# 基于 KBE 的飞机板金件工艺性审查系统

敖勇刚 万 敏 李新军

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100083)

**摘 要**: 由于板金零件的可成形性取决于多方面的因素,板金零件成形的工艺性审查也就显得十分复杂,工艺审查的合理性和准确性往往成为飞机设计和制造的矛盾焦点. 通过分析当前我国飞机板金零件工艺性审查的现状,提出了在工艺性审查中利用基于知识的(KBE,Knowledge Based Engineering)技术的必要性. 分析了利用后台数据库及知识库创建工艺性审查系统的总体结构和实现方案,并对系统创建中的关键技术及解决方法进行了研究. 通过实例验证了该系统的功能及可靠性.

**关 键 词**: 飞机制造工艺; 板金零件; 工艺性审查; 数据库; 知识库

**中图分类号**: V 260

**文献标识码**: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2006)09-1096-04

## Process examination system of aircraft sheet metal parts based on KBE

Ao Yonggang Wan Min Li Xinjun

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

**Abstract**: Because the sheet formability rests with various factors, the process examination of sheet metal parts is very complicated. The scientificity, rationality, veracity and reliability of process examination are the main factors in the aircraft design and manufacture. The importance of using the knowledge based engineering (KBE) technology in the process examination was put forward by means of analyzing the actuality of process examination for aircraft sheet metal parts. The general structure and realizing scheme of the process examination system were analyzed based on the database and knowledge base, and the key techniques and solution methods were studied during establishing this system. According to the example, the reliability and the function of the system were justified.

**Key words**: aircraft manufacturing process; sheet metal parts; process examination; database; knowledge base

飞机板金工艺是航空宇航制造的支柱工艺之一,是一种对经验知识有很强依赖的传统制造技术,零件品种繁多,工装数量大,生产准备周期长,制造过程变数多、不稳定,将直接影响产品的质量、周期和成本. 飞机板金成形工艺及工装设计是一个建立在专家丰富经验与知识基础上的创造性思维过程. 但是,目前我国航空企业普遍存在的问题是:①工程知识缺乏有效的归纳和整理,知识和经验的重用和共享性差;②年轻的工程技术人员工艺知识和经验欠缺;③产品设计时花费较多的时间搜索和查阅书本知识;④老专家的知识获取、表示与继承的问题. 这些问题严重地影响和制约新机研制和生产的周期. 为了更好地将先进技术应用于板金零件成形领域,本文从对经验知识有很强依赖的工艺性审查入手,研究基于知识的(KBE,Knowledge Based Engineering)技术的飞机板金零件工艺性审查分析系统及其实施的关键技术,为继承板金工艺专家丰富的经验与知识,协调产品的设计与制造工艺,建立飞机板金成形工艺与模具快速研制系统等提供技术基础.

## 1 系统总体结构

整个工艺性审查系统采用 Oracle 作为后台数据库管理系统,使用 VC. NET 作为前台开发工

**收稿日期**: 2005-11-23

**作者简介**: 敖勇刚(1980-),男,江西高安人,硕士生, baiyujingking@163.com.

具. 其结构如图 1 所示.

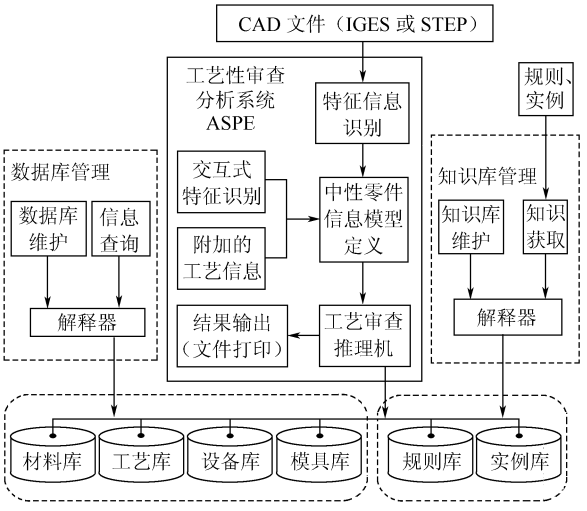


图 1　系统总体结构图

## 2　系统设计

### 2.1　系统的处理流程

系统处理流程图见图 2. 根据知识工程[1-2]的理论,整个系统共提供 2 种工艺审查的途径:其一是基于规则的审查,其二是基于实例的审查.

