

配加穆村焦煤的焦炭在济钢3 200 m³高炉的应用

李丙来

(山钢股份济南分公司 炼铁厂,山东 济南 250101)

摘要:济钢炼铁厂在8[#]、9[#]焦炉配加15%穆村焦煤进行炼焦工业性试验,结果表明,焦炭粒度组成合理,CSR改善,在济钢3 200 m³高炉的应用表明,炉缸活性提升,炉型稳定,煤气利用率增加,焦比降低,燃料成本吨铁降低7.8元。

关键词:穆村焦煤;焦炭;CSR;高炉;煤气利用率;焦比;燃料成本

中图分类号:TF526[·]1

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2013)03-0015-03

1 前言

为了验证山西焦煤集团提供的穆村焦煤对提升焦炭质量的效果,济钢炼铁厂于2012年11月26日—12月4日启动铁焦联动攻关试验。在济钢炼铁厂8[#]、9[#]焦炉配加15%穆村焦煤,相应优化调整其他煤种的配比,使焦炭质量尤其是热态强度得到大幅度的改善;济钢3 200 m³高炉在使用该焦炭期间,炉缸中心活性大幅度提升,圆周气流及操作炉型稳定性增强,在焦炭配煤成本升高的情况下,高炉通过煤气利用率的提高和焦比的降低,实现了吨铁燃料成本降低7.8元的试验效果。

2 焦炉配煤试验方案

2.1 穆村焦煤质量分析

2012年11月26日—12月4日(试验期),共配用穆村焦煤7 100 t。该煤种的质量指标及岩相分析结果见表1、图1。由表1、图1可见,穆村焦煤属低硫、高变质程度、高黏结指数、单一性较好的优质焦煤,但该煤唯一的不足就是灰分偏高,大量配用该煤不利于焦炭灰分的稳定控制。

表1 穆村焦煤质量、岩相分析结果

质量指标	测定参数	自动测定参数	转换人工后参数
S _{t,ad} 0.55%	点行间距	100	R _a 平均值 1.325 R _a 平均值 1.426
A _d 11.02%	总测定点数	10 000	R _{max} 平均值 1.415 R _{max} 平均值 1.523
V _{daf} 22.37%	镜质组点数	3 305	标准偏差 0.107 标准偏差 0.087
G值 91	凹口数	0	分类编码 1

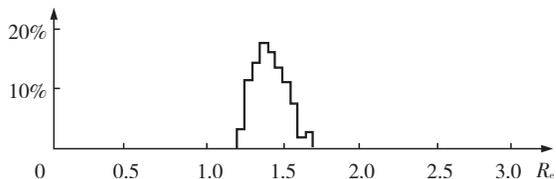


图1 煤镜质组随机反射率分布

收稿日期:2013-04-27

作者简介:李丙来,男,1965年生,1989年毕业于东北工学院钢铁冶金专业。现为山钢股份济南分公司炼铁厂总工程师,高级工程师,从事高炉炼铁工艺技术及管理工作。

2.2 8[#]、9[#]焦炉配煤方案

为了避免焦炭配煤成本上升幅度过大,对配煤方案进行了优化选择(见表2),在穆村焦煤配加15%的情况下,相应减少一类焦煤12%,减少高硫焦煤3%。2012年11月24日11:00开始调整配煤执行该方案,2012年11月26日7:00±改变配煤的焦炭进入3 200 m³高炉;12月5日00:00恢复原配煤方案,试验终止。试验期间结焦时间不变。

表2 8[#]、9[#]焦炉试验配煤结构方案 %

配煤方案	气煤2	肥煤	气肥煤	穆村焦煤	一类焦煤	二类焦煤	高硫焦煤	瘦煤
原方案	10	15	15	0	20	10	18	12
试验方案	10	15	15	15	8	10	15	12

济钢3 200 m³高炉在正常生产条件下,由于8[#]、9[#]焦炉优质焦炭产能的限制,需要消耗部分6[#]、7[#]焦炉次优质焦炭。基准期和试验期两个阶段6[#]、7[#]焦炉焦炭配煤结构及结焦时间维持不变。为了便于分析,分别以基准期(11月17—25日)和试验期(11月26日—12月4日)各9 d的时间作对比。

