

ICS 43.020

CCS T 09

团 体 标 准

T/CAAMTB XX—XXXX

燃料电池电动汽车碰撞后安全要求

Post crash safety requirement for fuel cell electric vehicle

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国汽车工业协会 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 要求.....	1
4.1 总则.....	2
4.2 碰撞后压缩氢气储存系统安全功能要求.....	2
4.3 防触电保护要求.....	2
4.4 其他要求.....	2
5 试验程序.....	2
5.1 试验前的车辆准备.....	2
5.2 碰撞试验.....	3
5.3 碰撞后安全要求检查与试验.....	3
附录 A（规范性） 压缩氢气储存系统完整性测试方法.....	4
A.1 压缩氢气储存系统碰撞后燃料泄漏限值测试方法.....	4
A.2 碰撞后封闭空间或半封闭空间浓度测量方法.....	6

前 言

本文件按照GB/T 20004.1-2016《团体标准化 第1部分：良好行为指南》和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这些专利的责任。

本文件由中国汽车动力电池产业创新联盟燃料电池分会提出。

本文件由中国汽车工业协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次制定。

燃料电池电动汽车碰撞后安全要求

1 范围

本文件规定了燃料电池电动汽车碰撞后的特殊安全要求及试验方法。

本文件适用于M₁类及最大设计总质量不大于2500 kg的N₁类汽车，以及多用途货车中使用压缩气态氢且车载氢系统标称工作压力不超过70 MPa的质子交换膜燃料电池电动汽车的正面碰撞。

本文件适用于M₁、N₁类汽车中使用压缩气态氢且车载氢系统标称工作压力不超过70 MPa的质子交换膜燃料电池电动汽车的侧面碰撞和后面碰撞。

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 11551 汽车正面碰撞的乘员保护
- GB/T 18385 电动汽车动力性能试验方法
- GB/T 19596 电动汽车术语
- GB 20071 汽车侧面碰撞的乘员保护
- GB 20072 乘用车后碰撞燃油系统安全要求
- GB/T 24548 燃料电池电动汽车术语
- GB/T 24549 燃料电池电动汽车 安全要求
- GB/T 31498-2021 电动汽车碰撞后安全要求
- ISO 6487 道路车辆碰撞试验中的测量技术设备

3 术语和定义

GB/T 19596、GB/T 24548界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

燃料电池电动汽车 fuel cell electric vehicle (FCEV)

以燃料电池系统作为动力源或主动力源的汽车。

3.2

燃料电池系统 fuel cell system

包括燃料电池堆和燃料电池辅助系统，在外接氢源的情况下可以正常工作。

3.3

压缩氢气储存系统 compressed hydrogen storage system (CHSS)

包括高压储氢容器和与高压储氢容器相通的一级封闭装置。

3.4

主关断阀 main shut off valve

一种用来关断从压缩氢气储存系统向下游供应氢气的阀。

3.5

封闭空间或半封闭空间 enclosed or semi-enclosed spaces

车辆内有可能暴露于压缩氢气储存系统的空间和可能聚集氢气的环境空间、区域，如乘员舱、行李舱、货舱或前舱盖下方的空间。

4 要求

4.1 总则

按5.1、5.2完成车辆准备、碰撞试验后，车辆应满足4.2和4.4的要求，带有B级电压电路的燃料电池电动汽车碰撞后还应满足4.3的要求。

4.2 碰撞后压缩氢气储存系统安全功能要求

4.2.1 压缩氢气储存系统的燃料泄漏限值

按照附录A中A.2规定的测试方法，在泄漏测试时间 Δt 内，压缩氢气储存系统的氢气平均泄漏率不应超过118 NL/min。按照公式A.2通过公称工作压力和环境温度来计算 Δt 。

4.2.2 封闭空间或半封闭空间内浓度限值

按照附录A中A.3规定的测试方法，碰撞后的燃料泄漏不应使封闭空间或半封闭空间内的氢气浓度超过4%（体积浓度），如果使用氦气，则浓度不应超过3%。如果每一个储氢容器的主关断阀在碰撞发生后5秒内关闭，且每一个储氢容器在泄漏测试时间 Δt 内无泄漏，则满足要求。

