



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106404126 A

(43)申请公布日 2017.02.15

(21)申请号 201610794740.6

(22)申请日 2016.08.31

(71)申请人 赵雪至

地址 130000 吉林省长春市硅谷大街928号

(72)发明人 赵雪至

(74)专利代理机构 吉林长春新纪元专利代理有
限责任公司 22100

代理人 魏征骥

(51)Int.Cl.

G01F 25/00(2006.01)

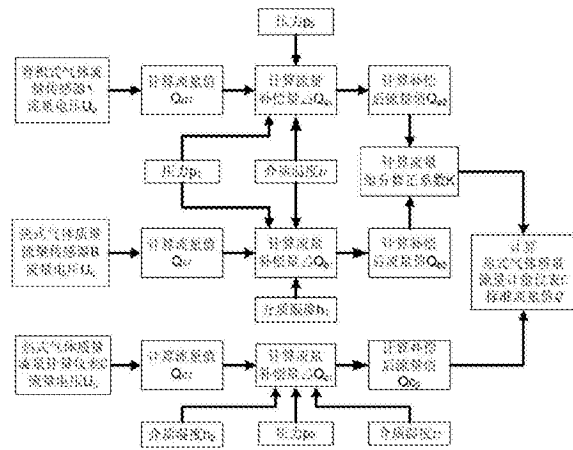
权利要求书5页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

一种多组分气体流量测量的补偿方法及计
量装置

(57)摘要

本发明提供一种多组分气体流量测量的补
偿方法及计量装置,涉及流量测量技术领域,获
取两只流量传感器和流量计量仪表的流量电
压值,以及介质压力、温度和湿度值,计算得
到所获取的流量电压对应的流量值;计算流量
传感器和流量计量仪表的标准工况下的补偿
量,得到补偿后流量值,得到修正系数;计算
得出所述计量仪表测量的标准体积流量值。
有益效果是在同介质工况下,通过实时流量
修正对流量传感器的流量值进行在线修正,从
而消除了介质气体组分变化对测量结果造成
的误差,减小了压力、温度和湿度变化对流
量传感器测量结果的影响,极大地提高了热
式气体质量计量装置的测量准确度。



CN 106404126 A

1. 一种多组分气体流量测量的补偿方法,其特征在于包括下列步骤:

步骤1:获取两只流量传感器和流量计量仪表的流量电压值,以及介质压力、温度和湿度值,根据流量电压与流量值之间的标定关系,计算得到所获取的流量电压对应的流量值;

步骤2:根据所获取的气体介质压力、温度、湿度值和计算所得到的流量值,分别计算流量传感器和流量计量仪表的标准工况下的补偿量;

步骤3:用计算得到的补偿量对流量值分别进行补偿,得到补偿后流量值;

步骤4:用补偿后的所述两只流量流量传感器的流量值进行计算,得到热式气体质量流量传感器在同介质工况下的流量组分修正系数;

步骤5:用计算得到的流量组分修正系数修正热式气体质量流量计量仪表补偿后的流量值,计算得出所述计量仪表测量的标准体积流量值。

2. 根据权利要求1所述的一种多组分气体流量测量的补偿方法,其特征在于:

所述步骤1具体步骤如下:

获取介质压力值 p_1 、 p_2 和 p_3 、温度值 t_1 、 t_2 以及湿度值 h_1 、 h_2 ;获取A、B两只流量传感器和流量计量仪表C流量电压值;该电压值为初始电压值 U , Q_1 表示为初始流量值,即工作状态下的流量值;

流量传感器电压值与流量换算公式:

$$Q_1 = \frac{U_i}{U_{\max} - U_{\min}} \times (Q_{\max} - Q_{\min}) \quad (1)$$

式中: Q_1 —初始流量值 (Nm^3/h);

U_i —瞬时流量电压值 (mV);

U_{\max} —满量程流量电压值 (mV);

U_{\min} —最小流量电压值 (mV);

Q_{\max} —满量程流量值 (Nm^3/h);

Q_{\min} —最小流量值 (Nm^3/h)。

具体地,获取容积式气体流量传感器A的流量电压值 U_a ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的体积流量值 Q_{a1} ;获取热式气体质量流量传感器B的流量电压值 U_b ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的质量流量值 Q_{b1} ;获取热式气体质量流量计量仪表C的流量电压值 U_c ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的质量流量值 Q_{c1} 。

3. 根据权利要求1所述的一种多组分气体流量测量的补偿方法,其特征在于:

所述步骤2具体步骤如下:

根据所获取的气体介质压力值 p 、温度值 t 、湿度值 h 和计算所得到的流量传感器的流量值 Q_1 ,分别计算流量传感器的标准工况下的补偿量,用 ΔQ 表示;具体地,所述补偿量计算公式:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0 \quad (2)$$

式中: ΔQ —标准工况下的补偿量 (Nm^3/h)

Q_0 —标准状态下的流量值 (Nm^3/h)

Q_1 —工作状态下的流量值 (Nm^3/h)

具体地,所述容积式气体流量的温度、压力补偿方程式:

$$V_0 = V \times \frac{(P_a + P_g) T_0}{P_0 \times T} \times \frac{Z_n}{Z_g} = V \times \frac{P}{P_0} \times \frac{T_0}{T} F_z^2 \quad (3)$$

式中： V_0 —标准状态下的体积量 (Nm^3)；

V —工作状态下的体积量 (m^3)；

$P = P_a + P_g$ —流量计压力检测点处的绝对压力 (kPa)；

P_a —当地大气压 (kPa)；

P_g —流量计压力检测点处的表压力 (kPa)；

P_0 —标准大气压 (101.325kPa)；

T_0 —标准状态下的绝对温度 (273.15K)；

T —被测介质的绝对温度 (273.15+t) (K)；

t —被测介质温度,用温度传感器检测 ($^{\circ}\text{C}$)；

$F_z = \sqrt{Z_n/Z_g}$ —气体压缩因子；

Z_n —标准状态下的气体压缩系数；

Z_g —工作状态下的气体压缩系数。

具体地,所述标况流量与工况流量换算公式:

$$Q = Q_0 \times \frac{P_0}{P} \times \frac{T}{T_0} \quad (4)$$

式中： Q_0 —标准状态下的体积流量 (Nm^3/h)；

Q —工作状态下的体积流量 (m^3/h)；

$P = P_a + P_g$ —工作压力 (绝对压力) (kPa)；

P_a —当地大气压力 (kPa)；

P_g —流量计压力检测点的表压力 (kPa)；

P_0 —标准大气压 (101.325kPa)；

T_0 —标准状态下的绝对温度 (273.15K)；

T —被测介质的绝对温度 (273.15+t) (K)；

t —被测介质的温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

具体地,所述热式气体质量流量传感器,依据热扩散式恒功率原理,对多组分气体进行测量,其流体质量公式为:

$$\Delta P = C_p M \Delta T \quad (5-1)$$

式中： ΔP —加热电功率 (W)；

C_p —流体比热容 ($\text{J}/\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}$)；

M —流体质量 (kg)；

ΔT —测量探头温差 ($^{\circ}\text{C}$)；

进一步的,所述热式质量流量计,经钟罩式气体流量标准装置检定,溯源到溯源到国家计量基准,其标准体积流量公式为:

$$Q_{vN} = V_s \frac{P_s T_N}{P_N T_s} \quad (5-2)$$

体积流量与质量流量换算公式：

$$Q_{vN} = \rho_N \cdot Q_{mN} \quad (5-3)$$

式中： Q_{vN} —体积流量 (m^3/h)；

Q_{mN} —质量流量 (kg/h)；

ρ_N —气体的标况密度，空气 $\rho_N=1.2046$ (kg/m^3)；

V_s —检定条件下钟罩的容积 (L)；

P_s —为钟罩内气体的绝对压力 (kPa)；

P_m —流量计处的气体密度 (kg/m^3)；

T_s —钟罩内的热力学温度 (K)；

T_m —流量计处的热力学温度 (K)；

P_N —标准压力 (101.325kPa)；

T_N —标准温度 (293.15K)；

T —检定时间 (s)。

进一步的，所述热式质量流量计，被测介质湿度对导热系数和密度有直接的影响，从而影响了测量的准确性，含水蒸气的湿空气密度计算公式：

$$\rho = \rho_0 \frac{273}{273+t} \times \frac{p-0.0378\phi p_b}{0.1013} \quad (5-4)$$

式中： ρ_0 — $0^\circ C$ ，压力为0.1013MPa状态下干空气的密度， $\rho_0=1.293$ (kg/m^3)；

p —湿空气的全压力 (MPa)；

p_b —温度 t 时饱和空气中水蒸气的分压力 (MPa)；

ϕ —空气的相对湿度 (%RH)；

具体地，根据所获取的气体介质压力值 p_1 和 p_2 、温度值 t_1 和计算所得到的容积式流量传感器A的体积流量值 Q_{a1} ，计算所述传感器A的标准工况下的补偿量 ΔQ_{a1} ；根据所获取的介质湿度值 h_1 、压力值 p_1 、温度值 t_1 和和计算所得到的热式气体质量流量传感器B的质量流量值 Q_{b1} ，计算所述传感器B的标准工况下的补偿量 ΔQ_{b1} ；根据所获取的介质湿度值 h_2 压力值 p_3 、温度值 t_2 和和计算所得到的热式气体质量流量计量仪表C的质量流量值 Q_{c1} ，计算所述计量仪表C的标准工况下的补偿量 ΔQ_{c1} 。

进一步的，所述“标准工况环境”通常是指温度为 $(20 \pm 2)^\circ C$ ，大气压力一般为 $(86 \sim 106)$ kPa，相对湿度为45%~75%；

进一步的，所述“标准工况环境下的补偿量”，是所述传感器采集测量数据计算出的在标准工况环境下仪表的补偿量。

4. 根据权利要求1所述的一种多组分气体流量测量的补偿方法，其特征在于：

所述步骤3具体步骤如下：

用计算得到的补偿量 ΔQ 对流量传感器的初始流量值 Q_1 分别进行补偿，得到补偿后流量值 Q_2 ；

具体地，补偿后流量值等于初始流量值加上补偿量，从而消除了介质温度、压力和湿度变化对流量值的影响。

补偿后流量值计算公式：

$$Q_2 = Q_1 + \Delta Q, \quad (6)$$

式中： Q_2 —补偿后体积流量值 (m^3/h)； ΔQ —补偿量 (Nm^3/h)；

Q_1 —工况体积流量 (m^3/h)。

进一步的，用计算得到的补偿量 ΔQ_{a1} 对流量值 Q_{a1} 进行补偿，得到补偿后流量值 Q_{a2} ；用计算得到的补偿量 ΔQ_{b1} 对流量值 Q_{b1} 进行补偿，得到补偿后流量值 Q_{b2} ；用计算得到的补偿量 ΔQ_{c1} 对流量值 Q_{c1} 进行补偿，得到补偿后流量值 Q_{c2} 。

5. 根据权利要求1所述的一种多组分气体流量测量的补偿方法，其特征在于：

所述步骤4具体步骤如下：

用修正后的所述容积式流量传感器A的流量值 Q_{a2} 和热式气体质量流量传感器B的流量值 Q_{b2} 进行计算，得到质量流量传感器在同介质工况下的流量组分修正系数K；

具体地，组分修正系数K等于容积式流量流量传感器A的流量值 Q_{a2} 与热式气体质量流量传感器B的流量值的比值，从而得到空气介质与实际应用多组分气体介质的标准状态下的差别参数，即流量组分修正系数K。

流量组分修正系数K计算公式：

$$K = Q_{a2}/Q_{b2} \quad (7)$$

式中：K—流量组分修正系数； Q_{a2} —容积式流量流量传感器A的体积流量值 (m^3/h)； Q_{b2} —热式气体质量流量传感器B的体积流量值 (m^3/h)。

6. 根据权利要求1所述的一种多组分气体流量测量的补偿方法，其特征在于：所述步骤5具体步骤如下：

用计算得到的补偿后流量值 Q_{c2} 和流量组分修正系数K进行修正计算，计算得出所述计量仪表C测量的标准体积流量值Q。

具体地，补偿后流量值 Q_{c2} 与流量组分修正系数K的乘积，计算得出所述计量仪表C测量的标准体积流量值Q；

标准流量值计算公式：

$$Q = KQ_{c2} \quad (8)$$

式中：Q—计量仪表C测量的标准体积流量值Q (m^3/h)；K—流量组分修正系数； Q_{c2} —计量仪表C补偿后流量值 Q_{c2} (m^3/h)。

7. 一种流量计量装置，其特征在于包括：

一只容积式流量传感器A和一只热式质量流量传感器B，用于测量介质瞬时流量电压值，根据流量电压与流量值之间的标定关系，计算得到所获取的流量电压对应的流量值；一个热式气体质量流量计量仪表C，用于计量用户使用气体的瞬时流量值和累积流量值；

与所述容积式流量传感器A相连的2只压力传感器P1和P2，用于测量介质在管道中的压力以及所述流量传感器A进气与出气的压力差；

2只温度传感器T1和T2，用于测量介质在管道中的温度；

2只湿度传感器H1和H2，用于测量介质在管道中的湿度；

容积式流量采集单元，与所述容积式流量传感器A和流量值计算单元相连，用于获取容积式流量传感器A测量的流量信号；

热式流量采集单元，与所述热式质量流量传感器B和流量值计算单元相连，用于获取热式流量传感器B测量的流量信号；

温度采集单元，与所述温度传感器T1和T2和流量值计算单元相连，用于获取温度传感

器测量的温度信号；

压力采集单元,与所述压力传感器P1、P2、P3和流量值计算单元相连,用于获取压力传感器测量的压力信号；

湿度采集单元,与所述湿度传感器H1、H2和流量值计算单元相连,用于获取湿度传感器测量的湿度信号；

流量值计算单元,与所述压力、温度、湿度、流量采集和流量补偿计算单元相连,用于把获取的流量、温度、压力和湿度信号进行计算,计算出标准工况下的流量值；

流量补偿计算单元,与所述流量值计算、流量补偿显示、数据存储单元和热式气体质量流量计量仪表C相连,用于对初始流量值进行补偿计算,计算出流量补偿量以及流量组分修正系数；

