



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110230778 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201910458422.6

(22)申请日 2019.05.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110230778 A

(43)申请公布日 2019.09.13

(73)专利权人 西安交通大学  
地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 宋政湘 张婵 王杰 韩涵  
张国钢 王建华

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任  
公司 61200

代理人 范巍

(51)Int.Cl.

F17D 5/00(2006.01)

G01L 9/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 109237313 A,2019.01.18,说明书第  
[0010]-[0028]段、附图1-3.

CN 105738789 A,2016.07.06,说明书第  
[0004]-[0064]段、附图1-8.

CN 106382473 A,2017.02.08,说明书第  
[0019]-[0022]段、附图1-2.

CN 101324642 B,2011.06.08,全文.

CN 101131334 A,2008.02.27,全文.

CN 100451586 C,2009.01.14,全文.

JP H1183659 A,1999.03.26,全文.

审查员 孙娇

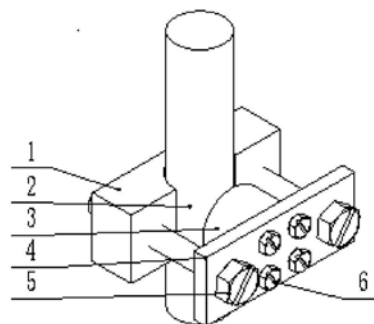
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种非介入式动态液压测量系统

(57)摘要

本发明公开了一种非介入式动态液压测量系统,包括传感器安装单元,由压力传感器和夹具结构构成;硬件放大调理电路单元,由两级差分放大电路,DAC和ADC,单片机和串行通信器组成。工作时,压力传感器将液压管道的弹性形变转换成电信号,通过两级差分放大电路进一步将信号放大与调理,然后发送给单片机,单片机通过串行通信与上位机交换信息,最终通过程序处理得到实测液压。本发明采用非介入测压对液压系统的故障诊断与检测具有关键作用,并且为普通钢质液压管道的在线压力测量提供了一种新的方法。



1. 一种非介入式动态液压测量系统,其特征在于,包括  
传感器安装单元,由压力传感器和夹具结构构成;

硬件放大调理电路单元,用于放大压力传感器采集的微弱电压信号,将模拟信号转换成数字信号发送给上位机,由电源供电块,两级差分放大电路,DAC和ADC,滤波电路,单片机以及串行通信器构成;

其中,压力传感器通过夹具结构以设定的预紧力安装在待测液压管管壁上,实际测量时,压力传感器将待测液压管的弹性形变转换成差分电压信号,差分电压信号进入第一级差分放大电路进行初步放大,输出经过第二级差分放大电路放大,利用DAC产生的电压信号,通过求差,消去预紧力对应的部分,然后经滤波电路处理发送至ADC中,经过A/D转换后将信号发送至单片机,单片机通过串行通信器与上位机交换信息,最终通过程序处理得到实测液压;

压力传感器采用压阻式传感器(3),用于将弹性形变转换成差分电压信号;

夹具结构包括平行布置的铝块(1)和底板(4),且通过两个对称设置的大螺钉(5)可拆卸连接在一起,压阻式传感器(3)安装在底板(4)与铝块(1)相对的侧面上,铝块(1)与底板(4)相对的侧面上开设有圆弧形凹槽,用于卡住待测液压管(2)管径,增加摩擦力,通过调节大螺钉(5)的预紧力,使得压阻式传感器(3)以设定的预紧力固定在待测液压管(2),避免振动对测量结果产生影响;

两级差分放大电路均采用INA217芯片,第一级差分放大电路输入为压阻式传感器(3)的两路差分电压信号,放大选用反馈电阻 $50\ \Omega$ ,放大倍数为200倍,第二级差分放大电路的输入一路是第一级差分放大电路的输出信号,另一路是DAC的输出信号,这路DAC的输出等于压阻式传感器(3)安装在待测液压管(2)上的预紧力对应的电压大小,第二级差分放大电路选用反馈电阻 $200\ \Omega$ ,放大倍数为50倍。

