



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111624552 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 30

(21) 申请号 202010439415.4

(22) 申请日 2020.05.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111624552 A

(43) 申请公布日 2020.09.04

(73) 专利权人 中国地质大学(武汉)
地址 430000 湖北省武汉市洪山区鲁磨路
388号

(72) 发明人 李志华 鲁晗

(74) 专利代理机构 武汉知产时代知识产权代理
有限公司 42238
专利代理师 曹雄

(51) Int. Cl.

G01S 5/18 (2006.01)

G01S 5/30 (2006.01)

G01C 21/16 (2006.01)

G01C 21/18 (2006.01)

G01S 19/24 (2010.01)

G01S 19/42 (2010.01)

(56) 对比文件

CN 108955675 A, 2018.12.07

CN 110006433 A, 2019.07.12

CN 109324330 A, 2019.02.12

CN 104235618 A, 2014.12.24

CN 106767793 A, 2017.05.31

JP 2011163932 A, 2011.08.25

US 2013107668 A1, 2013.05.02

WO 2015094015 A1, 2015.06.25

US 2007100550 A1, 2007.05.03

EP 3203185 A1, 2017.08.09

杨理践等.组合导航系统在管道地理位置测量中的应用.《沈阳工业大学学报》.2006,第28卷(第04期),全文.

郝永梅等.基于广义概念的城市燃气管道泄漏精确定位.《工业安全与环保》.2016,第42卷(第01期),全文. (续)

审查员 许铃健

权利要求书2页 说明书7页 附图3页

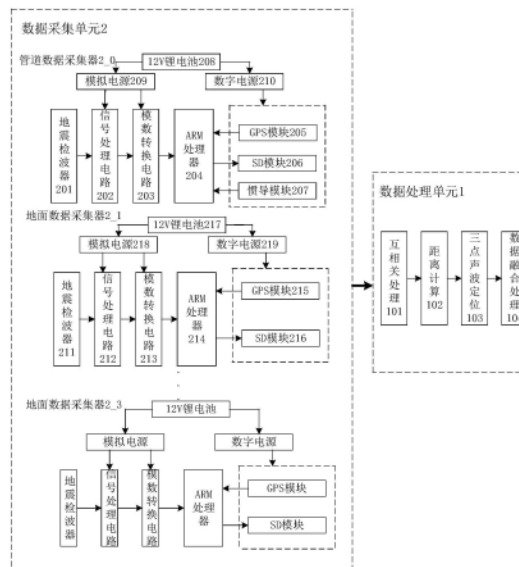
(54) 发明名称

一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统及方法,首先,利用数据采集器收集声波信号。其次,利用数据处理器对声波信号进行处理,包括:将管道、地面数据采集器接收到的声波信号进行互相关处理,得到声波信号的渡越时间,并结合声波传播速度来确定管道数据采集器的位置;然后,将声学定位法测得的管道数据采集器位置和依据惯导数据解算得到的位置信息采用卡尔曼滤波的方法完成数据融合,得到校正后的采集器位置;本发明结合使用捷联式惯性导航和声波探测两种技术对地下管道进行定位,采用基于声波渡越时间测量来校正管道系统测量结果,以弥补捷联式惯性导航系统

探测法会随时间积累误差的不足。



CN 111624552 B

[转续页]

[接上页]

(56) 对比文件

韩德忠等.高精度超短基线GAPS在水下定位中的应用.《港工技术》.2009,第46卷全文.

杨理践等.基于容积卡尔曼平滑滤波的管道缺陷定位技术.《传感技术学报》.2015,第28卷(第04期),全文.

吴晓庆等.基于互相关理论的时差法超声波流量检测系统.《上海计量测试》.2006,(第02期),全文.

任魁杰等.油气管道在线检测技术研究综述.《中国石油和化工标准与质量》.2012,第32卷(第1期),全文.

李志华等.水下三维声纳目标在线运动监测与识别.《船舶力学》.2015,第19卷(第10期),全

文.

Peyman Kor et al..Modeling of asphaltene particle deposition from turbulent oil flow in tubing: Model validation and a parametric study.《Advancing Research Evolving Science》.2016,全文.

Hongwei Li et al..Study of Underground River Tracing System Based on SINS.《Proceedings of the 37th Chinese Control Conference》.2018,全文.

Zhang Tao et al..Underwater Positioning Algorithm Based on SINS/LBL Integrated System.《IEEE Access》.2018,全文.

