包钢 7# 高炉炉况探讨*[1]

杨宏宇[1], 武永平[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术质量部, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢炼铁厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 在原燃料质量整体下行、中心喉管漏料、气流紊乱、炉况严重失常的情况下, 高炉作业区通过缩料批、减轻焦炭负荷、提炉温、降碱度、加强出铁管理、更换中心喉管及布料溜槽、调整布料制度、缩小风口进风面积、增加冷却壁进水量、降低进水温度、精心操作等手段, 使得炉况恶化的趋势得到明显缓解, 保证炉况顺行。

关键词: 原燃料; 透气性; 布料溜槽; 气流; 热负荷

中图分类号: TF543+.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2019)02-0011-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.02.005

Discussions on Furnace Condition of 7# Blast Furnace of Baotou Steel

Yang Hong-yu[1], *Wu Yong-ping*[2]

(1. *Technology and Quality Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Rare Earth Steel Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: Due to the overall downward trend of quality of crude fuel and the material leakage of central throat pipe, the air flow of blast furnace was disordered and the furnace condition was seriously abnormal. The trend for deterioration of furnace condition is significantly remitted and the blast furnace conditions gradually tend to be stable by such means as shrinking material batch, reducing coke load, increasing furnace temperature, decreasing alkalinity, strengthening the management of tapping, replacing central throat pipe and distributing chute, adjusting the distributing system, shrinking the area of intake air from tuyere, increasing the amount of water inflow of cooling wall and decreasing the temperature of water inflow.

Key words: crude fuel; air permeability; distributing chute; airflow; heat load

包钢稀土钢板材公司新建两座 4 150 m^3 巨型高炉。其中 7#高炉于 2014 年 5 月 27 日送风, 28 日出铁。7#高炉利用七天的时间达产(利用系数达到 2.03 $t/m^3 \cdot d$)。开炉前期四个月, 炉况偶有小幅波动, 但总体稳定。进入 10 月份后炉况失常严重, 减产明显, 对公司整个生产体系带来很大影响。

针对包钢 7#高炉投产初期炉况的波动情况, 本文从原燃料质量情况及对高炉的影响、炉况表现及高炉经济技术指标、炉况失常原因分析及措施三方面对 7#高炉炉况进行分析探讨。

* 收稿日期: 2019-03-14

作者简介: 杨宏宇(1985-), 男, 内蒙古土默特左旗人, 工程师, 现从事原燃料质量管理。

中国知网 https://www.cnki.net

1 高炉原燃料质量及对高炉的影响

1.1 焦炭质量分析及对高炉的影响

表1为2014年6月—10月份包钢1#—4#焦炉焦炭质量情况。

表1 焦炭质量汇总表(质量分数) %

时间	M_t	A_d	V_{daf}	$S_{t,d}$	*CRI*	*CSR*	M_{40}
6月	0.8	11.94	1.21	0.61	22.0	70.5	89.9
7月	0.2	11.76	1.20	0.61	22.2	70.6	90.2
8月	0.2	11.55	1.20	0.60	23.0	69.6	89.7
9月	0.2	11.69	1.22	0.62	22.9	69.6	90.0
10月	0.3	11.80	1.21	0.66	23.3	68.9	89.6

通过表1分析可知:6、7月份焦炭反应性及反应后强度指标较好,基本维持 *CRI* 22.0%,*CSR* 70.5%左右。到10月份 *CSR* 指标下降到69.0%左右,且 M_{40} 指标也有下降趋势。焦炭反应性是指焦炭与 CO_2 气体反应而气化的难易程度。在高炉内上升煤气中的 CO_2 与下降的焦炭块相遇而反应。反应后的焦炭失重而产生裂缝,同时气孔壁变薄而失去强度[1]。因此,要注意焦炭的反应性,更要注意焦炭的反应后强度。较高的反应后强度,是焦炭发挥其骨架作用的关键。10月份焦炭质量变差是影响炉况顺行的因素之一。

1.2 烧结矿质量分析及对高炉的影响

表2、表3为2014年6—10月份包钢5#烧结机烧结炉质量情况。

表2 烧结矿质量(质量分数) %

时间	合格率	TFe	FeO	R	F	MgO	转鼓
6月	77.6	57.21	8.30	1.94	0.07	2.04	80.30
7月	83.2	57.56	8.21	1.97	0.10	2.04	79.78
8月	92.1	58.27	8.52	1.94	0.11	2.12	79.84
9月	90.0	58.09	8.63	1.95	0.11	2.04	80.06
10月	87.8	57.96	8.67	1.96	0.07	2.08	79.17

