



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110448302 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201910371036.3

(22)申请日 2019.05.06

(30)优先权数据

18170990.8 2018.05.07 EP

(71)申请人 NDD医药技术股份有限公司

地址 瑞士苏黎世

(72)发明人 克里斯蒂安·比斯

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 汪丽红

(51)Int.Cl.

A61B 5/091(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页

(54)发明名称

肺量计校准的验证方法

(57)摘要

本发明涉及一种验证超声肺量计的校准的方法,所述方法包括如下步骤:a)测定肺量计中第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的实际值,b)确定所述距离的实际值与指定给所述肺量计的标称值的差值,然后,c1)当所述差值的绝对值小于或等于第一阈值时,接受肺量计的实际校准,或者c2)当所述差值的绝对值大于第一阈值时,拒绝肺量计的实际校准,其中,所述第一阈值是所述距离的标称值的5%。本发明还涉及适于实施上述方法的肺量计以及肺量计的校准方法。

1. 一种超声肺量计校准的验证方法,所述方法包括以下步骤:

- a) 测定肺量计中第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的实际值;
 - b) 确定所述距离的实际值与指定给所述肺量计的标称值之间的差值;然后
 - c1) 如果所述差值的绝对值小于或等于第一阈值,则接受肺量计的实际校准,或者
 - c2) 如果所述差值的绝对值大于第一阈值,则拒绝肺量计的实际校准,
- 其中所述第一阈值是所述距离的标称值的5%。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述距离的实际值是在第一超声传感器与第二超声传感器之间有非流动气体时,通过超声波测量确定,采用如下方程(2)

$$L = t_{1,2} \cdot c = t_{1,2} \cdot \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}} \quad (2)$$

其中,

L是所述第一超声传感器与所述第二超声传感器之间的距离;

$t_{1,2}$ 是超声脉冲的传输时间,通过超声脉冲由第一超声传感器到第二超声传感器的传输时间计算,或者通过超声脉冲由第二超声传感器到第一超声传感器的传输时间计算,或是超声脉冲平均传输时间,通过计算超声脉冲由第一超声传感器到第二超声传感器的传输时间和超声脉冲由第二超声传感器到第一超声传感器的传输时间的平均;

κ 是 c_p/c_v 的比值, c_p 是指恒定压力下气体的比热容和 c_v 是指恒定体积下气体的比热容;

R是通用气体常数;

T是气体的绝对温度;

M是气体的摩尔质量。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述气体是由不同气体混合物组分组成的气体混合物,其中所述气体混合物的摩尔质量通过如下方程(3)计算:

$$M = \sum_{i=1}^n f_i \cdot M_i \quad (3)$$

其中,

f_i 是气体混合物组分i在所述气体混合物中的比例;

M_i 是气体混合物组分i在所述气体混合物中的摩尔质量;

n是气体混合物中气体混合物组分的数量。

4. 根据权利要求2或3所述的方法,其特征在于,所述气体是由不同气体混合物组分组成的气体混合物,其中使用所述气体混合物的估计组成来计算它的摩尔质量。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述气体混合物是环境空气,其中所述空气的摩尔质量在25到34g/mol之间。

6. 根据前述权利要求中任何一项中所述的方法,其特征在于,所述气体的绝对温度被设置为所述肺量计的气流管支架的绝对温度。

7. 根据前述权利要求中任何一项中所述的方法,其特征在于,所述距离归一化为任意标准温度。

8. 根据前述权利要求中任何一项中所述的方法,其特征在于,当气流管被插入肺量计

中的气流管支架时,进行校准的验证。

9. 根据前述权利要求中任何一项中所述的方法,其特征在于,所述肺量计的结构传播噪声的大小被额外地测定,其中,如果步骤c1)的条件被满足而且如果结构传播噪声小于或等于第二阈值时,则肺量计的实际校准被接受;其中,如果满足步骤c1)和c2)的条件中的任一个,但是结构传播噪声大于第二阈值,则肺量计的实际校准被拒绝。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述第二阈值是首次接收的超声信号的5.0%。

11. 根据权利要求9或10所述的方法,其特征在于,所述结构传播噪声的大小是在首次接收的超声信号被检测到之前的一时间段内,通过测量第一超声传感器和/或第二超声传感器的幅值来确定。

