



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102269726 B

(45) 授权公告日 2013.06.05

(21) 申请号 201110119845.9

(22) 申请日 2011.05.10

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38号

(72) 发明人 黄志尧 周鑫淼 傅三富 许文博
王保良 冀海峰 李海青

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公
司 33200

代理人 张法高

(51) Int. Cl.

G01N 27/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 202066914 U, 2011.12.07, 权利要求
1-2.

CN 1570624 A, 2005.01.26, 全文.

CN 201421479 Y, 2010.03.10, 全文.

CN 101957403 A, 2011.01.26, 全文.

JP 2011007639 A, 2011.01.13, 全文.

JP 9329633 A, 1997.12.22, 全文.

Zhiyao Huang 等. A new method
of capacitively coupled contactless
conductivity detection based on series
resonance. 《Sensors and Actuators B 》. 2009,
第 143 卷 239 - 245.

审查员 赵晓宇

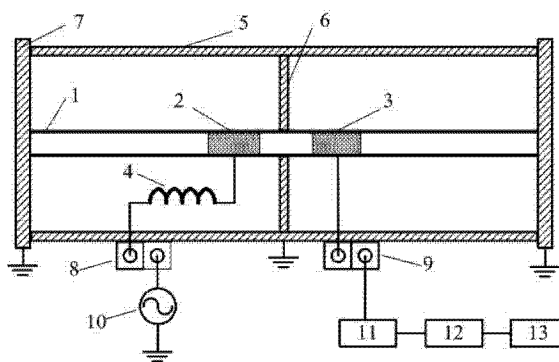
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置
及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置及方法。它包括交流激励源、绝缘管道、激励电极、检测电极、电感模块、金属屏蔽、金属隔板、金属法兰连接件、第一接线端子、第二接线端子、信号处理模块、数据采集模块和计算机。本发明实现了电容耦合式非接触电导测量技术在工业常规金属管道上的电导在线测量。通过金属法兰连接件的使用,使得装置的绝缘管道与工业现场的金属管道可以方便地进行连接。同时测量管道和电极安装在金属屏蔽壳内,提高装置的稳定性和抗干扰能力。相应的装置具有分辨率高、结构简单、非介入、对管道内流体无影响等优点,为解决流程工业常规金属管道内液体电导的非介入性在线测量提供了有益借鉴。



1. 一种工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置,其特征在于包括绝缘管道(1)、激励电极(2)、检测电极(3)、电感模块(4)、金属屏蔽壳(5)、金属隔板(6)、金属法兰连接件(7)、第一接线端子(8)、第二接线端子(9)、交流激励源(10)、信号处理模块(11)、数据采集模块(12)、计算机(13);金属屏蔽壳(5)两端分别设有金属法兰连接件(7),金属屏蔽壳(5)内横向设有金属隔板(6),金属屏蔽壳(5)内纵向设有绝缘管道(1),绝缘管道(1)两端分别插入金属法兰连接件(7),金属隔板(6)的两侧的绝缘管道(1)的外壁上分别设有激励电极(2)、检测电极(3),激励电极(2)通过电感模块(4)与金属屏蔽壳(5)外的第一接线端子(8)的一端相连,第一接线端子(8)的另一端与交流激励源(10)相连,检测电极(3)与金属屏蔽壳(5)外的第二接线端子(9)的一端相连,第二接线端子(9)的另一端、信号处理模块(11)、数据采集模块(12)、计算机(13)顺次相连,金属屏蔽壳(5)、金属隔板(6)和金属法兰连接件(7)分别接地。

2. 根据权利要求1所述的一种工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置,其特征在于所述的金属法兰连接件(7)包括内侧连接件(14)、外侧连接件(15)和O型密封圈(16),外侧连接件(15)的一端为连接法兰,外侧连接件(15)的另一端开有二级阶梯形通孔,在第一级阶梯形通孔上设有内螺纹,内侧连接件(14)和外侧连接件(15)通过螺纹连接,O型密封圈(16)套在插入的绝缘管道(1)上,通过内侧连接件(14)和外侧连接件(15)相互挤压,固定住绝缘管道(1)。

