包钢6#高炉减少中心加焦生产实践*[1]

韩 磊[1], 席 军[1], 黄雅彬[1], 于恒亮[1], 王永斌[2]

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

摘 要: 包钢6#高炉2017年6月尝试探索优化布料模式, 逐步改善焦炭平台, 减少中心焦炭, 稳定合理操作炉型, 最终形成了"平台+漏斗"的布料模式, 提高了煤气利用率, 焦比和燃料比降低, 为包钢高炉整体布料制度调整提供了参考。

关键词: 高炉; 中心加焦; 布料矩阵
中图分类号: TF537 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2017)06-0011-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.06.006

Production Practice of Reducing Central Coke Charging in No. 6 Blast Furnace of Baotou Steel

HAN Lei[1], *XI Jun*[1], *HUANG Ya-bin*[1], *YU Heng-liang*[1], *WANG Yong-bin*[2]

(1. *Iron-making Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*;
2. *School of Material and Metallurgy*, *Inner Mongolia University of Science and Technology*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: In 2017 June, the distribution mode in No. 6 blast furnace of Baotou Steel was tried to be optimized for gradually improving the coke platform, reducing the central coke and steadily and reasonably operating the furnace profile. A distribution mode of "platform + funnel" is formed, improving the utilization rate of coal gas, coke ratio and fuel ratio decreased, which provides a reference for the whole adjustment of burden distribution system in blast furnace of Baotou Steel.

Key words: blast furnace; central coke charging; burden distribution matrix

包钢6#高炉有效容积2 500 m^3, 6—10段为铜冷却壁, 11—15段为铸铁冷却壁, 高炉本体采用自立式大框架结构, 设置30个风口, 2个矩形出铁场3个出铁口, 高炉配置4座内燃式热风炉。6#高炉自2006年12月12日投产以来, 长期采用"中心加焦"的布料模式, 高炉虽有长期稳定顺行, 但煤气利用率差, 为了提高煤气利用率, 降低燃料消耗, 6#高炉逐步减少中心区域焦炭量, 最终形成了"平台+漏斗"的布料模式, 高炉燃料比大幅降低。

1 布料落点的计算

包钢6#高炉采用并罐无料钟炉顶, 料罐容积45 m^3, 喉管内径0.6 m, 喉管长度1.68 m, 溜槽长度3.50 m, 溜槽转速8圈/min, 料线1.4 m, 正常布料角度范围10°~45°(各环角度炉料落点距离见表1)。通过布料矩阵参数和溜槽设备参数, 根据布料方程计算出各环角度落料点距离中心的距离[1], 从

* **收稿日期**: 2017-07-27
作者简介: 韩 磊(1986-), 男, 内蒙古乌兰察布市人, 助理工程师, 现从事高炉生产技术管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

而对装料制度的调整有指导意义。

表1 各环角度炉料落点距离

溜槽角度/(°)	炉料在溜槽末端的速度/(m·s^{-1})	落料点到中心的距离/m
40	6.78	3.9
39	6.84	3.8
38	6.90	3.7
37	6.96	3.6
36	7.02	3.5
35	7.07	3.4
32	7.23	3.1

注:落料点到中心距离不考虑煤气流。

2 布料模式转换实施过程

布料模式的转换实际上是高炉煤气流的重新调整和分布,包钢6#高炉2017年6月开始本次减少中心焦炭,布料模式从“中心加焦”向“平台+漏斗”的转换总体可以分为三个阶段。

2.1 第一阶段 减小矿石平台疏松边缘

(1)6月9日调整减小矿石平台,矿石档位从5档减少为4档(带宽收缩0.5°),在保证中心气流的同时逐步疏松边缘,布料矩阵由 $C^{987651}_{322221}O^{98765}_{33322}$ 调整为 $C^{987651}_{332121}O^{8765}_{3332}$,同时矿石批重由61.6 t增加到62.6 t。调整后炉况总体平稳,热负荷稳定,十字测温边缘均匀性向好,煤气利用从40%最高上至41%。

(2)6月10日第9档焦炭由3圈变4圈松边,矿石平台收缩,以扩大中心区域,布料矩阵过渡为 $C^{987651}_{432121}O^{4567}_{3333}$,同时矿石改倒布可稳定矿石平台,有利于压差的降低。

