

焊接学会 第 XIIa 专业分委员会
数值分析、CAD/CAM 研究组

“焊接专家系统”专题学术会议 论文集

1989. 11. 北京

焊接工程计算机专家系统的程序设计

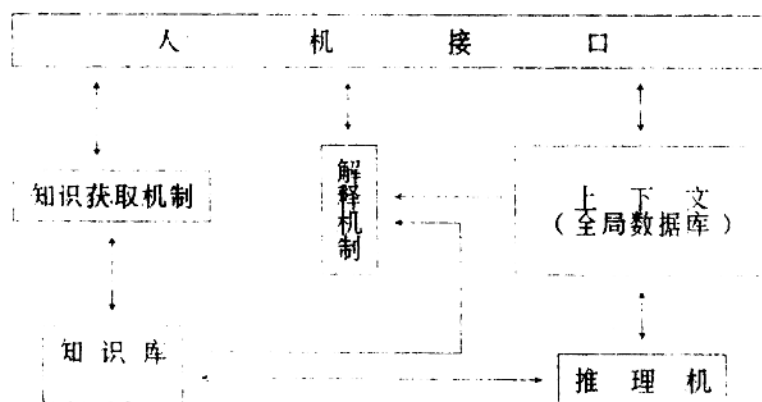
清华大学机械工程系 施克仁 方立荣

摘 要

本文根据作者研究“焊接材料选择专家系统”的经验论述了解焊工程计算机专家系统中知识库、推理机构、上下文、用户接口等部分的编程方法。可供有兴趣从事焊接技术领域专家系统研究与开发的各方面专家们参考，希望有助于推动计算机专家系统技术在我国焊接界得以广泛的应用。

一、专家系统的基本结构

一个完整的专家系统通常由六部分组成（见下图）：知识库、上下文(context, 也有人称为全局数据库)、推理机、知识获取机制、解释机制和人机接口。其中知识库、上下文和推理机是目前大多数专家系统（或其它知识库系统）的主要内容，知识获取机制、解释机制和专门的人机接口是所有专家系统都期望有的三个模块，但它们并不是都得到了实现。简单的专家系统不一定具备这三个模块。



(1) 知识库：用以按特定规律存放领域专家提供的专门知识。

(2) 上下文：反映具体问题在当前系统运行（求解）状态下的符号或事实的集合，它由问题的有关初始数据和系统运行（求解）期间所产生的所有中间信息组成。

(3) 推理机：在一定的控制策略下针对上下文中的当前问题信息，识别和选取知

识库中对当前问题的可用知识进行推理，以修改上下文直至最终得出的求解结果。

(4) 知识获取机制：实现专家系统的自学习。

(5) 解释机制：回答用户对系统的提问。

(6) 人机接口：将专家和用户的输入信息翻译成系统可接受的内部形式。

二. 知识库部分的程序设计

专家系统知识库存放了各专业领域的专门知识，包括书本知识、各种具有权威性的手册知识以及生产实际经验，而且含有专家凭经验得到的启发式知识。知识库中的知识必须按照特定的要求存储，并对其进行管理。其程序设计可采用如下方式：

1. 框架表示

框架是一种广义的特性表，当要存由两项知识来推出第三项知识时，可用这种形式。例如在“焊接材料选择专家系统”的程序中，我们对各种焊接方法附上了一些特性，其特性名和对应的特性值分别是该焊接方法下采用的“钢种”和“可以选用的焊材”。例如：

;; 低碳钢用焊条的选用

(PUTPROP 'SMAW' (J422 J423 J426 J427) '20)

(PUTPROP 'SMAW' (J422 J423 J426 J427) '20g')

