

铁水硅含量预报模型的设计与实现

李荣, 郭江, 宋玉安

(济源职业技术学院冶金化工系, 河南 济源 459000)

摘要: 本文以炉料装入情况、高炉综合煤气成分分析和渣铁温度作为基本参数, 建立铁水硅含量预报模型, 导出生铁硅含量的计算公式, 并采集现场生铁硅含量实测数据, 计算出的硅含量。结果表明, 该模型预测的硅含量与实测硅含量一致。该模型可以实现早预报、快预报和准确预报, 有助于实现高炉冶炼过程的控制。

关键词: 铁水硅含量; 预报; 模型; 计算

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.03.030

中图分类号: TD951 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 03-0141-03

高炉铁水硅含量不仅是反映铁水质量的重要指标, 也是反映高炉内部物理化学反应和能量利用的重要指标。因此, 在高炉冶炼过程中, 如果能选择合适的高炉铁水硅含量预测模型, 并将其应用于实践生产中, 就可以提高高炉控制水平, 实现高炉优质、高产、低耗生产的目标^[1-3]。

迄今为止, 已有众多的高炉铁水硅含量预测模型, 如: Staib 等建立的炉热指数 Wu 模型、Pandit 等建立的多元 ARMA 模型、黄履安等建立的炉热指数 Tc 模型、孙克勤建立的自适应多元 ARMA + 专家系统模型等。但由于高炉炉内状态的复杂性, 外界干扰的繁杂性, 多数控制模型还不够准确, 或是时效性较差。所以提出一个依据高炉冶炼原理, 体现高炉冶炼特点, 抗干扰性能好, 容易掌握操作的铁水硅含量预报模型是十分必要的^[4-6]。本文以料批为基本参数建立了铁水硅含量预报模型, 硅含量预报值与实测值对比表明, 该模型取得了较好的预报结果。

1 硅含量预报模型

1.1 模型基础

依据高炉冶炼基本原理, 以影响硅还原度最为

直接和主要因素的炉料装入情况、高炉综合煤气成分和渣铁温度作为基本参数, 根据高炉高温区热量及碳量的平衡, 通过计算料批参数、煤气量、间接还原度及直接还原度进而推算 [Si] 的水平, 实现铁水硅含量的预报。

1.2 计算方法

本次铁水即刚出炉的铁水批次, 以上次堵口起至本次铁水堵口时间止, 为一次铁水的时间间隔。在此期间内以每装入 3 批料为一个计算单元。首先进行理论批铁水、矿石单耗、焦比及煤比等料批参数的计算; 其次进行氧化碳量、气化碳量、风量及煤气量的计算; 最后通过间接还原度指标的计算推算 [Si], 推算出的 [Si] 数值与铁水生成率相结合, 求出预报炉次的 [Si] 的最后水平。同时测出现场生铁的硅含量, 将预报值与实测值对比, 对计算方法进行合理修正, 最终找出更为准确简单的 [Si] 预报模型。计算公式见式 (1)。

$$[\text{Si}] = \frac{[(C_i - C_w) \times q_c - Q_{p,s} - Q_w - (2720 + 0.214q_c) \times \text{Fe}_x \times r_d]}{(224400 + 8.571q_c)} \quad (1)$$

[Si] — 生铁硅含量, kg; C_i — 每吨铁燃料带入的碳量, kg; C_w — Mn、P 还原、脱 S 及生铁渗 C 消耗的碳量, kg; $Q_p \cdot s$ — 铁水及炉渣从高温区带

收稿日期: 2016-11-14; 改回日期: 2016-12-29

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目 (17B450002)

作者简介: 李荣 (1980-), 女, 副教授, 硕士研究生。

走的热量, kJ; Q_w — Mn、P 还原、脱 S 耗热及热损失, kJ; Fe_r — 每吨生铁的还原铁量, kg; q_c — 每千克碳素的综合热量, kJ。 r_d — 铁的直接还原度。

2 硅含量预报模型的计算

2.1 计算数据

硅含量预报模型所用基本数据均来自现场高炉采集的数据, 见表 1。

表 1 矿料化学组成 /%
Table 1 Chemical composition of ores

	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	S	配料量	配料比
烧结	55.79	8.51	5.31	10.04	0.030	35815	72.5
球团	63.15	1.77	5.37	0.83	0.005	9880	20
澳矿	62.2	-	4.31	0.25	-	3705	7.5

注: * 单位为 kg。

表 2 燃料成分
Table 2 Chemical composition of fuel

	水份	灰份	挥发份	S/%	C/%	焦比、煤比
焦炭	0.8	13.20	1.08	0.70	85.02	420.19
煤粉	1.63	11.23	16.76	-	70.38	135.81

表 3 高炉炉型
Table 3 parameters of blast furnace

	炉缸	炉腹	炉腰	炉身	炉喉	工作容积	有效容积
体积 /($V \cdot m^3$)	477.55	412.26	264.51	1561.89	110.78	2349.44	2826.99

3 计算结果及分析

3.1 [Si] 预报模型相关参数的计算

表 4 [Si] 预报计算值
Table 4 forecast calculation value of [Si]

