



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109357729 A

(43)申请公布日 2019.02.19

(21)申请号 201811344426.3

(22)申请日 2018.11.13

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所  
地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区南塔街  
114号

(72)发明人 杜劲松 赵越南 王伟 张清石  
高洁

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限  
公司 21002

代理人 李巨智

(51)Int.Cl.  
G01F 23/284(2006.01)

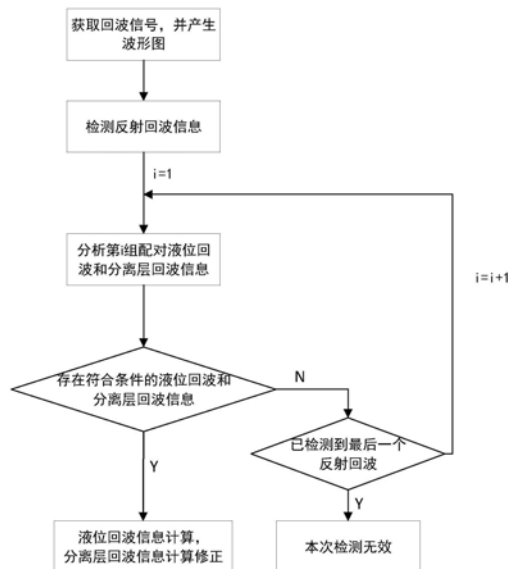
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于导波雷达液位计测量液体界位的方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,根据过采样设置频率对导波雷达液位计回波信号进行采样,得到原始回波信号;寻找若干个有效的波峰段信息;选取检测范围内传输时间最短波峰段,选取其峰值对应的坐标位置 $T_1$ ,根据 $T_1$ 换算导波杆到上层介质液面的距离 $D_1$ ;如果在 $T_1$ 到最大范围 $T_{max}$ 内找到峰值最大的波峰段信息作为导波杆顶端到分离液面的反射回波,选取其峰值对应的坐标位置 $T_2$ ,计算导波杆顶端到分离液面的距离 $D_2$ 。本发明利用底部回波信号和实际导波杆长度的关系,估算当前被测液体介电常数数值;可修正相对介电常数参数,进而保证高精度物位测量结果。



1. 一种基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,应用环境为雷达液位计的电磁脉冲沿导波杆传播,当遇到被测介质表面时,部分脉冲能量被反射形成回波并沿相同路径返回到脉冲发射装置,其中:

根据过采样设置频率对导波雷达液位计回波信号进行采样,得到原始回波信号;

对原始回波信号进行预处理,根据预处理后的回波信号,寻找若干个有效的波峰段信息;

选取检测范围内传输时间最短波峰段,并选取其峰值对应的坐标位置 $T_1$ ,根据 $T_1$ 换算导波杆到上层介质液面的距离 $D_1$ ;

如果在 $T_1$ 到最大范围 $T_{max}$ 内找到峰值最大的波峰段信息作为导波杆顶端到分离液面的反射回波,选取其峰值对应的坐标位置 $T_2$ ,计算导波杆顶端到分离液面的距离 $D_2$ ;否则,认为无法检测到导波杆到上层介质液面的距离和导波杆顶端到分离液面的距离。

2. 根据权利要求1所述的基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,其特征在于:所述预处理过程包括对原始回波信号进行平滑滤波,消除毛刺。

3. 根据权利要求1所述的基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,其特征在于:所述有效的波峰段包含以下连续的数据集合:

$\{d(n), \dots, d(n+m), \dots, d(n+m+p)\}$ ;

满足条件:

$$\left\{ \begin{array}{l} d(n) \leq d(n+1) \leq \dots \leq d(n+m) \\ d(n+m) \geq d(n+m+1) \geq \dots \geq d(n+m+p) \\ d(n+m) > X_{abs} \\ d(n+m) - d(n) > X_{rel} \\ d(n+m) - d(n+m+p) > X_{rel} \\ m > M \\ p > P \end{array} \right.$$

其中, $n, m, p$ 分别代表波峰段中第 $n, m, p$ 个坐标位置点, $d(n+m)$ 代表波峰段中的峰值, $X_{abs}$ 和 $X_{rel}$ 分别代表坐标位置点对应回波电压幅度的绝对阈值和相对阈值, $M$ 和 $P$ 分别代表波峰段持续上升部分阈值和持续下降部分阈值。

