

燃料电池用碳纸拉伸、压缩力学性能的测定

AGS-024

摘要：本文参考《GB/T 20042.7-2014 质子交换膜燃料电池 第 7 部分碳纸特性测试方法》的部分要求和行业客户的测试要求，使用岛津电子万能试验机 AGS-X 对碳纸材料进行抗拉强度测试，获取其最大应力与断裂点载荷；对碳纸进行抗压测试，测定一定压缩量下的最大载荷与应力。试验证明，岛津 AGS-X 电子万能试验机配合岛津开发的拉伸与压缩夹具，可以满足碳纸材料抗拉强度测试，抗压强度测试的要求，且对试样本身的影响较小。

关键词：碳纸材料 抗拉测试 抗压试验

碳纸，又称为碳纤维纸，是质子交换膜燃料电池（proton exchange membrane fuel cell）的专用材料，即气体扩散层，主要作用是传导电流，引导反应气体从石墨板导流到触媒层，并把反应水排除在触媒层之外，是燃料电池膜电机组（MEA）中不可或缺的材料。

质子交换膜燃料电池（PEMFC）具有效率高、工作温度低、零排放等优点，是新型绿色能源的主要发展方向之一。PEMFC 的核心部件是由两个催化层（CL）、两个气体扩散层（GDL）和一个质子交换膜（PEM）组成的膜电极组件（MEA）。其中 GDL 是 MEA 中的关键部分，起到支撑催化层、收集电流、传导气体和排出反应产物水的作用。常用的 GDL 基材主要有：碳纸、碳布、炭黑纸、金属材料等，其中碳纸因其具有高导电性、耐腐蚀性及其出色的尺寸稳定性，是作为 GDL 基材的理想材料。

强度性能是碳纸的重要指标之一，具有较好强度的碳纸可为 MEA 的安装带来保障，同时稳定整个电极的结构，提高电池的寿命。

对碳纸材料进行拉伸，压缩，测试，可以有效检验碳纸强度，在碳纸材料的开发与规模化生产中能发挥极为重要的作用。

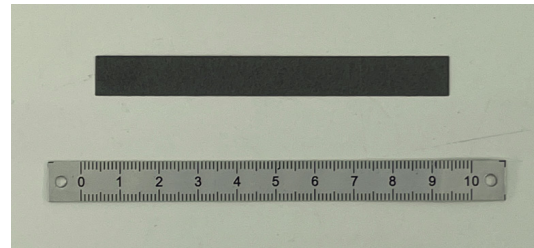


图 1 碳纸裁切拉伸试样

■ 碳纸拉伸测试

1.1 仪器与夹具

AGS-X 500 N 电子万能试验机

TRAPEZIUM X 软件（单一试验拉伸）

1.2 分析条件

试验温度：室温 20°C 左右

载荷传感器：500 N（0.5 级）

试验夹具：500 N 气动单推夹具（聚氨酯面）

试验速率：50 mm/min

1.3 拉伸测试过程与结果

将碳纸裁切为 120*10 mm 的长条形试样，测得的碳纸厚度为 0.19 mm。裁切边缘尽量保持平整无伤口。

夹具选用岛津 500 N 气动单推夹具（聚氨酯夹面），碳纸对夹具横向夹持力相当敏感，聚氨酯夹面既能保证一定的夹持力，对碳纸试样本身的损伤较小，可以降低试样被横向夹持力损坏的风险，夹具气压我们选用 0.2~0.3 MPa，测试中没有发现碳纸表面夹断的现象。

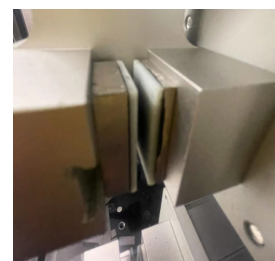


图 2 聚氨酯夹面

表 1 试样信息

试样数量	厚度	试样长宽
6	0.19 mm	120*10 mm

参考《GB/T 20042.7-2014 质子交换膜燃料电池 第 7 部分碳纸特性测试方法》的部分要求，将裁切好的碳纸拉伸试样夹在夹具上，设定预加载载荷为 0.1 N，加载速度为 50 mm/min，施加载荷直到碳纸试样断裂，试验结束。记录下碳纸的抗拉强度，断裂点载荷和行程应变。

