

中华人民共和国国家标准

GB/T xxxx—xxxx

小型燃料电池车用 低压储氢装置安全试验方法

Test method for the safety of low pressure hydrogen storage device
for small fuel cell vehicle

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（征求意见稿）

（本稿完成日期：）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验条件 3

5 试验方法 4

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由全国氢能标准化技术委员会（SAC/TC 309）提出并归口。

本标准起草单位：XXX、XXX、XXX。

本标准主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX。

小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法

1 范围

本标准规定了小型燃料电池车用低压储氢装置安全（以下简称：低压储氢装置）的试验条件和试验方法。

本标准适用于内容积不大于3L、最高温升压力不大于25MPa、工作温度不低于-10℃且不高于65℃的小型燃料电池车用低压储氢装置。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3634.1 氢气 第1部分：工业氢

GB/T 13310 电动振动台

GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语

3 术语和定义

GB/T 24499界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低压储氢装置 **low pressure hydrogen storage device**

外壳材料为不锈钢、铝合金或者其它合适材料，内置储氢合金作为储氢介质，内容积不大于3L、最高温升压力不大于25MPa、工作温度不低于-10℃且不高于65℃的储氢装置。

3.2

最高温升压力 **maximum developed pressure**

MDP

低压储氢装置内的储氢合金吸氢饱和后，在最高使用温度下达到平衡时的最高气体压力（表压）。

3.3

许用设计应力 **design stress limit**

低压储氢装置器壁允许承受的最大应力。

3.4

最大允许工作压力 **maximum allowable working pressure**

MAWP

在设计温度下，低压储氢装置顶部所允许承受的最大表压力。

注：MAWP根据低压储氢装置各部分壳体的有效厚度计算所得，且取最小值，其范围为3-4倍MDP。

3.5

试验压力 test pressure

低压储氢装置器壁应力达到许用设计应力时的内压，为设计压力的 1.5 倍。

注：试验压力也可根据低压储氢装置的应力分析报告确定。

3.6

额定容量 rated capacity

在规定的条件下，低压储氢装置提供的氢气量。

3.7

正常使用条件 normal service conditions

低压储氢装置正常操作、运输、储存时允许的压力、温度、氢气流率和品质。

3.8

超压泄放装置 pressure relief device

PRD

在超压或遇到火情时，释放低压储氢装置内部压力以防止其爆破的安全装置。

注：其动作压力为 1.3-1.5 倍 MDP。

3.9

额定充氢压力 rated charging pressure

RCP

在规定的条件下，低压储氢装置的充氢压力。

3.10

爆破压力 burst pressure

低压储氢装置在爆破试验过程中达到的最大压力。

3.11

破裂 rupture

导致低压储氢装置瞬间能量释放的结构失效。

4 试验条件

4.1 一般要求

4.1.1 应使用活化后的低压储氢装置进行安全试验。

4.1.2 除非另有规定，低压储氢装置安全试验的环境条件为：室温与试验介质温度为 $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、试验介质为氢气或氦气。

4.1.3 低压储氢装置进行安全试验需要充氢时，氢气最低纯度应不低于 99.95%，且应符合 GB/T 3634.1 的规定。

4.2 试验仪器设备

试验仪器设备应按规定检定合格，需进行法定检验的，应当经法定检验合格，并且在检定有效期内。

4.3 防护措施

试验机构应制定安全防护措施，并应符合以下基本要求：

- a) 试验场所的照明、供水、供电、供气系统等应满足试验要求；
- b) 试验现场应整洁、安全，有必要的警示标志，试验区域应进行有效隔离；
- c) 试验现场的温度、湿度、振动等环境条件应能确保试验正常进行；
- d) 试验人员应配备和穿戴试验作业必需的防护用品，并遵守安全作业规程。

5 试验方法

5.1 气密性试验

5.1.1 试验要求

5.1.1.1 型式试验时，应采用氦气质谱仪检漏法或氢气传感器检漏仪检漏法，使用 3 个未充氢的低压储氢装置进行气密性试验。

5.1.1.2 批量抽检时，应采用专用检漏液检漏法进行气密性试验。低压储氢装置的抽检数量按相关规范标准规定执行。

5.1.2 试验程序

5.1.2.1 采用氦气质谱仪检漏法或氢气传感器检漏仪检漏法进行气密性试验时，按以下试验程序进行：

- a) 按制造单位规定的方式将低压储氢装置充装氢气或氦气至其额定充氢压力后放置于真空箱中。
- b) 将氦气检漏仪或氢气传感器检漏仪与真空箱相连，并将真空箱抽成真空度优于 2 Pa 的真空。
- c) 室温下静置大于 30min 后，读取氦气检漏仪的真空度及泄漏率数据或氢气传感器检漏仪示数。

