

# 透平叶片变切削加工工艺数据库设计与开发<sup>\*</sup>

沈 宏

(江苏信息职业技术学院, 无锡 214153)

[摘要] 透平叶片是透平机械的核心零件之一,因其复杂的曲面造型和低刚度性,被认为是机械加工中的难题。通过 Visual Basic 编程语言进行叶片切削工艺数据库开发,在功能上实现面向叶片工艺变切削参数智能推荐、相似工艺实例推理和数控加工工序卡片、程序清单的输出,方便企业用户使用,提高工作效率和准确性。

关键词: 透平叶片; 工艺数据库; 切削参数推荐; 效率

## Design and Development of Process Database of Turbine Blade Variable Cutting

SHEN Hong

(Jiangsu Vocational College of Information Technology, Wuxi 214153, China)

[ABSTRACT] Turbine blade is one of the core parts in turbine machinery, because of the complex surface modeling and low stiffness is considered problems in machining. In this paper, a blade cutting process database is developed by the Visual Basic programming language, realizing the intelligent recommendation for blade process variable cutting parameters in function, case based reasoning of similar process, variable blade cutting parameters for intelligent recommendations, processes card of CNC machining, and the output list of procedures, which will be convenient for enterprise users, improving the work efficiency and accuracy.

Keywords: Turbine blade; Process database; Cutting parameters recommendation; Efficiency

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.10.102

透平叶片是透平机械的核心零件之一,因其复杂的曲面造型、高强度、硬度和刚度等难加工性为机械加工所重视<sup>[1]</sup>,但目前叶片加工体系不够完善,切削用量的选用主要依靠以往经验的积累,而且在叶片工艺流程中,应对切削加工过程中叶片变刚度特点所采取的措施还有待加强。目前针对叶片加工中变刚性特点与切削力要求的关系所进行的研究和生产实践应用较少。因此,通过对叶片刚性和切削力要求进行研究,探讨叶片加工的切削参数合理性,并建立面向叶片切削加工工艺过程的数据库系统,对叶片加工切削参数进行系统性管理,对提高叶片加工效率和切削参数可靠度具有重要的意义<sup>[2-3]</sup>。因此,本文通过分析叶片的切削加工性,运用 Visual Basic 编程语言开发了叶片变切削工艺数据库系统。

求和实现的目标。不论数据库系统如何复杂,其功能都可以简单地概括为:输入已知因素,加入一些约束条件后得到未知信息。这种功能实现过程可以是简单的,也可以是由多个简单功能过程复合而成的复杂过程。例如对于叶片切削工艺数据库,输入刀具某个属性信息,刀具编号或刀具名称等查询条件进行精确或模糊查找,可以输出相应刀具的更多详细信息,这是简单功能的实现过程。如果输入工件材料和加工方式等信息,得到切削用量的输出结果,这个过程则需要工件材料信息、刀具信息和加工要求等简单功能的互相辅助才能实现,因而是复合功能<sup>[4-5]</sup>。系统功能设计示意图如 1 所示。

对于本系统而言,输入参数和输出参数在不同条件



图1 系统功能设计示意图

Fig.1 Schematic diagram of system function design

## 1 工艺数据库系统总体设计

### 1.1 系统功能设计

系统功能设计即系统在给定条件下需要达到的要

<sup>\*</sup>项目基金:江苏省产学研联合创新基金项目(BY2013015-30)。

下可以互相转化,即作为某个功能的输入条件也可以是另一个功能实现的输出条件。简单功能模块包括数据查询、用户管理和数据管理功能。在复合功能模块中,主要是相似切削力计算、切削参数智能推荐、相似实例推荐和工艺卡片的输出。具体功能设计如下<sup>[6]</sup>:

(1)通过已知条件的输入,对叶片加工中基础设备和参数信息进行查询和管理。

(2)通过试验得到基准刀具的切削力规律,利用相似理论和切削力模型进行相似材料刀具的切削力计算,实现未知刀具的切削力预测。

(3)根据切削力公式模型,分析切削参数的推荐方法,研究叶片的刚性变化特点,通过切削力和叶片加工变形的关系分析,对叶片进行变刚性区域划分,实现智能化区域推荐变切削参数。

