

包钢1[#]高炉安全环保空料线停炉实践

高向洲¹, 李磊¹, 韩磊¹, 张志斌¹, 郭卓团¹, 于恒亮¹, 贾辉君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. 内蒙古包钢钢联股份有限公司制造部, 内蒙古 包头 014010)

摘要: 本次停炉采用空料线停炉操作法, 通过活跃炉缸、计算分析装轻负荷料、前期采用大风量尽可能的快速燃烧焦炭、改进雾化装置减少炉顶打水量、细化炉前出铁、合理控制压量关系、缩短煤气放散时间、高效组织、安全放残铁工作、协调各系统等, 降料线过程总体比较顺利, 达到了全程无爆震、安全、环保、快速停炉。

关键词: 高炉; 空料线; 停炉; 无爆震

中图分类号: TF548

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2023)01-0025-04

Practices of Blowing out by Lowering Charge Level for Safety and Environmental Protection of 1[#] Blast Furnace of Baotou Steel

Gao Xiang-zhou¹, Li Lei¹, Han Lei¹, Zhang Zhi-bin¹,
Guo Zhuo-tuan¹, Yu Heng-liang¹, Jia Hui-jun²

1. Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
2. Manufacturing Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: The process of blowing out by lowering the charge level is smooth. Moreover, the whole process without detonation, rapid blowing out with safety and environmental protection are realized through activating the furnace hearth, calculating and analyzing loading of light load materials, adopting high blowing rate in early stage to make coke burnt as quickly as possible, improving atomization device to reduce the amount of water injected into furnace top, refining tapping in stokehole, reasonably controlling the relationship between air pressure and blowing rate, shortening the time of gas release, efficiently organizing, safely placing residual iron and coordinating various systems.

Key words: blast furnace; lower charge level; blow out; without detonation

包钢1[#]高炉有效容积2 200 m³, 设计27个风口及两个铁口, 炉顶采用无钟炉顶, 炉底、炉缸采用碳砖+陶瓷杯和水冷炉底结构。高炉于2020年2月10日至2020年5月15日中修, 投产送风后, 炉缸二

段冷却壁相继损坏7块, 威胁高炉安全生产。进入2022年6月以后炉缸二段冷却壁热流强度相继升高, 最高值达到15 kW/m²。为保证安全, 6月2日开始降强度生产, 吃含钛护炉料^[1], 同时密切关注炉

缸各段工作状态,6月24日南场停用,筹备搭建残铁口平台,7月8日停炉项修,对炉缸损坏冷却系统进行更换,炉缸进行浇筑,同时炉内进行喷涂造衬。

1 停炉前准备工作

停炉前稳定高炉操作,确保高炉炉况稳定顺行,杜绝炉况波动。适时调整,精细化操作,以保证铁水温度、炉渣碱度、铁水硫含量等在要求的范围内。

1.1 活跃炉缸

停炉前五日为活跃炉缸阶段,铁水物理温度不低于1500℃,铁水硅含量控制在0.50%~0.70%,铁水硫含量控制在0.030%~0.040%,炉渣碱度在1.10~1.15。煤比不大于150 kg/t,热风压力不大于0.345 MPa。

1.2 降料线前热风炉操作

由于各热风炉单炉蓄热量不同,此次操作上遵循以风温为基础,灵活调节热风炉烧炉拱顶温度和废气温度。为有序应对高炉负荷变动,降料线时风温应低于900℃。热风炉撤风温按停炉前四天排序,每天降低65℃,从1160℃降至900℃。

1.3 高炉小休风

要保持炉况稳定顺行,炉缸工作活跃,炉温充

沛,碱度合适,渣铁流动性良好^[2]。全开风口,铁水物理温度不低于1500℃,铁水硅含量控制在0.50%~0.70%,铁水硫含量控制在0.030%~0.040%,炉渣碱度按停炉期间操作方针下限控制。风温按照计划使用,煤比不大于150 kg/t,热风压力不大于0.350 MPa。

1.4 降料线装轻负荷料

1[#]高炉焦炭批重为14.9 t,焦丁批重为1.4 t,矿石批重为52 t,焦炭负荷为3.19 t/t,正常料冶炼综合负荷为2.55 t/t。结合包钢以往停炉经验,此次轻负荷料综合负荷按照2.38 t/t控制,负荷调轻6.7%,降料线风温按低于900℃控制,高炉入炉烧结矿、球团矿配比为80:20,每批料加砂石0.28 t,共计34批,轻负荷料装完后,再上48 t盖面焦(3批),盖面焦厚度约为1.5 m。

休风料总干焦比为656 kg/t,负荷为2.38 t/t,休风料下达时铁水硅含量为0.80%,渣比为357 kg/t,理论铁量为795.6 t,渣量为283.56 t。料线1.2 m,装料压缩率按15.0%计算。其中炉腰段容积为203.5 m³,炉身段容积为1285.8 m³,炉喉段容积为46.4 m³,总容积1535.7 m³填充休风轻负荷料。