5.1.2.2 采用专用检漏液检漏法进行气密性试验时，按以下试验程序进行：

- a) 按制造单位规定的方式将低压储氢装置充装氢气至其额定充氢压力后放入环境箱内。
- b) 室温下每 15min 用专用检漏液检漏法对低压储氢装置进行检漏，检漏次数不少于两次。
- c) 观察并记录有无气泡产生及气泡产生位置。

5.1.3 合格指标

5.1.3.1 采用氦气质谱仪检漏法检漏时，氢气泄漏率应不大于 $1.7 \times 10^{-4}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ （温度为 0°C 、绝对压力为 101.325 kPa 时）。

5.1.3.2 采用氢气传感器检漏仪检漏法检漏时，检漏仪无示数。

5.1.3.3 采用检漏液检漏法检漏时，无气泡产生。

5.2 跌落试验

5.2.1 试验要求

5.2.1.1 应对 3 个经 5.1.1.1 气密性试验合格的低压储氢装置，或未经使用并按照制造单位规定的方式充装气体至额定充氢压力的低压储氢装置进行跌落试验。

5.2.1.2 低压储氢装置应装配有截止阀和超压泄放装置等部件，但不应有任何其他保护装置。

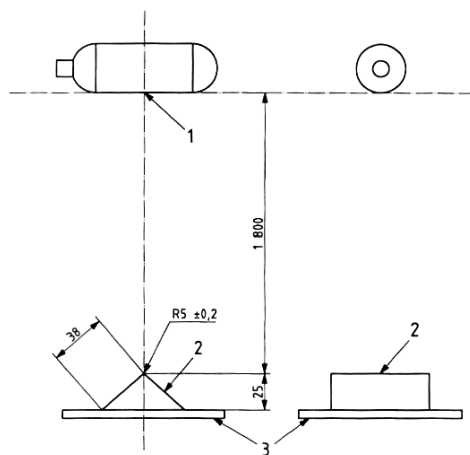
5.2.1.3 跌落试验在室温下进行，冲击台面应为混凝土或钢质水平面，试验时不移动，不变形，且应有足够大的面积，以确保低压储氢装置完全落在冲击台面上。

5.2.1.4 跌落试验的提升装置在提升或下降过程中，不得损坏低压储氢装置；释放装置在释放低压储氢装置时，应确保低压储氢装置为自由跌落。

5.2.1.5 低压储氢装置的提起高度与预定高度之差应不超过预定高度的 $\pm 2\%$ 。

5.2.2 试验程序

5.2.2.1 低压储氢装置提至预定高度后，应按预定状态将其支撑住。



1—低压储氢装置；2—钢锥；3—冲击台面。

图1 跌落试验中低压储氢装置的水平跌落位置

5.2.2.2 按下列预定状态，释放低压储氢装置：

- 低压储氢装置以其端部垂直跌落时，其初始位置的最低点高度应不小于 1.8m。
- 低压储氢装置以其轴向与水平面之间的夹角为 45° 角跌落时，应使其重心高度不小于 1.8m，并使带有截止阀和超压泄放装置的端部先跌落；若装置初始位置的最低点高度小于 0.6m，则应调整跌落角度以确保装置初始位置的最低点和装置重心的高度分别不小于 0.6m 和 1.8m；若装置两端均装配有截止阀、超压泄放装置等附件时，装置应仍以 45° 角跌落并使其抗撞击能力较弱的端部先跌落。
- 低压储氢装置以 1.8m 的高度，水平跌落于钢锥上时，应使其重心与钢锥的顶点成直线（见图 1）。钢锥应固定于冲击台面上，其尺寸应符合图 1 的规定。装置在撞击冲击台面前应先撞击钢锥。

5.2.2.3 对跌落试验后的低压储氢装置进行外观检查，并记录其附件的损坏情况。

5.2.3 合格指标

5.2.3.1 低压储氢装置的截止阀和超压泄放装置在跌落试验后应能正常启闭。

5.2.3.2 低压储氢装置进行跌落试验后，应在试验温度为室温，试验压力为最高温升压力的条件下按 5.1.2.1 的规定进行气密性试验，结果应符合 5.1.3 的要求。

