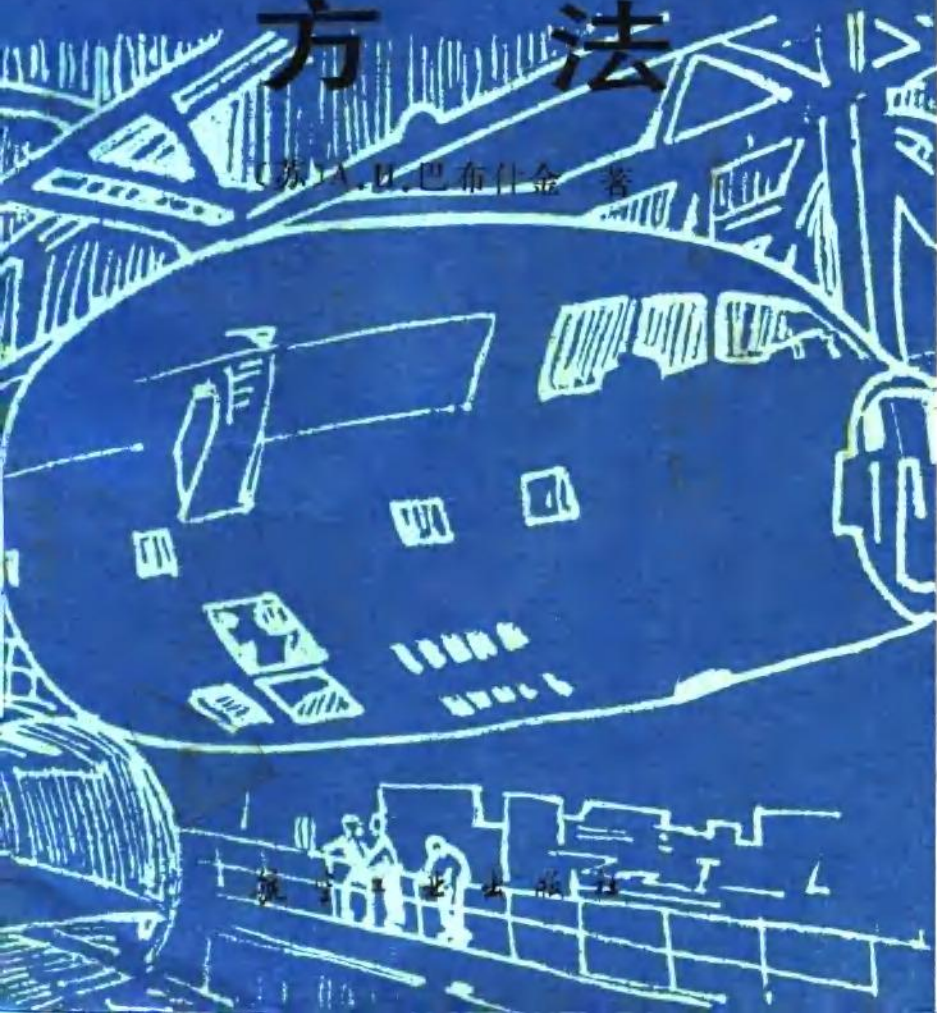


飞机结构装配 方法

〔苏〕A. 巴布什金 著



航空工业出版社

飞机结构装配方法

〔苏〕A. И. 巴布什金 著

崔 连 信 译

屠 德 彰 校

程 宝 渠

航空工业出版社

内 容 简 介

本书针对不同的装配方法,并根据这些装配方法在技术-经济上的合理性及飞机的结构特点,介绍了飞机结构的基准确定法、装配图、工艺过程和装配设备选择的理论基础,并针对各种装配方法叙述了装配对象的装配准确度和理论尺寸协调精度的计算方法。

本书适用于与飞机装配相关的工艺师和设计师。

飞 机 结 构 装 配 方 法

(苏 A. И. 巴甫洛夫)

连 信 译

屠 德 彰 校

程 宝 渠

航空工业出版社出版发行

(北京市和平里小关东里14号)

