

# 切削数据库技术现状及发展趋势

刘献礼,丁明娜,刘铭,孙雷,王义文

哈尔滨理工大学

**摘要:** 随着制造技术的发展,切削数据库在先进切削加工中的作用越来越重要,而切削数据库系统的体系结构、软件平台和优化算法的种类繁多且选择困难。针对以上情况,本文阐述了切削数据库系统的4种体系结构,概括其特点及应用状况;分析了开发平台和数据库管理系统中典型软件的优缺点及常用的结合方式;总结了切削数据库中3类常用算法的适用条件;最终针对目前一般切削数据库系统存在的问题及发展趋势进行了展望。

**关键词:** 切削数据库; B/S 结构; Java; SQL Server; 优化算法

中图分类号: TG506; TP11

文献标志码: A

## Present Condition and Development Trend of Cutting Database Technology

Liu Xianli, Ding Mingna, Liu Ming, Sun Lei, Wang Yiwen

**Abstract:** With the development of manufacturing technology, the cutting database is playing an increasingly important role in advanced machining. However, the types of the architecture, software platform and optimization algorithm in cutting database system are numerous and it's difficult to select. For the above situation, this article described four architectures of cutting database system, and at the same time it summarized its characteristics and application trends. It also analyzed the advantages and disadvantages of typical software of development platforms and database management systems and its commonly used combination. Then this paper summarized the applicable conditions of three commonly used algorithms in cutting database. Ultimately, this article prospected the development and trends of general cutting database system for its existing problems.

**Keywords:** cutting database; B/S structure; Java; SQL Server; optimization algorithm

## 1 引言

在制造业发展尤为迅速的今天,切削加工仍是目前材料去除的主要方式,好的切削数据对于充分利用制造资源、完成加工需求、提高企业经济效益有着极为重要的意义<sup>[1]</sup>。切削数据信息量越来越大,对如此大的信息量进行管理会直接影响企业的生产效率和加工成本。机械加工技术与计算机技术结合的切削数据库,能够有效地解决该问题并可使得切削数据具有更大的适用性。据 CIRP 对切削数据库经济效益的调查表明,切削数据库可使加工成本下降 10% 以上<sup>[2]</sup>。

数据库技术的诞生是以 20 世纪 60 年代中期 IBM 推出的数据库管理产品 IMS 为标志。世界上第一个切削数据库诞生于 1964 年,该数据库是由美国空军加工性数据中心(AFMDC)研究开发,其中含有 3750 种以上工件材料,22 种加工方式的切削参数。1971 年,德国建立了切削数据情报中心(IN-

FOS),成为当时世界上存储信息最多、软件系统最完整的切削数据库之一。各个国家开发的比较有代表性的切削数据库系统及其数据种类如表 1 所示<sup>[3]</sup>。

表 1 国外切削数据库系统及数据种类

数据库名称	国家	数据种类
CUTDATA	美国	车削、钻削、铣削、磨削
INFOS	德国	车削、钻削、铣削、磨削
SWS	德国	车削、钻削、铣削、磨削
PERAM ACBANK	英国	车削、钻削、铣削
CETIM	法国	车削、钻削、铣削
TECHNION	以色列	车削、钻削、铣削
DATA MDC	印度	车削、钻削、铣削
CRIF	比利时	车削
TRI	日本	车削、钻削、铣削
CRVEF COROCUT	瑞典	车削、钻削、铣削

我国从 20 世纪 80 年代开始建立切削数据库<sup>[4]</sup>。成都工具研究所在 1987 年建成了我国第一个试验性的车削数据库 TRN10。南京航空航天大学在 1988 年开发了航空专用的切削数据库软件 NAIMDS,又在 1991 年开发了通用切削数据库系统 KAIMDS,初步实现了数据库技术与专家系统技术的结合。北京理工大学从 1986 年开始先后建立了难加工材料切削数据库、涂层硬质合金刀具切削数

