

焊接工艺数据库管理系统开发与应用

刘秋亮, 刘玉峰

中船澄西船舶修造有限公司 江苏江阴 214433

摘要: 论述了数据库、数据库管理系统及计算机辅助焊接技术的基本现状。介绍了一款基于关系型数据库 Access 专有开发平台开发的焊接工艺数据库管理系统。利用此管理系统可以实现焊接基础数据和技术文档的标准化、工艺文件局域网在线编辑、更新、发布和协同共享,大大提高了焊接技术管理工作效率。该系统架构及程序语言保持开放状态,可以根据实际工作需要更新优化。整体系统运行稳定,数据安全可靠。

关键词: 焊接工艺; 数据库; 数据库管理系统; Access

Development and application of welding procedure database management system

LIU Qiuliang, LIU Yufeng

ChengXi Shipyard Co., Ltd., CSSC, Jiangyin 214433, Jiangsu, China

Abstract: This paper discusses the basic status of database, database management and computer aided welding technology. This paper introduces a welding procedure database management system based on the Access proprietary development platform of relational database. This DBMS can realize the standardized management of welding basic data and technical documents, and the online editing, updating and publishing of procedure documents in local area network collaborative sharing, greatly improve the efficiency of welding technology management. The system architecture and program language remain open, can be updated and optimized according to the actual work needs. The whole system runs stably, and the data is safe and reliable.

Keywords: welding procedure; database; database management system; Access

1 序言

数据库是一种用于存储、管理、检索数据的系统,它可以将大量杂乱无章的数据有序地组织起来,方便用户进行查询、更新等操作。通过存储和管理大量的数据,数据库提高了数据处理和管理的效率;通过连接各种数据源,数据库实现了数据的分析和挖掘,为决策提供了有力的支持。

目前,国内大部分船舶制造企业焊接信息化程度不高,焊接技术文件和技术资料管理方式相对落后,主要体现在以下几个方面。

1) 焊接标准、焊接知识和规则存储在每位焊接工程师计算机中,在编制焊接文件过程中受到个人知识水平和能力所限,系统性及规范性较差,专业用语使用不规范,经常出现错误。

2) 焊接工艺评定报告和焊接工艺规程文件数量庞大且种类繁多,工作中使用常规的Office办公软件进行查询、调取和整理工作繁琐。数据之间关联程度低,数据分析统计不方便,不容易获取有价值信息。

3) 随着现代焊接技术和造船行业的快速发展,

新钢种、新型焊接材料、新工艺方法不断涌现；自动化焊接生产线和焊接机器人等智能化装备广泛应用，焊接标准化工作要求很高。这些都对焊接技术管理工作提出严峻挑战。

综上所述，开发一套行之有效的焊接工艺数据库不仅是一项技术创新工程，而且已成为船舶焊接技术管理工作的首要任务，具有重要的现实意义。

2 焊接数据库介绍

焊接数据库属于计算机辅助技术。作为数据库技术在焊接领域应用的一个分支，焊接数据库也具有数据库本身的一般特点。焊接数据库将焊接领域内各种数据、信息、资料 and 文件等有规律地组织保存起来，可以快速地查阅、方便地使用。其组成包括3部分：焊接数据库（DB）、数据库管理系统（DBMS）和应用程序。焊接数据库部分存储着所用的数据与信息；数据库管理系统为用户提供了一个管理数据库的平台，应用程序为用户提供了应用数据库的界面^[1]。焊接数据库促进了管理的规范化、标准化，能极大地提高工作效率和准确率，使焊接工程技术人员从繁重的日常事务工作中解脱出来，将主要精力用于重要的技术问题上，因此在焊接领域内应用极其广泛。

焊接数据库的种类非常多，有焊接材料数据库、焊接工艺数据库、焊工档案数据库和焊接生产计划数据库等，如中国核工业二三建设有限公司李竹渊等^[2]针对管道激光焊接设计了管道激光焊接数据库管理系统，该系统能够实现管道激光焊接的实施过程指导和控制，且在激光焊接速度快、无法人为干预的特性下能够有效起到质量控制作用，为激光填丝焊接在管道焊接施工中的应用起到了关键作用。从20世纪70年代开始，工业发达国家便开始了焊接数据库系统的研究和创建，并开发出了许多数据库系统平台，随着计算机技术在焊接生产中应用日益深入，这些方面的软件已经商品化^[3]。

