

风口焦炭取样研究对高炉操作的指导

竺维春, 张雪松

(首钢技术研究院, 北京 100043)

摘要:根据首钢4号高炉风口焦炭取样的数据,分析了回旋区焦炭带的长度与实际风速、风口焦炭粒度及焦炭质量的关系,探讨了煤比与渣量及回旋区焦炭带的长度的关系;探索了高炉透气性指数与实际风速、煤比、风口焦炭粒度及高炉布料制度之间的关系。通过对炉缸径向煤气压差分析对高炉焦炭负荷、上下部制度的合理调整提出了建议。相关建议实施后,高炉技术经济指标明显改善。

关键词:风口;焦炭;压差;高炉;操作

中图分类号:TF526⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1447(2009)02-0013-04

Using the results of tuyere coke sampling to guide blast furnace operation

ZHU Wei-chun, ZHANG Xue-song

(Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100043, China)

Abstract: Based on data of tuyere coke sampling at No. 4 BF of Shougang, the relationship between coke zone length in raceway and actual wind velocity, coke size and quality is analyzed, the relationship between coal ratio, slag volume and coke zone length in raceway is discussed and the relationship between the permeability index and actual wind velocity, coal rate, tuyere, coke zone and charging regime is researched. Suggestions for adjusting the ratio of ore to coke, upper and lower regimes are given through analyzing gas pressure difference in hearth radial direction. Thanks to implementing the suggestions, technical and economic indexes of the blast furnaces have been obviously improved.

Key words: tuyere; coke; pressure difference; blast furnace; operation

首钢技术研究院利用风口焦炭取样机在北京地区炼铁厂4号高炉进行了风口焦炭取样。取样长度超过高炉炉缸半径(4号高炉炉缸半径为5.4 m),取样管每隔0.5 m为一段,共12段,即取样一次12个样品。因此,具备了分析整个炉缸径向风口焦炭粒度分布、炉缸径向煤气压差分布等的条件。在此基础上,通过风口焦炭粒度、风口回旋区焦炭带的长度、炉缸径向煤气压差等研究为高炉焦炭负荷、上下部制度的合理调整提供依据,从而能够很好地指导现场操作以取得较好的技术经济指标。

1 停风时风口前焦炭分层

为了准确研究风口焦炭取样结果,需要了解

停风取样前高炉风口前状态,如图1所示,沿风口前分别为回旋区、回旋区焦炭、鸟巢区和死料柱,在回旋区上方是炉腹焦炭。所以停风后炉缸半径上的风口焦炭可以分为炉腹焦炭、回旋区焦炭、鸟巢焦炭、死料柱焦炭。

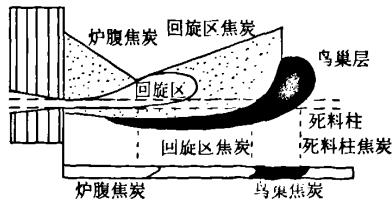


图1 高炉风口前焦层示意图

基金项目:国家科技支撑计划项目资助(2006BAE03A01)

作者简介:竺维春(1966—),男,教授级高工,主要从事冶金焦炭研究工作。

由于停风后回旋区上方的焦炭落入炉缸,故沿风口径向风口焦炭样中粒度明显变小的地方即为风口回旋区焦炭的边缘。由于炉缸中渣铁存在滞留,而焦粉集中的地方渣铁滞留量亦较大,故从风口径向风口焦炭样中焦粉明显增多的地方(或渣铁滞留量较大的地方)亦为回旋区的边缘。综上所述,通过风口焦炭取样分析,可以推算出高炉风口回旋区焦炭带的长度(这里指风口前端至鸟巢区的距离,相比较而言,在炉缸径向,回旋区焦炭带长度内的焦炭粒度相对较大)。

2 风口焦炭取样分析对高炉操作的指导

风口焦炭粒度变化对风口回旋区焦炭带的长度、炉缸径向压差分布有所影响,因此研究炉缸径向风口回旋区焦炭带的长度和炉缸径向煤气压差分布是判断高炉炉缸工作状态很有效的途径,并

最终指导高炉操作(焦炭负荷调整、布料制度、送风制度调整)。以下内容即是在首钢4号高炉风口取样的基础上,通过分析风口回旋区焦炭带的长度和炉缸径向煤气压差分布来判断炉缸工作状态,结合高炉技术经济指标对高炉炉况及冶炼制度作出准确的判断,从而指导高炉焦炭负荷及冶炼制度调整。另一方面,也分析了高炉透气性与风口焦炭粒度、煤比、实际风速、矿焦角差之间的关系,以了解高炉透气性与诸因素的关系,有利于高炉操作水平的提高。

