

车用氢燃料电池系统运行安全技术规范

Operational safety technical specifications for vehicle fuel cell
system

地方标准信息服务平台

2024-11-29 发布

2025-03-01 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 运行环境与条件 1

 4.1 物理环境 1

 4.2 电气条件 1

 4.3 燃料成分和供应方式 1

 4.4 冷却条件 2

 4.5 运行条件 2

5 运行安全要求 2

 5.1 电气安全 2

 5.2 机械安全 2

 5.3 外壳防护等级 3

 5.4 氢安全 3

6 试验验证要求 3

 6.1 通则 4

 6.2 试验气体 4

 6.3 测量准确度 4

 6.4 工作模式和工作点 4

 6.5 电气安全测试 5

 6.6 机械安全测试 5

 6.7 外壳防护测试 5

 6.8 氢安全测试 5

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。

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。

本文件由上海市经济和信息化委员会提出并组织实施。

本文件由上海市新能源汽车及应用标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：上海重塑能源科技有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、同济大学、上海市汽车零部件行业协会、上海智能新能源汽车科创功能平台有限公司、上海国际汽车城数据中心、上海氢晨新能源科技有限公司、国家汽车零部件再制造产品质量检验检测中心、上海韵量新能源科技有限公司、小氢汽车（上海）有限公司、上海捷氢科技股份有限公司。

本文件主要起草人：高雷、王佳元、裴冯来、张晓丹、缪文泉、董梦成、侯永平、樊泽芳、魏青龙、钟鸣荟、朱荣杰、麦建明、李昕、邸志岗、陈玮山、吴乐林、刘赞、陈久坤、翟双、胡哲、林琦、陈沛、李涛、云晓明、王美燕。

地方标准信息服务平台

车用氢燃料电池系统运行安全技术规范

1 范围

本文件规定了车用氢燃料电池系统（下文简称“燃料电池系统”）的运行环境与条件、运行安全要求和试验验证要求。

本文件适用于在上海市范围内在用的车用氢燃料电池系统的安全运行。

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 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 24548 燃料电池电动汽车 术语

GB/T 24554—2022 燃料电池发动机性能试验方法

GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气

GB 38031—2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求

3 术语和定义

GB/T 24554—2022 和 GB/T 24548 界定的术语和定义适用于本文件。

4 运行环境与条件

4.1 物理环境

燃料电池系统应能在车辆运行区域的环境物理条件下正常运行，应包括但不限于以下参数：

- 运行区域的海拔高度范围；
- 运行区域的空气温度范围；
- 运行区域的空气湿度范围；
- 运行区域的空气质量范围。

4.2 电气条件

燃料电池系统应能在所匹配的在用车辆要求的电气条件下正常运行且满足 5.1 的要求。

4.3 燃料成分和供应方式

燃料电池系统应在法规所规定的燃料成分极限和所匹配的在用车辆给定供应方式下（例如高压氢气）正常运行。

- 燃料质量应符合 GB/T 37244 的要求。

b) 供应方式的输入条件应包括但不限于以下参数:

- 1) 供氢压力范围;
- 2) 供氢最大流量。

4.4 冷却条件

燃料电池系统应在所匹配的在用车辆给定的冷却介质与供应方式下, 保证安全运行, 并正常发挥系统的性能和功能。

4.5 运行条件

4.5.1 启动

燃料电池系统应判断所有防护装置均已正常工作时, 才能接受外部启动指令并开始运行。

燃料电池系统应采用适当的互锁装置, 以保证正确的启动顺序。

4.5.2 运行

燃料电池系统启动后, 应始终监测系统及零件状态, 使其始终满足安全运行条件。在此过程中, 允许系统进行主动保护或关机等操作, 降低潜在的安全风险。

4.5.3 关机

燃料电池系统应具备以下关机功能, 以用于降低潜在的安全风险。

- a) 紧急关机: 当系统通过持续监控确认发生了会引起直接人身伤害的故障(内部故障或外部请求)时, 并且普通的保护措施和正常关机已经不能满足降低安全风险操作时, 应执行同时切断电气连接, 空气供应回路和氢气供应回路的紧急安全操作。
- b) 正常关机: 当外部控制或者内部故障触发关机请求, 系统可以由内部控制回路进行的可控关闭过程。包括但不限于:
 - 1) 切断氢气供应回路;
 - 2) 切断空气供应回路;
 - 3) 执行吹扫;
 - 4) 切断电气回路。

