

某钢铁企业余热余能回收利用实践及改进

李军汉

陕钢集团汉中钢铁有限责任公司

DOI:10.12238/jpm.v2i2.3839

[摘要] 本文介绍了某高炉-转炉长流程钢铁企业余热余能回收利用现状,分析了节能潜力,提出了改进措施,对余热余能回收利用的优化提升提出了建议。

[关键词] 余热; 余能; 回收利用

中图分类号: TU-024 **文献标识码:** A

Practice and improvement of waste heat and energy recovery in iron and steel enterprises

Junhan Li

Shaanxi Steel Group Hanzhong iron and Steel Co., Ltd

[Abstract] This paper introduces the present situation of waste heat and energy recovery and utilization in a blast furnace converter long process iron and steel enterprise, analyzes the energy saving potential, puts forward improvement measures, and puts forward suggestions on the optimization of waste heat and energy recovery and utilization.

[Key words] waste heat; Residual energy; recycling

引言

钢铁工业是能耗大户,又是碳排放大户,我国钢铁工业碳排放量占全国碳排放总量的15%左右。在国家“双碳”目标下,钢铁工业将面临低碳转型的巨大压力,节能及提升能效是钢铁行业碳达峰及降碳的重要路径。目前,我国钢铁工业产生的余热资源回收利用不足30%,科学地回收利用各生产工序产生的余热余能资源,是钢铁工业节能降碳的主攻方向之一。

1 钢铁企业余热余能回收利用现状

在高炉-转炉长流程钢铁企业中,各工序高品位余热余能,比如烧结环冷余热、高炉余压、转炉烟气余热等得到较好的利用,但各个企业的差距还是比较大的。下面以某钢铁企业为例,分析钢铁企业在建厂设计时已经充分考虑了对各工序余热余能的回收利用,2011年投产后,通过节能技术改造,又逐步进行了完善。目前,该企业余热余能回收利用现状如表1所示。

由表1可知,该企业余热余能的回收利用主要是对高炉炉顶余压及生产工序

表1 某钢铁企业余热余能回收利用统计

工序	类别	品质	利用情况	某钢铁企业
烧结	烧结矿显热	高温余热	回收余热蒸汽或发电	发电
	烧结烟气显热	中低温余热	热风烧结、发电	发电
高炉	高炉炉渣显热	高温余热	冲渣水采暖	没有利用
	高炉炉顶余热余压	高品质	余压发电	TRT发电
转炉	热风炉烟气显热	中低温余热	煤气、空气双预热	双预热、喷煤烘干煤粉等
	转炉煤气	高热值、显热	回收潜热、显热	余热锅炉,回收蒸汽
轧钢	钢坯、炉渣显热	高温余热	未回收	未回收
	加热炉烟气显热	高温余热	回收显热	余热锅炉,回收蒸汽
	轧钢冷床显热	显热	探索回收显热	未回收

表2 某钢铁企业余热余能回收量统计(年平均值)

工序	回收方式	单位	余热蒸汽回收	行业先进指标	与行业先进指标差距
烧结	余热蒸汽	kg. t ⁻¹ 矿	62.3	128	65.7
炼钢	余热蒸汽	kg. t ⁻¹ 钢	106.9	107.6	0.7
轧钢	余热蒸汽	kg. t ⁻¹ 材	18.6	46.8	28.3
炼铁	TRT发电	kWh. t ⁻¹ 铁	47.1	50.3	3.2

产生的余热蒸汽的回收利用。此外,对部分烟气显热进行了利用,但对高炉炉渣显热、钢坯、钢渣显热、轧钢冷床显热等还未进行回收利用,这部分余热利用是行业面临的同性难题,目前尚无可供借鉴的成熟技术。

蒸汽主要产生于烧结、炼钢、轧钢

等工序。生产用户主要用于余热发电、烧结混料、炼铁布袋除尘器保温等;生活用户主要用于采暖、浴室、食堂等。主要余热蒸汽产生设施包括:2台265m²烧结余热利用设施;2套120t转炉配套2套汽化冷却装置;棒材、高线轧钢生产线加热炉配套汽化冷却装置等。目前,对各

工序绝大部分高品质余热都进行了回收利用,采取就近集中利用方式,分别配套40MW烧结余热发电机组1套,9MW炼钢轧钢余热发电机组1套。高炉炉顶余压利用方面,配套建设有TRT发电机组。

