



中华人民共和国国家标准

GB/T 12137—20××
代替 GB/T 12137-2015

气瓶气密性试验方法

Methods for leakage test of gas cylinders

（征求意见稿）

（本稿完成日期：2024-11-11）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20××-××-××发布

20××-××-××实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

目 次

目 次	I
前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 试验条件	2
6 仪器设备	3
7 浸水法	4
8 涂液法	4
9 氦质谱检漏法	5
10 试验记录和报告	9
11 试验中的注意事项	10
附 录 A 氢氦泄漏率转换方法	11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 12137-2015《气瓶气密性试验方法》，与GB/T 12137-2015相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了标准的适用范围（见第1章，2015年版的第1章）；
- 增加了规范性引用文件（见第2章，2015年版的第2章）；
- 增加了术语定义内容（见第3章，2015年版的第3章）；
- 增加了“基本要求”，增加了氦质谱检漏法的相关要求，并将2015年版的有关内容更改后纳入（见第4章，2015年版的6.1）；
- 调整“试验条件”至第5章，增加了氦质谱检漏法的相关要求，并将2015年版的有关内容更改后纳入（见第5章，2015年版的6.2）；
- 将“试验装置”更改为“仪器设备”，增加了氦质谱检漏法仪器设备的要求，并将2015年版的有关内容更改后纳入（见第6章，2015年版的第4章）；
- 删除了“受试气瓶要求”，并将2015年版的有关内容更改后纳入“基本要求”（见第4章，2015年版的第5章）；
- 增加了浸水法、涂液法“试验步骤”，增加了试验过程中的相关要求（见7.1、8.1）；
- 更改了浸水法、涂液法试验记录的部分规定（见7.2.1、8.2.1，2015年版的第7章）；
- 增加了浸水法、涂液法“试验报告”（见7.2.2、8.2.2）；
- 增加了氦质谱检漏法相关要求（见第9章）；
- 增加了“试验中注意事项”，并将2015年版的有关内容更改后纳入（见第10章，2015年版的4.4）；
- 增加了附录A规定氦泄漏率转换相关要求（见附录A）；

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国气瓶标准化技术委员会（SAC/TC 31）提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件于1989年首次发布，2002年第一次修订，2015年第二次修订，本次为第三次修订。

气瓶气密性试验方法

1 范围

本文件规定了气瓶气密性试验方法及试验装置的基本要求。

本文件适用于公称工作压力不大于70MPa（表压，下同）气瓶的气密性试验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12604.7 无损检测 术语 泄漏检测

GB/T 13005 气瓶术语

GB/T 13979 质谱检漏仪

GB/T 15823 无损检测 氦泄漏检测方法

GB/T 16163 瓶装气体分类

GB/T 18443.2 低温绝热压力容器试验方法 真空度测量

GB/T 34710.1 混合气体的分类 第1部分：毒性分类

GB/T 34710.2 混合气体的分类 第2部分：腐蚀性分类

GB/T 34710.3 混合气体的分类 第3部分：可燃性分类

NB/T 47013.8 承压设备无损检测 第8部分：泄漏检测

TSG21 固定式压力容器安全技术监察规程

TSG23 气瓶安全技术规程

TSG D0001 压力管道安全技术监察规程—工业管道

3 术语和定义

GB/T 13005和GB/T 12604.7界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

受试瓶 testing cylinder

待被测试或正在被测试的气瓶。

3.2

浸水法 water-immersion test

将充有规定压力气体的受试瓶浸入水槽中，以检查其气密性的试验方法。

注：浸水法适用于受试瓶整体或局部部位的气密性试验。

3.3

涂液法 soap bubble test

在充有规定压力气体的受试瓶的待查部位上涂以检验液，以检查该处气密性的试验方法。

注：涂液法适用于受试瓶与瓶阀螺纹连接处、瓶阀阀杆处、瓶阀出气口、安全泄放装置或气瓶焊接接头等部位的气密性试验。

3.4

氦质谱检漏法 leak detection by helium mass spectrum

利用氦质谱检漏仪对充有规定压力气体的受试瓶泄漏的微量示踪氦气进行检漏的方法。

3.5

吸枪检测法 sniffing test

用含有示踪氦气的气体对受试瓶加压，并通过吸枪探头测量检测舱内微量示踪氦气的检漏方法。

3.6

加压累积检测法 pressure accumulation test

将充有规定压力气体的受试瓶置于已知体积的检测舱内，在规定时间内，利用氦质谱检漏仪对受试瓶泄漏的微量示踪氦气进行检漏的方法。

3.7

真空舱法（动态漏率检测法）dynamic leakage rate test

将充有规定压力气体的受试瓶置于已知体积的检测舱内，在系统处于抽气状态下，并达到稳定时间后，利用氦质谱检漏仪对受试瓶泄漏的微量示踪氦气进行检漏的方法。

3.8

标准压力表 calibrated gauge

用于校验试验系统压力值的压力测量仪表，其准确度等级应不小于其他压力测量仪表。

3.9

毛细管型标准漏孔 capillary standard leak

带有不小于0.1MPa独立氦气罐，是示踪氦气透过局部拉细管子的漏孔，具有 $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的氦气泄漏率。

3.10

渗透型标准漏孔 permeation standard leak

经过熔制并已校准的玻璃或石英的渗透型漏孔，具有 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \sim 1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的氦气泄漏率。

