



(12) Patent for Innovation

(10) Published No. CN106949921A

(43) Published Date 07/14/2017

(21) Application Number 201710174607.5

(22) Application Date 2017.03.22

(71) Applicant Ocean University of China

Address 266100 No.238 Songling Road, Laoshao District, Qingdao City, Shandong Province

(72) Inventor Xiaoyu Niu, Kai Wu, Xin Zhang

(74) Agency Weifang Zhengxin Zhiyuan Intellectual Property Agency 37255

Agent

(51) Int. Cl.

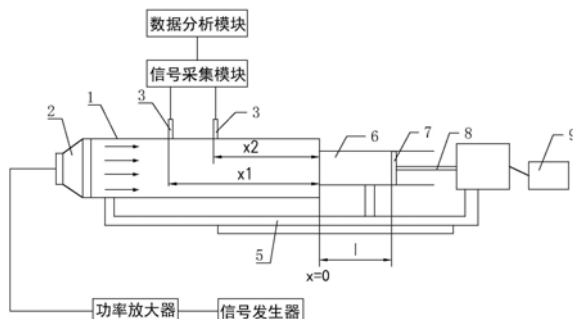
G01D 18/00(2006.01)

(54) Name of Innovation

A Sound Wave Reflection Conduit Phase Calibration System and Method

(57) Abstract

The invention discloses a sound wave reflection conduit phase calibration system and method. The calibration system comprises a wave conduit, an instant wave generating module and a calibration data acquisition module. The calibration mainly comprises that the instant wave generating module generates a an instant wave; the instant wave is transferred from the wave conduit to a sound wave reflection conduit; the instant wave is reflected at the movable plug of the sound wave reflection conduit to form a reflected wave; and the reflected wave is superposed on the incident wave along the transmission path of the incident wave. The calibration data acquisition module calculates the actual length of the sound wave reflection conduit according to a reflection system, and compares the actual length with the theoretical length of the sound reflection conduit to obtain calibration data for calibrating the sound wave reflection conduit. Therefore, the sound wave reflection conduit phase calibration system can conveniently, quickly and accurately perform the calibration of the sound wave reflection conduit.



1. 声波反射导管相位校准系统,其特征在于,包括

波导管,所述波导管的一端与待校准声波反射导管的一端对接,所述波导管的中心线和所述声波反射导管的中心线重合设置;

入射波生成模块,所述入射波生成模块生成入射波,所述入射波频率低于所述波导管的截止频率;所述入射波从所述波导管的另一端进入,并从所述波导管和所述声波反射导管的对接端进入所述声波反射导管内,在所述声波发射导管的另一端反射形成反射波;

校准数据获取模块,所述校准数据获取模块包括分别设在所述波导管上的两传声器,以及与两所述传声器电连接的信号采集处理模块,所述信号采集处理模块根据两所述传声器采集的声压信号,计算所述声波反射导管的实际长度,并判断所述声波反射导管的实际长度与理论长度是否相符,若不符则输出校准数据。

2. 根据权利要求1所述的声波反射导管相位校准系统,其特征在于,所述入射波生成模块包括设在所述波导管端部的扬声器,所述扬声器经过功率放大器电路与信号发生器电连接。

3. 根据权利要求1所述的声波反射导管相位校准系统,其特征在于,所述校准数据获取模块还包括与所述信号采集处理模块电连接的数据分析模块,以及与所述数据分析模块电连接的显示屏。

4. 根据权利要求1所述的声波反射导管相位校准系统,其特征在于,还包括连接底座,所述连接底座上同时安装所述波导管和所述声波反射导管。

5. 根据权利要求1所述的声波反射导管相位校准系统,其特征在于,所述校准数据获取模块包括校准输出模块,所述校准输出模块与所述声波反射导管的长度自动调整控制器电连接。

6. 应用权利要求1至5任一项所述的声波反射导管相位校准系统进行校准的校准方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:校准两所述传声器的灵敏度,使两所述传声器之间的频响特性一致;

步骤二:调整所述入射波生成模块,使其输出连续稳定的正弦信号,且正弦信号的频率低于所述波导管的截止频率;

