

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2014 年 12 月 31 日 (31.12.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/205884 A1

(51) 国际专利分类号:
G01F 1/66 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2013/080114

(22) 国际申请日: 2013 年 7 月 25 日 (25.07.2013)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201310256511.5 2013 年 6 月 25 日 (25.06.2013) CN

(71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100761 (CN)。 国网电力科学研究院 (STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国江苏省南京鼓楼南瑞路 8 号, Jiangsu 210003 (CN)。 南京南瑞集团公司 (NANJING NARI GROUP CORPORATION) [CN/CN]; 中国江苏省南京鼓楼南瑞路 8 号, Jiangsu 210003 (CN)。

(72) 发明人: 朱浩 (ZHU, Hao); 中国江苏省南京鼓楼南瑞路 8 号, Jiangsu 210003 (CN)。 徐方明 (XU, Fang-ming); 中国江苏省南京鼓楼南瑞路 8 号, Jiangsu 210003 (CN)。 闫丽 (YAN, Li); 中国江苏省南京鼓楼南瑞路 8 号, Jiangsu 210003 (CN)。 韩宇琦 (HAN, Yuqi); 中国江苏省南京鼓楼南瑞路 8 号, Jiangsu 210003 (CN)。

(74) 代理人: 南京纵横知识产权代理有限公司 (NANJING ZONGHENG INTELLECTUAL PROP-

[见续页]

(54) Title: TIME DIFFERENCE TYPE ULTRASONIC FLOWMETER MEASUREMENT METHOD BASED ON ZERO POINT ANALYSIS

(54) 发明名称: 一种基于零点分析的时差式超声波流量计测量方法

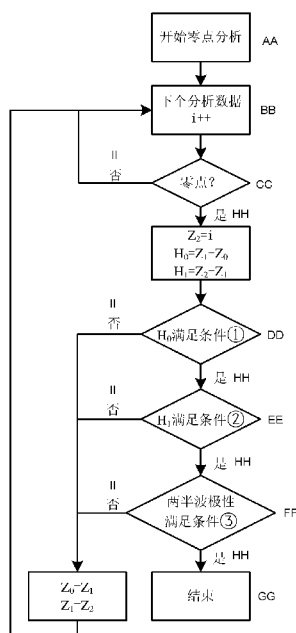


图 4 / FIG.4

AA Starting zero point analysis
BB Next data i++ for analysis
CC Zero point?
DD H_0 satisfies condition ①
EE H_1 satisfies condition ②
FF Two half-wave polarities satisfy condition ③
GG End
HH Yes
II No

(57) Abstract: A time difference type ultrasonic flowmeter measurement method based on zero point analysis, being a method for accurately determining concurrent and countercurrent transmission time by zero point analysis, the method comprising: (1) after sending a pulse drive signal, starting A/D conversion to collect data; (2) searching for a zero point value; (3) selecting at least three neighboring zero crossing points, and determining whether the three neighboring zero crossing points are ultrasonic signal zero crossing points; (4) selecting a first zero crossing point in an ultrasonic receiving signal to determine the arrival time of an ultrasonic signal, and calculating the concurrent and countercurrent transmission time; (5) calculating the instantaneous flow rate of a measured cross section according to the concurrent and countercurrent transmission time. The ultrasonic signal zero point of the present invention is not affected by the external environment, so even in the case of weak signals, large fluctuation and strong interference, a zero point can be detected, and the concurrent and countercurrent transmission time of an ultrasonic signal in fluid can be accurately measured, thus greatly improving the measurement accuracy of a time difference type ultrasonic flowmeter.

(57) 摘要: 一种基于零点分析的时差式超声波流量计的测量方法, 是通过零点分析法准确确定顺逆流传播时间的方法, 包括: (1) 发出脉冲驱动信号后, 启动 A/D 转换进行数据采集; (2) 寻找零点值; (3) 至少选择 3 个相邻过零点, 并判断是否为超声波信号过零点; (4) 选取超声波接收信号中的第一个过零点来确定超声信号到达时刻, 计算出顺逆流传播时间; (5) 通过顺逆流传播时间计算所测断面的瞬时流量。该方法的超声波信号零点不受外部环境的影响, 即使在信号较弱、波动较大以及干扰强烈的情况下, 均能检测到零点, 准确测量出超声波信号在流体中的顺逆流传播时间, 极大地提高了时差法超声波流量计的计量精度。



ERTY AGENCY LTD.); 中国江苏省南京鼓楼山西路 8 号金山大厦 B 座 9 楼 D, Jiangsu 210009 (CN)。

- (81) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种基于零点分析的时差式超声波流量计测量方法

技术领域

本发明涉及的是超声波流量计测量方法，特别是涉及一种基于零点分析的时差式超声波流量计测量方法。

背景技术

超声波流量计无可动部件，可以实现非接触高精度测量，具有量程宽、无压损、溯源性好、成本对口径变动不敏感等优点，可用于测量圆管、方涵、明渠等各种断面中液体或气体流量的测量，尤其在中大管径流量测量方面具有明显优势。