4 基本要求

4.1 气瓶气密性试验应以规定的气体为加压介质，匀速缓慢增大受试瓶内的压力至其气密性试验压力，并保压规定时间，通过采用不同的试验方法，对受试瓶的密封性能进行试验验证，测定受试瓶在气密性试验压力下泄漏量（有要求时）。

4.2 针对无缝气瓶、焊接气瓶、金属内胆纤维缠绕气瓶、乙炔气瓶，气瓶制造单位、气瓶型式试验机构优先选用浸水法进行气密性试验；针对塑料内胆纤维全缠绕气瓶，气瓶制造单位、气瓶型式试验机构应选用浸水法或氦质谱检漏法进行气密性试验。气瓶产品标准有规定的应按其规定。

4.3 气瓶检验机构对盛装按GB/T16163、GB/T 34710.1、GB/T 34710.2和GB/T 34710.3分类为不可燃、无毒、无腐蚀性的气体或混合气体的受试瓶，应选用浸水法或涂液法进行气密性试验。盛装可燃性、毒性及腐蚀性的气体或混合气体的受试瓶，应选用浸水法进行气密性试验。盛装高纯气体的受试瓶，优先选用浸水法或氦质谱检漏法进行气密性试验。

4.4 氦质谱检漏法包括加压累积法和真空舱法。气瓶制造单位和气瓶检验机构可选用加压累积检测法或真空舱法进行气密性试验，气瓶型式试验机构应选用真空舱法进行气密性试验。

5 试验条件

- 5.1 浸水法、涂液法试验介质应采用干燥、洁净的空气、氮气或其他与受试瓶及盛装气体性质相容的、对人体无毒、无腐蚀性的不可燃气体。对盛装氧气或氧化性气体的受试瓶，试验介质应严格禁油。对盛装可燃气体的受试瓶，凡采用空气为试验介质的，试验前应进行瓶内可燃气体浓度测定，体积含量应小于 0.4%，否则，应采用氮气等惰性气体作为试验介质。对盛装毒性、腐蚀性介质的受试瓶，试验前应对瓶内残余介质进行妥善处理，试验介质应采用氮气等惰性气体。
- 5.2 氮质谱检漏法试验介质应采用干燥洁净的氮气及氮氮混合气，单一气体纯度不小于 99.9%。试验用氮氮混合气中氮的体积含量应通过试验确定，采用加压累积检测法时氮氮混合气中氮的体积含量宜不小于 10%，采用真空舱法时氮氮混合气中氮的体积含量宜不小于 5%。
- 5.3 受试瓶为铬合金钢气瓶，采用浸水法时，试验用水中氯离子含量应不大于 25mg/L。
- 5.4 采用浸水法时，试验水槽深度应能使受试瓶全部没入水中，且最高处距水面不小于 5cm。水槽内壁应呈白色，槽内的水应保持清洁透明，槽内亮度不足时，应在槽底部设置照明设施。
- 5.5 采用涂液法时，检验液应选择表面张力较小的液体，检验液应能检测出微小泄漏的气泡。检验液不得对受试瓶产生有害的作用，用于盛装氧气或氧化性气体的受试瓶，应使用无油脂的检验液。
- 5.6 受试瓶气密性试验前，应按相关标准先进行水压试验，水压试验合格后方能进行气密性试验。
- 5.7 气密性试验环境温度应大于 0℃，且不大于受试瓶的最高允许使用温度。

6 仪器设备

6.1 试验装置基本要求

- 6.1.1 受试瓶的加压应选用具有稳定压力输出的加压装置（如泵、压缩机等）。
- 6.1.2 加压装置的额定工作压力应大于受试瓶气密性试验压力 1.1 倍。
- 6.1.3 加压系统中宜设置储气罐，储气罐上应设置安全阀和压力表，储气罐应符合 TSG21 的规定。
- 6.1.4 加压系统压力管道应符合 TSG D0001 的规定。压力管道应选用金属管。应固定装设，且与加压装置、阀、计量仪表的连接，应具有良好的密封。压力管道承压能力应大于受试瓶气密性试验压力 1.5 倍。
- 6.1.5 加压系统中应设置可靠的除油和除水装置，以保证试验介质符合 5.1、5.2 的要求。
- 6.1.6 真空系统中真空机组、真空阀、真空管路应参照 GB/T18443.2 的有关规定。
- 6.1.7 氮质谱检漏仪应满足 GB/T 13979 中的技术要求。氮质谱检漏仪应能传感和测量微量示踪氮气，应通过检测仪器上的或附接于仪器上的仪表或屏幕来显示泄漏量。氮质谱检漏仪的最小可检漏率应小于受试瓶的漏率指标要求。
- 6.1.8 检测舱尺寸应与受试瓶大小相匹配。加压累积检测法用检测舱应为可承受外压的钢质或 PVC 等塑料舱体，真空舱法用检测舱应为可承受外压的钢质舱体。
- 6.1.9 采用氮质谱检漏法时，根据需要，可使用稳压器、辅助泵系统和多向接头等辅助设备。
- 6.1.10 试验装置应采取可靠的安全防护措施，以保证试验时操作人员和设备的安全。

