

# 活塞式航空模型發動機

阿·維·費里伯切夫著  
朱 民 光譯

---

## 編者的話

這本書是根據蘇聯1951年出版的活塞式航空模型發動機一書譯出的。原書中第七章介紹了蘇聯過去曾使用過的幾種電點火式航空模型發動機。由於今後電點火式航空模型發動機，將不再被大量採用，因之這部分都刪掉了。

在本書將付印時，又得到蘇聯國防工業出版社1954年再版的新版本，較原書雖有所增減，但差別不大。爲了提早出版本書起見，決定再版時再爲補充和修改。

本書第一章由黃永良同志翻譯、第二章至第九章均由朱民光同志翻譯；全書由黃永良、池去病兩同志校對。

# 目 錄

|      |   |
|------|---|
| 編者的話 |   |
| 作者的話 | I |

## 第 一 章

### 發動機各部分的功用和它們的工作原理

|           |   |
|-----------|---|
| 總 論       | 3 |
| 機匣和曲柄連桿機構 | 4 |
| 氣缸和活塞     | 5 |
| 飛 輪       | 5 |

## 第 二 章

### 發動機的工作原理及其性能

|                |    |
|----------------|----|
| 空氣的吸入与工作混合氣的形成 | 6  |
| 機匣與燃燒室內的壓縮     | 8  |
| 工作行程与排氣        | 9  |
| 驅 氣            | 9  |
| 分氣定時           | 11 |
| 功 率            | 12 |
| 扭轉力矩           | 14 |
| 發動機的性能         | 15 |

## 第 三 章

### 發動機各個零件的構造

|     |    |
|-----|----|
| 氣 缸 | 17 |
|-----|----|

|            |    |
|------------|----|
| 活 塞        | 19 |
| 活 塞 銷      | 21 |
| 連 桿        | 22 |
| 活塞和連桿連接的方法 | 23 |
| 曲 軸        | 25 |
| 螺旋槳墊片      | 26 |
| 主 軸 承      | 27 |
| 機 匣        | 28 |
| 氣 化 器      | 30 |
| 油 箱        | 32 |
| 斷 續 器      | 32 |

#### 第 四 章

#### 燃 料 和 潤 滑 油

|                 |    |
|-----------------|----|
| 汽油發動機用的燃料和潤滑油   | 34 |
| 壓縮式發動機所用的燃料和潤滑油 | 34 |
| 燃料的選擇           | 38 |

#### 第 五 章

#### 混合氣的點燃方法和點火機構的裝置

|              |    |
|--------------|----|
| 電火花點火法       | 39 |
| 熱火栓點火法       | 40 |
| 利用壓縮使工作混合氣自燃 | 41 |

#### 第 六 章

#### 發動機在模型飛機上的運用

|                  |    |
|------------------|----|
| 在模型飛機上安裝發動機的方法   | 42 |
| 油箱的配置與發動機的燃料供應系統 | 44 |

|                 |    |
|-----------------|----|
| 發動機工作時間的限制      | 46 |
| 模型飛機作記錄飛行時的準備工作 | 48 |

## 第七章

### 電點火用附件的製造

|               |    |
|---------------|----|
| 點火線圈的製造       | 50 |
| 線圈的試驗         | 53 |
| 航空模型上點火用電阻的製造 | 54 |
| 用礦岩片做絕緣體的自製電阻 | 54 |
| 用雲母做絕緣體的自製電阻  | 55 |

## 第八章

|             |    |
|-------------|----|
| K—16型壓縮式發動機 | 57 |
|-------------|----|

## 第九章

### ЦАМЛ—50型壓縮式發動機的製造

|                 |    |
|-----------------|----|
| 發動機的數據          | 60 |
| 機匣、機匣後蓋和機匣襯套的製造 | 61 |
| 氣缸襯筒的製造         | 63 |
| 活塞和反活塞的製造       | 63 |
| 曲軸和連桿的製造        | 64 |
| 發動機的裝配和磨合運轉     | 65 |
| 發動機的起動與調節       | 67 |

