

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01F 1/32

G01F 1/86 G01F 15/02



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98803710.6

[45] 授权公告日 2004 年 1 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1136437C

[22] 申请日 1998.3.26 [21] 申请号 98803710.6

[30] 优先权

[32] 1997. 3. 27 [33] US [31] 08/826,167

[86] 国际申请 PCT/US98/06008 1998.3.26

[87] 国际公布 WO98/43051 英 1998.10.1

[85] 进入国家阶段日期 1999.9.27

[71] 专利权人 罗斯蒙德公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 洛厄尔·A·克莱文

罗伯特·C·黑特克

达维德·E·维克隆德

审查员 孙世新

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

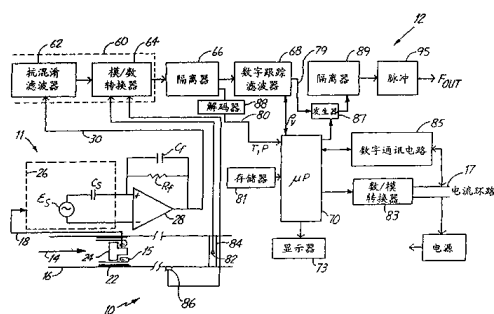
代理人 姜丽楼

权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称 利用带信号处理的涡旋流量计计算流体流速的方法

[57] 摘要

本发明公开一种用于计算代表流动流体的质量流速的输出值的方法，包括：设置一个在流体中产生涡旋的涡旋发生器；给出流体流量与包括流体温度和压力的第一组流体参数之间的第一个关系式；给出流体流量与包括流体频率和振幅的第二组流体参数之间的第二个关系式；监测第一和第二组流体参数；从第一组监测到的参数值和第一个关系式计算出第一流体密度；从与涡旋相关的振幅计算出第二流体密度；根据第一和第二流体密度调节第二个关系式；以及从第二组监测到的流体参数和调节后的第二个关系式计算出流体的质量流速。该方法精度更高，更新速度更快，而且能够节省能耗。



1. 一种用于计算代表流动流体的质量流速的输出值的方法，其特征
5 在于：它包括：

(a) 设置一个在流体中产生涡旋的涡旋发生器；

(b) 给出流体流量与包括流体温度和压力的第一组流体参数之间的
第一个关系式；

(c) 给出流体流量与包括流体频率和振幅的第二组流体参数之间的
10 第二个关系式；

(d) 监测第一和第二组流体参数；

(e) 从第一组监测到的参数值和第一个关系式计算出第一流体密度；

(f) 从与涡旋相关的振幅计算出第二流体密度；

(g) 根据第一和第二流体密度调节第二个关系式；以及

15 (h) 从第二组监测到的流体参数和调节后的第二个关系式计算出流体的
的质量流速。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于还包括在涡旋发生器的下
游处设置一个稳定流态装置；以及

其中监测步骤包括在该稳定流态装置处监测流体的温度。

20 3. 如上述权利要求中任一项所述的方法，其特征在于：在步骤(h)
之后，以第一个采样速率重复步骤(d)和(h)。

4. 如权利要求 3 所述的方法，其特征在于：以比第一个采样速率慢
的第二个采样速率重复步骤(e)和(g)。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：它还包括：

25 设置一个能至少测量涡旋一个特征的涡旋传感器，一个测量流体温
度的温度传感器，以及一个用来测量流体压力的压力传感器；

其中计算第一流体密度是以从温度传感器和压力传感器所获得的数
值为基础进行的；

其中计算第二流体密度是以从涡旋传感器所获得的数值为基础进行
30 的；

计算出作为第一流体密度和第二流体密度的函数的校正系数。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：其中所述流体为气体，并且其中：

监测第一和第二组流体参数包括监测气体的至少一个温度和压力值
5 和一个与涡旋相关的频率；

计算出第一流体密度包括从至少气体的温度和压力计算流体密度；

计算出作为至少监测到的温度和压力的函数的一个表示气体冷凝的数值；以及

提供一个作为该数值的函数的报警信号。

10 7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于：该方法还包括：如果所述温度和压力至少一个超出选择范围之外就发出一个报警信号。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：该方法还包括：监测流体中的初始气穴。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于：监测初始气穴的步骤包
15 括监测流管中流体的压力。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于：监测初始气穴的步骤包括将流体压力与蒸气压力进行比较。

11. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：该方法还包括：计算出与流管的热膨胀有关的校正系数。

20 12. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：该方法还包括：计算出与非线性形体的弹性有关的校正系数。

利用带信号处理的涡旋流量计计算流体流速的方法

5

技术领域

本发明涉及一种能够对流体流量作出响应的涡流挡板流量计或涡旋计那样的流量计。

10 背景技术

流量计检测到管道中的液体和气体的流动并提供一个表示这种流动的信号。在一定的条件下，管道中常见的诸如尾迹杆、非线性形体、或涡旋发生器中的任意一个障碍物的存在会在液流中产生周期性的涡旋。这些涡旋的频率与流量计中的流速成正比。尾迹涡旋以尾迹频率在非线

15 性形体两端提供一个交变压差。该压差通过压电晶体或其它压差装置转换成一个电信号。该压差或电信号的大小与 ρV^2 成正比，其中， ρ 是流体的密度而 V 是流体的速度。当导管的直径与非线性形体的尺寸比例保持恒定时，信号的大小与 $\rho D^2 F^2$ 成正比，其中 D 是计量管的内径而 F 是尾迹频率。涡旋流量计产生具有与流速成正比的频率的脉冲。在一种涡

20 旋计中，借助于涡旋叶片使待测流速的流体呈现出涡旋分量，该结构使得涡旋运动转变成一种旋进运动以产生射流脉冲，该射流脉冲被检测后用来产生一个频率与流速成正比的信号。参见美国专利 US3,616,693 和 US3,719,080，它们公开了涡旋计的几个例子，在此一并引用作为参考。正如在此所使用的那样，“涡旋流量计”将既包括涡流挡板流量计和涡旋

25 计。

该涡旋流量计是一种通常安装在涉及到功率消耗问题的程控工业设备领域中的测量变送器。该涡旋流量计能够提供一个代表流速的电流输出量，其中，电流回路上的电流值在 4 到 20 毫安(mA)之间。最好的是涡旋流量计能够完全由电流环路提供功率，从而不需要使用额外的电源。

30 因此，为了使这种变送器能符合程控工业通讯标准，这种涡旋流量计测

量变送器应该能够在小于 4mA 的电流条件下操作。

将一个微处理器安装到涡旋流量计是一种众所周知的解决方法。该微处理器接收到来自于涡旋传感器的输出信号的数字化表示法并根据该数字表示法参数计算出理想的输出量。例如，涡旋流量计能够计算出
5 流过导管或管道的质量流速。最好是以几乎每秒十次的速率提供计算所得的质量流速。对于质量流速的每一个新的计算结果，微处理器必须进行多次数学运算步骤，其中每一个数学运算步骤都需要一定数量的时钟周期，因此可以限制提供计算所得质量流速的速率。尽管较好的是使用大功率的微处理器，它能够执行进一步的计算以提高精度，但该微处理
10 器所需要功率比从上面提到的 4 - 20mA 的工业标准中所得到的功率要高。