3. 一种使用如权利要求1所述装置的工业型电容耦合式非接触电导在线测量方法,其特征在于它的步骤如下:

1) 设置交流激励源(10)的激励电压 u_i 的频率 f 为电导检测电路的谐振频率

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{LC_1}}$, 在该激励信号作用下,电容耦合式非接触电导检测电路处于谐振状态,电

路的等效阻抗 $Z = R + \frac{2k+1}{k^2} \frac{1}{2\pi f RC_1} (2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C_1}) + j \frac{k+1}{k} (2\pi f L - \frac{1}{\pi f C_1})$ 的虚部被消

除,其中, f 为交流激励源(10)的激励电压 u_i 的频率, R 为激励电极(2)和检测电极(3)之间的导电液体的等效电阻, L 为电感模块(4)的电感值, C_1 为激励电极(2)和管道中导电液体所形成的耦合电容, C_2 为检测电极(2)和管道中导电液体所形成的耦合电容, $C_1 = C_2$,

R_1 为激励电极(2)和金属法兰连接件(7)之间的导电液体的等效电阻阻值, R_2 为检测电极(3)和金属法兰连接件(7)之间的导电液体的等效电阻阻值, k 为激励电极(2)与检测电极(3)之间的距离与激励电极(2)或检测电极(3)到金属法兰连接件(7)之间的距离的比值,

$R_1 = R_2 = kR$;

2) 在谐振频率 f_0 的条件下,由于 $\frac{(2k+1)L}{2k^2 C_1} \frac{1}{R} \gg R$,可获得谐振状态下的等效阻抗为

$Z \approx \frac{(2k+1)L}{2k^2 C_1} \frac{1}{R}$;

3) 通过信号处理模块(11)测量电导检测电路中的电流 i_o ，经关系式

$i_o = \frac{u_i}{Z} = \frac{2k^2 C_1 u_i}{(2k+1)L} R$ ，即得到导电液体的等效电阻 R ，从而获得导电液体的电导值。

工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电导检测技术,尤其涉及一种工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置及方法。

背景技术

[0002] 管道中的液相体系广泛存在于冶金、化工工程、生物医药、环境保护和污水处理等部门的科研和生产的过程中,电导率是液体的基本物性参数之一,电导率的在线检测对分析管道中液体的其他特性参数有着重要的作用,如浓度、组分、化学反应速率等。正是因为液体的很多物理、化学特性差异都会反映为其电导率的变化,所以管道中液体电导率的在线测量在生产和科研中有着广泛的应用范围和重要的研究意义。

[0003] 传统的电导测量方法主要为接触式测量,接触式电导测量由于电极直接与液体接触,电极容易被极化,且易被液体污染,从而影响测量的准确度,缩短电极的使用寿命,并且要在管道上凿孔安装电极,使得电极的使用很不方便。

[0004] 而电容耦合式非接触电导测量方法是一种非接触电导测量方法,由于电极不与管道中的液体接触,保持了电极的洁净性,延长了电极的使用寿命,并且电极结构简单。同时,电极安装在管道外壁,对管道内的流体流动不会产生干扰,具有非介入性。

[0005] 然而,目前的电容耦合式非接触电导测量方法主要应用在分析化学领域,应用环境多为实验室环境,且其传感器的管道多为毛细管,这与工业现场的应用环境有着很大的差异。在流程工业领域,管道尺寸一般在几毫米到几十毫米之间,甚至更大,显然原有的电容耦合式非接触电导测量传感器不适合在工业常规管道上使用。另外,由于电容耦合式非接触电导测量传感器的管道为绝缘管道,而工业上的金属管道一般为金属管道,因此原有的电容耦合式非接触电导测量传感器无法实现与工业金属管道的简单连接。本发明针对这些现状,设计了一种应用于流程工业常规金属管道上进行电导在线测量的非接触电导在线测量装置。设计的金属法兰连接件实现了绝缘管道和金属管道的简单连接。利用电感模块消除了耦合电容的影响,扩大了传感器的管道适应尺寸,与工业常规管道的尺寸相匹配。同时针对工业现场干扰大的特点,将传感器管道和电极安装在金属屏蔽壳内,从而提高测量装置的稳定性和抗干扰能力。

