

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2020.06.010

新能源汽车减速器零部件切削工艺决策系统

俞希伟,江吉彬,黄旭,周梦宁,周井鑫

(福建工程学院 机械与汽车工程学院,福建 福州 350118)

摘要: 设计了基于新能源汽车减速器零部件切削加工工艺智能决策系统。工艺数据库采用 C/S 体系架构,决策系统包括用户、基础信息、工艺参数三个管理模块。将实例和规则推理相结合搭建专家系统,建立基于混合推理技术的新能源汽车减速器切削加工工艺智能决策系统,定义加工属性优先级,进行切削工艺参数混合推理及优化匹配,自主决策,寻找最优工艺参数。在新能源汽车减速器生产工艺中进行具体验证,结果表明,基于 C/S 架构的减速器切削加工工艺智能决策系统,能够解决新能源汽车减速器生产加工工艺数据的合理存储和有效利用问题,大幅提升工艺决策效率和准确性。

关键词: 新能源汽车;减速器;数据库系统;C/S 架构;工艺参数

中图分类号: TP311.52

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2020)06-0564-06

Decision-making system of the cutting process for reducer parts of new energy vehicles

YU Xiwei, JIANG Jibin, HUANG Xu, ZHOU Mengning, ZHOU Jingxin

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: An intelligent decision-making system for the cutting process of reducer parts of vehicles based on new energy was designed. The process database adopts C/S architecture, and the decision-making system has an user management module, a basic information management module and a process parameter management module. An expert system was built by combining cases and rule reasoning, and an intelligent decision-making system for the cutting process for the reducers of new energy vehicles based on hybrid reasoning technology was established. The priority of processing attributes was defined, and hybrid reasoning and optimization matching of the cutting process parameters were carried out, and the optimal process parameters were found by independent decision-making. Specific verification was conducted in the new energy vehicle reducer production process, the results show that the intelligent decision-making system of the reducer cutting process based on C/S architecture can solve the problems of reasonable storage and effective utilization of production process data of the reducers of new energy vehicles, and greatly improve the efficiency and accuracy of the process decision-making.

Keywords: new energy vehicle; reducers; database system; C/S architecture; process parameters

由于新能源汽车减速器与传统汽车变速箱在结构与材料上有所不同,其加工工艺与传统的减速器有较大区别,导致切削数据使用程度低、残品废品率高等问题,生产效率难以提高^[1-2]。国内外对切削加工工艺系统的研究已有很多年,1964年,美国 Machining Data Center 研究机构开发并投入使用世界上第一个金属切削数据库 CUTDATA,

可以为 3 000 多种的工件材料、20 多种的加工方式提供切削参数^[3-4];德国阿亨工业大学在 1971 年开发 INFOS 数据库,采用 DBFS 数据类型,有 50 多家单位联合为其提供加工数据。在国内,哈尔滨理工大学 2004 年开发的 PCEN 刀具多媒体切削数据库^[5],将 VB 的数据接口技术与数据库管理系统软件相结合,使其存储性能再次提升;山

收稿日期: 2020-09-11

第一作者简介: 俞希伟(1994—),男,福建闽清人,硕士研究生,研究方向:焊接。

通信作者: 黄旭(1986—),男,广东饶平人,讲师,博士,研究方向:激光增材制造。

东大学 2010 年开发的难加工材料切削数据库系统^[6],建立了车、铣、钻和镗 4 种加工方式实例数据库以及优选方案,实现了加工信息初步的优化推送。

制造业中如果直接采用传统的加工数据库,缺乏模拟人类专家解决工艺决策问题的专家系统,应用灵活性有限,效率较低,难以满足现代生产需求。因此,研究和开发专业化、智能化和高效的新能源汽车减速器切削加工数据库系统,对企业生产水平和效率的提高、企业竞争力的增强,具有非常重要的意义^[7-8]。本文针对新能源汽车减速器零部件生产加工的切削加工工艺智能决策系统,建立一个基于实例推理和规则推理相结合的混合推理技术,为减速器零部件加工工艺的快速设计制造提供有力的支持。

