



中华人民共和国国家标准

GB/T 9251—2022

代替 GB/T 9251—2011

气瓶水压试验方法

Methods for hydrostatic test of gas cylinders

2022-03-09 发布

2022-10-01 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

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	2
5 试验条件	2
6 仪器设备	2
7 耐压试验	3
8 外测法	5
9 内测法	7
10 计算数值修约规则.....	9
11 试验中的注意事项.....	9
附录 A（规范性） 外测法试验装置的校验	11
附录 B（资料性） 水的平均压缩系数	13

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 9251—2011《气瓶水压试验方法》。与 GB/T 9251—2011 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,2011 年版的第 1 章)；
- 增加了规范性引用文件(见第 2 章,2011 年版的第 2 章)；
- 更改了术语定义内容(见第 3 章,2011 年版的 3.1)；
- 删除了“符号”(见 2011 年版的 3.2)；
- 更改了部分试验原理(见第 4 章,2011 年版的第 4 章)；
- 增加了“试验条件”(见第 5 章)；
- 将“测试装置”更改为“仪器设备”，并将 2011 年版的有关内容更改后纳入(见第 6 章,2011 年版的第 5 章、第 6 章)；
- 删除了耐压试验只用于低压气瓶的规定(见 2011 年版的 7.1)；
- 更改了外测法、内测法试验装置流程图(见图 2、图 3,2011 年版的图 2、图 3)；
- 将“测试、试验操作守则”更改为“试验步骤”，增加了试验过程中的相关要求(见 7.3、8.2、9.2, 2011 年版的 7.3、7.4、8.2、9.2)；
- 增加了外测法、内测法容积弹性变形值等计算公式(见 8.3、9.3)；
- 更改了试验记录的部分规定(见 7.4.1、8.4.1、9.4.1,2011 年版的 7.5、8.4、9.4)；
- 增加了“试验报告”(见 7.4.2、8.4.2、9.4.2)；
- 更改了附录 A 的相关规定(见附录 A,2011 年版的附录 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：大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、大连理工大学、无锡昌华机电制造有限公司、杭州新世纪混合气体有限公司、北京天海工业有限公司、中材科技(成都)有限公司、佛吉亚斯林达安全科技(沈阳)有限公司、江苏中宏机械制造有限公司。

本文件主要起草人：戴行涛、韩冰、由宏新、丁大为、沈建林、张贺军、杨明高、杨树军、张增营、向忠、陶思伟。

本文件于 1988 年首次发布,1997 年第一次修订,2011 年第二次修订,本次为第三次修订。

气瓶水压试验方法

1 范围

本文件规定了气瓶水压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 70 MPa(表压,下同)气瓶的水压试验。

本文件不适用于已填充固体填料的气瓶。

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 13005 气瓶术语

GB/T 35015 气瓶外测法水压试验用标准瓶的标定方法

JJG 539 数字指示秤检定规程

JJG 1036 电子天平检定规程

3 术语和定义

GB/T 13005 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

耐压试验 pressure proof test

对受试瓶加压至其水压试验压力且保压规定时间后的安全承载能力进行试验验证的过程。

3.3

外测法 water jacket method

将受试瓶放入特制的专用水套内加压至其水压试验压力且保压规定时间,通过水套溢出的水量和泄压后余下的溢水量来测定受试瓶的容积全变形、容积弹性变形和容积残余变形的试验方法。

3.4

内测法 direct expansion method

对受试瓶进行加压至其水压试验压力且保压规定时间,通过加压后的压入水量和泄压后的水量测量仪表指示值来测定受试瓶的容积全变形、容积弹性变形和容积残余变形的试验方法。

3.5

专用水套 special water jacket

用以测定受试瓶在外测法水压试验时所产生的容积变形的专用设备。

3.6

标准瓶 calibrated cylinder

已确定标定压力与膨胀量值对应关系的,其膨胀量值应具有重复性和线性特点的,且在标定压力下

不再出现永久性变形的瓶式设备,用以校验气瓶水压试验装置准确性。

3.7

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。

3.8

参考零点 reference zero point

水量测量仪器上的零读数,其误差应为容积全变形值的 $\pm 0.1\%$ 和 $\pm 0.1\text{ mL}$ 的较大值。

4 原理

气瓶水压试验以水为加压介质,按照规定的加压速率逐步增大受试瓶内的压力至其水压试验压力,并保压规定时间。通过采用不同的试验方法,对受试瓶的安全承载能力进行试验验证,测定受试瓶在水压试验压力下容积全变形、容积弹性变形(有要求时)和泄压后的容积残余变形。