全国各地新华书店经售

航空工业出版社印刷厂印刷

1990年10月第1版

1990年10月第1次印刷

787×1092毫米 1/32 印张: 10.375

印数: 1-800 字数: 240千字

ISBN 7-80046-157-2/V·029

定价: 5.20元

目 录

引言	(1)
----	-----

第一篇 装配方法和装配工艺

第1章 飞机制造中的装配方法	(7)
1.1 装配工艺在飞机制造生产中的作用和地位	(7)
1.2 装配方法的主要型式	(14)
1.3 影响装配法选择的主要因素	(32)
第2章 不同装配法的工艺特点	(57)
2.1 装配单元分类	(57)
2.2 装配工艺图	(63)
2.3 装配工艺过程	(85)
2.4 按安装定位孔基准表面装配用的装备	(120)

第二篇 结构准确度与装配方法

第3章 利用各种装配方法时的产品准确度分析	(141)
3.1 装配时产品质量构成的特点	(141)
3.2 飞机结构装配时尺寸和形状的形成	(144)
3.3 决定产品装配准确度的误差的分类	(150)
3.4 采用不同装配方法时确定产品预计准确度的主要剖析关系	(153)
3.5 采用就地修配时的产品准确度计算特点	(166)
第4章 形成误差的各个阶段对产品最终尺寸的影响	(183)

4.1	装配夹具的误差	(183)
4.2	零件误差	(192)
4.3	定基准误差	(198)
4.4	零件装配定位误差	(204)
4.5	已装配产品的卸定位误差	(214)
4.6	基准定位装置的选择	(217)
第5章 适用于不同装配方法的飞机结构和形状的协调过程原理图		
	调过程原理图	(220)
5.1	对尺寸和形状协调图的要求	(220)
5.2	按装配孔装配的协调原理图	(222)
5.3	按坐标定位孔装配时的协调原理图	(228)
5.4	按基准定位孔装配时的协调图	(233)
5.5	在夹具内以骨架零件或蒙皮表面为基准进行装配的协调图	(236)
5.6	独立制造时飞机结构零件和工艺装备的形状和尺寸的协调	(238)

第三篇 装配的优化和装配组织

第6章 装配序列的优化		(219)
6.1	装配过程模型	(219)
6.2	不受生产手段约束时的产品装配序列优化	(254)
6.3	受生产手段限制时产品装配序列的优化	(259)
6.4	在连通全图的情况下产品用互换生产手段装配的序列的优化	(262)
6.5	机身壁板装配(分解)序列	(266)
第7章 飞行器结构的装配组织		(273)
7.1	装配生产的组织形式	(273)
7.2	装配过程的数学模型	(277)
7.3	用电子计算机自动编制产品流水装配进度表的算法	(285)

7.4 实用装配周期进度表的修正.....	(302)
第8章 装配方法的经济分析	(310)
8.1 装配方法经济对比的指标选择和论证.....	(310)
8.2 在生产范围内安装定位孔装配法对劳动消耗变化的影响.....	(313)
8.3 由于采用安装定位孔法而改变了的产品成本项目的确定.....	(316)
8.4 经济效果某些局部指标的计算	(323)
参考文献	(325)

引 言

为了实现旨在提高社会主义经济发展效率和改善其质量因素的方针，势必要在机械设计、工艺过程编制，以及机械制造方法和设施等方面寻求新的解决方案。

现代航空技术发展的特点是，飞行器结构根本变化和改进的速度大大加快，以满足客运和国防的需要。新式大功率发动机、物理机械性能优异的新型结构材料，以及新的工艺方法和工艺设施等的出现，为在飞行器生产和维修中大大降低劳动消耗打下了良好的基础。与气动力、重量、飞行使用、寿命和经济等指标的必然提高密切相关的航空技术的不断完善，以及飞行器结构可靠性高度保险的保证，要求我们必须要在工艺和生产组织领域经久不懈地深化科学技术研究工作。

