



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113063467 A

(43) 申请公布日 2021.07.02

(21) 申请号 202110468846.8

(22) 申请日 2021.04.28

(71) 申请人 哈勃智能传感(深圳)有限公司
地址 518000 广东省深圳市龙岗区坂田街道岗头社区天安云谷产业园二期4栋9层904

(72) 发明人 戴猛 程永红 杨婕 朱应平
雍珊珊 赵文顺

(74) 专利代理机构 深圳鼎合诚知识产权代理有限公司 44281
代理人 郭燕 彭愿洁

(51) Int. Cl.
G01D 21/02 (2006.01)

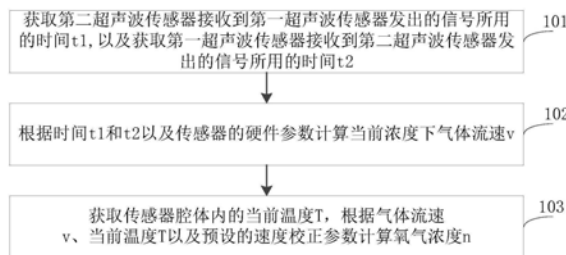
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法、存储介质

(57) 摘要

本发明涉及传感器技术领域,具体涉及一种基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法、存储介质,其中氧气浓度测量方法包括:获取第二超声波传感器接收到第一超声波传感器发出的信号所用的时间t1,以及获取第一超声波传感器接收到第二超声波传感器发出的信号所用的时间t2;根据时间t1和t2以及传感器的硬件参数计算当前浓度下超声波波速v;获取传感器腔体内的当前温度T,依据本申请的公式根据超声波波速v、当前温度T以及预设的速度校正参数计算氧气浓度n;其中,基于本申请设计的传感器结构,本申请在多次实验和测试提出了氧气浓度测量公式,采用该传感器和测量方法测量得到的氧气浓度值的精度比现有技术更高。



1. 一种基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,所述传感器包括用于超声波传输的腔体、第一超声波传感器、第二超声波传感器以及用于对传感器信号处理的电路单元;

所述腔体为圆柱形状的腔体,该腔体的第一端和第二端密封,所述第一超声波传感器和第二超声波传感器分别设置在该腔体的第一端和第二端的内壁上;所述腔体的侧壁上靠近第一端和第二端的位置分别设有进气口和出气口,该进气口到第一端的距离与出气口到第二端的距离相等;所述电路单元用于驱动所述第一超声波传感器和第二超声波传感器中的一个发射超声波信号,另一个接收超声波信号,并对接收到的超声波信号处理得到用于时间差采样的模拟信号;

所述氧气浓度测量方法包括:

获取第二超声波传感器接收到第一超声波传感器发出的信号所用的时间差 t_1 ,以及获取第一超声波传感器接收到第二超声波传感器发出的信号所用的时间差 t_2 ;

根据时间 t_1 和 t_2 以及传感器的硬件参数计算当前浓度下超声波波速 v ;

获取传感器腔体内的当前温度 T ,依据以下公式根据所述超声波波速 v 、当前温度 T 以及预设的速度校正参数计算氧气浓度 n ;

$$n = \left(\frac{290990T}{(v + Calibrap)^2} - 700 \right) * 100\%$$

其中,Calibrap为速度校正参数,其取值范围为 $(-2, +2)$ 。

2. 如权利要求1所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,还包括对用于时间差采样的模拟信号进行放大处理,使得该模拟信号处于饱和状态。

3. 如权利要求1所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,还包括:

根据所述超声波波速 v 、腔体的长度 L 以及 t_1 和 t_2 计算得到气体线平均流速 c ;

根据所述气体线平均流速 c 与预设的流量修正系数 K 得到气体面平均流速 C_A ;

根据所述气体面平均流速 C_A 、以及传感器腔体的硬件参数信息计算气体流量 Q ;

根据所述氧气浓度 n 以及气体流量 Q 计算出氧气的有效流量。

4. 如权利要求1所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,所述根据时间 t_1 和 t_2 以及传感器的硬件参数计算当前浓度下超声波波速 v 包括:

根据以下公式计算当前浓度下超声波波速 v ;

$$v = \frac{(t_1 + t_2)(L + s) \pm \sqrt{(t_1 + t_2)^2(L + s)^2 - 16sLt_1t_2}}{4t_1t_2}$$