表1 停炉料填充计算

项目	焦炭 /t	矿石 /t	烧结矿 /t	球团矿 /t	砂石 /t	矿焦比	炉渣 碱度	理论铁量 /t	理论渣量 /t	渣比 /(kg·t ⁻¹)/(kg·t ⁻¹)	焦比 /(kg·t ⁻¹)/(kg·t ⁻¹)	每批料体积 /m ³
每批重	16	38.08	30.46	7.62	0.28	2.38	1.1	23.4	8.34	357		42.8
总重	544	1294.72	1035.64	259.08	9.52			795.6	283.56		656	1455.2

1.5 设备检查

预休风重点做了以下工作:检查冷却设备,安装炉顶打水流量计,固定炉顶放散,安装两根24 m软探尺,检查煤气取样管、炉顶液压系统。确保炉顶8个雾化打水装置正常并增开孔眼数量,减小孔径。

2 停炉过程工艺控制

2.1 降料面期间的操控

2.1.1 降料面顶温控制

(1)顶温控制主要通过匹配好风量和打水量实现,布袋除尘器入口温度小于260℃,确保炉顶设备和布袋除尘器系统安全。

(2)降料面打水系统总原则是水量充足,分布均匀,雾化良好,调节灵活。

(3)顶温控制整体不能高于350℃,开炉顶打水,打水要均匀,严格控制打水量,防止打水过多。

2.1.2 煤气与放散控制

(1)煤气回收。前期回收煤气操作,在保证生产安全的前提下尽可能延长回收煤气时间,减少污染排放。

(2)煤气放散控制。当出现以下两种情况之一时,高炉停止回收煤气,开炉顶煤气放散:一是当混合煤气中H₂含量大于6%;二是当混合煤气中O₂含量大于2%。

(3)氮气的使用。降料面开始后增加炉顶密封箱氮气流量(中压1500 m³/h),二均氮气全开(中压1800 m³/h),起到降温作用。开始炉顶打水后,逐步加大炉顶打水氮气量至最大,同时开重力除尘

器氮气,有效降低煤气中 H₂ 含量,力争保持煤气中 H₂ 含量在安全范围。

(4) 喷吹枪氮气。中压氮气开到最大量 3 500 m³/h。在开炉顶放散阀后料面进入炉腹段后,富氧 2~3 h 多烧的焦炭量约 12.6 t,以利于提高该时间段焦炭的燃烧速度。

2.1.3 顶压控制

降料面开始前提前退出 TRT,使用高压阀组控制顶压。

2.1.4 热风温度控制

降料面过程中热风温度要控制在不大于 900 ℃,利于顶温的控制。降料面前热风炉要合理控制烧炉,保证满足降料面过程中对于热风温度的特殊要求。

2.1.5 风量、风压控制

(1) 随着料线加深,透气性增大,总进程是结合顶温控制、爆震现象等因素逐步择机降低风量使用的过程,在降低风量的过程中,同时降顶压。为控制管道,降低煤气流速,顶压使用水平可以正常匹配,料面进入炉身下部后为控制爆震水平,顶压使用水平较正常低一些^[3]。

(2) 风量控制。小休风复风后加风要防止悬料。当炉顶压力剧烈波动时,必须果断采取减风措施。

2.1.6 料线控制

结合煤气化验成分及料线计算,在料线接近 12 m 时,开始测料线,每小时测一次,记录一次顶

温、顶压、风压、风量等操作参数,以及每次爆震的时间、顶压波动情况。料线趋势如图 1 所示。

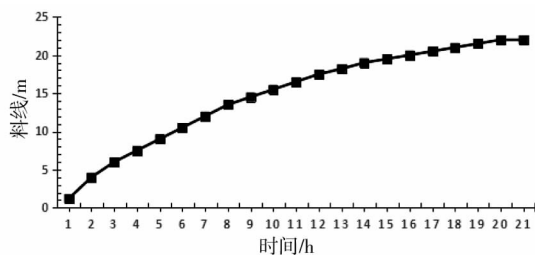


图1 料线控制趋势

2.1.7 出铁控制

由炉前技师与降料面指挥小组沟通协调,调度室负责调配铁罐,根据降料面的实际情况,安排出四次铁。

(1) 第一次铁:开始降料线后,按正常组织出铁。

(2) 第二次铁:第一次铁堵口后 1.5 h 出第二次铁。

(3) 第三次铁:放散煤气前出第三次铁。

(4) 第四次铁:当个别风口见黑时出第四次铁。

降料线过程共出铁四次,由于小休风提前至前一天,前期降料线过程中还在出铁当中,加上后期降料线过程的四次铁,共计出铁约 760 t。铁水硅含量控制相对较高,第四次出铁没有渣铁水,基本空吹,直至休风,出铁过程见表 2。

