



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 12007255 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 30

(21) 申请号 202380071955.3

(22) 申请日 2023.10.02

(30) 优先权数据

102022129858.2 2022.11.11 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.04.09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2023/077236 2023.10.02

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2024/099639 DE 2024.05.16

(71) 申请人 英福康有限责任公司

地址 德国科隆

(72) 发明人 丹尼尔·维茨格

马克西米利安·赖斯曼

亚尔马尔·布鲁恩斯

(74) 专利代理机构 深圳中一联合知识产权代理有限公司 44414

专利代理师 张威

(51) Int.Cl.

G01M 3/20 (2006.01)

G01M 3/22 (2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图1页

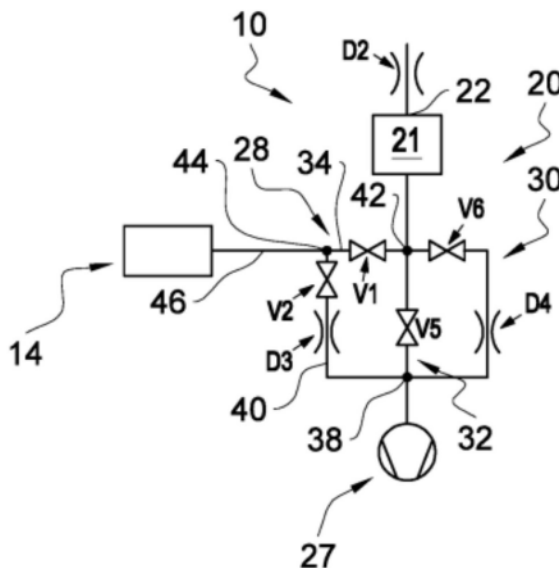
(54) 发明名称

用于对测试样品进行泄漏检测的载气泄漏检测系统及载气泄漏检测方法

(57) 摘要

在用于对测试样品进行泄漏检测的载气泄漏检测系统(10)中,包括气体检测器(12)、具有至少第一测试室入口(22)、测试室出口(26)和抽空该测试室出口(26)的测试室真空泵(27)的测试室(20),以及以气体传导方式将测试室出口(26)连接到检测器容积入口(15)和测试室真空泵(27)的第一气体管路(28),其中设置有用于预设通过第一测试室入口(22)的载气流量的第二流量节流阀(D2)、将测试室出口(26)连接到与第一气体管路(28)平行的测试室真空泵(27)的第二气体管路(30),第一气体管路(28)和第二气体管路(30)在第一连接点(38)处以气体传导方式连接到测试室真空泵(27),第三流量节流阀(D3)在第一气体管路(28)的检测器部分(40)中,第一气体管路(28)位于第一连接点(38)和检测器容积入口(15)之间,第四流量节流阀(D4)在第二气体管路(30)中,第二气体管路(30)位于测试室出

口(26)和第一连接点(38)之间,因此第三流量节流阀(D3)和第四流量节流阀(D4)形成流量分配器,使得可以使用测试室真空泵(27)从测试室(20)抽空通过第一气体管路(28)的第一部分流量和通过第二气体管路(30)的第二部分流量。



