

带中心扰流柱的热风炉陶瓷燃烧器的试验研究

戴方钦 黄素逸
(华中科技大学)

李少华 刘可
(中冶武汉冶建技术研究有限公司)

摘要 通过模型试验研究的方法,研究了带中心扰流柱的陶瓷燃烧器的阻力特性、空煤气喷口及通道气流的特性以及燃烧器火井气流的流动特性。试验结果表明,设计开发的带中心扰流柱的热风炉陶瓷燃烧器能够满足实际生产需要。

关键词 高炉 热风炉 高温 陶瓷燃烧器 中心扰流柱

高炉节能降耗的一个最有效的途径是提高风温。大型高炉风温的目标一般定为1200℃或更高。目前,主要通过提高燃料的理论燃烧温度来提高风温,一般将高热值煤气(如焦炉煤气等)混入高炉煤气中烧炉和预热助燃空气及煤气。混烧高热值煤气的方法简单有效,但实际应用中绝大多数炼铁厂因高热值煤气紧缺而无法实现。采用“余热法”、“荒煤气预热净煤气”及各种换热器预热煤气和助燃空气的方法,也是提高风温的有效措施。但采用这些技术措施要消耗动力,并且空气和煤气预热后,燃烧器的能力将降低^[1]。而采用冷风均匀配气技术提高风温则受到烟气温度的限制^[2]。

从燃烧过程的合理组织,即从改善燃烧器性能的研究出发,来提高燃料的理论燃烧温度,进而提高风温也是一种可行而有效的方法^[3]。为此,我们结合太钢3号高炉热风炉新型陶瓷燃烧器改造,设计了一种带中心扰流柱的热风炉陶瓷燃烧器,并进行了冷态模型试验研究。

1 模型设计

太钢3号高炉热风炉新型陶瓷燃烧器改造设计要求,在热风炉火井直径不扩大和高炉煤气热值不变的前提下保证:①燃烧器的能力达到59000 Nm³/h;②热风炉拱顶温度达到1260℃左右,热风出口温度可以稳定在1100~1150℃之间。设计的带中心扰流柱的热风炉陶瓷燃烧器^[3]的结构如图1所示。为便于测量,确定模型与原型几何相似比为1:4。制作燃烧器本体的材质为东北红松,导流板和空煤气管为镀锌板,燃烧器做成积木形式,以便拆卸和组装。

2 阻力系数的测定

测定阻力系数时,为减小读数误差,取压点均都在同一截面的对称位置取2个点,其读数的平均值为阻力系数计算数据。试验按单吹和联吹进行。

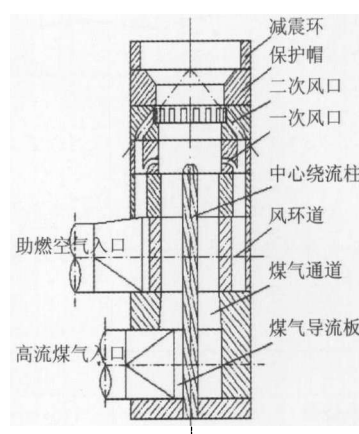


图1 带中心扰流柱的陶瓷燃烧器

单吹空气时,陶瓷燃烧器只送空气,不送煤气;煤气单吹类似。联吹时,空、煤气的量按照一定的比例供入。依据燃料燃烧计算的结果,空气过剩系数为1.05时,空气量为煤气量的0.64倍。在不同空煤气量下进行联吹时,保证空气量为对应煤气量的0.64倍,即试验模拟空气过剩系数1.05的工况。图2为带中心扰流柱的陶瓷燃烧器在空、煤气单吹和联吹时欧拉数(Eu)随雷诺数(Re)的变化关系曲线。从图2可看出,带中心扰流柱的陶瓷燃烧器空煤气联吹时的 Eu 是其对应单吹时的2倍左右,而空气单吹和联吹时的 Eu 变化不大。由此可以看出,联吹之后,煤气通道的阻力增加。这是因为垂直供入的一次风和以一定角度供入的二次风的角度上

