

高炉热风炉交错热并联送风自动控制系统介绍

杨涛

北京亿美博科技有限公司 100054

摘要：炼铁高风温是提高利用系数、降低焦比、提高喷煤量和稳定高炉炉况的直接措施，也是节能减排的有力手段。通过采用先进的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和利用“十五”科技攻关——数字液压缸构造的高精度冷风流量调节阀，成功实现了热风炉交错热并联送风自动控制，实现了炼铁领域长久以来一直未能成功应用的难题。

关键词：交错并联，炼铁高风温，热风炉送风，数字液压缸，热风炉建模，智能控制，精密冷风调节阀

1 概述

高炉稳定的高风温是提高利用系数、降低焦比、提高喷煤量和稳定高炉炉况的直接措施。1200 ~ 1300℃风温是 21 世纪现代化高炉的重要标志。我国高炉风温长期徘徊在 1050~1150℃左右，近几年风温虽有所提高，但与国外相比，还是处在较低的风温水平，这种风温状况已成为进一步提高喷煤量、改善高炉指标的最主要障碍。因此，提高高炉风温具有很大的迫切性和必要性。

大型高炉热风炉交错热并联送风技术是在不改变煤气热值和燃烧器能力，同样的拱顶烟气温度和废气温度，同样的格子砖重和送风初温等前提下，有效提高风温 20-50℃的控制方法。