5 试验条件

5.1 试验用水应是洁净的淡水。受试瓶为含铬合金钢气瓶时,试验用水中氯离子含量应不大于 25 mg/L 。充装氧或其他强氧化性介质的受试瓶,注入或压入瓶中的试验用水不应受到油脂的污染。

5.2 试验用水的温度应不低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,其与环境温度之差宜不大于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.3 在设有试验装置的室内应设置盛装试验用水的水槽,水槽的盛水量应与日检气瓶量相适应。

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柱塞泵、气动泵或其他具有稳定压力输出的加压装置,以水为加压介质。

6.1.2 加压装置的额定工作压力应满足受试瓶水压试验压力的要求。加压装置应具有良好的密封性能和平稳的加压速率,其流量应能调节以满足受试瓶产品标准对加压速率的要求。加压速率以兆帕每秒(MPa/s)计量,其数值应不大于受试瓶水压试验压力的 3% 。

6.1.3 承压管道一般宜选用金属管。应固定装设,且与试验装置、计量仪表的连接,应具有良好的密封。承压管道承压能力应满足受试瓶水压试验压力要求。

6.1.4 专用水套应选用不锈钢或其他耐腐蚀的金属材料制成,并具有一定的刚度,确保其在水压试验时不产生容积变化。水套尺寸应能保证气瓶自由膨胀。专用水套及其封闭盖应设计成防泄漏和防存气的结构。水套下部应设置足够大的安全泄放口(一个或多个)或采用其他压力泄放措施,当气瓶突然破裂时能安全泄放高压水。应在水套合适部位设置水温测量仪表。

6.1.5 外测法、内测法水压试验装置所有关联管路的尺寸和材料应使其在水的重量下不产生变形,尺寸应足够大,安装方式应能防止空气聚集、流动受阻和外损伤。所有关联管路的阀等应正确选取和安装,以确保无泄漏。

6.1.6 标准瓶的标定应符合 GB/T 35015 的规定。标准瓶的标定数据应能满足受试瓶的试验需求(至少三种压力等级),并附有可清晰辨认的标定证书及标签。

6.1.7 试验装置应能自动、准确、实时地显示、记录和保存包括时间、压力和水量等在内的试验数据。实时存储的所有原始试验记录应不可更改。

6.1.8 试验装置应能自动生成和输出试验记录,试验记录应分别符合 7.4.1、8.4.1 和 9.4.1 的要求。

6.1.9 试验装置对压力和水量数据的采集频率应不低于 10 次/s 。

6.1.10 试验系统应采取适当的安全防护措施,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 耐压试验装置上应安装一只压力表和一只校验用的标准压力表;外测法、内测法试验装置上应同时安装一只压力表、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试验压力。

6.2.1.2 应在试验前使用标准压力表对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。进行水压试验时,可不使用标准压力表。

6.2.1.3 压力测量仪表的量程应为受试瓶水压试验压力的 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。

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 水量测量仪器

6.2.2.1 水量测量仪器可用电子天平、量管或其他适宜的测量仪器,用于测量外测法受试瓶的容积全变形值、容积残余变形和内测法的总压入水量。

6.2.2.2 电子天平的量程应满足试验需求,准确度等级和允许误差应至少符合 JJG 1036 中规定的 III 级的要求,检定分度值应不大于 5 g,实际分度值应满足测量误差的要求。

6.2.2.3 量管的量程应满足试验需求,在测量容积全变形值和总压入水量对应量程段上刻度值的相对误差,应不大于 $\pm 1\%$,其最小刻度值应与该误差要求相适应。

6.2.2.4 其他水量测量仪器的量程应满足试验需求,准确度等级应满足测量误差的要求。

6.2.2.5 水量测量仪器应定期进行检定或校准,检定或校准周期按有关规定执行。

6.2.3 称量衡器

用于称量受试瓶质量的衡器,最大称量应是常用称量值的 1.5 倍~3 倍,允许误差应符合 JJG 539 规定的“中准确度级”的要求。

6.2.4 温度测量仪表

用于测量试验用水温度和环境温度的温度测量仪表,最小刻度值应不大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。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。

