

# 飞机翼类典型结构件库系统设计与实现

Design and Implementation of Typical Aircraft Wing Structural Parts Library System

北京航空航天大学机械工程自动化学院 张青 席平 余伟巍

[摘要] 分析了飞机翼类典型结构件的特征知识,采用吸纳法实现知识驱动飞机翼类典型结构件几何设计,研发了独立于 CAD 平台的结构件知识库。实现了翼类典型结构件设计资源的重用,在降低变形设计难度的同时提高了设计效率,并为其他零件和标准件库的建立提供了一个新的方法。

关键词: 机翼 知识驱动 知识工程 结构件库

[ABSTRACT] The features knowledge of the typical aircraft wing structural part are analyzed, and the structure knowledge library which is independent of CAD platform is developed by using absorbing method for implementing the geometric design of typical knowledge-driven aircraft wing structures. The design resource reuse of the typical wing structural part is implemented, so that the deformation design difficulties are reduced and the design efficiency is improved. A new method is provided for the establishment of other parts and standard parts libraries.

Keywords: Wing Knowledge-driven KBE Structural parts library

从产品设计开发的角度来看, CAD 技术的发展已经经历了 3 个主要阶段: 基于图纸, 基于特征, 基于过程; 目前正在经历第 4 个阶段: 基于知识<sup>[1]</sup>。

现今的主流 CAD 软件(如 CATIA)一般都采用统一的数据库,集三维实体、曲面造型、装配造型、二维工程图、数控加工、机构运动仿真、钣金设计、加工和装配工艺过程设计等功能于一体。全参数化的和功能强大的实体造型技术为设计者提供了很大的方便,缩短了设计周期<sup>[2]</sup>。但是以几何模型为主的 CAD 系统仍然无法将领域设计知识和原理、同类设计以及专家经验等融入到几何模型中去,因此,这种系统无法实现知识资源的重用,设计者仍然需要进行大量的重复性设计工作。同时,现有 CAD 软件种类繁多,因此要求设计者针对不同建模环境掌握不同的软件使用方法。适应不同的 CAD 软件环境并进行重复性的工作是对设计人员时间和精力浪费,也限制了设计人员的创

造能力。

本文针对上述问题,以飞机翼类典型结构件为背景,建立了独立于 CAD 平台、基于特征知识的飞机翼类典型结构件库。

## 1 知识驱动飞机翼类典型结构件几何设计

由几何驱动上升为知识驱动,关键是要解决知识结构与产品几何参数之间的对应关系,或者称由知识到几何的映射<sup>[3]</sup>。影响零件设计的知识,大体上可以分为几何知识和非几何知识。知识驱动几何设计,必须将非几何的知识转化到几何知识上来,从而达到知识驱动的目的。

知识驱动几何设计的主要目的是为了实现在产品的创新设计(特别是存在大量重复性工作的设计),而产品创新主要来自概念设计阶段所涉及的功能、原理、形态、布局 and 结构等方面的创新<sup>[4]</sup>,即协同创新。知识驱动协同创新可通过采用创成和吸纳 2 种方法来实现。

创成法是基于本体知识驱动的协同创新方法,利用知识库,采用知识推理技术,实现产品在原理上、结构上或组合方式上的创新。创成法适用于零件差别较大,无法采用变形设计达到目的的设计过程,同时对 CAD 软件的要求更高,除了在造型方面必须有突破外,对于设计过程之中的信息交互也更为复杂。

吸纳法是基于实例的产品变形设计方法,通过吸收现有的、成熟的国内外产品和科研成果,设计出较新颖的(局部创新)产品或构型,这个过程可以看作是由一到多的设计过程。吸纳法可以通过模板技术实现,利用专家模板完成不同零件实体的创建,减少了设计人员的重复性工作。目前,通过参数化建模过程,零件实体中几何尺寸之间的约束关系可以由 CAD 软件本身来实现,而如何实现非几何知识驱动几何设计是研究的重点,本文叙述的飞机典型结构件库系统使用了吸纳法完成知识的驱动设计。

