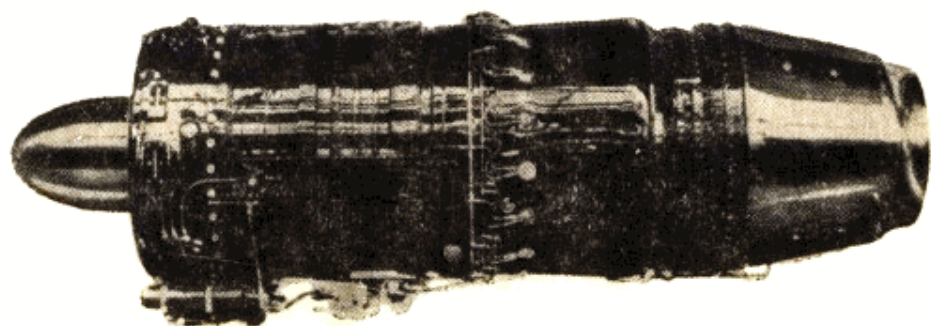


航空发动机 設計參考資料

吉倫(Gyron)D. Gy2 型
超音速噴气發動机

北京航空学院发动机資料編輯室編



國防工業出版社

內容簡介

本書所介紹的吉倫(Gyron)D. Gy2型發動機系英國近代較新型的大推力、超音速、噴氣發動機，它是一種氣流量大的，中等壓縮比的發動機，在其結構中體現了一系列大氣量，大推力發動機之設計特點，例如它在壓縮機葉片與盤聯接中採用了間隙之銷釘，消除了共振等現象，同時為了工作可靠還採用了一些措施，如採用了可轉動的進口導流葉片，完備的防冰系統，以及在壓縮機與渦輪上採用自動調整的，密封性良好的石墨封氣裝置等等。

書中對發動機性能參數、構造布局及設計上特點加以詳細闡述、分析與比較。書後並附有模擬繪制之發動機縱橫剖面圖，書後之材料表對設計有實用價值，本書可供各航空院校師生及生產設計人員使用。航空發動機設計參考資料共有十三卷，本書系第十一卷。

北京航空學院發動機資料編輯室編

*

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可證出字第074號
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 $1/32$ 印張 $1\frac{5}{16}$ 插頁1 32千字

1959年11月第一版

1959年11月第一次印刷

印數：0,001—1,050冊 定價(11) 0.36元

NO. 3110 統一書號15034·397

編者的話

自我国社会主义建設大跃进以来，随着工农业的空前發展，科学技术各个領域飞跃前进，在我国航空科学方面，在党的领导下，各有关部門間开展了共产主义大协作，且作出了一定的成績。

为了有助于航空發動机的設計与教学工作，我室师生着手彙編一套有关發動机設計的參考資料。目前只選擇一些資本主义国家之航空發動机，作了分析研究，并依据資料繪出等比例的縱、橫剖面圖，由于資料不足，水平有限，某些結構又屬揣測而得，圖中尺寸亦多出于估計，故仅供作參考，書中某些問題分析叙述亦有不够透澈或錯誤之处，請讀者指正。

書中所述各机种的基本資料均选自英美等国杂志，因而其技术性能和构造形式的介紹，定有虛夸与失实之处，其設計主导思想亦多由最大限度地追求利潤及侵略战争出發，与我們社会主义國家設計思想根本不同。在編写过程中，我們虽尽力用批判态度，选其精华，弃其糟粕，仍希讀者在参考本書时，注意批判接受。

参加本書資料搜集、研究、和整理工作的有本院有关教研室教师，及1958年畢業生。

在本書編輯中，蒙国际航空杂志編輯部，提供了許多資料，国防工业出版社對本書出版給予大力支持，我們謹致以衷心感謝。

北京航空学院發動机資料編輯室

1959年1月

目 录

編者的話	1
第一章 总論	3
§1 發展概況	3
§2 概述	4
§3 設計参数選擇的特点	6
第二章 发动机的傳动系統与承力系統	7
§1 傳动系統	7
§2 承力系統	7
第三章 各部分构造分析	9
§1 进气整流部分	10
§2 压缩机部分	14
一、机匣及导向器叶片	16
二、轉子部分	18
三、密封装置	20
四、防冰装置	21
§3 燃燒室部分	22
§4 渦輪部分	30
一、轉子部分	30
二、导向器与导向器机匣	32
三、冷却系統	35
§5 尾噴管	36
第四章 对吉倫 2 的簡單評論	38
附表 主要零件材料表	42
参考資料	42

第一章 总論

§1 发展概况

吉倫 2 (Gyron 2 或簡称 D. Gy 2) 發动机系英国德·哈威兰德 (De Havilland) 公司的产品, 它是在吉倫 1 (D. Gy 1) 的基础上發展而来的。

吉倫 1 于 1950 年底开始設計, 1953 年 1 月 5 日首次試車。經過几年来在各方面的改进后, 于 1955 年 1 月又作了更进一步改进, 發展为吉倫 2, 并于 1957 年 3 月通过了 9070 公斤推力的長期試車。它是西方国家曾吹嘘一时的一种超音速飞机用的大推力發动机。后因英国政府采取發展導彈的政策, 所以 57 年起便停止了对改进吉倫發动机工作的支持。但英国豪克 (Hawker) 公司宣布他們的 P. 1121 “颶風” 模型超音速 ($M > 2$) 飞机上要应用这种