数据存储单元,与所述流量补偿计算单元相连,用于存储流量的计算数据；

流量补偿显示单元,与所述流量补偿计算单元相连,用于显示流量的计算数据；

标准流量显示单元,与所述气体质量流量计量仪表C相连,用于把标准流量值呈现到用户终端的人机界面,便于使用气体的用户查询有关用气信息。

8. 根据权利要求7所述的一种流量计量装置,其特征在于：

与所述压力采集单元相连的压力传感器P1,用于测量所述容积式流量传感器A的进口压力值；与所述压力采集单元相连的压力传感器P2,用于测量所述容积式流量传感器A的出口压力值；与所述压力采集单元相连的压力传感器P3,用于测量所述热式气体质量流量计量仪表C的进口压力值；

与所述流量值计算单元和热式气体质量流量计量仪表C相连的流量补偿计算单元,用于获取标准工况环境下的流量值,计算得到流量值的补偿量以及在同介质工况下的流量修正系数K；

与所述流量补偿计算单元和标准流量显示单元相连的热式气体质量流量计量仪表C,用于获取计算得到流量值的补偿量以及在同介质工况下的流量修正系数K,计算得出标准体积流量值；在所述标准流量显示单元的人机界面上显示标准体积流量值,并回传数据到所述流量补偿计算单元保存数据。

一种多组分气体流量测量的补偿方法及计量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及气体流量测量技术领域,尤其涉及一种多组分气体流量测量的补偿方法及计量装置。

背景技术

[0002] 热式气体质量流量计是利用热传导原理测量气体质量流量的仪表,根据热式气体质量流量计的基本原理,其计量输出的准确性,同时取决于气体流量信号和被测气体介质参数的物理特性,当被测气体介质的参数发生改变时,对其计量性能产生很大的影响。影响计量准确性的被测气体介质参数主要包括导热系数、比热容和与湿度相关的密度值,当被测气体介质的组分和湿度发生变化时其定压比热容值和热导率值随之改变,对其计量准确性产生很大的影响。

[0003] 目前国家计量检定规程中对现有技术热式气体质量流量计的校准依然是在空气为介质的条件下,采用体积法标定,其测量结果无法消除热式气体质量流量计在实际测量中,气体介质组分发生变化时对测量结果造成的误差。

[0004] 现有技术的热式气体质量流量计为了消除这一误差采用的补偿方法,都是采用固定气体组分或者用传感器测量出主要成分的方法来确定介质气体组分的构成,之后采用已知组分气体测量修正数据拟合模拟计算得到一个多组分气体估算误差修正值,来消除多组分气体组分变化对测量结果造成的误差。

[0005] 现有技术的采用的补偿方法,首先在复杂多组分气体的测量中,用于拟合模拟计算的已知气体种类数量要少于实际组分的种类数量;其次,每种气体的含量不是拟合计算中估算的固定值,是实时变化的;所以,拟合模拟计算的修正数据对测量结果造成的误差无法准确估算,误差也非常大。

[0006] 综上所述,量值溯源是非常严谨的量值传递过程,通过拟合计算得到的经验数据是一个估算值,不能满足量值溯源的要求。

[0007] 被测介质湿度对导热系数和密度有直接的影响,从而影响了热式气体质量流量计的测量准确性,现有技术的热式气体质量流量补偿方法,还没有对湿度进行补偿的论述。

[0008] 因此,采用现有技术的气体质量流量补偿方法的热式气体质量流量计,不能实时准确地测量出多组分气体组分变化对测量结果造成的误差,无法满足溯源到国家计量基准的技术要求。

发明内容

[0009] 本发明提供一种多组分气体流量测量的补偿方法及计量装置,以解决测量多组分气体时计量准确性较差的问题,满足溯源到国家计量基准的技术要求。

[0010] 本发明采取的技术方案是包括下列步骤:

[0011] 步骤1:获取两只流量传感器和流量计量仪表的流量电压值,以及介质压力、温度和湿度值,根据流量电压与流量值之间的标定关系,计算得到所获取的流量电压对应的流

量值；

[0012] 步骤2:根据所获取的气体介质压力、温度、湿度值和计算所得到的流量值,分别计算流量传感器和流量计量仪表的标准工况下的补偿量;

[0013] 步骤3:用计算得到的补偿量对流量值分别进行补偿,得到补偿后流量值;

[0014] 步骤4:用补偿后的所述两只流量传感器的流量值进行计算,得到热式气体质量流量传感器在同介质工况下的流量组分修正系数;

[0015] 步骤5:用计算得到的流量组分修正系数修正热式气体质量流量计量仪表补偿后的流量值,计算得出所述计量仪表测量的标准体积流量值。

[0016] 本发明所述步骤1具体步骤如下:

[0017] 获取介质压力值 p_1 、 p_2 和 p_3 、温度值 t_1 、 t_2 以及湿度值 h_1 、 h_2 ;获取A、B两只流量传感器和流量计量仪表C流量电压值;该电压值为初始电压值 U , Q_1 表示为初始流量值,即工作状态下的流量值;

[0018] 流量传感器电压值与流量换算公式:

$$[0019] \quad Q_1 = \frac{U_i}{U_{\max} - U_{\min}} \times (Q_{\max} - Q_{\min}) \quad (1)$$

[0020] 式中: Q_1 —初始流量值 (Nm^3/h);

[0021] U_i —瞬时流量电压值 (mV);

[0022] U_{\max} —满量程流量电压值 (mV);

[0023] U_{\min} —最小流量电压值 (mV);

[0024] Q_{\max} —满量程流量值 (Nm^3/h);

[0025] Q_{\min} —最小流量值 (Nm^3/h)。

[0026] 具体地,获取容积式气体流量传感器A的流量电压值 U_a ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的体积流量值 Q_{a1} ;获取热式气体质量流量传感器B的流量电压值 U_b ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的质量流量值 Q_{b1} ;获取热式气体质量流量计量仪表C的流量电压值 U_c ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的质量流量值 Q_{c1} 。

[0027] 本发明所述步骤2具体步骤如下:

[0028] 根据所获取的气体介质压力值 p 、温度值 t 、湿度值 h 和计算所得到的流量传感器的流量值 Q_1 ,分别计算流量传感器的标准工况下的补偿量,用 ΔQ 表示;具体地,所述补偿量计算公式:

$$[0029] \quad \Delta Q = Q_1 - Q_0 \quad (2)$$

[0030] 式中: ΔQ —标准工况下的补偿量 (Nm^3/h)

[0031] Q_0 —标准状态下的流量值 (Nm^3/h)

[0032] Q_1 —工作状态下的流量值 (Nm^3/h)