基于规则的审查运行时采用向导的方式,用户首先输入零件的一般信息(比如零件图号等)并选择零件的成形方法;接着根据不同的成形方法,输入零件的结构尺寸等成形性方面的参数;然后工艺性审查推理机利用输入的数据进行计算,并将得到的结果与标准的相关参数进行比较,从而进行审查,根据用户的实际需要生成相应的报表并打印输出.

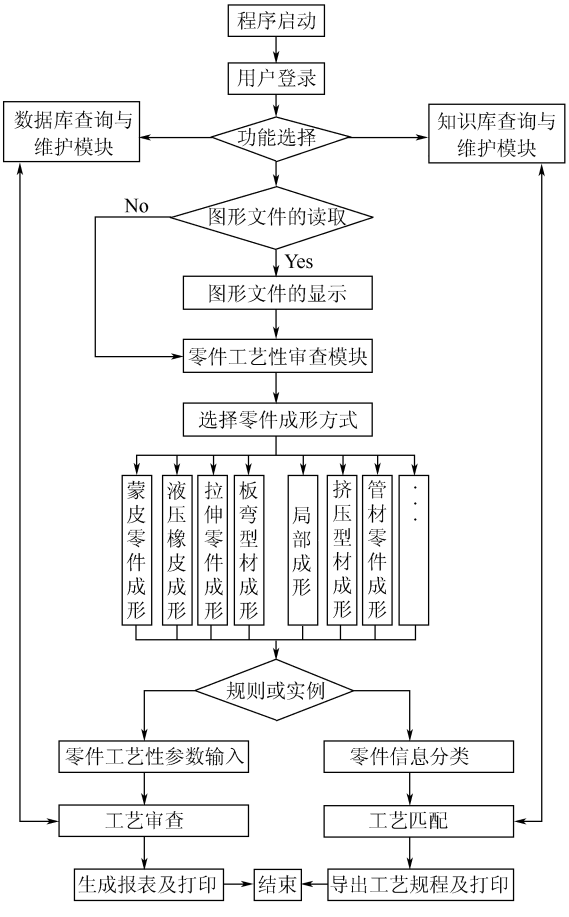


图 2　系统处理流程图

基于实例的审查运行时采用的是输入条件、进行匹配的方式. 用户根据不同的零件种类,输入相应的参数信息;系统将自动对用户输入的信息在知识库中和现有的资料进行匹配,得到一定数量的结果;最后根据用户的选择,生成工艺规程报表并打印输出.

### 2.2　系统各功能模块

1) 登录模块. 该模块检测用户输入的口令,如口令错误,将不能进入工艺审查界面,以防止未授权用户的非法操作.

2) 图形文件读取显示模块. 目前,零件的数据表现形式正在从传统的图纸表示向数据模型表示转换. 该模块的功能正是为了提高本系统的可扩容性,为今后系统的升级打下坚实基础. 基于飞机制造企业大都采用 CATIA 三维绘图软件进行零件绘制的现状,本模块实现了读取和显示由 CATIA 生成的零件数模 IGES(Initial Graphics Exchange Specification)中性文件的功能.

3) 工艺审查模块. 该模块的功能是进行工艺性审查,并生成工艺审查原始报表和工艺准备原始报表. 其中生成的工艺审查原始报表可以进行归档,供用户日后查询. 如上文所述,工艺审查提供 2 种不同的方式:其一是基于规则,其二是基于实例. 界面如图 3 所示.

