

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G01N 29/02

G01N 29/10 G01N 29/20



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310106214.9

[43] 公开日 2004年11月3日

[11] 公开号 CN 1542447A

[22] 申请日 2003.11.6

[21] 申请号 200310106214.9

[71] 申请人 南京师范大学

地址 210097 江苏省南京市宁海路122号

[72] 发明人 方彦军 曹国华 常健

[74] 专利代理机构 南京知识律师事务所

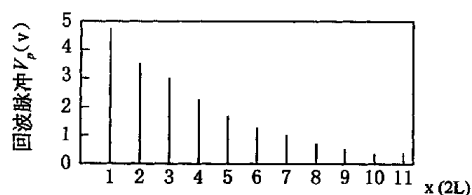
代理人 王东升

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称 液固两相流浓度超声测试方法

[57] 摘要

液固两相流浓度超声测试方法是一种两相流测试的方法，测量方法为：a) 采用固定间隔的两平行板，间隔距离为  $L = 100\text{mm}$  左右；超声探头置于平行板一侧，使超声波在平行板两侧间来回反射，以获取多次回收，平行板间的介质为被测两相流介质；b) 在同一发射波下，测得第1次、第2次直至第  $n$  次回波；c) 分别计算得第1次至第  $n$  次回波的包络的面积  $A_1$  和第2次至第  $n$  次回波的包络的面积  $A_2$ ；d) 通过公式计算获得衰减系数  $\alpha = (1/2L) \ln(A_1/A_2)$ ；式中  $L$  为传感器的声程值；e) 通过实验室配制不同浓度的标准样本，测出相应的衰减系数  $\alpha$  值，标定出衰减系数  $\alpha$  值与被测标准样本浓度的关系曲线。



1、一种液固两相流浓度超声测试方法，其特征在于测量方法为：

a)、采用固定间隔的两平行板，间隔距离为  $L=80\sim 120\text{mm}$  左右；超声探头置于平行板一侧，使超声波在平行板两侧间来回反射，以获取多次回波，平行板间的介质为被测两相流介质；

b)、在同一发射波下，测得第 1 次、第 2 次直至第  $n$  次回波；

c)、分别计算得第 1 次至第  $n$  次回波的包络的面积  $A_1$  和第 2 次至第  $n$  次回波的包络的面积  $A_2$ ；

d)、通过公式计算获得衰减系数

$$\alpha = \frac{1}{2L} \ln \left( \frac{A_1}{A_2} \right)$$

式中  $L$  为传感器的声程值；

e)、通过实验室配制不同浓度的标准样本，测出相应的衰减系数  $\alpha$  值，标出衰减系数  $\alpha$  值与被测标准样本浓度的关系曲线。

2、根据权利要求 1 所述的液固两相流浓度超声测试方法，其特征在于实际测量时，在测得衰减系数  $\alpha$  值后，由仪器内部微处理器（CPU）根据实验所标定的曲线，算出被测介质的浓度值。

## 液固两相流浓度超声测试方法

### 技术领域

本发明是一种两相流测试的方法，属于超声波测试的技术领域。

### 背景技术

液固两相流的测定问题，在火力发电厂的粉煤灰输送、水煤浆炉的水煤浆输送，在造纸生产过程中纸浆浓度控制，以及大江大河中泥沙含量测定等都有重要应用背景。

传统上的测定方法主要采用取样称重法，但操作过程复杂、效率低，不便于过程的连续、实时控制。为了寻求这种变革，过去很多学者在液固两相流测定上作了大量的工作。研制了各种测量仪器，诸如同位素测定仪，振动式两相流密度计，光电测试仪等。但是，这些产品在很多应用场合都有其局限性。

在脉冲超声波测试技术领域，国内外现有用于两相流浓度的主要测量方法及问题为：

- ① 移板法：传感器移动距离难以控制，移动前后平行度难以控制。
- ② 单幅值法：电路漂移无法自动校除，探头污染带来的误差无法自动校除，发射强度变化带来的误差无法自动校除。
- ③ 双幅值比值法：灵敏度相对较低。

### 发明内容

**技术问题：** 本发明的目的是提供一种具有很好的环保性能、更好的稳定性和较宽的测量范围，并且体积小、造价低，可形成便携式产品的液固两相流浓度超声测试方法，

**技术方案：** 本发明的测量方法为：

- ① 采用固定间隔的两平行板，间隔距离为  $L=80\sim 120\text{mm}$ ；超声探头置于平行板一侧，使超声波在平行板两侧间来回反射（即多次脉冲反射法），以获取多次回波，平行板间的介质为被测两相流介质；

