

分类号\_\_\_\_\_ 密级\_\_\_\_\_

UDC \_\_\_\_\_

# 学 位 论 文

首钢高炉专家系统信息网络的研究与实现

作者姓名 陈国洪

指导导师姓名 王安娜 教授 东北大学信息工程学院

王 旭 高工 北京首钢计量自动化公司

申请学位级别 工 程 硕 士 学 科 类 别 工 学

学科专业名称 计算机技术

论文提交日期 2004.08.20 论文答辩日期\_\_\_\_\_

学位授予日期\_\_\_\_\_ 答辩委员会主席\_\_\_\_\_

评阅人\_\_\_\_\_

东 北 大 学

2004年 8月

东北大学图书馆  
安全委员会

## 首钢高炉专家系统信息网络的研究与实现

## 摘 要

本文是以首钢高炉专家系统为研究背景,介绍了国内外高炉专家系统研究及应用的现状。通过对高炉专家系统的软硬件配置、数据采集和预处理的描述,详尽地叙述了高炉专家系统信息网的设计思想、开发原理、建立信息网的优点。首钢高炉专家系统将收集来的数据进行加工处理,也就是通常说的技术计算,然后进行相应的认知,判断,推理,最终给出具体的操作建议即直接给出供操作者参考的决策结果。重点研究了高炉专家系统信息网络、通讯部分、数据库的建立与开发。建立了高炉专家系统数学模型。结合专家系统在首钢高炉的成功应用,分析了专家系统数学模型、知识库、推理机,提出了建立专家系统的一般步骤和方法,讨论了专家系统中一些实际应用的经验,提出了开发专家系统的一些好的建议和思路,进行了专家系统的效益分析。

文中深入分析了高炉专家系统信息网的结构,该信息网为高炉辅助决策系统,可对所采集的炉温等信息进行数据处理和科学计算,从而可为炉况判断及操作指导提供依据。论述了首钢高炉专家系统通信部分的开发,对开发程序用 MODBUS 协议从一级 PLC 中采数,通过 ADO 连接方式将数据送到信息网服务器的 ORACLE 数据库中。一部分采用 IFIX 从一级 PLC 中采数,通过 ODBC 连接方式将数据送到专家服务器的 ORACLE 数据库中。用 Developer2000 软件对首钢高炉专家系统界面进行开发,用 VB 和 Delphi 软件对首钢高炉专家系统信息网络界面进行开发和编程。给出了高炉专家系统数据库建立方法。

**关键词:** 高炉专家系统 信息网络 通信 技术计算 辅助决策

## Research on and Realization of Information Network of the Shougang Group Blaze Furnace Expert System

### Abstract

This paper presents the actuality of research and application on the blaze furnace expert system domestic and overseas ,on the background of blaze furnace expert system of Shougang Group. Through the configuration of software and hardware, data collection and the description of pretreatment, this paper formulates the thought of design, the theory of exploitation and the excellency of the foundation of the information network. The blaze furnace expert system of Shougang Group will process and deal with the data that has been collected, as well as called technology calculation, and then carries on correspondingly cognition, judge and reasoning, and provides the concrete suggestion for operation finally, it is to say, gives the operator decision-making result for reference directly. The information network, the communication and the foundation and split of database are studied stressly in this thesis. And the maths model is found. Combined the expert system is used in the blaze furnace of Shougang Group successfully, It analyzes the maths model of expert system, the repository and the reasoning machine, and the foundation

of the repository. It also put forward the common process and methods of expert system and talks about some actual experience applied in expert system, and proposes some good advice and ideas on how to found expert system, at the same time, the benefit of the expert system is analyzed.

In this thesis, the structure of the information network of the blaze furnace expert system is analyzed deeply. The information network is called the blaze furnace assistant decision-making system. It can deal with the information that has been collected, for example, the temperature of the blaze furnace, and the scientific account, so as to provide the proof for condition judging of the furnace and the operation. It also describes the exploitation of the communication of the blaze furnace expert system. It use the protocol of MODBUS to get data from first class PLC, and put the data to the ORACLE database of the information network server by means of the ADO connection, some of that get data from PLC and put it to the ORACLE database expert server by means of the ODBC connection. It use the software of Developer2000 to exploit the desk of the blaze furnace expert system and use VB and Delphi to exploit and program of the interface of the blaze furnace expert system. This paper gives the means of the database foundation of the blaze furnace expert system.

**Key words: furnace expert system, information network, communication , technology calculation, assistant decision-making**

## 声 明

本人声明所呈交的学位论文是在导师的指导下完成的。论文中取得的研究成果除加以标注和致谢的地方外，不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括本人为获得其他学位而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示感谢。

本人签名：陈国洪

日 期：2004.8

# 第一章 引言

## 1.1 高炉专家系统的产生及发展

高炉一直是专家系统开发的热点。日本的高炉专家系统在世界上处于领先地位,效果也很好,其原因主要有:①高炉检测仪表品种齐全、性能可靠;②高炉操作水平高、经验丰富;③系统可同时调用高性能的数学模型以处理炉况较稳定时的判断和控制问题;④配备了推理速度快的 AI 计算机;⑤综合应用模糊推理、神经网络等其他先进的 AI 技术,以及应用事例学习法提取知识<sup>[1]</sup>。日本川崎公司采用神经网络技术辨识和控制三并罐式无钟炉顶的布料作业,以获得理想的煤气流分布。为了稳定铁口深度,保证出铁安全及时,该厂还应用 ES 向炉前作业人员提供关于打铁口和堵铁口的时机、铁口深度和直径、打泥量、是否需要换铁口出铁等专家建议,这些建议是根据当前铁口的状况和高炉炉况而作出的<sup>[2]</sup>。

除了日本以外,几乎所有的主要产钢国都已经或正在开发自己的高炉专家系统。例如,北欧的瑞典和芬兰在开发高炉专家系统上非常活跃。瑞典钢铁公司(SSAB)于 1992 年将一种专家系统原型(或称雏型)在线应用在 Lulea 厂 2 号高炉上,使用的开发工具是 NexPert object,并用 Oracle 语言建立了动态数据库,计算机为 VAX 工作站。初期的功能是判断当前炉热水平,并根据炉况和已采取的措施,向工长提供当前需要调整操作参数的专家建议<sup>[3]</sup>。现正在努力使系统增加炉热预报、塌料等异常炉况预报和控制、事例学习法获取知识、设备故障诊断等功能。芬兰 Rautaruukki 公司在引进的 GO/STOP 系统的基础上为 Raahe 厂高炉开发了一个专家系统,它的硬件环境是 APOLLO 工作站,具有 600 多条规则,对炉热和异常炉况等实行全面的控制。瑞典 ABB 公司开发的高炉出铁管理专家系统具有和日本川崎公司的 ES 类似的功能,它的开发使用了 GZ 开发工具,并曾利用 ZOOH 的操作数据进行 T 检验<sup>[4]</sup>。意大利 ILVA 公司 Taront 厂最近也报道应用了专家系统,英国钢铁公司采用专家系统开发工具 ART 为 Redcar 高炉开发的 ES,1989 年初开始投入使用,它的功能是帮助工长进行日常操作,并可预报塌料、悬料等异常炉况。澳大利亚 BHP 公司使用开发工具 SHERPA 为 New Castle 厂 3 号高炉开发的高炉工长指导系统,是以动态物质平衡和热平衡模型和专家知识为基础的,它于 1991 年开始使用,其主要功能为炉热平衡控制。韩国 POSCO 公司 1990 年 3 月开始在已有的高炉计算机系统中装备帮助操作的 ES,使用的开发工具是 EIXAXI,硬件环境为 AGO 型 AI 处理器。POSCO 的高炉专家系统的特点是具有检测数据三级预处理子系统,通过诊断和防止高炉下部产生不活跃区和不稳定的煤气流来达到炉况顺

行的目的。比利时国家冶金研究中心(CRM)开发的高炉专家系统 ACCES 有一个利用数模和专家知识判断检测数据可靠性和一致性的子系统。ACCES 的主要功能是预报和防止炉凉和炉缸冻结、诊断结瘤和渣皮脱落等异常炉况。美国和俄罗斯也在开发高炉专家系统方面作出了努力。美国 USX 公司 1990 年在 MonVolley 厂 Edgar Thomson 高炉上开始应用专家系统,其功能只局限于帮助提高配料的一致性。俄国控制科学院和研究及生产协会分别报道了所开发的高炉专家系统。第一个 ES 的功能主要是帮助工长确定最佳操作参数,但尚未经过在线试验。第二个 ES 具有自动生成知识库的子系统,采用推理树的方式对炉况进行诊断。这个 ES 正在一座高炉上经受检验。

我国台湾中国钢铁公司 1988 年开始在 2 号高炉试验自行研制的专家系统,使用的开发工具为 Goldwgrk,计算机为 PC286。虽然计算机的能力有限,但是具有的功能却不少,包括冷却器漏水等严重设备故障的诊断、透气性和出铁等方面异常炉况的预测、炉热监测和控制等。

90 年代到本世纪开始,国内也开始大量引进或自主开发高炉专家系统,九十年代初首钢也曾经开发过在国内具有较高影响的高炉专家系统。国内的典型代表是浙江大学的高炉专家系统。进入九十年代末和 21 世纪初,全国掀起了一股高炉专家系统热,武钢,本钢,昆钢先后引进了芬兰的罗德罗基公司的高炉专家系统,攀钢则引进奥钢联的高炉专家系统。莱钢引进浙江大学的高炉专家系统。时至今日,首钢(集团)总公司和宝钢(集团)总公司的专家系统也已投入使用。宝山钢铁公司在引进的 GO/STOP 系统的基础上,增加了利用专家知识推理判断的功能,判断结果用京剧脸谱的图形显示出来,当红色区域所占的比例超过一定限度时,会发出报警。鞍山钢铁公司早在 1986 年就开始研制高炉专家系统,应用在 9 号高炉的 ES 是为了提高时间序列模型在炉况失常时预报铁水含硅量的命中率,而应用在 4 号高炉的 ES 是为了预测和防止发生塌料、管道、难行、悬料等异常炉况<sup>[5]</sup>。炉顶布料、护前操作、热风炉等都是高炉过程的重要组成部分,专家系统在这些工序也得到了应用。

## 1.2 课题背景和意义

我国 1993 年和 1994 年的钢铁产量已经位居世界前一、二名。我国已经成为一个钢铁大国,但还不是一个钢铁强国。在能量消耗、产品质量、劳动生产率等方面,我们和世界先进水平还有很大的差距。尽快研究和在实际生产中应用人工智能和专家系统技术,是缩小及消除这些差距的主要手段之一。高炉一直是专家系统开发的热点。高炉工长的主要任务是保持炉况的稳定,这就需要根据检测数据



对炉况进行正确的判断,从可能的方案中选出最佳的控制方案.然而,即使是经验丰富的工长,也可能忽略掉检测数据的微小变化.此外,由于高炉的时间常数很大,一些控制变量的作用要在很长时间以后才能够在检测数据中反映出来.更有甚者,不同的工长对于同样的检测数据往往会作出全然不同的判断.而专家系统正是帮助工长提高炉况判断的可靠性,避免操作失误,统一三班高炉操作的有效工具<sup>[6]</sup>.高炉专家系统具有以下几点主要优势:

- (1)可同时对大量的高炉过程信息进行快速分析和综合判断;
- (2)可应用本公司炼铁专家在长期生产过程中所积累的水平最高的操作经验,对炉况及其走向的判断更正确、更客观,可避免三班作业的不一致,实现标准化操作。
- (3)可将人类专家的经验与“传统数学模型”及其他人工智能技术综合应用,从而使对炉况的判断及调剂动作的决策建立在更为科学的基础上。

客观地分析,专家系统直接产生经济效益的方面至少有以下三点:①铁水质量改善.有了专家系统,高炉可以在更为经济的较低炉温下工作,不仅降低了能耗成本,而且改善了铁水质量(铁水含硅量降低以及铁水含硅量波动减少),这对后续转炉炼钢过程将产生明显的经济效益.②避免炉况重大失常.专家系统可保证炉况顺行,避免大的炉况失常,这对高炉特别是大型高炉十分重要.1995年武钢5号高炉曾因操作不当引起一次重大炉况失常,花了两个多月的时间才恢复,给生产造成了很大损失.这次事故是武钢决定从芬兰引进高炉专家系统的直接起因.据武钢统计,每次出现大的炉况失常,都要使用60吨以上的附加焦,每吨焦单价450元左右.避免了这部分经济损失,可看作专家系统所产生的效益.③高炉寿命延长.专家系统可保证炉况稳定顺行,工作炉型合理,这有利于延长高炉寿命,不仅可以使高炉一代炉龄产铁量增加,而且生铁成本也随之下降.高炉专家系统产生效益的准确数值,不仅和专家系统本身的性能有关,而且和高炉原来的操作水平有很大关系.操作水平较差的高炉,上专家系统以后,所产生的经济效益越大.芬兰罗塔鲁基公司认为,应用专家系统可以使燃料比从当时已经很低的445 kg/t的水平再降低4kg/t.德国蒂森公司证明,高炉专家系统可以使燃料比下降5%,利用系数提高10%.根据武钢的保守估计,专家系统可以使燃料比降低2%左右,产量提高3%左右。

即使设备先进、自动化程度比较高的企业,也应该增加过程控制级计算机系统,开发和应用更多的性能优良的传统数学模型,同时注意总结操作经验,使专家系统更加完善.对于条件比较差的企业,则应该利用现有的或力所能及地增加一些计算机控制设备,选用比较简单但见效快的数学模型及专家系统,并在使用过程中不断地完善.在国内有宝钢、武钢等使用了不同版本的高炉专家系统,因

此首钢在 2002 年和芬兰罗德罗基公司合作开发而成二高炉专家系统。

1.3 首钢二高炉专家系统简介

在首钢二高炉专家系统中，通讯机利用工控监视软件 iFIX 提供的 ODBC 连接手段，将现场的实时数据按照专家系统的要求输送到专家系统的 Oracle 关系数据库中。高炉专家系统将收集来的数据进行加工处理，也就是通常说的技术计算，然后进行相应的认知，判断，推理，最终给出具体的操作建议。

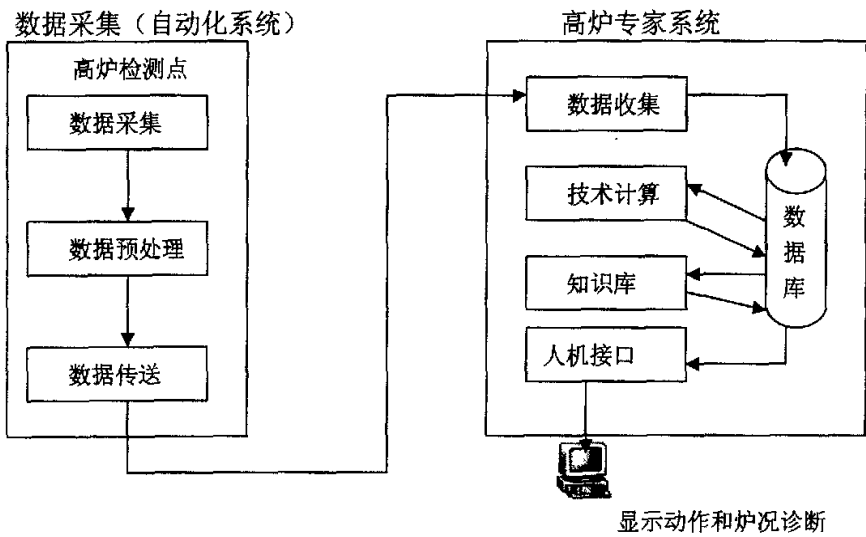


图 1.1 数据流程

Fig 1.1 Data process

1.3.1 高炉专家系统研究的主要目标

高炉生产的目的是以最低的成本在顺稳的条件下生产出更多的优质铁水。所以高炉专家系统研究的主要目标为：

①炉况的稳定性

只有保持炉况稳定了，才能生产出更多的优质的铁水，从而提高经济效益。然而，要保持炉况长期稳定却并不容易，因为有很多的客观或主观的原因影响着炉况的波动。例如：炉料特性的变化，过程控制的失效和人为因数都会引起炉况的波动。

②提高经济效益

主要体现在节约燃料，降低焦比，提高高炉的利用系数，延长高炉的寿命，

此首钢在 2002 年和芬兰罗德罗基公司合作开发而成二高炉专家系统。

### 1.3 首钢二高炉专家系统简介

在首钢二高炉专家系统中, 通讯机利用工控监视软件 iFIX 提供的 ODBC 连接手段, 将现场的实时数据按照专家系统的要求输送到专家系统的 Oracle 关系数据库中。高炉专家系统将收集来的数据进行加工处理, 也就是通常说的技术计算, 然后进行相应的认知, 判断, 推理, 最终给出具体的操作建议。

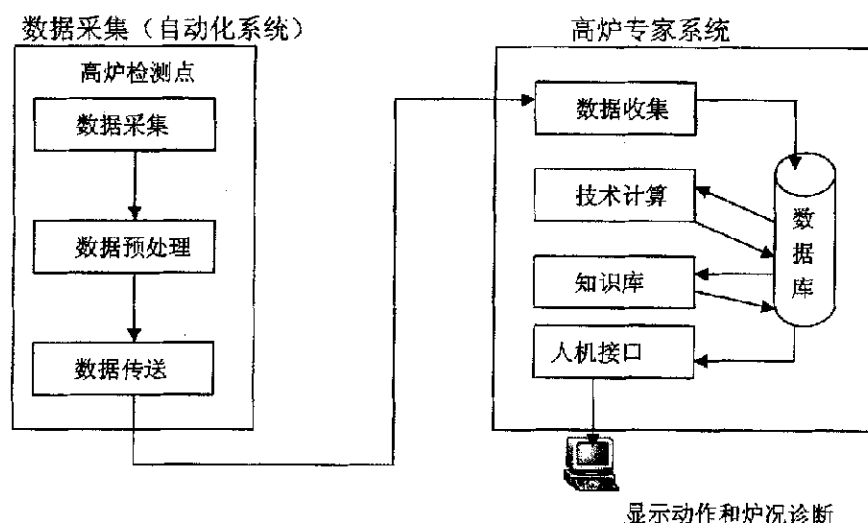


图 1.1 数据流程

Fig 1.1 Data process

#### 1.3.1 高炉专家系统研究的主要目标

高炉生产的目的是以最低的成本在顺稳的条件下生产出更多的优质铁水。所以高炉专家系统研究的主要目标为:

##### ①炉况的稳定性

只有保持炉况稳定了, 才能生产出更多的优质的铁水, 从而提高经济效益。然而, 要保持炉况长期稳定却并不容易, 因为有很多的客观或主观的原因影响着炉况的波动。例如: 炉料特性的变化, 过程控制的失效和人为因素都会引起炉况的波动。

##### ②提高经济效益

主要体现在节约燃料, 降低焦比, 提高高炉的利用系数, 延长高炉的寿命, 主要体现在节约燃料, 降低焦比, 提高高炉的利用系数, 延长高炉的寿命,

此首钢在 2002 年和芬兰罗德罗基公司合作开发而成二高炉专家系统。

1.3 首钢二高炉专家系统简介

在首钢二高炉专家系统中，通讯机利用工控监视软件 iFIX 提供的 ODBC 连接手段，将现场的实时数据按照专家系统的要求输送到专家系统的 Oracle 关系数据库中。高炉专家系统将收集来的数据进行加工处理，也就是通常说的技术计算，然后进行相应的认知，判断，推理，最终给出具体的操作建议。

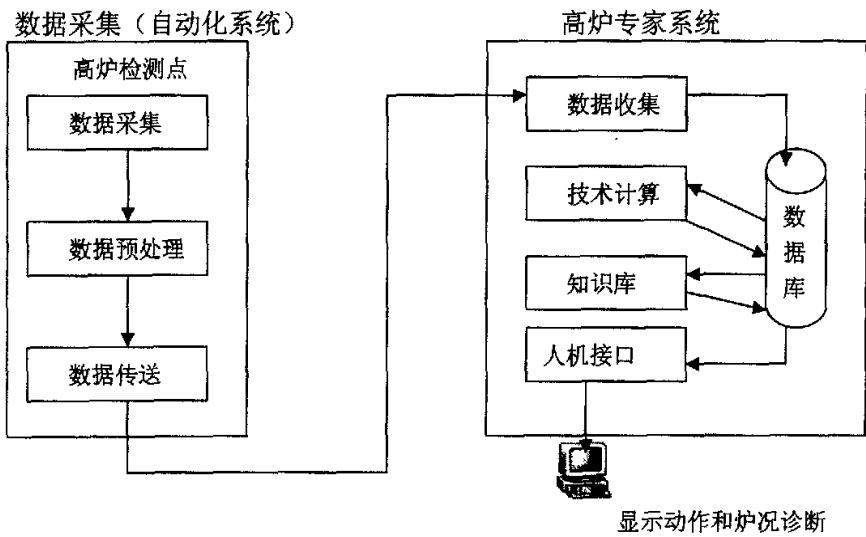


图 1.1 数据流程  
Fig 1.1 Data process

1.3.1 高炉专家系统研究的主要目标

高炉生产的目的是以最低的成本在顺稳的条件下生产出更多的优质铁水。所以高炉专家系统研究的主要目标为：

①炉况的稳定性

只有保持炉况稳定了，才能生产出更多的优质的铁水，从而提高经济效益。然而，要保持炉况长期稳定却并不容易，因为有很多的客观或主观的原因影响着炉况的波动。例如：炉料特性的变化，过程控制的失效和人为因数都会引起炉况的波动。

②提高经济效益

主要体现在节约燃料，降低焦比，提高高炉的利用系数，延长高炉的寿命，

提高生产率。

### 1.3.2 高炉专家系统研究的主要内容

高炉生产过程是一个集炉内气、液、固三相混合的非常复杂的综合反应过程，是一个典型的多入多出的相互影响的复杂系统。因此，到目前为止，高炉生产过程不能象传统的控制系统一样形成全自动的闭环控制。高炉专家系统充分利用冶炼知识和有经验的冶炼专家对于高炉生产过程中可能或已经出现的异常波动，进行分析和认知，从而进行判断，最后给出相应的警告或行动建议。主要内容为：<sup>[7]</sup>

#### (1) 数据采集

数据采集是研究高炉专家系统的基础和桥梁，离开数据采集高炉专家系统将成为一个空架子，不能运行。专家系统的数据采集一般分三个部分。第一是常数部分，也就是高炉专家系统中的目标值和部分参数的上下限值，这些值一般在开发和调试过程中就已经输入，之后，根据实际情况还可以适当修改。第二部分是人工输入部分，比如：出铁情况，原料成分分析等等。第三部分是高炉各个检测点的数据，这一部分数据量较大，况且要做大量的预处理工作，比如：5 分钟获 30 秒的平均值，还有一些最大值和最小值。<sup>[8]</sup>

#### (2) 技术计算

也就是通常所说的数据处理，又叫量化过程。这一过程是高炉专家系统研究的两大核心之一。不同的研究方法就会有不同的技术计算。技术计算过程就是提取原始数据按照一定的公式进行计算，然后将计算结果又存到另外的表中。这一部分工作量很大。应用到大量的理论计算公式和部分微分差分计算公式。比如：TQ 的计算就包括六个部分即风温的热量，由碳燃烧所产生的热量，风中水分的分解热量，熔损热量和喷吹物的裂解热量。而每一部分的热量又有相应的计算公式。

#### (3) 数据存取

高炉专家系统就是建立在大型数据库 Oracle 或 SQL Server 等的基础上进行数据的存取，是高炉专家系统开发的基础和载体。在高炉专家系统开发过程中，将要建立大量的表，过程，函数和触发器。同时建立不同的用户和角色，分配角色不同的权限，这样不同的用户就拥有不同的权限。原始数据被采集到相应的表中。经过技术计算产生一些可供推理的中间结果，然后又存在中间结果表中。推理过程依据技术计算产生的中间结果进行相应的比较，判断，然后做出结论，将结论又存到不同的信息表中。<sup>[9]</sup>

#### (4) 推理过程

推理过程是研究高炉专家系统的两大核心之一，也是研究高炉专家系统成功与否的关键所在。推理过程实际上就是建立知识库，建立大量的推理规则。根据

高炉的实际情况，冶炼专家的经验 and 冶炼知识，对炉况进行全面，仔细的分析，通过将检测点的值与理论值（或极限值）进行比较和综合，从而判断炉况波动的现象，根据工长的操作习惯给出相应的消除波动的建议，从而达到既稳定炉况又节约，降耗，提高生产率的作用。在首钢二高炉专家系统中我们着重研究了以下炉况波动现象，并给出相应的指导和建议：

- 塌料现象**：对于塌料的判断我们是根据料尺，顶温，炉顶煤气分析值来判断的。
- 炉腹渣皮的脱落和形成**：根据炉墙温度，冷却系统的热量损失，炉顶煤气分析值来判断。
- 管道的形成**：是根据顶温，炉顶煤气分析值和塌料的等级来判断的。
- 塌料孔的形成和消失**：是根据顶温，炉顶煤气分析值，压损，热风压力，顶压，风量来判断的。
- 炉墙热负荷**：是根据冷却系统的热量损失，炉身以上的炉墙温度，十字测温，TQ的计算值。
- 煤气分布变化**：是根据十字测温来判断的。
- 炉缸平衡和出铁延迟的操作**：是根据铁水生成速度，加入炉料重量，加入炉料分析值，出渣速度，炉缸容积，开始出铁时间，堵铁口时间，开始出渣时间，每次出铁量，出铁速度，炉缸中残余的渣铁量来判断。
- 高炉条件变化的动作量**：根据料尺，炉顶煤气的分析，顶温，风温，风压，顶压，风量水平来判断。
- 压损**：根据风压，顶压，压损，铁水温度，TQ，风量，热风炉加压状态来判断。
- H<sub>2</sub> 升高**：是根据顶温，煤气分析来判断的。
- 热状态的控制**：是根据铁水含 Si 量，铁水温度，TQ，焦比和焦比变化，风湿和变化，富氧和变化，炉顶煤气分析，料尺水平，压损及变化，风量及变化，风压，顶压，丁文和十字测温来判断。
- RIST 模型**：根据风量，氧量，喷吹量，风湿，风温，载气量，炉顶煤气分析，顶温来计算。
- TQ**：是根据风温的热量，由碳燃烧产生的热量，风中水分的分解热量，熔损热量，喷吹物的裂解热来计算。

从上面可以看出，高炉系统的某一变量发生变化，可能同时产生多个现象。而任何一种现象的产生可能同时跟几个因数有关。所以规则的制定必须严密而周到，同时要求检测点的数据必须准确，计算公式必须合理，否则，任何一个环节出现差错都将影响规则判断的准确性。

#### （5）人机界面

用来显示高炉专家系统经过技术计算和推理以后所产生结果，是高炉专家系

统的窗口。按其功能来分，主要分为以下几个部分：

- ①主画面：包括信息显示和高炉冶炼周期的计算结果显示（不同时间的焦比，料批数，动能，理燃温度等等）。
- ②模型部分：首钢二高炉专家系统主要有四个模型，即炉料计算模型，炉料分布模型，炉缸渣铁平衡模型和炉缸侵蚀模型。
- ③数据输入部分：主要包括出铁数据输入界面，炉料分析输入界面，喷吹物分析输入界面和筛分分析输入界面。
- ④参数修改部分：主要包括技术计算参数和规则参数。
- ⑤趋势显示部分：所有的检测变量值和技术计算产生的中间结果值都可以进行趋势显示。
- ⑥系统维护部分：包括应用软件错误日志显示，趋势定义显示和原料的列表显示。

## 1.4 本文中所作主要工作

(1) 研究开发了首钢高炉专家信息网络，对所采集的炉温等信息进行数据处理和科学计算，该系统可为炉况判断及操作指导提供依据，

(2) 对首钢高炉专家系统的通信系统进行了开发，对开发程序用 MODBUS 协议从一级 PLC 中采数，然后通过 ADO 连接方式将数据送到信息网服务器的 ORACLE 数据库中。一部分采用 IFIX 从一级 PLC 中采数，然后通过 ODBC 连接方式将数据送到专家服务器的 ORICAL 数据库中。

(3) 对首钢高炉专家系统的界面用 Developer2000 软件进行了开发工作。对首钢高炉专家系统信息网络界面用 VB 和 Delphi 软件进行了开发和编程。

(4) 建立高炉专家系统数据库。

## 第二章 专家系统

专家系统(Expert System)是人工智能领域中的一个重要分支。所谓专家系统,实际上是以知识库为核心进行问题求解的计算机程序,即基于知识的智能系统。人们往往把它看成是一个基于逻辑心理模型的物理符号系统,用来模拟人的逻辑思维行为,他在某一特定领域具有人类专家水平的解题能力。一个高炉专家系统的最基本组成部分是知识库(Knowledge Base)和推理机(Inference Engine)。世界各国在开发高炉专家系统的实践中发现,知识库是决定专家系统成败与否和性能高低的关键。下面将主要讨论和开发知识库有关的知识表达方式、推理方式、人工智能语言等问题,并将介绍高炉专家系统的结构组成。

### 2.1 高炉控制和专家系统

高炉计算机控制的实现离不开各种各样的数学模型。高炉计算机控制的功能强弱和在生产中所能产生的作用和经济效益,基本上取决于所采用的数学模型的性能。从 70 年代开始,各国的炼铁专家坚持不懈地努力,通过大量的实验和理论研究,开发并在实际生产中应用了许多高炉数学模型,包括最初的数理统计模型、机理及半机理模型、从现代控制理论中引进的时间序列模型等等。这些模型现统称为“传统数学模型”,它们在高炉的中长期控制方面取得了很大成功,对于帮助高炉工长和工厂技术管理人员认识复杂的高炉现象、制订生产计划、优化作业参数、规范和强化生产管理,已经并正在发挥着十分重要的作用。但是,在高炉工长最关注的短期控制方面,“传统数学模型”无论是从计算精度还是从计算结果可靠性角度来看,还不能完全适应高炉复杂而难以把握的动态变化,所取得的成功十分有限。长期以来,在引进专家系统和其他人工智能技术以前,高炉的短期控制问题一直没有取得根本性的进展。<sup>[10]</sup>

所谓人工智能(Artificial Intelligence, 简称 AI)系统,系指与人类专家行为类似,具有获取知识、运用知识并解决各种实际问题的能力的计算机系统,而专家系统、人工神经网络、模式分解、智能机器人等则是 AI 技术的重要分支。专家系统(Expert system, 简称 ES)是应用于某一特定领域的复杂计算机软件,它能够利用人类专家的经验 and 知识,模拟人类的思维和推理方式,对问题进行求解和决策。最适合应用专家系统的领域是复杂而且主要依赖人的经验进行控制的各种过程,



例如医疗诊断、航天飞机发射、地质勘探等。<sup>[11]</sup>

为了从根本上解决高炉的短期控制问题,1986年日本NKK公司最先尝试将专家系统技术应用到高炉炼铁领域上来。自此以后,各国钢铁企业开始了开发和应用高炉专家系统的热潮。

## 2.2 高炉专家系统的构成

高炉专家系统通常和早期开发的高炉监控系统共同构成高炉的二级,即过程控制级系统,前者安装在专家系统专用计算机上<sup>[12]</sup>,而后者安装在过程控制计算机上。专家系统从过程计算机读取所需要的、通常已经过处理的高炉操作数据。根据经过再次处理的这些数据 and 从人一机界面输入的信息<sup>[13]</sup>,专家系统调用知识库中的知识,运用推理机的推理逻辑进行推理判断,确定当前炉况或求解待解决的问题,最后再运用知识库中的知识对调剂炉况的动作种类、动作量和时机作出决策。

## 2.3 建立专家系统的步骤

一个高炉专家系统的开发,通常需要经过以下几个步骤:<sup>[14]</sup>

(1)确定系统的目标。根据生产中亟待解决的问题、有无解决问题所需要的专家经验、高炉的装备水平、检测仪表的配置等基本条件,确定待开发专家系统将要具备的功能,并界定系统的工作范围。目标一定要符合实际情况,可以先解决那些最需要解决的问题,待开发出可以成功运行的系统以及获得开发经验之后,再不断增加新的功能。

(2)获取知识。知识的获取十分重要,但又十分困难。知识获取有三方面的途径,即研究高炉操作规程、分析操作数据和采访高炉专家。一般需要选定2-3名高炉专家和几名知识工程师参加这项工作。通过采访高炉专家,可以直接得到需要的知识、规则,但更大量的是各种不确定性知识和丰富的工程案例。知识和规则通常必须用实际操作数据调试和验证,以确定规则中的有关参数;而不确定知识则需要经过模糊数学的方法进行处理。对大量工程案例的分析,可以借助于数理统计方法,或寄希望于神经元网络方法等。

(3)建立知识库。

(4)构建系统原型,包括建立“黑板模型”、实时和测试系统等。

(5)离线调试和检验,利用测试数据检验系统的稳定性和调试确定性因子等。

(6)在线调试和完善,通过在高炉生产中的实际运行,确认系统所使用的规则,增添新的规则

## 2.4 高炉专家系统的硬件和软件组成

在硬件上采用较为流行的客户机/服务器(即 C/S)网络拓扑结构。也就是说用一个配置较高的服务器来收集数据,进行数据的处理,存储,计算和推理。而使用配置较低的客户端来进行信息浏览和数据录入。这样做的优点是:可以集中进行技术计算,数据存储和进行推理,从而实现数据和资源共享,可以提高运算和推理的效率,同时可以很方便地扩充网络。

在软件方面虽然不尽相同,但是,他们的共同点都包括操作系统软件,数据库软件,推理软件,技术计算软件 and 用户界面开发软件。大多数专家系统采用 Windows NT 或 Windows2000 做操作系统,利用 Oracle 或 SQL Server 等数据库软件作数据仓库,用来存储大量数据,利用 VC++作技术计算,用户界面开发软件可能就不同啦,有用 Develop2000,有用 Vb,有用 Delphi 等等,推理软件也有不同,有用 Prolog,有用 Expert Element,也有直接用 VC++编写规则的。

## 第三章 首钢高炉专家系统的硬、软件

首钢二高炉专家系统涉及到的点多，面广，整个系统比较复杂。主要包括以下几个方面的内容。一级系统数据采集，处理和通讯；数据存储；数据处理及计算；推理系统和规则的建立；数学模型；历史趋势显示，规则参数的修改和出铁数据等的输入。

### 3.1 系统的硬件构成

本系统采用 C/S 网络服务体系，星型网络拓扑结构，具体硬件配置和网络拓扑如下：

#### (1) 服务器硬件配置

型号：HP LH3000R, 双 CPU PIII1G, 1G 内存, 128M 显存, 24VDC 键盘/鼠标, (1280\*1024) 85HZ 65K 彩色显卡, HP RAID 双工驱动 可以灵活配置 RAID0, RAID5, RAID1, 40G\*6 10000 转/分钟带热插拔的 SCSI 硬盘, HP 15 纯平彩色显示器, HP DLT 40/80G 磁带机, Intel® PRO/100s SERVER ADAPTER 和 HP NETSERVER 10/100TX PCI LAN ADAPTER 双网卡, 其中 Intel® PRO/100s SERVER ADAPTER 供专家系统推理协议专用（此网卡不能坏，一旦坏了推理将无法进行）。六块物理硬盘，分成二个逻辑盘，六个逻辑分区。其中，二块硬盘利用 RAID1 做成磁盘双工，逻辑分区为 C 和 D，用于安装系统软件和应用软件，而其它的四块硬盘则做成 RAID5 磁盘阵列，逻辑分区分别为 E, F, G, H 用于存储数据。详细的软件存储目录见软件环境部分。

#### (2) 客户机硬件配置

四个工作站硬件配置都一样。工业微机（研华原装）IPC610, CPU PIII1G, 256M 内存, 40G 硬盘, (128\*1024) 85HZ 65K 彩色显卡, PHILIP 21 SXGA(1280\*1024)显示器, 3COM 905 10/100 自适应网卡。24VDC 键盘/鼠标/DVD

#### (3) 通讯机硬件配置

工业微机（研华原装）IPC610, CPU PIII1G, 512M 内存, 40G 硬盘, (1280\*1024) 75HZ 65K 彩色显卡, PHILIP 21 SXGA(1280\*1024)显示器, 3COM 905 10/100 自适应网卡。24VDC 键盘/鼠标/CD.