其中, L 为传感器的腔体的长度、 s 为进气口到腔体的第一端的距离或者出口气到腔体第二端的距离。

5. 如权利要求2所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,所述根据所述超声波波速 v 、腔体的长度 L 以及 t_1 和 t_2 计算得到气体线平均流速 c 包括:采用以下公式计算气体线平均流速 c ;

$$c = \frac{2L - v(t_1 + t_2)}{t_1 - t_2}。$$

6. 如权利要求2所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,根据所述气体线平均流速 c 与预设的流量修正系数 K 得到气体面平均流速 C_A 包括:采用以下公式计算气体面平均流速 C_A ;

$$C_A = \frac{c}{K}$$

其中, K 为流量修正系数。

7. 如权利要求2所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,所述根据所述气体面平均流速 C_A 、以及传感器腔体的硬件参数信息计算气体流量 Q 包括:根据以下公式计算气体流量 Q ;

$$Q = \frac{C_A \pi d^2}{4}$$

其中, d 为圆柱形腔体的直径, C_A 表示气体面平均流速。

8. 如权利要求2所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,所述根据所述氧气浓度 n 以及气体流量 Q 计算出氧气的有效流量包括:采用以下公式计算氧气的有效流量 $Q_{\text{有效}}$;

$$Q_{\text{有效}} = Q * n$$

其中, Q 表示气体流量, n 表示氧气浓度。

9. 如权利要求1所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,所述传感器还包括温度传感器,该温度传感器设置在所述腔体的气体通道上,用于测量该腔体内的温度值,该温度值用于计算矫正;

所述传感器的电路单元包括处理器模块、模拟开关电路、电源模块;

所述电源模块和模拟开关电路均与该处理器模块电连接,该电源模块用于给所述电路单元供电;所述模拟开关电路分别与所述第一超声波传感器和第二超声波传感器电连接,用于控制该第一超声波传感器和第二超声波传感器的工作状态切换,并且还用于接收该第一超声波传感器和第二超声波传感器的采集信号发送给所述处理器模块,该处理器模块用于对所述采集信号进行处理后输出氧气浓度值和有效流量值。

10. 如权利要求8所述的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,所述电路单元还包括信号处理电路,该信号处理电路的输入端与所述模拟开关电路的输出端连接,其输出端与所述处理器模块连接;所述信号处理电路包括滤波电路,用于对所述采集信号进行滤波处理;所述信号处理电路还包括放大电路,用于对所述采集信号进行放大处理。

基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法、存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器技术领域,具体涉及一种基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法、存储介质。

背景技术

[0002] 随着人们生活水平的不断提高和改善,对健康的需求逐渐增强,吸氧将逐步成为家庭和社区康复中一种重要手段。吸氧有时也称为“氧疗”,对部分疾病确有明显效果,不仅可以给缺氧组织供氧,而且对溶解血液中的气泡,刺激创伤愈合,以及气泡栓塞、一氧化碳中毒、氰化物中毒、创伤不愈、骨骼伤坏死、软组织感染、脑水肿等疾病具有使用价值。在常压下对早产儿以及有严重疾病或创伤的人供氧,也是挽救生命的重要措施。不仅缺氧的病人需要吸氧,正常人在自然环境下也需要补充一定的氧。然而不少患者和用氧者对吸氧知识还不够了解,氧疗也不规范,所以什么人需要吸氧、该如何进行吸氧以及吸氧的浓度及流量等问题,是每位患者和用氧者必须了解的知识。

[0003] 市面上有多种家用制氧机,由于制氧的原理不同,各家用制氧机的使用特点也就不同。家用制氧机制氧原理主要可分为以下几类:分子筛原理、高分子富氧膜原理、电解水原理和化学反应制氧原理。其中分子筛制氧机是唯一成熟的,具有国际标准和国家标准的制氧机。分子筛式制氧机是一种先进的气体分离技术,物理方法(PSA法)直接从空气中提取氧气,即制即用,新鲜自然,最大制氧压力为0.2~0.3MPa,不存在高压易爆等危险。其工作原理主要为利用分子筛物理吸附和解吸技术。在制氧机内装填分子筛,在加压时可将空气中氮气吸附,剩余的未被吸收的氧气被收集起来,经过净化处理后即成为高纯度的氧气。分子筛在减压时将所吸附的氮气排放回环境空气中,在下次加压时又可以吸附氮气并制取氧气,整个过程为周期性地动态循环过程,分子筛并不消耗。

[0004] 相比与专业性强规范化程度高的医院,使用家用制氧机在家中吸氧的可靠性与有效性很难得到保证,所以对制氧机的要求相对较高。不仅要求要方便用户使用,在氧浓度、流量等方面的精确度也要得到保证,才能让用户放心使用。

