

《小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法》

(征求意见稿)

国家标准编制说明

标准工作组

2016 年 8 月 24 日

目 录

一、任务来源.....	2
二、制订目的和意义.....	2
三、标准起草过程.....	3
四、标准主要内容说明.....	7
五、起草工作组组成.....	12

一、任务来源

本标准制订项目由国家标准化委员会下达，项目编号为 20110831-T-469，项目名称为《小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法》，标准性质为首次制订的推荐性标准。

二、制订目的和意义

氢能具有来源多样、洁净环保、储运便捷、利用高效等优点，其开发和利用备受关注。日本、美国、德国等发达国家纷纷加大氢能技术研发的科技力量和资金投入，并将发展氢能作为国家能源战略。我国也十分重视氢能技术的开发和利用，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》、《中国制造 2025（2015-2025）》、《能源技术革命创新行动计划（2016-2030）》、《“十三五”国家科技创新规划（2016-2020）》等均对氢能发展作了部署。我国要重点研究高效低成本的化石能源和可再生能源制氢技术，经济高效氢储存和输配技术，燃料电池基础关键部件制备和电堆集成技术，燃料电池发电及车用动力系统集成技术，形成氢能和氢燃料电池技术规范与标准。大力发展氢能，是我国转变能源消费结构、保障能源安全、缓解雾霾、促进温室气体减排、使经济保持可持续发展的重要举措。

氢燃料电池车主要有氢燃料电池乘用车、氢燃料电池物流车、氢燃料电池叉车、氢燃料电池摩托车等。近年来，我国氢燃料电池摩托车取得了长足发展。

台湾素有“摩托车王国”之称，其在 2014 年摩托车保有量就达 1368 万辆，平均每百人约有 66 辆。然而，摩托车等小型车带来的污

染问题也不可忽视。每年台湾摩托车产生的 CO₂ 约 33 万 t，占运输部门污染比例达 20%。为推广氢燃料电池摩托车，台湾开展了“氢能基础环境标准实证计划”。在该计划的推动下，台湾已初步形成较为完整的氢燃料电池摩托车产业链，并进行了多年的示范运行。

我国大陆是摩托车和电动自行车生产使用的密集地区，进一步推行氢燃料电池摩托车，有利于改善生态环境，降低 PM_{2.5} 值，提高公众对氢能交通工具的接受度，为氢能汽车、客车等的大规模使用积累经验，提供技术支持。

车用储氢装置是氢燃料电池摩托车等小型燃料电池车的关键部件，承担氢气的加注、储存、供给的重要任务。制定小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法标准，对于保障小型燃料电池车安全、提高小型燃料电池车的国际竞争力具有重要意义。

三、标准起草过程

为推动我国小型燃料电池车发展、加强海峡两岸氢能产业合作，全国氢能标准化技术委员会（SAC/TC309）联合台湾经济研究院（台湾燃料电池伙伴联盟挂靠单位）于 2009 年成立了海峡两岸氢能技术标准工作组（SAC/TC309/WG3），组织海峡两岸相关高校、科研院所和企业，研制海峡两岸共通标准《小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法》。

2010 年 6 月，工作组在武汉召开了“海峡两岸小型燃料电池车用低压储氢装置性能检测方法标准研讨会暨工作组第一次会议”。会议研究确定了《小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法》的基

本内容和制定计划，并决定两岸同时启动标准的立项申报工作。会后，工作组通过细致调研，并进行充分讨论交流后，形成了《小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法》标准草案。在对标准草案进行多次讨论修改后，工作组向国家标准化管理委员会提交了该标准的立项申请。

2011 年，国家标准化管理委员会批准了立项申请，下达了《小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法》的制定计划。国家标准化管理委员会下达该标准的制定计划后，工作组积极开展标准研制工作，大陆与台湾方面初步开展了低压储氢装置安全试验方法的实证工作。

2012 年 12 月，工作组召开第二次全体会议。两岸代表就试验方法、检测能力、国际标准比对等内容进行了深入探讨。会后，两岸工作组成员以编号文件的形式，针对标准技术内容进行了深入交流，共通标准之内涵更为明确，标准技术内容更为丰富和统一。

工作组细致扎实的标准研制工作，得到了国家标准化管理委员会的充分肯定。2013 年，国家标准化管理委员会决定将《小型燃料电池车用低压储氢装置安全试验方法》海峡两岸共通标准研制工作，纳入海峡两岸“计量、标准、质量”合作框架。自此，海峡两岸氢能技术标准工作组（SAC/TC309/WG3）正式升格为两岸标准合作工作组“氢能及其应用技术专业组”，由国家标准化管理委员会相关部门进行指导，全国氢能标准化技术委员会组织，浙江大学牵头共通标准（大陆）研制工作，台湾经济研究院牵头共通标准（台湾）研制工作。

