

中华人民共和国认证认可行业标准

RB/T XXXX-XXXX

检测仪器设备国产化验证评价指南
氢燃料电池堆测试设备

Guidance on verification and evaluation of domestic testing instruments and
equipment—Hydrogen fuel cell stack test equipment

(征求意见稿)

2022 - XX - XX 发布

2022- XX - XX 实施

中国国家认证认可监督管理委员会 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 评价方案.....	3
5 指标要求与评分标准.....	4
6 评价方法.....	8
7 评价结果的判定.....	11
参 考 文 献.....	3

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

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。

本文件由中国汽车工程研究院股份有限公司提出。

本文件由国家认证认可监督管理委员会提出并归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

本文件为首次制定。

检测仪器设备国产化验证评价指南 氢燃料电池堆测试设备

1 范围

本文件给出了国产化氢燃料电池堆测试系统的评价方案、指标要求与评分标准、评价方法和评价结果的判定。

本文件适用于氢燃料电池堆测试系统国产化评价。

注:本文件评价对象为中国国产检测仪器设备,是指由中华人民共和国境内企业生产的检测仪器设备,其核心部件及软件具有自主知识产权,能够独立制造,独立提供售后服务。氢燃料电池堆测试系统评价的组织者可以为行政机关,行业协会、企业或个人。

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 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第1部分:试验方法 试验A:低温
- GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温
- GB/T 12113-2003 接触电流和保护导体电流的测量方法
- GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 16935.1-2008 低压系统内设备的绝缘配合第1部分:原理、要求和试验
- GB 50516-2021 加氢站技术规范
- JJF 1462-2014 直流电子负载校准规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢燃料电池堆 **hydrogen fuel cell stack**

由单电池、流场板、集流板、隔离板、歧管和支撑结构组成的设备,通过电化学反应把(通常)富氢气体和空气反应物转换成直流电、热和其它反应产物。

3.2

氢燃料电池堆测试系统 **hydrogen fuel cell stack test system**

主要由气体供给系统、热管理系统、加湿系统、台架控制系统及测试软件等部分构成,用于氢燃料电池堆性能测试的专用设备。

3.3

氢气供给系统 **hydrogen supply system**

RB/T XXXX-XXXX

为氢燃料电池堆提供氢气供给和调节功能的装置或系统，具备气体流量、压强调节功能，安全排放和惰性气体吹扫功能。

3.4

空气供给系统 air supply system

为氢燃料电池堆提供空气供给和调节功能的装置或系统，具备气体流量、压强调节功能，安全排放功能。

3.5

热管理系统 Thermal management system

为保持燃料电池堆工作温度在正常范围内而提供冷却、散热和/或加热，也可能提供对余热再利用功能的装置或系统。

3.6

气体加湿系统 Gas humidification system

为燃料（氢气）和/或氧化剂（空气）气体提供湿度控制功能的装置或系统。

3.7

电池监控系统 Battery monitoring system

设备在电池堆测试过程中测量和记录电池堆电流、电压和功率等性能参数的系统。

3.8

氢气泄漏监测系统 Hydrogen leakage monitoring system

由氢气泄漏传感器、惰性气体吹扫模块等组成的系统，用于监测燃料电池堆以及测试设备氢气泄漏，并采取相关安全保护措施。

3.9

台架控制系统（主控系统硬/软件） Bench control system (main control system hardware/software)

由检测器件、控制单元和执行器件等组成的模块或系统，用于控制以上参数的系统。

3.10

测试重复性 Test repeatability

在相同工作条件和测试工况下，采用相同测试方法对同一被测件连续测量，所得结果之间的一致程度。

3.11

关键件国产化率 localization rate of key parts and components

国产关键件类别占平台车整套产品关键件类别的比值。

3.12

国产检测仪器设备 **domestic testing instruments and equipment**

本文件中指在汽车领域中由中华人民共和国境内企业生产的检测仪器设备,其核心部件及软件具有自主知识产权,能够被独立制造并提供售后服务。

4 评价方案

4.1 评价指标

氢燃料电池堆测试设备评价指标包括四大一级指标,分别为:基础性指标、性能指标、安全指标、售后服务指标。基于四大一级关重指标,详细展开设计出二级评价指标和三级评价指标,具体的评价指标和权重详见附录 A。

