



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103439055 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 11

(21) 申请号 201310233244. X

(22) 申请日 2013. 06. 13

(71) 申请人 中国计量学院

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区学源街 258 号

(72) 发明人 郭斌 王学影 罗哉 陆艺 范伟军 易姣

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 杜军

(51) Int. Cl.

G01M 3/02 (2006. 01)

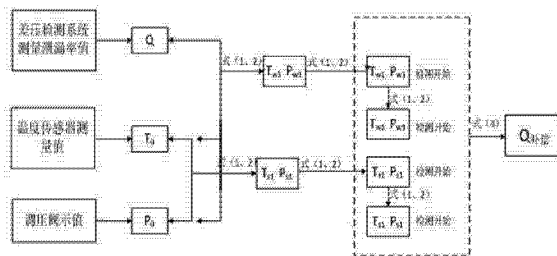
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种新的差压气密性检测温度补偿方法

(57) 摘要

本发明公开了一种新的差压气密性检测温度补偿方法,该方法根据密闭固定容腔充放气时温度随时间变化的关系,结合差压气密性检测各阶段特性分析容腔内气体温度随时间变化的关系。通过在稳压储气罐中安装一个温度传感器测量气源温度、调压阀示值获得气源压力、被测容腔没有温度补偿情况下测得的泄漏率值作为参数,根据温度随时间变化关系分别计算标准容腔与被测容腔内气体温度,将温度值代入泄漏率温度补偿公式后计算补偿泄漏率值。本发明通过求解标准腔和被测腔的温度,计算泄漏量时将温度考虑在内,使获得的泄漏量值更接近真实值,提高仪器检测精度;阀门控制采用气控阀,避免阀门开关时产生热量,增加计算温度与实际温度的误差。



1. 一种新的差压气密性检测温度补偿方法,其特征在于,该方法具体包括以下步骤:

向固定密闭容腔内充放气时,根据气体状态方程和能量守恒方程可推导出容腔内气体温度 T 和压力 P 随时间 t 变化的关系式为:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{R}{C_v V} [GC_p T_0 + hS_h (T_a - T)] \quad (1)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{RT}{C_v PV} [GC_p T_0 - GC_v T + hS_h (T_a - T)] \quad (2)$$

式中 R 为气体常数; C_v 为气体容积比热; C_p 为气体压力比热; V 为容腔体积; h 为传热系数; S_h 为传热面积; T_a 为室内温度; G 为流入容腔内的质量流量; 充气时, P_0 、 T_0 分别为气源压力和气源温度; 放气时, P_0 、 T_0 分别为容器内气体的压力和温度;

将传热系数 h 设为定值,质量流量 G 可通过气源温度 T_0 、气源压力 P_0 、容腔内气体的压力 P 计算得到,其余参数均为常量或可测量量;

质量流量 G 的计算公式为:

$$G = \begin{cases} S_e P_0 \cdot \frac{K_G}{\sqrt{T_0}} & P/P_0 \leq 0.5 \\ S_e P_0 \cdot \frac{K_G}{\sqrt{T_0}} \cdot 2 \sqrt{\frac{P}{P_0} \left(1 - \frac{P}{P_0}\right)} & P/P_0 > 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

$$K_G = \sqrt{\frac{k}{R} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} = 0.04043 \quad k \text{ 为空气的比热比};$$

S_e 为进气口有效截面积,等于进气口实际截面积与缩流系数的乘积,缩流系数通常取值 0.9;

差压气密性检测仪进行检测的过程包括四个阶段:充气阶段,平衡阶段,检测阶段,排气阶段;

充气阶段,联立式 (1)、式 (2) 和式 (3) 可直接计算出标准容腔充气结束时气体的压力和温度,记为 P_{s1} 和 T_{s1} ;

根据式 (1)、式 (2) 和式 (3) 计算被测容腔内气体的压力和温度时,流入容腔内的质量流量需减去泄漏率 Q ; 计算得充气结束时被测容腔内气体的压力和温度记为 P_{w1} 和 T_{w1} ;

平衡阶段,气体压力较大的容腔内气体会流向压力较小的容腔; 因为被测容腔会有泄漏,标准容腔密封性完好且充气时两容腔内的气体会充满,容腔内气体压力值都会达到气源压力值; 因此,通常是标准容腔内的气体流向被测容器,将标准容腔气体的流动看作一个容器内气体压力和温度为 P_{s1} 和 T_{s1} 向外界环境压力和温度为 P_{w1} 和 T_{w1} 排气的过程,被测容腔内气体流动看作一个压力和温度为 P_{s1} 和 T_{s1} 的气源向被测容腔充气的过程; 联立式 (1), (2), (3) 可分别计算平衡过程中两容腔内气体的压力 P_{s2} 、 P_{w2} 和温度 T_{s2} 、 T_{w2} ;

