

## 生产实践

## 首钢高炉降料面停炉技术的定量化分析

张贺顺,马洪斌,任健

(首钢股份公司炼铁厂,北京 100041)

**摘要:**高炉定量化降料面停炉技术量化了降料面过程的各个阶段及参数控制标准,在降料面阶段对风量水平进行主动控制,保持了降料面过程中的煤气稳定。停炉实践表明,实际操作参数与计划吻合,实现了降料面过程的安全、高效、环保。

**关键词:**高炉;降料面;停炉;定量化

**中图分类号:**TF548 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-4613(2011)01-0048-04

### Quantification Analysis on Blowing off by Dropping Charge Level Technology for BF of Shougang

Zhang Heshun, Ma Hongbin, Ren Jian

(Ironmaking Plant of Shougang Corporation, Beijing 100041, China)

**Abstract:** Each stage and control standards for parameters concerning the dropping charge level are quantified by quantitative dropping charge level technology for the blowing off of the BF of Shougang. The stable gas flow distribution during the dropping of charge level is kept by controlling the blowing rate on purpose. The blowing off indicates that the actual operating parameters accord with the expected parameters, and the safety, high efficiency and environmental protection during the dropping charge level are achieved.

**Key words:** BF; dropping charge level; blowing off; quantification

首钢1号、3号(均为2536 m<sup>3</sup>)高炉分别于1994年8月和1993年6月开炉,截止到2009年7月,高炉单位容积产铁量分别达12 126 t、12 826 t,接近国际先进水平。随着2座高炉炉龄的增长,炉体冷却壁均出现不同程度的损坏。为减缓炉体冷却壁的损坏,对2座高炉定期进行了喷涂造衬,在历次降料面停炉过程中,对2座高炉降料面停炉技术不断进行定量化研究,初步形成了首钢高炉降料面停炉技术的定量化原则及参数控制标准,使2座高炉的降料面停炉工作安全、高效、环保。

## 1 停炉技术的定量化原则

### 1.1 阶段划分

张贺顺,高级工程师,硕士,1988年毕业于北京钢铁学院钢铁冶金专业,现任首钢炼铁厂厂长。

降料面停炉过程中,为避免因风量水平与料层厚度不匹配,造成炉内煤气不稳定而出现顶压冒尖现象,在降料面阶段对风量水平进行主动控制。按炉内存在的炉料情况,降料面过程分为正常料期和焦炭料期2个阶段。正常料期又可分为炉内存在正常料的前、后2个时期;焦炭料期可分为炉内全部为焦炭且料面在炉身下部、炉腰、炉腹及炉缸上部等前、中、后3个时期。

### 1.2 总耗风量

降料面过程炉内炉料复杂,自风口带向上依次为死焦堆焦炭、正常料及盖面焦,由于各段炉料压缩率不一及炉内软熔带位置各异,因此炉内焦炭数量难以计算。根据首钢历次降料面停炉经验,定义软熔带位置系数,以此来模拟炉内软熔带的位置,从而可以确定炉内3段炉料的体积,计算

出炉内焦炭总量,降料面过程的吨燃料需要耗风量与各高炉正常生产的吨燃料需要耗风量(即高炉燃烧1 t燃料所需要的风量)一致。对历次高炉降料面过程总耗风量的计算表明,2座高炉软熔带位置系数基本一致。

### 1.3 料面位置

结合总耗风量计算中的软熔带位置系数,分2种情况计算料面位置。1种是耗焦量小于正常料的焦炭量时,说明炉内存在软熔带,通过耗风量计算正常料减少的体积,从而得到料面位置;第2种是耗焦量大于正常料的焦炭量时,说明炉内软熔带消失,通过耗风量计算炉料减少的体积,从而得到料面位置。

