

## 飞机装配设计伴随知识库系统的研究与实现\*

Research and Fulfillment of the Accompanied Knowledge Based System  
for Aircraft Assembly Design

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室 张立志 李原 余剑峰

**[摘要]** 采用数字化设计手段,以 Oracle 数据库为后台支撑,以面向对象的 Visual C++ .Net 和 CAA FOR CATIA V5 为前台开发工具,研发了一套基于 C/S 的飞机装配设计伴随知识库系统,并对其体系结构、实现方法及关键技术进行了分析。系统用户界面与 CATIA 软件环境实现完全集成,它们具有一定的交互功能,方便了用户在基于构件进行设计时对知识和以往设计经验数据的快速重用,同时达到了辅助学习和快速设计、提高效率的目的。

**关键词:** 装配设计 构件 知识 知识库系统

**[ABSTRACT]** A KBS (Knowledge Based System) based on CATIA (Computer Aided Three dimensional Interactive Application) for aircraft assembly-design is developed by using Oracle database management system and Visual C++. Net and CAA (Component Application Architecture) FOR CATIA V5 and the structure, implementation method and key technologies are analyzed. The integration of system user interface and CATIA software environment possesses interactivity, which achieves rapid reuse of knowledge and experiences, assisted learning, rapid design, as well as efficiency improving.

**Keywords:** Assembly design Component Knowledge KBS

产品设计制造的数字化工程从根本上改变了传统的设计和制造方式,波音 777 飞机研制过程中全面采用数字化技术并获得了圆满成功。飞机可以看成是复杂产品的典型代表,将它作为实施数字化工程的实例对象,建立主设计过程和辅助设计过程的计算机辅助工具,简化设计模型和仿真模型的建立周期,规范设计模型和仿真模型的建立过程,对缩短飞机设计制造的周期,提高飞机的设计质量具有重要的现实意义。

构件是严格按三维产品数字化建模规范建立的,包含复杂产品结构零件各种属性的、参数化的、某一类具有共性的事物的抽象描述,零件则是一个实际的具体化的该类事物。因此,构件作为一种典型的知识模板,可以通过参数驱动实现飞机零部件的快速成形。而构件参数化造型顺利又高效运转的关键在于是否有一个完善的知识库系统。知识库是知识工程中结构化、易操作、易利用和全面有组织的知识集群<sup>[1]</sup>,将知识库技术应用于飞机装配设计领域,可以简化设计流程,使设计工作的自动化水平显著提高。

## 1 伴随知识库系统的建立

## 1.1 开发环境及工具的选择

CATIA 是法国 Dassault 公司开发的 CAD/CAM 应用系统,全称是 Computer Aided Three-dimensional Interactive Application (计算机辅助三维交互式应用)。CAA 即 Component Application Architecture (组件应用架构),是 Dassault 公司产品扩展和客户进行二次开发的强有力的工具。在 CAA 架构的支撑下, Dassault Systems 可像搭积木一样建立起来,这种结构非常适宜于系统的壮大和发展。本课题介绍的伴随知识库系统即在 CATIA 中基于 CAA 进行嵌入式开发。

系统采用 CATIA 二次开发的通用开发环境 Visual C++.NET 作为编程语言,进行知识库用户界面、推理机以及知识库维护程序的开发,同时将 CATIA 的库文件加入程序框架,引用 CATIA 软件的类对象、函数等进行 CATIA 二次开发,实现知识库与 CATIA 的集成及交互。开发的软件系统运行于 CATIA V5 上。

考虑到网络通信量及处理信息的能力和速度,还兼顾到军工企业要求系统必须具有的高度安全性,系统采用客户端/服务器(C/S)结构来实现。基于同样的原因,并从数据库的性能、安全、方便管理和易于开发等方面出发,系统采用 Oracle 数据库来保存设计、仿真、制造和工艺等各方面的知识及相关的工程算法,并采用目前

\* 国家 863 项目(2007AA041903)资助。

在 Windows 环境中比较流行的客户端数据库编程技术 ADO (Active Data Object) 具体实现。

### 1.2 系统总体结构及模块介绍

知识库结构对知识库的各项操作性能影响重大,合理的结构能节省操作时间,提高操作效率。因此,为了便于用户快速定位到专业设计人员最为关注的工程设计问题,根据飞机设计专业的划分特点建立了此伴随知识库系统的体系结构及检索方式,本系统可按树状结构进行检索。系统总体结构如图 1 所示。

伴随知识库系统共包括知识库系统管理和知识库管理维护两大功能模块,支持文字知识、图表知识和公式知识的审核、导入、修改更新、删除功能以及辅助构件入库和构件的参数化生成。

