



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108051348 A

(43)申请公布日 2018.05.18

(21)申请号 201711267524.7

(22)申请日 2017.12.05

(71)申请人 西人马(厦门)科技有限公司

地址 361000 福建省厦门市思明区宜兰路1号(九牧王国际商务中心)17楼1701单元

(72)发明人 聂泳忠 张中萍

(74)专利代理机构 北京市万慧达律师事务所

11111

代理人 王虎 梁顺珍

(51)Int.Cl.

G01N 15/06(2006.01)

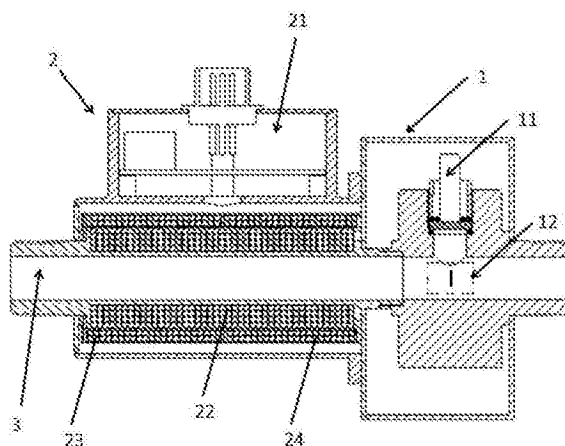
权利要求书3页 说明书15页 附图6页

(54)发明名称

一种流体非金属颗粒浓度的检测系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种流体非金属颗粒浓度的检测系统及检测方法。所述检测系统包括颗粒物形态检测装置、金属颗粒检测装置和检测管道，所述颗粒物形态检测装置和金属颗粒检测装置相互连接并且绕制于所述检测管道上。所述检测方法包括S1：流体颗粒物浓度检测；S2：流体金属颗粒浓度检测；S3：流体非金属颗粒浓度检测。通过本方案的检测系统和检测方法，可以更为准确地检测到流体内非金属颗粒物的浓度，提高检测准确度。



1. 一种流体非金属颗粒浓度的检测系统,其特征在于,所述检测系统包括颗粒物形态检测装置、金属颗粒检测装置和检测管道,所述颗粒物形态检测装置和金属颗粒检测装置相互连接并且绕制于所述检测管道上;

所述颗粒物形态检测装置包括:激光管,用于输出入射光束;散射探测器,用于检测流体出射光束;

所述金属颗粒检测装置包括信号检测系统、激励线圈,以及正偶数个感应线圈,所述激励线圈与所述信号处理系统连接并绕制于所述检测管道上;所述感应线圈均与所述信号处理系统连接,依次并彼此反向绕制于所述激励线圈上;

所述检测管道,其允许颗粒物形态检测装置的光束实现对其管内流体的入射和出射;

优选地,所述感应线圈的数量为两个或四个或六个;

优选地,所述激励线圈为两个或多个,各个激励线圈同向绕制于所述检测管道上;

优选地,所述激励线圈和/或感应线圈采用至少一层的方式进行绕制;

优选地,所述激励线圈和所述感应线圈之间还设置有隔环套筒;

更优选地,所述隔环套筒的材质是非导磁材料;

优选地,所述感应线圈外还设有屏蔽环;

优选地,所述颗粒物形态检测装置还包括用于驱动所述激光管移动的驱动装置;

优选地,所述驱动装置是电机;

更优选地,所述激光管的移动方式是丝杆移动或齿轮移动;

优选地,所述激光管的移动范围是所述检测管道横截面的直径距离;

优选地,所述激光管的移动是匀速移动的;

优选地,所述散射探测器设置位置与所述激光管输出光束不在同一直线上;

更优选地,所述散射探测器设置于所述激光管输出光束的垂直面位置,所述散射探测器、所述检测管道、所述激光管三点形成一个直角形状。

2. 一种应用如上述权利要求1所述检测系统的流体非金属颗粒浓度的检测方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

S1:流体颗粒物浓度检测,具体包括:

S11:往检测管道中通入纯净的流体,获取颗粒物形态检测装置输出的散射底噪值 $U_{\text{底噪}}$;

S12:往检测管道中通入待测流体,获取颗粒物形态检测装置输出的散射信号,获取标准颗粒物的电压信号;

S13:对流体进行一定时间段内的信号采样,提取其中的有效信号,对采样得到的有效信号 U_x 进行阈值分析,并获取该时间段内出现的颗粒物个数;

S14:根据S3颗粒物个数,获取流体内颗粒物的浓度;

以及,

S2:流体金属颗粒物浓度检测,具体包括:

S21:获取所述信号检测系统的输出信号,得到电压幅度变化情况;

S22:根据所获得的电压幅度变化情况,检测金属颗粒浓度;

以及,

S3:流体非金属颗粒物浓度检测,具体包括:

获取S1中所得的流体颗粒物浓度和S2中所得的流体金属颗粒物浓度,通过作差得到流

体非金属颗粒物浓度,即:

流体非金属颗粒物浓度=流体颗粒物浓度-流体金属颗粒物浓度。

3.如权利要求2所述的检测方法,其特征在于,在S1中,所述标准颗粒物选取颗粒物直径为10 μ m的颗粒,对应的电压信号为 $U_{10\mu m}$ 。

4.如权利要求2所述的检测方法,其特征在于,在S1中,所述提取有效信号的方法为将采集的信号与所述散射底噪值进行对比,选取大于散射底噪值的信号作为有效信号。

5.如权利要求2所述的检测方法,其特征在于,所述S13中通过阈值分析获取颗粒物个数的步骤包括:

将采集到的信号 U_x 与底噪值 $U_{底噪}$ 进行比较,若 $U_x-U_{底噪}>0$,则计数加1,若 $U_x-U_{底噪}<0$,则计数为零。

6.如权利要求2所述的检测方法,其特征在于,所述S14中颗粒物浓度的获取步骤包括:

S141:计算颗粒物的体积 V_x :

$$V_x = K * V_{10\mu m} * \sqrt{\frac{U_x - U_{底噪}}{U_{10\mu m} - U_{底噪}}}$$

其中, V_x :未知颗粒的体积; K :传感器修正系数; $V_{10\mu m}$:标准颗粒物体积; U_x :未知体积的颗粒物输出电压幅值; $U_{10\mu m}$:标准颗粒物输出电压幅值;

S142:获取流体颗粒物浓度:

获取流体流速 v 、检测管道横截面积 S ,并将一段时间 t 经过的颗粒个数和体积,转换成总质量 $m_{总}$,即可通过下列公式获取到颗粒物浓度 $c_{总}$:

$$c_{总} = \frac{m_{总}}{v * t_{总} * S}$$

7.如权利要求2所述的检测方法,其特征在于,所述S2中检测金属颗粒浓度包括以下步骤:

获取金属颗粒经过感应线圈的流速 $v_{金属}$;

获取金属颗粒的质量 $m_{金属}$;

根据上述所得金属颗粒的流速 $v_{金属}$ 、质量 $m_{金属}$,经过时间 $t_{金属}$,并利用管道横截面积 S ,通过以下公式计算得出颗粒物的浓度 $c_{金属}$:

$$c_{金属} = \frac{m_{金属}}{v_{金属} * t_{金属} * S}$$

8.如权利要求2所述的检测方法,其特征在于,在S2中,获取所述金属颗粒流速 $v_{金属}$ 的方法包括以下步骤:

分别记录信号处理系统测得金属颗粒经过一组感应线圈时电压幅值在正半周最高点与过零点的时刻,算得其时间差值 $\Delta T1$,以及相对应的感应线圈长度 $L1$;分别记录信号处理系统测得电压幅值在过零点与在负半周最高点的时刻,算得其时间差值 $\Delta T2$,以及相对应的感应线圈长度 $L2$;

根据公式测得流速:

$$v_{\text{金属}} = \frac{\frac{k1 * L1}{\Delta T1} + \frac{k2 * L2}{\Delta T2}}{2}$$

9. 如权利要求2所述的检测方法,其特征在于,若感应线圈有多组,则金属颗粒经过感应线圈的流速 $v_{\text{金属}}$ 为经过各组感应线圈流速的平均值。

10. 如权利要求2所述的检测方法,其特征在于,所述S21中获取所述信号检测系统的输出信号的频率为1ms一次。

一种流体非金属颗粒浓度的检测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及流体检测技术领域,尤其涉及一种流体非金属颗粒浓度的检测系统,进一步地,提供应用该检测系统的检测方法。

背景技术

[0002] 目前,检测流体内检测金属颗粒物浓度所采用的方法有多种,但检测流体内非金属颗粒浓度的方法则较少。有些方法直接测量非金属颗粒物质,但由于流体内颗粒物的形态、材质各异,且很容易相互影响,往往导致测量结果不佳。因此,分别测量流体内总的颗粒信息和金属颗粒再进行相减成为一种优选的实施方式。

[0003] 对于流体内金属颗粒的检测来说,其中利用电磁感应原理检测金属颗粒是一种较常用的方法。具体来说,通常的应用电磁感应原理检测金属颗粒的装置往往采用两反向绕制的励磁激励线圈作为激励源,产生两强度相同方向相反的磁场,在无磁场扰动的情况下,两线圈中间的净磁场为零;在中间绕制一感应磁场变化的感应线圈,用于感应金属颗粒造成的磁场扰动。虽然这种装置能够实现金属颗粒的电磁检测,但是该装置仍存在以下缺陷:

[0004] (1) 为了建立磁场平衡和感应金属颗粒磁场信号,需要两个反向的激励线圈,一个感应线圈,其设计使传感器长度较长,不利于实际的设计制备和安装使用;

