



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204008560 U

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201420405473. 5

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2014. 07. 22

(73) 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037 号

(72) 发明人 武新军 孙鹏飞

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

代理人 梁鹏

(51) Int. Cl.

G01N 29/04 (2006. 01)

G01N 29/34 (2006. 01)

G01N 29/24 (2006. 01)

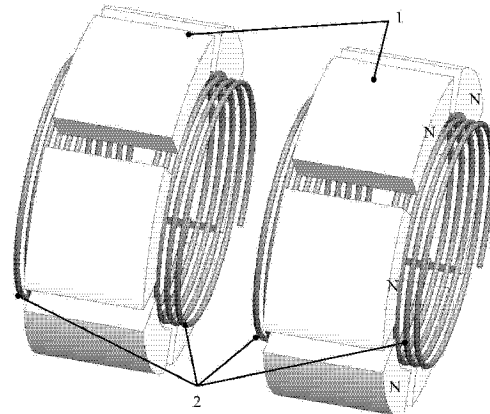
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 实用新型名称

基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器与装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,包括:设置多个与管道同轴布置的环形磁铁,在管道表面上的产生径向静态磁场;在各环线磁铁阵列的两侧同轴套设螺线管线圈,使得待检测管道中产生周向感应涡流;在周向感应涡流和径向静态磁场的共同作用下,从而激励出纵向模态导波,并在遇到缺陷时会发生反射,反射回波经过传感线圈时即可引起传感线圈的感应电压发生变化,即可判断管道中是否存在缺陷。本实用新型还公开了一种检测装置。本实用新型充分利用了磁铁阵列边缘径向磁场,不需要产生均匀径向磁场,从而降低了传感器的复杂度;同时,可得到单一的纵向模态回波信号,减小缺陷信号分析难度,检测过程快速高效。



1. 一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,通过该装置激励的纵向模式导波在管道内的反射信号实现对管道缺陷的判断,其特征在于,该传感器包括:

沿着待检测管道轴线方向设置的多个与管道同轴套设的环形磁铁(1),且所述环形磁铁(1)中所有磁铁极化方向均与轴向方向平行,用于对管道进行磁化,从而在管道表面上的所述环形磁铁(1)两侧的区域产生径向静态磁场;

各所述环形磁铁阵列(1)的两侧同轴套设的螺线管线圈(2),且各螺线管线圈(2)依次串联形成传感线圈,各螺线管线圈(2)的中心横截面与对应的环形磁铁(1)的端面重合,用于在对所述传感线圈通以正弦脉冲电流时可在待检测管道中产生周向感应涡流;

在所述周向感应涡流和径向静态磁场的共同作用下,在待检测管道中产生轴向的交变洛伦兹力,从而激励出纵向模式导波,该纵向模式导波沿着管道轴线方向传播并在遇到缺陷时会发生反射,反射回波经过所述传感线圈时即可引起传感线圈的感应电压发生变化,通过观察该感应电压随时间的变化,即可判断管道中是否存在缺陷及实现对缺陷的定位和评估。

2. 根据权利要求1所述的一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,其中,相邻的两环形磁铁(1)的极化方向相反。

3. 根据权利要求2所述的一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,其中,位于两个环形磁铁(1)之间的两个螺线管线圈(2)绕向相反,位于同一个环形磁铁(1)两侧的两个螺线管线圈(2)绕向相同。

4. 根据权利要求1所述的一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,其中,相邻两环形磁铁(1)的极化方向相同,相邻两个螺线管线圈(2)的绕向相同。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,其中,相邻的两环形磁铁(1)的中心间距等于激励频率下纵向模式导波波长。

6. 根据权利要求1-4中任一项所述的一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,其中,相邻两螺线管线圈(2)的中心间距等于环形磁铁(1)的轴向宽度且为激励频率下纵向模式导波波长的一半。

7. 根据权利要求1-4中任一项所述的一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,其中,所述各螺线管线圈(2)内径小于环形磁铁(1)内径,且大于管道外径,以用于从管道外部检测缺陷。

8. 根据权利要求1-4中任一项所述的一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,其中,所述各螺线管线圈(2)外径大于环形磁铁(1)外径,小于管道内径,以用于从管道内部检测缺陷。

9. 一种电磁超声纵向导波检测装置,其设置在管道外以用于检测管道缺陷,其特征在于,该检测装置包括由半圆环状的两磁化模块(12、13)组合形成的中空圆柱体以及设置在该圆柱体上的传感模块(15),待检测的管道套装于该中空圆柱体上,其中,

所述磁化模块(12、13)包括由半圆形的外壳(19)和内壳(22)相互套接形成的半圆环壳体和多个轴向排列设置在该半圆环壳体内部的磁化组件(21),各磁化组件(21)之间设置有用以固定和支撑该磁化组件(21)的支撑组件(20);

所述磁化组件(21)具有磁铁(25),各磁铁(25)的极化方向均与管道轴向方向平行,两磁化模块对应的磁化组件(21)上的磁铁(25)组成环形磁铁,其在相应的磁铁(25)两侧的

管道表面区域产生径向静态磁场,从而对管道进行磁化;

所述传感模块(15)包括接线器(17)、插头(18)和并排固定在所述半圆环壳体上与管道同轴的多个线圈(16),其中,每个磁化组件(21)两侧均对应设置有两个沿轴向布置的所述线圈(16),各线圈(16)的中心横截面与对应的磁化组件(21)中的磁铁(25)轴向端面重合,所述多个线圈通过接线器(17)电连接而组成串联的螺线管线圈,用于在对所述传感线圈通以正弦脉冲电流时可在待检测管道中产生周向感应涡流,所述插头(18)固定于接线器(17)上,并与插头(18)出线电连接;

在所述周向感应涡流和径向静态磁场的共同作用下,在待检测管道中产生轴向的交变洛伦兹力,从而激励出纵向模态导波,该纵向模态导波沿着管道轴线方向传播并在遇到缺陷时会发生反射,反射回波经过所述传感线圈时即可引起传感线圈的感应电压发生变化,通过观察该感应电压随时间的变化,即可判断管道中是否存在缺陷及实现对缺陷的定位和评估。

10. 一种电磁超声纵向导波检测装置,其设置在管道内以用于检测管道缺陷,其特征在于,该检测装置包括同轴依次串接的左定位体(35)、激励传感器(36)、中定位体(37)、接收传感器(38)和右定位体(39),其中,所述激励传感器(36)和接收传感器(38)分别用于激励产生纵向模态导波和接收经该纵向模态导波在管道内的反射信号,两传感器结构相同,均包括:

由圆筒形壳体(42)、套装在该圆筒形壳体(42)内且间隔布置的多个环形磁铁(44)、设置在各环形磁铁(44)之间用于支撑环形磁铁(44)的多个支撑机构(43)、以及缠绕在圆筒形壳体(42)外周面的环槽中以用于激励或接收纵向模态导波的多个螺线管线圈(45),其中,各环形磁铁(44)极化方向均与轴向方向平行,从而在管道表面上的所述环形磁铁(44)两侧的区域产生径向静态磁场对管道进行磁化,每个环形磁铁(44)两侧对应设置两个同轴套装的所述螺线管线圈(45),且各螺线管线圈(45)依次串联形成传感线圈,各螺线管线圈(45)的中心横截面与对应的环形磁铁(44)的端面重合;

通过所述激励传感器(36)中各传感线圈通以正弦脉冲电流产生的周向感应涡流和各环形磁铁(44)产生的径向静态磁场的共同作用,在待检测管道中产生轴向的交变洛伦兹力,从而激励出纵向模态导波,其在所述管道中传播反射后被所述接收传感器(38)中的传感线圈(44)转化为感应电压信号,通过观察该感应电压随时间的变化,即可判断管道中是否存在缺陷及实现对缺陷的定位和评估。

## 基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器与装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及超声波无损检测技术领域,特别涉及一种管道缺陷检测传感器与装置。

### 背景技术

[0002] 随着石油、化工、能源等行业的迅速发展,工业管道在工业生产运营中发挥着日益重要的作用。在生产运营的过程中,工业管道常因为高温、高压、冲刷、腐蚀性介质等原因,出现腐蚀、穿孔或壁厚减薄等失效形式,导致泄露或者爆炸事故。为避免工业管道的实效对工业生产、社会安全造成危害,需要对工业管道进行定期检测维护。

[0003] 超声导波检测技术具有单点激励即可检测一端距离的优点,十分适合于管道检测。管道检测中常用到两种轴对称模式导波:纵向模式导波和扭转模式导波。

[0004] 目前,用于管道检测的导波传感器主要有压电传感器和电磁超声传感器。相比于传统的压电式传感器,电磁超声传感器具有非接触、管道表面无需打磨处理、检测效率高的优点,具有广泛的应用前景。

[0005] 电磁超声传感器的工作原理有两种:洛伦兹力和磁致伸缩效应。磁致伸缩式导波传感器只能用于铁磁性材料的管道检测,且受到管道材料磁致伸缩性能影响,换能效率较低。洛伦兹力式电磁超声导波传感器具有激励接收效率高、信噪比高、受管道材料影响小的优点,适用于导电材料管道的检测,如不锈钢管、碳钢管、铝管等,应用范围广。

[0006] US7886604B2 中公开了一种用于换热管内检测的扭转模式电磁超声传感器,其为一种洛伦兹力式超声导波传感器,可实现换热管内检测。Ogi 等人 [Mode Conversion and Total Reflection of Torsional Waves for Pipe Inspection, Japanese Journal of Applied Physics, 2013, 52:07HC14.] 提出了一种用于铝管外检测的电磁超声扭转模式导波传感器,汪玉刚等 [电磁超声扭转波检测钢管缺陷的实验研究. 传感器与微系统, 2014, 02:23-25.] 在铁磁性钢管上实现了电磁超声扭转模式导波的激励与接收。

[0007] 但是,上述洛伦兹力式超声导波传感器是在管道中激励和接收扭转模式导波,但扭转模式导波对周向裂纹敏感度不高,而且传播速度不高,不适用于长距离检测。

[0008] 相比于扭转模式导波,纵向模式导波对周向裂纹缺陷更为敏感,且在管道中传播速度更快,适合于长距离检测。US4471658B 中公开了一种电磁超声纵向导波传感器,利用相斥布置的圆柱形磁铁和放置于磁铁中间的铁氧体在铁氧体放置产生均匀的径向静态磁场,在磁铁放置区域产生轴向静态磁场。同时在每个铁氧体中心和磁铁中心均放置螺线管线圈,利用多个串联的螺线管线圈产生周向涡流,周向涡流和径向静态磁场作用产生轴向交变洛伦兹力,周向涡流和轴向静态磁场作用产生径向交变洛伦兹力。利用交替分布的轴向洛伦兹力和径向洛伦兹力,在小直径管道内部激励出纵向模式导波。

[0009] 但是,该电磁超声纵向导波传感器利用两种方向的洛伦兹力来激励纵向模式导波,一方面所需磁铁和螺线管线圈数量多,传感器结构复杂;另一方面,两种方向的洛伦兹力共同作用,会导致激励出的超声导波模式不纯,产生多个模式的缺陷回波信号,最终加大

缺陷信号分析的难度。

### 实用新型内容

[0010] 针对以上问题,本实用新型的目的在于提供一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器与装置,该装置和传感器利用磁铁边缘产生的径向偏置磁场和螺线管线圈的周向涡流产生轴向交变洛伦兹力,在管道中激励和接收纵向模式导波,实现对管道缺陷的检测。该装置和方法由于只需要一种方向的洛伦兹力作用,所需磁铁数量少,简化了传感器结构,传感器与管道间无需物理接触,检测时不需要对管道表面进行处理,检测效率高,信噪比高。

[0011] 按照本实用新型的一个方面,提供一种基于电磁超声纵向导波的管道缺陷检测传感器,通过该装置激励的纵向模式导波在管道内的发射信号实现对管道缺陷的判断,其特征在于,该传感器包括:

[0012] 沿着待检测管道轴线方向设置的多个与管道同轴布置的环形磁铁,且所述环形磁铁中所有磁铁极化方向均与轴向方向平行,用于对管道进行磁化,从而在管道表面上的所述环形磁铁两侧的区域产生径向静态磁场;

[0013] 在各所述环线磁铁阵列的两侧同轴套设的螺线管线圈,且各螺线管线圈依次串联,各螺线管线圈的中心横截面与对应的环形磁铁的端面重合,用于在对所述各传感线圈通以正弦脉冲电流时可在待检测管道中产生周向感应涡流;

[0014] 在所述周向感应涡流和径向静态磁场的共同作用下,在待检测管道中产生轴向的交变洛伦兹力,从而激励出纵向模式导波,该纵向模式导波沿着管道轴线方向传播并在遇到缺陷时会发生反射,反射回波经过所述传感线圈时即可引起传感线圈的感应电压发生变化,通过观察该感应电压随时间的变化,即可判断管道中是否存在缺陷及实现对缺陷的定位和评估。

[0015] 作为本实用新型的改进,所述相邻环形磁铁的极化方向相反,位于两个环形磁铁之间的两个螺线管线圈绕向相反,位于同一个环形磁铁两侧的两个螺线管线圈绕向相同。

