包钢4 150 m^3 高炉热风管系温度异常处理*

李智辉,王永忠,石 钢,王国新,曹志强

(内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章针对7#高炉热风炉热风管道表面温度突然升高,采用表面风冷,效果不明显。休风开孔观察,确定管道内部耐火砖大面积坍塌,根据塌陷程度,对该区域采用先浇注、后灌浆的方式补漏,修补后热风管道表面温度恢复正常,避免了热风管道烧穿等恶性事故的发生。

关键词: 高炉热风炉;热风管道;浇筑;灌浆

中图分类号: TF578.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)02-0008-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.02.004

Treatment of Abnormal Temperature for Warm-air Pipe System of 4 150 m^3 Blast Furnace of Baotou Steel

Li Zhi-hui, Wang Yong-zhong, Shi Gang, Wang Guo-xin, Cao Zhi-qiang

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

Abstract: In this paper, it is introduced the surface temperature of warm-air pipe of 7# blast furnace hot stove increases suddenly, the effect of surface air cooling is not obvious. With the observation by damping down and opening pore, it is determined that the firebricks inside the pipe are with a great area of collapse. According to the degree of collapse, the mode of pouring followed by grouting is used in this area for leak repairing. As a result, the surface temperature of warm-air pipe is returned to normal and such serious accident as burning through of warm-air pipe is avoided.

Key words: blast furnace hot stove; warm-air pipe; pouring; grouting

包钢7#高炉有效容积为4 150 m^3,于2014年5月27日投产。迄今高炉生产相对稳定,平均风量6 400 m^3/min,送风压力440~460 kPa,顶压225~235 kPa,风温1 180~1 220 ℃。高炉配备4座卡卢金顶燃式热风炉,送风方式采用交错并联送风,累计工作4年时间。

2018年9月18日巡检发现,2#热风炉热风主管与热风支管三岔口区域(1#区域)温度显示为505 ℃,高于平均温度230 ℃;同年9月27日3#热风炉热风炉热风主管与热风支管三岔口区域(2#区域)温度显示为525 ℃,高于平均温度240 ℃。

针对这一情况,利用2018年10月计划检修机会,对热风炉系统温度升高幅度较大区域进行了浇注及灌浆处理。从处理效果来看,1#、2#区域温度正常。按照正常工艺要求,最合适的方式是热风管道重新砌筑,从管道降温、重新砌筑到烘烤使用,整个

* 收稿日期:2019-11-01

作者简介:李智辉(1988-),男,河北省高阳县人,现从事热风炉操作工作。

工程周期大约 15 天。由于管道重新砌筑需要长期休风作业，严重影响高炉正常生产。而高温点浇注及灌浆工艺步骤简单，不需降温、砌筑及烘烤过程，将工期缩至 48 小时左右，更加适用于短期项修。

1　热风管道温度异常原因

1.1　温度异常点

根据卡卢金公司提供的数据，热风炉管道外壳的设计温度为 150 ℃，也就是在热风炉在正常工作状态下，管道外壳达到的最高温度为 150 ℃。

2018 年 9 月中下旬在巡检过程中发现热风管道外壳温度超过规定范围，随后采用热成像仪对整条热风管线进行检测，发现热风管道 1#和 2#区域内温度平均值达到了 350 ℃，最高点达到了 750 ℃。

1.2　原因分析

结合热风炉的管道结构，初步分析造成 1#、2#区域温度升高的主要原因有 2 个，一是热风炉管道砖衬间出现缝隙，高温高压的热风沿这些缝隙到达钢壳与砖衬间的填料层，填料层为疏松结构，空隙大，因而形成了局部温度升高的现象[1]。二是热风主管、热风支管多处波纹管变形失效，热风管道内三岔管附近耐火材料受热应力膨胀后导致耐火砖砌体变形、碎裂，甚至倒塌，热风直接接触管道管皮，从而温度升高[2]。

1.3　初步处理

针对 1#、2#区域温度异常情况，采用氮气冷却与喷雾淋水冷却结合的方式，并对两个区域实时温度进行监测，图 1 为 9 月 23 日至 27 日期间 1#区域温度变化，图 2 为 9 月 29 日至 10 月 2 日期间 2#区域温度变化。通过监测发现，1#、2#区域温度基本得到控制，但是耗费能源，不具备持续性，只是治标不治本。还需在后期考虑灌浆方式处理异常高温点。

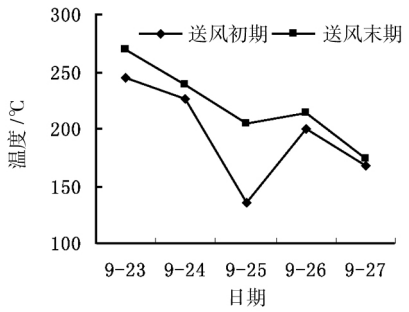


图 1　1#区域温度实时检测数据

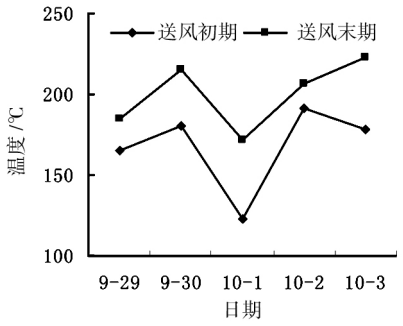


图 2　2#区域温度实时检测数据

2　综合处理

在计划检修前就根据管道外壳温度范围大小进行模具的准备，浇注料的选择及施工方案的制定等准备工作。于 2018 年 10 月 10 日高炉计划检修过程中，对热风炉温度异常区域进行综合治理，主要对 1#、2#区域进行了开孔检查、浇筑、整体灌浆的处理方式，保证正常的生产。

