

文章编号: 1672-9315(2006)02-0219-05

基于知识库的焊接工艺设计专家系统

田爱芬, 邓军平, 邵水源

(西安科技大学 材料科学与工程系, 陕西 西安 710054)

摘 要:从焊接工艺设计的特点出发,按照焊接工艺知识的复杂性和多样性,以不同的知识表示方式为基础开发焊接工艺设计专家系统。通过对焊接工艺知识的归纳总结,系统将焊接工艺知识按其特点分为 5 类,并针对不同类知识分别以不同的知识表示方式来表示;应用专家系统的设计原理,根据用户输入的已知事实,采用盲目搜索、特殊优先等交替使用的搜索策略,自动搜索和生成焊接工艺文件。系统可视化的图形用户界面极大地方便了用户对知识库的各项操作和维护。

关键词:专家系统;焊接工艺;知识库;面向对象

中图分类号: TP 182 **文献标识码:** A

A knowledge-based expert system for welding technique design

TIAN Ai-fen, DENG Jun-ping, SHAO Shui-yuan

(Dept. of Material Science and Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: According to the feature of welding technique design, an expert system of welding technique design is developed based on different knowledge expression styles, in terms of the complexity and diversity of welding technique knowledge. The system classifies five types of welding procedure knowledge by their traits, and expresses the knowledge in different styles. In the light of expert system design theory and the data which user has inputted, the system can search and make welding procedure documentations automatically based on the blindness search strategy and unusual precedence strategy. The graphical user interface makes users manipulate and maintain knowledge base very conveniently.

Key words: expert system; welding technique; knowledge base; object-oriented

0 引 言

专家系统是运用专家知识解决复杂问题的智能型计算机程序,随着信息技术和计算机软硬件技术在焊接领域中的广泛应用,焊接专家系统的开发和研究也进入了快速发展的阶段^[1]。焊接工艺设计是一门经验和技巧要求都很高的学科,并且焊接工艺是随着生产环境和生产发展而变化的,与焊接质量有关的一些指标也难以量化,焊接工艺设计不具有精确的定义和严密的分析,而具有模糊推理的性质,因此焊接工艺设计是应用专家系统的理想领域^[2]。

在以往传统的专家系统中,知识库与推理机相分离^[3],知识采用框架、语义网络或产生式等方法表示^[4]。事实上,人类专家的知识和运用知识进行推理是一个不可分割的整体,知识随着环境的变化需要不断地积累和扩充。面向对象技术的发展,对于改进传统专家系统的不足,提高专家系统的开发效率提供了重要的手段^[5]。

文中论述的焊接工艺设计专家系统中知识的表示是在前人研究的基础上^[6],增加了面向对象的知识表示方

式。该系统采用专家系统的原理,能根据已知焊接事实优选焊接工艺评定报告,并能结合专家知识库设计出相应的焊接工艺指导书和焊接工艺卡。

1 专家系统总体结构

专家系统总体结构如图 1 所示。本专家系统的总体结构按照面向对象的专家系统设计方法,推理机不再单独出现,而是嵌入对象与对象之间,与知识库合并。专家和用户可通过人机界面实现对系统的各种操作。系统主要由知识库、数据库、解释系统、帮助系统 4 部分组成。

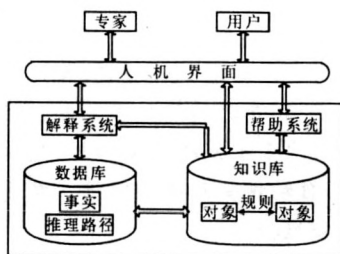


图 1 专家系统总体结构
Fig. 1 General structure of expert system

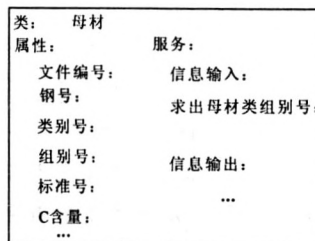


图 2 面向对象的表示方式
Fig. 2 Object-oriented knowledge representation

1) 知识库。知识库中存放的知识主要是焊接方面的各种知识以及国家法规、企业标准和从焊接专家得来的各种经验等。在该知识库中,把问题域中所涉及到的概念、实体等都作为对象,各对象以分类关系构成类,对象的属性、方法封装在对象框架中。规则的内容分布在前提及结论对象的属性和方法中,由对象之间的关系体现。每一对关系在运行期内用两个状态,即静止状态和活动状态来反映某条规则是否被采用。知识库作为对象的集合,从数据库得到有关事实,推理机制通过对象的消息传递机制完成,消息决定规则是否被激活,形成活动序列(推理路径)发送给数据库。专家系统知识库由工艺文件、焊接接头、母材、焊接材料、焊接位置、焊后热处理、预热、保护气体、电特性等类对象组成。

