

邯钢7<sup>#</sup>高炉失常炉况的分析与处理

李会波

(邯郸钢铁股份有限公司, 河北 邯郸 056015)

**摘要:** 邯钢7<sup>#</sup>高炉炉况恢复期间, 因冷却壁破损多、局部冷却壁脱落、长期风量小以及风口上翘等客观因素, 在外部发生事故、炉内大量减风的情况下容易引发失常; 在处理过程中, 布料溜槽脱落, 加大了恢复难度。针对炉内漏水量大、渣铁流动性差和炉型不规则等影响因素, 采取控制漏水、配加锰矿、堵风口和安装微型冷却器等综合措施, 使处于危险状态的高炉扭转局面, 产量恢复到正常水平。

**关键词:** 高炉; 炉况失常; 处理; 炉况恢复

中图分类号: TF549 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620 (2008) 03-0024-04

**Analysis and Treatment of Handan Steel's No.7 BF Disorder Operation**

LI Hui-bo

(Handan Iron and Steel Co., Ltd., Handan 056015, China)

**Abstract:** During the period of furnace condition resumption of Handan Steel's No.7 BF, disorder operation occurred easily when the production accident happened or when much blast air decreased because of cooling stave damaged, part of cooling stave pulled-off, long time small air blasting and some tuyeres rising up. In the dealing with the bad conditions, the difficult of resumption was increased with the distributing chute damaged. In order to deal with much water leaking into the furnace, poor flow quality of melting slag or hot iron and the irregularity of the furnace shape, a series of measures were adopted: control cooling water leaking into the furnace, using manganese minerals, blocking tuyere, installing small cooler etc, at last the BF took out of the dangerous conditions and the productivity reached regular level.

**Key words:** blast furnace; BF operation disorder; treatment; furnace condition resumption

邯钢7<sup>#</sup>高炉炉容2 000 m<sup>3</sup>, 已运行6.5 a, 顺行情况一直较好。2006年12月26日开始炉况失常, 到2007年2月15日才基本恢复, 历时较长, 期间炉况一度反复, 甚至恶化到非常危险的境地, 通过采取综合措施, 才控制住局面, 将炉况恢复到正常水平。

## 1 炉况失常的原因

1) 冷却壁破损水管多, 炉内漏水量大。截至2006年12月份, 炉内漏水管多达50余处, 恢复期间又损坏9个冷却壁直管。

2) 炉役后期, 炉型不规则。由于破损水管较多, 炉体7、8段破损率超过50%, 卡死水管的冷却壁在较短时间内烧损脱落, 造成局部不规则, 炉型不合理, 炉壳经常发红, 仅靠炉外喷淋维持。

3) 顶压低, 风量小。7<sup>#</sup>高炉设计顶压150 kPa, 限制了高炉进一步增加风量。正常情况下, 2 000 m<sup>3</sup>高炉风量应在4 000 m<sup>3</sup>/min, 而7<sup>#</sup>高炉只有3 500 m<sup>3</sup>/min左右。风量不足, 一定程度上影响了炉缸均匀工作。

4) 部分风口上翘, 煤枪停止喷煤。部分二套严重变形, 使本应向下倾斜的风口都向上翘起, 煤流冲刷风口, 停喷后不利于煤气分布和炉缸工作。

5) 冷却壁检漏与处理困难。由于冷却壁为串联, 检漏排气阀已失效, 查漏时不能确定具体高度位置, 只能待长期休风(≥8 h)通过打压才能确定, 近期查出的损坏水管只能减少水量, 漏水得不到治理。