## (4) 打印机

HP LASER JET 4550 +16MB 内存, 10/100M 自适应网卡, 网络打印机。

## (5) 交换机

INTEL 24 口 10/100 自适应。

## (6) 硬件配置流程如图 3.1



图 3.1 硬件配置流程

Fig3.1 Hardware configuration process

## 3.2 系统的软件

二高炉专家系统 HP3000 服务器是建立在 Windows2000 Server 操作系统平台上,用 Oracle Enterprise8.1.7 数据库作为数据存储,用 Developer2000 作界面开发工具,用 Vc++6.0 作技术计算,用 Elements Environment 2.1.4 即 EE 来编制规则进行推理。用 ArcServerIT Workgroup v6.61 软件来进行磁带备份。每一种软件的安装和使用见系统的安装和调试部分。

软件位置及磁盘划分如下表:

表 3.1 软件位置及磁盘划分表

Table 3.1 Software location and disk demarcate table

|                                                                                                                                                              |                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <p>C: HP SERVER<br/>Windows2000 server operation system<br/>Elements Environment 2.1.4, Vc++6.0<br/>bfespipe_shou,Developer2000,ArcServerIT<br/>NTFS 20G</p> | <p>D:<br/>Oracle software<br/><br/>NTFS 20G</p>                             |
| <p>E:Expert system:calculations,database<br/>scripts,rules,displays.<br/>Oracle files:control01,system01,tools01,<br/>User01,data1.<br/>NTFS 30G</p>         | <p>F:<br/>Oracle files:control02,indx01,redo01,<br/>Temp01<br/>NTFS 30G</p> |
| <p>G:<br/>Oraclefiles:control03,rbs01,redo02, redo02<br/>NTFS 30G</p>                                                                                        | <p>H:<br/>backup<br/>NTFS 30G</p>                                           |

绝大部分应用程序都在E:盘中,其下包括 Calculations, Database, Displays Rules 目录。

(1)Calculations 目录下包括: Runtime 子目录, Runtime 子目录包括以下执行文件: Tc30s,Tc05m,Tc15m,Daily,Charge,Tapping,Hearth,Hearthwear,BF2\_normal.kb,BF2\_unstable.kb, Infstart,等技术计算文件和知识库文件。

Maxinavg.h, Expert\_constants.h,User.dat 用在模型和计算中的头文件。

Bfes\_pipe 从数据管道 dbms\_pipe 中读出数据的程序文件。

(2)Database 目录下包括:

Decription,History,Insert\_data,Procedures,Rights,Tables,Triggers,Update\_data 子目录。

①Decription 目录下文件为创建描述表的脚本文件, 可以用一个文件 create\_all\_descriptions.sql 来创建所有的描述。

②History 目录下的文件为创建所有的历史表, 可以用一个文件 create\_all\_hist\_tables.sql 来创建所有的历史表。

③Insert\_data 目录下文件将英文描述插入描述表, 同时将初始化参数插入参数表, 运行文件 insert\_all\_desc.sql 即可。

④Procedures 目录创建所用的函数, 程序保及包体, 可用文件 create\_all\_procedures.sql 来创建。

⑤Rights 目录下的 create\_dbms\_pipe.sql 创建数据管道。  
create\_synonyms.sql 创建所有同义词。

FRM60SEC.SQL 授予翻译程序必要的权限。

grant\_communication.sql 给通讯角色授权。

grant\_engineers.sql 给工程师角色授权。

users\_and\_roles.sql 创建用户和角色。

⑥Tables 创建所有的数据表，可以用文件 create\_all\_tables.sql 来创建。

⑦Triggers 创建所有的触发器。可以用文件 create\_all\_triggers.sql 来创建。

⑧Update\_data 创建中文描述表。可以用文件 update\_all\_desc.sql 来创建。

(3)Displays 目录下包括 run\_expert\_ch 和 run\_expert, run\_expert\_ch 显示中文画面, SIMPLIFIED CHINESE\_CHINA.ZHS16GBK。run\_expert 用于显示英文画面。Rules 存储正常知识库和非正常知识库文件。

### 3.3 系统的数据流程

数据流程图 3.2 所示。

### 3.4 专家系统中所需的数据

二高炉专家系统所有的数据来源有二条途径：第一条途径就是从一级 PLC 系统中采集数据，有 789 个；第二条途径是从人机界面中输入的数据。

①直接从一级 PLC 系统中采来的数据

②从用户界面手工输入的数据

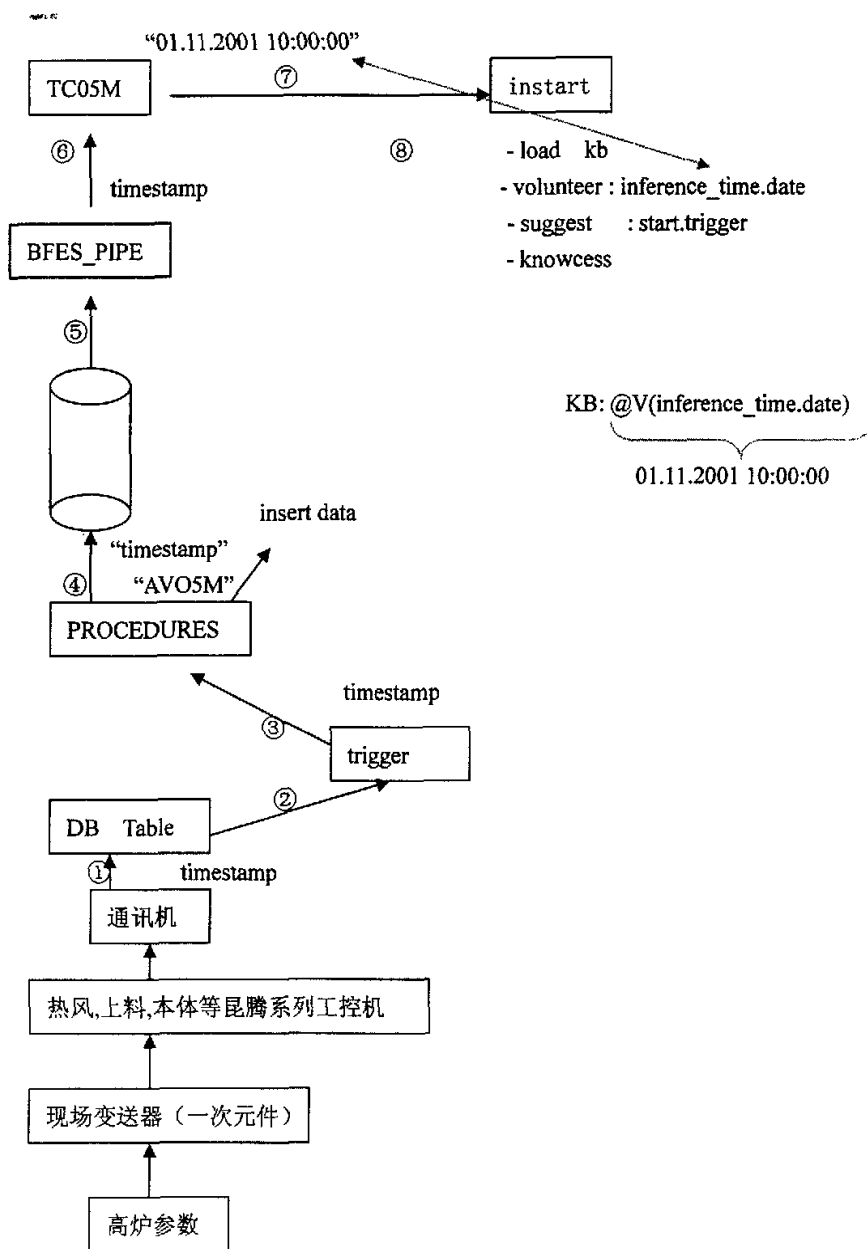


图 3.2 系统的数据流程

Fig. 3.2 System data process

### 3.5 数据预处理

#### (1) 数据作平均值

所有现场实测的参数，都必须经过现场变送器，再将数据传到一级 PLC 系统，在一级系统中作 5 分钟或 30 秒的平均。料尺状态 (A, B 点位置)，滑料深度，铁水温度，铁水重量，热风炉换炉状态，每批料的实际重量及代号等需要实时值。当这些数据在一级 PLC 系统中经过处理以后，再通过通讯机的 ifix 传送到服务器的 Oracle 数据库中，一级 PLC 的数据处理见一级 PLC 系统的本体编程，上料及热风炉部分。在数据处理过程中，大部分数据值只作 30 秒或 5 分钟的平均值，其中有以下数据需要做特殊处理。

①热风炉的均压阀状态

②滑料和料尺 A, B 点状态的判断

③铁水温度快速测量

④每批料的重量及代码

#### (2) 数据有效性检验

#### (3) 数据可靠性和一致性检验

#### (4) 数据变化规律的辨识



## 第四章 首钢高炉专家系统管理信息网

高炉在钢铁企业的整个生产流程中,有人把它比喻为是钢铁企业的咽喉,地位十分重要。因为它必须为炼钢工序及时提供足量的合格铁水,而且它能耗极大,占整个钢铁生产企业的 60%多,因此它的有效操作至关重要。高炉生产的特点是:除风口和出渣出铁时是可以观察的外,整个机组是密封的,所以高炉生产过程中,必须有帮助高炉工长冶炼操作的手段,在国外使用较好的方式是高炉专家系统,但由于采用这样的系统投入大,且对一次测量数据的准确性和完整性要求很高,所以在国内尽管有宝钢、武钢等使用了不同版本的高炉专家系统,但大多数钢铁企业没有能力上专家系统或者仍不具备上的条件,而且专家系统在投入运行后需要一段自学习时期,这样在高炉送风时工长操作需要有一种有效的工具帮助其进行冶炼操作,另外还有一种情况就是专家系统对高炉冶炼过程中的数据完整性要求特别高,而这一点正是国内大多数钢铁公司无法保证的,因此我们结合首钢三高炉和二高炉的实际,并总结吸收了首钢多年冶炼操作的经验从网络化、信息化的角度出发研究开发了基于 Intranet 的高炉操作辅助决策系统。

高炉专家系统管理信息网是高炉辅助决策系统。该系统是为工长对炉况判别和操作决策提供辅助手段,而不是直接给出供工长参考的决策结果;需要工长有一定的经验。该系统具有操作简单方便、直观,只依靠少量重要数据的准确,且开发费用低等特点。其数据库选用 ORACLE8i,客户端程序用 DELPHI6 开发。高炉在生产过程中,工长需要综合许多信息进行决策和操作。[15]

### 4.1 联网技术

该系统基于 Intranet 网进行设计。采用了 802.3u 标准星型结构的、100Base-T 快速以太网。介质访问控制方法保留了 CSMA/CD,TokenBus 等。由 802.3u, 802.4,802.1,802.8 进行标准化。网络连接件包括四个部分:网络核心交换机、路由器、硬件防火墙、和接入交换机等。由于 100BASE-T 快速以太网直接由 10BASE-T 以太网发展起来的,因此,它与 10BASE-T 一样采用了 IEEE802.3 CSMA/CD 的 MAC 协议层和星形拓扑结构,从而无需对在工作站的以太网卡上执行的软件和上层协议做任何修改,就可使局域网上的 10BASE-T 和 100BASE-T 节点相互通信,并且不需要协议转换。该网还考虑了交换机层叠的限制。鉴于安全性、数据存取的要求,采用 CLIENT/SERVER 结构,作为厂级信息系统的一个组成部分,既能保证生产安全、准确进行,又能实现厂级查询。该网与总公司 Intranet 网用光纤以

千兆以太网接入、利用核心交换机技术、速度可达 2MBPS。该网若加入异步传输模块,也可组成 ATM 网。通常用专线、ISDN、普通电话线联接互连网,还可以用 ADSL 联接入互连网。另外,采用了 VLAN 技术。所有的主干网络设备和工作组交换机均支持 VLAN 的划分,并提供三层交换的支持。VLAN 网络的划分一般有基于 IP 地址、端口、MAC 地址的等划分方法。通过路由器实现网络资源共享。该系统自动采集的底层数据的来源,有的是通过 PLC,有的是 DCS、数采设备或其它不同的设备。其底层数据传输协议各不相同,但一般都通过串口,采用 ASCII 方式或 RTU 方式将数据采集到通讯机中。<sup>[16]</sup>

## 4.2 系统结构和功能

### 4.2.1 铁厂系统拓扑结构和功能

铁厂系统是个 INTRANET 系统,采用了由 802.3u 标准化的星型结构的、属于 100Base-T 快速以太网。为了安全的需要以及优化网络信息流量的需要,在局域网范围内划分多个网上工作组。因 VLAN 的划分有基于 IP 或端口、MAC 的划分等多种。实际 VLAN 如何划分在具体实施时同用户共同分析设计。

基于 MAC 地址 VLAN 划分的好处是 MAC 地址是固化在计算机中的,因此,基于 MAC 划分好 VLAN 以后,这个工作组的成员就固定在对应的计算机上,可以随便移动位置而不能由使用人员或非法人员随意更改或冒充。这种方式安全性好,但由于其配置、实施不灵活而很少在大型网络中应用。

基于端口的 VLAN 划分可以划分到每一个交换机端口。所有连接到同一端口的计算机(如同一部门人员)都被划分到该端口所在的 VLAN 中,这样,VLAN 的成员不容易控制,安全性较差一些,另外,由于同一端口只能划分到一个 VLAN 中,因此在复杂的网络中灵活性较差,<sup>[17]</sup>我们在系统中根据实际需要适当采用。基于 IP 的 VLAN 划分是很灵活和常用的方式。他将网络中不同 IP 地址划分到同一 VLAN 中,同一子网的计算机在同一 VLAN 中直接交换(不同子网 IP 的交换通过 3 层交换机),VLAN 件的交换通过 3 层交换机来实现。由于计算机 IP 可以更改,就可能有冒充组员的情况发生。这种情况可通过用户的认证和授权等手段来保证安全性。另外,计算机 IP 的可移动性和同一 IP 可以被划分到多个 VLAN 的特点为基于 IP 的 VLAN 划分带来了极大的灵活性。这种 VLAN 的划分在不同的网络中被广泛使用。VLAN 的划分可以在网管平台上实现。

为了保证网络的有效连通和管理,我们对整个网络的 IP 地址进行了规划。规划后,本网络主要具有如下几个特性:

唯一性: 在集团信息网络的整个 Intranet 系统中,保持 IP 的唯一性;

简单性：地址的分配简单、清晰；

连续性：为同一网络区域分配连续的网络地址；

可扩充性：为同一网络区域分配的网络地址具有一定的容量，便于主机节点增加时仍然能够保持地址的连续性；

可管理性：地址的规划具有层次性，某一个局部的变动不能影响网络的其它部分。<sup>[18]</sup>

#### 4.2.2 高炉辅助决策系统及其结构和功能

该系统由工长曲线炉况辅助决策子系统、工长作业处理子系统、化验室数据处理子系统、原料车间数据处理子系统、矿量统计日报子系统、工段工程师分析子系统等六部分组成。如图 4.1 所示。系统采用星型交换机接入以太网结构形式，接入交换机为 10M/100M 自适应，并带有三个光纤模块，向厂级提供 1Gb/s 带宽的千兆以太网中心机房挂接的光纤接口，化验室和原料车间一般由于距离高炉都较远，故使用光纤模块接口。如果内部电话性能稳定的话，还可以采用 MODEM 远程拨入的方式，联接互连网。实践证明 33.6Kbps 的传输速率能够满足 ADO 方式的要求，但本系统采用的是 56kbps 的 Modem。服务器设立一个文件服务器和一个数据服务器，文件服务器的作用主要是提供各终端的远程安装服务、程序集中备份、同厂级网连接后进行邮件处理等一些功能；数据服务器不言而喻，运行数据服务程序和存储数据。通讯机则是采用开放的标准 ODBC 或 ADO 方式，将从底层基础自动化网络或设备中得到的数据，<sup>[19]</sup>存入数据服务器中的 ORACLE 数据库中。其拓扑结构如下：