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(51235003); 国家重大科技专项(2012ZX04003051)  
收稿日期: 2013 年 1 月

数据库和涂层硬质合金刀具专家系统等切削数据库<sup>[5]</sup>。山东大学自 2001 年开始对切削数据库进行研究,开发了针对高速切削、难加工材料等多个切削数据库。哈尔滨理工大学自 1997 年以来相继完成了数控加工切削参数数据库、工艺参数优化专家系统、基于网络的断屑预报系统、基于特征的高速铣刀优选系统、PCBN 刀具切削多媒体切削咨询系统、高速铣削参数优化系统和大型筒节切削参数优选数据库系统等十余种切削数据库系统。

虽然近几年切削数据库发展迅速,但是很多数据库技术方面运用对于机械领域的研究者仍是难点。数据库系统的不断进化方式和进化策略在数据库设计中都需要重点考虑<sup>[6]</sup>。本文针对数据库技术方面的一些知识做了简要总结。

## 2 切削数据库系统体系结构

### 2.1 单机结构

单机结构即桌面型数据库管理系统,其数据储存层、应用层和用户界面层的所有功能都集中在单台 PC 上,比较常见的可以应用在单机结构上的管理系统有 Microsoft Access、Visual FoxPro 等<sup>[7]</sup>。天津大学在 2005 年研究开发的“虚拟数控铣削数据库”便是采用 Microsoft Access 管理系统实现的单机结构数据库系统。

但是采用了 Visual FoxPro 的系统如“高速铣刀参数化设计系统”、“数控高速铣刀优选系统与数控高速铣刀数据库”、“数控高速铣刀数据库”等,难以适应如今的网络化需求,与用户的互动性不足,而且二次开发又面临着重复劳动状况<sup>[8]</sup>。

### 2.2 集中式数据库系统结构

集中式数据库系统结构是将操作系统、应用程序、数据库系统等数据和资源均放于大型主机上,而连于主机的多个终端只作为主机的输入输出设备。集中式体系结构如图 1 所示,用户可在其终端以交互的方式提交作业,主机轮流为每一个用户服务的同时,用户的请求得到了最大的满足<sup>[9]</sup>。在集中式结构中,终端和主机之间流动的唯一数据便是用户的按键调度信息,因而无论应用程序逻辑还是数据都驻留于同一台机器上。这种结构的费用高,布局也不合理。而应用于微机局域网的文件服务器结构,虽然可以访问网络中的资源,但所有应用程序逻辑都在客户机电脑上运行,文件服务器只提供文件服务。这意味着客户机必须有足够的的能力,以便执行需要的任何应用程序,或能完成任何必要的任务。

因而实际上和大型机比,它们仍然缺乏足够的计算能力<sup>[10]</sup>。

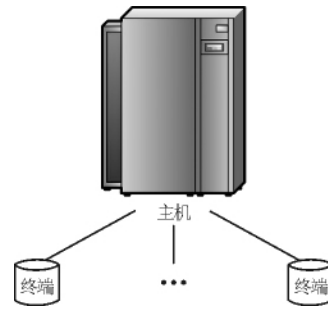


图 1 集中式体系结构

### 2.3 客户机/服务器机构

客户机/服务器机构(即 C/S 结构)是 20 世纪 80 年代末逐步成长起来的一种结构,该结构的原理是客户机提出请求,服务器对客户机提出的请求做出回应,使得独立运行的两个不同的应用程序可协同工作。应用最广的 C/S 结构为双层结构,如图 2 所示。山东大学在 2005 年研究开发的“模具高速切削数据库与专家系统”和同济大学在 2007 年研究开发的“高速切削加工工艺数据库”便是采用的 C/S 结构。基于该结构的系统的很多工作可以在客户端处理后再提交给服务器,使得客户端响应速度非常快<sup>[11]</sup>。

