



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110987291 B

(45) 授权公告日 2021.05.14

(21) 申请号 201911010929.1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2019.10.23

G01L 21/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01N 7/04 (2006.01)

申请公布号 CN 110987291 A

G01N 7/14 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.04.10

审查员 周珊珊

(73) 专利权人 张家港富瑞特种装备股份有限公司

地址 215600 江苏省苏州市张家港市杨舍镇晨新路19号张家港富瑞特种装备股份有限公司

(72) 发明人 李晓峰 黄强华 陈光奇 朱鸣 何晓冬 朱关标

(74) 专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任公司 32102

代理人 陶升 黄春松

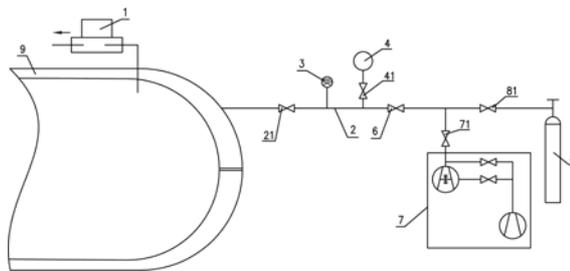
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法

(57) 摘要

本发明公开了一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,方法步骤如下:(1)准备测量装置;(2)对注入低温液体的低温气瓶的本底夹层真空度和静态日蒸发率基本值进行测算;(3)向低温气瓶夹层中多次充入气源中的气体,使得低温气瓶夹层真空度下降,每次充入气体后均对低温气瓶的夹层真空度、静态日蒸发率、吸附量进行测算;(4)根据记录的夹层真空度和静态日蒸发率绘制夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线;根据记录的每次充气后的夹层真空度、以及相对应的吸附量绘制实际吸附等温线。上述的测算方法能测算出漏气后低温气瓶夹层真空度与静态日蒸发率和吸附量变化关系,并且能通过绘制的曲线将变化关系表现出来。



1. 一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其特征在于:方法步骤如下:

(1) 准备测量装置,测量装置包括:质量流量计、真空测量管道、真空计、集气瓶、充气阀、真空阀、抽空阀、气源阀、气源、真空机组;真空测量管道的一个端口与真空阀的一个端口相连接,真空阀的另一个端口通过管道与气源阀的一个端口相连接,气源阀的另一个端口通过管道与气源的出气口相连接,集气瓶通过管道与充气阀的一端相连接,充气阀的另一端和真空计分别通过管道与真空测量管道相连接,真空机组抽气口通过管道与抽空阀的一个端口相连接,抽空阀的另一个端口通过管道与真空阀和气源阀之间的管道相连接;1-1. 利用上述测量装置对低温气瓶的夹层真空度的测量步骤为:1-1-1. 将低温气瓶夹层的容器抽空嘴出口与真空测量管道的另一端相连接;1-1-2. 在保证容器抽空嘴未开启状态下,关闭充气阀、气源阀,打开真空阀、抽空阀,启动真空机组对真空测量管道抽真空;1-1-3. 当真空计测量值达到 1×10^{-2} Pa时,关闭真空阀,打开容器抽空嘴,记录稳定后的真空计测量值,该测量值即为低温气瓶的夹层真空度,测量完毕后,关闭容器抽空嘴;1-2. 利用上述测量装置对低温气瓶的静态日蒸发率的测算步骤为:1-2-1. 将质量流量计的进口通过管道与低温气瓶的蒸发气出口相连接,打开蒸发气出口,并且低温气瓶的其它阀门均关闭;1-2-2. 将低温气瓶静置;1-2-3. 待质量流量计的测量值稳定后,记录质量流量计的累积流量和环境温度,然后通过记录的累积流量计算得出24h平均的稳定累积流量 q_m ,单位为 m^3/d ,并且通过记录的环境温度计算得出环境平均温度 T_h ,单位为 $^{\circ}C$;1-2-4. 通过公式 $\alpha = \frac{q_m \eta}{\rho_0 V} \cdot \frac{293 - T_L}{T - T_L} \times 100\%$ 计算得出静态日蒸发率 α ,单位为 $\%/d$; ρ_0 为低温气瓶中储存的低温液体在标准大气压下的密度,单位为 kg/m^3 ; η 为质量流量计的温度校准系数; V 为低温气瓶有效容积,单位为 m^3 ; T_L 为低温气瓶中储存的低温液体在标准大气压下的温度,单位为K; T 为环境温度, $T = 273 + T_h$,单位为K;

(2) 参照1-1和1-2步骤对注满低温液体的低温气瓶的本底夹层真空度和静态日蒸发率基本值进行测算;

