

# 烧结矿碱度提高对高炉炉况的影响

马泽军 竺维春 李玉奇 王冬青

(首钢集团 100041)

**摘 要** 本文着重分析了首钢炼铁厂提高烧结矿碱度的工业试验及高炉应用情况。烧结矿碱度由 1.8 提高到 1.95, 烧结工艺参数变化不大, 烧结矿品位降低约 0.4%, 随着氧化球入炉比例的增加, 由于氧化球与烧结矿品位的差距较大(8.4%), 使得炉料入炉综合品位略有提高。烧结矿碱度提高后, 烧结矿本身的冷强度和热强度均有提高, 使得综合炉料的熔滴性能提高, 带来了高炉料柱透气性的改善, 高炉适时加重焦炭负荷, 达到了降低焦比, 降低燃料消耗的目的。

**关键词** 烧结矿 烧结矿碱度 冶金性能 炉况

## The Influence on Blast Furnace Condition after The Sinter Basicity Increase

Ma Zejun, Zhu Weichun, Li Yuqi, Wang Dongqing

(Shougang Group)

**Abstract** Industrial tests and application in the blast furnace are analysed after sinter basicity enhanced in this paper. The sinter basicity ranged from 1.8 to 1.95, sinter technology parameters remained constant rudimentary. The Fe percent of sinter reduced about 0.4%. With the increase of oxidation pellets, the synthetical Fe percent charging into the blast furnace enhanced slightly. After the increase of sinter basicity, the sinter's cold intensity and hot intensity was improved respectively, the meltability of synthetical charge was improved, the permeability of the blast furnace has been improved. The blast furnace increased coke charge timely, so coke ratio and fuel consumption was reduced.

**Key Words** sinter, sinter basicity, metallurgical properties, blast furnace condition

随着迁钢高炉的投产, 首钢一业三地的生产格局正式形成, 伴随国内外炼铁原燃料供应状况的趋紧, 2005 年首钢三地的高炉炉料将发生深刻的变化。

根据 2005 年三地高炉炉料结构平衡方案, 技术研究院和炼铁厂组织了烧结矿提高碱度(1.8 $\uparrow$ 1.9、1.95、2.0)的烧结杯试验。并在相关单位的共同努力下, 从 10 月中旬开始(二烧 13 日、矿烧 16 日、一烧 19 日), 在首钢北京地区和迁安地区两地进行了提高烧结矿碱度的工业试验。烧结矿碱度由原来的 1.8 一次提高到 1.93, 并持续生产下去。

技术研究院钢研所和炼铁厂技术科对 10 月份烧结矿提高碱度前后, 烧结矿生产情况和三高炉、四高炉生产情况进行了阶段小结, 并且对基准期和试验期的生产数据进行了对比分析。通过对比反映出烧结矿的质量有所提高, 高炉技术经济指标有不同程度的提高。

## 1 提高烧结矿碱度的工业试验

两个烧结车间的基准期为 9 月份平均数, 一烧试验期为开始日 10 月 19 日到 31 日, 二烧试验期为开始日 10 月 13 日到 31 日。

### 1.1 烧结工艺参数的变化

表一 工艺技术参数

试验车间		利用系数 t/h·m <sup>2</sup>	烧结机速 mm/min	能耗 Kg/t	返矿率 %	转鼓指数 %
一 烧	基准期	1.357	1.16	39.38	12.74	86.84
	试验期	1.367	1.17	39.53	12.27	87.52
	比 较	0.01	0.01	0.15	-0.47	0.68
二 烧	基准期	1.340	1.01	36.70	25.15	86.62
	试验期	1.349	1.02	39.05	24.27	87.45
	比 较	0.009	0.01	2.35	-0.88	0.83

提高烧结矿碱度的工业试验相关技术参数见表一。如表一可知:①试验期间利用系数有所提高,一烧上升了0.01,二烧上升了0.009;②两个烧结车间的能耗有所上升;③试验期间转鼓强度明显上升,一烧由86.84%提高到87.82%,二烧由86.62%提高到86.45%;

### 1.2 烧结矿成分的变化

表二 烧结矿化学成分对比

试验车间		平 均								
		TFe%	FeO%	CaO%	SiO <sub>2</sub>	S%	C%	MgO%	Mn%	碱度
一 烧	基准期	57.33	9.7	9.39	5.21	0.02	0.06	2.28	0.18	1.8
	试验期	56.73	8.74	10.09	5.22	0.02	0.55	2.18	0.18	1.93
	比 较	-0.6	-0.96	0.70	0.01	0	-0.05	-0.1	0	0.13
二 烧	基准期	57.4	10.08	9.1	5.05	0.02	0.06	2.27	0.18	1.80
	试验期	56.59	9.73	9.94	5.4	0.02	0.05	2.25	0.17	1.92
	比 较	-0.81	-0.35	0.84	0.35	0	-0.01	-0.02	-0.01	0.12

