

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.01.023

# 面向制造的通用飞机数字化 设计方法研究

## Digital Design Method of General-purpose Plane Aimed at Manufacturing

赵新新 曾锐 林琳 / ZHAO Xinxin ZENG Rui LIN Lin

(中电科芜湖钻石飞机制造有限公司,安徽 241000)

(CETC Wuhu Diamond Aircraft Manufacture Co., Ltd, Anhui 241000, China)

### 摘要:

为提高装配图纸对生产的可指导性,实现总装物料与图纸的层级对应,同时减少详细设计阶段各专业的冲突,对面向制造的通用飞机数字化设计方法进行了研究。结合生产工艺流程进行总体方案设计,确定总体参数;以装配流程为建模结构,在按需求配置的协同设计平台中搭建总体骨架,进而开展详细三维建模工作。通过实际机型的三维建模证明,此种建模方式下设计过程中的模型冲突得到了即时解决,各分工位设计实时关联,设计图纸可直接指导生产装配,大幅度缩短了研发周期。

**关键词:**面向制造;结构层级;协同设计;骨架;三维建模;通用飞机

**中图分类号:**V26

**文献标识码:**A

[Abstract] In order to improve the guidance of the drawing to production and achieve the correspondence between MBOM and the drawings, a method of digital design for general-purpose aircraft aimed at manufacturing has been researched while reducing the conflicts of each professional field during detailed design at the same time. The general scheme was designed combined with production process, and the general parameters were defined at this stage. The structure of 3D model was based on assembly process and the skeleton was created based on the demand-oriented collaborative design platform. Thus the 3D models was designed. The test on a real type of aircraft shows that based on the 3D modeling, the conflicts during design were solved immediately, the designs between several stations were associated immediately, the production was guided by drawings directly and the development period of the aircraft was shortened significantly.

[Keywords] aimed at manufacturing; structure level; collaborative design; skeleton; 3D model; General-purpose plane

## 0 引言

现阶段多数通用飞机的研制过程是按气动、结构、航电、液压、燃油等系统划分,进行详细设计工作<sup>[1]</sup>。各专业负责各自系统的三维建模工作,并生成设计物料清单(Bill of Materials,以下简称BOM)及二维设计图纸。设计图纸基本不包含装配工艺相关的信息,与实际装配工位往往处于多对多映射

状态。而生产制造阶段,还要根据设计文件进行生产图纸、作业指导书、工卡等工艺文件的编制,工艺与设计的冲突协调较多,研制周期相对较长。

研究面向制造的三维建模,使设计图纸装配关系与工位组装信息一致,明细栏物料与对应工位所组装物料保持一致,一份图纸只映射一个工位。对于设计,可清楚地了解制造流程,避免了因工艺可行性导致的设计更改。对于生产,可直接导出制造

BOM,既提高了工作效率,又可以提高制造 BOM 的准确率。而且,在无纸化生产中,面向制造的三维数模可直观地展示工艺流程和装配关系,可更高效地指导生产,大大缩短研制周期。

通用飞机的设计由于系统结构的复杂性,需要多专业共同完成,但出于飞行性能及安全性等多方面的考虑,重量重心、几何尺寸有着严格的限制,对内部结构的布置、装载设备的空间等提出了限制需求,导致各系统在设计过程中需要大量的协调工作。如果采用常见的设计——讨论协调——修改的设计循环,虽然能达到设计协调的效果,但时间精力的消耗相对较大<sup>[2]</sup>。采用基于骨架的协同设计技术,从设计之初便考虑整个设计周期中成员之间需要协调交互的内容。过程中,成员相互之间可以对设计进行审阅和沟通,即时评估当前设计的影响,实现全局的融合与优化。各分系统设计过程中位置、尺寸等信息能够即时协调,有效防止结构设计的冲突,避免了因某一零件修改而导致大量零部件变化的重复设计工作或设计干涉。