超声波流量计发展至今，在众多种测量方法中，时差法超声波流量计具有测量方式简单和计量精度高等优点，一直备受关注。时差法超声波流量计其原理是根据超声波信号顺流传播时间和逆流传播时间之差来计算流速，从而计算出流量。

目前，时差式超声波流量计都是采用基于阈值比较方式来获得流体中顺逆流超声波传播时间。时差法超声波流量计工作原理如图 1 所示，这是一个有压管道的流量测量示意图，其中“CPU”控制整个测量过程，“发射电路”用于向换能器发射脉冲驱动信号，“信号收发转换电路”控制各换能器工作在发射状态还是接收状态，“滤波放大电路”滤除接收波形中噪声并调整波形幅值大小，之后一路送给“阈值比较电路”用于确定超声传播时间，另一路送给“A/D 转换”对波形进行数字化并提供给 CPU 作进一步处理。

超声波换能器 A 和 B 为同一声路中的一对换能器，当其中一个用作发射换能器时，另一个则作为接收换能器。如图所示，当超声波顺流从换能器 A 发出

到换能器 B 收到所经历的时间则为顺流传播时间 T_u ，当超声波逆流从换能器 B 发出到换能器 A 收到所经历的时间则为逆流传播时间 T_d 。

超声波信号在流体中传播，顺流时传播速度较逆流时传播速度快，相应的其顺流传播时间 T_u 就较逆流传播时间 T_d 短，从而顺逆流方向声波信号传播时间存在差值（即时差）。时差法超声波流量计就是根据流体流速与时差存在线性关系原理进行测量的，只要准确测定顺逆流时间，就可求出瞬时流速：

$$V = \frac{L}{2 \cos \alpha} \times \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_d} \right) \quad \text{公式 1}$$

其中 α 为流速与超声波传播路径的夹角，如果所测断面面积为 S ，进而可以求出该断面的瞬时流量：

$$Q = V \times S$$

从公式 1 中可看出，时差式超声波流量计的关键是如何得到准确的顺逆流传播时间。

在图 2(a)中，横坐标轴为时间 t ，纵坐标轴为超声波接收信号幅值 V ，在通常所用的阈值比较法中，顺逆流传播时间 T 是从向发射换能器发出脉冲驱动信号时起，到接收换能器所接收信号首次切割阈值电平时止，所经历的时间。

而目前在实际测量过程中，由于复杂的外界环境会影响接收到的超声波信号，会使超声波接收信号幅值发生波动，轻的会使传播时间的测量产生误差，严重的可能测不到传播时间，如果出现较大的干扰，还会使测量出现错误；其具体容易出现的以下 3 种情况：

- ① 如果噪声干扰强烈，噪声幅值大于阈值，传播计数将被提前终止，得到错误的传播时间，如图 2(b)所示；

- ② 如果超声波接收信号变的过弱，最大幅值处在阈值以下时，传播计数将会溢出，无法测得准确的传播时间，如图 2(c)所示；
- ③ 如果超声波接收信号有波动，阈值电压首次与接收信号切割时刻点会发生漂移，导致传播时间测量不准确，从而影响时差式超声波流量计的动态计量精度。如图 2(d)所示，因信号波动，阈值均有可能在 a、b、c 等处首次与超声波接收信号切割，得到不同的传播时间。

本发明的目的就是要找到一种新的方法，解决现有技术上不足。

发明内容

为克服现有技术上的不足，本发明目的是在于提供一种基于零点分析的时差式超声波流量计测量方法，在信号较弱、波动较大以及干扰强烈的情况下，都能检测到零点，准确测量出超声波信号在流体中的顺逆流传播时间，极大地提高了时差法超声波流量计的计量精度，彻底解决现有阈值比较法带来的问题。

为实现上述目的，本发明的技术方案如下：

基于零点分析的时差式超声波流量计的测量方法，其特征在于，其方法为：根据时差式超声波流量计的接收换能器接收到超声波信号时，就会在其电极两端产生并输出电信号 $y(t)$ ，即

$$y(t) = r(t) \cos(2\pi f_0 t + \varphi)$$

其中， $r(t)$ 为关于时间 t 的调制函数， f_0 为换能器固有谐振频率， φ 为初始相位，

设初始相位 φ 为零，其根据 $\cos(2\pi f_0 t)$ 函数图像寻找超声波接收信号中的第一个零点超声信号到达时刻点；

(1) 脉冲驱动信号数据采集；

发出脉冲驱动信号后，启动时差式超声波流量计的 A/D 转换进行数据采集，

采集数据个数 i ，所采集的数据时刻点 z_i ，其中， i 为自然数；

(2) 寻找零点值；

将采集的 i 个数据进行零点分析，判断 z_i 是否为过零点，若 z_i 满足过零法则条件之一，则判断为过零点；反之，则否，返回步骤(1)进行继续采集；

所述过零法则条件如下：

- ① 当前点幅值等于0；
- ② 当前点幅值小于0但下一个点幅值大于0；
- ③ 当前点幅值大于0但下一个点幅值小于0；

(3) 至少选择3个相邻过零点，并判断是否为超声波信号过零点；

通过上述步骤(2)的过零分析后，至少选取三个过零点 z_{q-1} 、 z_q 、 z_{q+1} ，其中， q 为自然数，且 $1 \leq q \leq i-1$ ；

