

刘伟,李希晨,邓朝晖,等.凸轮轴磨削数据库系统的设计与开发[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2019,34(4):67-73.
doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2019.04.010

Liu W, Li X C, Deng Z H, et al. Design and Development of Camshaft Grinding Database System[J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2019,34(4):67-73.doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2019.04.010

凸轮轴磨削数据库系统的设计与开发

刘伟^{1,2*},李希晨^{1,2},邓朝晖^{1,2},彭克立³,余帅龙^{1,2},葛智光^{1,2}

- (1. 湖南科技大学 难加工材料高效精密加工湖南省重点实验室,湖南 湘潭 411201;
2. 湖南科技大学 智能制造研究院,湖南 湘潭 411201;
3. 湖大海捷(湖南)工程技术研究有限公司,湖南 长沙 410082)

摘要:针对凸轮轴磨削加工的现状,提出开发磨削数据库系统的设想.以凸轮轴磨削加工中的工件、磨床、砂轮、磨削液和磨削参数等数据信息作为研究对象,分析数据库系统功能需求、系统角色和系统数据关系等,详细设计系统功能模块、基础数据库、用户权限和系统架构,开发凸轮轴磨削数据库系统,实现凸轮轴的磨削数据的系统化、规范化,向用户提供机床、砂轮、磨削液、材质、实例等信息的收集、查询与检索服务,解决凸轮轴磨削工艺选型与方案决策的技术难题.

关键词:凸轮轴;磨削;数据库;系统开发

中图分类号: TG580 文献标志码: A 文章编号: 1672-9102(2019)04-0067-07

Design and Development of Camshaft Grinding Database System

Liu Wei^{1,2}, Li Xichen^{1,2}, Deng Zhaohui^{1,2}, Peng Keli³, She Shuailong^{1,2}, Ge Zhiguang^{1,2}

- (1. Hunan Provincial Key Laboratory of High Efficiency and Precision Machining of Difficult-to-cut Material, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
2. Intelligent Manufacturing Institute, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
3. Hunan University Hicam (Hunan) Engineering Technology Research Co., Ltd., Changsha 410082, China)

Abstract: For the camshaft grinding processing status, a software of grinding database was designed and developed. The relevant data of camshaft grinding, such as workpiece, grinder, grinding wheel, grinding liquid and grinding parameters, was taken as the research subject. The functional requirements, system roles and system data relationships were analyzed, and the system function modular, basic database, user rights and system architecture were designed in detail, and then a camshaft grinding database system was developed. Finally it achieved systematic and standardized for camshaft grinding, and it provided information collection, query and retrieval services for users about machine tools, grinding wheel, grinding fluid, material, grinding case, so as to solve the technology problems of process selection and case decision for camshaft grinding.

Keywords: camshaft; grinding; database; system development

凸轮轴是汽车、摩托车的发动机中的核心零件之一^[1].典型凸轮轴是一种非圆轮廓轴类零件,曲率误差一致性要求高,表面质量要求平滑度好^[2-3],如图1所示.凸轮轴的加工质量对发动机的运转稳定性、噪

收稿日期:2017-04-16

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2015BAF23B01);国家自然科学基金资助项目((51505144);湖南省自然科学基金资助项目(2017JJ4007);湘潭市科技计划资助项目(ZCB20164021)

*通信作者,E-mail:lw1986tiger@163.com

声和排放起主要影响作用^[4-5].为实现凸轮轴的高质量加工,磨削加工成为唯一手段.



图1 典型凸轮轴

目前凸轮轴磨削尚无可靠的数据以供查询,主要依赖于操作者的加工技巧和工作经验,严重制约了凸轮轴大批量多种类生产的需求^[4].另一方面,在凸轮轴磨削实际生产中,各制造企业积累了一定的加工实例和知识经验,但由于缺乏一个数据化、信息化的共享软件平台,使这些知识与经验仅存在于部分操作人员的头脑中,无法实现其充分利用、扩展与优化提升,具有丰富操作经验的人员流失则会给企业的生产带来较大的损失^[6].通过系统地研究,把工程技术人员的丰富经验及专业知识进行分类总结,并将其形成规范,建立各种类型的磨削数据库,为零件磨削加工提供工艺数据指导,是实现磨削加工工艺正确选择、提高磨削加工企业竞争力最有效的措施之一^[7].