(3) 模拟漏气向注满低温液体的低温气瓶夹层中多次充入气源中的气体,使得低温气瓶夹层真空度加速下降,每次充入气体后均参照1-1和1-2的步骤对低温气瓶的夹层真空度和静态日蒸发率进行测算;每次气体的充入步骤、以及累积充气量的计算如下:3-1. 关闭容器抽空嘴、气源阀,打开充气阀、真空阀、抽空阀,启动真空机组对集气瓶抽真空,当真空计的测量值达到 10^{-2} Pa范围时,关闭抽空阀,打开气源阀,使得气源中的气体充入至集气瓶中;3-2. 关闭气源阀和真空阀,通过真空计测量集气瓶和管道中的气体压力 P_{Cn} ,单位为Pa;3-3. 打开容器抽空嘴,使得集气瓶和管道中的气体充入至低温气瓶夹层中;3-4. 利用真空计监测此时集气瓶和管道中的气体压力,当气体压力稳定后,记录稳定后的气体压力 P_{An} ,单位为Pa,并且关闭容器抽空嘴;3-5. 通过公式 $Q_{Ln} = (V_j + V_0) \cdot (P_{Cn} - P_{An}) \frac{293}{T_n}$ 计算得出第n次充入的气体量 Q_{Ln} ,单位为 $Pa \cdot m^3$, V_j 为集气瓶容积,单位为 m^3 , V_0 为容器抽空嘴、充气阀、真空阀之间管道的容积,单位为 m^3 , T_n 为充入气体时的环境温度,单位为K;3-6. 通过将各次充入的气体量 Q_{Ln} 进行累加,从而得到第n次充气后的累积充气量 Q_n ;通过公式 $Q_m = \frac{Q_n}{W}$ 计算得出充气后每克低温吸附剂能够吸附气体的吸附量 Q_m ,单位为 $Pa \cdot m^3/g$, W 为低温气瓶夹层中的低温

吸附剂质量,单位为g;

(4) 根据记录的低温气瓶低温时的本底夹层真空度和静态日蒸发率基本值、以及每次充气后的夹层真空度和静态日蒸发率绘制夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线;根据记录的每次充气后的低温气瓶夹层真空度、以及相对应的吸附量绘制实际吸附等温线。

2. 根据权利要求1所述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其特征在于:在每次利用测量装置对低温气瓶的夹层真空度进行测量前都需要对真空测量管道进行漏放气速率测算,防止管道漏放气速率过大而影响夹层真空度测量结果,当测算得到的管道漏放气速率 $\leq 2 \times 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 时,才能进行低温气瓶夹层真空度的测量;管道漏放气速率测算的步骤为:a. 关闭容器抽空嘴、充气阀、气源阀,打开真空阀、抽空阀,启动真空机组对真空测量管道进行抽真空;b. 当真空计测量值小于 $1 \times 10^{-2} \text{Pa}$ 后,关闭真空阀,并记录此时真空计的测量值为 P_{01} ,单位为Pa,2min后再次记录真空计的测量值为 P_{02} ,单位为Pa;c. 通过公式 $Q_0 = \frac{P_{02}-P_{01}}{120} V_0$ 计算得出管道漏放气速率 Q_0 ,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, V_0 为充气阀、真空阀、容器抽空嘴之间管道的容积,单位为 m^3 。

3. 根据权利要求1或2所述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其特征在于:3-1步骤重复两次,使得集气瓶内彻底置换为气源中的气体。

4. 根据权利要求1或2所述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其特征在于:质量流量计的精度不低于1%。

5. 根据权利要求1或2所述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其特征在于:真空计是量程为 $10^{-5} \text{Pa} \sim 10^5 \text{Pa}$ 的复合型真空计,精度不低于15%。

6. 根据权利要求5所述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其特征在于:集气瓶中每次充入的气体不大于一个标准大气压。

7. 根据权利要求1或2所述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其特征在于:集气瓶容积1L-2L,计量精度不低于1%。

一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于储存低温液体的低温气瓶领域,具体涉及一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法。

背景技术

[0002] 低温气瓶是一种储运低温液体的真空绝热容器,低温液体如:液态氢、液态氮、液态氧、液态氩以及液化天然气等,低温气瓶具有外筒体和位于外筒体中的内筒体,内、外筒体之间的夹层为真空绝热层,夹层中还放置有用于吸附气体以便维持真空的吸附剂;低温气瓶真空度指的就是低温气瓶夹层的真空度,低温气瓶的使用寿命与其绝热夹层的真空寿命有非常密切关系,当低温气瓶夹层真空恶化,绝热性能也将随之下降,夹层真空恶化至的低温气瓶失去使用价值时,即低温气瓶的真空寿命结束,在某种程度上低温气瓶的真空寿命亦决定了低温气瓶的使用寿命;所以如果能掌握低温气瓶夹层的真空寿命期限,就可以在这个期限内安排检修计划,重新抽真空等,这对于延长低温气瓶使用时间和保证安全生产有非常重要的意义。

