

## 首钢大型高炉布袋除尘系统煤气温度的控制

秦生<sup>1</sup>, 高鲁平<sup>2</sup>

(1. 天津华能集团能源设备厂研发室, 天津 301900; 2. 首钢集团设计院炼铁设计室, 北京 100041)

**摘要:**介绍了在炼铁高炉煤气布袋除尘系统中, 调节荒煤气温度来适应布袋除尘器布袋材质的许用温度的一项新技术。该技术采用热管做传热元件, 并用水做降温介质, 用管网蒸汽做升温介质, 利用水的相变调节煤气温度。

**关键词:**热管传热技术; 高炉煤气; 相变调温

中图分类号: TF547 文献标识码: A 文章编号: 1006-9356(2008)12-0044-04

## Gas Temperature Control of Bag Dust Removal System in Large-Scale Blast Furnace of Shougang Group

QIN Sheng<sup>1</sup>, GAO Lu-ping<sup>2</sup>

(1. Research and Development Department, Tianjin Huaneng Group Energy Equipment Plant Tianjin 301900, China; 2. Ironmaking Design Office, Design Institute, Shougang Group, Beijing 100041, China)

**Abstract:** A new technology by adjusting the temperature of raw gas to meet the allowable temperature of gas bag filter material in the bag dust removal system for blast furnace gas is introduced. The technology use heat pipe as heat transfer components, water as cooling medium, steam in steam delivery pipelines as heat up media, and use water phase transition to adjust gas temperature.

**Key words:** heat pipe heat transfer technology; blast-furnace gas; phase change thermostat

高炉煤气除尘净化在炼铁生产中是必不可少的工艺过程, 高炉煤气是钢铁厂重要的二次能源。其含尘量为 8~12 g/m<sup>3</sup>, 因为含尘浓度高, 所以必须经过除尘降低到 10 mg/m<sup>3</sup> 以下才能使用。目前炼铁高炉的煤气除尘工艺分为干式和湿式两大类。高炉煤气的干法与湿法相比, 不仅能合理利用煤气显热, 提高煤气热效率, 增加 TRT 发电量, 而且系统不产生废水和污泥, 从根本上解决了二次水污染及污泥处理问题。因而在国内 500 m<sup>3</sup> 以下高炉大多应用干法除尘工艺, 自从 2004 年首秦 1 号(1200 m<sup>3</sup>)高炉干法除尘工艺成功运行后, 中国大型高炉开始相继采用该技术。

高炉干法除尘采用布袋除尘技术, 分为反吹风布袋除尘和低压脉冲布袋除尘两种工艺, 这两种工艺国内都有应用实例<sup>[1]</sup>。但两种干法除尘工艺均需调节荒煤气温度。高炉正常工作时煤气进入布袋前温度为 120~220 °C, 这一温度满足布袋许用温度(布袋许用工作温度小于 280 °C), 当高炉操作不正常或上料系统发生故障时, 煤气进入布袋前温度达 300~400 °C, 瞬时温度有时高达 550 °C 左右, 远远超出了布袋所能承受的温度, 造成布袋烧损, 严重影

响布袋除尘器的可靠运行; 另一方面, 炉况不顺, 顶温过低, 煤气进入布袋除尘器后温度容易降至露点(45~70 °C)以下, 造成布袋表面粘灰, 阻力增大而无法正常工作。因此, 高炉布袋除尘前荒煤气温度调节问题亟待解决。本文通过首钢曹妃甸 5500 m<sup>3</sup>高炉干法除尘项目的设计实例, 介绍一种全新的调温技术及设备, 它成功解决了干法除尘中荒煤气温度调节问题。

### 1 首钢 5500 m<sup>3</sup> 高炉干法布袋除尘技术

#### 1.1 干法除尘范围的界定

干法除尘的范围是从重力除尘器出口到净煤气管网人口, 包括: 干法除尘工艺设备、土建结构、电气自动化检测控制等。

#### 1.2 工艺流程

来自重力除尘器的荒煤气(含尘 8~12 g/m<sup>3</sup>)经过总管进入多箱体低压脉冲布袋除尘过滤净化, 净煤气含尘量约 5 mg/m<sup>3</sup>, 经箱体支管汇入净煤气主管输出。管网按干式煤气设计, 进入高炉煤气柜

