

# 首钢长钢八高炉炉况失常分析

杨军昌， 宁晓波

(首钢长治钢铁有限公司, 山西 长治 046031)

**摘要:**对首钢长钢 8 号高炉处理失常炉况进行总结。通过对失常炉况的原因、处理措施、恢复过程进行分析,为避免类似事故发生及在发生失常事故后如何避免事故扩大化提供经验。

**关键词:**高炉 炉况 处理

中图分类号:TF549.5

文献标识码:B

文章编号:1672-1152(2015)06-0048-04

首钢长钢 8 号高炉有效炉容 1 080 m<sup>3</sup>, 二代炉龄于 2012 年 3 月 21 日点火投产。开炉以来, 先后攻克了铁口喷溅、炉缸侧壁温度升高、使用劣质矿冶炼等技术难题。形成了一套适合首钢长钢现有原燃料的操作体系。2015 年 4 月, 由于原燃料同时被调整, 使得高炉出现塌料、悬料、管道行程, 炉况失常, 通过采取堵风口、变料制、改全焦冶炼等措施, 经过为期 9 d 的处理, 炉况恢复正常。

## 1 事故经过

2015 年 4 月 23 日夜班接班, 风量 3 080 m<sup>3</sup>/min, 风压 334 kPa, 顶压 175 kPa, 透气性指数 10.7, 炉温生铁硅含量(质量分数)0.35%, 物理热 1 502 ℃, 渣铁流动性好, 高炉正常生产稳定运行。03:26, 顶压由 175 kPa 突升至 193 kPa, 料线塌落, 减风至 2 750 m<sup>3</sup>/min 控制; 走 2 小批料后, 第二次塌料, 料线塌至 4.0 m。03:40, 减风至 2 340 m<sup>3</sup>/min 控制, 减风后压量关系不匹配, 风压由 251 kPa 逐步上升至 299 kPa, 之后又有所下降, 压量关系波动较大。07:16, 减风至 1 650 m<sup>3</sup>/min。12:36, 休风, 更换 14 号风口, 处理 1 号、7 号、8 号风口在休风过程中的少量灌渣, 堵 3 号、8 号、9 号、13 号、18 号风口。13:50, 开风, 开风后炉况难行, 塌料、管道行程、悬料、频繁发生, 料线塌落超过 4.6 m, 从炉顶摄像仪看到料面乱翻, 煤气流极不稳定。至 4 月 25 日 18:20, 休风更换 7 号风口(漏水), 堵 3 号、4 号、5 号、6 号、7 号、8 号、9 号、13 号风口。18:55, 开风, 开风后炉况逐步好转, 相继捅开 3 号、13 号、4 号风口, 加风至 2 000 m<sup>3</sup>/min, 扩矿

批至 18.8 t, 提料线至 2.2 m, 上负荷至 2.8。至 4 月 28 日 16:45, 休风, 更换 10 号风口, 处理 5 号、6 号、7 号、8 号、9 号风口, 堵 6 号、7 号、8 号风口。18:35, 开风后煤气流分布紊乱, 又反复出现塌料、悬料、管道行程, 炉况难行。至 4 月 29 日 07:45, 休风堵 6 号、7 号、8 号、13 号、18 号风口。08:25, 开风后严把进程, 以准、稳为思路, 逐步缓慢恢复。至 5 月 3 日, 恢复风量至 3 050 m<sup>3</sup>/min, 料线 1.5 m, 矿批 30 t, 负荷 4.0, 至此炉况基本恢复正常。

## 2 原因分析

### 2.1 原料质量下降

受矿粉供量影响, 烧结工序于 4 月 13 日两次调整配料结构。第一次调整为 3.0%(巴粗)+17%(南非)+6%(澳特)+46%(FMG), 第二次调整为 3.0%(巴粗)+17%(南非)+51.5%(FMG)。4 月 20 日, 调整配料结构为 14.5%(南非)+56.5%(FMG)。这几次调整都是增大 FMG 矿粉的使用比例。FMG 矿粉属于高水化程度褐铁矿, 矿物组织疏松多孔, 且制粒能力偏差, 同化温度在 1 150 ℃左右。4 月 13 日, 开始配加南非粉, 南非粉属于同化温度较低的矿种, 较巴西粉同化温度低 150 ℃左右, 虽然烧结过程液相流动能力较好, 对提高产量有利, 但对改善烧结矿强度极为不利, 高配比添加会导致烧结矿软熔性能变差, 高炉软熔带上移, 上部料柱透气性变差。在这一阶段的调整过程中, 烧结内返矿率升高 3%左右, 高炉返矿率升高 1.8%左右, 转鼓强度指数仅维持在 73.5%左右(4 月 10 日烧结矿碱度提高至 1.6 倍后, 烧结矿转鼓指数与前期碱度为 1.5 倍时相当), 23 日抽查烧结矿低温粉化指数为 53.61%, 较正常水平下降 6%左右, 烧结矿高温冶金

