[19]中华人民共和国专利局

[11] 公开号 CN 1098196A

[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 94103609.X

[51]Int.Cl[5]

[43]公开日 1995 年 2 月 1 日

G01G 7/04

[22]申请日 94.3.25

[30]优先权

[32]93.3.26 [33]JP[31]67970/93

[71]申请人 株式会社岛津制作所

地址 日本东京

[72]发明人 山口敏之 河本晟

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

代理人 赵国华

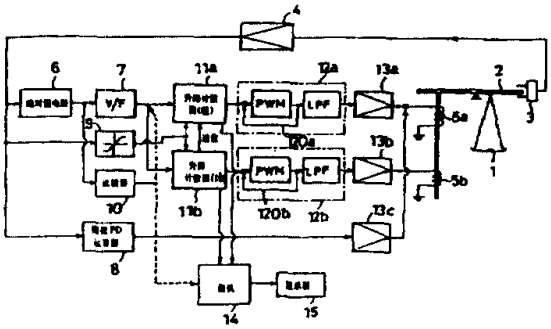
G01L 7/10

说明书页数: 附图页数:

[54]发明名称 力测定器

[57]摘要

一种力测定器，通过测定反作用于待测力的电磁力确定待测力的大小。它包括:施力线圈；检测天平平衡时发生位移的位移检测器；对位移检测器输出的模拟检测信号进行 PD 运算的模拟运算器；将模拟信号变换为与该信号大小相应的某一频率的脉冲变换器；根据模拟信号的极性对脉冲变换器的脉冲信号递增或递减计数的升降计数器；将上述计数变换为模拟信号的 D/A 变换器，将此变换器的输出与模拟运算器的输出之和反馈给施力线圈，只将上述计数结果用于确定测定值。



权 利 要 求 书

1. 一种电磁力自动平衡式力测定器，由具有施力线圈的电磁力发生装置产生作用于平衡机构的与待测力相反方向的电磁力，该电磁力与待测力的平衡状态由位移检测器检测，对该模拟检测信号进行比例、积分以及微分运算处理之后，该运算后的信号反馈给所述施力线圈使上述平衡机构平衡，根据该平衡状态的反馈量确定所述待测力的测定值，其特征在于包括：输入所述位移检测器的模拟检测信号，并进行比例以及微分运算的模拟运算器；将所述模拟检测信号变换为与其大小相应的某一频率的脉冲信号的脉冲变换装置；根据所述模拟检测信号的极性将该脉冲变换装置输出的脉冲信号作为递增或递减计数输入的升降计数器；以及将该计数器的数字计数结果变换为模拟信号的D—A变换装置，所述力测定器构成为，将该D—A变换装置输出与所述模拟运算器输出相加后的信号反馈给所述施力线圈，而且只将所述计数器的计数结果用作确定测定值。

2. 如权利要求1所述的电磁力自动平衡式力测定器，其特征在于，所述位移检测器的模拟检测信号经放大器放大后，送至绝对值电路以及过零检测器，所述绝对值电路的输出经V—F变换器变换为脉冲信号，同时由所述过零检测器检测所述模拟检测信号的极性变化，根据该极性变化的检测结果控制所述升降计数器的递增/递减计数动作。

3. 如权利要求1或2所述的电磁力自动平衡式力测定器，其特征在于，所述D—A变换装置包括：输入所述计数器计数结果的脉冲宽度调制电路；输入该脉冲宽度调制电路输出的低通滤波器；临时锁存所述脉冲宽度调制电路的输出，以保持该脉冲调制电路调制动作与所述计数器计数动作同步的锁存电路。