前设喷水降温<sup>[2]</sup>。

箱体列式布置,共设30个箱体,生产时可全部投入或部分使用,以完成高炉煤气全部净化。滤布积灰定时由脉冲阀启动高压氮气向滤袋内喷射,使滤袋急

速膨胀、抖动而掉落。灰斗中的干灰每天定时排放,采用气力排灰输送方法将各箱体的灰输送至一个大灰仓储存,每天集中由罐车装车运出(图1)。

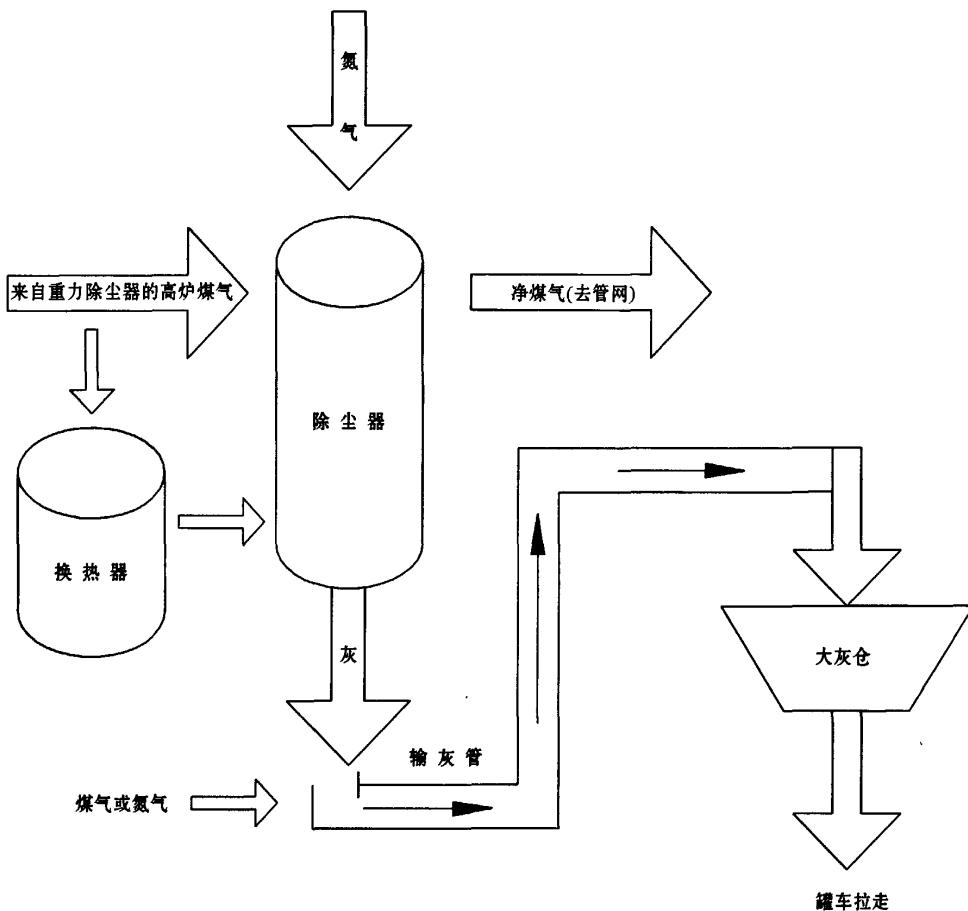


图1 高炉煤气脉冲除尘工艺流程  
Fig. 1 Blast furnace gas pulse dust removal process

### 1.3 工艺参数

- (1) 高炉容积: 5500 m<sup>3</sup>;
- (2) 煤气发生量: 1200000 m<sup>3</sup>/h;
- (3) 煤气压力: 0.35~0.40 MPa;
- (4) 布袋入口煤气温度: 120~220 °C;
- (5) 荒煤气含尘量: 8~12 g/m<sup>3</sup>;
- (6) 净煤气含尘量: <5 mg/m<sup>3</sup>。

### 1.4 温度调节系统

布袋除尘器最佳工作温度为:120~220 °C,瞬时允许到260 °C<sup>[3]</sup>。因此温度调节和控制十分重要。本设计在布袋除尘入口前荒煤气主管道上并联

一套热管调温器。正常生产时煤气温度在规定范围内,可以直接进入布袋,当高炉生产不正常,出现温度过高或过低时,煤气经换热调温使布袋入口煤气温度保持在180~200 °C。

