

文章编号:1000-582X(2011)03-038-06

面向车间制造过程的知识管理运行模式及支撑技术

雷琦,潘立伟,宋豫川

(重庆大学机械传动国家重点实验室,重庆400044)

摘要:为了实现知识管理与流程管理的有效整合,提高车间制造过程运行效率,在分析制造过程对知识管理的需求基础上,提出一种面向制造过程的知识管理运行模式,并从制造业务层、知识资源层、知识生产层和企业信息化支持层等4方面对知识管理模式进行详细研究。分析了基于本体的制造过程语义描述、知识表达等支撑技术。最后,结合一个应用案例,验证了该运行模式的可行性和有效性。

关键词:知识管理;制造过程;运行模式;本体;语义

中图分类号:TH166

文献标志码:A

Knowledge management operation mode and supporting technology for manufacturing process of workshop

LEI Qi, PAN Li-wei, SONG Yu-chuan

(The State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

Abstract: There is no effective integration between knowledge management and process management in current modern workshop management. In order to deal with the problem and optimize business process operation, a knowledge management operation mode for manufacturing process of workshop is proposed on the basis of analyzing knowledge management requirement, and the operation mode is analyzed in detail from four aspects, manufacturing business, knowledge resource, knowledge operation and relevant information systems. Some key technologies to realize the operation mode are studied, including semantic description of manufacturing process and knowledge representation based on ontology technology. Finally, a case study is provided and the feasibility and effectiveness of the operation mode are demonstrated.

Key words: knowledge management; manufacturing process; operation mode; ontology; semantics

在信息技术、计算机技术的蓬勃发展和大力支撑下,现代制造车间在生产进度、物料及质量管理等环节取得了显著的改善和优化。然而,在知识经济的浪潮中,随着企业规模的扩大,信息化、数字化的推广,产品和技术系列化、多元化的发展^[1-2],制造车间积攒了大量的数据和信息需要进行筛选和管理;同时,存在于员工头脑中经验诀窍类知识以及产生

在制造过程中的经典案例等这类隐性知识需要充分挖掘以发挥其价值^[3-4]。因此,有必要对车间制造过程实施知识管理,利用先进的运营模式、信息技术和科学方法,有效发掘和应用知识资源,提高生产组织效率,优化制造业务流程。

目前,国内外对企业尤其是制造业知识管理方面的研究主要集中在新产品开发^[5],以提高制造效

收稿日期:2010-10-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51075414)

作者简介:雷琦(1976-),女,重庆大学副教授,主要从事网络化制造、制造业信息化等方面的研究,(E-mail)leiqi@cqu.edu.cn。

率为目的工艺规划^[6],知识管理与业务流程集成^[7],制造过程故障诊断的专家系统设计^[8-9],企业知识地图、知识管理平台等构建和开发^[10-11]等领域,对知识管理在车间制造过程中的运行模式以及支撑技术的研究和应用还相对较少,尤其在知识管理和流程管理有效整合方面的研究比较欠缺。

笔者在车间制造过程知识管理需求分析基础上,提出一种面向车间制造过程的知识管理运行模式,详细分析了该运行模式的构成要素。然后基于本体技术对车间制造过程中制造流程语义描述,知识表达等关键技术进行了深入研究。最后结合一个应用案例,验证了该模式的可行性。

1 车间制造过程知识管理需求分析

在知识经济时代,最大程度满足客户越来越多的个性化需求已成为制造企业增强核心竞争力的砝码之一。然而产品结构和功能趋向多元化,必然给产品制造工作增加了难度,车间制造过程在考虑生产进度、物料及质量等常规业务管理的同时,还需要具备知识管理能力以便将企业运作中所涉及到的各种信息有效集成,从知识生命周期角度出发,对产品全生命周期每个阶段实施知识管理。在产品制造过程中,对知识管理的需求表现在以下两方面:

1)对制造过程中的知识进行有效管理的需求。随着数字化和网络化先进模式在制造业中的应用,信息技术有效地支持了产品形成过程中产生的大量信息和数据的储存和利用。然而,如何快速有效地获取与制造阶段相对应的知识,系统性、条理性分类整理并存储这些知识,利用计算机可识别语言形式化描述和表达,并以最快的方式把所需知识送达到用户手中,是企业在信息化基础上优化车间制造过程的亟待解决的问题。从知识生命周期角度实现产品制造过程各阶段的知识管理,是落实信息化建设的保障。

