



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113919106 A

(43) 申请公布日 2022.01.11

(21) 申请号 202111150521.1

G06F 119/14 (2020.01)

(22) 申请日 2021.09.29

(71) 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工
路2号

(72) 发明人 冯新 李明昊

(74) 专利代理机构 大连智高专利事务所(特殊
普通合伙) 21235

代理人 刘鑫

(51) Int. Cl.

G06F 30/18 (2020.01)

G06T 17/00 (2006.01)

F17D 5/00 (2006.01)

F17D 5/06 (2006.01)

G06F 113/14 (2020.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

基于增强现实和数字孪生的地下管道结构
安全评价方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,涉及工程结构监测技术领域,通过增强现实技术实现管道数字孪生体与现实世界的互动,使数字孪生体、现场环境与入全面融合,使人以透视的AR视角和沉浸式的人机互动完成对地下管道的结构状态、管道泄漏情况、结构演化趋势等的快速明晰,以完成现场对管道状态的科学评估,提高事件即时处置与决策的效率,对于监控地下管网的结构健康状况、指导现场的维护修复、提高运维工作效率、激发数据融合的创新思维等都具有十分重要的意义。

1. 一种基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,其特征在于,包括:
地下管道结构状态的分布式测量与感知;
构建云端数据库,获取地下管道结构状态实时数据,存储与地下管道相关的所有数据;
在开发平台中构建管道数字孪生体,对管道数字孪生体的多维模型进行融合;
通过开发平台集成增强现实开发工具,发布App应用程序,利用增强现实技术完成对地下管道的现场评估。

2. 根据权利要求1所述的基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,其特征在于,所述地下管道结构状态的分布式测量与感知,包括:

将分布式光纤应变传感器(1)与分布式光纤温度传感器(2)布设于地下管道(3)上,分布式光纤应变传感器(1)与应变数据采集仪器(4)连接,分布式光纤温度传感器(2)与温度数据采集仪器(5)连接,用以对地下管道(3)任意位置的纵向应变和温度数据分布式采集;应变数据采集仪器(4)和温度数据采集仪器(5)获得的数据实时上传至云端数据库。

3. 根据权利要求2所述的基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,其特征在于,所述云端数据库采用分布式云服务器存储地下管道(3)数据,并利用通信技术完成数据的上传和下发。

4. 根据权利要求1所述的基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,其特征在于,所述构建管道数字孪生体,包括:

构建管道数字孪生体的几何模型,用以表示地下管道(3)图形;

构建力学分析仿真模型,用于地下管道(3)结构状态的定量评估;

构建泄漏识别数据驱动模型,用以对地下管道(3)的漏点进行分析。

5. 根据权利要求4所述的基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,其特征在于,所述构建管道数字孪生体的几何模型,包括:将地下管道(3)经纬度坐标系转化为开发平台中的世界坐标系,依据云端数据库提供的管道经纬度坐标位置(8),每隔间隔(7)生成一几何模型网格顶点(6),使每个几何模型网格顶点(6)按序依次生成三角形面片,多个三角形面片组合形成管道数字孪生体的几何模型。

6. 根据权利要求4所述的基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,其特征在于,所述对管道数字孪生体的多维模型进行融合,为对管道数字孪生体的几何模型、力学分析仿真模型和泄漏识别数据驱动模型的融合,包括:地下管道(3)的应变和温度数据经过力学分析仿真模型和泄漏识别数据驱动模型处理,并完成到色域空间的转化,渲染形成三维云图,用以将1D空间监测数据曲线升维至直观3D空间映射。

7. 根据权利要求1所述的基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,其特征在于,所述利用增强现实技术完成对地下管道的现场评估,包括:

使用智能移动设备下载App应用程序,并通过蓝牙连接微型GNSS接收机,微型GNSS接收机获取智能移动设备当前经纬度定位,将该定位位置与开发平台中的地图图层相配准;

通过增强现实开发工具识别现场环境的平面,并基于平面创建锚点将地图图层固定,以增强现实的形式将管道数字孪生体与物理世界相叠加后,隐藏地图图层,用以在现场以AR视角呈现基于云端数据库的地下管道(3)数据图。

基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工程结构监测技术领域,具体涉及一种采用增强现实技术、数字孪生技术、分布式光纤传感技术对地下管道的结构进行现场的实时科学评估和泄漏诊断的基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法。

