

高风温技术在迁钢高炉上的应用

陈冠军¹, 马泽军¹, 蔡景春², 国宏伟³, 郑敬先², 贾国利²

(1. 首钢技术研究院, 北京 100043; 2. 河北迁安钢铁有限责任公司, 河北 迁安 064404; 3. 北京科技大学, 北京 100083)



摘要: 通过历年我国钢铁企业、宝钢和首钢风温变化, 反映了我国近年的风温现状和技术进步, 特别指出了首钢风温的巨大进步。从热风炉高风温、热风管道输送高风温和高炉接受高风温三方面介绍了高风温技术研究进展。通过高风温技术在迁钢2号高炉的应用, 首钢在2008年高风温试验基础上, 2009年取得重大突破, 实现日均风温最高1283℃, 连续4月月均1270℃以上风温, 年均风温为1258.7℃。通过分析2008和2009试验风温均匀性, 表明风温均匀指数有所提高。并分析了热风炉炉顶温度、混风、空煤气预热温度、操作制度等风温影响因素, 从高炉原燃料、技术指标和操作方面, 阐述了高风温在高炉使用情况, 反映了高风温受热风炉系统、热风管道和高炉等因素制约。提出了本次高风温试验存在的风温潜力、高风温节能作用和风温稳定性等问题, 为进一步高风温研究提供指导。

关键词: 高炉; 热风炉; 高风温; 操作

中图分类号: TF538.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-1639(2010)04-0017-19

Application of High Blast Temperature on Qiangang's Blast Furnace

CHEN Guan-jun¹, MA Ze-jun¹, CAI Jing-chun², GUO Hong-wei³, ZHENG Jing-xian², JIA Guo-li²

(1. Shousteel Research Institute of Technology, Beijing 100043; 2. QIAN'an Steel Limited Corp., Qian'an 064404; 3. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: With the historical changes of blast temperature in Chinese steel enterprises: Baosteel and Shougang, present status and technology progress of blast temperature in China in recent years are showed, especially, great progress of blast temperature in Shougang is pointed out. Study progress of high blast temperature technology is introduced from three aspects such as high blast temperature of hot blast stove, high blast temperature transport of hot pipe and high blast temperature accepted by blast furnace. By the application of high blast temperature technology to Qiangang's No. 2 blast furnace, and on the base of high blast temperature test in 2008, great progress is made in 2009. The highest daily average blast temperature is 1283℃, monthly average blast temperature is above 1270℃ for continuous 4 months, yearly average blast temperature is 1258.7℃. By the analysis of blast temperature equality of experiments in 2008 and 2009, it shows that equality index of blast temperature is improved. Effect factor of blast temperature is analyzed such as top temperature of stove, mixed blast, preheated temperature of gas and air, stove operation system and so on, high blast temperature used in blast furnace based on raw and fuel material, technique index and operation, and it is restricted by stove system, hot pipe and blast furnace. The problems in high blast temperature test such as blast temperature potential, energy-saving function and blast temperature stability are pointed out. This will offer reference for more high temperature studies.

Key words: blast furnace; hot blast stove; high blast temperature; operation

随着近年炼铁技术的进步, 现代高炉向大型化、高效长寿和高风温等方向发展。受国际金融危机影响, 国内外钢铁企业面临生产成本和市场的压力, 高炉能耗占钢铁能耗的大部分, 是钢铁节能的关键。由于高风温具有降焦、降成本等作用, 在近年炼铁生产中越来越受重视。据中钢协统计数据, 历年全国重点钢铁企业、宝钢与首钢风温变化如图1所示, 全国重点钢铁企业的年平均风温成正增长趋势^[1-2], 反映了我国高炉风温的技术进步, 但是与国际先进高炉1250℃风温比较, 尚有一定差距^[3]。2006年以前, 我国风温最高的是宝钢高炉, 年平均风温为1248℃, 近年在企业兼并过程, 平均风温有所下滑(其先进高炉仍保持1240~1250℃风温水平)。首