2)知识管理与制造过程管理有效整合的需求。制造企业为了提高制造过程的效率,优化其运作流程,对车间知识进行管理;同时,知识管理的有效实施可以为制造流程提供参考标准、案例经验以及通过推理过程得到决策支持。知识管理的对象来源于制造过程,输出的产品用来指导、规范制造流程,使其避免错误行为的再次发生,并从一定程度上讲具有预见性,减少制造过程的隐患和不必要浪费,从而提高运作效率。所以,知识管理的实施需要与车间制造过程管理有效整合,从而促进制造过程中各环节的有效协作,形成制造过程知识共享和创新。

2 面向车间制造过程的知识管理运行模式

随着产品种类和结构的多样化发展,制造车间对生产计划和调度的灵活性、适应性要求以及对生产过程的优化运行要求也相对提高。为了改善车间制造过程的运作效率,实现网络化、知识化生产,以适应市场需求,笔者结合车间制造过程知识管理需求分析,提出一种面向车间制造过程的基于知识生命周期的知识管理运行模式,如图1所示。该模式的基本思想是从制造过程需求出发,以知识生命周期为主线,整合知识获取、存储、表达及供应等技术和方法,有效管理车间制造资源,从而在知识层面支持车间组织生产和流程运作,最终实现车间制造过程优化目标。以知识生命周期为主线,面向车间制造过程的知识管理运行模式如下:

1)车间制造业务层。制造业务层涵盖了车间制造业务流程的具体实现,主要完成作业计划执行与控制。按照作业性质不同,制造流程可以划分为诸多流程单元。例如派工流程,下达工单——开工票——生成领料单——指定设备——加工——检验——生成转序单;质检流程,制造过程发现缺陷——在线质量评审——质量判定是返工还是报废等。

2)知识资源层。知识存在的基本方式是显性和隐性^[12]。显性知识是可以被编码、结构化、进而存储在数据库中,可以通过计算机或者网络质检调用的知识,如制造车间用来制定作业计划和调度、安排工艺生产等环节所需的前期产品设计中产生的大量技术数据和资料;在制造过程中新产生的诸如工装、设备、物料等新信息。隐性知识是难以编码和标准化的,需要通过直接交流或者有专门人员按照一定的方式或标准进行分析、管理的知识,如制造活动中出现的一些典型案例或者关键工序的操作技巧等。另外,还有一部分知识是来自供应商、竞争对手、客户以及行业和社会发展的相关外部知识。

3)知识生产层。从知识生命周期角度来看,知识生产层涵盖了知识生命周期全部阶段——知识获取、知识存储、知识表达和知识应用。

a. 知识获取阶段。制造过程的特点决定了信息及知识来源是复杂的、多样的以及不确定的。基于此,采用基于智能主体自动获取的方法和基于人机交互手动获取方法来获取知识。前一种方法主要是通过回归分析、模糊集、遗传算法等发现和获取制造企业内外部显性知识;后一种方法是通过在线交流、电子社区或专家系统等渠道获取信息后,由专门人员进行分析处理,从