背景技术

[0002] 当前,数字孪生被认为是解决信息物理交互融合难题的关键技术,受到国内外学术界和企业界的高度关注,已逐渐由工业制造领域向建筑工程领域延伸,从理论概念研究向工程应用实践转化。随着数字孪生被工业制造界引入越来越多的领域进行理论、技术、应用的研究,其发展为实现信息物理系统所要求的多源异构动态数据融合、信息世界与物理世界融合理念提供了清晰的新思路、方法和实施途径。

[0003] 但当前的地下管道数字孪生研究还存在着对数字孪生与传统或现有方法相比所带来的优势不明晰、可视化监测技术不清楚、地下管道处置与决策效率低下等问题。

发明内容

[0004] 为解决现有技术中地下管道可视化监测技术不足的问题,提高处置与决策效率,本发明提供一种基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,基于增强现实技术的虚实交互实现管道数字孪生体与现场环境的交互,以超现实可视化的方式在真实场景中进行地下管道的精准位置映射,实现了在现场完成对地下管道结构安全的科学定量评估,提高了事件处置与决策的效率。

[0005] 本发明为解决其技术问题所采用的技术方案是:一种基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法,包括:

[0006] 地下管道结构状态的分布式测量与感知;

[0007] 构建云端数据库,获取地下管道结构状态实时数据,存储与地下管道相关的所有数据;

[0008] 在开发平台中构建管道数字孪生体,对管道数字孪生体的多维模型进行融合;

[0009] 通过开发平台集成增强现实开发工具,发布App应用程序,利用增强现实技术完成对地下管道的现场评估。

[0010] 进一步的,所述地下管道结构状态的分布式测量与感知,包括:

[0011] 将分布式光纤应变传感器与分布式光纤温度传感器布设于地下管道上,分布式光纤应变传感器与应变数据采集仪器连接,分布式光纤温度传感器与温度数据采集仪器连接,用以对地下管道任意位置的纵向应变和温度数据分布式采集;应变数据采集仪器和温度数据采集仪器获得的数据实时上传至云端数据库。

[0012] 进一步的,所述云端数据库采用分布式云服务器存储地下管道数据,并利用通信技术完成数据的上传和下发。

[0013] 进一步的,所述构建管道数字孪生体,包括:

[0014] 构建管道数字孪生体的几何模型,用以表示地下管道图形;

[0015] 构建力学分析仿真模型,用于地下管道结构状态的定量评估;

[0016] 构建泄漏识别数据驱动模型,用以对地下管道的漏点进行分析。

[0017] 进一步的,所述构建管道数字孪生体的几何模型,包括:将地下管道经纬度坐标系转化为开发平台中的世界坐标系,依据云端数据库提供的管道经纬度坐标位置,每隔间隔生成一几何模型网格顶点,使每个几何模型网格顶点按序依次生成三角形面片,多个三角形面片组合形成管道数字孪生体的几何模型。

[0018] 进一步的,所述对管道数字孪生体的多维模型进行融合,为对管道数字孪生体的几何模型、力学分析仿真模型和泄漏识别数据驱动模型的融合,包括:地下管道的应变和温度数据经过力学分析仿真模型和泄漏识别数据驱动模型处理,并完成到色域空间的转化,渲染形成三维云图,用以将1D空间监测数据曲线升维至直观3D空间映射。

[0019] 进一步的,所述利用增强现实技术完成对地下管道的现场评估,包括:

[0020] 使用智能移动设备下载App应用程序,并通过蓝牙连接微型GNSS接收机,微型GNSS接收机获取智能移动设备当前经纬度定位,将该定位位置与开发平台中的地图图层相配准;

[0021] 通过增强现实开发工具识别现场环境的平面,并基于平面创建锚点将地图图层固定,以增强现实的形式将管道数字孪生体与物理世界相叠加后,隐藏地图图层,用以在现场以AR视角呈现基于云端数据库的地下管道数据图。

[0022] 有益效果:1.通过增强现实技术实现管道数字孪生体与现实世界的互动,使数字孪生体、现场环境与人全面融合,使人以透视的AR视角和沉浸式的人机互动完成对地下管道的结构状态、管道泄漏情况、结构演化趋势等的快速明晰,以完成现场对管道状态的科学评估,提高事件即时处置与决策的效率,对于监控地下管网的结构健康状态、指导现场的维护修复、提高运维工作效率、激发数据融合的创新思维等都具有十分重要的意义;

[0023] 2.采用基于分布式光纤传感技术的布设方案,只需在地下管道管顶布设分布式光纤应变传感器,进而获得分布式应变数据,便可以实现低下管道完整的应力测量,从而实现地下管道的结构状态感知,在分布式光纤应变传感器旁紧邻、平行布设分布式光纤温度传感器,利用分布式光纤温度传感器进行温度补偿并监测泄漏;

