

首钢迁钢 4000m³ 高炉高炉热风炉高温 技术及生产实践

蔡景春

(首钢迁钢公司, 河北, 064404)

摘 要 迁钢 4000m³ 高炉配置 4 座改进式内燃式热风炉、2 座顶燃式预热炉、煤气换热器, 在单烧高炉煤气的情况下实现了年平均 1256℃ 及月平均最高 1280℃ 的高风温。

关键词 热风炉 大型高炉 高风温 运行

Analysis of Effect on Hot Blast Stove Operation of 4000m³ Blast Furnace in Qian'an Iron and Steel Co., Ltd.

CAI Jing-chun Yang Jian-Xin

(Shougang Qian'an Iron and Steel Com. Ltd Hebei 064404)

Abstract: There are 4 Hoogovens internal combustion stoves, 2 top combustion stoves and gas heat-exchanger, the annual average temperature of blast air reaches 1256℃ and the maximum monthly temperature reaches 1280℃ when just using blast furnace (BF) gas.

Key words: hot blast stove, large sized BF, high blast temperature, operation

1 前言

2010 年迁钢炼铁作业部三高炉顺利投产, 奏响了迁钢公司波澜壮阔、蓬勃发展的新乐章。热风炉采用改进式内燃式热风炉的技术及改进结构上的理念。该技术已成功的得到实践, 其技术广泛被采用主要在于它合理的结构及承受高温的能力。我厂又根据高炉煤气发热值低这一特点, 设计建造了助燃空气预热系统和高炉煤气煤气换热器系统, 从而达到高风温的目的。此外还采用了计算机集中控制、软水冷却、液压传动、烟气残氧分析、煤气发热值测试、旋风除尘器等先进工艺技术。热风炉主要技术参数指标见表 1。

表 1 三高炉热风炉主要技术性能及参数

序号	项目	单位	数值
1	热风炉座数	座	4
2	热风炉直径	M	10.6
3	热风炉全高	M	47.07
4	火焰温度	℃	1450
5	炉顶温度	℃	1420
6	热风温度	℃	1280
7	煤气流量	M ³	170840
8	烟气温度	℃	400
9	烧炉时间	Min	45
10	送风时间	Min	60
11	煤气预热温度	℃	180
12	助燃空气温度	℃	700

2 迁钢内燃式热风炉结构特点:

2.1 热风炉结构特点设计部分

(1) 热风炉炉壳

热风炉炉壳由直筒部壳体及拱顶部壳体两大部分构成。直筒部炉壳与埋入基础混凝土的基础螺栓相连接,直接坐在基础上。拱顶部炉壳采用悬链线形结构,蘑菇状拱顶,拱顶炉壳与直筒炉壳间采用了能减小应力集中的圆弧过渡结构。由于热风炉拱顶温度最高按 1450°C 设计,所以在高温部位采取了防止炉壳晶间应力腐蚀的措施。在炉壳热面(含热风出口短管)涂刷耐盐防腐涂料。

(2) 悬链线形拱顶结构

热风炉拱顶形状为悬链线形,炉顶炉壳直接支撑耐材,依靠拱顶自身重量和砌体之间的锁紧结构,使拱顶处于整体压紧状态,消除向外的推力,改善了砌体的受力条件,增强了结构的稳定性。

悬链线形拱顶致密砖层,设计采用1层增厚的铰链砖,关节砖、拱顶硅质致密砖,由于使用了双楔双槽耐火砖,增强了拱顶的稳定性,使耐火砖的锥体部分更长、更稳定。

(3) “眼睛形”燃烧室配矩形陶瓷燃烧器

为保证燃烧稳定,确保高温烟气在蓄热室断面上的均匀分布,设计采用眼睛形燃烧室,极大提高了蓄热室的有效面积。并配置矩形陶瓷燃烧器,这种燃烧器,设有一个矩形煤气通道,四周由助燃空气槽形通道环绕。

为使燃烧器煤气通道内燃气分配均匀,特在煤气槽形通道内设置一个挡墙-煤气导流板。以便使通过煤气槽通道长度的煤气均匀分配达到最佳化,并模拟燃烧器及管道模型,以确定获得最佳煤气分布的挡墙形状。煤气从陶瓷燃烧器底部进入煤气槽通道,空气进入空气通道,使煤气和助燃空气在燃烧前通过特殊结构格栅式均布孔洞使之混合均匀,将煤气和空气混合后在赤热的耐火材料表面燃烧,实现快速强化燃烧及热交换。陶瓷燃烧器使用高温性能优良的耐火材料,上部采用耐热性、耐剥落性良好的耐火砖 HS、HR(国外引进),下部采用致密粘土砖。矩形陶瓷燃烧器的合理结构确保了煤气和空气的混合均匀,使燃烧更加合理,并避免燃烧时的爆震及脉动,确保燃烧过程稳定。