12. 根据权利要求9至11中任一项所述的方法,其特征在于,所述结构传播噪声的大小是在第一超声传感器与第二超声传感器之间有非流动气体时被测定的。

13. 一种用于实施前述权利要求中任一项所述的方法的肺量计,其中所述肺量计包括第一超声传感器和第二超声传感器,

其特征在于,

所述肺量计还包括特别调整和配置以自动实施根据上述权利要求中任一项所述的方法的控制单元,以预设的时间间隔或根据用户的要求,所述方法包括以下步骤:

a) 测定所述第一超声传感器与所述第二超声传感器之间的距离的实际值;

b) 确定所述距离的实际值与分配给所述肺量计的所述距离的标称值之间的差值;以及

c1) 如果所述差值的绝对值小于或等于第一阈值,则接受肺量计的实际校准,或者

c2) 如果所述差值的绝对值大于第一阈值,则拒绝肺量计的实际校准,

其中所述第一阈值是所述距离的标称值的5%。

14. 根据权利要求13所述的肺量计,其特征在于,所述肺量计包含电子存储器,其中,所述距离的标称值存储在所述电子存储器中。

15. 一种肺量计的校准方法,所述方法包括以下步骤:

a) 检测肺量计中第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的实际值,通过检测所述距离或者设置所述实际值为与待校准的肺量计的构造相似的肺量计的第一超声传感器与第二超声传感器之间的预先测量过的距离。

b) 定义所述距离的实际值为所述距离的标称值,然后分配给所述肺量计。

肺量计校准的验证方法

技术领域

[0001] 本发明涉及如权利要求1的前序部分所述的验证肺量计的校准的方法,还涉及如权利要求13的前序部分所述的肺量计,还涉及如权利要求15的前序部分所述的肺量计的校准方法。

背景技术

[0002] 超声肺量计是用于测量沿着超声波传输途径流动气体的平均速度的装置,基于所述速度可以测定流动气体的流动速率。此外如果还可以测量时间,那么一个病人产生和呼出的呼吸气体(例如呼吸空气)的体积就可以被测定。对于所述数据进行分析可以被用于获得病人的肺部以及病人肺内部的气体交换情况的分析或诊断信息。

[0003] 一种超声肺量计通常包括两个超声传感器,所述传感器被安装在肺量计的外壳上。所述超声传感器通常以一种缓冲的方式安装,以避免结构传播噪声。所述结构传播噪声是一种由第一超声传感器传播至第二超声传感器时通过肺量计的外壳(或者肺量计的其他部分)产生的噪声,例如通过气流管。结构传播噪声会导致不正确的测量。

[0004] 由于超声传感器的实际位置经常会有小的改变,因此肺量计需要在使用之前进行校准。根据本领域现有的技术,一种体积被准确定义的气体被引导通过肺量计。通过测量体积被准确定义的气体的流动速率以及通过肺量计所需的时间,所述气体的体积被测得。校准是通过定义和调整一个系数来实现的,所述系数的作用是使实际测量的气体体积与被引导通过肺量计的确切已知的气体体积一致。

[0005] 肺量计ATS/ERS指导手册(M.R.Miller et al. Standardisation of Spirometry. European Respiratory Journal, 2005, 26:319-338)要求肺量计室温的校准至少每天进行一次。指导手册又要求引导体积确定的气体通过肺量计。通常来说,一个3L的泵(提供精确的3L气体)被用于校准或再-校准肺量计。所述泵被称为校准泵而且也需要对自身进行校准以确保能精确地提供3L气体。

[0006] 然而,由于一些原因通过所述校准泵进行校准时会导致不准确。主要导致不准确的因素如下:

[0007] ■ 校准泵和肺量计之间错误的连接;

[0008] ■ 校准泵本身流体密封性的缺陷(此外,与泵速有关的流体密封性的动态缺陷);

[0009] ■ 用户错误的执行校准(泵速过高或过低或者不完整的泵冲程)。

[0010] 因此,校准肺量计是一个与一系列不确定来源有关的艰难的过程。

发明内容

[0011] 本发明的一个目的是提供肺量计的校准方法、再校准方法以及验证校准的方法,所述方法比现有技术中已知的校准方法更容易实施。

[0012] 本发明的这一目的,是通过具有如权利要求1所述的特征的超声肺量计校准验证方法来实现。所述方法包括下文中所说明的步骤。因此,在下文中,术语“肺量计”代指“超声