表3 烧结矿冶金性能

时间	>3.15/%	T_d/℃	T_s/℃	$T_d - T_s$/℃	最大压差/Pa	还原度/%
7月	65.2	1 512.1	1 284.1	228.0	15 993.3	
8月	60.7	1 495.7	1 294.7	201.0	16 287.8	80.6
9月	59.4	1 483.2	1 291.5	191.6	15 817.4	80.5
10月	60.1	1 473.2	1 277.7	195.4	14 952.6	77.6

通过表2、表3分析可知:10月份转鼓指标为79.17%,为开炉五个月以来的最低水平,与6月份最好指标相差1个百分点。烧结矿在运输和倒翻过程中抗摔打能力变差,粒度变小,最终进入炉膛,影响料柱透气性。

烧结矿FeO成分总体呈上升趋势,而转鼓指标呈先升后将趋势,还原度指标总体呈下降趋势。普遍规律是FeO含量高,烧结矿的强度好些,而还原性差些。因此生产中常习惯用FeO含量来判断烧结矿的强度和还原性。烧结矿的强度和还原性是烧结生产中需要处理好的一对矛盾。因此一定原料条件下的烧结生产中有一个FeO含量适宜值,它兼顾了强度和还原两个方面[1]。反观表2、表3,可以初步得出结论:在目前的原料条件下,烧结矿FeO含

中国知网 https://www.cnki.net

量控制在 8.62% 左右，既可以保证足够的转鼓强度，又不至于造成还原度指标大幅下降。而 10 月份 FeO 含量为 8.67%。还原度指标相比之前有明显下降[2]。10 月份烧结矿合格率为 87.8%，比 8、9 月份下降 3～5 个百分点。影响烧结合格率的主要因素是碱度控制超标。烧结矿占高炉炉料配比的 80%，其碱度大幅波动必然导致炉渣流动性及稳定性产生波动，10 月份烧结矿整体质量下滑是影响炉况顺行的因素之一。

1.3　全铁对高炉的影响

表 4、表 5 为 2014 年球团矿及入炉块矿成分。

表 4　球团矿成分(质量分数)　%

时间	TFe	FeO	SiO_2
6 月	61.79	3.26	5.64
7 月	61.37	4.01	6.12
8 月	61.13	4.24	6.34
9 月	61.25	3.95	6.46
10 月	61.16	3.59	6.90

表 5　澳矿块成分(质量分数)　%

时间	TFe	SiO_2	S	P
6 月	62.5	2.91	0.013	0.076
7 月	62.8	2.98	0.016	0.075
8 月	62.5	3.33	0.015	0.072
9 月	61.9	3.52	0.016	0.076

通过表 4、表 5 可知：球团矿及澳矿块全铁含量均有不同程度降低。全铁增加 1%，焦比降低 1.5%～2.0%，产量增加 3%[3]。矿石品位降低，对高炉焦比及产量造成不利影响。

1.4　灰分对高炉的影响

表 6 为 2014 年 6—10 月份高炉喷吹无烟煤的质量情况。

表 6　无烟煤成分(质量分数)　%

时间	M_t	A_d	V_{daf}	$S_{t,d}$	F_{cd}
6 月	7.5	8.96	9.06	0.19	81.89
7 月	8.3	8.80	8.91	0.20	82.16
8 月	10.2	8.89	9.34	0.24	81.44
9 月	8.9	9.48	9.51	0.24	81.25
10 月	10.5	9.74	9.16	0.26	81.00

通过表 1、表 4、表 5、表 6 可知，10 月份高炉原燃料带入灰分均有所增加，对高炉透气性及焦比指标造成不同程度的影响。此外固定碳含量的降低，给高炉综合负荷的控制带来一定难度，不利于炉温及炉况稳定。

2　炉况表现及高炉经济技术指标

2.1　炉况表现

(1) 6 月份共发生 1 次崩料、1 次悬料；7 月份共发生 1 次崩料、6 次管道、1 次悬料；8 月份共发生 2 次悬料；9 月份共发生 2 次悬料；

(2) 10 月份共发生 3 次悬料、多次下料不畅，多次顶压冒尖。次外，崩料、偏料频有发生，煤气利用下降，炉身各段铜冷却壁壁体温度不均匀波动，铜冷却壁渣皮不稳，炉身下部保护砖出现不规律的脱落，热负荷波动剧烈，气流紊乱。炉温变化大，炉况出现反复恶化现象。

