



## GW射流器用于燃烧罐固体颗粒气体搅拌状态模拟测试

### 一、实验目的:

- 1、测量文丘里射流器在气体喷射时对空气的吸入量;
- 2、模拟文丘里气体射流对燃料颗粒的搅拌作用,观测GW射流器喷射对颗粒的吹松撬动情况。

### 二、实验模型

1、几何模型:客户使用的是 $\phi 2000\text{mm}$ 圆柱罐体,在四周安装四根GW射流器,现采用 $1000\times 1000\times 1000\text{mm}$ 玻璃缸容器,模拟其中一根GW射流器的工况及作用范围,容器采用玻璃材料便于观察。

2、燃料颗粒:客户使用粒径 $2\text{mm}$ 、堆积重 $1200\text{kg}/\text{m}^3$ 的煤颗粒,考虑到实际燃烧时罐体内温度 $>1000^\circ\text{C}$ ,燃料颗粒的堆积比重会大大减少,故实验采用粒径 $2\text{mm}$ 、堆积比重为 $350\sim 450\text{kg}/\text{m}^3$ 的颗粒来模拟实际工况。



3、动力气体:客户使用氧气作为动力气体,实验使用空气作为动力气体。氧气密度为

$1.4\text{kg}/\text{m}^3$ ,空气密度为 $1.23\text{kg}/\text{m}^3$ ,两者密度相近,因此可以模拟实际工况。

4、实验采用 $0.1\text{MPa}\sim 0.4\text{MPa}$ 的压缩空气进行喷射搅拌模拟,能观察到不同压力下的工况。

### 三、实验装置

#### 1、装置介绍:

①空压装置:提供 $0.5\text{MPa}$ 动力空气;

②阀门A:稳压罐控制阀,调整稳压罐的气体压力;

- ③稳压罐：调节空气压力，为喷射实验提供稳定压力的动力空气；
- ④阀门B：GW射流器进气控制阀；
- ⑤流量计A：DN50涡街流量计，测量GW射流器进口动力空气的流量；对涡街流量计有较大影响的因素是流体压力，故每次测量前需调整流量计的压力值；
- ⑥GW射流器：喷射空气对颗粒进行搅拌，同时能吸入空气；
- ⑦玻璃缸：装载颗粒，玻璃透明便于观察；
- ⑧压力表：测量稳压罐内动力空气的压力；
- ⑨流量计B：DN25涡街流量计，测量GW射流器的吸气量；

2、实验装置连接如图1、2、3所示。

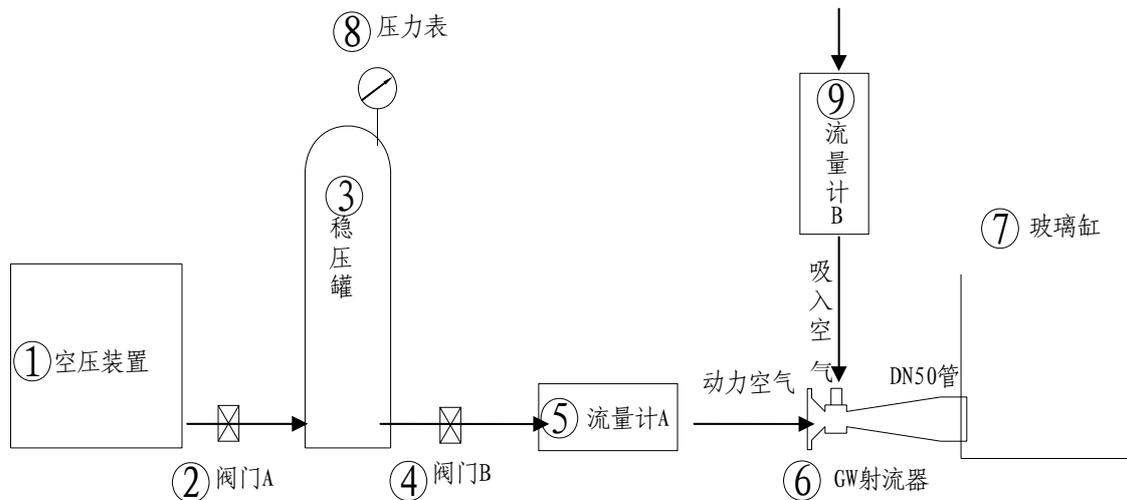


图1 实验装置示意图



图 2 实验整体装置图



图 3 局部装置图

#### 四、实验步骤及过程

##### 1、空气吸入

如图 2 所示将实验装置安装好之后，通过调节阀门 A，控制稳压罐内压力稳定在 0.04MPa、0.05MPa 等数值，打开阀门 B 喷射空气，在压力表、

流量计读数稳定后记录数据。测定数据如表 1 所示。

表 1

序号	GW 射流器进口		GW 射流器吸气量
	压力 MPa	流量 (m <sup>3</sup> /h)	流量 (m <sup>3</sup> /h)
1	0.04	166	30.3
2	0.05	185	25.8
3	0.08	352	20.1
4	0.1	440	17.8
5	0.15	562	12.3
6	0.2	670	0
7	0.3	960	0

