包钢7#高炉长期休风快速恢复实践

李 亮,潘喜顺,贾西明,鲁志刚

(内蒙古包钢稀土钢炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了包钢7#高炉长期休风的前期准备、方案制定及快速恢复经过。通过对休风前炉况的分析把握、休风过程中保温工作的实施及恢复过程中影响因素的应对,在对大高炉休风、复风过程的深入研究并大胆实践,总结出一套快速恢复的方法,向定量化、标准化靠拢,达到炉况快速恢复的目的。

关键词: 高炉; 休风; 快速恢复

中图分类号: TF548 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)01-0015-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.01.005

Practice on Rapid Recovery for No. 7 Blast Furnace in Baotou Steel after Long Term Blowing-down

LI Liang, PAN Xi-shun, JIA Xi-ming, LU Zhi-gang

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

Abstract: In this paper, it is introduced the early-stage preparation, scheme formulation and rapid recovery of long term blowing-down for the No. 7 blast furnace in Baotou Steel. Through the analysis of the condition before blowing-down, the implementation of heat insulation during blowing-down and the response of influencing factors in the recovery process, by deep study and practice of the large-scale blast furnace blowing-down and recovery, a quick recovery method which is close to the quantification and standardization to achieve the purpose of rapid recovery of furnace condition is proposed.

Key words: blast furnace; blowing-down; rapid recovery

包钢7#高炉炉容为4 150 m^3,是包钢最大的高炉,2014年5月27日开炉投产,经过两年多的生产实践,大高炉的操作水平不断提升;而长期计划休风一般都是按部就班的根据休、复风计划完成,没有尝试过根据正常炉况缩短恢复时间。7#高炉于2016年9月8日计划检修96 h,主要工作更换布料器及溜槽,炉顶封罩喷涂。由于此次休风时间较长,制定了休、复风装料负荷与风量调整计划;并在安装新布料器后进行了测料面工作,为后续高炉装料制度的调整提供参考。送风后7#高炉恢复非常顺利,没有出现波动,18 h基本达到全风状态,实现了大型高炉长期休风快速恢复。

1 休风前准备工作

1.1 休风前炉况

7#高炉9月初炉况整体顺行,但稳定性一般。操作上以保炉温为主,为4天的计划休风保证充沛的炉缸热量。由于溜槽撒料严重,加上干熄焦检修

收稿日期: 2016-11-28

作者简介: 李亮(1982-),男,蒙古族,内蒙古兴安盟人,工程师,现从事炼铁生产管理工作。

高炉逐步增加了湿焦比例，炉况稳定性略差；休风前三天主要炉况参数见表1，休风前采取全风6 400～6 500 m^3/min装休风料，炉温充足（$T_{物}$为1 495 ℃，w[Si] 0.55%）。由于7#高炉近期煤气利用偏低，燃料比整体偏高，高炉抵抗波动能力较强，这也是复风比较顺利的关键。

表1 休风前主要炉况参数

日期	风量 /($m^3 \cdot min^{-1}$)	风压 /kPa	压差 /kPa	风温 /℃	燃料比 /($kg \cdot t^{-1}$)	焦炭负荷 /($t \cdot t^{-1}$)	w[Si] /%
9月5日	6 683	0.436	0.212	1 159	581	3.82	0.43
9月6日	6 669	0.431	0.212	1 156	572	3.75	0.52
9月7日	6 669	0.426	0.211	1 160	541	3.79	0.55

1.2 休风料

为保证复风后，炉况能够顺利恢复，经过生产摸索和借鉴外厂经验，确定了7#高炉休风料的加人方式，在制定闷炉料方案时，全炉减矿率按50%计算，休风前O/C为3.85，闷炉料O/C为1.93，全炉焦比852 kg/t。此次加入休风料的总体要求为[1]：

（1）根据休风时间的长短确定休风后全炉料的减矿率；

（2）将集中焦的位置适当提升到炉身下部，靠近炉腰处；

（3）根据工艺要求分段减矿；

（4）为保证加入休风料过程中料速的均匀稳定，适当的缩小矿批，最终达到将休风料下到规定的位置；

（5）操作上确保炉况稳定顺行，炉温充沛；

（6）消除崩料，滑料，使炉料在高炉内保持合理有序的层状分布，确保高炉在送风后炉料的透气性有利于形成合理的软熔带形状，保证恢复过程的顺行。

停风前确保炉况稳定顺行，负荷调整及炉温情况见表2；提前9 h开始添加焖炉料，全干焦，停止吃澳矿（矿石配比烧结矿：球团矿：澳矿由70：25：5→80：20：0），休风闷炉料投入情况见表3。

表2 停风前负荷调整及炉温情况

时间 /h	焦炭负荷 /($t \cdot t^{-1}$)	w[Si] /%	$T_{物}$ /℃	R_o /倍
停风前24	3.73	0.65	1 481	1.03
停风前16	3.67	0.48	1 501	1.06

