

# 批产阶段飞机装配交付速率提升方法研究

## Research on Method to Promote the Delivery Rate of Aircraft Assembly at Batch Production Stage

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司 于宏

**[摘要]** 飞机产品从研制阶段过渡到批产阶段,面临最大的挑战就是在保证产品质量、技术状态等的条件下,如何满足客户对产品交付速率的需求。从基于架次流程图的生产组织、将组件分解为更小的装配单元、工艺状态的确定、库存管理和物料供应几方面阐述如何提升产品交付速率。经实践验证,上述方法在批产阶段对提升产品装配交付速率行之有效并起到关键作用,最终实现了有竞争力的产品交付速率。

**关键词:** 架次流程图 组件分解 工艺状态 库存管理 物料供应

**[ABSTRACT]** The biggest challenge in aircraft product transition from development stage to batch production stage is to ensure product quality, technical status and other conditions, and how to meet customer demand for product delivery rate. Production organization based on the vehicle flow chart, the component decomposed into smaller assembly units, the determination of process status, inventory management and material supply are elaborated to improve product delivery rate. In practice, the above method in batch production stage could effectively improve the delivery rate of product assembly and play a key role, eventually achieve the competitive product delivery rate.

**Keywords:** Vehicle flow chart Component decomposition Process status Inventory management Material supply

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S2.071

飞机产品从研制阶段过渡到批产阶段,面临的最大的挑战就是在保证产品质量、技术状态等的条件下,如何满足客户对产品交付速率的需求。本文从基于架次流程图的生产组织、将组件分解为更小的装配单元、工艺状态的确定、库存管理和物料供应几方面阐述飞机产品从研制到批产阶段,如何实现有竞争力的产品交付速率。

### 1 基于架次流程图的生产组织

架次流程图是依据产品装配流程编制的装配一架产品所需的、用直观图象显示其装配顺序步骤的图表,如图1所示。架次流程图包含两个核心要素,一个是装配顺序的确定;另一个为装配周期。

装配顺序的确定按照以下原则:装配的一般顺序为散件→组件→段件→部件→产品;以骨架为基准进行装配时,先构成骨架的组件;前道工序的结构不能影响后道工序的作业通路;飞机内部结构件及系统件应尽量在前道工序安装;易损组件应尽量安排在后道工序装配;除必须在工装上进行的作业外,其他作业应尽量安排在工装外;应尽量提高部件的完整性等。

装配周期的确定根据产品工艺分离面,将产品构成部分按站位划分,并平衡各站位的工作量,使产品在各站位的生产节拍趋同。

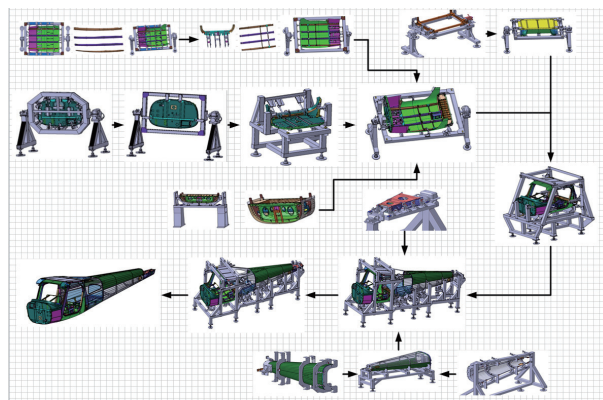


图1 飞机架次流程图

Fig.1 Vehicle flow chart of aircraft

为了满足装配过程的要求,需将产品逐层分解为更小的装配单元,这种装配单元之间的分离面称为工艺分离面,一般为不可卸连接<sup>[1]</sup>。产品设计时应采用面向装配的设计,使产品的设计分离面与工艺分离面高度一致,同时也可保障产品具有良好的可装配性即较高的装配效率与装配质量。对工艺分离面的设计要求包括:工



状态要求应不降低图样、技术条件所规定的最终质量标准。

通常,在装配过程中为了确定紧固件的位置,减少画线工作量,在相互连接的一个零件上预先钻出导孔,装配时按导孔位置钻制紧固件孔。以导孔等为代表的零、组、部件工艺状态的提出,无疑可以大幅度提高操作人员的工作效率。导孔的取制原则包括但不限于:导孔应取在有边距要求的零件上,如蒙皮与长桁连接时导孔应取在长桁上,腹板与角材连接时导孔应取在角材上;导孔应取在厚度大、强度高、刚性好的零件上;导孔应取在结构开敞、易于操作的那面零件上,如图 5 (a) 所示;两个零件的对接处,导孔应取在对接零件上,如图 5 (b) 所示;采用在展开料上钻制导孔时,在零件成形过程中金属流量大的部位不宜取导孔;在装配过程中按工艺装备钻孔的零件不取导孔等。

