

# 主供模式下飞机模块化装配 工艺设计探析

侯兆珂, 溥光星, 刘宣辰, 王立松

(中航通飞华南飞机工业有限公司, 珠海 519040)

**[摘要]** 针对主供模式下飞机研制存在的各类瓶颈问题, 借鉴汽车、船舶行业模块化装配的思路, 提出飞机模块化装配的思想, 并对实现飞机模块化装配的工艺设计进行分析。在设计数据结构模块化、系统模块化、功能模块化和接口标准化的基础上, 通过全机顶层模块化装配工艺设计, 辅以优化分工、细化交付状态、集成装配等方法扩大飞机总装装配平行作业面。充分发挥主供模式优势, 通过总装工作适量前置降低总装阶段工作难度, 最大限度提高飞机装配工作效率, 从而缩短型号研制总周期, 确保型号研制节点。

**关键词:** 主供模式; 模块化装配; 工艺设计; 标准化; 交付状态

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2019.08.054



侯兆珂

高级工程师, 现任珠海通用航空研发制造基地制造工程部副部长, 长期从事飞机总装专业工作, 对直升机、固定翼飞机总装技术有较为深入的研究。

相对于传统的飞机研制模式, 主供模式是国外飞机制造业的主流模式, 波音、空客等主流飞机制造商以全球模块化分包的方式整合全球优势资源, 降低飞机制造成本, 且各自形成一套完整的供应商管控体系。国内一些航空企业以供应商的角色承担了部分产品生产任务, 积极融入全球航空产业链, 从不同程度上快速提升了自身飞机装配制造及管理的能力, 规范了管理体系, 开阔了国际视野。典型的案例有西飞国际承担的空客 A320 机翼、沈飞民机承担的庞巴迪 C 系列机身段和庞巴迪 Q400 机身连接筒段及尾段、成飞民机承担以色列 IAI 公司的 G280 机身段等。

目前国内飞机制造依然以传统的模式为主, 每个主机企业均自成体系, 基本具有独立从零件制造、部件装配、总装和试飞的能力<sup>[1]</sup>。这种模式在特定的历史时期具有积极的

作用, 保证了中国军用飞机的生产需求, 奠定了中国航空制造业的基础。但自成体系不利于行业内资源充分利用, 对于有限的资源是一种潜在的浪费。借鉴转包生产的经验, 国内飞机制造企业近年也在飞机研制模式创新方面做出了积极探索, 创造了以商飞集团 C919 大型客机研制和通飞集团 AG600 水陆两栖飞机研制为代表的具有中国特色的“主制造商-供应商”的飞机研制模式。特别是 AG600 飞机为航空工业内部资源整合的先例, 充分利用各主机厂现有技术、资源, 最大程度缩短机身结构、机翼、尾翼等大部件研制周期, 整体压缩研制成本, 同时降低项目研制风险, 是对主供模式的积极验证。主供模式作为国内一种近几年兴起的飞机研制模式, 代表着未来飞机研制的趋势, 但主供模式也遇到较多的新问题。如何破解主供模式下飞机装配

过程中遇到的一系列难题,探索主供模式下的高效飞机装配模式成为一项亟待解决的问题。

## 主供模式下飞机装配存在的主要问题

主供模式简言之即“主制造商—供应商”的飞机联合研制模式,主承制商负责高度集成的系统总装及试飞业务,供应商承担机体、机翼、尾翼等大部件及系统成品的制造<sup>[2]</sup>。以通飞 AG600 飞机研制为例,通飞公司作为 AG600 型号总承制商,承担型号总装集成、试验调试和试飞工作;各供应商承担结构大部件的制造装配和系统件及成品的研发制造,主要大部件/成品供应商及任务划分见图 1。

以联合研制为主要特征的主供模式,在充分发挥各供应商优势的同时,因供应商各自制造管理方式和习惯的差异、地域分布的不同、成品交付进度的制约、协调环节的增加等诸多不利因素的影响,导致主供模式下飞机装配又存在一些问题。归纳总结国内现有型号在工程实践过程中存在的问题,主要表现

