

弧焊机器人焊接专家系统的开发

姚河清, 陆亚珍, 王运东

(河海大学机电工程学院, 江苏 常州 213022)

摘要 通过对常规焊接工艺及其制定过程的分析, 对机器人焊接专家系统的各个环节的多种工作方式进行了综合比较, 并在 Visual C++ 开发环境下采用速成原型和增量式开发方式、叙述式知识表达方式以及基于规则的混合推理机制, 较好地解决了系统开发、运行、维护、扩展等问题。

关键词 电弧焊; 机器人; 专家系统

中图分类号: TG444.72 文献标识码: A 文章编号: 1000-198X(2003)05-0577-04

焊接机器人及其焊接过程智能控制的应用为焊接技术的发展提供了极好的机遇。在发达国家, 焊接机器人的使用已非常普及, 这除了与其硬件方面技术先进有关外, 还与其注重软件开发有关。能够应用于各种焊接条件的比较成熟的专家系统, 对发挥机器人的工作能力, 提高焊接质量, 减少工艺试验工作量, 提高机器人焊接的柔性工作能力等, 是非常有效的。但由于焊接工艺牵涉面广(不同材料种类、不同焊接结构、不同焊接方法、不同焊接位置等都要求不同的焊接工艺), 影响因素多、规则复杂, 所以机器人焊接专家系统的开发难度较大。本文通过对常规焊接工艺及其制定过程的分析, 对机器人焊接专家系统的各个环节的多种工作方式进行了综合比较, 并在 Visual C++ 开发环境下采用速成原型和增量式开发方式、叙述式知识表达以及基于规则的混合推理机制, 较好地解决了系统开发过程中的有关问题。

1 专家系统的开发策略

专家系统的开发可采用多种开发策略, 但传统的软件开发多采用瀑布模型, 一次性完成总体及程序设计。随着软件开发经验的积累及软件复杂度的提高, 人们认识到, 瀑布模型并不能从本质上反映软件开发过程本身的规律。于是, 有人提出了速成原型模型、增量式模型和螺旋式模型等一些新的软件开发方法^[1]。据此, 笔者认为, 弧焊机器人焊接专家系统开发过程中应注意和考虑以下几个问题。

1.1 系统功能定位

由于不同的功能定位对系统目标的要求不同, 因此需确定待开发专家系统是面向普通使用者还是面向具有一定领域知识与经验的用户, 是起指导作用还是起辅助工具作用。弧焊机器人焊接专家系统面对的是普通使用者, 在普通使用者只知道某些参数的情况下, 无需专家制定焊接工艺就能得到一个完整焊接参数的焊接工艺。

1.2 领域知识评估

弧焊机器人焊接专家系统的知识领域实际上就是焊接工艺确定的知识。由于焊接工艺方面的影响因素很多, 因此至今还没有一个普遍适用的理论, 目前大多采用经验公式、无明确函数关系的参数关系曲线图以及模糊的方向性知识等。由此可以看出, 知识以启发性知识和判断性知识为主。因此, 知识的表达应该以叙述性表达为主。

1.3 相关的信息系统环境

弧焊机器人焊接专家系统是一种智能化的复杂软件系统, 用到的知识量很大, 不可能同时考虑周全, 因此, 笔者采用速成原型模型和增量式开发模型的混合模型^[2]。具体策略是: 首先根据焊接机器人专家系统所要达到的目标, 确定焊接所需各种数据并给出解释要求, 选定知识表示方式(产生式规则表示法)和推理机制

(基于规则的混合推理机制),然后根据需求和实现难易选定开发工具,根据总体焊接参数要求制作系统的人机界面及最简单的推理机和知识库,最后,调试并确定核心的正确运行方式.根据焊接参数经验公式多、容易冲突的特点,制作仲裁机的知识冲突仲裁部分.待调试完成后再扩充知识库.扩充完毕后,制作推理机的解释部分,优化人机界面、制作与弧焊机器人连接接口的模块.笔者制作的弧焊机器人焊接专家系统的具体模型如图1所示.

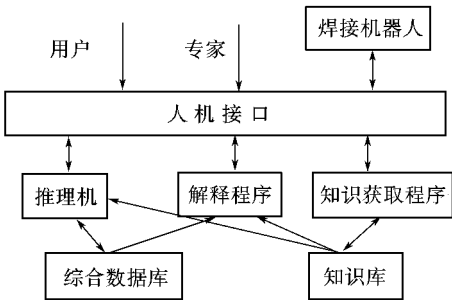


图1 弧焊机器人焊接专家系统模型
Fig.1 Expert system model of arc welding robot

2 知识表示方式和推理机制

本专家系统采用产生式规则的表示方式.焊接工艺的制定过程比较复杂,很多是凭经验确定的,而产生式规则表示法的 IF THEN 语句很适合由经验得出的启发性知识的表示^[3].对于弧焊机器人来说,最后得到的机器人执行焊接参数主要是焊接电流、焊接电压、焊接速度、气体流量,推理目标就是推理出这4个参数.推理过程为:首先明确板厚、母材等基本参数资料,然后根据这些资料推理出焊接方法、保护气种类、坡口类型、焊接层道数等参数,最后根据这些参数推理出目标参数.图2为推理过程的几个操作页面,操作过程从图2(a)~图2(d)顺序进行.很多焊接参数,既可看作是目标参数,也可看作是已知参数.例如,既可由板厚、母材得出坡口类型,也可由坡口类型得出板厚的推荐值.据此采用了基于规则的混合推理机制.