3 焦炭质量及高炉应用情况

3.1 焦炭质量对比分析

1)8[#]、9[#]焦炉焦炭质量见表3。

试验期配加15%穆村焦煤后,相对基准期,8[#]、9[#]焦炉焦炭的粒度组成趋向合理,其中40~60 mm比例上升1.23%,25~40 mm和≥60 mm的比例减少,整体粒度上升0.17 mm,泡焦比例虽然增加0.56%,但是焦炭整体粒度趋于均匀,大块焦减少,焦炭灰白颜色明显。相对基准期,试验期焦炭A_d、S_{t,ad}、V_{daf}分别下降0.11%、0.02%、0.02%,下降幅度不大;冷态指标变化也不大;但是热态指标得到明显改善,CRI下降1.4%,CSR上升0.9%。

2)6[#]、7[#]焦炉焦炭质量见表4。

相对基准期,试验期6[#]、7[#]焦炉焦炭质量整体下滑。试验期焦炭A_d、V_{daf}、S_{t,ad}分别上升0.21%、0.01%、0.06%;冷、热态指标大幅度下滑,冷态指标M₄₀下降

表3 8#、9#焦炉焦炭质量

阶段	粒度组成(取样各5次)/%					入炉粒 度/mm	泡焦 比例/%	焦炭成分及指标/%						
	≥60 mm	40~60 mm	40~25 mm	25~10 mm	≤10 mm			A_d	V_{daf}	$S_{t,daf}$	M_{40}	M_{10}	CRI	CSR
基准期	39.59	51.23	8.45	0.37	0.37	52.21	10.29	12.71	1.15	0.93	88.6	5.7	23.0	71.3
试验期	39.42	52.46	7.36	0.38	0.38	52.38	10.85	12.60	1.13	0.91	88.7	5.7	21.6	72.2
差值	-0.17	1.23	-1.09	0.01	0.01	0.17	0.56	-0.11	-0.02	-0.02	0.1	0	-1.4	0.9

表4 6#、7#焦炉焦炭成分及指标 %

阶段	A_d	V_{daf}	$S_{t,daf}$	M_{40}	M_{10}	CRI	CSR
基准期	12.52	1.13	0.96	88.5	5.8	23.4	70.3
试验期	12.73	1.14	1.02	87.7	6.5	24.5	68.7
差值	0.21	0.01	0.06	-0.8	0.7	1.1	-1.6

表6 喷吹煤粉质量对比 %

阶段	A_d	V_{daf}	固定碳	$S_{t,daf}$
基准期	10.30	11.10	77.93	0.36
试验期	10.15	12.54	78.22	0.33
差值	-0.15	1.44	0.29	-0.03

0.8%, M_{10} 上升0.7%;热态指标CRI上升1.1%, CSR下降1.6%。

3)综合焦炭质量。3 200 m³高炉综合焦炭配比:基准期,6#、7#焦炉焦炭30.7%+8#、9#焦炉焦炭69.3%;试验期,6#、7#焦炉焦炭18.5%(含6#、7#焦炉落地焦3.4%)+8#、9#焦炉焦炭81.5%。两个阶段综合焦炭质量见表5。

表5 综合焦炭成分及指标 %

阶段	A_d	V_{daf}	$S_{t,daf}$	M_{40}	M_{10}	CRI	CSR
基准期	12.65	1.14	0.94	88.57	5.73	23.12	70.99
试验期	12.62	1.13	0.93	88.52	5.85	22.14	71.55
差值	-0.03	-0.01	-0.01	-0.05	0.12	-0.98	0.56

试验期相对基准期综合焦炭质量冷态指标下滑, A_d 、 $S_{t,daf}$ 、 V_{daf} 变化不大,但是试验期综合焦炭的热态指标上升,CRI降低0.98%,CSR上升0.56%。

3.2 喷吹煤粉质量对比分析

试验期和基准期喷吹煤粉质量对比见表6。

表7 高炉指标及操作参数

阶段	产量/ (t·d ⁻¹)	焦比/ (kg·t ⁻¹)	煤比/ (kg·t ⁻¹)	燃料比/ (kg·t ⁻¹)	[Si]/ %	风温/ ℃	富氧 率/%	顶温/ ℃	品位/ %	熟料 比/%	风量/ (m ³ ·min ⁻¹)	煤气利 用率/%
基准期	8 062	388	133	521	0.53	1 199	1.99	187	56.89	85.5	5 985	48.4
试验期	8 172	375	138	513	0.55	1 202	2.24	177	57.12	85.0	6 005	49.0
差值	110	-13	5	-8	0.02	3	0.25	-10	0.23	-0.5	20	0.6

