

关于飞机数字化定义体系的研究

Research on Digital Definition System of Aircraft

中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司 张 凯 王丹爽
海装驻沈阳军事代表局 张学军



张 凯

中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司飞机设计研究所高级工程师。1994年毕业于西北工业大学。从事多年CAD应用研究与培训、PDM系统研究与培训工作。

飞机(包括直升机)的研制是一项复杂的系统工程。传统的研制方法已形成了一套比较完备的体系,这套体系以模拟量数据的传递为依据,通过图样设计、大量的物理试验以及制造三级实物样机等工作,设计出符合要求的产品。

随着计算机技术的发展以及

飞机产品的数字化定义体系由多个部分组成。各部分之间必须协调发展,按照一个统一的目标建立起一个互相支撑、互相关联的有机体系。国外先进的航空制造企业已经建立了比较完整的数字化定义体系。国内的航空企业还基本处于单项技术的研究、应用阶段。

CAD/CAE/CAM等软件的普及使用,零部件三维建模、产品虚拟装配和数字仿真技术在飞机的设计过程中得到了广泛的应用。国外先进的航空企业将这些技术进行了综合,并与先进的数字化制造技术、装配技术相结合,改变了传统的研制模式,形成了一套全新的数字化定义体系。将数字化模式与传统模式进行比较可以发现,数字化模式可以大幅度地缩短研制周期、降低研制成本、提高研制质量。

我国的飞机数字化定义技术的研究、应用在近几年有了很大的发展,但大多是单项技术的应用,还没有将不同专业、领域的技术整合到一起形成一套贯通的体系。通过分析国外先进飞机制造企业的数字化定义模式,我们发现,所谓数字化定义,

不是简单地指使用了多少种数字化设计技术,而是针对传统研制模式、流程、方法和手段进行全方位的变革,建立一套全数字化的设计、试验、管理及制造体系。如果只是使用某些单项的数字化技术,还按照传统的研制模式和流程,则无法发挥出数字化技术的最大效率。

因此,产品数字化定义是指按照数字化设计流程,使用数字化定义方法和手段,实现并行的数字化产品设计、数字化工艺/工装设计、数字化仿真和数字化管理的综合性活动。实现基于知识、基于仿真,面向制造、面向装配的全数字化产品定义。

所谓飞机数字化定义体系,是指对数字化标准规范、数字化设计流程、数字化定义方法和基础数据库等方面进行全面的研究和定义,将这些

内容进行有机的综合,形成完备的数字化定义系统。

数字化标准规范

数字化标准规范是整个数字化定义体系的基础。标准规范包括数字化设计、仿真和管理等各方面的应用规范、规程,并将这些文件形成一个有机的系统。只有按照统一的标准规范去实施才能建立一套严谨、规范的数字化定义体系。因此,要坚持数字化定义,要遵守标准规范先行的原则。

标准规范的建立是一个长期的过程,要有组织、有计划地进行。在数字化定义体系建立之初,可以使用国家正式发布的 GB、HB、GJB 等标准。但这些标准有些只是一种概括性的说明,还需要广泛借鉴国外同行业的标准。在数字化实施过程中,要根据本企业的实际情况编制自己的规范、标准,及时地总结数字化定义中的各方面经验、教训,形成规范化、标准化文件,这样就能逐步地建立一套比较完备的数字化标准规范^[1]。

空客、波音等先进的飞机制造公司都建立了一套完备的标准。如波音公司有 BDS 系列的规范,空客公司有 AP、AM 系列的规范。国内已经发布了 HB7756 系列的 CATIA 建模要求。

数字化标准规范包括数字化定义的各个方面,大致范围如表 1 所示。

要按照统一的原则,总结各部门数字化工作实践经验,并参考国内外同行的相关规范进行编制。编制时应遵循“瞻前顾后”的原则,前、后分别指的是业务工作的上游和下游。要与上、下游部门沟通,编制出指导实际业务流程的规范。

数字化定义流程

传统的飞机设计流程是:方案论证—打样设计—详细设计。在这个过程中要进行三级实物样机的制造,用于外形吹风试验,各系统的干涉检查,各种导管、电线电缆、管路、操纵系统的安装协调等。