而获得制造过程中积累下来的隐性知识。

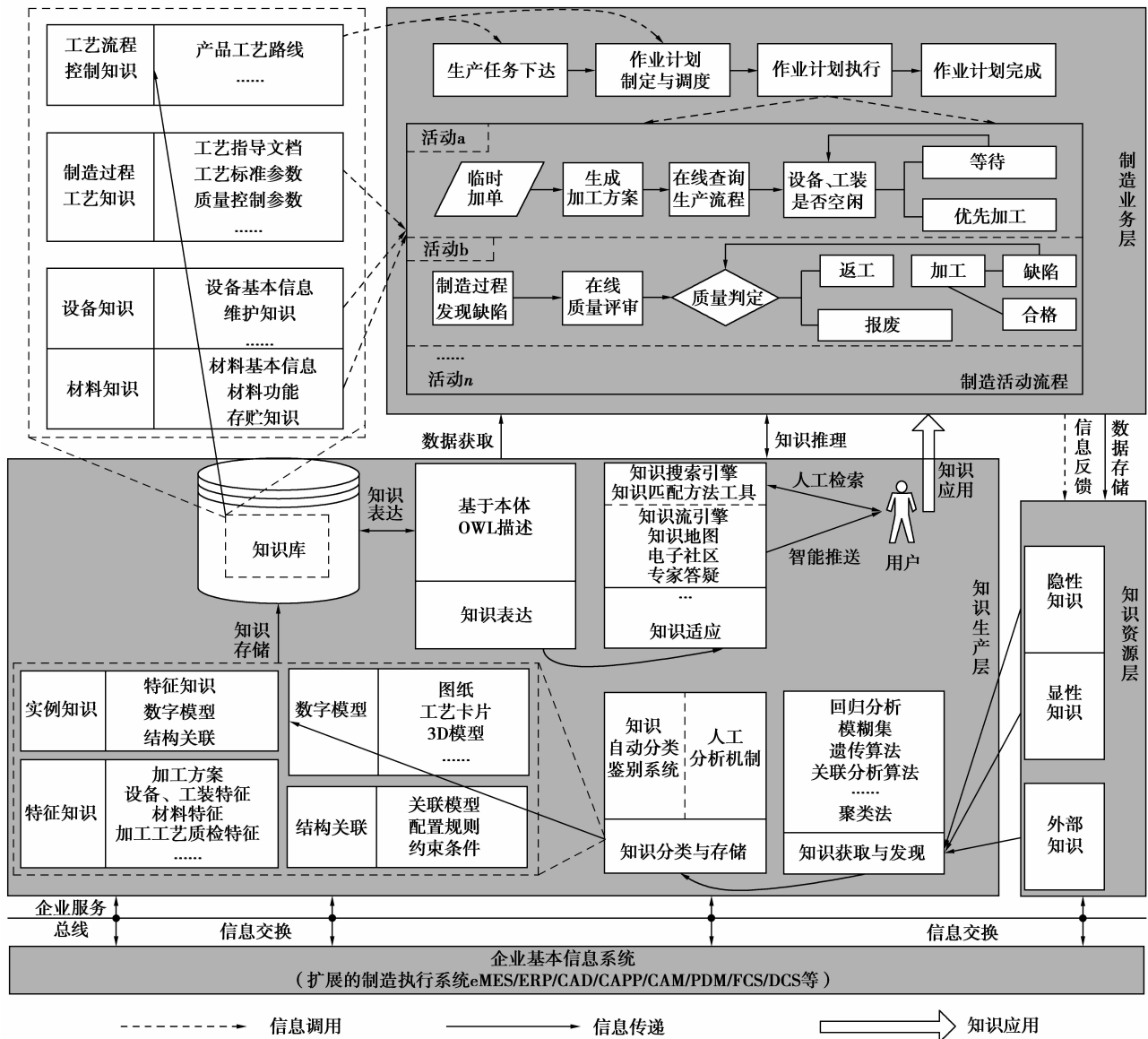


图 1 面向制造过程的基于知识生命周期的知识管理运作模式

b. 知识存储阶段。知识获取保证知识在量的积累,知识整理保证知识在质上的提高^[7]。面对获取的大量信息,有必要在正确性、系统性,描述性、匹配性,可重复利用性、创新性等方面做知识整理存储工作,以提高企业所掌握知识的价值。首先,对于可以通过信息系统自动识别和分类的显性知识,需要进行统一编码,按照一定的分类标准保存在物理或数字化的企业知识仓库中;其次,通过人工分析、输入的方式为隐性知识建立个性化定制的个案,使其存储于承载隐性知识的案例库中。

c. 知识表达阶段。由于本体在统一语义表示和推理方面的优势,采用基于本体的方法对制造过程

知识模型进行存储和处理,选择合适的本体描述语言 OWL 对知识进行表达。

d. 知识应用阶段。采用推拉结合的方式,把知识提供给所需用户。用户可以通过知识地图、智能搜索、电子社区等方式,检索和查询所需知识;同时,在制造业务流程中,知识生产层可根据业务情景通过知识推送引擎按照关照度、用户访问频度、用户评价等指标把相关知识推送给用户。

e. 企业信息化支持系统。支持车间制造过程优化运行的信息化支持系统包括扩展(增加了制造过程知识管理、制造过程实时信息采集与实时信息交互等功能)的制造执行系统(Manufacturing