4. 如权利要求 1 或 2 或 3 所述的电磁力自动平衡式力测定器，其特征在于，对所述升降计数器以及使该输出模拟化的 D—A 变换装置设置了用于粗测以及精测的两组，此两组 D—A 变换装置的输出与所述模拟运算器输出相加的信号反馈给所述施力线圈，并且包括一判定所述位移检测器模拟检测信号绝对值大小的判定装置，根据此判定结果，当所述模拟检测信号比预定的初始值大时，所述脉冲变换装置输出的脉冲信号就仅供给粗测升降计数器，而当所述模拟检测信号在所述初始值以下时，所述脉冲信号就供给粗测以及精测的两组升降计数器，同时将所述粗测以及精测的各升降计数器的计数结果按预定重组方式相加后的结果用作确定测定值。

5. 如权利要求 1 或 2 或 3 或 4 所述的电磁力自动平衡式力测定器，其特征在于，所述平衡机构是包括承载待测重的测定皿在内的天平机构，所述待测力由该测定皿承载的待测载重施加，且所述测定值是换算为质量或重量值显示的。

6. 如权利要求 1 或 2 或 3 或 4 所述的电磁力自动平衡式力测定器，其特征在于，所述平衡机构包含待测流体压力作用的隔膜，以及与该隔膜相连的可动横梁，该可动横梁的位移由所述位移检测器检测，同时所述待测力由作用于所述隔膜的待测流体压力施加，且所述测定值是换算为压力值显示的。

说　明　书

力测定器

本发明涉及一种称作电磁力自动平衡式的力测定器，产生与待测定的质量、载重或压力相反的电磁力，自动地使它们平衡，根据在该平衡状态下产生的电磁力大小测定待测物理量。

象电子天平，气—电变换器这种电磁力自动平衡式力测定器，一般借助电磁力发生装置，它通过使电流流过置于静磁场中的施力线圈产生电磁力，产生与待测质量、载重或压力(称作待测物理量)相反的电磁力，该电磁力与待测物理量的平衡状态由位移检测部检测，该结果经PID(比例、积分、微分)运算后再反馈给施力线圈，从而使待测物理量与电磁力平衡。而且，根据该平衡状态的反馈量求得待测物理量的测定值。

这种电磁力平衡式力测定器通常是通过对模拟量的位移检测结果作模拟运算来进行PID运算的。此运算后的信号流入施力线圈，该施力线圈所流过的电流通过电阻变换为模拟电压信号后，经A—D变换器数字化，再送到微机中，在平均化处理等运算后确定测定显示值。

可是，这种模拟取样方式的电磁力自动平衡式力测定器，要在动态范围不变差的情况下获得高精度，就需要增加A—D变换器的位数，但位数比较大的A—D变换器若采用可实现高响应显示的高速A—D变换器，就有装置极为昂贵的问题。

而且，施力线圈流过的电流通过电阻变换为模拟电压信号时，由于该电阻本身发热，存在电阻值变动、间隔宽度值变化的问题。还有这样的问题，就是因施力线圈发热而使用作静磁场的永久磁铁温

度上升，静磁场变化，而产生测定值偏差。

还有，模拟取样方式的控制要获得稳定，一般需要使系统的比例增益下降，而要提高测定分辨率则需要使比例增益提高，它们所要求的办法是互相矛盾的，因而要获得高分辨率稳定的力测定器是极其困难的。

因此，可以考虑PID运算全部由数字化运算来进行，但简单地全部数字化，不仅无法避免使用高速度多位的A—D变换器，而且成本上升也相当大。

本发明目的在于提供一种容易获得的电磁力自动平衡式天平、压力测定器所采用的力测定器，它不用高速A—D变换器，却能做到便宜、系统高响应，且稳定不易受外界干扰，而且能实现宽动态范围与高分辨率。