2. 根据权利要求1所述的一种非介入式动态液压测量系统,其特征在于,经过两级差分放大电路放大后,输出信号进入一阶滤波电路,用以隔离噪声同时要满足采样定理,一阶滤波电路由一个电容和一个电感构成,经过滤波后的信号发送到A/D转换器,经过转换将信号发送至单片机,然后单片机通过MAX485与上位机进行串行通信。

3. 根据权利要求1所述的一种非介入式动态液压测量系统,其特征在于,电源供电块采用+12V电源供电。

## 一种非介入式动态液压测量系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于液压传动学和电气电子测试计量学研究技术领域,具体涉及一种非介入式动态液压测量系统,用以实现非介入式测量液压的目的。

### 背景技术

[0002] 为了满足对于液压管道系统的运行状态监测和液压机构的故障诊断,需要对液压进行动态测量。以普通钢质液压管路为工程对象,传统的方法采用介入式测量,常用的有机机械压力表或应变式压力测量方法等,但这些方法可靠性较差,难以确定具体故障位置,定位比较困难,而且需要预留压力测量接口,破坏了管路系统的整体结构,比如在一些工程机械不能采用介入式压力测量,在被测液体是高压或强腐蚀有毒的情况下,可能由于测压接口的泄露对人员和工程设备造成危害,存在安全隐患。

[0003] 目前国内外非介入式压力检测研究尚处于探索阶段,主要集中在应变法、超声波法和热学法三个方向。热学法由于加热比较困难,测量时间长,目前较少采用。而超声波法面临主要问题在于两点,第一是大多数超声测压是通过测量超声波传播时间来得到,主要根据压力变化引起液体密度变化,从而引起超声波传播速度变化,这其中密度变化可以不由压力变化引起,另外压力引起的声速变化比较小,且测量方法也影响测量精度,第二是液体温度变化对超声波传播速度影响也比较大。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种非介入式动态液压测量系统,其采用应变式的原理方法通过压力传感器来实现非介入式测量液压。

[0005] 本发明采用如下技术方案来实现的:

[0006] 一种非介入式动态液压测量系统,包括

[0007] 传感器安装单元,由压力传感器和夹具结构构成;

[0008] 硬件放大调理电路单元,用于放大压力传感器采集的微弱电压信号,将模拟信号转换成数字信号发送给上位机,由电源供电块,两级差分放大电路,DAC和ADC,滤波电路,单片机以及串行通信器构成;

[0009] 其中,压力传感器通过夹具结构以设定的预紧力安装在待测液压管管壁上,实际测量时,压力传感器将待测液压管的弹性形变转换成差分电压信号,差分电压信号进入第一级差分放大电路进行初步放大,输出经过第二级差分放大电路放大,利用DAC产生的电压信号,通过求差,消去预紧力对应的部分,然后经滤波电路处理发送至ADC中,经过A/D转换后将信号发送至单片机,单片机通过串行通信器与上位机交换信息,最终通过程序处理得到实测液压。

[0010] 本发明进一步的改进在于,压力传感器采用压阻式传感器,用于将弹性形变转换成差分电压信号。

[0011] 本发明进一步的改进在于,夹具结构包括平行布置的铝块和底板,且通过两个对

称设置的大螺钉可拆卸连接在一起,压阻式传感器安装在底板与铝块相对的侧面上,铝块与底板相对的侧面上开设有圆弧形凹槽,用于卡住待测液压管管径,增加摩擦力,通过调节大螺钉的预紧力,使得压阻式传感器以设定的预紧力固定在待测液压管,避免振动对测量结果产生影响。

[0012] 本发明进一步的改进在于,两级差分放大电路均采用INA217芯片,第一级差分放大电路输入为压阻式传感器的两路差分电压信号,放大选用反馈电阻 $50\ \Omega$ ,放大倍数为200倍,第二级差分放大电路的输入一路是第一级差分放大电路的输出信号,另一路是DAC的输出信号,这路DAC的输出等于压阻式传感器安装在待测液压管上的预紧力对应的电压大小,第二级差分放大电路选用反馈电阻 $200\ \Omega$ ,放大倍数为50倍。

