



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104595729 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201510020155. 6

(22) 申请日 2015. 01. 15

(73) 专利权人 中国石油大学(华东)

地址 266580 山东省青岛市经济技术开发区
长江西路 66 号

(72) 发明人 刘翠伟 李玉星 孟令雅 胡其会
韩辉 张玉乾 刘光晓 钱昊铖

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221

代理人 赵妍

(51) Int. Cl.

F17D 5/06(2006. 01)

审查员 刘丹丹

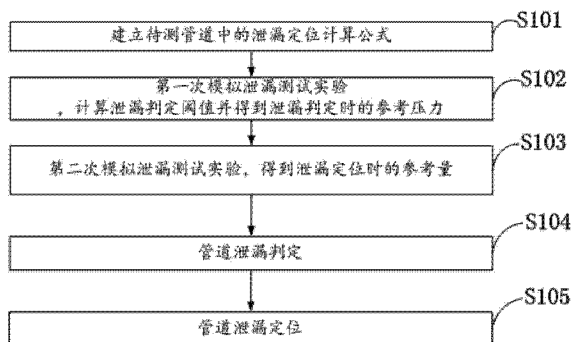
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,包括:建立待测管道中的泄漏定位计算公式;在首端传感器上游进行第一次模拟泄漏测试实验,首末两端的声波传感器采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,得到泄漏检测阈值和参考压力;在待测管道两端传感器之间进行第二次模拟泄漏测试实验,首末两端的声波传感器采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,得到低频段声波信号的幅值;对待测管段正常监测,根据第一次泄漏测试实验得到的泄漏检测阈值进行泄漏检测;根据第二次泄漏测试实验以及定位计算公式进行泄漏定位。本发明不考虑声波传播速度的计算和时间差的计算,避免了GPS时钟的安装,成本低,灵敏度高,对油气管道适用性强。



1. 一种基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 1,在待测管道的首端和末端各安装一个传感器,并建立待测管道中的泄漏定位计算公式;

步骤 2,进行第一次模拟泄漏测试实验,设定待测管道的最小可检测泄漏量或者泄漏孔径,在待测管道首端传感器上游或末端传感器下游进行模拟泄漏测试实验,得到泄漏判定阈值和泄漏判定时的参考压力;

步骤 3,进行第二次模拟泄漏测试实验,在两端传感器之间的待测管道上进行模拟泄漏测试实验,首末两端的声波传感器分别采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,并分别对采集的泄漏声波信号进行特征提取,分别得到首、末端低频段声波信号的幅值,即泄漏定位时的参考量;

步骤 4,将运行的待测管道两端传感器采集得到的信号经过处理后与参考压力相除,并将相除得到的结果与第一次模拟泄漏测试实验得到的泄漏判定阈值进行对比,完成管道泄漏判定;

步骤 5,若泄漏发生,根据第二次模拟泄漏测试实验得到的参考量,采用步骤 1 中的定位计算公式对管道泄漏进行定位。

2. 如权利要求 1 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,所述的步骤 1 建立过程如下:

若待测管段中的某点发生泄漏,首末端传感器采集信号,经过小波分析处理后得到低频段声波幅值,首端幅值为 p_{10} ,末端幅值为 p_{20} ,泄漏位置距离首端为 x_0 ,待测管段全长为 L ,则根据声波幅值衰减模型以下公式成立: $\frac{p_{10}}{p_{20}} = e^{\sigma\alpha(L-2x)}$, 则泄漏定位公式为:

$$x_0 = \frac{L}{2} - \frac{\ln(p_{10}/p_{20})}{2\sigma\alpha}, \text{ 其中, } \alpha \text{ 为声吸收系数, } \sigma \text{ 为修正系数;}$$

当 x_0 已知,未知泄漏点距首端为 x_n ,首端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{1n} ,末端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{2n} ,则 x_n 可通过下式计算: $\frac{L/2-x_n}{L/2-x_0} = \frac{\ln(p_{1n}/p_{2n})}{\ln(p_{10}/p_{20})}$ 。