2.1 风口焦炭取样研究对高炉煤比的影响分析

首钢4号高炉取样时经济技术指标及分析结果见表1、图2~图4所示(图中1~9对应表的9个阶段)。

图2~图4分别研究了4号高炉距风口前端

表1 4号高炉技术经济指标及分析结果

阶段	取样日期	风量/ ($m^3 \cdot min^{-1}$)	风温/ ℃	透气性指数/ ($m^3 \cdot min^{-1} \cdot MPa^{-1}$)	实际风速/ ($m \cdot s^{-1}$)	渣量/ ($kg \cdot t^{-1}$)	焦炭灰 分/%	焦炭 M ₄₀ /%	煤比/ ($kg \cdot t^{-1}$)	风口焦炭粒度 (0~2.5 m)/mm	回旋区焦炭 带长度/m	矿焦角 差/(°)
1	2004-09-27	4 665	1 050	35 611	235	309	12.83	80.0	83.3	13.31	1.75	-0.8
2	2004-10-20	4 636	1 028	35 389	230	318	12.93	79.8	77.6	15.92	2.25	-0.2
3	2005-08-10	4 628	1 083	34 797	239	306	12.88	81.2	101.5	15.98	2.25	-1.9
4	2005-09-28	4 605	1 083	36 260	241	303	12.74	80.7	97.3	17.19	2.25	-1.5
5	2006-03-20	4 598	1 089	34 833	242	299	12.01	82.6	127.0	18.76	2.75	-0.5
6	2006-08-01	4 504	1 098	32 403	234	279	12.36	82.7	129.0	14.69	2.25	-2.3
7	2007-01-17	4 553	1 061	33 726	234	295	12.42	82.2	113.2	14.66	2.25	-1.2
8	2007-02-09	4 542	1 130	33 153	246	287	12.35	82.2	147.5	15.92	2.75	-2.3
9	2007-08-15	4 495	1 147	32 810	246	286	12.33	83.4	145.0	18.58	2.75	-0.3

注:矿焦角差=布矿角度加权平均值-布焦角度加权平均值;风量、透气性指数为标准状态下指标

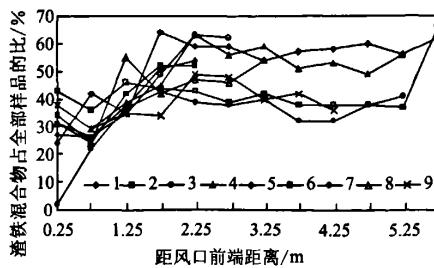


图2 4号高炉渣铁混合物占全部样品的比例

不同距离时渣铁混合物占全部样品的比例、风口焦炭平均粒度、小于2.5 mm焦粉所占的比例。由图3、图4分析了4号高炉风口回旋区焦炭带的长度,列于表1。分析煤比与其它因素的关系得公式1,在显著性水平 α 取0.05的条件下,对于

两因素的多元线性回归,相关系数要求为0.977,本公式为0.979,故线性关系显著。分析回旋区焦炭带的长度与其影响因素的关系得公式2,在显著性水平 α 取0.1的条件下,对于三因素的多元线性回归,相关系数要求为0.900,本公式为0.903,故线性关系较显著。

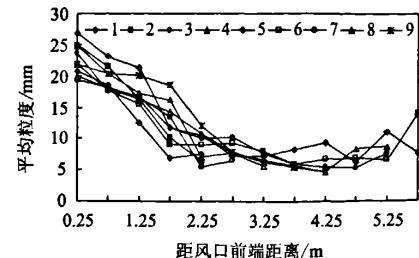


图3 4号高炉风口焦炭平均粒度

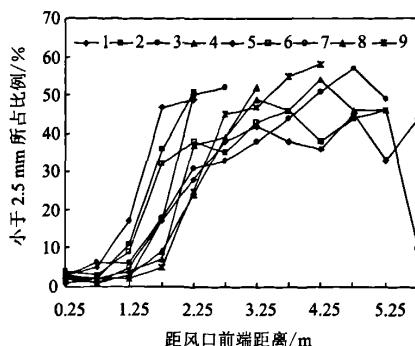


图4 4号高炉小于2.5 mm焦粉所占的比例

$$CR = 445.193 - 1.422 \times Q_{渣} + 39.105 \times L_c \quad (1)$$

式中: CR 为煤比; $Q_{渣}$ 为渣量, kg/t; L_c 为回旋区焦炭带的长度, m。

$$L_c = -10.077 + 0.01047 \times V_b + 0.09223 \times d_c + 0.104 \times M_{40} \quad (2)$$

