

基于知识库系统的飞机结构设计关键技术*

Key Technologies of Aircraft Structure Design Based on Knowledge Base System

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 柳振兴 李原 余剑锋

[摘要] 该系统实现了与 CATIA 的无缝连接,对知识的浏览机制、检索策略、基于 CAA 的三维模型预览、工程算法使用以及图表插值等关键技术进行了描述,可处理公式、图表、表格和文字等多种知识类型。最后,通过一个实例验证了该系统的可行性。

关键词: CATIA 知识库 Oracle CAA

[ABSTRACT] The system links with CATIA seamlessly and describes navigation mechanism, search strategy, 3D model preview based on CAA, engineering algorithm and diagram interpolation technology. Multi-knowledge types including formula, diagram, table and letter can be dealt with. In the end, an instance validates the feasibility of the system.

Keywords: CATIA Knowledge base Oracle CAA

飞机结构设计涉及飞机结构的静强度、稳定性、气动弹性、刚度、疲劳、损伤容限设计、耐久性设计和可靠性设计等多种设计准则和概念,需要经过从方案论证到生产定型的全过程才能完成,要求设计人员对所设计的飞机及其结构设计要求有全面的分析和深刻的理解^[1-2]。目前, CATIA 已经成为航空企业的主流 CAD 平台^[3],其开发与集成技术是实现数字化产品定义和快速设计的关键。

国内的 CAD/CAM 技术应用最早始于飞机设计制造领域,在飞机结构件计算机辅助工艺设计系统研制方面,对工艺知识处理、组织结构等相关技术展开了多方面的研究,相继开发了工艺知识库 CAM 系统^[4]、面向制造的原型制造系统^[5]等,但这些系统多是试验性系统,不具备可操作性,而且知识数量偏少,也较少注重知识的组织与管理,知识重用方面涉及不多。

1 伴随飞机结构设计的知识库系统

1.1 系统概述

伴随知识库系统提供三大类接口,即用户管理接口、与构件库系统的接口以及与模型简化系统的接口。伴随知识库为统一模型关联系统的一个子系统,为实现系统统一的用户和权限管理,伴随知识库系统提供用户管理接口以保证整个统一模型关联系统基于角色的权限控制,特别是提供 API 支持单点登录功能的实现。

伴随知识库系统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。与构件库的接口供构件库调用与构件设计相关的知识和工程算法,辅助设计人员进行构件设计,并且能够调用相应构件进行设计。与模型简化系统的接口主要供模型简化系统在构件简化时调用相关知识和工程算法,辅助构件的简化过程。

1.2 知识库系统的体系结构

ACCKBMS 采用树型结构对知识条目进行组织管理,包含了系统管理、知识结构管理、元知识管理、知识条目管理、知识关联管理、知识审核管理、知识浏览检索及知识调用管理八大模块,充分满足了设计的需求。

图 1 显示了该系统的体系结构,该知识库以 Windows 系统和 CATIA V5 为操作平台,使用 VS.NET、CAA RADE 和 CAA API 实现知识库模块功能,并使用 Oracle 9i 数据库进行数据存储和管理,各功能模块通过 ADO 接口访问数据库系统。该系统设计合理,通过逐级浏览和智能检索 2 种方式,方便用户快速重用以往的设计经验,并可通过与构件库的接口预览构件的三维模型图,更加直观形象,而一旦获取到跟构件相关的关联知识,即与构件库脱离关系。该知识库具有开放性接口,可动态扩展知识库。