1. 用于对测试样品进行泄漏检测的载气泄漏检测系统(10),包括:
气体检测器(12);
测试室(20),所述测试室(20)具有至少第一测试室入口(22)、测试室出口(26)和用于抽空所述测试室出口(26)的测试室真空泵(27),以及
第一气体管路(28),所述第一气体管路(28)以气体传导方式将所述测试室出口(26)连接到检测器容积入口(15)和所述测试室真空泵(27),
其特征在于,
第二流量节流阀(D2),所述第二流量节流阀(D2)用于预设通过所述第一测试室入口(22)的载气流量,
第二气体管路(30),所述第二气体管路(30)将所述测试室出口(26)连接到与所述第一气体管路(28)平行的所述测试室真空泵(27),所述第一气体管路(28)和所述第二气体管路(30)在第一连接点(38)处以气体传导方式连接到所述测试室真空泵(27),
在所述第一气体管路(28)的检测器部分(40)中的第三流量节流阀(D3),所述第一气体管路(28)位于所述第一连接点(38)与所述检测器容积入口(15)之间,以及
在所述第二气体管路(30)中的第四流量节流阀(D4),所述第二气体管路(30)位于所述测试室出口(26)与所述第一连接点(38)之间,
使得所述第三流量节流阀(D3)和所述第四流量节流阀(D4)形成流量分配器,使得能够使用所述测试室真空泵(27)从所述测试室(20)中抽空通过所述第一气体管路(28)的第一部分流量和通过所述第二气体管路(30)的第二部分流量。
2. 根据权利要求1所述的载气泄漏检测系统(10),其特征在于,所述第三节流阀(D3)的传导率 S_3 低于所述第四节流阀(D4)的传导率 S_4 。
3. 根据权利要求1或2所述的载气泄漏检测系统(10),其特征在于,在所述测试室出口(26)和所述检测器容积入口(15)之间的所述第一气体管路(28)的测试室部分(34)包括可选择性关闭的第一阀门(V1),并且所述检测器部分(40)包括在所述第一流量节流阀(D1)和所述第三流量节流阀(D3)之间的可选择性关闭的第二阀门(V2)。
4. 根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10),其特征在于,所述第一测试室入口(22)设有可选择性关闭的第三阀门(V3)。
5. 根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10),其特征在于,所述测试室(20)包括至少一个第二测试室入口(24),所述第二测试室入口(24)用于利用可选择性关闭的第四阀门(V4)对所述测试室(20)进行通风或冲洗。
6. 根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10),其特征在于,所述测试室出口(26)通过第三气体管路(32)经由所述第一连接点(38)连接到所述测试室真空泵(27),所述第三气体管路(32)设有可选择性关闭的第五阀门(V5),并与所述第一和第二气体管路(28、30)平行布置。
7. 根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10),其特征在于,所述第二气体管路(30)包括可选择性关闭的第六阀门(V6)。
8. 根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10),其特征在于,所述气体检测器(12)包括检测器容积(14)、检测器容积入口(15),检测器容积出口(16)和所述检测器容积出口(16)处的检测器真空泵(18),所述检测器容积入口(15)处具有用于压力转换的

第一流量节流阀(D1)。

9. 根据上述权利要求所述的载气泄漏检测系统(10), 其特征在于, 所述气体检测器(12)是质谱仪, 特别是四极质谱仪, 和/或所述检测器真空泵(18)是具有涡轮分子泵和预真空泵的高真空泵系统。

10. 根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10), 其特征在于, 第一压力表(PG1)连接到在所述第一阀门(V1)和所述第一流量节流阀(D1)之间的所述第一气体管路(28), 用于测量所述第一气体管路(28)中的压力。

11. 根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10), 其特征在于, 第二压力表(PG2)连接到在所述第一连接点(38)和所述第三流量节流阀(D3)之间的所述检测器部分(40), 用于测量所述第一气体管路(28)中的压力。

12. 根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10), 其特征在于, 所述测试室(20)连接到第三压力表(PG3), 用于测量所述测试室(20)中的压力。

13. 利用根据上述权利要求中任一项所述的载气泄漏检测系统(10)对测试样品进行泄漏检测的载气泄漏检测方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

- 将测试样品引入测试室(20),
- 用测试室真空泵(27)抽空所述测试室(20),
- 通过第二流量节流阀(D2)将载气供应到包含所述测试样品的所述测试室(20)中,
- 利用所述测试室真空泵(27)抽空所述第二气体管路(30),
- 将第三流量节流阀(D3)和第四流量节流阀(D4)的传导指定为流量分配器, 使得可以使用所述测试室真空泵(27)从所述测试室(20)抽空通过所述第二气体管路(28)的第一部分流量和通过所述第一气体管路(28)的第二部分流量, 以及
- 利用气体检测器分析来自所述第二部分流量的气体。

