

活塞式航空發動機

常榮福編



活 塞 式 航 空 發 動 機

常 榮 福 編

商 務 印 書 館 出 版

序

活塞式航空發動機雖然已發展到極限，但是關於它的中文書籍仍尙不多見。已有的一些版本，除一些討論原理者外，一般都常使讀者有陳舊之感。本書初稿（初級航空發動機）也同犯此病，所以編者搜羅了一些比較新的材料，及一些蘇聯的先進知識，又重新編寫了一遍。內容與前幾乎全部更變，增製插圖百餘幅，文字仍力求簡明通俗。因為目前許多航空器已採用噴氣式發動機作動力，所以本書改名為“活塞式航空發動機”。書內難免尙有缺點，希讀者指正。

編者 1951, 5, 1。

目 錄

序

第一章 總論	1
第一節 航空發動機的類別	1
第二節 航空發動機的基本要求	2
第三節 活塞式航空發動機的类型	4
第四節 航空發動機的組成部份	8
第五節 名詞與定義	12
第二章 發動機的工作原理	14
第一節 循環	14
第二節 四行程發動機的工作原理	15
第三節 二行程發動機的工作原理	17
第四節 氣門開關時間的調整	19
第五節 氣門空隙	22
第六節 提前點火	28
第七節 氣缸發火次序	24
第三章 發動機的主要機件	31
第一節 氣缸	31
第二節 活塞、漲圈、活塞銷	38
第三節 聯桿	38
第四節 曲軸	41
第五節 機匣	45
第六節 氣門工作機構	47
第七節 軸承	56
第八節 減速裝置	58
第九節 排氣裝置	60
第四章 滑潤系統	65
第一節 磨擦	65

第二節 潤滑設備	65
第三節 航空滑油應具有的性質	66
第四節 滑油的消耗	69
第五節 通用的潤滑油液	69
第六節 滑油系統	70
第五章 散熱設備	81
第一節 熱能量的耗損	81
第二節 氣缸的散熱	82
第三節 氣冷法	83
第四節 整流設備	85
第五節 水冷法	86
第六節 氣冷法與水冷法的比較	92
第六章 燃料與燃燒	94
第一節 燃料的種類	94
第二節 航空燃料的要求	95
第三節 石油及其提煉	96
第四節 汽油的提煉法	98
第五節 燃燒	98
第六節 混合比	100
第七節 爆震現象	101
第八節 發動機設計與爆震的關係	102
第九節 抗爆劑	104
第七章 氣化器	107
第一節 氣化作用	107
第二節 氣化器的種類	108
第三節 浮子式氣化器原理	109
第四節 浮子式氣化器的各種調整裝置	111
第五節 噴射式氣化器	117
第八章 直接注油設備	132
第一節 氣化器的缺點	132
第二節 直接注油法的原理	133
第三節 供油系統	136
第四節 高壓注油泵	137

第五節 混合比操縱器	141
第六節 噴油嘴的構造	142
第九章 燃料系統	144
第一節 燃料系統包括的部份	144
第二節 汽油箱	146
第三節 油泵	148
第四節 油管及油濾	150
第五節 燃料系統的渠縱	151
第六節 油氣分離器	152
第七節 防火裝置	153
第十章 進氣系統與增壓器	155
第一節 進氣裝置	155
第二節 進氣系統的安裝	157
第三節 發動機的高空性能	158
第四節 增壓器的功用	159
第五節 增壓發動機的性能	160
第六節 增壓器的區別	162
第十一章 基本電學常識與電源設備	169
第一節 導體與絕緣體	169
第二節 電流	170
第三節 電位	170
第四節 電阻·歐姆定律	171
第五節 電功率與電能	171
第六節 電路連接法	172
第七節 磁性金屬與非磁性金屬	174
第八節 磁極與磁場	174
第九節 電磁性	175
第十節 電磁鐵	177
第十一節 電磁感應	177
第十二節 互感	179
第十三節 自感	180
第十四節 發電機	180
第十五節 蓄電池	182

