

Study on Technology of Reducing SO₂ Concentration in Flue Gas of Hot Blast Furnace

Chengguo Dong

Shiheng Special Steel Group Co., Ltd., Tai'an, Shandong, 271612, China

Abstract

Under the low cost strategy of iron and steel industry, the consumption of low-quality resources, especially the use of high sulfur coal for metallurgical coke, makes the sulfur load in the furnace continuously increase, and the sulfur content of blast furnace gas increases accordingly. After being used as the fuel of hot blast furnace, it is difficult to control the SO₂ content in the flue gas of hot blast furnace. Through strengthening the control, keeping the long-term stable and smooth operation of the blast furnace, taking effective control of the sulfur load into the furnace, reducing the sulfur content of the blast furnace gas, reducing the consumption of the hot blast furnace gas and other optimized operation means, the SO₂ content of the hot blast furnace flue gas is greatly reduced, and the new national ultra-low emission standard is achieved.

Keywords

SO₂ concentration in flue gas of hot blast furnace; sulfur load; ultra-low emission

降低热风炉烟气 SO₂ 浓度技术研究

董成国

石横特钢集团有限公司, 中国·山东 泰安 271612

摘要

在钢铁行业低成本战略大势下, 低品质资源的消耗, 尤其是冶金焦炭使用高硫煤, 使入炉硫负荷不断攀高, 高炉煤气硫含量随之升高, 用作热风炉燃料后, 导致热风炉烟气 SO₂ 含量达标控制困难。炼铁通过加强控制, 保持高炉长期稳定顺行同时采取有效控制入炉硫负荷、降低高炉煤气硫含量、降低热风炉煤气消耗量等优化操作手段, 实现热风炉烟气 SO₂ 含量的大幅降低, 并达到新的国家超低排放标准。

关键词

热风炉烟气 SO₂ 含量; 硫负荷; 超低排放

1 引言

2020 年国家超低排放新标准规定热风炉烟气排放 SO₂ 含量小时均值不得超过 50mg/m³, 面对环保高标准、严要求, 探索研究控制措施和优化操作制度, 降低热风炉烟气 SO₂ 含量, 实现环保达标排放, 是当前炼铁高炉共同努力的方向。

2 目前主要问题

2019 年以来, 在控制入炉硫负荷不超 4.10Kg/t, 烧炉用高炉煤气消耗不超 100000m³/h 的条件下, 热风炉烟气 SO₂ 含量仍偶有瞬时数值超出 50mg/m³ 甚至超标较多情况, 操作上通过采取降低烧炉强度、甚至短暫停烧措施, 可确保小时均值控在超低排放要求范围之内, 这在一定程度上限制了热风炉生产效率的最大发挥, 高炉高风温使用造成一定影响, 从

经济性考虑, 控烧减排治标不治本, 绝非长久之策。

3 高炉煤气作为炼铁热风炉烧炉的主要燃料, 是降低硫含量的直接有效手段

高炉冶炼中大部分的硫被炉渣及生铁带走, 少量进入煤气由炉顶排出, 目前高炉煤气多为干法除尘工艺, 不具备煤气脱硫功能, 高炉煤气在未经过脱硫处理情况下, 用作热风炉烧炉燃料, 烧炉产生的 SO₂ 随烟气排放。可以通过优化高炉操作, 控制生铁硫含量、增加炉渣带出硫含量, 选择适宜的造渣制度、控制合理的渣铁温度、减少操作因素影响等手段, 降低高炉煤气硫含量。

3.1 适宜的造渣制度

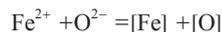
高炉脱硫的主要原理是生铁中的硫和炉渣中的氧化钙反

应生成硫化钙。一般情况下,随碱度升高,高炉脱硫效果提高,总结经验,1080m³高炉炉渣碱度适合控制在 1.15~1.20。

碱度过高使炉渣的流动性变坏,进一步阻碍硫的扩散反而不利于铁水脱硫,氧化镁因呈碱性,也具有一定的脱硫能力,渣中含有适量的氧化镁,含量控制在 9~10%,既可保证脱硫能力,又可改善炉渣流动性。

三氧化二铝属两性氧化物,在高炉炉渣中以酸性氧化物存在,所以三氧化二铝的存在不利于脱硫,同时其含量过高也影响炉渣流动性及软熔带透气性,日常生产中控制炉渣三氧化二铝含量不超 16.5% 为宜。