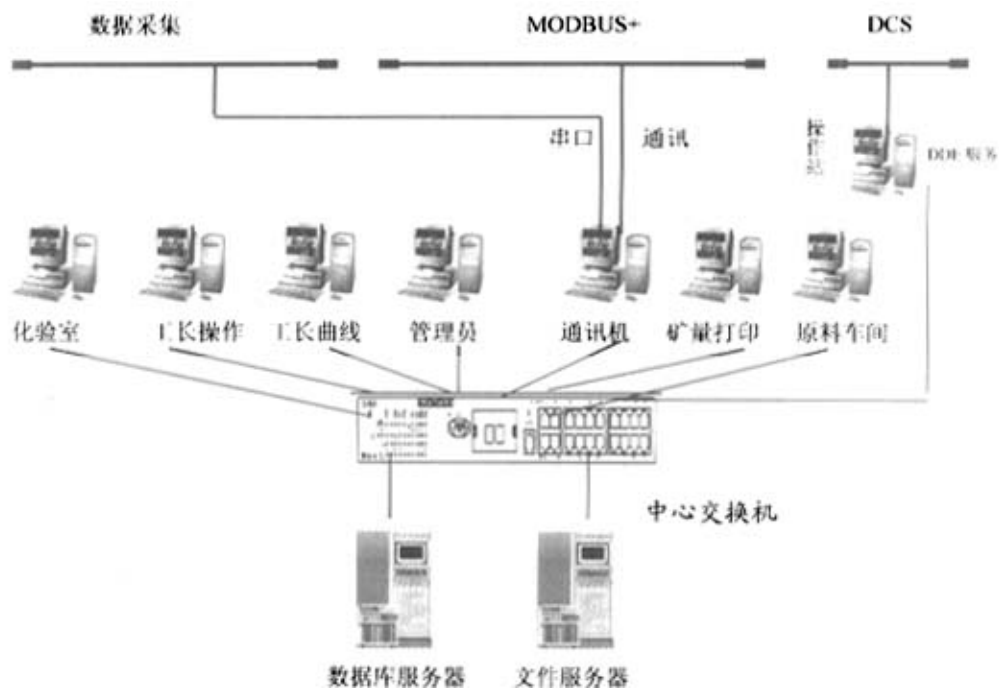


图 4.1 高炉管理信息系统网络结构图

Fig. 4.1 Furnace management information system network structure

该系统的核心是工长曲线炉况辅助决策子系统，工长根据这十三条曲线进行炉况判断时，是将他们综合起来进行的。他们的作用列示如下：

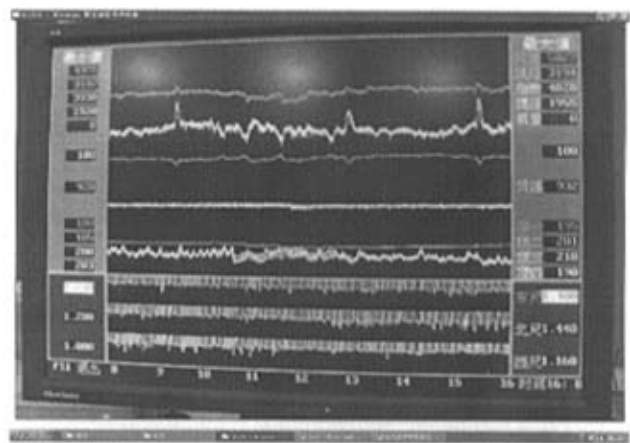


图 4.2 高炉工长十二条曲线

Table4.2 Furnace monitor thirteen curve

### (1) 冷风流量

冷风流量的大小是强化冶炼的重要标志,这个参数检测的是从动力风机鼓入高炉内部的冷风量,根据此参数可做如下判断:

①风量的变化是与风压相适应的,正常操作中增加风量,风压也随之升高。判断炉况时,往往把风量和风压二者结合起来。一般情况下,当风压升高时,风量缓慢降低;风压降低时,风量会有所增加。因此,当炉温由凉转热时,风压升高而风量降低;反之,当炉温由热转凉时,风压降低而风量增加;当有管道行程时,也会出现风量突增而风压锐减现象。<sup>[20]</sup>

②鼓入高炉炉内的冷风量直接影响高炉的铁产量,成正比例关系。风量越大,出铁量也越大。根据风量可以粗略推算产量的多少。

### (2) 热风压力

检测的是经热风炉加热后鼓入高炉内部热风的压力,这个压力是保证高炉正常生产的重要条件。只有在保证一定的压力的前提下,才能有一定流速的热风鼓入高炉,才可以向高炉内部布料,建立高炉内部的一种动态平衡环境。根据此参数可做如下的判断:

①热风压力反映煤气和炉料相适应的情况。在一般情况下能准确地说明炉况的稳定程序。风压是判断炉况最重要的参数之一。

②风压高低与入炉原料粉末多少,焦炭强度高,风量多少,炉温高低,喷吹量大小及炉缸内所存渣铁多少有关。

③在高炉冶炼条件基本固定的情况下,风压的变化能准确地反映炉况的顺行情况和高炉炉缸热制度的变化。当炉况热行时,风压缓慢上升;炉况凉行时则风压下降。煤气流失常,炉料下降不顺时风压表现为剧烈波动。

### (3) 高炉顶压

此参数检测的是高炉内部炉顶的压力,根据这个压力可以作出如下判断:常压高炉炉顶压力对判断炉况有一定作用。常压高炉炉况正常时,炉顶压力曲线是一条梳状曲线。由于向炉内布料时的影响,会出现周期性的尖峰。如果炉顶煤气压力经常出现向上或向下的尖峰,表明煤气流分布不稳定或发生崩料。

### (4) 透气性综合指数

综合指数是一个计算参量,指数=冷风流量/(热风压力-高炉顶压),<sup>[21]</sup>反映的是高炉内部的透气状况,即每单位的压力差所通过的风量,它基本应是一个恒定值,根据它的变化,可以反映高炉顺行状况。

### (5) 氧气流量

此参数测的是高炉用氧量的多少。

#### (6) 热风温度

此参数检测的是鼓入高炉热风的温度。风温越高，高炉内部的冶炼过程进行得越快，反应得越充分，提高风温可以提高高炉的利用系数。

#### (7) 高炉炉顶温度

四个高炉炉顶温度反映了高炉内部的温度分布情况。工长可以根据顶温的变化判断：

①调节布料的方位。正常时，四个温度基本相同，说明炉内料分布均匀。当某个方向的顶温偏高时，说明这个方位的透气性好，料面较薄，可以多加些料。当某个方向的顶温偏低时，说明这个方位的透气性不好，料面较厚，要少向这个方位加料。

②炉顶温度的高低与煤气热能利用，入炉烧结矿的温度及喷吹量的大小等因素有关。当煤气的热能利用不好，焦比升高时，炉顶温度升高。直接使用新卸烧结矿时，炉顶温度升高。喷吹量增加时，由于煤气量的增加，炉顶温度也会升高。<sup>[22]</sup>

③借助于炉顶温度判断炉况，在煤气流分布失常时有很重要的价值。当中心气流或边沿气流过分发展或管道行程时，都会导致炉顶温度升高或炉顶某方向温度升高。另外在低料线，悬料和难行时也会导致炉顶温度升高。

#### (8) 探尺料位

三个探尺是判断炉况的最重要的参数，反映的是高炉内部料面的情况，它直接测量料面的高低和反映下降情况，正常情况下位置应基本相同。工长可以根据位置变化做如下操作：

①决定加料的快慢。

②工长还可以看出高炉内部有无塌料情况，有无结瘤等情况。当炉况顺行时，料尺下降均匀；发生崩料时，料尺会突然下降很深；悬料时，料尺不动；难行时，料尺下降缓慢。

工长作业处理子系统不仅帮助工长进行碱度校核、<sup>[23]</sup>综合负荷计算，还提供工长作业情况记录、查询等处理功能。其他几个子系统的功能不言而喻，各子系统构成了高炉操作辅助决策系统，完成高炉冶炼数据自动采集、自动处理，历史数据查询，报表打印，帮助工长正确实施冶炼操作控制，并提供数据共享服务等综合功能。

### 4.3 技术特点

该系统选择了 Oracle8i 数据库, 是基于 Oracle8i 数据库多线程工作, 对硬件要求低, 节省系统资源等突出优点的原因。客户端应用程序是基于 ADO(ActiveX Data Objects, ActiveX 数据对象) 的双层体系结构。使用 ADO 的好处在于: 易于使用、速度快、内存支出少; ADO 支持建立客户端/服务器和基于 Web 的应用程序的关键功能。

基于 ADO 的双层体系结构的数据库应用程序通常包括用户界面、数据模块和 ADO 三层。

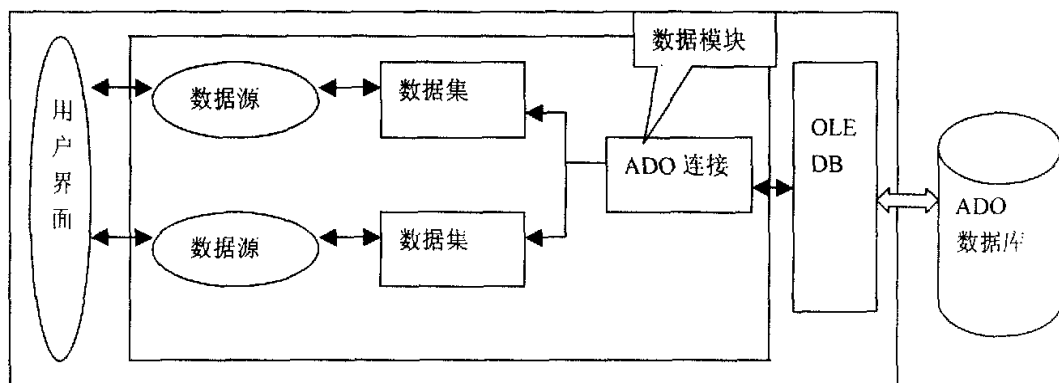


图 4.3 双层体系结构的数据库应用程序

Fig.4.3 Double system structure database application program

用户界面由数据控制组件组成; 数据模块包括一个或多个数据源 (DataSource) 组件、一个或多个数据集组件和一个 ADO 连接组件。数据源组件用于联系数据集组件和数据控制组件; 数据集组件用于连接数据表或查询信息; ADOConnection 组件用于连接数据集组件和要访问的 ADO 数据库。

通讯机可以:

①采用 FIX6.15 和 VB6.0 分别完成不同数据的传送功能。

采用方式①的主要原因是首钢三高炉大量检测参数来源于 OPTO 数采, 而其监控软件是 DOS 版的 FIX, 同时该 FIX 还作为 OPTO 的驱动软件, 所以在通讯机上运行 FIX6.15, 以 RTU 主从方式将 200 多点检测数据传入 FIX6.15 中, 在 FIX6.15 中将这此数据处理后, 利用 ODBC 传到 Oracle 数据库中。<sup>[24]</sup> 曲线的数据则是采用 RTU 主从方式从 984 主机中得到, 然后通过 FIX6.15 提供的 DDE 服务将数据传入到 VB6 所做的处理程序中。VB6 应用程序经处理后通过 ADO 方式将数据传入 Oracle 数据库中。这种通讯方式的突出优点是组态方便容易, 减少了程序开发量。

②只使用 VB 完成数据的传送功能。

采用方式②的主要原因是首钢二高炉下位机全部是 Quantum PLC,所有数据均在同一个 MB+ 网上流动,通过 BM85 网桥可以直接用 VB 开发串口通讯程序,而省去了购买较昂贵的 FIX 的投资(约 10 万元人民币),同 PLC 的数据通讯采用 ASCII 方式,同 Oracle 的通讯采用 ADO 方式。效果和方式①一样。这种方式还有灵活、容易适应高炉生产的其他要求的优点,缺点是编程量较大。

## 4.4 效益分析

该项目的研究为利用现有控制设备和控制方式实现生产管理信息化探索了一条可行之路。该系统首先在首钢三高炉投入使用,半年来运行良好,有效的提高了工长冶炼操作的效率,受到用户的极大重视,因此二高炉在三高炉投入运行半年后尽管上了高炉专家系统,但还是同时将该系统投入了运行,由于基于 Intranet 设计,使得三高炉和二高炉的运行曲线可以在炼铁厂调度室和公司总调度室同时看到,使两级调度随时了解到高炉的冶炼情况,提高了调度指挥的效率。一套高炉专家系统需约 80 万美金,而一座高炉决策系统投入只占专家系统投入的不到 10%,所以本系统是很经济实惠的,且操作方便,较前者更易被用户接受和使用。很有利于在本行业推广。<sup>[25]</sup>



## 第五章 高炉专家系统通信的研究

专家系统是如何收集数据的呢？主要有两条途径，第一条途径，通过通讯机采集现场的实时数据，第二条途径，从用户界面直接输入数据，这一部分的量相对来说少一些，简单一些，只需从用户界面直接输入就可以了。通讯机是如何将现场的实时数据按照专家系统的要求送到专家系统的呢？①在首钢二高炉专家系统中，利用工控监视软件 iFIX 提供的 ODBC 连接手段，将现场的实时数据按照专家系统的要求输送到专家系统的 Oracle 关系数据库中。iFIX 实时数据库可以通过 ODBC, ADO, DAO, RDO 等多种手段与 ACCESS, FOXBASE, SQLSEVER 和 ORACLE 等关系数据库进行通讯，每一种通讯手段都有其优点和缺点。②利用 VB6.0 作开发工具，通过 Modbus 协议完成生产实时数据的采集工作，经过处理后直接将有效数据送入数据库中。

### 5.1 Modbus 通信编程在高炉信息网和专家系统中的应用

工业控制已从单机控制走向集中监控、集散控制。Modbus 作为工业控制器的网络协议中的一种，通过将其应用于高炉信息化的数据采集后，工业控制器连网也为网络管理提供了方便。

在炼铁厂高炉信息化改造工程中，大量生产实时数据的采集成为关键环节。在二期三高炉信息网的改造中，通过在上位组态软件 FIX 中为所有采集点建立标签，并由 SQT 触发块触发 SQD 数据块的方法向数据库添加数据。大量的采集点都需要一一建立标签，并且由于上位组态软件的限制，不能同时添加与数据紧密关联的“日期时间”字段，使得数据的完整性不能得到保证，为此需对数据进行进一步的处理。针对高炉上都采用了 Modbus plus 现场总线网络，利用 VB6.0 作开发工具，通过 Modbus 协议完成生产实时数据的采集工作，经过处理后直接将有效数据送入数据库中。<sup>[26]</sup>

#### 5.1.1 Modbus 协议简介

Modbus 协议是应用于电子控制器上的一种通用语言。通过此协议，控制器相互之间、控制器经由网络（例如以太网）和其它设备之间可以通信。它已经成为一通用工业标准。有了它，不同厂商生产的控制设备可以连成工业网络，进行集

中监控。此协议定义了一个控制器能认识使用的消息结构,而不管它们是经过何种网络进行通信的。它描述了一控制器请求访问其它设备的过程,如果回应来自其它设备的请求,以及怎样侦测错误并记录。它制定了消息域格局和内容的公共格式。当在一 Modbus 网络上通信时,此协议决定了每个控制器须要知道它们的设备地址,识别按地址发来的消息,决定要产生何种行动。如果需要回应,控制器将生成反馈信息并用 Modbus 协议发出。在其它网络上,包含了 Modbus 协议的消息转换为在此网络上使用的帧或包结构。这种转换也扩展了根据具体的网络解决节地址、路由路径及错误检测的方法。查询—回应周期如图 5.1 所示。

5.1.2 两种传输方式

控制器能设置为两种传输模式(ASCII 或 RTU)中的任何一种在标准的 Modbus 网络通信。用户选择想要的模式,包括串口通信参数(波特率、校验方式等),在配置每个控制器的时候,在一个 Modbus 网络上的所有设备都必须选择相同的传输模式和串口参数,为此程序在同 PLC 的通讯采用了 ASCII 模式。

(1) ASCII 模式

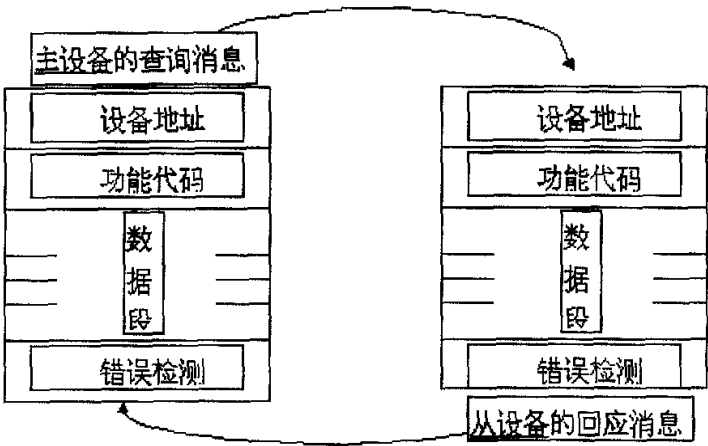


图 5.1 ASCII 模式

Fig 5.1 ASCII module

当控制器设为在 Modbus 网络上以 ASCII (美国标准信息交换代码) 模式通信,在消息中的每个 8Bit 字节都作为两个 ASCII 字符发送。这种方式的主要优点是字符发送的时间间隔可达到 1 秒而不产生错误。

(2) RTU 模式

当控制器设为在 Modbus 网络上以 RTU（远程终端单元）模式通信，在消息中的每个 8Bit 字节包含两个 4Bit 的十六进制字符。这种方式的主要优点是：在同样的波特率下，可比 ASCII 方式传送更多的数据。

5.1.3 Modbus 消息帧

两种传输模式中（ASCII 或 RTU），传输设备以将 Modbus 消息转为有起点和终点的帧，这就允许接收的设备在消息起始处开始工作，读地址分配信息，判断哪一个设备被选中（广播方式则传给所有设备），判知何时信息已完成。部分的消息也能侦测到并且错误能设置为返回结果。

(1) ASCII 帧

使用 ASCII 模式，消息以冒号（:）字符（ASCII 码 3AH）开始，以回车换行符结束（ASCII 码 0DH,0AH）。其它域可以使用的传输字符是十六进制的 0...9,A...F。网络上的设备不断侦测“:”字符，当有一个冒号接收到时，每个设备都解码下个域（地址域）来判断是否发给自己的。消息中字符间发送的时间间隔最长不能超过 1 秒，否则接收的设备将认为传输错误。一个典型消息帧如下所示：

表 5.1 典型 ASCII 帧  
Table 5.1 Typical ASCII frame

|        |             |        |                  |             |     |             |          |             |          |             |        |        |
|--------|-------------|--------|------------------|-------------|-----|-------------|----------|-------------|----------|-------------|--------|--------|
| 地<br>址 | 功<br>能<br>码 | 代<br>量 | 数<br>据<br>数<br>量 | 数<br>据<br>1 | ... | 数<br>据<br>n | LRC<br>节 | 高<br>字<br>节 | LRC<br>节 | 低<br>字<br>节 | 回<br>车 | 换<br>行 |
|--------|-------------|--------|------------------|-------------|-----|-------------|----------|-------------|----------|-------------|--------|--------|

