

转炉冶炼专家系统开发研究

袁守谦¹, 邢曼华¹, 李都宏², 付福旗³, 铁伟周³

(1. 西安建筑科技大学冶金工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 陕钢集团汉中钢铁有限责任公司, 陕西 勉县 724200;
3. 陕西龙门钢铁集团公司, 陕西 韩城 715405)

摘要: 转炉冶炼终点控制系统在提高吹炼终点碳、温命中率, 缩短冶炼周期, 提高生产效率方面具有一定的意义. 通过采集转炉炼钢过程产生的数据并进行分析处理, 建立专家系统的知识库. 输入入炉的铁水成分、温度及其他参考量, 模型输出相应的冶炼制度. 通过对输出的数值与现场的实际操作数值进行对比、分析, 发现该系统在预测石灰用量、冷却剂用量、供氧时间及枪位控制等方面都具有较高的准确性.

关键词: 转炉炼钢; 终点控制; 专家系统; 数据库

中图分类号: TF345.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2012)01-0137-04

国内外钢铁界在转炉终点控制技术方面做了大量有意义且有效的工作, 转炉终点控制模型先后经历了静态控制模型、动态控制模型和全自动控制模型^[1]阶段. 受条件限制, 目前国内大部分的中小型转炉仍旧采取人工经验控制冶炼出钢. 因为中小型转炉在安装副枪时无论是从资金上还是从设备上都具有很大难度, 而转炉静态控制模型是动态控制模型的基础, 其控制精度影响动态控制的终点命中率^[2]. 所以对提高转炉静态控制模型的终点命中率的研究, 依然具有十分重要的意义.

转炉冶炼专家系统是根据铁水成分、温度及原料条件等因素与转炉冶炼工艺之间的关系所建立的. 该专家系统能够模仿操作工的思维方式, 进行冶炼操作, 达到优化吹炼过程的目的. 从而有效地提高吹炼终点碳温双命中率, 降低各种消耗, 提高钢的质量, 同时一倒命中率提高, 缩短了冶炼周期, 进而提高了钢厂的生产效益.

1 转炉冶炼专家系统简介

该系统通过人机界面输入铁水加入量、铁水的成分、铁水温度、其它入炉原料的主要成分参数如石灰有效氧化钙含量等, 依据匹配规则在数据库中寻找相似甚至相同的以往案例, 如果找到了合理的匹配则根据采用规则得出冶炼炉次所需要的解并输出, 输出结果包括: 供氧压力、氧气流量、供氧时间、枪位控制、石灰不同批次的加入量及加入时间、高镁灰用量、矿石用量、污泥球用量等. 如果搜索相似案例失败, 即数据库中没有与本次案例相近的数据, 则转为人工操作, 若操作理想可将这个案例作为新的案例存放在数据库中. 因此, 基于案例的专家系统能够不断学习新的经验, 以增加系统求解问题的能力. 该模型的流程图如图1所示.

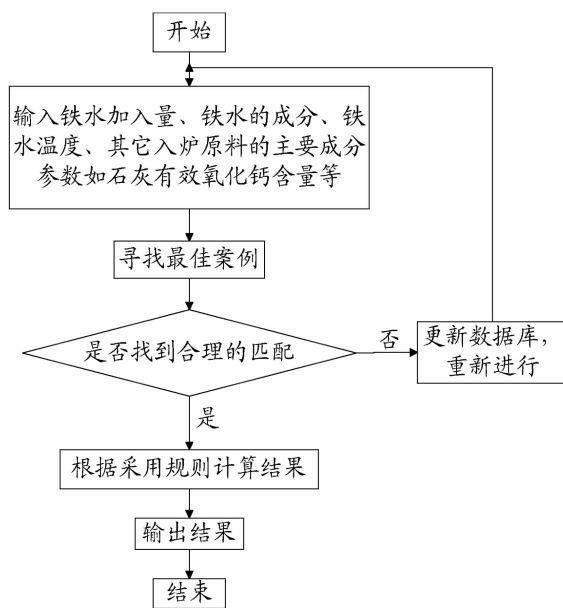


图1 转炉冶炼专家系统流程图

Fig. 1 The flow chart of converter smelting expert system

收稿日期: 2011-06-30 修改稿日期: 2011-12-22

基金项目: 陕西省工业攻关资助项目(2009K-09), 陕西省重点学科建设资助项目(E04003)

作者简介: 袁守谦(1950-), 男, 河北黄骅人, 教授, 主要从事炼钢工艺, 铁合金生产新技术研究.