6.2 测量仪表

6.2.1 压力测量仪表

- 6.2.1.1 加压系统和受试瓶连接管道上应安装一只压力表、一只压力变送器（或可输出压力信号的数字式压力表）和一只校验用的标准压力表，压力表、压力变送器（或可输出压力信号的数字式压力表）和标准压力表的安装位置应能正确显示受试瓶试验压力。
- 6.2.1.2 应在每天试验前使用标准压力表对受试瓶压力测量仪表的压力显示值进行校验，若压力显示值有异常时应及时更换。进行气密性试验时，可不使用标准压力表。

6.2.1.3 受试瓶压力测量仪表的量程应为受试瓶气密性试验压力的 1.5 倍~3 倍，压力表的准确度等级应不低于 1.0 级，压力变送器（或可输出压力信号的数字式压力表）的准确度等级应不低于 0.5 级，标准压力表的准确度等级应不低于压力表或压力变送器（或可输出压力信号的数字式压力表）的准确度等级。

6.2.1.4 压力测量仪表应定期进行检定或校准，检定或校准周期按有关规定执行。

6.2.2 真空测量仪表

6.2.2.1 真空机组出口端应设置真空测量仪表。检测舱距离真空机组远端应设置一只真空测量仪表，其安装位置应能正确显示检测舱真空压力。

6.2.2.2 真空测量仪表的漏率应低于 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，其类型和测量范围应满足氦质谱检漏仪的测试要求。

6.2.2.3 真空测量仪表应定期进行校准，校准周期按有关规定执行。

6.2.3 标准漏孔

6.2.3.1 远离检测舱与氦质谱检漏仪连接处应设置标准漏孔。加压累积检测法应采用毛细管型标准漏孔，真空舱法应采用渗透型标准漏孔。

6.2.3.2 标准漏孔应定期进行校准，校准周期按有关规定执行。

6.2.4 温度测量仪表

用于测量瓶体温度和环境温度的温度测量仪表，最小刻度值应不大于 1°C 。温度测量仪表应定期进行检定或校准，检定或校准周期按有关规定执行。

7 浸水法

7.1 试验装置使用前应经过标准压力表校验，压力测量仪表显示值误差应不超过标准压力表显示值的 $\pm 1\%$ 。

7.2 按 5.1 要求，选用合适的试验介质，将受试瓶加压至规定试验压力。

7.3 将受试瓶浸入水槽中，浸水时间不少于 1min 或规定时间，保压过程中目视检查瓶体、瓶阀和瓶体瓶阀连接处是否存在泄漏。因装配引起的泄漏，允许返修后重做试验。

7.4 试验结束后，应缓慢放气。

7.5 试验压力偏差应不超过规定试验压力的 +10% 和 1MPa 的较小者，气瓶相关标准有规定的应按其规定。

7.6 瓶体、瓶阀和瓶口连接处无连续气泡为合格。气瓶产品或检验标准有规定的应按其规定。

7.7 对试验不合格的气瓶应在泄漏处做好明显的标记，并按有关规定进行消除使用功能处理。

8 涂液法

8.1 试验装置使用前应经过标准压力表校验，压力测量仪表显示值误差应不超过标准压力表显示值的 $\pm 1\%$ 。

8.2 按 5.1 要求，选用合适的试验介质，将受试瓶加压至规定试验压力。

8.3 在受试瓶待查部位涂上合适检验液，涂液保持时间不少于 1min 或规定时间，保压过程中目视涂液部位是否存在泄漏。因装配引起的泄漏，允许返修后重做试验。

8.4 试验结束后，应缓慢放气。

8.5 试验压力偏差应不超过规定试验压力的+10%和 1MPa 的较小者，气瓶相关标准有规定的应按其规定。

8.6 瓶体、瓶阀和瓶口连接处无连续气泡为合格。气瓶产品或检验标准有规定的应按其规定。

8.7 对试验不合格的气瓶应在泄漏处做好明显的标记，并按有关规定进行消除使用功能处理。

9 氦质谱检漏法

9.1 通则

9.1.1 试验前应使用塞子、盖板、密封脂、胶合剂或其他在检测后易于去除的材料将所有泄漏点密封，密封用材料应不影响氦气的浓度。

9.1.2 按 5.2 要求，选用合适的试验介质，将受试瓶加压至规定试验压力。

9.1.3 受试瓶加压可采用检测舱内加压或舱外加压，瓶体温度应不超过 55℃。舱内加压时，应确保加压系统管路密封良好。舱外加压时，应采用吸枪检测法快速扫描或涂液法排除泄漏点后，再将受试瓶接入试验系统，若采用涂液法，应在接入系统前将检漏液清理干净，以免影响测试结果。