尽管如此，仍然存在对具有更高精度的涡旋流量计的需求。然而，在更新速度方面不应作出牺牲，也不应使功率消耗超过从电流环路中所得到的功率。

15 发明内容

本发明的各个不同的技术方案在下面进行描述。

一种用来计算一个代表流动流体的流速的输出值的方法，包括以下步骤：设置一个在流体中产生涡旋的涡旋发生器；给出流体流量与包括流体温度和压力的第一组流体参数之间的第一个关系式；给出流体流量
20 与包括流体频率和振幅的第二组流体参数之间的第二个关系式；监测第一和第二组流体参数；从第一组监测到的参数值和第一个关系式计算出第一流体密度；从与涡旋相关的振幅计算出第二流体密度；根据第一和第二流体密度调节第二个关系式；以及从第二组监测到的流体参数和调节后的第二个关系式计算出流体的质量流速。

25 其中，上述方法优选还包括在涡旋发生器的下游处设置一个稳定流态装置；以及其中监测步骤包括在该稳定流态装置处监测流体的温度。

优选的是，上述方法还包括：设置一个能至少测量涡旋一个特征的涡旋传感器，一个测量流体温度的温度传感器，以及一个用来测量流体压力的压力传感器；其中计算第一流体密度是以从温度传感器和压力
30 传感器所获得的数值为基础进行的；其中计算第二流体密度是以从涡旋

传感器所获得的数值为基础进行的；计算出作为第一流体密度和第二流体密度的函数的校正系数。

- 优选的是，其中所述流体为气体，并且其中：监测第一和第二组流体参数包括监测气体的至少一个温度和压力值和一个与涡旋相关的频率；
- 5 计算出第一流体密度包括从至少气体的温度和压力计算流体密度；

计算出作为至少监测到的温度和压力的函数的一个表示气体冷凝的数值；以及提供一个作为该数值的函数的报警信号。

优选的是，该方法还包括如果所述温度和压力至少一个超出选择范围之外就发出一个报警信号。

- 10 另外，该方法还包括监测流体中的初始气穴。
- 其中监测初始气穴的步骤包括监测流管中流体的压力。
- 其中监测初始气穴的步骤包括将流体压力与蒸气压力进行比较。
- 另外，该方法还包括计算出与流管的热膨胀有关的校正系数。
- 其中该方法还包括：计算出与非线性形体的弹性有关的校正系数。

15

附图说明

图 1 是与本发明相应的涡旋流量计的方框图。

图 1A 是与本发明相应的涡旋流量计第二个实施例的方框图。

图 2 是图释本发明涡旋流量计的操作的流程图。

- 20 图 3A 和 3B 是两种流体在不同的温度条件下作为压力的函数的压缩系数的曲线图。

图 4 是涡旋流量计去掉部分部件后的侧视图。

图 5 是沿图 4 的 5-5 线所作的涡旋流量计的断面图。

图 6 是图 4 的一部分的放大断面图。

- 25 图 7 是沿图 6 中的 7-7 线所作的断面图。

图 8 是涡旋流量计的第二个实施例去掉部分部件后的侧视图。

图 9 是沿图 8 中的 9-9 线所作的涡旋流量计的断面图。

30

具体实施方式

图 1 图释了本发明的涡旋流量计 10 的一个实施例。通常，涡旋流量计 10 包括一个涡旋传感器组件 11，该组件含有适当的机械和电子元件来检测流过导管 16 的流体 14 中的涡旋 15。涡旋传感器 11 与电子电路 12 5 有效地相连。该电子电路 12 既在电流环路 17 上产生一个 4-20mA 电流，也产生一个频率与流体流量成正比的矩形波输出量 F_{out} 。

该涡旋流量计 10 包括一个其中安装有非线性形体 24 的涡旋仪表壳 22。当流体 14 流经非线性形体 24 时，就会产生具有代表流速的频率的喷射涡旋 15。涡旋传感组件 11 的变换器，最好位于非线性形体 24 处，10 检测一个与喷射涡旋 15 相关的压差。举例来说，该涡旋传感器 26 可以含有一个压电传感器。该传感器 26 的特征接近于一个电势源 E_s 和一个串联电容器 C_s 。压电传感器 26 的输出信号的大小与压差成正比，而压差又与 ρV^2 成正比，其中 ρ 是流体的密度， V 是流体 14 的速度，并且该输出信号的大小也与 $\rho D^2 F^2$ 成正比，其中 D 是仪表壳 22 的内径，而 F 是涡旋 15 的尾迹频率。

变换器的输出被连到放大器 28，放大器包括电容器 C_F 和电阻器 R_F 。放大器 28 在线路 30 中提供一个模拟输出信号。线路 30 中的信号被输送到输入电路 60，这个电路包括抗混淆滤波器 62 和模一数（累计-增量）转换器 64。抗混淆滤波器 62 对来自线路 30 的信号进行滤波，以消除不20 希望的高频噪声，并进行抗混淆滤波。

模-数转换器 64 以近似 307.2 千赫 (kHz) 的频率对来自滤波器 62 的信号进行取样，并且输出 307.2kHz 的一位（比特）的数据流，这个数据流指示涡旋 15 的幅度和频率。在数据流中不存在字的界线。一和零的相对数目往往称为位（比特）密度，它表示线路 30 的信号。模-数转换器25 64 最好用 CMOS ASIC（专用集成电路）实现，以减少功耗、成本和体积，CMOS 电路特别适合于数字化 1 至 10kHz 范围的模拟信号，这个范围是涡旋流量计通常的频率。数字数据流越过接地的或者具有漏电流到地的传感器所要求的电子隔离阻挡层 66 进行输送，这种传感器通常使用于涡旋流速计，以降低成本和简化连接。单一位的数据流允许一种便宜紧凑的30 变压器或者电容器被用于隔离阻挡层 66。其他的隔离介质例如光学的、

压电的/声学的和磁致伸缩的器件,是可用的。

单一位的数据流通过隔离阻挡层 66 提供给数字跟踪滤波器 68。数字跟踪滤波器 68 使出现在模-数转换器 64 的频率量化噪声最小,并且也将在线路 30 中的涡旋传感器的幅度和频率信号转换为指示质量流的流量计的输出。数字跟踪滤波器 68 接收一个含噪声的输入信号,这个信号与具有响应流量变化的基本频率的流量相关。数字滤波器 68 以高通(HP)滤波器特性预设的低通滤波器(LP)对输入信号进行滤波,以产生表示流量的滤波信号。HP 滤波器的频率特性是从一组预先选定的具有不同转角频率的 HP 滤波器中进行选择的。在优选实施例中,使用多个 HP 滤波器。微处理器 70 选择数字滤波器 68 的合适转角频率,或对数字滤波器 68 进行适当的控制,以选择转角频率。数字滤波器 68 在线路 30 上提供一个与信号的幅度相关的信号,这个信号粗略地正比例于流体的密度 ρ_v 。信号 ρ_v 本身也用来计算质量流率 M 。与另一个也是从数字滤波器 68 来的可利用的信号 ρ_v 相比较, ρ_v 信号被优先选用,因为数字滤波器 68 从 ρ_v 信号中消除更多的噪声。与本申请转让给同一受让人的在此引用作为参考的美国专利 US5,429,001 详细地描述了如何使用数字滤波器 68 来提供 ρ_v 信号。而且在此也参考引用的与本申请在同一天申请的题目为“跟踪滤波器转移函数的快速确定”的待审的专利申请揭示了一种可选择的数字跟踪滤波器。然而,在从这两个数字跟踪滤波器中的任何一个中所获得 ρ_v 信号中存在一个与实际流体密度相比有大约 5% 的误差。该误差是由于非线性形体 24 的流体效应造成的。