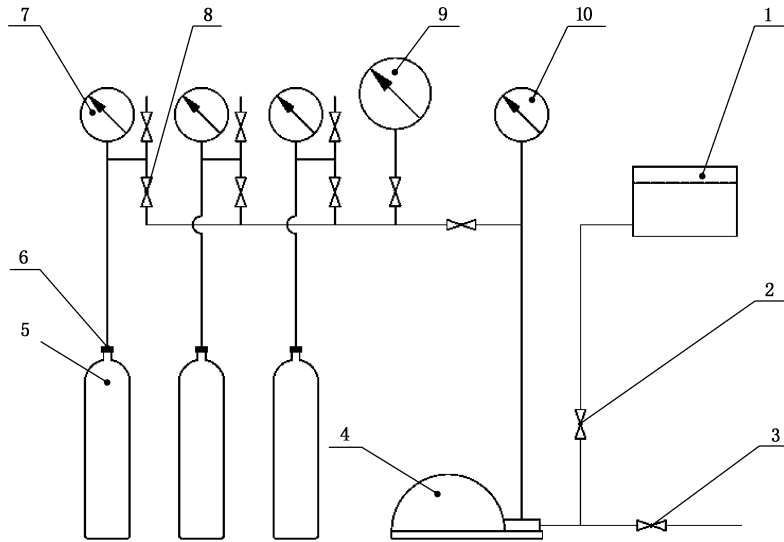
7 耐压试验

7.1 通则

耐压试验不需测定容积变形。如果气瓶的充装介质和水压试验压力都相同,可对多只受试瓶同时进行试验。

7.2 试验装置流程

耐压试验装置典型流程见图 1。



标引符号说明：

- 1——试验用水水槽；
- 2——进水阀；
- 3——排水阀；
- 4——加压装置；
- 5——受试瓶；

- 6——专用接头；
- 7——压力表；
- 8——截止阀；
- 9——标准压力表；
- 10——加压装置前压力表。

图 1 耐压试验装置典型流程图

7.3 试验步骤

7.3.1 试验装置使用前应经过标准压力表校验，压力表显示值误差应不超过标准压力表显示值的±2%，压力变送器显示值误差应不超过标准压力表显示值的±1%。

7.3.2 受试瓶加压前，应把瓶内及承压管道内的空气全部排尽。

7.3.3 受试瓶内的压力升至气瓶公称工作压力时，可暂停加压，检查系统各连接处有无泄漏。

7.3.4 受试瓶内的压力升至规定试验压力，至少保压 30 s 或规定时间，保压期间的实际试验压力不应低于规定试验压力，且保压时间结束时，实际试验压力应保持稳定。如果不稳定，应适当延长保压时间，或中止试验查明原因后，重新进行试验。如果在保压时间内向受试瓶加压，应重新开始计算保压时间。待实际试验压力在保压时间结束时稳定，应记录实际试验压力。

7.3.5 压力值的误差应不超过规定试验压力±3%，气瓶相关标准有规定的应按其规定。

7.3.6 试验压力偏差应不超过规定试验压力的+3%，气瓶相关标准有规定的应按其规定。

7.3.7 试验结果的判定应按气瓶相关标准的规定执行。

7.4 试验记录和报告

7.4.1 试验记录

试验单位应按照气瓶耐压试验的实际情况记录试验过程的有关信息和数据。试验记录应采用图片、PDF 等内容不可更改的文件格式。试验记录应详尽、真实、准确、可追溯。

7.4.2 试验报告

试验单位应依据试验记录出具耐压试验报告。

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:

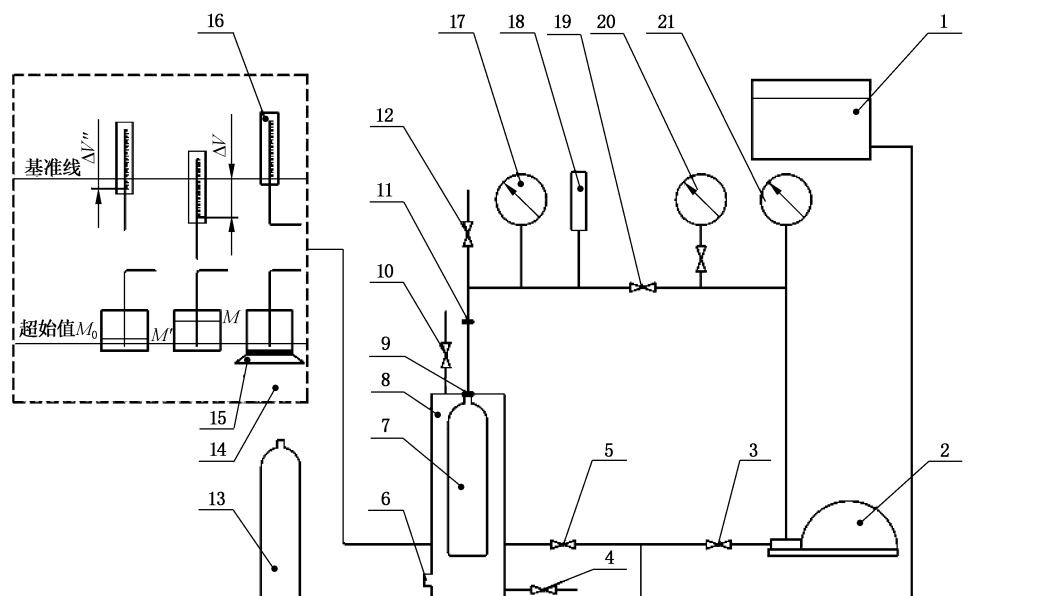
- a) 本文件编号;
- b) 试验时间;
- c) 实测试验环境和试验介质温度;
- d) 实际试验压力;
- e) 实际保压时间;
- f) 受试气瓶试验情况描述;
- g) 试验结论。

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)。

8 外测法

8.1 试验装置流程

外测法试验装置典型流程见图 2。



标引符号说明:

- | | | |
|------------|-------------|---------------|
| 1——试验用水水槽; | 8——水套; | 15——电子天平; |
| 2——加压装置; | 9——专用接头; | 16——量筒; |
| 3——泵进水阀; | 10——排气阀; | 17——压力表; |
| 4——排水阀; | 11——活接头; | 18——压力变送器; |
| 5——水套进水阀; | 12——泄压阀; | 19——截止阀; |
| 6——安全泄放口; | 13——标准瓶; | 20——标准压力表; |
| 7——受试瓶; | 14——水量测量仪表; | 21——加压装置前压力表。 |

图 2 外测法试验装置典型流程图

8.2 试验步骤

8.2.1 试验装置使用前应经过标准瓶校验。校验应按附录 A 的规定进行。

8.2.2 注满水的受试瓶装入水套后,密封水套,并将专用水套及关联管路内的空气排尽。

- 8.2.3 设置水量测量仪表参考零点(起始值或基准线),并保持至少 5 s 内水量测量仪表的示值稳定。
- 8.2.4 受试瓶内的压力升至公称工作压力时,可暂停加压,进行检查。压力测量仪表指示值和容积变形应稳定。
- 8.2.5 受试瓶内的压力升至规定试验压力,至少保压 30 s 或规定时间,保压期间,实际试验压力不应低于规定试验压力,且保压时间结束时,实际试验压力和容积全变形应保持恒定。如果不稳定,应适当延长保压时间,或中止试验查明原因后,重新进行试验。如果在保压时间内向受试瓶加压,应重新开始计算保压时间。待实际试验压力和容积全变形在保压时间结束时稳定,应记录实际试验压力和容积全变形值或电子天平指示值。保压期间,应将受试瓶与其他压力源和蓄能器等稳压或调压装置隔离。
- 8.2.6 泄压至零,待受试瓶收缩完全后,记录受试瓶容积残余变形值或电子天平指示值。
- 8.2.7 压力值的误差应不超过受试瓶规定试验压力±1%;容积全变形值的误差应不超过容积全变形值的±1%和 0.1 mL 的较大者。气瓶相关标准有规定的应按其规定。
- 8.2.8 试验压力偏差应不超过规定试验压力的+2%和 2 MPa 的较小者。气瓶相关标准有规定的应按其规定。
- 8.2.9 试验前后宜保持系统内水温恒定。
- 8.2.10 试验结果的判定应按气瓶相关标准的规定执行。

