油中的十六烷號數？

11. 柴油必須具有黏性是因它必須潤滑何種機件？

12. 汽油引擎的爆震發生於那一個燃燒時期？

13. 若用 C_6H_{14} 的燃料與空氣發生完全燃燒，則其依重量計的理論混合比是多少？

14. 空氣與汽油的最經濟混合比是多少？

15. 汽油引擎發生爆震的原因有那些？

16. 何謂狄塞爾爆震？

17. 柴油引擎減少爆震的基本方法有那些？

18. 試繪圖標示出柴油燃燒的四個時期。

【資料來源註釋】

〔註 1〕 黃靖雄編著 汽車學 圖 4-4-2

〔註 2〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車
ガソリン・エンジン上 圖 II-1

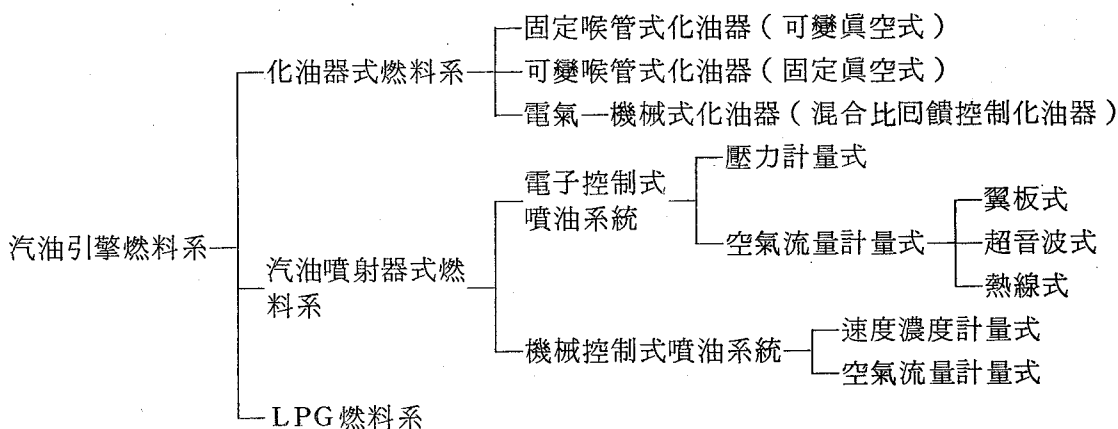
〔註 3〕 楊思裕編著 汽車柴油引擎上 圖 4-4

〔註 4〕 全國自動車整備學校連盟編 ジーゼル・エンジン 圖 3-1

〔註 5〕 同〔註 3〕 圖 4-7

第八章 汽油引擎燃料系

第一節 汽油引擎燃料系概述



(一)汽油引擎燃料系統需能適時、適量的提供引擎所需之空氣與汽油；並使汽油能充分汽化，與空氣混合成適當比例之混合汽，以配合引擎在各種操作情形下之需要，並符合經濟省油的原則。

(二)現代汽車汽油引擎使用之燃料系統，有化油器及汽油噴射器兩大類，另有使用液化石油氣 (LPG) 為燃料者。

1.化油器式燃料系：由油箱 (fuel tank)、油管 (fuel pipe)、汽油濾清器 (fuel filter)、化油器 (carburetor) 等組成，如圖 2-8-1 所示，化油器有多種不同的型式。

2.汽油噴射系統種類甚多，可歸併為機械控制與電子控制等兩種：

制與電子控制等兩種：

(1)機械控制式汽油噴射系統：早期之出品類似柴油噴射系統，目前以波細公司出品的 K-Jetronic 最為實用，由油箱、電動油泵、蓄壓器 (fuel accumulator)、濾清器、噴油嘴 (injection valve)、起動噴油器 (start valve) 等組成，如圖 2-8-2 所示。

(2)電子控制式汽油噴射系統，其基本控制方法有壓力式及空氣流量式兩種：

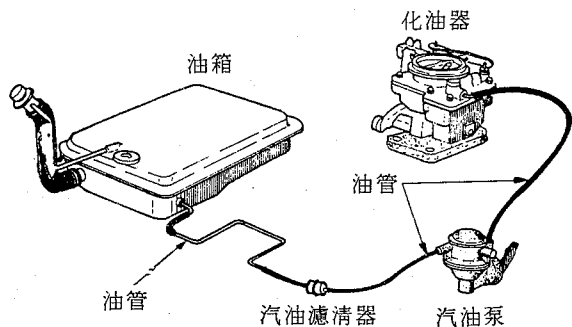


圖 2-8-1 化油器式燃料系統 [註 1]

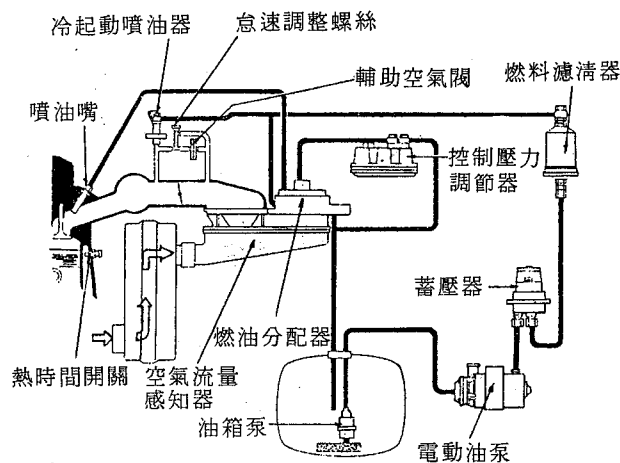


圖 2-8-2 波細機械式汽油噴射系統 [註 2]

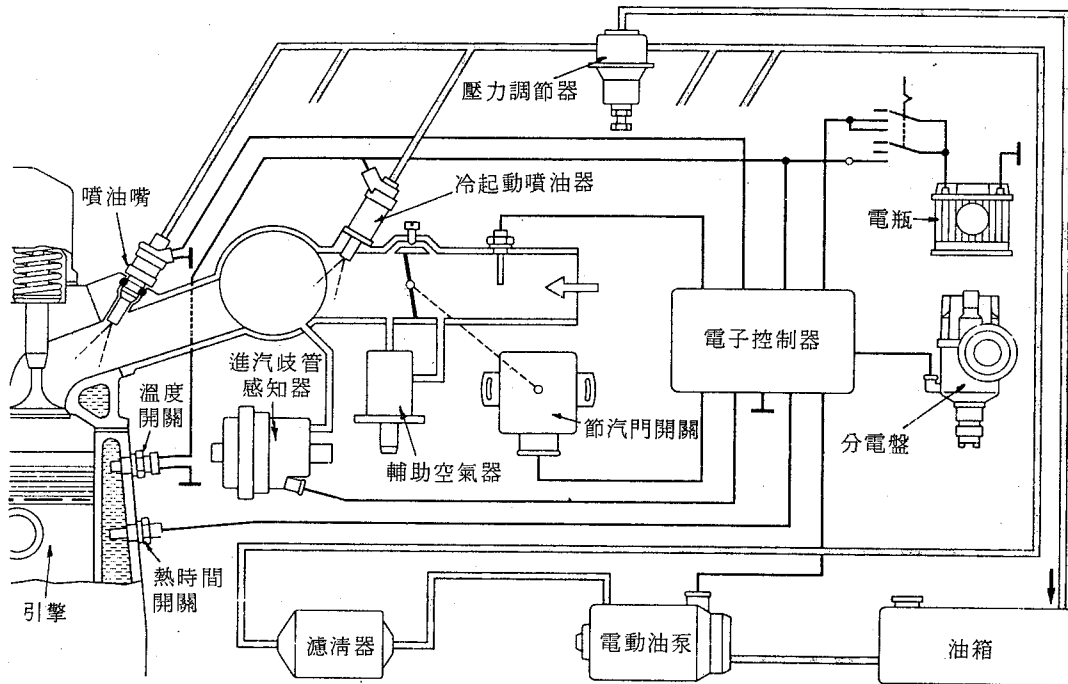


圖 2-8-3 壓力計量式控制汽油噴射系統 [註 3]

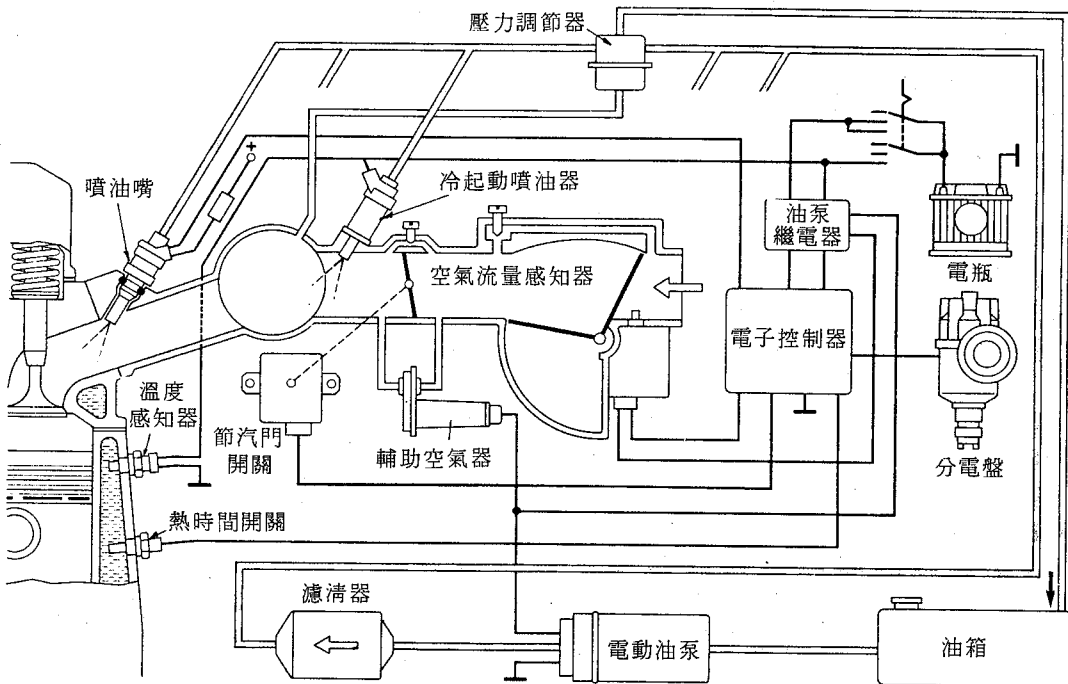


圖 2-8-4 空氣計量式電子控制汽油噴射系統 [註 4]

①壓力計量式 (pressure measurement type) : 以波細之 D-Jetronic 為代表 ; 由油箱、電動油泵、濾清器、電子控制器 (electronic control unit)、進汽歧管壓力感知器 (pressure sensor)、噴油嘴、起動噴油器、扳機

開關 (trigger switch)、輔助空氣器 (auxiliary air device) 等組成 , 如圖 2-8-3 所示。

②空氣流量計量式 (air flow quantity measurement type) : 以波細 L-Jetronic 為代表 ; 由油箱、電動油

泵、濾清器、電子控制器、空氣流量感知器 (air flow sensor)、溫度感知器、輔助空氣器、溫度時間開關 (thermo-time switch)、噴油嘴、起動噴嘴等組成，如圖 2-8-4 所示，空氣流量計有翼板式、超音波式、熱線式等不同形式，以翼板式使用最多。

③ LPG 燃料系統：汽油引擎只須將燃料裝置加以改變即可使用液化石油氣 (liquefied petroleum gas 通稱 LPG) 為燃料，圖 2-8-5 為 LPG 燃料系統之組成。包括高壓容器 (LPG bombe)、濾清器 (fuel filter)、電磁閥 (

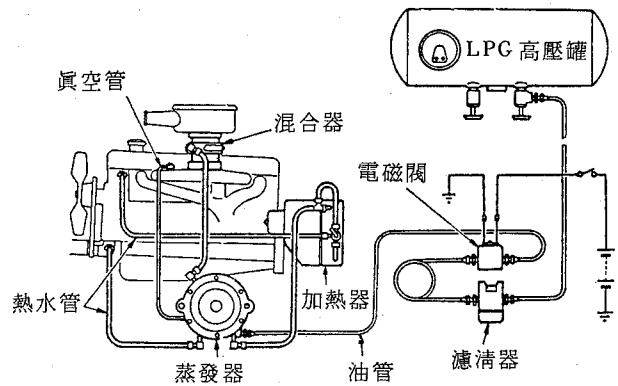


圖 2-8-5 液化石油氣燃料裝置 [註 5]

solenoid valve)、蒸發器 (vaporizer)、混合器 (mixer) 等。

第二節 油 箱

(一) 油箱之構造如圖 2-8-6 及圖 2-8-7 所示。普通均由鋼皮製成，內壁鍍錫或錫鉛合金以防腐蝕；油管出口高出底部約 1~2 公分，使水分和雜質沈澱在油箱底部而不被吸入汽油泵內。

(二) 油箱中有隔板 (baffle plates)，其目的除加強油箱之強度外，尚可避免汽油在油箱內晃動過烈，以致加速揮發，破壞化學成分，以及產生靜電因而發生爆炸或無線電波之干擾。

(三) 放油孔裝在油箱最低處，以將油箱底部沈

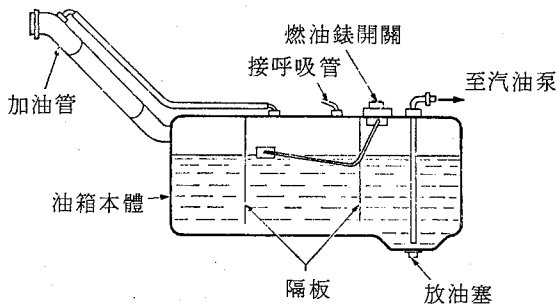


圖 2-8-6 油箱構造(一) [註 6]

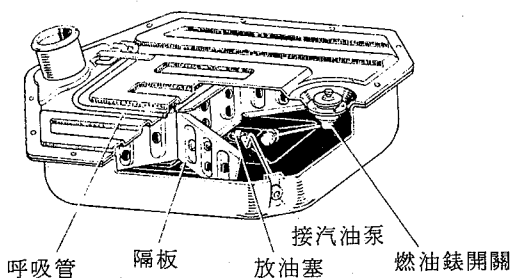


圖 2-8-7 油箱構造(二) [註 7]

積的水份和雜物排除之。此外，油箱上亦開有一個通氣孔，與大氣相通，以保持汽油之暢通。

(四) 油箱中通常均裝有油錶之開關部分，由浮子及可變電阻組成，浮子隨油面高低升降以改變電阻，使儀錶板上之汽油錶指示出油箱中汽油之存量，如圖 2-8-6 及圖 2-8-7 所示。

(五) 許多現代車輛在油箱上設有呼吸器 (breather)，以防油箱之油面變動時產生真空而使汽油無法送到化油器，或油箱內之壓力上升時防止燃料滲漏。呼吸器之裝置情形如圖 2-8-8 所示，圖 2-8-8 (a) 為呼吸管之配置情形，呼吸管中途升高再裝到加油管之入口處，再轉出，以防燃料流出。圖 2-8-8 (b) 之呼吸管途中設有通氣室，油箱內之蒸汽到通氣室內與空氣分離，汽油蒸汽凝結後可再流回油箱。呼吸管並可防止加油時因加油管被油塞沒油箱中之空氣無法溢出，使油箱未加滿，而加油管口已溢出汽油之現象。

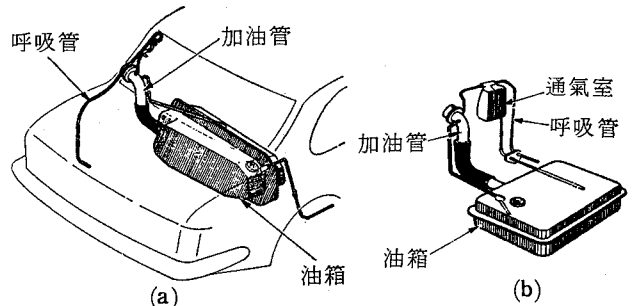


圖 2-8-8 油箱呼吸器 [註 8]

第三節 燃料蒸發汽體淨化裝置

8-3-1 概述

美國加州自 1970 年起，全美國自 1971 年起，日本自 1972 年（昭和 47 年）起，規定所有新車必須裝置蒸發排汽控制系統（evaporative emission control system 簡稱 EEC 系統）。

8-3-2 EEC 系統與傳統燃料系統之異點

(一) 使用 EEC 燃料系統的汽車與無 EEC 之普通燃料系統汽車使用之油箱加油蓋不同，EEC 系統之加油蓋均裝有壓力真空放洩閥，如圖 2-8-9 所示。EEC 系統如果使用密封式的加油蓋而不裝壓力—真空洩放閥時，可能產生真空鎖（vacuum lock），使燃油無法暢通，或燃油箱可能因燃油膨脹收縮而損壞。

(二) EEC 系統之油箱與普通燃料系油箱不同，EEC 系統的汽油蒸汽既被控制，不使直接向大氣

排出。對油箱的設計，必須能容許其因溫度變化而發生的汽油膨脹、收縮或溢流等。

1. 第一種方法係在主燃油箱中另設一個膨脹室，如圖 2-8-10 所示。此室之下部有若干小孔，當油箱之油面高過小孔時，空室內之空氣即被封閉，無法逸出，因此當油箱加滿時，內部仍有空間，使汽油受熱膨脹時有空間容納。

2. 第二種方法係在油箱上方增設一個膨脹空室，如圖 2-8-11 所示，以容納汽油膨脹時增加之體積。

3. 第三種方法係在油箱中裝置震動檔板，油箱之加油管伸入油箱裏面，使加油時，油箱加不滿，上面的空間容許燃油膨脹，如圖 2-8-12 所示。

(三) 所有 EEC 系統之燃料系統均裝置有液體—油氣分離器，防止液體燃油進入曲軸箱或儲存油氣用的活性炭罐（charcoal canister）中。液體—油氣分離器因製造廠家之不同有很多不同型式與構造，有的裝在油箱裏面，用一簡單的油氣管連到活性炭罐中。裝在油箱外面的液體—油氣分離器通常設在油箱外面或靠近油箱之車架上

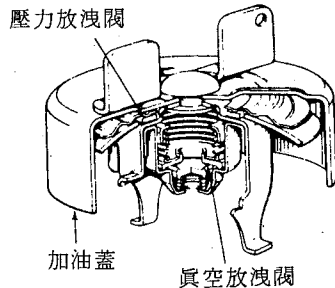


圖 2-8-9 EEC 系統放洩閥〔註 9〕

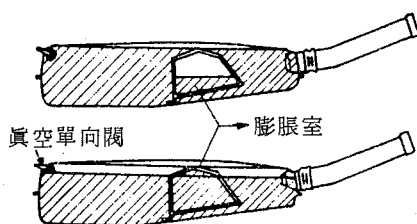
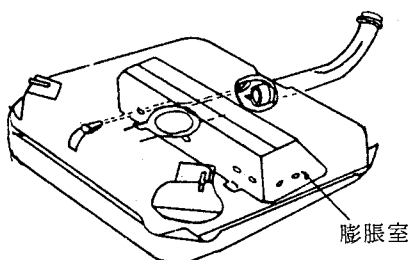


圖 2-8-10 在油箱中設有膨脹室〔註 10〕

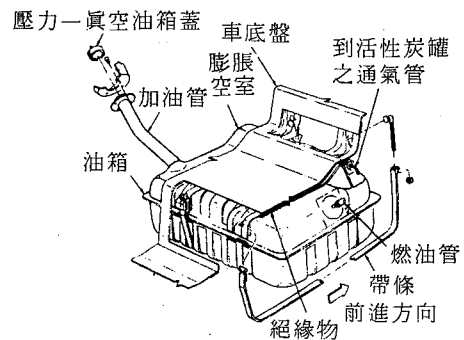
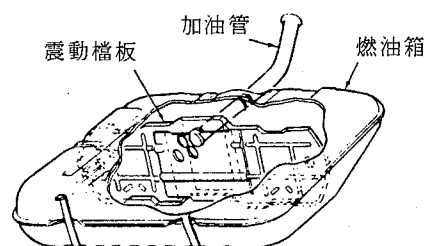


圖 2-8-11 設有膨脹空室之油箱〔註 11〕



〔註 12〕

圖 2-8-12 有油管伸入油箱內並附有震動檔板之油箱

，如圖2-8-13所示，從油箱到分離器有數條油氣管，不論汽車所在的道路是否平坦，經常能使油箱中的油氣排出；液體燃油如果進入分離器，則由其中最短的一條管路流回油箱。圖2-8-14為使用浮子控制之三孔液氣分離器構造。圖2-8-15為使用泡棉之液體—油氣分離器之構造。

(四)使用 EEC 系統之車子之化油器之浮筒室通風，全使用內部通風法，浮筒室上用平衡管連到化油器之空氣喇叭筒 (air horn)，以免引擎熄火時，浮筒室之油氣排出大氣中。

(五) EEC 系統必須使用曲軸箱或活性炭罐來儲存油氣。

(六) 1976 年以後的 EEC 系統均裝有防止汽車搖晃而溢油的設備，其構造都是基於止回閥 (check valve) 之原理而製成。圖 2-8-16 為美國汽車公司 (American Motors) 之搖晃溢油保護設備之構造。

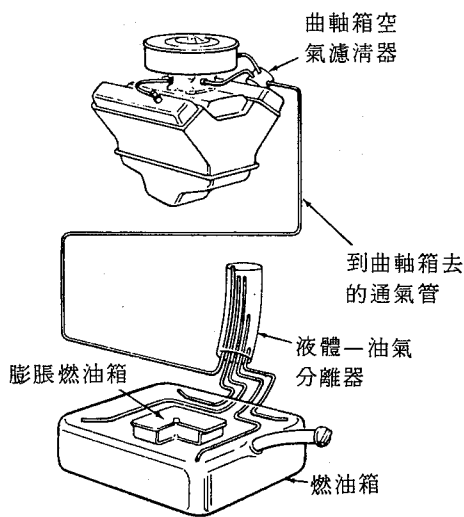


圖 2-8-13 裝在油箱外面之液體—油氣分離器 [註 13]

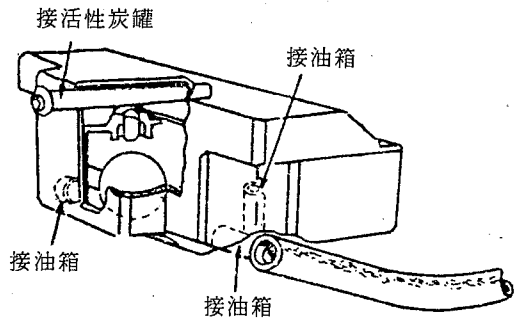


圖 2-8-14 浮子控制式三孔液氣分離器構造 [註 14]

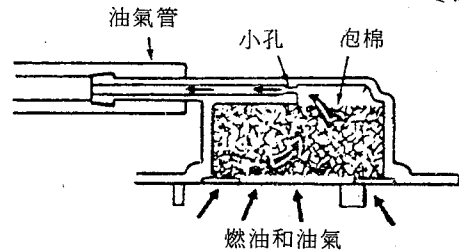


圖 2-8-15 泡棉式液氣分離器 [註 15]

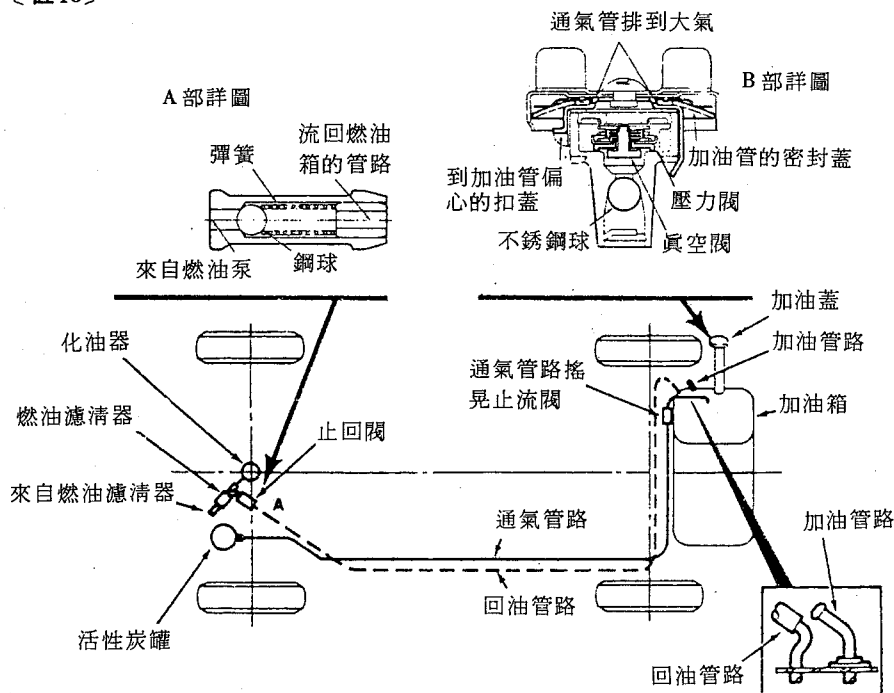


圖 2-8-16 汽車搖晃溢油保護裝置 [註 16]

8-3-3 EEC系統油氣之儲存方法

一、概述

EEC系統防止油箱和化油器的油氣排出大氣中，當引擎運轉時把它吸入進汽系統中，當引擎停止時要暫時儲存。油氣儲存的方法有三，即利用引擎曲軸箱、充滿活性炭小粒的活性炭罐與空氣濾清器。

二、曲軸箱貯存式

如圖2-8-17所示，將燃料蒸發氣體直接導入曲軸箱中貯存，當引擎發動時與吹漏氣體一齊吸入進汽歧管送去燃燒。

三、活性炭過濾罐貯存式

圖2-8-18為活性炭過濾式燃料蒸發氣體貯存裝置之構造，燃料之蒸發氣體由活性炭吸收，於引擎發動時吸到進氣系統送去燃燒之裝置。

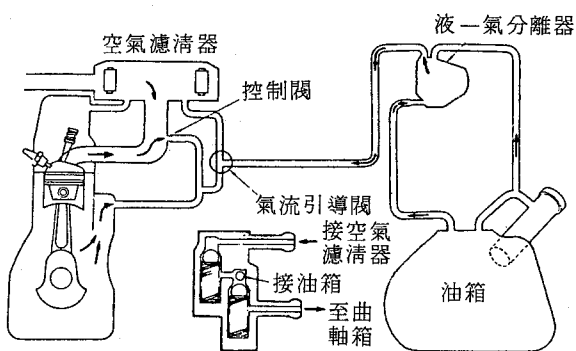


圖 2-8-17 曲軸箱油氣貯存式〔註17〕

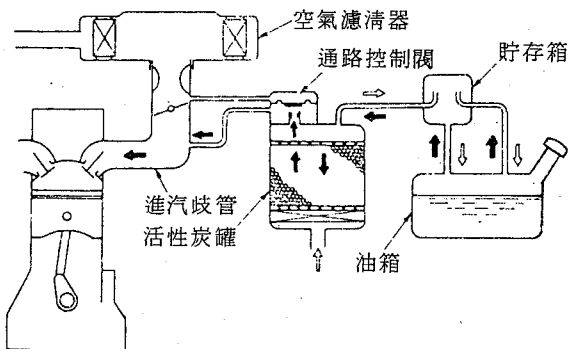


圖 2-8-18 活性炭過濾罐式油氣貯存裝置〔註18〕

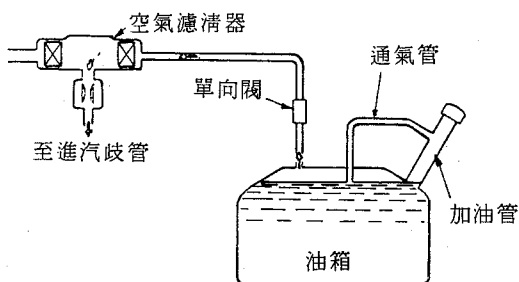


圖 2-8-19 空氣濾清器壳室貯存式油氣貯存裝置〔註19〕

四、空氣濾清器壳貯存方式

圖2-8-19所示，將燃料蒸發產生之氣體，經過單向閥 (check valve) 導入空氣濾清器殼室中貯存，於引擎運轉時與吸入空氣一起送入燃燒室中燃燒。

8-3-4 活性炭罐油氣清除方法

一、概述

引擎運轉時活性炭罐中所儲存的油氣通到化油器底座，或通到空氣濾清器軟管，而被吸入引擎中之方法，如圖2-8-20所示，有下列數種：

二、恒定清除法

不論引擎消耗之空氣量多少，清除用空氣的流量恒為一定。在化油器處接一條到 PCV 之管路，利用進汽歧管真空把活性炭罐中的油氣吸出來，進汽歧管中的真空雖然有變動，但是經清除管路上的一個限孔 (orifice) 經常供給一定量的流率，如圖2-8-21所示具有恒定和可變兩部分的清除作用。

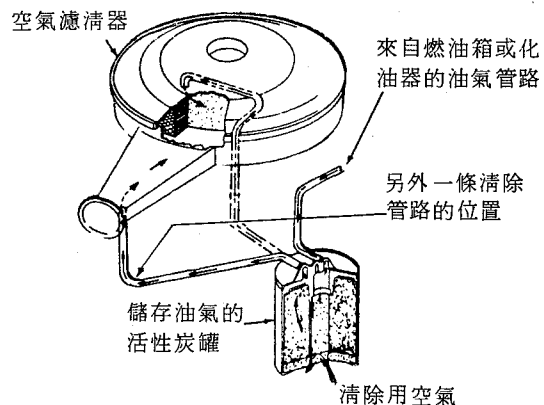


圖 2-8-20 將活性炭罐貯存的油氣清除到空氣濾清器〔註20〕

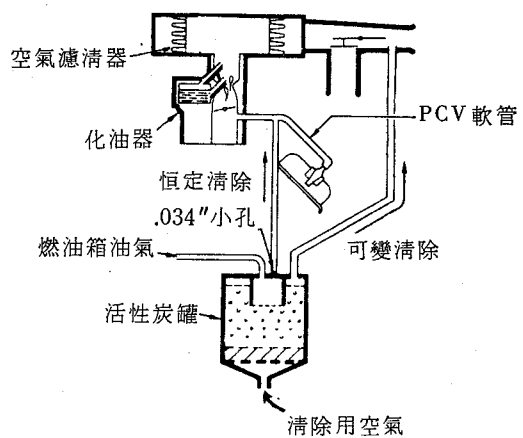


圖 2-8-21 恒定與可變清除油氣法〔註21〕

三、可變清除法

經活性碳罐所吸入的空氣量和進入引擎的新鮮空氣量成正比例；即吸入引擎的新鮮空氣越多，經活性碳罐通道的空氣也越多。將清除用空氣吸入活性碳罐的方法有二，其一是利用罐中的壓力降，其二是利用空氣通過空氣濾清器入口通道速率產生之文氏管效應。二種方法都表示在圖2-8-21中。

四、二段清除法

靠空氣濾清器之空氣流速作用之清除用空氣的流量不足時，可以裝設一個清除閥，如圖2-8-22所示。清除閥由化油器孔真空（ported vacuum）之信號，開放另一條從活性碳罐到進汽

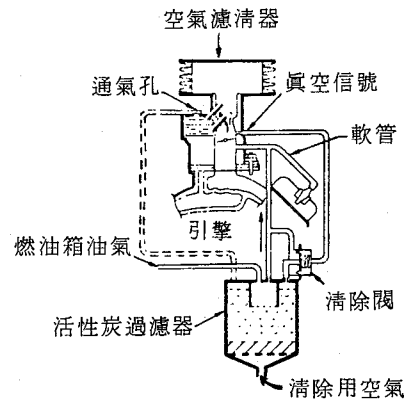


圖 2-8-22 二段油氣清除閥〔註22〕

歧管去的通路。

第四節 油管與濾清器

8-4-1 油管

油管將汽油由油箱經濾清器、汽油泵再送到化油器，一般使用鋼管，內壁鍍銅，外壁鍍鋅。在濾清器與汽油泵間，則使用耐油橡皮製之撓性管，以免因引擎震動而損壞油管。

8-4-2 濾清器

(一)汽油中會有水或其他雜質，此種水份或雜質會使汽油泵之進出油閥卡住發生故障或使化油器之油道堵塞，使引擎運轉不正常，故在油箱與汽油泵間裝有濾清器。

(二)圖2-8-23所示為可分解式汽油濾清器之構造，由濾清器本體、玻璃杯、濾蕊等組成。油從蕊心之外面進入，經濾蕊從內部之出油孔流出，有雜質或沈澱物時，由外表可見，隨時可以拆下分解清洗後再使用，成本較高。

(三)圖2-8-24所示為現代車輛採用之不能分解式濾清器，通常使用一段時間或發生堵塞時應更換新品。

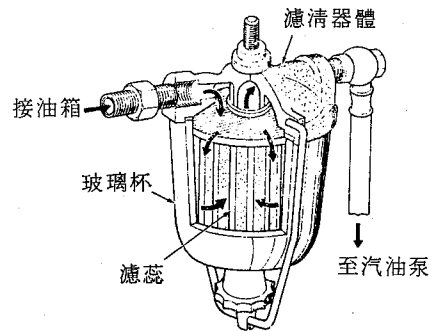


圖 2-8-23 可分解式汽油濾清器〔註23〕

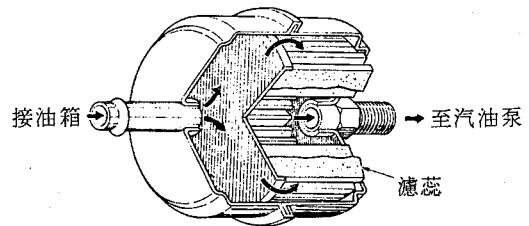


圖 2-8-24 不能分解式汽油濾清器〔註23〕

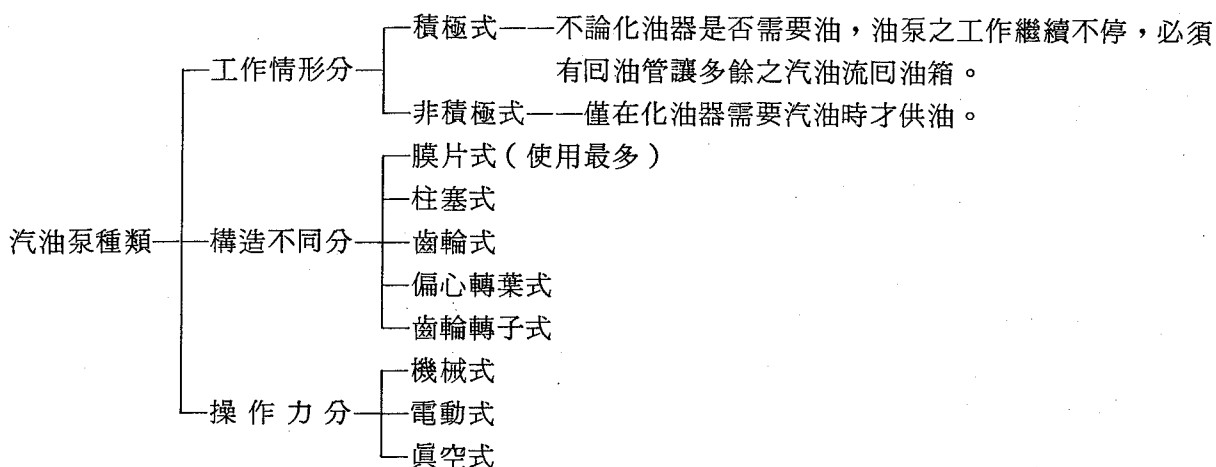
第五節 汽油泵

8-5-1 概述

(一)汽油泵將油箱之汽油吸來壓送到化油器，接油箱之一端稱真空端（約有15~30 cm水銀柱

之真空度）；接化油器之一端稱壓力端（約0.2~0.4 kg/cm²之壓力）。

(二)汽油泵之種類



8-5-2 機械操作膜片積極式汽油泵

一、構造

圖2-8-25為機械操作膜片非積極式汽油泵的構造，由搖臂 (rocker arm)、搖臂彈簧 (rocker arm spring)、膜片 (diaphragm)、膜片彈簧 (diaphragm spring)、進出油閥

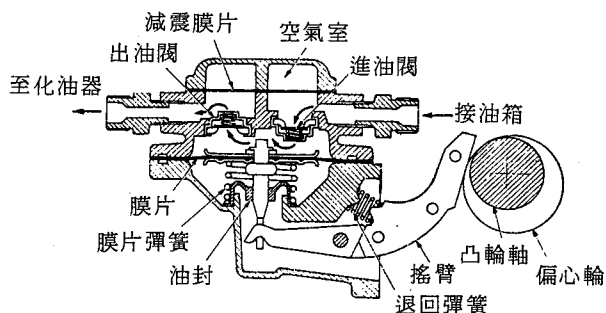


圖 2-8-25 機械操作非積極式汽油泵 [註24]

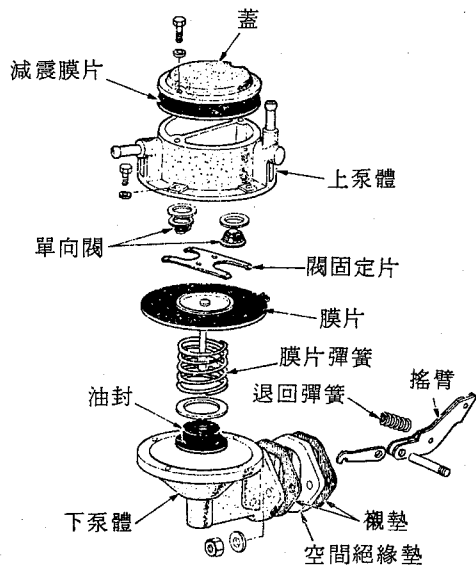


圖 2-8-26 機械操作膜片式汽油泵分解圖 [註25]

(inlet & outlet valve)、空氣室 (air chamber) 等組成，圖2-8-26所示為其分解圖。

二、作用

(一)當引擎凸輪自最低點向最高點轉動時，搖臂將膜片向下拉，泵室中產生真空，油箱中的汽油受大氣壓力作用，推開進油閥進入泵室中。

(二)當凸輪自最高點向最低點轉動時，膜片彈簧將膜片向上推，泵室中的油壓增大，進油閥被關閉，而出油閥被推開，汽油自泵室經出油閥及出油孔流往化油器中。

(三)當化油器浮筒室中存油已滿時，泵室中的汽油不能送出，膜片不能上行，搖臂空動，由退回彈簧保持搖臂與凸輪接觸。

(四)有的汽油泵在出油閥和出油口之間裝有空氣室，如圖2-8-25所示，在出油閥開放期內，從泵室來的汽油有一部分流至空氣室中，將空氣壓縮；出油閥關閉後，原在空氣室中被壓縮之空氣膨脹，使空氣室中之汽油受到壓力，繼續流至化油器，使供油穩定而連續不斷。

8-5-3 電動式汽油泵

一、概述

電動式汽油泵有兩類，最早使用者為推壓式，電動泵裝在油箱中，將油推送到化油器，現仍部分使用。目前使用之電動泵多為吸壓式，依其構造又分膜片式與柱塞式兩類，最新者並使用電晶體代替白金以控制電動泵之操作。

二、使用電動操作式汽油泵之優點

(一)裝放位置不受限制，可裝在較冷處以減少汽塞之發生。

(二)使用電源操縱，引擎未發動前即可開始供

油。

(三)供油率較為穩定。

(四)可以裝置多只泵，以增加供油量或作為備用泵。

三、推壓式電動汽油泵

(一)其構造如圖2-8-27所示，整體裝在油箱內。因其電刷含有30%銀，故其導電性良好，不會發生火花而點燃汽油。

(二)由馬達驅動之離心泵將油吸入壓送到化油器，本式屬積極式，必須有回油管讓多餘之汽油流回油箱。

四、吸壓式電動汽油泵

(一)構造

1.圖2-8-28為電動吸壓式膜片式汽油泵之構造，圖2-8-29為電動吸壓式柱塞式汽油泵之構造。除用以吸送汽油之方法採膜片及柱塞不相同外，其他之構造及作用原理均相同。

2.電動吸壓式汽油泵之構造可分電磁部及油泵部兩部分。油泵部由內藏濾蕊、進油室、柱塞、出油室等組成。進油室中之濾蕊能過濾雜質及鐵粉等。在進油室及出油室中分別裝有進出油閥。出油室中並裝有膜片以吸收送油之脈動。

3.電磁部由電磁線圈、永久磁鐵及白金接點等組成，電磁室中封入惰性氣體以保護之。

(二)作用

1.當發火開關打開時，電流入線圈，使線圈產生磁場，如圖2-8-30所示，將柱塞吸下壓縮彈

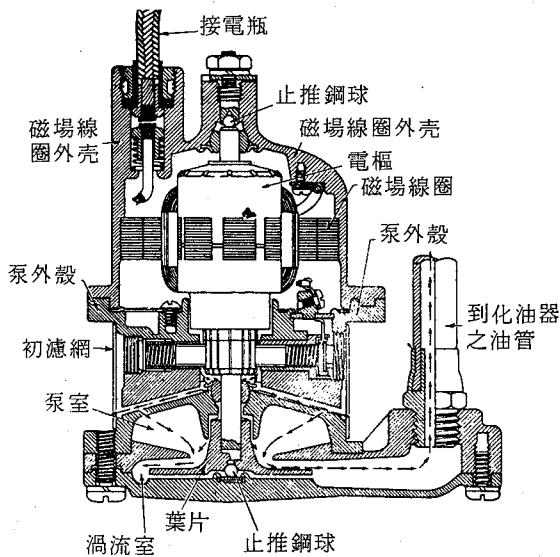


圖 2-8-27 推壓式電動汽油泵之構造 [註26]

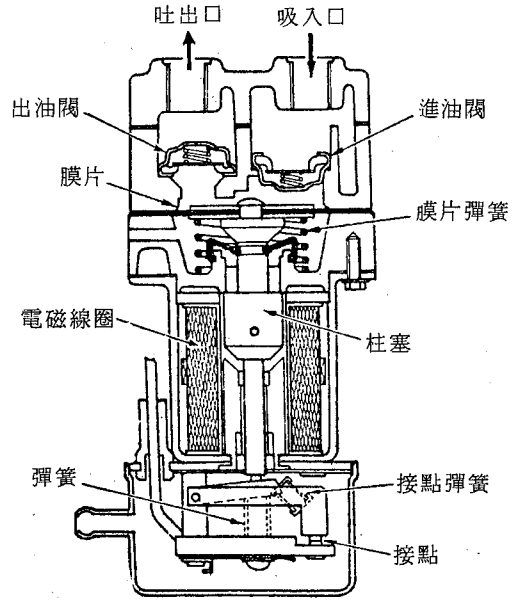


圖 2-8-28 電動吸壓膜片式汽油泵 [註27]

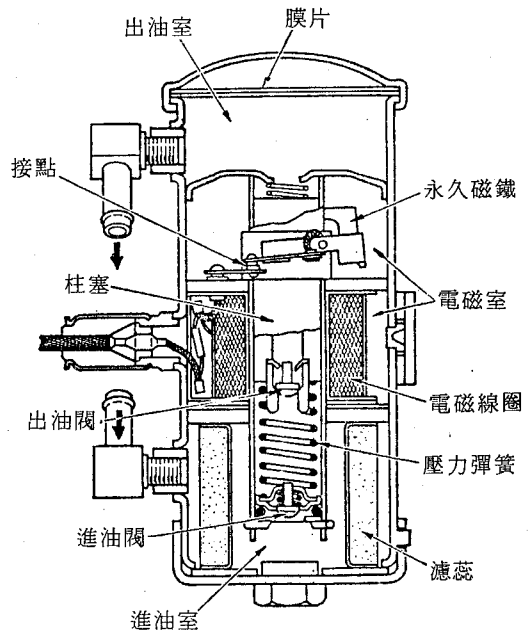


圖 2-8-29 電動吸壓柱塞式汽油泵 [註28]

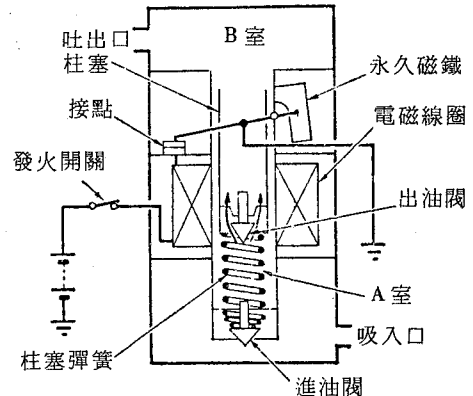


圖 2-8-30 柱塞下行 [註29]

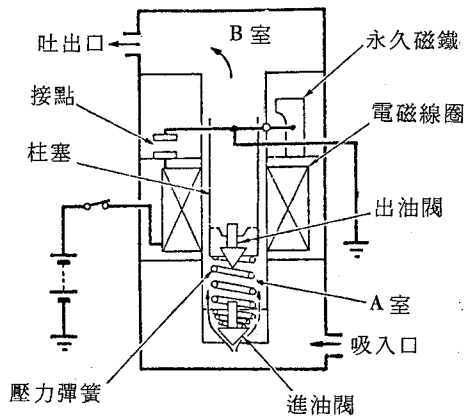


圖 2-8-31 柱塞上行〔註30〕

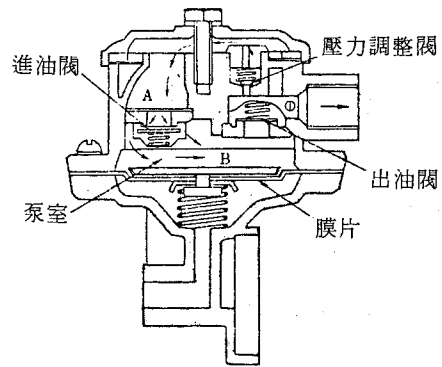


圖 2-8-32 真空膜片式汽油泵〔註31〕

簧，將A室之燃油加壓，進油閥關閉，出油閥打開，油送到B室。

2. 柱塞向上移動時，使接點分開，線圈之磁力消失，柱塞彈簧將柱塞上推，使出油閥關閉，將B室之燃油加壓推出，同時A室產生真空，進油閥打開，燃油進入A室中，如圖2-8-31所示。

8-5-4 真空操作式汽油泵

真空式汽油泵用在二行程引擎，利用曲軸箱之真空來操作，膜片構造如圖2-8-32所示，曲軸箱壓力之變化使膜片來回運動，產生吸送油作用，此式屬積極式，因此出油閥到化油器間裝有釋放閥，化油器之針閥關閉時，此閥打開，油流回進油閥側，停止送出。

第六節 化油器概述

8-6-1 概述

(一) 化油器係用來使汽油霧化，並與空氣混合成一定比例之混合汽以供給引擎運轉所需之燃料。汽油之霧化與圖2-8-33所示之噴霧器相似，從A吹出之空氣流過B時，在B處產生真空（較大氣壓力低之壓力），C處之大氣壓力將水從B處壓出，與A之空氣混合成霧狀噴出。空氣之流動速度愈快，真空愈大，噴出之水量愈多，圖2-8-34為化油器之作用情形。油嘴之出口處截面積較小，稱為文氏管（venturi tube），此處空氣流速最快，壓力最低，稱為文氏管效應。

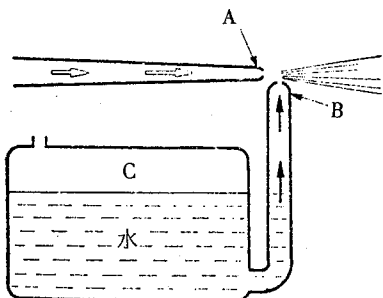


圖 2-8-33 噴霧器原理〔註32〕

(二) 圖2-8-35為文氏管之構造，因在同一時間內，流過文氏管每一斷面的空氣體積相等，斷面

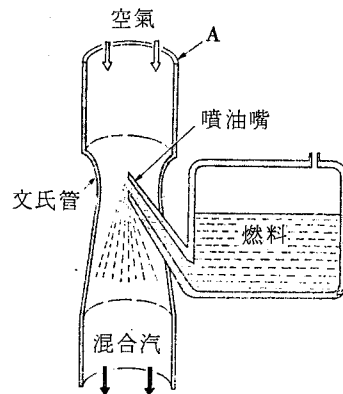


圖 2-8-34 化油器原理〔註33〕

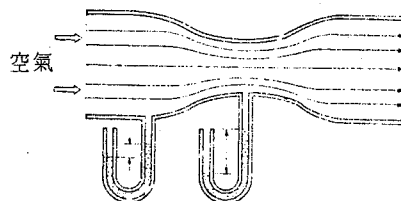


圖 2-8-35 文氏管之構造〔註34〕

積大處流速慢、壓力高，斷面積小處流速快、壓力低，即壓力降低之程度與空氣之流速的平方成正比，空氣的流速與文氏管直徑的平方成反比例。

(三)一般混合汽理論上空氣與汽油之重量比為 15 : 1，但在各種不同之運轉狀態時所需之混合比不同。

1. 在各種運轉狀態時的標準混合比如下：

- 怠速時 13 : 1
- 低負荷時 13 : 1 ~ 14 : 1
- 中負荷時 15 : 1 ~ 16 : 1
- 高負荷時 13.5 : 1 ~ 14.5 : 1

2. 化油器為能適應各種不同需要，設計有浮筒式油路 (float chamber circuit)、怠速油路 (idling circuit)、主油路 (main circuit)、強力油路 (power circuit)、加速油路 (accelerating circuit)、始動機構 (start mechanism) 等。

(四)加速汽油汽化的方法

1. 使用噴油嘴 (nozzle) 將汽油噴散成霧狀。
2. 在汽油流動時混入空氣，將汽油分散成油

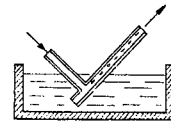


圖 2-8-36 空氣孔之作用原理 [註 35]

粒狀。在各油道中均有空氣孔 (air bleed)，使空氣進入油道加速汽化，如圖 2-8-36 所示，此孔於該油道停止工作時，並可防止因虹吸作用而繼續流出汽油。

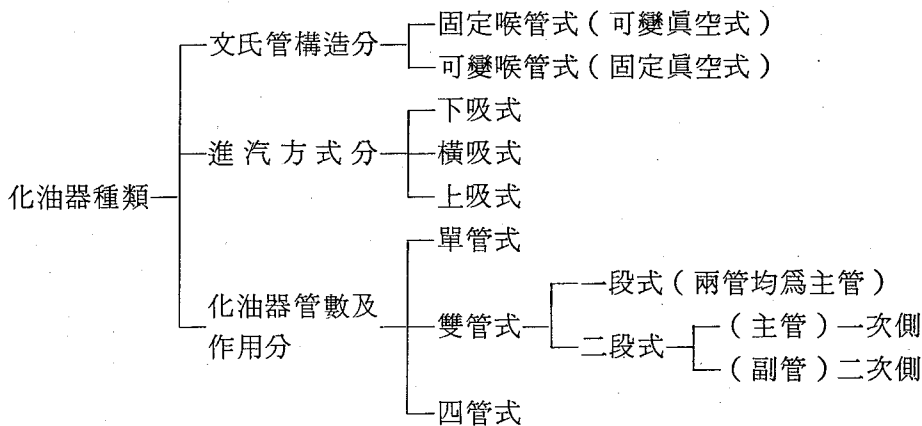
3. 將汽油引入負壓 (具有真空) 中，減輕其表面壓力，可使汽油容易汽化，化油器之文氏管及進汽歧管中均具有真空，可加速汽油汽化。

4. 加熱以促進汽油汽化，汽油汽化必須吸收汽化潛熱，故進汽歧管通常裝在排汽管上面，並加裝熱控制活門，就是要提供足夠的熱量，以促進汽化。

8-6-2 化油器的種類

一、概述

化油器之種類甚多，幾乎各廠牌之化油器均有獨特之處，一般以文氏管構造、進汽方式、文氏管數目及作用分為下列數種：



二、以文氏管構造分

(一)固定喉管式：如圖 2-8-37 所示，文氏管之斷面積不變，以文氏管處不同之真空度來控制汽油的輸出量，大部分化油器屬於此式。

(二)可變喉管式：如圖 2-8-38 所示，此類化油器之真空度幾乎保持不變，文氏管之斷面積及油嘴口徑可以變動，以配合進入不同空氣量來適應引擎需要。

三、以進汽方式分

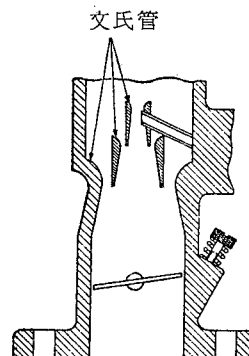


圖 2-8-37 固定喉管式 [註 36]

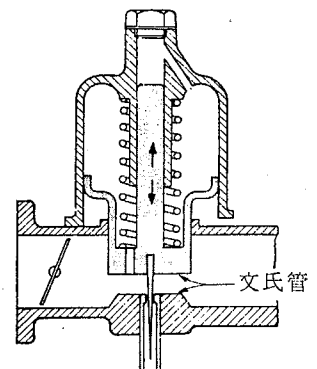


圖 2-8-38 可變喉管式 [註 37]

(一)下吸式 (down draft)，如圖2-8-39 (a)所示，為一般固定喉管式化油器使用最多之方式，空氣由上向下流動，將汽油吸入，構造較簡單，安裝容易，使用多。

(二)橫吸式 (horizontal draft)，如圖2-8-39(b)所示，為一般可變喉管式化油器使用最多之方式，空氣橫向流動，將汽油吸上。

(三)上吸式 (up draft)，如圖2-8-39 (c)所示，空氣由下邊進入向上方流動，將汽油吸入，其優點為浮筒發生溢流時，汽油較不會大量進入汽缸。

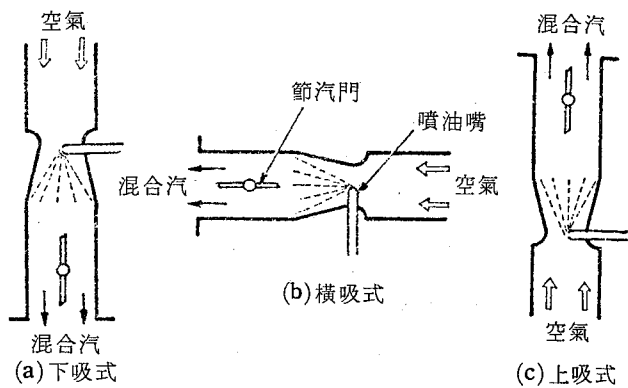


圖 2-8-39 化油器之進氣方式〔註38〕

四、以化油器之管數及作用分

(一)單管式化油器

化油器只有一文氏管及節汽門，一般舊式車輛或小型車使用，如圖2-8-40(a)。

(二)雙管一段式化油器

雙管一段式化油器相當於兩個單管化油器組合而成，如圖2-8-40(b)，一般V型引擎使用。如圖2-8-41所示之V型8缸引擎，其中一管供應1、4、6、7汽缸之混合汽，另一管供應2、3、5、8缸混合汽。使用多管化油器之主要目的在改善引擎之吸引能力，尤其高速引擎之化油器，因需進入大量之空氣，如僅使用一只文氏管時，必須加大文氏管口徑以提高進汽量，但文氏管之口徑過大時，文氏管效應不良，無法得到良好的混合比，尤其是在部分負荷時更差。因此使用多管化油器以兼顧進汽量及混合比。

(三)雙管二段式化油器

主管 (一次側) 內同單管化油器各油路俱全；副管 (二次側) 無阻風門及加速噴油嘴，節汽門之開閉由配重、真空、進汽衝力來控制。當引擎在部分負荷時僅由主管供應引擎所需之混合汽，當引擎全負荷時，副管之節汽門才打開，供給額外之混合汽。當主管之節汽門關閉時，有連桿機構使副管之節汽門先行關閉，如圖2-8-40(c)所示。

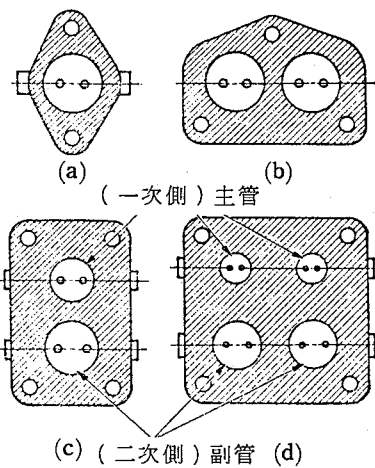


圖 2-8-40 化油器管數及作用〔註39〕

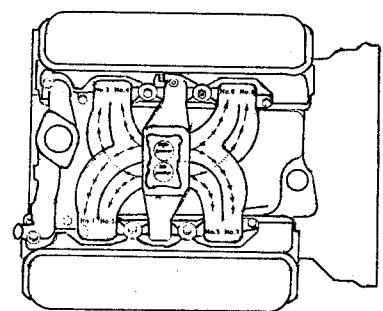


圖 2-8-41 V 8 引擎使用之二主管化油器進汽分配圖〔註40〕

四四管化油器

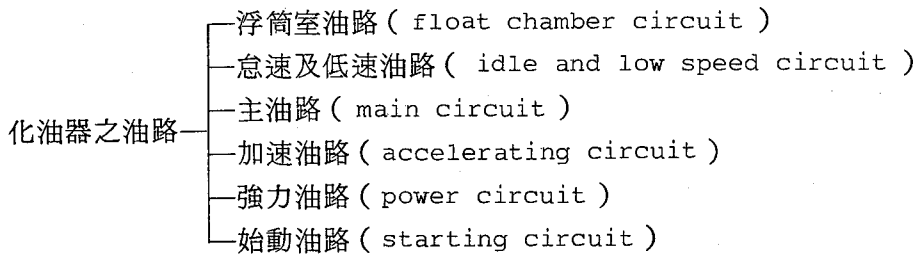
四管化油器一般均為二主管二副管，以供應怠速到全負荷所需之混合汽，如圖2-8-40(d)所示。

第七節 固定喉管式化油器

8-7-1 單管式化油器

一、概述

單管式化油器之構造如圖2-8-42所示，為適應引擎各種狀況需要有六個油路：



二、浮筒室油路

(一)浮筒室油路為儲存汽油並供應汽油至各油路，且保持浮筒室內油面高度一定，使混合汽的空氣與汽油之比例適當。浮筒室之油面比主噴油嘴之噴口低約 1.0~1.5 mm。

(二)浮筒室油路之組成如圖 2-8-43 所示，包括針閥、浮筒、通風管等。

(三)浮筒室油路之作用

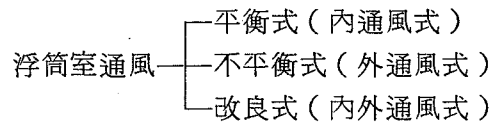
1. 當浮筒室中的油面降低時，浮筒及浮筒針閥 (float needle) 隨之下降，汽油從進油孔經濾網及浮筒針閥座流入浮筒室中，使油面升高。

2. 油面升高時，浮筒亦隨之升高，將浮筒針閥向上推，至油面達到最高點時，浮筒針閥緊壓浮筒針閥座，即切斷供油，如圖 2-8-44、2-8-45 所示。

3. 油面的高度直接靠浮筒控制浮筒針閥的開或閉，故可保持浮筒室內油面高度不變。

4. 浮筒室中另有油道通至低速油路、高速油路、加速油路及強力油路。

5. 浮筒室蓋上有通氣孔，依其所受壓力可分為三種型式，即：



(1)平衡式又叫內通風式，其通風孔連通於空氣濾清器內，其優點為文氏管與化油器內部的空氣壓力差，不受其他因素的影響 (如空氣濾清器阻塞)，但熱引擎怠速或低速運轉時，浮筒室中之汽油汽化，油汽經過通風管流入進汽歧管發生沸溢，使引擎運轉不穩。

(2)不平衡式又叫外通風式，其通風孔連通於大氣中，因此當空氣濾清器阻塞時，會使

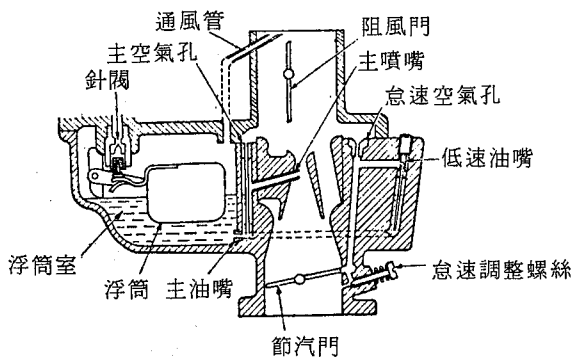


圖 2-8-42 單管式化油器之構造 [註41]

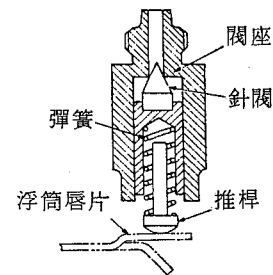


圖 2-8-44 針閥總成構造 [註43]

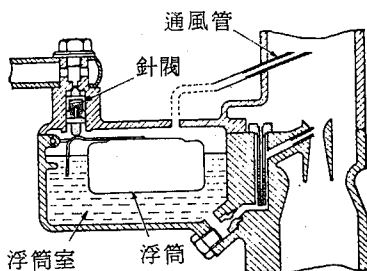


圖 2-8-43 浮筒室油路 [註42]

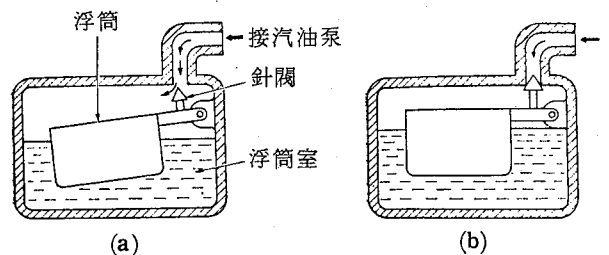


圖 2-8-45 浮筒油面高度之控制 [註44]

混合汽變濃，而發生浪費汽油及使曲軸箱機油沖淡的現象。

(3)改良通風為改善內通風與外通風之缺點而設計，目前所採用者計有下列幾種方式：

①機械操作式：在浮筒室通風管上設有一特殊活門，此活門之開閉由油門之一連桿控制，當踩油門時，此活門關閉浮筒室成內通風，油門放鬆時，連桿使通氣活門打開，使浮筒室變成外通風，如圖 2-8-46。

②內外通風合併式，如圖 2-8-47 所示，在內部通風管上開一小孔與大氣相通，使熱怠速浮筒室發生沸溢時，能由此孔溢出。

三、怠速及低速油路

(一)怠速及低速油路係供應引擎在怠速空轉及低速時所需之混合汽，並與主油路配合，以供應從低速過渡到高速時所需之混合汽。高速時本油路停止供油。

(二)怠速及低速油路包括低速油嘴(slow jet)、低速空氣嘴(slow air bleed)、怠速油孔(slow port)、怠速調整螺絲(idle ad-

just screw)等組成，如圖 2-8-48 所示。

(三)怠速及低速油路之作用：

1.節汽門完全關閉時(即引擎怠速空轉時)，汽油從浮筒室經低速油嘴至低速油道，與低速空氣嘴及低速噴油孔進入的空氣混合，從怠速噴油孔噴出，如圖 2-8-49 所示，再與由節汽門邊緣漏入的空氣再混合，成為較濃的混合汽進入汽缸中。

2.節汽門從完全關閉位置逐漸開大時，低速噴油孔亦開始噴油，如圖 2-8-50 所示，稍後主油路的主噴油嘴亦開始噴油，直至節汽門開至大約

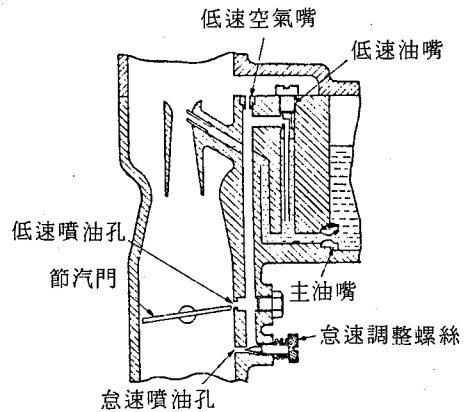


圖 2-8-48 怠速及低速油路之構造〔註 47〕

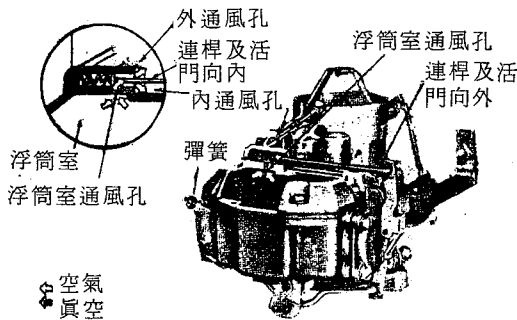


圖 2-8-46 機械操作式改良通風〔註 45〕

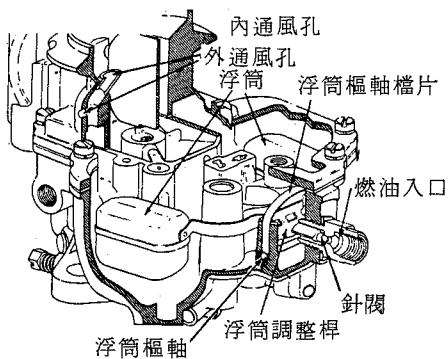


圖 2-8-47 內外通風合併式〔註 46〕

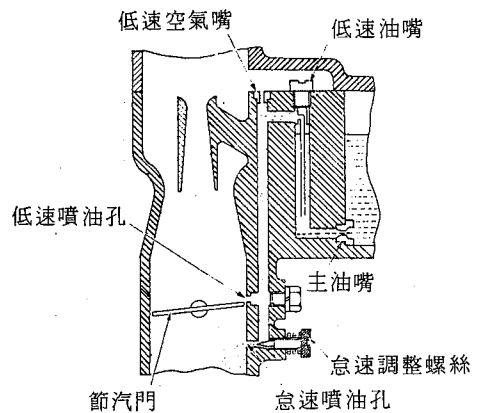


圖 2-8-49 怠速之作用〔註 48〕

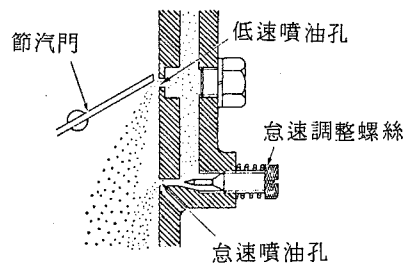


圖 2-8-50 低速之作用〔註 49〕

1/4位置以上，亦即主噴油嘴的噴油量可使引擎平穩運轉時，怠速及低速二噴油孔方才停止噴油。

四、主油路

(一)主油路供給平時汽車行駛時引擎中、高速所需之燃料。

(二)主油路如圖2-8-51所示，包括主油嘴 (main jet)、主空氣嘴 (main air bleed jet)、主噴油嘴 (main nozzle) 等組成。

(三)主空氣嘴之構造如圖2-8-52所示，主空氣嘴裝在主油道中，主噴油嘴之出油量多時，主油道中之油面下降，露出之空氣孔較多，允許較多之空氣進入，以防混合汽變濃。主空氣嘴進入之空氣在主油道中與汽油先行混合，可促進汽油之霧化。

(四)主噴油嘴之噴出位置在文氏管最窄之處，稱為喉部，文氏管一般有如圖2-8-53所示之雙重式或三重式兩類。

(五)主油路之作用

節汽門打開相當角度以上時，空氣之流速增加，在文氏管喉部產生之真空逐漸增強。浮筒室內之汽油經主油嘴計量後，在主油道中與主空氣

嘴進入之空氣先混合，再從主噴油嘴噴出。

五、強力油路

(一)一般化油器主油路之設計都是以最經濟之混合比 (較稀) 來設計，當引擎需要較大之力量時，需要較濃之混合汽，強力油路就是引擎需較濃混合氣時用來補充汽油之油路。

(二)強力油路如圖2-8-54所示，係控制強力油閥，以補充主油道之供油。強力油閥 (power valve) 之構造如圖2-8-55所示，引擎正常情形時，強力油閥關閉，只有主油嘴供油，主油路提供較稀之混合汽；當引擎負荷較大時，強力油閥打開，主油路除主油嘴進入之汽油外，強力油嘴亦進入汽油，以提供較濃之混合汽。有些化油器無獨立之強力油閥，而是在主油嘴上裝設量油桿 (metering rod) 以控制油量，如圖2-8-56所示，平時量油桿之較粗部分在主油嘴中，使流入之油量較少，引擎負荷增加需較濃之混合汽時，量油桿之較細部分在主油嘴中，流入之汽油量即增加。

(三)強力油閥或量油桿之控制法

強力油路控制法—
 機械控制
 真空控制

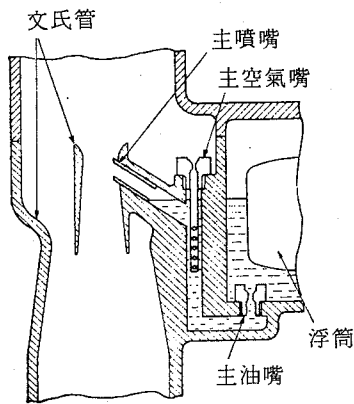


圖 2-8-51 主油路之構造 [註50]

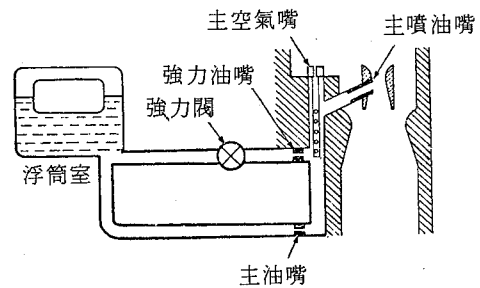


圖 2-8-54 強力油路 [註53]

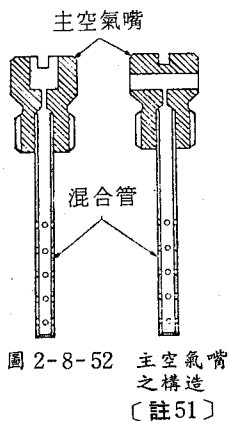


圖 2-8-52 主空氣嘴之構造 [註51]

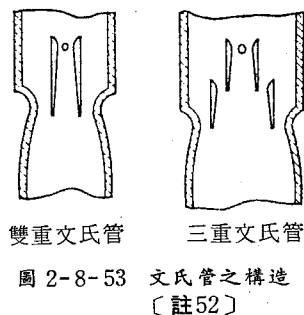


圖 2-8-53 文氏管之構造 [註52]

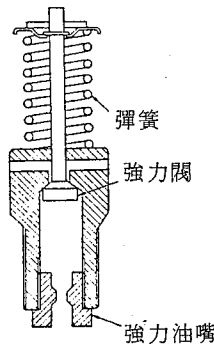


圖 2-8-55 強力油閥之構造 [註54]

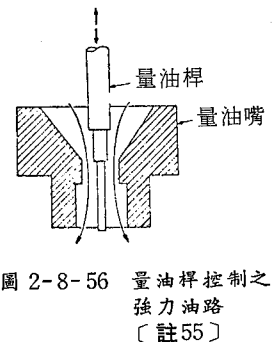


圖 2-8-56 量油桿控制之強力油路 [註55]

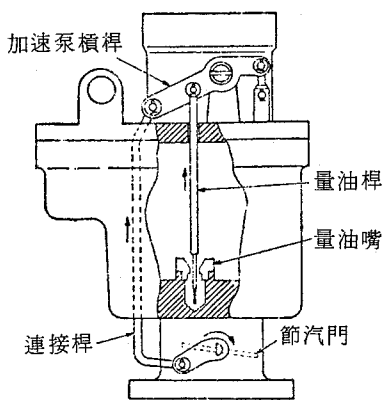
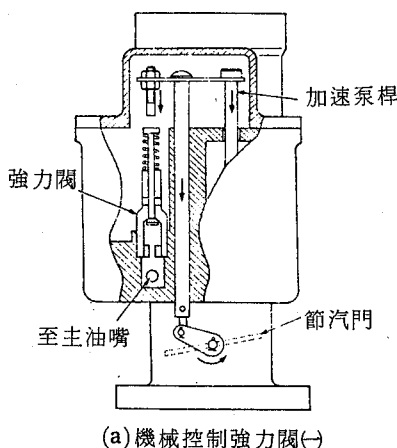
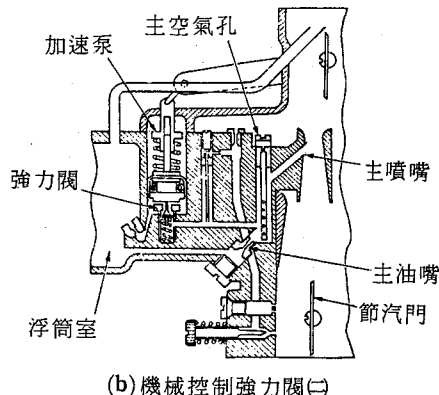


圖 2-8-57 機械控制量油桿式〔註56〕



(a) 機械控制強力閥(←)



(b) 機械控制強力閥(←)

圖 2-8-58 機械控制式強力閥〔註57〕

1. 機械控制式

強力油閥或量油桿之操縱係由與節汽門相連之連桿控制，如圖2-8-57、2-8-58(a)、2-8-58(b)所示，油門踏到 $\frac{3}{4}$ 開度以上時，連桿使強力閥打開，如圖2-8-58(b)；或使量油桿之最細部分在主油嘴中，如圖2-8-56；圖2-8-58(b)之強力閥係在加速泵下方由加速泵活塞頂開。

2. 真空控制式

- (1)圖2-8-59為真空控制強力油路之構造。
- (2)當化油器之節汽門在部份開啓時，進汽歧管中的真空很強，將活塞上吸壓縮彈簧，強力閥在關閉狀態。
- (3)當化油器之節汽門突然大開或節汽門在接近完全打開而引擎轉數降低時，進汽歧管（即化油器節汽門下方）之真空變小，彈簧將真空活塞向下推，將強力閥打開，汽油由強力閥進入主油道，提供較濃之混合汽。

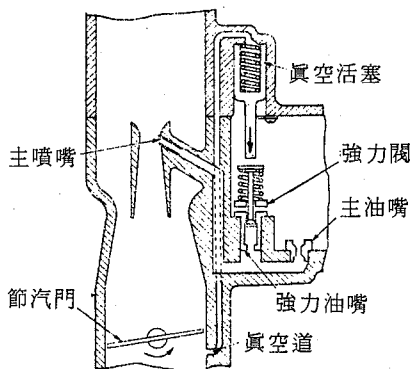


圖 2-8-59 真空控制式強力閥〔註58〕

六、加速油路

(一) 踩下加速踏板，使節汽門開大時，因為空氣的質量較輕，其流速可以迅速增大，故大量空氣立即經文氏管進入化油器中；但汽油因為質量較重，流速增加較慢，須稍待一些時間，主噴油嘴才能依照比例而增加汽油的噴出量；故在踩下加速踏板後的短暫時間內，混合氣變稀，使引擎停滯，並可能發生化油器回火的放炮現象 (pop-ping)。

(二) 加速油路的功用即為補救節汽門突然開大之短暫時間內，混合汽變稀的弊害。其方法為另噴入額外油量，使混合汽稍微變濃，讓引擎轉速能迅速加快。

(三) 加速油路由加速泵 (accelerating pump)、進油閥 (inlet check valve)、出油閥 (outlet check valve)、加速噴嘴 (accelerating nozzle)、加速泵缸 (accelerating pump cylinder)

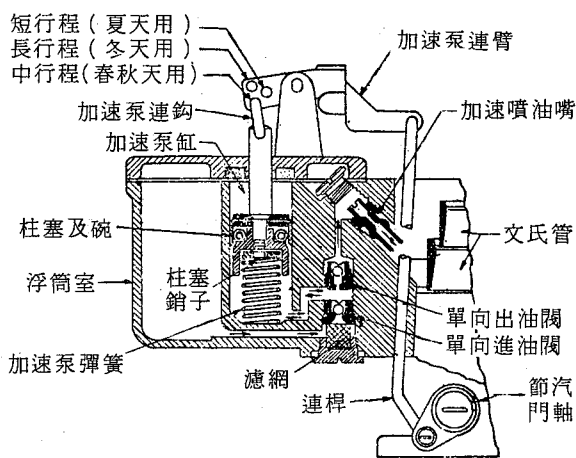


圖 2-8-60 機械控制乾柱塞式加速油路〔註59〕

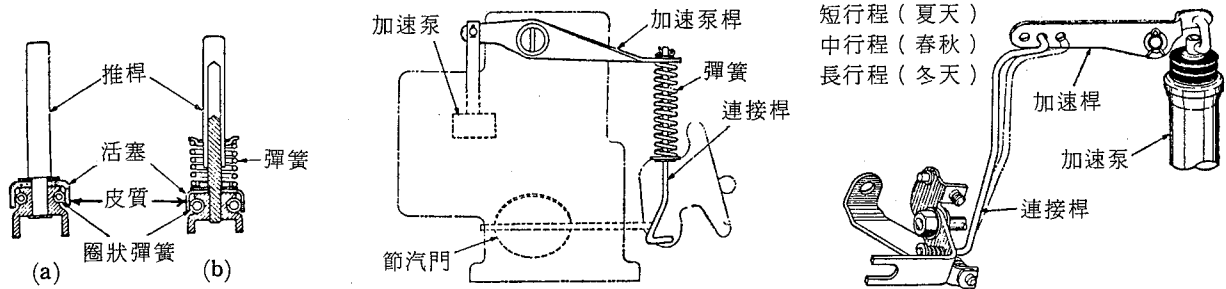


圖 2-8-61 加速柱塞構造〔註60〕 圖 2-8-62 加速泵連桿機構〔註61〕 圖 2-8-64 加速連桿機構〔註62〕

ting cylinder) 等組成，如圖 2-8-60 所示。

(四)加速泵有柱塞式及膜片式兩種，以柱塞式使用較多，柱塞用皮製成內側裝圈狀彈簧以保持張力，如圖 2-8-61 所示。

1. 加速泵必須配合圖 2-8-62 之連桿機構，當油門突然踏下時，彈簧能壓縮，在節汽門停止時，彈簧繼續伸張，延長加速油路供油的時間，使引擎能得到較大動力。圖 2-8-61 (b) 之柱塞彈簧之設計與前述之效果相同，油門突然踏下時，活塞桿向下移，而使彈簧壓縮，彈簧慢慢伸張再將柱塞皮碗壓下，延長噴油時間。

(五)加速泵之操作有機械式及真空式兩種，以機械式使用較多。

1. 機械式加速泵之作用如圖 2-8-63 所示。

- (1)放鬆加速踏板時，節汽門連桿下移，經加速泵臂總成，並由泵彈簧協助將泵柱塞總成向上推，柱塞下方的泵缸中產生部分真空，大氣壓力將浮筒室的汽油壓經單向進油閥，進入泵缸中，此時出油閥關閉。
- (2)踩下加速踏板時，節汽門連桿上移，泵柱塞總成被壓下，泵缸中的油壓增加，將單

向進油閥關閉，同時將單向出油閥推開，汽油從泵缸經出油閥及加速泵噴油嘴噴入文氏管的外圍與空氣混合，增加混合汽中的汽油量。

- (3)槓桿上之孔通常有 2 ~ 3 孔，如圖 2-8-60、2-8-64 所示，以配合季節供給適當之加速噴油量。夏天時氣溫高，汽油容易汽化，用短行程噴入較少油量即可；冬天時氣溫低，汽油不易汽化，用長行程以噴入較多油量；春天、秋天時氣溫中等，使用中行程即可噴入適當汽油。

(4)圖 2-8-65 為機械控制，使用膜片式加速泵之加速油路之構造。

2. 真空式加速泵之作用原理同強力油路之真空操作系統。平時進汽管之真空較強，將膜片吸引壓縮膜片彈簧，同時膜片移動時將油吸入加速泵室。節汽門突然打開時，進汽管之真空降低，膜片彈簧將膜片推動，將加速泵室中之油經出油閥從加速噴嘴噴出，其構造同圖 2-8-65 之機械控制式加速泵，但以真空力代替機械力。

七、始動油路 (阻風門油路)

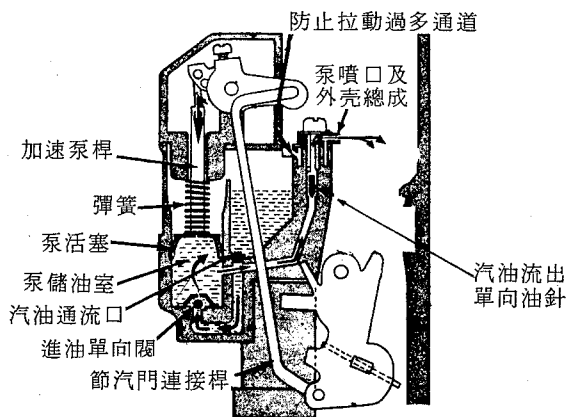


圖 2-8-63 機械控制濕柱塞式加速泵〔註63〕

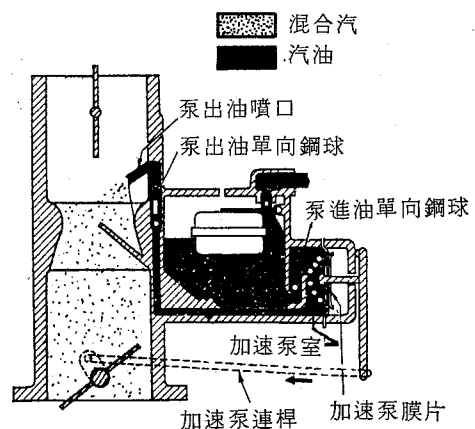


圖 2-8-65 機械控制膜片式加速泵〔註64〕

(一)引擎發動時，尤其是冬天，汽油不易汽化，故需供給多量汽油，減少空氣量，如此僅一小部分汽油汽化即能提供可燃混合汽，而使引擎易於發動。

(二)始動油路並無單獨之油路，而是使用阻風門 (choke valve)，使進入化油器之空氣減少，並使文氏管及節汽門均能產生真空，使主油路及低速油路同時噴油。始動機構由阻風門、阻風門軸、彈簧、連桿及快怠速連桿、阻風拉鈕等組成。

(三)阻風門與阻風門軸連接通常為偏接，如圖 2-8-66 所示，彈簧為介於阻風門軸與連桿間，使阻風門關閉後，當進汽衝力勝過彈簧力時，能使阻風門打開，允許較多空氣進入。有些化油器則在阻風門上另裝一可以向內開之小空氣門，進汽衝力很容易將此門打開，使引擎發動後有足夠之空氣量進入，如圖 2-8-67 所示。

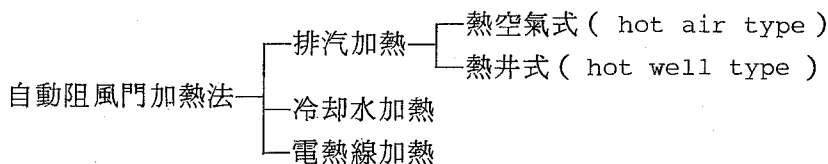
(四)冷引擎發動時，駕駛員拉起阻風拉鈕或自動阻風之熱偶彈簧，使阻風門關閉，此時空氣進入量很少，主噴油嘴及低速噴油嘴同時噴油，僅有少許之汽油汽化即可達到可燃之混合比，使引擎容易發動。

(五)引擎發動後，空氣之衝力勝過彈簧力，使阻風門打開或打開小空氣門，以免混合汽過濃而熄火。

(六)然後阻風門就依引擎溫度之升高而將其逐漸打開 (由駕駛員控制或自動控制)，使阻風門油路逐漸失去作用，而由低速或主油路取代，恢復化油器的正常作用。在行車時必須在直立開放位置，否則混合汽會變濃。

(七)阻風門之操縱方法：

1. 手動式：由駕駛員操縱駕駛室中拉鈕，經



(1)熱空氣式自動阻風門

圖 2-8-69 所示為熱空氣自動阻風門之構造。自空氣濾清器有一管連到排汽管邊，在排汽歧管加熱後，進入熱偶彈簧室，經真空活塞旁之間隙進入進汽歧管。

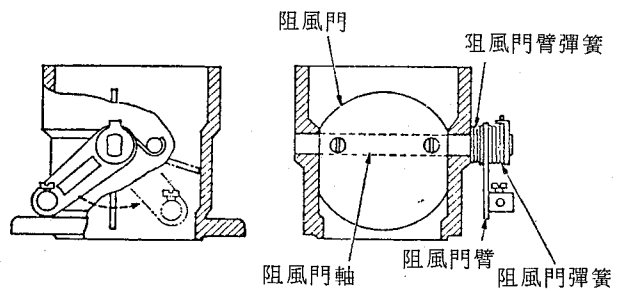


圖 2-8-66 阻風門之構造 [註 65]

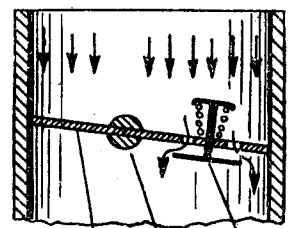


圖 2-8-67 阻風門上的小空氣門 [註 66]

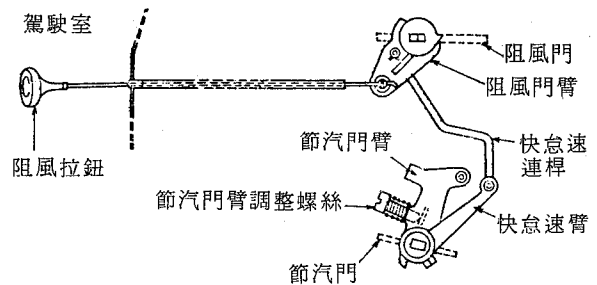


圖 2-8-68 手動阻風門

鋼絲及連桿使阻風門開閉，如圖 2-8-68 所示。

2. 自動式：自動阻風門之開閉係利用熱偶彈簧 (bimetal thermal spring) 來操縱。熱偶彈簧冷時，彈力強捲緊，使阻風門關閉；熱時彈性弱、捲鬆，真空吸力及進汽衝力使阻風門打開。熱偶彈簧之加熱方法有下列數種：

(2)熱井式自動阻風門

圖 2-8-70 所示為熱井式自動阻風門之構造，在排汽歧管上挖一熱井，在井中安裝熱偶彈簧，再經很長之連桿，使阻風門開閉。

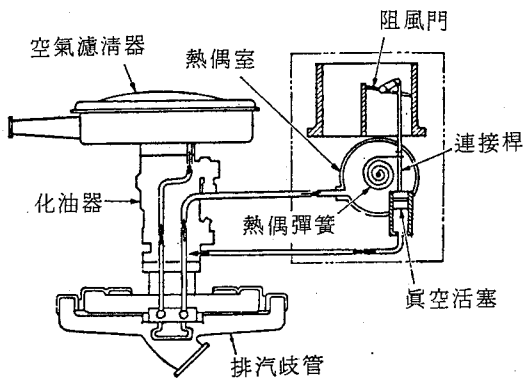


圖 2-8-69 熱空氣式自動阻風門〔註67〕

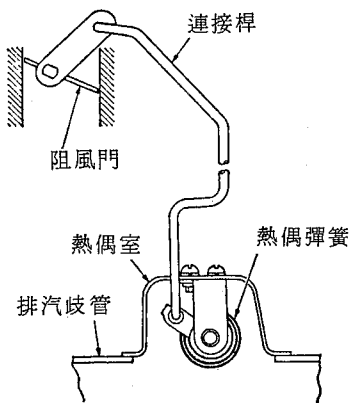


圖 2-8-70 熱井式自動阻風門〔註68〕

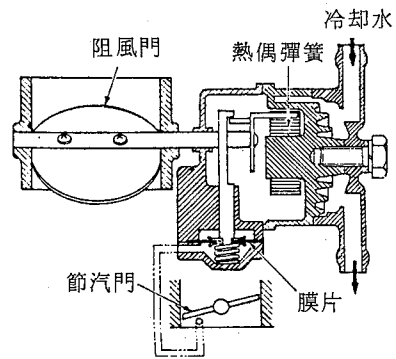


圖 2-8-71 熱水式自動阻風門〔註69〕

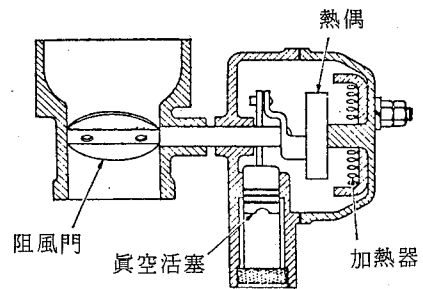


圖 2-8-72 電熱式自動阻風門〔註70〕

(3)熱水式自動阻風門

圖2-8-71所示為以冷却水加溫之熱水式自動阻風門之構造，熱偶彈簧由引擎之冷却水加熱。

(4)電熱式自動阻風門

圖2-8-72所示為利用電瓶電流加熱之電熱式自動阻風門之構造。

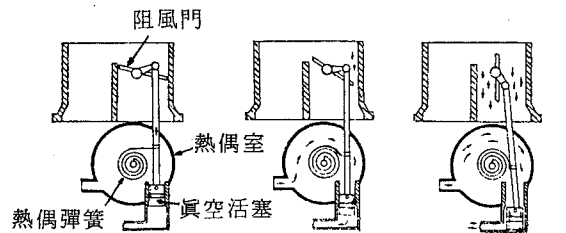
(5)自動阻風門之作用

①寒冷天氣引擎始動

- A. 引擎停止時，如圖 2-8-73所示，熱偶彈簧使阻風門關閉。
- B. 引擎始動時，進汽吸力及進汽管真空使阻風門稍微打開，以提供始動所必須之空氣。
- C. 阻風門之開度隨氣溫之高低及引擎溫度之高低而異，溫度低時熱偶彈簧之彈力強、阻風門之開度小；溫度高時熱偶彈簧之彈力弱、開度大。

②引擎溫熱運轉中

- A. 引擎開始運轉後，引擎之真空增強，



(a)冷引擎 (b)加溫中 (c)正常溫度

圖 2-8-73 熱空氣式自動阻風門之作用〔註71〕

將真空活塞吸引，把阻風門再拉開一些，如圖2-8-73(b)所示。

- B. 引擎溫熱後，由排汽管而來之空氣溫度上升將熱偶彈簧加溫，使彈力降低，阻風門漸漸打開。
- C. 在溫熱運轉中，節汽門突然打開時，進汽歧管之真空會降低，使真空活塞之作用力減少，阻風門會再關小，以防止混合汽變稀薄，使引擎之轉速能圓滑上升。

③引擎到正常工作溫度後

引擎達到正常工作溫度以後，熱偶彈簧之彈力變得很弱，真空活塞被吸到最下方，阻風門全開，如圖2-8-73(c)所示。

(八)始動油路之整補裝置

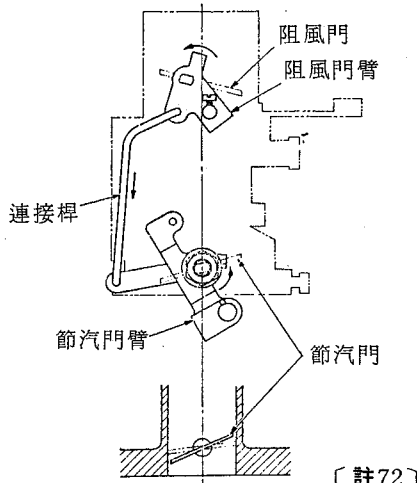


圖 2-8-74 手動阻風門快怠速機構

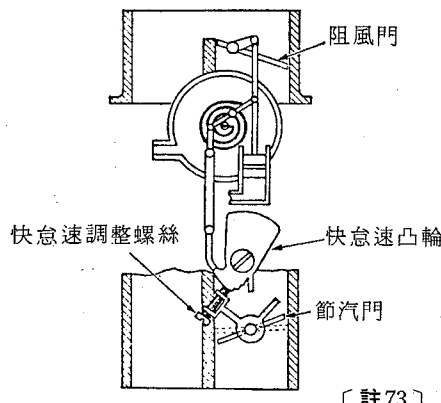


圖 2-8-75 自動阻風門快怠速機構

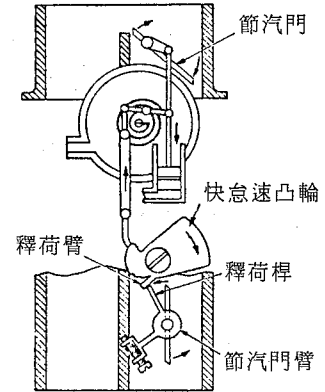


圖 2-8-76 釋荷機構 [註74]

1.快怠速機構 (fast idle mechanism)
 在冷引擎發動時，為使引擎能穩定運轉，需使節汽門稍微打開，在阻風門與節汽門間裝置一連桿，阻風門關閉時，連桿使節汽門稍微打開。圖2-8-74為手動阻風門之快怠速機構，圖2-8-75為自動阻風門之快怠速機構。

2.釋荷機構 (unload mechanism)
 此機構在寒冷天氣引擎剛發動後未達正常工作溫度前之行駛中，當節汽門全開時強制使阻風門打開一定角度，以防止混合汽過濃之裝置，如圖2-8-76所示。當節汽門完全打開時，有一薄片會撥動快怠速機構之凸輪，使阻風門強制打開。

駛；但文氏管之口徑小時，進汽之阻力增加，使引擎高速運轉時不良。為改善此缺點，滿足引擎在各種轉速及負荷下之需要，現代汽車多採用雙管二段式化油器，如圖2-8-77所示。即化油器有兩個文氏管分別為主管（一次側）與副管（二次側），主管供給平常行駛時之用，以省油經濟為設計重點。在需高轉速、高出力時，副管才產生作用，以補足主管輸出不足之缺點。主管之構造同單管式化油器，具有各油路。副管則只有主油路，副管之節汽門的操作有機械式及真空式兩類。

二、副管之操縱機構

8-7-2 雙管二段式化油器

一、概述

化油器之文氏管的口徑愈小，空氣之流速愈快，空氣與汽油之混合愈良好，有利於平常之行

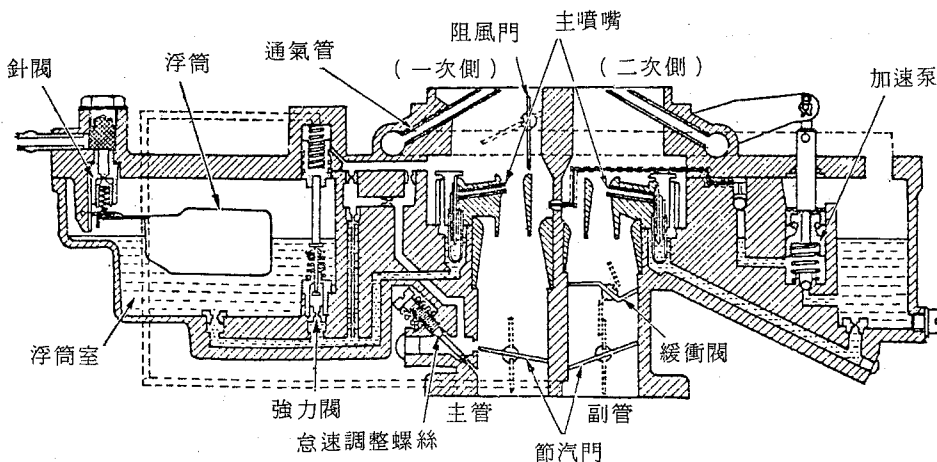
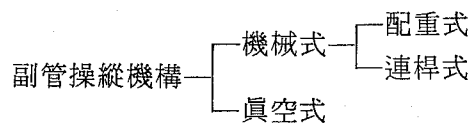


圖 2-8-77 雙管二段式化油器之構造 (機械式) [註75]

(一)配重機械式

1.配重機械式副管節汽門操作機構係利用連桿及配重來開閉副管之節汽門，如圖2-8-78所示。此式當主管之節汽門打開約 50° 時，副管之節汽門連桿機構開始拉開副管之節汽門，以後主管節汽門再打開時，副管之節汽門也跟著打開。

2.副管之節汽門上方另有一緩衝閥(damper valve)由配重來操作，如圖2-8-79所示，引擎之轉速上昇後，副管之進汽衝力增大，緩衝閥下部之真空變大，真空吸力超過配重之重量時，緩衝閥打開。

3.當副管之節汽門及緩衝閥打開時，如果引擎之轉速降低，緩衝閥下之真空變小時，配重使緩衝閥關閉。

(二)連桿機械式

1.如圖2-8-80所示，主管節汽門臂上，設有一圓弧狀之槽，此槽與副管之節汽門臂用連桿連接。

2.當主管之節汽門打開時，副管節汽門因彈簧之作用保持關閉，連桿在槽中移動。

3.當主管之節汽門打開約 50° 時，連桿已移到主管節汽門臂之槽端，使副管節汽門開始打開

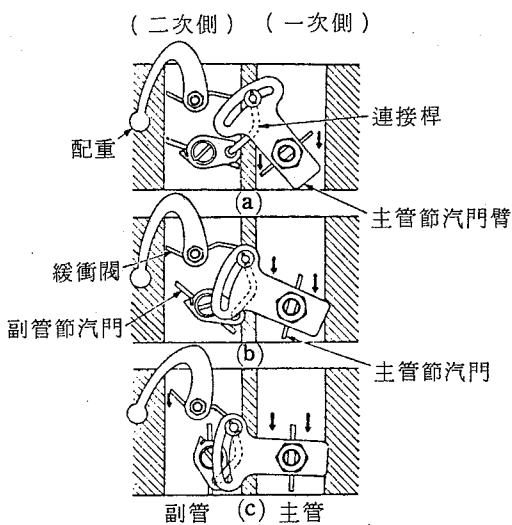


圖 2-8-78 配重機械式副管操縱機構〔註76〕

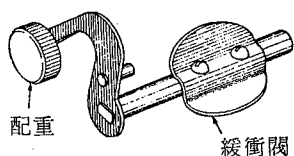


圖 2-8-79 副管緩衝閥構造〔註77〕

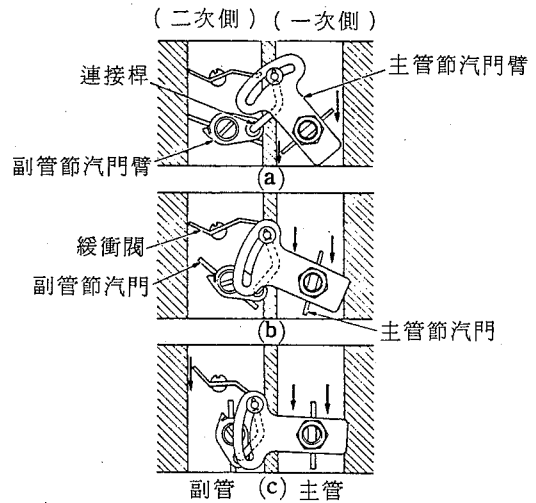


圖 2-8-80 連桿機械式副管操縱機構〔註78〕

，如圖2-8-80(b)所示。

4.當主管之節汽門完全打開時，副管之節汽門也完全打開(因連桿之作用)。

5.當主管之節汽門關閉時，副管之節汽門因連桿之作用會先主管節汽門關閉前關閉。

(三)真空式

1.真空式副管節汽門操作機構係利用文氏管處產生之真空來控制。圖2-8-81為真空式副管操縱機構之構造，在主管與副管之文氏管喉部(最狹窄部分)設有真空口(vacuum port)，此真空吸引膜片以操作副管之節汽門。

2.主管之節汽門未大開或進汽速度較慢時，主管側之真空口作用之真空，因副管側真空口有空氣進入而減弱，吸引膜片之真空減小，彈簧力使副管側之節汽門關閉。

3.當主管側之節汽門大開時，文氏管流過之空氣速度加快，雖副管之空氣會從真空口進入，

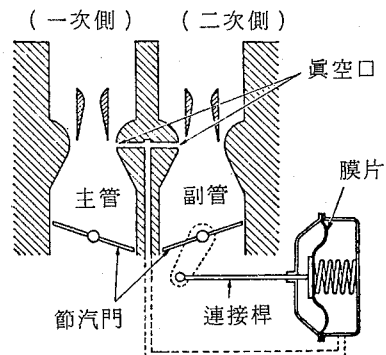


圖 2-8-81 真空式副管操作機構〔註79〕

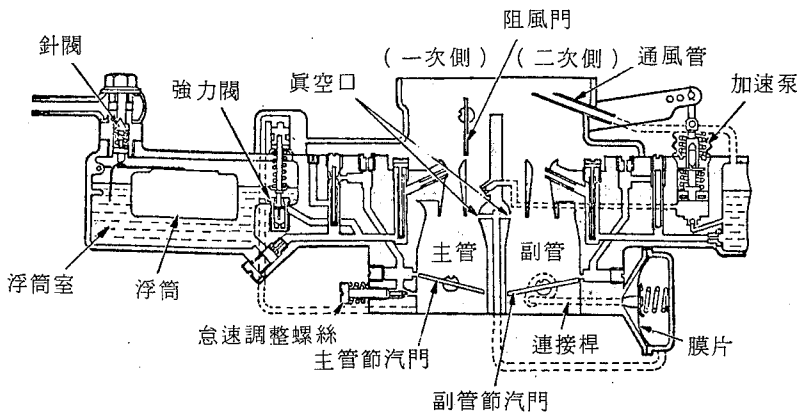


圖 2-8-82 雙管二段式化油器 (真空式) [註80]

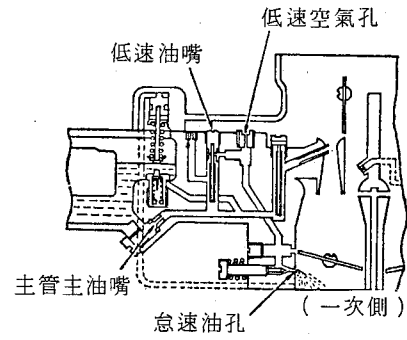


圖 2-8-83 怠速油路作用 [註81]

但產生之真空仍甚強，將膜片吸引，使副管之節汽門開始打開。當副管之節汽門打開後，副管文氏管之真空口亦產生真空，兩處之真空相加，將膜片吸引，使副管之節汽門完全打開。

三、各油路之作用情形

現以真空操縱式雙管二段式化油器來說明，如圖 2-8-82 所示，引擎轉速與負荷狀態之變化如下：

(一) 怠速運轉時

引擎怠速運轉時，主管之節汽門關閉，燃料如圖 2-8-83 所示，由主油嘴進入，經低速油嘴與低速空氣孔進入之空氣混合後從怠速油孔噴出。

(二) 低速運轉時

1. 低負荷低速運轉時，主管之節汽門稍微打開，燃料由怠速及低速噴油孔噴出。

2. 高負荷低速運轉時，如圖 2-8-84 所示，主管側之節汽門全開，副管側之節汽門全閉，強力油路作用之真空變弱，強力油閥打開，使主油路之供油量增加，在主管側與主空氣嘴進入之空氣混合後在主管之主噴油嘴噴出。

(三) 中速運轉時

1. 低負荷中速運轉時，副管之節汽門全閉，主管側之節汽門與負荷相配合打開，此時強力油路作用之真空較強，強力油閥關閉，汽油由主管側之主油嘴計量後，在主管側與主空氣嘴之空氣混合在主管之主噴油嘴噴出。

2. 高負荷中速運轉時，如圖 2-8-85 所示，主管側之節汽門全開，副管側之節汽門也稍微打開，主管側之燃料為主油路與強力油路相加與主空氣嘴進入之空氣混合在主管主噴油嘴噴出。同時，副管側因節汽門打開，燃料由主油嘴計量後，與副管主空氣嘴進入空氣混合後在副管之主噴油嘴噴出。

3. 有些化油器在副管之節汽門附近裝有中繼油路 (step circuit)，如圖 2-8-85 所示，由中繼油嘴 (step jet)、中繼空氣孔 (step air bleed) 及中繼噴孔 (step hole) 等組成。此油路在副管之節汽門打開，而副管之主噴嘴未噴出前噴油，使主副管燃料供應過程更為圓滑。

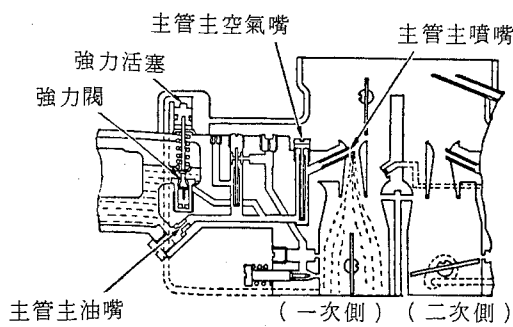


圖 2-8-84 高負荷低速運轉時 [註82]

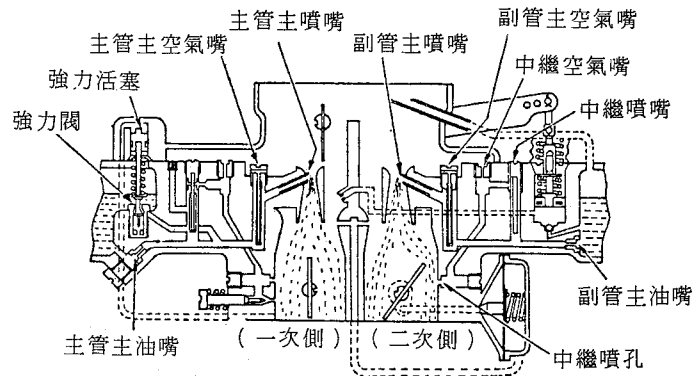


圖 2-8-85 高負荷中速運轉時 [註83]

(四) 高速運轉時

1. 低負荷高速運轉時，主管側之節汽門接近全開狀態，副管側之節汽門全閉，強力閥亦打開，燃料由主管之主油嘴及強力油嘴進入，在主管側與主空氣嘴進入之空氣混合後，在主管主噴嘴噴出，副管側不作用。

2. 高負荷高速運轉時，主管及副管之節汽門均為全開狀態，強力油閥亦打開，主管側同低負荷高速運轉時，副管側之油經副管主油嘴計量後與副管主空氣嘴進入之空氣混合，在副管主噴嘴噴出。

(五) 加速時

行駛中突然加大油門時，加速泵產生作用，燃料由加速噴油嘴噴出。

(六) 圖2-8-86為雙管二段機械式化油器分解圖

8-7-3 化油器之異常現象

一、結冰 (icing)

化油器在寒冷氣候時，會如圖2-8-87(a)、(b)所示，於節汽門附近，及圖2-8-87(c)所示之文氏管處結冰，而使空氣之通路變狹窄，使空氣之吸入量不足，嚴重時，更會使引擎熄火。

(一) 發生結冰之原因

主噴油或低速噴嘴噴出之霧狀混合汽之汽油汽化時需吸收熱，故使周圍之溫度下降，而使空氣中之水蒸汽凝結成水滴，附着於文氏管或節汽門上，溫度再降低時則凍結成冰。

(二) 防止結冰之方法

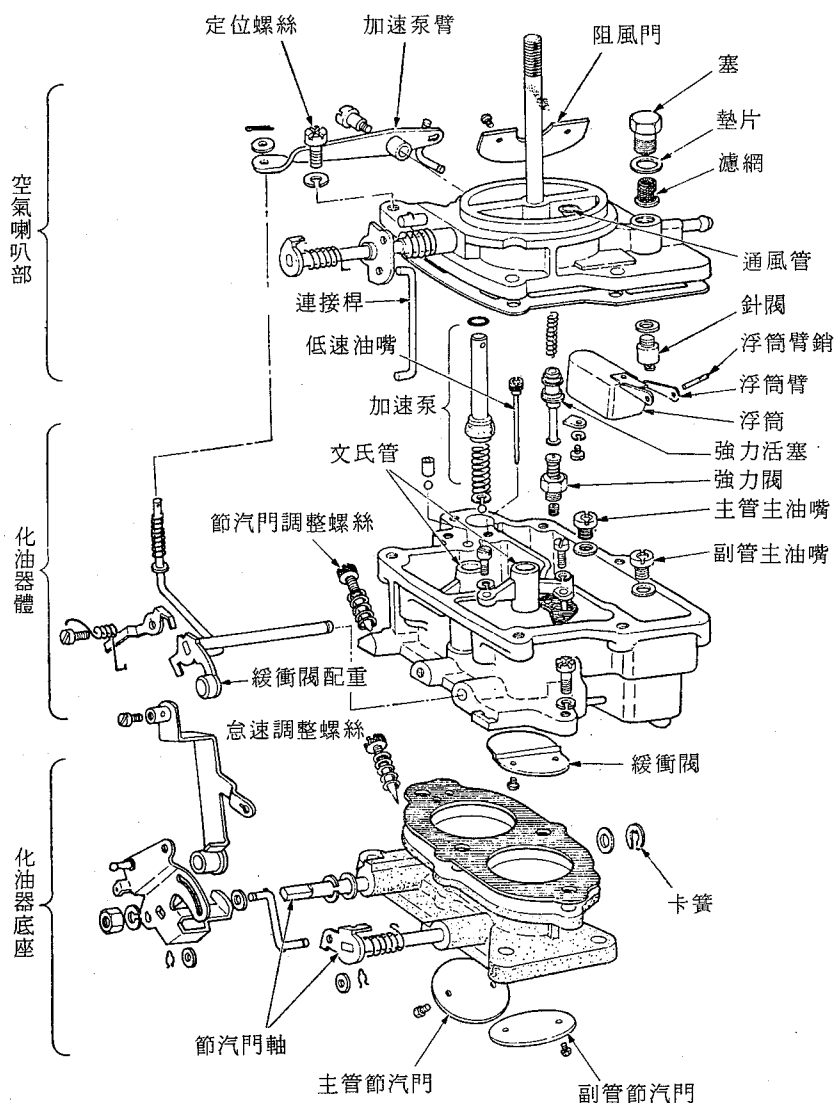


圖 2-8-86 雙管二段式化油器分解圖 (機械式) [註84]

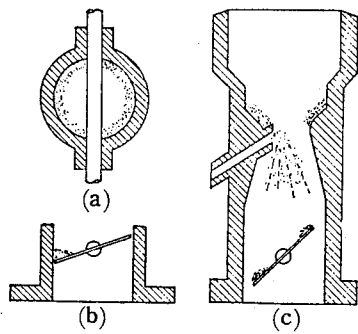


圖 2-8-87 化油器結冰之處所

1. 吸入之空氣利用排汽管或引擎體等加熱。
2. 化油器之節汽門附近用引擎冷却水保溫。

二、沸溢 (percolation)

沸溢現象為引擎室很熱時燃料沸騰由主噴油嘴進入而使混合汽過濃，使引擎熄火，並發動困難，一般在行駛後怠速或引擎熄火後較易發生。

(一)發生沸溢之原因為引擎室溫度很高時，浮筒室內之汽油蒸發，而汽油蒸汽壓力使汽油由主噴油嘴噴出，或油管中之汽油蒸發汽化，其壓力將浮筒針閥推開，汽油及蒸汽進入浮筒室而從主噴油嘴噴出。

