

锌沸腾焙烧专家系统的研究和开发^①

张瑞瑛 陈松乔

(中南工业大学信息工程学院, 长沙 410083)

摘 要 介绍了锌沸腾焙烧专家系统的结构与功能, 锌沸腾焙烧的专家知识与推理, 重点分析了该专家系统的主要特点, 包括改造的黑板系统、动态数据交换、数学模型以及多任务机制等。该系统应用于现场的实际生产, 取得了良好的效果。

关键词 专家系统 动态数据交换 黑板系统

在冶炼生产中, 锌的生产是十分重要的。从硫化锌精矿中提取锌, 就必须对硫化锌精矿进行焙烧。在湿法冶炼中, 焙烧锌精矿的目的是使精矿中的硫化锌转变成氧化物和部分硫酸盐, 同时尽可能完全地除掉砷、锑等杂质。这种焙烧又被称为硫酸化焙烧, 焙烧设备包括多膛焙烧炉、沸腾焙烧炉和悬浮焙烧炉等, 其中沸腾焙烧在有色冶金中的应用十分广泛, 发展十分迅速。沸腾焙烧的重要因素包括沸腾层温度、鼓风压力、料量和鼓风量等, 它们的相互关系直接影响着产品的产量和质量。全世界的冶金科技工作者都希望采取计算机自动控制的方法来控制这些因素, 但目前世界上还未见成功应用的先例。本文针对这个情况, 结合我国冶炼厂锌沸腾焙烧的生产, 研制开发了锌沸腾焙烧专家系统。

1 功能结构

锌沸腾焙烧专家系统由服务器应用程序(ZYSVR. EXE) 和客户应用程序(ZYPRJ. EXE) 组成, 服务器应用程序负责定时采集现场数据, 并发送给客户应用程序; 客户应用程序负责接收数据, 对现场进行在线监控, 对异常情况进行报警, 并分析其产生原因, 给出处理方案。客户应用程序还负责将实时数据送入

模型进行运算, 得出理论工艺参数, 通过分析理论值与检测值, 给出工艺参数调整方案, 并对产品的质量和产量进行预测分析。客户应用程序还负责打印参数报表及曲线图, 查询历史数据, 设置工艺参数正常范围, 提供专家知识以及动态显示工艺流程图等。系统主体结构如图1所示。

2 系统特点

锌沸腾焙烧专家系统根据工业控制的特点以及锌沸腾焙烧实际生产的需要, 在专家系统部分主要进行了如下几个方面的工作:

2.1 改造的黑板系统

在专家系统的研究中, 总体结构的设计是十分重要的, 它决定着整个系统的知识组织方式、推理机制等重要因素。如果一个复杂领域的问题, 能被分解成若干相对独立的子问题, 则相应的专家系统就可以采用一种分布式的总体结构, 它的典型代表就是黑板系统^[1]。在黑板系统中, 每个子问题对应一个子专家系统, 它们只是共用了一个数据库, 即黑板; 它们相互之间并没有直接的联系。问题的求解过程为: 控制机构根据黑板当前的状态决定启动哪一个子专家系统, 被启动的子专家系统以黑板的内容作为已知条件运用自己的知识库和推理