在飞行器的工艺和生产组织方面的科学技术发展的总趋势是，研究和探索全新的解决途径，以便在提高劳动生产率方面能达到飞跃性的变化，以便降低生产费用并提高产品质量。但是在这种情况下，必须找出并选定生产过程的主要部分或环节，要求主要部分的重大改变对其他所有部分的改变有很大影响。目前，航空技术制造的生产过程的一个主要部分，应该是装配生产。装配安装工作的主要特征是，要完成的工作的复杂性越来越高，装配和安装工艺工序的机械化水平比较低，因而劳动消耗大，生产率水平比较低，产品生产的劳动量也大。

正因为如此，所以在飞机制造业当中将装配和安装工作

的工艺现代化问题，视为决定航空制造效率和质量的一个重要问题。飞机结构装配工艺的中心环节是选定的装配方法。装配方法决定整个工艺过程的构成、工艺装备的组成和制成产品的预期质量水平。

装配方法在相当大的程度上取决于飞行器的结构，但与此同时装配方法也能有效地影响飞行器结构，因而也能根据生产工艺要求来改变结构。正如飞机工业向喷气式飞机过渡时那样，当时为了满足更精确的气动外形参数要求，不得不改用极其特殊的装配方法，亦即改用飞机机体壁板以蒙皮外表面为基准的特种装配型架装配法。为了补偿蒙皮与零件之间的不可避免的尺寸误差，要求对结构进行修改并采用特种构件，即采用工艺补偿片。

装配方法对整套生产工艺准备均有影响，其中包括：定基准和装配方法的选择；保证零件制造和产品装配能满足既定互换性和准确度水平的工艺装备组成的确定；零件制造和产品装配用工艺装备的制造和安装。

从40年代末开始，在理论方面研究最细致、且在飞机结构装配实践中应用最广的装配方法，是以骨架零件表面或蒙皮表面为基准的架内装配法。

60年代，安装定位孔装配法（УФ0法）在航空工业部门得到了广泛应用。安装定位孔装配法的推广应用实践证明了这一方法尤其用于中型和重型飞机，具有很高的技术经济效果。例如，在一系列客机（Ту-134А、Ил-62、Ил-76、Ан-22）生产中，绝大多数的组件、壁板、段件和机体部件都是用装配孔（СО法）、坐标定位孔（КФ0法）和基准定位孔（БФ0法）等装配法组装而成的。

安装定位孔装配法的实质，就是利用在飞机零、组、部

件和装配夹具（型架）上钻制的一系列孔作为主要装配基准。安装定位孔按其空间位置相对产品选定坐标，是相互协调的。因为产品在夹具（型架）中按安装定位孔装配零件时实际上采用的是点定位，所以型架具有很大的变化（结构简化，重量减轻）。在这种情况下，型架可以完全用标准零件制造，这样就可以显著地减少生产准备的开支。

按安装定位孔装配时的点定位，可以大大简化型架结构，可提供良好的装配工作条件，但点定位法对送交装配的零件，以及对型架定位器的数量和型别的选择有一系列特殊要求。这对飞机机体的受力构件（隔框、短梁、大梁、承力肋）来讲尤其如此，这是因为受力构件不仅是按安装定位孔在型架中装配的，而且随后还要成为所有其他零件（壁板、蒙皮、普通翼肋、支臂、舱口盖等）装配的基础，也就是说这些受力构件最终要决定飞机部件气动外形形成的准确度和内部设备安装的准确度。

在飞机结构的装配和安装中采用激光装置，预计可以使安装定位孔装配法得到进一步发展。在这种情况下利用激光作为可见光轴，相对这种光轴可以按零组件上钻制的基准定位孔对零组件进行定位。此时可以进一步简化型架装配工艺装备的结构，与此同时还可以提高部件骨架零件在装配时的相互位置的准确度。广泛利用激光技术来装配和安装飞机结构的问题，就在于研制出可靠的、用之有效的激光装置，要求这种激光装置能够使激光定心，借助于激光能够在3~5到100~120m的范围内以0.1到0.5mm的精度进行线性测量。建立起空间（立体）激光系统，就可以使飞机构件在任一平面内以任一角度装配和安装时无需采用笨重而复杂的测量仪器便能达到相互正确定位。

