



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204903570 U

(45) 授权公告日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201520642222. 3

(22) 申请日 2015. 08. 24

(73) 专利权人 中国地震局工程力学研究所
地址 150000 黑龙江省哈尔滨市学府路 29 号

(72) 发明人 马新生

(74) 专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11371
代理人 王木兰

(51) Int. Cl.
G01P 21/00(2006. 01)

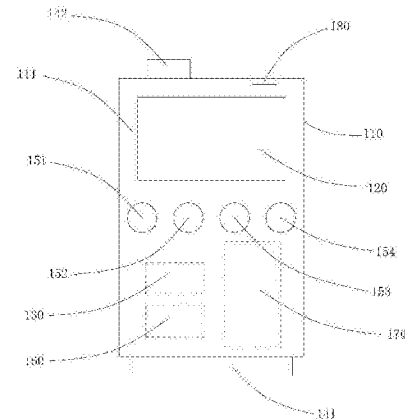
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 实用新型名称

用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置

(57) 摘要

本实用新型提供了一种用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置,属于传感器检测领域。该便携式检测装置包括壳体、显示单元、处理单元和通信单元,显示单元设置于壳体的第一表面,处理单元内置于壳体,显示单元和通信单元分别与处理单元电连接,所述便携式检测装置通过通信单元接收来自力平衡加速度传感器输出的信号,所述信号在经过处理单元处理后由显示单元显示。该便携式检测装置可以直接用于对力平衡加速度传感器进行零位检测和标定,极大地提高了力平衡加速度传感器检测操作的便利性。



1. 一种用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置,其特征在于,包括壳体、显示单元、处理单元和通信单元,所述显示单元设置于所述壳体的第一表面,所述处理单元内置于所述壳体,所述显示单元和所述通信单元分别与所述处理单元电连接,所述便携式检测装置通过所述通信单元接收来自所述力平衡加速度传感器输出的信号,所述信号在经过所述处理单元处理后由所述显示单元显示。

2. 根据权利要求1所述的便携式检测装置,其特征在于,所述力平衡加速度传感器输出的信号包括所述力平衡加速度传感器在无振动环境下测量得到的加速度值,所述处理单元包括内置有程控增益放大器的模数转换器,所述处理单元通过所述模数转换器以满量程转换方式对所述加速度值进行模数转换,经模数转换的加速度值由所述显示单元显示。

3. 根据权利要求1所述的便携式检测装置,其特征在于,所述力平衡加速度传感器输出的信号包括所述力平衡加速度传感器输出的第一标定波和第二标定波,所述第一标定波中包括所述力平衡加速度传感器的摆体在不受所述力平衡加速度传感器的反馈电磁阻尼作用时的无阻尼自由振荡波,所述第二标定波中包括所述摆体在受所述反馈电磁阻尼作用时的加阻尼振荡波,所述处理单元计算所述无阻尼自由振荡波的振荡频率并且根据所述加阻尼振荡波计算所述力平衡加速度传感器的传感器阻尼值,计算获得的振荡频率和传感器阻尼值由所述显示单元显示。

4. 根据权利要求1所述的便携式检测装置,其特征在于,所述显示单元为触控式显示单元。

5. 根据权利要求1所述的便携式检测装置,其特征在于,所述显示单元为非触控式显示单元,所述便携式检测装置还包括与所述处理单元电连接的控制键,所述控制键设置于所述壳体的外侧。

6. 根据权利要求5所述的便携式检测装置,其特征在于,所述控制键设置于所述第一表面或者设置于所述壳体的侧边。

7. 根据权利要求1所述的便携式检测装置,其特征在于,所述通信单元包括:用于与所述力平衡加速度传感器电连接的第一接口,所述第一接口内置于所述壳体并且所述第一接口的一端从所述壳体露出;以及用于与外部终端电连接的第二接口,所述第二接口内置于所述壳体并且所述第二接口的一端从所述壳体露出。

8. 根据权利要求7所述的便携式检测装置,其特征在于,所述便携式检测装置还包括与所述处理单元电连接的存储单元,所述存储单元内置于所述壳体。

9. 根据权利要求1所述的便携式检测装置,其特征在于,所述便携式检测装置还包括与所述处理单元、所述显示单元和所述通信单元电连接的电源模块,所述电源模块内置于所述壳体。