4.2 评分标准

具体的评分标准详见第5章指标要求与评分标准。

4.3 评价结果

单项指标的基础分值为 10 分,每一级评价指标的评分根据各自的评价项目采用加权平均计分。氢燃料电池堆测试设备最终的评价分值及国产化率等级,按照不同级别的评价指标依次进行加权平均计分。

4.4 评价的方式

评价方式可分为以下三种:

- 1) 通过认证第三方提供的客观证明材料核实仪器参数、性能、预期用途等满足使用要求的情况;
- 2) 通过现场演示的方式确认仪器参数、性能、预期用途等满足要求的情况;
- 3) 通过实验室活动考察仪器的性能和技术指标满足要求的情况。

4.5 实施方的选取

组织方根据专业领域由指定实验室库中选择实验室,选择的实验室应具备该专业领域的检测能力,从事相关检测工作的人员数量和能力能满足评价的需求。组织方要积极采纳申请方的意见和建议,回避利益相关方。

4.6 样品要求

4.6.1 样品一般性要求

样品要求如下:

- a) 样品设备必须是全新的、功能完整、可正常运转的产品。样品具有良好的安全性和可靠性、稳定的重复性;
- b) 样品的主要元器件和部件均应是合格的产品,并附有清单。样品所有高温、低温、高压、低压部件及其他危险部件应有保护装置及提醒标识;
- c) 每系列产品中至少抽取三分之一具有代表性的规格产品,每种规格产品应提供一台样机;
- d) 所提供的样机应进行所有项目的评价。

4.6.2 样品国产化要求

供应商所提供的样品，部分关键件可以使用国外零部件供应商设计或生产的配件产品。针对氢燃料电池堆测试设备样品的关键件清单见附录B，需明确每类关键件的生产国别，知识产权属于中国和在国内生产的关键件，应认定为国产关键件。知识产权属于国外或在海外设计及生产的配件，应认定为进口关键件。同种类关键件国内外都有的属进口关键件。氢燃料电池堆测试设备关键件国产化率应不低于20%，关键件国产化率超过80%，则可等同视为高自主国产化氢燃料电池堆测试设备。基于氢燃料电池堆测试设备关键件国产化率，评估其国产化程度，并进行综合评分。

5 指标要求与评分标准

5.1 基础性指标

5.1.1 外观要求

所有电镀表面不应有脱皮现象；喷漆表面色泽应均匀，不应有明显的擦伤、露底、裂纹、起泡等现象；外部零件结合处应整齐，表面无粗糙不平现象，箱体门窗布局无干扰开启顺畅。

5.1.2 功能性要求

测试设备连接燃料电池堆后能正常运行，规格书或说明文件所包含的所有设备功能（包括各类传感器、自动及手动阀门、开关等）应全部具备并正常使用，由上位机控制的设备功能，应能通过上位机正确对应实现。主要功能如表1所示：

表1 氢燃料电池堆设备功能

序号	试验项目
1	电堆极化曲线测试功能
2	分析外部条件（供气压力、温度、湿度等）对电堆特性的影响功能
3	电堆中单体电压监控分析功能
4	电堆启动性能测试功能
5	电堆额定功率测试功能
6	电堆峰值功率测试功能
7	电堆动态响应测试功能
8	电堆工况性能测试功能
9	电堆电气过载试验功能
10	正常运行试验功能
11	电堆老化测试功能
12	电堆可靠性耐久性测试功能
13	电堆绝缘性测试功能
14	电堆气密性测试功能

5.1.3 控制界面要求

氢燃料电池堆测试设备的控制界面应满足以下要求：

a) 控制界面风格应一致，画面显示应主次分明，变量显示了直观；相关变量控制组合应得当，操作简单方便；

b) 界面应采用中文语言，包括标签名的描述应采用中文；

c) 显示画面的分辨率，应不低于1280×1024；每幅画面刷新速率，应小于5s；

d) 字号可根据画面布局情况确定，但不同画面中的相同类型或级别的文字要求应字号大小统一。

5.1.4 操作友好性要求

设备的主控软件可根据用户需要任意选择需要的参数进行保存，主控软件应能对测试台架、电子负载、氢气气源端供气阀门等电控阀门等设备进行远程操控，并且对设备的控制指令可编辑入测试程序的测试工步中。