1 决策系统总体设计

1.1 决策系统设计思想

为了建立公司内部设计加工的统一操作流程,设计了企业型新能源汽车减速器零部件切削加工工艺系统,其思路是将切削过程中所涉及的机床加工设备、零件材料、切削刀具、零件结构等信息进行集中管理。加工工艺数据来源于实际生产零件时所获得的数据积累,以及结合参考文献手册、知识经验、国家或行业标准等形成的规则数据。

1.2 决策系统软件框架

减速器零部件切削加工工艺决策系统采用数据库技术,把减速器零件信息和切削加工时所需要的加工数据相结合,工作形式是通过人机及数据库接口将工艺设计人员与数据库联系起来。其中,数据库主要向用户提供切削源数据以及为工艺决策提供支持的工艺推荐规则;用户对数据的操作主要为读取、增加、删除和修改等;数据库接口将应用程序与基础数据库分开,使用统一的接口进行连接,可实现多个端口共同访问数据库,便于数据库管理;人机接口则采用 windows 窗口交互界面向操作人员提供可视化的服务,结构如图 1 所示。

设计开发的数据库采用 C/S 模式,即用户在电脑客户端上操作登入程序,通过合法登入验证后访问减速器零部件切削工艺系统,所有切削工艺相关的数据集中存放在企业共享服务器中^[9-10]。由于该决策系统为企业提供工艺数据服

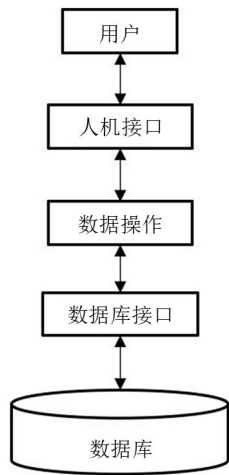


图 1 系统模型
Fig.1 System model

务,所以选择了具有良好的可靠性、可扩展性、可编程性的 MicrosoftSQLserver 数据库软件。管理系统采用 MicrosoftVisualStudio2017 软件,基于 .NET Framework 进行应用程序开发,可进行网络服务及智能化设备应用服务程序的创建。

1.3 决策系统功能模块

减速器切削工艺决策系统分成系统管理模块、基础信息管理模块和工艺参数管理模块。

(1)系统管理模块。主要职能为用户信息及权限管理、数据库信息存储、备份及系统操作信息等。用户信息及权限管理主要是为用户注册、等级归类与用户的权限设置。工艺决策系统对操作人员设置了 3 个级别的权限,分别为普通用户、管理员以及超级管理员。普通用户权限范围为浏览基础数据信息获得数据推荐,进行零件加工工艺的编辑。管理员主要负责刀具、零件材料以及零件结构的特征信息、工艺实例信息等常规工艺数据的更新维护。超级管理员拥有最高权限,负责对系统的全面管理,不仅能够赋予用户权限级别,而且拥有普通用户及管理员的所有功能。数据库信息存储与备份主要负责数据库的安全控制,对数据进行日常备份,以保证系统数据的有效性 & 安全性。

(2)基础信息管理模块。主要是对工艺决策系统的相关基础数据进行管理,包含机床、刀具、零件材料等信息。基础信息管理模块将根据企业的实际生产情况进行调整,及时增加新工艺数据,删除冗余工艺,以保证数据信息的有效性。