1. 一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统,其特征在于,包括数据采集器和数据处理器,其中,所述数据采集器包括:

管道数据采集器,其置于位于地下的管道中,并以速度 v_1 沿着管道运动;所述管道数据采集器用于采集第一声波数据;

n_2 个位于管道附近且置于地面,用于采集第二声波数据的地面数据采集器; n_2 大于等于3;

当用锤击装置锤击地面产生声波信号后,由地面、管道数据采集器进行第一、二声波数据的采集,而其中,采集到的声波数据将传输到数据处理器,由所述数据处理器:

首先,对第一、二声波数据进行接收;

其次,对接收到的第一、二声波数据进行互相关处理,得到声波的渡越时间;

其次,根据所述声波的渡越时间和声波的传播速度,计算管道数据采集器到每个地面数据采集器之间的距离 $r_1, \dots, r_i, i = n_2$;

其次,依据前述计算到的距离数据 r_1, \dots, r_i 和每个地面数据采集器所处的位置信息,通过多点声波定位法进行管道数据采集器的初始定位;

最后,将由多点声波定位法定位到的管道数据采集器位置信息,与采用使用捷联式惯性导航依据惯导数据计算得到的管道数据采集器位置信息,进行数据融合处理,完成对地下管道的最终定位;其中,所述捷联式惯性导航包括了三轴陀螺仪和三轴加速度计;所述捷联式惯性导航安装在管道数据采集器上,用于采集管道数据采集器的惯导数据,所述惯导数据包括测量到的陀螺仪数据和加速度计数据,通过所述陀螺仪数据和加速度计数据反映管道数据采集器的运动情况。

2. 根据权利要求1所述的地下管道定位系统,其特征在于,所述数据处理器包括互相关处理装置、距离计算模块、初始定位模块和数据融合模块,其中:

所述互相关处理装置,用于对第一及二声波数据进行接收及互相关处理,得到声波的渡越时间;

所述距离计算模块,用于根据所述声波的渡越时间和声波的传播速度,计算得到管道数据采集器到每个地面数据采集器之间的距离 $r_1, \dots, r_i, i = n_2$;

所述初始定位模块,用于根据距离参数 r_1, \dots, r_i 和已知的 n_2 个地面数据采集器所处的位置,进行管道数据采集器的初始定位;

所述数据融合模块,用于对初始定位模块定位到的管道数据采集器的位置信息,与采用使用捷联式惯性导航依据惯导数据计算得到的管道数据采集器位置信息,进行卡尔曼滤波处理,通过校正陀螺仪数据随时间的累积误差,实现对地下管道的最终定位。

3. 根据权利要求2所述的地下管道定位系统,其特征在于,所述地下管道定位系统包括三个地面数据采集器,在得到管道数据采集器与三个地面数据采集器之间的距离 r_1, r_2, r_3 后,建立坐标系,通过三点声波定位法,得到管道数据采集器的初始定位信息。

4. 根据权利要求1所述的地下管道定位系统,其特征在于,所述管道、地面数据采集器均包括依次电性连接的检波器、信号处理模块、模数转换模块、ARM处理器和GPS模块;其中:

由所述ARM处理器控制管道、地面数据采集器的正常运行;

当所述检波器检测到的声波信号后,依次经过信号处理模块、模数转换模块进行放大和模数转换后,由GPS模块提供经纬度信息以及系统时间信息,保证管道、地面数据采集器

对声波信号的同步采集。

5. 根据权利要求4所述的地下管道定位系统,其特征在於,为了对采集到的声波、惯导数据进行实时存储,所述管道、地面数据采集器中还设有数据存储模块;

对于声波数据的存储,在由GPS模块授时同步采集到声波信号后,对所述声波信号进行放大、滤波和模数转换后,存储到数据存储模块;

对于惯导数据的存储,在由惯导模块采集到惯导数据后,将通过串口传输惯导数据到ARM处理器,由所述ARM处理器将惯导数据存储到数据存储模块。

6. 根据权利要求5所述的地下管道定位系统,其特征在於,所述数据存储模块包括SD卡和数据库存储区,所述数据库存储区用于存储简易数据库。

7. 根据权利要求4所述的地下管道定位系统,其特征在於,所述信号处理模块采用程控放大器PGA281,实现对声波信号的放大;

放大倍数包括1倍、2倍、4倍、8倍、16倍和32倍。

8. 根据权利要求4所述的地下管道定位系统,其特征在於,所述模数转换模块采用 $\Sigma-\Delta$ 型模数转换芯片ADS127,实现对信号的滤波处理。

9. 一种利用如权利要求1-8所述的任一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统实现地下管道定位方法,其特征在於,包括以下步骤:

S1、用锤击装置锤击地面产生声波信号后,由地面、管道数据采集器进行第一、二声波数据的采集;

S2、将采集到的声波数据传输到数据处理器,由所述数据处理器对第一、二声波数据进行接收;

S3、通过互相关处理装置对接收到的第一、二声波数据进行互相关处理,得到声波的渡越时间;

S4、通过距离计算模块根据所述声波的渡越时间和声波的传播速度,计算管道数据采集器到每个地面数据采集器之间的距离 $r_1, \dots, r_i, i = n_2, n_2$ 为地面数据采集器的数量;

S5、通过初始定位模块依据前述计算到的距离数据 r_1, \dots, r_i 和每个地面数据采集器所处的位置信息,通过多点声波定位法进行管道数据采集器的初始定位;

S6、基于由多点声波定位法定位到的管道数据采集器位置信息,以及通过捷联式惯性导航依据惯导数据计算得到的管道数据采集器位置信息,通过数据融合模块进行卡尔曼滤波处理,通过校正陀螺仪数据随时间的累积误差,实现对地下管道的最终定位。