[0005] 现在市面上的家用制氧机装载着的超声波氧浓度检测传感器,其测量的氧气浓度的精度低。

发明内容

[0006] 本发明主要解决的技术问题是现有技术中测量氧气浓度精度低。

[0007] 一种基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,其特征在于,所述传感器包括用于超声波传输的腔体、第一超声波传感器、第二超声波传感器以及用于对传感器信号处理的电路单元;

[0008] 所述腔体为圆柱形状的腔体,该腔体的第一端和第二端密封,所述第一超声波传感器和第二超声波传感器分别设置在该腔体的第一端和第二端的内壁上;所述腔体的侧壁上靠近第一端和第二端的位置分别设有进气口和出气口,该进气口到第一端的距离与出气

口到第二端的距离相等;所述电路单元用于驱动所述第一超声波传感器和第二超声波传感器中的一个发射超声波,另一个接收超声波信号,并对接收到的超声波信号处理得到用于时间差采样的模拟信号;

[0009] 所述氧气浓度测量方法包括:

[0010] 获取第二超声波传感器接收到第一超声波传感器发出的信号所用的时间差 t_1 ,以及获取第一超声波传感器接收到第二超声波传感器发出的信号所用的时间差 t_2 ;

[0011] 根据时间 t_1 和 t_2 以及传感器的硬件参数计算当前浓度下超声波波速 v ;

[0012] 获取传感器腔体内的当前温度 T ,依据以下公式根据所述超声波波速 v 、当前温度 T 以及预设的速度校正参数计算氧气浓度 n ;

$$[0013] \quad n = \left(\frac{290990T}{(v + \text{Calibrap})^2} - 700 \right) * 100\%$$

[0014] 其中,Calibrap为速度校正参数,其取值范围为 $(-2, +2)$ 。

[0015] 在一种实施例中,还包括:对用于时间差采样的模拟信号进行放大处理,使得该模拟信号处于饱和状态,利于消除相位差以提高时间差采样的精度。

[0016] 所述的用于时间差采样的模拟信号是饱和的,利于消除相位差提高时间差采样精度。

[0017] 在一种实施例中,还包括:

[0018] 根据所述超声波波速 v 、腔体的长度 L 以及 t_1 和 t_2 计算得到气体线平均流速 c ;

[0019] 根据所述气体线平均流速 c 与预设的流量修正系数 K 得到气体面平均流速 C_A ;

[0020] 根据所述气体面平均流速 C_A 、以及传感器腔体的硬件参数信息计算气体流量 Q ;

[0021] 根据所述氧气浓度 n 以及气体流量 Q 计算出氧气的有效流量。

[0022] 在一种实施例中,所述根据时间 t_1 和 t_2 以及传感器的硬件参数计算当前浓度下超声波波速 v 包括:

[0023] 根据以下公式计算当前浓度下超声波波速 v ;

$$[0024] \quad v = \frac{(t_1 + t_2)(L + s) \pm \sqrt{(t_1 + t_2)^2(L + s)^2 - 16sLt_1t_2}}{4t_1t_2}$$

[0025] 其中, L 为传感器的腔体的长度、 s 为进气口到腔体的第一端的距离或者出口气到腔体第二端的距离。

[0026] 在一种实施例中,所述根据所述超声波波速 v 、腔体的长度 L 以及 t_1 和 t_2 计算得到气体线平均流速 c 包括:采用以下公式计算气体线平均流速 c ;

$$[0027] \quad c = \frac{2L - v(t_1 + t_2)}{t_1 - t_2}。$$

[0028] 在一种实施例中,根据所述气体线平均流速 c 与预设的流量修正系数 K 得到气体面平均流速 C_A 包括:采用以下公式计算气体面平均流速 C_A ;

$$[0029] \quad C_A = \frac{c}{K}$$

[0030] 其中, K 为流量修正系数。

[0031] 在一种实施例中,所述根据所述气体面平均流速 C_A 、以及传感器腔体的硬件参数

信息计算气体流量Q包括:根据以下公式计算气体流量Q;

$$[0032] \quad Q = \frac{c_A \pi d^2}{4}$$

[0033] 其中,d为圆柱形腔体的直径, c_A 表示气体面平均流速。

[0034] 在一种实施例中,所述根据所述氧气浓度n以及气体流量Q计算出氧气的有效流量包括:采用以下公式计算氧气的有效流量 $Q_{有效}$;

$$[0035] \quad Q_{有效} = Q * n$$

[0036] 其中,Q表示气体流量,n表示氧气浓度。

[0037] 在一种实施例中,所述传感器还包括温度传感器,该温度传感器设置在所述腔体的气体通道上,用于测量该腔体内的温度值,该温度值用于计算矫正;