10. 根据权利要求9所述的便携式检测装置,其特征在于,所述便携式检测装置还包括控制所述电源模块对所述处理单元、所述显示单元和所述通信单元的电力输出的开关键,所述开关键设置于所述壳体的外侧。

用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及传感器检测领域,具体而言,涉及一种用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置。

背景技术

[0002] 力平衡加速度传感器属于测震用精密仪器,其用于检测地面振动的加速度信号,并将加速度信号转换为电压信号输出。为了保证力平衡加速度传感器准确地测定地面振动的加速度,该传感器需定期进行零位检测和标定。当力平衡加速度传感器的某个通道的零位偏差超出规定值时需人工对其进行零位调整,在调零过程中需实时查看该传感器的零位值,直到调整到规定范围内。然而,在现有的传感器检测过程中,通常通过设置在远端的控制室内的记录器来采集力平衡加速度传感器的零位值和标定数据,之后通过网线传递至位于该传感器附近的便携式电脑进行显示,但是便携式电脑的放置会给力平衡加速度传感器检测和调零操作带来极大的不便利性。由此可见,现有技术中迫切需要一种用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置。

实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的在于提供一种用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置,以改善现有技术中用于力平衡加速度传感器的检测装置使用不便利的问题。

[0004] 本实用新型是这样实现的:

[0005] 一种用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置,包括壳体、显示单元、处理单元和通信单元,所述显示单元设置于所述壳体的第一表面,所述处理单元内置于所述壳体,所述显示单元和所述通信单元分别与所述处理单元电连接,所述便携式检测装置通过所述通信单元接收来自所述力平衡加速度传感器输出的信号,所述信号在经过所述处理单元处理后由所述显示单元显示。

[0006] 进一步地,所述力平衡加速度传感器输出的信号包括所述力平衡加速度传感器在无振动环境下测量得到的加速度值,所述处理单元包括内置有程控增益放大器的模数转换器,所述处理单元通过所述模数转换器以满量程转换方式对所述加速度值进行模数转换,经模数转换的加速度值由所述显示单元显示。利用上述模数转换器,可以在对力平衡加速度传感器进行零位检测时减小该便携式检测装置的模数(AD)转换器由于AD位数的限制而存在的量化误差,从而可以减小量化误差对测量精度的影响,提高零位检测精度,便于在检测过程中进行零位调节。

[0007] 进一步地,所述力平衡加速度传感器输出的信号包括所述力平衡加速度传感器输出的第一标定波和第二标定波,所述第一标定波中包括所述力平衡加速度传感器的摆体在不受所述力平衡加速度传感器的反馈电磁阻尼作用时的无阻尼自由振荡波,所述第二标定波中包括所述摆体在受所述反馈电磁阻尼作用时的加阻尼振荡波,所述处理单元计算所述无阻尼自由振荡波的振荡频率并且根据所述加阻尼振荡波计算所述力平衡加速度传感器

的传感器阻尼值,计算获得的振荡频率和传感器阻尼值由所述显示单元显示。因此,在对力平衡加速度传感器进行标定时,该便携式检测装置可以通过其显示单元以数字形式显示力平衡加速度传感器的摆体的自振频率和力平衡加速度传感器的传感器阻尼值。

[0008] 进一步地,所述显示单元为触控式显示单元。通过触控式显示单元,用户不仅可以观看对力平衡加速度传感器的检测结果,还可以输入控制命令,以使该便携式检测装置执行相应的检测操作。

[0009] 进一步地,所述显示单元为非触控式显示单元,所述便携式检测装置还包括与所述处理单元电连接的控制键,所述控制键设置于所述壳体的外侧。在此情况下,用户可以通过非触控显示单元观看对力平衡加速度传感器的检测结果,并且可以通过上述控制键输入控制命令,以使该便携式检测装置执行相应的检测操作。

[0010] 进一步地,所述控制键设置于所述第一表面或者设置于所述壳体的侧边。可以选择将控制键设置在便于用户进行操作的位置,以使用户可以在检测过程中方便地进行检测操作。

