

航空发动机

B. H. 別里闊夫、A. H. 尼基金著



國防工業出版社

Y74/4 V23/1

航空发动机装配

B. H. 別里闊夫、A. H. 尼基金 著

戴約真、楊光熏、丁鼎一、桑万章、刘一鄂 譯

李哲浩 校



國防工業出版社

內 容 簡 介

书中包括关于航空发动机装配工艺过程的设计, 组织和装配准确度的基本知识, 阐述了准备工序进行的方法, 以及关于在装配中所利用的主要联接和配合的知识, 并且列举了不同类型的发动机和部件装配的例子。

本书为高等学校和中等技术学校学生学习“航空发动机装配”课程的教材, 也可以供相应工业部门的工程技术人员参考。

СБОРКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В. Н. БЕЛИКОВ, А. Н. НИКИТИН

ОБОРОНГИЗ 1959

*

航空发动机装配

戴約真、楊光熏、丁鼎一、桑万章、刘一鄂 譯

李 哲 浩 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 4 $\frac{3}{16}$ 104 千字

1963 年 10 月第一版 1963 年 10 月第一次印刷 印数: 0,001—1,350 册

統一书号: 15034·683 定价: (11-6) 0.95 元

目 录

引 言	5
-----------	---

第一部分 装配过程的基本原理

第一章 装配过程的一般問題	7
第二章 装配工作的組織形式	10
第三章 装配工艺过程的设计	16
§ 1 原始資料	16
§ 2 设计阶段	16
§ 3 工艺过程文件	18
第四章 装配的准确度	23
§ 1 尺寸鏈的計算	23
§ 2 保証規定准确度的装配方法	26
第五章 准备工序	32
§ 1 零件挑选	32
§ 2 打印	33
§ 3 洗滌	34
§ 4 修磨工作	37
§ 5 零件及部件的平衡	38
第六章 工作地的設備	47
§ 1 装配工具及夹具	47
§ 2 檢驗工具及夹具	50
§ 3 輔助材料	52

第二部分 联接和配合的种类及其实現的方法

第七章 活动联接	57
§ 1 有間隙的光滑联接	57

§ 2 齿輪联接	61
§ 3 封严装置	66
第八章 固定联接	72
§ 1 可卸联接	72
§ 2 不可卸联接	86

第三部分 部件装配及总装配的特点

第九章 燃气渦輪发动机典型部件的装配特点	95
§ 1 压气机装配	95
§ 2 燃燒室装配	100
§ 3 燃气渦輪装配	102
§ 4 机匣及傳动机匣装配	107
第十章 燃气渦輪发动机总装配的特点	108
§ 1 具有离心式压气机的燃气渦輪发动机的装配	110
§ 2 具有軸流式压气机的燃气渦輪发动机的装配	114
第十一章 火箭发动机的装配	118
§ 1 燃燒室装配	118
§ 2 渦輪泵組件装配	124

第四部分 发动机試車后重新分解和装配过程的特点

参考文献	134
------------	-----

引 言

航空发动机的制造要经过几个阶段,其中最后的一个是装配。

发动机工作的可靠性及其工作寿命在很大的程度上决定于装配的质量。此外,结构的工艺性和以前某些工艺过程中的缺点都可以在装配时暴露出来。在发动机装配車間中,集中着成套的复杂零件,部件和組合件,其中有本厂制造的,也有外厂供应的,这就对装配工人和全部工艺过程的质量提出特殊的要求。因为工艺过程不完善或者違反規定的程序都会导致发动机的损坏。这就是所以要特別重視装配問題的緣故。

“航空发动机装配”的課程目前还带有实用的性质。但是,随着它的发展,将有可能揭示它的客观規律,研究并且科学地总结它。

在本书中,闡述了各种类型发动机通用的各种联接方法,并以不同构造的发动机、部件、組合件的装配为例加以說明。

装配不是零件的簡單堆积过程,而是一系列不同复杂程度的工序。这些工序是以具有理論和实际根据的方法来进行的。通过对符合現代技术水平的最先进的方法的研究,装配过程将日趋完善。