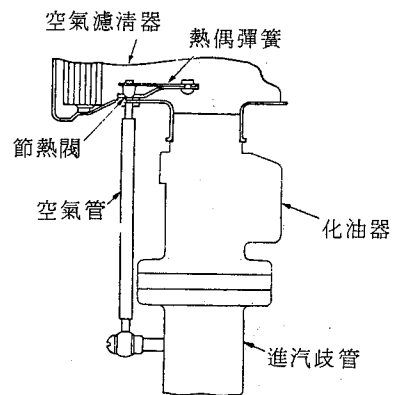


圖 2-8-88 熱怠速補償機構

(二)防止沸溢之方法

1. 如圖 2-8-88 所示，裝設熱怠速補償裝置 (hot idling compensator)，當化油器周圍之溫度高於規定值時，節熱閥打開，空氣進入進汽歧管，以保持適當之混合比。
2. 在化油器與進汽歧管之間裝一塊隔板 (insulator)，以減少進汽歧管之熱傳到化油器。
3. 進汽歧管與排汽歧管分別裝在引擎之兩側，可防止排汽歧管之熱加於化油器。

第八節 可變喉管式化油器

8-8-1 概述

(一)可變喉管式化油器，文氏管處之空氣速度幾乎保持一定，吸入空氣量隨真空及文氏管的開口面積而改變。此種化油器構造較簡單，過去僅摩利士 (Morris) 及柯士甸 (Austin) 牌車子使用 SU 型化油器，凱旋 (Triumph)、雅古 (Jaguar) 牌車子使用斯隆巴格 (Stromberg) 可變喉管式化油器，日本本田 (Honda) 各型車使用凱興 (Keihin) 可變喉管式化油器，福特汽車公司於 1977 年以後，也有部分車型採用摩托克拉福 (Motorcraft) VV 型可變喉管式化油器。

(二)可變喉管式化油器係由下列各部分所組成：(1)真空活塞。(2)吸力室。(3)浮筒油路。(4)文氏管控制系統。(5)主油路。(6)始動裝置。(7)節汽門。

(三)主油路系統供給怠速、低速、高速、強力

等油路之作用，因此構造較簡單。但目前有些化油器亦有低速、加速、強力等油路，以提高引擎性能。

8-8-2 構造及作用

圖 2-8-89 所示為 SU 型可變喉管式化油器之構造，吸力室 (suction chamber) 中之真空

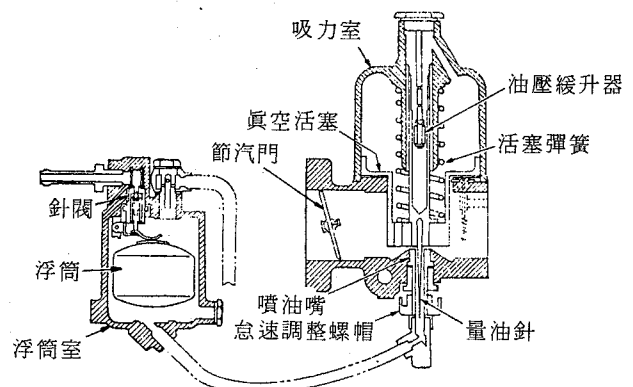


圖 2-8-89 可變喉管式化油器 [註85]

活塞 (vacuum piston) 上下移動時，改變進入之空氣量，真空活塞底部相連之量油針亦隨活塞上下移動，改變燃料之噴出量。

8-8-3 真空活塞之作用

(喉管控制 venturi control)

(一)當引擎開始運轉時，汽缸內的活塞下行產生低壓 (部分真空)，因真空室與化油器喉管相通，故其壓力相同。大氣壓力將活塞上推，即真空室的「吸力」把活塞「吸」起，因此有更多的空氣能夠進入汽缸，活塞重量與彈簧力及真空吸力平衡時，活塞位置即保持不動。

(二)當節汽門打開，喉管處之真空增加，活塞即被大氣壓力壓向上，使更多的空氣能夠進入，於是真空度減少，活塞便下降少許，因活塞下降，阻礙空氣進入，真空度又再增加，活塞又上升。如此真空吸力與活塞位置互相作用，直到取得平衡，支持活塞不使下墜為止。

(三)當節汽門再進一步開啓，喉管內與真空室之真空度又增加，活塞又再次上升下降，直到真空吸力把活塞支持在一個新的位置為止。

(四)總之，節汽門在每一不同程度的開啓時，活塞即作不同程度的升降，以控制喉管的大小，但真空吸力始終與活塞重量及彈簧力取得平衡，而保持喉管處之真空度一定，因此我們稱這種化油器為「固定真空式」化油器。如圖 2-8-90 所示為 SU 型可變喉管式化油器在各種情況下之作用。

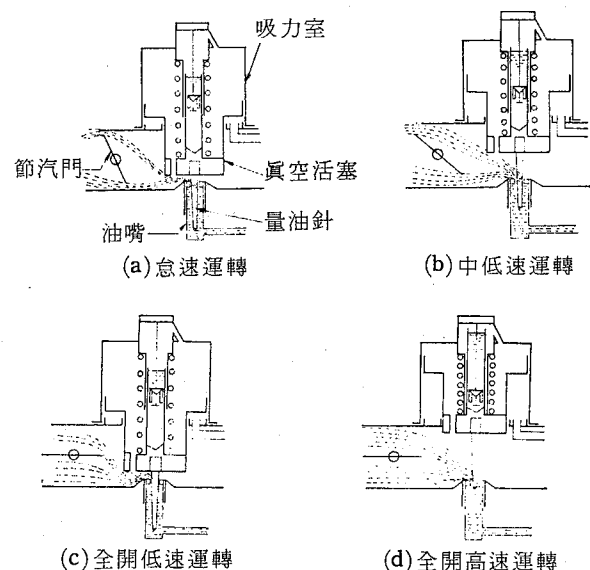


圖 2-8-90 SU 型可變喉管式化油器之作用 [註 86]

(五)因為真空度不變，空氣進入喉管的速度也一樣，所不同的祇是喉管的大小受活塞升降而改變，所以我們一定要改變燃料的多少以配合不同的空氣量。

此種化油器活塞底部有一根上粗下尖的噴嘴針 (jet needle)，當它隨著活塞上下時，便改變噴嘴的有效口徑，因而能控制汽油的噴出量。噴嘴針每一段的直徑都經小心地計算過，它看起來很圓滑，但實際上是由很多階層做成的，噴嘴針有標準的、稀薄的、濃的混合比之分，以適應不同的引擎。至於噴嘴針的選擇，我們可以不必費心，因車廠在設計引擎時已考慮到。

(六)為防止節汽門突然打開時，混合汽變稀，使車子發生無力現象，在真空活塞中裝置油壓緩升器，以減緩活塞之上升速度，防止混合汽變稀，構造如圖 2-8-91 所示。活塞下降時油閥打開阻力小，活塞上升時油閥關閉阻力大，使活塞必須緩慢打開。

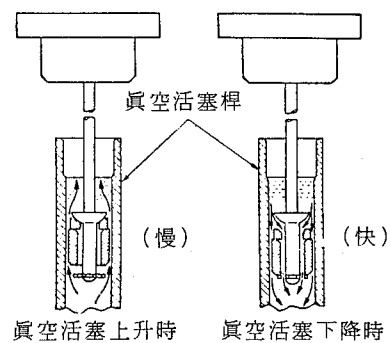


圖 2-8-91 油壓緩升器之作用 [註 87]

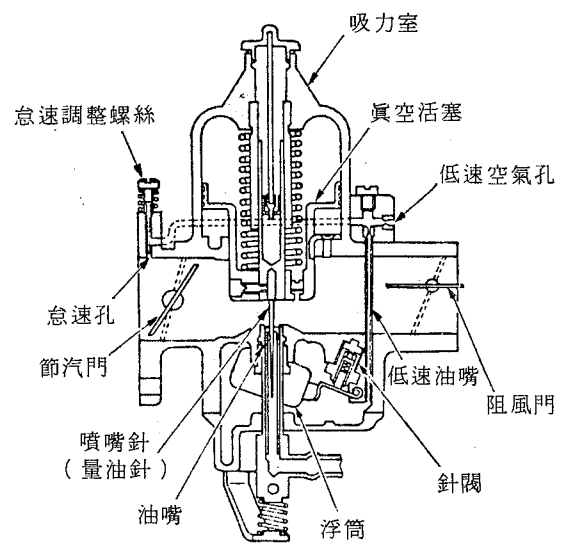


圖 2-8-92 裝有阻風門及怠速油路之 SU 化油器 [註 88]

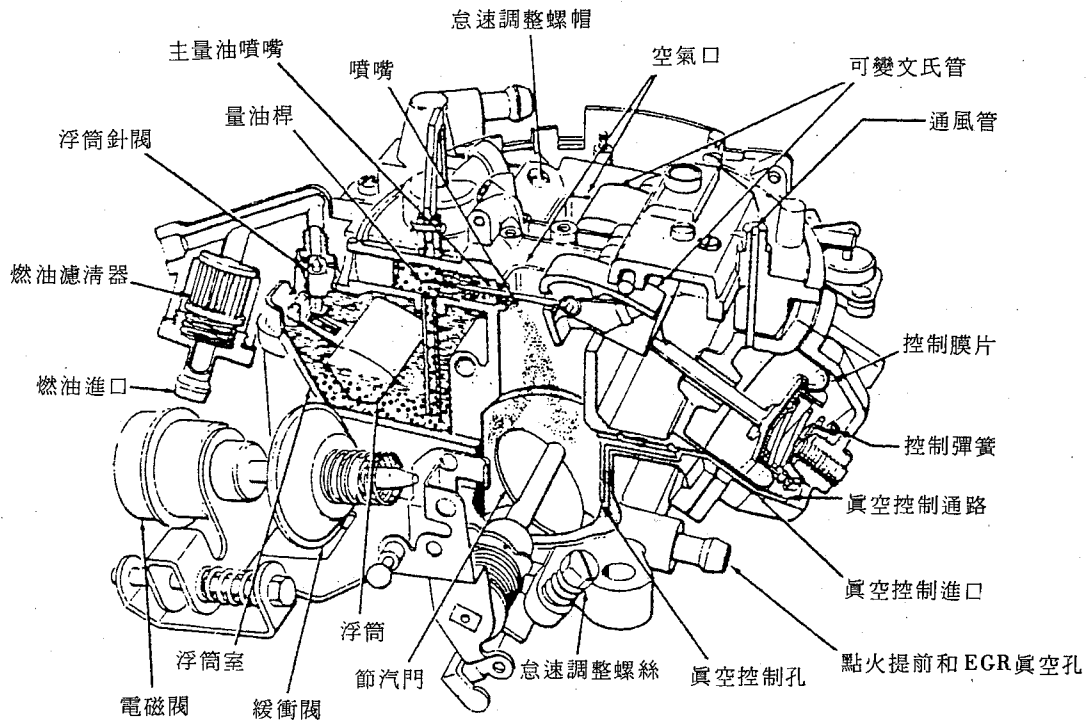


圖 2-8-93 摩托克拉克福 2700 VV 可變文氏管汽化器 (Ford Co.) [註 89]

(七)現代之 SU 型化油器為改善怠速及冷車起動需要，裝有怠速油路及阻風門，如圖 2-8-92 所示。

(八)浮筒室油路、怠速油路、阻風門油路之作用與固定喉管式化油器相類似，不再贅述。

8-8-4 福特可變喉管式化油器

一、概述

(一)福特公司使用之摩托克拉克福 2700 VV 型可變喉管式化油器之構造如圖 2-8-93 所示，具有固定喉管式化油器相似之形狀及構造。有兩個空氣喇叭口 (air horn)，福特稱為喉部 (throats)，在喉中有兩個相連之方形真空活塞，叫做文氏管閥 (venturi-valve)，該閥在喉中橫向來回搖動以控制喉之開口，以調節空氣流量。閥與錐形量油桿 (metering rod) 相連，以改變主油嘴之開口大小，如圖 2-8-94 所示。其作用方式與前述之 SU 型作用相同，但 SU 型空氣係橫向流動，活塞為圓筒形，此式空氣為下向流動，活塞為四方形。

(二)本化油器包括文氏管閥、浮筒室油路、文氏管閥限制器 (venturi valve limiter)、冷起動增濃系 (cold cranking enrichment system)、冷引擎運轉增濃系 (cold running

enrichment system)、快怠速凸輪、加速泵油系、熱怠速補償等。

二、真空控制

錐形量油桿與文氏管閥 (方形活塞) 之位置由真空控制。彈簧與真空控制之膜片用連桿將文氏管閥連接，當節汽門打開時，進汽歧管真空吸力大於彈簧將膜片吸引，經連桿將文氏管閥打開，使多量之空氣流入，同時量油桿之較細部分在油嘴中，使噴油量增加，較多之供油配合較多之

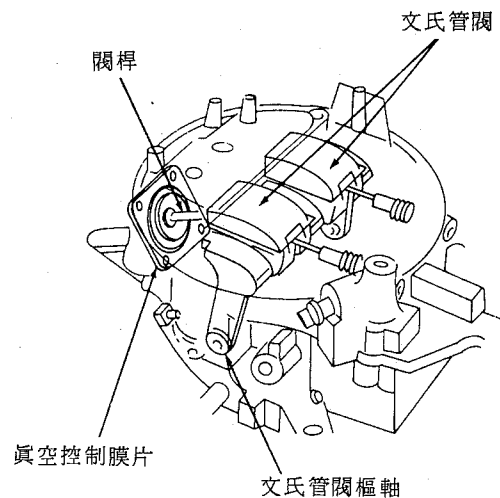


圖 2-8-94 四方型文氏管閥與真空控制膜片 [註 90]

空氣以維持混合比一定，如圖2-8-96所示，圖2-8-95為控制真空通路。

三、浮筒室油路

福特V V化油器之浮筒室構造如圖2-8-97所示，與固定喉管式化油器之作用相同，入口處裝有濾清器。

四、文氏管閥限制器

當節汽門大開 (wide open) 時，若引擎負荷太大、轉速太低時，真空不夠強，無法使文氏

管閥全部打開，此時，文氏管閥限制器臂 (與節汽門軸連在一起) 能使文氏管閥全部打開，如圖2-8-98 所示。

五、冷起動增濃系

當冷引擎起動時，本系統能供應額外之汽油使引擎易發動。由搖轉增濃電磁閥 (cranking enrichment solenoid) 及熱偶片閥 (thermostatic blade valve) 組成。熱偶片閥在周圍溫度 24 °C 以上時關閉，以下時打開；在打馬

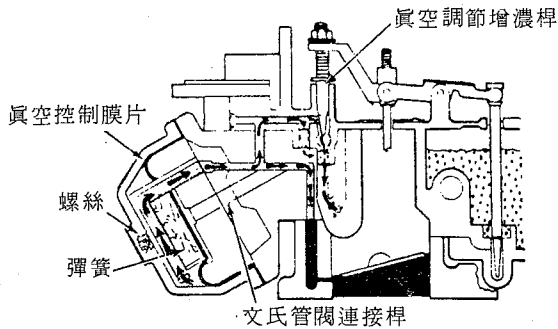


圖 2-8-95 控制真空通路 [註91]

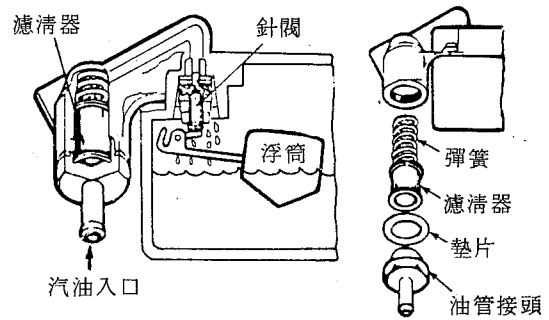


圖 2-8-97 福特V V化油器之浮筒室油路 [註93]

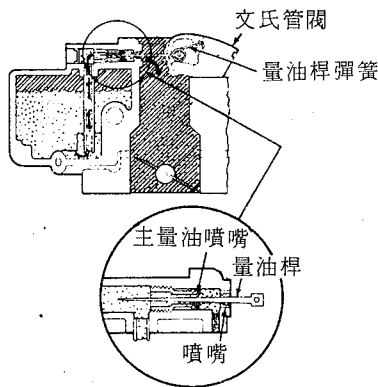


圖 2-8-96 摩托克拉福主量油系統 [註92]

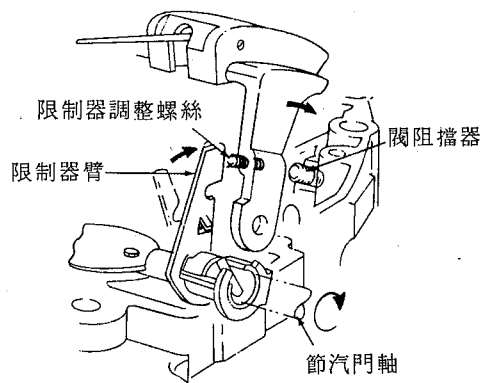


圖 2-8-98 文氏管閥限制器 [註94]

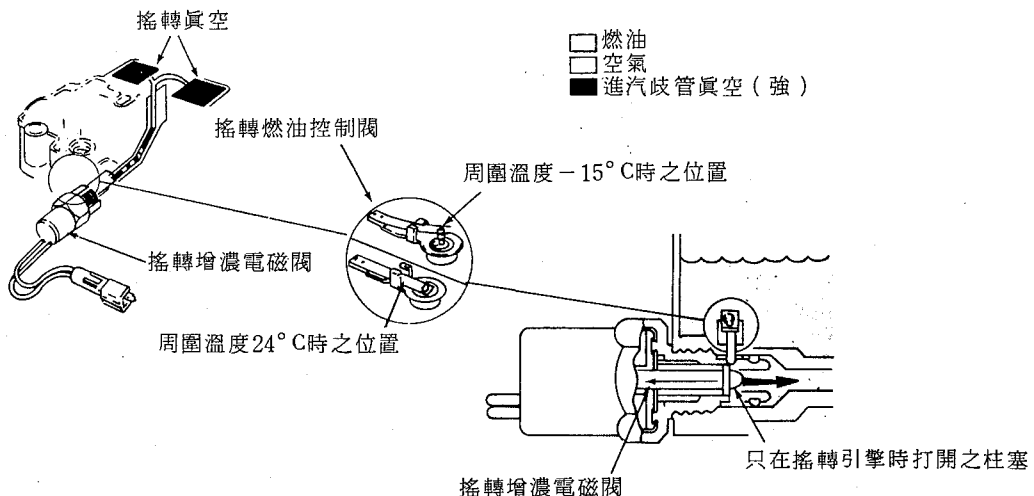


圖 2-8-99 冷起動增濃系 [註95]

達時搖轉增濃電磁閥才有電流進入，使閥打開，故在周圍溫度 24 °C 以下打馬達時，能供應額外的汽油使引擎易發動，圖 2-8-99 為冷起動增濃系之構造。

六、冷引擎運轉增濃系

冷引擎剛發動後，必須供應較濃之混合汽直到正常工作溫度為止。在固定喉管式化油器使用阻風門來供應濃混合汽；在福特 VV 型化油器則由排汽加熱的熱偶彈簧控制的冷引擎運轉增濃桿 (cold running enrichment rod) 及真空調節器 (vacuum regulator) 來供應混合汽，如圖 2-8-100 所示，在冷引擎發動後，熱偶彈簧使冷引擎運轉增濃桿升高，以供應較多之汽油；同時，真空調節器切斷部分真空，使得真空控制部分之真空強度降低，而使文氏管閥之開度減少，以減少空氣進入量，而得到濃混合汽。引擎達到正常工作溫度後，熱偶彈簧鬆捲，使冷引擎運轉增濃桿復原，切斷額外供油；同時真空調節器使真空全部作用在控制膜片上，使文氏管閥之工作正常。

七、快怠速凸輪

快怠速凸輪與冷引擎運轉增濃系統連在一起，如圖 2-8-100 所示，凸輪之位置由熱偶彈簧控制。在冷引擎時，凸輪之位置使節汽門打開一角度，以提高怠速轉速防止引擎熄火。圖 2-8-101 為快怠速凸輪臂上之兩個位置。

八、加速泵油路

福特 VV 型化油器之加速泵油路與固定喉管式化油器用者相同，如圖 2-8-102 所示。

九、熱怠速補償系

福特 VV 型化油器有熱偶控制之熱怠速補償系統，於引擎室溫度超過規定時，供應額外空氣，使熱怠速能正常運轉，如圖 2-8-103 所示。

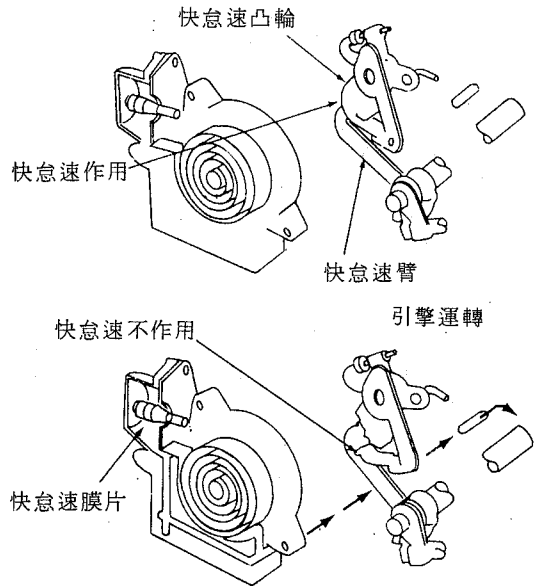


圖 2-8-101 快怠速凸輪〔註97〕

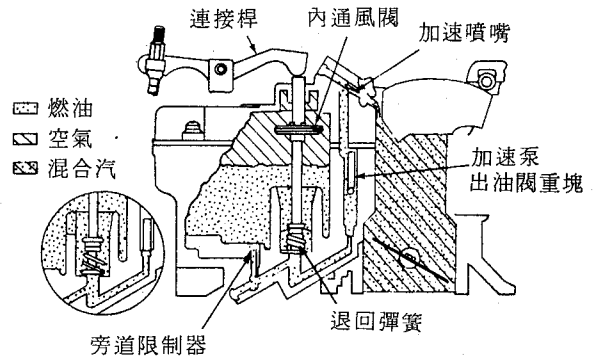


圖 2-8-102 加速油路〔註98〕

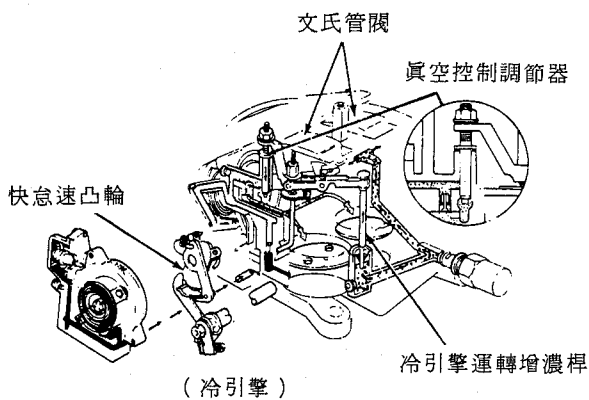


圖 2-8-100 冷引擎運轉增濃系統〔註96〕

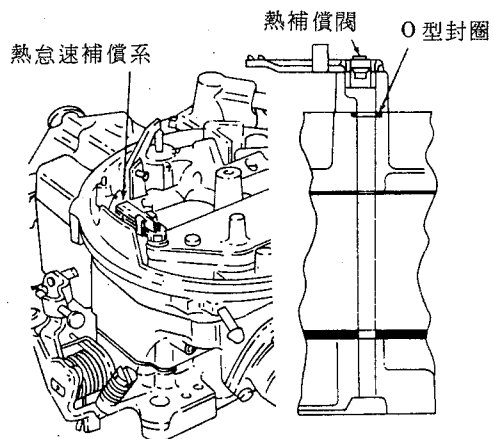


圖 2-8-103 福特 VV 化油器熱怠速補償系〔註99〕

第九節 液化石油氣燃料系

8-9-1 概述

(一) 液化石油氣 (liquefied petroleum gas, 簡稱 L.P.G.) 為丙烷與丁烷混合之燃料, 其性質介於天然氣與汽油之間, 為精煉石油時排出之廢氣, 作為汽車之燃料具有優良之性能。

(二) 液化石油氣具有下列四種特性:

1. 發熱量約為 12,010 kCal/kg, 而汽油為 11,010 kCal/kg, 柴油為 10,954 kCal/kg。
2. 辛烷值高達 110~125, 適合高壓縮比之引擎。
3. 汽化性高, 其沸點只有 0.5°C (32.9°F), 而汽油為 45°C (113°F), 柴油為 230°C (445°F)。
4. 價格低廉, 其營運價格約為汽油的 60%, 世界許多大都市之計程車 (如紐約、東京、大阪等) 均使用液化石油氣為燃料。

8-9-2 構造及作用

一、概述

(一) 液化石油氣燃料系之組成, 由高壓容器 (L.P. gas bombe)、濾清器、電磁閥 (solenoid valve)、蒸發器 (vaporizer)、混合器 (mixer) 等組成。

(二) 高壓容器中之液化石油氣壓力很高, 引擎總開關打開後電磁閥隨著打開, 高壓容器中之液體石油氣自行進入蒸發器, 吸熱後轉為汽化之石油氣降低壓力, 進入混合器與空氣適量混合後送到進汽歧管, 圖 2-8-104 為液化石油器之輸送過程。

二、液化石油氣高壓容器

高壓容器有縱型及橫型兩種, 如圖 2-8-105 所示, 由充填閥、輸出閥、安全閥、液面計等組成。容器內之壓力超過規定時, 安全閥會自動打開, 使多餘之液化石油氣流出後自動關閉。

三、過濾器

構造如圖 2-8-106 裝在高壓容器與電磁閥之間, 內有紙質濾蕊。

四、電磁閥

使用液化石油氣之車子, 因經常以很高之壓

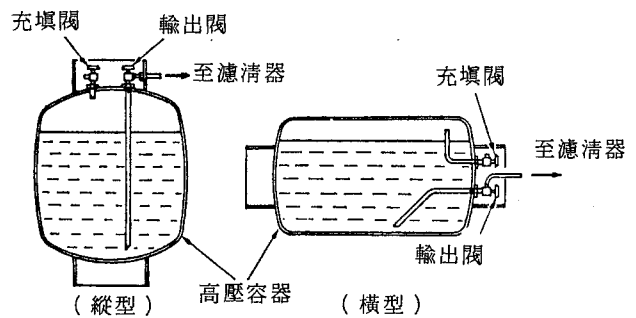


圖 2-8-105 液化石油氣高壓容器 [註101]

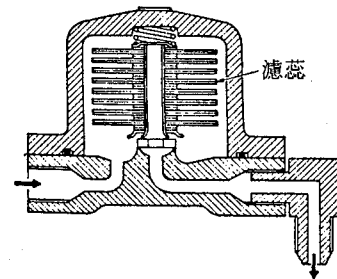


圖 2-8-106 過濾器之構造 [註102]

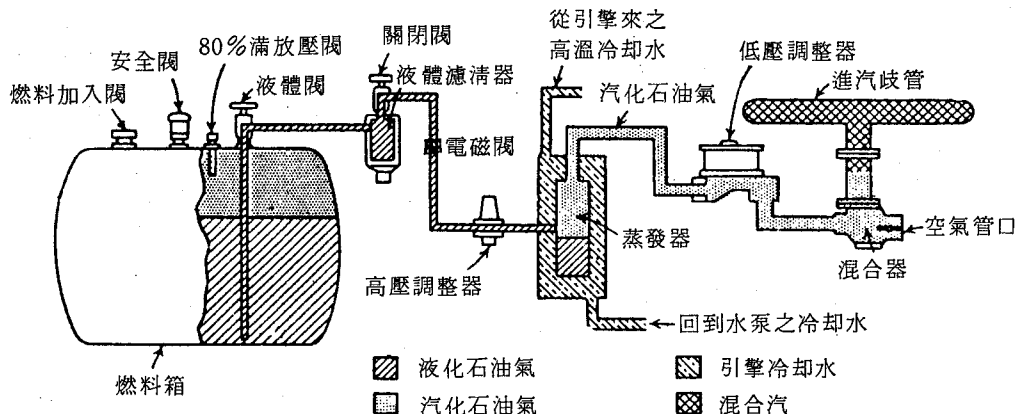


圖 2-8-104 液化石油氣輸送過程 [註100]

力壓送燃料，為確保安全，引擎停止時必須切斷燃料之供應，電磁閥如圖 2-8-107 所示，由電磁線圈、柱塞等組成。引擎開關打開時，電流進入線圈，產生磁場，將柱塞吸住，閥離開座，燃料可以流過；關去開關後彈簧推柱塞，將閥壓緊在座上，切斷燃料通路。

五、蒸發器

圖 2-8-108 為蒸發器之構造，由一次室及二次室組成。液化石油氣在一次室減壓並汽化，在二次室調節輸出量及壓力。

(一)一次室之作用

1. 如圖 2-8-108 所示，高壓之液體燃料由入口進入一次室，在一次室中減壓並汽化，一次室中之壓力超過定值時，會將一次室膜片向右推，與膜片裝在一起之鈎撥動一次室閥搖臂，使一次

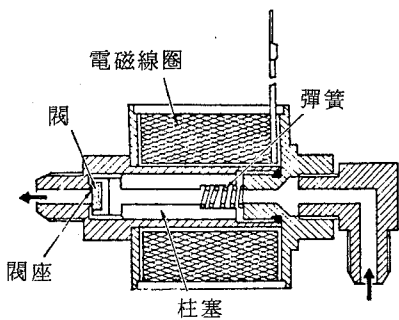


圖 2-8-107 電磁閥之構造 [註103]

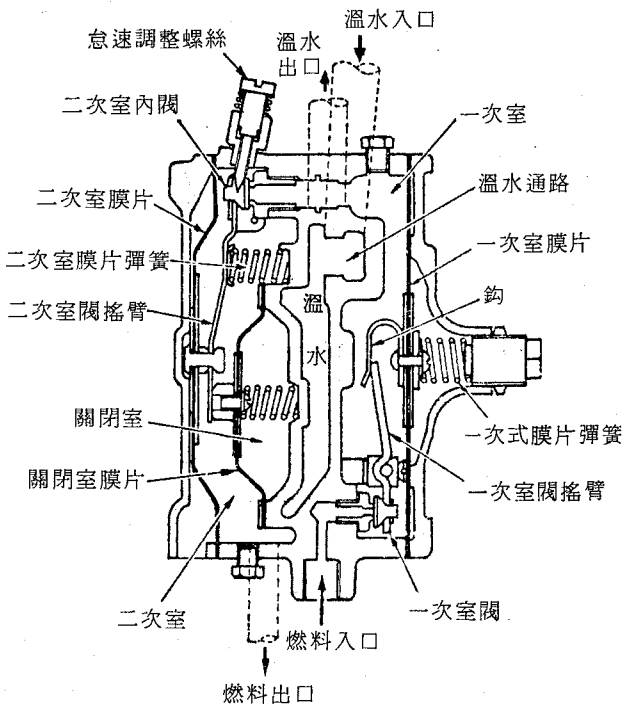


圖 2-8-108 蒸發器之構造 [註104]

室閥關閉，停止燃料進入。一次室中之壓力降低時，高壓燃料推開一次室閥進入室中，如此產生調壓作用，保持壓力在一定值。

2. 液體石油氣汽化時，需吸收熱量，故在一次室與二次室間有冷卻之溫水環繞，以供給熱量。

(二)二次室之作用

1. 在一次室減壓汽化後之氣化石油氣在二次室再減壓並調節送到混合器之量。

2. 當引擎停止時，二次室膜片兩側均為大氣壓力，二次閥關閉。引擎發動後混合器文氏管產生之真空，使二次室壓力降低，二次膜片向右移動，使二次室閥打開，一次室之石油氣進入二次室，二次室之壓力升高時，二次室膜片向左移動，使二次閥之開度縮小，減少燃料之供給量，二次室內壓力較一次室內之規定壓力 ($0.03 \pm 0.05 \text{ kg/cm}^2$) 還低，很接近大氣壓力。

(三)關閉室 (lock off chamber) 之作用

1. 關閉室設在二次室之內側，引擎停止時，關閉二次閥，防止燃料流出。

2. 關閉室與引擎進汽歧管相連通，引擎運轉時，進汽歧管之真空將關閉室之膜片向右侧吸引，離開二次室閥之槓桿，使二次閥能隨二次室膜片之作用自由的開閉。

3. 引擎停止時，關閉室變成大氣壓力，關閉室彈簧將關閉室膜片向左侧壓，使二次室閥緊閉，防止燃料流出。

六、混合器

混合器 (mixer) 係將石油氣與空氣依適當比例混合之裝置，相當於汽油引擎之化油器，有兩種型式。

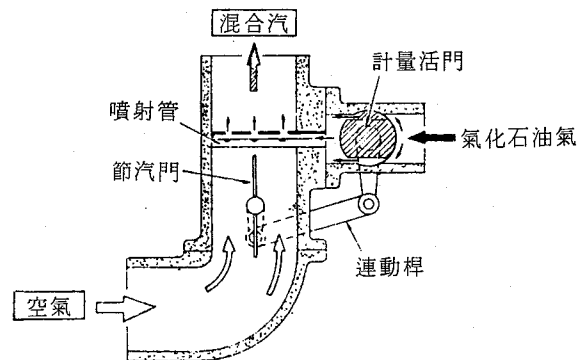


圖 2-8-109 計量活門式混合器 [註105]

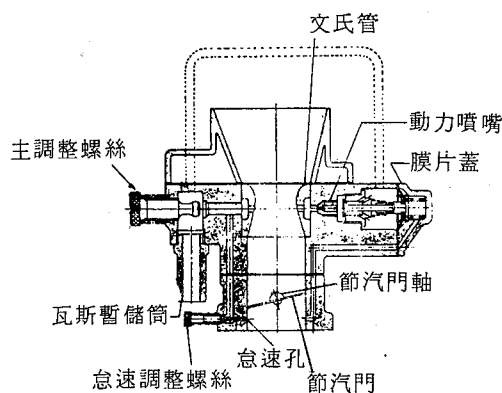


圖 2-8-110 升壓感應式混合器 [註106]

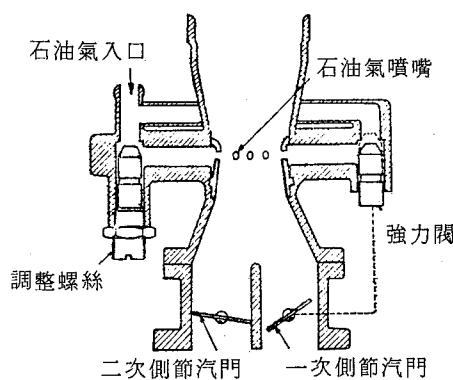


圖 2-8-111 雙管式混合器 [註107]

(一) 計量活門式混合器

如圖 2-8-109 所示，油門經連桿同時控制空氣進入量及石油氣噴出量，因無法適應由低速到高速全部速度範圍內不同混合比之需要，故已不再使用。

(二) 升壓感應式混合器

如圖 2-8-110 所示，構造與化油器大同小異。以主調整螺絲調整石油氣之通過量，文氏管處

之噴嘴噴出與流入之空氣混合後送入引擎。怠速及低速時石油氣在節汽門旁之怠速噴孔噴出，與化油器同；加速或重負荷時進汽歧管之真空降低，彈簧壓膜片將動力噴嘴打開供應多量燃料，平時進汽管之真空強，膜片壓住彈簧，動力噴嘴關閉，作用同化油器之強力油道真空活塞之作用。圖 2-8-111 為雙管式混合器之構造，其作用與雙管式化油器之作用相似。

第十節 汽油噴射系統概述

8-10-1 概述

由於科技的不斷提升，對汽車引擎性能要求不斷提高；尤其兩次石油危機以後，油價節節升高，美、日等國對汽車排出廢汽的要求也愈來愈嚴格，使用化油器已無法滿足汽油引擎的苛刻要求；因此化油器無法有效的供應引擎從怠速到高速各種不同狀況下所需適當混合比的混合汽，同時汽油無法完全汽化，會造成汽油的浪費及排汽的污染。故現代高性能汽油引擎均紛紛改用汽油噴射系統代替化油器系統。

8-10-2 使用汽油噴射系統之優點

- (一) 提供各種運轉情況下適當的混合比，排汽中所含 HC、CO、NO_x 之有毒氣體大為減低。
- (二) 單位馬力之汽油消耗量減少，節省燃料。
- (三) 引擎出力性能提高，尤其低速時之扭矩顯著增大，單位排汽量之引擎馬力提高。
- (四) 加減速反應靈敏。
- (五) 低溫引擎起動性能佳，引擎溫熱期間之性能提高。

(六) 個別汽缸之燃燒更完全，更具有彈性，引擎之設計更富有變化。

8-10-3 汽油噴射系統發展概況

汽油噴射系統並非最近之新產品，早在六十年前（即一九二〇年代）已經用在飛機引擎上，以提高飛機在高空飛行之性能。汽車使用汽油噴射器最早是由西德戴姆拉朋馳（Daimler Benz）公司於一九五〇年用在賽車（racing car）上，以後汽油噴射系統之製造與控制技術不斷改進，使性能更提高，成本降低，而逐漸成為高級車種之標準裝置。一九六一年美國本的士（Bendix）公司公開電子控制之汽油噴射系統（EFI）產品，將電子控制技術用到汽油噴射系統，使控制更靈敏，性能更提高；西德波細（Bosch）公司購其專利加以研究改進，於一九六七年推出電子控制汽油噴射系統（ECGI），因性能優越，使電子控制汽油噴射裝置快速發展。日本汽車公司多購波細專利去生產。

8-10-4 汽油噴射系統之種類

一、概述

汽油噴射系統可分機械控制及電子控制式兩大類。前者利用引擎轉速、進氣速度、引擎真空、引擎溫度及進氣量等經由機械裝置來控制噴油量；後者利用各種感知器 (sensor) 產生之信號送入電子控制器 (electronic control unit) (即俗稱之電腦) 根據引擎各種狀況之需要來控制噴油量。

二、機械控制式汽油噴射系統

機械控制式汽油噴射系統因基本控制原理之不同又分為很多類型：

(一) 早期之汽油噴射系統多利用引擎轉速、進氣歧管壓力與空氣溫度來控制噴油，構造複雜，作用欠靈敏，目前已漸被淘汰。

(二) 一九六五年以前，歐洲各國使用之汽油噴射系統如保持捷 (Porsche)、瑪西蒂—朋馳 (Mercedes-Benz)、愛快羅密歐 (Alfa-Romeo) 等使用類似多柱塞式高壓柴油噴射泵之汽油噴射系統。

(三) 西德波細公司改良 L-Jetronic 電子控制汽油噴射系統，於一九七〇年開發一種機械控制式連續汽油噴射系統 CIS (continuous injection system)，稱為 K-Jetronic，構造簡單，動作靈敏可靠；經改裝後能做混合比回饋控制，可用在三元觸媒轉換器之車上，為目前歐洲各汽車大量使用之汽油噴射系統 (BMW, Mercedes-Benz, Porsche, Renault, Saab, Volkswagon, Volvo……等均採用)。

三、電子控制式汽油噴射系統

電子控制式汽油噴射系統依主要控制方法之不同又分為壓力計量系統 (pressure measurement system)，波細公司稱為 D-Jetronic，及空氣流量計量系統 (air flow quantity measurement system)，波細公司稱為 L-Je-

tronic。目前使用之空氣流量計量系統有翼板式 (flap type)、漩渦超音波式、熱線式等三種。

(一) 壓力計量系統：此式為最早之電子控制汽油噴射系統，以進氣歧管之壓力 (真空) 信號為基礎來計測噴油量，而以車速、冷卻水溫度、進氣溫度等感知器之信號來修正。每一汽缸之進汽門前裝有一只噴油嘴，由電腦來控制噴油嘴電磁閥之打開時間以決定噴油量。曲軸每二轉噴油一次，噴油嘴分為二組，六缸引擎三只為一組，四缸引擎二只為一組同時作用。

(二) 翼板式空氣流量計量系統：波細之 L-Jetronic、日產之 EGI、豐田之 EFI 等均為此式；以翼板來計測進入引擎之空氣量為基礎來決定主噴油量，再以引擎負荷、冷卻水溫度、進氣溫度、引擎轉速、排氣中氧之含量等感知器之信號來修正。每一汽缸之進汽門前裝有一只噴油嘴，全部汽缸並聯，曲軸每一轉噴油一次 (一九八一年，日產 ECCS 之噴油嘴依點火順序噴油)。

(三) 漩渦超音波式空氣流量計量系統：日本三菱汽車公司開發一種利用空氣流過阻礙體時會產生漩渦之特性，設計一套利用超音波來計算空氣流量計。空氣流經阻礙體時產生之漩渦數與空氣流量成正比，利用超音波來計算漩渦數而轉換成脈動信號，送給電腦以決定噴油量。在相當化油器處有一噴射混合器，內有兩只噴油嘴交互噴油，再由進氣歧管將混合器送到各汽缸。

(四) 熱線式空氣流量計量系統：在空氣道中裝置熱線，空氣流過時會使熱線冷卻，為保持熱線溫度一定，流過之電流必因熱線冷卻程度 (即空氣流量) 之不同而變化。由電流之變化及其他修正係數電腦據以控制噴油量，目前五十鈴汽車公司之 I-TEC 系統使用此式。

第十一節 機械控制式汽油噴射系統

8-11-1 早期波細機械式汽油噴射系統

一、概述

早期波細機械式汽油噴射系統每一汽缸只有

一只噴油嘴，裝在進汽門之入口，油壓達 220 ~ 265 psi 時打開止回閥，將汽油噴入進汽孔中，此系統稱定時歧管噴射 (timed manifold injection)。每一噴油嘴之壓力油由一套噴射柱

塞組供應，四個或六個噴射柱塞組成噴射泵。為配合提供各種運轉情況下最適當之混合汽，噴射泵上有離心控制器（由引擎轉速控制）、氣壓控制器、加速噴油量控制器（acceleration enrichment）、減速時停止供油（deceleration fuel cut off）等裝置來修正噴油量。

二、構造及作用

(一)圖 2-8-112 為波細六缸機械式汽油噴射泵（injection pump）之構造，噴射泵包括總成及控制器兩部分。

1. 泵總成：包括凸輪軸、噴射柱塞、鋼筒、控制齒條（rack）等。
2. 控制部分：包括速率、負荷、壓力及溫度之整補裝置，加速時增加油量，減速時停止供油與冷引擎起動時額外供油之特種電磁線圈。

(二)噴射泵之潤滑由引擎潤滑系統供應，引擎機油經濾清器後送入凸輪軸室，經滾子舉桿（roller tappet）到柱塞彈簧室後流回引擎曲軸箱。

(三)噴油量之調節：噴射柱塞之行程是固定的，噴射量由柱塞之左右旋轉改變有效行程而調節之，柱塞之旋轉由齒環操作。圖 2-8-113 為噴油量之調節情形。

(四)齒桿控制器：引擎在不同轉速與負荷下必須供應不同之燃油，燃油量之控制由裝在噴射泵凸輪軸上之離心力調速器（centrifugal governor）來控制，加速踏板位置與離心飛重之作用力共同控制齒桿之位置，以供應適當之油量。圖 2-8-114 為齒桿控制器之構造。

(五)氣壓囊（barometric cell）：依周圍大

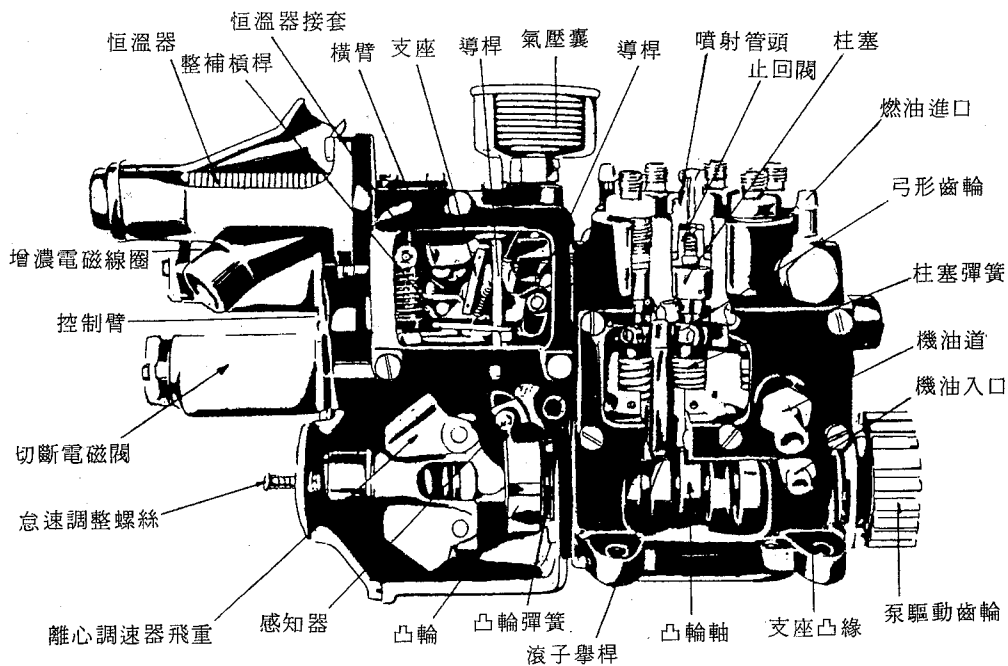


圖 2-8-112 六缸引擎的波細機械式燃油噴射泵剖面圖 [註108]

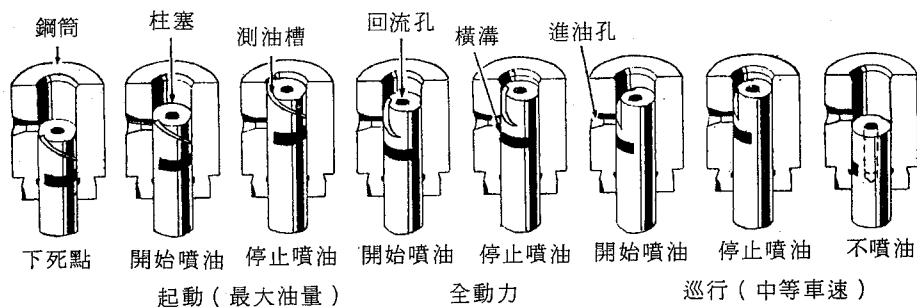


圖 2-8-113 噴油量調節 [註109]

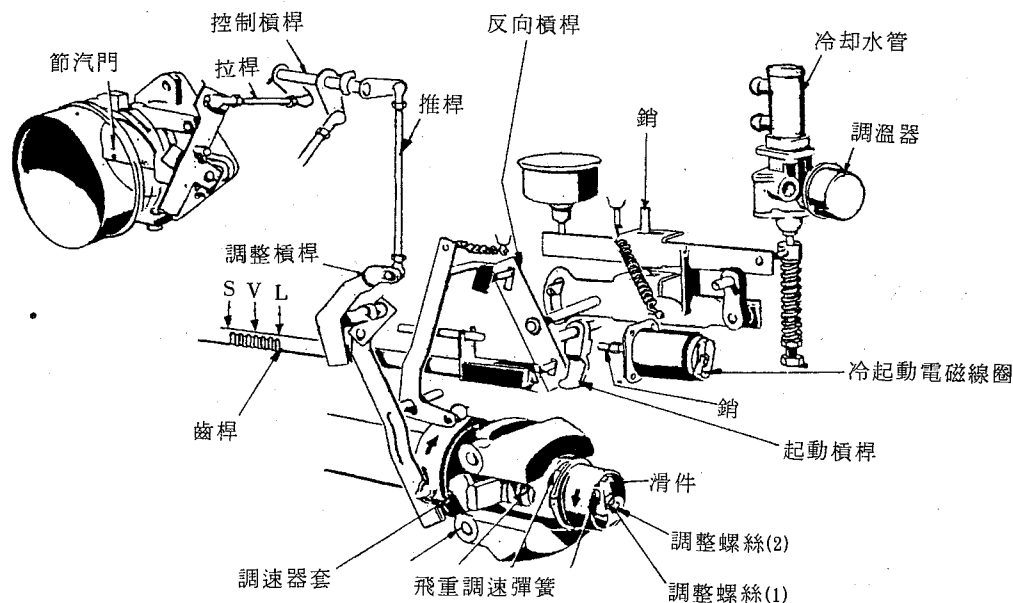


圖 2-8-114 齒桿控制器之構造〔註110〕

氣壓力之變化來修正噴油量，當氣壓低時氣壓囊膨脹，由銷作用在齒桿上，使噴油量減少；當氣壓高時氣壓囊收縮，銷退回以增加噴油量。

(六)調溫器：因引擎溫度之不同修正噴油量，當引擎冷時，調溫器收縮，使齒桿移向增加噴油的方向以提供濃混合汽；引擎溫度上升後，調溫器膨脹，將齒桿移向減少噴油方向，使混合汽濃度漸稀。

(七)起動增濃電磁圈 (starting enrichment solenoid)：冷引擎起動時需要較濃之混合汽，當冷引擎發動時，起動增濃電磁線圈直接作用到齒桿上，使齒桿越過全負荷輸出位置額外增加供油。起動增濃電路包括時間限制繼電器 (time limit relay) 及熱限制開關 (thermo-limit switch) 兩個控制部分：在起動引擎時，不論溫度如何，時間限制繼電器，使電磁線圈通電 2 秒鐘；熱限制開關在空氣溫度 $-25 \sim +10^{\circ}\text{C}$ ($-14^{\circ}\text{F} \sim +50^{\circ}\text{F}$) 範圍內可使電磁線圈之通電時間適當延長。

(八)減速時燃料切斷電磁線圈 (deceleration fuel cut-off solenoid)：當車輛減速時，此電磁線圈使齒桿移動到停止噴油位置，以節省汽油減少 HC 之排出。燃料切斷電磁閥由加速踏板連桿微動開關 (micro-switch) 及引擎轉速感知器 (speed sensor) 與電子控制器

控制之。在放鬆加速踏板節汽門於怠速位置時，微動開關使電路完成通路；當引擎轉速在 1,500 rpm 以上時，電子控制器使電路完成通路，電磁線圈產生作用將齒桿拉到不噴油位置；當引擎轉速降到 1,300 rpm 時，電子控制器使電路中斷，以恢復正常怠速運轉。

8-11-2 波細機械式汽油噴射系統

一、概述

西德波細公司出品之機械控制式汽油噴射系統為一連續噴射系統“CI”(continuous injection)，波細公司稱為 K-Jetronic，汽油以 3 巴 (bar) 之壓力連續噴到進汽歧管之各缸進汽門前孔道中。

二、CI 系統之組成

(一)圖 2-8-115 為 CI 系統之組成圖，油箱內有油箱泵將燃料以 0.2 kg/cm^2 之壓力送到主燃料泵；主燃料泵為電動轉子式泵，能產生 4 kg/cm^2 以上之壓力，因轉子式泵送油會產生脈動，因此將油先送到燃料儲蓄器 (fuel accumulator)，以便將脈動消除。

燃料經濾清器過濾後，一部分流到燃油控制分配器 (fuel distributor)，另一部分流到控制器。燃料分配器用以控制燃油量，並由壓力調節器之作用保持一定壓力，將超過之燃油經回油管流回油箱。

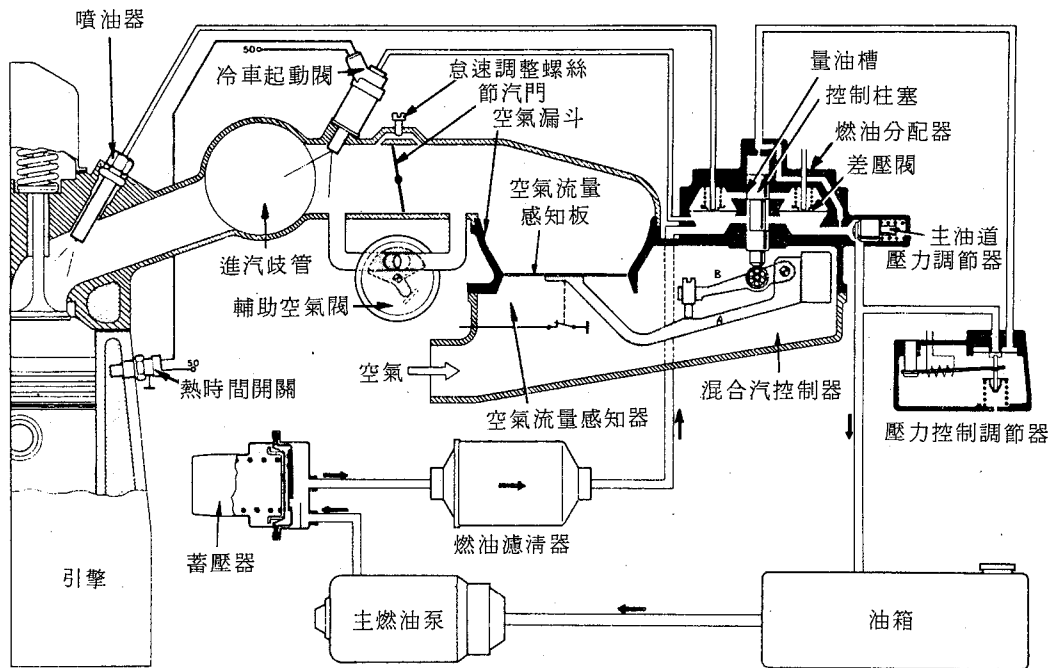


圖 2-8-115 波細 CI (K-Jetronic) 燃料噴射系統〔註111〕

(二)在空氣導入系統方面，空氣從空氣濾清器進入，先經空氣流量感知器計量後，經節汽門進入汽缸中，同時有一部分空氣在節汽門之前經旁通道由輔助空氣閥及怠速調節螺絲控制，直接進入進汽歧管之引擎側。

(三)CI 系統之作用：波細機械式連續噴射系統之作用情形如圖 2-8-116 所示，燃油由油箱經電動油泵壓送經蓄壓器、濾清器到燃油分配器，在燃油分配器配合進入之空氣量計量後，由噴油器噴入引擎。冷車起動時另有起動閥供應額外之燃油噴入節汽門後進汽歧管中。進入之空氣量受節汽門開度（也就是油門踏板位置）之控制，在空氣流量感知器計測流量，以控制燃油分配器。

三、CI 噴油系統主要機件之構造作用

(一)空氣系統之組成機件

1. 空氣濾清器：空氣濾清器用以除去空氣之灰塵等不潔物，使用可更換紙質濾蕊，通常每四萬公里應更換一次。

2. 空氣流量感知器：空氣流量感知器為根據引擎吸入空氣量由感知板連續測量，經連桿而使燃油分配器內的控制柱塞動作如圖 2-8-117 所示。感知器翼板裝在倒圓錐形文氏管之中心，以連桿 A 端為支點，能上下運動之薄板、感知板與 A 連桿之重量與另一端之配重保持平衡，使其能浮在文氏管中而能圓滑的上下運動（其構造及作用與兒童樂園之翹翹板相同）。

另外，在連桿 B 上有調整 CO 之螺絲，螺絲鎖入時混合汽變濃，退出時混合汽變稀。因連桿

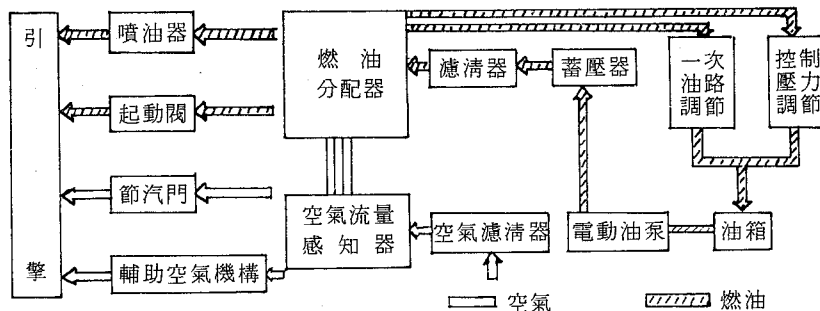


圖 2-8-116 波細機械式連續噴油系統之作用

B上有柱塞滾輪，上方為柱塞，螺絲鎖入時，感知板之位置不變（空氣量一定），但柱塞之位置變高（油量增多）。

(1)燃料控制的基本動作

文氏管中通過空氣量之多少，會改變感知板的上下移動量，通過的空氣增加時，感知板會升高。感知板上下移動時，經由連桿使燃油分配器中之控制柱塞依感知板之移動量而移動，如圖 2-8-118 所示。燃油分配器中央部上面裝有量油槽（長孔）之中空套筒，套筒內有能上下運動之控制柱塞，如圖 2-8-119 所示。此套筒與柱塞係精密配合，其間隙只有 0.001 mm，如有損壞必須成對更換，不能單獨更換。控制柱塞中央部之直徑較細，上部階級處稱為控制緣（control edge），感知板上升時亦使柱塞上升，控制緣在量油槽孔之位置較高

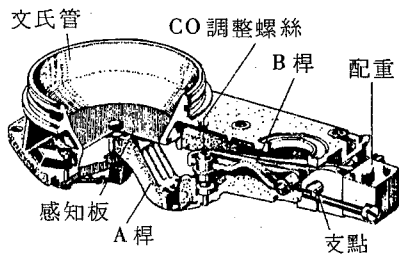


圖 2-8-117 空氣流量感知器之構造〔註112〕

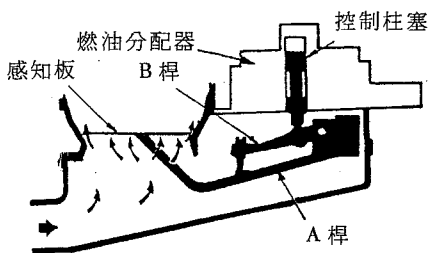


圖 2-8-118 空氣流量感知器之基本動作〔註113〕

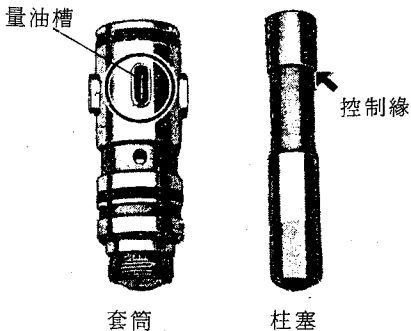


圖 2-8-119 控制柱塞與套筒〔註114〕

，開口（通到噴油器之燃油出口）較大，流到噴油器之流量增加；反之，感知板下降時亦使柱塞下降，控制緣之位置降低，開口變小，燃油量減少，如圖 2-8-120 所示。

①怠速及低速時作用

節汽門之開度很小時感知板之移動量甚少，柱塞位置低，測量槽開口面積小，只有少量的燃油能夠流到噴油器，如圖 2-8-121 所示。

②高速時之作用

高速時之作用如圖 2-8-122 所示，節汽門之開度很大時，引擎吸入之空氣增加，將感知板推到最高之位置，柱塞也被推到最高位置，量油槽之開口面積最大，大量之燃油流到噴油器，如此供給引擎之燃油量因量油槽開口面積而變化。

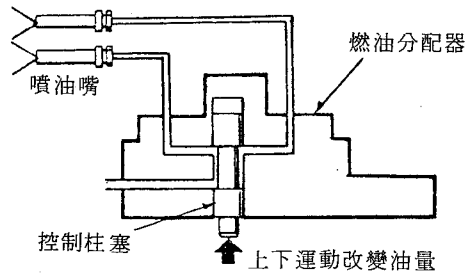


圖 2-8-120 燃料流量變化情形〔註115〕

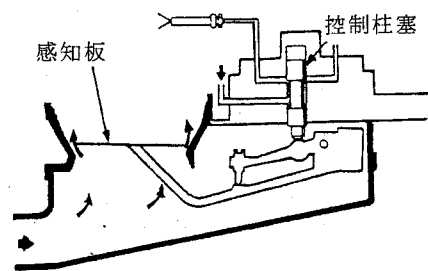


圖 2-8-121 怠速及低速時〔註116〕

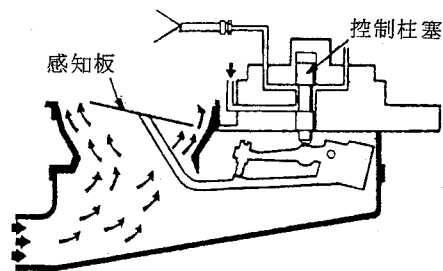


圖 2-8-122 高負荷高速行駛時〔註117〕

(2)文氏管之構造

因引擎之使用範圍很廣，在引擎之轉速負荷不同時所需之混合比亦不同，因此文氏管之形狀為非正倒圓錐形，係配合各狀況所需混合比而將文氏管壁分成三個階段，如圖 2-8-123 所示。倒圓錐形修正成上部直徑較小，下部直徑較大，當直徑較倒圓錐形之直徑小時，同樣之空氣量流過文氏管，感知板之升高度較高，使混合汽變濃，經修正後之文氏管能使怠速及高負荷時之混合汽變濃。

(3)空氣流量感知器之種類

空氣流量感知器有兩種不同形式，較常用者為文氏管上寬下窄之倒圓錐形，感知板向上移動者（空氣向上流動）。另一為文氏管上窄下寬之正圓錐形，感知板向下移動者（空氣向下流動）。此二種形式支點之位置不同，一在柱塞前方，一在柱塞後方，如圖 2-8-124 所示。

3.節汽門機構及怠速調整螺絲

節汽門上有節汽門調整螺絲用來調整在油門踏板未踩時之節汽門開度，以調整引擎怠速轉速；另外還有 CO 調整螺絲，用來調整旁通道之空氣量，如圖 2-8-125 所示。

4.空氣旁道閥

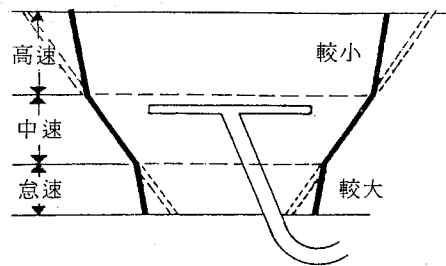


圖 2-8-123 文氏管之構造 [註118]

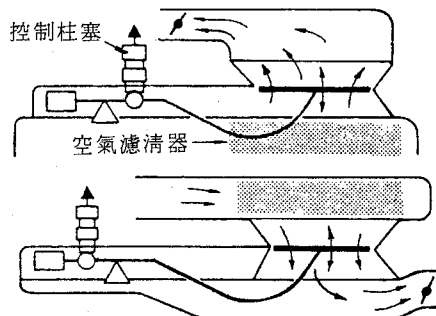


圖 2-8-124 空氣流量感知器之種類 [註119]

富豪 (Volvo) 於汽車之節汽門之中央有空氣旁道閥之設置，此閥當引擎煞車或節汽門突然關閉時可以防止混合汽變濃，如圖 2-8-126 所示。

5.輔助空氣閥

在引擎加溫運轉時導入輔助空氣，使轉速上升，同時使混合汽可保持較濃而使引擎轉動圓滑之裝置為輔助空氣閥，如圖 2-8-127 所示。在鋁製殼室之中央有用來控制空氣流量之扇形閥，閥之中央有空氣孔，空氣由此經過流到節汽門後引擎側。閥之開度控制利用熱偶彈簧，熱偶彈簧之外繞有電熱線 (heat coil)，在引擎起動之同時電流流入，使熱偶彈簧加溫，在低溫時熱偶彈簧彈力強，使輔助閥打開，輔助空氣流入使轉速

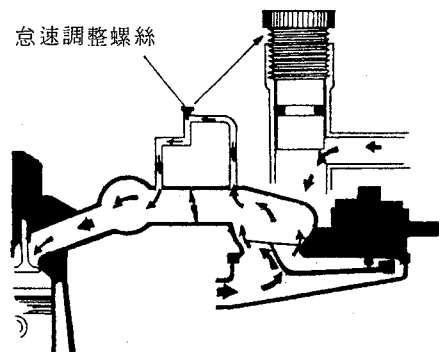


圖 2-8-125 怠速調整螺絲 [註120]

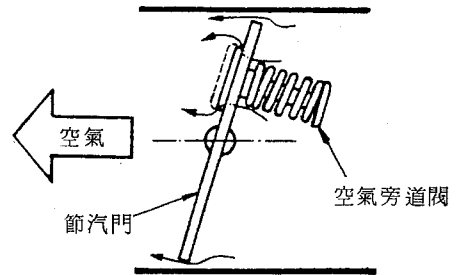


圖 2-8-126 空氣旁道閥之構造

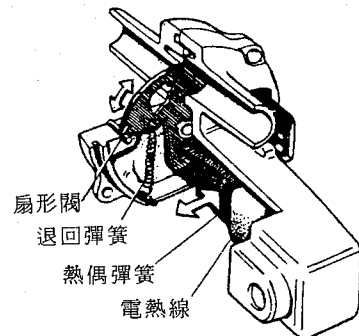


圖 2-8-127 輔助空氣閥之構造

上升(- 30℃時全開);引擎起動後數分鐘電熱線變熱,輔助閥自動關閉(+70℃時完全關閉),引擎回到正常的怠速轉速。

(二)燃料系統各機件

1. 油箱泵

油箱泵為電動推壓式,裝在油箱中與油箱中央部份為一體,在泵下方有特製之濾網,以過濾油箱中之灰塵、不純物等。泵之輸出部有止回閥以防止油箱泵停止時燃油倒流。

2. 主油泵

供應燃油噴射之主油泵為電動轉子式,電動馬達與油泵組合在一體,如圖 2-8-128 所示。此油泵於 12V 電壓時每小時之送油量約 100 公升,油泵之壓力超過規定值以上時會推開釋放閥而在油泵內循環,以防止壓力過高。在主油泵之輸出部與油箱泵一樣,裝有止回閥,以防止燃油倒流而保持油管中之靜壓 (rest pressure)。

3. 燃料儲蓄器

燃料儲蓄器又叫燃油緩衝器 (fuel damper),裝在主油泵之附近以除去燃油之脈動及長時間保持油管中之靜壓。

(1) 脈動之消除

主油泵動作時,將燃油從入口送入壓力室,燃油之壓力將膜片向下方壓,使彈簧壓縮。壓力室中分隔成幾室,有脈動之燃油流過時,逐漸把脈動除去。從出口送到燃油分配器時不再有脈動,如圖 2-8-129 (a) 所示。

(2) 長時間保持靜壓,引擎停止後閥及調整器機件(油泵止回閥、控制壓力調節器)充滿燃油,但此燃油壓力長時間會逐漸降低,其壓力降低之部分由膜片下之圈狀彈簧

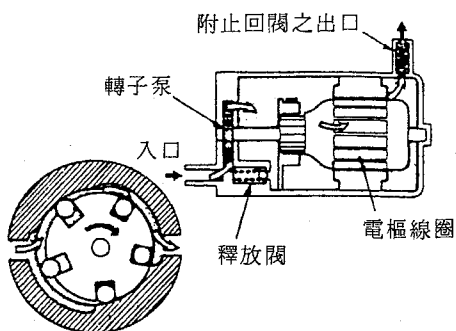


圖 2-8-128 主油泵之作用 [註121]

來補償,將膜片上推,如圖 2-8-129 (b) 所示,此種作用使油路系統經長時間仍然保持相當之靜壓存在。

4. 燃油濾清器

濾清器之濾紙為特殊尼龍網製成,將燃油中之不純物質濾去。因燃油分配器為非常精密之機件,燃油中有雜質進去時即造成故障。

5. 燃油分配器

燃油分配器由下列三部分組成:

(1) 油路壓力調節器: 控制油路中之壓力及靜壓之維持。

(2) 燃油控制單元 (fuel control unit) 控制分配到各噴油器之燃油。

(3) 壓力調節閥: 調節與測量槽開度無關之控制油壓,使經量油後之差壓保持一定。

① 油管壓力調節器

由活塞及圈狀彈簧組成,活塞之前端裝有護油圈 (seal ring),彈簧後面有調整壓力之墊片(墊片厚度有三種,1 mm 墊片可增減 0.6 kg/cm² 之壓力,0.5 mm 墊片可增減 0.3 kg/cm² 之壓力,0.1 mm 墊片可增減 0.06 kg/cm² 之壓力),圖 2-8-130 箭頭所指為從主油泵送來之燃油,進入燃油分配器;燃油壓力強時,將活塞向反方向壓,使流回油箱之通路打開,過多之燃油流回油箱中,如此保持油路中之壓力一定(油路中之壓力通常調整在 4.5~5.3 kg/cm² 之範圍)。

當主油泵停止,油路壓力急速下降時,或夏天發生氣阻時,活塞後方之彈簧將

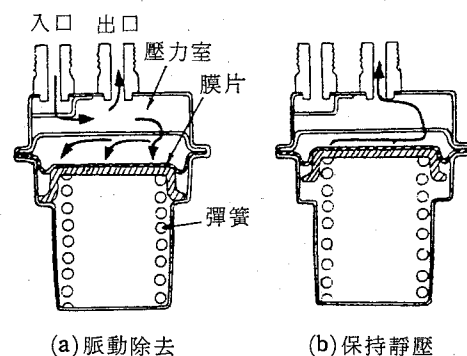


圖 2-8-129 燃油貯蓄器 [註122]

活塞向前推進，活塞前方之油封將回油道之通路關閉，使油路中能保持殘壓，稱為靜壓，如圖 2-8-131 所示。靜壓在 $1.7 \sim 2.4 \text{ kg/cm}^2$ 之範圍可保持 1 小時左右，油路中之壓力升高時，此靜壓亦受影響而變高，因此壓力非保持在一定範圍不可；靜壓太高時，噴油器之漏油會增加。

② 燃油控制單元

這是控制與感知板測定空氣量相對應油量之裝置，如圖 2-8-132 所示。由套筒與柱塞組成，套筒之上部圓周有測量槽（槽長 5 mm），其開口面積由柱塞之高度決定，柱塞位置高時，從這裏通過

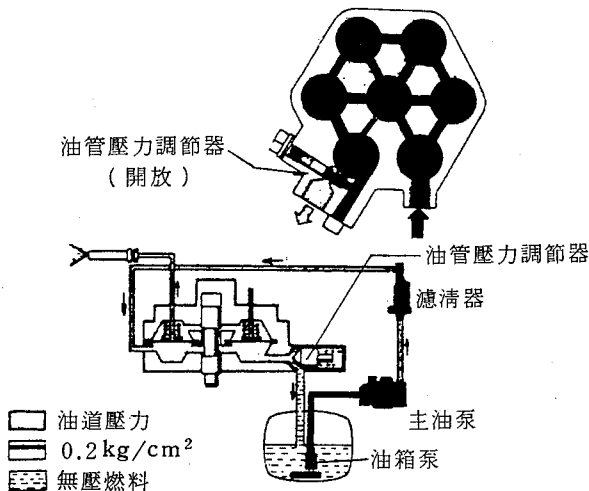


圖 2-8-130 油管壓力調節器保持油道壓力一定

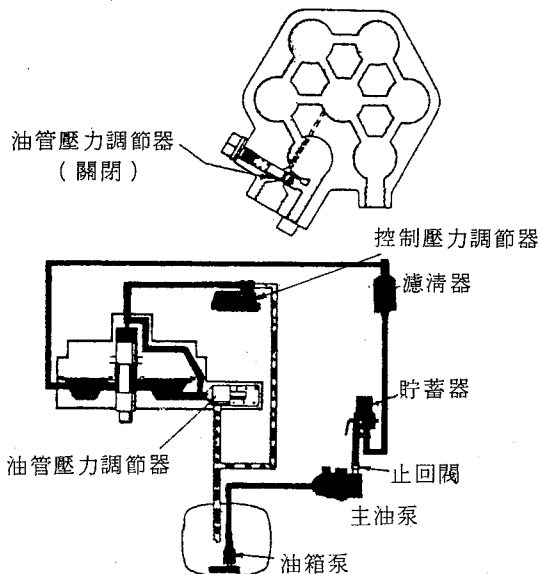


圖 2-8-131 油管壓力調節器保持油道殘壓〔註123〕

之燃油量增加，如圖 2-8-133 所示。

③ 壓力調節閥

壓力調節閥由測量槽通過之燃油量如前述，因開口面積之不同有很大的差異，因此需因柱塞位置不同而改變上室燃料流入之壓力。在槽通過前之壓力與油道壓力（line pressure）相同，通過槽後之壓力會減低（因槽為很狹小之孔狀），而降低壓力之大小因槽開口而異，但為了使燃料的噴射量能與引擎吸入之空氣量相對應，此壓力不可因槽之開度而異，應保持一定之差壓。此種保持一定之壓力稱為控制壓力，此壓力即由壓力調節閥來控制。此系統工作之壓力共有油道壓力、靜壓力及控制壓力三項。

A. 壓力調節閥以非常薄之鋼膜片分成上下二室。下室有環狀通道，與油道相同壓力之燃油流入；上室中有圈狀彈簧及彈簧座，保持一定差壓之動作即在這裏達成，如圖 2-8-134 所示。鋼膜片之基本位置如圖 2-8-135 所示，膜片上下分隔之室中充滿燃油，膜片會移動到上下室壓力均衡之位置。

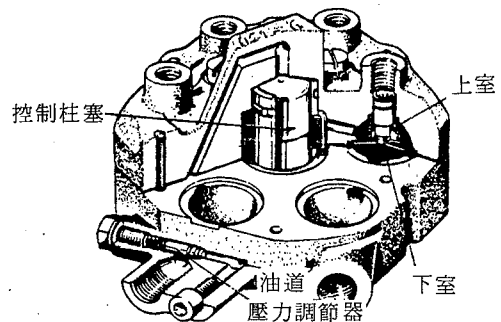


圖 2-8-132 燃料分配器之構造〔註124〕

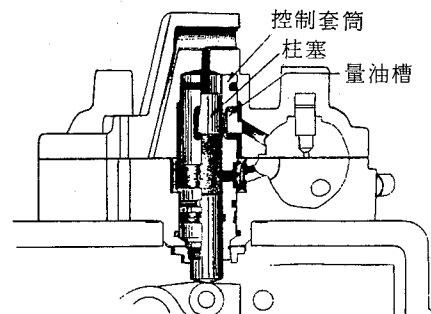


圖 2-8-133 燃料控制單元〔註125〕

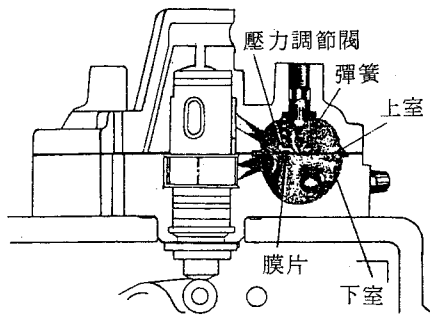


圖 2-8-134 壓力調節閥〔註126〕

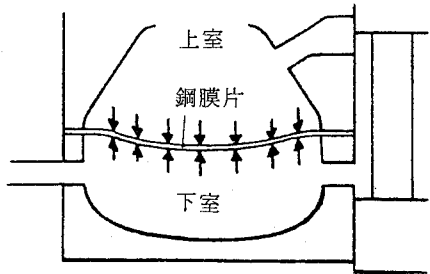


圖 2-8-135 鋼膜片之基本原理〔註127〕

B. 等速行駛時（含怠速或油門踏在一定位置不動之狀態，以一定速度行駛之場合），引擎吸入之空氣量不因負荷變化而保持一定量，控制柱塞的位置也保持一定，此時量油槽開口面積無變化，固定量之燃油經上室流過。

下室內之壓力與油道壓力相同（ 4.9 kg/cm^2 ），上室內流過之燃料油經油槽通過後會減壓，此時上室內裝置有彈簧（保持有 0.1 kg/cm^2 之壓力）以補償減低部份之壓力，使膜片保持水平位置（即上室壓力為 $4.8 \text{ kg/cm}^2 + \text{彈簧壓力 } 0.1 \text{ kg/cm}^2 = \text{下室壓力 } 4.9 \text{ kg/cm}^2$ ）。因此在等速行駛時，經由鋼膜片控制之燃油從膜片與出口之間的空隙流過，經分配油管送到各缸之噴油器，如圖 2-8-136 所示。

C. 加速時

當油門踏板踩下時，感知板上升，使控制柱塞大幅上升，量油槽之開口面積增大，上室流過之燃油量增加，壓力也同時上升，壓力大因此鋼膜片向下鼓起，流到噴油器之吐出孔大開，使噴油量增加。噴油量增加後，膜片

上室之燃油壓力會降低，而使膜片停留在上下室壓力平衡位置，如圖 2-8-137 所示。

如此在加速時控制柱塞上升，使加速時所必要的增加油量送出去，確保加速能很順暢圓滑，這與一般的加速泵有相同之作用。

6. 噴油器

引擎運轉時，燃油從噴油器連續的噴入進汽歧管到汽缸之吸入口中。噴入之燃料與空氣混合於進汽行程，當進汽門打開時吸入汽缸。噴油嘴中有彈簧力作用之板狀閥（disc type valve），噴油器之噴油壓力約 $3.3 \sim 3.5 \text{ kg/cm}^2$ ，當油管中之壓力達到上述範圍時，自動的開始噴射，如圖 2-8-138 所示。其動作與柴油引擎的噴油器之作用相似，但柴油引擎噴油器之開始噴射壓力約 $100 \sim 150 \text{ kg/cm}^2$ ，在壓縮行程末期以一定的量噴入。

7. 控制壓力調節器

控制壓力調節器或稱暖車調壓器（warm-up regulator），係裝於引擎體上，因溫度之變化而動作。冷引擎起動時或暖車時使控制壓力降低

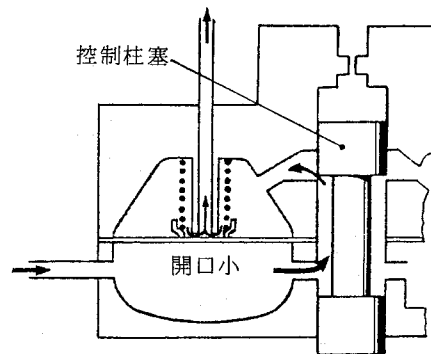


圖 2-8-136 等速行駛時膜片室之作用〔註128〕

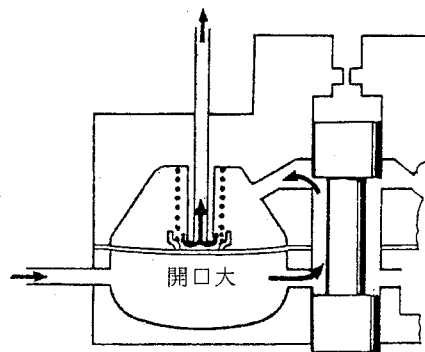


圖 2-8-137 加速行駛時膜片室之作用〔註129〕

，讓混合汽變濃之裝置，如圖 2-8-139 所示。有些車子並利用引擎真空於加速時強制使控制壓力降低，使混合汽變濃，以提高加速性能。

控制壓力調節器之作用如下：

(1)引擎冷時之作用

引擎冷時調節器內的熱偶彈簧向下壓住在其下之圈狀彈簧，溫度愈低愈向下壓。在熱偶彈簧活動端有一推桿，此推桿與膜片相連接，此膜片裝在調節器殼之上方，如圖 2-8-139 所示。膜片之上方為燃油室，一孔連接控制柱塞，另一孔連接到油箱之回油管。

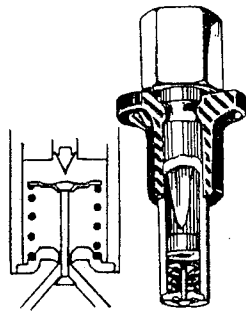


圖 2-8-138 噴油器構造 [註130]

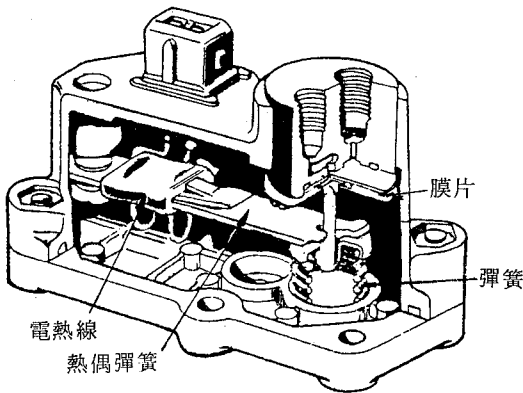


圖 2-8-139 控制壓力調節器 [註131]

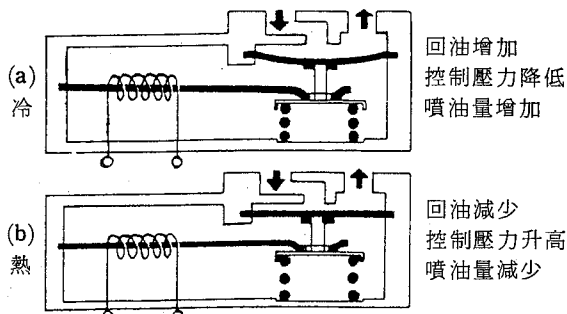


圖 2-8-140 控制壓力調節器之作用 [註132]

控制壓力之增減因膜片位置之高低而變化，在冷引擎如圖 2-8-140(a)，熱偶彈簧向下彎曲，使膜片被向下拉，流回油箱之燃油增加，控制壓力降低。同一空氣流量控制柱塞之位置變高，噴油量增加，使混合汽變濃。

(2)引擎溫熱時

引擎溫熱之同時，繞在熱偶彈簧周圍之電熱線有電流流過，熱偶彈簧被加溫，另外壓力控制調節器與前述之輔助空氣閥只有在燃油泵轉動時才有電流流入，在發火開關 ON 時兩電路不通，只有引擎轉動時才發生作用。這就是引擎停止時雖連續有電流流入，但引擎溫度未上升時，控制壓力不會降低，輔助空氣閥也沒有電流流入之原因。

電熱線加熱後，熱偶彈簧逐漸向上彎曲，開始壓膜片，限制流回油箱回油孔之面積，使流回油箱之油量減少，結果使控制壓力上升直到規定壓力為止 ($3.7 \pm 0.2 \text{ kg/cm}^2$)，以後就維持在此壓力下連續的控制 (即阻風作用解除)，如圖 2-8-140 (b)所示。

8.冷引擎起動注油器

冷引擎起動注油器係在冷引擎起動時，另外在節汽門後方噴油以幫助起動之噴油系統。係利用節溫定時開關控制噴油量及噴油時間之電磁閥來操作，最長噴射時間在 -20°C 時為 7.5 秒 (溫度比 -20°C 還低時噴射時間也不會延長)，溫度上升時，噴射時間隨溫度逐漸上升而次第減少，在溫度達 $+35^\circ\text{C}$ 時，噴射完全停止；噴射動作只有在打馬達時才會發生。

9.節溫定時開關

節溫定時開關裝在引擎體之側面，由冷却水之溫度控制，為一種利用熱偶彈簧控制接點的密閉型感知器，熱偶彈簧上繞有二只電熱線圈，一只使冷引擎起動注油器作用，另一只通到起動馬達。冷引擎起動時 ($+35^\circ\text{C}$ 以下)，接起動回路之接點閉合，電流可以流到冷引擎起動注油器去，使注油器噴油，電流流過電熱線圈時，使熱偶彈簧加熱而彎曲，經一定時間使接點分開，噴射停止。

8-11-3 混合比回饋控制機械式汽油噴射系統

一、概述

瑞典富豪汽車公司與西德波細汽車公司共同開發完成之混合比感知系統 (lambda-sound system) 係利用含氧感知器、電子控制器、頻率電磁閥 (frequency solenoid valve) 來修正 K-Jetronic 燃油分配器下室之壓力，而隨時修正噴油壓力，使噴油量受到控制，能將燃料基本噴射值做 20 % 之修正，以維持混合汽經常保持在理論混合比附近，配合三元觸媒轉換器之使用。

二、構造及作用

圖 2-8-141 為富豪汽車排汽控制系統 VEC (Volvo emission control system)，圖 2-8-142 為 VEC 燃油分配器之構造，圖 2-8-143 為燃料系統圖，由裝在油箱中之主油泵加壓，經過燃油蓄壓器吸收脈動後經燃油濾清器過濾後送入燃油分配器。由油道壓力調節器調整油道壓力在 4.5~5.3 kg/cm² 範圍，多餘之燃油經回流管流回油箱。同時有一部分油經限孔進入膜片之下室中，以降低壓力。本系統在下室與回油孔間裝置頻率電磁閥，如電磁閥打開時間長回油量增

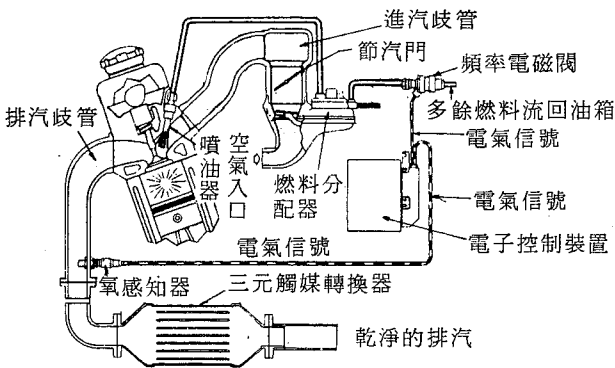


圖 2-8-141 富豪 (Volvo) 1981 年 VEC 動作循環圖

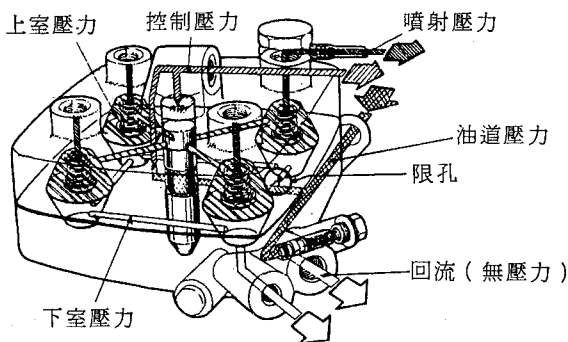


圖 2-8-142 富豪 VEC 系統燃油分配器構造及壓力油分佈

加時，下室壓力變低，使噴油量增加，如圖 2-8-144 所示，反之則噴油量減少，如圖 2-8-145 所示。圖 2-8-146 為 VEC 動作循環圖。

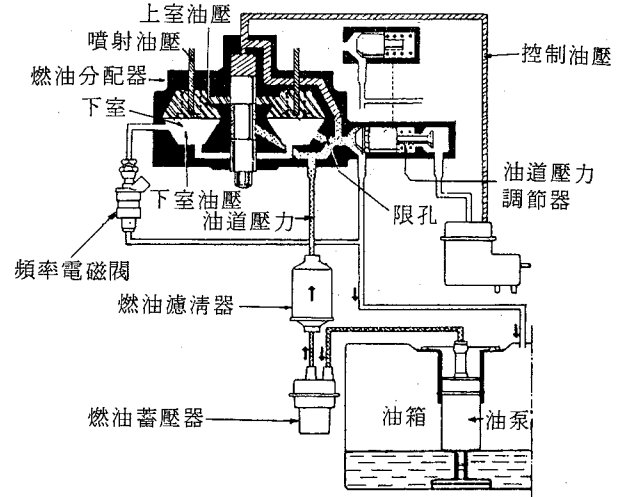


圖 2-8-143 VEC 燃料系統圖

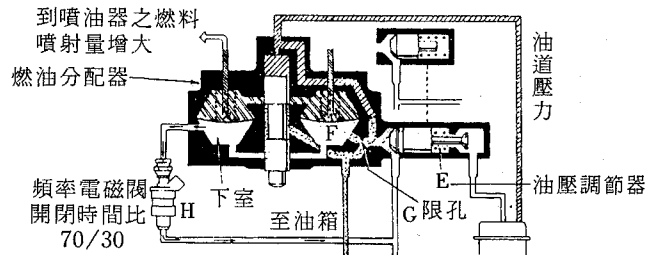


圖 2-8-144 下室壓力降低混合汽變濃

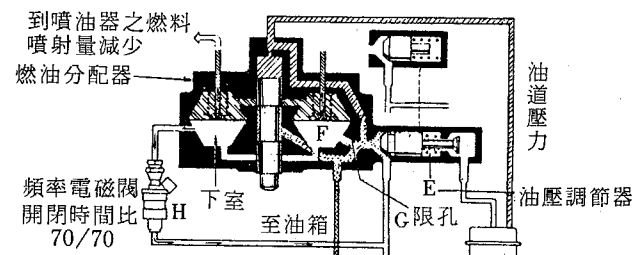


圖 2-8-145 下室壓力升高混合汽變稀

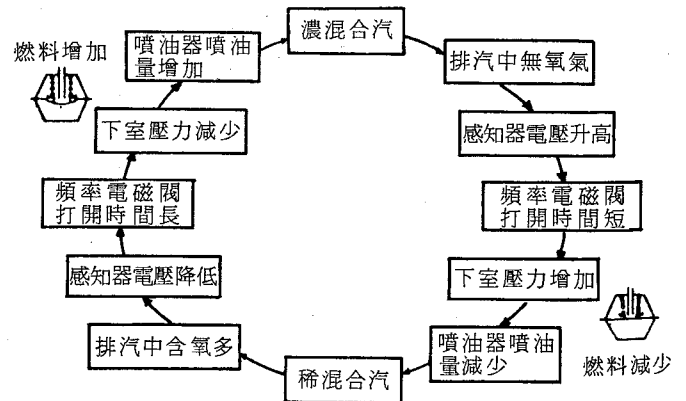


圖 2-8-146 VEC 系統動作循環圖〔註133〕

第十二節 電子控制汽油噴射系統

8-12-1 概述

(一)電子控制汽油噴射系統係美國本的氏公司於1957年首先發表，1961年正式公開其產品。1967年德國波細公司以本的氏公司的專利做基礎，再研製成功可靠的電子控制汽油噴射裝置(D-Jetronic)或叫做ECGI(electronic controlled gasoline injection)裝置。1968年，德國福斯(Volkswagon)汽車公司及歐洲許多汽車廠相繼採用波細廠“ECGI”裝置，不久波細廠再改良原來由壓力計量燃料之D-Jetronic，開發一種以空氣量計量燃料之L-Jetronic，使電子控制汽油噴射裝置更趨理想。

(二)接著，美、日等國之汽車製造廠相繼與波細廠技術合作，發展電子控制汽油噴射裝置，目前日本日產公司使用之EGI(electronic gasoline injection)、豐田汽車公司所使用之EFI(electronic fuel injection)、五十鈴汽車公司所使用之ECGI(electronic controlled gasoline injection)等之電子控制汽油噴射系統均與波細之L-Jetronic系統相同。日本三菱汽車公司所使用之ECI(elec-

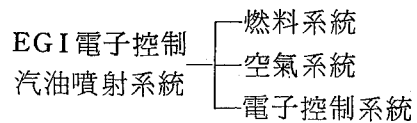
tronic controlled injection)則係自行開發，以旋渦及超音波來控制燃料噴射之新系統。

8-12-2 L-Jetronic(EGI)空氣量計量式電子控制汽油噴射系統

一、概述

(一)現以日產汽車公司、波細公司、日本柴油機器公司等三家合創之日本電子機器公司所製之電子控制汽油噴射裝置(EGI)來詳細說明其構造及作用。

(二)EGI電子控制汽油噴射系統之組成如圖2-8-147所示，包括三大系統：



二、燃料系統

(一)EGI之燃料系統如圖2-8-148所示，燃料從油箱經過燃油泵壓送至燃油緩衝器來減少其脈動，然後經過燃料過濾器將雜質及水分過濾，再流至燃料噴油器及冷起動閥，而由燃料噴油器噴到進汽歧管吸入各汽缸中，剩餘的燃料通過壓力

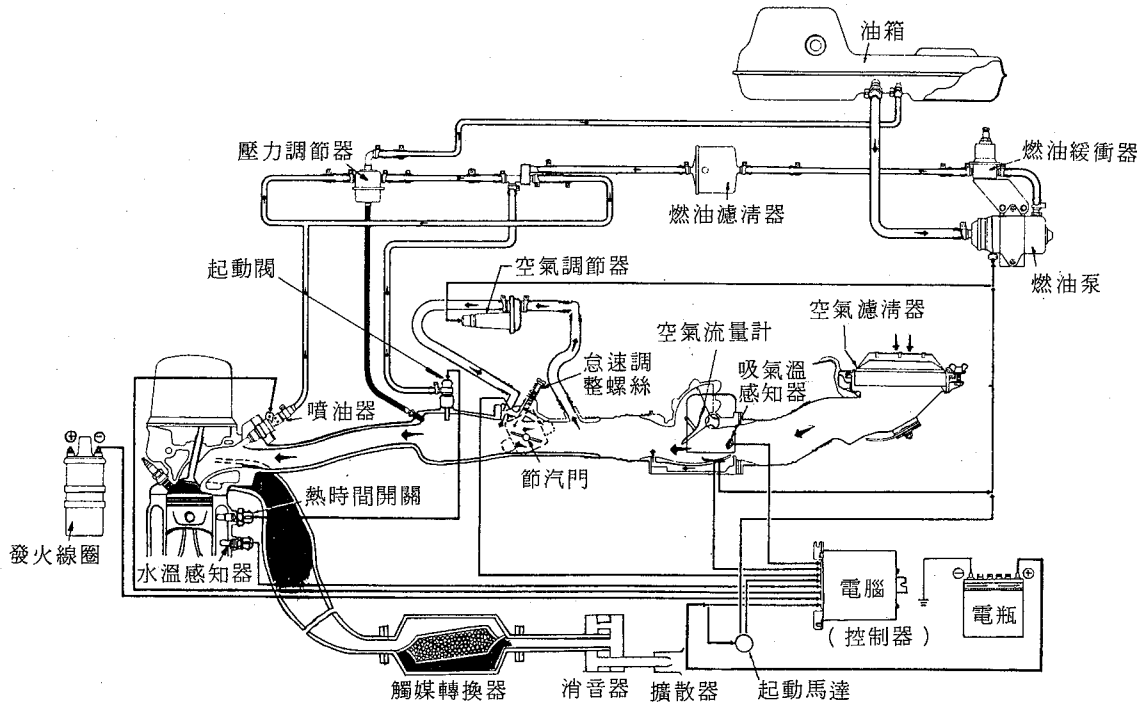


圖 2-8-147 日產 EGI 電子控制汽油噴射系統〔註134〕

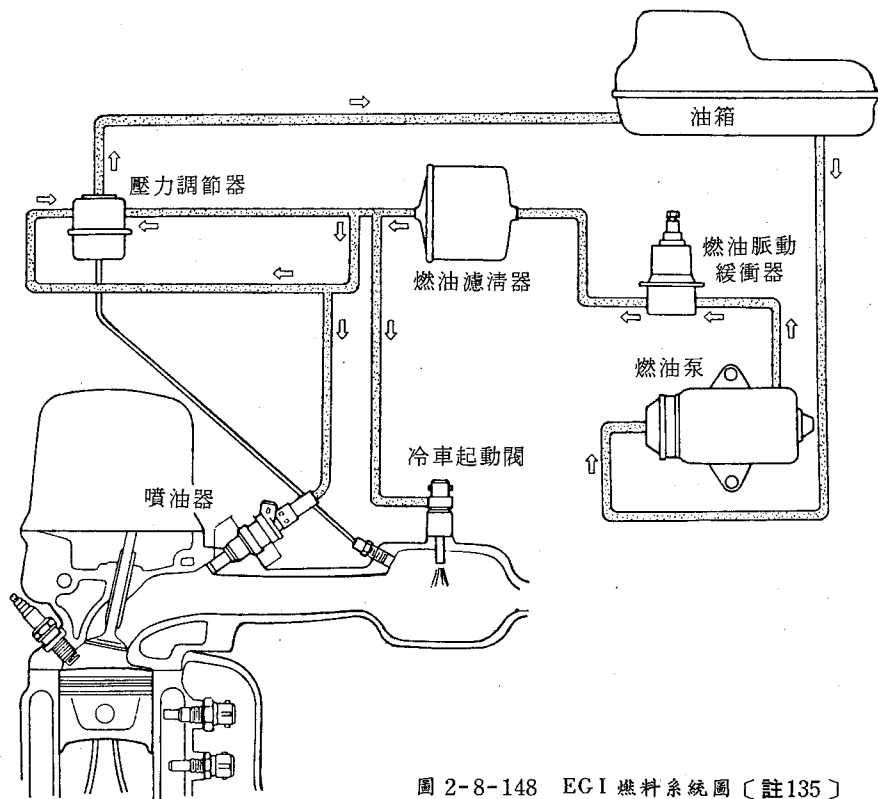


圖 2-8-148 EGI 燃料系統圖〔註135〕

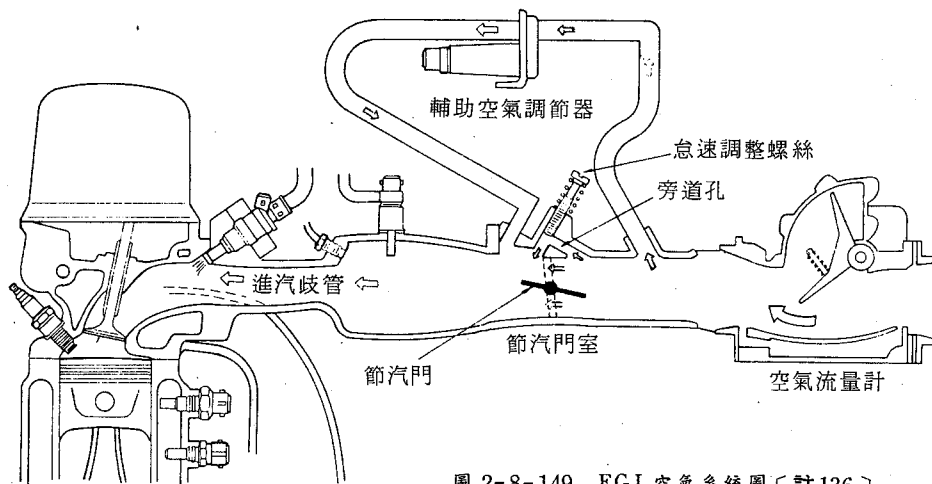


圖 2-8-149 EGI 空氣系統圖〔註136〕

調整器流回油箱。

(二)壓力調節器能自動修正油壓以配合引擎需要，在冷引擎起動時，冷起動閥能供應額外之汽油到進汽歧管，使引擎易發動。

三、空氣系統

(一)圖 2-8-149 為空氣系統圖，由空氣濾清器吸入的空氣量經計量器測量後，再經過節汽門通道與進汽歧管供給至各汽缸。

(二)行駛時空氣的流量由通道中之節汽門來控制，在怠速節汽門關閉時，空氣由旁道孔通過，

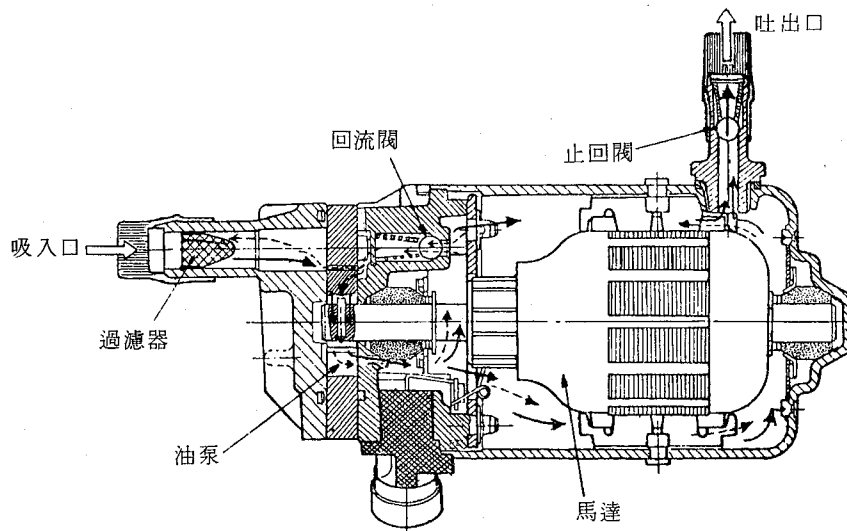
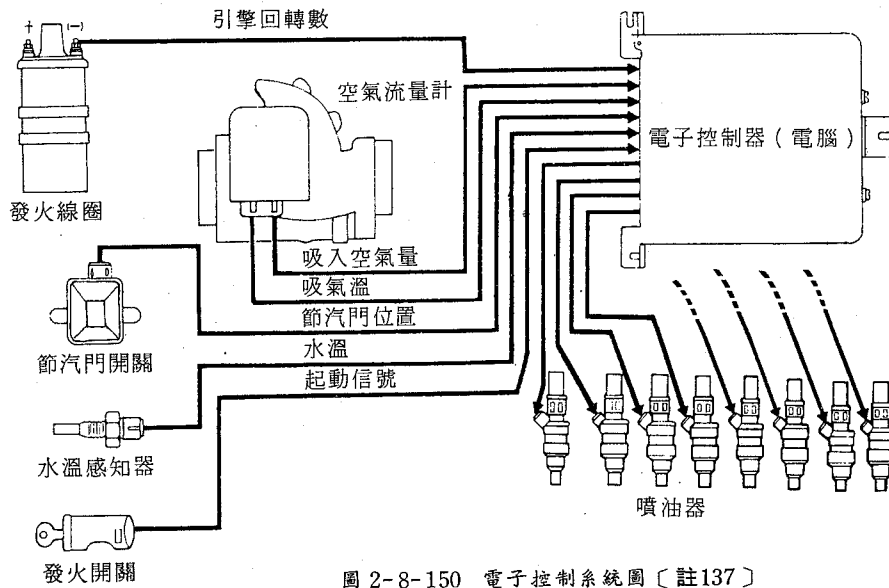
怠速之轉速由怠速調整螺絲及旁通孔來調整治過之空氣量。

(三)另外在冷引擎加溫時，由輔助空氣調節器供應額外之空氣，以提高冷引擎怠速轉速，防止引擎熄火，縮短引擎加溫時間。

四、電子控制系統

圖 2-8-150 為電子控制系統圖，電子控制器接受下列的信號而作用。

(一)引擎運轉的信號：發火線圈（一次線圈之“—”側）。



- (一)吸入空氣量：空氣流量計量器。
 - (二)起動信號：起動開關。
 - (三)節汽門怠速位置
節汽門全開位置 } 節汽門開關。
 - (四)冷却水溫度：水溫感知器。
 - (五)吸入空氣溫度：吸入空氣溫度感知器。
- 電子控制器接受這些信號，依車輛的行駛狀況、引擎所需要之適當燃料，命令噴油器來供給。

8-12-3 燃料系統各機件之構造及作用

一、燃油泵

(一)功用：燃油泵是供給噴油器及冷車起動閥

所需之燃料。

(二)構造：如圖 2-8-151 所示，燃油泵為電動馬達轉子式泵，吸入口處有濾網，吐出口處有單向止回閥，內部為濕式充滿燃料油。

(三)作用：轉子泵迴轉時由於離心力的作用使轉子向外移動而與作用室壁接觸，這個迴轉部分與作用室是偏心的，因此在迴轉時產生容積大小的變化，由小變大的一邊將燃油吸入，由大變小的一邊將燃油壓出，如圖 2-8-152 所示。

(四)回流閥：當燃料管路內壓力超過規定壓力時，回流閥開啓使燃料回流，回流閥開啓壓力約為 $3.0 \sim 4.5 \text{ kg/cm}^2$ 。

(五)止回閥：止回閥之目的是防止引擎在停止

運轉時油管内燃料壓力急激下降，以確保下次引擎起動時容易。燃油泵於點火開關在起動位置與引擎運轉時（點火開關打開而空氣流量計量器內燃油泵接點閉合的狀態）才有作用。

二、燃油脈動緩衝器

(一)功用：減少由燃油泵壓出之燃油的脈動。

(二)構造：如圖 2-8-153 內部有空氣室及燃料室，中間以膜片隔開，並在空氣室與膜片間用彈簧來壓制。

(三)作用：由油泵壓來燃油之壓力作用於膜片，燃油室產生容積變化而吸收脈動。

三、燃油濾清器

(一)功用：內有濾蕊將燃料內不純物質過濾除去。

(二)構造：如圖 2-8-154 所示，使用筒型紙質濾蕊。

(三)作用：燃油泵壓出之燃油由濾清器下方進入，然後經過濾蕊由上側流出，並將燃油中之水分留存在底部，每 40,000 公里更換一次。

四、噴油器

(一)功用：噴油器安裝於各汽缸進汽門之附近，接受控制器送來之信號，噴入引擎所需的燃料。

(二)構造：如圖 2-8-155 所示，為電磁式噴嘴，由針型閥及電磁線圈、退回彈簧等組成。

(三)作用：由控制器送來之信號（電流）進入

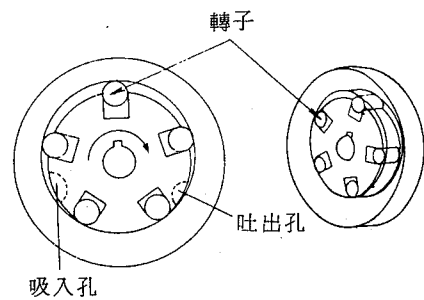


圖 2-8-152 燃油泵轉子之作用〔註139〕

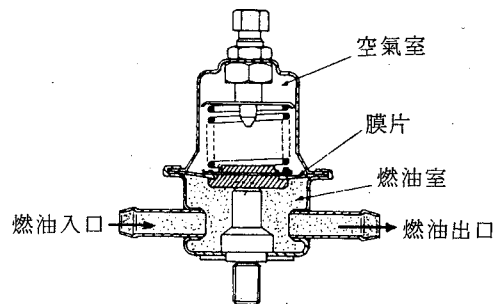


圖 2-8-153 燃油脈動緩衝器

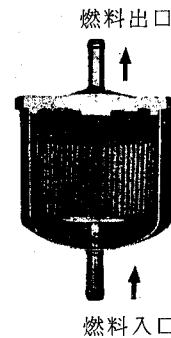


圖 2-8-154 燃油濾清器〔註140〕

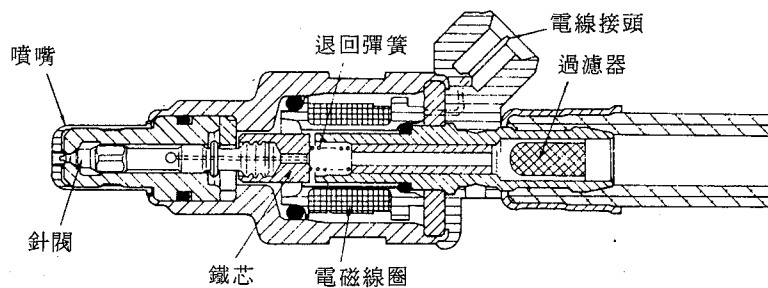


圖 2-8-155 噴油器構造

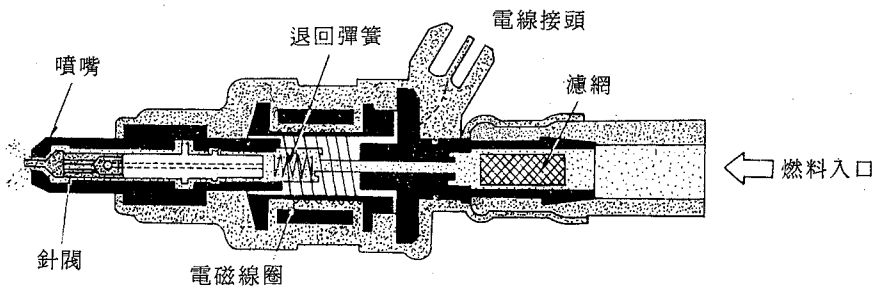


圖 2-8-156 噴油器之作用〔註141〕

噴油器內的電磁線圈，其針型閥與鐵蕊結合成一體，在鐵蕊處產生電磁作用而吸引針型閥，使其離開閥座讓燃料噴出，如圖 2-8-156 所示。

燃油之噴射量是由針型閥開啓時間的長短來決定（其行程一定），噴射量在一個循環（進氣、壓縮、動力、排汽）間將引擎需要量作二次噴射，曲軸轉動一轉只噴射一個循環所需要量的 $\frac{1}{2}$ ，各缸之噴油器是同時作用的。其作用電壓為 3 ~ 5 V，電阻為 2 ~ 3 Ω 。

五、壓力調節器

(一)功用：壓力調節器是將燃油泵壓送到噴射系統之燃料壓力加以調整。

(二)構造：如圖 2-8-157 所示，膜片裝在壓力調節器中，彈簧壓於膜片，其膜片室上方接進汽歧管之真空，在膜片下有一活門。於燃料室處有進油孔及回油孔。

(三)作用：燃油由燃油入口進入燃料室內，在壓力超過彈簧彈力時將膜片壓上而開啓回油孔流回油箱，以保持噴油系統之壓力一定。其次在膜

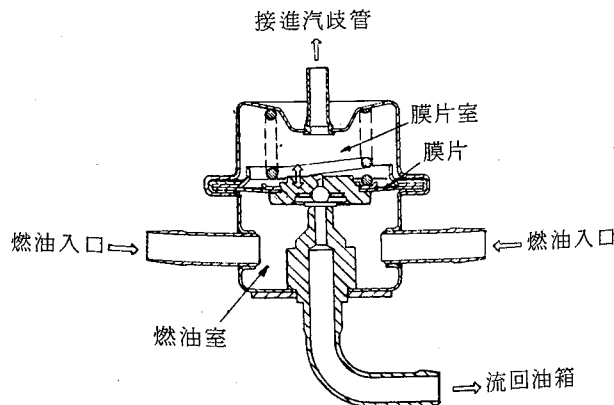


圖 2-8-157 壓力調整器構造

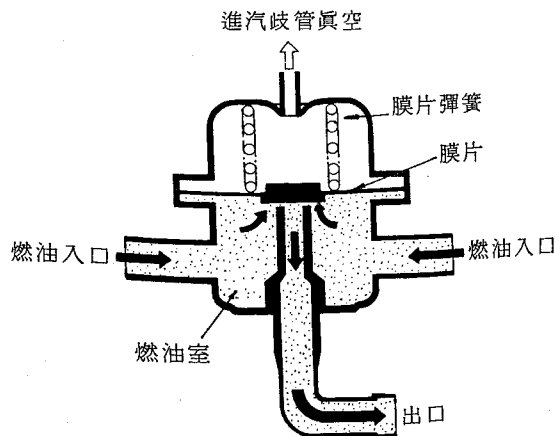


圖 2-8-158 壓力調整器之作用〔註142〕

片室處有引擎進汽歧管之真空，這個真空之變化亦使膜片作用來改變燃料之壓力。檢驗值在怠速時約為 2.0 kg/cm²，在節汽門全開時約為 2.5 kg/cm²，如圖 2-8-158 所示。

六、冷車起動閥及節溫定時開關

(一)功用：冷車起動閥是在氣溫特別寒冷時保持良好起動性能之燃料噴射裝置。節溫定時開關是與冷起動閥串聯，用其內部之熱偶片來感知冷卻水的溫度而將線路接通或關閉。

(二)構造：

1.冷車起動閥：是由閥座、鐵蕊、電磁線圈、噴嘴所構成。為使與空氣有良好的混合，採用渦流式的噴嘴。

2.節溫定時開關：係使用白金點及熱偶片受電熱線圈之熱而作用。

(三)作用：

1.水溫 18°C 以下起動時如圖 2-8-159 所示。引擎在 18°C 以下時，節溫定時開關之熱偶片白金接點閉合，在打馬達時使電路在接通位置，冷起動閥作用，將多量之燃料噴入進氣歧管中。