2 模型的实现

该专家系统包括3种主要环境^[3]:知识系统、开发环境和操作环境。知识系统是包含并能灵活应用所有专家知识的系统;开发环境包括开发专家系统所需的必要软件工具,该系统选用的开发工具是 Visual Basic 6.0;操作环境即与外部进行交互的软件和硬件。其中知识系统是专家系统核心所在。它由知识库、推理机和用户界面3个主要部分组成,转炉冶炼专家系统结构如图2所示。知识库中记录了不同钢种、不同成分铁水冶炼时的操作工艺,该系统选用的数据库是 Microsoft Access 数据库管理系统。推理机在推理时,采用领域专家思考方法及事件同规则匹配的推理策略,即最近邻法。系统人机界面通过网络进行数据交换,方便用户输入数据,以使推理机进行识别并输出相应的操作指令。系统的主要工作界面如图3所示。

在生产中,氧气转炉冶炼的任务是在极短的时间内脱碳、升温,而脱氧和合金化均在钢包或炉外精炼中完成,所以该模型不考虑脱氧和合金化。

2.1 模型原理

该系统选用的是基于案例推理的专家系统。基于案例推理的专家系统是采用以前的案例求解当前问题的技术^[4]。求解过程如图4所示^[8]:首先需要获取当前问题的信息,即通过人机界面输入相应的索引,转炉冶炼专家系统根据冶炼原理确定的索引为铁水加入量、加入铁水的成分、铁水温度、其它入炉原料的主要成分参数如石灰有效氧化钙含量等,然后根据索引利用匹配规则寻找相似的以往案例。基于案例推理的专家系统的难点就在于如何从数据库中找到与当前问题条件最匹配的案例。最常用的匹配技术有:镜像基函数网络^[5]、k-近邻法^[6]、最近邻法^[7]等。本系统选用的匹配技术为最近邻法。如果找到了合理的匹配则根据采用规则得出本案例所需要的解,本课题的采用规则为找到的最相近

的5组案例取其结果的平均值为本次案例的解;如果搜索相似案例失败,即数据库中没有与本次案例相近的数据,则可将这个案例作为新的案例存放在数据库中。因此,基于案例的专家系统能够不断学习新的经验,以增加系统求解问题的能力。一般对数据进行预处理时选择删除时间较早的案例,以保证搜索到的案例炉况与本次冶炼时的炉况尽可能的相近。

2.2 数据库的建立

通过现场跟踪调查和取样分析,并结合某钢铁公司转炉炼钢厂的生产记录和相关资料,提取了大量的基础数据。利用数据库技术将这些基础数据进行集成,形成了相对完整的工序数据链,完成了案例库的采集工作。采集的数据类型包括以下几个方面:

(1)原料成分及冶金性能:加入铁水量、铁水成分和温度;石灰有效氧化钙含量;矿石氧化铁含量等;

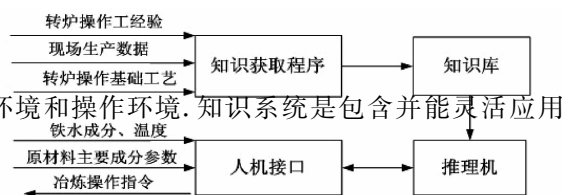


图2 转炉冶炼专家系统结构图

Fig. 2 Structure diagram of converter smelting expert system

图3 专家系统主要工作界面

Fig. 3 Main interface of converter smelting expert system

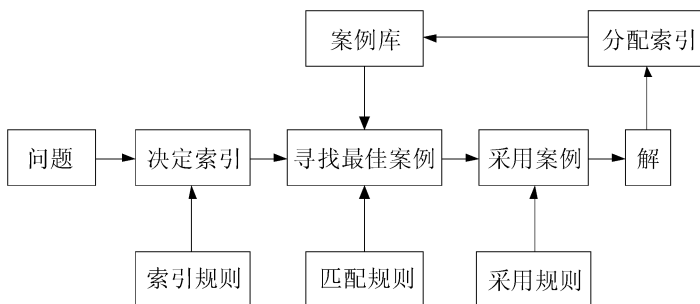


图4 基于案例的专家系统流程图

Fig. 4 The flow chart of case-based expert system

(2)过程操作参数:各种原料的加入量,加入时间;吹氧时间和氧气流量、压力;枪位操作等;