[0003] 低温气瓶的夹层真空度受到瓶体漏气和夹层材料放气的影响,瓶体漏气是指外筒体漏气或者内筒体漏气,外筒体漏气时,外部的空气会漏入至夹层中,内筒体漏气时,内筒体中低温液体或其蒸发气会漏入至夹层中;夹层材料放气是指瓶体器壁和夹层内的材料向夹层空间中释放气体,夹层材料放气的放气量较少,一般以氢气为主。

[0004] 现在由于缺少漏气后低温气瓶夹层真空度和吸附量的变化关系以及夹层真空度与静态日蒸发率的变化关系,使得漏气后低温气瓶夹层的真空寿命期限难以评估。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是:将提供一种漏气后低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法。

[0006] 为了解决上述问题,本发明所采用的技术方案为:一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其特征在于:方法步骤如下:

[0007] (1)准备测量装置,测量装置包括:质量流量计、真空测量管道、真空计、集气瓶、充气阀、真空阀、抽空阀、气源阀、气源、真空机组;真空测量管道的一个端口与真空阀的一个端口相连接,真空阀的另一个端口通过管道与气源阀的一个端口相连接,气源阀的另一个端口通过管道与气源的出气口相连接,集气瓶通过管道与充气阀的一端相连接,充气阀的另一端和真空计分别通过管道与真空测量管道相连接,真空机组抽气口通过管道与抽空阀的一个端口相连接,抽空阀的另一个端口通过管道与真空阀和气源阀之间的管道相连接; 1-1.利用上述测量装置对低温气瓶的夹层真空度的测量步骤为:1-1-1.将低温气瓶夹层的容器抽空嘴出口与真空测量管道的另一端相连接;1-1-2.在保证容器抽空嘴未开启状态下,关闭充气阀、气源阀,打开真空阀、抽空阀,启动真空机组对真空测量管道抽真空;1-1-3.当真空计测量值达到 1×10^{-2} Pa时,关闭真空阀,打开容器抽空嘴,记录稳定后的真空计测

量值,该测量值即为低温气瓶的夹层真空度,测量完毕后,关闭容器抽空嘴;1-2.利用上述测量装置对低温气瓶的静态日蒸发率的测算步骤为:1-2-1.将质量流量计的进口通过管道与低温气瓶的蒸发气出口相连接,打开蒸发气出口,并且低温气瓶的其它阀门均关闭;1-2-2.将低温气瓶静置;1-2-3.待质量流量计的测量值稳定后,记录质量流量计的累积流量和环境温度,然后通过记录的累积流量计算得出24h平均的稳定累积流量 q_m ,单位为 m^3/d ,并且通过记录的环境温度计算得出环境平均温度 T_h ,单位为 $^{\circ}C$;1-2-4.通过公式 $\alpha = \frac{q_m \eta}{\rho_0 V} \cdot \frac{293 - T_L}{T - T_L} \times 100\%$ 计算得出静态日蒸发率 α ,单位为 $\%/d$; ρ_0 为低温气瓶中储存的低温液体在标准大气压下的密度,单位为 kg/m^3 ; η 为质量流量计的温度校准系数; V 为低温气瓶有效容积,单位为 m^3 ; T_L 为低温气瓶中储存的低温液体在标准大气压下的温度,单位为 K ; T 为环境温度, $T = 273 + T_h$,单位为 K ;

[0008] (2) 参照1-1和1-2步骤对注满低温液体的低温气瓶的本底夹层真空度和静态日蒸发率基本值进行测算;