当 z_{q-1} 、 z_q 、 z_{q+1} 同时满足超声波零点分析法条件时，则 z_{q-1} 、 z_q 、 z_{q+1} 判断为超声波信号过零点，上述超声波零点分析法条件如下：

- A. 超声波信号半波长 $\times (1-\delta_1) \leq z_{q-1}$ 与 z_q 间半波长 $\leq$ 超声波信号半波长 $\times (1+\delta_1)$ ；
- B. 超声波信号半波长 $\times (1-\delta_2) \leq z_q$ 与 z_{q+1} 间半波长 $\leq$ 超声波信号半波长 $\times (1+\delta_2)$ ；
- C. z_{q-1} 与 z_q 间半波极性 $\neq$ z_q 与 z_{q+1} 间半波极性；

其中， δ_1 和 δ_2 是换能器导致的超声波信号正负半波的误差率；

当不满足上述超声波零点分析法条件，则选取下一相邻点继续超声波零点分析法条件判断，若所有过零点均未满足超声波零点分析法条件，则返回步骤(1)；

(4) 选取超声波接收信号中的第一个过零点来确定超声信号到达时刻，计算顺逆流传播时间；

根据上述步骤 (4)，选取 Z_0 、 Z_1 、 Z_2 为相邻的 3 个超声波信号过零点，其中， Z_0 为超声波接收信号中启动 A/D 转换进行数据采集的第一个超声波过零点时刻点；则顺逆流传播时间 T ，

即

$$T = T_g + T_z$$

其中， T_g 是从发出脉冲驱动信号到启动 A/D 转换进行数据采集前的时间， T_z 是从启动 A/D 转换进行数据采集后到出现第一个超声波过零点时刻点 Z_0 间的时间。

(5) 然后通过精确测量的顺逆流传播时间计算断面的瞬时流量；

时差式超声波流量计根据公式 1 计算瞬时流速 V ：

$$V = \frac{L}{2 \cos \alpha} \times \left(\frac{1}{T_g} - \frac{1}{T_z} \right) \quad \text{公式 1}$$

其中 α 为流速与超声波传播路径的夹角，

进而可以计算出断面的瞬时流量 Q ：

$$Q = V \times S$$

其中， S 为所测断面面积。

本发明通过超声波信号零点分析法，超声波信号零点不受外部环境的影响，即使信号波形过弱或信号波形幅值出现大的波动，也不影响零点的检测；如果出现强干扰信号，由于不满足零点分析法的条件，被直接过滤，也不影响零点的检测，在信号较弱、波动较大以及干扰强烈的情况下，都能检测到零点，准确测量出超声波信号在流体中的顺逆流传播时间，极大地提高了时差法超声波流量计的计量精度，彻底解决现有阈值比较法带来的问题。

附图说明

图 1 是现有时差式超声波流量计的测量原理示意图；

图 2 是现有时差式超声波流量计的接收换能器接收的脉冲波示意图；

图 3 是本发明的时差式超声波流量计的接收换能器接收的超声波示意图；

图 4 为本发明的零点分析方法的流程图。

具体实施方式

为使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解，下面结合管道中流量测量为具体实施方式，进一步阐述本发明。

本发明主要是准确测量顺逆流传播时间 T ，其提供的一种基于零点分析的时差式超声波流量计的测量方法，超声波信号在流体中传播，顺流时传播速度较逆流时传播速度快，相应的其顺流传播时间 T_u 就较逆流传播时间 T_d 短，从而顺逆流方向声波信号传播时间存在差值（即时差）。时差法超声波流量计就是根据流体流速与时差存在线性关系原理进行测量的，只要准确测定顺逆流时间，就可求出瞬时流速：

$$V = \frac{L}{2 \cos \alpha} \times \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_d} \right) \quad \text{公式 1}$$

