

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-239690

(P2012-239690A)

(43) 公開日 平成24年12月10日(2012.12.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 M 16/00 (2006.01)	A 6 1 M 16/00 3 7 0 Z	4 C 0 3 8
A 6 1 B 5/08 (2006.01)	A 6 1 B 5/08	4 C 1 1 7
A 6 1 B 5/00 (2006.01)	A 6 1 B 5/00 L	
A 6 1 M 16/10 (2006.01)	A 6 1 M 16/10 Z	
	A 6 1 M 16/00 3 7 0 A	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)		

(21) 出願番号 特願2011-113374 (P2011-113374)
(22) 出願日 平成23年5月20日 (2011. 5. 20)

(71) 出願人 504237050
独立行政法人国立高等専門学校機構
東京都八王子市東浅川町701番2
(71) 出願人 591108178
秋田県
秋田県秋田市山王4丁目1番1号
(71) 出願人 507294395
株式会社ホクシンエレクトロニクス
秋田県秋田市牛島東1丁目11-8
(71) 出願人 000138060
株式会社メトラン
埼玉県川口市川口二丁目12番18号
(74) 代理人 100082669
弁理士 福田 賢三

最終頁に続く

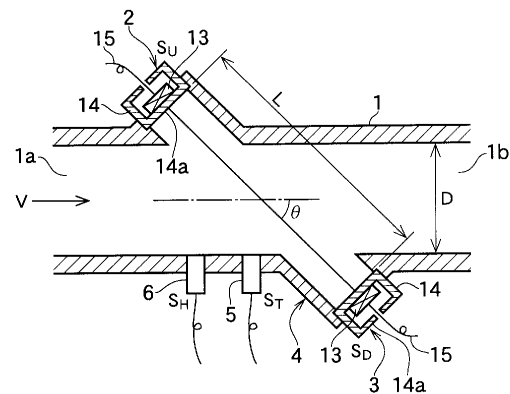
(54) 【発明の名称】 超音波流量計を用いた酸素濃度計

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】酸素を含む混合気体の混合比率を精度良く求める超音波流量計を用いた酸素濃度計を提供する。

【解決手段】超音波流量計の測定管路1の上流側と下流側に対向配置された一対の超音波送受波器SU、SDと、測定管路1中の温度、湿度を測定するための温度センサST、湿度センサSHと、SUからSDまでの超音波伝搬時間tDと、SDからSUまでの超音波伝搬時間tUとを測定する伝搬時間測定手段と、tU、tDの和に対して、これを特定の温度および湿度での値tCに変換する温度湿度補正手段と、tCから気体以外を伝搬する時間Δtを減じて、気体中だけを伝搬する時間tGを算出する気体伝搬時間測定手段と、tG等を用いて前記混合気体の音速Cを算出する音速演算手段と、被測定気体である2種類の気体の諸元を予め入力する手段と、算出された音速Cから、混合気体中の2種類の気体のガス濃度を演算するガス濃度演算手段とからなる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸素を含む 2 種類の混合気体が流れる系に組み込まれる超音波流量計を用いた酸素濃度計に於いて、

a) 超音波流量計の測定管流路の上流側と下流側に対向させて配置された一对の超音波送受波器 S U, S D と、

b) 前記測定管流路中の温度および湿度を測定するための温度センサ S T および湿度センサ S H と、

c) 上流側超音波送受波器 S U から超音波を前記測定管流路に放射してから該超音波が下流側超音波送受波器 S D に到達するまでの超音波伝搬時間 t_D と、前記下流側超音波送受波器 S D から超音波を前記測定管流路に放射してから前記超音波が前記上流側超音波送受波器 S U に到達するまでの超音波伝搬時間 t_U とを測定する伝搬時間測定手段と、

d) 測定された伝搬時間 t_U 、 t_D の和 $t_R = t_U + t_D$ に対して、これを特定の温度および湿度での値 t_C に変換する温度湿度補正手段と、

e) 前記 d) で温度湿度補正された伝搬時間 t_C から気体以外を伝搬する時間 Δt を減じて、気体中だけを伝搬する時間 t_G を算出する気体伝搬時間測定手段と、

f) 前記 e) で算出された伝搬時間 t_G 等を用いて前記測定管流路を流れる混合気体の音速 C を算出する音速演算手段と、

g) 被測定気体である 2 種類の気体の諸元 (名称、分子量、構成原子数等) を予め入力する諸元入力手段と、

h) 算出された混合気体の音速 C から、混合気体中の 2 種類の気体のガス濃度 (混合比率) を演算するガス濃度演算手段と、

から構成されることで、2 種類の混合気体中の各気体のガス濃度を測定できることを特徴とする超音波流量計を用いた酸素濃度計。

【請求項 2】

前記温度センサ S T あるいは湿度センサ S H の替わりに、温度あるいは湿度の値として、既設の他の装置での測定値を自動的にあるいは手動的に入力する手段で代替すること、を特徴とする請求項 1 に記載の超音波流量計を用いた酸素濃度計。

【請求項 3】

気体以外の伝搬時間 Δt として、同時並行に他の手段で別途計測した値を、自動的にあるいは手動的に入力する手段を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波流量計を用いた酸素濃度計。

【請求項 4】

被測定気体が 3 種類以上の気体が混合された気体である場合に、その中の 2 種類の気体についてはその混合比が未知であり、その他の気体について名称、分子量、構成原子数および混合比率が既知または別途計測値が入手できるときに、それらを予め入力する手段を備え、温度湿度補正手段や未知の 2 種類の気体のガス濃度 (混合比率) を算出する手段に情報を提供し、これら 2 種類の気体のガス濃度 (混合比率) を求めることを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか 1 に記載の超音波流量計を用いた酸素濃度計。

【請求項 5】

前記温度センサ S T 及び前記湿度センサ S H を超音波流量計の管壁内部に埋め込んだことを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか 1 に記載の超音波流量計を用いた酸素濃度計。