### 1.4 顶温控制

顶温控制的原则是既要保护炉顶设备,又要避免大量冷却水落至料面与炽热的焦炭反应生成 $H_2$ ,实现安全降料面,温度控制范围一般在350~500℃。降料面过程中对于各打水管流量的调整要抓住顶温变化趋势,及时、微量调整,对于风量、风温下降引起的顶温下降,要及时减少各打水管流量,对于渣皮脱落并覆盖在料面上引起的顶温下降,可不对打水管流量进行调整。

### 1.5 顶压调整

降料面过程前期的顶压突然升高现象多是由于炉内煤气分布不稳定,出现了气流、管道现象。与风量水平匹配的高顶压有利于稳定炉内煤气,减少顶压的波动。降料面过程中除非因各种原因导致 $O_2$ 混入炉内上部空间,否则在料面降至炉腹前,炉内发生爆震的可能性极小。为了停止回收煤气操作时高炉安全及减少煤气流速突然增大造成对炉内料柱的冲击,当料面降至炉腰位置后,逐步降低顶压。

### 1.6 风温调整

降料面过程使用高风温有利于提高炉缸的热量,促进炉墙脱落渣皮熔化,但使用高风温增加了控制顶温的难度,且由于下部煤气体积的增加,不利于减少降料面过程的煤气不稳定现象。因此风温的使用范围一般在800~1 000℃之间,在炉顶打水能力满足要求的基础上,随着对降料面过程中煤气控制能力的增强,可逐步提高风温使用水平。

## 2 正常料期控制原则

### 2.1 风量控制

坚持按降料面阶段对风量水平进行主动控制原则,避免因风量水平与料层厚度不匹配造成炉内煤气不稳定。主动控制基本原则是在炉内存在正常料的情况下,风量可按较高水平控制;正常料前期按全风量的90%控制;正常料后期按全风量的80%控制。正常料前期与后期划分可依据料柱高度确定。

### 2.2 第一次出铁时机选择

降料面过程的出渣、出铁是料面能否降至风口以下的键。第一次出铁安排在耗风量达到正常料所需耗风量的25%~30%时出铁,严格控制出铁量在炉内正常料生成铁水量的50%,即使铁口未喷,也要堵铁口停止出铁。

## 3 焦炭料期控制原则

### 3.1 风量控制

风量控制的基本原则是在炉内只剩焦炭后,对风量水平要严格控制,防止出现气流、管道现象;焦炭料前期按全风量的70%控制;焦炭料中期按全风量的50%控制;焦炭料后期按全风量的40%控制。

### 3.2 停止回收煤气

回收煤气能够控制环境污染,创造经济效益,但降料面过程后期焦炭料层已经很薄,要使吹入的热风全部与焦炭燃烧而不残留氧气,并使煤气成分中 $H_2$ 含量不超标,就要求降料面过程煤气稳定、不出现气流、管道等现象,同时将顶温控制在适当水平,但当 $\varphi(H_2) > 12\%$ 、 $\varphi(O_2) > 0.8\%$ 时或料面位置进入炉腹时,必须停止回收煤气。

停止回收煤气时,炉顶压力瞬间大幅下降,导致炉内下部的高温煤气瞬间加速向上运动,在打水量无法及时调整的情况下,炉顶温度会快速上升,超过了高炉煤气的着火温度,使高炉煤气在放散阀处点燃,严重影响降料面停炉时的安全,因此停止回收煤气前要减风至35kPa,打开炉顶放散阀,然后再将风量加至规定的水平。

### 3.3 第二次出铁时机选择

在多个风口见空之后,安排第二次出铁。由于受降料面期间铁口深度下降的影响,第二次出铁仅有少量铁水排出,但大部分炉渣是能够排出

的。若要求实现料面的大幅沉降,则要深入研究降料面过程中影响铁口深度的因素及应对措施,力争保持正常的铁口深度;若对料面沉降的幅度无要求,则在出净预留的渣铁后,料面可以实现沉降至风口下沿的目的。