2.2　高炉经济技术指标

表 7 为 2014 年 6—10 月份包钢 7# 高炉经济技术指标汇总。

表 7　7# 高炉经济技术指标

时间	风量 /($m^3 \cdot min^{-1}$)	产量 /($t \cdot d^{-1}$)	风温 /℃	富氧率 /%	热负荷 /($MJ \cdot h^{-1}$)	焦比 /($kg \cdot t^{-1}$)	煤比 /($kg \cdot t^{-1}$)	焦丁比 /($kg \cdot t^{-1}$)	燃料比 /($kg \cdot t^{-1}$)
6 月	5 951	8 094	1 159	2.24	83 990	369	102	41	511
7 月	6 176	8 566	1 194	2.49	88 480	333	132	37	502
8 月	6 353	8 640	1 245	2.79	102 480	367	117	40	524
9 月	6 276	9 040	1 217	3.02	110 290	343	122	35	500
10 月	5 392	5 991	1 086	0.84	109 200	424	63	43	531

中国知网　https://www.cnki.net

通过表7可知：高炉开炉前4个月，风量、风温、富氧、产量逐步上升。10月份，各项指标均有恶化：热负荷上升、焦比大幅增加、煤比降低、燃料比急剧上升、风量及风温下降、产量骤减。

3 炉况失常原因分析及应对措施探讨

3.1 原燃料质量波动原因及改进措施

(1)俗话说“七分原料、两分设备、一分操作”。可见，原燃料质量对高炉炉况影响之大。7#高炉开炉初期，在各部门不懈努力下，高炉原燃料质量保持较高水平。进入10月份后，随着采购、运输、成本等多方面因素的影响，原燃料质量水平有所下降，炉况恶化。

(2)焦炭配煤比的频繁调整，导致焦炭成分及热性能指标波动。考虑到焦炭在高炉冶炼中的重要作用，应尽量避免频繁调整配煤比。必要的情况下，可以考虑设置最短变更期限，以减少焦炭性能波动对高炉冶炼带来的影响。

(3)烧结矿成分及冶金性能波动，主要受混匀矿成分波动影响。烧结投产以来，B型混匀料场一直未投入使用。烧结用混匀矿是将单种矿通过原料配料矿槽进行简单混合而成，远没有达到先进钢企的“深度混匀”。给烧结生产带来了极大困难，导致烧结矿成分不稳定，碱度波动，进而影响高炉顺行。因此，应从原料稳定方面入手，加强混匀，尽最大可能消除原料成分偏析，从而减少对高炉的影响。

3.2 设备影响及应对措施

(1)进入10月份后，由于4#铁口泥炮漏油，影响该铁口使用，只能单铁口作业，导致渣铁不能及时出净，热风压力高，影响炉况顺行。

(2)10月6日高炉计划休风时发现布料器中心喉管的下半节已经磨漏。部分炉料不经过溜槽直接布入中心，加重了中心。此外，10月6日休风时更换的“料打料”布料器溜槽，摩擦系数增加，同样对中心气流有所抑制。不合理的煤气流分布对炉况顺行造成不利影响。

(3)进入10月份后，热负荷推动加剧，见图1。炉况出现较大波动，判断铜冷却壁渣皮有脱落。针对此种情况，高炉操作应以稳为主，缩批重(125 t－100 t－80 t－74 t)，减轻焦炭负荷(最低2.39)、提炉温、降碱度(最低0.94)，活跃炉缸。通过缩小进风面积(0.475 m^2－0.471 m^2)，调整布料制度来发展中心气流，相对抑制边缘气流，控制管道行程，稳定煤气流分布，形成稳定的渣皮。同时增加冷却壁的进水量(10月25日和27日各加一次，每次加232 t)并降低进水温度(40 ℃降至36 ℃)，来消化过大的热负荷。