14. 根据权利要求13所述的载气泄漏检测方法, 其特征在于, 所述气体检测器(12)包括检测器容积(14)和检测器真空泵(18), 所述检测器真空泵(18)将所述检测器容积(14)抽空至气体检测所需的真空压力。

15. 根据权利要求13或14所述的载气泄漏检测方法, 其特征在于, 沿所述第一部分流量的气体流量大于沿所述第二部分流量的气体流量。

用于对测试样品进行泄漏检测的载气泄漏检测系统及载气泄漏检测方法

[0001] 本发明涉及一种用于对测试样品进行泄漏检测的系统及方法。

[0002] 对于使用测试气体进行整体泄漏检测,使用测试气体真空泄漏检测在测试室中对测试样品进行测试。为此,将充满测试气体的测试样品放置在测试室中,然后抽空测试室。使用测试气体检测器在真空系统中测量测试气体分压。通过泄漏从测试样品流入测试室的测试气体可以用载气主动引导到测试气体检测器。为此,将载气连续引入测试室并用真空系统抽出,以便在测试室中形成平衡工作压力。随着载气流的生产,从测试样品中逸出的测试气体被输送到测试气体检测器。存在或测量的信号强度是测试样品泄漏率的量度。根据所需的检测限度,使用不同的检测器来检测测试气体。四极质谱仪用于实现非常高的测试气体灵敏度。四极质谱仪既具有非常高的灵敏度,又具有高选择性。

[0003] 原则上,载气方法还可以与不一定必须在真空或高真空中操作的其他类型的检测器一起使用,该检测器例如是光学检测器或表面传感器。

[0004] 在离子源中 $1E-4$ 毫巴的最佳总压力下可实现最大灵敏度。检测体积中的较低工作压力会导致较低的灵敏度,因为要检测的分子或原子数量较少,而较高的工作压力会导致灵敏度降低,因为空间电荷效应会导致电荷载体损失。如果离子源空间中的带电粒子密度过高,电荷载体相互排斥得太强烈。

[0005] 对于特定的入口压力,在四级质谱仪检测体积的固定吸入能力和压力传感器入口(例如毛细管)的固定传导率下可实现此最佳工作压力。偏离此最佳入口压力通常会对离子源中的总压力产生二次影响。

[0006] 例如,将入口压力减半会导致高真空中的总压力降低到原始值的四分之一。系统的灵敏度随离子源压力的降低而变化,即质谱仪入口处的压力变化会不成比例地降低系统的灵敏度。

[0007] 在载气方法中,载气流量应与测试室中存在的气体体积相适应。这里的目标是在尽可能短的时间内交换室内的气体体积约两到三次($2-3\tau$),以实现泄漏信号的收敛值。

[0008] 原则上,可以降低测试室中的压力以减少要交换的气体体积。然而,这意味着需要额外的时间来抽出腔室,并且会导致泵送系统的成本增加。

[0009] 因此,对于较大的测试室(较大的净腔室体积),必须增加载气流量,对于较小的净体积,则必须减少载气流量。

[0010] 随着载气流量的变化,测试室内的平衡压力也会发生变化。

[0011] 最好使气体检测器处的工作压力(例如质谱气体检测器的检测器容积中的工作压力,尤其是在四极杆质谱仪的情况下)适应测试室内不断变化的工作压力。这也适用于其他类型的检测器。测试室内的工作压力取决于引入测试室的载气量和用于抽空测试室的泵的抽吸能力。该泵在下文中被称为测试室真空泵。通过真空泵的抽吸能力调整检测器容积中或检测器处的工作压力需要大量的技术努力,因此不太实用。在真空检测器的情况下,抽空检测器容积的真空泵在下文中被称为检测器真空泵。

