



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118009869 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 10

(21) 申请号 202410161285.0

(22) 申请日 2024.02.05

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72) 发明人 黄新敬 张宁峰 马金玉

(74) 专利代理机构 北京市恒有知识产权代理事

务所(普通合伙) 11576

专利代理师 郭文浩 尹文会

(51) Int. Cl.

G01B 7/16 (2006.01)

G01B 7/00 (2006.01)

G01B 7/004 (2006.01)

G01C 21/16 (2006.01)

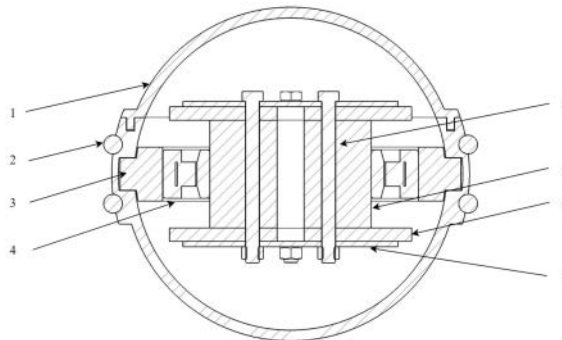
权利要求书3页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

一种管道移位变形快速检测装置及方法

(57) 摘要

本发明属于管道检测领域,具体涉及了一种管道移位变形快速检测装置及方法,旨在解决现有技术中对管道内空间磁场的测量不完整,未针对球形内检测器进行优化的问题。本发明包括:球壳的内圆周面与配重环同轴固定,配重环与轴承的外圈同轴固定,轴承的内圈与轴同轴固定,轴的两个端面均与一个载物盘固定,其中一个载物盘与电路板固定;电路板上安装有电子元件,电子元件包括磁力计阵列和边缘加速度计阵列;磁力计阵列用于待检测管道内的磁场分布信息;边缘加速度计阵列用于求解球壳在待检测管道中的旋转姿态。本发明具有较高的检测灵敏度;同时提出了针对球形内检测器优化的传感器数据处理与解算方法,提升了检测精度、抗干扰性和可靠性。



1. 一种管道移位变形快速检测装置,其特征在于,该装置包括球壳(1)、配重环(3)、轴承(4)、电路板(5)、载物盘(6)、轴(7);

所述球壳(1)的内圆周面与所述配重环(3)同轴固定,所述配重环(3)与所述轴承(4)的外圈同轴固定,所述轴承(4)的内圈与所述轴(7)同轴固定,所述轴(7)的两个端面均与一个载物盘(6)固定,其中一个所述载物盘(6)与所述电路板(5)固定;

所述电路板(5)上安装有电子元件,所述电子元件包括磁力计阵列(10)和边缘加速度计阵列(11);所述磁力计阵列(10)用于待检测管道内的磁场分布信息;所述边缘加速度计阵列(11)用于求解所述球壳(1)在所述待检测管道中的旋转姿态;

所述轴承(4)的外圈和内圈之间能够相互转动或不转动;

当所述轴承(4)的外圈和内圈之间相互转动时,两个所述载物盘(6)上分别安装一个配重块,所述电路板(5)不随所述球壳(1)旋转;

当所述轴承(4)的外圈和内圈之间不相互转动时,两个所述载物盘(6)上不安装配重块,所述电路板(5)随所述球壳(1)旋转。

2. 根据权利要求1所述的一种管道移位变形快速检测装置,其特征在于,所述电路板(5)上安装电子元件还包括主控芯片(9)、摄像模组(12)、存储模块(17)和电源模块(16);

所述主控芯片(9)与所述磁力计阵列(10)、所述边缘加速度计阵列(11)和所述摄像模组(12)相互电连接,并采集和分析所述磁力计阵列(10)、所述边缘加速度计阵列(11)和所述摄像模组(12)获取的磁力数据、加速度数据和图像数据;

所述主控芯片(9)与所述电源模块(16)相互电连接,所述电源模块(16)用于为所述电路板(5)提供电源;

所述主控芯片(9)与所述存储模块(17)连接,所述存储模块(17)用于存储所述磁力数据、所述加速度数据和所述图像数据。

3. 根据权利要求2所述的一种管道移位变形快速检测装置,其特征在于,所述球壳(1)的外圆周面上安装有减震圈(2),所述减震圈(2)用于减小所述球壳(1)在滚动时的振动。

4. 根据权利要求3所述的一种管道移位变形快速检测装置,其特征在于,所述球壳(1)的极点上安装有相互连接的姿态加速度计(13)和副主控芯片(14),所述副主控芯片(14)用于采集并分析所述姿态加速度计(13)获取球壳(1)内的旋转情况;

所述副主控芯片(14)还与外围元件(15)相互连接,所述外围元件(15)用于为副主控芯片(14)提供工作条件,所述工作条件包括提供电源条件、提供储存条件。

5. 根据权利要求4所述的一种管道移位变形快速检测装置,其特征在于,所述磁力计阵列(10)以多组同心且半径均匀增加的同心圆的形式安装在所述电路板(5)上,在磁力计阵列(10)最外侧对应地安装有边缘加速度计阵列(11);

所述摄像模组(12)安装在另一个载物盘(6)上,所述摄像模组(12)的安装角度与方向基于所述球壳(1)和所述待检测管道的相对直径设置。

6. 一种管道移位变形快速检测方法,基于权利要求1-5任一项所述的一种管道移位变形快速检测装置,其特征在于,该方法包括如下步骤:

构建待检测管道的坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 、球壳(1)的坐标系 $O_2-X_2Y_2Z_2$ 、边缘加速度计阵列(11)的坐标系 $O_{a1}-X_{a1}Y_{a1}Z_{a1}$ 、姿态加速度计(13)的坐标系为 $O_{a2}-X_{a2}Y_{a2}Z_{a2}$ 和磁力计阵列(10)的坐标系 $O_{m(n)}-X_{m(n)}Y_{m(n)}Z_{m(n)}$;

基于所述磁力计阵列(10)获取磁力数据,并进行数据校正;校正后进行数据处理,处理过的数据为磁力计阵列(10)的坐标系下的磁场 B_m ;其中,对校正后的数据进行数据处理包括去除数据的扰动和噪声;

根据姿态加速度计(13)获取姿态加速度数据,并进行数据处理;基于处理后的姿态加速度数据得到球壳(1)的旋转姿态角 α ,并结合所述球壳(1)的旋转圈数计算得到所述球壳(1)的行进里程;基于摄像模组(12)采集的图像数据校准所述行进里程;其中,对姿态加速度数据进行数据处理包括零相位滤波、去偏置、单圈识别和归一化;

将所述 B_m 进行预处理,得到 B'_m ,将所述 B'_m 转换为 B_1 ;所述 B_1 为待检测管道的坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 下的平动磁场;

在各所述磁力计阵列(10)所覆盖的空间中预设等高线;提取所述磁力计阵列(10)内各磁力计经过所述等高线时的所述 B_1 ,并结合所述行进里程,将多个所述 B_1 整合为空间坐标上的管道内各等高线上磁场 B_c ;

判断本次采集的待检测管道(5)内各提取点的所述 B_c 是否存在历史数据;

若是,则将本次测量的所述 B_c 与历史数据进行比对,将不一致的所述 B_c 对应的提取点所在的管道位置作为变形位置;

若否,则将本次测量的所述 B_c 的局部区段的值与临近区段的值进行比对,将不一致的所述 B_c 区段中点对应的提取点所在的管道位置作为变形位置;其中,局部区段为同一高度上临近的长度为预设的个点的区间段;临近区段为同一行进里程位置但不同高度的数据区间段。

7.根据权利要求6所述的一种管道移位变形快速检测方法,其特征在于,所述 α ,其获取方法为:

$$\alpha = \varphi - \theta = -\left(\arctan\left(\frac{a_{2x}}{a_{2z}}\right) + \frac{\pi}{2}\right) - \theta;$$

其中, φ 为 Z_2 轴与竖直方向的夹角; θ 为待检测管道的俯仰角度, a_{2x} 为姿态加速度计(13)在 X_{a2} 轴上采集的数据; a_{2z} 为姿态加速度计(13)在 Z_{a2} 轴上采集的数据。