### 1.3 系统内部数据流

伴随知识库系统在整个运行过程中的流程大致如图 2 所示。

### 1.4 外部接口设计

系统提供三大类接口:与 Oracle 数据库的接口、与 CATIA 的接口以及与其他系统的接口。通过与 Oracle 数据库的接口,伴随知识库系统能够对存储在数据库中

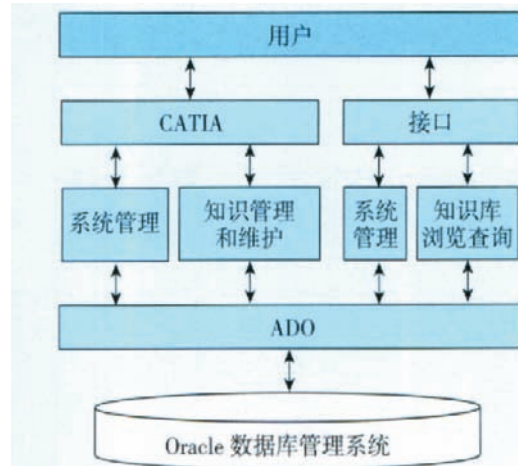


图 1 系统总体结构

Fig.1 Integrated frame of system

的知识进行维护;系统嵌入 CATIA 运行,在 CATIA 中实现知识库的各项维护管理功能;同时知识库为其他外部系统提供调用接口,方便其他系统直接访问和调用知识库中的相关知识。系统外部接口如图 3 所示。

