

# 基于 WEB 的高温合金焊接工艺设计专家系统

万丽雯 徐振亮 魏艳红

(南京航空航天大学材料科学与技术学院,南京 200016)

**文 摘** 采用 ASP 技术开发了基于 WEB 的高温合金焊接工艺设计专家系统,该系统可实现高温合金利用 TIG 焊、MIG 焊、等离子弧焊、电子束焊、电阻点焊、电阻缝焊等焊接方法的工艺自动设计,设计内容包括焊接接头设计、焊接材料选择、焊接工艺规范参数设计。同时具有可动态更新的知识库,用户可对现有的知识进行存储、检索、编辑、增删。系统具有浏览查询、在线咨询等功能,提供了友好的人机界面,良好的使用性能,并且可实现广域网内的知识共享和行业共享,在高温合金焊接领域具有一定的实用价值。

**关键词** 高温合金,专家系统,ASP,浏览器/服务器

## Welding Expert System of Procedure Generation for High-Temperature Alloys Based on WEB

Wan Liwen Xu Zhenliang Wei Yanhong

(Material Science and Technology College, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 200016)

**Abstract** A welding expert system of procedure generation for high-temperature alloys based on WEB was developed with ASP technique. This system is able to generate welding procedures for high temperature alloys, which contains the designs of welding joints, the selections of welding consumables, and the choices of welding parameters for different welding processes including TIG, MIG, PAW, EBW, resistance spot welding and seam welding. Meanwhile, it has huge welding knowledge base which can be updated dynamically. Users can store, browse, edit, add and delete the records all through internet. Besides, the system has some other functions, such as browsing and searching records, consulting on-line and so on. It also provides friendly interfaces, good operation properties, which can realize the knowledge-sharing and information-sharing in WAN. Ultimately, it has practical value in high-temperature alloys welding domain.

**Key words** High-Temperature alloys, Expert system, ASP, Browse/Server

### 1 引言

近年来焊接工作者对高温合金的焊接问题进行了深入的研究,积累了大量的焊接经验,但是这些资源的收集整理工作目前仍较为欠缺。况且焊接工艺规程的制定比较繁琐,焊接工作者除了需要具备较广的知识面、丰富的经验以外,还要能熟悉地掌握手册、标准。

专家系统技术的出现为上述问题提供了行之有

效的解决方法。焊接领域的专家系统研究始于 20 世纪 80 年代中期,经过近 20 多年的不懈努力,国内外各研究机构已从不同侧面、以不同形式,研制出了多种类型的专家系统<sup>[1]</sup>。尽管专家系统在焊接领域愈来愈受重视且发展迅猛,但就目前情况看来仍存在一些不足。例如对某些领域涉及的比较少,而专门针对高温合金的专家系统甚至尚未开发;利用率和共享性较低,大多数系统是单机版,仅有少数是基于 C/S

收稿日期:2008-06-23

作者简介:万丽雯,1987 年出生,硕士研究生,主要从事焊接工程应用软件设计

(Client/Server,即客户端/服务器)结构,而基于 B/S (Browse/Server,即浏览器/服务器)结构的系统更是屈指可数;缺乏强有力的开发工具限制了开发效率和水平;不具备扩展更新功能<sup>[2]</sup>。

基于这些原因,本文将收集高温合金焊接方面的生产经验和科研成果,综合使用数据库技术和专家系统技术,建立基于 WEB 的高温合金焊接工艺设计专家系统,为高温合金焊接过程中的信息化和自动化提供技术支撑。

## 2 系统结构设计

### 2.1 整体设计理念

考虑到专家系统现存的不足以及用户的实际需求,本系统将具备以下一些特点。

(1)提高系统利用率,使系统能在广域网内实现信息共享。

(2)拓宽系统的应用范围,充实系统内容,本系统可对高温合金的手工 TIG 焊、自动 TIG 焊、自动 MIG 焊、等离子弧焊、电子束焊、电阻点焊、电阻缝焊进行自动焊接工艺设计。

(3)增强系统安全性的同时方便知识的扩充。做到界面友好,权限分明,并提供知识维护功能。

(4)保证系统的实用性。系统的知识来源除了来自手册、教科书之外,还应包括最新科研成果、企业的行业标准以及实际生产经验。

该系统设计的难点在于:某些不同牌号的高温合金之间无法进行焊接或者是只能采用有限的焊接方法进行焊接<sup>[3]</sup>,例如 GH3128 与 GH5188 就不能通过钨极氩弧焊实现二者的连接;不同牌号合金进行焊接时可供选择的焊丝差异较大等等,这些给系统规则的建立设置了不小的障碍。而将这些纷繁的规则转化为计算机程序语言是该系统开发的主要任务。

### 2.2 系统结构

采用 ASP (Active Server Pages) 技术开发系统。系统运行机理如图 1 所示。网络结构采取 BROWSE/Server 结构方便用户在广域网内使用。

