

太钢高炉水渣余热回收的应用实践

李 峰

太原钢铁（集团）有限公司炼铁厂 山西 太原 030003

摘 要：太原钢铁（集团）有限公司炼铁厂通过近十年的高炉冲渣水余热回收工程实践，通过对使用过程中记录、问题分析、应用改造等，促进了冲渣水余热回收使用技术的发展，取得了宝贵的实践经验。该项目连续多年的稳定运行，不仅为企业创造了效益，更为国家节能节碳、产城结合起到了极大的示范作用。

关键词：高炉冲渣水、余热回收、防堵塞、嘉恒法

高炉生产在炉渣处理过程中产生大量温度在60-85℃的冲渣水，是一种废热资源，具有热源稳定、流量大的特点，一直是余热回收利用研究的重点。2010-2013年期间，太原钢铁（集团）有限公司炼铁厂和天津华赛尔传热设备有限公司开展密切合作，经过几次工程试验，彻底解决渣水堵塞、腐蚀和磨损等问题，先后在太钢三座高炉投用27台冲渣水专用换热器，利用独特的直接换热余热回收工艺将水渣余热转换为宝贵的有效热资源，取得了可观的经济效益和社会效益。太钢在高炉水渣余热回收的生产实践中，持续总结优化，为高炉水渣的余热能源的回收和利用取得了许多宝贵的经验。

1 水渣余热回收工艺情况介绍

本文中的水渣余热回收工艺，是在冲渣水上塔泵与冷却塔间的原冲渣管道设置旁路，利用加压泵将热冲渣水通过渣水换热器取热，经过换热器冷却后的冷冲渣水

再返回到凉水池，重新回到原冲渣系统，工艺流程如图1所示。

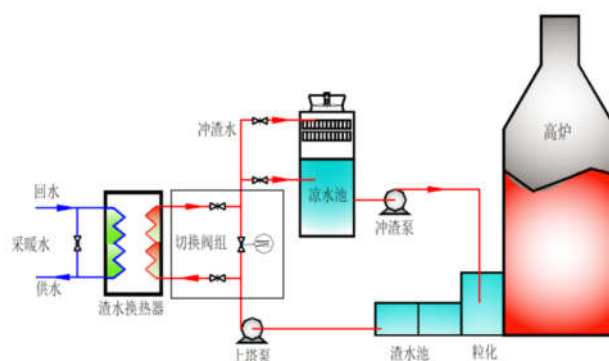


图1 水渣余热回收工艺流程图

太钢高炉水渣余热回收工程自投产以来，已连续稳定运行多年，通过每年的记录统计，现将实际运行工况汇总如表1。

表1 太钢高炉水渣余热回收实际运行工况

序号	项目	三高炉	五高炉	六高炉
1	设备名称	冲渣水换热器	冲渣水换热器	冲渣水换热器
2	设备型号	FBN3700-0.6-40GP6	FBN3700-0.6-40GP6	FBN3700-0.6-40GP6
3	设备台数	3	6×2	6×2
4	水冲渣工艺	嘉恒法	INBA法	INBA法
5	介质名称（内程）	冲渣水	冲渣水	冲渣水
6	介质名称（外程）	采暖水	采暖水	采暖水
7	介质流量m ³ /h（内程）	1500	2700	2500
8	介质流量m ³ /h（外程）	1200	2400	2400
9	运行温度（内程）.℃	60-90	60-90	60-90
10	运行温度（外程）.℃	50-78	50-78	50-78
11	运行压力（内程）.Mpa	0.32	0.35	0.35
12	运行压力（外程）.Mpa	0.38	0.38	0.38
13	压力降(内程).Mpa	0.1	0.1	0.1
14	压力降（外程）.Mpa	0.19	0.25	0.25
15	污垢系数(内程).m ² .h.k/kw	0.043	0.043	0.043

续表:

序号	项目	三高炉	五高炉	六高炉
16	污垢系数(外程).m ² .h.k./kw	0.043	0.043	0.043
17	热负荷, MW/h	15.6	45.1	45.1
18	回收热量 GJ/天	1350	3900	3900
19	单台换热面积	1415	1415	1415
20	总换热面积	4245	16980	16980

2 高炉水渣余热回收工艺的设计特点

2.1 费用投资低、占地面积小、系统简单可靠。

该套水渣余热回收工艺, 冲渣水无需设置前端渣水沉淀、过滤装置, 含有水渣的冲渣水直接进入换热器, 与采暖水进行热交换。减少了渣水预处理装置的投资费用以及相应的后期清理维护费用。根据太钢水渣余热回收项目使用的经验, 在一个采暖季(5-6个月)内, 无需对整套余热回收设备进行停机检修。