[0009] (3) 模拟漏气向注满低温液体的低温气瓶夹层中多次充入气源中的气体,使得低温气瓶夹层真空度加速下降,每次充入气体后均参照1-1和1-2的步骤对低温气瓶的夹层真空度和静态日蒸发率进行测算;每次气体的充入步骤、以及累积充气量的计算如下:3-1.关闭容器抽空嘴、气源阀,打开充气阀、真空阀、抽空阀,启动真空机组对集气瓶抽真空,当真空计的测量值达到 $10^{-2}Pa$ 范围时,关闭抽空阀,打开气源阀,使得气源中的气体充入至集气瓶中;3-2.关闭气源阀和真空阀,通过真空计测量集气瓶和管道中的气体压力 P_{Cn} ,单位为 Pa ;3-3.打开容器抽空嘴,使得集气瓶和管道中的气体充入至低温气瓶夹层中;3-4.利用真空计监测此时集气瓶和管道中的气体压力,当气体压力稳定后,记录稳定后的气体压力 P_{An} ,单位为 Pa ,并且关闭容器抽空嘴;3-5.通过公式 $Q_{Ln} = (V_j + V_0) \cdot (P_{Cn} - P_{An}) \frac{293}{T_n}$ 计算得出第 n 次充入的气体量 Q_{Ln} ,单位为 $Pa \cdot m^3$, V_j 为集气瓶容积,单位为 m^3 , V_0 为容器抽空嘴、充气阀、真空阀之间管道的容积,单位为 m^3 , T_n 为充入气体时的环境温度,单位为 K ;3-6.通过将各次充入的气体量 Q_{Ln} 进行累加,从而得到第 n 次充气后的累积充气量 Q_n ;通过公式 $Q_m = \frac{Q_n}{W}$ 计算得出充气后每克低温吸附剂能够吸附气体的吸附量 Q_m ,单位为 $Pa \cdot m^3/g$, W 为低温气瓶夹层中的低温吸附剂质量,单位为 g ;

[0010] (4) 根据记录的低温气瓶低温时的本底夹层真空度和静态日蒸发率基本值、以及每次充气后的夹层真空度和静态日蒸发率绘制夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线;根据记录的每次充气后的低温气瓶夹层真空度、以及相对应的吸附量绘制实际吸附等温线。

[0011] 进一步的,前述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其中:在每次利用测量装置对低温气瓶的夹层真空度进行测量前都需要对真空测量管道进行漏放气速率测算,防止管道漏放气速率过大而影响夹层真空度测量结果,当测算得到的管道漏放气速率 $\leq 2 \times 10^{-7} Pa \cdot m^3/s$ 时,才可以进行低温气瓶夹层真空度的测量;管道漏放气速率测算的步骤为:a.关闭容器抽空嘴、充气阀、气源阀,打开真空阀、抽空阀,启动真空机组对真空测量管道进行抽真空;b.当真空计测量值小于 $1 \times 10^{-2} Pa$ 后,关闭真空阀,并记录此时真空计的测量值为 P_{01} ,单位为 Pa ,2min后再次记录真空计的测量值为 P_{02} ,单位为 Pa ;c.通

过公式 $Q_0 = \frac{P_{02} - P_{01}}{120} V_0$ 计算得出管道漏放气速率 Q_0 ,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, V_0 为充气阀、真空阀、容器抽空嘴之间管道的容积,单位为 m^3 。

[0012] 进一步的,前述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其中:3-1步骤重复两次,使得集气瓶内彻底置换为气源中的气体。

[0013] 进一步的,前述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其中:质量流量计的精度不低于1%。

[0014] 进一步的,前述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其中:真空计是量程为 $10^5\text{Pa} \sim 10^{-5}\text{Pa}$ 的复合型真空计,精度不低于15%。

[0015] 进一步的,前述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其中:集气瓶中每次充入的气体不大于一个标准大气压。

[0016] 进一步的,前述的一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,其中:集气瓶容积1L-2L,计量精度不低于1%。

[0017] 本发明的优点为:本发明所述的测算方法能通过测量装置向低温气瓶夹层中多次充入气体来加速模拟夹层中漏入气体的过程,使得低温气瓶夹层真空度能加速下降,在此过程中还能通过测量装置对每次充气后的夹层真空度、静态日蒸发率、吸附量进行测算,就能得到多组夹层真空度、静态日蒸发率、吸附量的数据,从而就能绘制出夹层真空度和吸附量的实际吸附等温线,以及夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线,这样就能为低温气瓶夹层真空寿命的评估提供基础。

附图说明

[0018] 图1为本发明所述的测量装置的结构示意图。

[0019] 图2为本发明所述的夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线示例图。

[0020] 图3为本发明所述的夹层真空度和吸附量的实际吸附等温线示例图。

具体实施方式

[0021] 下面结合具体实施例和附图对本发明作进一步的详细描述。

[0022] 一种低温气瓶真空度与日蒸发率和吸附量关系的测算方法,方法步骤如下:

[0023] (1)准备测量装置,如图1所示,测量装置包括:质量流量计1、真空测量管道2、真空计3、集气瓶4、充气阀41、真空阀6、抽空阀71、气源阀81、气源8、真空机组7;本实施例中,质量流量计1的精度不低于1%;真空计3是量程为 $10^5\text{Pa} \sim 10^{-5}\text{Pa}$ 的复合型真空计,精度不低于15%;集气瓶4容积1L-2L,计量精度不低于1%;真空测量管道2的一个端口与真空阀6的一个端口相连接,真空阀6的另一个端口通过管道与气源阀81的一个端口相连接,气源阀81的另一个端口通过管道与气源8的出气口相连接,集气瓶4通过管道与充气阀41的一端相连接,充气阀41的另一端和真空计3分别通过管道与真空测量管道2相连接,真空机组7的抽气口通过管道与抽空阀71的一个端口相连接,抽空阀71的另一个端口通过管道与真空阀6和气源阀81之间的管道相连接;1-1.利用上述测量装置对低温气瓶9的夹层真空度的测量步骤为:1-1-1.将低温气瓶9的容器抽空嘴21出口与真空测量管道2的另一端相连接,容器抽空嘴21设置于低温气瓶9的夹层抽真空管道上,低温气瓶9正常使用时,容器抽空嘴21关闭,

只有在低温气瓶9需要抽真空时容器抽空嘴21才会被打开;1-1-2.在保证容器抽空嘴21未开启状态下,关闭充气阀41、气源阀81,打开真空阀6、抽空阀71,启动真空机组7对真空测量管道2抽真空;1-1-3.当真空计3测量值达到 1×10^{-2} Pa时,关闭真空阀6,打开容器抽空嘴21,记录稳定后的真空计3测量值,该测量值即为低温气瓶9的夹层真空度,单位为Pa,测量完毕后,关闭容器抽空嘴21;1-2.利用上述测量装置对低温气瓶9的静态日蒸发率的测算步骤为:1-2-1.将质量流量计1的进口通过管道与低温气瓶9的蒸发气出口相连接,打开蒸发气出口,并且低温气瓶9的其它阀门均关闭;1-2-2.将低温气瓶9静置;1-2-3.待质量流量计1的测量值稳定后,记录质量流量计1的累积流量和环境温度,环境温度通过温度计检测,然后通过记录的累积流量计算得出24h平均的稳定累积流量 q_m ,单位为 m^3/d ,并且通过记录的环境温度计算得出环境平均温度 T_h ,单位为 $^{\circ}C$;1-2-4.通过公式 $\alpha = \frac{q_m \eta}{\rho_0 V} \cdot \frac{293 - T_L}{T - T_L} \times 100\%$ 计算得出静态日蒸发率 α ,单位为%/d; ρ_0 为低温气瓶9中储存的低温液体在标准大气压下的密度,单位为 kg/m^3 ; η 为质量流量计1的温度校准系数; V 为低温气瓶9有效容积,单位为 m^3 ; T_L 为低温气瓶9中低温液体在标准大气压下的温度,单位为K; T 为环境温度, $T = 273 + T_h$,单位为K; d 表示天;

[0024] (2) 参照1-1和1-2步骤对注满低温液体的低温气瓶9的本底夹层真空度和静态日蒸发率基本值进行测算;本底夹层真空度即为此时低温气瓶9的原始夹层真空度;

[0025] (3) 模拟漏气向注满低温液体的低温气瓶9夹层中多次充入气源8中的气体,使得低温气瓶9夹层真空度加速下降,气源8中的气体为空气、氮气、氢气、氦气或者低温气瓶9所储存低温液体的蒸发气,每次充入气体后均参照1-1和1-2的步骤对低温气瓶9的夹层真空度和静态日蒸发率进行测算;气体的充入步骤、以及累积充气量的计算如下:3-1.关闭容器抽空嘴21、气源阀81,打开充气阀41、真空阀6、抽空阀71,启动真空机组7对集气瓶4抽真空,当真空计3的测量值达到 10^{-2} Pa范围时,关闭抽空阀71,打开气源阀81,使得气源8中的气体充入至集气瓶4中,在本实施例中,集气瓶4中每次充入的气体不大于一个标准大气压;再次重复上述步骤,使得集气瓶4内被置换为气源8中的气体;每次充入的气体量可以通过监测真空计3的读数来大体控制相等;3-2.关闭气源阀81和真空阀6,通过真空计3测量集气瓶4和管道中的气体压力 P_{Cn} ,单位为Pa;3-3.打开容器抽空嘴21,使得集气瓶4和管道中的气体充入至低温气瓶9夹层中;3-4.利用真空计3监测此时集气瓶4和管道中的气体压力,当气体压力稳定后,记录稳定后的气体压力 P_{An} ,单位为Pa,并且关闭容器抽空嘴21;3-5.通过公式 $Q_{Ln} = (V_j + V_0) \cdot (P_{Cn} - P_{An}) \frac{293}{T_n}$ 计算得出第n次充入的气体量 Q_{Ln} ,单位为 $Pa \cdot m^3$, V_j 为集气瓶4容积,单位为 m^3 , V_0 为容器抽空嘴21、充气阀41、真空阀6之间管道的容积,单位为 m^3 , T_n 为充入气体时的环境温度,单位为K;3-6.通过将各次充入的气体量 Q_{Ln} 进行累加,从而得到第n次充气后的累积充气量 Q_n ;通过公式 $Q_m = \frac{Q_n}{W}$ 计算得出充气后每克低温吸附剂能够吸附气体的吸附量 Q_m ,单位为 $Pa \cdot m^3/g$, W 为低温气瓶9夹层中的低温吸附剂质量,单位为g;

