

节能减排

莱钢 120 t 转炉干法除尘系统优化改造实践

周茂林, 吴强, 马丽, 孟现俭
(莱芜钢铁集团有限公司, 山东 莱芜 271104)

摘要:针对莱钢 120 t 转炉干法除尘系统使用实践中存在的电除尘器泄爆率高、设备故障率高、蒸发冷却器喷嘴性能差、生产维护成本高、烟气含尘量波动大等问题进行了系统分析, 并采用防泄爆技术、蒸发冷却器喷嘴改进技术、系统整体切换技术、备件国产化技术等对系统进行优化改造, 大大提高了系统运行安全, 设备故障率为零, 煤气含尘量稳定在 8 mg/m^3 以下, 降低生产成本 4 元/t, 年直接经济效益达 1 700 万元。

关键词:转炉干法除尘系统; 优化改造; 静电除尘器; 泄爆

中图分类号: X757

文献标识码: B

文章编号: 1004-4620(2008)06-0025-02

1 干法除尘系统运行现状分析

莱钢于 2004 ~ 2006 年建成 3 座 120 t 转炉干法除尘系统。与传统的湿法除尘系统相比, 该系统可节水 0.1 t/t、节电 3.7 kW·h/t、可回收热值为 $7\ 118 \sim 7\ 955 \text{ kJ/m}^3$ 的煤气约 $100 \text{ m}^3/\text{t}$, 无需设置污水处理系统并节约水处理费用, 每年可降低生产成本 1 200 万元以上(按年产钢 360 万 t 计算)。由干法除尘系统净化后的烟气含尘量 $< 10 \text{ mg/m}^3$, 远低于国家规定的排放指标 (80 mg/m^3), 环境效益与社会效益显著, 成为当今绿色炼钢的重要技术之一, 其工艺流程见图 1。

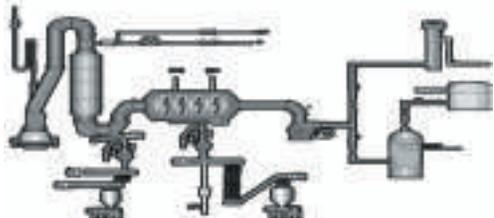


图 1 干法除尘系统工艺流程

干法除尘系统主要由蒸发冷却器、圆筒电除尘器、风机、切换站、煤气冷却器等设备组成。系统关键设备和控制技术均来自德国鲁奇公司, 技术含量较高, 系统设备复杂。系统运行后存在许多问题:

1) 系统泄爆率高。干法除尘工艺中的静电除尘器在冶炼开吹初期存在煤气燃烧、聚集能量泄爆的可能, 这种爆炸的条件在系统中不可能完全避免, 造成电除尘器泄爆时有发生。莱钢 120 t 转炉干法除尘系统投产初期, 电除尘器泄爆率每月超过 101 次。静电除尘器泄爆频繁造成电场阴极线断线、阳极板变形和内部件损坏, 影响电场运行稳定并造成烟气(煤气)含尘量波动 ($10 \sim 300 \text{ mg/m}^3$), 严

重时烟囱冒黑烟, 影响煤气回收和环境保护。LT 系统泄爆严重时还可引发电除尘器后续煤气回收设备大爆炸(2006 年 4 月发生 1 次)。泄爆问题成为制约干法除尘功能发挥的重大难题。

2) 蒸发冷却器喷嘴性能差。主要是雾化效果差, 造成蒸发冷却器桶壁积灰、刮板机过载停止、达不到烟气调质功能等问题, 系统设备故障率高。

3) 系统关键设备静电除尘器、ID 风机的故障点较多, 出现故障不仅影响转炉除尘效果, 且影响生产时间长, 同时使烟气除尘效果降低。

4) 系统设备维护成本较高。由于 ID 风机、电机的配件、泄爆阀全部依赖进口, 订货周期长且价格昂贵, 导致生产成本高。

5) 煤气回收率较低。电场不稳定, 煤气含尘量波动、煤气冷却系统降温能力不够、系统泄爆安全隐患较大等导致煤气不能安全回收。

2 除尘系统优化改造

2.1 电除尘器泄爆控制

经过分析发现, 产生泄爆现象的主要原因为:

1) 开吹 2 min 内碳氧反应剧烈, 压力波动大; 2) 吹氧操作不规范, 氧气压力波动大, 造成过量氧气进入静电除尘器, 达到爆炸条件; 3) 点吹泄爆的原因是终点碳控制过高, 造成拉碳时碳氧反应剧烈。

鉴于这些情况, 通过多次对冶炼情况的统计与分析, 建立了转炉开吹氧压表, 为总管压力、每座转炉的开吹氧压、阀门开度等参数建立了曲线对应关系, 总结出了自动开吹氧压控制模型, 实现了在各种总管压力情况下, 开吹氧压在 90 s 内平稳地自动提升到设定值的功能, 减少了泄爆次数, 提高了开吹质量。图 2、图 3 是采用泄爆控制技术前后的两种曲线对比, 采用系统防泄爆技术后实现了单座转炉开吹泄爆次数由 101 次/月降至 0 次, 杜绝了干法除尘电除尘器泄爆问题。

收稿日期: 2008-06-10; 修回日期: 2008-11-26

作者简介: 周茂林, 男, 1971 年生, 1991 年毕业于湖南株洲冶金工业学校热能工程专业。现为莱钢银山型钢公司炼钢厂工程师, 从事转炉煤气净化回收及动力输送管理工作。

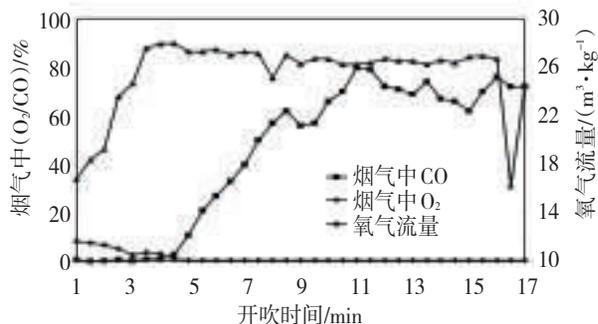


图2 手动开吹泄爆曲线

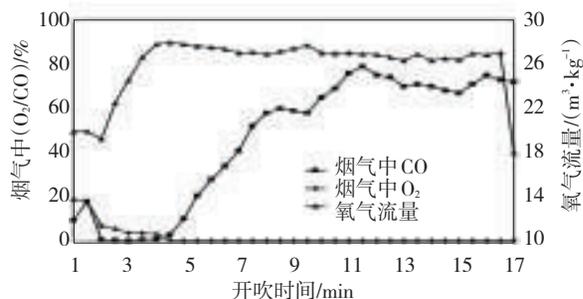


图3 自动开吹防泄爆曲线

2.2 蒸发冷却器喷嘴适应性改造

蒸发冷却器的喷嘴是蒸发冷却器的核心部分。在投产初期,发现蒸发冷却器对烟气的除尘、调质效果较差,一方面存在粗灰潮湿使蒸发冷却器壁积灰严重,使输灰链卡死、断裂,使气力输灰管道堵塞,同时使电除尘器气体分布板、阴极丝、阳极板积灰、粘灰,最终导致设备故障、主作业线停机、转炉停产;另一方面使烟气调质效果下降,导致烟气中的粉尘进入电场使电阻降低,电除尘器除尘效率下降。通过分析蒸发冷却器使用的双相喷嘴结构和蒸发理论,要增强喷嘴雾化效果,必须减小喷嘴喷出水滴的直径,增强喷嘴喷射的均匀度,即通过改造提高喷嘴的质量来解决。主要措施是:

1)纠正导流体扇形齿高度尺寸。分析发现:喷嘴齿形边至喷嘴底部的长度是45.6 mm,由于喷嘴的固定法兰尺寸一致,它刚刚可以容纳43.6 mm的喷嘴。因此45.6 mm的喷嘴则多出了2 mm,检修人员在安装喷嘴时,紧固法兰螺栓的力就主要集中在喷嘴的齿形边上,时间久了,造成喷嘴齿形边变形上翘。对喷嘴这一尺寸的修正,解决了喷嘴齿形边变形上翘问题。