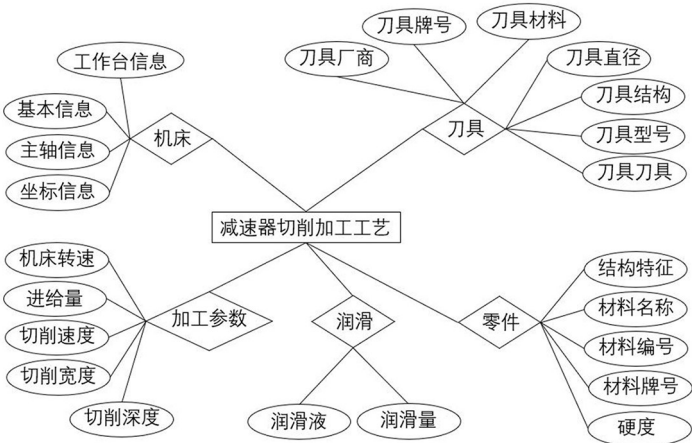
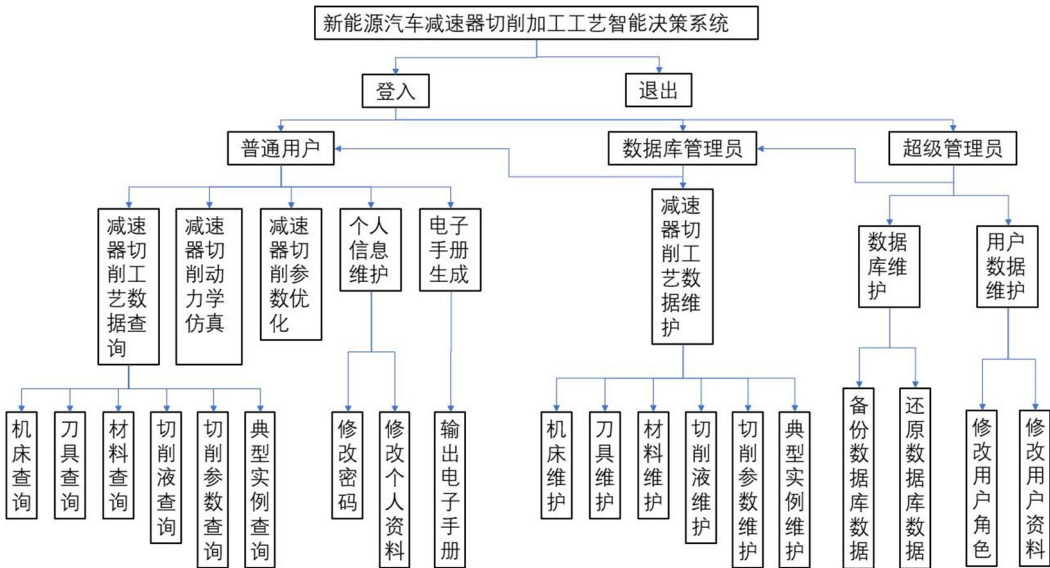
(3)工艺参数管理模块。是数据库的核心模块,主要为系统存储专家知识库,包括工艺实例信息、规则信息、结构特征信息等。为系统实现多条件与模糊查询,综合运用实例推理及规则推理等为工作提供支持。

建立新能源汽车减速器零部件加工工艺智能决策系统的目的是为减速器制造车间在切削加工过程中提供切削数据支持,切削加工是一个复杂的过程,切削过程环环相扣,对决策系统来说,需要有一个完整明确的解决方案,因此每一个因素都必须考虑进切削工艺决策系统的设计中,并且

考虑系统的可扩展性,通过对系统功能需求分析,得到如图 2 所示的系统功能流程图。

1.4 数据库逻辑结构设计

新能源汽车减速器零部件加工工艺决策系统采用关系型数据库结构。各项切削因素在切削过程中对结果有不同的影响,因此对切削加工的主要影响因素进行参数化转变。系统的主要构成有零件材料及结构特征、机床、刀具、润滑方式、加工参数等,每个实体都有对应的属性,根据实体的固有属性建立切削加工工艺决策系统的 E-R 模型,如图 3 所示。



根据数据库的关系型原理将 E-R 图模型在 数据库中 进行逻辑转换,建立新能源汽车减速器

零部件加工的数据表,并确定表中的主键以及各项的选填和必填属性。该工艺决策系统中的表根据各自实现的功能情况分为基础信息库、专家库以及模型数据库。基础信息库提供各实体的基本信息,包括零件结构类型表、工件材料表、机床表、刀具表、夹具表、切削参数表和刀具磨损表等;专家库为各实体建立关联,把实例推理和规则推理的专家数据进行一定规律的存储管理;模型数据库则储存了减速器零件加工切削中的数学模型,包括切削力模型表、表面粗糙度模型表等。

2 减速器切削工艺数据库专家系统

专家系统技术是通过模拟工艺设计人员的思维逻辑判断过程来完成工艺决策的^[11]。系统根据实际问题的分析,通过决策系统中实例推理及规则推理库中相关数据区搜索比对,完成一系列工艺决策后,输出最符合当前实际加工过程的切削数据或工艺方案。专家系统基本结构如图 4 所示。