## 作者的話

航空模型運動是一種極有趣味的運動形式。在蘇聯每年舉行的航空模型比賽會中，有着各式各樣帶有機械裝置的模型飛機參加比賽。其中最使人感覺興趣的，就是裝有活塞式發動機的模型飛機。一切參加比賽的模型飛機，常常也包括發動機在內，都是航空模型愛好者自己做的。

現在，模型飛機的飛行距離已達到 210 公里，留空時間長達 3 小時 48 分鐘，飛行高度為 4150 公尺，而圓圈飛行的速度則有每小時 169 公里之多●、●。

因此，對於發動機——飛機的心臟，也就提出了高度的要求。例如，對於飛長距離的模型飛機，它的發動機必須工作好幾小時之久。對於高速度的模型飛機，發動機就應當具有很大的馬力。某些用特種燃料混合物來運轉的航空模型發動機，其所發功率有 1.5 匹馬力之多。而這種發動機一共才重 300 克左右。

航空模型發動機的氣缸工作容積，自 0.3 立方公分至 10 立方公分。根據國際航空聯盟的競賽章程，模型飛機的發動

---

● 所有列舉的紀錄都屬於蘇聯的航空模型愛好者。

● 至 1954 年 1 月 1 日為止，模型飛機的世界新紀錄為：留空時間 6 小時 01 分；直線距離 378.756 公里；高度 4152 公尺；速度 264.700 公里 / 小時。這四個紀錄也都為蘇聯航空模型愛好者所創造——編者。

機氣缸工作容積不得超過10立方公分。根據發動機的工作容積，可以把發動機分成三級：第一級工作容積在2.5立方公分以下，第二級的工作容積在5立方公分以下，而第三級的工作容積則在10立方公分以下。

爲了滿足設計和製造小發動機的航空模型愛好者的需要，本書中提供了 ЦАМЛ—50型航空模型發動機中各機件的工作圖，以及這些機件製造方法的簡短說明。根據這些圖樣可以把爲了解決新任務和採用於新條件下的變動，引用到 ЦАМЛ—50 發動機的構造中來。例如，如果鑄造機匣有困難，那末，就可以用整塊金屬來製造，祇是適當地變動一下外表形狀和固定的方法。如果，用銅焊驅氣槽不可能的話，那就必須改變驅氣槽的構造，以避免有任何焊接工作。可以用做成整個的氣缸來代替氣缸襯筒和硬鋁製的氣缸頭等等。這種工作使得有可能在航空模型小組的設備條件下來設計新的發動機，並培養出獨立創造和設計的本領。

本書中提供了在青年技術站、少先宮、少年之家、學校以及集體農莊的工廠條件之下，來製造發動機機件的方法。至於製造發動機所必需的大部分材料，那是經常可以在這些工廠中的各種各樣廢料堆，和磨壞了的機器零件中找到的。

如果在讀完這本書後，航空模型愛好者和青年技師們能着手設計和製造發動機的工作，並且在比賽會上改進我們祖國的記錄，那末作者就會認爲他的勞動是有代價並沒有白費。如有關於研究新型航空模型發動機的構造和製造方面的成就，以及對於本書的意見時，請按下列地址通知本書作者。

