

基于知识工程的飞机机加件快速设计模块开发

Development of Rapid Design Module for Aircraft Machining Parts Based on Knowledge Engineering

南京航空航天大学机电学院 戴先俊 徐岩
中航工业昌河飞机工业(集团)有限责任公司 徐少林 熊培彬



戴先俊

南京航空航天大学硕士研究生，研究方向为数字化设计与制造。

机加件作为飞机结构件中的常用类零件，其结构形式复杂多样，需要在大量行业标准和规范的支持下设计。目前，飞机结构设计主要采用 CATIA 三维设计软件作为建模平台，该软件大多数是以简单的几何形状作为操作对象，没有将设计知识和经验有效地融入到设计过程中，导致其专业性、针对性不强，并且大量的查阅标准及重复性设计工作降低

了飞机结构的设计效率。因此，实现机加件的快速设计能够有效地提高设计效率。

本文根据飞机设计研究所的具体需求，采用知识工程和参数化设计技术，将飞机机加件典型结构的几何特征与设计知识相关联，建立基于知识的参数化特征库，并利用二次开发工具(CAA)实现特征库与 CATIA 建模环境的无缝连接，构建基于知识工程的机加件快速设计模块。

了飞机结构的设计效率。因此，实现机加件的快速设计能够有效地提高设计效率。

本文根据飞机设计研究所的具体需求，采用知识工程和参数化设计技术，将飞机机加件典型结构的几何特征与设计知识相关联，建立基于知识的参数化特征库，并利用二次开发工具(CAA)实现特征库与 CATIA 建模环境的无缝连接，构建基于知识工程的机加件快速设计模块。

机加件快速设计模块

1 模块概述

该模块的开发是以 CATIA V5 作为支撑平台，采用 CAA、Visual Studio 2005 作为开发工具，以二次开

发的方式实现了基于知识工程的飞机机加件快速设计。结合机加件设计需求和结构特点，模块使用流程如图 1 所示。该模块在使用过程中，根据所访问的特征库的不同，需要用户提供相应的定位约束信息，以便于将特征正确地导入到当前设计中，这是实现机加件快速设计的关键步骤之一。

2 模块主要功能

传统的机加件设计过程是先建立基本模型，然后对机加件结构所包括的一系列细分特征进行设计，再按照合理的建模顺序进行布尔运算，从而完成机加件的设计。机加件快速设计模块是通过特征模板导入的方式，先完成机加件的结构外形设计，