为达到该目的，在使用本发明电磁力自动平衡式力测定器的天平中，引入一模拟运算器，对检测平衡机构平衡状态用的位移检测器的模拟位移检测信号进行比例以及微分运算，并引入一变换装置，将该模拟位移检测信号变换为与位移检测信号大小相应的频率的脉冲信号。而且，还引入一升降计数器，根据模拟位移检测信号的极性将该变换装置输出的脉冲信号作为上升或下降计数输入，该计数器的数字计数结果再由D—A变换装置变换为模拟信号。而且构成中还包括，将该D—A变换装置的输出与模拟运算器的输出相加后的信号反馈给电磁力发生装置的施力线圈，同时，仅将计数器的计数结果用作测定值的确定。

按照这样构成的天平，对变换装置输出的脉冲信号进行计数的计数器数字输出等价于任何时刻的模拟位移检测信号的积分结果。而且，该升降计数器输出经D—A变换装置模拟化的信号与模拟运算器对模拟位移检测信号进行比例经及微分运算得到的信号，两者相加的信号反馈给施力线圈，这样该施力线圈反馈得到的是位移检

测信号的PID运算结果，从而与通常的模拟控制一样，可以进行电磁力与待测载重或质量的自动平衡控制。

这里，用到这种PID控制的基于零位法的测定器，为了在外界有影响或测定值变动时使系统平衡，需要反馈的是进行过P(比例)以及D(微分)运算的信号，通常的测定器以P+I+D的信号作为测定值。但在取样系统稳定的状态下P=0、D=0，因而载重或质量其测定显示值所需的仅仅是I(积分)运算结果，P以及D的运算结果是不需要的。因此，只将模拟化之前的升降计数器计数结果，即仅将数字积分结果用于确定测定显示值，这样，不用A—D变换器，也就不需要此变换时间，就能获得稳定的测定显示值。

而且，在使用本发明电磁力自动平衡式力测定器的压力测定器中，设有可测定压力并与流体氛围气相连通的隔膜，压力经隔膜变换为力后，使之产生与此相反的电磁力。这样的话，后面的测定可以与天平的情况完全相同。

图1是本发明实施例天平的构成图，它同时示出机械构成的模式图与电路构成的方框图。

图2是本发明另一实施例天平的构成图，它也同时示出机械构成的模式图与电路构成的方框图。

图3是本发明实施例气压测定器的构成图，它同时示出机械构成的模式图与电路构成的方框图。

以下参照附图叙述本发明较佳实施例。

图1示出应用本发明力测定器的电磁力自动平衡式天平，该例中的天平具有粗测以及精测两个范围。

承载待测载重用的测定皿1支承在天平横梁2上，此天平横梁以支点为中心倾斜自如，作为平衡机构的主体。天平横梁2的位移(倾斜量)由位移检测器3检测。位移检测器3的模拟输出由前置放大器4放大后，送至后面述及的电路，以便粗测和精测两种方式各

自的施力线圈 5a 以及 5b 所流过的电流得到控制。

施力线圈 5a 以及 5b 分别置于静磁场中，各自一旦流过电流，便产生与其电流大小相应的电磁力，该电磁力方向与待测载重相反，作用于天平横梁 2 上。

经前置放大器 4 放大的位移检测信号输入到绝对值电路 6、模拟 PD(比例以及微分)运算电路 8 以及过零检测器 9。绝对值电路 6 的输出送至 V/F 变换器 7 与比较器 10，由 V/F 变换器 7 生成与位移检测值的绝对值成正比的某一频率的脉冲信号。

V/F 变换器 7 输出的脉冲信号送到粗测的升降计数器 11a 与精测的升降计数器 11b，而这些升降计数器 11a 以及 11b 则将上述过零检测器 9 产生的位移检测值的极性变化检测信号作为升/降控制信号，若检测值为正则使脉冲信号相加，为负则减去脉冲信号。另外，比较器 10 将在后面提及。