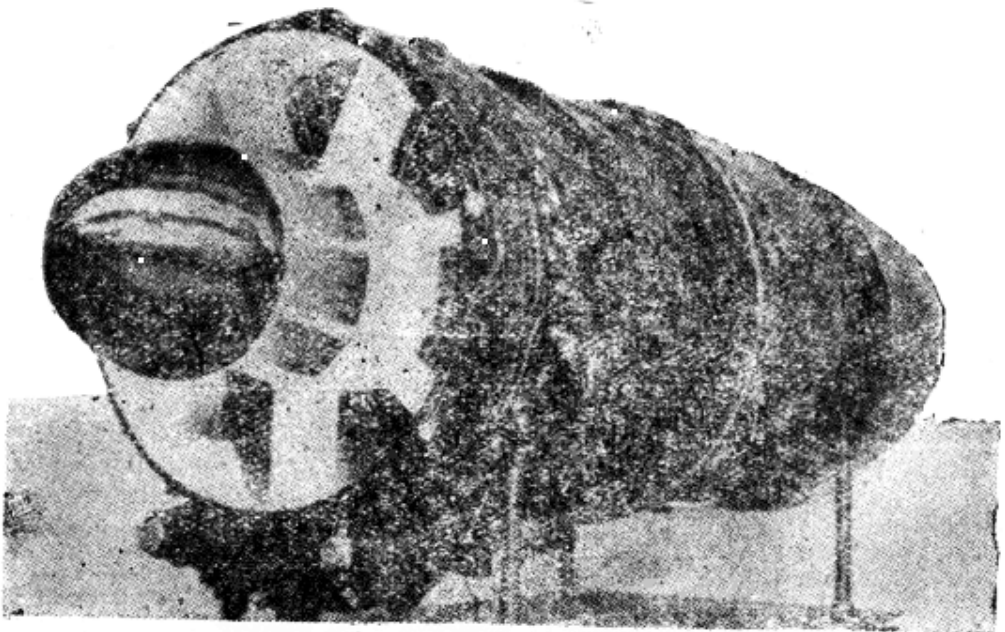


圖 1 外形圖。

發動機，并預定于1958年試飛。

吉倫 1 的設計推力為15000磅（6800公斤），首次試車時經過調整，并安裝了進口導流葉片。1953年5月完成25小時的特种試驗。1954年6月在15300磅（6930公斤）推力下試車25小時，1955年1月完成25小時特种飛行試驗。55年8月吉倫 1 達到了15000磅（6800公斤）推力的150小時模型試驗記錄。55年1月一台15000磅的發動機由于採用了附加的補燃裝置，使推力穩定地達到了20000磅（9060公斤）。吉倫 2 在採用了附加的補燃裝置後使推力超過了25000磅（11340公斤）。