2. 逻辑表示

逻辑表示是从一个事实出发，来推出另一事情的知识表示方法。逻辑表示通常用来存方一些逻辑规则。如“焊接材料选择专家系统”的模糊评判命题公式均采用逻辑表示法：(DEFUN RULER ()

```
(COND
  ((AND (= ZMAX D) (>= D 0.7)) (SETQ COMMENT 4))
  ((AND (= ZMAX D) (< D 0.7) (>= (/ (+ A B) D) 0.7)) (SETQ COMMENT 3))
  ((AND (= ZMAX D) (< D 0.7) (< (/ (+ A B) D) 0.7)) (SETQ COMMENT 4))
  ((AND (= ZMAX C) (>= C 0.7)) (SETQ COMMENT 3))
  ((AND (= ZMAX C) (< C 0.7) (>= (/ A C) 0.7)) (SETQ COMMENT 2))
  ((AND (= ZMAX C) (< C 0.7) (< (/ A C) 0.7)) (SETQ COMMENT 3))
  ((AND (= ZMAX B) (>= B 0.75)) (SETQ COMMENT 2))
  ((OR (AND (= ZMAX B) (< B 0.75) (AND (>= (/ D B) 0.7) (< (/ A D) 0.7)))
    (AND (>= (/ (+ C D) B) 0.7) (< (/ A (+ C D)) 0.7)))
    (SETQ COMMENT 3))
  ((AND (= ZMAX B) (< B 0.75)
    (OR (AND (>= (/ D B) 0.7) (< (/ A D) 0.7))
    (AND (>= (/ (+ C D) B) 0.7) (< (/ A (+ C D)) 0.7)))
    (SETQ COMMENT 2))
  ((AND (= ZMAX A) (>= A 0.88)) (SETQ COMMENT 1))
  ((OR (AND (= ZMAX A) (< A 0.88) (>= (/ D A) 0.15)
    (>= (/ (+ C D) A) 0.30) (>= (/ C A) 0.2)
    (>= (/ (+ B C D) A) 0.80))
    (SETQ COMMENT 2))
  ((AND (= ZMAX A) (< A 0.88)
    (OR (>= (/ D A) 0.15) (>= (/ (+ C D) A) 0.30))
```

```

(>= (/ (C A) 0.2) (>= (/ (+ B C D) A) 0.80) ) )
(SETQ COMMENT 1) )
))

```

3. 不精确知识的表示

(1) 采用可信度因子

专家系统设计中的基本问题之一是系统应具备分析数据的不精确性对求解结果的影响,并能给求解结果附上一个可靠性估计值,这种估计值称为可信度因子(Certainty Factor, 简计为CF)。

在“焊接材料选择专家系统”中对用户提出的关于焊接质量、经济成本和工艺性能的七项不同要求,分别采用了七个可信度因子,例如:

①对于焊接质量的要求很高,对于经济成本、工艺性能不作太多的考虑,采用:

```

(DEFUN NO1 ( )
  (SETF (AREF DIM-A 1) 1)
  (SETF (AREF DIM-A 2) 0)
  (SETF (AREF DIM-A 3) 0) )

```

②主要考虑经济成本、工艺性能,对于焊接质量不作太多的考虑,则采用:

```

(DEFUN NO7 ( )
  (SETF (AREF DIM-A 1) 0)
  (SETF (AREF DIM-A 2) 0.5)
  (SETF (AREF DIM-A 3) 0.5) )

```

(2) 采用模糊评判矩阵

模糊评判矩阵是采用模糊数学的理论对一些模糊的问题或者有争议的问题进行评价的方法,对采用模糊矩阵评判的问题,则应在知识库中存储相应的模糊矩阵。有关模糊评判的理论在后面推理机构部分还有论述。

4. 采用LISP语言中的“表”的形式

LISP语言的表处理功能特别强,采用表来表示知识也很容易。本系统知识库的大量重复类似的知识都存于表中,如在“中外焊条标准对照”中焊条的国标即采用表来表示:

```

(SETQ GB
  '("E4313" "E4303" "E4301" "E4320" "E4316" "E4315" "E5003" "E5001"
    "E5024 1" "E5027" "E5016" "E5015" "E5018" "E5515 G" "E6016 D1"
    "EZNi-1" "EZNiFe-1" "TCuSnB" "TA1" "TA1Mn" ) )

```

5. 采用文本方式

这是一种最基本、最自然的知识表示方式,它就是一般的文书文件。文本方式是存放系统要出示的知识的,如焊接材料的产品样本和专家对焊接材料的看法等:

1. A3F选用结422, 结423; 19gc多层高压容器选结426, 结427, 在环缝焊接时, 需预热 $\geq 150^{\circ}\text{C}$, 焊后不处理; 其余钢种一般使用结422, 结423, 重要结构选用结427。
2. 板厚 ≤ 50 毫米一般不预热。大厚件则随材料、刚性和室温不同, 由可焊性试验确定, 选取预热温度 $\geq 100^{\circ}\text{C}$, 焊后回火 $600 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 。
3. 允许强度等级高一级的焊条焊下一级钢种, 例20、20g、25可用结507。

三. 上下文部分的程序设计

如前所述, 在专家系统的中, 上下文是当前系统求解状态下的符号或事实的集合

，它由问题的有关初始数据和系统求解期间所产生的所有中间信息组成。其具体的编程方法如下：

;; 此程序是“焊接材料选择专家系统”中的一部分，用LISP语言编写。

```
(DEFUN TITLE2-1-1 ( )
  (SC 1 1)
  (WR 2 3 "请问您想采用下列何种焊接方法?")
  (WR 4 5 "1. 手工电弧焊;")
  (WR 4 6 "2. 埋弧自动焊;")
  (WR 4 7 "3. 气体保护焊;")
  (WR 4 8 "4. 电渣焊;")
  (WR 4 9 "5. 等离子弧焊接;")
  (WR 4 10 "6. 氧-乙炔焰气焊;")
  (WR 4 11 "7. 其它焊接方法。")
  (XZ)
  (PROG ( )
    LOOP(TITLE2-1-1 (SETF T-N2-1-1 (READ)) (SETQ L1 T-N2-1-1)
    (COND ((EQ T-N2-1-1 1) (SETQ L1 'SMAW) (DIAO-SMAW) (STEEL))
          ((EQ T-N2-1-1 2) (SETQ L1 'SAW) (DIAO-SAW) (TITLE3-2))
          ((EQ T-N2-1-1 3) (SETQ L1 'GMAW) (DIAO-GMAW) (TITLE3-3))
          ((EQ T-N2-1-1 4) (SETQ L1 'SLAG) (DIAO-SLAG) (TITLE3-4))
          ((EQ T-N2-1-1 5) (SETQ L1 'PLASMA) (DIAO-PLASMA) (TITLE3-5))
          ((EQ T-N2-1-1 6) (SETQ L1 'OXY-AC) (DIAO-OXY-AC) (TITLE3-6))
          ((EQ T-N2-1-1 7) (SETQ L1 'OTHER) (DIAO-OTHER) (TITLE3-7))
          (T (XZ-R) (GO LOOP(TITLE2-1-1) ) )
    )
  )
)
```

从程序中可以看出，符号原子T-N2-1-1和L1是问题求解的有关初始数据，而调用DIAO-SMAW、STEEL、DIAO-SAW、TITLE3-2等函数则是系统求解期间所产生的中间信息。

四、推理机构部分的程序设计

推理是指从已有事实推出新的事实（或称结论）的过程。推理过程所要解决的问题就是：在问题求解的每个状态（包括初始状态）下，如何控制知识的选择和运用。专家系统中，推理以知识库中的已有知识为基础，是一种基于知识的推理。基于知识的推理的计算机实现构成所谓推理机，而计算机专家系统的软件中对知识库中的知识进行推理的部分称为推理机构，它是一个专家系统设计中不可缺少的另一核心内容。

推理机构的程序设计有多种方式，根据专家系统所求解的问题的性质进行选择。比较简单的推理可以直接运用智能语言中的某些语法来实现。例如在上面的那段程序中（见第 页），若符号原子 T-N2-1-1满足等于1的条件，则程序流向执行 (SETQ L1 'SMAW) (DIAO-SMAW)的分支，从而调入手工电弧焊的知识库，而不去执行别的分支了。这样也可以说控制了知识的选择和运用，但作为一个专家系统，仅仅采用上述办法进行推理是远远不够的，以下是另外三种比较复杂的推理方法，它们分别是基于特性表的推理、基于模糊数学思想的推理、基于模式匹配的推理。