由于采用直接换热取热余热回收技术无需设置前端渣水沉淀、过滤装置等, 只有渣水余热回收装置占用部分土地, 因此, 特别适用于对旧有高炉地域狭小的改造项目^[1]。

2.2 独特的冗余热量回收设计

渣水换热器管道流量和换热面积的设计值按照高炉在最大余热回收的条件进行设计, 并留有一定裕量, 保证了高炉冲渣量和冲渣水温度变化幅度较大时, 渣水换热器均能满足高炉的正常生产要求, 全水量取热、全热量回收, 保证高炉冲渣水水温始终保持在在60℃以下。

2.3 强抗磨、抗腐蚀特性

根据高炉冲渣水磨损性高、腐蚀性强的工况特点, 换热器的换热部件全部采用2205双相不锈钢。经过长达10年的使用证明, 没有因为板片选材发生腐蚀、磨损泄露的情况, 换热部件材料和金属热处理的选择是恰当的。

2.4 低能耗的特点

渣水换热器夏季渣水路线为: 热水池-冷却塔顶部-地面热水池; 冬季渣水路线为: 热水池-渣水换热器-地面热水池。两条渣水冷却路线都使用原有热水泵, 冲渣水上冷却塔顶部的富裕水压头完全能够克服冬季渣水通过换热器的阻力, 无需另外设置增压泵。仅仅需要通过阀门进行切换即可实现冬季和夏季使用的需求, 既没有新增动力设备, 又没有增加新的能源动力介质消耗, 与原有高炉冲渣系统无缝对接, 在完成渣水取热的同时, 保证高炉生产工艺要求和稳定运行。

冬季采用余热回收装置, 使得原有冷却塔鼓风机在冬季停止使用, 既减少鼓风机的动力消耗, 又降低冷却

塔水滴蒸发, 节约大量能源。

2.5 良好的抗结垢性能

水渣余热回收工艺使用的换热器为全焊接板式换热器, 独特的板型设计具有湍流程度高、均匀流程长、换热元件表面光滑的特点, 抗结垢性能非常好。一个采暖周期结束后, 只需要使用高压水对积存在换热板片上的浮渣颗粒进行冲洗后注水保养即可。

3 实际使用中存在的经验和需要改进的方面。

3.1 冲渣水流速的合理控制

2015年冬季, 由于六高炉炉况不正常, 渣量减少, 生产操作工将冲渣水流量减少至1300m³/h, 使用一段时间后发现, 冲渣水流量逐步减少, 导致渣水换热器完全不能使用。

经过研究我们认识到, 一定浓度渣粒的冲渣水进入换热器进行换热时, 流道中的渣水需要保持1.8m/s的流速, 否则渣水中裹挟的渣粒由于流速降低就会沉积在换热器的渣水流道中, 造成换热器冲渣水流道的堵塞和截面降低, 导致冲渣水流量减低, 压差增大, 影响高炉正常生产。在后期使用中, 我们始终保持六高炉6台渣水换热器冲渣水流量始终控制在2200 m³/h以上, 此种状况再未出现。

3.2 渣水换热器进、回水斗的堵塞问题的改造

在渣水换热器的使用过程中, 发现渣水换热器进、回水斗较长易发生堵塞问题, 通过现场反复研究和多次试验, 在进、回水斗底部设计并制作安装高炉渣水换热器回水斗防堵塞装置(见图2), 并在实践应用中取得良好的效果。

3.3 对设备的独特处理措施

在渣水换热器投产运行中, 如发现高炉冲渣水系统出现板片漏水现象, 可通过检查, 确定并记录渣水侧泄漏的具体层数和层高, 采用气割或等离子切割500~600mm间距的维修口、修磨封堵镶条并装配合适、采用氩弧焊焊接, 将采暖水侧流道口周密封焊接至目视无缺陷。采取以上方法处理, 可有效延长渣水换热器的使用寿命。