### 1.5 系统部署

系统由 2 台服务器和若干普通 PC 机客户端组成,

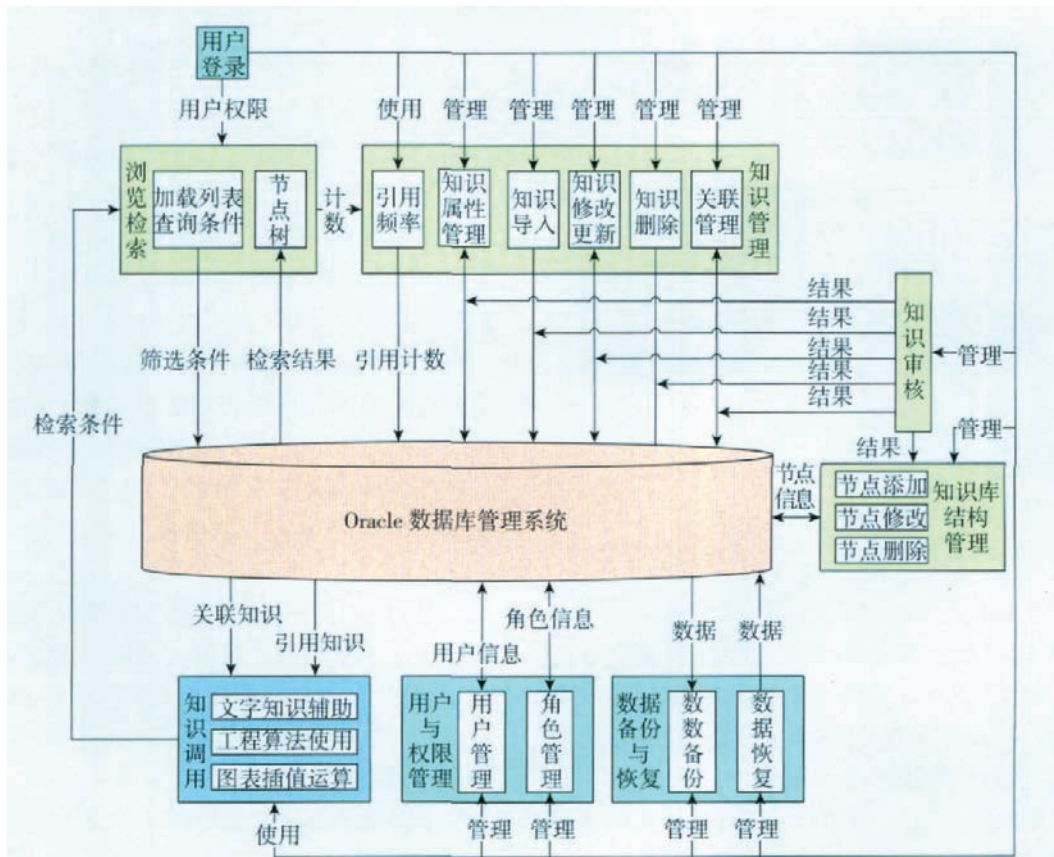


图 2 系统内部数据流

Fig.2 Interior data flow of system

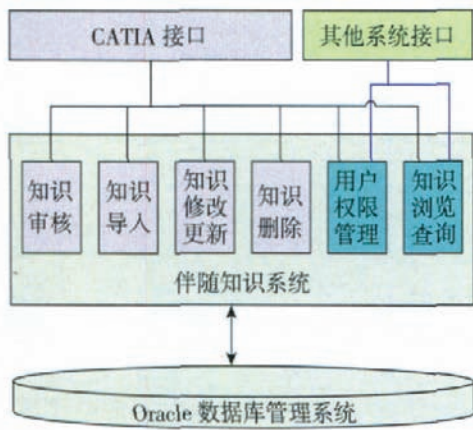


图3 系统外部接口

Fig.3 Exterior interface of system

并通过企业局域网连接,其中邮件服务器用于客户端用户之间的相互通信,知识库的存储管理、安全管理、并发控制、事务管理、完整性维护以及查询优化主要在数据库服务器上进行<sup>[2]</sup>。客户端伴随知识库系统以 Oracle 客户端、IE 和 CATIA 等软件作为基础支持。系统具体部署方式如图 4 所示。

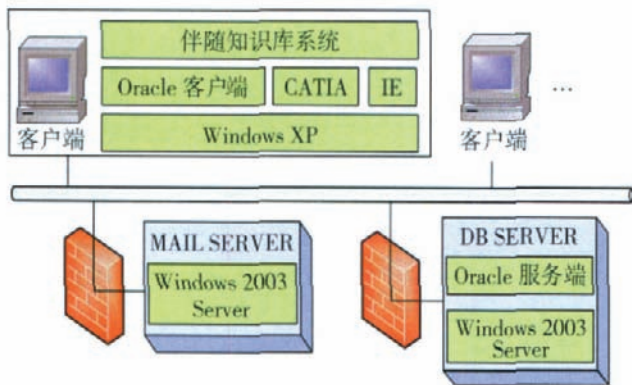


图4 系统软件部署方式

Fig.4 Software deployment of system

## 2 系统实现的关键技术

### 2.1 知识导入模板的建立

知识表示是知识库系统实现的关键技术问题之一<sup>[3]</sup>。一个好的知识导入模板可以确保知识的正确表示及准确入库。因此,广泛搜集相关知识,总结知识的结构和特征并结合实际应用中的各种需求,是建立知识导入模板的必要条件。同时,在设计知识导入模板时需要定义相关的规范,方便用户导入和理解。

对于文字知识,导入的主要内容有知识描述的基本信息和知识的属性信息。基本信息包括:知识的名称、

描述和关键字等。知识的属性信息包括 2 类:一类是部件知识的属性,其着重点在部件的装配过程;一类是零件知识的属性,其着重点在零件的设计过程。

工程算法的基本导入信息包括算法的基本信息和属性信息。基本信息包括公式的名称、描述和关键字;属性信息包括公式的图片、表达式、参数列表、适用范围、使用对象和使用限制要求等,工程算法的导入界面如图 5 所示。

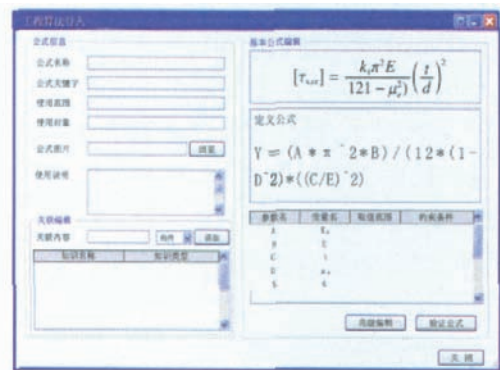


图5 工程算法导入界面

Fig.5 Input interface of engineering arithmetic

图表需要导入的信息包括图表的基本信息和属性信息。基本信息包括图表的名称、描述和关键字;属性信息包括图表的图片、插值表、使用范围、适用对象和使用限制要求等。

本知识库系统中用到的知识主要来源于《飞机设计手册》<sup>[4]</sup>及工程实践中总结出来的经验。

### 2.2 工程算法设计

工程算法是伴随知识库系统的关键组成部分,它关系到构件参数化造型的效率和质量。工程算法设计的核心部分是计算公式和插值图表的统一解析。

与计算公式相关的图表是建立工程算法的基础,应标明使用限制等条件,以便于知识、构件以及工程算法之间关联。

针对公式,本系统采用公式标准化和序列化参数识别的方法来实现公式的解析过程。结合与公式相关的知识,建立与公式相应的推理演算机制,根据算法设计规范 and 标准对图表插值演算算法进行封装,以得到完整的公式工程算法。

针对图表截取图像特征点,通过插值拟合求取图表插值近似方程,并结合相关知识进行推理演算,然后根据算法设计规范 and 标准对图表插值演算算法进行封装,得到完整的图表工程算法。