3. 如权利要求 2 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,

将采集的信号进行处理得到低频段的声波幅值时采用小波分析,小波基采用 sym8 或者 db4;根据声波信号的采样频率 F 以及低频段的要求确定小波分析的分解层数 n ,针对油气长距离管道,小波分析的分解层数应使处理后得到的信号的频段落在 $0 \sim 20\text{Hz}$ 以内,因此应满足: $\frac{F}{2^{n+1}} \leq 20$, 根据采样频率求得分解层数并向上取整得到 n ,然后求得 $f_s = \frac{F}{2^{n+1}}$,

f_s 为低频段的最大频率, Hz, 则低频段为 $0 \sim f_s$, Hz, 处于该频段的信号称为 A_n 。

4. 如权利要求 1 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,

在步骤 2 中的模拟泄漏测试实验具体为:首末两端的声波传感器分别采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,经过处理分别得到首端和末端的低频段声波信号的幅值,并根据低频段声波信号的幅值,得到泄漏判定阈值和泄漏判定时的参考压力;其中首端幅值为 p_{A0} ,末端幅值为 p_A ;则泄漏判定阈值通过 p_A/p_{A0} 得到;泄漏判定时的参考压力为 p_{A0} 。

5. 如权利要求 4 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,步骤 2 中的模拟泄漏测试实验若在首端传感器的上游进行,则模拟泄漏点距首端传感器的距离为 10cm;该实验若在待测管道末端传感器下游进行实验,则模拟泄漏点距末端传感器的距离为 10cm。

6. 如权利要求 4 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,所述的模拟泄漏测试通过安装球阀和孔板的方式实现;所述的球阀控制泄漏发生快慢,所述的孔板控制泄漏孔径。

7. 如权利要求 1 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,所述步骤 3 中泄漏定位时的参考量是指,由首端传感器得到的是低频段声波信号的幅值 p_{10} ,由末端传感器得到的是低频段声波信号的幅值 p_{20} 。

8. 如权利要求 6 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,所述的步骤 3 中第二次模拟泄漏测试实验泄漏点是已知的,与首端传感器的距离为 x_0 。

9. 如权利要求 1 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,所述的步骤 4 中,在运行的待测管段采集声波信号,首端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{1n} ,末端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{2n} ,首端幅值为 p_{A0} ,末端幅值为 p_A ;根据检测得到的 p_{1n}/p_{A0} 、 p_{2n}/p_{A0} 与阈值 p_A/p_{A0} 进行对比完成泄漏检测。

10. 如权利要求 8 所述的基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,其特征在于,在步骤 5 中,若判定泄漏,以第二次模拟泄漏测试实验数据为参考量,泄漏位置距离首端传感器的距离为 x_n ,待测管段全长为 L ,经过小波分析处理后得到低频段声波幅值,首端幅值为 p_{10} ,末端幅值为 p_{20} ,首端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{1n} ,末端采集并处理得到的低频

段声波幅值为 p_{2n} ;则泄漏位置为:
$$\frac{L/2-x_n}{L/2-x_0} = \frac{\ln(p_{1n}/p_{2n})}{\ln(p_{10}/p_{20})}。$$

一种基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于管道安全监控技术领域,尤其涉及一种基于声波幅值衰减模型的油气管道泄漏定位方法。

背景技术

[0002] 油气管道发生泄漏时,流体介质流出管道,管内压力骤降产生声波,根据声波传感器的分类不同,声波又可以分为由音频传感器采集得到的声音,由加速度传感器采集得到的振动信号,由动态压力传感器采集得到的动态压力波,传感器不同,波形呈现方式不同,其中前两者适合于短距离管道,动态压力波适合于长距离油气管道。声波沿管内介质传播,由管道两端的动态压力传感器采集得到,传感器输出波形呈现一个幅值下降沿,即泄漏发生时刻,声波幅值出现一个极大值,随后泄漏稳定发生时恢复至零值附近波动。