8.根据权利要求7所述的一种管道移位变形快速检测方法,其特征在于,所述 B'_m 和所述 B_1 ,其获取方法为:

$$B'_m = \begin{cases} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} B_m, & a_{1z} > 0 \\ B_m, & a_{1z} < 0 \end{cases};$$

$$B_1 = R_{1m'} B'_m;$$

其中, $R_{1m'}$ 为 B'_m 的坐标系到待检测管道的坐标系的旋转矩阵; a_{1z} 为边缘加速度计在 X_{a1} 轴上采集的数据。

9.根据权利要求8所述的一种管道移位变形快速检测方法,其特征在于,所述 $R_{1m'}$,其获取方法为:

$$R_{1m'} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & \sin(\theta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) \end{bmatrix}。$$

10. 根据权利要求9所述的一种管道移位变形快速检测方法,其特征在于,基于所述磁力计(7)获取磁力计数据,并进行数据校正,其方法为:

基于提前采集的所述球壳(1)的无规则旋转磁场数据进行基于椭球拟合的磁力计阵列标定,得到标定参数;结合标定后的参数对所述磁力计数据进行矫正。

一种管道移位变形快速检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于管道检测领域,具体涉及了一种管道移位变形快速检测装置及方法。

背景技术

[0002] 管道运输作为目前运输石油、水、天然气等液体资源最便捷、高效和经济的运输方式,对人类经济发展、环境保护等方面都有着不可或缺的重要作用。然而随着油气管道铺设规模的逐年增加和老龄期管道服役时间的不断增长,管道泄漏、爆炸、环境污染等事故发生的频次也在持续上升,为了预测并避免管道事故的发生,油气管道的缺陷检测与运行维护十分重要。长输油气管道容易在长期运行中产生较大的轴向和环向应力,随着管道老化导致其结构抗力衰退,管道容易以结构变形的形式释放应力,即产生移位变形。管道移位变形的部位常伴有应力集中现象,会显著增加管道腐蚀、老化的速度,导致管道的泄漏、破裂甚至爆管等严重事故。因此,对在役管道进行周期性、高效率、低成本的移位变形检测对于管线长期稳定运行具有重要现实意义。

[0003] 目前针对管道移位变形的检测方法主要分为外检测法和内检测法两类。外检测法主要有遥控潜水器(Remotely Operated Vehicle,ROV)、自治式无缆水下机器人(Autonomous Underwater Vehicle,AUV)和分布式光纤等。ROV可以携带水下声呐、水下摄像机,海洋磁力仪等多种探测设备,工作时通过脐带缆从海面母船获取动力并发回数据,因此ROV并不能独立运行,需要母船实时跟随,且其作业范围易受海洋环境和脐带缆的限制,所需人力、物力成本较高。AUV自己携带能源,不受脐带缆限制,检测范围更广,但其检测成本高昂,单次可达近千万元。分布式光纤法需要提前将光纤传感器铺设在管道外表面,才能够对管道进行高精度实时检测,因此这种方法无法适用于大多数的在役管道。

[0004] 内检测法主要基于柱形内检测器(PIG)和球形内检测器(SD)两种平台。内检测器通常会携带加速度计、磁力计等多种传感器,并在管道内进行移动式检测,具有检测效率高、不受管外环境约束、检测成本较低等优点。但同时也存在各自的缺点:PIG体积庞大、结构复杂,工作时需要紧贴管道内壁,存在较高的卡堵风险,且PIG一旦在管道内卡堵,往往需要开挖管道才能将其取出,造成更多的成本损耗。SD整体为球形,体积占用远小于PIG,具有较好的管内通过性,但目前SD一般使用单个磁传感器,抗干扰性差,对管道内空间磁场的测量不完整,无法获得管道内的磁梯度,进而无法利用管道内磁梯度的异常变化来判断管道的移位变形;目前SD使用单一加速度计获得旋转角度和进行里程,易受各种噪声因素影响导致里程信息精度和准确性下降,无法通过摄像头采集管道内图像从而对管道内不同节点的识别来校准行进里程和进行结构测量;且由于传感器也在一同旋转,需要更为复杂的数据处理算法。

[0005] 基于此,本发明提出了一种管道移位变形快速检测装置及方法。

发明内容

[0006] 为了解决现有技术中的上述问题,即现有技术中对管道内空间磁场的测量不完

整,且相关数据处理算法未针对SD进行优化的问题,本发明提供了一种管道移位变形快速检测装置及方法;

[0007] 本发明的第一方面,提出了一种管道移位变形快速检测装置,该装置包括球壳、配重环、轴承、电路板、载物盘、轴;

[0008] 所述球壳的内圆周面与所述配重环同轴固定,所述配重环与所述轴承的外圈同轴固定,所述轴承的内圈与所述轴同轴固定,所述轴的两个端面均与一个载物盘固定,其中一个所述载物盘与所述电路板固定;

[0009] 所述电路板上安装有电子元件,所述电子元件包括磁力计阵列和边缘加速度计阵列;所述磁力计阵列用于待检测管道内的磁场分布信息;所述边缘加速度计阵列用于求解所述球壳在所述待检测管道中的旋转姿态;

[0010] 所述轴承的外圈和内圈之间能够相互转动或不转动;

[0011] 当所述轴承的外圈和内圈之间相互转动时,两个所述载物盘上分别安装一个配重块,所述电路板不随所述球壳旋转;

[0012] 当所述轴承的外圈和内圈之间不相互转动时,两个所述载物盘上不安装配重块,所述电路板随所述球壳旋转。

[0013] 在一些优选的实施方式中,所述电路板上安装电子元件还包括主控芯片、摄像模组、存储模块和电源模块;

[0014] 所述主控芯片与所述磁力计阵列、所述边缘加速度计阵列和所述摄像模组相互电连接,并采集和分析所述磁力计阵列、所述边缘加速度计阵列和所述摄像模组获取的磁力数据、加速度数据和图像数据;

[0015] 所述主控芯片与所述电源模块相互电连接,所述电源模块用于为所述电路板提供电源;

[0016] 所述主控芯片与所述存储模块连接,所述存储模块用于存储所述磁力数据、所述加速度数据和所述图像数据。

[0017] 在一些优选的实施方式中,所述球壳的外圆周面上安装有减震圈,所述减震圈用于减小所述球壳在滚动时的振动。

[0018] 在一些优选的实施方式中,所述球壳的极点上安装有相互连接的姿态加速度计和副主控芯片,所述副主控芯片用于采集并分析所述姿态加速度计获取球壳内的旋转情况;

[0019] 所述副主控芯片还与外围元件相互连接,所述外围元件用于为副主控芯片提供工作条件,所述工作条件包括提供电源条件、提供储存条件。

[0020] 在一些优选的实施方式中,所述磁力计阵列以多组同心且半径均匀增加的同心圆的形式安装在所述电路板上,在磁力计阵列最外侧对应地安装有边缘加速度计阵列;

[0021] 所述摄像模组安装在另一个载物盘上,所述摄像模组的安装角度与方向基于所述球壳和所述待检测管道的相对直径设置。

[0022] 本发明的另一方面,提出了一种管道移位变形快速检测方法,基于一种管道移位变形快速检测装置,该方法包括如下步骤:

[0023] 构建待检测管道的坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 、球壳的坐标系 $O_3-X_3Y_3Z_3$ 、边缘加速度计阵列的坐标系 $O_{a1}-X_{a1}Y_{a1}Z_{a1}$ 和磁力计阵列的坐标系 $O_{m(n)}-X_{m(n)}Y_{m(n)}Z_{m(n)}$;

[0024] 基于所述磁力计阵列获取磁力数据,并进行数据校正;校正后进行数据处理,处理

过的数据为磁力计阵列的坐标系下的磁场 B_m ；其中，对校正后的数据进行数据处理包括去除数据的扰动和噪声；

[0025] 根据姿态加速度计获取姿态加速度数据，并进行数据处理；基于处理后的姿态加速度数据得到球壳的旋转姿态角 α ，并结合所述球壳的旋转圈数计算得到所述球壳的行进里程；基于摄像模组采集的图像数据校准所述行进里程；其中，对姿态加速度数据进行数据处理包括零相位滤波、去偏置、单圈识别和归一化；

[0026] 将所述 B_m 进行预处理，得到 B'_m ，将所述 B'_m 转换为 B_1 ；所述 B_1 为待检测管道的坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 下的平动磁场；