磨削数据库一般是在切削数据库的基础上发展而来的,在切削数据库中具有代表性的是美国的 CUTDATA 与德国的 INFOS^[4],大部分磨削数据库的数据量基本无法与切削数据库相比^[8].目前,国外成功运用于工业生产的大型磨削数据库有美国的 MDC,德国的 SWS,德国的 INFOS,英国的 IGA 及美国的 GIGAS^[9-10],其中前三者均为直接在通用切削数据库中添加磨削工艺数据,而专门针对磨削加工建立的数据库是 IGA ©^[10]与 GIGAS^[11].国内方面,郑州磨料磨具研究所开发了普通磨削数据库及与之对应的应用软件^[12].张新玲针对目前磨削数据库存在数据孤岛的问题导致数据无法共享,提出了基于数据仓库技术的磨削数据共享平台的概念^[13].郑雄文等开发了非球面超精密磨削加工智能化数据库系统^[14].

从以上国内外的现状分析可以得到:已建立的磨削数据库应用于实际生产并产生经济效益的较少,其根本原因是已有的磨削数据库存在数据量不足、数据可靠性不高、仅具备查询功能且智能化程度偏低等问题^[15].国内磨削相关制造企业数量庞大,但大多数企业并没有对生产加工中的磨削数据进行有效收集分类,未能实现磨削加工数据的“重用”.部分企业认为生产实践数据属于企业机密,仅允许其企业内部进行交流,从而导致企业间加工数据无法共享,阻碍数据的优化提升.

针对现阶段凸轮轴磨削加工现状,以凸轮轴磨削加工中的工件、磨床、砂轮、磨削液和磨削参数等数据信息作为研究对象,设计开发凸轮轴磨削数据库系统(Camshaft Grinding Database System, CGDS),向用户提供凸轮轴磨削的数据服务,提高生产效率和加工质量.

1 凸轮轴磨削数据库系统需求分析

凸轮轴磨削加工过程中涉及的数据信息包括工件信息、磨床信息、砂轮信息、磨削液信息及磨削参数等.在进行 CGDS 的建立之前,需要对上述数据信息进行分类,从中筛选出对加工过程有价值的信息,并通过恰当的方式来加以描述.

1.1 系统功能与角色分析

CGDS 需要实现的主要功能:(1)凸轮轴磨削加工相关信息的管理维护.(2)工件、机床、砂轮、磨削液、材质和实例等信息的采集录入.(3)各种信息修改、添加和删除等编辑与数据查询.数据查询分为 2 种方式:普通查询和条件查询.其中,普通查询是系统根据设定的模板进行查询显示;而条件查询则可以按照用户的需要自定义具体的查询选项,使得查询过程更加灵活.(4)为充分发挥凸轮轴磨削数据的作用,CGDS 还需要具备扩展功能.

系统角色主要分为 3 个层次:系统管理员、技术主管和普通用户.系统管理员负责用户基础信息管理,

负责权限分配,维护系统正常运行等工作.技术主管负责对CGDS中数据的有效性与完整性进行审核以及数据录入等工作.普通用户完成凸轮轴磨削数据的查询服务.

1.2 系统数据关系分析

凸轮轴磨削加工主要是在凸轮轴数控磨床、砂轮、工件及磨削液等实体上完成的,同时还包括工艺参数和加工结果,其加工过程即为六者之间的关系,如图2所示.

