

首钢大型高炉有害元素研究

张雪松¹ 宋静林¹ 黄东辉¹ 陈辉¹ 季斌¹ 王晓鹏²

(1.首钢技术研究院 2.首钢京唐钢铁联合有限责任公司)

摘要 对首钢大型高炉进行有害元素收支平衡计算,确定首钢大型高炉目前的碱负荷、锌负荷水平以及高炉排碱、排锌能力。得到由烧结矿、焦炭、球团矿带入高炉的碱金属和锌含量达到入炉量的80%以上。查明入炉有害元素的主要来源,进而提出首钢大型高炉控制有害元素的措施及标准。

关键词 高炉 碱负荷 锌负荷

1 前言

本文有害元素特指碱金属与锌元素,不包含其他对高炉冶炼有害的元素。碱金属在高炉内的循环富集对高炉生产的危害极大,能降低矿石的软化温度、引起球团矿的异常膨胀使其严重粉化,加强焦炭的气化反应能力,使焦炭反应后强度急剧降低而发生粉化,造成料柱透气性变差,碱金属粘附于炉墙上,既能使炉墙严重结瘤,又能直接破坏砖墙耐火材料,危及高炉冶炼的正常进行。炉内富集的锌蒸汽可渗入炉墙与炉衬结合,形成低熔点化合物而软化炉衬,使炉衬的侵蚀速度加快。当锌的富集加剧,高炉内粘结会变得严重,最严重时结厚可至炉身中上部悬料频繁,对产量影响较大。锌蒸汽渗入铁矿石和焦炭的孔隙中沉积后,由于体积的膨胀会增加铁矿石和焦炭的热应力,破坏铁矿石和焦炭的热态强度,并使烧结矿和球团矿的低温还原粉化指数有所提高,焦炭的反应后强度有所降低。同时也会堵塞铁矿石和焦炭的孔隙,恶化高炉料柱的透气性,给高炉冶炼带来不利的影响^[1-4]。随着首钢搬迁调整,高炉越来越大型化,渣比逐渐降低,炉渣排碱能力的降低必然会引起有害元素在炉内的循环富集,因此,首钢大型高炉对有害元素控制研究显得十分必要。

2 高炉有害元素收支平衡计算及分析

2.1 收支平衡计算

2012年利用半年时间分别对首钢两座大型高炉的烧结矿、球团、焦炭、喷吹煤等高炉入炉料以及炉渣、旋风除尘灰、干法灰等高炉出炉料进行取样,对其中的 K_2O 、 Na_2O 、 ZnO 有害元素进行检测。根据取样检测结果及高炉技术经济指标日报数据进行高炉的有害元素收支平衡计算,得到目前高炉的碱负荷、锌负荷水平(见表1),以及排碱排锌能力(见表2)。

表1 高炉有害元素入炉量负荷计算结果

负荷	高炉	2012.05	2012.06	2012.07	2012.08	2012.09	2012.10
碱负荷 kg/tHM	A炉	3.412	2.936	2.857	3.094	3.045	3.101
	B炉	3.495	2.936	2.887	3.115	3.182	3.208
ZnO 负荷 kg/tHM	A炉	0.281	0.430	0.323	0.128	0.197	0.258
	B炉	0.279	0.438	0.332	0.135	0.209	0.270

表1可以看出:两座高炉除5月份碱负荷在3.4—3.5kg/tHM外,其余均在3.0kg/tHM左右,均高于宝钢 ≤ 2.0 kg/tHM的控制标准。由于炉料中使用秘鲁矿(碱金属含量高)比例较高,因此碱负荷相对较高。两座高炉锌负荷每月变化较大,6、7月份明显升高,达到0.43kg/tHM,大大超出宝钢(Zn) ≤ 0.15 kg/tHM的控制标准。主要由于除尘灰(锌含量高)的回配,6月份发现锌负荷明显上升后,7月份停配除尘灰,到8、9月份锌负荷明显下降。