9.1.4 当使用氦氮混合气充装受试瓶时，若在瓶内配气，加压完成后应至少静置 3 min，便于气体扩散均匀。应保证受试瓶内氦气体积含量数值准确。

9.1.5 规定氦泄漏率按相关标准确定。需要对氦泄漏率转换成氢泄漏率时，应按照附录 A 的规定执行。

9.1.6 采用舱外加压时，每天开始试验前应对试验系统校准一次。

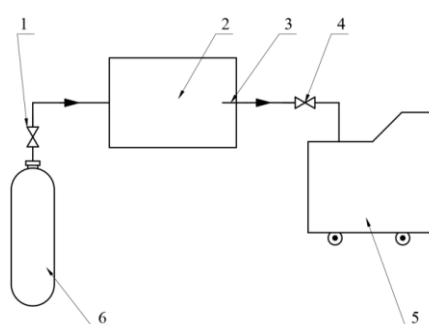
9.2 加压累积检测法

9.2.1 仪器校准

9.2.1.1 标准漏孔校准法

9.2.1.1.1 使用标准漏孔校准前，仪器应通电预热，预热的最短时间应符合仪器制造厂的规定。

9.2.1.1.2 氦检漏质谱仪使用前，应按仪器制造厂的操作和维修手册使用毛细管型标准漏孔进行校准。若仪器示值偏差超过 10%，则应采用大气校准法或标准浓度法重新校准。



标引符号说明：

1——减压阀；
2——容器或气袋；
3——吸枪；

4——吸枪阀；
5——氦质谱检漏仪；
6——纯氮气瓶。

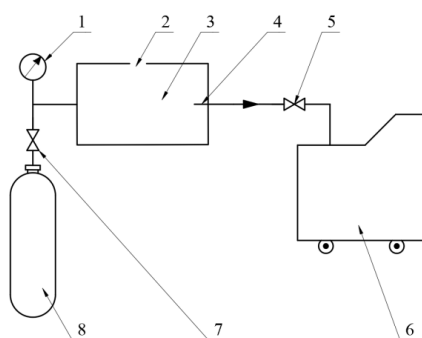
图 1 大气校准法示意图

9.2.1.2 大气校准法

大气校准法原理如图1所示。向容器或气袋中充入氮气，将氮质谱检漏仪的吸枪探头插入容器或气袋，调整氮质谱检漏仪读数归零；再使用氮质谱检漏仪吸枪吸收空气得到新的示值，其值应与空气中 5 ppm 氮浓度一致。

9.2.1.3 标准浓度校准法

标准浓度法原理如图2所示。向容器或气袋中充入体积浓度确定的氮氮混合气，将氮质谱检漏仪的吸枪探头插入容器或气袋，记录仪器读数，其值应与已校准的氮浓度一致。



标引符号说明：

1——压力表；
2——排气孔；
3——容器或气袋；

4——吸枪；
5——吸枪阀；
6——氮质谱检漏仪；

7——减压阀；
8——氮氮混合气气瓶。

图2 标准浓度法示意图

9.2.2 试验系统校准

9.2.2.1 将具有 100%氮气的毛细管型标准漏孔与试验系统相连。

9.2.2.2 将未加压的受试瓶接入试验系统。

9.2.2.3 检测舱抽真空至真空度为 5kPa ~ 10kPa，或用氮气置换舱内空气。将氮质谱检漏仪的吸枪探头接入检测舱，打开标准漏孔，至少连续测量 3 次，每次测量间隔时间相同，若所测得的浓度值之间相对偏差不超过±10%，则确认系统达到稳定状态，此时仪器读数记为 M_{02} 。

9.2.2.4 将标准漏孔关闭，待氮质谱检漏仪读数稳定时记录背景读数 M_{01} 。

9.2.2.5 根据所测参数计算气密性试验所需的累积时间按公式（1）计算，也可由气瓶制造单位或气瓶检验机构通过试验确定，但应不小于 3min。

$$t_a = \frac{P_{atm} V_c (M_{02} - M_{01})}{Q_c X} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

