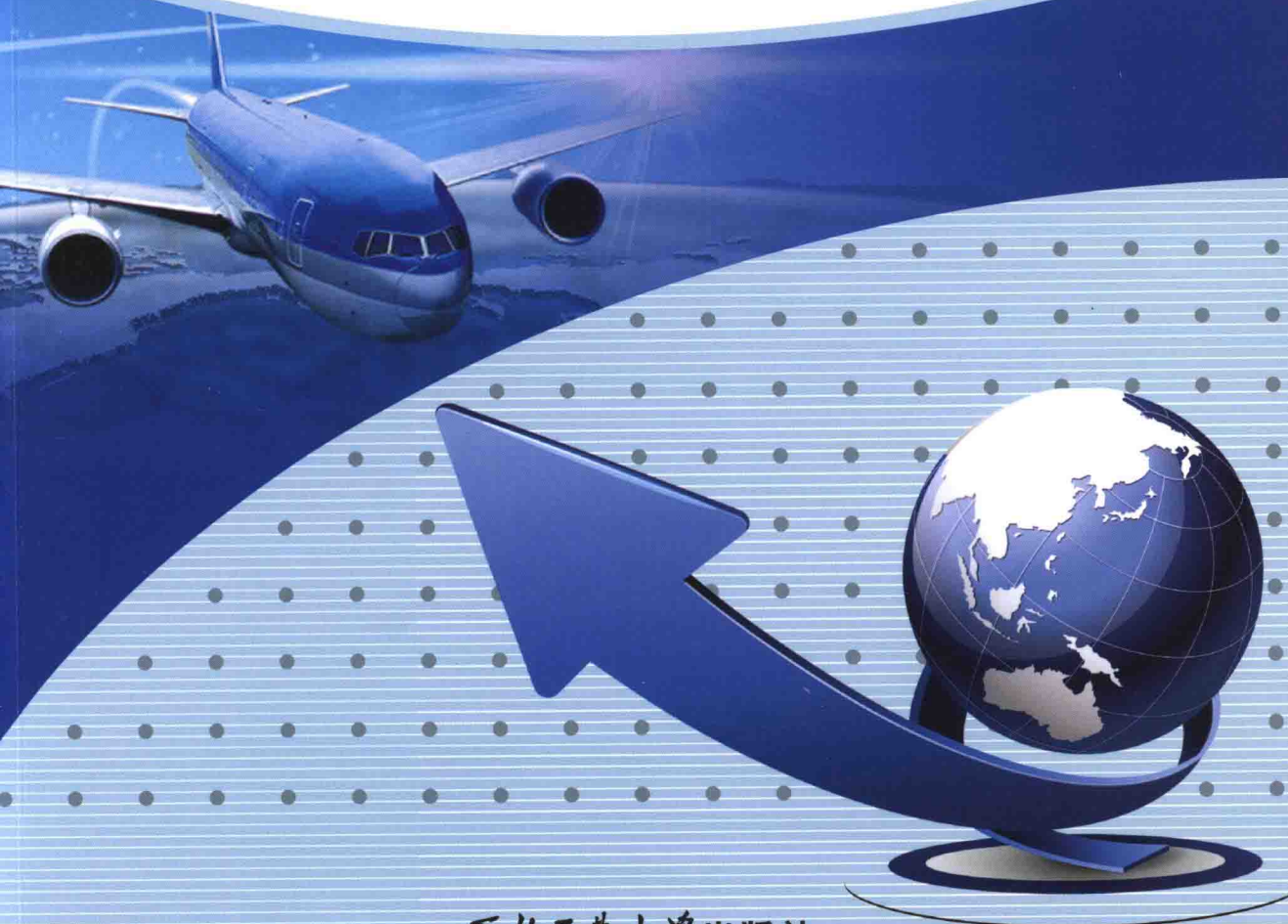




工业和信息化部“十二五”规划教材

飞机装配工艺学

薛红前◎主编



西北工业大学出版社



工业和信息化部“十二五”规划教材

飞机装配工艺学

薛红前 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书介绍了飞机装配技术的基本原理和工艺方法,针对飞机装配工艺特点,详细阐述了飞机装配协调系统设计方法,飞机装配型架设计与安装,飞机装配的连接技术及飞机部件装配与总装配等。本书将传统的飞机装配技术与现代先进飞机装配技术相结合,体现了内容的系统性和先进性。本书力图深入浅出,通过典型装配实例阐明飞机装配的基本原理和关键技术,通过阐述先进飞机装配技术的实践经验,以及对飞机装配科研成果的深入分析,帮助读者更好地理解和应用所学装配理论和飞机装配技术。

本书内容丰富,是一本较全面、系统的飞机装配技术教材,适合于高等学校飞行器制造及相关专业本科生和研究生使用,也可供从事飞机设计、工艺的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

飞机装配工艺学/薛红前主编. —西安:西北工业大学出版社,2015.2

ISBN 978-7-5612-4349-7

I. ①飞… II. ①薛… III. ①飞机—装配(机械)—工艺学 IV. ①V262.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第047471号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电话:(029)88493844 88491757