2) 数据库。数据库主要用来存放专家系统中处理问题过程中用到的信息。主要分为两类:一类是事实,存放用户初始输入的事实、推理过程的中间事实和最后得出的结论;另一类是推理路径,存放规则活动序列,记录对象的有向弧被激活的情况,形成一个拓扑序列。专家系统中的数据库主要存放有关焊接工艺的经验知识和系统推理过程中产生的中间数据,以及记录对象的有向弧是否被激活。

3) 帮助系统和解释系统。帮助系统可供用户随时通过人机界面来查阅相应的国家标准和操作信息。专家系统主要是根据国家行业标准 GB4708-2000 完成的,用户可随时点击帮助系统查看该标准;用户如果遇到操作问题,也可通过帮助系统解决。解释系统通过读取数据库中的规则活动序列向用户解释如何得出结论和为什么得到这个结论。

2 专家系统中知识的组织与表示

专家系统设计的一个关键问题是如何对专家知识进行获取和表示。在本专家系统中,焊接专家知识主要来源是焊接专家设计的工艺评定报告和国家有关焊接专业方面的标准。文中通过对焊接专家知识进行详细的研究,将其分为以下 5 类。

2.1 定义性知识

定义性知识是一种确定性知识,是指具有明确的前提和结论的知识。例如在 GB4708-2000 中,表 2 表示的就是一种定义性知识,如果母材的钢号为“16Mn”,则其类别号即为“Ⅱ”,组别号即为“Ⅱ-1”^[7]。这类知识在程序中容易用语言来表示。考虑到本专家系统中的专家设计模块中要多次用到这类知识,故对于这类知识用面向对象的表示方法来表示,以增强系统的结构化知识表示能力。

在面向对象的编程语言 Visual Basic 6.0 中,一个对象的完整概念是由它所属的类,以及该类的一个实例组成的^[8]。图 2 就是用面向对象方法表示 GB4708-2000 中表 2 的知识:其中“属性列表”是一组变量名构成的序

列。该类中所有对象都共享这些变量,对该类对象来说,这些变量是它们的全局变量。当把这些变量实例化为一组具体的值时(如把母材类的属性“钢号”的值赋于“16Mn”),就得到了该类的一个具体实例(如对象 16Mn)。

在 WPDES 中,以母材类信息为例用 Visual Basic6.0 语言描述形式如下。

```
Class clmucai: '定义母材类
Public rsmucai As New ADODB.Recordset '调用库 cailiao.mdb 中的表 cailiao-mc
Private mganghao As String '定义类的钢号属性
Private mleibie As String '定义类的类别属性
Public Property Get ganghao() As String
ganghao = mganghao
End Property
Public Property Let ganghao(ByVal snwvalue As String)
mganghao = snwvalue
findl '类的方法
End Property
Public Property Get leibie() As String
leibie = mleibie
End Property
Public Property Let leibie(ByVal snwvalue As String)
mleibie = snwvalue
End Property
Public Sub findl() '定义类的方法
Dim strmucai As String '建立连接到数据库的字符串
strmucai = "provider=Microsoft.Jet.OLEDB.3.51;Data Source=" & App.Path & "\cailiao.mdb"
'建立字符串连接到 cailiao.mdb 库
rsmucai.Open "select * from cailiao-mc order by leibie", strmucai, adCmdText '打开表 cailiao-mc
rsmucai.MoveFirst
rsmucai.Find "ganghao=" & "" & mganghao & ""
mleibie = rsmucai.Fields("leibie")
End Sub
定义母材类的一个对象用如下 Visual Basic6.0 语言:
Public mucai1 As New clmucai
```

2.2 规则性知识

规则性知识是专家经过长期的知识累积,经过实践证明是比较正确的,易于接受和易于用程序化的语言来描述的知识。这类知识比较容易被计算机系统实现。例如在 GB4708-2000 中,第 5.1 和 5.3.2 条的知识就属于规则性知识。规则性知识也是一种确定性知识,但与定义性知识不同,它描述的是两个对象之间的相互关系,比定义性知识要复杂。这类知识大都表示一种因果关系,可以用目前专家系统中应用最为广泛的一种知识表示方法,即产生式表示方法来表示。

在本专家系统中,该类知识可以用如下语言表示。

规则 I: IF 组别号为 VI-2 的母材的工艺评定合格

THEN 组别号为 II-1 的母材可以用该工艺评定报告;

规则 II: IF 焊接方法是埋弧自动焊 AND 焊剂牌号改变

THEN 重新评定焊接工艺;

.....

