包钢高炉有害元素现状调查与应对*

韦彦勇,韩 磊,刘利军,郑占斌,王建军

(内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章通过对包钢高炉原燃料中钾、钠、锌等有害元素含量分析,进行投入和支出平衡计算,确定了高炉渣是排碱的主要途径,除尘灰是排锌的主要途径。探讨了减少高炉内碱、锌富集的方法和措施,通过控制入厂原料碱、锌含量,废物料脱碱、脱锌,降低炉渣碱度,减少块状带吸附等措施,有效的降低有害元素对高炉的影响。

关键词: 高炉; 有害元素; 烧结矿

中图分类号: TF54 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)04-0036-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.04.013

Status Investigation and Solutions for Harmful Elements of Blast Furnace of Baotou Steel

Wei Yan-yong, Han Lei, Liu Li-jun, Zheng Zhan-bin, Wang Jian-jun

(*Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the important way for removing alkalis is determined to be the blast furnace slag and the main way for removing zinc is determined to be the fly ash through analyzing the content of such harmful elements as K, Na and Zn in crude fuel for blast furnace of Baotou Steel as well as the balance calculation of output and discharge. Moreover, the methods and measures for reducing the enrichment of alkali and zinc in blast furnace are discussed. The effects of harmful elements on blast furnace are effectively reduced by such measures as controlling the content of alkali and zinc in incoming raw materials, dealkalizing and dezincification for scraps as well as decreasing basicity of slag and adsorption of lumpy zone.

Key words: blast furnace; harmful element; sinter

近几年随着炼铁用原燃料资源紧张,导致低价、低品位劣质料进入市场,其带入的钾、钠、锌等有害元素含量增加。另外炼铁、炼钢、轧制工序产生的尘泥又回收到铁前系统,参与配料、焙烧再次进入高炉,如此反复形成钾、钠、锌等有害元素恶性循环。高炉承受的碱负荷、锌负荷逐渐加重,严重时导致炉况失常,高炉损失较大。通过对包钢炼铁厂5座高炉原燃料有害元素来源调查,进行平衡分析以及排出分析,探讨了减少高炉内碱、锌富集的方法和措施,通过控制入厂原料碱、锌含量,废物料脱碱、脱锌,降低炉渣碱度,减少块状带吸附等措施,有效的降低了有害元素对高炉的影响,保证了高炉长期稳定顺行。

* 收稿日期: 2018-05-30

作者简介: 韦彦勇(1982-),男 ,内蒙古包头市人,工程师,现从事炼铁质量管理工作。

1　包钢高炉有害元素现状

包钢高炉长期使用一定比例白云鄂博自产矿，白云鄂博矿是成分复杂的共生矿，该矿共有 71 种元素和 170 多种矿物，高出普通矿数倍甚至 10 倍以上，含有氟、磷、钾、钠等大量有害元素[1]。2017 年包钢高炉有害元素碱负荷、锌负荷含量非常高（见表 1）。从表 1 可以看出，2017 年碱负荷控制在 4.7 ~ 6.5 kg/t，锌负荷高且波动，波动范围为 0.430 ~ 1.550 kg/t，相比同行业碱负荷不超过 3.0 kg/t，锌负荷不超过 0.150 kg/t，包钢高炉碱负荷、锌负荷已经严重超标。超标的有害元素在炉内循环富集，碱金属催化焦炭反应造成焦炭强度下降，粉末增多，同时也会导致球团矿产生异常膨胀，恶化炉内料柱透气性，升高压差，轻则加大高炉操作难度，重则导致炉况失常，锌在高炉内循环富集，还会导致大套上翘变形，破坏顺行。

表 1　2017 年高炉碱负荷、锌负荷　　kg/t

有害元素	1#高炉	3#高炉	4#高炉	5#高炉	6#高炉
碱负荷	5.599	5.844	5.461	5.545	5.566
锌负荷	1.309	1.143	0.755	1.265	0.705

