

文章编号:1000-582X(2003)11-0067-03

# 模拟高炉值班室操作仿真系统

贾碧,施金良,何兰,王大威

(重庆工业高等专科学校 化工系,重庆 400050)

**摘要:**根据仿真系统的理论和高炉操作的特点,开发了一个模拟高炉值班室操作的仿真系统,建立了数学统计模型。该系统采用菜单操作方式,人-机界面方便灵活,系统结构通用性强。现场数据的实际验证表明,该系统在培训用户和调试专家系统方面,取得了较满意的效果。

**关键词:**高炉;值班室操作;仿真系统

**中图分类号:**TF54

**文献标识码:**A

传统的高炉炼铁生产工艺要想降低成本、改良品种、改善质量、提高效益、与国际接轨,就必须建立高性能的计算机控制系统。高炉计算机控制系统包括基础自动化和过程自动化。国内外现状表明:高炉炼铁生产过程的基础自动化部分已经很成熟了,而过程自动化还需作进一步的研究与探索<sup>[1]</sup>。

由于高炉过程的复杂性,在炉况正常时采用高炉冶炼过程数学模型判断炉况有较高的命中率;但在异常炉况时,这种不均匀、非线性、强耦合的惰性系统常常出现偏差。所以,为了实现高炉生产的过程自动化,必须研究开发建立在人工智能、知识工程及模糊数学基础上的适合我国大、中、小型高炉的冶炼过程专家系统<sup>[2]</sup>。但由于高炉生产的特殊性,不可能随意到生产现场做调试实验。所以,必须研制出模拟高炉值班室操作的仿真系统,以便调试适合不同高炉特点的专家系统。另一方面,随着时代的变迁和市场经济的发展,要求培养的学生不仅要掌握传统的炼铁技术,而且更要掌握现代化的炼铁技术和具备较强的工程实践能力。学生在炼铁原理、工艺及设备等方面的理论教学是得到了充分保证的,但由于炼铁厂生产现场的危险性及市场经济的作用,学生的实践性教学环节却得不到保证——学生到生产第一线不能亲自动手操作。这严重妨碍了学生对传统的和现代炼铁技术的掌握及工程实践能力的提高。因此,开发研制模拟高炉值班室操作仿真系统具有十分重要的意义。

## 1 系统设计

该系统是模拟高炉值班室操作的过程仿真培训系统,是用“物理仿真”和“数字仿真”联合进行的<sup>[3]</sup>。系统的总体结构如图1所示。

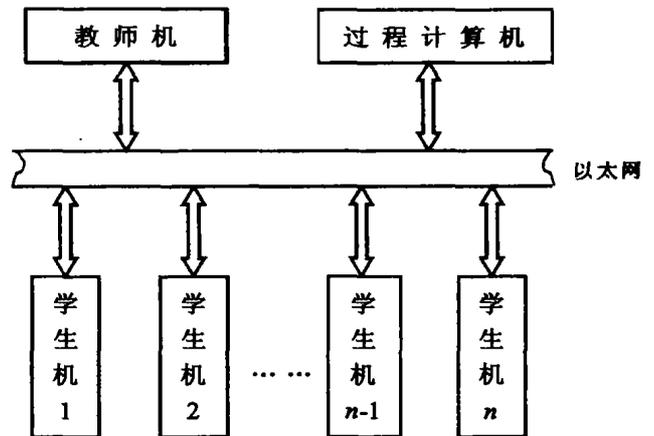


图1 系统总体结构

1)数据采集。用硬盘采集生产现场的各种传感器数据、一些人工输入参数和人工观察参数。

2)数据预处理。数据预处理的任务是为仿真系统提供所需的数据。数据预处理包括以下3方面的内容:

一是现场生产数据转化为仿真系统数据。生产现场使用 Wincc 软件的历史数据库是采用 Sybase 格式保存数据的,转化过程中在 Windows NT 操作系统中为

• 收稿日期:2003-06-25

基金项目:重庆市教委资助项目(001002)

作者简介:贾碧(1964-),女,四川成都人,重庆工业高等专科学校副教授,从事仿真系统、专家系统等方向的研究。

数据库文件建立一个 ODBC 数据源,然后在 C++ Builder<sup>[4]</sup>中使用 TTable 控件打开数据源中的表格,并用程序将其中的历史数据读出写入到二进制文件中,实现从生产现场数据到仿真系统数据的转化。