1. 基于特性表的推理

在上面的那段程序中，我们可以看出符号原子L1被赋了值，与这段程序存于同一

文件的另一个函数给符号原子L2赋了值，如下所示：

```
(DEFUN MILD ( )  
  (SC 1 1)  
  (WR 4 1 "您要焊接的金属是——低碳钢。")  
  (WR 2 3 "下面要请您输入您要焊接这类钢")  
  (WR 1 4 "的具体钢号，并注意字母的大小写，")  
  (WR 8 5 "例如：A3F 20g C3")  
  (WR 2 6 "请您输入：") (SETQ L2 (READ))  
  (ANSWER1)  
)
```

在符号原子L1、L2均被赋值后，则符号原子L1的特性名为L2、特性值由下段程序求出，此特性值就是系统初选出的“可以选用的焊材”：

```
(DEFUN ANSWER1 ( )  
  (DEL DEPOSIT)  
  (SETQ GETL12 (GET L1 L2))  
  (ANSWER0)  
  (COND ((NULL GETL12)  
    (WR 10 9 "对不起，我选择不了!")  
    (WR 2 13 "按任一键，重新开始选择...")  
    (READ-CHAR) (TITLE2-1)  
    (T (DO ((I 0 (1+ I)))  
      ((= I (LENGTH GETL12)) (TERPRI))  
      (PRINC (NTH I GETL12))  
      (COND ((= I 4) (TERPRI) (PRINC " ")))  
      (PRINC " ")))  
    (WR 2 14 "我要对上述焊接材料发表看法。")  
    (WR 6 15 "按任一键继续...")  
    (READ-CHAR)  
    (READ-ES-SAY))  
  ) )
```

这样，我们就以知识库中的已有知识为基础，推出了“可以选用的焊材”的中间结论。

在这里，若特性表内的特性值为完成下一步推理的一个函数，并在被提取出后进一步被求值，那样就使用了“数据驱动技术”。此函数的功能可以是引起选择焊材过程的推理的进一步深入，而这一点正是我们今后要做的工作。

2. 基于模糊数学思想的推理

利用模糊数学的理论来解决我们焊接工程中常见的某些模糊的或者说有争议的问题进行评价，例如对某种焊接材料优劣的评价，在我们的焊接材料选择专家系统的推理机构中采用下列两种模糊数学理论：

(1) 模糊简单评判的理论

该理论采用的是一级评判模型。以评判结422焊条为例(此处仅仅为了举例，未对结422焊条进行真正的评价)：

评语集合： $Y = \{ \text{优、良、中、差} \}$

评判因素集合： $Z = \{\text{焊接质量、经济成本、工艺性能}\}$ 。这里我们忽略了其他因素。

$$\text{评判矩阵为: } R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \end{bmatrix}$$

按照模糊数学的理论， R 中的每一行表示一个单因素评判结果。例如，对于结 422 (J422) 焊条，在焊接质量方面，大约有 40% 的焊接工作者认为可评为优；但是另外的 60% 的工作者认为 J422 的焊接性还不是最好，只能评为良。于是就得到一个单因素评判结果 $[0.4 \ 0.6 \ 0 \ 0]$ 。在经济成本方面，50% 的焊接工作者认为应定为优；另外 50% 的焊接工作者认为只能定为良，于是得到另一个单因素评判结果 $[0.5 \ 0.5 \ 0 \ 0]$ 。同样可以得到工艺性能方面的单因素评判结果 $[0.9 \ 0.1 \ 0 \ 0]$ 。综合这三个向量，就得到了 J422 焊条的评判矩阵：