[0011] 进一步地,所述通信单元包括:用于与所述力平衡加速度传感器电连接的第一接口,所述第一接口内置于所述壳体并且所述第一接口的一端从所述壳体露出;以及用于与外部终端电连接的第二接口,所述第二接口内置于所述壳体并且所述第二接口的一端从所述壳体露出。利用第一接口,该便携式检测装置可以与力平衡加速度传感器连接以接收力平衡加速度传感器输出的信号。利用第二接口,该便携式检测装置可以将关于力平衡加速度传感器的检测数据传输至外部终端例如便携式电脑以备后续查看。

[0012] 进一步地,所述便携式检测装置还包括与所述处理单元电连接的存储单元,所述存储单元内置于所述壳体。所述存储单元可以存储处理单元执行处理所需的数据,并且可以存储力平衡加速度传感器的检测数据以便于后续将该检测数据传输至外部终端。

[0013] 进一步地,所述便携式检测装置还包括与所述处理单元、所述显示单元和所述通信单元电连接的电源模块,所述电源模块内置于所述壳体。所述电源模块可以向处理单元、显示单元、通信单元提供工作电压,并且还可以通过通信单元向力平衡加速度传感器供电。

[0014] 进一步地,所述便携式检测装置还包括控制所述电源模块对所述处理单元、所述显示单元和所述通信单元的电力输出的开关键,所述开关键设置于所述壳体的外侧。通过控制所述开关键,用户可以方便地打开或关闭该便携式检测装置。

[0015] 本实用新型实现的有益效果:本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置包括壳体、显示单元、处理单元和通信单元,显示单元设置于壳体的第一表面,处理单元内置于壳体,显示单元和通信单元分别与处理单元电连接,所述便携式检测装置通过通信单元接收来自力平衡加速度传感器输出的信号,所述信号在经过处理单元处理后由显示单元显示。在使用该便携式检测装置时,可以通过线缆将该便携式检测装置与待检测的力平衡加速度传感器电连接,然后由处理单元对所检测力平衡加速度传感器输出的信号进行处理,并且由显示单元显示所检测的数据,从而便于对力平衡加速度传感器进行零位检测和标定。因此,在对力平衡加速度传感器进行检测时不再需要使用记录器和便携式电脑,仅使用该便携式检测装置就可以实现这样的检测操作,从而极大地提高了力平衡加速度传感器检测操作的便利性。

附图说明

[0016] 图 1 示出了本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置的示意性结构图；

[0017] 图 2 示出了本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置的电气连接图；

[0018] 图 3A 示出了本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置的显示单元的显示界面之一的示意图；

[0019] 图 3B 示出了本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置的显示单元的显示界面之二的示意图；

[0020] 图 3C 示出了本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置的显示单元的显示界面之三的示意图；

[0021] 图 4 示出了力平衡加速度传感器在标定时输出的第一标定波的波形和第二标定波的波形；

[0022] 图 5 示出了本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置的工作流程图。

[0023] 其中,附图标记汇总如下:壳体 110,第一表面 111,显示单元 120,处理单元 130,第一接口 141,第二接口 142,第一控制键 151,第二控制键 152,第三控制键 153,第四控制键 154,存储单元 160,电源模块 170,开关键 180,第一标定波 200,第二标定波 300,无阻尼自由振荡波 210,加阻尼振荡波 310。

具体实施方式

[0024] 鉴于现有技术中用于力平衡加速度传感器的检测装置使用不便利的问题,本发明人构思出一种用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置。该用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置包括壳体、显示单元、处理单元和通信单元,显示单元设置于壳体的第一表面,处理单元内置于壳体,显示单元和通信单元分别与处理单元电连接,所述便携式检测装置通过通信单元接收来自力平衡加速度传感器输出的信号,所述信号在经过处理单元处理后由显示单元显示。在使用该便携式检测装置时,可以通过线缆将该便携式检测装置与待检测的力平衡加速度传感器电连接,然后由处理单元对所检测力平衡加速度传感器输出的信号进行处理,并且由显示单元实时显示所检测的数据,从而便于对力平衡加速度传感器进行零位检测和标定。因此,在对力平衡加速度传感器进行检测时不再需要使用记录器和便携式电脑,仅使用该便携式检测装置就可以实现这样的检测操作,从而极大地提高了力平衡加速度传感器检测操作的便利性。