Execution System, MES)、企业资源管理(Enterprise Resource Planning, ERP)、产品数据管理系统(Product Data Management, PDM)、计算机辅助工艺规划(Computer Aided Process Planning, CAPP)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)、现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)等,这些系统能够通过企业服务总线无缝地实现集成,从而支持制造过程优化运行。

3 面向车间制造过程的知识管理运行模式的相关支撑技术

面向车间制造过程的基于知识生命周期的知识管理运行模式构建和实施涉及大量的管理和技术方法,如制造资源的封装、制造流程的语义表达、知识生产层所需的知识获取、存储及表达等。下面对制造流程的语义表达、知识表达的相关技术进行重点研究和分析。

3.1 制造流程语义描述

3.1.1 制造流程元模型的构建

制造流程是指企业为完成产品生产而进行的一系列有序活动及相关运行机制的集合。笔者提出的知识管理运行模式所指的知识产生、提取和应用都是在生产流程中实现的。因此,将知识整合到制造流程中,实现生产过程和知识的并行管理,如图 2 所示。

1)知识库:存储制造过程中各种形式的知识,比如实例类知识进行工艺流程的建模应用,流程运行后,根据规则类知识进行流程重构。通过本体表示的制造过程知识,与业务流程相关,实现知识的主动推送应用,同时在执行制造流程各单元的过程中实现知识资源的不断更新。

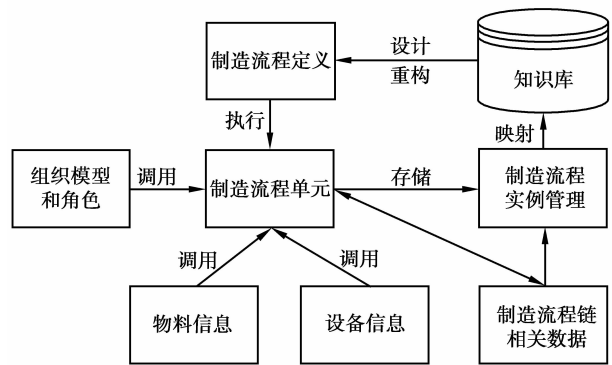


图 2 制造流程元模型

2)定义 1 制造流程 ManufacturingFlow Process:
 $= (MPi\{Mid, Mname, Mdescription, MGongXu, MPFun, MData\ Fields\ \dots\}, MPR\{MPRe, MPRw, MPRm\ \dots\}, MPS\{MPState, MPTaskList, \dots\}, MPVisit\{MPProtocols, MPMFormat, MPTransferMode, MPAdress\ \dots\})$ 。在制造流程形式化定义中,MPi 表示制造流程基本信息,包括制造流程标识、制造流程名称、制造流程简单说明、组成制造流程的工序活动列表、制造流程功能描述、制造流程相关数据列表等;MPR 表示组成制造流程的工序活动需要的设备信息、组织模型和角色信息、物料信息等资源描述;MPS 表示制造流程中各道工序执行时间、状态以及任务列表;MPVisit 表示制造流程所需遵循的标准和协议的描述。

3.1.2 基于 XML 的制造流程表示

为了利用信息/网络技术实现对管理工作中流程的科学表示,必须将其转换成易于计算机识别和数据库存储的形式。在此,按照严格的逻辑性和一致性要求,使用 XML 进行形式化定义。图 3 表示 XML 对制造流程定义的表达。