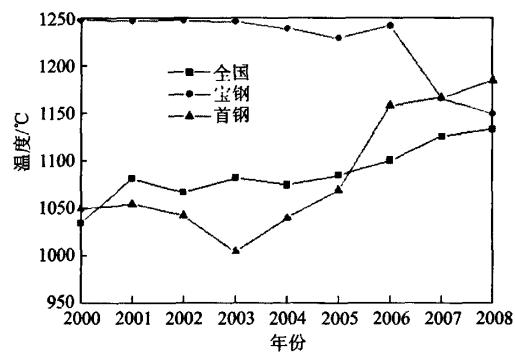


图1 历年全国重点钢铁企业、宝钢与首钢风温变化

钢风温由于首钢和迁钢等高炉的新建投产, 年平均风温进步很快, 到2008年首钢风温排名为全国第二名, 仅次于太钢。首钢高炉风温的进步, 与首钢近年高风温技术的实施紧密关联。

收稿日期: 2010-05-04

基金项目: 国家发改委(2008技-22); 教育部资助(20090006120004)

作者简介: 陈冠军(1972—), 男, 浙江永康人, 高级工程师, 研究方向为冶金能源。

1 高风温技术研究进展

高风温技术是高炉强化冶炼和降低焦比的技术措施,可以改善高炉下部热制度,提高能源利用率^[4]。实现高风温重点解决热风炉高风温、热风管道输送高风温和高炉接受高风温三方面的技术问题。

热风炉高风温是高炉高风温的基础,实现热风炉高风温首先要确保热风炉承受高风温,为此,高效燃烧器、高效格子砖设计是高风温热风炉的关键,不仅可以有效解决炉内流场均匀,满足高效长寿热风炉的需要,同时也可以有效提高热风炉热效率。在引进和消化国际先进的荷兰霍戈内燃式热风炉和俄罗斯卡卢金顶燃式热风炉基础上,完成自主顶燃式热风炉的研制^[5],同时,采取的高效燃烧、高性能耐材、废气预热、自动烧炉等技术满足了热风炉高风温的使用需要。由于焦炉煤气成本问题,近年在热风炉上普遍采取低热值煤气烧炉,而采用低热值煤气实现高风温的方法很多,可以采取掺烧高热值煤气、换热器预热、热风炉自身预热、高温空气燃烧预热等技术^[6],通过国内外多种实现高风温工艺技术流程的研究,首钢采用全烧高炉煤气的附加预燃炉和热管换热器相结合的工艺流程^[7],实现高温空气燃烧预热,满足高风温空气和煤气预热的要求。

针对热风管道输送高风温问题,重点改进热风管道耐火材料、耐火衬结构、钢结构、热风管道设备等^[8],如高铝砖改为蠕变小,高温稳定性好的红柱石砖;孔口处采用整体稳定性好的组合砖;波纹补偿器处的耐火衬膨胀缝口处增加一环镶嵌式保护砖;高温热风阀采用软水冷却及异型水腔结构,阀内镶嵌耐高温的高强耐火衬等措施,满足了热风管道输送高风温的使用要求。

高炉接受高风温是最终实现高风温的关键环节,风温提高后,体积膨胀,风速和鼓风动能增加,高炉炉缸温度上升,理论燃烧温度升高,若超过一定限度会造成高炉难行^[9]。为确保高炉使用高风温,重点改善原燃料条件,采用低硅炉料,满足“精料”要求,通过喷煤、富氧等手段合理控制理论燃烧温度,通过调整装料制度和送风制度,合理上下部调剂,调整煤气流分布,改善高炉透气性,保证炉况的稳定顺行,从而达到高炉使用高风温提高煤比和降低焦比的目标。

2 高风温技术应用研究

根据首钢高炉的实际情况,选择迁钢高炉开展高风温技术研究。由于迁钢2#高炉2007年投产以来具有技术优势,因此在迁钢2#高炉上开展高风温技术的基础和应用研究,2008年首钢高风温技术研究取得很大进展^[10]。特别是2009年,迁钢2#高炉高风温技术取得重大突破,实现短时间内最高风温1289℃,日均风温最高为1283℃,连续4月实现月均1270℃以上风温,年均风温为1258.7℃。