平衡结束时,关闭平衡阀进行检测; 检测过程中没有气体质量的流入,因此 $G=0$, 再联

立式 (1), (2) 计算两容腔气体的压力 P_{s3} 、 P_{w3} 和温度 T_{s3} 、 T_{w3} ;

通过上述分析计算获得的标准腔和被测腔在检测阶段前后内部气体的温度, 根据气体状态方程推导出泄漏量的计算公式为 :

$$Q = \left(\frac{P_B}{T_{w2}} - \frac{P_B T_{s3}}{T_{s2} T_{w3}} - \frac{\Delta P}{T_{w3}} \right) \cdot V_w \cdot \frac{P_0}{T_a} \cdot \frac{60}{t} \quad (4)$$

式中 P_B 为平衡结束时的压力, $P_B = P_{s2} = P_{w2} = P_{s3} + \Delta P$; V_w 为被测腔体积 ; ΔP 为差压传感器数值 ; P_a 和 T_a 分别为大气压力和室内温度 ; t 为时间, 单位 s ; Q 为泄漏率, 单位 mL/min。

一种新的差压气密性检测温度补偿方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种工业密封件检测装置,具体涉及密封件检测装置的温度补偿功能。

背景技术

[0002] 密封性能是工业中密封器件的一项关键指标,而泄漏检测是保证密封性能最为关键的手段之一。随着测漏技术的发展,特别是气体测漏仪的研究使得测漏技术得到了更广泛的应用,但是如何高精度地快速检测泄漏量,一直未能得到圆满的解决。相对于其他传统泄漏检测方法,差压式因其精度高,能够实现定量检测等优点,逐渐成为气密性检测的主流。但这两种方法仍存在不足之处,它的测量原理建立在标准容器(无泄漏)与被测容器等温过程上的,尽管采取了气路完全对称等措施,实际测量过程中对系统进行充气加压、不均匀泄漏均会产生两个容器之间的温度差异。温度差异对检测结果又决定性的影响,因此,对检测进行温度补偿显得十分必要。

发明内容

[0003] 本发明针对现有技术的不足,提出了一种新的差压气密性检测温度补偿方法。

[0004] 本发明解决的技术问题所采用的技术方案如下:

本方法根据密闭固定容腔充放气时温度随时间变化的关系,结合差压气密性检测各个阶段的不同特性分析出各阶段时容腔内气体温度随时间变化的关系。将被测容腔没有温度补偿情况下测得的泄漏率值作为参数,根据温度变化关系分别计算出标准容腔与被测容腔内气体的温度,将温度值代入泄漏率温度补偿公式计算补偿后的泄漏率值。

[0005] 本发明一种新的差压气密性检测温度补偿方法,该方法具体包括以下步骤:

向固定密闭容腔内充放气时,根据气体状态方程和能量守恒方程可推导出容腔内气体温度 T 和压力 P 随时间 t 变化的关系式为:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{R}{C_v V} [GC_p T_0 + hS_h (T_a - T)] \quad (1)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{RT}{C_v PV} [GC_p T_0 - GC_v T + hS_h (T_a - T)] \quad (2)$$

式中 R 为气体常数; C_v 为气体容积比热; C_p 为气体压力比热; V 为容腔体积; h 为传热系数; S_h 为传热面积; T_a 为室内温度; G 为流入容腔内的质量流量;充气时, P_0 、 T_0 分别为气源压力和气源温度;放气时, P_0 、 T_0 分别为容器内气体的压力和温度。

[0006] 将传热系数 h 设为定值,质量流量 G 可通过气源温度 T_0 、气源压力 P_0 、容腔内气体的压力 P 计算得到,其余参数均为常量或可测量量。

[0007] 质量流量 G 的计算公式为:

$$G = \begin{cases} S_e P_0 \cdot \frac{K_G}{\sqrt{T_0}} & P/P_0 \leq 0.5 \\ S_e P_0 \cdot \frac{K_G}{\sqrt{T_0}} \cdot 2 \sqrt{\frac{P}{P_0} \left(1 - \frac{P}{P_0}\right)} & P/P_0 > 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

$$K_G = \sqrt{\frac{k}{R} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} = 0.04043$$