[0024] 3.通过多维模型融合形成的完整统一的管道数字孪生体,将传统的1D空间监测数据曲线升维至更直观的3D空间映射;并且判别由地基不均匀沉降事件产生的管道弯曲应力超过规范的允许应力,识别管道泄漏溢出的传输介质与埋地环境热交换引起管道温度异常变化事件,以及定位管道发生泄漏的位置等,且在三维云图中自动化表现;

[0025] 4.运维人员可以在现场以AR的沉浸式视角查询基于云端数据库的管道应变/温度监测数据曲线图,并通过管道数字孪生体的几何模型与力学分析仿真模型、泄漏识别数据驱动模型的融合算法,以增强现实的形式将管道数字孪生体叠加到现场,从而直观呈现管道应力云图和管道温度云图,使运维人员迅速理解、判断管道的结构和泄漏状态;与此同时运维人员也可以现场查看管道任意位置处的应变、温度历史演化趋势曲线图,明晰管道的结构状态在过去、现在以及未来的变化趋势,达到预测问题、提前决策的目的。

附图说明

- [0026] 图1是地下管道结构分布式测量感知示意图；
- [0027] 图2是图1的截面图；
- [0028] 图3是管道数字孪生体的几何模型构建过程示意图；
- [0029] 图4是管道数字孪生体多维模型融合过程示意图。
- [0030] 附图标记：1、分布式光纤应变传感器，2、分布式光纤温度传感器，3、地下管道，4、应变数据采集仪器，5、温度数据采集仪器，6、几何模型网格顶点，7、间隔，8、管道经纬度坐标位置，9、色彩异常区域。

具体实施方式

[0031] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0032] 在本发明的描述中，需要说明的是，术语“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或部件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于区分部件，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0033] 此外，下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0034] 实施例1

[0035] 一种基于增强现实和数字孪生的地下管道结构安全评价方法，适用的地下管道3为受约束的直管道，提出采用数字孪生、增强现实、分布式光纤传感等技术通过数字孪生体实现了多源异构数据的融合，通过增强现实技术实现了数字孪生体与现实世界的交互，实现了对管道结构的现场科学评估，提高了事件处置与决策的效率以及复杂环境中地下管道运维管理的智慧化水平。

[0036] 通过分布式光纤应变传感器1感知测量地下管道3的纵向应变，通过分布式光纤温度传感器2感知识别地下管道3的泄漏，感知数据实时上传云端数据库；由Unity3D构建管道数字孪生体并发布App；移动智能设备通过蓝牙连接GNSS接收机，基于地理位置的增强现实App实现了管道数字孪生体与现场环境的交互，并以超现实可视化的方式在真实场景中进行地下管道3的精准位置映射，能够在现场完成对地下管道3结构安全的科学定量评估，提高了事件处置与决策的效率。

[0037] 包括如下步骤：

[0038] S1. 地下管道结构状态的分布式测量与感知

[0039] 将分布式光纤应变传感器1与分布式光纤温度传感器2相邻且平行的布设于地下管道3的管顶上，分布式光纤应变传感器1与应变数据采集仪器4连接，分布式光纤温度传感器2与温度数据采集仪器5连接，用以对地下管道3任意位置的纵向应变和温度数据分布式采集；应变数据采集仪器4和温度数据采集仪器5获得的数据实时上传至云端数据库。

[0040] 本实施例所述的地下管道3，其纵向弯曲变形遵守Euler梁的平截面假定，管顶的

弯曲应力与管底的弯曲应力应大小相等、拉压相反。因此只在地下管道3管顶布设分布式光纤应变传感器1,进而获得分布式应变数据,以实现地下管道3完整的应力测量。基于布里渊散射的分布式光纤应变传感器1对应变和温度的变化均敏感,因此在分布式光纤应变传感器1旁紧邻、平行布设分布式光纤温度传感器2,利用对温度敏感的基于拉曼散射的分布式光纤温度传感器2进行温度补偿并监测泄漏。

[0041] 优选的,所述应变数据采集仪器4包括适用于单模传感光纤的基于布里渊散射的各种分布式光纤应变数据采集仪器;温度数据采集仪器5包括适用于多模传感器光纤的基于拉曼散射的各种分布式光纤温度数据采集仪器。