3.4 试验期焦比和燃料比校正

试验期由于煤气利用率的上升和炉顶温度的下降是焦炭质量提升后,操作炉型稳定、气流相对稳定的结果,并且上部制度未动,所以煤气利用率和炉顶温度两个变量不予考虑。根据[Si]变化0.1%影响焦比4 kg/t,富氧率变化1%影响焦比0.5%,品位变化1%影响焦比2%,熟料比变化1%影响焦比1.5%^[1],焦比校正情况见表8。

表8 焦比的校正

项目	[Si]	风温	富氧率	品位	熟料比
参数变动	0.02%	3℃	0.25%	0.23%	0.50%
焦比变动/(kg·t ⁻¹)	0.8	0	-0.48	-1.78	0.75

以上因素的变化,试验期合计焦比应该降低0.71 kg/t,试验期消耗6#、7#焦炉落地焦3.4%,对焦比的降低具有负面作用,两者抵消,可以不予考虑。

两个阶段喷吹煤种配比不变,试验期相对基准期固定碳上升0.29%;按固定碳变化1%影响焦比1.2 kg/t计算,影响焦比仅0.34 kg/t,可以忽略不计^[1]。

3.3 高炉指标和操作参数分析

表7是两个阶段高炉技术经济指标与操作参数变化。其中焦比降低13 kg/t,煤比上升5 kg/t,合计燃料比下降8 kg/t。高炉在试验期上部装料制度未调整的冶炼条件下,由于焦炭质量的好转,高炉操作炉型趋于稳定,炉芯温度逐步上升,炉缸中心活性提升,煤气通路扩大,径向分布趋于合理,高炉煤气利用率上升,炉顶温度下降;两个阶段造渣制度、热制度、炉料结构相对稳定;试验期由于综合焦炭热态指标的改善,高炉在焦比下降的情况下,风量上升20 m³/min,透气性指数由32.05 m³/(min·kPa)上升至33.03 m³/(min·kPa);同时,伴随富氧率的提升和燃料比的下降,产量升高110 t/d。

因此,试验期在焦炭质量好转后,经过校正后焦比仍然是375 kg/t,比基准期降低13 kg/t;煤比是138 kg/t,比基准期升高5 kg/t,燃料比513 kg/t,比基准期降低8 kg/t。

3.5 高炉的燃料成本分析

6#、7#焦炉焦炭配煤成本为1 140元/t,煤耗1.361 t/t,试验期未变;8#、9#焦炉配煤成本基准期为1 160元/t,试验期为1 175元/t,煤耗均是1.358 t/t。两个阶段的燃料成本对比见表9。

表9 燃料成本对比

阶段	焦炭成本/(元·t ⁻¹)		煤粉价格/ (元·t ⁻¹)	焦比/ (kg·t ⁻¹)	煤比/ (kg·t ⁻¹)	合计燃料成 本/(元·t ⁻¹)
	6#、7#焦炉	8#、9#焦炉				
基准期	1 551.5	1 575.3	1 057	388	133	749.0
试验期	1 551.5	1 595.7	1 057	375	138	741.2
差距	0	20.4	0	-13	5	-7.8

配加15%穆村焦煤的8[#]、9[#]焦炉焦炭在3 200 m³高炉试验后,因焦比、燃料比的降低,合计降低燃料成本7.8元/t。

4 高炉炉况的演变

4.1 炉缸的演变

配加15%穆村焦煤的8[#]、9[#]焦炉焦炭自2012年11月26日入炉之后,由于试验期相对基准期综合焦炭质量提升,尤其是热态指标的好转,炉缸中心死焦堆焦炭逐步置换,炉芯焦的透气透液性提高,炉芯温度在整个试验期逐步提升,由11月25日的483℃上至12月4日的504℃;煤气利用率由11月25日的48.5%上升至12月4日的49.5%;试验期铁水物理热指数相对基准期平均上升0.14,出铁指数上升0.33,炉缸中心活性逐步提升。