几经改进,该钢铁企业余热余能回收水平不断提高,但与行业先进企业比较,仍有较大差距。

2 潜力分析

2.1主要余热余能回收情况统计分析。2020年余热蒸汽回收量及高炉TRT发电量如表2所示。

由表2可以看出,烧结工序余热蒸汽回收量62.3kg/t矿²,较行业先进指标低65.7kg/t矿²;炼钢工序饱和蒸汽回收量106.9kg/t钢,较行业先进指标低0.7kg/t钢;轧钢工序加热炉蒸汽回收量18.6kg/t材,较行业先进指标低28.3kg/t材;高炉TRT发电量平均51.85kWh/t铁,较行业先进指标低4.5kWh/t。

通过表2可知:该企业转炉饱和蒸汽回收指标已经达到或接近行业先进水平;作为高炉附属设施的TRT,单纯追求吨铁发电量的提升是不科学的^[1];烧结余热蒸汽回收量与行业先进水平比较,还有较大差距,是改进的重点。

2.2烧结余热蒸汽回收系统存在问题及改进措施。

2.2.1存在问题。烧结工序的能耗占钢铁生产总能耗的9%~12%,仅次于炼铁工序^[2],烧结工序余热回收是钢铁企业节能减排的重要途径。该企业烧结工序共有两台265m²烧结机,配备了两台280m²环冷机。随着烧结余热回收发电技术在钢铁行业的大面积推广应用^[3],该企业实施了余热发电项目。余热发电系统配置了两台烧结大烟道余热锅炉、两台环冷机余热锅炉、一台次中温中压燃气锅炉,配备一套40MW汽轮机发电机组,40MW发电机。

烧结大烟道余热回收是将烧结机尾部6个风箱高温烟气从大烟道引出进入余热锅炉,两台烧结机分别设置1台单压余热锅炉,生产2.3Mpa、300℃次中温中压过热蒸汽,废气经换热降温后分两支管分别返回两大烟道,与不进入余热锅炉的低温烟气汇合后经现有电除尘器及

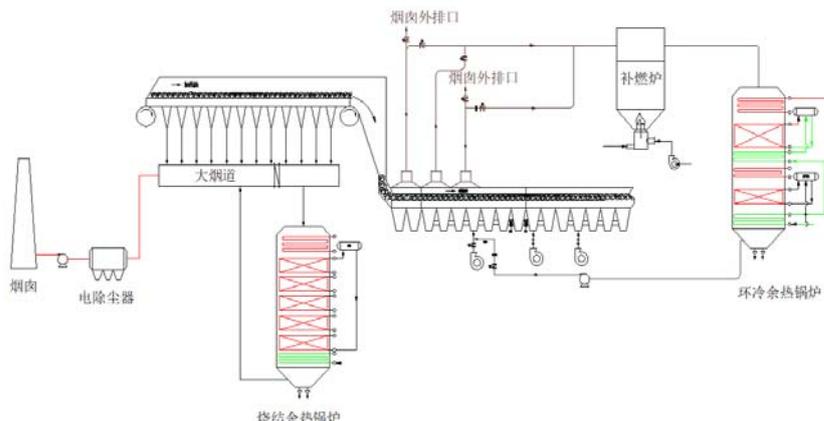


图1 烧结余热回收流程图

表3 烧结大烟道和环冷余热运行参数与余热发电设计参数对比

余热废气	单位	设计参数	实际运行参数(平均)	
			1#	2#
环冷机I段高温废气温度	℃	420	420	400
环冷机I段中温废气温度	℃	370	345	320
环冷机II段中温废气温度	℃	300	280	280
环冷机中压过热蒸汽产量	t/h	23	17.9	13.9
环冷机低压过热蒸汽产量	t/h	9.4	8.7	6.2
烧结大烟道废气温度	℃	300	240~250	240~250
烧结余热中压过热蒸汽产量	t/h	9.4	1.4	1.2

表4 环冷机改造后余热运行参数与改造前对比

余热废气	单位	改造前平均	改造后	
			1#	2#
环冷机I段高温废气温度	℃	410	480	500
环冷机I段中温废气温度	℃	335	380℃	480℃
环冷机II段中温废气温度	℃	280	360℃	470℃
环冷机中压过热蒸汽产量	t/h	15.9	26.4	20.6
环冷机低压过热蒸汽产量	t/h	7.5	7.2	9.4