数字化定义流程的阶段划分与

传统流程不同。国外制定的一种数字化定义流程是:可行性分析—概念设计—合成设计—详细设计。国内有些企业在传统流程的基础上进行了改进,变为:方案论证—初步设计—装配设计—详细设计。这个流程与国外的流程相似,只是各阶段的名称不同。

数字化定义流程的几个主要特点是:

- 以零部件的三维建模为基础,实现全数字化电子样机的构建;
- 以数字量传递为基础,实现了产品/工艺/工装的并行数字化定义;
- 以产品数据管理系统为基础,实现了产品构型管理;
- 以数字化仿真技术为基础,实现基于仿真的产品定义;
- 以标准规范、基础数据库为基础,实现基于知识的产品定义;
- 以数字化制造、装配规则为基础,实现面向制造、面向装配的产品定义。

数字化定义流程的 2 条主线是建立全数字化电子样机和建立产品管理结构树,即产品数字化建模与产品数据管理要同步实施。而传统的设计方法中,数据管理一般在发图后实施。数字化定义流程的 3 个主要方面是:数字化设计、数字化仿真和数字化管理。

电子样机用来管理产品各系统的空间关系、用来分配各系统的空间位置、确定各系统的分离面、用于各种试验仿真,作为各专业设计协调的基础,以此来替代传统研制中的实物样机;产品结构树用来管理各系统的逻辑关系、实现产品数据管理、实现产品的构型管理,是各部门并行产品数字化定义的平台。2 条主线和 3 个主要方面之间的关系见图 1^[3]。

电子样机中包含不同级别的对象,在不同的设计阶段定义的重点是不同的。在方案论证阶段,主要是建

表1 数字化标准规范^[2]

飞机数字化定义标准规范	数字化管理类规范	数字化定义流程规范
		并行产品数字化定义规范
		...
	数字化产品设计类规范	CATIA 建模规范
		...
	数字化仿真类规范	CFD 气动仿真规范
		产品干涉检查规范
		工艺仿真规范
		...
	数字化工艺设计类规范	复合材料件加工规范
		机加件数控编程规范
		...
	基础数据库建立规范	标准件库建立规范
		...

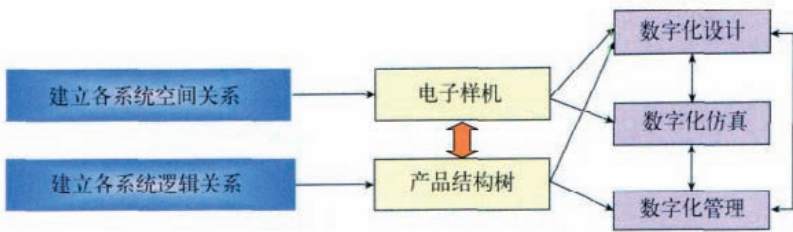


图1 数字化设计2条主线关系图

立飞机主几何模型,包括完整的飞机理论外形曲面,各系统的各种线框、轴线、关键点的定义;定义好各系统的分界面、空间分配;定义好主要零部件的基本形状和包容空间。

在初步设计阶段要完成主要零件的形状、尺寸的初步定义。实现飞机的可达性、可维护性、可靠性、人机工程和系统安装的分析验证。

在装配设计阶段,主要完成液压/燃油/滑油系统管路安装,电气系统电线、电缆的布置安装,各系统分界面、连接方式的精确定义,连接件、紧固件的装配,零部件形状、尺寸的准确定义。完成全机系统之间、系统内部的干涉检查;在详细设计阶段,主要是开展零部件的细节设计,并进一步进行干涉检查分析并提交正规的检查报告^[4]。

按照并行工作模式,工艺/工装的设计也包含在数字化设计当中。在产品的设计过程中,工艺部门要根据产品设计的不同阶段,开展相关的工艺、工装设计。同时,工艺部门要根据面向制造、面向装配的原则,检查设计模型是否符合规范,并根据制造工序提出对零部件的更改意见,要求在零部件模型中增加相关的制造、装配信息元素。

产品定义是一个大流程,在这个流程的每个阶段内都有数字化仿真的小流程。在不同的阶段要分别进行气动仿真、人机工程仿真、干涉检查、DMU运动仿真和零部件静强度分析等数字化仿真,实现基于仿真的产品定义。