[0033] 具体地,所述容积式气体流量的温度、压力补偿方程式:

$$[0034] \quad V_0 = V \times \frac{(P_a + P_g) T_0}{P_0 \times T} \times \frac{Z_n}{Z_g} = V \times \frac{P}{P_0} \times \frac{T_0}{T} F_z^2 \quad (3)$$

[0035] 式中: V_0 —标准状态下的体积量 (Nm^3);

- [0036] V—工作状态下的体积量 (m³) ;
 [0037] P=P_a+P_g—流量计压力检测点处的绝对压力 (kPa) ;
 [0038] P_a—当地大气压 (kPa) ;
 [0039] P_g—流量计压力检测点处的表压力 (KPa) ;
 [0040] P₀—标准大气压 (101.325kPa) ;
 [0041] T₀—标准状态下的绝对温度 (273.15K) ;
 [0042] T—被测介质的绝对温度 (273.15+t) (K) ;
 [0043] t—被测介质温度,用温度传感器检测 (°C) ;

[0044] $F_z = \sqrt{\frac{Z_n}{Z_g}}$ —气体压缩因子;

- [0045] Z_n—标准状态下的气体压缩系数;
 [0046] Z_g—工作状态下的气体压缩系数。
 [0047] 具体地,所述标况流量与工况流量换算公式:

[0048] $Q = Q_0 \times \frac{P_0}{P} \times \frac{T}{T_0}$ (4)

- [0049] 式中:Q₀—标准状态下的体积流量 (Nm³/h) ;
 [0050] Q—工作状态下的体积流量 (m³/h) ;
 [0051] P=P_a+P_g—工作压力 (绝对压力) (kPa) ;
 [0052] P_a—当地大气压力 (kPa) ;
 [0053] P_g—流量计压力检测点的表压力 (kPa) ;
 [0054] P₀—标准大气压 (101.325kPa) ;
 [0055] T₀—标准状态下的绝对温度 (273.15K) ;
 [0056] T—被测介质的绝对温度 (273.15+t) (K) ;
 [0057] t—被测介质的温度 (°C) ;
 [0058] 具体地,所述热式气体质量流量传感器,依据热扩散式恒功率原理,对多组分气体进行测量,其流体质量公式为:

[0059] $\Delta P = C_p M \Delta T$ (5-1)

- [0060] 式中:ΔP—加热电功率 (W) ;
 [0061] C_p—流体比热容 (J/g·°C) ;
 [0062] M—流体质量 (kg) ;
 [0063] ΔT—测量探头温差 (°C) ;

[0064] 进一步的,所述热式质量流量计,经钟罩式气体流量标准装置检定,溯源到溯源到国家计量基准,其标准体积流量公式为:

[0065] $Q_{vN} = V_s \frac{P T_N}{P_N T}$ (5-2)

[0066] 体积流量与质量流量换算公式:

[0067] $Q_{vN} = \rho_N \cdot Q_{mN}$ (5-3)

- [0068] 式中:Q_{vN}—体积流量 (m³/h) ;
 [0069] Q_{mN}—质量流量 (kg/h) ;

[0070] ρ_N —气体的标况密度,空气 $\rho_N=1.2046$ (kg/m³) ;

[0071] V_s —检定条件下钟罩的容积(L) ;

[0072] P_s —为钟罩内气体的绝对压力(kPa) ;

[0073] P_m —流量计处的气体密度(kg/m³) ;

[0074] T_s —钟罩内的热力学温度(K) ;

[0075] T_m —流量计处的热力学温度(K) ;

[0076] P_N —标准压力(101.325kPa) ;

[0077] T_N —标准温度(293.15K) ;

[0078] T —检定时间(s)。

[0079] 进一步的,所述热式质量流量计,被测介质湿度对导热系数和密度有直接的影响,从而影响了测量的准确性,含水蒸气的湿空气密度计算公式:

$$[0080] \quad \rho = \rho_0 \frac{273}{273+t} \times \frac{p - 0.0378\phi p_b}{0.1013} \quad (5-4)$$

[0081] 式中: ρ_0 —0℃,压力为0.1013MPa状态下干空气的密度, $\rho_0=1.293$ (kg/m³) ;

[0082] p —湿空气的全压力(MPa) ;

[0083] p_b —温度 t 时饱和空气中水蒸气的分压力(MPa) ;

[0084] ϕ —空气的相对湿度(%RH) ;

[0085] 具体地,根据所获取的气体介质压力值 p_1 和 p_2 、温度值 t_1 和计算所得到的容积式流量传感器A的体积流量值 Q_{a1} ,计算所述传感器A的标准工况下的补偿量 ΔQ_{a1} ;根据所获取的介质湿度值 h_1 、压力值 p_1 、温度值 t_1 和和计算所得到的热式气体质量流量传感器B的质量流量值 Q_{b1} ,计算所述传感器B的标准工况下的补偿量 ΔQ_{b1} ;根据所获取的介质湿度值 h_2 压力值 p_3 、温度值 t_2 和和计算所得到的热式气体质量流量计量仪表C的质量流量值 Q_{c1} ,计算所述计量仪表C的标准工况下的补偿量 ΔQ_{c1} 。

[0086] 进一步的,所述“标准工况环境”通常是指温度为(20±2)℃,大气压力一般为(86~106)kPa,相对湿度为45%~75% ;

[0087] 进一步的,所述“标准工况环境下的补偿量”,是所述传感器采集测量数据计算出的在标准工况环境下仪表的补偿量。

[0088] 本发明所述步骤3具体步骤如下:

[0089] 用计算得到的补偿量 ΔQ 对流量传感器的初始流量值 Q_1 分别进行补偿,得到补偿后流量值 Q_2 ;

[0090] 具体地,补偿后流量值等于初始流量值加上补偿量,从而消除了介质温度、压力和湿度变化对流量值的影响。

[0091] 补偿后流量值计算公式:

$$[0092] \quad Q_2 = Q_1 + \Delta Q, \quad (6)$$

[0093] 式中: Q_2 —补偿后体积流量值(m³/h) ; ΔQ —补偿量(Nm³/h) ;

[0094] Q_1 —工状体积流量(m³/h)。

[0095] 进一步的,用计算得到的补偿量 ΔQ_{a1} 对流量值 Q_{a1} 进行补偿,得到补偿后流量值 Q_{a2} ;用计算得到的补偿量 ΔQ_{b1} 对流量值 Q_{b1} 进行补偿,得到补偿后流量值 Q_{b2} ;用计算得到的补偿量 ΔQ_{c1} 对流量值 Q_{c1} 进行补偿,得到补偿后流量值 Q_{c2} 。

[0096] 本发明所述步骤4具体步骤如下：

[0097] 用修正后的所述容积式流量传感器A的流量值 Q_{a2} 和热式气体质量流量传感器B的流量值 Q_{b2} 进行计算，得到质量流量传感器在同介质工况下的流量组分修正系数K；

[0098] 具体地，组分修正系数K等于容积式流量流量传感器A的流量值 Q_{a2} 与热式气体质量流量传感器B的流量值的比值，从而得到空气介质与实际应用多组分气体介质的标准状态下的差别参数，即流量组分修正系数K。

