

协同工作环境下的产品关联设计技术研究

Product Associative Design in Collaborative Working Environment

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 唐家鹏 席平 张宝源



唐家鹏
博士研究生,主要从事飞机结构快速设计技术研究。

为了在有限研制周期内保证产品质量,提高研制效率,并行工程、协同设计等理念逐渐被产品研制部门采用。在协同设计环境中,不必等待设计工作全部完成,只需达到一定成熟度,即可下发阶段性的设计结果给工艺、工装、测量等部门,上下游工作并行展开,并通过一定的更新机制,保持各部门工作同步。

步,如图1所示。

各生产部门间的更新同步机制是实现协同设计的关键问题之一^[1]。传统产品研制过程中,多通过电话、协调单、手动更改模型等方法实现多部门的同步。MBD (Model Based Definition) 技术^[2]的提出,使得产品的制造信息(包括尺寸公差、形位公差、粗糙度等),工艺规程、测量规划

等全生命周期信息可以通过三维标注^[3],文本注释集等形式集成到产品三维模型空间内,从而使各部门间的同步简化为各部门所使用的产品模型间的同步。集成在产品模型中的上述信息具有结构化和形式化特点,便于计算机进行管理,从而为各部门间的更新同步提供了自动手段。

在产品协同设计领域,研究主要

近年来,产品及其研制过程的复杂性不断提高。为了在有限研制周期内保证产品质量,提高研制效率,并行工程、协同设计等理念逐渐被产品研制部门采用。在协同设计环境中,不必等待设计工作全部完成,只需达到一定成熟度,即可下发阶段性的设计结果给工艺、工装、测量等部门,上下游工作并行展开,并通过一定的更新机制,保持各部门工作同

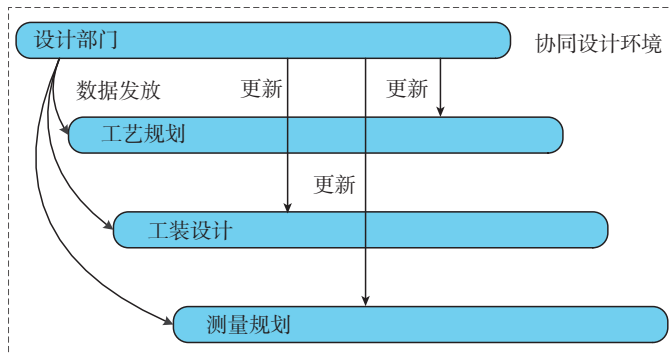


图1 协同工作环境

集中在应用 WBS (Work Breakdown Structure)、Petri 网、设计结构矩阵 (Design Structure Matrix, DSM)^[4] 等方法进行协同任务分解与规划;应用 Web、Agent 等技术构建协同设计系统等方面,并未关注各部门间更新同步中的如下问题:

(1) 在协同工作中,设计模型往往需要进行频繁修改,如何提供工具实现相应工艺模型、工装模型和测量模型等的快速更新?

(2) 如何在更新中保证上下游模型数据的一致性?

为解决上述问题,本文对协同工作环境下产品关联设计技术进行了研究。关联设计技术是在 MBD 基础上,通过参数化驱动等技术建立模型之间的相互依赖关系,从而实现产品关联模型的自动同步更新技术^[5]。关联设计技术可为上下游模型的快速更新提供工具,并通过维护模型间的相关性保证更改过程中的数据一致性。关联设计属于参数化设计技术,不同的是,关联设计技术把模型的参数化设计上升为模型和模型之间的几何元素或参数的驱动关系^[6]。

本文首先以飞机机翼的设计、制造过程为例,分析协同工作中关联设计,并将关联关系进行分类;之后分别讨论产品模型各类关联关系的建立和更新的方法;最后通过实例验证所提出方法的有效性。

产品验证过程的关联性分析和分类

飞机作为典型的复杂产品,包含众多零件,并且其研制过程具有多部门协同,不断更改、迭代的特点。在产品设计和制造过程中存在着总体布局与细节结构、模型与模型之间的诸多关联关系。本节以飞机机翼为例,分析其中的关联关系,并进行归类,以便对同一类关联关系采用统一的处理方法,从而使问题得到简化。

1 设计模型间的关联

设计模型是记录设计结果及设计过程中相关信息的三维模型,包含:坐标系、几何实体、设计特征、基准元素等几何信息,以及三维标注,材料、质量、产品版本号等非几何信息。设计模型间的关联体现在总体布局与细节结构、细节结构与细节结构之间。

例如飞机翼肋结构模型的位置由初步设计时布置的翼肋站位面决定,其外轮廓应与站位面处的蒙皮内型面相贴合,如图 2 所示。当翼肋站位面发生更改时,翼肋位置及外轮廓应自动随之更改。