§2 概述

D. Gy 2 是一種大推力、超音速（ $M=2\sim 3$ ）歼击截擊機的噴氣發動機，它帶有加力燃燒室。但因為高空性能並未經過考驗，故現在尚未正式應用。

吉倫 2 的基本構件是：帶有七個流綫型徑向支柱的進氣機匣，七級軸向壓縮機，採用逆流噴射式燃油噴咀的環形燃燒室和二級渦輪（實驗用的尾噴筒）。

壓縮機和渦輪用一喇叭形軸聯為一體，整個轉動組合件採用兩個主軸承支承。

本發動機的構造設計是以該公司的“勾布林”（Goblin）和“杰赫斯特”（Ghost）兩台帶有離心式壓縮機的發動機為藍本的，這兩台發動機均採用雙支點結構型式。

吉倫的性能曲綫如圖 2 所示。

其主要數據如下：

直徑=118厘米；

高度=140厘米；

寬度=127厘米；

長度=395厘米；

淨重=1937公斤；

帶加力燃燒室時長度為886厘米；

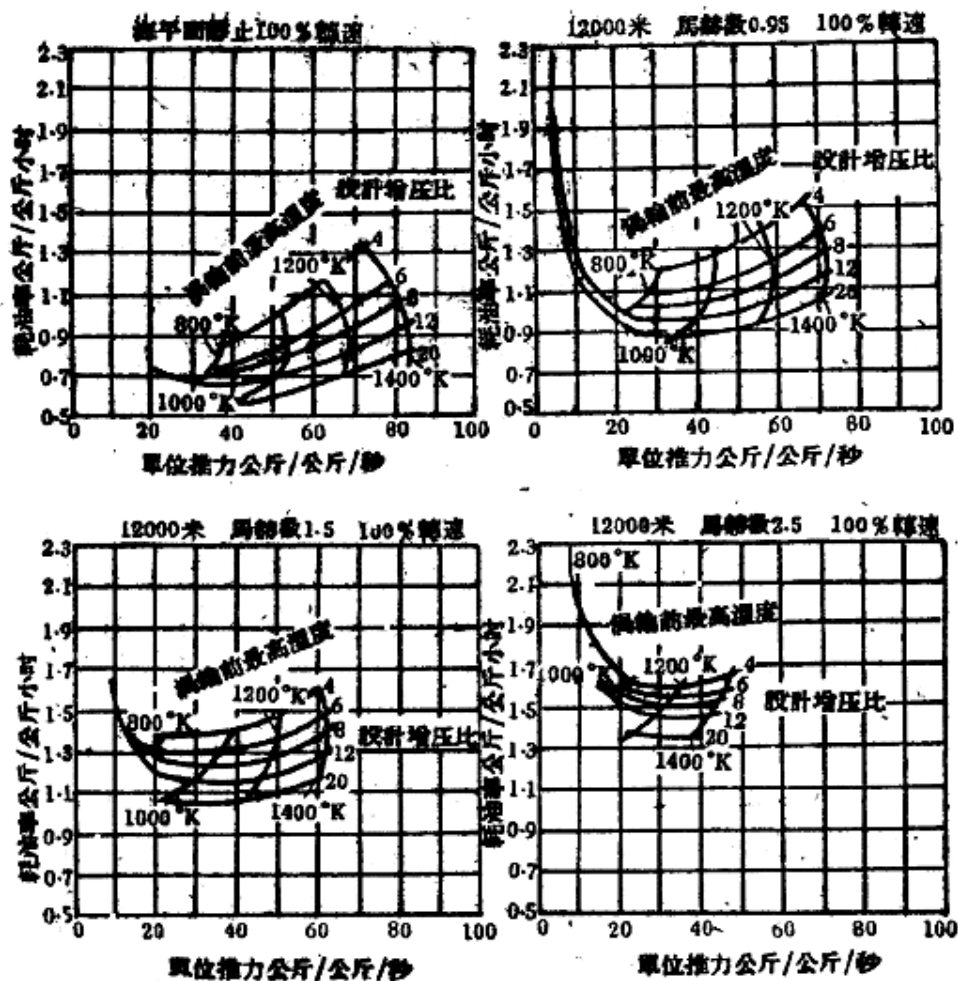


圖2 吉倫的性能曲綫。

增压比 $\pi_c^* = 6$;

推力 $R = 9070$ 公斤 (加力时11300公斤);

空气流量 $G_a = 136$ 毫米/秒;

耗油率 ≈ 1 公斤/公斤推力小时;

渦輪前溫度 $T_3^* \approx 1190^\circ\text{K}$ (供参考);

單位推力 $= 66.67$ 公斤/公斤/秒;

轉速 $n \approx 6150$ 轉/分;

压气机絕热效率 $\eta_{sk}^* \approx 0.85$ (供参考);

渦輪有效效率 $\eta_{te}^* \approx 0.905$ (供参考)。

§3 設計參數選擇的特點

1. 由于采用了較高的渦輪前溫度 T_3^* ，使發動機的 推力增加了。由吉倫 1 到吉倫 2，它們的流量未變，僅把渦輪前的溫度由 $960^\circ\text{K} \sim 970^\circ\text{K}$ 提高到 1190°K ，就使單位推力 R_{y_g} 由 50 公斤推力/公斤/秒提高到 66.67 公斤推力/公斤/秒，因而使推力也由 6810 公斤增加到 9070 公斤（不補燃）。當然耗油率也由 0.85 公斤/公斤推力小時增加到 1，但總的來看好處還是大的。

2. 壓縮機選取的壓縮比較低。由圖 3 可以看出，當 M_H 加大時， R_{y_g} 下降， C_{y_g} 上升， $\pi_{x_0}^*$ 愈大則變化愈大，故採用小 $\pi_{x_0}^*$ 較有利。此外由于採用較低之 $\pi_{x_0}^*$ ，減少了壓縮機的級數，使發動機的比重減小（一般發動機比重為 0.25~0.3 公斤/公斤推力，而吉倫 2 的比重為 0.214 公斤/公斤推力）。

但選取小的 $\pi_{x_0}^*$ 會使 C_{y_g} 上升，由圖 2 可以看出 M_H 愈大則不同 $\pi_{x_0}^*$ 值之 C_{y_g} 值相差愈小，所以在高速發動機上問題並不尖銳。綜合以上所述，選取小 $\pi_{x_0}^*$ 值還是較合理的。

3. 採用了較小的壓縮機第一級相對葉基直徑（ t ）。一般第一級 $t = 0.5 \sim 0.6$ ，而吉倫 2 $t = 0.5$ ，這樣就使得壓縮機外徑 D_K 小。吉倫 2 設計中又設法使發動機各部件的外徑都保持在壓縮機