4.2.3 储氢容器固定装置完整性要求

试验后储氢容器的固定装置不应出现脱落或导致压缩氢气储存系统安全功能失效的位移或变形，并且至少有一个固定点与车身保持连接。

4.3 防触电保护要求

按照附录A中A.1.2和A.1.3完成试验后，车辆的燃料电池系统、电力系统负载、REESS及充电用高压母线应满足表1的规定。

表1 碰撞后防触电保护要求

试验类型	车辆状态	可充电储能系统	充电用高压母线	电力系统负载	燃料电池系统
加氢气碰撞试验	连接	A	A	A	A
	人为断开	A	A	B	B
加氦气碰撞试验	连接	A	A	A	B
	人为断开	A	A	B	B ^a

^a 人为断开表示碰撞试验在车辆的可充电储能系统（REESS）和燃料电池系统与电力系统负载人为断开的情况下进行；
^b A表示至少应满足 GB/T 31498-2021 中 4.2.2~4.2.5 规定的四个条款中的一个；
^c B表示至少应满足 GB/T 31498-2021 中 4.2.4 和 4.2.5 规定的两个条款中的一个。

4.4 其他要求

4.4.1 电解液泄漏要求

电解液泄漏要求应满足GB/T 31498-2021中4.3的要求。

4.4.2 REESS 和燃料电池系统移动要求

位于乘员舱里面的REESS和燃料电池系统应保持在安装位置，REESS和燃料电池系统部件应保持在其次壳内。位于乘员舱外面的任何REESS和燃料电池系统部分不应进入乘员舱。

4.4.3 REESS 和压缩氢气储存系统特殊安全要求

碰撞结束后30 min内，REESS不应爆炸、起火。碰撞结束后泄漏测试时间 Δt 内，压缩氢气储存系统不应爆炸、起火。

5 试验程序

5.1 试验前的车辆准备

- 5.1.1 可外接充电式燃料电池电动汽车按照企业规定的程序对 REESS 进行完全充电。
- 5.1.2 不可外接充电燃料电池电动汽车的 REESS 按正常运行状态准备试验。
- 5.1.3 压缩氢气储存系统按照附录 A.1 进行准备。
- 5.1.4 进行正面碰撞试验的车辆其他状态按 GB 11551 的相关规定准备。
- 5.1.5 进行侧面碰撞试验的车辆其他状态按 GB 20071 的相关规定准备,对于驾驶员座椅 R 点大于 700 mm 的车辆不需放置假人, 但应进行等效配重。
- 5.1.6 进行后面碰撞试验的车辆其他状态按 GB 20072 的相关规定准备。

5.2 碰撞试验

- 5.2.1 车辆正面碰撞试验形式和试验方法按照 GB 11551 的相关规定进行。
- 5.2.2 车辆侧面碰撞试验形式和试验方法按照 GB 20071 的相关规定进行。
- 5.2.3 车辆后面碰撞试验形式和试验方法按照 GB 20072 的相关规定进行。

5.3 碰撞后安全要求检查与试验

- 5.3.1 按附录 A 要求进行压缩氢气储存系统完整性安全检查与试验。
- 5.3.2 按照 GB/T 31498-2021 附录 A 及 GB 18384-2020 中 6.2.1 进行防触电保护安全检查与试验。

附录 A
(规范性)
压缩氢气储存系统完整性测试方法

A.1 压缩氢气储存系统碰撞后燃料泄漏限值测试方法

A.1.1 测试准备

在进行碰撞试验前,如果车辆没有安装压力和温度测量设备,则应在压缩氢气储存系统中安装测量设备用以进行压力和温度测量。

压力传感器的CAC应大于90Mpa,总测量误差应小于±0.5%F.S。温度传感器的量程应能覆盖(-20℃~120℃),总测量误差应小于0.5%F.S。

在进行碰撞试验前,应向压缩氢气储存系统中注入压缩氢气或氦气,如果采用氦气,在充气之前要对压缩氢气储存系统进行气体置换。目标充装压力 P_{target} 由下式确定:

$$P_{\text{target}} = NWP \times (273 + T_e) / 288 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