10. 根据权利要求9所述的地下管道定位方法,其特征在於,采用三个地面数据采集器,步骤S4中,在得到管道数据采集器与三个地面数据采集器之间的距离 r_1, r_2, r_3 后,建立坐标系,通过三点声波定位法,得到管道数据采集器的初始定位信息;

步骤S6中,所述通过捷联式惯性导航依据惯导数据计算得到的管道数据采集器位置信息,包括以下步骤:

首先,获取惯导数据,根据陀螺仪测得的管道数据采集器的角速度信息进行姿态矩阵的计算;

然后,依据姿态矩阵结算得到的姿态信息和加速度计数据进行比力坐标变换,得到管道数据采集器在地球坐标系下的速度信息V;

最后,对速度信息V进行导航解算,得到管道数据采集器的位置信息。

一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于导航领域,具体涉及一种结合使用捷联式惯性导航和声波探测两种技术的地下管道定位系统及方法。

背景技术

[0002] 地下管道是城市重要基础设施,它就像是一根根血管把整个城市连接起来,给城市传输能量与信息,是城市能健康运行的重要保证。地下管网是城市重要基础设施同时,在城市规划、建设和管理的过程中,地下管道的准确定位是地下管道安全运行的保障。对地下管道进行精确定位,不仅能提高城市基础设施建设的效率,还能避免地下管道因开挖而破裂的事故的发生,避免无意义的经济损失,因而对地下管道进行定位具有重要的意义。

[0003] 而现在比较成熟的方法有示踪线探测法、频域电磁法、电磁波法,这些方法存在精度和探测效率方面的不足。近些年来捷联式惯性导航系统探测法得到发展,但其存在长时间积累误差问题。为了校正捷联式惯性导航系统探测法的长时间积累误差问题,本发明结合捷联式惯性导航系统探测法,采用基于声波渡越时间测量来校正管道系统测量结果,以弥补捷联式惯性导航系统探测法长时间积累误差的的不足。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术存在长时间积累误差的缺陷,提供一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统及方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统,包括数据采集器和数据处理器,其中,所述数据采集器包括:

[0006] 管道数据采集器,其置于位于地下的管道中,并以速度 v_1 沿着管道运动;所述管道数据采集器用于采集第一声波数据;

[0007] n_2 个位于管道附近且置于地面,用于采集第二声波数据的地面数据采集器; n_2 大于等于3;

[0008] 当用锤击装置锤击地面产生声波信号后,由地面、管道数据采集器进行第一、二声波数据的采集,而其中,采集到的声波数据将传输到数据处理器,由所述数据处理器:

[0009] 首先,对第一、二声波数据进行接收;

[0010] 其次,对接收到的第一、二声波数据进行互相关处理,得到声波的渡越时间;

[0011] 其次,根据所述声波的渡越时间和声波的传播速度,计算管道数据采集器到每个地面数据采集器之间的距离 $r_1、\dots、r_i, i=n_2$;

[0012] 其次,依据前述计算到的距离数据 $r_1、\dots、r_i$ 和每个地面数据采集器所处的位置信息,通过多点声波定位法进行管道数据采集器的初始定位;

[0013] 最后,将由多点声波定位法定位到的管道数据采集器位置信息,与采用使用捷联式惯性导航依据惯导数据计算得到的管道数据采集器位置信息,进行数据融合处理,完成对地下管道的最终定位;其中,所述捷联式惯性导航包括了三轴陀螺仪和三轴加速度计;所

述捷联式惯性导航安装在管道数据采集器上,用于采集管道数据采集器的惯导数据,所述惯导数据包括测量到的陀螺仪数据和加速度计数据,通过所述陀螺仪数据和加速度计数据反映管道数据采集器的运动情况。

[0014] 本发明公开的一种利用上述一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统实现地下管道定位方法,包括以下步骤:

[0015] S1、用锤击装置锤击地面产生声波信号后,由地面、管道数据采集器进行第一、二声波数据的采集;

[0016] S2、将采集到的声波数据传输到数据处理器,由所述数据处理器对第一、二声波数据进行接收;

[0017] S3、通过互相关处理装置对接收到的第一、二声波数据进行互相关处理,得到声波的渡越时间;

[0018] S4、通过距离计算模块根据所述声波的渡越时间和声波的传播速度,计算管道数据采集器到每个地面数据采集器之间的距离 $r_1、\dots、r_i, i=1,2,\dots,n_2$; n_2 为地面数据采集器的数量;

[0019] S5、通过初始定位模块依据前述计算到的距离数据 $r_1、\dots、r_i$ 和每个地面数据采集器所处的位置信息,通过多点声波定位法进行管道数据采集器的初始定位;

[0020] S6、基于由多点声波定位法定位到的管道数据采集器位置信息,以及通过捷联式惯性导航依据惯导数据计算得到的管道数据采集器位置信息,通过数据融合模块进行卡尔曼滤波处理,通过校正陀螺仪数据随时间的累积误差,实现对地下管道的最终定位。

[0021] 实施本发明的一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统及方法,具有以下有益效果:

[0022] 1、能够校正陀螺仪随时间积累的误差,提高测量精度;

[0023] 2、采用互相关处理方法完成声波渡越时间的计算,降低了外部噪声对系统测量精度的影响;