在改进装配工艺的工作中,总结先进生产工作者和革新者的經驗非常重要。劳动全盘机械化和生产自动化特別突出,这一点对于装配非常重要。但是目前,在相当程度上,装配过程还是由手工操作組成的。

实行机械化不仅可以提高劳动生产率,而且还可以提高产品的质量,因为减少了制造誤差。在所有的工业部門中,都非常重視提高质量,而在航空发动机制造业中,质量問題就尤其重要。

本书是在莫斯科航空学院发动机系的授課讲义。其目的在于使学生熟悉制訂装配工艺过程和組織装配工作的方法,熟悉装配

的一般操作方法，以及典型部件和整个发动机的装配操作方法。

本书着重对于某些联接和配合装配的一般理论和实际问题进行了论述。至于涡轮喷气发动机和火箭发动机（BK-1，V-2 和考波莱尔型 “Corporel”）及部件（AM-5 和 PD-10 发动机）的装配，只是作为例子来说明课程的要点。

关于轴流式压气机发动机装配的材料是由讲师米·叶·列维特（М. Е. Левит）准备的。

著者向本书的评阅者工程师伏·依·西甫考夫（В. И. Сивков）和副教授米·伊·叶甫斯其格涅耶夫（М. И. Евстигнеев）表示谢忱。

第一部分 装配过程的基本原理

第一章 装配过程的一般問題

在叙述内容以前，首先須对所采用的术语加以确定，因为在技术文献中，对同一概念，会遇到不同的解释。下面所采用的术语，基本上符合全苏国家标准（ГОСТ）和苏联科学院术语委员会的规定。书中所引用的专门术语，只适用于本课程。

机器中最简单，不能再分解的，并且是由同一块材料做成的部分，称为零件。两个或更多零件的结合称为部件。在机器中具有独立性质的更复杂的部件称为组合件（арперат）。必须指出，在工厂的实际中，部件和组合件的概念是没有明确的区分的。例如，涡轮部件常常称为组合件，燃烧室也是这样，等等。

无论是部件或组合件，都可分为结构的和工艺（装配）的两种。结构部件（组合件）是机器的一部分，是按照功用特征划分的。工艺部件是机中不依赖其它部件而装配起来的一部分，并且在以后的装配中，是作为一个独立的整体参加的。在个别的情况下，结构部件同时也可以作为工艺部件。

常相混淆“安装”（монтаж）和“装配”（сборка）两个术语。将任一装配好的组合件安置到发动机上去称为安装（例如，调节器的安装，泵的安装等等），而不是这些组合件的装配过程。

对于各种不同的间隙，采用下面规定的术语。孔和轴的直径

間隙（孔的直徑和軸的直徑的差值）称为間隙；孔和軸的半徑差值称为徑向間隙；两个零件在軸綫方向上的間隙称为軸向間隙；两个共軛齒輪的齒在節圓上的側向間隙称为齒側間隙或齒間間隙。

所采用的其它術語將在內容的敘述中加以解釋。

裝配工藝過程是用各種不同的方法，按一定的程序和規定的技術條件，將零件和部件進行連接的過程。

裝配過程分為部件裝配和總裝配。將零件裝配成為產品中的部件或組合件称为部件裝配。將部件和組合件裝配成完整的產品称为總裝配。

部件裝配和總裝配一般分為第一次裝配和第二次裝配，在生產過程的两个不同階段中完成（圖1）：第一次裝配是在零件製成後；第二次裝配是在發動機進行工廠試車和分解後進行。



圖1 生產周期示意圖

在第一次裝配時完成準備性質的工序，檢查制件的“裝配性”（собираемость），調整間隙和緊度，將相連接的零件和部件打上印記。二次裝配時全部連接都按印記進行，絕大部分的準備工序都不再進行了。

在第一次裝配過程中，在某些情況下，特別是在磨合期間，發動機及部件需要進行多次分解和裝配。在穩定的生產時，驗收試車之後不進行重新分解和裝配，全部過程都只限于第一次裝配。

