

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01N 29/00

G01N 29/02



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 03112800.9

[45] 授权公告日 2004 年 11 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1174245C

[22] 申请日 2003.1.30 [21] 申请号 03112800.9

[71] 专利权人 南京大学

地址 210093 江苏省南京市汉口路 22 号

[72] 发明人 林 玮 袁忆丰 干昌明

审查员 田丽丽

[74] 专利代理机构 南京苏高专利事务所

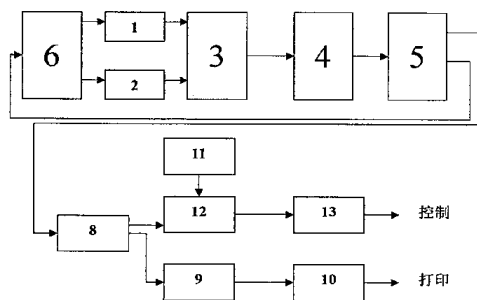
代理人 阙如生

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称 差分法超声气体微量变化测定及控制评估系统

[57] 摘要

本发明属于气体测量领域和传感器技术领域。涉及气体微量变化智能型测量仪器，并涉及反馈控制属设备的技术性能作出评估系统。本系统包括：空气介质换能器，超声信号激励和接受部件，模拟信号处理部件以及控制和评估的微机终端处理系统。本发明在解决测量灵敏度及温度影响带来的测量误差问题时，系统采用差分法（相位差分，频率差分）作为模拟信号处理的关键部件，其中由相位差分法系统构成的变异的锁相环路，使测量的精度和灵敏度获得很大提高。该发明可以工作在气体成分的所有浓度范围内，当气体混合物为 2 种气体组分时，测量系统可以连续给出其中一种含量的变化，但系统的工作条件是 2 种气体组分的声速必须不同。



1、一种差分法超声气体微量变化测定及控制评估系统，其特征是它包括差分法测量系统和微机终端处理系统，差分法测量又分为相位差分法和频率差分法；相位差分法测量由空间延迟通道（1）、（2）、差分器（3）、环路滤波器（4）、压控振荡器（5）和功分器（6）所组成；空间延迟通道（1）、（2）分别与差分器（3）相连接，经环路滤波器（4）与压控振荡器（5）相连，再与功分器（6）相连接，而构成变异的锁相环路；频率差分法测量由空间延迟通道（1）、（2）、差分器（3）、环路滤波器（4）和放大器（7）组成，空间延迟通道（1）、（2）分别与放大器（7）相连，构成两组振荡环路，分别与差分器（3）连接，再与环路滤波器连接；微机终端处理系统由归一法处理（8）、微分（9）、性能参数评估（10）、模拟化值数字量化（11）、比较（12）、和功率放大输出（13）组成，归一法处理（8）分别与微分（9）比较（12）连接、微分（9）与性能参数评估（10）相连、模拟化值数字量化（11）与比较（12）相连，比较（12）再与功率放大输出（13）连接。

2、根据权利要求 1 所述的差分法超声气体微量变化测定及控制评估系统，其特征是差分法测量系统的两个空间延迟通道（1）和（2）是由发射、接收两对空气介质换能器组成，其中通道（1）密封，它接触到的是尚未变化的气体，通道（2）不密封，微变气体在此产生声速微变，通过差分器（3）后两路信息相减，经环路滤波器（4）后进入压控振荡器（5）输出的信号只反映气体含量变化的信息，而温度的影响则受到了抑制。

3、根据权利要求 1 所述的差分法超声气体微量变化测定及控制评估系统，其特征是相位差分法测量由密封的混合气体空间延迟通道（1）、混合气体空间延迟通道（2）分别是与差分器（3）连接，差分器（3）输出相位差信号经过环路滤波器（4）滤波后进入压控振荡器（5），再与功分器（6）相连，功分器（6）输出两路相同信号分别进入两个空间延迟通道（1）、（2）形成的闭环系统构成一个变异的锁相环路，当环路一旦锁定时，压控振荡器（5）输出的频率即为微变气体时间延迟的函数。

4、根据权利要求 1 所述的差分法超声气体微量变化测定及控制评估系统，其特征是频率差分法由空间延迟通道（1）、（2）分别与放大器（7）构成的闭环振荡，振荡频率分别反映了空间延迟通道（1）和空间延迟通道（2）的气体声音速度，经差分器（3）中得到它们的差频信号，经过环路滤波器（4）输出的差频信号即为气体微变的函数。

