

飞机数字化装配技术

Digital Assembly Technology for Aircraft

成都飞机工业(集团)有限责任公司 许旭东 陈 嵩 毕利文 杨红宇



许旭东

1991年从南京航空学院飞行器制造工程专业毕业进入一航成飞,2005年获北京航空航天大学航空工程专业工程硕士学位。长期从事飞机制造工艺技术工作,历任工艺员、副组长、副科长、副总工艺师,总工艺师,现任首席工艺师,主要负责飞机制造数字化工作台。2001、2004、2006年连续三届被一航成飞评为技术带头人。曾获国防科工委科技进步奖4次,中国一航科技进步奖3次。

20世纪80年代后期以来,随着计算机信息技术和网络技术的发展,以美国为首的西方发达国家开始研究飞机产品数字化设计制造技术。这项技术以全面采用数字化产品定义、数字化预装配、产品数据管理、并行工程和虚拟制造技术为主要标志,从根本上改变了飞机传统的设计与制造方式,大幅度地提高了飞机设计

飞机产品数字化设计制造技术以全面采用数字化产品定义、数字化预装配、产品数据管理、并行工程和虚拟制造技术为主要标志,从根本上改变了飞机传统的设计与制造方式,大幅度地提高了飞机设计制造技术水平。

制造技术水平。

我国的飞机数字化装配技术尚处于起步阶段,与发达国家相比还存在较大差距,主要表现在:

(1)飞机的研制过程仍采用串行模式;

(2)虽然部分环节已经实现数字量传递,但仍存在信息孤岛现象,尚未打通飞机数字化设计、制造生产的整个流程;

(3)工艺、工装设计在时间、空间与产品设计上存在滞后,造成飞机装配协调困难;

(4)装配工人在现场工作需要仔细翻阅大量的图纸、工艺文件等,会出现工作上的失误,造成装配质量问题,影响装配周期。

飞机数字化装配技术

1 数字化装配协调技术

数字化协调方法也可称数字化标准工装协调方法,是一种先进的基于数字化标准工装定义的协调互换技术,将保证生产用工艺装备之间、生产工艺装备与产品之间、产品部件与组件之间的尺寸和形状协调互换。

数字量传递协调路线如下:

(1)飞机大型结构件(与飞机外形及定位相关)如框、梁、桁、肋、接头等用NC方式加工;

(2)在飞机坐标系下,工装设计人员以产品工程数模为原始依据,进行工装的数字化设计,并且在工装与产品定位相关的零件上用NC方式加工出所有的定位元素;

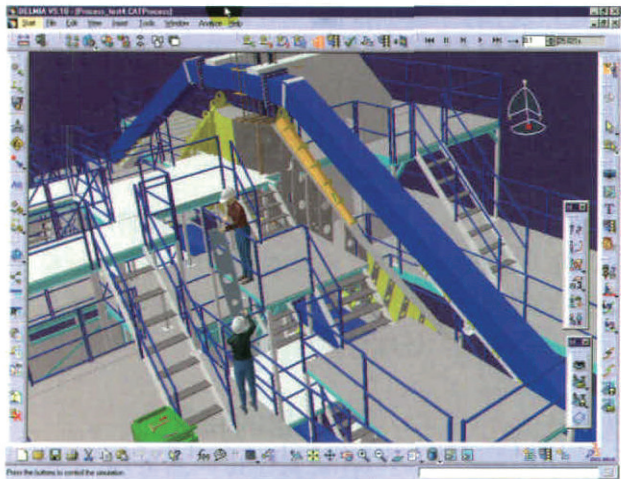
(3)工装在装配时利用数字标工(数据)协调,采用激光自动跟踪测量系统测量,通过坐标系拟合,定位出零件的安装位置,满足安装基准的空间坐标及精度要求;

(4)飞机钣金件模具数字化设计以及用NC方式加工,钣金零件数控加工。

2 数字化装配容差分配技术

容差数值直接影响产品的质量与成本,因而根据产品技术要求,进行零、组件的容差分析和设置,可以经济合理地决定零部件的尺寸容差,保证加工精度,提高产品质量,在满足最终设计要求的同时使产品获得最佳的技术水平和经济效益。

在产品装配前仅凭以往的经验



人机工程的仿真

或某个方案分配给每个零件公差,装配成产品后公差能不能达到产品设计的要求,难以定论。现在可通过数理统计的方法来模拟装配过程和次数,可看到最终形成产品的公差与零件的公差、零件的装配顺序等因素有关。在零件数模的基础上,对于我们关注的键的质量特征,设定公差和装配顺序,通过数理统计的方法仿真,分析各种因素对质量特性的影响程度,为查找质量问题的原因和改进公差分配提供了依据,不断仿真找出最优的公差分配方案。