[0003] 传统的声波法泄漏定位是通过计算声波传播速度和声波到达上下游的时间差进行计算完成的,国内外学者也多是针对声波传播速度的改进以及时间差精度的提高进行研究的。根据调研,现阶段国内外涉及基于声波技术的油气管道泄漏定位方法的专利主要有:

[0004] 美国专利 US6389881 公开了一种基于音波技术的管道实时泄漏检测装置和方法。该技术利用传感器采集管内动态压力,采用模式匹配滤波技术对信号进行滤波处理,排除噪声,降低干扰,提高了定位精度;

[0005] 中国专利 200710097721.9 公开了一种基于动态低频技术的管道泄漏检测仪及方法,该方法采用可调量程的动态压力传感器检测泄漏引起的管线首末站的动态压力变化(4-10Hz 内信号),区分出泄漏信号,并利用 GPS 检测信号到达上下游时间,进行泄漏定位。

[0006] 中国专利 200710177617.0 公开了一种基于压力和声波信息融合的泄漏检测方法,该方法分别采集管道上下游压力和声波信号(0.2-20Hz 内),经过数据滤波、特征级融合和决策级融合三个层次的处理获得最终检测结果,并利用基于相关分析、小波分析等融合的定位方法进行泄漏定位,提高了泄漏检测的准确性和定位精度。

[0007] 中国实用新型专利 200820078616.0 公开了一种音波泄漏检测定位装置,采用嵌入式 PC+ 数据采集卡 +GPS 精确授时,成本低,性能较好。

[0008] 中国专利 200810223454.X 公开了一种利用动态压力和静态压力数据进行管道泄漏监测的方法及装置。该方法在管道首末端分别安装一套动态压力传感器和静态压力传感器,测量管内音波信号,音波信号经数据采集装置处理后提取泄漏信号,并利用 GPS 系统打上时间标签,进行泄漏定位。

[0009] 现有的专利较少涉及声波在油气管道流体介质中的传播模型,对泄漏的定位更多的是依靠对声波传播速度和时间差的方法,对基于声波幅值衰减模型的油气管道泄漏定位方法没有描述,具体表现为:

[0010] (1) 对油气管道泄漏定位依靠的声波传播速度求解没有统一的公式,对油管道和气管道适用性不足,使得泄漏定位方法的适用性不普遍,同时声波传播速度的求解公式中,

参数的准确性需要保障,这就增加了泄漏定位的计算量。

[0011] (2) 对油气管道泄漏定位依靠的时间差求解需要采用 GPS 系统对声波传感器采集的数据信号授时,这一方面增加了泄漏定位成本,另一方面降低了定位精度。

发明内容

[0012] 本发明的目的在于提供一种基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,旨在对油气管道泄漏进行精确定位,增加声波法泄漏检测与定位技术的适用性、普遍性。

[0013] 本发明采用的技术方案如下:

[0014] 一种基于声波幅值的油气管道泄漏定位方法,包括以下步骤:

[0015] 步骤 1,在待测管道的首端和末端各安装一个传感器,并建立待测管道中的泄漏定位计算公式;

[0016] 步骤 2,进行第一次模拟泄漏测试实验,设定待测管道的最小可检测泄漏量或者泄漏孔径,在待测管道首端传感器上游或末端传感器下游进行模拟泄漏测试实验,得到泄漏判定阈值和泄漏判定时的参考压力;

[0017] 步骤 3,进行第二次模拟泄漏测试实验,在两端传感器之间的待测管道上进行模拟泄漏测试实验,首末两端的声波传感器分别采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,并分别对采集的泄漏声波信号进行特征提取,分别得到首末低频段声波信号的幅值,即泄漏定位时的参考量;

[0018] 步骤 4,将运行的待测管道两端传感器采集得到的信号经过处理后与参考压力相除,并将相除得到的结果与第一次模拟泄漏测试实验得到的泄漏判定阈值进行对比,完成管道泄漏判定;