莫斯科51，彼得羅夫街24號，國防工業出版社。

# 第一章 發動機各部分的功用 和它們的工作原理

## 總 論

航空模型發動機都是二行程工作循環的。採用二行程工作循環後，由於省去了活門和分電盤裝置，可以大大地降低

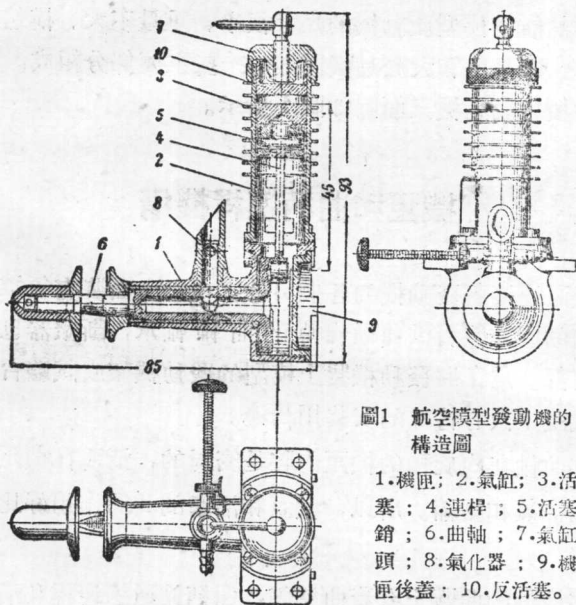


圖1 航空模型發動機的  
構造圖

- 1. 機匣； 2. 氣缸； 3. 活
- 塞； 4. 連桿； 5. 活塞
- 銷； 6. 曲軸； 7. 氣缸
- 頭； 8. 氣化器； 9. 機
- 匣後蓋； 10. 反活塞。



發動機的價格，並使發動機更為簡單，還減輕了重量。二行程發動機的工作行程數目比四行程發動機的多了一倍，因此可以比較調勻地工作，並使有可能應用尺寸較小的飛輪（因此，重量也減少了）。

在二行程發動機中，工作混合氣先吸入到曲柄銷室（機匣）中，然後再轉入氣缸。因此，工作混合氣能接觸到所有發動機的摩擦表面，這就大大地簡化了另件的潤滑系統，只要將潤滑油直接加入液體燃料中就可以。

由於上面說起的一些好處，二行程的發動機開始被廣泛地採用在航空模型上。

雖然航空模型發動機的尺寸很小、重量不大、構造也非常簡單，却是由和大發動機同樣的一些主要部分組成。簡畧的航空模型發動機三面圖如圖 1 所示。

## 機匣和曲柄連桿機構

機匣連接着發動機的各個另件，在它上面裝有氣缸，在它前端的內部裝着供曲軸旋轉的曲軸軸承，斷續器也裝在機匣前部。爲了將發動機裝上模型的發動機架或試驗台，通常在機匣上做有特種的安裝用凸邊。

有曲軸在內旋轉的機匣內腔是密封的，活塞在機匣內腔先後地抽氣和壓縮。所以，機匣和活塞的共同作用好比氣筒一樣。

在曲軸的曲臂上有着曲柄銷，曲柄銷通過連桿和活塞銷就與活塞連接，所有這些一面連接着一面又可以活動的另件稱爲曲柄連桿機構。

## 氣缸和活塞

在氣缸內，燃料和空氣的混合物進行燃燒，並因此急劇地增高了在活塞上面的壓力，活塞在這個壓力的作用下就向下移動並作功。

氣缸的內表面稱為氣缸鏡面，它除了供活塞沿着它移動外，並引導着活塞移動的方向。活塞和氣缸壁間的空隙極小，當有滑油存在時，就有可能在活塞向上運動的時候，將氣缸內的氣體加以強烈的壓縮。當活塞移動到最高的位置（上死點●）時，由活塞頂和氣缸周圍側壁所包含的容積，稱為燃燒室。

當活塞在最低的位置（下死點●）時，由活塞頂和氣缸周圍側壁所包含的容積，稱為氣缸全容積。氣缸全容積和燃燒室容積之比，稱為壓縮比。

內燃機按照工作容積來分類，工作容積就是指活塞由下死點移動到上死點時所排出的空氣的容積。

## 飛輪

當發動機工作時，曲軸不是很平穩地旋轉的。在工作行程時，氣體加壓力在活塞上，曲軸的轉速就增加。當活塞向上移動並壓縮工作混合氣時，轉速就降低。這種在旋轉一圈時發生的曲軸轉速波動現象可由飛輪在旋轉時的慣性力來緩和一部分。

