



# 石横特钢 1# 1 050 m<sup>3</sup>高炉降料面处理炉墙结厚实践

钱 勇,杨 云,陈得建

(山东石横特钢集团有限公司,山东 肥城 271612)

**摘 要:**石横特钢1#1 050 m<sup>3</sup>高炉用降料面的方式处理炉墙结厚,降料面过程中,间断调整焦炭负荷,控制风量,控制合理工艺参数和优化炉顶打水,减少煤气爆震,实现全程煤气回收,过程安全、顺利、环保,达到了预期效果。同时,为了尽快赶上料线,高炉采用均匀堵风口方式,提高鼓风动能吹透中心;使用兼顾边缘气流的布料矩阵调整方式,形成稳定料面平台和漏斗,平稳提高料面;料线深度与布料角度、原料结构合理搭配,缩短了赶料线时间,消除了长期低料线对高炉的危害。

**关键词:**高炉;炉墙结厚;降料面;煤气回收

中图分类号:TF549

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2015)05-0004-04

## 1 前 言

石横特钢1#高炉有效容积1 050 m<sup>3</sup>,于2011年11月10日开炉,共有20个风口,炉腹至炉身冷却壁采用软水密闭循环冷却系统,6~9层为铜冷却壁。2015年2月1#高炉受炉身部位出现不同程度粘结影响,导致气流分布不均,料面不平整,东北方向常有翻料现象并伴有滑尺,东西探尺偏尺较大,高炉指标下滑。经研究决定于2015年2月24日对高炉进行降料面处理炉墙结厚,自12:00开始降料面,至21:00结束,历时9 h,炉墙粘结物不同程度脱落,处理效果较好。

## 2 准备工作

借鉴2013年3#高炉降料面处理经验,制定了相应方案。2015年2月23日开始降冶强同时加萤石清洗炉缸。矿批32.0 t,焦炭负荷4.11 t/t,降煤比至80 kg/t,每批加萤石100 kg,燃料比530 kg/t;24日1:40高炉改轻负荷料,矿批30.0 t,焦炭负荷3.81 t/t,调整布料矩阵:

C 33.6 31.7 29.8 27.9 26.1 35.3 32.4 29.4 26.3 22.2  
3 3 3 3 2 O 4 3 3 3 3 ;

24日8:50缩小矿批同时改全焦冶炼,矿批22.0 t,焦炭负荷2.87 t/t,理论焦比606 kg/t,配加萤石260 kg/批,锰矿400 kg/批,清洗炉缸;同时每批料配加200 kg硅石,炉渣碱度1.02倍左右,[Si]含量提升至2.0%左右,布料角度调整:

C 33.5 31.6 29.7 27.8 26 35.3 32.4 29.4 26.3 22.2  
3 3 3 3 2 O 4 3 3 3 3 ;

24日10:50启用电鼓送风,控制热风压力305

kPa左右,风量2 300 m<sup>3</sup>/min,布料角度采取矿4环、焦5环疏松边缘和中心的措施,即

C 30 28 26 24 O 32 29.5 27 24.5 22  
3 3 3 3 O 4 3 3 3 3 ,

小时喷煤5.0 t左右微调炉温,燃料比约650 kg/t,操作过程严格控制铁水物理热在约1 500 ℃,确保渣铁物理热足、流动性好。

## 3 降料面操作

本次降料面之前经过反复讨论与论证,使得整个降料面过程安全、顺利。为避免炉墙结厚物大量脱落造成炉缸剧凉等恶性后果,在降料面前先集中加盖面焦40 t。降料面过程料线控制及各项指标调整见表1。

24日12:00开始降料面,缩小矿批调整轻负荷上料,矿批20.0 t,萤石260 kg,锰矿400 kg,硅石150 kg,焦炭负荷2.75 t/t,理论焦比控制635 kg/t,[Si]含量1.50%,计算碱度0.97倍,控制小时放料3批,放料与打水相配合,确保炉顶温度控制在400~450 ℃。87批料(13:00)高炉停止喷煤,煤气改走三阀组,水温差略有升高,90批料(13:58)加1批净焦7.7 t,[Si]含量1.57%,炉渣碱度0.98倍。炉身上部12段、13段,西、西南面冷却壁温度开始波动。