3 自定位与无型架定位数字化装配技术

现代飞机设计遵循面向制造的原则,在零件设计的时候就必须要考虑以后零件的加工和装配。在工艺人员的建议下,飞机设计时对主要结构件(梁、框、肋和接头等)建立装配的自定位特征,如小的突耳、装配导孔、槽口和形成定位表面等,或者在产品结构设计的同时,把用来安放光学目标的工艺定位件设计到结构件上。但这些零件的自定位特征需要用数控方式精确加工,在实际装配过程中这些零件自己就能利用自定位特征定位,或应用激光跟踪仪和光学目标定位。

基于飞机产品数模和数字量尺寸协调,无型架定位数字化装配技术采用模块化、自动化的可重新配置的

工装系统,大大简化了或减少了传统的复杂型架,缩短了工装设计与制造的时间,降低了工装成本,并提高了装配质量。

4 数字化装配工艺设计技术

数字化装配工艺设计技术是根据企业结构和制造流程在软件环境中构建企业的制造体系结构,包括产品、工艺和资源 3 个主要部分,完全可描述什么人、在什么地方、用什么工具、用什么方法、制造什么产品,当然也包含成本和时间。其中产品部分又分为 EBOM、PBOM 和 MBOM 三个分支,工艺又分为根据工艺分离面设计的工艺 Process Plan 和根据生产工位设计的工艺 Production Plan,资源分为结构化的资源,包括工厂、车间、工段、工位、设备、工装、工具和人。资源又分为资源规划 Resource Plan (又称制造概念)。其中成本包含在产品里,时间包含在工艺里,设备利用率包含在资源规划里。

利用设计部门发放的产品三维数模和 EBOM,在三维可视环境下进行产品的装配工艺规划及工艺设计。将三维数模数据(属性)导入产品节点,并将三维数模数图形的路径关联到每个零件上,在编制工艺的任何时候都可预览零件和组件的三维图形,直观地反映装配状态。

在产品工艺分离面划分的基础上,对每个工艺大部件进行初步装配流程设计,划分装配工位,确定在每个工位上装配的零组件项目,在三维数字化设计环境下构建各装配工位的段件装配工艺模型,并制定出

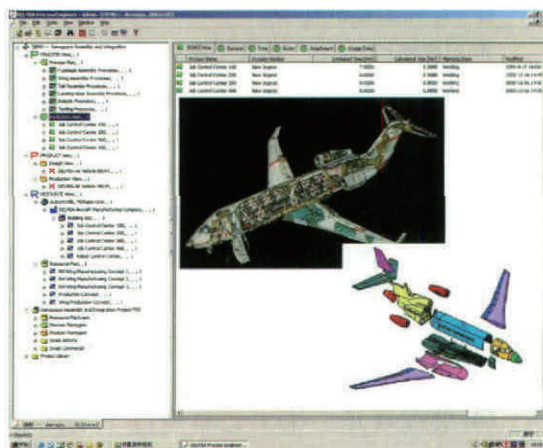
产品各工位之间关系的装配流程图,形成装配 PBOM。

在装配工位划分的基础上,对每个工位依据段件装配工艺模型在三维数字化环境下进一步进行各工位内的装配过程设计,确定每个工位内的段件装配工艺模型零组件的装配顺序,并且将相关的资源(设备、工装、工具、人)关联到工位上。确定该工位需要由多少个装配过程实现,并定义装配过程对应的 A0 号。

在装配 A0 划分基础上,对每本 A0 依据段件装配工艺模型进行详细的装配工艺过程设计,定义该工艺过程所需要的零组件、标准件、工装等,在三维数字化环境下确定该装配过程零组件、标准件、成品等装配顺序,明确装配工艺方法、装配步骤,并选定该装配过程所需要的工装、夹具、工具、辅助材料等资源,形成用于指导生产的 A0 和 MBOM。

5 数字化装配过程仿真验证技术

三维数字化装配过程仿真验证技术是在软件虚拟装配环境中,调入产品三维数模、资源三维数模和设计的装配工艺过程,通过软件模拟完成零件、组件、成品等数模上架、定位、装夹、装配(连接)、下架等工序的虚拟操作,实现产品装配过程和拆卸过程的三维动态仿真,验证工艺设计的准确度,以发现装配过程工艺设计中的错误。仿真是一个反复迭代的过程,不断地调整工艺设计,不断地仿