5.3 冲击试验

5.3.1 试验要求

- 5.3.1.1 应对 3 个未充氢的低压储氢装置或不含内容物的低压储氢装置进行冲击试验。
- 5.3.1.2 试验使用的硬质钢球，其布氏硬度应为 248HBW±3HBW，其直径应依据截止阀的尺寸确定，以确保能准确冲击阀体而不受装置其他组件干扰。
- 5.3.1.3 硬质钢球的质量与速度应足以施加表 1 规定的冲击截止阀所需的能量。

表1 冲击能量要求

低压储氢装置内容积 V/L	最小能量 E ^a /J
V ≤ 0.35	1.02
0.35 < V ≤ 3.0	6.80
^a 硬质钢球以自由落体方式落下时， E=mgh 式中：E—最小能量，J； m—硬质钢质量，kg； g—重力加速度，9.8 m/s ² ； h—垂直落下高度，m。	

5.3.2 试验程序

- 5.3.2.1 将硬质钢球和低压储氢装置在温度为-40℃的低温环境中保存 4h 以上。
- 5.3.2.2 在低压储氢装置从低温环境中取出后的 5min 内，将其充分固定，并立即对其截止阀按以下要求进行冲击试验：
 - a) 硬质钢球以与阀体纵轴成 90° 角，且与纵轴共平面的方向冲击截止阀的侧面；
 - b) 将低压储氢装置旋转 180°，按 5.3.2.2 a) 的要求对截止阀的另一侧面进行第 2 次冲击。
- 5.3.2.3 对冲击试验后的低压储氢装置进行外观检查，并记录其截止阀的损坏情况。

5.3.3 合格指标

- 5.3.3.1 低压储氢装置的截止阀在冲击试验后应与低压储氢装置连接良好，无裂纹，且能正常动作。
- 5.3.3.2 低压储氢装置进行冲击试验后，先在室温下以惰性气体加压至最高温升压力，再按 5.1.2.1 的规定进行气密性试验，结果应符合 5.1.3 的要求。

5.4 高温试验

5.4.1 试验要求

- 5.4.1.1 对 3 个按制造单位规定方式充装氢气至额定充氢压力的低压储氢装置进行高温试验。
- 5.4.1.2 高温试验试验温度为 80℃。
- 5.4.1.3 试验箱内应设有传感器，以测量与控制试验箱内的温度。并确保试验箱内温度的均匀性，试验箱内壁的温度与规定试验温度之差不应超过规定试验温度的±3%。

5.4.2 试验程序

将低压储氢装置静置于试验箱内升温至规定试验温度，当低压储氢装置的温度达到规定试验温度时开始计时，保温 1h 后取出并恢复至常温。

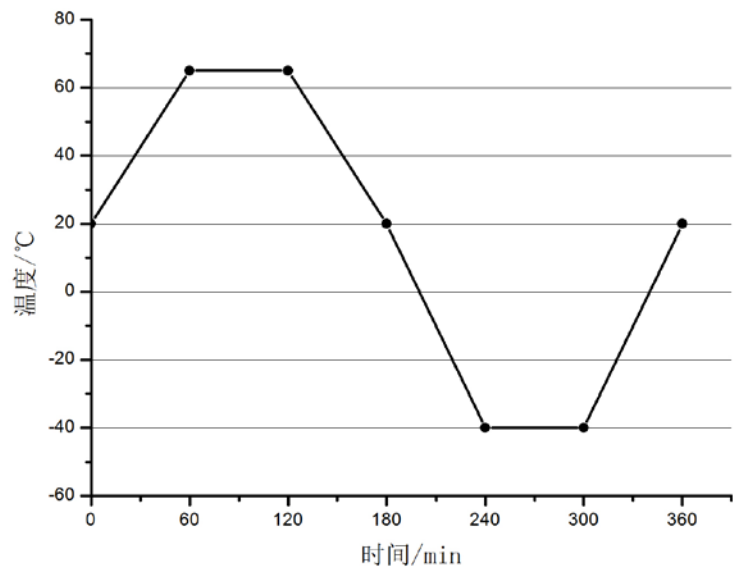
5.4.3 合格指标

- 5.4.3.1 高温静置试验后，低压储氢装置的外壳应不发生变形。
- 5.4.3.2 若低压储氢装置外观检查合格，按 5.1.2.1 的规定对其进行气密性试验，试验结果应符合 5.1.3 的要求；
- 5.4.3.3 若低压储氢装置外观检查合格，且试验结果符合 5.1.3 的要求；则应在室温下将低压储氢装置充装气体至其最高温升压力，再按 5.1.2.1 的规定对其进行气密性试验，试验结果应符合 5.1.3 的要求。