[0013] 本发明进一步的改进在于,经过两级差分放大电路放大后,输出信号进入一阶滤波电路,用以隔离噪声同时要满足采样定理,一阶滤波电路由一个电容和一个电感构成,经过滤波后的信号发送到A/D转换器,经过转换将信号发送至单片机,然后单片机通过MAX485与上位机进行串行通信。

[0014] 本发明进一步的改进在于,电源供电块采用+12V电源供电。

[0015] 本发明具有如下有益的技术效果:

[0016] 本发明提供一种非介入式动态液压测量系统,采用应变法来测量动态液压。基于普通钢质液压管路变形的应力传感法,利用油液对管道产生压力,从而使管壁径向产生弹性形变的基本原理,通过压力传感器检测管路外径的微小形变后通过硬件放大调理电路单元处理后即可得出管路内部压力,实现动态液压测量,同时这种方法受温度影响很小。

[0017] 进一步,本发明采用便于实地安装的夹具结构,在铝块取得一个合适的圆弧大小时,对于一些不同粗细规格的钢质液压管道,可采取同一套夹具来实现实地测量,同时易于组装,方便应用。通过对管路液压和管壁的弹性形变进行深入分析,确定了液压和传感器输出的差分电压信号间的线性关系,便于最终测得液压大小。建立了应用应变法的非介入式管道液压测量系统,验证了测量原理的正确性与可行性。

[0018] 进一步,本发明使用的压力传感器,本质上是一种压阻式传感器,内部测量电路是一个惠斯通电桥,在外力作用下,各扩散电阻的电阻值发生变化,电桥产生相应的不平衡输出。通过该压阻式传感器可以将受到的力转换成差分电压信号。压阻式传感器检测到的十几MPa的液压对钢质液压管壁的压力是比较小的,只有一百多克左右,微型测重传感器的灵敏度是 $2\text{mV}/\text{V}$ 左右,即使在满载情况下,最大输出也只有数 $10\text{mV}$ ,因此压阻式传感器输出的电压信号很微弱,使信号的A/D转换受限,不能很好地完成信号采集工作,所以需要压阻式传感器输出的信号进行有效的放大和调理。将压阻式传感器安装在夹具结构上,夹具结构通过螺钉固定在管路外径,通过压阻式传感器测出的形变可以来确定管内液压。

[0019] 综上所述,本发明在测量过程中,通过非介入的方式可以较准确地测得实际液压,精度可以达到20%以内,并且避免了温度的影响,且测量操作简单,上电之后直接通过上位机控制,可以快速测得液压。

## 附图说明

[0020] 图1是传感器安装单元的结构图;

[0021] 图2是传感器安装单元俯视图;

[0022] 图3是夹具结构的底板主视图；

[0023] 图4是夹具结构的铝块主视图；

[0024] 图5是本发明的硬件电路原理框图；

[0025] 图6是本发明的测量流程框图。

[0026] 附图标记说明：

[0027] 1-铝块,2-待测液压管,3-压阻式传感器,4-底板,5-大螺钉,6-小螺钉,7-小螺孔,8-底板大螺孔,9-铝块大螺孔。

### 具体实施方式

[0028] 下面结合附图对发明做出进一步说明。

[0029] 如图1所示,本发明提供了一种非介入式动态液压测量系统,其将压力传感器安装在普通钢质液压管道上,来完成实地测量时具体的安装,进而有效准确地进行测量。

[0030] 先用四个小螺钉6穿过底板4拧进压阻式传感器3的底部小螺孔拧紧,固定时可在小螺钉6与底板4间加上垫片以固定地更好。在将底板4与压阻式传感器3安装在一起后,将铝块1放在待测液压管2的正后面,在待测液压管2与铝块1正对的前面,将压阻式传感器3的中心对准放在待测液压管2的中心位置上,结构的左边用大螺钉5穿过底板4拧进铝块1的铝块大螺孔9后,右边同样用大螺钉5穿过底板4拧进铝块1的铝块大螺孔9,然后拧紧,这个过程中确保压阻式传感器3的中心对准待测液压管2中心,同时两个大螺钉5要拧地比较均匀,确保结构不要安装偏心。