【請求項 6】

前記気体以外の伝搬時間 Δt を、測定された超音波往復伝搬時間 t_R を予め定めた特定の温度湿度での値に補正した値 t_C から、この特定の温度湿度での理論的な伝搬時間 t_T を差し引くこと、すなわち $\Delta t = t_C - t_T$ で求めることを特徴とする請求項 3 ~ 5 の何れか 1 に記載の超音波流量計を用いた酸素濃度計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、医療の分野において特に人工呼吸器等で使用する様々な気体の混合気体が流れる系に組み込まれる超音波流量計を用いて、混合気体中の各気体のガス濃度（混合比率）、特に酸素濃度を算出することのできる超音波流量計を用いた酸素濃度計に関する。

【 0 0 0 2 】

一般に、人工呼吸器は、新生児から老人まで、特に呼吸が不調になっている緊急性の高い患者や肺疾患を抱える患者に対して用いられる医療器である。このような人工呼吸器においては様々な酸素濃度の空気すなわち窒素と酸素の混合気体が患者の吸気用として供給される。その際に、この混合気体の流量を管理するだけでなく酸素濃度も同時に管理することが望ましい。超音波流量計は流れる気体の流量を測定するものであるが、超音波流量計には流体の音速を測定できる機能もあり、気体の音速が分かれば気体の分子量が分かるので、混合気体の混合比率すなわち酸素濃度を知れる可能性がある。本発明は、超音波流量計を用いて、この人工呼吸器用の管内を流れる混合気体の流量と混合比率（ガス濃度）を同時に算出することを目的とした、超音波流量計を用いた酸素濃度計に関する。

10

【 背景技術 】

【 0 0 0 3 】

2種類の気体（例えば、酸素と窒素等）の混合気体の分子量 M と気体の音速 C には次の関係がある。ここで、 γ は混合気体の比熱比、 R は気体定数、 T は温度（°K）である。したがって、気体の音速 C が分かれば、混合気体の分子量 M が求められる。

【 0 0 0 4 】

【 数 1 】

20

$$C = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

【 0 0 0 5 】

一方、各気体の分子量を M_A 、 M_B とし、それぞれの混合比率（濃度）を α_A 、 α_B とすると、それらは混合気体の分子量と次の関係式が成立する。

【 0 0 0 6 】

【 数 2 】

$$M = \alpha_A M_A + \alpha_B M_B$$

30

【 0 0 0 7 】

【 数 3 】

$$\alpha_A + \alpha_B = 1$$

【 0 0 0 8 】

したがって、混合気体が酸素と窒素であれば、各気体の分子量はそれぞれ、 $M_A = 32$ 、 $M_B = 28$ と分かっているので、音速から混合気体の分子量 M が求められていれば、各気体の混合比率が求められる。つまり、酸素濃度 α_A が求められる。

40

次に、気体の音速 C は超音波センサ間の距離 L とこの距離を超音波が伝搬する時間から算出できる。しかし、超音波流量計の測定管の中では気体が流れているので、超音波を上流方向に向けて伝搬させたときの伝搬時間 t_U は流れのないときの伝搬時間に比較し若干長くなる。一方、超音波を下流方向に向けて伝搬させたときの伝搬時間 t_D は流れのないときの伝搬時間に比較し若干短くなる。ただし、これらの時間の増分と減少分はほぼ等しいので、 t_U と t_D の和を取ると流れのない状態での往復伝搬時間となる。そこで、超音波流量計では、次の式で気体の音速を求めている。

【 0 0 0 9 】

【数 4】

$$C = \frac{2L}{t_U + t_D}$$

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2002-306603号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0011】

ガス濃度を測定できるとされている超音波流量計はすでに存在するが、まだ余り普及しているとは言えない。解析によるとガス濃度を気体の音速から求める場合、0.05%程度以下の精度が必要であることが分かる。音速の値を如何に精度良く求めることができるのかが課題だったと考えられる。一方、超音波酸素濃度計でありながら流量も測定できるとする装置がある。これは、酸素濃度測定のための引き込み管を備える場合が多く、本管での測定は行われていない。また、酸素濃度を正確に求めるために、流量は微小流量しか測定できないし、応答性も数秒～1分と非常に遅い。ここでも、音速の値を如何に精度良く求めるのかが課題である。

【0012】

20

気体の音速の値は、気体の分子量以外に温度や湿度にも依存する。人工呼吸器で患者に供給する混合気体は十分な湿度を与えるために加湿される場合が多い。したがって、気体の音速を精度良く求めるためには、温度や湿度も正確な値を知り、それらを用いて温度補正や湿度補正を行うことが必要になる。特に、気体の音速の値から気体の分子量を求める数式(1)は、乾燥気体に対してのものであり、湿度については別途考慮されなければならない。湿度補正は必須となるが、超音波流量計で湿度補正を実施した例は非常に少ない(特許文献1)。

しかし、特許文献1に開示された発明では、湿度補正について考慮されているものの、超音波伝搬時間の精度に問題が存在した。

【0013】

30

また、温度がわずかに変化しても気体の音速は変化するので、その値からガス濃度を求めようとする場合は、温度も高精度な値を求め、その値で温度補正をする必要がある。超音波流量計の測定管内の温度の値を知ることが最善であるが、測定管の内部にはセンサ等の介在物を突出させたくない。しかし、これは患者の呼吸抵抗の基となる圧力損失を増大させるので、超音波流量計の最大の特徴を損なってしまう。したがって、管内壁面に沿った形で温度や湿度のセンサも取り付けたいところである。

【0014】

さらに、超音波伝搬時間も精度良く求められる必要があるが、産業用の気体用超音波流量計の口径は一般的には50mm以上と大きなものが多く、これまでセンサの微細な構造を問題にする必要がなかった。しかし、人工呼吸器用の超音波流量計の口径は20mm以下と小さなものが多く、センサの微細構造まで考慮する必要がある。

40

【0015】

超音波センサの振動子表面から放射される超音波は、気体中を通過するだけではなく振動子の前面に設置されている前面層などの固体部分をも通過する。通常測定される超音波伝搬時間は、この気体以外の伝搬時間も含むことになり、極わずかといえども、この伝搬時間で気体の音速を求めると誤差を生ずることになる。従来気体用超音波流量計においては、この部分の伝搬時間による誤差は無視できるほどに小さいものだったが、気体の濃度を求める場合は、もはや無視できる量とはいえない。したがって、全伝搬時間から削除し、気体中だけを通過する伝搬時間を用いて音速を求めなければならない。