- ② 在同一发射波下，测得第 1 次、第 2 次、直至第 n 次回波（n 回波为最后一次回波，理论上各次回波呈指数衰减规律）；
- ③ 分别计算得第 1 次至第 n 次回波的包络的面积 A1 和第 2 次至第 n 次回波的包络的面积 A2；
- ④ 通过公式计算获得衰减系数

$$\alpha = \frac{1}{2L} \ln \left( \frac{A_1}{A_2} \right)$$

式中 L 为传感器的声程值；

⑤ 通过实验室配制不同浓度的标准样本，测出相应的衰减系数  $\alpha$  值，标定出衰减系数  $\alpha$  值与被测标准样本浓度的关系曲线。实际测量时，在测得衰减系数  $\alpha$  值后，由仪器内部微处理器（CPU）根据实验所标定的曲线，算出被测介质的浓度值。

**有益效果：**本装置采用脉冲超声技术，利用脉冲超声在两相流介质传播中，随介质密度不同而衰减不同的原理进行介质浓度的测量，从而很好的解决了两相流浓度的测量问题。本方法具有体积小，无污染，能够校除诸如发射强度不稳、输入通道等效增益不稳、探头污染等带来的误差，此外还具有更高的灵敏度。

与其他方法相比

- ① 比同位素法具有很好的环保性能；
- ② 比振动法有更好的稳定性，并且体积小、造价低，可形成便携式产品；
- ③ 比光电法有更好的稳定性，和较宽的测量范围。

2. 在测量方法的算法上比（仅针对超声波法而言）

- ① 移板法：传感器移动距离难以控制，移动前后平行度难以控制。
- ② 单幅值法：电路漂移无法自动校除，探头污染带来的误差无法自动校除，发射强度变化带来的误差无法自动校除。
- ③ 双幅值比值法：灵敏度相对较低。

综上，本方法具有体积小，无污染，能够校除诸如发射强度不稳、输入通道等效增益不稳、探头污染等带来的误差，此外还具有更高的灵敏度。

## 附图说明

图 1 是本发明的回波脉冲序列示意图。其中横轴为传播距离  $x$  ( $2L$ )，纵轴为

回波脉冲。

图 2 是本发明的一阶逼近后的包络面积示意图。

## 具体实施方式

本发明的测量方法为：

- ① 用固定间隔的两平行板，间隔距离为  $L=100\text{mm}$  左右；超声探头置于平行板一侧，使超声波在平行板两侧间来回反射（即多次脉冲反射法），以获取多次回收，平行板间的介质为被测两相流介质；
- ② 在同一发射波下，测得第 1 次、第 2 次直至第  $n$  次回波（ $n$  回波为最后一次回波，理论上各次回波呈指数衰减规律）；
- ③ 分别计算得第 1 次至第  $n$  次回波的包络的面积  $A_1$  和第 2 次至第  $n$  次回波的包络的面积  $A_2$ ；
- ④ 通过公式计算获得衰减系数

$$\alpha = \frac{1}{2L} \ln \left( \frac{A_1}{A_2} \right)$$

式中  $L$  为传感器的声程值；

⑤ 通过实验室配制不同浓度的标准样本，测出相应的衰减系数  $\alpha$  值，标定出衰减系数  $\alpha$  值与被测标准样本浓度的关系曲线。实际测量时，在测得衰减系数  $\alpha$  值后，由仪器内部微处理器（CPU）根据实验所标定的曲线，算出被测介质的浓度值。

当声波为脉冲超声波，介质为各向同性的连续介质，并保证发射超声波的晶片与其间隔为  $L$ （声程）的反射面相平行，则采用多次脉冲反射法，可得图 1 结果。当反射过程为全反射时（否则应给予适当修正），第  $i$  个回波声压可表示为

$$v_{pi} = v_{p0} \exp(-2iL\alpha) \quad (1)$$

从图 1 不难看出，吸收系数  $\alpha$  决定着回波脉冲所包络的面积，其面积  $A$  与吸收系数  $\alpha$  有下式关系

$$A = \int_0^{\infty} V_{pi} \exp(-\alpha x) dx = \frac{V_{pi}}{\alpha} \quad (2)$$