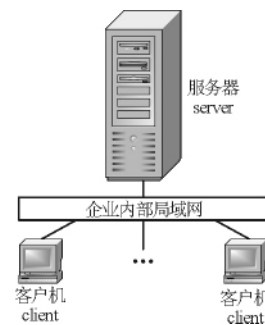


图 2 二层 C/S 体系结构

目前切削数据库系统多采用 C/S 结构。该结构特别适合企业内部局域网的切削数据库,但是该结构的客户端需要安装专用的客户端软件。系统软件升级时,每一台客户机需要重新安装,其维护和升级成本非常高,而且对客户端的操作系统也有一定限制。

### 2.4 浏览器/服务器机构

随着 Internet 技术的兴起,为满足切削数据库网络信息共享的要求,于是出现了浏览器/服务器机构(即 B/S 结构)。该结构的客户端只需有 WWW 浏览器而无需专用的客户端软件,即可从 Web 服务器上下载程序到本地来执行。典型的双层 B/S 结构如图 3 所示,但是双层结构服务器端载荷较大,适

合同时上线者不多的情况。若上线频繁则宜采用三层 B/S 结构,如图 4 所示。B/S 模式还具有平台无关性,客户端可以对不同的浏览器实现兼容,具有极强的伸缩性。所以目前绝大多数切削数据库趋于采用 B/S 结构。

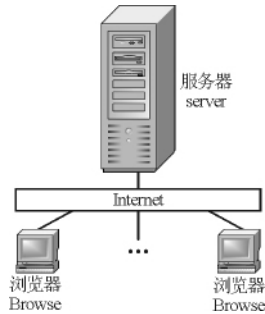


图 3 双层 B/S 体系结构

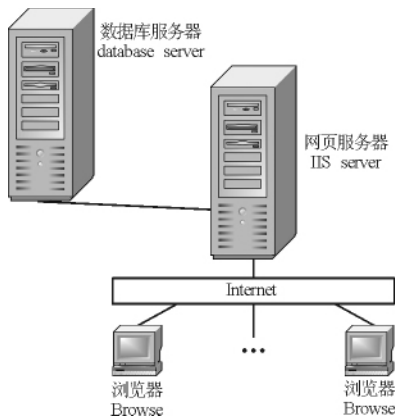


图 4 三层 B/S 体系结构

北京航空航天大学 2007 年研究开发的“动力学仿真优化型切削数据库应用系统”、哈尔滨理工大学 2009 年研究开发的“高速铣削异构数据库系统”和山东大学 2011 年开发研究的“汽车覆盖件模具钢高速切削数据库”便是采用这种结构,基于该结构的切削数据库只需在服务器上进行数据操作,其他部门可通过浏览器来访问该服务器,使得企业能对数据进行集中管理和统一调配,提高了科研效率和生产效率。

虽然 B/S 结构解决了 C/S 结构存在的大多数问题,但是由于 B/S 结构是基于 Internet 技术的,故此结构的安全性难以保障,所以便出现了将二者结合起来的结构,如图 5 所示。该结构既保持了 B/S 结构的所有优点,同时解决了该结构的安全性问题。

### 3 切削数据库系统软件平台

#### 3.1 开发软件

切削数据库的开发软件种类繁多,常见的有 Visual Basic、Delphi 和面向对象的 Visual C++、

Power Builder 以及 Java 等开发软件。其中 Visual Basic 是以 Basic 语言作为其基本语言的一种可视化编程工具,简单易学,故在切削数据库中使用较多,但是面向对象性比较差; Power Builder 的数据访问性灵活,是 Powersoft 公司推出的基于 C/S 体系结构的面向对象的数据库开发工具,因而在网络方面的应用有限,而且基础语言 Power Script 的普及程度比较差、相关书籍比较少都制约该软件的发展; Visual C++ 是基于 MFC 库的可视化开发工具,功能比较强大,面向对象特性比较好,虽然跨平台特性比较差,但是在切削数据库中应用还是比较多的; Java 可视化效果好,使用简便,面向对象特性高,支持多种组件技术,跨平台的特性好,2011 年成都工具研究所提出切削数据网站便是采用 Java 编程语言开发<sup>[12]</sup>。所以随着 B/S 结构的采用,Java 开发工具在切削数据库中的应用必将日趋广泛。