[0042] S2. 构建云端数据库

[0043] 采用分布式云服务器存储与地下管道3相关的所有数据,包括地理信息数据、管道属性数据、传感监测数据、检测活动数据、运维巡检数据等。云端数据库利用4G/5G/WIFI等通信技术完成数据的上传和下发。

[0044] S3. 在Unity3D中构建管道数字孪生体

[0045] ①首先构建管道数字孪生体的几何模型:使用Mapbox为Unity提供的插件接口—全球地图图层API,将管道经纬度坐标系(WGS84坐标系)转化为Unity中的世界坐标系。因此可以依据云端数据库提供的起点和终点的管道经纬度坐标位置8,每隔一定间隔7按照顺序生成一系列几何模型网格顶点6,如图2所示,其中,间隔7的取值由分布式光纤传感器的距离分辨率决定。利用几何模型网格顶点6由顺序依次生成三角形面片,一系列三角形面片组合形成管道数字孪生体的几何模型。

[0046] ②再构建力学分析仿真模型:力学分析仿真模型是一种利用分布式光纤应变传感器1的实时应变监测数据和结构分析结合的管道结构状态评估算法,可以定量评估管道的应力状态并预测其剩余寿命。

[0047] 由管道内压监测数据 p 以及管道的直径 D 、壁厚 t 计算环向应力 $\sigma_h(x)$,

[0048] $\sigma_h(x) = pD / (2t)$;

[0049] 由管道材料的弹性模量 E_p 、泊松比 ν_p 、线膨胀系数 α_p 、管道安装温度与工作温度差值 $\Delta T(x)$ 计算轴向应力 $\sigma_a(x)$,

[0050] $\sigma_a(x) = -E_p \alpha_p \Delta T(x) + \nu_p p \sigma_h(x)$;

[0051] 再由分布式光纤应变监测数据 $\varepsilon_L(x)$ 和弹性模量 E_p 计算管道弯曲应力 $\sigma_b(x)$,

[0052] $\sigma_b(x) = E_p \varepsilon_L(x)$,

[0053] 进而可以获得最终的等效应力 $\sigma_e(x)$,

[0054] $\sigma_e(x) = \sigma_h(x) - [\sigma_a(x) + \sigma_b(x)]$,

[0055] 实现管道结构状态的定量评估。

[0056] ③最后构建泄漏识别数据驱动模型:该模型是一种基于分布式光纤温度传感器2采集的管道温度数据进行卷积离群值分析的机器学习卷积离群值算法,对管道泄漏诊断和定位。模型算法公式为:

[0057]
$$Z_T(x_i, t_j) = \frac{|T(x_i, t_j) - \text{mean}\{\text{conv}[T(x_{i-m+1}, \dots, x_i; t_{j-n+1}, \dots, t_j)]\}|}{\text{std}\{\text{conv}[T(x_{i-m+1}, \dots, x_i; t_{j-n+1}, \dots, t_j)]\}}$$

[0058] 其中, $T(x_i, t_j)$ 是管道在位置 x_i 和时刻 t_j 的温度监测数据;conv表示对温度数据进行卷积处理,位置和时间的卷积长度分别为 m 和 n ;mean和std分别表示时间、空间卷积温度

数据的均值 $\bar{\mu}$ 和标准差 σ 。

[0059] ④对多维模型,即,管道数字孪生体的几何模型、力学分析仿真模型和泄漏识别数据驱动模型进行融合(图3),多维模型融合方法为:由云端数据库下发、分布式光纤传感器采集的应变/温度数据经过力学分析仿真模型/泄漏识别数据驱动模型处理并根据下式完成到色域空间(0~255,0~255,0~255)的转化,每一环几何模型网格顶点6的渲染形成三维云图,

$$[0060] \quad R(x) = \begin{cases} data \geq maxData, Color(1,0,0) \\ (data < maxData) \cap (data \geq halfMaxData), Color\left(1, 1 - \frac{data - halfMaxData}{halfMaxData}, 0\right) \\ (data < halfMaxData) \cap (data \geq zeroData), Color\left(\frac{data}{halfMaxData}, 1, 0\right) \\ (data < zeroData) \cap (data \geq halfMinData), Color\left(0, 1, \frac{data}{halfMinData}\right) \\ (data < halfMinData) \cap (data \geq minData), Color\left(0, 1 - \frac{data - halfMinData}{halfMinData}, 1\right) \\ data < minData, Color(0,0,1) \end{cases}$$

