

## 首钢2号高炉煤气流分布的调整

王晓鹏 王胜 陈军 魏红旗 马洪斌

(首钢总公司)

齐树森 刘莎莎 吴建 马富涛 周检平

(首钢自动化信息技术公司)

**摘要** 针对首钢2号高炉煤气分布不合理的状况,进行了布料调整试验,改变其过分发展的边缘、中心煤气流分布,使高炉煤气流分布趋于合理,从而提高煤气利用率,降低炉顶温度,延长炉衬寿命。

**关键词** 高炉 布料试验 煤气流分布

### Adjustment of Gas Flow Distribution in Shougang No. 2 Blast Furnace

Wang Xiaopeng Wang Sheng Chen Jun Wei Hongqi Ma Hongbin

(ShouGang Ironmaking Plant)

Qi Shusen Liu Shasha Wu Jian Ma Futao Zhou Jianping

(ShouGang Automation Information Technology Corporation)

**Abstract** In order to change the unreasonable gas flow distribution in Shougang No. 2 blast furnace of which the edge and the center gas flow were simultaneously overdeveloped, a burden distribution experiment is carried out and the gas flow distribution turns to the reasonable state. The result is that the gas usage factor was increased and the top gas temperature was decreased. Moreover, it is beneficial to the long life expectancy of blast furnace lining.

**Key words** blast furnace burden distribution experiment gas flow distribution

高炉煤气流分布,对高炉进程影响很大。有些高炉为了应对炉料恶化,将焦炭布到炉喉边缘及中心,中间加矿石;或将炉料堆尖放到炉喉半径的中间环带,靠炉料向边缘、中心溜动完成炉料分布。两者均形成边缘、中心过分发展的煤气流分布。这种装料制度,即可爱,又可恨:高炉容易接受风量,炉料少许变坏,高炉也能维持顺行。但是,长期使用这种布料制度,有严重缺陷:

(1)由于边缘发展,严重冲刷炉衬,炉衬寿命较短;

(2)因过分发达的“两条通路”,炉顶温度很高,煤气利用率很低,浪费了燃料;

(3)长期的边缘发展,渣皮不稳定,特别对铜冷却壁的薄炉衬,渣皮脱落经常发生,严重时导致炉缸堆积,风口大量破损。

当认识到它的缺陷,想改变时,又很困难。因为

长期“两条通路”,炉型已与煤气流相适应,限制任何一条通路,都会导致炉况不顺。

2008年3月,针对首钢2号高炉( $1780\text{m}^3$ )不合理的煤气流分布,进行了布料调整试验。

#### 1 试验前炉况

首钢2号高炉2002年5月23日开炉,炉喉直径6.8 m。开炉后,炉况稳定顺行。从2005年起,因炉衬侵蚀严重,每年需喷涂1次,到2007年,已喷涂3次。2008年3月13日开始试验的当天,烧结矿布于 $38^\circ$ 和 $35^\circ$ 对应的两个环位内各4圈和5圈,详见表1和图1。从表1和图1中看到,焦炭和矿石均布在炉喉半径中部,矿石又布在焦炭中间,形成高炉边缘及中心两股强大的煤气流。在吨铁渣量330 kg左右、风温可达到 $1200^\circ\text{C}$ 以上的条件下,高炉煤气利用率仅46%上下,炉顶温度经常在 $200^\circ\text{C}$ 以上。图2是试验前后,径向煤气温度分布。

表1 首钢2号高炉3月13日布料

| 项目   | $\alpha_K$ |     |     | $\alpha_J$ |     |     |     |     |
|------|------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| 布料角度 | 35°        | 38° | 35° | 40°        | 38° | 35° | 32° | 26° |
| 圈数   | 3          | 4   | 2   | 5          | 3   | 1   | 2   | 1   |