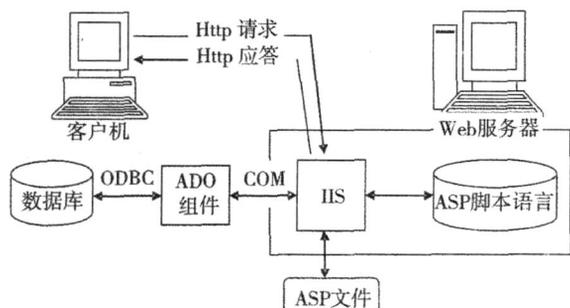


图 1 系统运行机理

Fig 1 Operation mechanism of system

## 3 知识表示与逻辑推理设计

### 3.1 知识的表示

将系统中的知识划分为事实类和规则类两种。

诸如合金种类、母材牌号、焊材的烘干温度和时间的等等属于工艺事实,是静态的常识性知识,适合采用一阶谓词的方式进行表示。一阶谓词逻辑是一种形式语言系统,它的一般形式为

$$P(X_1, \dots, X_n)$$

式中:  $P$  表示谓词符号,即思维对象之属性或者多个对象之间的关系;  $X_1 \sim X_n$  为  $P$  所描述的对象<sup>[4]</sup>。

例如关于母材的知识可按如下方式表示:

mucai(母材牌号,母材种类,母材厚度)。如:

mucai(mcpH = "GH3030", mczl = "镍基", mchd = "5")。

而工艺规则类知识作为系统知识库中的主体,则采用产生式规则表示法,来描述规则之间的因果关系,其一般形式为

IF (前提 1, ..., 前提  $n$ ),  
THEN (结论)。

例如根据母材种类选择焊材时,根据 HB/Z 164—1900 的规定,有如下规则:

IF (母材牌号 1 为 GH3030, 母材牌号 2 为 GH3039, 焊接方法为手工钨极氩弧焊)  
THEN (焊丝为 HGH3030 或 HGH3039)

在上述前提下:

IF (母材厚度为 4 mm)  
THEN (焊丝直径为 2.5 mm)

### 3.2 推理匹配流程

本系统在宏观上采取正向推理的方式,从基本焊接条件出发,经过逐级推理最终生成焊接工艺指导书。这符合焊接工艺的特点,按图索骥,无需历遍庞大的知识空间,同时能保证搜索的完整性。整体推理流程如图 2 所示。

在可用知识较多的情况下,本文按照特殊优先的原则,根据知识匹配的复杂程度以及对焊接工艺规程制定的影响程度进行适当排序,将匹配简单与对工艺影响程度大的知识排在前面,按焊接方法、合金种类、母材牌号、接头设计、母材厚度、焊接位置排序,实现推理匹配的优化。根据基本焊接条件匹配生成工艺指导书的流程如图 3 所示。