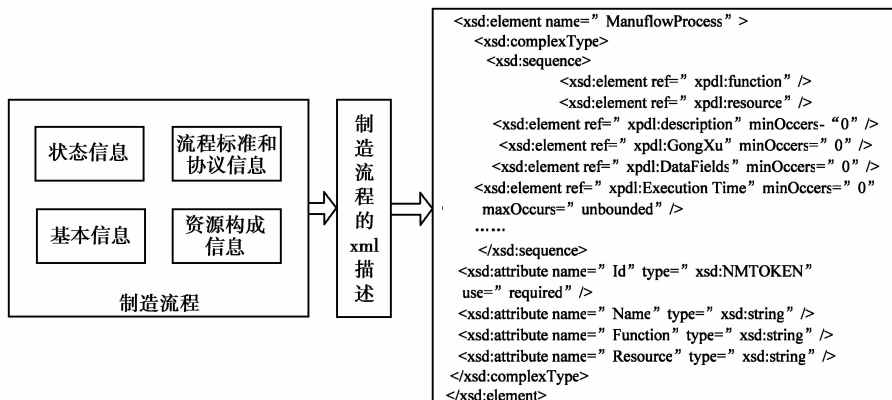


图 3 基于 XML 的制造流程表述

3.2 基于本体的制造过程知识表达

3.2.1 知识分类

为了对知识资源中各种类型的知识以及知识之间的关系进行全面的描述,采用面向制造过程基于主题的方法对制造过程知识进行分类。

主题是某一领域所公认的概念集合的进一步提

炼,是抽象的对象类集合^[13-15]。通过分析制造过程所涉及的知识,经过归纳、总结、抽象,确定的主题包括:工艺流程类知识、制造过程工艺知识、设备知识、材料知识及领域知识,其中领域知识分为实例知识、特征信息、数字模型及结构关联,如表 1 所示。

表 1 基于主题的制造过程知识分类表

领域知识	实例知识	特征信息	数字模型	结构关联
工艺流程类知识	产品类型	产品特征信息 关键工序特征信息	工艺卡片	配置规则 约束条件
	产品加工方案		2D 图纸	
	关键技术操作方法	3D 实体模型等		
制造过程 工艺知识	新工艺试验知识总结 员工知识经验总结	工艺标准参数	工艺指导文档	关联类型
设备类知识	设备维护方案 专家经验	设备特征信息	存储路径	关联类型 约束条件
物料类知识	特殊材料存储方法 专家经验	材料特征信息	存储路径	关联类型 约束条件

3.2.2 知识表达

制造过程要求制造流程的信息模型必须能够表达语义信息,如产品结构语义特征、复杂工序特征、设备及物料配置特征等。因此,为了满足车间制造过程知识表达的需求,从语义 Web 的层次结构的特性出发,采用能够解决语义层次上 Web 信息共享和交换基础的本体描述语言 Ontology 对制造过程知识进行描述。

下面以流程类知识为例分析其 OWL 表示。

1) 基于 Uschold 的本体建立方法^[16-18]建立流程类知识结构,其中方框图表示本体概念,它们之间的箭头表示本体概念间存在的关系,箭头标记表示本体关系,箭头由关系主语指向关系宾语,如图 4 所示。

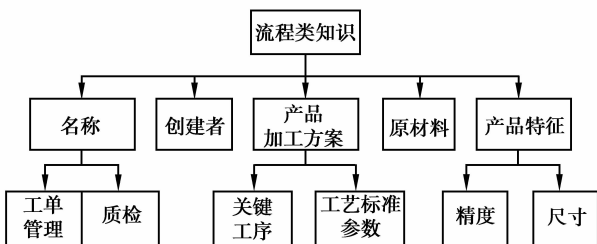


图 4 流程类知识结构

2) 流程知识类的描述如下。

a. 定义领域空间。

```
<? xml version = " 1. 0 " encoding = " GB2312"? >
```

```
<rdf:RDF
```

```
xmlns:owl = "http://www. w3. org/2002/07/owl#"
```

```
xmlns:xsd = http://www. w3. org/2000/10/XMLSchema#
```

```
xmlns:rdf = "http://www. w3. org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
```

```
xmlns:rdfs = http://www. w3. org/2000/01/rdf-schema#
```

b. 定义本体概况。

```
Xmns = http://www. owl-ontologies. com/ManuflowKM. owl#
```

```
Xml: base = http://www. owl-ontologies. com/ManuflowKM. owl#
```