5.5 热循环试验

5.5.1 试验要求

- 5.5.1.1 对于已规定运输与使用朝向的低压储氢装置，应用至少 5 个低压储氢装置在此朝向上进行试验。对于未规定运输与使用朝向的低压储氢装置，应在水平和垂直方向上各用至少 3 个低压储氢装置进行试验。
- 5.5.1.2 将低压储氢装置充氢至其额定充氢压力后，放入试验箱内。
- 5.5.1.3 试验箱应装有传感器，以测控试验温度，并确保试验箱内温度的均匀性，试验箱内壁的温度与规定试验温度之差不应超过规定试验温度的 $\pm 3\%$ 。试验箱应能在 120min 内由低压储氢装置的最低使用温度升高至其最高使用温度，最高使用温度降至最低使用温度的时间亦应控制在 120min 内。



说明：以最高使用温度为 65℃，最低使用温度为-40℃为例。

图2 热循环试验的温度变化情况

5.5.2 试验程序

- 应对低压储氢装置按以下试验步骤进行热循环试验（见图 2）：
- a) 将充氢后的低压储氢装置放入试验箱内后，使箱内温度在 60min $\pm$ 5min 内由 22℃升至低压储氢装置的最高使用温度；
 - b) 将低压储氢装置的温度维持在其最高使用温度至少 60min，最高温度偏差应在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 内；

- c) 将箱内温度在 $120\text{min} \pm 5\text{min}$ 内由低压储氢装置的最高使用温度降至其最低使用温度;
- d) 将低压储氢装置的温度维持在其最低使用温度至少 60min , 最低温度偏差应在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 内;
- e) 在 $60\text{min} \pm 5\text{min}$ 内将箱内温度升至 22°C ;
- f) 重复进行步骤 a) 至 e) 共 50 次;
- g) 按 5.1.2.1 的规定对其进行气密性试验;
- h) 任取一个低压储氢装置按 5.7 的规定进行爆破试验。

5.5.3 合格指标

5.5.3.1 低压储氢装置进行气密性试验后, 结果应符合 5.1.3 的要求。

5.5.3.2 低压储氢装置的爆破压力应不低于制造单位规定的最小爆破压力。

5.6 耐火试验

5.6.1 试验要求

5.6.1.1 对于已规定运输与使用朝向的低压储氢装置, 应取至少 3 个低压储氢装置按规定的不同朝向进行耐火试验。对于未规定运输与使用朝向的低压储氢装置, 至少需要 3 个分别按水平、竖直和倒立方向进行耐火试验, 且应包括一次超压泄放装置正对火源和一次超压泄放装置与火源成 180° 角的试验。

5.6.1.2 耐火试验应在通风良好的室内或在宽敞户外进行, 并进行必要防护, 以确保试验人员的安全。

5.6.1.3 火源应采用能提供均匀热量且在规定的试验条件下可维持燃烧至少 20min 的燃料, 且应符合环保要求。

5.6.1.4 低压储氢装置应另安装远程泄压装置, 以确保当低压储氢装置的超压泄放装置出现故障时仍可及时泄压。

5.6.2 试验程序

5.6.2.1 试验前, 将低压储氢装置充氢至其额定充氢压力。

5.6.2.2 将热电偶布置在距离低压储氢装置表面 0.05m 以内但不与装置表面直接接触的位置。

5.6.2.3 在测试方向上, 将低压储氢装置置于距离燃料至少 0.1m 或更高的位置, 以确保装置能被火焰完全包裹; 并对其截止阀、超压泄放装置等附件进行保护, 以免其直接受火焰的冲击。