其中 α 为流速与超声波传播路径的夹角，如果管道面积为 S ，进而可以求出管道的瞬时流量：

$$Q = V \times S$$

从公式 1 中可看出，时差式超声波流量计的关键是如何得到准确的顺逆流传播时间。

因此，本实施例通过研究，当接收换能器接收到超声波信号时，就会在其电极两端产生并输出电信号 $y(t)$ ，即

$$y(t) = r(t) \cos(2\pi f_0 t + \varphi)$$

其中, $r(t)$ 为关于时间 t 的调制函数, f_0 为换能器固有谐振频率, φ 为初始相位, 为了讨论方便, 设初始相位 φ 为零。当 $t=(2k+1)/4f_0$ (k 为整数) 时, y 的值为零, 该时刻点称为零点, 超声波在流体中传播时, 环境噪声主要影响调制信号 $r(t)$ 部分, 对 $\cos(2\pi f_0 t)$ 部分没有影响, 因此零点不受调制信号 $r(t)$ 的影响, 即不受信号 $y(t)$ 的幅值波动影响。

根据这一特性, 把 $\cos(2\pi f_0 t)$ 的第一个零点作为判断接收超声信号到达的标志, 可以很好的解决由于环境噪声而导致到达时刻错判的问题, 从而能准确测量顺逆流传播时间, 克服了阈值比较法的不足。

参见图 4, 本实施例的基于零点分析的时差式超声波流量计的测量方法, 其方法步骤如下:

(1) 脉冲驱动信号数据采集;

发出脉冲驱动信号后, 启动时差式超声波流量计的 A/D 转换进行数据采集, 采集数据个数 i , 所采集的数据时刻点 z_i , 其中, i 为自然数, 而且 i 为接收信号中待分析数据的编号。

实际接收超声波信号时, 应在第一个过零点 z_0 达到时提前启动“A/D 转换”进行数据采集。

(2) 寻找零点值;

将采集的 i 个数据进行零点分析, z_i 判断 z_i 是否为过零点, 若 z_i 满足过零法则条件之一, 则判断为过零点; 反之, 则否, 返回步骤 (1) 进行继续采集;

由于信号经“A/D 转换”量化不能完全代表原始信号, 因而凡是满足以下任一情况即过零法则的数据点都认为是零点:

- ① 当前点幅值等于 0;

② 当前点幅值小于 0 但下一个点幅值大于 0;

③ 当前点幅值大于 0 但下一个点幅值小于 0 。

(3) 至少选择 3 个相邻过零点, 并判断是否为超声波信号过零点; 使用时, 至少有 3 个相邻的过零点来判断是否为超声波信号;

通过上述步骤 (2) 的过零分析后, 至少选取三个过零点 z_{q-1} 、 z_q 、 z_{q+1} , 其中, q 为自然数, 且 $1 \leq q \leq i-1$;

超声波信号与噪声相比具有固定波长和频率, 根据这一特点, 相邻 3 个过零点 z_{q-1} 、 z_q 、 z_{q+1} 如果能同时满足以下条件即超声波过零法则条件, 则这 3 个点都是超声波信号零点, 这段信号应为超声波信号; 上述超声波过零法则条件如下:

A. 超声波信号半波长* $(1-\delta_1)$ $\leq z_{q-1}$ 与 z_q 间半波长 $\leq$ 超声波信号半波长* $(1+\delta_1)$;

B. 超声波信号半波长* $(1-\delta_2)$ $\leq z_q$ 与 z_{q+1} 间半波长 $\leq$ 超声波信号半波长* $(1+\delta_2)$;

C. z_{q-1} 与 z_q 间半波极性 $\neq z_q$ 与 z_{q+1} 间半波极性;

其中, δ_1 和 δ_2 是换能器导致的超声波信号正负半波的误差率; 按照以上条件对波形进行分析以获得超声波信号零点的方法即为零点分析法, 首次满足零点分析法 3 个条件的第 1 个零点即为超声信号到达时刻点 z_0 ; 当不满足上述超声波过零法则条件, 则选取下一相邻点继续超声波过零法则条件判断, 若所有过零点均未满足超声波过零法则条件, 则返回步骤 (1); 此方法不再依赖阈值比较, 图 1 中“阈值比较电路”完全可以去掉。按照此方法可以把超声波信号及其所有零点从包含噪声的信号数据中鉴别出来。

本实施例选取 Z_0 、 Z_1 、 Z_2 为相邻过零点， Z_0 为超声波接收信号中启动 A/D 转换进行数据采集的第一个过零时刻点，进行上述超声波过零法则条件判断。在流体中由于某种复杂的环境干扰，可能出现类似于一个或多个超声波信号整波长的干扰，只用 3 个相邻点可能无法判断就是超声波信号的零点，还需要在 Z_0 、 Z_1 、 Z_2 的基础上继续分析是否存在 Z_3 或 Z_4 、 Z_5 等零点，这些零点都必须满足零点分析法的 3 个条件，只有依次同时出现以上几个零点时才认为 Z_0 是超声波信号到达时刻点（如图 3 所示）。