24日16:12透气性指数突然升高,开始出现爆震现象,4#~8#风口小套挂有大量渣皮。95批料(16:00)集中加两批净焦15.1 t,萤石2 t,调整轻负荷料,焦批7.8 t,带萤石300 kg,焦炭负荷2.57 t/t,理论焦比677 kg/t,炉身12段、11段由7#风口到14#风口上方冷却壁温度波动,平均上升15 ℃左右,[Si]含量0.90%,铁水物理热1 513 ℃,炉渣流动好,20#、1#、2#、3#、7#、8#、14#风口方向渣皮波动频繁。102批料(18:37),雷达探尺1 375 mm,集中加4批净焦30.8 t,萤石4 t,炉身上部除了10段5#、6#、9#、10#风口上方

收稿日期:2015-04-01

作者简介:钱勇,男,1986年生,2010年毕业于内蒙古科技大学冶金工程专业。现为山东石横特钢集团有限公司炼铁厂技术科助理工程师,从事高炉炼铁工艺技术工作。

表1 2015年3月24日降料面过程料线控制及指标调整

时间	料线/ m	探尺/ mm	小时 料批数	风量/ (m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	风压/ kPa	风温/ ℃	透气性指数/ (m <sup>3</sup> ·s·kPa <sup>-1</sup> )	富氧/ (m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	燃料比/ (kg·t <sup>-1</sup> )	布料矩阵
13:00	4.71	672	3.0	2 220	285	989	1 096	1 671	640	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
14:00	5.74	968	2.0	1 826	244	988	1 040	1 667	640	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
15:00	5.95	984	4.0	1 692	200	980	1 575	1 409	640	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
17:00	1 265	2.5	1 656	179	986	1 306	1 389	682	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>	
18:00	1 300	3.0	1 737	178	980	1 508	1 414	682	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>	
19:00	1 352	3.5	1 389	161	980	1 569	1 389	635	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>	
20:00	1 373	4.0	1 626	158	980	1 380	975	635	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>	
21:00	1 380	5.0	1 475	133	995	1 516	0	677	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>	

测温点上升幅度较小外,其余测温点温度均上升幅度较大。降料面过程矿批及原料结构调整见表2。

表2 降料面过程矿批及原料结构调整

调整 批数	矿批/ kg	原料/kg								焦炭负荷/ (t·t <sup>-1</sup> )	[Si]/ %	焦比/ (kg·t <sup>-1</sup> )	碱度	调整 原因	
		烧结	球团	酸烧	南块	锰矿	萤石	硅石	焦炭						焦丁
	32 000	24 800	5 200	1 400	600		100	0	7 820	580	4.11	0.6	430	1.05	
9	30 000	23 200	5 500	1 300	0	0	100	0	7 900	600	3.81	0.6	464	1.04	轻负荷
53	26 200	18 200	5 500	1 300	1 000	200	100	0	7 900	600	3.33	0.6	530	0.96	缩矿批
60	22 000	13 800	4 800	1 500	1 500	400	260	200	7 700	600	2.87	2.5	606	0.95	改全焦

### 4 赶料线操作

为避免炉墙结厚物大量脱落造成炉缸刷凉等恶性后果,在加轻负荷料前集中加4批净焦31.2 t。2015年3月24日21:00,雷达探尺1 380 mm,开始赶料线,加轻负荷料(矿批20 t,焦批7.8 t,焦丁0.6 t,综合焦比670 kg/t,矿批组成:烧结12 800+酸烧1 200