t_a —加压累积法气密性试验所需的累积时间，单位为秒（s）；

P_{atm} —大气压力（绝压），单位为帕（Pa）；

V_c —实际检测空间体积，检测舱内体积与气瓶所占空间体积之差，单位为立方米（ m^3 ）；

M_{01} —标准漏孔关闭时氮质谱检漏仪的背景读数，单位为ppm；

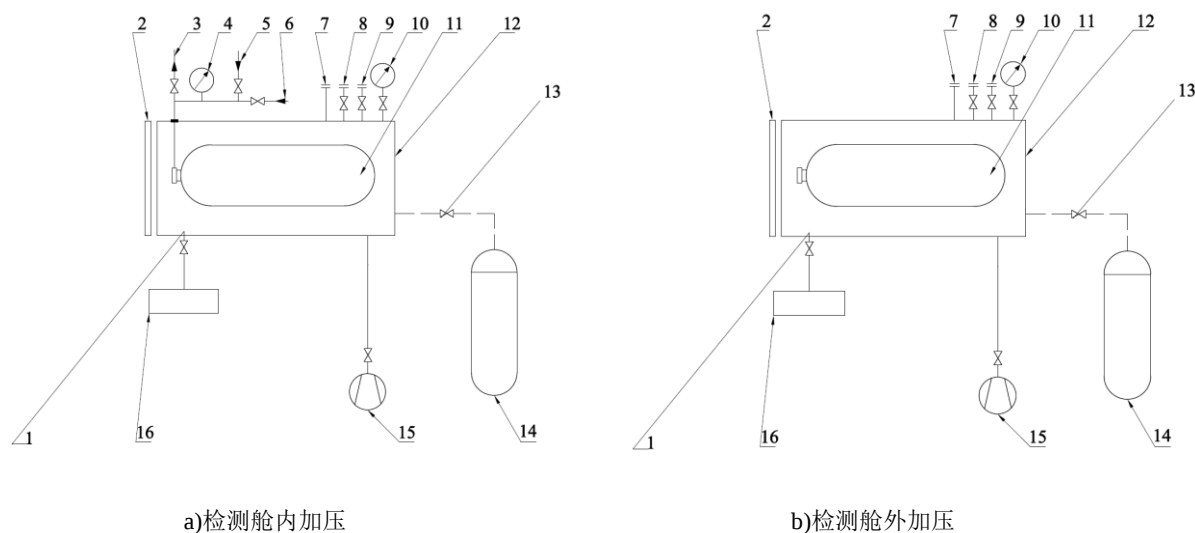
M_{02} —标准漏孔开启至输出信号稳定时氮质谱检漏仪的读数，单位为ppm；

Q_c —规定的氮泄漏率，单位为帕立方米每秒（ $Pa \cdot m^3/s$ ）；

X —氮氮混合气中氮气的体积含量，单位为%。

9.2.3 试验步骤

9.2.3.1 将受试瓶与图 3a)所示的试验系统连接,将受试瓶加压至规定试验压力。或将加压至规定试验压力的受试瓶与图 3b)所示的试验系统连接。



标引符号说明:

- | | | | |
|-------------|------------|-------------|-------------|
| 1——吸枪探头; | 5——氮气充装管路; | 9——标准漏孔接口; | 13——氮气置换阀门; |
| 2——检测舱快开门; | 6——氮气充装管路; | 10——真空测量仪表; | 14——氮气源; |
| 3——充气、排气管路; | 7——机械防爆接口; | 11——受试瓶; | 15——真空机组; |
| 4——压力测量表; | 8——空气交换口; | 12——检测舱; | 16——氦质谱检漏仪。 |

图3 加压累积检测法试验系统

9.2.3.2 检测舱抽真空至真空度为 5kPa ~ 10kPa , 将检漏仪的吸枪探头接入检测舱。达到累积时间 t_a 后, 记录仪器读数 M_{03} 。若输出信号不稳定, 需延长检测时间至输出信号稳定。

9.2.3.3 氦泄漏率按公式 (2) 计算, 必要时, 应根据仪器制造厂提供的氦质谱检漏仪气体吸入量对氦泄漏率进行修正。

$$Q_{He} = \frac{P_{atm} V_c (M_{03} - M_{01})}{t_a X} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q_{He} —通过氦质谱检漏法获得的气瓶氦泄漏率, 单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$);

P_{atm} —大气压力 (绝压), 单位为帕 (Pa);

V_c —实际检测空间体积, 检测舱内体积与气瓶所占空间体积之差, 单位为立方米 (m^3);

M_{01} —标准漏孔关闭时的背景读数, 单位为ppm;

M_{03} —达到累积时间后的氦质谱检漏仪读数, 单位为ppm;

t_a —加压累积法气密性试验所需的累积时间, 单位为秒 (s);

X —氦氮混合气中氦气的体积含量, 单位为%。

9.2.3.4 试验结果的判定应按气瓶相关标准的规定执行。若检出的氦泄漏率或转换得到的氦泄漏率不符合相关标准要求, 应根据 NB/T 47013.8 或 GB/T 15823 中吸枪法检测的相关规定检测泄漏点, 待消除泄漏点后重新进行气密性试验。

9.3 真空舱法

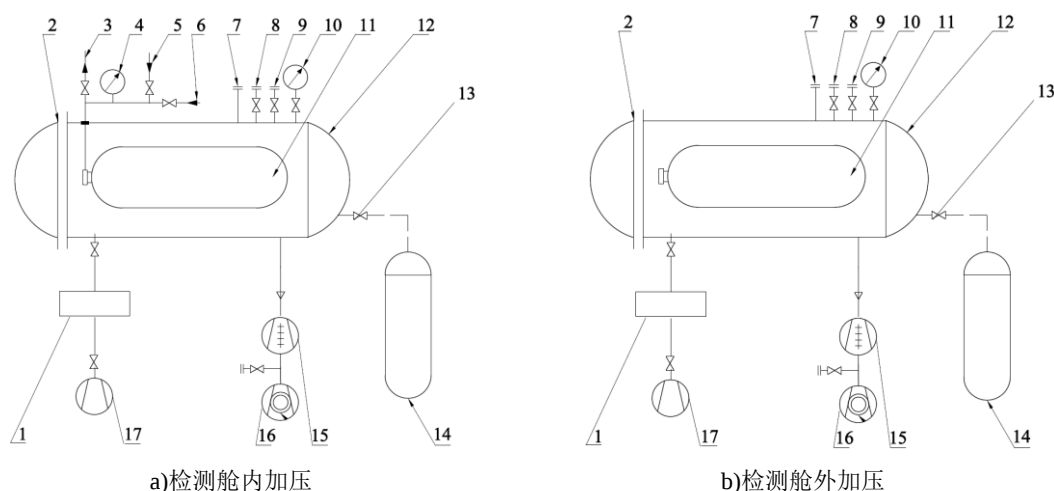
9.3.1 仪器校准

9.3.1.1 使用标准漏孔校准前，仪器应通电预热，预热的最短时间应符合仪器制造厂的规定。

9.3.1.2 氦检漏质谱仪使用前，应按仪器制造厂的操作和维修手册使用渗透型标准漏孔进行校准。氦检漏质谱仪的灵敏度应至少为 $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