2.1　开孔检查

此次开孔的选点采用红外测温仪与热成像仪作基本参考、现场人工巡检作最终决定的方式。此次热风炉主管开检查孔，1#区域开 400 mm × 400 mm 方孔，2#区域开直径 200 mm 的圆孔，观察发现两个三岔口均有不同程度的塌砖现象。

1#区域在钢壳剖开以后，发现该处轻质粘土砖全部粉化，这一区域的重质砖早已坍塌掉落在热风管道内。2#区域轻质粘土砖部分粉化，重质砖出现下沉，区域仅剩部分轻质砖留存，轻轻击打后，轻质砖便纷纷掉落，这一区域的重质砖下沉，部分粘连即将坍塌，与预先估计情况相同。

针对以上情况，对 1#、2#区域采用先浇注修补后灌浆的方式进行检修。

2.2　浇注修补

2.2.1　浇筑料的选择

之前热风炉管道修复使用铁沟浇注料，这种浇注料含水量高，需经过较长时间的烘烤才能排除内部水分，如果烘烤不彻底，在高压、高温的热风作用下会出现粉化现象，因此该材料并不完全适用于热风炉主管的浇注。

本次浇注料重新配置，内部加入了钢纤维材料，其耐火度、耐压强度和抗剥落性显著提升，同时还具备了一定的防爆性能。该材料能够快速干燥，仅借

助管道温度就可快速固结成坚实整体，不需要长时间烘烤，显著缩短检修时间，有利于高炉尽快恢复生产。浇注后工作稳定，热风管道寿命延长，降低了高炉休风率，对高炉的安全生产有一定意义。

1#区域使用防爆浇注料约1 875 kg，2#区域使用防爆浇注料约2 625 kg。浇注料的成分如表1所示。

表1 浇注料理化指标

Al_2O_3 含量/%	耐火度/℃	密度/(g·cm^{-3})	耐压强度/MPa
≥70	≥1700	≥2.7	55

2.2.2 浇注修补流程

针对1#、2#区域砖衬塌落情况，首先采用浇注修补的方式进行处理。具体步骤如下：①取走松动的砖衬；②将掉落在热风管道内砖衬清理出来；③内弧支模并固定牢靠；④用石棉毡堵住内弧钢板与砖衬的缝隙；⑤防爆浇注料搅拌均匀后浇注在钢模上，不高于管壁内表面；⑥将重新割好的钢壳焊接在热风管道上。

2.3 灌浆修补

2.3.1 灌浆孔开孔情况

在灌浆作业过程中，应符合以下几点要求：

(1)灌浆点的选取可以采用敲击与测温相结合的方式。

(2)开孔工具选择气焊切割。

(3)开孔间距保持在800 mm以内(避免灌浆时，局部压力过大造成砖衬结构损坏)，开孔数控制在2~3个(1个灌浆孔，其余为排气孔)。灌浆过程中，灌浆孔在垂直高度上应低于排气孔，将搅拌好的浆料从灌浆孔挤入。

(4)灌浆工艺应选取专业灌浆料。

(5)当排气孔有灌浆料溢出，证明灌浆料充满空隙，关闭排气孔阀门；当灌浆压力表示数达到2.5 MPa时，证明灌浆料致密度达到要求，停止灌浆。

本次灌浆中，共开孔22个，开孔位置尽量分布在管道的上半圆。

2.3.2 灌浆情况

表2为热风炉1#，2#区域灌浆孔与灌浆量的情况。

表2 开孔数统计

位置	开孔数/个	灌浆量/kg
1#区域	8	800
2#区域	5	600

3 综合处理效果

高炉复产后对所有灌浆区域进行了48小时温度跟踪，具体情况见图3。由图3可以看出，1#和2#区域温度均降低至130 ℃以下，说明浇注层工作良好，基本上达到了预期的效果，也为以后处理热风管道外壳温度异常积累了经验。

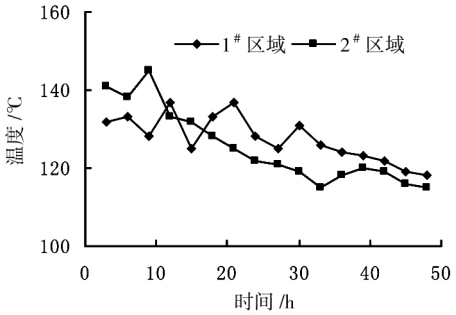


图3 浇注灌浆后管道红外测温结果

4 结束语

由于使用年限长，风温及风量波动大，热风炉主管管道内耐火砖容易出现塌陷的状况，进而导致管道表面温度异常升高，可能发生管皮烧穿的危害。针对耐火砖坍塌的状况，通常是进行长期休风，降温，然后进行重新砌筑。本文采用先浇注后灌浆的方式可以极大的节约时间，最大限度的减小高炉因休风带来的损失。

参 考 文 献

[1] 动力管道设计手册编写组. 动力管道手册[M]. 北京：机械工业出版社，2006.

[2] 杨双平. 冶金课程工艺设计计算[M]. 北京：冶金工业出版社，2009.