网址:<http://www.nwpup.com>

印刷者:陕西宝石兰印务有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:15

字数:362千字

版次:2015年3月第1版

2015年3月第1次印刷

定价:38.00元

前 言

飞机装配工艺是保证飞机产品质量、制造准确度的决定性环节,同时也是保证飞机产品质量稳定、高强度、长寿命可靠运行的重要保障。随着科学技术的发展,飞机装配技术有了突飞猛进的发展,它已成为飞机先进制造技术的重要组成部分。对于飞行器制造专业的学生和相关工程技术人员,非常需要系统地学习并掌握飞机装配的基本原理,熟悉飞机装配工艺及装备。在此基础上,学习掌握飞机装配的先进技术,从而学会如何应用飞机装配的基本理论和先进装配技术开展飞机装配技术的应用研究。

本书从教学和飞机装配工程技术人员的需求出发,围绕飞机装配所涉及的装配过程和装配方法,详细阐述了飞机装配协调系统设计方法,飞机装配型架设计与安装,飞机装配的连接技术及飞机部件装配与总装配。本书将传统的飞机装配技术与现代先进飞机装配技术相结合,介绍了飞机数字化装配技术,将先进飞机装配技术的实践经验和科学实验与飞机装配理论相结合,同时还介绍了国内外在飞机装配领域的研究成果,使本书内容更加系统、完整。本书力图深入浅出,通过典型装配实例阐明飞机装配的基本原理和关键技术,以帮助读者更好地理解和应用所学装配理论和飞机装配技术。

在本书编写过程中参阅了相关飞机装配技术的文献资料以及近年来有关飞机装配技术的科研成果,使本书内容更加系统和完整。国内外先进飞机装配技术的应用实践与飞机装配技术科研成果的分析总结,反映了飞机装配技术的发展动向,以扩大视野,开阔思路。

本书的编写得到了西北工业大学曹增强教授的大力支持,西安飞机工业集团公司陈鹏参与了本书第4,5章的编写,西北工业大学高涛、陶潜、陈维维、谢月新参与了本书插图的绘制,谨向他们一并表示衷心的感谢。

限于知识和专业水平,书中难免有错误或欠妥之处,恳请读者批评指正。

薛红前
2014年4月

目 录

第 1 章 飞机装配过程和装配方法	1
1.1 飞机装配工艺特点	1
1.2 飞机结构分解	2
1.3 装配基准	6
1.4 装配定位.....	10
1.5 装配工艺过程设计.....	19
1.6 数字化装配工艺设计.....	25
思考题	26
第 2 章 飞机装配准确度	27
2.1 基本概念.....	27
2.2 影响装配准确度误差分析与控制.....	35
2.3 各种装配方法的装配准确度分析.....	41
2.4 提高装配准确度的分析方法.....	45
思考题	50
第 3 章 飞机装配协调系统设计	51
3.1 互换与协调的基本概念和意义.....	51
3.2 保证协调互换准确度的基本方法.....	55
3.3 模线样板技术.....	61
3.4 标准工艺装备.....	71
3.5 模线-样板协调系统	76
3.6 数字化装配协调技术.....	82
3.7 典型飞机结构的协调路线.....	84
3.8 数字化标准工装及应用.....	88
思考题	91
第 4 章 装配型架的设计	92
4.1 装配型架的功用和技术要求.....	92
4.2 型架的总体结构设计.....	95
4.3 型架骨架的构造.....	97

4.4	型架定位件和夹紧件	100
4.5	装配型架设计的新技术	107
	思考题	109
第5章	装配型架的安装	110
5.1	用通用测量工具安装型架	110
5.2	用标准样件安装型架	111
5.3	用型架装配机安装型架	112
5.4	用光学仪器安装型架	114
5.5	用激光准直仪器安装型架	116
5.6	用CAT技术安装型架	117
5.7	激光跟踪测量系统	123
5.8	IGPS测量系统	124
	思考题	125
第6章	飞机装配机械连接技术	126
6.1	概述	126
6.2	连接结构的疲劳寿命	127
6.3	制孔技术	128
6.4	铆接技术	137
6.5	螺栓连接	155
6.6	自动钻铆技术	159
	思考题	163
第7章	复合材料的机械连接	164
7.1	复合材料基础	164
7.2	制孔技术	171
7.3	复合材料的切割技术	177
7.4	复合材料结构用紧固件	179
7.5	复合材料机械连接工艺	183
	思考题	189
第8章	飞机结构胶接技术	190
8.1	胶接技术特点及应用	190
8.2	胶接机理	191
8.3	胶接接头的设计	193

8.4 胶接工艺过程	196
8.5 胶接蜂窝夹层结构	202
8.6 胶接质量无损检测	205
思考题	208
第9章 飞机结构焊接技术	209
9.1 焊接技术特点	209
9.2 点焊原理	210
9.3 胶接点焊	213
9.4 搅拌摩擦焊	215
思考题	217
第10章 飞机部件装配与总装配	218
10.1 飞机部件的装配	218
10.2 飞机总装配	223
10.3 飞机装配生产线	229
思考题	231
参考文献	232

第 1 章 飞机装配过程和装配方法

1.1 飞机装配工艺特点

1.1.1 飞机结构特点

飞机是依靠自身的动力产生升力,支持其自身重量在空中飞行的特殊机器。它用于人员、物资的空运,或用于空中作战。在结构上有主要用于装载人员、物资和燃料的机身;有主要用于产生升力及装载燃料的机翼;有用于控制飞行方向,保证飞行稳定性的襟翼、副翼、尾翼及其操纵系统;有用于起飞着陆的起落架及其辅助系统;有用于导航通信等的仪表、特设系统;以及用于安装动力装置的发动机短舱等几个主要部分。