(3)冶炼终点相关参数:终点钢水成分、温度等。

本系统的数据库中尽可能多的包含了影响转炉冶炼过程的所有参数:入炉铁水温度、铁水成分、铁水量、石灰有效氧化钙含量、矿石氧化铁含量、供氧压力、氧气流量、供氧时间、枪位高度、对应不同高度枪位的时间、石灰不同批次的加入量及加入时间、高镁灰用量、矿石用量、污泥球用量、废钢量、炉号、钢种等。

数据库中的数据应满足以下两个原则:(1)所采集的炉次,在终点时刻铁水的成分、温度都符合出钢要求,尽量选择一倒出钢的炉次。(2)在满足第一条原则的基础上,由于过大的案例库会导致系统搜索时间过长,所以,往往需要进行预处理,以删除过分相似的案例。删除相似案例时,依据的准则是在不同案例中当输入的索引都相同的情况下数据库中保留冶炼时间即吹氧时间较短的炉次,删除吹氧时间较长的炉次。针对转炉冶炼专家系统这一特殊情况,一般对数据进行预处理时尽量选择删除时间较早的案例,以保证搜索到的案例炉况与本次冶炼时的炉况尽可能的相近。并且随着冶炼的进行,需要对数据库中的数据按照以上准则时时更新,最终达到缩短冶炼时间,提高生产效率的目的。

3 模型适用性检验

根据陕西龙钢炼钢厂转炉现场采集的实际数据进行预处理后,建立了200炉的数据库,之后在现场随机选取45炉冶炼成功的数据用来进行模拟。通过输入入炉的铁水成分、温度及其他参考量等,模型输出相应的冶炼制度,用输出的数值与现场的实际操作数值进行对比、分析。结果如下所示。

3.1 造渣制度结果分析

通过计算45炉石灰第一次用量模拟值相对误差得出,其中有40炉模拟值的相对误差小于5%,即模拟的数据中有89%的数据误差小于5%。通过计算45炉石灰总用量模拟值相对误差得出,相对误差基本都围绕在1%左右,只有3组数据的相对误差大于3%。由此可知,该模型在石灰用量预测方面,总体趋势基本一致,所以可以在一定程度上肯定本模型在预测石灰用量方面的可靠性。

通过计算45炉高镁灰用量模拟值的相对误差得出,其中有40炉模拟值的相对误差小于10%,即模拟的数据中有89%的数据误差小于10%。由此表明高镁灰用量的模拟值与实际值比较接近。

3.2 温度制度结果分析

该厂使用的冷却剂为:废钢、矿石、污泥球。由于炼钢工的习惯或者矿石、污泥球的储料情况,导致不同炉次所使用的冷却剂种类、数量不尽相同。为了方便对比冷却剂用量的实际值与模拟值,将矿石的使用量根据其冷却效果等价于污泥球的使用量。从而把对比冷却剂用量的实际值与模拟值转化为对比污泥球用量的实际值与模拟值。以便分析实际值与模拟值之间的差异。通过计算45炉污泥球用量模拟值的相对误差得出,其中有28炉模拟值的相对误差小于5%,有3组模拟数据的相对误差大于10%。由此表明污泥球用量的模拟值与实际值基本吻合。

3.3 供氧制度结果分析

本模型给出的几种类型的枪位是对现场采集到的数据的总结归纳。软件中以图表的形式显示出了枪位的操作模式,通过45炉的验证表明,约60%的模拟结果与实际操作相接近。需要指出的是由于枪位的操作与炉龄有关,炉役中、后期装入量不变时,熔池液面降低,应适当降低枪位。因此,需及时更新数据库以满足实际生产的需要。