5.1.5 兼容性要求

氢燃料电池堆测试设备应满足以下要求：

a) 设备的氢气接口、空气接口、氮气接口、冷却水接口、温度传感器接口等接口应采用可快拆/换接口。

b) 设备主控软件的程序应至少包含以下三种类型：自动运行程序、用户自行编辑测试工步程序、工况模拟程序。

5.1.6 评分标准

基础性指标评分标准件表2。

表2 基础性指标评分标准

序号	指标项目	验证要求	总分	备注
1	外观结构要求	设备电镀表面有脱皮，喷漆表面色泽不均匀，有明显的擦伤、露底、裂纹、起泡，外部零件结合处不整齐，表面有粗糙不平，箱体门窗布局有干扰开启不顺畅等现象的，每发现1处扣1分，扣完为止	10	
2	功能性要求	满足表中基本要求得8分，不满足基本要求者不得分；在满足基本功能基础上，每增加1项有效附加功能得1分，最多得2分	10	
3	控制界面要求	满足控制界面基本要求得8分，界面要求每增1项正偏离可加1分，最多加2分。每增加1项负偏离减2分。	10	
4	操作友好性要求	满足操作友好性要求得8分，每增1项正偏离可加1分，最多加2分。每增加1项负偏离减2分。	10	
5	兼容性要求	满足兼容性要求得8分，每增1项正偏离可加1分，最多加2分。每增加1项负偏离减2分。	10	

5.2 性能指标

5.2.1 可控性要求

5.2.1.1 氢气供给系统

氢气供给系统要求如下：

a) 氢气质量流量控制精度：±1% FS（稳态）；

b) 氢气背压控制范围：覆盖0~300 kPa（表压）；

RB/T XXXX-XXXX

c) 氢气压力控制精度： $\pm 2.0\text{kPa}$ （稳态）。

5.2.1.2 空气供给系统

空气供给系统要求如下：

- a) 空气的质量流量控制精度： $\pm 1\%$ FS（稳态）；
- b) 空气背压控制范围：覆盖 $0\sim 300\text{ kPa}$ （表压）；
- c) 空气压力控制精度： $\pm 2.0\text{kPa}$ （稳态）。

5.2.1.3 冷却系统

冷却供给系统要求如下：

- a) 冷却液加热速度： $\geq 6^\circ\text{C}/\text{min}$ （ 30°C 加热至 90°C ）；
- b) 冷却系统温度控制精度： $\pm 2^\circ\text{C}$ （动态）， $\pm 1^\circ\text{C}$ （稳态）；
- c) 冷却液压力控制范围：覆盖 $0\sim 400\text{ kPa}$ （表压）；
- d) 冷却液压力控制精度： $\pm 2\text{kPa}$ （稳态）。

5.2.1.4 气体加湿系统

气体加湿系统要求如下：

- a) 露点温度控制范围：覆盖室温 $+10^\circ\text{C}\sim 90^\circ\text{C}$ ，不特定指明流量范围和背压时，应满足 $10\%\sim 100\%$ 流量范围，背压不高于 150kPa （表压）；
- b) 露点温度控制精度： $\pm 0.5^\circ\text{C}$ （稳态）， $\pm 1^\circ\text{C}$ （动态）；
- c) 露点升温速率： $\geq 3^\circ\text{C}/\text{min}$ ；
- d) 露点降温速率： $\geq 2^\circ\text{C}/\text{min}$ ；
- e) 气液分离性（稳态）：气体加湿后管路具备良好保温或加热措施，供气时不带有由于管道冷凝或加湿系统喷溅而出的液态水，特意过增湿的工况除外；
- f) 气液分离性（动态）：电池堆测试时由于运行工况变化导致加湿系统出口压力急剧变化时，加湿系统供气不带出液态水。

5.2.1.5 电子负载系统

电子负载系统要求如下：

- a) 电子负载测量/控制精度： $\leq 0.1\text{mA}$ ， 0.05mV （ $0.05\%\text{SET}+0.05\%\text{FS}$ ）；
- b) 电子负载响应速度： $\geq 20\text{A}/\mu\text{s}$ 。