2)改变外流雾化喷嘴内倒角形式。喷嘴法兰与齿边接触面的斜倒角也会影响喷吹效果,使气流产生紊流。为此把45°的斜倒角改为R3的圆弧倒角,使蒸汽通过时气流稳定、顺畅,同时在喷嘴齿形边有轻度变形时不致堵死。

3)确定蒸汽稳压室间隙。喷嘴齿形边与喷嘴法兰之间的间隙实际起到了一个使气流稳压的稳压室作用。如果此间隙过大,则气流形不成旋转,

不易打散冷却水,雾化效果不好;如果此间隙过小,甚至无间隙,则气流极不稳定、易堵死。经过多次试验,当间隙为0.6 mm时,喷嘴喷出的气流比较稳定,同时也能更好地打散冷却水,水珠颗粒最小,说明雾化效果最好。因此,确定0.6 mm为喷嘴齿形边与喷嘴法兰的最佳间隙。

4)内流雾化喷嘴刃边倒角。虽然0.6 mm的间隙可使气流相对稳定,但冷却水的喷射仍然存在偶然的抖动。经分析是冷却水在沿喷嘴螺旋槽喷出的末端位置,螺旋槽的边缘过于尖锐,造成紊流。为此,对这些边进行了倒角处理,解决了问题。

5)变换内流雾化喷嘴导流槽形式。内流雾化喷嘴导流槽原为斜直槽,喷射时水流虽有一定角度的偏斜,但均匀度不够。改造把斜直槽改为螺旋槽,这样,水流沿导流槽喷出时就会形成一定的旋转,使得水流更加均匀,同时也使水、气的相互作用与结合更加充分。

改进后喷嘴的工作效果明显提高,设备故障率也大大下降,喷嘴的部分性能超过了原进口备件且进行了国产化,降低了费用,满足了生产的要求。

2.3 故障状态下系统快速转换技术

增设备用干法除尘系统、切换阀组,并增加通讯和转换程序控制系统,实现系统主体设备出现故障时,可在1 h内快速整体切换到备用系统,保障转炉正常生产。

2.4 系统备件国产化技术

针对干法除尘关键设备进货周期长、费用高等不利因素,研究ID风机、钟形阀、煤气分析仪等设备,实现关键备件全部国产化,解决了备件供应难、费用高的问题。如对进口ID风机的使用材质、风机运转性能、结构参数、轴端密封及维护等进行分析测试,解决了风机国产化的必要技术,通过与相关厂家合作,实现了5个月内生产出国产样机并安装使用成功,风机运行性能良好,而整套设备的采购费用仅为进口设备费用的1/4,节约了生产成本。

2.5 煤气低含尘量控制技术

系统运行初期,由于煤气含尘量较高,煤气柜拒收,120 t转炉煤气回收仅为45 m³/t。通过分析静电除尘器气流分布板、电场阴极、阳极、刮灰及细灰输送系统的设计缺陷,并利用大修予以改造。如对气流分布板改造为上方下圆式,减少堵灰,杜绝气流分布不均匀问题;对一电场阴极由2 mm不锈钢B8线改造成4 mm B8线,增加强度;二电场阴极由2 mm不锈钢V25线改造成4 mm B8线,改善二电场的除尘效果;增加振打系统,实现阴极双振打,改善振打效果;调整阳极板限位板的间隙以(下转第30页)

3%(见表2)。3)生硫膏质量稳定(见表3)。4)再生塔及缓冲槽的尾气,全部引入煤气系统。煤气系统含氧量有增加,但都在安全范围内(见表4)。5)省去了预冷塔及相配套的预冷塔循环水泵及换热器预冷塔,节约了大量低温水及电能。不再熔硫而用离心机生产生硫膏,可节约大量煤气及导热油,同时也节省了降低清液温度所用的低温水。

表1 2007年11月4~24日标定的脱硫系统操作参数

标定日期	脱硫塔前煤气温/℃	脱硫液温/℃	循环量(单套)/(m ³ ·h ⁻¹)	风量(单套)/(m ³ ·h ⁻¹)	塔前煤气含氨/(g·L ⁻¹)	塔后含硫化氢/(g·m ⁻³)	脱硫效率/%
4	28	32	1 160	1 100	4.18	0.150	96.31
5	28	32	1 156	1 126	5.60	0.185	96.69
7	26	32	1 156	1 045	5.91	0.034	99.42
11	26	31	1 160	1 047	4.44	0.041	99.08
14	28	33	1 159	1 000	5.32	0.060	98.87
15	26	33	1 160	1 030	5.32	0.033	99.38
18	26	32	1 148	1 010	5.78	0.350	93.94
22	28	33	1 140	1 010	5.57	0.045	99.19
24	29	33	1 140	1 000	5.26	0.041	98.47