肺量计”。第一步,测定肺量计中第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的实际值。然后,计算所述距离的实际值与所述距离的标称值之间的差值。因此,所述距离的标称值被事先指定给所述肺量计。然后,所述差值的绝对值被用于决定肺量计的实际校准是否被视为仍然有效。更准确的说,如果所述差值的绝对值小于或等于第一阈值,则所述肺量计的实际校准被接受为仍然正确。相反,如果所述差值的绝对值大于第一阈值,则所述肺量计的实际校准被拒绝。结果证明,如果第一阈值是所述距离的标称值的5%,则可以获得足够高的准确度。

[0013] 这种验证肺量计校准的新方法不再需要任何校准泵。相反,它可以以一种完全自动的方式进行,来确认肺量计的原始校准是否仍然有效。这种校准的验证可以根据用户的要求在任何时候进行,或者,例如在预定义的时间间隔自动进行,例如每天一次、每周两次、每周一次、每月两次或每月一次。由于这种自动化处理不再取决于用户的技术能力或者校准泵的质量,因此本发明所主张的方法比现有技术中已知的方法更可靠。与现有技术中已知的采用校准泵的方法相比,肺量计出现错误校准的可能性显著降低。

[0014] 如果所述超声传感器被精确地安装在肺量计的外壳上,所述方法尤其适用。在一个实施例中,所述方法应用于第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的精度在 $\pm 0.2\text{mm}$ 的肺量计中。第一超声传感器与第二超声传感器之间的总距离通常在 50mm 左右。 $\pm 0.2\text{mm}$ 的距离差值会导致气流校准有接近 $\pm 0.4\%$ 的偏差。

具体实施方式

[0015] 在一个实施例中,第一阈值是距离标称值的4.5%,特别是距离标称值的4.0%,特别是距离标称值的3.5%,特别是距离标称值的3.0%,特别是距离标称值的2.5%,特别是距离标称值的2.0%,特别是距离标称值的1.5%,特别是距离标称值的1.0%,特别是距离标称值的0.5%。阈值越低,为了通过校准验证,需要与所述距离的标称值对应的距离的实际值越准确。

[0016] 如果校准的验证导致当前的校准被拒绝,这是明确指示所述肺量计出现了故障,需要维护。视情况,再次成功通过校准验证之前,将无法使用相应的肺量计进行进一步的测量。

[0017] 所述第一超声传感器与第二传感器之间的计算距离被用于以下公式(1)中以确定流动穿过肺量计的气体流速。

$$[0018] \quad F = a \cdot \frac{L}{2 \cos \alpha} \cdot \frac{t_1 - t_2}{t_1 \cdot t_2} \quad (1)$$

[0019] 因此,

[0020] F是第一传感器与第二传感器之间的超声波传输线路区域内的流动穿过肺量计的气体的平均流速;

[0021] a是考虑如超声路径尺寸等几何参数并且与流动气体的速度有关的系数;

[0022] L是校准中所测定以及校准验证中所验证的第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离;

[0023] α 是气体流动方向与超声路径之间的角度;

[0024] t_1 是超声波脉冲从第一超声传感器到第二超声传感器的传输时间,以及

[0025] t_2 是超声波脉冲从第二超声传感器到第一超声传感器的传输时间。

[0026] 所述系数 a 从10%到40%不等,特别是20%到30%不等,介于流动气体的低速与高速之间。因此,它是流动速度的函数。通常,对于特定设置的肺量计,它是凭经验确定的。

[0027] 如果气体是流动的,由于超声脉冲在下游方向(沿着气流)比上游方向(逆着气流)快,所以所述传输时间 t_1 和 t_2 是不同的。

[0028] 在验证方法的一个实施例中,第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的实际值是通过超声测量来测定。所述测量在第一超声传感器与第二超声传感器之间存在气体时进行,其中,所述气体不流动,也就是,气体的流动速率是零。在这种情况下,超声脉冲由第一超声传感器传输至第二超声传感器的传输时间 t_1 ,在理想状态下,正好与超声脉冲由第二超声传感器传输至第一超声传感器的传输时间 t_2 一样长。在实际状态下,即使在明显的非流动气体的情况下, t_1 和 t_2 之间的微小偏差仍可以检测出来。所述长度由如下方程(2)确定:

$$[0029] \quad L = t_{1,2} \cdot c = t_{1,2} \cdot \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}} \quad (2)$$

