

# 涡流技术在降低水煤浆燃烧产物中有毒物质的应用

穆尔科 B. И.<sup>1</sup>, 费加耶夫 B. И.<sup>1</sup>, 卡尔别诺克 B. И.<sup>1</sup>,  
久巴 Д. А.<sup>1</sup>, 巴拉诺娃 M. П.<sup>2</sup>

(1. 西伯利亚生态技术科研生产股份有限公司 新库兹涅茨克 654006;

2. 西伯利亚联邦大学 克拉斯诺雅尔斯克 660074)

**摘要:** 为了在试验台和半工业性试验时, 确定水煤浆燃烧过程中释放的气体中有害气体的质量浓度, 采用涡流燃烧工艺, 对水煤浆燃烧时释放气体的成分进行了试验研究。结果表明: 采用涡流燃烧工艺, 由于化学不完全燃烧减少, 气体释放物中的 CO 含量随燃烧室温度提高而降低, NO<sub>x</sub> 含量甚至低于标准值。这主要是因为涡流燃烧室燃料燃烧温度相对不高; 喷射水煤浆的颗粒在燃烧层停留时间长, 可以完全燃烧。该水煤浆燃烧工艺可以减少有害物质向大气的释放。

**关键词:** 水煤浆; 煤泥; 尾矿; 涡流燃烧; 有害物质释放

中图分类号: TQ534.4; TD849

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)05-0073-03

## Application of swirl combustion technique on reduction of toxic substance in coal water mixture combustion products

Vasily I. Murko<sup>1</sup>, Vladimir I. Fedyaev<sup>1</sup>, Victor I. Karpenok<sup>1</sup>, Dmitry A. Dzuyba<sup>1</sup>, Marina P. Baranova<sup>2</sup>

(1. CC "Sibecotehnika" Novokuznetsk City 654006 Russia;

2. Siberian Federal University Krasnoyarsk City 660074 Russia)

**Abstract:** Adopting swirl combustion technique to determine the concentration of toxic substance in coal water mixture combustion products in semi-industrial test. The results show that due to decrease of chemical incomplete combustion, CO in emission decrease with the increase of chamber temperature, NO<sub>x</sub> content is even lower than standard value. The main reason is that the chamber temperature is relatively low, so the particle of coal water mixture could stay longer in burning zone until burning out. This technique could effectively lessen the toxic substance emission.

**Key words:** coal water mixture; slime; tailings; swirl combustion; toxic substance emissions

俄罗斯煤炭在中小动力工程中的应用不断增加。煤炭及其加工产品的利用需要采用新型的洁净工艺, 避免煤在燃烧中向大气排放大量有害气体。利用煤制水煤浆是减少有害物质释放的途径之一。涡流燃烧工艺是煤泥或选煤尾矿制取的水煤浆较有效的燃烧工艺。本文分析了水煤浆涡轮

燃烧时释放的气体中有害物质的含量和组分。

## 1 试验

### 1.1 原料分析

水煤浆燃料由细粉碎的煤(煤泥)、水和添加剂组成。表1为原料特性。

收稿日期: 2012-08-14 责任编辑: 宫在芹

作者简介: 穆尔科 B. И. (1948—), 男, 俄罗斯人, 科研经理, 科技博士, 教授。

引用格式: 穆尔科 B. И., 费加耶夫 B. И., 卡尔别诺克 B. И., 等. 涡流技术在降低水煤浆燃烧产物中有毒物质的应用[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(5): 73-75.

表1 原料特性

原料	水分/%	灰分/%	挥发分/%	低位发热量/(MJ·kg <sup>-1</sup> )
弱黏结煤	8.5	14.5	27.2	25.97
长焰煤	11.8	17.3	43.0	21.19
弱黏结粉煤煤泥	13.0	23.0	27.4	21.06
主焦煤煤泥(梅日杜列奇公司选煤厂)	30.0	23.2	22.9	18.07
气肥焦煤泥(阿巴舍夫斯卡娅中央选煤厂)	36.1	26.5	36.2	14.85
无烟煤(越南)	14.0	28.0	8.0	34.75
褐煤(蒙古)	28.2	11.1	54.0	14.07
高硫煤(保加利亚)	24.8	20.0	59.0	15.11
选煤细粒尾矿(谢德鲁欣斯卡娅选煤厂)	39.9	32.9	26.3	12.48

## 1.2 试验分析

西伯利亚生态技术科研生产股份有限公司用工业性示范试验装置对水煤浆燃烧时释放的有害物质成分进行了分析。该装置用来研究以不同牌号和灰分的煤、煤泥和选煤尾矿为原料制备的水煤浆及水煤浆的燃烧方法。图1为水煤浆燃烧装置外观。图2为水煤浆燃烧工艺流程。