假设 Z_0 与 Z_1 间距用 H_0 表示($H_0=Z_1-Z_0$)、 Z_1 与 Z_2 间距用 H_1 表示($H_1=Z_2-Z_1$)，如图 3 所示， $H_0=L/2$ ， $H_1=L/2$ ， Z_1 与 Z_2 间正半波与 Z_1 与 Z_2 间负半波极性不同，满足零点分析法的 3 个条件，因此 Z_0 、 Z_1 、 Z_2 都是超声波信号零点，而 Z_0 为第一个零点。如果继续对 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 按零点分析法进行分析，发现 Z_3 也是超声波信号零点，以此类推 Z_4 也是超声波信号零点，如果需要可以一直按此分析下去，直到找出超声波信号的所有零点；若已通过进入步骤（4）；

（4）选取超声波接收信号中的第一个过零点来确定超声信号到达时刻，计算顺逆流传播时间；

根据上述步骤（4），在图 3 中， L 为超声波波长，选取 Z_0 、 Z_1 、 Z_2 为相邻的 3 个超声波信号过零点，其中， Z_0 为超声波接收信号中启动 A/D 转换进行数据采集的第一个超声波过零时刻点， T_g 是从发出脉冲驱动信号到启动“A/D 转换”前的时间， T_z 是从启动“A/D 转换”后到出现第一个零点 Z_0 间的时间，测得 T_z 后就可获得顺逆流传播时间 T ，即

$$T = T_g + T_z$$

实际接收超声波信号时，应在零点 Z_0 达到时提前打开“A/D 转换”进行数据采集，过早或过晚打开都有可能错过有效波形，一般通过 T_g 来控制，使得零点

Z_0 尽量处在整个波形数据的中间位置。这必然在零点 Z_0 前引入无关的噪声信号 (T_z 所对应信号区域), 而无法简单使 y 的值为零的方式来获得零点 Z_0 的到达时刻, 需要分别对噪声波形和超声波信号波形的特征进行分析, 而本实施例通过上述步骤 (1) - (3) 以确定了哪些是噪声零点, 哪些是超声波信号的零点, 从而进一步精确确定了顺逆流传播时间值。

(5) 然后通过精确测量的顺逆流传播时间计算管道的瞬时流量;

时差式超声波流量计根据公式 1 计算瞬时流速 V :

$$V = \frac{L}{2 \cos \alpha} \times \left(\frac{1}{T_g} - \frac{1}{T_z} \right) \quad \text{公式 1}$$

其中 α 为流速与超声波传播路径的夹角,

进而可以计算出管道的瞬时流量 Q :

$$Q = V \times S$$

其中, S 管道面积。

本发明通过超声波信号零点分析法, 超声波信号零点不受外部环境的影响, 即使信号波形过弱或信号波形幅值出现大的波动, 也不影响零点的检测; 如果出现的强干扰信号, 由于不满足零点分析法的条件, 被直接过滤, 也不影响零点的检测, 在信号较弱、波动较大以及干扰强烈的情况下, 都能检测到零点, 准确测量出超声波信号在流体中的顺逆流传播时间, 极大地提高了时差法超声波流量计的计量精度, 彻底解决现有阈值比较法带来的问题。

以上所述仅为本发明的实施例, 并非因此限制本发明的专利范围, 凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换, 或直接或间接运用在其他相关的技术领域, 均同理包括在本发明的专利保护范围内。

1. 一种基于零点分析的时差式超声波流量计的测量方法，其特征在于，其方法为：

(1) 脉冲驱动信号数据采集；

发出脉冲驱动信号后，启动时差式超声波流量计的 A/D 转换进行数据采集，采集数据个数 i ，所采集的数据时刻点 z_i ，其中， i 为自然数；

(2) 寻找零点值；

将采集的 i 个数据进行零点分析，判断 z_i 是否为过零点，若 z_i 满足过零法则条件之一，则判断为过零点；反之，则否，返回步骤 (1) 进行继续采集；

(3) 至少选择 3 个相邻过零点，并判断是否为超声波信号过零点；

通过上述步骤 (2) 的过零分析后，至少选取三个过零点 z_{q-1} 、 z_q 、 z_{q+1} ，其中， q 为自然数，且 $1 \leq q \leq i-1$ ；

当 z_{q-1} 、 z_q 、 z_{q+1} 同时满足超声波零点分析法条件时，则 z_{q-1} 、 z_q 、 z_{q+1} 判断为超声波信号过零点，上述超声波零点分析法条件如下：

A. 超声波信号半波长 $\times (1-\delta_1) \leq z_{q-1}$ 与 z_q 间半波长 $\leq$ 超声波信号半波长 $\times (1+\delta_1)$ ；

B. 超声波信号半波长 $\times (1-\delta_2) \leq z_q$ 与 z_{q+1} 间半波长 $\leq$ 超声波信号半波长 $\times (1+\delta_2)$ ；

C. z_{q-1} 与 z_q 间半波极性 $\neq$ z_q 与 z_{q+1} 间半波极性；

其中， δ_1 和 δ_2 是换能器导致的超声波信号正负半波的误差率；

当不满足上述超声波零点分析法条件，则选取下一相邻点继续超声波零点分析法条件判断，若所有过零点均未满足超声波零点分析法条件，则返回步骤 (1)；

(4) 选取超声波接收信号中的第一个过零点来确定超声信号到达时刻, 计算顺逆流传播时间;