由于飞机在空中高速飞行,空运人员、物资、或空中作战这些使用特点,它与在地面上使用的一般机械不同,既要求结构安全可靠,绝对保证质量,又要求结构轻巧,不能有超过使用强度要求(包括一定的安全系数)的多余重量,还要求机体外形符合空气动力学原理,使飞行中的升力、阻力比达到最大,升力、重量比达到最小。这就决定了飞机结构不同于一般的机械产品。它具有下述结构特点。

(1) 构造复杂,零件多。一辆载重汽车包括发动机在内大约有 3 000 多个零件,而一架飞机仅壳体上的零件就有 15 000~100 000 件不等,其中还不包括几百万件的螺钉、铆钉等标准件。如某型轰炸机仅重要附件就有 8 100 种,以及 325 台电子电气装置、2 400m 液压管路和长 100km 左右的导线。因此,要求有广泛的协作体系,许多零件、附件、仪表设备都要由专厂供应。

(2) 外形复杂,尺寸大。飞机的骨架和蒙皮大多具有不规则的曲面形状,根据机型的不同,如大型运输机 C-5A 飞机翼展长达 68m,机身全长 75m,因此决定了零件、组合件、部件的尺寸也较大。如波音 747 机翼上一块整体壁板即长达 34m。

(3) 精度要求高、工艺刚度小。如 L-1011 飞机的复杂曲面蒙皮壁板,最大尺寸 2.5m×12m,成形误差要求小于 0.3mm。而机体绝大多数零件刚度均很小,许多结构是由加工和装配过程中容易产生变形的钣金件或非金属薄壁零件组成的薄壳结构。由于气动力性能要求,大部分机体构件的外形准确度,一般都在 10~11 级精度范围内。

1.1.2 飞机装配工艺特点

飞机制造可划分为毛坯制造、零件加工、装配安装和试验 4 个阶段,其中装配和安装工作占有重要地位,约占飞机制造总劳动量的 30%~45%(一般机械制造中,装配和安装工作量占

产品制造总劳动量的 20%)，飞机装配约占全机制造周期的 40% 以上。飞机装配工艺是保证飞机产品质量、制造准确度的决定性环节，同时也是保证飞机产品质量稳定、高强度、长寿命可靠运行的重要体现。飞机装配过程是一种复杂、多学科的技术管理综合，飞机装配工艺影响产品技术经济性能和产品的使用性能。飞机装配工艺有下述特点。

(1) 采用保证互换协调的方法。仅采用一般机器制造业的公差配合制度，不能保证各零件、部件间的相互协调与互换要求，而要采用飞机工业中一套特有的保证产品的互换协调方法——模线样板工作法、计算机辅助设计与制造的一体化协调工作法。

(2) 生产准备工作量大。由于零件品种数量多、外形复杂，零件的工艺刚度小，装配时又需要大量夹具、型架，以及必要的标准工艺装备，以保证工艺装备之间的协调。因此，飞机生产准备工作量很大，而要求周期尽量短。

(3) 批量小，手工劳动量大。由于飞机型号、结构改动频繁，要求生产方式具有很大的机动性。飞机生产中必须简化工艺装备构造，提高通用化程度，采用通用化工艺装备、柔性工装等。即使如此，往往还需要大量采用手工劳动。生产的“机动性”要求和“机械化”“自动化”之间的矛盾是摆在我们面前需要解决的任务。

(4) 长寿命可靠连接。飞机机体的寿命决定了飞机的总寿命，而其中疲劳破坏是飞机机体损伤的基本原因。多达 75%~80% 的疲劳破坏发生在机体连接部位，飞机制造技术的发展，对飞机结构疲劳寿命、密封、防腐的要求越来越高。为了满足现代飞机对各种性能的严格要求，航空制造领域发展各种先进连接技术，如自动钻铆技术、电磁铆接技术、机器人钻铆技术、干涉连接技术、难加工材料连接技术等。

(5) 零件加工方法多样，装配劳动量比重大。飞机机体构件选用的材料种类繁多，相应的加工工艺也多种多样。而且为适应飞机结构的发展，要求不断引进新技术、新材料和新工艺。

1.2 飞机结构分解



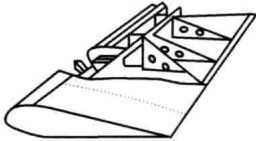
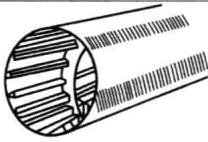
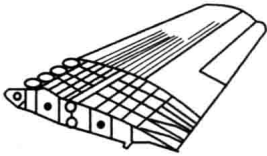
在一般机械制造中，由于绝大部分零件是形状比较规则、刚性比较大的机械加工件，在制造、装配过程中不易产生变形。产品的制造方法是：利用机床设备，按工程图纸上的尺寸和公差，直接加工出产品的零件，再由装配钳工按零件的配合关系装配起来。在装配时不采用或很少采用夹具。产品的装配准确度，主要取决于零件的制造准确度。其装配误差，按尺寸链理论由零件制造误差积累而成。