[0025] 下面通过具体的实施例并结合附图对本实用新型做进一步的详细描述。

[0026] 图 1 示出了本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置的示意性结构图。在本实施例中,以应用于三分向力平衡加速度传感器的便携式检测装置为例进行说明,然而其同样适用于单分向力平衡加速度传感器。请参阅图 1,本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置可以包括壳体 110、显示单元 120、处理单元 130 和通信单元,其中通信单元可以包括第一接口 141 和第二接口 142。处理单元 130 内置于壳体 110,显示单元 120 和通信单元分别与处理单元 130 电连接(参阅

图 2, 其示出了本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置的电气连接图)。

[0027] 于一种具体实施方式中, 显示单元 120 可以为非触控式显示单元, 其用于显示经过处理单元 130 处理后的数据。显示单元 120 可以设置于壳体 110 的第一表面 111, 然而其还可以设置于壳体 110 其他合适的位置处。进一步地, 该便携式检测装置还可以包括设置于壳体 110 外侧的控制键, 该控制键与处理单元 130 电连接。用户可以通过操作控制键来输入控制命令, 以使处理单元 130 执行相应的操作。控制键也可以设置于第一表面 111, 或者可以设置于壳体 110 的侧边, 本实用新型的具体实施方式并不以此为限。具体地, 控制键可以包括第一控制键 151 如保存结果按键、第二控制键 152 如功能切换按键、第三控制键 153 如显示方式切换按键、以及第四控制键 154 如标定按键。例如, 用户可以通过按压第一控制键 151 命令处理单元 130 保存对力平衡加速度传感器的检测结果, 可以通过按压第二控制键 152 使处理单元 130 在零位检测操作与标定操作之间进行切换, 可以通过按压第三控制键 153 来改变标定操作下的显示方式, 可以通过按压第四控制键 154 在标定时向力平衡加速度传感器施加偏压。需要注意的是, 第一控制键 151、第二控制键 152、第三控制键 153、第四控制键 154 的功能可以根据具体情况设定, 其并不以此为限。于另一种具体实施中, 显示单元 120 还可以为触控式显示单元; 在此情况下, 控制键可以被结合到触控式显示单元的交互界面中。

[0028] 进一步地, 该便携式检测装置还可以包括与处理单元 130 电连接的存储单元 160, 存储单元 160 可以内置于壳体 110。存储单元 160 可以存储处理单元 130 执行处理所需要的数据, 并且可以存储该便携式检测装置对力平衡加速度传感器的检测结果。

[0029] 第二接口 142 内置于壳体 110 并且第二接口 142 的一端可以从壳体 110 露出。第二接口 142 可以用于与外部终端例如便携式电脑电连接, 以使得可以将存储单元 160 中所存储的检测结果传输至外部终端以备后续查看。第一接口 141 内置于壳体 110 并且第一接口 141 的一端可以从壳体 110 露出。第一接口 141 可以用于与力平衡加速度传感器电连接, 例如可以利用第一接口 141、通过一根多芯屏蔽线缆与力平衡加速度传感器电连接, 从而使第一接口 141 可以接收该力平衡加速度传感器输出的信号。具体地, 力平衡加速度传感器输出的信号可以包括: 力平衡加速度传感器在无振动环境下测量得到的加速度值; 以及力平衡加速度传感器输出的第一标定波 200 和第二标定波 300 (参阅图 4), 该第一标定波中包括力平衡加速度传感器的摆体在不受所述力平衡加速度传感器的反馈电磁阻尼作用时的无阻尼自由振荡波 210, 该第二标定波中包括所述摆体在受所述反馈电磁阻尼作用时的加阻尼振荡波 310。

[0030] 第一接口 141 可以将其接收的来自力平衡加速度传感器输出的信号发送至处理单元 130 进行处理。在力平衡加速度传感器输出的信号为力平衡加速度传感器在无振动环境下测量得到的加速度值的情况下 (即通过按压第二控制键 152 使得处理单元 130 执行零位检测操作时), 处理单元 130 通过满量程转换方式对所述加速度值进行模数转换, 并将经模数转换后的加速度值发送给显示单元 120, 以由显示单元 120 显示经模数转换后的加速度值 (参阅图 3A)。因此, 通过显示单元 120 实时显示力平衡加速度传感器在无振动环境下测量得到的加速度值, 用户可以由此来判断是否需要对方平衡加速度传感器进行调零, 或者根据此加速度值对方平衡加速度传感器进行调零。