在以下 3 个方面。

### 1 顶层技术策划难度大,需要协调的环节多

主承制商作为全机装配协调的策划和编制方,需要考虑的因素与传统模式下飞机装配相比大为增加。从前期组织供应商组建联合设计团队参与并行工程,到工艺性审查问题反馈,到全机工装确定,到供应商装配方案确定等环节都需要主承制商方案策划人员全盘考虑。对主承制商的技术协调能力要求非常高,特别是各供应商工作包交付界面的确定,关系全机装配的可行性,稍有不慎将会造成重要影响。

由于主承制商技术认知不足,对在部件状态下完成的工作未对供应商做明确要求,导致供应商部件交付后无法精准实现设计要求,类似这种传统飞机研制模式下非关键的问题,在主供模式下却成了严重问题。以某型号确定舵面中立位置为例,设计技术条件要求在副翼操纵系统调整时,副翼舵面要先处于中立位置,然后测量副翼开度。由于该型号机翼由供应商承制,副翼中立位置确定应在机翼部装完成后,供应商预安

装、确定副翼中立位置,并设置简易定位工装,使副翼在不同阶段都可快速复现中立位置,并定位。由于主承制商在方案策划时对“副翼中立位置”认知不够,没有意识到总装阶段无法简单确定舵面中立位置,未对供应商在部装阶段做前置工作提出交付要求,致使该项工作在总装阶段大费周折,严重影响了操纵系统的调整。

### 2 供应商交付进度滞后,制约主承制商装配进度

主供模式下的飞机装配流程设置放大了供应商交付对主承制商的制约程度,目前国内各主机厂型号任务都相对饱满,按期交付对任何主机厂都是很大的考验<sup>[3]</sup>。无论是通飞 AG600 型号,还是商飞 C919 型号,供应商大部件交付均存在不同程度的延期,对型号研制造成一定程度的影响。

### 3 总装工作量占比高,整机装配周期长

由于受传统飞机研制模式和供应商配合程度的限制,在型号任务工作包划分时,往往把一些本应在部装阶段实施的工作最后归集到总装集成阶段完成,导致总装工作量过大,不利于型号研制。

以 AG600 型号研制工作包划分为例,供应商负责大部件(不含部件内系统件、定位件)制造装配,主承制商负责系统件、成品的安装。总装工作量偏大,正常飞机装配总装专业工作量约占整机工作量的 40%,据测算 AG600 型号总装专业工作量占比高达约 55%,总装周期过长,总装研制周期一再拖延。

