包钢 4 150 m^3 高炉使用经济炉料操作实践*[1]

刘 璐[1,2], 王艺慈[1], 贾西明[2]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢炼铁厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了包钢两座 4 150 m^3 高炉在使用经济炉料的条件下, 克服了焦炭热性能差, 入炉有害元素含量高、料柱透气性差、初始气流分布难以调剂的难题, 通过采取调整送风制度、装料制度等措施, 解决了风口曲损问题, 延长了高炉顺行周期。

关键词: 自产矿; 高炉; 装料制度

中图分类号: TF54 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2019) 02 - 0019 - 04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.02.007

Operation Practices for 4 150 m^3 Blast Furnace of Boutou Steel with Economic Furnace Burden

Liu Lu[1,2], *Wang Yi - ci*[1], *Jia Xi - ming*[2]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Rare Earth Steel Iron - making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, it is introduced such difficulties as the poor thermal property of coke, high content of the harmful element in the furnace, poor air permeability of stock column and difficult adjustment of initial air flow distribution are overcome by such measures as adjusting the blowing - in system and charging system under the condition of the two 4 150 m^3 blast furnaces of Baotou Steel with economic furnace burden so that the problems of bending and damage of tuyere are solved as well as the period of trouble - free operation for blast furnace is prolonged.

Key words: self - produced ore; blast furnace; charging system

受矿产资源以及钢铁市场行情的影响, 逐步探索使用大量经济炉料是大势所趋。包钢两座 4 150 m^3 高炉采用高比例的自产矿及其他经济炉料入炉后, 有效的降低了生铁成本, 尤其是铁料成本。但由于焦炭本身质量较差, 高比例自产矿带来的后果是矿石的软熔温度低, 软熔区间较宽、最大压差高、球团矿的膨胀率较高, 并且 K_2O、Na_2O 含量高加剧了焦炭劣化, 这一系列问题造成了高炉料柱透气性恶化, 炉况难以强化。自开炉后, 在毫无大型高炉管理、技术和操作经验的基础上, 通过优化装料制度、送风制度, 不断总结成功经验, 在原燃料条件远低于同行业平均水平以及有害元素大量入炉的基础上, 解决了风口曲损的生产难题, 实现了高炉利用系数稳步攀升, 顺行周期不断延长。

* 收稿日期: 2019 - 02 - 12

作者简介: 刘 璐(1988 -), 女, 内蒙古包头市人, 助理工程师, 现从事炼铁相关工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 存在的问题

1.1 原燃料条件差

包钢4 150 m^3高炉2018年自产矿入炉比例逐步提高到38%左右，原燃料条件较差，其中有害元素大量入炉，尤其是焦炭热性能、渣比、烧结矿的平均粒径和冶金性能与同行业同立级高炉条件相比差距较大。包钢4 150 m^3高炉入炉料主要性能见表1、表2。

表1 包钢4 150 m^3高炉入炉料主要指标

S负荷 /(kg·t^{-1})	碱负荷 /(kg·t^{-1})	Zn负荷 /(kg·t^{-1})	渣铁比 /(kg·t^{-1})	入炉品位 /%	*CRI* /%	*CSR* /%
4.97	4.14	0.52	330	58.41	24.74	65.10

表2 包钢4 150 m^3高炉入炉烧结矿主要指标

平均粒径/mm	$RDI_{+6.3}$/%	$RDI_{+3.15}$/%	$RDI_{+0.5}$/%	$T_d - T_s$/℃	最大压差/Pa	*RI*/%
17.6	29.3	57.9	91.4	206.4	14 585	77.3

由表1、表2可知，与同立级高炉相比，包钢大高炉的入炉碱负荷达到4.138 kg/t，锌负荷0.519 kg/t左右的水平，大幅超出同行业同立级高炉的管控标准(碱负荷3.00 kg/t，锌负荷0.15 kg/t)。个别月份碱负荷接近5.00 kg/t，锌负荷超过0.65 kg/t。较高的锌负荷容易造成炉墙的结瘤，破坏砖衬；大量入炉的钾、钠、锌在炉内循环富集，充当了焦炭劣化反应的催化剂，降低了焦炭的强度，同时易造成球团的恶性膨胀与烧结矿的低温还原粉化，产生大量粉末，严重危害料柱透气性。在目前炉腹煤气量较大、冶炼强度较高的前提下，较高的锌、碱负荷为高炉合理炉型的控制增添了难度。

包钢4 150 m^3高炉渣比330 kg/t，焦炭反应后强度65.10%，较同立级高炉渣比290～310 kg/t高30～40 kg/t、焦炭热性能反应后强度偏低4.30%，加大了提高利用系数的难度。