在飞机制造中，由于飞机结构上的特点，除了那些形状规则、刚性好的机械加工零件外，大多数的零件，特别是那些形状复杂、尺寸大、刚性小的钣金零件，都必须用体现零件尺寸和形状的专用工艺装备制造，以保证其形状和尺寸的准确度要求。其装配过程也与一般机械制造不同。为将那些形状复杂、尺寸大、刚性小、易变形的零件，装配成形状和尺寸符合准确度要求的产品，不但需要采用体现产品尺寸和形状的专用装配型架对产品进行装配，而且不能在一个工作地、用一台装配型架完成整个机体的装配工作，而是需要将其划分为许多较小而简单的板件和装配件。

1.2.1 装配件

装配件是由两个以上的零件装配成可拆或不可拆的飞机的组成部分。根据飞机结构特点和设计、工艺等方面的要求,装配件可分为组合件、部件。装配件的分类见表1-1。飞机机体由这些复杂的装配件装配连接而成,图1-1所示为构成飞机机体的各装配件及辅助装备。

表1-1 装配件的分类

装配件类型		图例	实例
组合件	平面组合件		平面框、梁、框、肋
	壁板组合件		机身壁板、机翼壁板等
	立体组合件		翼面前缘、后缘、翼尖;各种门、盖;机头罩、尾罩、整流罩
部件	机身类部件		机身或机身各段;起落架短舱、发动机短舱
	翼面类部件		机翼和机翼各段;水平安定面、垂直安定面、襟翼、副翼、方向舵、升降舵

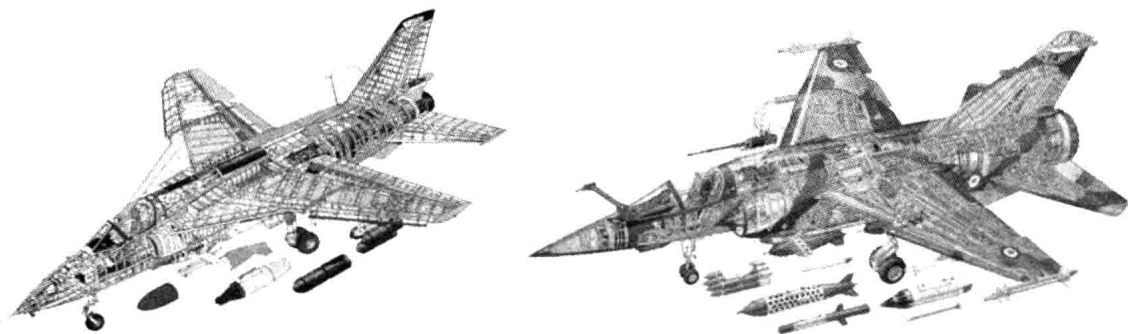


图1-1 飞机机体内部结构

1.2.2 机体结构的分解与分离面

为了满足飞机的使用、维护以及生产工艺上的要求,整架飞机的机体可分解成许多大小不同的装配单元。首先,飞机的机体可分解成若干部件,如某歼击机的部件包括前机身、后机身、机翼、襟翼、副翼、水平尾翼、垂直安定面、方向舵、前起落架和主起落架等。图 1-2 为某歼击机的部件分解图。有些部件还可分解成段件,如机翼分解为前缘段、中段(翼箱)和后段。有的部件或段件可再分解为板件(壁板),板件是由部件或段件的蒙皮以及内部骨架元件(长桁、翼肋或隔框)的一部分所组成的,如机翼中段的上、下壁板;后机身的上、下板件和左、右侧壁等。部件或段件还可进一步划分出隔框、梁、肋等组合件。如机翼划分成段件、板件和组合件的示意图如图 1-3 所示。

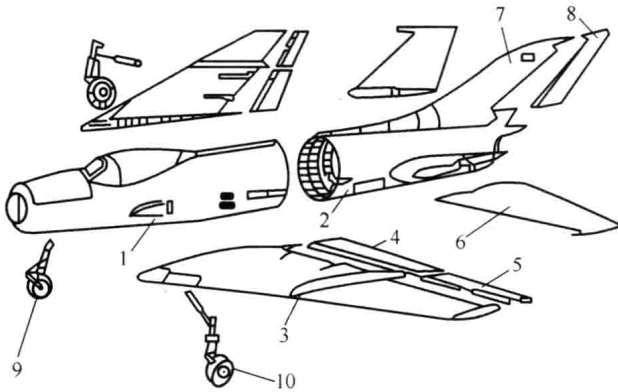


图 1-2 飞机结构划分为部件

- 1—前机身; 2—后机身; 3—机翼; 4—襟翼; 5—副翼; 6—水平尾翼;
7—垂直安定面; 8—方向舵; 9—前起落架; 10—主起落架

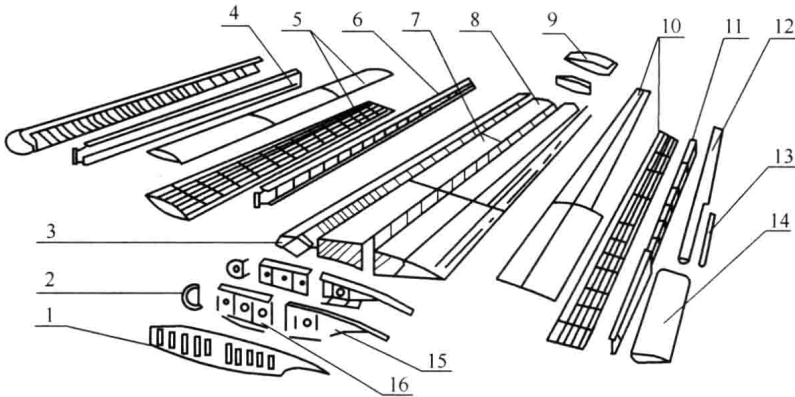


图 1-3 机翼工艺分解图

- 1—翼肋; 2—翼肋前段; 3—机翼前段; 4—机翼前梁; 5—机翼中段上、下板件; 6—机翼后梁;
7—机翼中段; 8—机翼后段; 9—翼尖; 10—机翼后段上、下板件; 11—机翼后墙; 12—副翼;
13—副翼调整片; 14—襟翼; 15—翼肋后段; 16—翼肋中段