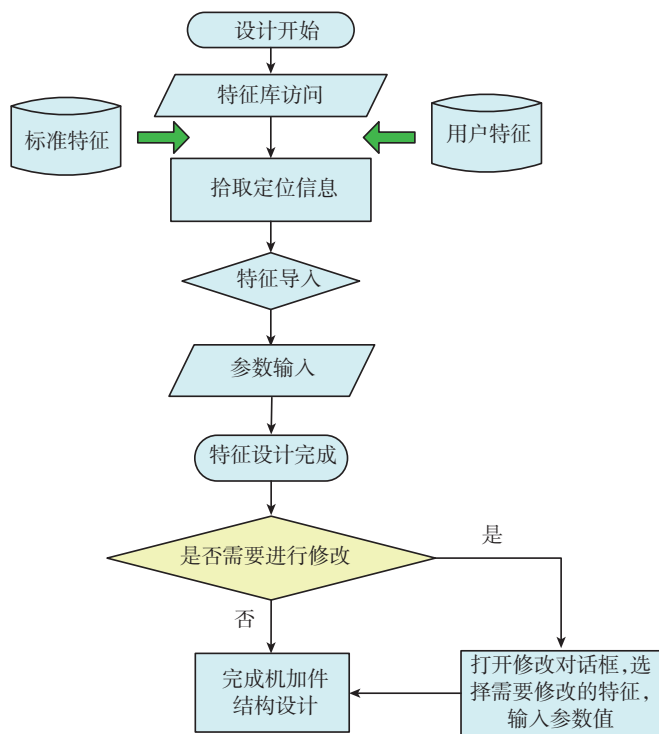


图1 机加件快速设计流程

再结合参数输入方式完成机加件的几何参数设计。该模块的主要功能包括特征设计和特征参数快速修改。

2.1 特征设计

机加件特征设计是从特征模板库中获取目标特征,然后结合定位约束信息将目标特征导入到当前设计本体中,实现设计意图的过程。特征

设计的完成需经过特征导入、定位约束选取和特征实例化 3 个步骤,如图 2 所示。

特征导入的实质是从特征集中获取用户所需特征^[1],在 CATIA 平台下的特征导入可以利用 CATIA 自身的用户特征功能将机加件的建模特征、设计规则、设计参数及公式集

成起来,之后将具有集成信息的用户特征存储到目录编辑器 Catalog 中,即可实现机加件特征信息的重复使用,提高机加件的设计效率。

Catalog 库文件创建完毕后,便可通过该库文件调用已有的机加件特征。特征导入时先要根据 Catalog 提供的目录层进行筛选,用户获取所需特征之后,要通过导入该特征时所提示的定位依据选取相应的定位基准,并可通过更改定位基准的方向来确保该特征在整体设计中的正确位置关系。

特征实例化是引用了面向对象的思想,根据类与对象的概念,特征导入时所选用的目标特征就是类,因而使用同一个类创建出来的实例对象具有相似的结构特征^[2]。在机加件特征导入与定位约束完成之后,就要根据经过强度计算、查询航标等方式确定的几何参数来实现特征实例化,进而完成机加件的快速设计。

2.2 特征参数快速修改

机加件特征设计完成之后,对应的特征参数名称和参数值会显示在其子特征树上。由于机加件结构形式复杂多样,相应的特征参数往往会很多,如果利用 CATIA 自身双击特征树上的参数名称进行参数值的修改,就会使得参数修改过程过于繁琐。并且由于没有参数示意图的说明,设计人员就很难明白这些特征参数分别对应着哪些结构的几何尺寸,从而导致参数输入不合理、结构形状错误等问题。

特征参数修改功能是针对已创建完成的机加件进行修改而开发的,是对特征设计功能的拓展与完善。设计人员只需选取所要修改的机加件特征,利用快速修改功能的对话框输入相应的参数值,即可对已创建的机加件进行几何参数的快速修改,实现机加件结构形状的灵活调整。

3 模块功能实现的关键技术

机加件快速设计模块主要致力

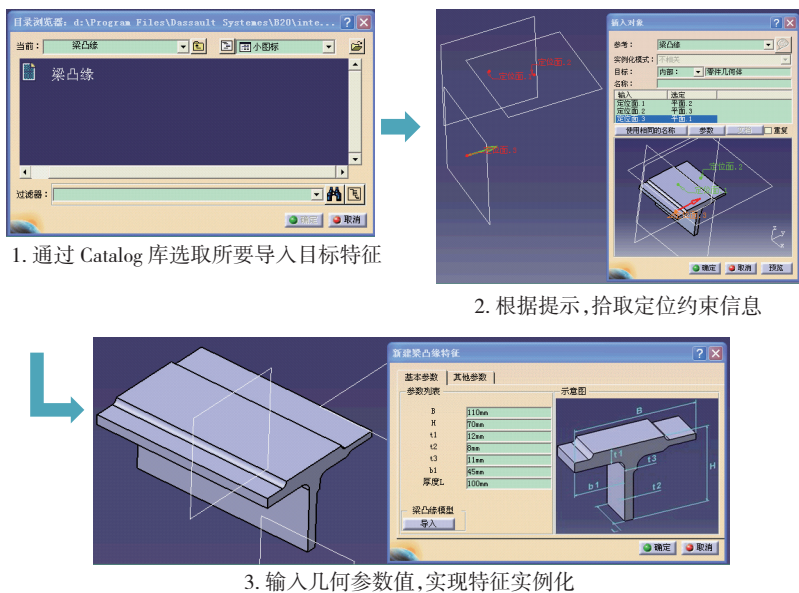


图2 特征设计

于将常用机加件规范的设计信息、最优的设计方法和流程等隐含的知识转化为正规的显式知识^[3],以实现设计知识的继承和再利用。在具体功能开发过程中所涉及的关键技术包括:归纳与提炼机加件的典型结构、参数化特征模板库的创建、知识工程与机加件特征的融合。