在本发明的其中一个方案中,涡旋流量计 10 提高了代表流速的输出值的精度,特别是质量流速 M ,通过监测在管道 16 中流动的流体 14 的附加参数和使用该附加参数来计算出代表流速的理想输出值。在所图释的实施例中,测量在管道 16 中流动的流体 14 的温度和压力并将所测量到的值作为输入值 80 供给微处理器 70。温度的测量采用象 RTD(耐温装置)或热温差电偶一样的检测流体 14 的温度的适当的温度传感器 82,最好位于非线性形体 24 的下游。在所图释的实施例中,温度传感器 82 位于一个如用于加固的机翼一样的稳定流态装置 84 内并且流体沿管道 16 的压力降最小化。一个适当的压力传感器 86 检测管道 16 中流体的线性压力。

温度传感器 82 和压力传感器 86 向标记为 64 的适当模-数转换器提供输出信号（如果必要可以进行滤波）。模-数转换器 64 将相应的数字信号经隔离阻挡层 66 传送到译码器 88，该译码器又接着将信号 80 提供给微处理器 70。在图释的实施例 5 中，温度传感器 82 和压力传感器 86 都位于非线性形体 24 的下游以避免干扰涡旋 15 的产生。在一个优选实施例中，温度传感器 84 位于距非线性形体 24 大约六倍于仪表壳 22 内径的地方，而压力传感器 86 位于距非线性形体 24 大约四倍于仪表壳 22 内径的地方。在这些位置，从温度传感器 82 和压力传感器 86 所获得的输出值具有可以忽略的误差并能够用来计算流体密度 ρ_v 。

10 图 2 图释了一个描述涡旋流量计 10 的全部操作过程的流程图。该流程图从步骤 100 开始。从步骤 100 起，程序流程可以被当作沿着标号为 101 和 103 的平行路径进行。在实践过程中，涡旋流量计 10 在路径 101 内执行一个运算步骤并在通过路径 103 完成一个循环之前通过路径 101 完成连续的循环。具体而言，微处理器 70 将在路径 103 内在“后台”执行操作
15 步骤，其中这些步骤或其中一部分步骤在时间允许的情况下可以在完成路径 101 的操作步骤完成期间或在完成时被完成。正如下面所描述的，结果路径 101 的操作步骤提供了代表流量的理想输出值，由此而获得管道 16 中的流体的质量流速 M 。然而，在涡旋流量计 10 的正常操作期间，计算出的质量流速 M 的精度借助于通过路径 103 的操作步骤对流体 14 的
20 温度和压力的校正得到提高。

首先看路径 101，在步骤 105 处，涡旋流量计 10 从涡旋传感器 11 处获得频率和振幅数据，将提供给上面描述的数据跟踪滤波器 68。该数据跟踪滤波器 68 接着在步骤 107 处提供一个代表管道 16 中流体 14 流量的密度 ρ_v 。在步骤 107 处执行的计算包括给出一个储存的比例常数 β 来
25 计算出在涡旋传感器 11 和电子仪器 12 的敏感度的差别，这个差别对于一给出线的长短在不同的元件之间会产生变化，例如，在额定标准附近 $\pm 30\%$ 。比较好的是，校正 β 以使 ρ_v 基本上与来自于下面所要讨论的步骤 110（即 C 约等于 1）的 ρ_g 和 ρ_L 一致。密度值 ρ_v 接着按照一已知的方程式被微处理器 70 来使用以便在步骤 109 处计算出质量流速 M （与
30 US5,429,001 所表述的相似）。然而，在本发明的涡旋流量计 10 的实施例

中，密度值 ρ_v 采用根据路径 103 的操作步骤计算所得的校正系数 C 得到校正。由于校正系数 C 能够依赖于密度 ρ_v 的至少一个值，且由于对于根据路径 101 的第一次循环可以不计算校正系数 C ，所以校正系数 C 在最初可以被设置为 1。

5 现在参看路径 103，微处理器 70 在步骤 102 处读到如来自于线路 80 的温度和压力的流体参数并获得一个在步骤 107 计算出的且与所测量到的温度和压力周期一致的 ρ_v 。与此同时，程序流程将根据流体是气体还是液体或者流体的特性已知的多还是没有来决定是否绕过子路径 103A、103B 或 103C。

10 如果流体是气体，程序流程就沿着路径 103A 进行。在步骤 104 处，微处理器 70 计算管道 16 内流动的流体 14 的可压缩系数 Z 。有很多用来计算压缩系数的标准，这些标准是由像美国煤气协会这样的组织颁布的。图 3A 和 3B 表示的是对于具有不同组成成分的气体在不同的温度条件下在作为压力的函数的可压缩系数方面的变化。微处理器 70 最好使用与特殊流体相关的储存系数来计算可压缩系数。由于对于每一组设想的流体需要一套系数，且因为可压缩系数的大小变化极大，所以最好采用多项式的形式：

$$\frac{1}{Z} = \sum_i \sum_j A_{ij} \frac{P^i}{T^j} \quad (1)$$

20 其中 A_{ij} 是一个存储在存储器 (EEPROM) 81 中的曲线拟合派生常数， T 是处理过的绝对温度，而 P 是绝对压力，且其中 i 和 j 根据所需要的精度最好取 0 至 9 之间的整数来计算压缩系数。一个 63 项多项式 ($i = 0$ 到 8, $j = 0 - 6$) 足以满足大部分应用。这种形式的多项式和项的数量减少了超过直接计算方法的计算次数，由此减少了在校正系数 C 的更新与涡轮流量计 10 的操作功率需求之间的时间间隔。而且，这样一种技术不需要一个较大的存储器来存储大量的备用常数，而且也节省了功率。

25 在可压缩系数 Z 在步骤 104 处计算出来后，该数值在步骤 106 处被用来根据典型的气体方程来计算密度值 ρ_g 。

如果流体 14 是液体，在步骤 102 之后，程序流程继续沿着路径 103B

向下走。路径 103B 包括一个 108 步骤，在此计算液体的密度 ρ_L 。微处理器 70 最好采用存储的多项式计算 ρ_L ：

5

$$\rho_L = \sum_k \sum_l B_{kl} \frac{P^k}{T^l} \quad (2)$$

其中 B_{kl} 是存储在存储器 81 中的曲线拟合派生常数， T 是处理过的绝对温度，而 P 是绝对压力，且其中 k 和 l 可以根据所需要的精度取适合的整数值。如果需要，由于液体基本上是不可压缩的，项 P^k 是可以去掉的。

校正系数 C 是在步骤 110 处作为 ρ_g 或 ρ_L 以及 ρ_v 的函数计算出来的。这个校正系数 C 可以是这些数值的简单的比例，或者是移动平均数，或者是加权时间平均值。