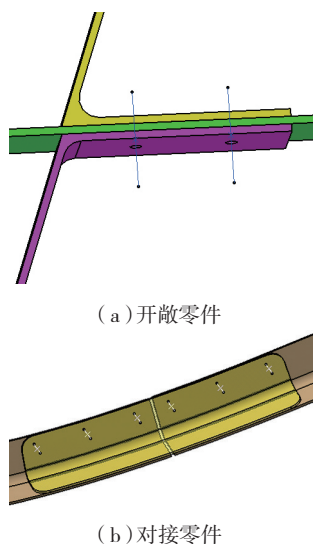


图5 在零件上取导孔

Fig.5 Taking the pilot hole in the part

#### 4 库存管理和物料供应

库存管理是企业生产管理过程的重要组成部分,也是联系供应、生产、销售的枢纽。它的主要功能是在供需之间建立缓冲区,缓和用户需求与企业生产能力之间、最终装配需求与零件配套之间、零件加工工序之间、生产企业需求与原材料供应商之间的供需矛盾<sup>[2]</sup>。对于零件等体积大、不规则的物料应摆放在货架上,按同一站位就近摆放的原则;对于标准件等体积小、相对规则的物料应采用立体回转库存放,同时可提前将按站位配套好的标准件也存放在立体回转库中,如图 6 所示。

物料供应是保障生产线运行的关键要素,只有准时、高效的物料供应,才能为提高产品生产速率提供保障。另外,物料供应在数量上一定要做好控制,按生产



图6 立体回转库及货架

Fig.6 Storage shelf and solid rotary warehouse

速率合理确定一定周期内各站位需配套的架份。在批产阶段建议以周为单位进行配送,胶、漆每日按需配送。合理的配送周期及配送数量可避免对生产现场管理、成本控制及 6S 管理等造成困难。同时,在生产现场各站位配备适量的零件架、组件托架、标准件架、工具车及物流配送车,方便物料的定置管理、运送及操作人员取用。

物料配套管理先由生产部门工艺人员根据装配大纲和生产组织情况编制物料站位配套表,并保证配套表的准确性;其次,生产部门计划人员负责根据该部门月份生产计划和生产进度,适时提出物料配套申请表;再次,物料供应部门负责依据物料站位配套表和配套申请表进行配套,并送至生产现场;最后,现场操作人员需按配套表检查配套物料种类和数量是否齐全,确认后签字,其流程如图 7 所示。

#### 5 结束语

通过对上述方法的研究与应用,产品从研制阶段到批产阶段的交付数量统计如图 8 所示。其中,2012 年 1 季度产品的交付数量为 60 架份,交付速率基本达到 1 架/天,满足了客户的需求。经过实践验证,上述方法

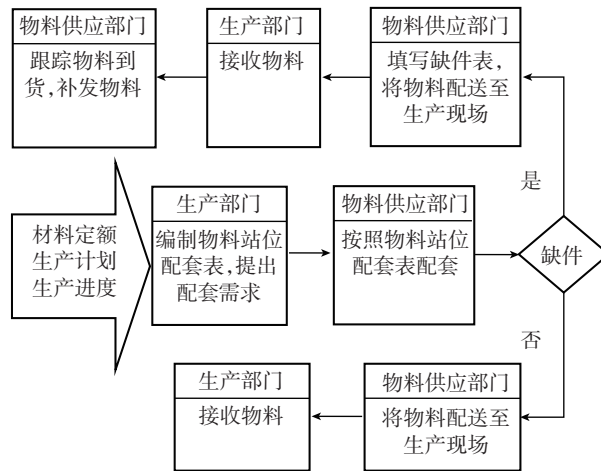


图7 物料配套管理流程

Fig.7 Management process of supporting materials

(下转第 76 页)

步骤 3 : 将链表 “\_ListResult1” 中的曲面集合以保持链接的方式拷贝到 “Result” 几何图形集中。

步骤 4 : 清空链表 “\_ListResultCoach”、“\_ListResult1”, 如果模拟分割的次数超过设定值, 则立即清理内存资源, 并转入下一批次的曲面处理; 否则直接转入 “\_ListSurface” 下一个曲面的处理。

