



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104005974 B

(45)授权公告日 2016.07.13

(21)申请号 201410213357.8

(22)申请日 2014.05.20

(73)专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72)发明人 付胜 徐斌 高银波

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203

代理人 沈波

(51)Int. Cl.

F04D 27/00(2006.01)

E21F 17/18(2006.01)

E21F 1/00(2006.01)

(56)对比文件

US 5586861 A,1996.12.24,全文.

EP 2107216 A2,2009.10.07,全文.

CN 102680031 A,2012.09.19,全文.

CN 103603691 A,2014.02.26,全文.

JP 特开2013-96284 A,2013.05.20,全文.

CN 202991568 U,2013.06.12,全文.

付胜等.煤矿主通风机运行状态远程监测与故障预警的研究.《中国煤炭》.2009,第34卷(第4期),第44-46页.

解启栋等.静压差法在煤矿主要通风机风量测定中的应用.《中国安全生产科学技术》.2008,第4卷(第4期),第122-125页.

邓文亮等.基于超声波及压力互相关动态流量软测量方法的探讨.《液压气动与密封》.2009,(第6期),第59-62页.

付胜等.矿用主通风机故障预警及其软件开发.《北京工业大学学报》.2007,第33卷(第8期),第809-812页.

审查员 阳大清

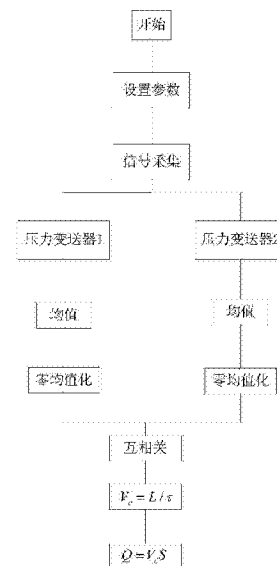
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法

(57)摘要

一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法,属于煤矿通风机流量测量领域.针对煤矿通风对煤矿安全的重要性的和目前煤矿通风机流量测量方法的不足,本发明能够实现长期、准确、稳定的通风机风量测量.通过测量气流的静压,对静压信号进行处理和互相关运算,计算出气流流过两静压取压点的时间间隔,由两取压点的时间间隔、距离和管道截面面积,计算出气流的流速.该发明没有可动单元,能够实现长期、稳定、可靠地在线煤矿通风机的流量测量。



1. 一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法的硬件平台,其特征在于:该硬件平台包括导气管a(1)、导气管b(2)、压力变送器a(3)、压力变送器b(4)、信号采集卡(5)、SD卡(6)、微处理器(7)、LCD触摸屏(8)、RS232接口(9)、RS485接口(10)、音频接口(11);导气管a(1)用来将上游的静压传输至压力变送器a(3);导气管b(2)用来将下游的静压传输至压力变送器b(4);压力变送器a(3)用来将上游静压转化为4-20mA的电流信号;压力变送器b(4)用来将下游静压转化为4-20mA的电流;信号采集卡(5)用来将压力变送器a(3)和压力变送器b(4)的4-20mA电流信号转化为数字信号;SD卡(6)用来将信号采集卡(5)获取的数字信号存储起来;微处理器(7)用来分析信号采集卡(5)获取的数字信号;LCD触摸屏(8)用来显示和输入参数;RS232接口(9)用来实现按照RS232通讯协议的数据传输;RS485接口(10)用来实现按照RS485通讯协议的数据传输;音频接口(11)用来输出报警声音。

2. 一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法,其特征在于:基于权利要求1所述硬件平台,其测量方法包括以下步骤:

S1:在管道的管壁上开两个直径为1至2厘米的圆形口,两圆形口的的连线平行于管道的中心线,两圆形口的距离为L, $0.1D \leq L \leq 2D$, D为气流管道的直径,采集和利用静压信号,利用导气管a(1)、导气管b(2)分别将圆形口与压力变送器a(3)、压力变送器b(4)连接起来;所述的导气管a(1)、导气管b(2)用来分别将静压传输至压力变送器a(3)、压力变送器b(4),压力变送器a(3)、压力变送器b(4)用来将静压转化为4-20mA的电流信号;

