

基于MBD技术的飞机部件 装配指令编制模式研究

Research on Aircraft Part Assembly Order Preparation Mode Based on MBD Technology

驻陕飞公司军事代表室 王彦喜

中航工业陕西飞机工业(集团)有限公司 黄红 吴军豪



王彦喜

工程师,毕业于北京航空航天大学,曾从事三维型面非接触测量方向研究工作,现从事航空机械专业工作。

随着 MBD 技术的逐步推广应用以及飞机研制逐步转入数字化研制模式的需求,各飞机制造企业将会深入研究基于 MBD 技术的部件装配指令编制模式。基于三维装配指令模式的成功应用实践和随着信息化技术及硬件设备的不断发展,三维装配指令编制模式将会日趋完善和适用于飞机部件装配需求,必将会被进一步推广和应用。

装配依据工艺规程和图纸进行生产的工作模式无法进行,急需我们研究部件装配指令应采取何种模式才能够满足 MBD 技术下部件装配的需求。

MBD 技术概述

随着 MBD 技术的逐步推广应用,飞机进入了数字化研制模式,设计人员不再绘制二维图纸,取而代之的以 MBD 数模作为设计输出。MBD 数模成为设计、生产、检验开展工作的唯一依据,通过企业计算机上的各类信息化平台在各部门之间流转,飞机研制实现了无图纸化。MBD 数模取代图纸使得传统模式下飞机部件

基于模型的工程定义(Model Based Definition, MBD)是一个用集成的三维实体模型来完整表达产品定义信息的方法,它详细规定了三维实体模型中产品尺寸、公差、标注规则和工艺信息的表达方法。MBD 改变了传统由三维实体模型来描述几何形状信息,而用二维工程图纸来定义尺寸、公差和工艺信息的分步产品数字化定义方法。同时,MBD 使

三维实体模型作为生产制造过程中的唯一依据,改变了传统以工程图纸为主,而以三维实体模型为辅的制造方法。MBD 在 2003 年被 ASME 批准为机械产品工程模型的定义标准,是以三维实体模型作为唯一制造依据的标准体。

MBD 数据模型是通过图形和文字表达的方式,直接地或通过引用间接地揭示了一个物料项的物理和功能需求。MBD 数模分为装配与零件数模。MBD 零件数模由以简单几何元素构成的、用图形方式表达的设计模型和以文字表达的注释、属性数据组成。MBD 装配数模则由一系列 MBD 零件数模组成的装配零件列表加上以文字表达的注释和属性数据

组成。零件设计数模以三维方式描述了产品几何形状信息,属性数据表达了产品的原材料规范、分析数据、测试需求等产品内置信息;而注释数据包含了产品尺寸与公差范围、制造工艺和精度要求等生产必须的工艺约束信息。

部件装配指令编制方案的构思与选取

在传统模式下,部件装配采用工艺规程与晒蓝图纸配套使用的方式指导现场装配。工艺规程中主要明确了装配顺序并附带一些简单的草图,详细的装配信息均在图纸上反映,需要操作者去查阅工艺规程中每道工序指定的图纸。在数字化研制模式下,由于MBD数模取代了图纸,使得传统模式下以工艺规程和图纸作为部件装配方式进行指导工人进行装配的方式无法实施。工艺文件采取何种方式才能将三维数模中的装配信息完整、无遗漏的展示给操作者,是装配工艺技术中一个关键难点,将会直接影响到部件装配的质量和效率。

通过前期大量的国内外调研并结合MBD技术应用的特点,我们提出了3种部件装配指令的编制方案,通过大量测试、评审、筛选研究工作,最终明确了采用装配视频、装配指令(Assembly Order, AO)与三维视图集成使用的三维装配指令编制方案。