收稿日期:2015-09-02

第一作者简介:杨军昌(1979—),男,于首钢长钢八高炉从事高炉操作工作,助理工程师。E-mail:yangjunchang2010@163.com

性能有所变差。表1为机烧成分统计表。

表1 机烧成分统计表

| 日期  | w(TFe)<br>/% | w(FeO)<br>/% | w(SiO <sub>2</sub> )<br>/% | w(MgO)<br>/% | w(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )<br>/% | R <sub>2</sub> | 转鼓指<br>数 /% |
|-----|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--|----------------|-------------|
| 21日 | 55.93        | 6.39         | 5.93                       | 1.91         | 2.07                                     | 1.65           | 73.5        |
| 22日 | 55.71        | 6.38         | 5.91                       | 1.87         | 2.75                                     | 1.64           | 73.2        |
| 23日 | 55.55        | 6.83         | 5.86                       | 1.82         | 2.70                                     | 1.69           | 72.6        |
| 24日 | 55.47        | 6.85         | 5.83                       | 1.79         | 2.66                                     | 1.74           | 74.1        |

从表1中可以看出,机烧转鼓指数低于77%的控制标准,在23日出现了最低值72.6%,强度明显下降。

## 2.2 燃料质量恶化

### 2.2.1 外购华太焦炭用量增大

八高炉4月16日燃料结构为65%自产瑞达焦炭+35%外购焦炭,调整为60%自产瑞达焦炭+40%外购焦炭。在4月21日中班期间将,将外购焦调整为150t华太配加潞宝二级焦炭。从指标上看,华太焦炭质量指标基本符合国标二级焦炭标准,但实际使用效果较差,主要表现是:在焦炭变化过程中高炉出现炉温低退负荷现象,负荷由4.55退至4.25;炉况出现波动,对料柱支撑作用不足,即骨架支撑能力较差,炉内压量关系紧张,压差升高,中心气流逐步消失,料面过吹频次增多,频繁出现料线滑尺、塌料现象。

### 2.2.2 自产瑞达焦炭质量降低

瑞达焦化厂于4月17日调整配煤比例,将气煤质量配比由3%提高至5%;4月19日,高炉槽下自产焦炭目测裂纹有所增加,粒度有所变小;22日,质量监督站检验数据显示-25mm质量分数达到7.7%,较正常水平升高3%左右;且受降雨等影响,18—20日,高炉用焦炭水分升高(见表2)。

表2 燃料成分统计表

| 焦炭<br>名称 | 日期  | 灰分,<br>A/% | 挥发分,<br>V/% | 硫磺质量分<br>数,w(S)/% | 水分,<br>M/% | 抗碎强<br>度,M <sub>d</sub> /% | 耐磨强<br>度,M <sub>f</sub> /% |
|----------|-----|------------|-------------|-------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| 瑞达       | 21日 | 12.21      | 1.01        | 0.82              | 5.40       | 83.5                       | 5.7                        |
|          | 22日 | 12.36      | 1.20        | 0.82              | 5.40       | 83.7                       | 5.6                        |
|          | 23日 | 12.43      | 1.04        | 0.85              | 5.10       | 83.5                       | 5.8                        |
|          | 24日 | 12.27      | 1.11        | 0.86              | 4.90       | 83.8                       | 5.9                        |
| 华太       | 21日 | 12.65      | 1.10        | 0.75              | 9.60       | 82.7                       | 8.2                        |
|          | 22日 | 12.73      | 1.43        | 0.75              | 9.20       | 83.0                       | 8.0                        |
|          | 23日 | 12.40      | 0.91        | 0.77              | 12.70      | 82.9                       | 8.2                        |
| 潞宝       | 21日 | 12.48      | 1.24        | 0.74              | 14.60      | 82.9                       | 7.9                        |
|          | 22日 | 12.83      | 1.00        | 0.77              | 19.76      | 83.2                       | 7.7                        |
|          | 23日 | 12.78      | 0.93        | 0.73              | 13.10      | 81.4                       | 9.2                        |