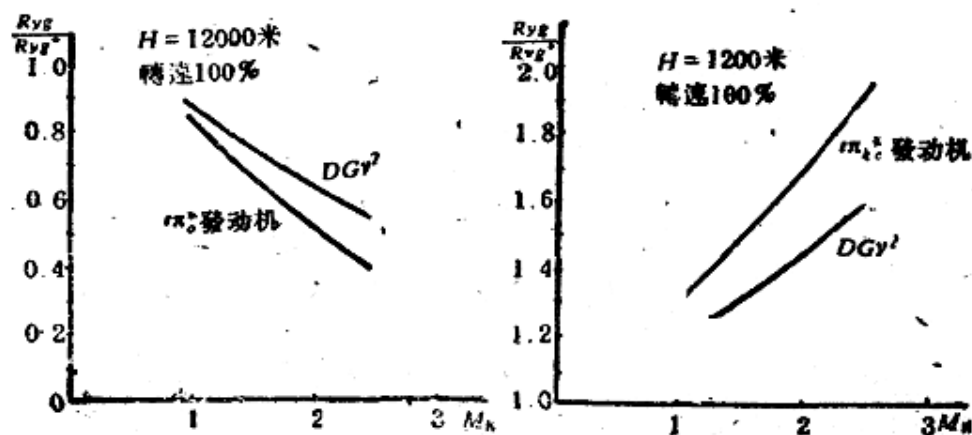


圖 3 D. Gy2 與大 $\pi_{x_0}^*$ 發動機的速度特性的比較。

7
进口外徑範圍內，所以使發動機的迎風面積減小，單位迎面推力較高。

第二章 發動機的傳動系統與承力系統

§1 傳動系統（見圖4）

吉倫2為兩支點的發動機。前支點在壓縮機前，後支點在渦輪前。由於軸承所受的負荷大，所以前支點採用了兩個滾珠軸承，一個滾棒軸承。兩滾珠軸承之內環分開，使承受軸向負荷之能力加大；後支點則用滾棒軸承。渦輪及壓縮機的傳動直接靠連接在二者之間的喇叭形大鼓軸傳遞。

為了使兩個滾珠軸承均勻的承受軸向負荷，在兩個軸承間夾有調整墊圈，用控制軸承內外環移動量的辦法來保證兩軸承負荷均勻。

由於前支點並列地安裝了三個軸承，而發動機轉子的支點距離又很遠，所以工作時轉子一發生變形，便會使各軸承負荷不均，造成軸承磨損不均。在一般發動機上解決這個問題的辦法是採用球形的軸承底座或懸臂的軸承座。吉倫2是將軸承裝在懸臂的襯筒內，當轉子變形時，襯筒亦相應的有些變形，以與軸的位置相適應（如圖5所示），又吉倫2將前支點之滾棒軸承放在懸臂襯筒的固定處，則可保證轉子所承受的徑向負荷主要由滾棒軸承承受。

§2 承力系統（見圖4）

吉倫發動機的主承力件是進氣機匣、壓縮機機匣、擴散機匣、燃燒室外壳体、中機匣、後軸承機匣、渦輪外機匣及尾噴筒壳体。

發動機的主安裝節位於進氣機匣上；輔助安裝節位於渦輪導

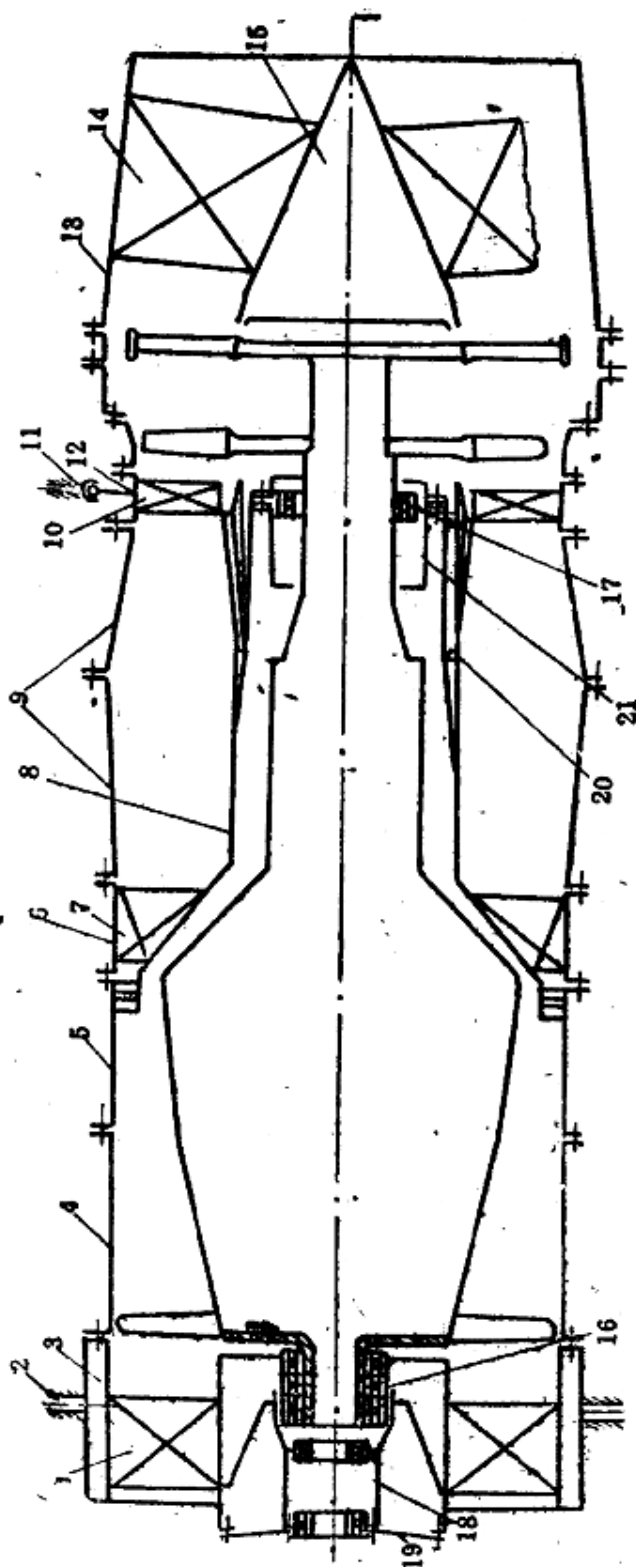


圖4 吉倫2的承力壳体及傳動系統：

1—七個空流綫型支柱；2—主安裝節；3—雙壁進氣机匣；4—壓縮机前机匣；5—壓縮机后机匣；6—扩散机匣；7—扩散机匣中整流支柱；8—燃燒室內套；9—燃燒室外套；10—第一級導向叶片拉杆；11—輔助安裝節；12—渦輪机匣；13—錐形外筒；14—整流支板；15—尾錐體；16—前軸承；17—后軸承；18—附件軸承机匣；19—整流罩安裝座；20—中机匣；21—后軸承机匣。