① 收稿日期: 1996-02-14; 修回日期: 1996-11-13 张瑞瑛, 女, 23岁, 博士研究生

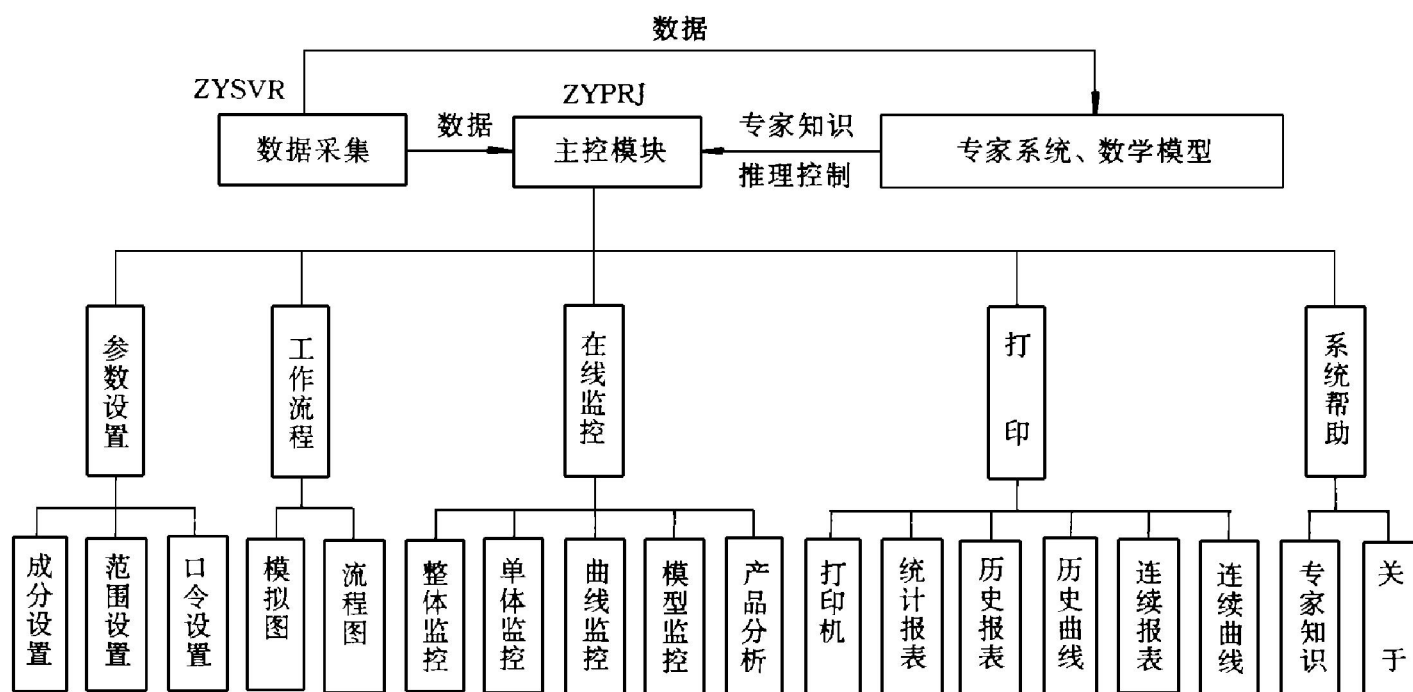


图1 系统主体结构

机得出新的结论，并将这些结论写在黑板上。这时控制机构根据新的黑板状态判断问题是否已解决，若已解决则求解结束，否则根据新的黑板状态决定启动另一个子专家系统。

沸腾焙烧工艺生产过程阶段多，机理复杂，工艺参数经常改变，过程变量多且相互干扰大，这就决定了沸腾焙烧专家系统是一个大型的多目标复杂问题的求解系统^[2]。沸腾焙烧中需要对原料进行分析，判断原料是否合格；需要对现场生产状况进行实时在线监控，对整个工艺参数进行分析、计算；还需要对产品质量进行预测，以提高产品质量。这样，总体专家系统就由三个子专家系统组成，同时还包括知识库、数据库和模型库，使本专家系统有着分布式、多库协作的特点，因此在理论上采用黑板系统，它允许多种知识表达方法和推理方法并存，各子专家系统的启动具有实时性和并行处理机制。但启动子专家系统的实时调度策略的实现需要大量的附加信息，要消耗大量计算机资源，因此本文采用了一种改造的黑板系统，如图2所示，即取消了总体专家系统的控制机构，代之以用户界面，从而对子专家系统的操作直接由用户决定，大大提高了用户的主观能动性。

本专家系统的知识库中知识的组织采用了单调式产生式规则表示，收集了有关锌沸腾焙烧的控制型专家知识40余条，每条规则的调用均不影响其后面规则的使用。产生式规则表示如下：

IF 条件 THEN 结论

以监控分析子系统为例：

.....

R16: IF 7# 温度高于 900 °C

THEN 沸腾层温度过高，硫酸锌易于分解，可能得不到一定数量的硫酸锌，导致焙砂质量不合格

R17: IF 炉顶温度高于 980 °C

THEN 炉顶温度过高，可能是精矿的水分太低，易造成烟尘率增大，增加收尘设备的负担

R18: IF SO₂ 浓度小于 7%

THEN SO₂ 浓度过低，不宜送去制酸

.....

R22: IF 以上条件均不成立

THEN 现场工艺条件正常

R23: IF R22 不成立

THEN 现场工艺条件异常

推理的实质是一种搜索，不同的推理方法

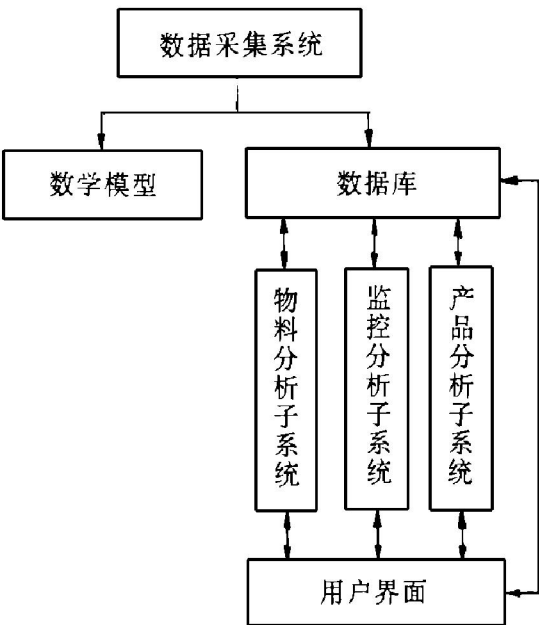


图 2 沸腾焙烧专家系统总体结构

是采用了不同的搜索。在专家系统领域中，不同类型的专家系统都具有各自不同的特性，而区别它们的重要特征之一就是搜索方法。搜索策略和方法的不同就决定了不同的推理策略。专家系统中一般有正向推理、反向推理、事件驱动等多种推理策略。本系统采用数据驱动控制，即正向推理，这样，用户可主动提供数据信息。对于产生式规则系统的推理过程如下：