2.1 高风温试验情况

由于迁钢2#高炉设计风温为1250℃,原有系统存在

很多风温薄弱环节,尽管2008年10月和12月高风温试验期间,取得最高瞬时风温1280℃和日均风温1270℃水平,但也出现了1、2个风口吹管损坏的问题,为此,一直控制迁钢2#高炉最高风温1270℃以下,加上2009年上半年原燃料质量和雨季等影响因素,进一步的高风温试验受限制。

为进一步实现迁钢2#高炉1280℃风温,在2008年取得高风温初步成果的基础上,2009年9—10月开展提高风温试验,其中,9—10月的日均风温变化如图2所示。9月1—7日为温升期,从8日开始,日均风温达到1280℃,期间,短时间内风温最高达到1289℃,从8日到次月9日,连续一个月的平均风温约为1280℃,1280℃风温延续到10月27日,从10月28日开始风温逐渐回落。其中,试验期两月内1280℃以上的风温为29天。

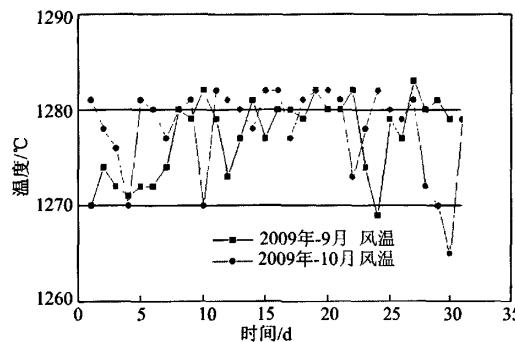


图2 迁钢2号高炉2009年9—10月日均风温变化

2.2 高风温技术分析

2.2.1 风温均匀性分析

为了解月风温变化的均匀情况,引入温度均匀指数,其值越大,表示越均匀,计算式如(1)所示:

$$\xi = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - T_p)^2}{N}} \quad (1)$$

式中: T_i 为第*i*天温度,℃; T_p 为平均温度,℃; N 为天数。

2008年10月与2009年9月和10月的温度均匀指数比较见表1所示,由表可知,2009年9月和10月的月温度均匀指数大于2008年10月的月均匀指数,可见风温均匀性有一定提高,但是,从2009年9—10月的日风温变化可以看出,风温以锯齿波的规律变化,故短时间内的风温稳定性还有待提高。

表1 温度均匀指数

日期	2008-10	2009-09	2009-10
温度均匀指数 ξ	0.993	0.9968	0.9964

2.2.2 风温影响因素分析

(1) 热风炉最高炉顶温度:控制热风炉最高拱顶温度1420℃,由于高炉煤气热值的下降,目前热风炉最高拱顶温度为1410℃,比试验前热风炉最高拱顶温

度1390℃提高了20℃。

(2) 混风量: 与2008年高风温试验比较, 混风阀开度由最大30%降为10%, 送风后期, 阀门开度全关, 即冷风流量为0, 故在混风方面已无法进一步提高风温。

(3) 煤气预热温度和空气预热温度: 控制煤气预热温度180℃和空气预热温度700℃以下, 在实现上述高风温情况下, 煤气预热温度接近180℃, 空气预热温度为660~680℃。

(4) 温度和位移监测: 在280多点的无线表面温度监测中, 主要有2个鹅颈管表面温度超400℃, 8个热风吹管表面温度超400℃, 进入二级报警, 激光位移监测进入一级报警。

(5) 热风炉操作制度: 热风炉系统燃烧、送风时间变化如表2所示。由表可知, 在实现1280℃以上风温情况下, 燃烧期与送风期分别比试验前缩短5~10 min。

表2 燃烧、送风时间变化

风温/℃	燃烧期/min	送风期/min
<1280	105~110	65~70
>1280	90~95	55~60

2.2.3 原燃料和高炉操作分析

1) 月均指标对比

2009年9—10月与试验前平均风温、焦比和煤比指标对比见表3, 由表可知, 9—10月均风温提高35~36℃, 焦比下降5~6 kg/t, 煤比提高7~8 kg/t, 可见提高风温具有增加煤比和降低焦比作用。但是与2008年高风温试验比较, 还有待进一步提高煤比和降低焦比。