步骤三:启动所述入射波生成模块,调节并记录所述声波反射导管的初始长度,标记为初始位置;

步骤四:所述信号采集处理模块获取两所述传声器所处位置声压对应的电压信号,根据两电压信号算出反射系数;

步骤五:根据上述步骤中算出的反射系数计算出所述声波反射导管的实际长度,并将所述声波反射导管理论长度与实际长度相比较,得出校准数据;

步骤六:根据上述获得校准数据校准所述声波反射导管;

步骤七:重复上述步骤进行多次校准。

7. 根据权利要求6所述的应用声波反射导管相位校准系统进行校准的校准方法,其特征在于,所述步骤四中,所述反射系数的计算方法为:先根据公式 $P_1 = P_i e^{jk_0 x_1} + P_r e^{-jk_0 x_1}$ 和 $P_2 = P_i e^{jk_0 x_2} + P_r e^{-jk_0 x_2}$, 计算出两所述声传感器的声压 P_1 和 P_2 , 再根据公式 $r_p = (e^{2jk_0 x_1} p_2 / p_1 - e^{jk_0(x_1-x_2)}) / (e^{-jk_0(x_1-x_2)} - p_2 / p_1)$, 计算出反射系数 r_p , 其中 P_i 为入射波 P_i 的幅值, P_r 为反射波 P_r

的幅值, k_0 为波数, $k_0 = 2\pi f/c$, f 为测试频率, c 为波导管中声波传播速度, x_1, x_2 为两所述传声器到所述波导管和所述声波反射导管对接端的距离。

8. 根据权利要求6所述的应用声波反射导管相位校准系统进行校准的校准方法, 其特征在于, 所述步骤五中, 所述声波反射导管的实际长度为 l , $\rho_0 c_0$ 是媒质固有的一个常数, S 是波导管的截面积与声波反射导管的截面积之比, Z_{a0} 声波反射导管输入阻抗, 将上述各参数代入公式 $Z_{a0} \approx -j\rho_0 c_0 \cot(kl)/S$, 计算 l 。

9. 根据权利要求7所述的应用声波反射导管相位校准系统进行校准的校准方法, 其特征在于, 所述步骤七中, 在重复上述步骤进行多次校准时, 需要调整两所述传声器在所述波导管上的位置。

声波反射导管相位校准系统及校准方法

技术领域

[0001] 发明涉及声学技术领域,尤其涉及应用于相位差主动控制声学实验仪器的校准系统及校准方法。

背景技术

[0002] 在物理声学实验研究中,相位差的操控是波阵面操控的重要组成部分。而波阵面操控技术在近些年来有了长足的发展,其研究价值涵盖声波聚焦、负反射、水下声场模拟等诸多领域。换句话讲,波阵面操控实验仪器——尤其是相位差操控的实验仪器在当今声学研究中应用广泛。

[0003] 当前物理声学研究正在飞速发展,通过主动控制实现反射波与入射波具有一定的相位差的声学试验装置越来越多。但随着使用时间的增加,这些声学实验装置内部元件会老化,导致这些声学实验装置实验精度下降。解决这一问题的常用手段是定期对这些声学装置进行校准。

[0004] 而本套系统旨在方便快捷地校准相位差主动控制仪器的精度,提高其科学实验的准确性。

发明内容

[0005] 针对上述不足,发明所要解决的第一个技术问题是:提供一种简单方便快捷的方法来校准相位差操控实验仪器的精度。

[0006] 为解决上述技术问题,发明的技术方案是:

[0007] 一种声波反射导管相位校准系统,包括波导管,所述波导管的一端与待校准声波反射导管的一端对接,所述波导管的中心线和所述声波反射导管的中心线重合设置;入射波生成模块,所述入射波生成模块生成入射波,所述入射波频率低于所述波导管的截止频率;所述入射波从所述波导管的另一端进入,并从所述波导管和所述声波反射导管的对接端进入所述声波反射导管内,在所述声波发射导管的另一端反射形成反射波;校准数据获取模块,所述校准数据获取模块包括分别设在所述波导管上的两传声器,以及与两所述传声器电连接的信号采集处理模块,所述信号采集处理模块根据两所述传声器采集的声压信号,计算所述声波反射导管的实际长度,并判断所述声波反射导管的实际长度与理论长度是否相符,若不符则输出校准数据。

