包钢大型高炉合理操作炉型维护

白文广,赵 洋,高东辉

(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: 2016年包钢大型高炉的曲损率达到了70%,成为高炉强化冶炼的主要制约因素。文章通过调整下部鼓风参数、控制中部热负荷、优化上部装料制度的方法维护合理的操作炉型,从而消除风口曲损。结果表明:通过控制合理的操作炉型,可以有效的消除风口曲损。

关键词: 大型高炉;风口曲损;操作炉型;鼓风参数;热负荷;装料制度

中图分类号: TF543 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)05-0017-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.05.005

Reasonable Maintenance for Operational Furnace Profile of Large Blast Furnace of Baotou Steel

Bai Wen-guang, Zhao Yang, Gao Dong-hui

(*Rare Earth Steel Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In 2016, the rate for bending and damage of tuyere of large blast furnace of Baotou Steel achieved 70%, which became the main restraining factor for intensified smelting of blast furnace. In this paper, it is introduced the bending and damage of tuyere were eliminated through such methods as adjusting the lower blast parameters, controlling the middle heating load and optimizing upper charging system to maintain the reasonable operational furnace profile. The results showed that the bending and damage of tuyere could be effectively eliminated by controlling reasonable operational furnace profile.

Key words: large blast furnace; bending and damage of tuyere; operational furnace profile; blast parameter; heating load; charging system

包钢共有两座4 150 m^3高炉,其中7#高炉于2014年5月27日投产,8#高炉2015年10月12日投产,投产后由于高炉操作炉型不规整造成风口曲损多的现象[1,2]。2016年风口的曲损趋势愈演愈烈,全年风口曲损率达到了70%,严重时38个风口,只有20个可以喷煤,由于喷吹不均匀造成初始气流分布不均匀,进一步恶化操作炉型,影响高炉顺行状态,解决高炉风口曲损问题十分迫切。通过对两座高炉风口为期一年跟踪记录,发现影响两座高炉操作炉型的主要原因:各风口进风不均匀性影响了初始煤气流在圆周方向的分布,造成了高炉操作炉型不规整的现象。根据上述分析总结,制定了如

收稿日期: 2018-03-07

作者简介: 白文广(1973-),男,内蒙古丰镇市人,高级工程师,现任包钢集团炼铁技术专家。

中国知网 https://www.cnki.net

下措施: 采用保证稳定充沛的中心气流,发展可控的边缘气流的方式,来控制软熔带的形状和位置,适当升高软熔带根部高度和保持“倒V型”形状,进而实现高炉操作炉型稳定受控的目的,消除风口曲损。

1 风口曲损原因分析

从炉况顺行,气流分布控制、渣铁成分控制、装料制度影响,风口尺寸等方面对风口曲损问题的成因及影响因素进行确定。2017年经过对2016年运行经验的总结,部分应对经验固化后,形成控制措施的制订与执行。2017年全年更换的曲损风口数量为24个,占全年更换风口总数量的11%。其中7#高炉自4月份后风口曲损的现象消失,全年更换9个曲损风口;8#高炉较为特殊,曲损现象在7、8月得到根除,后因8月中旬送风系统灌渣影响,自9月开始又出现曲损现象,对曲损发生的规律及影响因素进行分析,因8#高炉2017年存在较为明显曲损情况,下面以8#高炉为例进行分析。

1.1 初始煤气分布不均

高炉热风围管的设立旨在消除圆周方向上各风口鼓风动能的不均匀性,这种不均匀性影响了初始煤气流在圆周方向的分布,进而影响了软熔带的位置和形状,造成了高炉操作炉型不规整的现象,鼓风动能较弱的区域从风口中观察有“大块”掉落现象发生,风口数量也相应增加。

2017年1月—7月通过对8#高炉发生曲损现象的分析,在无明显外界影响前提下,曲损现象在送风主管对面的21#风口附近发生频次较高,且在日常风口巡视过程中从风口前观察到该区域有“大块”掉落现象发生,这一现象的发生与该方向鼓风动能偏小有关。8#高炉8月中旬送风系统灌渣后,0°方向中节和风管堵塞,该方向出现大面积曲损印证了这一推断。

