包钢500 m^2 烧结机高温烟气回收利用实践*

高万良[1],师 伟[2],任春勇[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司设备工程部,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢金属制造有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了包钢两座500 m^2 烧结机大烟道高温烟气回收利用技术的应用和实施,以及在生产实践过程中存在的技术问题。结合操作对生产参数及现场工况的分析,提出了解决方案,可在其他类似的相关设备维护中得以借鉴。在保证烧结生产稳定顺行的同时实现了企业余热回收,降低了烧结矿生产的工序能耗。

关键词: 高温烟气; 余热回收; 烧结; 大烟道
中图分类号: TF046.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)06-0022-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.06.007

Practice on Recycling High Temperature Flue Gas of 500 m^2 Sintering Machine of Baotou Steel

Gao Wan-liang[1], *Shi Wei*[2], *Ren Chun-yong*[2]

(1. *Equipment Engineering Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is introduced the application and implementation of the technology of recycling high temperature flue gas of big flue for two 500 m^2 sintering machines of Baotou Steel as well as the technical problems existing in production practice. The solutions are proposed by analyzing the production parameters and field conditions combining with the operations, which can be as references for maintaining other similar associated equipment. The waste heat recovery is realized and unit process energy consumption in sinter production is reduced while guaranteeing the production to be trouble-free.

Key words: high temperature flue gas; waste heat recovery; sintering; big flue

钢铁企业烧结工序能耗一般占据总能耗的9%~12%,国内烧结工序的能耗指标与先进国家相比差距较大,主要原因是该工序的余热资源浪费严重,国内回收率仅为10%~40%,而先进国家回收率高达60%~90%[1]。因此提高烧结工序的余热资源回收利用,已成为国内钢铁行业节能减排的发展方向。烧结生产工序的余热资源主要由成品烧结矿和烧结烟气两部分所携带的热量组成,分别为环冷机上部排出的冷却废气和烧结机台车下部抽出的烟气,分别约占烧结工序总能耗的40%和25%[2]。

* 收稿日期: 2020-10-09
作者简介: 高万良(1971-),男,内蒙古呼和浩特市人,硕士,高级工程师,现从事机械设备管理工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

包钢两座 500 m² 烧结机分别于 2014 年和 2015 年投产，目前各项生产指标均处于较高水平。针对烧结机大烟道烟气余热尚未回收利用，提出增加内置式大烟道烟气余热锅炉设备，并将产生的蒸汽并入环冷锅炉蒸汽发电系统[3-4]。本文介绍该技术的主要工艺流程、设备组成，以及在生产实践过程中存在的技术问题，并提出解决方案，可在其他相关设备维护中得以借鉴。通过对改造投产以来烧结工序的蒸汽产量以及各种能源介质消耗量统计，计算出年蒸汽回收量和烧结工序能耗的降低量，有较大的经济效益。在保证烧结生产的稳定顺行的同时实现了企业余热回收，其中 2# 烧结机在 2019 年获评国内同行业“优胜炉”。

1　烧结大烟道余热资源组成及特点

混合料经上料系统到达烧结机台车上，点火后进行抽风烧结，烧结过程自料层由上到下进行，并持续到烧结机终点为止，起点至终点烧结机下方均布风箱立管。主抽风系统由风箱、大烟道、机头电除尘器、主抽风机及后续的脱硫脱硝设备组成。烧结余热分别由成品烧结矿和烧结烟气所携带的两部分热量组成，前者被环冷机上部排出的冷却废气携带，后者被主抽风机抽出的高温烟气携带。

包钢两座 500 m² 烧结机分别设有 25 个风箱，每个风箱沿台车宽度方向分两侧抽风，并分别汇入两根大烟道主管，烟道主管沿长度方向分为阶梯状三段，从尾部到头部截面直径逐渐变大；烧结风箱和烟道设温度和压力检测；部分风箱支管设有相互切换阀门，通过调节两个烟道风量满足工艺需求；为防止烟气温度过高，保护机头电除尘器，在集气管上设有冷风吸入装置，在冷风阀进口处设有消声器。

烧结主抽大烟道汇总后的烟气，总流量 5.2 万 m³/min，温度 160 ~ 180 ℃。对现场 25 个风箱出口处的的高温烟气温度进行检测记录，见图 1。

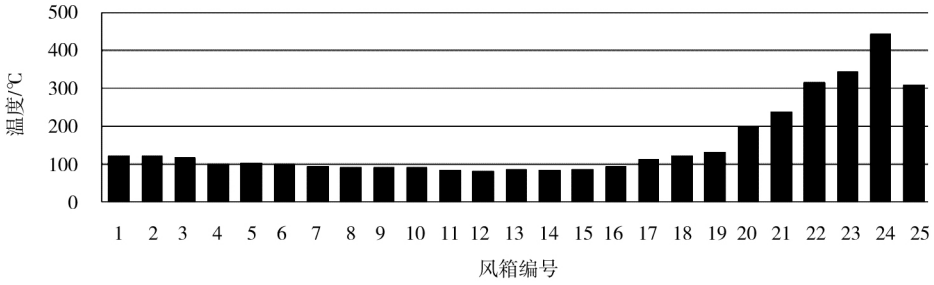


图 1　烧结机风箱出口烟气温度检测值

从烧结机风箱温度统计分析可以看出，混合料上层在 1# 风箱处点火后，最终达到 25# 风箱的烧结过程中，风箱烟气温度随着生产顺序的进行有小幅降低后又逐步上升。烟气温度在 17# 风箱处从 120 ℃开始上升，24# 风箱处达到最高 450 ℃，到 25# 风箱温度有所下降，维持在 300 ℃。可以看出，在 19#—25# 风箱处的烟气温度较高，回收利用的价值较大。

