包钢 8# 高炉气流分布失常的原因分析及处理

张志平，赵 洋，沈后望，白文广，张占军

（内蒙古包钢稀土钢炼铁厂，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 包钢稀土钢炼铁厂 8# 高炉自 2015 年开炉，炉况顺行状态良好。进入到 2016 年 3 月份气流分布状况出现变化，管道现象大幅增多，炉况顺行状态受到影响，各项经济技术指标变差。文章对造成此次气流分布失常的原因进行了分析并总结失常期间采取的措施。

关键词： 高炉；气流分布；炉型

中图分类号： TF548 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2017)01－0019－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.01.006

Analysis and Treatment for Abnormal Airflow Distribution of No. 8 Blast Furnace

ZHANG Zhi－ping, ZHAO Yang, SHEN Hou－wang, BAI Wen－guang, ZHANG Zhan－jun

(*Iron－making Plant of Inner Mongolia Rare Earth Steel Plate Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: Since blow－in in 2015, the No. 8 blast furnace in Iron－making Plant of Rare Earth Steel Plate Co. in Baotou Steel has been running in good condition. However, the airflow distribution changes in March 2016, piping problems increased significantly and affected the furnace condition, the economic and technical indexes become worse. In this paper, the causes of the abnormal airflow distribution are analyzed and the measures taken during the abnormal period are summarized.

Key words: blast furnace; airflow distribution; furnace profile

新开高炉在砌筑期间，都会在冷却壁外砌筑保护砖以避免开炉料装入时料流直接对冷却壁形成冲击。随着高炉开炉后生产过程中物料的摩擦、煤气流的冲刷以及炉渣的侵蚀作用，保护砖会逐渐脱落。在保护砖脱落过程中炉况往往会出现较大波动，顺行难以保持。

1 概论

包钢 8# 高炉公称容积 4 150 m^3，高径比为 2.04，属于矮胖型设计的现代化大型高炉。采用矩形双出铁场，设 4 个出铁口，38 个风口；采用软水密闭循环系统；卡卢金顶燃式热风炉；分散称量、皮带上料、并罐无钟炉顶。8# 高炉于 2015 年 10 月 12 日点火送风，送风后 57 h 开始喷煤，10 月 16 日产量就达到 8 502 t/d，利用系数达到 2.05 t/(m^3 · d)，实现了快速达产，炉况得到迅速强化。进入 2016 年 3 月炉况出现波动，气流分布失常，主要表现在悬料次数多、管道多，顺行较差，且此种状况一直持续到 7 月份。失常时期内主要经济指标与年初相比有明显下降，见表 1。

收稿日期： 2016－12－15

作者简介： 张志平（1980－），男，内蒙古乌兰察布市人，工程师，主要从事炼铁生产技术管理工作。

表1 2016年3—7月8#高炉主要炉况指标

日期	产量 /(t·d^{-1})	焦比 /(kg·t^{-1})	煤比 /(kg·t^{-1})	焦丁比 /(kg·t^{-1})	燃料比 /(kg·t^{-1})	悬料	管道 (T_T>500 ℃)/次	冒尖 (T_T<500 ℃)/次
2016年3月	8 300	345	109	59	513	7	19	17
2016年4月	8 358	348	107	62	517	9	19	12
2016年5月	7 585	370	86	62	518	20	68	71
2016年6月	8 112	365	93	62	519	6	30	45
2016年7月	8 233	363	90	63	515	10	101	39