1.2 长期边缘重影响操作炉型

装料制度直接决定了炉内煤气流的二、三次分布,对软熔带根部的位置具有决定性作用[3],进而进一步决定炉腰、炉腹壁体稳定性,以及软熔带熔化物质的分布、移动情况,8#高炉长期采用内缩角度的方式,营造“大环沟+大中心无矿区”来加重边缘O/C[4],并且采用矿石外跨焦炭的办法来大幅开放中心气流抑制边缘气流,这种制度并没有消除悬料现象,过重的边缘气流反而造成边缘下料不匀、冒尖现象较多、且伴有风口曲损。此种现象说明,过小的角度易造成软熔带根部异常低下,易造成熔融的铁料在软熔带中大幅向边缘流动,造成风口曲损。

长期采用加重边缘的装料制度和初始煤气流分布不均,影响了软熔带的位置和形状,造成了高炉操作炉型不规整的现象,最终导致风口大量曲损现象的出现。

2 维护合理操作炉型消除风口曲损

2.1 下部调整鼓风参数改变初始煤气分布

针对8#高炉操作炉型特点,操作上确定采取保持中心稳定的基础上,发展可控边缘气流的方针。根据实际高炉顺行状态,选择适宜的送风面积、风口尺寸,维持高炉充足的单位面积送风比和鼓风动能,从而保证高炉煤气形成高炉操作炉型相适宜的初始分布。通过上述措施保持高炉操作炉型控制逐步改善,并最终实现长期稳定可控,其主要控制参数和控制范围如下。

(1) 保持充足的单位面积送风比,维持合理的鼓风动能,保持高炉单位风口面积送风比维持在220~240 $m^3/m^2.s$范围之内,重点防止单位面积送风比过低,导致鼓风动能不足,影响煤气流初始分布。在保持上述单位面积送风比范围的前提下,结合炉顶压力等综合措施,将鼓风动能维持在9 000~11 000 $kg/m^2 \cdot s^{-1}$,从而控制高炉软融带根部位置抬高,如图1所示单位面积送风比和高炉鼓风动能关系。

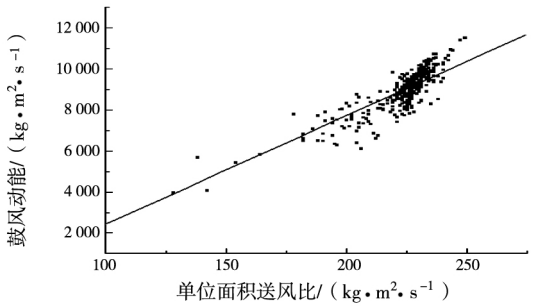


图1 单位面积送风比和高炉鼓风动能关系

(2) 维持合理的鼓风动能和热负荷关系,在保证充足的单位面积送风比,维护充足的鼓风动能的同时,要兼顾壁体热负荷的变化,维持合理的软熔带位置,热负荷和鼓风动能关系如图2所示。在一定鼓风动能范围内,二者成正相关性,当鼓风动能过大时,热负荷范围呈下降趋势,不利于稳定软熔带根部位置。

中国知网 https://www.cnki.net

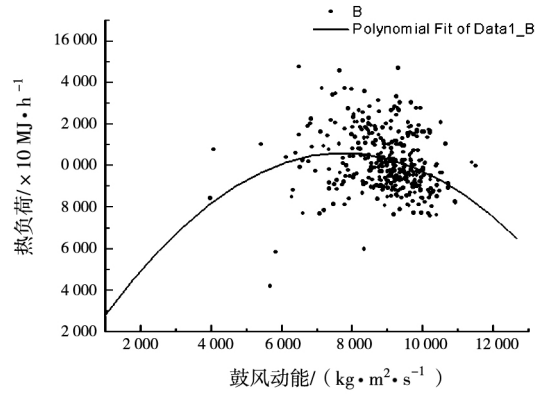


图 2　热负荷和鼓风动能关系

8# 高炉合理鼓风动能范围 9 000 ~ 11 000 kg/m^2 · s^{-1}，合理热负荷范围 9 000 ~ 12 000 (×10 MJ · h^{-1}) 。