NWP —压缩氢气储存系统的标称工作压力 (MPa);

T_e —压缩氢气储存系统温度稳定后的环境温度;

P_{target} —压缩氢气储存系统温度稳定后的目标充装压力。

在进行碰撞试验前,应将储氢容器充装至目标充装压力的95%以上,并使压力稳定。

在碰撞前一瞬间主关断阀及下游氢气管路上关断阀应处于正常开启状态,使燃料供应处于正常状态。

A.1.2 碰撞后燃料泄漏限值测试 (加氢气碰撞试验)

在碰撞发生前和碰撞后的一定时间间隔 Δt 内,测量压缩氢气储存系统中氢气的压力 P (MPa)和温度 T (°C)。按式 (A.2) 计算 Δt :

$$\Delta t = V_{\text{CHSS}} \frac{NWP}{1000} \left[\frac{P_s(-0.027NWP+4)}{NWP} - 0.21 \right] - \frac{1.7P_s}{NWP} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

P_s —压力传感器的压力范围 (MPa);

NWP —公称工作压力 (MPa);

V_{CHSS} —CHSS的容积 (L);

Δt —时间间隔 (min)。

若 Δt 的计算值小于60 min,应将 Δt 设定为60 min。

CHSS中氢气的初始质量 M_0 (g)可按式 (A.3到A.5) 计算:

$$P'_0 = \frac{288P_0}{273+T_0} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$\rho'_0 = -0.0027P_0'^2 + 0.75P_0' + 0.5789 \dots\dots\dots (A.4)$$

$$M_0 = \rho'_0 V_{\text{CHSS}} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

P_0 —碰撞0时刻压缩氢气储存系统内氢气压力的测量值 (MPa);

T_0 —碰撞0时刻压缩氢气储存系统内氢气温度的测量值 (°C);

同样地,在时间间隔 (Δt) 结束时,CHSS中氢气的最终质量 M_f (g) 可按下列公式计算:

$$P'_f = \frac{288P_f}{273+T_f} \dots\dots\dots (A.6)$$

$$\rho'_f = -0.0027P_f'^2 + 0.75P_f' + 0.5789 \dots\dots\dots (A.7)$$

$$M_f = \rho'_f V_{\text{CHSS}} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

P_f —时间间隔 (Δt) 结束时刻压缩氢气储存系统内氢气压力的测量值 (MPa) ;

T_f —时间间隔 (Δt) 结束时刻压缩氢气储存系统内氢气温度的测量值 ($^{\circ}\text{C}$) ;

因此, 在时间间隔内氢气的平均流量 (应小于 4.1.1 规定的标准值) 为:

$$V_{H_2} = \frac{22.41(M_f - M_0) P_{target}}{2.016 \Delta t P_0} \dots\dots\dots (A. 9)$$

式中:

V_{H_2} —时间间隔内的平均体积流量 (NL/min) ,

P_{target}/P_0 —抵消初始压力测量值 (P_0) 与目标充装压力 (P_{target}) 之间的差异。

A. 1.3 碰撞后燃料泄漏测试 (加氦气碰撞试验)

在碰撞发生前和碰撞后的一定时间间隔 Δt 内, 测量氢气的压力 P (MPa) 和温度 T ($^{\circ}\text{C}$)。按式 (A.10) 计算 Δt :

$$\Delta t = V_{CHSS} \frac{NWP}{1000} (P_S (-0.028NWP + 5.5) - 0.3) - 2.6P_S \dots\dots\dots (A. 10)$$

式中:

P_S —压力传感器的压力范围 (MPa) ;

NWP —公称工作压力 (MPa) ;

V_{CHSS} —CHSS的容积 (L) ;