表3 休风闷炉料方案

料种	体积 /m^3	批数	O/C /($t \cdot t^{-1}$)	矿批 /t	焦批 /t	焦丁 /t	矿石 /t	焦比 /($kg \cdot t^{-1}$)	批铁 /($t \cdot 批^{-1}$)	R_o /倍
正常料1	646	8	2.71	76	25	3	5.0	605	46.31	0.88
附加焦	269	5			35					
正常料2	229	3	2.32	65	25	3	3.5	707	39.61	0.96
附加焦	165	3			35					
正常料2	625	8	2.32	65	25	3	3.5	707	39.61	0.96
附加焦	110	2			35					
正常料3	1 480	17	2.71	76	25	3	3.0	605	46.31	0.96
正常料	2 980	36	1.93	2 615	1 250	108	129.5	852	15.93	
附加焦	544	10								
送风料			2.71	76	25	3	1.5	605	46.31	1.13

1.3 休风操作

（1）休风在出尽渣铁后进行，要保证实际出铁量与理论铁量相符，彻底出尽渣铁，要求休风前必须双铁口出铁，放风前要大喷铁口。

（2）休风时间的合理把握，停风后更换炉喉保护板，计划休下风料线按3.0～3.5 m控制。

(3) 顶温要求控制在 150 ~ 250 ℃，便于炉顶点火。

(4) 如果冷却设备漏水，随着减风需要控制冷却水，减少冷却水漏向炉内。

(5) 休风 1 h 后从炉底到炉身逐级降低冷却强度。

1.4　停风后炉内保温措施

(1) 停风期间 2 h 巡检一次，发现风口密封不好的，及时重新刷铅油密封。实时检查炉顶点火枪火焰情况，发现火焰变大及时通知当班工长，工长组织查漏[2]。

(2) 停风后对所有冷却设备进行检查和处理，确保不向炉内漏水。

(3) 降低冷却流量，加强对高炉冷却系统的监控和管理，休风后不同阶段的冷却水量调节到位，泵站关掉板式换热器[3]。①炉底: 高炉休风后 1 h，将炉底冷却水量由 3.5 m^3/min 降低为 2.0 m^3/min。②炉体: 休风后 5 h，将炉体冷却水量减少20% ~ 30%；休风后 12 h 再减少 20% ~30%，具体冷却水量根据水泵能力和炉体温度状况进行调整，以减水后的排水温度作为管控依据，同时杜绝任何断水操作。③炉缸: 炉缸侧壁区域的冷却水量调整原则按照侧壁电偶温度(深) 低于 50 ℃或水温差低于 0.1 ℃。休风超过 24 h 后，进行减少水量 20%并观察 4 h，原则上总的减水量不超过 50%。④风口: 休风后减至正常水量的 30%，风口中套: 休风后减至正常水量的 50%。

2　复风操作

2.1　本次恢复情况

本次总体的加风进程较为顺利，炉况整体恢复趋势，见图 1。

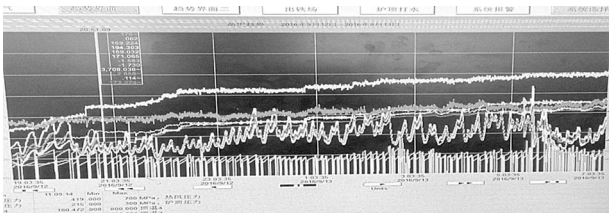


图 1　炉况恢复趋势图

(1) 从图中可以看出恢复到正常风量 6 500 m^3/min的水平，风压总体随着加风的进程平稳上升，本次恢复关键是把握好了矛盾的主次方面，从恢复全程考虑，送风参数及细节工作如下: ① 送风采取全开风口送风，送风面积 0.471 m^2; 送风料组成: 矿批 76 t，配比 80: 20，焦批 25 t，焦丁 3 t，O/C: 2.71。② 16: 18 送风，风温 950 ℃，加湿25 g/m^3，送风后单环中心加 1 个净焦 25 t，上 2 批正常料后又集中加 2 个净焦(25 t /批)，补偿水渣热量，17: 12 送煤气完成。③16: 50 开 4#铁口(深度 3.7 m) 空喷，18: 40 见渣堵口; 17: 07 开 2#铁口(深度 3.6 m) 空喷，17: 30 堵口。④ 16: 39 料尺开始活动。风口状态良好，无涌渣现象。到 13 日 8: 42 给煤，9: 23 给氧，10: 00 风量加至 6 000 m^3/min 以上。⑤风量的恢复，复风初期，加风是关键，确保风速，有助于炉缸活跃，为煤气流的重建，形成强劲的中心主导气流，从而快速恢复炉况。制度上采取两边疏松的布料矩阵模式，增加中心加焦量，下部积极争取风量，顶压较正常生产降低 10 kPa，上下协调，尽快重建合理煤气流。加风节奏见图 2。