根据上述步骤 (4), 选取 Z_0 、 Z_1 、 Z_2 为相邻的 3 个超声波信号过零点, 其中, Z_0 为超声波接收信号中启动 A/D 转换进行数据采集的第一个超声波过零点时刻; 则顺逆流传播时间 T ,

即

$$T = T_g + T_z$$

其中, T_g 是从发出脉冲驱动信号到启动 A/D 转换进行数据采集前的时间, T_z 是从启动 A/D 转换进行数据采集后到出现第一个超声波过零点时刻点 Z_0 间的时间;

(5) 然后通过顺逆流传播时间计算所测断面的瞬时流量。

2. 根据权利要求 1 所述的测量方法, 其特征在于, 所述过零法则条件如下:

- ① 当前点幅值等于 0;
- ② 当前点幅值小于 0 但下一个点幅值大于 0;
- ③ 当前点幅值大于 0 但下一个点幅值小于 0。

3. 根据权利要求 1 所述的测量方法, 其特征在于, 所述步骤 (5) 中, 计算断面的瞬时流量的步骤为: 首先根据下列公式一计算瞬时流速 V :

$$V = \frac{L}{2 \cos \alpha} \times \left(\frac{1}{T_g} - \frac{1}{T_z} \right) \quad \text{公式一}$$

其中 α 为流速与超声波传播路径的夹角,

进而计算出断面的瞬时流量 Q :