## 模块化装配及优势

模块化装配指先通过零、部件组合装配出具有不同功能的模块,再根据产品的结构、功能选择满足要求的模块,通过模块的组合装配出满足顾客要求的产品。以汽车装配为例,模

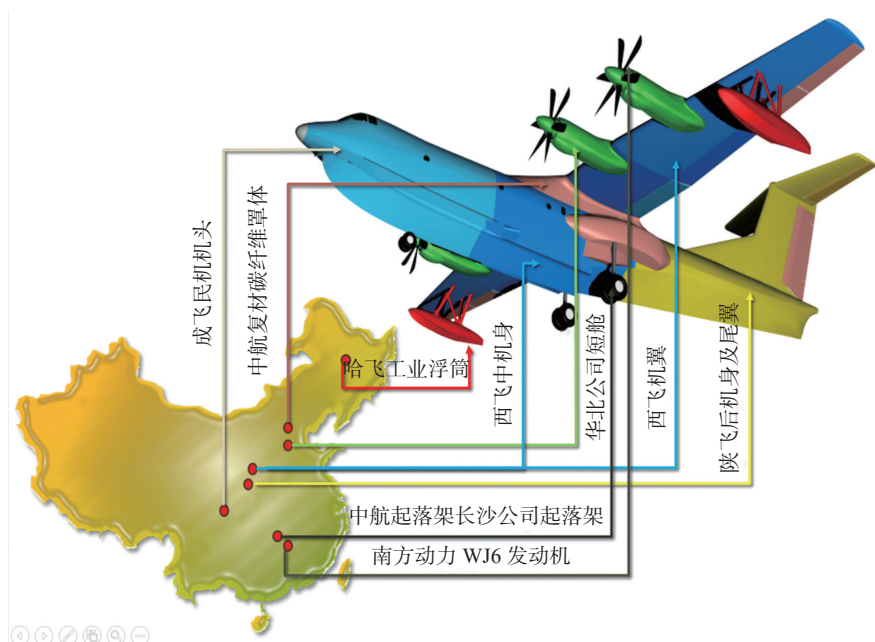


图1 AG600供应商分布  
Fig.1 Distribution of AG600 suppliers

模块化装配工艺就是将汽车装配分成不同的模块,包括仪表盘模块、前端模块、动力总成及前悬架模块、后桥总成及后悬架模块、车门模块等几大模块,这样在精简装配作业内容的同时大大提高了汽车装配的生产效率<sup>[4]</sup>。

相比汽车装配的模块化,飞机模块化装配可以理解为:把机身各段、机翼、尾翼等大部件含安装完成的系统件作为独立的模块(图2),各模块按照装配协调方案的要求,预留安装接口。供应商在完成模块装配后独立交付,主承制商在总装阶段对各模块完成安装及系统集成<sup>[5]</sup>。本文重点讨论基于供应商任务分包的模块化划分,供应商在具体的装配过程中也可以再把模块进行细化,但不作为本文讨论的重点。结合飞机装配的特点,模块化装配的优势主要体现在以下几个方面。

### 1 系统安装前置,提前暴露问题

结合部件供应商任务分工,把整机划分为几个预留接口的独立模块(含系统),在结构装配过程中把各模块包含的系统件按照功能模块进行安装。以AG600机翼装配为例,可以分为中央翼和左右外翼3个模块,供应商在机翼装配过程中把各模块包含的环控、液压、防除冰等系统管路模块安装并完成气密试验,油箱完成气密试验,各舵面完成中立位置定位确认。在机翼各段交付后,主承制商直接进行中央翼安装和机翼各段连接,同时根据各系统预留的接口进

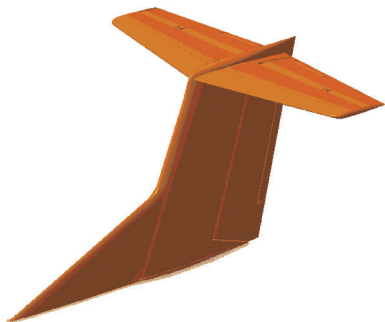


图2 某型号尾翼模块示意  
Fig.2 Tail module

行系统连接,发动机安装等工作。

把各系统模块在部件状态进行定位、安装,只需在结构装配工装设计时适当增加可拆卸的钻模、定位夹具等,用较低成本即可实现精确定位、制孔。把系统件安装前置,提前暴露问题,利用部件状态空间开敞便于施工,避免在总装阶段因施工通道干涉拆除其他零件影响总装周期。

### 2 增大平行作业面,提升装配效率

各部件内定位件、系统件在部件状态下进行制孔、安装,与传统模式下总装阶段进行统一制孔、安装相比较,由单一链条变为多链条同步作业,扩展了平行作业面。以机翼系统件总装为例,传统的装配模式是在机翼与机身对接后再进行机翼内系统件安装。模块化装配把机翼内系统件都划入机翼工作包,由供应商在机翼装配过程中同步把系统件进行安装,形成与机身系统件装配并行的机翼装配工作线<sup>[6]</sup>。

部件供应商把装配完整的部件交付后,主承制商只需按照既定的装配方案进行部件对接,在部件对接完成后进行各系统件接口连接,最终完成全机总装配。通过模块化装配在增大平行作业面的基础上还可以提升装配过程的标准化程度,最终提高装配工作效率,提升飞机装配质量,降低总装生产线成本,缩短型号研制周期。

### 3 集成装配,降低总装装配难度

依据型号装配协调方案,把能前置的系统件集成划分到部件工作包中,借助部件状态的各种定位工装,在系统安装角片、支架等精确制孔的基础上,实现系统件的规范安装,有效保证系统件的互换要求。同时,在空间相对开敞的部件状态进行系统件安装,可以有效躲避各种干涉。通过系统件前置装配减少总装系统件安装工作量,降低整机总装装配难度。