5 运行安全要求

5.1 电气安全

5.1.1 绝缘电阻

燃料电池系统应按照 6.5.1 的要求进行测试, 正负极的对地绝缘电阻应不低于 $100\ \Omega/V$ 。车辆每运行5000 km后, 应对燃料电池系统进行绝缘电阻检查。

5.1.2 高压安全互锁

燃料电池系统的高压电气连接应包含安全互锁接口并能提供相应的诊断信息, 发生高压安全互锁故障时, 系统应采取相应的安全措施, 避免短路、电弧等故障的发生。

5.2 机械安全

燃料电池系统按 6.7 的方法进行试验，应满足 GB 38031—2020 中 8.2.1 的要求，且满足 5.2.1 的要求。

燃料电池系统应具备必要的外部紧急故障（如碰撞）信号接口，应在收到外部紧急故障信号后，进入系统定义的保护或关机等安全状态。

5.3 外壳防护等级

燃料电池系统按 6.8 的方法进行浸水试验，其等级应满足 GB/T 4208 的 IPX7 要求。

5.4 氢安全

5.4.1 点火源

应通过以下措施消除点火源：

- a) 在燃料电池系统内部可能产生氢气积聚的区域，不应使用任何可能产生电火花的电气设备，如接触器等；
- b) 通过搭接、接地或选择合适的材料等方式，消除潜在的氢气泄漏或者积聚区域可能存在的非金属材料上的静电积聚。

5.4.2 气密性安全要求

按照 6.9.1 进行气密性测试，结果应不低于初始压力的 85%。

5.4.3 氢气稀释

燃料电池系统应具备防止氢气积聚的装置或者结构。车辆每运行 5000 km 后，应对该装置结构及功能进行检查，并确保其功能完好。

对于带有封闭或者半封闭箱体电堆的系统，箱体应具备通风稀释装置。

若燃料电池系统已经上电并启动运行，且通风稀释装置已经开启，则应全程监控箱体内部氢气浓度，并保证箱体内部的氢气浓度始终低于 $2.0\% \pm 1.0\%$ 。

5.4.4 氢气排放

燃料电池系统应按 6.9.2 的方法进行氢气排放测试。

当燃料电池系统已经上电并启动运行，则燃料电池系统的尾排氢浓度在任意连续 3 s 内的平均氢气浓度应不超过 4%，且瞬时氢气浓度不超过 8%。

5.4.5 诊断和报警提示

应按照 6.9.3 的方法进行测试，燃料电池系统可能产生氢气积聚的区域应安装氢气浓度传感器，并能实时检测安装点周围区域的氢气浓度，并在必要时采取以下安全措施：

- a) 当氢气浓度超过 $2.0\% \pm 1.0\%$ 时，系统应发出提示报警信号；
- b) 当氢气浓度超过 $3.0\% \pm 1.0\%$ 时，系统应执行自动关机并切断供氢的操作。

燃料电池系统也可自定义并使用其它报警阈值，但是自定义的报警信号和切断供氢请求阈值不应高于以上标准阈值。

系统应具备对氢气浓度传感器进行线路质量诊断的功能，在发生线路中断事件时，可以上报故障，进行报警，并采取相应的安全措施。

6 试验验证要求

6.1 通则

燃料电池系统应先通过 GB/T 24554 测试后方可开展下述试验验证；在 6.5~6.9 试验前，燃料电池系统应先按 GB/T 24554—2022 中 8.2 的试验方法进行一次额定功率试验，并记录相应的试验数据。

6.2 试验气体

试验用气体应符合 GB/T 37244 中的相关规定。

6.3 测量准确度

测量参数、单位和准确度应符合表 1 要求。

表1 测量参数、单位和准确度要求

测量参数	单位	准确度
电压	V	$\pm 0.3\% \text{FSD}$ 或 $\pm 1\% \text{rdg}$
电流	A	$\pm 0.3\% \text{FSD}$ 或 $\pm 1\% \text{rdg}$
绝缘阻值	M Ω	$\pm 2\% \text{rdg}$ 或 $\pm 2 \text{dgt}$
温度	K	± 1
时间	s	± 0.1
质量流量	g/s	$\leq 1.0\% \text{FSD}$
氢气浓度	—	$\pm 0.2\%$