表3 试验前后月均风温、焦比和煤比指标对比

名称	试验前	9月平均	10月平均
风温/℃	1242	1277.2	1278.1
焦比/kg·t ⁻¹	295	289	290
煤比/kg·t ⁻¹	164	171	172

2) 原燃料条件

2008年10月和2009年9—10月焦炭、烧结矿和煤粉部分指标对比见如表4所示。与去年相比, 其中焦炭灰分基本持平, 转鼓M40从88%提高至88.35%, 但焦炭硫分由0.70%升至0.77%; 烧结矿碱度由1.94上调至1.96时, 但品位由56.97%下降至56.30%; 煤粉灰分由10.71%降至10.20%, 挥发分由19.19%逐步提高至19.70%。由上可知, 除煤粉质量有所改善外, 焦炭和烧结矿质量均出现一定程度下滑。

表4 焦炭、烧结矿和煤粉部分指标对比

日期	焦炭			烧结矿		煤粉	
	灰分/%	w(S)/%	w(M ₄₀)/%	w(M ₁₀)/%	w(TFe)/%	挥发分/%	灰分/%
2008-10	12.66	0.70	88.00	6.49	56.97	1.94	10.71
2009-09	12.65	0.76	88.33	6.34	56.30	1.95	10.15
2009-10	12.66	0.77	88.35	6.38	56.29	1.96	10.20
							19.70

3) 高炉操作

通过采用平坦式布料, 调整焦矿角, 稳定风口回旋区长度等高炉优化操作, 高炉接受了高风温。由于本次试验原燃料质量的问题, 影响了高炉使用高风温的效果, 具体表现在高炉喷煤受一定影响。

2.2.4 存在问题分析

通过高风温技术在迁钢2#高炉的应用和试验, 主要有以下几个问题:

(1) 尽管高炉接受了高风温考验, 但是热风炉系统在混风和空煤气预热温度方面, 已基本无提高潜力。

(2) 风温来回波动不稳定, 影响高炉使用效果, 高风温的稳定性还有待提高。

(3) 受原料质量和高炉操作等因素影响, 高风温的以煤代焦的节能作用还有待发挥。

3 结论

(1) 历年全国钢铁重点企业、宝钢与首钢风温变化表明, 首钢近年的风温取得巨大进步, 但与国际先进风温有一定差距。

(2) 高风温技术研究进展表明, 首钢实现了自主高风温热风炉、高温空气燃烧预热技术开发和高风温管道的改进, 并提高高炉接受高风温能力。

(3) 高风温技术的应用和试验表明, 迁钢2#高炉取得了日均风温最高实现1283℃, 连续4月实现月均1270℃以上国际先进的风温水平。

(4) 高风温技术分析表明, 高风温受热风炉系统、管道设备和材料、高炉原燃料和操作等因素制约, 高风温的节能作用和稳定性还有待提高。

参考文献:

- [1] 杨天钩, 左海滨. 中国高炉炼铁技术科学发展的途径 [J]. 钢铁, 2008, 43 (1): 1.
- [2] 吴启常, 张建梁, 苍大强. 我国热风炉的现状及提高风温的对策 [J]. 炼铁, 2002, 21 (5): 1.
- [3] 王维兴. 高风温是节能降耗工作的重点 [J]. 中国钢铁业, 2008 (3): 35.
- [4] 林成城, 徐宏辉. 热风炉高风温新技术开发 [J]. 钢铁, 2005, 40 (11): 9.
- [5] 陈冠军. 迁钢2号高炉热风炉系统高风温技术研究 [J]. 炼铁, 2008 (6): 10.
- [6] 刘全兴. 我国高炉热风炉新技术应用回顾与展望 [J]. 山东冶金, 2007 (2): 4.
- [7] 陈冠军, 赵民革. 首钢高炉热风炉高风温技术进步 [J]. 中国冶金, 2009, 19 (9): 18.
- [8] 陈冠军, 赵民革, 丁汝才, 等. 首钢高风温热风炉技术研究 [J]. 钢铁研究学报, 2009, 21 (8): 59.
- [9] 周传典. 高炉炼铁生产技术手册 [M], 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [10] 陈冠军, 端维春, 胡雄光, 等. 迁钢2号高炉高风温研究 [J]. 钢铁, 2010 (3): 92.