

# 水钢余热余能的回收与利用

向宇姝, 吴复忠, 李军旗

(贵州大学 材料与冶金学院, 贵州 贵阳 550003)



**摘要:** 介绍了首钢水城钢铁集团余热余能回收及利用的现状, 分析水钢在余热余能利用方面的潜力和存在的不足, 并有针对性地提出了提高水钢余热余能利用水平的主要途径。

**关键词:** 余热余能; 回收利用; 能耗

**中图分类号:** TK115

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1639(2010)03-0008-03

## Recovery and Reuse of Residual Heat and Energy in Shuicheng Iron & Steel Plant

XIANG Yu-shu, WU Fu-zhong, LI Jun-qi

(College of Materials and Metallurgy, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

**Abstract:** This article introduces the current situation on recovery and reuse of residual heat and energy in Shougang Shuicheng Iron & Steel Group, and it analyzes the potential and deficiency of residual heat and energy, correspondingly it puts forward the way to increase the level of recovery for residual heat and energy.

**Key words:** residual heat and energy; recovery and reuse; energy consumption

钢铁企业要消耗大量的煤炭、石油等天然能源, 而在生产钢铁消耗能源的过程中, 还会伴随产生大量的余热余能资源, 包括烧结废气显热、焦炭显热、炼铁热风炉烟气余热、转炉煤气显热、轧钢加热炉烟气余热等<sup>[1]</sup>。在各生产环节中, 这些载体或能量的回收利用能大大降低总体生产的能耗, 是提高节能水平的重要手段。世界上一些技术先进的钢铁企业通过利用二次能源实现了节能生产, 生产所需能源不但没有增加产品成本, 还创造了新的利润。但我国钢铁工业对于二次能源利用还处于严重落后状态。因此, 提高“二次能源”的回收利用率, 是实现钢铁工业可持续发展的重要措施, 具有重要的现实意义<sup>[2]</sup>。

“十一五”以来, 水钢以“建西部建材基地, 创世界品牌”为目标, 主要技术经济指标取得历史性突破。2008 年主要产品产量创历史新高, 铁 274.73 万 t、钢 307.00 万 t、钢材 294.17 万 t, 轧钢综合成材率达到 97.63%; 节能降耗成绩显著, 吨钢综合能耗降低到每吨钢标煤 728 kg; 吨钢新水耗量下落到每吨钢 3.92 m<sup>3</sup>。但与国内先进的钢铁企业还存在一定的差距, 必须更多地依靠技术进步, 最大限度地回收余热余能, 才能减少资源的浪费, 降低对环境的影响程度, 从而促进资源节约型和环境友好型社会的建设。

## 1 水钢余热余能资源的回收利用现状和分析

### 1.1 水钢余热余能回收与利用现状

在充分调研水钢的能耗基础上, 发现水钢的技术装备相对落后, 工序能源消耗高, 能源转换水平低, 且余

热余能回收差是导致水钢能耗高的主要原因。表 1 是水钢的余热余能资源及回收情况。

表 1 水钢余热余能资源及

回收利用情况

每吨钢标准煤/kg

余热资源	高品位		中品位		低品位		合计	
	资源量	回收量	资源量	回收量	资源量	回收量	资源量	回收量
烧结矿显热			32	8.0				
焦炭显热	20.2	0						
铁水显热	41.5	35.4						
钢坯显热	20.6	8.2						
小计	82.3	43.6	32	8.0			114.3	51.6
高炉渣显热	20.1	0						
钢渣显热	5.1	0						
小计	25.2	0					25.2	0
焦炉烟气显热					6.5	0		
焦炉煤气显热			5.7	0				
烧结烟气显热					23.4	0		
高炉煤气显热					26.3	0		
热风炉烟气显热			12.3	0				
转炉煤气显热	7.2	2.6						
加热炉烟气显热			24.5	8.6				
小计	7.2	2.6	42.5	8.6	56.2	0	105.9	11.2
高炉冷却水余热					32.4	0		
水显加热炉冷却水余热					10	0	10	0
小计					42.4	0	42.4	0
高炉煤气余压	12.7	4.3					12.7	4.3
小计	12.7	4.3					12.7	4.3
合计	127.4	50.5	74.5	16.6	98.6	0	300.5	67.1