### 2 热管式调温器的工作原理

热管调温器是一种气-液和气-气双向换热装置,它主要通过传热元件——热管将荒煤气或蒸汽的热量传递给软水或低温煤气,软水由液态相变为气态,带走荒煤气的热量;蒸汽由气态变为液态,放出热量加热煤气。从而保证进入布袋室的荒煤气的

温度控制在一定范围内。

正常情况下(来自重力除尘器的高炉煤气温度低于 220 ℃),热管调温器的各种阀门处于关闭状态,来自重力除尘的高炉煤气直接进入布袋除尘器;当通过重力除尘器后荒煤气温度大于 220 ℃的时候,程序会自动把调温器管道上的蝶阀打开,高温煤

气通过热管散热器,将煤气温度降至 200 ℃,再进入布袋除尘器;另一种情况是:通过重力除尘器后荒煤气的温度低于 120 ℃时,为防止结露粘灰,程序会自动打开蒸汽阀门,通过换热器换热将煤气加热至 180 ℃,然后进入布袋除尘器进行除尘。其工艺流程见图 2。

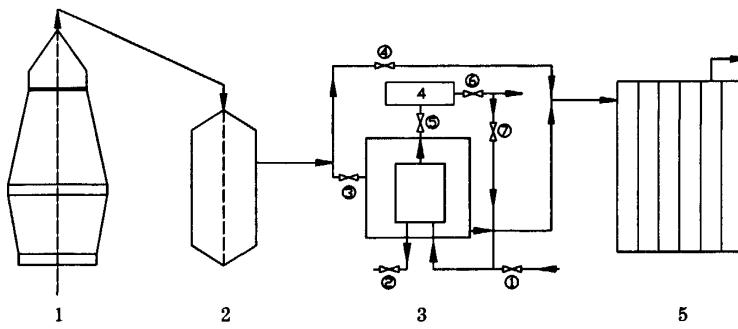


图 2 热管调温器工作原理示意图

Fig. 2 Schematic diagram of working principle of heat pipe thermostat

### 3 热管调温器的结构

热管调温器由热管散热器、汽包、上升管、下降管等组成。热管散热器是相变式热管调温装置的主要设备,它为直立圆筒结构,由外筒体(DN9600)、内筒体(DN4800)和热管(Φ108×2800)3部分构成(5500 m<sup>3</sup>高炉两台并联)。热管径向交叉斜置焊接在热管散热器的内筒体壁上,用于降低煤气温度和加热煤气的热管倾斜方向相反,光管段和有镍基钎焊纵翅片段布置也相反。工作时荒煤气走热管散热器外筒体与内筒体之间的夹套,软水走热管散热器内筒体里面,并和汽包自然循环,产生饱和蒸汽并入蒸汽管网,蒸汽走内筒体里面,经热管相变传热将热量传给煤气后变成冷凝水排出。其工作原理见图 3。

### 4 技术要点

#### 4.1 换热效果说明

该设备采用热管散热器应用热管作传热元件有高的传热性能;气-液或气-汽换热,一侧是具有一定流速和温度的荒煤气另一侧是软水相变为蒸汽或蒸汽放热变成冷凝水,换热时对流换热系数为 40~60 W/(m<sup>2</sup>·℃)。260~300 ℃的高炉煤气经过热管散热器,温度降至 200 ℃。同时产生 0.2 MPa 的饱和蒸汽。