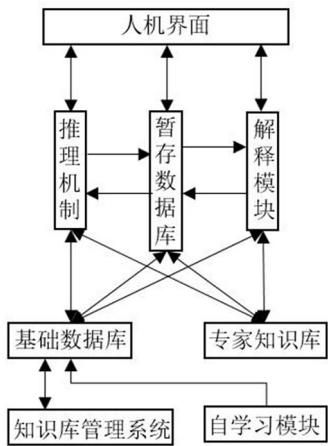


图 4 专家系统基本结构

Fig.4 Basic structure of the expert system

专家系统技术是新能源汽车减速器零部件切削加工工艺决策系统能够实现智能化的关键所在。工艺设计人员通过人机操作界面将减速器零件的名称、材料、加工形状、尺寸精度和表面粗糙度等信息输入系统,进而决策系统将条件信息转化为数据库中的遍历查询表达方式。基础数据库中存放的基本切削数据,根据实际工况、标准要求等限制在较长时间内不可变动。专家知识库中主要存放工艺设计规则表及工艺决策知识表,随着新工艺的不断产生及迭代更新,此库为动态数据库。暂存数据库用于存放零件工艺设计时产生的

过渡设计结论、工艺决策,随着推理过程不断发生变化,暂时缓存最新工艺数据,后期由管理员将新产生的具有可行性的工艺决策信息转存至专家知识库。解释模块的作用在于为用户推荐工艺或决策时给出相应的解释。

2.1 专家知识库

专家知识库是新能源汽车减速器零部件加工工艺决策系统的核心之一,主要功能是存储和管理专家系统中的知识,这些知识主要来自文献,以及各领域专家长期以来在工作实践中所获得的有关减速器零部件切削加工的经验。在知识库中,将所涉及的对象划分为 3 种基本类型:产品零件、制造工艺、工艺决策等。根据零件结构将产品零件分为回转体类零件、箱体零件、支架零件等;制造工艺类分为加工方法、工步、工序等;在工艺决策类方面,根据决策属性的不同,划分为新建工艺决策、修订式工艺决策。

2.2 系统推理机制

推理机制是工艺决策系统的关键所在,采用基于实例—规则的混合推理策略。其工作是负责决策和调用整个数据库,制定减速器零部件切削加工工艺时,按照设定的工艺推理策略对知识库中的工艺数据和规则进行遍历搜索和调用,对当前减速器零部件加工问题进行求解。

2.2.1 实例推理

实例推理技术(CBR)就是通过以往相似问题的解决方法来解决新的问题,通过计算实例的整体相似度,在实例库中找到与需求条件最相吻合的实例来给出解决方案^[12]。实例推理的关键是计算出两工艺之间的相似度,确定两实例各对应问题局部的相似度,再计算出整体的相似度。

在工艺决策系统中,切削过程影响最大的是工件结构,将其设置为第一属性,当第一属性在决策系统中存在相关实例时,才继续进行实例相似度计算。刀具类型、工件材料等作为实例的其他属性,通过加工工艺知识获得其相似度。由于各属性对输出结果的影响不同,因此需要设置相应的权值,通过局部相似度的计算以求得整体相似度。默认定义的权重值为:零件结构类型的权重值为 5,尺寸误差权值为 3,表面粗糙度权值为 3。用户也可在软件中自定义各属性的权重。在获取实例的所有局部相似度后,采用加权法计算实例的整体相似度,计算公式如下:

$$\text{Sim}(G,X) = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i \times \text{Sim}(g_i,x_i))}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

式中： $G、X$ 分别为所求实例与知识库中的实例； $\text{Sim}(g_i,x_i)$ 为所求实例与系统中实例各属性的局部相似度； n 为实例属性个数； ω_i 为属性权值，系统搜索比对完所有实例后，会输出与所求问题相似度最高的解决方案，提供用户参考。

2.2.2 规则推理

规则推理技术(RBR) 是将大量相关领域的数 据作为专家知识进行转化,形成系统逻辑规则,通过模仿专家的推理逻辑能力进行问题求解的方式^[13]。在本工艺决策系统中,根据设置的推理顺序,当工件结构的实例不存在于实例推理中时,将自动转为规则推理,并由规则推理给出工艺推荐方案。在制定规则时,首先将规则转化为数据库软件中的插入语句,然后将定义的规则存储至规

则库中,在使用规则推理时以数据库的查询语言作为其推理方法。匹配规则为工件结构—刀具型号—切削参数,在决策系统中表达形式为:

IF 工件结构 THEN 可选刀具 + 切削参数范围

2.2.3 混合推理的实现

在工艺智能决策系统中,混合推理通过实例推理与规则推理相结合实现,实例推理为主要方式,规则推理为辅助推理工具,属于实例推理的支持模块。具体工作流程如图 5 所示,工艺设计人员选择加工的零件,输入其结构、材料、加工要求等初始条件,系统开始筛选实例库中是否有此工件结构,当实例库中存在此结构时,将进一步开展实例的相似度计算,得出最相似的实例,并同时对其相关的匹配规则进行规则推理验证,若无问题,将输出此解决方案。假若不存在此工件结构,将直接进入规则推理模式,由匹配规则推荐刀具和切削参数以供工艺人员参考。

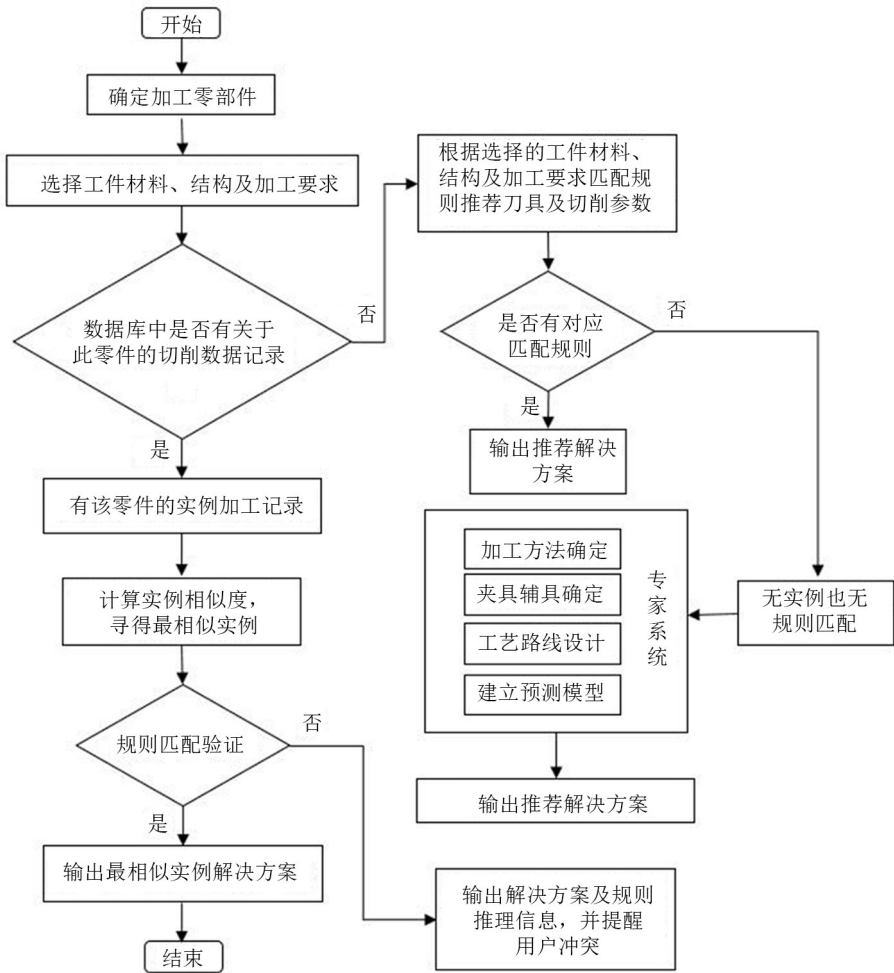


图 5 数据库系统混合推理流程图

Fig.5 Mixed reasoning flow chart of the database system

3 减速器切削工艺数据库系统功能的实现

3.1 数据库中表的建立

在 Microsoft SQL Server2008 有两种创建表的方式:(1)直接采用表设计器创建数据表;(2)采用代码创建数据表。该减速器切削工艺数据库系统使用第一种方法,即直接采用表设计器。如图 6 所示,为刀具信息库的具体数据内容。

