

210t 转炉煤气干法除尘汽化冷却烟道 设备设计

王玲

(北京首钢国际工程技术有限公司炼钢室 北京 100043)

摘要: 首钢迁钢第二炼钢厂 210t 转炉煤气回收净化系统采用干法除尘新工艺, 本文对干法除尘工艺流程, 汽化冷却烟道设备的选型、技术性能的确定, 结构设计的特点等进行了阐述。

关键词: 干法除尘; 烟道结构; 设计特点

Design For 210t- LD Converter Gas Dry Dedusting Vapourization Cooling Flues Equipment

WANG Ling

(Beijing Shougang International Engineering Technology CO., LTD)

Abstract: The 210t- LD converter gas recovering and cleaning system of ShouGang No.2 steel-making plants has used a new techniques of Dry dedusting. This paper has made a description on the technological process of Dry degusting, selecting of equipments and technical properties for vaporizations cooling flues, and structure designing features.

Key words: Dry degusting; Flues 'structure; Designing features

1 前言

对转炉炼钢生产过程中产生的烟气的处理效果是检验转炉车间环保水平的主要标志之一, 转炉煤气和蒸汽的回收与再利用也是转炉炼钢节能减排的重要措施, 因此减少转炉烟气向大气中排放, 同时提高能源的二次利用成为我们设计时非常重要的课题。转炉炼钢过程中产生的大量高温烟气, 其主要成分是一氧化碳。回收的转炉煤气发热值可达 1800~2200 大卡, 是一种上等燃料, 可作为轧钢加热炉、石灰套筒窑、钢包烘烤等设备的燃料。回收和利用好转炉煤气对于炼钢节能降耗, 减少环境污染意义重大。另外, 高温烟气通过热交换又可回收大量蒸汽, 蒸汽的用途甚广, 既可用于生产, 又可用于生活。

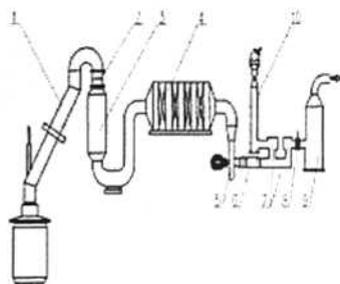
北京首钢国际工程技术有限公司 2009 年与奥钢联合合作, 为首钢迁钢第二炼钢厂 210t 转炉配套设计并投入使用的转炉煤气干法除尘设施, 投产至今设备运行完好, 使该厂吨钢蒸汽回收达到 87~100kg, 煤气回收达到吨钢 81~94Nm³/t, 同时减少了烟道系统的动力消耗, 延长了烟道设备的使用寿命。

2 工艺流程

转炉烟气净化系统可概括为烟气的收集与输导、降温与净化、抽引与放散及回收等三部分。转炉烟气的净化与回收目前有两种主要工艺方法, 一种是湿法, 主要代表有日本的 OG 法, 法国等欧洲的环境洗涤法等, 另一种是干式静电除尘工艺, 欧洲大多数国家采用干法除尘。目前国内还有一种介于湿法与干法之间的半干法工艺, 有些厂家正在应用。从使用效果看转炉煤气干法除尘工艺由于其具有高的技术含量和竞争力的技术核心, 目前处于煤气回收技术的主导地位, 转炉煤气干法净化回收系统作为国家扶植推广项目, 代表着未来我国钢铁工业节能环保的发展方向, 正在国内快速发展, 有着其推广和应用的广阔前景。

转炉煤气干法净化回收系统流程见图 1。转炉烟气通过汽化冷却烟道进入蒸发冷却塔中进行粗降温和降尘, 烟气温度由 800~1000℃降至 180℃左右, 烟气经过脱除大颗粒灰尘后, 由转炉烟气管道 (DN2600) 输送至圆筒形干式电除尘器中进行精除尘, 使煤气含尘量到 10mg/m³ 以下, 净化后的烟气经过除尘风机加压后, 不符合回收条件的烟气经切

换站放散侧杯形阀进入放散烟肉燃烧后放散,符合回收条件的煤气经切换站回收侧杯形阀进入煤气冷却器进一步冷却,最终进入转炉煤气回收总管。



1-汽化冷却烟道; 2-喷水冷却装置; 3-蒸发冷却塔; 4-干式电除尘器; 5-轴流风机; 6-消声器; 7-切换站; 8-电动隔断阀; 9-煤气冷却器; 10-带有燃烧器的放散烟肉