2 技术特点

2.1 在不改变原有热风炉参数的条件下（同样的煤气热值和燃烧器能力，同样的拱顶烟气温度和废气温度，同样的格子砖重和送风初温），降低焦比，增加喷煤量，节约成本；

2.2 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；

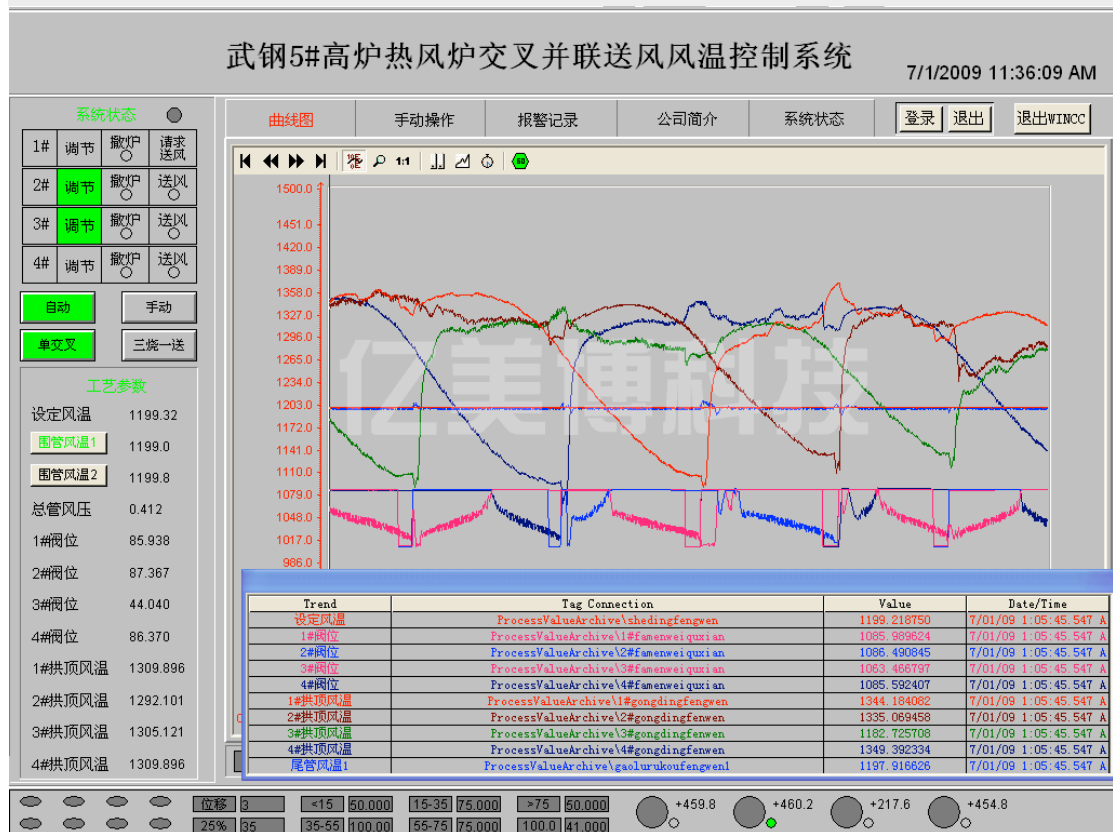
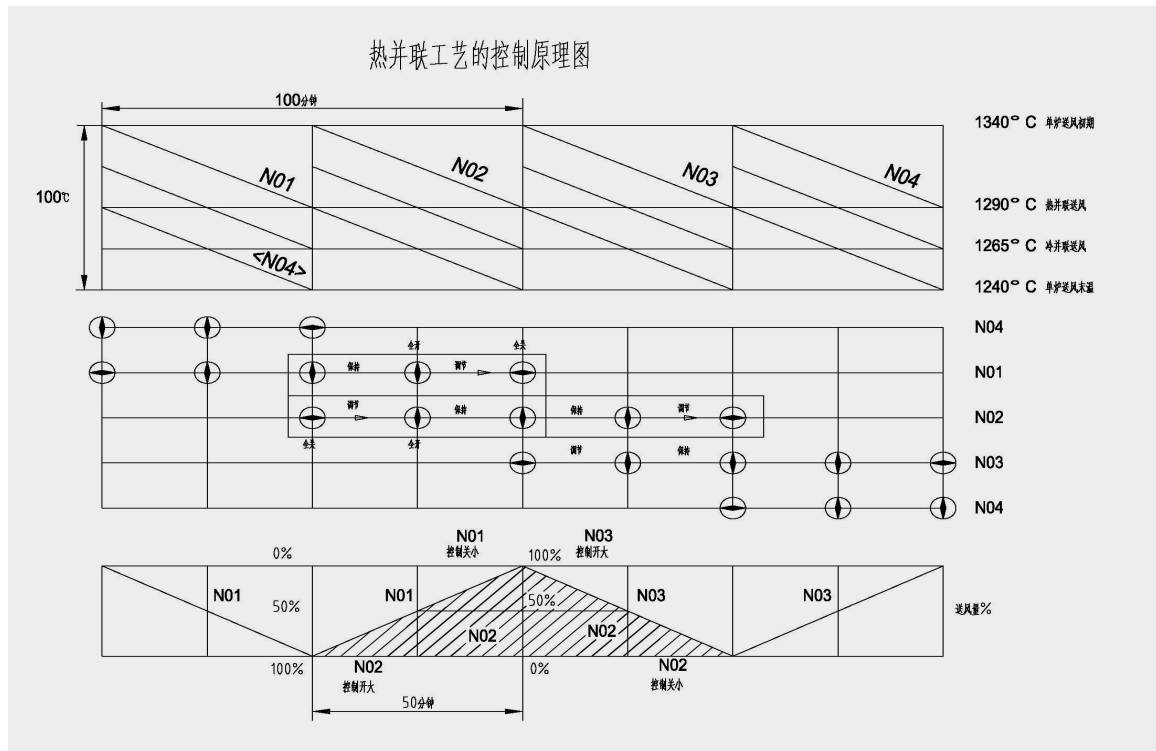
- 2.3 能使热风炉在低于高炉入炉风温的情况下继续送风，因而延长了送风期，换炉所需时间相对减少，提高了热风炉使用效率；
- 2.4 送风开始和终了时，蓄热室格砖的温差大，故单位蓄热室格砖的蓄热能力增加，使风温可以进一步提高，或相同风温时可缩小蓄热面积；
- 2.5 在燃烧期，由于烟气与格砖的温差大，故热交换效率高，热效率也高。试验数据表明，交错热并联送风温度效率比单独送风高 4% 左右；
- 2.6 提高送风温度不仅可以提高炉缸部位的温度，使其热量充沛，且不影响炉腹煤气量的变化，其热能利用率高，且对顺行影响小。
- 2.7 提高送风风温，使鼓风动能增加，有利于活跃炉缸，改善炉缸的工作状态。尤其对于大型高炉，足够的鼓风动能是吹透中心、活跃炉缸的重要保证。
- 2.8 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。
- 2.9 不再由混风阀向热风主管混入冷风，有效利用了低风温热风炉余热，降低了能源损耗；
- 2.10 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。
- 2.11 根据高炉冶炼要求任意设定风温，控制系统自动调节；

