

MBD技术在某型飞机垂尾前缘制造中的应用

Application of MBD on Manufacturing of Leading Edge of Vertical Tail for Aircraft

沈阳航空航天大学航空航天工程学部 王 巍 张 尧
中航工业沈飞民用飞机有限责任公司 39 厂 李 森
解放军 9 1 3 7 2 部队 陆海林 王海生



王 巍

沈阳航空航天大学航空航天学部, 航空系主任, 教授、硕士生导师, 主要研究方向: 数字化飞机制造技术、飞机装配工装的通用性及模块化设计。

MBD 技术在集成化的数字化实体模型中表达了完整的产品定义信息, 并完全替代了二维工程图纸, 成为制造过程的唯一依据^[1]。MBD 技术的深入研究应用, 已经对国内飞机装配协调、并行设计制造产生重大影响, 对开启我国数字化制造时代具有重要意义。

通过对 MBD 制造技术研究, 建立了一套完整的 MBD 数字化定义规范, 并在此基础上采用数字化装配协调方法, 实现了制造装配过程中的数字化定位和检测技术, 实现了以全数字量为基础的该型垂尾前缘信息传递与控制方法。最终实现了复合材料壁板的完全互换。

MBD 技术作为数字化协同设计制造的技术信息载体, 是数字化协同设计制造体系的关键应用技术, 是设计与制造部门紧密协同的共同课题。MBD 采用协调研制的模式, 对航空企业的工艺、检验、零件、装配等各部门带来全新的理念与工作模式, 对传统的串行模式带来巨大变革。

本文对国内某型飞机尾段前缘制造中的 MBD 技术应用情况进行论述, 在建立 MBD 制造技术体系框架的基础上, 完成数字化协调技术和协同设计工作, 为全机 MBD 应用进行了卓有成效的实践。

MBD 制造技术体系和程序文件体系的建立

MBD 技术体系是以 MBD 数据

集为核心的应用体系。其借助标准管理系统、标准工艺管理系统、CAD 系统、工艺设计和分析以及产品数据管理等系统。通过 MBD 数据集成产品的设计制造信息, 建立一套基于 MBD 数据集的工艺设计分析方法和数据管理办法, 使工程制造能够在脱离图样的环境下, 按照设计系统给出的内容组织框架实现对产品生产和检验的监督控制^[2]。

MBD 制造技术体系以 MBD 的技术程序文件体系为基础, 规范了数据的操作要求, 指导后续进行产品设计和应用。产品数据管理系统实现了产品设计数据的管理和发放, 并可以实现设计过程中设计人员之间的数据共享。协同管理平台用来进行产品数据管理系统、工装管理系统、

工艺设计管理系统与生产现场之间进行数据的交互和传递。

在对 MBD 数模和相关规范进行分析和研究的基础上,规划了 MBD 技术程序文件体系,制定了 MBD 技术程序文件,MBD 技术程序文件体系包含数字化定义、MBD 制造技术和数据集管理等规范性文件。

MBD 数字化协调技术

MBD 数字化协调方法是以 MBD 技术构建的数字标工模型为基础,由计算机提供数据信息,用数控技术直接进行形状与尺寸的数字量传递,形成物化的数据——产品,并通过先进的检测技术,把产品转化为数字量的数据信息,形成一个封闭的数据环,通过与原始数据的比较,最大限度的保证了产品的质量。在该型飞机垂尾前缘的生产制造过程中,针对 MBD 的数字化协调技术进行了深入的研究,利用数字化协调技术完成了产品的协调工作。

1 产品结构分析

该型飞机垂尾前缘安装件主要由 5 块金属胶接壁板、1 根辅梁、11 块复合材料壁板、7 个加强肋组成,各个壁板间由悬空的拼接带连接,其中 5 块金属胶接壁板与辅梁具有完全互换要求,加强肋与主梁的连接、封闭肋和后梁的连接具有厂际互换要求。

翼尖安装件主要由 3 块复合材料壁板、封闭肋、拼接肋、隔框肋、后封闭肋、拼接带及壁板、前帽组成。3 块复合材料壁板具有完全互换要求。前缘安装件和翼尖安装件有外形要求。壁板的互换主要包括外形的互换、壁板孔位的互换、壁板间间隙和阶差的互换。