1 二维图纸配套 AO 模式

通过工艺人员将三维数模转化成二维图纸并打印,配合AO指导操作者进行生产。此种模式与传统模式下的方式一致,但是需要工艺人员能够充分地理解和掌握设计数模所阐述的所有信息并通过工艺自身绘制图纸,全面地将设计思想从数模形式转换成图纸形式。此种模式对于工艺人员的能力素质要求较高,要求工艺人员具备设计人员所具备的图纸绘制能力。各企业现有工艺人

员能力与之要求不匹配,且在从数模转换到图纸的过程中若存在信息丢失或理解有分歧将会存在较大的质量隐患,因此此种装配指令编制方案不符合数字化研制模式下部件装配的要求。

2 数模配套 AO 模式

通过AO明确装配顺序,具体装配信息在数模中查阅的方式指导操作者进行生产。设计人员在三维软件(如CATIA软件)中对装配信息的描述不全面、不细化,只是仅仅将设计信息展示,但没有描述相关的工艺信息,因此操作者无法直接依据数模开展工作。例如连接定义中只作出了紧固件的中心点位及排布线,并未对紧固件排布的重要信息(如边距、排距、主要的划线基准)进行文字标注。对于需要按照工装定位器进行

定位的装配信息,设计数模中不可能包含此类信息,操作者需要利用软件进行大量的测量工作,这需要操作人员具备一定的工艺能力,能够合理的确定装配基准,且此类信息工艺人员无法在AO中进行准确详细描述。这样的装配数模不适合面向装配现场,因此此种装配指令编制模式不能满足数字化研制模式下部件装配的需求。

3 三维装配指令模式

通过装配视频直观显示组部件的装配过程,AO中明确装配顺序,三维视图明确了具体的装配信息方式从而指导操作者进行生产。组部件的装配视频采用专用软件(如DELMIA软件)制作,可以直观显示组部件的装配过程。三维视图采用专用软件(如3DVIAcomposer软件)绘制,利用软件可以直接调入设计软

件中的数模,并进行删减、数据压缩,在软件中可以实现各类装配信息的详细标注,可以调入工装数模对局部定位进行准确描述,三维视图形式如图1所示。三维视图与AO中的每道工序一一对应,且可以通过网络传递到现场每个工位所设置的40寸终端显示器中。操作者一方面通过装配视频和AO明确了部件的装配顺序,另一方面利用每个工位配备的大型终端显示器可以通过放大、平移、旋转等操作直观查阅视图获取每一步装配的详细信息。此种装配指令模式可以将设计数模中的装配信息和工艺人员编制的工艺信息全面详细的通过三维视图展示给操作人员,便于操作人员直观准确地掌握装配要求,能够满足MBD技术下部件装配的需求。

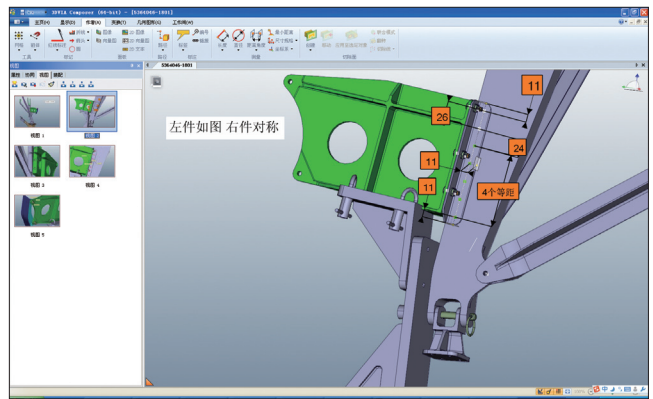


图1 三维视图

三维装配指令的编制和管理

1 装配仿真

装配指令编制的第一步就是确定组部件的最优装配顺序。传统模式下,因为没有数模不能进行装配仿真,MBD技术下工艺人员可以依据产品数模和工装数模利用专用仿真软件(如DELMIA软件)实现对组部件装配过程的仿真,如图2所示。通过装配仿真工作,可以暴露设计干涉、工装设计缺陷、施工通路是否可行、装配顺序是否合理可行等问题,最终便于工艺人员选择最合理的装

