

燃料电池用碳纸弯曲、剥离力学性能的测定

AGS-025

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 对碳纸材料进行三点弯曲测试，获取抗弯强度；进行 180°剥离测试，获取剥离强度。试验证明，岛津 AGS-X 电子万能试验机配合岛津开发的三点弯曲夹具和 180°剥离夹具，可以获取满足客户的碳纸测试需要。

关键词：碳纸材料 弯曲测试 剥离测试

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。

对碳纸材料进行三点弯曲和剥离强度测试，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。

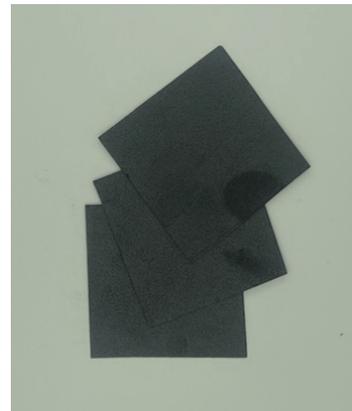


图 1 碳纸

■ 碳纸三点弯曲测试

1.1 仪器与夹具

- 1.AGS-X 100 N 电子万能试验机
- 2.TRAPEZIUM X 软件

1.2 分析条件

- | | |
|------------------|-------------------|
| 试验温度：室温 20°C左右 | 载荷传感器：50 N（0.5 级） |
| 试验夹具：1 KN 塑料三点弯曲 | 试验速率：5 mm/min |

1.3 碳纸三点弯曲测试过程与结果

本次测试中宽度为 5 mm，试样平均厚度为 0.18 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》的部分要求和客户的个性需要，碳纸三点弯曲试验选择了岛津 1 KN 塑料三点弯曲夹具，上下支辊半径 5 mm，下跨距设定为 60 mm。根据碳纸轻薄脆弱的特点和客户要求，设定预加载为 0.01 N，随后以 5 mm/min 的速度开始加载直到载荷值掉落，测试结束后获取断裂点载荷，并通过编辑公式获取抗弯强度。

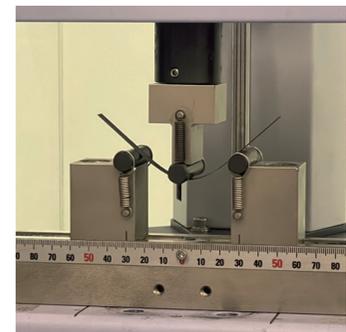


图 2 碳纸三点弯曲测试

按式 (7) 计算抗弯强度：

$$T_b = \frac{3F \times L}{2W_{cp} \times \bar{d}^2}$$

式中：

T_b —— 抗弯强度，单位为兆帕 (MPa)；

F —— 弯曲断裂负荷值，单位为牛 (N)；

L —— 支座跨距，单位为毫米 (mm)；

W_{cp} —— 试样的宽度，单位为毫米 (mm)；

\bar{d} —— 在一定压强下，样品的平均厚度，单位为毫米 (mm)。

取 3 个有效样品为一组，计算出平均值作为试验结果。

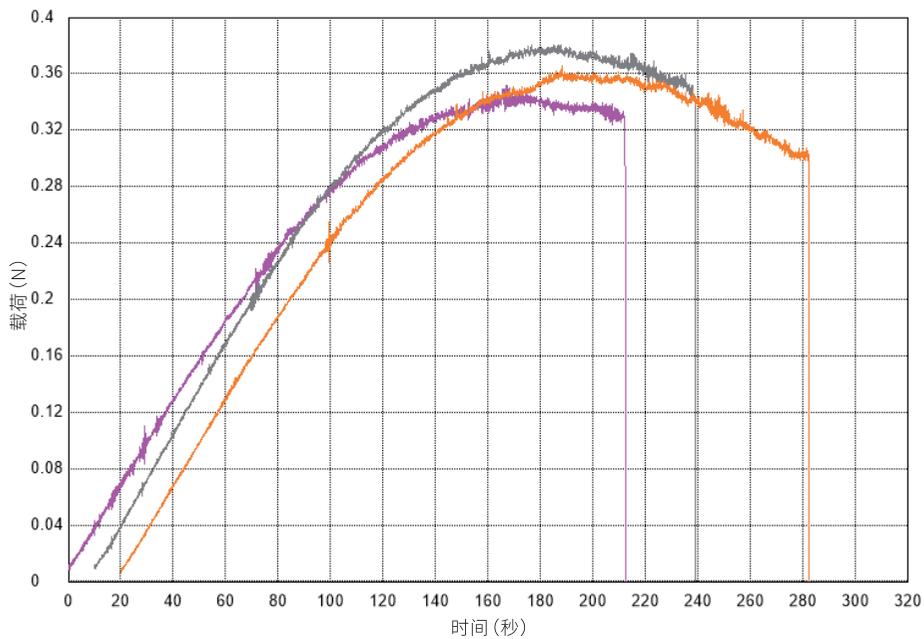


图 3 碳纸三点弯曲载荷 - 时间曲线

表 4 测试结果

试样名称	断裂点载荷 (N)	抗弯强度 (MPa)
试样 1 (紫)	0.34624	11.2493
试样 2 (灰)	0.37762	12.2689
试样 3 (橘)	0.36583	11.8858