$$R = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

R 直接反映了焊接专家的经验，可以通过对焊接专家的意见进行统计或咨询得到。如果我们对于评判因素所持的权重为向量 a ，那么相应的评语向量即为：

$$b = a \cdot R$$

仍以 J422 焊条为例，如果我们的目标是在焊接质量、经济成本和工艺性能方面都要兼顾，那么， $a = [0.4 \ 0.3 \ 0.3]$ 。则：

$$b = a \cdot R = [0.58 \ 0.42 \ 0 \ 0]$$

b 的各个分量中最大的是 0.58，它对应于 Y 中的优。因此，就可以得出该焊条的评语为优。

(2) 模糊综合评判理论

模糊简单评判理论在有些场合不很准确，因为它没考虑 b 中的非最大分量对评判结果的影响。下面的一组规则综合考虑了 b 中的非最大分量对评判结果的影响：

设评语向量为： $b = [A \ B \ C \ D]$

设 b 中的最大元素为 Z 。如不引起混淆，这组规则可叙述为[24]：

$(Z = D) \wedge (D \geq 0.7) \rightarrow$ 评语为差

$(Z = D) \wedge (D < 0.7) \wedge ((A+B)/D \geq 0.7) \rightarrow$ 评语为中

$(Z = D) \wedge (D < 0.7) \wedge ((A+B)/D < 0.7) \rightarrow$ 评语为差

$(Z = C) \wedge (C \geq 0.7) \rightarrow$ 评语为中

$(Z = C) \wedge (C < 0.7) \wedge (A/C \geq 0.7) \rightarrow$ 评语为良

$(Z = C) \wedge (C < 0.7) \wedge (A/C < 0.7) \rightarrow$ 评语为中

$(Z = B) \wedge (B \geq 0.75) \rightarrow$ 评语为良

$(Z = B) \wedge (B < 0.75) \wedge ((D/B \geq 0.7) \wedge (A/D < 0.7)) \vee$

$((C+D)/B \geq 0.7) \wedge (A/(C+D) < 0.7) \rightarrow$ 评语为中

$(Z = B) \wedge (B < 0.75) \wedge ((D/B \geq 0.7) \wedge (A/D < 0.7)) \vee$

$((C+D)/B \geq 0.7) \wedge (A/(C+D) < 0.7) \rightarrow$ 评语为良

$(Z = A) \wedge (A \geq 0.88) \rightarrow$ 评语为优

$(Z = A) \wedge (A < 0.88) \wedge (D/A \geq 0.15) \wedge ((C+D)/A \geq 0.30) \vee$

$(C/A \geq 0.2) \vee ((B+C+D)/A \geq 0.8) \rightarrow$ 评语为良

$(Z = A) \wedge (A < 0.88) \wedge ((D/A \geq 0.15) \vee ((C+D)/A \geq 0.30)) \vee$

$(C/A \geq 0.2) \vee ((B+C+D)/A \geq 0.8)$ ——评语为优

经试用表明：按照上述规则进行综合评判的结果，与人们的经验结论基本相同，可以信赖。

按照前面讲的模糊数学的理论，可根据用户的要求（从键盘输入）和知识库中的专家知识（评判规则和评判矩阵），对初选出的“可以选用的焊材”进一步优选，并可排出优先顺序。具体的推理过程分以下几步进行：

(1) 让用户选择评判判据：

```
(DEFUN PRE-CON2 ( )
  (SC 1 1)
  (WR 4 2 "请问您想采用下列哪一种判据:")
  (WR 2 5 "1. 模糊简单评判理论:")
  (WR 2 7 "2. 模糊综合评判理论:")
  (WR 2 9 "3. 精确代数运算理论.")
  (XZ)
  (PROG ( )
    LOOPP-CO2 (SETQ P-CO2 (READ))
    (COND ((EQ P-CO2 1) (SIMPLE))
          ((EQ P-CO2 2) (COMPLEX))
          ((EQ P-CO2 3) (JQ))
          (T (XZ-R) (GO LOOPP-CO2)))
  ) )
```

这里我们以选用模糊综合评判理论为例来叙述。

(2) 计算机读入“模糊综合评判规则”的命题公式：

```
(DEFUN COMPLEX ( )
  (UNLESS (BOUND P 'FLAG-RULER-2)
    (SETQ COMMENT 1)
    (WITH-DISKETTE *RULER-DISKETTE* #'LOAD
      (MERGE-PATHNAMES *RULER.2* *RULER-PATHNAME*))
    (CONDITION-2)
  ) )
```