式中: V_b 为实际风速, m/s; d_c 为风口焦炭粒度, mm; M_{40} 为焦炭冷态强度, %。

由公式 1 可见, 4 号高炉提高煤比需回旋区焦炭带的长度长一点, 渣量低一些。由公式 2 可见, 实际风速、风口焦炭粒度、入炉焦炭 M_{40} 较高有利于回旋区焦炭带的长度的增加。从活跃炉缸的角度出发, 应尽量维持较高的风速。

2.2 风口焦炭取样研究对高炉透气性的影响分析

由表 1 分析可得公式 3, 在显著性水平 α 取 0.05 的条件下, 对于四因素的多元线性回归, 相关系数要求为 0.878, 本公式为 0.958, 故线性关系显著。

$$PI = 7540.589 \times V_b + 172.418 \times d_c - 71.511 \times CR - 122.764 \times \Delta\alpha \quad (3)$$

式中: PI 为透气性指数; $\Delta\alpha = \alpha_{矿} - \alpha_{焦}$, 矿焦角差, ($^{\circ}$)。

从公式 3 可以发现: 随着煤比的提高、矿焦角差的加大及风速、风口焦炭粒度的降低, 高炉透气性降低。另一方面说明有时虽然风口焦炭粒度(0 ~ 2.5 m)较大, 但由于实际风速大、煤比高、矿焦角差大等因素, 透气性较低。

2.3 高炉炉缸径向焦炭带内煤气压差分布研究对高炉操作的指导

采用风口焦炭煤气压差测量仪器(见图 5)测量炉缸径向不同位置焦炭内的煤气压差。压差测

量装置中, 空管的直径 80 mm, 高 700 mm, 筛板的孔径为 0.5 mm。试验中气体压力 0.2 MPa, 流量 6 m³/h。试验温度为室温, 空塔速度为 0.34 m/s。4 号高炉炉缸径向焦炭带内煤气压差分析结果见图 6。炉缸半径方向不同位置焦炭带内煤气压差可用于分析炉缸初始煤气流分布, 判断中心气流的强弱, 从而利于上部布料制度的改进。而总体压差的比较有利于对焦炭负荷调整的判断。根据分析结果提出对高炉操作的建议及结果如表 2 所示。