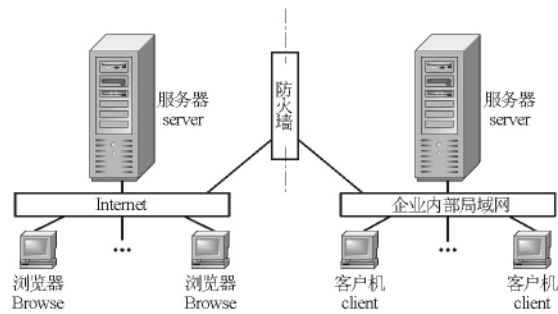


图 5 B/S—C/S 混合结构

#### 3.2 数据库管理系统

所谓的数据库管理系统(Database Management System)是指用于建立、使用和维护数据库,并对数据库进行统一的管理和控制,以保证数据库的安全性和完整性的系统。SQL Server、Access、Oracle、Sybase 和 Visual FoxPro 等都是在切削数据库中常用的数据库管理系统。他们的功能都比较完善,如共享能力、多用户并发控制、数据完整性约束、数据安全控制机制、数据备份及恢复和开发工具等,能适应于各种机型和多种复杂的应用及各种规模的数据库应用系统,但是针对不同类型的切削数据库应选用适合的管理系统。

Access 数据库是小型关系型数据库,适合处理少量数据和单机访问的数据库,适用于客户端的关系型数据库管理系统(RDBMS); Sybase 是美国 Sybase 公司研制的一种关系型数据库系统,是一种典型的 UNIX 或 Windows NT 平台上客户机/服务器环境下的大型数据库系统,采用该公司研制的 Power Builder 为开发工具; Oracle 是甲骨文公司的一款关

系数据库管理系统,采用的是并行服务器模式,在切削数据库领域应用比较广泛;SQL Server 是基于服务器端的大型企业级数据库,在处理海量数据的效率、后台开发的灵活性、可扩展性等方面功能都特别强大。且适合大容量数据和大流量网站的应用,为分布式客户机提供了良好的开发环境,虽然 SQL Server 已更新至 SQL Server 2012,但是目前切削数据库中应用比较多的仍是比较稳定的 SQL Server 2000。

### 3.3 软件平台的应用

切削数据库系统均是由以上两种软件平台通过数据源的连接而开发成功的,如 2005 年哈尔滨理工大学研究开发的“PCBN 刀具多媒体切削数据库”和 2007 年同济大学设计开发的“高速切削加工数据库系统”均是采用 Visual Basic 开发软件和 SQL Server 数据库管理系统通过 ODBC 数据源的连接完成该系统的开发。而哈尔滨理工大学 2011 年设计研究的“大型筒节切削参数优选数据库”则是采用 Visual C++ 开发工具和 SQL Server 2000 通过 ODBC 访问技术完成该数据库的开发。

## 4 切削数据库系统的优化算法

最初的切削数据库只是管理的切削数据,而随着各类算法的提出,切削数据库中渐渐增添了切削数据的优化和智能化评价等功能,使切削数据库系统成为机械行业不可或缺的组成部分。然而并不是任何一种算法是通用的,特定问题需要特定的算法。

### (1) 粒子群算法

粒子群优化算法(即 PSO 算法)是一种基于群智能方法的演化计算技术,它最初由 Kennedy 和 Ebert 从模拟鸟类的飞行行为而发展起来的<sup>[13]</sup>。该算法能够解决复杂的非线性优化问题,而且收敛速度快、容易实现、调整的参数比较少、算法的结构也比较简单。哈尔滨理工大学 2012 年研究开发的“航空航天典型零件高速切削数据库系统”便是采用该算法成功实现对切削参数的优化。