粗测以及精测的升降计数器 11a 以及 11b 的计数输出分别送至采用了 PWM(脉冲宽度调制)电路以及低通滤波器的 D—A 变换器 12a 以及 12b。该 D—A 变换器 12a 以及 12b 的构成为，对升降计数器 11a、11b 的输出进行 PWM 调制，作成其工作状态与计数值相对应的方波信号，即 PWM 信号，该 PWM 信号再经低通滤波器平滑处理，从而获得模拟直流信号。这里，各 D—A 变换器 12a 以及 12b 中采用锁存电路 120a 或 120b，将送至 PWM 调制电路的输入临时锁存，使 PWM 电路与计数器 11a、11b 保持同步。若没有这种锁存电路 120a 或 120b，各计数器 11a、11b 由于通常是执行计数动作的，当然变换的通/断状态是不同的，因而就不能期望得到忠实的变换。

各 D—A 变换器 12a 以及 12b 的模拟输出信号分别经功率放大器 13a 以及 13b 电压—电流变换后，分别流过粗测以及精测的施力线圈 5a 及 5b，但粗测的施力线圈 5a 流过的信号是功率放大器 13a

输出的信号与模拟PD运算器8输出的经功率放大器13c电流变换后的信号两者相加的信号。

前面所述的比较器10将位移检测值的绝对值同预先设定的微小的初始值相比较，此比较结果可用作范围切换的监测信号。具体来说，绝对值电路6的输出比初始值大时，V/F变换器7输出的脉冲信号仅送给粗测的升降计数器11a。这时，该计数输出通过D—A变换器12a以及功率放大器13a电流变换后的信号与模拟PD运算器8输出的经功率放大器13c电流变换后的信号两者相加的电流只流过粗测的施力线圈5a，由此产生的电磁力与待测载重进行平衡，基于此平衡状态的天平横梁2位移检测值送回绝对值电路6，仅仅形成粗测的反馈回路。这种状态下若系统正开始稳定时，位移检测值就逐渐趋近于零，这时位移检测值的绝对值就限于比较器10的初始值以下时，由此比较输出，便将绝对值电路6的输出送给精测的升降计数器11b，此后，包括此精测的升降计数器11b，D—A变换器12b以及功率放大器13b在内的精测反馈回路也动作，与上述粗测的反馈回路一起执行由粗测和精测两个回路进行的控制。

在粗测和精测两个回路均动作的状态下，当精测的升降计数器11b溢出时，就产生进位及溢出信号，并送至粗测的升降计数器11a，以便此升降计数器11a计数递增。

这里，粗测的升降计数器11a的LSB(最低位)与精测的升降计数器11b的MSB(最高位)的关系，可以设法使这两者在各自的施力线圈5a以及5b中所产生的电磁力相一致，或者，也可以是将数位部分叠加，这时可以根据上述进位溢出信号将与此叠加量相当的计数增加给粗测的升降计数器。

粗测以及精测的升降计数器11a以及11b各计数输出被送到微机14中，两输出根据上述关系互相重叠相加，该相加结果经过例如平均化处理等适当的运算处理，确定可在显示器15上显示的测定

值。

另一方面，模拟PD运算器在天平横梁2位于基准位置(位移零位)附近达到稳定状态之前的过渡状态时，起到了对系统进行最佳引导的控制外界扰动的作用，当系统稳定时由于其输出为0，故不参与测定值的确定。

这里，微机14在用重叠相加结果进行的运算处理中，希望将上述比较器10的比较结果用作周围环境、特别是周围振动的监测结果，与此相应改变运算处理的内容。也就是说，天平设置场所有外界振动时，不论对于测定皿1有无静载重作用，位移检测器3的输出总是变动的。这时，粗测反馈回路即使处于稳态，但位移输出值变动，其绝对值无法稳定地限于初始值以内。这种状态由于能通过比较器10的输出来识别，因而这种场合能获得消除外界振动影响的稳定显示值，例如通过增大用于平均化的数据个数，或通过对积分用的V/F变换器输出的计数进行分频送入计数器，使积分常数变化，提高稳定度等方法，并改变用来确定测定显示值的运算处理，通常能获得稳定的测定显示值。