2.3 过程性知识

过程性知识主要是指把相关的公式和推理有序地组织在一起,形成结构化比较强的知识模块。这部分知识通常是自身形成一个整体与整个系统进行通信。过程性知识内部是由定义性知识和规则性知识组成的。例如

在 GB4708-2000 中,第 5.3.4 条的知识就属于这种知识。在本专家系统中,该过程性知识是用规则和事实的有序排列来表示的。在系统中以 3 大模块的方式存在,即厚度规则模块。特殊情况模块和一般情况模块、特殊情况模块是用程序语言表示 GB4708-2000 中的表 7 和表 8 的知识,一般情况模块是用程序语言表示 GB4708-2000 中的表 3 到表 6 的知识。

2.4 描述性知识

描述性知识介于确定性知识和不确定性知识之间,结构化较差,直接用程序实现比较困难。这类知识主要是 GB4708-2000 中描述比较模糊的知识,例如表 1 中在描述工艺评定的重要因素和次要因素时,有“当焊接组别号为 IV-2,类别号为 VIII 的母材时,气体流量减少 10% 或更多一些,这因素对于焊接方法为熔化极气体保护焊或钨极气体保护焊来说是重要因素”的知识。对这类知识本专家系统采用将该类知识通过量化或转换成规则来表示。对于此例子,在专家系统中用以下的语言表示:IF (母材类组别号为 IV-2 OR 母材类别号为 VIII) AND 气体流量变为 $0.9 \times$ 原气体流量 THEN 对焊接方法为熔化极气体保护焊或钨极气体保护焊为重要因素。

2.5 事实性知识

事实性知识是指本专家系统中的一百多份工艺评定报告知识,这部分知识是通过严格的工艺评定得来的,在本专家系统中起着极为重要作用的知识。在本专家系统中,这部分知识以 Access 数据库的形式存放,供系统调用。

3 专家系统的推理及实现

3.1 专家系统的推理过程

该系统的查询过程采用的是基于模块的推理过程。模块与模块之间是“与”的关系,即通过母材类组别号模块查询后,只有符合条件的工艺评定报告才可以进入下一级的查询。每一模块内的推理的过程就是系统要不断地用当前已知的事实与模块中的知识进行匹配,即以用户给定的基本焊接条件和模块中规则的前提条件进行比较,如果符合,则启用该规则,得出结论。如果有多条规则匹配成功,此时要按一定的冲突消解策略解决冲突,以便从中挑选一条规则用于当前的推理,最后决定哪些工艺评定报告进入下一级的查询。专家系统的程序流程如图 3 所示。

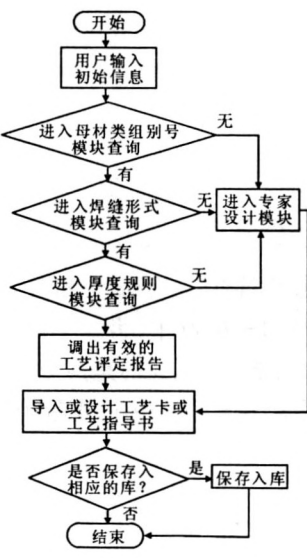


图 3 程序流程图
Fig.3 Procedure flow chart

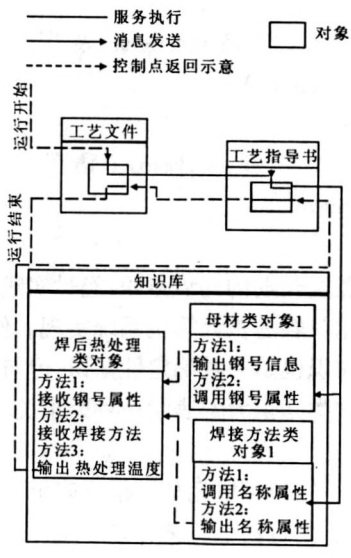


图 4 专家设计模块推理机制
Fig.4 Reasoning system in expert design

该系统的专家设计模块采用的是基于规则的推理过程,主要采用了面向对象的方法。例如系统在设计工艺指导书的焊后热处理参数时,按照 GB4709-2000 中表 6 的规定,有如下的规则。