(4) 独特的稳定长寿型板块式墙体结构

热风炉炉墙采用稳定的自立式板块墙体结构,在全部构筑的炉墙砌体中,留有滑动缝和伸缩缝(膨胀缝),各段之间的间隙允许各段可独立活动。由于耐火砌体中的径向和纵向膨胀缝,设置滑动伸缩缝,墙体不会向炉壳传递任何力。通过设置合理的膨胀缝和滑动节点,使墙体成为板块结构。既保持砌体的独立性和密封性,又不产生破坏性应力。

(5) 高效格子砖及组合砖技术

根据热风炉控制废气温度的要求,蓄热室炉篦子支柱设计按热风炉拱顶最高温度 $\leq 1450^{\circ}\text{C}$,选择材质为中硅耐热铸铁。热室采用高效蜂窝式7孔格子砖,设计3个定位孔上下交错连锁的格子砖,砌筑成整体砖格子室。这种砌筑方式使之成为整体结构,耐高温高速气流的冲刷而不变形。与此同时,在热风炉炉衬砌体开孔部位,各阀孔:烟气出口、冷风入口、人孔、煤气入口、助燃空气入口、陶瓷燃烧器、点火孔、窥视孔、热风出口;拱顶铰链砖、关节砖、拱顶砖均采用带舌槽、子母扣的异形砖和内圆外方机压成型的组合砖技术,以增强和提高砌体的整体性、稳定性、气密性和结构强度。设计采用不同类型不同材质的异型砖和组合砖

(6) 热风总管三通处采用组合砖砌筑,加强了砌体的整体稳定性,避免了热风管三通处上部砖体脱落,使管道钢板发红鼓包烧出现象的发生。混风入口设计为四爪形,使冷热风均匀混合更

为合理。

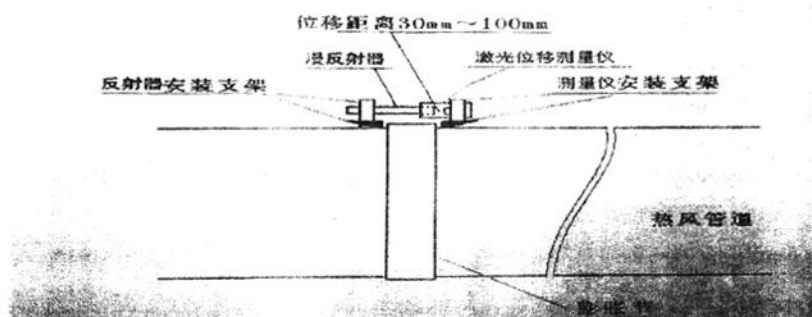
2.2 热风炉监测技术应用

实施了《热风炉炉皮监测系统》、《热风炉位移激光测距系统》的等项目

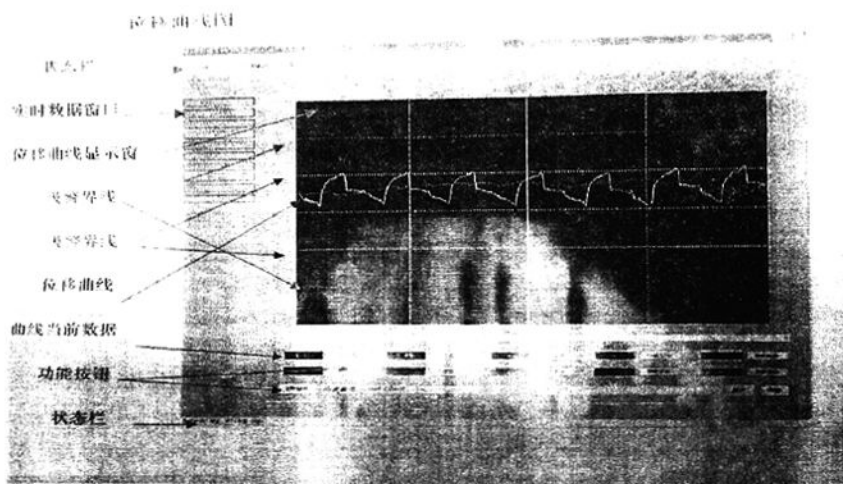
(1)、《热风炉位移激光测距系统》：是为了防止热风管道随着温度增加和使用时间的增长，而产生位置移动和形变可能导致热风管内部隔热砖的脱落或局部的破损。这个系统采用高精度工业激光测距仪，通过测量膨胀节两侧管道相对移动而获得管道升温后的位移量，来达到对使用过程中的热风管道位置移动和形变的实时监测的效果。