[0024] 3、采用了 $\Sigma-\Delta$ 型模数转换芯片ADS1271,用数字滤波代替传统的大量模拟滤波电路,上述的数字化设计方法有效避免了模拟器件的温漂和噪声影响,大幅度提高了信噪比和系统动态范围;

[0025] 4、采用可调增益放大器,探测器根据自己测量的声波信号幅值智能调节信号增益。

附图说明

[0026] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0027] 图1是地下管道定位系统的系统结构图;

[0028] 图2是地下管道定位系统的工作原理图;

[0029] 图3是数据采集器的工作流程图;

[0030] 图4是下管道定位系统的工作流程图。

[0031] 图中:1:数据处理单元;101:互相关处理模块;102:距离计算模块;103:三点声波定位模块;104:数据融合处理模块;2:数据采集单元;2_0:管道数据采集器;2_1-2_3:地面数据采集器;201、211:地震检波器;202、212:信号处理电路;203、213:模数转换电路;204、214:ARM处理器;205、215:GPS模块;206、216:SD模块;207:惯导模块;208、217:12V锂电池;

209、218:模拟电源;210、219:数字电源。

具体实施方式

[0032] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0033] 实施例1:

[0034] 请参考图1,其为地下管道定位系统的系统结构图,本发明公开的一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统,在硬件结构设计方面包括数据采集器(即数据采集单元2)和数据处理器(即数据处理单元1);所述数据采集器2包括管道数据采集器2_0和多个地面数据采集器2_1-2_3(本实施例中,采用3个地面数据采集器),其中:

[0035] 管道数据采集器2_0置于位于地下的管道中,并以速度 v_1 沿着管道运动;3个地面数据采集器2_1-2_3均位于管道附近且置于地面。

[0036] 上述两类数据采集器均通过12V锂电池208、217进行供电,其中,模拟信号处理部分,由电池通过模拟电源209、218连接到采集器中的模拟信号处理部分;数字信号处理部分由电池通过数字电源210、219连接到采集器中的数字信号处理部分。

[0037] 上述两类数据采集器的作用分别为:

[0038] 所述管道数据采集器2_0用于采集第一声波数据,所述管道数据采集器2_0上设置捷联式惯性导航(即惯导模块207)用于采集管道数据采集器2_0的惯导数据;

[0039] 所述地面数据采集器用于采集第二声波数据。

[0040] 上述两类数据采集器内部的结构基本一致,以管道数据采集器2_0的标号为例,两类数据采集器均包括依次电性连接的检波器201(即图1所示的地震检波器)、信号处理模块202(即图1所示的信号处理电路)、模数转换模块203(即图1所示的模数转换电路)、ARM处理器204和GPS模块205;其中:

[0041] 由所述ARM处理器204、214分别控制管道、地面数据采集器2_0-2_4的正常运行;

[0042] 当所述检波器201检测到的声波信号后,依次经过信号处理模块202、模数转换模块203进行放大和模数转换后,由GPS模块205提供经纬度信息以及系统时间信息,保证管道数据采集器2_0对声波信号的同步采集。地面数据采集器2_1-2_3采用相同的技术原理,保证管道对声波信号的同步采集。

[0043] 所述管道数据采集器2_0与地面数据采集器2_1-2_3的区别在于,所述管道数据采集器2_0还包括连接到ARM处理器的惯导模块207。

[0044] 当操作人员锤击地面产生声波信号后,由地面、管道数据采集器进行第一、二声波数据的采集,以及通过惯导模块207进行惯导数据的采集(所述惯导模块207即为设置在管道数据采集器上的捷联式惯性导航)。而其中,采集到的声波数据、惯导数据将传输到数据处理器1进行地下管道的初始定位。

[0045] 所述数据处理器1包括互相关处理模块101(即图1所示的互相关处理)、距离计算模块102(即图1所示的距离计算)、三点声波定位模块103(即图1所示的三点声波定位)和数据融合模块104(即图1所示的数据融合处理),所述数据处理器1在接收到声波数据后,执行以下步骤:

[0046] S101、通过互相关处理模块101对接收到的第一、二声波数据进行互相关处理,得

到声波的渡越时间；

[0047] S102、通过距离计算模块102根据所述声波的渡越时间和声波的传播速度，计算管道数据采集器到每个地面数据采集器之间的距离 $r_1、\dots、r_i、i=n_2$ ；其中，所述管道数据采集器到每个地面数据采集器之间的距离的计算，具体是将声波渡越时间乘以声波传播速度。

[0048] S103、通过三点声波定位模块103依据前述计算到的距离数据 $r_1、\dots、r_i$ 和每个地面数据采集器所处的位置信息，通过三点声波定位法进行管道数据采集器的初始定位；具体的，在应用三个地面数据采集器的时候，在得到管道数据采集器与三个地面数据采集器之间的距离 $r_1、r_2、r_3$ 后，以地面数据采集器2_1为坐标原点，以地面数据采集器2_1和地面数据采集器2_2所在直线为x轴，且满足三个地面数据采集器在xoy平面，进一步建立一个平面坐标系，通过三点声波定位法，得到管道数据采集器的初始定位信息。具体的：