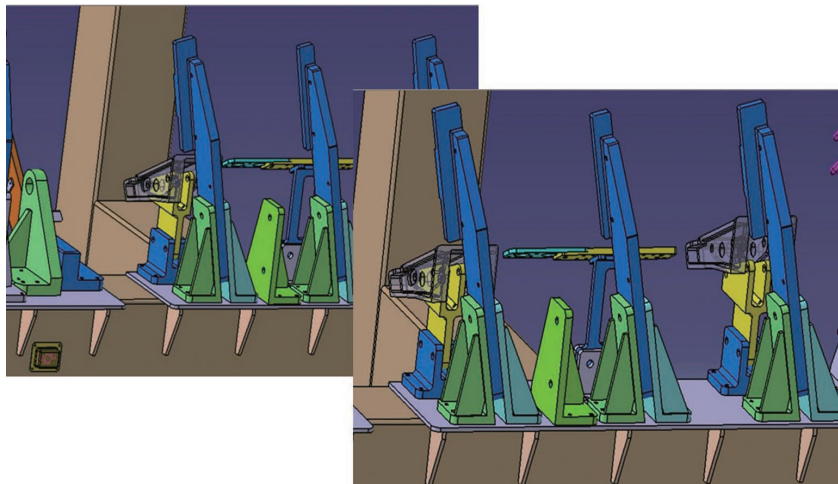


图2 装配仿真

配顺序。装配仿真视频作为组部件三维装配指令的一部分可以指导操作者建立起对整体装配顺序的概念,使得操作者思路清晰便于快速开展工作。

2 AO 与三维视图的编制

AO 是对操作者进行施工的指导性文件,是对设计图纸的再加工,是连接图纸与实现最终产品的桥梁。MBD 技术下要求工艺人员编制的 AO 不仅要有详尽的文字描述与规范,还需要在文字描述与规范的基础上制作出精美、正确的三维视图,三维视图中的截图与 AO 中的工步叙述的加工信息应该做到一一对应。每本 AO 所需要装机的零件、紧固件以及其他的一些特殊材料,在三维视图中都要体现出来。

(1) AO 的编制。

根据装配仿真来确定装配顺序,在 CAPP 中编制 AO,在 AO 中明确装配步骤,配套所需工具、刀具、零件、标准件等相关信息,具体形式如图 3 所示。

(2) 三维视图编制。

a. 组织数据及格式转化。

由于 MBD 数模数据较大且每一幅视图所要展示的数模内容均有差异,为满足视图操作响应快捷,必须按照 AO 编制的实际需求,将设计数模进行重新组合,组成一个新的工艺

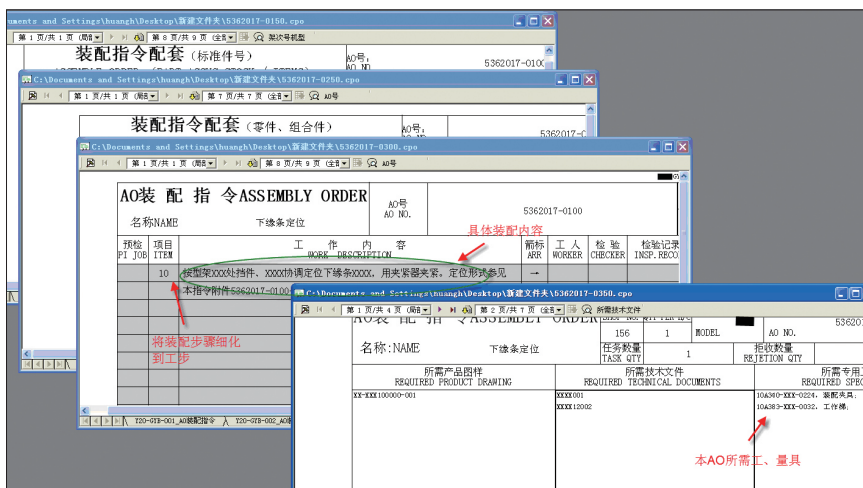


图3 AO

组件,导入所需工装等数模,并将需要在三维视图中显示的信息显示出来,最终将数据通过专用软件进行轻量化处理。如将数模结构树中所有“-8001”文件里面的“外部参考、过程元素、设计依据、几何图形集”等进行设计、标注时所创建的参考元素全部隐藏,将“连接定义”里面与该组件装配时相关的点位全部显示出来,然后进行保存。