发明内容

[0006] 本发明的目的是克服现有技术的不足,提供一种工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置及方法。

[0007] 工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置包括绝缘管道、激励电极、检测电极、电感模块、金属屏蔽壳、金属隔离板、金属法兰连接件、第一接线端子、第二接线端子、交流激励源、信号处理模块、数据采集模块、计算机;金属屏蔽壳两端分别设有金属法兰连接件,金属屏蔽壳内横向设有金属隔离板,金属屏蔽壳内纵向设有绝缘管道,绝缘管道两端分别插入金属法兰连接件,绝缘管道外壁、金属隔离板的两侧分别设有激励电极、检测电极,激

励电极通过电感模块与金属屏蔽壳外的第一接线端子的一端相连,第一接线端子的另一端与交流激励源相连,检测电极与金属屏蔽壳外的第二接线端子的一端相连,第二接线端子的另一端、信号处理模块、数据采集模块、计算机顺次相连,金属屏蔽壳、金属隔离板和金属法兰连接件分别接地。

[0008] 所述的金属法兰连接件包括内侧连接件、外侧连接件和 O 型密封圈,外侧连接件的一端为连接法兰,外侧连接件的另一端开有二级阶梯形通孔,在第一级阶梯形通孔上设有内螺纹,内侧连接件和外侧连接件通过螺纹连接,O 型密封圈套在插入的绝缘管道上,通过内侧连接件和外侧连接件相互挤压,固定住绝缘管道。

[0009] 工业型电容耦合式非接触电导在线测量方法的步骤如下:

[0010] 1) 设置交流激励源的激励电压 u_i 的频率 f 为电导检测电路的谐振频率

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{LC_1}}$, 在该激励信号作用下,电容耦合式非接触电导检测电路处于谐振状态,电

路的等效阻抗

[0011] $Z = R + \frac{2k+1}{k^2} \cdot \frac{1}{2\pi f R C_1} \cdot (2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C_1}) + j \cdot \frac{k+1}{k} \cdot (2\pi f L - \frac{1}{\pi f C_1})$ 的虚部被消除,

其中, f 为交流激励源的激励电压 u_i 的频率, R 为激励电极和检测电极之间的导电液体的等效电阻, L 为电感模块的电感值, C_1 为激励电极和管道中导电液体所形成的耦合电容, C_2 为检测电极和管道中导电液体所形成的耦合电容, $C_1 = C_2$, R_1 为激励电极和金属法兰连接件之间的导电液体的等效电阻阻值, R_2 为检测电极和金属法兰连接件之间的导电液体的等效电阻阻值, k 为电极之间的距离与电极到金属法兰连接件之间的距离的比值, $R_1 = R_2 = kR$;

[0012] 2) 在谐振频率 f_0 的条件下,由于 $\frac{(2k+1)L}{2k^2 C_1} \cdot \frac{1}{R} \gg R$, 可获得谐振状态下的等效阻

抗为 $Z \approx \frac{(2k+1)L}{2k^2 C_1} \cdot \frac{1}{R}$;

[0013] 3) 通过信号处理模块测量电导检测电路中的电流 i_o , 经关系式

$i_o = \frac{u_i}{Z} = \frac{2k^2 C_1 u_i}{(2k+1)L} R$, 即得到导电液体的等效电阻 R , 从而获得导电液体的电导值。

[0014] 本发明与现有技术相比具有有益效果:

[0015] 1) 通过金属法兰连接件的使用,实现了测量装置的绝缘管道和工业现场的金属管道之间的简单连接,安装方便;

[0016] 2) 扩大了非接触电导测量装置的管道尺寸,测量装置可以应用在流程工业领域测量常规管道内的电导;

[0017] 3) 测量方法具有非介入性,有效避免了电极与管道中液体接触,克服了接触式电导测量方法存在的电极极化和电化学腐蚀等问题,从而延长了电极的使用寿命,提高了测