表5 环冷机改造前后发电量对比及经济效益测算

指标	单位	改造前	改造后	增减
环冷吨矿蒸汽回收量	kg·t ⁻¹	62.3	80.2	17.9
环冷余热吨矿发电量	kWh·t ⁻¹	10.8	13.9	3.1
年发电量	kWh	6372	8201	1829
经济效益	万元/年	1688	2173	485

注: 1. 烧结矿产量按成品矿计算,年产量590万吨;

2. 发电机组汽耗5.77kg/t;

3. 余热发电较外购电价低0.265元/kWh。

主抽风机加压排入大气。

两台280m²环冷机分别配置1台双压余热锅炉,生产2.3Mpa、320℃和0.38Mpa、180℃的过热蒸汽。

余热锅炉产生的过热蒸汽和130t煤气锅炉产生的2.3Mpa、300℃次中压过热蒸汽,经主蒸汽母管进入汽轮机做功。随着钢铁企业利用低热值煤气发电技术的进步,应尽快对次中温中压发电系统进行升级改造,提高煤气的利用效率。

烧结余热回收利用流程如图1所示。

由于烧结工况的波动以及漏风严重导致余热锅炉在实际运行时偏离设计值,降低了余热回收系统的经济指标。烧结大烟道和环冷余热回收运行参数与设计参数对比情况如表3所示。

由表3可知,烧结大烟道和环冷机余热回收参数与设计参数有较大的偏差,特别是大烟道余热基本无回收。主要原因:①烧结原、燃料变化以及烧结终点温度控制对烟气温度影响较大,大烟道余热锅炉实际运行出力小,频繁解列;②环冷机漏

网严重, 余热废气温度偏低。该企业环冷采用的传统的环冷机, 漏风比较严重, 尽管密封罩处用上了钢刷密封, 但是环冷台车底部与风箱连接处, 环冷台车横梁仍有漏风。漏风不仅增加了风机负荷, 而且影响了换热效果, 降低了烟气温度。

2.2.2改进措施。①改善环冷机台车密封性, 降低漏风率。将环冷机械密封改为水密封, 改善环冷机台车密封性, 不仅可以提高废气温度, 而且对有效降低烧结工序能耗意义重大。②提高烧结系统生产的稳定性。在不影响全厂生产流程的前提下, 积极调整烧结上下工序, 保证烧结生产的连续, 进而保证烧结余热资源的稳定、连续^[4]; 主要从烧结原料供应的稳定性、入炉原料的均匀性、生产调度的稳定性、设备运行的稳定性等方面展开攻关, 减少工艺参数波动及非正常停机对烟气品质的影响, 保证烧结矿热源的稳定性。改造大烟道余热回收系统。

2.2.3实施效果。①环冷余热回收。2021年1月, 利用大修机会, 该企业在现有环冷机基础上进行部分改造, 将环冷机械密封改为水密封, 同时将现在摩擦驱动形式改为更为可靠的齿销传动等, 实现环式冷却机节能环保改造, 平稳运行, 整体提升环冷机效果。改造后余热蒸汽回收量明显增加, 对比情况如表4所示。环冷机改造前后发电量对比及经济效益测算如表5所示。由表5可知, 该措施实施后, 环冷吨矿蒸汽回收量增加17.9kg/t, 环冷余热吨矿发电量增加3.1kWh/t, 年可多发电1829万kWh, 增加经济效益485万元。②大烟道余热回收。受烟气品质的影响, 烧结矿热源的稳定性仍较差, 回收量未有效改善。下一步拟改造大烟道余热回收装置, 由目前从大烟道第19风箱移至22风箱, 由回收6个风箱高温烟气减少为3个风箱, 避免因换热后烟气温度降低过多, 影响电除尘器颗粒物指标升高, 提高系统的稳定性。

3 余热余能回收利用的建议和展望

3.1提高余热蒸汽回收品质。强化烧结、炼钢、轧钢生产精细化运行管理, 与余热资源用户加强协调沟通, 在利用余热产生蒸汽的汽化冷却系统中, 应该

尽量提高余热回收效率和余热蒸汽的参数。提高烧结、转炉、余热蒸汽回收品质, 确保达到设计指标, 为余热发电机组的高效运行提高保障。

3.2做好蒸汽系统平衡优化。所有热源本身都是具有品位(热源质量)的, 热源的品位不同也会有所差异^[5]。根据能级的相匹配利用的方针, 结合各种余热蒸汽的参数特点, 做到“按质用能, 温度对口, 梯级利用, 热和能尽其利用”^[6]。烧结、炼钢、轧钢工序余热资源应就近集中利用。实行蒸汽消耗环节优化, 避免蒸汽无序低效使用。取消能源利用效率低、配置不合理生活蒸汽用户。