## 2 飞机翼类典型结构件分类及特征分析

飞机机翼受力构件主要由蒙皮、翼梁、桁条和翼

肋组成,如图 1 所示。

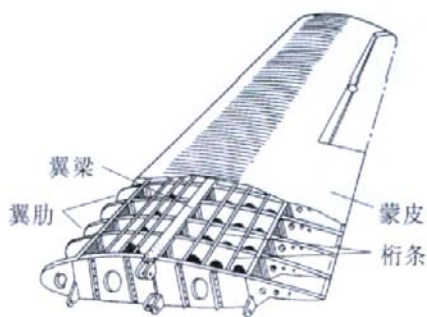


图 1 机翼受力构件

Fig.1 Force structure of wing

(1) 蒙皮构成机翼表面,直接承受空气动力载荷并将其传递到机翼的纵向以及横向的构件上<sup>[9]</sup>。由于蒙皮与机翼骨架的外轮廓紧密相关,建模过程中常由翼肋以及翼梁等组成的骨架外部轮廓生成,因此没有参数化的必要,不作为飞机翼类典型结构件库的组成部分。

(2) 桁条作为加强蒙皮的纵向构件,主要承受弯矩引起的轴向力。桁条可以按照截面形状进行分类,这给建模带来了极大的方便,同时也为特征的重复利用带来了可能。桁条的特征在飞机翼类结构件中相对简单,其设计大体上可以归纳到桁条的截面设计上来。按截面形状,桁条一般分为开式截面和闭式截面。这样,通过对桁条截面的选择进入桁条设计过程,同时可以更改选择截面的相关参数,得到新的桁条零件。在飞机翼类典型结构件库中,可以指定截面的桁条模板通过对模板的推理得到新的桁条零件实体。

(3) 翼梁的主要功用是承受机翼的弯矩和剪力,其结构相对复杂,特征较多,因此在实际建库过程中可进行相应的简化处理。现代机翼一般采用腹板式金属翼梁,由缘条和腹板铆接而成<sup>[9]</sup>,缘条多由厚壁开口型材制成,具有规则的截面形状;腹板则按照受力要求,分布在缘条延伸方向。对于翼梁特征的提取,主要是确定缘条的截面形状,同时对腹板的布局进行设计,从而得到翼梁结构件。

(4) 翼肋是机翼的主要承力件之一,其外形和机翼翼形大致吻合,结构特征复杂。对于不同型号飞机而言,翼肋在外形上差别很大,但其内部结构特征相差却不大。通常采用的腹板式翼肋,其四周弯边用来与蒙皮铆接。为了减轻重量,同时为机翼内部管线以及机械传动装置提供过孔,翼肋往往开有大孔<sup>[9]</sup>。在设计翼肋时,由于飞机翼形往往难以改变,对于固定型

号的飞机来说,其翼肋的外形是固定的。但是在满足强度要求的情况下,翼肋内部过孔可以根据飞机内部管线布局来考虑。本课题翼肋内部过孔的设计交由管线设计模块来确定,由管线设计决定翼肋过孔位置,以达到减少重复劳动,实现知识驱动的目的。

### 3 飞机翼类典型结构件库系统设计与实现

#### 3.1 平台无关的系统架构设计

飞机翼类典型结构件库系统是为现有的 CAD 软件提供支持和功能扩充,而不是要新开发一个 CAD 系统。在当前各种商业 CAD 软件的几何驱动已经发展比较完善的情况下,本方案实现的就是一个由知识特征驱动几何特征的系统,将此系统挂接在各种几何平台上,即可在各种不同的 CAD 软件上实现知识驱动。目前,主流的 CAD 软件都提供可供二次开发的接口,以 CATIA 为例,不但提供了可供使用的 API 函数,同时为二次开发应用提供了与 VC++ 结合的 CAA-RADE 开发环境,大大提高了开发效率。

在上述分析的基础上,可得出如下的系统整体方案设计:

(1) 系统由核心模块和接口模块组成:

- 核心模块用来实现知识特征与几何特征之间的相互关系的计算机表示,并完成设计模板和使用模板的全部与 CAD 软件不相关的流程;