(4)利用推理技术查找实例库中相似的加工工艺,查看匹配程度,根据是否符合需要进行数据库实例的修改和保存,更新实例库工艺实例,实现加工工艺的调用。

(5)输出叶片工艺卡片功能,包括工艺工序卡片,含有程序单代号、刀具明细等细节程序单,实现将工艺单输出到数控加工工艺卡片和程序单中,以完成工艺的顺利调用。

## 1.2 系统结构设计

从功能模块和信息之间的联系性来说,数据库系统需要进行两个部分的设计,分别为数据库设计和知识库设计<sup>[7-10]</sup>,如图2所示。一般数据库中存储的大量信息只是对数据信息的单纯存储,如通过各个数据表对加工方式、工件材料和机床信息的存储,这些数据表针对各实体进行信息存储,而彼此之间没有明确的规则和推理性。知识库则是针对工件、刀具、机床和切削用量等信息之间的联系性,把具有规则和推理性的专家知识进行一定规律的存储管理。

将宏观系统结构进行具体细化,可以得到功能子模

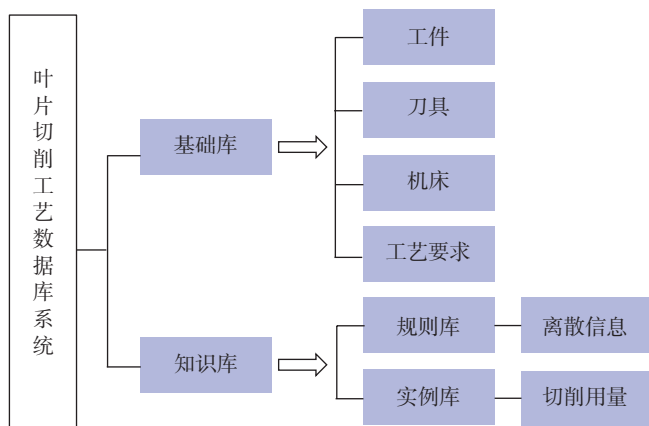


图2 数据库系统结构

Fig.2 Database system structure

块以及由各个子模块组成的总系统结构图,如图3所示。

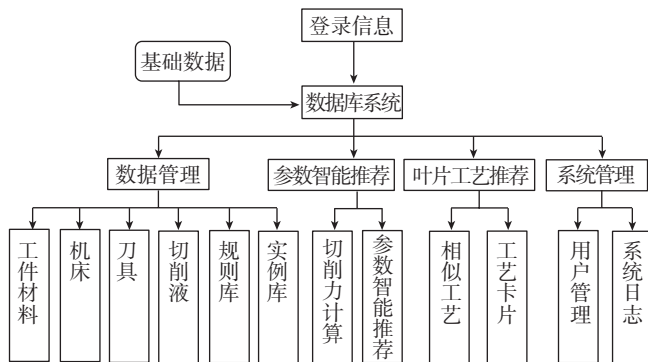


图3 系统结构设计

Fig.3 System structure design

登录:输入登录信息,验证通过后可以进入系统,系统会根据登录信息的用户权限赋予其相应的功能。作为部门管理员可以对系统内的叶片切削参数信息进行更新处理,但普通用户则无此权限,只能对叶片基本信息查看和调用。这里的登录信息由用户管理模块进行管理,高级管理员可以对一般管理员和普通用户进行信息增删和权限设置。

基础数据:这是后台数据库的基础数据,主要来源于企业的实际生产经验、刀具厂商提供的刀具手册、书本理论的切削手册和试验中积累的数据。虽然目前的数据来源是以各类手册为主,但最终会不断通过完全可靠的生产实践数据来源进行更新,完善数据可靠性。

数据管理:该模块中包括对工件材料、机床、刀具、规则库和实例库等各个基础库的管理功能,实现对基本信息查询、增加和删除等,维护基础数据与实际的一致性,并尽可能避免基础库中数据的冗余和不一致性,否则在进行数据库系统其他功能实现时,会因为数据冗余而造成运行缓慢,因为数据不一致和不完整造成运行错误和系统漏洞。所以基础数据库是复合功能准确有效实现的基础,必须保证其准确度。

参数智能推荐:该模块涵盖切削力计算和切削参数推荐,即相似定理实现相似材料刀具切削力的计算和利用切削力公式推荐切削参数。变切削参数推荐是叶片切削加工中基于叶片变刚性特点,对叶片结构变刚性分析后进行区域划分,通过输入叶片参数,得到类似结构叶片。根据用户限制的叶片加工变形量要求,实现基于刚性条件约束的智能推荐变切削参数,改善叶片薄弱环节的加工精度。