[0027] 在所述磁力计阵列所覆盖的空间中预设等高线；提取所述磁力计阵列内各磁力计经过所述等高线时的所述 B_1 ，并结合所述行进里程，将多个所述 B_1 整合为空间坐标上的管道内各等高线上磁场 B_c ；

[0028] 判断本次采集的待检测管道内各提取点的所述 B_c 是否存在历史数据；

[0029] 若是，则将本次测量的所述 B_c 与历史数据进行比对，将不一致的所述 B_c 对应的提取点所在的管道位置作为变形位置；

[0030] 若否，则将本次测量的所述 B_c 的局部区段的值与临近区段的值进行比对，将不一致的所述 B_c 区段中点对应的提取点所在的管道位置作为变形位置；其中，局部区段为同一高度上临近的长度为预设的个点的区间段；临近区段为同一行进里程位置但不同高度的数据区间段。

[0031] 在一些优选的实施方式中，所述 α ，其获取方法为：

$$[0032] \quad \alpha = \varphi - \theta = -\left(\arctan\left(\frac{a_{2x}}{a_{2z}}\right) + \frac{\pi}{2}\right) - \theta;$$

[0033] 其中， φ 为 Z_2 轴与竖直方向的夹角； θ 为待检测管道的俯仰角度， a_{2x} 为姿态加速度计(13)在 X_{a2} 轴上采集的数据； a_{2z} 为姿态加速度计在 Z_{a2} 轴上采集的数据。

[0034] 在一些优选的实施方式中，所述 B'_m 和所述 B_1 ，其获取方法为：

$$[0035] \quad B'_m = \begin{cases} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} B_m, & a_{1z} > 0 \\ B_m, & a_{1z} < 0 \end{cases};$$

[0036] $B_1 = R_{1m'} B'_m$ ；

[0037] 其中， $R_{1m'}$ 为 B'_m 的坐标系到待检测管道的坐标系的旋转矩阵； a_{1z} 为边缘加速度计在 X_{a1} 轴上采集的数据。

[0038] 在一些优选的实施方式中，所述 $R_{1m'}$ ，其获取方法为：

$$[0039] \quad R_{1m'} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & \sin(\theta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) \end{bmatrix}。$$

[0040] 在一些优选的实施方式中，基于所述磁力计获取磁力计数据，并进行数据校正，其方法为：

[0041] 基于提前采集的所述球壳的无规则旋转磁场数据进行基于椭球拟合的磁力计阵列标定，得到标定参数；结合标定后的参数对所述磁力计数据进行矫正。

[0042] 本发明的有益效果:

[0043] (1) 本发明所提出的一种管道移位变形快速检测装置及方法,具有较高灵敏度。本发明结合磁机械效应,利用磁力计阵列确定管道内磁场分布情况,进而求得管道壁的应力分布,从而实现管道的移位变形检测。同时轴承的使用避免了传感器的旋转运动,从而有效降低了数据处理的复杂性,提升了检测的灵敏度和准确性;

[0044] (2) 本发明所提出的一种管道移位变形快速检测装置及方法,具有更高的准确性和可靠性。本发明在加速度计分析获取整体内检测旋转姿态和行进里程的基础上,创新性地引入了摄像头采集管道内图像信息的方法,并通过基于机器学习的图像识别,确定了这些节点的位置,从而辅助校准了里程信息,使得整体数据的准确性和可靠性得到了极大提升;

[0045] (3) 本发明提出的一种管道移位变形快速检测装置及方法能够显著降低检测成本、提高检测效率。相较于ROV和AUV两种水下机器人极大程度上降低了人力、物力成本,同时也比分布式光纤法适用范围更广;与PIG相比,本发明提出的检测方案具有更好的便携性、准实时性和低成本性。相较于传统的SD,本发明创新性地提出了磁力计阵列获取管内磁梯度信息的方案,同时提出了针对SD的内部结构优化、传感器数据处理与解算方法,提升了检测精度、抗干扰性和可靠性。

附图说明

[0046] 通过阅读参照以下附图所作的对非限制性实施例所作的详细描述,本申请的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0047] 图1是本发明的一种管道移位变形快速检测装置的内部结构示意图;

[0048] 图2是本发明的一种管道移位变形快速检测装置中电路系统连接示意图;

[0049] 图3是本发明的一种管道移位变形快速检测装置中摄像模组的指向示意图;

[0050] 图4是本发明的一种管道移位变形快速检测装置的运行逻辑示意图;

[0051] 图5是本发明的一种管道移位变形快速检测方法中姿态加速度计的坐标变化与数据处理示意图;

[0052] 图6是本发明的一种管道移位变形快速检测方法中磁力计与边缘加速度计的坐标变化与数据处理示意图;

[0053] 图7是本发明的一种管道移位变形快速检测方法的管道内空间磁场反演算法流程图示意图;

[0054] 图8是本发明的一种管道移位变形快速检测方法的磁场反演算法等高线设定和磁场数据提取点示意图

[0055] 图9是用于实现本申请方法、系统、设备实施例的服务器的计算机系统的结构示意图。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图和实施例对本申请作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅用于解释相关发明,而非对该发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与有关发明相关的部分。

[0057] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

[0058] 如图1-图3所示,本发明第一实施例提出了一种管道移位变形快速检测装置,该装置包括球壳1、配重环3、轴承4、电路板5、载物盘6、轴7;

[0059] 所述球壳1的内圆周面与所述配重环3同轴固定,所述配重环3与所述轴承4的外圈同轴固定,所述轴承4的内圈与所述轴7同轴固定,所述轴7的两个端面均与一个载物盘6固定,其中一个所述载物盘6与所述电路板5固定;

[0060] 所述电路板5上安装有电子元件,所述电子元件包括磁力计阵列10和边缘加速度计阵列11;所述磁力计阵列10用于待检测管道内的磁场分布信息;所述边缘加速度计阵列11用于求解所述球壳1在所述待检测管道中的旋转姿态;

[0061] 所述轴承4的外圈和内圈之间能够相互转动或不转动;

[0062] 当所述轴承4的外圈和内圈之间相互转动时,两个所述载物盘6上分别安装一个配重块,所述电路板5不随所述球壳1旋转;

[0063] 当所述轴承4的外圈和内圈之间不相互转动时,两个所述载物盘6上不安装配重块,所述电路板5随所述球壳1旋转。

[0064] 其中,安装在两个所述载物盘6上的两个配重块,大小相同,重量相等,均安装在所述载物盘6表面的边缘或外圆周面上,两个所述配重块沿所述轴7的中点对称设置。

[0065] 其中,当所述轴承4的外圈和内圈之间发生粘连或主动锁定,使内外圈之间不能相互转动时,两个所述载物盘6上不安装配重块。

[0066] 其中,球壳1、配重环3、轴承4、电路板5、载物盘6、轴7共同构成了球形内检测器。

[0067] 其中,在本发明中,球壳1整体材料需要保证无铁磁性,避免对传感器测量结果产生影响;同时为了保证球内摄像头的正常工作,需要使得球壳1的整体材料具有较好的透光率,因此可以采用玻璃、树脂、尼龙等透明材料。球壳整体分为上下两部分,以槽连接为主,并在外部使用UV胶固定以保证整体的稳定性和密封性。

[0068] 其中,由于传感器在球壳1内的相对工作位置是确定的,因此就需要球形内检测器在待检测管道内行进时的运动姿态是规律性、可控制的,即需要其滚动旋转轴是定轴且可知的,故轴7应保持水平且与待检测管道轴向垂直。经过实验探究,可以通过增加轴7转动惯量的方法来保证其滚动时的稳定性,在不破坏球体外形高通过性优势的前提下,考虑到其对称性,可以通过在内检测器内部中心添加配重体的方式调节其转动惯量。配重体质量与球壳1质量相差越大,配重体对内检测器转动惯量的调节效果越强,因此配重体应选用高密度金属材料制作,可以为铜、钢、钨、铅等。同时考虑到配重体加工、装配和调整的便利性,可以采用环形配重。如图1所示,配重环3位于球壳1内部的赤道位置,分为多段以便拆装。配重环3的厚度和环宽需要综合考虑球壳1的大小、材料等因素,一般对于直径为D的球壳1,可以选用钨作为配重,配重环3的厚度和环宽均在 $\frac{D}{10}$ 到 $\frac{D}{8}$ 之间。