从表2可以看出,自产瑞达焦炭水分较正常值5.0%升高0.2%,潞宝焦炭较正常值8.0%升高7.8%,华太焦炭较正常值8.0%升高2.5%。

### 2.3 炉况抵抗能力变差

本月3月29日,开始配加华太冶金焦(占外购焦比例17%)。至4月23日炉况恶化期间,高炉入炉原燃料变化,高炉一直被迫应对,尤其在试验300t华太焦炭时,炉况出现滑尺、钻锤现象,炉顶摄像仪无中心气流,炉底5.2m中心点温度下降,炉缸活跃程度下降,间断出现物理热与硅含量不匹配现象。高炉又出现三次休风、两次慢风情况,导致炉况本身状态不佳,抵抗外界波动的能力变差。

## 3 处理措施

### 3.1 炉外处理思路(改善原燃料质量)

#### 3.1.1 改善原料质量

烧结工序,降低FMG矿粉的使用比例,提高机烧转鼓指数,逐步调整矿粉配比为4.0%(巴粗)+20%(SSFG)+10%(澳特)+38%(FMG),机烧转鼓指数上调至74%。

#### 3.1.2 改善焦炭质量

4月24日,调整燃料结构为75%瑞达焦炭+25%外购焦炭,降低外购焦使用比例。4月25日,外购焦由150t华太配加潞宝二级焦炭调整为祥瑞干熄焦炭;4月27日,将外购焦调整为潞宝干熄焦炭。

### 3.2 炉内处理思路

1)维持一定的风量,控制风口面积(堵风口),维持风速180~220m/s。

2)提炉温,提热量。采取加净焦、退负荷、调风温的措施保证充沛炉温,w[Si]=1.0%~2.0%,物理热≥1480℃,风温800~950℃。

3)调料制,稳定煤气流,采取单环同位角小角度(一般24°~27°)布料,兼顾边缘、中心两股气流。

4)调配比,控制适宜的炉渣碱度(1.05~1.10),保证渣铁有良好的流动性。

5)及时排出渣铁,缩短出铁间隔,维护与风量匹配的铁口深度,保证排渣铁次数和排渣铁量。

6)严格把控冶炼进程,不可贪多误进。

## 4 具体对策

从4月23日夜班炉况出现难行开始至5月3日24:00恢复正常,历时10d的时间,归纳起来分六个间断。

1)第一间断:认识期。4月23日夜班03:26,顶

压凸起,风压上升,出现塌料。减风控制,并补净焦 3 批,同时缩矿批至 25 t,退负荷至 3.5 t,缩小料的角度  $2^{\circ}$ ,减少氧气量至  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。调剂完毕后,炉内压量关系波动,料线依然在 4.5 m,情况没有好转,至 07:16,再次减风至  $1650 \text{ m}^3/\text{min}$ ,补净焦 38.8 t,缩矿批至 20 t,退负荷至 2.5, 调料制为  $26^{\circ}$  单环布料。12:36,休风,更换、处理风口灌渣,堵 5 个风口。这一间断的调控过程基本正常,从炉况出现难行征兆开始到休风堵风口,是对炉况失常严重程度的认识过程,从炉况及炉温的反应来看,情况比较严重,要谨慎对待。在这一过程中共计补净焦 53.782 t,休风 1 次,烧损风口 1 个。