(3) 请用户从键盘输入具体的焊接要求，并开辟数组和调入二维数组的定义文件，以作好模糊运算的准备：

```
(DEFUN CONDITION-2 ( )
  (HI-RES)
  (WR 8 0 "刚才选出的焊材为:") (WR 3 1 " ")
  (DO ((I 0 (I+1)))
    ((= I (LENGTH GETL12)) (TERPRI))
    (PRINC (NTH I GETL12)) (PRINC " ") )
  (FORMAT T "
```

请提出您的具体要求：

请您键入对于焊接质量、经济成本、工艺性能的要求。请在下列各项中选择一项：

1. 对于焊接质量的要求很高，对于经济成本、工艺性能不作太多的考虑。
2. 对于经济成本的要求很高，对于焊接质量、工艺性能不作太多的考虑。

3. 对于工艺性能要求很高, 对于焊接质量、经济成本不作太多的考虑。
4. 兼顾焊接质量、经济成本、工艺性能各方面的要求。
5. 主要考虑焊接质量、经济成本, 对于工艺性能不作太多的考虑。
6. 主要考虑焊接质量、工艺性能, 对于经济成本不作太多的考虑。
7. 主要考虑经济成本、工艺性能, 对于焊接质量不作太多的考虑。")

```
(SETF PLACE-COM (MAKE-ARRAY (LENGTH GETL12)))
(SETF N-COMMENT (MAKE-ARRAY (LENGTH GETL12)))
(SETF N-COMMENT-BAK (MAKE-ARRAY (LENGTH GETL12)))
(UNLESS (FUNCTIONP 'MAKE-ARRAY2)
  (WITH-DISKETTE *SYSTEM-DISKETTE* #'LOAD
    (MERGE-PATHNAMES "DIM.2" *SYSTEM-PATHNAME*) ) )
(SETF DIM-A (MAKE-ARRAY 4))
(SETF DIM-RF (MAKE-ARRAY2 '(4 5)))
(SETF DIM-B (MAKE-ARRAY 5))
(XZ)
```

(4) 调入可信度因子 (评语向量):

```
(PROG ()
  LOOPCON 2 (SETQ N (CON-2 (READ)))
  (COND ((EQ N-CON 2 1) (NO1))
        ((EQ N-CON 2 2) (NO2))
        ((EQ N-CON 2 3) (NO3))
        ((EQ N-CON 2 4) (NO4))
        ((EQ N-CON 2 5) (NO5))
        ((EQ N-CON 2 6) (NO6))
        ((EQ N-CON 2 7) (NO7))
        (T (XZ-R) (GO LOOPCON-2)))
```

(5) 读入评判矩阵:

```
(DO ((I 0 (1+ I)))
  ((= I (LENGTH GETL12)) T)
  (SETF JUDGE-NAME (STRING (NTH I GETL12)))
  (SETF PATHNAME (MERGE-PATHNAMES JUDGE-NAME *JUDGE-PATHNAME*))
  (COND ((NULL (FILE-INFO PATHNAME)) (SETQ NO-CANNOT 1) (CANNOT))
        (T (SETQ NO-CANNOT 0)
            (SETF JS (OPEN PATHNAME :DIRECTION :INPUT)))) )
  (DO ((J 1 (1+ J)))
    ((= J 4) T)
    (DO ((J 1 (1+ J)))
      ((= J 5) T)
      (SETQ DIM-TMP (READ JS))
      (AR2-F DIM-RF I J DIM-TMP)
    )
  )
  (CLOSE JS)
```

(6) 矩阵相乘并进行模糊综合评判:

(MULTIPLE)

(7) 优选焊材并在屏幕上显示出来:

(SETF (AREF N-COMMENT 11) COMMENT)

)

(COMPARE)

)