[0099] 流量组分修正系数K计算公式：

$$[0100] \quad K = Q_{a2} / Q_{b2} \quad (7)$$

[0101] 式中：K—流量组分修正系数； Q_{a2} —容积式流量流量传感器A的体积流量值 (m^3/h)； Q_{b2} —热式气体质量流量传感器B的体积流量值 (m^3/h)。

[0102] 本发明所述步骤5具体步骤如下：

[0103] 用计算得到的补偿后流量值 Q_{c2} 和流量组分修正系数K进行修正计算，计算得出所述计量仪表C测量的标准体积流量值Q。

[0104] 具体地，补偿后流量值 Q_{c2} 与流量组分修正系数K的乘积，计算得出所述计量仪表C测量的标准体积流量值Q；

[0105] 标准流量值计算公式：

$$[0106] \quad Q = K Q_{c2} \quad (8)$$

[0107] 式中：Q—计量仪表C测量的标准体积流量值Q (m^3/h)；K—流量组分修正系数； Q_{c2} —计量仪表C补偿后流量值 Q_{c2} (m^3/h)。

[0108] 一种热式气体质量流量计量装置，包括：

[0109] 一只容积式流量传感器A和一只热式质量流量传感器B，用于测量介质瞬时流量电压值，根据流量电压与流量值之间的标定关系，得到所获取的流量电压对应的流量值；一个热式气体质量流量计量仪表C，用于计量用户使用气体的瞬时流量值和累积流量值；

[0110] 3只压力传感器P1、P2和P3，用于测量介质在管道中的压力以及流量传感器进气与出气的压力差；

[0111] 2只温度传感器T1和T2，用于测量介质在管道中的温度；

[0112] 2只湿度传感器H1和H2，用于测量介质在管道中的湿度；

[0113] 容积式流量采集单元，用于获取容积式流量传感器A测量的流量信号；

[0114] 热式流量采集单元，用于获取热式流量传感器B测量的流量信号；

[0115] 温度采集单元，用于获取温度传感器T1和T2测量的温度信号；

[0116] 压力采集单元，用于获取压力传感器P1、P2和P3测量的压力信号；

[0117] 湿度采集单元，用于获取湿度传感器H1和H2测量的湿度信号；

[0118] 流量值计算单元，用于把获取的流量、温度、压力和湿度信号进行计算，计算出标准工况下的流量值；

[0119] 流量补偿计算单元，用于对初始流量值进行补偿计算，计算出流量补偿量以及流量组分修正系数；

[0120] 数据存储单元，用于存储流量修正计算单元的计算数据；

[0121] 补偿显示单元，用于显示流量修正计算单元的计算数据；

[0122] 标准流量显示单元，用于把标准流量值呈现到用户终端的人机界面，便于使用气

体的用户查询有关用气信息。

[0123] 本发明与所述压力采集单元相连的压力传感器P1,用于测量所述容积式流量传感器A的进口压力值;与所述压力采集单元相连的压力传感器P2,用于测量所述容积式流量传感器A的出口压力值;与所述压力采集单元相连的压力传感器P3,用于测量所述热式气体质量流量计量仪表C的进口压力值;

[0124] 本发明与所述流量值计算单元和热式气体质量流量计量仪表C相连的流量补偿计算单元,用于获取标准工况环境下的流量值,计算得到流量值的补偿量以及在同介质工况下的流量修正系数K;

[0125] 本发明与所述流量补偿计算单元和标准流量显示单元相连的热式气体质量流量计量仪表C,用于获取计算得到流量值的补偿量以及在同介质工况下的流量修正系数K,计算得出标准体积流量值;在所述标准流量显示单元的人机界面上显示标准体积流量值,并回传数据到所述流量补偿计算单元保存数据。

[0126] 本发明有益效果是,首先在同介质工况下,动态获取被测气体的随组分变化的流量组分修正系数,然后对用户使用的热式气体质量流量计量仪表测量的质量流量值进行补偿计算,计算出补偿后的标准体积流量值。与现有技术中采用固定组分气体流量修正因子对多组分气体的流量值进行修正相比,本发明是在同介质工况下,通过实时流量修正对流量传感器的流量值进行在线修正,从而消除了介质气体组分变化对测量结果造成的误差,减小了压力、温度和湿度变化对流量传感器测量结果的影响,极大地提高了热式气体质量流量装置的测量准确度。

附图说明

[0127] 图1为本发明实施例一所提供的补偿方法的流程图;

[0128] 图2为本发明实施例二所提供的计量装置基本结构图;

[0129] 附图标记说明:

[0130] 200—微处理器、201—容积式流量采集单元、202—热式流量采集单元、203—容积式气体流量传感器A、204—热式气体质量流量传感器B、205—数据存储单元、206—流量补偿显示单元、207—流量补偿计算单元、208—标准流量显示单元、209—热式气体质量流量计量仪表C、210—湿度采集单元、211—湿度传感器H2、212—湿度传感器H1、213—压力传感器P3、214—压力传感器P2、215—压力传感器P1、216—温度传感器T2、217—温度传感器T1、218—压力采集单元、219—温采集单元、220—流量值计算单元。

具体实施方式

[0131] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面将结合本发明实施例中的附图,对发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例。基于本发明中实施例,但应当理解本发明的保护范围并不受具体实施方式的限制,任何本领域的技术人员能思之的变化都应落入本发明的保护范围。

[0132] 实施例1

[0133] 本实施例提供了一种多组分气体的热式气体质量流量测量的补偿方法,如图1所

示,所述补偿方法包括下步骤:

[0134] 步骤1:获取介质压力值 p_1 、 p_2 和 p_3 、温度值 t_1 、 t_2 以及湿度值 h_1 、 h_2 ;获取A、B两只流量传感器和流量计量仪表C流量电压值;该电压值为初始电压值 U , Q_1 表示为初始流量值,即工作状态下的流量值;

[0135] 流量传感器电压值与流量换算公式:

$$[0136] \quad Q_1 = \frac{U_i}{U_{\max} - U_{\min}} \times (Q_{\max} - Q_{\min}) \quad (1)$$

[0137] 式中: Q_1 —初始流量值 (Nm^3/h);

[0138] U_i —瞬时流量电压值 (mV);

[0139] U_{\max} —满量程流量电压值 (mV);

[0140] U_{\min} —最小流量电压值 (mV);

[0141] Q_{\max} —满量程流量值 (Nm^3/h);

[0142] Q_{\min} —最小流量值 (Nm^3/h)。

[0143] 具体地,获取容积式气体流量传感器A的流量电压值 U_a ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的体积流量值 Q_{a1} ;获取热式气体质量流量传感器B的流量电压值 U_b ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的质量流量值 Q_{b1} ;获取热式气体质量流量计量仪表C的流量电压值 U_c ,根据流量电压与流量值之间的标定关系,得到所获取的流量电压对应的质量流量值 Q_{c1} ;