[0038] 所述传感器的电路单元包括处理器模块、模拟开关电路、电源模块;

[0039] 所述电源模块和模拟开关电路均与该处理器模块电连接,该电源模块用于给所述电路单元供电;所述模拟开关电路分别与所述第一超声波传感器和第二超声波传感器电连接,用于控制该第一超声波传感器和第二超声波传感器的工作状态切换,并且还用于接收该第一超声波传感器和第二超声波传感器的采集信号发送给所述处理器模块,该处理器模块用于对所述采集信号进行处理后输出氧气浓度值和有效流量值。

[0040] 在一种实施例中,所述电路单元还包括信号处理电路,该信号处理电路的输入端与所述模拟开关电路的输出端连接,其输出端与所述处理器模块连接;

[0041] 所述信号处理电路包括滤波电路,用于对所述采集信号进行滤波处理;所述信号处理电路还包括放大电路,用于对所述采集信号进行放大处理。

[0042] 依据上述实施例的基于传感器的氧气浓度及有效流量测量方法,该传感器包括用于超声波传输的腔体、第一超声波传感器和第二超声波传感器以及用于对传感器信号处理的电路单元。腔体为圆柱形状的腔体,该腔体的第一端和第二端密封,第一超声波传感器和第二超声波传感器分别设置在该腔体的第一端和第二端的内壁上;腔体的侧壁上靠近第一端和第二端的位置分别设有进气口和出气口,该进气口到第一端的距离与出气口到第二端的距离相等,电路单元用于驱动所述第一传感器发射超声波、驱动第二超声波传感器接收超声波信号,并对接收到的超声波信号处理得到用于时间差采样的模拟信号。本申请的氧气浓度测量方法包括:获取第二超声波传感器接收到第一超声波传感器发出的信号所用的时间 t_1 ,以及获取第一超声波传感器接收到第二超声波传感器发出的信号所用的时间 t_2 ;根据时间 t_1 和 t_2 以及传感器的硬件参数计算当前浓度下超声波波速v;获取传感器腔体内的当前温度T,依据本申请的公式根据超声波波速v、当前温度T以及预设的速度校正参数计算氧气浓度n;其中,基于本申请设计的传感器结构,本申请在多次实验和测试提出了氧气浓度测量公式,采用该传感器和测量方法测量得到的氧气浓度值的精度比现有技术更高。

附图说明

[0043] 图1为本申请的传感器整体结构示意图;

[0044] 图2为本申请的传感器电路单元结构示意图;

[0045] 图3为本申请的氧气浓度测量方法流程图;

[0046] 图4为本申请的有效流量测量方流程图。

具体实施方式

[0047] 下面通过具体实施方式结合附图对本发明作进一步详细说明。其中不同实施方式中类似元件采用了相关联的类似的元件标号。在以下的实施方式中,很多细节描述是为了使得本申请能被更好的理解。然而,本领域技术人员可以毫不费力的认识到,其中部分特征在不同情况下是可以省略的,或者可以由其他元件、材料、方法所替代。在某些情况下,本申请相关的一些操作并没有在说明书中显示或者描述,这是为了避免本申请的核心部分被过多的描述所淹没,而对于本领域技术人员而言,详细描述这些相关操作并不是必要的,他们根据说明书中的描述以及本领域的一般技术知识即可完整了解相关操作。

[0048] 另外,说明书中所描述的特点、操作或者特征可以以任意适当的方式结合形成各种实施方式。同时,方法描述中的各步骤或者动作也可以按照本领域技术人员所能显而易见的方式进行顺序调换或调整。因此,说明书和附图中的各种顺序只是为了清楚描述某一个实施例,并不意味着是必须的顺序,除非另有说明其中某个顺序是必须遵循的。

[0049] 在本发明实施例中,申请人设计了一种新的传感器结构,基于该传感器结构经过多次实验,提出了一种测量氧气浓度以及有效流量的测量方法,其中测量方法中的公式及公式中的参数,都是申请人进过多次实验得到的,经过实验验证,采用本申请的传感器以及方法测量得到的氧气浓度和有效流量值更加精确。

[0050] 实施例一:

[0051] 请参考图1,本实施例提供一种氧气浓度和有效流量测量传感器,其包括:用于超声波传输的腔体7、第一超声波传感器1和第二超声波传感器4。腔体7为规则形状的腔体,这样减少氧气流通的阻力,使得测量结果更加准确。该腔体7的第一端和第二端均密封,第一超声波传感器1和第二超声波传感器4分别设置在该腔体7的第一端和第二端的内壁上,具体的设置在内壁中心位置;腔体7的侧壁上靠近第一端和第二端的位置分别设有进气口2和出气口3,该进气口2到第一端的距离与出气口到第二端的距离相等。本实施例的两个超声波传感器,通过控制其收发转换,采集测量数据处理后得到氧气浓度,经过多次实验测量精度高且稳定性高。