**飛輪在發動機工作時積蓄能量以幫助連桿曲柄機構經過**

- 上死點——即活塞在氣缸內離開曲軸最遠的極端位置。當活塞在上死點時，活塞銷、曲柄銷及曲軸的中心線都在一個平面內。
- 下死點——即活塞在氣缸內離開曲軸最近的極端位置。當活塞在下死點時，活塞銷、曲軸及曲柄銷的中心線也都在一個平面內。

死點，同時也消耗了在工作行程時所獲得的能量，以轉動發動機曲軸來吸入工作混合氣並將它在氣缸中壓縮。

在航空模型發動機上，飛輪的作用由螺旋槳和帶有配重的旋轉着的曲軸來完成。

## 第二章 發動機的工作原理 及其性能

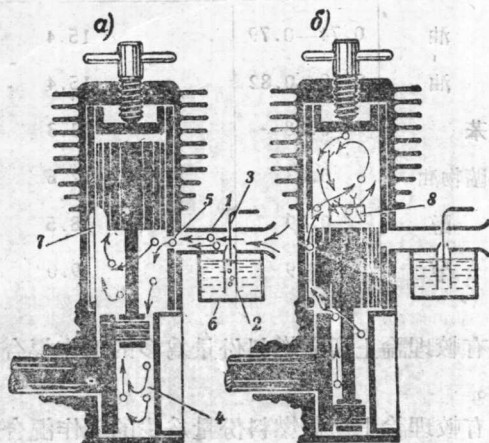
### 空氣的吸入與工作混合氣的形成

航空模型發動機具有為吸入空氣用的進氣管（1）（見圖2）。在進氣管中穿有一個細管（2），其上有一噴出液體燃料用的小孔。這個細管名之為噴咀。大多數發動機上噴咀的口徑受特種油針（3）所調節，這個油針是為精密衡量流入發動機的燃料所必需的。

進氣管、噴咀和調節油針所組成的系統，就作為形成混合氣用的最簡單的氣化器。

二行程發動機的吸氣是當活塞在機匣（4）的空間部分向上移動並產生抽氣作用之後才進行的。活塞一旦將進氣管的孔（5）打開，空氣即以高速進入發動機機匣內空氣稀薄的部分。空氣在以高速通過進氣管時，就使管中壓力降至較大氣壓力為低。由於進氣管中的壓力降低，在進氣管中穿過的小管上的小孔中，就有來自燃料箱（6）並經過導管的燃料流出。流出來的燃料被經過的空氣噴為霧狀，蒸發時即與空氣混合成為燃料混合氣。

活塞在到達上死點後，即開始向下移動，並將進氣管的小孔(5)遮住。此時，吸氣作用與混合氣的形成過程即告終了。



- ← 新鮮空氣
- ←○ 空氣和燃料的混合氣
- ← 廢氣

圖2 Ф—10型二行程發動機中氣體運動情況圖。

a—混合氣吸入機匣 5—工作混合氣由機匣進入氣缸的情況(驅氣)。

混合氣，或者說是極小的燃料質點與空氣、在為得到燃料的完全燃燒而適當地混合成的混合物，就叫做工作混合氣。例如，為燃燒1克的汽油就大約要15克的空氣。不同的液體燃料在完全燃燒時，所需的空氣量也不同(正確些說，應當是空氣中所含的氧氣量)。

下面表中所列的，是航空模型愛好者所使用的液體燃料，在完全燃燒1克燃料時所需的空氣量(理論上的數值)。

凡燃燒後沒有燃料以及游離氧氣遺留的工作混合氣，就

稱之為正常工作混合氣。

| 燃料名稱  | 液體比重      | 在 15°C 和大氣壓力下，理論上所需的空氣量（克） |
|-------|-----------|----------------------------|
| 汽油    | 0.74—0.79 | 15.4                       |
| 煤油    | 0.79—0.82 | 15.4                       |
| 苯     | 0.88      | 13.3                       |
| 燈用礦物油 | 0.83      | 12.8                       |
| 甲醇    | 0.79      | 8.5                        |
| 乙醇    | 0.79      | 9.0                        |