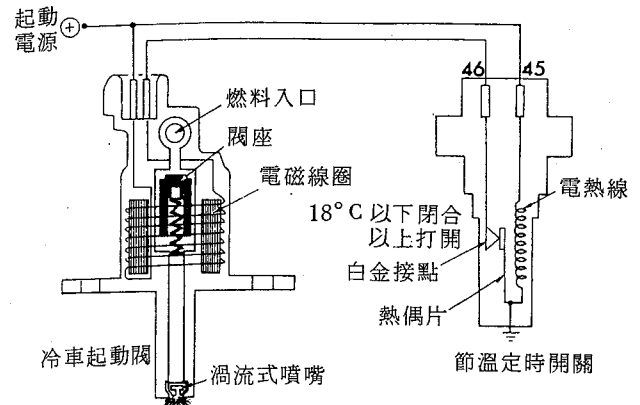


圖 2-8-159 水溫 18°C 以下時冷車起動閥及節溫定時開關之作用〔註143〕

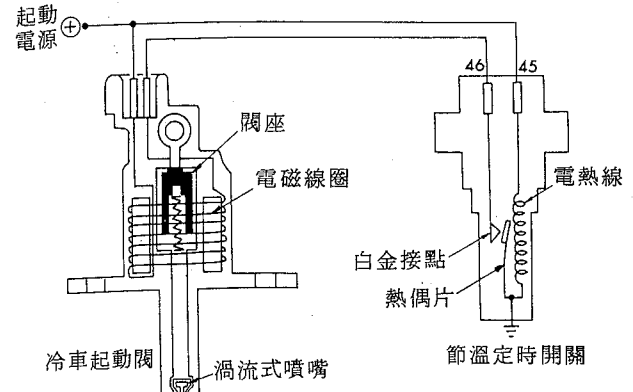


圖 2-8-160 水溫 18°C 以上時冷車起動閥及節溫定時開關之作用〔註144〕

2. 水溫 18℃ 以上起動時如圖 2-8-160 所示。引擎在 18℃ 以上起動時，節溫定時開關之熱偶片白金點開，點火開關在起動位置時冷車起動閥沒有作用。

3. 檢查時冷車起動閥之電阻 3 ~ 5 Ω，節溫定時開關之白金點在 18℃ 以下時 → ON，在 18℃ 以上時 → OFF，電熱線圈之電阻 60 ~ 90 Ω。

8-12-4 空氣系統各機件之構造及作用

一、空氣流量計量器

(一) 功用：空氣流量計量器是裝置於空氣濾清器與節汽門之間，將其電氣信號送至控制機構，用來測量計算吸入之空氣量。

(二) 構造：空氣流量計量器分為翼片 (flap) 與本體兩部分，如圖 2-8-161 所示。本體視吸入空氣而移動，在翼片設有回火時之反壓力釋放閥，另外有使本體之脈動緩和和作用之緩衝室及緩衝板，如圖 2-8-161、162、163 所示。

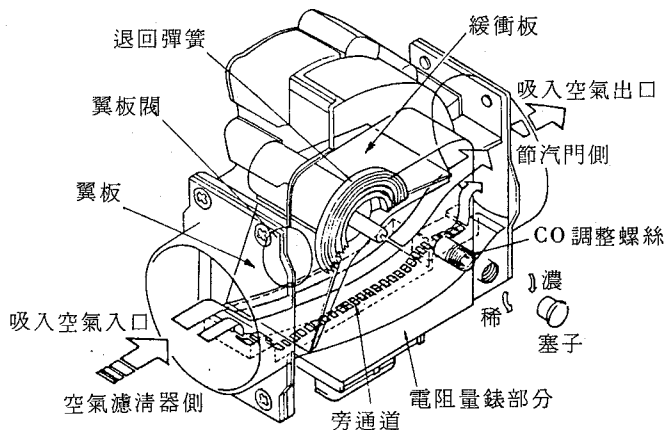


圖 2-8-161 翼板式空氣流量計構造 [註145]

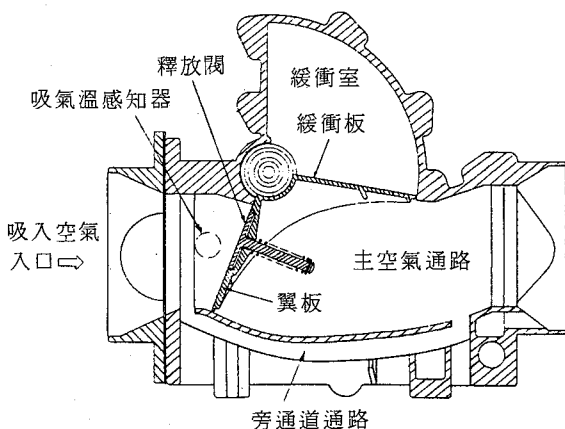


圖 2-8-162 空氣流量計量器構造(一) [註146]

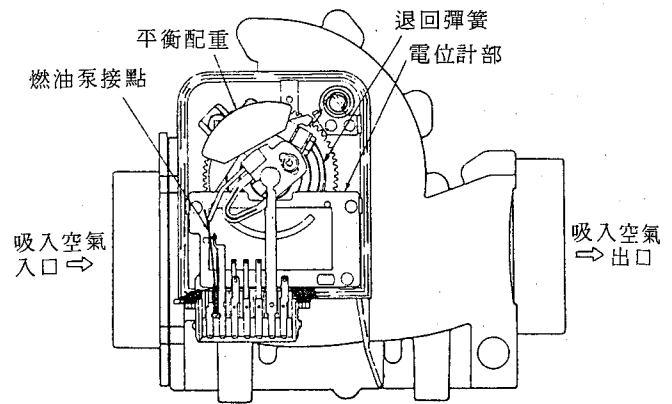


圖 2-8-163 空氣流量計量器構造(二) [註147]

空氣流量計量器有本體主空氣通路與下部旁通道路，在主空氣通路處裝置有進汽溫度感知器。在本體電阻量錶部分使用退回彈簧來使翼板關閉，翼板之動作使平衡配重及燃油泵之白金接點、可變電阻一起連動，構造如圖 2-8-163 所示。

(三) 作用：

1. 空氣通過空氣濾清器而將翼板壓下，翼板受到吸入空氣衝力旋轉一角度，而與退回彈簧力平衡，翼板旋轉角度與吸入空氣量成正比，翼板軸使可變電阻之接點移動，產生信號送到控制器，如圖 2-8-164 所示。

2. 燃油泵白金點在引擎停止時開啓 (OFF)，燃料泵不發生作用，一旦引擎起動，由於翼板有角度的移動使白金點閉合 (ON) 而使燃料泵開始作用。

3. 怠速時之作用

在怠速時由於節汽門關閉，所以吸入空氣量較少，翼板之移動量很小，空氣由主空氣通路及旁道通路吸入，如圖 2-8-165 所示。

4. 高負荷時之作用：

在高負荷時節汽門開啓較大，使吸入較多的

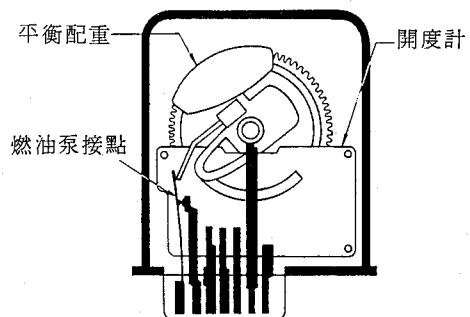


圖 2-8-164 空氣流量計量器之信號電阻 [註148]

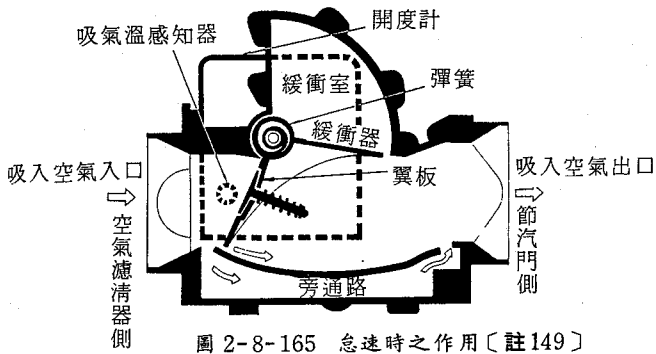


圖 2-8-165 怠速時之作用〔註149〕

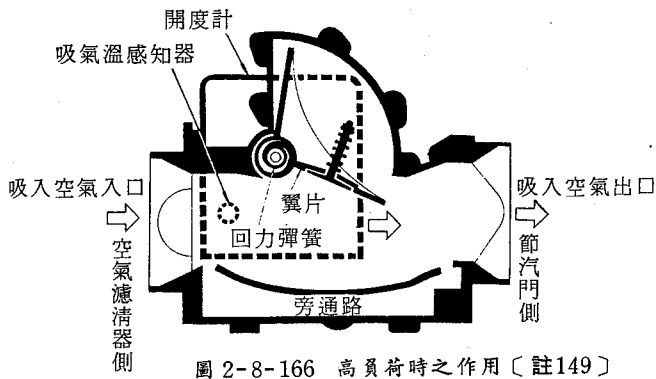


圖 2-8-166 高負荷時之作用〔註149〕

空氣，空氣經過主空氣通路吸入，如圖 2-8-166 所示。

二、空氣調節器

(一)功用：空氣調節器是於低溫引擎起動時及起動後預熱時使輔助空氣閥增加空氣量。

(二)構造：空氣調節器分封臘摺盒式與熱偶片式二種。

1.封臘摺盒式：裝於節溫器殼處，其封臘摺盒用以感知冷卻水之溫度，在前端裝有活塞及內藏彈簧等，如圖 2-8-167 所示。

2.熱偶片式：在熱偶室內裝有熱偶片，熱偶片受電熱線的熱加溫而作用，使空氣通路開閉，

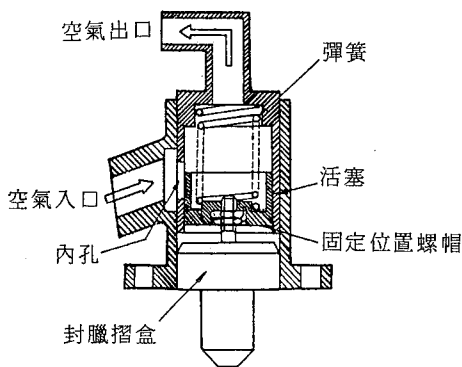


圖 2-8-167 封臘摺盒式空氣調整器構造〔註150〕

如圖 2-8-168 所示。

(三)作用：

1.封臘摺盒式：

(1)隨著冷卻水之溫度升降，封臘摺盒產生伸縮作用使活塞上下移動，來改變進氣孔道，增減空氣之流量。

(2)空氣通路在冷卻水溫度低時開啓較大，如圖 2-8-169 所示，溫度高時將空氣通路關閉，如圖 2-8-170 所示。

2.熱偶片式：引擎冷時遮門打開，流入供引擎起動及引擎預熱所需之空氣，起動後由點火開關流入電熱線圈之電流，使熱偶片受熱而慢慢將遮門關閉，如圖 2-8-171 所示。遮門之初期開度是隨著周圍溫度而改變，之後隨熱偶片之彎曲而

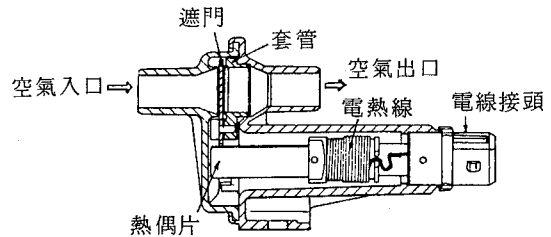


圖 2-8-168 熱偶片式空氣調整器構造〔註151〕

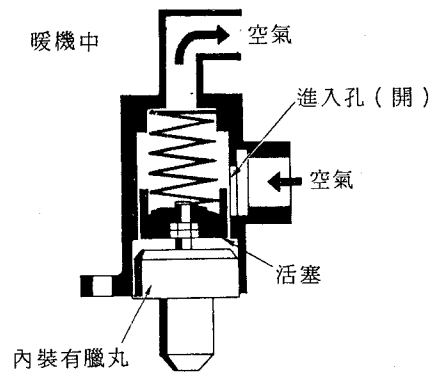


圖 2-8-169 溫度低時打開〔註152〕

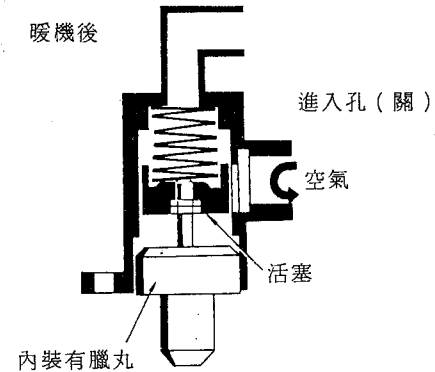


圖 2-8-170 溫度高時關閉〔註153〕

改變，溫度低時初期開度較大，如圖 2-8-171 所示，溫度高後空氣道關閉，如圖 2-8-172 所示。

三、節汽門總成

(一)功用：節汽門總成的功用是控制節汽門處吸入之空氣量。

(二)構造：節汽門總成是由節汽門、怠速時之空氣通路、空氣旁通路等構成，如圖 2-8-173 所示。

(三)作用：

1. 怠速（節汽門全開）時空氣流經旁通路，使用在旁通路中之怠速調整螺絲來調整怠速之轉速。

2. 在加速踏板踩下時節汽門開啓，由主空氣

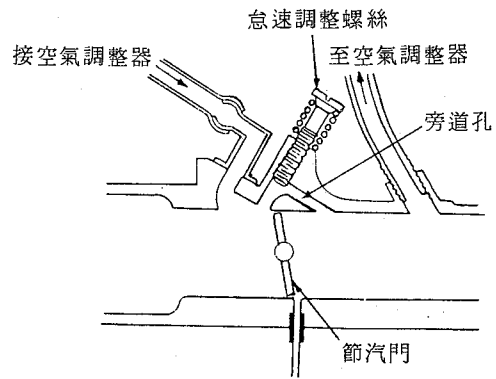


圖 2-8-173 節汽門總成構造〔註156〕

通路通過之空氣較多。

8-12-5 電氣系統各機件之構造及作用

一、水溫感知器

(一)功用：水溫感知器是用來感知冷却水之溫度，以提供適應水溫之補充增加燃料量信號，將信號送至控制機構之機件。

(二)構造：如圖 2-8-174 所示，在水溫感知器中裝有熱敏電阻，其有隨著水溫之增高而減小電阻之特性。

(三)作用：

1. 水溫低時電阻大，將較多噴射量之信號送至控制機構；水溫高時電阻小，將少量噴射之信號送至控制機構。

2. 水溫約 80°C 以上時控制機構就沒有補充增加燃料量的作用。電阻值在 20°C 時約為 2.5 kΩ。

二、進汽溫度感知器

(一)功用：進汽溫度感知器是測定空氣流量計量器內吸入空氣之溫度，而將適應進氣溫度補充增加燃料量之信號送至控制機構。

(二)構造：如圖 2-8-175 所示，進汽溫度感知器與水溫感知器同樣使用熱敏電阻。

(三)作用：其作用與水溫感知器一樣，在進氣

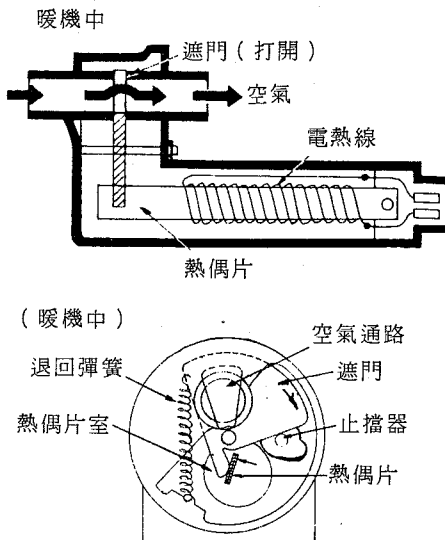


圖 2-8-171 溫度低時打開〔註154〕

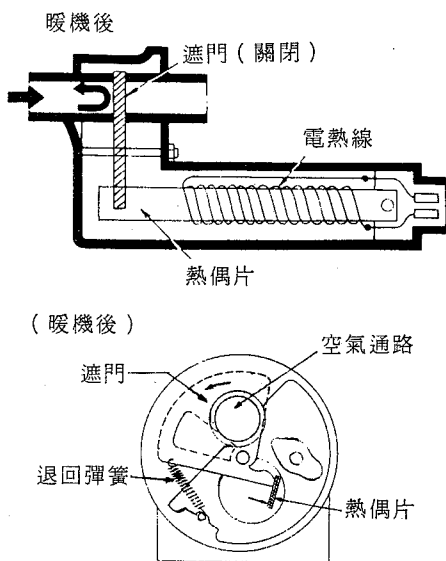


圖 2-8-172 溫度高時關閉〔註155〕

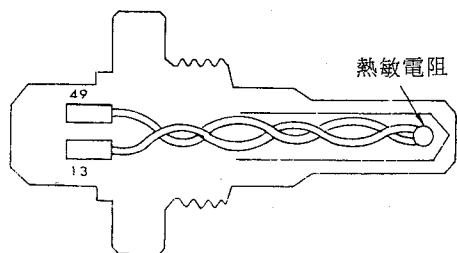


圖 2-8-174 水溫感知器之構造〔註157〕

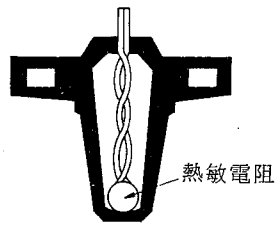


圖 2-8-175 進汽溫度感知器之構造〔註158〕

溫度約20°C 以上時控制機構之補充增加燃料量沒有作用。在20°C時其電阻值約為2.5 kΩ。

三、節汽門開關

(一)功用：節汽門開關是用來測定節汽門在全開或全關之位置，而將其信號送至控制機構。

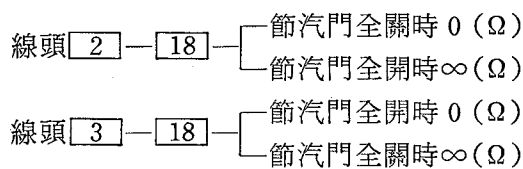
(二)構造：如圖 2-8-176 所示，節汽門開關裝於節汽室內而與節汽門軸連動，節汽門軸的凸輪操縱可動白金接點，於怠速時與怠速接點閉合，於節汽門全開時與全開接點閉合。

(三)作用：

1.怠速時：如圖 2-8-177 所示，怠速白金點在節汽門全關位置閉合，在其他之位置開啓。怠速白金點將怠速增加燃料量等作用的信號，送至控制機構。

2.全開時：如圖 2-8-178 所示，全開白金點在節汽門全開之位置閉合，白金點在閉合時將全開增加油量之信號送至控制機構。

3.作用檢查：



四、噴油器電阻

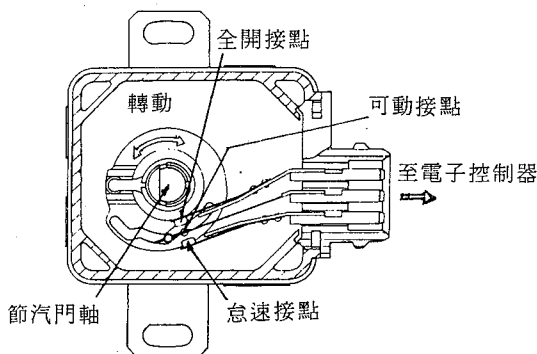


圖 2-8-176 節汽門開關之構造〔註159〕

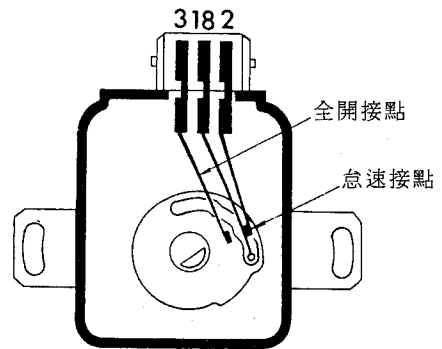


圖 2-8-177 節汽門關閉時怠速接點閉合〔註160〕

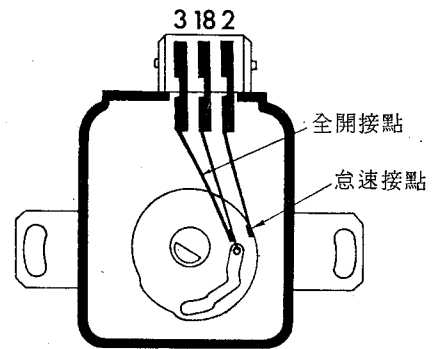


圖 2-8-178 節汽門全開時全開接點閉合〔註161〕

(一)功用：是將輸入噴油器電流之電壓降低來保護噴油器。

(二)構造：如圖 2-8-179 所示，使用鎳鉻絲作成，外包覆絕緣材料之固定電阻。

(三)作用：電阻與電源及噴油器是串聯，輸入噴油器之電壓降低至1/4，電阻值約為 6 Ω。

五、EGI 繼電器

(一)功用：EGI繼電器是 EGI 系統中全體電源的開關。

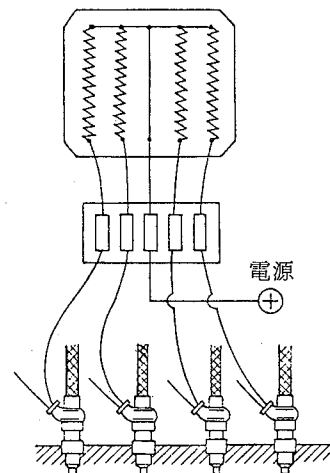


圖 2-8-179 噴油器電阻〔註162〕

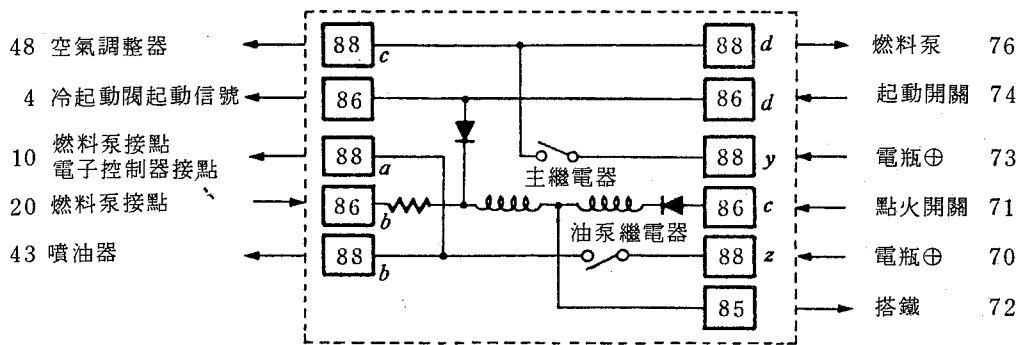


圖 2-8-180. EGI 繼電器作用圖

(一)構造：EG I繼電器分為主繼電器與燃料泵繼電器及電源接反時保護電路用的整流粒 2 個所構成。

(二)作用：

1.如圖 2-8-180 所示，點火開關在 ON 時主繼電器的白金點閉合，使電流流入噴油器與空氣流量計量器的油泵白金接點及控制機構。

2.起動開關在 ON 時電流流入冷車起動閥，油泵繼電器閉合時電流流入油泵與空氣調節器。

3.引擎起動後由空氣流量計量器的燃料泵白金接點流至油泵繼電器的線圈，油泵繼電器經常是在閉合狀態。

六、電子控制器（電腦）

(一)功用：電子控制器之基本功用是接受空氣流量計量器及各種感知器之信號與點火信號來決定必需燃料的噴射時間，將信號送至噴油器產生噴油作用。

(二)構造：圖 2-8-181 為電子控制器之實體圖，在印刷電路為基板上有三個 IC 及電晶體、整流粒、容電器、電阻等電氣零件所構成。其線頭有三十五個。

(三)作用：電子控制器在引擎迴轉時使用 IC

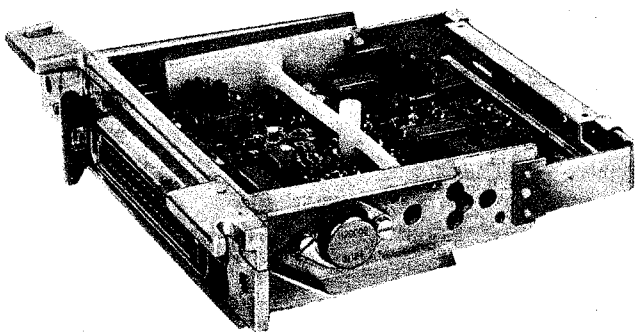


圖 2-8-181 電子控制器（電腦）之構造

及電晶體等接受點火信號及空氣流量計量器來之信號以計算基本噴射的時間，另外接受冷却水溫感知器、進汽溫度感知器、起動信號等來增加補充噴射時間，共同決定噴油器之噴射時間，使在各種運轉狀態供給最適當的燃料。

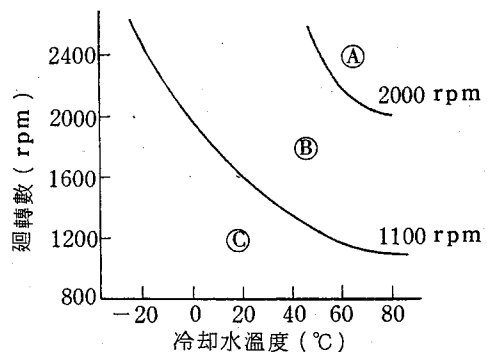
七、燃料基本噴射量與增加補充量之控制

燃料之噴射量是由噴油器之開啓時間來決定，噴油器之噴射量有適合於各種條件之基本噴射量及增加補充量。

$$\text{燃料噴射量} = \text{基本噴射量} + \text{增加補充量}$$

(一)基本噴射量：使引擎運轉之基本噴射量有二個信號，一個是由點火線圈測出引擎迴轉數之信號，另外一個是由空氣流量計量器測出引擎吸入空氣量之信號，依此二信號獲得之噴射量稱之為基本噴射量。

(二)增加補充量：為使引擎有良好之起動及運轉平滑，在冷引擎起動、怠速及全負荷時，依特



Ⓐ開始之減速	Ⓑ開始之減速	Ⓒ開始之減速
燃料中斷Ⓒ時再噴射	燃料中斷Ⓒ時再噴射	燃料不中斷

圖 2-8-182 燃料中斷之特性

種情況增加適當之補充量。

(三)燃料中斷：引擎在不需要汽油時，特別是由高迴轉減速時，控制機構將使噴油器噴射中止之信號送至噴油器，使噴油器停止噴油。其目的是在減速時防止未燃燒之氣體進入觸媒轉換器及節省燃料。

燃料中斷是在引擎高迴轉時節汽門開關之怠速白金點在 0Ω 時（腳離開加速踏板時）產生作用，如圖 2-8-182 所示為燃料中斷之特性。

8-12-6 D-Jetronic 壓力計量式電子控制汽油噴射系統

一、概述

(一) D-Jetronic 除燃料的計量方式與 L-Jetronic 不相同外，其他各部機件之構造及作用情形均與 L-Jetronic 相同，此處不再贅述，現將其工作情形略作介紹。

(二)如圖 2-8-183 所示為 D-Jetronic 系統圖。燃油由電磁控制之噴油器噴到進汽門前之進汽歧管中。

(三)每一汽缸有一噴油器，凸輪軸每轉一轉噴油一次，為減少費用四缸引擎每二只噴油器並聯在同一電路上，六缸引擎每三只噴油器並聯在同一電路上。噴油器之噴射壓力為 2 巴 (bar)，每一工作行程的噴油量係由噴油器中電磁閥打開

的時間來決定，而電磁閥打開的時間是由電子控制器 ECU (electronic control unit) 的控制信號 (pulses) 來決定。ECU 根據進汽歧管內的壓力、引擎速度及其他的修正信號（如冷卻水溫度、進汽溫度）來決定打開時間，也就是由引擎上的許多“電氣—機械轉換器”〔即分電盤中的信號接點、壓力感知器、溫度感知器、節汽門開關等〕，將信號送入 ECU 計算後，產生控制信號給噴油器電磁閥決定電磁閥的打開時間。

二、進汽歧管壓力感知器

圖 2-8-184 為壓力感知器之構造，由計量囊 (barometer capsales)、感應線圈 (inductive-coil) 與電樞 (armature) 等組成。計量囊之一側為大氣壓力，另一側為進汽歧管壓力，兩側的壓力差就會使計量囊產生伸縮作用；計量囊與電樞連在一起，計量囊伸縮時會改變電樞在感應線圈中之位置，電樞在感應線圈中位置之不同就會使感應之電壓發生變化。此感應電的作用就是用做 ECU 的時間決定基礎 (time determining element)。

三、信號接點

信號接點 (trigger contact) 裝在分電盤中，兩組錯開 180° ，使電磁閥開始打開的信號就是由信號接點產生的，如圖 2-8-185 所示。

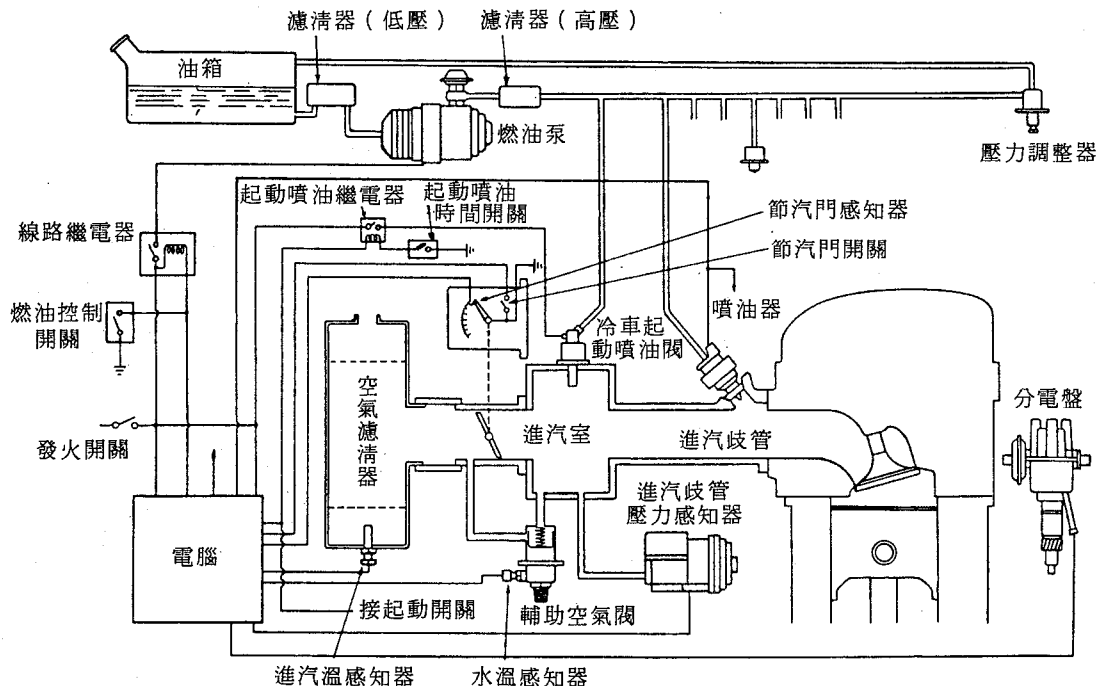


圖 2-8-183 D-Jetronic 電子控制汽油噴射系統圖〔註163〕

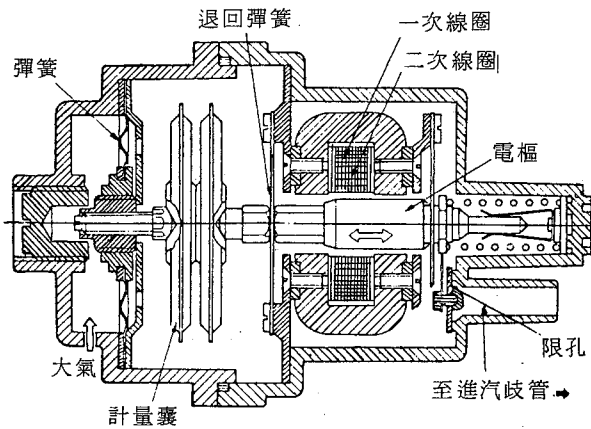


圖 2-8-184 進汽歧管壓力感知器 [註164]

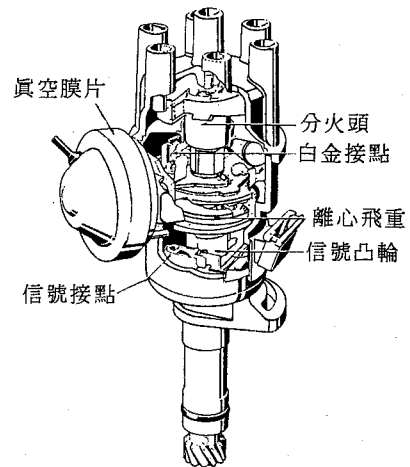


圖 2-8-185 分電盤中之信號接點 [註165]

8-12-7 三菱ECI旋渦超音波計量電子控制汽油噴射系統

一、概述

三菱 ECI 係日本三菱汽車公司、三菱電機公司及三國工業公司共同開發的新式電子控制汽油噴射系統，它與 L-Jetronic (空氣流量計量方式 Loft menge messer system) 之最大不同為：

(一) L-Jetronic 之噴油器分別裝在各汽缸進汽門前之管中及進汽歧管(起動噴油閥)兩處，噴油量係由與空氣流量成正比的電壓來控制。

(二)三菱 ECI 全部系統只用兩個噴油器裝在噴射混合器中，利用超音波來計算空氣漩渦數，而空氣漩渦數與空氣流量成正比，以控制噴油量。圖 2-8-186 為三菱 ECI 之組成機件與功能，圖 2-8-187 為三菱 ECI 之系統圖。

二、燃料噴射基本控制

(一)基本噴射量

1.如圖 2-8-188 所示，空氣流量感知器輸出信號之週波數與空氣流量成正比。而每三個週波 (pulse) 會使噴油器噴一次油。

2.如圖 2-8-189 所示，I、II 兩個噴油器交互噴油。在單位時間內流過之空氣量增加時，輸出信號之週波數也隨著提高，因之噴油之次數也隨著增加，以上為基本噴射量之控制。其他各感知器送來的信號加以修正後，再產生實際的噴射量。

3.噴射量決定的先決條件為燃料的壓力，與 L-Jetronic 一樣，燃油壓力與進汽歧管之真空間保持 2.5 kg/cm² 之壓力差。

(二)基本噴射量之修正如表 2-8-1 所示為修正基本噴射量之各種引擎工作情況與修正機件及要修正之理由。表 2-8-2 為引擎運轉狀態、判定條件及使噴油器動作之時間。

三、燃油泵之驅動控制

(一)三菱 ECI 系統燃油泵之開閉條件如表 2-

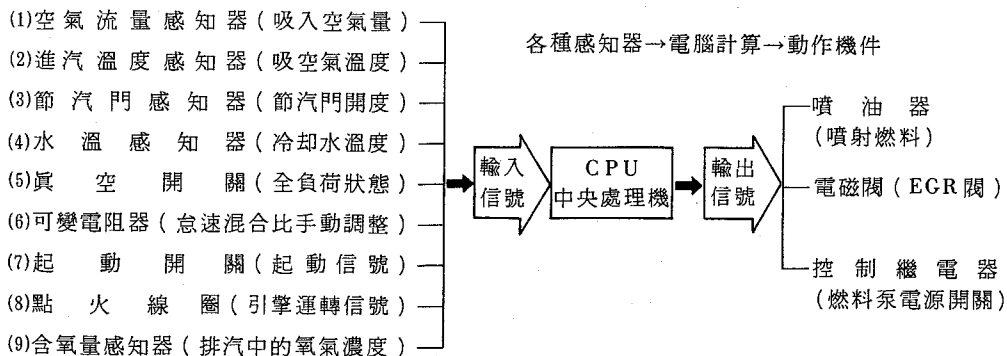


圖 2-8-186 三菱 ECI 之組成機件與功能

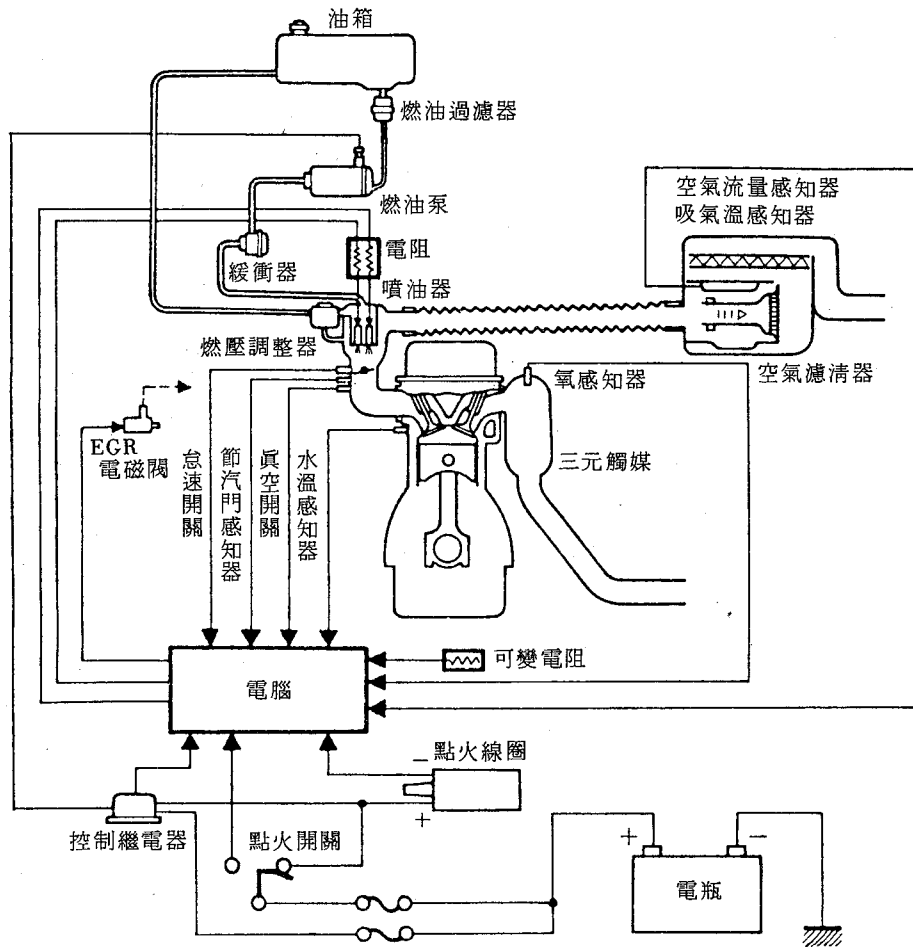


圖 2-8-187 三菱 ECI 系統圖 [註166]

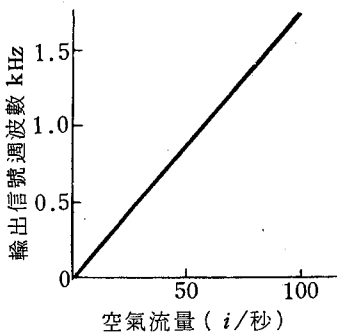


圖 2-8-188 空氣流量感知器輸出信號與空氣流量關係 [註167]

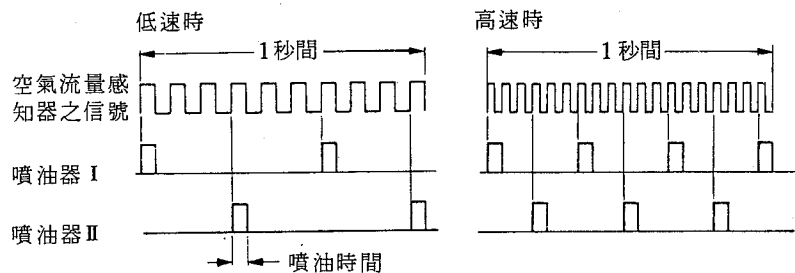


圖 2-8-189 週波數與噴油器動作 [註168]

8-3 所示，利用引擎轉速來控制。

(二)燃油泵之控制電路如圖 2-8-190 所示，當引擎開關 ON 時 (IG 有電)，線圈 L₃ 有電流通過，產生磁力使接點 P₂ 閉合，P₂ 閉合後電流從控制繼電器之線頭 [5] 流到電子控制器之 [B-1] 線頭；接著引擎開關轉到 ST 位置時，線圈 L₂ 有電流入，使接點 P₁ 閉合，P₁ 閉合後，燃油泵即開始運轉。引擎轉速在 50 rpm 以上時線圈 L₁

之電路因電子控制器中之作用而接通，使接點 P₁ 保持閉合；引擎轉速降到 50 rpm 以下時，電子控制器使線圈 L₁ 之電路切斷，接點 P₁ 分開，燃油泵停止運轉。

四、各機件之構造作用

(一)空氣流量感知器

1.構造：圖 2-8-191 所示為空氣流量感知器之構造，空氣流量感知器與空氣濾清器外殼合為

表 2-8-1 噴射量修正情形

修正情況	相關機件	需修正之理由
冷引擎加溫增量		引擎冷時，為使引擎運轉穩定，必須增加噴油量。
空氣密度修正	進氣溫度感知器	空氣流量感知器是根據空氣的體積來測定。空氣溫度低時，同體積之空氣重量較大，因此需較多之燃料才能保持一定混合比，故吸氣溫度高時噴油量少，低時噴油量多。
起動增量	引擎開關 (在起動位置時) 水溫感知器	要使引擎易發動，起動時必須增加噴油量。
加速增量	節汽門感知器	在加大油門時，增加噴油量，使加速反應靈敏。
減速減量	怠速開關、發火線圈 (引擎轉速)	引擎煞車時，不需噴油，大幅減低噴油量，但在低速範圍內，大幅減少噴油，會使引擎熄火，因此在中途必須再噴油。
剛發動後增量	水溫感知器 電腦中之計時波 (起動後的時間)	引擎剛發動後，為使引擎能穩定運轉，除冷引擎增量外，另增加噴油量。
電瓶電壓修正	電瓶電壓	電壓變動時會使噴油器電磁閥打開的時間發生改變，因此需加以修正
排汽回饋修正	含氧量感知器	在市區行駛時排汽中含氧量感知回饋控制使混合比能保持在理論混合比附近。
怠速混合比調整	可變電阻器	在怠速時，能用手動調整混合比。

表 2-8-2 引擎運轉狀態之判定條件及噴油器動作之時間

運轉狀態 (控制階級)	判定條件	噴油器動作之時間
停止	引擎開關在 OFF 位置	
起動	引擎開關 ON, 轉速在 400 rpm 以下	固定週波數
通常行駛		與空氣流量感知器同步
燃料切斷	引擎轉速 1200 rpm 以上 ①怠速開關在 ON 時 (油門放開時) ②怠速開關在 OFF 時 (油門還踩住時)	與空氣流量感知器同步
全開	真空開關 ON, 引擎轉速如下: ①約 8000 rpm 以下 (三菱 G 54 B 型引擎) ②約 4000 rpm 以下 (三菱 G 63 B 型引擎)	與引擎轉速同步

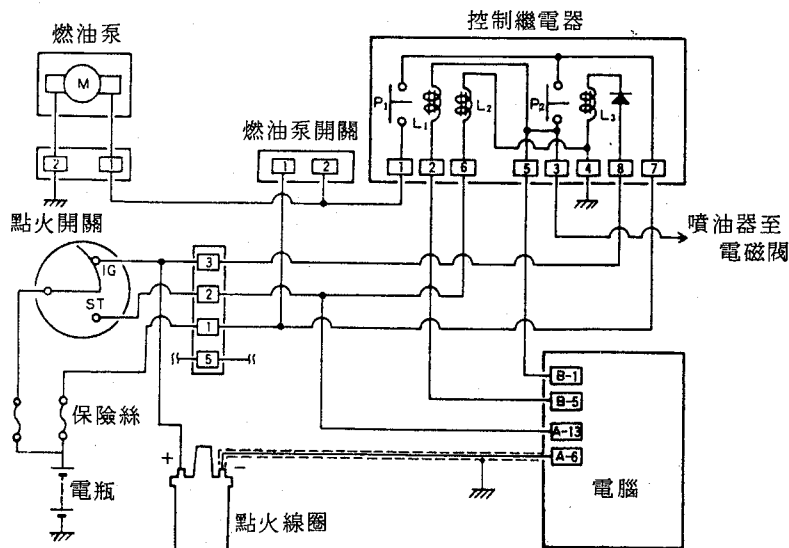
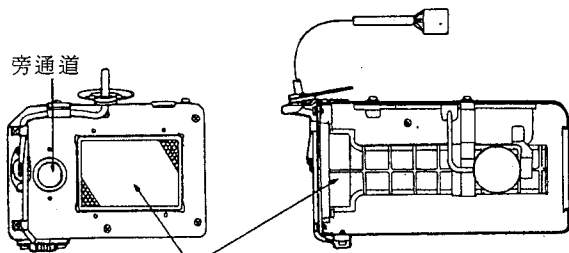


圖 2-8-190 燃油泵控制電路 [註169]

表 2-8-3 燃油泵之驅動控制

燃油泵動作	引擎開關位置	引擎狀態
運轉	ON (起動)	運轉
運轉	IG (行駛)	運轉 (50 rpm 以上)
停止	OFF	停止



空氣流量感知器

圖 2-8-191 空氣流量感知器之構造〔註170〕

一體，內部裝有進汽溫度感知器、漩渦發生柱、漩渦穩定板、超音波發生器及超音波接受器等。

2.作用：圖 2-8-192 為空氣流量感知器之作用圖。感知器之本體為塑膠製成，內部有防止超音波亂反射之吸音材料。空氣道的中央設有漩渦發生柱（阻礙體），空氣流經漩渦發生柱後會發生漩渦，其漩渦的數目為：

$$f = 0.2 \frac{V}{D}$$

f ：為漩渦數（個/秒）（即相當於週波數）

D ：為阻礙體之直徑（cm）

V ：為空氣流速（cm/sec）

由漩渦數就可以算出吸入的空氣量，再計算必要的燃料噴射量。三菱 ECI 就是利用超音波來計算漩渦數，在空氣漩渦流動方向的直角方向安裝超音波發生器（發信器），在對面裝置超音波接受器，超音波因受漩渦之影響而發生相位差，因此會產生與漩渦同數之脈動信號，此信號經類比數位轉換器〔A/D (analogue/digital) convertor〕送到中央處理機 CPU (central process unit) 以優先控制噴油器。因流量變化的追從性遠優於機械式，因此引擎加減速之反應非常靈敏。

(二)噴射混合器

1.構造：圖 2-8-193 所示為噴射混合器之外

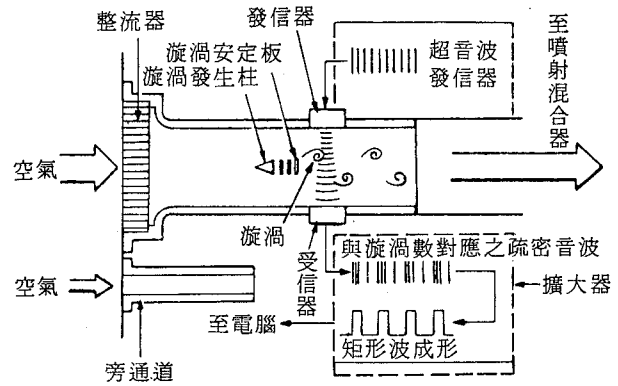


圖 2-8-192 空氣流量感知器之作用原理〔註171〕

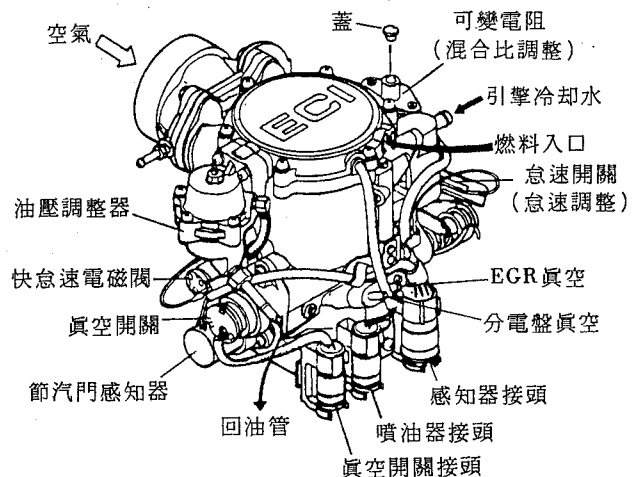


圖 2-8-193 噴射混合器之外觀〔註172〕

觀圖，噴射混合器相當一般引擎之化油器，裝置位置也相同。內部由兩個噴油器及節汽門所組成，外面有燃油調壓器、快怠速裝置、節汽門感知器、真空開關、怠速增快電磁線圈（idle up solenoid）等。

2.作用：

- (1)噴油器如圖 2-8-194 所示，兩個並排裝在噴射混合器中，交互以螺旋（spiral）狀將汽油噴入與空氣混合成均勻之混合汽，再經進汽歧管分配到各汽缸。
- (2)快怠速及節汽門全開控制裝置如圖 2-8-197 所示，在冷卻水溫度低時臘丸收縮，快怠速搖臂與快速凸輪之接觸位置升高，轉速上升。冷卻水溫度升高後臘丸膨脹，快怠速搖臂與凸輪之接觸點降低，怠速下降。
- (3)節汽門全開控制裝置用來防止在冷引擎時

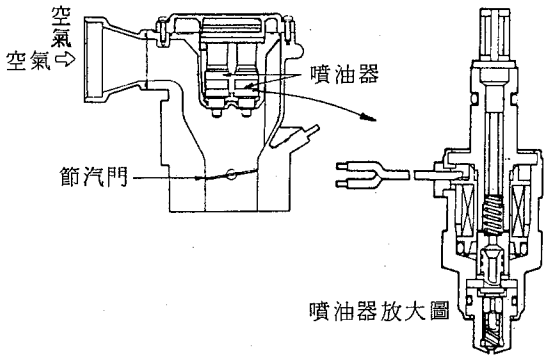


圖 2-8-194 噴射混合器之構造 [註173]

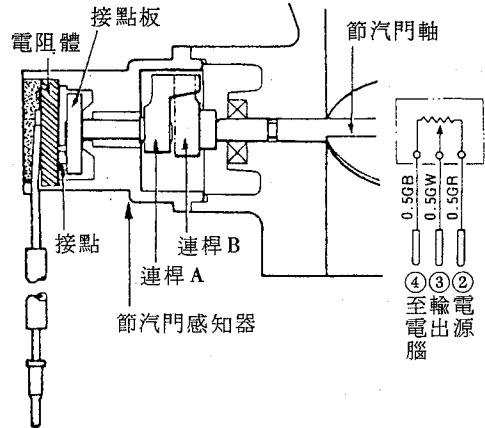


圖 2-8-197 節汽門感知器構造 [註176]

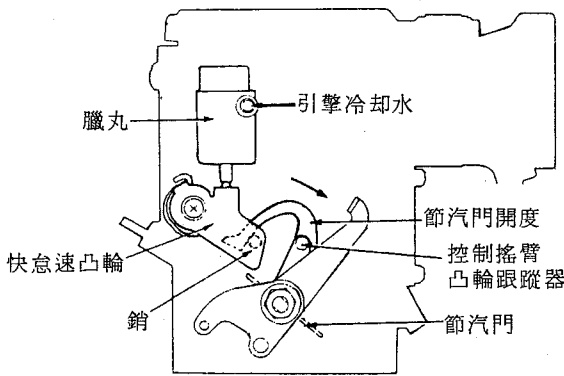


圖 2-8-195 快怠速及節汽門全開控制裝置 [註174]

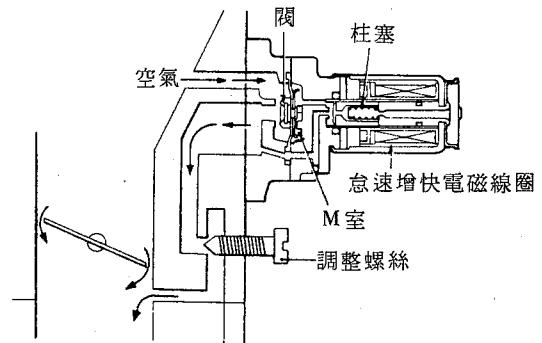


圖 2-8-198 怠速增快控制器 [註177]

節汽門全開時產生的回火現象。在冷引擎時臘丸收縮如圖 2-8-195 所示位置，將油門踩到底時，節汽門的開度因受控制臂之作用無法全部打開，引擎冷却水溫度達規定值以上時，臘丸伸張，控制臂不再受限制，油門踩到底，節汽門才能完全打開。

(4)怠速開關用來輸送節汽門開度的信號到電子控制器，怠速開關 ON、OFF 調整之螺絲與怠速速度調節螺絲兼用。

(5)可變電阻器係用來調整混合比 (A/F) 之裝置，與化油器之混合汽調整螺絲 MAS (mixture adjusting screw) 之功用相同，其構造如圖 2-8-196 所示。

(6)節汽門感知器如圖 2-8-197 所示，節汽門軸連動之移動接點，依據節汽門開度變更輸出電壓，使電腦能了解汽門之開度。

(7)怠速增快控制器與冷氣機之開關連動。當車上之空氣調節機開關打開時，電磁線圈有電流流入，將柱塞吸引，使進汽歧管之真空導入 M 室，將膜片吸引，使旁通道打開，增快引擎怠速，以防止開冷氣機時引擎怠速降低而熄火，如圖 2-8-198 所示。

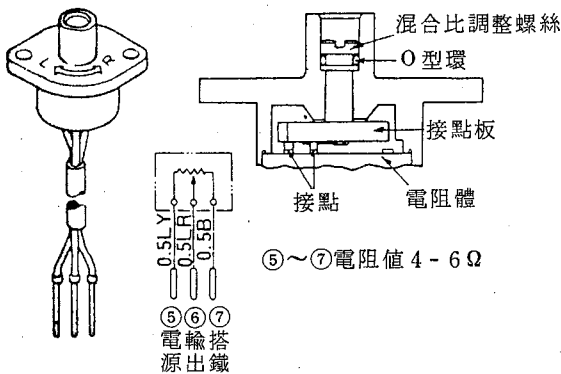


圖 2-8-196 可變電阻器 (怠速混合比調整用) [註175]

(三)電子控制器 (電腦) (中央處理機 CPU)

三菱 ECI 之電子控制器裝在車室內左側的儀錶板下之車身板上，有安全裝置 (fail-safe)，如果作用不正常時能自動切換備用電路，同時使外殼側面之紅色發光電晶體點亮，提醒駕駛人注意。同時空氣流量感知器故障時，會使備用電路作用，噴油器依引擎迴轉速度同步動作。圖

表 2-8-4 電子控制器各線頭連接之機件名稱

接線盒 A		接線盒 B	
編號	連接機件(線頭)	編號	連接機件(線頭)
A 17	(空)	B 1	控制繼電器(輸出)(電源)
A 16	空氣流量感知器(-)	B 2	搭鐵
A 15	搭鐵(外部接線連接 B 8)	B 3	搭鐵
A 14	真空開關(+)	B 4	EGR 電磁閥(-)
A 13	引擎開關(ST)	B 5	控制繼電器,線圈 L ₁ (-)
A 12	(空)	B 6	(空)
A 11	吸氣溫度感知器(-)	B 7	控制繼電器(輸出)(電源)
A 10	可變電阻(輸出)	B 8	搭鐵
A 9	節汽門感知器(-)	B 9	第一噴油器(-)
A 8	發火線圈低壓線(-)	B 10	第二噴油器(-)
A 7	空氣流量感知器(輸出)	B 11	(空)
A 6	含氧量感知器(輸出)	B 12	(空)
A 5	怠速開關(+)	B 13	(空)
A 4	吸氣溫度感知器(+)		
A 3	水溫感知器(+)		
A 2	節汽門感知器,可變電阻(電源)		
A 1	節汽門感知器(輸出)		

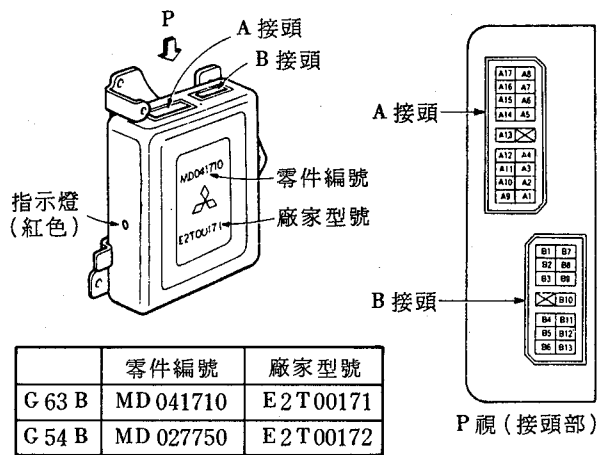


圖 2-8-199 電子控制器外觀及線頭配置〔註178〕

2-8-199 為電子控制器之外觀及線頭配置,各線頭連接之機件名稱如表 2-8-4 所示,電子控制器之配線如圖 2-8-200 所示。

其他：噴油器使用二只電阻,電阻值為 6 Ω,水溫感知器使用之熱敏電阻特性為 -20℃: 16.2 kΩ, 20℃: 12.45 kΩ, 80℃: 296 Ω,燃油泵為轉子式,送油量為 110 l/h。

8-12-8 熱線風速計式電子控制汽油噴射系統

一、熱線風速計之工作原理

(一)使用熱線來測量空氣流速之方法早在第二

次世界大戰前即已發明,並早已應用在飛機上,但在最近經過許多改良才應用在汽車上。

(二)其工作原理係張在空氣道中之熱線供給一定電流,則電熱線會產生一定之溫度,當空氣流過熱線時,會使熱線冷卻,欲使熱線仍保持原有之溫度,則電流量必須變更。使用如圖 2-8-201 之電橋,當空氣流速改變時,熱線之溫度(也就是電阻)發生改變,在保持電橋中之檢流計(Galvano meter)無電流流過之情形下,加熱電阻器之可變電阻必產生變化,而使加熱電流增減,加熱電流之大小可從電流錶中讀出,此值與空氣流速之關係如下:

$$I_H \approx \sqrt{\frac{K_T}{K_D}} \cdot \sqrt[4]{Q_M}$$

式中,

K_T = 溫度係數(即熱線表面溫度與吸入空氣之溫度差),與空氣的傳熱係數與空氣的比熱量等有關之常數。

K_D = 熱線之線徑:熱線材料的電阻比等有關熱線之常數。

Q_M = 吸入空氣量(kg/h)

吸入空氣量與電流之關係如圖 2-8-202 所示,圖中空氣量很少的時候,感度非常敏銳,當空氣流

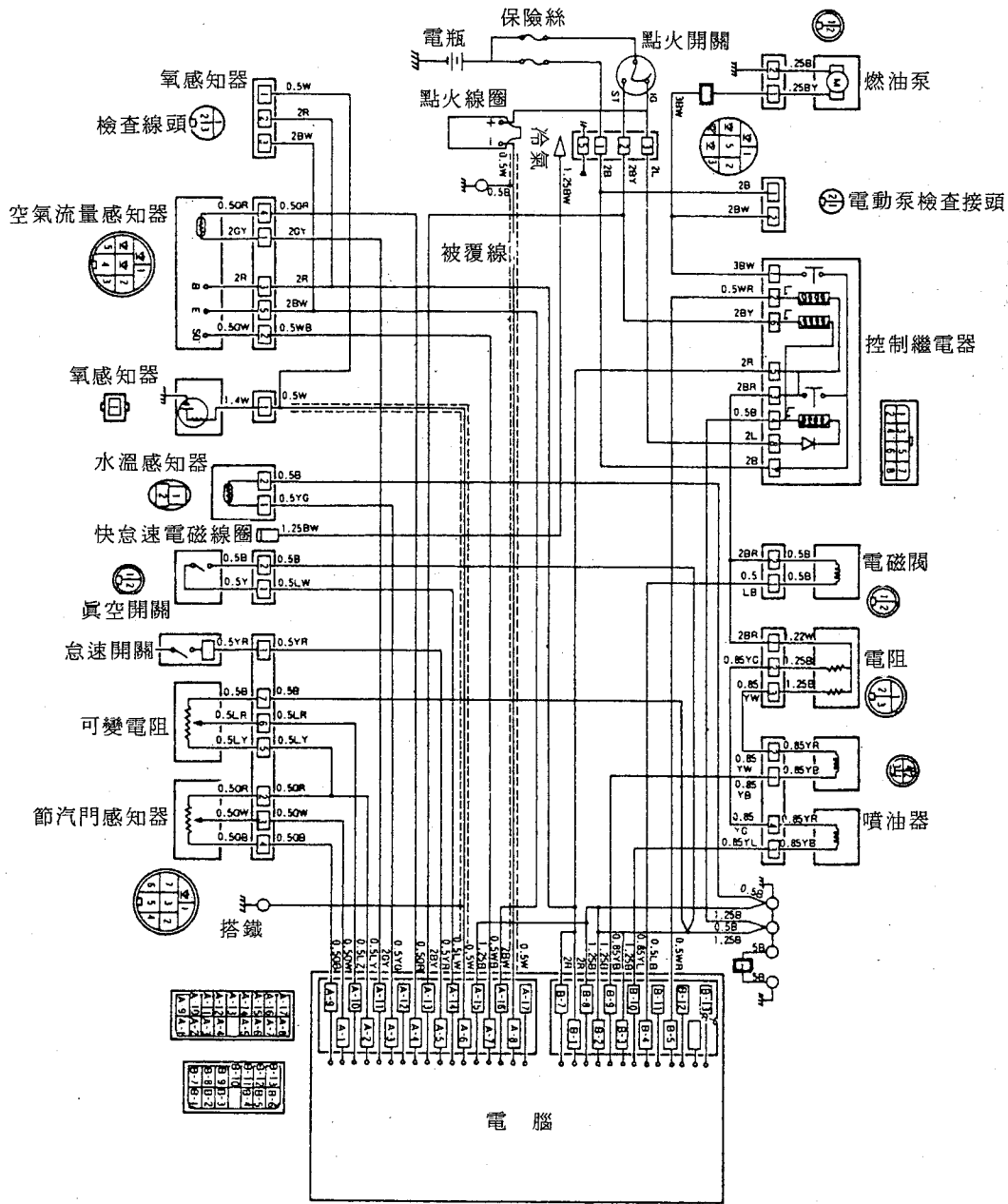


圖 2-8-200 三菱 ECI 配線圖〔註179〕

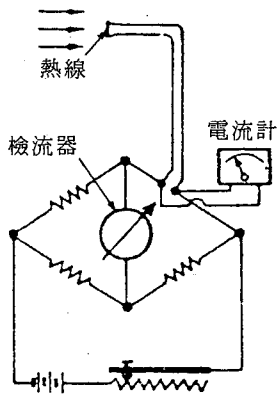


圖 2-8-201 使熱線溫度保持一定之風速計〔註180〕

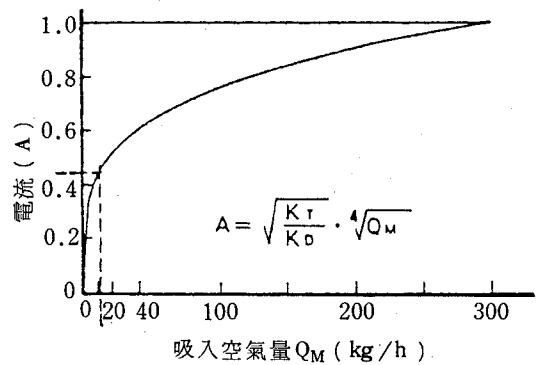
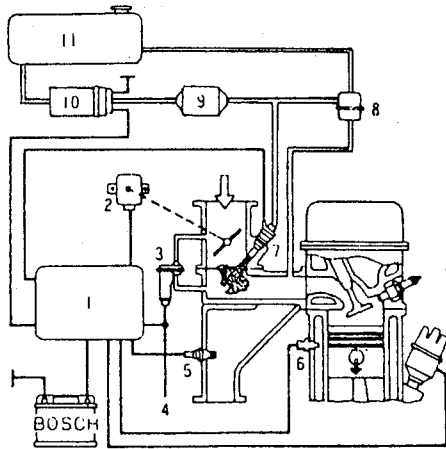


圖 2-8-202 空氣流量與電流之關係〔註181〕



- 1. 控制器
- 2. 節汽門開關
- 3. 混合汽控制器
- 4. 起動開關
- 5. 氧感知器
- 6. 溫度感知器
- 7. 噴油器
- 8. 壓力調整器
- 9. 燃料濾清器
- 10. 燃料泵
- 11. 油箱
- 12. 熱線風速計

圖 2-8-203 波細熱線風速計式定時集中噴油系統〔註182〕

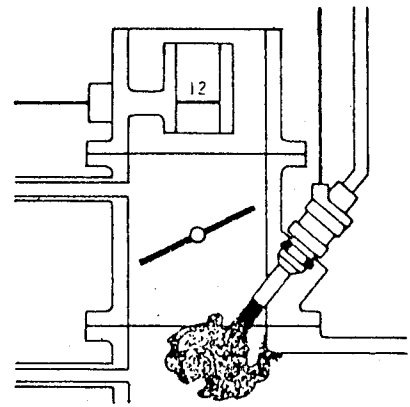


圖 2-8-204 熱線風速計安裝位置〔註183〕

量大時，敏感度降低，因此必須設計在適當的範圍中採取適當的刻度。故五十鈴 (Isuzu) 之 I-TEC 所使用之熱線風速計僅計測部分之空氣。

(二)但使用熱線風速流量計之引擎，當引擎回火時，會使熱線上有積碳附着，熱線上有碳附着後會使感度降低，使控制器之燃料噴射量控制失常。因此在起動或引擎熄火之 1~2 秒間，設計使熱線產生 800~1,000 °C 之高溫，將附着在熱線上之積碳燒掉，使熱線風速計之作用能維持正常。

二、波細熱線風速計式定時集中汽油噴射系統

圖 2-8-203 為波細熱線風速計測量式定時集中汽油噴射系統圖，此式與 L-Jetronic 之最大不同點如下：

(一) L-Jetronic 係在每一汽缸之進汽口噴油，而此式改在節汽門下方之進汽歧管頭集中一處定時噴油，使構造簡化。

(二) L-Jetronic 使用翼板來計測空氣量，依翼板位置來產生控制信號，而此式採用熱線風速計來計測空氣量，使構造簡化，並使噴油量之控制更為精確，圖 2-8-204 為熱線風速計之安裝位置，圖 2-8-205 為熱線風速計之構造。

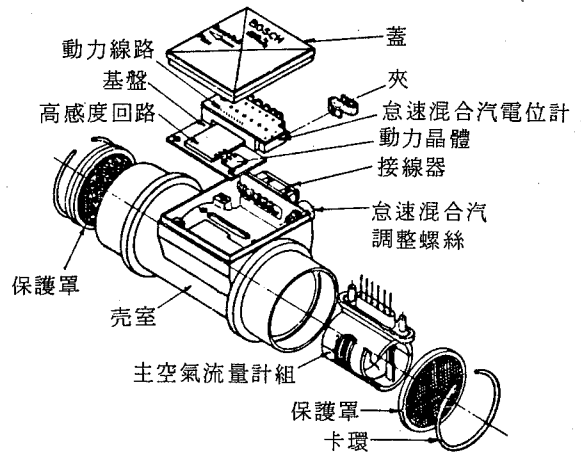


圖 2-8-205 熱線風速計之構造〔註184〕

腦控制系統來控制燃料噴射量、點火時期、怠速轉速、EGR 等。此式噴油器裝在各汽缸之吸入口前，在各缸活塞到達上死點前 65°，每一回轉各缸之噴油器噴油一次，再根據冷卻水溫度、怠速轉速、節汽門開度、轉速、電壓、混合比等因素來修正噴油量。

三、日本五十鈴 I-TEC (Isuzu total electronic control) (使用在 1981 年式 Piazza 型轎車之控制系統)，為使用微電腦將汽車各種控制集中在一處之控制方法，與日產之 ECCS 及豐田之 TCCS 相似，為日本最先使用熱線風速計來控制噴油量之廠家，其系統圖如圖 2-8-206 所示。Isuzu-I-TEC 系統採用集中控制式之微電

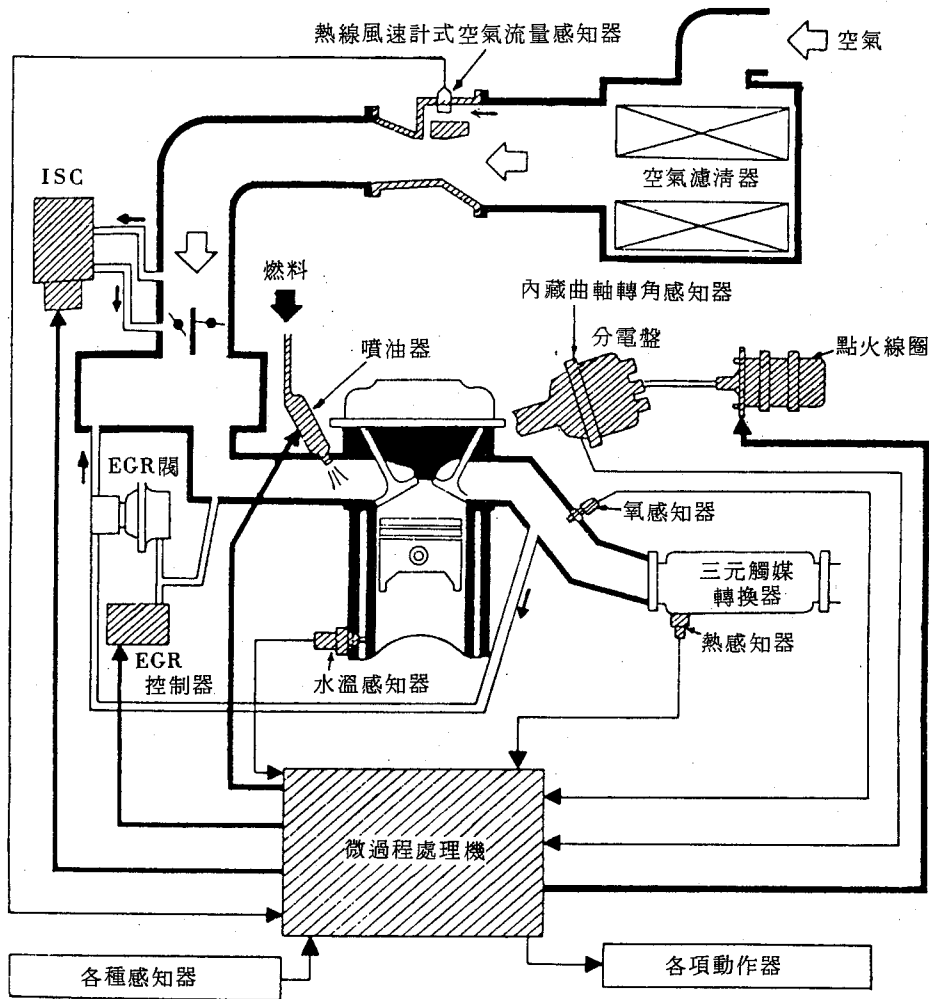


圖 2-8-206 五十鈴 I-TEC 汽油噴射系統圖〔註185〕

【習題】

一、問答題：

1. 燃料及汽化系統之設計要求為何？
2. 使汽油汽化的方法有那些？
3. 油箱中隔板之作用為何？
4. 汽油泵依作用情況分類有那幾種？
5. 試述電動吸壓式油泵之作用。
6. 繪一簡圖說明電動吸壓式汽油泵之作用。
7. 汽油濾清器安裝法有幾種？
8. 化油器之功用為何？
9. 說明文氏管原理。
10. 簡單型化油器之補整系統有何功用？
11. 為何化油器要裝置阻風門與節汽門？
12. 浮筒油路之功用為何？
13. 說明浮筒室平衡式通氣作用。
14. 低速油路之功用為何？
15. 為何要設置加速油路？
16. 加速泵有那些型式？

17. 為何裝設強力油路？
 18. 阻風油路之功用為何？
 19. 繪一簡圖說明電阻控制式阻風門。
 20. 為何裝設快怠速機構？
 21. 化油器卸載機構之功用為何？
 22. 為何化油器需防凍機構？
 23. 如何消除化油器油道被凍住？
 24. 使用多管型化油器之目的為何？
 25. 主副管內構造有何差別？
 26. 說明一主一副管化油器作用情形。
 27. 何謂固定真空式化油器？
 28. SU化油器如何應付冷天發動引擎？
 29. 說明VU化油器冷引擎增濃系統之作用。
 30. 常用汽油噴射方法有那些？
 31. 汽油噴射系之優劣點為何？
 32. 簡單說明舊波細機械式汽油噴射系統之作用。
 33. 繪一簡圖說明液化石油氣燃料系統。
 34. 液化石油氣燃料系內之蒸發器功用為何？
 35. 試繪一簡圖說明波細機械式汽油噴射系統之組成。
 36. 試說明 K-Jetronic 汽油噴射系統油量之控制方法。
 37. 試述 L-Jetronic 與 D-Jetronic 汽油噴射系統之異同點。
 38. 試述三菱 ECI 漩渦超音波計量電子控制汽油噴射系統油量噴射與控制法。
- 二、填充題：
1. 將汽油噴成霧狀，可_____汽油的汽化作用。
 2. 油箱之吸油管入口高出底部約_____公分。
 3. 油箱上開設_____使汽油輸送暢通。
 4. 汽油泵壓力端之油壓約每平方公分_____公斤。
 5. 汽油泵依構造分有_____、_____、_____、_____等四種。
 6. 汽油泵作用力來源有_____、_____、_____。
 7. 一般汽油泵空氣室均裝於_____與_____之間。
 8. 二行程汽油引擎可使用_____式汽油泵。
 9. 文氏管喉口處斷面積最小，真空_____。
 10. 浮筒室內裝_____及_____。
 11. 浮筒室內油面一定要_____。
 12. 可變油孔補整系統採用_____為之。
 13. 單管型化油器之油路有_____、_____、_____、_____、_____、_____等六條。
 14. 當浮筒室油面降低，則浮筒及針閥亦_____。
 15. 不平衡浮筒室通風當空氣濾清器堵塞時會使混合汽變_____。
 16. 使用平衡式浮筒室通風，於引擎室溫度過高時可能產生_____。
 17. 低速油路供給引擎於_____及_____時的混合汽。
 18. 位於節汽門上的油孔稱_____。
 19. 加速泵有_____、_____等二種型式。
 20. 阻風門關閉時_____與_____同時噴油，故混合汽很_____。
 21. 阻風門平時須於_____位置。
 22. 引擎冷時發動須使用_____。
 23. 快怠速機構係由_____控制。
 24. 冷引擎使用阻風門並搖轉太久，會使汽缸內_____。
 25. 化油器防凍裝置法有_____、_____二種。
 26. 多管型化油器以_____管及_____管較常用。
 27. 副管內節汽門之作用由_____、_____、_____來操縱。
 28. 固定真空式化油器文氏管喉口之斷面積是_____的。
 29. 汽油噴射系為_____壓噴射系。
 30. 汽油噴射方式有_____、_____二種。
 31. 汽油噴射系控制法有_____、_____二種。
 32. 液化石油氣燃料系中結合高低壓調節器與汽化器三者的為_____。
 33. EGI 電子控制汽油噴射系統可分為_____、_____、_____三大系統。
 34. EGI 電子控制汽油噴射系統之燃料基本噴射信號為_____及_____。

35. K-Jetronic 之噴油是_____噴射，L-Jetronic 之噴油是_____噴射。
36. 三菱 ECI 電子控制汽油噴射系統以_____來測量空氣量。
37. D-Jetronic 係以_____來做燃料噴射量控制基礎。

38. 三菱 ECI 使用_____來取代化油器供應燃料。
39. 空氣流經阻礙體時會產生_____，且數量與空氣流量成_____。
40. 電子控制汽油噴射系統，在引擎高轉速放開油門踏板時會_____，以節省燃料並減少 HC 之排出。

【資料來源註釋】

- 〔註1〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車ガソリン・エンジン下 圖 I-1
- 〔註2〕 自動車工學 Vol 30 No7 P.65 圖 3
- 〔註3〕 Bosch Technical Instruction D. Jetronic
- 〔註4〕 Bosch Technical Instruction L Jetronic
- 〔註5〕 日本自動車整備振興會連合會編 二級ガソリン自動車ガソリン・エンジン編 圖 IV-1
- 〔註6〕 同〔註1〕 圖 III-5
- 〔註7〕 雇用促進事業團職業訓練部編 自動車內燃機關の構造 圖 7-21
- 〔註8〕 同〔註1〕 圖 III-6
- 〔註9〕 黃靖雄著 現代低公害省油汽車淨化裝置之研究 圖 4-9
- 〔註10〕 黃靖雄編著 汽車學 圖 4-5-53, 4-5-54
- 〔註11〕 徐仁濟譯 燃料系統和排氣淨化控制 圖 4-2
- 〔註12〕 同〔註11〕 圖 4-1
- 〔註13〕 William H. Crouse Automotive Mechanics 7th ed. Fig 36-15
- 〔註14〕 同〔註10〕 圖 4-5-55
- 〔註15〕 同〔註11〕 圖 4-28
- 〔註16〕 同〔註11〕 圖 4-6
- 〔註17〕 日本自動車整備振興會連合會編 自動車排出ガス對策 53年度版 圖 III-44
- 〔註18〕 同〔註17〕 圖 III-45
- 〔註19〕 同〔註17〕 圖 III-46
- 〔註20〕 同〔註11〕 圖 4-18
- 〔註21〕 同〔註11〕 圖 4-19
- 〔註22〕 同〔註11〕 圖 4-20
- 〔註23〕 同〔註1〕 圖 III-4
- 〔註24〕 同〔註1〕 圖 III-3
- 〔註25〕 同〔註1〕 圖 III-7
- 〔註26〕 同〔註10〕 圖 4-5-35
- 〔註27〕 同〔註5〕 圖 III-1
- 〔註28〕 同〔註5〕 圖 III-2
- 〔註29〕 同〔註5〕 圖 III-3
- 〔註30〕 同〔註5〕 圖 III-4
- 〔註31〕 同〔註7〕 圖 7-26
- 〔註32〕 同〔註1〕 圖 II-1
- 〔註33〕 同〔註1〕 圖 II-2
- 〔註34〕 同〔註1〕 P.8 (注)
- 〔註35〕 同〔註7〕 圖 7-27
- 〔註36〕 同〔註1〕 圖 II-3
- 〔註37〕 同〔註1〕 圖 II-4
- 〔註38〕 同〔註1〕 圖 II-5
- 〔註39〕 同〔註1〕 圖 II-6
- 〔註40〕 同〔註10〕 圖 4-5-21 B
- 〔註41〕 同〔註1〕 圖 II-7
- 〔註42〕 同〔註1〕 圖 II-8
- 〔註43〕 同〔註1〕 圖 II-9
- 〔註44〕 同〔註1〕 圖 II-10
- 〔註45〕 同〔註10〕 圖 4-5-7 A
- 〔註46〕 同〔註10〕 圖 4-5-7 B
- 〔註47〕 同〔註1〕 圖 II-11
- 〔註48〕 同〔註1〕 圖 II-12
- 〔註49〕 同〔註1〕 圖 II-13
- 〔註50〕 同〔註1〕 圖 II-14
- 〔註51〕 同〔註1〕 圖 II-15
- 〔註52〕 同〔註1〕 圖 II-16
- 〔註53〕 同〔註1〕 圖 II-17
- 〔註54〕 同〔註1〕 圖 II-18
- 〔註55〕 同〔註1〕 圖 II-23
- 〔註56〕 同〔註1〕 圖 II-22
- 〔註57〕 同〔註1〕 圖 II-19, II-20
- 〔註58〕 同〔註1〕 圖 II-21
- 〔註59〕 同〔註10〕 圖 4-5-11
- 〔註60〕 同〔註1〕 圖 II-25
- 〔註61〕 同〔註1〕 圖 II-26
- 〔註62〕 同〔註1〕 圖 II-27
- 〔註63〕 Stockel Auto Mechanics Fundamentals Fig 6-44

- 〔註64〕 同〔註10〕 圖 4-5-13
- 〔註65〕 同〔註1〕 圖 II-28
- 〔註66〕 同〔註63〕 Fig 6-47
- 〔註67〕 同〔註5〕 圖 II-2
- 〔註68〕 同〔註5〕 圖 II-3
- 〔註69〕 同〔註5〕 圖 II-4
- 〔註70〕 同〔註5〕 圖 II-5
- 〔註71〕 同〔註5〕 圖 II-6
- 〔註72〕 全國自動車整備學校連盟編 ガソリン・エンジンの構造 圖 6-36
- 〔註73〕 同〔註5〕 圖 II-7
- 〔註74〕 同〔註5〕 圖 II-8
- 〔註75〕 同〔註1〕 圖 II-30
- 〔註76〕 同〔註5〕 圖 II-9
- 〔註77〕 同〔註1〕 圖 II-32
- 〔註78〕 同〔註1〕 圖 II-31
- 〔註79〕 同〔註5〕 圖 II-10
- 〔註80〕 同〔註1〕 圖 II-34
- 〔註81〕 同〔註5〕 圖 II-12
- 〔註82〕 同〔註5〕 圖 II-13
- 〔註83〕 同〔註5〕 圖 II-14
- 〔註84〕 同〔註1〕 圖 II-36
- 〔註85〕 同〔註5〕 圖 II-20
- 〔註86〕 同〔註7〕 圖 7-42(2)
- 〔註87〕 同〔註5〕 圖 II-24
- 〔註88〕 同〔註5〕 圖 II-21
- 〔註89〕 William H. Crouse Automotive Mechanics 8th ed. Fig 13-46
- 〔註90〕 同〔註89〕 Fig 13-50
- 〔註91〕 同〔註89〕 Fig 13-49
- 〔註92〕 同〔註89〕 Fig 13-48
- 〔註93〕 同〔註89〕 Fig 13-51
- 〔註94〕 同〔註89〕 Fig 13-52
- 〔註95〕 同〔註89〕 Fig 13-53
- 〔註96〕 同〔註89〕 Fig 13-54
- 〔註97〕 同〔註89〕 Fig 13-55
- 〔註98〕 同〔註89〕 Fig 13-56
- 〔註99〕 同〔註89〕 Fig 13-57
- 〔註100〕 同〔註10〕 圖 4-5-58
- 〔註101〕 同〔註5〕 圖 IV-2
- 〔註102〕 同〔註5〕 圖 IV-3
- 〔註103〕 同〔註5〕 圖 IV-4
- 〔註104〕 同〔註5〕 圖 IV-5
- 〔註105〕 永屋元靖著 自動車百科全書 圖 2-249
- 〔註106〕 同〔註105〕 圖 2-250
- 〔註107〕 同〔註5〕 圖 IV-6
- 〔註108〕 簡熊泰譯 柴油與汽油噴射手冊 P. 6
- 〔註109〕 同〔註108〕 P. 7
- 〔註110〕 同〔註109〕
- 〔註111〕 自動車工學 Vol 33 No 5 P. 29 第 1 圖
- 〔註112〕 同〔註111〕 P. 33 第 6 圖
- 〔註113〕 同〔註111〕 P. 33 第 6 圖
- 〔註114〕 同〔註111〕 P. 33 第 7 圖
- 〔註115〕 Bosch Technical Instruction K Jetronic
- 〔註116〕 同〔註111〕 P. 34 第 8 圖
- 〔註117〕 同〔註111〕
- 〔註118〕 自動車工學 Vol 30 No 3
- 〔註119〕 同〔註118〕
- 〔註120〕 同〔註118〕
- 〔註121〕 同〔註118〕
- 〔註122〕 同〔註118〕
- 〔註123〕 同〔註118〕
- 〔註124〕 同〔註118〕
- 〔註125〕 同〔註118〕
- 〔註126〕 同〔註118〕
- 〔註127〕 同〔註118〕
- 〔註128〕 同〔註118〕
- 〔註129〕 同〔註118〕
- 〔註130〕 同〔註118〕
- 〔註131〕 同〔註118〕
- 〔註132〕 同〔註118〕
- 〔註133〕 同〔註118〕
- 〔註134〕 別冊自動車工學 No.9 燃料噴射のコンドころ 第 36 圖
- 〔註135〕 同〔註134〕 第 41 圖
- 〔註136〕 同〔註134〕 第 52 圖
- 〔註137〕 同〔註134〕 第 43 圖
- 〔註138〕 同〔註134〕 第 89 圖
- 〔註139〕 同〔註134〕 第 92 圖
- 〔註140〕 同〔註134〕 第 107 圖
- 〔註141〕 同〔註134〕 第 162 圖
- 〔註142〕 同〔註134〕 第 100 圖
- 〔註143〕 同〔註134〕 第 149 圖
- 〔註144〕 同〔註134〕 第 150 圖
- 〔註145〕 同〔註134〕 第 75 圖
- 〔註146〕 自動車工學 Vol 29 No.8 P. 37 第 20 圖
- 〔註147〕 同〔註4〕
- 〔註148〕 同〔註134〕 第 110 圖
- 〔註149〕 同〔註146〕
- 〔註150〕 同〔註134〕 第 65 圖
- 〔註151〕 林振江編著 汽車廢氣污染防止對策 第6-21 圖
- 〔註152〕 同〔註151〕 圖 6-22
- 〔註153〕 同〔註151〕 圖 6-23

- 〔註154〕 同〔註151〕 圖 6-24
 〔註155〕 同〔註151〕 圖 6-25
 〔註156〕 同〔註151〕 圖 6-26
 〔註157〕 同〔註134〕 圖 206
 〔註158〕 同〔註151〕 圖 6-28
 〔註159〕 同〔註151〕 圖 6-29
 〔註160〕 同〔註151〕 圖 6-30
 〔註161〕 同〔註151〕 圖 6-31
 〔註162〕 同〔註151〕 圖 6-32
 〔註163〕 トヨタ自動車販賣株式會社 EFI 電子制御
 式燃料噴射裝置
 〔註164〕 同〔註134〕 第 343 圖
 〔註165〕 同〔註 4〕
 〔註166〕 自動車工學 Vol 29 No 9 P. 49 第 1 圖
 〔註167〕 同〔註166〕 P. 51 第 3 圖
 〔註168〕 同〔註166〕 P. 51 第 4 圖
 〔註169〕 同〔註166〕 P. 53 第 5 圖
 〔註170〕 同〔註166〕 P. 54 第 6 圖
 〔註171〕 同〔註166〕 P. 54 第 7 圖
 〔註172〕 同〔註166〕 P. 54 第 8 圖
 〔註173〕 同〔註166〕 P. 55 第 9 圖
 〔註174〕 同〔註166〕 P. 55 第 10 圖
 〔註175〕 同〔註166〕 P. 55 第 11 圖
 〔註176〕 同〔註166〕 P. 56 第 12 圖
 〔註177〕 同〔註166〕 P. 56 第 13 圖
 〔註178〕 同〔註166〕 P. 57 第 15 圖
 〔註179〕 同〔註166〕 P. 58 第 16 圖
 〔註180〕 自動車工學 Vol 30 No 8
 〔註181〕 同〔註180〕
 〔註182〕 自動車工學 Vol 30 No 7 P. 65 第 4 圖
 〔註183〕 同〔註182〕 第 5 圖
 〔註184〕 同〔註180〕
 〔註185〕 同〔註180〕

返回目錄

第九章 進排汽系統

第一節 進排汽概要

(一)引擎運轉中很均勻的將空氣及混合汽導入汽缸中燃燒後，又將各汽缸產生之廢汽在安靜無爆音下排到大氣中之裝置即為進排汽裝置，如圖 2-9-1 所示。

(二)傳統式的引擎進排汽裝置很簡單，進汽裝置包括空氣濾清器、進汽歧管等組成；排汽裝置包括排汽歧管 (exhaust manifold)、排汽管 (exhaust pipe)、消音器 (muffler)、熱控閥 (heat control valve) 等組成。

(三)現代汽車為減少 HC、CO、NO_x 等有毒氣體排出污染空氣，引擎的進排汽系統變為非常複雜，引擎為使排出的廢汽合乎規定，採用很多方法來淨化排汽，計有下列許多裝置。

1. 進汽溫度自動調整式空氣濾清器。

2. 排汽再循環裝置 EGR (exhaust gas recirculation)。

3. 二次空氣供給裝置，包括：二次空氣導入裝置 EAI (exhaust air inducer)、二次空氣噴射裝置 AIS (air injection system) 兩種方式。

4. 熱反應器 (thermal reactor)。

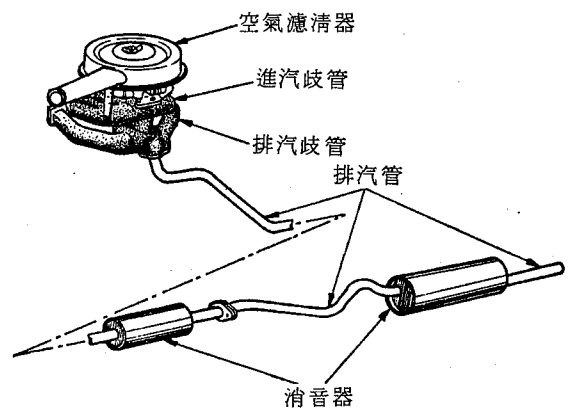


圖 2-9-1 進排汽裝置〔註 1〕

5. 氧化觸媒轉換器 (oxidation catalyst convertor)。

6. 排汽溫度警報裝置。

7. 三元觸媒轉換器 (three way catalytic convertor)。

8. 二次空氣控制閥 (second air control valve)。

(四)現代高性能汽油引擎裝置渦輪增壓進汽系統 (turbo charge system) 以提高引擎性能。

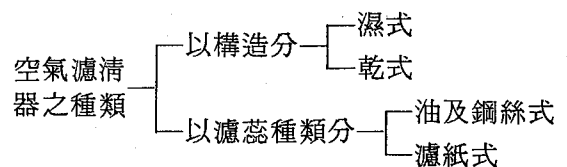
第二節 空氣濾清器

9-2-1 概述

空氣濾清器裝在化油器的前方，用以防止空氣中之灰塵夾雜物等隨空氣進入汽缸及減少空氣進入化油器時產生哨聲，防止化油器回火時使火焰傳到外面造成危險。

9-2-2 空氣濾清器種類

空氣濾清器依構造、濾蕊種類之不同可分為下列數種：



一、濕式空氣濾清器

(一)概述

濕式空氣濾清器又叫油浴式 (oil bath type) 空氣濾清器，使用機油及鋼絲做為濾蕊

，為早期之汽車引擎所使用的濾清器，使用一段時間後可以更換機油清洗濾網再用，為永久式之濾蕊，但構造複雜，成本高，現代引擎已不使用。

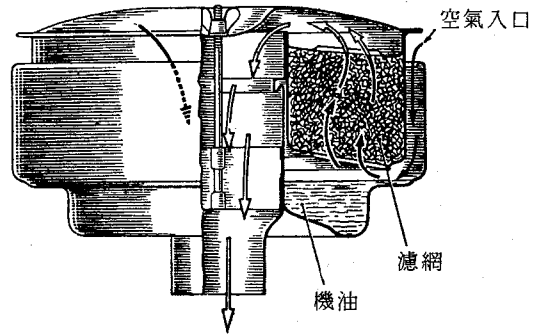
(二)構造及作用

1.圖 2-9-2 所示為濕式空氣濾清器之構造，由外殼、濾網蓋等組成，空氣由蓋與外殼之邊緣向下進入，再轉向上經濾網過濾後再轉向下進入化油器。

2.懸浮在空氣中之灰塵雜物隨空氣進入時，較大的砂粒因動能較大，衝入濾清器之油中，被機油黏住，只有純淨之空氣能通過濾網進入化油器。

二、乾式空氣濾清器

乾式空氣濾清器構造簡單，以濾紙為濾蕊，如圖 2-9-3 所示。現代引擎都使用此式，普通在柏油路行駛的車輛約 20,000 公里更換一次濾蕊即可。



濾淨空氣到化油器
圖 2-9-2 濕式空氣濾清器〔註 2〕

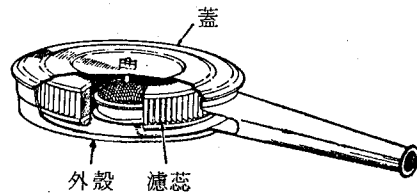


圖 2-9-3 乾式空氣濾清器〔註 3〕

第三節 進汽歧管

9-3-1 概述

(一)進汽歧管：將化油器來的混合汽送到各汽缸。進汽歧管之設計對引擎之性能影響極大，進汽歧管之設計要注意下列事項：

- 1.送到各汽缸之混合汽量及混合比必須相同。
- 2.要使汽油之分佈均勻。
- 3.汽油在進汽歧管能得到充分加溫，以變成乾汽油蒸汽進入汽缸。
- 4.在進汽歧管也不能過度加熱致使混合汽過度膨脹而降低引擎馬力。
- 5.進汽歧管之內壁應光滑且口徑足夠混合汽之流通。
- 6.進汽歧管彎曲處之設計不可使汽油凝結。

(二)進汽歧管通常使用鋁合金或鑄鐵製成。線列式四缸引擎通常使用二管或四管，線列式六缸引擎通常使用三管或四管，V 型八缸引擎則交互供應兩排汽缸，如圖 2-9-4 所示。

(三)進汽歧管通常裝在排汽歧管上方以便利用排汽之熱來加速汽油的汽化，如圖 2-9-5 所示。

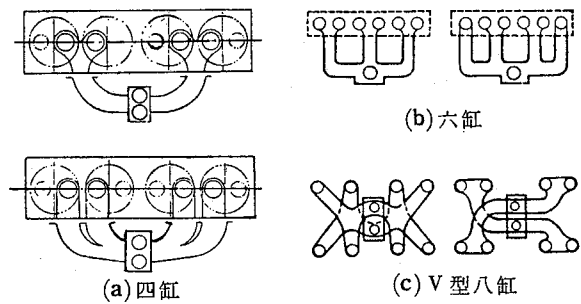


圖 2-9-4 各型進汽歧管〔註 4〕

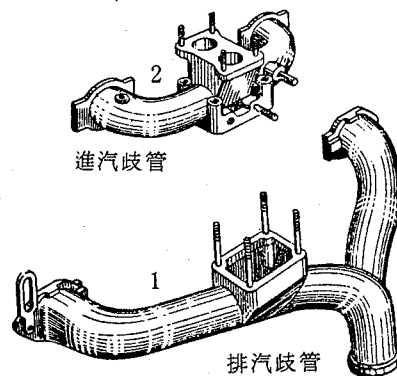


圖 2-9-5 進排汽歧管總成〔註 5〕

第四節 排氣歧管

排氣歧管將各汽缸排出之氣體收集後經排氣管及消音器排至大氣中。要使排氣作用良好，減少排氣回壓 (exhaust back pressure)，排

氣歧管內部必須光滑，轉角必須成流線形以減少阻力，如圖 2-9-5 所示。

第五節 消音器

9-5-1 概述

引擎排出的高溫高壓廢氣，如果直接排於大氣中，因急劇的膨脹會發生很大的爆音。消音器的目的就是使排氣膨脹冷卻，然後才排於大氣中以消除噪音之裝置。通常使用鋼皮製成，內有許多小孔的消音器通道及共鳴室。有些外面並包以玻璃纖維以吸收震動及噪音。有些汽車裝數個消音器以提高效能，如圖 2-9-6 所示。

9-5-2 消音器消音之原理

- (一)將排氣通路縮小，壓力產生變動以消除壓迫聲。
- (二)使音波干涉以消音。
- (三)管斷面積一部分突然變大可以消除聲音。
- (四)使用吸音材料以吸收音波。
- (五)使用共鳴以減弱聲音。
- (六)使用冷卻方法。

9-5-3 消音器之種類

消音器可依作用及構造分為下列數種：

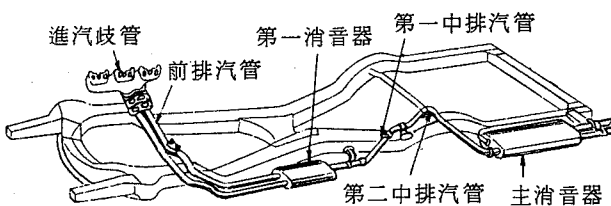
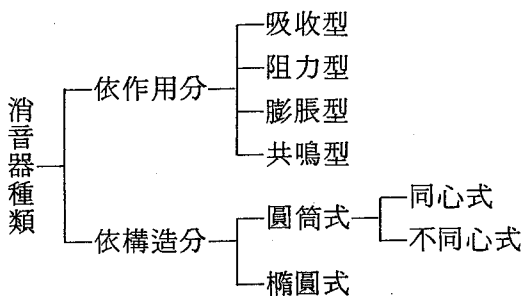


圖 2-9-6 排氣管及消音器 [註 6]

一、依消音器之作用分

- (一)吸收型：如圖 2-9-7(a) 所示，消音器之共鳴箱中放置玻璃纖維以吸收音波。
- (二)阻力型：如圖 2-9-7(b) 所示，在排氣管中央隔開使經小孔進入膨脹室，再從小孔進入後段排氣管以降低排氣速度並消音。
- (三)膨脹型：如圖 2-7-7(c) 所示，普通裝在排氣管中途，使排氣突然膨脹後才排出，以消除雜音。

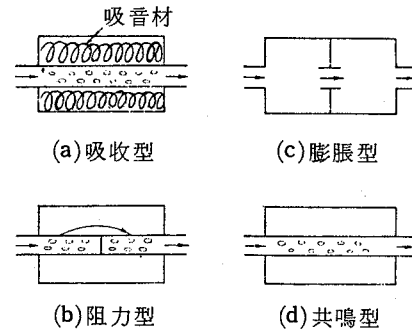


圖 2-9-7 消音器之作用 [註 7]

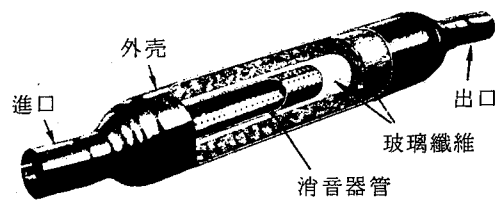


圖 2-9-8 同心式圓筒型消音器 [註 8]

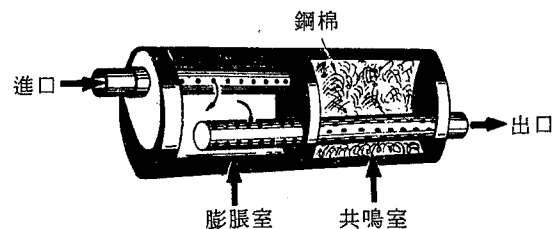


圖 2-9-9 不同心式圓筒型消音器 [註 9]

(四)共鳴型：如圖 2-9-7(d)所示，使用共鳴箱以吸收聲音。

二、依消音器之構造分

(一)同心式消音器：如圖 2-9-8 所示，一般在機踏車上用。

(二)不同心圓筒式消音器：如圖 2-9-9 所示，一般大型車使用較多。

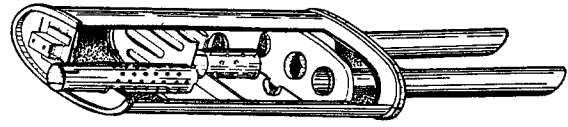


圖 2-9-10 橢圓型消音器 [註10]

(三)橢圓式消音器：如圖 2-9-10 所示，一般小型車使用較多。

第六節 熱控制活門

9-6-1 概述

通常進汽歧管與排汽歧管裝在一起，在化油器座下方裝有熱控閥，又叫節熱門。在冷引擎時使排汽繞過進汽歧管周圍後排出，以加熱混合汽促進汽油汽化，提高引擎性能。在引擎達正常之工作溫度時使排汽不再繞經進汽歧管直接排出，以防止混合汽過熱而影響容積效率。

9-6-2 節熱彈簧操作式熱控閥

一、構造

熱控閥由節熱彈簧（即雙金屬熱偶彈簧，冷時彈性強熱時彈性弱）及配重、蝶形閥等組成，如圖 2-9-11 所示。

二、作用

(一)當引擎冷時節熱彈簧之彈性強，克服配重之重力，將配重舉到上方並使蝶形閥關閉，如圖

2-9-12 (a) 所示。排出之汽體必須繞過化油器座之進汽歧管周圍才排出，以加熱混合汽使汽油汽化良好。

(二)當引擎溫度漸漸升高後，節熱彈簧之彈力漸漸減弱，配重逐漸降下與彈簧力保持在平衡位置，蝶形閥部分打開，如圖 2-9-12 (b) 所示。部分排汽直接排出，部分繞進汽歧管排出。

(三)當引擎達到正常工作溫度後，節熱彈簧彈力消失，配重降到最低點，使蝶形閥完全打開，排汽直接排出，不再加熱進汽歧管以防過熱，如圖 2-9-12 (c) 所示。

9-6-3 真空操作熱控閥

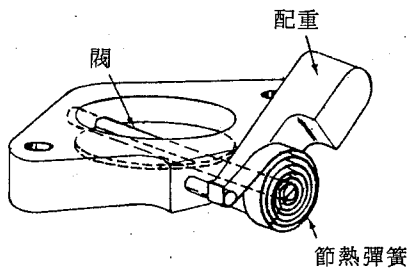


圖 2-9-11 熱控閥之節熱彈簧及配重 [註11]

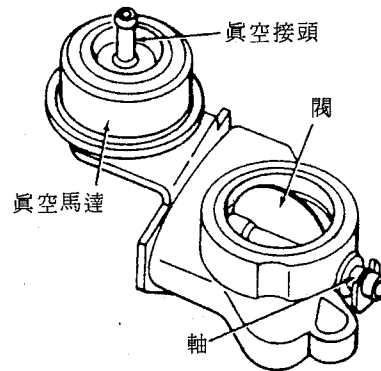
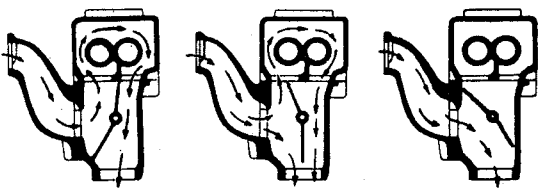


圖 2-9-13 真空操作式熱控閥 [註13]



(a)關閉加熱中 (b)半開半加熱 (c)全開不加熱
圖 2-9-12 熱控閥之作用 [註12]

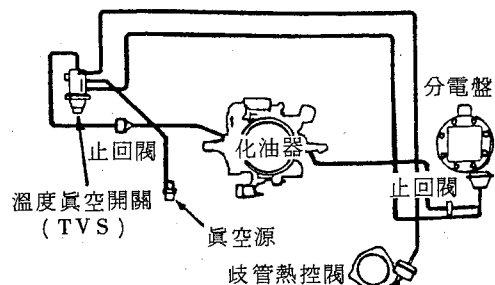


圖 2-9-14 真空操作式熱控閥系統圖 [註14]

1975年起，福特及通用公司改採用真空操作式熱控閥。福特公司之產品稱為真空操作熱控閥 (vacuum operated heat control valve, 簡稱 HCV)。通用公司產品稱為早期燃油蒸發閥 (early fuel evaporation, 簡稱 EFE)。圖 2-9-13 所示為真空操作熱控閥之構造，由旋轉式閥及真空馬達所組成。真空源再由溫度開關 (

thermal vacuum switch, 簡稱 TVS) 控制，溫度開關由冷却水溫或機油溫度控制。引擎冷時，溫度開關打開，真空進入，真空馬達使膜片吸動而將閥關閉，排汽必須繞進汽歧管後排出；引擎達正常溫度時，溫度開關關閉，切斷真空，彈簧使閥打開，排汽直接排出，圖 2-9-14 為其系統圖。

第七節 進氣溫度自動調整式空氣濾清器

9-7-1 概述

進氣溫度自動調整式空氣濾清器係利用引擎真空及空氣濾清器內的溫度感知器來控制切換閥的動作，以控制熱空氣及冷空氣進入空氣濾清器之裝置。

進入的空氣溫度保持在 40°C 時，汽油之霧化良好，引擎運轉性能佳，使燃料之混合比能均勻稀薄化，以節省燃料及減少 HC 及 CO 之排出，並可防止寒冷地區化油器結冰。圖 2-9-15 為進氣溫度自動調整式空氣濾清器之構造。

9-7-2 作用

(-) 如圖 2-9-16 所示，為當進氣溫度低冷空氣進口切斷之情形。溫度感知器之熱偶向上彎，使

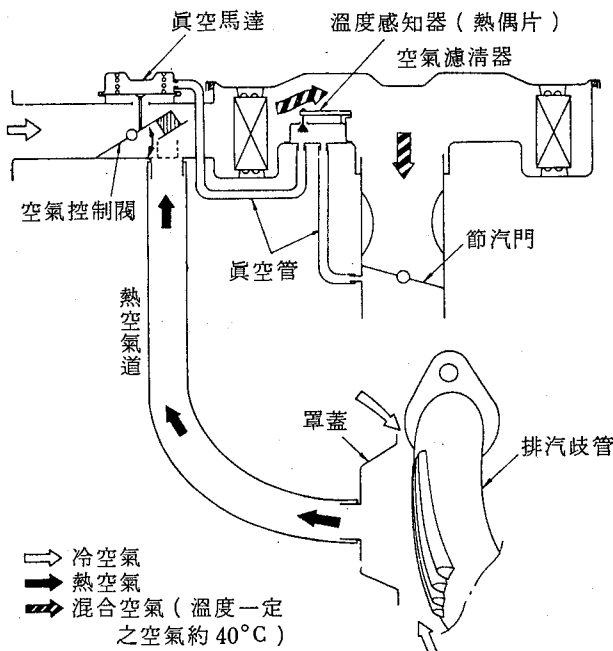


圖 2-9-15 真空馬達式進氣溫度自動調整式空氣濾清器構造 [註 15]

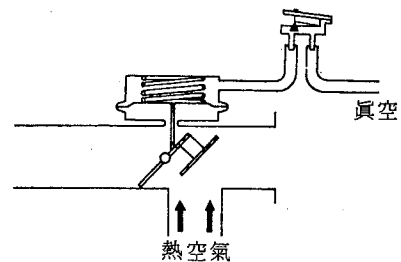


圖 2-9-16 進氣溫度低時之作用

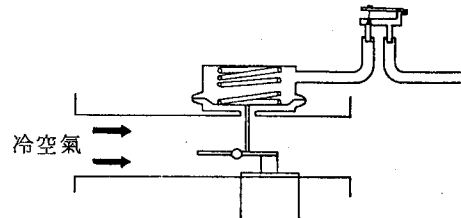


圖 2-9-17 進氣溫度高時之作用 [註 15]

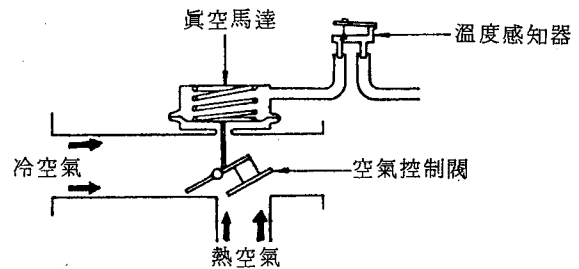


圖 2-9-18 中等溫度時之作用 [註 15]

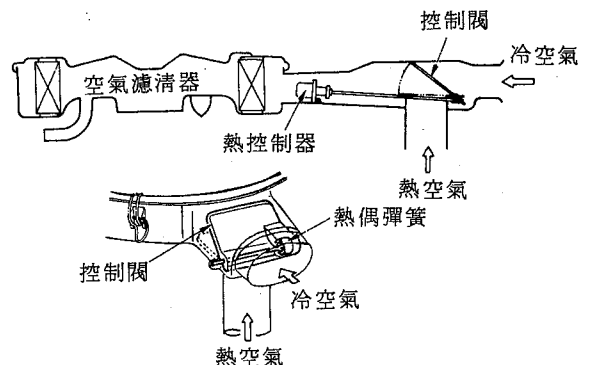


圖 2-9-19 直接作用式自動氣溫調整機構 [註 16]

真空通道打開，進汽管來之真空使真空馬達的膜片向上移動，將控制閥拉向上，關閉冷氣進口，打開熱空氣進口，進入濾清器之空氣先由排汽管加溫。

(三)如圖2-9-17所示，為進汽溫度高熱空氣進口切斷之情形。溫度感知器之熱偶向下彎，將真空通道關閉，彈簧將膜片向下推，輕推桿使控制

閥向下移，關閉熱空氣進口，打開冷空氣進口。

(四)如圖2-9-18所示，為進汽溫度介於兩者之間，熱空氣與冷空氣混合進入，濾清器保持進入空氣溫度在40℃左右。

(四)圖2-9-19所示為由熱偶彈簧直接動作之自動溫度調整式空氣濾清器構造。

第八節 排氣再循環(EGR)裝置

9-8-1 概述

排汽再循環 (EGR) 係將排汽的一部分再送入進汽系統與新鮮混合汽混合，以降低燃燒時之最高溫度，以減少NO_x的發生量之方法。因排汽中含有多量的二氧化碳(CO₂)惰性氣體，CO₂在燃燒時不發生作用，但能吸收大量的熱，使最高燃燒溫度降低。

要使EGR能更有效的發揮其功能，減少NO_x之發生量，確保引擎運轉性能，必須根據進汽溫度、冷却水溫度、變速箱檔別及車子之運轉狀態，適當的控制進入進汽系統之EGR量。因引擎溫度低，怠速或負荷輕時，發生之NO_x之量很少，不須引入EGR，以免影響引擎性能，因此EGR必須做很精密之控制。

將EGR導入進汽系統的方法有送回節汽門的上方及節汽門下方兩種。

一、EGR 送到節汽門上方

如圖2-9-20所示，還流出口在節汽門與文氏管之間，構造簡單，EGR比率控制較易，為防止排汽溫度影響化油器其他部分，使用熱導性很小

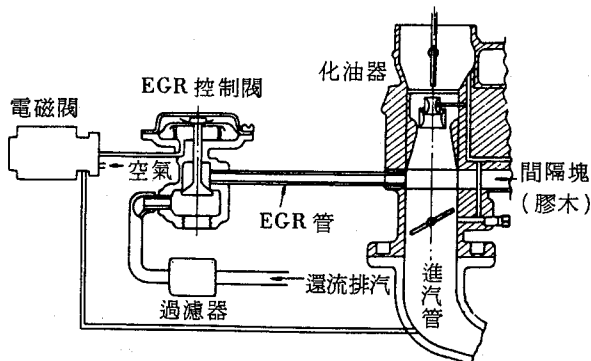


圖 2-9-20 EGR 送到節汽門上方 [註17]

之膠木 (bakelite) 材料。缺點為長期使用時，還流排汽中之碳會堆積在文氏管各噴油嘴、真空孔口等處，使化油器之混合比失常。

二、EGR 送到節汽門下方

如圖2-9-21所示，還流排汽送到進汽歧管，因控制閥前後之壓力差大，易生洩漏，控制機構較精密複雜，但不會造成化油器碳粒堆積之缺點，故使用普遍。EGR 控制方式很多，計有真空控制式、排壓控制式、負荷比例式三種。

9-8-2 真空控制式EGR

一、概述

圖2-9-22所示為真空控制 EGR之系統圖，圖中 TV 閥為熱真空閥之簡稱，於引擎溫度低時關閉通到 EGR 控制閥之真空通路，使 EGR 控制閥無真空作用，切斷 EGR 供應。圖2-9-23為EGR 控制閥之構造。