子路径 103C 体现了校正系数 C 的计算，其中即使的话，管道 16 内流动的流体的流体特性已知的也非常少。总体上，该校正系数 C 可以表述如下：

$$C = C_{ref} + \Delta C \quad (3)$$

其中 C_{ref} 是校正系数的一个平均值，而其中 ΔC 是一个作为所能获得的参数的函数计算出的较小的值，这些参数诸如：自压力传感器 86 的压力、由温度传感器 82 测量到的温度、步骤 107 处计算出的 ρ_v 、或任何其它的流体的已知参数，例如动力粘度。例如，微处理器 70 能够计算作为压力和温度的函数的校正系数，该校正系数用于在刚性或弹性方面涡旋传感器组件 11 的输出量的变化的。在另一个实施例中，微处理器 70 能够采用 ρ_v 、流动流体的速度 V （根据尾迹频率获得）、仪表的直径以及动力粘度 μ （它是温度和流体类型的函数）计算出雷诺数。尽管雷诺数的计算需要知道流体的动力粘度，但可以采用一种近似算法。动力粘

度可以简单地是一个常数（忽略任何温度作用）或者也可以是一个具有下列形式的温度的函数：

$$\frac{1}{\mu} = \sum_n \frac{D_n}{T^n} \quad (4)$$

- 5 根据流体性能知晓的程度，其中 D_n 是曲线拟合派生常数， T 是一个处理过的绝对温度，而 n 根据所需要的精度不同可以采用一个适当的整数值。如果知道雷诺数后，微处理器 70 就能够校正“K 因子”和/或一个位于检测压力差（ $\Delta P = C_p \rho V^2$ ）上的压力系数。如果需要，微处理器 70 采用储存多项式计算校正系数 C ：

$$C = \sum_r \sum_s C_{rs} \Delta P^r \Delta T^s \quad (5)$$

10

- 其中 C_{rs} 是存储在存储器 81 中的曲线拟合派生常数， ΔT 是实际温度与参考温度之间的差值，而 ΔP 是实际压力与参考压力之间的差值，而其中 r 和 s 可以根据所需要的精度的不同采用适当的整数值。如果需要，
15 对于 ρ_v 、 μ 、马赫数或其它已知的特征或所测得的流体参数也可以引入到这个方程中。

- 一旦校正系数 C 已经计算出来，接着它就会在步骤 109 中被用于路径 101 的下一个循环直到在下一个循环期间在后台中又计算出一个新的校正系数为止。微处理器 70 向用来将数值转换成一个代表流量的 4-20mA
20 的电流的数-模转换器 83 提供一个最终的输出值。数字通讯电路 85 也能够接受最终的输出值用来在电流环路 17 上传递采用已知的方式。如果需要，一个发生器 87 也能够接收质量流量的最终输出值并通过一个隔离器 89 从脉冲电路 95 提供一个频率输出量 F_{out} 。否则，发生器 87 能够接收到一个来自于数字跟踪滤波器 68 的代表体积流量的信号 79。当 F_{out} 代
25 表体积流量时，微处理器 70 向发生器 87 提供适当的比例常数。一个显示器 73 为涡旋流量计 10 提供了一个用户界面。

采用这种方式，单一的微处理器 70 能够被用于所有处理过程由此使得涡旋流量计 10 消耗的功率最小化，使之完全由电流环路 17 来供应功率。尽管路径 103 中的步骤需要额外的处理器时间，但这些计算可以由微处理器 70 来执行，同时仍然为质量流速 M 提供理想的更新速率。如果

5 微处理器 70 不得不单独地根据密度值 ρ_L 或 ρ_G 来计算质量流量信号 M 的话，提供所希望的更新的流速。如果微处理器不得不从密度值 ρ_{LG} 单独计算出质量流速信号 m ，则微处理器 70 的更新速度将不得不降低以保持在可以获得的来自于电流环路 17 的功率限制范围内，或者不得不提供一个附加电源。在本优选实施例中，由于路径 103 中的步骤是在小于质量流

10 速 M 的更新速率的速率下执行的，所以更新速率可以在不超过可以获得的功率预算的条件下得到维持。

图 1A 是一个具有两个微处理器 70A 和 70B 的典型的实施例。微处理器 70A 按照上面所述的图 2 中的流程图来计算质量流速 M ，微处理器 70B 通过数据总线 71 与微处理器 70A 通讯。微处理器 70B 控制发生器 87 和

15 显示器 73，并越过电流环路 17 经数-模转换器 83 和数字通讯电路 85 与远程储存单元（未示出）通讯。图 1A 图释了一个微处理器 70A 和 70B 被用来执行操作任务的实施例。具有两个以上的微处理器的实施例，或者其中操作任务已经被有差别地委派的实施例，都在本发明的保护范围之内。

20 本发明的另一个方案包括采用测量到的压力和/或温度为液体和气体的体积以及质量流量计算附加校正或提供一个报警信号。例如，可以提供由于仪表壳 22 的热膨胀造成的对于“K 因子”（涡旋尾迹频率与体积流速的比率）的温度补偿。举一个例子，如果仪表壳 22 是用不锈钢制成的，由于热膨胀造成的对于“K 因子”的温度补偿约为 $0.3\%/100^\circ\text{F}$ 。流量

25 计 10 将标称 K 因子和基于热膨胀系数和所测量到的温度的校正系数都储存起来。微处理器 70 接着将使用 K 因子和校正系数来计算输出流量值。

另一个校正包括由于流体 14 的粘度不同造成的压力和温度变化的计算来决定对 K 因子的雷诺数校正。这种校正对以较低流速在较小管道中流动的较高粘度的液体特别有用。因此，标称雷诺数和校正系数（基于

30 温度、压力、以及流体类型）都将会被流量计 10 储存和应用。

在另一个实施例中，当初始气穴出现在涡旋传感器 11 中时会提供一个报警信号。当流体 14 的压力接近或低于流体的蒸气压力时就会导致初始气穴。下面的方程式表示的是在距仪表 22 五倍直径的下游处的最小允许管路压力 P_L ：

$$P_L = A \Delta P + B P_{\text{VAP}} \quad (6)$$

其中 ΔP 等于流经非线性形体 24 的从上游到下游的压力降 ($\Delta P = C_x \rho V^2$ ，其中 C_x 是一个比例常数)， A 是一个与非线性形体 24 上的局部最低压力点相关的常数， P_{VAP} 是作为一个方程式或一个表格存储在存储器 81 中的流体 14 的蒸气压力，而 B 是代表一个在蒸气压力附近的临界范围的常数。例如，常数 A 可以具有一个约等于 2.9（在下游五倍直径处）的值，而常数 B 可以具有一个约等于 1.3 的值。常数 A 和 B 可以随着所测量的压力的实际位置不同而有所变化。较好的是，当来自于涡旋传感器 11 的放大信号降低到低于理想值时，微处理器 70 执行这种计算。如果微处理器 70 计算出流体 14 接近蒸气压力的管路压力，就会经线路 17 或在显示器 73 上产生一个表示气穴的报警信号。否则，会产生一个代表涡旋流量计 10 内的误差的报警信号。

在另一个实施例中，微处理器 70 使用所测量到的压力和温度数据来计算在流经涡旋流量计 10 的气体中是否会发生冷凝。在这样一种情况下，微处理器 70 能够提供一个代表在气体冷凝区域操作的报警信号。