5.2.2 稳定性要求

设备连续运行 30d ，其控制精度、控制范围、控制灵敏度均能满足5.2.1的要求。

5.2.3 可靠性要求

在低温、高温环境及电源电压变化条件下，设备均应满足5.2.1的要求。

5.2.4 重复性要求

对相同试样做多个单次测试结果，测试结果偏差不超过 5% 。

5.2.5 评分标准

性能指标评分标准见附录C。

5.3 安全性指标

5.3.1 电气安全要求

5.3.1.1 接触电流

RB/T XXXX-XXXX

接触电流要求如下：

- a) 在正常工作条件下，设备接触电流应不大于0.5mA（有效值）或0.7 mA（峰值）；
- b) 在单一故障条件下，设备接触电流应不大于3.5 mA（有效值）或5 mA（峰值）。

5.3.3.2 介电强度

电源相、中连线与机壳间承受1500 V、50 Hz交流电压，历时1 min应无击穿和飞弧现象。

5.3.3.3 保护接地

保护接地电阻应不大于0.1 Ω。

5.3.2 结构安全要求

氢燃料电池堆测试设备的结构应能满足以下要求：

a) 凡是造成伤害事故的运动部件均应封闭或者屏蔽，或采取其他避免操作人员接触的防护措施。设备必须对可能因超负荷发生损害的部件设置超负荷保险装置。设备机械结构部分应根据需要设计可靠的限位装置。

b) 设备具备氢气泄漏监测系统，且氢气探测器数量应不少于2个，氢气监测浓度范围应涵盖1ppm~40000ppm。

5.3.3 机械安全要求

氢燃料电池堆测试设备应能满足以下要求：

a) 设备在长时间运行过程中，不会因为设备本身或者被测件而产生结构变形、性能突变等情况。

b) 设备在预定使用条件下，执行预定功能，或在运输，安装，调整等时不会对操作人员及相关人员产生机械类损伤或危害。

5.3.4 功能安全要求

氢燃料电池堆测试设备应能满足以下要求：

a) 应有分级报警功能，在设备参数、测试参数和被测件性能参数超过警告值后能够发出报警信号并采取相应的动作，报警信号包括软件界面故障信息日志以及声、光报警等，超过急停值后设备应能进行紧急停机动作。

b) 设备具备硬件、软件停机功能，可实现手动和自动停机。涉及安全紧急停机范畴，如氢气泄漏，需具备相应安全措施，如氮气吹扫等。

5.3.5 评分标准

安全指标评分标准见表3。

表3 安全指标评分标准

序号	指标项目	验证要求	分值	备注
1	电气安全	接触电流、介电强度、接地电阻能满足电气安全要求	10	
		接触电流、介电强度、接地电阻等不能完全满足电气安全要求	0	
2	结构安全	结构设计能够满足运动结构安全设计要求，同时具备氢气泄漏监测功能，且能采取相应动作	10	
		结构设计能够满足运动结构安全设计要求，但不具备氢气泄漏监测功能	4	
		结构设计不满足运动结构安全设计要求	0	
3	机械安全	设备机械安全能够满足 6.3.3 机械安全设计的要求	10	

		设备机械安全不能够满足 6.3.3 机械安全条款中的要求	0	
4	功能安全	满足 6.3.4 功能安全条款中的要求	10	
		不满足 6.3.4 功能安全条款中的要求	0	

5.4 服务指标

5.4.1 安装调试服务水平

供应商安装调试服务应满足以下要求：

- a) 服务人员应能按技术要求顺利安装、正确调试、可靠地启动运行设备；
- b) 服务人员应能在设备进场后1个月内完成设备的安装和调试工作。

5.4.2 培训服务水平

供应商提供的培训服务应满足以下要求：

a) 能够提供现场和会场、理论和实操相结合的集中培训。培训时长不低于5个完整工作日（安装调试完成后进行）。确保用户能理解和掌握系统各部分的工作原理、正确使用和操作，同时能够独立完成规定的各项试验、校准或标定及维护保养工作。

b) 培训内容包括但不限于系统组成、工作原理、设备安装、设备启动、操作方法、软件应用、试验循环、精度验证、校准标定、故障诊断、安全防护、紧急处置、日常维保、专项保养、备品备件、资料解读、后期服务等。