## 1 面向制造的三维模型结构

在通用飞机的总体设计阶段综合考虑制造工艺,根据设计方案,将各分系统作为各级子装配划分至相应的装配工位,制定出基本工位装配流程。在搭建三维骨架模型结构树时,依照工位装配信息插入节点,得到结构树层级与装配流程一致的骨架模型,各分系统在此骨架模型下开展详细设计工作。

详细设计建模完成后,根据工艺可行性分析及强度分析、系统验证后,对分系统在各工位的装配流程进行调整,得到整机的三维模型。由于建模结构的父子级关系是按总装流程定义的,结构树上每个装配体对应的子级都是相应工位或分工位的一级物料;装配体生成的图纸即为该工位的装配图纸,明细栏对应物料清单、装配尺寸清晰明确。因此整机模型设计完成后,通过个性配置的设计平台导出的 BOM 即为制造 BOM,生成的二维图纸可直接用于指导装配,此三维模型即实现了面向制造化。

## 2 骨架模型的应用研究

骨架模型一般由总体创建,包含总体结构树和骨架零件。结构树体现总装装配流程,而骨架零件包含坐标系、总体设计的几何信息及参数。

骨架零件分为总体骨架零件和分工序(分系统)骨架零件两类。总体骨架零件包含机体坐标系、气动外形、基准平面、机身轴线、轮廓线等几何信息以及其它的总体参数。各工位及各层级分系统骨架零件定义局部坐标系、对接面或安装轴线等几何信息或用户参数,只针对特定工序或系统,根据建模的实际设计需求选择是否建立。

骨架零件定义完成后,将其固定约束在各自装配体下,并将定义的几何信息和用户参数通过发布机制进行发布,使之在整个工作域内用户可见,用来指导详细设计。设计信息只能从骨架元素向下单向传递,从而保证骨架的健壮性。

## 3 面向制造的骨架协同建模实例

以某机型为例,细节截取机翼部分,以 3D Experience 为平台,进行面向制造的骨架协同建模研究展示。案例采用设计流程简化如图 1 所示。

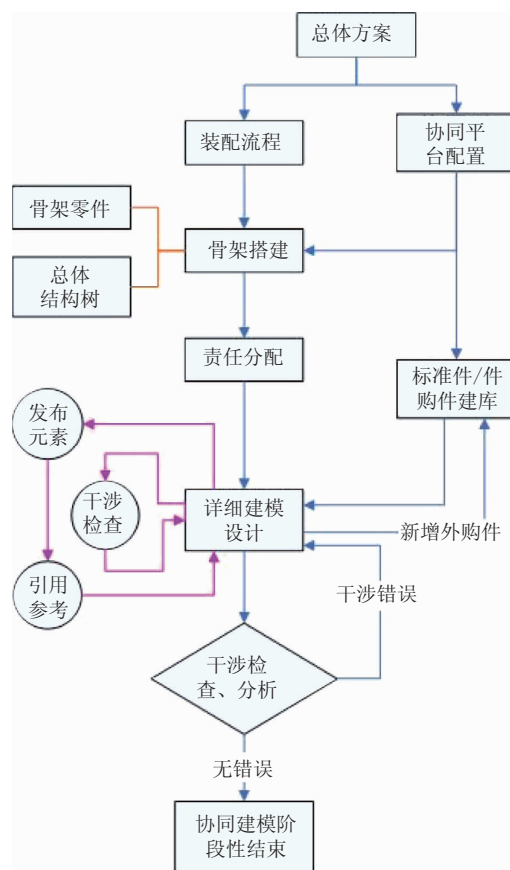


图 1 某机型三维协同建模简化流程

### 3.1 飞机装配流程的制定

按照总体方案给出的工艺方案,制定出建模用

装配流程。根据总体规划,机翼预装后在 F6 工位对接,因此将机翼的组装划分至 F6 下,而主油箱在机翼预装工位安装至机翼内,因此作为机翼的子级划分。详细的装配流程如图 2 所示。因通用飞机实际装配流程中有些工位是检测工位,没有机体物料的组装,因此在制定建模用装配流程时不列入流程中,检测工位的工艺图纸单独编制。