(4) 结束曲面分割处理, 保存文档。

## 2 实例应用与结果分析

基于以上研究, 开发了一套用于飞机设计曲面快速区域分割的 CATIA 功能插件。下文以某型飞机的机身结构部件为例, 介绍本功能插件进行曲面快速区域分割的一般过程。

首先设定进行区域分割及网格划分的原则:

(1) 分割元素的选定基于机身承力构件的布置, 与结构的真实连接和传载形式相符合;

(2) 为便于结构方案的快速对比和调整, 应根据分析精度要求对曲面形状进行简化;

(3) 可有效利用结构的重复性和对称性, 压缩计算机存储资源需求, 减少计算时间。

参照如上原则, 综合考虑部件的结构布置和连接形式等因素, 对数据进行预处理。

对于机身维护口盖处的开口区, 由于破坏了结构的完整性和连续性, 削弱了局部承载能力, 需重点分析以便于制定补强措施; 对于噪声曲线, 功能插件将自动识别并进行处理, 不必强制清理。最终设置分割曲线 855 条, 设置待分割曲面 227 片, 如图 2 所示。

运行区域分割功能插件, 开始区域分割。系统运行约 180min, 迭代分割百万次以上, 最终筛选出 1719 个曲面片作为分割结果。处理完毕后自动隐藏中间元素, 仅显示最终结果, 如图 3 所示。

对分割结果曲面片分析发现与筋条、隔板等保持链接关系。开口区等关键部位的处理满足要求, 噪声曲线被自动忽略, 处理结果可直接在 CAE 软件中进行有限元网格划分及分析计算。

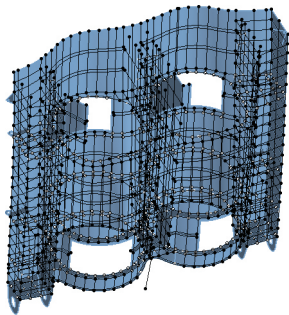


图2 设置分割对象

Fig.2 Setting of divided object

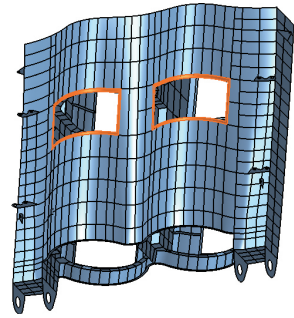


图3 区域分割结果

Fig.3 Result of area dividing

## 3 结论

对飞机设计曲面快速区域分割的功能插件, 与 CATIA 系统无缝集成, 处理结果能够直接用于 CAE 分析; 免去了复杂的手工分割操作, 杜绝了人为疏漏和错误曲面的出现; 分割后的曲面与原始曲面保持关联关系, 原始曲面设计更改后, 分割后的曲面可同步更新。综上, 本功能插件可有效改善飞机设计曲面区域分割工作的质量和效率, 预期能够成为飞机部件结构 CAE 分析的得力工具。

### 参考文献

[1] 王华侨. 结构有限元分析中的网格划分技术及其应用实例. CAD/CAM 与制造业信息化, 2005(1):42-47. (责编 李丹)

(上接第 73 页)

在批产阶段对提升产品装配交付速率行之有效并起到关键作用。除此之外, 还可利用托板螺母钻模等自制工具来提高生产速率。

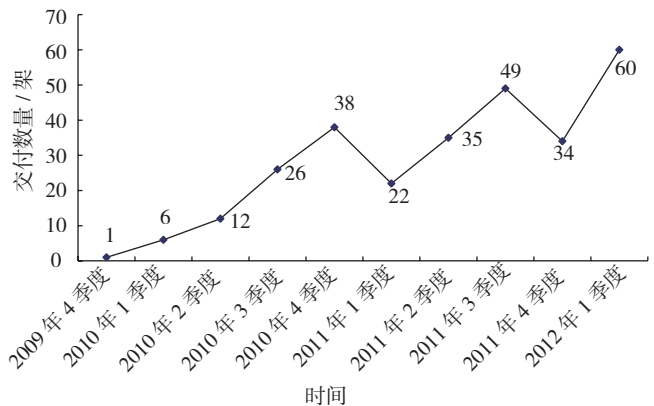


图8 产品交付统计

Fig.8 Statistics of product delivery

### 参考文献

[1] 范玉青. 现代飞机制造技术. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001:11-14.  
[2] 程控, 革扬. MRP/ERP 原理与应用. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2006:198-200. (责编 李丹)