

高炉原燃料条件劣化的技术对策

林成城

(宝山钢铁股份有限公司宝钢分公司)

摘要 根据宝钢原燃料性能和质量变化分析,结合高炉冶炼机理和生产操作实践,研究探讨原燃料条件劣化后的操作应对技术,提出高炉控制技术优化和改进对策,以确保高炉稳定顺行。

关键词 高炉 原燃料 操作技术 透气性

Countermeasures in Blast Furnace Operation against Variation of Raw material

Lin Chengcheng

(Baoshan Iron & Steel Co., Ltd. Baosteel Branch)

Abstract Along with the dramatic increase of iron and steel output, the supply of iron ore become more and more intense, and the quality of raw material for blast furnace become lower and lower. It has a strong impact on the blast furnace operation. By analysis on the raw material characteristics and its quality variation, this paper probes into the technical countermeasures to deal with the variation of raw material in conjunction with the smelting mechanism of blast furnace and operation practice in Baosteel, and puts forward the suggestions on control improvement and optimization to ensure the stable and smooth production of blast furnace.

Key words blast furnace raw material operation technology permeation ability

1 引言

实施精料方针是高炉稳定顺行的根本,也是提升高炉冶炼技术水平的基础。但是,自2002年以来,世界钢铁产量大幅增长,仅中国生铁产量增加了近4倍,致使铁矿石资源紧张,价格暴涨。到2007年12月,进口铁矿石到岸价比5年前涨了近400%,而且原料质量和性能呈下降趋势。受市场影响,宝钢高炉原料结构、品种和质量也发生较大变化。同时,随着高炉向大型化发展,优质炼焦煤的资源非常短缺,焦炭质量也呈现下降趋势,对高炉稳定产生较大影响^[1]。因此,高炉生产面临原、燃料条件劣化的现实,研究探讨原、燃料条件变化的操作应对技术,优化高炉操作,确保高炉稳定顺行,是当前高炉操作技术改进的一项重要课题。

2 原燃料条件变化分析

2.1 原料结构变化

宝钢4号高炉投产后,3台烧结机对4座高炉组织生产,原料结构发生较大变化,按目前3台烧结机年产量1790万t,4座高炉年产量1500万t,高炉

的烧结矿比只能保证67%,球团矿和精块矿比例较以前大幅上升。由于近年资源紧张,球团矿和精块矿不仅质量性能下降,而且使用品种在频繁变化。

从成本和资源角度,宝钢一直在探寻低熟料比操作。在宝钢高煤比、高利用系数的冶炼条件下,熟料比82%是下限。熟料比与焦炭质量存在一定相关关系,若焦炭质量进一步劣化,熟料比需要控制更高。宝钢原来熟料结构是烧结矿+自熔性球团矿,受球团矿资源影响,不得不使用一部分酸性球团矿,导致自熔性和酸性球团矿混用,并且自熔性球团矿品种也发生变化,球团矿品种由原来1~2种增加至6~7种(如图1所示)。同时,精块矿的品种也发生较大变化,目前宝钢主要使用两种新矿替代原来的老矿,这两种新矿一种为多矿点的混矿,另一种为未筛分的矿。高炉炉料的变化,以及占原料1/3的球团矿和精块矿结构不稳定,给高炉操作控制带来较大影响。

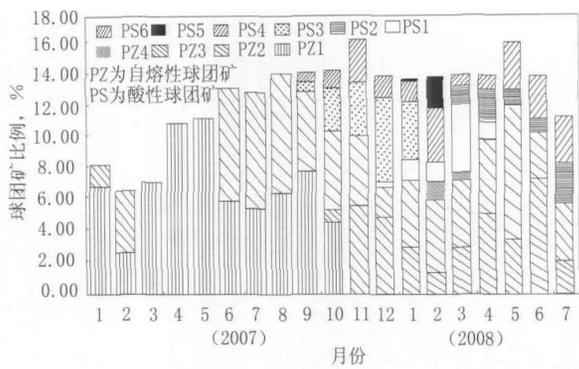


图1 宝钢高炉球团矿结构变化

2.2 原料性能变化

宝钢自产烧结矿由于受配矿资源影响,品位较以前下降1%以上,致使高炉入炉品位降低,渣比上升,并且原物理性能不同程度均呈下降趋势。

酸性球团矿与自熔性球团矿相比,其强度低,容易粉化,并且比较黏,容易结块(如图2所示),大量粉矿带入高炉,影响透气性。从高温冶金性能上看,酸性球团矿与自熔性球团矿相比,软化和熔融温度低,软化和熔融区间宽,软熔层高度高,还原后强度低(如图3所示),影响高炉透气性^[2]。