, k 为空气的比热比。

Se 为进气口有效截面积,等于进气口实际截面积与缩流系数的乘积,缩流系数通常取值 0.9。

[0008] 差压气密性检测仪进行检测的过程包括四个阶段:充气阶段,平衡阶段,检测阶段,排气阶段。

[0009] 充气阶段,联立式 (1)、式 (2) 和式 (3) 可直接计算出标准容腔充气结束时气体的压力和温度,记为 P_{s1} 和 T_{s1} 。

[0010] 根据式 (1)、式 (2) 和式 (3) 计算被测容腔内气体的压力和温度时,流入容腔内的质量流量需减去泄漏率 Q。计算得充气结束时被测容腔内气体的压力和温度记为 P_{w1} 和 T_{w1} 。

[0011] 平衡阶段,气体压力较大的容腔内气体会流向压力较小的容腔。因为被测容腔会有泄漏,标准容腔密封性完好且充气时两容腔内的气体会充满,容腔内气体压力值都会达到气源压力值。因此,通常是标准容腔内的气体流向被测容器,将标准容腔气体的流动看作一个容器内气体压力和温度为 P_{s1} 和 T_{s1} 向外界环境压力和温度为 P_{w1} 和 T_{w1} 排气的过程,被测容腔内气体流动看作一个压力和温度为 P_{s1} 和 T_{s1} 的气源向被测容腔充气的过程。联立式 (1), (2), (3) 可分别计算平衡过程中两容腔内气体的压力 P_{s2} 、 P_{w2} 和温度 T_{s2} 、 T_{w2} 。

[0012] 平衡结束时,关闭平衡阀进行检测。检测过程中没有气体质量的流入,因此 $G=0$,再联立式 (1), (2) 计算两容腔气体的压力 P_{s3} 、 P_{w3} 和温度 T_{s3} 、 T_{w3} 。

[0013] 通过上述分析计算获得的标准腔和被测腔在检测阶段前后内部气体的温度,根据气体状态方程推导出泄漏量的计算公式为:

$$Q = \left(\frac{P_B}{T_{w2}} - \frac{P_B T_{s3}}{T_{s2} T_{w3}} - \frac{\Delta P}{T_{w3}} \right) \cdot V_w \cdot \frac{P_0}{T_a} \cdot \frac{60}{t} \quad (4)$$

式中 P_B 为平衡结束时(即检测开始时)的压力, $P_B = P_{s2} = P_{w2} = P_{s3} + \Delta P$; V_w 为被测腔体积; ΔP 为差压传感器数值; P_a 和 T_a 分别为大气压力和室内温度; t 为时间,单位 s; Q 为泄漏率,单位 mL/min。

[0014] 本发明的有益效果:1) 通过求解标准腔和被测腔的温度,计算泄漏量时将温度考虑在内,使获得的泄漏量值更接近真实值,提高仪器检测精度;2) 阀门控制采用气控阀,避免阀门开关时产生热量,增加计算温度与实际温度的误差。

附图说明

[0015] 图 1 所示的是本发明设计的气动回路图；

图 2 温度补偿方法的实施流程图。

[0016] 图中：1. 气源；2. 气动二联件；3. 稳压储气罐；4. 温度传感器；5. 调压阀；6. 消声器；V0-V2. 二位五通电磁阀；V3. 充气总阀；V3' . 排气阀；V4, V4' . 进气阀；V5. 平衡阀；7. 差压传感器；8. 压力传感器。

具体实施方式

[0017] 以下结合附图进一步说明本发明。

[0018] 本发明一种新的差压气密性检测温度补偿方法，该方法包括以下步骤：向固定密闭容腔内充放气时，根据气体状态方程和能量守恒方程可推导出容腔内气体温度 T 和压力 P 随时间 t 变化的关系式为：

$$\frac{dP}{dt} = \frac{R}{C_v V} [GC_p T_0 + hS_h (T_a - T)] \quad (1)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{RT}{C_p PV} [GC_p T_0 - GC_p T + hS_h (T_a - T)] \quad (2)$$

式中 R 为气体常数；C_v 为气体容积比热；C_p 为气体压力比热；V 为容腔体积；h 为传热系数；S_h 为传热面积；T_a 为室内温度；G 为流入容腔内的质量流量；充气时，P₀、T₀ 分别为气源压力和气源温度；放气时，P₀、T₀ 分别为容器内气体的压力和温度。