[0031] 具体地,处理单元 130 通过满量程转换方式对所述加速度值进行模数转换可以包括:处理单元 130 将所述加速度值除以 2 之后再乘以 2^N , 得到模拟信号基准值, 其中 N 为自然数; 处理单元 130 对所述模拟信号基准值进行模数转换得到第一数字信号值, 并确认所述第一数字信号值是否介于第一阈值与第二阈值之间, 所述第一阈值为正值, 所述第二阈值为负值; 如果所述第一数字信号值大于所述第一阈值或小于所述第二阈值, 则处理单元 130 对所述模拟信号基准值逐次进行指数递减并记录每次递减后经模数转换获得的第二数字信号值, 直至所述第二数字信号值介于所述第一阈值与所述第二阈值之间, 处理单元 130 将最后获得的第二数字信号值除以 2^{M-1} 设定为所述经模数转换后的加速度值, 其中 M 为所述最后获得的第二数字信号值相对应的 N 值; 如果所述第一数字信号值介于所述第一阈值与所述第二阈值之间, 则处理单元 130 对所述模拟信号基准值逐次进行指数递增并记录每次递增后经模数转换获得的第三数字信号值, 直至所述第三数字信号值大于所述第一阈值或小于所述第二阈值, 处理单元 130 将最后一次递增前获得的第三数字信号值除以 2^{L-1} 设定为所述经模数转换后的加速度值, 其中 L 为所述最后一次递增前获得的第三数字信号值相对应的 N 值。通过这样的处理方式, 可以减小模数转换过程中 AD 转换器由于 AD 位数的限制所存在的量化误差, 使得可以通过在对力平衡加速度传感器进行调零操作时充分利用 AD 转换器的转换量程来实现满量程模数转换, 提高传感器输出的零位附近小信号的转换精度, 从而可以减小量化误差对测量精度的影响。

[0032] 于一种具体实施方式中, 处理单元 130 可以通过内置有程控增益放大器 PGA 的 AD 转换器来实现上述模数转换过程。对于三分向力平衡加速度传感器, 可以设置三个这样的 AD 转换器; 要注意的是, 设置有三个这样的 AD 转换器的便携式检测装置同样适用于单分向力平衡加速度传感器。PGA 的放大倍数可以被设定为 1 倍、2 倍、4 倍、8 倍、16 倍、32 倍、64 倍和 128 倍, 其分别对应于上述过程中的 2^0 、 2^1 、 2^2 、 2^3 、 2^4 、 2^5 、 2^6 和 2^7 , 即可以通过 PGA 对处理单元所接收的加速度值在除以 2 之后获得的值进行相应放大以得到模拟信号基准值, 使得充分利用 AD 转换器的转换量程, 提高传感器输出的零位附近小信号的转换精度。在本实施例中, N 的初始值优选地为 1, 第一阈值和第二阈值可以分别为 AD 转换器的正负满量程值如 $\pm 2.25V$, 此外, 第一阈值和第二阈值还可以根据实际情况具体设定。

[0033] 在力平衡加速度传感器输出的信号为力平衡加速度传感器输出的第一标定波 200 和第二标定波 300 的情况下 (即通过按压第二控制键 152 使得处理单元 130 执行标定操作且通过按压第三控制键 153 选择数字显示方式时), 处理单元 130 计算 (例如通过过零检测法获得) 无阻尼自由振荡波 210 的振荡频率 (即力平衡加速度传感器的摆体的自振频率) 并且根据加阻尼振荡波 310 计算力平衡加速度传感器的传感器阻尼值, 以由显示单元 120 显示所获得的振荡频率和传感器阻尼值 (参阅图 3B)。因此, 通过显示单元 120 以数字形式显示力平衡加速度传感器的摆体的自振频率以及力平衡加速度传感器的传感器阻尼值, 用户可以方便地判断力平衡加速度传感器的功能指标是否正常。具体地, 在计算传感器阻尼值的过程中, 处理单元 130 可以提取加阻尼振荡波 310 中的过冲量 X1 和激励量 X2 (参阅图 4), 使激励量 X2 除以过冲量 X1 以获得第一比值, 然后根据第一比值在存储于存储单元 160 的查找表中查找力平衡加速度传感器的传感器阻尼值, 该查找表中存储有第一比值和与第一比值相对应的传感器阻尼值。