【0016】

50

本発明は上記実情に鑑み提案されたもので、本管で流量を測定する超音波送受波器を用いて、流量とともに酸素濃度も精度良く測定できる超音波流量計を用いた酸素濃度計を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

前記目的を達成するために、本発明は酸素を含む２種類の混合気体が流れる系に組み込まれる超音波流量計を用いた酸素濃度計に於いて、a)超音波流量計の測定管流路の上流側と下流側に対向させて配置された一対の超音波送受波器SU、SDと、b)前記測定管流路中の温度および湿度を測定するための温度センサSTおよび湿度センサSHと、c)上流側超音波送受波器SUから超音波を前記測定管流路に放射してから該超音波が下流側超音波送受波器SDに到達するまでの超音波伝搬時間tDと、前記下流側超音波送受波器SDから超音波を前記測定管流路に放射してから前記超音波が前記上流側超音波送受波器SUに到達するまでの超音波伝搬時間tUとを測定する伝搬時間測定手段と、d)測定された伝搬時間tU、tDの和 $t_R = t_U + t_D$ に対して、これを特定の温度および湿度での値tCに変換する温度湿度補正手段と、e)前記d)で温度湿度補正された伝搬時間tCから気体以外を伝搬する時間 Δt を減じて、気体中だけを伝搬する時間tGを算出する気体伝搬時間測定手段と、f)前記e)で算出された伝搬時間tG等を用いて前記測定管流路を流れる混合気体の音速Cを算出する音速演算手段と、g)被測定気体である２種類の気体の諸元(名称、分子量、構成原子数等)を予め入力する諸元入力手段と、h)算出された混合気体の音速Cから、混合気体中の２種類の気体のガス濃度(混合比率)を演算するガス濃度演算手段とから構成されることで、２種類の混合気体中の各気体のガス濃度を、湿度を含む場合においても、測定できることを特徴としている。

10

20

【0018】

また、本発明において、前記温度センサSTあるいは湿度センサSHの替わりに、温度あるいは湿度の値として、既設の他の装置での測定値を自動的にあるいは手動的に入力する手段で代替することを特徴とする。

【0019】

また、本発明において、前記気体以外の伝搬時間 Δt として、同時並行に他の手段で別途計測した値を、自動的にあるいは手動的に入力する手段を備えることを特徴とするものである。

30

【0020】

また、本発明において、前記被測定気体が３種類以上の気体が混合された気体である場合に、その中の２種類の気体についてはその混合比が未知であり、その他の気体について名称、分子量、構成原子数および混合比率が既知または別途計測値が入手できるときに、それらを予め入力する手段を備え、温度湿度補正手段や未知の２種類の気体のガス濃度(混合比率)を算出する手段に情報を提供し、これら２種類の気体のガス濃度(混合比率)を求めることを特徴とするものである。

【0021】

また、本発明において、前記温度センサST及び前記湿度センサSHを超音波流量計の管壁内部に埋め込んだことを特徴とする。

40

【0022】

また、本発明において、前記気体以外の伝搬時間 Δt を、測定された超音波往復伝搬時間tRを予め定めた特定の温度湿度での値に補正した値tCから、この特定の温度湿度での理論的な伝搬時間tTを差し引くこと、すなわち $\Delta t = t_C - t_T$ で求めることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0023】

この発明は前記した構成からなるので、以下に説明するような効果を奏することができる。

【0024】

50

本発明では、酸素を含む２種類の混合気体が流れる系に組み込まれる超音波流量計を用いた酸素濃度計に於いて、a) 超音波流量計の測定管流路の上流側と下流側に対向させて配置された一対の超音波送受波器 S_U 、 S_D と、b) 前記測定管流路中の温度および湿度を測定するための温度センサ S_T および湿度センサ S_H と、c) 上流側超音波送受波器 S_U から超音波を前記測定管流路に放射してから該超音波が下流側超音波送受波器 S_D に到達するまでの超音波伝搬時間 t_D と、前記下流側超音波送受波器 S_D から超音波を前記測定管流路に放射してから前記超音波が前記上流側超音波送受波器 S_U に到達するまでの超音波伝搬時間 t_U とを測定する伝搬時間測定手段と、d) 測定された伝搬時間 t_U 、 t_D の和 $t_R = t_U + t_D$ に対して、これを特定の温度および湿度での値 t_C に変換する温度湿度補正手段と、e) 前記 d) で温度湿度補正された伝搬時間 t_C から気体以外を伝搬する時間 Δt を減じて、気体中だけを伝搬する時間 t_G を算出する気体伝搬時間測定手段と、f) 前記 e) で算出された伝搬時間 t_G 等を用いて前記測定管流路を流れる混合気体の音速 C を算出する音速演算手段と、g) 被測定気体である２種類の気体の諸元（名称、分子量、構成原子数等）を予め入力する諸元入力手段と、h) 算出された混合気体の音速 C から、混合気体中の２種類の気体のガス濃度（混合比率）を演算するガス濃度演算手段とから構成されることで、２種類の混合気体中の各気体のガス濃度を、湿度を含む場合においても、測定できるので、正確な超音波伝搬時間を算出でき、この値を用いて気体の音速を高精度に求め、混合気体の混合比率を精度良く求めることができる。

10

また、超音波伝搬時間の温度湿度補正した値から、気体以外の伝搬時間を差し引いた値で音速を求めるので、気体の音速が高精度に求められ、混合気体の混合比率を精度良く求めることができる。

20

【００２５】

また、本発明において、前記温度センサ S_T あるいは湿度センサ S_H の代わりに、温度あるいは湿度の値として、既設の他の装置での測定値を自動的にあるいは手動的に入力する手段で代替するので、温度センサ等の設置コストを低減することができる。

【００２６】

また、本発明において、前記気体以外の伝搬時間 Δt として、同時並行に他の手段で別途計測した値を、自動的にあるいは手動的に入力する手段を備えるので、気体の音速をさらに高精度に求められ、混合気体の混合比率を精度良く求めることができる。