成批生產時，裝配工藝過程的分散程度較大，試制過程中則較小。

在一定工作地由一個工人或一組工人完成部件或發動機裝配工藝過程的一部分称为工序。工序又細分為工步。在不更換設備或工藝裝備的條件下，所完成的工序的一部分称为工步。

装配是生产过程中的完成阶段（不包括試車）。

在这个阶段中，不仅能发现工艺上的缺点，而且还能发现結構上的缺点。因为許多零件（或部件）不是本厂制造的，而是承制厂供应的。装配过程不仅是对本厂而且也是对承制厂产品质量的檢驗。

装配质量在很大程度上影响着发动机的寿命及工作可靠性。不符合規定的間隙，或装配过程不够清洁及工作不文明，不仅会引起发动机提前报廢，而且会发生严重的人身事故。

因此装配过程是生产过程中的一个重要过程。

第二章 装配工作的組織形式

本章虽以分析在成批生产中所采用的方法为主，但也需要說明在其他类型生产（如試制及单件生产等）中的工作組織形式。

最簡單的装配工作組織形式是成組装配法，这种方法主要用于单件及試制生产中。在試制生产中也称之为固定装配法，因为发动机固定在一个地点装配。

按照这种方法，发动机部件，組合件及整个发动机装配的所有工序都由一組工人来完成。用这种装配組織形式时，不划分工序（不細分），所有工作都依次进行。

装配过程的延續時間可按下式确定：

$$T_c = \frac{t_1}{B_1} + \frac{t_2}{B_2} + \dots + \frac{t_n}{B_n} + \frac{t_0}{B_0} \text{ 小时,}$$

式中 $t_1, t_2 \dots t_n$ ——各部件的装配劳动量（人-时）；

t_0 ——总装配劳动量；

$B_1, B_2 \dots B_n$ ——从事各部件装配的工人数；

B_0 ——总装配的工人数。

从上式中可以看出，装配过程的延續時間，主要可以靠增加工人数来縮短。但这不是在所有情况下都是可能的，因为受到工作地的限制，几个工人很难对一个部件同时进行工作。

某些工作平行进行时，可以扩大工作面，因而也就可以提高生产率。

但这种措施也不是有效的，因为工人在完成平行进行的一个部件的装配工作以后，由于单件生产所固有的生产計劃的局限性，沒有同类型的部件进行装配，因而，工人的作用不能得到进一步的發揮。

成組装配的最好組織形式應該是这样的，即組內的各成員平行地对不同的部件进行工作，这些部件根据装配工序的时间长短选择，并使所有成員在总装配开始前同时完成自己的工作。在这种情况下，平行地进行部件装配工作的工人总数，不应超过同时进行整台发动机总装的工人数。

因此，采用成組装配方法时，有可能划分工序以进行平行装配。

成組装配的缺点是熟练工人的使用效率低，而且不能使工作連續地进行（在装配組的非工作時間內，由該組所装配的发动机就要“擱置”起来）。

这种方法是在試制或单件生产中唯一可能采用的方法。

比較完善的装配組織形式是工序装配法。在这种情况下，发动机划分为部件或組合件，装配工作平行进行。

发动机装配的总工时按下式确定：

$$T_c = \frac{t_{\max}}{B} + \frac{t_0}{B_0},$$

式中 $t_{\max}$ ——劳动量最大的部件的装配劳动量。

分析上式可知，由于部件平行装配，装配延續时比成組装配法的短。

談到将发动机划分为部件和組合件，必須指出，在設計装配过程时，應該以工艺（装配）部件，而不是以結構部件为依据。它們之間的區別，前面已經解釋过了，还可以通过下面的例子加以說明。

噴气发动机的压气机可以认为是一个結構組合件，因为它有一定的結構特性及特征。但它不是一个工艺組合件，因为它的最后装配，常常不能脫离发动机的装配，而要在发动机总装时进行。傳动机匣是結構部件，同时也是工艺部件，因为它可以独立装配。