8.3 受试瓶容积弹性变形值和容积残余变形率的计算

受试瓶的容积弹性变形值按公式(1)计算,容积残余变形率按公式(2)计算:

$$\Delta V' = \Delta V - \Delta V'' = (M - M') / \rho \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\eta = \frac{\Delta V''}{\Delta V} \times 100\% = \left(\frac{M' - M_0}{M - M_0} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $\Delta V'$ ——受试瓶容积弹性变形值,单位为毫升(mL);
- ΔV ——受试瓶容积全变形值,单位为毫升(mL);
- $\Delta V''$ ——受试瓶容积残余变形值,单位为毫升(mL);
- M ——试验压力下电子天平指示值,单位为克(g);
- M' ——受试瓶泄压后电子天平指示值,单位为克(g);
- ρ ——水的密度,近似取 1,单位为克每毫升(g/mL);
- η ——受试瓶容积残余变形率;
- M_0 ——试验前电子天平指示值,单位为克(g)。

计算结果表示到小数点后一位。

8.4 试验记录和报告

8.4.1 试验记录

试验单位应按照气瓶外测法水压试验的实际情况记录试验过程的有关信息和数据。试验记录应采用图片、PDF 等内容不可更改的文件格式。试验记录应详尽、真实、准确、可追溯。

8.4.2 试验报告

试验单位应依据试验记录出具水压试验报告。

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;

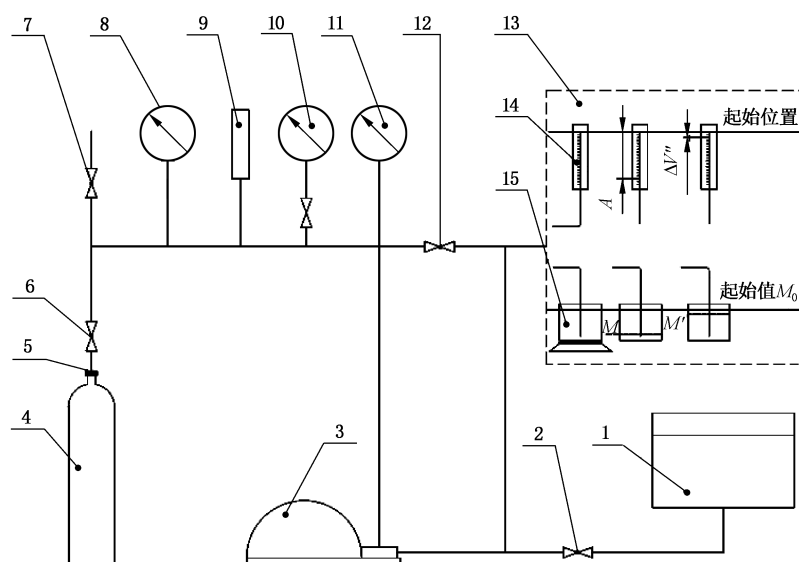
- c) 实测试验环境和试验介质温度；
- d) 实际试验压力；
- e) 实际保压时间；
- f) 容积全变形值；
- g) 容积弹性变形值(有要求时)；
- h) 容积残余变形值；
- i) 容积残余变形率；
- j) 受试气瓶试验情况描述；
- k) 试验结论。

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)。

9 内测法

9.1 试验装置流程

内测法试验装置典型流程见图 3。



标引符号说明：

- | | | |
|------------|------------|---------------|
| 1——试验用水水槽； | 6——隔离阀； | 11——加压装置前压力表； |
| 2——加水阀； | 7——排气阀； | 12——泄压阀； |
| 3——加压装置； | 8——压力表； | 13——水量测量仪表； |
| 4——受试瓶； | 9——压力变送器； | 14——量筒； |
| 5——专用接头； | 10——标准压力表； | 15——电子天平。 |

图 3 内测法试验装置典型流程图

9.2 试验步骤

9.2.1 试验装置使用前应经过标准压力表校验,压力表显示值应不超过标准压力表显示值的 $\pm 1.5\%$,压力变送器显示值应不超过标准压力表显示值的 $\pm 1\%$ 。