[0049] 在已知三个地面数据采集器在坐标系下的坐标位置 $(0,0,0)、(a1,0,0)、(a2,b,0)$ ，以及管道数据采集器到每个地面数据采集器之间的距离 $r_1、r_2、r_3$ ，设管道数据采集器的坐标为 (x,y,z) ，通过以下方程：

$$[0050] \begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 = r1^2 \\ (x - a1)^2 + y^2 + z^2 = r2^2 \\ (x - a2)^2 + (y - b)^2 + z^2 = r3^2 \end{cases}$$

[0051] 计算出管道数据采集器的位置信息。

[0052] S104、通过数据融合模块104将由三点声波定位法定位到的管道数据采集器位置信息，与采用惯导模块依据惯导数据计算得到的管道数据采集器位置信息，进行数据融合处理，完成对地下管道的最终定位。

[0053] 以上便是结合后本发明公开的地下管道定位系统实现地下管道精准定位的实施过程，具体也可参考图2，其为地下管道定位系统的工作原理图，从图中可知：

[0054] 在进行互相关处理的时候，是将管道数据采集器采集到的声波信号分别与每个地面数据采集器采集到的声波信号进行处理，依次得到管道数据采集器与每个地面数据采集器之间的距离，针对每项距离值由三点声波定位模块103通过三点声波定位法，进行管道数据采集器的初始位置定位；

[0055] 当采用使用惯导模块依据惯导数据计算得到的管道数据采集器位置信息的时候，包括以下步骤：

[0056] S201、获取陀螺仪数据，进行姿态矩阵解算，在计算的时候具体是：

[0057] 根据陀螺仪测得的载体的角速度信息进行姿态矩阵结算，得到的姿态矩阵信息；

[0058] S202、获取加速度计数据，依据姿态矩阵解算得到的姿态信息和加速度计数据，进行比力坐标变换，得到管道数据采集器在地球坐标系下的速度信息；

[0059] 步骤S201-S202中，所述陀螺仪数据、加速度计数据分别基于设置在管道数据采集器上的捷联式惯性导航采集得到，所述捷联式惯性导航包括了三轴陀螺仪和三轴加速度计；所述捷联式惯性导航安装在管道数据采集器上，用于采集管道数据采集器的惯导数据，所述惯导数据包括测量到的陀螺仪数据和加速度计数据。当前，通过所述陀螺仪数据和加速度计数据反映管道数据采集器的运动情况。

[0060] S203、对所述管道数据采集器在地球坐标系下的速度信息V进行导航解算，得到管

道数据采集器的位置信息。

[0061] 最终,在依据所述地下定位系统进行管道定位的时候,将使用捷联式惯性导航得到的位置信息,与通过三点声波定位法得到的管道数据采集器位置信息进行融合,例如进行卡尔曼滤波,由于陀螺仪数据测量的是角加速度的大小,随着时间的累积,测得的姿态信息会有较大的偏差。而这又会严重影响捷联式惯性导航测得的位置信息的精度。而通过三点声波定位法得到的管道数据采集器位置信息是不会随着时间产生偏差的。所述卡尔曼滤波具体是融合了导航和三点声波定位两种方法的测量结果而得到的位置信息,这样就能有效减小由于陀螺仪数据随时间的累积误差而导致的捷联式惯性导航测得的位置信息的偏差,得到更加精准的位置信息,实现对地下管道定位。

[0062] 基于实施例1,实施本发明公开的一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统,将捷联式惯导技术与声波渡越时间测量技术相结合,能校正陀螺仪随时间积累的误差,提高测量精度。且,采用互相关方法完成声波渡越时间的计算,降低了外部噪声对系统测量精度的影响。与传统的频域电磁法相比,不会受到金属物品等地底复杂外部环境的影响。

[0063] 实施例2:

[0064] 在实施例1的基础上,为了对采集到的声波、惯导数据进行实时存储,所述管道、地面数据采集器中还设有数据存储模块(即图1所示的SD模块);

[0065] 对于声波数据的存储,在由GPS模块授时同步采集到声波信号后,将其按照一定的文本格式存储到数据存储模块;

[0066] 对于惯导数据的存储,在由惯导模块207采集到惯导数据后,将通过串口传输惯导数据到ARM处理器,由所述ARM处理器将惯导数据存储到数据存储模块。

[0067] 本实施例中,所述数据存储模块包括SD卡和数据库存储区,所述数据库存储区用于存储简易数据库。例如,当本发明公开的地下管道定位系统集成的手机端,以APP或其他应用形式供用户点击使用的时候,即可将所需存储的数据存储到SD卡或云端服务器。当本发明公开的地下管道定位系统集成的PC端,即可在PC端设置数据库存储区,将所需存储的数据存储到简易数据库。

[0068] 基于实施例1,实施本发明公开的一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统,提供了多样的数据存储方式,有效的提高了数据存储能力。

[0069] 实施例3:

[0070] 为了避免了模拟器件的温漂和噪声影响,大幅度提高了信噪比和系统动态范围,基于实施例1或2:

[0071] 一方面,在每个数据采集器中设置的信号处理模块采用程控放大器PGA281及其外围电路,实现对声波信号的放大;其声波信号的放大倍数大小可以根据程序调整,放大倍数包括1倍、2倍、4倍、8倍、16倍和32倍。

[0072] 另一方面,在每个数据采集器中设置的模数转换电路采用 $\Sigma - \Delta$ 型模数转换芯片ADS127及其外围电路,实现声波信号的滤波处理、降低环境噪声的干扰以及实现模拟信号至数字信号的转换。

[0073] 本实施例中,采用数字滤波电路代替传统的模拟滤波电路,有效避免了模拟器件的温漂和噪声影响,大幅度提高了信噪比和系统动态范围。

[0074] 请参考图3,其为数据采集器的工作流程图,基于实施例1-3,本发明声波数据采集

单元2的工作流程包括以下步骤:

[0075] S301:启动两类数据采集器中的GPS模块,读取UTC时间以及当前经纬度信息;其中,基于UTC时间来校准RTC时间,通过设定定时采集时间,实现管道数据采集器与地面数据采集器的同步数据采集;

[0076] S302:启动检波器来采集声波信号,具体的:用地质锤锤击地面,产生声波信号后,两类数据采集器中均采用地震检波器来采集声波信号;

[0077] S303:采用程控放大器PGA281及其外围电路对采集到的声波信号,进行放大处理;其中,放大倍数包括1倍、2倍、4倍、8倍、16倍和32倍,当前每个采集器可以根据采集到的声波信号幅值,进行放大倍数的调节。

[0078] S304:针对放大后的信号,采用 $\Sigma - \Delta$ 型模数转换芯片ADS1271及其外围电路实现地震信号滤波处理,以及模拟信号至数字信号的转换。

[0079] S305:在将模拟信号转换至数字信号后,为防止采集数据丢失,启动SD模块存储采集数据。

[0080] 以上便是数据采集单元2的工作流程,其中,采集到的声波信号依次经过放大、滤波和模数转换后,进一步传输到数据处理单元2进行处理,而,处理到的数据主要包括两个部分:一、惯导数据处理,通过惯导数据位置解算出惯导数据采集器的位置信息;二、声波信号数据处理。具体包括以下步骤(具体请参考图4中虚线框内的实施流程):

[0081] 首先,通过互相关处理模块101进行声波信号的互相关处理,具体的:将地下管道采集器采集到的声波信号与地面数据采集器采集到的声波信号做互相关处理,得到声波的渡越时间;

[0082] 其次,通过距离计算模块102进行管道数据采集器与地面数据采集器之间的距离计算,具体的:基于互相关处理模块101得到的声波渡越时间,结合声波的传播速度,计算出管道数据采集器与每个地面数据采集器之间的距离;

[0083] 其次,通过三点声波定位模块103进行三点声波定位处理,具体的:基于管道数据采集器与三个地面数据采集器之间的距离,建立合适的坐标系,计算得到管道数据采集器的位置;

[0084] 最后,通过数据融合处理模块104,将三点声波定位模块103处理得到的管道数据采集器的位置,与基于惯导数据位置解算得到的位置信息进行卡尔曼滤波处理,得到地下管道位置信息。

[0085] 基于图3-图4,本领域技术人员即可知晓如何利用本发明公开的一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统进行地下管道位置的定位。

[0086] 实施本发明的一种基于声波渡越时间测量的地下管道定位系统及方法,将使用捷联式惯性导航得到的位置信息,与通过三点声波定位法得到的管道数据采集器位置信息进行卡尔曼滤波,能够校正陀螺仪随时间积累的误差,提高测量精度;在进行声波数据处理的时候,采用互相关处理方法完成渡越时间的计算,降低了外部噪声对系统测量精度的影响;且本发明采用数字滤波代替传统的大量模拟滤波电路,有效避免了模拟器件的温漂和噪声影响,大幅度提高了信噪比和系统动态范围;其中,采用可调增益放大器,探测器根据自己测量的声波信号幅值智能调节信号增益。