3 技术方案

3.1 原理

为了使高炉得到稳定的热风温度，通过调节热风炉系统混风调节阀使得高温风降低并稳定在一个需要值上，这是目前国内外高炉热风炉送风风温控制的常用方法。交错热并联送风方式不是通过混风调节阀混入冷风来控制送入高炉的风温，而是通过先行炉较低风温的风混合后行炉较高风温的风，通过不同风量的配比最终得到稳定的需要温度和风量。

由于采用交错热并联方式时的先行炉风温远远高于现有送风方式通过混风阀送入冷风的风温，因此交错热并联送风总热值高于现有送风方式的总热值，送风量相同时，送风温度自然就要高于现有的送风温度，如下图所示：

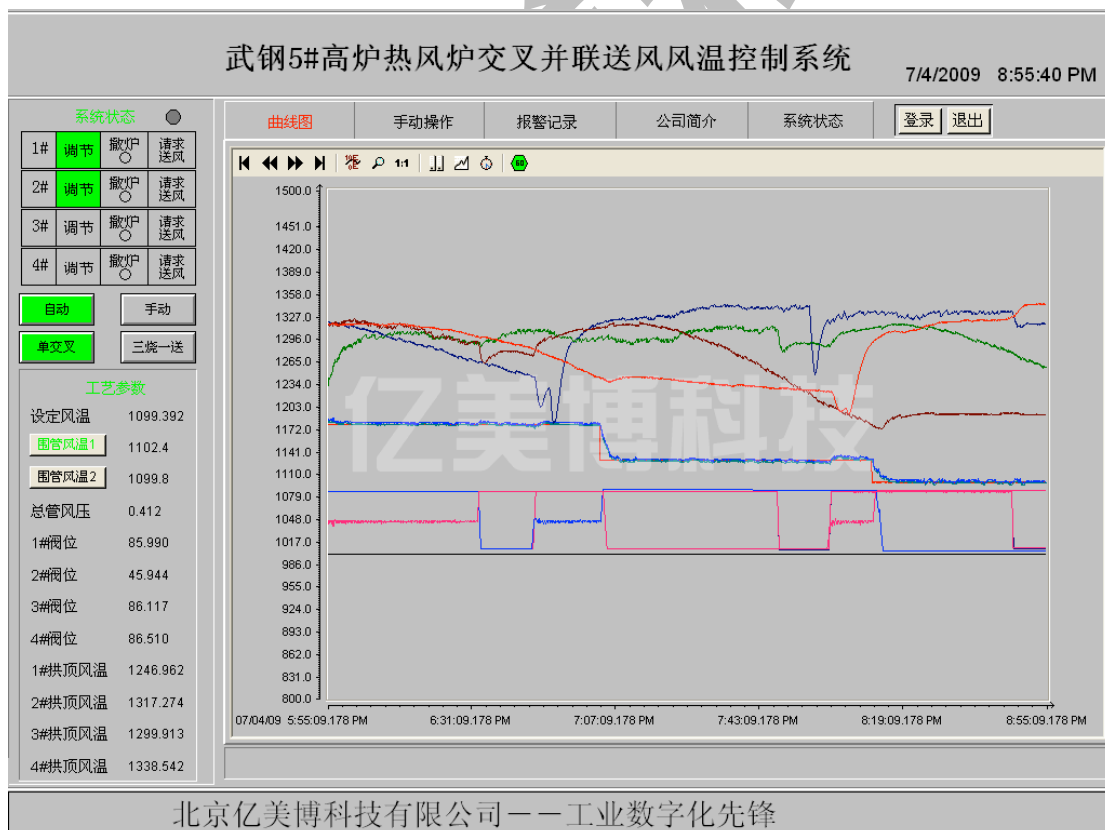


3.2 系统组成

交错热并联热风炉控制系统主要有以下几部分构成:

- 智能自完善热风炉数字模型

热风炉是一个很大的惯性和滞后系统，而影响蓄热和送风的因素又众多，它们包括：炉容、蓄热体、燃烧器、煤气热值、煤气量、煤气预热温度、送风量、管道热损失、等等众多因素，要想精准的建立热风炉蓄热和放热模型，自上世纪60、70年代开始，炼铁界就进行过大量研究和探索，但至今都无法提出一套准确率较高的热风炉动态模型。而要想稳定精确的控制送风温度，这个环节又是必不可少的。亿美博科技借助多年来在军工、冶金、能源等领域中积累的大量自动化控制经验，提出通过理论建立多变量参数的热风炉数字模型，实现60-70%左右准确率，结合神经网络、模糊逻辑、智能算法等完善剩余20-30%准确率的“智能自完善热风炉数字模型”，对蓄热和送风趋势进行预测，根据预测结果，借助神经元矩阵模型推演，获得对燃烧和送风以及换炉等步骤的控制决策依据。该模型由亿美博科技在武钢5高炉交错热并联送风温度自动控制系统实施中验证，其具有响应快速、数据自动更新和优化、结果准确，是一种具有可操作、可实施的理论与实际结合紧密的热风炉动态数字模型。

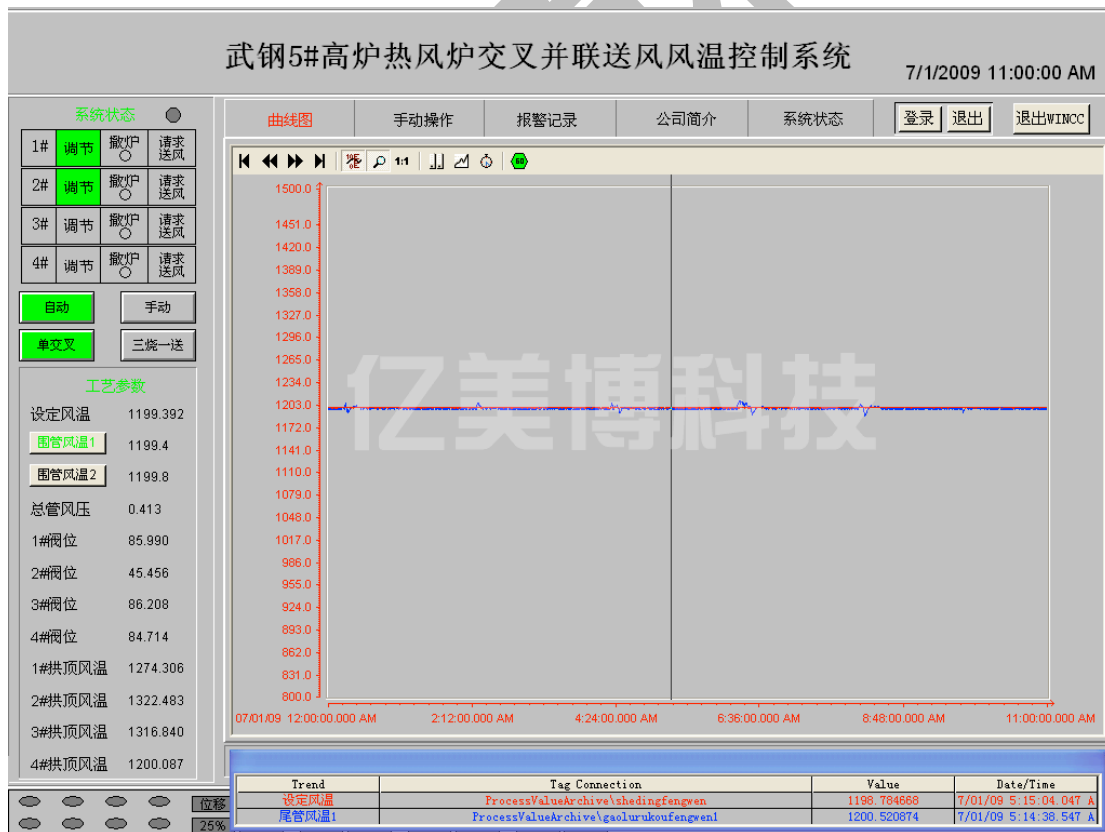


上图可以看到，通过现场温度设定和实际变化趋势可以看出，系统不仅具有快速的跟随特性，且大惯量大滞后系统不出现超调震荡，说明模型和控制算法精准有效。

- 具有专家知识库的自适应智能调节算法

有了“智能自完善热风炉数字模型”，对热风炉风温调节提供了有力保障。但热风炉是一个很大的惯性环节和滞后环节，并且四个热风炉距离高炉的距离不但较远，且各自的距离不同，温度检测点远且数量不足，控制执行系统又是严重的非线性，所有这些都增加了控制难度，为此必须根据这些因素，采用合适的控制策略，才能收到良好的效果。