由于各高炉 modbus 网上的设备均采用 ASCII 模式通讯，为此通讯程序采用 ASCII 模式通讯。

```
Dim m, q As Integer
Dim w, b1 As String
q = 0
b1 = Form1.MSComm1.Input          '从串口读 PLC 的返回值
If Mid(b1, 2, 4) = "0183" Or b1 = "" Or Len(b1) <= len1 Then
    Call LOAD_REINSL              '从 b1 读取错误信息，进行错误
    Form1.Timer6.Enabled = False  '排除
    Form1.Timer5.Interval = 1000
    Form1.Timer5.Enabled = True
    DoEvents
    Exit Sub
Else
```

```
If Mid(b1, 1, 1) = ":" Then
Form1.Text16.Text = b1
Form1.Shape1(1).Visible = True
For m = 1 To len1 * 4 Step 4           '处理 PLC 的返回值
    Call hextodec(Mid(b1, m + 7, 4))
    SLM(q) = num
    q = q + 1
Next
End If
End If
```

(2) RTU 帧

使用 RTU 模式，消息发送至少要以 3.5 个字符时间的停顿间隔开始。在网络波特率下多样的字符时间，这是最容易实现的(如下图的 T1-T2-T3-T4 所示)。传输的第一个域是设备地址。可以使用的传输字符是十六进制的 0...9,A...F。网络设备不断侦测网络总线，包括停顿间隔时间内。当第一个域（地址域）接收到，每个设备都进行解码以判断是否发往自己的。在最后一个传输字符之后，一个至少 3.5 个字符时间的停顿标定了消息的结束。<sup>[27]</sup>

表 5.2 典型 RTU 帧

Table 5.2 Tipycle RTU frame

| 地址 | 功 能 代<br>码 | 数 据 数<br>量 | 数 据 1 | ... | 数 据 n | CRC 高字<br>节 | CRC 低字<br>节 |
|----|------------|------------|-------|-----|-------|-------------|-------------|
|    |            |            |       |     |       |             |             |

(3) 地址域

消息帧的地址域包含两个字符（ASCII）或 8Bit（RTU）。可能的从设备地址是 0...247（十进制）。单个设备的地址范围是 1...247。主设备通过将要联络的从设备的地址放入消息中的地址域来选通从设备。当从设备发送回应消息时，它把自己的地址放入回应的地址域中，以便主设备知道是哪一个设备作出回应。地址 0 是用作广播地址，以使所有的从设备都能认识。当 Modbus 协议用于更高水准的网络，广播可能不允许或以其它方式代替。

(4) 处理功能域

消息帧中的功能代码域包含了两个字符(ASCII)或 8Bits(RTU)。可能的代码范围是十进制的 1...255。当然,有些代码是适用于所有控制器,有此是应用于某种控制器,还有些保留以备后用。当消息从主设备发往从设备时,功能代码域将告之从设备需要执行哪些行为。例如去读取输入的开关状态,读一组寄存器的数据内容,读从设备的诊断状态,允许调入、记录、校验在从设备中的程序等。当从设备回应时,它使用功能代码域来指示是正常回应(无误)还是有某种错误发生(称作异议回应)。对正常回应,从设备仅回应相应的功能代码。对异议回应,从设备返回一等同于正常代码的代码,但最重要的位置为逻辑 1。

#### (5) 数据域

数据域是由两个十六进制数集合构成的,范围 00...FF。根据网络传输模式,这可以由一对 ASCII 字符组成或由一 RTU 字符组成。从主设备发给从设备消息的数据域包含附加的信息:从设备必须用于进行执行由功能代码所定义的所为。这包括了象不连续的寄存器地址,要处理项的数目,域中实际数据字节数。如果没有错误发生,从从设备返回的数据域包含请求的数据。如果有错误发生,此域包含一异议代码,主设备应用程序可以用来判断采取下一步行动。在某种消息中数据域可以是不存在的(0 长度)。例如,主设备要求从设备回应通信事件记录(功能代码 0B 十六进制),从设备不需任何附加的信息。

#### (6) 错误检测域

标准的 Modbus 网络有两种错误检测方法。错误检测域的内容视所选的检测方法而定。ASCII:当选用 ASCII 模式作字符帧,错误检测域包含两个 ASCII 字符。这是使用 LRC(纵向冗长检测)方法对消息内容计算得出的,不包括开始的冒号及回车换行符。LRC 字符附加在回车换行符前面。RTU:当选用 RTU 模式作字符帧,错误检测域包含一 16Bits 值(用两个 8 位的字符来实现)。错误检测域的内容是通过对消息内容进行循环冗长检测方法得出的。CRC 域附加在消息的最后,添加时先是低字节然后是高字节。故 CRC 的高位字节是发送消息的最后一个字节。

由于程序在同 PLC 的通讯采用了 ASCII 模式,相应的错误检测选用 ASCII 模式的 LRC(纵向冗长检测)方法:

```
Dim t1, Txd1, Rxd1, Fcs1, a1 As String
Dim regstad, stad1, addr, func, reglen1 As String
Dim tj As String
Dim r As Integer
r = 1
addr = "0" & sl_add           '上料 PLC 地址号
func = "03"                   '03 读取保持寄存器
```

```
stad1 = sl_STAD(r)
If Len(Hex(stad1)) = 1 Then      ' | 起始地址不满 4 位, 前面加 0 补
    regstad = "000" & Hex(stad1) ' | 齐
ElseIf Len(Hex(stad1)) = 2 Then ' |
    regstad = "00" & Hex(stad1)  ' |
ElseIf Len(Hex(stad1)) = 3 Then ' |
    regstad = "0" & Hex(stad1)   ' |
Else                             ' |
    regstad = Hex(stad1)         ' |
End If                          |
```

```
len1 = sl_LEN1(r)
If Len(Hex(len1)) = 1 Then      ' | 地址长度不满 4 位, 前面加 0 补
    reglen1 = "000" & Hex(len1) ' | 齐
ElseIf Len(Hex(len1)) = 2 Then ' |
    reglen1 = "00" & Hex(len1)  ' |
ElseIf Len(Hex(len1)) = 3 Then ' |
    reglen1 = "0" & Hex(len1)   ' |
Else                             |
    reglen1 = Hex(len1)         ' |
End If                          ' |
```

```
t1 = addr & func & regstad & reglen1
a1 = 0
For j = 1 To Len(t1) Step 2      ' |
    tj = Mid(t1, j, 2)          ' |
    Call hextoDec(tj)           ' |
    a1 = num + a1               ' | 校验
    y = TypeName(a1)           ' |
Next j
```

```
If a1 < 255 Then                 ' | 校验值取反
    Fcs1 = Hex(Format((255 - a1), "##") + 1) ' |
Else                             ' |
    Fcs1 = Hex(Format(255 - (a1 - 256), "##") + 1) ' |
```

```

End If                                     '

If Len(Fcs1) = 1 Then Fcs1 = "0" & Fcs1 '校验值长度不足 2 位,
                                           '加 0 补齐
Txd1 = ":" & t1 & Fcs1 & Chr$(13) & Chr$(10) '命令符

Form1.Text15.Text = Txd1
Form1.MSComm1.Output = Txd1              '向 PLC 发送命令
Form1.Shape1(0).Visible = True
Timer5.Enabled = False
Timer6.Interval = 1000                    '延时 0.5 秒
Timer6.Enabled = True
    
```

综合以上协议内容,创建了下图人机界面,以便于使用时参数的更改。首先要进行系统设置,即进行与 PLC 通讯的主机通讯端口和 I/O 地址设置,之后要进行再装入 (RELOAD), 这样设置的连接参数才能起作用。通过半年多的使用,该程序运行稳定可靠,满足了高炉管理信息系统对生产实时数据的要求。

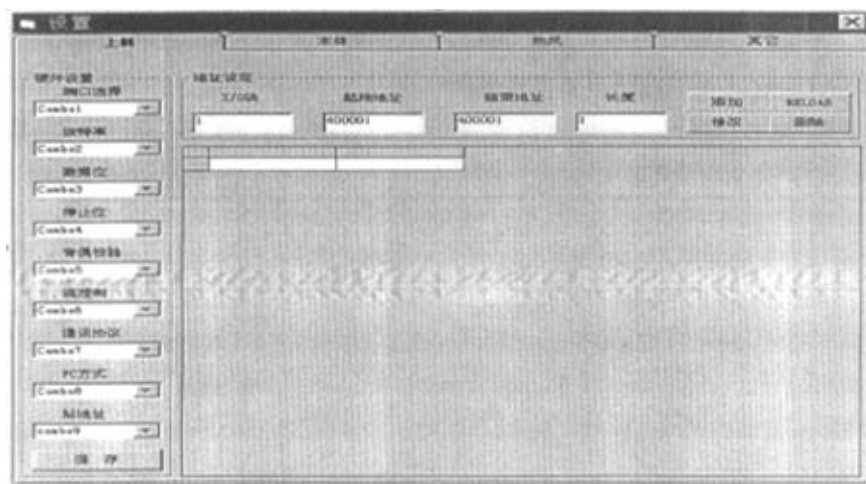


图 5.2 通讯参数人机界面

Fig5.2 Communication parameter interface of man and computer

## 5.2 数据通讯—iFIX 实时数据库与 Oracle 关系数据库

专家系统是如何收集数据的呢？主要有两条途径，第一条途径，通过通讯机采集现场的实时数据，这一部分的量很大，象风压，风温，炉墙温度，炉身静压力，炉顶煤气分析，入炉原料，喷煤量等等大约 900 个具体的量；第二条途径，从用户界面直接输入数据，这一部分的量相对来说少一些，简单一些，只需从用户界面直接输入就可以了。通讯机是如何将现场的实时数据按照专家系统的要求送得到专家系统的呢？在首钢二高炉专家系统中，利用工控监视软件 iFIX 提供的 ODBC 连接手段，将现场的实时数据按照专家系统的要求输送到专家系统的 Oracle 关系数据库中。iFIX 实时数据库可以通过 ODBC，ADO，DAO，RDO 等多种手段与 ACCESS，FOXBASE，SQLSEVER 和 ORACLE 等关系数据库进行通讯，每一种通讯手段都有其优点和缺点。现以二高炉专家系统的 iFIX 实时数据库与 Oracle 关系数据库的通讯为例，详细讲述通过 ODBC 手段建立通讯的具体步骤：

### 5.2.1 iFIX 实时数据库的设计

#### (1) iFIX 实时数据库的基本设计

在 iFIX 实时数据库的基础上，增加 9 个 SQT 触发器标签，46 个 SQD 数据块，如 AV5MSQT01 5 分钟平均值触发器，带有 AV5MSQD01，AV5MSQD02，AV5MSQD03，AV5MSQD04 数据块。

#### (2) SQT，SQD 的具体操作和设计技巧

首先，打开 iFIX 实时数据库 PDB，然后点击鼠标右键或菜单的块选择增加块，用鼠标选择 SQT 块如图 5.3，完成具体操作；选择 SQD 块如图 5.4，完成具体操作。



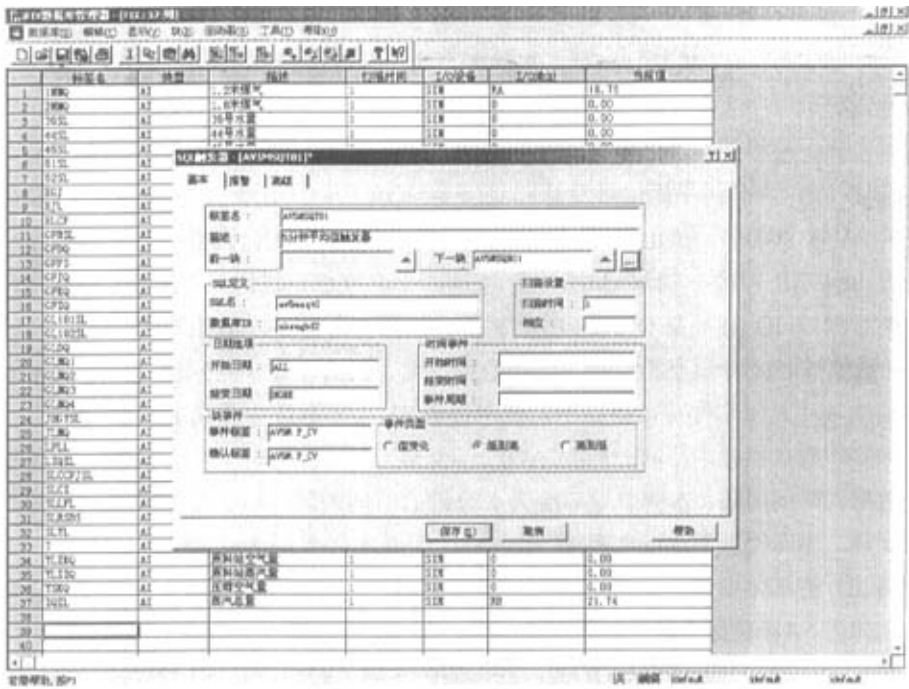


图 5.3 SQT 块  
Fig 5.3 SQT mass



图 5.4 SQD 块  
Fig 5.4 SQD mass

### ① SQT 的具体操作:

如图 5.3, SQT 块共有二页, 在基本页中, 标签名跟其他块名类似, 在实际应用中最好取一个有意义的标签名, 如本例中的 AV5MSQT01, 即表示 5 分钟的平均值触发器, 根据性质不同, 有 4 个 5 分钟的平均值触发器, 所以用 01 来区分。标签描述 (如: 5 分钟平均值触发器), 前一块不填, 下一块接 SQD 数据块, 如本例中的 AV5MSQD01。SQL 定义中的 SQL 名是指在 ORACLE 数据库中, 储存命令的表 SQLLIB 中的 SQLNAME 字段名, 这两个名字必须取同一个名字。SQL 定义中的数据库 ID 如果是 ORACLE 数据库, 则指 ORACLE 数据库的实例名, 默认为: 数据库名, 对于其他数据库, 则指数据库名。扫描设置 中的指扫描时间, 相位, 日期选项和时间事件可以根据不同要求而设定。(本系统中不用) 块事件中的 时间标签和确认标签中用同一标签 AV05.f\_cv 或 AV30S.f\_cv, 一个开关量。控制传送数据的时间间隔, 本例中 AV05 为 5 分钟的时间间隔, AV30S 为 30 秒钟的时间间隔。时间类型中选低到高。在 ADVANCE 页中采用默认设置即可。[28]

### ②. SQD 的具体操作:

如图 5.4, 在标签名中输入一个标签, 如 AV5MSQD01, 在下一块中输入下一个 SQD 数据块, 如 AV5MSQD02。在标签域中输入被传数据的标签名。

### ③. 设计技巧:

每一个 SQT (SQL TRIGGER) 能带一个以上的 SQD (SQL DATA) 数据块, 每一个 SQD 数据块最多可以带 20 个标签, 标签最好用.f\_cv, 如果用.a\_cv 则数值小于 1000。如果有多个 SQT 触发器, 此时的 SQLNAME 字段名千万不要重复, 一旦重复, 则 ORACLE 数据库中的相应表中将出现乱码或重行, 所以, 在调试过程中, 不要的 SQT 触发器应该删除。如果用一个开关量来触发 SQT 块, 则必须在时间类型 中选低到高或高到低, 通常用低到高。

## 5.2.2 ORACLE 的客户端建立与主机相连的字符串即服务名

系统终端程序通过该监听访问数据库。

①用鼠标点击开始菜单中的程序, 在 Oracle-Orahome81 的 Network Administration 下的点击 Net8 Configuration Assistant, 然后进行配置。

②.按照提示,一步步进行操作,在图中输入服务名 shougbf2,再按下一步,出现图 5.5。

③然后输入主机名 (即数据库所在的计算机名或 IP 静态地址。再选择默认端口 1521。

④进行连接测试。

注意: 只要服务栏中的 ORACLE TNS LISTENER80, 和 ORACLE

SERVICEORCL 启动通讯基本上没有问题。



图 5.5 客户端建立

Fig 5.5 Establish client

### 5.2.3 ODBC 的配置

- ①. 点击 WINDOWS2000 控制面板的管理工具的数据源。
- ②. 在 ODBC 数据源管理器中，选择添加用户 DSN，则出现‘创建新数据源’窗口。
- ③. 在‘创建新数据源’窗口中选择 Oracle ODBC Driver ,再点击完成，则出现‘Oracle8 ODBC Driver Setup’窗口。
- ④. 在 ‘Oracle8 ODBC Driver Setup’ 窗口中，输入数据源（Data Source Name）名称 shougbf2,描述(Descriptions)可以不输入。数据服务名（Data Source Service Name）为 shougbf2，用户名称（User ID）为 level1。

注意：数据源名也就是数据库的名字，与数据服务名不是一个东西，数据服务名也就是第二部分讲的与数据库连接的连接字符串，它可以与数据库同名，也可以不同名。其它的采用默认值即可。 [29]

### 5.2.4 iFIX 的 SCU 配置

（1）在 IFIX-SCU 的系统配置菜单中的任务栏中添加后台进程及参数 WSQLBODC.EXE /LD300 /CL4000 /CA30 和 WSQLODC.EXE /LD300 /CL4000 /CA30 前者用于测试，后者用于通讯，注意每一参数前必须留一空格，其中 /LD300 指装载时间为 300 秒钟，最大为 3600 秒；/CL4000 指 SQL 指令中最大字节数为

4000 个字节，根据不同的版本最大值不一样，/CA30 指缓存器个数 (cache)，最大可以达到 100。

(2) 在 IFIX-SCU 的系统配置菜单中的 SQL 任务栏中添加配置的账户，具体操作如下：

在‘SQL 帐户的已配置帐户’窗口中点击添加或配置，则出现‘SQL 帐户的 SQL 注册信息’窗口如图 5-6，在注册信息窗口中输入数据库类型：ORACLE，用户名：level1，密码：level1 数据库 ID：shougbf2，然后点击确定，返回‘SQL 帐户的已配置帐户’窗口。