3.1 机加件的典型结构

机加件作为飞机上的关键和主要受载部件,在飞机结构中应用广泛且形式复杂多样。根据使用和工艺特点,机加件可分为以下几类^[4]:

(1)整体零件类:大量用于飞机结构件,包括隔框、翼梁、翼肋、壁板等。该类零件结构形式较复杂,外形轮廓尺寸大。

(2)盒形类:用于纵横向构件交点处的连接,包括角盒、接头等。

(3)叉耳类:常用于结构连接件和系统构件,包括叉耳接头、耳片、支座、摇臂等。

(4)轴筒类:包括缓冲器外筒、中间筒、活塞、推杆等。

(5)圆盘类:包括盖、环、隔板等。

(6)型材类:这类零件多为长形件,如梁凸缘、铰链等。

(7)附加类:这一类并非单独的零件,而是基于整体或某些零件的附加特征,如孔、槽、凸台等。

根据以上总结出来的机加件的分类,并结合在飞机设计研究所的实地调研,该模块针对机加件主要开发了包括梁凸缘、耳片、翻边孔、四边形减轻槽、耳叉凹槽、T型梁凸缘、斜筋以及螺纹孔这八类常用结构特征的快速设计功能。

3.2 参数化特征模板库的创建

根据上述归纳、提炼出来的机加件的典型结构特征,运用知识工程技术将这些典型结构的设计准则和专家知识融入到设计模板中,为常用机加件建立特征模板库。并通过CAA二次开发的接口实现对特征模板库

的访问与调用,进而可以解决机加件在设计过程中存在的设计不规范、工作重复、设计效率低等问题。机加件快速设计模块中的特征模板库如图3所示。

为了提高特征模板库的通用性

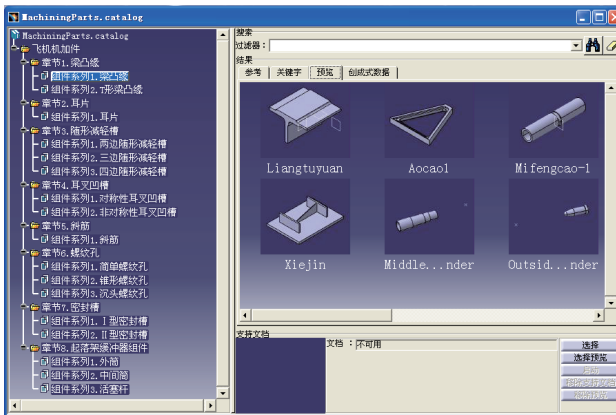


图3 特征模板库

和使用灵活性,必须引入参数化设计方法。其基本思想是以约束来表达产品模型的形状特征,通过从模型中提取一些主要的定形、定位或装配尺寸作为自定义变量,修改这些变量的同时由一些公式计算出并变动其他相关尺寸,从而快速方便的创建一系列形状相似的零件^{[3][5]}。在构建机加件特征模板库时,实现参数化建模的过程主要包括以下3个步骤:

(1)根据机加件的结构和使用特点,确定合适的定位信息,以作为其建模的约束基础。定位信息是由建模时使用的定位基准所决定,并由此形成用户定位信息,即导入特征模板时需要用户提供的定位基准,依据该定位基准便可实现机加件在整体设计中的定位。