2　回收利用工艺流程

本次改造工程在烧结机的 19#—24# 风箱对应的大烟道处进行，对该部位烧结机产生的高温烟气进行余热回收。在烟道上合理的位置加装低温省煤器、蒸发器以及过热器，工艺上采用单压余热回收系统，利用烟气余热产生蒸汽实现回收。该系统由蒸汽发生器、省煤器、蒸发器、过热器、汽包、汽水管路、除氧器、电控系统等组成。

来自烧结 19#—25# 风箱在大烟道汇合的烟气温度约 380 ℃，首先经过过热器和蒸发器，再进入省煤器，在不同位置对水蒸汽进行分段加热升温，最终烟气温度降到约 220 ℃后，经原大烟道排出。从而将高温烟气中的热量逐步转换，产出合格的过热蒸汽，并入已有的蒸汽主管网中进行下一步处理。大烟道高温烟气余热回收的工艺流程见图 2。

成品烧结矿经由环冷机产生的热废气，原有设计配套一座 30 MW 低温预热电站，设有双压余热锅炉，设计分别产生 1.8 MPa 高压蒸汽 63.5 t/h、0.5 MPa低压蒸汽 19 t/h，30 MW 补汽凝汽式汽轮机一台，30 MW 发电机组一套。夏季用于发电，冬季用于采暖或生产。在实际使用过程中，汽轮发电机

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

均未达到设计的发电功率。本次大烟道余热回收改造，产生的1.4 MPa过热蒸汽21 t/h，并入现有的蒸汽网络中，与现有的余热回收系统无干涉，即可达到回收利用。

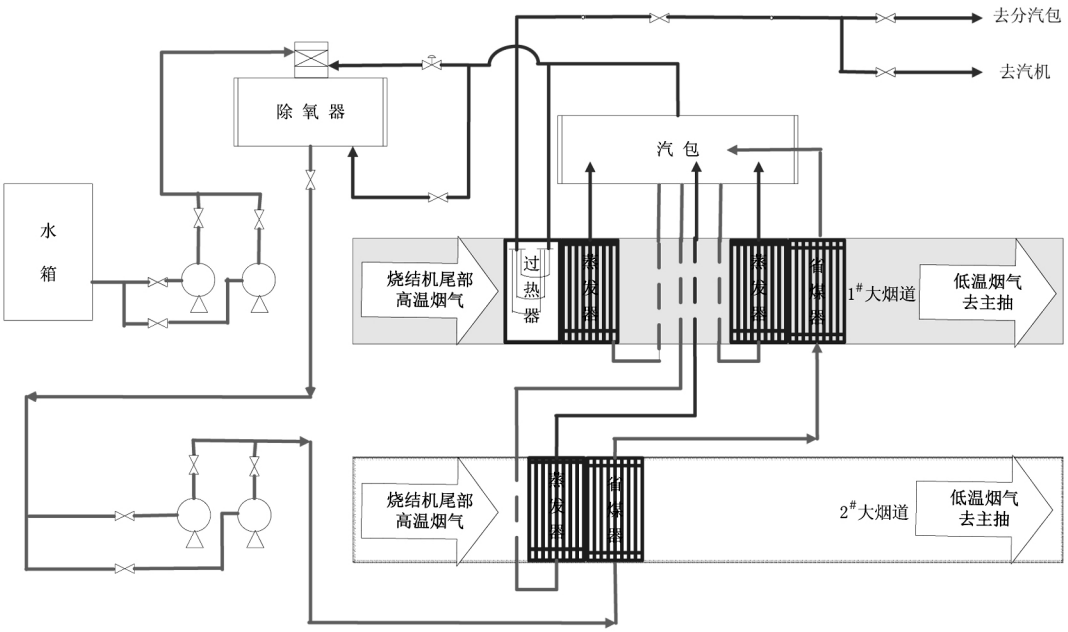


图2 大烟道烟气余热回收利用工艺流程图

3 主要影响因素及提高途径

分别在2018和2019年年底，利用中修的时间对两台烧结机大烟道余热回收项目进行施工改造，并随后投入运行。在后期的设备运行过程中，针对不同的问题对该设备系统进行了优化。

3.1 省煤器、蒸发器漏水

该回收设备投入使用后，多次出现省煤器、蒸发器漏水的情况，导致烟气中含有大量的水蒸汽，对后续的管道及电除尘器造成腐蚀，排烟温度下降导致除尘器结露。经分析，原有的大烟道为圆形，而置入的省煤器、蒸发器为方形，其内部的锅炉换热管存在受热不均的情况，对应的产生的膨胀量不相等，在焊口薄弱处开焊导致故障。