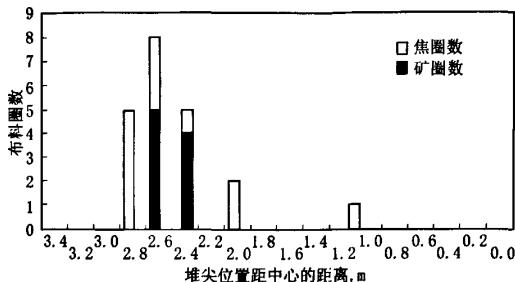


图1 首钢2号高炉3月13日实际炉料分布

## 2 煤气流分布的改变

13日炉况失常,白天发生悬料一次,这在2号高炉是少有的。试验在此条件下开始。

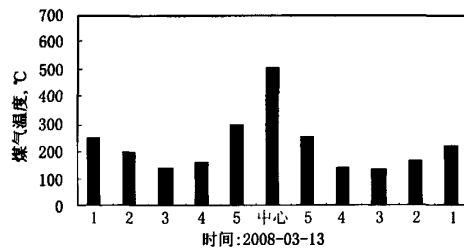


图2 首钢2号高炉炉喉径向煤气温度分布

表2 首钢2号高炉环位、角度对照

| 布料环位 | 9     | 8     | 7   | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1   |
|------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 溜槽角度 | 47.5° | 45.5° | 43° | 40.5° | 37.5° | 34.5° | 31.5° | 27.5° | 22° |

(2)2号高炉炉况好转后,从146批炉料开始,矿、焦布料环位整体外移1°,开始改变炉料分布的基

(1)要再敞边缘气流,解决顺行问题,同时为抑制中心气流,找一条出路。每批炉料抽1t焦炭,每5批将抽出的5t焦炭布于43°环位、6圈,从62批起入炉。

国内高炉布料,有随意发展的现象,有的高炉炉喉不分区,布料角度没有固定的对应环位。调整装料,用角度和圈数变化实现。因此布料试验,角度变化很多,增加了试验难度;由于角度与炉喉面积没有相应关系,各炉之间可比性较差,布料试验主要靠自己摸索。经验表明,合理布料应按高炉炉喉直径大小,将炉喉按等面积分成5~11等份,固定各区对应的角度,使每一次实践都在有限的固定角度下进行,减少试验次数,提高了实践质量<sup>[1]</sup>。

2号高炉炉喉布料环位按等面积原则分9区,见表2。

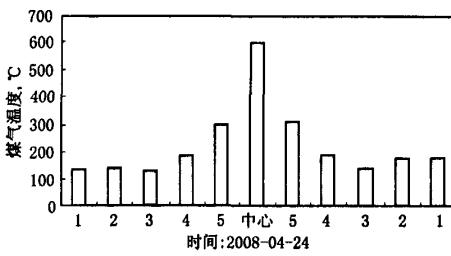


图2 首钢2号高炉炉喉径向煤气温度分布

础进程。14日第68批、9:30,经过24h后,取消抽焦,同时将焦炭环位普遍外移2°。15日4:00,矿焦继续外移,到23:00,进入固定布料环位。具体改变过程见表3。

表3 首钢2号高炉炉料分布改变过程(2008年)