[0030] 其中,

[0031] L 是所述第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离,

[0032] $t_{1,2}$ 是超声脉冲的传输时间,通过超声脉冲由第一超声传感器到第二超声传感器的传输时间计算,或者通过超声脉冲由第二超声传感器到第一超声传感器的传输时间计算,或是超声脉冲传输时间的平均(均值),即计算由第一超声传感器到第二超声传感器的超声脉冲传输时间和由第二超声传感器到第一超声传感器的超声脉冲的传输时间的平均值;

[0033] κ 是恒定压力 c_p 下气体的比热容与恒定体积 c_v 下气体的比热容之间的比值,也就是, c_p/c_v ;

[0034] R 是通用气体常数(约 $8.314\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$),

[0035] T 是气体的绝对温度(以 K 表示);

[0036] M 是气体的摩尔质量。

[0037] 在一个实施例中,由第一超声传感器到第二超声传感器的传输时间和由第二超声传感器到第一超声传感器的传输时间实际上是同样长。如果没有气流或者没有测量误差(或者测量误差可被视为可忽略时),这通常是正确的。

[0038] 在一个实施例中,所述传输时间 $t_{1,2}$ 是通过从所测量的传输时间中减去一个偏移值来计算的,至少理论上,对于两种传输路径是相同的。所述偏移值考虑两个参数,即在阻抗匹配层内的超声脉冲传输时间和检测超声脉冲时的测量技术所固有的时间延迟。

[0039] 更准确地说,传感器包括压电传感器以及用于所述压电传感器的阻抗匹配层。超声脉冲在空气中的定义距离中的传输时间与所述超声脉冲的在阻抗匹配层中同样距离的传输时间不同。一般来说,阻抗匹配层的厚度是已知的,所以相对于空气中的传输时间差可以根据特定的阻抗匹配层很容易地计算出来。

[0040] 此外,由于传感器的震荡累积特性(the oscillating build-up behavior),超声脉冲的理论到达时间与实际测得时间存在差值。换句话说,在超声脉冲到达传感器后需要

一些时间来检测超声脉冲;检测超声脉冲时存在时间延迟。

[0041] 在一个实施例中,第一超声传感器和/或第二超声传感器是超声发射器、超声接收器或超声收发器。如果第一和第二超声传感器中的一个超声发射器,那么另外一个就是超声接收器。

[0042] 在一个实施例中,所述气体是由不同气体混合物组分组成的气体混合物,其中气体混合物的摩尔数通过如下方程(3)计算得出:

$$[0043] \quad M = \sum_{i=1}^n f_i \cdot M_i \quad (3)$$

[0044] 其中

[0045] f_i 是气体混合物组分*i*在气体混合物中的比例;

[0046] M_i 是气体混合物组分*i*在气体混合物中的摩尔质量;

[0047] n 是气体混合物中气体混合物组分的数量。

[0048] 在一个实施例中,所述气体不是仅有一种成分的纯净气体,而是一种气体混合物,包含不同的气体混合物组分(每种气体混合物组分本身就是一种气体)。因此使用气体混合物的预估组成来计算它的摩尔质量。在此过程中,没有必要准确的测定气体混合物的组成。相反,具有低丰度(例如微量气体)的气体混合物组分可以被简单地忽略。然后,假设与该气体混合物的平均期望组成相对应的适当的气体混合物组成。

[0049] 在一个实施例中,所述气体混合物是(周围的)空气。为了便于计算空气的摩尔质量,预估组分为72-84vol.-%氮气、15-25vol.-%氧气、0.5-1.5vol.-%氩气、0.01-1.5vol.-%二氧化碳以及0-10vol.-%水蒸气。各气体混合物组分(也就是氮气、氧气、氩气、二氧化碳以及可选的水蒸气)的百分比会被选择,使得它们总和达到100%。不需要考虑环境空气中微量存在的其他组分。它们的存在与否不会显著地影响空气的摩尔质量,因此如果不考虑这些微量气体,并不会影响本发明方法的准确性。通过上述方法,得到的空气的摩尔质量在约25g/mol到34g/mol的范围内,特别是在约26g/mol到33g/mol的范围内,特别是在约27g/mol到31g/mol的范围内,特别是在约28g/mol到30g/mol的范围内。使用超出上述摩尔质量范围的摩尔质量,可以得到足够精确的结果。