1.3 系统的使用流程

ACCKBMS 的使用流程如下:在进行知识录入之前,必须利用知识结构管理功能,在知识结构树中的正确位

* 863 计划 /CIMS 课题资助项目:“大型壁板自动钻铆系统(2007AA041903)”。

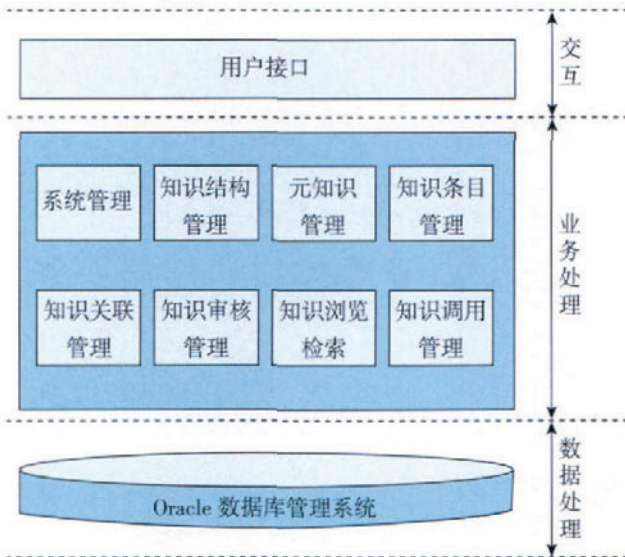


图1 ACCKBMS 体系结构
Fig.1 System structure of ACCKBMS

置建立相应的知识节点。在进行知识录入时,如果不存在元知识,则将知识按照要求录入到相应的知识节点,如果有公式、图表或表格元知识,还需要先将元知识录入代元知识库中,再引用这些元知识到相应的知识节点下;有些知识可能是与其他知识或构件相关联的,需要在知识关联管理模块添加关联关系,知识与构件库的关联体现在构件库中构件与知识库中的知识存在一定的引用关系。在知识录入后,只有经过审核才是有效的,因此需要具备相关知识审核、审批权限的人员对知识进行审核、审批,以确保用户引用的知识及其关联关系是有效的。最后,构件库设计人员通过知识调用功能,调用和引用知识库中的知识来辅助完成构件设计。

2 ACCKBMS 的实现机制

ACCKBMS 的实现依靠各个模块的功能,本节主要阐述在系统开发过程中采用的主要技术,这些技术蕴含在相应的功能模块里。

2.1 浏览机制

知识的层次化存储模式涉及到逐层浏览以及上下层之间的转换问题。假设当前节点的ID为1,利用深度优先检索算法匹配出ParentID=1的节点即为下层节点;在返回上一层过程中,分3种情况讨论。(1)当前节点为根节点时,系统提示“已是最顶层节点信息”。(2)当前节点为次根节点时,返回到根节点。(3)当前节点为其他节点时,经过2次转换,得到当前节点的父节点的ID,再由得到的ID按照获取下层节点的方式即可得到当前节点上一层的节点。

2.2 检索策略

为了方便用户快速检索,该系统支持多字段的检索,用户可从知识名称和知识关键字2个方面入手。通过一维数组存储字段内容,再对“%t[l] %”进行“AND”操作($i=1, 2, \dots, 10$),检索出所有匹配的知识。

2.3 基于CAA的三维构件模型预览

CAA作为CATIA二次开发强有力的工具,是通过RADE(Rapid Application Development Environment)和API(Application Programming Interface)接口程序来完成的。本课题除用到CATIA Geometric Modeler和CATDialog外,构件模型预览主要利用3D Visualization Modeler,它是一个3D可视化应用软件开发包,利用Container封装CATIA模型的特征信息,并通过一种图形表示方法实现模型的可视化,Visualization通过Controller管理View,并根据Model的变更实时更新Model,3D Visualization Modeler的体系结构如图2所示。该方法保证了模型的可伸缩性,并可从多个视角浏览。

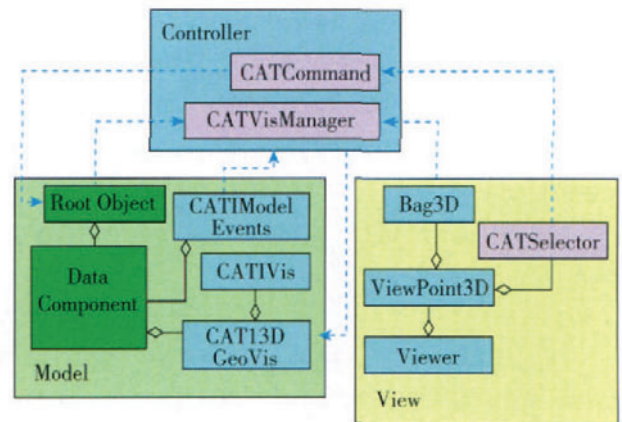


图2 3D Visualization 体系结构
Fig.2 System structure of 3D Visualization

2.4 工程算法使用

工程算法使用主要实现设计人员调用工程算法完成构件的参数化造型功能,本课题通过深度优先搜索算法以及解析算法相结合的方法完成公式解算。在具体实现过程中,通过一个替代符代替公式表达式,这样做的目的是不会由于输入参数值等原因改变公式表达式,又不影响公式的计算,因此实际上处理对象变成替代符,其算法流程如图3所示。该方法确保了公式参数与参数值的一致性,缩短了运算时间,提高了计算精度。