(3) 风口参数的优化

①增加风口严合面。将风口严合面由 100 mm 增加到 150 mm，有效增强了风口抵御渣皮掉落时的力矩，能够有效的降低风口曲损。

②缩短风口长度。风口长度有 683 mm 缩短到 660 mm，为发展边缘气流创造条件。

③扩大风口面积。风口面积由 0.456 m^2 扩大到 0.477 m^2，操作炉型稳定后回调到 0.469 m^2。

2.2　中部控制热负荷发展边缘气流

(1) 制定合理的热负荷控制范围

根据 8# 高炉有关数据进行统计分析，发现炉体热负荷和边缘煤气流控制有良好的正相关性，而与中心气流有良好的负相关性，尤其是中心对边缘的相对强度有负相关性。其原因是增加边缘煤气流后，边缘间接还原和热量增加，物料与炉体冷却系统热交换量也相应增加，当中心气流和边缘气流稳定可控的情况下，炉体热负荷也变的稳定可控，从而控制软熔带根部稳定，操作炉型也处于稳定状态，热负荷与边缘和中心气流对应关系，如图 3、图 4 所示。

(2) 建立炉体热负荷管理体系

8# 高炉冷却制度管理的重要内容是建立炉体热负荷管理体系，边缘煤气流一旦发生改变，热负荷会预先反映出来，在 8# 高炉生产过程中，操作人员总结提炼出了热负荷预警范围，如表 1 所示。一旦热负荷超出上述范围必须根据相关处理预案，及时采用相应措施加以控制。

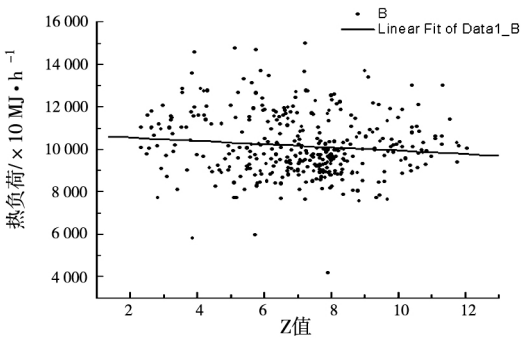


图 3　炉体热负荷和中心煤气流关系

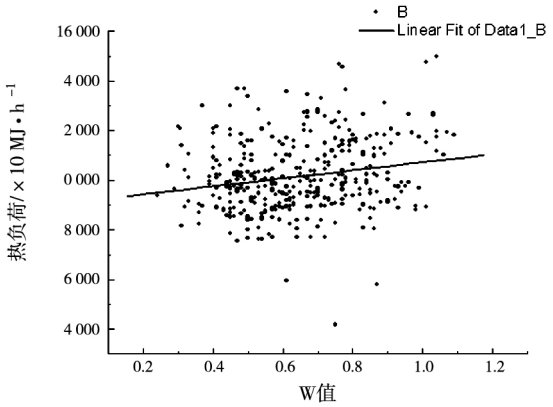


图 4　炉体热负荷和边缘煤气流关系

表 1　热负荷预警范围

项目名称	控制范围/ ×10 MJ · h^{-1}
总热负荷	10 500 ± 1 500
炉腹热负荷	1 500 ± 500
炉腰热负荷	1 500 ± 500
炉身下热负荷	3 500 ± 500
炉身中热负荷	1 800 ± 500
炉身上热负荷	1 200 ± 200

2.3　优化上部装料制度提高软熔带根部高度[5]

在高炉稳定中心气流，发展可控边缘气流的下部送风制度基础上，8# 高炉在布料制度上进行了多方探索和调整，其基本原则是：上部保证稳定充沛的中心气流，在满足高炉顺行前提下发展边缘气流，并保证边缘气流在可控范围内，将软融带根部控制在相对较高的位置上，适当提高软熔带根部位置，改善操作炉型，具体实施方案为：

(1) 维持合理焦炭平台和中心漏斗宽度

布料焦炭平台宽度控制在 2.1 ~ 2.4 m 范围内，漏斗半径在 2.4 ~ 3.7 m 范围内。具体选择平台宽度和漏斗直径主要根据高炉冶炼条件而定，一般原

中国知网　https://www.cnki.net

燃料条件好或高炉强化冶炼情况下平台宽度可取上限。而在高煤比和原燃料条件差或低冶炼强度情况下,可选择适当降低焦炭平台宽度和增大中心漏斗。

(2) 降低边缘矿焦比,适当发展边缘气流

①从异常炉况和风口曲损情况统计数据来看,1-4月逐步内缩角度,营造"大环沟+大中心无矿区"来加重边缘O/C并且采用矿石外跨焦炭的办法来大幅开放中心气流,抑制边缘气流的制度没有消除悬料现象,过重的边缘气流还造成边缘下料不匀,冒尖现象较多,且伴有风口曲损。