2 气流分布失常的原因分析

2.1 设计炉型向操作炉型的转变

一代炉役期间,尤其是在开炉一定时间后,高炉内衬在实际操作条件下不断受到侵蚀以实现设计炉型向实际操作炉型的转变。在此转变过程中高炉剖面的光滑与稳定得不到很好的保持从而导致气流分布的稳定性、可控性遭到破坏[1]。炉况表现出失去稳定顺行局面、崩料频繁、偏尺、管道不断、壁体难以稳定等一系列现象。一般高炉在开炉1年后开始出现此转变过程,部分高炉甚至在3年左右才开始出现。8#高炉在炉身9、10、11段均砌筑有厚240 mm的粘土保护砖(Al_2O_3<42%)本次气流分布失常主要就是由该部位粘土保护砖的不规则掉落引起的。因有7#高炉炉型转变期间的经验可借鉴,本次8#高炉在开炉送风后采取了“保证中心气流、稍抑制边缘”的装料制度来控制边缘气流,减弱其对炉墙的冲刷、侵蚀。但实际结果是8#高炉仍于2016年1月下旬即开炉3个月后,经由壁体温度监测发现在炉身下部开始出现保护转掉落现象。图1为保护砖掉落引起的9段壁体温度波动情况。在掉落初期现象不明显,每日只有2~3点开始活跃,对炉况顺行的影响不明显,进入2月份开始出现大面积掉落的情况,炉渣中Al_2O_3也开始出现明显的升高现象。图2为保护砖掉落开始后炉渣成分变化情况。大面积掉落的情况出现后对炉况的影响逐渐显现,管道现象逐步增多。

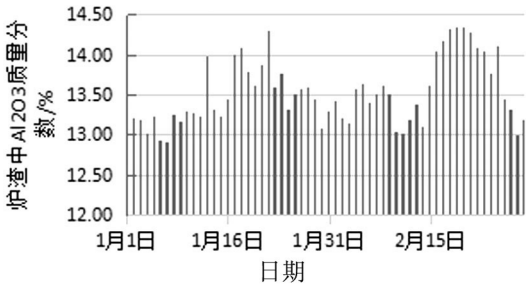


图1 炉身壁体温度监测点反映出的保护砖掉落情况

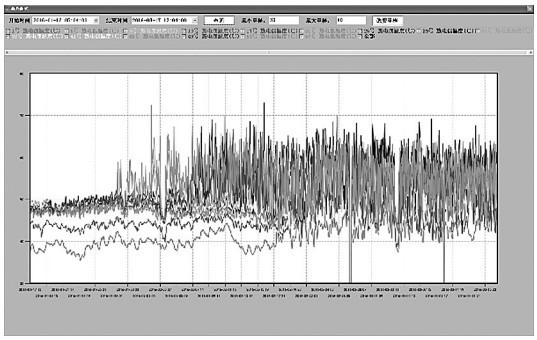


图2 保护砖掉落期间炉渣中Al_2O_3的变化情况

2.2 原燃料质量的影响

原燃料质量的稳定是高炉稳定顺行的基础,也是进行合理气流分布控制的前提。受料场堆料量不足的影响,烧结所用混匀料中硅的波动大、地表焦成分不均,烧结碱度稳定率较低且转鼓、筛分指标一直在下降。烧结变配比频繁,年初至今配比多次调整。原燃料成分的波动频繁给高炉稳定带来较大困难。且随着自产矿的比例不断上升,软化温度低,软熔带位置高,软熔层厚,压差高以及难以形成稳定渣皮的特性也在逐步显现。从表2就可以看出入炉原料还原性在逐渐变差,吨铁风耗在不断增加,原料粉化情况在逐渐加重,灰铁比在逐渐上升。

表2 2016年8#高炉吨铁风耗、灰铁比情况

日期	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
吨铁风耗/(t·m^{-3})	1 014	1 009	1 034	1 067	1 085	1 061	1 066	1 047	1 109
灰铁比/(kg·t^{-1})	10.16	13.44	17.67	17.54	21.14	18.16	18.53	12.58	17.34