二、怠速及低速運轉時之作用

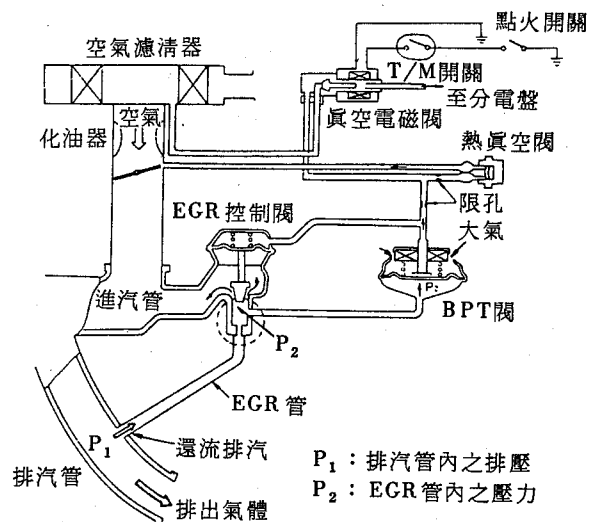


圖 2-9-21 EGR 送到節汽門下方 [註18]

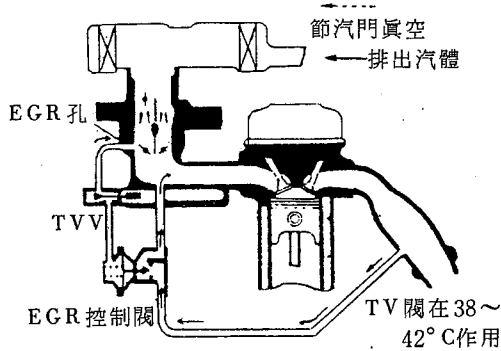


圖 2-9-22 真空控制式 EGR 系統圖〔註 19〕

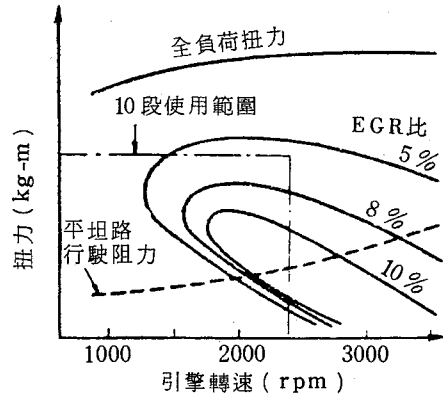


圖 2-9-24 真空控制式 EGR 特性〔註 21〕

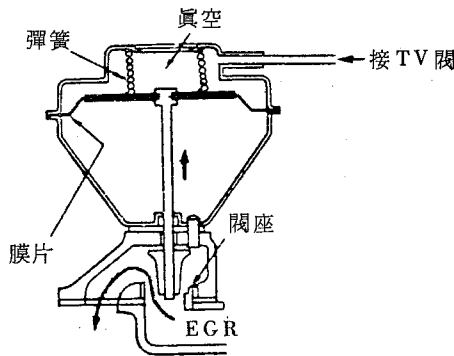


圖 2-9-23 EGR 控制閥構造〔註 20〕

EGR 還流率在一定範圍內與進汽量成比例，以確保引擎運轉性能，同時減少 NO_x。真空控制式 EGR 之特性如圖 2-9-24 所示。

EGR 比率 =

$$\frac{\text{排汽還流量}}{\text{進汽空氣量} + \text{排汽還流量}} \times 100\%$$

9-8-3 排壓控制式 EGR

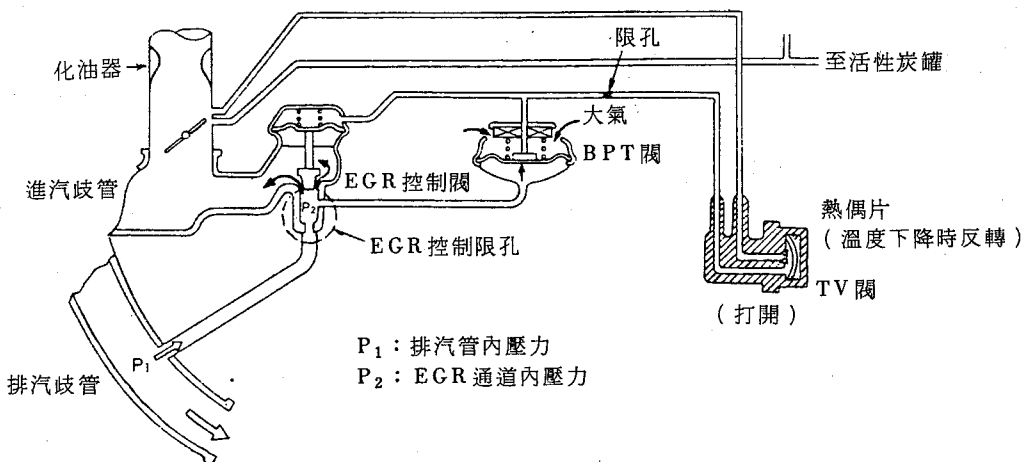
圖 2-9-25 所示為排壓控制 EGR 系統圖，即在原來之真空控制系統中加裝排壓控制閥 (back pressure transducer valve, 簡稱 BPT 閥)，使用排汽壓力來修正作用在 EGR 控制閥之真空信號。BPT 閥之構造如圖 2-9-26 所示。

當作用在 BPT 閥之壓力 P₂ 高時，膜片被向上推，使通大氣之開口變小或關閉，作用在 EGR 控制閥上之真空強，使 EGR 控制閥上之開度大，EGR 還流量多，如圖 2-9-27 所示。當 EGR 閥打開後，P₂ 壓力降低，BPT 之膜片被彈簧向下推，使

EGR 控制閥之真空開口在節汽門上方，怠速及低速 (普通車速 40 km/h 以下) 時，在節汽門上方 EGR 控制閥無真空作用，EGR 控制閥關閉，排汽無法還流。

三、中速及高速時之作用

節汽門開度大後，EGR 控制閥之真空開口有真空產生；真空力大於彈簧力時，使 EGR 控制閥打開，排汽流到進汽管。此式在全負荷節汽門全開附近時，進汽歧管之真空變小，EGR 閥關閉。



P₁: 排汽管內壓力
P₂: EGR 通道內壓力

圖 2-9-25 排壓控制式 EGR〔註 22〕

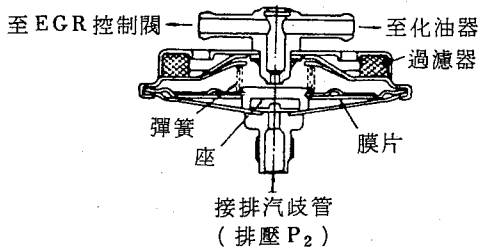


圖 2-9-26 BPT 閥構造 [註23]

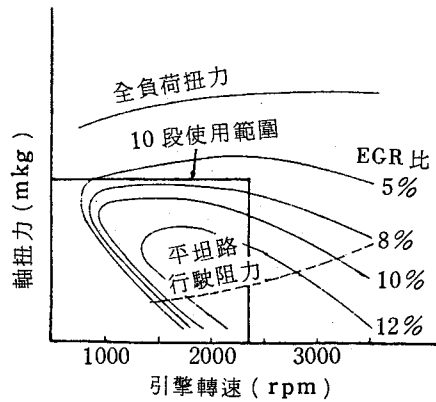


圖 2-9-29 排壓控制式 EGR 特性 [註24]

大氣進入 EGR 閥之真空道中，使真空變弱，EGR 還流量減少，如圖 2-9-28 所示。 P_2 再增加，如此 P_2 維持在一定範圍，EGR 之還流量依排汽管中 P_1 之壓力與 P_2 之壓力差而定。而 P_1 之值與吸入空氣量成正比，因此 EGR 量與進入空氣量成比例，可以在引擎運轉之廣大範圍內保持一定，而降低 NO_x 之發生。圖 2-9-29 為排壓控制式 EGR 之特性。引擎溫度低於設定溫度時，EGR 閥內之熱偶使 EGR 控制閥之真空通路遮斷，不論引擎在何種運轉情況，EGR 控制閥都不打開，如圖 2-9-30 所示。

出，必須使用較大之 EGR 還流率，為避免影響引擎性能必須有更精密之控制，圖 2-9-31 為負荷比例式 EGR 系統圖。此式將排壓控制式 EGR 之 BPT 閥改為文氏管真空傳遞閥 (Ventury vacuum transducer, 簡稱 VVT)。VVT 閥係將 BPT 閥加上化油器文氏管及節汽門處之真空為控制信號，使 EGR 之還流率與引擎負荷成比例。

9-8-4 負荷比例式 EGR

一、概述

NO_x 之排出量限制嚴格後，為減少 NO_x 之排

為使 EGR 控制更精確，避免影響性能，本系統包括有車速感知器、變速箱開關、電子控制器、真空切斷電磁閥 (VC 閥)、EGR 切斷閥、水溫開關 (TV 閥)、真空開關 (VS 閥) 等控制部分。表 2-9-1 為各控制器之作用情形。

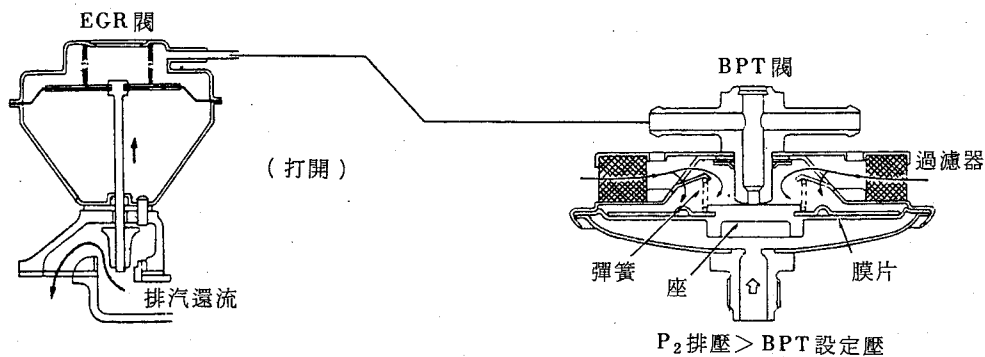


圖 2-9-27 BPT 閥作用(→) [註25]

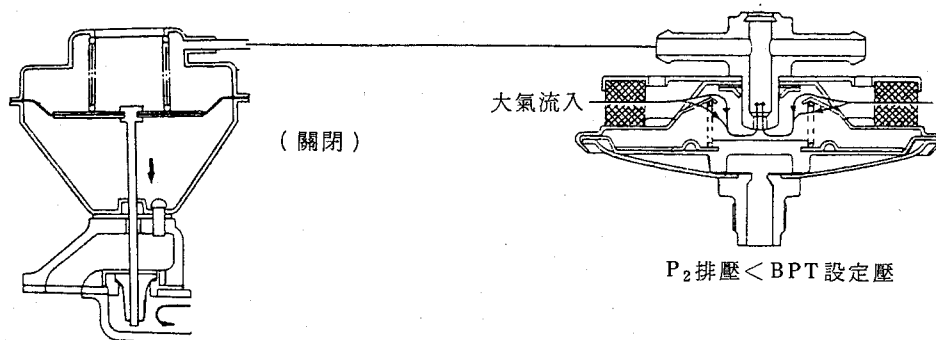


圖 2-9-28 BPT 閥作用(←) [註25]

表 2-9-1 EGR 控制裝置之作用

運 轉 條 件			各 控 制 器 之 作 用				
EGR 還流量	車 速	冷 却 水 溫 度	溫 度 開 關 (TV 閥)	電 子 控 制 器 (EC-module)	真 空 切 斷 電 磁 閥 (VC 閥)	文 氏 管 真 空 傳 遞 閥 (VVT 閥)	EGR 控 制 閥
無	—	50°C 以下	大 氣 導 入	—	—	—	閉
多	55 km/h 以下	50°C 以上	大 氣 切 斷	搭 鐵 回 路 不 通 (OFF)	OFF	文 氏 管 真 空	開 大
少	55 km/h 以上	50°C 以上	大 氣 切 斷	搭 鐵 回 路 通 (ON)	ON	大 氣 導 入	開 小

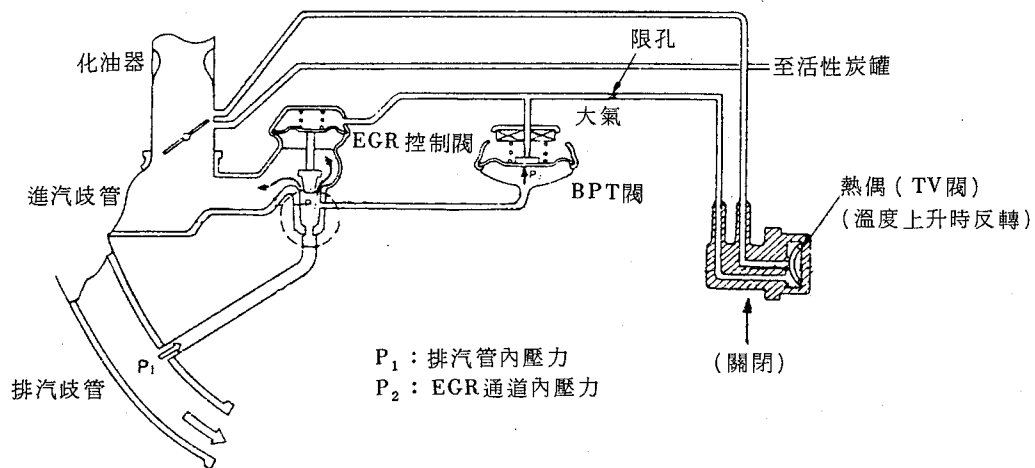


圖 2-9-30 溫度控制閥 (TV) 之作用 [註 25]

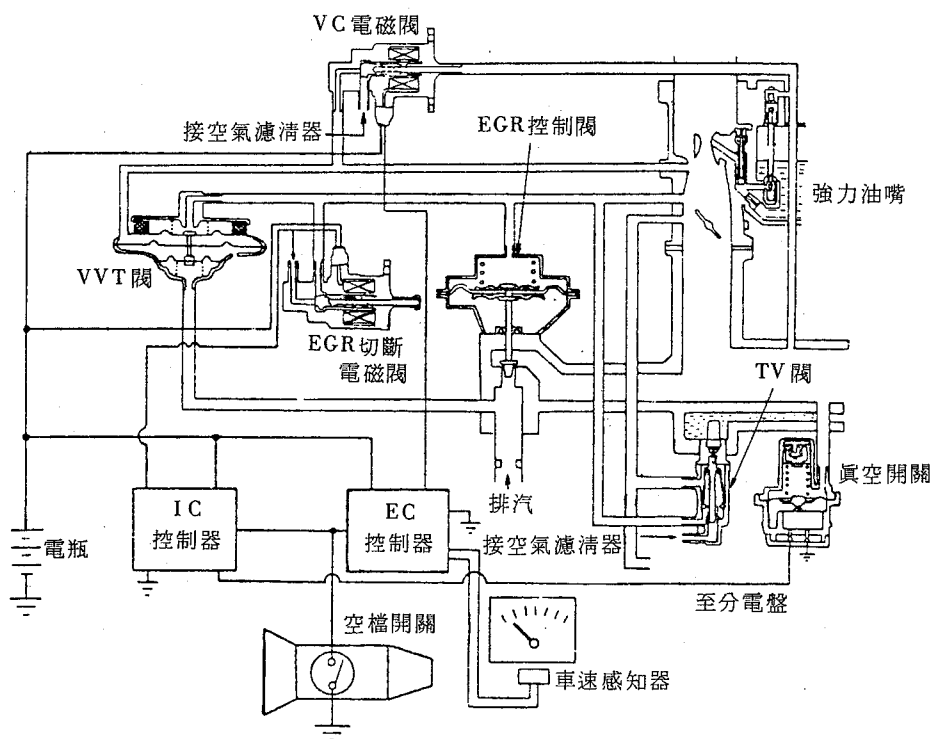


圖 2-9-31 負荷比例式 EGR 系統圖 [註 26]

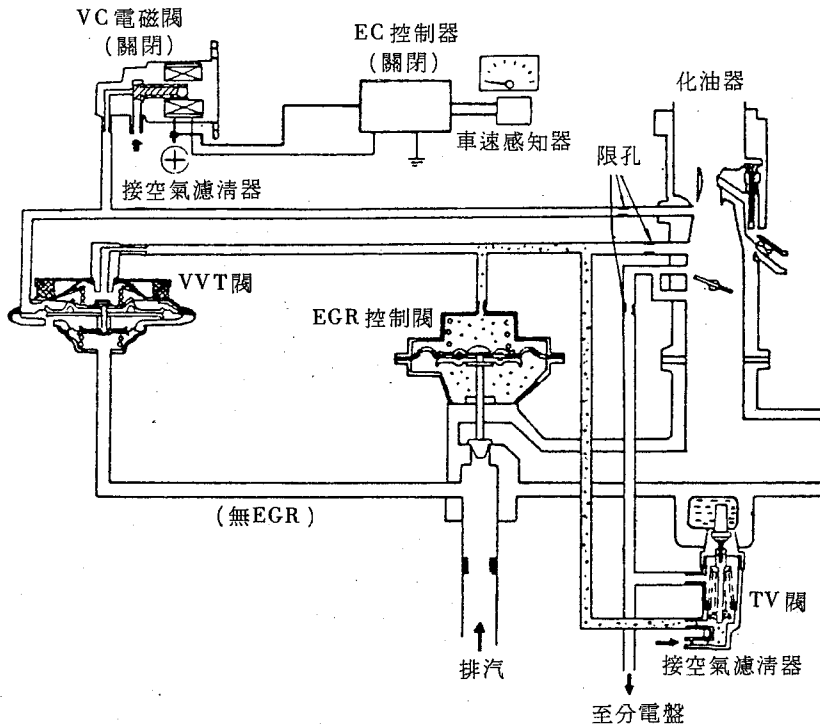


圖 2-9-32 冷引擎時 EGR 無還流 [註 27]

二、冷引擎時之作用

圖 2-9-32 所示為冷引擎冷卻水溫度在 50°C 以下時之情形。TV 閥打開，大氣流入，VVT 閥及 EGR 控制閥作用之真空切斷，不論任何車速，EGR 閥均關閉。

三、VVT 閥之構造作用

圖 2-9-33 所示為 VVT 閥之構造，裏面有三層膜片，在排汽壓及大氣壓作用之中間，加上文氏管真空之作用。引擎吸入之空氣量多時，文氏管處之真空 V_v 較強，排壓 P_2 也變強，大氣導入口關閉之壓力為 $P_2 + V_v$ ，比原來只用 P_2 之 BPT 閥作用力大得多，因此大氣進入 EGR 控制閥真空道之量減少，EGR 控制閥之開度大，EGR 量增加。

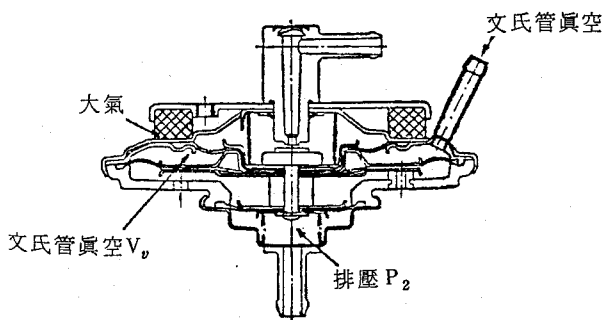


圖 2-9-33 文氏管真空傳遞閥 (VVT 閥) 構造 [註 28]

四、引擎冷卻水溫度 50°C 以上車速 55km/h 以上之作用

圖 2-9-34 所示為冷卻水溫度 50°C 以上 (TV 閥切斷大氣進入真空管道通路)，此時，電子控制器之搭鐵迴路接通，VC 電磁閥接通 (ON)。VVT 閥有大氣進入，文氏管真空無作用。此時，VVT 閥與 BPT 閥之作用相同，EGR 量很少，混合比較濃，點火提前較少。

五、車速 55 km/h 以下引擎冷卻水溫度 50°C 以上之作用

如圖 2-9-35 所示，此時，電子控制器搭鐵迴路切斷，VC 電磁閥關閉 (OFF)。VVT 閥無大氣通入，文氏管真空與排汽壓力共同作用，EGR 量較多。VC 電磁閥關閉 (OFF) 時，化油器的強力油路之真空通路受大氣作用，強力閥打開，供給較濃混合汽，同時點火提前機構中真空提前部分無空氣導入，與機械離心力提前點火裝置共同作用。負荷比例式 EGR 之特性如圖 2-9-36 所示。

六、熱真空閥 (TV) 之構造及作用

TV 閥之構造如圖 2-9-37 所示，由熱臘丸、可動活塞、彈簧等組成，用來開閉 EGR 控制閥及分電盤真空點火提前機構真空道之進入空氣。水溫在 15°C 以下時，如圖 2-9-37 (a) 所示，熱臘丸

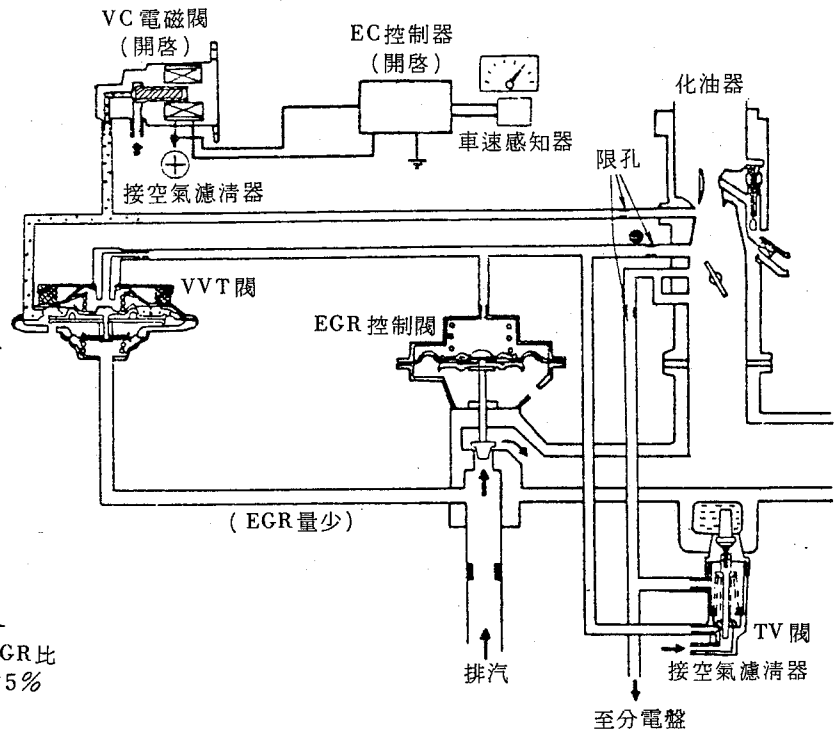


圖 2-9-34 水溫 50°C 以上, 車速 55 km/h 以上 EGR 之作用 [註 29]

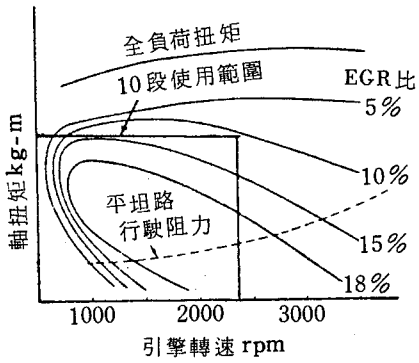


圖 2-9-36 負荷比例式 EGR 特性 [註 31]

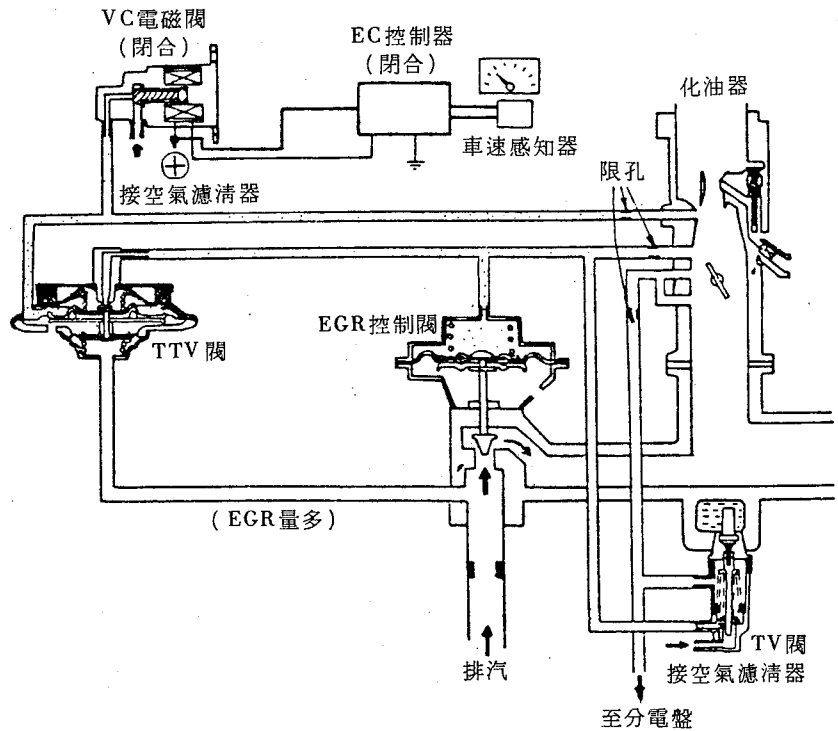


圖 2-9-35 溫度正常, 車速 55 km/h 以下 EGR 之作用 [註 30]

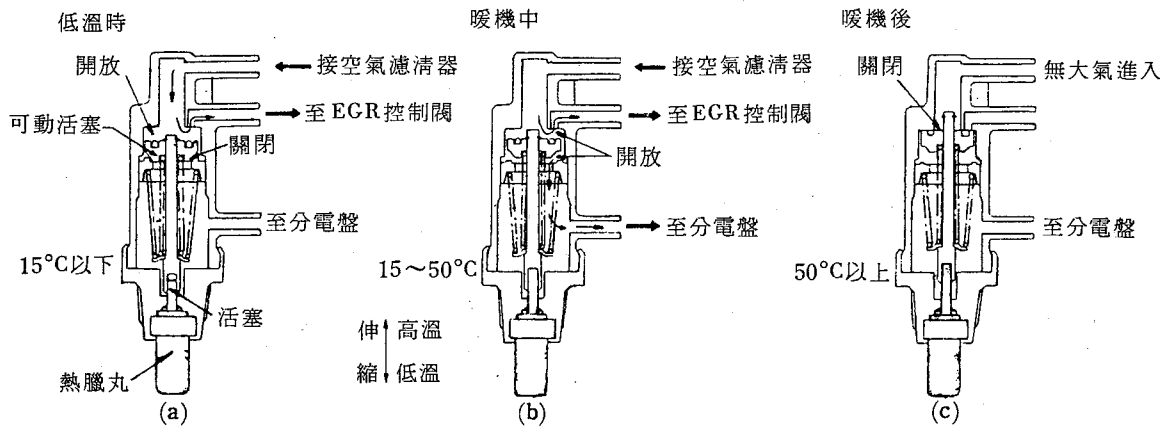


圖 2-9-37 熱真空閥 (TV) 之構造作用 [註32]

收縮，可動活塞向下移動，打開空氣濾清器至 EGR 控制閥之通路，關閉通到分電盤真空提前機構之通路。水溫在 15~50°C 之間時如圖 2-9-37(b) 所示，熱臘丸中度膨脹，活塞位在中間，空氣濾

清器至 EGR 控制閥及分電盤真空提前機構之通路均打開。水溫在 50°C 以上時如圖 2-9-37(c) 所示，熱臘丸完全膨脹，活塞關閉空氣入口，無空氣到 EGR 控制閥及分電盤真空提前機構。

第九節 二次空氣供給裝置

9-9-1 概述

將空氣噴入排汽管中，使排汽中之 CO 及 HC 再進一步燃燒，是消除 CO 及 HC 最早使用的方法，觸媒轉換器發明後仍繼續再使用，以提高轉換器之效果。二次空氣供給之方法有利用空氣泵的二次空氣噴射裝置 (AIS) 及利用排汽壓力脈動

將空氣導入之裝置 (EAI) 兩種。前者使用在六汽缸以上之引擎，後者使用在四汽缸以下之引擎。

9-9-2 二次空氣噴射裝置

一、概述

二次空氣噴射裝置，由引擎驅動之空氣泵、

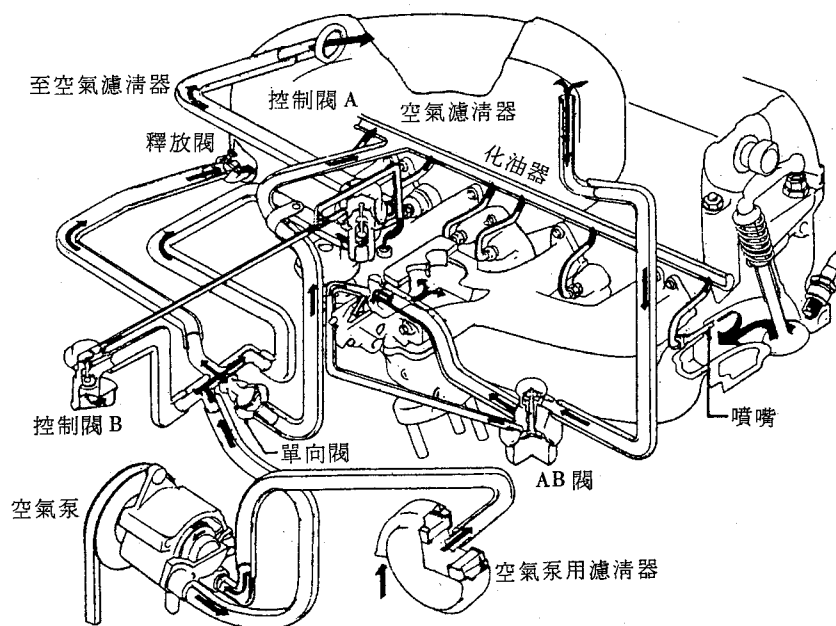


圖 2-9-38 二次空氣噴射系統構造 (Nissan Co.) [註33]

空氣控制閥、釋放閥、單向閥、空氣道及空氣噴嘴等組成，如圖2-9-38所示，各機件之構造及作用如下：

二、空氣泵空氣濾清器

將進入空氣泵之空氣過濾之小型濾清器，構造如圖2-9-39所示。在高速時能限制空氣進入量並防止曲軸箱吹漏氣進入，因此須經特別設計。

三、空氣泵

為葉片式泵，由皮帶盤驅動，構造如圖2-9-40所示，偏心之轉軸轉動時，葉片在圓形的殼室中產生空間之變化而發生吸送空氣的作用。

四、輕負荷控制閥（控制閥A）

空氣泵之送氣量與引擎之轉速成正比，引擎在輕負荷高轉速運轉時，排出氣體少，如供給過多之二次空氣，會使排汽歧管內之溫度降低，而使觸媒轉換器之作用不良，因此必須加以控制，使在輕負荷高速運轉時，將二次空氣釋放一部分，以減少二次空氣噴入量。圖2-9-41為輕負荷控制閥的構造，於引擎輕負荷高速運轉或在急速減

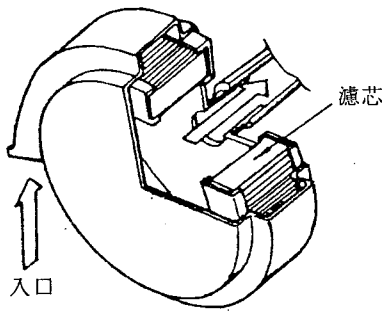


圖 2-9-39 二次空氣噴射系統專用空氣濾清器

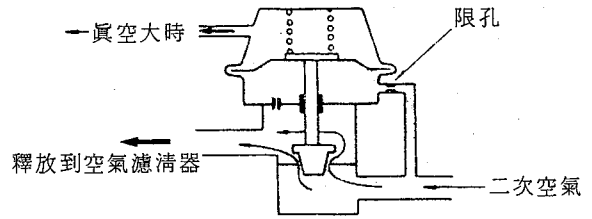
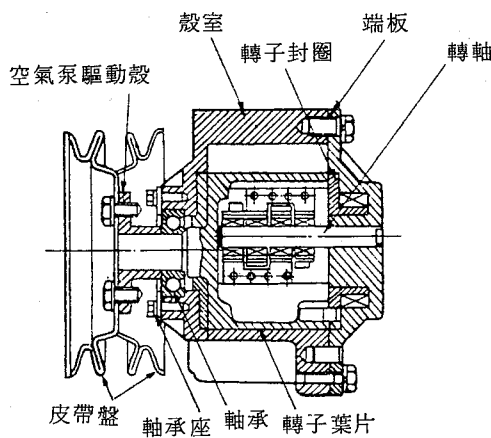


圖 2-9-41 輕負荷控制閥 (A 閥) [註35]

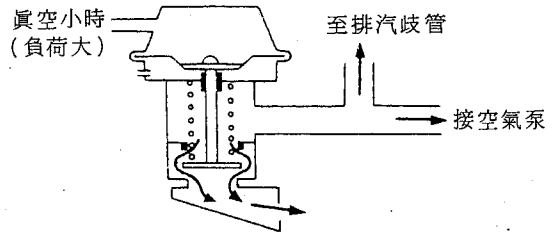


圖 2-9-42 緊急控制閥 (B 閥) [註36]

速時，進汽歧管之吸力大，將膜片上吸，使控制閥打開，將部分二次空氣放出。

五、緊急控制閥（控制閥B）

在引擎高負荷時，為提高引擎之出力，化油器之強力油路產生作用，而使混合汽變濃，此時排汽中之CO及HC會增加。如不減少二次空氣噴射量，會使觸媒轉換器過度反應，使溫度過高而損壞。因此，在這種特殊狀況之下，需將二次空氣洩放一部分，以減少二次空氣噴入量，保護觸媒轉換器。圖2-9-42為緊急控制閥之構造，在重負荷時，進汽歧管之真空變弱，彈簧使閥打開，將部分二次空氣排出；引擎負荷降低時，真空增

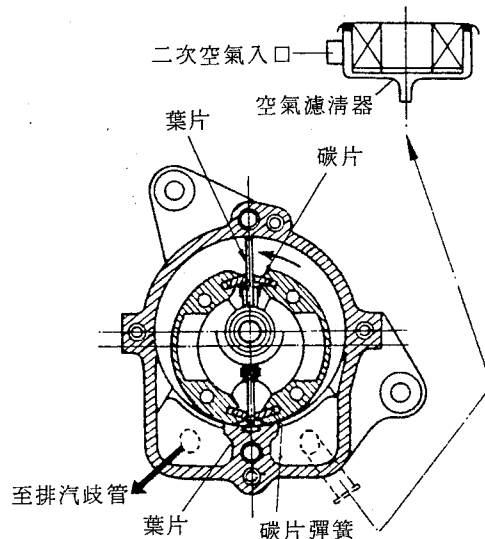


圖 2-9-40 空氣泵構造 (Nissan Co.) [註34]

加使閥關閉。

六、釋放閥

空氣泵在高速運轉時，二次空氣之壓力會增高，當二次空氣壓力增加到規定壓力時，釋放閥打開，使二次空氣流到空氣濾清器，以減小空氣泵之負荷，構造如圖2-9-43所示。

七、單向閥

單向閥裝在空氣管中，當排汽管放炮或空氣泵皮帶損壞及其他原因使壓力降低時，防止排汽逆流到空氣泵而使空氣泵損壞之裝置，構造如圖2-9-44所示。

八、空氣管

將空氣泵送來之空氣均勻的噴入各排汽孔道中的裝置。空氣管之前端裝有空氣噴嘴，如圖2-

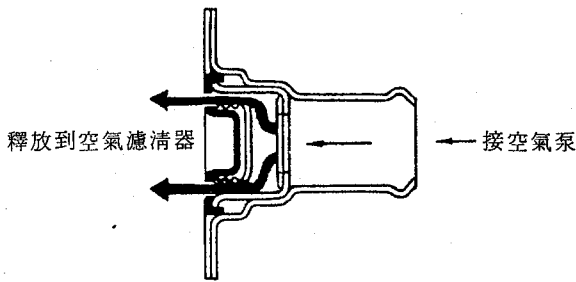


圖 2-9-43 釋放閥 [註37]

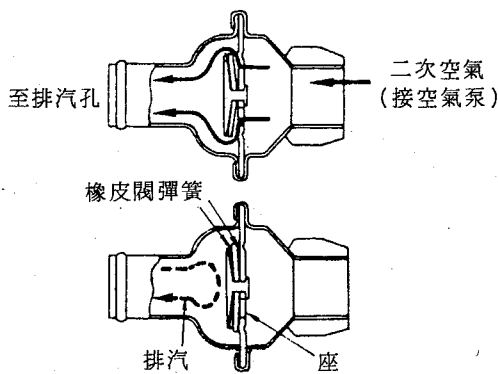


圖 2-9-44 單向閥之作用 [註38]

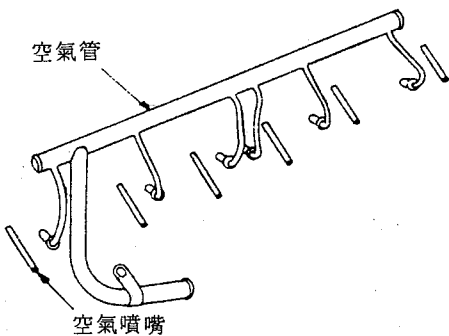


圖 2-9-45 空氣管

9-45 所示。

九、二次空氣之控制

圖2-9-46所示為二次空氣各控制閥之控制範圍。

十、二次空氣控制閥

新式之二次空氣噴射系統為減少配管、提高汽車之修護性能，將前述之輕負荷控制閥、緊急控制閥、釋放閥三者合為一體，稱為二次空氣控制閥，如圖2-9-47所示。

(-)低負荷運轉時之作用：進汽歧管之真空大，膜片(1)之吸力大，超過彈簧(2)及彈簧(1)之彈力

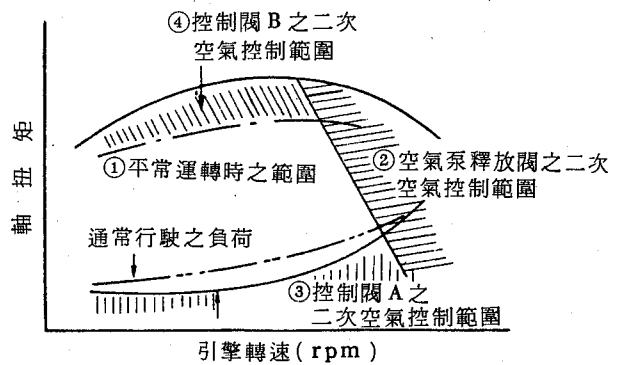


圖 2-9-46 二次空氣控制範圍 [註39]

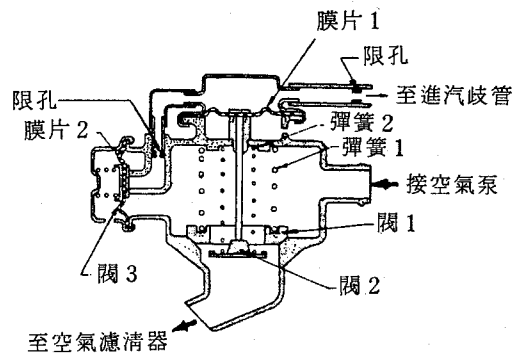


圖 2-9-47 二次空氣控制閥 [註40]

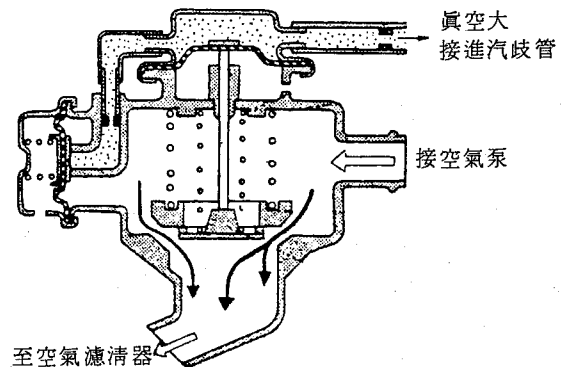


圖 2-9-48 二次空氣控制閥低負荷運轉時之作用 [註40]

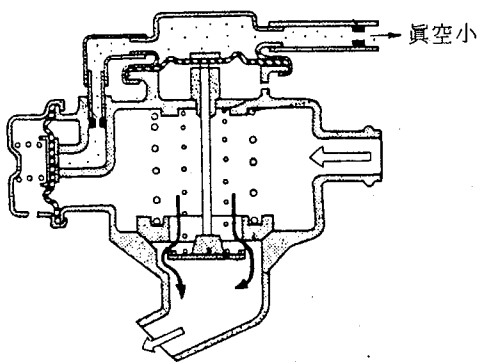


圖 2-9-49 二次空氣控制閥高負荷運轉時之作用 [註40]

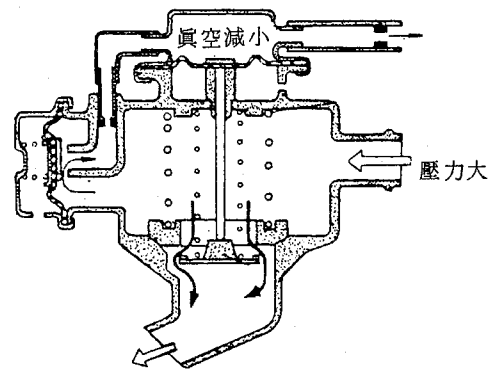


圖 2-9-50 二次空氣控制閥高速運轉時之作用 [註40]

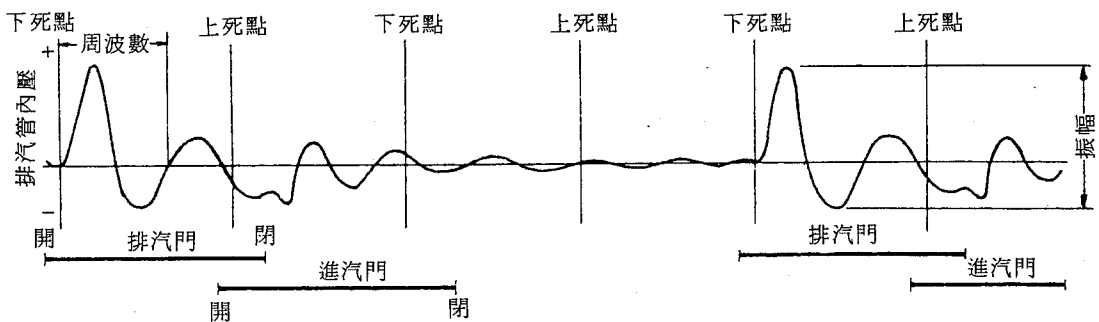


圖 2-9-51 排氣壓脈動變化 [註41]

，使閥(1)打開。二次空氣從出口流到空氣濾清器，排汽歧管噴射之空氣量減少，以防止觸媒入口之溫度降低，如圖 2-9-48 所示。

(二)高負荷運轉時之作用：進汽歧管之真空降低，膜片(1)之吸引力小，彈簧(2)之彈力超過真空吸力，使閥(2)打開，二次空氣從出口流到空氣濾清器，排汽歧管噴射之空氣量減少，以防止排汽系統過熱，如圖 2-9-49 所示。

(三)高速運轉時之作用：引擎高速運轉時，空氣泵產生之壓力大，將閥(3)推開，二次空氣進入膜片(1)之上方，使真空降低，彈簧(2)之彈力將閥(2)打開，使二次空氣流到空氣濾清器，排汽歧管噴入之空氣量減少，如圖 2-9-50 所示。

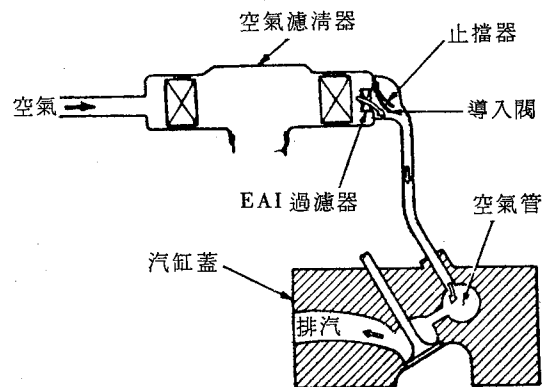


圖 2-9-53 二次空氣導入裝置(一) [註43]

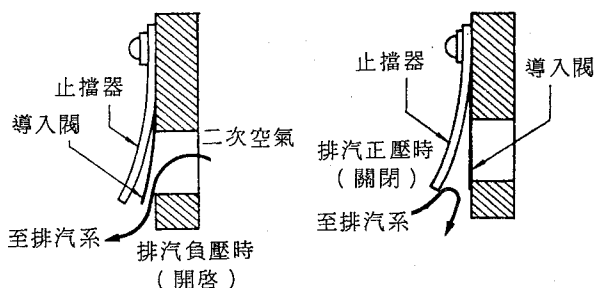


圖 2-9-52 導入閥構造 [註42]

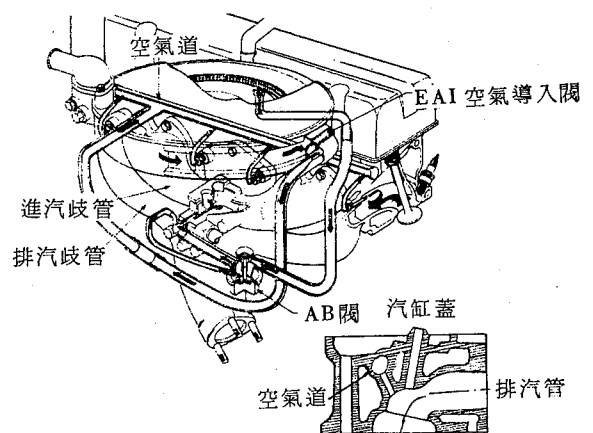


圖 2-9-54 二次空氣導入裝置(二) (Nissan Co.) [註44]

9-9-3 二次空氣導入裝置

四缸以下缸數較少之引擎，排汽管內之壓力會隨排汽門的開閉而產生正壓與負壓之脈動，如圖2-9-51所示。在排汽管內為負壓（真空）狀態時，二次空氣導入閥被吸開，空氣導入排汽系統中。排汽管內之壓力為正壓時，導入閥關閉，防

止排汽逆流到空氣濾清器，圖2-9-52為導入閥的構造。在高速負荷大時，排汽管內之脈動較少，二次空氣導入量顯著減少，因此不需二次空氣控制閥。圖2-9-53及2-9-54為二次空氣導入裝置之構造。

第十節 熱反應器

熱反應器係將排汽歧管改良而成，在排汽歧管外面採用隔熱材料被覆，以隔絕內部熱量之傳出，除使HC及CO再氧化，提高燃燒效率，減少HC及CO排出量外，並可減少引擎室內熱的發散。排出氣體在熱反應器內滯留的時間較長，使有

充分的時間燃燒，供應熱反應器之空氣先經過熱反應器之周圍預熱，然後再噴入熱反應器內，可以提高燃燒效率。圖2-9-55所示為熱反應器構造之演變情形。

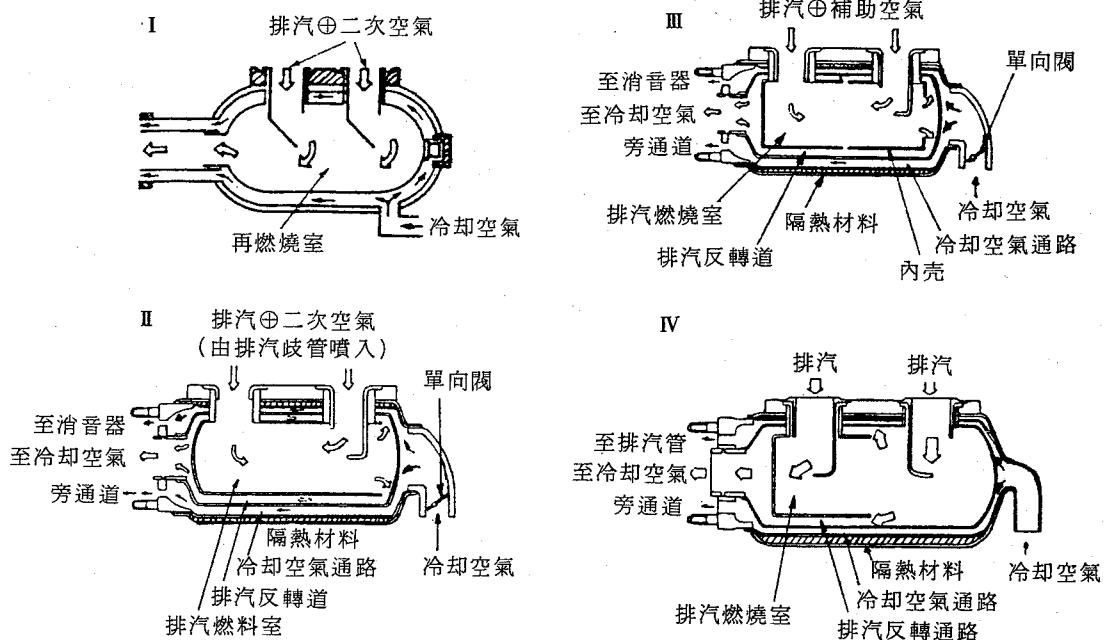


圖 2-9-55 熱反應器構造之變遷 (Mazda Co.) [註45]

第十一節 觸媒轉換器

9-11-1 氧化觸媒轉換器

一、概述

在排汽管中裝置觸媒（凡協助其他物質使容易產生化學反應而本身不產生變化之物質稱為觸媒），引擎排出之氣體通過觸媒時，其所含之CO及HC會迅速氧化變成CO₂及H₂O，可使排

汽中所含之CO及HC減少。

二、構造

氧化觸媒轉換器係使用鉑（Pt; platinum）或鈀（Pd; palladium）等貴金屬製成。若以原來形狀使用時，因表面積少效能不佳，因此在使用時，將其附着於鋁擔體上（擔體係表面積為

海綿狀之台體，以增大表面積），以提高接觸面積，增進觸媒轉換器之效率。觸媒劑有兩種形狀，一種如圖2-9-56所示，使用2~4 mm直徑之小圓粒擔體表面附着鉑之圓粒式 (pallet type) 及圖2-9-57所示之鉑附着於隧道表面之蜂巢式 (honey comb type) 兩種，外殼使用不銹鋼製成。

三、氧化觸媒轉換器之作用

在轉換器中須供給氧化反應所需的適量空氣，觸媒在 300 °C 時就有充分的工作能力。轉換器中之溫度可達 500 ~ 850 °C 左右，排汽在觸媒轉換器之出口溫度高於進口溫度約 30 ~ 100 °C 左右。在正常情形下能使排汽中之CO及HC氧化變成CO₂及H₂O的無害氣體，達成淨化作用。如果引擎有某種不正常原因而排出高濃度的CO及HC進入觸媒轉換器中時，觸媒因負荷過重而使溫度升高；若高溫繼續的時間過長時，會使觸媒之性能劣化，為防止此種現象發生，須有提醒駕駛人注意的溫度警報裝置。

四、排汽溫度警報裝置

(一)概述

使用氧化觸媒轉換器的車子為防止轉換器之溫度過高，發生損壞，在駕駛室內裝有排汽溫度警告燈，當轉換器中之溫度超過安全限度 (850 °C 以上) 或車底板溫度超過 105 ~ 135 °C 時點亮，提醒駕駛人注意，即時停車檢查原因。

(二)構造

排汽溫度警告裝置由排汽溫度感知器、車底

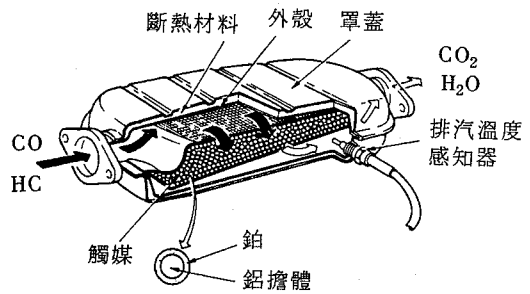


圖 2-9-56 圓粒觸媒劑式氧化觸媒轉換器 [註46]

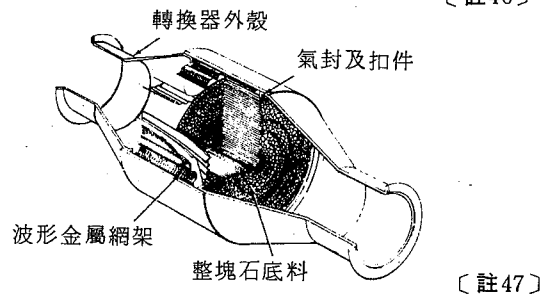


圖 2-9-57 蜂巢觸媒劑式氧化觸媒轉換器 (Ford Co.)

板溫度感知器、排汽溫度感知器、繼電器與開關控制組 (switching module) 等組成。圖 2-9-58 所示為其電路圖。

(三)排汽溫度感知器

排汽溫度感知器裝在氧化觸媒轉換器之後部邊緣，如圖2-9-59所示。感知器係熱敏半導體 (thermistor) 製成，溫度高時電阻迅速降低，由電阻的變化使開關控制組產生作用。圖2-9-60為熱敏半導體的溫度特性圖。

(四)車底板溫度感知器

車底板溫度感知器裝在氧化觸媒轉換器附近

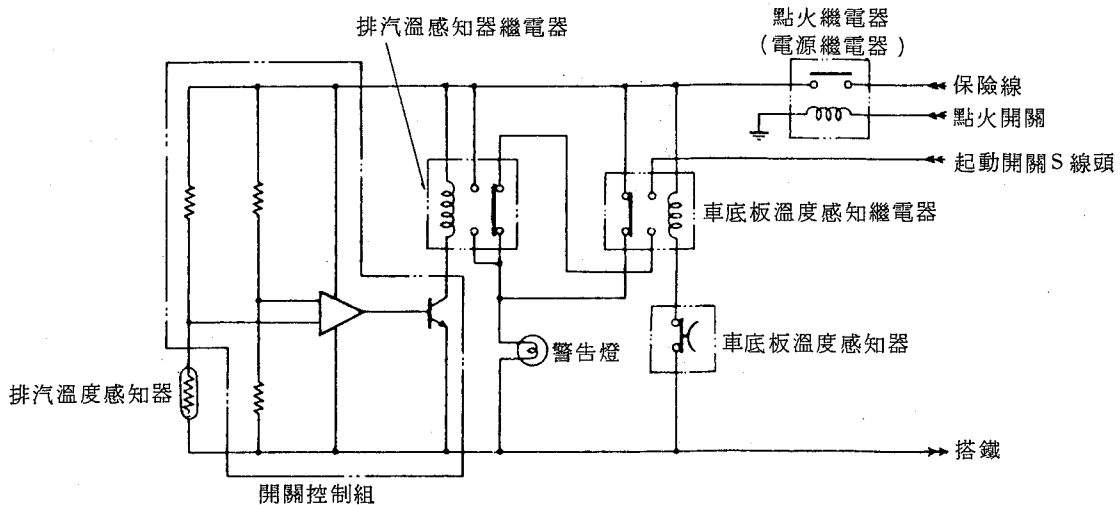


圖 2-9-58 排氣系統警報裝置電路圖 (Nissan Co.)

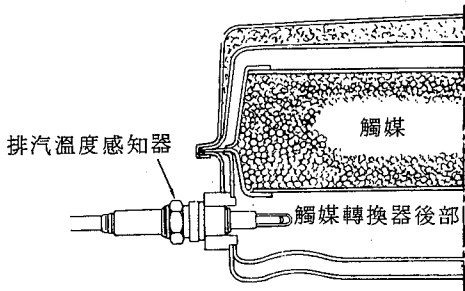


圖 2-9-59 排汽溫度感知器〔註48〕

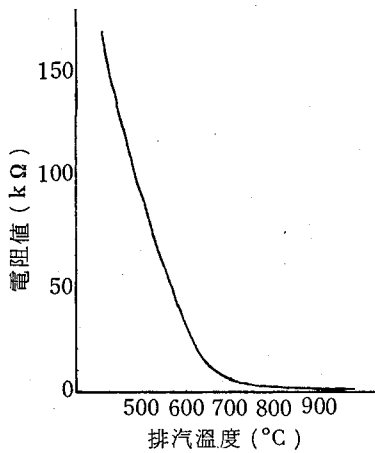


圖 2-9-60 排汽溫度感知器特性曲線〔註48〕

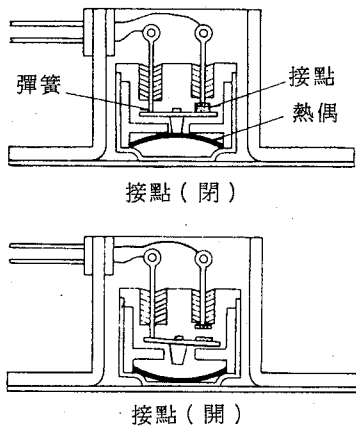


圖 2-9-61 車底板溫度感知器〔註48〕

之車底板處，用熱偶片製成，在規定溫度以下時接點閉合，到達設定溫度以上時，熱偶彎曲，使接點分離，如圖 2-9-61 所示。

(五) 開關控制組

將排汽溫度感知器送來之信號擴大，使警告燈能點亮之電晶體控制線路，由集積電路 (IC)、電晶體、整流粒、電阻、電容器等組成。

9-11-2 三元觸媒轉換器

一、概述

前述之氧化觸媒轉換器對NO_x之淨化毫無效

果，NO_x必須使用還原反應把NO_x中的氧轉入CO之中，變成氮(N₂)和二氧化碳(CO₂)才能奏效。還原觸媒劑為鉑及銻(Rh; rhodium)，同時能使CO、HC及NO_x淨化之轉換器稱為三元觸媒轉換器，如圖 2-9-62 所示。

二、作用

使用三元觸媒轉換器只有在理論混合比附近之狹窄區域，如圖 2-9-63 所示時，才能發揮其淨化性能。因此使用三元觸媒轉換器必須裝置含氧量感知器及混合比回饋控制系統 (mixture feedback system) 來控制混合汽維持在理論混合比附近。

三、含氧量感知器

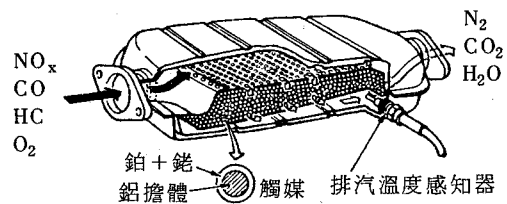


圖 2-9-62 三元觸媒轉換器〔註49〕

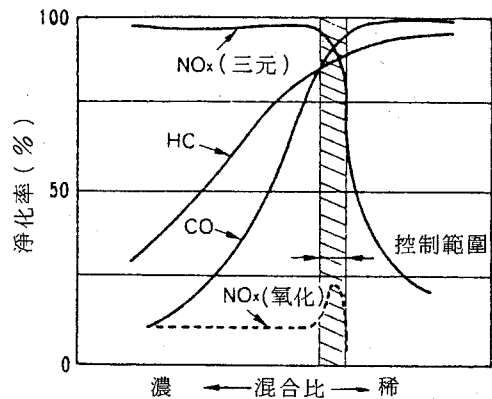


圖 2-9-63 三元觸媒轉換器控制範圍〔註50〕

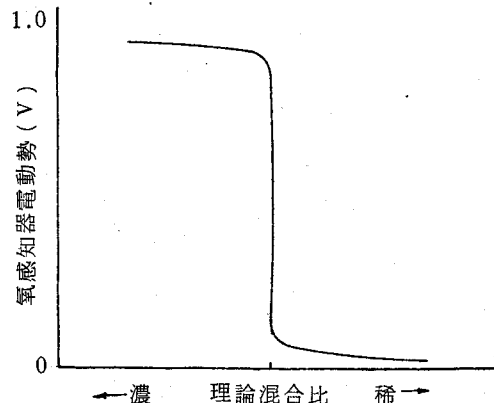


圖 2-9-64 含氧量感知器特性〔註51〕

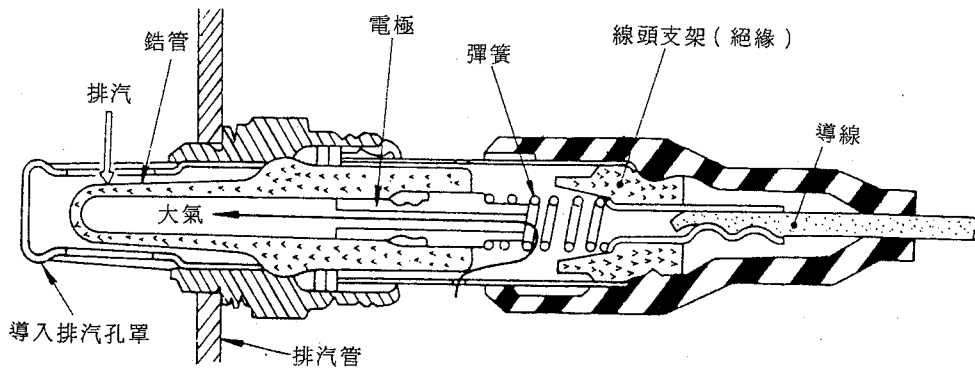


圖 2-9-65 含氧量感知器構造 (Bosch Co.) [註52]

(一)概述

含氧量感知器係利用大氣與排氣中之氧濃度的比以產生電動勢（電壓）的一種電池，如圖2-9-64所示。以理論混合比之混合汽燃燒後之排氣中的含氧濃度為基準，混合汽較濃時，產生之電動勢極高，混合汽較稀時，電動勢接近零。以此電壓的變化送到電子控制器，進而控制燃料的供應量維持一定的混合比，使三元觸媒轉換器能發揮其淨化效能。

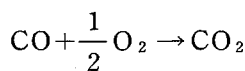
(二)構造

如圖2-9-65所示為含氧量感知器之構造。由能產生電動勢之鋁 (Zr; zirconium) 管、導線、電極及防止鋁管破損及導入排氣之孔罩 (louver) 等組成。

(三)作用

含氧量感知器產生電動勢之原理為含氧之濃度有差別存在時，氧離子通過鋁管時即能產生電動勢，鋁管之表面鍍有鉑以產生觸媒作用。

鋁管內側為大氣，含氧量高（約21%）；外側為排氣。當混合比過濃時，排氣中所含氧少，兩側氧之濃度差大，產生大電動勢；當混合比過稀時，排氣中所含之氧多，兩側氧之濃度差小，產生之電動勢就小。同時鋁表面之白金能產生觸媒作用，使排氣中所含之CO轉變為CO₂，



較濃混合汽中所含之CO，會與殘存之O₂作用，使鋁管表面O₂之濃度變成零，使兩側氧之濃度差更大，產生更大之電動勢（約1.0伏特）。

圖2-9-66所示為O₂、CO含量與含氧量感知

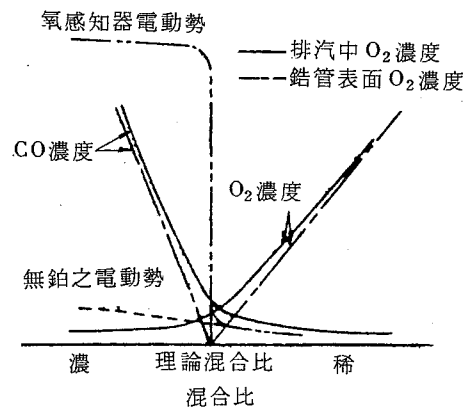


圖 2-9-66 含氧量感知器之電動勢特性 [註53]

器產生電動勢之特性。在理論混合比附近之排氣中含有低濃度之CO及O₂，在白金表面之O₂與CO完全反應（CO過剩，O₂為零）或氧過剩的狀態（CO為零，O₂過剩）間急劇的變化，鋁管兩側氧之濃度比也急劇的變化，因此產生之電動勢也急劇的變化。

9-11-3 雙層觸媒轉換器

未使用含氧量感知器及混合比回饋系統之車輛，為使轉換器充分發揮效能，使用雙層觸媒反應器。前段為三元觸媒轉換器，後段為氧化觸媒轉換器，在兩段之間供應二次空氣。圖2-9-67所示為雙層觸媒轉換器（dual catalytic con-

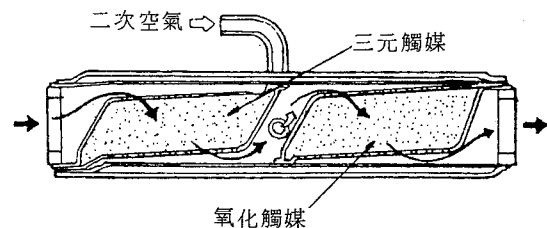


圖 2-9-67 雙層觸媒轉換器 [註54]

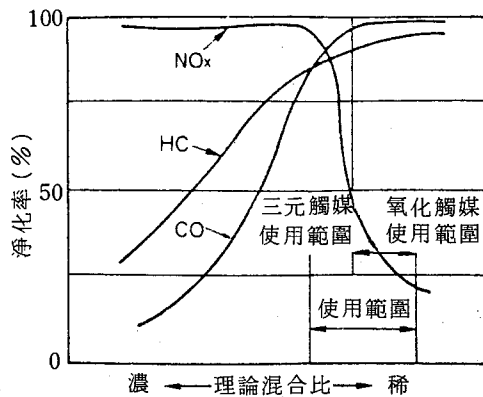


圖 2-9-68 雙層觸媒轉換器之工作範圍

〔註55〕

verter) 之構造。圖 2-9-68 所示為雙層觸媒轉換器中三元觸媒及氧化觸媒的使用範圍。

9-11-4 使用觸媒轉換器之注意事項

一、概述

觸媒轉換器如果使用不當，將迅速損傷或毀壞。尤其燃料、引擎狀況等最為重要。

二、使用燃料

裝有觸媒轉換器的汽車不可使用含鉛汽油，一旦誤用了含鉛汽油，鉛質覆蓋在觸媒劑表面，會使觸媒劑失效。裝有觸媒轉換器之車子，在駕駛室儀錶板及油箱蓋均有「不可加含鉛汽油」之標牌，且油箱加油口之孔較小，使用含鉛汽油之加油槍無法進入，以防誤加，如圖 2-9-69 所示。

三、引擎狀況

溫度過高會降低轉換器的使用壽命，並損壞轉換器芯子。轉換器在 850℃ 時可發揮最高效能，溫度再高時則觸媒劑開始毀壞或熔化。

當引擎調整不良或火星塞不作用時，大量未燃燒汽油進入轉換器，使轉換器中熱度急劇上升

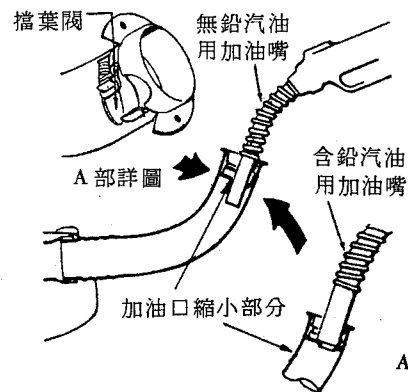


圖 2-9-69 使用觸媒轉換器汽車之加油管設計

〔註56〕

而損壞。另外，過久的怠速空轉因怠速混合比較濃，也易使轉換器過熱。

四、其他注意事項

為避免觸媒轉換器之溫度過高，應儘可能避免未燃油氣進入轉換器，以下事項必須注意：

(一)引擎發生燃料溢流或不點火時，不可搖轉引擎 60 秒以上。

(二)引擎在轉動時不可關閉發火開關。

(三)避免拔下高壓線試點火情況。

(四)勿過度使用阻風門。

五、觸媒轉換器之氣味

觸媒轉換器的用途是控制 CO、HC、NO_x 之排放，但有時會排出一些特殊氣體，例如汽油中含有少量的硫時，會和轉換器中的水分產生反應，發生硫酸，而排出有毒且有臭雞蛋味的氣體，在引擎溫熱或減速時特別顯著。在正常溫度下，如果此種氣味很重時，表示引擎失調，混合汽過濃。

第十二節 排汽渦輪增壓進汽裝置

9-12-1 概述

汽油引擎混合汽被壓縮的力量越大，則燃燒所產生的動力也越大，增加混合汽壓縮力的方法之一是提高壓縮比。60 年代末期之高性能汽車引擎的壓縮比高達 11:1，提高壓縮比的優點有二：

(一)進汽行程時，活塞位移佔汽缸總容積之百

分比增加，容積效率可以提高。

(二)壓力增加時，溫度升高，因此熱效率提高。

但自 1971 年開始，由於排汽淨化的需要，將壓縮比降低到 8:1 ~ 8.5:1 之間，因為高壓縮比引擎有大量排出 NO_x 之趨勢，同時為減少汽油的含鉛量也需把壓縮比降低。增加混合汽壓力的另一個方法，係把混合汽在高於大氣壓力下充

入汽缸，此法稱為增壓充氣 (super charge)。增壓充氣與增高壓縮比有相同的結果，但其在怠速空轉及減速時可以減少空氣污染。

使用增壓器和增加引擎壓縮比均可以增大引擎的動力，為何使用渦輪增壓器可以用在排汽淨化控制的引擎上，而增加壓縮比則不能呢？因引擎如按一定的壓縮比設計，一經做好即在此壓縮比下操作，而高壓縮比引擎在怠速、減速和使用阻風門時，有高度污氣 (CO、HC) 產生；而使用渦輪增壓進氣的升壓狀況在這種操作狀況時則恢復為一般正常吸氣式引擎，而於加速或重負荷時將進汽升壓，以增加引擎的容積效率。根據實驗結果，使用渦輪增壓進汽與同型未裝之引擎比較，馬力可增大 20~40%，CO 減少 3%，HC 減少 14%，NO_x 減少 8%，其原因如下：

(一) 進汽歧管和化油器都不在真空而在有壓力狀況下工作，使汽缸中燃料與空氣的混合更為均勻。

(二) 使用渦輪增壓器在引擎高速全負荷下，排汽系統中產生背壓 (back pressure)，增加排汽壓力和溫度，CO、HC 在排汽歧管裏獲得更完全之燃燒。

(三) 低壓縮比引擎使用含鉛少和辛烷值低的汽

油裝設渦輪增壓器最合理想。

9-12-2 排汽渦輪增壓進汽裝置之構造

一、概述

將空氣升高到大氣壓力以上的方法有使用引擎機械力驅動的增壓器及利用排汽驅動的渦輪增壓器兩種。前者因須消耗引擎的動力，並不適用於小型車上；後者不須消耗引擎動力，係利用排汽的剩餘能量，故可以提高效率，為目前增壓進汽所使用。

二、構造

圖 2-9-70 為排汽渦輪增壓系統之作用原理，利用排汽的熱與壓力推動渦輪轉動，渦輪與壓縮機軸同軸轉動，將化油器來的混合汽壓縮後進入進汽歧管，以高密度充入汽缸中，汽缸內的高密度混合汽於燃燒行程時能產生較大動力。排出汽體導向排汽渦輪後排出。在進汽歧管的壓力到達設定壓力時，會使部分排汽直接排出，防止進汽壓力過高。

圖 2-9-71 為排汽渦輪增壓器之構造，排汽渦輪之最高轉速普通為 80,000~100,000 rpm，最高有達 200,000 rpm，且在 900℃ 附近之高溫下工作，屬於高度技術的產品。渦輪為鑄鐵製向心

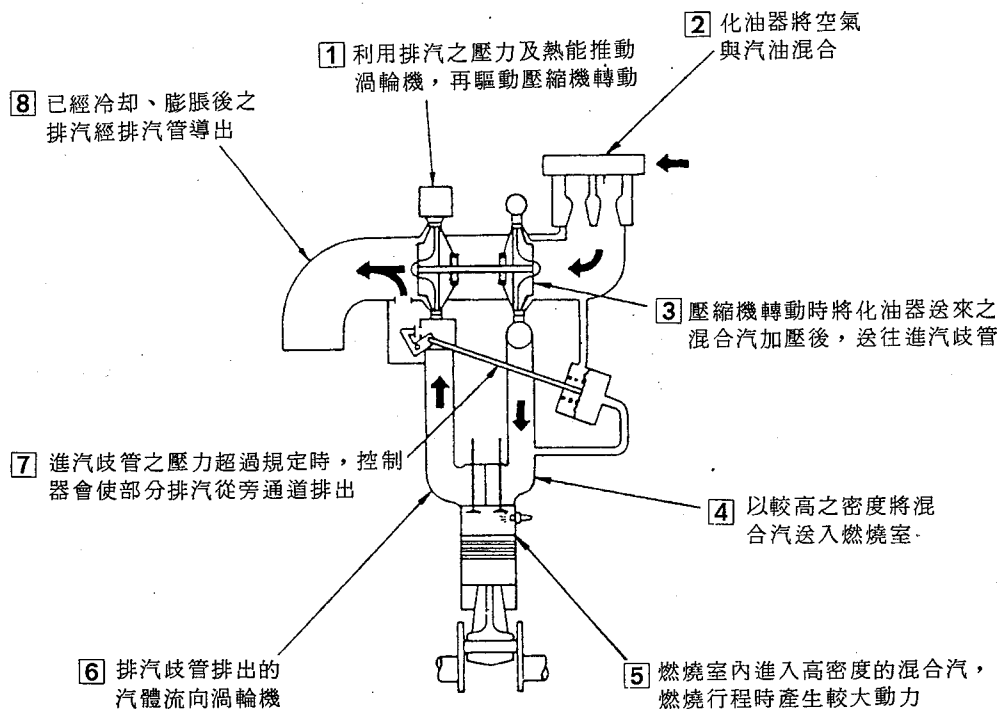


圖 2-9-70 排汽渦輪增壓進汽作用原理圖〔註 57〕

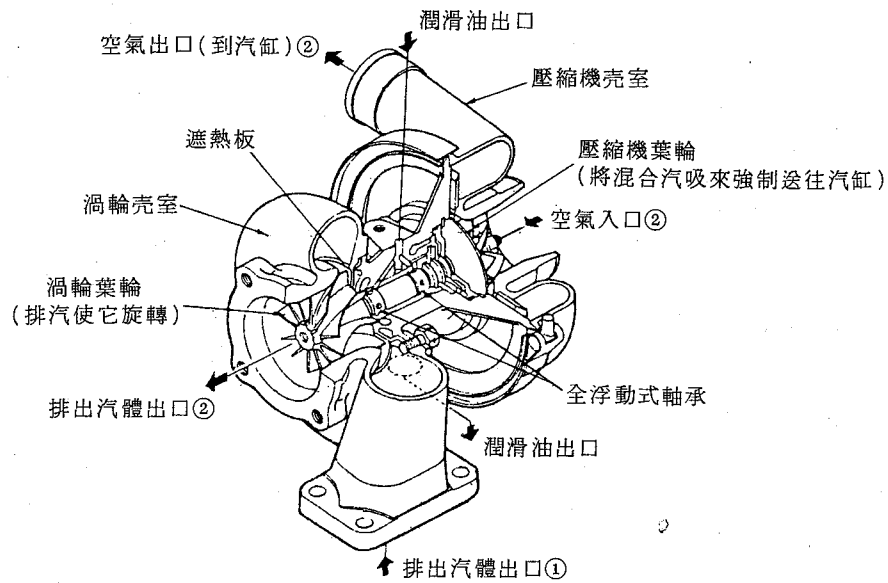


圖 2-9-71 排汽渦輪增壓器構造 [註58]

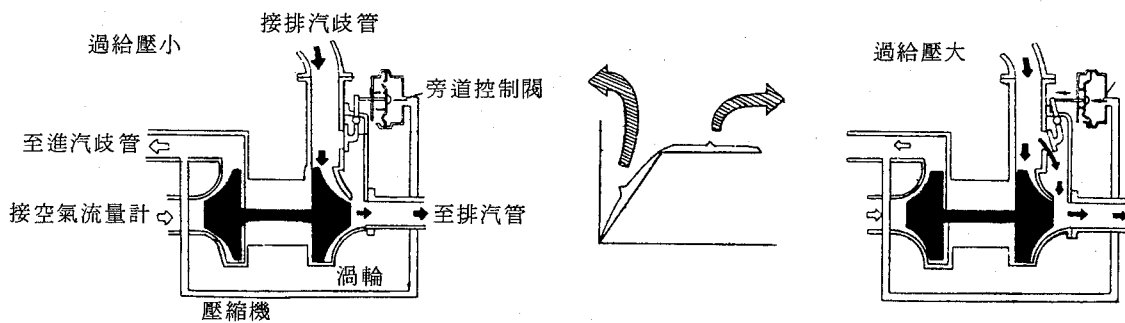


圖 2-9-72 排汽旁道閥 [註59]

輻射流式，壓縮機為鑄鐵製離心輻射流式，中間之殼室使用特殊有孔軸承，以支持渦輪與壓縮機軸；運轉時大量機油在軸承中循環，以支持軸使能高速運轉。

9-12-3 渦輪增壓進汽引擎之保護裝置

一、概述

使用排汽渦輪增壓進汽之引擎必須加以控制，否則易造成爆震，使引擎損壞。主要之控制為升壓的控制與火花的控制兩部分。

二、升壓的控制

升壓控制的方法有兩種，一種是限制流到渦輪機之排汽量，或把被壓縮的空氣或混合汽排出一部分。

(一)排汽旁道閥

圖 2-9-72 所示為排汽旁道閥及控制機構，排汽旁道閥由控制器操縱。控制器內有膜片及彈簧

，一側通大氣，一側通進汽歧管，膜片彈簧之設定壓力為 $350 \pm 30 \text{ mmHg}$ 。進汽歧管內之壓力低於規定時，旁道閥關閉，排汽全部經過渦輪機後流出；當進汽歧管內之壓力超過規定壓力時，膜片經槓桿使旁道閥打開，部分排汽從旁道閥流到排汽管。

(二)進汽釋放閥

萬一排汽旁道閥故障無法打開時，會使進汽壓力超過規定。當壓力超過 400 mmHg (0.53 kg/cm^2) 時，進汽釋放閥打開，一部分空氣排到大氣中（混合汽則流回增壓器入口），以防止引擎爆震，保護引擎及渦輪增壓進汽設備。圖 2-9-73 所示為日產 L 20 ET 排汽渦輪增壓進汽系統之裝置圖。

三、點火時間的控制

裝有渦輪增壓器之引擎在過給 (over charge) 時 (即進汽量超過需要量) 會產生爆震，

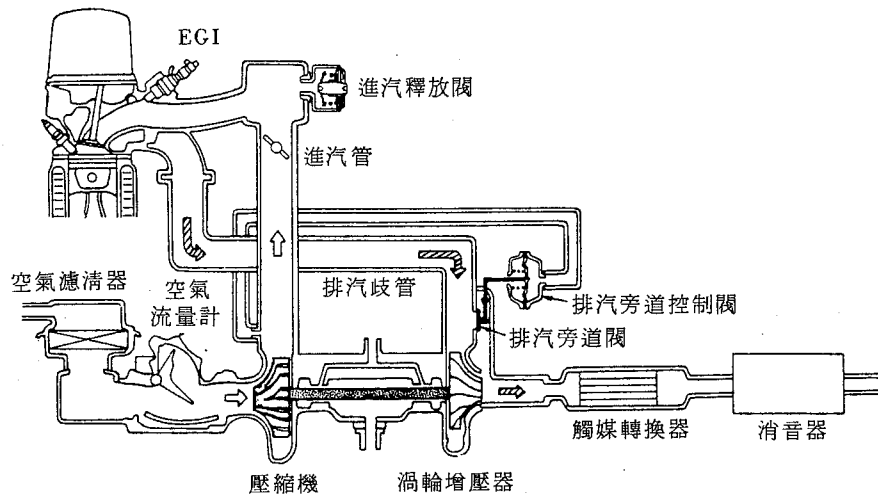
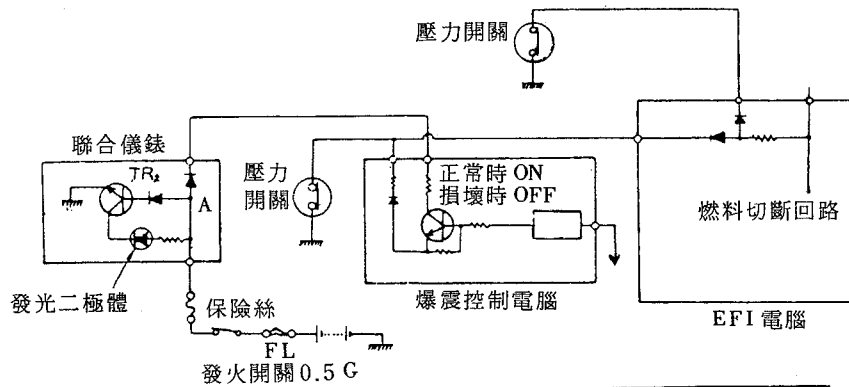


圖 2-9-73 日產 L-20ET 增壓進氣系圖〔註60〕



感知器種類	動作基準	回 路	動作狀況
壓力開關 (PE)	0.14kg/cm ² → 大 (+100mmHg) 0	AND	燃料切斷
壓力開關 (PC)	0.84kg/cm ² → 大 (+620mmHg) 0	OR	指示燈亮
爆震感知器	斷或短路 0	AND	最大遲角
引擎轉速	1500 rpm → 大 0		

圖 2-9-74 電子點火正時及燃料切斷控制系統 (Toyota Co.)〔註61〕

發生爆震的結果會使引擎產生嚴重損壞，因此必須能確實避免爆震的發生。故裝置渦輪增壓器之引擎裝有爆震感知器，利用電子控制裝置來控制點火時間，當有爆震發生之可能時，使點火時間延遲。有些電子控制汽油噴射裝置之車子並能切斷燃料供應，圖2-9-74為電子點火正時及燃料切斷控制系統之例。

四、警報裝置

裝置渦輪增壓器之引擎，當過度增壓或引擎機油的溫度不正常升高時，會使引擎造成嚴重損壞。為防止故障發生，必須裝置警報裝置，如圖2-9-75所示。不正常情形發生時，警告燈或蜂鳴器即發出警告，駕駛人應立刻把車速降低，做必要的處理。

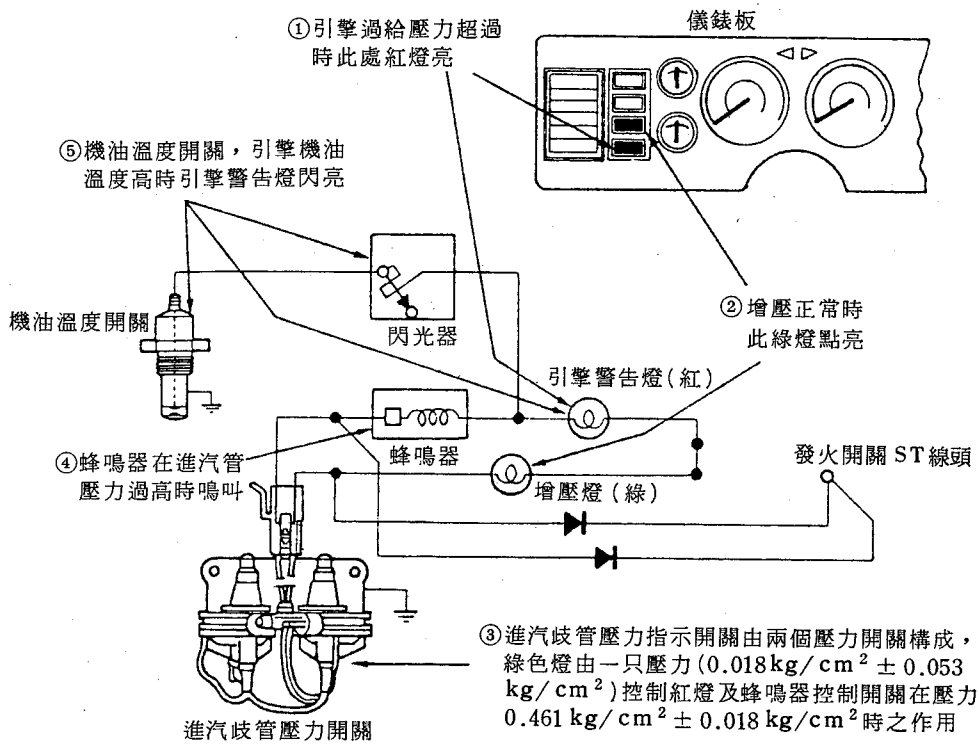


圖 2-9-75 報警裝置〔註62〕

第十三節 增壓器式增壓進汽裝置

9-13-1 概述

排汽渦輪增壓器雖然並不損失引擎的動力，但其在引擎低速時，因排汽衝力小，而無法達到增壓的效果。鼓風增壓器因其內轉子的材料改用輕金屬合金製成，僅僅消耗些微的引擎動力，且其在低速時即有增壓的作用，故現代高性能引擎又逐漸採用此式增壓器。

9-13-2 構造

鼓風增壓器之構造如圖2-9-75(A)所示，由鋁合金製成一對中空的轉子，每個轉子有兩個葉瓣，轉子封閉在殼室內，並裝在軸上，由引擎以皮帶驅動主動齒輪，二個轉子之驅動齒輪有正時記號，必須對正才能使二個轉子的葉瓣在任何情況下旋轉而不碰撞。葉瓣間之間隙極小，以防漏氣而提高送風效率。驅動齒輪及軸承使用潤滑油來潤滑。

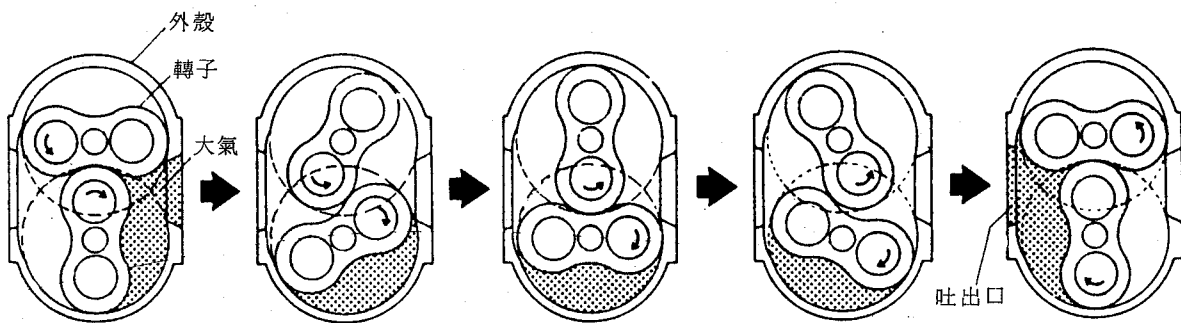


圖 2-9-75 (A) 鼓風增壓器的構造〔註63〕

9-13-3 作用

(一)圖2-9-75(B)所示為鼓風增壓器之作用。當主動齒輪轉一轉，產生四次送風作用。鼓風機與引擎的轉速比為 1.25 : 1。

(二)目前已有部份高性能引擎同時使用鼓風增壓器與排汽渦輪增壓器，兼納兩者的優點，使增壓進汽效果發揮到極至。

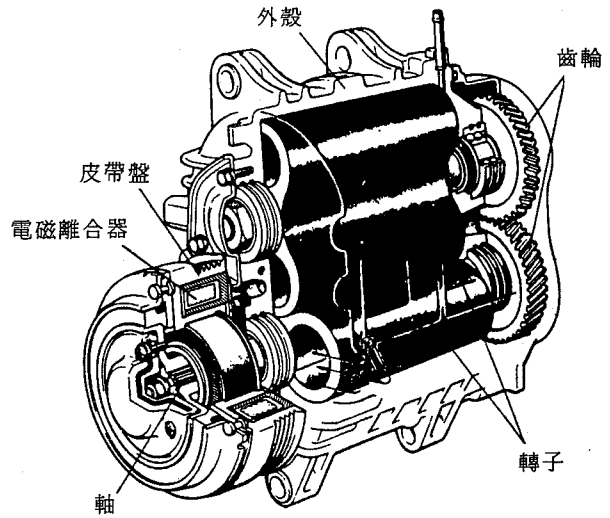


圖 2-9-75 (B) 鼓風增壓器的作用〔註64〕。

第十四節 柴油引擎進排汽系統

9-14-1 進汽裝置

一、概述

柴油引擎之進汽裝置構造簡單，由空氣濾清器及將空氣分配到各汽缸之進汽歧管組成。柴油引擎使用的空氣濾清器有許多種。

- 空氣濾清器種類
 - 乾式
 - 黏性式
 - 離心分離式
 - 油浴式

二、乾式空氣濾清器

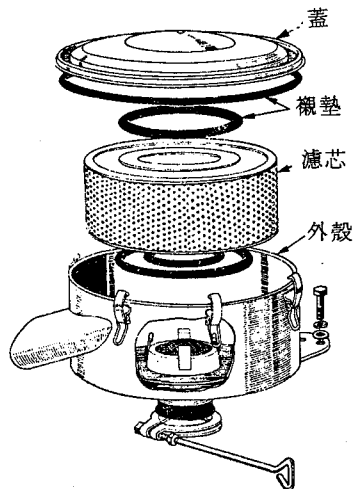


圖 2-9-76 乾式空氣濾清器

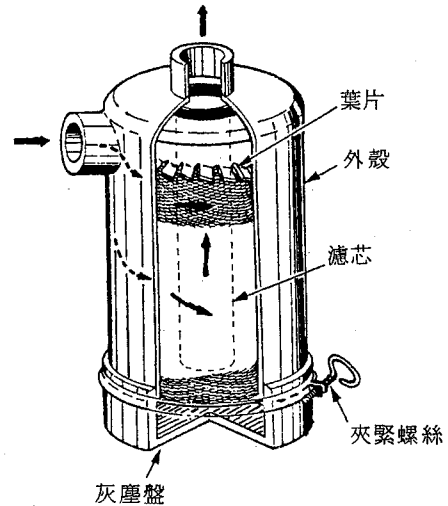


圖 2-9-77 離心分離式空氣濾清器〔註65〕

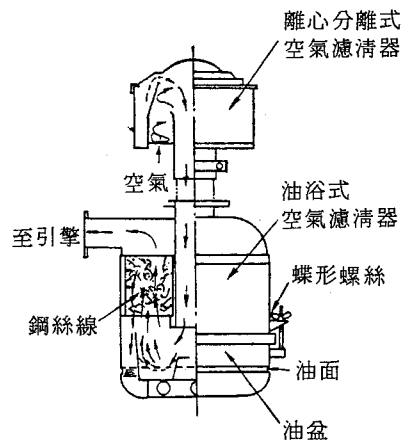


圖 2-9-78 離心分離式與油浴式並用空氣濾清器〔註66〕

濾蕊以濾紙或纖維絲（嫻瑩 Rayn，維耐爾 vinyl）製成，能耐酸、耐熱、耐水，構造如圖 2-9-76 所示。必須定期取下濾蕊將灰塵清除。

三、黏性式（biscous type）空氣濾清器

濾蕊材料及構造同乾式空氣濾清器，濾蕊上塗有特殊黏着液，空氣中灰塵經過時會黏在濾蕊上，定期加以更換，中途不能清掃。

四、離心分離式（cyclone type）空氣濾清器

離心分離式空氣濾清器之構造如圖 2-9-77 所示。空氣被吸入空氣濾清器時會產生漩渦而高速旋轉，空氣中的灰塵微粒因受離心力作用而聚集在灰塵盤（dust pan）上。此式通常與乾式或黏性式及濕式空氣濾清器組合使用，如圖 2-9-78 及 2-9-79 所示。

9-14-2 排汽裝置

排汽系統與汽油引擎相似，在盡量減少排汽回壓（exhaust back pressure）的情況下，將排汽予以減壓冷卻，在不發生爆音之情況下排到大氣中。

柴油引擎因引擎煞車效果不良，通常裝有排汽煞車裝置，在排汽管中裝有閥門。

9-14-3 增壓進汽裝置

四行程柴油引擎為提高引擎性能，很多引擎裝有排汽渦輪增壓器，利用引擎排汽管排出之廢汽推動渦輪機，再利用渦輪機之動力轉動壓縮機葉輪，將進入引擎之空氣加壓以提高引擎充填效率，其構造及作用同汽油引擎使用之渦輪增壓器，唯容量較大，轉速較低。圖 2-9-80 所示為裝用排汽渦輪增壓器及未裝用增壓器引擎性能之比較。

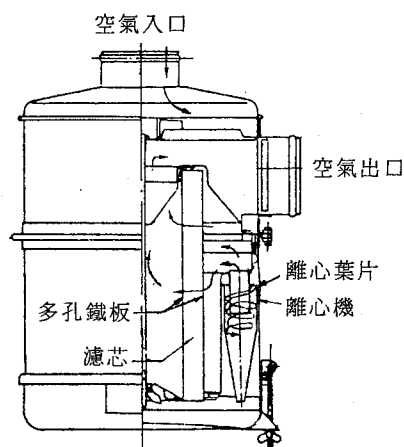


圖 2-9-79 離心分離式與乾式並用空氣濾清器 [註 67]

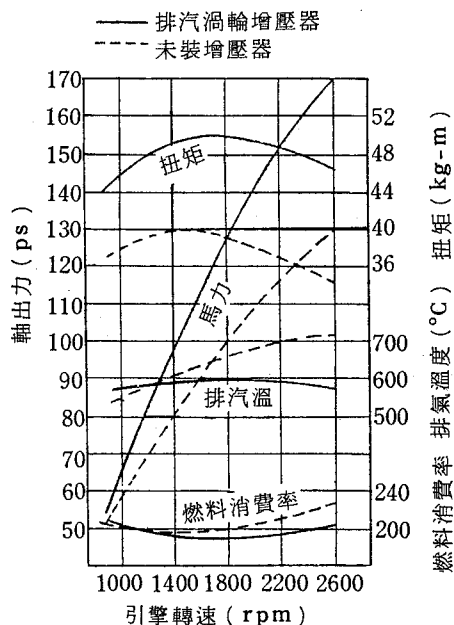


圖 2-9-80 引擎加裝增壓器與未裝增壓器性能比較 [註 68]

【習題】

一、問答：

1. 空氣濾清器有何作用？
2. 繪一簡圖說明濕式空氣濾清器構造。
3. 進排汽歧管之功用為何？
4. 為何使用消音器？
5. 熱反應器之功用為何？
6. 為何裝設增壓器？

7. 使用進汽溫度自動調整式空氣濾清器之目的何在？有幾種型式？
8. 排汽系統裝置熱控閥之目的何在？有幾種控制方法？
9. 何謂排汽再循環（EGR）？
10. 排汽再循環之控制方式有幾種？試簡述之。
11. 何謂二次空氣噴射裝置與導入裝置？
12. 試述氧化觸媒轉換器之構造及作用。

13. 何謂三元觸媒轉換器？
14. 為何使用三元觸媒轉換器之車子必須裝置混合比回饋控制裝置？
15. 試述含氧量感知器之構造及作用原理。
16. 使用渦輪增壓進汽之引擎必須裝置那些保護裝置？

二、填空：

1. 空氣濾清器有_____、_____二種。
2. 為顧及排汽作用良好，一個排汽歧管至多連接_____個汽缸。
3. 消音器分_____、_____、_____、_____等四種。
4. 消音器多裝於_____末端。
5. 排汽熱控閥有_____、_____兩種。
6. EGR 之控制方法有_____、_____、_____三種。
7. 二次空氣供給裝置有_____及_____兩種。
8. 二次空氣閥包括_____、_____及_____三個閥在一起。
9. 氧化觸媒轉化器之觸媒劑有_____及_____兩種構造。
10. 雙層觸媒轉換器前面的為_____，後面的為_____。

【資料來源註釋】

- | | | | |
|-------|---|-------|---------------------------------|
| 〔註1〕 | 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車
ガソリン・エンジン下 P.41 圖 I-1 | 〔註23〕 | 同〔註17〕 P.131 第 24 圖 |
| 〔註2〕 | Stockel Auto Mechanics Fundamentals
Fig 6-80 | 〔註24〕 | 同〔註17〕 P.133 第 27 圖 |
| 〔註3〕 | 同〔註1〕 P.42 圖 II-1 | 〔註25〕 | 同〔註15〕 |
| 〔註4〕 | 全國自動車整備學校連盟編 ガソリン・エンジンの構造 圖 7-5 | 〔註26〕 | 同〔註17〕 P.134 第 28 圖 |
| 〔註5〕 | 黃靖雄編著 汽車學 圖 4-5-36 | 〔註27〕 | 同〔註17〕 P.137 第 29 圖 |
| 〔註6〕 | 雇用促進事業團職業訓練部編 自動車內燃機關の構造 圖 7-14 | 〔註28〕 | 同〔註17〕 P.136 第 30 圖 |
| 〔註7〕 | 同〔註6〕 圖 7-15 | 〔註29〕 | 同〔註17〕 P.136 第 31 圖 |
| 〔註8〕 | 同〔註2〕 Fig 6-76 | 〔註30〕 | 同〔註17〕 P.137 第 32 圖 |
| 〔註9〕 | 同〔註5〕 圖 4-5-43 | 〔註31〕 | 同〔註17〕 P.138 第 33 圖 |
| 〔註10〕 | 同〔註6〕 | 〔註32〕 | 同〔註17〕 P.139 第 35 圖 |
| 〔註11〕 | 黃靖雄著 現代低公害省油汽車淨化裝置之研究 圖 4-92 | 〔註33〕 | 同〔註17〕 P.161 第 35 圖 |
| 〔註12〕 | 同〔註2〕 Fig 6-57 | 〔註34〕 | 同〔註17〕 P.145 第 1 圖 |
| 〔註13〕 | 徐仁濟譯 燃料系統和排氣淨化裝置 圖 8-26 | 〔註35〕 | 同〔註17〕 P.162 第 36 圖 |
| 〔註14〕 | 同〔註13〕 圖 8-28 | 〔註36〕 | 同〔註17〕 P.162 第 37 圖 |
| 〔註15〕 | 日產自動車株式會社 內燃機關の構造 | 〔註37〕 | 同〔註17〕 P.163 第 38 圖 |
| 〔註16〕 | 日本自動車整備振興會連合會編 自動車排出ガス對策 圖 III-7 | 〔註38〕 | 同〔註17〕 P.157 第 28 圖 |
| 〔註17〕 | 別冊自動車工學 No.6 低公害車の整備 P.126 第 17 圖 | 〔註39〕 | 同〔註15〕 |
| 〔註18〕 | 同〔註17〕 P.127 第 18 圖 | 〔註40〕 | 同〔註17〕 P.164 第 44 圖 |
| 〔註19〕 | 同〔註17〕 P.129 第 19 圖 | 〔註41〕 | 同〔註15〕 |
| 〔註20〕 | 同〔註17〕 P.129 第 20 圖 | 〔註42〕 | 同〔註15〕 |
| 〔註21〕 | 同〔註17〕 P.130 第 21 圖 | 〔註43〕 | 同〔註16〕 圖 III-34 |
| 〔註22〕 | 同〔註15〕 | 〔註44〕 | 同〔註17〕 P.179 第 70 圖 |
| | | 〔註45〕 | 自動車工學 Vol 30 No.10 P.33 |
| | | 〔註46〕 | 同〔註16〕 圖 III-36 |
| | | 〔註47〕 | 同〔註13〕 圖 15-14 |
| | | 〔註48〕 | 同〔註15〕 |
| | | 〔註49〕 | 同〔註16〕 圖 III-38 |
| | | 〔註50〕 | 同〔註16〕 圖 III-39 |
| | | 〔註51〕 | Bosch Automotive Handbook P.276 |

- 〔註52〕 同〔註15〕
- 〔註53〕 同〔註17〕 P.226 第28圖
- 〔註54〕 同〔註16〕 圖Ⅲ-40
- 〔註55〕 同〔註13〕 圖4-40
- 〔註56〕 Chilton's Auto Repair Manual 1981.
P. 202
- 〔註57〕 自動車工學 Vol29 No3 P.34 第8圖
- 〔註58〕 同〔註57〕 P.41 第5圖
- 〔註59〕 同〔註57〕 P.39 第2圖
- 〔註60〕 自動車工學 Vol30 No5 P.32 第7圖
- 〔註61〕 同〔註60〕 P.53 第5圖
- 〔註62〕 自動車工學臨時増刊 85'-86' ニュ・テクノ
ロジイ 第5圖
- 〔註63〕 同〔註62〕 第8圖
- 〔註64〕 全國自動車整備學校連盟編 ジーゼル・エン
ジンの構造 圖8-2
- 〔註65〕 同〔註64〕 圖8-3
- 〔註66〕 同〔註6〕 圖8-37
- 〔註67〕 同〔註6〕 圖8-38
- 〔註68〕 同〔註6〕 圖8-44

返回目录

第十章 柴油引擎燃料系

第一節 柴油引擎燃料系概述

柴油燃料系統為柴油引擎之心臟部分，其功能之良否對引擎的性能有決定性之影響，柴油燃

料系之組成包括供油系統及噴射系統二部分，如圖 2-10-1 所示。

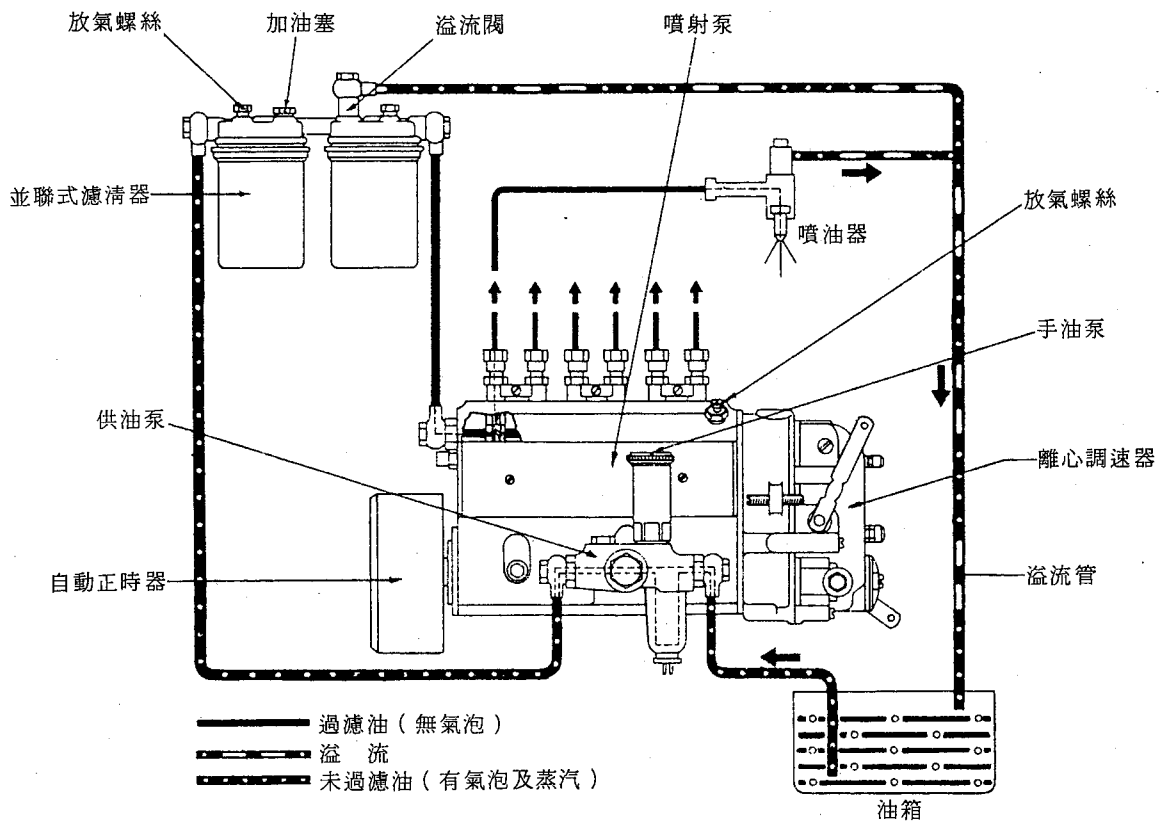


圖 2-10-1 柴油引擎燃料系統圖〔註 1〕

- 供油系統
 - 油箱——儲存燃料用。
 - 供油泵——將燃料自油箱吸出並壓送到噴射泵之裝置。
 - 燃料濾清器——將燃料中之雜質過濾清潔之裝置，防止損傷噴射系統。
- 噴射系統
 - 噴射泵——產生高壓燃料並依引擎需要之油量適時送到噴油嘴之裝置。
 - 噴油嘴——使燃料變成霧狀噴入汽缸內之裝置。

燃料自油箱經油管吸入供油泵內，再從供油泵壓送到燃料濾清器過濾清潔後進入噴射泵，變成高壓油經噴射管從噴油嘴噴入燃燒室中。噴油嘴上之針軸在噴油嘴體上下運動，靠燃料漏過二

者微小間隙完成潤滑，漏過之燃料經回油管流回油箱，正常情況漏出之油量極少。供油泵受噴射泵凸輪軸凸輪之驅動，送油量隨引擎轉數之比例增加，實際燃燒所需的燃料隨引擎負荷而變化，

供油泵之送油量較實際需要有多餘時，多餘之燃料自燃料濾清器之溢流閥 (overflow valve) 經回油管流回油箱。有些引擎之溢流閥不裝在濾

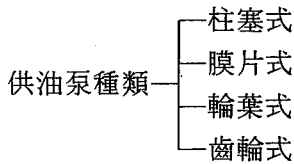
清器上而裝在噴射泵的頂頭，其作用相同，適宜使用含有高揮發性成分之燃料。

第二節 柴油引擎供油系統

10-2-1 供油泵

一、概述

供油泵之作用係將燃料自油箱吸出送入噴射泵，中間經過燃料濾清器將燃料過濾清潔，為克服濾清器濾件 (filter element) 和油管中的流動阻力，需有 1.6 kg/cm^2 以上之壓力。



二、柱塞式供油泵

圖2-10-2所示為柱塞式供油泵之構造圖，供油泵係裝在噴射泵之側面，由噴射泵凸輪軸驅動之，凸輪軸之凸輪經挺桿及推桿推動柱塞，當凸輪之高峯轉過時，柱塞彈簧將柱塞壓回其原來位置。供油泵另設有手動泵 (hand priming pump)，供引擎初次起動或燃料系有拆修時抽送燃料及排放空氣之用。波細型柱塞式供油泵又分為單作用式及雙作用式兩種。

(一)單作用式供油泵之作用：

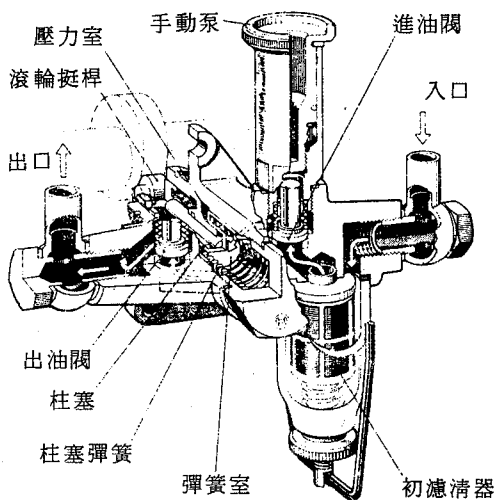


圖 2-10-2 柱塞式供油泵之構造〔註 2〕

1.吸送油行程

吸油及送油作用如圖2-10-3(a)所示，當凸輪軸之凸輪高峯部分轉過滾輪後，柱塞受柱塞彈簧之張力向下移動，使吸油室中產生真空，將進油閥打開，出油閥關閉，柴油自油箱中被吸入吸油室，同時柱塞下方壓力室中之柴油受柱塞推壓，壓力升高，將柴油自壓力室經出油口送往噴射泵。

2.儲油行程

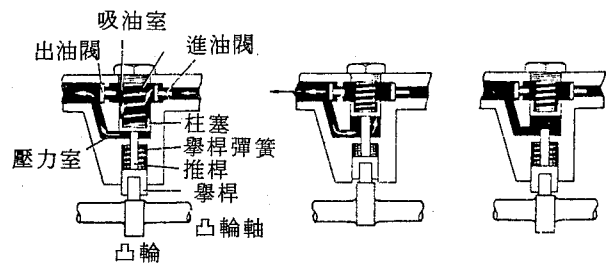
儲油行程如圖2-10-3(b)所示，當凸輪軸之凸輪推動挺桿時，經推桿將柱塞向上推動，使吸油室中產生壓力，將進油閥壓閉，出油閥推開，柴油自吸油室中經出油閥由旁路流至壓力室，補足因柱塞上移而產生之空隙。

3.調節作用

調節作用如圖2-10-3(c)所示，當引擎負荷減輕，柴油消耗量減少時，柱塞下方壓力室中的油壓升高，超過柱塞彈簧之彈力時，油壓將柱塞壓住，推桿和柱塞分離，柱塞停止來回移動，此時進油閥及出油閥皆關閉，供油泵停止吸油和送油作用，防止油壓之上升，避免使柴油濾清器濾件及油管破損之危險。

(二)雙作用式供油泵之作用：

1.如圖2-10-4(a)所示，當凸輪將柱塞向下推動時，No. 1 進油閥吸開，No. 1 出油閥關閉，使柴油自油箱經濾網吸入柱塞上方之儲油室中，同時



(a)吸油及送油作用 (b)儲油作用 (c)調節作用

圖 2-10-3 柱塞式供油泵之作用〔註 3〕

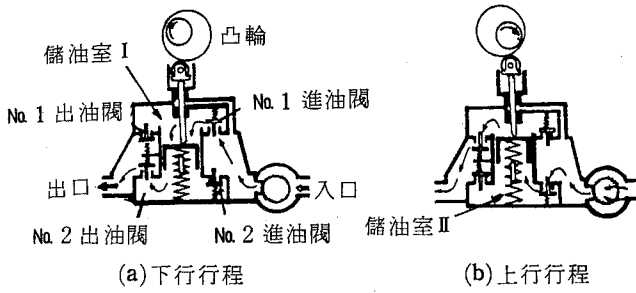


圖 2-10-4 雙作用式供油泵之作用〔註 4〕

No. 2 進油閥被油壓關閉，No. 2 出油閥被推開，柱塞下方儲油室中的柴油被壓出供油泵經柴油濾清器至噴射泵。

2. 當凸輪軸凸輪之高峯部分轉過後，柱塞受彈簧張力向上移動時如圖 2-10-4(b) 所示，No. 1 進油閥被壓閉，No. 1 出油閥則被壓開，柱塞上方儲油室中的柴油即被壓到噴射泵，同時 No. 2 進油閥被吸開，No. 2 出油閥被吸閉，柴油即自油箱吸入柱塞下方之儲油室中。

3. 如果引擎負荷減輕，噴射泵柴油消耗量減少時，出口口之壓力增高，柱塞與推桿分離，凸輪軸發生空轉，既不吸油亦不送油，產生調節油量作用。

4. 單作用式僅在柱塞受彈簧張力回復原位時才發生送油作用，而雙作用式則不論柱塞向上或向下運動均發生吸油送油作用。

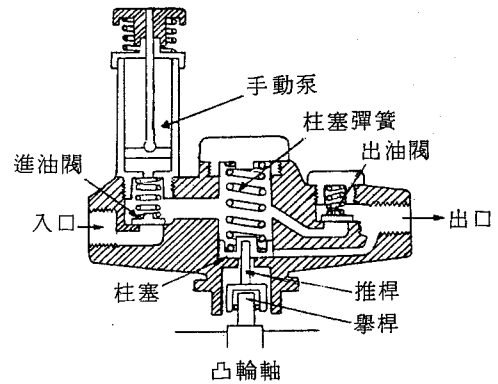


圖 2-10-5 手動泵構造〔註 5〕

（二）手動泵

手動泵如圖 2-10-5 所示，當引擎停止時，其可用以壓送起動用燃料，並可利用其來放除油路中之空氣。手動泵本身為一只單動柱塞泵 (single action plunger pump)，用螺牙旋裝在供油泵進油閥之上方。使用時將手柄旋開後即可上下抽動手動泵之柱塞，當手動泵之柱塞向上提時，進油閥打開，出油閥關閉，將油箱中之燃料吸入泵中；柱塞壓下時，進油閥關閉，出油閥打開，泵中之燃料即送至噴射泵。手動泵每次送油量約為 6 cc，使用後應將手柄壓下旋緊，以免影響供油泵之正常作用及空氣進入低壓油路內。