向器外环上。

前支点的轴向力及径向力通过进气机匣的七个空心支柱传到主安装节。后轴承所承受的径向力，一部分由第一级涡轮导向器叶片内部的拉杆传递；另一部分通过双层的中后机匣传递。

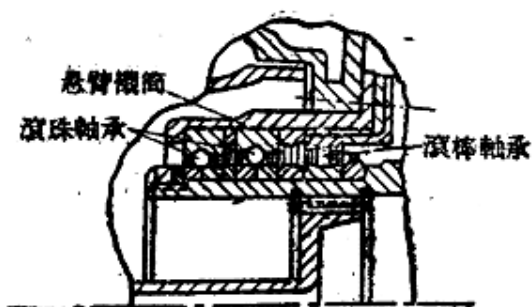


圖5 前支点的构造。

尾锥所承受的力，通过三个整流支板传到锥形外筒，经涡轮外机匣、燃烧室外套等往前传。

燃烧室外套、导向器拉杆、中后机匣以及扩散机匣处的支柱形成了一个框形的结构，以保证发动机有足够的刚性。对二支点发动机来讲保证刚性是很重要的。

第三章 各部分构造分析

吉倫2用在超音速 ($M \approx 2 \sim 3$) 飞机上，因此有可调节的超音进气口及超音喷口。

超音进气口装在飞机机身的前端，带有可调节的进口锥体，其作用是将高速的气流经过冲波系及扩压段滞止下来，使进气压力提高，再经输气管、发动机进口整流器进入压缩机。

超音喷口，装在加力燃烧室之后，靠调整鱼鳞片来改变其出口截面的大小（其方案图见图6）。

由于吉倫2未正式使用，所以进口及喷口具体构造不详。我们在各部分构造的介绍中只能从进气整流部分开始到涡轮为止。

由于未掌握吉倫2所用加力燃烧室的具体资料，所以只能以一般杂志上所介绍出的实验用尾喷管来代替。

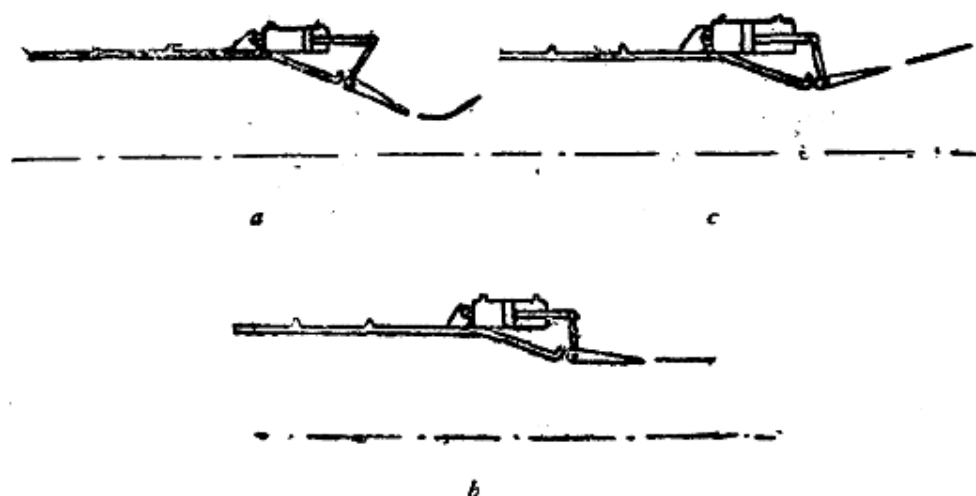


圖 6 尾噴口的調節:

- a* — 最小截面面积(不加力时); *b* — 完全膨胀时最大截面面积(加力时);
c — 最大截面面积(加力时)。

§1 进气整流部分

吉倫 2 的进气机匣由鎂鋁合金鑄成，为双層結構，沿軸向分成三个空間，中間装滑油，两边走防冰空气，这就既保证了剛性又使重量較輕，并且有效的利用了空間（見圖 7），但造成施工困难。由于吉倫 2 的主安装节装在进气机匣上，所以主要应考虑增加其剛性。

前軸承所受的力，通过軸承安装座、七个徑向流綫型的空心支柱傳到安装节上。支柱和机匣鑄成一体，支柱数目比一般發動机的多，这主要是由于这台發動机只有二个支点，所以軸承所受的負荷較重。