图1 转炉煤气回收干法除尘工艺流程图

3 汽化冷却烟道系统设计

烟气的输管道称为烟道。它兼起降温作用,因而常由水冷烟罩、汽化冷却烟道或余热锅炉等设备组成,采用后者还能回收余热。为配合转炉煤气回收采用干法除尘新工艺,我们在总结首钢迁钢第一炼钢厂汽化冷却烟道设备设计和使用经验的同时,对迁钢第二炼钢厂转炉煤气回收汽化冷却烟道进行了优化设计。

(1) 因汽化冷却烟道各段受热状况不一,为增强烟气冷却效果,设计中采用强制循环与自然循环相结合的冷却方式,即移动烟道和斜烟道设计为强制循环冷却,尾部烟道设计为自然循环冷却。在尾部烟道自然循环回路中,应用循环转换阀,当汽化冷却系统处于冷启动状态或当转炉停止吹炼时,该转换阀可通过控制台自动将自然循环转换为强制循环,吹炼时又恢复自然循环。自然循环与强制循环的自动转换,可避免在低负荷时烟道受热管束中发生水循环停滞现象,保证烟道长期稳定运行。

(2) 转炉活动罩裙升降采用氮气密封,可防止大量烟气从活动罩裙与横移烟道的间隙溢出。将其置于活动罩裙上部,水冷环下部,沿其切线方向装有 600 个氮气喷嘴,吹炼时氮气密封阀自动开启,形成两道环形氮气屏幕,最大耗气量为 4000 标米³/t 时。该装置比常用的水封密封和沙封密封设备体积小、重量轻、密封效果好,且不堵塞。

(3) 为解决双侧下料溜槽磨损需经常更换的难

题,本次设计将原斜烟道设计成两段,将带下料溜槽的烟道设计成可移动烟道,用三个千斤顶支撑将其坐落在罩裙横移车上,转炉停产检修时,检修人员将三个千斤顶分别下降 100mm,这时移动烟道和活动罩裙可以一起由罩裙横移车带动移出烟道工作位,更换下料溜槽和活动罩裙。

(4) 为满足炼钢工艺要求,罩裙横移车做成高低轨布置形式,高低轨之间高差 1015mm,车轮轨距 10870mm,该车与烟道检修台车共轨,不设走行传动装置,罩裙需要检修横移时,由炉后检修天车牵引罩裙横移车移出烟道工作位,这种大跨距烟道罩裙横移车在我国尚属首次使用。

(5) 罩裙提升装置

罩裙提升装置设置在横移车上方的土建平台上,这种布置结构紧凑,罩裙提升采用重锤式机械传动。罩裙提升由电机、减速器、传动轴、链轮、短链、导向滑轮等设备组成,四个导向滑轮设置在罩裙横移车上。其主要技术参数为:提升重量 15t;提升速度 53.3mm/s;提升高度 900mm;驱动电机功率 7.5Kw;额定转速 903r/min;减速调速比 531.7;公称中心距 450mm。

(6) 斜烟道

为保证氧枪孔口与转炉中心线一致,此段烟道设计为斜烟道,烟道中心线与烟道水平线夹角为 53°,该段有氧枪孔口(直径 φ914mm)和副枪孔口(直径 φ450mm)各一个,且两处均设置了氮气密封。该段烟道采用强制循环冷却,强制循环冷却移动烟道的每根水冷壁管均需设节流器,故在进水联箱处设置了节流器(图 2)。这种结构形式既利于冷却水的均匀分配,又可防止杂质进入受热管。节流器由套嘴、分流管、弹簧、紧固螺钉、丝堵等组成。烟道检修时,可从联箱外侧将节流器拆开,取出分流管进行清洗或更换。

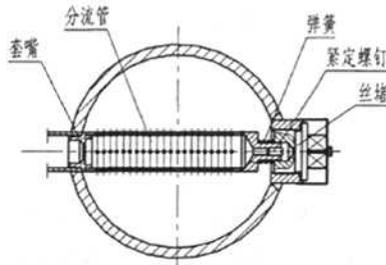


图2 节流器

(7) 尾部烟道

转炉煤气回收采用干法除尘新技术,由于蒸发冷却塔占地面积大,尾部烟道与转炉成 44° 夹角布置,尾部烟道的设计较常规设计复杂了许多。由于外方要求蒸发冷却塔与尾部烟道之间补偿器变形量要小于 30mm,而烟道实际工作理论计算变形量为 41.8mm,不能满足干法除尘工艺的要求。为此,我们在烟道设备结构上采取了两套不同形式的固定和移动支撑,在斜烟道上端与尾部烟道连接处增加一个位移补偿器,让整个烟道系统的热膨胀量分布在两个补偿器上,这样就可以保证尾部烟道与蒸发冷却塔之间水平位移小于 30mm,满足了外方的工艺要求。