又如翼肋缘条处的缺口用于容纳长桁通过,缺口的位置应与长桁的位置相一致,缺口的大小应与长桁的截面尺寸相匹配。当长桁的位置或截面尺寸发生更改时,翼肋上长桁缺口的位置和尺寸应自动随之更改。

2 设计模型与工艺模型间的关联

工艺模型是由设计模型派生出来的三维模型,主要是指在设计模型基础上增加了工艺特征、工序集、工步集以及产品制造信息的工艺规划模型和相应的工艺装备模型。设计

模型与相应的工艺规划模型及工装模型之间可能存在着关联。

三维标注使得产品的非几何信息可以集成到三维模型空间中,从而完成对产品的全面数字化定义。产品的非几何信息既包括尺寸公差、形位公差、粗糙度等标注信息,又包括重量、材料、可替代材料、热处理、表面处理等文本信息,如图 3 所示。当设计模型中的非几何信息(文本信息和标注信息)发生更改时,工艺规划模型中的相应信息应自动随之更改。

3 模型关联关系的分类

根据以上分析,总结各个实例中的关联元素,归纳其中的共性特点,将产品设计、工艺、测量过程中的关联分为:基准引用、参数关联和非几何信息关联 3 大类,如表 1 所示。

模型关联关系的建立和更新方法

CATIA 是面向产品全生命周期的 CAD 软件,是航空企业进行飞机研制的主要软件工具。它通过发布机制、带链接的粘贴、外部参数等功能从一定程度上支持了产品的关联

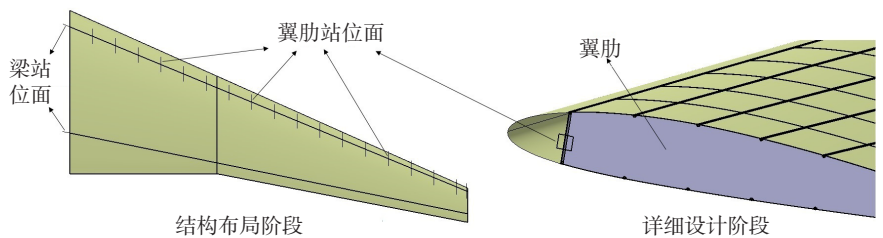


图2 机翼肋站位面与翼肋结构模型的关联

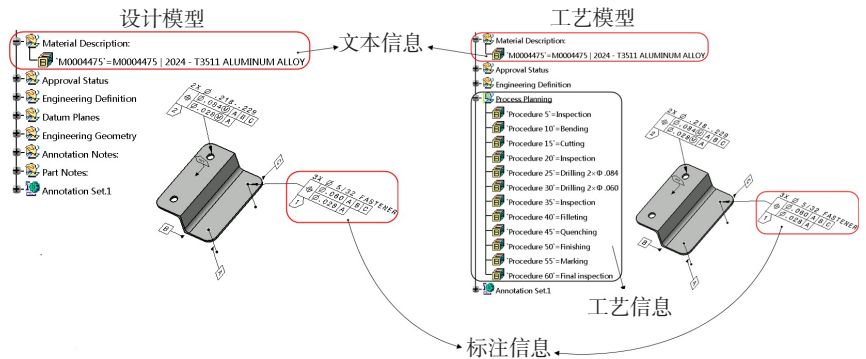


图3 设计模型与工艺模型间的非几何信息关联

表1 关联关系分类

实例	关联元素	关联类型
翼肋位置与翼肋站位面关联	站位面(平面)	基准引用
翼肋外轮廓与蒙皮内形关联	曲面	
翼肋缘条缺口位置与长桁轴线关联	轴线	
翼肋缘条缺口尺寸与长桁截面尺寸关联	尺寸参数	参数关联
工艺模型与设计模型的文本信息关联	文本信息	非几何信息关联
工艺模型与设计模型的标注信息关联	标注信息	

设计。然而在关联设计领域, CATIA 仍存在如下不足之处:

(1) 手工操作 CATIA 建立模型间基准引用、参数关联、非几何信息关联步骤较多, 且各不相同, 设计者的使用效率较低;

(2) CATIA 中, 标注信息不可被发布, 且无法执行带链接的粘贴, 无法实现模型间这些信息的联动修改, 无法满足设计模型与下游工艺模型、检验模型之间的标注信息关联需求。

为改进这些不足之处, 更好地实现协同工作环境中上下游环节的关联设计, 本节分别针对 3 种类型的关联关系, 研究模型关联关系的建立和

更新方法。

1 关联关系的建立

1.1 基准引用

在 CATIA 中, 可以通过带链接粘贴和几何元素替换方式实现模型间的基准引用关联。实现流程如图 4 所示。

Step1 上游模型发布基准几何元素;