第十四届全国大高炉炼铁学术年会论文集

表2 高炉有害元素支出比例计算结果, %

炉号	日期	炉渣	旋风灰	干法灰	炉前灰	合计	
A 炉	2012.05	K ₂ O	98.5	2.5	0.8	2.5	104.3
		Na ₂ O	68.6	1.1	0.6	1.7	72
		ZnO	1.1	22.4	19.9	12.8	56.2
	2012.06	K ₂ O	78.8	4.5	2.6	1.1	87
		Na ₂ O	103.3	3.3	5.3	0.7	112.6
		ZnO	0.7	40.9	44.9	5.1	91.6
	2012.07	K ₂ O	90.3	1.8	2.6	0.8	95.5
		Na ₂ O	58.6	2.7	3.4	0.5	65.2
		ZnO	0.9	20.1	45.5	11.8	78.3
	2012.08	K ₂ O	76.8	7.4	5.6	0.9	90.7
		Na ₂ O	60.7	5.5	2.8	0.1	69.1
		ZnO	2.3	35.2	35.2	25.8	98.5
	2012.09	K ₂ O	85.2	18.9	1.7	4.8	110.6
		Na ₂ O	63.1	17.5	1.1	5.3	87
		ZnO	1.4	45.2	3.0	3.0	52.6
	2012.10	K ₂ O	87.0	7.3	2.5	3.3	100.1
		Na ₂ O	57.9	5.1	1.3	2.1	66.4
		ZnO	1.1	14.0	5.0	5.0	25.1
	2012.05	K ₂ O	80.3	2.7	3.7	0.5	87.2
		Na ₂ O	62.7	1.4	2.1	0.3	66.5
		ZnO	1.1	20.1	44.1	3.9	69.2
	2012.06	K ₂ O	76.8	5.1	2.4	0.6	84.9
		Na ₂ O	110.2	5.5	4.7	0.7	121.1
		ZnO	0.7	33.8	36.3	3.2	74
2012.07	K ₂ O	67.8	3.0	5.6	0.5	76.9	
	Na ₂ O	52.7	2.5	2.9	0.4	58.5	
	ZnO	0.9	16.0	52.1	2.4	71.4	
2012.08	K ₂ O	66.0	4.4	4.4	0.9	75.7	
	Na ₂ O	50.5	1.5	2.6	1.3	55.9	
	ZnO	2.2	48.1	44.4	7.4	102.1	
2012.09	K ₂ O	65.1	8.1	1.3	0.6	75.1	
	Na ₂ O	56.0	11.9	1.0	0.3	69.2	
	ZnO	1.4	29.2	5.3	1.4	37.3	
2012.10	K ₂ O	64.6	6.6	1.9	0.2	73.3	
	Na ₂ O	50.1	3.3	1.1	0	54.5	
	ZnO	1.1	20.0	6.7	0.7	28.5	

表2可以看出: A高炉炉渣排碱率尚可, 但B高炉炉渣排碱率明显低于A高炉, 应对比炉渣结构研究, 找出适合高炉排碱的炉渣结构。除6月份外, 其余几月两座高炉炉渣排K率总是高于排Na率, 11年曾研究过此规律正好相反, 需要继续深入研究, 寻找原因。除8月份排锌率在100%左右, 其余几个月两座高炉排锌率都不高, 一定要引起注意, 国内其他高炉曾经发生过高炉锌腐蚀导致炉缸烧穿事故。

2.3 入炉有害元素含量较大的炉料

根据高炉的有害元素收支平衡计算结果, 找出了带入高炉有害元素含量较大的炉料, 计算结果详见表3。

表3 炉料带入高炉内有害元素含量比例计算结果, %

比例	炉料	2013.05		2013.06		2013.07	
		A 炉	B 炉	A 炉	B 炉	A 炉	B 炉
碱金属	烧结	34	39	40	34	35	38
	球团	20	28	22	17	20	25
	焦炭	26	22	23	25	20	19
	合计	80	89	85	76	75	82
ZnO	烧结	55	56	57	53	43	41
	球团	18	23	16	22	35	40
	焦炭	22	15	17	20	13	10
	合计	95	94	90	95	91	91

表3可以看出: 带入高炉碱金属含量前三位平均为: 烧结矿 37%、焦炭 23%、球团矿 22%, 带入高炉氧化锌含量前三位平均为: 烧结矿 51%、焦炭 16%、球团矿 21%。三者带入高炉的碱金属含量平均达到入炉量的 80%以上, 锌含量 90%以上。带入高炉碱金属和锌的炉料首先都是烧结矿。因此, 有必要详细的研究配矿中有害元素来源, 提出控制有害元素措施, 指导现场生产。

3 入炉有害元素主要来源及控制措施

3.1 烧结矿矿粉有害元素分析

对 A 高炉烧结配矿所需矿粉等原料进行有害元素检测及计算带入有害元素比例, 结果见表 4。

表4 烧结配矿中带入有害元素计算, %

矿粉名称	AA	BB	CC	DD	EE	除尘灰	FF	GG
配比	10.50	17.72	23.50	31.37	4.88	1.84	1.26	2.00
检测 K ₂ O 含量, %	0.02	0.04	0.02	0.14	0.10	20.65	0.00	0.11
检测 Na ₂ O 含量, %	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	4.64	0.03	0.11
检测 ZnO 含量, %	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.57	0.01	0.01
带入高炉 K ₂ O 比例, %	0.52	1.71	1.11	9.86	1.04	85.27	0.01	0.49
带入高炉 Na ₂ O 比例, %	0.33	1.28	2.18	3.24	2.17	88.11	0.39	2.27
带入高炉 ZnO 比例, %	2.98	17.12	6.68	8.91	3.05	59.59	0.50	1.25