+球团4 100+锰矿400+南非块矿1 500+硅石260+萤石260),调整布料矩阵,即

$$C_{24.5 \ 22.5} O_{26.5 \ 23.5 \ 20.5} \\ C_{5 \ 5} O_{4 \ 4 \ 4}$$

高炉停止富氧,依据雷达探尺及小时料批数,逐步赶料线,扩角度。赶料线过程料线控制及各项指标调整见表3。

表3 2015年3月24、25日赶料线过程料线控制及指标调整

时间	料线/ m	探尺/ m	小时 料批数	风量/ (m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	风压/ kPa	风温/ ℃	透气性指数/ (m <sup>3</sup> ·s·kPa <sup>-1</sup> )	富氧/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	燃料比/ (kg·t <sup>-1</sup> )	布料矩阵
24日23:00		9.80	7.0	1 636	170	970	1 148	0	677	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
25日0:00	5.32	7.74	6.5	1 687	196	965	1 041	0	677	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
25日2:00	5.14	7.50	5.0	1 726	210	950	1 001	0	583	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
25日4:00	5.32	7.15	6.0	1 534	188	943	1 122	0	583	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
25日5:00	5.19	7.10	4.0	1 553	177	947	980	0	635	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
25日8:00	4.80	7.77	3.5	1 487	234	958	782	0	635	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
25日10:00	4.20	7.33	4.5	1 508	240	954	765	0	620	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
25日14:00	3.70	5.35	5.0	1 720	268	900	808	607	622	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>
25日16:00	3.30	4.90	6.5	1 931	286	937	846	619	617	C <sub>28 24</sub> O <sub>28 24</sub>

#### 4.1 赶料线阶段调整

2015年3月24日22:00,风量1 507 m<sup>3</sup>/min,探尺11 m,同时改用旁通调整顶压,随着料线提高,出现中心气流偏弱,从炉内摄像看不到中心,边缘气流不稳定,西北、西面方向有吹料现象。

25日3:00,料线提升至5.24 m,边缘气流不稳,西北方向吹料加重,风口状态较差,从风口可看到大块焦炭升降,高炉加风困难,气流分布紊乱。[Si] 1.66%,S 0.88%,铁水物理热1 430 ℃,于19批及时调整轻负荷料,并加净焦7.7 t补充煤气利用差造成

的炉缸亏热。

25日4:00~6:00受边缘气流分布紊乱加重,高炉频繁滑料,炉顶4点温度较散,中心看不到气流。考虑受鼓风动能不足引起中心吹不透的影响,于5:45高炉休风采用均匀堵风口的方式,堵2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>、12<sup>#</sup>、14<sup>#</sup>、16<sup>#</sup>、18<sup>#</sup>共8个风口。

25日9:00堵风口后效果突显,风量加到1500 m<sup>3</sup>/min,料线提升至4.5 m,风口状态好转,明亮活跃,炉内摄像中心气流清晰可见,铁水物理热提到1482℃,[Si]2.26%,S 0.40%,东西探尺偏差较小,下料均匀。

25日13:04,边缘和中心气流均可见,压量关系合适,13:17开2<sup>#</sup>风口后风量加到1720 m<sup>3</sup>/min。随着中心和边缘气流好转,风口下渣皮减少,适当提升料线,同时提矿、焦角度。随着炉况好转,14:07开12<sup>#</sup>风口、15:23开8<sup>#</sup>风口、16:38开18<sup>#</sup>风口、22:37开16<sup>#</sup>风口,风量加到2260 m<sup>3</sup>/min,矿批扩至23.0 t,燃料比594 kg/t。

#### 4.2 后续炉况恢复调整

2015年3月26日高炉顺行良好,风量逐步加到2200 m<sup>3</sup>/min。9:52开4<sup>#</sup>风口,11:07开14<sup>#</sup>风口,小时料速平均达7.5批,矿批扩大至25.5 t,焦炭负荷3.85 t/t,每批料配加100 kg萤石洗炉,108批锰矿停用,稳定煤比67 kg/t,燃料比控制567 kg/t,炉温

0.88%,料线1.7 m,调整方向以活跃炉缸为主,高炉采用低煤比,轻负荷运行,以提高炉内透气性。

27日矿批扩至26.5 t,风量加至2300 m<sup>3</sup>/min,富氧2300 m<sup>3</sup>/h,平均透气性指数930 m<sup>3</sup>·s/kPa,压量关系合适,东西探尺随着料速均匀下降,焦炭负荷4.16 t/t,煤比101 kg/t,燃料比552 kg/t,料线160 m。

28日矿批扩至27.5 t,富氧量3400 m<sup>3</sup>/h,萤石100 kg/t,平均压差150 kPa,透气性指数890 m<sup>3</sup>·s/kPa,煤比提高120 kg/t。15:21高炉休风调整风口直径,高炉20个风口尺寸均为Φ470 mm×115 mm斜4°,风口面积0.2077 m<sup>2</sup>。在炉况恢复阶段,高炉采用小风口并堵风口方式,提高鼓风动能,利于炉况恢复,当风量加全,炉况基本稳定,调整风口采用等径等长同等型号的风口小套,使得高炉圆周工作均匀,利于维持合理操作炉型。