2　有害元素收支平衡分析

2.1　高炉区有害元素平衡分析

2.2.1　收入项分析

2017 年炼铁一部高炉，钾负荷为 2.629 kg/t，其中烧结矿中钾的质量分数最高占 57.69%，西区球团中钾的质量分数为 20.50%，西区焦炭中钾的质量分数为 15.95%，煤粉中钾的质量分数为 4.25%。钠负荷为 3.026 kg/t，其中烧结矿中钠的质量分数最高为 69.37%，西区球团中钠的质量分数为 12.13%；西区焦炭中钠的质量分数为 13.22%；煤粉中钠的质量分数为 4.12%。锌负荷为 1.311 kg/t，其中烧结矿中锌的质量分数最高为 57.38%；西区球团中锌的质量分数为 40.36%，其它较少。

炼铁二部 2 座高炉收入项，钾负荷为 2.395 kg/t，其中烧结矿中钾的质量分数最高为 60.72%，新体系球团中钾的质量分数为 17.41%，自产焦炭中钾的质量分数为 16.46%，煤粉中钾的质量分数为 3.95%。钠负荷为 2.962 kg/t，其中烧结矿中钠的质量分数为 71.41%，新体系球团中钠的质量分数为 25.14%，自产焦炭中钠的质量分数为 12.57%，煤粉中钠的质量分数为 3.43%。锌负荷为 0.717 kg/t，烧结矿中锌的质量分数为 55.31%，新体系球团中锌的质量分数为 40.97%，其它较少。

2.2.2　支出项分析

将炼铁一、二部有害元素的支出项和排碱率分别进行对比分析可得出炼铁一部高炉渣排钾率为 73.37%，排钠率为 91.44%，重力灰和布袋灰排钾、钠率只占较少部分。锌排出率中布袋灰占 75.58%，重力灰占 22.26%，高炉渣占 2.21%。折算后碱排出率为 91.14%；锌排出率为 40.96%。炼铁二部高炉渣排钾率为 70.65%，排钠率为 78.70%。锌排出率中布袋灰占 65.06%，重力灰占 33.04%，高炉渣占 1.97%。折算后碱排出率为 78.14%，锌排出率为 48.40%。

2.2.3　高炉平衡分析

通过对包钢炼铁厂 5 座高炉入炉原燃料以及产出物进行取样化验，测定各试样中钾、钠、锌元素的含量，计算吨铁消耗量和排出量，再根据测定期间高炉各种原燃料消耗量、铁产量、出渣量、重力灰、旋风灰以及布袋灰排出量折算到每吨生铁中，进行对比分析可知：

（1）烧结矿是碱负荷、锌负荷的主要收入项，占总量的 50% 以上。球团矿和焦炭是高炉碱负荷、锌负荷的另一重要收入项，尤其球团矿的锌含量占总量的 40% 以上。

（2）高炉渣是排碱的主要途径，布袋灰是排锌的主要途径。炼铁一部高炉 2017 年炉渣碱度中值控制在 1.02，炼铁二部高炉 2017 年炉渣碱度控制在 1.06，炼铁一部高炉炉渣排碱率要明显优于炼铁二部。

（3）高炉锌排出率均较低，尤其炼铁一部高炉只有 40.36%，循环富集现象较严重。

2.2　烧结矿有害元素平衡分析

经过对烧结一、二部烧结矿原料中的钾、钠、锌元素跟踪对比分析可以看出（见表 2），2017 年烧结矿含铁原料中自产精矿、瓦斯灰、污泥中（$K_2O + Na_2O$）含量最高，（$K_2O + Na_2O$）含量分别达到 1.219%、1.566%、0.931%，辅料及燃料中 K_2O、Na_2O 含量比较高，石灰石粉、白云石粉中（$K_2O + Na_2O$）含量分别为 0.310%、0.229%。烧结用料中瓦斯灰、污泥、除尘灰中 Zn 含量最高，分别为

1.097%、0.379%、0.26%。

表2 烧结原料 K_2O、Na_2O、Zn 含量(质量分数) %

料名	K_2O	Na_2O	Zn	K_2O+Na_2O
自产精矿	0.627	0.592	0.032	1.219
管道巴润	0.111	0.086	0.028	0.197
澳粉	0.031	0.048	0.011	0.079
FMG 混合粉	0.032	0.049	0.013	0.081
污泥	0.701	0.230	0.379	0.931
瓦斯灰	0.818	0.748	1.097	1.566
白云石	0.189	0.040	0.006	0.229