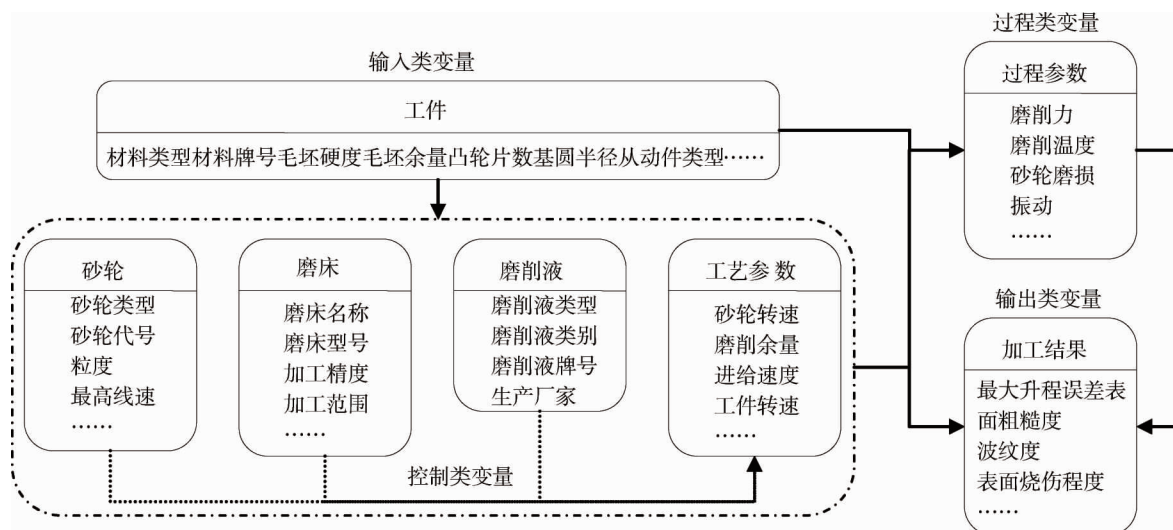


图2 凸轮轴磨削加工数据关系

其中各种信息可分为输入类、过程类、控制类及输出类这4种类型的变量:输入类变量用来描述待加工工件的几何特征信息;过程类变量用来描述加工过程的变动情况(CGDS中暂不利用此类变量,用于后续系统功能扩展);控制类变量用来描述加工工艺环境和加工工艺参数;输出类变量用来描述加工结果.这4种类型变量之间的关系:在已知输入类变量的前提下,为了达到输出类变量要求,在凸轮轴磨削加工中合理选择控制类变量的取值(即工艺方案),同时实现过程类变量在要求范围内.

1.3 系统实体分析

工件信息主要包括工件基本信息和工件质量要求信息,其中工件基本信息包括材料类型、材料牌号、材料状态、毛坯硬度、毛坯余量、凸轮轴类型、测头类型、测头半径、特征数量、特征厚度、最大升程和工件总长等^[16];工件质量要求信息包括波纹度、最大升程误差、相邻最大误差、表面烧伤程度及表面粗糙度等^[16].

砂轮信息主要包括砂轮的外径、宽度、孔径和最高线速度及磨粒的种类、粒度、结合剂、硬度和组织号等.

磨床信息主要包括机床型号、X/Z轴最大行程、X/Z轴定位精度、工作台尺寸、砂轮尺寸规格、砂轮主轴最大转速、最大加工直径、最大加工长度、最大加工升程、最大升程误差、机床重量、最大功率及机床尺寸等.

磨削液信息主要包括磨削液类型、磨削液类别和磨削液牌号等.

磨削工艺参数是CGDS最基本同时也是最重要的数据.凸轮轴磨削加工过程由粗磨、精磨、光磨和无火花磨4个阶段组成,各阶段的工艺参数主要包括砂轮线速度、工件基圆转速、砂轮架进给速度、磨削深度、磨削圈数、磨削液供液压力和磨削液供液流量,另外还包括砂轮修整方向、砂轮修整线速度、滚轮修整器转速、修整深度、修整次数和修整器移动速度等砂轮修整参数、磨削液供液参数等^[16].

1.4 系统数据来源分析

凸轮轴磨削加工数据主要来源于实验室、生产实践及文献资料等方面,实验室数据具有较好的系统性和实用性,但其他数据来源特别是生产实践数据由于加工环境、加工特点不同,使采集到的数据不具有普遍性,且分散性大,须通过评价验证后,才可以录入CGDS中.

2 CGDS 设计

2.1 系统功能设计

CGDS 主要包括 3 个功能模块:数据编辑查询、系统管理维护和系统扩展.数据编辑查询是工艺数据管理必须具备的功能,具体包括归档管理、数据更改等,该功能应严格按照国家及行业的规范与要求来实现;系统管理维护主要包括用户管理、数据维护和系统维护等功能,这些功能虽然不能够实现对 CGDS 中数据的直接操作,但它们却是确保系统正常运行的必要条件;系统扩展主要采用组件的方式融入系统.其中数据编辑查询、系统管理维护是 CGDS 的基础功能,而系统扩展是指面向信息管理并向知识管理过渡的功能.