示意图如下：

装示意图如下：



位移曲线图：



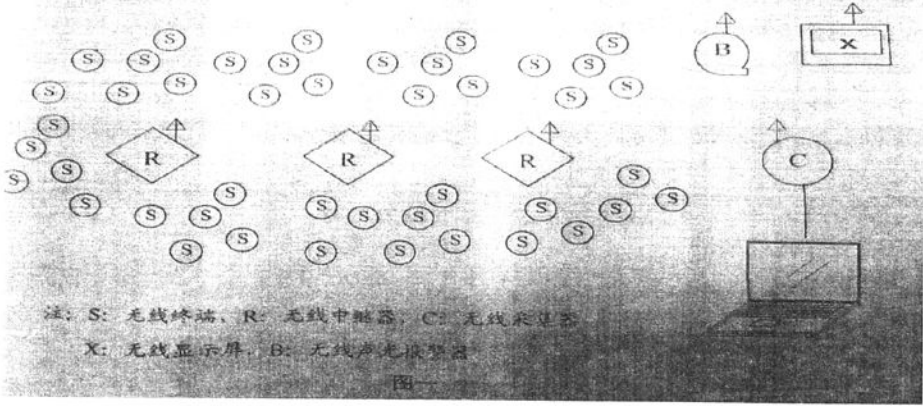
(2)、《热风炉炉皮监测系统》：热风炉炉皮监测系统采用 KZ-710 无线数据传输系统作为基础构成，系统由无线测温终端、无线中继器、无线采集器、无线声光报警器、显示器、电脑构成。

主要是实时监测热风炉炉皮温度。

系统结构

系统由无线终端、无线中继器、无线采集器、无线声光报警器、显示大屏及电脑构成。

图一所示。



3 技术研究

三高炉热风炉采用 4 座内燃式热风炉、2 座顶燃式预热炉、煤气换热器及重力除尘器加旋风除尘器等设备，送风制度为“两烧二送”，煤气能源紧缺制约着热风炉供给高炉风温，在实际工况中找出最佳的燃烧配比模式，充分发挥双预热及热值仪、废气分析仪器的作用制定合理的送风周期对于提供稳定的高风温具有十分重要的意义。为了满足持续稳定、安全供给 1280℃ 风温的要求，我们在生产中制定了较为科学的送风周期，通过对单位风量加热面积的能力进行计算及分析，热风炉单位风量加热面积与废风温度、格子砖送风初期及送风末期温度差的关系，即送风 60 分钟、燃烧 110 分钟、换炉时间 15 分钟。送风时间过长过短都将影响炉内热量收支，破坏蓄热守恒周期，不利于高风温的有序供给。合理控制燃烧送风周期，尽可能增加燃烧时间，保持蓄热平稳均衡。

迁钢 3#高炉热风炉选择合理的热工参数，及时调整控制变量，实行优化热风炉操作参数的措施，合理安排送风-燃烧周期，提高热交换系数、提高热风炉热效率，改进热风炉燃烧状况，缩短燃烧期、送风期的时间，采用强化燃烧快速烧炉制度充分发挥助燃风机和煤气管网的能力，最大限度的缩短初、末温差，增加热风炉的蓄热量，做到燃烧完全、热效率高、降低能量消耗，使风温保持在一个有序稳定的高水平状态。

表 2 迁钢高炉煤气成分及发热值

介质	CO	H ₂	CH ₄	CO ₂	N ₂	发热值
高炉煤气	22.3	2.3	0.4	22.8	50.6	709

操作手段改进为实行快速燃烧，在保证完全燃烧的情况下，燃烧初期加大空气量和煤气量，在燃烧初始 15-20 分钟内炉顶温度达到最佳状态，及时观察顶温、烟温变化进行保温期操作。

利用烟气残氧分析、热值仪数据、五点（炉顶 3 点加格子砖 2 点）测温等技术参数参与计算周期所需要的煤气化学热，超前判断煤气利用趋势，在单位时间内以最快速度加大空气用量，减小焦气用量以达到合理燃烧。

改进送风制度，调整燃烧-送风周期，保持蓄热平稳均衡收支，顶温始终保持在 1380℃ 以上，

燃烧中煤气压力控制为 10KPa 以上,及时调整空、煤气配比,注意观察顶温、烟温变化,提高炉顶末温,增加换炉次数,在风压、风温波动不超规定的前提下,准确、迅速的换炉,获得较长的燃烧时间,增加了保温期,延长送风期,减少周期风温降落,提高了热效率。

参考煤气换热器的技术设计参数范围,结合生产实际根据工艺制定管束温度控制在 130℃~270℃,烟道温度控制在>390℃,单炉燃烧烟道温度控制<330℃,烟气进口温度控制在>320℃,管束温度过高过低,将影响煤气的预热温度。烟气的这一温度区间能获得最佳预热煤气温度在 120℃~160℃。3#高炉热风炉换热器使用参数