[0016] 作为本实用新型的改进,相邻环形磁铁的极化方向相同,相邻的所述两螺线管线圈的绕向相反。

[0017] 作为本实用新型的改进,相邻的环形磁铁的中心间距等于激励频率下纵向模式导波波长。

[0018] 作为本实用新型的改进,相邻螺线管线圈的中心间距均等于激励频率下纵向模式导波波长的一半。

[0019] 作为本实用新型的改进,所述各螺线管线圈内径小于或等于环形磁铁内径,且大于管道外径,以用于从管道外部检测缺陷。

[0020] 作为本实用新型的改进,所述各螺线管线圈外径大于或等于环形磁铁外径,小于管道内径,以用于从管道内部检测缺陷。

[0021] 按照本实用新型的另一方面,提供一种电磁超声纵向导波检测装置,其设置在管道外以用于检测管道缺陷,其特征在于,该传感器包括由半圆环状体的两磁化模块组合形成的中空圆柱体以及设置在该圆柱体上的传感模块,所述待检测的管道套装于所述中空圆柱体上,其中

[0022] 所述磁化模块包括由半圆形的外壳和内壳相互套接形成的半圆环壳体 and 多个轴向排列设置在该半圆环壳体内的磁化组件,各磁化组件之间设置有用于固定和支撑该磁化组件的支撑组件;

[0023] 所述磁化组件具有磁铁,各磁铁的极化方向均与管道轴向方向平行,两磁化模块对应的磁化组件上的磁铁组成环形磁铁,其在相应的磁铁两侧的管道表面区域产生径向静态磁场,从而对管道进行磁化;

[0024] 所述传感模块包括接线器、插头和并排固定在所述半圆环壳体上与管道同轴的多个线圈,其中,每个磁化组件两侧均对应设置有两个沿轴向布置的所述线圈,各线圈的中心横截面与对应的磁化组件中的磁铁轴向端面重合,所述多个线圈通过接线器电连接而组成串联的螺线管线圈,用于在对所述传感线圈通以正弦脉冲电流时可在待检测管道中产生周向感应涡流,所述插头固定于接线器上,并与插头出线电连接;

[0025] 在所述周向感应涡流和径向静态磁场的共同作用下,在待检测管道中产生轴向的交变洛伦兹力,从而激励出纵向模式导波,该纵向模式导波沿着管道轴线方向传播并在遇到缺陷时会发生反射,反射回波经过所述传感线圈时即可引起传感线圈的感应电压发生变化,通过观察该感应电压随时间的变化,即可判断管道中是否存在缺陷及实现对缺陷的定位和评估。

[0026] 作为本实用新型的改进,所述两磁化模块之间通过搭扣和合页连接形成开合结构。

[0027] 按照本实用新型的又一方面,提供一种电磁超声纵向导波检测装置,其设置在管道内以用于检测管道缺陷,其特征在于,该传感器包括同轴依次串接的左定位体、激励传感器、中定位体、接收传感器和右定位体,其中,

[0028] 所述激励传感器和接收传感器分别用于激励产生纵向模式导波和接收经该纵向模式导波在管道内的反射信号,两传感器结构相同,均包括:

[0029] 由圆筒形壳体、套装在该圆筒形壳体内且间隔布置的多个环形磁铁、设置在各环形磁铁之间用于支撑环形磁铁的多个支撑机构、以及缠绕在圆筒形壳体外周面的环槽中以用于激励或接收纵向模式导波的多个螺线管线圈,其中,各环形磁铁极化方向均与轴向方向平行,从而在管道表面上的所述环形磁铁两侧的区域产生径向静态磁场对管道进行磁化,每个环形磁铁两侧对应设置两个同轴套装的所述螺线管线圈,且各螺线管线圈依次串联形成传感线圈,各螺线管线圈的中心横截面与对应的环形磁铁的端面重合;

[0030] 通过所述激励传感器中各传感线圈通以正弦脉冲电流产生的周向感应涡流和各环形磁铁产生的径向静态磁场的共同作用,在待检测管道中产生轴向的交变洛伦兹力,从而激励出纵向模式导波,其在所述管道中传播反射后被所述接收传感器中的传感线圈转化为感应电压信号,通过观察该感应电压随时间的变化,即可判断管道中是否存在缺陷及实现对缺陷的定位和评估。

[0031] 作为本实用新型的改进,还包括盖板、激励插头、接收插头、箱体、端部压紧体、端部浮动机构、尾部浮动机构和尾部压紧体,其中所述激励插头和接收插头固定于盖板上,分别与激励传感器和接收传感器的传感线圈出线电连接,所述盖板与箱体、箱体与端部压紧体通过螺钉连接,所述端部浮动机构安装于端部压紧体上,端部压紧体与左定位体通过螺纹连接,所述尾部浮动机构安装于尾部压紧体上,所述尾部压紧体与右定位体通过螺纹连

接。

[0032] 本实用新型中,通过  $N$  个环形磁铁对待检测管道进行磁化。环形磁铁轴线与管道轴线重合。环形磁铁中所有磁铁的极化方向与轴线方向平行。相邻环形磁铁的中心间距等于激励频率下纵向模态导波波长,单独一个环形磁铁的宽度等于波长的一半。当激励频率下纵向导波波长小于等于 10mm 时,相邻环形磁铁的极化方向相反;当纵向导波波长大于 10mm 时,相邻环形磁铁的极化方向相同。

[0033] 本实用新型中,在每个相邻环形磁铁的两侧各布置一个螺线管线圈,每个螺线管线圈的中心横截面均于对应环形磁铁的一个端面重合,共布置  $2N$  个螺线管线圈串联组成传感线圈。相邻两个螺线管线圈中心间距等于激励频率下纵向模态导波波长的一半。

[0034] 本实用新型中,对传感线圈通以正弦脉冲电流,在钢管中激励出纵向模态导波。导波沿管道轴线方向传播,经过缺陷时被缺陷反射。反射回波经过传感线圈时,使传感线圈的感应电压发生变化。通过观察传感线圈感应电压随时间的变化,判断管道内是否有缺陷,并对缺陷进行定位。

[0035] 本实用新型中,所述检测方法用于激励波长大于 20mm 的纵向导波时,相邻两个环形磁铁的极性相同,相邻两个螺线管线圈的绕向相同。

[0036] 本实用新型中,所述检测方法用于激励波长小于等于 20mm 的纵向导波时,相邻两个环形磁铁的极性相反,位于两个环形磁铁之间的两个螺线管线圈绕向相反,位于同一个环形磁铁两侧的两个螺线管线圈绕向相同。