上式的积分面积是从第一次回波算起得的，原因是  $V_{p0}$  难以检测。从原理上说，当发射电路得电脉冲不变，则通过测量面积  $A$  就可求得吸收系数  $\alpha$ 。然而

大多数超声发射电路得发射强度都不是很稳定,另外探头性能得不稳定等也都会影响  $V_{p0}$  的稳定性,从而影响  $V_{pi}$  的稳定性。此外,接收通道的总等效增益的不稳定也会影响这一测试方法的精度。为了解决这一问题,我们提出了相对量测试法—“面积比值法”即利用

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\int_0^{\infty} V_{pi} \exp(-\alpha x) dx}{\int_{2L}^{\infty} V_{pi} \exp(-\alpha x) dx} = \exp(2L\alpha) \quad (3)$$

$$\text{于是得到 } \alpha = \frac{1}{2L} \ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right) \quad (4)$$

式中  $A_1$  为第一回波脉冲以后所包络的面积,  $A_2$  为第二回波脉冲以后所包络的面积。上式即为声吸收系数“面积比值”测定法的基本关系式。不难证明,这一测量方法发射强度  $V_{p0}$  以及整个接收通道的等效增益发生变化时,  $A_1$  和  $A_2$  的比值不变,也即  $\alpha$  值测量结果不受影响。

在实际的面积测量上,是采用矩形面积来一阶逼近衰减波形所包络的面积,如图2所示。虽然采用了一阶逼近,但是  $A_1$  与  $A_2$  的比值却于一阶逼近后的  $A'_1$  和  $A'_2$  的比值保持不变,即

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{A'_1}{A'_2} \quad (5)$$

进而(4)式可以演化成

$$\alpha = \frac{1}{2L} \ln\left(\frac{\sum_{i=1}^{\infty} V_{pi}}{\sum_{i=2}^{\infty} V_{pi}}\right) \quad (6)$$

对吸收系数,不论利用哪种检测方法,当对精度提出的要求较高时,都会受到超声发射、接收以及各种干扰因素的影响。采用“面积比值法”,即将衰减曲线的整个面积与部分面积相比求得  $\alpha$  值的核心思想是:当在任一发射中的整个衰减曲线产生影响时(此时几何形状不变),但本身的比值不变,从而所求得的  $\alpha$  值,排除了各种因素的干扰,提高了测量精度。

与传统采集装置相比,脉冲回波序列信号的采集则存在三个突出的问题:(1)脉冲宽度窄;(2)脉冲间隔窄;(3)严格同步。鉴于这种情况,我们设计了高速

---

度的程控峰值保持器，并在软件结构设计上，使采集程序严格同步于外部脉冲信号。这样当 MPU 每取到一个回波幅值后，对峰值保持器清零，以便后一脉冲能够继续被保持，达到对同一发射波下的一串脉冲序列信号的采集。

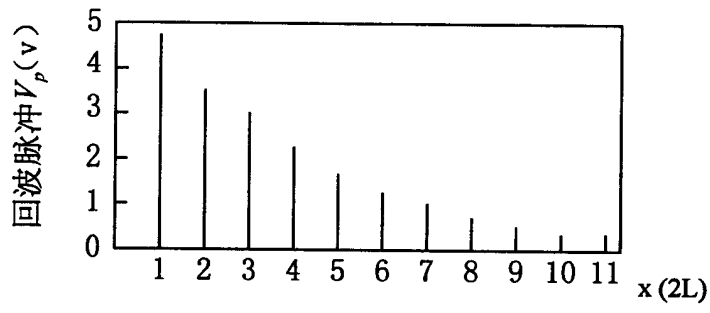


图 1

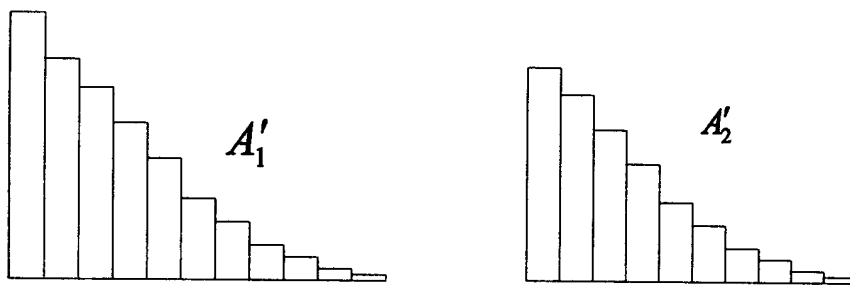


图 2