[0052] 具体的,本实施例的腔体7为圆柱形腔体,圆柱形腔体对氧气流动的阻力最小,使得测量精度更高。在其他实施例中,该腔体7还可以设置成矩形的、或者其他规则的腔体,例如正六边形,椭圆柱形腔体。

[0053] 其中,本实施例的进气口2和出气口3位于同一水平线上,这样使得传感器整体形状更加规则,也方便通入气体,在其他实施例中,进气口2和出气口3也可以不设置在同一水平线上。本实施例中的进气口2和出气口3均匀腔体7所在的延伸线垂直,进气口2和出气口3均设置为小型圆筒形气孔。

[0054] 本实施例中第一超声波传感器1和第二超声波传感器4均为具有收发一体功能的超声波传感器,第一超声波传感器1和第二超声波传感器4的本征频率均可根据需要进行选择或者调整,本实施例中选择频率为40KHz,在其他实施例中传感器可换为400KHz,3MHz等等。通过控制第一超声波传感器1和第二超声波传感器4可以实现两者的收发转换,例如控制第一超声波传感器1发送,第二超声波传感器4接收,控制切换后使得第二超声波传感器4发送,第一超声波传感器1接收。

[0055] 进一步的,如图2,本实施例的传感器还包括温度传感器83,一般温度传感器83设

置在腔体的气体通道上,例如该温度传感器83设置在腔体7的内壁上,用于测量该腔体7内的温度值,最好设置在腔体中间位置处的内壁上,测量的温度更能代表腔体7内的温度。本实施例的温度传感器83基于负温度系数的热敏电阻材料制成,可以准确测量腔体7内的温度值。

[0056] 如图2,本实施例的传感器还包括电路单元,电路单元用于驱动第一超声波传感器和第二超声波传感器中的一个发射超声波,另一个接收超声波信号,并对接收到的超声波信号处理得到用于时间差采样的模拟信号。具体的,该电路单元包括处理器模块84、模拟开关电路81、电源模块86。电源模块86和模拟开关电路81均与该处理器模块84电连接,电源模块86用于给整个电路单元供电。该电源模块86包括供电管理电路和电源转换电路,其可以为电路单元提供5-12V的直流供电,例如分别产生3.3V和5V等不同的电压给各个模块供电。模拟开关电路81分别与第一超声波传感器1和第二超声波传感器4电连接,用于控制该第一超声波传感器1和第二超声波传感器4的工作状态切换,并且模拟开关电路81还用于接收该第一超声波传感器1和第二超声波传感器4的采集信号发送给处理器模块84,该处理器模块84用于对采集信号进行处理后输出氧气浓度值和有效流量值。

[0057] 其中,本实施例的处理器模块84采用STM32系列芯片,其通过I/O口捕获采集信号。在其他实施例中,处理器模块84可替换成51系列、ARM系列或Arduino、树莓派等微处理器。

[0058] 本实施例的电路单元还包括信号处理电路82,该信号处理电路82的输入端与模拟开关电路81的输出端连接,其输出端与处理器模块84连接,该信号处理电路82用于对采集信号进行去噪处理。

[0059] 具体的,信号处理电路82包括滤波电路821,滤波电路821用于对采集信号进行滤波处理,,例如采用带通滤波电路进行滤波处理以减小测量误差;该信号处理电路包括放大电路822,放大电路822用于对采集信号进行放大处理,将信号放至饱和状态,辅之以高性能的带通滤波,以减小测量误差。另外,还包括信号转换电路,用于将采集的模拟信号转换为数字信号发送给处理器模块84。

[0060] 进一步的,本实施例的电路单元还包括通信模块85,该通信模块85与处理器模块84电连接,用于将该处理器模块84得到的氧气浓度值和有效流量值发送给上位机。

[0061] 进一步的,本实施例的传感器还包括安装板5,腔体7设置在该安装板的正面,具体的在腔体7的中间位置通过固定件6固定,电路单元设置在该安装板的背面,电路单元的表面设置有用于绝缘的绝缘层。例如,在该安装板5的背面设有PCB板,电路部分全部设置在PCB板中,第一超声波传感器1和第二超声波传感器4、温度传感器83的线都通过PCB板内走线,这样整个传感器无裸露的线材,减少外界噪声或移动干扰,整体体积小且安全性高。