第十六節 發電機——蓄電池的連接法	184
第十二章 點火系統	188
第一節 點火系統的種類	188
第二節 點火系統的主要部份	188
第三節 感應線圈	189
第四節 斷電器	190
第五節 電容器	191
第六節 安全火花隙	192
第七節 分電器	192
第八節 火花塞	194
第九節 點火系統的隔波裝置	195
第十節 蓄電池與發電機式點火系統	197
第十一節 高壓磁電機式點火系統	198
第十二節 高壓磁電機的種類	199
第十三節 旋轉發電式磁電機	200
第十四節 感應子式磁電機	201
第十五節 雙組點火制	204
第十六節 磁電機的轉速	205
第十七節 點火的提前與延後	206
第十八節 磁電機定時	207
第十三章 起動設備	208
第一節 起動器的功用及種類	208
第二節 手搖起動器	209
第三節 手搖電動二用起動器	211
第四節 爆炸式起動器	212
第五節 壓縮空氣起動法	213
第六節 起動點火系	216
第十四章 發動機的常用術語	219
第一節 性能說明板	219
第二節 發動機的功率	220
第三節 容積效率	226
第四節 航空發動機的性能曲線	227

活塞式航空發動機

第一章 總論

第一節 航空發動機的類別

〔發動機的定義〕 發動機就是一種能利用燃料燃燒時所放出來的熱能來做工的器械。

〔發動機的類別〕 目前通用的發動機大體可分為兩類：第一類叫作外燃機，例如蒸氣機及蒸氣渦輪等。在外燃機中，燃料是在機外的鍋爐中燃燒，燃燒後所產生的熱能，由水蒸氣或其他種蒸氣輸送到發動機中，再由發動機將這些熱能變為機械能。第二類叫作內燃機，燃料直接在發動機內燃燒，燃燒所產生的熱能，直接轉變成機械能。例如汽油活塞式發動機，笛塞爾發動機，噴氣式發動機及燃氣渦輪機等。

〔航空發動機的類別〕 目前使用在飛機上或其他航空器上的發動機種類非常繁多，但依其運轉原理的不同，可分為下列數類：

一、往返式活塞發動機

1. 四行程內燃機

(I) 點燃機

(a) 氣化器發動機

(b) 直接注油式發動機

(II) 壓燃機

2. 二行程內燃機

(I) 點燃機

(a) 氣化器發動機

(b) 直接注油式發動機

(II) 壓燃機

二、噴氣式反應發動機

1. 火箭式噴氣發動機

2. 衝壓式噴氣發動機

3. 共鳴式噴氣發動機

4. 渦輪式噴氣發動機

三、燃氣渦輪機

在以上的分類中，反應式航空發動機及燃氣渦輪機是航空器動力中的新興發動機，其中除渦輪式噴氣發動機已至定形的階段外，其他仍在研究發展中。壓燃機在過去曾被應用在飛機上，但近來採用者已很稀少，故這幾種航空動力，本書不欲加以討論。

〔航空發動機的用途〕 往返式活塞發動機與燃氣渦輪機在航空器上的主要用途，是將燃料中所含的熱能轉變成機械能，用來旋轉螺旋槳使一部份的空氣被推向後方，航空器就利用這部份空氣所付出的反作用力維持着向前飛行。所以這種航空發動機的唯一使命是產生一種具有巨大扭力的旋轉運動。噴氣式反應發動機的用途是利用燃料或火藥來產生一高速的氣流，利用這股高速氣流的反作用力來推進航空器。所以噴射式與往返活塞式主要不同之點，在於熱能轉變的對象不同：一種是產生動能；一種是產生機械能。

第二節 航空發動機的基本要求

航空發動機必須適合下列的基本要求：

一、重量馬力比要小 所謂重量馬力比就是發動機能產生的總馬力除以發動機的總重量。如果發動機的馬力愈大，重量愈小，則愈適合於航空動力的要求。在一定馬力數下發動機的重量愈小，則可使飛機的速度增快，昇爬率增大，落地速度減慢。所以一般航空發動機的重量馬力比都要求其儘量能減小。目前往返式航空發動機的重量馬力很少有超過半公斤者。

二、所佔的容積要小 因為飛機的體積希望愈小愈好，如此可減小飛機飛行時所受的阻力。所以發動機的體積也希望愈小愈好。

三、安全可靠 因為飛機係在空中運動，不可能隨時修理，所用飛機上的發動機應該不時常發生故障。

四、動作敏捷 航空發動機對於各種速度的變換，必須非常敏捷，要快就快，要慢就慢，沒有遲滯的現象。這點對於軍用飛機尤其是非常重要的。

五、油量消耗量要小 航空發動機的燃料與滑油的消耗量必須很小，因為飛機的載重有限，節省油量，非但符合經濟的要求，並可使同等載油量的飛機有更大的航程。在航空發動機上，油量消耗率是以每匹馬力在一小時的耗油量來計算。目前的活塞式發動機在最大功率時的汽油耗率約為每馬力每小時 0.25—0.35 公斤。在巡航情況中，每馬力每小時的耗率約為 0.2—0.25 公斤。一般航空發動機的滑油消耗率都很小，通常多在每馬力每小時 0.01 到 0.05 公斤之間。