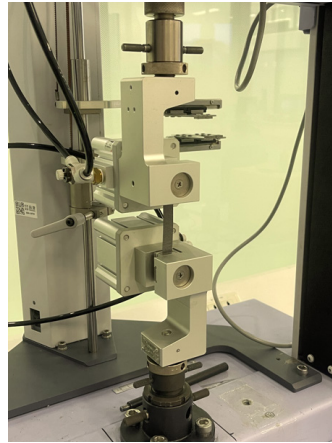


图 3 使用岛津 500 N 气动单推夹具（聚氨酯夹面）进行测试

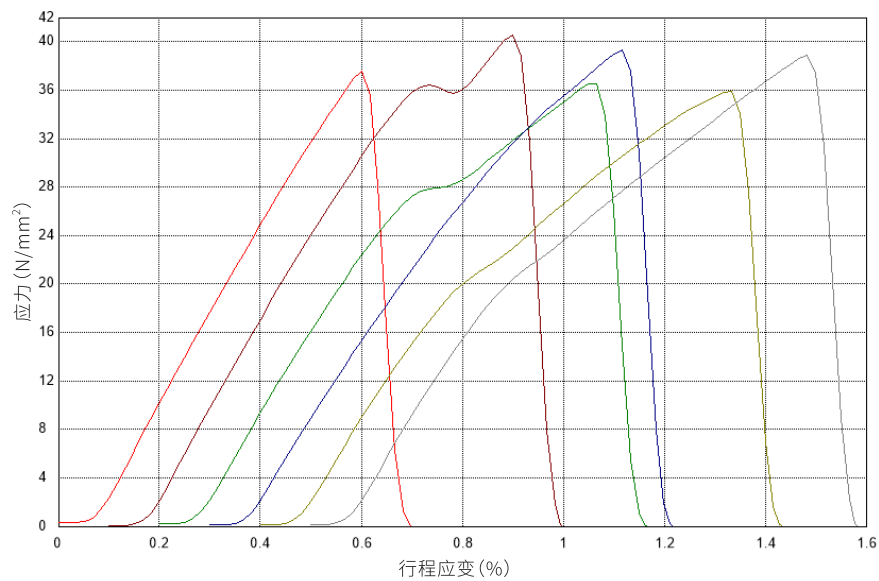


图 4 碳纸拉伸应力 - 应变曲线

表 2 测试结果

试样名称	抗拉强度 MPa	断裂点载荷 N	断裂点行程应变 %
试样 1 (红)	37.5454	71.3363	0.601
试样 2 (褐)	40.5646	77.0727	0.801
试样 3 (绿)	36.5304	69.3887	0.850
试样 4 (蓝)	39.3217	74.7112	0.817
试样 5 (黄)	35.8830	68.1776	0.933
试样 6 (灰)	38.8498	73.8146	0.984

如上图，可以获取客户所需的应力曲线，观察 3 个试样的测试曲线形态相似，从表中数据可知，最大应力分布在 36~40 MPa 的区间内，符合纤维增强碳纸拉伸强度的经验值。

■ 碳纸压缩测试

2.1 仪器与夹具

AGS-X 5 KN 电子万能试验机

TRAPEZIUM X 软件

2.2 分析条件

试验温度：室温 20°C左右

载荷传感器：5 KN (0.5 级)

试验夹具：岛津 100 mm 直径标准压盘

试验速率：1 mm/min

2.3 压缩测试过程与结果

按照碳纸行业用户提出的要求，碳纸压缩试样裁剪成 50x50 mm 正方形，厚度为 0.19 mm，本次试验选择调平压盘夹具来完成。实际测试中，建议使用可进行平行度调整压盘来完成超薄材料的压缩测试。根据碳纸轻薄的特点和客户要求，设定预加载为 2 N，随后以 1 mm/min 的速度开始加载直到压缩量达到碳纸厚度的 40% ($0.19 \times 40\% = 0.076 \text{ mm} = 76 \mu\text{m}$)，测试完成。记录下测得的最大载荷和最大应力。