图1 水煤浆燃烧装置外观

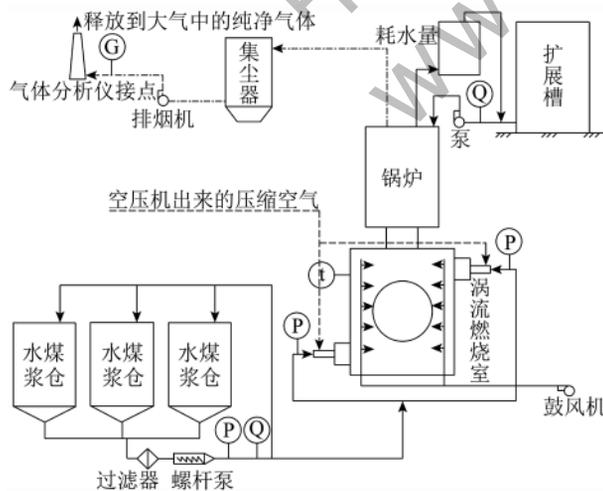


图2 水煤浆燃烧工艺流程

通过来自空压机的压缩空气喷嘴喷射燃料。压力传感器和压力表用来控制水煤浆和压缩空气的压力;流量计用来调节燃料和压缩空气的流量。所有压力和温度指标都记录在工艺测量仪上。采

用索拉油喷灯点火。

涡流燃烧工艺<sup>[1]</sup>燃烧结构特点是涡流。涡流燃烧室保证水煤浆可以在较低温度下完全燃烧。此外,由于鼓风流为正切入,形成了涡流,促进了燃料与入风流的混合,保证了燃料更好、更稳定地燃烧。

由于有效的混合,遏制了有害物质的释放。此外,根据涡流气体动力学,燃料颗粒在燃烧层停留时间延长了很多,有害物质释放试验结果也很好说明了这一点。因此涡流燃烧室优于标准的燃煤锅炉的燃烧装置,后者机械未烧透部分可达40%,而有害物质排放量要比极限允许值高出数倍。

水煤浆仓中燃料通过螺杆给煤泵沿管道系统到达燃烧器的喷嘴。给煤量可通过改变泵的电机旋转频率调整。

用 Testo 300XXL 型气体分析仪测定水煤浆燃烧时释放气体中主要有毒成分(CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>)的含量。表2为涡流燃烧室工作参数。

表2 涡流燃烧室工作参数

参数	数值
鼓风流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	330~550
喷射水煤浆压缩空气压力/MPa	0.1471~0.1961
燃料消耗量/(kg·h <sup>-1</sup> )	30~130
空气过量系数	3.3~3.9
燃烧室中气体温度/℃	900~1200
炉前气体温度/℃	690~800
炉后气体温度/℃	230~275

## 2 结果与讨论

烟煤制备的水煤浆质量分数变化范围不大,为60%~65%。褐煤水煤浆质量分数仅为47%,主要原因是原煤中内水过高。褐煤制备的水煤浆质量分数不高还证明其低热值限制了水煤浆燃烧时热能的释放。

由于库兹巴斯烟煤和越南无烟煤硫含量低<sup>[2]</sup>,

所以由这些煤制备的水煤浆燃烧时并未形成  $\text{SO}_2$ 。蒙古褐煤和梅日杜列奇公司选煤厂煤泥制备的水煤浆燃烧时  $\text{SO}_2$  含量不高。保加利亚高硫煤制备的水煤浆燃烧时气体中  $\text{SO}_2$  含量很高,但没有观察到  $\text{SO}_2$  含量与温度(900~1000℃)的关系。

图3为有害物质含量与涡流燃烧室温度的关系。全部试验中水煤浆燃料平稳燃烧时其烟气中  $\text{CO}$  含量不高,比标准值低33.3%~66.6%<sup>[3]</sup>。由图3还可以看出,由于化学不完全燃烧减少,气体释放物中的  $\text{CO}$  含量随燃烧室温度提高而降低,  $\text{NO}_x$  含量甚至低于标准值,随着温度升高,  $\text{NO}_x$  含量成比例增长,这符合燃烧时氮氧化物