[0005] (2) 仅采用一个磁感线圈,在使用电磁感应进行磁场平衡时,激励线圈(励磁线圈)外部的磁场衰减比较明显,小颗粒物在激励线圈上产生的磁场扰动,反应在外部的感应线圈上时,往往已经衰减了很多,故对微小颗粒物的检测精度不足,影响检测效果,进而影响流体内颗粒物浓度的检测精度。

[0006] 而对于流体颗粒物检测来说,在现有的颗粒物形态检测装置的技术中,激光管往往是固定的,而颗粒物由于大小不一,因此在同一滑油管道横截面中颗粒物的分布往往不是均匀的,因此固定的激光管设置可能出现检测平面固定单一,难以精确实现对滑油中颗粒物形态的检测的技术问题,从而使得滑油中颗粒物浓度的测量精准度不够。

发明内容

[0007] 为了克服现有技术的不足,本发明所解决的技术问题是(1)提供一种能提高流体内非金属颗粒物浓度检测精度的检测系统;(2)提供应用该检测系统,使得浓度检测更加准确的检测方法。

[0008] 为解决上述第一个技术问题,本发明所采用的技术方案内容具体如下:

[0009] 一种流体内非金属颗粒浓度的检测系统,所述检测系统包括颗粒物形态检测装置、金属颗粒检测装置和检测管道,所述颗粒物形态检测装置和金属颗粒检测装置相互连接并且绕制于所述检测管道上;

[0010] 所述颗粒物形态检测装置包括:激光管,用于输出入射光束;散射探测器,用于检测流体出射光束;

[0011] 所述金属颗粒检测装置包括信号检测系统、激励线圈,以及正偶数个感应线圈,所

述激励线圈与所述信号处理系统连接并绕制于所述检测管道上;所述感应线圈均与所述信号处理系统连接,依次并彼此反向绕制于所述激励线圈上;

[0012] 所述检测管道,其允许颗粒物形态检测装置的光束实现对其管内流体的入射和出射。

[0013] 需要说明的是,对于金属颗粒检测装置来说。在现有的电磁感应检测颗粒物的装置技术方案中,安装的方式通常是需要两个反向的励磁激励线圈,一个感应线圈,两个激励线圈反向外绕制在管道两端,感应线圈绕制在两激励线圈中间。而在本技术方案中,该装置的激励线圈外绕制感应线圈的设置方式,能够达到安装方便,并且使得传感器整体长度大大缩短的效果,便于制备和使用。

[0014] 激励线圈与信号检测系统连接,信号检测系统会在激励线圈两端输入一个正弦交变信号,产生一个交变磁场,驱动感应线圈。另外,将感应线圈绕制在所述检测管道上,能够检测颗粒物的情况,不需要将传感器直接接触管内的液体,使得测试更为方便。

[0015] 为实现提高检测精度的效果,发明人在本发明方案中采用了正偶数个磁感线圈的方案。在以往的技术方案中,磁感线圈通常情况下只采用一个进行绕制。虽然采用一个磁感线圈看似节省了成本,但实际上由于感应线圈位于两个激励线圈的中间,感应颗粒物通过激励线圈产生的磁场扰动;而感应线圈在离激励线圈较远,往往造成磁场衰减较大,造成测得感应的颗粒物的大小精度不足。

[0016] 而在本技术方案中,采用了激励线圈,以及正偶数个的感应线圈进行对激励线圈的绕制,以确保检测精度。所述激励线圈用于产生磁场,因此优选用一个激励线圈进行绕制。而采用正偶数个感应线圈,例如两个,或者说一组感应线圈,可以适应于发明人随后设定的算法,依靠观测及输入通过两个感应线圈所得的磁场变化情况,计算金属颗粒的浓度。

[0017] 所述感应线圈依次绕制于所述激励线圈上。这种设置方式能够快速检测到颗粒物通过感应线圈时产生的磁场扰动,达到检测金属微粒物的功能。

[0018] 所述感应线圈反向绕制在所述激励线圈上。由于两个感应线圈距离较近,所处环境可认为一致,能够在复杂、恶劣的环境下抑制温度漂移、电磁干扰,提高信号稳定性,进一步提高系统性能。

[0019] 需要说明的是,一个线圈指的是一段两端与信号检测系统连接并绕制于检测管道的线圈。

[0020] 需要说明的是,所述依次绕制指的是在检测管道方向上,,例如两个感应线圈其中一个绕制完成后,在该方向的下一个位置绕制另一个感应线圈,即感应线圈每个之间不互相重合绕制于检测管道,而是各自独立绕制于所述检测管道上。

[0021] 需要说明的是,所述反向绕制指的是两感应线圈在绕制时,彼此不重合地绕制于激励线圈外,方向上一个采用顺时针绕制,另一个采用逆时针绕制。

[0022] 需要说明的是,这里所指的检测颗粒物,是指通过电磁感应的方式将如金属颗粒物进行检测,检测其流动的情况,便于进一步分析液体中金属颗粒物的浓度等数据。

[0023] 需要说明的是,所述信号检测系统是用于检测电磁感应情况,在一种可选的实施方式中,其包括控制电路板、信号输出端口等。应当不限于信号检测系统的组成方式,只要能够检测感应线圈电磁变化的机构均应被视为属于信号检测系统。

[0024] 优选地,所述感应线圈的数量为两个或四个或六个。

[0025] 为使安装制造成本和确保检测精度达到最优的平衡,会优选将感应线圈的数量设置为两个。

[0026] 又或者,将感应线圈的数量设置为四个或六个等,可以在测量过程中进行多次测量求平均值,能提高检测的可靠性。

[0027] 优选地,所述激励线圈为两个或多个,各个激励线圈同向绕制于所述检测管道上。

[0028] 需要说明的是,所述同向绕制指的是各个激励线圈均顺时针或均逆时针绕制与所述检测管道之上。通过这种方式的设置,可以加大磁场强度,同时通过同向绕制的方式可以防止激励线圈之间的互相干扰,影响磁场的稳定性。

[0029] 进一步优选地,所述激励线圈和/或感应线圈采用至少一层的方式进行绕制。

[0030] 激励线圈和/或感应线圈采用至少一层(即多层)绕制的方式,能进一步使激励线圈产生的磁场强度增强,感应线圈上产生的信号更加明显,有利于提高金属颗粒物的检测精度。

[0031] 优选地,所述激励线圈和所述感应线圈之间还设置有隔环套筒;

[0032] 进一步优选地,所述隔环套筒的材质是非导磁材料。

[0033] 在激励线圈与感应线圈之间加装一个隔环套筒,用于隔离激励线圈与感应线圈。这里选用不导磁材料,主要用于生产制作过程中激励线圈与感应线圈绕制的隔离,在感应金属微粒物产生磁场扰动的过程中,尽量减少感应线圈与激励线圈之间的磁场损耗,有利于提高金属颗粒物的检测精度,故在此处选用不导磁材质;同时作为感应线圈绕制的骨架,能够提高感应线圈绕制的平整度。

[0034] 优选地,所述感应线圈外还设有屏蔽环。

[0035] 在感应线圈之外设置有屏蔽环可以隔离外部的磁场,抗外部磁场的干扰,使得检测结果更准确,检测效果更好。

[0036] 优选地,所述颗粒物形态检测装置还包括用于驱动所述激光管移动的驱动装置。

[0037] 需要说明的是,对于颗粒物形态检测装置来说。在现有的颗粒物形态检测装置中,激光管是固定的,而所输出的光束也固定在某一位置上,故其检测的颗粒物仅局限于该位置上的颗粒物。由于颗粒物的质量不同,会导致颗粒物根据质量大小在流体中形成分层,现有装置会导致检测范围较窄,检测到的颗粒物相对局部,从而导致所检测出的流体透明度和颗粒物浓度也并不够精确。因此发明人创新性地提出将之前固定的激光管设置为可移动的,所述驱动装置用于驱动所述激光管移动,使得其输出的光束可以覆盖检测管道,从而对整个检测管道的流经的颗粒物进行检测,进一步达到提高检测精度和准确度的技术效果。

[0038] 进一步优选地,所述驱动装置是电机;

[0039] 作为其中一种实施方式,可以在检测装置中设置有电机,用于驱动所述激光管进行移动,进而导致输出的入射光束的移动。

[0040] 更进一步地,所述激光管的移动方式是丝杆移动或齿轮移动。

[0041] 所述丝杆移动是指,在其中一种实施方式中,将螺母设置在激光器上,所述电机驱动螺杆与所述螺母配合实现移动。

[0042] 所述齿轮移动是指,电机和激光管均设有齿轮状结构部件相互配合实现移动。

[0043] 优选地,所述激光管的移动范围是所述检测管道横截面的直径距离。

[0044] 将激光管的移动范围设定为检测管道横截面的直径距离,可以在更大程度上覆盖

检测管道,使得管道内的流体能够被光束充分覆盖,从而达到对各层颗粒物的充分检测,提高检测的精度。

[0045] 优选地,所述激光管的移动是匀速移动的。

[0046] 在匀速运动的过程中,采集微粒物的信号会比较平稳,使得检测、分析的结果精度更高。

[0047] 优选地,所述散射探测器设置位置与所述激光管输出光束不在同一直线上;

[0048] 散射探测器用于识别颗粒物的大小和形状。在优选的实施方式中,所述散射探测器的设置位置与所述激光管输出光束不在同一直线上。因为当散射探测器设置位置与所述激光管输出光束在同一直线上时,所述散射探测器接收光束的灵敏度较低,而且很容易受到直射光束的干扰。而不在同一直线上,可以降低光束的干扰,使得散射光束检测更为准确。

[0049] 进一步优选地,所述散射探测器设置于所述激光管输出光束的垂直面位置,所述散射探测器、所述检测管道、所述激光管三点形成一个直角形状。

[0050] 经实验表明,通过上述位置关系的设置,可以在更大程度上避免直射光束的干扰,保证散射光束检测准确。

[0051] 为解决上述第二个技术问题,本发明所采用的技术方案内容具体如下:

[0052] 一种应用如上所述检测系统的流体非金属颗粒物浓度的检测方法,所述方法包括以下步骤:

[0053] S1:流体颗粒物浓度检测,具体包括:

[0054] S11:往检测管道中通入纯净的流体,获取颗粒物形态检测装置输出的散射底噪值 $U_{\text{底噪}}$;

[0055] S12:往检测管道中通入待测流体,获取颗粒物形态检测装置输出的散射信号,获取标准颗粒物的电压信号;

[0056] S13:对流体进行一定时间段内的信号采样,提取其中的有效信号,对采样得到的有效信号 U_x 进行阈值分析,并获取该时间段内出现的颗粒物个数;

[0057] S14:根据S3颗粒物个数,获取流体内颗粒物的浓度;

[0058] 以及,

[0059] S2:流体金属颗粒物浓度检测,具体包括:

[0060] S21:获取所述信号检测系统的输出信号,得到电压幅度变化情况;

[0061] S22:根据所获得的电压幅度变化情况,检测金属颗粒浓度;

[0062] 以及,

[0063] S3:流体非金属颗粒物浓度检测,具体包括:

[0064] 获取S1中所得的流体颗粒物浓度和S2中所得的流体金属颗粒物浓度,通过作差得到流体非金属颗粒物浓度,即:

[0065] 流体非金属颗粒物浓度=流体颗粒物浓度-流体金属颗粒物浓度。

[0066] 需要说明的是,所述S1中的一定时间段内可指任意时间段内,可根据实际情况选取。

[0067] 发明人为解决背景技术中提到的技术缺陷,达到更准确地检测流体内非金属颗粒物的浓度,做出了以下几项改进:

[0068] (1)改进颗粒物形态检测装置并进行应用,提高了流体内颗粒物浓度的检测精度。

[0069] (2)改进金属颗粒物检测装置,提高了流体内金属颗粒物浓度的检测精度。

[0070] (3)改进流体颗粒物浓度的检测方法,包括获取检测设备输出的散射底噪值 $U_{\text{底噪}}$,并在后续检测计算过程中对该底噪值所造成的影响进行剔除,提高流体内颗粒物浓度检测计算的准确度。

[0071] 通过上述改进,从而达到提高流体内非金属颗粒物浓度的检测精度。

[0072] 优选地,在S1中,所述标准颗粒物选取颗粒物直径为 $10\mu\text{m}$ 的颗粒,对应的电压信号为 $U_{10\mu\text{m}}$ 。

[0073] 在本技术方案中,优先选取直径为 $10\mu\text{m}$ 的颗粒作为标准颗粒物能够一方面提高检测精度,另一方面提高检测的感应度。如果颗粒物过大,会导致后续计算浓度的检测精度降低,而如果颗粒物过小,设备检测的感应度会降低,导致无法检测到颗粒物的情况。因此发明人将直径为 $10\mu\text{m}$ 的颗粒作为标准颗粒物能够有效平衡检测精度和检测感应度,使得检测过程更为准确。

[0074] 优选地,在S1中,所述提取有效信号的方法为将采集的信号与所述散射底噪值进行对比,选取大于散射底噪值的信号作为有效信号。

[0075] 在本技术方案中,需要选取有效信号作为后续计算的依据,否则会影响检测计算结果的准确度。发明人选取了一种简单而有效的选取有效信号的方式,即将采集到的信号与之前采集到的散射底噪值进行对比,将大于散射底噪值的信号作为有效信号,使得采集到的信号更具有实用性,使得后续测量结果更具准确性。

[0076] 优选地,所述S13中通过阈值分析获取颗粒物个数的步骤包括:

[0077] 将采集到的信号 U_x 与底噪值 $U_{\text{底噪}}$ 进行比较,若 $U_x - U_{\text{底噪}} > 0$,则计数加1,若 $U_x - U_{\text{底噪}} < 0$,则计数为零。

[0078] 在本步骤中,发明人选择计数的方式优选为将信号值与底噪值进行比较,而不是将信号值读取的数字之间进行计数,这样可以消除底噪值带来的误差,即只将 $U_x - U_{\text{底噪}} > 0$ 时的信号作为颗粒物进行计数,使得检测结果更为准确,提高颗粒物浓度的检测精度。

[0079] 优选地,所述S14中颗粒物浓度的获取步骤包括:

[0080] S141:计算颗粒物的体积 V_x :

$$[0081] \quad V_x = K * V_{10\mu\text{m}} * \sqrt{\frac{U_x - U_{\text{底噪}}}{U_{10\mu\text{m}} - U_{\text{底噪}}}}$$

[0082] 其中, V_x :未知颗粒的体积; K :传感器修正系数; $V_{10\mu\text{m}}$:标准颗粒物体积; U_x :未知体积的颗粒物输出电压幅值; $U_{10\mu\text{m}}$:标准颗粒物输出电压幅值;

[0083] S142:获取流体颗粒物浓度:

[0084] 获取流体流速 v 、检测管道横截面积 S ,并将一段时间 t 经过的颗粒个数和体积,转换成总质量 $m_{\text{总}}$,即可通过下列公式获取到颗粒物浓度 $c_{\text{总}}$:

$$[0085] \quad c_{\text{总}} = \frac{m_{\text{总}}}{v * t_{\text{总}} * S}$$

[0086] 需要说明的是,所述传感器修正系数 K 指的是在传感器的标定使用过程中,难免出

现底噪标定偏移,测量出现误差的情况,在此处引入一个微调的修正系数K,对此进行小幅微调;也有可能在选择标准颗粒物时,颗粒物并不完全标准,导致一些细微的体积计算误差,引入修正系数后也能一并修正。

[0087] 本步骤中,同样包括了去除底噪值影响的考虑,使得检测结果更为精确。如上述颗粒物的计算公式中就包括了将 U_x 减去 $U_{\text{底噪}}$,以及 $U_{10\mu\text{m}}$ 减去 $U_{\text{底噪}}$ 的因素,可以使得计算出的颗粒物体积更为接近实际值,提高流体内颗粒物浓度的计算准确度。

[0088] 优选地,所述S2中检测金属颗粒浓度包括以下步骤:

[0089] 获取金属颗粒经过感应线圈的流速 $v_{\text{金属}}$;

[0090] 获取金属颗粒的质量 $m_{\text{金属}}$;

[0091] 根据上述所得金属颗粒的流速 $v_{\text{金属}}$ 、质量 $m_{\text{金属}}$,经过时间 $t_{\text{金属}}$,并利用管道横截面积 S ,通过以下公式计算得出颗粒物的浓度 $c_{\text{金属}}$:

$$[0092] \quad c_{\text{金属}} = \frac{m_{\text{金属}}}{v_{\text{金属}} * t_{\text{金属}} * S}$$

[0093] 在获取金属颗粒质量 $m_{\text{金属}}$ 的过程中,在单层密绕线圈中,金属颗粒物经过螺旋管感应线圈时引起的感应电压 E 与颗粒物的体积 V 、磁导率、通过的速度 $v_{\text{金属}}$ 成正比、线圈绕制的匝数密度的3次方成正比。通过对传感器的输出信号进行定量分析,即可换算出流过滑油管道的金属颗粒的体积、质量。

[0094] 需要说明的是,经过时间 $t_{\text{金属}}$ 指的是金属颗粒在管道中在某一段距离经过所需要的时间,可对应于在不同幅值之间所经过的时间,或者是经过不同幅值时刻的差值。

[0095] 优选地,获取所述金属颗粒流速 $v_{\text{金属}}$ 的方法包括以下步骤:

[0096] 分别记录信号处理系统测得金属颗粒经过一组感应线圈时电压幅值在正半周最高点与过零点的时刻,算得其时间差值 $\Delta T1$,以及相对应的感应线圈长度 $L1$;分别记录信号处理系统测得电压幅值在过零点与在负半周最高点的时刻,算得其时间差值 $\Delta T2$,以及相对应的感应线圈长度 $L2$;

[0097] 根据公式测得流速:

$$[0098] \quad v_{\text{金属}} = \frac{\frac{k1 * L1}{\Delta T1} + \frac{k2 * L2}{\Delta T2}}{2}$$

[0099] 需要说明的是,所述 $L1$ 指的是电压幅值在正半周最高点与过零点这一通过过程中感应线圈长度;所述 $L2$ 指的是电压幅值在过零点与在负半周最高点这一通过过程中感应线圈长度。

[0100] $k1$ 指的是经过一个线圈时的修正系数; $k2$ 指的是经过另一个线圈时的修正系数。

[0101] 由于每个滑油传感器的线材(粗细、材质),绕线匝数,两感应线圈相互作用等不同因素,对输出信号产生影响,使其不再感应线圈的中间部分,故引入修正系数 $k1$ 或 $k2$,对其进行修正。

[0102] 更具体地说,在铁磁性颗粒物经过两感应线圈的过程中,依次通过感应线圈1和感应线圈2,在通过感应线圈1的时候,若不考虑感应线圈2对其产生的影响,输出信号最高点应该在感应线圈1的中间部分,而引入感应线圈2以后,感应线圈2产生的磁场会对输出信号的最高点产生影响,使其进行微小的偏移。

[0103] 优选地,若感应线圈有多组,则金属颗粒经过感应线圈的流速 $v_{\text{金属}}$ 为经过各组感应线圈流速的平均值。

[0104] 例如所述S1中分别计算金属颗粒经过第 g_n 组感应线圈的流速 v_{g_n} (其中 n 为正整数),所述流速 $v_{\text{金属}}$ 为各组感应线圈流速的平均值,即:

$$[0105] \quad v_{\text{金属}} = \frac{v_{g1} + v_{g2} + \dots + v_{gn}}{n}$$

[0106] 通过平均值计算的方法可以提高该流速的计算精度,使得计算结果更为准确。

[0107] 优选地,所述S21中获取所述信号检测系统的输出信号的频率为1ms一次。

[0108] 获取频率为1ms一次的有益效果在于:输出信号的频率为500Hz,根据采样定理,采样频率要大于信号最高频率的2倍,才能无失真的保留信号的完整信息,故在此选用1K的采样频率,即1s采1000个有效信号(1ms一个)进行分析。