检修方案：对省煤器、蒸发器内部的锅炉换热管的支撑进行改造。改造为一侧固定支座，另一侧滑动支座，并在管道上加装金属波纹补偿器，从而避免由热膨胀引起的推力，同时还可以隔振减噪。对省煤器、蒸发器内部的换热管涂抹耐磨耐高温防护层，延长换热管的使用寿命。

3.2 主抽风机的调节

大烟道内置余热设备，会增加烟道的阻力，对应的烧结工艺操作进行调整。烧结生产的操作过程主要以调节风量和风压为主，结合烧结机的机速、料层的厚度、以及烧结机的漏风情况，对主抽风机风门进行调节。经分析烧结机头尾密封处、台车弹性密封滑道处、风箱立管、以及烟道卸灰阀出现不同程度的漏风，导致主抽风机风量匹配不均，沿程压力损失较大，使得烧结机风门开到最大，而产量降低的情况发生，给生产操控带来困难。

检修方案：对烧结机的头尾的弹性密封间隙进行调节，将密封的间隙减小；风箱磨漏处进行焊补，并对风箱隔板进行耐磨喷涂，间隔增加风箱隔板密封；烧结机台车及滑道进行调节，并缩短滑道的润滑周期，漏风得到有效治理；对大烟道的双层卸灰阀进行改型，通过扩大卸灰口的直径，保证不会出现蓖条卡阻导致积料、阀无法关闭的漏风情况发生。经过对烧结机的综合漏风治理，主抽风机的风压合理分布，达到生产稳定运行。对余热设备前后之间增加旁通管路，加装电动调节阀，并在余热设备前后安装压力检测装置，通过阀门调节合理优化工艺操作。

3.3 机头电除尘器

大烟道余热设备投入使用后，出现机头电除尘

（下转第50页）

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

6.2 轧机牌坊底面修复结果

按照要求修复后的两侧标高差不超过0.2 mm，水平度不超过0.15，平面度不超过0.15。测量驱动侧标高仅比操作侧标高高出0.13 mm，操作侧、驱动侧底面水平度、平面度均控制在0.10以内，整个平面接触点均匀，达到预期目标。

7 结束语

本次使用激光熔覆技术对包钢轧梁厂1#线BD1轧机牌坊进行修复，不仅达到设计精度要求，且经过2年使用基本没有磨损现象。可以预期使用寿命在10年以上，具有极大的经济性，值得广泛推广应用。

参 考 文 献

[1] 张辉. 再制造技术在煤矿综机设备维修中的应用[J]. 水力采煤与管道运输，2017，(2)：52－57.

[2] 李芳红. 空间测量激光跟踪仪在炼钢工艺检测中的应用[J]. 现代制造技术与装备，2007，(5)：50－51.

(上接第24页)

器内部结露的情况，导致电除尘器运行效率降低，在后续烟气脱硫后排放时，有严重的拖尾现象。

改进措施：通过加装电动调节阀门对烟气温度进行控制，通过阀门控制进入电除尘器的烟气的温度；对余热回收设备增加保温措施，降低热量损失，保证大烟道的废气温度进入电除尘不低于130 ℃，机头电除尘稳定运行，尾气达标排放。

4 应用效果

2019年2#烧结机由于余热回收设备故障，共进行带压处理省煤器漏点3次656 min，烧结机停机处理2次865 min。经过改造，余热回收系统设备运行稳定。2019年11月中修时，在1#烧结机上进行余热回收设备安装改造，故障率明显下降，未出现由于设备原因导致的烧结机停机，为烧结生产的稳定奠定了基础。

该大烟道余热回收设备是国内首次在500 m^2大型烧结机上进行安装使用，经统计大烟道主管温度降低至140～150 ℃，烧结烟气约20 ℃的热量被回收利用，产生温度300 ℃、单台21 t/h、压力1.4 MPa的过热蒸汽并入总管网中。经计算，目前两台烧结机的平均工序能耗吨烧结矿降低2.522 kg标煤，有良好的经济和社会效益。

5 结束语

通过对包钢两座500 m^2烧结机大烟道高温烟气回收利用技术的应用和实施，在保证烧结生产稳定顺行的同时，进一步提高吨烧结矿发电量，降低烧结生产的工序能耗，达到行业内较高水平。本次烧结大烟道余热回收利用项目的成功改造，充分体现该回收工艺流程可靠性，可在其他类似的设备改造和维护中得以借鉴。

参 考 文 献

[1] 蔡九菊，王建军，陈春霞，等. 钢铁工业余热资源的回收与利用[J]. 钢铁，2007，42(6)：1－7.

[2] 贾冯睿，王恩刚，赫冀成，等. 烧结过程余热资源回收与利用技术[J]. 工业加热，2014，43(4)：45－48.

[3] 严允进. 炼铁机械[M]. 北京：冶金工业出版社，2004.

[4] 汤学忠. 热能转换与利用[M]. 北京：冶金工业出版社，2002.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net