S2:压力变送器a(3)、压力变送器b(4)分别连接到信号采集卡(5),设置采样频率f、流量上限 Q_{max} ,流量下限 Q_{min} , $200\text{Hz} \leq f \leq 20\text{KHz}$,同时采集压力变送器a(3)、压力变送器b(4)的静压信号,并将信号分段,每段点数为N, $100 \leq N \leq 10240$,压力变送器a(3)的信号记为 $x(i)$,压力变送器b(4)的信号记为 $y(i)$, i为信号序号, $1 \leq i \leq N$;所述的信号采集卡(5)用来将压力变送器a(3)、压力变送器b(4)的4-20mA电流信号转化为数字信号;

S3:在微处理器(7)中对S2中的 $x(i)$ 和 $y(i)$ 求平均值, $x(i)$ 的平均值为 $\overline{x(i)}$, $\overline{x(i)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i)$, $y(i)$ 的平均值为 $\overline{y(i)}$, $\overline{y(i)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y(i)$,那么 $x(i)$ 零均值化的信号为 $u_x(i)$, $u_x(i) = x(i) - \overline{x(i)}$, $y(i)$ 的零均值化的信号为 $u_y(i)$, $u_y(i) = y(i) - \overline{y(i)}$;

S4:对S3中的 $u_x(i)$ 和 $u_y(i)$ 做互相关运算,互相关函数为 $R_{xy}(\tau)$, $R_{xy}(\tau) = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^{N-n} u_x(i)u_y(i+\tau)$,其中 τ 为延时点数,延时时间t, $t = \tau/f$, f为采样频率, n为自相关延时点数;

S5:气流通过压力变送器a(3)、压力变送器b(4)的过渡时间为T, T为 $R_{xy}(\tau)$ 最大值时对应的延时时间t,气流的相关速度为 v_c , $v_c = \frac{L}{T}$;

S6:通风机的流量为Q, $Q = Sv_c$,其中S为压力变送器a(3)、压力变送器b(4)所在截面的面积。

3. 根据权利要求2所述的一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法,其特征在于:所述硬件平台带有LCD触摸屏,以供显示流量Q和设置采样频率f、流量上限 Q_{max} ,流量下限 Q_{min} 。

4. 根据权利要求2所述的一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法,其特征在
于:所述硬件平台带有报警和音频接口;所述的报警,当Q大于 Q_{\max} 时,做出流量高报警,当Q
小于 Q_{\min} 时,做出流量低报警;所述的音频接口用来输出报警的音频。

5. 根据权利要求2所述的一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法,其特征在
于:所述硬件平台带有SD卡、RS232接口和RS485接口,所述的RS232接口用来实现测量结果
按照RS232通讯协议的传输;所述的RS485接口用来实现测量结果按照RS485通讯协议的传
输;所述的SD卡用来存储测量结果。

6. 根据权利要求5所述的一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法,其特征在
于:测量结果包括流量Q和静压P, $P = \frac{x(i) + y(i)}{2}$ 。

一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量,属于煤矿通风机流量测量领域,尤其涉及一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法。

背景技术

[0002] 煤矿通风机是煤矿安全生产的关键设备,负责向井下输送新鲜空气,冲淡稀释有毒有害气体。煤矿通风机的耗电量占煤矿总耗电量的25%左右,甚至50%,通风机的平均效率只有57%。影响煤矿通风机经济效益和效率的主要问题是通风机的选型不当和运行管理差。通风机一旦安装,只有通过合理的运行管理和维护,保证生产安全和改善井下作业环境,提高煤矿通风机的经济效益和效率。

[0003] 由于煤矿通风测量的环境是含尘高、湿度大、气流脉动强,其他流量测量方法并不能直接应用与通风机流量的测量。目前常用通风机流量测量方法主要有:仪器法和静压差法。可测量通风机流量的仪器有风表、多功能风速仪、涡街测速仪等,测量出煤矿通风机的流量。仪表法测量煤矿通风机流量的工作强度大、受巷道环境的限制、测量结果的准确性受环境影响大。煤矿通风机流量的仪器测量方法适合通风流量的试验标定,不适用于长期在线测量。近年来,静压差法流量测量被广泛应用,根据流体力学理论,通过测量气流流动过程中由巷道管径变化引起的压差来测量通风机的流量。静压差法流量测量仅需两个压力变送器测量出巷道管径变化前后的静压,通过运算即可得到通风机的流量,方法简单。传感器需要安装在巷道管径变化前后,测量结果易受气流波动和气流温度、湿度、粉尘的影响,可靠性低。