倾较小,其结果是空煤气混合效果好。混合时消耗了较大的能量,故增大了煤气通道的阻力。

考虑到带中心扰流柱的陶瓷燃烧器煤气通道的阻力损失较大,我们对陶瓷燃烧器的结构重新进行调整。图3为改进后的带中心扰流柱的陶瓷燃烧器

在空、煤气单吹和联吹时欧拉数(Eu)随雷诺数(Re)的变化关系曲线。从图中可看出,空煤气联吹时的 Eu 都比其单吹时大,说明改进后仍然能保证空煤气的混合。

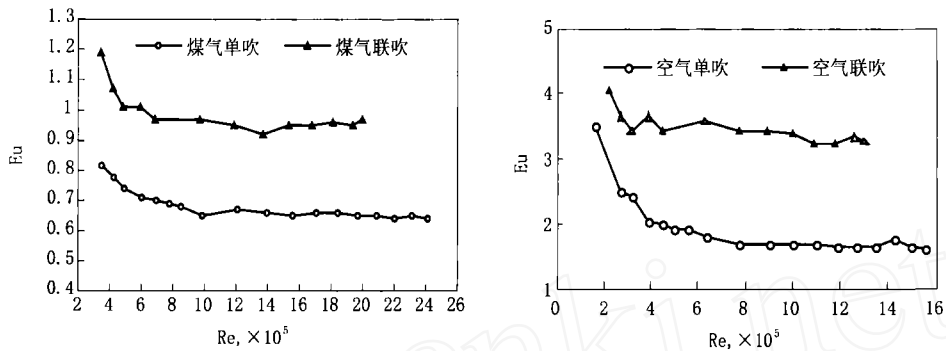


图2 带中心扰流柱的陶瓷燃烧器空煤气单吹和联吹时 Eu 和 Re 的关系曲线

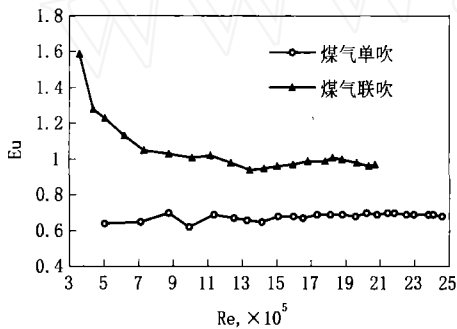


图3 改进后的带中心扰流柱的陶瓷燃烧器空煤气单吹和联吹时 Eu 和 Re 的关系曲线

表1为陶瓷燃烧器阻力系数比较。由表1可很明显看出带中心扰流柱的陶瓷燃烧器的阻力系数比套筒式陶瓷燃烧器小。

从表2可以看出,在煤气流量为 $59000\text{ Nm}^3/\text{h}$ 条件下,带中心扰流柱的陶瓷燃烧器空气通道阻力损失只有套筒式陶瓷燃烧器的 $1/4 \sim 1/5$,煤气通道的阻力损失较套筒式陶瓷燃烧器略高。因此,带中心扰流柱的陶瓷燃烧器的燃烧能力可以达到 $59000\text{ Nm}^3/\text{h}$ 。

表1 陶瓷燃烧器阻力系数比较

项目	空气单吹	空气联吹	煤气单吹	煤气联吹
套筒式陶瓷燃烧器	28.0~29.0	26.0~27.0	1.7~1.9	1.5~1.65
带中心扰流柱的陶瓷燃烧器(初设计)	5.6~6.0	5.6~6.0	1.45~1.55	2.39~2.5
带中心扰流柱的陶瓷燃烧器(改进后)	4.3~4.4	4.8~5.0	1.3~1.4	1.8~2.0

表2 陶瓷燃烧器阻力比较(空煤气温度 $20\text{ }^\circ\text{C}$), Pa

煤气流量 Nm^3/h	套筒式陶瓷燃烧器		带中心扰流柱的陶瓷燃烧器(初设计)		带中心扰流柱的陶瓷燃烧器(改进后)	
	空气道	煤气道	空气道	煤气道	空气道	煤气道
50000	1548	240	357	363	298	291
53000	1740	270	401	408	334	327
55000	1873	290	432	440	360	352
57000	2012	312	464	472	387	378
59000	2156	334	498	506	415	405
60000	2227	345	515	523	429	417

3 煤气通道气流分布规律

3.1 径向气流速度分布

图4为带中心扰流柱的陶瓷燃烧器煤气通道内煤气流速分布测量结果。比较图4(a)和图4(b)可

以看出,煤气中心扰流柱缩短之后,煤气在该测量截面上的分布稍微扯平;但在中心区域,煤气流速还是相对较低,这说明空气还是有穿透煤气流的潜力。

3.2 圆周方向气流速度分布

为使火焰在燃烧室(火井)内不发生偏斜,保证空煤气的混合,煤气流和空气流在燃烧器圆周方向必须均匀分布。为此,我们测定了煤气流在圆周方向的分布情况。在圆周方向均匀设置了18个测点,测量结果见图5。图中两条曲线对应加煤气导流板