9.2.2 试验前,选择量程和准确度等级适宜的测量仪器精确测定受试瓶实际容积及受试瓶内水温,以免造成较大误差。

9.2.3 注满水静置后的受试瓶在试验前应用木槌或胶槌轻击瓶体,排尽附着于瓶内壁的气泡,并用水补满;试验用水禁止从自来水管直接灌入受试瓶内。瓶体外表面应擦干。

9.2.4 受试瓶加压前,应把瓶内及承压管道内的空气全部排尽。可在公称工作压力范围内反复加压、泄压,直至在水量测量仪器中完全没有气泡浮出为止。

9.2.5 试验开始前,关闭加水阀和泄压阀,且应保持水量测量仪表起始值至少 5 s 内的示值稳定。

9.2.6 受试瓶内的压力升至公称工作压力时,可暂停加压,进行检查。瓶体及各连接接头不应有泄漏、压力测量仪表指示值和水量测量仪表指示值应稳定。

9.2.7 受试瓶内的压力升至规定试验压力,至少保压 30 s 或规定时间,保压期间,实际试验压力不应低于规定试验压力,且保压时间结束时,实际试验压力和容积全变形应保持恒定。如果不稳定,应适当延长保压时间,或中止试验查明原因后,重新进行试验。如果在保压时间内向受试瓶加压,应重新开始计算保压时间。待实际试验压力和容积全变形在保压时间结束时稳定,应记录实际试验压力和总压入水量或电子天平指示值。

9.2.8 打开泄压阀,泄压至零,待受试瓶收缩完全后,记录受试瓶容积残余变形值或电子天平指示值。

9.2.9 压力值的误差应不超过受试瓶规定试验压力±1%;总压入水量的误差应不超过总压入水量的±1%和 0.1 mL 的较大者。气瓶产品标准有规定的应按其规定。

9.2.10 试验压力偏差应不超过规定试验压力的+2%和 2 MPa 的较小者。气瓶产品标准有规定的应按其规定。

9.2.11 试验前后宜保持系统内水温恒定。

9.2.12 试验结果的判定应按气瓶相关标准的规定执行。

9.3 受试瓶容积全变形值、容积弹性变形值和容积残余变形率的计算

受试瓶在试验压力下的总压入水量按公式(3)计算,容积全变形值按公式(4)计算,容积残余变形值按公式(5)计算,容积弹性变形值按公式(6)计算,容积残余变形率按公式(7)计算:

$$A = (M_0 - M) / \rho \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta V = A - B - (V + A - B) \times P_h \times \beta_t \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta V'' = (M_0 - M') / \rho \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta V' = \Delta V - \Delta V'' \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\eta = \frac{\Delta V''}{\Delta V} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

A ——受试瓶在试验压力下的总压入水量,单位为毫升(mL);

M₀ ——试验前电子天平指示值,单位为克(g);

M ——试验压力下电子天平指示值,单位为克(g);

ρ ——水的密度,近似取 1,单位为克每毫升(g/mL);

ΔV ——受试瓶容积全变形值,单位为毫升(mL);

B ——承压管路系统在试验压力下的压入水量,由试验装置的实际测量值确定,单位为毫升(mL);

V ——试验前受试瓶实际容积,单位为毫升(mL);

P_h ——受试瓶水压试验压力,单位为兆帕(MPa);

β_t ——水在试验压力和试验水温下的平均压缩系数,β_t 的计算参见附录 B,单位为兆帕分之一(MPa⁻¹);

ΔV'' ——受试瓶容积残余变形值,单位为毫升(mL);

M' ——受试瓶泄压后电子天平指示值,单位为克(g);

$\Delta V'$ ——受试瓶容积弹性变形值,单位为毫升(mL);

η ——受试瓶容积残余变形率。

计算结果表示到小数点后一位。

9.4 试验记录和报告

9.4.1 试验记录

试验单位应按照气瓶内测法水压试验的实际情况记录试验过程的有关信息和数据。试验记录应采用图片、PDF 等内容不可更改的文件格式。试验记录应详尽、真实、准确、可追溯。