粒子群优化算法特别适合全局优化,但是实施过程与参数的取值有较大的关系,所以参数的取值仍然是一个亟待解决的问题。而当解决高维复杂问题优化时,粒子群算法可能会陷入局部最优,而且接近或进入全局最优点时,收敛速度会变慢<sup>[14]</sup>。针对粒子群算法在求解高维函数时容易陷入局部最优的问题,2010 年哈尔滨理工大学提出了一种改进算法,并用优化实验证明了该算法在求解精度和稳定

性方面都优于传统粒子群算法<sup>[15]</sup>。

### (2) 遗传算法

遗传算法(Genetic Algorithm, GA)最早是由 Michigan 大学的 J. Holland 教授于 1975 年提出。该算法是模拟达尔文优胜劣汰的自然选择学说和自然界的生物进化过程的一种优化模型。其优化方式为选择、交叉和变异。遗传算法流程图如图 6 所示,该算法可以直接操作结构对象,不受函数约束条件的制约,具有并行性、自组织自适应性,以及很好的通用性。山东大学 2008 年设计开发的“高速铣削 Ti-6Al-4V 切削参数数据库”便是采用该算法对铣削参数成功进行优化。但是遗传算法对连续函数的优化问题存在映射误差,在求解高要求精度的问题时容易陷入局部最优,而且该算法不能保证一定收敛,参数的选取不能适应环境的变化,优化参数较多时对其的表现会明显不足。

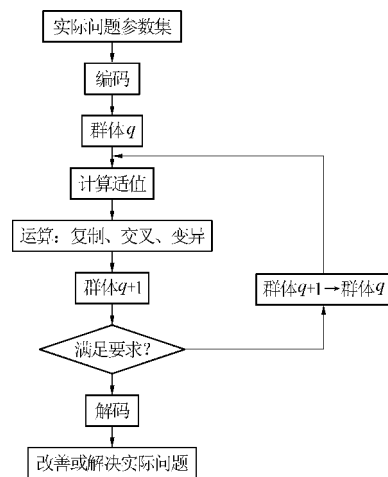


图 6 遗传算法流程图

### (3) 神经网络算法

神经网络算法是指模拟生物的神经结构以及其处理信息的方式来进行计算一种算法。该算法可以处理例外和不正常的输入数据以及非线性映射问题,例如切削用量的选择问题即可采用该算法解决。山东大学在 2011 年研究开发的“汽车覆盖件模具钢高速切削数据库”便是基于神经网络算法在精加工模具钢时,实现了对刀具磨损的在线预报<sup>[16]</sup>。

神经网络算法在解决寻优问题时,可以结合蚁群算法。用蚁群算法来训练神经网络,将蚁群算法的全局优化和启发式寻优的特点应用于训练神经网络的权值,从而达到神经网络模型的智能寻优的目的。哈尔滨理工大学在 2007 年研究开发的“铣削数据库系统”便是利用蚁群算法和神经网络相结合的方法,使切削参数的选择具有一定的智力水平,实

现了切削参数的合理选择<sup>[17]</sup>。

## 5 切削数据库技术的展望

通过采用合适的体系结构、软件平台和优化算法而设计开发的切削数据库系统可以给用户推荐合理的切削参数和加工工艺等信息,可使机床和刀具充分发挥其功能,从而提高企业加工效率、降低生产成本。但是目前所开发的切削数据库系统大都是针对具体企业开发的专用数据库,其提供数据针对性强、通用性差,致使真正实用的通用大型数据库系统并不多见,所以切削数据库技术需要更多地向智能化发展。