5.6.2.4 应在详细记录火源、低压储氢装置及测量仪器布置情况后, 开始进行耐火试验。

5.6.2.5 试验过程中, 应将热电偶温度维持在 $500^\circ\text{C} \sim 550^\circ\text{C}$ 。

5.6.2.6 应对低压储氢装置的温度和压力进行远程监测和记录, 数据记录时间间隔应不大于 15s 。除温度与压力外, 每次试验时还应记录下列信息:

- 低压储氢装置的制造单位和型号;
- 超压泄放装置的类型与标称值;
- 低压储氢装置的放置方向;
- 超压泄放装置的位置与方向;
- 低压储氢装置的额定充氢压力和已经历的充放氢循环次数;
- 超压泄放装置的动作时间和试验总耗时;
- 环境温度;
- 风力与风向;
- 监检人员;
- 试验日期。

5.6.3 合格指标

低压储氢装置进行耐火试验时，超压泄放装置应能正常动作，装置应无破裂现象，且应无弹射物出现。

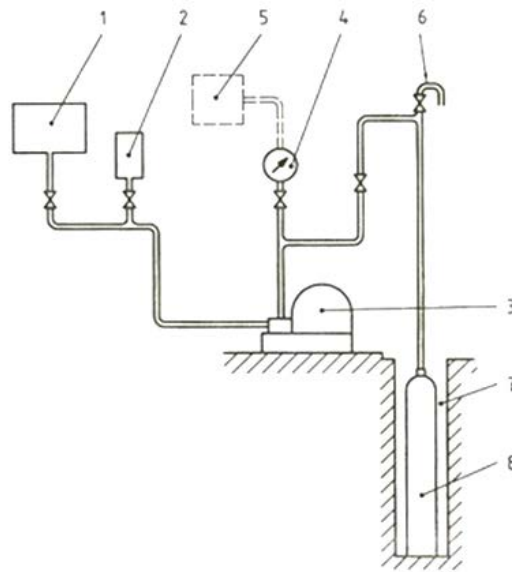
5.7 爆破试验

5.7.1 试验要求

- 5.7.1.1 对 3 个低压储氢装置进行爆破试验。试验前，应清空低压储氢装置内部的储氢合金，保持装置内部清洁，拆除与试验无关的附件。
- 5.7.1.2 试验装置应能自动绘制压力-时间曲线和压力-进水量曲线。
- 5.7.1.3 试验装置上的压力表或压力传感器的量程和精度应能满足要求，并经检定合格。
- 5.7.1.4 试验介质应为室温洁净水，且应供水稳定、连续。

5.7.2 试验程序

- 5.7.2.1 记录低压储氢装置的型号、额定容量、额定充氢压力等信息，测量记录试验介质温度和环境温度。
- 5.7.2.2 试验布置应满足图 3 的要求，将低压储氢装置灌满洁净水，并排除装置和管路中的空气。
- 5.7.2.3 升压过程应缓慢平稳，并符合以下要求：
 - a) 以小于 0.35MPa/s 的速度缓慢升压至低压储氢装置的试验压力并保持 30s，观察低压储氢装置各部位是否发生变形；
 - b) 继续以小于 0.35MPa/s 的速度缓慢升压直至低压储氢装置爆破。
- 5.7.2.4 试验完毕后，测量爆破口及其边缘形状尺寸。



1—水槽；2—流量计；3—加压泵；4—压力表；5—控制柜；6—排气孔或泄压阀；7—爆破坑；8—低压储氢装置。

图3 低压储氢装置爆破试验布置图

5.7.3 合格指标

- 5.7.3.1 低压储氢装置在试验压力下保压 30s 后，应不发生可见变形。
- 5.7.3.2 低压储氢装置的爆破压力应不小于其试验压力的 1.6 倍，即

$$P_b \geq 1.6 P_h$$

式中：

Pb—爆破压力, MPa;

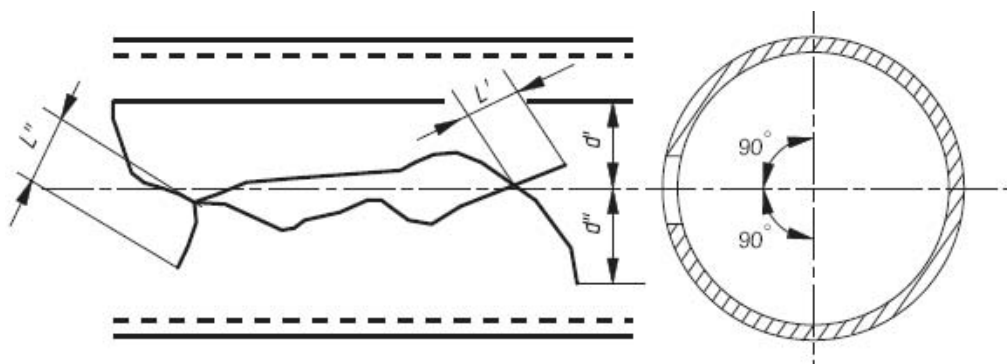
Ph—试验压力, MPa, $Ph=1.5 \text{ MAWP}$;