9.3.2 试验系统初始校准

9.3.2.1 将受试瓶与图 4a)所示的试验系统连接，将受试瓶加压至规定试验压力。或将加压至规定试验压力的受试瓶与图 4b) 所示的试验系统连接。



标引符号说明：

- | | | | |
|-------------|------------|------------|--------------|
| 1——氦质谱仪； | 6——氦气充装管路； | 11——受试瓶； | 16——机械泵； |
| 2——真空舱快开门； | 7——机械防爆接口； | 12——真空舱； | 17——检漏泵+前级泵。 |
| 3——充气、排气管路； | 8——空气交换口； | 13——氮气冲洗阀； | |
| 4——压力表； | 9——标准漏孔接头； | 14——氮气源； | |
| 5——氦气充装管路； | 10——检测仪表； | 15——罗茨泵； | |

注：氮气充装管路和氦气充装管路可合并。

图4 真空舱法试验系统

9.3.2.2 将具有 100%氦气的渗透型标准漏孔与试验系统相连，连接位置应远离检测舱与氦质谱检漏仪连接处。

9.3.2.3 对检测舱抽真空至满足氦质谱检漏仪测量要求的真空度，连接检漏仪与检测舱，打开标准漏孔直至氦质谱检漏仪信号稳定。将标准漏孔开启至输出信号稳定的时间记录为检测时间，将稳定的仪器读数记为 M_2 。

9.3.2.4 将标准漏孔关闭，待氦质谱检漏仪读数稳定时记录背景读数 M_1 。

9.3.2.5 试验系统初始灵敏度按公式 (3) 计算：

$$S_1 = \frac{Q_1}{M_2 - M_1} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

S_1 ——试验系统初始灵敏度，单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)；

Q_1 ——渗透型标准漏孔漏率，单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)；

M_1 —标准漏孔关闭时氦质谱检漏仪的背景读数，单位为ppm；

M_2 —标准漏孔开启至输出信号稳定时氦质谱检漏仪的仪器读数，单位为ppm。

9.3.2.6 当试验系统的布置发生改变（如采用辅助泵时，旁路至辅助泵的氦气流分配改变），或经校准的泄漏率有变动时，应重新校准。

9.3.3 试验步骤

9.3.3.1 完成初始校准后，用氮氮混合气将受试瓶加压至试验压力。

9.3.3.2 确认试验系统稳定后，开始检测，达到 9.3.2.3 确定的检测时间后，记录仪器输出读数 M_5 。若输出信号不稳定，则应延长检测时间至输出信号稳定。

9.3.4 试验系统最终校准

9.3.4.1 采用检测舱内加压时，当试验完成后，应将受试瓶内压力泄压至零，再进行真空舱检测系统的最终校准。

9.3.4.2 受试瓶仍放置在真空舱内并保持标准漏孔关闭，测定仪器读数 M_3 ，再次开启标准漏孔，仪器输出读数增大至 M_4 。

9.3.4.3 试验系统最终灵敏度按公式（4）计算：

$$S_2 = \frac{Q_1}{M_4 - M_3} \dots\dots\dots(4)$$

式中：

S_2 —试验系统初始灵敏度，单位为帕立方米每秒（Pa·m³/s）；

Q_1 —渗透型标准漏孔漏率，单位为帕立方米每秒（Pa·m³/s）；

M_3 —标准漏孔关闭时氦质谱检漏仪的读数，单位为ppm；

M_4 —标准漏孔开启至输出信号稳定时氦质谱检漏仪的读数，单位为ppm。

9.3.4.4 最终灵敏度 S_2 达到初始灵敏度 S_1 的 35% 及以上，检测结果有效。若最终灵敏度 S_2 减小到初始灵敏度 S_1 的 35% 以下，应用氮气置换检测舱或修理仪器、重新校准后再次进行检测。

9.3.4.5 试验系统最终校准合格后，氦泄漏率应按如下规定确定：

- a) 当输出信号不改变，即 $M_5 = M_1$ ，应记录为“低于系统的可探测范围”，试验结果合格。
- b) 当输出信号 M_5 超过系统可探测范围，应记录为“大于系统可探测范围”，试验结果不合格。
- c) 当输出信号 M_5 发生改变（但输出信号在可检范围），氦泄漏率应按公式(5)计算：

$$Q_{He} = \frac{S_2(M_5 - M_1)}{X} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

Q_{He} —通过氦质谱检漏法获得的气瓶氦泄漏率，单位为帕立方米每秒（Pa·m³/s）；

S_2 —试验系统初始灵敏度，单位为帕立方米每秒（Pa·m³/s）；

M_1 —标准漏孔关闭时氦质谱检漏仪的背景读数，单位为ppm；

M_5 —达到检测时间后氦质谱检漏仪的读数，单位为ppm；

X —氮氮混合气中氮气的体积含量，单位为%。

9.3.4.6 试验结果的判定应按气瓶相关标准的规定执行。若检出的氦泄漏率或转换得到的氦泄漏率不符合相关标准要求，应根据 NB/T 47013.8 或 GB/T 15823 中吸枪法检测的相关规定检测泄漏点，待消除泄漏点后重新进行气密性试验。