[0026] (4) 根据记录的低温气瓶9低温时的本底夹层真空度和静态日蒸发率基本值、以及每次充气后的夹层真空度和静态日蒸发率绘制如图2所示的夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线;根据记录的每次充气后的低温气瓶9夹层真空度、以及相对应的吸附量绘制如图3所示的实际吸附等温线。

[0027] 在适当的范围内,夹层中每次充入的气体量越少、充气次数越多、测算次数越多的话,得到的夹层真空度、静态日蒸发率、吸附量的数据组数就会越多,那么绘制出来的夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线、实际吸附等温线就会越精确。

[0028] 在本实施例中,在步骤2之前参照1-1步骤对常温下的低温气瓶9的本底夹层真空度进行测量,以便确认低温气瓶9测试前夹层真空性能状态。

[0029] 在本实施例中,在每次利用测量装置对低温气瓶9的夹层真空度进行测量前都需要对真空测量管道2进行漏放气速率测算,防止管道漏放气速率过大而影响夹层真空度测量结果,当测算得到的管道漏放气速率 $\leq 2 \times 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 时,才可以进行低温气瓶9夹层真空度的测量;如果管道漏放气速率不合格,需要对真空测量管道2各部分进行氦质谱检漏,重新设置真空测量管道2;

[0030] 管道漏放气速率测算的步骤为:a.关闭容器抽空嘴21、充气阀41、气源阀81,打开真空阀6、抽空阀71,启动真空机组7对真空测量管道2进行抽真空;b.当真空计3测量值小于 $1 \times 10^{-2} \text{Pa}$ 后,关闭真空阀6,并记录此时真空计3的测量值为 P_{01} ,单位为Pa,2min后再次记录真空计3的测量值为 P_{02} ,单位为Pa;c.通过公式 $Q_0 = \frac{P_{02}-P_{01}}{120} V_0$ 计算得出管道漏放气速率 Q_0 ,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, V_0 为充气阀41、真空阀6、容器抽空嘴21之间管道的容积,单位为 m^3 。

[0031] 应用所绘制的夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线和实际吸附等温线估算漏气后低温气瓶9夹层真空寿命期限的举例说明如下:

[0032] 假设低温气瓶9的概况为:夹层中内置低温吸附剂质量为B,单位为g,无常温吸附剂,低温气瓶总漏率实测结果为: $< C$,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$;低温气瓶夹层真空寿命终结的夹层真空阈值为E,单位Pa,E根据低温气瓶夹层真空度和静态日蒸发率的变化关系曲线中的拐点确定,在实际应用中,E也可以根据国家标准确定;E在实际吸附等温线上对应的吸附量为F,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{g}$;

[0033] 在装有低温液体的低温状态下,漏气后低温气瓶9夹层真空寿命期限 $\tau = (F \times B) / C) / 365 / 24 / 3600$,单位为年。