2.3　热制度、造渣制度的波动

炉型转变期间频繁的管道造成炉内热量的散失，下料情况不佳，时有崩料伴随热风压力大幅上升的现象给炉温的稳定增加了很大困难，仅仅依靠煤粉调剂炉温困难较大，需要补加净焦来弥补管道造成的热量损失。在较多碱金属入炉的背景下渣皮稳定性本就难以维持，补加净焦的下达又会引起炉温出现波动引起煤气体积发生较大变化形成热震造成炉身下部渣皮经常性大面积脱落引起炉缸热量缺失、煤气利用不稳等现象形成恶性循环造成炉况难以稳定[2]。保护砖大面积掉落期间，炉渣中 Al_2O_3 的含量升高恶化了炉渣流动性，造成下部压力升高，对气流的初始分布造成影响，给气流向中心穿透造成困难，进一步增强边缘气流。从图 3 可见从 2016 年年初至 7 月份炉缸透气透液性变差导致了在冶炼强度下降的背景下炉缸热负荷在不断升高，炉芯温度不断下降。

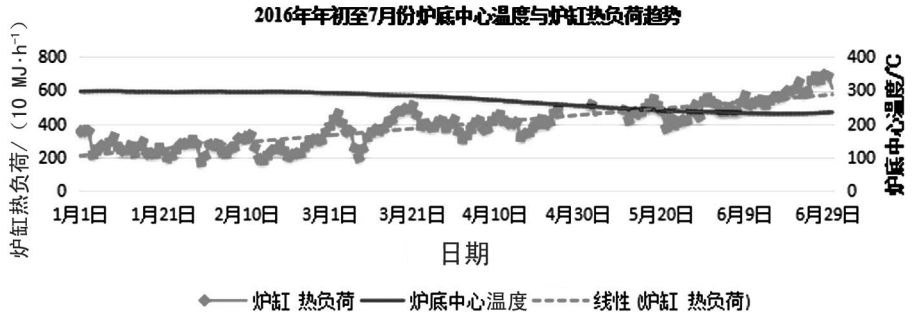


图 3　2016 年炉况失常期间炉缸工作状态

2.4　减风、休风情况过多

设备的稳定是炉况稳定顺行的必备条件，区域内设备的作业率没有保障，炉况稳定无从谈起。8# 高炉达产后部分关键设备的故障率较高，时有因设备原因进行休、减风操作。频繁的休减风造成的低料线以及炉温的波动进一步对炉况的稳定性及炉况恢复造成影响。表 3 为 2016 年 8# 高炉休减风情况。

表 3　2016 年 8# 高炉休减风情况　　%

日期	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
慢风率	1.42	0.59	0.32	0.13	1.79	1.99	1.88	0.26	1.19
休风率	3.03	1.53	1.58	0.00	3.76	0.81	0.00	0.46	3.66

3　处理措施

3.1　加强原燃料管理

针对原燃料质量不断下降的现状，可以从槽下基础管理、槽存管理与入炉原燃料粒度管理方面入手，加强入炉原燃料性状的现场跟踪观察，通过降低给料量、加大筛网巡查力度等措施加强槽下过筛，严格控制入炉粉末数量，实现了对入炉原料粒径的良好管理，未出现入炉原料粒度大幅恶化的现象，为保证料柱透气性打下良好基础。具体情况见表 4。

表 4　2016 年 8# 高炉原料入炉粒径　　mm

日期	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
烧结粒度	17.5	17.9	18.6	18.7	18.8	18.6	18.6	18.0	17.8
焦炭粒度	45.9	45.8	45.9	45.2	45.1	45.8	45.6	45.4	45.5

3.2　装料制度的调整

在炉型转变初期，保护砖掉落缓慢，对炉况影响不明显，此时装料制度继续采取“开放中心、稍抑制边缘”的 $O^{1098765}_{34431}$ 来减弱边缘气流对炉墙的冲刷以减缓保护砖的掉落速度，延长掉落周期，取得明显效果。从壁体温度监测数据显示的结果来看，保护砖从 1 月 28 日开始掉落至 2 月 15 日壁体 9 – 11 段每日维持 2 ~ 4 点的掉落速率，2 月 15 日后因下部保护砖基本掉落完毕上部保护砖失去支撑开始集中大面积掉落，炉况开始出现频繁冒尖现象。此时制度