由表二可知,提高碱度以后,对烧结矿品位影响较大:一烧品位下降了0.6%,二烧品位下降了0.81%。其中:

一烧品位下降的原因还包括:①10月12日巴西精粉(TFe:68.68%)改为巴西富粉(TFe:65.6%);②低品位的除尘灰(TFe:42%)配比由3%提高到5%;③结末配比由37%提高到41%;

二烧品位下降的原因还有:①地方粉配比由16.4%下降到14.15%;②结末配比由37%提高到42%;

### 1.3 烧结矿冶金性能的对比

表三 低温还原粉化性能对比

试验车间		RDI <sub>+6.3</sub>	RDI <sub>+3.15</sub>	RDI <sub>-3.15</sub>	RI
一 烧	基准期	30.49	57.6	42.4	
	试验期	30.30	63.6	36.4	
	比 较	-0.19	6	-6	
二 烧	基准期	29.64	60.96	39.04	83.62
	试验期	34.66	66.31	33.69	78.24
	比 较	5.03	5.35	-5.35	-5.38

注:一、二烧基准期为9月平均值;试验期数据为试验期间数据的平均值。

从表三可以看出,碱度提高以后,低温还原粉化率<3.15mm的含量有明显下降。一烧下降了6%,二烧下降了5.38%,说明烧结矿碱度提高后,减轻了粉化程度,与预计结果一致。试验期间二烧烧结矿的还原度虽然由原83.62%降低到78.24%。但仍然远高于65%的国家标准和首钢标准,完全能够满足高炉生产的要求。

表四 二烧烧结矿熔滴性能的对比

	T <sub>10%</sub> ℃	T <sub>40%</sub> ℃	△T <sub>1</sub> ℃	T <sub>s</sub> ℃	△H <sub>s</sub> mm	△P <sub>m</sub> Pa	T <sub>d</sub> ℃	△T <sub>2</sub> ℃	△H mm
基准期	1188	1350	162	1435	42	2793	1469	34	13
试验期	1215	1365	150	1450	44	2156	1488	38	12
比 较	27	15	-12	15	2	-637	19	4	-1

注:T<sub>10%</sub>:软化初始温度;T<sub>40%</sub>:软化终了温度;△T<sub>1</sub>:软化区间;T<sub>s</sub>:开始熔化温度;T<sub>d</sub>:开始滴落温度;△T<sub>2</sub>:滴落区间;△P<sub>m</sub>:最大压差;

通过表四可以看出,试验期间由于烧结矿碱度的提高使得烧结矿的软熔区间变窄: $\Delta T_1$ 下降了 $12^{\circ}\text{C}$ ;熔滴区间: $\Delta T_2$ 下降了 $4^{\circ}\text{C}$ ;滴落温度: $T_d$ 上升了 $19^{\circ}\text{C}$ ;最高压差值: $\Delta P_m$ 下降了 $637\text{ Pa}$ ,较为明显。说明烧结矿提高碱度以后,其软化和熔滴特性良性发展,对高炉生产有利。

#### 1.4 工业试验小结

- ① 试验期间烧结利用系数有所提高。
- ② 转鼓强度提高 $0.68\%$ 以上,返矿率变化不大。
- ③ 能耗有所上升。
- ④ 烧结矿品位有明显下降,其中碱度提高影响约 $0.4\%$ 。
- ⑤ 烧结矿低温还原粉化率有明显改善,熔滴性能呈良性发展,对高炉生产有利。

## 2 烧结矿碱度提高后高炉炉况分析

烧结矿碱度提高后高炉炉况及技术经济指标的变化情况,是非常值得关注的问题。由于试验期间炼铁厂一高炉、二高炉分别进行了3天和2天的停风检修,对炉况和指标的影响较大,故不作对比分析的对象。

以三高炉和四高炉作为分析对象,三高炉和四高炉均以10月1日至19日为基准期(碱度为1.8),三高炉以10月20日至31日为试验期,四高炉由于20日到22日自产焦比例变化较大,故试验期为10月23日至31日。所使用的烧结矿为一烧结矿和矿山烧结矿。试验期间:①入炉焦炭种类及比例基本保持稳定,焦炭质量基本稳定。②高炉操作制度变化不大,炉况顺行稳定。

