

武钢 5 号 3400m³ 高炉

热风炉交错热并联新工艺应用总结

亿美博科技

武钢 5 号 3400m³ 高炉

高炉热风炉交错热并联新工艺应用总结

樊汉平（武汉钢铁集团炼铁厂）、杨涛（北京亿美博科技有限公司）

1.前言

高炉热风炉交错热并联自上世纪六十年代末期出现，世界主要炼铁生产国家纷纷投入研究和试验，发表了众多的论文和专利，但随着连续不断的失败，或无法长期稳定运行，以及复杂的设备构成等诸多原因，最终使该工艺方法逐渐淡出了人们的记忆，至今尚未见到有成功使用的报道。

武钢 5 号第一代高炉投产初期，曾引进该工艺方式和控制设备，但终因调试未获得成功而成为遗憾。

2.项目的提出

• 国内高炉热风炉送风工艺现状

据不完全统计，2010 年全国重点钢铁企业共有 1000m³ 级以上高炉 206 座。其中，3000m³ 以上高炉 33 座，2000~3000m³ 高炉 57 座，1000~2000m³ 高炉 116 座。在 206 座高炉中，大多数配三座热风炉，并且都采用两烧一送操作制度，年平均风温难得见到 1250℃。

国内高炉接受的风温有两种：一种是接受稳定的风温，国内外大型高炉上都在使用。热风炉在送风过程中，风温都会随着炉内格子砖储热量的减少而逐渐降低（从送风初温到送风末温），这时候需要不断兑入冷风，冷风量由最大值逐渐降低到零，高炉接受的是相对恒定送风末温，这种方式应该称之为主流方式。另一种是热风炉送风时不兑冷风，有人称之为“风温用尽”，在一个送风周期内，高炉开始接受送风初温，最后接受送风末温。两烧一送时，高炉接受的是温差约 50~70℃ 的不稳定风温，生产报表上的风温是平均风温。平均风温即使达到了 1250℃，也只是等于稳定风温约 1215~1225℃。不稳定风温过去国内多用在 1000m³ 以下小高炉上，据说现在已经扩展到了 2000m³ 级高炉上。

• 交错热并联的意义

- 在不改变原有热风炉参数的条件下提高送风温度；
- 降低焦比，增加喷煤量，降低成本；
- 减少二氧化碳排放；

• 交错热并联的工业性试验

武钢 5 高炉作为主力生产设备 2008 年决定进行大修。张寿荣院士提出要应用交错热并联，于是组成了包括武钢炼铁厂、武钢设计院、前北京钢铁设计研究总院炼铁室主任、北京亿美博科技有限公司在内的攻关组。武钢设计院负责包括大修在内的总体设计，武钢炼铁厂负责提供实验条件和具体工艺、操作、安全等技术细节，前北京钢铁设计研究总院炼铁室主任提出交错热并联工艺技术看方案，亿美博科技

有限公司负责提供全套控制设备的软硬件（包括：高精度数字冷风调节阀、以西门子 PLC 为核心的控制系统、智能自完善热风炉数字模型、具有专家知识库的自适应智能调节算法）。

3.交错热并联实施

该项目 2009 年下半年开始进行安装，在此期间武钢 5 高炉完成大修需要恢复生产，因此并未第一时间投入该项目的调试，直至 2009 年 3 月份高炉顺产一段时间后开始进行第一次调试。通过 3 次控制软件的完善，最终于同年 5 月完成所有调试工作，当月投入正式生产使用。

调试之前，为了保证高炉的安全生产，生产一线的各环节严格把关，曾因此召开集体会议 3 次，提出各项工艺、操作、安全等要求，并通过亿美博公司提供的控制系统一一实现。

其中重要的“无扰动热并联投入”方式，为未来的实际使用提供了非常有价值的保证。该功能可以在三烧一送送风方式下，实现无（风温、风压）扰动的交错热并联投入，也可以在特殊需求下将热并联转回三烧一送方式。

系统调试过程中，由于各个环节配合紧密，各尽职责，未对正常生产造成任何不利因素。

系统投入正常使用后，由于结构化设计合理，硬件设备维护维修很快就得到了现场人员的掌握，保证了该套系统长期稳定的运行。

4.体现的效果和价值

交错热并联系统不仅为 5 高炉进一步提高风温、降低焦比做出了最直接的贡献，同时与兑冷风相比，由于其送风风温和风压稳定，使得高炉顺产获得了有利条件。

• 具体表现出的效果

- 提高送风温度 50℃（同一热风炉系统，同样的煤气热值和燃烧器能力，同样的拱顶和废气温度）；
- 降低焦比，增加喷煤量，节约成本；
- 缩小送风温度误差在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内，改善炉况，有利高炉稳定运行；
- 能使热风炉在低于高炉入炉风温的情况下继续送风，因而延长了送风期，单炉送风时间达到了 240 分钟，换炉次数大大减少，提高了热风炉使用效率，减少了换炉损失的能耗；
- 送风开始和终了时，蓄热室格砖的温差大，故单位蓄热室格砖的蓄热能力增加，使风温可以进一步提高，或相同风温时可缩小蓄热面积；
- 在燃烧期，由于烟气与格砖的温差大，故热交换效率高，热效率也高。试验数据表明，交错热并联送风温度效率比单独送风高 4%左右；
- 提高送风温度不仅可以提高炉缸部位的温度，使其热量充沛，且不影响炉腹煤气量的变化，其热能利用率高，且对顺行影响小；
- 提高送风风温，使鼓风动能增加，有利于活跃炉缸，改善炉缸的工作状态。尤其对于大型高炉，足够的鼓风动能是吹透中心、活跃炉缸的重要保证；

- 提高送风风温能使喷吹煤粉在风口区域燃烧分解吸热时有充足的热补偿，从而有利于提高喷吹煤粉的热置换比；
 - 两座热风炉同时送风，降低流道风阻，换炉时风量风压波动更小；
 - 根据高炉冶炼要求任意设定风温，控制系统自动调节，降低了劳动强度，提高了自动化水平。
- 创造的价值
- 按照 5 高炉年产 300 万吨铁水，与冷并联相比，提高风温 25℃（武钢试验与单炉送风相比时，达到 50℃）计算：
- 减少二氧化碳排放约：3.9 万吨/年
 - 因降低焦比节约支出约：3583 万元/年（焦炭按 1400 元计算）

5. 进一步扩大应用范围

• 高炉送风系统的改进

由于高炉送风主管道所能承受的风温限制了交错热并联系统能力的充分发挥，因而在未来的改造工作中将成为重点内容，以使得 5 高炉在未来的生产过程中，可以进一步利用交错热并联系统高温带来的诸多益处。

• 交错热并联控制系统的改进

目前 5 高炉交错热并联系统是针对 4 座热风炉构建的，但国内国际上三座热风炉系统数量远大于四座热风炉系统，要想更广泛的发挥交错热并联工艺技术所产生的效益，应尽早具有三座热风炉的系统上获得成功应用，将两烧一送工艺改成一烧两送热并联。虽然理论模型和控制策略已经建立完成，控制系统软硬件也可以借鉴现有系统，希望具体实施尽早开展。

北京亿美博科技有限公司

北京丰台区，菜户营东街甲 88 号，鹏润文苑 B 座 2906

电话：010-63331966 传真：010-63288137

北京朝阳区，望京 SOHO 中心，塔 1-C 座 306

电话：010-64738812 传真：010-64738832

<http://www.aemetec.com>