从结构上分析,控制前缘和翼尖安装件协调的关键件主要有:端肋、7 个肋板、上带板和后封闭肋。因此,要控制产品的协调性,首先要控制上述零件的位置,也就是这些零件与其

他件装配时不会因为零件的制造公差而影响整个组件间的位置关系。

2 协调方法及协调图

本产品的协调完全采用数字化协调技术,制造过程中的零件、工装直至最后的部件装配,都是以工程数据集为统一的依据来协调。以数字量的采集、处理和传递贯穿整个生产过程,实现信息的处理和传递“0”误差^[1]。

3 垂尾前缘组件之间的协调

从垂尾前缘组件之间的结构关系可以看出,前缘辅梁通过外缘面和加强筋与其它所有前缘翼盒结构保持协调关系,翼盒肋与蒙皮之间具有配合协调准确度要求。其中,前缘辅梁与翼盒肋组成了整个前缘组件的骨架结构,它们之间的协调关系准确与否将直接影响到整个前缘组件的外形协调准确度要求。在结构关系上,辅梁通过腹板平面上的加强筋与各个翼盒肋腹板平面贴合并连接;辅梁加强筋的结构位置、平面度与翼盒肋的空间位置、腹板平面度构成了一一对应的协调关系。作为机加件,辅梁加强筋结构位置与平面度,以及

各翼盒肋的腹板平面度可以通过数控机床加工达到协调精度要求;而在装配过程中,辅梁与翼盒各肋之间的正确空间位置协调关系需要通过工装定位器定位才能完全保证。所以在辅梁与翼盒肋结构设计时,辅梁与翼盒肋腹板上增加了工装定位用的 K 孔定位特征,其中辅梁由于长度关系设计了 5 个 K 孔,而每个翼盒肋上用 1 个 K 孔就能满足要求。另外,在辅梁与各个翼盒肋的空间位置关系协调的基础上,还需要它们的外缘形状与外层蒙皮壁板内表面之间保持协调,从而才能完整的保证整个前缘翼盒组件的外形协调准确度要求。因此,前缘辅梁与所有翼盒肋的整个外缘型值、平面度及装配定位用的 K 孔精度具有重要的协调准确度要求;而所有蒙皮具有内外形及周边尺寸协调准确度要求。对于翼尖组件也有类似的协调准确度要求。为达到前缘翼盒与翼尖组件之间的装配协调,连接角材与上连接带板起着特殊的协调作用。该型垂尾前缘的翼盒与翼尖组件之间的协调关系如图 1 所示。