形成的观点<sup>[4]</sup>。不同煤种和煤泥制备的水煤浆燃烧排出气体中有害物质含量见表3。图4为水煤浆燃烧时烟气中有害物质含量及变化。

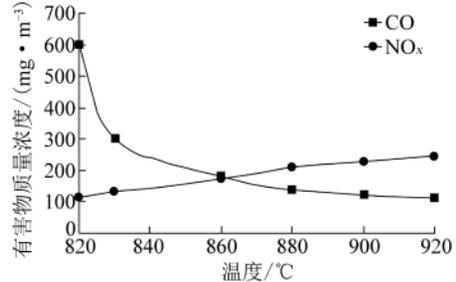


图3 有害物质含量与涡流燃烧室温度变化的关系

表3 不同煤种和煤泥制备的水煤浆燃烧排出气体中有害物质含量

指标名称	煤牌号								
	弱黏结煤 (层状燃烧)	长焰煤 (库兹巴斯)	弱黏结煤 煤粉泥煤 (库兹巴斯)	梅日杜列 奇公司选 煤厂煤泥 (库兹巴斯)	气肥煤煤泥阿巴 舍夫斯卡娅中央 选煤厂煤泥 (库兹巴斯)	无烟煤 (越南)	褐煤 (蒙古)	高硫煤 (保加利亚)	谢德鲁欣 斯卡娅选 煤厂滤饼 (库兹巴斯)
固体质量分数/%	82.0	64.0	64.5	62.6	62.5	64.5	47.0	62.0	63.0
低位发热量/(MJ·kg <sup>-1</sup> )	20.89	14.99	16.18	16.01	12.21	15.18	8.361	15.31	15.07
黏度/(mPa·s)	—	320	355	563	380	470	850	370	385
水煤浆消耗量/(L·h <sup>-1</sup> )	—	50	60	60	100	30	130	80	95
水煤浆压力/Pa	—	1.8	1.7	1.5	1.5	3.2	1.3	1.7	1.5
燃烧室温度/°C	900	1050	1100	1050	950	980	900	1000	1150
$\text{CO}^1$ /(mg·m <sup>-3</sup> )	320	219	210	110	165	112	248	140	18
$\text{NO}_x^2$ /(mg·m <sup>-3</sup> )	270	80	280	244	245	173	252	105	122
$\text{SO}_2^3$ /(mg·m <sup>-3</sup> )	0	0	0	30	0	0	47	480	0

注:1.  $\text{CO}$  标准值不大于  $375 \text{ mg/m}^3$  (GOST 28193—89); 2.  $\text{NO}_x$  标准值不大于  $750 \text{ mg/m}^3$  (GOST 28193—89); 3.  $\text{SO}_2$  标准值不大于  $750 \text{ mg/m}^3$  (GOST 28193—89)。

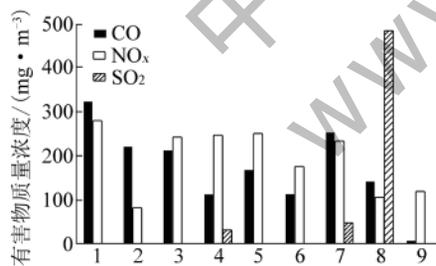


图4 水煤浆燃烧时烟气中有害物质的含量和变化

- 1—弱黏结煤(层状燃烧); 2—长焰煤水煤浆(库兹巴斯);
- 3—弱黏结粉煤泥水煤浆(库兹巴斯); 4—梅日杜列奇选煤厂煤泥水煤浆(库兹巴斯); 5—阿巴舍夫斯卡娅中央选煤厂煤泥水煤浆(库兹巴斯); 6—无烟煤水煤浆(越南);
- 7—褐煤水煤浆(蒙古); 8—高硫煤水煤浆(保加利亚);
- 9—谢德鲁欣斯卡娅选煤厂选煤细粒尾矿水煤浆

由图4可知,水煤浆燃烧时有害物质量浓度很低,主要原因是涡流燃烧室燃料燃烧温度相对不高;喷射水煤浆的颗粒在燃烧层停留时间长,可以完全燃烧。

### 3 结 论

研究表明由于采用了有效的水煤浆涡流燃烧工艺,大大降低了释放气体中有害物质含量;以水煤浆(包括选煤产品和煤泥)的形式利用煤是有效的利用方式。

参考文献:

- [1] 穆尔科 B. И., 费加耶夫 B. И., 布罗夫琴科 C. A., 等. 水煤浆制备和燃烧示范装置[J]. 煤, 2003(6): 53-54.
- [2] 穆尔科 B. И., 费加耶夫 B. И., 丰格 Д. М., 越南无烟煤水煤浆的制备和燃烧的研究结果[J]. 煤, 2007(10): 59-60.
- [3] 穆尔科 B. И., 费加耶夫 B. И., 斯塔里科夫 A. П., 等. 水煤浆的制备和燃烧成套装置工业性试运转结果[J]. 西伯利亚煤, 2008(1): 38-39.
- [4] 茹拉夫廖娃 Н. В., 穆尔科 B. И., 费加耶夫 B. И., 等. 水煤浆涡轮燃烧工艺的生态方向[J]. 俄罗斯生态与工业, 2009(1): 21-24.