[0012] 在此背景下,本发明的目的是提供一种通过载气泄漏检测对测试样品进行泄漏检

测的系统和方法,其中,载气在气体检测器处的流速和测试室中的压力可以以很少的技术努力进行调整。

[0013] 根据本发明的泄漏检测系统由权利要求1的特征进行定义。根据本发明的泄漏检测方法由权利要求13的特征进行定义。

[0014] 根据本发明的载气泄漏检测系统包括气体检测器和测试室。测试室包括测试室容积,至少一个第一测试室入口和测试室出口通入到该测试室容积,其中抽空测试室容积的测试室真空泵连接到测试室出口。测试室出口通过第一气体管路以气体传导方式连接到气体检测器和测试室真空泵,以便将要分析的气体从测试室供应到检测器。

[0015] 气体检测器可以包括检测器容积入口,该检测器容积入口具有用于在检测器容积入口处进行压力转换的第一流量节流阀。例如,第一流量节流阀可以是检测器容积入口的合适的横截面构造。根据检测器的类型,第一流量节流阀不是绝对必要的。提供第二流量节流阀以在测试室入口处将载气供应到测试室容积中。第二流量节流阀可以包括可调节的传导率以改变载气流量。

[0016] 将测试室出口连接到与第一气体管路平行的气体检测器的第二气体管路在第一连接点处以气体传导的方式连接到测试室真空泵和第一气体管路。在第一连接点和气体检测器之间的第一气体管路的检测器部分中提供第三流量节流阀。在测试室出口和第一连接点之间的第二气体管路中提供第四流量节流阀。因此,第三流量节流阀和第四流量节流阀与第一和第二气体管路一起形成流量分配器,使得可以使用测试室真空泵从测试室抽空通过第二气体管路的第一部分流量,以及抽空通过第一气体管路的第二部分流量。

[0017] 第三流量节流阀设置在位于第一流量节流阀和测试室真空泵之间的第一气体管路中,用于调节第一气体管路中的压力。第三流量节流阀可以具有可调节的传导率。利用第三流量节流阀,可以预设或选择性地通过压力控制装置手动或自动调节气体检测器处的压力。第二流量节流阀可用于指定或改变供应到测试室的载气流量。

[0018] 第四流量节流阀设置在第二气体管路中,位于测试室出口和测试室真空泵之间。利用第四流量节流阀,可以指定或调节测试室真空泵将载气吸入测试室容积的抽吸能力。测试室真空泵在第一连接点处连接到位于第三流量节流阀和第四流量节流阀之间的第一气体管路和第二气体管路,使得载气的主气流通过第二流量节流阀,经由测试室容积通过测试室入口,并从测试室出口经由第四流量节流阀进入测试室真空泵。由第四流量节流阀与第三流量节流阀共同规定的测试室的抽吸能力定义了给定载气流量的测试室中的压力。

[0019] 第四流量节流阀还可以具有可调节的传导率,以便改变载气流量和/或测试室中的压力和/或通过例如压力控制装置手动或自动地选择性地调节它。

[0020] 第一、第二、第三和/或第四流量节流阀各自限定相应管线部分的气体传导率,并且可以例如通过孔径、毛细管或气体管路相应部分的传导率、横截面或直径来进行详细说明。

[0021] 根据本发明,借助第三和第四流量节流阀,可以分开测试室真空泵从测试室吸入的气流。因此,第三和第四流量节流阀形成流量分配器。一部分流量量(下文称为第一部分流量)直接沿第一气体管路流向测试室真空泵,而另一部分流量量(下文称为第二部分流量)沿第一气体管路经过气体检测器流向测试室真空泵。第二部分流量中的载气(该载气在测试样品发生泄漏时包含测试气体)被供应到检测器并在那里进行分析。对于具有抽空

的检测器容积的真空或高真空检测器(例如质谱仪),检测器容积通常同时由检测器真空泵进行连续抽空。

[0022] 本发明采用可调载气流量对测试室内的测试样品进行泄漏检测,将泄漏气体或测试气体从测试室连续输送到检测器,同时可以选择性地调整检测器和测试室内所需的压力比和气体量。

[0023] 相应地,根据本发明的用于测试样品泄漏检测的载气泄漏检测方法的特征在于以下步骤:

[0024] • 将测试样品引入测试室,

[0025] • 用测试室真空泵抽空测试室,

[0026] • 通过第二流量节流阀将载气供应到包含测试样品的测试室中,

[0027] • 用测试室真空泵抽空第一气体管路和第二气体管路,

[0028] • 指定或调节作为流量分配器的第三流量节流阀和第四流量节流阀的传导率,使得可以使用测试室真空泵从测试室抽空通过第二气体管路的第一部分流量和通过第一气体管路的第二部分流量,以及

[0029] • 用气体检测器分析来自第二部分流量的气体。

[0030] 优选地,沿第一部分流量的气体流量大于沿第二部分流量的气体流量,特别是显著大于沿第二部分流量的气体流量。通过第三流量节流阀和第四流量节流阀指定沿第一部分流量和第二部分流量的气体流动,并且在具有可变传导率的流量节流阀的情况下可以调整该气体流动。第三节流阀的传导率 S_3 优选低于并且特别是明显低于第四节流阀的传导率 S_4 。优选地,可以例如手动地或借助于电子控制装置来设置传导率 S_3 和传导率 S_4 。

[0031] 有利地,在测试室出口和气体检测器或检测器容积入口之间的第一气体管路的测试室部分设有可选择性关闭的第一阀门,而检测器部分包括在第一流量节流阀和第三流量节流阀之间的可选择性关闭的第二阀门。借助第一阀门和第二阀门,在使用测试室真空泵抽空测试室时,压力条件可以保持恒定。如果第一阀门和第二阀门均被关闭,则可以通过测试室真空泵与测试室之间的直接连接来抽空测试室,而无需通过测试室的抽气过程来改变检测器容积入口处的压力。

[0032] 测试室入口可以设有可选择性关闭的第三阀门。

[0033] 测试室可以具有至少一个第二测试室入口,其用于对测试室或测试室容积进行通风或冲洗,其中,第二测试室入口包括可选择性关闭的第四阀门,该第四阀门仅被打开用于通风或冲洗。

[0034] 具体而言,测试室出口可通过第三气体管路直接连接到测试室真空泵。第三气体管路优选将第二气体管路与第四流量节流阀和可能设置在第四流量节流阀上游的第六阀门进行桥接。第三气体管路可设有可选择性关闭的第五阀门。当第五阀门打开时,测试室直接通过第三气体管路被抽空,例如在将测试样品引入测试室后使其达到所需的测试室真空压力。该测试室真空压力有利地在几毫巴的范围内,例如在0.1至10毫巴之间。然后关闭第五阀门并打开第六阀门,以便在第三阀门打开时借助测试室真空泵将载气连续流通过测试室容积输送到第二气体管路中。第六阀门也可以被预先打开,例如如果测试室通过第三气体管路被抽空,或者可以不存在第六阀门。

[0035] 带有第四流量节流阀和第六阀门的第二气体管路与带有第五阀门的第三气体管

路平行。如果第一阀门、第二阀门、第三阀门和第四阀门关闭,则当第五阀门打开时,可以使用测试室真空泵通过第三气体管路直接抽空测试室。一旦达到所需的测试室压力,第五阀门关闭,第三阀门打开。结果,载气通过第一测试室入口被吸入测试室容积,并沿着第二气体管路通过打开的第六阀门和第四流量节流阀供应到测试室真空泵。同时,可以使用气体检测器真空泵抽空气体检测器。

[0036] 为了开始泄漏测量,打开第一阀门和第二阀门,以便载气的部部分流量量(后文中被称为第二部分流量)沿着第一气体管路通过气体检测器并沿着测试室真空泵的检测器部分进行供应。在此过程中,第三流量节流阀和第四流量节流阀确定流量分配的比例。第一部分流量通过第二气体管路流向测试室真空泵。载气与可能来自测试样品的泄漏气体一起从第二部分流量到达或进入气体检测器,该第二部分流量沿第一气体管路被引导通过气体检测器,并可在那里被检测到。