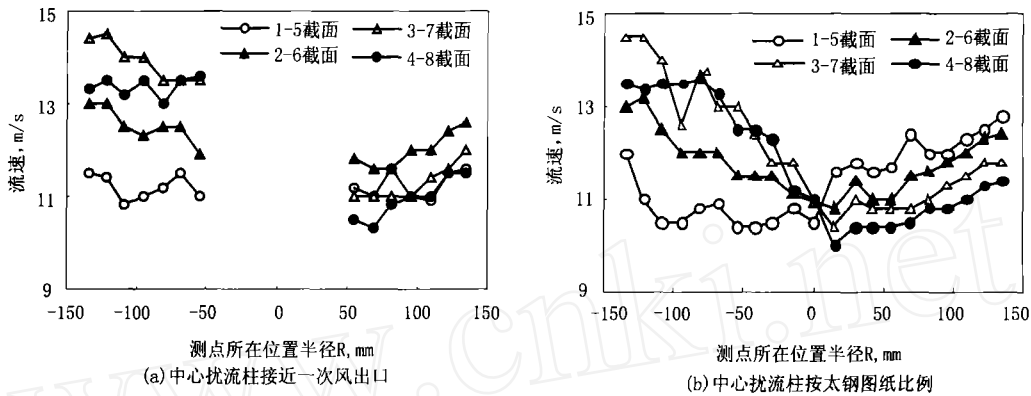


图4 陶瓷燃烧器煤气通道内流速分布

说明:图中1-5截面为煤气通道入口截面,2-6截面为与煤气入口方向成45°截面,3-7截面为与煤气入口方向成90°截面,4-8截面为与煤气入口方向成135°截面。

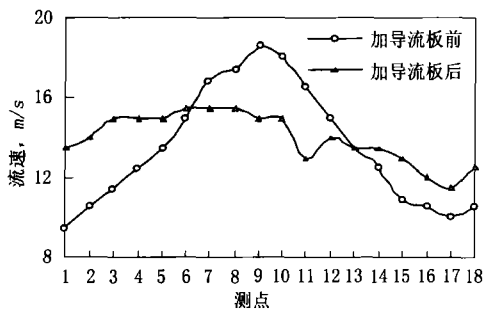


图5 圆周方向煤气流速分布测量结果

4 空气通道气流分布规律

空气通道系统属于出口阻力较大的管流系统。从气体力学的观点出发,凡是气体出口有阻力均布孔洞的多孔通道,气流的均匀分布性比较好,并且气流出口断面与该处环形断面总面积之比越小,即阻力越大,气流分布越均匀,即气流的均匀性是以牺牲阻力为代价换来的。太钢3号高炉热风炉用套筒式陶瓷燃烧器空气通道阻力试验的测量结果也说明了这一点。太钢原套筒式陶瓷燃烧器在空气上升环道上带一个很显著的缩口,收缩后的流通截面积只有原空气环道截面积的40.23%。空气流经该缩口后,通过气流分布帽与煤气进行混合。其配气均匀度达到97.44%。但是这种结构的阻力损失也是相当可观的,其阻力系数为一般陶瓷燃烧器阻力系数的4~5倍,这也是造成该燃烧器能力有限的主要原因,也正是这点使得该套筒式陶瓷燃烧器在送入一

前后的测量结果,加导流板后煤气配气均匀度为92.46%,加煤气导流板前的配气均匀度为81.07%,加煤气导流板后配气均匀度提高了11.39%。从图5可以看出,加煤气导流板后曲线各测点流速的波动比加煤气导流板前曲线要平缓得多,这同样可以得出加上煤气导流板后配气均匀度提高的结论。

定量煤气后,因供给的助燃空气量不足,反而使拱顶温度下降。

空气沿煤气四周均匀喷出是改善空、煤气混合和合理组织燃烧的重要和关键的措施。图6、7为一、二次风出口流速分布的测量结果。从图中可以看出,供入煤气前后,一次风和二次风在圆周方向的分布规律基本相同;只是供入煤气后,一次风的波动幅度加大,说明煤气的供入对一次风的影响比二次风大。图6中一次风的配气均匀度为91.01%,二次风的配气均匀度为96.00%;图7中一次风的配气均匀度为90.66%,二次风的配气均匀度为94.57%。由这两个图也可以得出,一次风和二次风在入口的对面一侧比较集中,在入口的两侧则呈现出2个波谷,气流较小。