六、不受高度的影響 發動機中的汽油必須與空氣先混合成一種可燃的混合氣體後，方能在氣缸中燃燒。二者的混合須依一定的比例，否則不是完全不能燃燒，就是燃燒不能完全。因之燃料的含熱量就無法全部發揮出來，發動機的馬力就要減小。但是空氣的密度是隨高度改變的，高度愈高，密度愈小，因此就要影響汽油與空氣的混合比。一般採用

氧化器的發動機如無另外的高空裝置，在高度中，非但馬力減小，並且會有大量的燃料被無謂的浪費掉。所以航空發動機必須要有應付高空的裝置，使其儘可能不受高度變更的影響。

此外尚有許多要求，例如構造應力求簡單堅固，便於製造與維護等等，都是航空發動機應有的特質。

第三節 活塞式航空發動機的类型

活塞式航空發動機有多種不同的型別，在第一節中的類別是按其構造的原理來分的，今僅就四行程內燃機一類，又有下列不同的型式：

一、依照冷卻的方法來分：

1. 液冷式 是利用一種循環的液體作媒介，來冷卻氣缸的發動機。液體先將熱吸收，然後再散播至空氣中。

2. 氣冷式 是直接利用飛機前進時迎面吹來的氣流，來冷卻氣缸的發動機。

二、依照氣缸排列的方法來分：

1. 直立型 所有的氣缸都排成一列，其優點是構造簡單，寬度狹小，裝有這種發動機的飛機前進時，阻力也比較小。飛機上常採用的直立型發動機，有四氣缸和六氣缸兩種，可以是液冷式，也可以是氣冷式。參看圖 1-1 所示。



圖 1-1 直立型發動機

2. V 型 氣缸排成兩列，縱觀形如 V 字，兩排氣缸的聯桿都接在

同一個曲軸上。這樣排列，可以減短發動機的長度，減輕其重量，並且也比較堅固；所以應用很廣。飛機上所裝用的V型發動機，有八氣缸與十二氣缸兩種。八氣缸，左右兩排各四個，中間的夾角；即氣缸排角是 90° 。十二氣缸，左右兩排各六個，氣缸排角是 45° 或 60° 。V型發動機，一般多是液冷式。參看圖 1-2 所示。

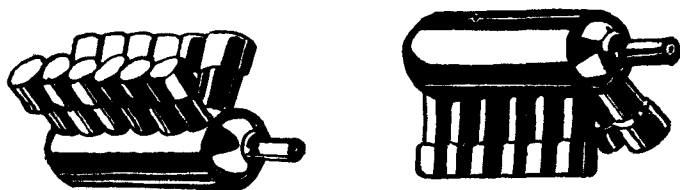


圖 1-2 V型發動機

3. 對立型 氣缸排成兩列，彼此對立，兩排氣缸的聯桿都接在同一個曲軸上。採用此種排列方法的發動機多為馬力較小者，以氣冷式為最多，每排的氣缸數目很少有超過兩個以上者。參看圖 1-3 所示。

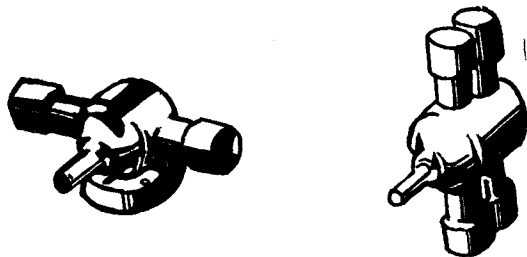


圖 1-3 對立型發動機

4. W型 氣缸排成三列，形如W字，所有的聯桿共同連結在一個曲軸上。優點是可使發動機的長度更加縮短，重量減輕，氣缸數目多的發動機，採用此式比較合適，普通有十二氣缸與十八氣缸兩種。十二氣缸，每排各四個，氣缸排角是 60° 。十八氣缸，每排各六個，氣缸排角是 40° 。W型發動機多是液冷式。此型發動機有一最大的缺點，就是平衡