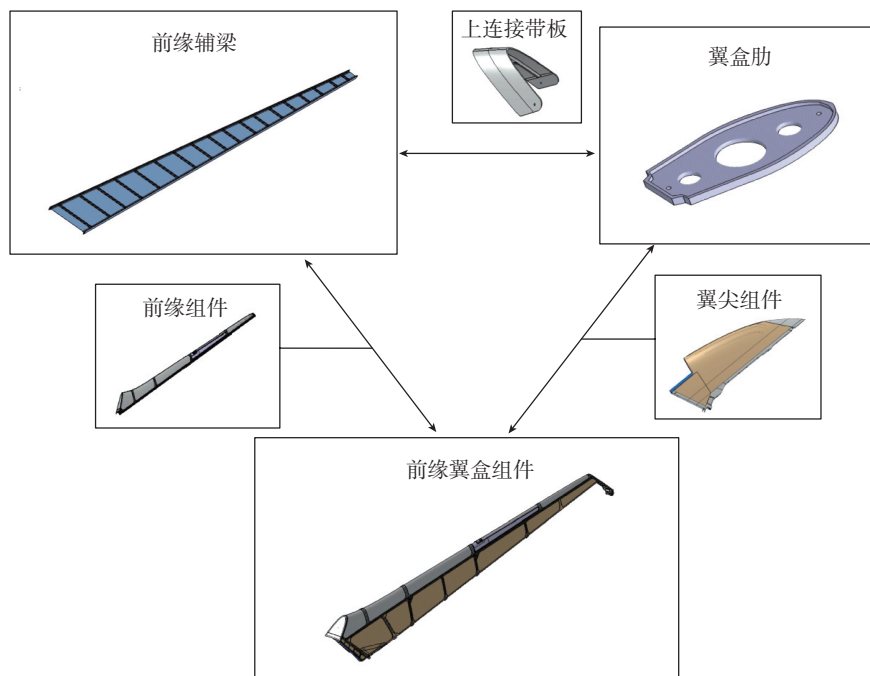


图1 垂尾前缘组件之间的协调关系

4 垂尾前缘组件与工装之间的协调

为了保证各零件在装配过程中的空间协调,需要确定出合理的工装定位计划。由结构关系可知,前缘梁与翼尖封闭肋分别是各自组件中的协调关键件。因此,在装配过程中,它们就成了定位基准件,一方面通过K孔在工装定位器上定位自身,另一方面通过自身结构特征协助定位其他结构件。由于前缘翼盒结构比较大,即使采用工作梯辅助,前缘部分装配工作也不易展开,对工作效率与工作质量影响很大,加之装配产量较大,因此在确定装配工艺时,可以把前缘翼盒的装配工作分离到两套工装上完成。一套完成前缘的装配;另一套在前缘基础上完成翼盒装配,并且通过前缘梁上的K孔进行二次定位,为达到前缘翼盒组件与翼尖组件的协调,在装配过程中把翼尖上的上连接带板在前缘组件装配时定位并钻制连接孔后再装在翼尖组件上;在前缘翼盒装配过程中,把封闭肋与前缘上连接角材定位并钻制完连接孔后,再装配在翼尖组件上。协调关系如图2所示。

5 协调质量保证

对于该型垂尾前缘与翼尖结构的气动外形关键特性,除了要通过零件制造准确度来保证外,还需要在装配过程中合理定位后保证其钻孔铆接质量来达到目的。因此,其蒙皮与内部结构的钻铆过程是关键过程。为了保证产品钻孔质量,在所有外形蒙皮钻孔过程中,采用专用的钻模夹具或钻模板来实现。在设计时,所有钻模夹具的孔位直接取自产品数字标工的孔位,从而达到设计协调要求;钻模夹具的形状与所有孔位均是通过数控加工一次成形,并通过激光跟踪仪安装定位在各装配工装上,从而保证产品钻孔质量,达到外形协调准确度要求。

全面采用MBD数字化协调技术实现了复合材料壁板的完全互换性和前缘的外形协调控制。

MBD 协同设计

工艺人员通过产品结构的工艺审查,根据设计分离面和工艺分离面划分装配单元,确定关键部位的协调方案,同时进行装配顺序的组部件级

规划,确定出制造总体方案。在工艺分工路线指导下,各类工艺人员对产品进行详细工艺设计,明确零部件的工艺流程与装配顺序,确定出零件的技术状态及制造定位方案,并提请工装设计人员进行工装夹具的设计工作。

工装人员一方面根据工艺人员确定的制造要求,另一方面根据零件产品设计的定位基准、外形基准,设计产品的工装,如模具、型架等。工装设计过程中,工装人员需要结合已设计好的零件模型,进行零件产品与工装的数字化预装配,分析是否存在干涉。对于实在无法用工装加工的零件,需要与设计协调,更改设计。工装制造人员与工艺人员、工装设计人员一起协同工作,从可加工性角度提出合理性建议和要求。

在进行协同过程中,成立IPT项目小组全权负责整个转包工作的研制任务。IPT小组由项目经理、工程人员、装配工艺设计人员、装配工装设计人员及质量保障人员组成,并在整个项目研制阶段都在同一个工作室里协同办公^[4]。IPT小组成员的职责如表1所示。