4月2日高炉逐渐步入正常,扩矿批至34 t,焦炭负荷4.74 t/t,电鼓改为汽鼓送风,风量加到2540 m<sup>3</sup>/min,富氧量3580 m<sup>3</sup>/h,铁水产量3240 t,综合焦比487 kg/t,压差180 kPa。炉况顺利恢复,关键对高炉操作制度正确把握。根据高炉运行参数,适时调整布料矩阵与送风制度相匹配,利于操作炉型合理,煤气流分布合理,良好的炉缸工况,利于降料面后炉况快速恢复。2015年24、25日炉况恢复过程原料结构调整见表4。

表4 2015年24、25日炉况恢复过程原料结构调整

日期	调整批数	矿批/kg	原料/kg							焦炭	焦丁	焦炭负荷/(t·t <sup>-1</sup> )	炉温/%	焦比/(kg·t <sup>-1</sup> )	碱度	调整原因
			烧结	球团	酸烧	南块	锰矿	萤石	硅石							
24	72	23 000	14 800	4 800	1 500	1 500	400	260	200	7 700	600	3.00	2.0	578	0.94	重负荷
24	95	20 000	12 800	4 100	1 200	1 500	400	300	100	7 800	600	2.57	2.5	677	0.99	轻负荷
24	131	20 000	15 300	3 000	1 000	5 000	200	150	100	6 500	600	3.09	1.5	577	1.02	重负荷
25	65	20 000	14 100	4 500	1 000	0	400	150	100	6 800	600	2.95	2.0	600	1.02	重负荷
25	71	21 000	15 100	4 500	1 000	0	400	150	100	6 800	600	3.10	1.5	575	0.98	扩矿批
25	93	22 000	16 300	4 500	1 000	0	200	150	100	6 600	600	3.35	0.015	530	1.03	重负荷
25	114	23 000	17 300	4 500	1 000	0	200	150	100	6 600	600	3.50	0.015	508	1.03	扩矿批

## 5 参数控制

### 5.1 热负荷控制

本次降料面采用两种轻负荷料,A轻负荷料(10批):矿批20 t,焦炭负荷2.73 t/t,综合焦比630 kg/t,控制料面深度9 m左右。B轻负荷料(15批):矿批20 t,焦炭负荷2.56 t/t,综合焦比670 kg/t,到降料面结束。降料面过程平均[Si]含量1.12%,铁水物理热1509℃,炉渣碱度1.05,热负荷控制得当,渣铁流动性好。

### 5.2 风温使用

降料面过程使用高风温有利于提高炉缸的热度,对降料面过程脱落渣皮的溶化有促进作用,但

高风温的使用同时提高炉顶温度,对炉顶温度控制不利,且高风温使用导致的下部气流体积的增加,对煤气流稳定分布不利,影响炉况顺行。保证渣铁物理热充足的前提下,本次控制风温使用范围在900~1100℃<sup>[1]</sup>,煤气流分布、炉温控制合适后,可进一步提高风温使用水平,确保渣铁流动性。

### 5.3 风量控制

1)本次高炉降料面采用电鼓送风,全程安全稳定。风量大小控制,依据降料面阶段及控制炉顶打水产生的爆震,前期降料面可按正常风量的80%~90%<sup>[2]</sup>。随着料面降低,焦炭负荷减轻,风量控制逐渐降低为正常风量的50%。

2)在赶料线过程,为了尽快赶上料线,最初赶



料线未堵风口,使用轻负荷、小风量,因20个风口送风,鼓风动能不足,影响中心气流发展,随着料线提升,中心被抑制,边缘气流紊乱分布不均,出现加风边缘有吹料现象,风口状态变差。考虑风口鼓风动能不足,影响炉况恢复。高炉休风,堵8个风口后,鼓风动能增加,中心吹透,利于气流合理分布,炉况恢复较为顺利。

#### 5.4 料批与料面深度控制

本次降料面前配料,轻负荷料+净焦+空料线容积合计所需料批约48批,其中消耗焦炭324.5 t,预计料线达炉腰部位(13 m)。根据实际耗风量计算,1 t焦炭所需风量为3 000 m<sup>3</sup>/min,控制小时跑料3批,料线深度选择焦炭负荷。

