

一高炉热风系统空气预热器节能改造

张国辉，樊统云，刘景春

(首钢炼铁厂北京 100041)

【摘要】 空气预热器是对热风系统产生的高温废烟气进行余热回收再利用的节能设备。首钢炼铁厂通过对一高炉旧有空气预热器的改造恢复，有效提高了空气预热效果，直接带来热风温度提高和高炉焦比的下降，收到了可观的经济回报。

【关键词】 热风；空气预热；节能；改造

【中图分类号】 TF066.2

【文献标识码】 B

【文章编号】 1006-6764(2008)02-0044-02

Energy-Saving Reconstruction of Air Preheater of Hot Blast System in No.1 Blast Furnace

ZHANG Guo-hui FAN Tong-yun LIU Jing-chun

(Shougang Ironmaking Plant, Beijing 100041, China)

【Abstract】 Air Preheater is an energy-saving apparatus for recover high-temperature waste flue gas made by the hot air system. The Ironmaking Plant reconstructed an old air preheater of No.1 blast furnace, which effectively enhanced its air preheating effect, decreased coke ratio and obtained considerable economic benefits.

【Key words】 hot blast; preheating of air; energy-saving reconstruction

1 引言

首钢一高炉于1994年大修时，在热风系统装备了空气预热器，到2006年实施改造前使用11年，超出了设备使用寿命（8年），使用中存在严重缺陷。导热效果差。此预热器设计预热温度为140℃，在一高炉投入后，最好时空气预热温度可达130℃，但是从2005年初开始，导热效果逐渐变差，到2005年9月份以后，空气预热温度只能达到56℃左右。空气预热器预热效果变差后，我们先后采取了冲洗、疏通等措施，效果不明显。2005年9月，对空气预热器进行了解体检查，发现近三分之一管束移位、松动，管束上堵头三分之一脱出上端面板，判定因管束移位、松动，造成空气端和烟气端串风，是造成导热效果差的主要因素，另外管束到周期，导热系数下降也是预热效果变差的一个重要因素。因此决定对此空预器进行改造性修理复。

2 空气预热器工作原理

空气预热器是余热回收设备，一高炉空气预热器是整体式预热器，安装在热风炉主烟道的旁通管路上。整体式换热器又称整体式空气热管换热器，是一个密闭的箱体，箱体内有上、中、下三层花板安装固定若干根立装的热管（称为重力热管）。热管是

密闭的，管内以无盐水为热传导媒体。中间孔板使壳体分成上下两部分，下部为烟气预热室，上部为空气预热室。当烟气通过时，将热管下半部分（烟气预热室）加热，靠传导媒体将热管上部加热，当助燃空气通过（上部空气预热室）时被加热，达到预热效果。

预热器内的热管是一种具有高导热性能的传热元件，它通过在全封闭真空管壳内工质的蒸发与凝结来传递热量，具有极高的导热性、良好的等温性、冷热两侧的传热面积可任意改变、可远距离传热、可控制温度等一系列优点。由热管组成的热管换热器具有传热效率高、结构紧凑、流体阻损小、有利于控制露点腐蚀等优点。热管如图1所示：

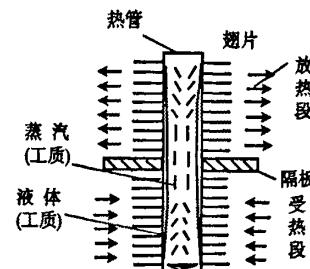


图 1 重力热管工作原理图

热管是一个密闭的腔体，外部焊接密布的翅片，

以大大增加传热面积。在密闭的热管内先抽成真空，在此状态下充入适量介质(无盐水)，在热管的下端加热，介质(无盐水)吸收热量汽化为蒸汽，在微小的压差下，上升到热管上端，并向外界放出热量，凝结为液体。冷凝液在重力的作用下，沿热管内壁返回到受热段，并再次受热汽化，如此循环往复，连续不断的将热量由一端传向另一端。

由于是相变传热，因此热管内热阻很小，热管的高导热能力与银、铜、铝等金属相比，单位重量的热管可传递几个数量级的热量，所以能以较小的温差获得较大的传热率，且结构简单，具有单向导热的特点，特别是由于热管的特有机理，使冷热流体间的热交换均在管外进行，这就可以方便地进行强化传热。此外，由于热管内部一般抽成真空，工质极易沸腾与蒸发，热管启动非常迅速。