1 预发放阶段的协同设计过程

在协同过程中,根据数据发放的不同状态,协同设计过程的重点也各不相同。在产品结构设计数据的预发放阶段,IPT小组的装配工艺设计人员根据产品结构特点,选择恰当的工艺分离面将它划分成前缘翼盒组件与翼尖组件两个装配工艺单元,并考虑到装配的方便、舒适性及装配工装的复杂程度,再将前缘翼盒组件的装配工作分配到两个工位中进行。第一个工位安装前缘组件;第二个工位在前缘组件基础上安装出前缘翼盒组件;同时,随着装配工艺设计及装配工装设计方案工作的进展,IPT小组通过综合考虑增加了一个补铆的第三工位。预发放阶段的协同过程如图4所示。

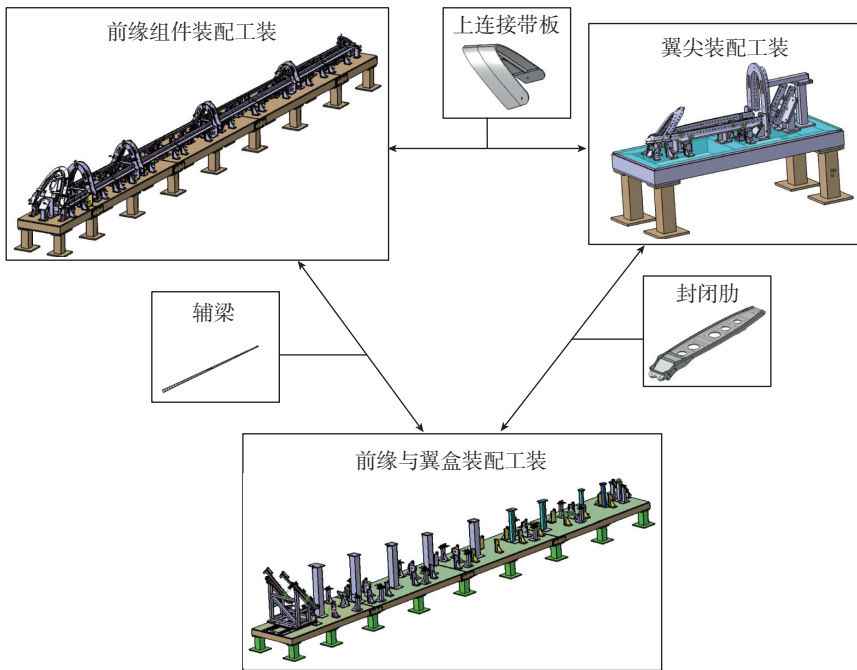


图2 前缘和翼盒组件装配工装与翼尖组件装配工装之间的协调关系

表1 IPT角色及职责表

| IPT 角色 | 职责 |
|----------|---|
| 项目经理 | 负责协调 IPT 小组的所有事务,安排与监督项目研制进度,并与客户驻厂人员就技术问题进行交流沟通。 |
| 工程技术人员 | 负责工艺分工及简化图纸转化与发放,并就 IPT 组对产品结构问题向客户提出修改意见。 |
| 装配工艺设计人员 | 负责产品装配工艺设计、仿真及文件编制。 |
| 装配工装设计人员 | 负责产品装配工装的设计、干涉检查。 |
| 质量保障人员 | 制定产品检测方法 & 质量技术文件。 |

随后装配工艺人员确定出每个装配单元中主要零件的装配顺序,与装配工装设计人员一起确定装配型架的总体方案,各零件的定位方法,以及工装定位器的布局形式。

确定装配方案的时候,装配工艺设计人员根据总体方案利用三维产品结构数据开始设计出完整的型架骨架与初步的定位器结构,并在设计过程中进行工装与产品间的干涉检

查,保证产品零件与工装之间的协调。对于设计完的装配型架骨架,除非产品结构出现特别大的调整,是不会因零件结构的细小调整而更改的,因此可以提前发放进入制造阶段。接下来,装配工艺设计人员进行装配工艺的初步设计,并结合装配工装设计人员预发放的工装数据在 DELMIA 装配工艺仿真环境中进行装配过程可行性分析^[5]。