[0037] 本实用新型中,用于通过上述检测方法的电磁超声纵向导波的管道缺陷检测装置进行检测的系统包括信号发生器、功率放大器、检测传感器、信号预处理器、A/D 转换器和计算机。其中信号发生器用于产生正弦脉冲电流,经过功率放大器放大后输入到检测传感器,在管道中激励出纵向模态导波。导波在传播过程中经过检测传感器时被转换为电信号,该电信号经过信号预处理器和 A/D 转换器后,进入计算机的采集模块,完成对管道的检测过程。

[0038] 本实用新型中,第一种检测传感器结构:由结构一样的激励传感器和接收传感器组成。激励传感器和接收传感器均包括:位置对称结构相同的两个磁化模块、传感模块、合页和搭扣。

[0039] 本实用新型中,所述磁化模块包括:外壳、 $N$  个磁化组件、 $N+1$  个支撑组件和内壳。磁化组件、支撑组件和内壳均固定于外壳上。磁化组件和支撑组件相间排列在外壳和内壳之间。 $N$  为正整数。

[0040] 本实用新型中,所述磁化组件由磁铁壳体、磁铁盖体、若干磁铁组成。磁铁壳体为半圆环形,内部开有用于安装磁铁的凹槽,磁铁盖体与磁铁壳体间通过螺钉连接。

[0041] 本实用新型中,所述两个磁化模块通过合页和搭扣连接并形成开合机构。当所述两个磁化模块闭合时, $2N$  个磁化组件内的磁铁组成  $N$  个环形磁铁。

[0042] 本实用新型中,所述传感模块包括: $2N$  个柔性排线,接线器和插头。柔性排线环绕并固定在两个磁化模块的内壳上, $2N$  个柔性排线与接线器电连接,形成  $2N$  个串联的螺线管线圈。

[0043] 本实用新型中,第二种检测传感器结构:包括盖板、激励插头、接收插头、箱体、端部压紧体、端部浮动机构、左定位体、激励传感器、中定位体、接收传感器、右定位体、尾部压

紧体和尾部浮动机构组成。

[0044] 本实用新型中,所述激励传感器和接收传感器结构相同,均由壳体、N+1 个支撑机构、N 个磁铁、2N 个螺线管线圈组成。支撑机构与磁铁相间排列并固定在壳体内部。壳体上开有 2N 个环槽,线圈缠绕在壳体的环槽中。2N 个螺线管线圈串联组成传感线圈,以激励或接收纵向模式导波。

[0045] 本实用新型中,所述激励插头和接收插头固定于盖板上,分别于激励传感器和接收传感器的传感线圈出线电连接。盖板与箱体、箱体与端部压紧体通过螺钉连接。端部浮动机构安装于端部压紧体上,端部压紧体与左定位体通过螺纹连接。激励传感器通过紧定螺钉固定于左定位体和中定位体之间,接收传感器通过紧定螺钉固定于中定位体和右定位体之间。尾部浮动机构安装于尾部压紧体上,尾部压紧体与右定位体通过螺纹连接。

[0046] 本实用新型中,环形磁铁可以是呈环形的单个磁铁或多个磁铁围成环形形成的环形磁铁阵列。

[0047] 总体而言,通过本实用新型所构思的以上技术方案与现有技术相比,具有以下有益效果:

[0048] 本实用新型的管道缺陷电磁超声纵向导波检测方法与装置,布置于管道轴向平行布置的磁铁阵列,在磁铁阵列边缘对应的管道区域产生径向偏置磁场。布置螺线管线圈在磁铁阵列两侧,在径向偏置磁场区域产生周向涡流。由径向偏置磁场和周向涡流产生轴向交变洛伦兹力,在管道中激励和接收纵向模式导波。该方法一方面充分利用了磁铁阵列边缘径向磁场,不再需要相斥磁铁和铁氧体作用产生均匀径向磁场,降低了传感器中磁铁的数量,从而降低了传感器的复杂度;另一方面激励纵向导波过程中只需要轴向交变洛伦兹力,不再需要径向洛伦兹力,可得到单一的纵向模式回波信号,减小缺陷信号分析难度,检测过程快速高效。

#### 附图说明

[0049] 图 1 是按照本实用新型实施例的检测传感器的原理示意图;

[0050] 图 2 是按照本实用新型用于管道外检测的检测装置结构图;

[0051] 图 3 是按照本实用新型用于管道外检测的电磁超声纵向导波传感器结构图;

[0052] 图 4 是图 3 传感器中磁化组件的结构图;

[0053] 图 5 是按照本实用新型用于管道内检测的检测装置结构图;

[0054] 图 6 是按照本实用新型用于管道内检测的电磁超声纵向导波传感器结构图;

[0055] 图 7 是图 6 传感器中接收传感器部位的局部剖视图;

[0056] 图 8 是具体实施例中所用外径 25mm,内径 20mm 的管道变样示意图;

[0057] 图 9 是使用图 5 所示检测装置所得检测信号的波形图。

#### 具体实施方式

[0058] 为了使本实用新型的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本实用新型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实用新型,并不用于限定本实用新型。此外,下面所描述的本实用新型各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。



[0059] 本实用新型实施例的检测传感器的原理示意图如图 1 所示。沿着待检测管道轴线方向布置  $N$  个环形磁铁 1 对管道进行磁化。环形磁铁 1 中所有磁铁极化方向均与轴向方向平行,相邻环形磁铁 1 的极化方向相反。在这种布置下,环形磁铁 1 在管道表面磁铁阵列两侧的区域产生径向静态磁场。螺线管线圈 2 布置在相邻磁铁阵列 1 的两侧,且螺线管线圈 2 的中心横截面与相邻磁铁阵列 1 的端面重合。 $2N$  个螺线管线圈 2 串联在一起。相邻螺线管线圈 2 的绕向相反。相邻环形磁铁 1 的中心间距等于激励频率下纵向模式导波波长,相邻螺线管线圈 2 的中心间距均等于激励频率下纵向模式导波波长的一半。

[0060] 对传感线圈通以正弦脉冲电流时,待检测管道中产生周向感应涡流。基于洛伦兹力效应,在周向感应涡流和径向静态磁场的共同作用下,管道中将产生轴向的交变洛伦兹力,从而激励出纵向模式导波。导波沿着管道轴线方向传播,遇到缺陷时会发生反射。反射回波经过传感线圈时会引起传感线圈的感应电压发生变化,观察该感应电压随时间的变化,即可判断管道中是否存在缺陷。分别分析感应电压变化的时间和幅值,即可对缺陷进行定位,对缺陷大小进行评估。