在不同压力条件下，通过 GW 射流器的空气流量不同，GW 射流器对空气的吸入量也不同。在压力为 0.2MPa 时，流量达到 670m<sup>3</sup>/h，GW 射流器不再吸入空气。由于压力表不能准确显示 0~0.04MPa 的压力，涡街流量计不能正常工作，无法测量 GW 射流器的进口流量，在 0.04MPa 时测得吸气量的最大值为 30.3m<sup>3</sup>/h。

## 2、空气喷射搅拌

实验分四组，颗粒厚度不断增加，分别为 300mm、500mm、700mm、800mm（颗粒厚度容器底到颗粒堆上表面），控制动力空气在 0.1~0.4MPa 之间，观察搅拌的现象，观测结果如表 2 所示。



表 2

序号	颗粒		动力空气	搅拌现象	备注 (点击观看视频)
	厚度 mm	重量 kg	气压 MPa		
1	300	100	0.1	颗粒堆被喷开,颗粒随气流打到玻璃缸后板,并向四周散开。	<a href="#">300mm0.1MPa.MOV</a>
2			0.2	颗粒堆被快速喷开,颗粒随气流猛烈地打到玻璃缸后板并向四周散开。	<a href="#">300mm0.2MPa.MOV</a>
3	500	175	0.1	颗粒堆内部呈蓬松状,颗粒上浮,从下部可以观察到颗粒不断翻滚	<a href="#">500mm0.1MPa.MOV</a>
4			0.2	颗粒堆一开始往上拱,随后颗粒随气流如火山爆发状向上喷。	<a href="#">500mm0.2MPa.MOV</a>
5			0.4	气流贯穿容器前后,颗粒喷射猛烈,从玻璃缸后视可以看到大量颗粒往上涌,剧烈翻滚,搅动范围如图4所示。	<a href="#">500mm0.4MPa.MOV</a>
6	700	250	0.2	颗粒整体往上浮,在射流器喷口上方突起直径半米多的颗粒堆(如图5);可以观察到在颗粒中间有很大空隙,颗粒在空隙内搅动;随着突起颗粒堆不断扩大,最后颗粒随气流如火山爆发状向上喷。停止进气后饲料堆如图6所示。	<a href="#">700mm0.2MPa.MOV</a>
7			0.4	颗粒随气流如火山爆发状向上喷,搅动痕迹如图7所示。	<a href="#">700mm0.4MPa.MOV</a>
8	800	300	0.4	颗粒随气流如火山爆发状向上喷	<a href="#">800mm0.4MPa.MOV</a>