[0034] 于另一种具体实施方式中, 当接收到力平衡加速度传感器输出的第一标定波 200

和第二标定波 300 时（例如通过按压第二控制键 152 使得处理单元 130 执行标定操作且通过按压第三控制键 153 选择波形显示方式时），处理单元 130 可以对第一标定波 200 和第二标定波 300 处理以使得显示单元 120 直接显示其二者的波形（参阅图 3C）。

[0035] 进一步地，该便携式检测装置还可以包括与处理单元 130、显示单元 120 和通信单元电连接的电源模块 170。电源模块 170 内置于壳体 110，以用于向处理单元 130、显示单元 120 和通信单元提供工作电压，以及通过第一接口 141 向力平衡加速度传感器供电。例如，电源模块 170 可以输出 +3V、±5V 和 ±12V 的直流电压。

[0036] 进一步地，该便携式检测装置还可以包括控制电源模块 170 对处理单元 130、显示单元 120 和通信单元的电力输出的开关键 180，该开关键 180 可以设置于壳体 110 的外侧。通过控制开关键 180，用户可以方便地打开或关闭该便携式检测装置。

[0037] 下面结合图 5 所示的流程图中的具体步骤来描述本实用新型实施例提供的便携式检测装置在对三分向力平衡加速度传感器进行检测时的工作。请参阅图 5，在步骤 S51 中，该便携式检测装置在上电后进行初始化。在步骤 S52 中，处理单元 130 检测第二控制键 152 是否被设定为对应于零位检测，如果是则执行步骤 S53，否则执行步骤 S54。在步骤 S53 中，处理单元 130 通过满量程转换方式对传感器输出的加速度值进行模数转换，并且显示单元 120 显示经模数转换的加速度值。在步骤 S54 中，处理单元 130 检测第三控制键 153 是否被设定为数字显示方式，如果是则执行步骤 S55，否则执行步骤 S56。在步骤 S55 中，处理单元 130 根据第一标定波和第二标定波计算力平衡加速度传感器的自振频率和传感器阻尼值，将计算获得的自振频率和传感器阻尼值存储至存储单元 160，并且显示单元 120 显示计算获得的自振频率和传感器阻尼值。在步骤 S56 中，处理单元 130 对第一标定波和第二标定波进行处理以使得显示单元 120 直接显示第一标定波的波形和第二标定波的波形。由此可以看出，利用该便携式检测装置可以使用户方便地对力平衡加速度传感器进行检测。

[0038] 本实用新型实施例提供的用于力平衡加速度传感器的便携式检测装置包括壳体、显示单元、处理单元和通信单元，显示单元设置于壳体的第一表面，处理单元内置于壳体，显示单元和通信单元分别与处理单元电连接，所述便携式检测装置通过通信单元接收来自力平衡加速度传感器输出的信号，所述信号在经过处理单元处理后由显示单元显示。在使用该便携式检测装置时，可以通过线缆将该便携式检测装置与待检测的力平衡加速度传感器电连接，然后由处理单元对所检测力平衡加速度传感器输出的信号进行处理，并且由显示单元显示所检测的数据，从而便于对力平衡加速度传感器进行零位检测和标定。因此，在对力平衡加速度传感器进行检测时不再需要使用记录器和便携式电脑，仅使用该便携式检测装置就可以实现这样的检测操作，从而极大地提高了力平衡加速度传感器检测操作的便利性。

[0039] 以上所述仅为本实用新型的优选实施例而已，并不用于限制本实用新型，对于本领域的技术人员来说，本实用新型可以有各种更改和变化。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、改进等，均应包含在本实用新型的保护范围之内。应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0040] 在本实用新型的描述中，需要说明的是，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“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，或者

是该实用新型产品使用时惯常摆放的方位或位置关系,仅是为了便于描述本实用新型和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元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实用新型的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0041] 在本实用新型的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本实用新型中的具体含义。