[0004] 流量的测量是煤矿通风机运行管理的关键和薄弱环节。流量测量的是否准确,同样关系到风机性能的测定。由于测量环境恶劣,测试人员在测量时面临危险、不适等因素的限制,以及煤矿管理自动化的要求,需要研发出一种可以应对恶劣测量环境、适用范围广、对人体无危害的流量测量方法具有重要的现实意义。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对目前的煤矿通风机流量测量方法工作强度大、测量结果易受环境影响、传感器安全的要求高的不足,研发的一种基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法,该方法用于煤矿通风机的流量测量。基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法利用流体在流动过程中的随机噪声,将气流流速的测量转化为气流通过相距一定距离的时间间隔的测量。在气流流动的方向上,平行、前后安装两个型号规格相同压力变送器,测量气流的静压或动压,对前后两静压或动压做相关分析,得到气流通过两传感器之间距离所需的时间,从而求出气流的速度。气流的流速乘以巷道的截面面积,即可得到通风机的流量。该方法无可动部件,能够长期在使用。基于压力的煤矿通风机流量测量方法不受气流参数和性质的影响,能够准确、可靠、长期在线测量煤矿通风机的流量。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案为一种基于压力相关法的煤矿通风机流

量测量方法,其基于的硬件平台是导气管a1、导气管b2、压力变送器a3、压力变送器b4、信号采集卡5、SD卡6、微处理器7、LCD触摸屏8、RS232接口9、RS485接口10、音频接口11;导气管a1用来将上游的静压传输至压力变送器a3,导气管b2用来将下游的静压传输至压力变送器b4,压力变送器a3用来将上游静压转化为4-20mA的电流信号,压力变送器b4用来将下游静压转化为4-20mA的电流,信号采集卡5用来将压力变送器a3和压力变送器b4的4-20mA电流信号转化为数字信号,SD卡6用来将信号采集卡5获取的数字信号存储起来,微处理器7用来分析信号采集卡5获取的数字信号,LCD触摸屏用来显示和输入参数,RS232接口9用来实现按照RS232通讯协议的数据传输,RS485接口10用来实现按照RS485通讯协议的数据传输,音频接口11用来输出报警声音;

[0007] 基于以上硬件平台,其测量方法包括以下步骤:

[0008] S1:在管道的管壁上开两个直径为1至2厘米的圆形口,两圆形口的的连线平行于管道的中心线,两圆形口的距离为L, $0.1D \leq L \leq 2D$,D为气流管道的直径,采集和利用静压信号,利用导气管a1、导气管b2分别将圆形口与压力变送器a3、压力变送器b4连接起来,所述的导气管a1、导气管b2用来分别将静压传输至压力变送器a3、压力变送器b4,压力变送器a3、压力变送器b4用来将静压转化为4-20mA的电流信号;

[0009] S2:压力变送器a3、压力变送器b4分别连接到信号采集卡5,设置采样频率f、流量上限 Q_{max} ,流量下限 Q_{min} , $200\text{Hz} \leq f \leq 20\text{KHz}$,同时采集两压力变送器的静压信号,并将信号分段,每段点数为N, $100 \leq N \leq 10240$,上游压力变送器的信号记为 $x(i)$,下游压力变送器的信号记为 $y(i)$,i为信号序号, $1 \leq i \leq N$;所述的信号采集卡5用来将压力变送器a3、压力变送器b4的4-20mA电流信号转化为数字信号;

[0010] S3:在微处理器7中对S2中的 $x(i)$ 和 $y(i)$ 求平均值, $x(i)$ 的平均值为 $\overline{x(i)}$,

$$\overline{x(i)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i), y(i) \text{ 的平均值为 } \overline{y(i)}, \overline{y(i)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y(i), \text{ 那么 } x(i) \text{ 零均值化的信号为 } u_x$$

(i), $u_x(i) = x(i) - \overline{x(i)}$, $y(i)$ 的零均值化的信号为 $u_y(i)$, $u_y(i) = y(i) - \overline{y(i)}$;