(2)建立几何模型,创建机加件特征模板。定位信息确定后,即可进行几何模型的建立,要求几何模型要被完全约束。

(3)建立参数与公式,进行特征模板参数化。从特征模板中提取主要的几何形状尺寸作为自定义参数变量,利用公式将这些参数变量与模型的几何尺寸关联起来,由此即可通

过修改参数变量的值来使特征模型的几何形状实现实时变更。

3.3 知识工程与机加件特征的融合

机加件特征与知识工程的融合是一个参数的解释过程,目的在于实现知识的继承和再利用。特征是产

品信息的载体,知识是理论与实践的综合,将特征本身的物理特性以一种与函数关系类似的形式映射到设计知识中,就可以实现机加特征与知识的正确关联。运用的时候再将知识中的数据传递给特征,这样两者便能够有机的融合

在一起。

在知识与特征的结合过程中,知识的获取是一个关键步骤。知识获取的基本任务是为系统获取知识,建立起健全、有效的知识库。知识获取的过程是知识工程师和领域专家共同工作的过程,分为交互式和非交互式两种:交互式也称主动式(AKAS),由知识工程师提出问题,领域专家作出回答,在交互中获取知识;非交互式也称被动式(PKAS),知识工程师不干扰领域专家的工作,以观察的方式获取知识^[6]。机加件的设计知识和设计经验,主要是通过与航空研究所的飞机结构设计人员进行有关机加件设计方面的沟通与交流的方式来获取的,即在交互中获取知识。

当机加件设计特征与知识工程实现融合以后,就可以利用知识库中的知识信息驱动设计,从而获得满足设计要求的目标特征。在该过程中,机加件快速设计模块的知识信息传递流程如图4所示。

应用实例

根据上述研究,利用CAA在CATIA平台下开发出了基于知识工

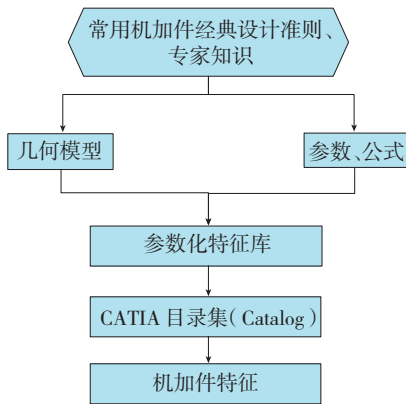


图4 知识信息的传递过程

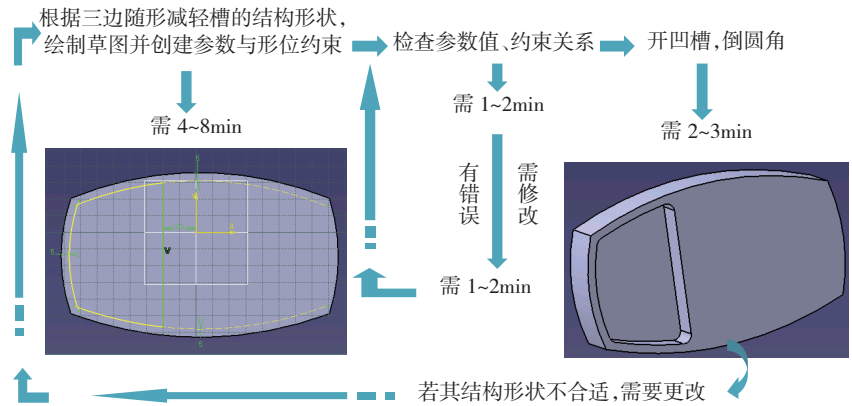


图6 传统方法创建三边随形减轻槽的过程

程的飞机机加件快速设计模块,其软件界面如图 5 所示。图中快速设计工具条上包括针对梁凸缘、耳片、翻边孔、四边形减轻槽、耳叉凹槽、T 型梁凸缘、斜筋以及螺纹孔而开发的八个特征设计功能和七个特征参数快速修改功能,使用时通过工具条上的图标命令便可调出相应的快速创建对话框或参数修改对话框。

下面以飞机机加件中常用的三边随形减轻槽为例,将利用传统方法创建三边随形减轻槽的过程与利用该快速设计模块创建三边随形减轻槽的过程进行对比,来说明机加件快速设计模块在提高设计效率方面所具有的优势,如图 6、7 所示。