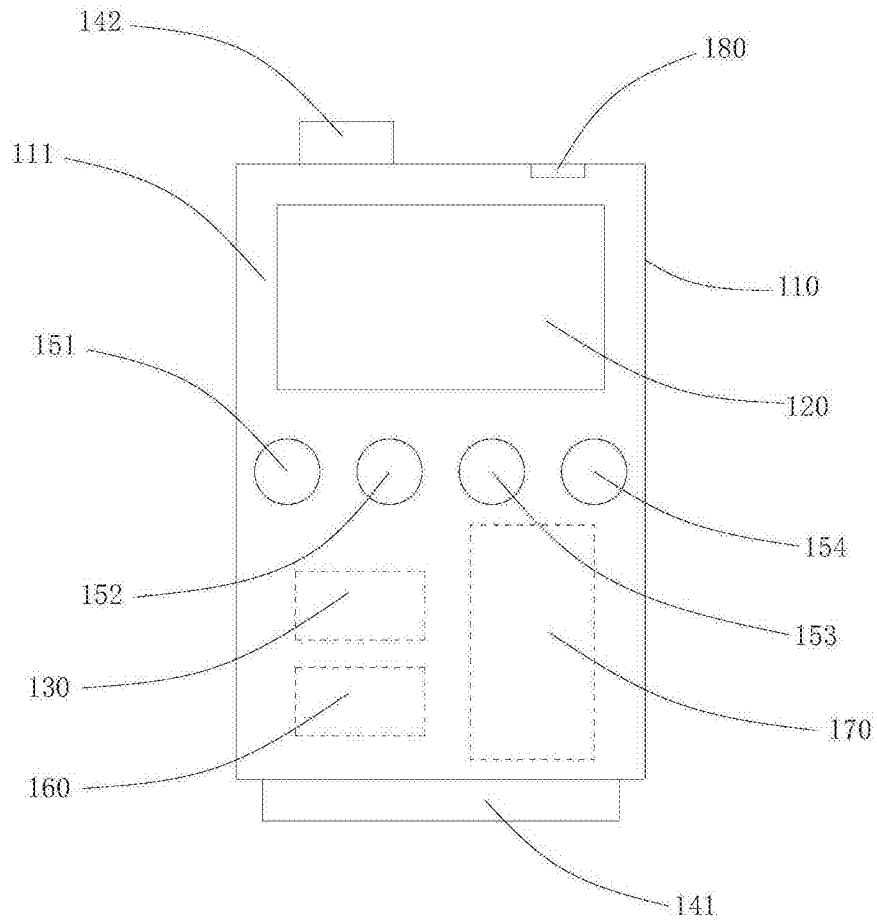


图 1

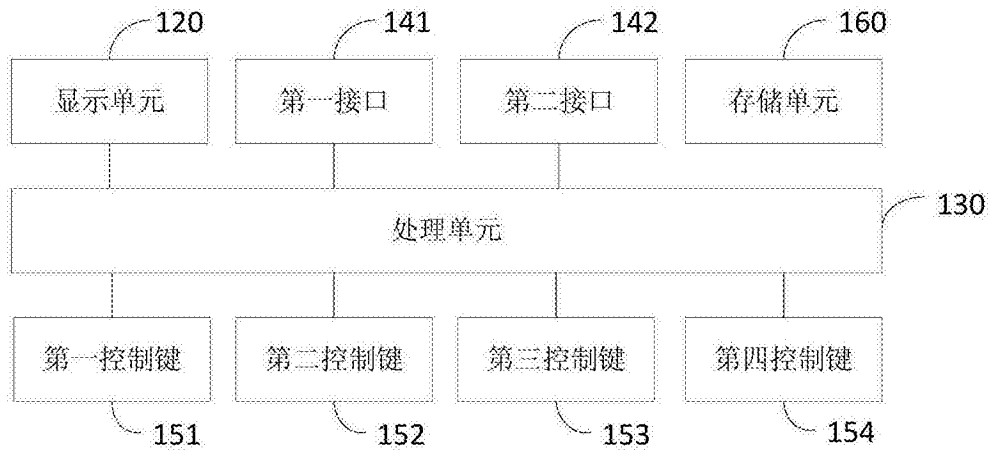


图 2

X: +0.003mV
Y: +0.037mV
Z: -0.053mV

阻尼: 0.67
自振频率: 80.3Hz