3 一高炉预热器解决方案

由于一高炉原有预热器使用时间超过11年，考虑箱体腐蚀变形、管束失效、中孔板变形、密封失效等多种因素，决定对预热器进行整体改造。改造坚持增加换热面积、提高空气预热温度，改善中孔板密封、保证换热效果，尽量减少投资的原则进行。

3.1 设计原则

由于原有预热器许多参数发生了变化，为此，按照现场实际，重新核定了有关参数，将原有烟气流量为 $210\ 000\ m^3/h$ 、空气流量 $160\ 000\ m^3/h$ ，核定为烟气流量为 $280\ 000\ m^3/h$ 、空气流量 $140\ 000\ m^3/h$ 。

在此基础上，决定在原换热器位置上改造，当烟气入口温度 $300\ ^\circ C$ 时，满足空气预热出口达 $180\ ^\circ C$ ，保证热侧(烟气)和冷侧(空气)的阻力降为 $<500\ Pa$ ，设备应尽可能设计紧凑经济，方便现场施工。

3.2 确定管束排列方式为逆流叉排

确定热管的排列方式为逆流叉排。逆流叉排比顺流顺排具有更高的换热效果，节省了传热面积，相应也减少了现场工作量。

3.3 箱体改造方案

由于增加了管束，所以需要重新设计、制作箱体，考虑现场空间实际情况，箱体横向进行两边延伸，纵向尺寸不变。

3.4 确定热管尺寸和列、排数

根据现场空间允许尺寸范围和经验

选取热管规格： $\varphi 42 \times 3.5$ ，

热侧螺距和长度： $S_f^c = 12$ ， $L_f^c = 3.2\ m$

翅片厚度： $\delta = 1.2\ mm$ ，

冷侧螺距和长度： $S_f^c = 5$ ， $L_f^c = 2.8\ m$

求取每排管子数 n 和排数 m

$$\text{所需热管总数 } N = \frac{A_g^h}{A_f^h L_f^h} = 889$$

其中 L_f^h 为热侧有效长度， A_f^h 为热侧每米长管外总表面积，

$$\text{每排管子数 } n = \frac{\text{迎风面密度 } E^h}{\text{热管横向间距 } S_f}$$

$n=64$ 支，

因此排数 $m=N/n=889/64=13.89$ 取整 14 排

总换热面积： $A_g = A_g^h + A_c^h = 6658.26\ m^2$

3.5 中孔板密封方案

本次改造，我们将原有的石墨密封改为弹性、挠性更好的橡胶圈密封。此种橡胶密封，保证了管束受热状态横向、纵向膨胀下的密封效果。

3.6 其他措施

为节约改造费用，我们在项目组织中，委托预热器厂家——南京圣诺热管有限公司进行了整体方案设计、提供图纸资料、制作热管备件，其余项目施工——箱体制作、出入口改造、管束安装等全部委托首钢内部修理厂进行，整体投资减少 30 万元。

4 一高炉预热器改造效果

从 2007 年 1 月 1 日至 1 月 31 日，我们对现场数据进行了跟踪采集。主要监测了废烟气进口温度、空气进口温度、空气出口温度和热风炉热风温度。通过监测，全月空气预热温度(空气出口温度)平均 $168.9\ ^\circ C$ ，热风温度平均 $1\ 177.9\ ^\circ C$ ，热风温度比新空气预热器投产前提高了 $80\ ^\circ C$ 以上。

5 结语

本次改造，投入总资金 100 多万元，但是效益十分明显。预热后的空气温度提高了 $150\ ^\circ C$ ，热风温度提高了 $25\ ^\circ C$ 以上，直接带来焦比降低 $4.25\ kg/t$ 铁以上(热风温度每提高 $10\ ^\circ C$ ，焦比可降低 $1.7\ kg/t$ 铁)，同时，煤气用量比此前减少了 $1.5\ m^3/h$ ，按照高炉日产 $6\ 000\ t$ 计算，年节约焦炭消耗和煤气消耗费用近 1 000 万元。

收稿日期：2007-08-14

作者简介：张国辉(1971-)，男，1994 年毕业于安徽工业大学冶金机械专业，2001 年东北大学研究生毕业，工程师，现从事设备管理工作。