亚铁的存在对脱硫极为不利,因会发生如下反应:



自由氧浓度增加,对脱硫不利,因此渣中亚铁要尽量少,控制在 0.30% 以内为宜,2019 年全年 1080m³高炉炉渣亚铁平均含量为 0.25%。

3.2 渣铁温度

温度对炉渣脱硫能力的影响有两个方面:一是脱硫为吸热反应,提高温度利于脱硫反应的进行;二是提高温度降低了炉渣粘度,促进硫离子、氧离子的扩散,也对脱硫反应有利。1080m³高炉铁水温度控制在 1490℃ 及以上。

3.3 操作因素

当高炉不顺,煤气流分布失常,炉缸工作不均匀时,高炉脱硫效果降低,高炉煤气中硫含量升高,煤气热值降低。因此,保证高炉顺行是充分发挥炉渣脱硫能力、降低高炉煤气含硫量的重要条件。

4 降低热风炉煤气消耗,可有效降低 SO₂ 排放

4.1 优化热风炉烧炉参数

开始燃烧时,使用热风炉能接受最大煤气量和最小空气过剩系数,使炉顶温度在短时间内(15~20min)达到规定指数(1350℃),并保持此指数到燃烧期終了,空煤比例控制在 1:1.3 为宜。烧炉前期煤气流量逐步增加,烟气中 SO₂ 含量呈不断升高趋势,要注意防止煤气压力波动影响烟气 SO₂ 含量超标,同时防止助燃风过剩影响烟气 O₂ 含量过高,一般情况烧炉过程中控制烟气 O₂ 含量在 1~3% 水平^[2]。

4.2 增加煤气与空气的双预热工艺技术

2018 年 4 月份大修期间新增双预热后,可把煤气预热温

度提至 230℃ 以上,空气预热温度保持在 250℃ 以上,节省了高炉煤气,同时提高了风温使用,增加了喷煤量,降低了高炉焦比,降低了高炉煤气硫含量。

4.3 制定合理的烧炉制度和送风制度

根据煤气压力波动,灵活调整烧炉方法,加强对流传热,强化热风炉中、下部的热交换作用,有效节约燃料。

热风炉送风时间不要太长,一般单炉送风控制在 60~75min,这样蓄热耐火砖热效率高,采用交叉并联式送风制度,可稳定高炉风压以稳定炉况,还可兼顾高风温与煤气消耗的降低。

热风炉烟道上安装烟氧分析仪,严格按照废气温度控制烧炉,参考热风炉废气氧含量控制要求调整空煤比,减少热风炉吨铁煤气消耗量。

使用自动烧炉技术,提高自动化水平,有效降低热风炉煤气消耗。

5 保持高炉长期稳定运行,杜绝炉况波动影响高炉煤气热值及硫含量波动

5.1 入炉原燃料质量保障

焦炭占炉内料柱体积的 43.5%,在高炉冶炼过程中起到至关重要的料柱骨架作用。完善自产焦炭关键质量控制标准:25~40mm 粒级 ≤ 27.4%、1200℃ 热强度 ≥ 41%,1100℃ 热强度高达 70% 以上,大大提高焦炭料柱骨架作用,改善了炉内透气性和炉缸透气、透液性。

烧结矿占入炉含铁料比例 75% 左右,提高自产烧结矿强度,改善粒度分级、冶金性能和质量稳定性,更好地满足高炉高冶强生产的需求。明确烧结矿低温还原粉化指数(大于 3.15mm)内控标准为 65%,当前实际指标在 70% 以上,烧结矿碱度稳定率由 88% 提至 95% 及以上,混合料 SiO₂ 稳定率控制标准由 67% 提至 74%,当前稳定率达 75% 及以上。

提高入炉前筛分,应用新设备、采用新技术、设备改造,“粗粮细作”,降低入炉粉率,提升高炉高冶强生产保障。进厂块矿在料场进行预筛分、槽下引进波纹筛筛分块矿、烧结生产时进行块矿烘干、直供球团矿与块矿在槽上混装烘干块矿。槽上烧结矿半仓上料改为高仓位运行、槽下引进强力复频振筛筛分烧结矿、创新性改造转运仓内部结构降低烧结矿转运流程落差。槽下控制筛分料流 ≤ 25kg/s,通过以上措施的采取,