以上实施例中特别值得注意的是，位移检测器3输出的PID运算中，仅仅I运算执行数字运算，P以及D运算均执行模拟运算，这些各运算结果的合计用作反馈信号，基于数字的I运算结果用作测定显示值的确定，而且，用来进行I运算的信号在数字化时，未采用A—D变换器，而是通过V/F变换器与升降计数器进行的，该I运算结果在模拟化时则采用PWM电路与低通滤波器的组合电路，该PWM电路则采用了可保持与升降计数器同步的周期锁存电路。

因此，无需用高速A—D变换器就可以实现I运算数字化，与以往采用模拟取样方式的情况相比，不需要高速A—D变换器即能达到成本降低的目的，同时，不需要A—D变换时间，故在靠模拟运算进行PD运算的过渡状态中实现系统稳定性与高响应，因此能

进行高稳定高响应的测定显示。

而且，通过采用粗测以及精测2个回路使它们自动合适地工作，就可以分割动态范围，对于粗测回路则使回路增益增大，对于精测回路则使回路增益减小，从而可以获得不仅动态范围宽而且分辨率也高的天平。

另外，本发明不仅限于象以上实施例那样设有粗测以及精测两个回路，当然也可以是一个进行数字I运算的回路与进行模拟PD运算的回路的组合，图2示出这种实例。

图2实例实质上是图1中粗测以及精测的2个回路中去掉了精测回路，其它构成则与图1实例完全相同。图2中，两例相同的部件或电路均标上与图1相同的标号，并省略其详细说明。在该图2例中，去掉精测回路的结果是比较器10不再需要了，在测定显示值的确定过程中，D—A变换器12a的输出的电流变换信号与模拟PD运算器8的输出的电流变换信号之和流过一个施力线圈5a，只将升降计数器11a的计数值用于显示值的确定。

此外，以上各例中的电路构成对于如图3所示采用隔膜的电磁力自动平衡式压力测定器也可完全同样地适用。也就是说，本实施例其横梁33与压力测定器31的隔膜32连接，该隔膜与可测定压力的流体氛围气相连通。

而且，经隔膜32将压力变换为力以后，由施力线圈35产生与之相反的电磁力，可以进行与上述天平例完全相同方法的测定。压力与力的关系与隔膜挤压力、进而与气体压力存在一定关系，这种关系存储在计算机中。