附件傳动杆通过机匣下方的空心支柱傳出，用以傳动燃油系統、滑油系統的附件及飞机附件等。这些附件都装在进气机匣及压缩机机匣的下部。

附件傳动机匣前面联有彈头形整流罩，內装一电起动机。用端面齿离合器通过附件傳动水平軸、彈性小軸和压缩机前軸相

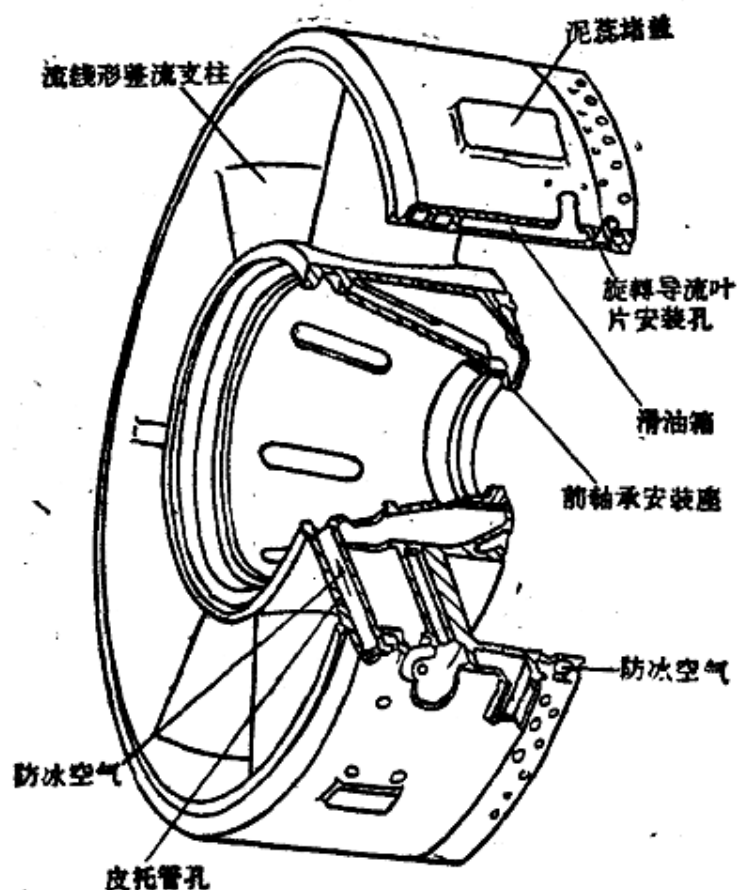


圖 7 进气机匣。

連。彈性小軸的軸向位置靠两个卡圈固定，它在起動時可起緩沖作用，由于防止起動時轉子的很大的慣性力所引起很大的冲击（見圖 8）。

整流罩也是雙層的，兩層間有肋加強，整流罩前端的頂蓋與其本体以小波形隔板隔开，頂端用一圓頭螺釘固定。小波形板則焊在頂蓋上。

壓縮機進口處裝有 35 片可轉導流葉片，因為吉倫 2 的增压比低，特性較平緩，所以我們認為可轉導流片的主要作用為改善發動機的加速性，據稱吉倫 2 由慢車飛行到全推力時只要三秒鐘，而一般發動機則需要十幾秒鐘。