[0008] 优选方式为,所述入射波生成模块包括设在所述波导管端部的扬声器,所述扬声器经过功率放大器电路与信号发生器电连接。

[0009] 优选方式为,所述校准数据获取模块还包括与所述信号采集处理模块电连接的数据分析模块,以及与所述数据分析模块电连接的显示屏。

[0010] 优选方式为,还包括连接底座,所述连接底座上同时安装所述波导管和所述声波反射导管。

[0011] 优选方式为,所述校准数据获取模块包括校准输出模块,所述校准输出模块与所

述声波反射导管的长度自动调整控制器电连接。

[0012] 基于同一发明构思,本发明所要解决的第二个技术问题是:提供一种校准方法,该方法可以方便、快捷、准确的校准声波反射导管。

[0013] 为解决上述技术问题,发明的技术方案是:

[0014] 应用上述的声波反射导管相位校准系统进行校准的方法,包括以下步骤:

[0015] 步骤一:校准两所述传声器的灵敏度,使两所述传声器之间的频响特性一致;

[0016] 步骤二:调整所述入射波生成模块,使其输出连续稳定的正弦信号,且正弦信号的频率低于所述波导管的截止频率;

[0017] 步骤三:启动所述入射波生成模块,调节并记录所述声波反射导管的初始长度,标记为初始位置;

[0018] 步骤四:所述信号采集处理模块获取两所述传声器所处位置声压对应的电压信号,根据两电压信号算出反射系数;

[0019] 步骤五:根据上述步骤中算出的反射系数计算出所述声波反射导管的实际长度,并将所述声波反射导管理论长度与实际长度相比较,得出校准数据;

[0020] 步骤六:根据上述获得校准数据校准所述声波反射导管;

[0021] 步骤七:重复上述步骤进行多次校准。

[0022] 优选方式为,所述步骤四中,所述反射系数的计算方法为:先根据公式 $P_1 = P_i e^{jk_0 x_1} + P_r e^{-jk_0 x_1}$ 和 $P_2 = P_i e^{jk_0 x_2} + P_r e^{-jk_0 x_2}$,计算出两所述声传感器的声压 P_1 和 P_2 ,再根据公式 $r_p = (e^{2jk_0 x_1} p_2 / p_1 - e^{jk_0(x_1-x_2)}) / (e^{-jk_0(x_1-x_2)} - p_2 / p_1)$,计算出反射系数 r_p ,其中 P_i 为入射波 P_i 的幅值, P_r 为反射波 P_r 的幅值, k_0 为波数, $k_0 = 2\pi f / c$, f 为测试频率, c 为波导管中声波传播速度, x_1, x_2 为两所述传声器到所述波导管和所述声波反射导管对接端的距离。

[0023] 优选方式为,所述步骤五中,所述声波反射导管的实际长度为 l , $\rho_0 c_0$ 是媒质固有的一个常数, S 是波导管的截面积与声波反射导管的截面积之比, Z_{a0} 声波反射导管输入阻抗,将上述各参数代入公式 $Z_{a0} \approx -j\rho_0 c_0 \cot(kl) / S$,计算 l 。

[0024] 优选方式为,所述步骤七中,在重复上述步骤进行多次校准时,需要调整两所述传声器在所述波导管上的位置。

[0025] 采用上述技术方案后,发明的有益效果是:由于发明的声波反射导管相位校准系统及校准方法,其中校准系统包括波导管,入射波生成模块和校准数据获取模块,本系统校准的方法主要是由入射波生成模块生成入射波,该入射波从波导管传入声波反射导管内,在声波反射导管的封堵处发生反射形成反射波,该反射波沿着入射波传输的路径,也就声波反射导管和波导管传输,与入射波进行叠加。目的使声波反射导管内传输的入射波和反射波,也在波导管内传输。本发明的校准数据获取模块的信号采集处理模块采集波导管上设置的两传声器的声压,根据声压算出反射系数,根据反射系统算出声波反射导管的实际长度,获得了实际长度后本系统的校准数据获取模块将该实际长度与声波反射导管的理论长度进行比较,若相符则表明声波反射导管无需校准,若不符则生成校准数据,去校准声波反射导管,使声波发射导管的得到校准。可见,本发明的声波反射导管相位校准系统,能够方便、快捷、准确的完成声波发射导管的校准,使其被可靠使用。