### 4 量化降料面停炉技术的应用

#### 4.1 参数量化

2009 年 7 月 31 日,首钢炼铁厂计划将 3 号高炉料面降至风口带,停炉 3 天,计划检修,对炉内炉喉下沿至炉腹部位进行喷涂造衬。停炉前,以降料面停炉技术的量化原则为基础,结合高炉停炉的具体条件,计算、规划了降料面停炉过程中各阶段的节点、控制原则,细化了降料面停炉过程的各项参数。高炉降料面停炉量化控制参数

见表 1,高炉降料面停炉量化操作参数见表 2。

表 1 高炉降料面停炉量化控制参数

参数	数值
风口至料线体积/ $\text{m}^3$	2 312
燃料需要耗风量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1})$	2 550
正常料的焦炭量/ $\text{t}$	318.3
盖面焦的焦炭量/ $\text{t}$	115.8
软熔带至风口的焦炭量/ $\text{t}$	720.8
正常料批数/批	16.5
正常料产生的铁水量/ $\text{t}$	556.5
第一次出铁时耗风量/ $\text{万 m}^3$	20.3
软熔带消失时耗风量/ $\text{万 m}^3$	82.1
停止回收煤气时耗风量/ $\text{万 m}^3$	216.2
降料面总耗风量/ $\text{万 m}^3$	294.5

表 2 高炉降料面停炉量化操作参数

项目	位置	料线/ $\text{m}$	风量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$	风温/ $^{\circ}\text{C}$	顶压/ $\text{kPa}$	耗风量/ $\text{万 m}^3$	耗时/ $\text{h}$
正常料前期	炉喉、炉身上部	1.2~7.4	4 500	950	175	36.2	1.3
正常料后期	炉身下部	7.4~12.9	4 000	900	156	45.9	1.9
焦炭料前期	炉身下部	12.9~15.3	3 500	850	137	63.7	3.0
焦炭料中期	炉腰	15.3~18.2	2 500	850	98~25	70.4	4.7
焦炭料后期	炉腹和炉缸	18.2~22.1	2 000	800	停止回收煤气	77.9	6.5

#### 4.2 应用效果

2009 年 7 月 30 日 8:00~10:00,首钢炼铁厂高炉停风小修,10:00 送风,降料面停炉。1 h 22 min 后第一次出铁,出铁时耗风量 23.7 万  $\text{m}^3$ ,在铁水未出净的情况下,堵铁口、停止出铁,出铁持续 50 min,出铁量 219 t,出渣持续 32 min。11 h 45 min 后停止回收煤气,到停止回收煤气时耗风量为 220.9 万  $\text{m}^3$ 。第二次出铁是在多个风口见空后,此时铁量极少,出渣 135 min。7 月 31 日 4:00 停风,停风时总耗风量为 296.1 万  $\text{m}^3$ ,降料面过程中爆震得到了很好的控制。停风后观察,炉内料面基本平坦,边缘低于风口下沿,中心出现直径约 4 m、高约 2 m 的馒头状突起现象。3 号高炉降料面停炉过程的各项参数与计划吻合,降料面过程安全、高效、环保。高炉降料面停炉实际操作参数见表 3。

表 3 高炉降料面停炉实际操作参数

时间/ $\text{h}$	风量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$	风温/ $^{\circ}\text{C}$	顶压/ $\text{kPa}$	顶温/ $^{\circ}\text{C}$	压差/ $\text{kPa}$	耗风量/ $\text{万 m}^3$
1	2 451	973	56	399	52	14.7
2	4 499	942	174	465	84	41.7
3	4 337	902	159	481	69	67.7
4	4 013	901	153	483	60	91.8
5	3 813	902	146	494	51	114.7
6	3 455	903	134	517	43	135.4
7	2 877	891	113	544	31	152.7
8	2 742	850	106	581	29	169.1
9	2 574	849	95	569	29	184.6
10	2 450	849	65	545	29	199.3
11	2 242	849	48	589	28	212.7
12	1 834	858	15	491	27	223.7
13	1 908	852	16	451	27	235.2
14	1 929	856	16	489	27	246.7
15	1 978	845	16	514	26	258.6
16	2 009	821	16	590	25	270.7
17	2 087	791	12	448	24	283.2
18	2 150	770	8	451	24	296.1