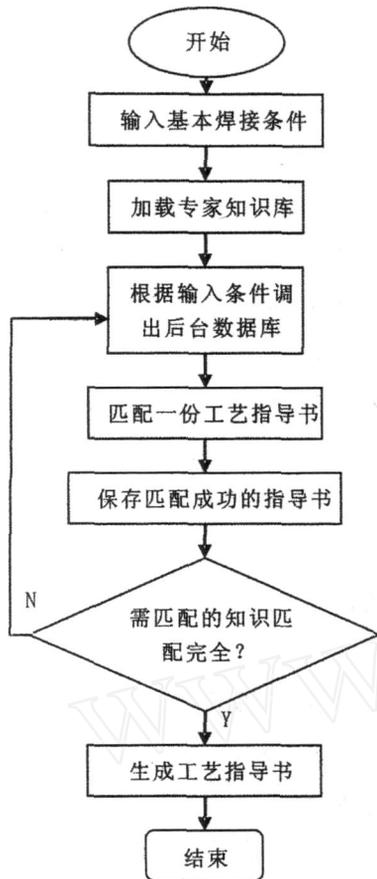


图 2 整体推理流程

Fig 2 Whole reasoning process

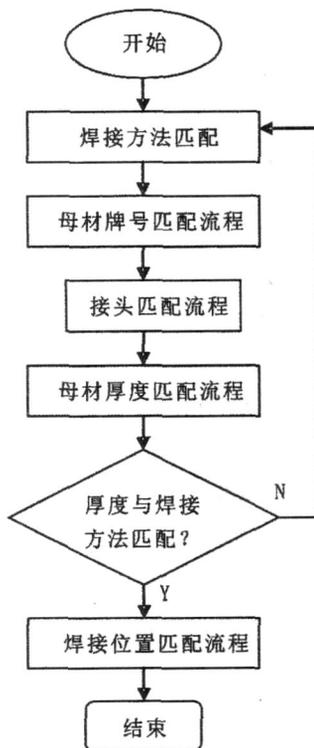


图 3 匹配流程

Fig 3 Matching process

### 3.3 推理流程控制

本系统的推理流程控制采用人机交互式,用户可以通过系统提供的选择项参与到推理中来。例如用户选择了两种待焊母材牌号:GH3030、GH4099进行自动 TIG焊,则系统通过推理,得到焊材类型为焊丝,共有 HGH3030、GH4099、GH533 三种焊丝可供用户选择。用户从中选择一种如:GH533后提交,则最终生成的工艺指导书显示:焊丝 GH533。这种通过用户选择控制推理流程的方式,可以使推理更具针对性,增强用户对专家系统的信任。在推理失败的情况下,用户可以自主更改匹配条件,从而实现对推理过程的监控。

### 4 系统功能设计

系统功能主要包括工艺设计、工艺查询、账号管理、系统管理以及系统帮助五个方面,不同权限级别的用户所使用的功能各不相同。系统基本框架及功能如图 4 所示。

### 5 功能实现

将系统根据功能划分为五大模块:工艺设计模块、工艺查询模块、账号管理模块、系统管理模块以及系统帮助。各模块之间通过主界面结合,形成统一的有机体。

#### 5.1 工艺设计模块

工艺设计模块是本系统的主要功能模块,根据用户输入的初始条件,通过层层推理最终生成工艺指导书。具体推理过程见第 2 节。该模块中用户提供的基本信息包括焊接方法、合金种类、母材牌号、母材厚度、焊接位置等。可供选择的焊接方法种类齐全,包括手工 TIG焊、自动 TIG焊、自动 MIG焊、等离子弧焊、电子束焊、电阻点焊、电阻缝焊。可供选择的母材种类几乎涵盖了所有可能运用焊接加工的高温合金。本文以 GH3030 与 GH3044 异种金属的自动 TIG焊为例,若高级用户登陆系统,进入主界面,输入初始条件后得到系统界面如图 5 所示。经过中间推理、最终推理界面,系统将自动生成焊接工艺指导书,得到较为全面的工艺参数,包括坡口图、焊接电流、电弧电压、焊接速度、焊后热处理等等。如图 6 所示。用户可直接打印此工艺指导书或将其保存至数据库,方便今后查询使用。