### 4 标准化作业,提高装配质量

部件供应商在有工装保证的条

件下实现系统件的精确定位、安装,操作相对便利,易于形成标准化作业流程、固化装配工序,从而提高全机装配质量<sup>[7]</sup>。

### 5 便于风险管控,降低项目风险

传统模式下的飞机研制通常由主机厂一家完成,弱化了模块化装配的必要性,因装配过程中的各类协调均封闭在厂内,任何技术疏漏均可即时弥补,上升不到影响飞机研制的主要矛盾。而主供模式下飞机研制,能否合理确定各供应商工作包的分工、界面划分、交付状态等已成为型号研制成败的关键,放大了供应商协调的矛盾,凸现了模块化装配的必要性。把整机分解为不同的模块,同一模块由一家供应商集中管理,集中装配,风险相对可控,可有效降低型号研制风险<sup>[8]</sup>。

综上所述,借助模块化装配的优势,可以有效解决主供模式下飞机装配存在的主要问题。采用基于供应商任务分工的模块化分,是大型飞机研制的趋势,是破解主供模式下飞机装配难题的有效途径。

## 飞机模块化装配工艺设计

### 1 模块化装配工艺设计的主要技术难点

#### 1.1 设计数据可模块化程度低

目前国内飞机研制体系基本是设计单位和制造单位分离,导致设计人员对飞机实际制造过程关注较少。设计顶层构型规划往往基于专业,构型按照专业进行划分,系统界面与结构界面未能有效融合,体现在设计数据上通常表现为构型划分与实际制造过程分工不一致,可模块化程度较低。主供模式下部件供应商承担的往往都是独立的部件(段),若能在此基础上适当增加完整的系统件,形成接口清晰的模块,可简化总装工作流程,提高飞机装配效率。建立基于制造分工的设计构型划分,提高设计数据的模块化程度是实现模块化装配

工艺设计的基础。

### 1.2 工艺规划内容庞杂

改变传统的总装阶段集中装配形式,采用模块化装配模式,从习惯、思想和技术各方面对主承制商都是较大挑战。各系统集中装配时装配顺序无需刻意安排,系统件安装过程中出现系统间干涉时可随时调整;把部分系统集成到部装阶段安装,必须考虑部件交付后其他系统安装的可实施性,这样对各系统装配顺序规划提出了较高的要求<sup>[9]</sup>。同时,主承制商需要明确与各供应商以及各供应商之间的界面划分,特别在设计数据未完全模块化的情况下,单纯依靠工艺定义各模块交付界面,难度可想而知。

### 1.3 供应商技术协调难度大

国内主供模式与国际合作中的转包业务不同,国际转包中作为下游供应商必须无条件接受工作包中的所有任务,而国内现有主供模式下,各供应商的选择及分工受诸多因素制约,主承制商的技术协调存在一定的困难。以系统分工为例,由于系统件中成品较多,系统集成受成品交付进度影响较大,部件供应商从交付进度不可控角度考虑,通常不接受系统集成任务,给主承制商模块化装配规划带来较多不便。

## 2 模块化装配工艺设计实现基础

分析制约实现飞机模块化装配工艺设计的各因素,需要全面提高设计数据模块化程度、降低主承制商工艺规划及技术协调难度,才能破解模块化装配工艺设计难题。因此,实现模块化装配工艺设计的基础主要体现在设计数据模块化、主承制商能力保障和供应商协同 3 个方面。

### 2.1 设计数据模块化

开展模块化工艺设计的基础是设计数据可模块化划分,即在飞机设计时设计人员应充分考虑工艺实施性,在进行结构分离面划分时尽可能把设计分离面与工艺分离面相结合。同时,工艺人员通过参与型号初

期的并行工程工作,结合型号研制方式及参研单位分工,把工艺设计需要的模块划分需求反馈至设计,实现设计构型项划分与制造分工的一致性。

为实现模块化工艺设计,设计数据应做到结构模块化、系统模块化、功能模块化和接口标准化。其中,结构模块化是基础,是进行工艺划分的前提;系统模块化是进一步集成的保证,应与结构模块化相融合,且系统功能应能模块化考量;接口标准化是模块化装配的基本要求,是不同参研单位可开展并行工作的基础。