| 日期         | 矿石、焦炭改变步骤   | 料线深度, m | 实际负荷 |
|------------|---|---------|------|
| 3月13日      | $\alpha_K 35^\circ 38^\circ 35^\circ + \alpha_J 40^\circ 38^\circ 35^\circ 32^\circ 26^\circ$                   | 1.3     | 3.70 |
| 3月13日22:30 | $\alpha_K 36^\circ 39^\circ 36^\circ + \alpha_J 41^\circ 39^\circ 36^\circ 33^\circ 27^\circ$ (矿焦外移1°)          | 1.3     | 3.70 |
| 3月14日9:30  | $\alpha_K 36^\circ 39^\circ 36^\circ + \alpha_J 43^\circ 41^\circ 39^\circ 36^\circ 33^\circ 27^\circ$ (焦外移2°)  | 1.3     | 3.70 |
| 3月15日4:00  | $\alpha_K 37^\circ 40^\circ 37^\circ + \alpha_J 44^\circ 42^\circ 40^\circ 37^\circ 34^\circ 28^\circ$ (矿焦外移1°) | 1.3     | 3.70 |
| 进入固定环位     |   |         |      |
| 3月15日23:00 | $\alpha_K 45^\circ + \alpha_J 33^\circ 31^\circ 21^\circ$   | 1.3     | 3.80 |
| 3月17日      | $\alpha_K 44^\circ + \alpha_J 33^\circ 31^\circ 21^\circ$   | 1.3     | 3.90 |
| 3月19日      | $\alpha_K 23^\circ 4^\circ$ (焦角未动)  | 1.5     | 4.02 |
| 4月4日       | $\alpha_K 33^\circ 21^\circ + \alpha_J 33^\circ 21^\circ 11^\circ$  | 1.5     | 5.06 |
| 4月24日      | $\alpha_K 22^\circ 11^\circ + \alpha_J 33^\circ 21^\circ 11^\circ$ (矿焦同角)                                       | 1.5     | 5.50 |

(3) 经过 4 天的调整, 顺行完全正常, 煤气分布明显改善, 炉顶温度下降, 煤气利用率提高, 十字测温边缘各点, 显著下降(见图 3)。17 日 7:00 开始加负荷, 18、19 日连续加负荷, 每次加矿 1t, 矿石批重由 40t 加到 43t, 负荷由 3.70 增加到 4.02。19 日矿石继续外移, 焦炭未动。20 日起继续加负

荷, 至 4 月 24 日矿石批重加到 45t, 负荷由 4.02 加到 5.50。

### 3 试验效果

由于顺行改善, 喷煤量和风温迅速提高, 停用多日的小块焦, 于 3 月 26 日开始启用。具体指标见表 4 和图 3。

表 4 首钢 2 号高炉操作指标

| 月份 | 日产量 t   | 焦炭 kg/t | 煤粉 kg/t | 小焦块 kg/t | 燃料比 kg/t | 风量 m <sup>3</sup> /min | 风温 °C | 炉顶温度 °C | 煤气利用率 % |
|----|---------|---------|---------|----------|----------|------------------------|-------|---------|---------|
| 1  | 4125.06 | 429.9   | 71.4    | 0.8      | 502.1    | 3565                   | 1044  | 201     | 44.68   |
| 2  | 4208.90 | 414.4   | 79.9    | 14.7     | 509.0    | 3660                   | 1097  | 194     | 46.27   |
| 3  | 4353.55 | 426.3   | 72.3    | 3.1      | 501.7    | 3708                   | 1108  | 192     | 46.66   |
| 4  | 4522.60 | 340.8   | 136.7   | 26.5     | 504.0    | 3677                   | 1195  | 187     | 49.24   |
| 5  | 4594.77 | 344.9   | 130.6   | 36.2     | 511.7    | 3613                   | 1201  | 182     | 49.46   |

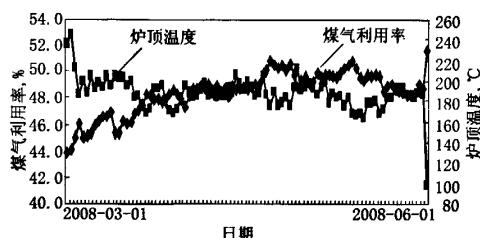


图 3 首钢 2 号高炉炉顶温度和煤气利用率

表 4 数据, 除煤气利用率以外, 均取自炼铁厂统计的生产月报。煤气利用率是每 5min 取一次数据, 由全月平均得到的, 比较准确。图 3 也是用每 5min 取一次数据的月平均值。