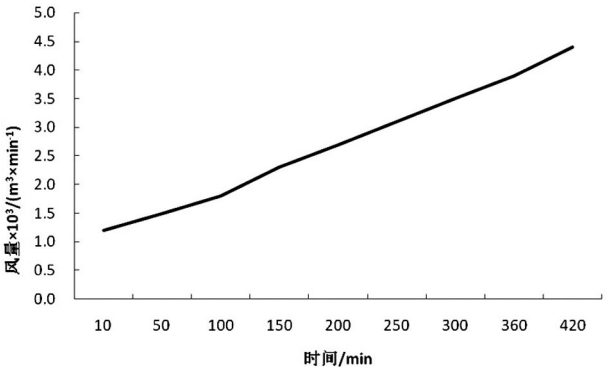


图 2　长期休风加风节奏

调整情况: ① 第 16 回矿批由 76 t 加至 82 t，O/C提高到 2.93，配比(烧结矿: 球团矿) 由 80: 20→75: 25。② 第 22 回矿批由 82 t 加至 90 t，O/C 提高到 3.21。由于回风顺利调 O/C 节奏比计划提前。③送风时，制度选择两头疏松的制度模式。送风装料制度为 $\left(C\ \frac{29}{3}\ \frac{27}{3}\ \frac{25}{3}\ \frac{22.5}{3}\ \frac{20}{2}\ \frac{15}{2},\ O_1\ \frac{22.5}{2}\ \frac{25}{3}\ \frac{27}{3}+O_2\ \frac{29}{3}\ \frac{27}{4}\ \frac{25}{1}\right)$，9 月 13 日 33 回调制度同扩 0.5^0，$\left(C\ \frac{29.5}{3}\ \frac{27.5}{3}\ \frac{25.5}{3}\ \frac{23}{3}\ \frac{20.5}{2}\ \frac{15.5}{2},\ O_1\ \frac{23}{2}\ \frac{25.5}{3}\ \frac{27.5}{3}+O_2\ \frac{29.5}{3}\ \frac{27.5}{4}\ \frac{25.5}{1}\right)$，随着上

强度，装料制度矿石环带由送风时的四环改为五环，装料制度调整为：（C 29 27.5 25.5 23.5 21 19 16 / 2 3 3 3 2 1 2，O_1 21.5 23.5 25.5 27.5 29.5 28 26 / 2 1 3 2 3 4 1）+ O_2。④

根据送风风量计算理论铁量达200 t时组织出铁，排净炉缸内凉渣凉铁，尽快加热炉缸。按计划累计风量达到108万 m^3，开铁口出铁（用Φ65 mm钻头），出铁顺利。前三次铁参数见表4，前三次铁炉渣成分见表5。

表4 恢复过程中出铁情况

铁次	开口时间	堵口时间	见渣时间	铁口深度/m	铁量/t	渣量/t	$T_{物}$/℃	w[Si]/%	R_o/倍
1	22:46	0:52	0:22	3.6	348	25	1 343	1.37	0.97
2	1:34	2:50	1:45	3.7	419	130	1 357	2.10	0.98
3	3:52	3:08	4:25	6:25	640	240	1 431	2.61	1.04

表5 炉渣成分

铁次	w(S)/%	w(Al_2O_3)/%	w(CaO)/%	w(MgO)/%	w(SiO_2)/%	w(F)/%	R_o/倍
1	1.39	13.45	36.37	8.07	37.64	0.37	0.95
2	1.54	13.67	37.26	8.19	38.12	0.41	0.96
3	1.76	13.48	38.44	8.27	36.89	0.43	1.02

2.2 炉况恢复小结

（1）本次休风过程保温工作的制定和实施比较合理，为炉况快速恢复创造了有力条件。

（2）休风料中集中焦在炉内的位置过低，造成复风后在风量偏小情况下，第二、第三炉铁 w[Si]过高，好在渣铁流动性还可以，对炉前出铁没有造成影响。

（3）高炉休风时，高炉从正常的冶炼状态（正常的炉料分布，合理的气流分布，合适的热制度），进人到停止冶炼（炉料压实，气流消失），再送风恢复到正常的操作参数，气流重建。这一系列的影响因素叠加，需要很好的操作水平支撑。

3 结论

（1）此次炉况的恢复关键在于把握加风时机与加风速度，控制好全炉压差，及时将炉温，气流恢复到正常水平，这需要从休风前的准备，以及休风、复风整个过程的细致控制。

（2）7#高炉采取全开风口送风，有利于气流均匀分布，避免了炉内出现严重的偏尺现象，恢复非常顺利。送风后采取铁口空喷，铁口孔道与炉内形成连通器，利于迅速加热炉缸，为顺利出铁创造有利条件。

（3）不足之处：一是休风前炉温整体控制不足，炉缸热储备不够，对长期休风来说危险性增加。二是装闷炉料时，矿批选择较小，又采取全风装闷炉料，致使休风前煤气流发生变化，建议4 000 m^3级以上高炉，矿批采用100 t以上为合适。

参考文献

[1] 王志堂. 马钢2号高炉长期休风后快速恢复操作实践. 炼铁，2012，(03)：45－48.

[2] 陆宏祖，张文庆. 八钢2 500 m^3高炉长期休风复风操作实践. 新疆钢铁，2013，(01)：26－28.

[3] 李建朝，杨春生，杨守慧. 邯钢2 000 m^3高炉长期计划休风的炉况快速恢复[J]. 炼铁，2010，(01)：31－33.