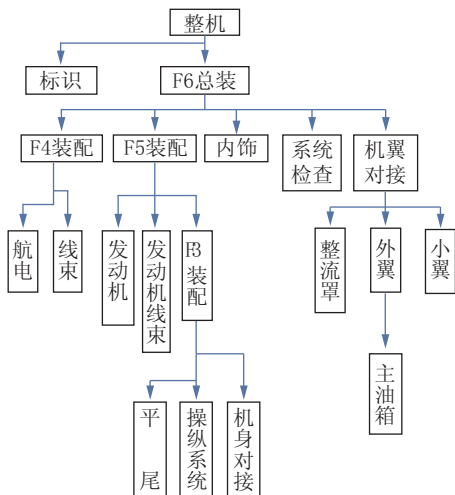


图 2 装配流程图 (截取部分流程)

### 3.2 项目域的定义

在平台中建立安全性为内部私有的项目空间,并将设计人员在该空间的角色权限进行定义,严格限制数据的编辑权限。该实例中设计的自制件模型保存在该项目空间内。项目空间配置如图 3 所示。

过滤用户	作者	参与者	所有者	领导	公共读者	读者
0029	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0090	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0126	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0148	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0150	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0156	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0167	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
0168	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

图 3 项目空间配置

另外,建立用于存储外购件及标准件的项目空间,并分配相应人员权限。

### 3.3 骨架模型的搭建

首先根据总体定义的坐标要求,确定机体坐标系。然后按照第一步划分的装配层级关系,建立骨架结构树,结构树中各级子装配体按公司命名规范命名。结构树顶层为整机代号,按装配的父子级关

系依次插入装配节点,结构树及装配对应关系部分示例如图 4 所示。

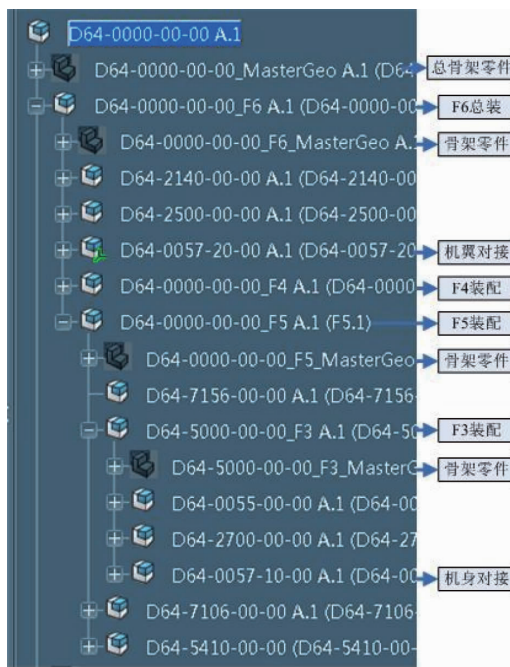


图 4 骨架结构树 (子级未全部展开)

骨架结构树中,每个工位或分系统装配体下均建立一个骨架零件(图 4 后缀为 MasterGeo 的零件),用于定义各工位分系统的几何信息和参数。上图 4 中总装配体下第一个零件为总体骨架零件,定义了整机的气动外形、各工位主要结构或系统的外轮廓、机体坐标系、基准面等信息,如图 5 所示。

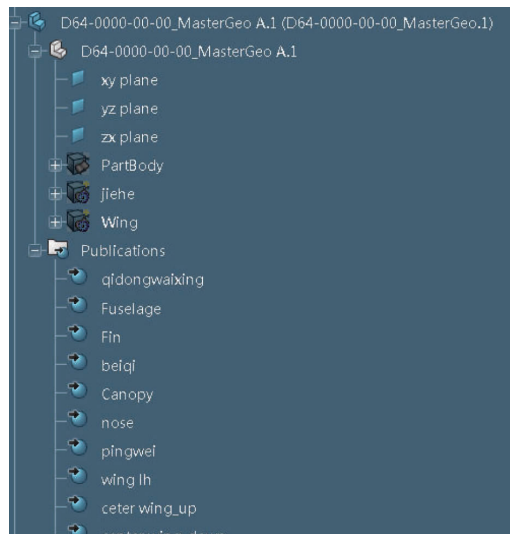
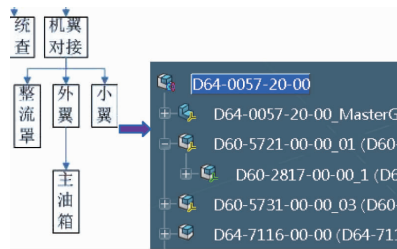