图2 宝钢高炉酸性球团矿物理性能

目前,宝钢高炉使用的两种精块矿,OBN为未经过筛分的精块矿,含粉率高达22%以上;OHP为多矿点的混矿,冶金性能不稳定,软化、熔融温度低,最大压差高,对高炉透气性产生不利影响。

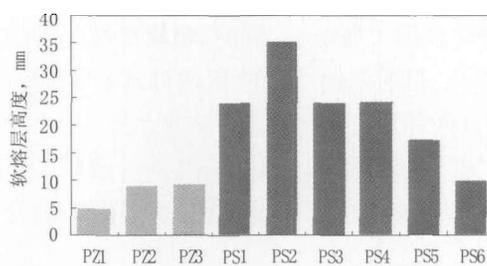


图3 宝钢高炉酸性球团矿冶金性能

2.3 焦炭质量变化

由于近年焦煤和肥煤资源短缺,炼焦配煤不稳定,为了保证焦炭热强度和反应性指标,增加强黏煤比例。而强黏煤灰、硫含量分别比2007年提高0.50%和0.24%,导致焦炭灰分达到12.75%,硫分达到0.88%,分别比2007年高0.85%和0.25%,并且有继续恶化的趋势。焦炭灰分、硫分升高影响焦炭强度,特别是焦炭冷强度 M_{40} 较2007年下降1%(如图4所示)。从风口取焦样看,在风口处焦炭粒度明显降低,也说明焦炭质量劣化。

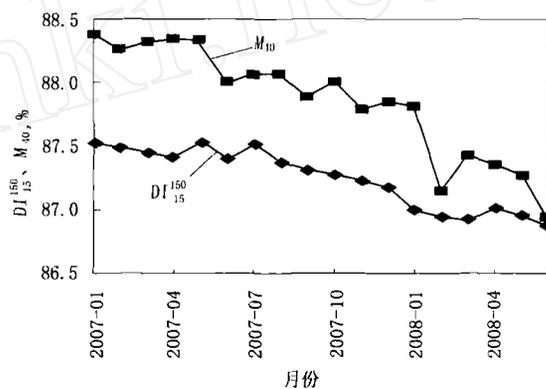


图4 宝钢高炉焦炭质量变化

3 原燃料变化对高炉的影响

3.1 高炉稳定性下降

由于宝钢使用的球团矿和精块矿比例较高,因此球团矿和精块矿冶金性能变化会对高炉产生较大影响。从宝钢原料条件变化看,进入高炉的粉料率增加,不仅影响高炉的透气性和煤气流的合理分布,而且粉矿容易在炉墙上频繁黏结和脱落,造成炉墙不稳定,热负荷波动,煤气流波动,影响高炉顺行。

矿石的冶金性能是用来衡量矿石在高温下影响高炉顺行程度的性质。随着炉料的下降,温度升高,矿石开始软化;在软化结束后,炉料在高炉内继续往下运动而被进一步加热和还原,矿石开始熔融;在熔渣和金属达到自由流动并积聚成滴前,软熔层透气性极差,煤气通过受阻,产生很大的压力降。高温冶金性能好的炉料开始软化和熔化温度高,熔滴温度区间窄;矿石的还原性能好,矿石中的铁易被还原出来,间接还原发展,煤气利用率高,有利于高炉顺行;高温冶金性能不好的炉料,会使高炉炉料熔滴区的透气性变差,软熔带加厚,从而恶化高炉炉料透气性,破坏煤气流的合理分布,严重的会形成管道,影响高炉顺行。宝钢高炉随着球团矿和精块矿冶金性

能变差,加之焦炭质量不断下降,高炉稳定性明显下降,透气性指数升高,炉况波动,减风次数增加,崩、滑料次数增加。

3.2 喷煤比降低,能耗增加

在宝钢高煤比、高利用系数冶炼条件下,焦炭质量是高炉稳定顺行的关键。随着焦炭质量的不断下降,无论是热强度还是冷强度均呈下降趋势,灰分和硫含量均升高,高炉透气性变差,炉况稳定性受到影响,接受高煤比能力下降,炉况处于临界状态,负荷和喷煤比呈现下滑趋势(如图5所示),并且燃料消耗和工序能耗增加。