变为“强化中心、抑制边缘”的 $O_{4443}^{1098765}$ 以保证中心气流，维持顺行，加重边缘负荷抑制管道频发的现象；在保护砖掉落干净后尤其是炉腹、炉腰区域的热负荷也开始不断活跃、上升，象征着操作炉型的初步成型，此时炉腰直径将由开炉时期的 15 600 mm 扩大至 16 288 mm，炉腹角缩小至 76.938°左右，高径比也将由设计炉型的 2.04 降低至 1.95 左右的水平，此时炉腰直径的扩大导致炉腰处焦炭层厚度将比开炉时期的 200 mm 左右极限厚度要薄，这将使焦窗部位气体通过性降低，故将制度调整为 $O_{33332}^{1098765}$ 调轻边缘焦炭负荷兼稍压制中心以保证边缘气流的适度敞开保证炉况顺行。

4 结论

(1) 设计炉型向操作炉型的转变是此次气流分布失常的主要原因。

(2) 频繁调整混匀料配比，自产矿的大量入炉也给炉况的顺行增添了不稳定因素。

(3) 休减风过多也给炉况调整、恢复增加了困难。

(4) 通过加强原燃料质量监管、加大关键设备保障力度、增强高炉精细化管理水平不断增强高炉适应性、稳定性。

参 考 文 献

[1] 周传典. 高炉炼铁生产技术手册 [M]. 北京：冶金工业出版社，2002.

[2] 朱仁良. 宝钢大型高炉操作与管理 [M]. 北京：冶金工业出版社，2015.

(上接第7页)

(2) 要按设计要求，满足锅炉运行条件。如提高在线监测、氧量计的准确性，严格控制锅炉水质波动问题，加强对 Ca^{2+}、Mg^{2+} 的检测力度。

3.5 加强各个环节的防范

(1) 保证二级减温器喷水装置的正常运行，根据情况每隔 3～6 年，打开二级减温联箱的堵头，用内窥境观察内壁套筒，是否有裂纹以及套筒是否脱落，能否保证正常运行，发现有问题及时处理。

(2) 在检修过程中，搞好过热器的防爆检验工作，如对管材做金相分析，取样化验内外壁腐蚀成分等。

(3) 检查高温区管的氧化皮厚度情况，当氧化皮厚超标时，及时换管。

(4) 做直管段胀粗测量，合金管不大于 2.5%，低碳钢管不大于 3.5% [2]。

(5) 检查管的表面是否有微裂纹，有裂纹时更换。

(6) 检查过热器迎风面高温腐蚀情况，发现有严重腐蚀坑部位，打磨测厚，当厚度不能满足强度要求时，更换管子。

(7) 做好过热器管的寿命预测。每隔 5 年左右，对靠近余热锅炉入口处的过热器最上排迎风面管束进行割管鉴定，进行金相组织分析和机械性能试验。当发现珠光体球化严重(4～5 级)，机械性能试验低于标准要求时，制定更换计划。

(8) 做好记录整理和档案管理，研究过热器管的损坏规律。

4 结束语

本文对包钢干熄焦余热锅炉过热器的使用状况详细深入分析，归纳总结了其失效模式与机理。通过对过热器迎风面加装保护套管，对过热器管子进行耐磨喷涂，在气流转弯或气流偏析处加装防磨装置，注重工艺参数控制等措施，有效防止了余热锅炉过热器的泄漏。其相应做法可推广到同行业当中。

参 考 文 献

[1] 叶江明. 电厂锅炉原理与设备(第二版) [M]. 北京：中国电力出版社，2007.

[2] 武俊峰. 锅炉过热器爆管原因分析及对策 [J]. 河北电力技术，2003，22(4)：26－28.