4) 连接数据库系统模块. 进行工艺审查,必然涉及到大量的工艺参数信息,这些工艺参数信息都存储在后台数据库[3-5]中,本模块的功能正是对该数据库进行查询和维护.

5) 连接知识库系统模块. 基于实例的审查方式,需要大量的成熟工艺规程及相应零件信息. 这些工艺规程及零件信息都存储在知识库[6]中. 本

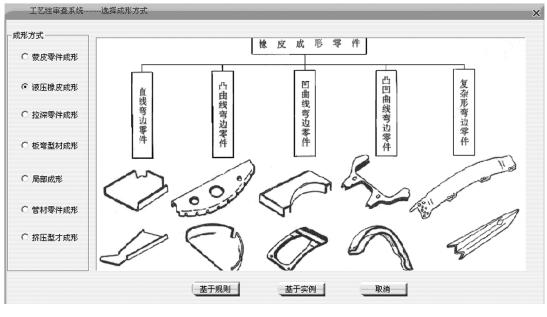


图 3　工艺审查界面

模块的功能是对知识库进行查询和维护.

6) 改变界面外观模块. 作为一个成熟的软件产品,良好的界面风格是不可缺少的. 考虑到不同用户的需求,本系统提供了3种不同风格的界面供用户选择.

### 2.3 工艺性审查推理机的实现

推理机用于对用户输入的信息进行分析处理,并且负责调用知识库中的数据去解决实际问题,这是工艺性审查的关键所在. 推理机的好坏直接决定着整个工艺性审查系统功能的优劣.

由于板金成形的特殊性,工艺性审查推理机主要考虑零件的成形性. 从零件的成形性考虑应包括:零件形状和尺寸应该在板材工艺允许变形量的范围之内;零件弯曲半径应该大于板材的最小弯曲半径;零件最小厚度应大于成形方法允许的厚度;各种工艺方法的零件成形系数应在极限范围之内. 除此之外,零件结构要素和技术要求应有利于工艺方法的实现;尺寸公差和表面粗糙度应取值合理;弯边高度应大于该处的弯曲半径;蒙皮和半管的分离面要充分考虑成形可能性;各种下陷、斜角、圆角和孔应标准化、规格化;孔的间距、排距、边距应符合工艺规范等.

### 2.4 系统接口

系统接口用于连接后台数据库、知识库和工艺性审查推理机. 由于后台数据库、知识库与工艺性审查推理机两者是相对独立的,为了能将两者有机地联系起来,必须建立一个接口程序,以实现对知识库的查询,并将查询所得的结果反馈到工艺性审查推理机中,而审查的中间数据及结果也能有效地利用数据库、知识库进行保存.

目前常见的数据库接口有ODBC(Open Database Connectivity)和ADO(ActiveX Data Object). 由于通过ODBC连接数据库会明显降低数据检索的效率,在本系统中,采用的是ADO数据库接口. ADO是Visual C++提出的新的数据库开发技术,它基于COM(Component Object Model)接口,对所有数据库提供了统一的编程接口.

## 3 系统开发中的关键技术

### 3.1 图形文件的读取与显示

图形文件读取的一个难点在于:由于涉及到商业利益,各个绘图软件公司对于自己的图形文件格式都是保密的. 对于这一点,通过调研,本系统采用IGES作为图形接口. 因为IGES格式是行业标准,大型的绘图软件都提供了将自己特有的图形文件格式转换成IGES文件格式的功能.

根据IGES文件的特定格式,定义相应的数据结构,保存读取的信息,通过OpenGL(Open Graphics Lib),在系统中重新绘制.

### 3.2 审查结果报表的生成

由于实际生产中的需要,要求生成审查结果原始报表,并要有编辑文字、插入图片、打印预览、打印等功能. 系统利用Microsoft组件技术,调用Word动态链接库文件,实现对Word的自动化操作.