[0061] 该检测传感器即可用于管道外检测,也可用于管道内检测。用于从管道外部检测缺陷时,螺线管线圈 2 内径小于或等于环形磁铁 1 内径,大于管道外径。用于从管道内部检测缺陷时,螺线管线圈 2 外径大于或等于环形磁铁 1 外径,小于管道内径。

[0062] 用于外检测的电磁超声纵向导波管道缺陷检测装置如图 2 所示。该装置包括信号发生器 8、功率放大器 7、检测传感器 4、信号预处理器 11、A/D 转换器 10 和计算机 9。其中检测传感器 4 由结构一样的激励传感器 5 和接收传感器 6 组成,两者均安装在管道 3 外部。信号发生器 8 用于产生正弦脉冲电流,经过功率放大器 7 放大后输入到激励传感器 5,在管道中激励出纵向模式导波。导波在传播过程中经过接收传感器 6 时被转换为电信号,该电信号经过信号预处理器 11 和 A/D 转换器 10 后,进入计算机 9 的采集模块,完成对管道的检测过程。

[0063] 图 3 是按照本实用新型的用于管道外检测的电磁超声纵向导波传感器结构图。按照本实用新型的用于管道外检测的电磁超声纵向导波传感器包括上磁化模块 12、下磁化模块 13、传感模块 15、搭扣 14 和合页 23。上下磁化模块 12、13 结构相同且位置对称,均由外壳 19、支撑组件 20、磁化组件 21 和内壳 22 组成。搭扣 14 和合页 23 固定在外壳 19 上。上磁化模块 12 和下磁化模块 13 之间通过搭扣 14 和合页 23 连接形成开合结构。 $N+1$  个支撑组件 20 和  $N$  个磁化组件 21 相间排列,并固定于外壳 19 上。内壳 22 与外壳 19 之间通过螺钉连接。传感模块 15 由线圈 16、接线器 17 和插头 18 组成。 $2N$  个线圈 16 并排固定在内壳 22 的凹槽上,并与接线器 17 电连接而组成  $2N$  个串联的螺线管线圈。插头 18 通过螺纹固定于接线器 17 上,并与插头 18 出线电连接。

[0064] 图 4 是图 3 中传感器的传感模块结构图。如图 4 所示,磁化组件 21 包括磁铁壳体 24、若干个磁铁 25 和磁铁盖体 26。磁铁壳体 24 中加工有凹槽以安装磁铁 25,磁铁盖体 26 通过螺钉固定在磁铁壳体 24 上。

[0065] 用于内检测的电磁超声纵向导波管道缺陷检测装置如图 5 所示,该装置包括信号发生器 8、功率放大器 7、检测传感器 27、信号预处理器 11、A/D 转换器 10 和计算机 9。检测传感器 27 安装在管道 28 端部。信号发生器 8 用于产生正弦脉冲电流,经过功率放大器 7 放大后输入到检测传感器 27,在管道中激励出纵向模式导波。导波在传播过程中经过检测

传感器 27 时被转换为电信号,该电信号经过信号预处理器 11 和 A/D 转换器 10 后,进入计算机 9 的采集模块,完成对管道的检测过程。

[0066] 图 6 是按照本实用新型的用于管道内检测的电磁超声纵向导波传感器结构图。检测传感器包括:包括盖板 29、激励插头 30、接收插头 31、箱体 32、端部压紧体 33、端部浮动机构 34、左定位体 35、激励传感器 36、中定位体 37、接收传感器 38、右定位体 39、尾部浮动机构 40 和尾部压紧体 41。

[0067] 图 7 为接收传感器的局部剖视图。激励传感器 36 和接收传感器 38 结构相同,均由壳体 42、N+1 个支撑机构 43、N 个磁铁 44、2N 个螺线管线圈 45 组成。支撑机构 43 与磁铁 44 相间排列并固定在壳体 42 内部。壳体 42 上开有 2N 个环槽,线圈 45 缠绕在壳体的环槽中。2N 个螺线管线圈 45 串联组成传感线圈,用来激励或接收纵向模式导波。

[0068] 激励插头 30 和接收插头 31 固定于盖板 29 上,分别于激励传感器 36 和接收传感器 38 的传感线圈出线电连接。盖板 29 与箱体 32、箱体 32 与端部压紧体 33 通过螺钉连接。端部浮动机构 34 安装于端部压紧体 33 上,端部压紧体 33 与左定位体 35 通过螺纹连接。激励传感器 36 通过紧定螺钉固定于左定位体 35 和中定位体 37 之间,接收传感器 38 通过紧定螺钉固定于中定位体 37 和右定位体 39 之间。尾部浮动机构 41 安装于尾部压紧体 40 上。尾部压紧体 41 与右定位体通过螺纹连接 39。

[0069] 图 8 为一个外径 25mm,内径 20mm 的管道标样示意图,管长为 2.8m,在距离左端部 1.4m 的位置有一个横槽缺陷,距离左端部 2m 的位置有一个通孔缺陷。横槽长 12.5mm,宽 1mm,深 0.5mm,等效截面积损失为 3.7%。通孔直径为  $\Phi 5$ ,其等效截面积损失为 7.5%。

[0070] 图 9 为使用图 5 所示的用于内检测的电磁超声纵向导波管道缺陷检测装置,在标样管上检测所得信号的波形图。在图 9 中,横槽缺陷的回波用 S1 表示,通孔缺陷的回波用 S2 表示,横槽缺陷回波经过管道左端部反射后的二次回波用 S3 表示。

[0071] 从实验结果可看出,该电磁超声纵向导波管道缺陷检测装置检测精度良好,传感器安装方便快捷,检测过程方便快捷。

[0072] 以上所述仅为本实用新型的较佳实施例,并不用以限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本实用新型的保护范围内。