叶片工艺推荐:叶片工艺推荐模块采用规则和实例混合推理的方法对叶片相似工艺实现推荐,根据叶片实体整体相似度,为用户推荐最相似的工艺实例,同时包

含工序卡片和程序单输出的附加模块,使工艺调用更加方便。

## 2 叶片相识度计算

实例相似度包括局部相似度和整体相似度。整体相似度是对局部相似度分配加权系数得到。局部相似度是指两个叶片工艺实例的某个属性在不同属性值域时的相似度,数学符号记为  $sim(x,y)$ ,其中  $x$  和  $y$  是叶片某属性的取值。局部相似度常见的分类方法有无关型、数值型、枚举型等。本文以叶片为例,叶片属性相似度计算多为枚举型,枚举型属性局部相似度通过枚举函数得到:

$$sim(x,y)=f(x,y) \quad (1)$$

为了使计算更加可靠,本文对枚举类型的属性通过对定性值域进行定量转变,如对叶片加工精度和加工型面进行赋值后再进行枚举函数计算。通过上述计算方法,对切削数据库的实例属性进行主要局部相似度计算:

(1) 加工精度要求。叶片加工过程中的加工精度要求有 3 种属性值域,粗加工、半精加工和精加工。该属性的局部相似度计算属于枚举型。为达到通过函数计算相似度的目标,分别给属性取值赋实数数值,粗加工赋值为 1,半精加工赋值为 2,精加工赋值为 3,然后通过公式(2)计算相似度,结果如表 1 所示。

$$sim(x,y) = 1 - \frac{|x-y|}{M} \quad (2)$$

式中,  $M$  表示所有属性赋值中的最大值,根据实际赋值的大小确定,此处的值是指精加工赋值 3。

表1 加工精度要求局部相似度

加工精度	粗加工	半精加工	精加工
粗加工	1	0.667	0.333
半精加工		1	0.667
精加工			1

(2) 加工型面要求。加工型面相似度的确定依据两方面信息:一是叶片不同加工型面位置(主要是叶身部分)抵抗变形的能力;二是对叶片各型面进行加工时换刀的交叉性。表 2 为叶片加工型面相似度的计算结果。

## 3 数据库系统的开发与运行

### 3.1 开发与运行环境选择

数据库开发与运行环境选择影响到数据库设计,本文的数据库开发与运行的环境为:

开发环境:操作系统为 windows 7,32 位

表2 加工型面局部相似度

加工型面	叶根转接	下型面 1	下型面 2	中间段	上型面 1	上型面 2	叶冠转接
叶根转接	1	0.63	0.49	0.34	0.23	0.37	0.62
下型面 1		1	0.86	0.71	0.60	0.46	0.64
下型面 2			1	0.86	0.75	0.89	0.65
中间段				1	0.89	0.97	0.50
上型面 1					1	0.86	0.39
上型面 2						1	0.53
叶冠转接							1

开发语言: Visual Basic 6.0

数据库管理系统: Oracle11g

### 3.2 系统的登陆

进入系统的主窗体运行界面,点击登陆会进入身份验证模块,系统根据用户的身份类型进行权限分配,授予不同功能模块的权限。

### 3.3 数据查询模块运行

对切削工艺数据库的基础功能主要体现在数据查询模块,上述已经概括性叙述了系统功能各个子模块的实现目标。数据查询功能的子模块包括刀具、机床、加工方式和工件材料库的查询功能。

### 3.4 数据库管理模块运行

数据管理模块是对基础数据库的添加和删除等更新操作,需要管理员的权限才可以进行数据更改。该模块包含对基础数据库中 4 个子模块的管理,同时因为规则和实例推理的基础数据是以数据库的形式进行存储的,所以需要相应的增加规则库和实例库的管理功能。

### 3.5 切削参数智能推荐

切削参数智能推荐包含相似材料刀具的切削力计算,基于切削力和叶片变形拟合进行叶片不同位置切削力推荐,最后实现切削参数的智能推荐。

相似切削力功能只需要输入刀具的密度、硬度、强度参数和切削力要求便可以实现切削力计算。由于刀具物理性能参数一般不容易获得,所以只需要几何结构相同的两刀具的编号即可从数据库调用参数计算。

基于叶片刚性变化的变切削力和切削参数推荐功能,根据输入叶片型线、尺寸规格类型和不同位置的刀具选择,智能调用数据库中的切削力和变形量拟合公式以及切削力模型,推荐合理的参数。程序运行过程如图 4 所示。

### 3.6 相似工艺推荐

运用规则和实例相结合的推理技术,根据输入条件,进行叶片工艺实例库的相似推荐,查询最相似的实例,并显示对应的相似度。由于运行时采用刀具编号选择的方法,为了更加方便和直观查看具体的刀具信息,