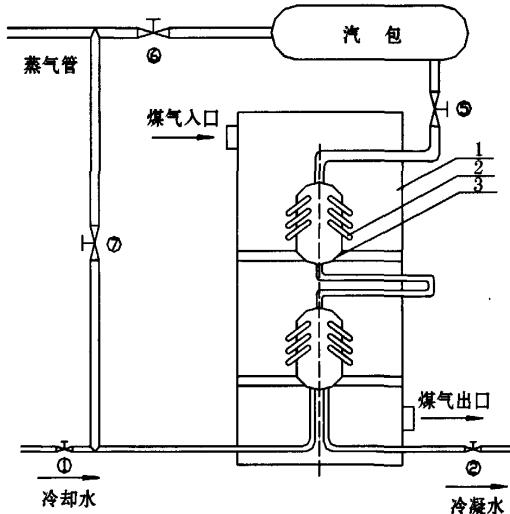


图 3 热管调温器结构示意图

Fig. 3 Schematic diagram of structure of heat pipe thermostat

#### 4.2 应急降温效果

正常情况下,热管散热器的各种阀门处于关闭状态,来自重力除尘的高炉煤气直接进入布袋除尘器,热管降温器不工作,处于冷态。当通过重力除尘

器后荒煤气温度大于 220 ℃的时候,程序会自动把换热器管道上的蝶阀打开,高温煤气通过热管散热器。这时高温煤气与冷态设备内的低温水进行换热。换热温差大,瞬时可将 550 ℃的煤气降至 200 ℃,实现应急降温,保证布袋除尘器稳定运行。

#### 4.3 设备运行及使用寿命分析

应用于该工段的换热设备在设计上需考虑三个方面的问题。一是设备冲刷问题;二是热应力造成设备损坏问题;三是积灰问题。

热管调温器(外筒体(DN9600)、内筒体(DN4800)两台并联)工作时荒煤气走外筒体与内筒体之间的夹套,煤气通过热管降温器流速为 8 m/s,流速较低;煤气侧热管有镍基钎焊纵翅片,镍基合金厚度  $\geq 0.05$  mm,硬度 HRC  $\geq 56$ 。因此合理的解决煤气对设备的冲刷问题。热管散热器的热管单支点焊接在内筒体壁上,其热涨冷缩变形不受约束,避免了应力破坏;外筒体与内件也没有约束点。因此热管降温器不存在热应力造成设备损坏问题。

热管具有单管作业性能,有一根热管(即使部分热管)损坏不会造成换热的煤气和水混淆,对换热的影响也不大。因此可保证设备长周期稳定运行。

#### 5 运行费用及占地

热管调温器利用水的汽化相变吸收煤气的热量(水的汽化潜热 2499 kJ/kg),运行时只需消耗少量软水或蒸汽。首钢 5500 m<sup>2</sup> 高炉配套的热管降温器工作时每小时只消耗 40 t 的软水,没有其它消耗。

热管调温器换热效果好、体积小,占地也非常少。首钢 5500 m<sup>2</sup> 高炉配套的设备占地仅 160 m<sup>2</sup>。

#### 6 与列管式降温器的比较

列管式降温器结构是上下管板固定列管管束,煤气走列管内,靠风冷和喷水降温。其设备存在以下技术不足(表 1):

(1) 管板固定管束,存在严重的热应力造成设备损坏问题;

(2) 煤气与低温的空气或低温的水换热,管内煤气达到露点。不可避免的造成管内积灰;

(3) 管外喷水降温存在两个问题:一是水喷在管壁上很容易形成水垢;二是北方冬季冰冻问题无法解决。具体情况见表 1。

表 1 热管式降温器与列管式降温器的比较

Table 1 Comparision of heat pipe cooling and tubular cooling

名称	热应力	积灰	换热效果	应急降温	运行费用	使用问题	体积
热管式	无	轻	好	较强	低	无	小
列管式	有	严重	一般	一般	高	水垢、冰冻	庞大

#### 7 实际运行效果

实际运行效果见表 2。

表 2 首秦 2000 m<sup>3</sup> 高炉热管降温器实际运行参数

Table 2 Actual operating parameters of Shouqin 2000 m<sup>3</sup> blast furnace heat pipe cooling

煤气入口温度/℃	煤气出口温度/℃	蒸汽发生量/(t·h <sup>-1</sup> )	蒸汽压力/MPa
260	190	14	0.15
280	210	15	0.20
360	220	17	0.20

#### 8 结论

热管降温器已在首秦 1 号高炉(1200 m<sup>2</sup>)、2 号高炉(2000 m<sup>2</sup>)等干法除尘系统中成功应用,降温效果良好,没有发生布袋因高温烧损而引起高炉荒煤气放散的现象,提高了干法布袋除尘器的可靠性。

#### 参考文献:

- [1] 向君中. 太钢 1200 m<sup>3</sup> 高炉煤气干法除尘装置试运行状况 [J], 炼铁, 1989, (2): 38.
- [2] 李奇勇. 1050 m<sup>3</sup> 高炉煤气干法除尘技术应用 [J], 冶金能源, 2005, (4): 10.
- [3] 龙春安. 高炉煤气除尘方式的探讨 [J], 钢铁技术, 1987, (5): 7.