[0019] 步骤 5,若泄漏发生,根据第二次模拟泄漏测试实验得到的参考量,采用步骤 1 中的定位计算公式对管道泄漏进行定位。

[0020] 进一步,在步骤 1 中,若待测管段中的某点发生泄漏,在首末端采集信号,经过小波分析处理后得到低频段声波幅值,首端幅值为 p_{10} ,末端幅值为 p_{20} ,泄漏位置距离首端为 x_0 ,待测管段全长为 L ,则根据声波幅值衰减模型以下公式成立: $\frac{p_{10}}{p_{20}} = e^{\sigma\alpha(L-2x)}$, 则泄漏定位

公式为: $x_0 = \frac{L}{2} - \frac{\ln(p_{10}/p_{20})}{2\sigma\alpha}$, 其中, α 为声吸收系数, σ 为修正系数;进一步,若 x_0 已知,

未知泄漏点距首端为 x_n ,则 x_n 可通过下式计算: $\frac{L/2-x_n}{L/2-x_0} = \frac{\ln(p_{1n}/p_{2n})}{\ln(p_{10}/p_{20})}$ 。

[0021] 进一步,将采集的信号进行处理得到低频段的声波幅值时采用小波分析,小波基采用 sym8 或者 db4;根据声波信号的采样频率 F 以及低频段的要求确定小波分析的分解层数 n ,针对油气长距离管道,小波分析的分解层数应使处理后得到的信号的频段落在 $0 \sim$

20Hz 以内,因此应满足: $\frac{F}{2^{n+1}} \leq 20$, 根据采样频率求得分解层数并向上取整得到 n ,然后求

得 $f_\delta = \frac{F}{2^{n+1}}$, f_δ 为低频段的最大频率, Hz, 则低频段为 $0 \sim f_\delta$, Hz, 处于该频段的信号称为

A_n 。

[0022] 进一步,在步骤 2 中的模拟泄漏测试实验具体为:首末两端的声波传感器分别采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,经过处理分别得到首端和末端的低频段声波信号的幅值,并根据低频段声波信号的幅值,得到泄漏判定阈值和泄漏判定时的参考压力;其中首端幅值为 p_{A0} ,末端幅值为 p_A ;则泄漏判定阈值通过 p_A/p_{A0} 得到;泄漏判定时的参考压力为 p_{A0} 。

[0023] 进一步,使第一次模拟泄漏发生在待测管道首端传感器上游距离较近某处,并在首、末端采集声波信号,模拟泄漏点距首端传感器的距离为 10cm 左右;也可使模拟泄漏发生在待测管道末端传感器下游距离较近某处,并在首、末端采集声波信号,模拟泄漏点距末端传感器的距离为 10cm 左右;模拟泄漏测试通过安装球阀和孔板的方式实现,球阀控制泄漏发生快慢,孔板控制泄漏孔径。

[0024] 进一步,在步骤 3 中,第二次模拟泄漏测试实验,在待测管道两端传感器之间某处进行,首末两端的声波传感器采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,进行特征提取得到低频段声波信号的幅值即泄漏定位时的参考量:首端幅值为 p_{10} ,末端幅值为 p_{20} 。

[0025] 进一步,第二次模拟泄漏测试实验泄漏点是已知的,与首端传感器的距离为 x_0 。

[0026] 进一步,在步骤 4 中,在运行的待测管段采集声波信号,首端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{1n} ,末端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{2n} ,根据检测得到的 p_{1n}/p_{A0} 、 p_{2n}/p_{A0} 与阈值 p_A/p_{A0} 进行对比完成泄漏检测。

[0027] 进一步,在步骤 5 中,若判定泄漏,以第二次模拟泄漏测试实验数据为参考量,泄

漏位置距离首端为 x_n ,待测管段全长为 L ,则泄漏位置为:
$$\frac{L/2 - x_n}{L/2 - x_0} = \frac{\ln(p_{1n}/p_{2n})}{\ln(p_{10}/p_{20})}$$

[0028] 本发明的有益效果如下:

[0029] 本发明提供的基于声波幅值衰减模型的油气管道泄漏定位方法,通过建立的声波幅值衰减模型对泄漏进行检测和定位,不考虑声波传播速度的计算和时间差的计算,避免了 GPS 时钟的安装,成本低,灵敏度高,对油气管道适用性强。本发明方法简单,操作方便,较好的解决了现阶段定位精度不高的问题。