3 减少有害元素的措施

3.1 加强原燃料的管理

加强原燃料的管理,有计划的做好高炉入炉料和烧结用料中碱金属和锌含量分析,计算有害元素收支情况,优化烧结矿、球团矿的配料,特别是严格控制废物料配入量,其次改善烧结配料工艺和操作,保证配料均衡不偏析。做好烧结矿入厂原燃料的稳定工作,发现异常及时与采购部门反馈,尽可能配加低碱、低锌矿石,从源头上控制有害元素。

3.2 控制煤气流分布

从有害元素平衡分析可知,重力、旋风除尘灰及布袋灰是高炉排锌的主要途径,结合入炉原料特点,高炉操作应保证合适的中心气流,均匀稳定的边缘气流为炉内气流调节方向。同时满足相对适宜的煤气流速及温度,保证排锌工作顺利进行,减少锌在炉内的循环富集量。在日常操作中必须时刻观察煤气分布特点,发现气流有偏向时,及时查找原因进行相应调整,保证随时有均匀的边缘气流,有稳定的中心气流分布。

3.3 控制炉渣碱度和渣量

碱金属排出的主要渠道是炉渣,炉渣的碱含量可以达到入炉碱含量的75%,炉渣排碱主要措施:

(1)在保持一定炉温的情况下,随着炉渣碱度的降低,高炉的排碱能力相应的提高。当炉渣碱度降低0.1个百分点,渣中碱金属(K_2O+Na_2O)含量会增加0.21个百分点,大大提高排碱能力。

(2)碱金属硅酸盐的还原是一个强烈的吸热反应[2],在适宜的脱硫状况下,保持炉渣碱度不变,生铁含硅量控制在下限,可以提高高炉排碱能力。铁水硅含量降低0.1个百分点,渣中碱金属氧化物增加0.045个百分点。

(3)增加渣量能增加炉渣的排碱量,但渣量的增加对降低燃料比不利,因此这一措施只可在必要时采用。另外,尽可能的增加出铁、出渣次数,缩短碱金属在炉渣中的还原时间,抑制碱金属在炉渣中的还原和挥发,也能达到提高炉渣排碱能力的效果。

3.4 炉料脱碱

根据高炉碱金属、锌的平衡计算可知,碱金属、锌主要由烧结矿和球团矿带入,针对碱金属会对烧结矿、球团矿造成粉化膨胀问题,可以用氯化焙烧的方法进行烧结矿和球团矿的脱碱。烧结矿和球团矿中的碱金属可由此分离出来。

通过热力学计算表明氯化钙加入烧结矿和球团矿中,能够将其中的碱金属转变成相应的氯化物(氯化钠和氯化钾),生成物的熔点很低(分别是800 ℃和770 ℃),沸点也低(1 465 ℃和1 473 ℃),这对烧结矿和球团矿的脱碱是有利的[3]。

3.5 实施效果

在现阶段包钢原燃料条件下,通过采取上述措施,2018年1—5月份全厂高炉碱负荷较2017年减少0.411 kg/t,锌负荷较减少0.202 kg/t,各高炉碱负荷、锌负荷得到有效控制,且波动幅度减小。

4 结论

(1)烧结矿是碱负荷、锌负荷的主要收入项,占总量的50%以上。球团矿和焦炭是高炉碱负荷、锌负荷的另一重要收入项。

(2)炉渣是高炉排碱的主要途径,重力灰、旋风灰和布袋灰是高炉排锌的主要途径。

(3)加强原燃料的管理,降低炉渣碱度,适当改善烧结矿的平均粒级、减少粉末,有利于有害元素排出。

(4)包钢高炉目前有害元素的含量较高,各高炉必须做好定期排碱,同时适当开放中心气流,增加锌的排放量,才能有效降低有害元素的循环富集。

参 考 文 献

[1] 林东鲁,李春龙,邬虎林. 白云鄂博特殊矿采选冶工艺攻关与技术进步[M]. 北京:冶金工业出版社,2007.

[2] 周传典. 高炉炼铁生产技术手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2012.

[3] 项钟庸,王筱留. 高炉设计——炼铁工艺设计理论与实践(第2版)[M]. 北京:冶金工业出版社,2014.