- 针对不同的 CAD 软件设计不同的接口,通过对 CAD 软件的二次开发,完成由几何特征驱动几何模型的过程。

系统与各 CAD 软件的关系如图 2 所示。

(2) 本文以 CATIA 软件为例,叙述了所开发的与 CATIA 软件的交互接口。整体设计思路如图 3 所示: MFC 完成软件与用户之间的交互,并负责将交互结果保存在特定数据结构中; CATIA 完成模型动态更新,

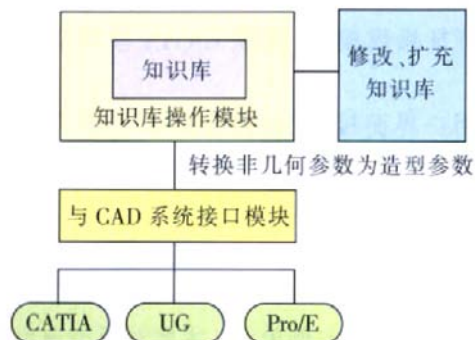


图 2 系统与各 CAD 软件的关系

Fig.2 Relationship between system and CAD software

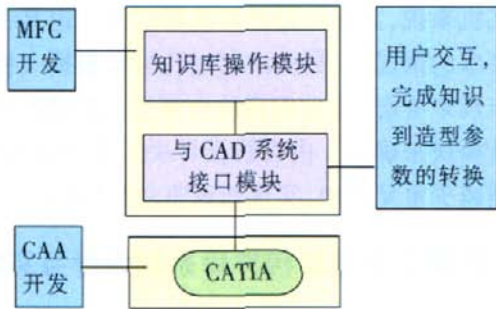


图3 系统实现的 CATIA 接口  
Fig.3 Interface of CATIA

在CAA 中将交互结果传入模型,完成库内模型构建,实现了平台无关的设计初衷。由于特定模型的几何参数是一定的,通过推导得到相应的建模数据,并按照固定格式保存到一定的数据结构中,这样就可以在不同的CAD 软件间交互应用,脱离现有CAD 平台的限制,实现真正的建模与设计分离。

### 3.2 核心模块划分

飞机翼类典型结构件库系统的核心模块,可划分为如下子模块(如图4所示):

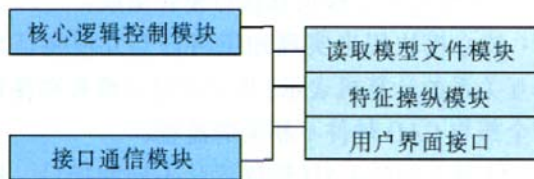


图4 CATIA 接口模块  
Fig.4 Module of CATIA interface

- 接口通信模块:与外部通信并传递数据;
- 核心逻辑控制模块:实现各个模块之间的通信;
- 读取模型文件模块:读取 CATIA 模型文件,并处理异常情况;
- 特征操纵模块:操纵 CATIA 模型文件中的特征;
- 用户界面接口:处理界面中与用户交互的操作。

### 3.3 系统功能实现

飞机翼类典型结构件库系统由4个部分组成,如图5所示。

- 翼类结构件实例单元。主要对翼类典型结构件进行参数化修改;
- 翼类结构件设计向导。按需求分为桁条设计向



图5 系统功能选择  
Fig.5 Selection of system function

导,翼梁设计向导以及翼肋设计向导3个部分,按照不同的特征知识,确定不同的设计流程。以桁条设计向导为例,初始界面主要提供桁条截面的选择,由不同的截面进入不同的设计流程,如图6所示。



图6 桁条设计向导界面  
Fig.6 Interface of truss design guider

- 知识文献系统。自主开发知识库浏览器,以树状结构将翼类典型结构件设计的一些基本准则和规范记录下来,供设计者查询和使用,如图7所示。
- 翼类结构件典型零件库。按照不同结构件分类,对不同的结构件进行设计建模,如图8所示。



图7 知识库浏览器  
Fig.7 Knowledge library browser

(下转第86页)