表 3 3#高炉热风炉换热器相关参数

位置	温度
煤气入口, °C	45
煤气出口, °C	212
烟气进口, °C	285
管束温度, °C	270
烟气流, Nm ³ /h	272000

预热炉预热空气温度波段控制, 300℃—650℃使用范围时每 30 分钟提高 50℃, 避免了助燃风管道升降温过快造成对空气管道砌体的破坏。采用一烧一送工作方式, 3h 一换炉, 预热炉初、末温差在 80~100℃, 预热空气温度控制在 600~650℃。形成良性循环的工作周期。

在高炉稳定使用风温 1200~1250℃时, 送风周期控制为 60 分钟。炉顶温度控制 1380℃, 初、末温差在 30~50℃,, 最大限度的缩小了顶温与风温差值, 得以保持热风炉中下部的热交换及热平衡, 使风温供给保持更加稳定。

努力实现“高风温, 低故障, 创一流”目标做到合理控制指标。具体要做到“三勤一快” “三勤”是勤联系, 经常与高炉值班室、煤气调度联系, 及时掌握高炉炉况、风温使用情况, 煤气压力变化波动情况, 勤调节, 对燃烧炉根据风温需要及时调整煤气量合理的控制过剩空气系数。勤检查, 发现问题果断及时处理。一快: 在风压、风温波动不超规定的前提下, 准确、迅速的换炉, 以获得较长的燃烧时间, 提高热风炉效率, 保证高风温的使用。

4 设备及维护

严格执行设备的定人、定期、定修制度, 完善定期的停风检修, 例修, 强化提高热风炉的整体设备运行状况水平, 在日常的维护中对设备问题坚持认真检查, 及时发现及时处理, 对解决有困难的问题件件要有可靠临时维护措施。对有计划检修设备有针对性地、分轻重缓急的加以重点解决把维护运行工作做到实处。

为使热风炉停电状态下一二层液压站蓄压器油压共享, 在一、二层蓄压器之间增加连接管, 提高事故状态下的应变能力, 是内燃炉、预热炉系统驱动的重中之重, 设计组织施工站内蓄能器管路连通, 保障了在事故状态下液压系统的互补与保护。针对内燃炉炉顶开焊的事故, 制订了防范措施, 积极联系设备室对热风炉进行炉体探伤, 发现很多超标缺陷, 准备进一步全面的对炉皮焊缝进行处理。

5 实践效果情况

表 4 三高炉热风炉控制部分参数

月份	风温℃	预热风℃	预热煤气℃
一月	1255	436	136
二月	1239	418	151
三月	1262	462	145
四月	1258	423	134
五月	1253	421	151
六月	1249	412	145
七月	1257	413	136
平均值	1253	425	143

6 下一步的工作思路

迁钢发展远景中对大力推动循环经济提出了构建“资源节约型、环境友好型”社会的要求。在控制温室气体排放方面工作：

- (1) 使用低热值煤气作为主要燃料，经工艺转化后以低价值的高炉煤气获取高价值的高温热量。减少煤气的放散量，节省昂贵的高热值煤气供给相关部门，达到能源合理配置，创造更大的经济效益和社会效益，真正做到“资源节约型”工序；
- (2) 实现系统优化、合理燃烧的最大工效；
- (3) 烟气余热尽最大努力回收利用，进一步发挥预热煤气和预热空气潜能；其次，烟气余热供煤粉车间作为干燥、惰化气；再次，供解冻库作为热气源用等；
- (4) 开发减排温室气体总量的有效措施和相关技术。

7 结束语

7.1 可望实现 1280℃ 高温及寿命 25 年以上。为高炉高产长寿，优质低耗创造条件。同时为国内提供了热风炉的新炉型结构，值得国内众多传统内燃式热风炉技术改造借鉴。高温长寿型内燃式热风炉，也是我国 4000m³ 以上高炉热风炉的发展方向。

7.2 随着高炉炼铁技术的快速发展，高炉热风炉的选择范围越来越大。大型化、多样化、高效化，大大缩小了我们与世界先进水平的差距，迁钢热风炉 1280℃ 高温技术在广大炼铁及相关专业科技工作者工不懈努力下，对结构，耐火材料的进一步改进与开发、研究、优化、完善热风炉操作技术，提供了成功应用的典范，创造出的一系列世界水平的具有自主知识产权的领先技术，弥补了国内外热风炉高温技术应用的空白，也将为今后迁钢高炉热风温度稳定持续供给达到 1300℃ 奠定了坚实的实践基础。