### 2.1 烧结矿碱度提高前后高炉生产指标的对比

表五 技术经济指标的对比

炉别	时间	平均日产 t/d	利用系数 t/d·m <sup>3</sup>	焦比 kg/t	煤比 kg/t	透气性 指数	烧结矿 碱度
三高炉	基准期	5969	2.353	365	101	3756	1.8
	试验期	6140	2.421	361	95.4	3781	1.93
四高炉	基准期	5067	2.413	385	70.2	3534	1.8
	试验期	5174	2.464	370	80.5	3559	1.93

通过表五分析,三高炉和四高炉的技术经济指标有不同程度的提高。三高炉利用系数提高 $0.068$ ,焦比降低 $4\text{ kg/t}$ ,煤比也降低 $5.6\text{ kg/t}$ ,透气性指数提高 $0.66\%$ ;四高炉利用系数提高 $0.051$ ,焦比降低 $15\text{ kg/t}$ ,煤比提高 $10.3\text{ kg/t}$ ,透气性指数提高 $0.71\%$ 。

### 2.2 技术经济指标提高的原因分析

(1) 三高炉、四高炉原料组成和入炉综合品位的对比(见表六)。三高炉、四高炉基准期和试验期的矿石批重基本稳定在56吨和46吨。

表六 三高炉、四高炉原料组成和入炉综合品位的对比

炉别	时间		自产烧结矿	矿山烧结矿	氧化球	澳矿	入炉综合品位 %
三高炉	基准期	品位:%	57.0	57.2	65.13	64.67	59.14
		数量:t	11.603	29.397	7.5	7.5	
		比例:%	20.73	52.49	13.39	13.39	
	试验期	品位:%	56.73	56.7	65.13	64.07	59.20
		数量:t	12.705	25.795	10	7.5	
		比例:%	22.69	46.06	17.86	13.39	
四高炉	基准期	品位:%	57.0	57.2	65.13	64.07	58.78
		数量:t	14.32	21.48	5	5.2	
		比例:%	31.13	46.7	10.87	11.3	
	试验期	品位:%	56.73	56.70	65.13	64.07	59.23
		数量:t	17.325	14.175	8.5	6.0	
		比例:%	37.66	30.82	18.48	13.04	

由表六可知烧结矿碱度提高后,高炉的综合入炉品位有不同程度的提高。高炉为保证炉渣碱度的酸碱平衡,氧化球的人炉比例增加,从而使得入炉酸料的比例增加。三高炉由基准期酸料比例 26.78%,上升到试验期的 31.25%,由于酸料的品位较烧结矿高许多,虽然烧结矿品位下降,但由于高品位酸料比例的增加,使得总体入炉品位由 59.14% 提高到 59.20%。四高炉酸料比例增加的幅度更大,由基准期的 22.17% 上升到试验期的 31.52%,提高 9.35%,使得入炉品位提高 0.45%。

## (2) 综合炉料冶金性能的对比

表七是烧结矿碱度提高前后不同氧化球配加比例的炉料结构。

表七 不同氧化球配加比例的炉料结构

试验编号	炉料配比
基准期	烧结矿(碱度 1.80)75% + 氧化球 12% + 澳矿 13%
试验期一号	烧结矿(碱度 1.93)69% + 氧化球 18% + 澳矿 13%
试验期二号	烧结矿(碱度 1.93)67% + 氧化球 20% + 澳矿 13%

表八是根据表七中所定炉料结构的综合炉料熔滴性能。

表八 综合炉料熔滴性能

试样名称	T10% ℃	T40% ℃	$\Delta T_1$ ℃	Ts ℃	$\Delta H_s$ mm	$\Delta P_m$ Pa	Td ℃	$\Delta T_2$ ℃	$\Delta H$ mm
基准期	1206	1321	115	1350	35	3528	1450	99	24
试验期一号	1213	1325	112	1351	34	3281	1449	98	22
试验期二号	1220	1320	110	1365	37	2548	1463	98	21

注: T10%: 软化初始温度; T40%: 软化终了温度;  $\Delta T_1$ : 软化区间; Ts: 开始熔化温度; Td: 开始滴落温度;  $T_2$ : 滴落区间;  $\Delta P_m$ : 最大压差;

通过表八可以看出, 试验期间综合炉料的熔滴性能的变化与烧结矿碱度提高后的熔滴性能变化规律非常一致。由于烧结矿碱度的提高使得综合炉料的软熔区间变窄:  $\Delta T_1$  下降了 3-5℃; 熔滴区间:  $\Delta T_2$  下降了 1℃; 滴落温度: 试验期一号样 Td 与基准期相当, 试验期二号样 Td 提高了 13℃; 最高压差值:  $\Delta P_m$  随氧化球配加比例的增加下降幅度变大。说明烧结矿提高碱度以后, 综合炉料软化和熔滴特性呈良性发展, 对高炉生产极为有利。