注: 水钢没有球团, 故没有计入球团矿显热。

表 1 中数据按照余热计算的基准 3 进行的统计, 即修正余热基准温度 (固体 200℃, 液体 80℃, 气体 200℃)。表 1 中余热资源的分类: 纵向按热量的载体分类, 分为

收稿日期: 2010-04-06; 修回日期: 2010-04-30

作者简介: 向宇姝(1985—), 女(苗族), 贵州凯里人, 硕士, 研究方向: 冶金能源。

产品显热、渣显热、废(烟)气显热及冷却水显热等 4 类; 横向按品位分类, 分为高品位 ( $>900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 和压力能、中品位 ( $400\sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 和低品位 ( $<400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 等 3 类。

由表 1 可见, 按吨钢折合量计算可知, 水钢的余热资源总量为每吨钢标准煤 300.5 kg, 包括产品显热、渣显热、废(烟)气显热及冷却水显热, 水钢的余热余能回收水平只有每吨钢标准煤 67.1 kg, 占理论回收量的 22.3%。

## 1.2 存在的问题

水钢余热余能回收利用水平低下, 还存在不少问题, 主要表现为:

1) 各生产工序不能及时足量地回收本工序所产生的各种余热和余能

(1) 焦化工序: 直至 2008 年底水钢都没有干熄焦设备, 大量的红焦显热都没有回收, 而宝钢的焦炉早已全部采用干法熄焦 (CDQ) 工艺, 回收红焦显热使焦化工序能耗大幅度降低, 不仅提高了焦炭质量, 而且也保护了环境;

(2) 烧结工序: 水钢各烧结机后部几个风箱的烟气 (最高  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 余热没有回收利用; 烧结矿环冷机的冷却废气进入余热锅炉生产蒸汽自用, 蒸汽因品质低没有并入企业的蒸汽总网, 回收利用效率低;

(3) 炼铁工序: TRT 普及率不高且发电效率低、高炉煤气化学热、热风炉烟气显热等二次能源利用率低;

(4) 炼钢工序: 水钢的蒸汽回收水平也较低, 只有每吨标准煤 2.6 kg, 而先进钢铁企业转炉蒸汽回收大约每吨标准煤 10 kg;

(5) 轧钢工序: 加热炉烟气显热利用得不是很充分, 各生产线只对空气进行了预热, 没有预热煤气, 使得排烟温度很高, 造成大量的能源浪费。

2) 已回收的各种热量得不到最有效的利用

水钢有 5 座转炉, 2 台余热锅炉, 年产钢 300 万 t, 但蒸汽回收量仅占设计的 15%。水钢蒸汽回收水平低, 问题主要在于回收量小, 操作水平差、蒸汽品位低, 未上蒸汽网, 用户也不足。冬季需要供暖, 炼钢回收蒸汽有充足的用户; 在夏季, 蒸汽没有合适用户, 放散严重, 致使水钢转炉蒸汽回收还存在明显的季节差异。因此, 为夏季转炉蒸汽寻找合适的用户成为目前水钢转炉蒸汽回收要解决的问题。

3) 成熟余热回收技术普及率低

水钢余热回收起步较晚, 干熄焦 (CDQ)、蓄热式燃烧 (HTAC)、煤调湿 (CMC) 等一些大型的回收利用技术普及率相对降低。水钢炼铁系统中只有 3<sup>#</sup>高炉配备 TRT 装置, 由于生产不稳定, 发电效率较低, 2008 年炼铁工序高炉余压回收发电量仅为每吨铁 13 kW·h; 而我国宝钢各高炉均配备了 TRT 装置, 余压回收发电量为每吨铁 34.3 kW·h; 比水钢高出每吨铁 21.3 kW·h。

4) 能源管理存在不足

策划缺少超前意识。由于缺少一个长期规划和明确的目标, 导致水钢能源计量管理与节能降耗结合得不够紧密。能源计量和分配方式落后。水钢采用手工抄表和人为配平的方法, 不能做到能源的发生量和配出量的动态平衡, 常常运用行政手段对能源分配数据进行干预, 影响了节能单位和用能单位的节能积极性。