5.4.3 维修保养服务水平

供应商提供的维护保养服务应满足以下要求：

a) 设备关键部件的维修保养应由国内工程师完成，维保人员应具有较强的专业性，能提供充足的备品备件，以保证维保工作的高效性；

b) 能够承诺当设备运行出现故障时，能在用户发出通知后24小时内给予响应，48小时内有相关的技术人员抵达现场或采取能够有效实施的整改措施。

5.4.4 软件升级

供应商应能够提供系统软件的维护、升级等服务（包括远程升级指导）。

5.4.5 评分标准

服务指标评分标准见表4。

表4 服务指标评分标准

评分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
评价	极差	差	较差	稍差	勉强接受	接受	较好	好	很好	完美

6 评价方法

6.1 试验环境要求

设备工作环境应满足：

RB/T XXXX-XXXX

- a) 环境温度：5℃～35℃；
- b) 气压：85kPa-105kPa；
- c) 湿度：相对湿度10%～90%RH；
- d) 供电电源：三相五线制，220VAC±15%，50Hz±2%或380VAC±15%，50Hz±2%；
- e) 无影响仪器使用的振动和电磁干扰；
- f) 室内无腐蚀性气体，有良好的通风装置。

6.2 基础性能评价方法

6.2.1 外观评价

通过主观观察及触摸，考察设备外观是否整洁、美观；布线是否合理，涂层是否均匀、美观，外部零部件结合处是否整齐。

6.2.2 功能性评价

测试设备连接燃料电池堆后能正常运行，规格书或说明文件所包含的所有设备功能（包括各类传感器、自动及手动阀门、开关等）应全部具备并正常使用；检查设备功能是否齐全，是否满足设备资料内所有试验项目。

6.2.3 操作友好性及控制界面评价

测试方法如下：

- a) 启动设备，通过上位机操控各非自动阀门，观察是否按操作命令正常开关；
- b) 在被动跟踪模式下，通过系统控制模块修改燃料电池堆的电流，使电堆分别运行在怠速工况、50%额定功率以及额定功率三种工况，观察各路传感器是否能正确显示测试数据。

6.3 性能评价方法

6.3.1 氢气供给系统试验

试验方法如下：

a) 试样为99.999%纯度的氢气，参照物为标定好的氢气质量流量计，氢燃料电池堆。设置燃料电池堆测试设备的相关参数，将标定好的氢气质量流量计接在氢气供给系统入口处，设备工作稳定后，使氢气分别以不同的流量（建议20%、40%、60%、80%、100%满量程的流量）通入氢气供气系统中，并记录至少5个不同流量的数据，连续测试3次，通过平均值计算氢气供给系统的流量控制精度；

b) 试样为99.999%纯度的氢气，气体压力传感器，氢燃料电池堆。设置燃料电池堆测试设备的相关参数，将气体压力传感器分别布置在氢气供应系统的入口处和出口处，以不同压力（建议20%、40%、60%、80%、100%满量程的压力）的氢气通入氢气供给系统中，并记录至少5个不同压力下的数据，连续测试3次，通过记录数据的平均值计算氢气供给系统的背压控制范围和精度。

6.3.2 空气供给系统试验

试验方法如下：

a) 试样为99.9%纯度的空气，参照物为标定好的氧气质量流量计，氢燃料电池堆。设置燃料电池堆测试设备的相关参数，将标定好的氧气质量流量计接在空气供给系统入口处，设备工作稳定后，使空气分别以不同的流量（建议20%、40%、60%、80%、100%满量程的流量）通入空气供气系统中，并记录至少5个不同流量的数据，连续测试3次，通过平均值计算空气供给系统的流量控制精度；

b) 试样为99.9%纯度的空气，气体压力传感器，氢燃料电池堆。设置燃料电池堆测试设备的相关参数，将气体压力传感器分别布置在空气供应系统的入口处和出口处，以不同压力（建议20%、40%、60%、80%、100%满量程的压力）的空气通入空气供给系统中，并记录至少5个不同压力下的数据，连续测试3次，通过记录数据的平均值计算空气供给系统的背压控制精度。