高炉入炉粉率 (< 5mm) 大幅降至 2% 以内。

有效控制有害元素入炉, 吨铁入炉碱负荷 (K_2O+Na_2O) \leq 3.8kg、Zn 负荷 \leq 0.4kg、Pb 负荷 \leq 0.15kg。

5.2 制定并严格执行合理的操作制度。

坚持“保证中心气流、兼顾边缘”的控制原则, 矿批不低于 38t/批、焦层厚度不低于 400mm、矿焦正角差, 保证煤气利用率在 45% 以上。

生铁 [Si] 0.30–0.60%、[S] 0.020–0.050%, 炉渣 Al_2O_3 含量不超 16.5%, MgO 含量 9–10%, 铁水温度要求 1490℃ 以上, 确保炉缸充沛热量和良好的工作状态。

6 有效控制入炉硫负荷, 从根源降低硫负荷

根据经验, 入炉硫负荷升高 1kg/t, 高炉统计得热风炉烟气 SO_2 含量可升高 30–60 mg/m^3 , 因此, 控制入炉硫负荷是降低热风炉烟气 SO_2 含量的关键。炼铁高炉冶炼过程中的硫, 80% 以上来自焦炭及喷吹燃料, 除了降低自产焦炭硫含量以外, 降低高炉燃料消耗、提高煤比、控制湿熄焦入炉比例是有效措施。

(1) 降低燃料消耗。在保持入炉精料的条件下, 高炉可以优化操作手段, 进一步追求生产低消耗。优化料制调整, 做好下部调剂配合, 发展中心气流, 提高煤气利用率。优化布料矩阵, 形成稳定的“平台+漏斗”料面, 运用大矿批、大角差技术来减少矿焦界面反应, 稳定气流分布, 抑制或减轻炉墙渣皮脱落, 提高煤气利用率, 降低燃料消耗。

(2) 提高煤比, 煤代焦降低入炉硫负荷。做好入炉原燃料质量保障, 维持自产焦炭、烧结矿较好的强度, 降低入炉粉率, 保证高炉良好的料柱透气性。除此之外, 提高入炉品位, 控制品位不低于 57.5%, 降低高炉渣量至 350kg/t 及以下, 改善料柱尤其是炉内软熔带透气性, 为提高煤比创造有利条件。

(3) 湿熄焦比例增加势必带来燃料比升高, 进而导致入

炉硫负荷升高, 1080m³ 高炉控制湿熄焦比例至 10% 以下, 是降低降热风炉烟气 SO_2 含量的重要举措。

7 异常情况应对处理

(1) 高炉停氧时, 要时时关注排放指标异常变化, 及时进行调整。

(2) 高炉减风时, 煤气压力低, 应安排一座热风炉进行闷炉, 做好对其他正常燃烧炉的煤气、空气配比调节, 废气氧含量须控制在下限 1~3%, 并密切关注排放指标。

(3) 高炉大减风时, 煤气压力极低, 先闷热风炉, 但闷炉时间应 < 10min, 在闷炉期间极力协调煤气压力, 争取最短时间内让热风炉烧炉, 来补救在线排放指标。

(4) 在热风炉闷炉前, 喷煤应立即关闭从热风炉取废气的阀门, 防止空气倒流烟囱, 使在线排放指标中的氧含量迅速增高。

(5) 热风炉闷炉期间, 全开空气放散, 助燃风机进口调至最小, 大于 1 小时应停助燃风机。

(6) 高炉减风完成, 回风时, 应在高炉风压达到 250–300Kpa 时, 再进行烧炉(具体要根据高炉顺行程度而定), 待煤气压力恢复正常时在烧炉操作。

8 结语

近一年来, 热风炉烟气 SO_2 含量平均控制在 38.42 mg/m^3 , 较前期 57.37 mg/m^3 降低了 33.03%, 达到国家 2020 年超低排放标准(炼铁热风炉实测烟气 SO_2 小时平均值 \leq 50 mg/m^3), 既创造了效益, 又带动了低品质高硫物料消耗。

参考文献

- [1] 王筱留. 高炉生产知识问答 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.
- [2] 李贵阳, 魏志江, 胡滨生. 宣钢高炉炉渣脱硫能力的研究 [J]. 炼铁技术通讯, 2006(011):P.5–6.8.