## 2 炉况处理第1阶段

### 2.1 炉况发展过程

2006年11月下旬, 出现焦炭强度下降、挥发分偏高的情况, 炉内透气性变差。操作上采取缩矿批、收角度、疏导煤气流的措施。12月上旬, 炉内不接受强化冶炼, 产量低于正常水平。12月10日和13日两次吹管烧穿造成高炉被迫休风, 12月14日北出铁场泥套崩开导致减风压堵风口, 炉况基础越来越差; 12月14日煤气中 $H_2$ 由1.3%上升至3.0%, 漏水量增大。14日净焦下达后悬料, 进行了两次调压和恢复处理。12月25日焦炭水分由4.0%升至6.4%, 又出现炉凉, 导致12月26、27日连续出现4次难行调压处理, 高炉风量大幅度萎缩, 12月27~31日平均风量为 $3\ 067\ m^3/min$ , 炉况出现恶化, 加锰矿清理炉缸, 直到12月31日炉况才有所好转。

2007年1月13日中班20:35, 因铁口堵不上造成跑铁事故, 高炉被迫减风192 min, 导致严重炉凉, 铁水温度降低至 $1\ 422\ ^\circ C$ , 低于规定温度 $1\ 480\ ^\circ C$ 超过10 h。净焦下达后造成高炉悬料, 调压后炉内出现崩料、料速不均、十字测温不规则等现象。风口也开始破损, 炉内漏水量增加, 炉缸工作开始恶化, 透液性变差。2007年1月15日20# 风口损坏, 1月16日再次损坏两个风口, 16日白班加入萤石20 kg/t, 中班加入锰矿处理炉缸, 18日休风后堵8个风口送风, 至21日风量加至 $3\ 450\ m^3/min$ , 停止使用锰矿。

### 2.2 原因分析

炉况失常前基础不佳, 抗干扰能力差, 生产低水平徘徊, 是炉况失常的潜在因素; 连续的无计划休风和长时间炉凉及加焦后的悬料调压, 是炉缸透液性急剧变差的重要原因, 也是加剧炉况失常的诱发因素; 在慢风减风条件下, 冷却器件的损坏漏水加快了炉缸的恶化进程, 是促成因素; 两次用锰矿洗炉用时分别为3 d和4 d, 炉缸未达到彻底清理的状态。

### 2.3 采取的措施及效果

2006年12月27~31日与2007年1月17~20日两次恢复炉况的措施基本相近。铁水[Si]控制在0.7%~0.9%范围, 铁中[Mn]0.8%~1.0%, 炉渣R2控制在1.08~1.15, 铁水温度维持在 $1\ 450\ ^\circ C$ 以上, 改善了渣铁流动性, 杜绝了风口的连续损坏; 标准风速控制180 m/s左右, 按每开1个风口加风 $100\ m^3$ 的速度使用风量; 控制压差 $\leq 125\ kPa$ , 透气性 $\geq 2\ 700\ m^3/kPa$ , 杜绝悬料事故的发生; 炉外组织20 min内出铁, 使产生的渣铁及时下渗排出, 减少对风口的威胁。这两次炉况处理, 炉缸工作恢复较快, 风量很快加到 $3\ 400\ m^3/min$ 以上, 并逐步富氧。但产量都没有达到正常产量的水平, 炉缸工作抗干扰能力差。2007年1月13日因铁口堵不住, 减风后炉况恢复艰难, 并引发了风口损坏, 1月20日后仍有风口损坏, 说明炉缸治理并未彻底。本阶段(2007年1月13~22日)炉况恢复过程参数见表1。

表1 第1阶段炉况恢复过程参数

日期	工作风口/个	进风面积/ $m^2$	风量/ $(m^3 \cdot min^{-1})$	富氧/ $(m^3 \cdot h^{-1})$	[Si] /%	[Mn] /%	铁水温度/ $^\circ C$	煤气 $H_2$ /%	备注
13	28	0.316 7	3 292	7 300	0.48	0.19	1 492	2.2	20:35跑铁减风
14	28	0.316 7	3 350	1 900	0.53	0.20	1 466	2.3	悬料调压
15	28	0.316 7	3 403	2 300	0.57	0.18	1 481	2.6	20#风口坏
16	28	0.316 7	3 256	1 000	0.59	0.17	1 476	2.5	27#、28#风口坏
17	28	0.316 7	3 218	0	0.93	0.74	1 470	2.6	
18	28	0.316 7	3 267	0	0.71	0.82	1 457	2.8	19:10休风450 min
19	20	0.226 2	2 303	0	0.80	0.98	1 453	2.3	
	21	0.237 5	2 410	0					7:30开10#风口
	22	0.248 8	2 404	0					10:40开13#风口
	23	0.260 0	2 619	0					19: 00开23#风口
	24	0.271 3	2 757	0					22: 00开27#风口
20	25	0.282 8	2 983	0	1.06	0.98	1 487	2.4	7: 40开20#风口
	26	0.294 1	3 253	0					19: 50开3#风口, 中班停用锰矿