[0062] 经过多次测量实验,表明本实施例的传感器测量氧气浓度和有效流量更加准确,精度高且稳定性好。

[0063] 实施例二:

[0064] 基于实施例一提供的传感器,本实施例提供一种氧气浓度测量方法,如图3,该方法包括:

[0065] 步骤101:获取第二超声波传感器接收到第一超声波传感器发出的信号所用的时间 t_1 ,以及获取第一超声波传感器接收到第二超声波传感器发出的信号所用的时间 t_2 。

[0066] 具体的,电路单元用于驱动第一超声波传感器和第二超声波传感器中的一个发射

超声波,另一个接收超声波信号,并对接收到的超声波信号处理得到用于时间差采样的模拟信号。并且在获取时间差时,对用于时间差采样的模拟信号进行放大处理,使得该模拟信号处于饱和状态,利于消除相位差提高时间差采样精度。

[0067] 步骤102:根据时间 t_1 和 t_2 以及传感器的硬件参数计算当前浓度下超声波波速 v 。

[0068] 步骤103:获取传感器腔体内的当前温度 T ,根据超声波波速 v 、当前温度 T 以及预设的速度校正参数计算氧气浓度 n 。具体的,本实施例中采用下述公式计算氧气浓度 n 。

$$[0069] \quad n = \left(\frac{290990T}{(v + \text{Calibrap})^2} - 700 \right) * 100\% \quad (1)$$

[0070] 其中, T 表示获取的当前传感器腔体内的温度值, v 为超声波波速, Calibrap 为速度校正参数,用于校正腔体长度 L ,其取值范围为 $(-2, +2)$ 。具体确定步骤如下:初始 Calibrap 为0时,根据公式(1)测得95%氧气时的浓度为 n ,此时可利用下述公式计算出 Calibrap 。

$$[0071] \quad \text{Calibrap} = v * \left(\sqrt{\frac{n + 700}{95 + 700}} - 1 \right) \quad (2)$$

[0072] 其中,在步骤101中,本实施例根据以下公式计算当前浓度下超声波波速 v 。

$$[0073] \quad v = \frac{(t_1 + t_2)(L + s) \pm \sqrt{(t_1 + t_2)^2(L + s)^2 - 16sLt_1t_2}}{4t_1t_2} \quad (3)$$

[0074] 其中公式(2)中, L 为传感器的腔体的长度、 s 为进气口到腔体的第一端的距离或者出口气到腔体第二端的距离。

[0075] 对第一超声波传感器和第二超声波传感器输入多组不同的刺激信号,接收对应的采集信号。本实施例中为了使得氧气浓度和有效流量的测量更加精确,对于第一超声波传感器和第二超声波传感器的采集信号,通过滤波电路对其进行带通滤波处理,去除其中的噪声干扰,例如去除机械干扰和气流影响,屏蔽周期性噪声干扰,提升了测量的精确性、鲁棒性和稳定性,然后再对其进行放大处理,使得采集信号被放大至保护状态,从而提升了系统测量的准确性与稳定性,以减小测量的误差,使得测量的结果更加精确。并且,本实施例中降低对处理器模块(即MCU)的工作频率的要求,降低了成本。

[0076] 进一步的,如图4,本实施例的氧气有效流量测量方法包括:

[0077] 步骤201:根据超声波波速 v 、腔体的长度 L 以及 t_1 和 t_2 计算得到气体线平均流速 c 。

[0078] 具体的,本实施例采用下列公式计算气体线平均流速 c 。

$$[0079] \quad c = \frac{2L - v(t_1 + t_2)}{t_1 - t_2}$$

[0080] 步骤202:根据气体线平均流速 c 与预设的流量修正系数 K 得到气体面平均流速 C_A ,即沿着腔体的横截面的法线方向的气体面平均流速。

[0081] 具体的,本实施例中通过下列公式计算气体面平均流速。

$$[0082] \quad C_A = \frac{c}{K}$$

[0083] 其中, K 为流量修正系数,流量修正系数 K 由雷诺数 Re 确定, K 值与气体是层流还是湍流有关,本申请中计算模型为层流状态, K 取 $4/3$ 。本实施例中引入流量修正系数,使得测