[0037] 气体检测器可以是真空气体检测器或质谱气体检测器,其具有检测器容积,检测器容积入口和检测器容积出口通入该检测器容积。检测器真空泵以气体传导方式连接到检测器容积出口,以便将检测器容积抽空至所需的真空压力。或者,气体检测器可以是另一种类型的检测器,例如光学检测器、辐射或辐射吸收检测器或表面传感器,载气流通过该检测器。在质谱气体检测器的情况下,它可以是四极质谱仪。任何类型的检测器通常需要真空来进行气体检测,例如质谱气体检测器,在此称为真空气体检测器。为了产生真空气体检测器所需的真空,可以提供不同于测试室真空泵的检测器真空泵,该检测器真空泵可以是高真空泵系统,该高真空泵系统具有高真空泵,例如涡轮分子泵的形式的高真空泵,用于抽空检测器容积,该高真空泵系统还具有预真空泵,用于抽空高真空泵。

[0038] 第一压力表可以连接到在第一阀门和第一流量节流阀之间的第一气体管路的测试室部分,以测量该测试室部分中的压力。第二压力表可以连接到在第一连接点和第三流量节流阀之间的第一气体管路的检测器部分,以测量该检测器部分中的压力。根据测量的压力,可以控制流量节流阀D3、流量节流阀D4和/或阀门V1、阀门V2、阀门V6。

[0039] 测试室优选连接到第三压力计,第三压力计用于测量测试室内的压力,其中,可根据测量的测试室内的压力对第二节流阀D2、第四节流阀D4、第三阀门V3、第四阀门V4、第五阀门V5和/或第六阀门V6进行控制。

[0040] 下面,将结合附图更详细地解释本发明的两个示例性实施例。每个附图都示出了载气泄漏检测系统的示意图。

[0041] 图1中所示的示例性实施例的载气泄漏检测系统10是质谱载气泄漏检测系统,其包括质谱气体检测器12,该质谱气体检测器12为四极质谱仪形式,具有检测器容积14、通向检测器容积14的检测器容积入口15和通向检测器容积14的检测器容积出口16。检测器真空泵18连接到检测器容积出口16,以便抽空检测器容积14。检测器真空泵18由涡轮分子泵和预真空泵组成。以已知的方式,涡轮分子泵的入口连接到检测器容积出口16,而涡轮分子泵的出口连接到预真空泵的入口。预真空泵的出口可通向大气。

[0042] 检测器容积入口15设有第一流量节流阀D1,用于在检测器容积入口15处进行压力转换。检测器容积入口15通过第一气体管路28连接到测试室出口26。

[0043] 泄漏检测系统10还包括具有测试室容积21的测试室20、通向测试室容积21的第一测试室入口22、通向测试室容积21的第二测试室入口24以及同样通向测试室容积21的测试

室出口26。测试室出口26通过第一气体管路28以气体传导的方式连接到第一流量节流阀D1和检测器容积入口15。

[0044] 第一气体管路28的用于将测试室出口26连接至检测器容积入口15的部分在此称为测试室部分34。第一气体管路28的用于将检测器容积入口15连接至测试室真空泵27的部分在此称为检测器部分40。

[0045] 第二气体管路30还将测试室出口26与测试室真空泵27连接,其中第二气体管路30与第一气体管路28平行延伸,从而形成第一气体管路28的旁路。第二气体管路30在第一连接点38处以气体传导方式连接至第一气体管路28和测试室真空泵27的气体入口。

[0046] 第一气体管路28的测试室部分34中包括可选择性关闭的第一阀门V1,第一气体管路28的检测器部分40中包括可选择性关闭的第二阀门V2。在第二阀门V2和第一连接点之间38、第一气体管路28包括具有预定或可调传导率S3的第三流量节流阀D3。

[0047] 在测试室出口26和第一连接点38之间,第二气体管路30包括具有预定或可调传导率S4的第四流量节流阀D4,其中,第二气体管路30在第四流量节流阀D4和测试室出口26之间具有可选择关闭的第六阀门V6。