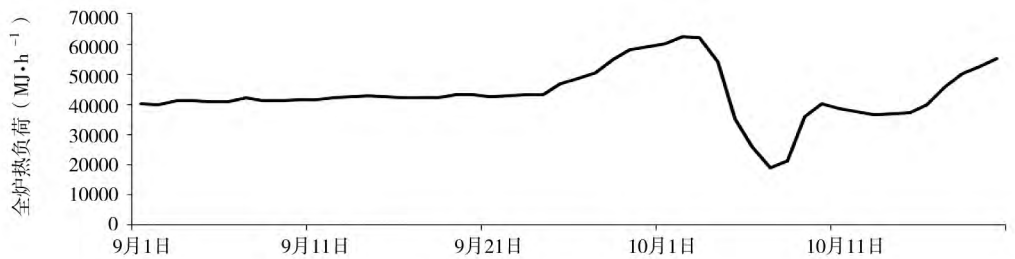


图1 全炉热负荷趋势图一

3.3 操作影响及应对措施

高炉日常操作中，炉温及炉渣碱度波动，渣铁未能及时出净等情况，也是炉况波动的因素之一。

对此，高炉作业区编制了作业指导书，来规范各班的操作手法：①物理温度低于1 500 ℃连续两炉，减轻负荷0.05(煤粉调剂)，煤粉下达后，若下行趋势不止，隔5批加2 t焦炭，加2批；低于1 490 ℃连续两炉，隔4批加2 t焦炭，加3批，在此基础上以煤粉调剂继续减轻负荷0.02。低于1 480 ℃连续两炉，隔3批加3 t焦炭，加3批；低于1 470 ℃连续两炉，减3 t矿石减轻负荷，同时减风控料速不超过5批/h。②密切关注烧结矿碱度变化，提前调控熔剂配加量(300 kg矽石对应炉渣碱度变化量0.04)。③加强出铁管理，关注出铁流速，适当增加重叠出铁时间，出铁流速小于5 t/min，持续超过1 h，或者50 min不下渣，即打开另一铁口。

经过各部门共同努力，高炉作业区精心应对，进入11月份，炉况恶化的情况有所缓解，气流分布趋于稳定，见图2。

中国知网 https://www.cnki.net

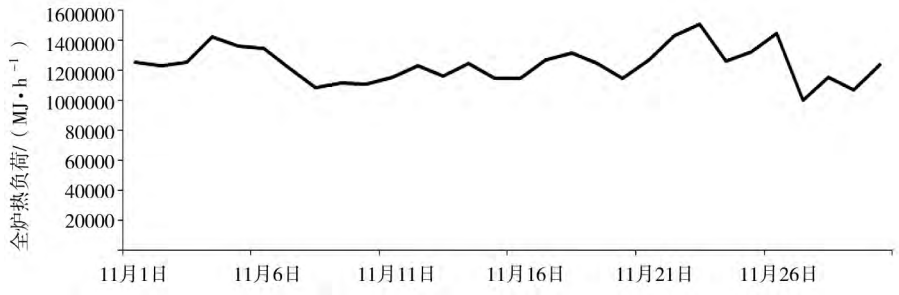


图 2　全炉热负荷趋势图

4　结论

(1) 要保证高炉顺行，特别是大高炉稳定顺行，原燃料的稳定是关键。因此，要加强混匀配料，稳定烧结矿成分及性能; 考虑到焦炭在高炉冶炼中的重要作用，应尽量避免频繁调整配煤比。必要的情况下，可以考虑设置最短变更期限，稳定焦炭质量。

(2) 对高炉关键设备，高炉作业区在增加必要的监控设施外，检修作业区应制定设备点巡检制度及设备定期更换制度，消除设备隐患，为高炉生产保驾护航。

(3) 高炉操作方面，应进一步规范标准化作业，稳定炉温、炉渣碱度，加强出铁管理，加大对监控曲线的关注力度，对炉况准确判断

参　考　文　献

[1] 王筱留. 钢铁冶金学(炼铁部分) [M]. 北京: 冶金工业出版社，2005.

[2] 王筱留. 高炉生产知识问答 [M]. 北京: 冶金工业出版社，2008.

信息

2018 年我国电工钢生产企业产量排名

中国金属学会电工钢分会近日公布 2018 年度我国冷轧电工钢生产企业产量排名及生产情况，从数据显示，中国宝武、首钢股份、山西太钢、鞍钢股份、江苏沙钢、中冶新材占据全国无取向冷轧电工钢产量排名前六位; 中国宝武、首钢股份、包头威丰、浙江华赢、无锡华精、重庆望变占据全国取向冷轧电工钢产量排名前六位。

2018 年我国无取向电工钢在生产企业共计 21 家，产量超过 40 万 t 的企业有 7 家，分别排名: 中国宝武 273.94 万 t、首钢股份 143.20 万 t、山西太钢 103 万 t、鞍钢股份 89.84 万 t、江苏沙钢 54.02 万 t、中冶新材 51.40 万 t 和马钢 42.50 万 t，占全国产量的 84.75%。

2018 年我国取向电工钢在生产企业共计 18 家，产量超过 3 万吨的企业有 6 家，分别排名: 中国宝武 73.10 万 t、首钢股份 16.80 万 t、包头威丰 5.00 万 t、浙江华赢 3.40 万 t、无锡华精 3.21 万 t 和重庆望变 3.14 万 t，占全国产量的 86%，其中，宝武、首钢占全国产量 73.76%，均为 HiB 钢产量。

来源: 中国金属学会网站

中国知网　https://www.cnki.net