

团 体 标 准

T/CCAMTB XX—XXXX

燃料电池系统用氢气循环泵性能测试 规范

The test specification for hydrogen recirculation pump performance of fuel
cell systems

(征求意见稿)

XXXX 年 XX 月 XX 日 发布

XXXX 年 XX 月 XX 日 实施

中国汽车工业协会 发布

目 录

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 测量设备、方法和精度..... 2

 4.1 设备仪器精度..... 2

 4.2 压力测量..... 2

 4.3 温度测量..... 2

 4.4 流量测量..... 3

5 试验条件..... 3

 5.1 样品要求..... 3

 5.2 试验环境..... 3

6 一般试验要求..... 3

 6.1 绝缘测试..... 3

 6.2 气体泄漏测试..... 4

7 性能试验方法..... 4

8 数据处理..... 5

附录 A（资料性） 全性能 MAP 图..... 6

附录 B（规范性） 试验数据记录表..... 7

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。

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：上海重塑能源科技有限公司、同济大学、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、上海交大、重庆大学汽车工程学院、济南大学、云浮（佛山）氢能标准化创新研发中心。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX。

燃料电池系统用氢气循环泵性能测试规范

1 范围

本文件规定了燃料电池系统用氢气循环泵（以下简称循环泵）性能试验的术语和定义、性能试验要求、性能试验准备及检查、性能试验方法和试验数据处理等内容。

本文件适用于车用燃料电池系统用氢气循环泵。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本文件的引用而成为本文件的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本文件，然而，鼓励根据本文件达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB 18384-2020 电动汽车安全要求

GB/T 23341.2-2018 涡轮增压器 第2部分试验方法

GB/T 28046.2-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢气循环泵 hydrogen recirculation blower

氢气循环泵（以下简称循环泵）是指用于氢气循环的设备，具备一个进气口和一个排气口，工作介质主要为氢气，用于氢气循环的设备。

3.2

吸气温度 inlet temperature

气体在循环泵进气口位置的温度。

3.3

排气温度 discharge temperature

气体在循环泵排气口位置的温度。

3.4

吸气压力 inlet pressure

气体在进气口位置的压强。

3.5

T/CAAMTB XX—XXXX

排气压力 discharge pressure
气体在排气口位置的压力。

3.6

额定工作点 rated working point
循环泵在最大流量和压缩比工作时的工况点。

4 测量设备、方法和精度

4.1 设备仪器精度

表1 主要测量器件及精度

测量器件	单位	精度
电压表	V	≤0.5%FS
电流表	A	≤0.5%FS
绝缘表	MΩ	±5%FS
压力传感器	kPa	±1%FS
温度传感器	℃	±2℃
质量流量计	L/min	≤1%FS
转速仪	r/min	±0.5%FS

4.2 压力测量

循环泵进、排气压力测试点应布置在于距离进排气口1~2倍管径处，压力传感器安装应垂直于管壁，传感器精度应满足表1的规定。

循环泵和台架连接完成后，应对整体进行二次气密性测试，气密性测试合格后，方可进行本测试试验。

试验台架气体管路应无泄漏、最短距离、具有较大余量的直径、合理布置以避免因污物或冷凝液体造成堵塞；管路应为圆截面，内壁光滑整洁无杂质，管路面积应不小于相连接的进、排气口管路面积，管路截面不应产生突变，台架在测试前应进行气密性测试，气密性测试合格后方可进行本测试试验。台架与循环泵连接的进、排气管径应与循环泵的进、排气口的管径相等。当循环泵进、排气口为非圆截面时，应按面积相等的圆截面当量直径来确定管径。压力传感器布置位置及循环泵台架性能测试示意图如图1所示。

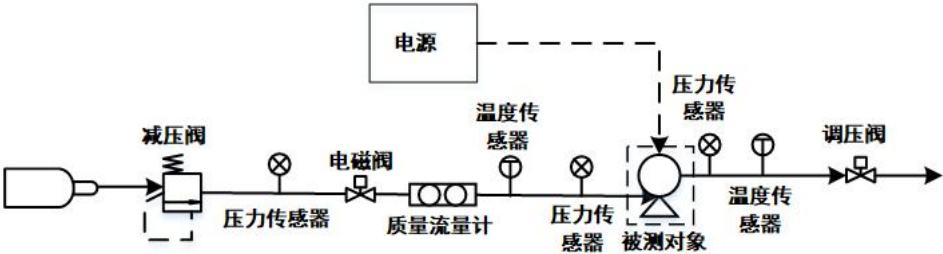


图1 燃料电池系统用氢气循环泵性能测试示意图

4.3 温度测量

温度测量点应该布置在位于泵进、排气口2~4倍管径的位置，温度传感器应垂直插入深度为测量管径的1/3位置，当测量管径较小不能满足时，允许插入测量管径的1/2位置，传感器精度应满足表1的规定。温度传感器位置如图1所示。