[0031] 如图2所示,给出传感器安装单元的俯视图,确保安装位置正确以及安装结构尽量对称和力的均匀。如图3所示,给出夹具结构中底板4的主视图,确定四个小螺孔7和两个底板大螺孔8的位置。如图4所示,给出夹具结构中铝块1的主视图,确定大圆弧和两个铝块大螺孔9的位置。

[0032] 如图5所示,本发明提供了一种非介入式动态液压测量系统的硬件电路原理框图,需要对传感器输出的信号进行有效放大和调理。实际测量时,传感器将弹性形变转换成微弱的电信号,将传感器安装好之后,那么加载在传感器上有一个初始预紧力,先经过第一级差分放大电路将传感器的输出信号放大,在这一级可以来确定初始预紧力的大小。然后将第一级差分放大后的信号与DAC输出的信号做一个差分来把预紧力对应的部分消去,从而可以将检测到的管壁形变引起的变化进一步放大不至于失真。由于这两级差分放大倍数较大,需要滤波电路过滤掉干扰信号,隔离噪声,在获得较好滤波效果的同时要满足采样定理。将经过滤波后的信号输入给双极性ADC,经过A/D转换后将信号发送给单片机。单片机与上位机之间的通讯通过MAX485芯片来实现。

[0033] 具体来说,硬件放大调理电路单元的两级差分放大电路均采用INA217芯片,第一级差分放大电路输入为压阻式传感器3的两路差分电压信号,放大选用反馈电阻 $50\ \Omega$ ,放大倍数为200倍,第二级差分放大电路的输入一路是第一级差分放大电路的输出信号,另一路是DAC的输出信号,这路DAC的输出等于压阻式传感器3安装在待测液压管2上的预紧力对应的电压大小,第二级差分放大电路选用反馈电阻 $200\ \Omega$ ,放大倍数为50倍;经过两级差分放大电路放大后,输出信号进入一阶滤波电路,用以隔离噪声同时要满足采样定理,一阶滤波电路由一个电容和一个电感构成,经过滤波后的信号发送到A/D转换器,经过转换将信号发

送至单片机,然后单片机通过MAX485与上位机进行串行通信,电源供电块采用+12V电源供电。

[0034] 如图6所示,本发明提供了一种非介入式动态液压测量系统的测量流程框图,实际安装测量时,先给整套系统供电,系统初始化,进入待机模式,当收到通讯模块发来的指令,则根据收到的指令进入对应的工作模式。首先进行校零,测量传感器平放着的空载值,发送给上位机,然后进行下一步安装模式;按照实地试验安装的步骤将传感器均匀地装在正中,避免装歪,然后用螺丝刀慢慢地拧两个大螺钉来调节加载的预紧力的大小,一般装到6kg到8kg比较合适,装好之后,测量出当前安装预紧力的值发送给上位机;保持当前安装状态进入消去模式,把预紧力对应的部分消去,测量出消去预紧力后的输出发送给上位机;最终进入到测量模式,根据实际比例关系,可以测出当前液压的大小并发送给上位机。

[0035] 综上所述,本发明提供了一种非介入式动态液压测量系统,通过压力传感器将液压管道的弹性形变转换为电信号,并进一步进行信号放大与调理,最终将信号发送至上位机,通过程序处理得到具体液压,这整个过程在避免液压机构振动和温度的影响的同时,可以较为准确地测得液压。