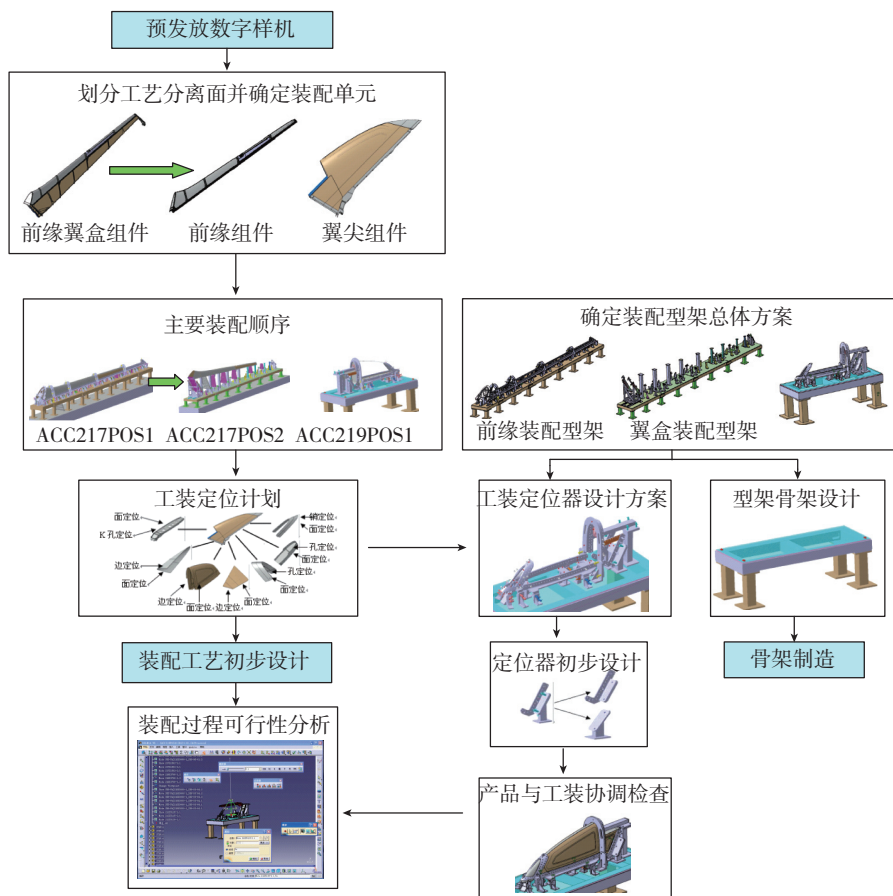


图3 预发放阶段的协同设计过程

2 正式发放后的协同设计过程

当正式发放产品设计数据时, IPT 协同小组已经完成了大部分的工艺、工装设计工作,只需根据发放后的结构变化进行一些调整并做一些补充工作。

根据正式发放的数据,工装设计人员进一步完善工装定位器,并在定位器的型面上设计出激光跟踪仪安装型架所必需的光学工具球孔特征。光学工具球孔的设置需要考虑两方面问题:一是结构上考虑,最好直接布置在工作型面上;二是激光可达性考虑,尽可能保证在激光跟踪仪一次设站安装时可测量到所有定位器光学工具球孔上的目标。工装数据发放后,立即开展工装的制造工作。同时,装配工艺人员还要根据详细工艺设计结果进行装配过程仿真分析,保证装配工艺的可行性。

结束语

通过对 MBD 制造技术研究,建立了一套完整的 MBD 数字化定义规范,并在此基础上采用数字化装配协调方法,实现了制造装配过程中的数字化定位和检测技术,实现了以全数字量为基础的该型垂尾前缘信息传递与控制方法。最终实现了复合材料壁板的完全互换。

参考文献

- [1] 范玉青,梅中义,陶剑.《大型飞机数字化制造工程》.航空工业出版社,2011.
- [2] 周秋忠,范玉青.MBD 技术在飞机制造中的应用.航空维修与工程,2008(3):55-57.
- [3] Y14.41-2003.Digital product definition data practices.New York:ASME,2003.
- [4] Boeing deploys dassault systemes update to digital tools for 787 global team[EB/OL].http://www.boeing.com/2007.
- [5] 周秋忠,范玉青.基于 EBOP 的飞机产品数据组织模式研究.制造业自动化,2008(8):15-18.

(责编 小城)