在向读者推荐的这本书当中，试图系统地介绍与不同装配方法的选择有关的飞机生产准备和生产管理的互为联系的技术和组织问题的整个环节。

在本书出版前的手稿准备期间，技术科学博士B. H. 克雷辛教授作为审阅者提出了宝贵的意见并作了注释，这无疑会对本书的结构和内容的改进有所裨益，对此作者对克雷辛教授致以谢意。

第 一 篇

装配方法和装配工艺



第 1 章 飞机制造中的装配方法

1.1 装配工艺在飞机制造生产中的作用和地位

结构与工艺的相互关系 飞机及其他飞行器结构装配的生产过程，是一种服从于总的辩证发展规律的活动过程。

任何一种飞机制造的统一生产过程均有两个方面，一是产品结构，一是产品的制造工艺，这两者始终处在既相互联系又相互依赖的关系当中。因科学和技术上的最新进展所引起的重大结构变化，不可避免地会导致能使全部新结构得以实现的新工艺方法和措施的出现；反之，在新工艺方法的开发研究中所达到的结果，也必然会导致采用相应的结构，以适应时间上的要求，并满足向航空技术提出的更高的经济要求和目标要求。而且，照例结构是第一位的，是发展过程中起决定作用的方面，而工艺是第二位的，是从属方面。但是，在创造先进技术当中，结构只是在这种相互作用的最初阶段才起主导作用，而且随着工艺的发展和完善，这种主导作用将发生显著的变化。

旨在减轻飞机机体重量、延长结构寿命和提高飞机可靠性的斗争，迫使飞机设计师在民用飞机的现代设计中采取以下主要措施：

在机体所有主要段件之间避免采用结构分离面（例如，

宽体飞机上的机翼和机身之间改用不可卸结构)；

加大壁板、短梁、大梁和隔框的几何尺寸，用整体毛坯制造这些零件〔例如用尺寸为 $25.0 \times 4.5\text{m}$ 的厚板 ($S = 8 \sim 12\text{mm}$ 或更厚) 加工壁板〕；

采用新型组合材料，其中包括复合材料（例如采用聚酰胺纸和玻璃钢；采用带钛合金和合金钢蜂窝夹芯的焊接壁板；采用石墨复合材料、硼复合材料和其他复合材料），在机翼结构中这些材料的用量占 $8 \sim 9\%$ ，在发动机短舱结构中其用量高达 75% ；

采用由厚蒙皮和强力桁条骨架构成的复合式整体装配壁板，或者采用由薄板沿全板面胶接而成的大厚度胶接壁板。

采取上述结构措施，可显著减轻飞机机体的结构重量，并可延长结构寿命。但是，结构的复杂化，以及新材料种类的扩大应用，势必会使零件制造和产品装配的工艺过程以及所用设备的构成和组织发生变化，势必会使工艺装备的规模扩大，使其结构复杂化。

新型飞机结构成批生产的工艺观点和组织管理观点必须转向在获取优质产品的同时降低生产准备的费用和周期，减少劳动量，提高劳动生产率（在各个生产阶段）。

对飞机生产费用的评价应该用微分方法按主要生产组进行，这些生产组包括：零件制造、装配和安装调试。这样划分，可以用查明在不同生产阶段起作用的特性因素的方法来分析对减少总费用有影响的可能方法。

确定装配过程劳动量的主要因素是零件和分装件在其安装和固定到装配位时的相互协调费用，以及将各个结构件连接成为一个整体所需的费用。结构件安装和固定在装配位置所需的费用，主要取决于所采用的装配方法、所达到的互换

性水平以及装配对象的结构复杂性。在装配过程中考虑零件和分装件相互协调工作的影响是复杂的，这种复杂性不仅表现在待装零件的数量、外形复杂程度和长度尺寸的差别，而且还表现在要装配的构件的刚度小。

提高装配过程效率的方法 在一系列工业部门中，生产对象频繁更迭，或者产品大规模的和频繁的改型，致使工艺发生很大的变化，致使生产改组。特别令人苦恼的是不得不对装配生产进行改组，因为在装配生产中用的型架必须耗用大量金属和劳动力。组件、壁板、分段件、段件和部件等的装配方法对整个装配工艺的改组有很大影响〔20〕。