可轉導流片上端有一銷子伸在一襯套中，襯套則安裝在进气

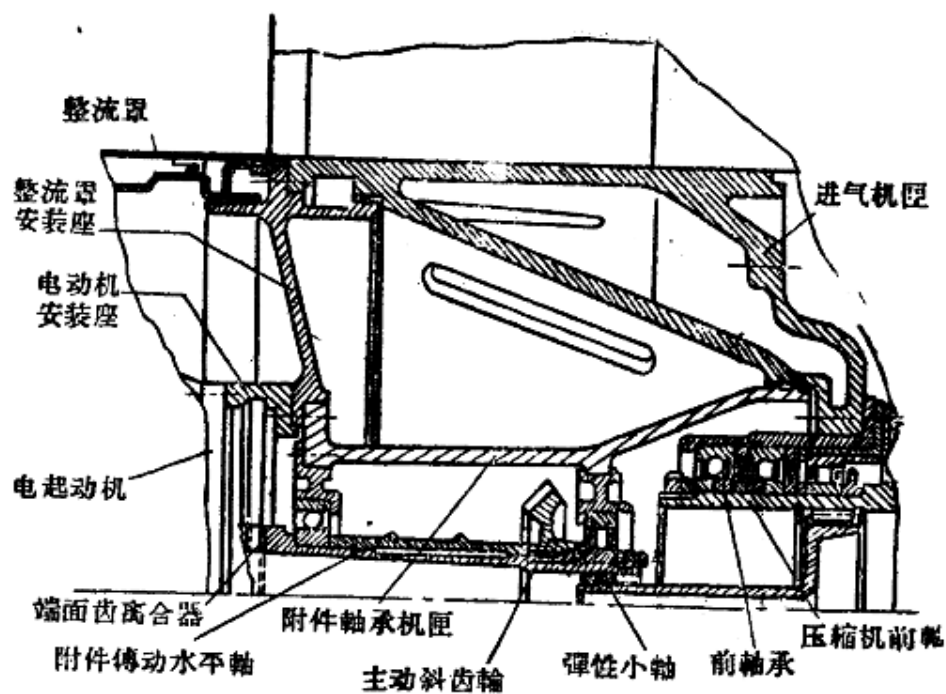


圖 8 前轴承部分。

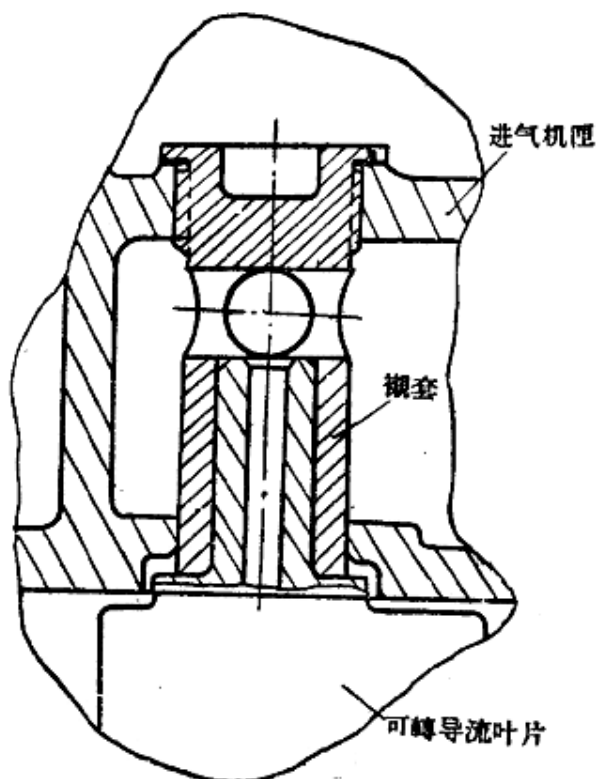


圖 9 可轉导流叶片的固定。

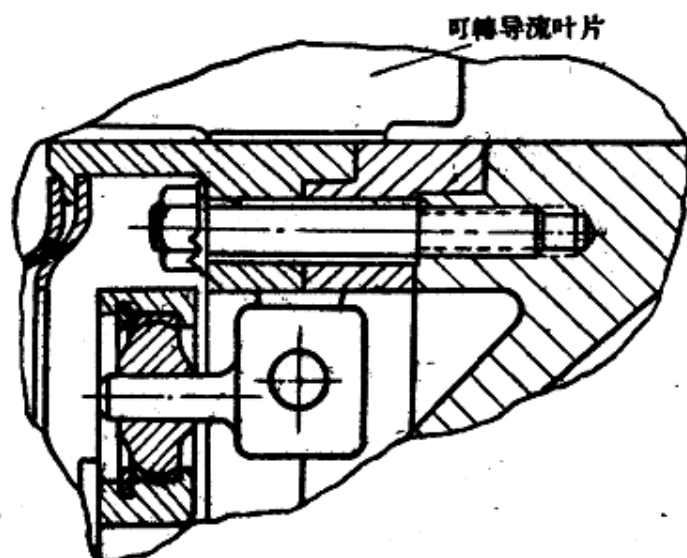


圖10 可轉導流葉片的固定。

机匣上（見圖9）；其下部有伸出的交接端臂，為兩個分開的鋼環所夾（見圖10），此二鋼環用螺樁固定在進氣机匣上。它們的作用是防止由於葉片旋轉而損壞机匣。

可轉導流葉片由S96鋼鍛成，估計葉身中間有氣孔，防冰空氣由孔中流過並從前緣小孔流出而加入主流。

每一葉片的內端都與一延伸臂相變接，而延伸臂沿周向分別插入安裝在進氣机匣後面操縱環的球形凹槽內（見圖11），此交接延伸臂可在三個方向運動：一可在球形凹槽內擺動；二可作軸向滑動；三可隨着操縱環的轉動而使葉片旋轉。葉片用液壓自動操縱機構進行操縱，它借一根穿過流綫形支柱的連杆與內部的小曲柄機構相連。曲臂轉動一扇形齒輪，扇形齒輪則帶動用內齒與其嚙合之操縱環，操縱環轉動後，通過球形接头，延伸臂等機構來改變葉片的沖角。由於全部葉片都連接在同一个操縱環上，所以只有一個扇形齒輪帶動操縱環。操縱環則以三個突出的延伸段借滾珠軸承固定在机匣上（圖12）。