在产品的设计过程中,产品结构树

也在逐步形成。产品结构树最初由管理员建立统一系统级别的节点,各专业人员在各系统下建立具体的结构树。在电子样机不断发展、扩充的过程中,各系统的产品结构树也在不断地发展、扩充,同时增加装配件、零件,插入成品件、标准件、材料件,导入相关的各种文档并插入到相关的零部件下,填写零部件的各种属性。当电子样机形成时,完整的产品结构树也形成了。

数字化定义方法

数字化定义方法是指完成数字化定义的方法、手段。简单地说,就是要使用哪些软件、系统来实现数字化设计、仿真、管理。这些软件、系统是数字化定义的基本工具,是整个数字化定义体系的技术支撑。

数字化定义方法,不是简单地将这些软件、系统罗列在一起使用,而是要对这些软件、系统进行深入的开发和有效的结合,通过应用规范、规程,详细地定义它们的使用方法、流程,使它们之间能够互相沟通、协调,从而构成一套完备的数字化定义方法、手段。

对于不同的部门,设计、分析仿真、管理软件要进行统一的规定和协调。各部门使用哪些软件工作,数据以哪种格式传递都要统一定义。同类软件的版本要统一,不同类软件之间如果有版本对应问题(如CATIA和VPLM)要规定使用对应的版本。在实际工作中,设计模型要传递给强度部门做强度分析,传递给工艺部门做工艺设计和仿真,传递给工装部门

做工装设计,传递给制造部门进行加工仿真、数控编程等。因此,各部门软件、系统的统一协调是数据交换、传递的基础^[5]。

在航空领域,数字化主流设计软件是CATIA。使用CATIA可以完成数字化产品设计、工装设计中的大部分工作。设计过程中要编写各模块使用步骤、方法的详细建模规范、建模规程,规定使用的总体原则以及使用各模块的基本流程、步骤。要根据各种零件的设计、加工、工艺特性编写出不同类型零件的设计规程和方法。要在规范中规定出面向制造、面向装配的设计方法。

数字化仿真软件有CFD、CATIA和DELMIA等软件。这些软件用于数字化定义的不同阶段,分别实现飞机的气动选型、干涉检查、虚拟装配、强度分析和运动分析等仿真验证。要实现数字化仿真,不只是简单使用仿真软件,还要在制度上、规范上进行详细的定义。要定义各阶段需要进行哪些仿真项目,达到哪些仿真指标。要定义设计软件与仿真软件之间的数据交换方式。

数字化管理主要是对数字化定义流程和数字化定义数据的管理。需要使用产品数据管理系统PDM来实现统一管理。为了便于使用,一般要求PDM系统与CAD软件之间结合的要比较紧密,要有很好的互操作性。随着数字化定义体系的不断完善,PDM系统不单是一个数据管理系统,也成为了一个各专业、各部门数字化协同定义的平台。产品设计、分析仿真以及工艺设计都可以集中到这个平台上。使用产品设计部门生成的单一数据源进行协同工作。共同构建完整的数字化电子样机和产品结构树,实现产品的构型和BOM的管理。

产品数据的管理包括对产品数据、仿真数据、工艺数据和工装数据的集中管理。有些企业在PDM系

统只管理产品数据,而其他数据则在不同的系统中管理。这样做产生的问题是仿真、工艺、工装部门要使用设计数据时,必须从一个系统导出再导入另一个系统,不同的管理系统之间存在着数据交换的问题,而要实现不同厂家开发的异构管理系统之间的数据交换是比较困难的。同时,导出的数据进入新系统后变成新的数据源,这样就无法保证整个定义过程的单一数据源。

产品构型管理。产品数字化定义的2条主线之一就是建立产品结构树,实现产品的构型管理。产品构型管理以产品结构树为依据,将产品分成不同的系统,按照模块化设计理念,在各系统中根据功能、结构分成不同的构型项,构型项可以进一步分为不变构型项、可变构型项。每一个可变构型项就是一个最小的设计模块。通过这种管理方式,简化了产品结构管理,也简化了产品配置管理。