公式包含运算符和数字,因此,要对公式进行解析。首先要识别运算符,确定其优先级,然后,设计运算符的计算公式。

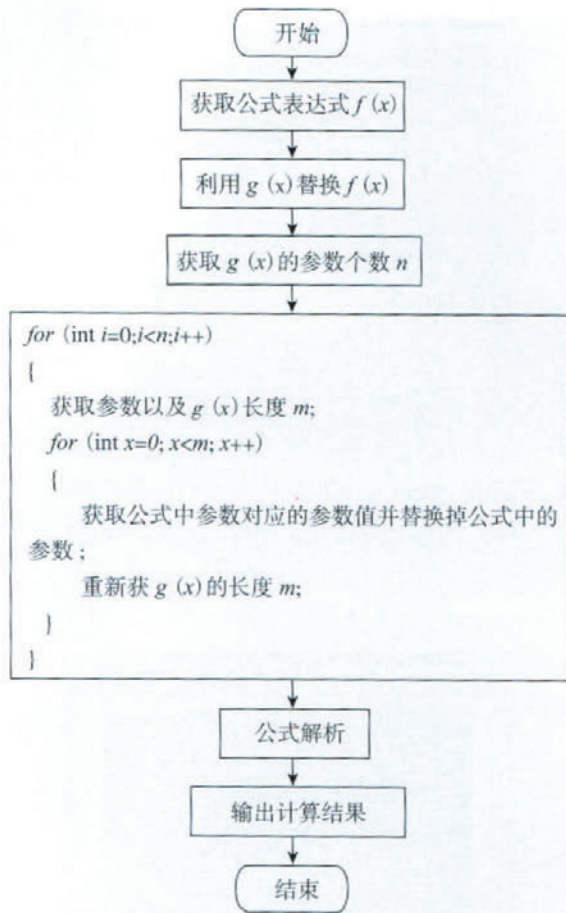


图3 工程算法流程图

Fig.3 Flow chart of engineering algorithm

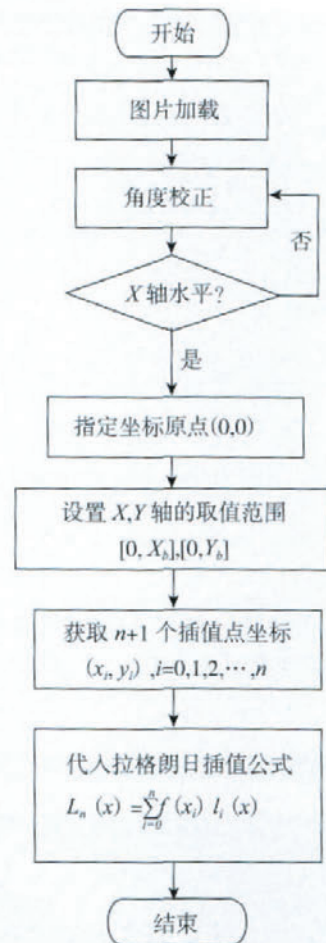


图4 混合拟合算法流程

Fig.4 Flow chart of mixed fitting algorithm

2.5 图表插值

图表插值的工作包括曲线拟合和插值计算 2 部分。插值计算结果的准确度取决于采用的拟合算法,本课题采用规划点坐标的 ActiveX 控件和拉格朗日插值法构造插值多项式,前者从扫描图片上选取插值点,保证了所选用的插值点的高精度;后者利用插值点构造插值多项式,为了提高曲线的拟合精度,尽可能多地选取插值点。该混合方法综合了 2 种方法的优点,产生的拟合曲线更加逼近,缩短了计算时间,简化了设计人员繁琐的工作,提高了设计效率,满足了构件高精度的设计要求,算法流程如图 4 所示。

针对多条曲线,则对曲线进行标识,触发其中一条曲线,再进行插值计算。

3 系统实现与运行实例

3.1 系统实现

本课题基于以上体系结构以及相关技术,运用基

于组件的开发以及面向对象的开发思想开发了 AC-CKBMS,除了知识关联模块和浏览检索模块在 CATIA 中开发外,其他几个功能模块都在 VC++ 6.0 中开发,并通过主程序调用动态连接库(DLL)实现,保证了程序的可移植性。用户通过输入用户名和密码选择相关的角色登录,角色不同,相关的权限不同,显示的信息也不尽相同,例如知识录入人员负责元知识的导入、修改更新和删除,以及知识条目的导入、修改更新和删除,但是这些操作必须由知识审批人员审核、批准后才能完成;一般使用人员可以通过浏览和查询使用入库的审批前和审批后的知识,不过审批前的知识合法性和准确性不予保证;在使用过程中,公式的计算、图表的插值均通过知识调用来实现,而在进行构件设计过程中,也涉及到对知识的引用计数。系统管理人员负责知识库结构的修订,并进一步分配功能的使用权和内容访问权,同时还负责系统的备份和恢复。系统的登录主界面如图 5 所示。