MAWP—低压储氢装置最大允许工作压力, MPa。MAWP= $n \cdot \text{MDP}$, n 为 3-4。

5.7.3.3 储氢装置爆破后应保持为整体, 无碎片产生。

5.7.3.4 储氢装置应为韧性断裂, 断口应无明显缺陷, 并符合以下要求:

- 爆破裂纹应是纵向裂纹;
- 爆破裂纹应无分支;
- 爆破裂纹的环向延伸不应超过 90° (见图 4);
- 爆破裂纹不应延伸至厚度为筒体壁厚的 1.5 倍处;
- 低压储氢装置的容器为凸形底时, 爆破裂纹不应延伸至容器的底部中心处。



说明:

L'——第一象限裂纹长度;

L''——第二象限裂纹长度;

d'——第一象限半径长度;

d''——第二象限半径长度。

图4 爆破裂纹的延伸

5.8 连接件插拔循环试验

5.8.1 试验要求

取连接件2组或2个装配有连接件的低压储氢装置进行测试。

5.8.2 试验程序

5.8.2.1 将未充氢的低压储氢装置牢固安装于试验台上, 低压储氢装置的连接件与试验台的活动装置相连。

5.8.2.2 以 $0.7 \text{ m/s} \sim 0.9 \text{ m/s}$ 的插拔速率, 每分钟 7.5 个行程的频率进行连接件插拔循环试验, 共进行 100 个行程。

注: 1次插入或1次拔出为1个行程。

5.8.2.3 在室温下, 将低压储氢装置充装气体至其最高温升压力, 并按 5.1.2.1 的规定对其进行气密性试验。

5.8.3 合格指标

低压储氢装置进行气密性试验后, 结果应符合 5.1.3 的要求。

5.9 长时存放试验

5.9.1 试验要求

5.9.1.1 应对 3 个充氢至额定充氢压力的低压储氢装置分别进行长时存放试验。

5.9.1.2 试验箱应可将箱内环境温度稳定在 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内，并应设有氢气传感器及安全排放装置，以防因低压储氢装置氢气泄漏致使试验箱内的氢气浓度达到氢气爆炸极限。

5.9.2 试验程序

5.9.2.1 测量并记录低压储氢装置的初始质量 m_1 后，将低压储氢装置放置于试验箱内。维持试验箱内环境温度在 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内，使低压储氢装置在试验箱内静置 672h。

5.9.2.2 静置 672h 后，从试验箱内移出低压储氢装置，并在 5min 内测量记录低压储氢装置的最终质量 m_2 。

5.9.2.3 计算并记录低压储氢装置的氢气质量损失速率 $(m_1 - m_2) / 672$ 。

5.9.2.4 按 5.1.2.1 的规定进行气密性试验。

5.9.3 合格指标

5.9.3.1 氢气质量损失速率应低于 0.0032g/h ；

5.9.3.2 气密性试验结果应符合 5.1.3 的要求。

5.10 氢气循环试验

5.10.1 试验要求

5.10.1.1 对于已规定运输与使用朝向的低压储氢装置，应使用至少 5 个低压储氢装置在此朝向上进行氢气循环试验。对于未规定运输与使用朝向的低压储氢装置，应在水平和垂直方向上至少各使用 3 个低压储氢装置进行氢气循环试验。

5.10.1.2 应采用应变片测量低压储氢装置充放氢循环时的最大应变。应变片的数量和位置应根据低压储氢装置应力分析报告确定。无应力分析报告时，应先对两个以上低压储氢装置进行详细的应变测量，再根据测试结果确定应变片的数量和位置。

5.10.1.3 低压储氢装置应变测量应至少包括：圆筒和凸形部分的环向应变；平底的弯曲应变；应变集中部位的三向应变（用直角应变花测量）。

5.10.1.4 充氢温度为 20°C ，放氢温度为 $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ 。