[0019] 将传热系数 h 设为定值，质量流量 G 可通过气源温度 T₀、气源压力 P₀、容腔内气体的压力 P 计算得到，其余参数均为常量或可测量量。

[0020] 质量流量 G 的计算公式为：

$$G = \begin{cases} S_e P_0 \cdot \frac{K_G}{\sqrt{T_0}} & P/P_0 \leq 0.5 \\ S_e P_0 \cdot \frac{K_G}{\sqrt{T_0}} \cdot 2 \sqrt{\frac{P}{P_0} \left(1 - \frac{P}{P_0}\right)} & P/P_0 > 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

$$K_G = \sqrt{\frac{k}{R} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} = 0.04043, \quad k \text{ 为空气的比热比。}$$

S_e 为进气口有效截面积，等于进气口实际截面积与缩流系数的乘积，缩流系数通常取值 0.9。

[0021] 差压气密性检测仪进行检测的过程包括四个阶段：充气阶段，平衡阶段，检测阶段，排气阶段。

[0022] 充气阶段，联立式 (1)、式 (2) 和式 (3) 可直接计算出标准容腔充气结束时气体的压力和温度，记为 P_{s1} 和 T_{s1}。

[0023] 根据式 (1)、式 (2) 和式 (3) 计算被测容腔内气体的压力和温度时, 流入容腔内的质量流量需减去泄漏率 Q 。计算得充气结束时被测容腔内气体的压力和温度记为 P_{w1} 和 T_{w1} 。

[0024] 平衡阶段, 气体压力较大的容腔内气体会流向压力较小的容腔。因为被测容腔会有泄漏, 标准容腔密封性完好且充气时两容腔内的气体会充满, 容腔内气体压力值都会达到气源压力值。因此, 通常是标准容腔内的气体流向被测容器, 将标准容腔气体的流动看作一个容器内气体压力和温度为 P_{s1} 和 T_{s1} 向外界环境压力和温度为 P_{w1} 和 T_{w1} 排气的过程, 被测容腔内气体流动看作一个压力和温度为 P_{s1} 和 T_{s1} 的气源向被测容腔充气的过程。联立式 (1), (2), (3) 可分别计算平衡过程中两容腔内气体的压力 P_{s2} 、 P_{w2} 和温度 T_{s2} 、 T_{w2} 。

[0025] 平衡结束时, 关闭平衡阀进行检测。检测过程中没有气体质量的流入, 因此 $G=0$, 再联立式 (1), (2) 计算两容腔气体的压力 P_{s3} 、 P_{w3} 和温度 T_{s3} 、 T_{w3} 。

[0026] 通过上述分析计算获得的标准腔和被测腔在检测阶段前后内部气体的温度, 根据气体状态方程推导出泄漏量的计算公式为:

$$Q = \left(\frac{P_B}{T_{w2}} - \frac{P_B T_{s3}}{T_{s2} T_{w3}} - \frac{\Delta P}{T_{w3}} \right) \cdot V_w \cdot \frac{P_0}{T_a} \cdot \frac{60}{t} \quad (4)$$

式中 P_B 为平衡结束时 (即检测开始时) 的压力, $P_B = P_{s2} = P_{w2} = P_{s3} + \Delta P$; V_w 为被测腔体积; ΔP 为差压传感器数值; P_a 和 T_a 分别为大气压力和室内温度; t 为时间, 单位 s; Q 为泄漏率, 单位 mL/min。

[0027] 如图 1、图 2 所示, 工业气源 1 通过气动二联件 2 干燥、过滤后存储在稳压储气罐 3 中, 供给两个气动支路。一个支路通过调压阀 5 控制气源压力, 通向二位五通电磁阀 V0-V2, 采用二位五通电磁的充排气方向控制检测回路中气控阀的通断。V3x, V3y 表示分别连接气控阀 V3 的 x 和 y 端, V4x、V4y、V5x、V5y 与之相同。

[0028] 另一支路通向检测回路, 通过调压阀 5 控制气源压力, 用来维持差压气密性检测的操作。差压气密性检测包括四个阶段: 充气阶段; 平衡阶段; 检测阶段; 排气阶段。充气阶段, V3、V4、V4' 通, V3'、V5 关闭; 平衡阶段时, 先关闭 V4、V4' 再关闭 V3, 打开 V5; 检测阶段, 其他阀不变, 关闭 V5, 被测腔有泄漏时, 差压传感器 7 测量两边压差, 再通过差压值计算容器泄漏率; 排气阶段, V3'、V4、V4'、V5 全打开, 气体从 V3' 排出, 消声器 6 起消除噪声的作用。

[0029] 气源充入稳压储气罐时, 容器内的气体可以达到稳定状态, 此时用一个温度传感器 4 可测量出气源的温度。在实际检测操作时还需测量室内温度, 用来计算容器内气体的温度, 从而对仪器检测结果进行温度补偿。