[0144] 步骤2:根据所获取的气体介质压力值 p 、温度值 t 、湿度值 h 和计算所得到的流量传感器的流量值 Q_1 ,分别计算流量传感器的标准工况下的补偿量,用 ΔQ 表示;具体地,所述补偿量计算公式:

$$[0145] \quad \Delta Q = Q_1 - Q_0$$

$$[0146] \quad (2)$$

[0147] 式中: ΔQ —标准工况下的补偿量 (Nm^3/h)

[0148] Q_0 —标准状态下的流量值 (Nm^3/h)

[0149] Q_1 —工作状态下的流量值 (Nm^3/h)

[0150] 具体地,所述容积式气体流量的温度、压力补偿方程式:

$$[0151] \quad V_0 = V \times \frac{(P_a + P_g) T_0}{P_0 \times T} \times \frac{Z_n}{Z_g} = V \times \frac{P}{P_0} \times \frac{T_0}{T} F^2 \quad (3)$$

[0152] 式中: V_0 —标准状态下的体积量 (Nm^3);

[0153] V —工作状态下的体积量 (m^3);

[0154] $P = P_a + P_g$ —流量计压力检测点处的绝对压力 (kPa);

[0155] P_a —当地大气压 (kPa);

[0156] P_g —流量计压力检测点处的表压力 (kPa);

[0157] P_0 —标准大气压 (101.325kPa);

[0158] T_0 —标准状态下的绝对温度 (273.15K);

[0159] T —被测介质的绝对温度 (273.15+t) (K);

[0160] t —被测介质温度,用温度传感器检测 ($^{\circ}\text{C}$);

[0161] $F_z = \sqrt{Z_n/Z_g}$ —气体压缩因子;

[0162] Z_n —标准状态下的气体压缩系数;

[0163] Z_g —工作状态下的气体压缩系数。

[0164] 具体地,所述标况流量与工况流量换算公式:

$$[0165] \quad Q = Q_0 \times \frac{P_0}{P} \times \frac{T}{T_0} \quad (4)$$

[0166] 式中: Q_0 —标准状态下的体积流量 (Nm^3/h);

[0167] Q —工作状态下的体积流量 (m^3/h);

[0168] $P = P_a + P_g$ —工作压力(绝对压力) (kPa);

[0169] P_a —当地大气压力 (kPa);

[0170] P_g —流量计压力检测点的表压力 (kPa);

[0171] P_0 —标准大气压 (101.325kPa);

[0172] T_0 —标准状态下的绝对温度 (273.15K);

[0173] T —被测介质的绝对温度 (273.15+t) (K);

[0174] t —被测介质的温度 ($^{\circ}\text{C}$);

[0175] 具体地,所述热式气体质量流量传感器,依据热扩散式恒功率原理,对多组分气体进行测量,其流体质量公式为:

$$[0176] \quad \Delta P = C_p M \Delta T \quad (5-1)$$

[0177] 式中: ΔP —加热电功率 (W);

[0178] C_p —流体比热容 ($\text{J}/\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}$);

[0179] M —流体质量 (kg);

[0180] ΔT —测量探头温差 ($^{\circ}\text{C}$);

[0181] 进一步的,所述热式质量流量计,经钟罩式气体流量标准装置检定,溯源到溯源到国家计量基准,其标准体积流量公式为:

$$[0182] \quad Q_{vN} = V_s \frac{P_s T_N}{P_N T_s} \quad (5-2)$$

[0183] 体积流量与质量流量换算公式:

$$[0184] \quad Q_{vN} = \rho_N \cdot Q_{mN} \quad (5-3)$$

[0185] 式中: Q_{vN} —体积流量 (m^3/h);

[0186] Q_{mN} —质量流量 (kg/h);

[0187] ρ_N —气体的标况密度,空气 $\rho_N = 1.2046$ (kg/m^3);

[0188] V_s —检定条件下钟罩的容积 (L);

[0189] P_s —为钟罩内气体的绝对压力 (kPa);

[0190] P_m —流量计处的气体密度 (kg/m^3);

[0191] T_s —钟罩内的热力学温度 (K);

[0192] T_m —流量计处的热力学温度 (K);

[0193] P_N —标准压力 (101.325kPa);

[0194] T_N —标准温度 (293.15K);

[0195] T—检定时间(s)。

[0196] 进一步的,所述热式质量流量计,被测介质湿度对导热系数和密度有直接的影响,从而影响了测量的准确性,含水蒸气的湿空气密度计算公式:

$$[0197] \quad \rho = \rho_0 \frac{273}{273+t} \times \frac{p - 0.0378\phi p_b}{0.1013} \quad (5-4)$$

[0198] 式中: ρ_0 —0℃,压力为0.1013MPa状态下干空气的密度, $\rho_0 = 1.293 \text{ (kg/m}^3\text{)}$;

[0199] p—湿空气的全压力(MPa);

[0200] p_b —温度t时饱和空气中水蒸气的分压力(MPa);

[0201] ϕ —空气的相对湿度(%RH);

[0202] 具体地,根据所获取的气体介质压力值 p_1 和 p_2 、温度值 t_1 和计算所得到的容积式流量传感器A的体积流量值 Q_{a1} ,计算所述传感器A的标准工况下的补偿量 ΔQ_{a1} ;根据所获取的介质湿度值 h_1 、压力值 p_1 、温度值 t_1 和和计算所得到的热式气体质量流量传感器B的质量流量值 Q_{b1} ,计算所述传感器B的标准工况下的补偿量 ΔQ_{b1} ;根据所获取的介质湿度值 h_2 压力值 p_3 、温度值 t_2 和和计算所得到的热式气体质量流量计量仪表C的质量流量值 Q_{c1} ,计算所述计量仪表C的标准工况下的补偿量 ΔQ_{c1} 。

[0203] 进一步的,所述“标准工况环境”通常是指温度为 $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$,大气压力一般为 $(86 \sim 106) \text{ kPa}$,相对湿度为 $45\% \sim 75\%$;

[0204] 进一步的,所述“标准工况环境下的补偿量”,是所述传感器采集测量数据计算出的在标准工况环境下仪表的补偿量。

[0205] 步骤3:用计算得到的补偿量 ΔQ 对流量传感器的初始流量值 Q_1 分别进行补偿,得到补偿后流量值 Q_2 ;

[0206] 具体地,补偿后流量值等于初始流量值加上补偿量,从而消除了介质温度、压力和湿度变化对流量值的影响。

[0207] 补偿后流量值计算公式:

$$[0208] \quad Q_2 = Q_1 + \Delta Q, \quad (6)$$

[0209] 式中: Q_2 —补偿后体积流量值(m^3/h); ΔQ —补偿量(Nm^3/h);

[0210] Q_1 —工状体积流量(m^3/h)。

[0211] 进一步的,用计算得到的补偿量 ΔQ_{a1} 对流量值 Q_{a1} 进行补偿,得到补偿后流量值 Q_{a2} ;用计算得到的补偿量 ΔQ_{b1} 对流量值 Q_{b1} 进行补偿,得到补偿后流量值 Q_{b2} ;用计算得到的补偿量 ΔQ_{c1} 对流量值 Q_{c1} 进行补偿,得到补偿后流量值 Q_{c2} ;