比较试验前后结果, 炉顶温度由 200 °C 降到

180 °C, 大约下降 20 °C(见图 3); 煤气利用率由试验前的 46% 提高到 49%, 提高了约 3% (见图 3)。4 月与 2 月比较, 据生产月报数据, 虽然燃料比变化不大, 但 4 月的煤粉和小块焦用量, 较 2 月多 68 kg/t, 实际上不仅焦比下降 68 kg/t, 从平均日产量分析, 产量提高 7.5%, 主要是燃料比下降的结果。按风中总氧量与产量估算, 燃料比下降约 15 ~ 20 kg/t, 大体与煤气利用率提高水平相符。

高炉稳定状况的提高是试验的主要收获。

与试验前比较, 矿石布料角度由 38° 提高到 45.5°, 外移 7.5°, 矿石堆尖外移约 0.7 m, 焦炭外移 5.5°, 也有 0.6 m(见表 5 和图 4), 从而彻底改变了炉料堆尖落到炉喉中间地区的不良后果。

表 5 首钢 2 号高炉试验前后的炉料分布和煤气分布变化(2008 年)

| 日期    | 批重 W <sub>K</sub> , t | 炉料分布                          |             |             |             |             |             | 煤气分布(十字测温), °C |             |             |     |     | 炉顶温度 °C | 煤气利用率 % | 负荷  |     |      |      |     |
|-------|-----------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-----|-----|---------|---------|-----|-----|------|------|-----|
|       |                       | α <sub>K</sub> α <sub>J</sub> | 35°         | 38°         | 35°         | 40°         | 38°         | 35°            | 32°         | 26°         | 2   | 3   | 4       | 5       | 中心  |     |      |      |     |
| 03-13 | 40                    | 35° 3 4 2                     | 38° 3 3 1   | 35° 1 2 1   | 40° 2 1 1   | 38° 1 1 1   | 35° 1 1 1   | 32° 1 1 1      | 26° 1 1 1   | 194         | 163 | 136 | 151     | 289     | 505 | 206 | 45.5 | 3.7  |     |
| 04-24 | 45                    | 8 7 6 5 4 5                   | 7 3 3 2 1 1 | 6 3 3 2 1 1 | 5 2 1 1 1 1 | 4 1 1 1 1 1 | 3 1 1 1 1 1 | 3 1 1 1 1 1    | 4 1 1 1 1 1 | 3 1 1 1 1 1 | 132 | 143 | 127     | 176     | 301 | 590 | 175  | 50.3 | 5.5 |

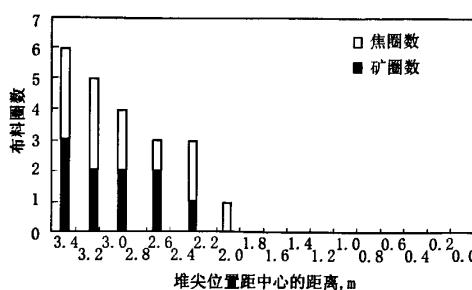


图 4 首钢 2 号高炉试验后炉料分布

### 4 讨论

高炉煤气分布, 在很大程度上受炉料分布左右。因此, 合理布料十分重要。

(1) 应将炉喉按等面积原则, 依炉喉直径大小, 分成 5 ~ 11 等份<sup>[2]</sup>, 炉料按规定的有限位置布料。这样的布料结果, 可以和不同的高炉实践比较, 也可与本炉不同时期、不同布料方法进行比较。

(2) 在正常条件下, 不应将炉料堆尖布到炉喉半径的中间地区。这种布料, 只可在炉料质量很差或炉况失常时作为处理手段, 是“药”, 而不能当

“饭”。矿石一般不要布到焦炭中间，布在中间，同样容易形成过分发展的“两条通路”。

(3)长期使用的布料制度，在需要改变时，要有耐心。因高炉内型已与煤气分布相适应，煤气通道比较顺畅，改变需要“磨合”，需要时间。在改变布料试验的过程，除严重影响顺行，不应频繁变动。有的试验一天改变几次，实际不可能很清楚的看出改变布料的真实作用。