IF 母材钢号为 20R AND 焊接方法为电弧焊
THEN 焊后热处理温度为 600~640 ℃;则专家设计模块的推理机制要用到的条件类对象有母材类、焊接

方法类、焊接接头类等;结论类对象有焊后热处理类。当用户输入母材钢号为20R后,条件对象母材中指向结论对象焊后热处理的有向弧即被激活;当用户输入焊接方法电弧焊后,规则中另一条的有向弧即被激活;则按照行业标准的规定,符合规则的两条有向弧均被激活,则对象焊后热处理会输出焊后热处理温度为 $600\sim 640\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。此推理过程可以用图4表示,用户首先选择工艺文件,后选择工艺指导书设计命令。

3.2 系统的实现

3.2.1 已知事实采集

事实采集是推理的必要条件。系统根据用户选择或输入的板接形式、接头形式、母材钢号和厚度等已知条件,进行智能化推理,给出符合已知条件的可供用户选择的坡口形式等其他焊接参数。如果用户输入的已知条件符合系统的约定,用户确定后,系统便将此事实存入到数据库中,以备下一步推理时使用;如果用户输入的已知条件不符合系统的约定,系统提示用户重新输入已知条件。图5是要求用户选择或输入的参数。

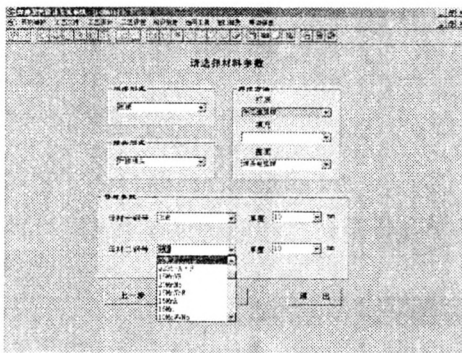


图5 要求用户选择或输入的参数
Fig.5 Parameters of user selecting or inputting

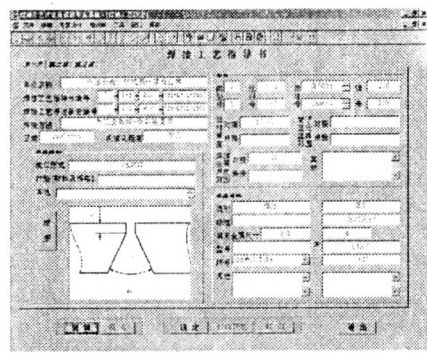


图6 工艺设计结果
Fig.6 Result of process design

3.2.2 设计过程

专家系统的系统中已经存放有多份专家经验知识即工艺评定报告。专家系统在设计焊接工艺指导书或焊接工艺卡时,首先要在知识库中寻找是否存在与已知事实相符合的工艺评定报告,如果存在,则把符合条件的评定报告找出来,供用户选择(用户对某个满意的工艺评定报告,可以导入到焊接工艺卡或焊接工艺指导书。对导入后的焊接工艺卡或工艺指导书能进行修改,系统会自动记录用户修改的对象,并给出相应的提示);如果没有相应的工艺评定报告,系统则进入设计焊接工艺卡或工艺指导书界面。专家系统根据焊接工艺设计的特点,依据采集来的已知事实,推荐出相应的焊接材料、焊缝坡口形式和其他参数。系统推荐的焊缝坡口形式,用户可以选择其中的一种,也可以自己重新绘制坡口图。

3.2.3 工艺设计结果

图6是当用户输入板接形式为“板板”,接头形式为“对接”,焊接方法为“手工氩弧焊和焊条电弧焊”,母材钢号为“20R”时,系统从知识库中找出的其中一份工艺评定报告,并导入焊接工艺指导书后的结果。用户按“编辑”键能够进行重新编辑并激活“保存”键,按“绘图”键能进行绘图。用户修改完后按“保存”键进行保存,系统会自动保存入工艺指导书库中;按“选定”键后,这时“打印预览”键和“打印”键均被激活,由此均能进入相应的操作。

4 结 论

本系统针对焊接工艺设计的特点,将焊接工艺知识按其特点分为5类,针对不同类知识的特点用不同的知识表示方式来表示,适用于焊条电弧焊、埋弧焊等多种焊接方法的焊接工艺设计。该系统结合面向对象系统的分析方法和专家系统的原理,采用面向对象的编程语言 Visual Basic6.0 和 Access 数据库技术作为开发工具,设计出的专家系统界面友好,操作方便,并给用户提出推荐的焊接工艺指导书,能极大地提高焊接工艺设计的效率,提高工艺管理水平。