量的准确度,同时电极不会对管道内流体的流动产生影响,不干扰流体的流场;

[0018] 4) 测量管道和电极安装在屏蔽金属壳内部,提高了装置的稳定性和抗干扰能力。

附图说明

[0019] 图 1 是工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置的结构示意图;

[0020] 图 2 是本发明的金属法兰连接件的结构示意图;

[0021] 图 3 是本发明的非接触电导检测的等效电路图;

[0022] 图中:绝缘管道 1、激励电极 2、检测电极 3、电感模块 4、金属屏蔽壳 5、金属隔离板 6、金属法兰连接件 7、第一接线端子 8、第二接线端子 9、交流激励源 10、信号处理模块 11、数据采集模块 12、计算机 13、内侧连接件 14、外侧连接件 15、O 型密封圈 16。

具体实施方式

[0023] 如图 1 所示,工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置包括绝缘管道 1、激励电极 2、检测电极 3、电感模块 4、金属屏蔽壳 5、金属隔离板 6、金属法兰连接件 7、第一接线端子 8、第二接线端子 9、交流激励源 10、信号处理模块 11、数据采集模块 12、计算机 13;金属屏蔽壳 5 两端分别设有金属法兰连接件 7,金属屏蔽壳 5 内横向设有金属隔离板 6,金属屏蔽壳 5 内纵向设有绝缘管道 1,绝缘管道 1 两端分别插入金属法兰连接件 7,绝缘管道 1 外壁、金属隔离板 6 的两侧分别设有激励电极 2、检测电极 3,激励电极 2 通过电感模块 4 与金属屏蔽壳 5 外的第一接线端子 8 的一端相连,第一接线端子 8 的另一端与交流激励源 10 相连,检测电极 3 与金属屏蔽壳 5 外的第二接线端子 9 的一端相连,第二接线端子 9 的另一端、信号处理模块 11、数据采集模块 12、计算机 13 顺次相连,金属屏蔽壳 5、金属隔离板 6 和金属法兰连接件 7 采用 316L 不锈钢并分别接地。

[0024] 利用该装置和方法测量液体电导的流程为:交流激励源 10 输出交流电压信号的频率为谐振频率,交流电压信号通过电感模块 4 后加在激励电极 2 上,在检测电极 3 上得到能够直接反映液体电导的电流信号,经电流/电压转换、整流、滤波和直流放大后,通过数据采集模块 12 将输出的电压信号传输到计算机 13 上并显示。

[0025] 如图 2 所示,工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置的金法兰连接件 7 包括内侧连接件 14、外侧连接件 15 和 O 型密封圈 16,外侧连接件 15 的一端为连接法兰,外侧连接件 15 的另一端开有二级阶梯形通孔,在第一级阶梯形通孔上设有内螺纹,内侧连接件 14 和外侧连接件 15 通过螺纹连接,O 型密封圈 16 套在插入的绝缘管道 1 上,通过内侧连接件 14 和外侧连接件 15 相互挤压,固定住绝缘管道 1。外侧连接件 15 的连接法兰和工业现场的金属管道进行连接,实现绝缘管道和金属管道的连接。

[0026] 如图 3 所示,工业型电容耦合式非接触电导在线测量装置的电导检测等效电路为:交流激励源 10 的一端与电感 L 的一端,电感 L 的另一端与激励电极 2 和绝缘管道 1 内的导电液体所形成的第一耦合电容 C_1 的一端连接,第一耦合电容 C_1 的另一端分别与激励电极 2 和检测电极 3 之间的导电液体的等效电阻 R 的一端、激励电极 2 和金属法兰连接件 7 之间的导电液体的等效电阻 R_1 的一端连接,等效电阻 R_1 的另一端接地,等效电阻 R 的另一端分别与检测电极 3 和绝缘管道 1 内的导电液体所形成的第二耦合电容 C_2 的一端、检测

电极 2 和金属法兰连接件 7 之间的导电液体的等效电阻 R_2 的一端连接, 等效电阻 R_2 的另一端接地。

[0027] 工业型电容耦合式非接触电导在线测量方法的步骤如下:

[0028] 1) 设置交流激励源 10 的激励电压 u_i 的频率 f 为电导检测电路的谐振频率

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{LC_1}}$, 在该激励信号作用下, 电容耦合式非接触电导检测电路处于谐振状态, 电

路的等效阻抗 $Z = R + \frac{2k+1}{k^2} \frac{1}{2j\omega RC_1} (2j\omega L - \frac{1}{2j\omega C_1}) + j \frac{k+1}{k} (2j\omega L - \frac{1}{j\omega C_1})$ 的虚部被消

除, 其中, f 为交流激励源 10 的激励电压 u_i 的频率, R 为激励电极 1 和检测电极 2 之间的导电液体的等效电阻, L 为电感模块 4 的电感值, C_1 为激励电极 1 和管道中导电液体所形成的耦合电容, C_2 为检测电极 2 和管道中导电液体所形成的耦合电容, $C_1 = C_2$, R_1 为激励电极 1 和金属法兰连接件 7 之间的导电液体的等效电阻阻值, R_2 为检测电极 2 和金属法兰连接件 7 之间的导电液体的等效电阻阻值, k 为电极之间的距离与电极到金属法兰连接件 7 之间的距离的比值, $R_1 = R_2 = kR$;

[0029] 2) 在谐振频率 f_0 的条件下, 由于 $\frac{(2k+1)L}{2k^2 C_1} \cdot \frac{1}{R} \gg R$, 可获得谐振状态下的等效阻

抗为 $Z \approx \frac{(2k+1)L}{2k^2 C_1} \frac{1}{R}$;

[0030] 3) 通过信号处理模块 11 测量电导检测电路中的电流 i_o , 经关系式

$i_o = \frac{u_i}{Z} = \frac{2k^2 C_1 u_i}{(2k+1)L R}$, 即得到导电液体的等效电阻 R , 从而获得导电液体的电导值。