### 2.2 主承制商能力保障

主承制商工艺部门作为全机制造、装配方案的策划者和实施过程的协调者,进行模块化装配工艺设计策划对其提出了更高的要求。其必须掌握各供应商飞机制造能力,掌握供应商在本项目上的人员配置及获得公司支撑的程度,清晰各模块(工作包)制造、装配流程和周期,掌握全机装配节点要求等全局性信息和关键制约因素,并具有较强的顶层策划能力、技术协调能力。

在型号研制初期,主承制商可通过组织并行工程,和各供应商一起参与联合设计,与设计、供应商充分沟通,把制造要求全面融入设计数据,从源头降低型号制造规划、协调难度,为实现模块化装配工艺设计奠定基础。

### 2.3 供应商协同

供应商作为飞机模块的承接者,需严格落实主承制商制定的装配协调方案和交付规范要求,并就工作包任务制定详细装配方案,重点关注与主承制商及其他有交付关系的供应商的界面要求。方案应包含部件装配及系统试验所用主要工艺装备,明确交付接口的检验、检测方法,明确交付时运输、保形方式。供应商应对关键协调控制点测量数据进行采集并随部件提交,对影响交付界面的任何问题供应商均应及时进行反馈,积

极提出优化改进建议。

同时,若为民机供应商,还应做好制造过程中纪实资料整理工作,为全机制造符合性检查提供支撑材料。

## 3 模块化装配工艺设计流程

建立基于供应商任务分工的模块化装配,做好模块化装配工艺设计是前提。结合国内若干型号研制工程实践,飞机模块化装配工艺设计主要包含以下几方面的内容:装配工艺规划、对应输出物为全机模块化装配工艺方案、装配流程图等;全机数据模块化划分,通过结构模块化划分和系统模块化划分,输出全机路线分工表;明确供应商交付要求,对应输出物为工作包交付规范;供应商技术状态管控,分为制造过程管控和交付状态管控;总装集成验证、方案优化。详细模块化装配工艺设计流程及对应输出物,见图 3。

### 3.1 装配工艺规划

依据型号工艺总方案制定的型号分工原则,确定全机装配协调原则,并编制全机模块化装配工艺方案。在方案中明确全机共划分为几个模块,每个模块间的装配顺序,每个模块的预留接口及装配协调方法,并编制全机模块化装配流程图。

### 3.2 全机数据模块化划分

依据模块化装配工艺方案明确供应商工作包,进行全机模块化划分,同时,对各结构模块包含的系统进行拆解、分包。以 AG600 型号任务分包为例,可最终形成:机头模块、中机身模块、中后机身模块、机翼模块、尾翼模块等模块,模块中系统件安装程度及试验情况在交付视书中明确。按照划定的模块,主承制商同步编制路线分工表(PBOM),并按照路线分工把模块所对应的设计数据发放到相应的供应商处。

### 3.3 明确供应商交付要求

为进一步明确供应商交付界面,主承制商以交付规范的形式对各模

块交付要求进行细化,明确各模块交付状态,作为供应商制造及交付验收依据。供应商根据交付规范的具体要求,结合全机装配协调方案,制定所承担工作模块的装配方案,方案报主承制商审核批准。

### 3.4 供应商技术状态管控

在供应商大部件、系统制造、装配过程中,为保证装配协调方案、交付规范等的要求真正得到贯彻落实,主承制商还需对供应商进行相应的技术管控和技术协调,通常采用现场跟产和交付材料审核的形式。

### 3.5 总装集成验证

全机模块化装配工艺方案作为模块化装配工艺设计的产物,用于指导总装集成及供应商协调。以国外某型模块化程度较高的飞机为例,由于结构划分时设计分离面与工艺分离面重合,其模块化装配工艺方案将全机划分为:机头、中机身、机身后段、机翼和尾翼5个模块,其中,模块内容、模块间接口要求及装配顺序,见图4。

各供应商按照全机模块化装配工艺方案和交付规范要求完成模块

装配任务后进行模块交付,主承制商在部件验收时应应对模块接口做全面检查,并核查过程纪实资料。完成模块接收后,主承制商按照既定的模块化装配工艺方案进行各模块总装集成,即机身各段对接、机翼与机身连