[0011] S4:对S3中的 $u_x(i)$ 和 $u_y(i)$ 做互相关运算,互相关函数为 $R_{xy}(\tau)$,

$$R_{xy}(\tau) = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^{N-n} u_x(i)u_y(i+\tau), \text{ 其中 } \tau \text{ 为延时点数,延时时间 } t, t = \tau/f, f \text{ 为采样频率};$$

[0012] S5:气流通过两压力变送器的过渡时间为T,T为 $R_{xy}(\tau)$ 最大值时对应的延时时间t,

$$\text{气流的相关速度为 } v_c, v_c = \frac{L}{T};$$

[0013] S6:通风机的流量为Q, $Q = Sv_c$,其中S为压力变送器所在截面的面积;

[0014] 所述硬件平台带有LCD触摸屏,以供显示流量Q和设置采样频率f、流量上限 Q_{max} ,流量下限 Q_{min} ;

[0015] 所述硬件平台带有报警和音频接口;所述的报警,当Q大于 Q_{max} 时,做出流量高报警,当Q小于 Q_{min} 时,做出流量低报警;所述的音频接口用来输出报警的音频;

[0016] 所述硬件平台带有SD卡、RS232接口和RS485接口,所述的RS232接口用来实现测量结果按照RS232通讯协议的传输;所述的RS485接口用来实现测量结果按照RS485通讯协议的传输;所述的SD卡用来存储测量结果;

[0017] 所述测量结果包括流量Q和静压P, $P = \frac{x(i) + y(i)}{2}$ 。

[0018] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果。

[0019] 1、实现了煤矿通风机流量的准确、在线、长期测量,流量的测量结果与气流的参数和性质无关,不受外界环境,比如湿度、温度、粉尘浓度的影响。

[0020] 2、针对煤矿通风机通风流量测量的重要性和易受外界干扰的影响,研发了基于压力相关法的煤矿通风机流量测量方法。该测量方法无可移动部件,不易磨损,粉尘不会堵塞气体入口,可长期测量;该方法利用气体流动过程中产生的随机噪声计算气体的流量,没有涉及气体的温度、密度、湿度、粉尘浓度等敏感易变的参数,测量结果可靠;该方法分析和计算气体的静压或动压的互相关,方法简单,计算量小,可以实现在线测量;该方法适用性广,传感器可安装在管道的任意位置,对管道无特殊要求;该方法的需要的硬件较少,成本低,使用高速、低功耗的微处理器,可以实现长时间的续航使用。

[0021] 3、本发明带有存储单元、通讯单元,可将测量结果存储起来,也能将测量结果通过通讯单元传输到远程。

附图说明

[0022] 图1本发明方法基于静压信号的硬件示意图;

[0023] 图2本发明方法流程图;

[0024] 图3.1为下游压力变送器静压值

[0025] 图3.2为上游压力变送器静压值

[0026] 图3.3为上游和下游静压的互相关值

[0027] 图中:1、导气管a,2、导气管b,3、压力变送器a,4、压力变送器b,5、信号采集卡,6、SD卡,7、微处理器,8、LCD触摸屏,9、RS232接口,10、RS485接口,11、音频接口。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图对本发明进行详细说明:

[0029] 按图1所示的构件结构连接设置,其中压力变送器a3、压力变送器b4选用JYB压力液位变送器,并输出4mA—20mA的电流信号,其通过电缆连接;信号采集卡5是利用STM32F107VCT6自带的模数转换单元,最高转换频率达1MHz;微处理器为STM32F107VCT6,具有高速率,低功耗的优点;SD卡6是4G的SDHC Memory Card;TFT-LCD触摸屏8是利用3.2寸TFT LCD触摸屏;RS232接口9是利用MAX2322芯片实现;RS485接口10利用MAX485芯片实现;音频接口11由3.5mm音频插座和I2S音频解码芯片组成。

[0030] 图2所示为本方法测量煤矿通风机流量的流程图,在测量前,需要设置采样频率f,每段信号点数N,流量的上限,波动范围,流量的下限;参数设置完成后,即可开始采集信号;对采集到的信号求平均,对信号做零均值化处理;信号的零均值化完成后,对信号做互相关分析,计算气流流过两压力变送器所在截面间的时间;求出气流的流速与管道截面面积的乘积,计算出气流的流量。

[0031] 以图1为例,按照图1安装传感器及进行硬件连接,将两压力变送器通过导气管在管道的管壁上取气流的静压。测量的流程如下:

[0032] (1)设置参数

[0033] 设置采样频率 f ,每段信号点数 N ,流量的上限,波动范围,流量的下限。

[0034] (2)信号的采集

[0035] 触发信号采样开关,开始采集通风机的静压信号。

[0036] (3)信号运算

[0037] 对利用压力变送器采集到的通风机气流的静压信号进行截取和分段,上游压力变送器的信号为 $x(i)$,下游压力变送器为 $y(i)$, i 为静压信号的序号,截取和分段后, $1 \leq i \leq N$ 。

求取已经分段和截取信号的平均值, $\overline{x(i)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i)$, $\overline{y(i)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y(i)$,那么 $x(i)$ 零均值化的信号为 $ux(i)$, $ux(i) = x(i) - \overline{x(i)}$, $y(i)$ 的零均值化的信号为 $uy(i)$, $uy(i) = y(i) - \overline{y(i)}$ 。

[0038] (4)互相关运算

[0039] 计算两压力变送器零均值化后信号的互相关: $R_{xy}(\tau) = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^{N-n} ux(i)uy(i+\tau)$,其中

τ 为延时点数,延时时间 t , $t = \tau/f$, f 为采样频率。

[0040] (5)流速与流量的计算

[0041] 以 $R_{xy}(\tau)$ 最大值对应的延时时间 t ,作为过渡时间 T ,气流的相关速度 v_c , $v_c = \frac{L}{T}$,相