4.4 流量测量

循环泵流量可采用气体质量流量计或标准孔板流量计测量。气体质量流量计应布置在进气口前4~5倍管径的位置，并按照流量计使用说明的要求进行设定（如无说明可按照流量计前端直管段长度为7倍左右管径，后端直管段长度为4倍左右管径进行设置）。标准孔板流量计安装在循环泵排气口管道上，其设计、制造、安装、使用及流量的计算应符合相关的规定，仪器精度应符合表1的规定。流量传感器位置如图1所示。

5 试验条件

5.1 样品要求

循环泵应经过出厂/下线测试合格后方能进行性能试验。

循环泵及管路应无明显划伤、变形等缺陷；铭牌、标志安装端正牢固，字迹清晰。零部件紧固可靠，无锈蚀、毛刺、裂纹等缺陷和损伤，目视无明显外观损伤及杂质。喉箍/卡箍无松动，转子应无磨损，振动和噪声在产品允许的范围内。润滑油应无泄漏，气腔应无润滑油和其他杂质。

5.2 试验环境

试验应在温度为5℃~40℃，大气压力为常压的环境下进行，保证自然通风，空气无污染。

6 一般试验要求

6.1 绝缘测试

该测试针对的是电压平台为高压的氢气循环泵。

参照GB/T 18488.1-2015中5.2.7的方法进行绝缘电阻测试。

a) 驱动电机定子绕组对机壳的绝缘电阻

驱动电机定子绕组对机壳的冷态绝缘电阻值应大于20MΩ。

驱动电机定子绕组对机壳的热态绝缘电阻值应不低于按式（1）计算的值：

$$R = \frac{U_{dmax}}{1000 + \frac{P}{100}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R ——驱动电机定子绕组对机壳的热态绝缘电阻，单位为兆欧（MΩ）；

U_{dmax} ——最高工作电压，单位为伏（V）；

P ——驱动电机的持续功率，单位为千瓦（kW）。

按式（1）计算的绝缘电阻低于0.38 MΩ时，则按0.38 MΩ考核。

b) 驱动电机定子绕组对温度传感器的绝缘电阻

若驱动电机的温度传感器固定于定子绕组中,驱动电机绕组对温度传感器的冷态绝缘电阻值应大于 $20\text{M}\Omega$;驱动电机定子绕组对温度传感器的热态绝缘电阻值应不低于式(1)的计算值,若按式(1)计算的绝缘电阻低于 $0.38\text{M}\Omega$,则按 $0.38\text{M}\Omega$ 考核。

c) 驱动电机控制器绝缘电阻

驱动电机控制器动力端子与外壳、信号端子与外壳、动力端子与信号端子之间的冷态及热态绝缘电阻均应不小于 $1\text{M}\Omega$ 。

6.2 气体泄漏测试

将循环排气口封堵,进气口充入氦气,直至压力达到最高工作压力,并稳定 1min ,在试验过程中,入口压力应稳定不变,用位于循环泵进气口、泄压装置上游、精度满足表1规定的流量计测量泄漏速率。采用氦气做试验气体,漏气速率应按照式(2)校正:

$$R = q_{\text{fuel}}/q_{\text{test}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

q_{fuel} ——燃料气体泄漏速率(标准状态), mL/s 或 mL/min ;

q_{test} ——试验气体泄漏速率(标准状态), mL/s 或 mL/min ;

R ——修正系数,见式(3)或式(4)。

$$R = (d_{\text{test}}/d_{\text{fuel}})^{1/2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

d_{test} ——试验气体的相对密度;

d_{fuel} ——燃料气体的相对密度。

或者

$$R = \mu_{\text{test}}/\mu_{\text{fuel}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

μ_{test} ——试验气体的运动黏度;

μ_{fuel} ——燃料气体的运动黏度。

应采用式(3)和式(4)计算修正系数 R ,取较大值,并写入试验报告。

7 性能试验方法

在循环泵转速范围内按照循环泵技术要求选取一系列转速值:每个转速保持稳定运行,通过调节调压阀控制循环泵进气口压力,待图1所示温度、压力、流量等显示值稳定,同时循环泵工作温度不超过其规定使用温度,读取并记录此时循环泵的氢气质量流量、循环泵进气口温度和压力值,以及循环泵排气口的温度和压力值,同时记录循环泵的供电电压及电流;按上述方式进行一系列转速下的测定,计算循环泵效率,得出循环泵完整转速、压比、流量、效率MAP图。