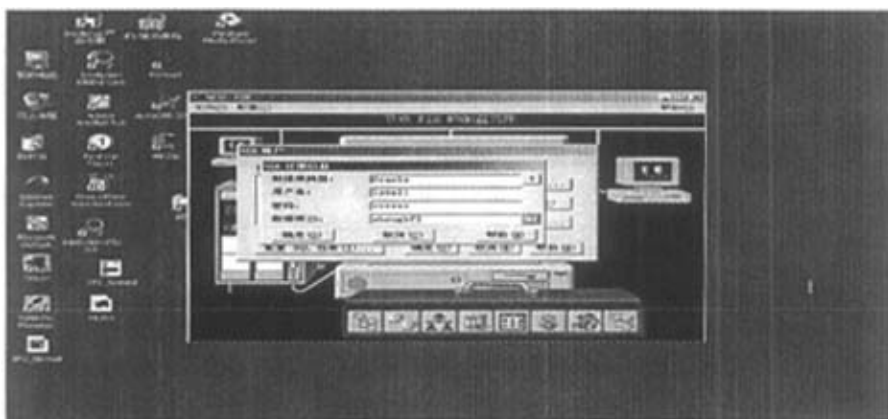


图 5.6 SQL 帐户的 SQL 注册信息

Fig5.6 SQL register of SQL user

在已配置帐户窗口中点击配置 SQL 任务，出现‘SQL 帐户的 SQL 任务组态’窗口如图 5.7，在任务组态窗口中选择 SQL 支持为启用，数据库 ID：shougbf2

SQL 命令表：SQLLIB

错误记录表：SQLERR

这些值是根据不同情况而设定的。而不是固定的。



图 5.7 SQL 任务组态

Fig 5.7 SQL task habitus

### 5.2.5 SQLLIB 和 SQLERR 的设计

在 ORACLE 数据库中创建命令表和错误表，表结构及建表命令如下：

```
create table SQLLIB ( sqlname varchar2(8) NOT NULL PRIMARY KEY,
sqlcmd varchar2(4000) NOT NULL );
create table SQLERR ( td date NOT NULL, node varchar2(8) NOT NULL,
tag varchar2(10) NOT NULL, sqlname varchar2(8) NOT NULL PRIMARY
KEY,
```

```
sql_err varchar2(250), iFIX_err varchar2(100), prog_err varchar2(100));
```

在 SQLLIB 命令表中需要存储一些记录，用来从 iFix 的 SQT,SQLD 那里取出相应的数据。

```
insert into sqllib(sqlname,sqlcmd) values('av30sqt','insert into av30s(
stamp30s,bp30s,tp30s,bv30s,ttopmm30s,co30s,co230s,
h230s,n230s,ch430s,sle130s,sle1status,sle230s,sle2status,ladle1,ladle2)
values(?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?);
```

上述命令向 SQLLIB 表中插入一条记录，该记录负责将 30 秒平均值的数据从 iFix 的 SQL 过程中取出送到 Oracle 数据库的 av30s 表中。SQLLIB 表中存储有九条类似的记录。负责将其它的数据从其他的从 iFix 的 SQL 过程中取出送到 Oracle 数据库的相应的表。<sup>[30]</sup>

# 第六章 界面开发

专家系统的所有用户界面和模型均采用 DEVELOPER 开发软件，信息网的界面开发用的 VB 和 Delphi6.0。

## 6.1 高炉专家系统主画面

高炉专家系统主画面显示最重要的测量、计算和控制变量值。图中也显示出高炉炉缸内的渣铁量。

在屏幕的底部显示出最新的行动建议和相关信息。并给出每一个控制变量的建议行动和实际值，也即：风量、焦比、附加焦、风温、富氧和顶压。

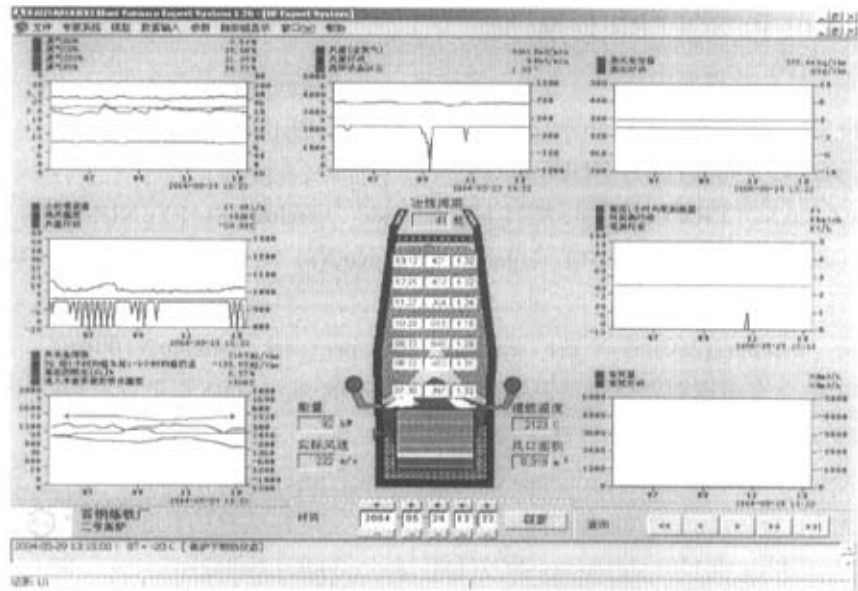


图 6.1 高炉专家系统主画面

Fig 6.1 Main tableau of furnace specialist system

## 6.2 数据输入

### 6.2.1 出铁数据输入界面

①出铁数据主要由工长手工输入到系统中。在其它的信息系统中用到的部分出铁数据可以自动地传过来。连续地采集出铁数据用来进行计算。出铁数据和原

料数据一样重要，因为它被应用到各种计算中。做为基于计算的一部分时间，出铁参数影响下列的模型程序：

- ☆技术计算
- ☆炉缸平衡模型

专家系统中出铁参数的输入画面布置图如下图：

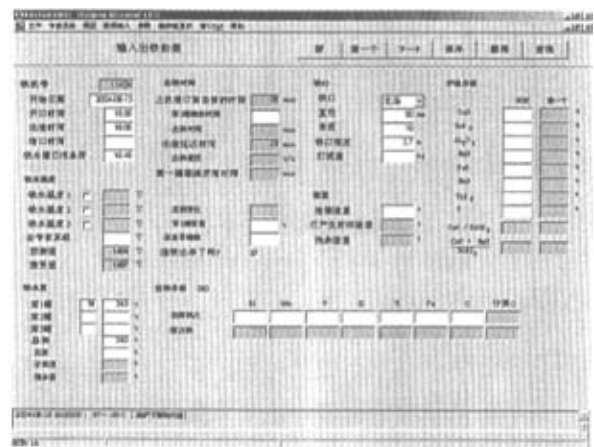


图 6.2 高炉专家出铁参数的输入画面

Fig 6.2 Output iron parameter input tableau of furnace specialist system

②栏目内的计算：

在出铁时间栏内输入：开始出铁，开始出渣，堵口时间计算下列内容：从上次堵口到这次出铁的时间间隔，出铁时间，出渣时间和出渣延迟时间。

炉渣成分中有三项计算项目：当输入  $\text{SiO}_2, \text{CaO}, \text{MgO}, \text{Al}_2\text{O}_3$  时就开始计算。

6.2.2 炉料分析显示

原燃料分析用户界面中只要有新的成分来时，用户就给系统输入新的成分，系统的用户选择每种加入炉料的成分用在炉料计算模型中。当打开时显示最近 8 次的分析值，同时显示上次计算的分析平均值，这个值已在专家系统中使用。

对于所有的炉料系统有一个选择表。原燃料成分表提供下列功能：

- ☆输入新成分
- ☆选择用于炉料计算的分析值
- ☆对于每一种炉料所选的分析值计算和存入新的权重平均值。

最近存入的带权重的平均值用于炉料计算模型和技术计算中。当改变原燃料或质量发生改变时，重新计算加料的分析值是合理的。

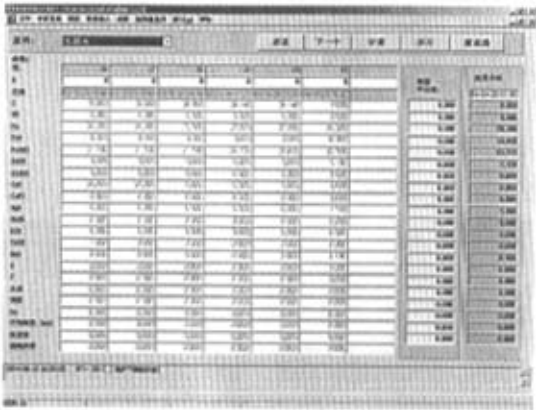


图 6.3 原燃料分析值

Fig 6.3 Material analytical amount

6.2.3 喷吹物分析的输入界面

喷吹物分析用户界面中只要有新成分可用，系统用户就向系统中输入新分析值。界面打开时，显示出最新的分析值。这个表提供下述的功能：可以输入新成分、可以修改和浏览以前的成分

专家系统用最新存入的分析值。在改变喷吹物或喷出的质量变化时，向专家系统中输入新成分是合理的。

喷吹物分析界面布置图见图：

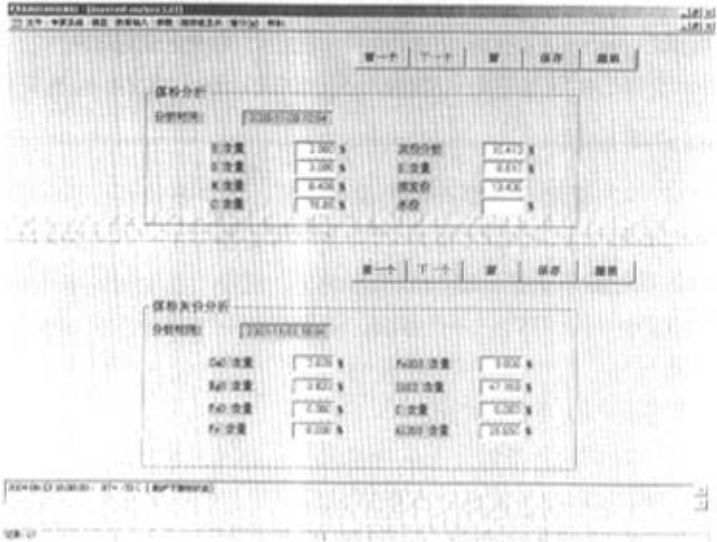


图 6.4 喷吹物分析

Fig 6.4 Blow material assay



6.2.4 筛分分析输入界面

筛分分析用户界面中只要得到新的分析值，就向系统输入新的筛分析值。这个表提供下述功能：可以输入新的成分、可以修改和浏览以前的成分专家系统用最新存入的分析值。在改变名称和质量变化时，向专家系统中输入新的分析值是合理的。

筛分分析界面布置图见图：

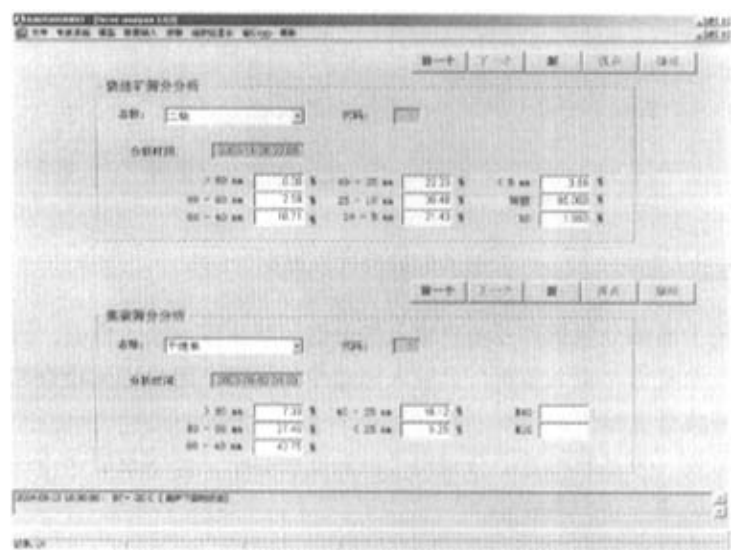


图 6.5 筛分分析  
Fig 6.5 Select assay

6.3 模型介绍

6.3.1 炉料计算模型显示

炉料计算模型是为满足所需的渣量铁量目标而计算所选炉料的数量。选择带有炉料成分显示的分析值。应用最新分析值，如改变原燃料或原燃料质量改变时，改变炉料计算用的分析值是合理的。

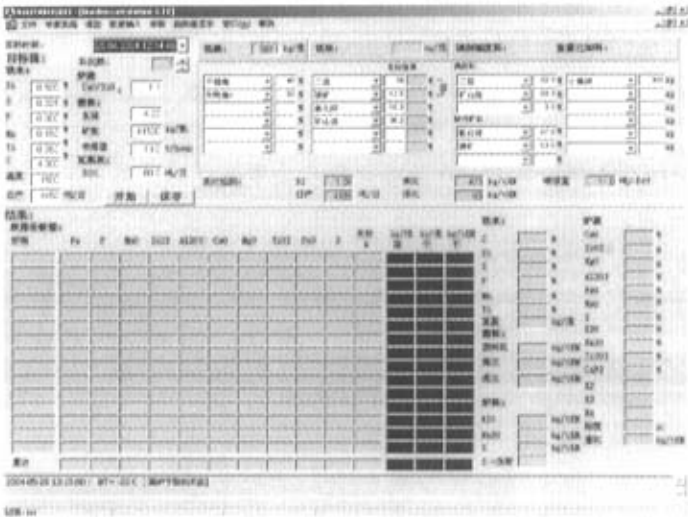


图 6.6 炉料计算显示

Fig. 6.6 Calculation and showing of furnace material

画面的上面部分包括需要用户输入的数据。默认以前输入数据，因此用户不需要在每一个栏内都输入数据，只输入想改变的栏目。用户应该检查和调整铁水成分和炉渣成分目标值。

计算重量（干基和湿重）分别用兰框和红框显示。接下来显示由计算碱度得到的计算生铁成分和炉渣成分。

6.3.2 炉料分布模型显示

显示典型料线处计算的炉料形状和炉料层厚，显示计算的煤气速度分布和整个矿/焦比。结果以炉子半径的函数给出。图中给出了计算中所需要输入的数据包括：炉顶上料设备的尺寸，某种炉料的特性等等和溜槽角度的代码。这个表调用 C——程序，这个 C 程序执行计算并将数据存入到 BUMO—OFFLINE 表中。

炉料分布模型如下显示：

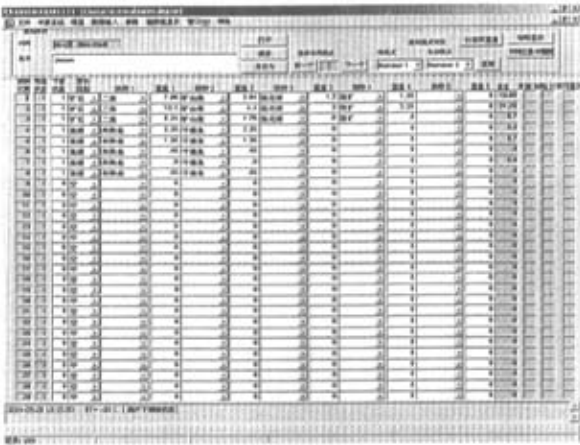


图 6.7 布料模型显示

Fig 6.7 Material distribution model showing

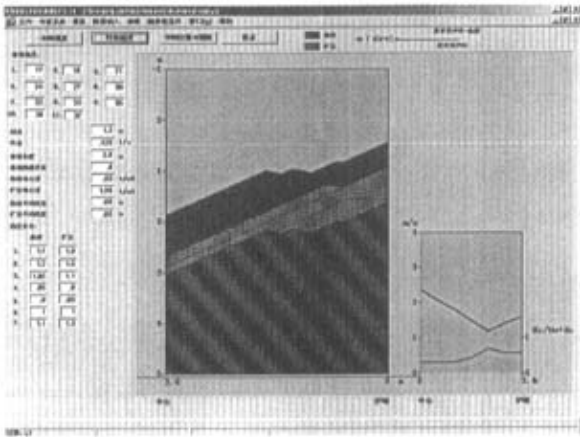


图 6.8 布料模型显示

Fig 6.8 Material distribution model showing

6.3.3 炉缸渣铁平衡显示

炉缸平衡显示出给定的目标生产率、出铁事件和炉缸平衡所需的信息。当打开画面时，最近 8 小时的出铁数据就从数据库中调出来，以条状的形式显示出来。由铁次来标明哪一个是最接近的出铁铁次，最大数铁次是最后一次铁。

应用这个显示可以对生产率及炉缸内的液体渣铁水平进行定夺和调整。显示的铁水量和炉渣量有助于操作者决定是否要开铁口。

炉缸平衡图显示出最近的出铁情况。两个图显示给定的最近 8 小时内出铁情

况：出铁时间，出铁速度，炉渣量和出渣延迟。在一个趋势图内也显示出了最近 8 小时内铁水温度和铁水重量。显示炉缸内渣铁数量的图上，炉缸平衡是可视的。出铁速度，生产率 and 炉渣重量，铁水重量，出铁时间，出铁开始时间，出铁结束时间，从上次出铁到现在的时间都可以显示。