我国焊接数据库的研究与建立起步较晚，研究始于20世纪80年代，研究工作的重点主要集中在焊接工艺评定数据库、材料定额计算及焊接工艺选择等几个方面，国防科工委2003年开发了焊接材料数据库系统。随着计算机软硬件的迅速发展，现代数据库技术正与网络通信技术、人工智能技术、面向

对象程序设计技术、多媒体技术，以及并行计算机等技术互相渗透、交叉结合^[4, 5]。

3 开发原理

3.1 数据库设计规则

自从数据库技术产生以来，先后经历了层次型数据库、网络型数据库和关系型数据库3个发展阶段。目前，关系型数据库技术无论是在理论上还是在技术上都已经成熟，成为应用最广泛的数据库。关系型数据库模型是将复杂的数据结构归结为简单的二元关系（即二维表格形式），以行（Row）和列（Column）的形式存储数据，其实体-联系模型中有三个主要概念：实体集、属性、联系集。一个实体集对应于数据库中的一个表，一个实体则对应于数据库表中的一行，也称为一条记录。一个属性对应于数据库表中的一列，也称为一个字段。关系型数据库实体-联系模型示例如图1所示。

字段	列					属性
	学号	姓名	年龄	性别	专业	
记录	161228001	张三	20	男	JavaEE	实体
	161228002	李四	19	女	H5	
	161228003	王五	21	男	Android	
	161228004	赵六	20	女	PHP	
	161228005	钱七	23	男	JavaEE	
	161228006	孙八	22	男	Android	
行						

图1 关系型数据库实体-联系模型示例

3.2 数据库管理系统选用

目前，在软件市场上常见的数据库管理系统有多种，主要有ORACLE、MySQL、DBASE、ACCESS、INFORMIX、POWER BUILDER及FOXPRO等，面对这些眼花缭乱的数据库产品及工具，如何选用是用户面临的一个复杂问题。作为微软Office的成员，Access是微软公司推出的在Windows环境下运行的关系数据库软件^[6]。Access既是一个数据库管理系统，同时又为用户开发应用程序提供了良好的环境。它使用SQL语句来处理表中的数据，功能强大，使用灵活，可以很方便地创建表，设置字段类型和特性，定义关键字及建立单个和多个字段的索引。可单机运行，也可在局域网运行，并提供了完全面向对象的编程工具。

3.3 数据库局域网布局

数据库局域网布局设计原理是将程序拆分成

一个前台程序和一个后台数据库。前台保留除表之外的所有对象，包括：查询、窗体、报表、宏或代码，并且自动链接了后台数据库的表，而后台只保留了表对象。然后共享后台数据库所在的文件夹，在局域网内每台机器都将后台数据库所在的共享文件夹映射为统一的驱动器。最后分发前台程序，未来程序功能升级后，直接分发程序即可。这样就完成了局域网内数据库共享的设置工作。

4 焊接工艺数据库创建

4.1 明确目标

在焊接过程中，控制焊接质量的重要依据包括焊接工艺规程（Welding Procedure Specification, WPS）和焊接工艺评定记录（Welding Procedure Qualification Records, WPQR）。而焊接工艺评定作为整个生产、技术和质量控制链中的一环，是保证焊接质量的重要措施。它是焊接工艺规程编制的重要依据，能够检验预定或拟定的焊接工艺规程（preliminary Welding Procedure Specification, pWPS）所焊制的焊接接头的工艺性能是否能达到设计要求，并为最终制定焊接工艺规程以及生成焊接工艺评定记录提供了重要的依据。焊接技术管理工作流程如图2所示。



图2 焊接技术管理流程

生产企业不仅积累了大量的工艺规程和评定记录等技术文件，而且每年都要新增一批新的焊接工艺评定。由于焊接工艺评定的重要性、复杂性及焊接参数的多样性，因此如何高效化和规范化管理是一项非常重要的工作。重点针对焊接工艺认可试验和产品焊接工艺编制两大项基础性焊接技术管理工作，通过全面梳理工作流程，确定关键工作环节和技术节点，开发创建了焊接工艺数据库，以期实现以下目标。