接、尾翼与机身连接、各预装系统间的接口连接及剩余系统件及零部件的装配。

各模块对接完成后,进行全机水平测量,通过测量数据对机身各段、机翼、尾翼姿态进行判定;确定机身

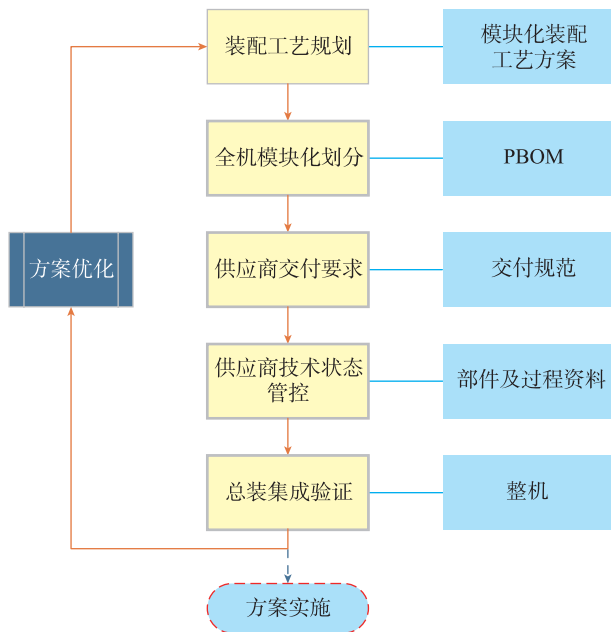
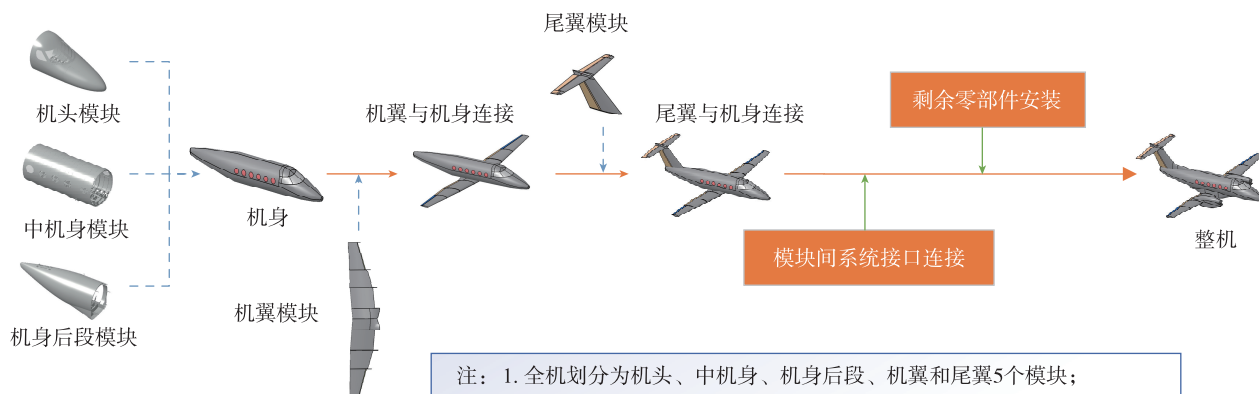


图3 模块化装配工艺设计流程及输出物

Fig.3 Modular assembly process design flow and output



- 注：1. 全机划分为机头、中机身、机身后段、机翼和尾翼5个模块；  
 2. 各模块内操纵系统、液压系统、环控系统全状态安装；  
 3. 各模块间连接孔以理论尺寸交付；  
 4. 模块间装配顺序为：  
 第1步：以中机身模块为基准，与机头、机身后段模块连接形成机身；  
 第2步：以机身模块为基准，进行机翼模块与机身连接；  
 第3步：以机身模块为基准，进行尾翼模块与机身连接；  
 第4步：各模块间系统接口连接；  
 第5步：剩余零部件安装。