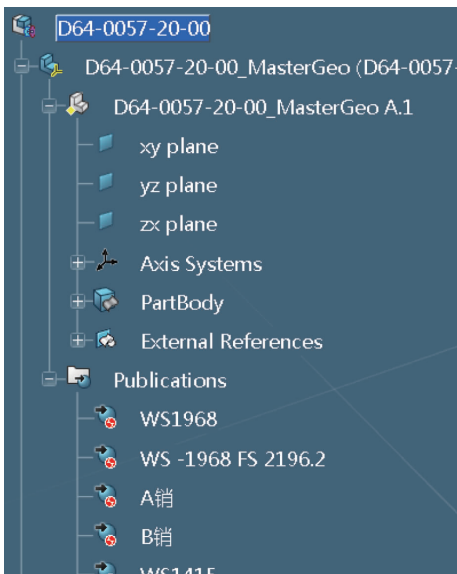
图 5 总体骨架零件 (截取部分)

以下操作过程将取机翼部分展示。机翼部分在装配流程中处于 F6 的子级,因此在总体结构树

中位于 F6 的下一层级(见图 4 指示)。其包含的装配包括小翼、外翼以及整流罩,依次将其作为机翼对接装配体的子装配插入结构树。基于机翼结构的相对复杂性,在该装配体下创建骨架零件,用于定义机翼的坐标系及对接面、基准轴等几何信息。机翼结构树的创建过程及骨架元素如图 6 所示。



(a) 机翼部分结构树



(b) 机翼骨架元素

图 6 机翼结构树及骨架元素

### 3.4 权限的转移

骨架模型确定后,将骨架零件锁定。D64-0057-20-00 装配体的责任者转移给 0126 设计员。

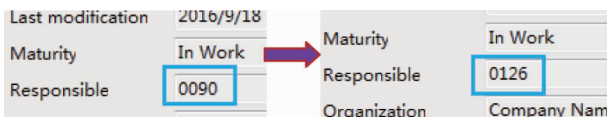


图 7 转移责任者

### 3.5 基于骨架同步建模

0126 设计员接收到设计任务后,打开机翼对接的装配体 D64-0057-20-00,根据实际设计需要在相

对应的装配体下插入零件或部件进行三维建模,如外翼的设计建模在 D60-5721-00-00 装配体下进行。

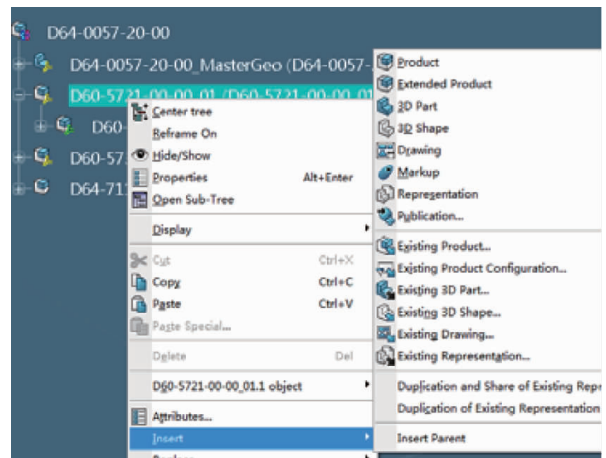


图 8 外翼设计建模

机翼部分的建模在总体骨架元素及机翼骨架元素的共同指导及约束下进行。建模过程中可直接在骨架发布的面上绘制草图,也可链接引用发布的元素。引用外部链接后,模型与被引用的骨架零件之间将建立链接关系,从而保证数据更新的即时准确。外翼建模完成后,将其与小翼的对接搭界面发布,以便小翼建模时引用,如图 9 所示。