工序装配可以发展为流水装配，流水装配是一种連續的装配过程，所以是最先进的。

社会主义生产合乎規律的发展趋向是，流水生产不是停頓在

初級阶段，而是通过采用新技术和扩大劳动机械化，向高級阶段发展。采用流水装配的先决条件是大批和大量生产，以及与其相适应的劳动分工。

在流水生产中扩大机械化的可能性，表示着由量变到质变的規律。造成过渡到流水生产的数量指标的改变，保証质量指标提高的可能性。这是由于能够扩大生产机械化，改善劳动組織和提高劳动生产率的结果。

图 2 所示为按照部件流水作业原則組織的航空发动机装配系統图。

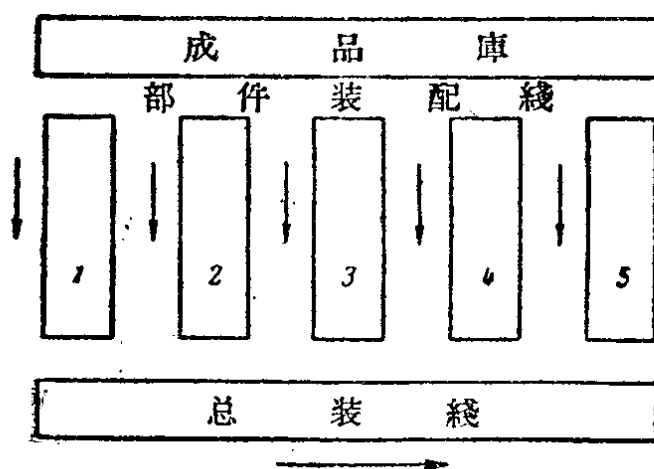


图 2 部件流水作业装配系統图

由图可知，部件（組合件）的装配綫垂直于总装綫，为了叙述方便，采用下列术语。

节拍 (такт) 是指流水生产綫上两装配件之間的时间間隔；速度 (темп) 是指单位時間內完成装配件的数量。本书中，节律 (ритм) 是用来表示产量的均匀性，即确定节拍或速度的保持。

因此，可按下式确定装配节拍：

$$m = \frac{\Phi}{N} \eta \text{ 分/台},$$

式中 Φ ——总時間；

N ——生产大綱；

η ——損失系数。

对部件流水作业装配方法的系統图进行分析后，可提出下列

意見。

部件裝配綫的相對位置由部件在總裝綫上在發動機上的安裝次序來確定，裝配綫的長度（距離）表示部件裝配的勞動量。部件裝配綫上的節拍由產品總裝綫上的生產節拍來決定，且應與它或它的倍數相等。由於各個部件的裝配勞動量不等，所以部件裝配工序或工步的劃分程度也就不一致。

部件裝配的總工時可以這樣劃分：使在部件裝配綫上的每一工作地，在等於節拍的一定時間內完成一個工序。假如該工序延續時間不能安排在節拍內，那就需要在該工作地增加工人，或者將該工序再分細些，將一部分工作轉移到下一工作地去完成。為了使工作地上工作符合於節拍而將工序分開稱為工序順序分散。

但在生產高度機械化的條件下，進一步分散工序往往不合適，因為這將增加輔助工序的時間，因而也增加了部件裝配的全部時間。隨著技術的發展，最好的辦法不是將工藝過程分為更細小的工序，而是將幾個單獨工序合併起來，在一個工作地上完成，也就是所謂工序集中（順序的）。這種措施結合着工序的機械化，可以不改變裝配綫的節拍，而能減少工作地的數目，結果縮短了產品裝配時間，提高了生產率。

例如在高爾基汽車廠，用手工裝配汽油濾需 30 分鐘。在油濾中有一組環形片，片上有 0.05 毫米深的凹坑，裝配時凹坑不應重合，後一片與前一片應錯開 180° 疊放。在確定的生產節拍條件下，油濾的裝配依次分在幾個工作地上進行。