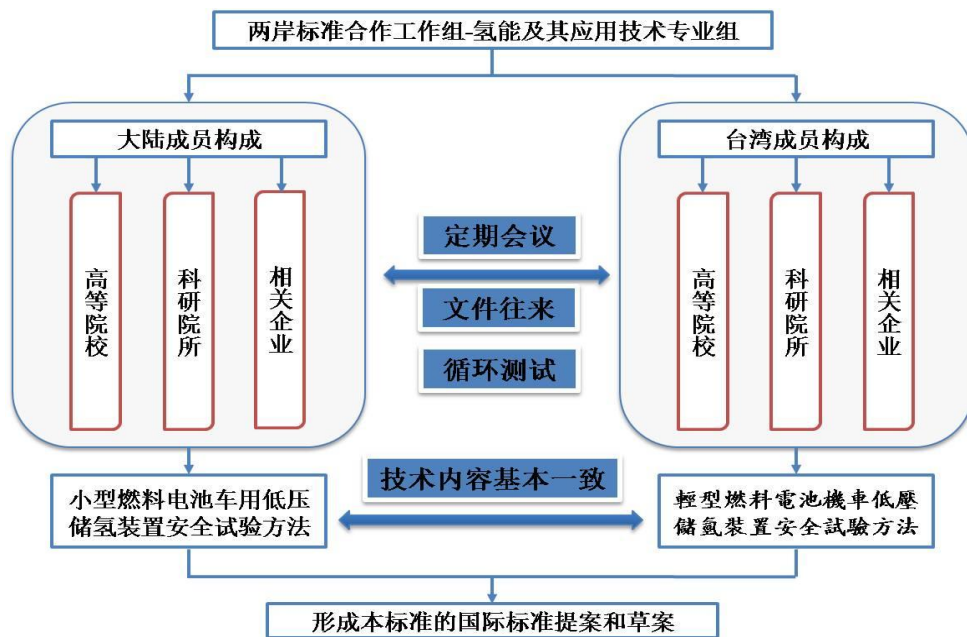


图 1 工作组实施构架

同时，工作组进一步明确了工作组成员单位 and 两岸标准协调方式。工作组由浙江大学、中国标准化研究院、中国电子工程设计院、北京有色金属研究总院、广东省特种设备检测研究院、清华大学、北京海德利森科技有限公司、台湾经济研究院、台湾博研燃料电池等海峡两岸相关高校、科研院所和企业构成。大陆与台湾通过定期会议、编号文件的形式，对标准技术内容进行积极沟通协调，力求标准内容的先进性、有效性和一致性。工作组的实施构架详见图 1。

2013年9月至2014年4月，工作组召开多次电话会议，研讨标准技术内容工作。两岸已就标准技术内容通过编号文件的形式进行了十多次交流，对标准初稿进行了十余次修改。

2014年8月，工作组在沈阳召开第三次全体会议。会议听取并重点讨论了标准工作进展，并对标准共通内涵与关键技术内容进行了深入研讨。会议明确了两岸共通标准之“共通内涵”，即：

✧相同适用范围

✧相同试验对象

✧相同试验条件

✧相同试验项目

✧相同试验方法

✧相同合格指标

在保证上述六大“共通内涵”相同，实现技术内容基本一致的基础上，大陆和台湾可依据各自的标准编写规定，对标准内容和格式作适当调整。

同时，会议决定依据“基于科学、基于数据、基于最佳实践”的标准研制原则，组织两岸相关单位共同开展低压储氢装置循环测试工作，以验证标准规定的10项试验方法的有效性和可操作性。会后，工作组起草了《小型燃料电池车用低压储氢装置循环测试方案》(草案)。

2014年9-12月，工作组通过电话会议等形式，对测试方案进行了多次讨论修改，明确了测试计划、测试样品、测试项目和进度安排，最终形成了海峡两岸统一的《小型燃料电池车用低压储氢装置循环测试方案》(终稿)，并对第一期循环测试工作进行了安排部署，确定由博研燃料電池股份有限公司与亞太燃料電池科技股份有限公司提供循环测试所需的低压储氢装置测试样品，各参与单位开展为期半年的循环测试工作。

2015年5月，工作组在厦门召开第四次全体会议。会议详细讨论了第一期循环测试成果，并对测试中存在的问题进行研究总结，决定

继续开展第二期循环测试。

2015年12月，工作组在北京召开第五次会议，详细讨论第二期循环测试结果，并依据第一二期测试结果，提出了标准各项试验方法的改进建议。在第一二循环测试成果的支撑下，标准技术内容更加扎实，“基于科学、基于数据、基于最佳实践”的标准研制原则得到有力贯彻。为进一步落实标准技术内容，工作组决定开展第三期循环测试，查缺补漏，力求以数据支撑标准每个试验项目。