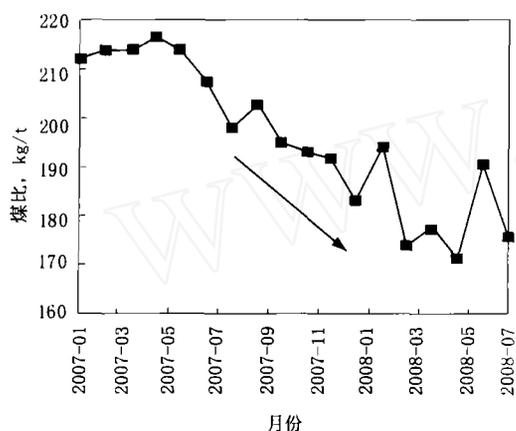


图5 宝钢高炉原燃料对高炉喷煤比影响

4 操作应对技术对策探讨

高炉炼铁的操作方针是以精料为基础,精料技术水平对高炉炼铁生产的影响因素在70%左右,而高炉操作、设备和管理等方面的因素影响率仅在30%左右。原、燃料质量劣化对高炉影响是绝对的,通过操作技术应对,使高炉稳定顺行得到相对改善,也就是说使操作技术与原、燃料条件相适应,达到高炉稳定顺行的目的,在此基础上不断改善经济技术指标。

4.1 应对原料粉粒多的技术对策

对含粉率高的精块矿和球团矿,料场尽量将粉粒筛干净。雨雪天加强筛网跟踪清理,控制<5mm的粉矿<5%;高炉尽量保持高槽位,合理安排排料顺序,避免粉粒多的矿布到边缘。

入炉粉末增加时,煤气流调剂以改善透气性为主。在原来基础上适当疏松边缘气流,改善边缘煤气通道,同时边缘气流不易过强,防止炉墙结厚,以热负荷稳定为控制目标,减少粉矿黏结和脱落对气流影响。由于原料条件不好,风压升高,导致鼓风动能降低,可适当降低负荷,改善透气性,保证一定鼓

风动能,使气流横向均匀分布,煤气流分布变化最小,确保高炉气流稳定,炉况顺行。

4.2 应对原料结构性能变化的技术对策

高炉炼铁反应是一个高温、高压、多相共存的极其复杂的反应。熔滴区的形成及其对高炉冶炼的影响与软熔带的形成及其在高炉中所处的位置、厚度和透气性等因素息息相关,而炉料的高温冶金性能对熔滴区形成起关键作用。

炉料结构不稳定,炉料性能变化,软化、熔融区间加宽,还原后强度低,引起软熔带宽度增加并且不稳定,软熔带位置上移,间接还原区缩小,风压升高,透气性变差,影响高炉顺行。根据高炉冶炼特点和高炉炉型特征,炉料在下降过程中,位置越低,料层越薄。在炉腰处料层最薄,而且下部温度梯度大,对于软化和熔融区间宽的炉料,采取降低高温区的操作,气流调剂适当控制边缘气流,降低软熔带高度,可以减小软熔带层宽度及波动。

根据高炉煤气流分布特点,在原料冶金性能变差条件下,高炉透气性变差,高炉鼓风动能下降,高炉炉腹煤气流不易吹透中心。主要分布边缘,使边缘高温区上移,边缘软熔带层加宽,透气性更差,严重时导致边缘气流分布不均匀,形成管道。在这种情况下,上部采取适当控制边缘气流调剂方法,可以使中心气流相对发展,不仅使下部煤气流分布更合理,而且控制了边缘软熔带根部高度,缩小了软熔带层宽度,对改善高炉透气性是有利的(如图6所示)。

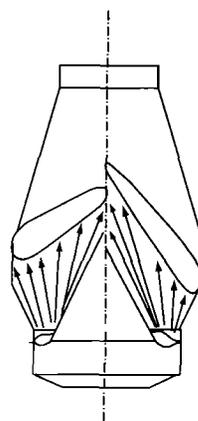


图6 宝钢高炉软熔带形成与高温区关系示意

原料条件差的情况下,尽量均匀布料,使料层均匀铺开,改善软熔带稳定性。同时采用高顶压,控制煤气流速,适当控制炉温等措施,也对控制高温区有

利,可以减缓因炉料结构和性能变化对高炉顺行的影响。

4.3 应对焦炭品质降低的技术对策

焦炭质量在大型高炉冶炼过程中起着举足轻重的作用。随着焦煤资源的紧张,焦炭质量下降,从宝钢操作实际看,高炉炉缸死料柱呈现肥大趋势,透气、透液性下降。高炉透气性变差,高炉不稳定,不易接受风量^[3]。