[0087] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体

实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,这些均属于本发明的保护之内。

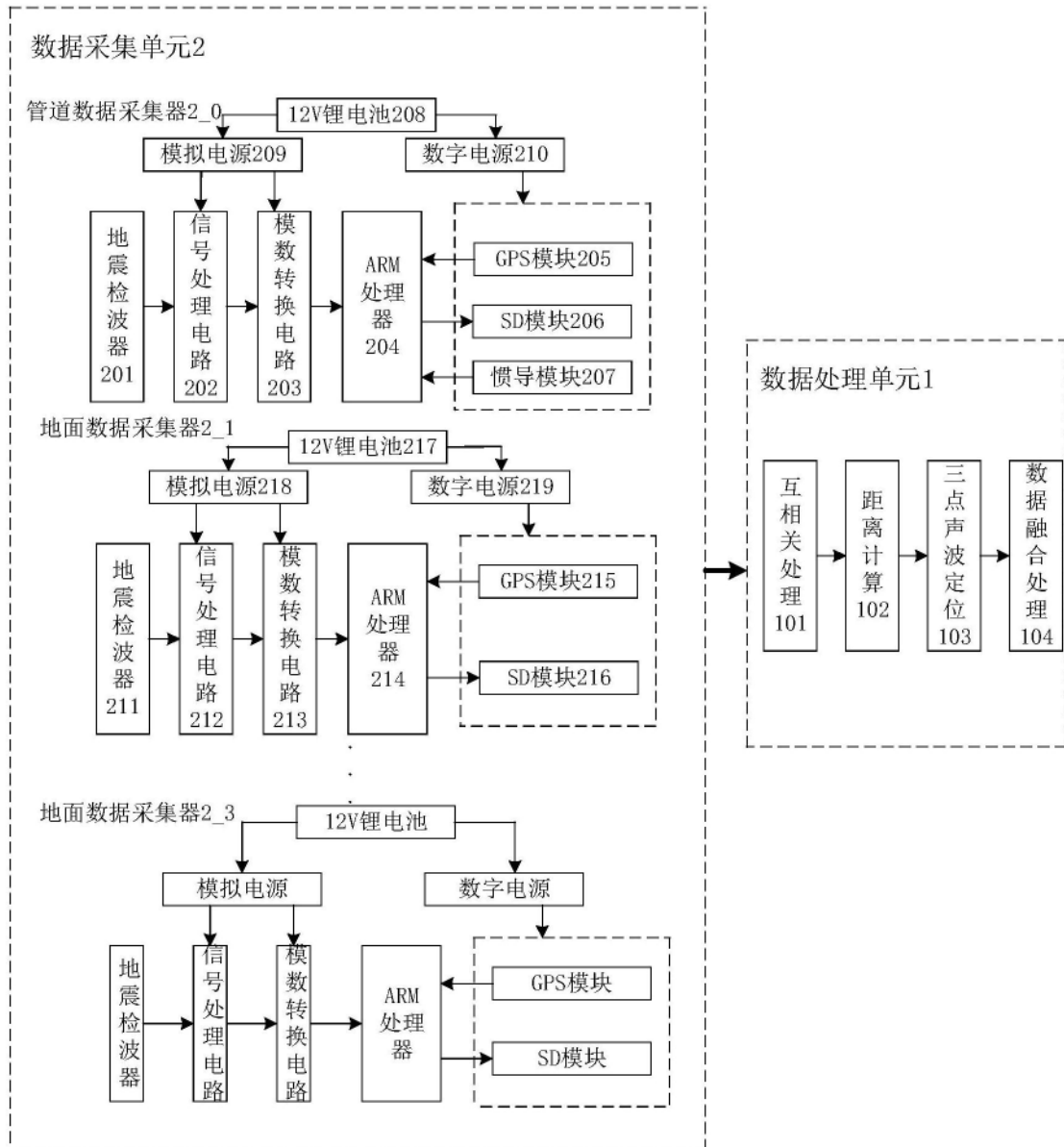