[0026] 由于入射波生成模块包括设在波导管端部的扬声器,扬声器经过功率放大器电路与信号发生器电连接;提高生成入射波的质量,利于校准。

[0027] 由于校准数据获取模块还包括与信号采集处理模块电连接的数据分析模块,以及与数据分析模块电连接的显示屏;使整个系统正常运行,数据还可视。

[0028] 由于还包括连接底座,连接底座上同时安装波导管和声波反射导管,便于安装、管理,容易实现波导管和声波反射导管中心线重合的设置。

[0029] 由于校准数据获取模块包括校准输出模块,校准输出模块与声波反射导管的长度自动调整控制器电连接;当校准系统获取了校准结果后,可将校准指令直接传递给声波反射导管,自己进行声波反射导管的校准。

[0030] 综上所述,发明的声波反射导管相位校准系统与现有技术相比,解决了现有技术中声波反射导管经过一段时间的使用存在误差的技术问题;而发明的声波反射导管相位校准系统,通过获取声波反射导管内传输的入射波和反射波,根据入射波和反射波计算声波反射导管的实际长度,将实际长度与理论长度进行比较,得到校准数据去校准声波反射导管,而且本系统的校准方法操作简便、校准准确。

附图说明

[0031] 图1是发明声波反射导管相位校准系统的结构示意图;

[0032] 图2是声波反射导管中入射波和反射波的示意图;

[0033] 图3是本发明声波反射导管相位校准系统进行校准的流程示意图;

[0034] 图中:1—波导管、2—扬声器、3—传声器、5—连接底座、6—声波反射导管、7—活动封堵、8—步进电机推杆、9—驱动器。

具体实施方式

[0035] 为了使发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对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发明,并不用于限定发明。

[0036] 如图1、图2和图3所示,一种声波反射导管相位校准系统,包括波导管1,波导管1的一端与待校准声波反射导管6的一端对接,波导管1的中心线和声波反射导管6的中心线重合设置。在波导管1的另一端设有入射波生成模块,入射波生成模块生成入射波,入射波频率低于波导管1的截止频率;入射波从波导管1的另一端进入,并从波导管1和声波反射导管6的对接端进入声波反射导管6内,在声波发射导管的另一端反射形成反射波。本发明还包括校准数据获取模块,校准数据获取模块包括分别设在波导管1上的两传声器3,以及与两传声器3电连接的信号采集处理模块,信号采集处理模块根据两传声器3采集的声压信号,计算声波反射导管6的理论长度,并判断声波反射导管6的实际长度与理论长度是否相符,若不符则输出校准数据。

[0037] 如图1所示,本实施例的入射波生成模块包括设在波导管1端部的扬声器2,扬声器2经过功率放大器电路与信号发生器电连接;其中扬声器2采用能覆盖阻抗管管径的低频率扬声器2,安装时让扬声器2的振膜与阻抗管横截面平行。为减小噪声干扰,将信号发生器和信号采集处理模块进行接地处理,本实施例的校准数据获取模块还包括与信号采集处理模块电连接数据分析模块,以及与数据分析模块电连接的显示屏,键盘等输入设备,通过键盘可输入声波反射导管6的理论长度等数据,使校准过程中的各数据可视,可操作。

[0038] 如图1所示,本实施例还包括连接底座5,连接底座5上同时安装波导管1和声波反射导管6。因波导管1和声波反射导管6同时安装在一个连接底座5上,使其中心线重合设置操作非常方便。本实施例所校准的声波反射导管6包括两端开口的声波反射导管6,该声波反射导管6内设有活动封堵7,该活动封堵7与步进电机推杆8的一端连接,步进电机推杆8的另一端与声波反射导管6外侧的驱动器9电连接。驱动器9还与提高能源的电源电连接,与提高驱动信号的控制器电连接。本实施例可以让控制器与本发明的校准系统的校准数据获取模块的校准输出模块电连接,使本系统生成校准指令后,可直接传输给控制器,让控制器自动调整声波反射导管6的长度,进一步简化了校准。