9.4.2 试验报告

试验单位应依据试验记录出具水压试验报告。

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) 试验前受试瓶实际容积 V ;
- d) 实测试验环境和试验介质温度;
- e) 实际试验压力;
- f) 实际保压时间;
- g) 试验系统在试验压力下的总压入水量 A 或 M 值;
- h) 承压管道在试验压力下的压入水量 B 值;
- i) 泄压后水量测量仪表指示值 $\Delta V''$ 或 M' 值;
- j) 容积全变形值;
- k) 容积弹性变形值(有要求时);
- l) 容积残余变形值;
- m) 容积残余变形率;
- n) 受试气瓶试验情况描述;
- o) 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)。

10 计算数值修约规则

本文件中公式(1)~公式(7)及附录 A 中公式(A.1)、公式(A.2)、公式(A.3)的计算结果按下述规则进行修约。

按四舍五入的规则修约到一位小数;但当第二位小数是“5”且其后的数字为“0”时,若“5”左面的小数为奇数,则进“1”,若为偶数时,则舍去。

11 试验中的注意事项

11.1 安装压力测量仪表时,应注意排净压力测量仪表及其接管内的空气。

11.2 水压试验前应拆除防震圈,放松夹紧气瓶用的夹具。

11.3 在加压过程中若发现加压速度明显增快或减慢的现象时,应立即停止水压泵,寻找加压速度异常的原因并予以处置。

11.4 试压过程中,特别是受试瓶内的压力超过公称工作压力后,不应使受试瓶受到冲击或碰撞。

11.5 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。

11.6 泄压时应使压力缓慢下降。

11.7 一般情况下试验装置宜按受试瓶的充装介质分类使用或专用。若用同一试验装置试验充装介质不同的受试瓶时,应注意受试瓶内未除净的残留物可能互相产生影响,必要时更换试验用水。

11.8 若发现试前准备或试验过程某一环节有失误,而可能影响试验结果的正确性时,则该次试验无效。对于需测定容积残余变形的受试瓶,若试验无效或试验中已将压力升到受试瓶规定试验压力的90%以上时,应将试验压力提高0.7 MPa,或提高至原规定试验压力的1.1倍(取两者中的小值。但不能大于缠绕瓶的自紧压力),重新进行试验;如需计算容积全变形、容积弹性变形及容积残余变形率,应按提高后的压力进行计算。

11.9 除校验水压试验装置外,标准瓶不应用于其他任何用途。

附录 A
(规范性)
外测法试验装置的校验

A.1 校验时机

凡遇到下列情形之一时均应校验试验装置：

- a) 每天开始试验前；
- b) 试验装置的停用时间超过 2 h 并欲重新使用前；
- c) 受试瓶的水压试验压力改变并超出经校验的压力范围时；
- d) 对试验装置的运行状态有疑问时；
- e) 试验装置检修后重新投入使用前。

A.2 校验要求

用标准瓶校验试验装置时应分别选取大于和小于受试瓶水压试验压力的两档压力，或等于受试瓶水压试验压力进行校验。如果受试瓶水压试验压力大于或等于 20 MPa，校验压力与受试瓶水压试验压力相差应不超过±5 MPa；如果受试瓶水压试验压力小于 20 MPa，校验压力与受试瓶水压试验压力相差应不超过受试瓶水压试验压力的±10%。

A.3 校验程序

校验程序应符合以下要求：

- a) 注满水的标准瓶装入水套后，密封水套，并将专用水套及关联管路内的空气排尽；
- b) 设置水量测量仪表的参考零点，水量膨胀系统保持稳定；
- c) 对标准瓶内逐渐加压至选定的校验压力值或对应的容积全变形值，并保持压力值和容积全变形值稳定；
- d) 保压至少 30 s 至标准瓶完全膨胀，保压结束时实际校验压力和容积全变形保持稳定，记录对应的实际容积全变形值和压力值；
- e) 可继续加压或泄压至下一个校验压力点进行校验，或直接泄压至参考零点。

A.4 校验合格要求

校验合格要求应符合如下规定：

- a) 在任一校验压力下试验装置的总相对偏差均不应大于±1%；
- b) 标准瓶在校验压力下实测容积残余变形值为参考零点。

A.5 校验数据处理

试验装置在校验压力下的总相对偏差按公式(A.1)计算：

$$\delta = / \delta_p - \delta_v / \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- δ —— 试验装置在校验压力下的总相对偏差；
- δ_p —— 实测校验压力与标定压力的相对偏差；
- δ_v —— 在实测校验压力下容积全变形的相对偏差。