[0050] 在一个实施例中,气体的绝对温度不是直接测量的。而是,通过测量肺量计的气流管支架的绝对温度,其被视为气体的绝对温度。所述气流管支架是肺量计的一部分,用于容纳所述气流管(通常也被称为呼气管)。欧洲专利申请17 171 303.5 1中披露了一种合适的气流管支架,也属于本申请的申请人。高达0.5K的温度偏差,特别是高达0.4K的温度偏差,尤其是高达0.3K的温度偏差,尤其是高达0.2K的温度偏差,尤其是高达0.1K的温度偏差(与温度计的典型测量误差相对应)被认为是可以忽略不计的。通常情况下,在肺量计中非流动气体和肺量计周围的温度平衡可以在几秒钟内实现(例如1到10秒钟,特别是2到9秒钟,特别是3到8秒钟,特别是4到7秒钟,特别是5到6秒钟)。因此,对肺量计中的气体进行技术要求高的温度测量是没有必要的,而是通过测量肺量计的气流管支架的温度,也就是测量固体的温度。

[0051] 在一个实施例中,所述距离被归一化为任一标准温度。在这么做时,可以考虑由于材料的热膨胀引起的距离偏差。所述归一化可以例如通过将计算得到的距离除以测量的绝

对温度来进行,然后乘以任一标准温度,例如室温。然后,所述距离将表示为在特定温度下的距离,即在选定的标准温度下的距离。

[0052] 在一个实施例中,所述的校准验证是在气流管已经被插入肺量计的气流管支架时进行。在这样的情况下,验证是以与之后执行的实际流动测量非常类似的方式进行的。如果在验证的过程中,所述气流管插入肺量计的气流管支架中,那么在最初的校准过程中,所述气流管也需要插入肺量计的气流管支架中。

[0053] 为了提高本发明方法的整体准确性,建议使用非常精确地制造的气流管。特别的,这种气流管需要有高的尺寸精度,以便使气流管具有高度的可靠性和重现性的截面,这定义了超声波在气体流动过程中能够沿着声波传播路径所覆盖的距离。因此,在一个实施例中,使用带开口的气流管,所述开口被在气流管制造过程中平整或拉直的网状物覆盖。例如属于本发明申请人的欧洲专利申请17 171 300.1披露了合适的气流管。此外,如果插入的气流管处于肺量计中的规定的位置,则可以提高本方法的可靠性。因此,在一个实施例中,检查气流管支架内气流管的位置,以确保气流管的正确定位。属于本发明申请人的欧洲专利申请EP3017760A1描述了合适的气流管,其在肺量计中的位置可以很容易的被检查。

[0054] 结果证明,肺量计的结构传播噪声会损害流速测量以及肺量计的校准。为了避免这种不良影响,在一个实施例中,额外测定肺量计的结构传播噪声。然后,仅仅在当距离差值的绝对值小于或等于第一阈值时(上文中已说明)并且当结构传播噪声小于或等于第二阈值时,则肺量计的实际校准才会被接受。因此,只有同时满足这两个条件时,实际的校准才会被接受。另一方面,如果结构传播噪声的值大于所述第二阈值时,校准会被拒绝,不管第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的绝对值小于或是大于第一阈值。因此,在这个实施例中,足够低的结构传播噪声是通过校准验证的必要条件。如果结构传播噪声太高,那么明确表明肺量计有缺陷。例如超声传感器的软垫可能已经变硬了。或者,例如,在肺量计内可能已经形成了结构传播噪声桥。同时,超声传感器之间的距离可能仍在要求的范围之内。

[0055] 在一个实施例中,第二阈值位于在首次接收的超声信号的0.5%到5.0%范围内。在一个实施例中,第二阈值是首次接收的超声信号的5.0%,特别是4.5%,特别是4.0%,特别是3.5%,特别是3.0%,特别是2.5%,特别是2.0%,特别是1.5%,特别是1.0%,特别是0.5%。阈值越低,满足这个测试准则测得的结构传播噪声的实际值越低。

[0056] 在一个实施例中,所述结构传播噪声的值是在测定第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离之前测定的。更准确地说,结构传播噪声是通过在一时间段内,测量第一超声传感器和/或第二超声传感器的幅值来测定的,其中所述时间段位于测量超声脉冲由第一超声传感器到第二超声传感器的传输时间或由第二超声传感器到第一超声传感器的传输时间的时间段之前。这种结构传播噪声的测定,可以通过位于肺量计的控制装置中或肺量计本身中的特殊电子产品进行。

[0057] 在一个实施例,当第一超声传感器与第二超声传感器之间存在气体而且气体不流动时,测定结构传播噪声的大小。因此,在本实施例中,结构传播噪声的大小通常是肺量计在相同设置下测定,如第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离。