凡含有較理論上所需燃料份量為多的工作混合氣稱為富油混合氣。

凡含有較理論上所需燃料份量為少的工作混合氣稱為貧油混合氣。富油和貧油的混合氣，比正常工作混合氣的點燃性差一些，並且燃燒時也慢一些。

過分富油或過於貧油的混合氣將失去燃燒的性質。因此，也就不宜於發動機的工作。

## 機匣與燃燒室內的壓縮

活塞在向下移動時，即壓縮着工作混合氣。並在離下死點不遠的地方，把與機匣空間部分相通的氣缸驅氣口（7）打開（見圖 2）。被壓縮着的工作混合氣，從驅氣口湧進氣缸。進入氣缸的工作混合氣，因有慣性的作用，能延續一定時間，甚至要當活塞向上移動，直至將驅氣口關閉時方才終止。此後，活塞向上移動，就將燃燒室內的工作混合氣壓縮。

## 工作行程與排氣

當活塞接近上死點的那一瞬間，空氣與燃料的工作混合氣即行燃燒（由點火電咀所點燃，或者是由於工作混合氣受高度壓縮，溫度升高之結果。詳見第五章），而且工作混合氣燃燒得非常之快，並放出大量熱能。由於工作混合氣燃燒後所形成氣體的膨脹，產生了壓力，使活塞在氣體壓力的作用下向下移動，完成了工作行程。與曲柄連桿系統聯結着的活塞的運動很快地就停止了，可是裝在發動機曲軸另一端的飛輪（即螺旋槳），則保存着一定的能量，這一部分能量，就是用來帶動曲柄、連桿與活塞的動力。

燃燒過的廢氣的排除（排氣）是在工作行程終了之後才進行的。這時，活塞將排氣口（8）打開（見圖2）。在壓力作用下，廢氣被排往大氣中去，排氣之後，氣缸內的壓力即行降低。

## 驅 氣

較排氣口稍晚一些打開的是驅氣口。此時，又有新的工作混合氣從機匣進入氣缸，將遺留在氣缸內的廢氣擠了出去，這一過程稱為驅氣。

發動機是否省油，它的功率，和工作狀態的是否穩定以及起動性能等都和驅氣過程的好壞有着重大關係。在安排驅氣口、排氣口與驅氣槽時，必須要能保證最好的驅氣性能。換句話說，就是要能夠充分清除氣缸內的廢氣，並減少新鮮工作混合氣的損失。

活塞頂上通常都有一折流片（擋氣尖峯）。這是爲了把

新鮮工作混合氣導向上方，使其不致從對面的排氣口中逸出（圖3）。這種驅氣就叫做橫向驅氣。航空模型發動機上，時常採用各式各樣的所謂橫向迴路式的驅氣裝置。在橫向迴



圖3 發動機氣缸內橫向驅氣圖

路式的驅氣裝置中，混合氣被驅氣槽的槽壁和驅氣口所引導，並在一定的角度之下衝向對面的氣缸壁，其進入氣缸所走的路線為迴線形。最後導向排氣口，而將剩餘廢氣擠出。在新鮮工作混合氣流到排氣口的那一瞬間，排氣口即被活塞側壁遮閉，驅氣過程至此即告終了。

航空模型發動機上，最常採用的迴線式通氣有下面幾種：（1）一條驅氣槽和兩個排氣口（圖4），工作混合氣的氣流衝向對面壁上並向上升起，形成迴線環狀，當氣流向下流動時，即分為兩股，流向排氣口。