3 开发工具的选择

通常专家系统的开发环境可采用传统的人工智能专用语言(如Lisp,Prolog等)来进行开发,但由于这些智能语言在时空开销、运行效率、移植性、过程性、实现方便性等方面受到局限,很多情况下难以满足实际应用的需要.面向对象技术的C++语言,其计算和字符处理能力强、可移植性好、程序代码优化、开发效率大大提高,面向对象技术的语言环境使得软件的开发过程更接近于人类的思维活动,所以已发展成为主流的程序设计语言,并被广泛应用于系统程序设计及人工智能开发等方面^[4].因此,本弧焊机器人焊接专家系统选择Visual C++ 6.0作为开发环境,利用MFC DAO封装的几个数据库操作,实现对知识库和综合数据库的管理和维护.Access数据库软件是一个关系型数据库管理系统,可为用户提供数据库管理的工具集和应用程序的开发环境,且大部分是直观的可视化操作,无需编写程序代码便可方便地完成数据库的管理工作,故笔者选用Access数据库作为数据库开发工具.

4 知识库的建立

知识库的建立实际上就是专家系统里面用到的数据库结构的建立.根据一般原则,应建立综合数据库和知识库2个数据库系统,但根据焊接专家系统的实际情况以及以后扩充的需要,笔者将综合数据库改在制作推理机的时候和推理机同步制作.由于自然语言比较复杂,故用内部术语代替自然语言,如用M1代替低碳钢、T9代替厚度9毫米、J1代替对接接头……这样程序内部的表示和外部显示有了差异,因此要确定些规则来转换内部表示和外部显示.但考虑到这些规则加入知识库后,第一不便于管理,第二增加推理机的复杂度,所以将这些规则分离出来,单独建立了一个用来将内部表示和外部显示联系起来的事实库.知识库也可直接用内部表示来建立.用内部表示来建立知识库,既减小了知识库的大小,也方便了知识库数据的查询.同时,将事实库和知识库分开也便于今后的扩展和维护.