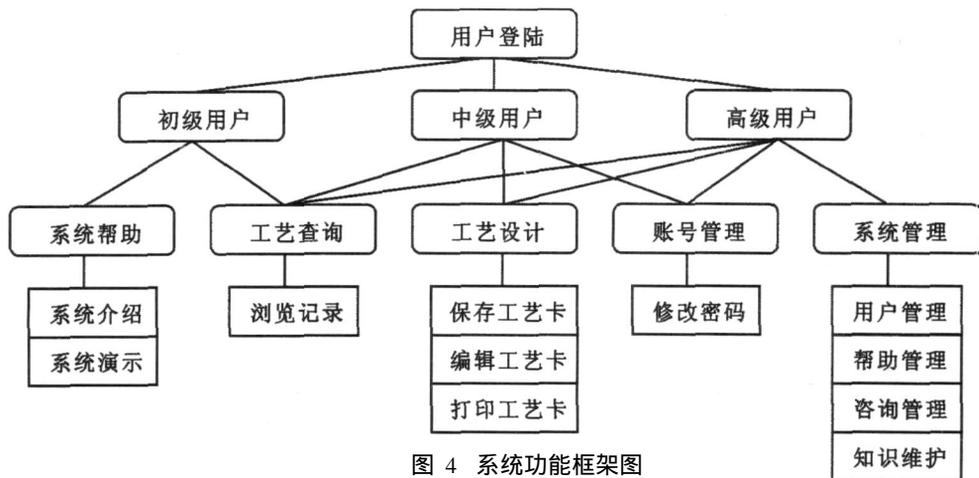


图 4 系统功能框架图

Fig 4 Functional framework of system

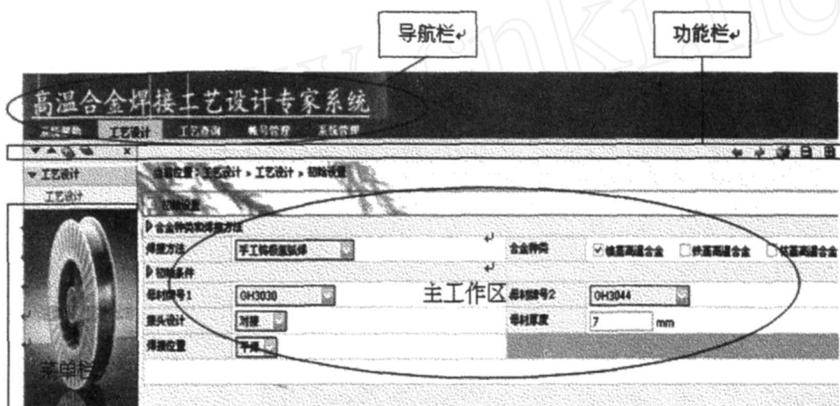


图 5 工艺设计之初始条件输入界面

Fig 5. fundamental data input window

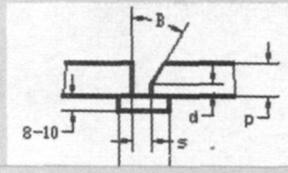
工艺指导书编号: GY200810141686		<h1>焊接工艺指导书</h1>	
日期	2008-10-14		
编号	GY200810141686		
焊接方法	自动钨极氩弧焊		
产品名称	薄板		
材质及接头形式	对接		
<b>接头形式</b>	坡口形式	平板对接	坡口及焊缝层次简图: 
	角度	$\alpha$ 20 $\beta$ 30 R	
	钝边	1 mm	
	间隙	3 mm	
	层数	1	
	加工方法	机加工	
	探伤方法	超声波	
	探伤要求	表面平整	
其他要求	无		

图 6 焊接工艺指导书

Fig 6 Welding procedure specification

## 5.2 工艺查询模块

工艺查询模块可供所有权限的用户使用,但不同级别用户享有的权利不同,其界面如图7所示。用户通过选择焊接方法或生成指导书日期、编号查询已保存至数据库中的焊接工艺指导书。若用户权限较高,则可对查询结果进行编辑修改或添加删除,而初级用户仅仅可以查看、打印指导书。

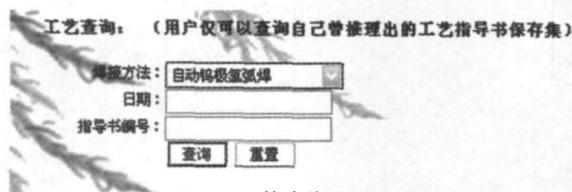


图7 工艺查询界面

Fig 7 Browsing window for welding procedure

## 5.3 账号管理模块

账号管理模块可供中、高级用户修改密码,及时防止他人盗用系统,显著增强系统的安全性。

## 5.4 系统帮助模块

系统帮助模块包块系统介绍和系统演示两大功能,为初使用本系统者提供了许多方便。初级用户登陆后可通过该模块查看简单系统介绍,通过演示初步掌握使用该系统的方法,并能及时提问。

## 5.5 系统管理模块

系统管理模块包含用户管理、帮助管理、咨询管理和知识库维护四大功能。仅仅具有最高权限的用户,也就是系统管理员才具备使用该模块的权利。管理员可添加或删除用户,编辑系统帮助模块,回答其他用户的提问等,当然最主要的功能是进行知识库的维护。知识库的维护具有浏览记录、编辑记录、添加记录及删除记录功能,方便数据的及时更新以适应焊接技术的不断发展。知识库维护界面如图8所示,管理员点击确定后系统将通过ADO组件与后台数据库相连,从而实现数据的更新。

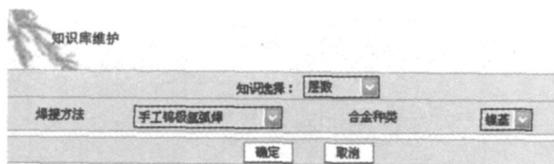


图8 知识库维护界面

Fig 8 Window for knowledge maintenance

## 6 结论

(1)针对焊接领域专家系统现存的不足,采用ASP技术开发了基于WEB的高温合金焊接工艺设计专家系统,可完成高温合金对TIG焊、MIG焊、等离子弧焊、电子束焊、电阻点焊、电阻缝焊等焊接方法的工艺自动设计。

(2)该系统采用灵活的推理机制以及人性化的推理流程控制策略,使得推理过程清晰简洁,效率高。

(3)该系统具有界面友好,针对性强,安全性好的特点,可在广域网内实现焊接知识的远程共享和行业共享,且知识库易于维护和扩充,适应了焊接生产不断发展更新的需求。相信在不久的将来该系统能为高温合金的焊接生产提供许多便利。

## 参考文献

- 1 付荣华,康慧,曲平. 焊接专家系统的应用现状及发展. 热加工工艺, 2006; 5(3): 53~55
- 2 许春义,周丽华,魏艳红等. 基于Client/Server的铝合金焊接工艺设计专家系统. 焊接, 2004; (1): 19~22
- 3 周瑞发,韩雅芳,李树索. 高温结构材料. 北京:国防工业出版社. 2006: 51~64
- 4 郝刚,朱志明,陈丙森等. 弧焊工艺制定专家系统中的知识库组织与推理技术. 焊接学报, 2004; 25(5): 109~116

(编辑 任涛)