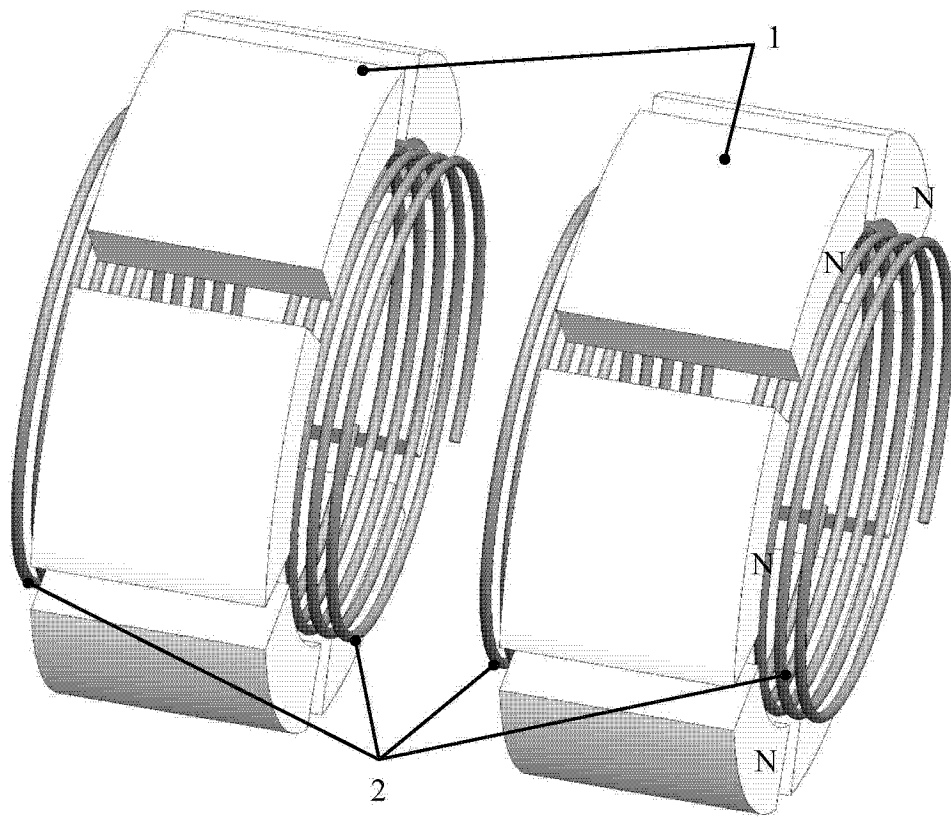


图 1

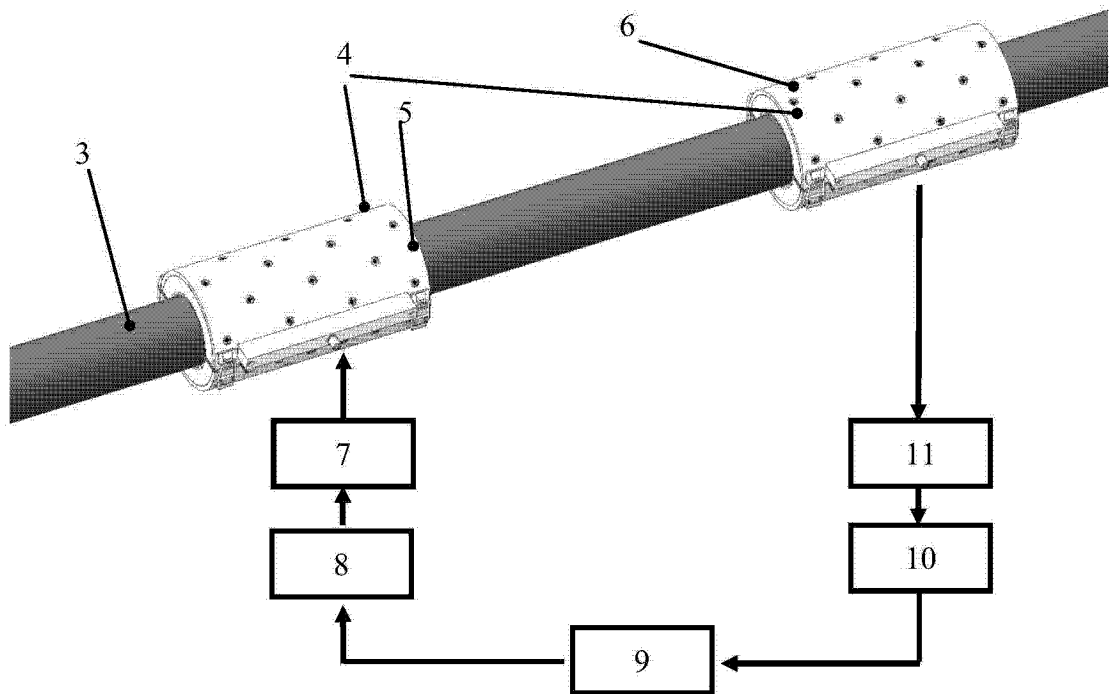


图 2

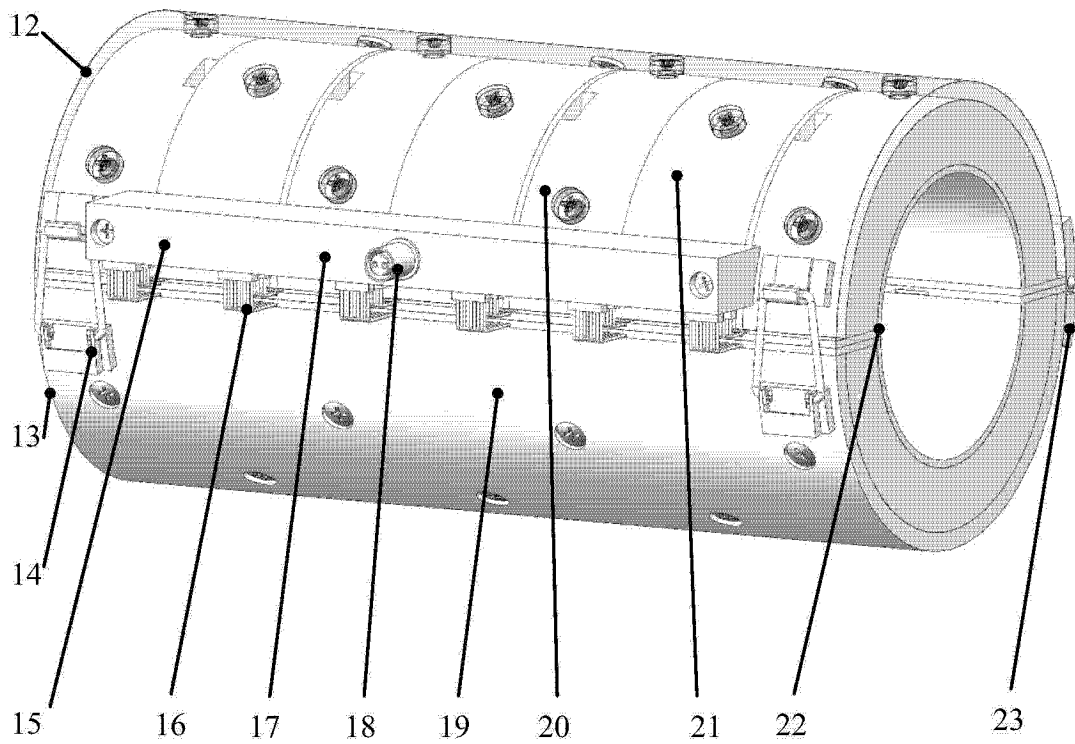


图 3