3) 定义类及属性。

```
<owl:Ontology rdf:about = ""/>
```

```
<owl:Class rdf:ID = "流程知识类"/>
```

```
<owl:Class rdf:ID = "精车"/>
```

```
<rdfs:subClassOf>
```

```
<owl:Class rdf:ID = "工序知识类"/>
```

```
</rdfs:subClassOf>
```

```
</owl:Class>
```

```
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="名称"/>
<rdf:type
  rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/
owl:HJDatatypeProperty/>
.....
```

4 结 语

制造过程中实施知识管理是有效组织生产,优化过程运作,提高效率、降低成本,推进制造企业生产过程创新的重要手段。笔者在分析了制造过程知识管理需求基础上,提出一种面向车间制造过程的基于知识生命周期的知识管理运行模式,该模式从知识管理为流程管理服务角度出发,有效整合制造过程知识和业务流程,实现车间制造的知识化运作和管理;通过对制造流程和制造过程知识进行语义描述,实现了知识与流程的有效整合,解决了面向车间制造过程的基于知识生命周期的知识管理的运行模式运作的相关关键问题;最后,以重庆某齿轮箱制造企业的车间制造执行系统为例,进行了面向车间制造过程的基于知识生命周期的知识管理的运行模式及其支持系统的应用和实施,取得了较好的应用效果,有效地优化了企业制造业务运作流程,极大地提高了制造车间生产管理水平。下一步将在知识推理方面,特别是如何结合应用本体理论和人工智能理论以增强知识获取能力方面进行深入探索和研究。

参考文献:

- [1] ELY L P, ALEDA V R, JAIME E F. Organizational knowledge and the manufacturing strategy process: a resource-based view analysis [J]. *Operational Management*, 2008, 26(2): 115-132.
- [2] 苑忠磊, 张成洪, 张诚, 等. 面向流程的企业知识地图及其本体实现[J]. *计算机集成制造系统*, 2006, 12(9): 1524-1535.
YUAN ZHONG-LEI, ZHANG CHEGN-HONG, ZHANG CHEGN, et al. Process-oriented enterprise knowledge map & its ontological realization [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2006, 12(9): 1524-1535.
- [3] GARCIA C, RUIZ M, LOPEZ C. Conceptual model for semantic representation of industrial manufacturing process [J]. *Computers in Industry*, 2010, 61(1): 595-612.
- [4] 廖开际, 李志宏, 刘勇. 知识管理原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [5] 曾晓松, 刘飞. 基于知识重用的开关柜设计技术研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2007, 13(8): 1476-1480.
ZENG XIAO-SONG, LIU FEI. Switchgear design technology based on knowledge reuse [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2007, 13(8): 1476-1480.
- [6] 周晓明, 杜平安, 廖伟智. 基于特征和知识的车身点焊智能CAPP方法研究[J]. *中国机械工程*, 2007, 18(3): 1560-1565.
ZHOU XIAO-MING, DU PING-AN, LIAO WEI-ZHI. A feature and knowledge based intelligent CAPP method for auto-body spot-welding [J]. *China Mechanical Engineering*, 2007, 18(3): 1560-1565.
- [7] DIXON B E, MCGOWAN J J, CRAVENS G D. Knowledge sharing using codification and collaboration technologies to improve health care: lessons from the public sector[J]. *Knowledge Management Research & Practice*, 2009, 13(7): 249-259.
- [8] 陈国荣, 鄢萍, 刘飞, 等. 滚齿机网络化故障诊断专家系统的设计及应用[J]. *重庆大学学报*, 2010, 33(5): 62-70.
CHEN GUO-RONG, YAN PING, LIU FEI, et al. Networked fault diagnosis expert system of hobbing machine [J]. *Journal of Chongqing University*, 2010, 33(5): 62-70.
- [9] 孙红岩, 姜雪峰. 智能诊断中诊断知识的实时自学习方法[J]. *重庆大学学报*, 2010, 33(4): 22-25.
SUN HONG-YAN, JIANG XUE-FENG. Real-time self-learning method of diagnostic knowledge in intelligent diagnosis system [J]. *Journal of Chongqing University*, 2010, 33(4): 22-25.
- [10] 刘晓冰, 邱立鹏, 王万雷. 知识管理在备件供应流程中的应用与研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2007, 13(12): 2473-2478.
LIU XIAO-BING, QIU LI-PENG, WANG WAN-LEI. Knowledge management on spare parts supply process [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2007, 13(12): 2473-2478.
- [11] HSU J Y, LIN Y H, WEI Z Y. Competition policy for technological innovation in an era of knowledge-based economy [J]. *Knowledge-Based Systems*, 2008, 21(8): 826-832.
- [12] 王琦峰, 阎春平, 刘飞. 基于知识集成的车间制造系统运行模式研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2009, 15(4): 698-704.
WANG QI-FENG, YANG CHUN-PING, LIU FEI. Knowledge integration based operation mode for workshop manufacturing system [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2009, 15(4): 698-704.