三、膜片式供油泵

膜片式供油泵之構造如圖 2-10-6 所示，和汽

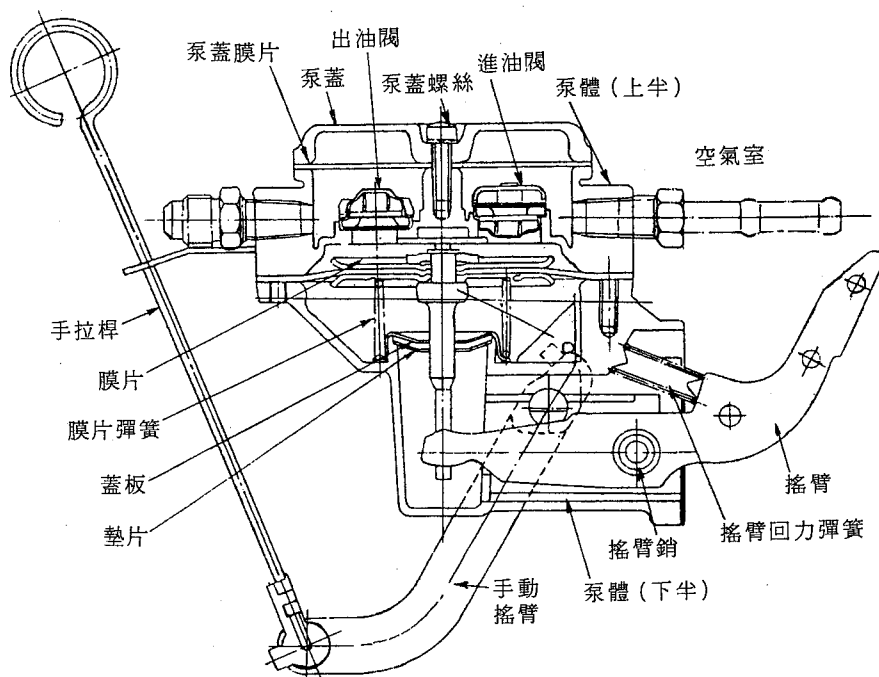


圖 2-10-6 膜片式供油邦浦〔註 6〕

油泵相似，膜片之動作由噴射泵之凸輪軸驅動之。當噴射泵凸輪軸自最低點向最高點轉動時，將搖桿向下拉，膜片被拉下，油室中產生部分真空，油箱中之柴油受大氣壓力之作用，推開進油閥進入油室中，當凸輪自最高點向最低點轉動時，膜片受彈簧力量向左推，油室中的油壓增大，進油閥關閉，出油閥推開，同時泵蓋膜片被上推壓縮空氣室之空氣以減少脈動之發生。當噴油泵中存油已滿，壓力大於膜片彈簧時，將膜片壓住，搖臂空轉，由搖臂彈簧保持與凸輪接觸。膜片式供油泵亦裝有手動泵，拉動手動泵拉桿時，可直接操縱膜片動作，產生吸油及送油作用。此式供油泵多裝用於英國 C.A.V. 廠製造之 N 型噴射泵上。

四、輪葉式供油泵

(一)圖2-10-7所示為輪葉式供油泵之構造，轉子及轉子軸為整塊之鋼製成一體，軸之一端支於蓋上，一端支於底座上，轉子槽內裝有二片相對之輪葉，二片輪葉受輪葉彈簧之壓力壓緊於筒壁上，因轉子係裝於偏心圓筒內，故轉動時即形成泵作用。軸端有兩只護油圈防止漏油，兩護油圈有二通空氣之放油孔。

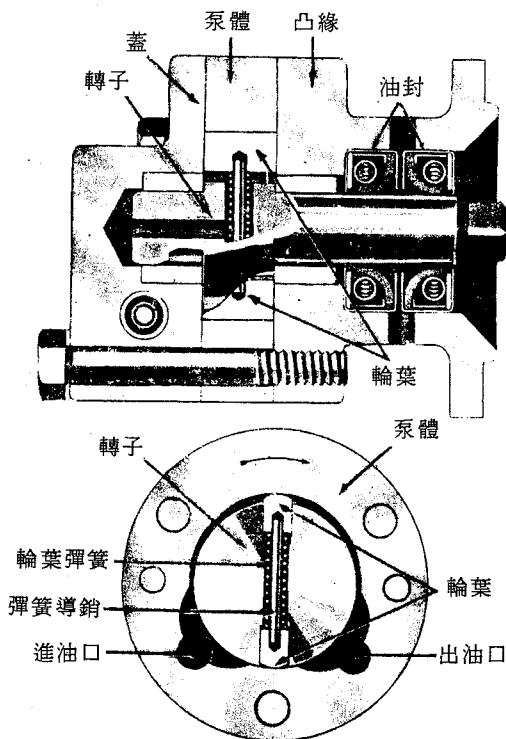


圖 2-10-7 輪葉式供油泵之構造〔註 7〕

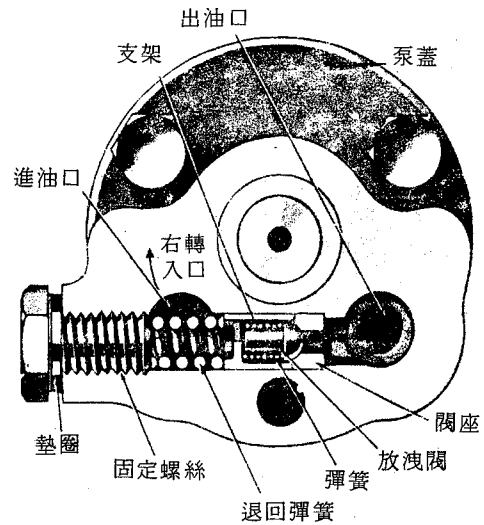


圖 2-10-8 供油泵之放洩閥〔註 8〕

(二)當轉子轉動時，輪葉將進油口一邊的燃料沿圓筒之空隙壓至出油口。泵上裝有一只放洩閥，如圖2-10-8所示，連通進出油口，正常工作時，放洩閥受彈簧之壓力而處於關閉位置，一旦任何油路或柴油濾清器發生阻塞，油管中之油壓超過規定壓力時，彈簧受壓縮，放洩閥即開啓，出油口之油便自放洩閥洩回進油口，因此油管不致遭受過高之壓力而破裂損壞。

10-2-2 柴油濾清器

一、柴油濾清器之功用

柴油除用為柴油引擎之燃料外，尚兼負燃料系統之潤滑作用，因噴射泵之柱塞、輸油門及噴油嘴等活動部分皆係超精密加工而成（間隙僅為 1/1,000 ~ 1.5/1,000 mm）。如柴油中含有水分、灰塵、金屬粉等雜質，將使此等精密機件發生磨損或咬死之毛病，燃料之過濾程度將直接影響柱塞及噴油嘴之壽命，故使柴油過濾清潔至為重要。

(一)柴油中含有灰塵時對燃料系統之影響：

1. 噴射不良，滴油。
2. 柱塞磨損及咬死。
3. 輸油門作用不良或咬死。
4. 引擎性能不良。

(二)柴油中含有水分時對燃料系統之影響：

1. 柱塞咬死。
2. 柱塞、輸油門、噴油嘴生銹，以致作用不良。

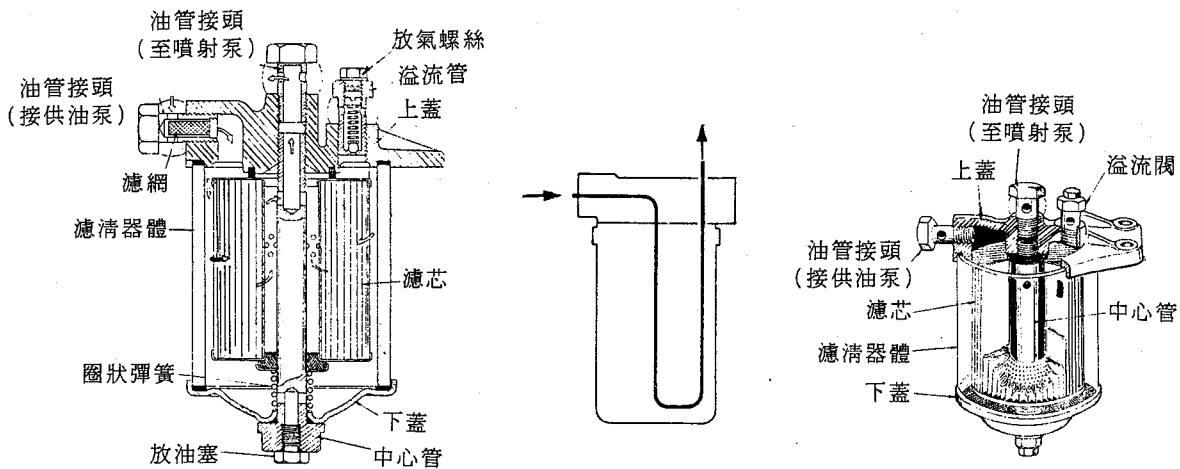


圖 2-10-9 普通式濾清器〔註 9〕

- 3. 寒冷時水分凍結，燃料之流通不良。
- 4. 引擎性能不良。

二、柴油濾清器之位置

(一)一般車用柴油引擎為確保柴油之清潔，最少使用二只以上之濾清器，初次濾清器 (primary filter) 之濾孔較大，置於供油泵與油箱之間，作粗濾之用。二次或主濾清器 (secondary filter or final stage filter) 之濾孔較細，置於供油泵與噴射泵之間作精濾用。此外尚有一濾棒安裝於噴油嘴之進油管中，濾棒有磁性，能將燃料系機件磨損之鐵粉吸住以保護噴油嘴。

(二)柴油之過濾路徑如下：

油箱 → 初濾器 → 供油泵 (進油接頭之濾網) → 主濾器 → 噴射泵 → 噴油嘴架 (濾棒) → 噴油嘴。

三、柴油濾清器之構造及型式

(一)構造

柴油自進油口進入濾清器，經濾蕊後將柴油中極細的雜質過濾，清潔之柴油即從出油口流出至噴射泵，雜質等沈澱物可定期從底部的排洩口塞放除。頂部有一個放氣螺絲以便放除油路中的空氣。波細式柴油濾清器上另設有一個溢流閥，當供油泵送來之柴油壓力超過 1.6 kg/cm^2 以上時，柴油即由此流回油箱，防止油壓過高，接頭漏油或損害濾清器濾蕊，並可減少供油泵之噪音及自動排除油路中之空氣。

(二)型式

- 普通式
- 串聯式
- 並聯式

1. 普通柴油濾清器又叫標準式柴油濾清器，為最常見的一種，如圖 2-10-9 所示。濾蕊用濾紙、濾布或金屬薄板重疊而成，一般使用濾紙較多，新式濾清器使用盒式濾蕊，更換時與外殼一起更換，如圖 2-10-10 所示。

2. 串聯式柴油濾清器係將二只濾清器串聯，前面一只濾清器先將粗大之雜質過濾，粗濾過的柴油再經過後面一只濾清器加以精濾，如圖 2-10-10、2-10-11、2-10-12 所示。

3. 並聯式柴油濾清器係將二只相同之濾清器接在同一根進油管和同一根出油管上，如圖 2-10-13 及圖 2-10-14 所示，在出油管上加裝一只三

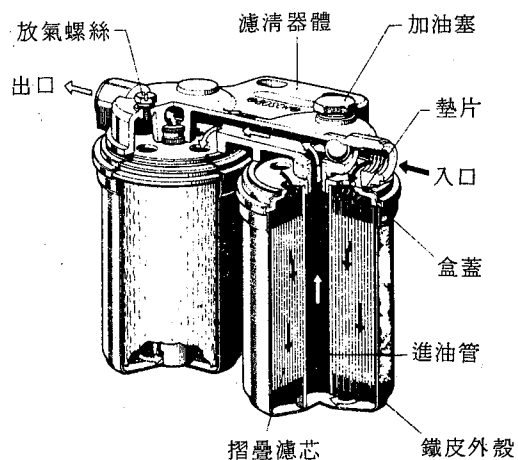


圖 2-10-10 串聯盒式濾蕊濾清器〔註 10〕

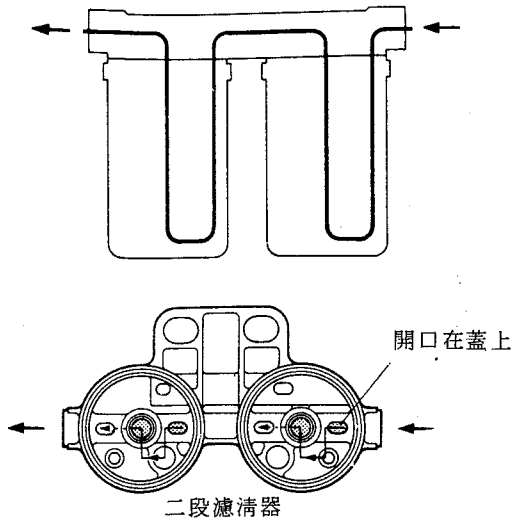


圖 2-10-11 串聯式濾清器之作用〔註11〕

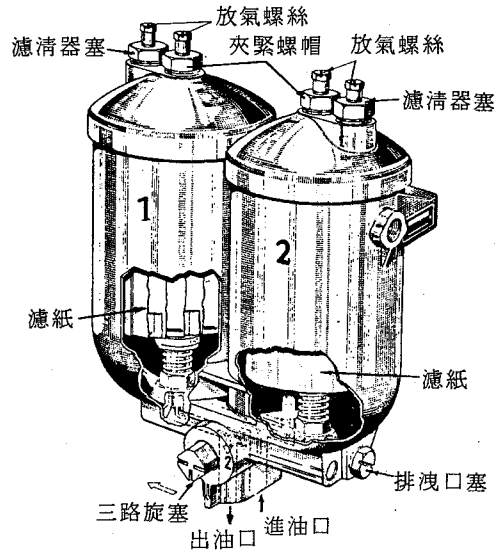


圖 2-10-14 並聯式柴油濾清器〔註14〕

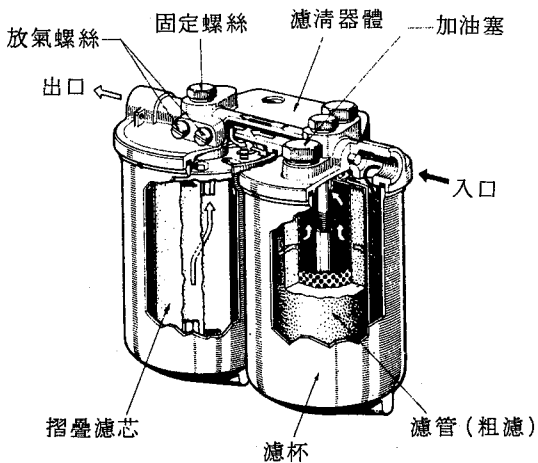
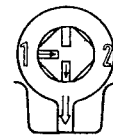


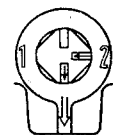
圖 2-10-12 串聯可更換式濾芯濾清器〔註12〕



二只同時作用



第一只作用



第二只作用

圖 2-10-15 三路旋塞之作用〔註15〕

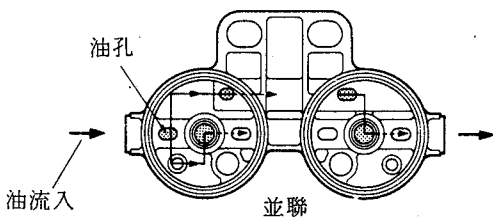
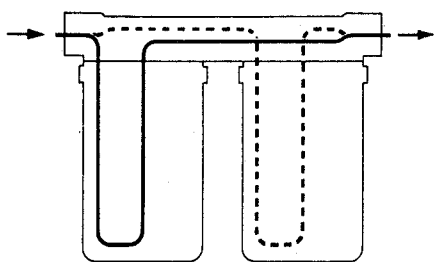


圖 2-10-13 並聯式濾清器之作用〔註13〕

路旋塞，可以二只柴油濾清器同時使用，亦可以任用其中一只，由三路旋塞控制，如圖 2-10-15 所示，每只濾清器都兼作粗濾及精濾。

10-2-3 噴射管

噴射泵與噴油嘴間連接之鋼管稱為噴射管，用以壓送高壓之燃料。噴射管為一種特殊抽製之無縫鋼管，管外徑一般為 6 mm，管壁厚為 1.6 mm。多汽缸柴油引擎為使各汽缸間的噴射量均勻，各汽缸間的噴射管長度製成一樣長。噴射管兩端使用專用之管頭 (nipple)，以成形工具常溫加工而成。因噴射管必須耐高壓及振動，故不得加熱作業，如加熱時不僅使噴射管強度不足，且使噴射管內面產生氧化層，剝落後混入燃料中損傷噴油嘴。又噴射管之曲率半徑不得小於 30 mm。噴油嘴上有回流管，將潤滑噴油嘴之柴油收集流回油箱，如圖 2-10-16 所示。

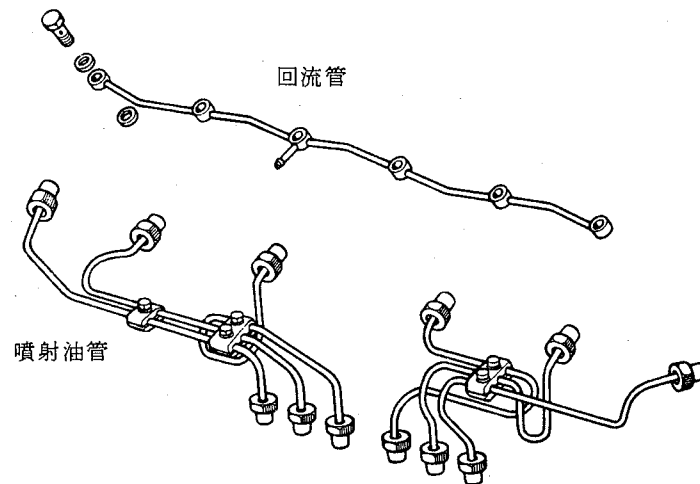


圖 2-10-16 噴射油管與回油管〔註16〕

第三節 柴油噴射系統概述

一、概述

柴油引擎之燃料係靠壓縮後之高溫來著火，因燃料必須在極短時間內完成燃燒，故柴油必須以極細之微粒噴入汽缸中，並能與空氣均勻混合，才能在瞬間完成燃燒。故燃料噴射系統實為柴油引擎之心臟地帶，而且在柴油引擎各種機件中也以它最為精密價昂，目前汽車柴油引擎所使用之柴油噴射系統種類甚多，其構造及作用原理均不相同，但不論何種型式，都必須具備下述之各項性能。

二、噴射系統應具備之性能

(一)隨引擎負荷須要，供給適當之燃料，並能均勻地分配到各汽缸。

(二)燃料能充分霧化並適當分佈到燃燒室中。

(三)燃料與空氣之混合均勻。

(四)能配合引擎之轉速及負荷，適時的噴入汽缸中。

(五)適當的燃料噴射率以控制燃燒及燃燒壓力之上升率，以減少爆震的發生。

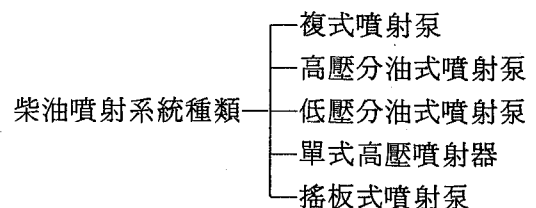
(六)燃料之噴射開始與截斷迅速。

三、燃料的噴射方法

燃料噴入汽缸的方法分為空氣噴射及機械噴射兩種，前者為早期之柴油引擎所使用，現已淘汰。一般汽車柴油引擎所使用之燃料噴射方法均為機械噴射法，又稱無氣噴射法。

四、噴射系統之種類

汽車柴油引擎所使用之燃料噴射系統因基本構造及製造廠家而有許多不同形式，現將較具代表性的歸納為下列幾種系統，其主要差異在噴射泵與噴油嘴。



(一)複式噴射泵 (multiple-unit injection pump)：此式以西德波細廠出品者為主要代表，其他各國所出品者，構造與作用均大同小異，為一般柴油引擎使用最多之一種型式。此式噴射泵每一汽缸均有一套泵組，各個泵組裝在鋁製泵殼中，由噴射泵本體內之凸輪軸或引擎凸輪軸操作。

(二)高壓分油式噴射泵 (high pressure distributor type injection pump)：此式為近代發展出來之高性能低成本噴射泵，已有漸取代複式噴射泵之趨勢。因製造廠家之不同，構造及作用有很大差異，本書將列舉數種具有代表性者加以介紹。此式由一套泵組產生高壓油，再由分配器將高壓油分送到各汽缸，體積小、價

廉，且各汽缸之噴油量不均率甚低，為今後噴射泵之主流。

(三)低壓分油式噴射泵 (low pressure distributor type fuel pump)：此式以美國康米斯 (Cummins) 公司出品之燃料噴射系統為代表，其測油配油之工作在低壓噴射泵裏完成，然後送到噴油器，高壓油係在噴油嘴中產生。

(四)單式高壓噴射器 (unit injector)；此

式噴射泵與噴油嘴合而為一，稱為噴油器，其測油、噴油、高壓油之產生均在噴油器中完成。其構造簡單，更換修檢方便，為美國通用公司所採用者。

(五)搖板式噴射泵 (wobble plate injection pump)：以旋轉之搖板經推桿而推動柱塞，使發生吸送油作用，此式以美國艾克西羅 (Excello) 公司出品之噴射泵為代表。

第四節 複式高壓噴射泵噴油系統

10-4-1 概述

複式高壓噴射泵噴油系統包括前述之供油泵，把柴油從油箱吸來送入噴射泵。噴射泵之一端裝有調速器 (governor)，能依引擎轉速及負荷改變噴油量，在噴射泵之傳動端裝有正時器，使噴油之時間能依引擎轉速和負荷而改變。在各汽缸上裝有噴油嘴，噴油嘴與噴射泵間用高壓鋼管連接。

10-4-2 種類及編號

(一)複式高壓噴射泵之廠牌很多，國內常見的有西德波細、英國 C.A.V.、西門子、日本柴油機株式會社、日本電裝株式會社、三菱、美國本的氏等廠出品，一般依大小及構造可分為 A 型、B 型、Z 型等，每個噴射泵均有它的編號，每一編號均有其特殊意義，能了解其編號之含義對使用、檢修都有相當大的幫助。

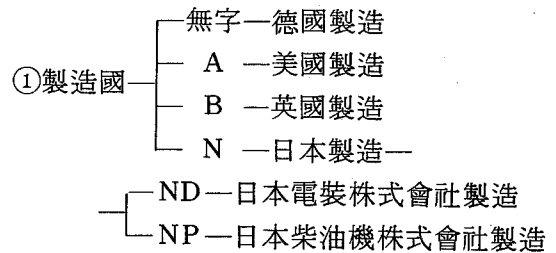
(二)複式高壓噴射泵編號含義，例如：

PES6A60B410RS64
 BPE6B805420/3S6168XE
 NPE6B703/2N1
 NDPES4A70B420RS256

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪
 ND P E S 4 A 70 B 4 2 0

⑫ ⑬
 R S256

編號含義說明：



②P——噴射泵 (Injection Pump)

③E——含有偏心軸 (Enclosed Camshaft)

④無字——無安裝凸緣 (flange)
 S——有安裝凸緣

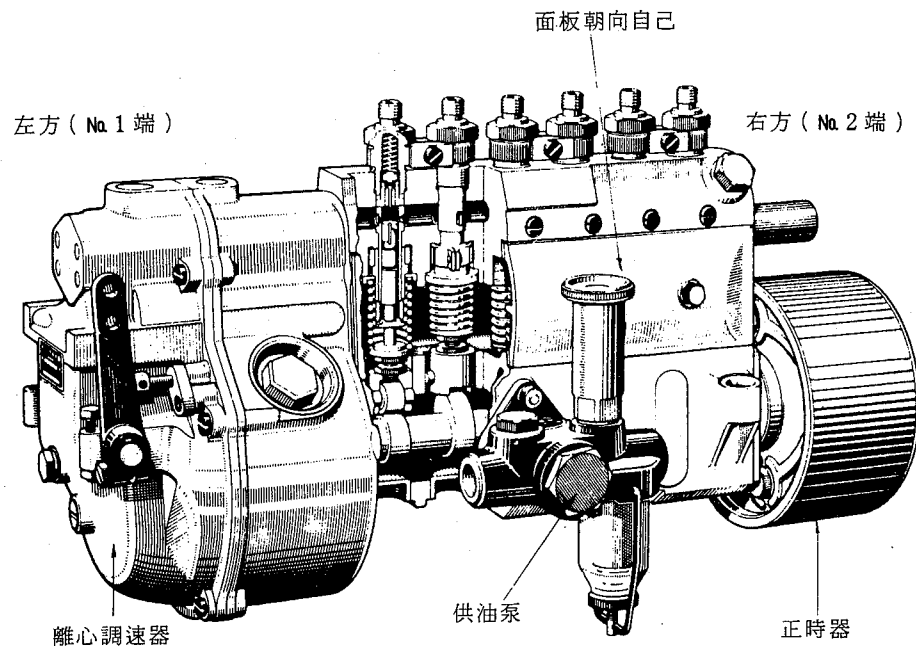
⑤柱塞數量

⑥噴射泵型式——以表示噴射泵的大小尺寸

⑦油泵柱塞直徑 (mm) 的 10 倍

例：70——表示油泵柱塞直徑是 7 mm

設 計		P E					P E S		
大	小	A	P	Z	ZW	CW	M	A	P
油 泵 柱 塞 行 程 (mm)		8	10	12	12	15	7	8	10
油 泵 柱 塞 直 徑 (mm)	最 小	5	9	10	14	15	5	5	9
	最 大	9	13	13.5	16	22	7	9	13



註：左右方係以噴射泵之面板朝向自己而決定之。

圖 2-10-17 噴射泵方向〔註17〕

⑧ B——設計代號

⑨ 供油泵數量和偏心軸安裝記號位置，如圖 2-10-17 所示（單數——左方，雙數——右方）。

註：左方或右方是以噴射泵的名牌向自己而決定的，或稱 No. 1 端或 No. 2 端。

- 1——沒有供油泵，偏心軸安裝記號在噴射泵的左方（No. 1 端）
- 2——沒有供油泵，偏心軸安裝記號在噴射泵的右方（No. 2 端）
- 3——裝一供油泵，偏心軸安裝記號在噴射泵的左方（No. 1 端）
- 4——裝一供油泵，偏心軸安裝記號在噴射泵的右方（No. 2 端）
- 5——裝二供油泵，偏心軸安裝記號在噴射泵的左方（No. 1 端）
- 6——裝二供油泵，偏心軸安裝記號在噴射泵的右方（No. 2 端）

⑩ 調速器的種類和安裝位置

- 0——沒有調速器
- 1——離心調速器裝在噴射泵的左方（No. 1 端）
- 2——離心調速器裝在噴射泵的右方（No. 2 端）

3——真空調速器裝在噴射泵的左方（No. 1 端）

4——真空調速器裝在噴射泵的右方（No. 2 端）

⑪ 正時器的安裝位置

0——沒有正時器

1——正時器裝在噴射泵的左方（No. 1 端）

2——正時器裝在噴射泵的右方（No. 2 端）

⑫ 旋轉方向——由傳動端觀看

R——右轉（順時鐘方向）

L——左轉（反時鐘方向）

⑬ 設計代號

10-4-3 複式高壓噴射泵之構造及作用

一、構造

複式高壓噴射泵之構造如圖 2-10-1, 2-10-18 所示，包括下列主要機件：

(一) 柱塞與柱塞筒 (barrel)——壓送燃料之泵。

(二) 凸輪軸、舉桿、柱塞彈簧與彈簧座——驅動柱塞之機構。

(三) 齒桿 (control rack)、齒環 (control pinion) 與控制套 (control sleeve)——控制燃料噴射量之機構。

(四)輸油門 (delivery valve) ——防止噴射管中之高壓柴油倒流及使噴射截斷迅速，防止滴油之止回閥。

二、噴射泵之傳動

(一)波細公司出品之噴射泵分為PE及PF兩種。PE型在噴射泵本體內有一根凸輪軸，PF型則無。普通用在汽缸數少之柴油引擎，由引擎凸輪軸操作。本書介紹PE型。

(二)噴射泵之凸輪軸由引擎曲軸正時齒輪經齒輪系傳動，如圖 2-10-19及2-10-20 所示。

三、噴射泵之作用

(一)柱塞之上下動作如圖 2-10-21 所示，當噴射泵之凸輪軸轉動，由基圓向凸輪鼻部轉動時，推動舉桿將油泵柱塞向上頂高；凸輪之鼻部轉過後，柱塞受彈簧之力量向下移動。凸輪軸各凸輪

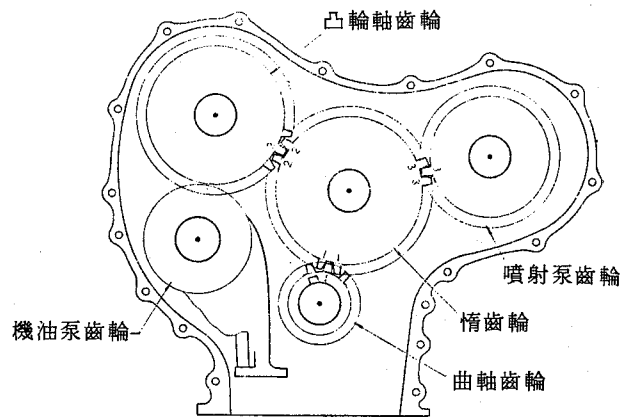
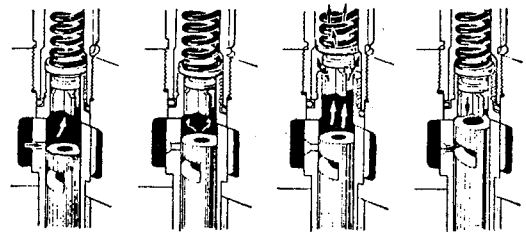


圖 2-10-20 噴射泵之傳動齒輪 [註20]



(a)柴油進入 (b)開始壓油 (c)開始噴油 (d)噴油完畢

圖 2-10-21 噴射泵之作用圖 [註21]

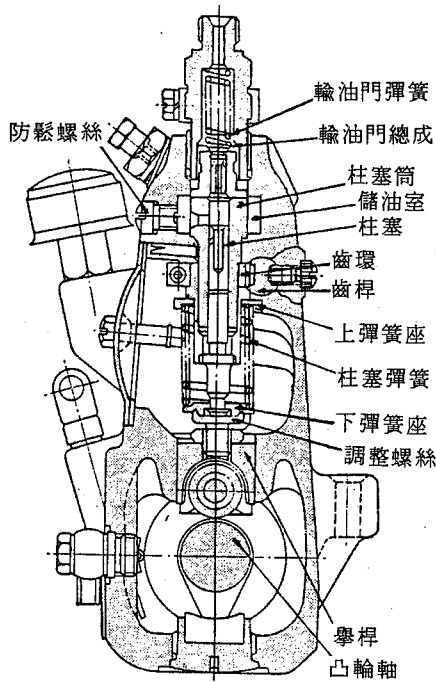


圖 2-10-18 A型噴射泵橫斷面 [註18]

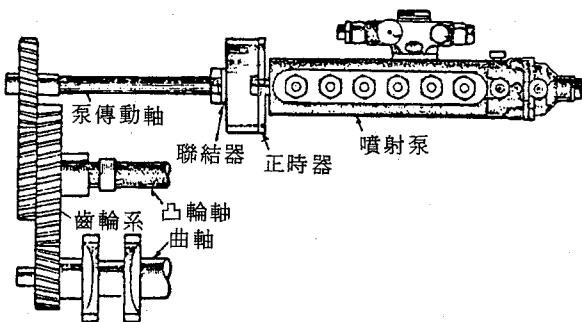


圖 2-10-19 噴射泵之傳動系統 [註19]

間之角度係依引擎動力順序而排列，因此噴射泵即依爆發順序將高壓柴油經輸油門、噴射管、噴油嘴而噴入各汽缸中。

(二)高壓油之產生

1. 供油泵以 1.6 kg/cm^2 之油壓將柴油送入噴射泵，使儲油室中經常充滿柴油，油泵柱塞套於柱塞筒中。

2. 柱塞筒上之油孔和儲油室相通，當油泵柱塞下降，柱塞頂部離開柱塞筒油孔時，儲油室中之柴油即流入柱塞筒中，如圖 2-10-21 (a)所示。

3. 俟油泵柱塞升高，頂部堵住柱塞筒上之進/出油孔時，柱塞筒中之柴油即被封閉，如圖 2-10-21 (b)所示。

4. 油泵柱塞繼續升高，將柱塞筒內之柴油壓縮，使油壓升高，推開輸油門，如圖 2-10-21 (c)所示。

5. 推開輸油門僅須 10 kg/cm^2 以上之油壓即可，但噴油嘴中之油針被強力彈簧壓住，柴油不能噴出，故柱塞筒內之油壓繼續升高，直到油壓到達噴油嘴噴射開始壓力時，柴油才經輸油門、噴射管至噴油嘴，頂開噴油嘴中之油針噴入汽缸中。

6. 當柱塞升高至圖 2-10-21 (d) 所示之位置時，柱塞螺旋槽與進 / 出油孔相通，柱塞頂部之柴油即經回油槽（孔）流回儲油室而停止送油，即使油泵柱塞繼續向上推動，因柴油不再被壓縮，依然無油送出。

(二) 噴射量之控制

1. 柴油噴射量之控制如圖 2-10-22 所示，油泵柱塞底部有一 T 型凸緣，嵌合在控制套之凹口內，控制套上有齒環與齒桿啮合，而齒環與控制套用螺絲固定，因此移動齒桿可使控制套及柱塞左右轉動，變化控制槽與油孔之關係位置，即可改變噴射量。

2. 柱塞之構造如圖 2-10-23 所示，柱塞與柱塞筒係成對配合，經高度精密磨合製成，其間隙極小，可承受極高之壓力而不致大量漏油，故柱塞及筒絕不能單獨更換，或互相對調使用。柱塞為圓柱形，其上部挖有一螺旋槽，稱為控制槽（control groove），改變控制槽與油孔之位置即可控制噴油量；自柱塞頂部中央開有一直孔（有些在側面開直槽）通到控制槽。柱塞下端為一 T 型驅動凸緣，T 型凸緣和控制套之凹口相嵌合；柱塞底部尚有一條橫油溝，用以防止漏油並潤滑柱塞與柱塞筒。柱塞筒之側面鑽一個進 / 出油

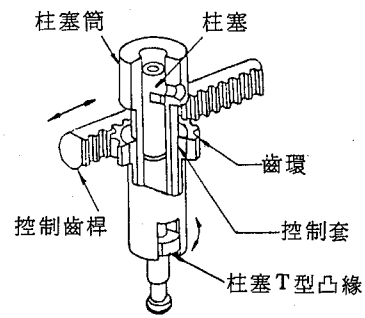


圖 2-10-22 噴射量之控制機構 [註 22]

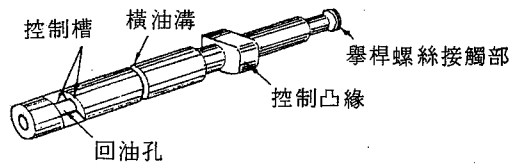


圖 2-10-23 油泵柱塞之構造 [註 23]

孔或相對之兩側鑽一個進油孔，一個出油孔。

3. 沒有噴油

欲使引擎熄火時，將熄火鈕拉出（EDIC 引擎如同汽油引擎關閉引擎開關），此時柱塞之直槽或控制槽之最短部分對正油孔時，柱塞無法封閉柱塞筒，故無油噴出，如圖 2-10-24 (d) 及 2-10-25 (a) 所示。

4. 最大噴油量

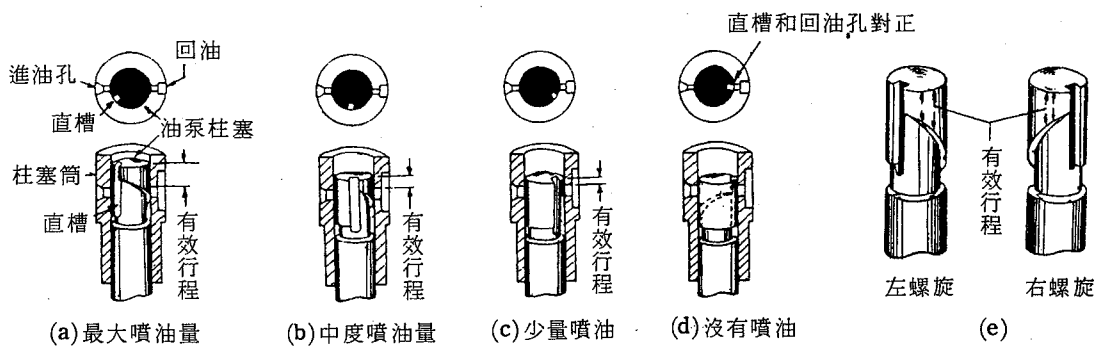


圖 2-10-24 油泵柱塞的有效行程和噴油量 [註 24]

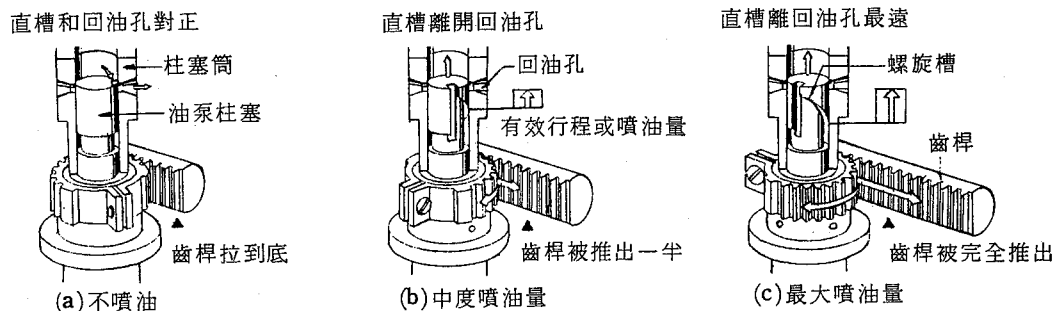
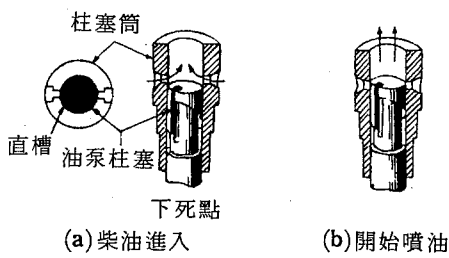
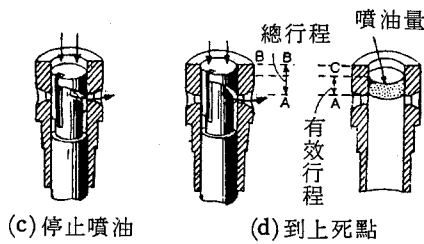


圖 2-10-25 噴油量之控制 [註 25]

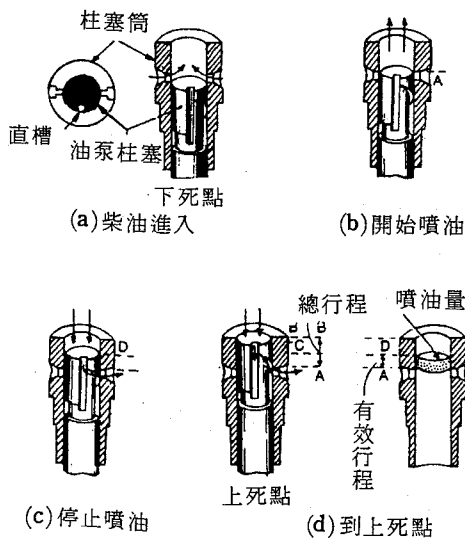
當油門踩到底時，齒桿完全被拉出，如圖 2-10-25 (c) 所示，螺旋槽之最長部分對正油孔（直槽遠離油孔）。如圖 2-10-26 所示，柱塞在下死點時，柴油從油孔進入柱塞筒中，如圖 2-10-26 (a) 所示，當柱塞上升到 A 點，頂部蓋住油孔後，柱塞中之油被封閉，油壓升高，開始送油到噴油嘴，如圖 2-10-26 (b) 所示。當柱塞繼續上升到 C 點，控制槽與回油孔相遇時，柱塞筒中剩餘之柴油經直槽（或中央油孔）經回油孔流回儲油室，停止送油，如圖 2-10-26 (c) 所示，柱塞繼續上升到上死點 B，仍無油送出，其有效行程為 AC（全部行程為 AB）噴油量最多。



(a) 柴油進入 (b) 開始噴油



(c) 停止噴油 (d) 到上死點
圖 2-10-26 最大噴油量的作用經過 [註 26]

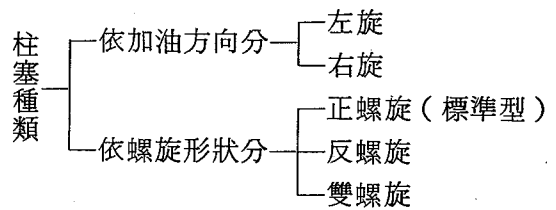


(c) 停止噴油 (d) 到上死點
圖 2-10-27 中度噴油量的作用經過 [註 27]

5. 中度噴油量

當油門踩到一半時，螺旋槽之中段對著油孔，如圖 2-10-25 (b) 及 2-10-27 所示。當柱塞在下死點時，柴油經油孔進入柱塞筒中，柱塞上升到 A 點時，柱塞頂部封閉油孔，油壓升高，開始送油，柱塞上升到 D 點時，控制槽與油孔相遇，柱塞筒中之柴油經直槽（或中央油孔）、控制槽、回油孔流到儲油室，停止送油，柱塞繼續上升到 B 點，但仍無油噴出，其有效行程 AD，故噴油量較最大噴油時少。

(四) 柱塞之種類



1. 依加油方向分：

轉動油泵柱塞使噴射量增加時，依轉動方向區分為左旋及右旋兩種，如圖 2-10-28 所示。

(1) 左旋柱塞：油泵柱塞向左轉動使噴射量增加者，又稱左螺紋式或向左式，面對噴射泵名牌，如果調速器在噴射泵之左側的是裝用左旋柱塞。

(2) 右旋柱塞：油泵柱塞向右轉動使噴射量增加者，又稱右螺紋式或向右式，面對噴射泵名牌，如果調速器在噴射泵右側的是裝用右旋柱塞。

2. 依螺旋形狀分：

(1) 正螺旋柱塞：如圖 2-10-29 (a)、(b)、(c) 所示，柱塞頂為平的，控制槽在下方，此式柱塞噴射開始時間一定，噴射結束時間隨

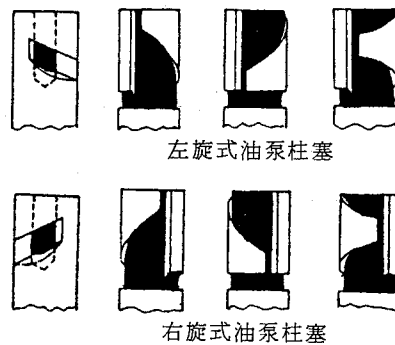


圖 2-10-28 油泵柱塞之螺旋槽方向

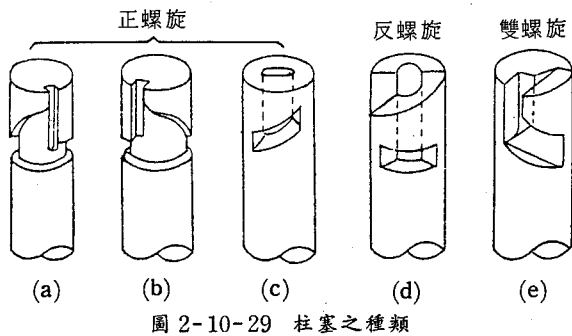


圖 2-10-29 柱塞之種類

油量之增加而改變。

- (2)反螺旋柱塞：如圖 2-10-29 (d)所示，柱塞的頂部為螺旋槽，噴油量增加時，噴射時間會提前，結束噴油時間則一定。
- (3)雙螺旋柱塞：如圖 2-10-29 (e)所示，控制螺旋上下均有，噴射開始及結束時間均隨噴油量而變化。

四、輸油門與輸油門座

(一)功用

輸油門之功用在使噴射管中之燃料經常保持一定之殘壓及使噴油嘴在噴射完畢時壓力急速降低，使噴射迅速截斷，防止滴油。

(二)構造

- 1.如圖 2-10-30 所示，輸油門裝在柱塞筒之上方，由輸油門、墊圈、輸油門座等組成。
- 2.輸油門由上部之彈簧座、閥面、吸回活塞（又稱放鬆環）及輸油門桿組成。輸油門桿上有四個直槽，形成輪葉狀導桿，桿部滑入輸油門座中。
- 3.輸油門座上有螺紋，為分解時取出輸油門座之用。墊圈置於輸油門座和輸油門套之間以防止漏油。
- 4.輸油門及輸油門座為高度精密加工之機件，必須成對更換。

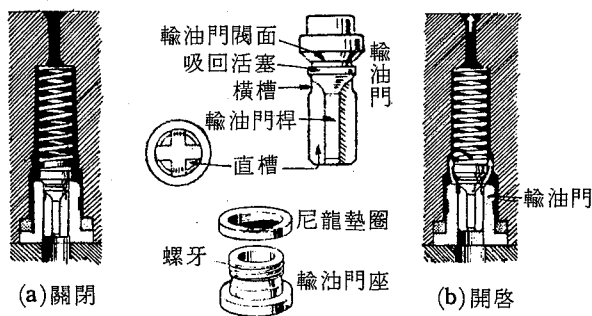


圖 2-10-30 輸油門及輸油門座〔註28〕

(三)作用

1.平時輸油門受彈簧之力量，輸油門閥面壓緊於輸油門座上，當油泵柱塞上升產生之油壓超過輸油門彈簧與輸油門上之油壓時，將輸油門向上推開，如圖 2-10-31 (a)、(b)所示，燃料即流入噴射管中。

2.送油完畢時，油泵柱塞壓力室之壓力降低，輸油門受彈簧力量降至圖(b)之位置，此時吸回活塞開始滑入輸油門座，產生吸回作用，使噴射管內之壓力降低，因此噴油嘴之噴射迅速截斷，能防止滴油。吸回活塞之另一作用是，當吸回活塞滑入輸油門座時，產生緩衝(cushioning or dashpot)作用，使輸油門關閉時減低其敲擊力，因而增加輸油門之壽命，如圖 2-10-31 (c)所示。

3.輸油門降至圖 2-10-31 (c)之位置時，輸油門閥面壓緊輸油門座，防止燃料倒流回噴射泵，使噴射管中之燃料保持一定之殘壓。

4.有些輸油門在輸油門彈簧上裝有止動桿，如民生柴油引擎限制輸油門之升程為 3.3 ~ 3.7 mm，使高速時送油量穩定。

5.噴油嘴產生滴油時，燃料未經霧化，產生不完全燃燒而排出黑煙，燃燒室中產生積碳，使噴油嘴機能受害，減低引擎馬力。

6.輸油門與輸油門座油密不良時，由於噴射管中之燃料倒流回噴射泵，使噴射量發生改變，並使引擎起動困難。

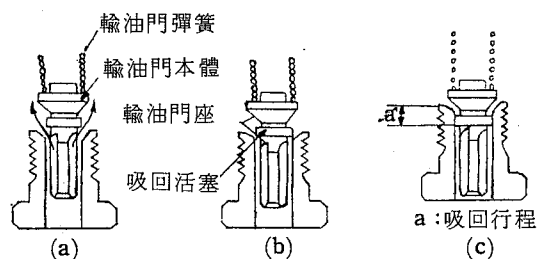


圖 2-10-31 輸油門之作用〔註29〕

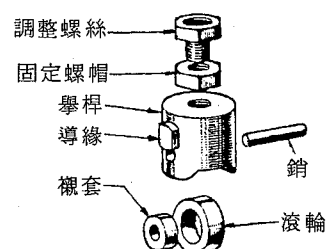


圖 2-10-32 舉桿機構〔註30〕

五、舉桿機構

(一)舉桿機構如圖 2-10-32 所示，位於油泵柱塞之底部，包含舉桿、舉桿滾輪、襯套、插銷、調整螺絲、固定螺帽等。舉桿機構之功用係將噴射泵凸輪軸之旋轉運動變為往復直線運動，並傳輸此項運動至油泵柱塞，將燃料送至噴油嘴。舉桿調整螺絲與油泵柱塞彈簧相接，彈簧力量使舉桿滾輪壓緊凸輪。舉桿調整螺絲用以調整噴射時間和舉桿間隙。

(二)調整螺絲向上調高可使噴射提早，降低可使噴射變晚。

(三)舉桿間隙係指油泵柱塞在上死點時，柱塞下端之 T 型凸緣部分與柱塞筒凹口之平面部分之間隙。如無間隙時將使柱塞之 T 型凸緣頂撞柱塞筒。由於凸輪尚未轉至最高點，而柱塞筒係固定不動之機件，故阻止油泵柱塞繼續上升，以致凸輪軸會被卡住無法轉動或使柱塞之 T 型凸緣撞毀。一般規定舉桿間隙應在 0.3 mm 以上。

六、齒環與控制套

如圖 2-10-33 及 2-10-34 所示，齒環與齒桿相啮合，齒環用一只夾緊螺絲夾緊在控制套之上部，控制套之下部有凹槽與柱塞之 T 型凸緣相嵌合。移動齒桿時，使齒環及控制套轉動，油泵柱塞亦隨之轉動，改變噴油量。控制套上有一排小

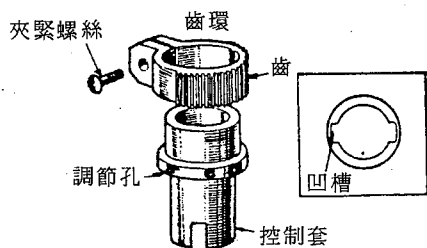


圖 2-10-33 齒環與控制套 [註31]

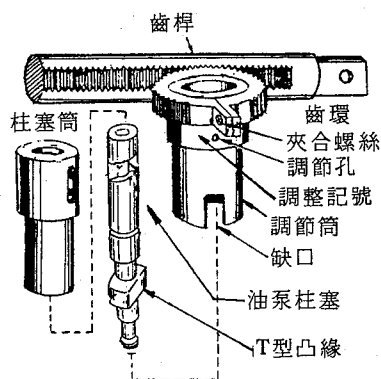


圖 2-10-34 油泵柱塞的控制機件 [註32]

孔叫調節孔，當各缸噴油量不均時，可以放鬆齒環夾緊螺絲，然後用扳桿插入小孔中，左右扳動控制套，變更其與齒環之相對位置即可以改變噴油量。

七、齒桿與限制套

(一)齒桿

齒桿為一圓桿形，在一側有與汽缸數相同之直齒組與齒環相啮合，另一側挖有凹槽，用一控制螺絲定位，以限制齒桿之行程，並防止齒桿轉動，如圖 2-10-35 所示。齒桿之一端鑽有孔，與調速器相連接，另一端裝有控制套，以限制燃料之最大噴油量（全負荷噴油量），限制套之種類有數種。

(二)限制套

限制套依其構造及作用之不同可分下列數種：

限制套種類 { 固定式
可動式

1. 固定式齒桿限制套

固定式齒桿限制套如圖 2-10-36 所示，在齒桿末端裝置限制螺絲，如圖 2-10-36 (a) 所示，或在齒桿限制套上裝用調整螺絲，如圖 2-10-36 (b) 所示，使齒桿之最大移動量受到限制。為防止駕

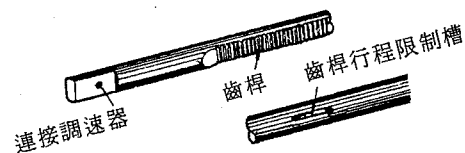
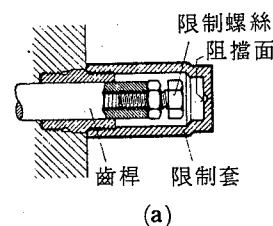
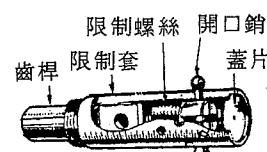


圖 2-10-35 齒桿 [註33]



(a)



(b)

圖 2-10-36 固定式齒桿限制套 [註34]

駛人貪圖開快車而隨意調整，調整螺絲在調整好後常使用鉛封住。

2. 可動式齒桿限制套

由於發動引擎時須要比正常運轉之最大噴油量還要多的油量才容易發動，前述之固定式齒桿限制套將齒桿之最大噴油量限制住，發動引擎時無法再提供額外之油量，引擎發動較困難。因此現代柴油噴射泵之齒桿限制套改為可動式，平時它的作用與固定式相同，限制全負荷最大噴油量；在發動引擎時將油門踩到底或者拉起動鈕時，齒桿可以超過最大噴油量位置，噴射泵能供應額外之油量以利引擎發動。

(1) 如圖 2-10-37 所示為由起動鈕控制之可動式齒桿限制套之構造，平時搖臂成垂直狀，齒桿向右移動增加噴油量時受制於控制桿，最大噴油量受到限制；在發動引擎時，搖臂被拉與垂直線成 30° 角，將控制桿向右拉動一段距離，使齒桿可向右多移一段行程，供給額外油量，使引擎容易發動。

(2) 如圖 2-10-38 所示係能自動調整起動最大

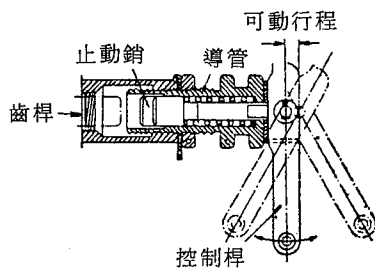


圖 2-10-37 可動式齒桿限制套(一) [註35]

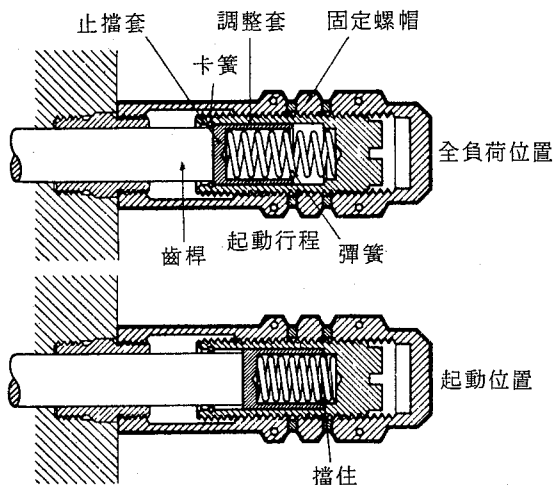


圖 2-10-38 可動式齒桿限制套(二) [註36]

噴油量之活動式齒桿限制套之構造。在空心之限制螺絲中，有一止擋套，平時受彈簧之作用，推到左方卡簧位置，限制齒桿最大移動量在此位置。在發動引擎將油門踩到底時，齒桿克服彈簧之力量將止擋套向右推動一段距離，使能供給額外之油量。引擎發動後，調速器將齒桿拉回，即使將油門踩到底，最多只能使齒桿移到卡簧位置為止。

(3) 如圖 2-10-39 所示為使用擋銷與起動拉鈕控制之可動式齒桿限制套之構造。平時限制螺絲套內的擋銷受彈簧力量下移，作為齒桿最大噴油量之止擋銷；發動引擎拉起動鈕時，鋼繩將限制套內的轉片拉成傾斜，使齒桿向左推動，將擋銷向上頂起，使齒桿不受阻礙，可以向右再移動一段距離，供給額外之油量。

(4) 如圖 2-10-40 所示為另一種用擋銷控制之可動式齒桿限制套之構造。此式在齒桿末端裝一根可以調整的连接桿。平時连接桿之凸塊被擋銷限制最大負荷之噴油量；發動引擎時，壓下擋銷，擋銷之凹口對準连接桿端之凸塊，使齒桿能再移動一段距離

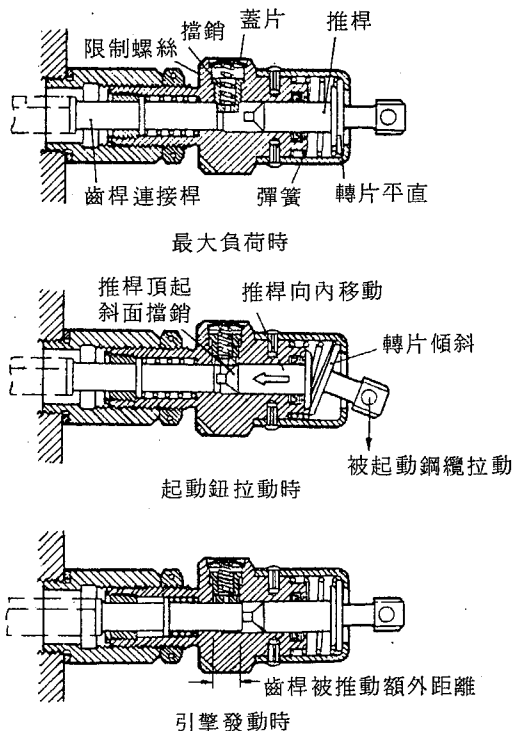


圖 2-10-39 可動式齒桿限制套(三) [註37]

，供應額外之油量使引擎易於發動，引擎發動後，調速器將齒桿拉回，擋銷復原，限制最大噴油量。

八、凸輪軸與軸承

凸輪軸之凸輪數與汽缸數相同，依噴射次序等角度分配之，另有一凸輪驅動供油泵。凸輪軸兩端以止推軸承支持，外邊裝有油封。凸輪的外形有很多，一般採用如圖 2-10-41 之圓弧凸輪或接線凸輪。有些噴射泵在柱塞之下降行程採用偏心輪使衝擊緩和。供油泵驅動凸輪均用偏心輪。

10-4-4 調速器之構造及作用

一、概述

柴油引擎轉速的快慢完全依燃料噴射量之多少而改變，而複式高壓噴射系統燃油噴射量的多寡係由齒桿位置之變動而控制，齒桿極微小之移動就會使引擎動力發生很大的變化。尤其在無負荷低速時，齒桿之移動對引擎轉速之變化更為敏感，因此必須有很靈敏之調速裝置來控制怠速之噴油量以防止引擎熄火。又引擎轉速如果過快時

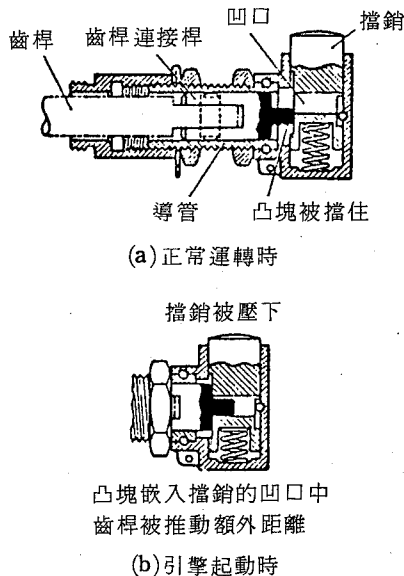


圖 2-10-40 可動式齒桿限制套閘〔註38〕

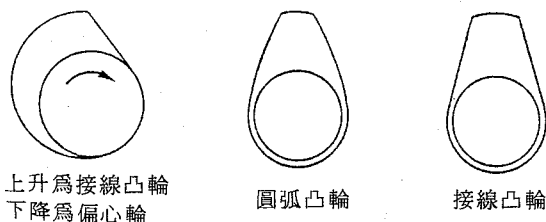
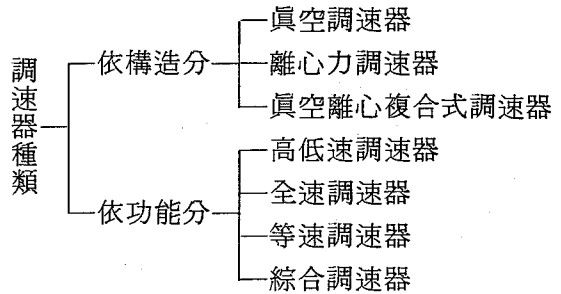


圖 2-10-41 凸輪形狀〔註39〕

極容易使引擎損壞，所以柴油引擎之最高轉速必須加以限制，調速器能限制引擎之最高轉速以保護引擎之安全。

二、調速器之種類

調速器可依構造及功能分為許多種。



(一)依構造分

1.真空調速器：利用引擎進汽管節汽門附近壓力之變化以行調速作用之調速器，又稱氣力式調速器。此式調速器構造簡單，作用靈敏，在各種速度下均能產生調速作用，為全速調速器，以 (M) 字為代表。

2.離心力調速器：利用噴射泵凸輪軸上飛重之離心力以行調速作用，又叫機械式調速器。此式構造複雜，種類甚多，以 (R) 字為代表。

3.真空離心複合式調速器：由引擎進汽管壓力之變化及噴射泵凸輪軸上飛重之離心力共同控制之調速器。

(二)依功能分

1.高低速調速器：汽車柴油引擎在使用時轉速之變化極大，在怠速時希望引擎不會熄火，保持穩定的怠速轉動。在快車時希望轉速不超過最高限制，以免引擎因超速而縮短壽命，因此噴射泵裝設高低速調速器。此種調速器只控制引擎最低及最高轉速，在最低轉速以上到最高轉速之間不能控制，在此範圍轉速之快慢完全由駕駛人以油門踏板來控制，如 R 型、RQ 型調速器即為此式。

2.全速調速器：此式調速器不但能控制最低轉速和最高轉速，而且能控制從怠速到最高限制轉速範圍內任何轉速下的噴油量，在某一轉速下能使噴油量與引擎負荷情況密切配合，又叫變速調速器。全速調速器以 (V) 字為代表，如 RV 型、RSV 型調速器即為此式。

3.等速調速器：很多工業用柴油引擎，如帶

動發電機之引擎等，其轉速幾乎是固定的，只容許和規定轉速有極少的相差，此種引擎裝用等速調速器，能隨負荷之不同自動控制噴油量，以維持引擎在一定轉速下運轉。

4.綜合調速器：有些調速器在構造上同全速調速器，但調速器中浮動桿之支點改由加速桿（油門）來操縱。調速器只控制最低及最高轉速，但亦具備有全速調速器的一些功能，以（D）字為代表，如RSVD型調速器即是。

三、調速器編號之意義

(一)真空調速器

1.膜片組

例：① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧

N-EP/M 60 A 32

N-EP/M Z 60 A 47 d

N-EP/M N 80 B 59

說明：

①為製造國家之代字（請參閱前述）

②EP——噴射泵配件

③M——真空調速器

④Z——怠速彈簧為螺絲調整式

N——怠速彈簧為凸輪調整式

D——減震閥式

無記號——無輔助彈簧，不能調整式

⑤膜片之直徑（mm）

⑥大小型別（即噴射泵之型別）

⑦設計編號

⑧d——設有等量裝置者

2.文氏管

例：① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧

N-EP/K E 60 F A 1

說明：

①為製造國家之代字（請參照前述）

②EP——噴射泵配件

③K——文氏管

④E——吸入端有插口者

無記號——吸入端無插口者

⑤文氏管最小處直徑

⑥大小型別

⑦大小型別

⑧設計編號

(二)離心力調速器

例：

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
EP/R	S	U	V	200/	900	B	0	A	7		
N	—	R		200/	700	B	D		3		
N	—	R		V	300/	800	B	E	2L		
N	—	R	Q	200/	1250	A			15	d	
N	—	R	S	U	V	300/0	750	A	7B	374	
N	—	R	Q	U	V	200/	500	Z	A	25	

說明：

①為製造國家之代號（請參閱前述）

②EP——噴射泵的配件

③R——離心調速器

④Q——加速桿移動時，浮動桿的槓桿比隨之改變

S——加速桿移動時，調速器的彈簧強度隨之改變

BD——附有真空調速器

⑤U——裝有增速齒輪

⑥V——全速調速器

無字——高低速調速器

⑦慢車時噴射泵的轉速（rpm）或者是最低調速的轉速

⑧噴射泵的最高調速的轉速（rpm）

⑨適合A型或B型噴射泵

⑩調速器彈簧組合的編號

⑪設計編號

⑫d——有等量裝置〔註40〕

四、真空調速器之作用

(一)真空調速器之作用原理

1.引擎轉速係隨負荷之增減成反比例而變化，如負荷不變，則轉速隨燃料供給量之比例而增減，燃料供給量增加轉速升高，供給量減少則轉速降低。

2.如圖 2-10-42 所示，引擎運轉中膜片及齒桿之位置決定於膜片左右兩室之壓力差，膜片左方之真空室通至進氣管的文氏管喉部，故真空大小隨引擎負荷而變化。如果加速踏板踩在同一位置，即文氏管蝶形閥位置一定，引擎負荷減輕時，引擎轉速升高，通過文氏管節氣門之空氣流速增加，真空變大，真空調速器將噴射泵之齒桿向

減少噴油量方向推動，則引擎轉速降低；當引擎負荷增大時，引擎轉速降低，通過文氏管節氣門之空氣流速降低，真空變小，真空調速器將齒桿向增加噴油量方向推動，則引擎轉速上升，保持一定之轉速。自引擎最低轉速至最高轉速間之任何轉速，調速器皆能發生作用，故真空式調速器屬於全速調速器。

(一)真空調速器之構造及作用

1.構造

(1)真空調速器包括兩個主要部分，一為文氏管總成，如圖 2-10-43 所示，一為膜片組

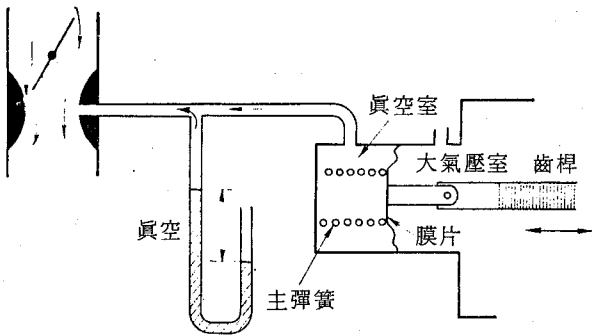


圖 2-10-42 真空調速器作用原理 [註41]

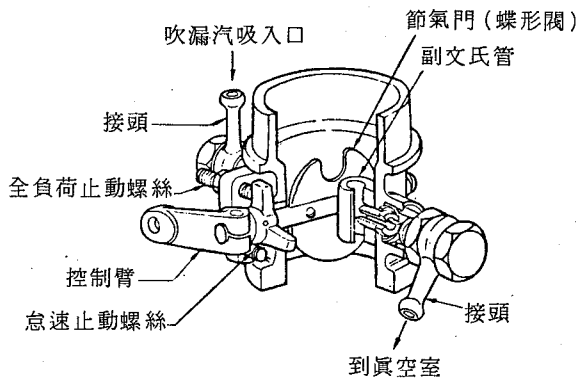


圖 2-10-43 文氏管總成 [註42]

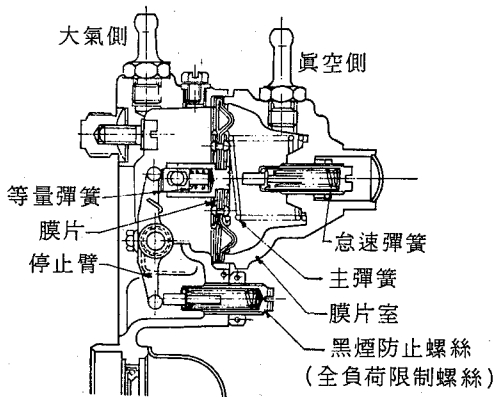


圖 2-10-44 膜片組構造 [註43]

，如圖 2-10-44 所示。文氏管總成安裝在進汽歧管之進端，上方裝接空氣濾清器，總成之喉部裝一只可以旋轉之蝶形閥，蝶形閥藉著控制桿及連接桿和加速踏板連接，因此操作加速踏板可使蝶形閥開啓或關閉。蝶形閥控制桿上有兩只止動螺絲，用來限制蝶形閥最小及最大開度，一只為怠速止動螺絲，另一只為全負荷止動螺絲。

(2)膜片室以皮質膜片分隔成左右二室。膜片左室稱為大氣室，通大氣壓力並與噴射泵之齒桿相連接；膜片之右室稱為真空室，用軟管接到引擎進氣歧管文氏管之喉部；真空室內裝主彈簧，受彈力之作用，引擎未發動時，膜片將齒桿推在全負荷位置。調速器之後部裝有怠速彈簧及怠速頂銷 (idling contact pin)，可防止在加速踏板急速放鬆時，蝶形閥關閉所生之強真空，過度推動齒桿而使引擎熄火或運轉不穩。

2.作用

(1)等速控制

引擎在固定負荷及固定轉速運轉時，膜片兩側之壓力差和調速器彈簧之力量隨時保持在平衡的位置；若引擎負荷減輕使轉速上升時，進氣管之真空變大，膜片將齒桿拉向真空室使噴射量減少，引擎轉速隨之降低；若引擎負荷增加，引擎轉速降低時，進氣管真空變小，膜片將齒桿推向大氣室使噴油量增加，引擎轉速恢復至原來之轉速。依此作用祇要蝶形閥或加速踏板位置不變，不論引擎負荷變化，引擎轉速仍然維持不變，如圖 2-10-45 所示為膜片組

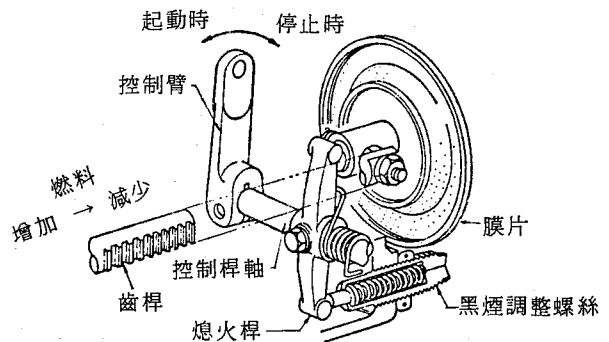


圖 2-10-45 膜片組與齒桿控制機構 [註44]

與齒桿控制機構。

(2) 加速控制

踩下加速踏板打開蝶形閥加速時，真空室真空變小，膜片兩側之壓力差減小，主彈簧伸張將膜片向增加噴油量之方向推動，引擎轉速隨之升高，直至壓力差與彈簧張力平衡為止。

(3) 減速控制

減速時蝶形閥關閉，真空變強，主彈簧被壓縮，齒桿拉回，引擎轉速降低。

(4) 超速控制

蝶形閥全開時噴油量增多，轉速上升，當超過定額轉速時，通過蝶形閥之空氣流速增大，真空增強，將齒桿拉回，以防止引擎超過額定轉速而發生損害。

所謂最高轉速有兩種，一為全負荷時之額定轉速，另一為引擎無負荷可達到之最高轉速。

(5) 怠速輔助彈簧之功用

引擎高速時真空較弱，為使調速器敏感起見，主彈簧之彈性係數較小，故甚柔軟；在怠速時之壓力差遠大於主彈簧之彈力，故無法控制速度上較小之變動，因此使引擎發生忽快忽慢 (hunting) 之現象。為消除引擎在怠速時忽快忽慢之現象，調速器中另裝一只彈性較強之怠速輔助彈簧，如圖 2-10-46 所示，使引擎怠速穩定。此

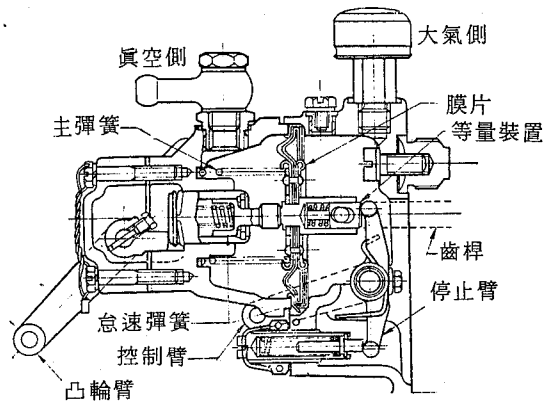


圖 2-10-46 裝有怠速輔助彈簧及凸輪之膜片組 [註45]

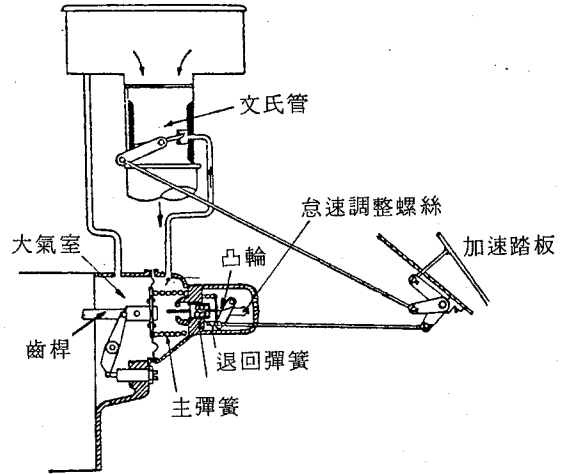


圖 2-10-47 真空調速器控制機構 [註46]

一怠速彈簧之強度在怠速時受一凸輪自動操縱而變化其彈力，高速時由於凸輪臂之操作使凸輪旋轉，怠速彈簧因之減弱，故

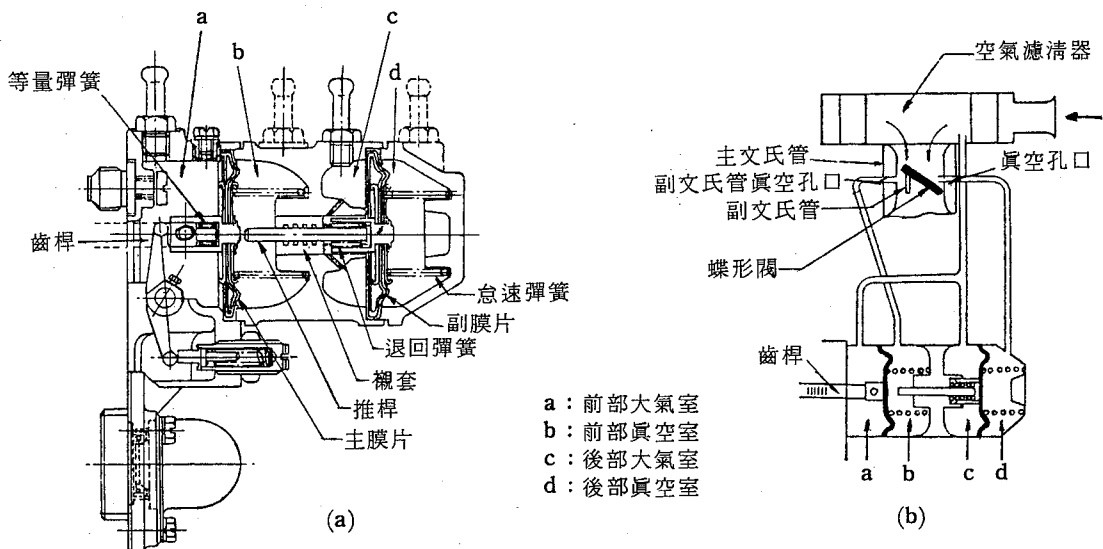


圖 2-10-48 EP/MD型真空調速器(裝有怠速穩定用減震閥) [註47]

可防止怠速彈簧干擾高速時齒桿之動作，如圖 2-10-47 所示。

(6) 裝減震閥之調速器

①如圖 2-10-48 所示為裝有減震閥之波細 EP/MD 型真空調速器，除標準真空管接頭外，另有一位於主文氏管邊之真空接頭，如圖 2-10-48 (b) 所示，連接至閥室，標準真空管連至副文氏管邊之真空接頭，而連接到 b 室。

②減震閥之目的當引擎突然減速時使引擎轉速之變化過程比較緩和及穩定，使乘坐舒適，不會有失速感覺。

③汽車行駛中突然減速時蝶形閥立刻關閉，副文氏管真空馬上達到 b 室，如圖 2-10-48 (b) 所示，使主膜片及齒桿被向右拉，使噴油減少。當主膜片向右移動時，推動推桿而將減震閥打開，故 c 室之大氣可以進入 d 室，使 b 室之真空減弱。蝶形閥關閉後主文氏管真空口無真空，故 d 室為大氣。

④因 a、c、d 室均為大氣，b 室之真空減弱，因此齒桿右推（減少油量）之作用力減小，使引擎轉速不會驟然降低，使轉速變化過程較緩和。

3. 起動用燃料過給裝置

柴油引擎起動時必須供給較全負荷更多之燃料才易起動。波細 A 型噴射泵之真空調速器，其供起動用之燃料過給方法有兩種：

(1) 雙臂式燃料過給裝置

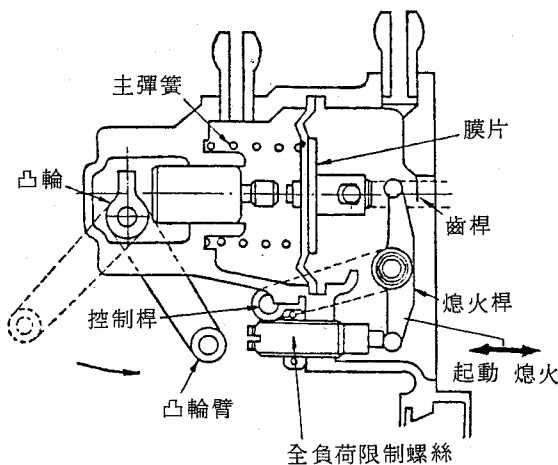


圖 2-10-49 雙臂式燃料過給裝置〔註 48〕

熄火桿為雙臂式，如圖 2-10-49 所示，一端頂住膜片桿，另一端頂住全負荷限制螺絲內之止動螺絲。控制桿向噴射泵本體側扳動時，雙臂桿下端壓縮全負荷限制螺絲內之彈簧，使進入一段距離，上端則移近噴射泵主體側，故膜片受主彈簧之力量，將齒桿向增加噴油量方向推動，因而齒桿之移動比全負荷位置稍多，噴油量超過全負荷噴油量，引擎能夠容易起動。此種裝置僅能在引擎起動時使用，絕不可於車輛行駛中作為增大動力之用。控制桿向噴射泵外側扳動時，壓縮主彈簧將齒桿推至不噴油位置，使引擎熄火。雙臂桿除供起動時之燃料過給及熄火用之外，並可限制齒桿之最大行程，故調整全負荷限制螺絲即可獲得規定之最大噴油量。

(2) 按鈕 (push button) 燃料過給裝置 (即擋銷式過給裝置)

調整導軸襯之螺絲並由鎖緊螺帽固定之，如圖 2-10-40 所示。引擎起動前壓下按鈕，經由調速彈簧之力量使擋銷嵌入凹口，齒桿向全負荷方向移動，其超出之移動量相等於擋銷行程 (7 mm)，按鈕受彈簧彈力之作用不能彈回，直至引擎起動後，調速器將齒桿及延長螺栓拉回時，按鈕始退回原位。

4. 等量裝置 (angleich)

(1) 為何需有等量裝置

①柱塞式噴射泵之特性為在同一齒桿位置時，柱塞每行程之輸出量因車速上升時漏油機會減少，故輸出量隨轉速上升而增多；但四行程引擎每循環吸入汽缸內之空氣量因進氣阻力之影響，隨引擎轉速之上升而減小。

②若以引擎高速時為基準調整其最大噴油量，則低速時會發生空氣過剩率過大，即噴油量不足之現象，因之熱效率降低，扭力及馬力減少；反之，以引擎低速時為基準調整其最適當之噴油量，則當引擎轉速上升時，空氣過剩率減少，不能獲得完全燃燒，排出黑煙，如圖 2-10-50 所示。

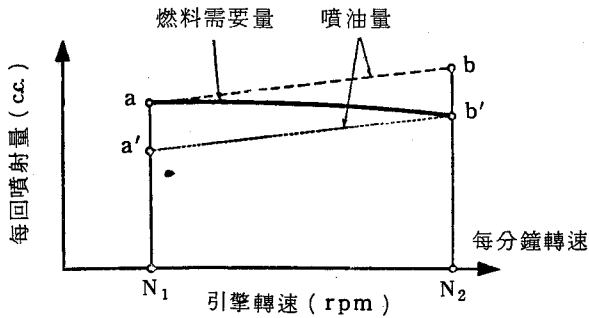


圖 2-10-50 引擎轉速與噴油量及需油量之關係〔註49〕

③等量裝置即為改善此種特性而設，使引擎在全負荷任何轉速範圍內，經常能保持吸入空氣量與噴油量之適當比例；且此種裝置亦能作為低速時增加扭力之用。

(2)等量裝置之構造及作用

- ①真空調速器之等量裝置設在膜片中央之膜片桿中，桿為中空，等量彈簧及推桿裝在膜片桿中，齒桿與膜片桿用銷固定之，如圖 2-10-51 所示。
- ②如圖 2-10-52 所示為等量裝置之作用情形，等量裝置只有在全負荷低速齒桿碰到熄火桿（全負荷止動桿）時才會發生

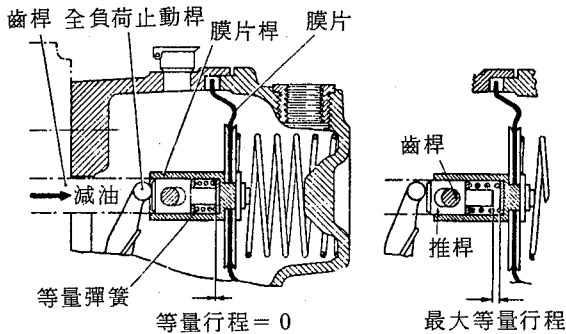


圖 2-10-51 等量裝置之構造〔註50〕

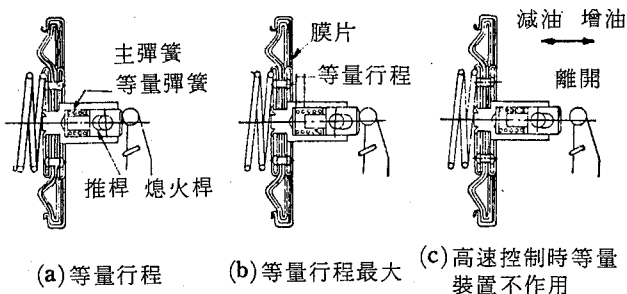


圖 2-10-52 等量裝置之作用情形〔註51〕

作用而減少噴油，齒桿離開熄火桿則不產生作用。全負荷低速時，因作用在真空室的真空吸力較低，故等量彈簧被主彈簧壓縮，膜片將齒桿推在最大噴射量位置，如圖 2-10-52 (a)所示。齒桿頂住熄火桿，主彈簧與等量彈簧之作用方向相反，故主彈簧之合力為主彈簧與等量彈簧之彈力差（因主彈簧彈性係數較等量彈簧之彈性係數小，但主彈簧之變形量遠大於等量彈簧，故主彈簧之彈力大於等量彈簧，主彈簧之彈力減去等量彈簧之彈力等於主彈簧作用於齒桿之力）。若引擎負荷減輕，轉速升高，真空室之真空吸力增大，真空吸力大於主彈簧合力時，則主彈簧被壓縮，同時等量彈簧伸張，將齒桿向減少噴油量方向推動，如圖 2-10-52 (b)所示；因等量彈簧之力量較主彈簧之張力強，故當主彈簧產生高速控制開始作用之前，等量彈簧即將齒桿推向噴油量減少之方向，其移動量稱為等量行程。引擎轉速繼續上升，真空吸力超過主彈簧張力時，高速控制開始作用，此時等量裝置之推桿開始脫離熄火桿，如圖 2-10-52 (c)所示。

5.引擎逆轉的防止

- (1)柴油引擎發動時，若噴油時間不當，引擎可能發生逆轉，排汽管變成進汽管，進氣管變成排汽管；排汽的壓力經過文氏管時被引到調速器的真空室，使真空室受到的不是真空吸力，而是比大氣還高之壓力，會將齒桿推向最大噴油量處，使引擎以高速運轉，排汽壓力隨之增大，引擎轉速愈來愈快，拉熄火桿都無法熄火，此時濃煙從引擎蓋下冒出。
- (2)欲使倒轉之引擎熄火，應將排檔桿打入高速檔，拉緊手煞車及踩緊煞車，放鬆離合器，使引擎受負荷而停止。
- (3)使用真空調速器之柴油引擎為防止此種引擎高速逆轉的發生，在文氏管中加裝副文氏管，如圖 2-10-53 所示，即在真空口加裝一小圓管。引擎正常方向運轉時，空氣由外面流向汽缸，如圖 2-10-54 (a)所示，

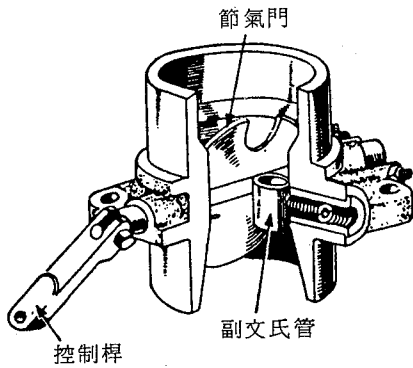


圖 2-10-53 文氏管中裝置了副文氏管〔註52〕

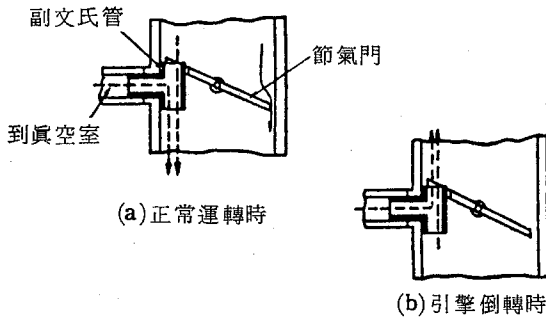


圖 2-10-54 副文氏管的作用〔註53〕

空氣流過副文氏管時產生真空，利用此真空來控制齒桿的移動。萬一引擎發生逆轉，排汽由裏面向外流動，排汽流過副文氏管仍能產生真空，將膜片吸回，使引擎不會高速轉動，熄火容易，如圖 2-10-54 (b) 所示。

五、離心調速器

(一)離心調速器之作用原理

1. 離心調速器如圖 2-10-55 所示，係將兩只可以開合之飛重 (flyweight) 安裝在噴射泵凸輪軸之一端，轉動時飛重發生離心力向外張開，

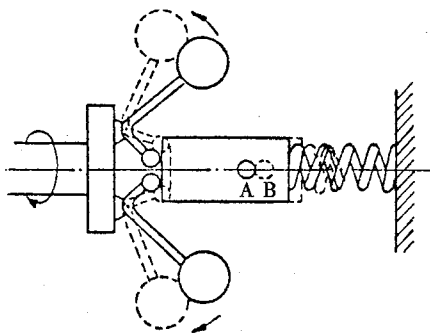


圖 2-10-55 彈簧與飛重之平衡〔註54〕

飛重之離心力隨轉速而變化，轉速增加離心力增大；反之，離心力減少。

2. 轉速增加時離心力增大，飛重向外張開，推動移動軸壓縮彈簧，自 A 點向右移動至 B 點；反之，轉速降低時，離心力減少。彈簧張力推壓移動軸，使飛重縮回至 A 點，此時離心力與彈簧保持平衡。

3. 圖 2-10-56 所示為控制燃料之連桿機構、導桿和浮動桿，由共有支點相結合，浮動桿上端經連接叉桿 (link) 和齒桿連接。移動軸或導桿襯套 (guide bush) 將導桿下端向右推動時，亦牽動浮動桿向右傾，齒桿被拉回，噴油量減少；反之，導桿下端向左移動時，浮動桿亦向左傾，則噴油量增加。亦即當引擎轉速上升時，飛重離心力增大，移動軸向右移動而使噴油量減少，防止引擎超過規定轉速；當引擎轉速降低時，離心力減小，移動軸被彈簧向左壓移，齒桿向增加噴油量之方向移動，使引擎轉速上升，以免引擎熄火。

(二)離心調速器之作用特性

離心調速器依其功能可分高低速調速器及全速調速器兩類，其作用特性不相同，茲說明如下：

1. 離心全速調速器之作用特性

(1) 離心全速調速器當加速桿 (油門) 固定在目標轉速時，則調速器即依目標轉速時之負荷為準，當引擎負荷發生變化時，隨即相對應自動作調速作用，使引擎轉速保持在目標轉速附近。

(2) 如圖 2-10-57 所示，在目標轉速 N 時之引擎負荷相對應引擎出力為 P，加速桿之位

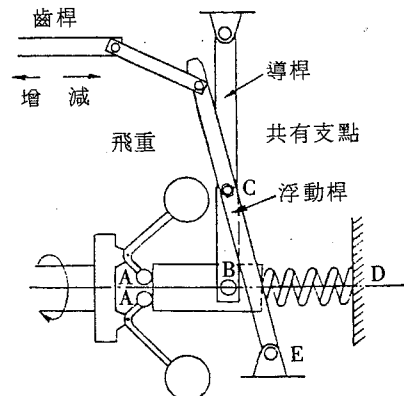


圖 2-10-56 控制燃料之機構〔註55〕

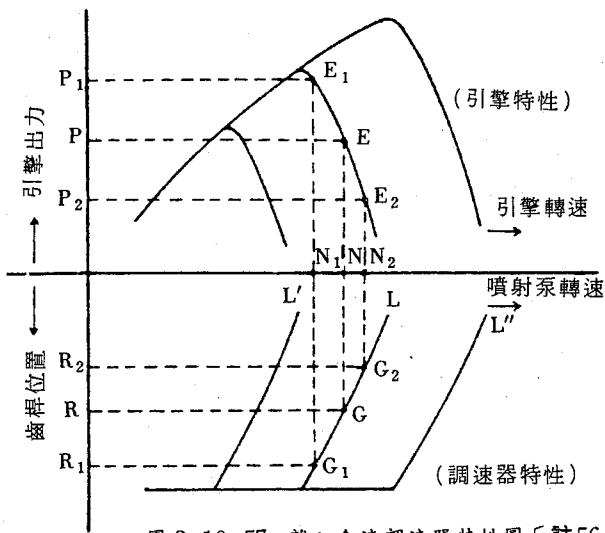


圖 2-10-57 離心全速調速器特性圖〔註56〕

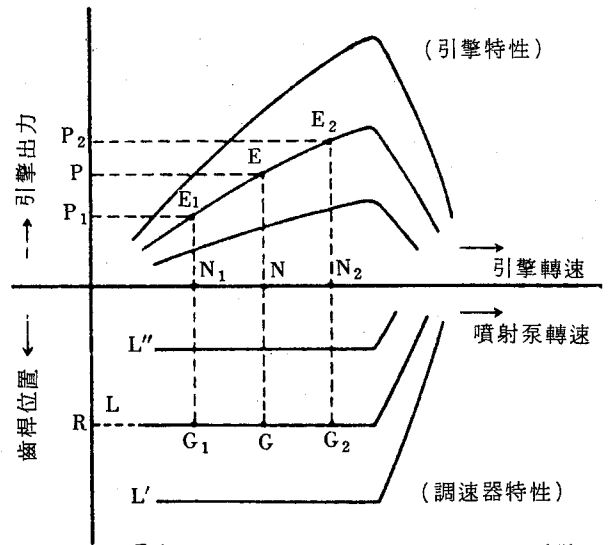


圖 2-10-58 離心高低速調速器特性圖〔註57〕

置為 L，齒桿位置為 R，若此狀態之引擎出力及負荷正好平衡（圖上之 E、G 點）。

(3)以此狀態為準，若引擎之負荷增加，則引擎轉速自 N 降為 N_1 ，此時調速器自動使齒桿由 R 增為 R_1 ，引擎出力則自 P 增為 P_1 ，因負荷增加而使引擎出力、轉速、齒桿位置在新的位置保持平衡（即圖上之 E_1 、 G_1 點）。

(4)若引擎負荷減少，則引擎轉速自 N 增為 N_2 ，此時調速器自動使齒桿位置自 R 減為 R_2 ，引擎出力則自 P 減為 P_2 ，因負荷減少之結果使引擎出力、轉速及齒桿位置在新的位置上保持平衡（即圖上之 E_2 、 G_2 點）。

(5)即加速桿在 L 位置時，目標轉速為 N，引擎因負荷之變化而自動改變齒桿位置，而使轉速控制在 N_1 與 N_2 之範圍內。加速桿若改到另一位置時，則調速器以新的目標轉速自動做調速。

2. 離心高低速調速器之作用特性

(1)高低速調速器只有在怠速及最高限制轉速時才發生作用，以外之轉速範圍內不產生作用，引擎轉速及出力完全由駕駛人操縱加速桿而控制之。

(2)如圖 2-10-58 所示，現在假定引擎受到一定程度之負荷，在此負荷下之引擎相對應出力為 P，加速桿在 L 位置，引擎轉速為 N，齒桿位置為 R。以此狀態為準，若此時之引擎出力與負荷正好平衡（圖上之 E

、G 點）。

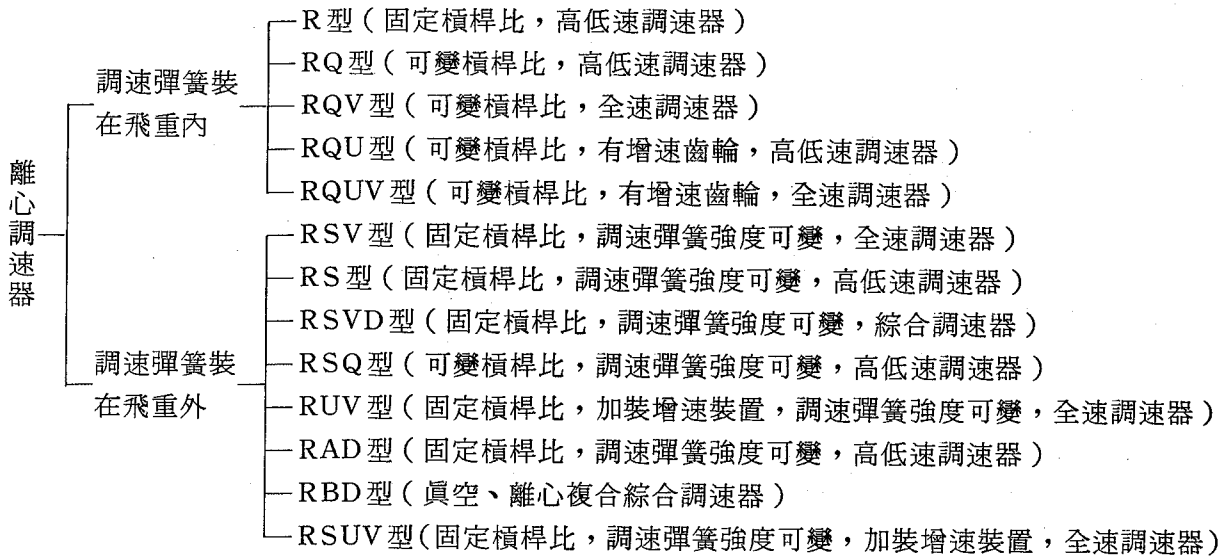
(3)若引擎負荷增加，則引擎轉速會自 N 降為 N_1 ，引擎出力自 P 降為 P_1 ，若加速桿位置不變（仍保持在 L 位置）則引擎轉速必逐漸下降；為避免引擎轉速及出力減少，加速桿位置必須向 L' 方向移動，而使齒桿位置向增油方向移動，才能使轉速及出力上升，防止引擎熄火（即圖上 E_1 、 G_1 點）。

(4)若引擎負荷減少，則引擎轉速會自 N 向 N_2 增加，引擎出力自 P 增為 P_2 ，為抑止引擎之轉速及出力不斷增加，必須將加速桿向 L'' 方向移動，而使齒桿向減油方向移動，以防止引擎轉速、出力之上升（即圖上之 E_2 、 G_2 點）。

(5)故離心高低速調速器之特性係當引擎負荷變動時，使加速桿位置變動而拉動齒桿以控制噴油量，而保持引擎在一定轉速下運轉。

(三)離心調速器之型式

離心調速器構造複雜，種類繁多，德國波細公司依其構造及特性做了很完整的分類：



(四) R 型調速器之構造及作用

R 型調速器裝有二只飛重, 每只飛重內裝有一只怠速彈簧和二只高速彈簧, 壓縮飛重使向內收攏, 浮動桿下端經滑動螺絲和飛重臂相連, 上端與齒桿連接, 中部套有偏心銷之固定支點, 偏心銷外端設有加速桿, 用連接桿連接至駕駛室之加速踏板, 為最早之離心式調速器, 如圖 2-10-59 所示。

1. 怠速時

(1) 加速踏板放鬆, 引擎以怠速空轉時噴射泵之加速桿和齒桿停留於怠速位置, 此時引

擎之轉速約為 400~500 rpm, 噴射泵之轉速則為 200~250 rpm。因轉速慢, 飛重之離心力小, 故飛重被怠速彈簧之張力壓住, 如圖 2-10-60 (a) 所示。

(2) 如引擎轉速上升時飛重之離心力增大, 克服怠速彈簧向外張開, 如圖 2-10-60 (b) 及圖 2-10-61 所示, 飛重臂就拉滑動軸向右移動, 經連接銷使浮動桿將齒桿向左拉動, 減少噴射量, 使引擎轉速降低。

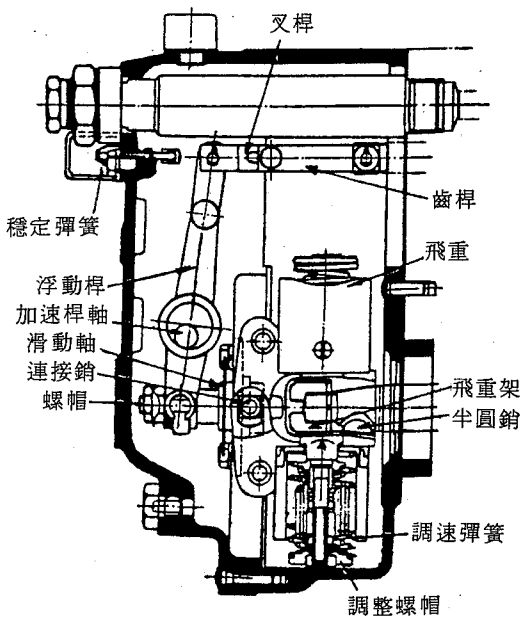


圖 2-10-59 R 型離心調速器 [註 57]

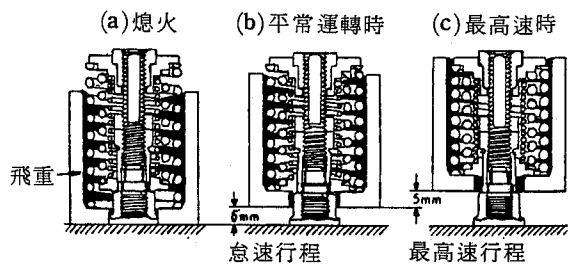


圖 2-10-60 飛重位置及行程 [註 58]

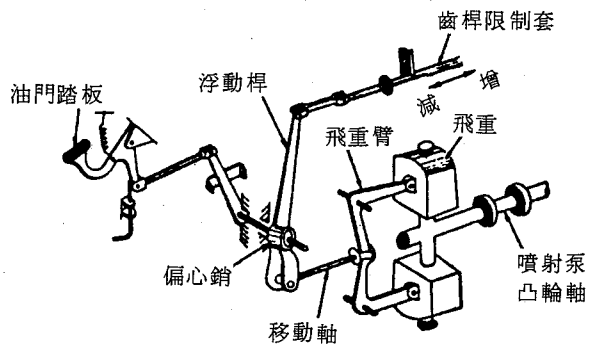


圖 2-10-61 怠速時 R 型調速器作用情形 [註 59]

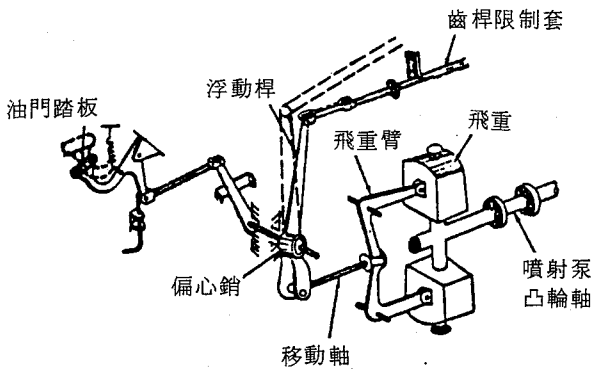


圖 2-10-62 中速時 R 型調速器作用情形〔註 60〕

(3)因飛重是經常被怠速彈簧向內壓住，引擎轉速降低飛重之離心力變小時，調速彈簧即按上述相反的動作程序將齒桿向右拉動，使噴油量增加，防止引擎轉速過慢以致熄火。故祇要適當調整怠速彈簧即可使引擎在規定之怠速下平穩地運轉而不熄火。

2. 中速時

(1) 踩下加速踏板帶動加速桿時，如圖 2-10-62 所示，偏心銷隨著轉動，浮動桿即以浮動桿下端之連接銷為支點，在偏心銷之外周旋轉；浮動桿之上端將與其相連之齒桿向噴油量增加之方向推動，引擎轉速因而升高，飛重之離心力亦隨之增大，克服怠速彈簧，飛重向外張開，直至飛重內壁觸及高速彈簧座為止，如圖 2-10-60 (b) 及圖 2-10-62 所示。

(2) 加速踏板繼續踩下時引擎轉速更為升高，若飛重之離心力小於怠速彈簧和高速彈簧張力之總和時，飛重即停留在此位置，不再向外張開，因此調速器完全不發生作用，在此期間噴油量之增減完全由加速踏板控制。

3. 高速時

當引擎轉速超過最高轉速規定時，飛重之離心力超過二只高速彈簧和怠速彈簧之總合張力時，飛重再向外張開，如圖 2-10-60 (c) 所示，調速器開始發生高速控制作用，將齒桿向減少噴油量之方向移動，使引擎轉速降低，以防止引擎轉速超過最高限制。故適當調整二只高速彈簧，即可使引擎轉速不超過限定之最高轉速。

4. 避免加速桿之移動，超過規定的範圍，在

調速器外殼上，裝有如圖 2-10-63 所示之阻擋螺絲。

5. 在 R 型調速器之外殼上，另裝有如圖 2-10-64 所示之穩定彈簧總成，頂住浮動桿之上端，使加速踏板突然放鬆，加速桿急激退回怠速位置時，產生緩衝作用，因而可防止齒桿退回過度以致引擎熄火，且可避免轉速變化過激，怠速不穩定現象。

(五) RQ 型調速器

1. 概述

(1) RQ 型和 R 型調速器之構造大致相仿，同屬於高低速調速器，R 型調速器浮動桿之支點係固定不變，其槓桿比一定，低速時因離心力弱，控制性能較差。RQ 型調速器之浮動桿支點位置為可變，其槓桿比可以自動變化，高速和中速時，浮動桿之支點位置低，槓桿比較大，而低速時，浮動桿之支點位置高，槓桿比較小，如圖 2-10-65 所示，故低速性能較佳。

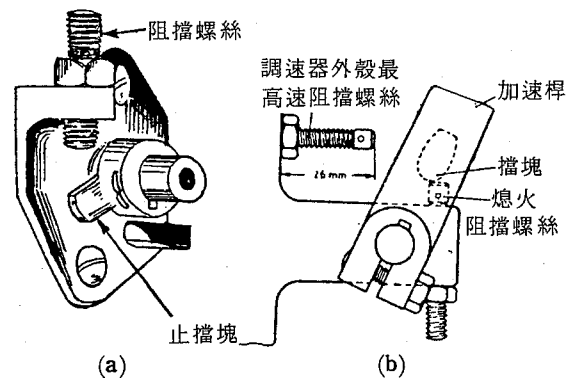


圖 2-10-63 調速器上的止擋螺絲〔註 61〕

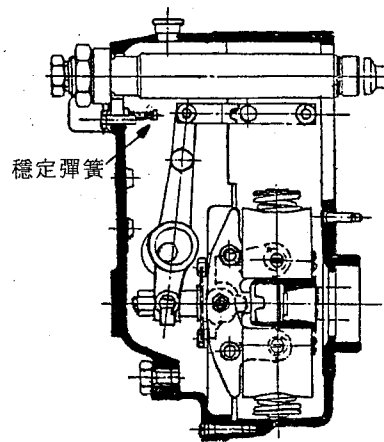


圖 2-10-64 調速器上的穩定彈簧〔註 62〕

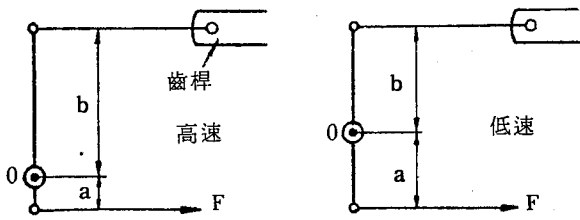


圖 2-10-65 浮動桿之槓桿比〔註63〕

(2)要移動齒桿，需要作相當的功，功等於力量乘距離，調速器推動齒桿所作之功等於推動齒桿之力量乘齒桿移動之距離。因調速器在任何情況下，其做功必須絕對可靠，故其作功能量必須比正常需要之功大三至五倍。

(3)機械式調速器之作功能量，是得自離心力和彈簧力之差額（即由飛重之重量和速度變化大小而定）。在低速時離心力小，作功能量受限制，故怠速時之調速作用即顯不靈活，而在高速時，離心力大，其作功能量又嫌過大，此為R型調速器之缺點，亦為高速引擎之調速器變得過大之原因。

(4)為克服此項缺點，RQ型調速器將浮動桿之支點改成可以滑動的，在低速時因為飛重之離心力小，故槓桿a較長，b較短，使a:b為1:1.35，能以較小之操作力就可使齒桿動作；在高速時因飛重之離心力大，槓桿a較短，b較長，使a:b最高速為1:3.23，必須以較大之操作力才能使齒桿動作，如圖2-10-66所示。

2.構造

(1)如圖2-10-67所示，有二只飛重安裝於噴射泵凸輪軸之一端，飛重上裝有內、中、

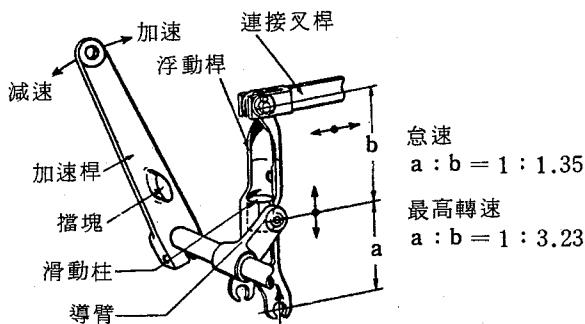


圖 2-10-66 RQ型調速器之浮動桿〔註64〕

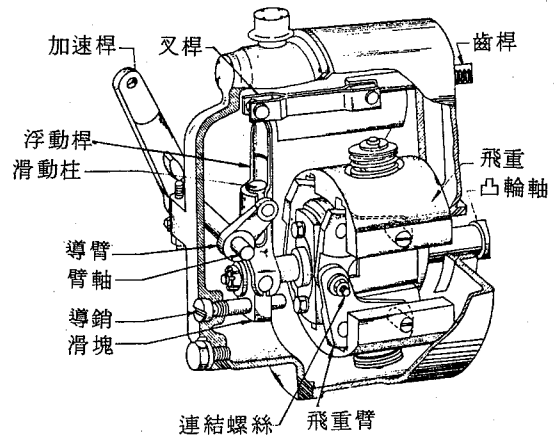


圖 2-10-67 RQ型調速器之構造〔註65〕

外三只彈簧，最外側為怠速彈簧，內、中為高速彈簧，控制最高轉速則由內、中、外三只彈簧同時作用。

(2)飛重架上裝接L型之飛重臂(bell crank)，其一端接飛重架，另一端以連接桿螺絲使與滑動螺絲及滑塊連結，將飛重之動作傳送至滑塊，浮動桿之下端嵌在滑塊之耳軸上，上端則經連接叉桿與齒桿相連接，滑塊之動作受調速器外殼嵌入之導銷所限制，僅能作軸方向之移動。當移動加速桿時，可使導管上之滑動柱在浮動桿中上下滑動而改變浮動桿之支點，亦即改變浮動桿之槓桿比。

3.作用

(1)引擎停止時如圖2-10-68所示，加速踏板停靠在穩定彈簧之熄火位置，飛重在最縮攏之位置，此時齒桿在不噴油之位置。

(2)引擎起動時如圖2-10-69所示，踩下加速踏板直到加速桿觸全負荷調整螺絲，浮動

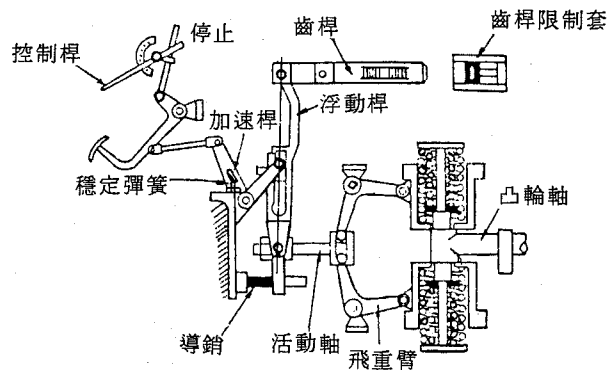


圖 2-10-68 引擎停止時RQ型調速器作用情形〔註66〕

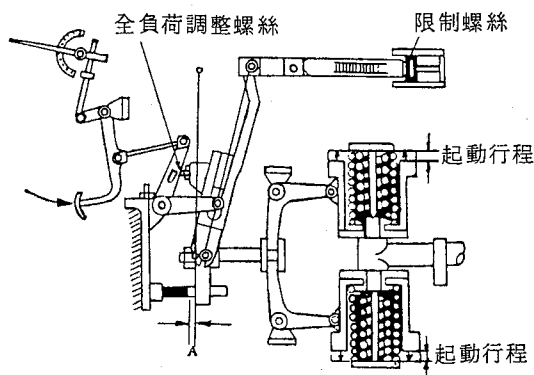


圖 2-10-69 引擎起動時 RQ 型調速器作用情形 [註67]

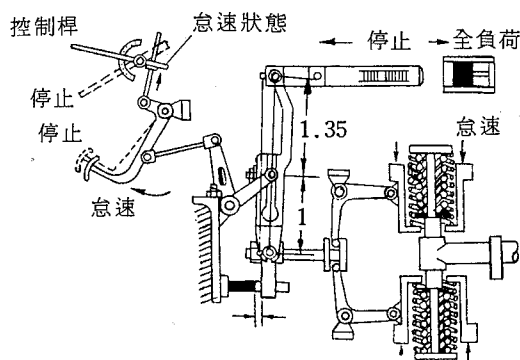


圖 2-10-70 引擎怠速時調速器作用情形 [註67]