[0109] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0110] 1、本检测系统集成金属颗粒检测装置和颗粒物形态检测装置,可以通过上述两装置的检测结果直接获取流体非金属颗粒的相关信息,并且获取的信息方便、快捷、准确;

[0111] 2、本检测系统中的金属颗粒检测装置的激励线圈外绕制有感应线圈,能够达到安装方便,并且使得传感器整体长度大大缩短的效果,便于制备和使用;

[0112] 3、本检测系统中的金属颗粒检测装置的感应线圈绕制在所述检测管道上,能够检测测量颗粒物的情况,不需要将传感器直接接触管内的液体,使得测试更为方便;

[0113] 4、本检测系统中的金属颗粒检测装置采用了至少两个的感应线圈进行对激励线圈的绕制,以确保检测精度;

[0114] 5、本检测系统中的金属颗粒检测装置采用在激励线圈与感应线圈之间加装一个隔环套筒,用于隔离激励线圈与感应线圈,减少感应线圈与激励线圈之间的磁场损耗;同时作为感应线圈绕制的骨架,能够提高感应线圈绕制的平整度;

[0115] 6、本检测系统中的金属颗粒检测装置在感应线圈之外设置有屏蔽环可以隔离外部的磁场,抗外部磁场的干扰,使得检测结果更准确,检测效果更好;

[0116] 7、本检测系统中的颗粒物形态检测装置,将激光管设置为可移动的,使得其输出的光束可以覆盖检测管道,从而对整个检测管道的流经的颗粒物进行检测,进一步达到提高检测精度和准确度的技术效果;

[0117] 8、本检测系统中的颗粒物形态检测装置,优选将装置还包括电机,所述电机与所述激光管连接,从而驱动所述激光管进行移动,可实现激光管的可移动;

[0118] 9、本检测系统中的颗粒物形态检测装置,将激光管的移动范围设定为检测管道横截面的直径距离,可以在更大程度上覆盖检测管道,使得管道内的流体能够被光束充分覆盖,从而达到对各层颗粒物的充分检测,提高检测的精度;

[0119] 10、本检测系统中的颗粒物形态检测装置,所述激光管的移动是匀速移动的,在匀速运动的过程中,采集微粒物的信号会比较平稳,使得检测、分析的结果精度更高。

[0120] 11、本发明的检测方法,在颗粒物浓度计算步骤中,包括了去除底噪值影响的考虑,可以使得计算出的颗粒物体积更为接近实际值,提高流体内颗粒物浓度的计算准确度;

[0121] 12、本发明的检测方法,选取直径为 $10\mu\text{m}$ 的颗粒作为标准颗粒物能够一方面提高检测精度,另一方面提高检测的感应度;

[0122] 13、本发明的检测方法,将采集到的信号与之前采集到的散射底噪值进行对比,将大于散射底噪值的信号作为有效信号,使得采集到的信号更具有实用性,使得后续测量结果更具准确性。

[0123] 14、本发明的检测方法,发明人选择计数的方式优选为将信号值与底噪值进行比较,而不是将信号值读取的数字之间进行计数,使得检测结果更为准确,提高颗粒物浓度的检测精度;

[0124] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其他目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举较佳实施例,并配合附图,详细说明如下。

附图说明

[0125] 图1(a)为本发明检测系统一种优选实施方式的剖面结构示意图;

[0126] 图1(b)为图1(a)检测系统中颗粒物形态检测装置部分的右视图;

[0127] 图2为本发明检测系统中的金属颗粒检测装置的第一种较优选实施方式的剖面结构示意图;

[0128] 图3为本发明检测系统中的金属颗粒检测装置的第二种较优选实施方式的剖面结构示意图;

[0129] 图4为图3中A区域的局部扩大示意图;

[0130] 图5为本发明检测系统中的金属颗粒检测装置进行电磁感应测试的原理示意图;

[0131] 图6为图5原理示意图对应的电压输出变化曲线图;

[0132] 图7为本发明检测系统中的颗粒物形态检测装置一种较优选实施方式的结构示意图;

[0133] 其中,各附图标记为:1、颗粒物形态检测装置;2、金属颗粒检测装置;3、检测管道;11、激光管;12、散射探测器;13、电机;131、齿轮;132、齿条;21、信号检测系统;22、激励线圈;23、第一感应线圈;24、第二感应线圈;25、隔环套筒;26、屏蔽环;a、颗粒;b、颗粒。

具体实施方式

[0134] 为更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效,以下结合附图及较佳实施例,对依据本发明的具体实施方式、结构、特征及其功效,详细说明如下:

[0135] 实施例1(一种流体内非金属颗粒浓度的检测系统)

[0136] 如图1(a)所示,是本发明一种流体内非金属颗粒的检测系统的其中一种较优选实施方式的结构示意图,所述检测系统包括颗粒物形态检测装置1、金属颗粒检测装置2和检测管道3,所述颗粒物形态检测装置和金属颗粒检测装置相互连接并且绕制于所述检测管道上;

[0137] 如图1(a)和图1(b)所示,所述颗粒物形态检测装置包括:激光管11,用于输出入射光束;散射探测器12,用于检测流体出射光束;

[0138] 所述金属颗粒检测装置包括信号检测系统21、激励线圈22,以及两个感应线圈(分别为第一感应线圈23和第二感应线圈24),所述激励线圈与所述信号处理系统连接并绕制于所述检测管道上;所述感应线圈均与所述信号处理系统连接,依次并彼此反向绕制于所

述激励线圈上；

[0139] 所述检测管道,其允许颗粒物形态检测装置的光束实现对其管内流体的入射和出射。

[0140] 以上为本技术方案的基础实施方式的其中一种优选实施例,此基础实施例中具有的有益效果是:能够通过一次设备的测量得到流体内颗粒物浓度、金属颗粒物浓度以及非金属颗粒物浓度三组数据,提高检测效率,同时本系统各设备的改进也能够有效提高检测效率和准确度。

[0141] 出于方便文字及图片说明的考虑,以下分别对金属颗粒检测装置和颗粒物形态检测装置的实施方式以更具体的,不同实施例进行展示。本非金属颗粒检测系统可以是以下各个金属颗粒检测装置实施方式和各个颗粒物形态检测系统实施方式的任意组合,即仅分别展示两检测装置的优选实施方式,并不对两者组合进行展示,非金属颗粒检测系统可以是两检测装置任一优选方式的组合。

[0142] 获取非金属颗粒物浓度等信号的方法为:分别读取金属颗粒物检测装置和颗粒物形态检测装置所获取的流体金属颗粒物浓度信息、流体颗粒物浓度信息,再将流体颗粒物浓度信息减去流体金属颗粒物浓度信息,即得到非金属颗粒物浓度等信息。

[0143] 实施例2(一种流体内非金属颗粒浓度的检测系统内的金属颗粒检测装置)

[0144] 如图2所示,是本发明系统中的金属颗粒检测装置的第一种较优选实施方式的剖面结构示意图;

[0145] 该检测装置包括信号检测系统21、一个激励线圈22,以及两个感应线圈(分别为第一感应线圈23和第二感应线圈24),所述激励线圈与所述信号处理系统连接并绕制于所述检测管道3上;所述感应线圈均与所述信号处理系统连接,依次并彼此反向绕制于所述激励线圈上。

[0146] 以上为本技术方案的其中一种优选实施方式。此基础实施方式中具有以下有益效果:

[0147] (1) 该装置的激励线圈外绕制感应线圈的设置方式,能够达到安装方便,并且使得传感器整体长度大大缩短的效果,便于制备和使用;

[0148] (2) 将感应线圈绕制在所述检测管道上,能够检测测量颗粒物的情况,不需要将传感器直接接触管内的液体,使得测试更为方便;

[0149] (3) 感应线圈依次绕制于所述激励线圈上,能够快速检测到颗粒物通过感应线圈时产生的磁场扰动,达到检测金属微粒物的功能;

[0150] (4) 感应线圈反向绕制在所述激励线圈上,由于两个感应线圈距离较近,所处环境可认为一致,能够在复杂、恶劣的环境下抑制温度漂移、电磁干扰,提高信号稳定性,进一步提高系统性能。

[0151] 在本实施例中,所述激励线圈的数量为一个,用于产生磁场。在其他实施方式中,激励线圈的个数也可以是两个或多个,但需要同向绕制,以防止磁场的相互干扰,影响测量效果。

[0152] 在本实施例中,所述感应线圈的数量为两个。通过这种设置方式,可以有效提高检测精度,使得检测效果更加良好。或者在其他实施方式中,所述感应线圈的数量为偶数个,例如四个,六个或更多个,一方面能够达到同样检测的效果,另一方面可以通过进行多次测

量求取平均值的方式提高检测的可靠性。

[0153] 在本实施例中,所述检测管道的材质采用的是非导磁材料;更具体地,所述检测管道的材质是不锈钢材质。管道材质采用不导磁材质,是为了更准确的测得金属颗粒物在激励线圈上产生的磁场扰动。在测试过程中需要尽量保证激励线圈产生的磁场从管道中间通过,提高管道中的磁场强度。更优选采用不导磁的不锈钢材质,可满足要求,但不限于此材质。

[0154] 实施例3(一种流体内非金属颗粒浓度的检测系统内的金属颗粒检测装置)