[0058] 在一个实施例中,结构传播噪声的大小在合适的气体流动测量过程中被测定,也就是,当气体流动穿过肺量计的气流管时。

[0059] 在一方面,本发明还涉及肺量计校准的验证方法,其中所述方法没有利用测定第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的实际值,而是仅仅依靠检测结构传播噪声以及仅根据所测得的结构传播噪声来决定是否需要拒绝对肺量计进行实际校准来验证肺量计的校准。这种方法可以通过如下方式来描述:

[0060] 肺量计校准的验证方法,所述方法包括如下步骤:a)测定肺量计的结构传播噪声的大小;b)如果结构传播噪声大于第二阈值,则拒绝肺量计的实际校准。

[0061] 与前面描述的方法的实施例相关进行说明的所有实施例-特别是与测定结构传播噪声有关的实施例-也可适用本发明独立揭露及主张的仅根据结构传播噪声来验证肺量计校准的方法。

[0062] 在一方面,本发明涉及适于实施如上述说明内容的方法的肺量计。所述肺量计包含第一超声传感器和第二超声传感器。此外,它包括特别调整和配置以自动实施根据上述解释内容的方法的控制单元。因此,所述方法可以在预设的时间间隔实施(例如按照时间间隔或在肺量计执行预定数量的肺活量分析之后)或者根据用户的要求执行。关于执行方法的细节,请参考上面给出的说明。

[0063] 在一个实施例中,所述肺量计包括用于存储第一超声传感器和第二超声传感器之间距离的标称值的电子存储器。然后,控制单元可以特别简单地将第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的标称值与实际值进行对比。

[0064] 在一方面,本发明还涉及肺量计的(初始)校准方法,其中所述方法包括随后说明的步骤。第一步,第一超声传感器与第二超声传感器之间的距离的实际值是被检测的或是根据同样结构肺量计(例如,同一制造批次肺量计中的肺量计,其中需注意的是,制造公差保持在(非常)低的水平)的已测得的距离值被认为是已知的。所述实际值被视为超声传感器之间的距离值的标称值。然后,将这个标称值分配给肺量计。在这一初始校准之后,通常是在肺量计的制造过程中进行的,这一校准的验证可以在之后的任何时间进行。因此不再需要使用校准泵进行校准。此外,校准肺量计不再需要手动生产步骤。这显著优化了肺量计的生产过程而且降低了生产成本。

[0065] 在一个实施例中,所述标称值是通过一个合适的测量装置机械地测量的,例如卡尺。如果超声传感器的深度是已知的,则可以测量第一超声传感器的后侧边与第二超声传感器的后侧边之间的距离。通过减去单个超声传感器深度的两倍,那就得到了超声传感器前端之间的距离。这个距离对应超声波从第一超声传感器到第二超声传感器所覆盖的距离。

[0066] 在一个实施例中,所述距离的标称值是以与上文所述的测定距离的实际值的同样的方式测定的。更准确地说,所述标称值是在第一超声传感器和第二超声传感器之间存在气体时测定的,其中所述气体没有流动。然后,再次利用下文中的方程(2),根据超声脉冲从第一超声传感器到第二超声传感器或从第二超声传感器到第一超声传感器的测量得到的传输时间,计算距离:

$$[0067] \quad L = t_{1,2} \cdot c = t_{1,2} \cdot \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}} \quad (2)$$

[0068] 关于各个参数的含义,请参考上面给出的解释。

[0069] 在一个实施例中,所述距离的标称值被存储在肺量计的电子存储器中或者存储在分配给肺量计的电子存储器中。举例来说,合适的电子存储器是肺量计的非易失性内存。再举一个例子,一个合适的电子存储器是一个数据库,在这个数据库中,不同肺量计的这些标称值与这些标称值所述的肺量计的信息一起存储。然后,只需要唯一地识别所涉及的肺量计,然后将距离的标称值与实际测量或计算的距离值进行比较,以便验证校准。对肺量计进行唯一识别,例如,对各个肺量计分配唯一的编号或是其他唯一的标识。

[0070] 所述方法的所有实施例可以以任何所需的方式组合,并且可以从用于验证所述肺量计的校准方法转换到用于校准所述肺量计的方法或转换到所述肺量计,反之亦然。此外,所有实施例及其组合均可转移到所述方法,用于验证仅使用结构传播噪声的肺量计的校准。