$$Q = V \times S$$

其中, S 为所测断面面积。

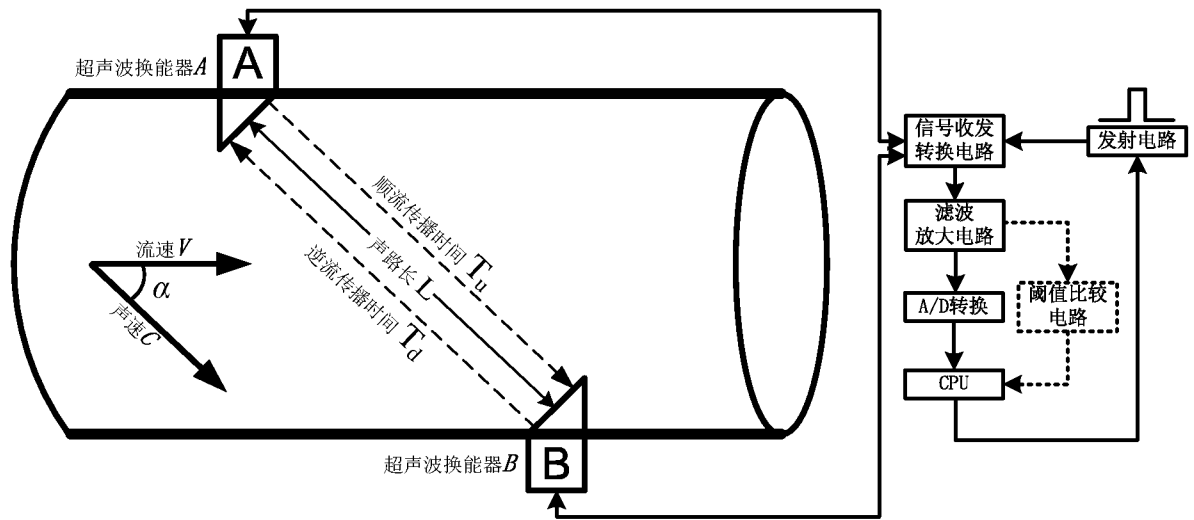


图 1

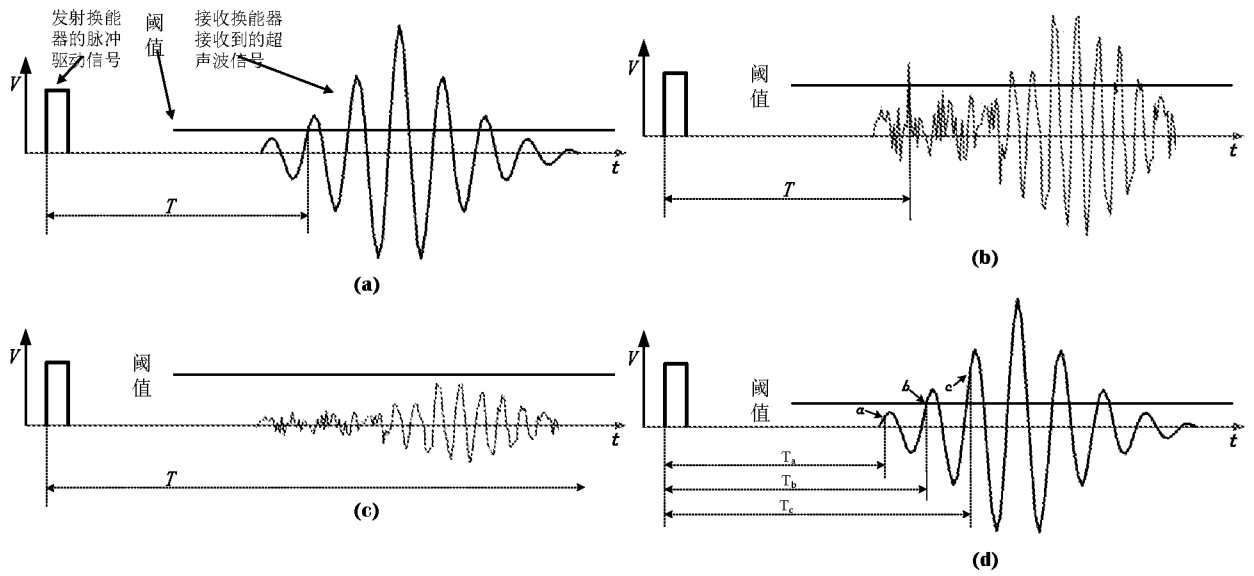


图 2

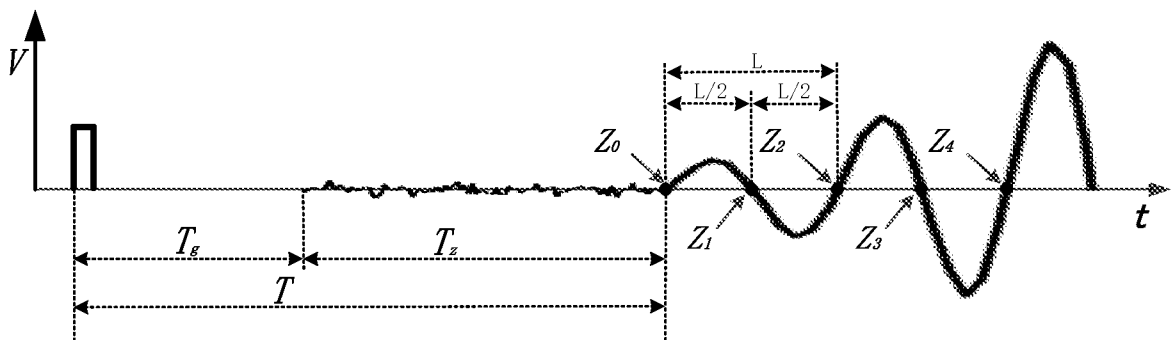


图 3

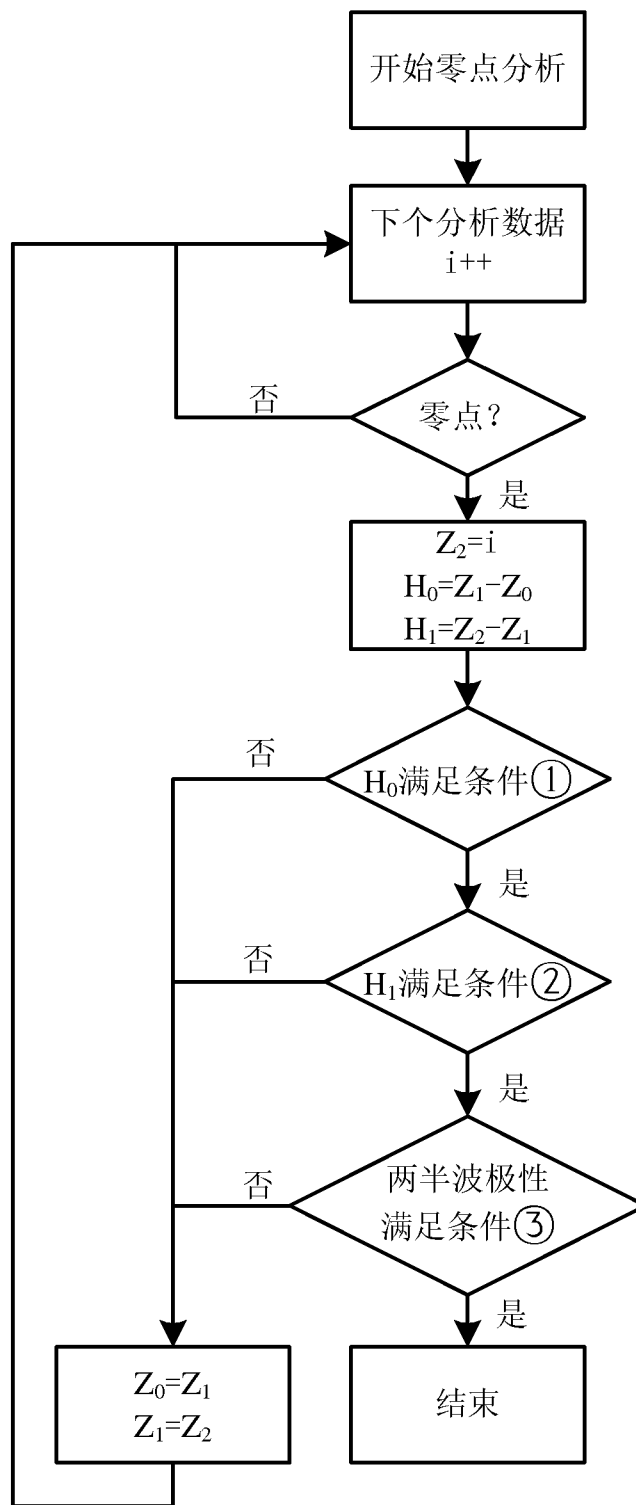


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/080114

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01F 1/66 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN: flow, zero-cross, polarity, half-wavelength, Ultrasonic, arriva+, instant, time, zero,

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102636252 A (JILIN UNIVERSITY), 15 August 2012 (15.08.2012), the whole document	1-3
A	CN 102297712 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 28 December 2011 (28.12.2011), the whole document	1-3
A	CN 101813528 A (CHONGQING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 25 August 2010 (25.08.2010), the whole document	1-3
A	CN 101886939 A (NINGBO UNIVERSITY), 17 November 2010 (17.11.2010), the whole document	1-3
A	CN 102667418 A (PANASONIC CORPORATION), 12 September 2012 (12.09.2012), the whole document	1-3
A	JP 2000258214 A (AICHI TOKEI DENKI KK et al.), 22 September 2000 (22.09.2000), the whole document	1-3
A	JP 2010145213 A (MATSUSHITA DENKI SANGYO KK), 01 July 2010 (01.07.2010), the whole document	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 11 March 2014 (11.03.2014)	Date of mailing of the international search report 20 March 2014 (20.03.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Lei Telephone No.: (86-10) 62085734

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2013/080114

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102636252 A	15.08.2012	CN 102636252 B	27.11.2013
CN 102297712 A	28.12.2011	CN 102297712 B	05.09.2012
CN 101813528 A	25.08.2010	CN 101813528 B	04.01.2012
CN 101886939 A	17.11.2010	None	
CN 102667418 A	12.09.2012	JP 2011145289 A	28.07.2011
		WO 2011074248 A1	23.06.2011
		US 2012255368 A1	11.10.2012