[0155] 如图3所示是本发明检测系统中的金属颗粒检测装置的第二种较优选实施方式的剖面结构示意图;本实施例与上述实施例1的区别在于:如图4所示,该检测装置中所述激励线圈和所述感应线圈之间还设置有隔环套筒25,亦即,所述激励线圈外套有一隔环套筒,所述感应线圈绕制于所述隔环套筒之上。以及,所述感应线圈外还设有一屏蔽环26。

[0156] 上述两个技术方案可以一并实施,也可以只实施一个,视乎需要而定。在本实施例中两个方案均实施,即设有隔环套筒以及屏蔽环,为更加优选的实施方式。

[0157] 设有隔环套筒,一方面主要用于生产制作过程中激励线圈与感应线圈绕制的隔离;另一方面隔环套筒可以同时作为感应线圈绕制的骨架,能够提高感应线圈绕制的平整度。作为更进一步的优选,所述隔环套筒选用不导磁材料,在感应金属微粒物产生磁场扰动的过程中,尽量减少感应线圈与激励线圈之间的磁场损耗,有利于提高金属颗粒物的检测精度,故在此处选用不导磁材质。

[0158] 设有屏蔽环,其作用在于在感应线圈之外设置有屏蔽环可以隔离外部的磁场,抗外部磁场的干扰,使得检测结果更准确,检测效果更好。

[0159] 下面结合图5和图6,以上述实施例中的设置方式为例,对本装置的实施原理说明如下:

[0160] 通过在激励线圈两端输入一个正弦交变信号,能产生一个交变磁场;在交变磁场的作用下,感应线圈两端能产生交变信号。

[0161] 根据材料的导磁性,可以将金属材料大致区分为抗磁质(<1)、顺磁质(>1)和铁磁质($>>1$)。其中,抗磁材料使磁场变弱,顺磁材料使磁场变强,铁磁材料大大增加磁场强度。在电路上,将两感应线圈的反向输出端相连,测得另外两端的输出信号。当无金属颗粒经过激励线圈内部时,两感应线圈的感应信号反向抵消,系统整体输出为零。当金属颗粒(铁磁质材料)从左往右通过激励线圈内部时,分为如下几个过程:

[0162] (1) 金属颗粒物进入第一感应线圈的过程中,第一感应线圈变化较为敏感,电压值先升高,而第二感应线圈变化较为缓慢,此时感应线圈两端输出一个上升的正电压;

[0163] (2) 随着金属颗粒物向中间靠近,第二感应线圈也受到影响,此时第一感应线圈产生的电压慢慢被第二感应线圈产生的电压平衡,逐渐下降,在第一感应线圈与第二感应线圈中间时降为0;

[0164] (3) 金属颗粒物穿过第一感应线圈,进入到第二感应线圈,此时第二感应线圈的电压值高于第一感应线圈,出现一个负电压,且电压幅值不断变大;

[0165] (4) 当颗粒物经过第二感应线圈,流出的过程中,对第二感应线圈造成的影响慢慢减弱,电压幅值慢慢下降,再穿出第二感应线圈一定距离后趋近于0。

[0166] 依据电磁感应原理,当金属颗粒物从左往右经过滑油管道时,传感器设备能检测

出一个类似正弦波的信号,其幅值正比于颗粒物的大小,周期正比于颗粒物的流速,从而计算出流速。

[0167] 实施例4(一种流体内非金属颗粒浓度的检测系统内的颗粒物形态检测装置)

[0168] 如图7所示是本发明检测系统中的颗粒物形态检测装置的一种较优选实施方式的结构示意图,其包括:检测管道3,其允许光束实现对其管内流体的入射和出射;激光管11,用于输出入射光束;散射探测器12,用于检测散射光束。

[0169] 所述散射探测器设置于所述激光管输出光束的垂直面位置,所述散射探测器、所述检测管道、所述激光管三点形成一个直角形状。

[0170] 所述检测装置还包括作为驱动装置的电机13,所述电机与所述激光管相连接以带动所述激光管的移动。所述电机通过与齿轮131和齿条132带动所述激光管的移动。

[0171] 本检测装置的具体工作过程如下:

[0172] 装置初始时,通过电机、齿轮、齿条控制激光管位于行程的最下端,检测管道的最下层的液体,分析最下层的微粒子分布情况;然后通过控制电机驱动程序,匀速的移动激光管,使激光光路在管道中呈移动扫描状,同时采集光电探测器的输出信号,分析微粒子在管道中不同层时的情况,实现动态分析管道微粒子分布的功能。对于不同大小的颗粒,如图中的相对较小的颗粒a和相对较大的颗粒b,由于质量不同会导致颗粒的分层,通过本装置可以移动地将光束覆盖入射到检测管道内的流体中,使得不同颗粒物进行不同的散射和透射,使得光电探测器检测的结果更为全面和准确,更能进一步为下一步探测流体的透明度和颗粒物浓度提高检测精度。

[0173] 在本实施例中,将激光管设置为可移动的,使得其输出的光束可以覆盖检测管道,从而对整个检测管道的流经的颗粒物进行检测,进一步达到提高检测精度和准确度的技术效果。

[0174] 在本实施例中,所述激光管的移动方式是齿轮移动,在其他的实施方式中,移动方式还可以是丝杆移动等。

[0175] 在本实施例中,所述激光管的移动范围是所述检测管道横截面的直径距离。将激光管的移动范围设定为检测管道横截面的直径距离,可以在更大程度上覆盖检测管道,使得管道内的流体能够被光束充分覆盖,从而达到对各层颗粒物的充分检测,提高检测的精度。在其他的实施方式中,移动范围可以视具体情况而定,不限于本实施例的优选实施方式。

[0176] 在本实施例中,所述激光管的移动是匀速移动的。在匀速运动的过程中,采集微粒物的信号会比较平稳,使得检测、分析的结果精度更高。

[0177] 在本实施例中,为降低光束的干扰,使得散射光束检测更为准确,所述散射探测器设置于所述激光管的垂直面位置,所述散射探测器、所述检测管道、所述激光管三点形成一个直角形状。在其他优选实施方式中,所述散射探测器设置位置与所述激光管输出光束不在同一直线上也可达到上述技术效果。

[0178] 实施例5(一种流体非金属颗粒物浓度的检测方法)

[0179] 一种应用如上所述检测系统的流体非金属颗粒物浓度的检测方法,所述方法包括以下步骤:

[0180] S1:流体颗粒物浓度检测,具体包括:

[0181] S11:往检测管道中通入纯净的流体,获取颗粒物形态检测装置输出的散射底噪值 $U_{\text{底噪}}$;

[0182] S12:往检测管道中通入待测流体,获取颗粒物形态检测装置输出的散射信号,获取标准颗粒物的电压信号;

[0183] S13:对流体进行一定时间段内的信号采样,提取其中的有效信号,对采样得到的有效信号 U_x 进行阈值分析,并获取该时间段内出现的颗粒物个数;

[0184] S14:根据S3颗粒物个数,获取流体内颗粒物的浓度;

[0185] 以及,

[0186] S2:流体金属颗粒物浓度检测,具体包括:

[0187] S21:获取所述信号检测系统的输出信号,得到电压幅度变化情况;

[0188] S22:根据所获得的电压幅度变化情况,检测金属颗粒浓度;

[0189] 以及,

[0190] S3:流体非金属颗粒物浓度检测,具体包括:

[0191] 获取S1中所得的流体颗粒物浓度和S2中所得的流体金属颗粒物浓度,通过作差得到流体非金属颗粒物浓度,即:

[0192] 流体非金属颗粒物浓度=流体颗粒物浓度-流体金属颗粒物浓度。

[0193] 所述S1中的一定时间段内可指任意时间段内,可根据实际情况选取。

[0194] 以上是本检测方法的基础实施方式,发明人为解决背景技术中提到的技术缺陷,达到更准确地检测流体内非金属颗粒物的浓度,做出了以下几项改进:(1)改进颗粒物形态检测装置并进行应用,提高了流体内颗粒物浓度的检测精度。(2)改进金属颗粒物检测装置,提高了流体内金属颗粒物浓度的检测精度。(3)改进流体颗粒物浓度的检测方法,包括获取检测设备输出的散射底噪值 $U_{\text{底噪}}$,并在后续检测计算过程中对该底噪值所造成的影响进行剔除,提高流体内颗粒物浓度检测计算的准确度。通过上述改进,从而达到提高流体内非金属颗粒物浓度的检测精度。

[0195] 以上为本技术方案的基础实施方式的其中一种优选实施例,此基础实施例中具有的有益效果是:能够通过一次设备的测量得到流体内颗粒物浓度、金属颗粒物浓度以及非金属颗粒物浓度三组数据,提高检测效率,同时本系统各设备的改进也能够有效提高检测效率和准确度。

[0196] 出于方便文字及图片说明的考虑,以下分别对金属颗粒浓度检测方法和流体内颗粒物浓度检测方法的实施方式以更具体的,不同实施例进行展示。本非金属颗粒浓度检测方法可以是以下各个金属颗粒浓度检测方法实施方式和各个流体内颗粒物浓度检测方法的任意组合,即仅分别展示两检测方法的优选实施方式,并不对两者组合进行展示,非金属颗粒浓度检测方法可以是两检测方法任一优选方式的组合。

[0197] 实施例6(一种流体非金属颗粒物浓度的检测方法中流体颗粒物浓度检测方法)

[0198] 本实施例是本方案流体非金属颗粒物浓度的检测方法中流体颗粒物浓度检测方法的优选实施方式,在S1中,所述标准颗粒物选取颗粒物直径为 $10\mu\text{m}$ 的颗粒,对应的电压信号为 $U_{10\mu\text{m}}$ 。

[0199] 在实际选取标准颗粒物的过程中,如果颗粒物过大,会导致后续计算浓度的检测精度降低,而如果颗粒物过小,设备检测的感应度会降低,导致无法检测到颗粒物的情况。