### 3.3 大型二进制对象的存储与读取

实现审查原始结果归档功能,需要将审查生成的Word文档存储到数据库中. Word文档的大小远远超过了数据库中普通字段的容量,因此需要采用Oracle提供的BLOB(Binary Large Object)技术. Oracle的BLOB型字段可以存储小于2 G的文件,完全可以满足普通Word文档的需求. BLOB类型的数据无法用普通的方式进行存储,需要用到AppendChunk函数,该函数原型如下:

HRESULT AppendChunk (const _variant_t & Data )

读取BLOB数据应该使用GetChunk函数. 考虑到系统运行效率,在实现用户浏览查询功能时,并不直接读取BLOB对象,而是在用户存储审查结果时,提示用户输入该审查结果的简略信息,该信息以字符串的形式存储在数据库中,在用户浏览查询审查结果时,直接显示该信息. 这样,大大提高了系统运行的效率.

## 4 应用验证

基于上述研究,开发了一套飞机板金件工艺性审查系统,通过一实例对该系统的功能及可靠性进行验证.

图4是某飞机蒙皮数模通过本系统读取的实例. 应用2种审查方法对该蒙皮零件进行工艺审查.

1) 基于规则审查. 从工艺审查对话框(图3)中选择蒙皮成形方式. 选择“基于规则”按钮,弹出输入零件一般信息界面. 输入完整信息后,弹出选择蒙皮的结构形式界面,选择“双曲度蒙皮”,

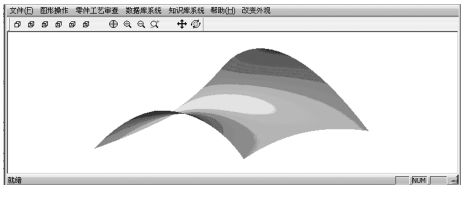

图4 某飞机蒙皮数模实例

进行参数输入(如图 5). 然后进行审查,生成审查结果原始报表(如图 6).

2) 基于实例审查. 选取“基于实例”按钮,弹出蒙皮实例查询对话框,选择零件分类为“异向双曲”,展开形状选择“所有”,进行查询,得到结果如图 7 所示. 从中选择与该零件最匹配的实例,导出工艺规程,如图 8 所示(部分).

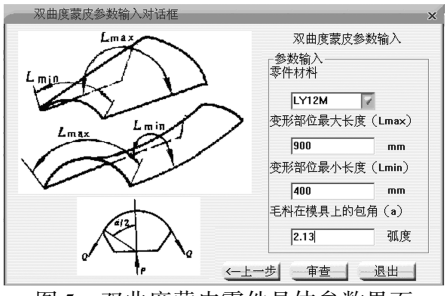


图 5　双曲度蒙皮零件具体参数界面

| 产品图号 | 名称 | 数量 | 工艺性审查 | 材料 | 制造单位 | 资料编号 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Test001 | 某飞机蒙皮 | 1 | 原始记录 | LY12M | 某飞机制造厂 | 共　页 | 第 12 页 |
| 工艺要求 | | | 设计意见 | | | 备　注 | |
| 用到的参数值:材料厚度:2.0;最大变形:900.0;最小变形:400.0;毛料在模具上的包角:2.1;<br>审查结果:实际拉伸系数:2.25;极限拉伸系数:1.04;<br>结论: 该零件实际控形系数大于极限控形系数,一次控形不能成功,请多次控形. 建议:退火状态初控,新淬火状态后控校. 可以使用一套模具多次控形或中间增加过渡模. | | | | | | | |
| 工艺员姓名: | | | 设计签字: | | | 日期:2005-10-25 | |