Step2 用户选择发布元素, 并在下游模型文件中选择要替换的几何元素;

Step3 通过带链接的粘贴, 将选择的基准几何元素拷贝到下游模型文件;

Step4 将用户选择的几何元素替换为从上游粘贴的几何元素, 更新模型;

Step5 查询被替换几何元素是否被其他特征使用, 若是结束, 否则转 Step6;

Step6 提示用户是否删除被替换几何元素, 若是转 Step7, 若否结束;

Step7 删除被替换几何元素。

1.2 参数关联

在 CATIA 中, 可以通过外部参数方式实现模型间参数的参数关联(图 4)。

Step1 上游模型创建并发布参数;

Step2 用户选择发布参数, 在下游模型文件中选择要关联的参数, 并输入关联关系表达式;

Step3 通过带链接的粘贴, 将选择的发布参数作为外部参数拷贝到下游模型文件;

Step4 建立外部参数与下游模型中已有参数的关联关系表达式, 更新模型。

1.3 非几何信息关联

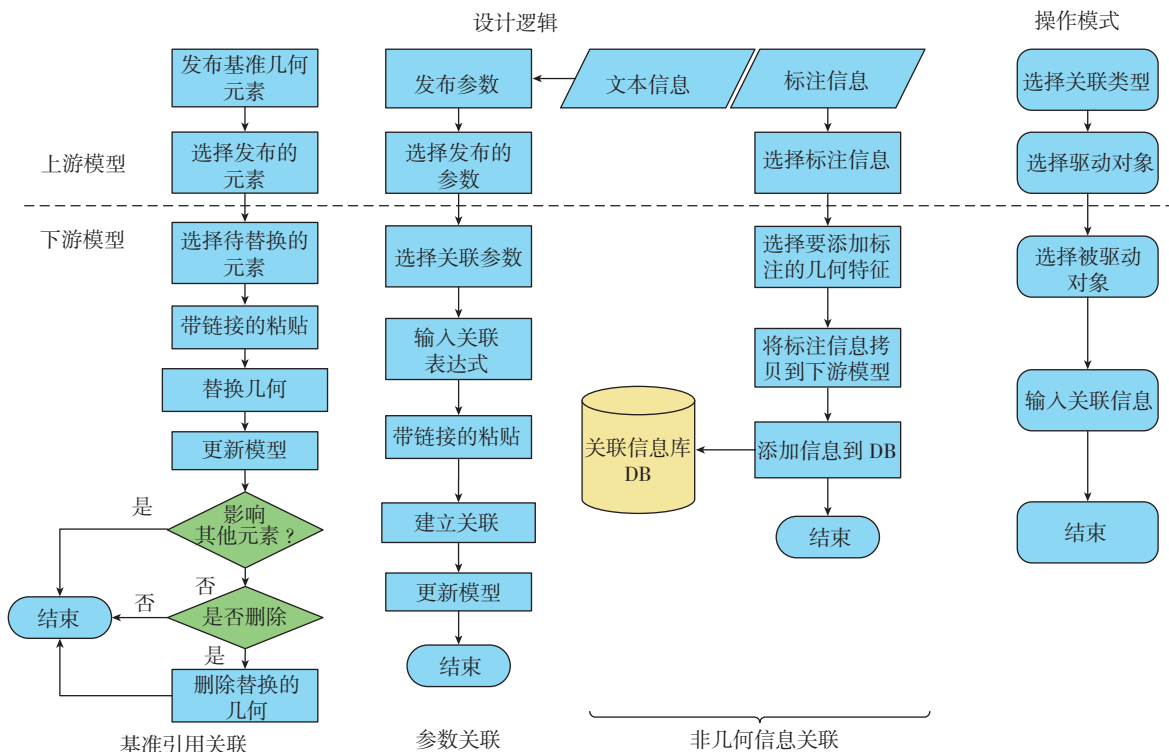


图4 关联关系建立流程图

重量、材料、可替代材料、热处理、表面处理等文本信息,可以转化为参数关联类型,只是参数类型为字符串。其关联建立方法与参数关联方式相同。

几何公差、形位公差、粗糙度等标注信息,在CATIA中不可被发布,且无法执行带链接的粘贴,所以无法支持模型间这类信息的联动修改。对这一CATIA自身尚不支持的关联功能,使用如下方法建立关联,并通过独立于CATIA的数据库来维护标注信息的关联关系(图4)。

Step1 用户选择上游模型中的标注信息;

Step2 用户选择下游模型中要添加标注的几何特征;

Step3 通过普通粘贴功能,将标注信息拷贝到下游模型文件中;