30

【００２７】

また、本発明において、前記被測定気体が３種類以上の気体が混合された気体である場合に、その中の２種類の気体についてはその混合比が未知であり、その他の気体について名称、分子量、構成原子数および混合比率が既知または別途計測値が入手できるときに、それらを予め入力する手段を備え、温度湿度補正手段や未知の２種類の気体のガス濃度（混合比率）を算出する手段に情報を提供し、これら２種類の気体のガス濃度（混合比率）を求めるので、２種類の気体についてはその混合比が未知であり、その他の気体について名称、分子量、構成原子数および混合比が既知または別途計測値が入手できるときに、それらを予め入力することにより、未知の２種類の気体の混合比を求めることができる。

【００２８】

また、本発明において、前記温度センサ S_T 及び前記湿度センサ S_H を超音波流量計の管壁内部に埋め込んだので、管内の温度を精度良く測定できる。しかも、管壁に埋め込む方式にしたので、圧力損失を発生させることもない。これによって、高精度の温度補正が可能となり、音気体の音速を高精度に求めることで、混合気体の混合比率を精度良く求めることができる。また、管内の湿度も精度良く測定できる。これによって、加湿された混合気体においても、高精度の湿度補正が可能となり、気体の音速を高精度に求めることで、混合気体の混合比率を精度良く求めることができる。

40

【００２９】

また、本発明において、前記気体以外の伝搬時間 Δt を、測定された超音波往復伝搬時間 t_R を予め定めた特定の温度湿度での値に補正した値 t_C から、この特定の温度湿度での理論的な伝搬時間 t_T を差し引くこと、すなわち $\Delta t = t_C - t_T$ で求めるので、時々

50

刻々に測定される超音波伝搬時間を温度湿度補正した値から、気体以外の伝搬時間を減ずることが可能となり、気体の音速がさらに高精度に求められ、混合気体の混合比率を精度良く求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】図1は、本発明に係る超音波流量計を用いた酸素濃度計における測定管部の一例を示す要部断面図である。

【図2】図2は、同酸素濃度計の動作説明用のブロック図である。

【図3】図3は、同酸素濃度計における主な信号の流れを示す説明図である。

【図4】図4は、同酸素濃度計における気体以外の伝搬時間 Δt に関する説明図である。

【図5】図5は、同酸素濃度計に使用される温度センサと湿度センサを管壁に埋め込んだ例を示す要部拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

本発明の超音波流量計を用いた酸素濃度計は、超音波流量計で、流量計の管内を流れる気体の音速を精度良く求め、その値から混合気体の混合比率（ガス濃度）を求めることとした。そのために、流量計の管内の温度と湿度を正確に求め、その値を使って、温度補正と湿度補正を行うとともに、測定された超音波伝搬時間から気体以外を伝搬する時間 Δt を差し引いて、この値から音速を算出することとした。

【実施例1】

【0032】

以下、一実施の形態を示す図面に基づいて本発明を詳細に説明する。図1は本発明に係る超音波流量計を用いた酸素濃度計における測定管部の一例を示す要部断面図である。ここで、測定管流路1は直径Dの直管になっており、その上流部1aと下流部1bに流路を挟んで対向した位置に一对の超音波送受波器SU2、超音波送受波器SD3が配置されている。超音波送受波器2、3の間隔はLで、超音波送受波器2、3を取り付けている測定管4と測定管流路1は角度 θ をなして交差している。測定管4近傍の測定管流路の内壁に温度センサST5と湿度センサSH6が埋め込まれている。

【0033】

つまり、本発明の超音波流量計を用いた酸素濃度計は、酸素を含む2種類の混合気体が流れる系に組み込まれる超音波流量計を用いた酸素濃度計に於いて、a)超音波流量計の測定管流路1の上流側1aと下流側1bに対向させて配置された一对の超音波送受波器SU2、SD3と、b)前記測定管流路中の温度および湿度を測定するための温度センサST5および湿度センサSH6と、c)上流側超音波送受波器SU2から超音波を前記測定管流路1に放射してから該超音波が下流側超音波送受波器SD3に到達するまでの超音波伝搬時間 t_D と、前記下流側超音波送受波器SD2から超音波を前記測定管流路1に放射してから前記超音波が前記上流側超音波送受波器SU3に到達するまでの超音波伝搬時間 t_U とを測定する伝搬時間測定手段7と、d)測定された伝搬時間 t_U 、 t_D の和 $t_R = t_U + t_D$ に対して、これを特定の温度および湿度での値 t_C に変換する温度湿度補正手段8と、e)前記d)で温度湿度補正された伝搬時間 t_C から気体以外を伝搬する時間 Δt を減じて、気体中だけを伝搬する時間 t_G を算出する気体伝搬時間測定手段9と、f)前記e)で算出された伝搬時間 t_G 等を用いて前記測定管流路を流れる混合気体の音速Cを算出する音速演算手段10と、g)被測定気体である2種類の気体の諸元（名称、分子量、構成原子数等）を予め入力する諸元入力手段11と、h)算出された混合気体の音速Cから、混合気体中の2種類の気体のガス濃度（混合比率）を演算するガス濃度演算手段12とから構成されている。

【0034】

測定管流路1の材質は、金属、プラスチックなど用途によって適切なものを使用することができる。超音波送受波器 S_U 、 S_D は、圧電材料からなる振動板13をケース14の前面の壁に固着した構造になっている。振動板14の前面14aは単純に保護板としての

10

20

30

40

50

機能の他に、振動子と負荷（気体）の音響インピーダンスの違いが大きいので、それを補うための音響整合層の機能を持たせることもある。したがって、振動体の設計思想により材質がプラスチック、金属、セラミック等、多様なものが選択されている。超音波送受波器 2、3 のリード線 15 は背面から取られており、流量測定装置に接続される。

【 0 0 3 5 】

図 2 は本発明の超音波流量計を用いた酸素濃度計の動作説明用のブロック図であり、制御部 16 から各種指令信号を出力して装置の各部が動作する。まず、主な信号の流れを、図 2 と図 3（主な信号の流れ）例えば、制御部 16 が i 番目の駆動用トリガ信号（ iD ）を発信して送信回路 $TD17$ を動作させ超音波送受波器 $SU2$ に駆動電圧入力加わり測定管流路 1 に超音波が放射される。この超音波は超音波送受波器 $SD3$ で受信され電気信号に変換されて受信回路 $RD18$ に入力される。