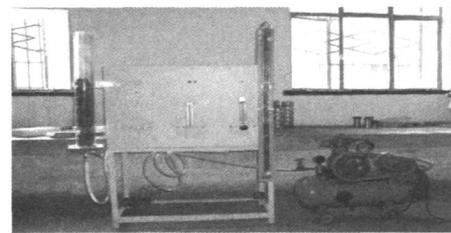


图5 压差试验装置正面图

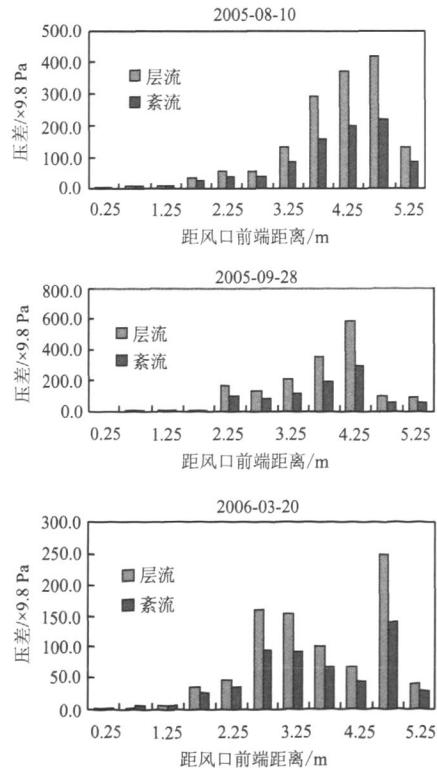


图6 4号高炉炉缸不同位置风口煤气压差分布

从图 6 及表 2 可见, 与 2005-08-10 取样相比, 2005-09-28 这次取样, 炉缸径向煤气压差总体降

表 2 4 号高炉技术经济指标、取样分析结果及操作意见对比

取样日期	煤比/ (kg·t ⁻¹)	焦炭 灰分/ %	风口 面积/ m ²	实际 风速/ (m·s ⁻¹)	风口焦炭粒 度/mm (0~2.5 m)	焦矿 角差/ (°)	边缘 φCO ₂ / 中心 φCO ₂	L _c /m
2005-08-10	101.5	12.88	0.3616	239	15.98	1.9	0.86	2.25
2005-09-28	97.3	12.74	0.3616	241	17.19	1.5	1.08	2.25
2006-03-20	127.0	12.01	0.3577	242	18.76	0.5	0.92	2.75
2006-08-01	129.0	12.36	0.3559	234	14.69	2.3	0.91	2.25
取样日期	操作建议					采纳与否及效果		
2005-08-10	缩小焦矿角差, 稳定焦炭负荷					采纳。8~9月煤比分别为 108、106 kg/t		
2005-09-28	缩小焦矿角差, 提高焦炭负荷					采纳。10~11月煤比分别为 108、119 kg/t		
2006-03-20	扩大焦矿角差, 缩小风口面积, 提高焦炭负荷					采纳。3月~6月煤比分别为 117、134、150、155 kg/t		
2006-08-01	稳定风口面积, 稳定焦炭负荷					基本采纳。8~9月煤比分别为 137、142 kg/t		

低, 而 2006-03-20 比 2005-09-28 还低, 故 2005-09-28、2006-03-20 两次取样后经研究后都提出了提高焦炭负荷的建议, 建议很快得到了采纳, 取得了煤比提高的效果。针对 2005-08-10 炉缸 4.25/4.75 m 压差较高的特点, 认为炉缸中心透气性较弱, 需打开中心气流通路, 故建议布料制度上宜扩大矿焦角差; 2005-09-28 这次取样反映压差较高点移至 3.75/4.25 m, 经研究后认为需继续打开中心气流通路, 故建议布料制度上继续扩大矿焦角差; 2006-03-20 取样发现压差较高点移至 2.75/3.25/4.75 m, 显得初始煤气流分布偏向于炉缸边缘, 故在取样后建议适当缩小矿焦角差, 相关建议得到实施, 炉况稳定。总之, 通过不同取样时期炉缸径向压差的对比分析, 可以得出不同取样时期炉缸中心区域压差的强弱, 从而分析出不同取样时期中心气流发展的强弱, 提出对布料制度的调整建议。通过对炉缸径向总体压差的分析, 可提出对焦炭负荷的调整意见。

3 结 论

(1) 通过风口焦炭取样研究分析了 4 号高炉煤比与回旋区焦炭带的长度的关系为: $CR = 445.193 - 1.422 \times Q_{焦} + 39.105 \times L_c$

4 号高炉回旋区焦炭带的长度与其影响因素的关系为: $L_c = -10.077 + 0.01047 \times V_b + 0.09223 \times d_c + 0.104 \times M_{40}$

4 号高炉透气性指数与其影响因素之间的关系为: $PI = 7540.589 \times V_b + 172.418 \times d_c - 71.511 \times CR - 122.764 \times \Delta a$

(2) 通过风口焦炭取样研究了炉缸径向压差分布, 并根据分布特点为首钢 4 号高炉焦炭负荷、布料制度调整指明方向, 实施效果明显, 煤比得到提高。

(收稿日期: 2008-11-16)

中国钢企配加印尼粗粉烧结生产实践探究

印尼粗粉属于褐铁矿, 即含有 10% 结晶水的三氧化二铁。在实际操作中, 有的钢铁企业用 6% 印尼粗粉替代原来 6% 澳大利亚粗粉的配比。对比发现, 配加 6% 印尼粗粉后, 烧结机料层厚度提高, 在点火温度没有大幅度变化下烧结机机速提高、烧结机利用系数提高。由于在操作过程中增加了烧结的配碳, 燃料消耗量增加, 烧结矿质量有所改善, 烧结转鼓指数上升 0.38%, 筛分指数下降 1.66%; 粒度组成也有改善, 小于 5 mm 的比例减少; 烧结矿氧化铁含量升高 0.72%, 烧结矿品位上升 1.6%, 同时吨烧结矿成本比用澳大利亚粗粉时下降 23 元/t。

(摘自中国冶金信息网)