[0048] 测试室出口26还通过第三气体管路32以气体传导方式连接到测试室真空泵27,第三气体管路32在测试室出口26处的第二连接点42处以气体传导方式连接到第一气体管路28和第二气体管路30。第三气体管路32在第一连接点38和第二连接点42之间桥接第一气体管路28和第二气体管路30,并包括可选择关闭的第五阀门V5。第一气体管路28、第二气体管路30和第三气体管路32相互连接,并在第一连接点38处以气体传导的方式连接到测试室真空泵27的气体入口。

[0049] 在第一流量节流阀D1和第一阀门V1之间,第一气体管路30连接到在其测试室部分34中的第一压力计PG1。检测器部分40连接到在第三流量节流阀D3和第一连接点38之间的第二压力计PG2。

[0050] 测试室20以气体传导方式连接到第三压力计PG3,该压力计为总压力传感器,用于测量测试室20中的压力。第一测试室入口22包括具有预定或可调传导率S2的第二流量节流阀D2,用于供应载气和可选择性关闭的第三阀门V3。第二测试室入口24具有可选择性关闭的第四阀门V4,用于对测试室容积21进行冲洗和/或通风。

[0051] 第一气体管路28的将第一连接点38连接到气体入口15和第一流量节流阀D1的部分称为检测器部分40。检测器部分40包含第二阀门V2和第三流量节流阀D3,并连接到第二压力计PG2。在第一连接点38处,检测器部分40以气体传导方式连接到第二气体管路30、第三气体管路32和测试室真空泵27的气体入口。

[0052] 气体检测器12的检测器容积14以已知方式由检测器真空泵18进行抽空,使得检测器容积14内具有合适的高真空压力。为了测试图中未示出的测试样品的密封性,该样品包含流体测试介质并被引入测试室20。测试介质可以是测试气体或测试液体,其蒸气相用于检测泄漏。然后,测试室真空泵27在阀门V5打开的情况下抽空测试室20。一旦测试室20中达到合适的压力,第五阀门V5就会被关闭。

[0053] 通过打开第六阀门V6和第三阀门V3,测试室真空泵27将载气通过第二流量节流阀D2吸入测试室容积21,并通过测试室出口26沿第二气管30通过第四流量节流阀D4将载气供给至测试室真空泵27作为第一部分流量。打开第一阀门V1和第二阀门V2后,通过测试室20

输送的载气的第二部分流量沿第一气体管路28通过检测器入口15并经由检测器部分40通过第三流量节流阀D3供应到测试室真空泵27。通过适当调节流量节流阀D3、D4的传导率,实现流量分配,使得第一部分流量明显大于沿检测器入口15的第二部分流量。

[0054] 从第二部分流量,载气与可能的泄漏气体一起从测试样品通过第一流量节流阀D1进入检测器容积14,并在检测器容积14处进行分析。为此,第一气体管路28在第三连接点44处连接到气体检测器12,该第三连接点44通过检测器容积气体入口15的短管线部分46将测试室部分34连接到检测器部分40。或者,在图中未示出的另一个示例性实施例中,第一气体管路28可以在第三连接点44处连接到不同类型的气体检测器12。

[0055] 通过调节第二流量节流阀D2的传导率,使载气流量适应测试室容积21或测试室20中的气体容积。如果测试室真空泵27的抽吸能力保持不变和/或通过节流阀D3和D4有效作用的抽吸能力保持不变,则改变的载气流量会导致测试室20内的平衡压力发生变化。为了防止改变的测试室压力也改变检测器容积14内的压力,通过调节第四节流阀D4的传导率,使测试室真空泵27的抽吸能力适应检测器容积入口15处的所需入口压力。然后使用第三流量节流阀D3来调整供给测试室真空泵27的这两个部分流量的部分流量比,使得定义的第二部分流量沿检测器容积入口15被引导,而载气流量的主要部分作为第一部分流量直接被引导至测试室真空泵27。

[0056] 通过检测器真空泵18对检测器容积14持续抽气。

[0057] 测量步骤:

编号	名称	V1	V2	V3	V4	V5	V6
1	待机, 测试室打开	关闭	打开	关闭	打开	关闭	关闭
2	启动测试室	关闭	关闭	关闭	关闭	打开	打开
3*	启动载气	关闭	关闭	打开	关闭	关闭	打开
4	测量, 带流量分配	打开	打开	打开	关闭	关闭	打开
5	完成测量 对应于编号 1	关闭	关闭	关闭	打开	关闭	关闭

[0058] (*) 也可以跳过测量步骤3*

[0060] 在测量操作期间,载气通过阀门V3流入测试室20。载气流量的强度由节流阀D2定义。在测试室20的下游,载气流量在第二连接点42处被分成两部分。较大部分通过第二气体管路30经由阀门V6和节流阀D4被直接引导至测试室真空泵27。载气流量的第二较小部分沿第一气体管路28通过第一阀门V1流动,并沿检测器部分40通过阀门V2和节流阀D3流至同一测试室真空泵27。与载气流量相比,通过节流阀D1进入检测器容积14的流量可以忽略不计。

[0061] 两个流量节流阀D3和D4的吸入能力/传导率之和(其部分流量在第一连接点38处

合并) 被选择为使得在选定的载气流量 (通过节流阀D2定义) 下在测试室20中实现所需的平衡压力。

[0062] 适用以下公式:

[0063] $P=Q/S$, 其中 $S=S3+S4$

[0064] Q: 载气流量

[0065] S: 节流阀的传导率 (相当于吸入能力, 受节流阀限制)

[0066] S3: 节流阀D3的传导率

[0067] S4: 节流阀D4的传导率

[0068] P: 测试室中的平衡压力。

[0069] 参数解释的决策链如下:

[0070] 指定载气流量。选择流量使得测试室20的净体积中的气体量在短时间内尽可能完全交换。

[0071] 在此过程中, 载气流量不应设置得太高, 以免过度稀释测试气体。

[0072] 对于测试室20净容积较大的应用, 压力应降低到较低水平, 以便与载气交换的气体流量较低。压力不应设置得太低, 以便简单、廉价的泵也可用作测试室真空泵。通过节流阀D3和D4调节平衡压力。

[0073] 节流阀D3和D4的传导率比应选择为确保在检测器容积入口15处的第一气体管路28中与气体检测器12的检测系统 (路径 $V1 \Rightarrow V2 \Rightarrow D3$) 进行足够快的气体交换。

[0074] 图2中所示的示例性实施例与图1中所示的示例性实施例的不同之处主要在于第一气体管路28和第二气体管路30的布线类型和长度, 以及气体检测器14不一定是质谱气体检测器。相反, 气体检测器14可以是任何可以想到的气体检测器类型, 特别是光学气体分析仪, 例如基于辐射分析或红外吸附原理的光学气体分析仪, 或者具有表面传感器的气体检测器, 第二部分流量沿着表面传感器的表面被引导。图2中的管线布线图示清楚地表明, 第一气体管路28与测试室部分34和检测器部分40形成连接两个连接点42、38的公共气体管路路径, 该公共气体管路路径在这两个连接点42、38之间延伸, 与第二气体管路30形成的气体管路路径平行。

[0075] 检测器入口15在检测器容积14和第三连接点44之间的管路部分46应保持较短。这样, 通过第三连接点44的载气流可确保在检测器处快速进行气体交换。具体而言, 管线部分46比第一气体管路28、第二气体管路30、检测器部分40和测试室部分34短。

[0076] 图2所示的示例性实施例与图1所示的示例性实施例之间的另一个区别在于, 图2中未示出压力计PG1、PG2、PG3、带有第四阀门V4的第二测试室入口24、第三阀门V3和节流阀D1。然而, 可以在图2所示的示例性实施例中提供这些组件中的一个或多个。因此, 还可以设想在图2所示的示例性实施例中省略阀门V1、阀门V2、第二节流阀D2和/或带有第五阀门V5的第三气体管路路径32。根据应用类型和检测器类型, 还可以设想省略阀门V1、阀门V2、阀门V6中的一个或多个。