10

【 0 0 3 6 】

受信回路 $RD18$ の出力は切換器 19 と比較器 20 を経由して受信パルス信号となり伝播時間測定手段 7 の測時ゲート発生器に入力される。測時ゲート発生器では制御部 16 から出力された送信回路 $TD17$ の駆動用トリガ信号と比較器 20 から出力された受信パルス信号を用いて超音波が送波されてから受波されるまでの i 番目の超音波伝播時間 $tD(i)$ に相当する長さを有するゲートパルスを生じ、計数器に送る。計数器は、超音波伝播時間 $tD(i)$ をデジタル数値に変換し、温度湿度補正手段 8 の演算器に入力する。

【 0 0 3 7 】

次に、先の制御部 16 の駆動用トリガ信号から一定周期 T 遅れて、制御部 16 が再び i 番目駆動用トリガ信号（ iU ）を発信して送信回路 $TU21$ を動作させ超音波送受波器 $SD3$ に駆動電圧入力加わり測定管流路 1 に超音波が放射される。この超音波は、超音波送受波器 $SU2$ に受信され電気信号に変換されて受信回路 $RU22$ に入力される。受信回路 SU の出力は切換器 19 と比較器 20 を経由して受信パルス信号となり伝播時間測定手段 7 の測時ゲート発生器に入力される。測時ゲート発生器では制御部 16 から出力された送信回路 $TU21$ の駆動用トリガ信号と比較器 20 から出力された受信パルス信号を用いて超音波が送波されてから受波されるまでの超音波伝播時間 $tU(i)$ に相当する長さを有するゲートパルスを生じ、同じく伝播時間測定手段 7 に内在する計数器に送る。計数器は、超音波伝播時間 tU をデジタル数値に変換し、温度湿度補正手段 8 の演算器に入力する。

20

30

【 0 0 3 8 】

本装置では、上で述べたように超音波伝播時間 tU と tD の測定を、一定周期 T ごとに交互に繰り返しながら行い、 $tR = tU(i) + tD(i)$ もしくは $tR = tU(i) + tD(i+1)$ を求め、温度湿度補正手段 8 である演算器にこれらの値を入力する。演算器では常に新しい tR の値を用いて、次式の計算を行ってその時々々の超音波往復伝搬時間 tR を温度・湿度補正する。

【 0 0 3 9 】

【 数 5 】

$$t_C = t_{d30} = t_R \frac{\sqrt{1 + \frac{\theta - 30}{303.15}}}{\sqrt{1 - 0.331r \frac{P_s(\theta)}{H(\theta)}}}$$

40

【 0 0 4 0 】

ここで、 t_C は温度湿度補正された伝搬時間であり、 t_{d30} は相対湿度 0 %、温度 30 の気体中での伝搬時間であることを表している。そして、 r 、 θ は、それぞれ tU 、 tD を測定した時の相対湿度 r %、温度 θ を表している。 $P_s(\theta)$ と $H(\theta)$ は、それぞれ温度 θ での飽和水蒸気圧と大気圧を表している。すなわち、数（5）式により計算することで、任意の温度・湿度で測定された超音波伝搬時間 $tR = tU + tD$ を、相対

50

湿度 0 %、温度 30 での値に変換したことになる。

【 0 0 4 1 】

ただし、このときの温度と相対湿度の値は、測定管 4 (図 1 参照) に埋め込まれた温度センサ S T 5 と湿度センサ S H 6 の出力から読み取った値を温度湿度補正手段 8 (図 2 参照) でデジタル数値に変換したものをを用いて、上で述べた補正計算を行っている。

【 0 0 4 2 】

また、温度と相対湿度の値は、測定管 4 に埋め込まれた温度センサ S T 5 と湿度センサ S H 6 で測定された値を用いるのが最良であるが、超音波流量計が使用されている環境の温度または湿度がしっかり管理されているか、もしくは、殆ど同等の精度で、測定管 4 の近くで測定されている場合は、それらの値を用いて、温度湿度補正を行うことも可能である。このような数値は、温度湿度入力手段 2 3 (図 2 参照) に手動または自動で入力することにより、温度湿度入力手段 2 3 から、これらの数値をデジタル数値に変換したものが温度湿度補正手段 8 に送付され、温度湿度補正計算に利用される。

10

【 0 0 4 3 】

温度湿度補正された超音波往復伝搬時間 t_C の値は、気体中だけを伝搬する時間の算出手段、気体中伝搬時間算出手段 2 4 (図 2 参照) に送付される。温度湿度補正された伝搬時間 t_C は、気体以外の伝搬時間 Δt を含んでいる。一般に超音波送受波器 (図 1 参照) は、圧電振動子 (振動板) 1 3 と気体の間にケース前面 1 4 a (保護板あるいは音響整合層) のようなものが介在している。この前面 1 4 a 部分を超音波が通過している時間が、気体以外の伝搬時間 Δt を構成する代表的な要素である。気体の音速 C を求める場合は、伝搬時間 t_C からこれを減じたもので求める。すなわち、次式によって、気体中だけを伝搬する時間 t_G を求める。

20

【 0 0 4 4 】

【 数 6 】

$$t_G = t_C - \Delta t$$

【 0 0 4 5 】

気体以外の伝搬時間 Δt は超音波送受波器 2、3 によって異なることが一般的である。したがって、予め出荷時に求めておいて、演算器には定数として入力しておくなどの方法

30

が取られる。気体以外の伝搬時間 Δt は、工場で予め定められた温度と相対湿度の条件での超音波往復伝搬時間、例えば t_{d30} を求めておき、これから同じ条件での理論的伝搬時間 t_T を差し引くことで求められる。すなわち次式によって算出される。この値は、基本的に一度求めておけば、以後同じ値を計算に使用できる。

【 0 0 4 6 】

【 数 7 】

$$\Delta t = t_{d30} - t_T$$

40

【 0 0 4 7 】

ただし、気体以外の伝搬時間 Δt が温度や湿度等外部環境の影響を受けやすい場合は、これを測定して適宜に適切な値を使用する必要がある。そのために、装置には気体以外の伝搬時間 Δt を外部から手動または自動で入力できる気体以外の伝搬時間 Δt の入力手段 2 5 (図 2 参照) を備えることもできる。