计算机中送进升降计数器11a的计数结果，此值根据上述关系换算为气体压力值，在显示器中显示。

这时，与天平相同，不用高速A—D变换器即可实现确定测定显示值所必需的I运算结果的数字化，从而可获得低价格、高稳定、

高响应的压力测定器。

采用这种隔膜的电磁力自动平衡式压力测定器也与天平相同，当然也可以形成如图1例示的粗测以及精测两个反馈回路，在这种情况下也可获得与图1实施例天平相同的效果。

说　明　书　附　图

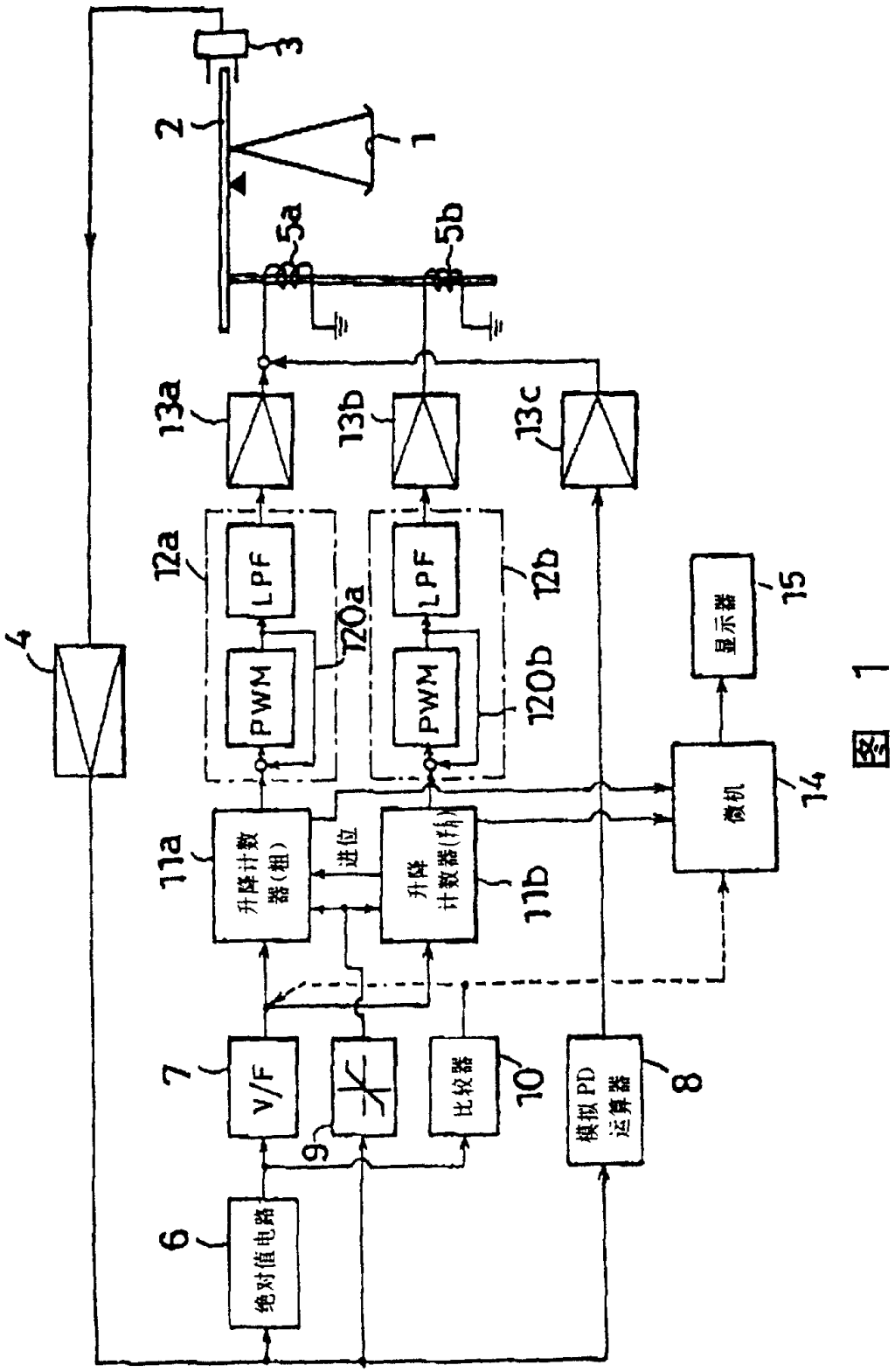

3
2
1
5a
5b
13a
13b
13c
12a
12b
LPF
PWM
120a
120b
4
显示器
15
微机
14
升降计数器(粗)
进位
升降计数器(精)
11a
11b
V/F
比较器
模拟 PD 运算器
10
8
7
9
绝对值电路
6