可轉導流葉片沖角的变化是用專門的油壓操縱機構控制的，這套機構感受發動機的工作參數。

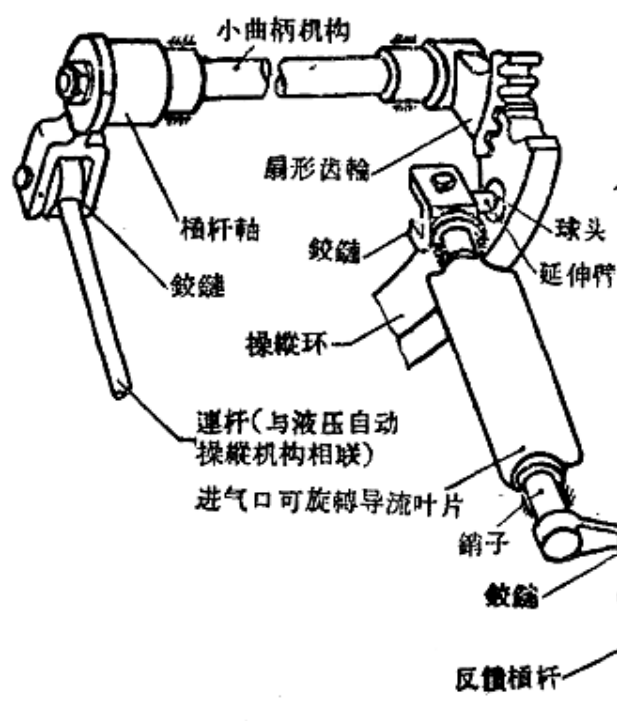


圖11 可轉導流葉片的操縱系統。

这种操縱葉片的方法是将液压、齒輪、杠杆等各机构組合起来使用，可使葉片轉到任意位置；由于傳动齒輪較少，所以調整的誤差及工作时的冲击也較小。

§2 壓縮机部分

由于吉倫2在高速下工作，可以利用速度冲压，所以 π_k^* 較低速發動机的小。又由于它采用了两支点的結構，力求轉子軸向尺寸短，所以采用了高压头的設計方法（每級轉子所作的功大。这点和其他英美發動机不同），因而它的壓縮机轉子級数少（7級），軸向尺寸短、重量輕、轉子剛性較好。

气流通道是采用等外徑的。这种通道形式平均直徑处的切綫速度愈来愈大，可以很充分地利用轉子各級的做功能力。对于这种大流量的發動机来講，其末級葉片又不拟过短，所以在大量

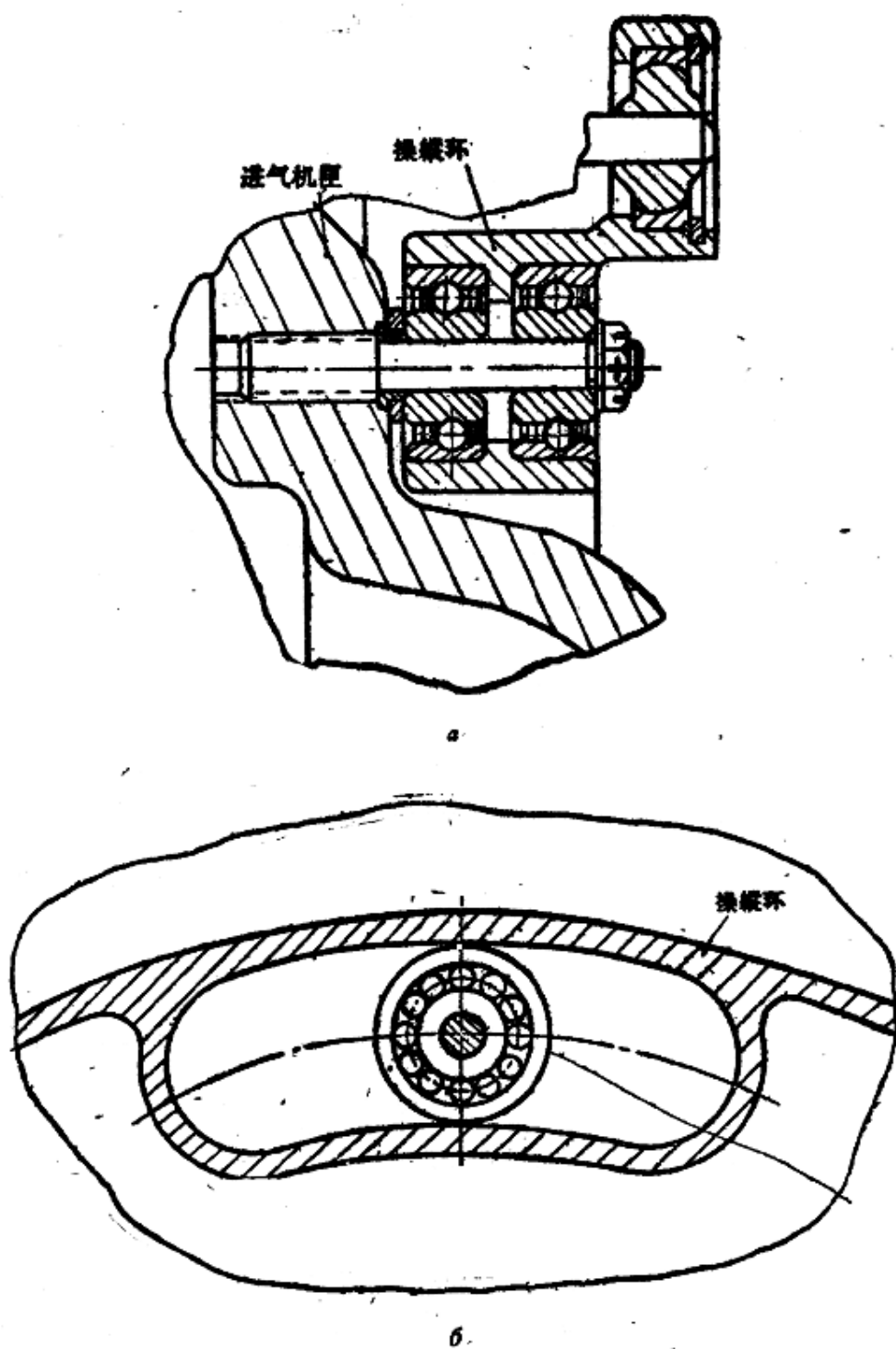


圖12 操纵环的固定。