【 0 0 4 8 】

この気体中だけを伝搬する時間 t_G の値が次の音速 C の音速演算手段 1 0 (図 2 参照) に送付される。気体の音速 C は次の式によって算出される。

ここで、 L は超音波送受波器 S U 2 と S D 3 の間の直線距離であり、通常圧電振動子 (振動板 1 3) と気体の間に介在する保護板の前面 1 4 a どうしの間の距離となる。この値

50

は設計値によって分かっており、定数として演算器に予め入力される。

【 0 0 4 9 】

【 数 8 】

$$C = \frac{2L}{t_G}$$

【 0 0 5 0 】

上で求められた気体の音速 C の値は、次のガス濃度演算手段 1 2 に送付される。ガス濃度演算手段 1 2 においては、まず、次の式で気体の分子量 M が計算される。

10

ここで、 γ は気体の比熱比である。気体が窒素と酸素の混合気体である場合は、 $\gamma = 1.4$ となる。R は気体定数であり、 $R = 8314$ である。T は気体の温度であるが、この場合は絶対温度 (°K) を用いる。

【 0 0 5 1 】

【 数 9 】

$$M = \frac{\gamma RT}{C^2}$$

【 0 0 5 2 】

ただし、気体が二酸化炭素 (3 分子気体) やヘリウムガス (単分子気体) を含む場合は、その混合比率によって比熱比 γ の値が 1.4 ではなく適切な値を用いることになる。それらの情報を、各気体の諸元 (名称、分子量、構成原子数等) として予め入力しておき、(9) 式の計算で用いることとなる。これが、気体の諸元の入力手段として備えられる。

20

【 0 0 5 3 】

次に、求めた混合気体の分子量 M から気体のガス濃度 (混合比率) を、下式を用いて算出する。今、2 種類の気体 A, B の分子量をそれぞれ M_A 、 M_B とし、ガス濃度を α_A 、 α_B とすると、これらについては、次の式が成立する。

【 0 0 5 4 】

【 数 1 0 】

$$M = \alpha_A M_A + \alpha_B M_B$$

$$\alpha_A + \alpha_B = 1$$

30

【 0 0 5 5 】

ここで、求めたいガス濃度が気体 A のものだとする、ガス濃度 α_A は次の式で求められる。

【 0 0 5 6 】

【 数 1 1 】

$$\alpha_A = \frac{M - M_B}{M_A - M_B}$$

40

【 0 0 5 7 】

したがって、混合気体が窒素と酸素で構成されていて、今、酸素のガス濃度 α を求めたい場合は、 $M_A = 32$ 、 $M_B = 28$ なので次式で計算できる。

【 0 0 5 8 】

【 数 1 2 】

$$\alpha = \frac{M}{4} - 7$$

【 0 0 5 9 】

ガス濃度をデータとして出力する場合は、データ出力手段により出力される。データの

50

形式はデジタルの数値データやアナログの電圧または電流などのデータが目的によって適宜選択されることになる。

【 0 0 6 0 】

なお、先に述べた超音波伝搬時間の測定値 t_U 、 t_D やそれらの和 t_R は、毎回の測定の値をその都度用いて、温度湿度補正した伝搬時間 t_C や気体の音速 C を求めることとして説明しているが、もちろん各々の複数のデータの平均値を使用するなどは、通常考えられる方式である。

【 0 0 6 1 】

さらに、温度湿度補正を t_U 、 t_D の和である t_R に対して行うとして説明してきたが、 t_U 、 t_D の各々の値に対して温度湿度補正を行うことを先にして、しかる後に温度湿度補正された t_U 、 t_D の和として t_R を求めても効果は同じである。

また、気体以外の伝搬時間 Δt を温度湿度補正された超音波往復伝搬時間 t_C から差し引いて気体中の伝搬時間 t_G を求めると説明してきたが、温度湿度補正を実施する前に先行して、超音波往復伝搬時間 t_R から差し引き、その値に対して温度湿度補正を行って、気体中の伝搬時間 t_G を求めたとしても殆ど同等の効果を有する。

【 0 0 6 2 】

(気体以外の伝搬時間 Δt について)

ここで、気体以外の伝搬時間 Δt について補足説明をする。上で述べた説明では、 Δt は正の値をとるかのように述べたが、実際には、それは超音波送受波器の構造に依存し、負の値をとることもある。図 4 に典型的な 2 種類の超音波送受波器の構造とそれらの設置例を示して、このことを詳しく説明する。

【 0 0 6 3 】

まず、超音波送受波器が図 4 (a) に示す構造の場合について述べる。超音波送受波器は対向して一対が設置される。高精度の測定が要求される場合、超音波伝搬距離 L は測定管に精度よく準備した段差間の距離 L で定義されることが一般的である。前面層の厚さ l_1 は、実際は二つの送受波器で微妙に異なるが、ここでの説明では等しいものとしても差し支えない。

【 0 0 6 4 】

気体中の音速を C 、気体以外すなわち前面層を通過する音速を C' とすると超音波往復伝搬時間 t は次の式で表される。

【 0 0 6 5 】

【 数 1 3 】

$$t = \frac{2L}{C} + \frac{4l_1}{C'}$$

【 0 0 6 6 】

ここで、理論的な気体中の伝搬時間 t_T は上式の第一項で表される。したがって、気体以外の伝搬時間 Δt は次式で表され、正の値で求められる。

【 0 0 6 7 】

【 数 1 4 】

$$\Delta t = t - t_T = \frac{4l_1}{C'}$$

【 0 0 6 8 】

ここで、 L は製作過程で精度良く管理されている値であるが、 l_1 と C' はやや不確かな値である。特に、前面層がプラスチックなど材料個々のバラツキが大きい材料の場合は、 C' は不確かさが大きくなる。したがって、 Δt は伝搬時間の中の不確かな部分を一括して扱っている数値である。

しかし、超音波送受波器が図 4 (b) に示す構造の場合には様子が異なる。それについて述べる。ここでも超音波送受波器間の距離は L である。前面層の厚さは $l_1 + l_2$ で

あり、そのうち l_2 の部分は、測定管の基準である段差より内側に飛び出している。したがって、超音波往復伝搬時間 t は次の式で表される。

【 0 0 6 9 】

【 数 1 5 】

$$t = \frac{2L}{C} - \frac{4\ell_2}{C} + \frac{4(\ell_1 + \ell_2)}{C'}$$

【 0 0 7 0 】

ここでも、 l_1 、 l_2 、 C' はやや不確かな値であり、 L だけが精度良く管理されている値である。そこで、ここでも、理論的な気体中の伝搬時間 t_T は上式の第一項で表すことになる。そして、気体以外の伝搬時間 Δt は次式で表され、伝搬時間の中の不確かな部分を一括して扱っている数値である。