测得的MAP图应覆盖厂家所提供的原始MAP图

a) 试验气体应选择氦气;

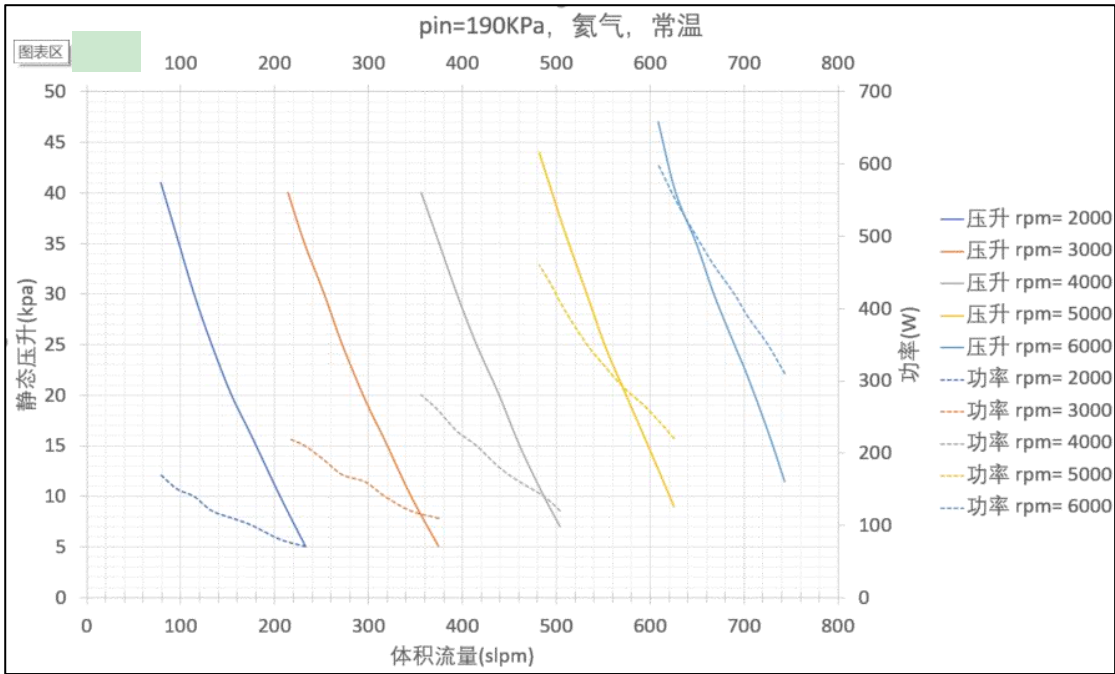
b) 性能试验应按照循环泵的额定转速的百分比来进行试验,以额定转速的10%为间隔,从转速为0逐渐测试到额定转速点,进气口压力应从 120kPa 以 20kPa 为递增逐渐增加至 220kPa ,进排气口压差间隔按照额定压差的0%、20%、40%、60%、80%、100%进行测试;

- c) 试验时先确定进气口压力，在每一进气口压力下测量不同转速、不同压差下循环泵的性能参数。
- d) 选择一个进气口压力，从最低转速开始，调整循环泵排口压力。测试时，每个测试点应在稳定后方能记录；稳定标准：转速偏离不应超过 $\pm 0.2\%$ ，在1分钟之内进排气口温度波动不能超过 1°C （全性能MAP图参照附录A绘制，数据记录表格参照附录B）；
- e) 做完一个进气口压力后才能进行下一个进气口压力测试。

8 数据处理

根据试验测得的参数，绘制循环泵的性能曲线图，包括流量-压差图，流量-功耗图，流量-效率图，其中横坐标为流量，纵坐标为压差、功耗和效率。每一张图应包括测试的所有转速。不同的进气口压力对应不同的性能曲线。

附 录 A
(资料性)
全性能 MAP 图



图A. 1 全性能MAP图

附 录 B
(规范性)
试验数据记录表

表B.1 试验数据记录表

氢气循环泵性能测试数据记录表										
注意事项:										
1.泵头最高转速不能超过额定转速;										
2.电机最大功率不能超过额定功率;										
3.泵的最高排气口温度不能超过 130℃;										
4.通流介质: 氢气;										
设定 入口压力 kPa	设定 转速 r/min	实际 转速 r/min	进气口 压力 kPa(A)	排气口 压力 kPa(A)	进排气口 压差 kPa (A)	进气口 流量 kg/h	进气口 温度 ℃	排气口 温度 ℃	电源 电流 A	功率 kW