6.3.3 冷却系统试验

试验方法如下：

a) 试样为电导率小于 $0.3 \mu\text{S}/\text{cm}$ 且温度低于 30°C 的去离子水，标定好的温度传感器，标定好的液体压力传感器，氢燃料电池堆。将温度传感器和压力传感器分别置于热管理系统的冷却液入口和出口处，将去离子水加入到冷却系统中，开启冷却系统，将去离子水液体温度先加热至 30°C ，并稳定30min；

b) 然后将去离子水的温度从 30°C 加热至 90°C ，记录加热所需要的时间、加热过程中进出口的液体压力，重复3次试验，通过记录数据来计算冷却系统的冷却液加热速度、液体压力控制范围和精度。

6.3.4 气体加湿系统试验

试验方法如下：

a) 试样为电导率小于 $0.3 \mu\text{S}/\text{cm}$ 的去离子水，标定好的温度传感器，标定好的液体压力传感器，氢燃料电池堆。将温度传感器（露点仪或湿度传感器）和压力传感器分别置于气体加湿系统的入口和出口处，并将准备好的去离子水加入到气体加湿系统中，设置好设备参数；

b) 待设备工作稳定后，通过控制系统调节不同的露点温度（建议20%、40%、60%、80%、100%满量程的气体流量和温度，正交测试），监测不同露点温度下的真实温度并记录数据。

c) 重复上述试验3次，通过记录的数据计算气体加湿系统的升温速度和降温速度，并测试和计算出加湿系统的露点温度控制范围及精度。

加湿系统供气的气液分离特性检验，分为稳态与动态响应工况。

a) 稳态工况下，在上述露点温度响应试验时，检测在稳定气体流量和露点温度下，气路管路是否具备良好保温或加热措施，若供气时不带有由于管道冷凝或加湿系统喷溅而出的液态水，则合格；

b) 动态工况下，特指在极限工况下的动态响应特性，加湿系统运行在系统气体流量和露点温度（100%满量程）下，供气压力从系统最大压力（如300kPa）在1秒内降压至系统最小工作压力（如30kPa），该期间，若系统供气时不带出的液态水，则设备合格。

6.3.5 电子负载系统试验

按JJF 1462-2014中7.2相关规定方法进行电子负载性能试验。

6.3.6 可靠性试验

6.3.6.1 电源电压适应试验

按GB/T 12325-2008中4.2和4.3的要求，先将电源电压从标准电压值220V或380V下调至187V或323V后，按8.5试验过程，对设备进行性能试验；电源电压再上调至253V或437V，重复上述试验。

6.3.6.2 高低温适应试验

按GB/T 2423.1-2008中5.2进行低温适应性试验，其中低温 $5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，按GB/T 2423.2-2008中5.2进行高温适应性试验，其中高温 $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。按7.3试验过程，对仪器进行性能试验。

6.3.7 重复性试验

RB/T XXXX-XXXX

在同一实验室由同一操作人员，在10日之内，将6.3.1-6.3.5重复进行两次验证，均满足要求。

6.4 安全评价方法

6.4.1 电气安全试验

6.4.1.1 接触电流测试

按照GB/T 12113-2003接触电流和保护导体电流的测量方法中6.1规定方法进行。

6.4.1.2 介电强度

按照GB/T 16935.1-2008低压系统内设备的绝缘配合第1部分：原理、要求和试验中6.1规定方法进行。

6.4.1.3 保护接地

按照GB 50516-2021 加氢站技术规范中10.2规定方法进行。

6.4.2 功能安全评价

测试方法如下：

a) 氢气浓度报警功能：当测试设备与电堆相连并运行稳定时，将装有氢气浓度超过报警设定值的气袋在设备氢气浓度传感器附近释放，记录设备氢气浓度报警情况。

b) 依次调节氢气路进气压力及流量、冷却水路的进堆温度和流量、使其低于和高于报警设定范围，记录设备报警情况。

7 评价结果的判定

7.1 评价流程

氢燃料电池堆测试设备指标评价流程如下：

- a) 确定申请方提供资料，确定评价方案；
- b) 对指标试验项目进行逐条验证；
- c) 记录试验流程中的图像及数据采集的原始信息；
- d) 原始信息处理，得出结果；
- e) 将结果与评价项指标比对，进行加权打分；
- f) 得出等级评定结论。