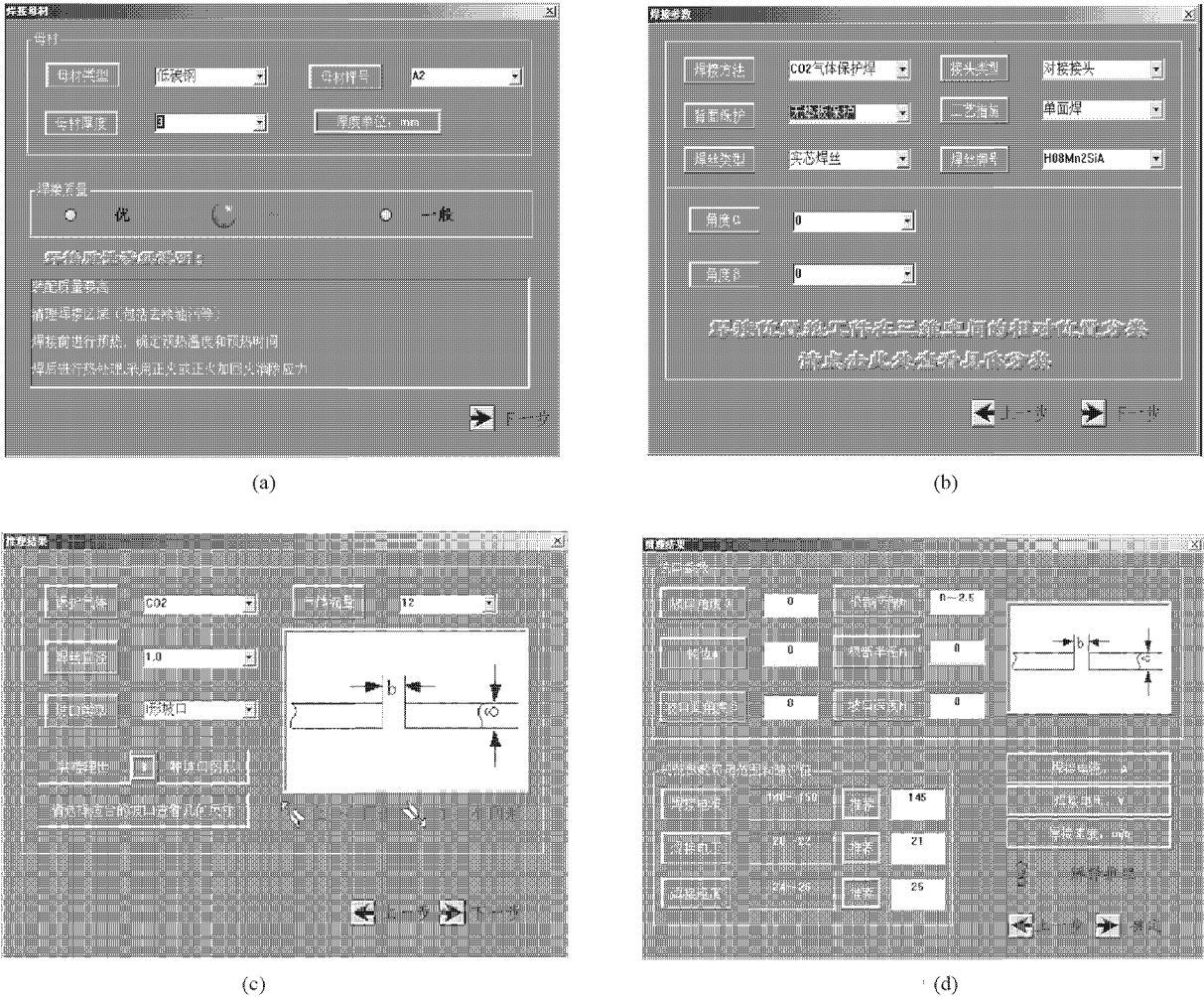


图 2 专家系统推理过程的几个操作页面

Fig.2 Several operation interfaces of expert system for reasoning

5 推理机的建立

推理机在确定推理参数的时候,如果每个参数的确定都要将知识库全部搜索一遍,势必会大大增加程序运行的时间和冗余度,不利于程序效率的提高.为知识库建立一个动作对象的索引,在搜索知识的时候,可以很快地在索引里面查找到所有对所要找的参数有影响的知识,再依次比较,看现有参数符合哪一条知识的条件,将符合条件的知识提取出来.这样既大大提高了推理机搜索知识的速度和程序运行的效率,也减少了程序运行的时间.对条件部分的核对,因为知识库是以字符方式存储的,所以对条件部分的核对也是基于字符的.若将条件全部读入推理机的一个变量当中,必然会给推理机的判断带来困难.本文的策略是:依次将条件读入3个字符变量中(因为每个条件也是由参数名称、关联词和目标值3个部分组成的),以中间遇到的空格为分隔点,接着,对比第1个变量,确定它的内部表达形式所表达的焊接参数,再对比第2个变量,确定比较关联词所表达的含义,最后调出焊接参数的值,检查比较关联词及与第3个变量所表达的意义是否符合,以确定条件是否成立.

6 系统操作

本文采用步骤窗口方式的人机界面,如图2所示,首先出现的是一个关于焊接基本参数的页面窗口,这个窗口的参数必须由用户输入或通过下拉菜单来选择.输入完毕以后按下下一步进入焊缝参数页面,此时某些参数已经推理出了范围,页面给出了推荐值,可供用户选择或修改.结束以后按下下一步进入焊接能量参数页面,页面显示前面推理出来的焊接能量参数,如图2(d)所示.此时选择确定就进入与机器人连接的通讯页面

(图 3) ,通过此页面可将焊接参数传送到机器人.至此 ,一个操作过程已经完成.



图 3 专家系统与机器人通信的操作界面
Fig.3 Interface of communication between expert system and robot

参考文献 :

[1] 张全涛 ,周建峰.专家系统建造原理及方法 [M].北京 :中国铁道出版社 ,1992.98—136.
[2] 吴林 陈善本.智能化焊接技术 [M].北京 :国防工业出版社 ,2000.125—147.
[3] GIARRATANO J , RILEY G. 专家系统原理与编程 [M].印鉴 ,刘星成 汤庸译.北京 :机械工业出版社 ,2000. 67—109.
[4] 姚河清 ,王运东.用 Visual C++ 开发气体保护焊工艺专家系统 [J].电焊机 ,2002 (8) :16—18.

Development of arc welding robot expert system

YAO He-qing , LU Ya-zhen , WANG Yun-dong

(College of Mechanical & Electrical Engineering , Hohai Univ. , Changzhou 213022 , China)

Abstract Based on an analysis of the common welding technology and its constitution process , an overall comparison is made of the different operation modes of each step of the robot welding expert system. With Visual C++ as the development environment , by adoption of rapid prototype realization , incremental development mode , narrative expression mode , and rule-based hybrid inference mechanism , the problems of system development , operation , maintenance , and extension are effectively solved.

Key words arc welding ; robot ; expert system