量的氧气流量更加精确。

[0084] 步骤203:根据气体面平均流速 C_A 、以及传感器腔体的硬件参数信息计算气体流量 Q 。

[0085] 其中, $Q = \frac{c_A \pi d^2}{4}$

[0086] 其中,d为圆柱形腔体的直径, C_A 表示气体面平均流速。

[0087] 步骤204:根据氧气浓度 n 以及气体流量 Q 计算出氧气的有效流量。

[0088] 本实施例中 $Q_{\text{有效}} = Q * n$

[0089] 其中, Q 表示气体流量, n 表示氧气浓度。

[0090] 采用本实施例的测量方法测量氧气浓度和氧气有效流量,使得测量结果的精度高且测量更加稳定。

[0091] 以上应用了具体个例对本发明进行阐述,只是用于帮助理解本发明,并不用以限制本发明。对于本发明所属技术领域的技术人员,依据本发明的思想,还可以做出若干简单推演、变形或替换。

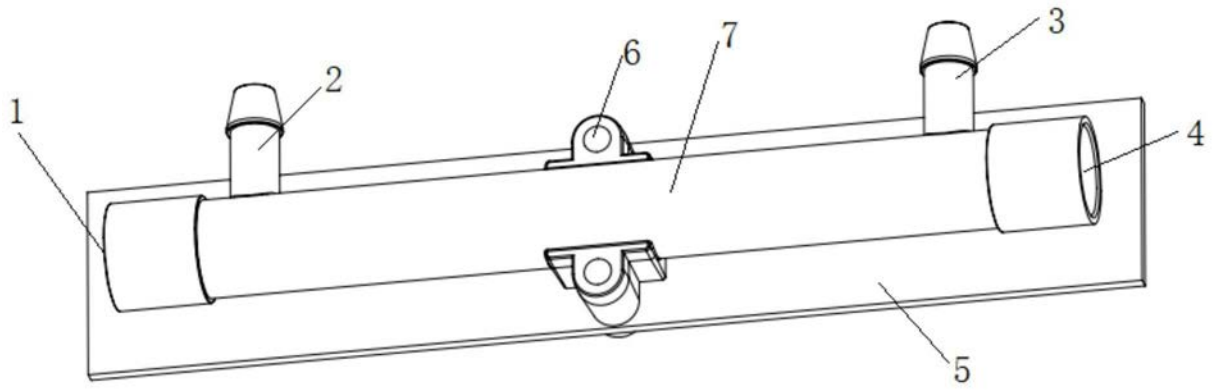


图1

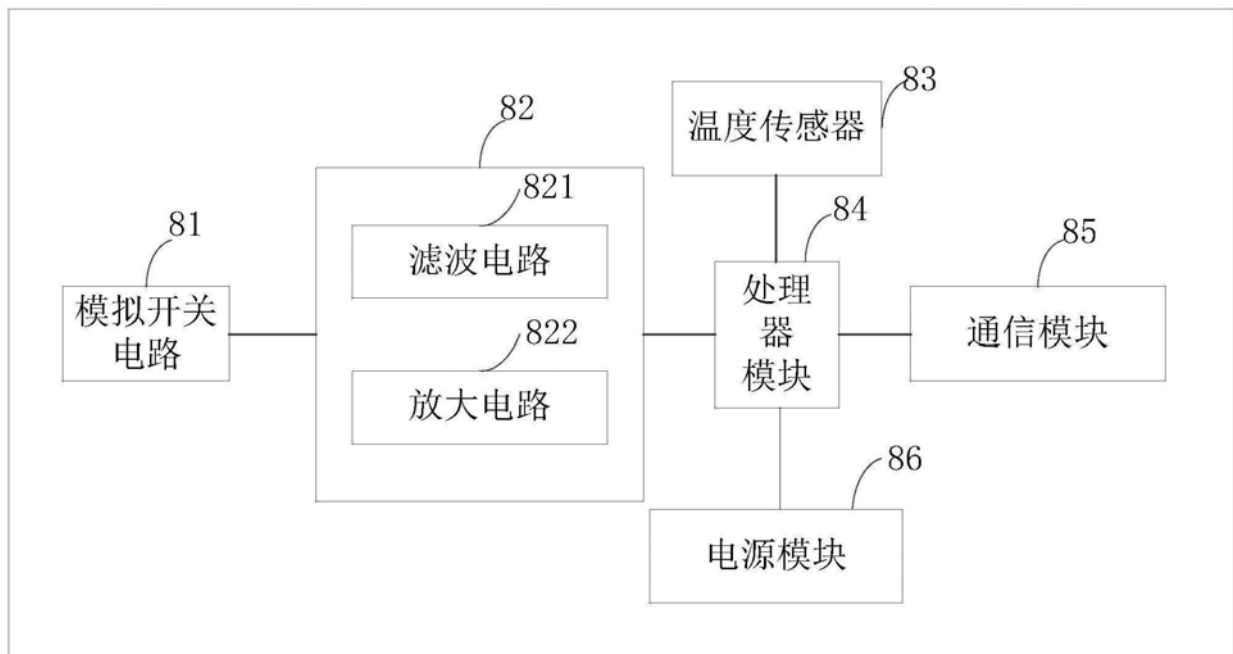


图2

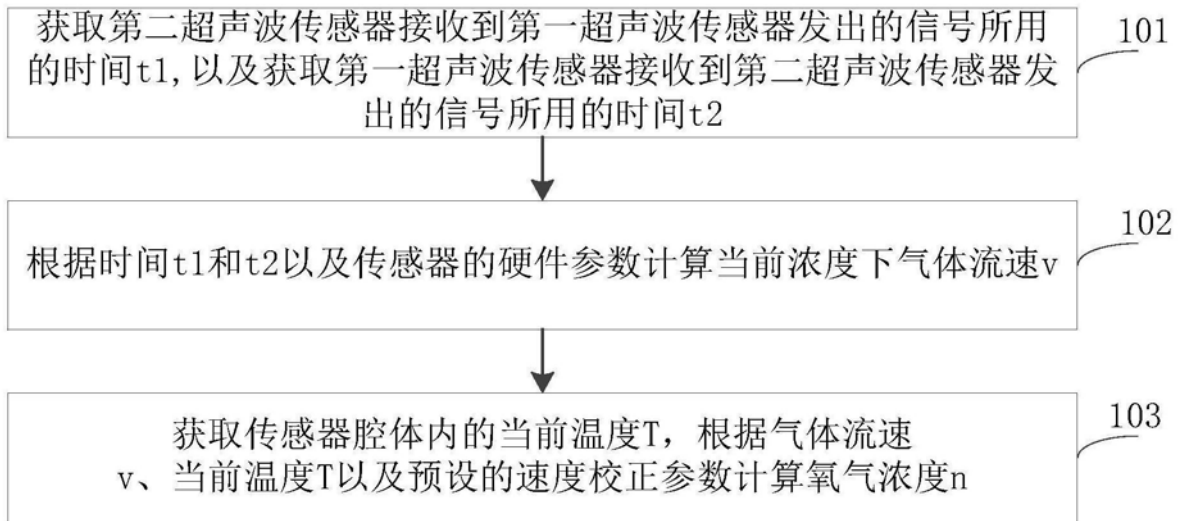


图3

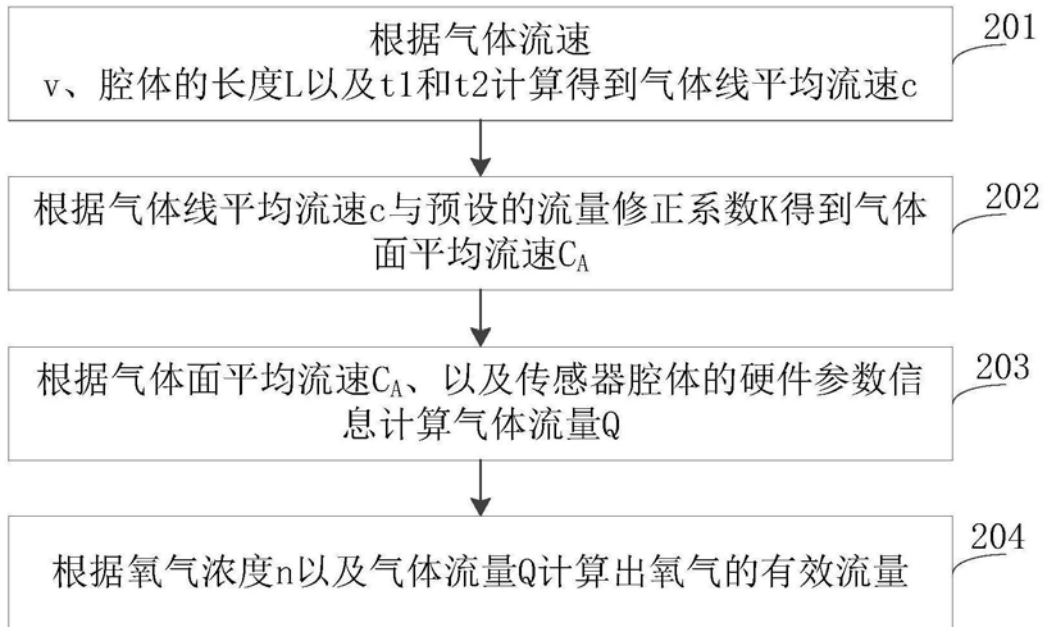


图4