2.2 基础数据库设计

基础数据库是 CGDS 的核心,通过自底向上的方法进行设计.根据系统实体分析结果建立机床库表、砂轮库表、磨削液库表、材质库表、实例库表、目录表与字段参数表.其中实例库表分为 4 个部分:前件表用来存储加工前已知的工件加工类别、材质、尺寸与精度要求等信息;中件表用来存储机床、砂轮与磨削液信息;后件表用来存储加工工艺参数;附表用来存储对该条实例的评价信息.实例库前件表如表 1 所示,表的具体属性、表头信息和表中各字段名称均为英文代号,便于 SQL 语言的查询与编辑^[17].为便于系统对各库信息的显示与查阅,同时存储与英文代号对应的中文名称,在设计表中的字段时,充分考虑数据库设计的 3 个范式要求,清晰地列出每个表的结构(主键、外键和字段等).

表 1 实例库前件表

序号	字段名	字段类型	约束	描述	示例
1	CAS_ID	CHAR	主键	实例编号	C-343731-2
2	PROC_NAME	CHAR	外键	工艺类别	凸轮轴磨
3	CAM_TYPE	CHAR	外键	凸轮轴类型	油泵凸轮轴
4	MAT_TYPE	CHAR	外键	材料类型	合金结构钢
5	MAT_MARK	CHAR	唯一	材料牌号	20CrMnTi
6	CAS_WPHEAT	CHAR	唯一	毛坯热处理	淬火
7	CAS_WPHARD	CHAR	唯一	毛坯硬度	HRC52
8	CAS_FEATS	INT	唯一	特征数量	8
9	CAS_BRAD	FLOAT	唯一	基圆半径/mm	20
10	CAS_MAXLF	FLOAT	唯一	最大升程/mm	12.5
11	CAS_WPMARGIN	FLOAT	唯一	毛坯余量/mm	1
12	CAS_TLEN	FLOAT	唯一	总长/mm	600
13	CAS_HURT	CHAR	唯一	表面烧伤程度	无烧伤
14	CAS_WAV	CHAR	唯一	波纹度	无
15	CAS_ROUGH	FLOAT	唯一	表面粗糙度/ μm	0.29
16	CAS_EMAXLF	FLOAT	唯一	升程最大误差/mm	0.02
17	CAS_EMAXPH	FLOAT	唯一	最大相邻误差/mm	0.004

2.3 用户权限设计

用户权限设计是保证 CGDS 的安全稳定性的必要条件,需建立用户表、角色表和权限表.用户表用于保存系统用户的参数信息,具体包括用户名、用户类型、用户密码及注册码等.角色表用于保存系统角色的参数信息,具体包括角色 ID、用户类型等.权限表用于保存系统用户的权限参数信息,具体包括用户类型和权限说明等.

2.4 系统架构设计

CGDS 设计时主要基于 C/S(Client/Server)结构,即客户机/服务器结构.客户端用于执行前台用户功能请求,服务器用于前台请求的处理与数据库更新.凸轮轴磨削数据库系统采用星型网络结构,客户端与服务端之间的通讯通过交换机、路由器和网关实现,如图 3 所示,该网络结构能够为系统提供灵活的网络环境,是系统实现数据分布储存与共享的基础.