在一种用于蒸汽的实施例中，微处理器 70 通过比较根据所测量的压力和温度数据所得的密度值 ρ_g 和根据振幅测量获得的密度值 ρ_v 计算出蒸气量。微处理器 70 越过电流环路 17 向远程储存单元提供一个代表蒸气量的信号。

在另一个实施例中，微处理器 70 根据密度 ρ_L 或 ρ_g 以及流体流速来计算非线性形体 24 上的动态压力，或者振幅可以从来自于传感器 11 的输出量推导出来。如果动态压力超过一个根据最大允许值（超过它会对非线性形体 24 或传感器 11 产生疲劳和/或结构性损坏）设定的预定值，微处理器 70 就会在线路 17 上提供一个报警信号。

在另一个实施例中，微处理器 70 将 ρ_v 和 ρ_L 或 ρ_g 的值进行比较并且如果这些值之间的差值超过预先选定的临界值的话就提供一个报警信

号, 以表明传感器 11 或电子设备 12 失效或老化了。而且, 微处理器 70 能够监测从温度传感器 82 和压力传感器 86 处获得的信号来确定这些信号是否在可用的范围之外。如果这些信号之中的任何一个在可用的范围之外, 微处理器 70 就会因为所获得的数值可能有误差而停止计算校正系数。在这种情况下, 微处理器 70 提供一个代表质量流量只能通过路径 101 来计算的报警信号, 在该路径中校正系数已经被设置为一个像 1 或最后的可使用的数值那样的缺省值。同样, 微处理器 70 能够监测来自于数字滤波器 68 的 ρ_v 信号并且如果 ρ_v 信号显得有误差的话就会只根据 ρ_L 或 ρ_G 的值来计算质量流量。如果只能使用 ρ_L 或 ρ_G 的值, 微处理器 70 能够提供提供一个差值报警信号。

由于微处理器的多重任务, 所以每一个前述的计算都将需要由微处理器 70 分配给的附加处理器时间并且只可能以一个关于计算校正值和/或警报信号的较慢的更新速率来完成。通常, 这些校正值比较小并且将不会需要更新得比 10-20 次/秒还快。如果需要, 可以在 ASIC 中设置一个整数多重函数以有助于这些计算, 如果校正值计算的更新速率超过 20-30 次/秒的话, 情况更是如此。而且, 采用 ASIC 中的整数多重函数, 为了线性化、零偏移和温度偏移补偿, 压力和温度值能够得到校正。

在另一个实施例中, 来自于温度传感器 82 和压力传感器 86 的数据在涡旋传感器 11 需要更换的情况下能够被用来校准一个新的涡旋传感器 11。具体而言, 如果涡旋传感器 11 被更新, 微处理器 70 就会将 ρ_v 的值与 ρ_L 或 ρ_G 中的任何一个值进行比较并校正存储器 81 中的比例常数 β , 使 ρ_L 或 ρ_G 中等于 ρ_v 从而 C 保持不变基本上等于 1。微处理器 70 就校准新涡旋传感器 11 并继续按照图 2 操作。

在图 4-7 中图释的一个变化实施例中, 温度传感器 82 和压力传感器 86 安装在位于连接法兰 22A 和 22B 之间的仪表壳 22 上。温度传感器 82 安装在位于非线性形体 24 下游处的稳定流态装置 84 上。该稳定流态装置 84 也在图 6-7 中图释出来并包括一个用来容纳安装在其中的温度传感器 82 的内部凹槽 102, 这种温度传感器例如是一种 N 型热电偶。稳定流态装置 84 安装在仪表壳 22 上并通过凹槽 103 延伸。再回头参见图 4, 信号线 104 将温度传感器 82 与位于变送器壳体 106 内的电子设备 12 连

接起来。

在这个实施例中，支撑管 108 支撑着位于仪表壳 22 上的变送器壳体 106。压力传感器 86 位于支撑管 108 和变送器壳体 106 之间的联结模块 111 内。流体压力通过至少具有一个在法兰 22A 和 22B 之间开向流体 14 的孔口 112 的通路 110A 供应给压力传感器 86。在所图释的实施例中，孔口 112 位于稳定流态装置 84 内。通道 110A 包括一个内孔 113 和一个导管 115。比较好的是，导管 115 包括一个作为冷凝阀的环形部分 115A。一个阀 117 设置在通道 110A 内以使之能够在野外更换压力传感器。

在图 8 和 9 所图释的另一个实施例中，温度传感器 82 和压力传感器 86 安装在位于连接法兰 22A 和 22B 之间的仪表壳 22 上。温度传感器 82 安装在位于非线性形体 24 下游处的稳定流态装置 184 上。该稳定流态装置 184 也在图 5 中图释出来并包括一个用来容纳安装在其中的温度传感器 82 的内部凹槽 186，这种温度传感器例如是一种 N 型热电偶。也可以反过来参见图 8，信号线 188 将温度传感器 82 与位于变送器壳体 190 内的电子设备 12 连接起来。

在这个实施例中，支撑管 192 支撑着位于仪表壳 22 上的变送器壳体 190。压力传感器 86 位于变送器壳体 190 内。流体压力通过具有一个穿过仪表壳 22 的孔口 196 和在法兰 22A 和 22B 之间与流体 14 相通的通路 194 供应给压力传感器 86。在所图释的实施例中，压力孔口 196 位于靠近非线性形体 24 的地方，在本实施例中位于其上游。

孔口 112 的位置和图 4-7 中的温度传感器 82 的位置，孔口 196 和图 8 和 9 中温度传感器 82 的位置，以及其它用来获得流体温度和压力的仪表壳 22 内的传统位置可以包括由于动态压力水头（与 ρV^2 成正比）和温度恢复因子造成的校正：

25

$$\Delta T = \frac{rV^2}{2C_s} \quad (7)$$

其中 C_s 是在恒定压力下的比热，而 r 是一个恢复因子。微处理器 70 将测得的仪表壳 22 内的压力和温度、测得的密度 ρ_v 以及计算出的密度 ρ_L 或 ρ_g 在热动力、能量和动量方程中来校正由于测量位置造成的误差。