5、根据权利要求 1 所述的差分法超声气体微量变化测定及控制评估系统，其特征是微机终端处理是将差分法测量输出的微变信息经过归一法处理（8），当给出某一气体预先设定含量的模拟化值数字量化（11），然后把归一化处理（8）和模拟化值数字量化（11）的信号经过比较（12），并在功率控制输出（13）得到放大，去控制传动机构进行反馈控制；对归一法处理（8）的信息，进行微分运算（9），对时间的微分结果数据作为评估设备系统的性能参数（10），该参数输出打印储存或对设备进行报警。

差分法超声气体微量变化测定及控制评估系统

一、技术领域

本发明属于气体分析测量领域和传感器技术领域。涉及气体微量变化的智能型测量仪器，并涉及反馈控制及所属设备的技术性能作出评估的系统。

二、背景技术

任何气体中的声音传播速度是气体温度与气体组分的函数。当测量系统中消除温度所带来的影响之后，测量数据仅与气体成分有关。

当气体混合物为2种气体组分时，而且2种气体组分的声速不相同，此时测量声速的变化就可以得出其中一种气体的相对微量变化。因此准确测量声速，可以成为分析气体成分的一种有效手段。

现有技术中较为实用的测量声速的方法有以下几种：

1、干涉仪法：该方法是根据声波叠加原理，当入射波和反射波合成而出现波峰、波谷时，测量峰谷的位置，就确定声传播时间。其精度一般不超过 10^{-2} ~ 10^{-3} 。

2、比较法：它是比较入射波信号与接收换能器输出信号的相位，计算声传播时间。

3、脉冲法：向被测气体发射脉冲声波信号，通过测量和计算已知距离所需要的时间来计算声速。它又可以分为脉冲回鸣法，脉冲叠加法，脉冲重合法等。

以上测量方法在实时、现场等特定条件下都存在一定缺点：干涉仪法实现自动测量比较困难，系统复杂。相位比较法和脉冲法测量精度较低，一般在 10^{-3} 左右。脉冲法还受空气换能器频带的限制。脉冲信号的前沿和后沿时间较长，除直接影响精度之外，测量最小距离亦受到盲区的限制。

以上三种方法最大的问题还在于，温度影响所带来的误差不能很好解决。如果采用预先储存“温度~速度”数据进行比较方法，则因地域环境的变化所带来的影响将无法克服。

三、发明内容

1、发明目的

本发明目的是提供一种不受温度影响并获得高灵敏度的气体微变实时测量系统。并根据所得到的数据形成自动控制和智能管理评估系统。

2、技术方案

解决发明目的的技术方案是采用差分法测量系统和一个微机终端处理系统

差分法测量系统的一个基本部件是两个空间延迟通道。它是由发射、接收两对空气介质换能器组成。其中一个通道在现场密封，它接触到的是尚未变化的气体。另一通道则不密封，微变气体在此产生声速的微变。工作时，两通道温度相同，温度响应亦相同，

通过差分电路后两路信号相减，最后输出信号只反映气体含量变化的信息，而温度的影响则受到抑制。

差分法测量系统分为相位差分法，频率差分法。

双通道之后的差分网络输出量是相位差信号时即是相位差分法。相位差代表了双通道的时间差。该系统是由两个空间延迟通道、相位差分器、环路滤波器、压控振荡器和功分器等部件组成。两个空间延迟通道分别与相位差分器相连，经环路滤波器与压控振荡器相连，再与功分器相连接而构成锁相环路。众所周知，锁相环路是一种跟踪信号相位的闭环自动控制系统。它独特而精密的跟踪性能及技术复杂性，主要应用于航天领域的卫星测速定轨，深空探测等。在性能要求很高的通信和精密测量系统中有时也应用它。

它运用在本系统时即对双通道的相位差进行跟踪。它是一种变异的锁相环路，当环路系统一旦锁定，压控振荡器输出的频率即为微变气体时间延迟的函数。空间延迟的双通道的距离是固定的，而声速等于距离除以时间，所以它可以获得高精密度的声速数据。