[0069] 其中,高精度的轴承4安装在配重环3内部,电路板5搭载于两个对称安装的载物盘6上,同时载物盘6通过轴7与轴承内圈相连接,电路板5、载物盘6和轴7采用四组螺栓和螺母8紧固,其中间有一通孔用于安装电子元件之间的连接线。轴承4的使用避免了内部传感器与球壳1一同的旋转运动,减小了其对传感器采集数据的影响,同时大幅减少了后期对数据

的处理计算。同时分别有两块配重块安装于两侧载物盘6边缘,用于降低电路板5、载物盘6、轴7和轴承内圈整体的重心,进一步提升稳定性。

[0070] 其中,上述传感器包括磁力计阵列10、边缘加速度计阵列11和姿态加速度计13。

[0071] 作为对本发明的进一步解释,所述电路板5上安装的电子元件还包括主控芯片9、摄像模组12、存储模块17和电源模块16;

[0072] 所述主控芯片9与所述磁力计阵列10、所述边缘加速度计阵列11和所述摄像模组12相互电连接,并采集和分析所述磁力计阵列10、所述边缘加速度计阵列11和所述摄像模组12获取的磁力数据、加速度数据和图像数据;

[0073] 所述主控芯片9与所述电源模块16相互电连接,所述电源模块16用于为所述电路板5提供电源;

[0074] 所述主控芯片9与所述存储模块17连接,所述存储模块17用于存储所述磁力数据、所述加速度数据和所述图像数据。

[0075] 作为对本发明的进一步解释,所述球壳1的外圆周面上安装有减震圈2,所述减震圈2用于减小所述球壳1在滚动时的振动。

[0076] 其中,球壳1的外表面的赤道部位有两条减震圈2,该减震圈2采用减震O型圈,一般可以采用橡胶等弹性材料。

[0077] 其中,所述磁力计阵列10和所述边缘加速度计阵列11中的磁力计和加速度计使用MEMS芯片以减小体积。摄像模组12包括摄像头和LED闪光模组,用于获取管道内清晰的图像信息。所述磁力计阵列10和所述边缘加速度计阵列11与主控芯片9通过SPI或I²C等协议进行通信,摄像模组12与主控芯片9通过DVP或LVDS等接口进行通信。在系统启动后,主控芯片9触发并采集各个传感器与摄像头的的数据,并实时保存在存储模块17中,以便后期对数据进行分析。

[0078] 作为对本发明的进一步解释,所述球壳1的极点上安装有相互连接的姿态加速度计13和副主控芯片14,所述副主控芯片14用于采集并分析所述姿态加速度计13获取球壳1内的旋转情况;

[0079] 所述副主控芯片14还与外围元件15相互连接,所述外围元件15用于为副主控芯片14提供工作条件,所述工作条件包括提供电源条件、提供储存条件。

[0080] 作为对本发明的进一步解释,所述磁力计阵列10以多组同心且半径均匀增加的同心圆的形式安装在所述电路板5上,在磁力计阵列10最外侧对应地安装有边缘加速度计阵列11;

[0081] 所述摄像模组12安装在另一个载物盘6上,所述摄像模组12的安装角度与方向基于所述球壳1和所述待检测管道的相对直径设置。

[0082] 其中,如图3所示,一般对于直径为D的内检测器、直径为D₂的待检测管道18来说,若 $D < \frac{2}{3}D_2$,则可以使用A安装方法,即摄像模组12的视场中心方向与水平方向有一定夹角,一般在10°~45°之间;若 $D > \frac{2}{3}D_2$,则可以使用B安装方法,即摄像模组12的视场中心方向水平。

[0083] 本装置有两种工作方式:

[0084] 工作方式1:

[0085] 当轴承4正常启用,两块配重块正常分别安装于两个载物盘6边缘时,内检测器处于第一种工作状态:即内检测器在待检测管道内正常滚动,轴承4的外圈随其一同旋转,而轴承4的内圈、轴7、载物盘6及电子元件处于小幅摆动的相对稳定状态,这是因为轴承4的内圈、轴7、载物盘6及电子元件构成的整体的重心远低于球壳1的球心所处的水平面,拥有较低的势能,因此也更加稳定;小幅摆动是由于轴承4内圈、轴7、载物盘6及电子元件构成的整体可以简化成一个单摆模型,当内检测器从静止由管道内流体加速时,该整体会发生倾斜,由其所受的轴承4的滚珠的支持力和重力的合力提供向前的加速度,当内检测器整体速度稳定至流体流速时,该整体就会开始周期性摆动,周期为 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$,其中L表示轴承中心

到该整体重心的距离,g表示重力加速度。

[0086] 运行逻辑:如图4所示,在硬件初始化完成后,主控芯片9会持续高频获取边缘加速度阵列11的数据,当检测到某一加速度计的X轴上加速度为0时,即该加速度运动轨迹切向上加速度为0,说明该加速度计运动到了竖直方向上的最低点,此时主控芯片9同步采集该加速度计对应的整个竖列的磁力计数据与该加速度计的数据并保存。同时,主控芯片9也会同步触发摄像模组进行曝光与拍摄,以获取清晰的管道内图像数据。在完成管道检测任务后,主控芯片9就会停止检测采集任务,并进入数据传输模式。在采集工作开始与结束时,主控芯片9会通过光、电等同步信号控制副主控芯片14同步开始或停止采集姿态加速度计13的数据,以获得内检测器的滚动姿态信息。

[0087] 对于摄像模组12,由于“类单摆”结构的存在,会导致摄像模组12在拍摄时会有轻微的振动,从而造成图像画质的下降。对于此,可以采用目前已有的防抖技术来解决这个问题:包括电子防抖和光学防抖。前者主要通过软件算法,分析前后帧图像特征点间的位置变化,计算拍摄过程中的偏移量,从而通过裁切、平移等方式使得拍摄图像更稳定;后者通过内部安装的加速度计和陀螺仪,实时检测抖动情况,并通过检测得到的数据控制传感器、镜片等光学器件的位置来补偿抖动带来的影响。

[0088] 工作方式2:

[0089] 当长时间工作后,轴承4出现粘连现象或为了使内检测器整体具有更好的刚性时,可以主动锁定轴承4,使得轴承4的内外圈一起运动,并取下载物盘6上的配重块,此时内检测器处于第二种工作状态,即所有电子元件随同球壳1一同旋转。

[0090] 运行逻辑:如图4所示,此时主控芯片9对于磁力数据的采集策略与工作状态1相同,即实时高频检测边缘加速度数据,记录X轴上加速度为0的边缘加速度计对应的整个竖列的磁力计数据与该边缘加速度计数据并保存,此时边缘加速度计可能在竖直方向上的最高或最低点。同样的,在采集工作开始与结束时,主控芯片9会通过同步信号控制副主控芯片同步开始或停止采集姿态加速度计数据,以获得内检测器的滚动姿态信息。

[0091] 但对于摄像模组12,既可以通过其最接近的边缘加速度计切向分量的过零点作为触发信号,也可以在摄像模组靠近的球壁上安装接近开关,通过声、光、磁等多种类型的接近开关触发。不同于第一种工作模式,由于整体处于旋转状态,较长的曝光时间会使得摄像头获取到的画面模糊,这是因为摄像传感器上存储的光源信息是在曝光时间内全部光源的叠加,也就是单帧曝光时间下,图像表现为叠加视场。

[0092] 因此本专利提出使用短曝光法来解决图像模糊的问题:选择支持全局快门的摄像头,其优势在于每一个像素点同时曝光,可以通过寄存器配置摄像头曝光时间和增益效果,且能够使用snapshot模式进行快照。通过配置曝光时间寄存器来修改曝光时间,在短曝光时间的配置下,还需要增加图像增益,配置图像增益寄存器,设置其增益最大,来提高图像质量以实现超短时间内的管道内清晰图像采集。

[0093] 如图4-图8所示,本发明第二实施例提出了一种管道移位变形快速检测方法,基于第一实施例的一种管道移位变形快速检测装置,该方法包括如下步骤:

[0094] 构建待检测管道的坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 、球壳1的坐标系 $O_2-X_2Y_2Z_2$ 、边缘加速度计阵列11的坐标系 $O_{a1}-X_{a1}Y_{a1}Z_{a1}$ 、姿态加速度计13的坐标系为 $O_{a2}-X_{a2}Y_{a2}Z_{a2}$ 和磁力计阵列10的坐标系 $O_{m(n)}-X_{m(n)}Y_{m(n)}Z_{m(n)}$;

[0095] 基于所述磁力计阵列10获取磁力数据,并进行数据校正;校正后进行数据处理,处理过的数据为磁力计阵列10的坐标系下的磁场 B_m ;其中,对校正后的数据进行数据处理包括去除数据的扰动和噪声;

[0096] 根据姿态加速度计13获取姿态加速度数据,并进行数据处理;基于处理后的姿态加速度数据得到球壳1的旋转姿态角 α ,并结合所述球壳1的旋转圈数计算得到所述球壳1的行进里程;基于摄像模组12采集的图像数据校准所述行进里程;其中,对姿态加速度数据进行数据处理包括零相位滤波、去偏置、单圈识别和归一化;

[0097] 将所述 B_m 进行预处理,得到 B'_m ,将所述 B'_m 转换为 B_1 ;所述 B_1 为待检测管道的坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 下的平动磁场;

[0098] 在所述磁力计阵列10所覆盖的空间中预设等高线;提取所述磁力计阵列10内各磁力计经过所述等高线时的所述 B_1 ,并结合所述行进里程,将多个所述 B_1 整合为空间坐标上的管道内各等高线上磁场 B_c ;

[0099] 判断本次采集的待检测管道5内各提取点的所述 B_c 是否存在历史数据;

[0100] 若是,则将本次测量的所述 B_c 与历史数据进行比对,将不一致的所述 B_c 对应的提取点所在的管道位置作为变形位置;

[0101] 若否,则将本次测量的所述 B_c 的局部区段的值与临近区段的值进行比对,将不一致的所述 B_c 区段中点对应的提取点所在的管道位置作为变形位置;其中,局部区段为同一高度上临近的长度为预设的个点的区间段;临近区段为同一行进里程位置但不同高度的区间段。

[0102] 其中,对于实际的管道,管道节点的识别十分重要,这是因为管道节点是多段管道的起点或终点,对于消除累积误差、定位等都有着重要的作用。因此可以用摄像头识别管道内的节点,并借此对内检测器的行进里程进行校准。对于管道内获取到的图像数据,可以采用GLCM纹理特征分析的方法结合已有的SVM机器学习来实现图像的特征点识别,即用灰度共生矩阵Gray Level Co-occurrence Matrix, GLCM算法从拍摄图像中提取纹理特征,再用支持向量机(Support Vector Machine, SVM)算法构建机器学习的分类器,对不同种类的管道标志点进行分类,以达到节点识别的目的。

[0103] 其中,零相位滤波:对矫正后的磁力数据进行零相位滤波,在避免相位延迟的同时去除数据的扰动和噪声等。

[0104] 根据姿态加速度计13获取姿态加速度数据,并进行数据处理,具体为:对姿态加速

度数据进行零相位滤波、去偏置、单圈识别与归一化等处理,得到较理想的处理后数据结果。再通过两轴加速度比值计算得到内检测器的旋转姿态角 α ,并根据旋转圈数计算得到内检测器的行进里程。对于图像数据,利用GLCM纹理特征分析的方法结合已有的SVM机器学习得到关内道内的节点信息,并借此校准内检测器的行进里程;

[0105] 其中,局部区段指的是同一高度上临近的长度约为10-100个点的数据区间段。

[0106] 其中,空间等高线上的多通道数据整合:在所述磁力计阵列10覆盖的空间中设定多条等高线,将每个传感器经过当前等高线时的数据提取出来,并结合行进里程,将 B_1 重新整合为空间坐标上的管道内各等高线上磁场 B_c 。此时相当于磁力计在等高线上做直线平移运动。设定的等高线19和磁力计数据提取点20如图8所示;

[0107] 设定的等高线19和 B_c 对应的提取点20如图8所示。

[0108] 作为对本发明的进一步解释,由于姿态加速度计位于内检测器球壳的极点上,故可用其轴上加速度分量求出 α ,所述 α ,其获取方法为:

$$[0109] \quad \alpha = \varphi - \theta = -\left(\arctan\left(\frac{a_{2x}}{a_{2z}}\right) + \frac{\pi}{2}\right) - \theta;$$

[0110] 其中, φ 为 Z_2 轴与竖直方向的夹角; θ 为待检测管道的俯仰角度, a_{2x} 为姿态加速度计13在 X_{a2} 轴上采集的数据; a_{2z} 为姿态加速度计13在 Z_{a2} 轴上采集的数据。

[0111] 作为对本发明的进一步解释,将磁力计坐标系下的磁场记为 B_m ,管道坐标系下平动磁场记为 B_1 。由于当边缘加速度计X轴分量为零时,其对应的竖直方向上的磁力计才会被触发并采集,但第二种工作状态下,边缘加速度计可能在竖直方向的最高或最低点,因此需要对此情况下的 B_m 进行预处理得到磁场 B'_m ,所述 B'_m 和所述 B_1 ,其获取方法为:

$$[0112] \quad B'_m = \begin{cases} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} B_m, & a_{1z} > 0 \\ B_m, & a_{1z} < 0 \end{cases};$$

[0113] $B_1 = R_{1m'} B'_m$;

[0114] 其中, $R_{1m'}$ 为 B'_m 的坐标系到待检测管道的坐标系的旋转矩阵; a_{1z} 为边缘加速度计在 X_{a1} 轴上采集的数据。

[0115] 其中,由于当边缘加速度计X轴分量为零时,其对应的竖直方向上的磁力计才会被触发并采集,但第二种工作状态下,边缘加速度计可能在竖直方向的最高或最低点,因此需要对此情况下的 B_m 进行预处理得到磁场 B'_m 。

[0116] 作为对本发明的进一步解释,所述 $R_{1m'}$,其获取方法为:

$$[0117] \quad R_{1m'} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & \sin(\theta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) \end{bmatrix}。$$

[0118] 作为对本发明的进一步解释,基于所述磁力计7获取磁力计数据,并进行数据校正,其方法为:

[0119] 基于提前采集的所述球壳1的无规则旋转磁场数据进行基于椭球拟合的磁力计阵列标定,得到标定参数;结合标定后的参数对所述磁力计数据进行矫正。

[0120] 上述实施例中虽然将各个步骤按照上述先后次序的方式进行了描述,但是本领域

技术人员可以理解,为了实现本实施例的效果,不同的步骤之间不必按照这样的次序执行,其可以同时(并行)执行或以颠倒的次序执行,这些简单的变化都在本发明的保护范围之内。

[0121] 本发明第三实施例,提出了一种管道移位变形快速检测系统,基于一种管道移位变形快速检测方法,该系统包括:

[0122] 坐标系构建模块,其配置为构建待检测管道的坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 、球壳1的坐标系 $O_2-X_2Y_2Z_2$ 、边缘加速度计阵列11的坐标系 $O_{a1}-X_{a1}Y_{a1}Z_{a1}$ 、姿态加速度计13的坐标系为 $O_{a2}-X_{a2}Y_{a2}Z_{a2}$ 和磁力计阵列10的坐标系 $O_{m(n)}-X_{m(n)}Y_{m(n)}Z_{m(n)}$;

[0123] 磁力数据处理模块,其配置为基于所述磁力计阵列10获取磁力数据,并进行数据校正;校正后进行数据处理,处理过的数据为磁力计阵列10的坐标系下的磁场 B_m ;其中,对校正后的数据进行数据处理包括去除数据的扰动和噪声;

[0124] 加速度数据处理模块,其配置为根据姿态加速度计13获取姿态加速度数据,并进行数据处理;基于处理后的姿态加速度数据得到球壳1的旋转姿态角 α ,并结合所述球壳1的旋转圈数计算得到所述球壳1的行进里程;基于摄像模组12采集的图像数据校准所述行进里程;其中,对姿态加速度数据进行数据处理包括零相位滤波、去偏置、单圈识别和归一化;

[0125] 磁场转换模块,其配置为将所述 B_m 进行预处理,得到 B'_m ,将所述 B'_m 转换为 B_1 ;所述 B_1 为待检测管道的坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 下的平动磁场;