表4可以看出: 烧结所配矿中碱金属带入量除尘灰占 85%以上。氧化锌带入量除尘灰占 60%左右。建议: 控制烧结矿入炉有害元素首先是减少使用除尘灰。

3.2 经济炉料的有害元素含量分析

为降低铁水成本, 高炉开始实施经济炉料, 即开发应用几种非主流资源, 为降低炉缸水温差, 又开始使用含钛护炉料。这些资源与用量较大的主流含铁资源相比, 他们的有害元素含量较高, 具体有害元素的含量如表 5 所列。

表5可以看出: 除 FB 有害元素含量与主流矿粉相当外, 其余四种非主流矿粉和两种含钛护炉料的有害元素 (K₂O、Na₂O、ZnO) 含量较高, 尤其是 FE 与 FF 两种秘鲁资源有害元素含量更高。因此, 在没有绝对性价比优势的前提下, 尽量减少使用非主流资源。

3.3 控制措施

(1) 高锌、高钾钠的除尘灰应外排, 退出炼铁流程。退出炼铁流程的条件: 炼铁干法灰等各种除尘灰 ZnO > 2%, 烧结电除尘灰等各种除尘灰 K₂O + Na₂O > 15%。

表5 烧结用主流和非主流含铁料有害元素含量对比, %

序号	名称	K ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O+Na ₂ O	ZnO
主流含 铁资源	CC	0.037	0.031	0.068	0.005
	BB	0.027	0.008	0.035	0.007
	AA	0.011	0.017	0.028	0.034
	DD	0.006	0.019	0.025	0.001
	EE	0.013	0.019	0.032	0.005
	FA	0.240	0.028	0.268	0.001
	FB	0.021	0.011	0.032	0.004
非主流含 铁资源	FC	0.122	0.395	0.517	0.051
	FD	0.150	0.072	0.222	0.051
	FE	0.430	0.190	0.620	0.093
	FF	0.410	0.040	0.450	0.01
	钛矿	0.087	0.120	0.207	0.06
	钛球	0.102	0.230	0.332	0.07

(2) 严格执行首钢有害元素的控制标准: $\geq 4000\text{m}^3$ 高炉锌负荷 (ZnO) $\leq 200\text{ g/tHM}$; 碱负荷 (K₂O+Na₂O) $\leq 2.5\text{ kg/tHM}$ 。

(3) 正常生产时, 生产基地对高炉锌负荷、碱负荷的检测要至少每季度进行 1 次。特殊情况时, 随时检测监控。

(4) 建立定期排碱制度。定期的进行降低碱度, 增大渣量等排碱操作, 减少碱金属在炉内循环。

4 结论

(1) 两座高炉除 5 月份碱负荷在 3.4—3.5 kg/tHM 外, 其余均在 3.0 kg/tHM 左右, 均高于宝钢 $\leq 2.0\text{ kg/tHM}$ 的控制标准。两座高炉锌负荷每月变化较大, 6、7 月份明显升高, 达到 0.43 kg/tHM, 大大超出宝钢 (Zn) $\leq 0.15\text{ kg/tHM}$ 的控制标准。

(2) A 高炉炉渣排碱率尚可, 但 B 高炉炉渣排碱率明显低于 A 高炉。除 6 月份外, 其余几月两座高炉炉渣排 K 率总是高于排 Na 率。除 8 月份两座高炉排锌率在 100% 左右, 其余几个月排锌率都不高。

(3) 带入高炉碱金属和锌的炉料首先都是烧结矿。烧结矿、球团矿、焦炭三者带入高炉的碱金属和锌含量达到入炉量的 80% 以上。非主流矿有害元素含量高, 在没有绝对性价比优势的前提下, 尽量减少使用非主流资源。

(4) 控制烧结矿入炉有害元素的措施首先是减少使用除尘灰。高锌、高钾钠的除尘灰按照外排标准进行外排。

(5) 按照首钢有害元素的控制标准控制有害元素的入炉量。

(6) 定期排碱控制炉内有害元素富集。

参考文献:

- [1] 张雪松. 高炉有害元素研究. 2012 年全国炼铁学术年会, 2012, 06: 745 ~ 749.
- [2] 柏凌, 张建良, 郭豪等. 高炉内碱金属的富集循环. 钢铁研究学报, 2008, 20 (9): 5 ~ 8.
- [3] 谢刚, 付涛. 碱金属对高炉生产的危害分析及控制. 黑龙江冶金, 2010, 31 (1): 50 ~ 52.
- [4] 欧阳坤, 孔延厂, 孙艳芹等. 高炉中碱金属的研究进展. 河北理工大学学报(自然科学版), 2011, 33 (1): 37 ~ 40.

联系人: 张雪松 电话: 010-88297944 13693330949 E-mail: zhangxuesong@shougang.com.cn
地址: 北京市石景山区杨庄大街 69 号首钢技术研究院技术管理处 邮编: 100043