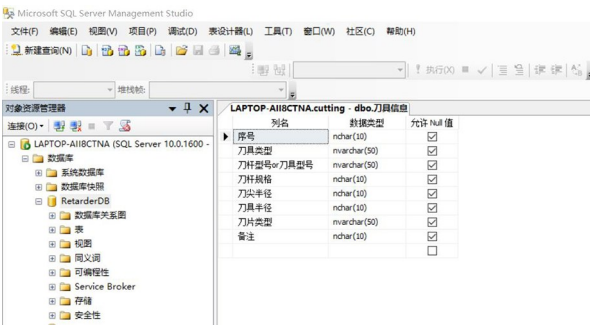


图 6 刀具信息库
Fig.6 Tool information base

3.2 登入管理的实现

进入减速器零部件切削加工工艺决策系统后,在客户端软件界面首页会出现登录对话框体,让用户输入登陆账号和密码,在正确输入账号和密码后,跳转进入系统主界面,即主控制界面,根据人员类型不同,登录后用户将具有不同的操作权限,包括下拉菜单栏和快捷按钮栏。系统所有的功能入口都在系统主界面内,用户通过这些菜单能够进入各级功能模块,例如用户进入减速器

零件加工工序编辑模块,用户可根据实际情况对工序卡进行编辑,包括选择材料、刀具、加工设备。

基于实例推理与规则推理的新能源汽车减速器加工工艺系统对操作信息完成优化后,经操作人员确认无误,工序卡将以 PDF 的格式输出,同时在获得质检结果后,将工艺参数与量化的实际加工效果以新实例保存至专家知识数据库中,进一步完善专家库数据。采用减速器加工工艺系统,运用新工艺参数,零件生产合格率达到 99.3% 以上,工艺设计效率提高 90%。

3.3 数据库系统与数据源的连接

该系统采用传统的 C/S 结构,数据库系统主界面和服务器端数据库通过 ODBC 进行连接,具体为 ODBC 的 ADO(activeX data objects) 数据访问接口。本数据库运用了 ADO 库中 3 个基本接口: ConnectonPtr、CommandPt 和 RecordsetPtr 接口,以完成数据源的访问。

4 结语

以 SQLServer 为数据库管理系统,VS2017 为开发工具,使用 C#开发语言,设计开发了基于 C/S 结构的网络化新能源汽车减速器切削加工工艺信息系统。该数据库系统利用实例推理、加工结构特征匹配、规则推理等混合推理技术,实现了工艺参数的有效推荐,大幅提升工艺设计效率,减少工艺设计中人为错误,对企业的常规生产和新产品工艺设计提供技术支持,为其他重要零部件切削工艺智能决策系统的开发提供指导。

参考文献:

[1] 吴钊. 新能源汽车台架试验系统开发[D].北京:清华大学,2016.
[2] 梁学礼. 新能源减速器 PTFE 高速油封的开发应用[J]. 内燃机与配件,2019(7):27-28.
[3] 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-CIMS,2003,9(11):937-943.
[4] KAHLES J. Mach inability data requirements for advanced machining systems[J].Annals of the International Institution for Production Engineering Research,1987,36(2):523-529
[5] 赵新华,刘献礼,侯世香,等. PCBN 刀具多媒体数据库及其存取方法[J]. 哈尔滨理工大学学报,2004,9(5):18-21.
[6] 任小平. 难加工材料切削数据库系统的研究与开发[D].济南:山东大学,2010.
[7] 胡绕脖. 高速切削工艺数据库的研究开发[D].上海:同济大学,2007.
[8] 孙俊,黄引平,马敏团,等. 柴油机铸件铸造工艺数据库管理系统结构设计[J]. 铸造技术,2013,34(11):1588-1590.
[9] 孙广远. 异地协同设计系统的管理及模型传输模块开发[D].大连:大连理工大学,2008.
[10] 付杭,闫献国,郭宏,等. 面向服务的多角色切削用量数据库系统[J]. 工具技术,2016,50(7):58-62.
[11] 明慧. 复合材料加工工艺数据库构建及数据集成[D].大连:大连理工大学,2014.
[12] 相克俊. 混合推理高速切削数据库系统的研究与开发[D]. 济南:山东大学,2007.
[13] 陈维克,范微微,李忠群. 基于混合推理的大型机床零件切削数据库系统[J]. 中国机械工程,2015,26(7):923-928.

(责任编辑:陈雯)