[0212] 步骤4:用修正后的所述容积式流量传感器A的流量值 Q_{a2} 和热式气体质量流量传感器B的流量值 Q_{b2} 进行计算,得到质量流量传感器在同介质工况下的流量组分修正系数K;

[0213] 具体地,组分修正系数K等于容积式流量流量传感器A的流量值 Q_{a2} 与热式气体质量流量传感器B的流量值的比值,从而得到空气介质与实际应用多组分气体介质的标准状态下的差别参数,即流量组分修正系数K。

[0214] 流量组分修正系数K计算公式:

$$[0215] \quad K = Q_{a2} / Q_{b2} \quad (7)$$

[0216] 式中:K—流量组分修正系数; Q_{a2} —容积式流量流量传感器A的体积流量值(m^3/h); Q_2 —热式气体质量流量传感器B的体积流量值(m^3/h);

[0217] 步骤5:用计算得到的补偿后流量值 Q_{c2} 和流量组分修正系数 K 进行修正计算,计算得出所述计量仪表C测量的标准体积流量值 Q 。

[0218] 具体地,补偿后流量值 Q_{c2} 与流量组分修正系数 K 的乘积,计算得出所述计量仪表C测量的标准体积流量值 Q ;

[0219] 标准流量值计算公式:

$$[0220] \quad Q = KQ_{c2} \quad (8)$$

[0221] 式中: Q —计量仪表C测量的标准体积流量值 Q (m^3/h); K —流量组分修正系数; Q_{c2} —计量仪表C补偿后流量值 Q_{c2} (m^3/h);

[0222] 实施例2

[0223] 本实施例提供了一种多组分气体的热式气体质量流量的计量装置,如图2所示,一只容积式流量传感器A和一只热式质量流量传感器B,用于测量介质瞬时流量电压值,根据流量电压与流量值之间的标定关系,计算得到所获取的流量电压对应的流量值;一个热式气体质量流量计量仪表C,用于计量用户使用气体的瞬时流量值和累积流量值;

[0224] 与所述容积式流量传感器A相连的2只压力传感器P1和P2,用于测量介质在管道中的压力以及所述流量传感器A进气与出气的压力差;

[0225] 2只温度传感器T1和T2,用于测量介质在管道中的温度;

[0226] 2只湿度传感器H1和H2,用于测量介质在管道中的湿度;

[0227] 容积式流量采集单元,与所述容积式流量传感器A和流量值计算单元相连,用于获取容积式流量传感器A测量的流量信号;

[0228] 热式流量采集单元,与所述热式质量流量传感器B和流量值计算单元相连,用于获取热式流量传感器B测量的流量信号;

[0229] 温度采集单元,与所述温度传感器T1和T2和流量值计算单元相连,用于获取温度传感器测量的温度信号;

[0230] 压力采集单元,与所述压力传感器P1、P2、P3和流量值计算单元相连,用于获取压力传感器测量的压力信号;

[0231] 湿度采集单元,与所述湿度传感器H1、H2和流量值计算单元相连,用于获取湿度传感器测量的湿度信号;

[0232] 流量值计算单元,与所述压力、温度、湿度、流量采集和流量补偿计算单元相连,用于把获取的流量、温度、压力和湿度信号进行计算,计算出标准工况下的流量值;

[0233] 流量补偿计算单元,与所述流量值计算、流量补偿显示、数据存储单元和热式气体质量流量计量仪表C相连,用于对初始流量值进行补偿计算,计算出流量补偿量以及流量组分修正系数;

[0234] 数据存储单元,与所述流量补偿计算单元相连,用于存储流量的计算数据;

[0235] 流量补偿显示单元,与所述流量补偿计算单元相连,用于显示流量的计算数据;标准流量显示单元,与所述气体质量流量计量仪表C相连,用于把标准流量值呈现到用户终端的人机界面,便于使用气体的用户查询有关用气信息;

[0236] 与所述压力采集单元相连的压力传感器P1,用于测量所述容积式流量传感器A的进口压力值;与所述压力采集单元相连的压力传感器P2,用于测量所述容积式流量传感器A的出口压力值;与所述压力采集单元相连的压力传感器P3,用于测量所述热式气体质量流

量计量仪表C的进口压力值；

[0237] 与所述流量值计算单元和热式气体质量流量计量仪表C相连的流量补偿计算单元,用于获取标准工况环境下的流量值,计算得到流量值的补偿量以及在同介质工况下的流量修正系数K；

[0238] 与所述流量补偿计算单元和标准流量显示单元相连的热式气体质量流量计量仪表C,用于获取计算得到流量值的补偿量以及在同介质工况下的流量修正系数K,计算得出标准体积流量值；在所述标准流量显示单元的人机界面上显示标准体积流量值,并回传数据到所述流量补偿计算单元保存数据。

[0239] 其中,容积式流量传感器A203与容积式流量采集单元201相连,用于测量体积流量电压值；热式质量流量传感器B204与热式流量采集单元202相连,用于测量热式质量流量电压值；温度传感器T1 217和T2 216与温度采集单元219相连,用于测量介质在管道中的温度值；压力传感器P1 215与压力采集单元218相连,用于测量容积式流量传感器A203的进口压力值；压力传感器P2 214与压力采集单元218相连,用于测量用于测量容积式流量传感器A203的出口压力值；压力传感器P3 214与压力采集单元218相连,用于测量用于测量热式气体质量流量计量仪表C209的出口压力值；

[0240] 进一步地,流量值计算单元220与容积式流量采集单元201、热式流量采集单元202、流量补偿计算单元207、压力采集单元218、温度采集单元219和湿度采集单元210相连,根据流量电压与流量值之间的标定关系,计算得到初始流量值；之后,用获取的介质压力、温度、湿度值和计算得到的流量值,计算得出标准工况环境下的流量值；

[0241] 进一步地,流量补偿计算单元207与热式气体质量流量计量仪表C209和流量值计算单元220相连,用于获取标准工况环境下的流量值,计算得到流量值的补偿量以及在同介质工况下的流量修正系数K；与数据存储单元205相连,用于存储补偿量和修正系数数据；与流量补偿显示单元206相连,用于在流量补偿显示单元206的人机界面上显示存储的数据,便于工作人员检查；

[0242] 进一步的,热式气体质量流量计量仪表C209与流量补偿计算单元207相连,用于获取流量值的补偿量以及在同介质工况下的流量修正系数K,计算得出所述计量仪表C209测量的标准体积流量值；与标准流量显示单元208相连,用于在显示单元208的人机界面上显示计量仪表C209测量的标准体积流量值,便于气体用户的监测,并回传数据到流量补偿计算单元207,并在数据存储单元205中保存数据。

