

车载氢系统气密性检测和置换技术要求

Technical requirements for gas tightness detection and substitution of onboard
hydrogen system

2020 - 08 - 31 发布

2020 - 10 - 01 实施

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 检测平台及仪器仪表要求 1

5 技术要求 2

6 检测方法 4

7 检测报告 4

附录 A（资料性附录） 出厂前车载氢系统气密性检测报告 6

附录 B（资料性附录） 装车后车载氢系统气密性检测报告 7

附录 C（资料性附录） 置换报告 8

参考文献 9

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由山东省工业和信息化厅提出、归口并组织实施。

本标准起草单位：潍柴动力股份有限公司、中国重型汽车集团有限公司、山东省特种设备检验研究院有限公司、山东科泰克新能源科技有限责任公司、中通客车控股股份有限公司、济南公共交通集团有限公司、潍坊公共交通总公司、山东国创燃料电池技术创新中心有限公司。

本标准主要起草人：潘凤文、王钦普、衣粟、赵强、王昕雨、李力军、王宏亮、何彬、亓永、张安文、刘雷、王文博、高华兴、张小鹏。

本标准为首次发布。

车载氢系统气密性检测和置换技术要求

1 范围

本标准规定了车载氢系统气密性检测和置换的检测平台及仪器仪表要求、技术要求、检测方法和检测报告。

本标准适用于公称工作压力不超过70 MPa、贮存介质为压缩氢气、工作温度不低于-40 ℃且不高于85 ℃的储氢气瓶及其附件组成的车载氢系统。

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 26990 燃料电池电动汽车车载氢系统技术条件

GB/T 34872 质子交换膜燃料电池供氢系统技术要求

3 术语和定义

GB/T 26990界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气密性检测 gas tightness dection

用于检验容器及各零部件连接部位是否有泄漏现象的试验。

3.2

置换 subsitution

用置换气体给容器增压，然后保留一段时间，再排出气体，以此将杂质气体含量降低到技术标准要求内。

3.3

涂液法 soap bubble test

在充有规定压力气体的受试系统的待查部位上涂以气体检漏液，以检查该处气密性的试验方法。

3.4

保压时间 hold up time

系统在某一温度范围内、特定压力下保持的时间。

4 检测平台及仪器仪表要求

4.1 检测平台

主要检测设备包括以下单元：

- a) 增压单元：对待检车载氢系统输入气体进行压力增幅；
- b) 检漏单元：对车载氢系统进行泄漏检测；
- c) 数据采集单元：采集并记录试验参数及测量数据。

4.2 检测仪表准确度要求

检测仪表准确度要求见表1。

表1 检测仪表准确度要求

检测项目	单位	准确度要求	备注
压力	MPa	±1	
氦气漏率	Pa·m ³ /s	5×10 ⁻¹³	最低检测漏率

5 技术要求

5.1 安全要求

5.1.1 一般要求

进行车载氢系统气密性检测和置换时应严格遵循国家消防法律法规相关要求。检测人员进行必要的安全防护，保证人身安全。

5.1.2 气密性检测

车载氢系统气密性检测应具备以下条件：

- a) 检测应在通风场所进行；
- b) 系统装车前检测应在专用检测区域内进行，并与检测人员隔离；
- c) 系统装车后检测应确认出厂气密性检测报告；
- d) 检测人员应经过相关专业培训。

5.1.3 置换

车载氢系统置换应具备以下条件：

- a) 置换应在空旷、通风良好的场所进行，禁止有任何火源及其他安全隐患；
- b) 置换前明确系统内气体种类及压力，禁止不明气体的置换；
- c) 禁止在雷雨等恶劣天气进行置换；
- d) 置换场地应有安全照明，同时保证地面的整洁干燥；
- e) 尽量减少夜间进行置换操作；
- f) 置换过程中要求可靠接地；
- g) 操作人员应经过相关专业培训。

5.2 合格要求

5.2.1 气密性检测

5.2.1.1 装车前氢系统

根据6.1中要求的检测方法,采用氦质谱检漏仪或涂液法来进行异常检查。根据GB/T 34872的要求,对储氢容器、焊接处、法兰、垫片、阀门及连接处使用氦质谱检漏仪或中性发泡液检漏。数据采集单元记录系统压力。最终压力应不低于公称工作压力的1.1倍。气密性检测过程中同时符合以下要求的,可判定为气密性检测合格:

- a) 若使用氦质谱检漏仪检测,氦气漏率应小于 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。若使用涂液法检测,检测区域不能产生可见气泡或者泡沫;
- b) 系统压力保持不变(排除温度因素影响)。排除温度因素影响可参照式(1)将现有压力转换为 15°C 下标准压力:

$$P' = \frac{288.15P}{273.15 + T} \dots\dots\dots (1)$$

式中:
 P ——系统当前压力,MPa;
 T ——系统当前温度, $^\circ\text{C}$;
 P' ——系统 15°C 下标准压力,MPa。

5.2.1.2 装车后氢系统

根据6.1中要求的检测方法,过程使用涂液法及观察压力读数来进行异常检查。根据GB/T 34872的要求,对储氢容器、焊接处、法兰、垫片、阀门及连接处使用中性发泡液检漏,并对系统保压前后压力值进行记录。最终压力应不低于公称工作压力的1.1倍。气密性检测过程中同时符合以下要求的,可判定为气密性检测合格:

- a) 检测区域不能产生可见气泡或者泡沫;
- b) 系统压力保持不变(排除温度因素影响)。排除温度因素影响可参照 5.2.1.1 中式(1)。

5.2.2 置换

根据6.2中要求的操作方法,置换后系统内气体浓度按照下列公式进行计算并达到所要求。
质子交换膜燃料电池氢气纯度应符合GB/T 34872要求。

置换后气体浓度计算方法:
第一次置换后容器内气体杂质体积分数按式(2)计算:

$$x_1 = \frac{p_0}{p_1} x_0 + \left(1 - \frac{p_0}{p_1}\right) y_0 \dots\dots\dots (2)$$

设每次置换充放气终止压力相同,置换n次后容器内气体杂质体积分数按式(3)计算:

$$x_n = \frac{p_0}{p_1} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{n-1} x_0 + \left[1 - \frac{p_0}{p_1} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{n-1}\right] y_0 \dots\dots\dots (3)$$

置换n次后容器内气体浓度按式(4)计算:

$$c = 1 - x_n \dots\dots\dots (4)$$

式中:
 x_0 ——容器内初始气体杂质体积分数,默认为1;
 x_n ——容器置换n次后气体杂质体积分数;
 p_0 ——容器内初始气体压力(绝对压力),MPa;

- p_1 —— 置换充气终止时，容器内气体压力（绝对压力），MPa；
- p_2 —— 置换放气终止时，容器内气体压力（绝对压力），MPa；
- y_0 —— 置换用气体中气体杂质体积分数；
- c —— 置换n次后容器内的气体浓度。

6 检测方法

6.1 气密性检测

6.1.1 气密性检测由增压阶段、保压阶段构成，如图 1 所示。

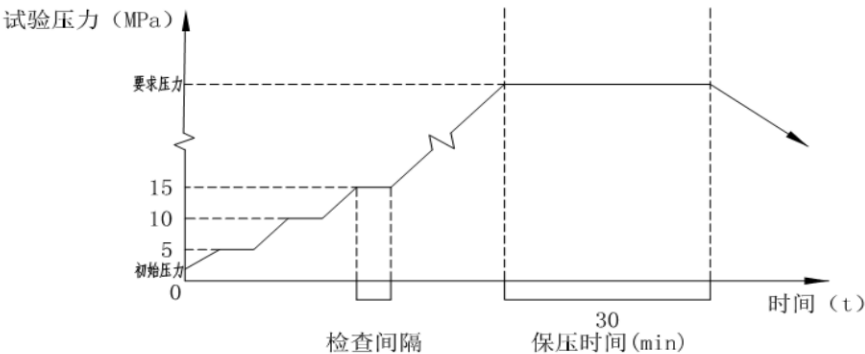


图1 气密性测试示意图

6.1.2 根据 GB/T 34872 的要求，使用 90 %氮气+10 %氢气的氮氮混合气作为试验介质。通过增压单元，首先将系统压力加至 5 MPa，检查无异常后将系统压力阶梯式增加，每增加 5 MPa 后暂停，检查无异常后继续增压。最后将待测车载氢系统压力加至要求压力。增压完成后，保压时间不低于 30 min。