桿之滑動柱移動到滑動套的最下端位置，齒桿被推向最大噴油量位置，以利於引擎之起動。

(3)引擎怠速時如圖 2-10-70 所示，怠速時，引擎發出動力，祇須克服各部機件之摩擦力，即可維持其運轉，噴油量無須太多，因加速踏板未踩，調速器之各部機件皆要回至熄火位置，但因穩定彈簧之制止，使噴射泵噴出油量適能維持怠速運轉。

(4)引擎負荷時（低速至最高速間），踏下加速踏板，加速桿向右移動，浮動桿以底下滑塊為支點，滑動柱滑向滑動套下方，浮動桿之上方向右移動，推動齒桿使噴油量增加，引擎轉速隨即增大，飛重向外張開，直至飛重內壁和高速彈簧座相接觸，如圖 2-10-60 (b) 所示，並保持在此位置，直到轉速達到最高限度。自低速至最高轉速期間，調速器不發生作用，齒桿位置及引擎轉速直接由加速踏板控制。

(5)最高轉速控制如圖 2-10-71 所示，當引擎超過最高轉速時，隨即開始高速控制，飛

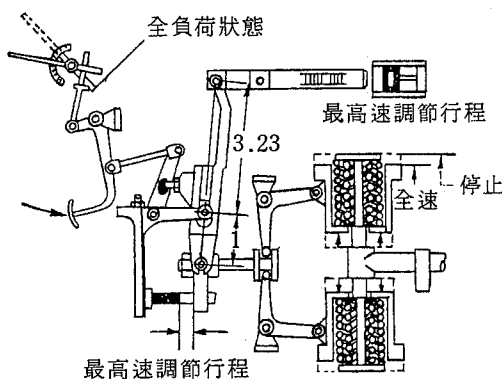


圖 2-10-71 引擎最高速時調速器作用情形 [註67]

重之離心力超過三只彈簧張力時，飛重向外張開，拉動浮動桿之底部，使齒桿向減少噴油量方向移動，引擎轉速亦隨之降低，不致超過引擎最高速度限制。此時噴油量由加速踏板與調速器共同操縱。

4. 等量裝置之作用

(1) R Q 型調速器之等量彈簧裝在飛重中央之彈簧座內，引擎轉速較低時，飛重之離心力比等量彈簧張力小，飛重不能壓縮等量彈簧向外張開。但當引擎轉速升高時，飛重之離心力亦隨之增大，壓縮外彈簧至飛重觸及內彈簧座，此點為等量作用開始，如圖 2-10-72 (b) 所示。

(2) 引擎轉速繼續升高時，飛重離心力壓縮等量彈簧及外彈簧，飛重向外張開，推動滑動螺絲，使齒桿向減少噴油量方向移動。

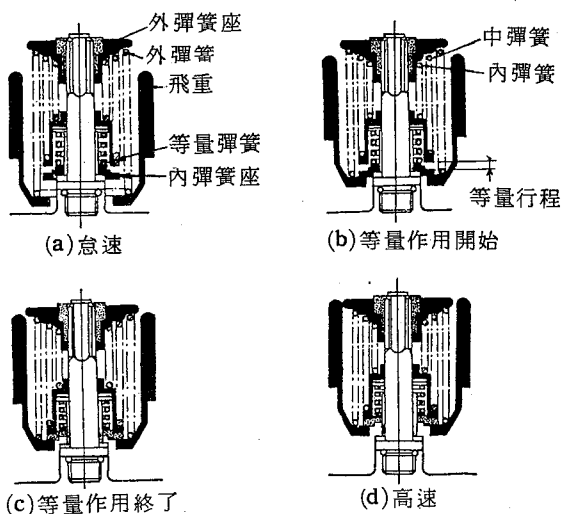


圖 2-10-72 等量作用情形 [註68]

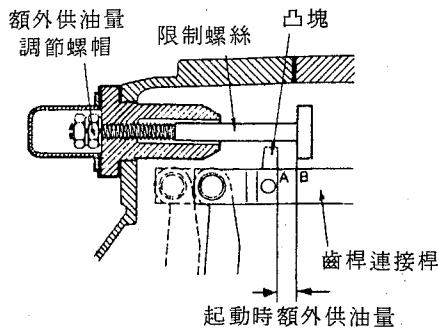


圖 2-10-73 RQ 型調速器固定式起動引擎時的額外供油裝置〔註 69〕

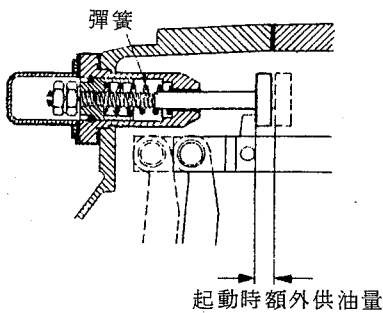


圖 2-10-74 RQ 型調速器改良式起動引擎時的額外供油裝置〔註 69〕

自等量作用開始至內彈簧座觸及中央彈簧座之行程稱為等量行程。

5. 起動引擎時的額外供油裝置

(1) RQ 型調速器為配合起動容易，如圖 2-10-73 所示，在調速器裝有固定式額外供油裝置。平時噴油量隨齒桿移動而增減，在全負荷時，齒桿連接桿上的凸塊受限於 A 點，不能再增加油量；發動引擎時，油門踩到底，調速器飛重完全收縮，使凸塊受到推壓，越過 A 點直到被限制螺絲擋住為止，如圖 2-10-73 所示之 A—B 點距離即是起動時額外供給的噴油量。引擎若起動後，調速器飛重向外飛開，齒桿被向左方拉回，供油又恢復正常作用。限制螺絲控制了起動時額外的供油量，調節油量可由調速器外面的調節螺帽來改變限制螺絲的位置。

(2) 圖 2-10-74 所示為改良之起動額外供油裝置，由彈簧來控制，其作用情形相同，不再贅述。

(六) RQV 調速器

1. 構造

(1) RQV 型調速器屬於全速調速器，而多加一 V 字來和 RQ 型有所區別。

(2) RQV 型調速器和 RQ 型調速器的比較：RQV 型比 RQ 型的浮動桿之槓桿比更大，故控制性能佳，如圖 2-10-75 所示。在構造上，加裝了一塊偏心板，使浮動桿之槓桿比能產生極大的變化，怠速時 a : b 為 1 : 2，在高速時 a : b 為 1 : 5.7。

(3) RQV 型調速器飛重臂的滑動軸是製成空心體，裏面裝置一彈簧，以防止機構受力過大，如圖 2-10-76 (a) 所示，當引擎加速或超過負荷時，飛重臂受推力壓向左方，使齒桿移向噴油量多的位置，彈簧吸收了震動；圖 2-10-76 (b) 所示為當車子下坡，引擎反而被汽車推動時，飛重控制臂將滑動軸向右拉動，並使齒桿移向減油方向。

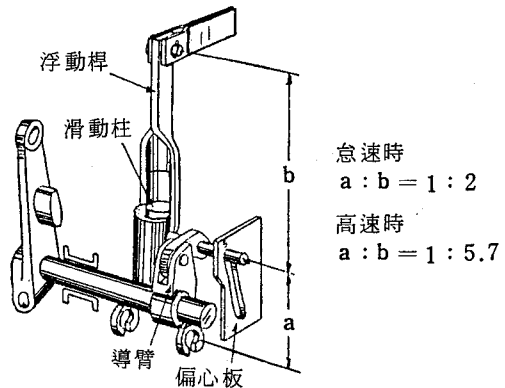
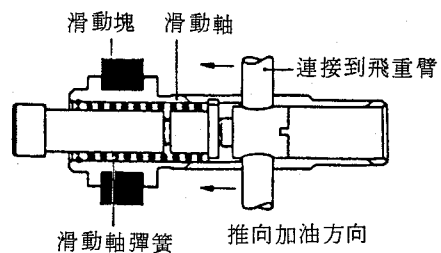
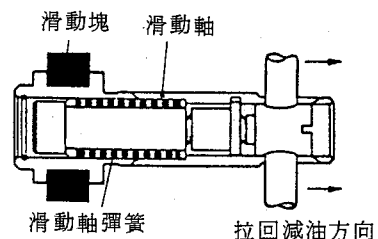


圖 2-10-75 RQV 型調速器〔註 70〕



(a) 加速時



(b) 反被傳動時

圖 2-10-76 RQV 型調速器飛重臂的滑動軸〔註 71〕

(4)圖 2-10-77 為 RQV 型調速器之構造圖。

2.作用及性能(從略)。

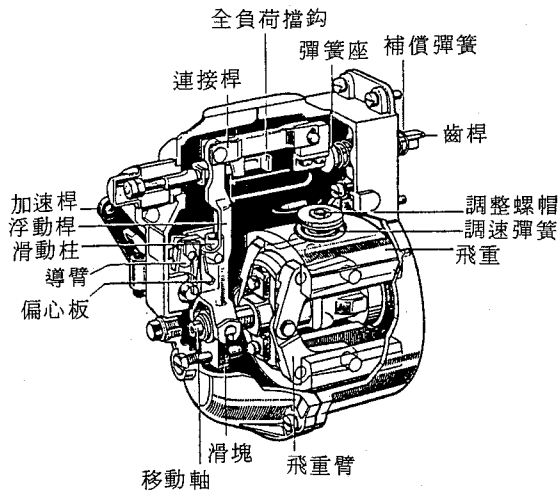


圖 2-10-77 RQV 型調速器構造〔註72〕

(七)RQU 與 RQUV 型調速器

RQU 型之構造同 RQ 型，RQUV 型構造同 RQU 型，用來控制轉速較慢之引擎，在噴射泵凸輪軸與調速器的軸殼間，加裝一對齒輪，使調速器之轉速比噴射泵轉速大約快三倍，調速器之作用較確實，如圖 2-10-78 所示。

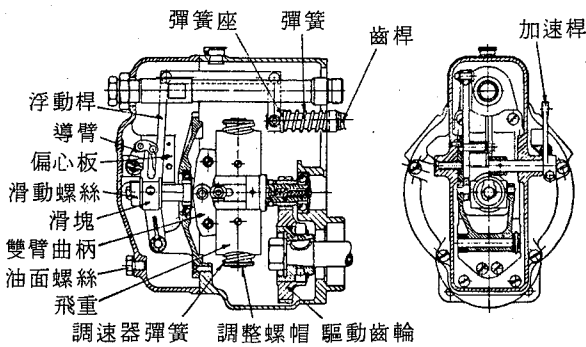


圖 2-10-78 RQU 型調速器〔註73〕

(八)RS 型調速器

1.概述

- (1) RS 型調速器是利用離心來控制最高及最低速調速器。RSV 型裝設加速桿的位置在 RS 型中改為調節桿，如圖 2-10-79 所示，調節桿被限於兩只調節螺絲中，固定在最高轉速或中速位置。
- (2) RS 型調速器在滑動軸末端裝有一彈簧套筒，如圖 2-10-80 所示，其內裝有一等量彈簧外，尚有一怠速彈簧。原本在 RSV

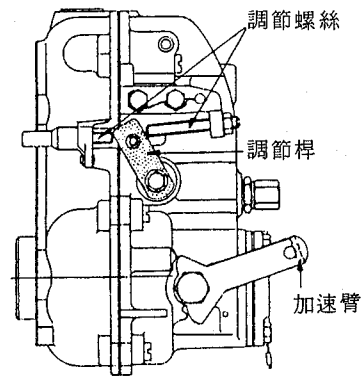


圖 2-10-79 RS 型離心調速器的外形〔註74〕

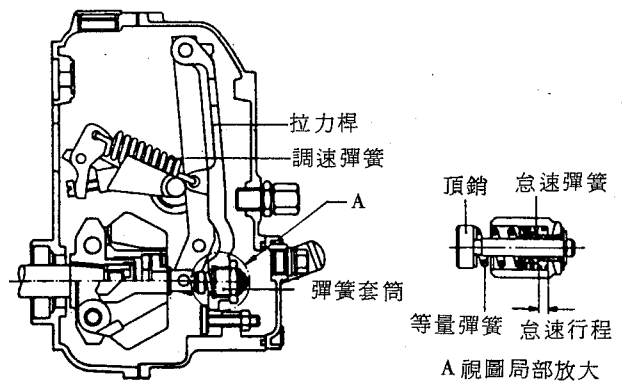


圖 2-10-80 RS 型離心調速器的剖面圖〔註75〕

型上有的怠速輔助彈簧和熄火調節螺絲，在 RS 型中都被省掉不用。

2.作用及性能(從略)。

(九)RSV 型調速器

1.概述

- (1)波細式 RV 及 RQV 型全速調速器，將其轉速之控制範圍改變，或變更爲所需要之引擎速度變動率時，均須更換飛重內之調速器彈簧，調換工作繁而耗時，因此裝有 RV 型或 RQV 型調速器之引擎，不便於立即改變其使用目的。RSV 型全速調速器，其加速桿之行程及調速器彈簧，係可以調整者，經適當之調整後，即可改變其轉速控制範圍及速度變動率，且其體積小，故能適合多種用途之柴油引擎。
- (2)引擎起動時，調速器能自動地增加必需之燃料，使引擎容易起動；且引擎各轉速之最大噴油量，裝有等量裝置，可適合引擎各轉速之需要。

2.構造

(1) RSV型調速器之構造如圖 2-10-81所示。

(2)噴射泵之凸輪軸上裝有飛重托架和二只飛重，飛重以托架內之飛重銷為中心而隨凸輪軸一同旋轉，飛重向外張開時，飛重臂端之滾輪將導軸襯的肩部壓向軸方向。導軸襯套可在飛重托架圓筒面上滑動，並與飛重托架一起自由旋轉，導軸襯套以軸承和移動軸相連接，移動軸只能左右移動，移動軸上之耳軸被嵌在懸吊於調速器外殼銷上之導桿，防止移動軸之旋轉。稍高於此軸之導桿上浮接一支浮動桿，浮動桿上端經連接叉桿與齒桿相連接，頂端掛有一只起動彈簧，彈簧之另一端連在調速器外殼上，浮動桿之下端則嵌入熄火裝置之凹槽內。

(3)起動彈簧僅在比怠速更低之轉速時始發生作用。拉力桿同時懸掛在導桿被懸吊之銷子上，在拉力桿之凸緣的孔內，掛有強力之調速器彈簧，調速器彈簧之力量將拉力桿拉向移動軸，至彈簧之力量與飛重之離心力平衡位置，如彈簧拉力大於飛重之離心力時，拉力桿之下端移動至全負荷止動螺絲為止。

(4)旋轉桿兩端之旋轉軸，套在調速器外殼兩側之鋼套內，軸之中心對於拉力桿凸緣之彈簧孔稍有一點偏心，調速器彈簧之另一端鉤在旋轉桿前端之搖桿上；搖桿為槽形，槽形之兩側凸緣在引擎熄火時，使其推

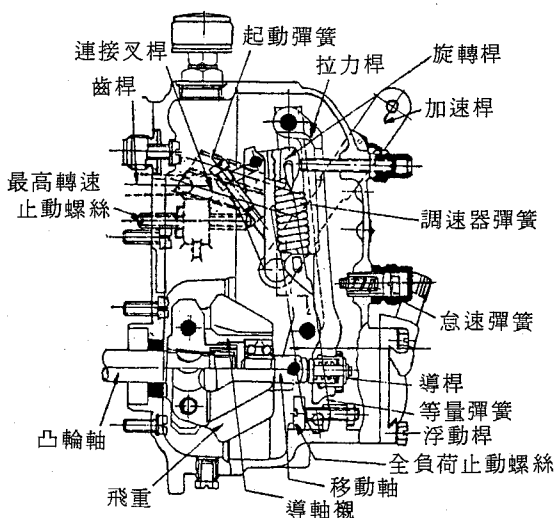


圖 2-10-81 RSV型調速器之構造〔註76〕

動導桿而切斷噴油。加速桿可依照需要裝在旋轉軸之左側或右側，撥動加速桿時，旋轉桿亦隨之轉動，使調速器彈簧拉力增強，同時改變拉力桿力距臂長，此乃由於旋轉桿之旋轉中心與拉力桿之彈簧孔相互偏心之故。調速器彈簧固定之拉力可調整搖桿上之調整螺絲獲得之。調速器外殼背後之止動螺絲應調整為稍前於加速桿抵達熄火位置，使其碰到搖桿。調速器如另設有熄火裝置時，則此止動螺絲可以作為怠速調整螺絲使用。

(5)拉力桿下端內之怠速彈簧，必要時可裝設等量裝置。等量裝置係預先加上彈簧壓力的螺絲套；拆下調速器外殼上之封蓋時，可以自外面調整。依照彈簧之彈力常數與行程，及以墊片調整彈簧之固定壓力，等量裝置在怠速與全負荷轉速間一定之範圍內，自動修正噴射泵之全負荷噴油量，使其符合引擎之必需油量。

(6)在調速器外殼背後之中間位置，裝有可以調整之螺絲套，其中之怠速輔助彈簧應儘可能調整為不影響無負荷最高轉速之控制。在全負荷噴油量不需等量作用，而在怠速轉速則需要較大之齒桿行程，以便使控制作用確實。等量裝置之襯套內裝入較弱之怠速彈簧，因為此彈簧在引擎怠速運轉時，接觸怠速輔助彈簧之拉力桿，將移動軸推回之故，使齒桿行程自動地變大。

(7)浮動桿下端之銷子，係嵌入熄火裝置之槽內，或是保持在調速器外殼內之叉內滑動，全以調速器有無裝配熄火裝置而定。標準型之調速器是沒有熄火裝置的，不過引擎熄火時，要使齒桿和加速桿位置無關而且能單獨以輕微之力量推回熄火位置，或使止動螺絲作為限制怠速轉速之止動螺絲使用時，則有此必要。

3.作用

(1)引擎轉速升高，飛重離心力大於調速器彈簧力量時，飛重向外張開；轉速降低時，離心力變小，彈簧力量使飛重向內縮攏。飛重之運動，經導軸襯套、移動軸及連接機構傳至齒桿，使齒桿在引擎轉速升高時

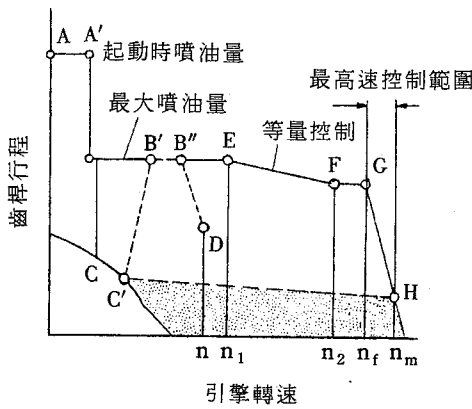


圖 2-10-82 RSV 型調速器的性能圖 [註77]

，向噴射量減少方向拉回，引擎轉速因而被限制，引擎轉速降低時則自動加油，使引擎在駕駛員所要轉速下運轉。

(2)此種 RSV 型調速器為全速調速器，能自動控制自怠速至最高速間之任何轉速，經駕駛員以加速踏板置於一定速度後，調速器即可自動使其轉速保持一定。圖 2-10-82 所示為其性能曲線圖。

引擎起動時，供給額外的噴油量，齒桿被推到 A 點，直到 A' 點引擎起動為止；一經起動後，油門放鬆，齒桿降至 CC' 曲線上，到達溫車時，齒桿在 C' 位置平穩運轉，此時只要略微踩動油門，齒桿即可往 C' B' 線升高行程，達到最大噴油量，引擎轉速就在 B' B'' 中運轉，轉速漸漸升高，飛重也逐漸克服調速彈簧的力量，往外張開推動滑動軸，使齒桿獲得一個平穩的點位 D，讓它在一定的負荷下轉速不再上升。若拉力桿已經頂著全負荷調節螺絲，引擎轉速還繼續升高中，E 點後，等量裝置開始發生作用，等量彈簧被壓縮，齒桿往減油方向移動少量，直到 F 點，等量控制停止。G 點，引擎達到最高速限度，飛重離心力很大，輕易的克服調速彈簧的拉力，使拉力桿往右推，齒桿往減油方向拉動，齒桿行程在 GH 線上急速下降，H 點時，負荷完全解除，轉速達到最高位置，使噴油量降至最少。

①引擎發動時

以加速踏板或操縱桿將調速器之加速桿扳至發動位置（加速桿碰到最高轉速止

動螺絲）時，旋轉桿之凸出部份離開導桿，拉力桿上之調速器彈簧被拉長。調速器彈簧之力量將拉力桿拉至碰到全負荷止動螺絲位置，此時移動軸和導軸襯套同時向左移動，帶動浮動桿，經連接叉桿將齒桿推向最大噴射量之發動位置，使引擎容易發動，如圖 2-10-83 所示。

②引擎怠速時

引擎起動後，將加速桿拉回至怠速位置 2 時，調速器即發生自動控制作用。將加速桿自發動位置 1 拉回時，首先調速器彈簧鬆弛，使經拉力桿加在移動軸、導軸襯套及飛重上之壓力變弱，因此飛

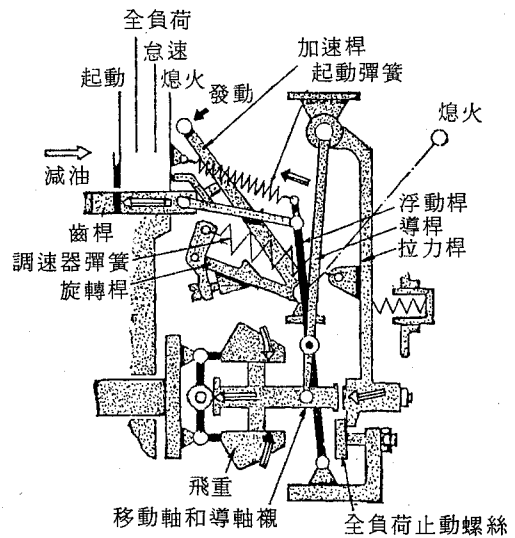


圖 2-10-83 引擎起動時 RSV 調速器之作用 [註78]

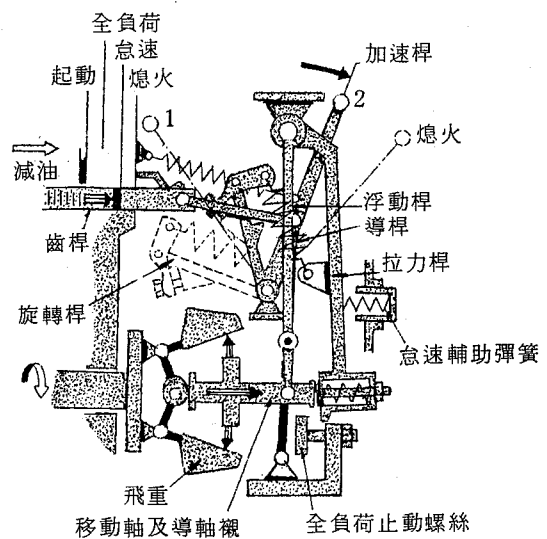


圖 2-10-84 引擎怠速時 RSV 調速器之作用 [註79]

重在怠速轉動時，亦可向外張開。飛重受離心力張開時，將導軸襯套及移動軸，如圖 2-10-84 中箭頭所指之方向移動，與移動軸結合在一起之導桿亦同時移動，帶動浮動桿旋轉而將齒桿拉回怠速位置，此時拉力桿觸到怠速輔助彈簧，使怠速運轉穩定。引擎轉速降低時，飛重之離心力減小，怠速輔助彈簧經拉力桿推動導軸襯套，使齒桿推向噴油量增加之方向。如果轉速過度降低時，發動彈簧發生作用，將齒桿迅速拉向增加噴油量之方向，而使引擎保持規定之怠速轉速，如圖 2-10-84 所示。

③引擎高速時

A. 引擎以加速桿決定之任何轉速運轉時，無論有無負荷，祇要不是超負荷運轉，調速器將會維持由速度變動率決定之範圍內之轉速。例如駕駛人踩下加速踏板使加速桿自怠速位置移至能使車輛以適當速度行駛之位置，如圖 2-10-85 所示時，調速器彈簧拉力和拉力桿對於旋轉中心之力距臂長亦會增大，結果使調速器彈簧拉動拉力桿，至其下端碰及全負荷止動螺絲為止，同時拉力桿推動移動軸襯套向噴射泵方向，導桿、浮動桿及連接叉桿將此項動作傳至齒桿，使其達到全負荷

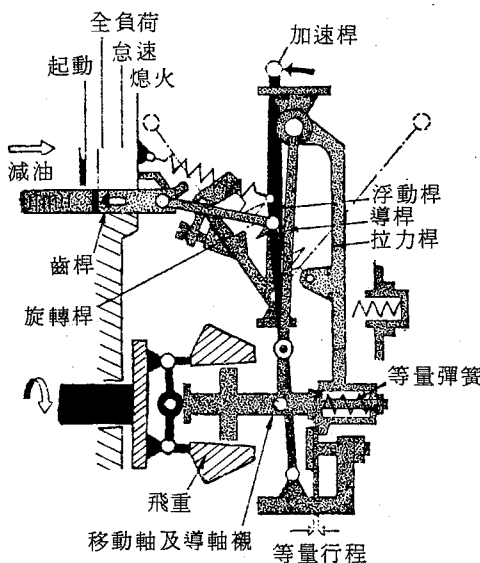


圖 2-10-85 全負荷低速時等量開始時 [註80]

位置。要使齒桿移至全負荷位置，祇須將加速桿自怠速位置移動一點即可，此時拉力桿內之等量彈簧開始發生作用。

- B. 噴射泵就使噴入汽缸之噴油量增多，而使引擎轉速升高，當飛重之離心力超過調速器彈簧之拉力時，飛重即向外張開，將導軸襯套、移動軸、浮動桿及齒桿拉向減少噴油量方向使引擎轉速不再升高，而由調速器維持在一定之範圍內。
- C. 加速桿移至全負荷位置時，如圖 2-10-86 所示，調速器之作用如前述，旋轉桿將調速器彈簧完全拉緊，因此調速器以很大之力量，將拉力桿拉至碰及全負荷止動螺絲，使齒桿移至全負荷位置，引擎轉速隨之升高，調速器控制轉速及離心力亦增加。
- D. 裝有等量裝置之調速器，當拉力桿碰到全負荷止動螺絲而停留在此一位置時，隨轉速之上升，移動軸本身直接接觸拉力桿，而使最高轉速控制作用開始前等量彈簧被壓縮。

圖 2-10-87 及圖 2-10-88 之作用使導桿、浮動桿及齒桿向減油方向移動相當等量作用行程，而使噴油量和進氣量得到配合。引擎達到全負荷最高轉速，離心力超過調速器彈簧拉力時，拉力桿被推回，使移動軸、導桿及齒桿向減油方向移動，至配合

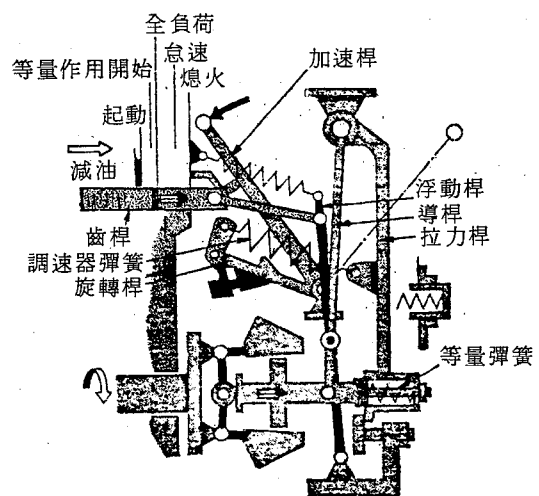


圖 2-10-86 全負荷中速時等量作用結束 [註81]

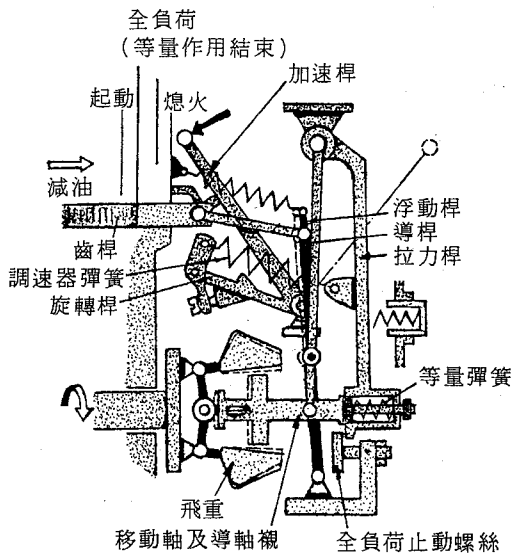


圖 2-10-87 全負荷高轉速時等量作用結束〔註82〕

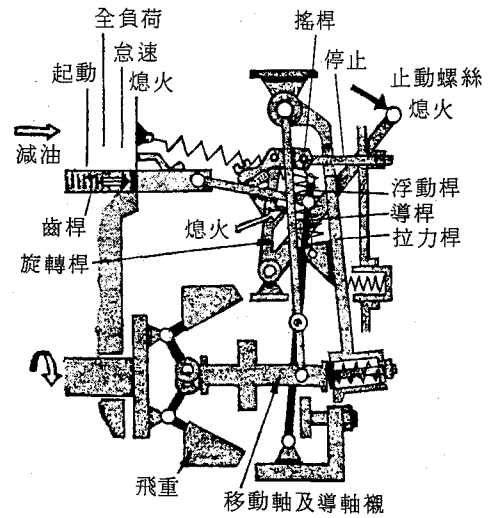


圖 2-10-89 以加速桿使引擎熄火〔註84〕

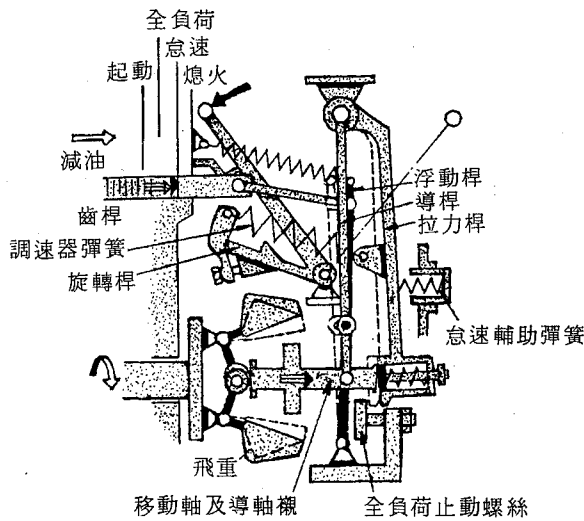


圖 2-10-88 全負荷變為無負荷之狀態〔註83〕

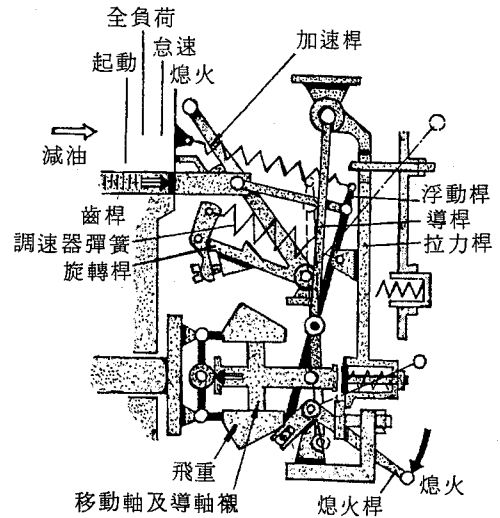


圖 2-10-90 以熄火桿使引擎熄火〔註85〕

當時引擎負荷所需噴油量位置後，即保持平衡狀態。

④引擎熄火時

A. 無熄火裝置之調速器，欲使引擎熄火時，祇須將加速桿扳至熄火位置即可。加速桿將要達到稍前於熄火位置，亦即搖桿碰到止動螺絲前，旋轉桿之突出部份推動導桿，經導桿、浮動桿及連接叉桿，而將齒桿向右拉至熄火位置，如圖 2-10-89 所示。

B. 有熄火裝置之調速器，無論加速桿在任何位置，祇須將熄火桿拉至熄火位置，皆可將齒桿拉至熄火位置而切斷燃料，使引擎熄火，如圖 2-10-90 所

示。

(+)RSVD 型調速器

1. 概說

RSVD型調速器為波細 RSV 型調速器之改良型，由全速調速器改為高低速調速器使用。此型調速器其最高轉速控制範圍及速度變動率不僅容易依引擎用途改變，且其體積及重量較 R 型及 RQ 型為小，因此 RSVD 型具有與 RSV 型調速器之共同優點，其操縱性能及運轉感覺均較一般汽車用 R 型或 RQ 型為優。

2. 構造

如圖 2-10-91 所示為 RSVD 型調速器之構造，和 RSV 型調速器大致相同，其不同點是將 RSV 型調速器作為控制引擎轉速時操作用加速桿

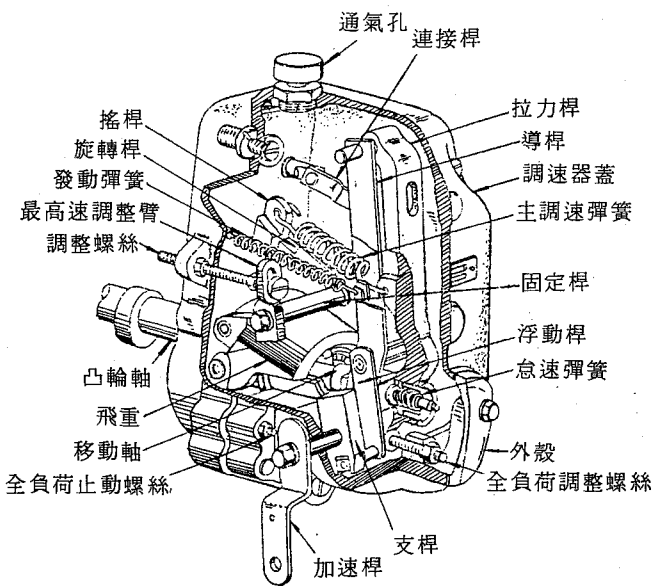


圖 2-10-91 RSVD 型調速器之構造 [註86]

，改變為固定桿，藉以固定最高控制轉速，另將浮動桿穿過導管中間部份使其成為曲柄型，其目的為便於安裝加速桿。作用上與 RSV 型相同，經改造後使其成為高低速調速器，同時亦可改善 RSV 型調速器之加速桿操作過重之缺點。

3. RSV 型與 RSVD 型調速器性能比較

圖 2-10-92 所示是 RSV 型和 RSVD 型調速器的性能圖。圖中的 $N(N_0, N_1, N_2)$ 代表各別轉速， $A(A_0, A_1, A_2)$ 代表加速桿放置的位置。RSV 型調速器將加速桿置於 A_1, A_2, A_3, A_4 ，且各別的最小轉速為 N_1, N_2, N_3, N_4 ，此時，調速器將齒桿調節到最大噴油量 R_4 的行程位置；然而轉速超過規定時，調速器自動調節齒桿到減油位置。因整個轉速範圍內，齒桿每一位置都受到調速器之作用，故為全速調速器。在 RSVD 型調速器中， A_1, A_2, A_3, A_4 雖被固定桿安於不相同的行程，却都有一段很長的水平線，這代表了在

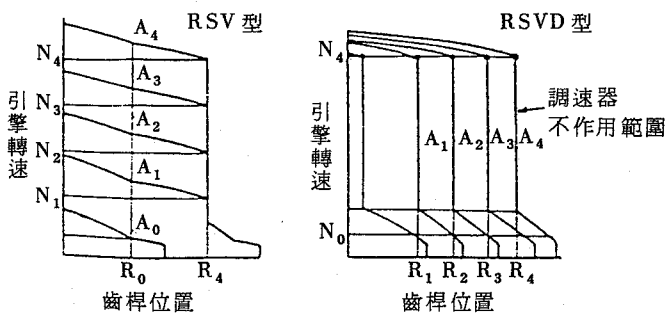


圖 2-10-92 RSV 型和 RSVD 型調速器性能比較 [註87]

中負荷轉速中，齒桿行程位置不受到調速器的影響，使其只在低速與高速中作用，故 RSVD 型為高低速調速器。

4. 作用

(1) 引擎起動及怠速時

- ①圖 2-10-93 為引擎停止時之狀態，飛重因調速器彈簧及怠速彈簧之力量向最左方推壓而縮攏，此狀態將加速桿向全負荷方向扳動時，因起動彈簧之拉力使齒桿超過全負荷位置而得到起動時之最大噴油量位置。
- ②一經起動後，加速桿退回怠速位置時，飛重離心力因轉速變化而增減，在怠速轉速範圍內之離心力，約可壓縮怠速彈簧，在飛重離心力與怠速彈簧及起動彈簧力量平衡之位置時，齒桿位置一定，使引擎怠速運轉穩定。
- ③但如引擎轉速有變化時，飛重離心力亦隨之變化，其變化傳至移動軸，移動軸之移位帶動導桿及浮動桿，傳經齒桿而調節齒桿之位置，使引擎保持怠速穩定運轉。

(2) 引擎中速時

將加速桿自怠速位置向噴油量增加方向移動時，如圖 2-10-94 所示，以 A 點為中心，帶動浮動桿使齒桿向噴油量增加之方向移動，引擎轉速升高。轉速超過怠速控制範圍時，移動軸將怠速彈簧全部壓縮並觸

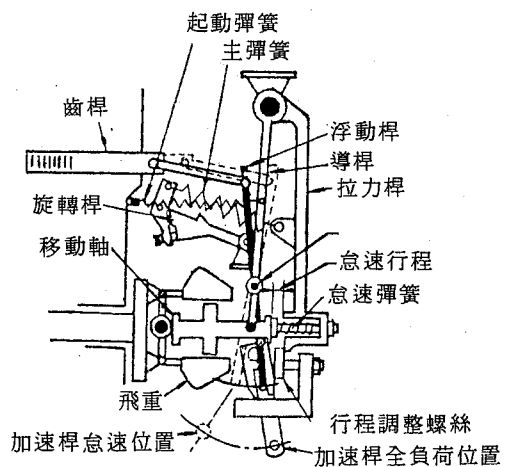


圖 2-10-93 引擎起動時 RSVD 調速器之作用 [註88]

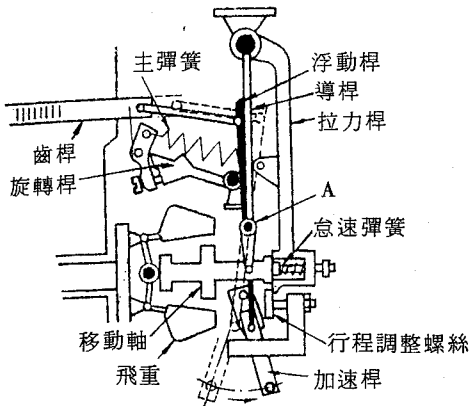
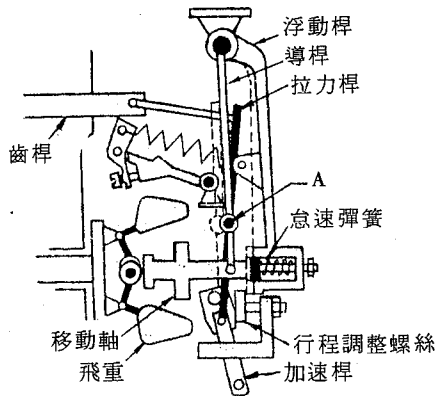


圖 2-10-94 引擎中速時 RSVD 調速器之作用 [註89]



[註89]

圖 2-10-95 引擎最高速時 RSVD 調速器之作用

及拉力桿，但拉力桿被最高轉速之離心力相平衡之強力調速器彈簧拉住，故中速範圍之飛重離心力小，不能使移動軸移動。因此導桿之支點 A 保持固定，操作加速桿可直接控制齒桿，隨引擎負荷而調節燃料之增減。

(3) 引擎最高轉速時

當引擎轉速因負荷變化而達到規定最高轉速時，飛重離心力超過調速器彈簧力量時，飛重開始將移動軸及拉力桿向右推動，如圖 2-10-95 所示，則導桿之支點 A 隨之向右移動，帶動浮動桿，使齒桿向燃料減少方向拉回，因此限制引擎超過規定最高轉速。

(4) 下坡時

① 汽車下坡使用引擎煞車時，引擎反被驅動，因此加速桿即使在怠速位置，引擎轉速仍高，以致齒桿被拉回零位而不噴油。

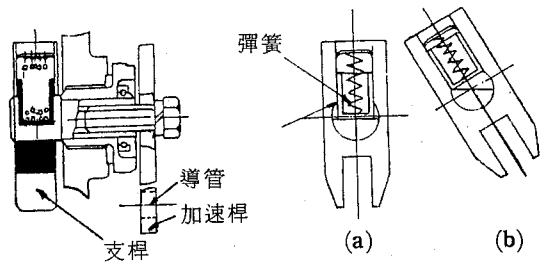


圖 2-10-96 汽車下坡時支桿之作用 [註90]

② 引擎轉速繼續升高，當超過無負荷最高轉速時，飛重之離心力最大，將齒桿拉回，但離心力即使再大也只能將齒桿拉回零位，為吸收連接桿機構過大之力量，如圖 2-10-96 所示，在支桿內部安裝緩衝裝置。

(5) 升壓整補器之作用

① 裝備有渦輪增壓器之引擎，其使用之 RSVD 調速器，如圖 2-10-97 所示，在調速器之一側裝備有升壓整補器。

② 引擎轉速升高時，渦輪增壓器使引擎進氣管內壓力增高，此壓力經連接管導入升壓整補器之壓力室，壓力大於整補器內之彈簧張力時，膜片向左推移。膜片移動經支點 D、B 傳至齒桿，使加速桿所定之齒桿位置，按膜片推動之移動量而增加噴油量，如圖 2-10-98 所示，為升壓整補系統構成圖。

(6) 等量作用

等量裝置裝在拉力桿之下端，怠速彈簧之後面。引擎轉速降低時，等量彈簧張力大

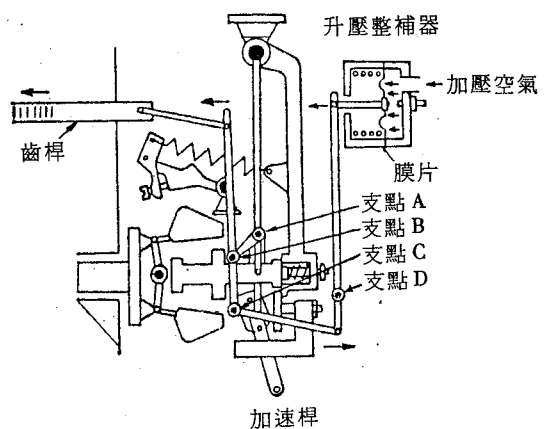


圖 2-10-97 升壓整補器之作用 [註91]

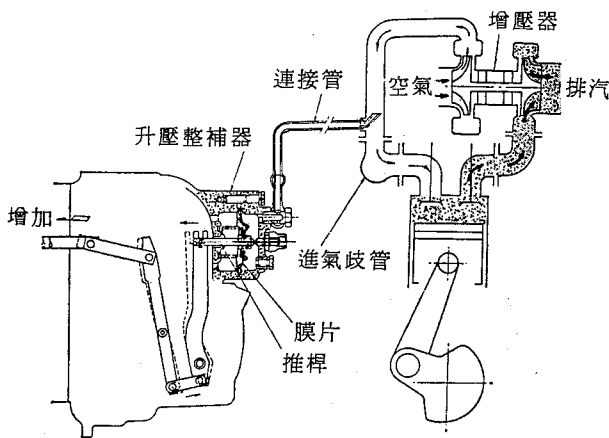


圖 2-10-98 升壓整補器之構造 [註92]

於飛重之離心力，將移動軸向左推動，因此浮動桿使齒桿依等量行程之大小向燃料增加之方向移動，以增加引擎驅動扭力。引擎轉速升高時，飛重離心力增大，壓縮等量彈簧，此動作傳至齒桿，配合引擎進氣量使噴油量減少，轉速再升高時，移動軸觸及拉力桿，等量行程即終了。

(+) RSQ 型調速器

1. 概述

RSQ 型離心調速器是利用離心力作用之機械式調速器，係由 RSV 型調速器改良而成，因此構造上很多地方和 RSV 型調速器相像，但也有其相異的差別；RSV 為全速調速器，而 RSQ 是高低速調速器，只在最高及最低轉速時作用；RSV 為固定槓桿比，而 RSQ 為可變槓桿比，隨加速桿之移動而改變其槓桿比和彈簧強度。

2. 構造

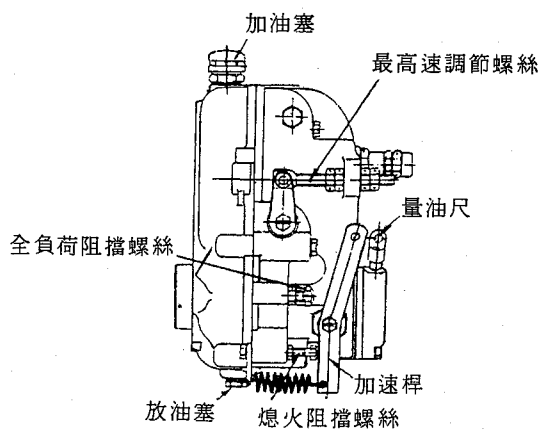


圖 2-10-99 RSQ 型離心調速器的外形 [註93]

(1)圖 2-10-99 所示為 RSQ 型調速器之外表，圖 2-10-100 所示為其剖面圖之結構。

(2)調速器飛重以圓形螺帽加以固定在偏心軸上，隨軸旋轉。高速時，飛重架內的兩只飛重，以飛重銷為中心，向外張開，迫使飛重套管壓向軸方向，滑動軸向右移動，因為滑動軸受限於二片導桿，不能順軸旋轉，僅能在軸方向前後移動。

(3)浮動桿中央部份開有長形孔和偏心板的弧形槽孔，用一根滑銷連接著，以使槓桿比有變化，如圖 2-10-101 所示，浮動桿上端經兩根連接臂與齒桿連接。起動彈簧裝置在齒桿後端上，以使起動作用。加速桿扳到怠速位置時，浮動桿長形孔內的滑銷往偏心板的弧形槽孔上端移動，浮動桿之槓桿比 $a : b = 1 : 1.2$ ；全負荷時，滑銷移

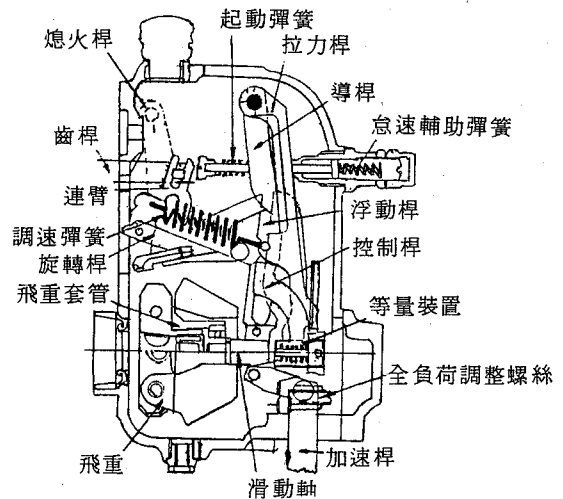


圖 2-10-100 RSQ 型離心調速器的構造 [註94]

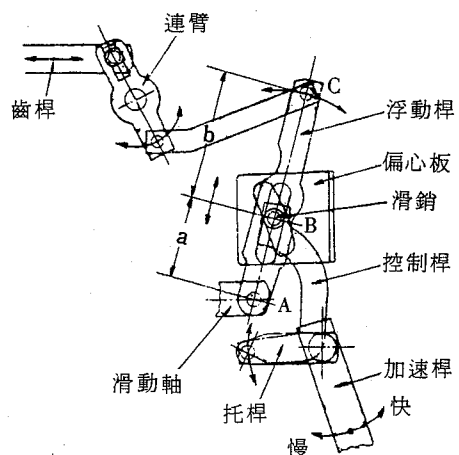


圖 2-10-101 浮動桿的槓桿比 [註95]

到偏心板下端，浮動桿之槓桿比 $a : b = 1 : 2.5$ 。如此在怠速和高速時，齒桿都能受到作用。

3. 作用及性能 (從略)。

(㉔) RUV 型調速器

RUV 型調速器之構造及作用原理與 RV 型完全相同，用在轉速較低之柴油引擎，為使調速器作用靈敏，在噴射泵凸輪軸與調速器間加裝一組增速齒輪，使調速器之轉速較凸輪軸快，普通增速比約 2.5 倍。

(㉕) RAD 型調速器

1. 概說

RAD 型調速器係將 RSVD 型調速器之內部構造再改造之調速器，和 RSVD 型調速器一樣屬於高低速調速器。利用獨特之連接桿機構使低速時之控制力增大，高速時槓桿比變大，使速度變動率良好，且無需更換調速器彈簧，即可隨意固定最高轉速。因體積小，重量輕，且調整部位集中在調速器之一側，提高調整工作效率，故目前汽車使用此型調速器甚為普遍。

2. 基本作用

(1) 圖 2-10-102 所示為 RSVD 型調速器之連接桿機構。當引擎轉速升高時，飛重之離心力增大並向外張開，推動移動軸而壓縮彈簧，移動軸之支點 A 移至 A'，同時浮動桿與導桿之共支點 B 移至 B'，浮動桿右傾將齒桿向噴油量減少方向拉動，則引擎轉速降低。反之，引擎轉速降低時，離心力變小，彈簧張力使飛重向內縮攏，支點 A' 移

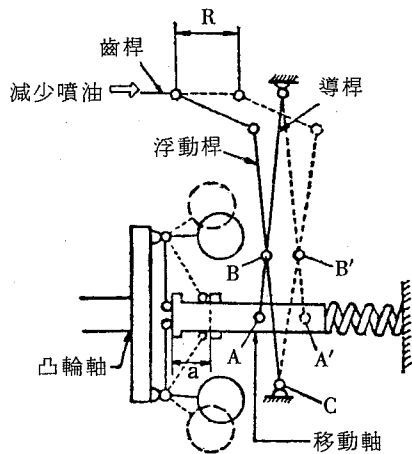


圖 2-10-102 RSVD 型調速器之連接桿機構 [註96]

至 A，共支點 B' 亦移至 B，齒桿向燃料增加方向推動，引擎轉速升高，如此反覆作用保持一定之轉速。

(2) 若飛重之移動行程為 a，而對於齒桿之移動距離為 R，R 與 a 之比 (R/a) 即為槓桿比。

(3) RAD 型調速器之移動軸上裝一根連接桿與支點 D 連接，飛重推動移動軸由 A 移至 A' 時，經連接桿之支點 D，轉移至 D'，因機構之連動，使下支點 C 移至 C'。如下支點係為固定時，則齒桿之移動量如虛線所示僅為 R 距離，但如下支點由 C 移至 C' 時，齒桿之移動量增加 ΔR 距離，則支點移動時之槓桿比 $(R + \Delta R) / a$ 比支點固定時之槓桿比為大，如圖 2-10-103 所示。

(4) RAD 調速器即是利用此種原理，使低速 (怠速) 控制時，下支點固定，槓桿比小，低速轉速時能得較大之控制力。高速時因下支點之連動，槓桿比增大，使最高轉速時之速度變動率良好。

3. 構造

如圖 2-10-104 所示為 RAD 型調速器之剖視圖，構造與 RSVD 型大致相同，說明從略，唯其不同在拉力桿下端之側面壓入一支銷子，銷子之一套進支桿上方之槽溝中，因此高速控制時，銷子與支桿及浮動桿之連接機構使槓桿比變大。

4. 作用及性能 (從略)。

(㉖) RBD 型調速器

1. 概說

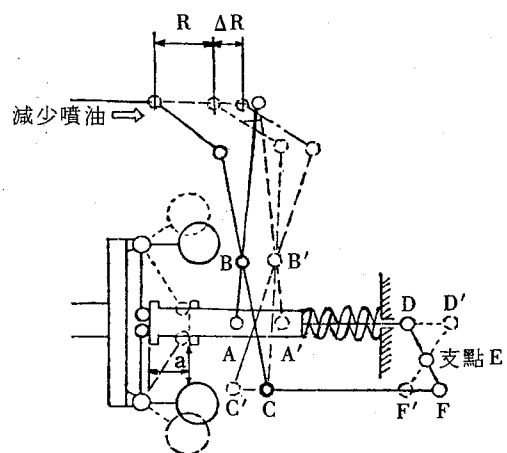


圖 2-10-103 RAD 型調速器之連接桿機構 [註97]

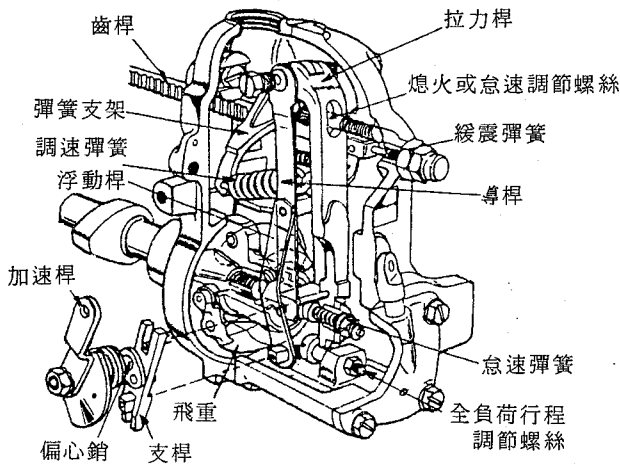


圖 2-10-104 RAD 型調速器之剖視圖
〔註98〕

RBD 型調速器係由離心式調速器與真空式調速器組合而成，具有雙方之優點和性能。真空式調速器乃利用引擎進氣管之文氏管所產生之真空變化推動齒桿而控制引擎轉速。怠速時真空較強，因此怠速控制性能極為良好，但在高速時之真空較弱，空氣密度和通道阻力之變化，很難使控制特性穩定，尤以在高速時之影響最大。離心式調速器則係利用飛重之離心力與各種彈簧張力之平衡，而控制引擎怠速及最高轉速，如圖 2-10-105 所示。

高速時離心力大，故可發揮其最高速控制之優越性能；然而轉速低時，離心力小，故其低速控制性能不如真空式調速器。RBD 型調速器即去除雙方之缺點，而取其長處，於低速及中速時由真空式調速器控制之；最高速控制則使用離心式調速器控制之，故稱為真空、離心複合式調速器。此式在中型汽車柴油引擎上使用甚為普遍。

2. 構造及作用原理

- (1) 齒桿由連接螺絲固定於膜片之等量桿，膜片隔開成大氣室及真空室兩室，真空室裝有真空用調速器彈簧，真空室之一端有怠速彈簧，導管總成內有調整螺絲，等量桿抵住停止桿，停止桿由裝在加速桿之止動桿控制之。
- (2) 停止桿之另一端和推桿相接，飛重裝於凸輪軸之一端，飛重之離心力傳至飛重套而接連於導臂，飛重臂之左側為離心用調速器彈簧，用以抑制飛重之移動量。

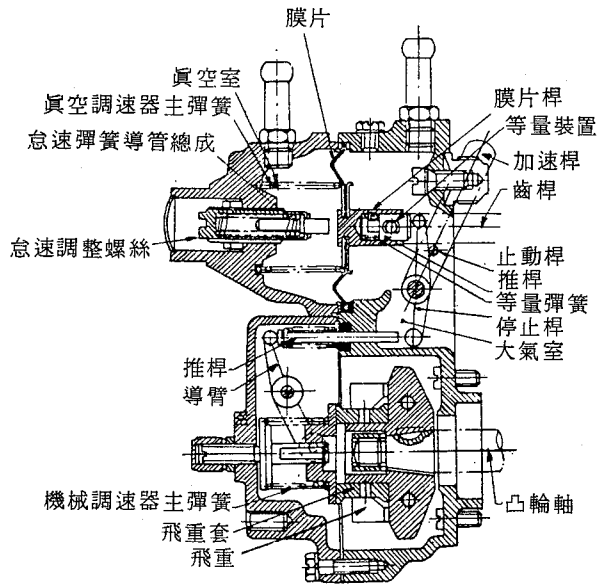


圖 2-10-105 RBD 型調速器之構造〔註99〕

- (3) 除最高轉速控制外，低速及中速時，由引擎文氏管發生之真空變化使膜片動作，燃料噴射量之控制和一般真空式調速器作用相同。引擎超過規定最高轉速時，飛重離心力超過離心調速器彈簧力量，將飛重套向外側推移，經導臂、推桿、停止桿、連接螺絲、膜片接頭而壓縮真空調速器主彈簧，因此齒桿向噴油量減少方向拉動，限制引擎超過規定最高轉速。

- (4) 另將限制最大噴油量之排煙固定螺絲移至調速器外側，和停止桿同軸而固定之。

3. 作用及性能（從略）。

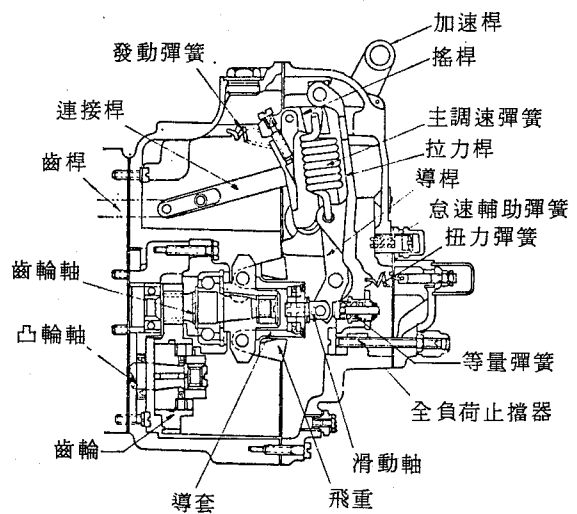


圖 2-10-106 RSUV 型離心調速器的構造
〔註100〕

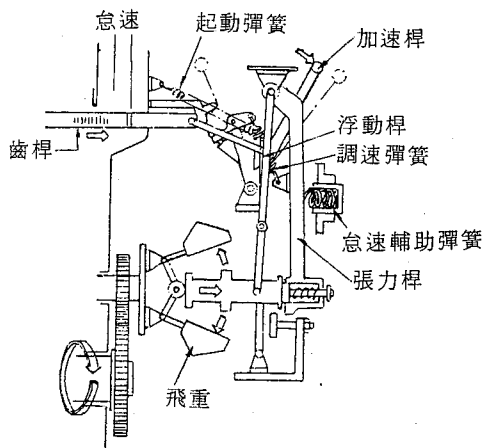


圖 2-10-107 RSUV 怠速時之控制 [註101]

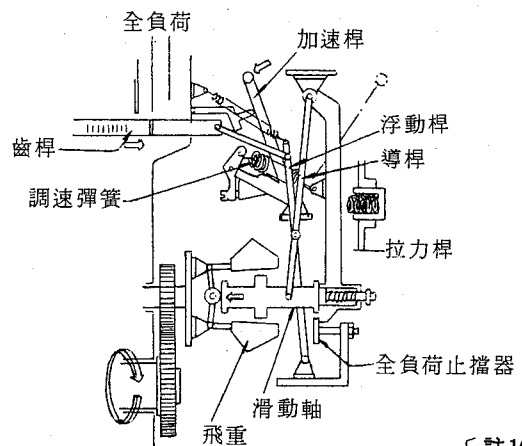


圖 2-10-108 RSUV 型調速器最高速之控制 [註102]

(五) RSUV 型調速器

RSUV型調速器中加放了一對加速齒輪，如圖2-10-106所示，使飛重的轉速比噴射泵偏心軸的轉速為快，調速器的功能就比較靈敏，這適合於低速柴油引擎，例如船用柴油引擎。調速器的其他構造和作用 and RSV 型調速器相同，如圖2-10-107 及 2-10-108 所示，不再贅述。

10-4-5 正時器之構造及作用

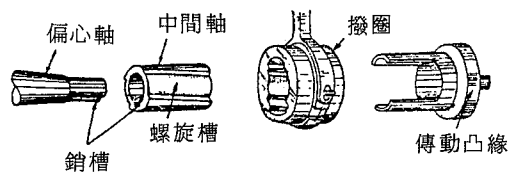
一、概述

自燃料噴入汽缸至開始着火燃燒需要有一定之時間，在此時間內，引擎轉速愈高，曲軸旋轉之角度愈快，為使燃料在最適當之曲軸轉角獲致最高之燃燒壓力，以增大引擎動力，燃料噴射時期需要隨引擎轉速而變化，改變噴射時期之裝置稱為噴射時期正時裝置 (injection timing device)，或簡稱為正時器 (timer)。

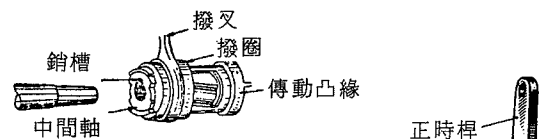
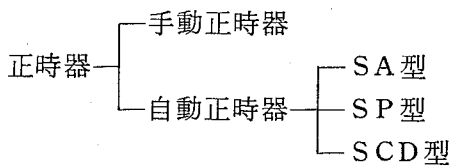
軸，用鍵和噴射泵凸輪軸接合，中間軸之外表，切成螺旋槽，而嵌入撥圈中，撥圈之另一端嵌入一只傳動凸緣，引擎動力即由傳動凸緣傳入噴射泵之凸輪軸。

當扳動正時桿時，撥圈沿著軸之方向移動，由於中間軸上螺旋槽之作用，噴射泵之凸輪軸即隨著共同旋轉一個角度，使噴射提前或變晚。

正時桿向噴射泵本體側扳動時，使噴射時期提早；反之，正時桿向噴射泵外側扳動時，使噴射時期變晚。



(a) 手動正時器分解圖



(b) 手動正時器作用圖

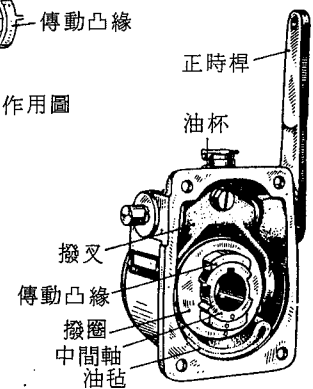
二、手動正時器

(一) 概述

手動正時器是引擎驅動軸與噴射泵凸輪軸間一特殊接頭，其功用能改變引擎驅動軸與噴射泵凸輪軸間之角度，使噴射時間提早或變晚。手動正時器之調整範圍，相當於曲軸轉角 8 度，有的可調整 12 度。

(二) 構造及作用

如圖2-10-109所示，在正時器中有一支中間



(c) 手動正時器組合圖

圖 2-10-109 手動正時器的構造及作用

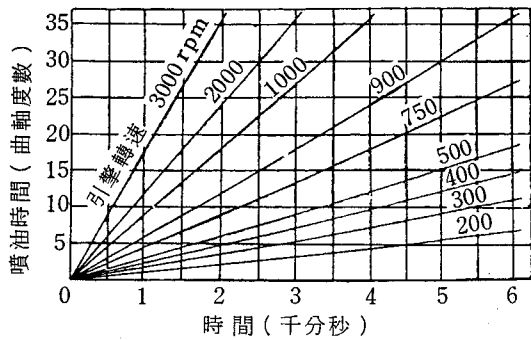


圖 2-10-110 噴油時間與引擎轉速之關係 [註103]

三、自動正時器

(一)因手動正時器無法配合汽車柴油引擎速度經常變動的需要，因此必須使用能配合引擎轉速變動而自動變更噴油時間之設備，圖2-10-110所示為噴油時間與引擎轉速的關係，假定噴油時間要千分之二秒，引擎以500 rpm之轉速運轉時，噴油時間曲軸轉角為7度，引擎以1,000 rpm運轉時，則曲軸轉角為18度。為使引擎發揮最大動力，噴油時間必須配合引擎轉速而適當的提前。

(二)自動正時器裝在噴射泵與驅動齒輪之間，利用飛重之離心力與正時彈簧彈力互相作用，以改變驅動凸緣與凸輪軸之相對位置，配合引擎各種速度，自動地調整最適當之噴油時刻。

四、SA 型自動正時器

(一)構造

SA 型自動正時器包括飛重托架、外殼、蓋子、傳動端板、飛重及彈簧等配件，如圖 2-10-111 及圖2-10-112所示。飛重托架固定於噴射泵

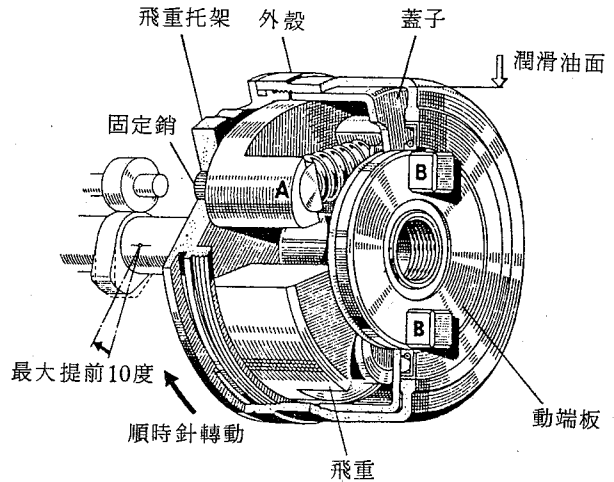


圖 2-10-111 SA 型自動正時器之構造 [註104]

凸輪軸之軸端，其上有二固定銷，用以作飛重及彈簧之支架。飛重則裝於二個固定銷上，與傳動盤上之兩圓腳接觸，其接觸曲面係配合所需之提前角度而設計。彈簧與兩圓腳中間裝有調整墊片，兩圓腳藉彈簧張力壓緊於飛重上。外面裝有蓋子及外殼，以固定各機件。

(二)作用

1.引擎停止時，如圖2-10-113所示，正時器之飛重因無離心力受彈簧之張力而向內縮攏，傳動盤上傳動圓腳抵住飛重曲面之外緣，正時彈簧在最長之狀態。

2.當噴射泵轉速上升時，飛重產生之離心力以固定銷為支點，向外摔開，飛重曲面依所需提早角度沿傳動盤之傳動圓腳移動，使飛重托架上

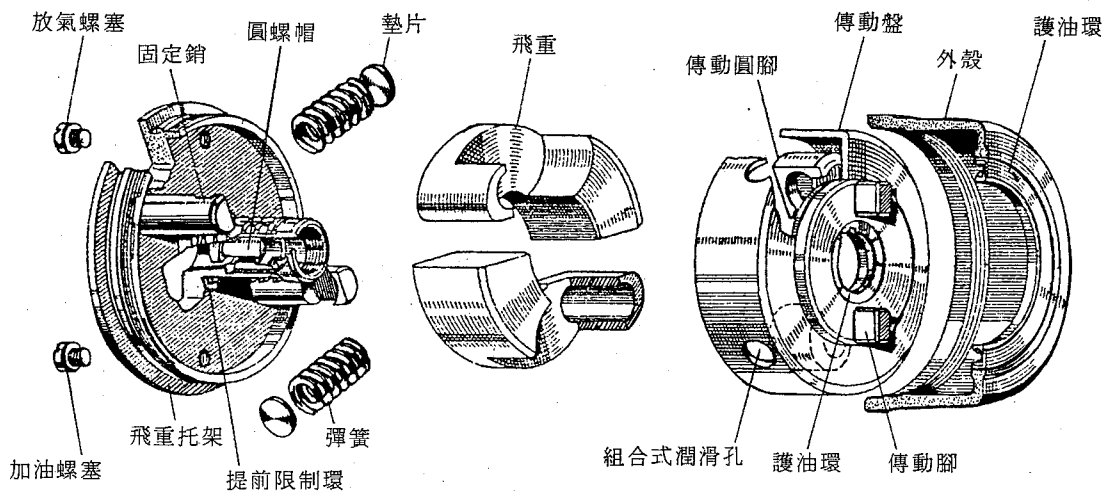


圖 2-10-112 SA 型自動正時器分解圖 [註105]

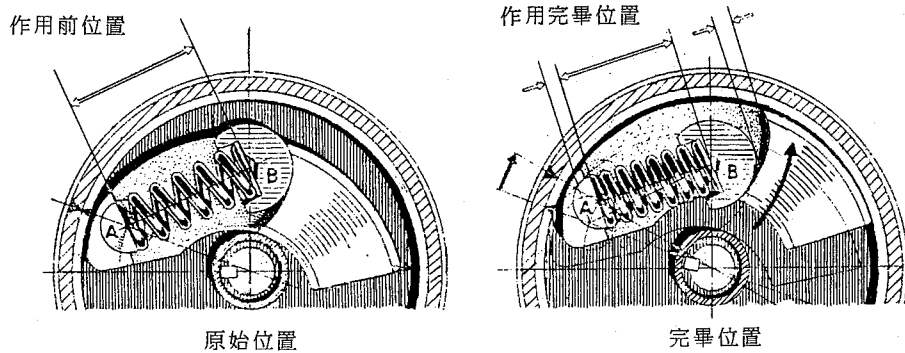
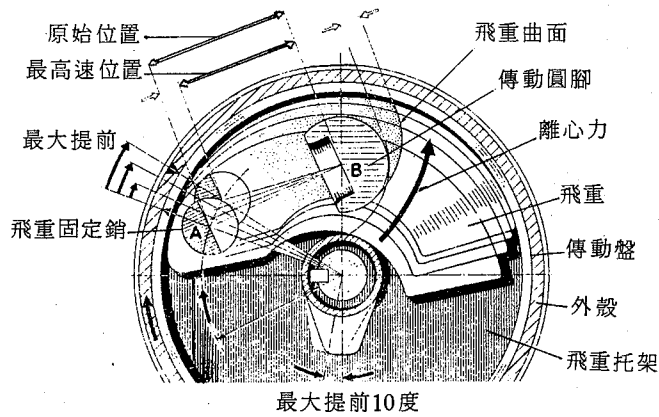


圖 2-10-113 SA 型自動正時器之作用〔註106〕

之固定銷和傳動圓腳間之距離縮短，因此可依提早度數變更傳動凸盤和噴射泵凸輪軸之相關位置，使飛重向外張開之離心力和正時彈簧保持平衡，提早角度隨引擎轉速升高而增加，一般自動正時器之提早角度為噴射泵凸輪軸轉動10度。

五、SP 型自動正時器

SP 型自動正時器之構造如圖2-10-114所示，此型用在大噴射泵上，飛重較大，故改用四條彈簧；驅動腳上另裝有滾子。此式正時器使用引擎機油潤滑，其作用情形如圖2-10-115所示，(a)圖為未提早時情況，(b)圖為提前最多之情形。

六、SCD 型自動正時器

SCD 型正時器用在引擎直接以齒輪驅動之噴射泵上，正時器位於噴射泵驅動輪內，正時器無外殼，構造如圖2-10-116所示，使用引擎機油

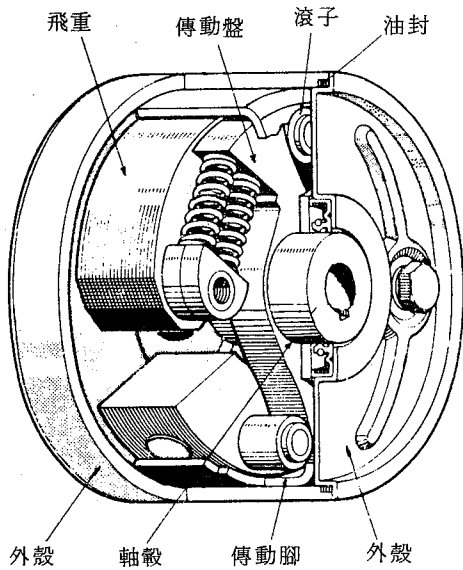


圖 2-10-114 SP 型自動正時器之構造〔註107〕

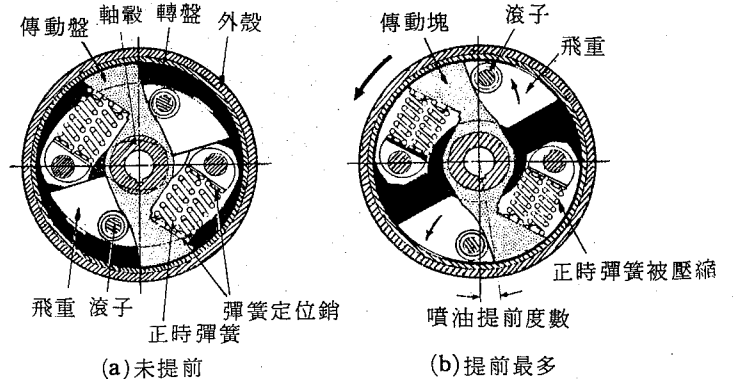
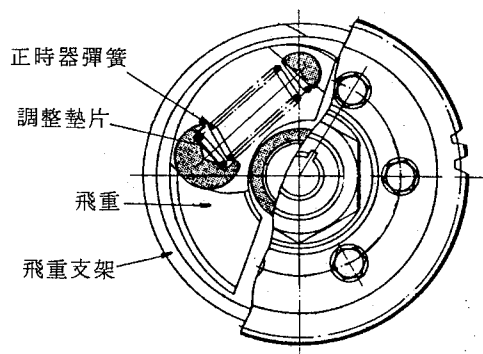
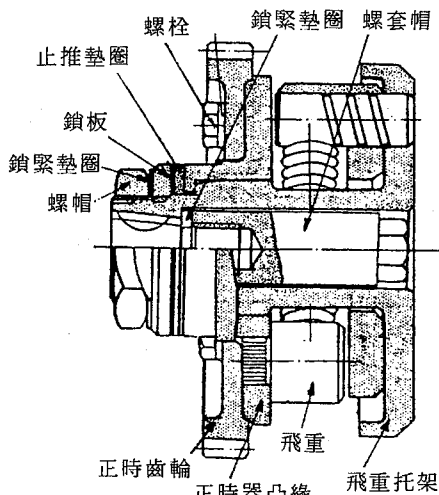


圖 2-10-115 SP 型自動正時器之作用〔註108〕



(a) 正視圖



(b) 側視圖

圖 2-10-116 SCD 型自動正時器之構造 [註 109]

潤滑。其作用原理與 SA 型完全相同，不再贅述。

七、正時器編號意義

例 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩
 ND-EP/S A 200-800 A 3 R 9
 NP-EP/S A Z 500-1500 A 7 C R N1

說明：

① 製造國

無字—德國製造

A—美國製造

B—英國製造

N—日本製造 { ND—日本電裝(株)製造
 NP—日本柴油機(株)製造

② EP/S—正時器(自動正時器)

③ A 型—有凸緣傳動接合器及外殼；使用正時器專用潤滑，多用在中型引擎上。

P 型—構造與 A 型相似，容量較大，使用四條正時彈簧；使用引擎之機油潤滑，多用在大型引擎上。

CD 型—與噴射泵驅動齒輪裝在一起，無外殼，使用引擎機油潤滑，多用在小型引擎上。

④ 無字—封閉式，飛重和正時彈簧被罩在罩蓋裏，外面看不到。

Z—開敞式，外面可看到飛重和正時彈簧，常配有傳動齒輪。

⑤ 500…1250—在這轉速 (rpm) 範圍內，噴油提前度數受到自動控制。

⑥ A—凸輪軸有 17 mm 斜錐體，適宜裝於 A 型噴射泵。

B—凸輪軸有 20 mm 斜錐體，適宜裝於 B 型噴射泵。

M—凸輪軸有 17 mm 斜錐體，適宜裝於 M 型噴射泵。

Z—凸輪軸有 25 mm 斜錐體，適宜裝於 E 型和 ZM 型噴射泵。

W—正時器裝在軸上。

⑦ 5—最多提前度數(噴射泵凸輪軸度數)。

⑧ C—設計編號。

⑨ R—由傳動端觀看，向右轉或順時鐘方向轉動。

L—由傳動端觀看，向左轉或反時鐘方向轉動。

⑩—設計改變編號。〔註 110〕

第五節 噴油器

10-5-1 概述

將柴油以最佳霧化狀況噴入燃燒室中，和汽缸中已壓縮之空氣充分混合，以獲得完全燃燒之機件，稱為噴油器，它由噴油嘴和噴油嘴架組成

，如圖 2-10-117 所示。

10-5-2 噴油器具備之條件

良好之噴油器，噴出之油霧必須油粒很均勻，具有很強的穿透力，能穿過高壓空氣(約 25~

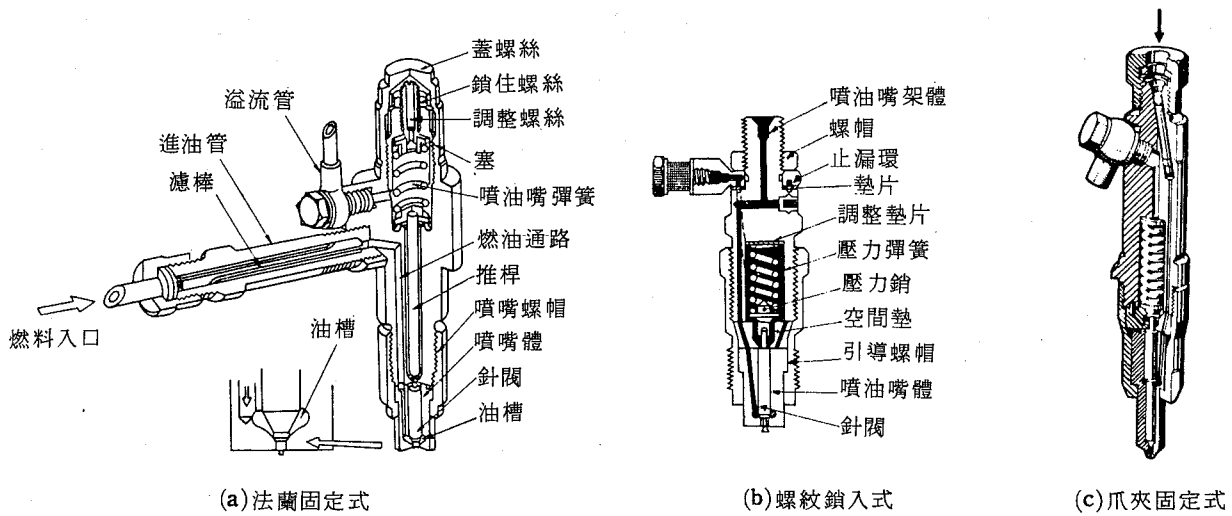


圖 2-10-117 噴油器〔註111〕

45 bar 大氣壓)，能均勻地分配到整個燃燒室，且動作迅速（即應噴油時立刻噴油，該停止噴油時立刻停止），不會有滴油之毛病。

(一) 影響油霧粒子大小之因素

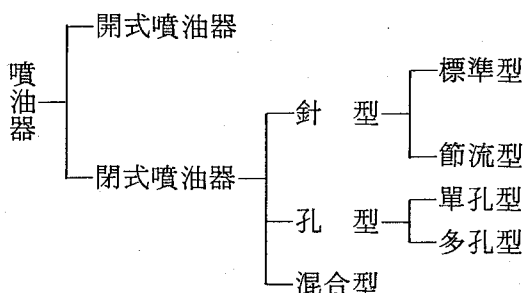
1. 噴油壓力——噴油壓力愈高，油霧粒子愈小。
2. 噴油孔直徑——直徑愈小，噴出的油霧粒子愈小。

(二) 影響油粒穿透力之因素

1. 噴油壓力——在規定範圍內，噴油壓力愈高，柴油噴得愈遠，但若超過一定限度後，因噴出的油霧粒子會變得太小，以致油粒動能不足，穿透力反而減小。
2. 柴油比重——比重愈大，噴得愈遠，但比重大之柴油油粒粗，燃燒不良。
3. 噴油孔直徑——直徑愈大，油粒愈粗，穿透力愈大。

10-5-3 噴油器之種類

噴油器依構造及作用之不同，分為下列數種型式：



一、開式噴油器

(一) 圖 2-10-118 所示為開式噴油器之一種。噴油器體內有配合精密的柱塞，它的末端有一噴油杯上有油孔。當引擎進氣行程時，測油泵將定量之柴油送入此噴油杯，引擎壓縮行程時，噴油杯中之柴油仍存在不變，但壓縮之空氣却經由噴油嘴端之小孔進入噴油杯，故其中之油得到大量熱度而完成預熱。壓縮行程到達上死點前數度，機械動作使柱塞壓下產生高壓，將柴油噴入汽缸中。在噴油嘴之進油管處有一止回閥，阻止空氣壓力將柴油壓回油管或讓空氣進入油管。

(二) 開式噴油器在早期空氣噴射時代就有使用，現代生產之引擎中，僅固敏氏 (Cummins) 噴射系統採用此型噴油器。此型噴油器一般用於直

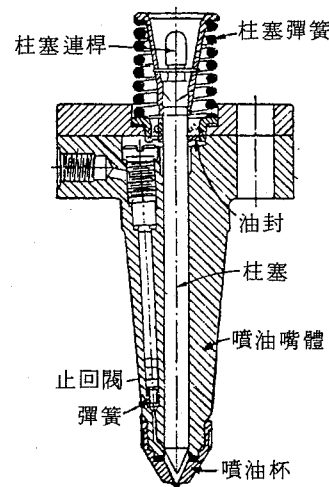


圖 2-10-118 開式噴油器〔註112〕

接噴射式燃燒室之引擎，詳細構造及作用於低壓分配式燃料噴射系統中介紹。

二、閉式噴油器

閉式噴油器有一根針閥，受彈簧之力量，經常將噴油孔關閉，而不與汽缸相通，唯有在噴射泵送來之高壓油克服彈簧力量時，針閥方才升高，將噴油孔打開，使柴油噴入汽缸中，此式噴油器使用最為普遍，型式也最多。一般分為針型、孔型、混合型。

(一)針型噴油嘴

1. 針型噴油嘴如圖2-10-119所示，在針閥之頂端有一比噴油孔還要細小，圓柱形狀之針尖，塞在噴油孔中。不噴油時，針尖突出噴油嘴體外，改變針尖之形狀及尺寸，即可得到所期望之噴霧角度，如圖2-10-120所示。由於針尖經常在噴油孔上下運動，故有防止噴油孔被碳粒堵塞之優點。

2. 針型噴油嘴被使用於預燃燒室、渦流室式及空氣室式等複室式燃燒室之引擎。普通噴射開始壓力約為 80 ~ 120 kg/cm²。

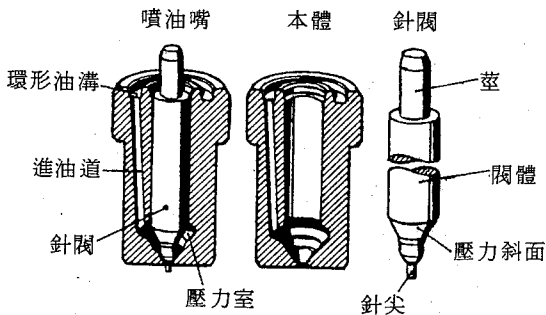


圖 2-10-119 針型噴油嘴〔註113〕

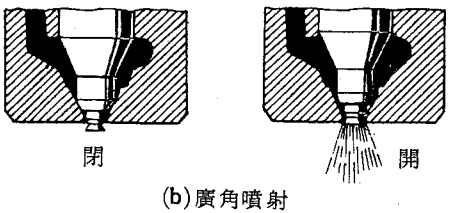
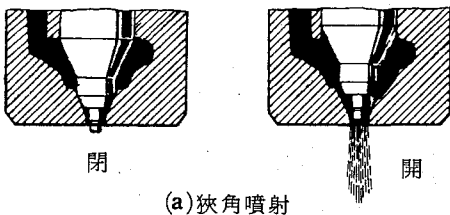


圖 2-10-120 針型噴油嘴的作用圖〔註114〕

3. 針型噴油嘴的噴霧角度，需要和燃燒室形狀相配合，以利良好的燃燒。噴霧角大，散佈油霧面積寬廣，但貫穿力較弱；噴霧角小，散佈油霧面積狹小，但噴射距離較遠。

4. 由於針閥的粗細、針尖的形狀和不同的噴霧角度，將針型噴油嘴分為 S、T、U、V、W 等型，如圖2-10-121所示，為 S 型的一種，此圓筒型噴油嘴的項圈與裝合螺帽均較標準型為長，以改善因使用標準型噴油嘴而過熱的引擎。

5. 節流型噴油嘴 (throttling type nozzle)，為針型噴油嘴針閥特殊改良的一種型式，又稱為延遲型噴油嘴 (delay nozzle)。圖2-10-122所示，其針閥較長，噴油孔道亦較長，針閥在噴油孔道上移動，以先少後多來控制噴射量。噴射初期，針閥剛上升一點點，燃油經過的間隙狹長，僅容許少量的油量通過，以作為先導噴射。隨後油壓漸漸升高，針閥往上提昇，噴油孔道間隙增加，噴油量也增加，發生主要噴射，噴出大部分的油量。如此，使噴射開始的着火遲延時期噴出少量燃料，以減少累積的柴油造成狄塞爾爆震，使引擎運轉平穩。節流型噴油嘴一般使用在預燃室式引擎上。圖2-10-123所示為針閥上升量和燃油通過面積情形，普通針型和節流型噴油嘴的作用比較。

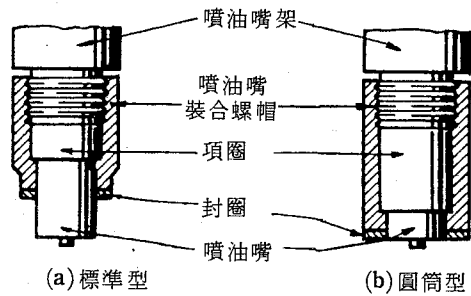


圖 2-10-121 圓筒式噴油嘴〔註115〕

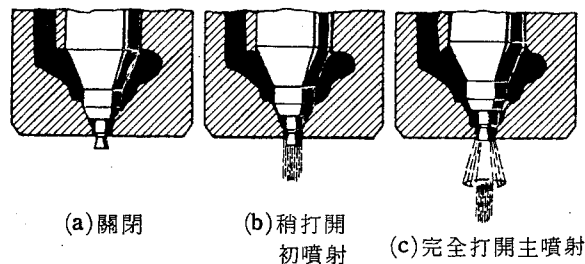


圖 2-10-122 節流型噴油嘴的作用圖〔註116〕

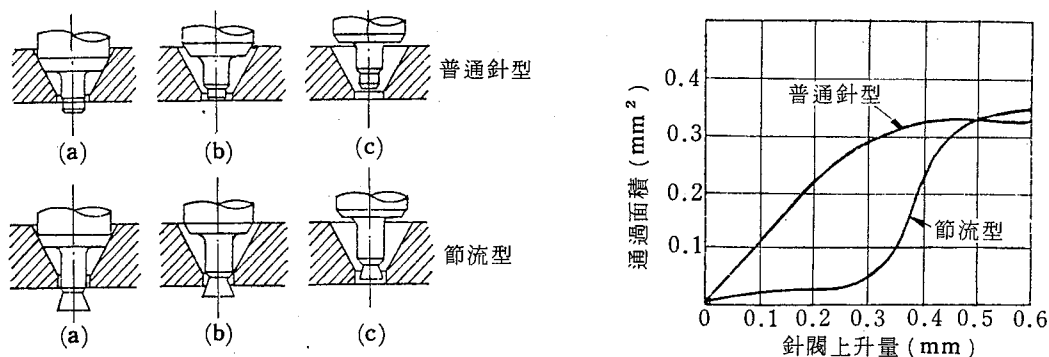


圖 2-10-123 針型噴油嘴和節流型噴油嘴的作用比較 [註117]

(二)孔型噴油嘴

1. 孔型噴油嘴之針閥為圓錐形而不露出噴油孔外，如圖 2-10-125 所示，噴油嘴本體上分為單孔和多孔兩種。單孔噴油嘴之噴油孔位於噴油嘴本體中心或偏在一邊。多孔噴油嘴之噴油孔多至 12 孔，其油孔數量及噴霧角度則依燃燒室之設計及燃料分佈之需要而定，如圖 2-10-126 所示。

2. 噴油孔直徑和孔長影響噴霧形狀及燃料貫穿深度，標準型噴油嘴之噴油孔直徑自 0.2mm 起，每相差 0.05mm 為一型，用 S、T、U、V、W 等字母來區別。

3. 孔型噴油嘴多使用於直接噴射式引擎，其噴射開始壓力約為 150 ~ 300 kg/cm²。

4. 在引擎空間過於狹小而不能裝用標準型噴油嘴時（如裝在二個汽門中間）或為減小噴油嘴之受熱面積，則使用長桿孔型噴油嘴（long stem hole nozzle），如圖 2-10-127 所示。

5. 油冷孔型噴油嘴（oil-cooled hole nozzle），有些使用重油的大型柴油引擎，為了避免噴油嘴過熱，利用在噴油嘴裏流動的冷却油冷却其本身。這種噴油嘴本體上有三個孔，除了一孔為柴油進油孔外，另外二孔為冷却油路的進油孔和出油孔，如圖 2-10-128 所示，本體下端外套包住部份，製成雙螺紋，冷却油從噴油嘴架上的進油管流入冷却進油孔，沿著一條螺紋流至噴油嘴頂端的儲油室，再沿著另一條螺紋經冷却回油孔和噴油嘴架上的回油管流回油箱。油冷孔型又細分為 T、U、V、W 型各種尺寸。

(三)混合型噴油嘴

1. 英國 C.A.V. 公司發展一種附有輔助噴油孔之針型噴油嘴稱為 Pintaux nozzle，如圖 2-

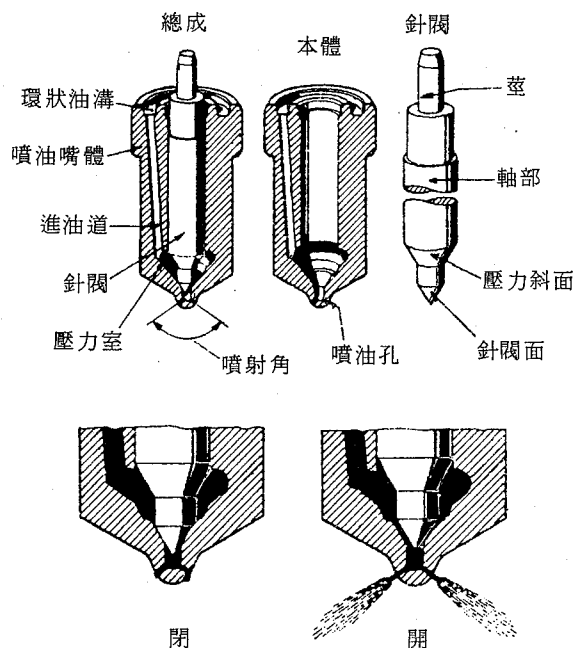


圖 2-10-125 孔型噴油嘴之構造作用 [註118]

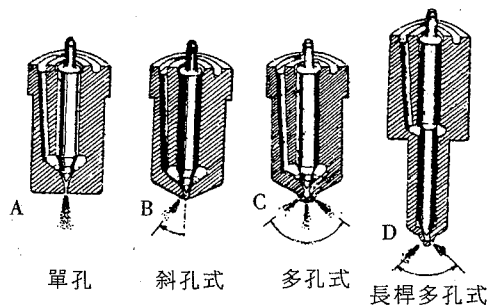


圖 2-10-126 各種式樣的孔型噴油嘴 [註119]

10-129 所示。

2. 此式噴油嘴之輔助噴油孔能使低溫情況下之引擎容易起動，在搖轉引擎時因油壓較低，針閥之升高度小，不能離開針孔，故油經由輔助噴油孔噴入球形燃燒室之中心，因燃燒室中心溫度高，柴油容易着火燃燒，使引擎很容易起動。

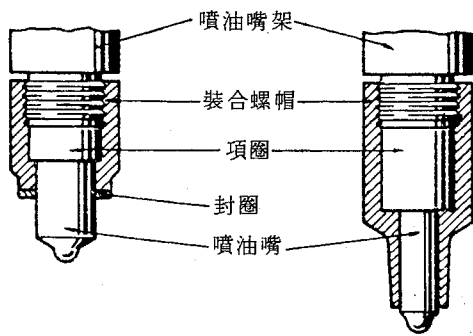


圖 2-10-127 標準型和長桿孔型之比較 [註120]

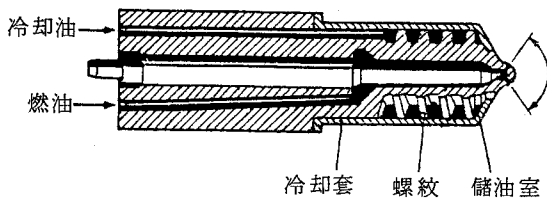
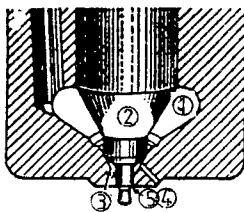


圖 2-10-128 油冷型噴油嘴 [註121]



- ①: 上油槽
- ②: 針 閥
- ③: 下油槽
- ④: 輔助噴油孔
- ⑤: 主噴油孔

圖 2-10-129 混合型噴油嘴 [註122]

3. 引擎在正常轉速時，因油壓較高，針閥能離開針孔，故主要之噴油仍由針孔噴出。如圖2-10-130所示為引擎在發動時及正常運轉時之噴油情形。

4. 此式噴油嘴之噴油特性如圖2-10-131所示。

(四) 閉式噴油器噴油嘴之編號意義

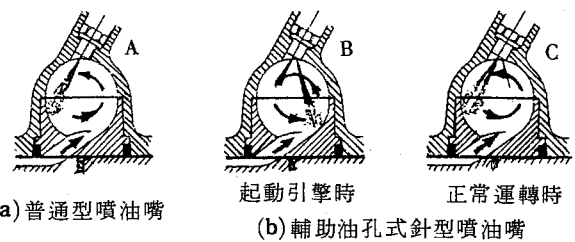
例：

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ND	D	L	L	140	S	D	256
N	D	L	F	130	U		
N	D	N		4	S	D	24
	D	L		110	T		276

說明：

①製造國

- 無字——德國製造
- A ——美國製造
- B ——英國製造
- N ——日本製造



(a) 普通型噴油嘴

起動引擎時

(b) 輔助油孔式針型噴油嘴

正常運轉時

圖 2-10-130 普通針型噴油嘴與混合型噴油嘴之作用情形 [註123]

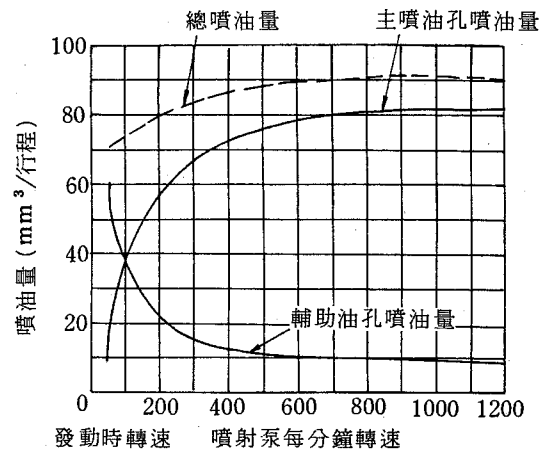


圖 2-10-131 混合型噴油嘴之噴油特性 [註124]

- { ND—日本電裝(株)製造
- { NP—日本柴油機(株)製造

②噴油嘴

③型類

- N——針型
- L——孔型

④型式

- 無字——標準型
- L ——長桿型
- F ——油冷型
- P ——平型針座

⑤噴霧角度(或噴油孔角度)

⑥大小型號——S、T、U、V、W型

⑦型別

- 無字——標準型
- D ——節流型
- P ——混合型噴油嘴

⑧設計代號 [註125]

(五) 閉式噴油器噴油嘴架

1. 噴油嘴架之功用係將噴油嘴安裝於引擎，並將燃料導入噴油嘴，同時可用以調整噴射開始壓力。噴射管連接於噴油嘴架之進油管，進油管

內設置一根濾棒 (edge-type filter)，用以過濾拆裝噴射管時混入燃料中之灰塵，防止噴油嘴磨損，如圖2-10-117所示。噴油嘴架下端裝噴油嘴，上端則以一只壓力彈簧經推桿壓住噴油嘴針閥。調整彈簧張力可以改變噴射開始壓力，依其調整方法分為螺絲調整式和墊片調整式兩種。墊片調整式用之墊片係由薄鋼片製成，定製成各種不同厚度，墊片上註明厚度尺寸，更換墊片即可改變噴射開始壓力。

2. 有些調整螺絲中央鑽孔，設一根試驗針，可於引擎運轉中，打開防塵帽，憑震動感覺而檢驗噴油嘴之作用。

3. 噴油嘴針閥和本體間之磨擦面應有極少量之燃料漏過軸部供潤滑用，否則使針閥咬死，漏過之燃料則經回油管流回油箱。

(六) 閉式噴油器噴油嘴架之編號意義

例：

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
ND	K	B	A		38	S		1	
N	K	C			45	S	D	25	
B	K	B		L	70	S		162	
ND	K	C	A		30	S	D	2	14

說明：

①製造國：請參閱噴油嘴編號意義的說明。

②噴油嘴架。

③型類

B——凸緣裝置式

C——螺絲裝置式

D——螺絲套裝置式

④噴油嘴彈簧安裝方法

無字——由上面裝入

A——由下面裝入

⑤適用何種噴油嘴

無字——標準型

L——長桿型

F——油冷型

⑥內孔長度 (mm)

⑦大小型號—R、S、T、U、V、W型。

⑧適用何種噴油嘴彈簧

無字——標準型

D——節流型

⑨設計代號

⑩其他意義

無字——無其他意義

b——裝有濾棒

M——船舶用

C——設計改變

第六節 高壓分油式噴射泵噴射系統

10-6-1 概述

一、為何要改用高壓分油式噴射泵

柴油引擎使用的燃料噴射泵，大都採用複式高壓噴射泵，但此種噴射泵每一汽缸必須有一套很精密的泵組 (柱塞、柱塞筒、控制套、輸油門等)，價格昂貴，體積龐大，且各缸間之噴油量易發生不均，而使引擎產生震動，噴射間隔也易發生改變；為改良此種缺點，同時配合小型高速柴油引擎的發展，與行駛高速公路之需要，柴油噴射泵之要求必須具備高性能、速度、重量輕、體積小、易檢修之要求，遂有高壓分油式噴射泵之發展。

二、高壓分油式噴射泵之優點

高壓分油式噴射泵只使用一套精密的泵組，

來擔任量油升壓和分油工作，成本較低，且各活動機件都是壓力柴油來潤滑，各缸噴油量及噴射間隔不會發生改變；體積小，構造簡單，價格低廉，經久耐用，檢修方便；因此現代汽車柴油引擎逐漸採用高壓分油式噴射泵。使用高壓分油式噴射泵之噴油器與前述複式高壓噴射泵所使用者相同，本節不再贅述。

三、高壓分油式噴射泵之種類

製造高壓分油式噴射泵之廠家很多，且各廠之出品在構造及作用原理上有很大區別，其中以德國波細之VM、VE型，美國波細阿瑪 (Bosch Arma) 公司之PSB、PSJ、PSM、PSU 型，美國羅沙馬斯特 (Roosa Master) 公司之D、DB、DC型，英國 C.A.V. 公司之DPA 型、日

本柴油機株式會社之VM型（與德國波細之VM型相似），日本三菱重工業之Siltol型等使用較多，現分別加以介紹。

10-6-2 波細VM型高壓分油式噴射泵

一、概述

製造波細VM型高壓分油式噴射泵者，有西德波細廠及日本柴油機株式會社，其製品構造、規格、編號等均相同。柱塞直徑自7mm至10mm止，每0.5mm為一級，共分七級，最大噴油量達80mm³/行程，足供各型大小汽車柴油引擎使用。

二、構造

(一)燃料系統

1.圖2-10-132所示為一般燃料系統之配管。

2.油箱之柴油由引擎所驅動之膜片式供油泵壓送至柴油濾清器，過濾清潔後送入泵殼內。位於泵殼內之供油泵及調壓閥之作用，柴油應引擎轉速變化其送油壓力後，通過油管經測油閥流入液壓頭。柴油因柱塞之作用變成高壓後，按噴射順序經各汽缸噴射管進入噴油器而噴入燃燒室中。

3.自濾清器及噴油器多餘之柴油經回油管流回油箱。另在泵殼內循環供潤滑及冷卻用畢之柴油，經油管流回濾清器入口。

(二)構造

可分為泵殼及液壓頭等兩大部分。泵殼包括驅動軸、供油泵、調壓閥、滾輪架、凸輪盤、自動正時器、離心調速器等。液壓頭包括油泵柱塞、自動起動裝置、測油閥、全負荷限制器、輸油門等，如圖2-10-133所示。

1.泵殼——由鋁合金鑄成，內裝供油泵、驅

動軸、凸輪等，油泵柱塞由驅動軸帶動。

2.液壓頭——為分油式噴射泵最重要之部分，由壓送及分配燃料用之油泵柱塞及控制噴射量用之測油閥所組成，前端裝有自動起動裝置。

3.供油泵——使用輪葉式供油泵，和驅動軸用鍵固定住，轉速和驅動軸相同，另有控制送油壓力之調壓閥。

4.離心調速器——自驅動軸經齒輪之傳動而增速回轉，有四個飛重，利用其離心力移動測油閥之位置，以改變燃料入口之開度，而自動控制進入油泵柱塞之油量。

5.自動正時器——依供油泵送來油壓之變化而推動活塞使以臂桿與柱塞連結之滾輪架轉動，因而改變油泵柱塞開始送油時期，隨引擎轉速及送油壓力之變化，可得適當之提前角度。

三、作用

(一)如圖2-10-134所示，為高壓分油式噴射泵之作用說明圖，驅動軸由引擎帶動，四行程引擎時以 $\frac{1}{2}$ 引擎轉速旋轉。驅動軸旋轉使供油泵產生送油作用，送油壓力經調壓閥調整之，其油壓特性則依轉速而定，壓力油自測油閥入口進入，同時決定自動正時器之提前角度。

(二)泵殼內圓筒型之滾輪架用四個滾輪固定，柱塞彈簧張力將凸輪盤壓住滾輪驅動軸驅動供油泵，同時經主動盤使凸輪盤旋轉。此凸輪盤與複式噴射泵之凸輪不同，係面凸輪，圓周之凸輪高峯數和引擎汽缸數相同，故凸輪盤旋轉時發生一定之往復運動，因此和凸輪盤接觸之柱塞，因往復運動而產生吸油及壓送動作，同時旋轉而分配燃料至各汽缸。

(三)當分配柱筒之入口與油泵柱塞之進口對正

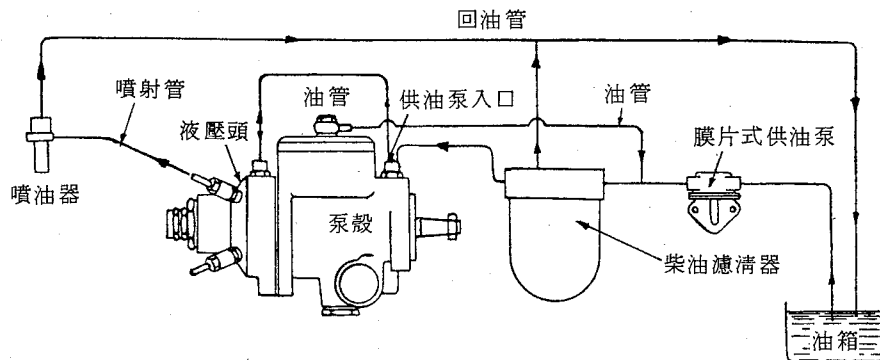


圖 2-10-132 波細 VM 型高壓分油式噴射泵系統圖〔註 126〕

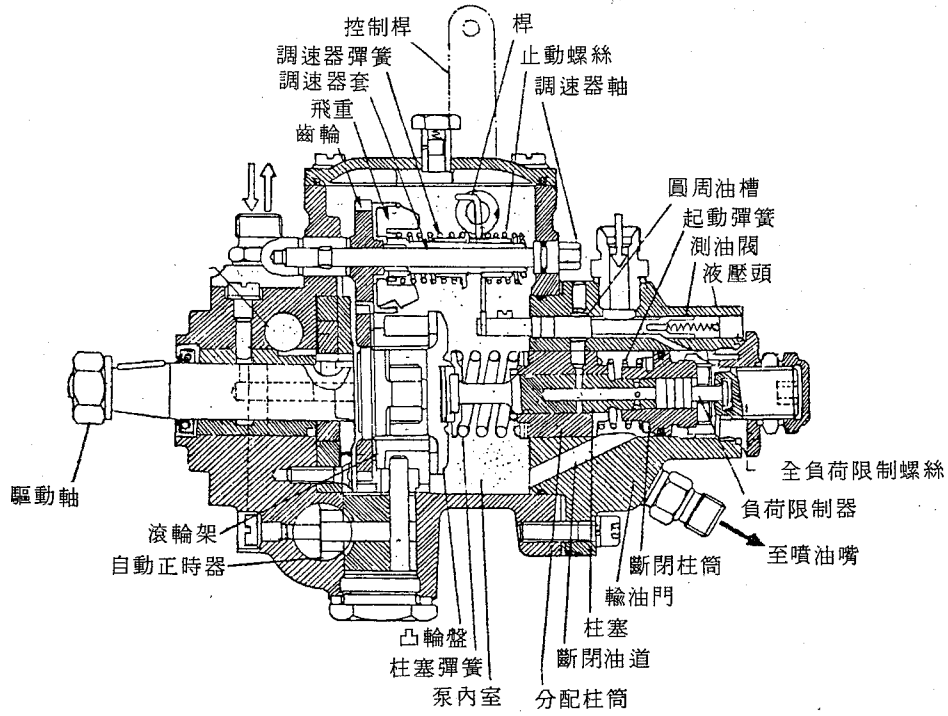


圖 2-10-133 波細 VM 型高壓分油式噴射泵之構造〔註127〕

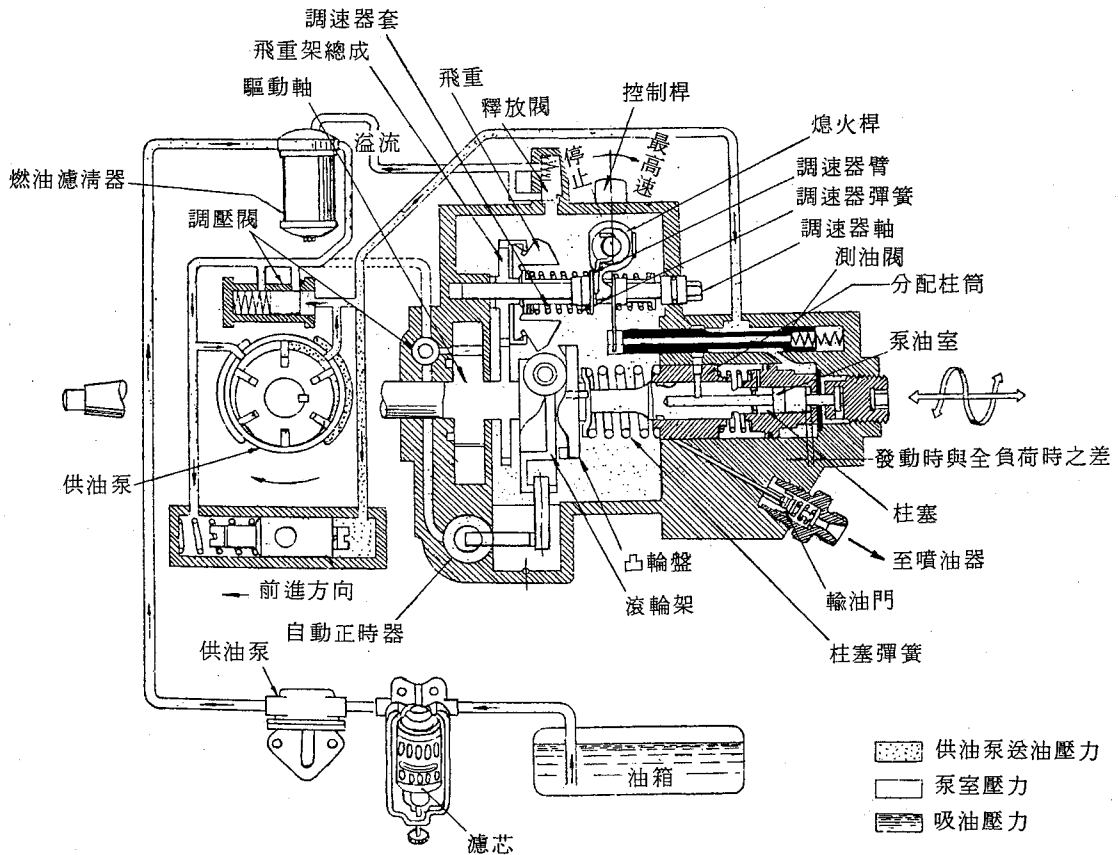


圖 2-10-134 波細 VM 型分配式噴射泵之作用原理〔註128〕

時，燃料即通過測油閥流入油泵柱塞內，由於油泵柱塞之旋轉將入口關閉，由油泵柱塞之推動使柱塞內之燃料壓縮產生高壓。

(四) 油泵柱塞之出口只有一個，而在分配柱筒之徑向開有與汽缸數相同之出口，油泵柱塞旋轉時，其出口與分配柱筒之出口對正時，高壓油即順序分配，經輸油門、噴射管、噴油器而噴入引擎燃燒室。

(五) 當油泵柱塞之斷閉槽與斷閉柱筒之孔口對正時，噴油即終了。柱塞內之殘餘壓力油經液壓頭斜切之過剩燃料油道通入泵殼，冷卻及潤滑各部機件。

(六) 噴油量係由測油閥及斷閉柱筒來控制，當引擎在部分負荷時，加速桿調節由測油閥所操縱之進油道的開度，改變油泵柱塞之進油量即可控制噴油量，引擎全負荷時之最大噴油量則由斷閉柱筒之位置來決定。

10-6-3 波細VE型高壓分油式噴射泵

一、概述

波細 VE 型高壓分油式噴射泵，係專為轎車設計之高性能噴射泵，轉速高（泵轉速可達 2500 ~ 3000 rpm，即引擎轉速 5000 ~ 6000 rpm），引擎熄火直接由發火開關操縱；使用油壓正時器，最大提早角度為 10 度；柱塞直徑自 8 mm 至 14 mm，有七種不同規格；凸輪升程有 2.0、2.2、2.5、2.8 mm 等四種，能適合各種不同排氣量之轎車用高速柴油引擎使用。

二、系統之組成

柴油自油箱經水份分離器、濾清器進入供油泵，經加壓後進入噴射泵中，潤滑及冷卻各機件。送油壓力由壓力調節閥及供油泵轉速調節之。進入液壓頭之柴油由柱塞加壓後，依着火順序送到各缸，噴油器噴入汽缸中。另外在殼室中潤滑及冷卻機件後，多餘之柴油經溢流管流回油箱，如圖 2-10-135 所示。

三、構造

波細 VE 型高壓分油式噴射泵之構造如圖 2-10-136 所示，包括供油泵、調速器、正時器、液壓頭、燃油切斷電磁閥等組成，分別安裝在噴射泵殼室上。

(一) 液壓頭

液壓頭為噴射泵最精密之部分，擔任高壓油

的壓送、分配及噴油量之調整等任務，包括柱塞、柱塞筒、控制環、輸油門、全負荷限制器、自動起動裝置等。

(二) 噴射泵殼室與驅動軸

噴射泵殼室為鋁合金製成，供油泵、離心調速器、自動正時器、調壓閥、凸輪軸、驅動軸及滾輪架等均安裝在殼室中。驅動軸由引擎驅動供給各運動機件所需動力。泵柱塞及驅動軸總成之構造如圖 2-10-137 所示。