3. 基于模式匹配的推理

这种推理方式适合于输入信息与知识库中已存的知识模式相对照, 在一致的条件下(相匹配)从知识库中寻找有关的知识。这种编程方法类似于数据库中检索功能的编程。例如在“焊接材料选择专家系统”中“国内外焊接材料标准及其牌号对照”的程序中采用了这种推理方法。程序对用户输入的焊材标准或牌号与知识库中的焊材标准或牌号进行匹配, 匹配成功后再搜索出另一国的焊材标准或牌号。具体的匹配函数如下:

```
(DEFUN MATCHELEMENTWITHLIST (ELEMENT ALIST)
```

```
  (COND ((EQUAL ALIST NIL) (WARNING)
```

```
    (TERPRI) (FORMAT T "  输入错误或对照不了!") (SETQ DZ FLAG 1) )
```

```
    ((EQUAL (CAR ALIST) ELEMENT)
```

```
      (SETQ N ( 1 (LENGTH ALIST))) (SETQ DZ FLAG 0) )
```

```
    (T (MATCHELEMENTWITHLIST ELEMENT (CDR ALIST))) )
```

```
  ) )
```

```
(DEFUN MATCH-SIMPLE-LIST (PH XLIST)
```

```
  (COND ((EQUAL XLIST NIL)
```

```
    (IF (= 1 L-HTPH) (SETQ MATCH-FLAG 1)) )
```

```
    ((EQUAL (CAR XLIST) PH)
```

```
      (SETQ MATCH-FLAG 1 MA 1 MA-FLAG 0) ; ELEMENT)
```

```
    (T (MATCH-SIMPLE-LIST PH (CDR XLIST)))) )
```

```
(DEFUN MATCH-COMPLEX-LIST ( )
```

```
  (SETQ L-HTPH (1- (LENGTH ALIST)))
```

```
  (SETQ MATCH-FLAG 0 MA-FLAG 1)
```

```
  (DO ((I 0 (1+ I)))
```

```
    ((= MATCH-FLAG 1) )
```

```
    (MATCH-SIMPLE-LIST ELEMENT (NTH I ALIST))
```

```
  ) )
```

五. 人机接口部分的程序设计说明

人机接口是专家系统与专家和用户交流信息的通道。专家和用户熟悉自然语言, 而专家系统又必须按计算机所要求的语言进行编程, 因此必须有人机接口来进行转换。专家和用户要通过人机接口向专家系统传送知识、要求和其它各种信息, 专家系统输出的信息也要通过人机接口转换成自然语言或各种图形、表格进行表达以供专家和用户阅读。因此人机口编程的优劣直接影响专家系统的实用性。本专家系统与用户具有较好的接口, 具体体现在以下几个方面:

1. 调用系统程序时给用户以提示信息


```
(DEFUN LO-RES () (%sysint #X10 4 0 0 0) t)
(DEFUN HI-RES () (%sysint #X10 6 0 0 0) t)
```

(4) 当显示满屏幕后能自动停止：按任一健后继续显示五行，如此往复，直至内容显示完毕，下段函数实现此功能。

```
(DEFUN LISTTEXT ()
  (SEND *TERMINAL-10* :CLEAR-SCREEN)
  (PROG ()
    (SETQ N 1 NL 15)
    LOOP (DO ((I N (1+ I)))
      ((OR (= I (1- (LENGTH TEXT))) (= I (+ NL N))))
      (FORMAT T "~%~A" (LINEFIED (NTH I TEXT)))(SETQ TMP 1))
      (COND (((< (I+ TMP) (1- (LENGTH TEXT)))) (READ-CHAR)
        (SETQ N (1+ TMP) NL 5) (GO LOOP) ) )
    ) )
```

3. 当用户出错时，能出声警告

```
; warning the user
(DEFUN WARNING ()
  (PLAYLIST '(10 :OF :G :G :OD)))
```