图 3A

图 3B

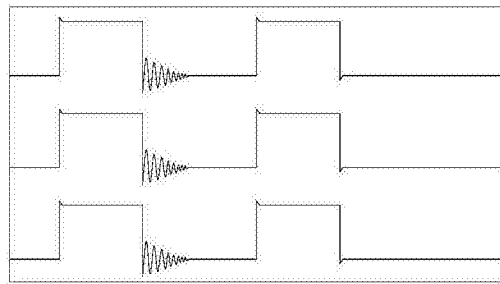


图 3C

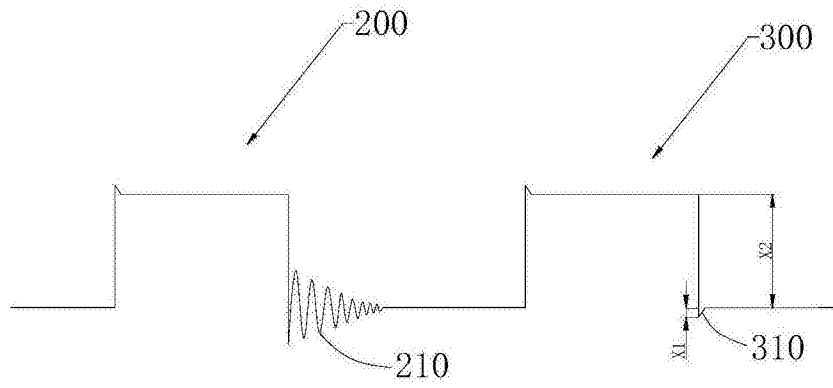


图 4

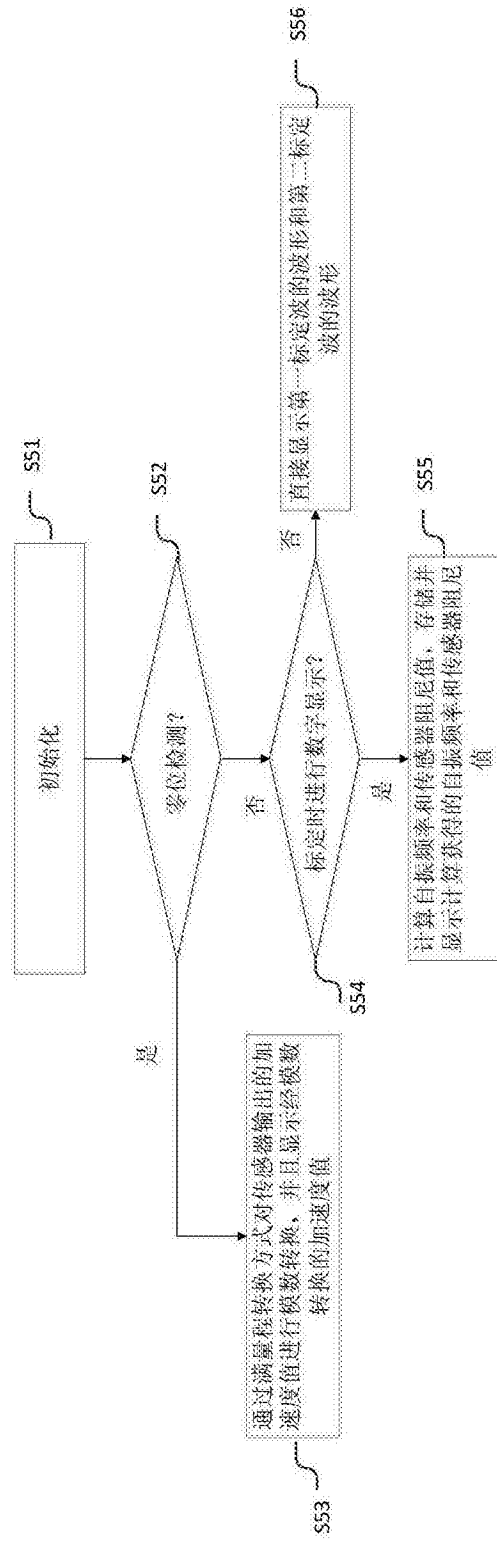


图 5