附图说明

[0030] 图 1 是本发明实施例提供的基于声波幅值衰减模型的油气管道泄漏定位方法的步骤图;

[0031] 图 2 是本发明实施例提供的基于声波幅值衰减模型的油气管道泄漏定位方法原理流程图;

具体实施方式

[0032] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0033] 下面结合附图及具体实施例对本发明的应用原理作进一步描述。

[0034] 如图 1 所示,本发明实施例的基于声波幅值衰减模型的油气管道泄漏定位方法包括以下步骤:

[0035] S101:在待测管道的首端和末端各安装一个传感器,并建立待测管道中的泄漏定位计算公式;

[0036] S102:进行第一次模拟泄漏测试实验,设定待测管道的最小可检测泄漏量或者泄漏孔径,在待测管道首端传感器上游或末端传感器的下游进行模拟泄漏测试实验,首末两端的声波传感器分别采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,经过处理分别得到首端和末端的低频段声波信号的幅值,并根据低频段声波信号的幅值,得到泄漏判定阈值和泄漏判定时的参考压力;

[0037] S103:进行第二次模拟泄漏测试实验,在两端传感器之间的待测管道上进行模拟泄漏测试实验,首末两端的声波传感器分别采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,并分别对采集的泄漏声波信号进行特征提取,分别得到首末低频段声波信号的幅值,即泄漏定位时的参考量;

[0038] S104:将运行的待测管道两端传感器采集得到的信号经过处理后与参考压力相除,并将相除得到的结果与第一次模拟泄漏测试实验得到的泄漏判定阈值进行对比,完成管道泄漏判定;

[0039] S105:若泄漏发生,根据第二次模拟泄漏测试实验得到的参考量,采用步骤 1 中的定位计算公式对管道泄漏进行定位。

[0040] 如图 2 所示,本发明的具体实施流程为:

[0041] 在步骤 1 中,若待测管段中的某点发生泄漏,在首末端采集信号,经过小波分析处理后得到低频段声波幅值,首端幅值为 p_{10} ,末端幅值为 p_{20} ,泄漏位置距离首端为 x_0 ,待测管段全长为 L ,则根据声波幅值衰减模型以下公式成立: $\frac{p_{10}}{p_{20}} = e^{\sigma\alpha(L-2x)}$, 则泄漏定位公式为:

$x_0 = \frac{L}{2} - \frac{\ln(p_{10}/p_{20})}{2\sigma\alpha}$, 其中, α 为声吸收系数, σ 为修正系数;进一步,若 x_0 已知,未知泄漏

点距首端为 x_n ,则 x_n 可通过下式计算: $\frac{L/2-x_n}{L/2-x_0} = \frac{\ln(p_{1n}/p_{2n})}{\ln(p_{10}/p_{20})}$ 。

[0042] 第一次模拟泄漏测试实验,在管道首端传感器上游 10cm 处模拟泄漏,泄漏通过安装球阀和孔板的方式实现,球阀控制泄漏发生快慢,孔板控制泄漏孔径,模拟泄漏时,泄漏孔径为待测管道的最小可检测泄漏孔径,首末两端的声波传感器实时采集沿管内介质传播的泄漏声波信号,经小波分析处理得到低频段声波信号的幅值,小波分析中,小波基采用 sym8 或者 db4;根据声波信号的采样频率 F 以及低频段的要求确定小波分析的分解层数 n ,针对油气长距离管道,小波分析的分解层数应使处理后得到的信号的频段落落在 $0 \sim 20\text{Hz}$ 以内,具体表现为: $f_s = \frac{F}{2^{n+1}} \leq 20$, 根据采样频率求得分解层数并向上取整得到 n ,然后求

得 $f_s = \frac{F}{2^{n+1}}$, f_s 为低频段的最大频率, Hz, 则低频段为 $0 \sim f_s$, Hz, 处于该频段的信号称为