在應用自用機進行油濾環形片沖壓和裝配時，工序時間可以縮短到 2 分鐘，這樣就可以使工序集中起來，因而大大減少了工作地的數目。

所以說，在流水裝配時，工序平行分散可以擴大工作面，因而縮短產品裝配的延續時間，而工序順序分散可以使裝配工序安排在規定的節拍內。

部件裝配綫的長度或部件裝配的時間按下式確定：

$$T_0 = nm,$$

式中 n —— 工作地数目；

m —— 装配节拍。

分析上式可得出結論，在規定的装配节拍內，提高生产率，主要是靠减少工作地来达到。至于如何减少工作地，上面已經指出过，費工工序的机械化是提高生产率的基础。

流水生产的优点如下：工艺过程的生产率高，可以連續工作，由于工序分散，工人能迅速掌握所負責的工作，生产紀律性高以及由于广泛采用机械化，劳动生产率和产品的质量可以进一步提高。

流水生产的进一步发展就是采用所謂組合件或对象部件生产法。顾名思义，采用这种方法时，各个組合件（部件）全部在独立的車間內生产。

部件的零件全部生产过程（机械加工、热处理、表面处理和精加工等）全在制造該組合件的車間內完成，制成的組合件以成品形式送到总装綫上。

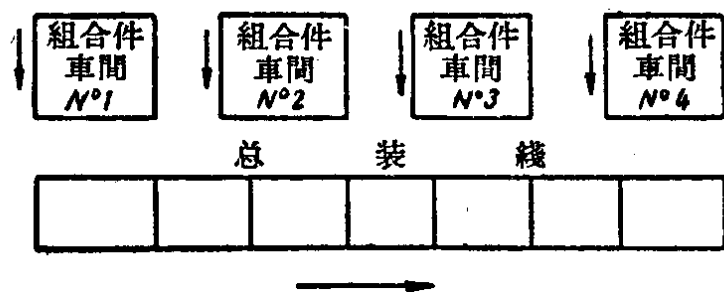


图 3 組合件装配系統

組合件装配法的系統如图 3 所示。

从上图可知这里用組合件車間代替了部件装配綫，生产安排妥善时，不需要零件成品庫，万不得已时，可以利用組合件（部件）成品庫。由于車間对組合件质量的責任感和整个工艺过程能够更精确地組織，所以組合件生产法較其他方法更有前途。这种方法也可以促进全厂有节奏的生产。

航空发动机制造中，主要是采用移动装配法。装配时产品自一工作地移到另一工作地，每一工作地固定一定的工人。产品可間歇地移动（机动或手动）或連續移动（机动）。为了使所装配的部件或組合件能从一工作地移到另一工作地，常采用梁式吊車或单軌升降机，各种傳送帶和装配車。

第三章 装配工艺过程的设计

§1 原始资料

设计装配工艺过程，必须有下列原始资料：

1. 具有零件代号及标出相互配合间隙及紧度的部件图；
2. 具有部件及零件代号和标出在总装时应保证的间隙及紧度的总装图；
3. 部件及发动机装配的技术条件；
4. 零件工作图；
5. 件号表，表中应注明部件及零件全名，件号及装配一台发动机所需的部件及零件的数量；
6. 发动机的年产量（生产大纲）。

如能有一台发动机模型，将对设计工作带来很大方便。

§2 设计阶段

制订装配工艺过程的第一阶段，是研究和批判分析部件图、发动机总图及技术条件，并由此确定装配部件。装配部件的数目可以有所不同。在产量相当大，而其它条件相同时，为了扩大装配工作面，工艺部件的数目可以多些。

应当指出，在现有的航空发动机构造中有许多例子可以说明结构部件不是装配部件，因为不能独立地进行装配。这又一次说明必须不断提高对设计对象结构工艺性的要求[⊙]。

编制按照次序的装配工序和检验工序的计划或综合表以及分

⊙ 若遇到某些部件的工艺性太差，实在不便于装配时，可与设计室商量，将产品的结构作必要的修改。