结论

本文基于知识工程的产品设计理念,应用参数化设计和 CATIA 二

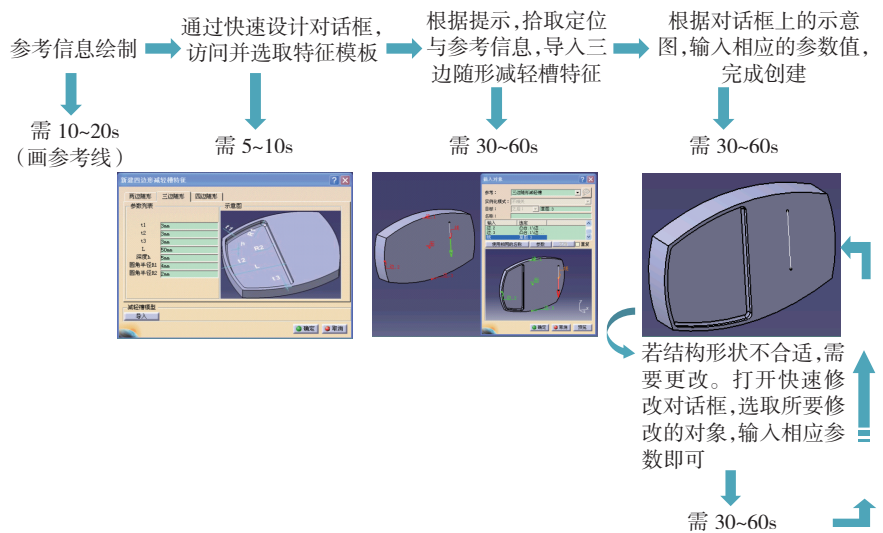


图7 快速设计系统创建三边随形减轻槽的过程

次开发技术,开发出了机加件快速设计模块。该功能模块应用于飞机结构设计工作中,解决了机加件在设计过程中存在的设计不规范、工作重复等问题,实现了设计流程的统一,完

成了设计知识的继承与重用,进而提高了设计效率。

参考文献

- [1] 秦海峰. 基于特征与知识的航空钣金快速设计系统的研究与开发 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.
- [2] 葛晨, 乔立红. 制造特征信息建模及其实例化方法. 计算机集成制造系统, 2010, 16(12): 2571-2575.
- [3] 王智明, 杨旭, 平海涛. 知识工程及专家系统. 北京: 化学工业出版社, 2006. 3-5.
- [4] HB 7756.5-2005. 中华人民共和国航空行业标准. 北京: 国防科学技术工业委员会, 2005.
- [5] 金建国, 周明华, 邹学军. 参数化设计综述. 计算机工程与应用, 2003, (7): 16-18.
- [6] 杨炳儒. 知识工程与知识发现. 北京: 冶金工业出版社, 2000. 264-265.

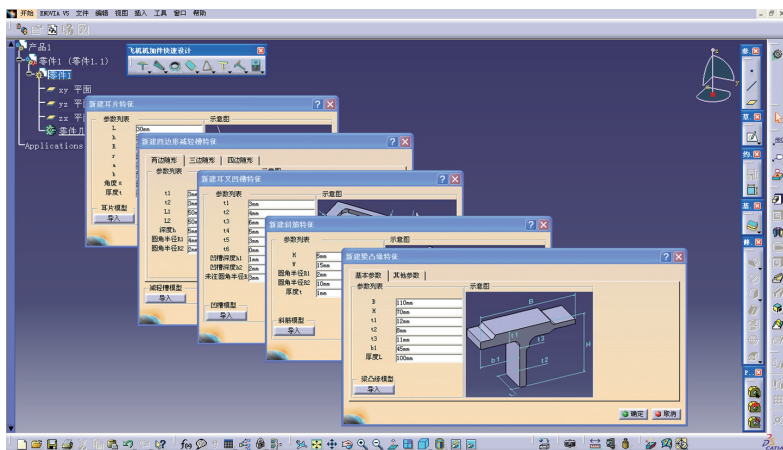


图5 软件界面

(责编 亦非 志一)