問題很難解決，所以現在已很少見。參看圖 1-4 所示。

5. X 型 氣缸分為四排，成 X 型並同用一個曲軸。有十六氣缸的，每排各四個，有二十四氣缸的，每排各六個。其優點是重量馬力比值較小，而轉動均勻。多氣缸大馬力的液冷式發動機多喜採用 X 型。參看圖 1-5 所示。

6. H 型 氣缸排列成 H 型，上下各二個，有二個曲軸，由齒輪將二軸連於一個螺旋槳轉軸上。

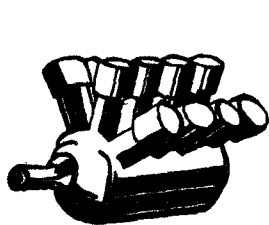


圖 1-4 W型發動機

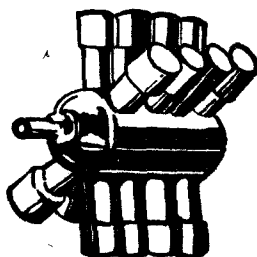


圖 1-5 X型發動機

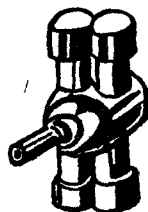
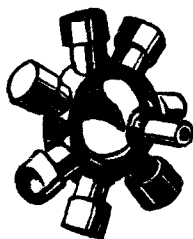
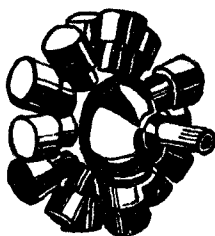


圖 1-6 H型發動機

7. 星型 發動機的氣缸是以曲軸為中心，向四週作相等度排列，形狀像一多角的星，所以叫作星型。星型發動機因為各氣缸都在前面，可以直接接受到迎面吹來的氣流，故皆為氣冷式。它的優點是曲軸及機匣很短，重量馬力比值較小，構造簡單及易於修理等。它的缺點是迎風



單排 7 缸



雙排 14 缸

圖 1-7 星型發動機

面積大，使飛機受到較大的阻力。星型發動機有單排者與雙排者之分，雙排星型發動機有前後兩排氣缸，為使每缸都能得到很好的冷卻計，前後排的氣缸是交錯排列着，即後排氣缸恰位在前排氣缸的空夾中。單排星型發動機的氣缸數目多為奇數，如 5, 7, 9 等，雙排發動機多為偶數，是單排的倍數。

三、依照點燃的方式來分

1. 點燃式 汽油與空氣按照一定的混合比混成的混合氣，在氣缸內經過活塞壓縮後，如用一外來的火源點燃，使其燃燒者，稱為點燃式發動機，或稱為鄂圖循環的發動機。

2. 壓燃式 先將空氣在氣缸內壓縮，使其溫度升高至燃料的燃點之上，然後再向缸內噴入燃料使其自燃，這種發動機稱為壓燃式發動機，或稱為笛塞爾循環的發動機。

四、依供油的方式來分 在點燃式發動機中依其供給燃料的方法不同，又可分為氣化器式發動機與直接注油式發動機：

1. 氣化器發動機 燃料先送至氣化器，由氣化器使其變成霧狀噴出，與空氣先混合成可燃的混合氣，然後再送至氣缸內燃燒。

2. 直接注油式發動機 先將空氣吸入氣缸內，然後再噴注燃料，使其在氣缸內一面氣化一面與空氣混合，供給燃燒。

五、依有無增壓裝置來分

1. 無增壓器的發動機 其所需的空氣是以活塞向下運動時，在氣缸內產生的低壓將空氣吸入。沒有其他機構的幫助，此式發動機祇能使用在低空。在高空因為空氣稀薄進入氣缸內的空氣量或混合氣的量將減小，於是發動機的馬力將隨高度的上昇而減低。

2. 有增壓器的發動機 利用發動機的功率或存在於排出廢氣中的熱量來推轉一空氣泵，將送往氣缸去的氣體加以壓縮，增大其密度。

如此可減少因受高度增高的影響。

第四節 航空發動機的組成部份

一台航空發動機是由許多部門組合而成。構造十分複雜，機件常有在萬件以上者。但依其工作的主要任務，可總括分為下列幾部份：

一、主要機體

1. 機匣 是一台發動機的基本部份，是一切機件的構架。所有的氣缸，曲軸，凸輪及各附件等等都安裝在它的上面或裏面。它並且是滑潤油的收集池或通路。

2. 氣缸 是供燃料燃燒，產生高壓的部份，它並且是活塞的導路，是進氣活門，排氣活門，火花塞及噴油嘴的安裝構架。因為它的溫度很高，故其外面一定要有散熱的裝置，氣冷式用散熱片，水冷式則用水套。