本软件编制的最重要的目标是提高转炉冶炼终点命中率,进而实现生产效率的提高。对终点时刻的命中就是当碳含量和温度都达到所冶炼钢种的出钢要求时停止吹炼,即对供氧时间的命中。

供氧时间的模拟值与实际值比较接近。通过计算45炉供氧时间模拟值的相对误差得出,其中有40炉模拟值的相对误差小于3%,即模拟的数据中有89%的数据误差小于3%。由此可知,该模型在吹氧时间预测方面,总体趋势基本一致,所以可以在一定程度上肯定本模型在预测吹氧时间方面的可靠性。

4 结 论

(1)该专家系统通过在龙钢2#转炉的现场模拟,表明其在预测石灰用量、冷却剂用量及枪位控制

等方面都具有较高的准确性.尤其在吹氧时间控制方面即对吹炼终点时刻的命中率有了很大的提高.由此证明该软件具有一定的实用性.

(2)由于炉况信息等不确定因素导致的误差在所难免,所以及时更新数据库里的参考数据,以使本炉次与查找到的参考炉次炉况信息尽可能接近,以达到减小误差的目的.预期只需对相应的转炉进行数据整理并更新到数据库当中,且采集到的数据具有较高的水准,该模型即可应用到不同的转炉上.

参考文献 References

- [1] 刘 浏. 转炉全自动吹炼技术[J]. 冶金自动化,1999,23(4):1-6.
LIU Liu. The full automatic control technique for converter blowing Process[J]. Metallurgical Industry Automation, 1999,23(4):1-6.
- [2] 喻淑仁. 转炉炼钢过程静态控制及其数学模型[J]. 炼钢,1995,(3):55-60.
YU Shu-ren. Static control and the mathematical models in converter steelmaking process[J]. Steelmaking, 1995,(3):55-60.
- [3] 于立业, 徐 林, 王建辉,等. 基于声强的转炉氧枪枪位控制专家系统[J]. 冶金自动化,2005,(6):11-14.
YU Li-ye, XU Lin, WANG Jian-hui, et al. Expert system for lance height control in converter based on sound strength[J]. Metallurgical Industry Automation, 2005,(6):11-14.
- [4] NEVES L P, DIAS L C, ANTUNES C H, et al. Structuring an MCDA model using SSM: A case study in energy efficiency[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 199(3):834-845.
- [5] PRESEREN P P, STOPAR B. GPS orbit approximation using radial basis function networks[J]. Computers & Geosciences, 2009, 35(7):1389-1396.
- [6] MEDINA J L V, BOQUE R, FERRE J. Bagged k-nearest neighbours classification with uncertainty in the variables [J]. Analytica Chimica Acta, 2009, 646(1):62-68.
- [7] JAHROMI M Z, PARVINIA E, JOHN R. A method of learning weighted similarity function to improve the performance of nearest neighbor[J]. Information Sciences, 2009, 179(17):2964-2973.
- [8] 张煜东, 吴乐南, 王水花. 专家系统发展综述[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(19):43-47.
ZHANG Yu-dong, WU Le-nan, WANG Shui-hua. Survey on development of expert system[J]. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(19):43-47.

Investigation of end-point control of the expert system for converter steelmaking

YUAN Shou-qian¹, XING Man-hua¹, LI Du-hong², FU Fu-qi³, TIE Wei-zhou³

(1. School of Metallurgical Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China;

2. Shanxi Hanzhong Iron & Steel (Group) Co., Ltd, Mianxian 724200, China;

3. Shanxi Longmen Iron & Steel (Group) Co., Ltd, Hancheng 715405, China)

Abstract: The end-point controlling system of converter smelting proves to be significant in the areas of improving the hit rate of tapping temperature and carbon content, shortening the refining cycle, as well as in improving production efficiency. And the data base of expert system is established by collecting and analysing the data generated in smelting process. by putting in the component, the temperature of hot metal and the component of other raw materials, the smelting system can be given. Through comparing the simulation value and the actual operation value, it has been found that the expert system has high accuracy in the forecasting of lime requirement, coolant requirement, oxygen supply time and lance height controlling.

Key words: converter steelmaking; end-point control; expert system; data base