4. 根据权利要求1所述的基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,其特征在于:所述导波杆到上层介质液面的距离 $D_1$ 为:

$$D_1 = c_A \cdot T_1 / 2$$

其中, $c_A$ 代表电磁波在上层覆盖空气中的传输速度, $c_A$ 可表示为:

$$c_A = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_A \mu_A}}$$

$c_0$ 代表真空中的电磁波速度, $\epsilon_A$ 和 $\mu_A$ 分别代表上层介质上方空气的相对介电常数和相

对磁导率。

5. 根据权利要求1所述的基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,其特征在於:所述最大范围 $T_{\max}$ 为:

$$T_{\max} = \frac{\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}}{c_0} (D_B - D_1) + T_1$$

其中, $\varepsilon_1$ 和 $\mu_1$ 分别代表上层介质的相对介电常数和相对磁导率; $(D_B - D_1)$ 代表分离层可测的极限位置情况下,电磁波在上层介质中的传输距离; $c_0$ 代表真空中的电磁波速度; $D_B$ 代表导波杆长度; $D_1$ 代表导波杆到上层介质液面的距离。

6. 根据权利要求1所述的基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,其特征在於:所述导波杆顶端到分离液面的距离 $D_2$ 为:

$$\begin{aligned} D_2 &= D_1 + (D_2 - D_1) \\ &= D_1 + \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}} (T_2 - T_1) \end{aligned}$$

其中, $\varepsilon_1$ 和 $\mu_1$ 分别代表上层介质的相对介电常数和相对磁导率, $(T_2 - T_1)$ 代表电磁波在上层介质中传输的时间, $D_1$ 代表导波杆到上层介质液面的距离, $c_0$ 代表真空中的电磁波速度。

7. 根据权利要求1所述的基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,其特征在於:所述上层介质与下层介质均为液体且分离。

8. 根据权利要求1所述的基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,其特征在於:所述上层介质的相对介电常数 $\varepsilon_1 < 10$ 。

9. 根据权利要求1所述的基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,其特征在於:所述上层介质的相对介电常数 $\varepsilon_1$ 与下层介质的介电常数 $\varepsilon_2$ 满足 $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 > 10$ 。

## 一种基于导波雷达液位计测量液体界位的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及工业物位测量领域,具体地说是一种基于导波雷达液位计测量液体界位的方法。

### 背景技术

[0002] 导波雷达液位计是通过导波杆将电磁波发射传播,当遇到被测液体时,部分电磁波能量被反射回来,在信号上体现出反射回波从而测量液体填充高度的一种智能检测仪表。

[0003] 在工业物位测量领域,生产和加工过程中测量罐体常常会有两种不同的液体介质材料,例如油水分离罐等,不但需要测量上层介质液面的高度,还需要测量分离层的高度信息,液位及界位的测量是在工业控制过程中是十分重要的。

[0004] 导波雷达液位计在两种不同的液体介质材料的传输过程中,如果上层介电常数较小,当电磁波到达上层液面时,会有一部分能量反射形成液位回波,剩余能量继续向下传播,当到达分离液面时,能量被反射形成分离液面反射回波。现有的导波雷达液位计只针对最强反射回波测量液位信息,遇到上述情况时,往往需要采用其他测量手段进行测量。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明提供一种基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,解决现有的导波雷达液位计只针对最强反射回波测量液位信息,无法计算导波杆顶端到分离层距离的问题。

[0006] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:

[0007] 一种基于导波雷达液位计测量液体界位的方法,应用环境为雷达液位计的电磁脉冲沿导波杆传播,当遇到被测介质表面时,部分脉冲能量被反射形成回波并沿相同路径返回到脉冲发射装置,其中:

[0008] 根据过采样设置频率对导波雷达液位计回波信号进行采样,得到原始回波信号;

[0009] 对原始回波信号进行预处理,根据预处理后的回波信号,寻找若干个有效的波峰段信息;

[0010] 选取检测范围内传输时间最短波峰段,并选取其峰值对应的坐标位置 $T_1$ ,根据 $T_1$ 换算导波杆到上层介质液面的距离 $D_1$ ;

[0011] 如果在 $T_1$ 到最大范围 $T_{\max}$ 内找到峰值最大的波峰段信息作为导波杆顶端到分离液面的反射回波,选取其峰值对应的坐标位置 $T_2$ ,计算导波杆顶端到分离液面的距离 $D_2$ ;否则,认为无法检测到导波杆到上层介质液面的距离和导波杆顶端到分离液面的距离。

[0012] 所述预处理过程包括对原始回波信号进行平滑滤波,消除毛刺。

[0013] 所述有效的波峰段包含以下连续的数据集合:

[0014]  $\{d(n), \dots, d(n+m), \dots, d(n+m+p)\}$ ;

[0015] 满足条件:

$$[0016] \left\{ \begin{array}{l} d(n) \leq d(n+1) \leq \dots \leq d(n+m) \\ d(n+m) \geq d(n+m+1) \geq \dots \geq d(n+m+p) \\ d(n+m) > X_{abs} \\ d(n+m) - d(n) > X_{rel} \\ d(n+m) - d(n+m+p) > X_{rel} \\ m > M \\ p > P \end{array} \right.$$

[0017] 其中,  $n, m, p$  分别代表波峰段中第  $n, m, p$  个坐标位置点,  $d(n+m)$  代表波峰段中的峰值,  $X_{abs}$  和  $X_{rel}$  分别代表坐标位置点对应回波电压幅度的绝对阈值和相对阈值,  $M$  和  $P$  分别代表波峰段持续上升部分阈值和持续下降部分阈值。

[0018] 所述导波杆到上层介质液面的距离  $D_1$  为:

$$[0019] D_1 = c_A \cdot T_1 / 2$$

[0020] 其中,  $c_A$  代表电磁波在上层覆盖空气中的传输速度,  $c_A$  可表示为:

$$[0021] c_A = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_A \mu_A}}$$

[0022]  $c_0$  代表真空中的电磁波速度,  $\epsilon_A$  和  $\mu_A$  分别代表上层介质上方空气的相对介电常数和相对磁导率。

[0023] 所述最大范围  $T_{max}$  为:

$$[0024] T_{max} = \frac{\sqrt{\epsilon_1 \mu_1}}{c_0} (D_B - D_1) + T_1$$

[0025] 其中,  $\epsilon_1$  和  $\mu_1$  分别代表上层介质的相对介电常数和相对磁导率;  $(D_B - D_1)$  代表分离层可测的极限位置情况下, 电磁波在上层介质中的传输距离;  $c_0$  代表真空中的电磁波速度;  $D_B$  代表导波杆长度;  $D_1$  代表导波杆到上层介质液面的距离。

[0026] 所述导波杆顶端到分离液面的距离  $D_2$  为:

$$D_2 = D_1 + (D_2 - D_1)$$

$$[0027] = D_1 + \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_1 \mu_1}} (T_2 - T_1)$$

[0028] 其中,  $\epsilon_1$  和  $\mu_1$  分别代表上层介质的相对介电常数和相对磁导率,  $(T_2 - T_1)$  代表电磁波在上层介质中传输的时间,  $D_1$  代表导波杆到上层介质液面的距离,  $c_0$  代表真空中的电磁波速度。

[0029] 所述上层介质与下层介质均为液体且分离。

[0030] 所述上层介质的相对介电常数  $\epsilon_1 < 10$ 。

[0031] 所述上层介质的相对介电常数 $\epsilon_1$ 与下层介质的介电常数 $\epsilon_2$ 满足 $\epsilon_2 - \epsilon_1 > 10$ 。

[0032] 本发明具有以下有益效果及优点：

[0033] 1. 本发明利用底部回波信号和实际导波杆长度的关系，估算当前被测液体介电常数数值；

[0034] 2. 被测介质的相对介电常数是一项重要的输入参数，本发明估算出的相对介电常数数值可作为参考，判断当前出入参数的正确性；

[0035] 3. 本发明利用评估的相对介电常数结果，可修正相对介电常数参数，进而保证高精度物位测量结果。

## 附图说明

[0036] 图1是本发明的方法流程图；

[0037] 图2是本发明的应用环境示意图；

[0038] 图3是本发明的回波信号曲线示意图。

## 具体实施方式

[0039] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0040] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但本发明能够以很多不同于在此描述的其他方式来实施，本领域技术人员可以在不违背发明内涵的情况下做类似改进，因此本发明不受下面公开的具体实施的限制。

[0041] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本发明。

[0042] 如图1所示为本发明的方法流程图。

[0043] 本发明涉及一种基于导波雷达液位计测量液体界位的方法，包括：

[0044] 步骤1：根据过采样设置频率对导波雷达液位计回波信号进行采样，得到原始回波信号，并存储原始回波数据；

[0045] 步骤2：对原始回波信号进行预处理，预处理采用移动平均滤波方式对数据进行滤波，消除毛刺。具体使用方法可采用均值滤波，如：设 $x(n) \sim \{x(1), \dots, x(N)\}$ 为一维数字输入信号序列， $y(n) \sim \{y(1), \dots, y(N)\}$ 为均值滤波的输出信号序列， $n$ 代表信号序列中第 $n$ 个数据，总长度为 $N$ ，采用如下计算方式对数据进行预处理：

$$[0046] \begin{cases} y(n) = \frac{x(n-1) + x(n) + x(n+1)}{3}, & 1 < n < N \\ y(n) = x(n), & n = 1 \text{ 或 } n = N \end{cases};$$