例如，在非线形体 24 前面的压力与位于非线形体 24 下游四倍直径处的压力具有如下列方程的关系：

$$P-P_{4D}=C_p\rho V^2 \quad (8)$$

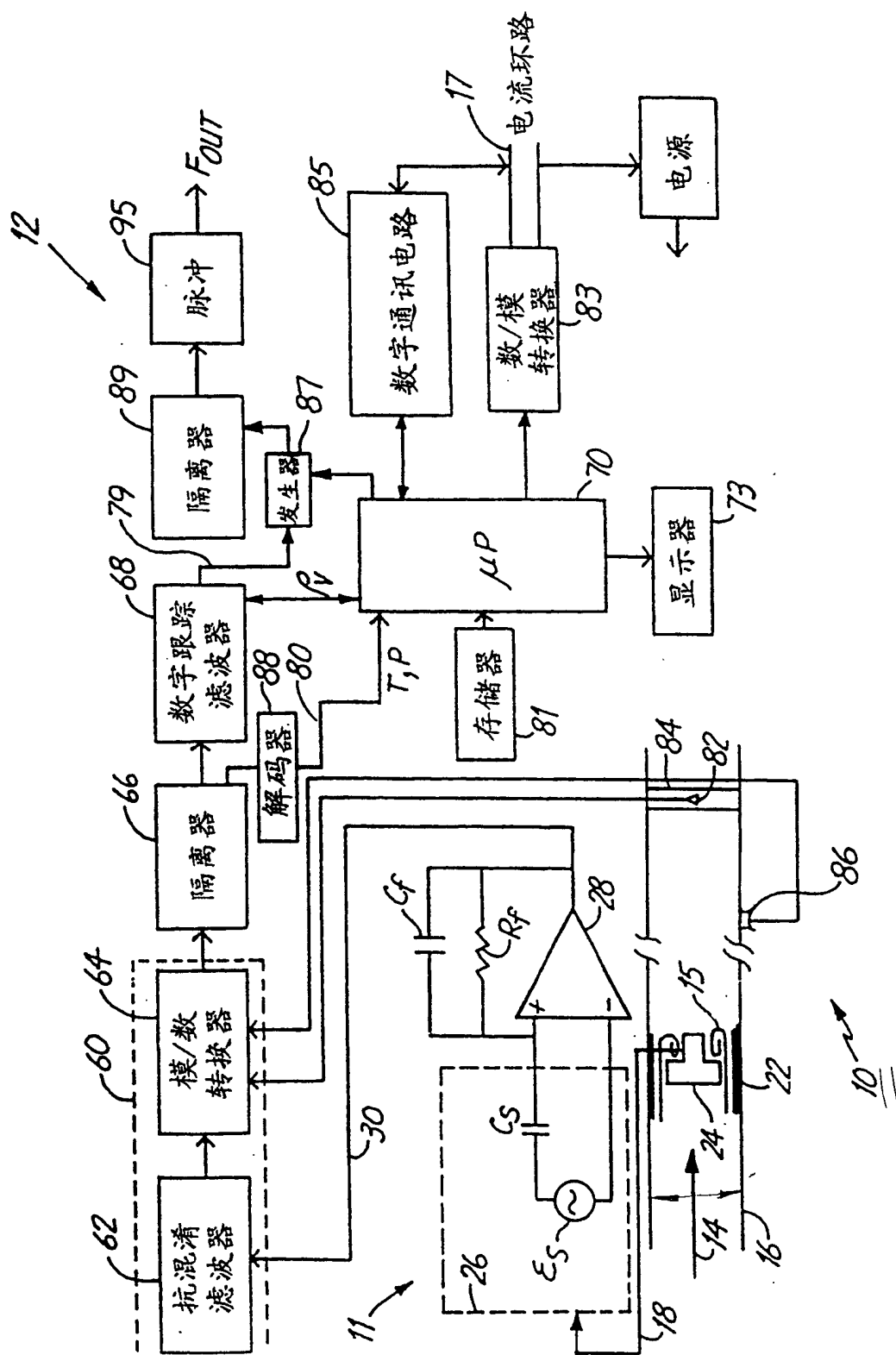
5

其中 P 是非线形体 24 前面的压力，而 P_{4D} 是位于非线形体 24 下游四倍直径处的压力， C_p 是随雷诺数而发生变化的压力损失系数， ρ 是流体的密度而 V 是流体的速度。安装法兰 22A 和 22B 之间的测量位置能够为仪表壳 22 提供较好的机械布置，减小对位置误差的敏感度，减小温度传感器的传导误差，降低对涡旋尾迹频率的干扰，并减少压力孔口的堵塞。在这种方式下，涡旋流量计 10 能够完全在工厂条件下组装，降低了流量计 10 的整体尺寸和成本，并且由于在管道中不需要附加穿透点而使得安装简便。