### (1) 数据挖掘技术

随着切削制造业的迅速发展,积累的切削数据越来越多。激增的数据背后隐藏着许多重要的信息,目前的切削数据库系统可以高效地实现数据的录入、查询、统计等功能,但无法发现数据中存在的关系和规则,无法根据现有的数据预测未来的发展趋势。而数据挖掘技术的出现就是针对以上问题。数据挖掘是指从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的实际应用数据中,提取隐含在其中事先未知的,但又是潜在有用的信息和知识的过程。该技术可以从大量切削数据信息中提取用户感兴趣的数据及数据之间的关联,而使切削数据更有价值。采用数据挖掘技术结合优化算法而优化出的数据可信度会更高<sup>[18]</sup>。

### (2) 云切削数据库技术

所谓云数据库,就是云端有一个强大的、能让多台计算机一起运行的数据库系统,可以保存用户所有数据的数据库<sup>[19]</sup>。云数据库是把各种关系型数据库看成一系列简单的二维表,并基于简化版本的SQL或访问对象进行操作。传统关系型数据库只需通过提交一个有效的链接字符串即可加入云数据库。使用云数据库的用户不能控制运行着原始数据库的机器,也不必了解它身在何处。所以切削数据库若应用云数据库技术一定会有更好的发展。

### (3) 智能多媒体切削数据库技术

多媒体数据库是指结合数据库技术和多媒体技术,能够有效地实现对格式化和非格式化的多媒体数据进行储存、管理和操纵等功能。而智能化是将切削专家的经验、切削加工的某些一般规则与特殊规律存储在计算机中,实现运行与决策<sup>[12]</sup>。所以智能切削数据库系统能够利用基于知识库的规则推理

机或者专家系统来实现智能决策。

现有的多媒体切削数据库系统只能通过文件名进行检索多媒体文件,而若将人工智能与多媒体数据库相结合,通过使计算机系统自动识别多媒体信息进行检索定会是切削数据库系统发展的一大飞跃。例如将人工智能中的图像识别技术应用到多媒体数据库中,则形成的智能多媒体数据库即可将某个刀具图片甚至实物刀具,通过该系统的识别或者扫描而快速找到该刀具或与之类似刀具的相关信息,从而会节省大量的时间以及人力劳动。

### (4) 虚拟制造切削数据库技术

随着先进制造技术与切削数据库技术的结合日益增多,所以若采用B/S结构,未来便可能将虚拟制造技术应用到切削数据库中。将该技术与切削数据库技术相结合,使得切削数据库可以采用本数据库优化后的数据进行虚拟制造,这样就使得数据库不但可以提供优化数据,同时还可以利用已优化的数据来模拟和预估产品功能、性能以及可加工工件等各方面可能存在的问题,从而降低企业在加工过程中的风险、降低成本,使切削数据库为机械领域创造更大的价值。

## 参考文献

- [1]孙剑飞,周威,陈五一.基于特征的可进化切削数据库的设计[J].现代设计与先进制造技术,2008,37(3):36-39.
- [2]郝传海.汽车行业金属切削数据库系统的研究与开发[D].山东大学学报,2011.
- [3]姜哲.金属切削数据库的研究现状与展望[J].机械工程师,2006(5):104-106.
- [4]Y H Shen, Y W Wang, T Chen, et al. The optimization on case-based reasoning to processing piece large cylinders of heavy cutting process [J]. High Speed Machining, 2011 (188): 340-343.
- [5]刘战强,黄传真,万熠,等.切削数据库的研究现状与发展[J].计算机集成制造系统,2003,11(9):937-943.
- [6]孙剑飞,周威,陈五一.基于特征的可进化切削数据库的设计[J].中国制造业信息化,2008,37(3):36-39.
- [7]高阳,王坚强.数据库技术及应用[M](第二版).北京:电子工业出版社,2008:23.
- [8]陈龙,郑敏利,姜彬,等.高速铣削异构数据库共享和透明访问技术研究[J].机械工程师,2009(3):21-23.
- [9]刘忠和,于启勋,庞思勤,等.“WWW”模式下网络切削数据库与专家系统[J].河北科技大学学报,2002,2(23):12-15.