7.2 产品应用等级评价

依据各指标评分标准，对每一级评价指标评分进行加权平均计算分数。按照不同级别的评价指标加权得分计算，最终形成氢燃料电池堆测试设备的产品使用层面评价总分（Q）及评价等级（表5），得分计算参照公式（2）。

$$Q_n = T_m [U_1 * SUM(M_1 * P_1 + \dots M_x * a_x) + \dots + U_y * SUM(\dots)] \dots \dots \dots (1)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \dots \dots \dots (2)$$

式中：

a_x ——三级指标得分；

M_x ——三级指标得分权重；

RB/T XXXX-XXXX

U_y ——二级指标得分权重；

T_m ——一级指标得分权重；

Q_n ——第 n 个一级指标得分；

Q ——为氢燃料电池堆测试设备应用等级总得分。

表 5 氢燃料电池堆测试设备应用等级评定

评价分数 (Q)	$9 \leq Q \leq 10$	$8 \leq Q < 9$	$7 \leq Q < 8$	$6 \leq Q < 7$	$Q < 6$
评价等级	一级	二级	三级	四级	五级
评价标识	★★★★★	★★★★	★★★	★★	★

7.3 产品应用等级评价

基于氢燃料电池堆测试设备的关键件国产化率和产品应用等级得分情况,进一步综合性评价国产氢燃料电池堆测试设备的综合得分 (A) 及评价等级 (表 6), 得分计算方式参照公式 (4)。

$$f(P) = \begin{cases} 1, P > 0.8 \\ P, 0.2 < P \leq 0.8 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

$$A = f(P) * Q \dots\dots\dots (4)$$

式中:

P ——氢燃料电池堆测试设备关键件国产化率；

Q ——氢燃料电池堆测试设备应用等级评定得分。

表 6 氢燃料电池堆测试设备国产化应用等级评定

评价分数 (A)	$9 \leq A \leq 10$	$8 \leq A < 9$	$7 \leq A < 8$	$6 \leq A < 7$	$A < 6$
评价等级	一级	二级	三级	四级	五级
评价标识	★★★★★	★★★★	★★★	★★	★

附录 A
(资料性)

氢燃料电池堆测试设备评价指标与权重表

附表 A.1 氢燃料电池堆测试设备评价指标与权重表

一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标权重	三级指标	三级指标权重
基础性指标	0.1	外观结构	0.2	---	---
		功能性	0.2	---	---
		控制界面	0.2	---	---
		操作友好性	0.2	---	---
		兼容性	0.2	---	---
性能指标	0.5	可控性	0.25	氢气质量流量控制精度	0.07
				空气质量流量控制精度	0.07
				氢气背压控制范围	0.07
				空气背压控制范围	0.07
				氢气压力控制精度	0.07
				空气压力控制精度	0.07
				冷却液加热速度	0.07
				冷却系统温度控制精度	0.07
				冷却液压力控制范围	0.03
				冷却液压力控制精度	0.03
				露点温度控制范围	0.06
				露点温度控制精度	0.06
				露点升温速率	0.04
				加湿器降温速率	0.04
		供气气液分离性	0.04		
		电子负载测量/控制精度	0.07		
		电子负载响应速率	0.07		
稳定性	0.25	---	---		
可靠性	0.25	---	---		
重复性	0.25	---	---		
安全指标	0.3	电气安全	0.25	---	---
		结构安全	0.25	---	---
		机械安全	0.25	---	---
		功能安全	0.25	---	---
服务指标	0.1	安装调试服务水平	0.25	---	---
		培训服务水平	0.25	---	---
		维修保养服务水平	0.25	---	---
		软件升级	0.25	---	---