10

尽管已经参照优选实施例对本发明进行了说明，但本领域技术熟练的技术人员将会认识到可以在不脱离本发明的构思和范围的情况下在形式和细节方面作出改变。

15



全 1

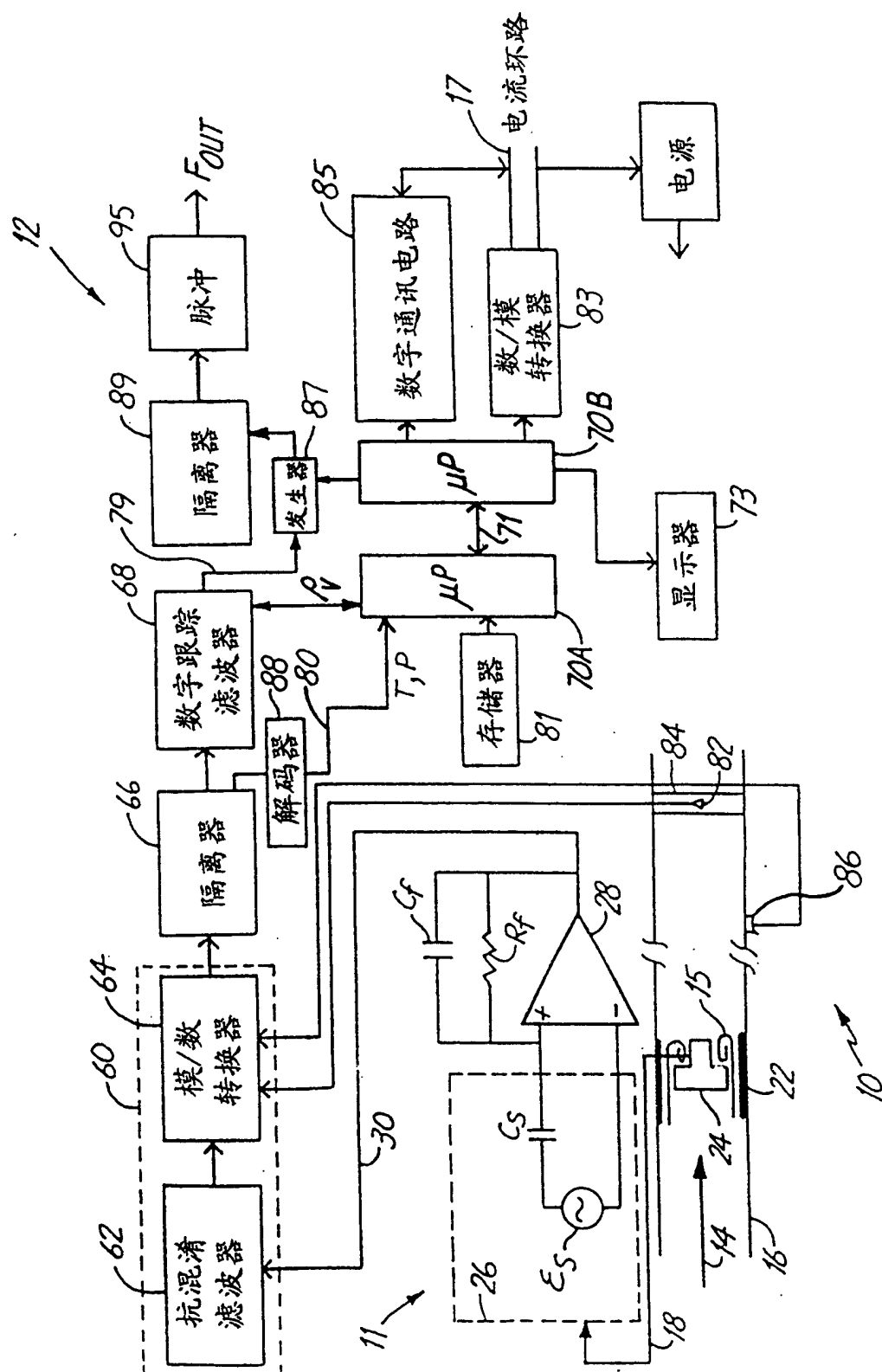
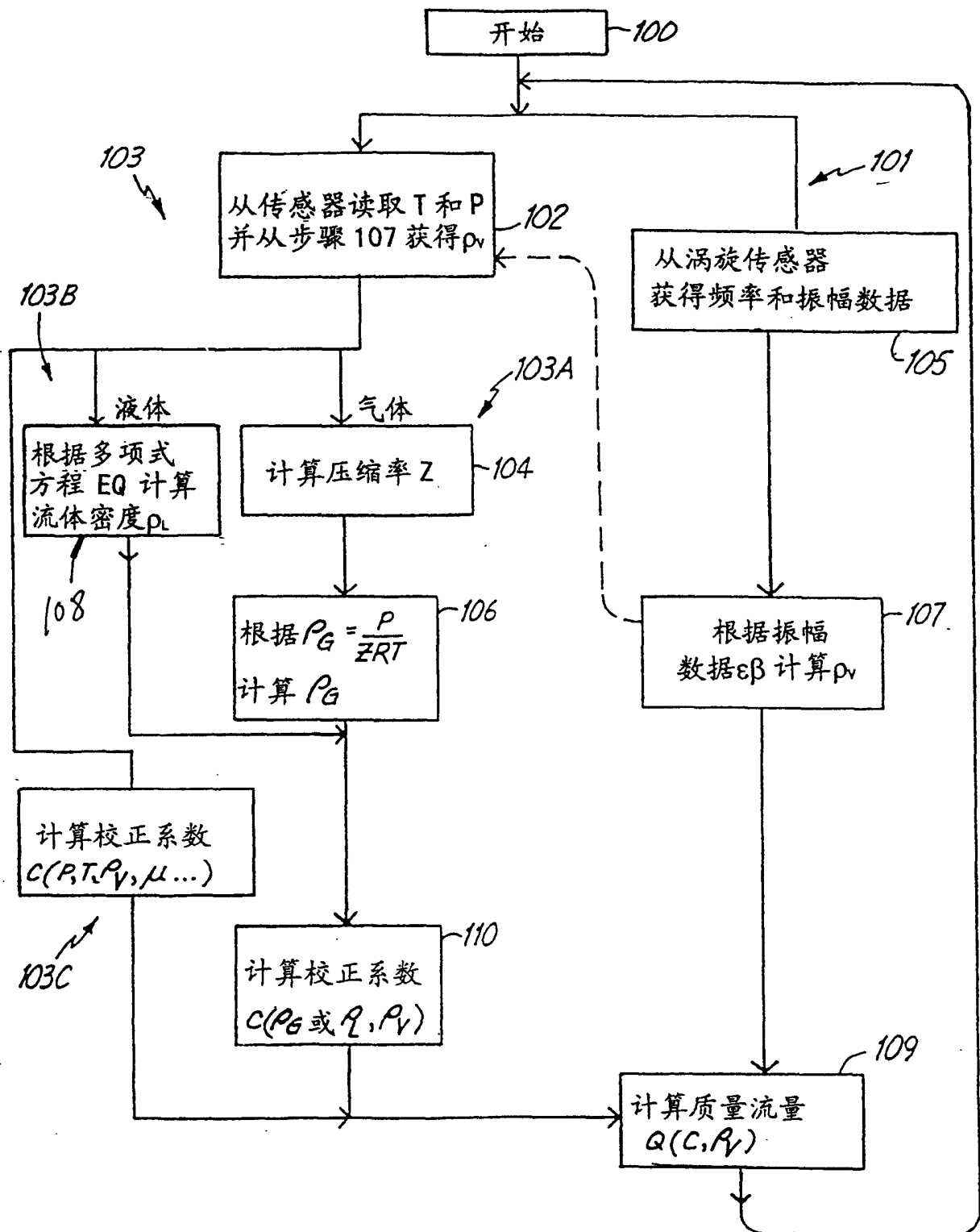