根据预处理后的回波信号，寻找若干个波峰段信息；滤波后的信息查找特征值，根据数据点连续上升点数 $>M$ ，峰值绝对最大值 $>TH_A$ ，峰值相对最大值条件 $>TH_R$ ，找出多个可能为反射回波的波峰信息，最大波峰个数 $<N$ 。

[0047] 步骤3：选取检测范围内传输时间最短波峰段，并选取其峰值对应的坐标位置 $T_1$ ，

根据 $T_1$ 换算导波杆到上层介质液面的距离 $D_1$ ;

$$[0048] \quad D_1 = c_A \cdot T_1 / 2$$

[0049] 其中, $c_A$ 代表电磁波在上层覆盖空气中的传输速度,电磁波从导波杆顶部到介质表面的传播速度近似以光速传输,其准确的速度 $c_A$ 可表示为

$$[0050] \quad c_A = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_A \mu_A}}$$

[0051]  $c_0$ 代表真空中的光速, $\varepsilon_A$ 和 $\mu_A$ 代表介质上层覆盖物的相对介电常数和相对磁导率,此处为空气。

[0052] 步骤4:如果在 $T_1$ 到最大范围 $T_{\max}$ 内找到峰值最大的波峰段信息作为导波杆顶端到分离液面的反射回波,选取其峰值对应的坐标位置 $T_2$ ,计算导波杆顶端到分离液面的距离 $D_2$ ;否则,认为无法检测到导波杆到上层介质液面的距离和导波杆顶端到分离液面的距离。

$$[0053] \quad T_{\max} = \frac{\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}}{c_0} (D_B - D_1) + T_1$$

[0054] 其中, $\varepsilon_1$ 和 $\mu_1$ 代表上层介质相对介电常数和相对磁导率, $(D_B - D_1)$ 代表分离层可测的极限位置情况下,电磁波在上层介质中传输距离。

[0055]  $D_2$ 可表示为:

$$D_2 = D_1 + (D_2 - D_1)$$

$$[0056] \quad = D_1 + \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}} (T_2 - T_1)$$

[0057] 其中, $\varepsilon_1$ 和 $\mu_1$ 代表上层介质相对介电常数和相对磁导率, $(T_2 - T_1)$ 代表电磁波在上层介质中传输的时间。

[0058] 实施例:

[0059] 杆长为 $D_B = 1381\text{mm}$ ,上层介电常数 $\varepsilon_1 = 3.8$ ,导波杆顶端到上层液面测得的坐标位置 $T_1 = 2.641\text{ns}$ ,换算为距离可得 $D_1 = 396\text{mm}$ ,寻找的最大范围 $T_{\max} = 15.442\text{ns}$ ,在范围中找到导波杆顶端到分离层液面的坐标位置 $T_2 = 6.830\text{ns}$ ,根据本发明换算距离为 $D_2 = 718\text{mm}$ ,实际导波杆顶端到上层液面的测量距离为 $396\text{mm}$ ,实际导波杆顶端到分离层液面测量距离为 $719\text{mm}$ 。

[0060] 如图2所示为本发明的应用环境示意图。

[0061] 本发明的应用环境为电磁波通过导波杆依次穿过空气和上层介质到达下层介质。容器中填充上层的是相对介电常数为 $\varepsilon_1$ ,相对磁导率为 $\mu_1$ 的液体介质,下层是相对介电常数为 $\varepsilon_2$ ,相对磁导率为 $\mu_2$ 的液体介质,要求两种液体介电常数差异较大(介电常数差 $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 > 10$ )、分离层明确。液体上层覆盖空气的相对介电常数和相对磁导率分别为 $\varepsilon_A$ 和 $\mu_A$ , $D_1$ 表示从导波杆顶端到上层液体表面的距离, $D_2$ 表示从导波杆顶端到分离层表面的距离, $D_2 - D_1$ 表示上层液体厚度, $D_B$ 表示导波杆的长度信息。