入炉烧结矿平均粒径只有17.6 mm，远远低于同行20～22 mm，低温还原粉化性能较同行偏低6～8%，熔滴区间宽70 ℃左右，透气性指数降低。

1.2 炉况顺行周期短

两座高炉在2016年存在顺行周期较短，炉况冒尖、管道、悬料频繁，利用系数不到2.0 t/(m^3·d)；2017年2月、2018年2月焦炭*CSR*急剧下降到不足62%，造成炉况出现大幅波动，技术路线摇摆不定。从点火休风料面观察，边缘出现较深的环沟、无火苗，整个环带远离边缘，中心漏斗较浅或几乎没有[1]。

1.3 风口曲损现象严重

风口曲损是大型高炉特有的现象，严重制约高炉利用系数的提高。在包钢几十年的运行、操作经验中完全没有治理相关问题的经历与相关经验。其中8#高炉于2015年10月开炉，投产6个月后开始出现风口曲损的现象，2016年全年更换了55个风口，其中曲损风口数量达到40个，占更换风口总数的72.7%，风口曲损严重时会造成小头漏风，风口前部贴近煤枪，发现不及时煤粉短时间就能刺坏风口，甚至发生风管烧穿；被迫停煤减轻矿焦比维持，达到一定数量时风口回旋区区一次气流分布不均，下料出现偏料，只能休风处理，周而复始。

2 应对措施及效果

2.1 入炉有害元素负荷高的有效应对

入炉有害元素做到了解来源，加强监控，制定措施加大排除是难点和重点。通过以下4方面的技术工作，高炉没有发现碱金属富集影响炉况的现象。

(1) 建立有害元素监控体系，对每日入炉及排出的有害元素负荷进行了监控，了解富集程度，制订排碱计划，减少炉内有害元素富集。

(2) 焦炭为炉内碱金属的重要来源之一，逐步降低焦比，减少入炉量；通过建立合理气流分布，稳定中心气流加大上部气流排出力度。

(3) 优化配料结构，对有害元素含量较高的矿种进行降低配比或者直接停供，从源头上降低有害元素入炉。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(4) 采用较低的炉渣碱度抑制碱金属以及锌在下部高温区的还原,同时减少碱金属和锌在炉内的富集,通过炉渣排出炉外。

2.2　上下部制度匹配调整,顺行周期延长

2.2.1　上部装料制度控制边缘,稳定中心

重新调整方向、梳理思路,吸取教训稳定焦炭冷强度,保证 *CSR* 稳定在 63% ~66%,确定技术路线。每次利用休风机会测定合适的外环角度,对高炉的装料制度进行了重大调整。调整思路是逐步整体外移矿焦环带,焦炭外跨控制边缘矿焦比,调整矿石内侧落点,稳定中心气流[2]。经过近 6 个月的逐步调整,冒尖、管道、悬料大量减少、煤气利用逐步提升、热负荷稳定、高炉的抗波动能力不断加强、顺行周期越来越长。上部装料制度调整方面经验总结为:

(1) 利用 COO 灵活的装料制度调整模式,弥补了布料偏析,控制边缘来稳定中心。

(2) 利用每次点火休风机会,布 2 次 5 吨湿焦测定布料的外倾角。逐步扩大外倾角,焦炭外跨 1 个到 2 个环带,消除较深的环沟,控制内环、外环矿石、焦炭的落点,避免边缘矿石超越焦炭,内环矿石滚向中心。

(3) 前期边缘矿焦比较重无火苗,中心气流较旺呈假象。经过调整后高炉下料逐步改善、压量关系缓和。

2.2.2　下部送风制度扩大进风面积,稳定加湿

理论上原燃料条件差,应该缩小进风面积,提高鼓风动能,活跃炉缸;但鼓风动能和风量成立方级关系,风量增大也能提高穿透能力,同时提高冶炼强度。文献资料显示风口阻损占高炉整个阻损的 25%,软融带、滴落带占 50%,块状带占 25%[2]。通过认真分析,权衡利弊,认为将风口面积由 0.467 m² 提高至 0.481 m³ 可以降低部分阻力,增加一定的风量,从而提高煤气的穿透能力,进行强化冶炼,实践证明风量上升 100 ~200 m³/min 是成功的。

通过调节加湿大小控制炉缸煤气 T_f 值 2 150 ~2 300 ℃,稳定炉缸煤气体积,同时加湿降低初始煤气黏度,加强初始气流向中心渗透。经过 2018 年度的逐步调整目前冶炼强度已经达到同立级高炉最高水平,炉腹煤气量指数达到 65 m³/(min·m²) 的理论上限。