针对这种情况,高炉可以采取提高富氧率,降低炉腹煤气量,降低负荷,降低喷煤比等措施,改善高炉透气性,可以适应焦炭质量下降形成的生产条件。但这些技术对策是被动的,治标不治本,且制约了产能发挥、能耗降低以及成本控制。

应对焦炭品质降低的理想技术对策是通过上下部煤气流调剂,改善高炉透气性。煤气流分布合理,高炉稳定顺行,这也是高炉操作努力方向。高炉煤气流的调剂是,以下部调剂为主,上下部调剂相结合。煤气流调剂遵循“制衡”原则,根据下部气流分布,控制上部气流分布,适应焦炭质量变化,下部煤气流分布则是高炉控制关键。焦炭质量好,高炉透气性好,鼓风动能高,下部气流易吹透中心,死料柱相对窄小,操作技术对策可以适当疏松边缘气流,改善煤气通道,使煤气流分布均衡,提高煤气利用率,实现高强度冶炼;焦炭质量差,高炉料柱透气性差,风压高,鼓风动能低,回旋区缩小,死料柱相对肥大,下部气流中心受阻,边缘气流相对发展,操作技术对策以引导中心气流为主,适当控制边缘气流,使煤气流向中心发展,缩小死料柱,减缓因焦炭质量下降对高炉影响,同时可以降低软熔带高度,扩大间接还原区,对改善高炉透气性也是有利的。

5 技术对策实施效果

宝钢高炉通过炉料性能变化分析,采取相应控制手段,取得良好效果。在原料和燃料条件不断劣化的情况下,根据冶炼强度,确定风口面积和送风制度,力求鼓风动能控制在一定范围内。同时,根据原料冶金性能变化和焦炭质量变化,通过气流调剂。综合控制软熔带宽度和高度,高炉透气性明显改善,以宝钢3号高炉为例:2007年9月以后,开始使用酸性球团矿,精块矿品种也更换,原料结构和性能发生较大变化。高炉透气性变差,透气性指数(K值)

连续大于2.7。上部采取疏松边缘和中心两股气流调剂手段,布料挡位: $C_{232222}^{234567} O_{33332}^{23456}$ 效果不明显。2008年3月以后,在分析炉料性能基础上,采取控制软熔带高度方法,降料线,布料挡位: $C_{233322}^{234567} O_{43322}^{23456}$,高炉透气性得到改善,如图7所示。虽然焦炭质量继续劣化,但K值基本回到原料变化之前水平。同时炉况稳定性提高,而且高炉冶炼强度提高,说明根据宝钢原、燃料变化,采取技术路线方向是正确的。

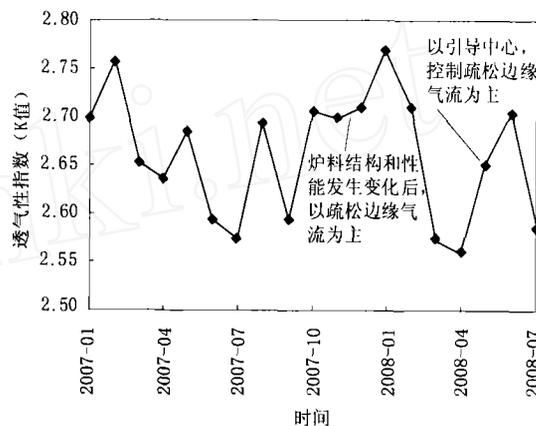


图7 宝钢高炉技术对策实施效果

6 结论

(1)实施精料方针是高炉稳定顺行的基础,原、燃料质量劣化对高炉影响是绝对的。根据原、燃料质量和性能变化,采取与原、燃料相适应操作制度,可以使高炉炉况得到相对改善;

(2)针对高温冶金性能差的炉料,其软化、熔融温度低,区间宽,采取降低高温区,控制软熔带高度技术对策,可以改善高炉透气性;

(3)根据焦炭质量变化对高炉下部煤气流分布影响,上部煤气流调剂遵循“制衡”原则,采取相应技术对策,可以实现煤气流合理稳定分布。

7 参考文献

- 1 王维兴. 高炉炼铁原燃料质量变差的对策. 2004年全国炼铁生产技术与炼铁年会, 2004; 356-358
- 2 王海涛, 李光辉等. 几种高炉炉料冶金性能的对比研究. 钢铁, 2006(1); 23-27
- 3 朱清天, 程树森. 高炉上部煤气流调剂影响研究. 钢铁, 2008(2); 22-25

联系人: 林成城

(200941)上海市宝山区宝山钢铁股份有限公司宝钢分公司炼铁厂

收稿日期: 2008-09-09