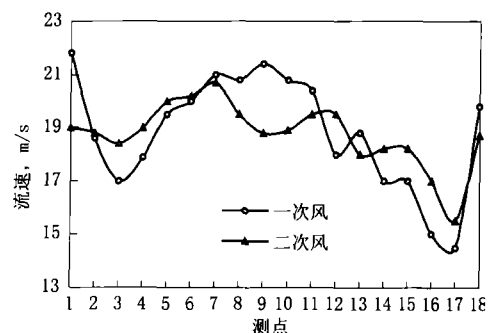


图6 空气单吹出口流速分布测量结果

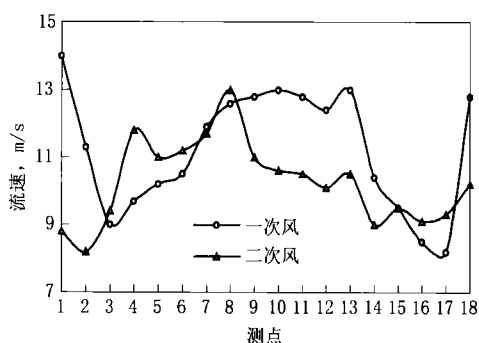


图7 空气联吹出口流速分布测量结果

5 火井内气流分布规律

为使火焰在火井内不发生偏斜,烟气在火井内的流动应尽可能均匀。为此,我们测定了几种情况下烟气在火井内同一截面不同半径处气体的流速。图8为带中心扰流柱的陶瓷燃烧器的冷态试验结果。由图可以看出,在中心位置,气流比较均匀,曲线变化比较平缓;在周边位置,气流同样比较均匀;有中心往外围的一个过渡位置,气流的变化比较明显,波动比较激烈,均匀度比较差。

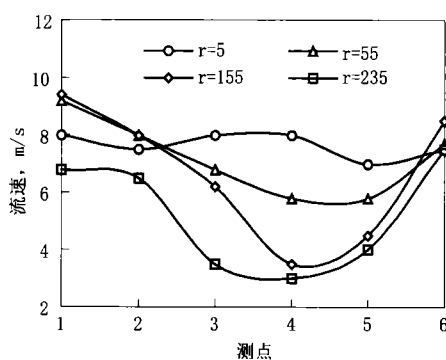


图8 带中心扰流柱的陶瓷燃烧器火井内流速分布

6 结论

(1)设计开发了一种带中心扰流柱的热风炉陶瓷燃烧器,它提高了空气和煤气的混合均匀度,纠正了火井内空气和煤气偏斜所导致的火焰偏斜,使燃

烧器稳定燃烧,降低空气消耗系数和提高燃烧温度。

(2)煤气环道中央设置中心扰流柱形成的双峰状的气流分布减小了气流的厚度,最高流速所在的位置远比单峰状靠近烧嘴的外周,有利于一次风和二次风对煤气流的穿透和混合,对稳定燃烧、降低空气消耗系数和提高理论燃烧温度都起到了很大的作用。

(3)加煤气导流板有利于煤气配气均匀度的提高,在带中心扰流柱的陶瓷燃烧器的煤气通道加煤气导流板前配气均匀度只有81.07%,加煤气导流板后煤气配气均匀度提高了11.39%,达到了92.46%。

(4)带中心扰流柱的热风炉陶瓷燃烧器通过对气流的合理组织,大大降低了燃烧器的系统阻力,阻力系数只有原套筒式陶瓷燃烧器的1/4~1/5倍,有利于燃烧器燃烧能力的提高和调节比的增大。

(5)设计开发的带中心扰流柱的陶瓷燃烧器在燃烧能力为 $59000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 时,阻力约为400 Pa,阻损小,能够满足太钢的实际生产需要。

7 参考文献

- [1] 金岩,陈巍等. 高炉煤气和助燃空气“双预热”提高高炉风温的研究[J]. 钢铁,1998,33(6):54-56.
- [2] 饶荣水,戴方钦,董焰等. 提高蓄热室内气流均匀度的研究[J]. 工业加热,2001,(2):13-16.
- [3] 戴方钦,王立,董焰等. 热风炉高效能陶瓷燃烧器的特点及应用[J]. 炼铁,2003,22(4):52-53.
- [4] 戴方钦,董焰等. 带中心扰流柱的热风炉陶瓷燃烧器[P], 中国专利,200310111478.3,2006.8.

联系人:戴方钦 教授级高级工程师 电话:027-86863771

E-mail:DaiFangqing@sohu.com

(430081)湖北省武汉市青山区中冶武汉冶建技术研究有限公司

收稿日期:2008-11-11

小 启

《炼铁》杂志2008年合订本每册100元(含EMS邮寄费),需要的读者,请直接从邮局汇款。请在汇款单附言中注明邮购“2008年合订本”字样,并写明收件人的姓名、地址、邮编、单位及电话,以免延误。

地 址:(430223)湖北省武汉市东湖新技术开发区大学园路33号A-406信箱

电 话:027-81996124

联系人:李 静

《炼铁》编辑部