## 1.3 余热余能回收利用潜力分析

据调查, 水钢与国内钢铁企业的余热回收水平吨钢有 9% 的差距, 为每吨钢标准煤 28.1 kg, 与国际先进水平和理论回收量差距更大, 可见我国水钢工业余热余能回收潜力巨大。为此, 对余热余能回收利用潜力进行分析、计算, 结果见表 2。

表 2 水钢余热余能回收利用

项目	现状及回收节能潜力				每吨钢标准煤/kg
	焦化	烧结	炼铁	炼钢	轧钢
资源量	32.49	55.4	145.3	32.9	34.5
目前回收量	0	8.0	39.7	10.8	8.6
未来回收量	14.0	23.0	105.6	22.1	20.0
回收潜力	14.0	15.0	65.9	14.2	10.6

由表 2 可知, 水钢余热余能的回收潜力颇大, 从理论上大约为每吨钢标准煤 162 kg; 在应用先进回收技术, 普及成熟回收技术, 加强管理的基础上, 水钢未来余热余能回收利用率可达 60%, 目前还具有的回收潜力为每吨钢标准煤 128 kg, 如果挖掘这些潜力, 可极大地降低吨钢能耗。

## 2 水钢余热余能的回收与利用途径

钢铁生产过程中有大量中低温余热资源, 如烟气余热、蒸汽余热、冷却水余热以及烧结矿、焦炭等固体的显热。应根据余热资源的数量和品位及用户的需求, 尽力做到供能与用户间的能级匹配, 在满足工艺要求的条件下, 选择适宜的回收工艺和设备, 最大程度地发挥余热的效能。而技术落后是造成水钢能耗高的主要原因, 鼓励技术创新, 积极采用新技术, 是提高钢铁行业能源综合利用的必要手段<sup>[3]</sup>。提高水钢的能源利用效率, 关键是对各工序中余热余压等二次能源的回收利用, 这方面主要包括:

### 2.1 炼铁系统余热余能回收

在提高烧结余热利用水平方面: 烧结机机尾几个风箱烟气的温度为  $250\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 环冷机高温段废气温度为  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右, 建议将这两部分废气用于物料干燥, 热风烧结和预热助燃空气。烧结机其余烟气  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下, 不考虑回收利用。环冷机中温段和低温段的废气可考虑进行梯级回收使用, 如可以将低温段废气引入环冷机中温段来冷却烧结矿, 这样既利用了烟气余热, 又使中温段的废气温度得到提高, 可以进一步利用其余热, 又如用来进行热风烧结等。

此外, 还要对炼铁系统中的干熄焦显热、焦炉煤气

显热、热风炉余热、高炉炉顶余压及高炉渣显热等余热余能进行回收,降低炼铁系统能耗。具体措施不赘述,其节能效果见表 3。

表 3 炼铁系统节能措施效果分析

措施	节能效果
CDQ	40
导热油回收焦炉煤气显热	每吨焦炭标准煤/kg
煤调湿-型煤快速炼焦技术	4
提高 TRT 发电效率	16
热风炉烟气余热回收	12
	每吨铁标准煤/kg
	10

## 2.2 炼钢工序余热余能回收

针对炼钢工序的特点,采用“负能”炼钢技术解决水钢在炼钢节能中存在的问题。“负能”炼钢是指在统计期内转炉回收的能源(转炉煤气、蒸汽)大于消耗的能源(氧气、电、煤气、水等)的炼钢过程。通常转炉烟气含有的潜热和显热占转炉所消耗能源量的 100%~130%。尽管转炉回收二次能源的总量变化不大,但是转炉煤气潜热容易转化为显热,而降低了能量的品质。因此“负能”炼钢的核心应该是:在尽可能提高转炉煤气回收的基础上,回收转炉蒸汽。而转炉煤气回收的关键是提高转炉煤气回收量和热值。

在不改变转炉煤气回收工艺的情况下,具体措施有:

①自动降罩与炉口压差调控并行。一方面控制煤气浓度,另一方面减少煤气的二次燃烧,提高转炉煤气热值和回收量。回收量达到每吨钢 95 m<sup>3</sup>,热值达到 7 500 kJ/m<sup>3</sup>,即每吨钢标准煤 24 kg。②开发稳定的转炉煤气、蒸汽用户。尤其在蒸汽用户上,要消除季节性差异。③增加现有气柜的缓冲能力,可以考虑将一、二炼钢现有的两个气柜联网。如果考虑改变转炉煤气回收工艺的情况下,建议将 OG 法除尘改为转炉煤气干法除尘。

## 2.3 轧钢工序余热余能回收

轧钢工序提高连铸坯热装热送率,降低加热炉能耗。与冷料入炉相比,铸坯在 500 ℃热装到加热炉时,可节能每吨钢 0.25 GJ;入炉温度为 600 ℃时,可节能每吨钢 0.34 GJ;如果采用直装的方式,即入炉温度为 800 ℃时,则可节能 50%以上。由此可见,轧钢加热炉的节能措施中,热装热送的效果是最直接、最显著的。

## 3 结 论

(1)由调研可知水钢的余热资源总量为每吨钢标准煤 300.5 kg,余热余能回收水平只有每吨钢标准煤 67.1 kg,占理论回收量的 22.3%,具有很大的节能潜力。

(2)从水钢余热余能资源现状分析可知水钢存在各生产工序不能及时足量地回收本工序所产生的各种余热和余能;已回收的各种热量得不到最有效的利用;成熟余热回收技术普及率低和能源管理存在不足等问题。

(3)随着冶金生产规模化的不断扩大,余热余能也将大量产生,就迫切要求我们充分合理地利用余热余能资源,水钢需以热力学第一、第二两大定律为理论基础,科学合理回收利用余热,在炼铁系统增加 TRT 技术等节能措施;争取炼钢系统实现“负能”炼钢,轧钢系统使用热装热送等,逐步做到“按质用能,温度对口,有序利用”,才能最大限度地降低能耗,力争在节约能源这一环节上取得巨大的经济效益和社会效益。

### 参考文献:

- [1] 苏震,申江.钢铁企业余热余能转换或替代电能的途径[J].电力需求侧管理,2008(4):44-45.
- [2] 丁皓,郭新有.关于我国钢铁工业二次能源利用的思考[J].科技进步与对策,2004(10):102-103.
- [3] 薛惠峰.“二次能源”回收利用——钢铁企业可持续发展的有效途径[J].节能与环保,2007(12):10-11.

## 2010 年中国电热学术年会征文通知

由中国电工技术学会电热专业委员会主办,2010 年中国电热学术年会拟定于 2010 年 9 月召开。这是中国电热及其相关研究领域的又一次盛大学术年会,欢迎各科研院所、高等学校、企业公司及相关单位派人参加会议。

本次学术年会在全国范围内开展征文,诚挚欢迎企业、科研院所、大专院校的广大科技工作者踊跃投稿并到会交流。同时,本次学术年会还将邀请电热及其相关研究领域的知名专家、学者和企业家参加并做专题报告。

### 征文内容

电炉冶炼及精炼工艺优化;能源与资源高效综合利用;新型耐火材料及辅助材料;电热及热处理。

### 征文要求

论文应为首次征文或未在公开发期刊上发表过的论文。论文宜在 4 000 字左右,要求采用 word 文档排版。

论文将在《工业加热》核心刊物上正式发表。

截止日期:请作者于 2010 年 8 月 15 日之前将论文通过电子邮件发送至西安电炉研究所有限公司张文怡或东北大学刘承军。

联系人:张文怡

地址:西安市朱雀大街 222 号 中国电工技术学会电热专业委员会秘书处 邮编:710061

电话:(029) 85271372 传真:(029) 85271372 E-mail: wenyizhang2008@163.com

联系人:刘承军

地址:沈阳市东北大学 313 信箱

邮编:110004 电话:(024) 83681478 传真:(024) 23906316 E-mail: liucj@smm. neu. edu. cn