21	27	0.305 4	3 401	1 300	0.80	0.46	1 490	2	16: 50, 21#风口坏, 21: 00开 16#风口, 余20#风口
22	27	0.305 4	3 422	1 700	0.84	0.24	1 481	2.2	14: 15, 20#风口坏, 18: 40休风 240 min, 堵3个风口

### 3 炉况处理第2阶段

#### 3.1 炉况发展过程

2007年1月22日21#风口破损漏水严重, 休风4 h更换3个风口, 炉顶检查布料溜槽, 发现溜槽本体落料点下表面部分烧损, 但内层耐磨衬板完好, 因恢复炉况及临时休风无准备, 未能更换。

23日白班炉顶十字测温分布异常, 调整布料角度也达不到预期效果, 判断为布料溜槽烧断。加焦13罐下达炉腹后, 于24日2: 30休风18 h 28 min更换。同时在4块冷却壁上加点式冷却器9个, 卡死部分漏水直管, 并压浆造衬。综合考虑炉缸工作状况、乱料、无计划休风影响, 采取堵12个风口的送风。

此次送风18 h后开3#风口, 但20 min后3#直吹管烧穿, 二套烧坏, 放风过程中11#二套烧坏。休风6.5 h更换3#、11#二套及2#、3#、6#、11#小套, 堵17个风口。送风8 h后9#二套又烧坏, 放风过程中7#二套烧坏, 再次休风4.5 h, 堵20个风口恢复。28日又因12#二套烧坏, 放风过程中11#、15#二套烧坏, 休风7 h 43 min, 送风堵19个风口。由于频繁无计划休风炉缸工作极度恶化。第2阶段(2007年1月23~28日)炉况恢复过程参数见表2。

表2 第2阶段炉况恢复过程参数

日期	工作风口/个	进风面积/m <sup>2</sup>	风量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	标态风速/(m·s <sup>-1</sup> )	[Si]/%	[Mn]/%	铁水温/℃	炉渣碱度R <sub>2</sub>	煤气H <sub>2</sub> /%	备注
23	25	0.282 8	2 824	166	1.07	0.28	1 477	1.14	3.4	布料溜槽脱落
24										2: 50休风1 098 min
25	16	0.180 9	1 936	178	1.34	0.33	1 381	0.98	3.6	
	18	0.203 6	2 030	166	1.40	0.33	1 374	0.96	3.6	
	19	0.214 9	2 047	159						17: 20休风392 min
26	11	0.124 4	1 386	186	5.51	0.23	1 411	1.19	4.3	1: 20送风
	8	0.090 5	948	175	5.87	0.20	1 387			9: 15休风270 min
27	9	0.101 8	1 080	177	3.28	0.21	1 438	1.09	2.0	
28	10	0.113 1	1 050	155	3.31	0.23	1 416	1.07	2.0	
	9	0.101 8	1 010	165	3.05	0.34	1 396	1.13	1.8	7: 57休风463 min