图 1A



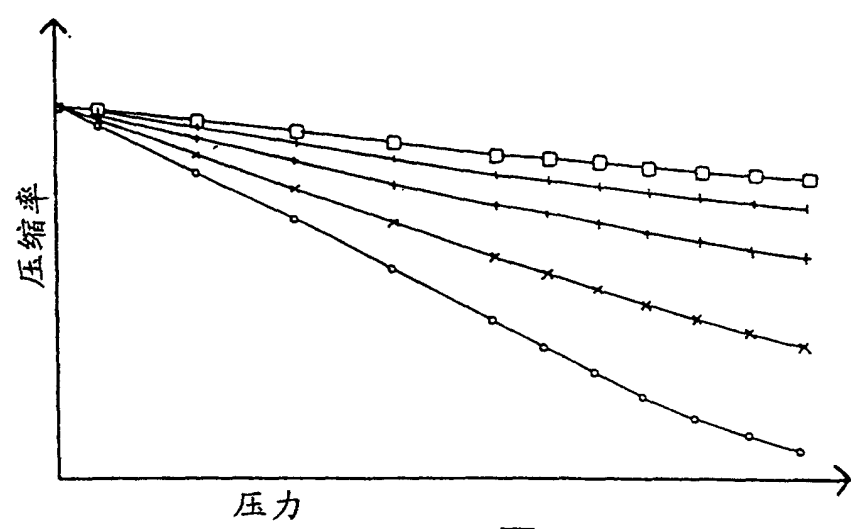


图 3A

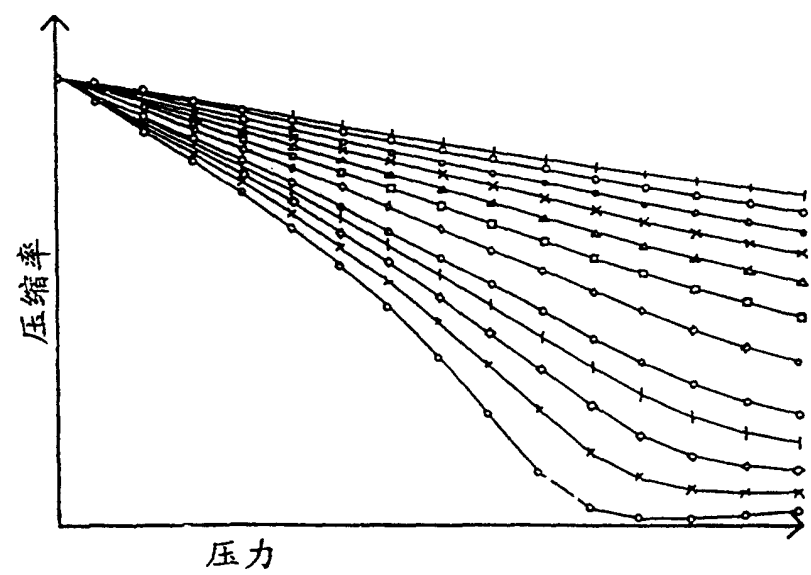
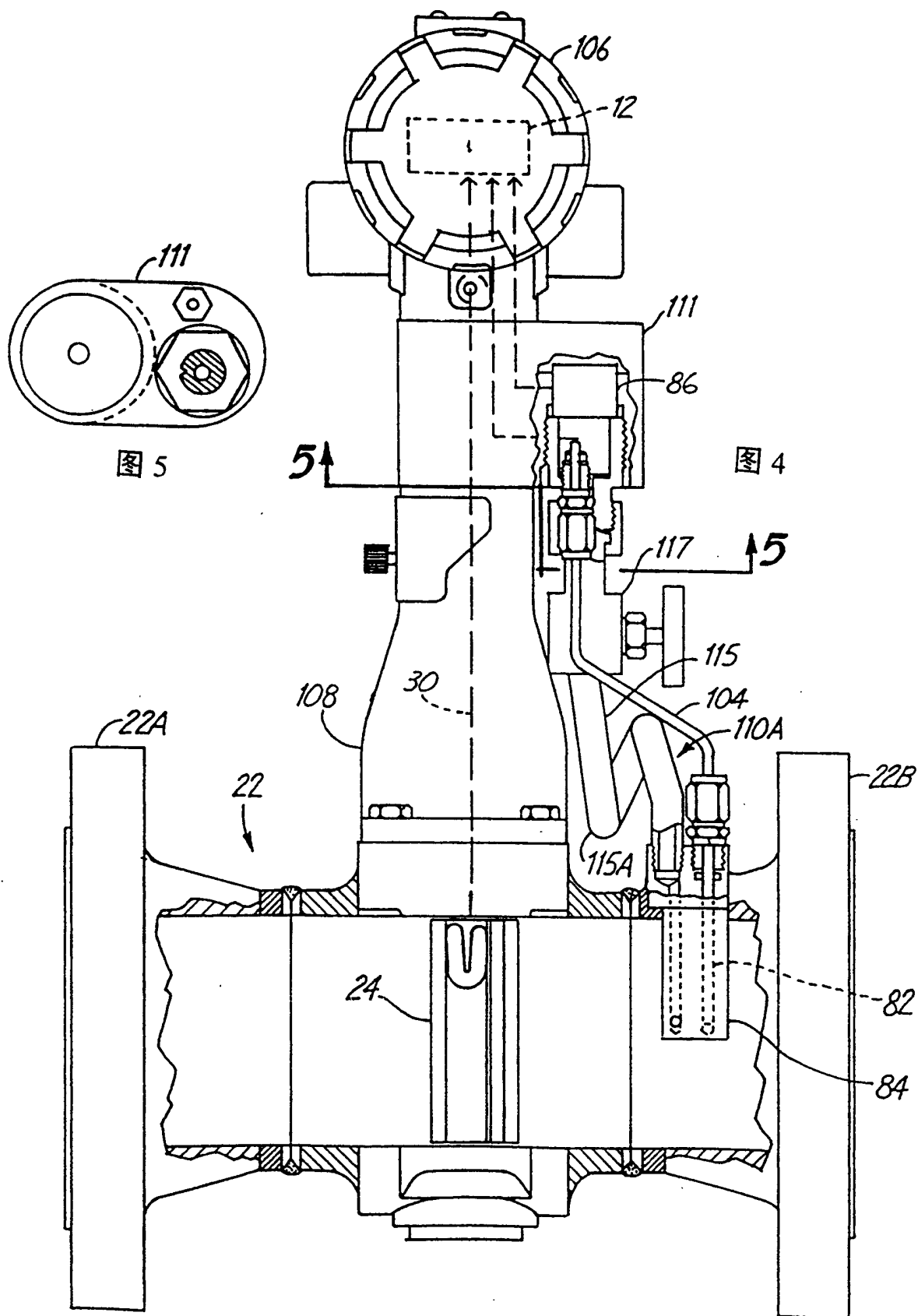


图 3B



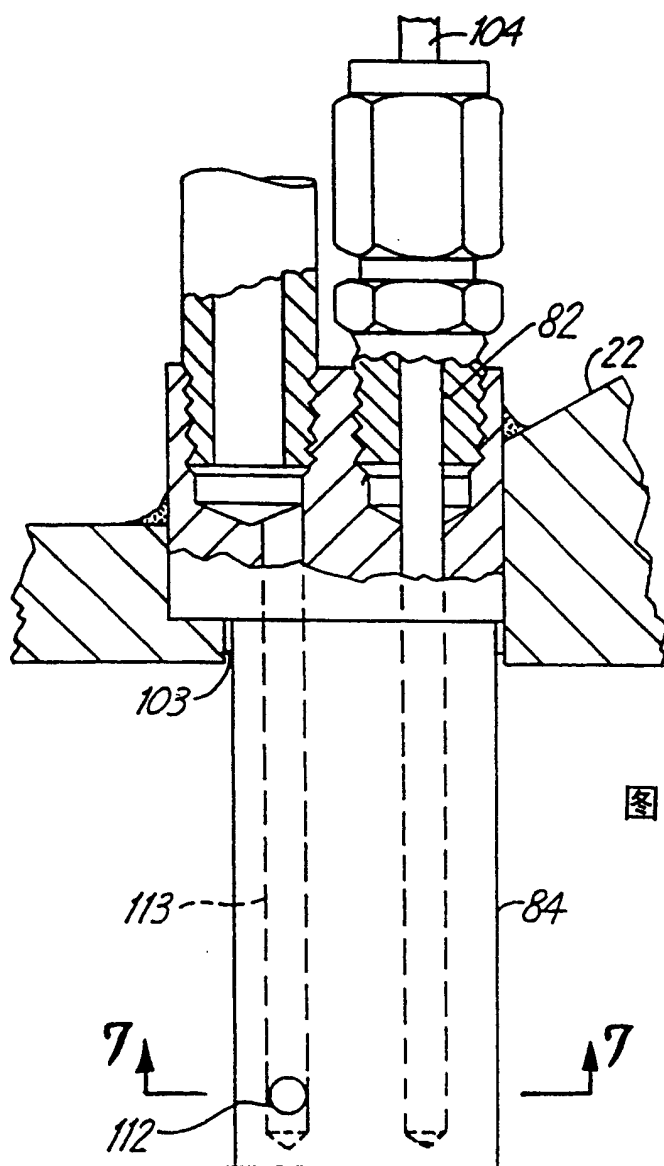


图 6

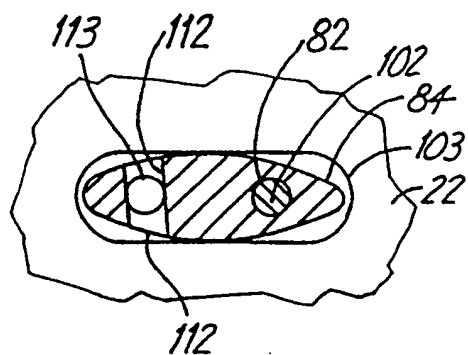


图 7