1) 建立丰富且逻辑清晰的知识库，是开发高质量焊接数据库系统的前提条件。对相关的焊接知识、焊接工艺文件、焊选手册、焊接专家的实际生

产实践经验以及船级社规范标准，进行整理、归纳、提取，采用集成式知识表示方法，建立起系统的知识库，完成系统知识体系的建立。

2) 对船级社焊接规范进行整理、归纳，将标准融入系统。建立基于船舶制造的焊接工艺评定数据库系统。

3) 建立pWPS、WPQR与WPS三者的对应关系，最大限度地实现相互间数据调用、提取。

4) 实现焊接工艺文件/文档管理，具备增、删、改、查功能。

4.2 建立基础数据库，统一数据源和数据标准

焊接工艺数据库基础内容开发包括以下3部分。

(1) 表设计 包括：分析表；创建表，建立表关系；导入数据，并创建查询。图3所示为基础数据表之一“焊接方法”表设计示例。

表名称: tbl焊接方法

	字段名称	字段类型	字段大小	是否必填	默认值	是否主键	字段说明
1	ID	自动编号		☐		☒	
2	焊接方法_中文	短文本	30	☒		☐	
3	焊接方法_英文	短文本	255	☐		☐	
4	焊接方法代号	短文本	30	☐		☐	
5	数字代码_ISO4063	短文本	30	☐		☐	

图3 “焊接方法”表设计

(2) 窗体设计 创建基础资料管理窗体，包含新增、编辑、删除、查询、导入及导出功能；创建pWPS、PQR、WPS等管理窗体，包含新增、编辑、删除、查询、审核及打印功能；权限分配，并优化窗体代码，提高操作的流畅度与便捷性。

(3) 报表设计 创建WPS报表，设计布局；创建其他报表；优化打印报表代码，将打印的WPS报表自动导出到备份目录。

4.3 主要成效

建立了覆盖造船产品焊接工艺的全流程16个基础数据表，实现焊接参数数据输入标准化和便捷化。构建了基本知识库、标准资料库、工艺数据库和工作文档库4个类型的数据库。这些数据库均具备维护、浏览、查询及调取功能，并且保持在一个不断扩充、完善的状态，技术人员可以根据需要对其中的内容进行添加、修改、删除等操作，不断丰富数据库的内容，调整数据库的组成。焊接工艺数据库整体架构如图4所示。

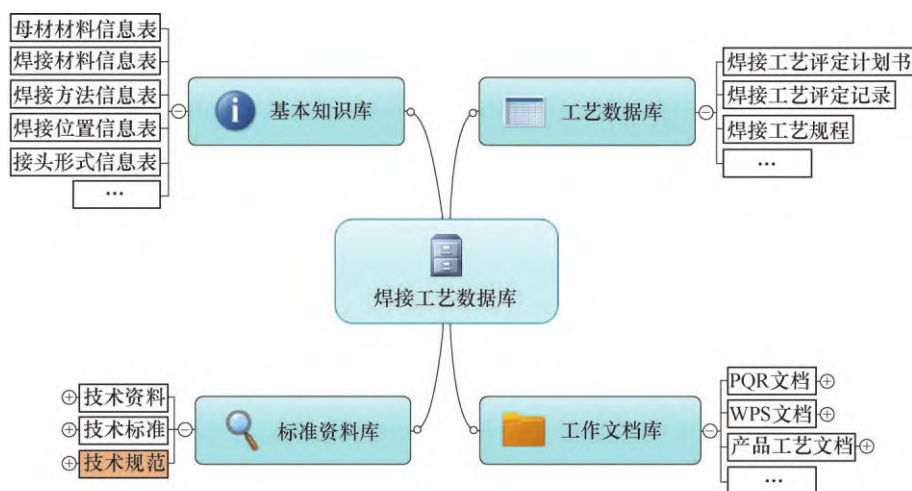


图4 焊接工艺数据库整体架构

5 焊接工艺数据库管理系统开发

5.1 开发原则

尽管在焊接工程中应用计算机技术已相当普遍，但是已形成商品的焊接工程应用软件为数还不多。而且经过认真研究分析，商品化的焊接工程应用软件并不适合实际需要：一方面，专业软件价格昂贵，在用户数量不多的情况下使用成本高；另一方面，由于技术垄断、行业特点及标准规范适用性等原因，即使采购了专业软件，与船舶产品焊接技术需求也不一定合拍，随着技术的迭代更新，后续肯定需要定制开发或二次开发，但专业软件的源代码通常不会向用户开放，因此使用局限性就很大。