(甲)進氣活門 是管制空氣或空氣與燃料的混合氣何時應進入氣缸內的機構。位在進氣管通至氣缸內的接口處。它的開閉動作是由凸輪軸或凸輪盤來操縱的。

(乙)排氣活門 是管制氣缸內作完工的燃燒後廢氣何時應排出氣缸外的機構，位在氣缸通至排氣管的接口處，亦是由一凸輪軸或凸輪盤來操縱它的開閉。

(丙)火花塞 是一個在適當時候產生火花點燃氣缸內已被壓縮的混合氣用的機件，位在氣缸頭上。由磁電機及時將高壓的電流送到它的二個隔離的電極上，產生火花。

(丁)噴油嘴 是直接注油式或笛塞爾式發動機上用以向氣缸內直接噴射燃料的機件，亦位在氣缸頭上，由一高壓油泵向其及時供給燃燒用的汽油或柴油。

3. 活塞 是承受燃料燃燒係由熱量所造成的高壓，將其變成機

械能的機件，它在氣缸內作上下往返的運動。它的周緣並裝有壓縮漲圈，滑油漲圈與活塞銷。

(甲)壓縮漲圈 圍在活塞的腰部近活塞面（上端）的地方，製就的槽口內，是用來防止活塞上高壓氣體發生洩漏的。

(乙)滑油漲圈 亦圍在活塞的腰部近活塞的下周緣，用以防止機匣內的滑油進入氣缸內活塞以上（燃燒室）的部份中。

(丙)活塞銷 是將活塞連接到連桿去的一個短軸。

4. 連桿 是將活塞得到的能量傳送到曲軸上，使曲軸旋轉的機件，它連接在活塞與曲軸之間，一端作旋轉運動，一端作往返運動。

5. 曲軸 是將活塞的直線往返運動變為旋轉運動的機件，並且是將發動機的功率向外輸出的機構，一切需要用動力推動的機件與附件，都由它來擔任，它位在機匣中，一端以減速齒輪與螺旋槳連接，另一端則以齒輪與發動機各附件相接，用來轉動輔助發動機工作的各個附件。

6. 凸輪軸或凸輪盤 是用來管制進氣門與排氣門開關的機件，位在機匣中或氣缸頭上，由曲軸來帶轉。

7. 氣門挺桿 用以將凸輪的動作傳達至進氣或排氣活門去的機件，一端藉隨動滑輪和推筒與凸輪緣相接觸，一端連接操縱活門的搖臂。

8. 減速齒輪 是將曲軸的高轉速變為低轉速的機構，位在機匣中的前方，界於曲軸與螺旋槳軸之間。

二、主要的系統

1. 進氣系統 由外界將空氣輸送至氣缸內以助燃料燃燒，包括進氣導管，進氣總管及分氣歧路等，在增壓發動機上，並包括有增壓器及中間散熱器等。

(甲)進氣導管 是由氣化器或增壓器以前一段的導管。

(乙)進氣總管 是由氣化器或增壓器以後一段的導管。

(丙)分氣歧管 是將引進的空氣或混合氣分至各氣缸的導管。

(丁)增壓器 是將進入氣缸內的空氣或混合氣增高密度的機構。因推動動力來源的不同又可分齒輪帶動與廢氣渦輪帶動二種。因為增壓後的氣體溫度增高影響氣缸的進氣量，所以常裝用一中間散熱器，將進氣冷卻。

2. 排氣系統 是引導氣缸中作完功的廢氣至發動機外的導管，包括排氣歧管及總管，在用渦輪增壓器的發動機上，並包括燃氣渦輪機等。

3. 散熱系統 用以將氣缸受到的高熱，以直接或間接的方式傳至大氣中。氣冷式發動機是用散熱片，此外在發動機外並需備有整流罩及魚鱗片等。水冷式發動機包括有水套，水泵，散熱器及膨脹箱等。

4. 潤滑系統 供滑油至各運動機件的摩擦面上，用以減少摩擦的阻力，同時將由磨擦所產生的熱帶走。包括有油箱，油泵，油濾，油池及散熱器等。

5. 燃料系統 其任務有二，存貯大量燃料，與及時將燃料送至氣化器或直接注油泵。包括有油箱，油泵，油濾及操縱機構等。

6. 氣化器 其任務是將燃料以一定的數量噴出，與通往氣缸中的空氣混成合宜的可燃混合氣。包括有供油機構，混合比操縱機構，高空調節機構及加速機構等。

7. 點火系統 是一能產生高壓電流，及時輸至火花塞去的供電機構。包括有磁電機，起動線圈及火花塞等。

8. 電源系統 是產生電能，用以供給飛機及發動機上各電氣設備使用的機構。包括有發電機，管理箱及蓄電池等。