[0126] 等高线设置模块,其配置为在所述磁力计阵列10所覆盖的空间中预设等高线;提取所述磁力计阵列10内各磁力计经过所述等高线时的所述 B_1 ,并结合所述行进里程,将多个所述 B_1 整合为空间坐标上的管道内各等高线上磁场 B_c ;

[0127] 结果判断模块,其配置为判断本次采集的待检测管道5内各提取点的所述 B_c 是否存在历史数据;

[0128] 若是,则将本次测量的所述 B_c 与历史数据进行比对,将不一致的所述 B_c 对应的提取点所在的管道位置作为变形位置;

[0129] 若否,则将本次测量的所述 B_c 的局部区段的值与临近区段的值进行比对,将不一致的所述 B_c 区段中点对应的提取点所在的管道位置作为变形位置;其中,局部区段为同一高度上临近的长度为预设的个点的区间段;临近区段为同一行进里程位置但不同高度的数据区间段。

[0130] 所属技术领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统的具体工作过程及有关说明,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0131] 需要说明的是,上述实施例提供了一种管道移位变形快速检测系统,仅以上述各功能模块的划分进行举例说明,在实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能模块来完成,即将本发明实施例中的模块或者步骤再分解或者组合,例如,上述实施例的模块可以合并为一个模块,也可以进一步拆分成多个子模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。对于本发明实施例中涉及的模块、步骤的名称,仅仅是为了区分各个模块或者步骤,不视为对本发明的不当限定。

[0132] 本发明第四实施例的一种电子设备,包括:

[0133] 至少一个处理器;以及

[0134] 与至少一个所述处理器通信连接的存储器;其中,

[0135] 所述存储器存储有可被所述处理器执行的指令,所述指令用于被所述处理器执行以实现上述的一种管道移位变形快速检测方法。

[0136] 本发明第五实施例的一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机指令,所述计算机指令用于被所述计算机执行以实现上述的一种管道移位变形快速检测方法。

[0137] 所属技术领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的存储装置、处理装置的具体工作过程及有关说明,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0138] 本领域技术人员应该能够意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的模块、方法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,软件模块、方法步骤对应的程序可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。为了清楚地说明电子硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以电子硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。本领域技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0139] 下面参考图9,其示出了用于实现本申请方法、系统、设备实施例的服务器的计算机系统的结构示意图。图9示出的服务器仅仅是一个示例,不对本申请实施例的功能和使用范围带来任何限制。

[0140] 如图9所示,计算机系统包括中央处理单元(CPU,Central Processing Unit)901,其可以根据存储在只读存储器(ROM,Read Only Memory)902中的程序或者从存储部分908加载到随机访问存储器(RAM,Random Access Memory)903中的程序而执行各种适当的动作和处理。在RAM 903中,还存储有系统操作所需的各种程序和数据。CPU 901、ROM 902以及RAM 903通过总线904彼此相连。输入/输出(I/O,Input/Output)接口905也连接至总线904。

[0141] 以下部件连接至I/O接口905:包括键盘、鼠标等的输入部分906;包括诸如阴极射线管(CRT,Cathode Ray Tube)、液晶显示器(LCD,Liquid Crystal Display)等以及扬声器等的输出部分907;包括硬盘等的存储部分908;以及包括诸如LAN(局域网,Local Area Network)卡、调制解调器等网络接口卡的通信部分909。通信部分909经由诸如因特网的网络执行通信处理。驱动器910也根据需要连接至I/O接口905。可拆卸介质911,诸如磁盘、光盘、磁光盘、半导体存储器等等,根据需要安装在驱动器910上,以便于从其上读出的计算机程序根据需要被安装入存储部分908。

[0142] 特别地,根据本公开的实施例,上文参考流程图描述的过程可以被实现为计算机软件程序。例如,本公开的实施例包括一种计算机程序产品,其包括承载在计算机可读介质上的计算机程序,该计算机程序包含用于执行流程图所示的方法的程序代码。在这样的实施例中,该计算机程序可以通过通信部分909从网络上被下载和安装,和/或从可拆卸介质911被安装。在该计算机程序被中央处理单元(CPU)901执行时,执行本申请的方法中限定的上述功能。需要说明的是,本申请上述的计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质或者是上述两者的任意组合。计算机可读存储介质例如可以是一但不限于——电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件,或者任意以上的组合。

计算机可读存储介质的更具体的例子可以包括但不限于：具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机访问存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、可擦式可编程只读存储器 (EPROM或闪存)、光纤、便携式紧凑磁盘只读存储器 (CD-ROM)、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本申请中，计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质，该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。而在本申请中，计算机可读的信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号，其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式，包括但不限于电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读的信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质，该计算机可读介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输，包括但不限于：无线、电线、光缆、RF等等，或者上述的任意合适的组合。

[0143] 可以以一种或多种程序设计语言或其组合来编写用于执行本申请的操作的计算机程序代码，上述程序设计语言包括面向对象的程序设计语言—诸如Java、Smalltalk、C++，还包括常规的过程式程序设计语言—诸如“C”语言或类似的设计语言。程序代码可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中，远程计算机可以通过任意种类的网络——包括局域网 (LAN) 或广域网 (WAN) 一连接到用户计算机，或者，可以连接到外部计算机 (例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。

[0144] 附图中的流程图和框图，图示了按照本申请各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分，该模块、程序段、或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0145] 术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不是用于描述或表示特定的顺序或先后次序。

[0146] 术语“包括”或者任何其它类似用语旨在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备/装置不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其它要素，或者还包括这些过程、方法、物品或者设备/装置所固有的要素。

[0147] 至此，已经结合附图所示的优选实施方式描述了本发明的技术方案，但是，本领域技术人员容易理解的是，本发明的保护范围显然不局限于这些具体实施方式。在不偏离本发明的原理的前提下，本领域技术人员可以对相关技术特征做出等同的更改或替换，这些更改或替换之后的技术方案都将落入本发明的保护范围之内。