10 试验记录和报告

10.1 试验记录

试验单位应按照气瓶气密性试验的实际情况记录试验过程的有关信息和数据。试验记录应详尽、真实、准确、可追溯。

10.2 试验报告

试验单位应依据试验记录出具气密性试验报告。

浸水法和涂液法试验报告除记载受试瓶的有关信息和主要技术参数，还应至少包括下列主要内容：

- a) 本文件编号；
- b) 试验时间；
- c) 试验方法；
- d) 试验仪器和测量仪表；
- e) 实测试验环境温度；
- f) 试验介质；
- g) 阀门型号；
- h) 实际试验压力；
- i) 实际保压时间；
- j) 受试瓶试验情况描述；
- k) 试验结论。

氮质谱检漏法试验报告除记载受试瓶的有关信息和主要技术参数，还应至少包括下列主要内容：

- a) 本文件编号；
- b) 试验时间；
- c) 试验方法；
- d) 试验仪器和测量仪表；
- e) 实测试验环境温度；
- f) 试验介质及介质浓度；
- g) 阀门型号；
- h) 实际试验压力；
- i) 累积时间或检测时间；
- j) 试验系统初始和最终灵敏度（适用于真空舱法）；
- k) 泄漏率；
- l) 受试瓶试验情况描述；
- m) 试验结论。

试验报告应有试验人员、审核人员签章和试验单位公章（专用章）。

11 试验中的注意事项

11.1 气密性试验保压过程中，不得带压紧固螺纹连接件或者向受压元件施加外力。

11.2 压力测量仪表的示值未降为“零”时，不应拆卸承压管道上的一切承压件和拆装受试瓶，不应旋紧承压管道上的接头。

11.3 泄压时应使压力缓慢下降。

11.4 气密性试验应有专人负责，试验过程中，未经批准，与试验无关的人员不得进入试验现场。

11.5 试验系统中压力容器、压力管道的检验应分别按 TSG21 和 TSG D0001 的规定执行。此外，还应定期进行安全自检，每年应不少于 1 次。

附录 A (规范性) 氢氮泄漏率转换方法

A.1 由规定氢泄漏率转换的规定氮泄漏率按公式 (A.1) 进行计算:

$$Q_c = \frac{Q_{H_2}}{\alpha \cdot \beta} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

Q_c —规定氮泄漏率, 单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$);

Q_{H_2} —规定氢泄漏率, 单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$);

α —纯氢气与氮氮混合气的泄漏率转换系数;

β —纯氢气与纯氮气的泄漏率转换系数。

A.2 泄漏率转换系数

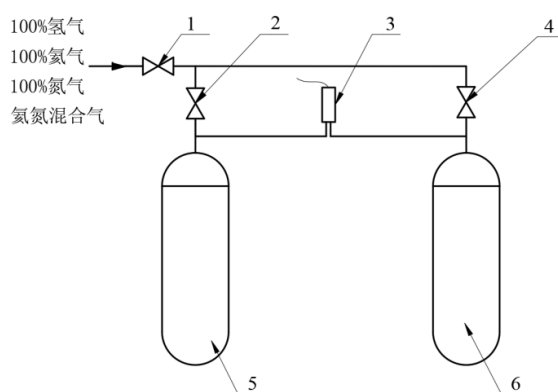
A.2.1 通则

A.2.1.1 将氮泄漏率转换成氢泄漏率, 需确定氢、氮、氮不同介质之间的转换系数。

A.2.1.2 泄漏率转换系数的测定应采用差压法或微压法, 泄漏率转换系数应在 55°C 下测定。

A.2.2 差压法

A.2.2.1 通过微压差传感器检测基准气瓶和受试瓶的压差, 得到受试瓶在充装氢气 (或氮气、氮气及氮氮混合气) 时的泄漏率。差压法系统见图 A.1。



标引符号说明:

1——阀门 1;
2——阀门 2;

3——微压差传感器;
4——阀门 3;

5——基准气瓶;
6——受试瓶。

图A.1 差压法系统

A.2.2.2 试验步骤:

- a) 将受试瓶和基准气瓶抽真空或置换为相应气体;
- b) 试验压力气体经阀门2、阀门3充入压差传感器两端的受试瓶和基准气瓶内, 此时传感器两端气压相等, 记为检测压力 p_i ;
- c) 检测时应同时关闭阀门2、阀门3, 形成两个独立封闭的容腔。保证基准气瓶无泄漏, 当受试瓶有泄漏时, 通过压差传感器示数显示两侧压差;
- d) 通过压差传感器测得压差变化量 Δp , 记录阀门关闭至产生压差 Δp 对应的时间 t_p 。气体泄漏率按公式 (A.2) 计算:

$$Q' = \frac{\Delta p}{p_{\text{atm}} t_p} \left[V_T + \frac{\Delta V}{\Delta p} \left(1 + \frac{V_T}{V_R} \right) p_t \right] \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

Q' —通过差压法获得的气体泄漏率, 单位为立方米每秒 (m^3/s);

Δp —差压变化量, 单位为帕 (Pa);

p_{atm} —大气压力 (绝压), 单位为帕 (Pa);

t_p —阀门关闭至产生压差对应的时间, 单位为秒 (s);

$\Delta V/\Delta p$ —差压传感器系数, 取值为 1.36×10^{-16} , 单位为立方米没帕 (m^3/Pa);