4. 方便的菜单选择

类似于下列的菜单选择程序在全部系统程序中随处可见：

```
(DEFUN TITLE1 ()
  (SC 1 1)
  (WR 6 3 "请告诉我您现在的身份：")
  (WR 4 5 "1. 本专家系统的用户；")
  (WR 4 6 "2. 焊接方面的权威或专家；")
  (WR 4 7 "3. 为购买本专家系统而来的顾客；")
  (WR 4 8 "4. 参观者或鉴定本系统的人士；")
  (WR 4 9 "5. 本专家系统的维护者。")
  (XZ)
  (PROG ()
    LOOPT1 (SETF T-N1 (READ))
    (COND ((EQ T-N1 1) (TITLE2))
      ((EQ T-N1 2) (TITLE1-2))
      ((EQ T-N1 3) (TITLE1-3))
      ((EQ T-N1 4) (LOAD "A:\\SYSTEM\\VISITOR") (TITLE1-1))
      ((EQ T-N1 5) (TITLE1-5))
      (T (XZ-R) (GO LOOPT1) ) )
  ) )
```

六. 解释机构

解释机构的作用是说明专家系统所给结论的根据，以及在此结论下应采取那些对策，便于用户理解结论的含义。同时，对用户提出的疑问能从理论上给予回答和分析。解释机构的编程可采用如前所述的“模式匹配”法。程序对用户输入的问题和知识库中的知识索引进行匹配，匹配成功后搜索出所需的说明，说明部分则可采用文本方

式进行编程。

结 束 语

我们相信,更多地推出焊接各领域的专家系统,由于它可将各方面焊接专家的知识变为广大焊接技术人员都能享用的资源,解决专门人材不足的矛盾,因此对提高我国焊接界的技术水平无疑具有促进作用。开发焊接工程专家系统,掌握程序设计技术固然很重要,但获取专家知识是专家系统成败的关键,因此专家从事专家系统的开发工作是有益的,虽然本文内容粗浅,但也希望能对此有所帮助。

参 考 文 献

- [1] 孙宗智 赵瑞清编著:《LISP语言》,气象出版社,1986年2月
- [2] 北京中国科学院自动化研究所图书情报室编发:《IBM-PC计算机GCLISP语言》,1985年4月
- [3] Texas Instruments, Inc.: Expert System Matches Welding Electrodes to the Job, WELDING JOURNAL, vol.66, no.4, APRIL 1987, pp.52-53
- [4] D. G. JIMMERSON: Troubleshooting Robot Problems with Expert Systems, WELDING JOURNAL, NOVEMBER 1987, pp.56-57
- [5] D. E. STONE: Welding Costs Enter the Age of Computer Technology, WELDING JOURNAL, ? p.55
- [6] Brad F. Kluvin: Expert systems for fabricators, WELDING DESIGN & FABRICATION, vol.60, No.3, MARCH 87, pp.56-58
- [7] W. LUCAS: Microcomputer Systems, Software and Expert Systems for Welding Engineering, WELDING JOURNAL, APRIL 1987, pp.19-30
- [8] W A Taylor: Expert systems to generate arc welding procedures, METAL CONSTRUCTION, JULY 1986, pp.426-431
- [9] Luc Steels: 第二代专家系统,赖德盛 黄祥喜译自《FGCS》, 1985, 1(4), pp.213-222
- [10] 茅于杭编著:《IBM-PC 微型计算机使用指南》,清华大学图片社,1984.7
- [11] Patrick Henry Winston and Berthold Klaus Paul Horn:《LISP程序设计》,黄昌宁 陆玉昌译,清华大学出版社,1982年12月
- [12] 林尧瑞 陆玉昌 马少平:《IBM-PC计算机人工智能语言---GCLISP和micro PROLOG》,清华大学出版社,1988年3月
- [13] 林尧瑞 张敏 石纯一编著:《专家系统原理与实践》,清华大学出版社,1988年4月
- [14] 曲成义 唐得顺 孙嘉陵 李鸣 刘建东 刘仲英等编译:《决策支持系统与专家系统》,社会科学文献出版社,1988年1月
- [15] 傅京孙 蔡自兴 徐光佑:《人工智能及其应用》,清华大学出版社,1987年9月
- [16] 方字洞 陈圣鸿:一个用于选择焊接方法的模型及其计算机专家系统,南昌航空工业学院学报,1988年第2期
- [17] 赵子江 朱观照:《怎样使用IBM PC/XT和长城0520进行文字编辑》,电子工业出版社,1987年12月

1989年 6月