飞机机体结构划分成许多装配单元后,两相邻装配单元间的对接结合处就形成了分离面。飞机机体结构的分离面,一般可分为以下两类。

(1)设计分离面。是根据构造上和使用上的要求而确定的。如飞机的机翼,为便于运输和更换,需设计成独立的部件;如襟翼、副翼或舵面,需在机翼或安定面上做相对运动,也应把它们划分为独立的部件;又如歼击机机身后部装有发动机,为便于维修、更换,就把机身分成前、后机身两个部件。设计分离面都采用可卸(如螺栓连接、铰链接合等)连接,而且一般要求它们具有互换性。

(2)工艺分离面。是由于生产上的需要,为了合理地满足工艺过程的要求,按部件进行工艺分解而划分出来的分离面。由部件划分成的段件,以及由部件、段件再进一步划分出来的板件和组合件,这些都是工艺分离面。工艺分离面一般采用不可拆卸连接,图1-4所示为机身划分为板件和组合件的工艺分离面示意图。

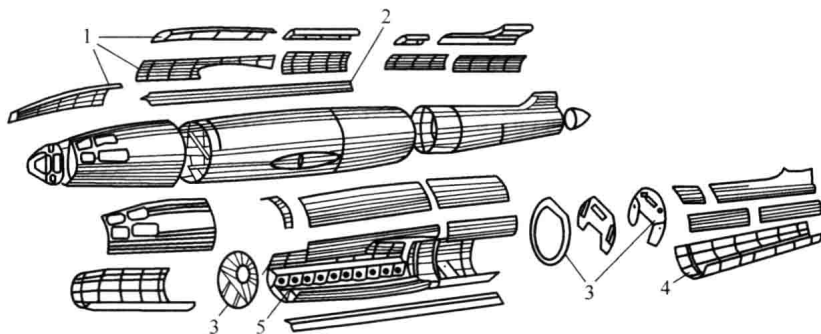


图1-4 机身划分为板件和组合件示意图

1—侧板件; 2—中段大梁; 3—隔框; 4—机身后段下板件; 5—机身中段下板件

工艺分离面的合理划分,有显著的技术经济效果。

- (1)增加了平行装配工作面,可缩短装配周期。
- (2)减少了复杂的部件装配型架数量。
- (3)由于改善了装配工作的开敞性,因而可以提高装配质量。

若将飞机部件、段件按工艺分离面进一步合理划分成板件后,将有明显的技术经济效果,便于安排和组织生产。这种划分具有以下两个主要优点。

(1)为提高装配工作的机械化和自动化程度创造了条件。目前,国内外已设计有各种形式的自动铆接机。有的铆接机自动化程度很高,如可钻孔、镗窝、插入铆钉、铆接以及铣平埋头铆钉钉头等。若铆接机配置专用托架及计算机控制装置,可以自动调平、自动确定铆钉孔位置,进一步还可自动调整工艺参数。但现有铆接机一般只适用于板件结构,故部件板件化的程度已成为评定结构工艺性的重要指标之一。

(2)有利于提高连接质量。在部件划分为板件后,装配工作的开敞性好,连接工作可采用机械化设备。以铆接为例,可用压铆代替锤铆,因而改善劳动条件,提高产品质量,缩短装配周期。因此,在结构设计中应尽量提高板件化程度。在现代飞机结构中,有些部件的板件化程度高达90%,根据统计资料,这可将劳动生产率提高1.35~3.3倍,装配周期缩短为2/3~3/4,连接工作的机械化系数提高到80%。

因此,飞机结构的划分工作在飞机设计过程中应周密地进行考虑和研究,以更设计出最合理的划分方案。这是一项极为重要的设计任务,因为它不仅要满足结构上和使用上的要求,而且同时还要满足生产上的要求。

飞机结构的划分,其重要意义不仅表现在需要综合考虑结构、使用和生产上的要求,而且在于划分的结果必然会涉及强度、重量和气动方面的问题。因此,在决定划分方案时,必须综合研究上述各方面的因素,分析矛盾的各个方面,以求得最合理的结构划分方案。

应当指出的是在飞机设计时,考虑工艺分离面的部位、形式和数量,必须从成批生产的要求出发。固然在新机设计阶段,还不能肯定是否投入成批生产,但在设计阶段如不考虑成批生产时对飞机划分所提出的要求,那么在试制以后,若转入成批生产,此时再增减或修改各种分离面的部位和形式,将会发生很大的困难,甚至是不可能的。