6.2 置换

置换操作由系统压力的充放构成，须有以下步骤：

- a) 在置换操作前，将车载氢系统与燃料电池之间的连接切断；
- b) 将系统压力泄放，最低应保证有可感受微弱气流。若至此状态，压力默认为 0.2 MPa；
- c) 使用待置换气体将系统升压，后进行泄放，泄放最低应保证有可感受微弱气流。若至此状态，压力默认为 0.2 MPa；
- d) 重复上述操作数次，最低不得低于 3 次。具体次数按照 5.2.2 中计算方法进行确定。

7 检测报告

7.1 车载氢系统的气密性检测和置换检测报告应包含以下信息：

- a) 车载氢系统型号参数及制造商名称；
- b) 详细的检测过程参数；
- c) 检测结论及检测方需注明的其他备注信息；
- d) 检测人员签字。

- 7.2 装车前氢系统气密性检测检测报告还应包含测试过程压力变化曲线。编写格式可参照附录 A。
- 7.3 装车后氢系统气密性检测报告编写格式可参照附录 B。
- 7.4 氢系统置换报告还应包含：置换用介质，置换过程压力充放值。编写格式可参照附录 C。

附 录 A
(资料性附录)
出厂前车载氢系统气密性检测报告

出厂前车载氢系统气密性检测报告可参考表A. 1进行编写。

表A. 1 出厂前车载氢系统气密性检测报告

制造商名称:			车载氢系统编号:			
制造时间: 年 月			检测时间: 年 月 日			
引用标准编号:						
检测参数	公称工作压力 (MPa)		试验介质		仪表量程	
	单次增压压力 (MPa)		试验环境温度 (℃)		仪表精度	
	保压压力 (MPa)		保压时间 (min)		仪表有效日期	
检测结果	氦气漏率 (Pa·m ³ /s)			最大压降 (MPa)		
实际压力 试验曲线						
检测结论	本产品经__MPa 气密性试验, 气密性 (是/否) 符合 XX 标准相关要求, 试验结论 (不) 合格					
试验人员						

附 录 B
(资料性附录)
装车后车载氢系统气密性检测报告

装车后车载氢系统检测报告可参考表B.1进行编写。

表B.1 装车后车载氢系统气密性检测报告

制造商名称:			车载氢系统编号:			
制造时间: 年 月			检测时间: 年 月 日			
引用标准编号:						
检测参数	公称工作压力 (MPa)		试验介质		仪表量程	
	单次增压压力 (MPa)		试验环境温度 (℃)		仪表精度	
	保压压力 (MPa)		保压时间 (min)		仪表有效日期	
检测结论	本产品经__MPa 气密性试验, 气密性 (是/否) 符合 XX 标准相关要求, 试验结论 (不) 合格					
试验人员						

附 录 C
(资料性附录)
置换报告

置换报告可参考表C.1进行编写。

表C.1 置换报告

制造商名称:		车载氢系统编号:		
制造时间: 年 月		检测时间: 年 月 日		
引用标准编号:				
公称工作压力 (MPa)	原本介质	更换介质	仪表量程 精度等级	仪表有效日期
增压置换参数	起始压力 (MPa)	充装后压力 (MPa)	放气后压力 (MPa)	置换次数
置换结果	容器内气体纯度按 DB37/T 4096—2020 相关要求计算, 达到__%。			
试验人员				

参 考 文 献

- [1] GB/T 29126 燃料电池电动汽车车载氢系统试验方法
 - [2] GB/T 35544 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶
 - [3] COMMISSION REGULATION (EU) No 406/2010 欧洲议会和理事会关于氢能源动力汽车型式认证的第79/2009号法规的执行条例 (Implementing Regulation (EC) No 79/2009 of the European Parliament and of the Council on type-approval of hydrogen-powered motor vehicles)
 - [4] UN GTR No. 13 氢和燃料电池汽车全球技术法规 (Global Technical Regulation on Hydrogen and Fuel Cell Vehicles)
 - [5] 何明飞. 氢气置换用量及用时计算[J]. 低温工程, 2010(6):46-49
-