		EP 2515089 A1	24.10.2012
JP 2000258214 A	22.09.2000	JP 3958886 B2	15.08.2007
JP 2010145213 A	01.07.2010	JP 4992890 B2	08.08.2012

A. 主题的分类

G01F 1/66 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:G01F,

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS,CNTEXT,CNKI,VEN:超声波, 流量, 零点, 过零, 到达, 时刻, 极性, 半波长

Ultrasonic, arriva+, instant, time, zero,

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN102636252 A (吉林大学) 15.8 月 2012 (15.08.2012) 全文	1-3
A	CN102297712 A (北京理工大学) 28.12 月 2011 (28.12.2011) 全文	1-3
A	CN101813528 A (重庆理工大学) 25.8 月 2010 (25.08.2010) 全文	1-3
A	CN101886939 A (宁波大学) 17.11 月 2010 (17.11.2010) 全文	1-3
A	CN102667418 A (松下电器产业株式会社) 12.9 月 2012 (12.09.2012) 全	1-3
A	JP2000258214 A (AICHI TOKEI DENKI KK et al.) 22.9 月 2000 (22.09.2000) 全文	1-3
A	JP2010145213 A (MATSUSHITA DENKI SANGYO KK) 01.7 月 2010 (01.07.2010) 全文	1-3

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇
引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引
用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了
理解发明之理论或原理的在后文件“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的
发明不是新颖的或不具有创造性“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件
结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时,
要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

11.3 月 2014 (11.03.2014)

国际检索报告邮寄日期

20.3 月 2014 (20.03.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

王蕾

电话号码: (86-10) 62085734

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/080114

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102636252 A	15.08.2012	CN102636252 B	27.11.2013
CN102297712 A	28.12.2011	CN102297712 B	05.09.2012
CN101813528 A	25.08.2010	CN101813528 B	04.01.2012
CN101886939 A	17.11.2010	无	
CN102667418 A	12.09.2012	JP2011145289 A	28.07.2011
		WO2011074248 A1	23.06.2011
		US2012255368 A1	11.10.2012
		EP2515089 A1	24.10.2012
JP2000258214 A	22.09.2000	JP3958886 B2	15.08.2007
JP2010145213 A	01.07.2010	JP4992890B2	08.08.2012