[0061] 式中: data为通过应力/应变模型 M_s 或泄漏实时诊断模型 M_L 处理后的管道纵向应力 $\sigma_L(x) = \sigma_a(x) + \sigma_b(x)$,或管道温度 $T(x)$; maxData为监测数据集的最大上限值,当data为管道纵向应力 $\sigma_L(x)$ 时maxData取 $(\sigma_L(x))_{max}$,当data为管道温度 $T(x)$ 时maxData取 $\bar{\mu} + 3\sigma$; halfMaxData为监测数据集的较大上限值,当data为 $\sigma_L(x)$ 时halfMaxData取 $(\sigma_L(x))_{max}/2$,当data为 $T(x)$ 时halfMaxData取 $\bar{\mu} + \sigma$; zeroData为监测数据集的零点值,当data为 $\sigma_L(x)$ 时zeroData取0,当data为 $T(x)$ 时zeroData取 $\bar{\mu}$; halfMinData为监测数据集的较小下限值,当data为 $\sigma_L(x)$ 时取 $(\sigma_L(x))_{min}/2$,当data为 $T(x)$ 时取 $\bar{\mu} - \sigma$; minData为监测数据集的最小下限值,当data为 $\sigma_L(x)$ 时取 $(\sigma_L(x))_{min}$,当data为 $T(x)$ 时取 $\bar{\mu} - 3\sigma$; Color(R,G,B)为色域空间的渲染转化,R表示红色光值,G表示绿色光值,B表示蓝色光值。

[0062] 通过多维模型融合形成的完整统一的管道数字孪生体,将传统的1D空间监测数据曲线升维至更直观的3D空间映射。并且判别由地基不均匀沉降事件产生的管道弯曲应力超过规范的允许应力,识别管道泄漏溢出的传输介质与埋地环境热交换引起管道温度异常变化事件,以及定位管道发生泄漏的位置等评估过程均可以在三维云图中自动化地表现,即为色彩异常区域9。与此同时在Unity中也需设计1D的曲线图对监测数据进行定量展示,从而辅助定量评估过程,最终可以实现管道应力的定量评估和管道泄漏的识别与定位。

[0063] S4. 利用增强现实技术完成对地下管道的现场评估

[0064] 由上述各步骤完成在Unity中构建管道数字孪生体后,再通过Unity3D集成ARCore/ARKit等增强现实开发工具,发布App应用程序,利用增强现实技术实现对地下管道的现场评估。具体步骤为:

[0065] ①移动端启动App后,运维人员在登录界面输入用户名和密码,每一名运维人员拥有唯一的账号和密码。该过程一方面防止重要隐私数据外泄和攻击,保障了数字孪生数据的安全;另一方面在依据云端数据库的用户名密码数据库对用户身份进行确认后,将登录者身份记录在程序后台中以便未来能够实现对运维信息责任溯源。登录成功后,将激活与AR相关的硬件设备:比如移动设备的相机、微型GNSS接收机Lite RTK。国产的Lite RTK作为本实施例优选型号,是千寻位置公司基于地基增强系统和北斗卫星导航系统研发的轻巧

型实时定位设备,其内置了u-blox ZED-F9P厘米级定位模组(最高定位精度可达1-2cm),支持双频RTK数据,并提供适配安卓系统的开源SDK。借助Lite RTK的轻巧性、实时性和高精度特点,极大的提高了AR的配准精度和沉浸式体验。

[0066] ②通过蓝牙连接Lite RTK,进而获取到移动设备当前精确的经纬度定位,从而将Unity中Mapbox生成的地图图层与现实位置精确配准。再利用ARCore/ARKit的平面锚定能力,通过不断搜寻特征点以识别现场环境的平面并基于平面创建锚点将地图图层进行固定,实现Unity中虚拟物体与物理世界的“无缝”叠加。方位角的配准采用移动设备的电子罗盘和手动旋转地图图层相组合的方式进行。

[0067] ③在完成上述步骤后,隐藏地图图层,并依据管道数字孪生体的几何模型快速生成地下管道数字孪生体。运维人员可以在现场以AR的沉浸式视角查询基于云端数据库的管道应变/温度监测数据曲线图。并通过管道数字孪生体的几何模型与力学分析仿真模型、泄漏识别数据驱动模型的融合算法,以增强现实的形式将数字孪生体叠加到现场,从而直观呈现管道应力云图和管道温度云图(图3),使运维人员迅速理解、判断管道的结构和泄漏状态。与此同时运维人员也可以现场查看管道任意位置处的应变/温度历史演化趋势曲线图,明晰管道的结构状态在过去、现在以及未来的进化趋势,达到预测问题、提前决策的目的。