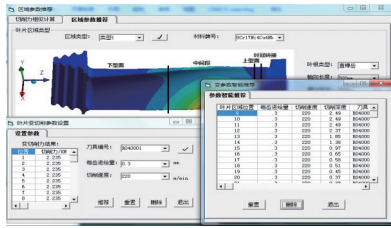


图4 切削参数智能推荐

Fig.4 Cutting parameters intelligent recommendation

提供刀具详细信息查看功能,满足用户查找时对结果的直观判断。实例推荐只要是刀具—工件—精度—型面输入条件后通过整体相似进行对比查找得出切削用量值。对于相似度不满足要求的实例,可以利用切削参数推荐的功能模块进行实例修改,实现不断更新解决方案的目的。工艺实例则是针对叶片—工件材料—类型,提供工艺流程和数控程序段代码的推荐,提高实际生产工艺制定的效率和准确度。

实例推荐会给出相应的相似度,提供实例修改和保存功能。实例修改和保存比较复杂,目前提供的是当相似实例刀具和工件材料不完全匹配,而数据库中存在目标刀具的切削力模型时,可以进行相关参数修改和保



图5 实例修改和保存

Fig.5 Example modification and preservation

存,运行界面如图5所示。

### 3.7 工艺卡片输出

对查询到的工艺提供输出工艺卡片功能,包括工艺过程卡、每个工序的工序卡片和对应数控程序段的数控加工程序单输出,数控加工工序卡的运行举例如图6叶

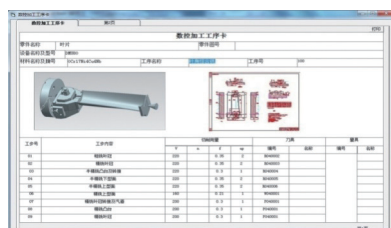


图6 数控加工工序卡

Fig.6 CNC machining process card

身综合铣工序所示。

## 4 结论

本文通过对叶片加工工艺和数据库开发技术的学习,在 Oracle 数据库系统中,通过 Visual Basic 编程语言进行叶片切削工艺数据库的开发,在功能上实现面向叶片工艺变切削参数智能推荐、相似工艺实例推理和数控加工工序卡片、程序清单的输出,提高叶片加工工艺的制定效率和准确性。

## 参考文献

- [1] 魏中兴. 汽轮机叶片装夹系统的精度分析及智能化设计[D]. 江苏: 江南大学, 2012.
- [2] WEI Zhongxin. The accuracy analysis and intelligent design for turbine blade[D]. Jiangsu: Jiangsu University, 2012.
- [3] 李沪曾, 黄承宗, 胡晓峰. 高速切削加工数据库系统的设计与开发[J]. 制造技术与机床, 2007(8):20-24.
- [4] LL Huzeng, HUANG Chengzong, HU Raobo. Design and development of database system for high speed machining[J]. High Speed Technology and equipment, 2007(8):20-24.
- [5] 郭明哲, 王庆文, 张永利, 等. 基于工艺过程的切削数据库系统的设计与开发[J]. 新技术新工艺, 2010(8):48-51.
- [6] GUO Mingzhe, WANG Qingwen, ZHANG Yongli, et al. Research and development on cutting database on technological process[J]. New Technology and New Process, 2010(8):48-51.
- [7] 赵雷. 智能刀具 CAD 系统中切削用量优化的研究[D]. 成都: 西华大学, 2008.
- [8] ZHAO Lei. Study of cutting parameters optimization in intelligent CAD system for cutting tools[D]. Chengdu: Xihua University, 2008.
- [9] 金艳玲, 刘向军. 基于 Web 的数控刀具切削参数专家系统的设计与开发[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2008(1):90-94.
- [10] JIN Yanling, LIU Xiangjun. Design and implementation of cutting parameter expert system based on web[J]. Modlar Machine Tool and Automatic Manufacturing Technique, 2008(1):90-94.
- [11] TLUST Y J, CRIT C S, PATON D. Chatter in cold rolling[J]. Annals of CIRP, 2000, 31(1): 195-199.
- [12] 高中军, 刘战强. 陶瓷刀具切削数据库管理系统的建立[J]. 机械工程师, 2003(81):37-39.
- [13] GAO Zhongjun, LIU Zhanqiang. Development of cutting database management system for ceramic tools[J]. Mechanical Engineer, 2003(81):37-39.
- [14] 张中华. 数控车削加工切削参数优选专家系统的研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2012.
- [15] ZHANG Zhonghua. Research on expert system of optimization of NC turning parameters[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2012.
- [16] 宋健平. 基于 J2EE 的金属切削数据库系统设计与研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2006.
- [17] SONG Jianping. Study on the system of metal cutting database based on J2EE[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2006.
- [18] CUS F, MURSEC B. Databases for technological information systems[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2004, S157-158(4):75-81.

(责编 台系)