[0039] 如图1、图2和图3所示,应用本发明的声波反射导管相位校准系统进行校准的校准方法,包括以下步骤:

[0040] 步骤一:校准两传声器3的灵敏度,使两传声器3之间的频响特性一致;

[0041] 步骤二:调整入射波生成模块,使其输出连续稳定的正弦信号,且正弦信号的频率低于波导管1的截止频率;

[0042] 步骤三:启动入射波生成模块,调节并记录声波反射导管6的初始长度,标记为初始位置;

[0043] 步骤四:信号采集处理模块获取两传声器3所处位置声压对应的电压信号,根据两电压信号算出反射系数;

[0044] 步骤五:信号采集处理模块根据上述步骤中算出的反射系数,计算出声波反射导管6的实际长度,信号采集处理模块将获取的实际长度传输给与其电连接的数据分析模块,同时数据分析模块还接收键入的声波反射导管6的理论长度数据,当其获取了声波反射导管6实际长度后,将实际长度与理论长度相比较,得出校准数据,并通过显示屏显示出来;

[0045] 步骤六:根据上述获得校准数据校准声波反射导管6;

[0046] 步骤七:重复上述步骤进行多次校准,在重复上述步骤进行多次校准时,需要调整两传声器3在波导管1上的位置。

[0047] 如图1和图2所示,本实施例中,通过测量得到 p_1, p_2, r_p, Z_{a0} ,声波反射导管6的理论长度 l ,管口处入射波和反射波的相位差 $\delta\pi = 2K0l$ 。

[0048] 波导管内入射波的声压方程为 $P_I = P_i e^{jk_0x}$, (其中, P_i 为入射波 P_I 的幅值, k_0 为波数, $k_0 = 2\pi f/c$, f 为测试频率, c 为波导管中声波传播速度)。

[0049] 波导管内反射波的声压方程为 $P_R = P_r e^{-jk_0x}$, (其中, P_r 为入射波 P_R 的幅值, k_0 为波数, $k_0 = 2\pi f/c$, f 为测试频率, c 为波导管中声波传播速度)。

[0050] 两个传声器3的坐标位置分别为 x_1, x_2 ,如图1所示,则两个传声器3位置上的声压 P_1, P_2 分别为: $P_1 = P_i e^{jk_0x_1} + P_r e^{-jk_0x_1}$ 和 $P_2 = P_i e^{jk_0x_2} + P_r e^{-jk_0x_2}$ 。

[0051] 则入射波的传递函数 H_I 为 $H_I = \frac{P_{1I}}{P_{2I}} = e^{jk_0(x_1-x_2)}$ 。

[0052] 同理,反射波的传递函数 H_R 为:

[0053] $H_R = \frac{P_{1R}}{P_{2R}} = e^{-jk_0(x_1-x_2)}$ 。

[0054] 因此总声场的传递函数为

[0055] $H_{12} = P_2/P_1 = (e^{-jk_0x_2} + r_p e^{-jk_0x_2}) / (e^{jk_0x_1} + r_p e^{-jk_0x_1})$ 。

[0056] r_p 为反射系数,根据上述,可以求出 r_p 的表达式

[0057] $r_p = e^{2jk_0x_1} (H_{12} - H_I) / (H_R - H_{12}) = e^{2jk_0x_1} [P_2/P_1 - e^{jk_0(x_1-x_2)}] / [e^{-jk_0(x_1-x_2)} - P_2/P_1]$ 。

[0058] 通过,求得式中的变量,就可以求出反射系数 r_p 。

[0059] 又由在 $x=0$ 处(波导管和声波反射导管对接的端部处),反射系数 r_p 与声波反射导管的输入阻抗 Z_{a0} 的关系式, $r_p = [Z_{a0} - \rho_0 c_0 / S] / [Z_{a0} + \rho_0 c_0 / S]$ (其中, $\rho_0 c_0$ 是媒质固有的一个常数,称之为媒质的特性阻抗; s 是波导管的截面积与声波反射导管的截面积之比)。