计算结果表示到小数点后一位。

标准瓶的实测校验压力值与标定压力值的相对偏差按公式(A.2)计算：

$$\delta_p = [(P_j - P_b) / P_b] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- δ_p ——实测校验压力与标定压力的相对偏差；
- P_j ——实测校验压力，单位为兆帕(MPa)；
- P_b ——标准瓶标定的校验压力，单位为兆帕(MPa)。

计算结果表示到小数点后一位。

标准瓶实测校验压力下的容积全变形值与标定压力下的容积全变形值的相对偏差按公式(A.3)计算：

$$\delta_v = [(\Delta V - \Delta V_b) / \Delta V_b] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

- δ_v ——在实测校验压力下容积全变形的相对偏差；
- ΔV ——实测校验压力下标准瓶的实测容积全变形值，单位为毫升(mL)；
- ΔV_b ——标定压力下标准瓶的容积全变形值(由标准瓶标定证书给出)，单位为毫升(mL)。

计算结果表示到小数点后一位。

A.6 校验记录

校验记录应至少包含下列主要内容：

- a) 标准瓶编号及标定有效期；
- b) 校验日期；
- c) 校验环境和介质温度；
- d) 实际校验压力；
- e) 实际保压时间；
- f) 标准瓶实测校验压力下的容积全变形值；
- g) 实测容积残余变形值；
- h) 标准瓶的实测校验压力值与标定压力值的相对偏差；
- i) 标准瓶实测校验压力下的容积全变形值与标定压力下的容积全变形值的相对偏差；
- j) 试验装置在该校验压力下的总相对偏差；
- k) 校验者签章。

A.7 校验注意事项

校验注意事项如下：

- a) 标准瓶充水后应注意防冻；
- b) 标准瓶充水放置时应注意防止腐蚀；
- c) 标准瓶长期不用时，应倒净试验用水并进行内腔干燥处理后保存；
- d) 为避免标准瓶被磨损，宜将标准瓶放置在软质地面上，搬运标准瓶时不应在硬质地面上拖行；
- e) 为保护标准瓶瓶口螺纹，与试验装置联接的专用接头不宜经常装卸；
- f) 标准瓶外表面上的漆色和字样应与受试瓶易于区别；
- g) 应保护好标准瓶外表面的涂漆；
- h) 经反复校验装置均达不到 A.4 的要求而又找不到试验装置本身的缺陷时，应检验标准瓶是否合格或更换另一只合格的标准瓶对试验装置进行校验；
- i) 不应将标准瓶加压到其最大标定压力范围以上；除了校验水压试验设备的完整性和准确度之外，标准瓶不应用作其他任何用途。

附 录 B
(资料性)
水的平均压缩系数

水在试验压力和试验水温下的平均压缩系数(β_t)按公式(B.1)计算:

$$\beta_t = (K \times 10^5 - 6.8P_h) \times 10^{-7} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

β_t ——在水压爆破压力和试验水温下水的平均压缩系数,单位为兆帕分之一(MPa^{-1});

K ——在不同试验水温下压力为零时直线方程的截距,取值在表 B.1 中查取;

P_h ——受试瓶水压试验压力,单位为兆帕(MPa)。

表 B.1 5 °C ~37 °C 试验水温对应的 K 值

试验水温 °C	K	试验水温 °C	K	试验水温 °C	K
5	0.049 42	16	0.047 10	27	0.045 86
6	0.049 15	17	0.046 95	28	0.045 78
7	0.048 86	18	0.046 80	29	0.045 70
8	0.048 60	19	0.046 68	30	0.045 63
9	0.048 34	20	0.046 54	31	0.045 57
10	0.048 12	21	0.046 43	32	0.045 52
11	0.047 92	22	0.046 33	33	0.045 48
12	0.047 75	23	0.046 23	34	0.045 43
13	0.047 59	24	0.046 13	35	0.045 38
14	0.047 42	25	0.046 04	36	0.045 33
15	0.047 25	26	0.045 94	37	0.045 29