对于飞机结构上已具备的工艺分离面,在生产中是否加以利用,也就是在生产上是否按此分离面将工件分散装配,这取决于综合的技术经济分析结果。例如,在机翼装配时,若结构上前、后梁处存在工艺分离面,当产量大时,可将前、后两段分别在两个装配型架上装配,然后将此两段在机翼总装型架上与机翼中段的板件及翼肋等装配成机翼。但在试制生产或小批量生产时,为减少装配型架的品种和数量,其装配工作可都在机翼总装型架上完成,无需分段装配。换言之,即结构上固然有工艺分离面,但考虑到具体的生产情况,也可以不加利用。

1.3 装配基准

基准就是确定结构件之间相对位置的一些点、线或面。基准可分为设计基准及工艺基准。设计基准是设计用来确定零件外形或决定结构相对位置的基准,如飞机轴线、弦线等。工艺基准是在工艺过程中使用,存在于零件、装配件上的具体的点、线或面,可以用来确定结构件的装配位置。设计基准是空间的线或面,需要通过模线样板、基准孔或标准样件等协调手段,间接地实现设计基准与工艺基准的统一。

在国外,有把不存在于结构上的设计基准,用标识物标记在结构上的做法。这种标记不但在装配时可以利用,而且还可以长期保存。这是一种比较好的做法。例如,飞机水平基准线、飞机对称轴线都可以采用这种方法标记在结构件表面上。

根据功用不同,工艺基准可分为定位基准、装配基准、测量基准3种。

(1) 定位基准——用来确定工件在夹具上的相对位置。

(2) 装配基准——用来确定工件之间的相互位置。

(3) 测量基准——用作测量装配尺寸的起始点。

在选择定位基准和装配基准时应遵循以下原则。

(1) 装配定位基准与设计基准统一的原则。结构件定位应尽可能直接利用设计基准作为装配定位基准。对于不能利用的,应通过工艺装备间接地实现基准的统一。例如,机翼翼肋的位置在图样上是用翼肋轴线确定的,当定位翼肋时,应选择翼肋轴线面作为定位基准。

(2) 装配定位基准与零件加工基准统一的原则。应尽量使装配定位基准与零件加工基准相统一,若二者不统一,则应进行协调。例如,整体翼肋、整体大梁数控加工时的定位基准孔,在装配夹具内定位时,采用该孔作为装配定位基准能保证较高的位置准确度。

(3) 装配基准与定位基准重合的原则。当部件或分部件为叉耳对接或围框式对接时,这些接头或平面在部件(或分部件)装配时是定位基准,在部件对接时是装配基准,亦即装配基准与定位基准统一。

(4) 基准不变的原则。在部件的整个装配过程中,每道工序及每一个装配阶段(装配单元)都用同一基准进行定位,即构件的二次定位应采用同一定位基准。在机翼前梁装配时,若以前梁接头对接孔作为定位基准,则在前梁与前缘对合,部件总装时,均应以该接头对接孔作为定位基准。

飞机各部件的外形准确度关系到飞机的飞行性能,因此,在装配过程中,如何提高外形准确度是飞机装配中比较重要的一个问题。

在装配过程中,使用两种装配基准,即以骨架为基准和以蒙皮外形为基准。

以骨架为基准的装配示意图如图 1-5 所示。图 1-5(a)的装配过程如下:翼肋按定位孔定位,铆上桁条,组成骨架,放上蒙皮,用橡皮绳或钢带拉紧,然后进行骨架与蒙皮的铆接。图 1-5(b)的装配过程如下:翼肋按卡板定位,与大梁、桁条等组成骨架后,放上蒙皮,用卡板压紧,然后进行骨架与蒙皮的铆接。

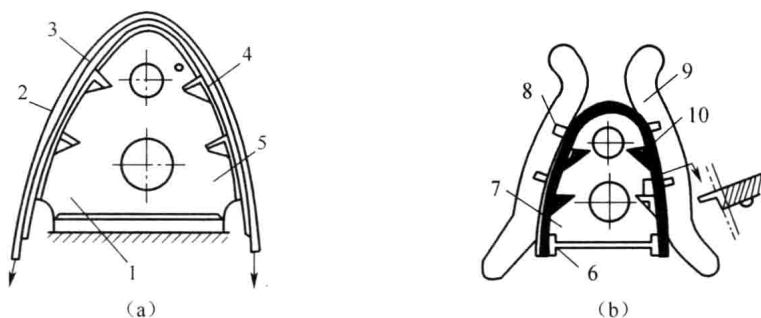


图 1-5 以骨架为基准的装配示意图

(a) 不带卡板翼肋装配; (b) 带卡板翼肋装配

1—定位孔; 2—蒙皮; 3—橡皮绳; 4—桁条; 5—翼肋;
6—大梁; 7—翼肋; 8—蒙皮厚度垫片; 9—卡板; 10—蒙皮

显然,这种以骨架为基准进行装配的方法,其误差积累是“由内向外”的,最后积累的误差反映在部件外形上。部件外形误差由以下几项误差积累而成,即

- 骨架零件制造的外形误差;
- 骨架的装配误差;
- 蒙皮的厚度误差;
- 蒙皮和骨架由于贴合不紧而产生的误差;
- 装配后产生的变形。

可见,部件外形准确度主要取决于零件制造后骨架装配的准确度。为了提高外形准确度,必须提高零件制造准确度和骨架装配准确度以及减少装配变形等。

为了满足上述要求,在结构设计和装配方法上,出现了以蒙皮外形为基准的装配方法。

以蒙皮外形为基准进行装配的典型结构和装配示意图如图 1-6 所示。图 1-6 的装配过程如下:因为在结构上翼肋分成两个半部,首先将半肋和桁条铆在蒙皮上,然后用撑杆将蒙皮顶紧在卡板上,最后将两个半肋连接在一起。