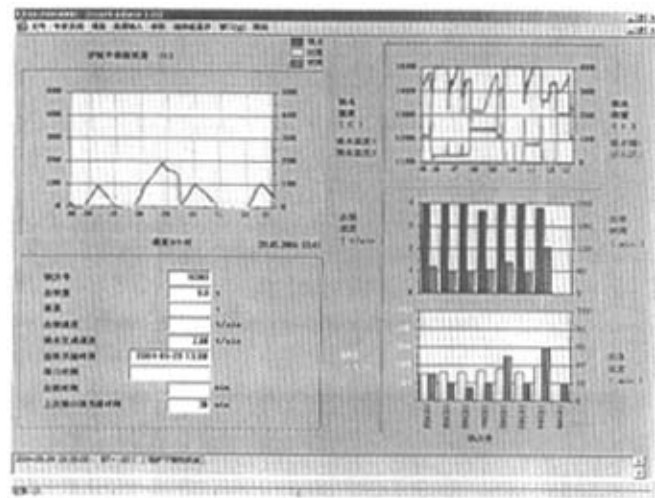


图 6.9 炉缸平衡显示:  
Fig 6.9 Crucible balance showing

6.3.4 炉缸侵蚀模型的显示

炉缸侵蚀监控用户界面上依靠用黄色表示的热电偶温度来进行计算并显示出砖衬厚度。当显示界面打开时，从数据库中得到最新的数据。

最初的砖衬厚度用黑色标出，目前的炉缸尺寸用实心来填充。可能的渣皮厚度用暗灰或暗红标出。

炉缸侵蚀监控，炉底侵蚀

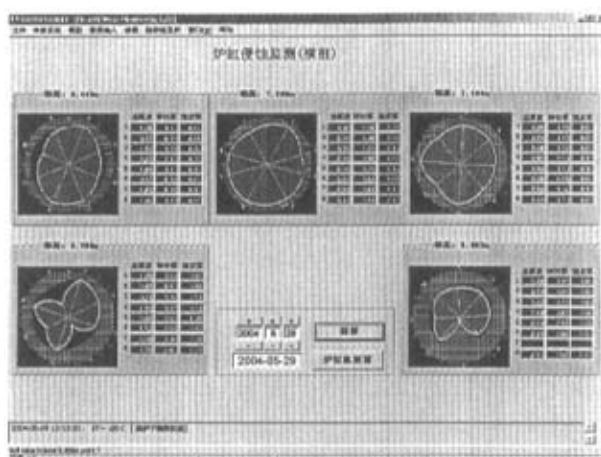


图 6.10 炉缸侵蚀监控

Fig 6.10 Crucible corrosion oversight

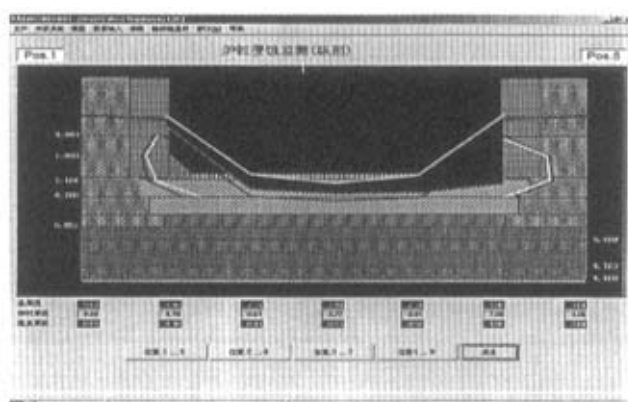


图 6.11 炉缸侵蚀监控

Fig 6.11 Crucible corrosion oversight

炉缸内部的热电偶计算出来的炉缸侵蚀线，用 1150℃和 800℃等温线来表示。如果炉底的温度坏了，则可用上一层的温度来画。在显示当前值的底部，也给出从 7 个在不同的点计算出的最小的炉衬厚度和渣皮的厚度。

6.3.5 十字测温显示

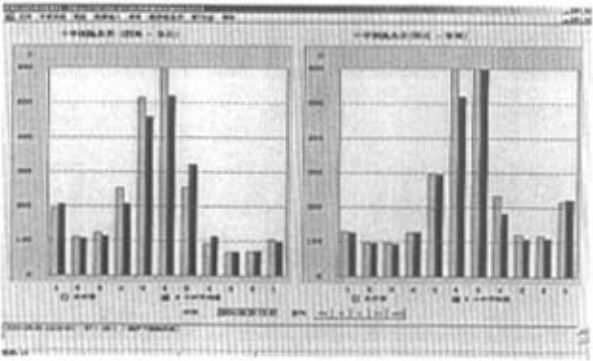


图 6.12 炉缸侵蚀监控

Fig 6.12 Crucible corrosion oversight

6.3.6 透气性和阻力指数

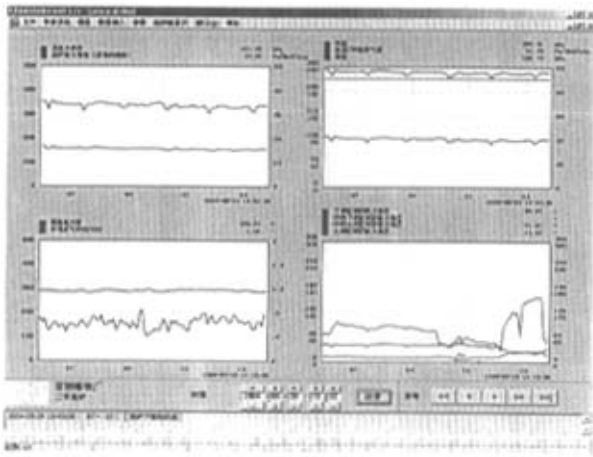


图 6.13 炉缸侵蚀监控

Fig 6.13 Crucible corrosion oversight

## 第七章 高炉专家系统数学模型

数学模型已经被广泛地应用于认识和改进生产过程,做花钱不多的模拟试验研究。但是由于大部分生产过程都十分复杂,所以难以用传统的数学方法准确地定义和描述。求解数模所需要的边界条件难以确定和测量,而且要求输入的数据准确、可靠,这就要求使用价格昂贵并需要经常维护的检测仪表。所有这些问题都限制了数学模型的应用。人工智能技术,特别是专家系统(ES),却可以把操作者和工程师的知识和专家技能与数学模型满意地结合起来,处理复杂过程的控制问题,使用和处理不完全的甚至不正确的信息。高炉专家系统不是抛弃高炉数学模型研究取得的成果,而是把专家的经验 and 过程数据处理后的结果有机地结合起来,以达到更准确地反映炉况和指导生产操作的目的。高炉数学模型作为指导高炉生产的重要手段不仅在大型高炉上显得日益重要,而且在中小高炉,如在攀钢 1350m<sup>3</sup> 高炉、安钢 300 m<sup>3</sup> 高炉上也都在努力研究。

### 7.1 无料钟炉顶布料预报模型

布料是保证炉内气流合理分布、炉料均匀下降、炉况正常的重要的上部调节手段。布料预报模型是以炉顶料面和炉身上部的温度和气流分布为依据,为此,在高炉炉顶安装了炉顶料面温度仪,炉顶料面形状仪、炉身探测器等检测设备。布料预报模型的思想是:(1)把无料钟溜槽的倾角和旋转圈数组合成许多布料方式,每一种组合代表一种布料方式,按每种布料方式的平均倾角排列,用参数码 A-Z 表示。改变参数码即改变布料方式、改变炉内煤气流分布。(2)根据各种探测器的信息,结合炉料装入现状,以保证合适的煤气流分布为前题作出恰当的判断,作为在线装料调整方向的指导。<sup>[31]</sup>

模型根据  $Q$ 、 $\Delta T$ 、 $N_B$  和  $N_Z$  指标,按判断逻辑评价炉内煤气流分布,在现有布料参数基础上预报今后布料参数改变的方向并在 CRT 上显示。操作人员还根据其它料面和炉身上部信息,最后确定布料方式参数码。其中: $Q$  为炉体热负荷或炉壁温度指数; $T$  为四个半径方向上炉壁处温度与中心最低温度差的平均值; $N_B$  和  $N_Z$  分别为炉身径向边缘和中心的煤气利用率。

## 7.2 炉况诊断模块

炉况诊断模块是专家系统的核心模块之一,它建立在专家知识库和专家经验的推理机制之上。炉况状态的正常与否是运行炉温智能控制模块的前提条件。根据高炉工长的经验,计算机通常需要对几十项参数进行判断与推理才能够确定炉况的正常状态,显然,这是一项十分费神的智力劳动,因此有时难免由于操作者的疏忽而不能防范故障于未然。<sup>[32]</sup>

建立在分钟级数据库基础上的智能化判断,可以作出炉况故障前兆报警。通过一段连续时间数据的智能化判断,如果出现故障前兆,那么优化站屏幕将自动显示出报警画面,建立 炉墙结厚结瘤、炉缸堆积、悬料和管道 4 种最主要的炉况故障前兆的诊断表,表中列出 12 项影响因素及其状态判断。表的上方是故障前兆发生概率图,它以简明的方式提示,使工长能够及时把握故障苗头及其发生问题的参数,从而很快采取措施,予以消除,而不至于发展成难以处理的事故。

智能化判断的数理逻辑模型如下。

### (1) 工艺语言转换为计算机可识别语言模型

例如定义“风压剧升”,“透气性剧降”为

风压剧升:: $\{FP(n)-FP(n-1) \geq d1\} \cap \{FP(n-1)-FP(n-2) \geq d2\}$

透气性剧降:: $\{FF(n)-FF(n-1) \leq -e1\} \cap \{FF(n-1)-FF(n-2) \leq -e1\}$ 如此等等。根据炼铁专家的各种故障判断知识,把工艺知识变换成数学模型。上式中  $X(n)$ ,  $X(n-1)$ ,  $X(n-2)$  表示某项参数的 3 次连续采样值  $d1, d2, e1, e2$  为门限值。

### (2) 数理逻辑推断模型

IF 风压剧升.AND.透气性剧降.AND.....THEN 可能发生悬料故障

这样,又把数学模型判断结果变换回工艺语言。使操作者能够一目了然地把握炉况。这就是计算机的智能化工作过程,它替代了工长的繁琐智力劳动。

### (3) 概率判断模型

在判断某一炉况故障前兆的  $N$  项事件中,如果已经发生了  $K$  项,则炉况故障发生的概率为  $\text{Prob}=K/N$ ; 如果各事件的影响重要程度不同,记  $a_i$  为第  $i$  项事

件的权系数,那么故障发生的预警概率则为  $\text{Prob} = \sum_{i=1}^k a_i$  如果连续显示预警概率

$\text{Prob}=100\%$ ,那么证明故障很快会发生,此时工长务必及时采取措施消除故障隐患,从而避免故障发生。



### 7.3 炉温的智能控制

随着铁区局域网的建成,自动采集数据的完善和化验室数据的直接录入,使得炉温智能控制的工艺计算和数学模型计算流程更加简捷,并能够自动提示工长进行炉温调控。<sup>[33]</sup>

在 Bellman 动态规划基础上,创新建立的铁水含硅量控制偏微分方程是:

$$\frac{\partial [Si]}{\partial t} = A \frac{\partial LS}{\partial t} + B \frac{\partial PMB}{\partial t} + F \frac{\partial FF}{\partial t} + L \frac{\partial FL}{\partial t} + W \frac{\partial FW}{\partial t} + B \frac{\partial TLC(T - \tau_1)}{\partial t}$$

式中料速指数  $LS$  透气性指数  $FF$  铁量差  $TLC$ (考虑时滞  $\tau_1$ ) 3 项为状态变量,而喷煤量  $PMB$ ,风量  $FL$ ,风温  $FW$  为控制变量。偏微分方程是在满足热平衡与物料平衡(即焦炭负荷与配料碱度基本平衡)的条件下计算的。其神经网络算法公式是:

$$B \frac{\partial X_j}{\partial t} = f\left(\sum_{i=1}^3 \omega_{ij} \chi_{ij} - \theta_j\right)$$

式中  $X_j$  代表第  $j$  项状态变量(或控制变量)  $\chi_{ij}$  是该项变量在不同时间段的采样值,  $\omega_{ij}$  是该项变量在不同时间段对炉温影响的权值,而  $\theta_j$  则是该项变量的阀值。由

(1)式的自学习得到方程系数,由(2)式代入(1)式求得  $[Si]$  的变动  $\frac{\partial [Si]}{\partial t}$ , 据此进行预测

控制。炉温控制方程每 30 min 自动计算一次。一炉铁冶炼期间进行 3—4 次预测计算以指导工长对炉温的调控。此偏微分方程的技巧与特点在于:它把冶炼过程间断采样的铁水含硅量的变化与冶炼过程可以动态检测的状态变量与控制变量的变化联系起来,并且随着状态的变动相应地调整控制变量,从而实现了工长操作经验的智能化建模。

从炉温智能控制的人机交互界面可以看到  $[si]$ 、 $[S]$  的预测计算值与实际值很接近,具有很强的实时控制指导价值。而考察国外高炉操作经验,也是强调透气性、料速两项参数“极其重要”,它从另一方面印证了方程仿真的科学性。<sup>[34]</sup>

### 7.4 炉底侵蚀模型

高炉的大型化和操作条件的严酷化加速了炉底耐火材料的损耗,导致高炉寿命的降低。因此,连续掌握炉底耐火材料的侵蚀状况,采取短期和长期的保护措施延长高炉寿命已成为重要课题。

护底传热可看作轴对称区域上的定常传热过程，炉底的热传导解析可归结为边界元素法的一维热传导，即区域边界上的积分问题，侵蚀线即铁水凝固温度的等温线的估计可看成自由边界问题。

本模型以安装在炉底侧壁、底板处多点温度计的温度信息作为输入数据，使温度计测量位置的实测值与根据边界元素法计算值的差的平方和最小，估计侵蚀线和凝固层线的位置。

若以， $X=X_1, X_2, \dots, X_n$ ，为所示侵蚀线轮廓的变量， $Y=Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ ，为对应各温度计安装位置处的计算温度，以  $Y=F(X)A \leq X \leq B$  表示炉底耐火材料外表面的温度分布，式中 A、B 表示根据经验和上次估计结果确定的本次估计的侵蚀线的范围。

以对应各温度计位置的计算温度  $Y$  与测量温度  $\bar{Y}$  的差的平方和为最小作为评价函数，求解变量  $X$ ，即得到侵蚀线。但考虑到评价函数  $\min \|Y - \bar{Y}\| = \min \sum_{i=1}^n |Y_i - \bar{Y}_i|^2$  的特性和拟牛顿法的局限性，因此，采用称为实验回归分析的统计最佳化法求解。<sup>[35]</sup>

实际证明用本模型估计的侵蚀线与钻孔实测的侵蚀线基本一致。

高炉炼铁过程如何应用计算机帮助工长自动高效地完成智力劳动，是炼铁技术进步的新趋势。在高炉控制室应用计算机替代高炉仪表，实现众多工艺参数的集中监控，这只是计算机应用的初级阶段，计算机作为人的智力劳动工具在高炉冶炼过程控制中能够发挥更深刻的作用。随着数学模型与专家知识规则的深入开发，随着信息化、网络化技术的发展，信息化带动工业化也必然能够实现炼铁技术进步的跨越式发展。具有我国自主知识产权的网络版智能控制专家系统在莱钢 750 吨高炉的成功运行，为此提供了宝贵的经验。信息网络化与基础自动化一样，是高炉应用智能控制专家系统、改善高炉技术经济指标的重要措施。

## 第八章 高炉专家系统 ORACLE 数据库

本系统数据库采用 Oracle8.1.7 版本。数据库及数据仓库，用来存储大量数据，便于计算，分析和推理。为其它软件提供数据和存储运算结果，是其它软件应用的核心。为了便于管理和存储好数据，本数据库系统创建了大量的表，用户，角色，触发器，函数，程序包，程序包体和同义词。不同的表属于不同的用户，不同的用户属于不同的角色，不同的角色拥有不同的权限。角色既是一组用户的集合。

### (1) 系统具体的运行框架

表 8.1 服务器端的框架

Table 8.1 Server frame

|                                      |
|--------------------------------------|
| 服务器应用程序                              |
| 开发工具：Oracle8i、Developer2000、VC++、 VB |
| Windows 2000 Server                  |
| 通讯协议（NetBEUI、TCP/IP、ODBC）            |
| 硬件平台                                 |

表 8.2 客户端的框架

Table8.2 Client frame

|                                       |
|---------------------------------------|
| 客户端的应用平台                              |
| 开发工具：Developer2000、VC++、Visual Basic  |
| 应用程序或模块                               |
| Windows 2000 Professional             |
| 通讯协议（NetBEUI、TCP/IP、MB+、MB1、DDE、ODBC） |
| 硬件平台                                  |

### (2) 子系统 Oracle 数据库的结构

Oracle 是依赖于同一个应用程序内的多线程工作的，而不是为每一个任务运行不同的可执行程序或应用程序，它的优点是在一定的性能水平上，其硬件要求很低，不像多进程会消耗可观的系统资源。

多线程系统对于给定的硬件平台而言是更加有效的，多线程任务由数据库执行

本身进程管理，线程的操作由数据库引擎来制定，并在最终执行时把这些指令发给操作系统。

(3) ODBC 存取服务器端

ODBC 实际上是一个数据库的访问库，如 Oracle 群组中的 MS Query、Access、Word、Excel、Foxpro、VB、VC 及 Delphi 等，都可依据 ODBC、ADO 和 Oracle 连接，ODBC、ADO 可以使应用程序直接操纵数据库中的数据。

●通讯机 ODBC 和 Oracle 连接如下图所示：

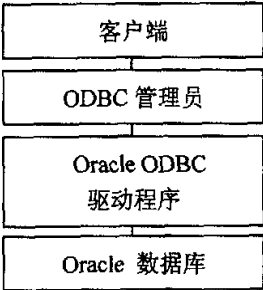


图 8.1 通讯机 ODBC 和 Oracle 连接图

●ADO 和 Oracle 连接如下图所示：

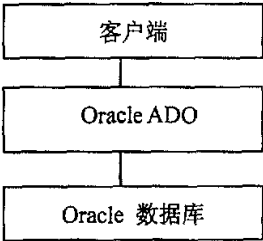


图 8.2 ADO 和 Oracle 连接图

Table8.1 Communication computer's  
ODBC and Oracle junction table

Table 8.2 ADO and Oacle  
junction table

(4) Oracle 的性能

Oracle 对象的系统范围，见下表：

表 8.3 客户机端的框架

Table 8.3 Client frame

| 对 象      | 范 围                          |
|----------|------------------------------|
| 设备       | 256 个设备，各逻辑服务器的最大容量 32GB     |
| 数据库      | 32767 个数据库，最小容量 1MB，最大容量 1TB |
| 表        | 每个数据库有 200 万个表，每行最大字节 1962   |
| 列        | 每表最多 250 列                   |
| 索引       | 每表一个簇式索引，249 个非簇式索引          |
| 触发器      | 每表最多三个触发器                    |
| 存储过程     | 255 个参数，16 级嵌套               |
| 用户连接     | 32767 个                      |
| 锁定及打开的对象 | 200 万                        |
| 打开的数据库   | 32767 个                      |