3.3开发利用低品位余热。高炉冲渣水余热作为优质的余热资源应该得到充分、有效的利用。高炉炼铁时产生的炉渣温度约为1400℃, 炉渣在冲渣箱内由冲渣泵提供的水流冷冲为冲渣水渣并粒化, 这一过程中会产生大量的约80℃左右的热。不但可以供生活洗浴使用, 还可作为采暖热源。回收利用环冷机三、四段的余热生产85℃的热水, 供烧结生产混料使用, 减少烧结混料蒸汽用量。据某钢企统计, 三、四段的余热生产的热水供烧结混料使用, 可减少蒸汽用量5~6kg/t矿^[7]。

3.4采用热风烧结技术。采用烧结烟气循环技术, 将烧结机头尾两段抽出的烧结烟气除尘后与环冷机低温余热回收的废烟气混合, 送入烧结机台车循环烟气罩内, 再次参与烧结过程。

具体工艺路线如图2所示。

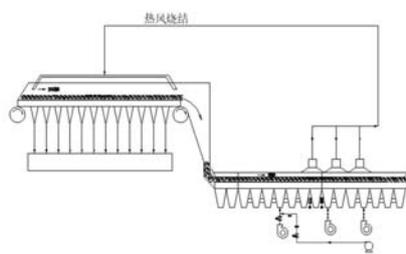


图2 热风烧结

热风烧结可提高烧结矿质量, 有效降低固体燃料消耗, 大幅提升烧结余热利用水平^[7]。

3.5其他关键共性技术的跟踪及应用。提高钢铁企业余热资源的利用率, 一是要加强现有落后设备的改造和已成熟

余热回收技术的推广; 其次, 要紧跟国外余热利用新技术的研发方向, 积极引进新技术。在“双碳”目标下, 随着企业不断加强关键核心技术的研发, 钢坯、钢材冷床显热利用技术等关键共性技术必然得到突破, 更多先进余热回收利用技术得到示范推广, 应密切关注, 适时予以应用。

4 结束语

钢铁企业存在大量的余热资源可以回收利用, 有研究表明, 做好余热回收和科学利用可以使钢铁企业对一次能源的需求量减少约8%^[8]。加大余热余能的回收利用, 有利于促进企业设备更新和技术进步, 有利于提高钢铁企业的经济效益。钢铁企业要按照“按质用能, 温度对口, 梯级利用, 热和能尽其利用”的原则进行统一的规划, 选择适宜的工艺技术路线, 根据企业自身特点制定措施并有效实施, 才能使余热资源得到充分和高效利用。

参考文献

- [1]王莹莹. TRT吨铁发电量指标研究[J]. 冶金动力, 2017, (04): 37-38+49.
- [2]蔡九菊. 钢铁企业余热资源的回收与利用[J]. 钢铁, 2007, (06): 1-7.
- [3]张瑞堂, 傅国水, 李真明, 等. 济钢320m~2烧结机余热发电投产实践[J]. 烧结球团, 2007, (05): 47-51.
- [4]马忠民. 安钢提高烧结余热利用的生产实践[J]. 冶金动力, 2014, (10): 41-44.
- [5]郑成博. 基于梯级利用理论的唐钢烧结余热发电热源高效回收利用改造研究[J]. 中国石化, 2017, (06): 35-36.
- [6]蔡九菊. 关于钢铁制造流程能量流及其网络问题的研究[C]. 中国金属学会. 第七届(2009)中国钢铁年会论文集(报告与分会场特邀报告). 中国金属学会: 中国金属学会, 2009: 196-202.
- [7]汪磐石. 宝钢烧结余热梯级利用及展望[J]. 冶金能源, 2019, 38(1): 46-51.
- [8]侯祥松, 董茂林, 姜小萍, 等. 钢铁企业余热蒸汽利用状况的研究[J]. 工业加热, 2010, 39(01): 13-16.

作者简介:

李军汉(1971--), 男, 汉族, 陕西省汉中市人, 本科, 工程师, 陕钢集团汉中钢铁有限责任公司, 从事能源管理工作。