第一阶段调整后十字测温中心温度明显趋稳,波动小,炉况顺行良好,壁体总体平稳,边缘焦的比例达到53%,煤气利用最高上至41.5%。

2.2 第二阶段 减少中心焦炭促进漏斗形成

(1)6月11日中心开始减焦,中心焦炭去掉,增加一个3档28°作为过渡,在抑制中心的同时把中心和边缘的矿石档位各减1圈,为两道气流提供通路,同时更有利于稳定矿石带气流,形成更为稳定的布料平台,促进中心漏斗的形成,布料矩阵调整为 $C^{987653}_{432121}O^{4567}_{2332}$。

(2)调整后煤气利用持续上行,期间有压力突升退风现象12日水温差上至7.0 ℃,为稳定气流高炉装料制度中心焦角度第3档过渡到第2档。布料矩阵由 $C^{987653}_{432121}O^{4567}_{2332}$ 调整为 $C^{987652}_{432121}O^{4567}_{2332}$,调整后高炉压差逐步降低,透气性良好,气流逐步规整。

(3)6月13日高炉改料制第5档焦炭32°由2圈减为1圈,中心焦炭第2档再次外移到第3档。矩阵由 $C^{987652}_{432121}O^{4567}_{2332}$ 调整为 $C^{987653}_{432111}O^{4567}_{2332}$,期间炉况表现为稳定顺行,十字测温边缘第一点温度稳定在90~100 ℃,煤气流分布趋于合理,煤气利用率从11日41%上升至43%~44%(6月11日~6月12日煤气利用趋势见图1)。

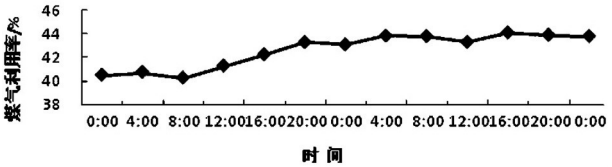


图1 6月11日—6月12日煤气利用率趋势

2.3 第三阶段 增加焦炭负荷稳定布料平台

经过第一阶段、第二阶段的过渡,高炉料制运行状况稳定,炉况也没有出现异常的波动,根据大中高炉适宜的焦批厚度为0.45~0.50 mm[2],高炉操作逐步增加焦炭负荷16日扩批重至63.6 t、18日再次扩批重至64.6 t。直到26日批重从开始调整的61.6 t增加至65.4 t,焦炭负荷由3.28 t/t加至3.61 t/t,此后高炉焦炭负荷始终稳定在3.60 t/t以上,炉候焦层厚度0.48 mm,煤气利用率由调整前40%左右上升到44%左右,炉腰、炉腹、炉身各段的冷却壁温度更加均匀(减焦前后热负荷和冷却壁温度见图2),从趋势图可以看出9日调整前,热负荷和炉腹7段、炉身11段温度频繁波动,调整后热负荷和冷却壁温度稳定,操作炉型更趋于均匀合理,高炉各项技术经济指标都有明显改善。

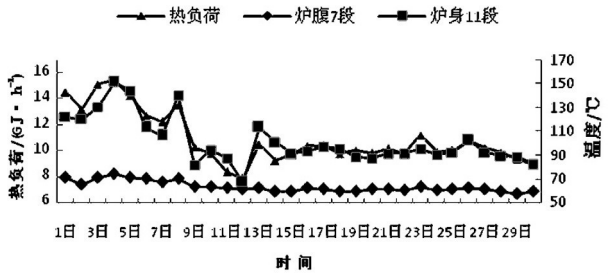


图2 减焦前后热负荷和冷却壁温度趋势

3 布料模式调整效果总结

3.1 煤气利用率高气流分布均匀合理

中国知网 https://www.cnki.net

逐步减少中心焦炭后，高炉炉顶温度大幅度降低，从调整前均值 250 ~ 260 ℃下降至 200 ~ 210 ℃，十字测温曲线高温区域明显收窄，从炉顶成像与煤气流温度分布曲线看中心煤气流较稳，十字测温第二环、第三环温度较低且边缘上翘，高炉煤气分布更加合理、稳定(炉顶十字测温趋势见图 3) 。