2)第二间断:定位期。4月 23 日 13:50,开风量  $1250 \text{ m}^3/\text{min}$  使用,后逐步加风至  $1700 \text{ m}^3/\text{min}$ 。压量关系不稳,风压锯齿状波动,顶压出现小的尖峰;风压升高,透气性指数降低;风压与透气性指数葫芦状波动。后减风至  $1380 \text{ m}^3/\text{min}$  控制。这段时间补焦 75.61 t,矿批缩至 16 t,料制调整为 C26(7) O25(7)。23:48,休风,堵 6 个风口。4月 24 日 00:24,开风,开风后运行风量  $1600 \text{ m}^3/\text{min}$ ,风压波浪形小波动,顶压间断性小尖峰,料线依然塌落不明,炉顶摄像仪观察料面间断出现翻花现象。运行 3 h 后,进行试探性加风  $100 \text{ m}^3/\text{min}$ 。加风后,风压与透气性指数葫芦状波动,又减风至  $1500 \text{ m}^3/\text{min}$  控制。待料线探住 3.3 m,不断出现悬料,渣铁出尽后放风坐料。料线塌落后以风量  $1400 \text{ m}^3/\text{min}$  赶料线,料线探住 3.4 m,加风至  $1600 \text{ m}^3/\text{min}$ 。料线边走边塌,探住的料线走势也不好,动作缓慢、呆滞。炉顶摄像仪观察,气流不稳定,料面乱翻,料线塌料不明,然后边赶边塌,如此反复。至进入 4月 25 日 10:58,休风,更换 2 个风口,堵 7 个风口。这段时间共补焦 173.7 t,矿批 16 t,负荷 2.2,料制 C28(4)24(4) O25(6)。13:32,开风,开风后顶压趋于平稳,不长时间发现 7 号风口漏水,从现场判断漏水程度较为严重,加之领导组对堵风口的位置有新的思路,所以于 4月 25 日 18:20 休风更换 7 号风口,堵 8 个风口,至此算第二间断。这一间断,扩矿批至 18 t,调料制为 C28(4)25(1)22(4) O25(6),调负荷至 2.4,试探性加风。通过炉况的反应及恢复进程,我们对炉况恶化程度有了重新的定位。情况比预想的要严重,难度要大。在这一过程中共计补净焦 214.6 t,休风 2 次,烧损风口 3 个。

3)第三间断:调整期。4月 25 日 18:55,开风,开

风后逐步加风,运行风量  $1600 \text{ m}^3/\text{min}$ ,矿批 15 t,负荷 2.2,料线 2.5 m,料制 C26(8) O25(6)。4月 26 日,逐步加风至  $1850 \text{ m}^3/\text{min}$ ,调矿批 16 t,负荷 2.6,料制 C26(8) O24(6);相继捅开 13 号、3 号风口。4月 27 日,逐步加风至  $2000 \text{ m}^3/\text{min}$ ,矿批 16.8 t,负荷 2.8(用上焦丁),料线 2.3 m,料制 C25(8) O24(6),捅开 4 号风口。4月 28 日,逐加风至  $2100 \text{ m}^3/\text{min}$ ,矿批 18.8 t,负荷 2.9,料线 2.2 m,料制 C25(8) O25(6)。至 16:45,休风更换 10 号风口,处理 5 个风口,堵 3 个风口。至此算第三间断。在这一过程中共计补焦 20.454 t,休风 1 次,烧损 1 个风口。

4)第四间断:反复期。4月 28 日 18:35,开风,开风后风量运至  $1600 \text{ m}^3/\text{min}$ ,压量关系紧张,风压波动,炉顶料面翻花,气流不稳,塌料、悬料、管道行程出现,炉况恶化。至 4月 29 日 07:45,休风堵 5 个风口,算第四间断。在这一过程中,共计补焦 60 t,休风 1 次,没有烧损风口。

5)第五间断:恢复期。4月 29 日 08:25,开风后,运行风量  $1200 \text{ m}^3/\text{min}$ ,矿批 15 t,负荷 2.5,料线 2.2 m,料制 C25(8) O24(8)。至 20:00,逐步加风至  $1850 \text{ m}^3/\text{min}$ ,上负荷至 2.8。4月 30 日,逐步加风至  $2000 \text{ m}^3/\text{min}$ ,矿批 18.8 t,料线 1.8 m,料制 C25(8) O25(8)。5月 1 日 15:00,加风至  $2300 \text{ m}^3/\text{min}$ ,矿批 19.8 t。15:55,休风更换 10 号风口,处理 3 个风口,堵 4 个风口。17:05,开风,开风后逐步加风至  $2400 \text{ m}^3/\text{min}$ ,矿批 22.8 t,负荷 2.9,料线 1.5 m,料制 C26(8) O26(8),捅开 8 号风口。5月 2 日 03:00,加风至  $2600 \text{ m}^3/\text{min}$ ,负荷 3.3,料批 23.8 t,料线 1.5 m,料制 C26(9) O26(9)。08:00,开始喷煤。16:25 时休风,更换 19 号风口,处理 18 号风口,堵两个风口。17:56,开风,开风后至 23:00 恢复风量  $2750 \text{ m}^3/\text{min}$ ,风压 255 kPa,顶压 110 kPa,透气性指数 13.1,矿批 25.8 t,料线 1.5 m,负荷 3.5。这一过程共计补焦 12.4 t,休风 2 次,烧损风口 2 个。