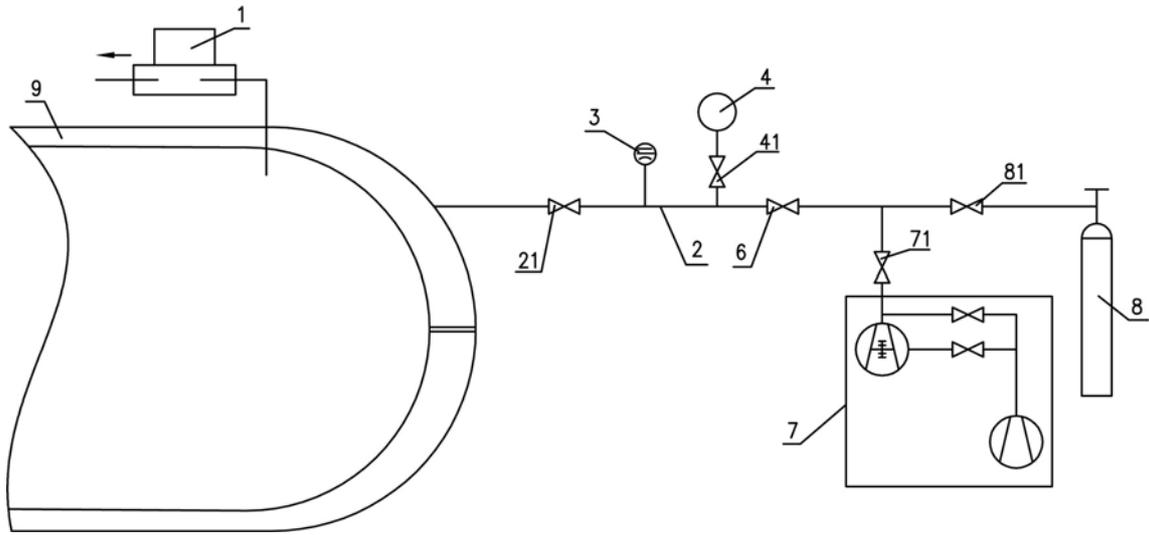


图1

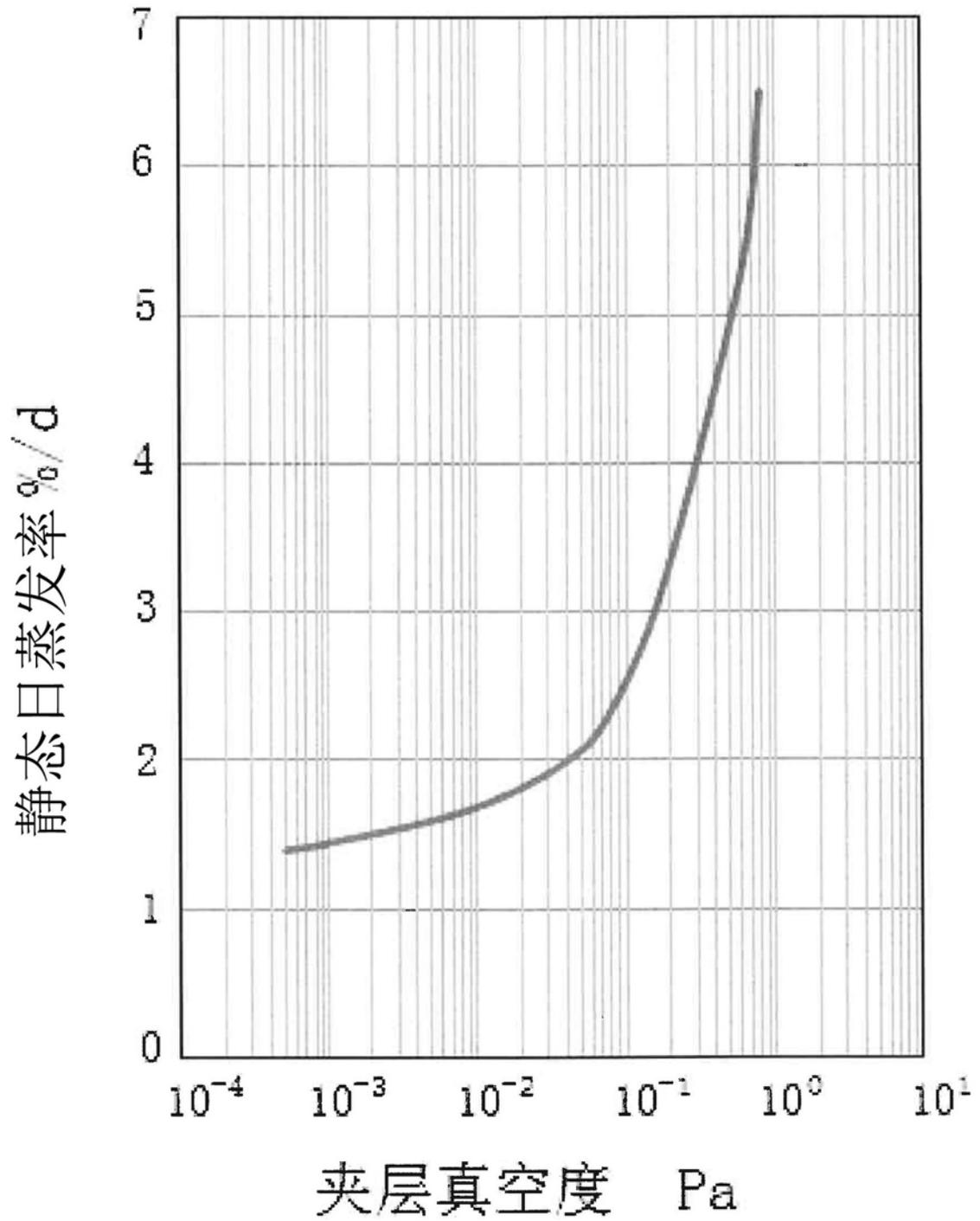