6.4 工作模式和工作点

燃料电池系统在各项试验中的工作模式应符合表 2 要求。

表2 工作模式定义

工作模式	状态描述
1.1	系统没有连接到线束及管路
1.2	系统连接到线束及管路，低压供电使能，高压未使能或未连接
1.3	系统连接到线束及管路，低压供电使能并唤醒系统控制器，高压未使能或未连接
2.1	系统连接到线束及管路，低压供电使能并唤醒系统控制器，高压使能，供气管路就绪且压力处于工作范围内
2.2	系统按照试验规定的要求及工况流程进行启动、运行、关机等正常操作

燃料电池系统在各项试验中的低压供电工作点应符合表 3 要求。

表3 低压供电工作点定义

低压供电工作点	状态描述
$U_{\text{nom-LV}}$	系统的标准低压供电点；对于12 V产品，该电压为12 V；对于24 V产品，该电压为24 V
$U_{\text{min-LV}}$	系统的正常低压供电范围下限；对于12 V产品，该电压为9 V；对于24 V产品，该电压为18 V
$U_{\text{max-LV}}$	系统的正常低压供电范围上限；对于12 V产品，该电压为16 V；对于24 V产品，该电压为32 V

燃料电池系统在各项试验中的供氢压力点应符合表 4 的要求。

表4 供氢压力点定义

供氢压力点	状态描述
P_{nom-H}	系统的标准供氢压力点
P_{min-H}	系统的正常供氢压力点下限
P_{max-H}	系统的正常供氢压力点上限

6.5 电气安全测试

6.5.1 绝缘电阻安全测试

按照 GB/T 24554—2022 中 8.9 进行测试。

6.5.2 高压互锁安全测试

工作模式 2.1，工作点为（Unom-LV，Pnom-H）。通过断开系统上的高压互锁接口，系统应进入相应的安全状态，且满足 5.1.2 中的要求。

系统上若存在多个高压互锁接口，则应逐个进行测试，并记录每个信号接口对应的响应结果。

6.6 机械安全测试

按照工作模式 2.2、工作点为（Unom-LV，Pnom-H）、GB 38031—2020 中 8.2.1 的规定进行振动试验，燃料电池系统在试验过程中平均功率应大于等于 50% P_E 。试验过程中允许被测燃料电池系统通过保护或关机等操作进入相应的安全状态。试验后应将样品在实验室标准环境下静置 2 h。

按照工作模式为 2.2，工作点为（Unom-LV，Pnom-H）。通过外部给系统发送紧急故障停机请求。该请求宜是总线信号或者是硬线信号，系统应进入相应的安全状态。

若外部紧急故障信号需要通过通信接口发给系统，则应测试验证通信故障下的安全响应机制。按照工作模式 2.2，工作点为（Unom-LV，Pnom-H）。通过断开系统和外部的总线通信，或通过外部设备制造总线关闭故障，系统应进入相应的安全状态。

系统上若存在多个外部紧急故障停机请求接口，则应逐个进行测试，并记录每个信号接口对应的响应结果。

6.7 外壳防护测试

按照 GB/T 4208 要求进行试验。

6.8 氢安全测试

6.8.1 气密性测试

按照 GB/T 24554—2022 中 8.8 进行测试。

6.8.2 氢气排放测试

在工作模式 2.1 和 2.2 下，应全程监控燃料电池系统尾排氢排放浓度，氢气浓度应满足 5.5.4 中的要求。测量点应考虑整车排气布置，且应距离排气口外 100 mm，并在排气口几何中心延长线上，采样频率不低于 5 Hz。

6.8.3 氢气诊断与报警测试

工作模式为 2.1，工作点为（Unom-LV，Pnom-H）。按照氢气浓度报警及安全响应阈值，使用预先配比浓度的氢气/氮气混合气体，在系统各个氢气浓度传感器正下方小于 10 mm处释放气体。系统应进入安全状态。

通过断开系统上和该位置氢浓度传感器连接的电气线束，模拟氢气浓度传感器出现线路故障。此时，系统应进入相应的安全状态。

系统上若有多个氢气浓度传感器，则应逐个进行测试，并记录每个传感器对应的响应结果。

若氢气浓度传感器安装在系统内部无法接触到的位置，可断开系统上和该位置氢气浓度传感器连接的电气线束，并使用相同型号的氢气浓度传感器在系统外部进行替代性测试。

地方标准信息服务平台