图1

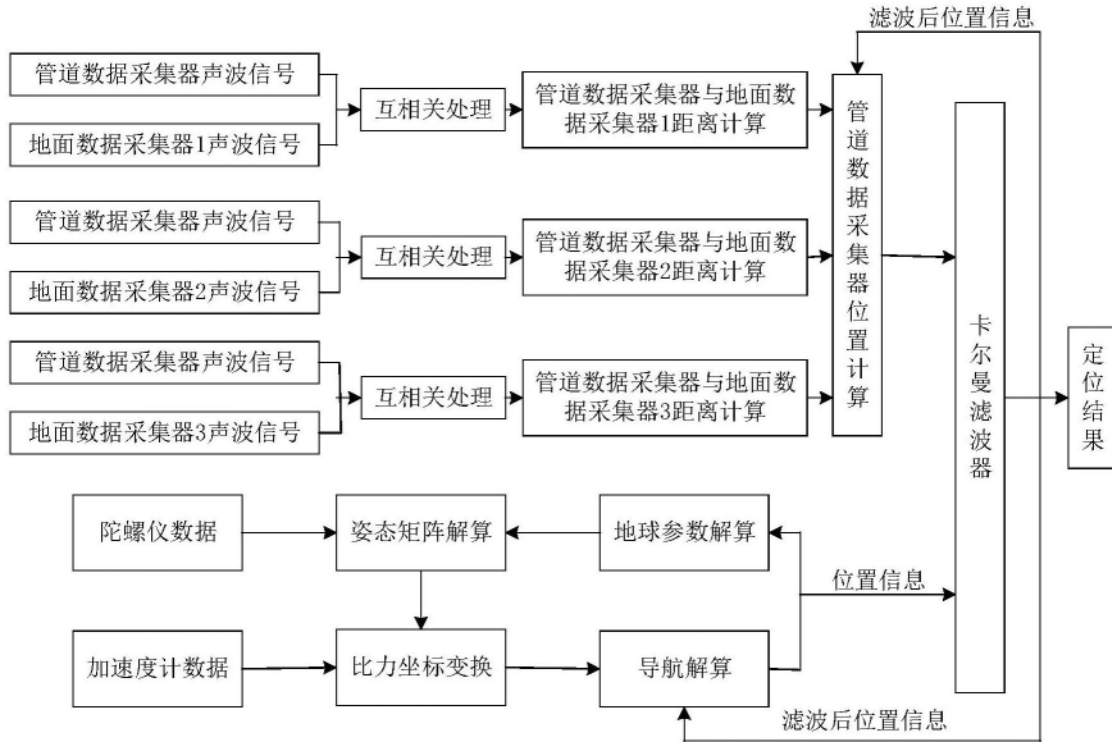


图2

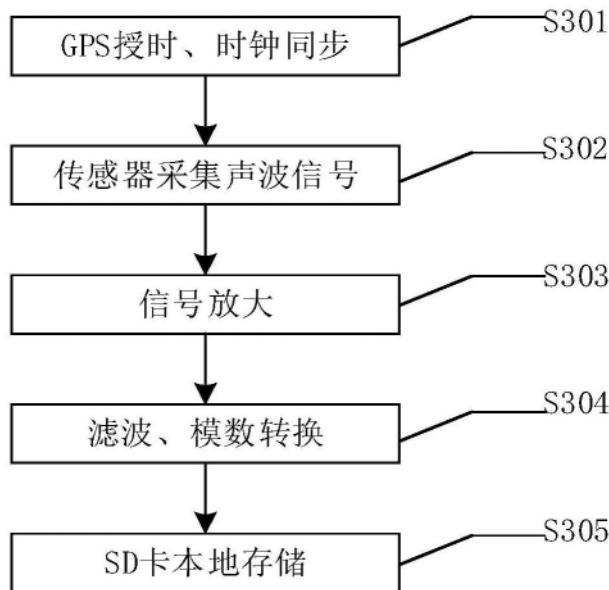


图3

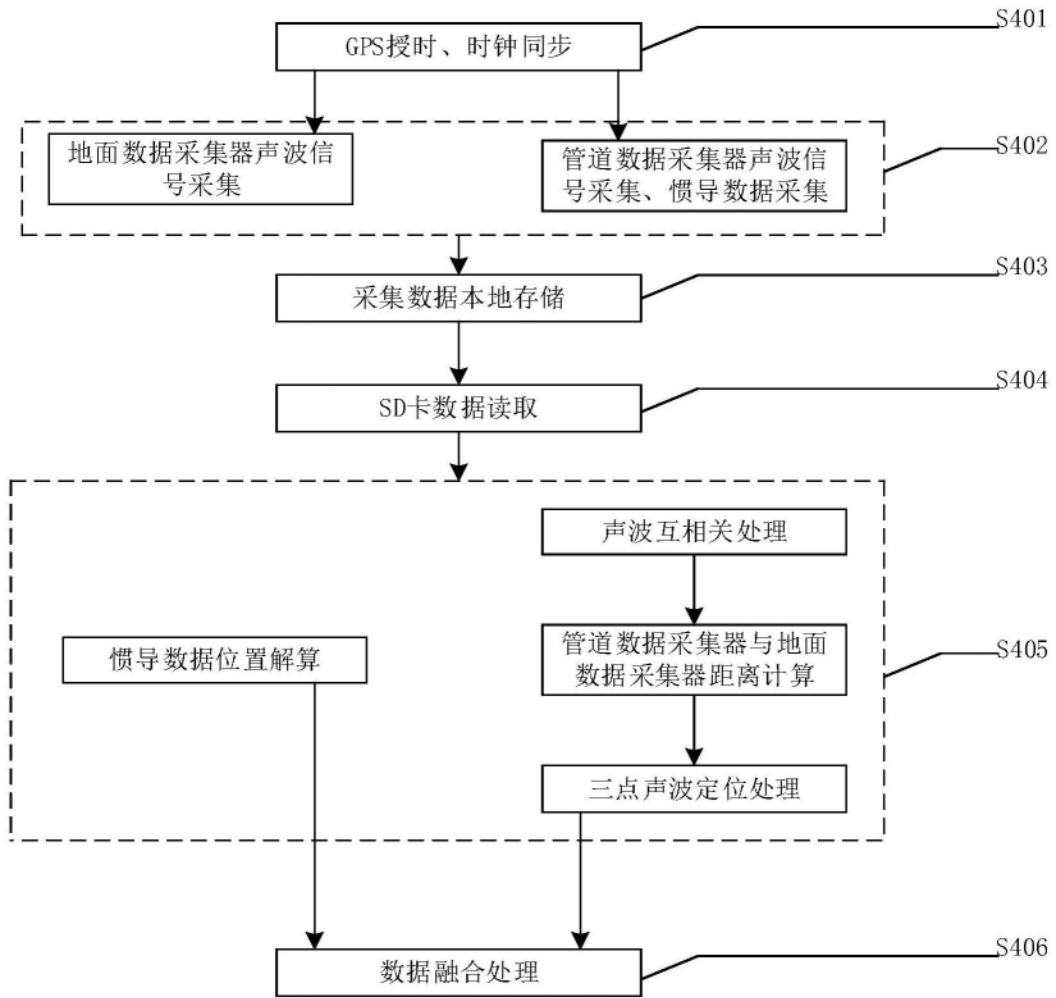


图4