组织数据和文件格式间的转化是三维视图编制的关键所在,转化时如若操作不当,会直接反映在紧固件点位的丢失或冗余,进而影响到产品的质量,若生成的工艺文件容

量过大将会造成生产现场的终端显示难以打开。

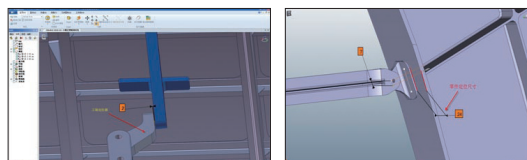
b. 尺寸标注。

完成数据组织和文件格式转换后,运行三维视图编辑软件进行打开,对其进行进一步的加工,在编辑软件环境下,利用各个模块的功能,将诸如开工前的重要说明,工序特别需要注意的问题,重要的零件定位尺寸,紧固件的标注信息(边距、排距、节距)详尽全面的标注在视图文件上。以 AO 中的一个工步为单位,对已标注完整装配信息的视图进行截取,最终实现 AO 的工步与 AO 附件即三

维视图一一对应。

例如,零件按工装定位可将工装数模调入,标出相应定位尺寸即可。零件划线定位只需找到基准零件标注尺寸即可,如图 4 所示。

例如,紧固件信息(边距、排距、节距)的标注只需将紧固件点位显示后找到标注基准,软件就能显示所需要标注的尺寸,用户只需设定显示精度即可,如图 5 所示。



(a) 工装定位

(b) 划线定位

图4 定位视图

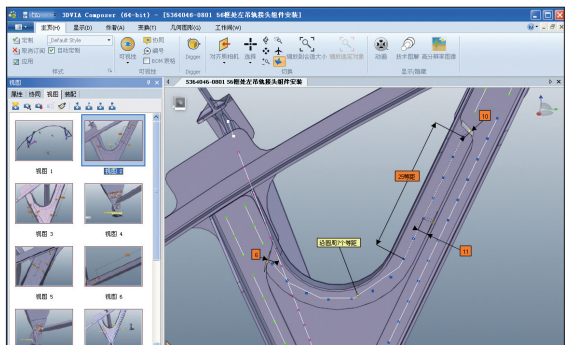


图5 尺寸标注视图

c. 紧固件的标注。

选中装配结构树数据,集中连接定义中所需要显示的点位,改变其形状或颜色凸显出来后标注相应紧固件牌号。一般同一类型的点表示一种紧固件。在一个图面颜色种类不宜过多,为防止出现视觉错误,可通过改变点位形状以示区别,如图6所示。

d. 其他表达形式。

三维视图编辑过程中还可通过局部放大、剖视图、增加注解等多种形式对装配关系、尺寸等进行详尽的表达,如图7和图8所示。

3 三维装配指令的管理

以装配视频、AO和三维视图所组成的三维装配指令作为工艺指导文件,为确保产品实物与设计技术状态的符合性,必须对其有效性和追溯性进行控制。信息化技术的发展使得三维装配指令(装配视频和三维视图作为AO的附件)可以实现网上三级审签,经批准有效的三维装配指令按飞机架次存储在服务器内,并通过网络平台进行发布。生产现场可以通过终端显示器查阅三维装配指令,但无权限更