【 0 0 7 1 】

【 数 1 6 】

$$\Delta t = -\frac{4\ell_2}{C} + \frac{4(\ell_1 + \ell_2)}{C'}$$

【 0 0 7 2 】

気体が空気の場合、気体中の音速はおおよそ $C = 350 \text{ m/s}$ であり、前面層の音速は、 $C' = 3000 \text{ m/s}$ 程度である。前面層の典型的な厚さは、 $l_1 = 2 \text{ mm}$ 、 $l_2 = 1 \text{ mm}$ である。これらの数値を代入して計算すると $\Delta t = -7.4 \mu\text{s}$ と負の値になる。これは、気体中の音速 C と前面層の音速 C' が 10 倍近くも差があることによって起きている。

【 0 0 7 3 】

(3 種類以上の気体の混合気体)

ここでは、被測定気体が 3 種類以上の気体が混合された気体である場合に、2 種類の気体についてはその混合比が未知であり、その他の気体について名称、分子量、構成原子数および混合比が既知または別途計測値が入手できるときに、それらを予め入力する場合は、未知の 2 種類の気体の混合比を求めることができることについて述べる。ここでは一つの例を用いて説明する。

【 0 0 7 4 】

例として、比較的単純な場合の呼気について述べる。今、吸気で患者が吸い込んだ気体が酸素と窒素の混合気体であり、それらの濃度と分子量は、それぞれ α_A 、 α_B 、 M_A 、 M_B として知られているとすると吸気の分子量 M と音速 C は、上で述べたように次の式で表される。ただし、 γ は比熱比、 R は気体定数、 T は絶対温度である。

【 0 0 7 5 】

【 数 1 7 】

$$M = \alpha_A M_A + \alpha_B M_B$$

【 0 0 7 6 】

【 数 1 8 】

$$\alpha_A + \alpha_B = 1$$

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

【数 1 9】

$$C = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

【0 0 7 8】

比較的単純な場合の呼気については、酸素の一部が二酸化炭素となると考えることができる。すると、窒素の濃度は変わらずに酸素の濃度が $\alpha' A$ に変り、二酸化炭素の濃度が $\alpha' C$ 、そして窒素の濃度は $\alpha' B = \alpha B$ となる。すなわち、呼気は3種類の気体の混合気体であり、窒素の濃度は分かっているが、残りの2種類の気体である酸素と二酸化炭素の濃度が未知の例である。

10

【0 0 7 9】

酸素、二酸化炭素、および窒素の分子量は、 M_A 、 M_C 、 M_B とすると、呼気の分子量と音速は次式で表される。

【0 0 8 0】

【数 2 0】

$$M' = \alpha'_A M_A + \alpha'_B M_B + \alpha'_C M_C$$

【0 0 8 1】

【数 2 1】

20

$$\alpha'_A + \alpha'_B + \alpha'_C = 1$$

【0 0 8 2】

【数 2 2】

$$\alpha'_A + \alpha'_C = \alpha_A$$

【0 0 8 3】

【数 2 3】

30

$$C = \sqrt{\frac{\gamma' RT}{M'}}$$

【0 0 8 4】

ここで、比熱比が γ' に変化することに注意を要する。窒素や酸素のように2原子分子の比熱比は 1.4、二酸化炭素のような3原子分子の比熱比は 1.333となる。このような2原子分子と3原子分子が混合した気体の比熱比は、それらの濃度分の寄与となり次の式で表される。

【0 0 8 5】

【数 2 4】

40

$$\gamma' = 1.4(\alpha'_A + \alpha'_B) + 1.333\alpha'_C$$

【0 0 8 6】

したがって、(17) ~ (21) 式は次のように展開される。

【0 0 8 7】

【数 2 5】

$$M' = \alpha'_A M_A + \alpha'_B M_B + \alpha'_C M_C = \frac{RT}{C^2} (1.4(\alpha'_A + \alpha'_B) + 1.333\alpha'_C)$$

50

【 0 0 8 8 】

ここで、次のようにおいて式を整理する。

【 0 0 8 9 】

【 数 2 6 】

$$k = \frac{RT}{C^2} \quad \alpha'_C = \alpha_A - \alpha'_A \quad \alpha'_B = \alpha_B \quad \alpha_B = 1 - \alpha_A$$

【 0 0 9 0 】

【 数 2 7 】

$$\alpha'_A (M_A - M_C) + \alpha_B M_B + \alpha_A M_C = k (\alpha'_A (1.4 - 1.333) + 1.4 \alpha_B + 1.333 \alpha_A)$$

10

【 0 0 9 1 】

最終的に、呼気の酸素濃度は、呼気の音速Cと温度T、気体定数Rで定まるkの値と各気体の分子量と、吸気中の酸素濃度を用いて次式で求められる。

【 0 0 9 2 】

【 数 2 8 】

$$\alpha'_A = \frac{\alpha_A (M_C - 1.333k) + (1 - \alpha_A) (M_B - 1.4k)}{0.067k + M_C - M_A}$$

20

【 0 0 9 3 】

上で述べた手順は、4種類以上の混合気体であっても、ヘリウムのような1原子分子の気体が混合されていても、未知の気体が2種類に限定されているとすると、ほとんど同じものになる。

【 0 0 9 4 】

(埋め込み型温度センサ、湿度センサ)

ここでは、温度センサと湿度センサを流量計の測定管内部に設置し、管壁に埋め込む方式にしたことについて、図5を用いて補足説明する。

【 0 0 9 5 】

図5は、超音波流量計の測定管の上部の管壁断面だけを示している。図1の上部だけに相当するものである。中央に超音波送受波器とそれが設置される枝管部が示されている。この図では、その右側に温度センサ5が配置されている。温度センサ5は、サーミスタで構成されている。設置方式の特徴は、管壁の一部にほぼ完全に埋め込まれており、サーミスタは管壁の薄いプラスチック壁1cを介して測定管内の温度を測定している。管内に飛び出す部分がないことが特徴である。