#### 3.2 失常原因

在炉况继续恢复的关键时期, 溜槽烧断掉落, 炉料、煤气分布失常。焦炭、矿石全部布到中心, 休风目测, 堆尖到边缘处高约2 m, 恢复难度进一步加大。送风后煤气分布长时间失常, 煤气利用率低, 高硅、低物理热, 渣铁流动性差; 破损的冷却壁与风口套的漏水消耗炉缸热量, 物理热严重不足; 频繁的无计划休风, 使炉缸工作没有缓和的机会; 风量不足, 边缘煤气流发展, 产生的渣铁不能及时下渗与排出, 最终造成炉缸的严重失常。这几次休风都因二套烧坏造成, 风口小套基本完好; 在放风过程中由于吹管前端被铁水烧坏造成二套损坏, 每次都有铁水从吹管流出或喷出烧坏菱形板。这些征兆都说明炉缸渗透性极差, 产生的铁水无法顺利下渗。在炉况失常及恢复过程中, 煤气流变化, 渣皮波动, 冷却壁破损, 漏水不能及时控制也是导致铁水物理热不足、渣铁流动性差、炉缸严重恶化的原因。

#### 3.3 采取措施及效果

这个阶段延续使用了前面处理炉况的措施, 使用风量较低, 但仍未制止住风口套的损坏。风量表观数值不准确, 在低风量时偏大太多, 与料速不对应, 并通过计算得以证实。在查漏水的同时, 尽量减少漏水, 将氢含量控制到2.0%以下。由于高硅高锰洗炉效果不佳, 炉温高时锰矿暂停使用。

### 4 炉况处理第3阶段

## 4.1 处理过程

2007年1月28日用9个风口送风后，由于炉缸透液性差，实际风速过小，风口回旋区和鼓风动能太小，11#、14#二套再次烧坏，为使凉渣铁及时排出，不再威胁风口，采用炉外喷铁口方式，加大风口外部打水，严控炉内漏水。29日19:05，12#风口二套坏，控水后生产。1月30日锰矿下达后，按每8~10 h开1个风口，并加风100~120 m<sup>3</sup>/min，期间有2个风口损坏，但能控制漏水量，炉缸工作区域不断扩大，风量逐步增加，渣铁流动性不断改善，适当加快了开风口速度，至2月2日仅余9个风口。由于13#风口损坏严重，18:05休风6 h 15 min更换4个二套、5个小套。2月3日送风后，13#二套坏，控水坚持生产，2月4日由于28#风口漏水严重，休风3 h更换。至2月6日开全风口，运行至2月9日，由于25#风口损坏加剧，考虑到炉皮西南方向局部发红区域炉型侵蚀严重，休风13 h换2个二套和6个风口，同时在炉壳发红部位加装7个微型冷却器，压浆造衬，堵5个风口送风，此后进入稳步恢复阶段。

## 4.2 主要措施及效果

高炉采取一切措施减少休风次数，延长送风恢复时间。风口套外部加水冷却，已损坏的冷却器漏水量减到最小，休复风期间，严格控制炉内漏水量。及时查漏，破损水管改通工业水以减轻漏水量。1月27日氢含量下降至2.0%，1月28日后下降到1.8%，1月31日下降到1.3%。主控室修正送风参数，按每8~10 h开1个风口、加风100~120 m<sup>3</sup>/min的原则控制风量；修订低风压下风量控制标准，按理论计算反推风量、风速，同时参照风压水平，适当提高标准风速。强化炉前岗位出铁组织，实现无间隔出铁，保证及时出净渣铁。由此，风口套破损程度减轻，漏水得到有效控制，渣铁温度逐渐升高，炉缸工作区域迅速扩大，2月6日风口全部送风。第3阶段（2007年1月29~2月9日）炉况恢复参数见表3。