（2）一個排氣口和兩條驅氣槽（圖5）兩股工作混合氣的氣流，在排氣口對面的壁上會合成為一股指向排氣口的合流。

（3）兩條驅氣槽與兩個位於槽中間的排氣口的交叉驅氣（圖6），工作混合氣的兩股氣流，相互而對面地會合，而在畧微高出的地方，進行匯合上升。其後，又重新分為兩股，指向排氣口。這種驅氣情況，和圖7所示的噴泉式驅氣法很相像。

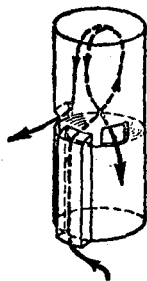


圖4 有着一個驅氣口和兩個排氣口的橫向迴線驅氣圖

航空模型發動機上，也採用多至12條驅氣槽和12個排氣口的多槽驅氣裝置。也有採用沒有槽的驅氣裝置。這時，

驅氣的作用是通過活塞（見圖7）來進行的。當驅氣時，發動機活塞上的驅氣活門被強力打開，有的則是由於燃燒室和

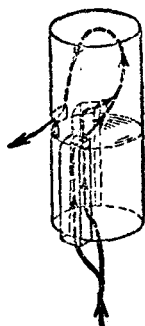


圖5 有着兩個驅氣口和一個排氣口的橫向迴線驅氣圖

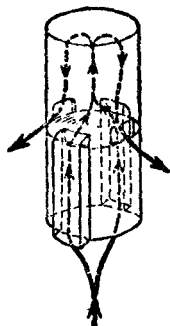


圖6 有着兩個驅氣口和兩個排氣口的交錯驅氣圖

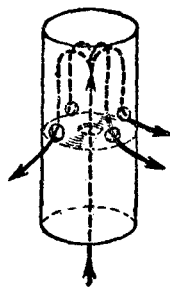


圖7 經過活塞的噴泉式驅氣圖

發動機機匣間存在着壓力差的影響而打開的（見圖21）。由活塞中央吹出的工作混合氣的氣流向上流動，並轉向倒流，再分為若干股氣流（依排氣口的數目而定）。

## 分氣定時

分氣定時，換句話說，就是工作混合氣在什麼時候開始和終止進入氣缸，什麼時候開始和終止驅氣以及廢氣的排出。這對於發動機的馬力、每分鐘的轉數、燃料消耗量以及發動機的起動性能有着極其重要的影響。排氣和驅氣時間的長短是用曲軸轉動的角度來衡量的，並且由排氣口及驅氣口的上緣與活塞在下死點時的距離來決定。

航空模型發動機分氣角度的一個典型圖樣如圖8所示。

● 見附錄“各種航空模型發動機的數據統計表”。



圖中所示的發動機是經過曲軸吸入混合氣的。吸氣行程的時間，則相當於曲軸必須轉動 117 度的角度。

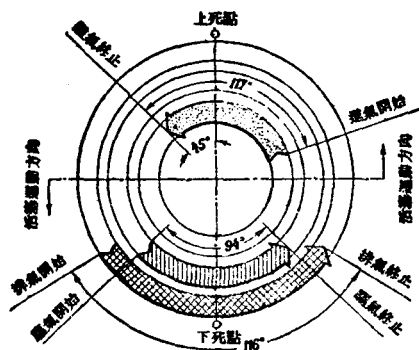


圖8 航空模型發動機的分氣定時圖

## 功 率

發動機的功率和氣缸容積、氣體的平均有效壓力以及轉速，或者更精確些說，和單位時間內工作行程的數目有關。

發動機的功率按下面的公式決定

$$N_e = \frac{P_e V n}{60 \times 75 \times 100} \dots\dots\dots (1)$$

其中， $N_e$  = 有效功率，以馬力計算。

$P_e$  = 平均有效壓力，以公斤/平方公分計算。

$V$  = 工作容積，以立方公分計算。

$n$  = 每分鐘的轉數（即工作行程數）

(1) 式中的分子代表發動機每分鐘所做的功，用公斤