[0060] 通过这个关系式,就可以求出在 $x=0$ 处,声波反射导管6的输入阻抗 Z_{a0} 。

[0061] 由于声波反射导管6的末端界面为刚性界面,所以在误差允许的范围内, $x=0$ 处声波反射导管6输入阻抗 Z_{a0} 与声波反射导管6的长度 l 之间的关系可以认为: $Z_{a0} \approx -j\rho_0 c_0 \cot(kl) / S$ 。

[0062] 通过上述分析推导,就可以通过测量 P_1, P_2 来求得声波反射导管6的实际长度 l 。其实际长度与理论长度输入值相同,则证明声波反射导管6的波阵面操控性能是准确的,不需要调整;若实际长度与理论长度差别较大,则需要对声波反射导管6进行维修调试。从而,通过本发明的校准系统就能实现对声波反射导管6相位差的校准。

[0063] 以上所述发明的较佳实施例而已,并不用以限制发明,凡在发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同一种声波反射导管相位校准系统结构的改进等,均应包含在发明的保护范围之内。

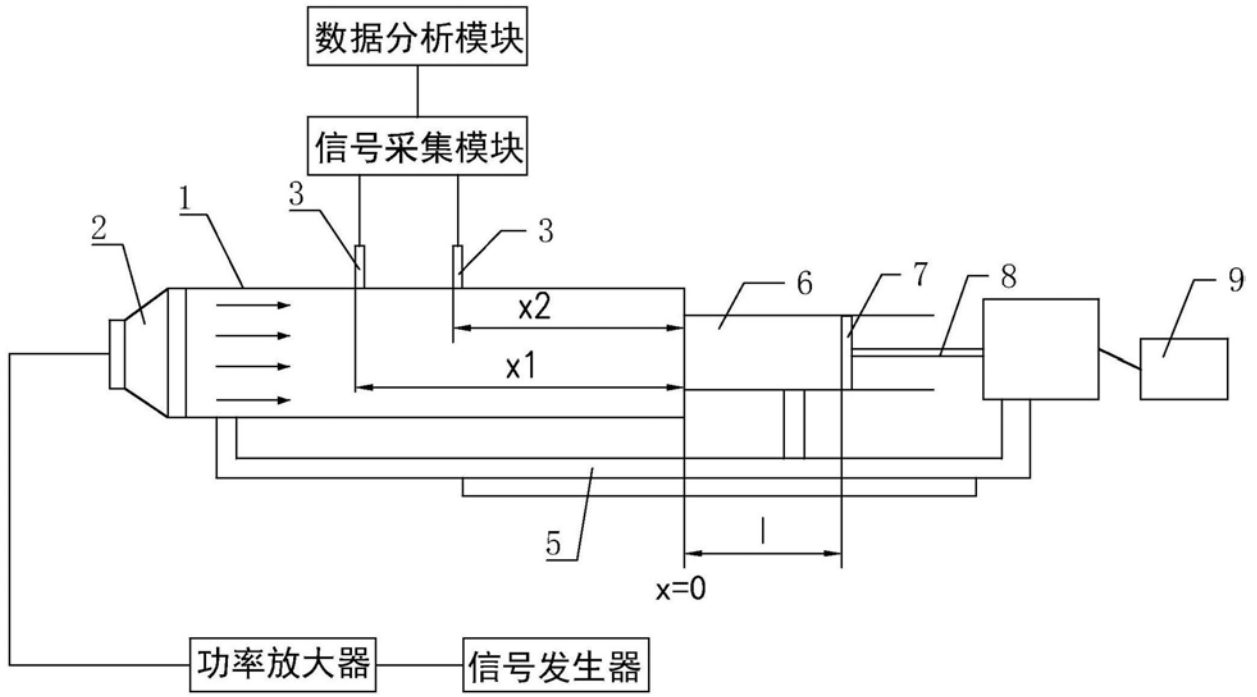


图1

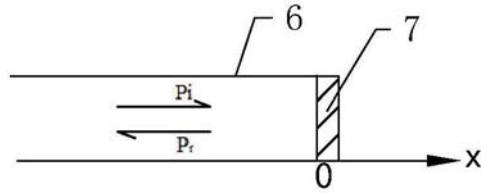


图2

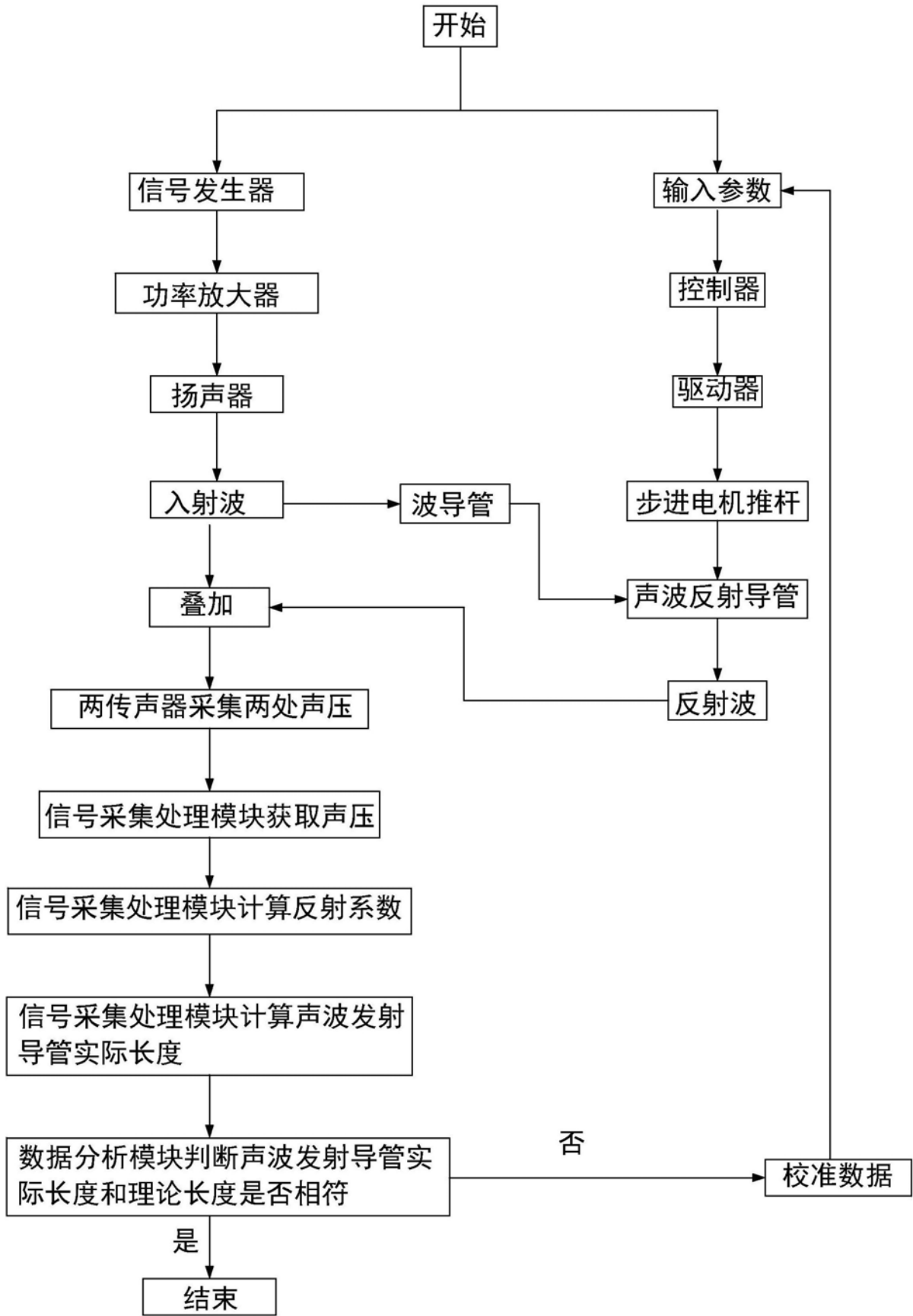


图3