图4 某型飞机装配流程图

Fig.4 Aircraft assembly flow

姿态满足设计技术要求后,完成各系统接口连接工作,并进行系统试验、调试对各系统功能进行验证。

### 3.6 方案优化

飞机装配是一项复杂的系统工程,模块化装配工艺方案亦应根据型号装配实践进行不断的优化改进。工艺人员在方案调整的同时,应把工程实际遇到的问题同步反馈至设计,通过设计的优化进一步促进型号的可模块化。模块化装配工艺方案优化的具体实施方法为:

#### (1) 问题收集。

主承制商组织各参研供应商就型号研制过程中存在的问题进行梳理汇总,识别出与交付界面划分相关的问题。

#### (2) 沟通协调。

针对需要调整工作分工的问题,主承制商与供应商、设计方进行沟通协调,把与供应商达成一致的意见反馈至设计方,争取从设计数据构型划分角度实现设计数据的模块化分工。

#### (3) 调整数据构型。

根据沟通协调的意见,设计方从源头调整构型划分,实现设计数据构型划分与制造过程分工一致。

#### (4) 优化工艺方案。

主承制商在设计数据调整后,根据新的构型划分重新优化全机模块化装配工艺方案,确定新的模块分工,并重新明确交付要求。

结合模块化装配的思想,以AG600型号工作包划分为例,后续可做如下模块化装配优化:

(1) 把全机大部件划分为机头、中机身、机身后段、机翼和尾翼5个模块,各模块间的接口由交付规范详细规定。

(2) 机头、中机身、机身后段模块操纵系统安装完成,用于安装系统件的定位支架全部在结构状态安装完成,且制初孔。

(3) 机翼模块除航电系统外所有系统件安装完成,油箱做气密性试

验,并预确定各舵面中立位置。

(4) 尾翼模块除航电系统外所有系统件安装完成。

(5) 主承制商进行各模块对接,系统接口连接,翼身整流罩装配、起落架安装、浮筒安装及其他系统的安装和全机系统试验。

通过模块化划分,改变现有飞机装配模式,利用总装任务部装化的思路破解总装难题,提高装配效率<sup>[10]</sup>。当然,在模块化划分时,系统件的安装程度应根据各型号的实际而定,不能单纯地追求模块化。

## 结论

飞机模块化装配是未来大飞机研制的趋势,如何通过飞机模块化装配工艺设计实现飞机制造过程的模块化,提高飞机装配质量和装配效率,是工艺人员和设计人员均应思考的问题。本文在分析主供模式下飞机采用模块化装配必要性的基础上,结合国内现有型号在研制过程中的经验、教训,总结了开展模块化装配工艺设计的思路和方法,希望能为行业工程技术人员提供一定的借鉴和启发。

## 参考文献

[1] 王海宇. 飞机装配工艺学[M]. 西安:西北工业大学出版社有限公司,2012.

WANG Haiyu. Aircraft assembly process[M]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press Co., Ltd., 2012.

[2] 姚雄华. 基于“主-供”模式的我国民机产业发展问题分析及对策建议[J]. 航空制造技术, 2010, 53(3): 76-81.

YAO Xionghua. Development analysis and solution for china civil aircraft industry based on main manufacturer-supplier[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010, 53(3): 76-81.

[3] 张辉. 飞机装配设备及供应商一览[J]. 航空制造技术, 2008, 51(11): 71-73.

ZHANG Hui. Introduction of aircraft assembly equipment and suppliers[J].

Aeronautical Manufacturing Technology, 2008, 51(11): 71-73.

[4] 田润心. 模块化装配生产在汽车总装生产工艺中的运用[J]. 机械制造, 2012, 50(1): 62-63.

TIAN Runxin. Application of modular assembly production in automobile final assembly production process[J]. 2012, 50(1): 62-63.

[5] 蒋力诚. 模块化装配在飞机装配中运用[J]. 军民两用技术与产品, 2015(12): 7-8.

JIANG Licheng. Modular assembly in aircraft assembly[J]. Dual-use Technologies and Products, 2015(12): 7-8.

[6] 聂阳文. 面向飞机装配的配送管理技术研究[J]. 飞机设计, 2010, 30(5): 72-76.

NIE Yangwen. Research on material delivery management technology for aircraft assembly[J]. Aircraft Design, 2010, 30(5): 72-76.