## 5 结论

(1) 高炉降料面停炉技术的定量化,规范了高炉降料面停炉过程的各个阶段及各项参数控制标准,为降料面停炉过程的安全、高效、环保提供了保障。

(2) 停炉过程划分为 2 个阶段:正常料期和焦炭料期,由此,可以明确降料面停炉过程中各阶段的重点工作及定量化原则。

(3) 以降料面阶段对风量水平主动控制为核心,结合高炉降料面停炉的具体条件,定量化降料面停炉技术,细化了降料面停炉过程的各项参数,实践表明,降料面停炉过程中的实际参数与计划吻合,降料面过程安全、高效、环保。

(编辑 贺英群)

收稿日期:2009-05-15

+++++  
(上接第 34 页)

长,由低速段的 20 nm 增长到中速段 40 nm 左右。

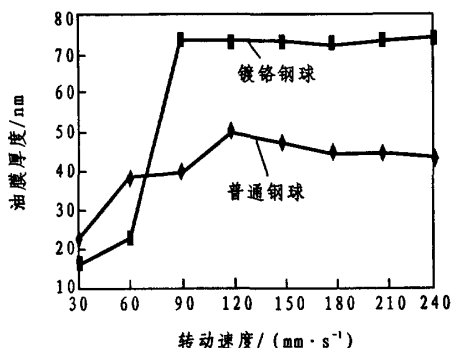


图 3 油膜厚度与钢球转速关系

当对钢球表面镀铬后,随着速度提高到中速段,乳化液成膜厚度由最初的 10 nm 增加到接近 80 nm。

在钢表面镀铬可以使相互接触的金属表面间油膜层更厚,从而减少了钢与钢之间的磨损。

使用轧制油 B 和轧制油 C,在其它条件不变的情况下,重复上述试验,也得到了相同的趋势。

## 3 生产应用

本钢一冷轧将表面镀铬轧辊应用于四机架连轧机组,使工作辊换辊周期从 3 500 t/次提高到 6 500 t/次;旧工作辊平均磨削量由 0.48 mm/次减少到 0.41 mm/次,工作辊使用寿命显著提高。

使用表面镀铬轧辊前、后一个月钢板的残铁和反射率综合指标见表 1。

从表 1 可见,钢板表面质量得到显著改善,钢板表面残铁降低幅度较大,波动范围在 3% ~ 39%,而钢板平均反射率提高 10% 以上。

在今后的实际生产过程中,对镀铬工艺还需要继续优化,以便进一步降低辊耗,提高钢板的反射率,进而提高钢板的成材率。

表 1 钢板残铁和反射率综合指标

钢牌号	使用镀铬辊前		使用镀铬辊后	
	平均残铁/ (mg · m <sup>-2</sup> )	平均反射率/ %	平均残铁/ (mg · m <sup>-2</sup> )	平均反射率/ %
CQ	56	52	42	61
DQ	59	54	36	63
DDQ	46	59	38	67
05	38	63	32	70

## 4 结论

(1) 表面镀铬轧辊可以有效降低摩擦副之间的摩擦系数。钢-铬摩擦副的摩擦系数可以比钢-钢摩擦副的摩擦系数降低为 20%

(2) 表面镀铬轧辊可以明显提高工作辊与钢板表面之间的油膜厚度。

(3) 经过对钢球表面镀层处理,可以在一定程度上模拟冷轧过程中工作辊镀铬工艺。

(4) 利用往复式摩擦磨损实验仪测试摩擦系数,利用光干涉油膜厚度测量仪测量中速段油膜厚度值,可以作为轧制工艺的参考数据,为下一步优化轧制工艺提供实验支持。

## 参考文献

- [1] 汪德涛. 润滑技术手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 温诗铸,黄平. 摩擦学原理[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

(编辑 袁晓青)

收稿日期:2010-06-01