在具体实现过程中,应围绕部件和零件展开知识的收集。对于部件结构,重点应放在与部件设计有关的结构布置与承力系统设计、结构连接方式、设计分离面和工艺分离面、结构开口设计和补强、材料选择、工艺和装配等知识以及工程算法的收集;对于构件,应从设计要求、设计输入、采用的设计分析方法(工程算法)和设计过程、材料/加工方式/表面处理及图纸技术条件、设计报告等几个方面进行知识和工程算法的收集。

### 2.3 知识库与构件库的关联

伴随知识库最终服务于构件库,两者之间的关联体现在构件库中的构件与知识库中的知识存在一定的引用关系。

本系统中知识库和构件库的关联主要通过数据表的设计来实现,在表中设计保存两者关系的字段,它们的关系通过知识入库时指定以方便后续使用。具体实现时,可以使用关键字、利用构件库的分类特征和知识库的分类结构之间的相似性。在构件、知识导入时,同时应设置相关的检索工具,完成两者之间的相互检索和应用。

### 2.4 合理的审核流程

知识审核是知识准确性和合理性的基本保证,伴随知识库系统面向知识库管理人员、知识审核人员和一般使用人员,知识库管理人员负责知识的导入、修改更新和删除的操作,但是这些操作必须由知识审核人员审核后才能完成,一般使用人员可以通过浏览和查询使用经过审核的知识。

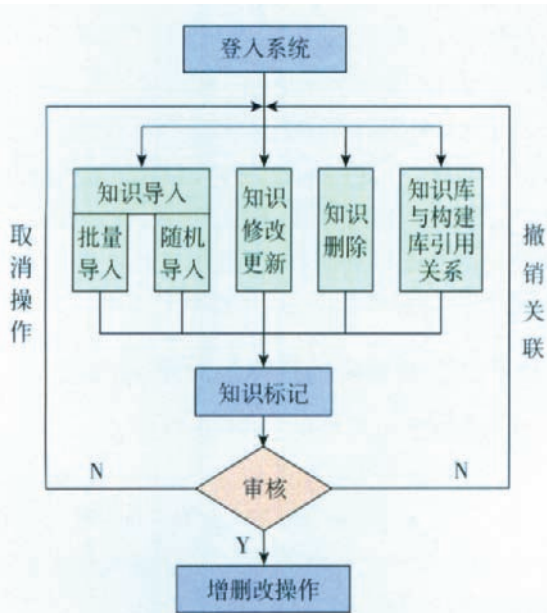


图6 知识审核流程

Fig.6 Checking flow of knowledge

考虑伴随知识库自身的特点并结合审批的基本流程,确定了本系统的审核流程,如图6所示。

## 3 结束语

目前,我国飞机的产量逐年上升,已有批量生产的态势。飞机研制与装配周期的缩短可使企业减少大量人力物力的浪费。

本课题设计并创建了一个可供用户使用和扩展的知识库系统,重点建立了与结构设计有关的相关知识,并按所划分的层次结构建立了结构设计专业的部件和零件设计知识,在建立其他类似知识库系统时可以起到一定的借鉴作用。

## 参 考 文 献

- [1] 梅中义,周俊,范玉青.基于CATIA的复合材料构件设计知识库系统.航空制造技术,2008(3):56-59.
- [2] 张虹,周来水.飞机复合材料构件工装设计知识库研究与实现.中国制造业信息化,2007,36(15):16-19.
- [3] 曹文君.知识库系统原理及其应用.上海:复旦大学出版社,1995.
- [4] 《飞机设计手册》总编委会.飞机设计手册.北京:航空工业出版社,2000.

(责编 玉龙)

(上接第75页)

迭代,使精铸后的几何误差满足设计要求。通过设置的涡轮叶片模具型腔反变形算例,验证了本方法具备良好的收敛性和精度,可初步解决实际的应用问题。

## 参 考 文 献

- [1] 蒋书彬.熔模精密铸造的研究与发展.汽车工艺与材料,1998(10):2-7.
- [2] Balendra R. Economic considerations in die-form compensation for net-forming. Journal of Materials Processing Technology, 2001, 115(2): 260-263.
- [3] 张丹,张卫红,万敏,等.基于位移场仿真与特征参数提取的精铸模具型面逆向设计方法.航空学报,2006(3):509-514.
- [4] 郑清娟,王敏杰,祝铁丽.基于注塑件收缩率预测的模具型腔尺寸生成方法研究.模具技术,2003(3):5-8.
- [5] 卜昆,赵杰,王继锋,等.基于位移场的涡轮叶片模具设计中的反变形技术研究.中国制造业信息化,2006(5):28-31.
- [6] Jones S, Yuan C. Advances in shell moulding for investment casting. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 135 (2-3): 258-265.
- [7] 陈书让.超大数据量的快速排序法.物探化探计算技术,2000(4):374-379.

(责编 玉龙)