但是自2012年12月1日后焦炭质量整体呈下滑趋势,炉芯温度、煤气利用率自12月1日出现拐点,基准期与试验期焦炭质量的变化与这两个参数呈明显的对应关系(见图2)。

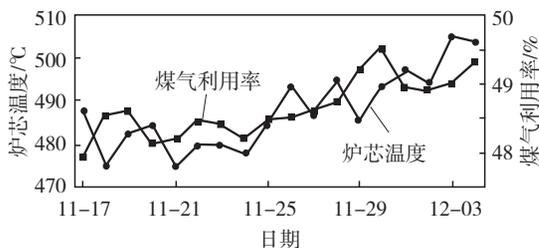


图2 两个阶段的炉芯温度和煤气利用率的趋势

4.2 高炉操作炉型的演变

高炉炉身中部11段、炉身上部16段冷却壁温度是操作炉型控制的关键部位,与基准期对比,试验期冷却壁温度稳定性大幅度提升,圆周温度分布均匀,11段、16段平均温度分别回归至正常炉型控制标准(130±10)℃和80~90℃;11段、13段静压是气流控制的关键部位,在整个试验期两段静压无波动,圆周气流及操作炉型稳定性提升,而在基准期稳定性相对偏差。

5 结论

5.1 焦炭质量提升后,有利于高炉操作炉型的稳定和提高煤气利用率,同时使渣铁温度稳定性提高,有利于降低燃料比、实施低硅高热操作。高炉主要指标产量、焦比、燃料比等都达到了较好水平。

5.2 试验期间,焦炭热态指标提升后,炉芯温度上升21℃,炉缸活性逐步改善,充分验证了焦炭反应后强度提高与炉芯温度上升的对应关系^[2]。

5.3 8[#]、9[#]焦炉增加穆村焦煤配比试验后,在抵消焦炭成本上升的因素下,因焦比、燃料比的降低,降低燃料成本7.8元/t。

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,2002:817-821.
- [2] 唐顺兵.焦炭质量对大型高炉稳定生产的影响[J].炼铁,2011,30(3):8-13.

Application of Coke with Mucun Coking Coal in Jinan Steel s 3 200 m³ BF

LI Binglai

(The Ironmaking Plant of Jinan Branch Company of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: The Ironmaking Plant of Jinan Steel made coking industrial experiment in No.8 and No.9 coke ovens by addition of 15% Mucun coking coal. The results showed that the particle distribution of the coke is reasonable and the CSR improves. The application in Jinan Steel's 3 200 m³ BF showed that the activity of the hearth rises, the furnace line is stable, gas utilization efficiency increases, the coke rate decreased and the fuel cost is reduced by 7.8 Yuan per ton hot metal.

Key words: Mucun coking coal; coke; CSR; blast furnace; gas utilization efficiency; coke rate; fuel cost

信息园地

单位名称和符号常见错误用法

1) 错将ppm等当作单位使用。ppm、pphm、ppb为英文的缩写,并不是计量单位的符号,也不是数学符号,只是一种表示数量份额的英文名称的缩写,而且其中的ppb和ppt在不同国家代表不同数值,如不加注释会引起歧义。ppm—parts per million, 10⁻⁶; pphm, parts per hundred million, 10⁻⁸; ppb—parts per billion, 10⁻⁹(美、法等)或10⁻¹²(英、德等); ppt—parts per trillion, 10⁻¹²(美、法等)或10⁻¹⁸(英、德等)。

因此不能当作单位,如“钢中氧含量为25 ppm”应改为“钢中氧含量为25×10⁻⁶”;“Pb的重量百分浓度为35

ppm”应写成“Pb的质量分数为35×10⁻⁶”,如改用量符号表示,则为“w(Pb)=35×10⁻⁶”;“CO的体积百分含量为300 ppb”,若这里的ppb是美国标准,应改成“CO的体积分数为3×10⁻⁷”,如改用量符号表示,则为“φ(CO)=3×10⁻⁷”。

2) 用%(m/m)或%(V/V)等错误表示。由于百分是纯数字,所以质量百分或体积百分的说法是无意义的,也不能在百分符号上附加其他信息。可选用量的名称质量分数或体积分数等表示。

如硫酸的质量分数,或w(H₂SO₄)=5%。错误用法是硫酸的质量百分数,或H₂SO₄%=5%。(燕明宇)