附录 B
(规范性)
氢燃料电池堆测试设备关键件清单

附表 B.1 氢燃料电池堆测试设备关键件清单

序号	名称	备注
1	电子负载	电能吸收或回馈装置，属于核心件
2	氢气质量流量控制器	影响流量控制及测试精度，属于核心传感器
3	空气流量计	影响各参量测试精度，属于核心传感器
4	压力传感器	
5	温度传感器	
6	湿度传感器	
7	电磁阀或气动阀	控制流体的自动化基础元件
8	比例阀	
9	循环泵	控制冷却水循环，属于核心件
10	电导率传感器	测试冷却水电导率
11	加湿器	控制氢气加湿，属于核心件
12	换热器	内外冷却回路热量交互，属于热管理系统关键件
13	氢气浓度传感器	监测氢气泄漏情况，影响设备使用安全
14	上位机软件	下达试验命令、数据处理及信号通讯，属于核心件
15	PLC 控制系统	
16	通讯模块	

附录 C
(规范性)
性能指标评分标准

附表 C.1 性能指标评分标准

序号	指标项目	验证要求	分值	备注
1	氢气/空气质量 流量控制精度	±1% FS (稳态)	10	
		±1.5% FS (稳态)	6	
		±2% FS (稳态)及以上	3	
2	氢气/空气背压 控制范围	覆盖 20~300kPa	10	
		覆盖 30~300kPa	6	
		覆盖 50~300kPa	3	
3	氢气/空气压力 控制精度	±2.0kPa	10	
		±2.5kPa	6	
		±3.0kPa 及以上	3	
4	冷却液加热速 度	≥6°C/min (30°C加热至 90°C)	10	
		5°C/min≤T<6°C/min (30°C加热至 90°C)	7	
		<5°C/min (30°C加热至 90°C)	4	
5	冷却系统温度 控制精度	±2°C (动态)	10	
		±2.5°C (动态)	7	
		±3°C (动态) 及以上	4	
6	冷却液压力控 制范围	覆盖 0~400 kPa	10	
		覆盖 0~300 kPa	6	
		覆盖 0~200 kPa	3	
7	冷却液压力控 制精度	±2kPa (稳态)	10	
		±2.5kPa (稳态)	7	
		±3kPa (稳态) 及以上	4	
8	露点温度控制 范围	覆盖 40°C~90°C	10	
		覆盖 40°C~85°C	7	
		不能完全覆盖 40°C~85°C	4	
9	露点温度控制 精度	±1°C (动态)	10	
		±1.5°C (动态)	7	
		±2°C (动态) 及以上	4	
10	露点升温速率	≥3°C/min	10	
		2°C/min≤T<3°C/min	7	
		<2°C/min	3	
11	露点降温速率	≥2°C/min	10	
		1°C/min≤T<1.5°C/min	7	
		<1°C/min	3	
12	气液分离性	动态工况下, 无液态水	10	

		稳态工况下，无液态水	5	
13	电子负载测量/ 控制精度	$\leq 0.1\text{mA}$, 0.05mV (0.05%SET+0.05%FS)	10	
		$\leq 0.5\text{mA}$, 0.1mV (0.1%SET+0.1%FS)	7	
		$\leq 1\text{mA}$, 1mV (0.2%SET+0.15%FS)	3	
14	电子负载响应 速度	$\geq 20\text{A}/\mu\text{s}$	10	
		$10\text{A}/\mu\text{s} \leq I < 20\text{A}/\mu\text{s}$	7	
		$< 10\text{A}/\mu\text{s}$	3	
15	稳定性	设备连续运行 30d, 其控制精度、控制范围、控制灵敏度均能满足 5.2.1 的要求。	10	
		设备连续运行 30d, 其控制精度、控制范围、控制灵敏度有 1 项及以上不满足 5.2.1 要求。	4	
16	可靠性	在低温、高温环境及电源电压变化条件下, 设备均应满足 5.2.1 的要求。	10	
		在低温、高温环境及电源电压变化条件下, 设备存 1 项及以上不满足 5.2.1 要求。	4	
17	重复性	测试结果偏差不超过 5%。	10	
		测试结果偏差超过 5%。	5	

参 考 文 献

- [1] GB/T 29838-2013 燃料电池 模块
 - [2] GB/T 33978-2017 道路车辆用质子交换膜燃料电池模块
 - [3] GB/T 36288-2018燃料电池电动汽车 燃料电池堆安全要求
 - [4] GB/T 31035-2014 质子交换膜燃料电池电堆低温性能试验方法
 - [5] GB/T 37244-2018质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
-