改其内容。当三维装配指令需贯彻更改时,工艺人员需按相应权限对其进行更改,并更新替换服务器上的数据,保证现场三维装配指令的有效性和准确性。

三维装配指令在某型机身后段研制中的应用

在某型机身后段部件装配中,我们采取了三维装配指令的模式,总计制作装配视频20份,编制AO共2000余份,三维视图文件约

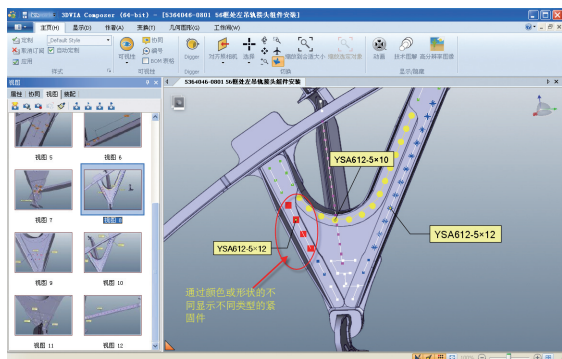


图6 紧固件标注视图

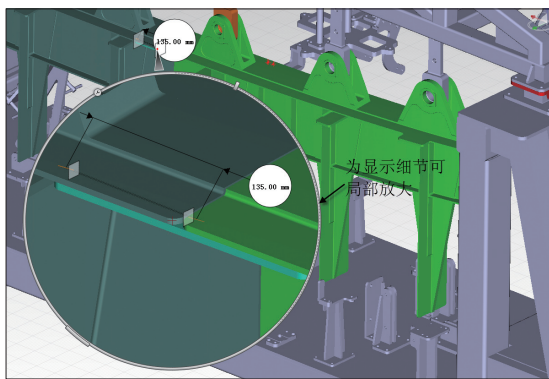


图7 局部放大视图

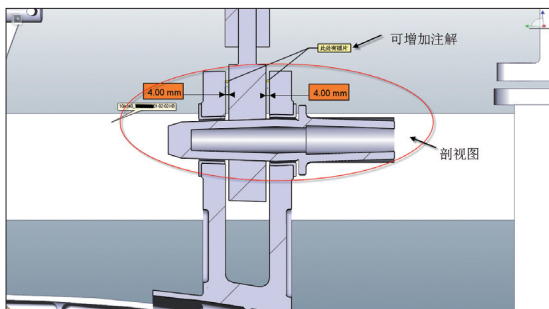


图8 剖视图

8000MB。三维装配指令通过现场布置的256个网络端口在终端显示器上展示,实现了把产品设计和装配工艺的信息以数字量的形式传递到生产现场。装配过程用可交互式动画形式播放,装配信息以三维形式展示,使操作者能够直观地了解产品的装配顺序,能够迅速准确地获取装配过程中所需的信息,提高了装配质量和装配效率,缩短了装配时间,降低了生产成本。三维装配指令通过某型机机身后段三架机的实际应用,操作者反映良好,满足MBD技术下部件装配的需求。

存在问题及改进方向

三维装配指令模式应用于飞机部件装配,对于我们来说尚属首次,在国内航空制造领域也走在前列。通过实际应用,虽然取得了一定的成效,但也存在一些问题需要进一步研究改进。

(1)在终端显示器难以接近的部位或半封闭空间,操作人员查阅三维视图后仍须绘制简单草图。该问题可通过改善硬件设备(如增加可移动终端)进行改善。

(2)目前AO仍以纸质形式在装配现场进行使用,无法实现飞机档案的电子化管理。

随着信息化技术的发展,通过质量管理体系与生产管理系统集成,使操作者能在系统上录入质量记录,将会最终实现AO的无纸化。

随着MBD技术的逐步推广应用以及飞机研制逐步转入数字化研制模式的需求,各飞机制造企业将会深入研究基于MBD技术的部件装配指令编制模式。基于三维装配指令模式的成功应用实践和随着信息化技术及硬件设备的不断发展,三维装配指令编制模式将会日趋完善和适用于飞机部件装配需求,必将会被进一步推广和应用。

(责编 深蓝)