### (5) Oracle 关系数据库模型

关系数据库是一种所有用户可见数据都严格按表的形式组织起来的表，且所有库操作都是针对这些表进行的。关系数据模型是以集合论中的关系概念为基础发展起来的数据模型。

当前实际的数据库系统中所支持的主要模型有：

- 层次模型
- 网状模型
- 关系模型

关系数据库通过关系，按给定的选择条件，选出符合条件的元组，比较灵活。关系数据库是通过数学方法来处理数据的，与层次模型、网状模型相比，有很大进步。<sup>[23]</sup>

## 8.1 用户、角色和权限

本系统有用户：expert/ calcular, developer/ tekija, ruler/ knows, operator/ operator, level1/ level1, foreman/ esimies。

本系统有角色：engineers, owner, foremen, operators, communication;

权限：expert 用户拥有资源和连接的系统权限，有创建同义词和执行程序(包括函数，过程，包和包体)的权限。(而没有 DBA 的权限)

角色 Owner 拥有创建公共同义词的权限，engineers, foremen, operators, communication 拥有会话的权限。

用户 developer 属于 engineers 角色，用户 ruler;属于 engineers 角色，

用户 expert 属于 owner 角色，用户 foreman 属于 foremen 角色，

用户 operator 属于 operators 角色，用户 level1 属于 communication 角色。

communication 角色拥有的对象权限见文档 communication 角色的对象权限。

engineers 角色拥有的对象权限见文档 engineers 角色的对象权限。

同时 expert 具有读数据管道的权限。见 create\_dbms\_pipe.sql 文件。

## 8.2 数据库表

不同的用户拥有对不同表的操作权限。本系统中有以下五大类表，其中，expert 用户拥有对所有表的操作权限。用户 level1 拥有从一级系统来的所有数的临时表。表名及作用如下：

第一类表有：共 50 个，是除去这些后缀以外的表，是专家系统进行技术计算，推理，模型，画面显示真正需要的表。

第二类表：\_PLC，是表名加后缀\_PLC 类型的表，是指用于暂时存放直接从一级 PLC 系统中取来的数据的表，将记录存入相应的表中，此表只存放最新的一条记录；

第三类表：\_VAX，是表名加后缀\_VAX 类型的表，是指用于暂时存放直接从信息管理系统中取来的数据的表，只存放最新的一条记录；

第四类表：\_DESC，是表名加后缀\_DESC 类型的表，是对相应表中变量的描述，所有表的结构都一样，每一条记录是相应表中一个变量的描述。；

第五类表：\_HIST，是表名加后缀\_HIST 类型的表，用于存放相应表的历史值。有关表的创建命令，字段结构见相应的建库文件。

## 8.3 高炉专家系统 ORACLE 数据库的建立及安装

### (1) 建立

### Create Oracle database

Install Oracle8i standard edition (8.1.7) from cd:

- directory location : d:\oracle\ora81
- select Oracle 8i
- select installation type: custom
- language : english (only)
- select the follow products from the list:
  - Oracle 8i 8.1.7.0.0
    - Server
      - Net8 products
        - Net8 Client
        - Net8 Server
        - Oracle Names
        - Oracle Connection Manager
      - Oracle Utilities
        - Oracle Performance ...
        - Database Utilities
        - SQL\*Plus
      - Oracle Configuration Assistants

## Oracle Database Configuration Assistant

### Development tools

Oracle Call Interface OCI

Object Type Translator

Oracle Objects for OLE

Oracle ODBC Driver

Oracle Provider for OLE

Oracle XML SQL Utilities

### Oracle Installation Productions

Oracle Administration Assistant for Windows NT

### Oracle 8I Windows Documentation

- ( summary page (3 pages) from installation is in the end )
- create database: NO (make this later)
- NET configuration: YES (can make later)

create listener

add

listener name: LISTENER

selected protocols: tcp

use standard port number of 1521

### (2) 安装

#### **Install Pro\*C From cd Oracle8I Client:**

- select installation type: custom
- select the follow products from the list:

Oracle Programmer

Pro\*C

#### **Create database:**

Start program Database Configuration Assistant

- select installation type: custom
- select Data Warehousing environment

users: 5



图 8.3 Oracle 安装

Fig 8.3 Setup Oracle



图 8.4 Oracle 安装

Fig 8.4 Setup Oracle



图 8.5 Oracle 安装

Fig 8.5 Setup Oracle



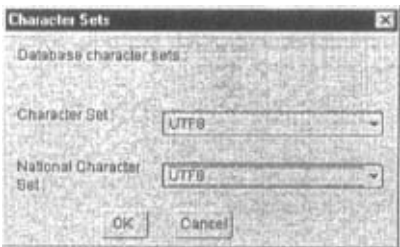


图 8.6 Oracle 安装

Fig 8.6 Setup Oracle

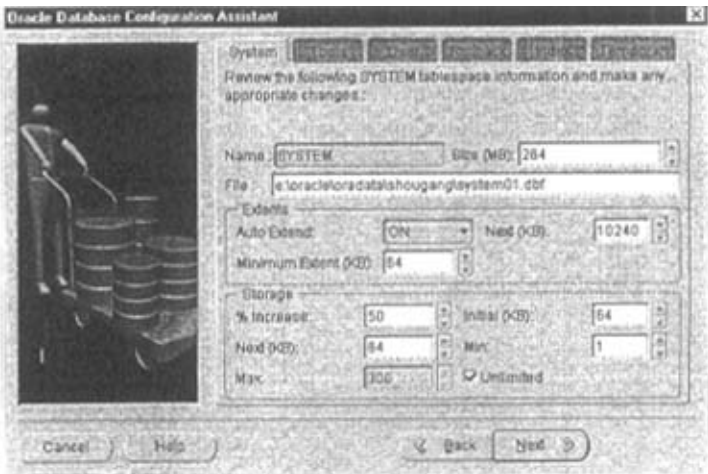


图 8.7 Oracle 安装

Fig 8.7 Setup Oracle

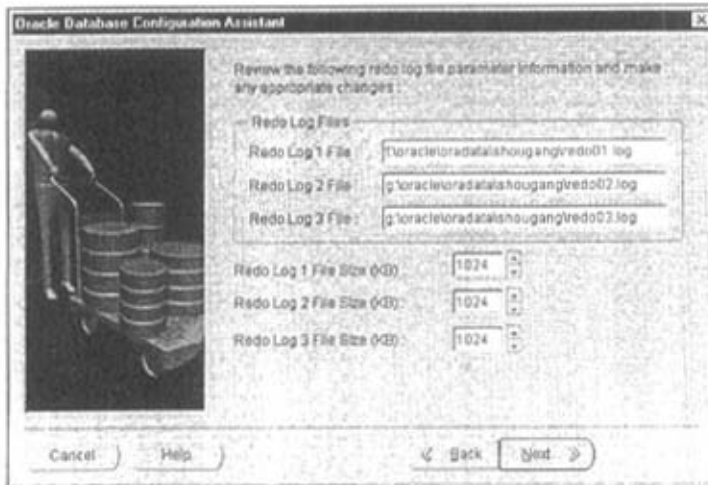


图 8.8 Oracle 安装

Fig 8.8 Setup Oracle

Now only data tablespaces are missing. Before you can create tablespaces you have to define network. Start program

### **Net8 Configuration Assistant**

- select naming methods configuration
  - local
- select net service name
  - add
  - service name: shougang
  - tcp
  - host name: bfes02 (computer name in network)
  - use standard port number of 1521

## 第九章 结束语

### 9.1 高炉专家系统具有功能:

①基本管理功能:高炉专家系统具有一般管理机所具有的功能。具体包括:数据的采集,数据的存储和数据的处理功能,专家系统可以根据用户的要求将有效的数据保存到15年或以上。另外,还有报表,数据输入,打印,趋势显示等功能。

②特有功能:所谓的特有功能就是一般的管理机所不具备的功能,具体体现在:对炉况进行动态认知,根据炉况的具体情况预报铁水温度,炉热情况,可能发生或已经发生的异常情况,并给出相应的警告或行动建议来指导操作人员进行操作。<sup>[35]</sup>

### 9.2 二高炉专家系统应改进的地方:

①高炉专家系统并不具备自学习功能:一提到高炉专家系统,大家就会很自然地想到人工智能,是的,高炉专家系统是人工智能的一部分,但是它并不具备人工智能的自学习功能,要真是这样,那高炉就会实现全自动的闭环控制了。

②高炉专家系统不对外部的波动进行指导,如:加料设备故障,漏水或停炉。

③高炉专家系统不能预报由外部原因导致的变化,如烧结况或焦炭质量改变时所引起的变化。

### 9.3 如何用好高炉专家系统

①正确认识高炉专家系统。大多数人缺乏对高炉专家系统的全面了解,对高炉专家系统期望过高,首先,全盘肯定高炉专家系统的功能,把高炉专家系统看得过于神秘,过于夸大它的作用(如某些商家所说的人工智能啦,自学习啦,神经网络啦等等功能)误以为有了高炉专家系统,就可以实现或接近自动炼铁了。其次,一旦高炉专家系统达不到理想的效果,又全盘否定高炉专家系统,认为高炉专家系统一点作用都没有。大家为什么会有这样一种心态?主要是缺乏对高炉专家系统的认识和理解。要想用好高炉专家系统,首先必须在认识上有所突破,必须认识到高炉专家系统有什么功能和不具备什么功能,什么事是高炉专家系统做的,什么事是工长,操作人员或维护人员做的。比如,高炉专家系统不能预报由外部原因导致的变化,如烧结况或焦炭质量改变时所引起的变化。操作者可以

根据经验和理论知识对这些变化采取措施,高炉的管理者也要在计划这段时间内就基本参数做出决定,如产量,能源消耗和原料情况等,还有高炉专家系统不对外部的波动进行指导,如:加料设备故障,漏水或停炉。这就要求我们的维护人员,及时修好这些设备。其次,必须充分的应用它和相信它,在实践中总结高炉专家系统有那些优点和不足。汽车是一个好的交通工具,但是它对不喜欢车的人来说却是一种负担。

②做好高炉专家系统的维护工作。高炉专家系统是一个很复杂的系统,不像一般的管理系统和控制系统,程序作完,调试以后就不用再改动了。高炉专家系统需要根据高炉在不同的负荷和生产条件下修改高炉的参数(技术计算和规则用的参数)。同时,需要保证外部测量的数据准确和及时。由于高炉专家系统自动采集和人工输入的数据量很大,所以需要一支高水平的维护队伍。

③做好高炉专家系统的消化,吸收和开发工作。目前,高炉专家系统达不到理想的效果的一个原因就是操作人员和维护人员没有真正的掌握高炉专家系统的指导思想,更谈不上对高炉专家系统的消化和吸收了,因为不能对高炉专家系统进行必要的修改,所以操作人员只能很机械的接收专家系统的警告或动作建议。原因并不是我们的操作人员和维护人员不愿意去学习和吸收它,而是,我们的商家(不管国内的还是国外的)对核心技术进行保密,所以,想要深入了解高炉专家系统的精髓,达到消化,吸收的程度很困难。这样就存在一个矛盾,操作人员必须消化吸收高炉专家系统的核心技术和精髓,才能熟练掌握高炉专家系统的指导思想和行动建议,而商家必须保守高炉专家系统的核心技术,才能保护他们的知识产权。方法有二。第一,商家对购买者公开他们的核心技术,与购买者签署保守秘密的条约;第二,购买者组织技术力量,进行技术攻关,消化,吸收别人的经验和指导思想。结合自己高炉的特点,由自己的冶炼专家提出自己高炉专家系统的构想,然后,由自己的计算机专家来合作开发。只有这样的高炉专家系统才能真正发挥它的应有的作用。第一种方法,对商家来说风险太大,我想实现的可能性较小。第二种方法,需要公司的大力支持,包括人力,物力和财力方面的支持,同时还需要有政策上的激励措施和良好的机制,否则,即使开发成功了,也会很快夭折(90年代初,首钢开发的高炉专家系统就是一个例证)。

## 参考文献

- [1] 高贤成, 张国营, 殷玉祥. 炼铁优化专家系统在济钢高炉上的应用 [J], 钢铁, 2000 年(6): 6-9
- [2] 刘祥官, 刘芳, 李满喜, 高贤成, 张国营, 戚大波. 炼铁优化专家系统在济钢高炉的应用[J], 冶金自动化, 2000(2):15-19.
- [3] 陈令冲. 我国高炉专家系统开发的现状[J], 炼铁, 2001, 20(4):25-29.
- [4] J.Y.F.Yam, T.W.S.Chow.A Weight Initialization Method for ImProving Training SPeed in Feedforward Neural Network[J], NeurocomPuting, 2000, 30:219-232
- [5] James R Coakley, Carol E.Brown.Artificial Neural Networks in Accounting and Finance:Modeling Issues.International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance&Management, 2000, 9:119-120
- [6] 刘祥官, 刘显著, 蒋美华, 吴晓峰, 陈玉明, 张晓军, 陈铁军. 智能控制专家系统在莱钢高炉的应用[J], 冶金自动化, 2002(6):15-19
- [7] 冯震, 董世泽. 高炉专家系统在本钢五号高炉的应用[J], 本溪冶金高等专科学校学报, 第 5 卷第 4 期, 2003 年 12 月: 29-31
- [8] 胡仁安. 钢铁工业自动化的新技术(下) [J], 冶金自动化, 2001(2): 6-9
- [9] 刘祥官, 刘芳. 高炉过程优化与智能控制模型[J], 高校应用数学学报(A 辑), 2001, 16(4):462-470.
- [10] G.Brunnbauer, B.Runner, H.Nogratnig.The fully automatic blast furnace-only a version[J],Both Iron making Conference Proceedings,2001, 3:677-688.
- [11] K.Otsuka et al. ex ert system for blast furnace operation[J],The sumitomo search. 1992, 7(50):43-50.
- [12] 刘云彩, 张宗民, 杨天钧. 人工智能高炉冶炼专家系统的开发[M], 北京:电子工业出版社, 1995
- [13] 万谷志. 钢铁冶炼[M], 北京:冶金工业出版社, 2001, 99-105
- [14] 毕学工. 高炉专家系统的研究与升发(二) [J], 炼铁, 2000, 19(3): 50-54
- [15] 敖志刚. 人工智能与专家系统导论[M], 中国科学技术大学出版社, 2002, 121-126
- [16] 邵军力, 张景, 魏长华. 人工智能基础[M], 电子工业出版社, 2000, 133-138

- [17] K. Mastuda et al. Applications of artificial intelligence to operation control of Kobe No.3 blast furnace. Proc. of the Sixth International Iron and Steel Congress, Nagoya, Japan, ISIJ. 1990, 5:1-9.
- [18] V. R. Radhakrishnan, A. R. Mohamed. Neural networks for identification and control of blast furnace hot metal quality. Journal of Process control. 2000, 10:509-524.
- [19] 蔡自兴, 徐光佑. 人工智能及其应用[M], 北京:清华大学出版社, 2000, 119-124
- [20] 廉师友. 人工智能技术导论[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2000, 123-134
- [21] 印鉴, 刘星成. 专家系统原理与编程[M], 机械工业出版社, 2000, 223-227
- [22] 马竹悟, 邱建平, 李江. 钢铁工业自动化(炼铁卷), 北京:冶金工业出版社, 2000, 227-230
- [23] Robin Cowan. Expert system: aspect of limitations to the codifiability of knowledge[J], Research Policy. 2001, 30:1355 — 1360
- [24] QingfengZeng, JiakuiZu, et al. Designing Expert System with Artificial Neural Networks for in situ toughened Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>[J], Materials and Design, 2002, 23:287-289
- [25] I. A. Basheer, M. Hajmeer. Artificial Neural Networks: fundamentals, computing, design and application[J], Journal of Microbiological Methods, 2000, 43:3-31
- [26] M. E. Yahia, R. Mahmood, N. Sulaiman, F. Ahmad, Rough Neural Expert System. Expert Systems with Applications[M], 2000, 18:87-89
- [27] 毕学功. 高炉专家系统的研究与开发(一)[J]. 炼铁, 2000, 2(19):50-54.
- [28] 毕学功. 高炉专家系统的研究与开发(二)[J]. 炼铁, 2000, 3(19):50-55
- [29] 尹朝庆, 尹皓. 人工智能与专家系统[M], 中国水利水电出版社, 2002:21-29
- [30] Alfons Schuster, Mary Shapcott, et al. A Multiple Approach to Data Analysis in Knowledge-Based Systems and Uncertainty Management[J], Int. J. of Intelligent Systems, 2000, 15:93-116
- [31] A. P. Engelbrecht, R. Brits, Supervised Training Using an Unsupervised Approach to Active Learning[J], Neural Processing Letters, 2002, 15:246-260
- [32] Hiroshi Tsukimoto. Pattern Reasoning: Logical Reasoning of Neural Networks[J], Systems and Computers in Japan, 2001, 32(2):2-6

- [33] Tsukimoto H.Extracting rules from trained neural networks[J], IEEE Trans Neural Networks, 2000, 11:377-389.
- [34] Meenakshi Vanmali, Mark Last, Abraham Kandel, Using a Neural Network in the Software Testing Process[J], INT .J.of Intelligent Systems, 2002, 17:45-62
- [35]王万森.人工智能原理及其应用[M], 电子工业出版社, 2000, 118-124

## 致 谢

在本论文完成之际，首先要感谢我的指导老师王安娜教授，对我撰写论文所给予的悉心的指导，热情的帮助和鼓励。我的论文是在老师高屋建瓴的指导下、认真细致的批改下、循循善诱的教导下才得以顺利完成。充分体现了老师科学严谨的治学风范和知行合一的精神楷模。

感谢王绪，胡丕俊高工在繁忙的工作之余对我完成论文的鼎力相助。还要感谢首钢周检平、马立友工程师以及有关人员对我们完成项目试验给予的大力支持。感谢在我编写论文期间给予我支持与帮助的同学和同事们。