因此发明人将直径为10 μm 的颗粒作为标准颗粒物能够有效平衡检测精度和检测感应度,一方面能够提高检测精度,另一方面能够提高检测的感应度。

[0200] 结合上述实施方式,在其中一种优选的实施方式中,所述提取有效信号的方法为将采集的信号与所述散射底噪值进行对比,选取大于散射底噪值的信号作为有效信号。

[0201] 将采集到的信号与之前采集到的散射底噪值进行对比,将大于散射底噪值的信号作为有效信号,使得采集到的信号更具有实用性,使得后续测量结果更具准确性。

[0202] 结合上述实施方式,在其中一种优选的实施方式中,所述S3中通过阈值分析获取颗粒物个数的步骤包括:

[0203] 将采集到的信号 U_x 与底噪值 $U_{\text{底噪}}$ 进行比较,若 $U_x - U_{\text{底噪}} > 0$,则计数加1,若 $U_x - U_{\text{底噪}} < 0$,则计数为零。

[0204] 在本步骤中,发明人选择计数的方式优选为将信号值与底噪值进行比较,而不是将信号值读取的数字之间进行计数,这样可以消除底噪值带来的误差,即只将 $U_x - U_{\text{底噪}} > 0$ 时的信号作为颗粒物进行计数,使得检测结果更为准确,提高颗粒物浓度的检测精度。

[0205] 结合上述实施方式,在另一种优选的实施方式中,所述S14中颗粒物浓度的获取步骤包括:

[0206] S141:计算颗粒物的体积 V_x :

$$[0207] \quad V_x = K * V_{10\mu\text{m}} * \sqrt{\frac{U_x - U_{\text{底噪}}}{U_{10\mu\text{m}} - U_{\text{底噪}}}}$$

[0208] 其中, V_x :未知颗粒的体积; K :传感器修正系数; $V_{10\mu\text{m}}$:标准颗粒物体积; U_x :未知体积的颗粒物输出电压幅值; $U_{10\mu\text{m}}$:标准颗粒物输出电压幅值;

[0209] S142:获取流体颗粒物浓度:

[0210] 获取流体流速 v 、检测管道横截面积 S ,并将一段时间 t 经过的颗粒个数和体积,转换成总质量 $m_{\text{总}}$,即可通过下列公式获取到颗粒物浓度 $c_{\text{总}}$:

$$[0211] \quad c_{\text{总}} = \frac{m_{\text{总}}}{v * t_{\text{总}} * S}$$

[0212] 本步骤中,同样包括了去除底噪值影响的考虑,使得检测结果更为精确。如上述颗粒物的计算公式中就包括了将 U_x 减去 $U_{\text{底噪}}$,以及 $U_{10\mu\text{m}}$ 减去 $U_{\text{底噪}}$ 的因素,可以使得计算出的颗粒物体积更为接近实际值,提高流体内颗粒物浓度的计算准确度。

[0213] 总质量 $m_{\text{总}}$ 的计算过程如下:

[0214] 单个颗粒物质量计算

$$[0215] \quad m = \rho * V$$

[0216] 这里将颗粒物默认为流体中常见的颗粒物,带入其相对的密度,即可换算得到单个颗粒物的质量。

[0217] 在单个颗粒物计算的基础上进行一段时间的颗粒物质量累加即可得到当前时间段内的颗粒物总质量:

$$[0218] \quad M = \sum_{i=1}^N m_i$$

[0219] 实施例7(一种流体非金属颗粒物浓度的检测方法中流体金属颗粒物浓度检测方法)

[0220] 本实施例是本方案流体非金属颗粒物浓度的检测方法中流体金属颗粒物浓度检测方法的优选实施方式,所述S2中检测金属颗粒浓度包括以下步骤:

[0221] 获取金属颗粒经过感应线圈的流速 $v_{\text{金属}}$;

[0222] 获取金属颗粒的质量 $m_{\text{金属}}$;

[0223] 根据上述所得金属颗粒的流速 $v_{\text{金属}}$ 、质量 $m_{\text{金属}}$,经过时间 $t_{\text{金属}}$,并利用管道横截面积 S ,通过以下公式计算得出颗粒物的浓度 $c_{\text{金属}}$:

$$[0224] \quad c_{\text{金属}} = \frac{m_{\text{金属}}}{v_{\text{金属}} * t_{\text{金属}} * S}$$

[0225]

[0226] 在一种更优选的实施方式中,获取所述金属颗粒流速 $v_{\text{金属}}$ 的方法包括以下步骤:

[0227] 分别记录信号处理系统测得金属颗粒经过一组感应线圈时电压幅值在正半周最高点与过零点的时刻,算得其时间差值 $\Delta T1$,以及相对应的感应线圈长度 $L1$;分别记录信号处理系统测得电压幅值在过零点与在负半周最高点的时刻,算得其时间差值 $\Delta T2$,以及相对应的感应线圈长度 $L2$;

[0228] 根据公式测得流速:

$$[0229] \quad v_{\text{金属}} = \frac{\frac{k1 * L1}{\Delta T1} + \frac{k2 * L2}{\Delta T2}}{2}$$

[0230] 由于输出信号中,过零点的检测点过多,在实际采样过程中,往往有可能造成误差;所以在本方法中,选取信号的正负半周最高点作为时间记录点,用于流速分析。

[0231] 在颗粒物流过滑油管道的过程中,管道的长度 L 是一定的,通过采样时间抽取, $T1$ 、 $T2$ 、 $T3$,其中 $T1$ 为信号通过正半周最高点的时刻, $T2$ 为信号通过零点的时刻, $T3$ 为信号通过负半周最高点的时刻,如图5所示;可以得到流速:

$$[0232] \quad v = K * \frac{L}{\Delta T}$$

[0233] 由于每个滑油传感器的线材(粗细、材质),绕线匝数,两感应线圈相互作用等不同因素,对输出信号产生影响,使其不再感应线圈的中间部分,故引入修正系数 K ,对其进行修正。同时通过 $T1$ 到 $T2$, $T2$ 到 $T3$ 两个时间段进行分析,取平均流速,减少误差。

$$[0234] \quad v_1 = K * \frac{L}{2 * (T_2 - T_1)}$$

$$[0235] \quad v_2 = K * \frac{L}{2 * (T_3 - T_2)}$$

$$[0236] \quad v = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

[0237] 其中,L为通过感应线圈的总长度,L/2为分别通过两个半周期的线圈长度。

[0238] 上述为通过一组感应线圈时所计算得出的速度。

[0239] 在输出信号中,信号的幅值与金属颗粒物的大小有关。依据圆柱形金属颗粒物匀速的通过螺旋管内部时,产生的感应电动势有:

$$[0240] \quad E = -4k\mu_0\mu_r n^3 V I_0 v$$

[0241] 其中,k为系统修正系数,n为线圈匝数密度(单位长度的绕制匝数=总匝数/总长度),V为颗粒物体积,v为颗粒物流速。

[0242] 在单层密绕线圈中,金属颗粒物经过螺旋管感应线圈时引起的感应电压E 与颗粒物的体积V、磁导率、通过的速度v成正比、线圈绕制的匝数密度的3次方成正比。通过对传感器的输出信号进行定量分析,即可换算出流过滑油管道的金属磨粒的体积、质量。在获取到滑油流速v的条件下,测得金属颗粒物的浓度,方法如下:

[0243] 已知管道横截面积S,一段时间t内,通过输出信号的幅值得到经过的金属颗粒数量、大小,转换成总质量m,即可获取到金属颗粒物浓度,即通过公式:

$$[0244] \quad c_{\text{金属}} = \frac{m_{\text{金属}}}{v_{\text{金属}} * t_{\text{金属}} * S}$$

[0245] 计算得出。

[0246] 在更进一步的一种优选实施方式中,所述S21中获取所述信号检测系统的输出信号的频率为1ms一次。

[0247] 获取频率为1ms一次的有益效果在于:输出信号的频率为500Hz,根据采样定理,采样频率要大于信号最高频率的2倍,才能无失真的保留信号的完整信息,故在此选用1K的采样频率,即1s采1000个有效信号(1ms一个)进行分析。

[0248] 在一种更优选的实施方式中,若感应线圈有多组,则金属颗粒经过感应线圈的流速 $v_{\text{金属}}$ 为经过各组感应线圈流速的平均值。

[0249] 例如所述S1中分别计算金属颗粒经过第gn组感应线圈的流速 v_{gn} (其中n 为正整数),所述流速 $v_{\text{金属}}$ 为各组感应线圈流速的平均值,即:

$$[0250] \quad v_{\text{金属}} = \frac{vg1 + vg2 + \dots + vgn}{n}$$

[0251] 通过平均值计算的方法可以提高该流速的计算精度,使得计算结果更为准确。

[0252] 上述实施方式仅为本发明的优选实施方式,不能以此来限定本发明保护的范围,本领域的技术人员在本发明的基础上所做的任何非实质性的变化及替换均属于本发明所要求保护的范畴。