2016年8月，两岸相关单位就第三期测试结果和标准技术内容通过编号文件的形式进行了多次沟通交流，依据三期循环测试结果对标准内容进行了数次修改，形成了本标准征求意见稿。

四、关于标准内容的说明

本标准主要包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、试验条件、试验方法。

（1） 范围

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-40℃且不高于 65℃的小型燃料电池车用低压储氢装置。

据调研，现有氢燃料电池摩托车用低压储氢装置的容积均不大于 3L，故本标准规定内容积不大于 3L。根据 ISO16111-2008 标准 5.3.1 规定，最高温升压力不大于 25MPa。为包含整个操作温度范围（氢燃料电池摩托车的使用地区为中国大陆和台湾，历史最高环境温度为台湾南部的 65℃，最低环境温度为黑龙江北部的-40℃），同时依据

ISO16111-2008 标准 4.3.2, 规定本低压储氢装置工作温度范围为 -40°C – 65°C 。

(2) 规范性引用文件

列出了该标准的规范性引用文件。

(3) 术语和定义

收录了本标准中涉及的 11 条术语和定义, 包括对储氢合金、金属氢化物、低压储氢装置、最高温升压力、试验压力以及许用设计应力等的定义。

(4) 试验条件

包括一般要求、试验仪器设备及防护措施。一般要求中规定了安全试验的环境条件及对氢气品质的要求; 试验仪器设备应按规定检定合格; 试验机构应制定安全防护措施, 包括试验场所及试验人员的要求, 从而保证试验的安全高效进行。

(5) 试验方法

规定了低压储氢装置各安全试验项目的试验条件、具体试验方法和试验合格要求, 以保障低压储氢装置在实际使用过程中的安全性。其安全试验项目共有 10 项, 主要包括: 气密性试验、跌落试验、冲击试验、高温试验、热循环试验、耐火试验、爆破试验、连接件插拔循环试验、长时存放试验、氢气循环试验。

1) 气密性试验

低压储氢装置带有可拆接头, 且在制造过程中可能存在沙眼、裂纹等缺陷, 有可能导致低压储氢装置泄漏, 故需进行气密性试验。

工作组对专用检漏液检漏法、氢气传感器检漏法与氮气质谱仪检漏法三种方法进行了试验研究。结果发现，专用检漏液检漏法操作简单易行，但灵敏度较低；氢气传感器检漏法与氮气质谱仪检漏法操作相对复杂，但有较高的灵敏度。因此，本标准规定了在室温下，专用检漏液检漏法作为出厂检验的气密性测试方法，氢气传感器检漏法或氮气质谱仪检漏法作为型式试验的气密性测试方法。依据 GB/T 15823-2009《氮泄漏检验》规定，静置时间大于 30min。同时对比调研国际相关固态储氢装置的标准，依据 ISO16111-2008 标准 6.2.5.2.1 规定标准状况（0℃，101.325kPa）下，氮气质谱仪检漏法的最大泄漏率不大于 $1.7 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。试验结果均满足这一指标要求，说明试验过程及指标制定合理。

2) 跌落试验

低压储氢装置在运输或更换过程中，可能因操作失误不慎跌落在混凝土或钢制水平面上，因此要进行跌落试验。

依据 ISO16111-2008 标准 6.2.4 节规定了其试验过程，并对跌落后的附件正常工作及装置气密性提出了要求。通过试验研究发现，水平跌落的低压储氢装置表面有凹痕，气密性试验符合要求。垂直跌落的低压储氢装置附件工作正常，气密性符合要求。

3) 冲击试验

低压储氢装置可能承受外物冲击，截止阀作为储氢系统中重要部件，若不能保证正常工作，则可能造成氢气泄漏甚至爆炸，故对其进行冲击试验，保证其在承受规定的冲击能量后，能够正常工作，并保

持气密性。

本标准依据 ISO16111-2008 标准 6.2.7 节规定了其试验过程。试验研究结果显示，冲击试验后，截止阀外观上无明显损伤，气密性测试亦无氢气检出。说明本方法制定合理易行，合格指标制定合理。

4) 高温试验

高温下储氢合金可能会在瓶内放氢，未及时使用会在低压储氢瓶内积聚，从而导致其内应力升高。本标准要求对低压储氢装置进行高温静置试验。

调研结果显示，当氢燃料电池摩托车在室外高温下放置时，温度可达 80℃，故在 80℃ 下进行高温试验。合格指标为不发生变形，并保证气密性。试验研究结果发现，低压储氢装置未发生形变，气密性合格。该试验程序简便易行，指标设定合情合理。