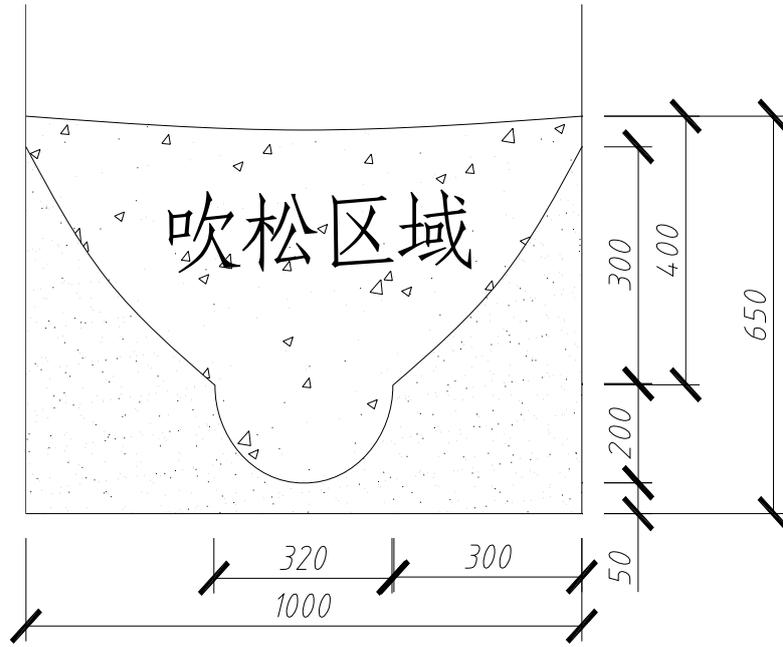


图4 500mm厚0.4MPa压力颗粒运动痕迹

注：图中颗粒运动的痕迹说明气流横穿了颗粒堆，将颗粒材料整体搅动。

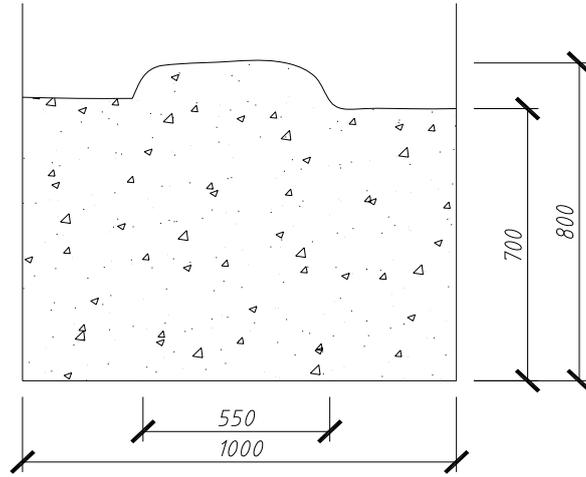


图5 700mm厚0.2MPa压力下颗粒状态示意图

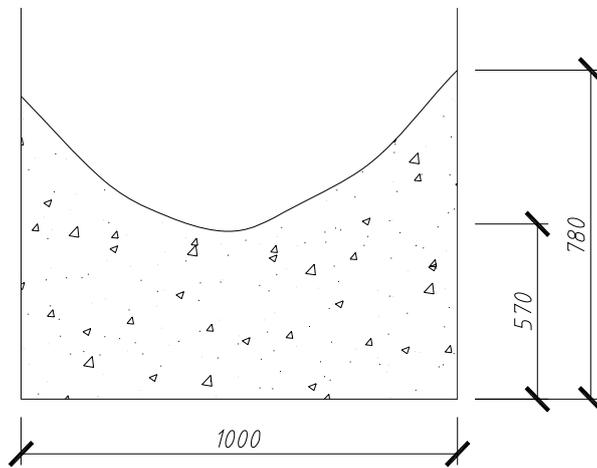


图6 700mm0.2MPa压力停止通气后颗粒状态示意图

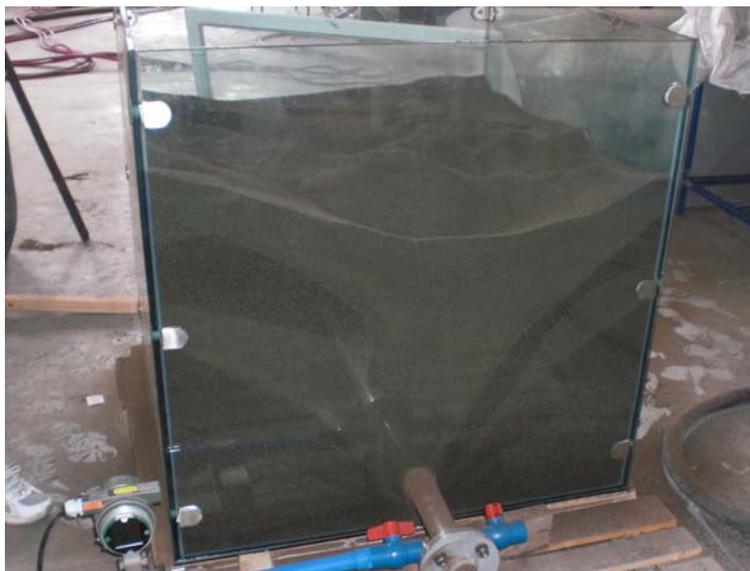


图7 700mm0.4MPa搅动痕迹



## 五、实验结论

### 1、空气吸入

玻璃缸内不装入颗粒、GW射流器出口在无阻力状态下，通过调节不同动力空气的压力，测量得出GW射流器不同流量及相应吸气量：

①动力空气的压力小于0.04MPa，GW射流器进气口流量小于166m<sup>3</sup>/h时，GW射流器的吸气量随气压升高流量增加而增大

②在动力空气的压力为0.04MPa，GW射流器进气口流量为166m<sup>3</sup>/h时，测得GW射流器吸气量最大值为30.3m<sup>3</sup>/h。

③动力空气的压力大于0.04MPa，GW射流器进气口流量大于166m<sup>3</sup>/h时，吸气量随气压升高流量增加而减小。

### 2、喷射搅拌

实验证明，用GW射流器对固体颗粒进行气体喷射，气体压力在0.1MPa时，颗粒堆内部呈蓬松状，颗粒上浮并不断翻滚（如视频500mm0.1MPa时间50秒时）。气体压力在0.2MPa时，颗粒会随气流整体上浮，在中间形成很大空隙，呈蓬松状（如视频700mm0.2MPa时间2分钟时），一段时间后颗粒如火山爆发状向上喷射。气体压力大于0.2MPa时，颗粒立即像火山爆发状往上喷射、翻动。

常温下GW射流器喷射对于颗粒的搅拌，0.1~0.2MPa的气压可使颗粒整体抬升，在中间形成空隙，颗粒不断翻滚，一段时间后颗粒如火山爆发状向上喷射。在燃烧中燃料颗粒要达到很好的搅拌效果，只需要使颗粒蓬松，在中间形成空隙，不需要如火山爆发状喷射剧烈搅拌，所以使用小于0.1MPa的气压即可达到搅拌效果。在高温燃烧状态下，气体受热急剧膨胀，



要使颗粒达到蓬松的效果，所需的动力空气的压力和流量会小于常温状态的  
压力和流量。

GW射流器用于燃烧罐固体颗粒气体搅拌可达到很好的效果。