二是对仿真系统中现场生产数据进行分析整理,删除那些未发生异常炉况的数据,而将那些发生了异常炉况的数据组合起来,刻录在光盘上,作为生产现场给学生机的数据。

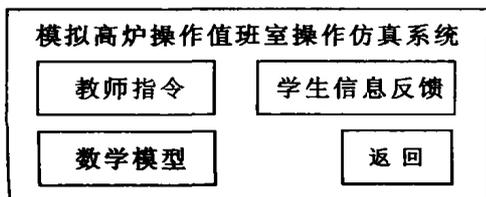
三是对上一步骤中发生异常炉况的数据,根据异常炉况的种类将相应数据分别存入各种历史故障中,作为历史故障给学生机的数据。

3) 数据库。用于存放各种历史故障的数据<sup>[5]</sup>。

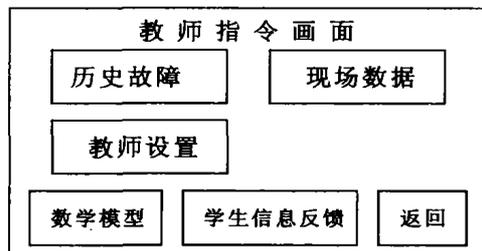
该系统从功能上可分为 3 个子系统:教师指令子系统、数学模型子系统、学生信息反馈子系统。是否给用户提供一个良好的交互环境是很重要的。一方面使任何一个对该系统一无所知的人,在环境信息的提示下,能对该系统作出正确的操作;另一方面经系统建立者精心构筑的 13 种异常炉况及精心采集的各种异常炉况的历史数据,通过该系统的训练能够有效地帮助和启发用户正确地思维,学会炉况判断和炉况处理的方法,从而达到缩短实习时间、提高实习效率、提高学生用户的现场操作水平和有利于培养其工程实践能力的目的。此外,将专家系统安装在学生机上,通过现场数据给学生机,使专家系统不断接收到现场生产数据(就象专家系统安装在生产现场高炉值班室中的监控计算机上一样),利用这些数据对炉况作出判断并给出相应的操作指导,将专家系统的判断结果同现场生产实际发生的炉况故障进行比较,确定专家系统的命中率。若命中率达到要求,则分析原因,对专家系统作出改进,使其命中率提高,以达到要求。从而,在仿真系统上真正实现了对专家系统的调试和开发。由于高炉生产实时性强,所以系统环境信息的设置力图简单明了。整个系统采用菜单驱动方式并结合 C++ Builder 语言方便的窗口功能,使交互环境生动、直观。例如系统初启时在屏幕上显示:

模拟高炉值班室操作仿真系统

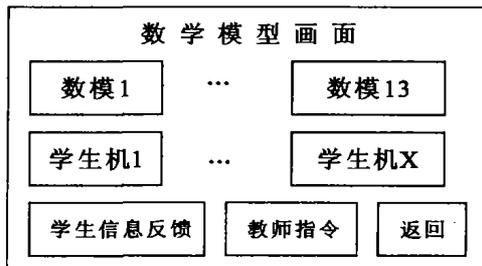
双击“模拟高炉值班室操作仿真系统”则出现系统主画面:



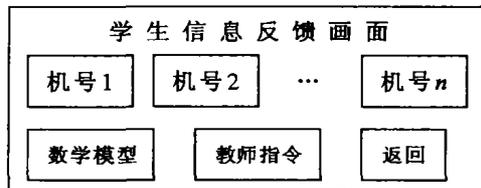
点击“教师指令”,则出现相应画面:



点击“数学模型”,则出现相应画面:



点击“学生信息反馈”,会出现相应的画面:



2 数学模型

仿真系统所用数学模型的主要任务是通过求解描述高炉基本现象的方程组,模拟高炉内发生的变化,并研究操作变量与炉况和操作指标的关系。由于高炉是不均匀、非线性、强耦合的惰性系统,在炉况异常时,采用传统的数学模型判断炉况常会出现偏差。因此,用多元线性回归数理统计方法<sup>[6]</sup>,针对某座高炉在特定的炉料条件、设备条件和操作条件下建立各种异常炉况的征兆参数与操作变量之间的统计数学模型,能较好地模拟高炉内发生的变化,取得较满意的效果。例如,作者针对某钢铁公司 5 号高炉发生悬料时建立的统计数学模型如下:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= -0.17x_1 - 47.96x_4 + 1238.44x_5 - 19219.84x_6 - \\
 &1264.61x_7 + 11530.45x_{12} + 80979.47x_{13} - 4795.09 \\
 y_2 &= -3.81x_3 + 30.77x_9 - 534.74 \\
 y_3 &= -0.20x_1 - 107.17x_4 - 15231.21x_6 - 597.91x_7 + \\
 &53.96x_9 + 9361.60x_{12} + 58658.71x_{13} + 3824.44 \\
 y_4 &= -0.02x_1 - 0.39x_2 - 1.84x_3 - 73.68x_9 + 297.05x_{10} + \\
 &1203.44x_{12} - 157.77x_{13} - 7621.18 \\
 y_5 &= -36.23x_{10} + 1746.03x_{12} - 846.89 \\
 y_6 &= -36.82x_{10} + 1762.35x_{12} - 850.78 \\
 y_7 &= 13.28x_3 + 0.83x_4 - 169.71x_6 + 74.99x_7 + 1048x_9 - \\
 &11.09x_{10} + 700.91x_{12} - 1092.38
 \end{aligned}$$

$$y_8 = 0.000\ 013x_1 + 0.002\ 440x_2 + 0.004\ 628x_3 + 0.002\ 480x_4 + 0.779\ 479x_6 - 0.071\ 400x_{10} - 1.396\ 269x_{12} + 0.882\ 374$$

$$y_9 = -3.82x_3 - 0.05x_4 - 2.01x_5 - 32.96x_7 + 317.16$$

$$y_{10} = -0.66x_1 - 3.10x_3 + 9.41x_4 - 5.29x_7 + 310.54$$

方程组中各变量的说明见表1。

表1 方程组中各变量的说明

征兆变量			操作变量		
变量	单位	说明	变量	单位	说明
$Y_1$	Nm <sup>3</sup> /min	风量	$X_1$	Nm <sup>3</sup> /min	风量
$Y_2$	kPa	风压	$X_2$	℃	风温
$Y_3$		透气性指数	$X_3$	kg/h	喷煤量
$Y_4$	℃	顶温	$X_4$	KPa	顶压
$Y_5$	kPa	东顶压	$X_5$	m	料线
$Y_6$	kPa	西顶压	$X_6$	%	[Si]含量
$Y_7$	mm/min	料速	$X_7$	kg	焦批
$Y_8$	%	[Si]含量	$X_8$	m <sup>2</sup>	风口面积
$Y_9$	kPa	上部压差	$X_9$	kg	矿批
$Y_{10}$	kPa	下部压差	$X_{10}$	度	矿石倾角
			$X_{11}$	度	焦炭倾角
			$X_{12}$		炉渣碱度
			$X_{13}$	%	(TiO <sub>2</sub> )含量
			$X_{14}$	%	(MgO)含量
			$X_{15}$	kg/h	冷却水流量

数学模型装入过程计算机中,整个过程计算机就相当于一座高炉。

### 3 教师指令子系统和学生信息反馈子系统

通过教师指令子系统可将某高炉曾经发生的各种故障的数据以表格或曲线的形式发送给学生机;教师也可人为设置一些炉况故障来训练学生;还可以通过数据预处理制作的光盘再现现场生产过程,训练培训对象和调试专家系统。

学生机在收到教师指令系统发来的各种炉况信息后,培训用户可观看生产现场工长对炉况的判断和处理;也可自己对异常炉况进行判断和处理,处理结果又输入过程计算机中的数学模型进行运算,运算结果又反馈给学生机,循环往复,直到炉况处理正常为止。专家系统安装在学生机上,同时收到教师机传来的各种炉况信息,对炉况进行判断并给出相应的操作指导。学生若通过反复思考,实在不能得出正确结论,则可参考专家系统的判断与处理,从而提高自己现场操作水平和工程实践能力。

教师机除了通过教师指令给学生机发送炉况故障的信息外,还可观察过程计算机中数模的运行情况和通过学生信息反馈子系统了解每位学生的培训情况,并给每位学生评定训练成绩。

### 4 系统的实际验证和应用前景

作者采用某钢铁公司炼铁厂5号高炉的数据对系统进行了实际验证,结果如下:

1)系统的实时性较好。整个系统的操作和显示速度同实际生产现场值班室接近,系统运行时给人感觉是连续的,能完全再现现场生产过程。

2)系统的逼真度较高。整个系统的监控画面和主要参数曲线同现场完全一样,使培训人员感觉到在学生机上操作就象在现场中控室中的监控计算机上的操作一样。

3)数学模型的精度较高。以悬料数学模型为例,其静态误差小于5%,达到仿真系统的要求。

4)系统结构的通用性较强。

5)系统的培训功能完善,培训效果较好。该系统包括正常教学、自学、考核等不同的工作方式,完全解决了学生到生产第一线不能亲自动手操作的问题,对不同层次的培训对象可提供较满意的培训服务。

6)系统能完全满足专家系统的调试要求,有利于开发适用不同高炉冶炼的专家系统。

综上所述,模拟高炉值班室操作仿真系统应用于具有炼(钢)铁专业的本科及大专院校和各炼铁厂人员的培训,具有很好的应用前景和经济、社会效益。

一是学生通过该仿真系统的训练,将提高实际操作能力和故障分析能力,有利于掌握现代化的炼铁技术。

二是用于炼铁厂现场人员上岗前培训,将降低实际上岗事故率,提高现场操作水平。

模拟高炉值班室操作仿真系统还可用于专家系统的调试,有利于专家系统的开发。此外,该系统还可用于故障诊断和离线调优。

#### 参考文献:

- [1] 毕学工. 高炉过程数学模型及计算机控制[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [2] 杨天钧. 高炉冶炼过程控制模型[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [3] 陈宗海. 过程系统建模与仿真[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1997.
- [4] 任常锐. 黎涛. C++ Builder 高级编程[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [5] 同志工作室. C++ Builder 5.0 数据库开发实例[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
- [6] 梁之舜. 概率论及数理统计[M]. 北京:高等教育出版社,1988.

(下转第79页)

- IEEE Trans on Commun, 2000,48(12):2 139 - 2 149.
- [13] YE L. Pilot-sysbol-aided channel estimation for OFDM in wireless systems[J]. IEEE Trans On Vehicular Technology, 2000,49(4):1 207 - 1 215.
- [14] 李向宁,谈振辉. OFDM 基本原理及其在移动通信中的

- 应用[J]. 重庆邮电学院学报(自然科学版),2003,15(2):25 - 27.
- [15] 何先刚. 多码 DS/CDMA 传输自适应系统的序列优化[J]. 重庆邮电学院学报(自然科学版),2003,15(2):45 - 50.

## Frequency Offset and Timing Synchronization for OFDM Utilizing PN Sequence

*NIE Yong-ping<sup>1</sup>, HE Xian-gang<sup>1</sup>, ZHANG Zhong-pe<sup>2</sup>, FANG Shi-pin<sup>1</sup>*

(1. Chongqing University of Posts and Telecommunication, Chongqing 400065, China;

2. Department of Electronical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** In orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) systems, time offset and frequency affects its performance. A novel carrier frequency offset and timing offset detection scheme is proposed based on PN sequence, two same PN sequence pilot are inserted in Time - domain of OFDM symbols, when they are correlated with receiver PN sequence, frame synchronization can be obtained, then symbol synchronization is got basing slide windowed technique and minimum mean square error method. Depending on the two correlated peaks of PN sequences, coarse frequency offset is estimated. Basing cyclic prefix(CP), an accumulated scheme is proposed to estimate the exactitude frequency offset. Excellent synchronization performance can be implemented in time-vary mulitpaths, and these schemes are proven by simulations.

**Key words:** OFDM; timing synchronization; frequency offset

(编辑 吕赛英)

(上接第 69 页)

## Study on The Simulation System of Simulating Blast Furnace Room Operation

*JIA Bi, SHI Jin-liang, HE Lan, WAN Da-wei*

(Chongqing Polytechnic College, Chongqing 400050, China)

**Abstract:** A simulation system of simulating blast furnace room operation has been developed and mathematical statistical model has been established according to the theory of simulation system and the features of blast furnace. The system has efficient and convenient man-machine interface with menu operation method. The system structure can be widely used. The practical testing of the actual data indicates that the system has achieved some satisfactory effects in training users and adjusting expert system.

**Key words:** blast furnace; room operation; simulation system

(编辑 陈穆峰)