5) 热循环试验

为保证低压储氢装置在最高使用温度和最低使用温度下均可正常工作，因此标准要求最高使用温度 65℃ 和最低使用温度 -40℃ 间进行循环试验。

热循环试验参照 ISO16111-2008 标准中 6.2.8.3 规定。合格指标为保证气密性并保证最小爆破压力。测试结果显示测试方法合理，指标合理。

6) 耐火试验

试验原因为氢燃料电池汽车可能遇到突发情况（如车祸等）起火，为保证储氢装置内的氢气能够及时排除，从而避免爆炸的发生，应进

行耐火试验。

标准中依据 ISO16111-2008 中 6.2.2 节规定了耐火试验的要求和试验程序，并规定其合格指标为超压泄放装置能够正常动作，装置无破裂和弹射物射出。

7) 爆破试验

在充氢或使用过程中，会由于操作或意外情况使得储氢瓶内压力突然升高，为保证该意外情况下的安全，储氢瓶应具有承受比工作压力更高压力的能力。故本标准规定对储氢瓶进行爆破试验。

GB11640-2011《铝合金无缝气瓶》中规定水压爆破试验的升压速率最大值为 0.5 MPa/s。结合试验结果进行分析，规定升压速率为 0.35 MPa/s。合格指标依据 ISO7866-1999 规定为爆破压力应不小于其试验压力的 1.6 倍。试验爆破后，6 组低压储氢装置保压阶段形变、爆破裂纹外观以及爆破裂纹尺寸均能满足本试验方法中的要求，说明标准中的相关合格指标制定合理。

由试验值与设计值为依据计算分析得出，以最大允许工作压力对爆破压力合格值进行计算较为合理，同时该值也为装置设计参数，本标准将该值与低压储氢装置特征压力 MDP 建立一定关系，作为设计和试验重要参数。

8) 连接件插拔试验

试验原因为低压储氢装置在多次充氢时需将连接件进行多次插拔。

为保证其气密性，本标准根据 IEC62196-1 标准 22.2 规定对其进

行连接件插拔试验并要求结果满足气密性条件。试验研究结果显示，低压储氢装置的连接件经过 100 个插拔循环试验后，气密性试验结果符合要求，插拔速率、行程速率及行程数参数设置合理。依据实际使用情况，连接件插拔试验方法设置合理。

9) 长时存放试验

试验原因为低压储氢装置在被使用前，可能长期存放于仓库、交换站中，其缓慢泄漏会导致氢气量减少，且泄漏的氢气在密闭空间的集聚，从而产生燃烧爆炸的风险。

本标准中的存放温度参考 IEC62282-6-100 中 7.3.9.2 规定的 $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，合格泄漏量参考 IEC62282-6-100 附录 B 中的 0.0032g/h 。试验结果显示低压储氢装置泄漏率均可达到小于该标准制定的指标 0.0032g/h ，说明设定合理。

10) 氢气循环试验

试验原因为低压储氢装置内置的储氢合金在吸氢时会发生膨胀放氢时收缩，反复吸放氢导致不锈钢或铝合金外壳承受较大内应力循环而发生形变。由于氢燃料电池摩托车在实际行驶中，会遇到不平整路况，造成不同程度的上下颠簸，反复振动可能导致低压储氢装置的连接件的脱离发生泄漏，并且对不锈钢或铝合金外壳承受应力状况产生影响，标准规定了氢气循环试验中振动试验的频率和时间。

标准中考虑到续航力和低压储氢装置的使用寿命，依据 ISO16111-2008 标准 6.2.6 节规定氢气循环次数为 106 次；依据 ISO16111-2008 标准 6.2.6.3 节规定了在第 5, 55, 105 次氢气循环试

验后进行振动试验。合格指标为实测应变不超过许用设计应力下应变的 50%或最大应变无增长趋势，并保证装置气密性。试验结果显示随着吸放氢循环次数的增加，储氢罐各位置应变逐渐增大，前 5 次吸氢过程中，应变增加较为明显，之后除距低压储氢装置底部 1/4 位置处外，其他位置应变基本保持不变，而距低压储氢装置底部 1/4 位置的最大吸氢应变值增长至第 10 次后增加不明显，在 $1900\ \mu\ \varepsilon$ 附近波动。同时气密性试验结果符合要求。说明试验程序及指标设定合理。

四、起草工作组的组成

参加标准起草单位：略。

本标准主要起草人：略。

标准工作组

二〇一六年八月二十四日