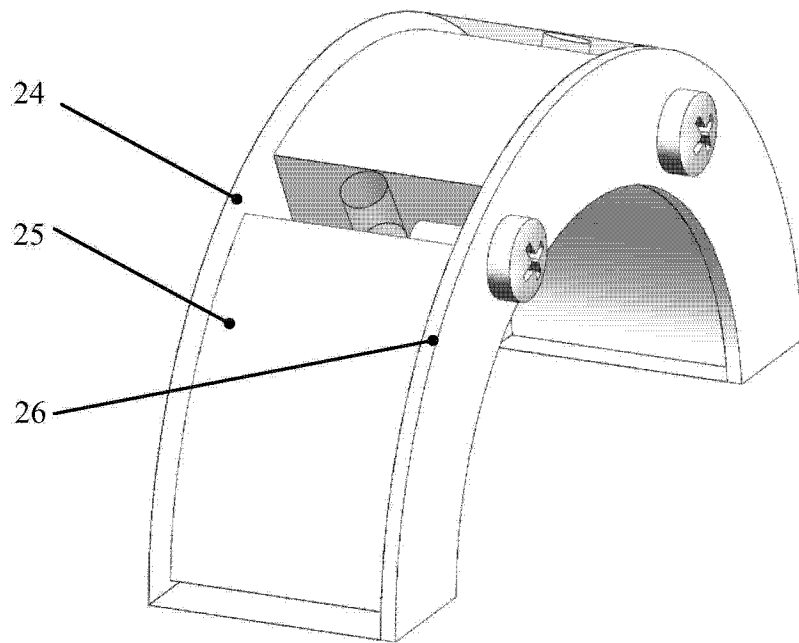


图 4

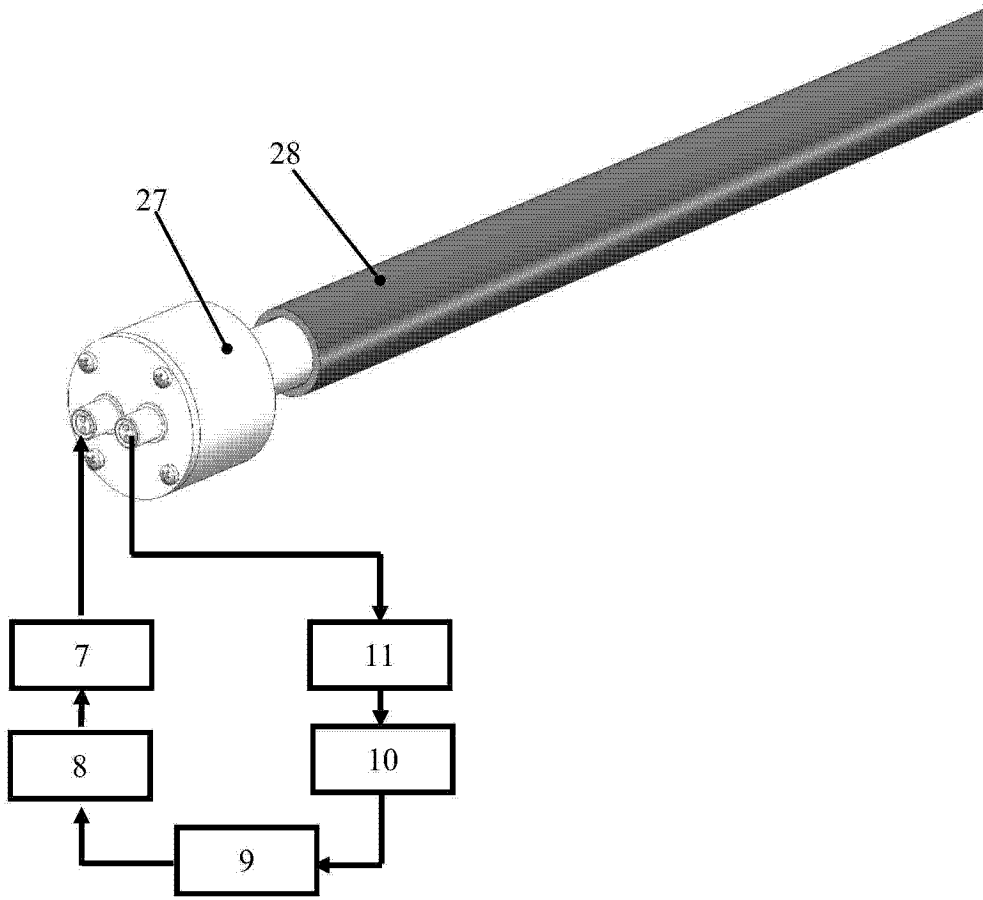


图 5

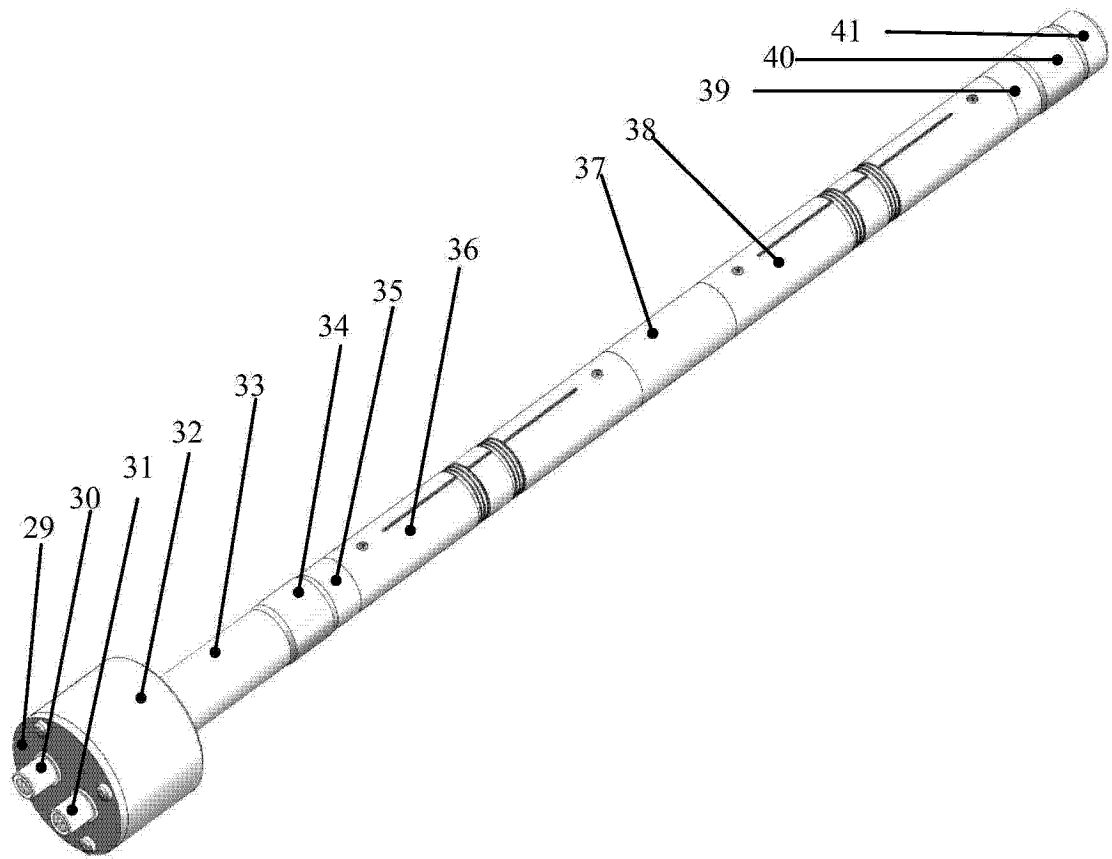


图 6