[0068] 基于分布式光纤传感技术的布设方案只需在地下管道管顶布设分布式光纤应变传感器,进而获得分布式应变数据,便可以实现管道完整的应力测量,从而实现地下管道的结构状态感知;基于数字孪生的建模与仿真方法与以往离线、独立、依赖参数假设的建模与仿真不同,其充分利用了管道在位状态的实测信息,实现了与真实世界建立实时、交互、真实结构状态演化的连接;基于增强现实技术的虚实交互实现了管道数字孪生体与现场环境的交互,利用GNSS接收机的基于全球地理位置的定位,理论上不受虚拟场景规模的限制,可以利用增强现实实现全球任意位置的地下管道结构沉浸式评估。

[0069] 综上,通过基于增强现实技术的地下管道现场评估,实现了数字孪生体、现场环境与人的全面融合,以超现实可视化的方式在真实场景中进行地下管道的精准位置映射,使人们以透视的视角和沉浸式的人机互动体验快速明晰地下管道的结构健康状态、管道泄漏情况、结构演化趋势等,实现了在现场完成对地下管道结构安全的科学定量评估,提高了事件处置与决策的效率。对于监控地下管网的结构健康状态、指导现场的维护修复、提高运维工作效率、激发数据融合的创新思维等具有十分重要的意义。

[0070] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

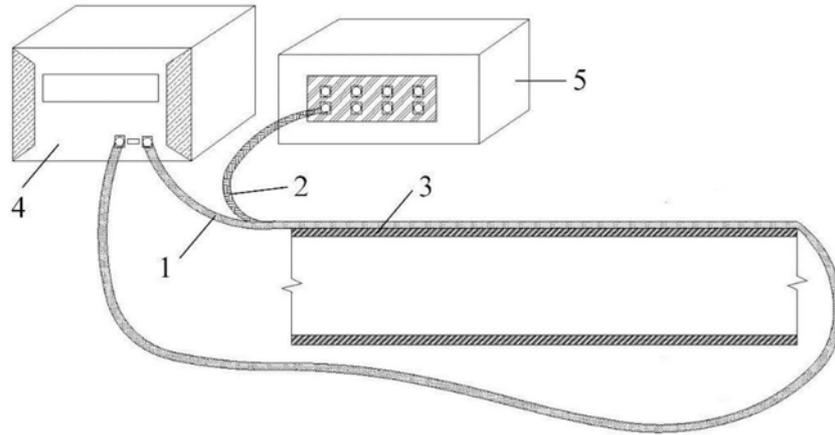


图1

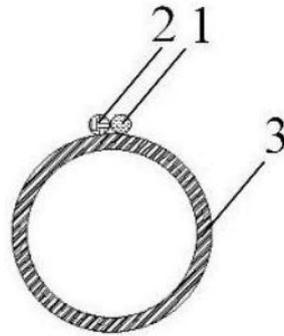


图2

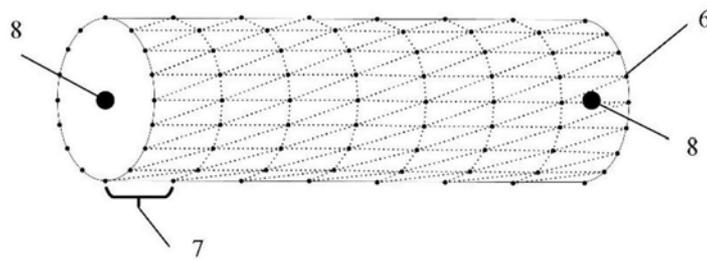


图3

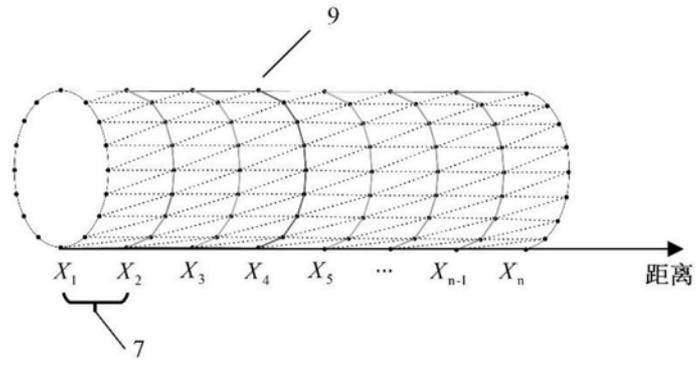


图4