[7] 郑德权, 赵福全, 回金楷, 等. 总装工艺模块化装配设计[J]. 汽车工艺与材料, 2010(10): 6-13.

ZHENG Dequan, ZHAO Fuquan, HUI Jinkai, et al. Assembly process modular assembly design[J]. Automobile Technology & Material, 2010(10): 6-13.

[8] 《航空制造工程手册》总编委会. 航空制造工程手册: 飞机装配[M]. 北京: 航空工业出版社, 2010.

Editorial Board of Aviation Manufacturing Engineering Handbook. Aviation manufacturing engineering handbook: aircraft assembly[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2010.

[9] 马强. 飞机工艺装备模块化设计技术研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2007.

MA Qiang. Research on modular design technology of aircraft technology and equipment [D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2007.

[10] 王守川, 郝巨, 李西宁, 等. 飞机机翼模块化装配技术研究[J]. 航空制造技术, 2018, 61(13): 68-73.

WANG Shouchuan, HAO Ju, LI Xining, et al. Research on modular assembly technology of aircraft wing[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2018, 61(13): 68-73.

通讯作者: 侯兆珂, E-mail: zhaokou@126.com.

## Analysis of Aircraft Modular Assembly Process Design in Main Manufacturer-Supplier Patterns

HOU Zhaoke, PU Guangxing, LIU Xuanchen, WANG Lisong  
(AVIC General Huanan Aircraft Industry Co., Ltd., Zhuhai 519040, China)

**[ABSTRACT]** In order to solve various bottleneck problems in aircraft development under the main manufacturer-supplier patterns, learn from the ideas of modular assembly in the automotive and marine industries, the idea of modular assembly for aircraft was proposed, and the process design of modular assembly for aircraft was analyzed. Based on the design data structure modularization, system modularization, functional modularization and interface standardization, expand aircraft assembly parallel working plane by method of the aircraft top-level modular assembly process design, optimized division of work, detailed delivery status and integrated assembly, etc. Reduce the working difficulty of the final assembly stage by the work in advance, and give full play to the advantages of the main manufacturer-supplier patterns to achieve the goal of maximizing the efficiency of aircraft assembly work. Therefore, the main manufacturer-supplier patterns can shorten the total period of model development, ensure the model development node.

**Keywords:** Main manufacturer-supplier pattern; Modular assembly; Process design; Standardization; Delivery status

(责编 铃兰)

(上接第37页)

and its information management system[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014, 57(18): 89-91.

[11] 朱海平, 杨馥铭, 何杰, 等. 飞机装配质量管理体系关键技术研究及系统实现[J]. 航空制造技术, 2015, 58(9): 26-30.

ZHU Haiping, YANG Fuming, HE Jie, et

al. Key technology of aircraft assembly quality management system and its implementation[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015, 58(9): 26-30.

[12] 李西宁, 支劭伟, 蒋博, 等. 飞机总装数字化脉动生产线技术[J]. 航空制造技术, 2016, 59(10): 48-51.

LI Xining, ZHI Shaowei, JIANG Bo, et al. Digital pulsation production line for aircraft final assembly[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2016, 59(10): 48-51.

通讯作者: 孙元亮, E-mail: sunyl\_nwpu@163.com。

## Key Technology of Aircraft Moving Assembly Line Management Based on Internet of Things

SUN Yuanliang, ZHANG Chao

(China Aviation Planning and Design Institute (Group) Co., Ltd., Beijing 100120, China)

**[ABSTRACT]** In traditional assembly management process, the real-time information cannot be obtained in time. As a result, the production plan is not coordinated with the actual assembly process, which causes the loss of efficiency. This paper mainly studies an aircraft moving assembly line management technology based on Internet of Things (IoT). With the proposed method, all kinds of real-time information and data are collected, analyzed and sorted via Internet of Things. Combining information system such as takt design and management system, production plan and execution system, and etc., the monitoring and controlling of the aircraft assembly process, the production process tracking and quality control can be achieved. IoT technology can provide a reliable and efficient advanced management tool for aircraft moving assembly line.

**Keywords:** Aircraft final assembly; Internet of Things (IoT); Aircraft moving assembly line; Assembly management; Management and control system

(责编 大漠)