[0243] 本发明实施例提供的一种多组分气体的热式气体质量流量测量的补偿方法和计量装置,首先在同介质工况下,动态获取被测气体的随组分变化的流量修正系数,然后对用户使用的热式气体质量计量仪表测量的流量值进行补偿计算,计算出补偿后的标准体积流量值。与现有技术中采用固定组分气体流量修正因子或者用传感器测量出主要成分修正固定组分气体流量修正因子的方法对多组分气体的流量值进行修正相比,本发明是在同介质工况下,通过实时流量修正对流量传感器的流量值进行在线修正,从而消除了介质气体组分变化对测量结果造成的误差,减小了压力、温度、湿度变化对流量测量结果的影响,极大地提高了热式气体质量计量装置的测量准确度。

[0244] 以上所述仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何本领域的技术人员能思之的变化都应落入本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应

以所述权利要求的保护范围为准。

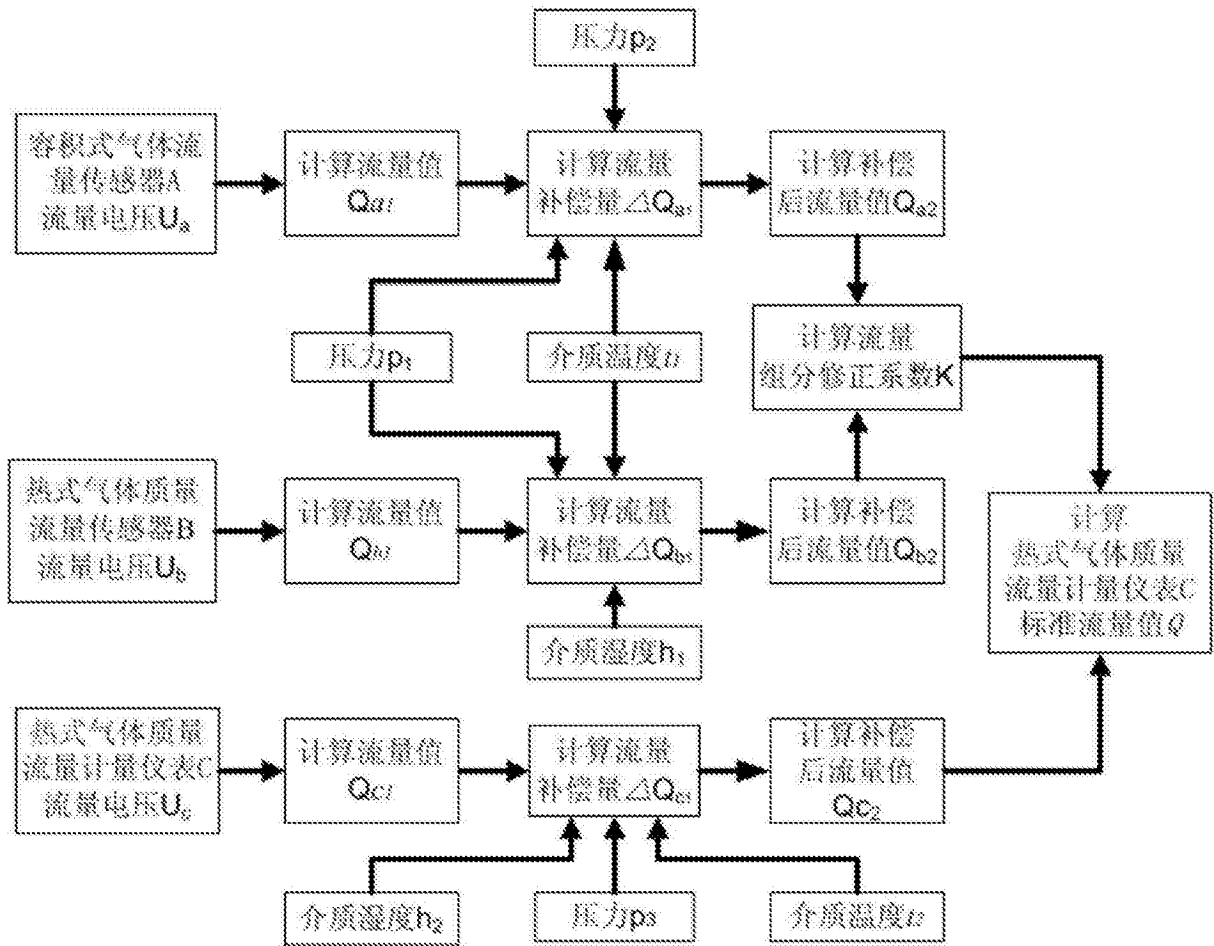


图1

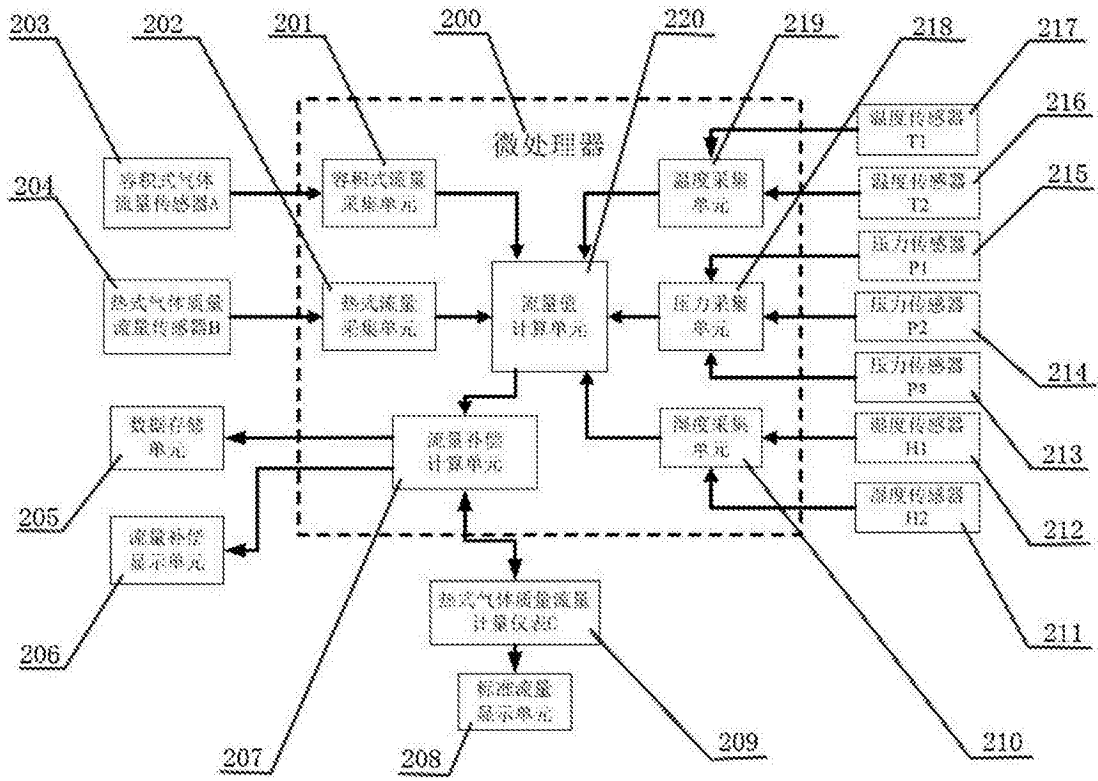


图2