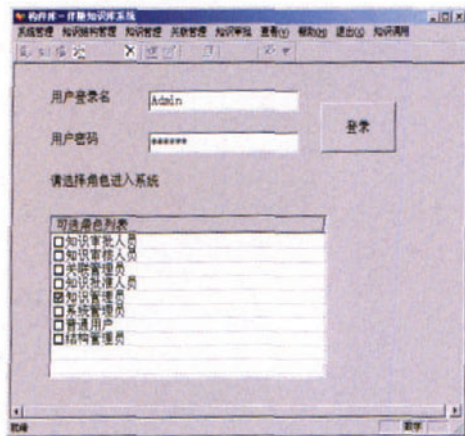


图5 系统登录主界面

Fig.5 The entrance main interface

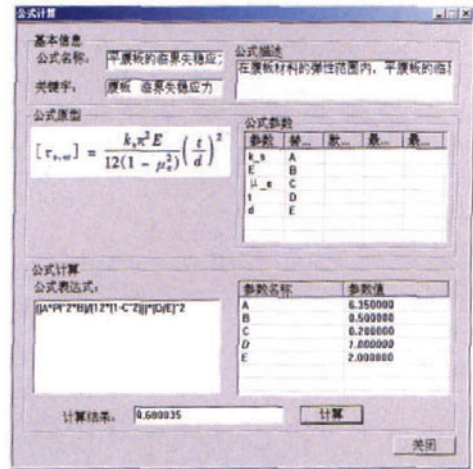


图7 腹板的临界失稳应力的计算界面

Fig.7 Calculation interface of the critical buckling stress of the plate

3.2 运行实例

本课题以腹板设计为例,验证了该系统的可行性,图6为腹板的三维模型预览图。



图6 腹板的三维模型预览图

Fig.6 3D model preview of the plate

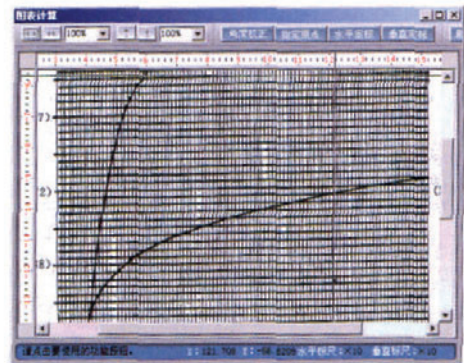


图8 塑性修正曲线的处理界面

Fig.8 Processing interface of the plastic modified curve

在构件库中上传腹板的参数,由参数从知识库中获取到腹板设计的关联知识、腹板的临界失稳应力。具体处理过程为:在腹板材料的弹性范围内,计算腹板的临界失稳应力,若超过腹板材料的剪切比例极限,则要用塑性修正曲线进行修正。图7、8分别为腹板的临界失稳应力的计算界面和塑性修正曲线的处理界面。

4 结束语

本课题研究了基于知识库系统的飞机结构设计的关键技术,开发的系统直接集成到CATIA V5上,实现了与CATIA V5版本的无缝连接,具有开放性的接口。系统对减轻设计人员的设计工作量、提高设计质量、缩

短设计周期具有重要作用,同时随着航空企业数字化工厂以及无纸化设计的开展,该系统有着广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 范玉青,张关康.现代飞机制造技术.北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [2] 飞机设计手册总编委会.飞机设计手册:结构设计.北京:航空工业出版社,2000.
- [3] 李原,彭培林,邵毅,等.基于CATIA的标准件库设计与实现.计算机辅助设计与图形学学报,2005(8):1873-1877.
- [4] 高伟,殷国富,成尔京.辅助型工艺知识库组成及知识获取方法.计算机集成制造系统,2004(7):843-847.
- [5] 杨洪君,宁汝新.基于工艺知识库的面向制造设计系统的研究.机械设计与制造,2006(2):110-112.

(责编 玉龙)