关速度 v_c 在数值上等于通风机气流的速度;通风机的流量为 Q , $Q = Sv_c$,其中 S 为压力变送器所在截面的面积。

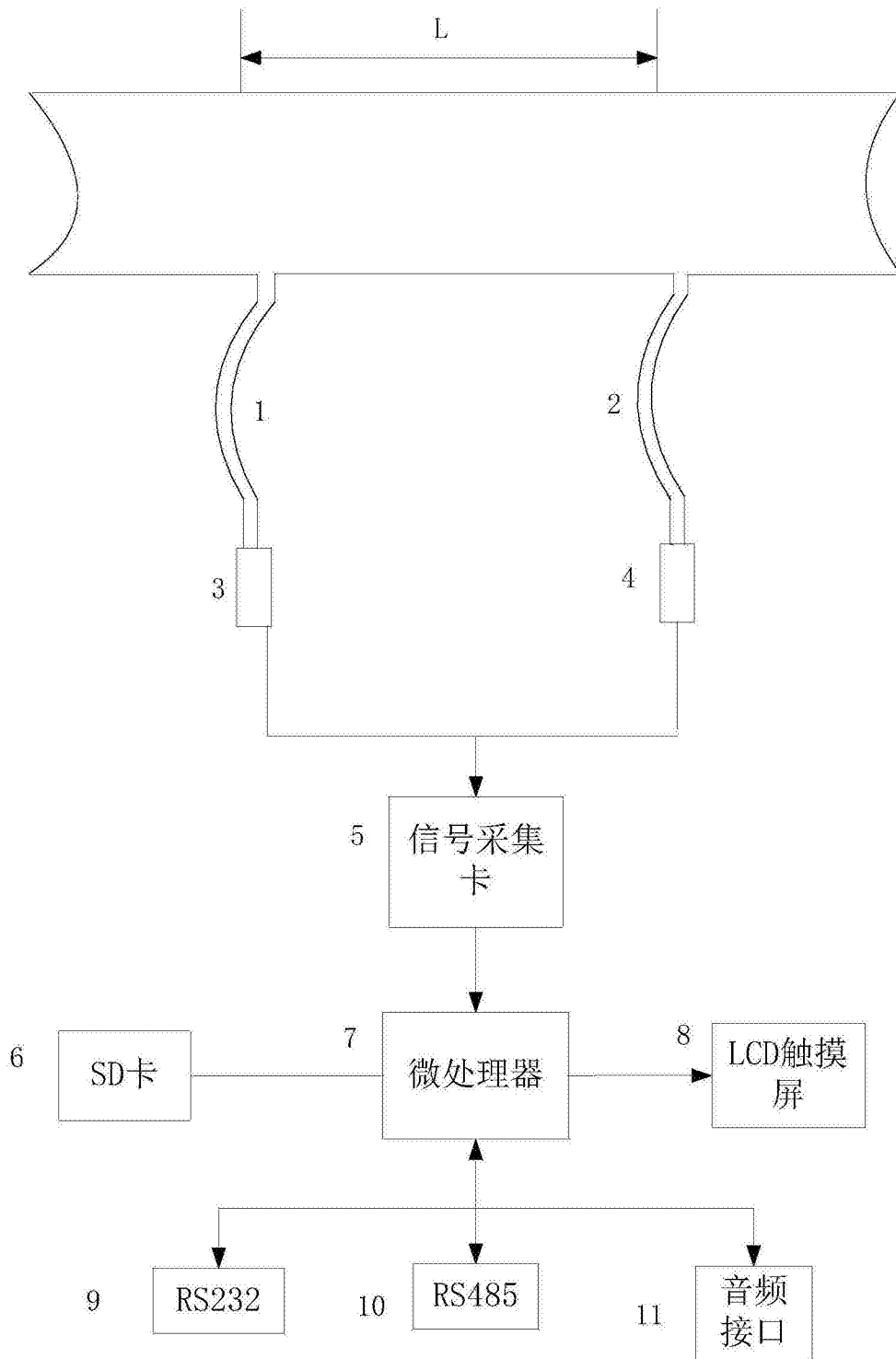


图1

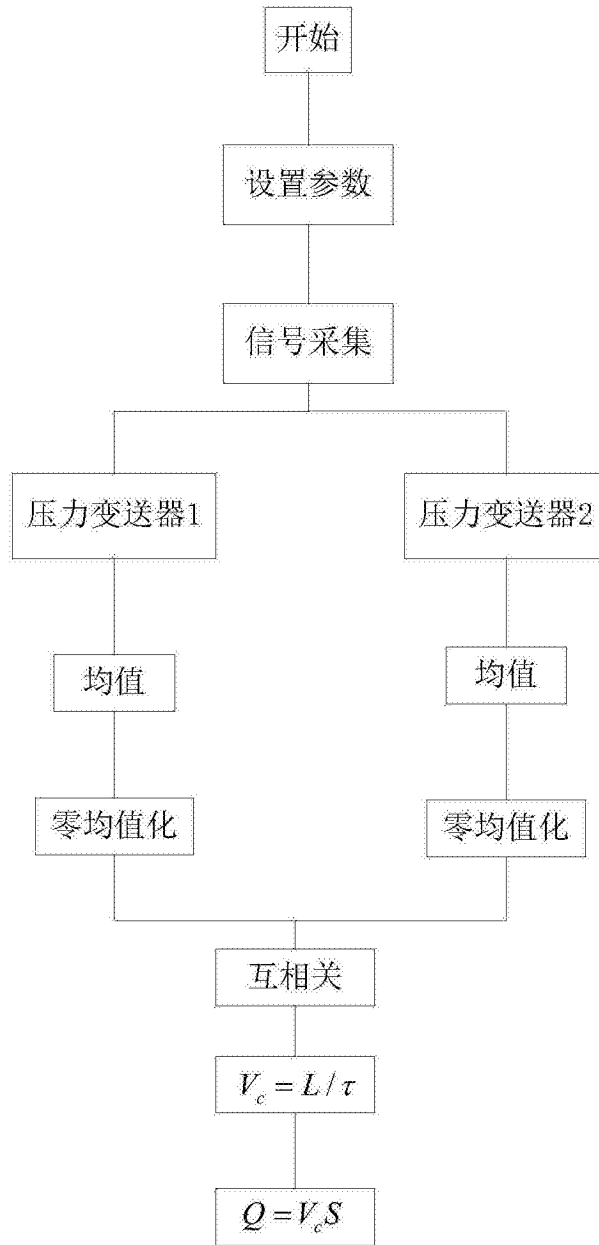