6)第六间断:巩固期。5月 3 日,逐步恢复风量  $3050 \text{ m}^3/\text{min}$ ,扩矿批 30 t,料制 C29(4)28(3)26(3) O28(7)27(3),上负荷 4.0,生铁硅含量(质量分数)0.70%,物理热  $1490^{\circ}\text{C}$ ,至此炉况恢复正常。

## 5 经验教训

### 5.1 抓住时机,全面考虑

炉况发生失常后,要及时进行分析、研究,判断原因及危害程度,及时采取控制措施,避免事故扩大

化。在处理失常过程中,要结合高炉近期的工作状况及本次失常征兆综合判断,要充分考虑到潜在的不利因素,同时要保证设备运行正常、铁水罐运行正常,不能因设备问题出现休风、减风的情况,不能因出不了渣铁而影响炉内恢复进程。

### 5.2 建立预警机制

对外,与焦化厂建立动态质量反馈体系,不再只关注焦炭的检化验数据,而是以高炉使用效果为评价依据。对内,当一座高炉炉况出现难行征兆,对另一座高炉要谨慎、保守操作。在继续使用低价原燃料生产时,尤其是质量性能偏差的原燃料,要在通过优化高炉参数,实现炉况可控的最大限度内对配用比例、炉况及操作调整进行摸索,积累必要的经验。

### 5.3 思路统一,精准控制

处理炉况期间,要有处理小组。人员在交接时要交清接明,确保处理恢复过程统一、有序。在恢复过程中,对每一步操作、每一个指令,都要充分考虑。要通过理论计算、综合判断,在把握不准的情况下,宁

可适当推迟动作,避免造成炉况反复难行。

### 5.4 强化炉外管理

必须合理安排炉前人员。炉前操作人员要及时清理出现场、安全打开铁口、排净渣铁,为炉内恢复打好基础。在处理炉况过程中,炉前岗位交叉作业多,在清理积渣铁、更换风口二套和煤气区域作业时,都极易发生安全隐患。因此,越是在这种忙、乱的情况下,越要搞好安全工作,绝不能出现说起来重要、忙起来不要的状况。

### 6 结语

要树立事故是最大浪费的理念,加强对原燃料检测。一方面要认真对质量检化验数据进行统计分析,另一方面要提高高炉操作者对所用原燃料质量变化的判断能力,要把目测原燃料表观性能与检化验数据进行结合,及时掌握和反馈变化趋势,确保提供真实的参考数据,指导高炉生产。

(编辑:胡玉香)

## Abnormality Analysis of ShouGang ChangGang No. 8 Blast Furnace Condition

Yang Junchang, Ning Xiaobo

(Shougang Changzhi Iron and Steel Co., Ltd., Changzhi Shanxi 046031)

**Abstract:** This paper summarizes the abnormality of ShouGang ChangGang No.8 blast furnace. By analysis of abnormality reason of furnace condition, treatment measure and recovery process, this paper provides experience in order to avoid the occurrence of similar accident and how to avoid accident expansion after abnormal accident occurred.

**Key words:** blast furnace, furnace condition, processing

(上接第 44 页)

## Discussion on the Electrolyte Purity Impact on the Quality of Cathode Copper

Che Jiacai

(Houma North Copper Industry Co., Ltd., Houma Shanxi 04300)

**Abstract:** This paper expounds the effects of copper electrolyte purity on the quality of cathode copper, analyzes the main reasons influencing electrolyte purity, and sums up the main measures to improve purity of electrolyte in the production practice. Through the improvement of purity, the quality of cathode copper is stabilized and the impact of product quality fluctuation on brand is eliminated.

**Key words:** electrolyte, purity, copper cathode, quality, filtering quantity