表2 降料线过程出铁

铁次	开口时间	堵口时间	铁量/t	渣量/t	铁水温度/℃	铁水成分(质量分数)/%				
						Si	Mn	P	S	Ti
第一次铁	10:27	12:32	460	110	1 464	1.32	0.42	0.132	0.025	0.224
第二次铁	14:12	14:53	248	20	1 475	1.39	0.43	0.133	0.022	0.233
第三次铁	19:06	21:56	52	180	1 470	0.92	0.44	0.131	0.029	0.165
第四次铁	1:05		0	0						

2.2 放残铁

2.2.1 残铁口位置确定

1[#]高炉炉底为水冷炉底,停炉前不能取得炉底中心温度,因而计算炉底侵蚀的莫依森计算公式、开勒公式,拉姆热工计算公式等均不能使用。

1[#]高炉于 2001 年 10 月大修复产,已生产 20 年 7 个月,截止 2022 年 5 月单位炉缸产铁量

359 197.8 t/m²,单位炉容铁量 14 130.6 t/m³,炉底标高为 6.376 m。本次停炉时间紧,未采用测量炉皮温度的方法判断侵蚀拐点,参考 2018 年 5[#]高炉、2021 年 6[#]高炉、2021 年 3[#]高炉停炉放残铁实际高度和设计情况,本次停炉选取标高 6 m 处为第一次开残铁口位置,预测铁口深度 1.1~1.6 m,如果第一次开口出不来残铁,则考虑上移 200 mm 第二次

开口。

2.2.2 放残铁作业

2022年7月8日上午烧残铁口处冷却壁并制作铁口泥套,18:40开始钻残铁口眼,经过测量,实际残铁口深度约为1 000 mm。

2022年7月8日晚上20:59开始放残铁至2022年7月9日凌晨1:26全部结束,共计放残铁8罐,当班根据实际放残铁情况估计铁量480 t。实际清理炉缸情况发现,陶瓷杯底部残余铁层厚度仅为10~20 mm左右,而且在清理炉缸过程中渣铁黏接物大块较少,说明此次放残铁较为彻底,炉缸内残留的渣铁混合物较少。

放残铁历时4.45 h,残铁共放8罐,其中第一罐由于铁流小动氧烧铁口,铁样未取,后边每罐都取样留存,铁水成分做了一个,见表3。

表3 残铁水成分(质量分数) %

Si	Mn	P	S	Ti
1.521	0.397	0.129	0.038	0.213

2.3 凉炉

此次1#高炉开始凉炉打水时顶温为480~500℃,初始打水量为20 t/h,以每次10 t/h的打水量进行递增,7月9日7:00部分风口有水流出,减少打水量控制风口水流,9日20:00炉顶温度下降至100℃左右,之后凉炉打水量根据炉顶温度和风口溢出水量进行调整,截止12日5:00停止凉炉打水,此时北铁口水温为88℃,残铁口水温为72℃,共计打水量954.9 t。

3 降料面过程效果评价

1#高炉空料线停炉工作组织、协调比较好,降料线过程总体比较顺利,达到了安全、快速的目的,但是也有值得改进和分享的地方。

3.1 料面存在偏差

6月24日早上为配合搭建残铁口平台,停用南出铁场,北出铁场单场作业。料面偏差情况为南尺

较北尺偏差2 m左右。

3.2 缩短放散时间

此次1#高炉降料线可以汲取的经验有两点。第一,停炉过程中压量关系匹配基本合理,实际降料线时间要比计划提前约4 h,在降料线开始时候冶炼进程要比小休风之后复风降料线要快,有利于渣铁下渗,及时出净渣铁,加快停炉进程;第二,计划降料线过程为21 h,而实际降料线过程从开始至放散结束共计17 h,实际放散时间为2 h,缩短放散时间,累计减少煤气放散100.96万m³。

3.3 全程无爆震

此次降料线停炉由于预休风提前一天,降料线前炉况稳定,煤气流分布均匀,省去了因休风、复风过程中煤气流重新分布导致的气流不同程度偏析。炉顶打水雾化均匀,停炉过程中炉顶温度无大波动,无爆震现象产生,也是此次降料线过程比较突出的亮点。

4 结论

(1)本次停炉降料线过程比较顺利,全程无爆震现象产生,放散时间短有利于环保,达到了安全、环保、快速停炉的目的,为以后的停炉积累了经验。

(2)最大限度在高压状态下对煤气进行回收,缩短煤气放散时间,减少煤气放散100.96万m³,有效减少了空气的污染和烟尘飘散。

(3)通过增加盖面焦厚度至1.5 m,合理的风量设计,有效减少停炉打水量,为次停炉全程无爆震、实现安全快速停炉创造了条件。

参 考 文 献

- [1] 杨吉春,罗果萍,董方.钢铁冶金600问[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [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.
- [3] 张寿荣,王筱留,毕学工,等.高炉高效冶炼技术[M].北京:冶金工业出版社,2015.