近年来，关于提高装配生产的效率问题越来越引起人们的注意。这是因为近年来在整个机械制造生产的发展过程中，生产对象的情况变得复杂化了，另外生产对象的各种情况在产品制造所耗用的总的工作量中的比例关系也发生了变化。在机械加工、毛料冲压以及焊接和热处理生产的工艺和组织领域中所取得的科学技术进步，促进了新工艺方法以及数字程控机床和装置的应用，并且促进了向成组流水加工方法的过渡。以手工劳动为主要特征的装配生产在其发展中显然是落后了。因此，在装配生产中增加产品产量的方法主要是扩大工作面，增加工人数量。装配生产之所以落后，主要是因为沒有充分注意用科学技术方法解决装配生产的专业化、机械化、自动化以及工艺和组织的发展和完善问题。类似的情况给人的感觉越来越强烈，给国民经济造成很大损失，因为在装配车间集中了大量工人，占用了大量生产面积，积压了大量基本资金和流动资金。

目前，在各个机械制造部门，机器制造的装配工作及其他主要工艺之间的比例关系列入表1.1〔48〕。

表 1.1 机械制造业装配工作的比重

机械制造部门	装配工作在产品 生产劳动量中占 的比重 (%)	装配工作的机械 化和自动化水平 (%)
重型机械制造	35	8 ~ 12
机床制造	25	22 ~ 25
电气和无线电工业	50	35 ~ 40
拖拉机和农业机械制造	23.5	51
汽车工业	18 ~ 20	51
仪表制造	42	12
钟表工业	45	16.2

在机械制造生产中装配工作在总劳动量中占的比重，取决于产品试制和批生产的阶段，取决于产品的结构工艺特点以及其生产规模。

装配工作在产品生产的总劳动量中所占的比重大，首先是因为装配生产的机械化和自动化水平比较低。例如，如果在机械制造部门中的主要生产线的平均机械化-自动化水平总计为65~85%，那么装配工作的机械化-自动化水平则比较低，例如在重型机械制造中只有8~12%，在机床制造中为22~25%，在电气和无线电工业中为35~40%，在拖拉机和农业机械制造中为51%，在汽车工业中为51.2%，在仪表制造中为12%〔48〕。在这种情况下应强调指出，已经实现机械化的，特别是实现自动化的，只是那些具有批生产性质的装配工序和装配工步，例如钻孔、铆接以及上螺栓、螺钉和螺

帽等。未充分机械化和自动化的工序，是那些需要大量工人才能完成的大量的手工劳动。

工厂装配车间的劳动量水平之所以很高，是因为多数车间是按对象原则建立的，具有封闭生产的性质，在一个车间里将各式各样的装配工艺过程完全集中在一起，其中有组件装配、壁板装配、段件装配和总装。由于缺乏专业化，不能合理地使用工作干部。具有一定专业技术的高级工人用来完成各种性质的装配工序，势必造成劳动力和工时不必要的浪费。装配周期延长了，流动资金也增加了。生产效率很高的专用工艺设备由于要完成的同类工序的量不大而閒散在车间，或者根本不用。因此，将同类分装件集中在同一工段，将车间划分成组件车间、壁板车间和段件装配车间，按工艺原则将这些车间组织起来，这对提高装配生产的效率均有很大潜力。这样做不仅能充分利用基本资金、减少流动资金，而且还能有效地使用劳力资源，组织流水生产，缩短生产周期。

装配生产专业化的优点是明显的，但是提高生产效率更有效的方法是将独立的装配综合体划分出来，甚至变为装配厂和装配联合工厂。

在经互会领域具有组建装配综合体的正面经验。例如，在保加利亚的汽车工业就建立了专业化装配厂，并且现在还在起作用。这些工厂负责装配由苏联和捷克斯洛伐克提供的零件和装配单元。建立这样的企业，有助于生产的集中和专业化，采用高效机械化和自动化生产设施的可能性加大了，产品的装配劳动量大大减少了；由于提供装配的零件和装配单元的质量提高了，使出产的机器质量也提高了；根据最佳流水工作进度表，流水装配组织的装配周期也缩短了。

美国、英国、意大利和日本等国的汽车制造公司在其