V_T —受试瓶容积, 单位为立方米 (m^3);

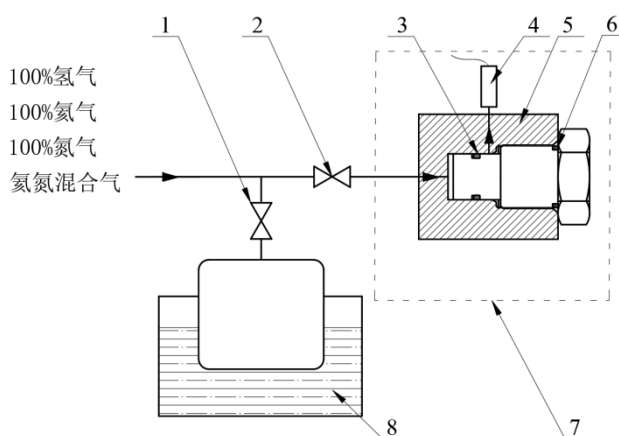
V_R —基准气瓶容积, 单位为立方米 (m^3);

p_t —检测压力, 单位为帕 (Pa)。

A. 2. 2. 3 改变充入受试瓶和基准气瓶的气体种类, 重复 A. 2. 2. 2 步骤, 测定不同种类气体的体积泄漏率。

A. 2. 3 微压法

通过微压检漏仪直接测定充入氢气 (或氦气、氮气及氮氦混合气) 的泄漏率。微压法系统见图 A. 2。



标引符号说明:

1——阀门 1;

2——阀门 2;

3——O 型圈;

4——微压检漏仪;

5——瓶阀/气瓶密封处模拟工装系统;

6——O 型圈;

7——恒温箱;

8——温度稳定系统;

图A.2 微压法系统

A. 2. 4 转换系数计算

纯氦气与氮氦混合气泄漏率转换系数按公式 (A.3) 计算, 纯氢气与纯氦气泄漏率的转换系数按公式 (A.4) 计算:

$$\alpha = \frac{Q'_{\text{He}}}{Q'_{\text{X-He}} - (1 - X)Q'_{\text{N}_2}} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$\beta = \frac{Q'_{\text{H}_2}}{Q'_{\text{He}}} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

α —纯氦气与氦氮混合气的泄漏率转换系数；

Q'_{He} —纯氦气泄漏率，差压法单位为立方米每秒（ m^3/s ），微压法单位为帕立方米每秒（ $Pa \cdot m^3/s$ ）；

Q'_{X-He} —氦氮混合气的泄漏率，差压法单位为立方米每秒（ m^3/s ），微压法单位为帕立方米每秒（ $Pa \cdot m^3/s$ ）；

X —氦氮混合气中氦气的体积含量，单位为%。

Q'_{N_2} —纯氮气泄漏率，差压法单位为立方米每秒（ m^3/s ），微压法单位为帕立方米每秒（ $Pa \cdot m^3/s$ ）；

β —纯氢气与纯氦气泄漏率的转换系数；

Q'_{H_2} —纯氢气泄漏率，差压法单位为立方米每秒（ m^3/s ），微压法单位为帕立方米每秒（ $Pa \cdot m^3/s$ ）。

A.2.5 氢气泄漏率计算

受试瓶单位体积的氢气泄漏率按公式（A.5）和（A.6）计算：

a) 采用加压累积检测法：

$$Q_{H_2} = \frac{P_{atm} V_C (M_{03} - M_{01}) \alpha \beta}{t_a V_T} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

Q_{H_2} —氢气泄漏率，帕立方米每秒（ $Pa \cdot m^3/s$ ）；

P_{atm} —大气压力（绝压），单位为帕（Pa）；

V_c —实际检测空间体积，检测舱内体积与气瓶所占空间体积之差，单位为立方米（ m^3 ）；

M_{01} —标准漏孔关闭时的背景读数，单位为ppm；

M_{03} —达到累积时间后的氦质谱检漏仪读数，单位为ppm；

α —纯氦气与氦氮混合气的泄漏率转换系数；

β —纯氢气与纯氦气泄漏率的转换系数；

t_a —加压累积法气密性试验所需的累积时间，单位为秒（s）；

V_T —受试瓶容积，单位为立方米（ m^3 ）。

b) 采用真空舱法：

$$Q_{H_2} = \frac{S_2 (M_5 - M_1) \alpha \beta}{V_T} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

Q_{H_2} —氢气泄漏率，帕立方米每秒（ $Pa \cdot m^3/s$ ）；

S_2 —试验系统初始灵敏度，单位为帕立方米每秒（ $Pa \cdot m^3/s$ ）；

M_1 —标准漏孔关闭时氦质谱检漏仪的背景读数，单位为ppm；

M_5 —达到检测时间后氦质谱检漏仪的读数，单位为ppm；

α —纯氦气与氦氮混合气的泄漏率转换系数；

β —纯氢气与纯氦气泄漏率的转换系数；

V_T —受试瓶容积，单位为立方米（ m^3 ）。

注：1 $Pa \cdot m^3/s = 9.9 \text{ std} \cdot \text{cm}^3/s = 9.9 \text{ NmL/s} = 594 \text{ NmL/min} = 35640 \text{ NmL/h}$ 。