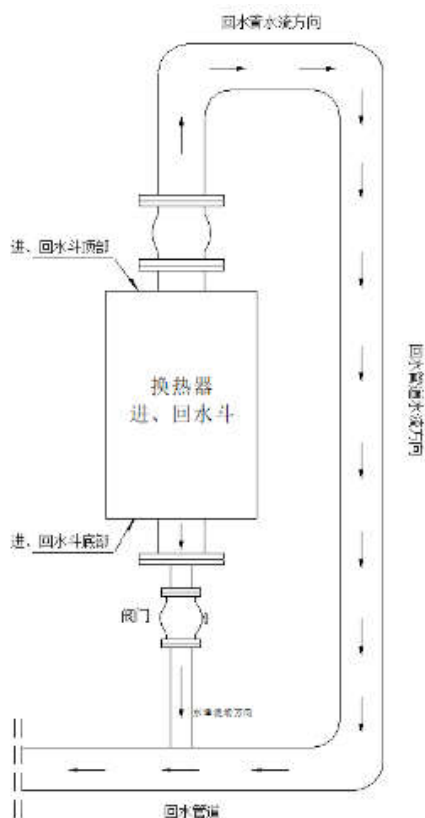


图2 回水斗防堵塞装置

3.4 由于含渣量高产生堵塞的问题解决

三高炉冲渣工艺为嘉恒法，使用粒化轮对水渣进行机械破碎，渣粒细小，后部脱水器渣水分离效果差，系统回水中细小渣量较大，渣粒细腻，更易于在渣水换热器中发生堵塞。渣水流速较低、雷诺数低，无法达到湍流状态，造成轻质渣棉钩挂及渣粒沉积，造成换热器使用效果差。

2019年，经过现场试验，我们将第一代卧式渣水换热器改造为华赛尔针对嘉恒冲渣工艺研发的第四代立式换热器，并且根据实际冲渣水量设计控制合理的流速、雷诺数，保证渣水流经换热器后处于湍流状态。换热器底部下设积渣槽和电动半球阀，定期将渣槽中积渣自动排走，避免堵塞。现场试验取得了良好的换热效果，使用的换热效果超过第一代产品，各项指标在合理区间，且运行稳定，彻底解决了嘉恒冲渣工艺中渣水换热器的堵塞问题，目前已运行3年，事实证明可以长期稳定运行。

3.5 冲渣水换热器通道尺寸变化的影响

高炉冲渣水换热器在经过多年使用，传热元件在温度、压力的作用下内部应力释放会使通道尺寸发生变化，间接影响流速变化，影响换热效果，需要在后续的产品中进行改进。（作者在执笔本文的过程中，与天津华赛尔传热设备有限公司技术人员沟通，他们已经对此进行了结构改进，并于2020年解决了此问题，其他项目应用中取得了良好效果）

4 项目实施的经验、经济效益和社会效益。

太钢使用的渣水换热器为华赛尔公司在2013年研发成功的第一代产品，其中三高炉的3台换热器在使用5年后，由于嘉恒冲渣工艺的渣水含固量太高而导致换热器堵塞停用。2019年，三高炉采用第四代技术的立式换热器进行试验，换热效率提升，没有积存的渣粒，使用更加方便，维护更加容易，运行稳定。

目前，三座高炉的水渣余热回收均稳定运行，每天回收热量均在8000GJ以上，全采暖季回收热量约120万GJ，按照采暖供热35W/m²计算，能够满足264.55万平米的供热用户使用，按照山西省热价27.5元/GJ计算，每年为太钢回收余热的价值为3300万元，折合标煤58.49万吨，减少粉尘39.77万吨，减少CO₂排放145.79万吨，减少SO₂排放2.63万吨，减少NO_x排放1.16万吨^[2]。

通过直接换热取热技术实现的高炉水渣余热利用，过程中不存在燃料消耗，是环保、节能型热源，能有效消减粉尘、CO₂、SO₂、NO_x的生成与排放，保护环境。具备一定的推广价值。

5 结语

太钢高炉水渣余热回收10年的成功运行表明，使用成熟的水渣余热回收工艺与冲渣水换热器对高炉冲渣水废热资源进行合理利用，是一项经济效益和社会效益显著的节能项目，是一项经济、社会、环境效益均比较显著的节能环保项目，是钢铁企业的节能减排的新途径，适合钢厂的实际情况，满足有钢铁企业城市发展总体要求，也符合国家能源产业政策，在全面实施可持续发展战略的大形势下，值得大力推广应用。

参考文献

- [1] 闫振武，《炼铁》，32卷第6期《太钢高炉冲渣水余热高效回收技术》
- [2] 王立平，《山西建筑》，43卷第7期《太钢高炉冲渣水余热用于市政供热的探讨》