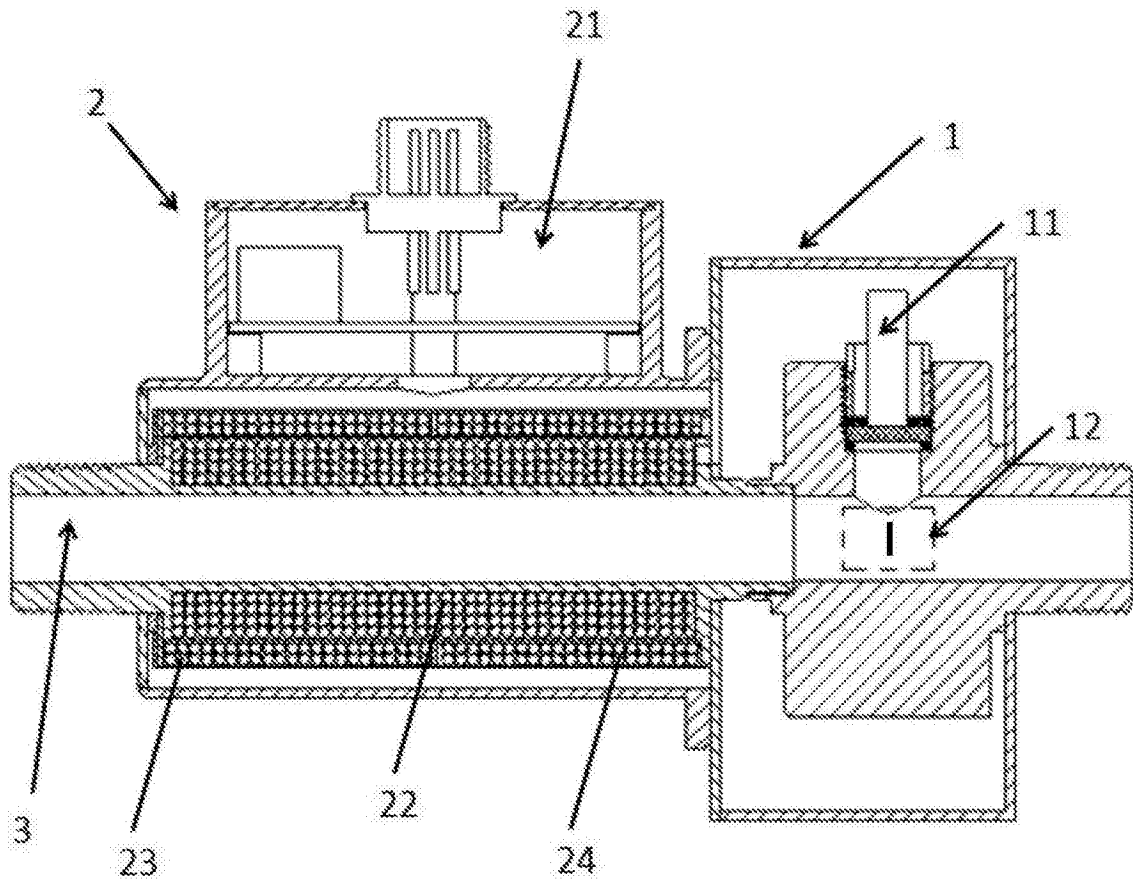


图1 (a)

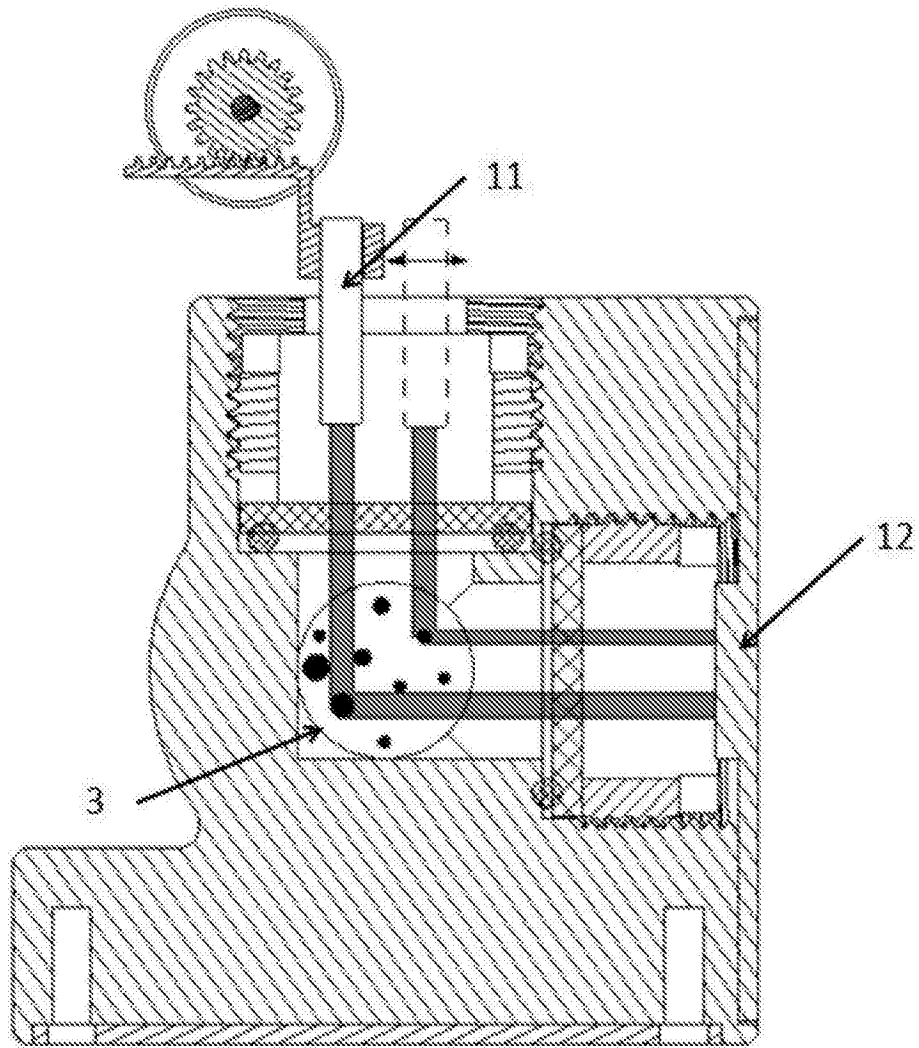


图1 (b)