# 重型转子加工用中心架整体结构力学分析

王志滨,董太宁,陆汉军,胡波,杨鸣,邵鹏

杭州汽轮机股份有限公司

**摘要:** 重型汽轮机转子加工用中心架工作时承受巨大的载荷,须对其整体结构进行力学分析来验证设计的可靠性。本文采用有限元软件 ANSYS 对中心架整体结构进行了静力学分析和模态分析,确定了车削工况和铣削工况下中心架上的应力分布、变形情况,以及中心架壳体结构的固有频率、振型等动力学参数。结果表明:中心架结构有足够的刚度、强度和振动稳定性,可以满足重型汽轮机转子加工的要求。

**关键词:** 重型转子;中心架;静力学分析;模态分析

中图分类号: TG315

文献标志码: A

## Mechanical Analysis of Center Rest for Heavy Rotor Fabrication

Wang Zhibin, Dong Taining, Lu Hanjun, Hu Bo, Yang Ming, Shao Peng

**Abstract:** The center rest for heavy steam turbine rotor fabrication works under large load, so mechanical analysis of the total structure of the center rest is performed to verify the reliability of the designing. Finite element method software ANSYS is used to carry out the statics analysis and modal calculation for the center rest structure, which gives the stress distribution, deformation condition, natural frequencies and mode shapes of the center rest under different working conditions. The results prove: the center rest structure has enough stiffness, strength and vibration stability to satisfy the fabrication requirement for the heavy steam turbine rotor.

**Keywords:** heavy rotor; center rest; statics analysis; modal analysis

## 1 引言

我公司生产的驱动用汽轮机及部分电站汽轮机执行 API612-2005 标准,要求转子加工后轴颈处的电气和机械跳动总值 $\leq 0.006\text{mm}$ ,公司现有的加工

设备和传统的加工工艺已经无法保证大型工业汽轮机转子的加工质量。经过相关的试验和论证,最后确定采用“一联双托”的加工方法:转子与车床通过万向联轴节进行连接,同时在转子两轴颈处搭中心架。这种加工方法克服了机床老化导致的精度下降,并且在试验中取得了理想的加工效果。

单个中心架设计最大承载 20 吨(转子最大重

收稿日期: 2012 年 11 月

- [10]陈天全,夏伟,吴斌.基于客户/服务器模式的金属切削数据库设计[J].机械设计与制造工程,1999,28(6):39-40.
- [11]彭修广.模具高速切削数据库与专家系统的研究[D].山东:山东大学,2005:14.
- [12]胡贤金,杨冰,孔莉,等.切削数据库的最新研究进展[J].工具技术,2011,45(2):27-31.
- [13]张青,陈志同,张平等.基于粒子群算法的切削参数优化及其约束处理[J].航空精密制造技术,2010,46(1):32-36.
- [14]王晓迪,肖伟.解决多目标优化问题的几种进化算法的比较研究[J].电脑知识与技术,2011,7(7):1614-1616.
- [15]郭广寒,王志刚.一种改进的粒子群算法[J].哈尔滨理工大学学报,2010,15(2):31-34.
- [16]黄传真,庄新强,邵斌,等.汽车覆盖件模具钢高速切削数据库的研究[D].山东大学学报,2011,41(5):9-12.

- [17]詹晓娟.基于蚁群神经网络铣削数据库系统[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2007:30-40.
- [18]喻秀.智能切削数据库及其数据挖掘技术的研究[D].天津:天津大学,2010:41-47.
- [19]李春青,李海生.WEB数据库技术及其发展趋势[J].软件导刊,2012,11(2):155-156.
- 第一作者:刘献礼,教授,博士生导师,哈尔滨理工大学机械动力工程学院,150080,哈尔滨市  
First Author: Liu Xianli, School of Mechanical and Power Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China
- 第二作者:丁明娜,硕士研究生,哈尔滨理工大学机械动力工程学院,150080,哈尔滨市  
Second Author: Ding Mingna, Postgraduate, School of Mechanical and Power Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China