它要求空气换能器工作频段高，在机械系统等条件能满足时，灵敏度达到 10^{-7} 。

当双通道之后的差分网络输出量是频率差信号时，则为频率差分法。它是由两个空间延迟通道、放大器、频率差分器和环路滤波器等部件组成。两个空间延迟通道分别与两个放大器组成闭环振荡。振荡频率分别反映了空间延迟通道 1 和通道 2 的气体声音速度，振荡频率为延迟时间的函数，亦即为气体温度、气体成分的函数。通过差分器，滤波器消除温度影响。其差频信号输出即为气体微变的函数。

差分测量获得微变信息，经过信号处理，反馈控制和对设备评估构成了本发明微机终端处理系统。

差分法测量输出的微变信息先经过归一化处理，使它根据不同气体给出体积百分比的含量值。本系统在实际运作过程中，一般都是将某一气体含量值给以预先设定，并要根据此设定值进行自动控制。此时，将预设的模拟化值数字量化。然后与测量获得的归一化信号进行比较，并在功率控制输出级获得功率放大，去控制相应传动机构进行反馈控制。此反馈闭环系统保证了对气体含量的精密控制。

当气体的含量变化是所属的机器设备的泄漏（或者老化）原因引起时，一般它是时间的函数。此时终端处理系统对归一化信号进行微分运算。对时间的微分结果数据可作为设备系统的性能参数。输出打印储存或对设备进行报警。

3、有益效果

本发明提供的气体微量变化测定、分析处理系统与现有的技术相比较有以下优点：

- (1)、系统消除了温度所引起的干扰和测量误差。
- (2)、测量精度高，灵敏度高，应用范围广。

当频率为 100kHz 时，采用频率差分法灵敏度为 $10^{-4}\sim 10^{-5}$

当频率为 500kHz 以上时，采用相位差分法灵敏度为 10^{-7}

可以测量浓度范围为 0~100% 时的气体微量变化。

(3)、系统可以构成设备质量评估系统。

(4)、系统可以构成反馈控制系统。

(5)、系统可测定 SF_6 , O_2 , H_2 , 甲烷, 惰性气体等微量变化。只要满足 2 种气体组分的声速不相同。

同时，本系统的参数和设计必须根据不同气体要求和环境条件进行相应的改变和调试。

四、附图说明

图 1 差分法超声微量变化测定及控制评估系统

1-密封的混合气体空间延迟通道、2-混合气体空间延迟通道、3-双通道差分器、4-环路滤波器、5-压控振荡器、6-功分器、8-归一法处理、9-微分、10-性能参数评估、11-模拟化值数字量化、12-比较、13-功率放大输出；

图 2 频率差分法测量系统

1、2、3、4 与图 1 相同

7-放大器

五、实施方式

本发明系统中的附图部件和信号处理的框图除了双通道空间延迟 1、2 之外均是公知件和可获得的软件。

实施例 1 相位差分法系统的实施

本系统的基本部件是两个空间延迟通道 1、2，它是由发射接收两对空气介质换能器构成，两对空气换能器的相频响应特性必须一致，而且安装时两对换能器必须平行，两通道的温度相同，温度响应亦相同，通道 1 用波纹管密封，以消除温度的应力。通道 1、2 分别与差分器 3 相连接，输出的相位差信号经过环路滤波器 4、与压控振荡器 5 相连，再与功分器 6 相连接，功分器输出两路相同信号分别传入密封通道 1 和通道 2，整个闭环系统构成一个变异锁相环路，当环路一旦锁定时，压控振荡器输出即为气体微变的函数，而温度的影响则受到了抑制，由于排除了温度的干扰，所以大大提高了测量的精度。

实施过程以 SF_6 气体微量变化为例构成频率差分测定控制系统。差分器输入的双通道信号是频率的变化。当通过延迟线的放大器（即 1，2，7）构成闭环振荡：在调试和选择中以优选方式必须满足四个条件：