Δt —时间间隔 (min)。

若 Δt 的计算值小于 60 min, 应将 Δt 设定为 60 min。

CHSS 中氢气的初始质量 M_0 (g) 按式 (A.11到A.13) 计算:

$$P'_0 = \frac{288P_0}{273+T_0} \dots\dots\dots (A. 11)$$

$$\rho'_0 = -0.0043P_0'^2 + 1.53P'_0 + 1.49 \dots\dots\dots (A. 12)$$

$$M_0 = \rho'_0 V_{CHSS} \dots\dots\dots (A. 13)$$

式中:

P_0 —碰撞 0 时刻压缩氢气储存系统内氢气压力的测量值 (MPa) ;

T_0 —碰撞 0 时刻压缩氢气储存系统内氢气温度的测量值 ($^{\circ}\text{C}$) ;

同样地, 在时间间隔 (Δt) 结束时, CHSS 中氢气的最终质量 M_f (g) 可按下列公式计算:

$$P'_f = \frac{288P_f}{273+T_f} \dots\dots\dots (A. 14)$$

$$\rho'_f = -0.0043P_f'^2 + 1.53P'_f + 1.49 \dots\dots\dots (A. 15)$$

$$M_f = \rho'_f V_{CHSS} \dots\dots\dots (A. 16)$$

式中:

P_f —时间间隔 (Δt) 结束时压缩氢气储存系统内氢气压力的测量值 (MPa) ;

T_f —时间间隔 (Δt) 结束时压缩氢气储存系统内氢气温度的测量值 ($^{\circ}\text{C}$) ;

因此, 在时间间隔内氢气的平均流量 (应小于 4.1.1 规定的标准值) 为:

$$V_{He} = \frac{22.41(M_f - M_0) P_{target}}{4.003 \Delta t P_0} \dots\dots\dots (A. 17)$$

式中:

V_{He} —时间间隔内的氦气平均体积流量 (NL/min) ,

P_{target}/P_0 —抵消初始压力测量值 (P_0) 与目标充装压力 (P_{target}) 之间的差异。

用下式将氦气平均流量转化为氢气平均流量:

$$V_{H_2} = \frac{V_{He}}{0.75} \dots\dots\dots (A. 18)$$

式中：

V_{H_2} —时间间隔内的氢气平均体积流量（NL/min）。

A.2 碰撞后封闭空间或半封闭空间浓度测量方法

用传感器来测量氢气/氦气的浓度。在碰撞前，传感器应位于车辆的乘员舱、行李舱、货舱和有可能形成气体聚集的其他封闭空间或半封闭空间，具体位置如下：

- （1）距驾驶员座位上方的车顶或乘员舱顶部的中心附近下方250mm以内；
- （2）距乘员舱后座（或紧贴后座）前方的地板上方250mm以内；
- （3）距不受碰撞冲击直接影响的车辆行李舱和货舱的顶部下方100mm以内。

（4）有可能形成气体聚集的其他封闭空间或半封闭空间的传感器具体布置位置由检测机构与制造商共同确定。

传感器应牢固安装在车辆构架或座位上，并对传感器进行保护，防止其在碰撞试验中受到碎片、气囊排出气体和抛射物的损害。使用安装在汽车内的仪器，记录碰撞后的测量值。

气体浓度传感器的满量程测定值应至少大于浓度限值25%，采样频率应不小于5 Hz，气体浓度传感器总测量误差在浓度限值处（4%氢气或3%氦气（体积分数））应小于±5%，气体浓度传感器的T90响应时间应小于15 s。

车辆可位于室外不受风和阳光影响的区域，也可位于室内，其空间应足够大（约3.5万m³及以上）或能够进行通风，以防止乘员舱、行李舱和货舱中的浓度超过浓度限值的10%。

碰撞后，开始进行封闭空间或半封闭空间内气体浓度数据采集，至少每隔5 s采集一次，持续测量 Δt 。测量中的一阶滞后（时间常数）为0.2 s，以使数据“平滑”并滤掉失真数据点的影响。