数字化装配工艺设计

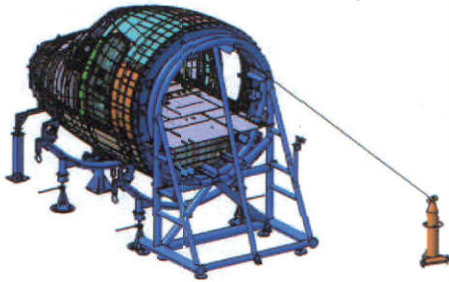
真,直到得到一个最优的方案。

(1) 装配干涉的仿真。

在虚拟环境中,依据设计好的装配工艺流程,通过对每个零件、成品和组件的移动、定位、夹紧和装配过程等进行产品与产品、产品与工装的干涉检查,当系统发现存在干涉情况时报警,并示给出干涉区域和干涉量,以帮助工艺设计人员查找和分析干涉原因。该项检查是零件沿着模拟装配的路径,在移动过程中零件的几何要素是否与周边环境有碰撞。在三维环境中,检查过程非常直观。

(2) 装配顺序的仿真。

在虚拟环境中,依据设计好的装配工艺流程,对产品装配过程和拆卸过程进行三维动态仿真,验证每个零件按设计的工艺顺序是否能无阻碍的装配上去,以发现工艺设计过程中装配顺序设计的错误。虽然装配顺序设计是按先里后外的原则设计的,但实际装配时候就发现有零件装不



数字化检测

上去,无奈只有拆除别的零件,先装这个零件。

(3) 人机工程的仿真。

产品装配的过程,少不了人的参与,产品移动的过程也就是人动作的过程。在产品结构和工装结构环境中,按照工艺流程进行装配工人可视性、可达性、可操作性、舒适性以及安全性的仿真。将标准人体的三维模型放入虚拟装配环境中,针对零件的装配,对工人以下工作特性进行分析。

(4) 装配现场三维工艺布局仿真。

在数字化环境下,建立厂房、地面、起吊设备等三维制造资源模型,将已经建立的各装配工艺模型和装配型架、工作平台、夹具等制造资源三维模型放入厂房中,按照确定的装配流程进行全面的工艺布局设计。三维工艺布局比传统的二维工艺布局更直观,充分体现了三维空间的状况。并且在数字环境下可以仿真生产流程。

(5) 可视化装配与人员培训。

经过仿真验证的三维数字化装配过程仿真文件,可在不同的工位节点或A0节点通过程序打包传递到车间,也就是将产品的三维数模和工艺信息(装配顺序说明或动画、装配产品结构等信息)传递到操作者手中。操作者能够采用终端电脑或手持电脑读取这些信息,使工人能够准确、迅速地查阅装配过程中需要的信息,提高装配的准确性和装配效率,缩短装配时间,降低装配成本。在生



产现场指导工人对飞机进行装配,帮助工人直观了解装配全过程,实现可视化装配。也可用于维护人员的上岗前培训。

6 数字化检测技术

通过数字测量系统(如激光跟踪仪、IGPS)实时监控、测量工装或产品上相关控制点(关键特性)的位置,建立起产品零部件基准坐标系,并在此坐标系中将工装或产品上关键特征点的测量数据和3D模型定义数据直接进行比较,分析出空间测量数值与理论数据的偏差情况,作为检验产品是否合格及进一步调

整的依据。

产品从零件的三维数模到零件的数控加工再到零件的数字化检测,其整个过程都实现了工程数据的数字化传递。

就这样反反复复,直到产品设计冻结。可以看到与传统的串行模式不同,产品设计、工装设计和工艺设计都是并行作业。

目的和意义

(1) 容易实现产品设计、工艺设计、工装设计的并行工程,因此,能够缩短产品研制周期,降低开发成本;

(2) 在产品实际(实物)装配之前,通过装配过程仿真,及时地发现产品设计、工艺设计、工装设计存在的问题,有效地减少装配缺陷和产品的故障,减少因装配干涉等问题而进行的重新设计和工程更改,因而降低了产品研制风险,保证了产品装配的质量;

(3) 利用数字标工达到装配过程协调以数字量传递,简化和减少了实务工装,并且使用数字测量技术保证了装配质量;

(4) 装配仿真过程产生的图片、视频录象直观地演示装配仿真,使装配工人更容易理解装配工艺,减少了装配过程反复,减少了人为差错;

(5) 装配仿真过程产生的图片、视频录象可用于对维修人员的培训;

(6) 对新产品的开发,通过三维数字化装配工艺设计与仿真,减少了技术决策风险,降低了技术协调成本;

(7) 通过三维数字化装配工艺设计与仿真,进行时间工时分析、车间三维工艺布局、资源规划和评估,有利于提高生产计划的准确度;

(8) 可提高企业在产品开发研制方面的快速应变能力,适应激烈的市场竞争和不同的用户需求;

(9) 提高了企业的技术创新能力。(责编 依然)