A_n 。声波采样率为 1000Hz 时,则需满足 $\frac{1000}{2^{n+1}} \leq 20$, 则求得 $n = 4.6$, 向上取整为 $n = 5$, 此时

$f_s = \frac{1000}{2^{5+1}} = 15.625$, Hz, 则低频段为 $0 \sim 15.625$ Hz, 处于该频段的信号称为 A5。

[0043] 小波分析得到低频段的声波幅值:首端幅值为 p_{A0} , 末端幅值为 p_A ; 则泄漏判定阈值可通过 p_A/p_{A0} 得到; 泄漏判定时的参考压力为 p_{A0} 。

[0044] 第二次模拟泄漏测试实验, 使泄漏发生在待测管段中两端传感器之间的已知点, 泄漏位置距离首端为 x_0 , 首末两端的声波传感器采集沿管内介质传播的泄漏声波信号, 进行特征提取得到低频段声波信号的幅值, 首端幅值为 p_{10} , 末端幅值为 p_{20} , 待测管段全长为 L , 则根据声波幅值衰减模型以下公式成立: $\frac{p_{10}}{p_{20}} = e^{\sigma\alpha(L-2x)}$, 则泄漏定位公式为:

$$x_0 = \frac{L}{2} - \frac{\ln(p_{10}/p_{20})}{2\sigma\alpha},$$

时的参考量。

[0045] 在运行的待测管段采集声波信号, 首端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{1n} , 末端采集并处理得到的低频段声波幅值为 p_{2n} , 根据检测得到的 p_{1n}/p_{A0} 、 p_{2n}/p_{A0} 与阈值 p_A/p_{A0} 进行对比完成泄漏检测。

[0046] 若判定泄漏, 以第二次模拟泄漏测试实验数据为参考量, 泄漏位置距离首端为 x_n ,

$$\text{待测管段全长为 } L, \text{ 则泄漏位置为: } \frac{L/2 - x_n}{L/2 - x_0} = \frac{\ln(p_{1n}/p_{2n})}{\ln(p_{10}/p_{20})}。$$

[0047] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

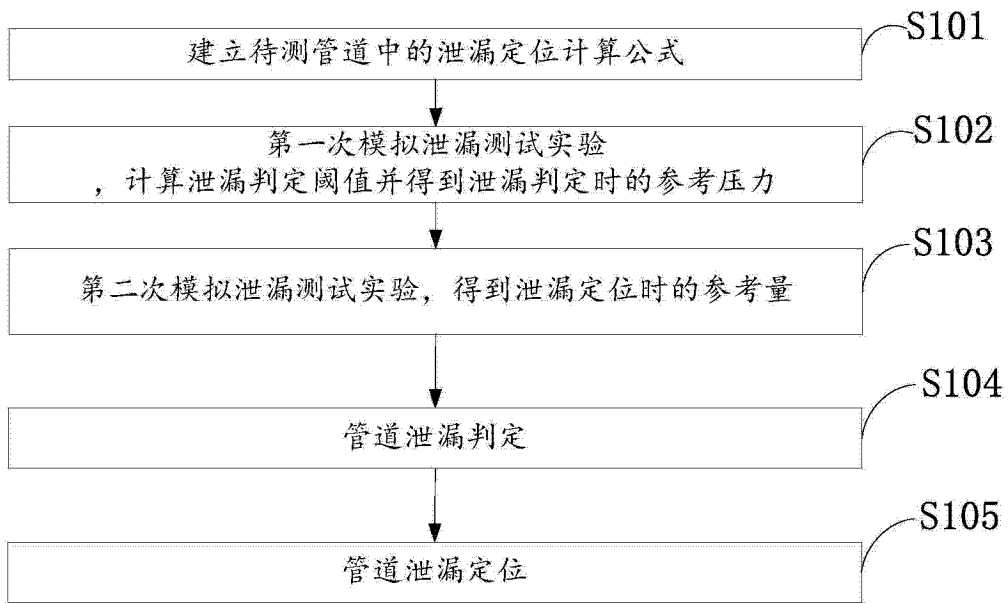


图 1