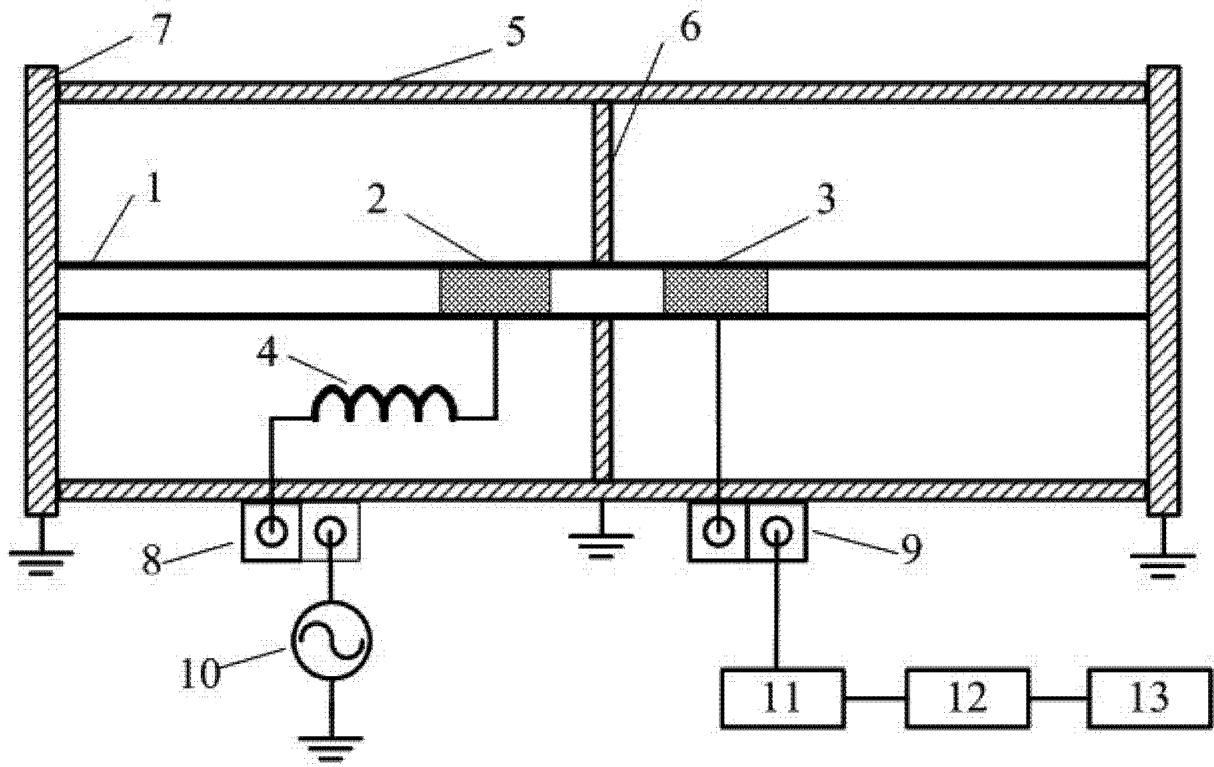


图 1

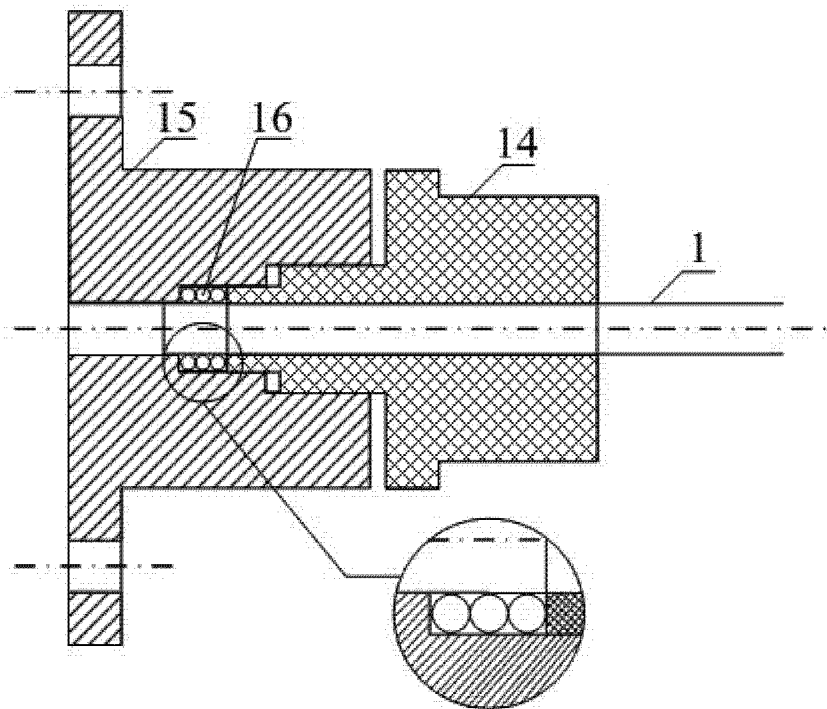


图 2

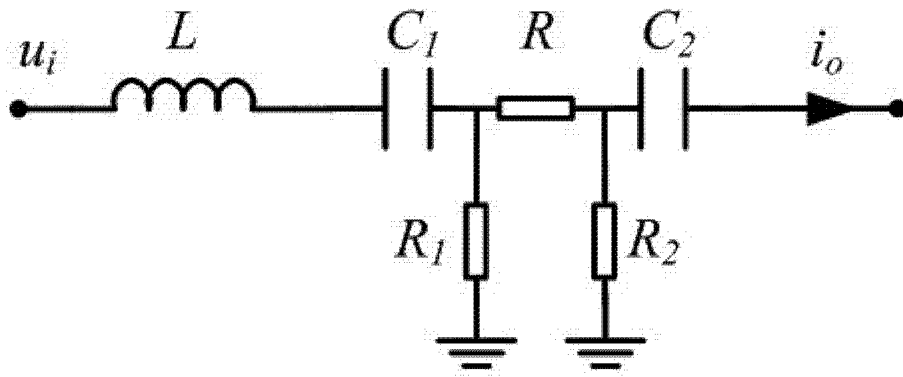


图 3