表2 2007年11月1~20日标定的正压和半负压工艺脱硫液中挥发氨浓度比较 g/L

标定日期	1	4	6	8	10	12	14	16	18	20	平均
正压	4.79	4.59	4.93	4.15	5.33	5.10	5.27	5.51	5.95	6.12	5.17
半负压	7.96	9.52	7.55	8.43	8.67	9.18	9.35	7.55	8.02	7.79	8.40

表3 2007年9月27日~10月18日标定的生硫膏含硫量

标定日期	09-27	09-29	10-08	10-09	10-11	10-17	10-18	平均
含硫量/%	43.6	42.8	44.8	48.5	40.8	42.8	42.8	43.73

表4 2007年8月24日标定的兑尾气后风机后含氧情况

标定时间	0:00	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00
风机后含氧/%	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8

4 结束语

煤气净化半负压工艺技术将脱硫工段布置在鼓风机的前面,将硫铵、洗苯工段布置在鼓风机后面。工艺优点是脱硫效率稳定,温度梯度合理,经济效益和环保效益显著。该工艺在国内属于首次应用,省去了煤气预冷、预热装置,对焦化厂节能降耗清洁生产具有重要意义。

Exploitation and Application of Coke Gas Purifying Process with Negative Pressure in Half

KANG Chun-qing, QI Hua, ZHU Yang-yong

(Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

Abstract: The coke gas purifying process with negative pressure in half was exploited and applied in the No.6 and No.7 Coke Oven System. This process put the desulphur system before fan. It canceled precooling tower and increased the concentration of volatile ammonia from 4~6 g/L to 7~10 g/L. The desulphur ratio was stable at 98%. The effect was better and this process was propitious to saving energy recourse and reducing consumption.

Key words: coke gas purifying process; plus pressure; negative pressure; volatile ammonia; desulphur ratio

(上接第26页)满足电场温度变化时的横向、纵向位移等。保证了电场工作时电压稳定在60 kV以上,确保了电场有效做功。转炉煤气经过电场除尘后,含尘量降低到8 mg/m³以下,实现煤气达标全部回收。

3 优化改造实施效果

莱钢通过对120 t转炉干法除尘系统进行优化改造,使干法除尘电除尘器泄爆率降为0,保障了电

除尘器安全运行,大大提高了系统运行安全,确保了转炉正常生产;使系统在故障状态下能够快速转换,设备故障率由2007年的0.5%降低到2008上半年的0;煤气含尘量稳定在8 mg/m³以下,煤气含尘量达标实现全部回收,2008年10月份3座转炉煤气回收平均达到120 m³/t;备件国产化大大降低了设备维护成本,2008年上半年降低生产成本4元/t;产生的直接经济效益约为1 700万元/a。

Optimal Modification Practice of Dry Cleaning System for

Laiwu Steel's 120 t Converter Flue Gas

ZHOU Mao-lin, WU Qiang, MA Li, MEN Xian-jian

(Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271126, China)

Abstract: This paper analyzed systemically the existent problems in the use practice of dry cleaning system for Laiwu Steel's 120 t converter flue gas. These problems include high explosion venting rate of electrostatic precipitator, high equipment failure rate, poor performance of evaporative cooler nozzle, the production of high maintenance costs, large fluctuation of the dust contained in the flue gas and other issues. Though adopting anti-explosion venting technology, improved technology for evaporative cooler nozzle, system whole switching technology and spare parts domestically produced etc the optimal modification for the dry cleaning system was carried out. Then the operation safety of the system was enhanced largely, the equipment failure rate was zero, the dust contained in the flue gas stabilized at 8 mg/m³, production cost was reduced by 4 Yuan per ton and the direct economic benefits were 17 000 thousand Yuan per year.

Key words: dry cleaning system for converter flue gas; optimal modification; electrostatic precipitator; explosion venting