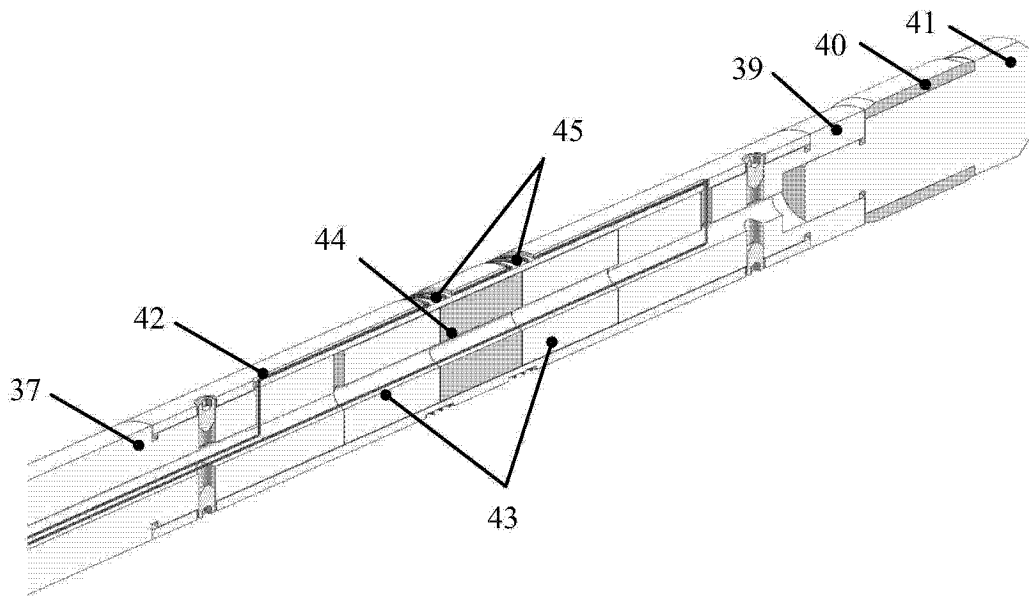


图 7

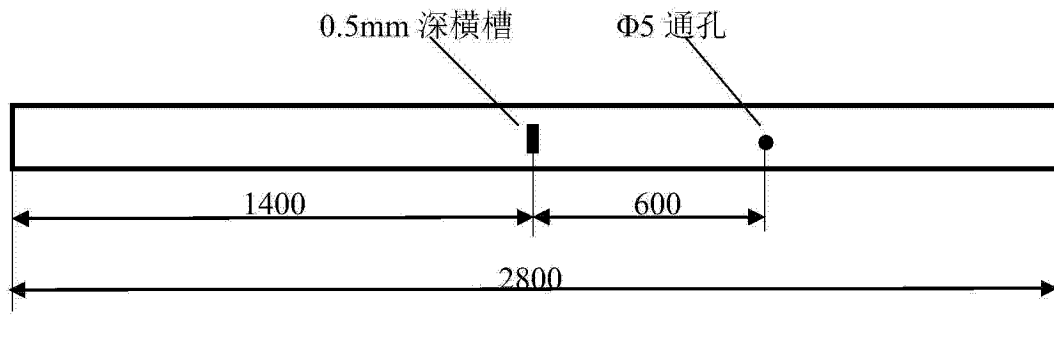


图 8

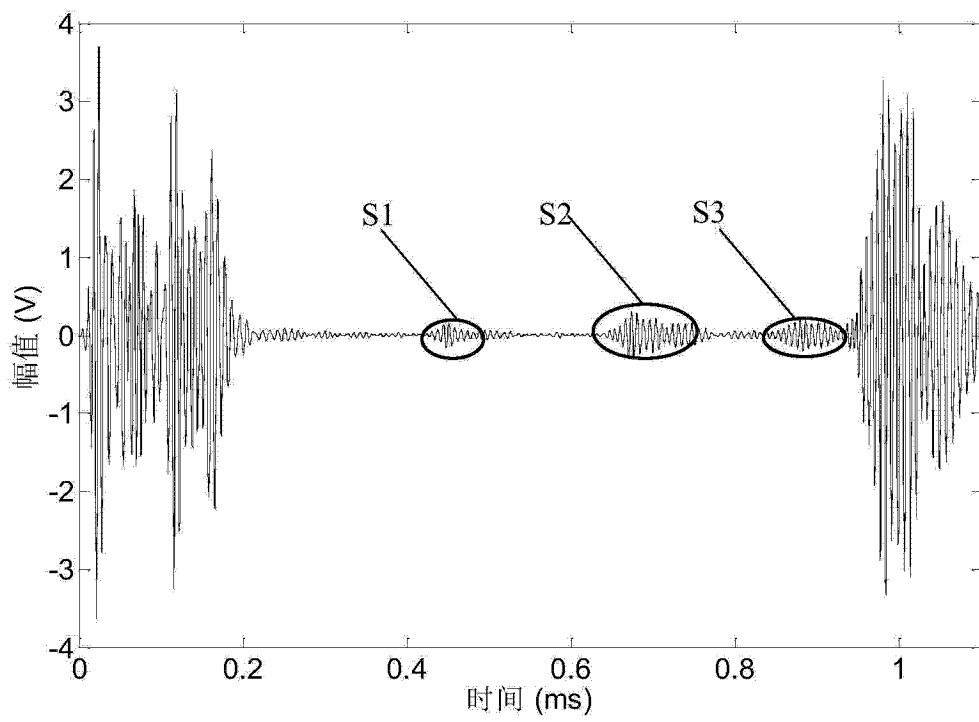


图 9