图2

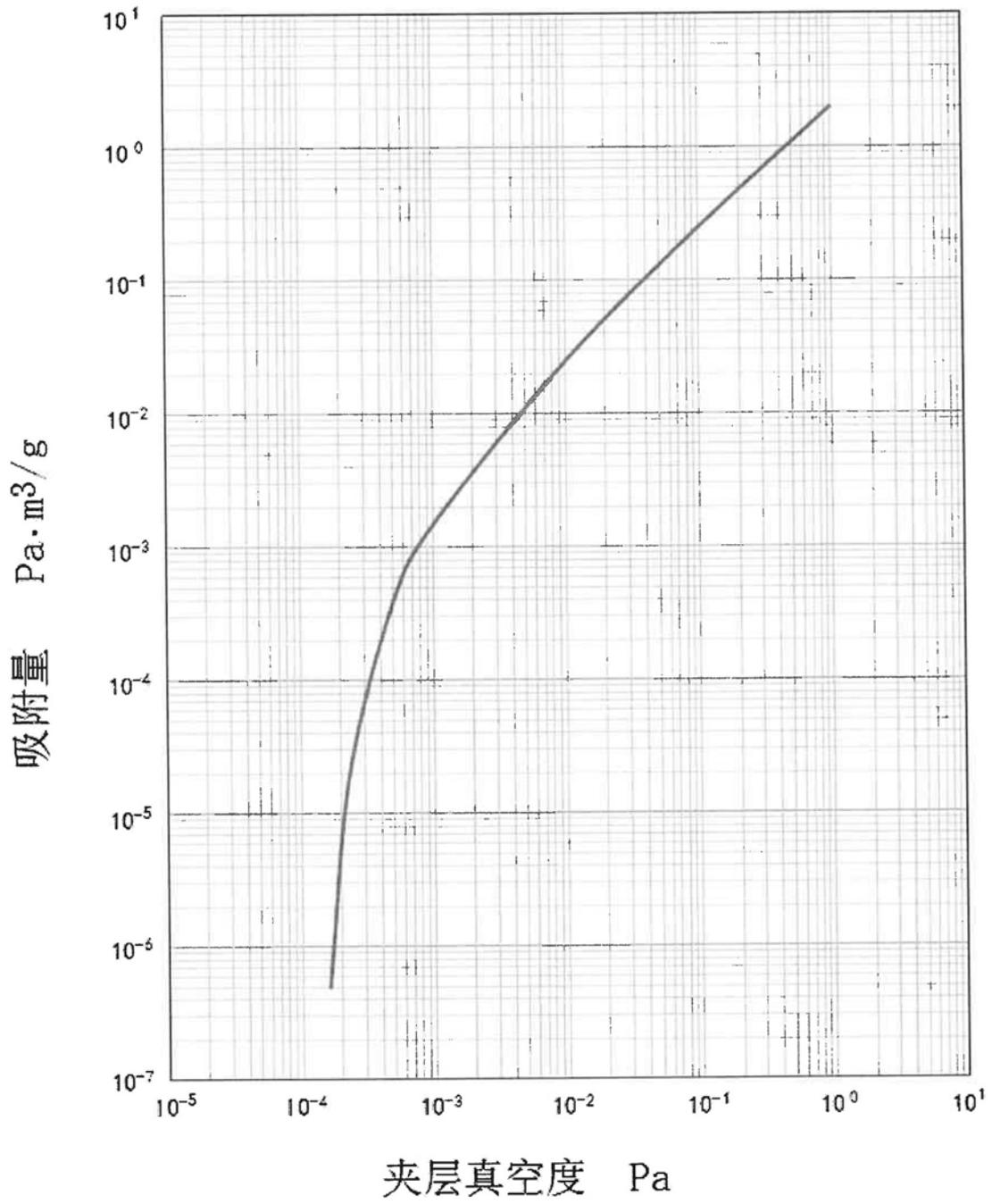


图3