图 1

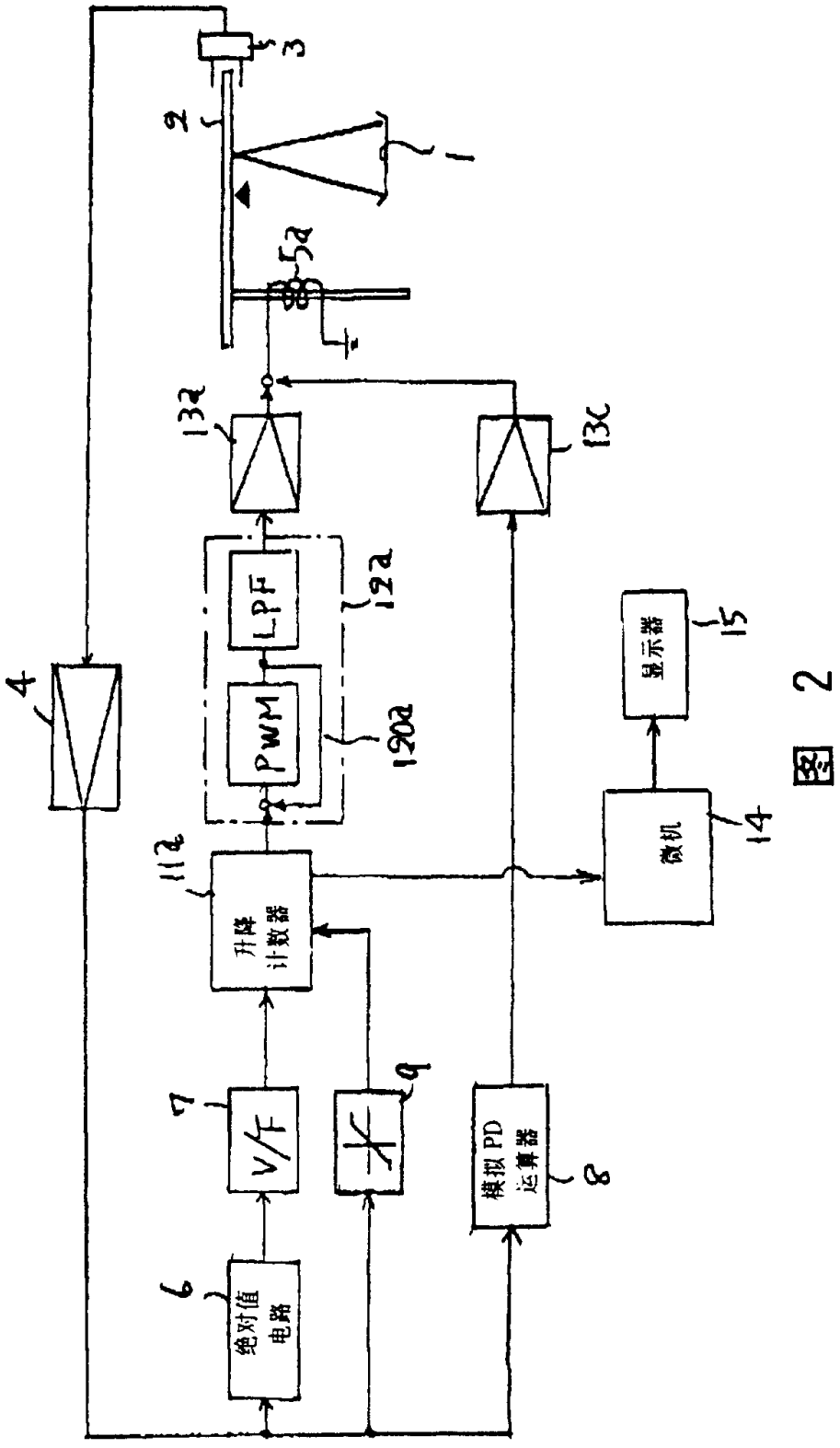

3
2
1
5a
13a
13c
LPF
12a
PWM
120a
4
显示器
15
112
升降计数器
微机
14
7
V/F
9
模拟 PD 运算器
8
6
绝对值电路