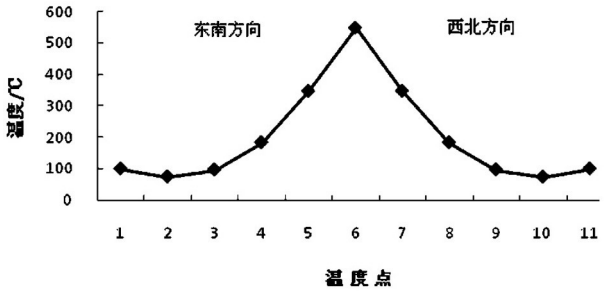


图 3　炉顶十字测温趋势图

3.2　高炉主要技术经济指标大幅提升

采用“平台 + 漏斗”布料模式后，高炉主要技术经济指标大幅提升，高炉利用系数达到 2.24 t/(m^3 · d) ，矿石批重和焦炭负荷都大幅增加，煤气利用率由原来的 40 % 提升到 44 % ，燃料比由原来的 600 ~ 610 kg/t 下降到 570 ~ 580 kg/t，生铁成本大幅度降低，同时炉顶温度和炉身温度降低也有利于高炉长寿(减焦前后高炉主要指标见表 2) 。

表 2　高炉主要技术经济指标对比

时间	利用系数 /(t·m^{-3}·d^{-1})	矿石 /t	焦炭负荷 /(t·t^{-1})	顶温 /℃	煤气利用率 /%	燃料比 /(kg·t^{-1})
减焦前	2.14	59.8	3.28	260	39	605
减焦后	2.24	65.4	3.61	210	44	570

3.3　炉缸活跃渣铁物理热明显提升

由“中心加焦”向“平台 + 漏斗”布料模式过渡后，高炉风量保持在 4 700 m^3/min，鼓风动能 12 000 kg·m/s，炉缸物理热指数明显提升，物理热较之前提高了 5 ℃，炉缸温度充沛，炉缸工作状况活跃。

3.4　炉况稳定顺行压量关系明显改善

高炉减少中心焦炭后，炉况稳定顺行，高炉压差降低，压量关系表现平稳舒缓，风压波动正常在 10 kPa以内，全压差 160 ~ 165 kPa 之间，K 值稳定，料尺无偏尺和崩滑料现象，水温差及热负荷稳定，操作炉型趋向合理高炉操控性明显增强，高炉炉况适应能力和抗波动能力提高(高炉顺行状况见表 3) 。

表 3　高炉顺行状况对比

时间	风量 /(m^3·min^{-1})	动能 /(kg·m·s^{-1})	稳定性	下料偏差	透气性阻力指数	热负荷 /(GJ·h^{-1})
减焦前	4 610	11 000	压量偏紧	偏尺	5.0	10.0
减焦后	4 700	12 000	稳定宽松	正常	4.2	9.0

4　结论

(1) 确定合适的布料角度和焦炭平台，较为适宜的最外环落料点离炉墙 300 ~ 500 mm 较好，适宜的落料点是确保合适边缘气流的基础。

(2) 边缘焦炭的比例对顺行至关重要，边缘焦的比例要达到 50%，其料流体积流量应逐步接近 0.5 m^3/s，6#高炉本次边缘焦炭的比例达到58.3 % ，料流体积流量为 0.4 m^3/s。

(3) 边缘气流的调整要与中心焦炭的外移相结合，目标是同步性、趋向性要好，适当的疏松边缘为外移中心焦后煤气流提供了过渡通路，同时十字测温边缘第一环上翘，第二环、第三环温度低且无波动。

(4) 在调整过程中应注意，十字测温中心与边缘温度的差值应大于 400 ℃ 合适温度差值可以确保“平台 + 漏斗”中心气流的通畅。中心气流的强弱靠漏斗的形状及大小，而不是靠焦炭的量多少，中心气流的稳定靠平台的大小。适当的缩窄带宽能扩大中心区域，同时矿石倒布是降低压差、减少中心焦的重要措施。

参　考　文　献

[1] 刘云彩. 高炉布料规律[M]. 北京: 冶金工业出版社，2012.

[2] 周传典. 高炉炼铁生产技术手册[M]. 北京: 冶金工业出版社，2012.

中国知网　https://www.cnki.net