- between deformation twinning and surface step formation in AZ31 magnesium alloys [J]. *Acta Materialia*, 2010, 58(13): 4316-4324.
- [10] ZHANG J, YANG D H, OU X B. Microstructures and properties of aluminum film and its effect on corrosion resistance of AZ31B substrate [J]. *Transactions of the Nonferrous Metals Society of China*, 2008, 18 (z1): 312-317.
- [11] MIAO Q, HU L X, WANG X, et al. Grain growth kinetics of a fine-grained AZ31 magnesium alloy produced by hot rolling [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2010, 493(1/2): 87-90.
- [12] FINE T L. Feedforward neural network methodology [M]. New York: Springer Verlag, 1999.
- [13] MARTIN T H, HOWARD B D, MARK H B. 神经网络设计[M]. 戴奎,译.北京:机械工业出版社,2002.
- [14] 张际先,宓霞. 神经网络及其在工程中的应用[M]. 北京:机械工业出版社,1996.
- [15] LIU H D, TANG A T, PAN F S, et al. A model on the correlation between composition and mechanical properties of Mg-Al-Zn alloys by using artificial neural network [J]. *Magnesium-Science, Technology and Applications*, 2005, 488/489: 793-796.
- [16] TANG A T, LIU B, PAN F S, et al. An improved neural network model for prediction of mechanical properties of magnesium alloys[J]. *Science in China Series E-Technological Sciences*, 2009, 52(1): 155-160.
- [17] CHANG C C, CHANG T Y P, XU Y G, et al. Selection of training samples for model updating using neural networks [J]. *Journal of Sound and Vibration*, 2002, 249(5): 867-883.
- [18] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB7 实现[M]. 北京:电子工业出版社,2005.

(编辑 王维朗)

(上接第 43 页)

- [13] ANTONINO V, FRANCISCO V, STEFANO B. The impact of virtual technologies on knowledge-based processes: an empirical study [J]. *Research Policy*, 2009, 38(2): 1278-1287.
- [14] GUO T, SCHWARTZ D G, BURSTEIN F, et al. Codifying collaborative knowledge: using Wikipedia as a basis for automated ontology learning [J]. *Knowledge Management Research & Practice*, 2009, 7(1): 206-217.
- [15] 刘长勇,宁正元. 基于 XML 的学习流模型[J]. 重庆工学院学报:自然科学, 2009, 23(2): 176-180.
- LIU CHANG-YONG, NING ZHEGN-YUAN. The studying flow model based on XML [J]. *Journal of Chongqing Institute of Technology: Natural Science*, 2009, 23(2): 176-180.
- [16] LITTLE E G, ROGOVA G L. Designing ontologies for higher level fusion [J]. *Information Fusion*, 2009, 10(1): 70-82.
- [17] 朱征宇,李存青,张鹏. 基于语法模式的产品评论主题词和积极性词提取[J]. 重庆理工大学学报:自然科学, 2010, 24(5): 86-90.
- ZHU ZHENG-YU, LI CUN-QING, ZHANG PENG. Topic words and opinion words extraction from chinese productsreviews based on syntax pattern[J]. *Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science*, 2010, 24(5): 86-90.
- [18] ANTONINO V, FRANCISCO V, STEFANO B. The impact of virtual technologies on knowledge-based processes: an empirical study [J]. *Research Policy*, 2009, 38(2): 1278-1287.

(编辑 张 苹)