Step4 将上游模型名称和标注信息ID,以及下游模型名称和标注所在特征ID记录到数据库中。

由图4所示,不同类型的关联关系建立方法不同,但通过开发软件工具,可以将它们归为同一种用户操作模式:选择关联类型→选择驱动对象→选择被驱动对象→输入关联信息→完成关联。

2 关联关系的更新

当模型的某个对象发生变化时,搜索所有与之直接或间接关联的模型对象,根据关联类型,完成自动更新。关联类型以及与之相对应的更新方法如表2所示。

实例验证

本节以翼肋结构与机翼布局的基准引用关联为例进行验证,上游设计人员在机翼布局模型中发布上下蒙皮曲面、前后梁腹板面、1号肋至20号肋站位面,供下游详细设计部门引用,见图5(a);下游设计人员设计2号肋初始模型,见图5(b);将初始模型中的建模基准替换为布局模型中的上下蒙皮曲面、2号肋站

表2 关联更新方法

关联类型	更新方法
基准引用	替换引用的基准,并继承原基准的关联关系,更新模型
等式关联	令被驱动参数等于驱动参数,更新模型
函数关联	根据关联关系表达式计算被驱动参数,更新模型
非几何信息关联	对于文本信息,令被驱动参数等于驱动参数,更新模型
	对于标注信息,根据数据库中记录的关联关系,重新拷贝一次

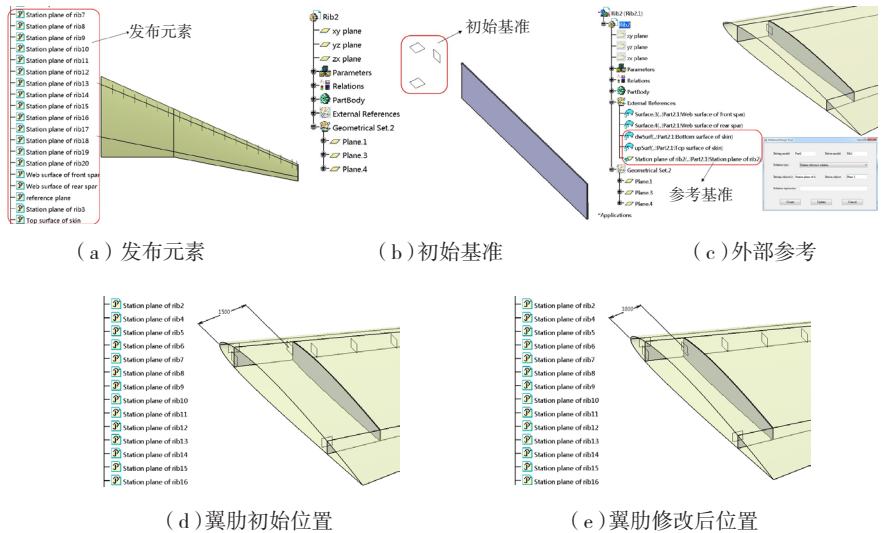


图5 翼肋结构与机翼布局模型的基准引用关联

位面,得到详细设计模型,其外轮廓与上下蒙皮曲面贴合,见图5(c);其位置与布局模型中2号肋站位面位置一致,见图5(d);上游设计人员更改2号肋站位面位置,翼肋详细设计模型位置随之更改,但仍保持外轮廓与上下蒙皮曲面贴合,如图5(e)所示。

结论

(1)以飞机机翼为例进行分析,设计模型之间、设计模型与工艺模型之间的关联关系可以归为:基准引用、参数关联、非几何信息关联3大类。

(2)分别针对3种类型的关联关系,研究模型关联关系的建立和更新方法,并归结为统一的用户操作模式:选择关联类型→选择驱动对象→选择被驱动对象→输入关联信息→完成关联创建。

(3)在以上研究基础上,以机翼翼肋结构为例验证了所提出方法的有效性。

参考文献

[1] Shen W M, Hao Q, Li W D. Computer supported collaborative design: retrospective and perspective. Computers in Industry, 2008(5): 855-862.

[2] 冯国成,梁艳,于勇,等.基于模型定义的数据组织与系统实现.航空制造技术,2011(9): 62-66.

[3] 张宝源,席平.三维标注技术发展概况.工程图学学报,2011,32(4): 75-79.

[4] Ali Yassine, Dan Braha. Complex concurrent engineering and the design structure matrix method. Concurrent Engineering Research and Applications, 2003, 11(3): 165-176.

[5] 刘俊堂.关联设计技术在飞机研制中的应用.航空制造技术,2008(14): 45-47.

[6] 刘俊堂.三维设计推动飞机数字化研制技术的全面应用.航空制造技术,2012(6): 38-41.

(责编 良辰)