5.10.1.5 应采取保护措施，防止应变片在测试过程中失效。

5.10.1.6 应在一定的循环间隙进行振动试验。

5.10.1.7 振动试验仪器设备的性能要求和振动信号应符合 GB/T 13310 的规定。

5.10.1.8 振动试验前，应检查低压储氢装置外观是否完好，能否正常工作。

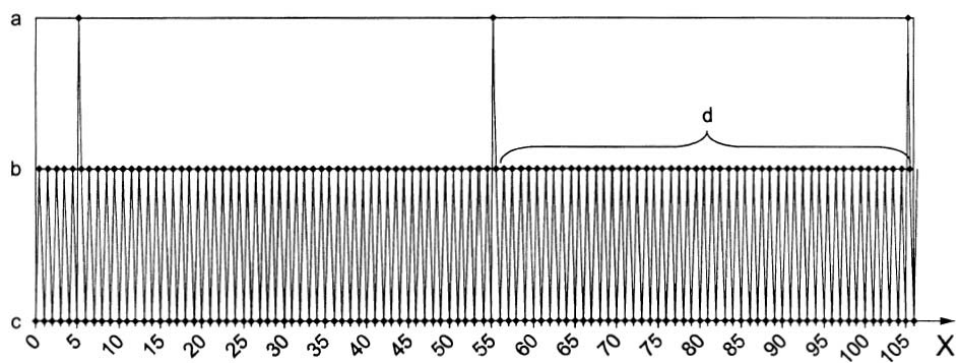
5.10.1.9 低压储氢装置应模拟实际使用时的安装状态直接或借助于夹具紧固于振动台面上，装置的所有连接件应按正常使用方式紧固，以防止产生附加振动。

5.10.1.10 用于测量和控制的传感器应刚性牢固地安装于低压储氢装置与台面（或夹具）的固定点上，或尽可能靠近固定点的位置。

5.10.1.11 应采取必要的防护措施，以在试验过程中出现低压储氢装置破裂或氢气泄漏时，确保试验人员和设备的安全。

5.10.2 试验程序

- 5.10.2.1 安装应变测试装置，连接管路，并对低压储氢装置按 5.1.2.1 的规定进行气密性检查。
- 5.10.2.2 低压储氢装置应在额定充氢压力下充氢至不低于其额定容量的 95%，再以不低于额定放氢速率的放氢速率放氢至不高于其额定容量的 5%。氢气循环过程中应确保低压储氢装置的温度始终在其正常操作温度范围内。
- 5.10.2.3 应连续进行 106 次氢气循环（见图 5）。在氢气循环过程中，若实测应变超过低压储氢装置许用设计应力下的应变，或装置出现塑性变形，则应中止试验。
- 注：许用设计应力下的应变应根据低压储氢装置应力分析报告或者实测结果确定。实测时，应施加内压直至应力达到许用设计应力，此时容器壁的最大应变可作为许用设计应力下的应变。
- 5.10.2.4 在第 5、55 和 106 次氢气循环后，先将低压储氢装置充氢至不超过额定容量的 5%，再进行振动试验。
- 5.10.2.5 振动应为正弦波，扫描方式应为对数扫描。振动频率在 15min 内从 7Hz 增加到 200Hz，然后再降低至 7Hz，为一个循环。每个低压储氢装置应在 3h 内重复此循环 12 次。振动试验的对数扫频应为：从 7Hz 开始保持 1gn 的最大加速度，直至频率达到 18Hz；然后保持振幅为 0.8mm 并增加频率直至最大加速度达到 8gn（频率约为 50Hz）；保持 8gn 的峰值加速度直至频率增加到 200Hz。
- 5.10.2.6 将低压储氢装置从振动台上取下后，按 5.1.2.1 的规定对低压储氢装置进行气密性试验。
- 5.10.2.7 氢气循环试验完成后，再按 5.1.2.1 的规定对低压储氢装置进行气密性试验。



说明：

X——循环次数；

a——振动；

b——充装；

c——泄放；

d——最后 50 次循环。

图5 氢气循环试验的最低循环要求

- 5.10.3 合格指标
- 5.10.3.1 实测最大应变不得超过许用设计应力下应变的 50%，或者最大应变无增长趋势。
- 5.10.3.2 气密性试验结果应符合 5.1.3 的要求。