图 6　审查结果原始报表示意图

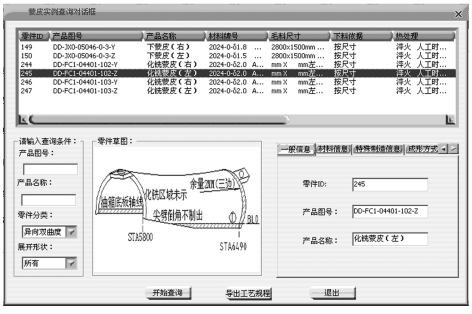


图 7　实例匹配结果

制造大纲

| 机型: | FX1 | 用于 | 00 批 | 版次 | 00 |
|---|---|---|---|---|---|
| 产品图号: | DD-FX1-04401-102-Z | | | 单位 | 31 |
| 产品名称: | 化铣蒙皮(左) | | | | |

一般信息

材料信息

| 材料牌号、规范: | 2024-0-δ2.0　AMS-Q-Q-A-2-50/5A |
|---|---|
| 毛料尺寸: | mm×　mm 左右件 |
| 下料依据: | 按尺寸 |
| 材料质量编号: | |

特殊制造信息

| 热处理: | 淬火 人工时效至 T62 Q/3A74S20 T31-艺-1 000 |
|---|---|
| 表面处理: | GY、GF　Q/3A80S16、T24-艺-2A01、外表面 H61-83、H61-1,内表面 H61-83<br>Q/3A82S4　T24-艺-2B16 |
| 特种检验: | 电导率　硬检　Q/3A83C10　Q/3A74C24 |
| 喷丸强化: | N/A |
| 图号印记: | 零件上 J 处标记　Q/3A66G5 |

工装信息

| 工装基本号 | 工装类型 | 工装版次 | 工装系列号 |
|---|---|---|---|
| GZ06-FX1-04401-102-STB1-1 | 拉型模 | T1 | |
| GZ06-FX1-04321-102-CMT1-1 化铣样板 | 样板 | T1 | |

操作说明

| 工序 | 工作说明、工装 | 设备 |
|---|---|---|
| 00 | 下料:　检 | 剪床 3M |
| | 下块料:　mm×　mm | |
| | | |
| 05 | 作标记: | |
| | 在临时标签上作标记　Q/3A66G5 | |

图 8　生成工艺规程

## 5　结 束 语

本文介绍了所开发的飞机板金零件工艺性审查系统,对所涉及的关键技术进行了分析. 应用验证结果表明,整个系统不论是从性能还是结构组织上,表现良好,并且界面友好、操作简单,使用方便,具有较好的实用价值.

## 参考文献 (References)

[1] Thomas Fasth. Knowledge based engineering for SMEs[D]. Lule Teckniska University,2000

[2] Lazaro A S, Engquist D T, Edwards D B. An intelligent design for manufacturability system for sheet metal[J]. Concurrent Engineering Research,1993,2:117-123

[3] 董志平, 李新军, 万敏, 等. 基于数据库的飞机板金件工艺性审查系统的研究[J]. 北京航空航天大学学报,2002,28(3):301-304
Dong Zhiping, Li Xinjun, Wan Min, et al. System used for the examination of processing aircraft sheet metal parts based on database[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics,2002,28(3):301-304(in Chinese)

[4] 万敏,李新军,刘玉芳,等. 飞机板金成形数据库的开发[J]. 北京航空航天大学学报,2004,30(2):118-121
Wan Min, Li Xinjun, Liu Yufang, et al. Development on database of aircraft sheet metal forming[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics,2004,30(2):118-121(in Chinese)

[5] Lee R S, Chuang L C, Yu T T, et al. Development of an assessment system for sheet metal forming[C]//Proc of the Int Conf on Precision Engineering. Singapore:[s. n.],1995: 515-518

[6] 陈庆欣,李新军,万敏. 基于实例的飞机板金工艺知识库的构建[J]. 北京航空航天大学学报,2006,32(6):734-737
Chen Qingxin, Li Xinjun, Wan Min. Construction of case-based knowledge base for aircraft sheet metal forming[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2006, 32(6):734-737(in Chinese)

(责任编辑:文丽芳)