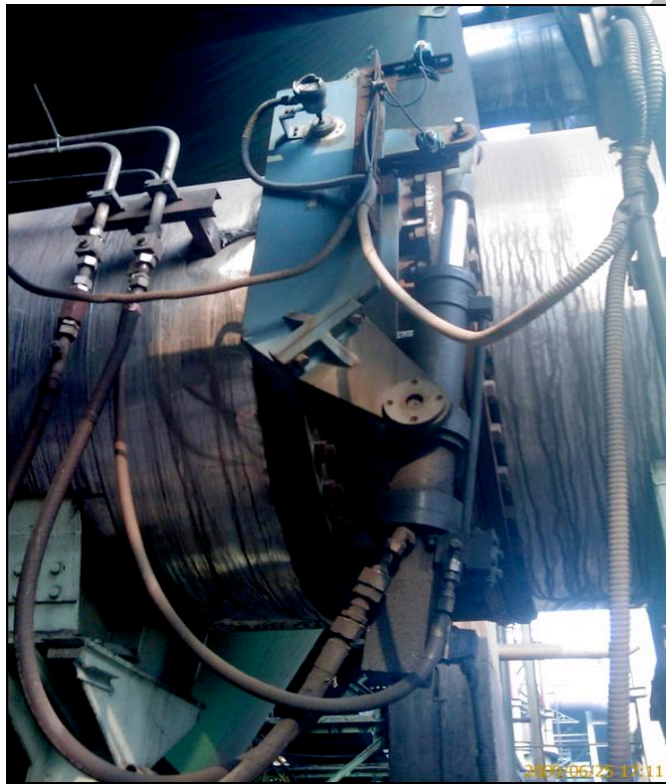
交错热并联热风控制系统在构建时，通过智能算法，将具有专家库的模糊控制、变结构变参数 PID 等各种先进控制方法智能选择，模糊控制专家知识库不仅收纳了国内知名的工程院院士、炼铁设计大师、炼铁工艺设计专家等的丰富知识外，还吸收了宝贵的现场工艺专家、操作使用人员的广泛经验，结合亿美博科技多年冶金领域卓越的控制技术水平，构建了一套国际先进水平的控制算法。该算法在武钢 5 高炉交错热并联送风温度自动控制系统实施中验证，风温波动在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内，换炉时在 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 以内。



上图可以看到，温度控制趋势中的风温稳定情况以及换炉时最大的温度波动情况，说明模型和控制算法精准有效。

- 数字式高精度冷风流量调节阀

因为冷风阀不但直径大、惯性大，而且在全行程中严重非线性，在两头开和关小角度时非常不灵敏，而在中部时又太过灵敏，因而必须能够精确微动阀门翻板实现微调，为此我们采用能够精确微调冷风调节阀开度的大力量数字液压油缸作为执行元件，不仅其高精度的定位能力保证了阀门的精度，其大力量的输出更是可靠性的重要保证，另由于液压油缸驱动避免了电动机带动减速机驱动时的机械旷量，其微动精度极高，这是高精度稳定风温的根本保障，见下图：



- 西门子 PLC 系统

世界公认的优秀工业控制设备 S7-300PLC 不仅保证了全套系统的稳定运行，更提供了超大运算和信息吞吐以及可靠的逻辑控制能力。通过工业以太或者 Profib-bus 网络，系统简单溶入高炉热风炉现有控制系统。

交错热并联送风控制系统的技术参数如下表：

送风方式	单、双交错热并联；单、双交错冷并联；三烧一送
温度控制范围	900-1400℃
温度控制误差	+/-5℃（换炉时+/-10℃）
冷风调节阀尺寸	适合用户冷风管道尺寸
冷风调节阀精度	0.0001 度
液压系统工作压力	10-16MPa

供稿人：杨涛 北京亿美博科技有限公司

联系电话：010-63331966 / 010-64738812

2010年4月9日星期五

亿美博科技