基于工作实际，认为焊接工艺数据库管理软件必须实现自主开发或借助外部力量协同开发，系统架构及程序语言保持开源状态，用户可以根据实际需要不断更新优化。

5.2 开发路径和方向

基于专业技术人员不具备计算机编程知识、不可能独立开发源代码软件的现实，通过研究和互联网上查询，找到了基于 Microsoft Office Access 的专业开发平台。该平台以追求实用为目标，提高开发效率、节省开发时间，开发者只需要专注于业务逻辑和基础功能模块的实现，其他系统功能包括主页面、用户界面、导航菜单、用户管理、权限管理、数据库连接配置及数据库备份还原等功能都不需要独立开发。具有成熟稳定、维护方便、易于部署、自由扩展、窗体代码一键生成等诸多优点。

该平台根据用户人员数量提供多种版本，采用的是免费版，利用其基础功能模块和配套教材上提供的VBA代码，就可以实现业务场景二次开发，并且该版本支持 Access 数据文件作为后台数据库，可以在局域网中使用，用户人数不限，这样的功能可以满足实际需求。数据库管理系统快速开发平台主体功能如图5所示。



图5 数据库管理系统快速开发平台主体功能

5.3 主要成效

1) 开发了pWPS、PQR、WPS这3个类型数据的查询列表、信息维护窗体和报表功能模块，并且按照产品类型，分别建立船舶产品和钢结构产品二类数据体系。以WPS为例，其功能模块主要操作流程及演示如下。

第一，进入工艺数据库，采用新增或复制新增方式录入一条WPS数据，在WPS信息维护窗体（见图6）中进行编辑修改。WPS信息维护主窗体包含主要信息和焊接参数两个子窗体，可以实现包括坡口详图和焊接详图在内的所有焊接信息的添加录入。

WPS焊接工艺规程信息维护

审核 保存(S) 取消

* WPS编号: 2016-01 PQR编号: 2016-01 版本[Revision]: 1.0 日期[Date]: 2016-02-22 新增

主要信息 焊接参数

焊接方法[Welding Process] FCAW 焊接类型[Type] 自动

接头设计[JOINT DESIGN]

接头形式[Type] 对接接头 根部间隙[Root Opening] 5-12 mm
衬垫材料[Backing Material] 陶瓷衬垫 钝边尺寸[Root Face Dimension] 0
背部清根[Backing Gouging] 否 坡口角度[Groove Angle] 40-45°

母材[BASE METAL]

母材标准[Spec.] A~E, AH32~EH32, AH36~ 焊材[FILLER METAL]
母材厚度[Thickness] 12-48 mm 焊材标准[Spec.] AWS A5.20 E71T-1C
焊材等级[Grade] 3Y

坡口详图

图6 文档信息维护窗体

第二，完成WPS信息录入并成功保存后，在查询列表（见图7）中即显示主要信息情况。

第三，在查询列表中根据需要，通过字段设置进行查询；选择任意一个WPS打印报表（见图8），生成的纸质文档可直接下发用于生产施工。

2）开发了焊接标准规范、焊接工艺认可文档和

产品焊接工艺文档3个技术文档管理模块，对日常工作文档可以实现增、删、改、查。焊接技术资料列表示例如图9所示。

3）在专用服务器中设置“焊接工艺数据库”共享文件夹，布置数据库源文件。

4）为了最大限度地保证系统的安全性，系统设

导航菜单 > 船舶产品焊接工艺数据 > WPS焊接工艺规程

新增 复制新增 编辑 删除 导出 打印预览 打印 隐藏/显示列 刷新

WPS编号 包含 查询 清空条件

SQL 查询条件

进度状态	WPS编号	PQR编号	焊接方法	焊接类型	接头形式	衬垫材料	背部清根	根部间隙
新增	2016-01	2016-01	FCAW	自动	对接接头	陶瓷衬垫	否	5-12 mm
新增	2011-06	2011-06	FCAW	半自动	对接接头	陶瓷衬垫	否	10-15
新增	2011-07	2011-07	FCAW	半自动	对接接头	陶瓷衬垫	否	6-8
新增	2011-08	2011-08	FCAW	半自动	对接接头	陶瓷衬垫	否	6-8
新增	2011-09	2011-09	FCAW	半自动	对接接头	陶瓷衬垫	否	6-8
新增	2011-13	2011-13	FCAW	半自动	对接接头	陶瓷衬垫	否	25mm
新增	2011-14	2011-14	FCAW	半自动	对接接头	陶瓷衬垫	否	25mm
新增	2012-03	2012-03	FCAW	自动	角接接头	-	否	0-2 mm
新增	2013-01	2013-01	EGW	自动	对接接头	陶瓷衬垫	否	5-10