幅度条件：放大器增益必须大于空气超声换能器的损耗和传输损耗之和。

相位条件：满足 $\frac{l}{v_{\mu}} + \Delta\phi = 2\pi m$ ，式中 l 为发射、接收换能器的距离， v_{μ}

v_{μ} 为气体声音速度。 $\Delta\phi$ 为气体换能器的相移。

单模振荡条件： $\Delta F < \frac{1}{\tau}$ 。 ΔF 为气体换能器的带宽， τ 为发射、接收换能器之间的延迟时间。

高稳定振荡条件： $\tau \gg \frac{1}{F}$ ， F 为闭环振荡频率， τ 为发射、接收换能器之间的延迟时间。

在系统测量开始，当双通道初始条件并不完全相等时：可将促使数据储存入微机，在运算过程中消除。

在实验室模拟现场测量，采用已知体积空气中逐次注入等量的 SF_6 方法，可以测 SF_6 微量变化的灵敏度为 4×10^{-5} 。

实施例 2 微机终端处理系统的实施

微机终端处理系统由信息处理、反馈控制、评估系统所构成，它是将“差分系统”（相位差分法中的压控振荡器 5 和频率差分法中的环路滤波器 4）输出的信号由归一化处理 8，与预先设定的某一气体的模拟化值数字量化 11 进行比较 12，并在功率控制输出 13 得到放大，然后去控制传动机构进行反馈控制；另一路是由归一化处理 8 的信号，进行微分运算 9，对时间微分结果数据作为评估设备系统的性能参数 10，对该参数输出打印储存或者对设备进行报警。

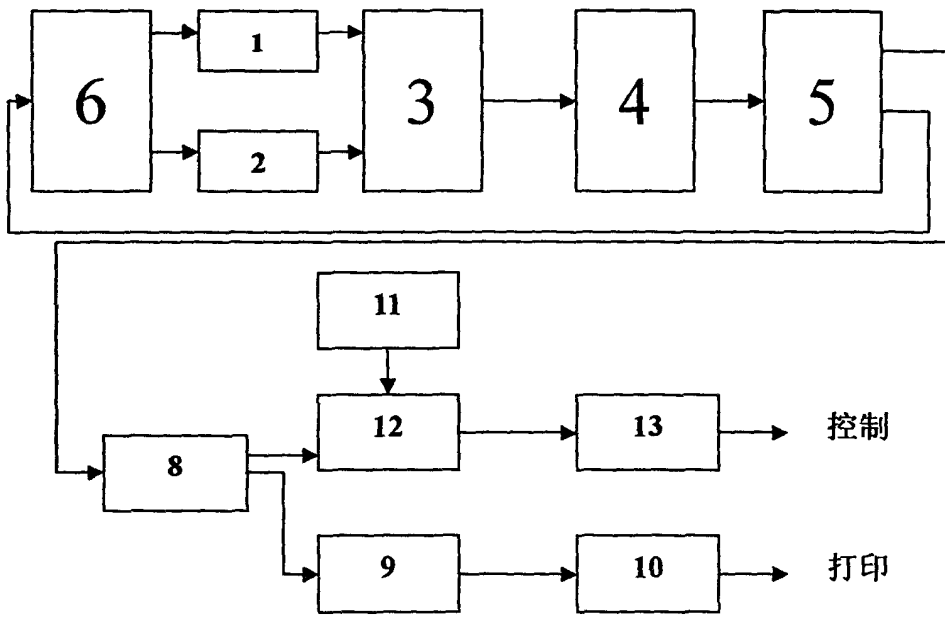


图 1

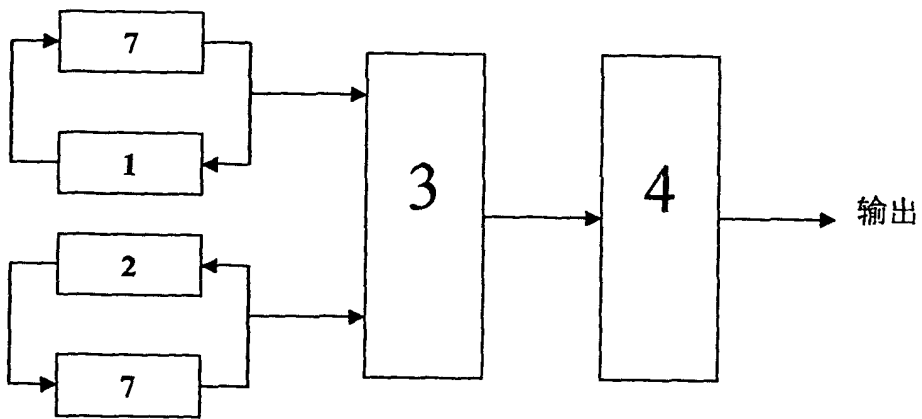


图 2