四、作用

(一) 驅動軸以二分之一引擎曲軸轉速運轉，供油泵之中心轉子裝在驅動軸上，每一轉產生一次吸送油作用，將油箱中之柴油吸來，壓送到噴射泵殼室中。送油壓力由油壓調節閥控制之。

(二) 噴射泵柱塞使用接合器與凸輪盤及驅動軸相連接，壓力彈簧將柱塞及凸輪盤壓到固定之滾輪架上，如圖 2-10-137 所示。凸輪盤上有與汽缸數同數量之平面凸輪；在旋轉時凸輪盤會在固定之滾輪上做往復運動，使與凸輪盤連接在一體之柱塞在旋轉之同時也產生往復運動。

(三) 當柱塞下行時，燃油進入柱塞筒中，柱塞上行時產生壓送作用，將柴油從分配通路經輸油門以 120 ~ 130 kg/cm² 之壓力從各缸之噴油器噴入汽缸中。柱塞之下部設有洩放孔，當洩放孔從控制環露出時，燃油即洩放到噴射泵殼室中，停止噴油。

(四) 噴射泵殼室上部內裝有離心力全速調速器，以操縱控制環之移動，而控制噴油量。

(五) 噴射泵殼室下部內裝有油壓正時器，由油壓之作用使滾輪架位置產生轉動而改變噴油時期。

(六) 燃油切斷電磁閥由發火開關操作，ON 時燃油能流通，OFF 時切斷燃油供應，使引擎熄火。

五、柴油之壓送與噴射

驅動軸同時驅動供油泵、凸輪盤及柱塞，壓力彈簧將柱塞及凸輪盤壓在固定之滾輪架上，凸輪盤轉動時，面凸輪因滾輪之作用同時也產生往復運動。

(一) 吸油行程

柱塞下降行程開始後，柱塞上部之吸入槽與柱塞筒邊上之吸入孔相對正，燃油從吸入槽進入

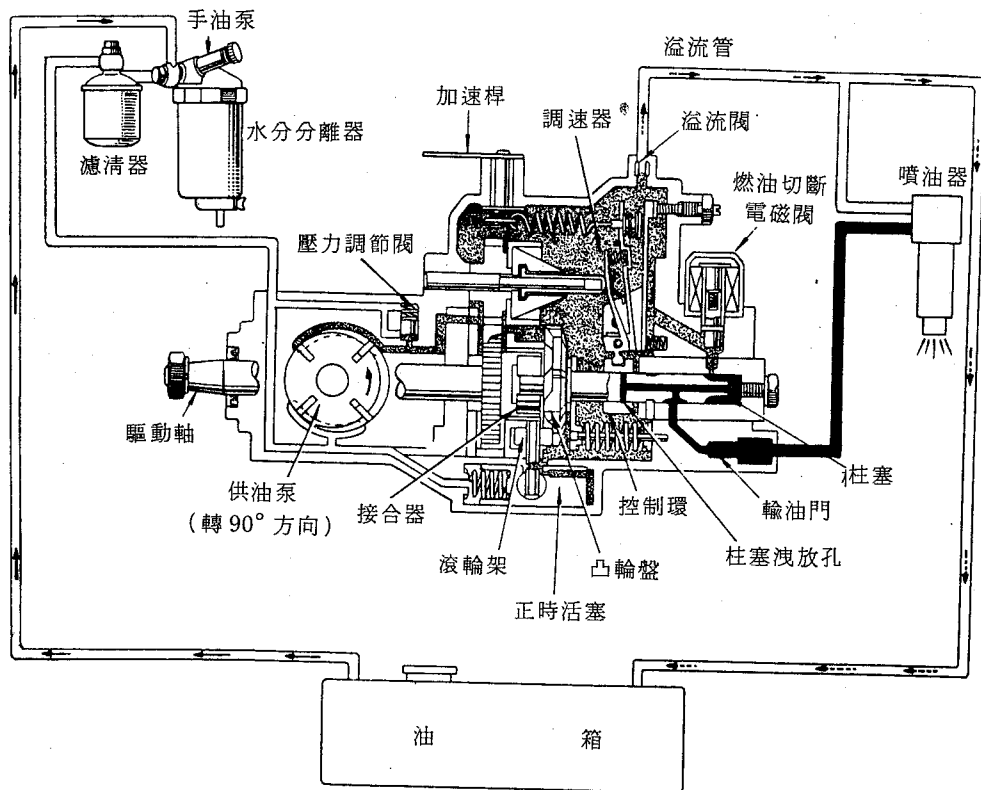


圖 2-10-135 波細 VM 型高壓分油式噴射泵系統圖 [註129]

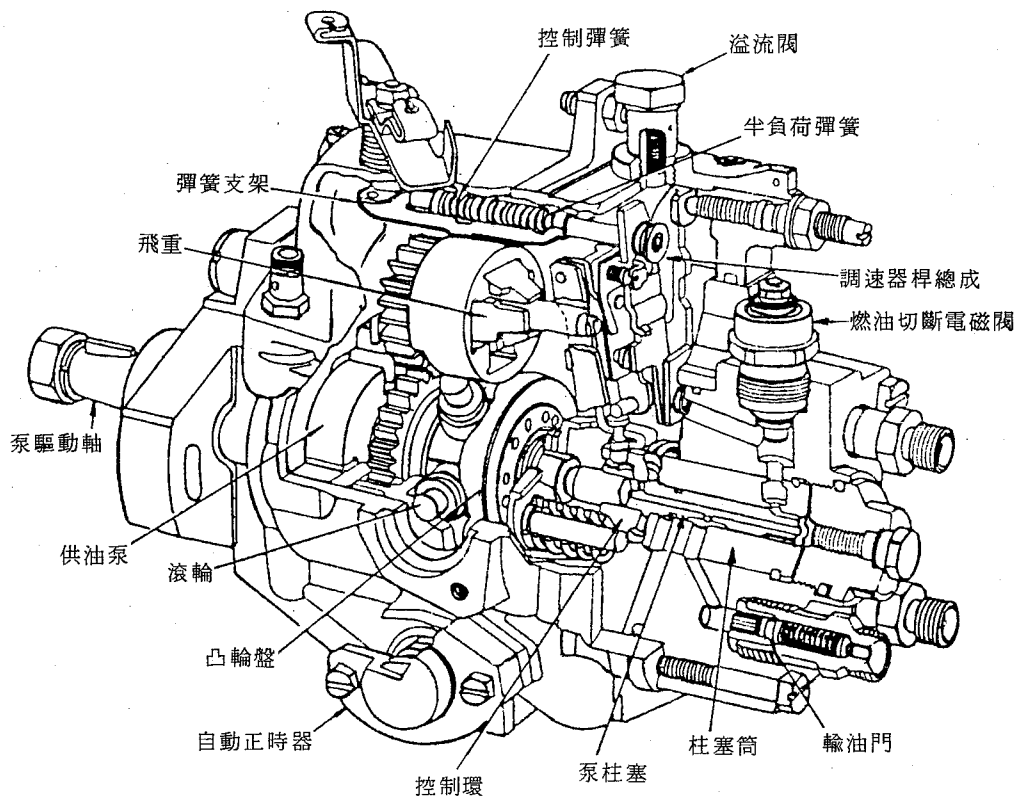


圖 2-10-136 波細 VE 型高壓分油式噴射泵系統圖 [註130]

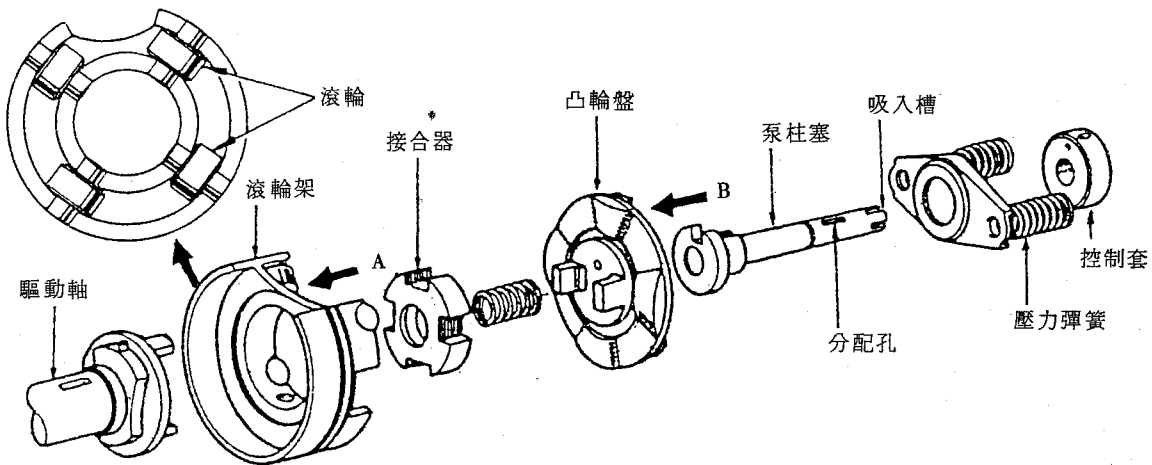


圖 2-10-137 噴射泵柱塞及驅動軸總成〔註131〕

壓力室及柱塞內部之油道中，如圖 2-10-138 所示。

(一)噴射行程

柱塞旋轉後，吸入孔關閉，柱塞中部之分配孔即對正其中一個通往噴油器之出口；此時凸輪正好乘坐上滾輪而使凸輪盤及柱塞一齊向上升。壓力室及柱塞內部之柴油壓力升高，推開輸油門，經高壓油管、噴油器噴入汽缸中，如圖 2-10-139 所示。

(二)噴射終止

柱塞與凸輪盤繼續上升，直到柱塞下部之洩放孔從控制套露出時，高壓燃油即從洩放孔排放到噴射泵殼室中，噴射終止，如圖 2-10-140 所示。

(三)均壓行程

柱塞繼續旋轉 180° 時，均壓溝與分配通路對正，使分配通路內的燃油壓力與噴射泵殼室中的油壓相等，以防止噴油量不均勻。

(四)逆轉之防止

當引擎正常方向轉動時，於柱塞向下行時吸入孔打開，燃油進入壓力室中，於柱塞向上行時分配孔與任一通路對正，使高壓油能送出。如果引擎逆轉時，當柱塞上行時吸入孔打開，燃油無法進入壓力室，故無法噴油，可以防止引擎逆轉。

(五)噴油量之調節

噴油量之控制係由調速器之作用使控制套移動，控制套移動時改變柱塞之有效行程而改變噴油量。當控制環向柱塞之下端移動時，洩放孔打

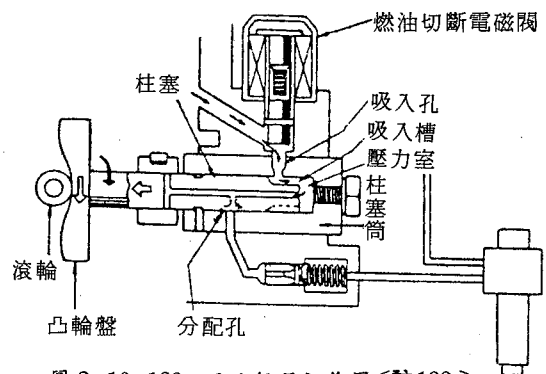


圖 2-10-138 吸油行程之作用〔註132〕

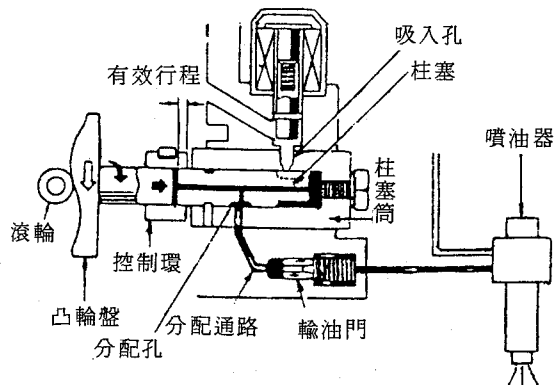


圖 2-10-139 噴射行程之作用〔註132〕

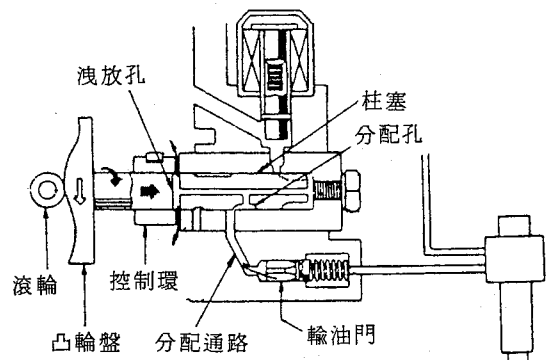


圖 2-10-140 噴射終止 (油從洩放孔流出)〔註132〕

開之時間早，有效行程變短，噴油量減少；反之，控制環向柱塞之頂端方向移動時，洩放孔打開時間晚，有效行程變長，噴油量增加，如圖2-10-141所示。

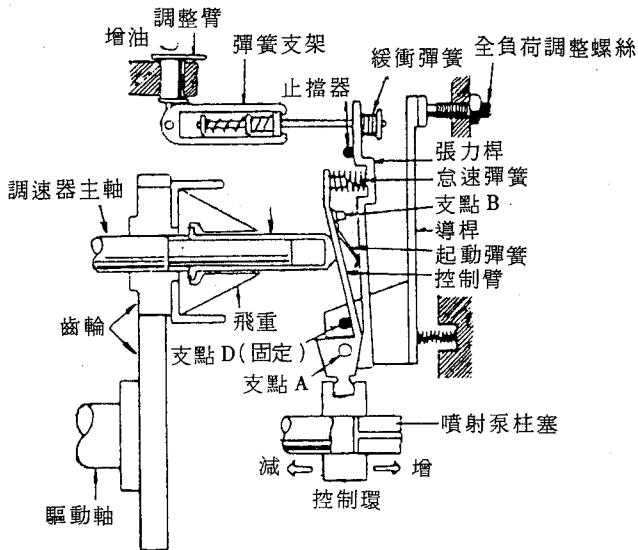


圖 2-10-141 控制環與噴射量之調節 [註133]

10-6-4 美國波細阿瑪PSJ型高壓分油式噴射泵

一、概述

美國波細阿瑪公司出品之高壓分油式噴射泵，其構造與作用情形與德國波細不同，但基本動作原理仍相似。柱塞之往復運動產生高壓油，旋轉運動產生配油動作，其型式歷年來有許多改變，計有PSB、PSJ、PSM、PSU等多種，但基本之構造及控制皆以PSB為基礎，PSJ與PSB之不同點為多一套增速齒輪，本書現介紹PSJ型，其系統如圖2-10-142所示。

美國波細阿瑪公司高壓分油式噴射泵之特點為：

(一)開始噴油的時刻是固定的，停止噴油時間隨噴油量之增加而延遲。

(二)噴射泵凸輪軸的轉速與引擎曲軸相同，柱塞以引擎一半的轉速旋轉。

(三)噴油量之控制係由控制套的上下移動來改變柱塞回油孔露出時間而控制之。

(四)使用齒輪式供油泵及離心式調速器。

二、構造

美國波細阿瑪PSJ型噴射泵，如圖2-10-143所示，是利用一種分油式噴射泵和其他型式異於各缸的供油只需一個柱塞的作用。此一單柱塞作往復運動將柴油送入與輸出，不變的往復和旋轉運動，確使各缸獲得等量的供油。

噴射泵在工作時，PSJ泵內的凸輪軸的轉速直接受到引擎曲軸的控制，如圖2-10-144所示為六缸PSJ噴射泵的傳動機構，凸輪軸與引擎曲軸同速旋轉，凸輪軸上有一個三角偏心輪，凸輪軸每轉兩轉，油泵柱塞轉一整圈，且柱塞上下往復六次，使六缸都能獲得一次循環的供油；在八缸引擎上則需使用四角偏心輪，凸輪軸轉兩轉，才能推動柱塞八次。頂桿上的面齒輪受到凸輪軸頂端齒輪的驅動，使柱塞旋轉。

三、作用

(一)進油：如圖2-10-145(a)所示，柱塞下行露出進油孔時，供油泵送來之柴油進入柱塞上方之空室內。

(二)開始噴油：如圖2-10-145(b)所示，當柱塞上升，柱塞頂封閉進油孔後，油壓開始升高，推開輸油門，將柴油向外壓送。

(三)噴油：如圖2-10-145(c)所示，因柱塞一面上升，一面旋轉，此時垂直槽會對正一個出油口，從輸油門出來的油，再經柱塞之圓環凹槽、垂直槽而流到需要噴射之汽缸。

(四)噴油完畢：如圖2-10-145(d)所示，當柱塞繼續上升，下面之回油孔露出控制套，油從回油孔流回油箱，停止噴油。

(五)噴油量多少係由控制套上下移動，使回油孔開啓時間變更而控制。控制套上移，回油孔晚開，噴油量增加；反之，控制套下移，回油孔早開，噴油量減少。將控制套移到最下面時，進油孔未關閉，回油孔已打開，故停止送油，引擎熄火。

10-6-5 CAV高壓分油式噴射泵

一、概述

(一)英國CAV牌高壓分油式噴射泵與美國羅沙馬斯特牌的高壓分油式噴射泵構造大同小異，因此本書僅介紹英國CAV牌高壓分油式噴射泵之構造及作用。

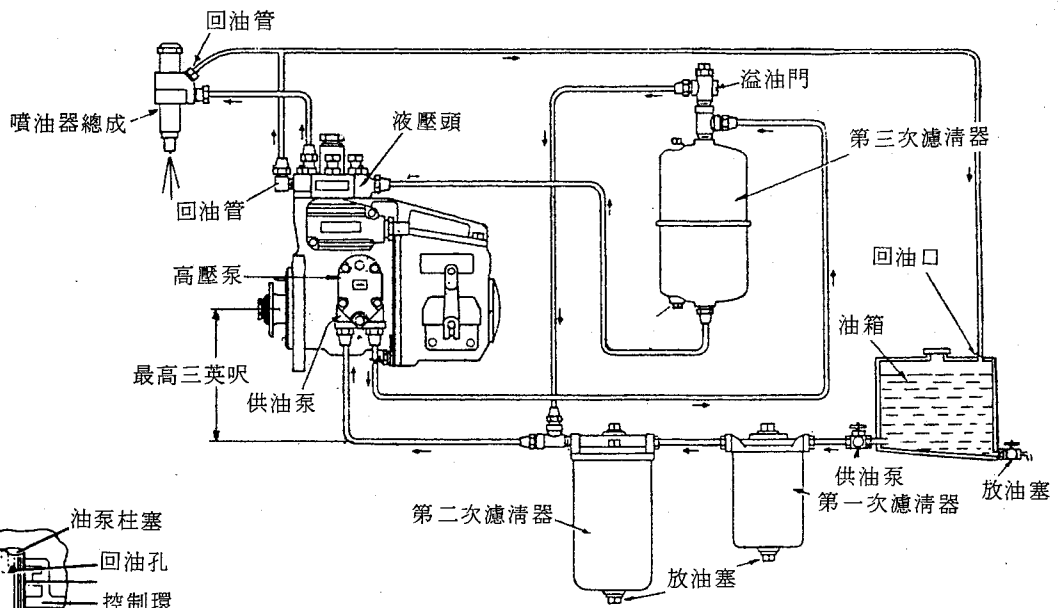
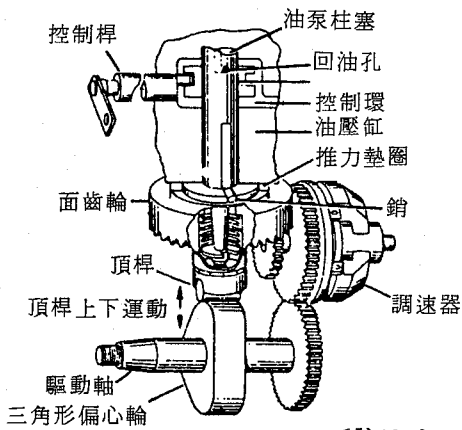


圖 2-10-142 高壓分油式噴射泵 (美國波細阿瑪 PSJ) [註134]



[註136]

圖 2-10-144 噴射泵 (PSJ型) 的傳動機構

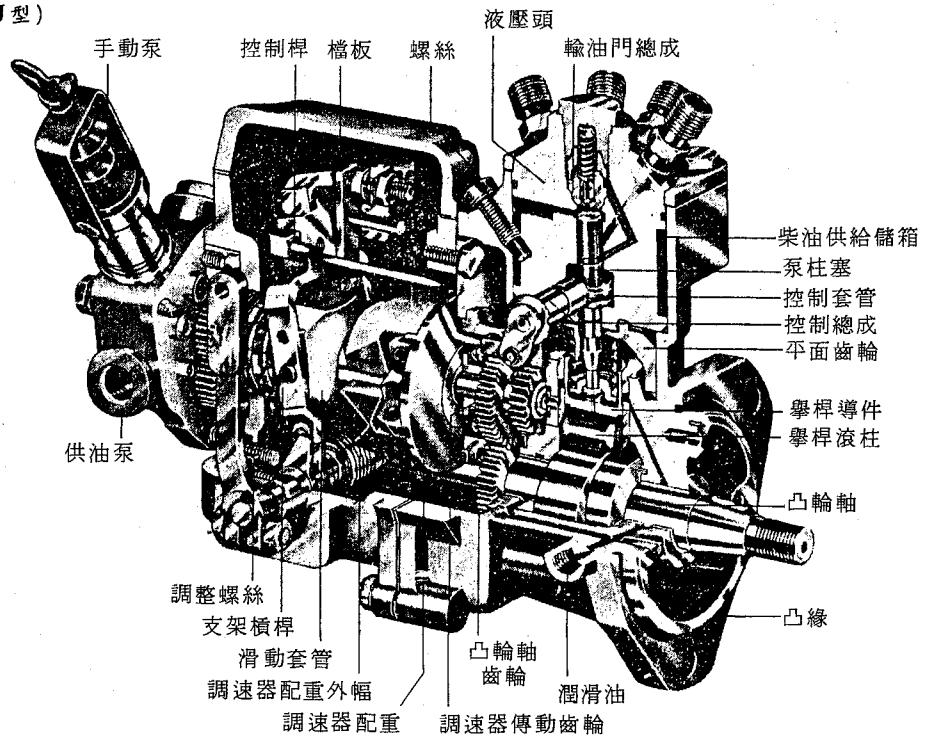


圖 2-10-143 高壓分油式噴射泵 (美國波細阿瑪公司 PSJ 型) 構造圖 [註135]

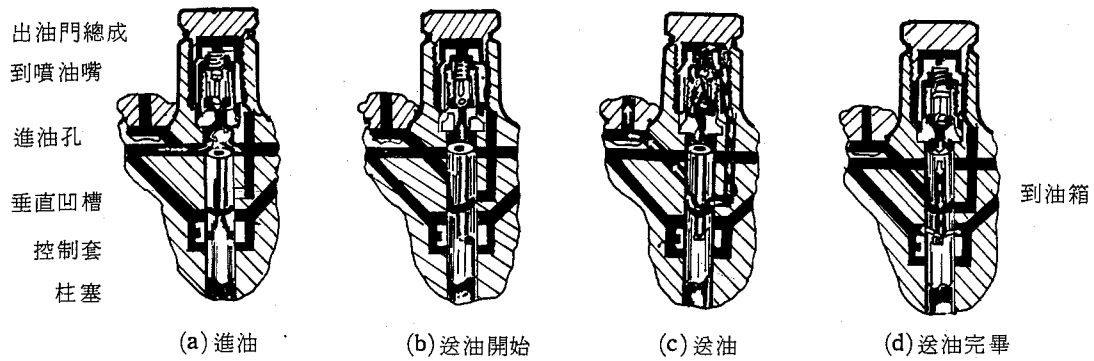


圖 2-10-145 高壓分油式噴射泵(美國波細阿瑪公司PSJ型) 柱塞作用情形〔註137〕

(二)英國 CAV 牌 DPA 型高壓分油式噴射泵之油路系統如圖 2-10-146 所示。由裝在引擎體邊的供油泵將柴油吸來，經沈澱器和濾清器後送到噴射泵時先經油壓調節閥，再流到送油泵，將油壓提升成為送油壓力（送油壓力之大小由油壓調節閥來控制），將油送經分油轉子上的圓周油槽，再送量油閥，經計量後，將適量之油送到液壓

頭的量油道中，其壓力略為降低，稱為量油壓力。當分油轉子旋轉到其中的一個低壓油孔和液壓頭上的低壓量油道中的油孔相對正時，柴油經軸心之油道流到左端的升壓部分，如圖 2-10-147 所示。當壓油柱塞向中心移動時，變為高壓油，稱為噴油壓力。高壓柴油從軸心油道經高壓油管送到噴油器，噴入汽缸中。

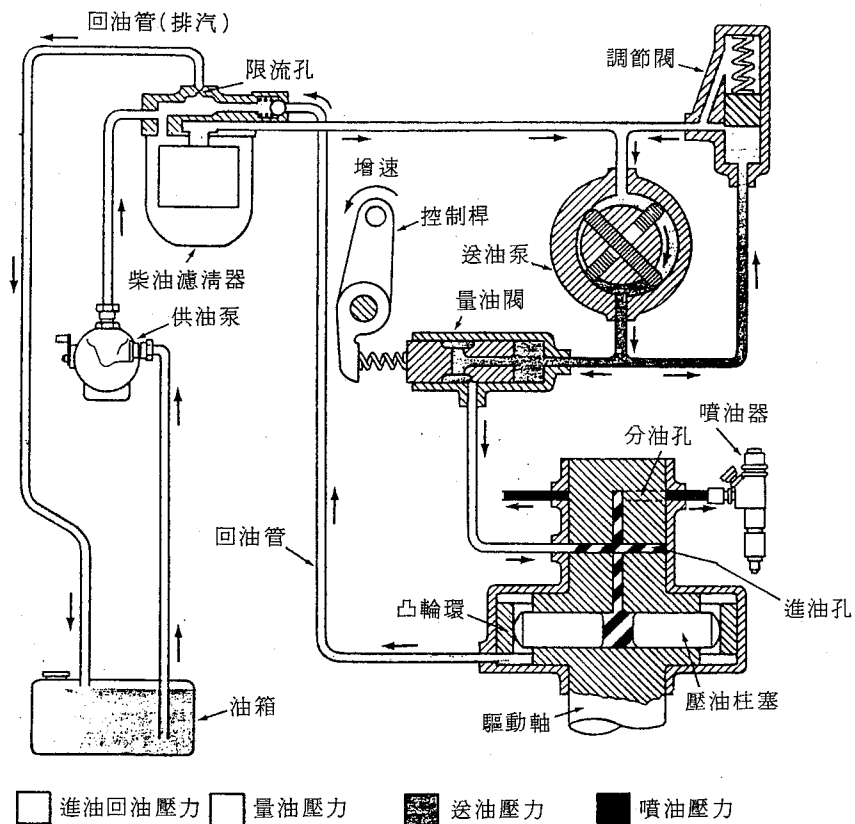


圖 2-10-146 C.A.V. 高壓分油式噴射系統圖〔註138〕

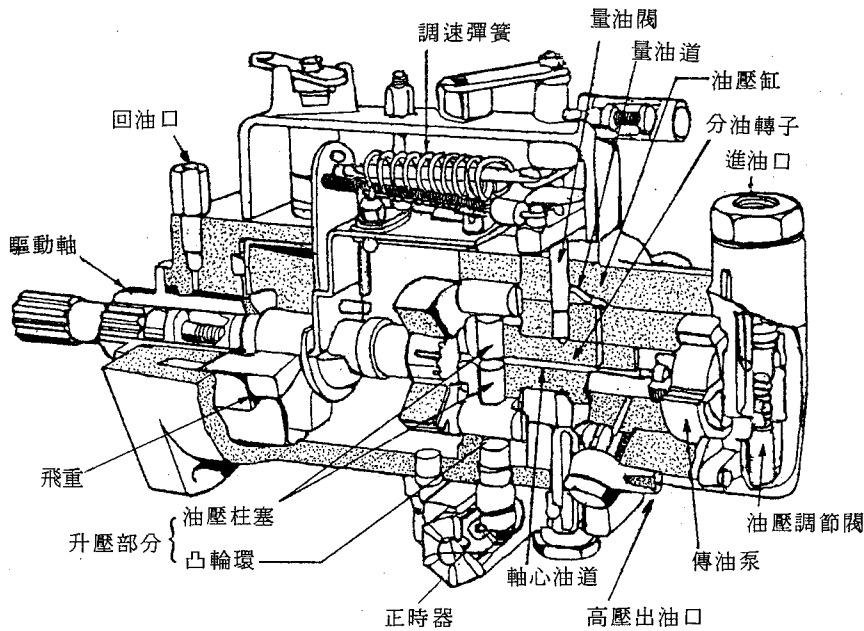


圖 2-10-147 C.A.V. 牌 DPA 型高壓分油式噴射泵 [註139]

第七節 低壓分油式噴射泵噴射系統

10-7-1 概述

(一)美國固敏氏 (Cummins) 公司出品的柴油引擎所使用之燃料系統與前述之複式高壓噴射泵、高壓分油式噴射泵之構造及作用大不相同。前述之噴射泵量油與產生高壓均在噴射泵完成，噴油器僅負責將油噴入汽缸中，而固敏氏燃料系統之燃油泵僅提供不定量之低壓柴油給噴油器，噴油器必須擔任量油、升壓和噴射三項工作，故其噴油器之構造與作用跟前述複式高壓噴射泵燃料系所使用之噴油器完全不同。

(二)固敏氏所用分油式噴油系統稱為 PT 式 (即壓力時間式 pressure time system) 噴射系統，係根據液體流量之多少與液體之壓力及容許液體流過時間及液體所流經孔道口徑之大小等成正比之原理製成。

(三)圖 2-10-148 所示為固敏氏 PT 燃料系統之組成圖。

10-7-2 固敏氏 PT 型低壓分油式燃料系之構造及作用

一、概述

固敏氏 PT 燃油泵有兩種，一種為 PTG 型，如圖 2-10-149(A) 所示，噴油量由調速器控制，燃

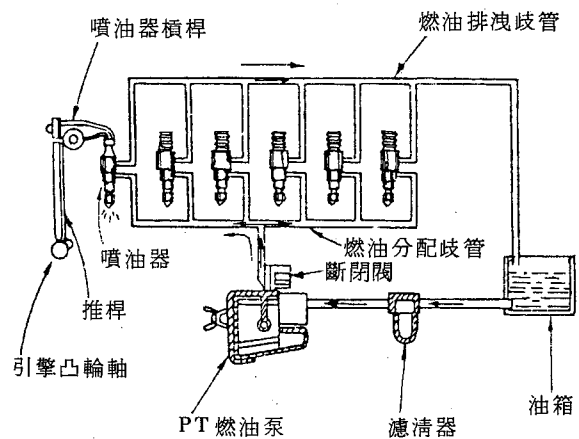


圖 2-10-148 固敏氏 PT 燃料系統 [註140]

油泵之上未裝有回油管以識別之，由齒輪供油泵、調速器及節流門等三個主要部分組成。另一種為 PTR 型，如圖 2-10-149 (B) 所示，噴油量由壓力調節，燃油泵上裝有一回油管至油箱以識別之，由齒輪供油泵、壓力調節器、節流門及調速器組成等四大主要部分組成。

二、PTR 型燃油泵

(一)構造

PTR 型燃油泵包括四項主要機件，如圖 2-

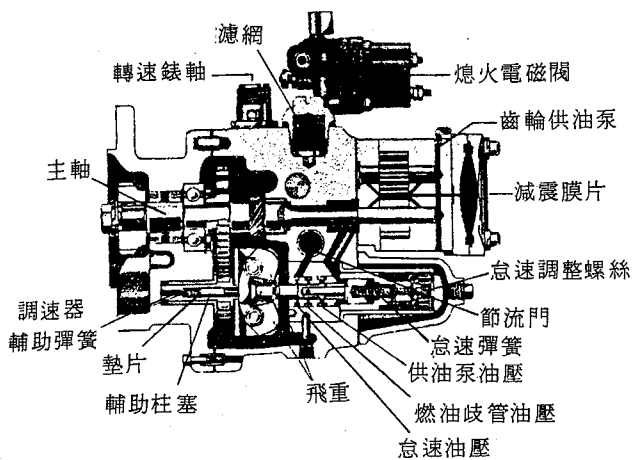


圖 2-10-149 (A) 國敏氏 PTG 型燃油泵 [註141]

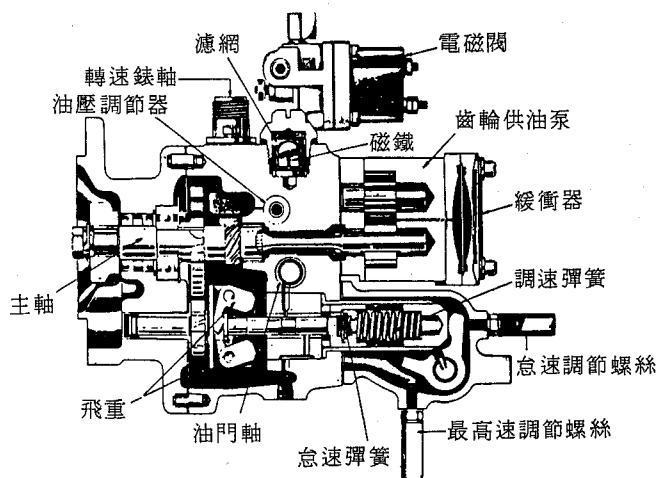


圖 2-10-149 (B) PTR 型燃油泵構造 [註142]

10-149 所示。

1. 齒輪式供油泵：將柴油從油箱吸來，經濾清器送到油壓調節器。
2. 油壓調節器：限制流到噴油器之油壓。
3. 油門軸：使駕駛人能依需要控制噴油量。
4. 調速器：控制引擎怠速及最高轉速之噴油量。

(二)作用

使用 PTG 型燃油泵之燃料系如圖2-10-150 所示。裝在燃油泵中之齒輪式供油泵將油箱中之

柴油吸來，經濾網過濾後，送到油壓調節器。燃油在此分成兩路一條油路經調節器中之分路流回齒輪式供油泵之進油端，另一條油路將油送經油門軸。在油門軸處柴油又再分為兩路，一條為怠速油道，一條為主油道，將油送到調速器。在怠速時，主油道關閉，柴油只能由怠速油道流到調速器；當引擎轉速超過規定之慢車轉速後，柴油就由主油道流到調速器，從調速器出來的柴油再經打開之電磁閥流到噴油器之進油歧管，再經進油歧管將油分流到各缸之噴油器，由噴油器將低

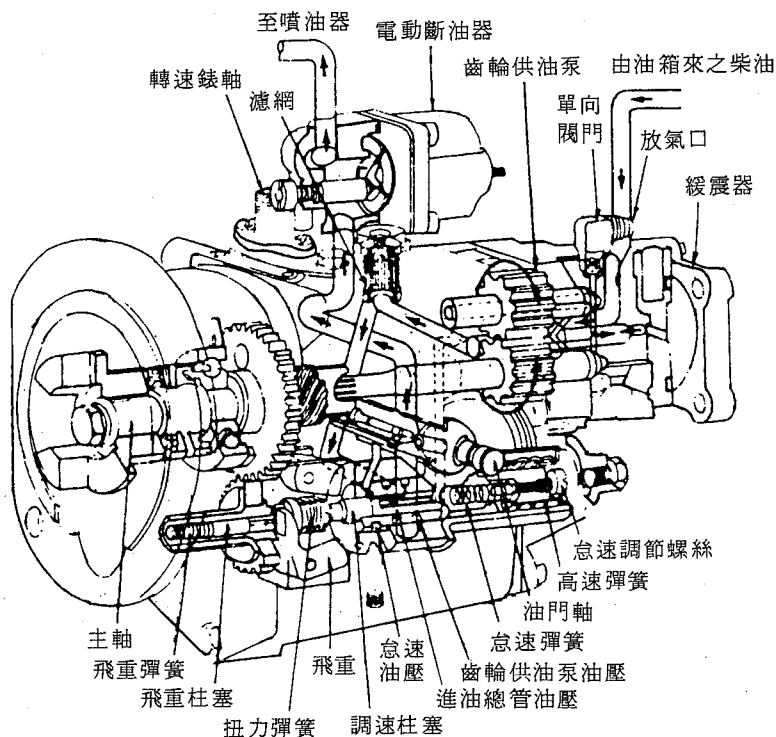


圖 2-10-150 PTG 燃油泵構造及燃油流動路線 [註143]

壓之柴油變成高壓柴油噴入汽缸中，多餘之柴油再經回油管流回油箱。

10-7-3 固敏氏PT噴油器

一、概述

(一)固敏氏 PT 燃油泵將燃油以中等壓力送燃油送到噴油器內，噴油器再將壓力升高，並將燃油霧化噴入汽缸中。

(二)由凸輪操作之噴油器尚擔任噴射正時工作，故噴油器實兼有燃油計量與噴射功能。

(三)基本噴油器有凸緣式及圓柱式兩類。圓柱式再分為B、C、D三種型式。

二、凸緣式噴油器

(一)構造

其構造如圖2-10-151所示，由噴油器體、柱塞、柱塞彈簧、護油圈、墊片及量油杯等組成，噴油器體上鑽有進油道及回油道，在進油孔處裝有可以更換之油孔塞，用以調整送到噴油器之燃油量，此式安裝時，利用上面之凸緣，固定於汽缸蓋上。

(二)作用

凸緣式噴油器之作用可分為四個階段，不斷的循環：

1. 進油開始：

當引擎在排汽行程快完畢時，噴油器柱塞開始上升，柱塞之供油槽將噴油器內的前半部及後半部油道貫通，使燃油自燃油歧管進入噴油器體與量油杯之間，如圖2-10-152(a)所示。

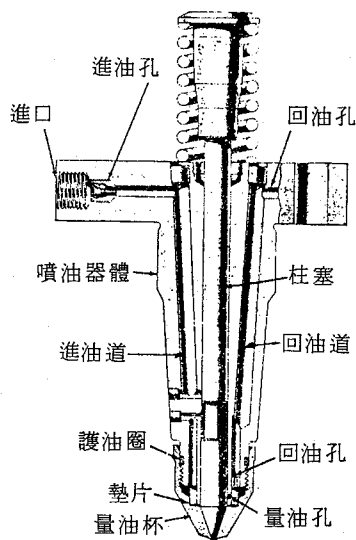


圖 2-10-151 PT 凸緣式噴油器〔註144〕

2. 量油：

當引擎在進氣行程時，噴油器開始量油，因柱塞上升，其邊緣露出量油孔，具有壓力之燃油遂進入量油杯內。噴油器柱塞之行程係由引擎之凸輪軸所控制，量油時間之長短及油量之多寡則由引擎速度所產生之燃油壓力而定，如圖2-10-152(b)所示。

3. 噴油：

當引擎壓縮行程快完畢時開始噴油，噴油器柱塞降下，關閉量油孔後，量油杯內之油壓上升，經噴油孔噴入汽缸中，如圖2-10-152(c)所示。

4. 噴油完畢：

當燃油完全噴入燃燒室後，柱塞之尖部與量油杯內之柱塞座接觸，如圖2-10-152(d)所示。

三、圓柱式噴油器

圓柱式噴油器用固定架裝於汽缸蓋之噴油器套中，進油道及回油道鑽在噴油器體上，圓柱式噴油器上有O形護油圈以防止漏油，此種噴油器又分B、C及D型三種。

(一)B型圓柱式噴油器

1. 構造

B型圓柱式噴油器構造如圖2-10-153所示，在噴油器之進油道中，加裝有球形閥，用以控制燃油量，進油口處裝有油孔塞，以校正噴油量。

2. 作用

B型圓柱式噴油器之工作亦可分四個階段循環。

(1)量油：

當噴油器柱塞上升，切斷回油道時，柱塞下端將回油孔關閉，此時噴油器內之燃油成靜止狀態。柱塞繼續上升，開始打開量

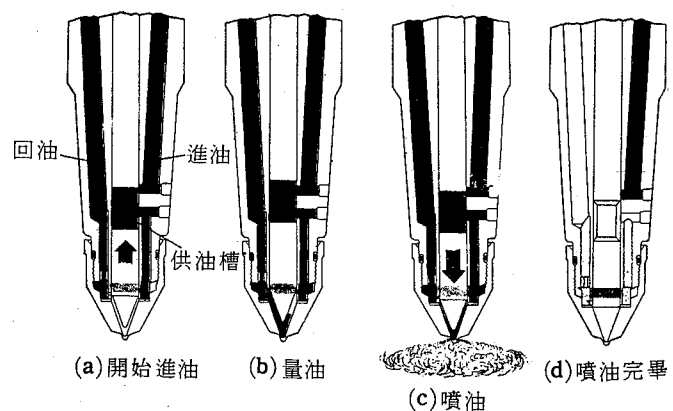


圖 2-10-152 固敏式PT噴油器作用〔註145〕

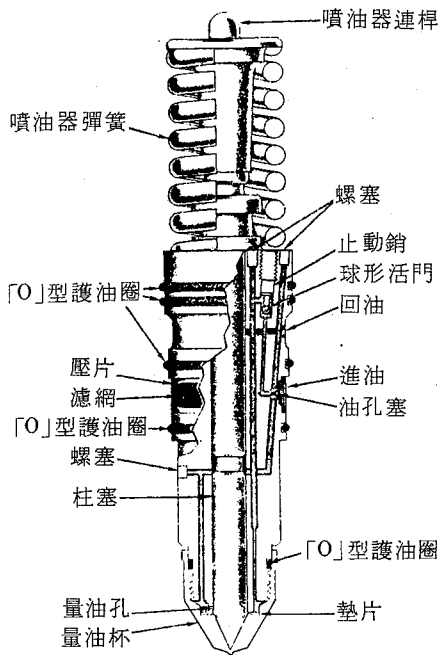
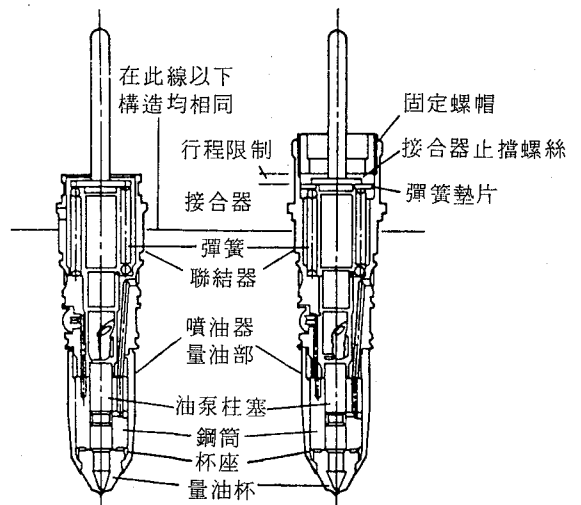


圖 2-10-153 PTB 型圓柱式噴油器〔註146〕

油孔，燃油即經此孔進入量油杯內，量油開始，引擎正在進氣行程，如圖2-10-154 (a)所示。

(2)準備噴油：

當量油完畢，回油道仍為關閉狀態，在引擎壓縮行程末，將噴油器柱塞壓下，噴油器進油道內油壓隨之升高，將球形閥下推回其座，切斷全部油路，柱塞繼續壓下，



標準型 PTD 噴油器 頂止型 PTD 噴油器

圖 2-10-155 D 型圓柱式噴油器〔註148〕

至將量油孔關閉為止，如圖2-10-154 (b)所示。

(3)噴油：

柱塞關閉量油孔後，繼續下移，將量油杯內之燃油從其尖端之噴油孔噴入燃燒室中，如圖2-10-154 (c)所示。

(4)噴油完畢：

柱塞之尖部與量油杯內之座接觸，則噴油完畢。此時柱塞中央細的部分使進油道連通，柴油能推開單向閥經進油道、回油道循環，以準備下一行程的量油，如圖2-10-154 (d)所示。

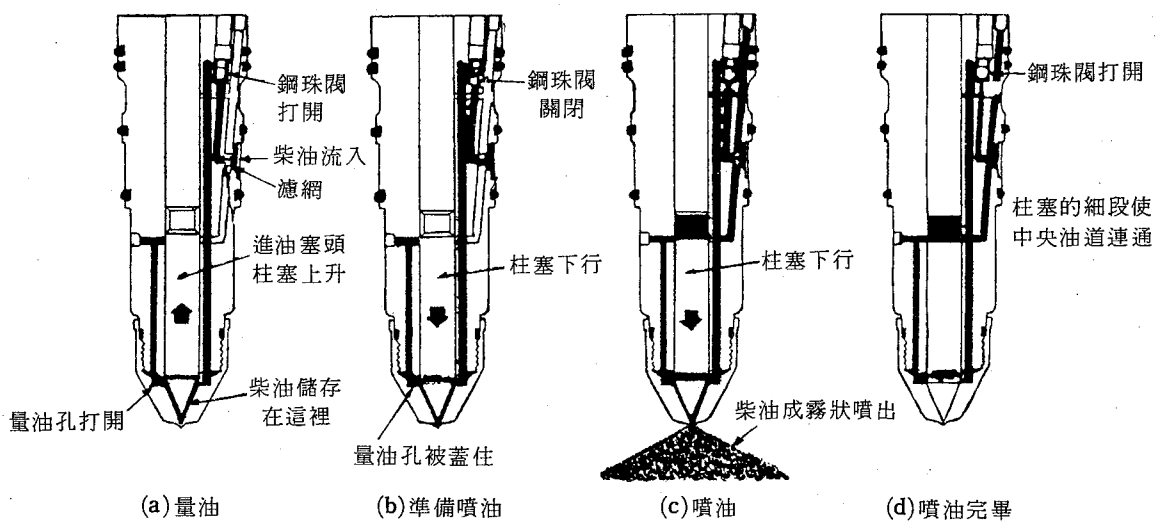


圖 2-10-154 PT 泵 B 型圓柱式噴油器之作用〔註147〕

(一) C型圓柱式噴油器

C型噴油器與B型之構造大致相同，所不同者為尖端之量油杯分為二段，其作用與B型完全相同，不再贅述。

(二) D型圓柱式噴油器

D型噴油器之構造如圖2-10-155所示，其外型與B和C型有很大不同，B型及C型之噴油器

彈簧全部露在外殼的外面，而D型則只露出一小部分彈簧及一根壓桿。D型將容易磨損及常常換新之零件集合在下段，採用較好的耐磨合金鋼材料製成。噴油器上段較不易磨損之零件，使用普通鋼料製造。D型噴油器之作用與B型相似，不再贅述。

第八節 GM柴油燃料系統

10-8-1 概述

(一)美國通用汽車(GM)公司之底特律柴油引擎工廠以產製二行程UD柴油引擎而聞名，我國過去成立之華同重型汽車廠即與該公司技術合作。GM柴油噴射系統與前述之複式高壓噴射泵、高壓分油式噴射泵及低壓分油式噴油系統均不相同。GM柴油噴射系之特點係不必使用複雜之噴射泵，所有的配油、量油、壓油與噴油都集中在一個噴油器完成。如果噴油器發生故障時，可以很迅速的更換一個新的噴油器，使引擎之維護檢修非常簡化，因此廣受軍用車輛採用。

(二)圖2-10-156為GM燃料系統圖。燃油之流通路線為：

油箱→粗濾→供油泵→精濾→汽缸蓋中之進油道→噴油器→噴入汽缸
 回油管→汽缸蓋中之回油道→油箱

供油泵之送油量遠超過噴油器之需要量，多餘之柴油流回油箱，具有冷卻噴油器、防止噴油器過熱之功用；並可以使混在油中的空氣送回油箱，以免影響噴油量。為維持油道中之壓力，汽缸蓋的進油道中裝有限流孔，其直徑為0.080 in，在粗濾器與油箱間通常裝有單向閥，以防止引擎熄火時，油路中之油流回油箱。

10-8-2 GM噴油器之構造及作用

一、GM噴油器之功能

GM噴油器集噴射泵與噴油嘴之功能於一體，具有下列數項功能：

(一)依引擎負荷和轉速的需要，計測一定量之燃油，使噴入汽缸。

(二)將油壓提高，使具有噴射穿透能力。

(三)使柴油以良好的霧化噴入汽缸中，使能與空氣充分混合，完全燃燒。

(四)使燃油不斷的循環流通，以保持噴油器之溫度不致過高。

二、GM噴油器之構造

GM噴油器有兩種不同型式，一種使用片式噴油閥，如圖2-10-157所示，一種使用針式噴油閥，如圖2-10-158所示，除此部分不同外，其他

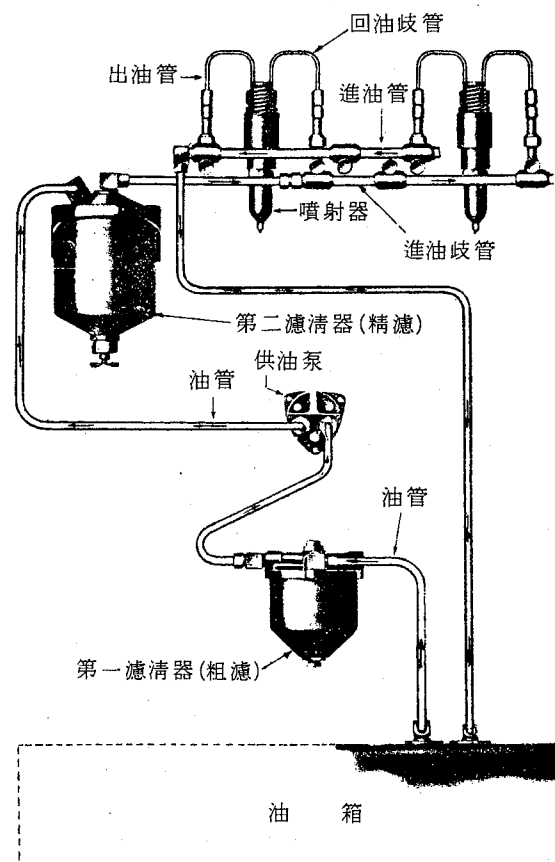


圖 2-10-156 通用整體式噴射泵燃料系統圖
 [註149]

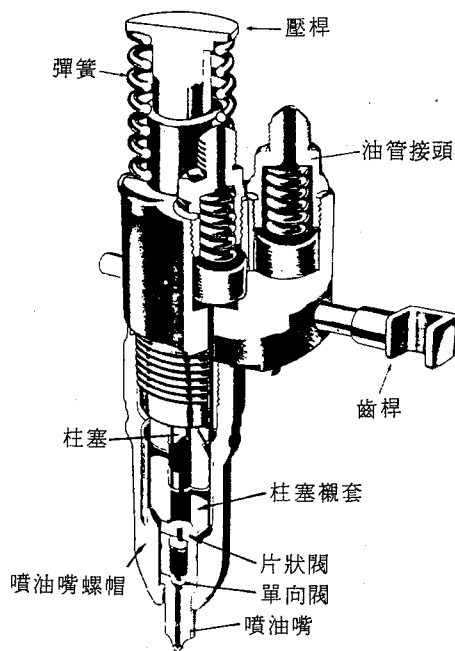


圖 2-10-157 片式噴油器 [註150]

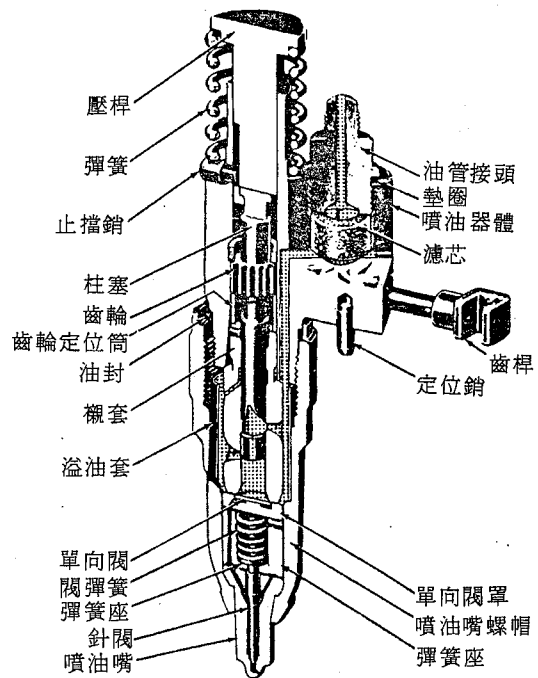


圖 2-10-158 針式噴油器 [註151]

構造均相同。噴油器主要由油泵柱塞、柱塞筒和噴油嘴等組成，油泵柱塞與柱塞筒作用與波細複式高壓噴射泵相似，用以壓油及量油。噴油嘴將燃油霧化噴入汽缸中。

三、GM噴油器之安裝及操作

GM噴油器使用壓板裝在汽缸蓋之噴油器套中，位在二個排汽或四個排汽門中間（UD引擎無進氣門，只有排汽門）。

柱塞之上下運動係由凸輪軸、推桿、搖臂及彈簧所操作，凸輪由基圓向高峯部轉動時，柱塞下壓，凸輪之高峯轉過後，彈簧使柱塞又回到上邊之位置。柱塞之旋轉運動由齒桿及齒輪來操作，用來控制噴油量。

四、噴油器之噴油過程

(一) 柴油進入

當凸輪在低點位置時，彈簧將壓桿、油泵柱塞向上推，供油泵來之低壓油從進油管接頭進入噴油器，經過濾芯和油道，流到柱塞筒；由柱塞筒上的進油孔流經油泵柱塞的螺旋槽和T型油道，流到油泵柱塞下面與單向閥上面的空間，如圖2-10-159(a)所示。

(二) 開始噴油

當凸輪由最低點向最高點轉動時，搖臂將壓桿向下壓，當油泵柱塞的螺旋槽移過進油孔時，

柴油不能再進入，此時出油孔被油泵柱塞下部的圓柱體蓋住，已進入柱塞室之柴油就被關住，隨著油泵柱塞向下壓的力量，使油壓升高，當油壓超過單向閥彈簧彈力及汽缸壓力時，單向閥打開，柴油開始噴入汽缸中，如圖2-10-159(b)所示。

(三) 停止噴油

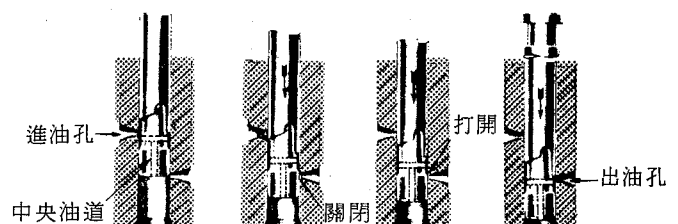
當油泵柱塞下部的圓柱體移過出油孔時，柱塞室中之柴油就從油泵柱塞之T形油道及出油孔流出，油壓立刻降低，停止噴油，如圖2-10-159(c)所示。

(四) 餘留行程

凸輪繼續轉到最高點，柱塞繼續往下移動，直到下死點為止為餘留行程，油泵柱塞空動作，無油噴出，如圖2-10-159(d)所示。

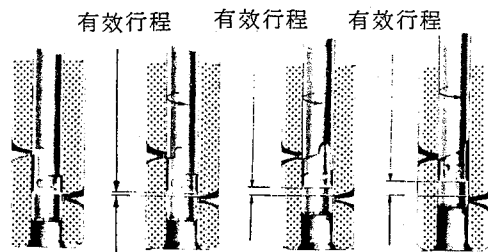
五、噴油器之油量控制

噴油量之多少由柱塞左右轉動，改變柱塞有



(a) 柴油進入 (b) 開始噴油 (c) 停止噴油 (d) 餘留行程

圖 2-10-159 噴油器的噴油過程 [註152]



(a)不噴油 (b)少量噴油 (c)中量噴油 (d)全量噴油

圖 2-10-160 油泵柱塞偏轉角度和有效行程之關係

[註153]

效行程而控制之。

(一)不噴油

如圖2-10-160(a)所示，油泵柱塞下面之圓柱體露出出油孔後，進油孔仍未封閉，故無高壓油產生。

(二)少量噴油

如圖2-10-160(b)所示，油泵柱塞向左轉動少許，柱塞上之螺旋槽蓋住進油孔時，柱塞下之圓柱體仍蓋住出油孔，故有高壓油產生，但很快出油孔就露出，停止噴油，故噴油量很少。

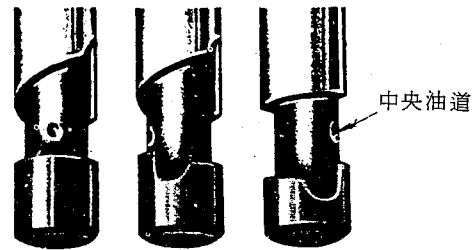
(三)中量噴油

如圖2-10-160(c)所示，油泵柱塞再繼續向左轉，到圖示位置時，進油孔關閉後，出油孔需一段時間才打開，故噴油量增加。

(四)全量噴油

如圖2-10-160(d)所示，油泵柱塞向左轉到底時，柱塞螺旋槽最早蓋住油孔，柱塞有效行程最

控制開始噴油時間



控制停止噴油時間

(a) (b) (c)

圖 2-10-161 油泵柱塞螺旋槽之形狀

[註154]

長，噴油量最多。

(五)噴油時間早晚之控制

1. 噴油時間之早晚可由油泵柱塞螺旋槽的形狀來決定。油泵柱塞螺旋槽上緣用來控制開始噴油時間之早晚，螺旋槽愈低，噴油開始時間愈早。螺旋槽下緣用來控制結束噴油時間之早晚，螺旋槽愈低，結束噴油時間愈早。

2. 如圖2-10-161(a)所示為開始噴油時間隨噴油量增加而提早結束時間一定之柱塞。

3. 圖中(b)所示為開始噴油時間隨噴油量增加而提早，停止噴油時間隨噴油量增加而變晚之柱塞。

4. 圖中(c)所示為開始噴油時間一定，結束噴油時間隨噴油量增加而變晚之柱塞。

第九節 搖板式噴射泵

10-9-1 概述

搖板式噴射泵為複式高壓噴射泵之一種，它與前述之複式高壓噴射泵最大之不同點係以軸上傾斜之搖板代替凸輪來推動油泵柱塞。油量之測定係利用一根柱形之旋轉閥來控制，與一般複式高壓噴射泵由柱塞之旋轉來控制油量之方法不同。油泵柱塞之數量與引擎汽缸數相同，依發火順序排列在搖板之圓周上與軸平行。

10-9-2 構造及作用原理

一、搖板之工作原理

圖2-10-162所示為搖板式泵之工作原理，當泵軸旋轉時，軸上傾斜之搖板除旋轉外，並產生往復運動，各油泵柱塞推桿使柱塞產生吸送油動作，搖板每旋轉一圈，產生一次往復吸送油作用。

二、噴油量控制

(一)測油閥與搖板由同一軸驅動，測油閥之圓柱形為精密研磨而成，與外套密切配合，不易漏油。柴油自柱形閥中部之挖槽處進入，此段用以儲油，其上有一三角形凸塊，其外徑與測油閥相同，儲油室之一側有油孔分別通往油泵柱塞之頂部，使油泵柱塞室中經常充滿柴油。當軸旋轉時，三角形凸塊依發火順序將通往油泵柱塞室之油孔堵住。當三角凸塊堵住油孔時，正好柱塞壓油，常油壓超過高壓油管中之油壓時，柴油推開輸

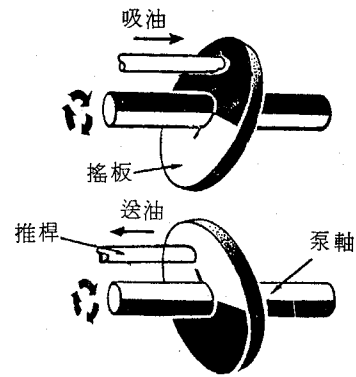


圖 2-10-162 搖板式噴射泵工作原理〔註155〕

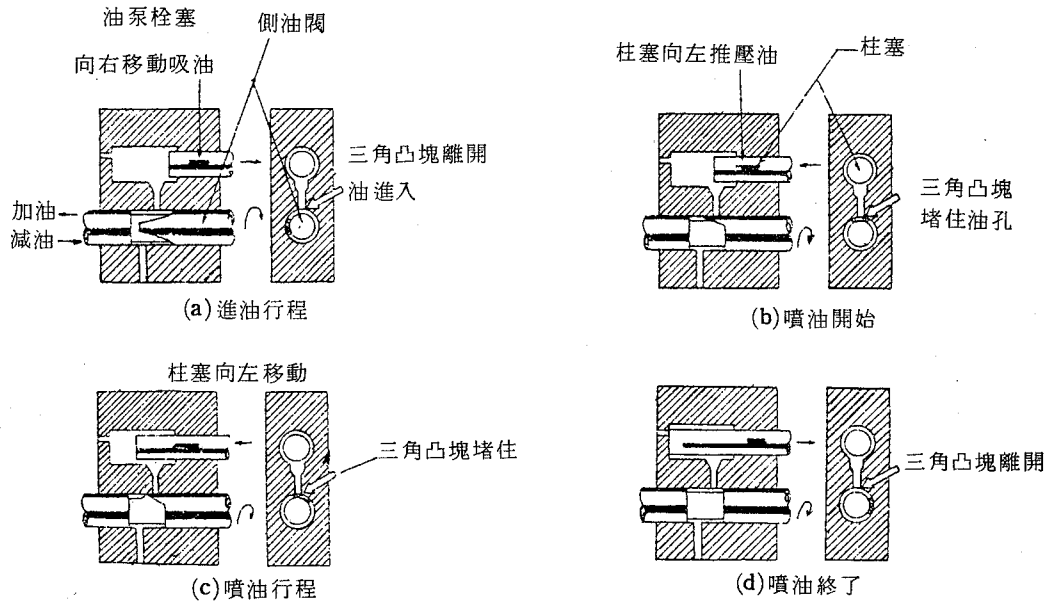


圖 2-10-163 測油閥與柱塞之作用〔註156〕

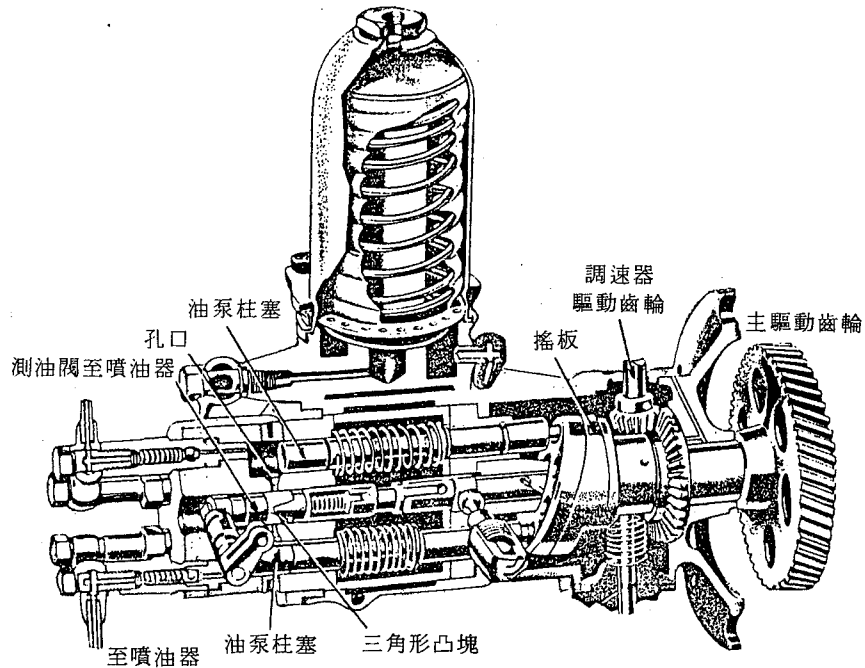


圖 2-10-164 艾克西羅搖板式噴射泵之構造〔註157〕

油門經噴射管、噴油器噴入汽缸。

(二)噴油量之多少係前後移動測油閥來控制。當測油閥向搖板方向移動到最低時，三角形凸塊無法堵住油孔，故無油噴出，當測油閥向柱塞方向移動時，三角形凸塊之較大部分堵住油孔，使油孔堵住時間長，噴油量增加，如圖2-10-163所示。

(三)噴油時間因噴油量之增加而提前，結束時間則隨噴油量之增加而延遲。

三、搖板式噴射泵之構造

圖2-10-164所示為美國艾克西羅搖板式噴射泵之構造。測油閥之移動改變噴油量係由調速器控制。

第十節 電腦控制柴油噴射系統

10-10-1 概述

(一)為提高柴油引擎之動力性能、燃料經濟性、減少怠速噪音、提高加速性能、降低排汽污染，柴油引擎亦開始採用各種感知器、電腦及動作器來控制柴油之噴射量及噴射時間。

(二)日本五十鈴汽車公司之I-TEC柴油引擎及豐田汽車公司2L-TE柴油引擎為世界上最早使用

電腦控制之柴油噴射系統。該二系統均以波細V E型高壓分油式噴射泵做基礎，加上各種動作器來操作；動作器依各種感知器信號經電腦計算後之指令動作，以供應各種運轉狀況下最適當之噴油量及噴油時期。

10-10-2 五十鈴 I-TEC 電腦控制柴油噴射系統

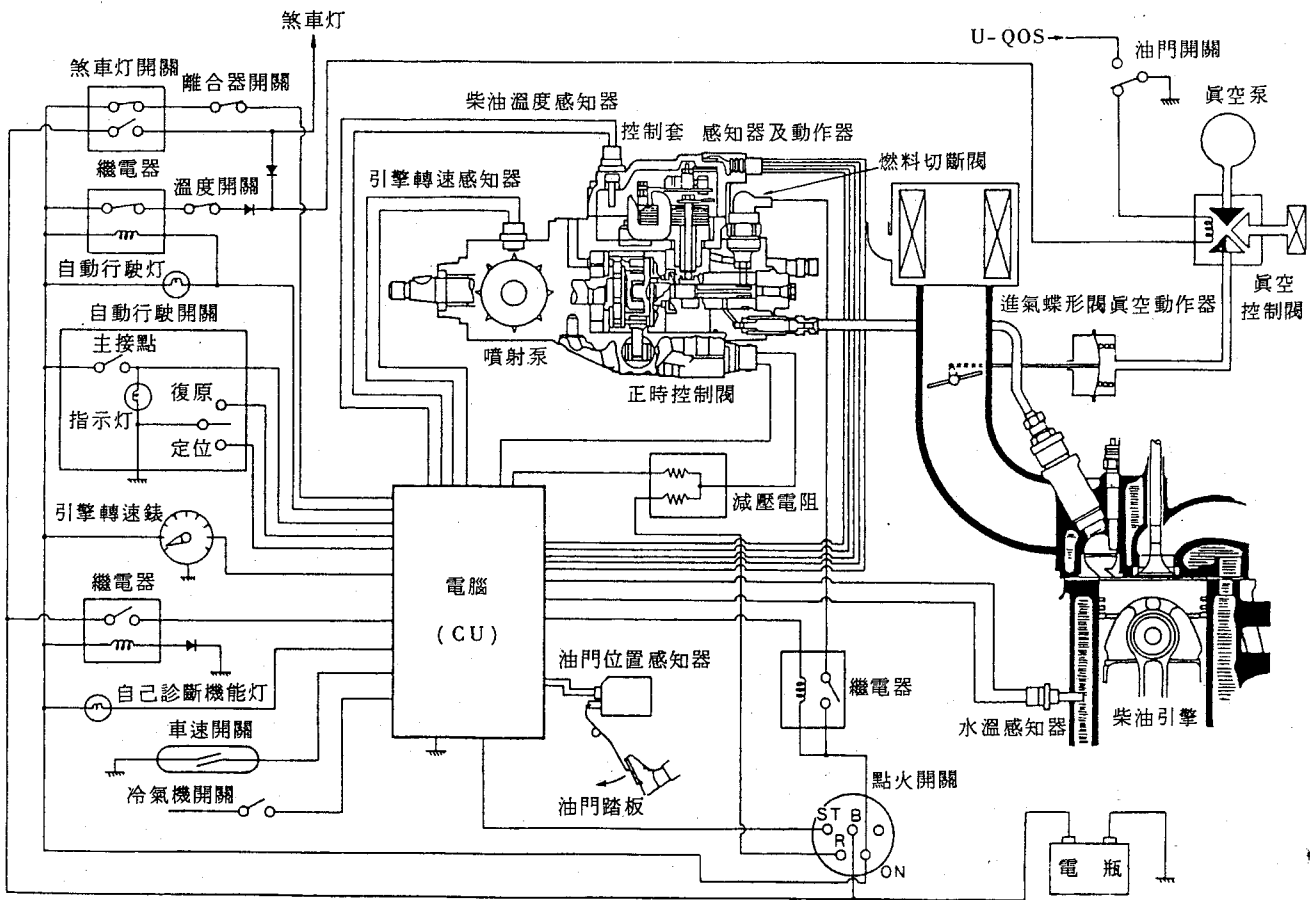


圖 2-10-165 五十鈴 I-TEC 電腦控制柴油噴射系統構成圖 [註158]

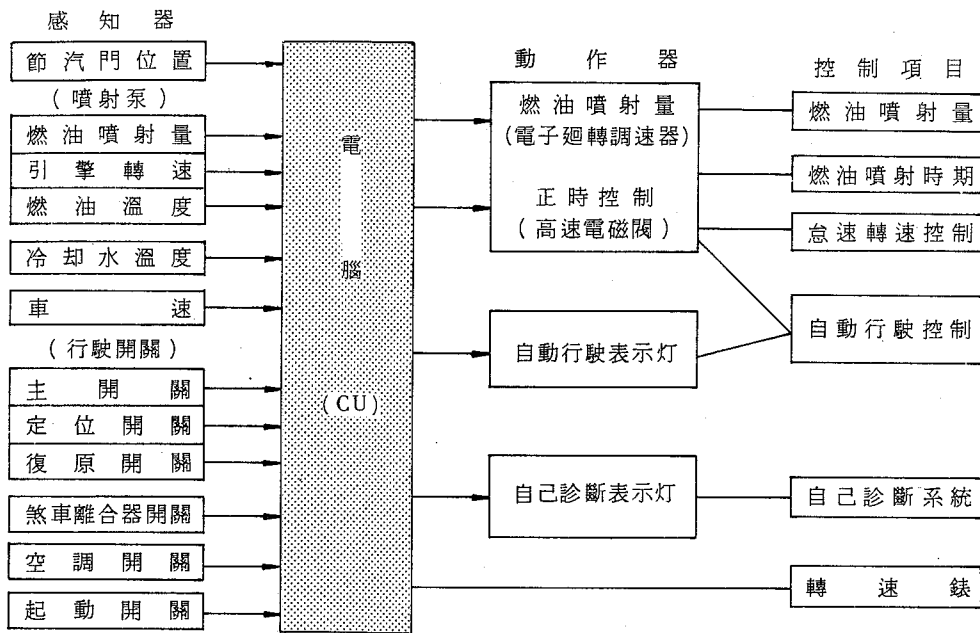


圖 2-10-166 五十鈴雙子星牌轎車 I-TEC 電腦控制柴油噴射及自動行駛控制系統作用方塊圖〔註159〕

一、概述

五十鈴 I-TEC 電腦控制柴油噴射系統之構成如圖 2-10-165 所示，其控制方法方塊圖如圖 2-10-166 所示。該系統用在雙子星 (Gemini) 牌轎車上，該轎車裝有自動行駛裝置，其中六個開關是控制自動行駛系統用，六個感知器提供引擎運轉信號給電腦 (CU)，經計算後指示裝在噴射泵上之電子迴轉調速器及正時控制閥等動作器作用，以控制噴油量及噴油時期。本系統並有故障自己診斷及修正系統，為世界上最早電腦化控制之柴油引擎動力轎車。

二、燃料控制系統

波細 VE 型高壓分油式噴射泵之噴油量控制係移動控制環來改變噴射泵柱塞之有效行程而控制之，洩放孔開得愈早，噴射量愈少，開得愈晚，噴油量愈多。控制環之移動以機械方式控制較為容易。I-TEC 電腦控制柴油噴射系統使用電子迴轉型機械調速器來使控制環移動，如圖 2-10-167 所示。電子迴轉調速器之動作由電腦指示，電腦則根據六個感知器依運轉條件接收之信號計算後下達指令。

(一) 電子迴轉調速器

電子迴轉調速器之構造如圖 2-10-167 所示，為一種大電流強力電子迴轉型調速器，動作電流約 5 ~ 6 A。轉子之軸端為偏心，使轉子之迴轉

運動經控制環變為直線運動。轉子之最大迴轉角度約 60 度，其迴轉角度之大小由電腦控制。

(二) 油門位置感知器

油門位置感知器之構造如圖 2-10-168 及圖 2-10-169 所示，為一種可變感應係數式信號發電機。當油門移動時，與推桿連在一起之鐵芯在線圈中移動；鐵芯在線圈中之位置改變時，感應係數發生改變，使發出之脈衝信號亦隨著改變，將

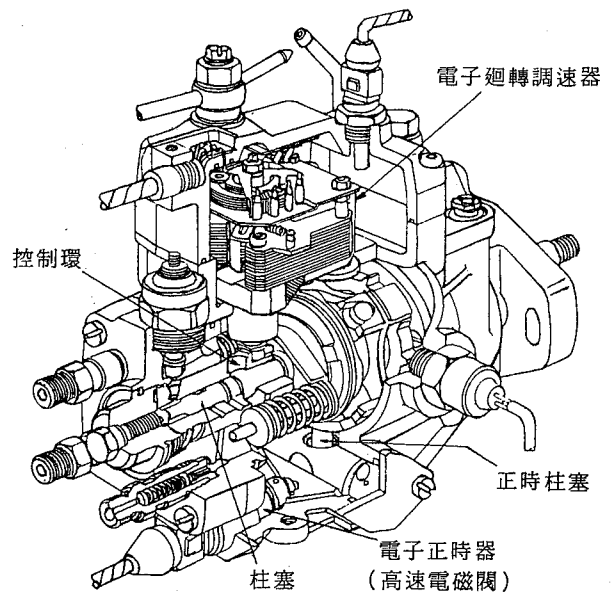


圖 2-10-167 裝有電子迴轉調速器及正時器之波細 VE 型噴射泵之構造〔註160〕

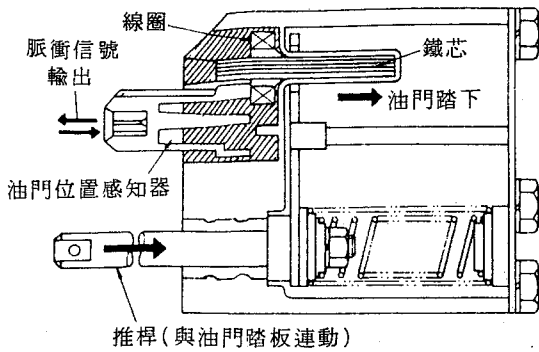


圖 2-10-168 油門位置感知器(一) [註161]

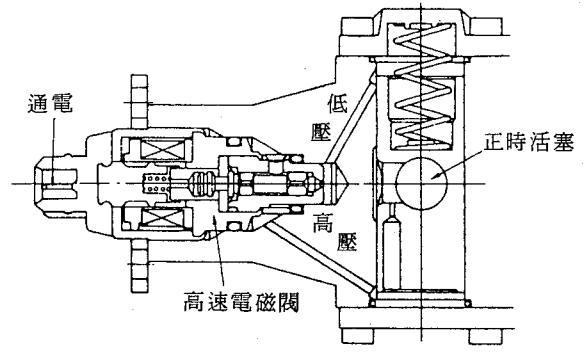


圖 2-10-170 電子正時器之構造 [註162]

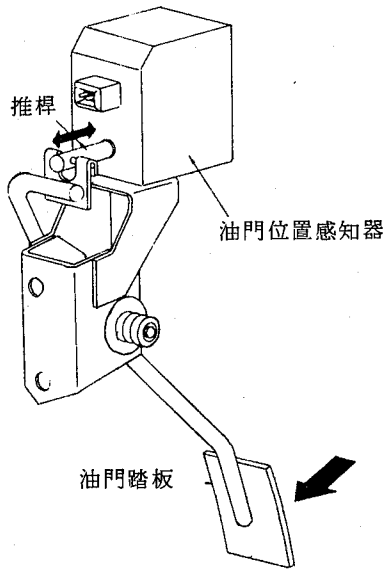


圖 2-10-169 油門位置感知器(二) [註161]

油門位置信號送給電腦，以做控制電子迴轉調速器之基礎。此種感知器無機械接觸，耐久性佳，產生之信號為數位信號，精確可靠，油門踏板之操作力很輕，使加油反應輕巧靈敏。

(二)電子正時器

普通波細 VE 型高壓分油式噴射泵噴油時期之控制，係由噴油泵之轉速決定；轉速高時供油

泵之送油壓力高，推動正時活塞，使滾輪架轉動，而使凸輪盤上升之時間提早，而使噴油時間提前。電子正時器之作用原理基本上仍與 VE 相似，正時控制閥為與汽油噴射器相似之精密高速電磁閥，由電磁閥電流之通斷來控制洩漏油量而改變作用在正時活塞之油壓，構造如圖 2-10-170 所示。

三、進氣量控制

一般使用波細 VE 型高壓分油式噴射泵之柴油引擎，進氣系統不加控制。I-TEC 電腦控制系統為改善引擎性能，減少怠速運轉噪音，在進氣管中裝有蝶形閥，如圖 2-10-165 所示。蝶形閥之開閉由真空操縱，非由電腦控制。

四、故障自己診斷及修正系統

五十鈴雙子星牌電腦控制柴油引擎轎車裝有故障自己診斷及修正系統，其診斷項目及修正處理如表 2-10-1 所示。當七項自己診斷項目中，有一項故障時，在儀錶板左側的引擎檢查燈發生閃亮，告知駕駛人需立刻將車子送工場檢修。安全對策之自動修正系統能立即產生作用，使車子仍能行駛。

五、迅速起動裝置

表 2-10-1 故障自己診斷及修正系統功能

故障自己診斷項目	診斷內容	修正處理	備考
冷却水溫度感知器信號系統	斷路或短路	固定在冷却水溫 80°C	正常後復原
燃油溫度感知器信號系統	"	固定在燃油溫度 50°C	"
引擎轉速感知器信號系統	無輸入信號	燃油切斷	
車輛速度感知器信號系統	"	自動行駛裝置完全解除	
油門位置感知器信號系統	斷路或短路	怠速狀態	
燃油噴射量控制系統	動作器、感知器及控制部不正常	燃油切斷	
自動行駛開關信號系統	短路	自動行駛裝置完全解除	

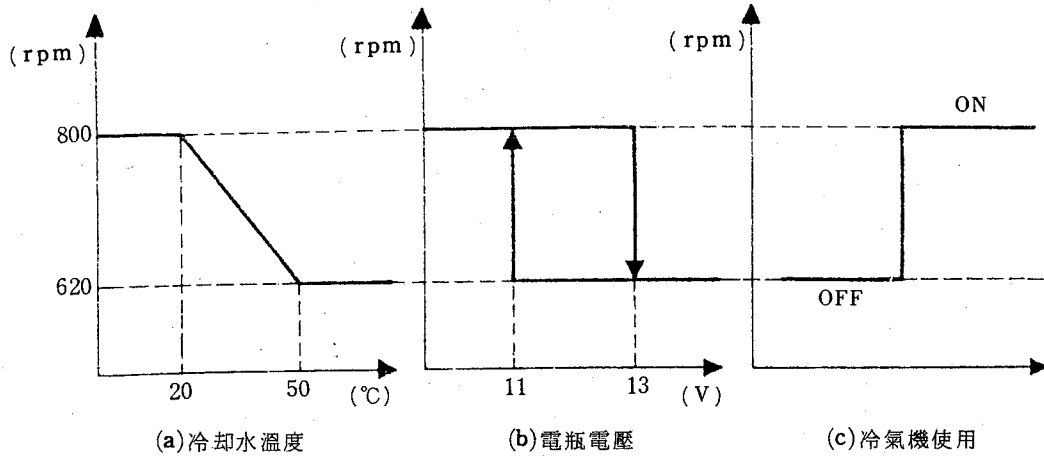


圖 2-10-171 I-TEC 系統怠速轉速控制情形 [註163]

五十鈴 I-TEC 電腦控制柴油引擎使用迅速預熱起動裝置 QUOS (ultra quick on system)。普通使用一般預熱系統之柴油引擎，於低溫發動引擎前至少需預熱 20 ~ 30 秒才能發動，但 U-QOS 系統在氣溫零下 10 ~ 20°C 之低溫下預熱起動僅需時 3.5 秒，起動性與汽油引擎完全相同。關於 U-QOS 迅速預熱起動系統之構造作用，將在第五編汽車電學中詳為介紹。

六、怠速轉速控制

I-TEC 電腦控制柴油噴射系統附有怠速轉速控制裝置，正常怠速為 620 rpm；當引擎水溫低

於 20°C 或使用冷氣機時，或電瓶電壓低於 11V 時，能自動提高怠速轉速為 800 rpm，如圖 2-10-171 所示。

10-10-3 豐田 2L-TE 電腦控制柴油噴射系統

一、概述

豐田汽車公司皇冠 (Crown) 牌轎車所使用之 2L-TE 電腦控制柴油引擎構造及作用與五十鈴 I-TEC 系統有很大差異。2L-TE 型柴油引擎裝有排氣渦輪增壓進汽裝置，噴油量及正時之控制方法與 I-TEC 完全不同，圖 2-10-172 為 2L-TE 電腦

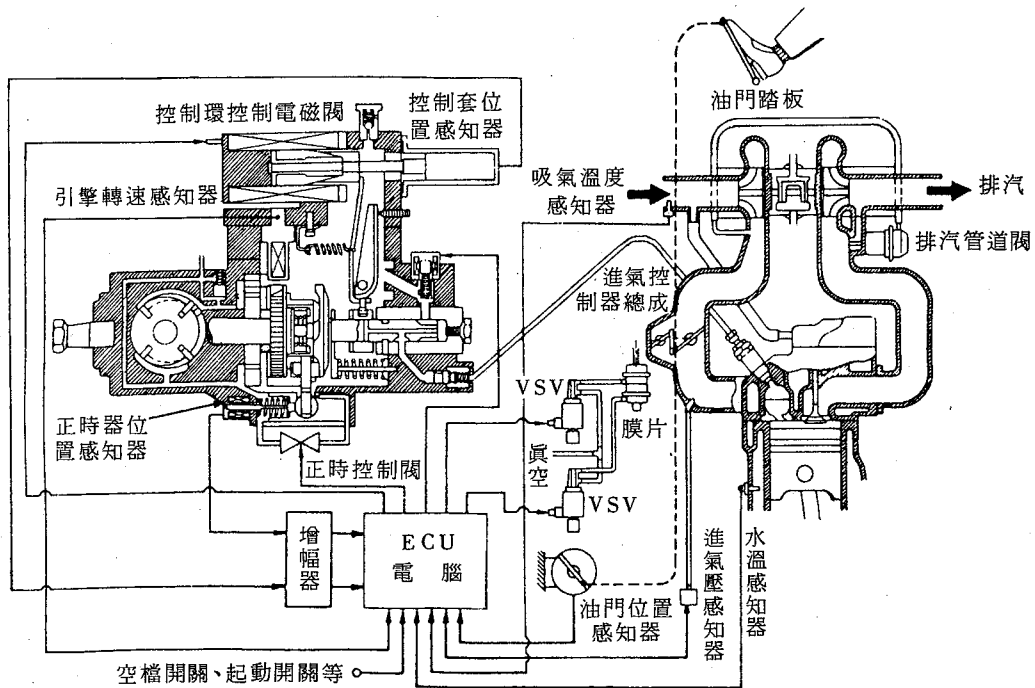


圖 2-10-172 豐田 2L-TE 電腦控制柴油噴射系統組成圖 [註164]

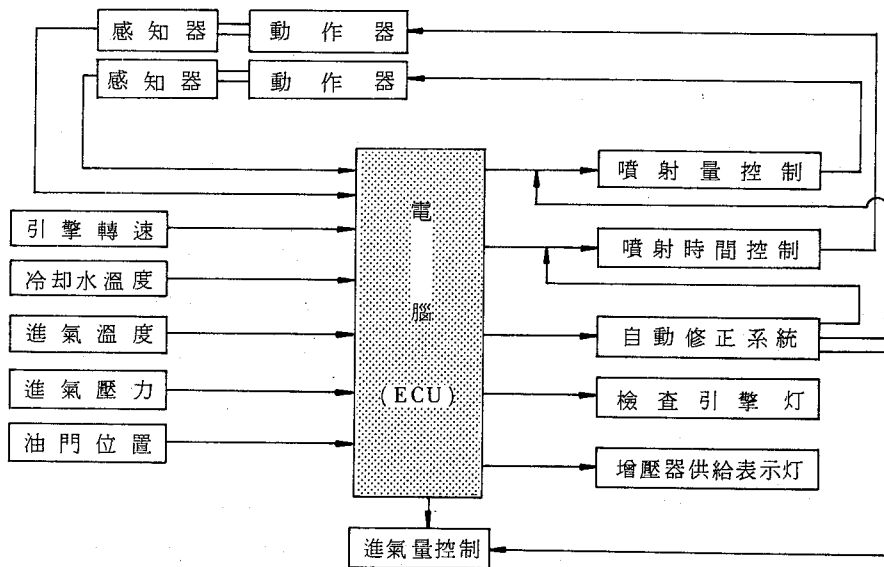


圖 2-10-173 豐田 2L-TE 電腦控制柴油噴射系統作用方塊圖 [註165]

控制柴油噴射系統之組成圖，其控制方塊如圖 2-10-173 所示。

二、噴油量控制

燃油噴射量之多少由洩放孔開放時間之早晚而定，洩放孔開放時間由控制環之位置決定，控制環之移動由電磁閥之鐵芯經連桿而操縱之，如圖 2-10-172 所示。電磁閥芯之移動量由油門踏板位置及引擎轉速之基本信號，加上冷却水溫、進氣溫等修正信號共同提供給電腦計算後決定。

(一) 控制環控制電磁閥

控制環控制電磁閥之構造如圖 2-10-174 所示，電磁閥之驅動電流約 0.4~0.9 A。

(二) 控制環位置感知器

控制環位置感知器裝置情形如圖 2-10-174 所示，提供控制環位置情報給電腦，據以做更精密之控制。

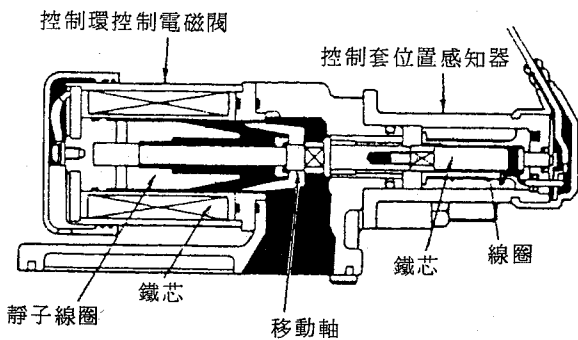


圖 2-10-174 控制環控制電磁閥及控制環位置感知器構造 [註166]

(三) 進氣壓力感知器

進氣壓力感知器裝在進氣歧管上，如圖 2-10-162 所示，當引擎進氣過給時，能提供信號以增加噴油量，以增大引擎動力；在海拔高於 900 m 以上時，亦能提供信號以修正噴油量，防止冒黑烟。

(四) 油門位置感知器

2L-TE 之油門位置感知器為可變電阻式電位計，由油門鋼繩連動。油門未踩時，怠速連接點閉合，提供怠速運轉信號給電腦；踩下油門後將油門踏板之位置及位置變動率（加油速度）提供信號給電腦，以增減噴油量，其構造如圖 2-10-175 所示。

三、噴射時期控制

(一) 2L-TE 電腦控制柴油噴射系統使用之電子正時器之構造如圖 2-10-176 所示。由電磁閥線圈電流通斷時間的變化率來控制壓力油洩放速度，進而改變作用在正時活塞上之油壓，而使正時活塞位置發生變動而變更噴射開始時期。

(二) 正時器上設有正時活塞位置感知器，將正時活塞位置變動之信號提供給電腦，以做精密之正時控制，為一極精密之閉迴路控制系統。

四、進氣量控制

豐田 2L-TE 電腦控制柴油引擎為減少怠速時之引擎噪音，及在緊急時與引擎停止時限制進氣量，在進氣歧管入口處設有二只蝶形閥。大的蝶

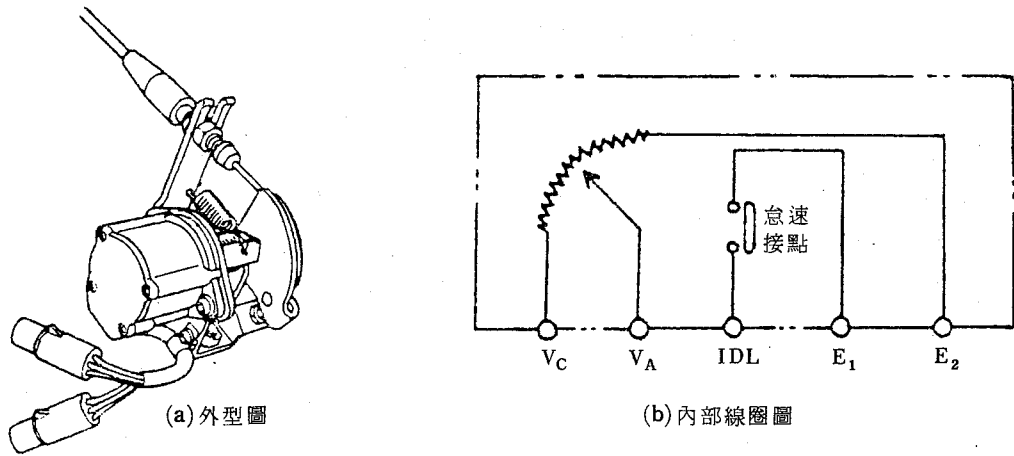


圖 2-10-175 油門位置感知器之構造 [註167]

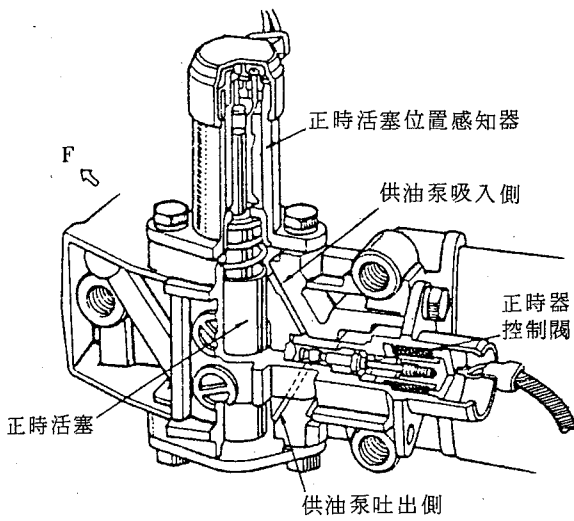


圖 2-10-176 電子正時器之構造 [註168]

形閥①與油門踏板連動，小的蝶形閥②由真空膜片操縱，能做全閉、半開、全開三個位置之控制。真空動作器作用之真空及大氣壓力大小係由各感知器提供信號經電腦計算後決定之。引擎冷却水溫在60°C以下時，小蝶形閥全開，以增快怠速轉速，其控制系統如圖 2-10-177 所示。

五、怠速轉速控制

2L-TE 電腦控制柴油噴射系統能依自動變速箱排檔位置、冷却水溫度及有無使用冷氣機等狀況改變怠速轉速，有700、750、800 rpm 三個不同怠速轉數值。

六、故障自己診斷及修正系統

2L-TE 電腦控制柴油噴射系統，各感知器與動作器有故障時，儀錶板上之檢查引擎燈即閃亮

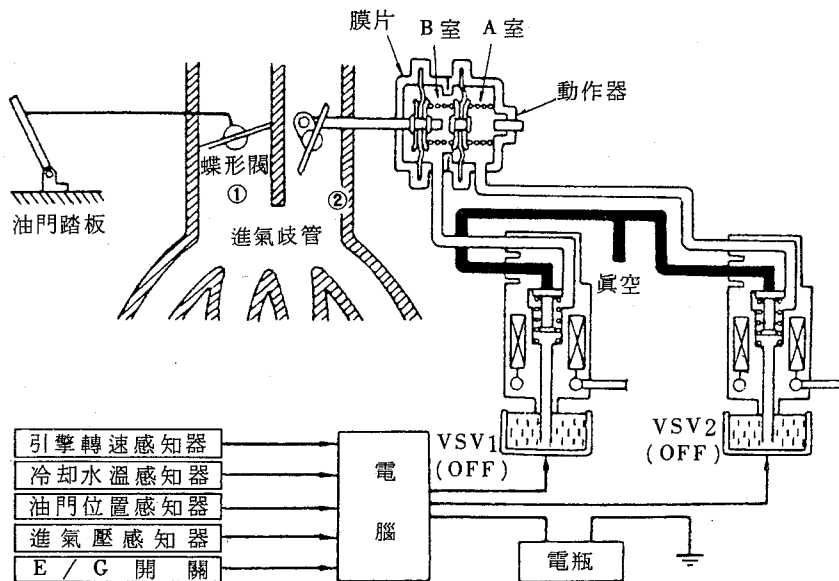


圖 2-10-177 2L-TE 進氣控制系統圖 [註169]

，告知駕駛人需迅速將車子送工場檢修；同時自動修正系統立即發生作用，使車輛仍能繼續行駛。故障自動診斷項目有13項，修護工場能使用含

氧量感知器用檢驗器來檢查出故障所在。為防止引擎超速運轉，當轉速超過5,600 rpm時，自動切斷燃料供應。

【習題】

1. 試繪圖說明柱塞式供油泵的吸送油作用。
2. 供油泵上裝手動泵有何功用？
3. 間隙在0.001 mm～0.015 mm的柴油引擎機件有那些？
4. 初次與二次柴油濾清器分別裝在何種機件間？
5. 柴油噴射系統應具備那些性能？
6. 簡述複式噴射泵與高壓分油式噴射泵有何區別或差異？
7. 輸油門有何功用？
8. 柱塞依加油方向及螺旋形狀可分為那幾種？
9. 如何判別柴油引擎是用左或右旋式柱塞？
10. 試述正螺旋柱塞的構造及噴油時間之變化。
11. 複式噴射泵如何控制噴油量？
12. 噴油嘴有滴油現象時會產生那些不良毛病？
13. 噴射泵內的舉桿機構可以調整什麼？
14. 複式噴射泵如何改變噴油量？
15. 調速器依構造及功能可分為那幾種？
16. 何謂高低速調速器？
17. 何謂全速調速器？
18. 何謂綜合調速器？
19. 真空式調速器的構造包括那兩大部分？
20. 真空式調速器中怠速輔助彈簧有何功用？
21. 為什麼真空式調速器內要裝等量裝置？
22. 真空式調速器加裝何種設計可防止引擎之逆轉？
23. RQ型與R型離心式調速器在構造上有何不同？
24. 試述RQ型調速器在引擎有負荷時如何作用？
25. RQ或RQV型調速器裝設高度調節裝置有何功用？
26. RSVD型調速器在構造上有何特點？
27. RSVD型調速器為什麼裝設升壓整補器？
28. RSVD型調速器具有何優點？
29. RAD型調速器有何優點？
30. RBD型調速器有何優點？
31. 噴射泵上為什麼要裝設正時器？
32. 針型噴油嘴用於何種燃燒室之引擎？
33. 節流型噴油嘴是應用何種噴射方式？有何優點？
34. 為什麼要使用油冷孔型噴油嘴？
35. 閉式噴油器的噴油嘴架有那些裝置？有何功用？
36. 改用高壓分油式噴射泵有何優點？
37. 高壓分油式噴射泵的構造包括那些主要機件？
38. 高壓分油式噴射泵的正時器是利用什麼來操縱？
39. 英國CAV牌DPA型高壓分油泵之構造包括那些機件？
40. 固敏氏噴射泵與複式高壓噴射泵有何不同點？
41. 簡述固敏氏凸緣式噴油器之作用。
42. GM柴油噴射系統有何特點及優點？
43. GM柴油噴射系統的噴油器有何功能？
44. 波細VE型噴射泵有何特點？
45. 試述波細VE型噴射泵油量控制及熄火方法。
46. 試述五十鈴I-TEC電腦控制柴油噴射系統之燃料控制方法。
47. 試比較五十鈴I-TEC及豐田2L-TE電腦控制柴油噴射系統之異同。
48. 使用電腦控制柴油噴射系統之引擎為何均設有進氣量控制裝置？
49. 試述搖板式噴射泵之作用原理。
50. 艾克西羅搖板式噴射泵如何控制噴射量？

【資料來源註釋】

- 〔註1〕 Bosch Technical Instruction Fuel Injection Equipment for Diesel Engines Fuel Injection Pumps PE and PF P.5
- 〔註2〕 同〔註1〕 Fig34
- 〔註3〕 同〔註1〕 P.13
- 〔註4〕 楊思裕編著 汽車柴油引擎上 圖5-4
- 〔註5〕 全國自動車整備學校連盟編 ジーゼル・エンジンの構造 圖7-6
- 〔註6〕 宋建勳編著 現代柴油引擎燃料系統 第3圖
- 〔註7〕 Departments of the Army & the Air Force Principles of Automotive Vehicles Fig88
- 〔註8〕 同〔註7〕 Fig89
- 〔註9〕 促進雇用事業團職業訓練部編 自動車内燃機關の構造 圖9-7
- 〔註10〕 同〔註1〕 Fig61
- 〔註11〕 同〔註1〕 Fig60
- 〔註12〕 同〔註1〕 Fig62
- 〔註13〕 同〔註1〕 Fig60
- 〔註14〕 同〔註4〕 圖5-11
- 〔註15〕 同〔註4〕 圖5-12
- 〔註16〕 Toyota Motor Sales Co. LTD. B Engine P.121
- 〔註17〕 同〔註1〕 Fig4
- 〔註18〕 同〔註9〕 圖9-9(1)
- 〔註19〕 同〔註4〕 圖15-4
- 〔註20〕 同〔註9〕 圖8-16
- 〔註21〕 Nissan Motor Sales Co. LTD. Diesel Engine Service Training Information Pub. No.35006 P.14
- 〔註22〕 同〔註9〕 圖9-17
- 〔註23〕 同〔註5〕 圖7-16
- 〔註24〕 汽車修護② 圖88及98
- 〔註25〕 Bosch Technical Instruction Governor for In-Line Pumps Fig1
- 〔註26〕 同〔註24〕 圖86
- 〔註27〕 同〔註24〕 圖87
- 〔註28〕 同〔註6〕 圖14
- 〔註29〕 同〔註9〕 圖9-24
- 〔註30〕 孫國旺編著 柴油引擎 圖4-40
- 〔註31〕 同〔註4〕 圖5-27
- 〔註32〕 同〔註24〕 圖89, 90
- 〔註33〕 同〔註30〕 圖4-38
- 〔註34〕 同〔註1〕 Fig13, 〔註4〕 圖5-29
- 〔註35〕 同〔註4〕 圖5-29
- 〔註36〕 同〔註1〕 Fig14
- 〔註37〕 同〔註1〕 Fig15
- 〔註38〕 同〔註4〕 圖5-27
- 〔註39〕 同〔註9〕 圖9-20
- 〔註40〕 同〔註4〕 P.189, 〔註30〕 P.112, 及同〔註5〕 P.152-153
- 〔註41〕 同〔註9〕 圖9-32
- 〔註42〕 同〔註9〕 圖9-33
- 〔註43〕 同〔註9〕 圖9-36(b)
- 〔註44〕 同〔註9〕 圖9-40
- 〔註45〕 同〔註9〕 圖9-36(a)
- 〔註46〕 同〔註9〕 圖9-35
- 〔註47〕 同〔註9〕 圖9-44, 9-45
- 〔註48〕 同〔註9〕 圖9-39
- 〔註49〕 同〔註4〕 圖5-78
- 〔註50〕 同〔註21〕 P.23
- 〔註51〕 同〔註9〕 圖9-43
- 〔註52〕 同〔註4〕 圖5-71(1)
- 〔註53〕 同〔註21〕 P.20
- 〔註54〕 同〔註9〕 圖9-46
- 〔註55〕 同〔註9〕 圖9-47
- 〔註56〕 日產自動車株式會社編 内燃機關の構造
- 〔註57〕 同〔註4〕 圖5-86
- 〔註58〕 同〔註4〕 圖5-82
- 〔註59〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車ジーゼル・エンジン 圖III-11
- 〔註60〕 同〔註59〕 圖III-12
- 〔註61〕 同〔註4〕 圖5-85
- 〔註62〕 同〔註4〕 圖5-86
- 〔註63〕 同〔註4〕 圖5-87
- 〔註64〕 勞働省職業訓練局編 自動車整備〔II〕 内燃機關編 圖6-52
- 〔註65〕 同〔註64〕 圖6-50
- 〔註66〕 同〔註9〕 圖9-51(1)
- 〔註67〕 同〔註9〕 圖9-51(2)
- 〔註68〕 同〔註4〕 圖5-94
- 〔註69〕 同〔註21〕 Fig17
- 〔註70〕 同〔註4〕 圖5-95
- 〔註71〕 同〔註25〕 Fig44
- 〔註72〕 同〔註25〕 Fig38
- 〔註73〕 同〔註4〕 圖5-97
- 〔註74〕 同〔註25〕 Fig70
- 〔註75〕 同〔註25〕 Fig71, 72
- 〔註76〕 同〔註4〕 圖5-98
- 〔註77〕 同〔註25〕 Fig61
- 〔註78〕 同〔註5〕 圖7-58
- 〔註79〕 同〔註5〕 圖7-59
- 〔註80〕 同〔註4〕 圖5-102

- 〔註81〕 同〔註4〕 圖 5-103
 〔註82〕 同〔註4〕 圖 5-104
 〔註83〕 同〔註4〕 圖 5-105
 〔註84〕 同〔註4〕 圖 5-106
 〔註85〕 同〔註4〕 圖 5-107
 〔註86〕 同〔註9〕 圖 9-54
 〔註87〕 同〔註25〕 Fig 62
 〔註88〕 同〔註9〕 圖 9-55(1)
 〔註89〕 同〔註9〕 圖 9-55(2)
 〔註90〕 同〔註4〕 圖 5-112
 〔註91〕 同〔註4〕 圖 5-113
 〔註92〕 同〔註9〕 圖 9-60(a)
 〔註93〕 デンソー燃料噴射ポンプ説明書及RSQ型ガバナ編 圖 1
 〔註94〕 同〔註93〕 圖 2
 〔註95〕 同〔註93〕 圖 3
 〔註96〕 同〔註4〕 圖 5-115
 〔註97〕 同〔註4〕 圖 5-116
 〔註98〕 同〔註5〕 圖 7-53
 〔註99〕 同〔註5〕 圖 7-62
 〔註100〕 同〔註9〕 圖 9-58
 〔註101〕 同〔註9〕 圖 9-59(a)
 〔註102〕 同〔註9〕 圖 9-59(b)
 〔註103〕 Diesel Engineering Handbook 11th ed. Fig 8-17
 〔註104〕 同〔註6〕 圖 15
 〔註105〕 同〔註6〕 圖 16
 〔註106〕 同〔註6〕 圖 17
 〔註107〕 同〔註1〕 Fig 32
 〔註108〕 同〔註1〕 Fig 33
 〔註109〕 日産SD22型柴油引擎説明書
 〔註110〕 同〔註4〕 P. 191
 〔註111〕 同〔註9〕 圖 9-65, 9-66
 〔註112〕 同〔註30〕 圖 4-93
 〔註113〕 同〔註1〕 Fig 48
 〔註114〕 同〔註1〕 Fig 50, 51
 〔註115〕 同〔註1〕 Fig 49
 〔註116〕 同〔註1〕 Fig 52
 〔註117〕 同〔註9〕 圖 9-70, 9-71
 〔註118〕 同〔註1〕 Fig 44, 47
 〔註119〕 同〔註30〕 圖 4-94
 〔註120〕 同〔註1〕 Fig 45
 〔註121〕 同〔註1〕 Fig 46
 〔註122〕 Bill Toboldt Diesel Fundamentals, Service, Repair Fig 9-3
 〔註123〕 CAV and SIMMS Parts and Service DPA Fuel Injection Pump Fig 90
 〔註124〕 同〔註122〕 Fig 9-4
 〔註125〕 同〔註6〕 P. 123, 〔註5〕 P. 151
 〔註126〕 同〔註9〕 圖 9-73
 〔註127〕 同〔註4〕 圖 5-43
 〔註128〕 同〔註9〕 圖 9-74
 〔註129〕 自動車工學 Vol 31 No.10 P. 119 圖 4
 〔註130〕 同〔註129〕 P. 118 圖 3
 〔註131〕 同〔註129〕 P. 119 圖 5
 〔註132〕 同〔註129〕 P. 121 圖 6
 〔註133〕 同〔註129〕 P. 122 圖 7
 〔註134〕 同〔註122〕 Fig 8-26
 〔註135〕 Diesel Hand Book 11th ed. Fig 9-C-3
 〔註136〕 Erich J. Schuli Diesel Mechanics Fig 34-2
 〔註137〕 同〔註135〕 Fig 9-C-2
 〔註138〕 同〔註136〕 Fig 8-47
 〔註139〕 同〔註136〕 Fig 8-44
 〔註140〕 同〔註135〕 Fig 9-E-7
 〔註141〕 同〔註122〕 Fig 8-57
 〔註142〕 同〔註6〕 第 56 圖
 〔註143〕 同〔註122〕 Fig 8-59
 〔註144〕 同〔註122〕 Fig 8-64
 〔註145〕 同〔註122〕 Fig 8-66
 〔註146〕 同〔註122〕 Fig 8-65
 〔註147〕 同〔註122〕 Fig 8-67
 〔註148〕 同〔註136〕 Fig 32-30
 〔註149〕 Detroit Diesel Engines Series 53 Section 2 Fig 1
 〔註150〕 同〔註122〕 Fig 8-80
 〔註151〕 同〔註122〕 Fig 8-81
 〔註152〕 同〔註149〕 Fig 3
 〔註153〕 同〔註149〕 Series V-71 Section 2 Fig 2
 〔註154〕 同〔註136〕 Fig 31-10
 〔註155〕 黃靖雄編著 汽車學 圖 4-6-23
 〔註156〕 同〔註155〕 圖 4-6-25
 〔註157〕 同〔註155〕 圖 4-6-24
 〔註158〕 自動車工學 Vol 31 No.11 P. 42 第 2 圖
 〔註159〕 同〔註158〕 P. 41 第 1 圖
 〔註160〕 同〔註158〕 P. 43 第 3 圖
 〔註161〕 同〔註158〕 P. 44 第 4 圖
 〔註162〕 同〔註158〕 P. 45 第 6 圖
 〔註163〕 同〔註158〕 P. 47 第 7 圖
 〔註164〕 同〔註158〕 P. 49 第 1 圖
 〔註165〕 同〔註158〕 P. 49 第 2 圖
 〔註166〕 同〔註158〕 P. 50 第 3 圖
 〔註167〕 同〔註158〕 P. 50 第 4 圖
 〔註168〕 同〔註158〕 P. 50 第 5 圖
 〔註169〕 同〔註158〕 P. 51 第 6 圖

第十一章 迴轉活塞式汽油引擎構造

第一節 迴轉活塞式汽油引擎概述

(一)迴轉活塞引擎與同馬力V型八缸四行程往復活塞式汽油引擎相比較，使用零件數為V-8之半，體積僅 $\frac{1}{3}$ ，重量輕，為相當具有發展潛力之引擎。現以日本東洋公司出品馬自達卡皮拉車系(Mazda Capella series)之12A型迴轉活塞引擎來說明其構造及特種規範。

- (二)引擎主要配件如圖 2-11-1 所示。
- (三)引擎主要規範如表 2-11-1 所示。

表 2-11-1 引擎主要規範

引擎型式	12A 型
燃料種類	汽油 (普通)
冷卻方式	水冷強制循環式
轉子數及配列	正直列，二轉子
燃燒室形成	浴桶式
排汽量	迴轉活塞引擎 573 cc. × 2
壓縮比	9.4
壓縮壓力	6.7 kg/cm ² (220 rpm)
最高出力	120 ps/6500 rpm
最高扭矩	26.0 kg-m/3500 rpm
全負荷時最少燃料消費率	230 gr/ps-H/3500 rpm
怠速轉速	650~700 rpm



圖 2-11-1 迴轉活塞式引擎重要機件分解圖

第二節 迴轉活塞式汽油引擎之構造

11-2-1 引擎本體

一、概述

引擎本體由轉子殼、前端殼、中間殼、前蓋板、後蓋板、油底殼、轉子總成、偏心軸總成等組成，如圖2-11-2所示。

二、轉子殼

(一)轉子殼如圖2-11-3所示，其主要規格如表2-11-2所示。

(二)排汽口正時如表2-11-3所示。

(三)排汽口係新設計的蜂巢式，為14~17 mm的斜孔共有三個。

(四)為減少怠速時一氧化碳的排出，在後燃火星塞孔下切有11 mm的釋放切口。

(五)前後轉子殼之構造完全相同，但在裝配時，前轉子殼室側裝有引擎吊耳、分電盤、真空管定位夾，後轉子殼室側裝有⊕圓頭螺絲作封口之用。

(六)在排汽口上方開有進汽管預熱用溫水通道。

(七)火星塞位置與燃燒室之連通孔徑，引導火星塞孔徑1.2 mm。

表 2-11-2 轉子殼主要規格

偏心量	e	15 mm
創成半徑	R	121 mm
平行移動量	a	4 mm
寬	b	70 mm

表 2-11-3 排汽口正時

排汽口開	下死點前 80° (B.B.D.C.)
排汽口關	上死點後 40° (A.T.D.C.)