在数字化定义方法方面,目前的发展方向是MBD(Model Based Definition)技术。MBD技术的出现,结束了三维模型与二维图样并行,二元数据源之间可能不统一的问题。它不只是一种设计方法,更是一种新的信息表达方式。在目前的PDM系统(如VPLM)中,需要建立一个零部件引用对象,将各种文档、信息集中在这个对象上,而一旦离开这个系统,就找不到零部件引用了,很多信息也找不到了。MBD技术可直接将所有的信息定义在三维模型文档上,只要在CATIA中打开零件模型,就能找到所有的信息,因此,它可以脱离PDM系统而单独地完整存在。MBD技术将成为三维数字化定义方法的发展方向。

基础数据库

基础数据库大致包括两大类:一类是外部资料数据库,主要有标准件库、材料库、成品件库;一类是内

部资料数据库,主要有典型零部件库、典型特征库。

标准件库要根据标准件的种类和使用方法的不同建立起多个库。一般来说,根据CATIA中不同模块的使用方法需要建立3个库,即通用标准件库、管路标准件库和电气标准件库。

- 通用标准件库主要包括紧固件、机体构件和操纵类标准件。这些标准件使用时,可以直接从库中复制,然后粘贴在装配件下使用,再通过智能移动和约束进行安装、定位。

- 管路标准件库包括各类管接头、管路配件和管道。这个库的使用要与管路模块结合在一起。要对管路零件赋予各种管路属性。使用时,将这些属性与管路的run结合在一起,实现管路的铺放,管接头的自动找正、连接。

- 电气标准件库类似于管路标准件库。也需要建立各种电气接头的实体模型,并对其赋予相应的电气属性。使用时要与CATIA的电气模块结合在一起使用,也具有参数化、智能化的特色。

要将标准件库保存到PDM中使用,这样才能保证标准件数据的单一数据源。在PDM系统中,要对标准件赋予各种属性,以便于生成各种报表。

典型零部件库应该根据企业生产的产品类型来建立。典型零部件库包含典型部件和典型零件2部分。典型部件就是要确定飞机上的典型系统和部件,并将该部件的不同结构、式样都建立成实体模型,进行集中管理;典型零件就是一个典型部件中主要的、有代表性的零件。如起落架机构中的支柱、摇臂、下撑杆、上撑杆等都属于典型零件,而其他的标准件、成品件,形状简单的轴、盘、盖等零件都属于普通零件。

确定了一个机构的典型零件后,要按照数字化设计方法的建模规范、

规程,对这些零件进行规范化的建模,以形成典型建模示例。同时,要根据该零件的功能、结构特点确定该零件的主要元素和主要参数。

当设计员进行一项新的设计时,可以在典型零部件库中找到典型部件,进行部件级的分析、构建。当进入零件详细设计阶段时,可以找到各部件中的典型零件,进行零件的分析、建模。

通过典型零部件库可以将设计中的经验进行提炼、总结,使之知识化、规范化、系统化。在开展一项新的设计时,可以依据典型零部件库中结构、参数进行设计,将过去基于经验的设计变成基于知识的设计。

结束语

飞机产品的数字化定义体系由多个部分组成。各部分之间必须协调发展,按照一个统一的目标建立起一个互相支撑、互相关联的有机体系。国外先进的航空制造企业已经建立了比较完整的数字化定义体系。国内的航空企业还基本处于单项技术的研究、应用阶段。由于国内的航空制造业建立的是厂、所分离的组织形式,造成设计部门和工艺制造部门的脱节,要想形成一套完整的数字化定义体系,面临着更多的困难。

参考文献

- [1] 刘正高,程华彦. 构建航天工程信息化标准体系实施路径探讨. 数字军工, 2009(4):26-30.
- [2] 王铭,欧洪武. 对航天型号研发信息化标准建设的思考. 数字军工, 2009(6):30-35.
- [3] 王俊彪,郑朔. 《HB 7757-2005 飞机数字样机通用要求》. 北京:中国航空综合技术研究所, 2006.
- [4] 胡秦赣,郑朔. 《HB 7798-2005 飞机数字样机评审要求》. 北京:中国航空综合技术研究所, 2006.
- [5] 张洋. 先进设计技术在航空武器装备研制中的应用. 数字军工, 2009(4):51-56.

(责编 玉龙 小城)