图 2

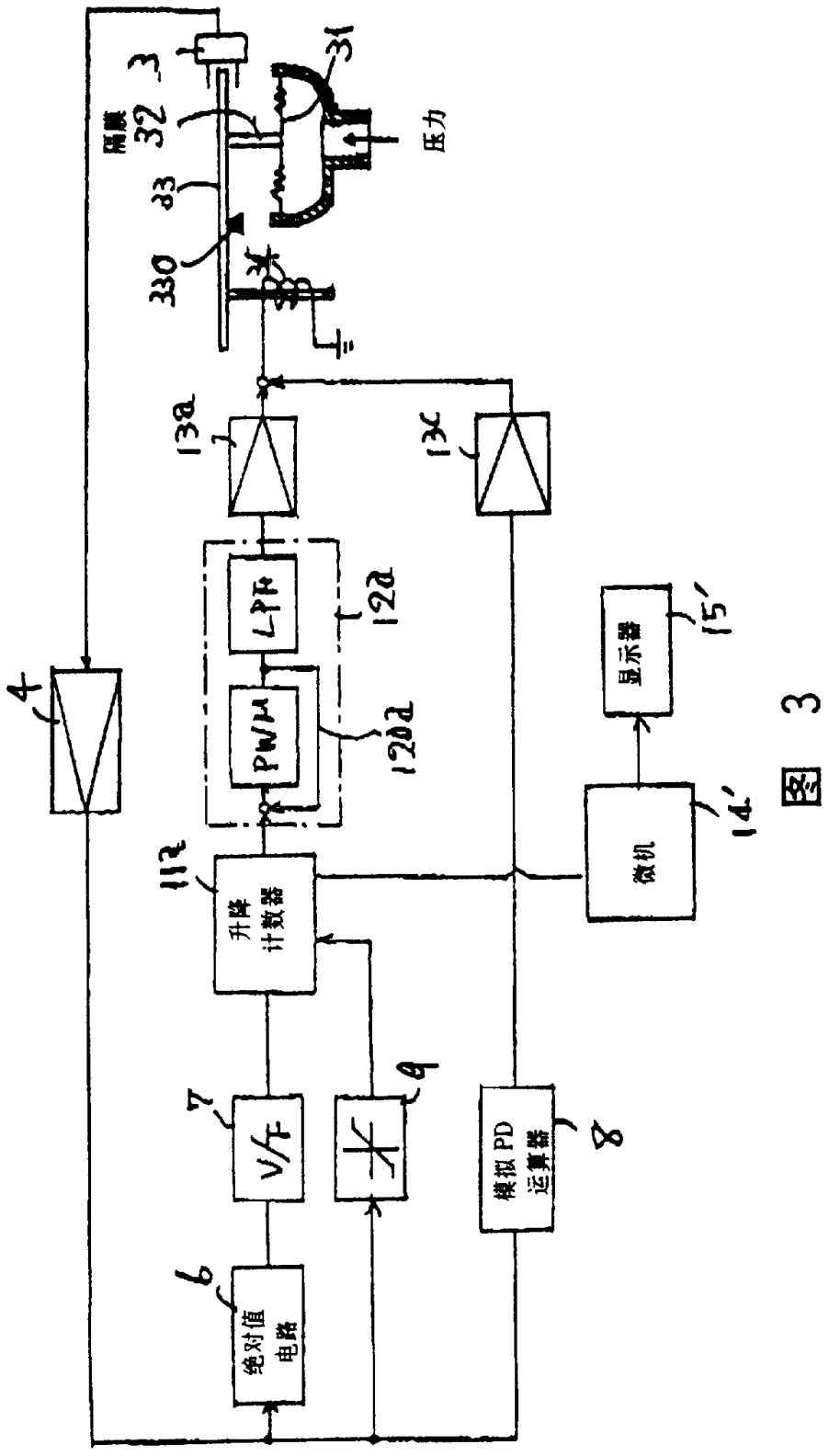

隔膜
3
32
33
330
31
压力
13a
13c
12a
LPF
PWM
12d
4
11a
升降计数器
7
V/F
9
6
绝对值电路
模拟 PD 运算器
8
微机
14'
显示器
15'

图 3