通过上下部的调整,风量增加,配以充足的炉温,炉缸活跃,高炉顺行周期延长,利用系数也在不断攀升,达到了同立级高炉的平均水平,见图 1。

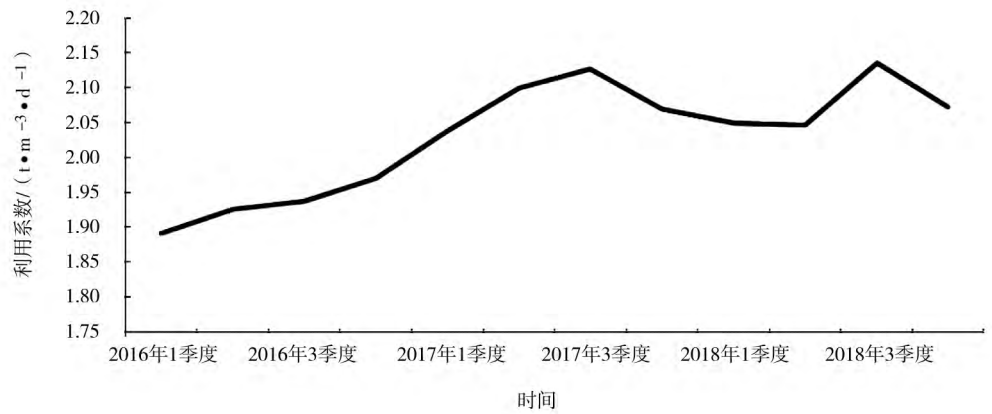


图 1　包钢 4 150 m³ 高炉 2016 年—2018 年利用系数变化情况

2.3　彻底解决风口曲损问题

风口曲损的机理比较简单,但真正弄清楚原因、控制好操作炉型,消除风口曲损是一个漫长过程。主要原因是高炉气流分布不均,操作炉型不合理,大块渣皮受到热振脱落,炙热的炉渣产生高温,加上气流变化生降的炉料料柱共同对风口施加压力,造成铜质风口弯曲变形。

2017 年 11 月 8—16 日 26#—34# 风口发生大面积曲损时,风口上方 7 段冷却壁的波动异常剧烈,该部位的稳定性与风口曲损现象的发生密切相关,壁体温度趋势图见图 2;在休风更换风口时,多次发现风口区有生矿的现象,采取 COO 布料模式控制合适

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的边缘矿焦比，调整内环矿石的落点，控制漏斗的大小稳定中心气流。边缘的矿焦比较调整前减轻，中心漏斗形状显现明显，提高了软熔带的高度，掉落渣皮的大小得到了有效的控制，风口曲损的次数逐步降低。壁体温度的稳定性也在不断增强，表明该段冷却壁渣皮稳定性在不断增强，相对应的下部风口曲损问题得到彻底解决。

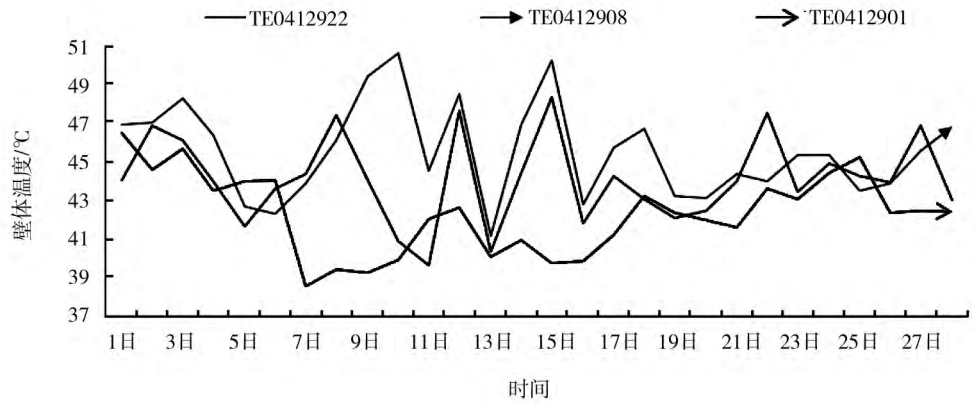


图2 2017年11月7段冷却壁温度趋势图

3 结论

(1) 通过上部布料模式的优化探索，控制合适的边缘矿焦比，调整内环矿石的落点，有效的减少了异常炉况的发生，实现了炉况长期顺行。

(2) 在原燃料条件较差的情况下，分析阻损占比，扩大送风面积，配合调整上部装料制度，冶炼强度提高，利用系数不断攀升。

(3) 通过监控入炉有害元素负荷，优化配矿，降低焦比减少有害元素入炉，适当降低炉渣碱度，定期排碱，稳定中心气流等手段，实现了焦炭质量较差、有害元素负荷高的入炉条件下，炉况的长期顺行。

(4) 提高软熔带的高度，铜冷却壁温度趋于稳定，杜绝了风口出现曲损。

参 考 文 献

[1] 张志平，赵洋，沈后望，等. 包钢8#高炉气流分布失常的原因分析及处理 [J]. 包钢科技，2017，43(01)：19－22.

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

[3] 白文广，赵洋，高东辉. 包钢大型高炉合理操作炉型维护 [J]. 包钢科技，2018，44(05)：17－20.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net