小翼直接在该发布的曲面基础上建模。后续若搭接长度及位置等发生更改,可同步更新。

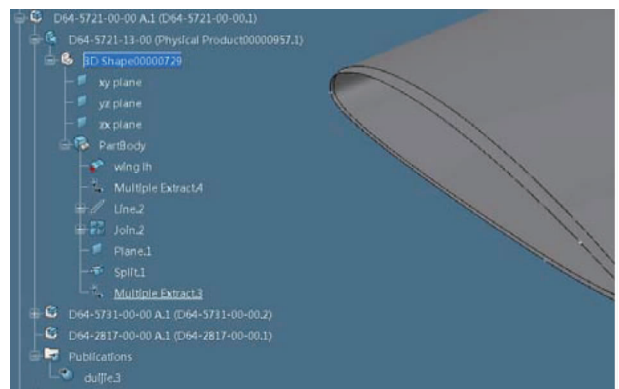


图 9 发布机翼小翼对接曲面

### 3.6 标准件、外购件库的建立

标准件由专门设计人员负责数据汇总,参数化建模<sup>[3]</sup>。利用目录库功能建立标准件库及外购件库,设计人员建模中遇到组装此类零部件时,直接从库里引用模型,保证同一机型下同一代号的标准件/外购件有相同的链接。

### 3.7 三维模型的审查及验证

所有分工位/分系统的详细设计建模完成后,将骨架模型进行更新,将显示整机的三维模型。根据详细设计阶段的评审论证,对调整了工序的零部件在结构树中的层级作相应变更;对模型进行重量重心测算、载荷校核、系统仿真分析、机构模拟及干涉检查分析<sup>[4]</sup>等,根据结果将需要更改的模型的问题反馈给责任设计员进行更改。设计定型后,即可将数字化样机状态冻结。



图 10 整机三维模型

### 3.8 制造信息的生成

整机数字化样机设计定型后,从设计平台中将整机 BOM 导出,D64-0057-20-00 为 F6 的组装物料,而 D64-0057-20-00 下设计的机翼对接零部件与 D64-5721-00-00 同级,为 D64-0057-20-00 的组装物料,该 BOM 各层级内容与工艺流程中各工位的物料一致,可直接用于总装 PE 物料准备工作。同时,D64-0057-20-00 装配体的图纸即为机翼对接工位安装图,明细栏对应安装物料,方便物料的核对及正确的组装;对接相关尺寸及位置在一份装配图中直

观表达。对于工序复杂的工位,按该工位的多个系统分别出装配图纸,保证图纸表达清晰的同时,避免同一装配图的重复发放。

## 4 结论

面向制造的建模方式,有效地将设计与工艺相结合,装配图纸对应的物料明细清单即为装配工位的组装物料,既降低了装配工人查看图纸的难度,又可方便快捷地核对总装物料,相比于传统的建模方式,模型图纸对生产的可指导性明显提高,更为无纸化生产的推广提供了有力的基础。而基于骨架的三维协同设计,可实现各专业分系统的实时协调,实现三维模型数据及链接的即时更新,有效提高了建模效率。但是,与传统的建模方式相比,面向制造的骨架协同建模方式对硬件设备及软件配置的要求较高;由于需要在建模初期制定装配流程,对总体设计阶段的要求提高,若工艺流程设计偏离过多,后期结构树调整工作将增大。因此,目前该建模方式只有在小型通用飞机且制造工艺相对成熟的情况下,可推广采用。

### 参考文献:

- [1] 姜维. 飞行器协同设计中的产品结构与配置管理研究与应用[D]. 南京:南京航空航天大学,2007.
- [2] 周安宁. 协同设计技术及其在飞行器设计中的应用研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2011.
- [3] 王永岗,杨利杰. CATIA 三维参数化建模技术及其应用[J]. 机械工程师,2014,(5): 200-202.
- [4] 杨超云. 基于 CATIA V5 的零件参数化设计及运动仿真[J]. 汽车零部件,2011,(6): 55-58.