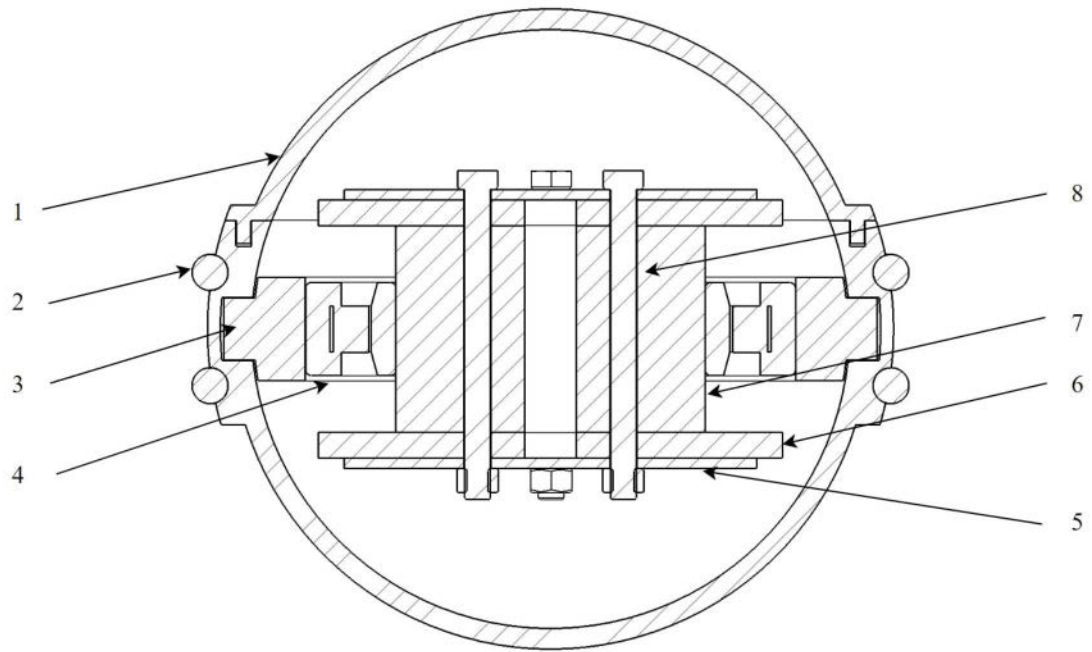


图1

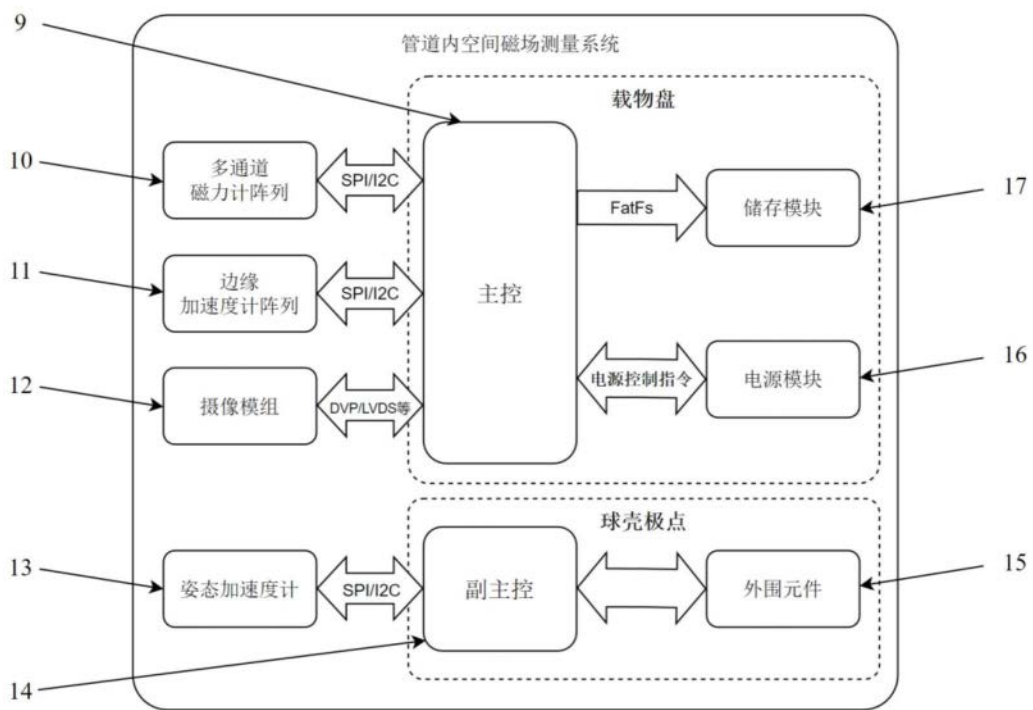


图2

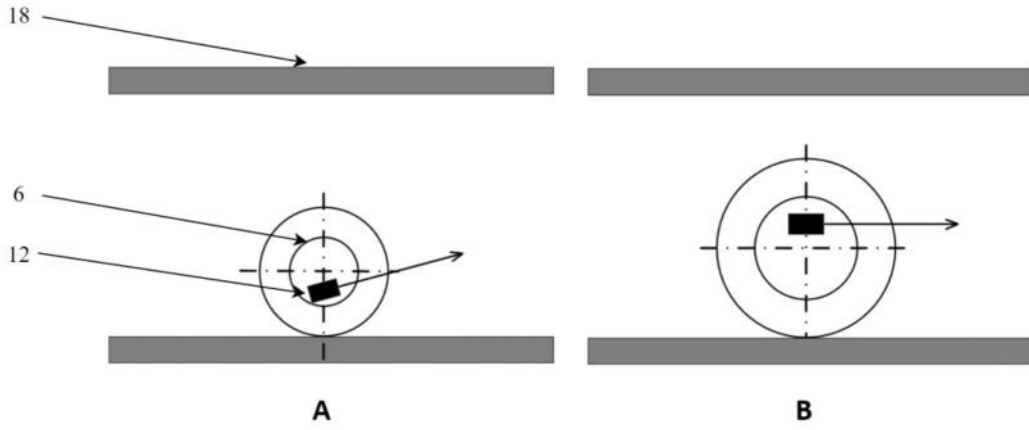


图3

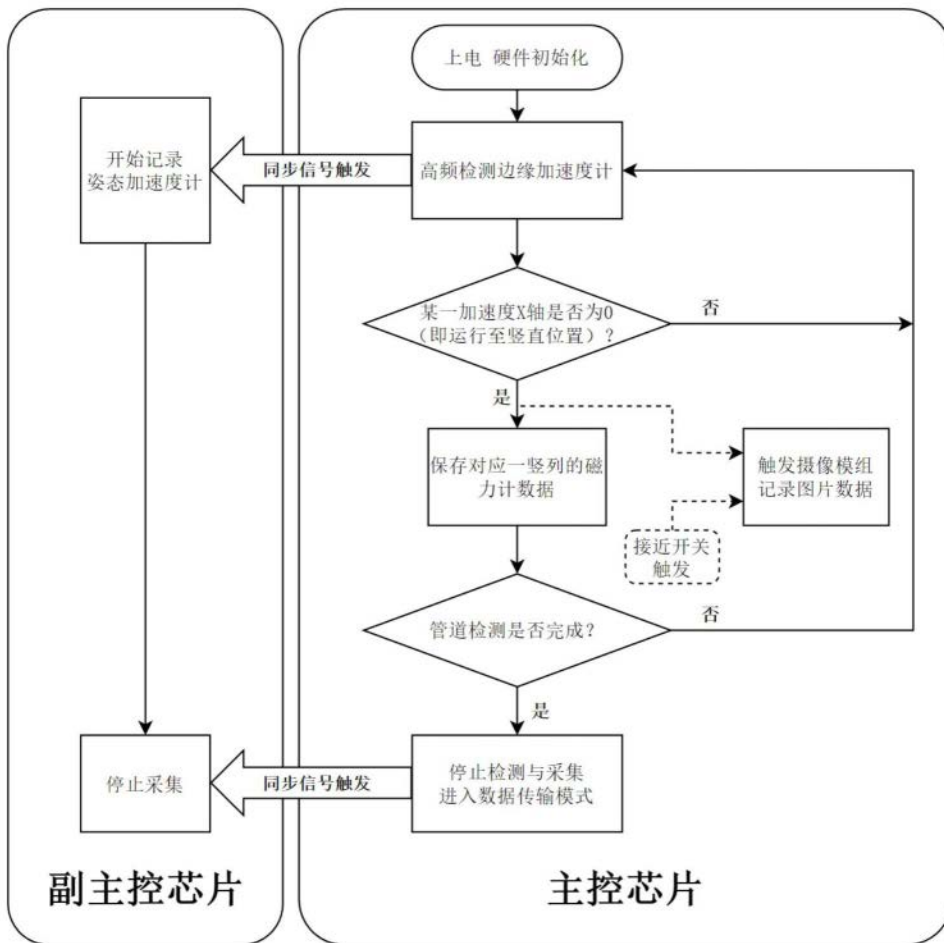


图4