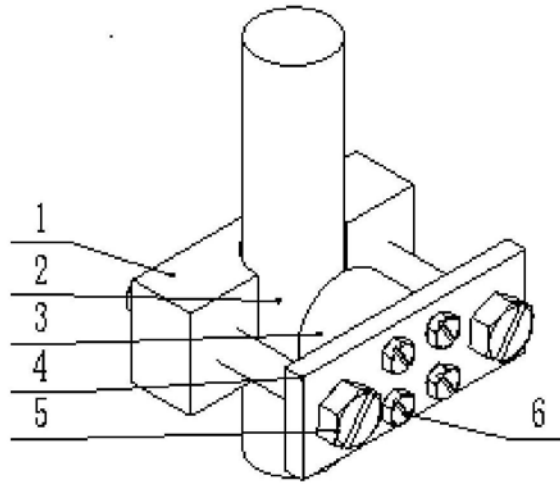


图1

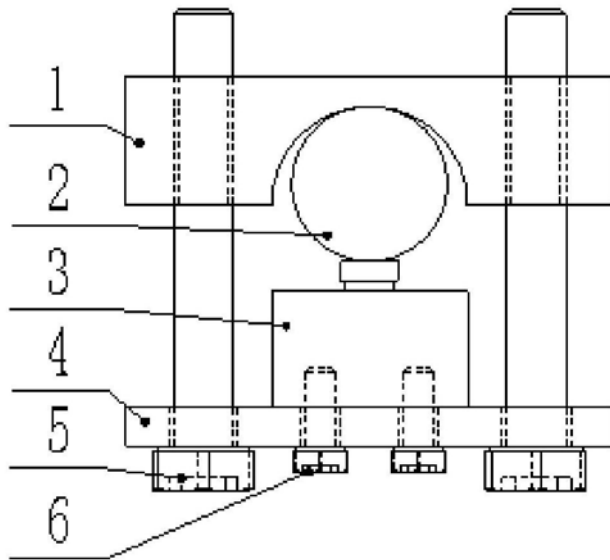


图2

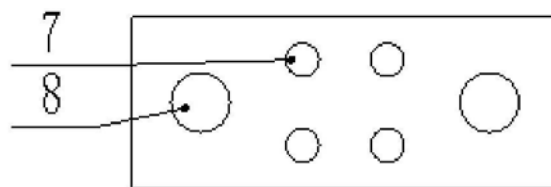


图3

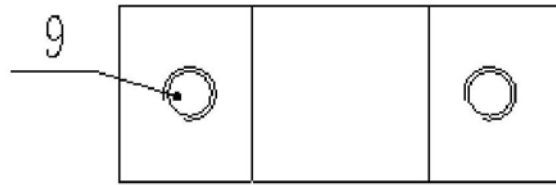


图4

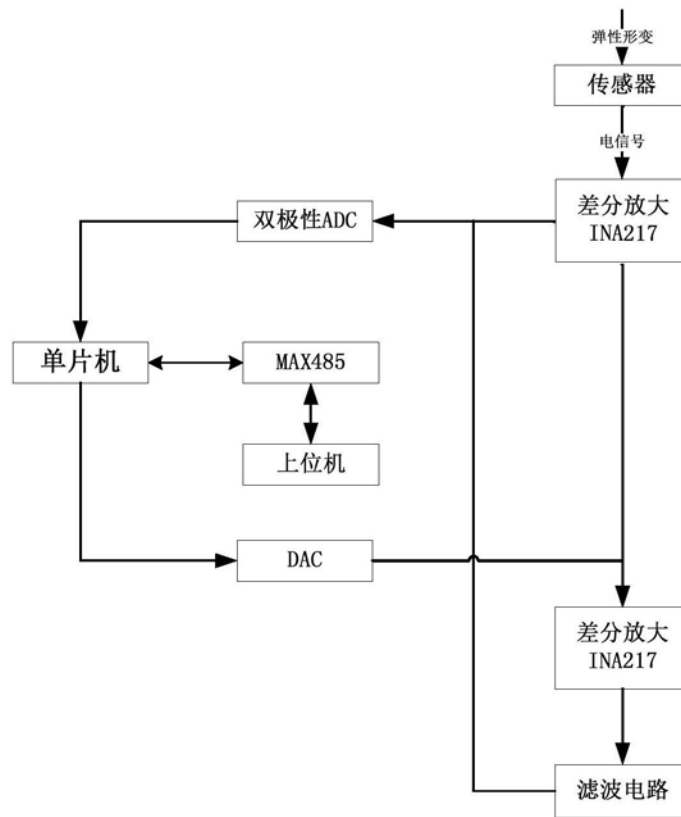


图5

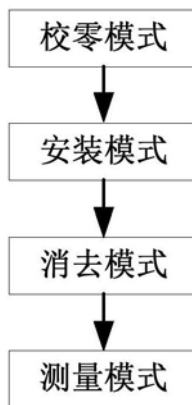


图6