30

【 0 0 9 6 】

この図では、湿度センサ6は、超音波送受波器の左側に設置されている。くし型電極で、電極間の静電容量を測定することで水蒸気量を算定する方式である。こちらは、水蒸気に対する感度を鋭敏にするため、センサ前面が管内の気体に対して露出させているが、前面は、ほぼ管壁面と同一面になっており、管内への飛び出し部分はなく、さらに測定管流路1に対して窪みをなさない構造としている。

40

【 0 0 9 7 】

(記号の説明)

t：超音波伝搬時間を一般的に示すときに用いている。

t_U：下流側超音波送受波器SDから超音波を流路に放射してから該超音波が上流側超音波送受波器SUに到達するまでの超音波伝搬時間であり、本文中では実測値を示している場合が多い。

t_D：上流側超音波送受波器SUから超音波を流路に放射してから該超音波が下流側超音波送受波器SDに到達するまでの超音波伝搬時間であり、本文中では実測値を示している場合が多い。

50

t_R : 測定された伝搬時間 t_U 、 t_D の和であり、超音波往復伝搬時間である。

$$t_R = t_U + t_D$$

t_C : t_R を特定の温度および湿度での値に補正された値である。

Δt : 気体以外を伝搬する時間であり、温度湿度補正されたものになる。

すなわち t_C から、その特定の温度湿度での理論的な伝搬時間 t_T を差し引き、

$$\Delta t = t_C - t_T \text{ で求める}$$

例えば、工場で出荷時に Δt を求める場合、予め濃度が調整された混合気体に対して、工場で予め定められた温度と相対湿度の条件での超音波往復伝搬時間 t_R から、

(5) 式で $t_C = t_{d30}$ を求めておく。

t_T : 、理論的伝搬時間であり、乾燥気体で温度 T °K、分子量 M の場合は、次の式で求められる。 t_G : 気体中だけを伝搬する時間であり、 $t_G = t_C - \Delta t$ となる。

10

【0098】

【数29】

$$t_T = 2L \sqrt{\frac{M}{\gamma RT}}$$

【符号の説明】

【0099】

1	測定管流路	20
1 a	上流側	
1 b	下流側	
2	超音波送受波器 S_U	
3	超音波送受波器 S_D	
4	測定管	
5	温度センサ S_T	
6	湿度センサ S_H	
7	伝搬時間測定手段	
8	温度湿度補正手段	
9	気体伝搬時間測定手段	30
10	音速演算手段	
11	諸元入力手段	
12	ガス濃度演算手段	
13	振動板	
14	ケース	
14 a	前面	
15	リード線	
16	制御部	
17	送信回路 T_D	
18	受信回路 R_D	40
19	切換器	
20	比較器	
21	送信回路 T_U	
22	受信回路 R_U	
23	温度湿度入力手段	
24	気体中伝搬時間算出手段	
25	気体以外の伝搬時間 Δt の入力手段	

フロントページの続き

- (74)代理人 100095337
弁理士 福田 伸一
- (74)代理人 100095061
弁理士 加藤 恭介
- (72)発明者 茂木 良平
秋田県秋田市飯島文京町 1 番 1 号 秋田工業高等専門学校内
- (72)発明者 小笠原 雄二
秋田県秋田市新屋町字砂奴寄 4 - 1 1 秋田県産業技術総合研究センター内
- (72)発明者 田中 義克
秋田県秋田市牛島東 1 丁目 1 1 番 8 号 株式会社ホクシンエレクトロニクス内
- (72)発明者 貝塚 洋
秋田県秋田市牛島東 1 丁目 1 1 番 8 号 株式会社ホクシンエレクトロニクス内
- (72)発明者 細川 嘉寛
秋田県秋田市牛島東 1 丁目 1 1 番 8 号 株式会社ホクシンエレクトロニクス内
- (72)発明者 清水 浩樹
秋田県秋田市牛島東 1 丁目 1 1 番 8 号 株式会社ホクシンエレクトロニクス内
- (72)発明者 新田 一福
埼玉県川口市川口 2 丁目 1 2 番 1 8 号 株式会社メトラン内
- F ターム(参考) 4C038 SU18
4C117 XE23 XE37

专利名称(译)	氧气浓度计采用超声波流量计		
公开(公告)号	JP2012239690A	公开(公告)日	2012-12-10
申请号	JP2011113374	申请日	2011-05-20
[标]申请(专利权)人(译)	日幸制作所股份有限公司 秋田县 北辰ELECTRONICS 美全股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	独立行政法人国立高等专门学校机构 秋田县 有限公司北辰电子 株式会社メトラン		
[标]发明人	茂木良平 小笠原雄二 田中義克 貝塚洋 細川嘉寛 清水浩樹 新田一福		
发明人	茂木 良平 小笠原 雄二 田中 義克 貝塚 洋 細川 嘉寛 清水 浩樹 新田 一福		
IPC分类号	A61M16/00 A61B5/08 A61B5/00 A61M16/10		
FI分类号	A61M16/00.370.Z A61B5/08 A61B5/00.L A61M16/10.Z A61M16/00.370.A		
F-TERM分类号	4C038/SU18 4C117/XE23 4C117/XE37		
代理人(译)	福田贤三 福田进一 加藤恭介		
其他公开文献	JP5938597B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种使用超声波流量计的氧气浓度计，以准确地获得含氧的混合气体的混合比。 解决方案：一对超声波发送器/接收器SU，SD彼此相对，分别布置在超声波流量计的测量管道通道1的上游侧和下游侧，并测量测量管道通道1中的温度和湿度。对于温度传感器ST，湿度传感器SH，从SU到SD的超声波传播时间tD，用于测量从SD到SU的超声波传播时间tU以及tU和tD之和的传播时间测量装置 然后，温度-湿度校正装置将其在特定的温度和湿度下转换为值tC，并通过从tC中减去除气体以外的传播时间 Δt ，气体传播时间测量而将其仅转换为气体的时间tG。 装置，用于使用tG等来计算混合气体的声速C的声速计算装置，用于预先输入两种待测气体的规格以及计算出的声速C，混合气体的装置 气体浓度计算装置，用于计算内部的两种气体的气体浓度。 [选型图] 图1