表3 第3阶段炉况恢复参数

日期	工作风口/个	进风面积/m <sup>2</sup>	风量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	标态风速/(m·s <sup>-1</sup> )	[Si]/%	[Mn]/%	铁水温度/℃	炉渣碱度R <sub>2</sub>	煤气H <sub>2</sub> /%
1-29	9	0.101 8	1 207	198	1.22	0.31	1 350	0.95	1.7
1-30	10	0.113 1	1 413	208	2.33	1.01	1 406	1.15	1.6
	11	0.124 4	1 527	205	1.92	0.80	1 422	1.17	1.6
1-31	13	0.147 0	1 784	202	1.69	0.96	1 421	1.12	1.3
2-01	17	0.192 3	2 325	201	1.55	1.05	1 440	1.17	1.1
2-02	19	0.214 9	2 514	195	0.74	0.89	1 432	1.11	3.2
2-03	21	0.237 5	2 812	197	1.17	1.08	1 460	1.16	1.5
2-04	23	0.260 1	2 944	189	1.50	1.03	1 483	1.16	1.2
2-05	26	0.294 1	3 099	176	0.92	1.14	1 482	1.16	1.2
2-06	28	0.316 7	3 311	174	0.85	1.18	1 494	1.16	1.2
2-07	28	0.316 7	3 492	184	0.58	0.89	1 478	1.16	1.4
2-08	28	0.316 7	3 512	188	0.66	0.83	1 486	1.16	1.5
2-09	28	0.316 7	3 450	182	0.49	0.97	1 488	1.16	2.2

## 5 炉况处理第4阶段

2007年2月9日中班堵5个风口送风，继续采用锰矿洗炉，在保持铁水良好流动性的前提下，视炉缸及风口工作情况开风口，严格按标准风速≤190 m/s加风，并逐渐用氧。2月10日2:20开6#风口、10:30开17#、16:30开3#，2月11日9:15开13#风口。考虑炉体局部侵蚀状况（25#风口上冷却壁脱落最多），25#风口没开。本阶段维持铁水温度在1 470~1 490 ℃，炉渣R<sub>2</sub>1.05~1.10，炉缸工作状况继续好转。密切关注冷却壁漏水情况并控制漏水量，炉型相对好转，炉况基本转入正常。为巩固处理效果，吸取第1阶段的教训，锰矿持续用到2月26日，风口未有损坏，产量稳定到4 800 t/d，物理热恢复到1 500 ℃，硅含量降到0.45%，实现了彻底治理（恢复参数见表4）。

表4 第4阶段炉况恢复过程参数

日期	工作风口/个	进风面积/m <sup>2</sup>	风量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	富氧/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	标态风速/(m·s <sup>-1</sup> )	[Si]/%	[Mn]/%	铁水温度/℃	炉渣碱度R <sub>2</sub>	煤气H <sub>2</sub> /%
2-10	26	0.294 1	3 102	0	176	0.62	0.91	1 462	1.07	1.6
2-11	27	0.305 2	3 280	0	179	0.60	0.94	1 474	1.10	1.5
2-12	27	0.305 2	3 298	900	180	0.50	0.87	1 488	1.11	1.4
2-13	27	0.305 2	3 343	3 200	183	0.45	0.92	1 501	1.12	1.5
2-14	27	0.305 2	3 415	5 600	186	0.46	0.89	1 498	1.11	1.5
2-15	27	0.305 2	3 447	6 300	188	0.44	0.86	1 497	1.12	1.6

## 6 结 语

炉役后期，加强冷却壁的维护，对破损的冷却壁进行穿管或加装微型冷却器，并进行压浆造衬处理，是减少炉内漏水，维持炉型相对合理，保证炉况安全顺行的重要措施。在炉内操作上，合理控制操作参数，保证渣铁具有充沛的物理热和良好的流动性。炉况顺行变差或失常时，处理炉况要彻底，严防炉外事故的发生造成反复。

炉况恢复期间，在渣铁流动性没有改善、物理热较低或渣铁出不净时不宜开风口，否则易造成风口损坏。在用锰矿洗炉过程中，要控制铁中硅、锰含量在0.8%~1.0%范围内，铁水物理热不低于1 430 ℃。根据恢复情况，合理控制风速，过高或过低均不利于炉内恢复，甚至引起风口套损坏。炉内疏导中心煤气流，中心温度应严格控制在600 ℃以下，防止烧坏布料溜槽造成布料严重失常。炉缸透液性、透气性差时，为防止更多风口套损坏，应喷吹铁口，及时排出凉渣铁，控制住恶化趋势。开风口、增加风量应掌握住一定的标准，保证风口安全和风速合适。

---

[返回上页](#)