	1	2	3	4	5	6
q_c/kJ	10604.01	10604.01	10604.01	10604.01	10604.01	10604.01
$CO_2/\%$	20.21	20.33	20.41	20.38	19.88	19.44
V_g/m^3	1682.436	1686.273	1690.488	1680.252	1734.357	1737.068
r_d	0.52	0.50	0.51	0.50	0.49	0.50
批铁量 /kg	60448	60252	60281	60781	60759	60560
富氧率	0.030581	0.030581	0.030581	0.030581	0.030581	0.030581
[Si]	0.00579	0.00969	0.00593	0.00646	0.00848	0.00601

3.2 计算结果分析

模型预报结果和实测结果见表 5 和图 1。

表 5 预报 [Si] 与实测 [Si]
Table 5 Forecast [Si] and measured [Si]

	预报 [Si] /%	实测 [Si] /%	绝对误差 /%
1	0.42	0.41	0.01
2	0.46	0.44	0.02
3	0.32	0.33	0.01
4	0.58	0.54	0.04
5	0.55	0.51	0.04
6	0.67	0.62	0.05
7	0.43	0.43	0.00
8	0.65	0.64	0.01
9	0.7	0.71	0.01
10	0.68	0.64	0.04
11	0.84	0.86	0.02
12	0.63	0.62	0.01
13	0.92	0.91	0.01
14	0.69	0.71	0.02
15	0.72	0.71	0.01

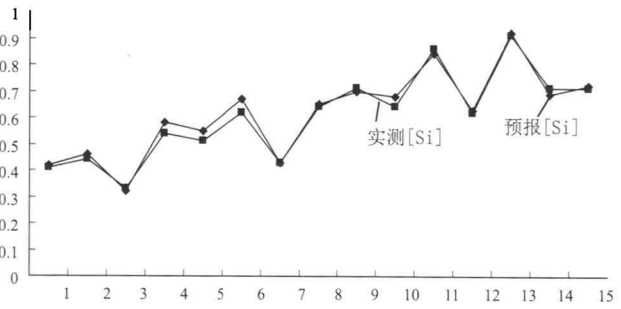


图 1 预报 [Si] 与实测 [Si] 曲线

Fig. 1 curves of Prediction [Si] and measured [Si]

从表 5 和图 1 我们可以看到, 预报模型预报的结果值与实际硅含量的值是一致的, 说明预报模型的建立比较成功, 但在应用模型的过程中需要与高炉的实际情况进行磨合, 找出不确定性因子的最佳值, 以便在生产操作中对生产起到实际指导作用。

但从图 2 中也能发现一些问题, 如第三、四、五个点虽然预报和实测的趋势是一致的, 但仍有一些偏差, 这样会对工长判断炉内的情况造成干

扰。分析其中原因，主要是由于高炉内部有时炉料运行不顺畅，造成测得的数据有偏差，使预报出现偏离。另外，还有一些导致预报出现错误的原因，例如，记录中的炉料、风温数据等不够准确或焦炭成分（如水份）变动对高炉有影响，亦或高炉负荷变化却没有算进预报的式子中。所以，在预报过程中需对基本数据的变化进行实时的收集，以免出现这样的错误预报。

4 结 论

(1) 以炉料装入情况、高炉综合煤气成分和渣铁温度作为基本参数，建立了铁水硅含量预报模型。

(2) 以料批参数作为计算基础，通过CO间接还原度的计算，能够较早确定铁的直接还原度及其变化，进而可推算出[Si]的水平，减少了偏差。

(3) 以实测硅含量为修正依据，模拟结果和实际相符，偏差更小，计算更为准确、便捷，是实现高炉冶炼铁水硅含量预报的可靠模型。

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] 刘云彩. 世界高炉炼铁的发展—介绍第五届国际炼铁会议高炉部分 [J]. 中国冶金，2010(3):42
- [3] 高绪东. BP神经网络在高炉铁水硅预报中的应用 [J]. 中国冶金，2014,24(6):24-26.
- [4] 尹菊萍，蒋朝辉. 基于数据的高炉铁水硅含量预测 [J]. 有色冶金设计与研究，2015,36(3):36-41
- [5] 袁冬芳，赵丽，石琳，等. 高炉铁水硅含量序列的支持向量机预测模型 [J]. 太原理工大学，2014,45(5):684-688.
- [6] 高小强，王逸名，郑忠. 高炉铁水硅含量预测评价与模型选择 [J]. 钢铁研究学报，2007,19(5):5-9.

Design and Application of the Predicting Model for Silicon Content of Melted Iron

Li Rong, Guo Jiang, Song yuan

(Jiyuan vocational and technical college Department of metallurgical and chemical engineering, Jiyuan, Henan, China)

Abstract: In this paper, considering the burden loading situations of the blast furnace the combined compositions of gas and the temperature of slag and iron, the models for predicting the silicon content of melted iron were established. The equations about the variation of the silicon content of melted iron were developed. The results show that the silicon content predicted by the model is consistent with the measured silicon content. The model which has earlier and more accurate predicting can be obtained. It is more useful for the controlling of the smelting process in the blast furnace.

Keywords: Silicon content of melted iron ; Predicting; Model ; Calculate

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告