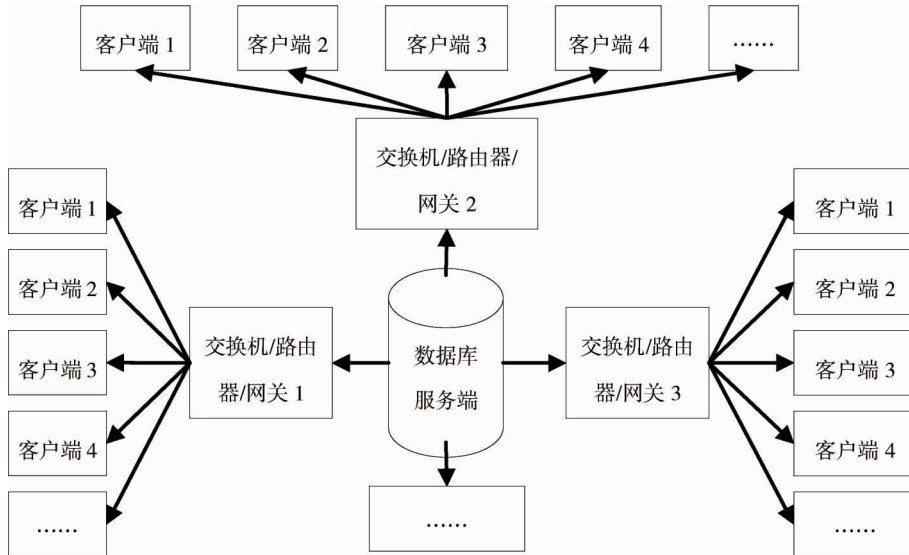


图 3 星型网络结构

3 CGDS 开发

3.1 系统开发运行环境与技术

CGDS 的客户端软件采用 C++Builder 6.0 开发,服务器采用 InterBase 7.5 开发.系统的软硬件运行环境为 Windows 98 以上操作系统,奔腾 II 以上 CPU,256 M 以上内存,64 G 以上硬盘环境.采用关系型数据库系统(Relational DataBase System, RDBS)^[18]建立数据模型,数据实体的存储与管理通过数据、关系以及数据约束三者组成.数据库接口采用 ActiveX 数据对象(ActiveX Data Objects, ADO)^[19]实现 C/S 的数据连接.通过结构化查询语言(Structured Query Language, SQL)^[20],对数据库进行相应的操作,实现数据的查询与管理功能.

3.2 基础功能开发

CGDS 的数据编辑查询功能:用户首先根据系统选择相应的类型,然后系统会根据用户的选择来确定编辑或查询的对象;系统向基础数据库发送 SQL 命令,最后对编辑后的数据进行存储,或在读取查询结果后反向输出并显示在系统中.系统中各库的编辑查询流程图如图 4 所示.

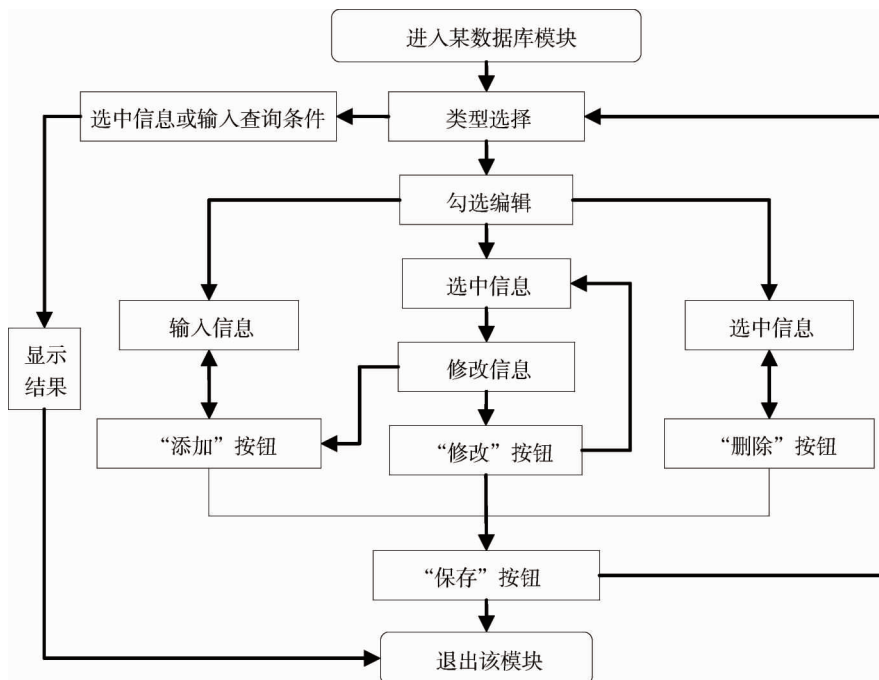


图 4 数据编辑查询功能流程

系统权限管理基于角色访问控制(Role-Based Access Control, RBAC)模型,系统权限管理分为用户管理、角色管理和权限管理,其中引入角色管理用于隔离用户与权限.另外为了保证系统的安全性,将系统分成了客户端、服务器和数据库3部分,客户端通过与服务器的通讯来连接数据库,并设计了用户的登录界面,实现对用户权限的管理.

3.3 系统运行效果

CGDS 主页面如图5所示,包括标题栏、菜单栏、工具栏、功能区和状态栏等.系统初始化界面设置管理员用户,其他用户可以通过注册或邀请码的方式,在获得管理员的授权后对系统进行使用.