1) 烟道热膨胀量计算

已知:汽包额定压力为 9 绝对大气压,饱和温度为 174.53℃,烟道受热面金属平均温升

$\Delta t = 174.53 + 25 - 0 = 199.53^\circ\text{C}$, ~为 200℃。烟道水冷壁材质为 20g; 膨胀系数

$\alpha_t = 0.0131\text{mm/m}^\circ\text{C}$; 弹簧支座到固定支座间高差 $\Delta H = 40.295 - 27.10 = 13.195\text{m}$

位移量 $\Delta = \alpha_t \Delta t \Delta H$

式中, α_t —碳钢水冷壁膨胀系数, $^\circ\text{C}^{-1}$;

Δt —热态温差, $^\circ\text{C}$;

ΔH —弹簧支座至烟道固定支座间距离, mm。

Δ —位移量

烟道垂直方向位移量

$$\Delta = \alpha_t \Delta t \Delta H = 0.0131 \times 200 \times 13.195 = 34.57\text{mm}$$

烟道水平方向位移量

$$\Delta 1 = \alpha_t \Delta t \Delta H = 0.0131 \times 200 \times 8.19 = 21.45\text{mm}$$

沿 44° 斜边位移量

$$\Delta = \alpha_t \Delta t \Delta H = 0.0131 \times 200 \times 10.796 = 28.285\text{mm}$$

$$\Delta 2 = \cos 44^\circ \times 28.285 = 20.346\text{mm}$$

$$\Delta 3 = \sin 44^\circ \times 28.285 = 19.65\text{mm}$$

经过以上计算可以看到斜烟道与尾部烟道之间的补偿器水平位移是 21.45mm,尾部烟道与蒸发冷却塔之间的补偿器水平位移是 20.346mm,这两处结合面分别设置补偿器后,烟道受热膨胀后水平位移均小于 30mm,满足了转炉冶炼工艺的要求。位移变形量见示意图(见图 3)。

2) 按照转炉煤气回收干法除尘工艺的要求,尾部烟道出口设有 1 个测温孔, 2 个测压孔和 16 个水冷喷枪孔。设备设计中以上 19 个开孔均采用跌管形式,这种结构形式不加联箱也可以保证受热管内蒸

汽的畅通,减少受热管的焊接点。为保证烟气降温效果,按照外方要求 16 个喷枪孔沿烟道圆周方向均布,且要保证与蒸发冷却塔之间有大于 6 米的直线段。

3) 尾部烟道上还设有烟道检修门 1 个,炉役时将此门开启,检修吊笼可以从该处顺利进入汽化冷却塔内部进行补焊和打渣。按业主要求在与其对称位置增设直径 800 人孔 1 个。

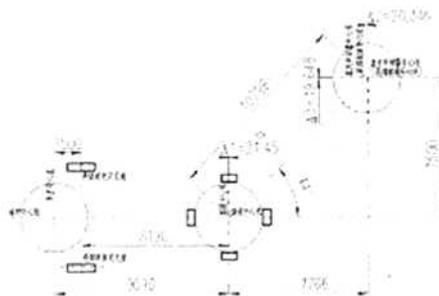


图 3 位移变形量示意图

4 技术创新点

与转炉煤气湿法除尘(OG)法工艺相比,采用转炉干法除尘新工艺技术,其优越性归纳为以下几点:

(1) 采用干法除尘工艺技术,可节省一套污水处理设施,包括污水泵、污水配路系统、污水漏斗和污水溜槽设施,一方面大幅度地减少了投资,另一方面炼钢厂房内因减少污水溜槽及排污漏斗,使得转炉及烟道附近的工艺布置更加合理。

(2) 除尘效率高。净化后烟气含尘量为 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下,如有特殊要求可降至 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