由于烧结矿碱度提高以后, 综合炉料入炉品位和冶金性能的提高, 高炉料柱透气性得到改善, 三高炉和四高炉适时的加重焦炭负荷, 从而达到降低焦比的目的。

## 2.3 烧结矿碱度提高后入炉原燃料成本的对比

表九 烧结矿碱度提高后入炉原燃料成本的对比

炉别		原料结构变化 %				燃料变化 kg/t			批铁量	原料成本	燃料成本	合计
		自产结矿	矿山结矿	氧化球	澳矿	焦比	煤比	焦块比				
三炉	基准期	20.73	52.49	13.39	13.39	365	101	20.3	34.49	1145.68	424.71	1570.39
	试验期	22.69	46.06	17.86	13.39	361	95.4	20.2	34.53	1136.12	418.89	1555.01
四炉	基准期	31.13	46.7	10.87	11.3	385	70.2	21.3	28.16	1114.11	437.84	1551.95
	试验期	37.66	30.82	18.48	13.04	370	80.5	17.6	28.38	1068.43	422.48	1490.91

注: ①这里成本只考虑原燃料成本; ②外购焦价格 1050 元/t, 焦块 664 元/t, 煤粉 277 元/t, 澳矿 520 元/t, 氧化球 810 元/t, 矿山烧结矿 800 元/t, 自产烧结矿 520 元/t。

由上表可知三、四炉原燃料成本在烧结矿碱度提高后不同程度的降低, 三高炉由于自产结矿入炉比例增加 1.96%, 使得原料成本降低 9.56 元/t。同时由于燃料比的降低, 使得燃料费用降低 5.82 元/t。原燃料合计降低 15.38 元/t; 四高炉由于自产结矿的比例增加的幅度较大, 提高了 6.53%, 使得原料费用降低明显, 达到 45.68 元/t。燃料费用由于焦比降低幅度较大, 也降低了 15.36 元/t, 四高炉烧结矿碱度提高后原燃料费用降低 61.04 元/t。

## 2.4 烧结矿碱度提高后高炉使用情况小结

①烧结矿碱度提高后, 氧化球入炉比例增加, 虽然烧结矿品位降低, 但综合入炉品位略有提高; 综合入炉品位随球团矿比例的进一步增加而增大。

(下转第 361 页)

提高了高炉综合入炉品位。目前由于原料条件不好,球团矿质量有一定幅度下滑。

认为邢钢应用的进口矿粉中印度精粉、智利精粉、秘鲁精粉均为优质竖炉用含铁原料,可以大比例配加,对球团矿质量提高非常有利。

作者:刘刚亮 赵强——邢钢技术中心烧结室 男 工程师  
邮编:054027 电话:0319—2042239

---

(上接第 356 页)

②烧结矿碱度提高后,烧结矿本身的冶金性能的提高和球团矿入炉比例的增加,使得综合炉料的熔滴性能提高,从而改善了高炉料柱的透气性,焦炭负荷加重,燃料费用降低。

③烧结矿碱度提高后,自产结矿比例增加,原料成本降低幅度较大。

### 3 烧结矿碱度提高后阶段总结

(1)烧结矿碱度由 1.8 提高 1.93,烧结工艺参数变化不大,虽然烧结矿品位降低约 0.4%,但随着氧化球入炉比例的增加,由于氧化球与烧结矿品位的差距较大(8.4%),使得炉料入炉综合品位略有提高,并将随球团矿比例的进一步增加而增大。

(2)烧结矿碱度由 1.8 提高 1.93,烧结矿本身的冷强度和热强度均有提高,使得综合炉料的熔滴性能提高,带来了高炉料柱透气性的改善,高炉适时加重焦炭负荷,达到了降低焦比,降低燃料消耗的目的。

(3)烧结矿碱度由 1.8 提高 1.93,矿山烧结矿使用比例下降,分别被氧化球和自产结矿比例的增加而替代,由于自产结矿与矿山结矿较大的价差,带来原料成本的显著降低,可以说在运力相同的情况下运氧化球要比运矿山结矿经济。

### 4 建议

烧结矿碱度提高到 1.93 是根据 2005 年全公司一业三地的炉料平衡计算出的结果。从炼铁厂烧结矿性能和高炉使用情况来看,均表现良好,应努力维持这一结果。