机床库、砂轮库、材质库、磨削液库和实例库等各库页面包括8个模块,分别是标题栏、类型选择栏、信息显示区、图片显示区、操作区、编辑区、查询区和提示信息栏.实例库页面如图6所示,以实例库为例,操作区依次有“添加”“修改”“删除”“保存”“打开模型图”5个选项按钮,其中前4个按钮在“编辑”框被勾选后才会显示,然后可以在编辑区进行数据库信息的编辑.普通查询时,进行类型选择后,点选信息显示区某条信息即可在编辑区、图片显示区分类显示其完整信息.条件查询时,在查询区选择并输入具体的参数、运算与取值等查询条件后,点击“查询”按钮显示结果.点选某条结果即可在编辑区、图片显示区分类显示其完整信息,显示过程与普通查询类似.

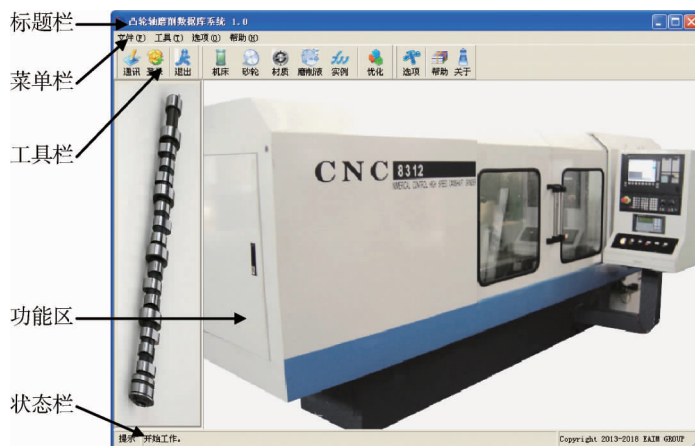


图5 系统主页面

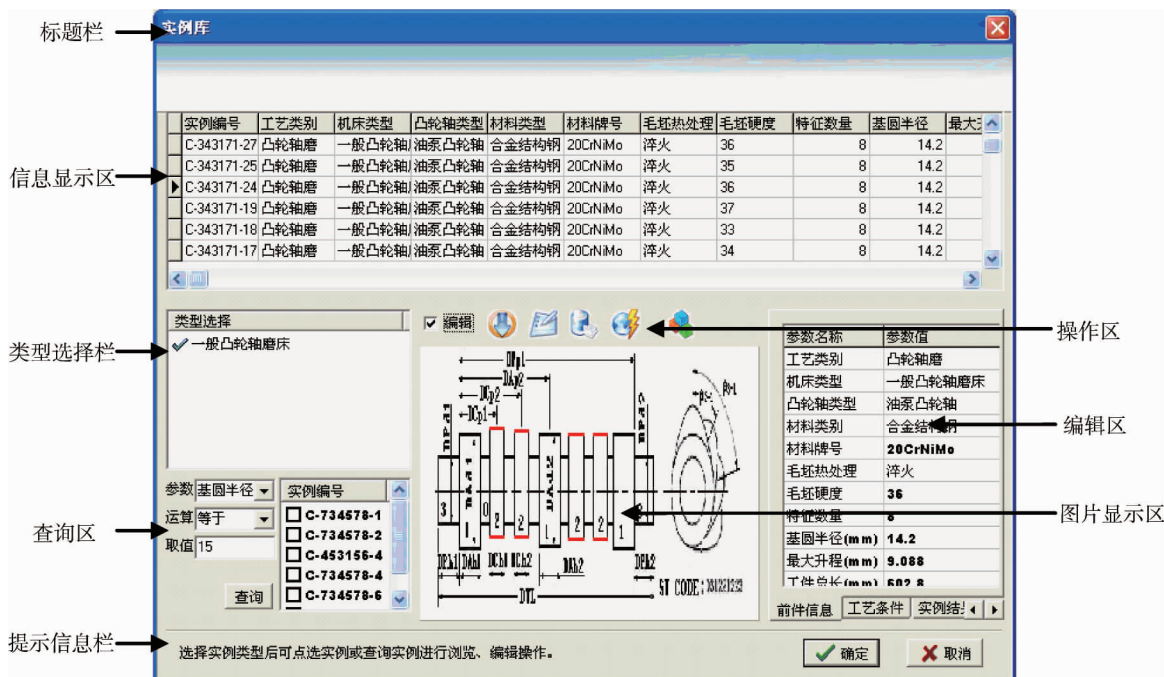


图6 实例库页面

3.4 系统应用

应用 CGDS 的机床库、砂轮库、材质库、磨削液库和实例库功能,可以实现凸轮轴磨削相关数据信息的快速检索查询,实现无纸化工作,减少工艺决策时间,提高生产效率,结合实例推理、工艺优化等扩展功能可以提高凸轮轴磨削的加工质量。