实际降料面过程:平均风量约为1 687 m<sup>3</sup>/min,富氧1 452 m<sup>3</sup>/h,9 h消耗焦炭量324.4(1 687 × 60 × 9/3 000+1 452 × 9/630)t,降料面后雷达显示料线深度13.80 m。通过耗风量计算料批数与实际达到降料面深度基本一致。

#### 5.5 炉前出铁控制

随着料面降至炉腰部位时风压降低,料柱对炉缸渣铁液的压力减小,炉内渣铁不易排干净,尤其降料面最后1炉出铁。组织炉前维护好铁口,要求必须见渣、喷花后才能堵口,尽可能多地排放渣铁,可促进赶料线进程。

#### 5.6 赶料线进度

在赶料线过程中,刚开始料线较深,布料基本没有规律,此部分乱料形成软熔带,往往会引起煤气分布紊乱,配料结构以轻负荷料集中加净焦为主,布料矩阵相应调整,以发展边缘疏导中心,配合下部堵风口,达到上稳下活的目的。赶料线过程不能操之过急,料线深度控制,必要先形成稳定料面平台和漏斗、压量关系合适后,再逐步提高料线。

## 6 结 语

随着料线降低,炉料在炉内的正常分布被破坏,导致煤气流分布失常。料线越深,炉料越会得不到充分的预热和还原,高炉内直接还原增多,间接还原降低,大块生料未完全融化还原即落入炉缸,吸收热量,加之降料面过程边缘焦炭负荷较轻,渣皮脱落频繁,软水温差升高,冷却壁带走大量热量。降料面过程依据料线深度,控制合适焦炭负荷,补偿低料线所造成的热量损失。

降料面的同时兼顾后续炉况恢复。随着料面降低,料面温度越高,打水后越容易产生爆震,致使炉墙上的粘结物大量脱落,未能及时融化的粘结物到达炉缸,容易引起炉缸粘结或中心料柱的透气性变差。高炉调整焦炭负荷,以集中加焦方式提高炉缸热量,改善料柱透气性。同时把粘结物从炉内排出,对赶料线过程提高料柱透气性有积极作用。降料面后不能急于赶料线,应确保最后出铁炉温、铁水物理热合适,炉渣流动性好。

赶料线过程炉况的恢复,堵风口提高鼓风动能确保吹透中心,再配加轻负荷料鼓风动能,从而保证炉况的快速恢复。

降料面过程布料矩阵的调整,相对边缘较轻,气流对炉墙冲刷严重,粘结物脱落后,冷却壁表面温度会大幅升高,因炉身部位铸钢冷却壁的导热性和抗热冲击性能相对较弱,为预防热量无法迅速导出而造成冷却壁损坏,炉身温度不易过高,布料制度调整兼顾中心,同时减风控制炉身温度。

#### 参考文献:

- [1] 周传典. 高炉炼铁生产技术手册[M]. 北京:冶金工业出版社, 2003:348-350.
- [2] 张贺顺,马洪斌,任健. 首钢高炉降料面停炉技术的量化分析[J]. 鞍钢技术, 2011(1):48-50.

## Practice of Processing BF Wall Accretion by Lowering Charge Level in Shiheng Special Steel's No.1 1 050 m<sup>3</sup> BF

QIAN Yong, YANG Yun, CHEN Dejian

(Shandong Shiheng Special Steel Group Co., Ltd., Feicheng 271612, China)

**Abstract:** By means of lowering charge level in No.1 1 050 m<sup>3</sup> BF the wall accretion was treated in Shiheng Special Steel. In reducing charge level procedure, by adjusting the coke load, controlling air quantity and reasonable technological parameters and optimizing water spraying into the top for reducing gas knock, full gas recovery was achieved. The process is safety, smooth and environmental protection, achieving the desired effect. At the same time, in order to restore the charge level, the mode of plugging tuyeres uniformly was adopted for improving the blast momentum to blow through center and the distributing matrix giving consideration to edge gas flow was used. Stable charge level and the funnel were formed. The charge level was increased. The collocation of charge level depth, charge angle and raw material structure is reasonable and the time improving charge level was shortened. It can eliminat the damage to the blast furnace of the long low charge level.

**Key words:** blast furnace; BF wall accretion; lowering charge level; gas recovery