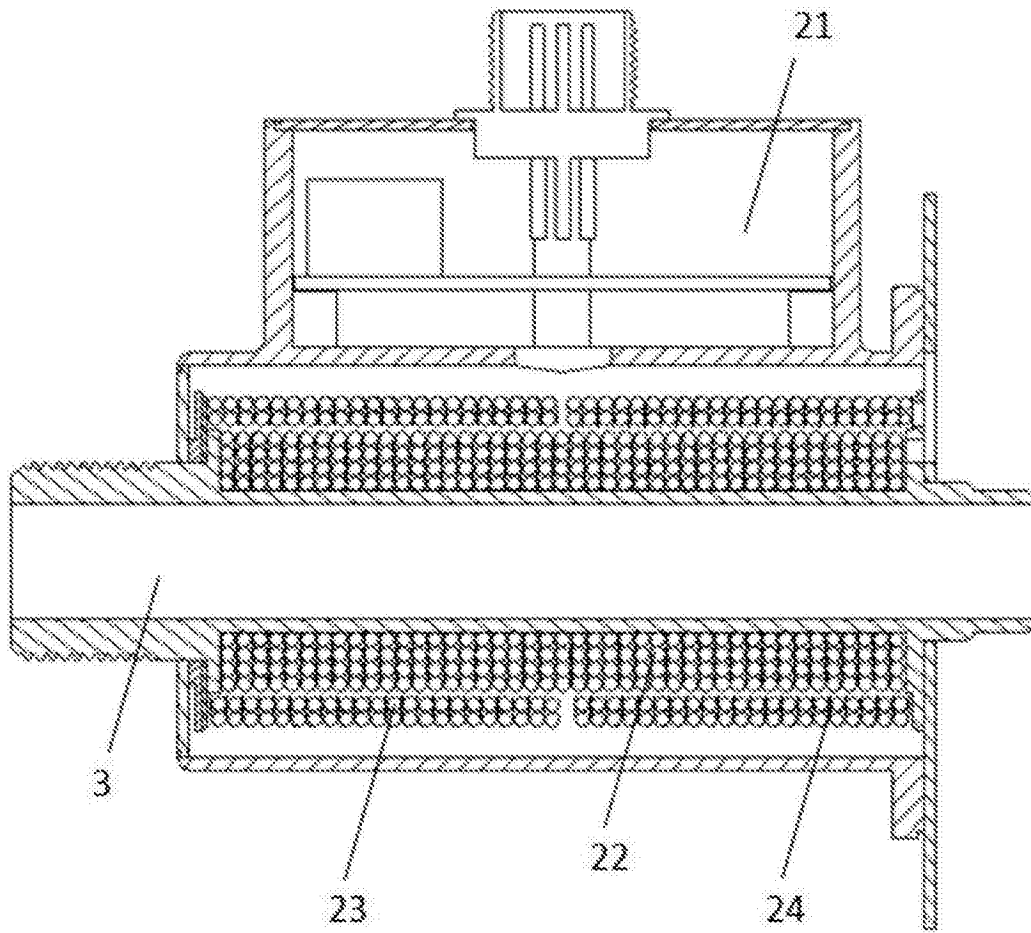


图2

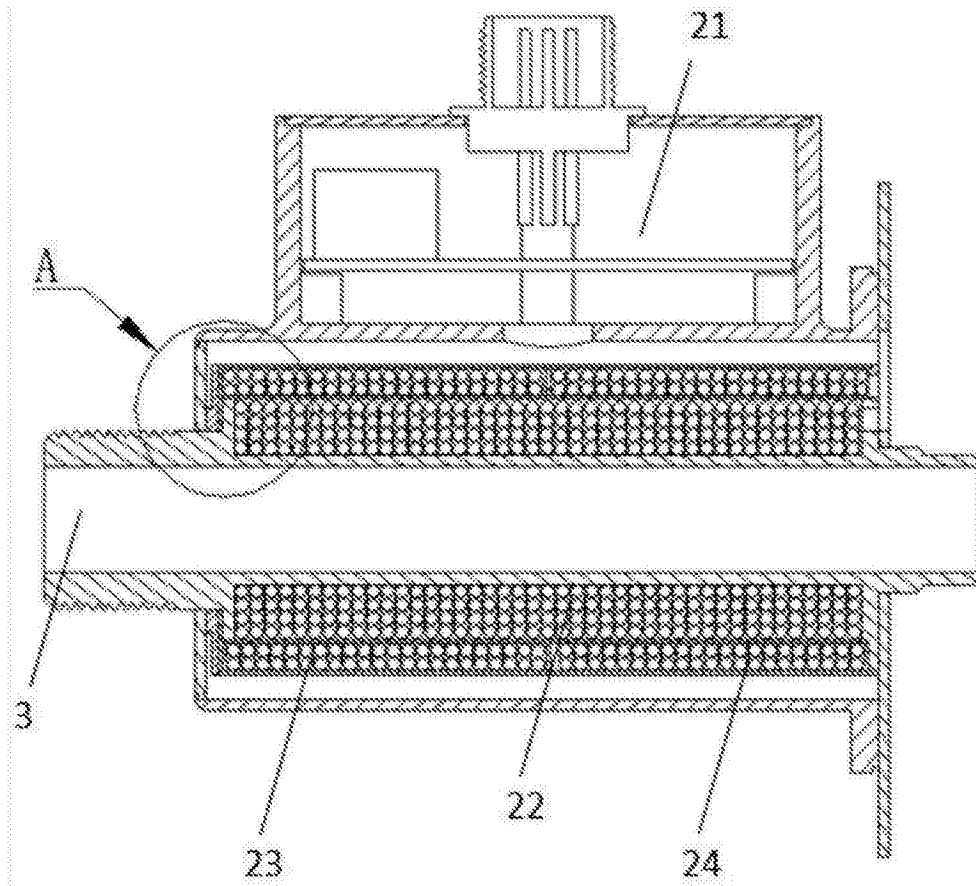


图3

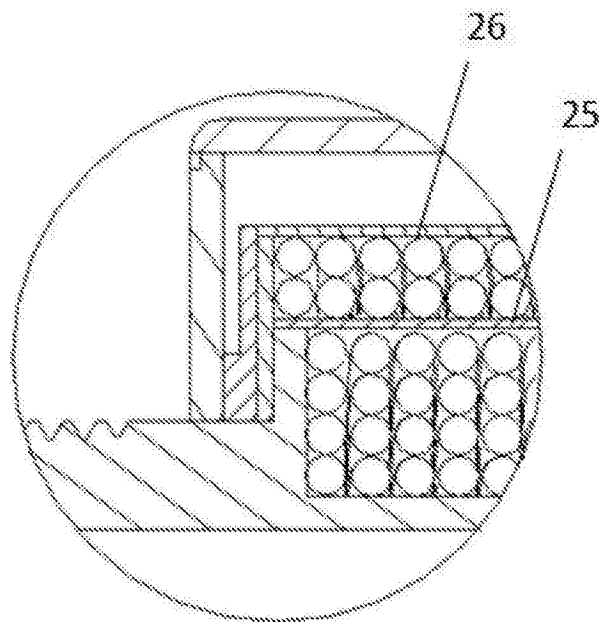


图4

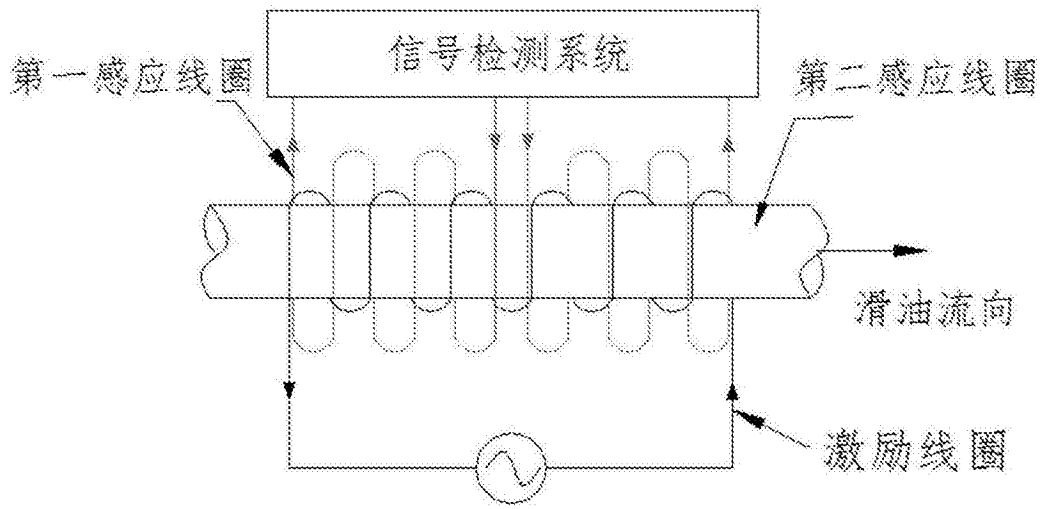


图5

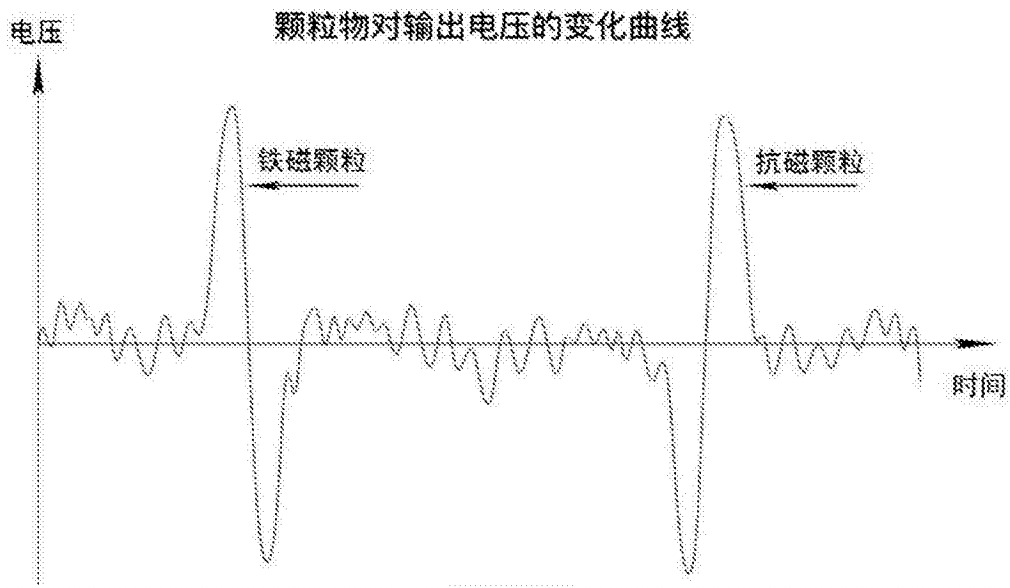


图6

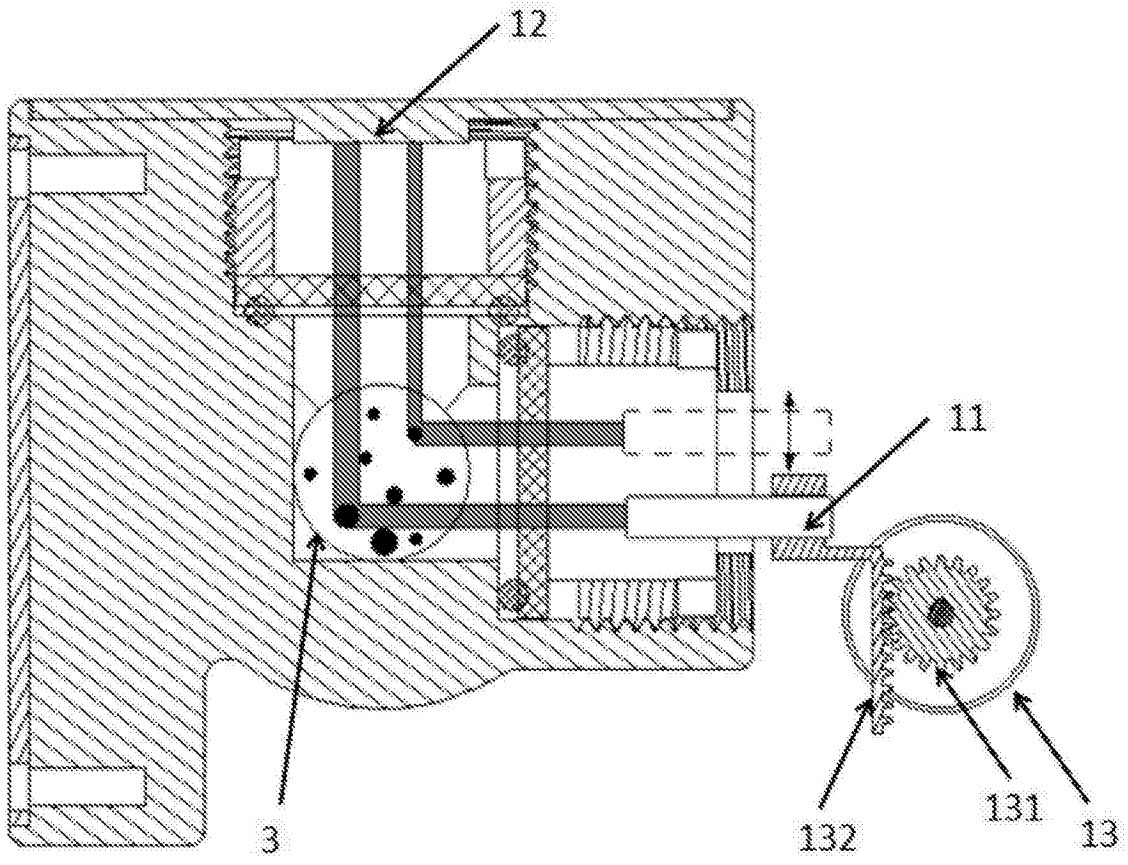


图7