(4)保持高炉中心通路，非常重要。高炉越大，中心越重要。但中心集中加焦炭，一般不可取。中心高温区域不能过宽，过宽则煤气利用变差，浪费高炉燃料。窄一些，即可保持高炉顺行，又能节约燃料<sup>[3]</sup>。

## 5 参考文献

- [1] 刘云彩.关于高炉布料操作.炼铁[J],2006,25(1):54-57.
- [2] 刘云彩.高炉布料规律[M].第三版.北京:冶金工业出版社,2005:223-228.
- [3] 刘云彩.无钟布料操作的几个问题.炼铁[J],2007,26(4):42-43.

## 6 致谢

参加试验的还有张贺顺、刘云彩，在此对他们的大力支持和指导表示感谢。

联系人:王晓鹏

E-mail: xp2803@yahoo.com.cn

(100043)北京市石景山区首钢总公司炼铁厂

修回日期:2008-09-25

## 《炼铁》稿约

《炼铁》杂志主要报道我国炼铁系统(高炉炼铁、烧结球团、焦化、原料场)科技进步的新成果，以报道高炉炼铁技术为主，兼顾报道非高炉炼铁。2009年《炼铁》杂志将重点围绕“优质、低耗、高效、长寿、环保”的高炉炼铁方针，报道高炉有关设计、技术改造、开炉达产、强化冶炼操作的实践经验，以及炼铁系统发展循环经济、节能减排所采用的新技术、新工艺、新设备。欢迎广大炼铁工作者踊跃投稿。

(1)本刊接受电子邮件投稿，电子信箱:ltbjb@wisdri.com,ltbjb@163.com。本刊收到稿件后，通过电子信箱会有回复。

(2)请注意勿一稿多投。若稿件参加学术会议征文(不影响录用)请在投稿时予以说明。自作者收到本刊回复一个月内未接到录用通知(主要通过电子邮件)，作者可自行处理。作者若需要了解稿件是否录用，可在一个月后通过电子邮件来函询问。

(3)文稿的著作权，除《著作权法》另有规定者外，属于作者，文责由作者自负。依照《著作权法》第三十三条之规定，期刊社可以对来稿作文字性修改、删节，经作者许可可以对内容进行修改。不愿删改者，务请在来稿中注明。

(4)来稿内容如涉及保密事宜，必须由作者所在单位审查签字同意，并加盖公章。

(5)文章字数以不超过5000字为宜(含图、表及参考文献)，请附中英文摘要及中英文关键词。

(6)请注明作者或联系人的姓名、职称、详细通信地址、邮政编码、联系电话及电子信箱。联系电话及电子信箱不愿公开者，务请事先声明。

(7)来稿中摘录或引用他人作品，应指明出处，并列出参考文献。参考文献的著录格式执行国家标准(GB/T 7714—2005)。以下是常见参考文献著录格式：

①期刊 [序号] 作者. 题名[J]. 刊名, 出版年份, 卷号(期号): 起止页码。

②图书 [序号] 著者. 书名[M]. 版本(第一版不写). 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码。

③学位论文 [序号] 作者. 题名[D]. 保存地点: 保存单位, 年。

④报纸 [序号] 作者. 题名[N]. 报纸名称, 出版日期(版数)。

⑤科技报告 [序号] 作者. 题名[R]. 报告题名及编号, 出版年。

⑥国际或国家标准 [序号] 作者. 标准编号 标准名称[S]. 出版地: 出版者, 出版年。

⑦专利文献 [序号] 专利所有者. 专利题名: 专利国别, 专利号[P]. 公开日期。

⑧论文集、会议录 [序号] 会议主办者. 会议(或会议录)名称[C]. 地点: 出版者, 出版日期。

(8)来稿刊登后，即付稿酬(稿酬中已含光盘版、网络版稿酬)，并赠《炼铁》杂志1册。