- (1) 事实库初始化;
- (2) 若存在未用规则前提与事实库相匹配，则转(3)，否则转(5);
- (3) 使用规则，更新事实库，并将所用规则作上标记;
- (4) 事实库是否包含解。若是，则终止求解过程，否则转(2);
- (5) 要求更多的关于问题的信息，若不能提供所要信息，则求解失败，否则更新事实库并转(2)。

例如，在进行在线监控时，采集的现场实时数据组成一个事实库。监控分析专家系统将事实库与规则 R13~ R23 中未使用过的规则一一匹配，如匹配成功，则将该规则作上标记，表明已被使用过，并更新事实库，直至事实库中包含了问题的解，即判断出现场工艺条件为

“正常”或“不正常”。

2.2 动态数据交换

当数据采集系统采集到数据后，需要将这些数据实时传递给数学模型、专家系统或其它应用程序。在以往的工业控制系统中，由于采用的是 DOS 环境，两个独立的应用程序之间只能通过文件等数据存储方式来传递数据，而无法实现动态数据交换。这样速度慢、效率低，不能保证实时数据的准确性。在本系统中，使用动态数据交换，参与数据交换的两个应用程序负责一个 DDE 会话，发送数据的为服务器应用程序，接收数据的为客户应用程序。DDE 是一种消息协议，它通过在应用程序之间传递消息来交换数据。DDE 具有两种永久性的数据连接：暖连接和热连接。在暖连接中，服务器通知客户数据发生了改变，但只有当客户请求时，它才把新的数据传递给客户。而在热连接中，一旦数据改变，服务器就立即将更改后的数据传递给客户。根据工业控制中数据的实时性，本专家系统采用了热连接，即服务器定时采集数据，并及时传递给客户，而不是等待客户自己来索取，因为客户根本就不知道数据何时改了，应该何时去索取。这样就避免了数据的丢失。

2.3 多任务机制

本系统采用 Windows 作为运行环境，这样就允许在同一时刻运行多个应用程序。本系统中，数据采集程序与专家系统同时运行，大大提高了系统的实时性，而且如果还有其它的应用程序在同一时刻需要同样的数据，则可共用数据采集程序，从而减少了编程量，并可实现统一管理。

2.4 面向对象与消息响应

本系统采用面向对象机制进行编程，利用抽象、封装与多态性等特点，增强了数据的可靠性，大大减少了编程量。此外，本系统对用户的输入采用消息响应的方式，在实现与操作上都十分方便。

2.5 数学模型的应用

本专家系统建立了沸腾焙烧的数学模型，

进行了锌精矿物组组成计算、烟尘产出率及其化学与物组组成计算、焙砂产出率及其化学与物组组成计算、焙烧需要的空气量以及产出烟气量与组成的计算、沸腾焙烧物料平衡计算和热平衡计算。这个数学模型为合理控制沸腾炉的稳定生产,优化工艺操作条件,产出合格的焙砂产品提供了决策依据,为专家系统的推理提供了理论基础。

3 结论

本专家系统的研究和开发,大大提高了锌沸腾焙烧生产的自动化程度,其中改造的黑板系统为复杂领域问题的求解提供了理论依据,动态数据交换解决了传统工业控制专家系统实时性差的问题,而数学模型的建立为工艺参数

的优化控制提供了理论保证。本系统还在运行机制及界面设计上做了很多工作,为工业控制专家系统与 Windows 操作系统的结合提供了实践基础。本专家系统已在株洲冶炼厂锌沸腾焙烧现场运行,提高了该厂锌生产的自动化程度,提供了产品产量与质量的保证,得到了专家们的一致好评。

参考文献

- 1 涂序彦. 见: 中国人工智能'90 会议论文集. 1990, 1- 6.
- 2 张慰南. 计算机科学, 1987, (3): 1- 5.
- 3 张成奇. 计算机科学, 1987, (3): 6- 11.
- 4 Kfurukawa *et al.* 计算机科学, 1984(专辑).
- 5 施 欣等. 计算机科学, 1991, (3): 70- 74.
- 6 Buchanan B G, Duda R D. 计算机科学, 1986, (3): 23- 47.
- 7 Szekely J. JOM, 1990, (2): 16- 21.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN EXPERT SYSTEM FOR FLUDIZED-BED ROASTING

Zhang Ruiying, Chen Songqiao

College of Information Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083

ABSTRACT The general structure and functions of the expert system for fludized-bed roasting were introduced and its main characteristics were analysed in ditail, including an improved blackboard system, dynamic data exchange, multi-application mechnism and mathmatical model. The satisfied results have been obtained by applicating the expert system in the practical production in a smelt.

Key words expert system DDE blackboard system

(编辑 何学锋)