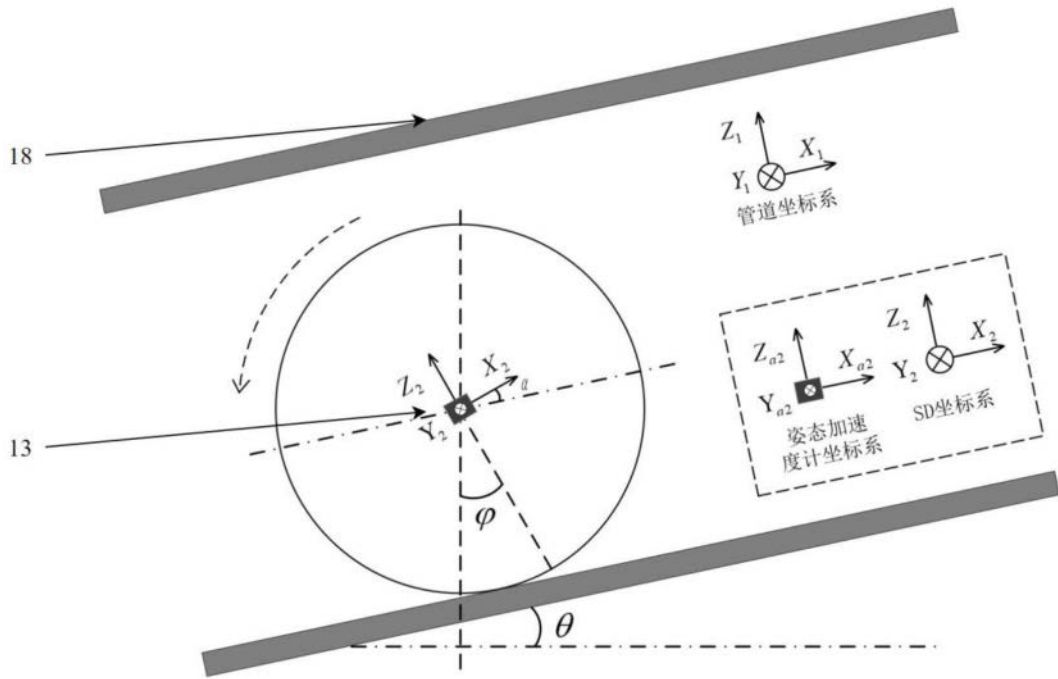


图5

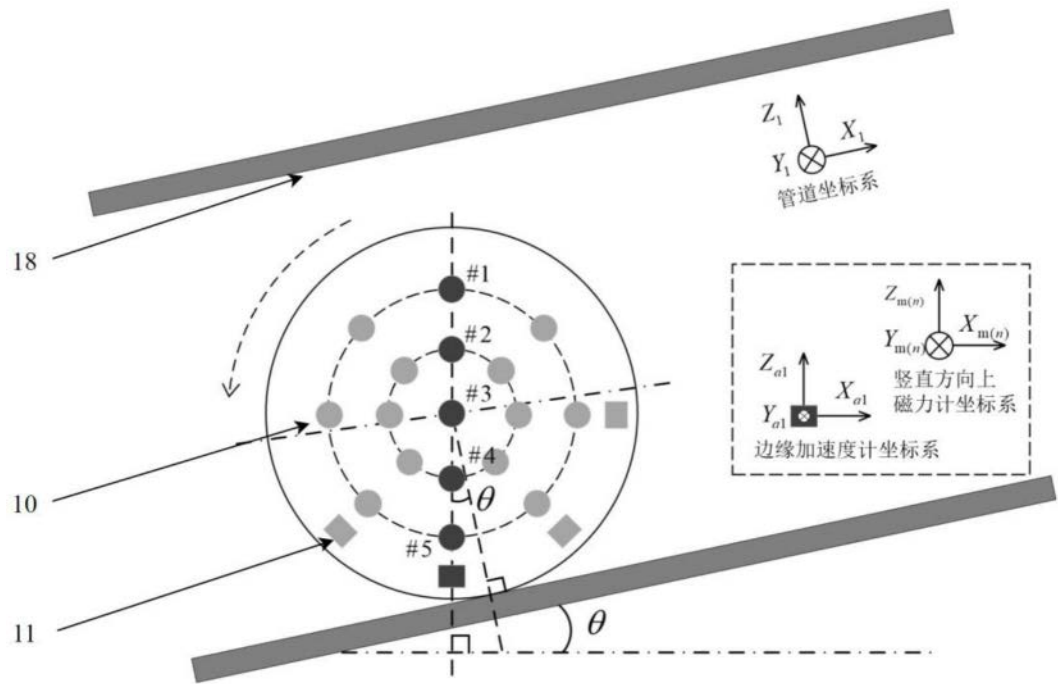


图6



图7

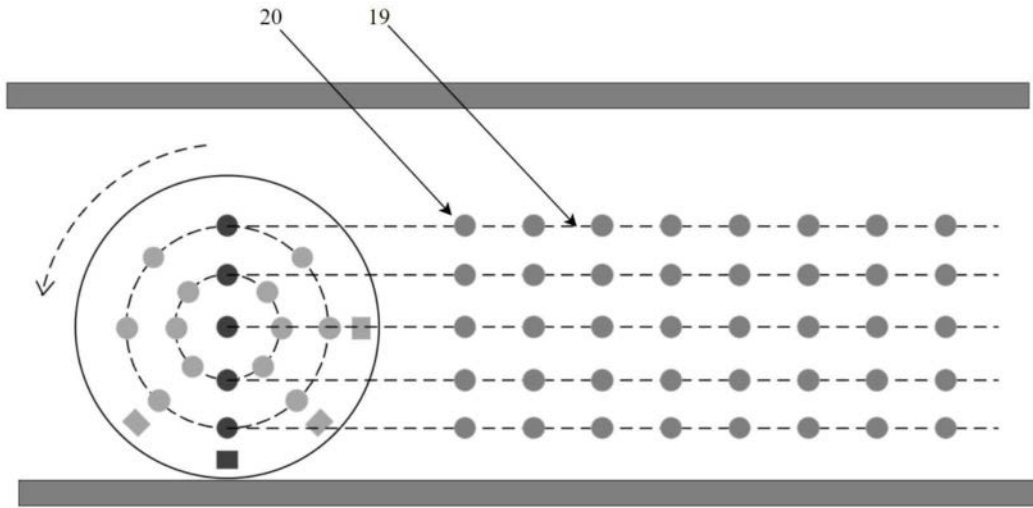


图8

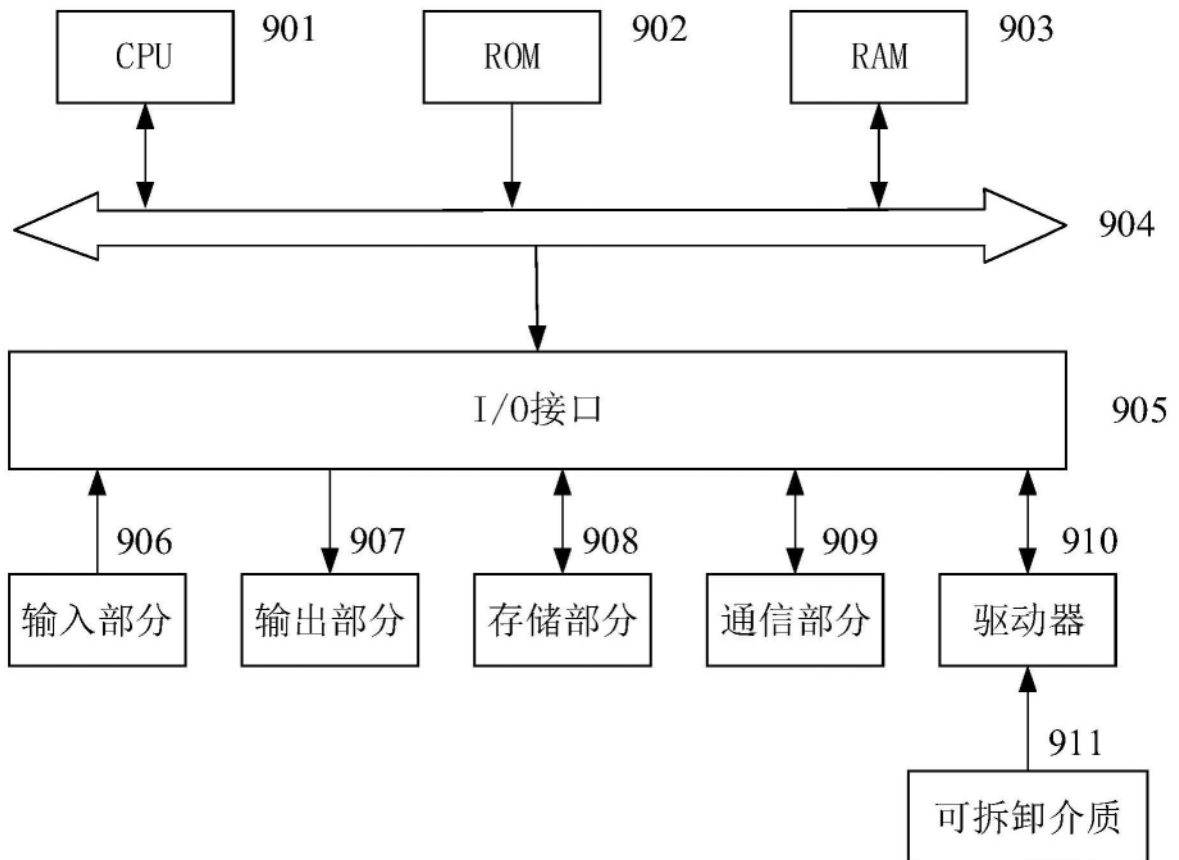


图9