4 结论

1)采用 C++ Builder, InterBase 软件开发了包括机床库、砂轮库、材质库、磨削液库和实例库在内的,涵盖凸轮轴磨削过程全部数据信息的基础数据库系统 CGDS。

2)CGDS 基于 C/S 结构体系设计开发,能够满足数据库的网络化需求,能够为凸轮轴磨削的用户提供数据服务。

3)在 CGDS 中补充实例推理、工艺优化和误差补偿等功能组件,可以实现对磨削数据的进一步利用。

4)CGDS 的系统结构与功能模式可以扩展应用到其他磨削加工方式。

参考文献:

- [1] 邓朝晖,刘涛,廖礼鹏,等.凸轮轴高速磨削温度的实验研究[J].中国机械工程,2016,27(20):2717-2722.
- [2] Oliveira J F G, Silva E J, Gomes J J F, et al. Analysis of grinding strategies applied to crankshaft manufacturing[J]. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2005, 54(1): 269-272.
- [3] 李静,张伟,沈南燕,等.机车发动机用凸轮轴非圆磨削凹弧段轮廓重构方法研究[J].中国机械工程,2013,24(20):2836-2839.
- [4] 张晓红.凸轮轴数控磨削工艺智能专家系统的研究及软件开发[D].长沙:湖南大学,2010.
- [5] 杨寿智,邓朝晖,刘伟,等.凸轮轴数控磨削轮廓误差分析与补偿[J].中国机械工程,2016,27(16):2230-2235.
- [6] 曹德芳.凸轮轴数控磨削工艺智能应用系统的研究与开发[D].长沙:湖南大学,2012.
- [7] 龚时华.凸轮轴高速磨削加工控制系统关键技术[D].武汉:华中科技大学,2008.
- [8] 杨佩旋,王成勇.磨削数据库的研究现状与发展[J].精密制造与自动化,2008(3):33-36.
- [9] Cai R, Rowe W B, Moruzzi J L, et al. Intelligent grinding assistant (IGA(©)) - system development part I intelligent grinding database[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, 35(1/2): 75-85.
- [10] Morgan M N, Cai R, Guidotti A, et al. Design and implementation of an intelligent grinding assistant system[J]. International Journal of Abrasive Technology, 2007, 1(1): 106-135.
- [11] Choi T, Shin Y C. Generalized intelligent grinding advisory system[J]. International Journal of Production Research, 2007, 45(8): 1899-1932.
- [12] 王遵彤.基于实例推理的高速切削数据库系统 HISCUT 的研究[D].济南:山东大学,2003.
- [13] 张新玲.基于数据仓库技术的磨削数据共享平台应用研究[D].长沙:湖南大学,2009.
- [14] 郑雄文.磨削加工智能化数据库系统的研究[D].厦门:厦门大学,2009.
- [15] 刘伟,商圆圆,邓朝晖.磨削工艺智能决策与数据库研究进展[J].机械研究与应用,2017,30(2):171-174.
- [16] 邓朝晖,张晓红,曹德芳,等.粗糙集-基于实例推理的凸轮轴数控磨削工艺专家系统[J].机械工程学报,2010,46(21):178-186.
- [17] 张海燕.轴承磨削加工工艺数据管理系统的研究与开发[D].长沙:湖南大学,2010.
- [18] 埃尔姆斯里,内瓦西,邵佩英.数据库系统基础:初级篇[M].北京:人民邮电出版社,2007.
- [19] Sangeetha L A, Bharathi N, Ganesh A B. Performance validation of a cascade control system through various network architectures[J]. Egyptian Informatics Journal, 2016, 17(3): 285-293.
- [20] Xiang T, Li X G, Chen F, et al. Processing secure, verifiable and efficient SQL over outsourced database[J]. Information Sciences, 2016, 348: 163-178.