三、管狀定位銷

如圖2-11-4所示，管狀定位銷之長度為105 mm，分解引擎取出管狀定位銷時，需使用定位銷拉出器。

四、前端殼

前端殼如圖2-11-5所示。

(一)進汽口正時：進汽口在上死點後(ATDC) 32°打開，在下死點後(ABDC) 48°關閉。

(二)靠內壁之熱滑動面經高週波熱處理。

(三)上面有結合螺絲孔19處(M10; P = 1.0 mm)。

(四)前蓋板係利用前端殼上的8個螺絲固定。

(五)前端殼上裝有引擎轉子及支持偏心軸的固定齒輪。使用六個螺絲來固定，固定齒輪內並壓入主軸承，在標準裝配時與偏心軸之機油間隙只有0.04~0.07 mm。間隙限度為0.1 mm，如到達此限度時需更換主軸承。主軸承以固定齒輪上之定位銷固定之。

(六)前端殼上裝有調整偏心軸端間隙的止推墊片、球軸承殼、空間墊片及止推板等零件。裝配時之標準間隙為0.04~0.07 mm，磨損限度為

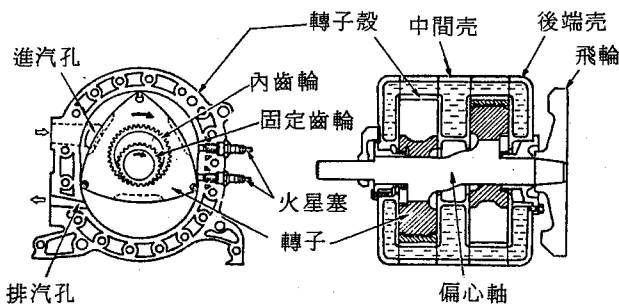


圖 2-11-2 迴轉引擎本體構造 [註 1]

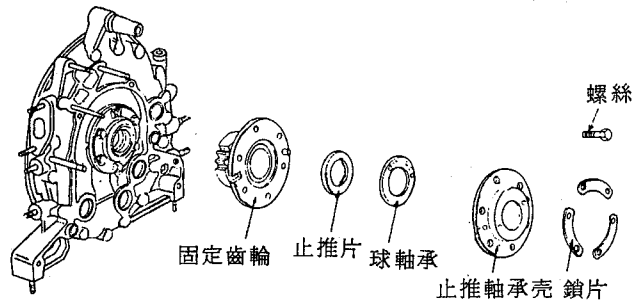
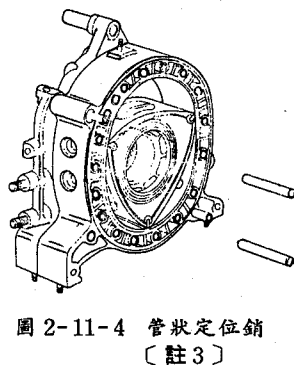
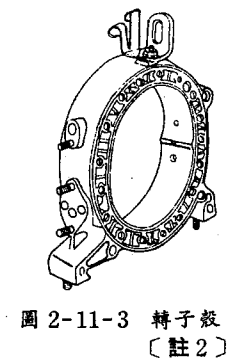


圖 2-11-3 轉子殼 [註 2]

圖 2-11-4 管狀定位銷 [註 3]

圖 2-11-5 前端殼及機件放置順序 [註 4]

0.09 mm。空間墊片有三種尺寸，L 為 9.08 ± 0.01 mm，M 為 9.04 ± 0.01 mm，N 為 9.00 ± 0.01 mm。選用適當墊片來調整端間隙使在標準數值內。止推間隙如過小，在轉數增加時會燒焦而發生怪音；如過大時在操作離合器時會產生異音。引擎分解後必須調整到標準值。

五、後端殼

後端殼如圖 2-11-6, 2-11-7 所示。

(一)本機件上裝有熱管夾、管接頭、油壓錶開關、油壓調節器等機件。

(二)進汽口正時與前端殼相同。

(三)同前端殼一樣僅熱滑動面經過熱處理。

(四)油壓錶開關在壓力低於 0.3 kg/cm^2 時接通。

(五)機油濾清器與後端殼間用兩條 O 型油封來防止漏油。

(六)由機油冷却器來的油管以 30° 之角度裝在接頭上。後端殼在油底殼內部裝有油壓調整器，調整油壓為 5 kg/cm^2 。

(七)與前端殼一樣裝有引導轉子迴轉及支持偏心軸的固定齒輪，其裝配規範同前端殼。

(八)為了便於吊引擎，後端殼上方裝有引擎吊耳，以螺絲固定在殼上。

六、中間殼

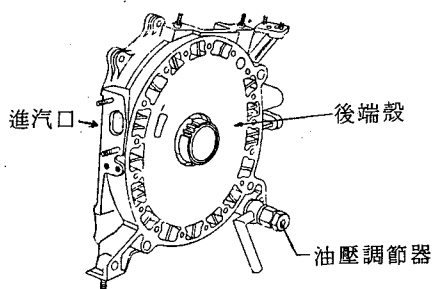


圖 2-11-6 後端殼內側 [註 5]

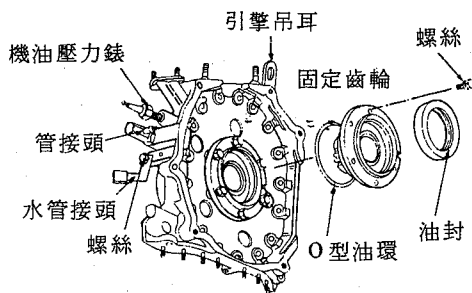


圖 2-11-7 後端殼外側 [註 6]

中間殼如圖 2-11-8 所示。

(一)進汽口正時同前後端殼，在上死點後 (ATDC) 32° 開，在下死點後 (ABDC) 40° 關閉。

(二)在兩側的熱滑動面都經過熱處理。

(三)中間殼的上方刻有引擎號碼。

(四)機油注入管，裝有將漏入曲軸箱之氣體送到空氣濾清器的分支管。

(五)中間殼底下裝有排放冷却水之塞子。

七、結合螺絲

(一)前後端殼、前後轉子殼及中間殼使用 19 支結合螺絲裝在一起。

(二)結合螺絲有兩種，長 252 mm 的 18 支，長 237 mm 的 1 支，為 M10，P = 1 mm JISI 級的螺絲。

(三)螺絲以如圖 2-11-9 之順序，以 2.4~2.7 kg-m 之扭矩上緊，螺絲與端殼間需放平墊片。

八、前蓋板

前蓋板如圖 2-11-10 所示。

(一)前蓋板上裝有分電盤、量機油泵、機油泵

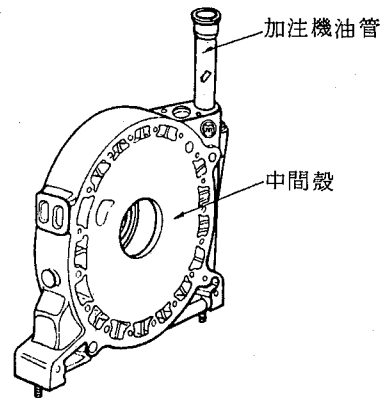


圖 2-11-8 中間殼 [註 7]

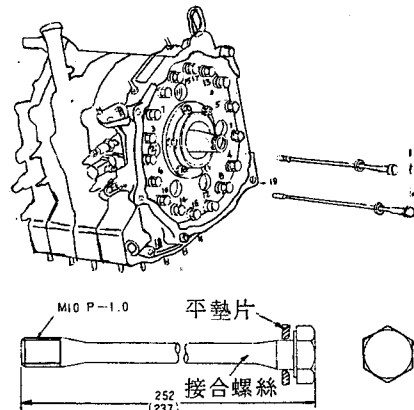


圖 2-11-9 結合螺絲與鎖緊順序 [註 8]

、機油溫度控制活門等附件，及用以調整點火正時之指針。

(一)分電盤由偏心軸驅動。

(二)量機油泵之驅動：

1.量機油泵由驅動分電盤及機油泵之齒輪驅動。

2.驅動軸裝在前蓋板上，如圖 2-11-11 所示。

(三)機油溫度控制活門，由引擎溫度的高低來控制機油之路徑（分二路），使機油很快達到工作溫度並防止油壓的損失，該活門裝在前蓋板下。

(四)前蓋板的裝配係以 4 種類 8 只螺絲固定在前端殼上，化油器之溢流管夾亦固定在其上，如圖 2-11-12 所示。

九、油底殼

油底殼如圖 2-11-13 所示。

(一)油底殼與引擎體間使用石棉質墊片，以 22 個螺絲及六片加強片來安裝。

(二)油底殼係鋼板壓成，容量 4,500 c.c.

(三)油底殼裝配時各殼室接合面應塗液體膠合

劑以防止漏油（10 處）。

11-2-2 轉子總成

一、概述

轉子厚 70 mm，以特殊鑄鐵製成，轉子的一側面裝有內齒輪，與裝在端殼上之固定齒輪相啮合做行星運動。爲了保持汽缸的氣密，轉子上面裝有防止漏氣的汽封（gas seal），還有防止冷卻轉子內部機油漏出之油封（oil-seal），如圖 2-11-14 所示。

二、轉子

(一)採用浴槽式燃燒室可得甚佳之燃燒效果。

(二)裝在轉子一側上之內齒輪，使轉子能很圓滑的在轉子殼上迴轉。

(三)內齒輪 51 齒，以 9 支定位銷來固定。

(四)與偏心軸配合的轉子軸承，係三層合金製成，壓入轉子後，以 3 只定位螺絲固定，偏心軸與轉子軸承之機油間隙爲 0.04~0.08 mm。

(五)轉子的冷卻，使用機油噴射式，在偏心軸上裝有噴油塞，在轉子的反齒側噴油。

(六)前轉子刻有 F 記號，後轉子刻有 R 記號。

(七)稜汽封（apex seal）的兩側鍍有硬鉻，刷積碳時要注意切勿傷到電鍍面。

(八)轉子的表面鍍有一層鋅金屬，分解以刷積

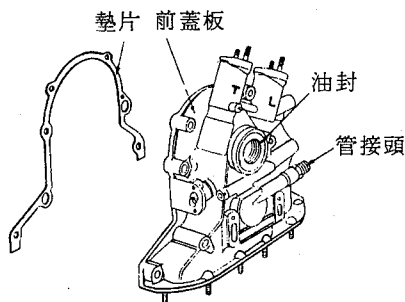


圖 2-11-10 前蓋板〔註9〕

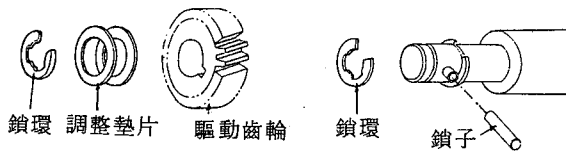


圖 2-11-11 量機油泵驅動軸〔註10〕

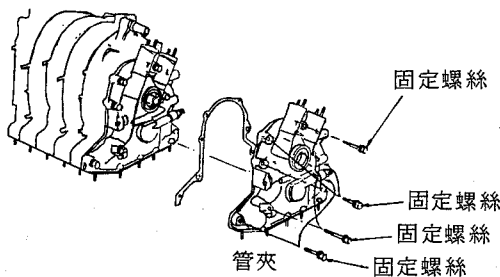


圖 2-11-12 前蓋板之裝合〔註11〕

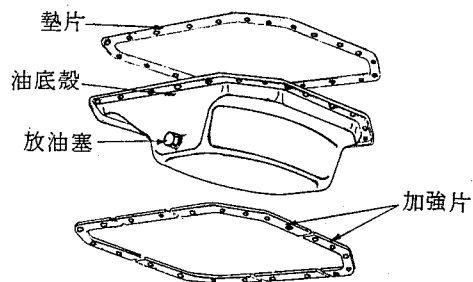


圖 2-11-13 油底殼總成〔註12〕

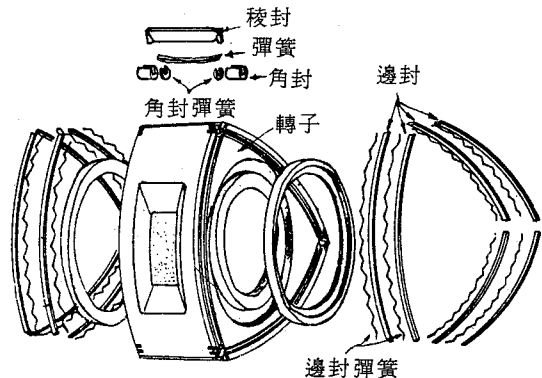


圖 2-11-14 轉子及密封裝置〔註13〕

碳時要注意。

(九)轉子內齒輪及裝在端殼上的固定齒輪，以齒牙迴隙量分三種（A、無記號、C），各齒輪面印有符號，更換時應換同符號之機件。

三、汽封

(一)爲了保持動作室的氣密，轉子上的溝裝有各種汽封，轉子的頂部裝有稜封，與轉子殼室的輪曲線滑動面保持氣密，在稜封及邊封的接合部裝有角封（corner seal），以保持氣密，各密封裝置均以彈簧不斷的壓在滑動面上。

(二)稜封係特殊碳製成，嵌合於轉子頂部的溝中，在稜封之背後有弓狀之稜封彈簧。

(三)角封係特殊鑄鐵製成裝在轉子頂部的兩側以保持連結稜封及邊封間之氣密，角封之圓周邊鍍有硬質鉻，使用 0.65ϕ 之線狀彈簧，如圖2-11-15所示。

(四)邊封亦爲特殊鑄鐵製成弓狀，以波狀彈簧保持壓力，通常邊封使用兩條。

四、油封

(一)爲防止冷卻轉子內部所供給的機油，由側面漏入燃燒室中，轉子的兩側各裝兩只油封，如圖2-11-16所示。

(二)油封向殼室之滑動的唇部製成斜邊，以刮除機油之用，唇部接觸面寬度爲 0.2 mm ，磨損限度爲 0.8 mm （內外同）。

(三)唇部鍍有硬質鉻，操作時要特別注意。

(四)油封上裝有一條 $3\text{ mm}\phi$ 的矽橡皮製O型環，以防止由油封之背面漏油。

(五)油封上的O型橡皮圈內外油封的裝法相反

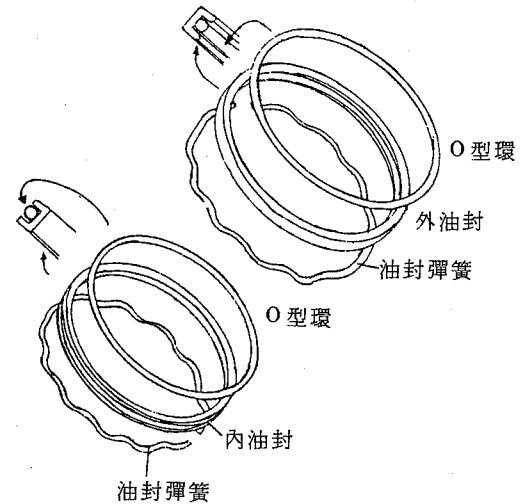


圖 2-11-16 油封〔註15〕

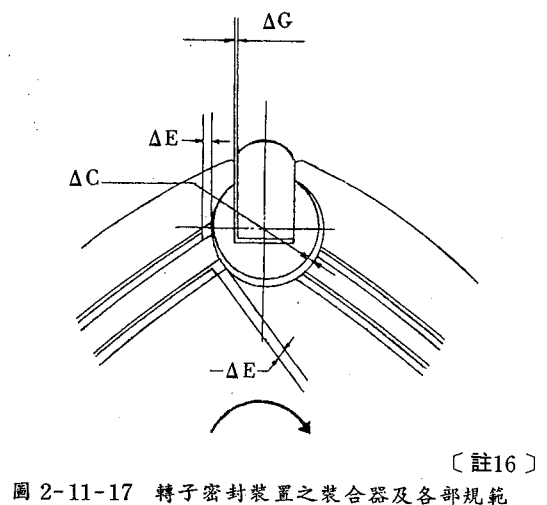
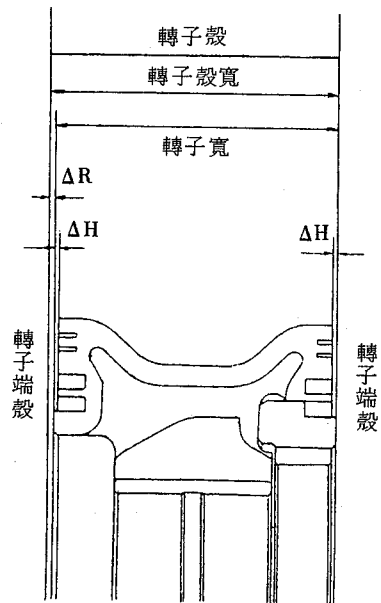


圖 2-11-17 轉子密封裝置之裝合器及各部規範

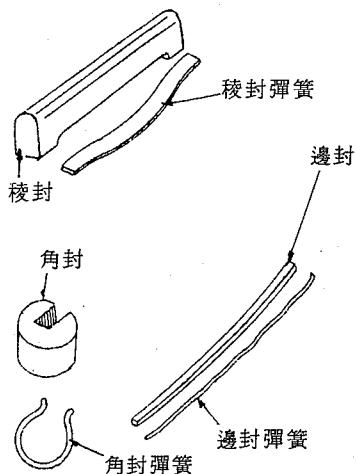


圖 2-11-15 汽封〔註14〕

〔註16〕

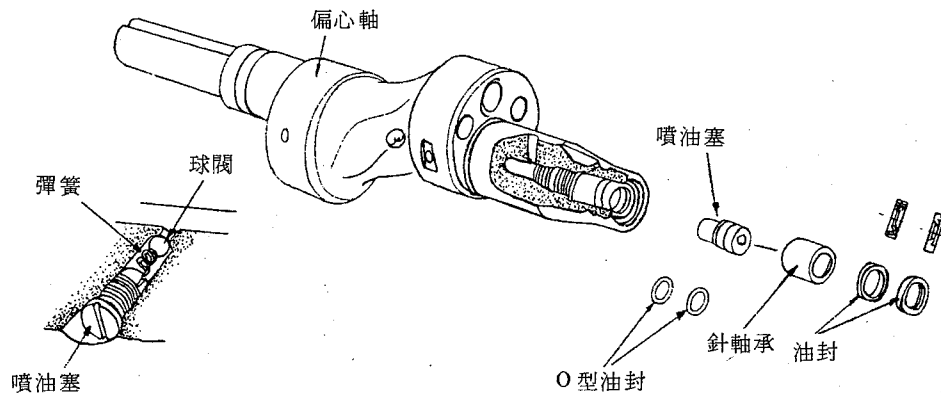


圖 2-11-18 偏心軸總成〔註17〕

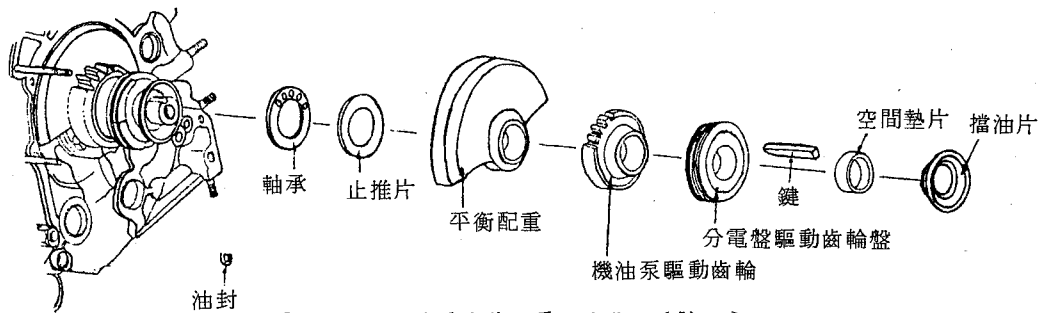


圖 2-11-19 分電盤機油泵驅動裝置〔註18〕

如圖示，這樣可提高O型橡皮圈之壽命及防止吹漏。

(六)油封的背面裝有波形彈簧，以保持和滑動面密接。

(七)內外油封的裏面有白色識別記號，以區別表裏。

(八)拆裝油封時，應使用專用油封拆裝器，不要傷害到唇部。

(九)轉子密封裝置裝合情形如圖 2-11-17 所示。

11-2-3 偏心軸及平衡機構總成

一、概述

偏心軸使用特殊合金鋼製成，作動力輸出之傳導用。偏心軸以前後端殼固定齒輪內之主軸承支持，再以轉子軸承來支持轉子。為改善轉子的冷卻能力，本引擎特裝用機油噴射塞 (oil jet plug) 對轉子噴油。軸之長度為 409 mm，如圖 2-11-18 所示。

(一)主軸頸與轉子軸頸以高週波熱處理，主軸頸徑 43 mm ϕ ，轉子軸頸 74 mm ϕ ，頸部鑽有潤滑油道。

(二)偏心軸上裝有平衡配重，如圖 2-11-19 所示。

第三節 迴轉活塞式汽油引擎附屬裝置

11-3-1 迴轉活塞式引擎之潤滑系統

一、概述

迴轉活塞式引擎之潤滑，分為兩系統，第一系統同一般四行程往復活塞式引擎之潤滑，提供各軸承部分所需之循環潤滑油；第二系統同一般二行程往復活塞式引擎，提供轉子室、密封裝置等所需之潤滑，潤滑後燒掉。轉子之冷卻，亦靠

循環之機油來達成。

二、第一系統

(一)第一系統為完全壓力式潤滑系，採用雙轉子機油泵，如圖 2-11-20 所示，能提供較高壓及大量之機油。

(二)為使機油在溫度低時不進入機油冷卻器，直接在引擎內循環，使引擎很快能達正常工作溫

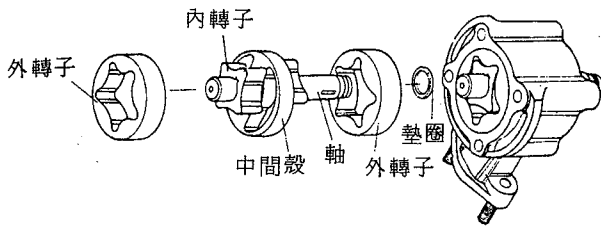


圖 2-11-20 雙轉子機油泵〔註19〕

度，在油路中裝有機油溫度控制活門，機油溫度控制閥由彈簧、滑動閥、熱控板等所組成，如圖 2-11-21 所示。

機油溫度低時，熱控板不作用，彈簧使滑動閥打開，因冷却器內之阻力較濾清器者為大，故機油在引擎室內循環，不流到冷却器。

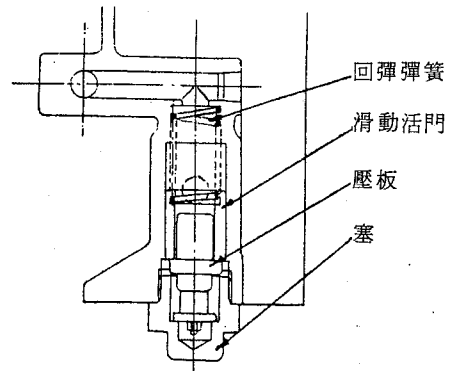


圖 2-11-21 機油溫度控制活門〔註20〕

當溫度達 71°C，熱控板開始伸張，直到 78°C，對滑動閥完全關閉，機油需流到冷却器才流回。

機油循環路線如圖 2-11-22 所示。

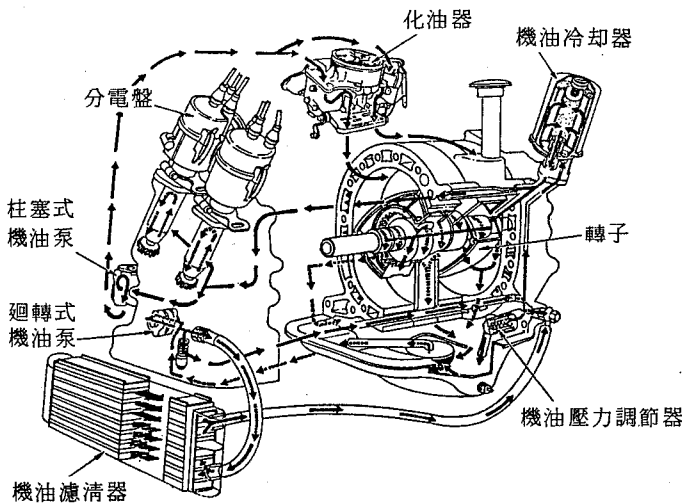
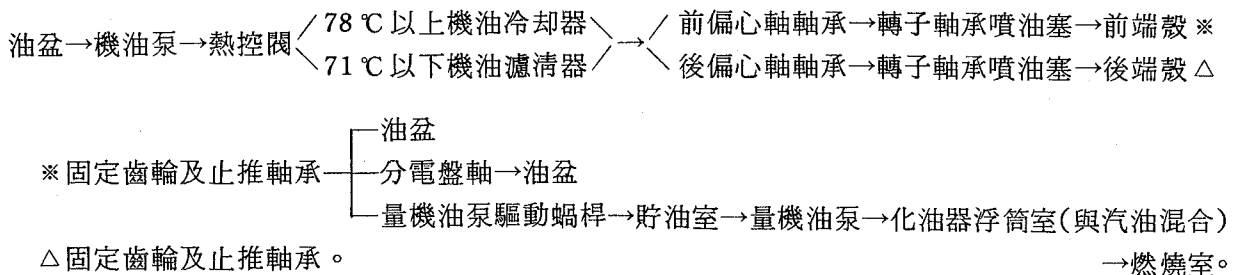


圖 2-11-22 潤滑裝置〔註21〕

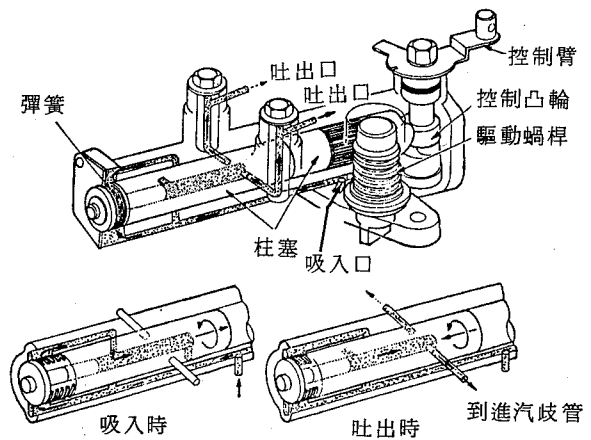


圖 2-11-23 可變輸出量機油泵〔註22〕

三、第二系統

(一)第二系統由可變輸出量機油泵計量後送到化油器浮筒室與汽油混合後，進入燃燒室，以供給轉子與外殼間密封裝置所需之潤滑。可變轉出量機油泵之構造及作用同二行程汽油引擎用之量機油泵，如圖 2-11-23 所示。

(二)可變輸出量機油泵之供油量控制與化油器節汽門連桿裝在一起，如圖 2-11-24 所示。

11-3-2 迴轉活塞式引擎之冷却系統 一、構造

迴轉活塞式引擎使用壓力式水冷却系統，由水泵、散熱器、副水箱、轉子殼室中之水套等構成，由偏心軸 V 型皮帶輪來驅動離心水泵及扭矩

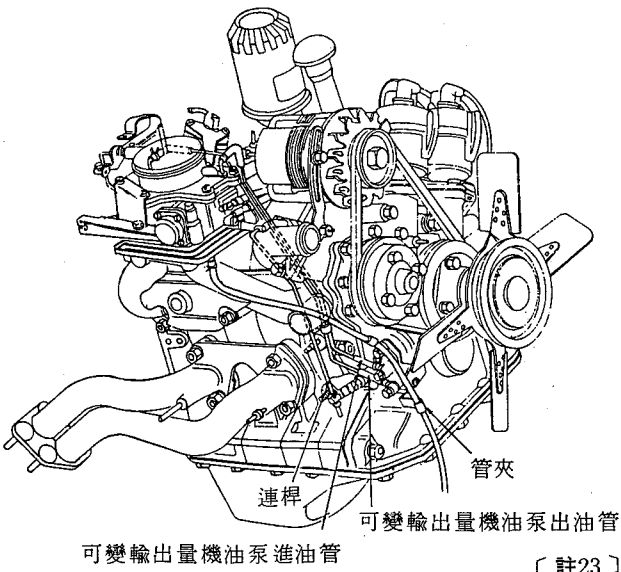


圖 2-11-24 可變輸出量機油泵與化油器之配管與連桿裝置

限制式風扇。冷却水之循環如圖 2-11-25 所示。

(一)冷却器(水箱)的冷却水,由水泵送到前端殼。

(二)到前端殼內的冷却水,經過各殼的外周部到後端殼,在後端殼內反轉再流回到前端殼。

(三)引擎在低溫時,因調溫器關閉,流回前端殼的冷却水直接進入水泵再循環於引擎中。

(四)引擎溫度升高後,調溫器打開,冷却水經調溫器進入冷却器,橫向往復後,流回水泵,再循環於引擎中。

二、水泵

為離心式,裝在前端殼上,如圖 2-11-26 所示,構造及作用同前,不再贅述。

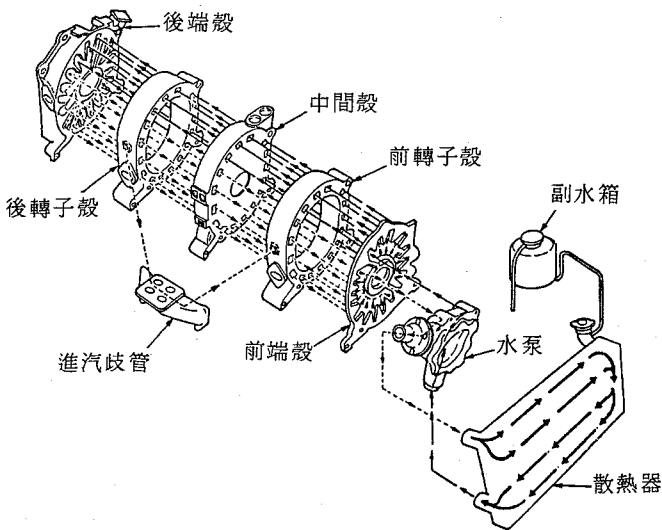


圖 2-11-25 迴轉引擎冷却裝置及冷却水之循環路線 [註24]

三、調溫器

調溫器係使用雙金屬彈簧控制旁通型,在低溫時關閉到冷却器之通道,打開到水泵之旁通道,在正常工作溫度時通往冷却器之活門打開,並使到水泵之旁通道關閉。

四、風扇與風扇驅動

(一)冷却風扇的驅動,採用扭矩限制式風扇驅動器,以減少高速、高負荷時的馬力損失,同時可以防止風扇所發生之噪音。

(二)冷却風扇有四葉,用鋼皮壓成。

(三)扭矩限制式風扇驅動器,其迴轉力的傳遞媒體使用矽機油。其傳遞扭矩到達一定值後,即不能再傳達,致風扇轉數到達一定轉數後即不再隨引擎速度升高。

(四)矽機油如洩漏時,風扇的轉速不能增加到規定轉數,會產生過熱。

五、散熱器

(一)散熱器(radiator)係裝有副水箱之密閉式,冷却水以橫方向循環,如圖 2-11-27 所示。

(二)散熱器以水管與副水箱相連接。

(三)散熱器蓋用以注入冷却水與作密封用,壓力以副水箱的蓋子調整之。

(四)散熱器以機油冷却器用絕緣橡皮隔開後固定在一起。

(五)副水箱上的蓋子在壓力達 $0.9 \pm 0.1 \text{ kg/}$

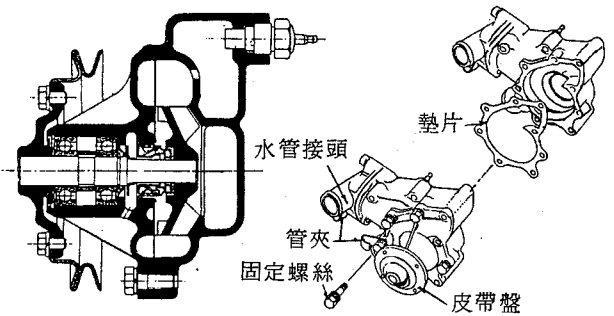


圖 2-11-26 水泵構造 [註25]

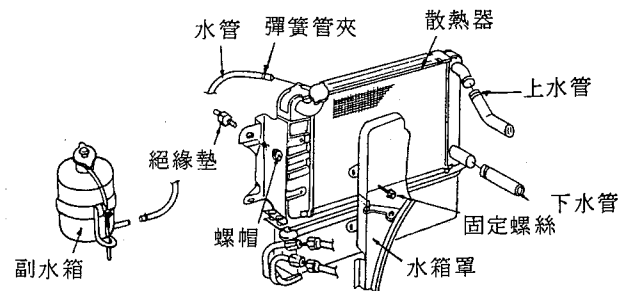


圖 2-11-27 散熱器、副水箱及機油冷却器 [註26]

cm² 時，壓力門開，壓力降為 0.05~0.1 kg/cm² 時真空門開，上面設有減壓用按鈕。

(六)副水箱之容量為 1 公升，冷却水注入量係加滿冷却器及副水箱之高度達 1/3 時為適當量。

六、冷却水之使用

(一)冷却水的檢查應在冷却水冷時行之。

(二)檢查時必先壓副水箱之減壓按鈕，除去內壓後，才打開冷却器蓋。

(三)冷却水必須使用軟質純水，寒冷地方使用防凍劑。

11-3-3 進排汽裝置

迴轉引擎不必使用汽門而直接由轉子來開閉進排汽孔。進汽孔如圖 2-11-28 所示，設在邊殼上，直接與化油器之一次（主）管與二次（副）管相連接，稱為側孔式。排汽孔如圖 2-11-28 所示，在轉子殼上，由轉子之稜來開閉，與排汽管相連接。

11-3-4 點火裝置

一、概述

因為迴轉引擎每一轉子面點火燃燒之時間極短，因此每一轉子上有兩個火星塞，使用兩個發火線圈及兩個分電盤，如圖 2-11-29 所示，兩個火星塞，先點火的稱為引導火星塞，後點火的稱為後燃火星塞。

(一)引導火星塞在引擎 650 rpm 時之點火時間為上死點 0° (TDC)。

(二)後燃火星塞在引擎 650 rpm 時之點火時間為上死點後 5° (ATDC)。

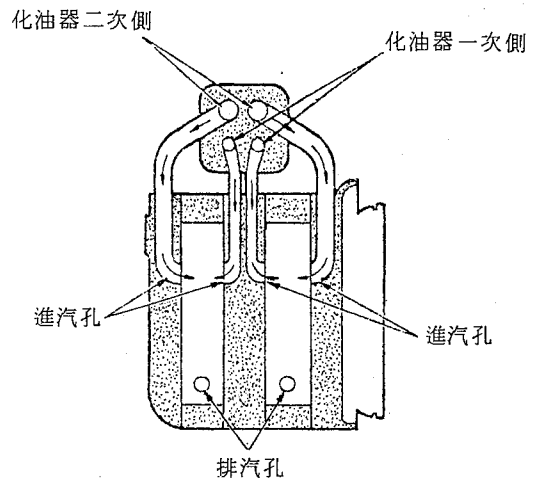


圖 2-11-28 吸排氣裝置〔註27〕

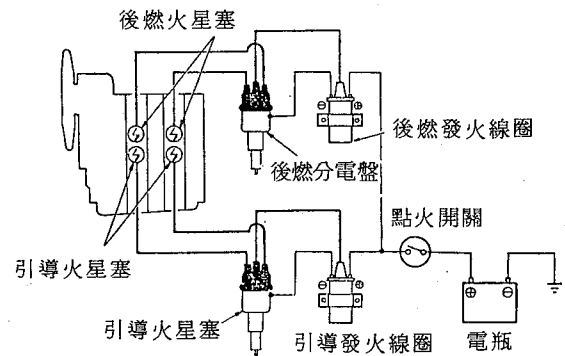
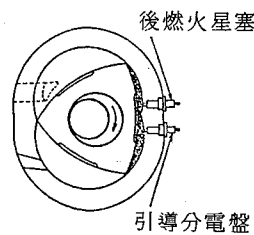


圖 2-11-29 點火裝置〔註28〕

【習題】

一、問答：

1. 說明迴轉引擎轉子殼之特點。
2. 前端殼進汽口之正時為何？
3. 迴轉引擎量機油泵由何者驅動？
4. 迴轉引擎之轉子如何冷却？
5. 說明轉子之汽封裝置。
6. 迴轉引擎之偏心軸有何功用？
7. 迴轉引擎如何克服運轉時的扭轉震動？
8. 迴轉引擎皮帶輪上有何記號？各代表什麼？

9. 試繪圖說明迴轉活塞式引擎機油之循環路線。

10. 試述迴轉活塞式引擎冷却水之循環路線。
11. 試述迴轉活塞式汽油引擎點火系統之組成。

二、填充：

1. 迴轉活塞式引擎若有兩個轉子，則偏心軸轉一轉，共產生_____次動力。
2. 迴轉活塞式引擎轉子上有_____、_____、_____三種密封裝置。

【資料來源註釋】

- 〔註1〕 日本自動車整備振興會連合會編 二級ガソリン自動車ガソリン・エンジン編 圖Ⅱ-1
- 〔註2〕 東洋工業株式會社 カベラロータリ 構造解説書 圖1-57
- 〔註3〕 同〔註2〕 圖1-59
- 〔註4〕 同〔註2〕 圖1-62
- 〔註5〕 同〔註2〕 圖1-65
- 〔註6〕 同〔註2〕 圖1-70
- 〔註7〕 同〔註2〕 圖1-72
- 〔註8〕 同〔註2〕 圖1-75
- 〔註9〕 同〔註2〕 圖1-78
- 〔註10〕 同〔註2〕 圖1-80
- 〔註11〕 同〔註2〕 圖1-82
- 〔註12〕 同〔註2〕 圖1-85
- 〔註13〕 同〔註1〕 圖Ⅰ-4
- 〔註14〕 同〔註2〕 圖1-86
- 〔註15〕 同〔註2〕 圖1-112
- 〔註16〕 同〔註2〕 圖1-114
- 〔註17〕 同〔註2〕 圖1-120
- 〔註18〕 同〔註2〕 圖1-121
- 〔註19〕 同〔註2〕 圖1-125
- 〔註20〕 同〔註2〕 圖1-126
- 〔註21〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車ガソリン・エンジン上 圖1-19
- 〔註22〕 同〔註21〕 圖1-20
- 〔註23〕 勞働省職業訓練局編 自動車整備〔Ⅱ〕 內燃機關編 第7-1圖
- 〔註24〕 同〔註21〕 圖1-18
- 〔註25〕 同〔註2〕 圖2-5
- 〔註26〕 同〔註2〕 圖2-14
- 〔註27〕 同〔註21〕 圖1-16
- 〔註28〕 同〔註21〕 圖1-17

[返回目錄](#)

第十二章 汽車引擎排汽污染與控制

第一節 汽車各部排出之污氣分析

12-1-1 概述

汽車會排出污氣之處有排汽管排出的廢汽，曲軸箱之吹漏氣，油箱、化油器等蒸發之油氣等，如圖 2-12-1 所示。

12-1-2 汽車排汽管排出之污染

汽車排汽管排出的污氣，係汽油〔為各種碳氫化合物之複雜混合液〕與空氣〔主要成分為氮 (N_2) 和氧 (O_2)〕在燃燒室燃燒後之生成物。主要成分為氮 (N_2)、二氧化碳 (CO_2) 等無害之氣體，但也有一部分有害之一氧化碳 (CO)、碳氫化合物 (HC)、氮之氧化物 (NO_x)、甲醛 ($HC HO$)、鉛化合物 (CHO) [$Pb(CH_3)_4$, $Pb(CH_3)_3(C_2H_5)$, $Pb(CH_3)_2(C_2H_5)_2$, $Pb(CH_3)(C_2H_5)_3$, $Pb(C_2H_5)_4$ 等]、二氧化硫 (SO_2)、黑烟 (碳微粒) 等物質。

12-1-3 引擎曲軸箱吹漏氣體

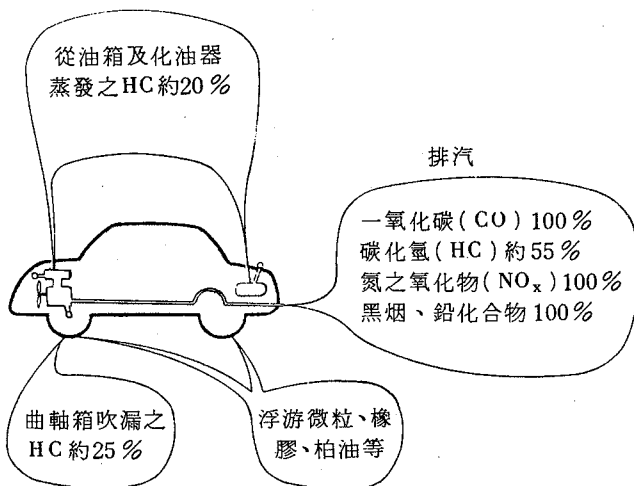
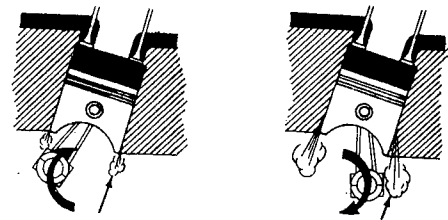


圖 2-12-1 汽車各部排出污氣之分佈〔註1〕



壓縮衝程時未燃的空氣和HC漏到曲軸箱裏面

動力行程時燃燒氣漏到曲軸箱裏面

圖 2-12-2 曲軸箱吹漏氣體

因活塞與汽缸壁間無論製作如何精密，不論新舊，絕不能維持活塞與汽缸壁間絕對的氣密。引擎運轉中燃燒所產生的壓力把活塞向下推動，同樣的壓力也使未完全燃燒的燃料或燃燒生成物，經活塞環與汽缸壁間漏入曲軸箱，這種現象叫吹漏 (blow-by)，如圖 2-12-2 所示。曲軸箱吹漏氣中主要成分為未燃燒之混合汽及燃燒後之氣體。

這些吹漏氣對引擎之害處有：

- (一)降低機油品質。
- (二)產生沈澱及膠狀物。
- (三)產生腐蝕性的酸類，損害引擎零件。

將吹漏氣體排放出去時，裏面之HC對空氣會產生嚴重之污染 (約佔汽車排出HC之25~30%)。

12-1-4 汽車燃料系蒸發之污氣

從汽車油箱、化油器等處蒸發之油氣，主要成分為 C_nH_m ，約占汽車總HC排出量的15~20%。

第二節 汽車排出污氣成分之不良影響

12-2-1 一氧化碳(CO)

石油爐、木炭不完全燃燒，都市瓦斯洩漏造成的中毒死亡事件，都是一氧化碳在作怪。空氣中一氧化碳之含量達0.03%時，就會使人致死。在此量之前也有頭痛、目眩等症狀。人體吸入一氧化碳後，血液中的血紅蛋白易與一氧化碳結合，而無法與本應結合的氧(O₂)結合，致無法將氧供給體內使用。

一氧化碳比空氣稍輕，在交通量少的地方很快會逸散，不會太增大濃度，但在交通量多的道路或十字路口附近，則一氧化碳之聚積量會很多。

12-2-2 碳化氫(HC)

碳化氫有惡臭，在濃度高、無風、滯留再受陽光照射時會因光化學反應而發生煙霧，影響視線並使眼睛產生刺痛、喉嚨痛、味覺能力降低等毛病，空氣中碳化氫之含量必須在1%以下。

12-2-3 氮之氧化物(NO_x)

空氣中的氮本是原態從引擎排出，但汽缸內燃燒溫度高時，空氣中的氮反應發生微量氧化氮。從排汽管排出時，大都為一氧化氮，但一氧化氮會在大氣中氧化成二氧化氮。一氧化氮的毒性不

大成問題，二氧化氮却有毒性，會影響動植物之生長，刺激眼睛黏膜，使呼吸器官發生哮喘性症狀或肺水腫、肺癌。除以上直接影響外，它還會與碳化氫等起光化學反應，形成臭氧、醛等煙霧。日本勞動衛生規制規定一氧化氮和二氧化氮之含量總和應在5 ppm(0.0005%)以下。

12-2-4 甲醛(H·CHO)

甲醛會刺激眼睛、呼吸器官的黏膜，不只有不快感，對呼吸機能也有不良的影響，藥用福馬林即為甲醛的水溶液。

12-2-5 鉛化合物

鉛化合物的微粉吸入肺的深處時，有害造血作用。汽車排汽中的鉛，是用為抗爆震用的烴基鉛所分離者；不過現在放出大氣中的鉛蓄電池的鉛量大於汽車的排汽。排汽中，鉛的影響較少成為大氣污染的物質，但却造成排汽淨化裝置的觸媒劣化，使排汽再循環裝置故障，直接影響排汽淨化。

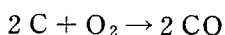
12-2-6 二氧化硫(SO₂)

大氣中二氧化硫(SO₂)的主要發生源為燃燒重油或煤炭的工廠、發電廠、大樓等，汽車排出之量甚少。

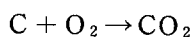
第三節 汽車排出污氣之發生過程與引擎工作情況之關係

12-3-1 CO之發生過程

一氧化碳係汽油在燃燒時，空氣量供給不足時發生不完全燃燒之產物：



若空氣充足產生完全燃燒時，則汽油中的O₂結合成無害的CO₂：



引擎排出的一氧化碳與二氧化碳如圖2-12-3所示，濃度與燃料空氣之混合比之濃稀密切關係，尤其一氧化碳產生量(濃度)與混合比之關係更為密切，一氧化碳之發生量在濃混合比時增加甚速。二氧化碳之發生量在理論理想混合比附近時最多，混合汽較稀時，因未燃燒之氣體增加，二氧化碳的發生量反而有減少之趨勢。

因此減少一氧化碳的方法，必須使用較稀薄之混合汽(空氣含量較多)，但是混合汽太稀時容易發生碳化氫，並且引擎的輸出馬力亦有降低之趨勢。圖2-12-4所示為混合比與引擎輸出馬力

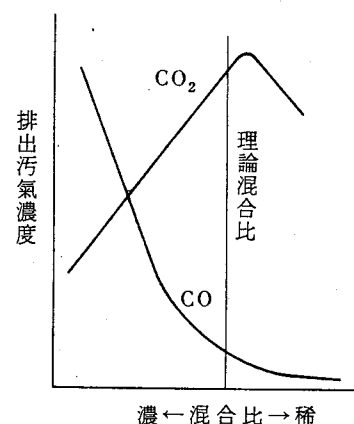


圖 2-12-3 混合比與 CO、CO₂ 濃度關係〔註 2〕

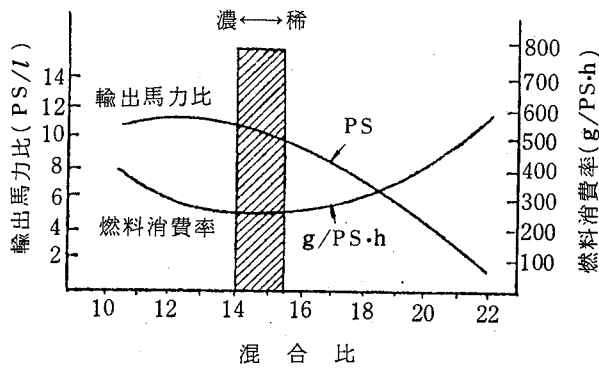
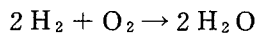


圖 2-12-4 引擎輸出馬力、燃料消費率與混合比關係 [註3]

之關係，在混合比 12.5 : 1 時馬力最大，燃料消費率在混合比 15 : 1 附近時最低。

12-3-2 HC之發生過程

碳化氫 (HC) 為碳氫化合物之總稱，為汽油之主要成分。燃料中所含之碳，作完全燃燒後變成二氧化碳排出，又氫與氧結合後變成水蒸汽排出，其化學反應式如下：



排汽管所排出之碳化氫，係汽油不完全燃燒後，以燃燒剩餘物的狀態所排出，其發生之原因有下列四種：

(一) 在燃燒室中混合汽之燃燒係從火星塞點火之火焰逐漸擴大，而傳到整個燃燒室；若燃燒室壁附近的溫度太低時，則這附近的混合汽無法達到燃燒程度，火焰的溫度逐漸降低，而未達到汽缸壁前，火焰就消失，這一層混合汽一般稱為「消焰層」(quench zone)。此層距汽缸壁 0.05 ~ 0.5 mm，這層消焰層的未燃燒混合汽由活塞排出汽缸外，即含有多量之碳化氫。

(二) 在減速時，節汽門很快關閉到怠速位置，進汽歧管之真空急速增高，在瞬間發生很濃之混合汽，因此有大量的未燃燒混合汽排出，而含有多量之碳化氫。

(三) 因進汽門與排汽門有重疊開放之時間，有部分新鮮混合汽會從排汽門逸出，經排汽管排出而含有多量之碳化氫。

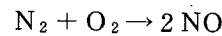
(四) 使用比理論混合比稀薄的混合汽 (混合比在 17 : 1 以上時) 亦會不完全燃燒，產生未燃成

分。同時混合汽過稀，燃燒室內火焰傳播不良，容易造成不着火而排出大量未燃成分。

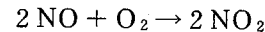
12-3-3 NO_x之發生過程

NO_x 係氮與氧化合物之總稱，一般在高溫下燃燒物質時所產生之氮氣因氧化 (與氧的結合) 量之不同而產生許多不同物質。

(一) 在高溫下有 N₂ 與 O₂ 存在時，會產生下列的化學變化：



所產生之 NO 遇到空氣中的 O₂ 再發生變化：



排汽中的 NO_x 大部分為 NO 與 NO₂ 的混合氣體。

(二) NO_x 的發生量在理論混合比附近最大，而混合比較稀或較濃，其發生量均急激的減少，又受溫度之影響很大，一般汽油引擎所發生 NO_x 之濃度如圖 2-12-5 所示，隨最高燃燒溫度的上升而

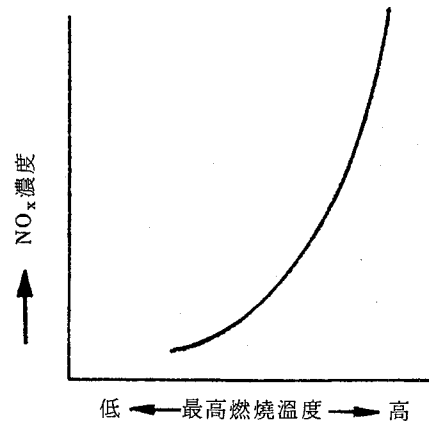


圖 2-12-5 最高燃燒溫度與 NO_x 濃度之關係 [註4]

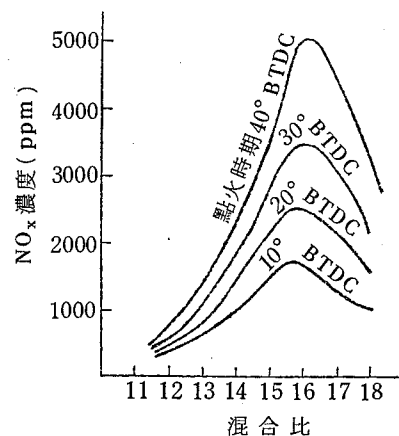


圖 2-12-6 NO_x 濃度與點火時間及混合比之關係 [註5]

急劇的增大。圖2-12-6為NO_x濃度與點火時間及混合比之關係。

(一)排汽中的碳化氫及一氧化碳係在不完全燃燒之情形下發生。而NO_x正好相反，係在完全燃燒之情形下發生，因此若要防止NO_x之大量發生，必須將其最高燃燒溫度降低，但最高燃燒溫度降低會引起引擎馬力降低的惡影響。

12-3-4 排氣中污染發生與引擎工作情況關係概述

排汽中各有毒氣體之發生過程與燃料混合比、點火時間、引擎構造、引擎轉速、引擎溫度、引擎負荷等有密切關係，同時對引擎的輸出馬力、燃料消耗率、運轉性能等有很大影響。因此在設法減少有毒氣體之排出時，必須做綜合性的檢討後實施，才能得到最佳效果。下面就影響最大的混合比、點火時間、引擎溫度、引擎負荷等分別加以討論。

12-3-5 混合比與污氣發生之關係

高性能引擎所供給之混合汽，其空氣與汽油之重量比為15：1時，燃燒效率最高（理論混合比）。巡行速度時使用稍稀之經濟混合比約16：1左右，在最大輸出馬力時需使用12.5：1左右之濃混合比，通常使用之混合比在12~16.5：1之範圍內。混合比與有害氣體排出之關係如圖2-12-7所示，歸納有下述關係。

(一)供給較濃混合汽時，NO_x減少，一氧化碳、碳化氫增加。

(二)供給較稀混合汽時，一氧化碳、碳化氫減少，NO_x增加。

(三)但供給超過17：1以上之稀薄混合汽時，

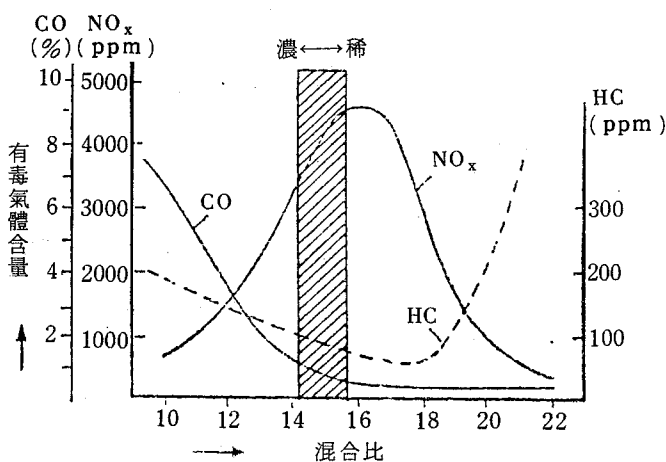


圖 2-12-7 混合比與污氣發生之關係〔註6〕

NO_x、一氧化碳減少，碳化氫增加。

12-3-6 點火時間與污氣發生之關係

(一)NO_x與碳化氫的發生量與燃燒時之最高溫度及燃燒時間有密切關係，如圖2-12-8所示為點火時間延遲後，NO_x的發生量減少。因為點火時間延遲後，燃燒由最適當的狀態變成緩慢燃燒，因此汽缸內的燃燒最高溫度降低，故NO_x的發生量減少。

(二)點火時間延遲後，如圖2-12-9所示，碳化氫的發生量也會減少，因為燃燒速度延緩的結果，使排汽系統能保持較高之溫度，因高溫促進氧化的結果使碳化氫的發生量減少。

(三)如圖2-12-10所示，最佳的點火時間為上死點前α度，在此位置點火引擎可以得到最高效率（即汽缸內之壓力及最高溫度均最高）。現在點火時間由α°延遲到β°時，汽缸內的壓力線由A曲線變成B曲線，汽缸內的壓力與最高燃燒溫度約成正比的關係，故由圖2-12-10中可以了解下列事項：

1.最高燃燒溫度由a降到b，因此NO_x之發生量會減少。

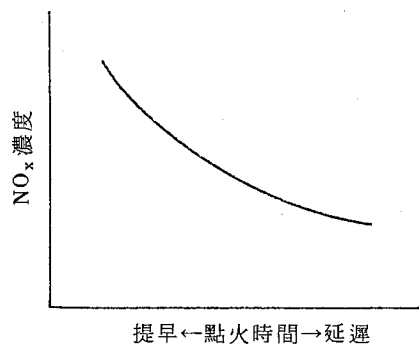


圖 2-12-8 點火時間與NO_x濃度之關係〔註7〕

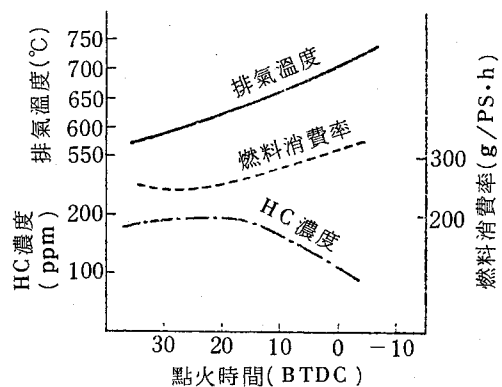


圖 2-12-9 點火時間與HC濃度、排汽溫度及燃料消費率之關係〔註8〕

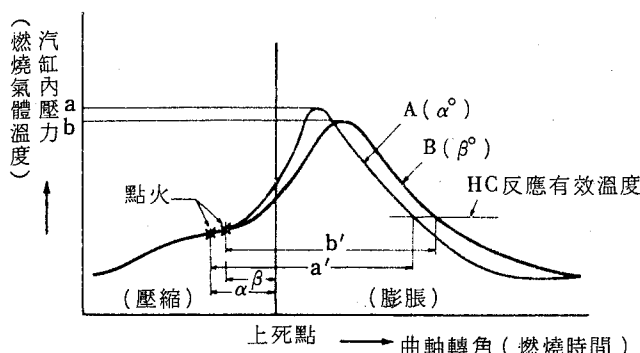


圖 2-12-10 汽缸內最高壓力 (溫度) 與點火時間之關係 [註 9]

2. 燃燒時間由 a' 延長到 b'，因後燃增加，延長燃燒時間，故碳化氫之發生量會減少。

3. 因汽缸之最高壓力降低，故引擎之輸出馬力也降低。

12-3-7 引擎溫度與污氣發生之關係

一、低溫時

引擎冷時，化油器之霧化不良，吸入之混合汽與冷的進汽歧管及汽缸壁接觸，有一部分汽油凝結成液狀或粒狀，為彌補凝結汽油，必須使用很濃的混合汽。結果混合汽中之空氣量不足，產生大量的一氧化碳，並且有大量未燃燒之碳化氫產生，此時 NO_x 減少。

二、高溫時

冷却水的溫度在 80~90°C 時，燃料汽化良好，引擎運轉效能最佳，燃燒最經濟。如果引擎溫度過高時，則會使引擎產生過熱、爆震、預燃等故障，燃燒溫度過度升高時，NO_x 之發生量大增。

12-3-8 引擎運轉條件與污氣發生之關係

汽車各種運轉條件下有害氣體發生之關係如表 2-12-1 所示。

一、怠速時

怠速運轉時，因混合比較濃，進入汽缸之混合汽量較少，故發生之一氧化碳最多，NO_x 發生量最少。

二、巡行時

汽車一般行駛時，NO_x 之發生量較多，碳化氫之發生量較少。

三、加速時

引擎加速運轉時，要求較大之輸出馬力，汽缸內之溫度高，故 NO_x 之發生量增多。加速泵作

表 2-12-1 各種運轉條件有害氣體之關係

運轉條件	有害氣體發生量 (%)		
	一氧化碳 (CO)	碳氫化物 (HC)	氮氧化物 (NO _x)
怠速時	5.0	4.4	0.05
巡行時	8.1	7.0	10.6
加速時	83.1	38.5	89.3
減速時	8.8	50.1	0.1

用時，因在短期供應多餘之燃料，產生不完全燃燒，故一氧化碳及碳化氫之排出量亦大為增加。

四、減速時

在行駛中駕駛員突然放開加速踏板時，引擎在高轉速下，節汽門突然關閉，在瞬間產生很強的真空。此強力真空會吸入多量之燃料，結果因吸入空氣量大減，而吸入燃料量大增，因而產生很濃的混合汽。同時，汽缸內之壓縮壓力降低，燃燒速度及溫度降低，一氧化碳之發生量增加，此時消焰層增厚，產生大量之碳化氫。

12-3-9 引擎負荷與污氣發生之關係

一、低速低負荷運轉時

引擎在怠速、減速行駛等低速、低負荷運轉時，混合汽變濃，汽缸內混合汽之壓力降低，混合汽燃燒速度變慢，產生不完全燃燒，故一氧化碳之發生量增加。因消焰層變厚，有很多未燃燒混合汽排出，故碳化氫之發生量增加，因燃燒溫度低，故 NO_x 之排出量很少。

二、高負荷運轉時

引擎高負荷運轉時，化油器之真空變弱，無真空點火提前，燃燒速度變快，機械點火提前裝置配合轉速作用，壓縮壓力高，混合汽溫度上升，燃燒效率提高，此時一氧化碳之發生量減少，NO_x 之發生量增加。

三、引擎高轉速時

如引擎轉速快時，因燃燒時間短，故有未燃燒之碳化氫發生；引擎轉速慢時，因汽門開啓重疊之關係，有部分新鮮混合汽會排出，而使碳化氫增加。

12-3-10 引擎設計與污氣發生之關係

一、概述

引擎本體的設計影響燃燒特性，也影響排汽成分。進排汽系統對混合汽量或質的影響是改變

汽缸內氣體的交換過程。汽門正時、汽缸燃燒室的形狀、壓縮比、燃燒室的燃燒堆積物、火星塞的位置、形狀及燃燒室的汽缸壁溫度等為左右燃燒特性的重要因素。

二、汽門正時

進排汽系統中最重要之汽門正時是指引擎的進汽門與排汽門在曲軸旋轉角度的開閉位置。為增加進入汽缸之混合汽，在排汽門未關閉前，進汽門即已打開。此時，進排汽門均在開啓狀態，稱為重疊。在高速運轉時，汽門重疊可以改善吸入效率，但在低速運轉時，吸入的混合汽會從排汽門逸出，增加未燃燒的碳化氫；不過前一循環的燃燒氣體殘留量也稍增加，所以有降低燃燒溫度之效果。最好汽門正時能隨引擎轉速而變化，但仍待研究開發。

三、燃燒室形狀與壓縮比

汽缸或燃燒室壁面溫度比起燃燒氣體溫度可說相當低。原因是：暴露於高溫的時間短，熱經壁逸往冷却水，因材料不耐高溫而強制冷却，接

觸此壁面的混合汽層不燃燒等。

未燃燒氣體多時，碳化氫的排出量增加，所以壁面面積對汽缸容積比〔燃燒室的表面積(S)/燃燒室的容積(V)]宜小。故通常採用半球形燃燒室，以減少S/V比，使混合汽進出容易，並能在汽缸中產生強渦流，以提高燃燒效率。

NO_x乃氮在高溫下氧化反應而生成，降低最高燃燒溫度時即減少，為此宜降低壓縮比；但降低壓縮比會降低引擎的燃燒效率及輸出馬力，且增加燃料消費率。

四、稀混合汽之使用

使用超稀薄混合汽(混合比18:1以下)，如果能穩定燃燒時，一氧化碳、碳化氫及NO_x都能顯著減少。使用稀薄混合汽而能穩定燃燒的方法，係使用副燃燒室，先點燃較濃的少量混合汽，再噴入燃燒在主燃燒室之稀薄混合汽(如本田之CVCC引擎)，當然此種引擎及化油器構造均變得很複雜。

第四節 控制汽車排出污氣之方法

12-4-1 減少曲軸箱吹漏氣排出之方法

積極式曲軸箱通風系統，能將曲軸箱之吹漏氣再引入汽缸燃燒，不使排出，由早期之開放式PCV系統改進為遮蔽式PCV系統及封閉式PCV系統，其中以封閉式PCV系統能完全防止吹漏氣之排出而最具效果。目前國產之部分車子已裝有PCV系統(請參閱本書2-4-12曲軸箱吹漏氣控制)。

12-4-2 減少燃料氣體排出之方法

防止油箱及化油器中的油氣排到大氣中，必須有貯存之設備，於高溫汽車引擎不發動時，能貯存蒸發之油氣，而於引擎運轉時再送到進汽歧管使用。因此需使用特製留有空隙之油箱及活性炭罐來容納膨脹及貯存油氣。同時在燃料系之壓力大於大氣壓力時應防止油氣逸出，故油箱使用附有真空閥之密封油箱蓋，在油箱壓力低時大氣能進入維持燃油之暢通，壓力高時關閉以防止油氣排出。為防止化油器浮筒室之油氣跑到大氣中

，浮筒室改用平衡通風，通風孔在空氣濾清器下。防止油氣排到大氣之裝置稱為蒸發排汽控制系統(EEC)。(請參閱本書2-8-4燃料蒸發氣體淨化裝置)

14-4-3 減少排氣管排出污氣之方法

一、概述

由本章第二節汽車排出污氣發生之過程，與引擎工作情況之關係，可知要減少引擎排出氣體中有害成分(CO、HC、NO_x)之基本方法如下：
(一)改良引擎各部機件構造，尤其是進汽系統、燃燒室、燃料系與點火系等，使供應良質的混合汽，並使燃燒過程保持在最不容易產生污氣之狀況下完成。

(二)在燃燒過程中發生的污氣，在排汽系統中做後處理，使污氣氧化或還原成無害氣體後才排出大氣中。

二、減少CO及HC之方法

(一)一氧化碳(CO)係燃料不完全燃燒之結果，因此要減少一氧化碳之排出量，如圖2-12-11

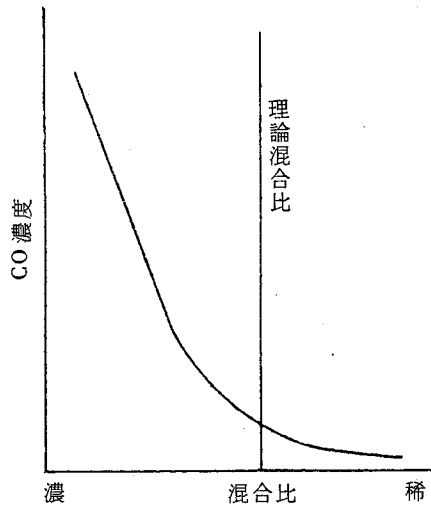


圖 2-12-11 混合比與 CO 濃度之關係〔註10〕

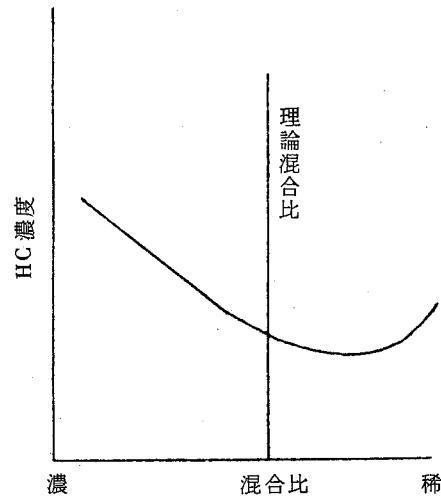


圖 2-12-12 混合比與 HC 發生之關係〔註11〕

所示，採用比較稀的混合比燃料即可。但是混合比太稀薄時，點火困難，並且易發生漏火（不能點火燃燒），而使碳化氫增加，並使引擎馬力降低。

(二) 碳化氫係燃料不經過燃燒而直接排出之氣體成分，其發生之傾向與一氧化碳相似，如圖 2-12-12 所示，混合汽濃時容易發生；但如過度稀薄時亦容易發生；又使用引擎煞車時大量發生，因此減速時之控制有特別注意之必要。

(三) 要減少一氧化碳、碳化氫的共同方法是使用較稀的混合汽，並使其能完全的燃燒，其具體改進的方法如下：

1. 改良化油器之構造，使能隨時供給良好的混合汽。
2. 採用電子控制式燃料噴射系統，使能經常控制混合比在最適確之狀況下。
3. 加熱進氣，使汽油容易汽化。
4. 改良進汽歧管的形狀，使分配到各汽缸之混合汽均勻。
5. 使吸入汽缸中之混合汽產生亂流，以促進燃燒。
6. 在減速時，不要讓節汽門急激關閉，以防止因空氣量不足而發生不完全燃燒。
7. 在減速時，使進汽歧管內導入空氣或混合汽，以維持容易燃燒之狀態，防止不完全燃燒發生。
8. 在減速時停止燃料的供給。

三、減少 NO_x 之方法

減少一氧化碳、碳化氫的發生如前所述是使吸入汽缸之混合汽完全燃燒；但是減少 NO_x 的產生如圖 2-12-13 所示，係在理論混合比附近濃度最大，燃燒效率愈高，也就是燃燒溫度愈高，特別於引擎加速時之產生量最多。因此減少一氧化碳、碳化氫之原理與減少 NO_x 之原理互相矛盾，要有效減少 NO_x 的方法較難，且常會影響引擎性能，一般採用下列幾種方法：

(一) 供給較理論混合比稀薄之混合汽，使其做完全的燃燒。

(二) 將定量的不活性排出氣體再導入吸氣側，使最高燃燒溫度降低，以抑制 NO_x 之發生，此法稱排汽再循環（EGR）。

(三) 變更汽門正時使具有如 EGR 之效果。

(四) 使混合汽進入汽缸時能產生亂流，以提高

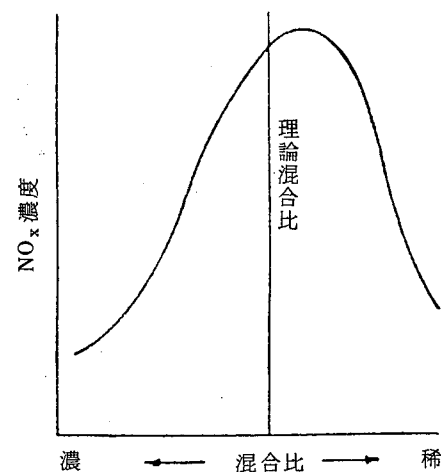


圖 2-12-13 混合比與 NO_x 發生之關係〔註12〕

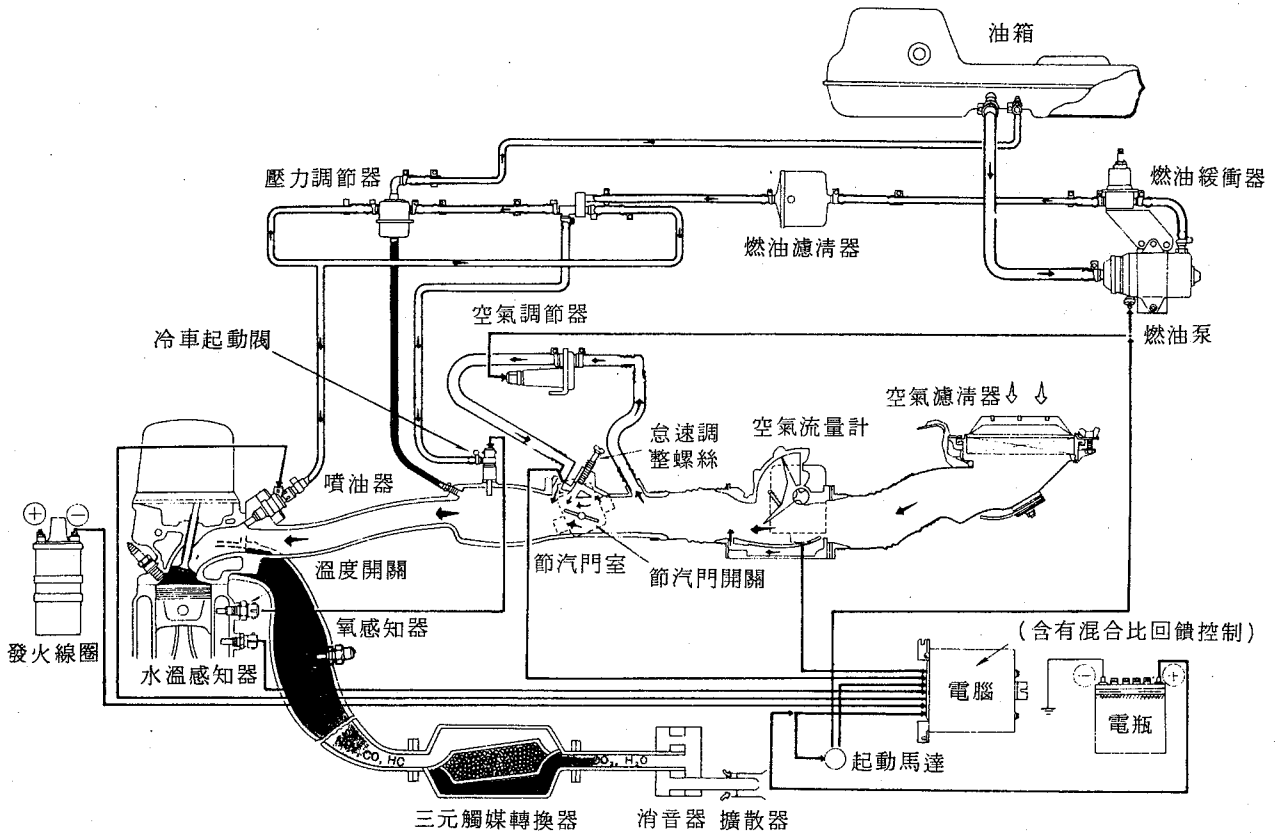


圖 2-12-14 日產 NAPS EGI 十三元觸媒之排汽淨化控制系統圖

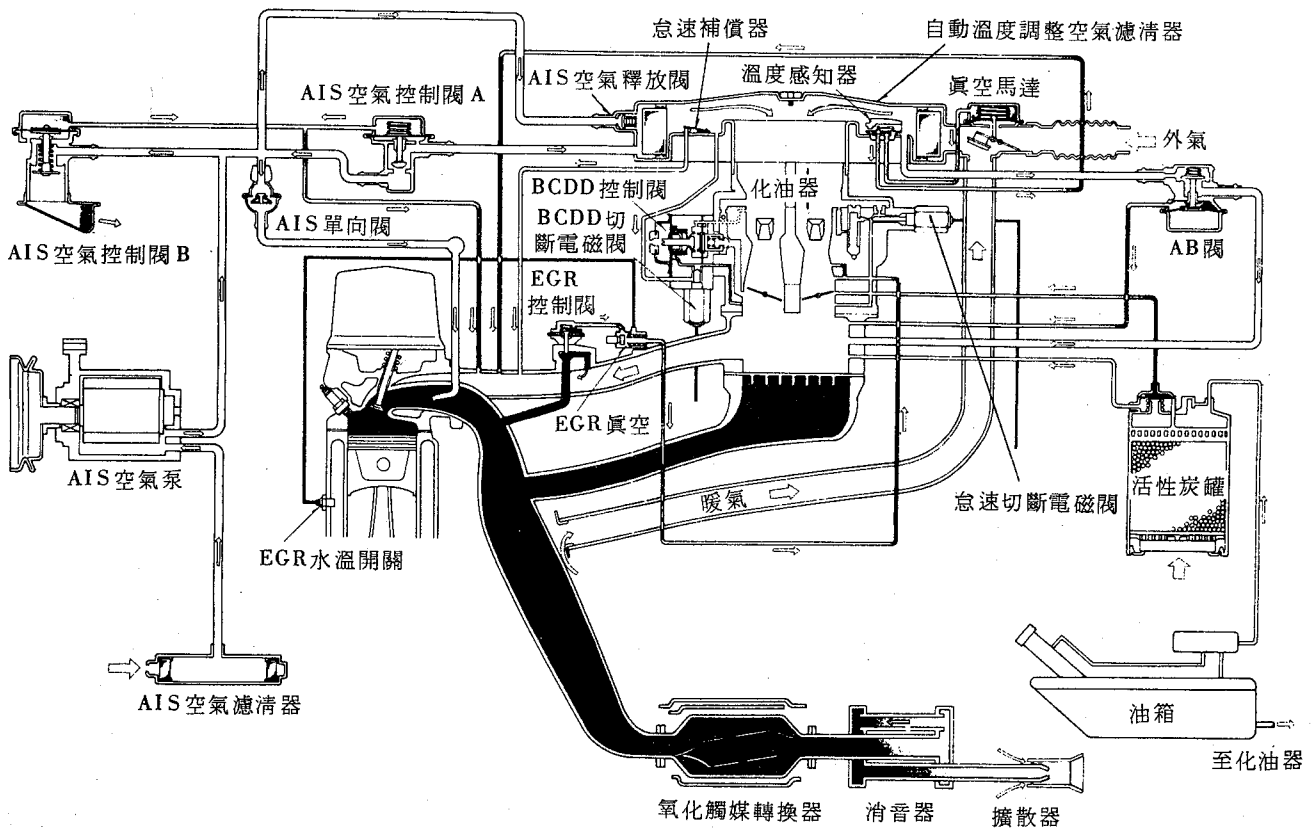


圖 2-12-15 日產 NAPS 六汽缸化油器式排汽淨化控制系統圖

燃燒速度，縮短最高溫度的時間。

(五)使用兩只火星塞同時點火，以提高燃燒速度，縮短最高溫度時間。

(六)改良燃燒室設計，如設副燃燒室、亂流產生洞等，以產生火焰噴流，提高燃燒速度，縮短最高溫度時間。

【習題】

一、問答：

1. 汽車排汽管所排出的污氣中，其主要成分為何？
2. 汽車排出污氣各成分有那些不良影響？
3. 試說明混合比與污氣之關係。
4. 點火時間和污氣發生量有何關係？
5. 燃燒室形狀與壓縮比對污染發生有什麼影響？
6. 減少 NO_x 之發生量有何方法？
7. 何謂PCV、EEC及EGR？其功用為何？

二、填充：

1. 汽車會排出污氣之處有_____、_____、油箱、化油器等蒸發之油氣等。
2. 引擎曲軸箱吹漏氣對引擎之害處有_____、_____及_____等。
3. 空氣中若含有微量一氧化碳時，人會產生_____、_____等症狀。當其含量達到_____％時，就會致人於死。
4. 一氧化碳在混合比_____時發生量最多。碳化氫則為混合比_____時之發生量較高。
5. 排汽中各有毒氣體之發生過程與_____、_____、引擎構造、_____、_____等有密切關係。
6. 冷却水溫度在_____℃時，引擎運轉效能最佳。
7. 怠速運轉時，_____的發生量最少，_____的發生量最多。

四、減少排出污氣之方法及裝置在本書有關各章節均已介紹，讀者請自行查閱。

圖 2-12-14 及圖 2-12-15 所示為最新低公害省油汽車排汽淨化系統之例。

【資料來源註釋】

- 〔註 1〕 雇用促進事業團職業訓練部編 自動車内燃機關の構造 圖 11-2
- 〔註 2〕 日本自動車整備振興會連合會編 自動車排出ガス對策 53年度版 圖 I-1
- 〔註 3〕 小林勝著 自動車の排氣淨化裝置とその整備 圖 2-5
- 〔註 4〕 同〔註 2〕 圖 I-2
- 〔註 5〕 別冊自動工學No.6 低公害車の整備 P.120 第 7 圖
- 〔註 6〕 同〔註 3〕 圖 2-6
- 〔註 7〕 同〔註 2〕 圖 II-4
- 〔註 8〕 同〔註 3〕 P.221
- 〔註 9〕 同〔註 2〕 圖 II-6
- 〔註 10〕 同〔註 2〕 圖 III-2
- 〔註 11〕 同〔註 2〕 圖 III-3
- 〔註 12〕 同〔註 2〕 圖 III-4

第十三章 汽車引擎性能

第一節 排汽量

(一) 活塞自上死點 TDC 移到下死點 BDC 所走過之距離稱為行程，活塞移動一個行程曲軸旋轉 180° 。

(二) 活塞在上死點時，其上部所餘留的容量稱為餘隙容積或壓縮容積或燃燒室容積。活塞在下死點時，汽缸內之容積稱為總容積。活塞自上死點移到下死點時，所增加之容積稱為活塞位移容積或活塞變位容積，引擎各缸活塞位移容積之和稱為該引擎之排汽量。

$$PDV = \frac{\pi \times D^2 \times S}{4}$$

或 排汽量 = $\frac{\pi \times D^2 \times S \times N}{4}$

PDV：活塞位移容積

D：汽缸直徑

S：行程

N：汽缸數

第二節 壓縮比

汽缸總容積與餘隙容積之比稱為壓縮比，如圖 2-13-1 所示。即

$$\begin{aligned} \text{壓縮比} &= \frac{\text{汽缸總容積}}{\text{餘隙容積}} \\ &= \frac{\text{活塞位移容積} + \text{餘隙容積}}{\text{餘隙容積}} \\ CR &= \frac{CCV + PDV}{CCV} \end{aligned}$$

【例】某單位引擎之缸徑為 10 cm，行程為 12 cm，若該引擎之壓縮比為 8，則該引擎之排汽量為若干？汽缸總容積為若干？

【解】

(a) $PDV = \frac{\pi \times 10^2 \times 12}{4} = 942 \text{ cm}^3 (\text{cc.})$

(b) 因 $CR = 8$ ，設 $CCV = 1$
則 $PDV = 8 - 1 = 7$

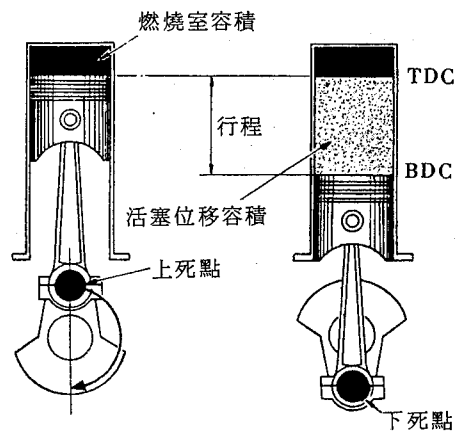


圖 2-13-1 壓縮比〔註 1〕

故汽缸總容積 = $CCV + PDV$
 $= \frac{942}{7} + 942 = 1076.5 \text{ cm}^3 (\text{cc.})$

答：(a) 該汽缸之排汽量為 $942 \text{ cm}^3 (\text{cc.})$
 (b) 該汽缸之總容積為 $1076.5 \text{ cm}^3 (\text{cc.})$

第三節 迴轉活塞式引擎之排汽量與壓縮比

迴轉活塞式引擎動作室之最大與最小容積如圖2-13-2所示，最大容積與最小容積之差稱為排汽量。

設 V_b = 排汽量

V = 動作室最大容積
(轉子上凹槽之容積除外)

v = 動作室最小容積
(轉子上凹槽之容積除外)

d = 轉子槽之容積

$$\text{則 } V_b = (V + d) - (v + d) = V - v$$

排汽量可由下列二式求得

$$V_b = 5.2 R \cdot e \cdot H$$

$$V_b = 0.325 (A^2 - B^2) H$$

如圖 2-13-3 所示，其中

R = 由轉子中心到頂點之距離，稱為創成半徑。

e = 偏心量 (偏心軸中心到轉子中心之距離)。

$$A = 2(R + e), B = 2(R - e)$$

H = 轉子室之寬

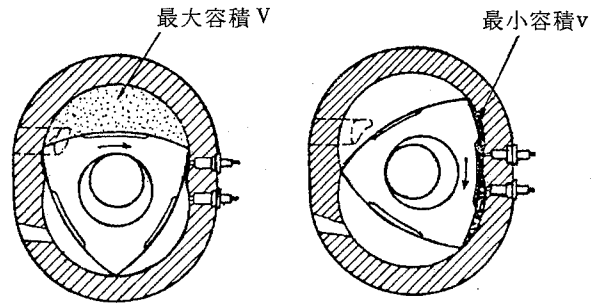


圖 2-13-2 動作室容積 [註 2]

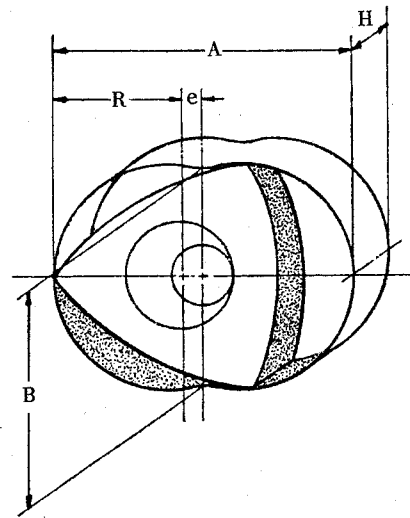


圖 2-13-3 單室容積 [註 3]

第四節 功

(一) 一力作用於一物體而能產生位移時，即稱該力使該物體做功，以 [W] 表示，功為以力乘以在施力方向所產生之位移，即：

$$\text{功} = \text{力} \times \text{位移}$$

$$W = F \times S$$

(二) 功之常用單位

1. 國際制以公尺-牛頓 [m-N] 為常用單位。

2. 公制以公尺-公斤 [m-kg] 為常用單位。

3. 英制以呎-磅 [ft-lb] 為常用單位。

(三) 功之常用單位換算：

	m-N	m-kg	ft-lb
1 m-N	1	0.102	0.7378
1 m-kg	9.8	1	7.233
1 ft-lb	1.356	0.138	1

第五節 扭 矩

(一) 當一力作用於一物體而使該物體繞一個固定軸而旋轉，作用力與該力垂直之半徑的乘積，稱為該力之扭轉力矩，簡稱扭矩 (torque)，如圖 2-13-4 所示。

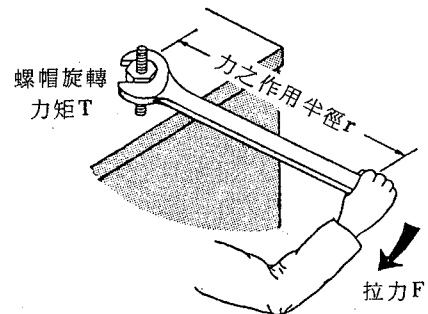


圖 2-13-4 扭矩 [註 4]

扭矩 = 力 × 半徑

$$T = F \times r$$

(二) 扭力之常用單位

1. 國際制以牛頓-公尺 [N-m] 為常用單位。
2. 公制以公斤-公尺 [kg-m] 為常用單位。
3. 英制以磅-呎 [lb-ft] 為常用單位。

第六節 功 率

(一) 單位時間做功之能力稱為功率 (power)
，以 [P] 表示。即：

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{時間}} \quad P = \frac{W}{t}$$

(二) 功率之常用單位

1. 國際制以仟瓦 (kilowatt) [kW] 為常用單位。

$$1 \text{ kW} = 1,000 \text{ W}$$

$$1 \text{ 瓦特 [W]} = \frac{\text{m} \cdot \text{N}}{\text{sec}}$$

2. 公制以公制馬力 [PS] (德文 *Pferde stärke*) 為常用單位。

$$\begin{aligned} 1 \text{ 馬力 [PS]} &= 75 \frac{\text{公尺} \cdot \text{公斤}}{\text{秒}} \left[\frac{\text{m} \cdot \text{kg}}{\text{sec}} \right] \\ &= 4,500 \frac{\text{公尺} \cdot \text{公斤}}{\text{分}} \left[\frac{\text{m} \cdot \text{kg}}{\text{min}} \right] \end{aligned}$$

3. 英制以英制馬力 [HP] (horse power) 為常用單位。

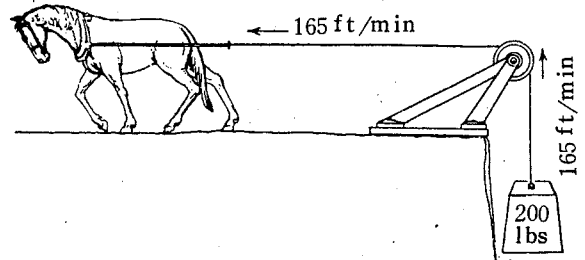


圖 2-13-5 一匹馬能在一分鐘內做 33,000 ft-lb 之功 [註 5]

$$\begin{aligned} 1 \text{ 馬力 [HP]} &= 550 \frac{\text{呎} \cdot \text{磅}}{\text{秒}} \left[\frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{sec}} \right] \\ &= 33,000 \frac{\text{呎} \cdot \text{磅}}{\text{分}} \left[\frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{min}} \right] \end{aligned}$$

如圖 2-13-5 所示。

(三) 功率常用單位換算

	國 際 制 KW	公 制 PS	英 制 HP
1 kW =	1	1.3596	1.341
1 PS =	0.7355	1	0.9863
1 HP =	0.7455	1.0319	1

第七節 引擎馬力

一、概述

汽油引擎和柴油引擎之馬力可分為在汽缸內發生之馬力與曲軸實際輸出之馬力兩種，前者由引擎活塞行程和汽缸內壓力關係用圖示而成之壓容圖 (PV 線圖) 計算而得之馬力稱為指示馬力 (indicate horse power)，簡稱 IHP，後者為引擎實際輸出馬力，用測功計 (dynamo meter) 測試而得之馬力稱為制動馬力 (brake horse power)，簡稱 BHP。IHP 比 BHP 之值大。

二、指示馬力之求法

(公制)

$$\text{IHP} = \frac{n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot P \cdot L \cdot N}{75 \times 60 \times 2} \text{ (四行程)}$$

$$\text{IHP} = \frac{n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot P \cdot L \cdot N}{75 \times 60} \text{ (二行程)}$$

n : 汽缸數

D : 汽缸直徑 (cm)

P : 平均有效壓力 (kg/cm²)

L : 活塞行程 (m)

N : 每分鐘轉速 (rpm)

(英制)

$$IHP = \frac{n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot P \cdot L \cdot N}{33,000 \times 2} \text{ (四行程)}$$

$$IHP = \frac{n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot P \cdot L \cdot N}{33,000} \text{ (二行程)}$$

- n : 汽缸數
- D : 汽缸直徑 (in)
- P : 平均有效壓力 (psi)
- L : 活塞行程 (ft)
- N : 每分鐘轉速 (rpm)

三、制動馬力之求法

制動馬力係由測試而得，測功計可分為電磁式及制動式兩種。電磁式測功計為發電機之一種，吸收引擎動力使發電機旋轉，由發電機發出之電壓及電流而測出制動馬力。亦即功率 = 電壓 × 電流。例如：

$$100 V \times 10 A = 1,000 W = 1 kW \\ = 1.3 \text{ 馬力}$$

制動式測功計係在曲軸飛輪上裝一制動帶，其內配有摩擦金屬，使與飛輪密切配合，制動帶經一臂桿擱於磅秤的平台上，引擎轉速加快，利用螺絲收緊，加水冷卻，引擎動力由摩擦力來吸收之，此時由臂桿及重量計顯示之扭矩及轉速錶測得之轉數即可求得制動馬力。如圖2-13-6及2-13-7所示。

BHP = 扭矩 × 角速度

扭矩 = L × W

角速度 = 2π × N

L : 飛輪中心至磅秤接點之距離，用m或ft表示之。

W : 磅秤指示重量，用kg或lb表示之。

N : 引擎轉數 (rpm)。

(公制) $BHP = \frac{2\pi \times N \times L \times W}{75 \times 60}$

(英制) $BHP = \frac{2\pi \times N \times L \times W}{33,000}$

四、淨馬力與總馬力

廠家測量制動馬力依引擎全裝備及卸下各種附件而分為淨馬力及總馬力兩種。由光引擎，即

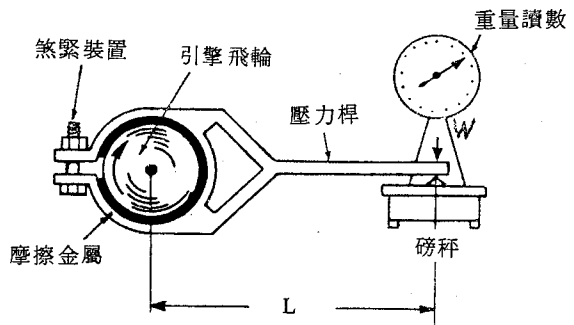


圖 2-13-6 普羅尼制動機構造圖〔註 6〕

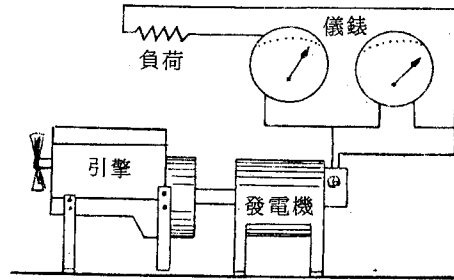


圖 2-13-7 馬力試驗機構造圖〔註 7〕

卸下引擎各種附件，如空氣濾清器、消音器、發電機、風扇及其他附件等狀況測量而得者，稱為總馬力；由全裝備引擎，即引擎裝有全部附件之狀況測量而得者，稱為淨馬力。按美、日、德、義各國之規格，其測量條件不盡相同，習慣上所表示者為總馬力，若為淨馬力則另有註明。淨馬力較總馬力約低 7~10 %。

五、底盤馬力試驗機

汽車驅動輪實際能輸出之馬力與扭矩，一般使用底盤馬力試驗機 (chassis dynamometer) 來測試，其構造如圖2-13-8所示，係利用車輪驅動滾輪，再驅動發電機及水泵以算出馬力及扭

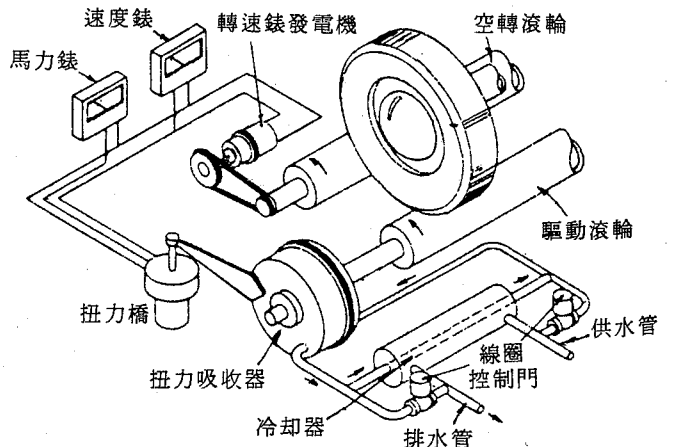


圖 2-13-8 底盤馬力試驗機構造圖〔註 8〕

矩值。

六、摩擦馬力

摩擦馬力 (frictional horse power),

簡稱 FHP, 為引擎及其他傳動系統之摩擦而損失之馬力, 可由指示馬力與底盤制動馬力之差求得。

第八節 引擎扭矩

一、概述

(一)引擎扭矩是使引擎曲軸發生旋轉之力量, 圖2-13-9所示為引擎扭矩曲線, 扭矩在中速時高, 高速及低速時較低, 這是因為隨引擎轉數燃燒壓力變化的緣故。

(二)圖2-13-10所示, 當壓力 P_0 作用於活塞, 經活塞銷、連桿傳達至曲軸臂成垂直向時之力量為 P_1 時, 此 P_1 與曲軸臂長度 r 之乘積即為當時使曲軸旋轉之扭矩, 因此, 同一引擎之燃燒壓力愈大, 扭矩值也愈大。

二、馬力與扭矩關係

(一)引擎馬力、扭矩、燃料消耗率、機械效率、熱效率、平均有效壓力等, 並非固定不變, 乃依轉速而變化。隨轉速關係表示其性能者稱為引擎性能曲線, 其中制動馬力、扭矩、燃料消耗率

為表示引擎性能最重要之項目, 如圖2-13-11為一引擎之性能曲線, 指示馬力與扭矩之關係。

(二)柴油引擎和汽油引擎一樣, 轉速愈高馬力愈大, 在馬力達到最高值後, 轉速再高, 馬力反而下降。柴油引擎之扭矩曲線較為平坦。

(三)馬力與扭矩關係可由下式求之:

(公制)

$$\text{制動馬力(PS)} = \frac{2\pi \cdot N \cdot L \cdot W}{75 \times 60} = \frac{N \cdot T}{716}$$

$$\therefore T = \frac{716 \cdot \text{PS}}{N}$$

T: 扭矩 (kg-m)

N: 轉數 (rpm)

(英制)

$$\text{制動馬力(HP)} = \frac{2\pi \cdot N \cdot L \cdot W}{33,000} = \frac{N \cdot T}{5252}$$

$$\therefore T = \frac{5252 \cdot \text{HP}}{N}$$

T: 扭矩 (ft-lb)

N: 轉速 (rpm)

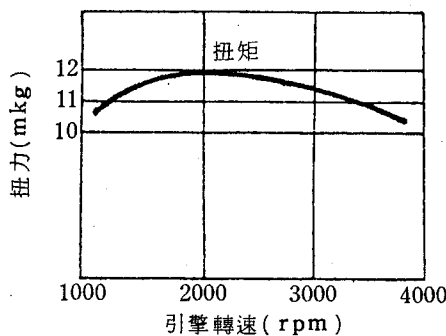


圖 2-13-9 引擎扭矩曲線 [註9]

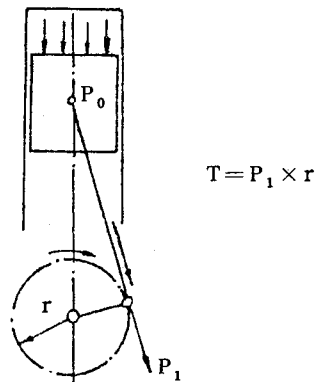


圖 2-13-10 活塞作用於曲軸之扭矩 [註10]

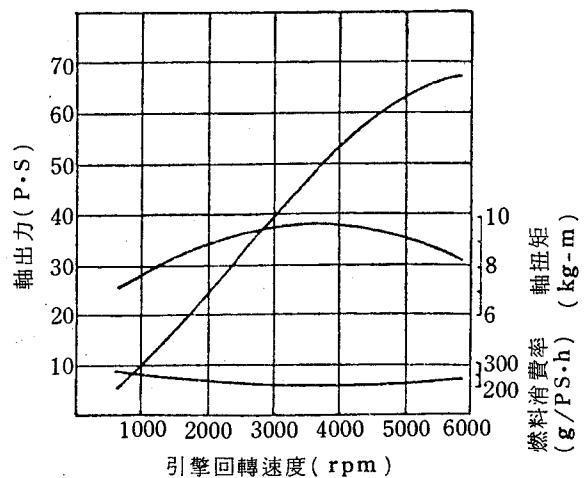


圖 2-13-11 引擎性能曲線圖 [註11]

第九節 燃料消耗率

燃料消耗率係表示引擎在一定工作下耗油量之多寡，其單位用 1 馬力 1 小時所消耗的燃料重（公克）表示之。即 gr/PS-hr 或 gr/Hp-hr。由圖 2-13-11 中得知，燃料消耗率有一最低點，對於更低或更高的轉數，燃料消耗率均將增高，其主要原因為轉速太低時，汽缸失熱時間增長，

且空氣與燃料之混合亦欠均勻，故熱效率降低而燃料消耗率增高，於轉速太高時，因制動功率迅速下降，故燃料消耗增高。

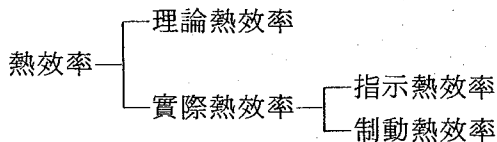
引擎燃料消耗愈小，其經濟性愈優，引擎性能愈好，在性能曲線中顯示，燃料消耗率最小值大約在最大扭矩附近，此時之轉速稱為經濟速度。

第十節 引擎效率

13-10-1 熱效率

一、概述

定量燃料燃燒轉換為功之熱能和輸入引擎之燃料總熱能之比，稱為熱效率。依功率之表示方法可分為三種：



二、理論熱效率

在一個理論循環中變為功之熱能和供給熱能之比稱之。

三、指示熱效率

汽缸中氣體所作的功和供給燃料之熱能的比

例稱為指示熱效率。氣體所作的功或指示功或指示馬力，可由壓力容積線圖求得，因需要耗去冷卻損失及進排汽所需之功，指示功較理論功為小，故指示熱效率較理論熱效率為小。

四、制動熱效率

引擎實際輸出的功和供給燃料總熱能的比例稱為制動熱效率，亦稱為全熱效率（over-all efficiency）。

$$\text{制動熱效率 } \eta_0 = \frac{\text{制動馬力}}{\text{輸入燃料總熱能}}$$

(一) 計算制動馬力可變成熱單位，即：

$$\begin{aligned} & \text{公制 1 馬力小時 (PS-hr) 之熱單位} \\ &= \frac{75}{427 \text{ (熱當量)}} \times 3600 \text{ kCal} \\ &= 632 \text{ kCal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{英制 1 馬力小時 (HP-hr) 之熱單位} \\ &= 2545 \text{ BTU} \end{aligned}$$

(二) 輸入熱能之計算：

(公制)

$$\text{輸入熱能} = H_c \text{ kCal/kg} \times B \text{ kg/hr}$$

(英制)

$$\text{輸入熱能} = H_c \text{ BTU/lb} \times B \text{ lb/hr}$$

H_c ：燃料之低熱值

B ：引擎每小時之耗油量

(三) 制動熱效率之計算：

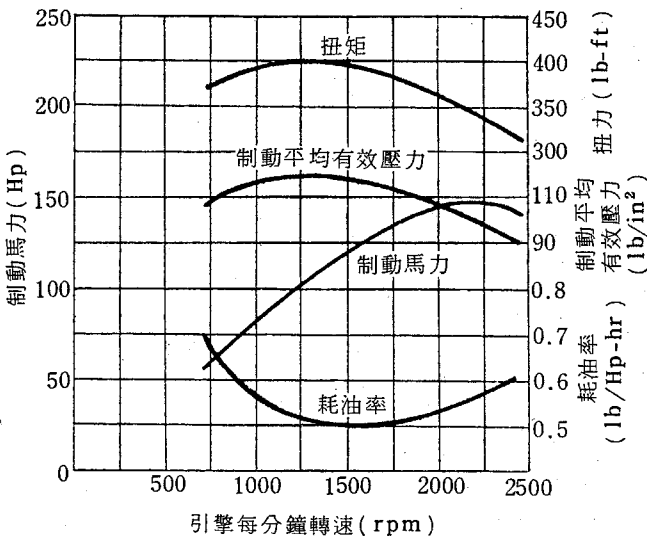


圖 2-13-12 引擎性能因素與轉數的關係曲線圖 [註12]

$$(公制) \quad \eta_e = \frac{632 \cdot N_e}{H_c \cdot B}$$

$$(英制) \quad \eta_e = \frac{2545 \cdot N_e}{H_c \cdot B}$$

η_e : 制動熱效率

N_e : 制動馬力

五、熱效率愈高，燃料消耗率愈低，在各種引擎中柴油引擎之熱效率最高（30~40%），燃氣輪機次之（22~30%），汽油引擎再次之（25~28%），蒸氣機最低。

13-10-2 機械效率

制動馬力和指示馬力之比稱為機械效率 (mechanical efficiency)。

$$\text{機械效率 } \eta_m = \frac{\text{制動馬力}}{\text{指示馬力}} \times 100\%$$

機械效率和機械摩擦多寡有關，指示馬力減去制動馬力稱為摩擦馬力，機械內部摩擦及驅動附件所損失之動力，有時以摩擦馬力來代表。

13-10-3 平均有效壓力

(一)引擎每一循環之功率除以汽缸每行程之排汽量稱為平均有效壓力。其數值隨排汽量及引擎

轉速而異，通常用來比較引擎性能。平均有效壓力和熱效率一樣，可分為理論平均有效壓力、指示平均有效壓力和制動平均有效壓力三種。

(二)指示平均有效壓力和機械效率之乘積稱為制動平均有效壓力 (brake mean effective pressure, 簡稱BMEP)。

$$BMEP = \text{指示平均有效壓力} \times \text{機械效率}$$

(三)計算制動平均有效壓力之公式為：

$$BMEP = \frac{4\pi T}{10V} = 1.257 \frac{T}{V} \quad (\text{四行程})$$

$$BMEP = \frac{2\pi T}{10V} = 0.628 \frac{T}{V} \quad (\text{二行程})$$

BMEP : 制動平均有效壓力 (kg/cm²)

T : 扭矩 (m·kg)

V : 總排汽量 (ℓ)

四和汽缸排汽量相同之汽油引擎比較，柴油引擎之馬力較小，即平均有效壓力較低，汽油引擎之平均有效壓力約為 6.5~8.0 kg/cm²，柴油引擎約為 6.5 kg/cm²。

第十一節 熱能分配

燃料燃燒後產生之熱能對於一般內燃機其分配比例可分為下列四類：

(一)有效功率 (制動馬力)。

(二)排氣損失及輻射熱。

(三)冷卻損失。

(四)摩擦損失。

熱能分配情形如圖 2-13-13 所示，其分配比例則依引擎種類、轉速、負荷狀態而有不同，表 2-13-1 為柴油引擎和汽油引擎之比較。

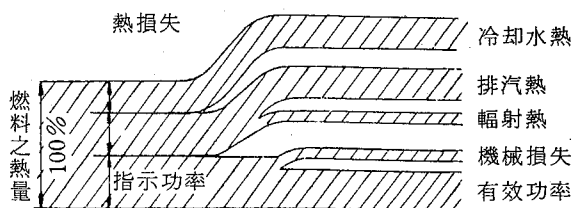


圖 2-13-13 熱能分配圖 [註13]

表 2-13-1 柴油引擎和汽油引擎之比較

	柴油引擎%	汽油引擎%
制動馬力	30 ~ 34	25 ~ 28
排氣損失及輻射熱	30 ~ 33	33 ~ 37
冷卻損失	30 ~ 31	32 ~ 34
機械損失	5 ~ 7	5 ~ 6

燃料所含熱能僅約30%使用於有效功率，其餘70%全部損失掉。柴油引擎因壓縮比較高，熱能用於有效功率之比較高，且燃燒氣體較能充分膨脹，排汽溫度降低，因此排汽損失之熱能較少，不過柴油引擎之機械損失較多。

第十二節 容積效率與進氣量

(一)汽缸內吸入多少空氣和輸出馬力有著直接之影響，研究引擎性能必須瞭解吸入空氣效率，通常比較吸入作用之良否為容積效率。

$$\text{容積效率}\eta = \frac{(\text{PT}) \text{ 實際吸入空氣之重量}}{(\text{PT}) \text{ 汽缸可容納空氣之重量}}$$

上式 $P = 760 \text{ mmHg}$ ， $T = 288^\circ \text{K}$ (15°C)，即在標準大氣壓力下所求之比率。

(二)容積效率之高低受引擎轉數、通道阻力、汽缸及燃燒室溫度等之影響。轉數愈高，容積效率愈大，但至最大扭矩之轉數點或其附近後，逐漸減低如圖 2-13-14；汽門頭直徑愈小及汽缸、燃燒室溫度愈高，容積效率愈低。

(三)柴油引擎之容積效率一般為 0.8~0.9，汽油引擎因化油器之阻力，進氣壓力降低，容積效率僅約 0.65~0.8，如使用增壓器，容積效率可達 1.5。

(四)增加容積效率之方法：

1. 使用增壓器。
2. 進排汽歧管分開對置如圖 2-13-15 所示，使進汽溫度降低。

3. 盡量利用慣性，不使進汽劇烈改變方向。

4. 加大或增加進汽門以消除空氣通道阻力。

汽油引擎增加容積效率即可增加馬力，但柴油引擎因容積效率大約一定，不像汽油引擎有化油器之通道阻力，故藉增加容積效率以期增加馬力，殊無可能。另一方面，柴油引擎最高馬力限制在於燃燒之發煙界限，很稀薄之混合氣亦可燃

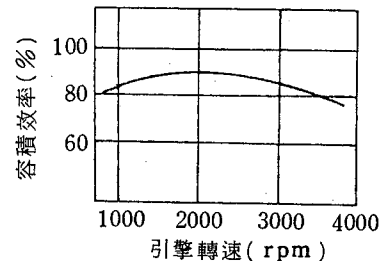
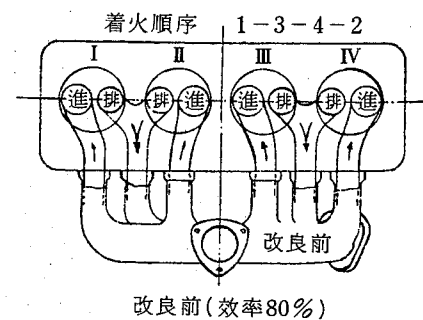
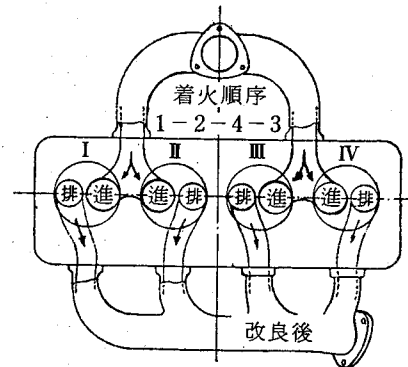


圖 2-13-14 容積效率 [註14]



改良前 (效率 80%)



改良後 (效率 90%)

[註15]

圖 2-13-15 進排汽歧管改良前與改良後之比較

燒，故對柴油引擎而言，空氣過剩率遠比容積效率重要。

第十三節 影響引擎性能因素

一、引擎性能好壞常以下列性能因素做為比較標準

(一)每單位排汽量的制動馬力以 BHP/cc. 或 BHP/cuin 為單位表示之。

(二)每一制動馬力的引擎重量以 kg/BHP 或 lb/BHP 為單位表示之。

(三)制動平均有效壓力以 kg/cm^2 或 lb/in^2

為單位表示之。

(四)每一制動馬力小時所消耗燃料的重量以 $\text{kg/BHP}\cdot\text{hr}$ 或 $\text{lb/BHP}\cdot\text{hr}$ 為單位表示之。

二、壓縮比

(一)理論和實際都證明指示平均有效壓力隨壓縮比之增大而比例增高，因而單位排汽量的馬力及扭矩也隨之增加。

三、汽缸直徑與活塞行程

(一)如活塞行程不變，則汽缸直徑變大時，開始發生爆震的壓縮比減小，且減小比率頗大。

(二)同大的汽缸直徑，則活塞行程變大時，開始發生爆震的壓縮比也減小，但減小比率較低。

(三)活塞行程小，則曲軸慣性小，轉速可以增高，震動也可以減小。汽油引擎的活塞行程均較短。

四、地區高度和溫度

(一)引擎馬力和化油器空氣進口處的大氣壓力及空氣密度成正比。大氣壓力每減少 1 吋 Hg 柱，馬力即減少 4 %。

(二)引擎馬力約和絕對溫度的平方根成反比。進氣溫度每升高 1 °C，馬力減少約 1 %。

(三)地區高度愈高，空氣密度也愈小，故引擎

的馬力也必然減小。

(四)以引擎在海平面處的馬力為標準，則在 1,000 公尺 (3,300 呎) 高度時，引擎馬力約減少 10 %。在 3,000 公尺 (10,000 呎) 高度時，引擎馬力約減少 30 %。在 6,000 公尺 (20,000 呎) 高度時，引擎馬力約減少 53 %。

(五)大氣中的濕度增大時，引擎馬力減小，但耗油率則將增大。蒸汽壓力每增加 1 吋 Hg 柱，馬力減少 4 %。

五、引擎轉速

(一)引擎轉速增大，則摩擦馬力增大甚速。

(二)引擎轉速增大，則容積效率降低。

(三)引擎轉速增大，則機械效率降低。

(四)制動馬力、制動平均有效壓力、扭矩、耗油率與轉速的關係如圖 2-13-12 所示。

【習題】

一、問答：

1. 何謂馬力？
2. 有壹三缸二行程引擎，其指示平均有效壓力為 7 kg/cm^2 ，行程為 30 cm，缸徑為 32 cm，引擎以 4,000 rpm 之速度運轉，求其指示馬力？又機械效率為 80%，試求其制動馬力？
3. 有壹八缸四行程引擎，其制動平均有效壓力為 8 kg/cm^2 ，行程為 30 cm，缸徑為 40 cm，引擎以 6,000 rpm 之速度運轉，求其制動馬力？又其機械效率為 80%，試求其指示馬力？

4. 試述馬力試驗機之種類。

5. 何謂壓縮比與排氣量？

6. 何謂引擎扭矩？以何單位表示？

7. 制動馬力與扭矩有何關係？

8. 何謂熱效率？

9. 引擎性能比較以那幾個因素來比較之？

二、選擇：

1. 摩擦馬力及制動馬力之和為(A)課稅馬力(B)指示馬力(C)機械效率。
2. 廠家規定的制動馬力是以(A)負重引擎(B)光引擎(C)均有而言。
3. 制動馬力通常是指(A)摩擦馬力和指示馬力之差(B)指示馬力與機械效率之積(C)熱效率。

【資料來源註釋】

- 〔註 1〕 永屋元靖著 自動車百科全書 圖 2-18
 〔註 2〕 日本自動車整備振興會連合會編 三級自動車ガソリン・エンジン上 圖 1-22
 〔註 3〕 同〔註 2〕 圖 1-23
 〔註 4〕 同〔註 2〕 圖 1-7
 〔註 5〕 William H. Crouse Automotive Mechanics 7th ed. Fig 16-5
 〔註 6〕 Stockel Automechanics Fundamentals Fig 8-4

〔註 7〕 同〔註 6〕 圖 8-5

〔註 8〕 同〔註 6〕 圖 8-6

〔註 9〕 同〔註 2〕 圖 1-7

〔註 10〕 同〔註 2〕 圖 1-9

〔註 11〕 同〔註 2〕 圖 1-10

〔註 12〕 范欽惠編著 車用汽油引擎 圖 8-1

〔註 13〕 日本自動車整備振興會連合會編 二級ガソリン自動車 ガソリン・エンジン編 圖 III-2

〔註 14〕 楊思裕編著 汽車柴油引擎(上) 圖 3-11

〔註 15〕 同〔註 14〕 圖 3-12