图2

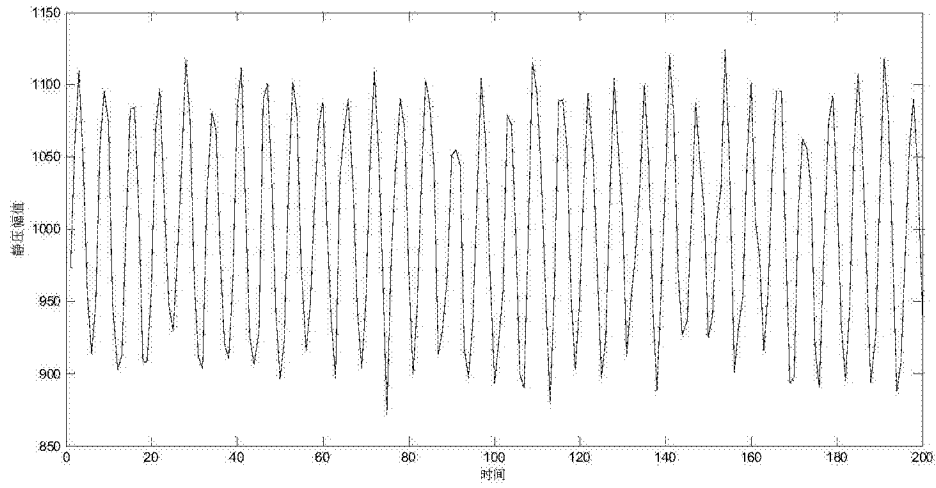


图3.1

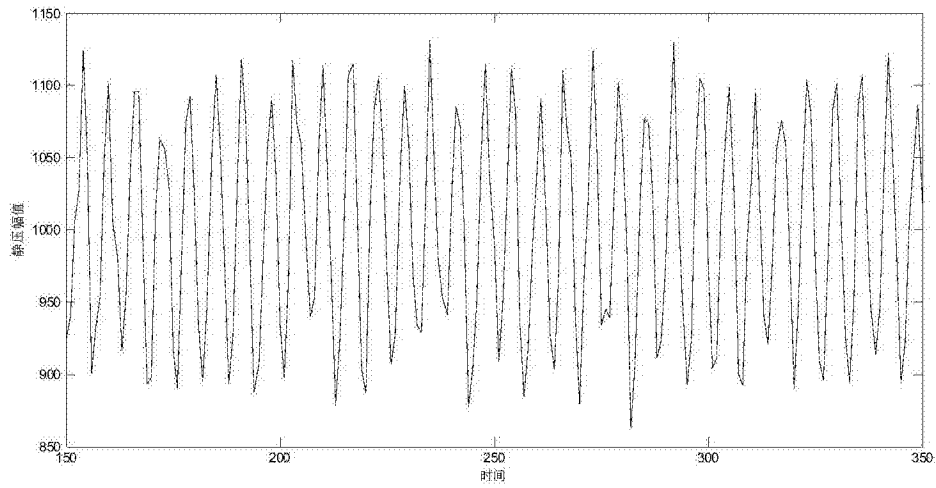


图3.2

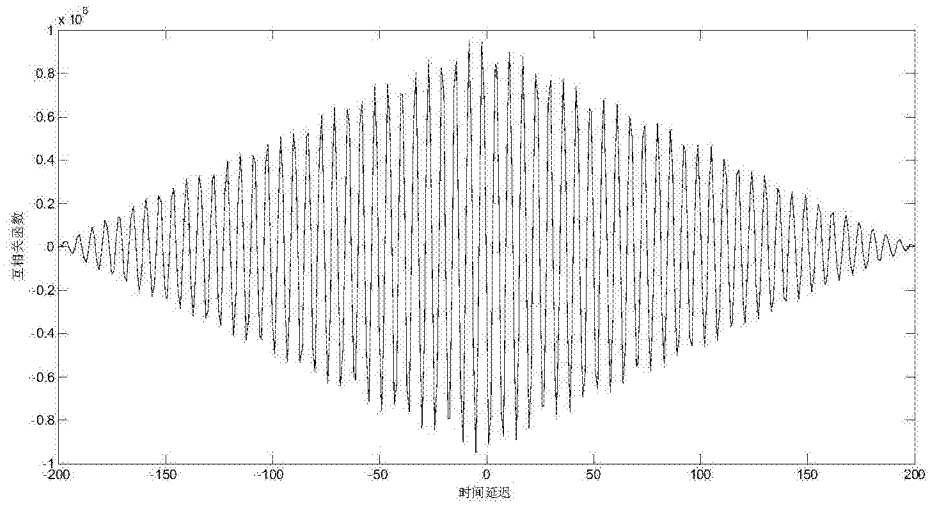


图3.3