② 5月后,通过采用焦炭外跨矿石来大幅疏松边缘气流、拉宽焦炭角、稳定中心气流的装料制度开放了两股气流,实现了炉况的稳定顺行,异常炉况大幅减少,软熔带的根部也因边缘气流的加强而逐步上升,操作炉型逐渐趋于规整,从风口观察"生降"大幅减少,风口曲损现象基本消失。

为清晰显示8#高炉不同时期炉喉径向矿焦比,特将各档位矿焦比进行分层处理,如图5、图6所示。

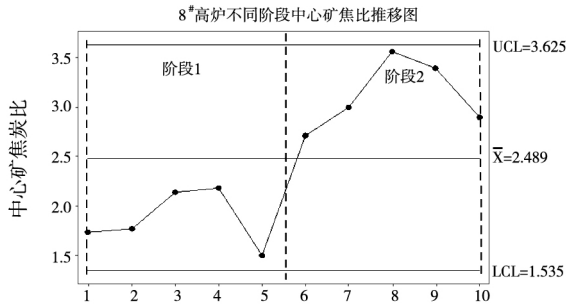


图5 中心矿焦比推移图

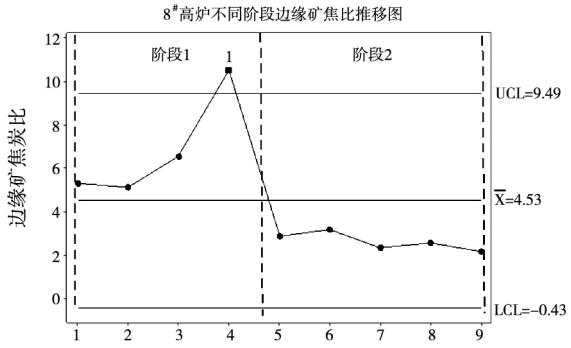


图6 边缘矿焦比推移图

(1) 中心矿焦比控制情况如下:①"1"阶段中心矿焦比为1.9;②"2"阶段中心矿焦比为3.1。

(2) 边缘矿焦比控制情况如下:①"1"阶段边缘矿焦比为6.5;②"2"阶段边缘矿焦比为2.6。

通过将中心矿焦比和边缘矿焦比进行比较,并分层显示,可以知道8#高炉边缘和中心相对矿焦比的轻重,也可了解其煤气流调控的方向。由图7所示,在不同阶段高炉中心和边缘矿焦比相对比例表示如下:①"1"阶段比值为0.31;②"2"阶段比值为1.20。

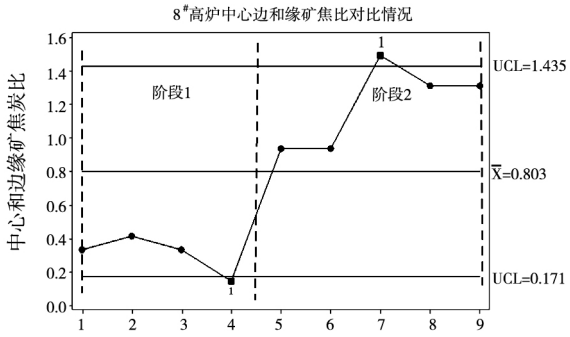


图7 中心矿焦比推移图

其中阶段1是有利于发展中心煤气流的布料模式,而阶段2是控制边缘发展的布料模式。

通过高炉下部调剂和上部调剂,将煤气流控制在适应高炉冶炼条件的分布模式,从而实现近似"倒V"型软融带,使软融带根部位置适当提高,并保持相对稳定,可以使8#高炉操作炉型稳定在合理状态,从而逐步消除风口曲损。

3 结束语

通过调整下部鼓风参数,中部控制热负荷在合理范围,优化上部装料制度、保证稳定充沛的中心气流、发展可控的边缘气流的方式,来控制软熔带的形状和位置,适当升高软熔带根部高度和保持"倒V型"形状,可以实现高炉操作炉型稳定受控的目的,能够有效消除风口曲损。

参 考 文 献

[1] 傅燕乐. 高炉操作 [M]. 北京: 冶金工业出版社,2006.

[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] 刘云彩. 高炉布料规律 [M]. 北京: 冶金工业出版社,2012.

[4] 张志平,赵洋. 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,(1):19-22.

[5] 刘云彩. 高炉布料规律 [M]. 北京: 冶金工业出版社,2012.

中国知网 https://www.cnki.net