以蒙皮内形为基准的装配,是将蒙皮压紧在型架(夹具)的内托板(以蒙皮内形为托板的外形)上,再将骨架零件(一般为补偿件)装到蒙皮上,最后将骨架零件与骨架(或骨架零件)相连接,如图 1-7 所示。这种方法与上一种相比较而言,基本相似,只是其外形比前者少了一道误差(蒙皮厚度公差),国外广泛采用它来装配大型飞机的机身等部件。

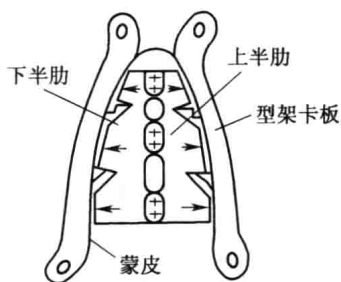


图 1-6 以蒙皮外形为基准的装配示意图

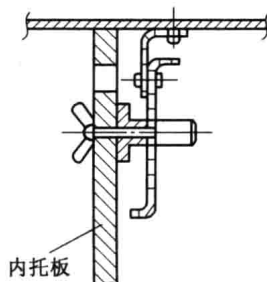


图 1-7 以蒙皮内形为基准的装配示意图

这类结构装配的误差积累是“由外向内”的，积累的误差在内部骨架连接时用补偿的方法来消除。部件外形的准确度主要取决于装配型架的制造准确度和装配后的变形。这种装配方法消除了蒙皮厚度误差，减少了骨架零件制造误差对外形的影响。部件外形误差由以下几项误差积累而成，即

- 装配型架卡板的外形误差；
- 蒙皮和卡板外形之间由于贴合不紧而产生的误差；
- 装配后产生的变形。

显然，采用什么基准进行装配取决于部件的结构。图 1-8 是机翼中段以骨架外形为基准的装配示意图。首先按型架定位器及卡板定位大梁 1,2 及加强翼肋 3,4，进行梁与肋间的连接工作；按大梁上的角片及型架卡板定位普通翼肋，进行梁与普通翼肋间的连接工作；按定位器定位悬挂接头 8，并与梁进行连接，根据大梁与翼肋组装后的骨架外形铺上长桁与蒙皮；关闭卡板，将蒙皮紧贴在骨架上，进行蒙皮与骨架间的连接工作。

图 1-9 是机翼中段以蒙皮外形为基准的装配示意图。首先将蒙皮与长桁组合成壁板，在中段型架上，将壁板紧贴在卡板的 A 面上，此时按型架固定大梁及翼肋，由于大梁与翼肋无弦向分离面，装配时必然在梁与壁板间、翼肋与壁板间产生间隙，此时用结构补偿件补偿。