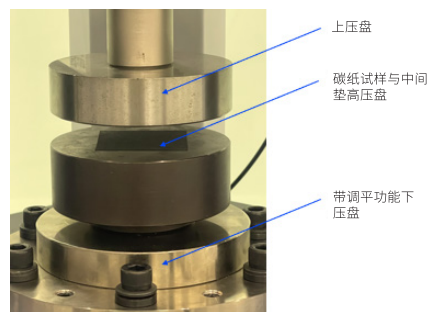


图 5 碳纸压缩测试

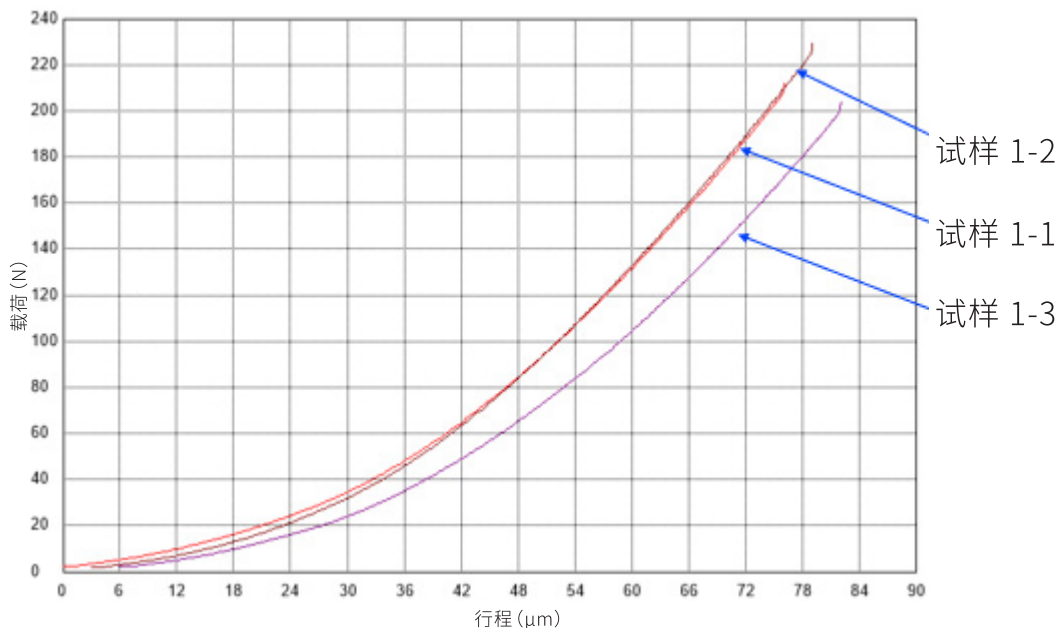


图 6 载荷 - 行程曲线

表 3 测试结果

试样名称	最大载荷 (N)	最大应力 (MPa)
试样 1 (红)	211.878	0.00847
试样 2 (褐)	229.089	0.00916
试样 3 (紫)	203.324	0.00813

如上图，可以获取客户所需的载荷行程曲线，观察 3 个试样的测试曲线形态相似，从表中数据可知，最大应力分布在 0.008-0.009 MPa 的区间内，数值稳定。

■ 结论

综上所述，使用岛津的 AGS-X 电子万能试验机，配合岛津的专用夹具和附件，能够满足《GB/T 20042.7-2014 质子交换膜燃料电池 第 7 部分碳纸特性测试方法》的部分要求和行业客户的测试要求，配合拉伸，压缩夹具与附件，可以满足客户对碳纸进行抗拉，抗压测试的需要。

岛津应用云