[0030] V0-V1 为二位五通阀用来控制气控阀 V3-V5。V3 通时 V3' 闭, V3 闭时 V3' 通, V4 和 V4' 为同通同闭, 因此 V3 和 V3'、V4 和 V4' 分别使用同一二位五通阀控制。

[0031] 测试时, 首先打开 V3、V4 和 V4' 进行充气 (平衡阀 V5 关闭), 一段时间后关闭 V4 和 V4' 再关闭 V3 停止充气, 打开 V5 对两腔气体进行平衡, 平衡一段时间后关闭 V5 进入检测阶段, 再打开 V4 和 V4'、V5 将气体排出, 检测过程结束。

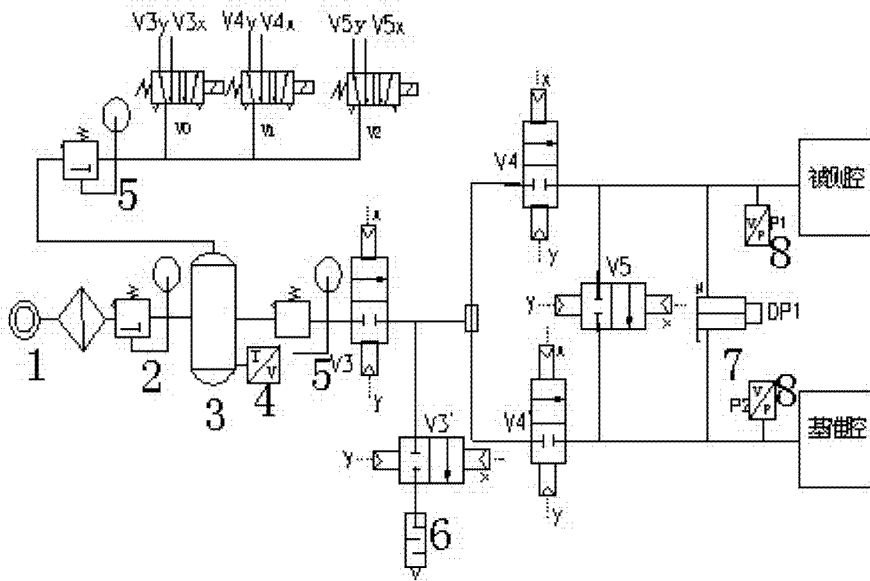


图 1

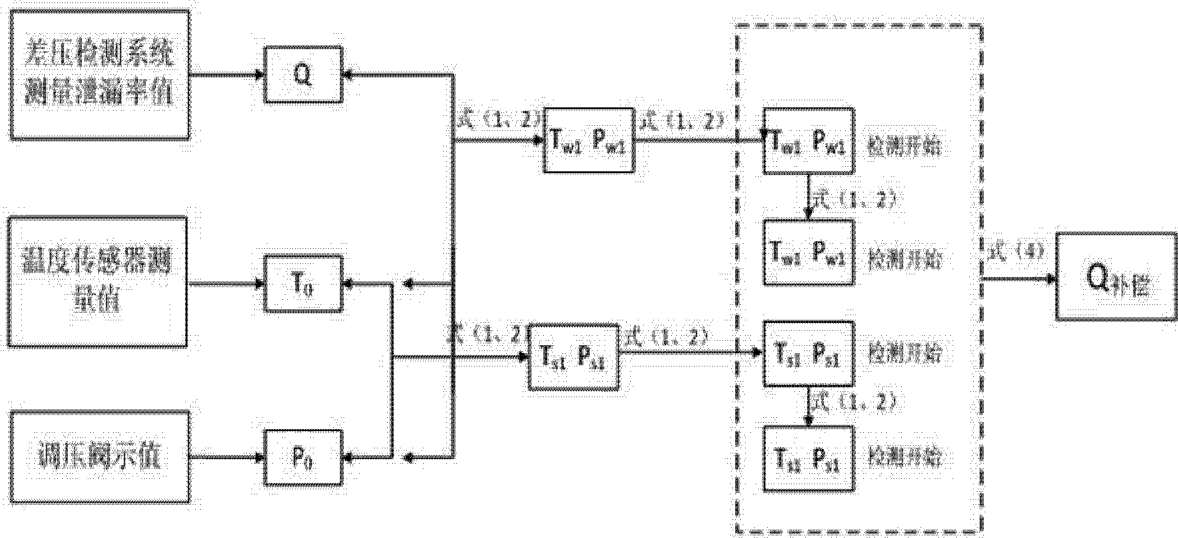


图 2