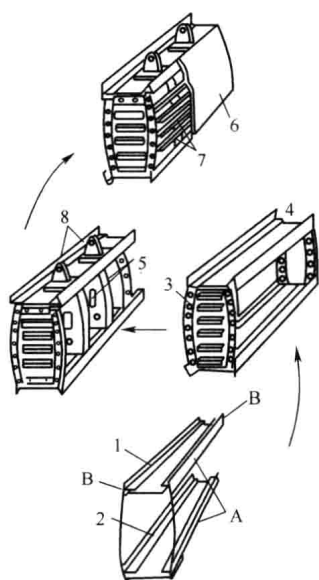


图 1-8 机翼中段以骨架外形为基准装配
1,2—大梁； 3,4—加强翼肋； 5—普通翼肋；
6—蒙皮； 7—长桁； 8—悬挂接头

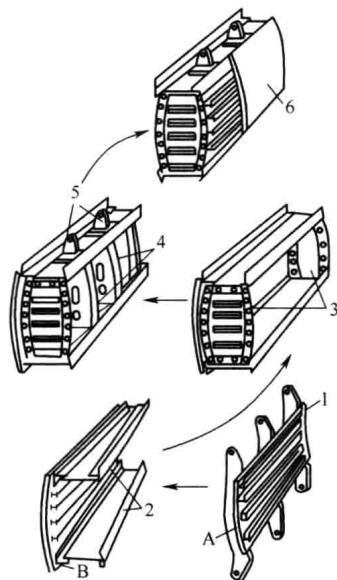


图 1-9 机翼中段以蒙皮外形为基准装配
1—壁板； 2—大梁； 3—加强翼肋； 4—普通翼肋；
5—悬挂接头； 6—蒙皮

两种装配基准的比较见表1-2所列。

表1-2 两种装配基准的比较

种类	以骨架为基准	以蒙皮为基准
结构特点	肋、隔板、框等骨架零件为整体式结构,无外形补偿件	1. 翼肋、隔板由上、下两半组成,用重叠补偿件连接; 2. 翼面类部件采用弦平面分离面,上、下半肋一般不连接; 3. 翼肋、隔板、框等与蒙皮之间设有补偿件
装配过程	首先定位骨架,然后将蒙皮装在骨架上,用力压紧,蒙皮与骨架进行铆接	1. 无补偿件的结构:按卡板定位蒙皮,安装半肋施压紧力,并与蒙皮铆接,对合连接上、下半肋; 2. 有补偿件的结构:定位翼肋腹板(或框),按卡板定位蒙皮并加力使其贴合卡板,安装补偿件与蒙皮和肋腹板(或框)铆接。亦可将补偿件带在壁板上,定位后补偿件与肋(或框)连接
装配误差	装配误差“由内向外”积累,误差反映在部件外形上	装配误差“由外向内”积累,误差通过结构补偿件消除
外形误差组成	1. 骨架零件外形误差; 2. 骨架装配误差; 3. 蒙皮厚度误差; 4. 蒙皮与骨架贴合间隙; 5. 装配变形	1. 卡板外形误差; 2. 蒙皮与卡板之间的贴合间隙; 3. 装配变形
特点	累积误差反映在部件外形上,使其准确度降低。若提高部件外形准确度,则必须提高骨架零件的外形准确度和骨架装配、定位准确度	利用补偿能获得较高的部件外形准确度
应用范围	1. 外形准确度要求较低的部件; 2. 翼型高度较小,不便于采用结构补偿的部件	外形准确度要求高的部件,且结构布置和连接通路都能满足要求

近年来,由于飞机速度不断提高,一般采用厚蒙皮或整体壁板结构。这类零件和结构由于刚度较大,难以在装配型架内通过外力进行校形。在结构和工艺上要采取其他各种措施,甚至采用提高整体结构件的加工准确度,以确保外形准确度的要求。

图1-10所示为歼击机机翼的梁架,在梁架装配完后,在专用精加工台上对其进行外形加工。从梁架装配方法来看,其误差积累方向是“由内向外”的;但从梁架的外形来看,其积累误差通过精加工而消除了。

图1-11所示为壁板化机翼结构示意图。由于前、中、后翼肋和前、后梁都有弦向分离面,就有可能预先分成壁板来装配。例如,上翼面可分解成3个板件,下翼面也可分解成3个板件。其装配过程大致如下:首先在机翼中段型架内将中段上、下壁板紧贴在卡板上,选择合适的垫片,将上、下半梁装配起来;然后在机翼总装型架内将前、后段的上、下壁板紧贴在卡板上,与机翼中段组合并拼接。这个装配过程就是以蒙皮外形为基准的装配方法。

可见,在结构设计和制定工艺方案时,应合理地使用各种补偿方法,以得到准确的飞机外形。

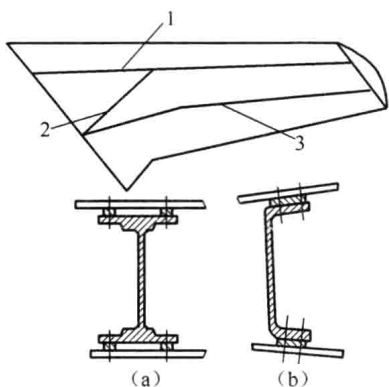


图 1-10 机翼梁架布置示意图

(a) 主梁剖面；(b) 前梁剖面

1—前梁；2—主梁；3—后梁

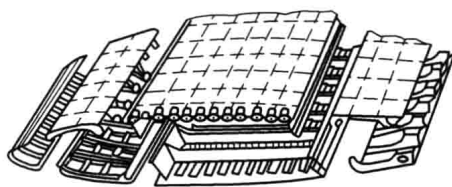


图 1-11 有弦向分离面的壁板化机翼结构示意图

1.4 装配定位

在装配过程中,首先要确定零件、组合件、板件、段件之间的相对位置,这就是装配定位。被装配的工件定位好后,应夹紧固定,然后进行连接。

在装配工作中,对定位有以下要求:

- 保证零件之间的相互位置准确,装配以后能满足飞机图纸和技术条件中所规定的准确度要求;
- 定位和夹紧固定要可靠,操作简单、迅速;
- 所用的工艺装备简单,制造费用少。

1.4.1 装配定位的特点

任何一个工件,在空间都有 6 个自由度,它可沿着 X, Y, Z 3 个轴向移动,还可绕这 3 个轴线转动。定位的任务就是限制这 6 个自由度。一般对于刚性大的工件,要确定工件的空间位置,必须约束 6 个自由度,即“六点定位原则”。在飞机装配中,由于工件刚度低,为防止变形,保证定位准确度的要求;也为了使定位误差不致集中积累在某一面上,以提高定位准确度;同时又为了便于在装配时检验零件(装配工件)的制造准确度,常采用多定位面的“超六点定位”。该方法使装配定位时产生重复约束同一自由度的现象,这就是“过定位”,如图 1-12 所示的利用工艺孔翼肋缘条在腹板平面上定位。按“六点定位原则”,在一个平面上定位某一零件,平面本身对被定位的按工艺孔定位零件就已约束了 3 个自由度,因此只需用缘条两端的 2 个工艺孔就已完全约束了另外 3 个自由度。但一般对于尺寸大、刚度小的薄壁钣金件,尤其是定位准确度要求较高的工件往往采用多定位面。如图 1-12 所示,缘条在腹板

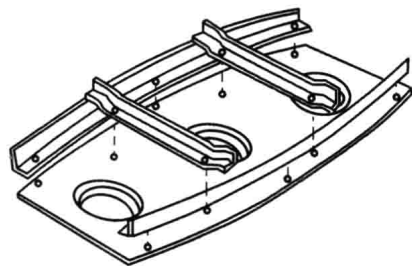


图 1-12 翼肋各零件按工艺孔定位