(下转第239页)

3 结 论

1) 硅酸盐细菌是能够分解铝硅酸盐矿物并具有固氮能力的一类芽孢杆菌,因此采用铝硅酸盐矿物无氮培养基可分离得到该类细菌。本研究中分离到的3株JXF芽孢杆菌,通过对该菌株进行形态、生理生化等表型特征研究,与胶质芽孢杆菌(B.C)模式菌株以及文献[6]报道的结果进行比较,表明JXF菌株是硅酸盐细菌中的胶质芽孢杆菌。

2) 使用硅酸盐细菌JXF-1浸出含有各种铝硅酸盐矿物的铝土矿,在 $\text{pH}=7.2$, $36\text{ }^{\circ}\text{C}$, 180 r/min , 10% 矿浆浓度的浸出条件下,浸出7 d, 5种矿样的 Al/Si 分别从6.29, 6.64, 7.15, 6.24, 3.64提高到7.58, 8.29, 9.07, 9.10, 13.29。表明该株硅酸盐细菌对高硅铝土矿具有一定的脱硅效果。

3) 对铝土矿细菌脱硅的机理进行了初步分析。认为硅酸盐细菌分解硅酸盐矿物是一种生命活动过程,其本质是从浸矿过程中获取能量,不能简单地看作一种“催化作用”或某一与之相关的单一作用机理。

4) 采用硅酸盐细菌进行铝土矿脱硅,不仅可以提高铝土矿品位,使低品位铝土矿质量提高,同时可最大限度地满足环保要求。因此应该进一步选育该类细菌,从中筛选脱硅效果好的菌株,为铝土矿生物脱硅研究提供足够多的菌种材料,同时优化浸出条件,为大规模工业应用打下基础。

参考文献:

- [1] 亚历山大罗夫. 矽酸盐细菌[M]. 叶维青,译. 北京:科学出版社,1955:1-65.
- [2] 吴小琴. 硅酸盐细菌的应用概况[J]. 江西科学,1997,15(1):60-66.
- [3] Stoyan Groudev, Fratio Genchev. Bioleaching of bauxites by wild and laboratory-bred microbial[J]. Department of Mineral Processing, Higher Institute of Mining and Geology, Sofia 1156, Bulgaria, 1979, 5:78-89.
- [4] Andreev P, Polkin I, Shavlo R, et al. Effect of the composition of the culture medium on the bacteria decomposition of aluminosilicates[J]. Zvetnaja Metallurgija(USSR), 1975, (3):8-11.
- [5] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京:科学出版社,1985:51-57, 154-162.
- [6] 廖延雄,傅筱冲. 一株硅酸盐细菌的表型特征[J]. 江西科学, 2000, 18(3):149-153.
- [7] Grondeva S N. 铝土矿的微生物选矿[J]. 国外金属矿山, 1989, (11):9-12.
- [8] 连宾. 硅酸盐细菌解钾作用机理研究[M]. 贵阳:贵州科学出版社,1998:77-153.
- [9] 盛下放,黄为一,殷永娟. 硅酸盐菌剂的应用效果及其解钾作用的初步研究[J]. 南京农业大学学报,2000,23(1):43-46.

(上接第223页)

参考文献:

- [1] 庞建勇,郭兰波. 煤及半煤岩巷围岩分类与锚梁网支护专家系统[J],西安科技大学学报,2004,24(4):426-429.
- [2] 张建勋. 焊接工程计算机专家系统的研究现状与展望[J]. 焊接技术,2001,30(增):11-13.
- [3] 陈春红. 钢制压力容器焊接工艺设计及管理专家系统[D]. 西安:西安交通大学机械工程学院,2000.
- [4] 张晓昱,张富成,夏保成. 锅炉及压力容器焊接工艺及管理专家系统[J]. 焊接技术,2002,31(3):55-56.
- [5] Lyndon M, Chew L, Chew Lim Tan. An object-oriented knowledge base for multi-domain expert system[J]. Expert Systems with Applications, 1995, 8(1):177-185.
- [6] 朱援祥,张小飞,孙秦明,等. 基于知识库的焊接裂纹诊断专家系统[J]. 焊接学报,2001,22(3):59-62.
- [7] 国家机械工业局,国家石油和化学工业局. GB4708-2000, 钢制压力容器焊接工艺评定[S]. 昆明:云南科技出版社,2000.
- [8] Bob Reselman, Richard Peasley, Wayne Pruchniak. Visual basic6.0 使用指南[M]. 北京:电子工业出版社,1999.