[0062] 图3是本发明的回波信号曲线示意图。

[0063] 横坐标代表回波信号传输时间,纵坐标代表回波电压幅度变化。曲线中的坐标0点

位置代表导波杆上的发射脉冲,用于计算起始位置;曲线中的坐标 $T_1$ 位置代表电磁波延导波杆在空气中传输遇上层介质表面产生的反射回波,即物位回波;曲线中的坐标 $T_2$ 位置代表剩余电磁波延导波杆在上层介质中传输遇分离层反射后形成的反射回波,即分离层界面回波。



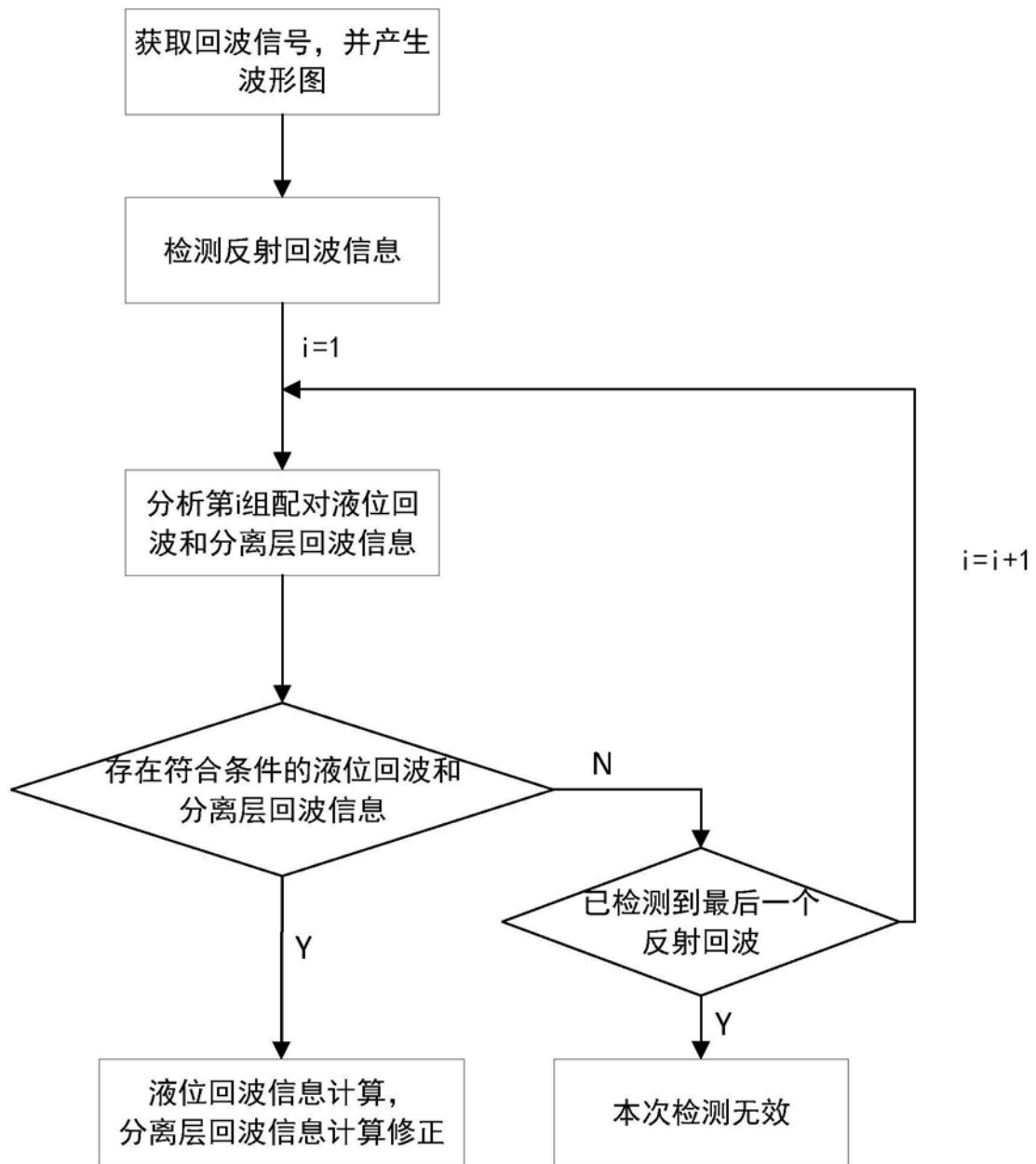


图1

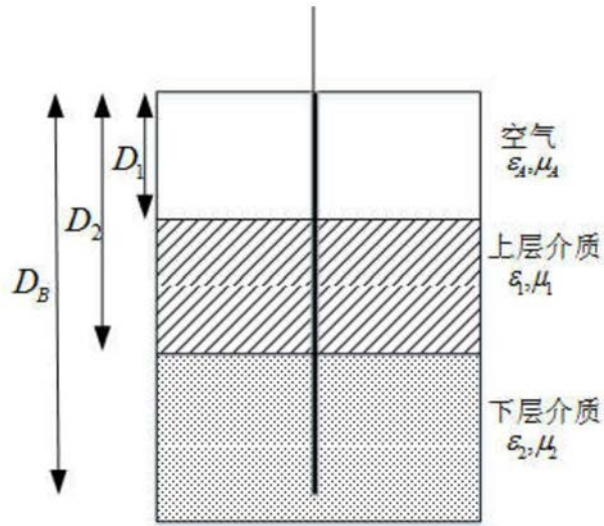


图2

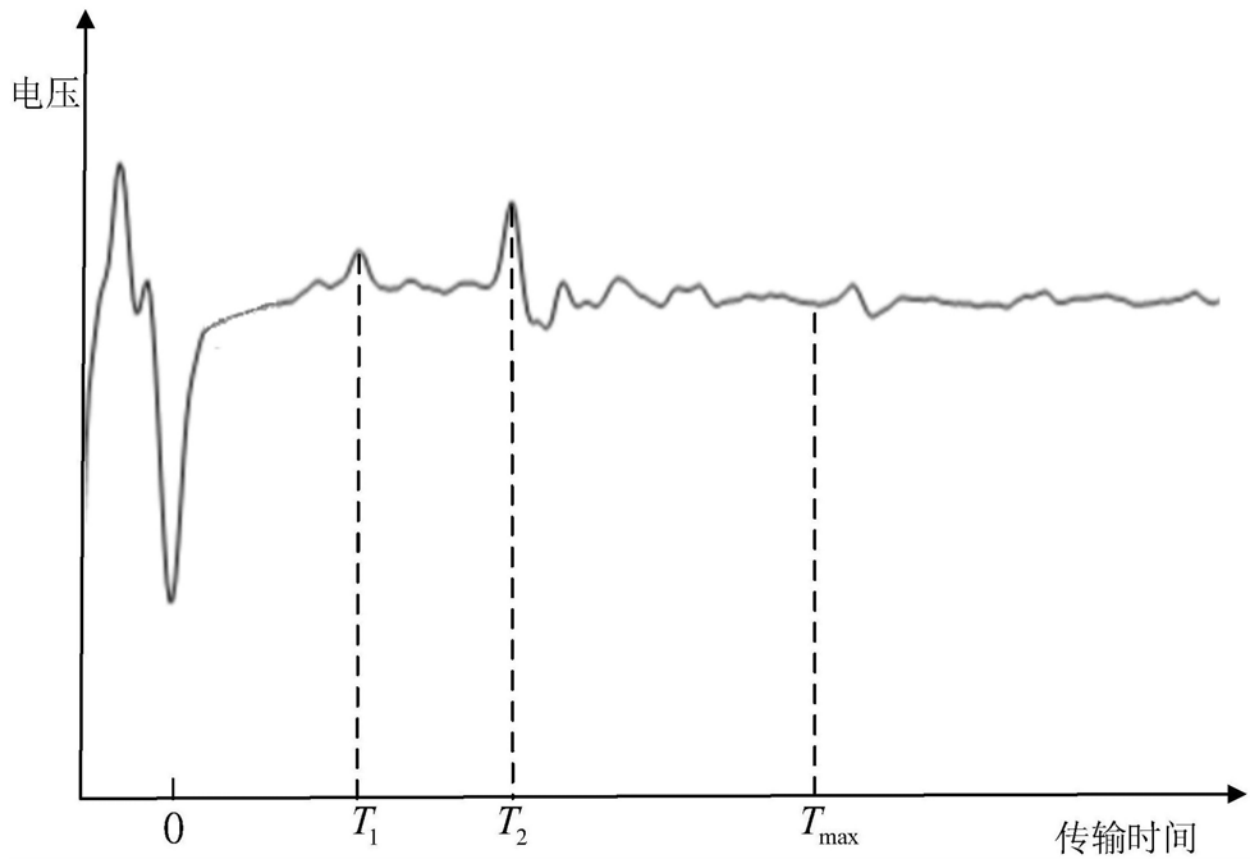


图3