(3) 系统阻力小,能耗低,寿命长,维修工作量少。

(4) 在水,电消耗方面具有明显的优越性。

(5) 含铁干粉灰压块后可直接供转炉利用。

(6) 蒸发冷却塔采用蒸汽作为雾化媒体,喷嘴所用蒸汽采用转炉自身供应,保证了连续用汽条件。

(7) 大型转炉汽化冷却烟道同时采用两个补偿器,用以克服烟道受热膨胀后的水平位移,在国内汽化冷却烟道设备设计中尚属首次。经过近一年的生产实践证明该设备运行可靠。

(8) 提高了煤气回收的质量,回收煤气量每吨钢可达 $81 \sim 94\text{Nm}^3/\text{t}$ 。增加了蒸汽回收量,回收蒸

气量每吨钢可达 87~100kg。这两项经济指标均比首钢迁钢第一炼钢厂有了不同程度的提高。

5 结语

保护环境、变废为宝、回收能源是环境保护的一项国策，是炼钢生产不可或缺的重要环节。汽化冷却烟道系统是炼钢生产过程中防止对环境污染和充分利用能源的一整套煤气回收装置的门户和通道，其设计的好坏能直接影响煤气回收和蒸汽的质量，也关系到环境保护、烟道使用寿命和炼钢生产，故对烟道系统需精心设计。首钢迁钢第二炼钢厂转炉干法除尘汽化冷却烟道系统投产至今运行良好，各项综合技术指标均达到了预期效果，满足了用户

(上接 414 页) ~~~~~

2.4 胶结材安定性试验

胶结材安定性试验结果列于表 6。

从表 6 可见，胶结材沸煮安定性十分稳定。按 GB/T1346 的安定性测定要求，测量雷氏夹指针尖端间的距离精确到 0.5mm，测量结果误差均小于 0.5mm，因此沸煮前后差表现为零。压蒸安定性试验结果膨胀率为 0.0468% (GB/T 750 水泥压蒸安定性试验方法规定，硅酸盐水泥的压蒸膨胀率不大于 0.80%；普通硅酸盐水泥、矿渣水泥的压蒸膨胀率不大于 0.50%为体积安定性合格，反之不合格)，符合水泥压蒸安定性试验标准的要求。

3 结论

(1) 滚筒钢渣细集料与复合矿渣粉组成胶结材是一种性能良好的材料，按水泥胶砂强度检验方法，可达通用硅酸盐水泥 62.5 强度等级指标，且早期强度高，抗折强度高；可替代水泥配制 C70 级以上的高强混凝土。

(2) 胶结材的水化物是多种水化硅酸盐和水化硫铝酸盐矿物组成的多矿物胶凝物质，其结构相互交织，搭接连生，形成致密整体。因此，滚筒钢渣细集料复合矿渣粉胶结材混凝土的碳化性能、抗冻

需求。这些能源的再利用可为钢厂节约可观的成本，具有良好的环保效益和社会效益。

参考文献

- [1] 氧气顶吹转炉汽化冷却设计[M], 氧气顶吹转炉汽化冷却设计编写组编, 1978 年.
- [2] 氧气转炉炼钢设备[M], 机械工业出版社, 1982 年.
- [3] 余热利用设备设计管理规定[M], 马鞍山钢铁设计研究院, 1992 年.
- [4] 彭锋. 国内转炉煤气回收和利用简析[J]. 炼钢, 2008(6):60.
- [5] 王玲. LD 转炉烟道系统设计[C], 2008 全国能源与热工学术年会论文集.

融性能、抗氯离子渗透性能良好。

(3) 滚筒钢渣细集料复合矿渣粉胶结材沸煮安定性十分稳定，压蒸安定性符合水泥压蒸安定性试验标准的要求，其检验数据压蒸膨胀率为 0.0468%，远小于标准规定的不大于 0.50% 的要求。

致谢：感谢中国建筑科学研究院建材所沈阳试验中心徐欣、于大忠等在配制混凝土强度试验提供的帮助。

参考文献

- [1] 管建红. 宝钢钢渣处理技术的发展及其产品特点[J]. 冶金丛刊, 2005, (1).
- [2] 沈成孝. 滚筒法渣处理技术的现状及发展[J]. 冶金设备, 2003, (3).
- [3] 蒲心诚, 等. 混凝土学[M]. 中国建筑工业出版社, 1981.7.
- [4] 方宏辉. 转炉钢渣胶凝集料试验研究和应用[J]. 工业建筑, 1991, (2).
- [5] 蒲心诚, 等. 混凝土学[M]. 中国建筑工业出版社, 1981.7.