图7 查询列表

焊接工艺规程(WPS)		编号[WPS NO.]	
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		2016-01	
		版本[Revision]	日期[Date]
		1.0	2016/2/22
焊接工艺评定编号: [Supporting PQR NO.] 2016-01			
焊接方法: [Welding Process] FCAW			
焊接类型: [Type] 手工[Manual] ☐ 半自动[Semi-Automatic] ☐ 自动[Automatic] ☒			
接头设计[JOINT DESIGN]		根部间隙: [Root Opening] 5-12 mm	
接头形式: [Type] 对接接头		钝边尺寸: [Root Face Dimension] 0	
衬垫材料: [Backing Material] 陶瓷衬垫		坡口角度: [Groove Angle] 40-45°	
背部清根: [Backing Gouging] 用[Yes] ☐ 不用[No] ☒			
母材[BASE METAL]		焊材[FILLER METAL]	
标准: [Spec.] A~E, AH32~EH32, AH36~EH36		标准: [Spec.] AWS A5.20 E71T-1C	
厚度: [Thickness] 12-48 mm		等级: [Grade] 3Y	
直径: [Diameter]		特性: [Description]	
其他: [Others]		其他: [Others]	

图8 自动生成的可打印报表

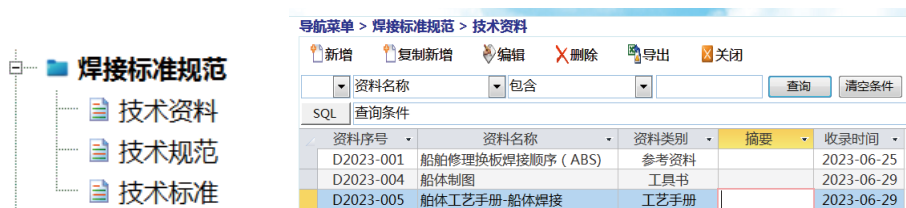


图9 焊接技术资料列表示例

置了不同的用户使用权限，分为管理员用户和普通用户。管理员用户（焊接主管和焊接工程师）具有系统管理、工艺文件编辑等功能，而普通用户（电焊工和其他非专业人员）只具有浏览查询功能，这样的权限分配使得普通用户无法随意修改系统的知识库，以保证系统的安全性。

5) 焊接工艺数据库管理系统主程序分发科室技术人员（客户端），已实现内部局域网上线启用。

6) 目前，已完成常用焊接数据的录入和信息维护，包括标准规范、工艺数据、技术资料 and 认可文档等，其中包括600余项焊接工艺评定记录、300余项焊接工艺规程和200余项PDF版船级社审签文档。



图10 焊接技术文档使用示例

焊接技术文档使用示例如图10所示，可以直接双击点开附件资料，查看原文档，且文档格式不限。

6 结束语

对标智能制造的时代发展要求，利用Access专用软件开发平台自主开发了焊接工艺数据库管理系统软件，实现了预制焊接工艺规程、焊接工艺评定记录、焊接工艺规程等电子文档的增、删、改、查功能。将技术标准、文件和数据等相关信息有效整合起来，形成数据链、信息流，在局域网平台实现高效、稳定的运转，极大地提高了焊接工程技术人员的工作效率，达到了预期效果，在专业技术管理中取得了实质性应用。

在软件开发过程中，深刻体会到Access不仅具有强大的数据处理能力和统计分析能力，而且可以用来开发软件，非计算机专业的人员也比较容易上手使用，低成本地满足了从事企业管理人员的工作

管理需要，实现了管理人员（非计算机专业毕业）开发出软件的“梦想”，从而转型为“懂管理+会编程”的复合型人才。

参考文献：

- [1] 陈冰泉, 赵义奎. 焊接数据库的研究与发展[J]. 湖北工学院学报, 2002, 17 (2) : 172-174.
- [2] 李竹渊, 冯英超, 闫灿灿, 等. 管道激光焊接数据库管理系统设计[J]. 金属加工 (热加工), 2024 (7) : 56-62.
- [3] 李巍, 魏艳红. 焊接工程数据库系统综述[J]. 焊接, 2006 (11) : 17-21.
- [4] 王欢, 岑越. 焊接工艺数据库设计与实现[J]. 金属加工 (热加工), 2010 (20) : 23-25.
- [5] 陈丙森. 计算机辅助焊接技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [6] 邢观峰. 面向对象的数据库开发工具POWER BUILDER[J]. 电脑技术, 1996 (2) : 6-9.