如上图，根据获取的三点弯曲载荷 - 时间曲线，可见 3 个试样的弯曲曲线基本保持一致，抗弯强度和断裂点载荷保持稳定，进而可判断本批次样品的抗压水平保持在一个水平。

■ 碳纸 180°剥离测试

2.1 仪器与夹具

- 1.AGS-X 100 N 电子万能试验机
- 2.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：100 N（0.5 级）

试验夹具：1 KN 气动双推夹具

试验速率：10 mm/min

2.3 碳纸剥离测试过程与结果

剥离试样碳纸本体厚度为 0.18 mm，宽度为 10 mm，根据碳纸本身特性和碳纸客户的要求，测试选用 1 KN 气动拉伸夹具来完成拉伸测试。上夹具夹住胶带引出端，下夹具夹住基板下部。根据碳纸轻薄脆弱的特点，设定预加载为 0.005 kgf，然后以 10 mm/min，设定到胶带从碳纸上完成剥离。记录下一定行程中碳纸的平均载荷与剥离强度。其中剥离强度 (kgf/cm)= 剥离平均载荷 (kgf)/ 剥离宽度 (cm)。

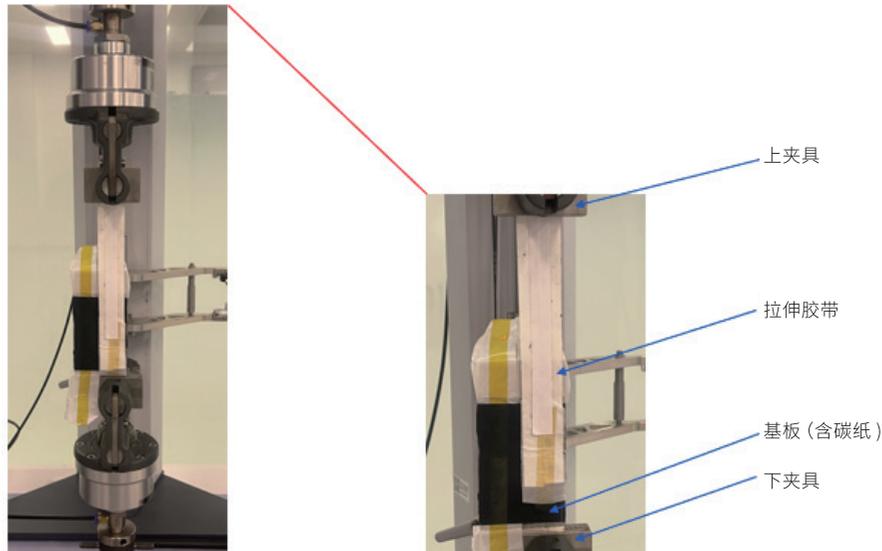


图 4 碳纸 180°剥离

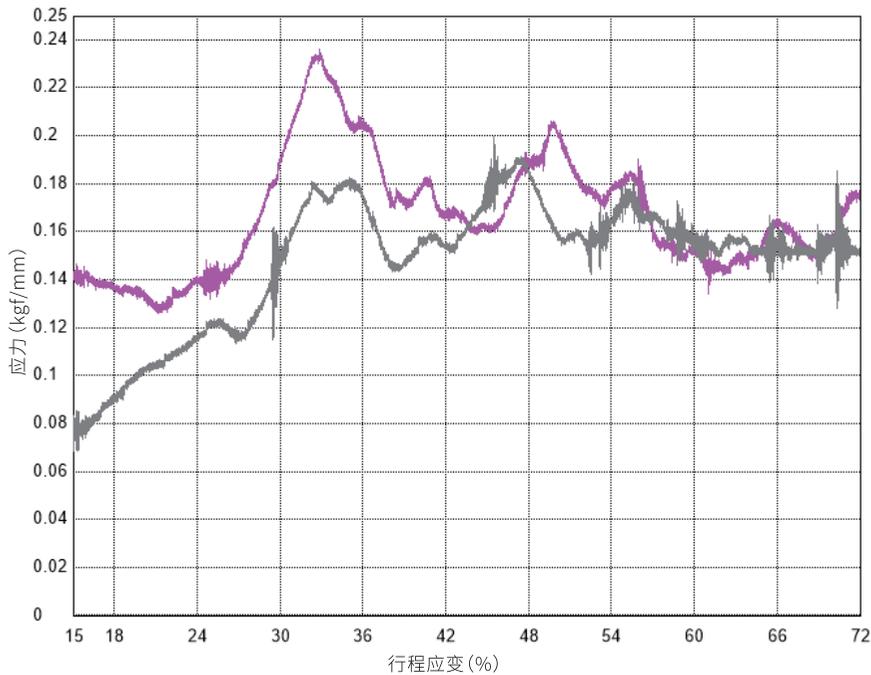


图 5 碳纸剥离试验应力 - 应变（15%-72%）曲线

表 5 测试结果

试样名称	平均载荷 (kgf)	剥离强度 (kgf/cm)
试样 1 (紫)	0.03175	0.01270
试样 2 (灰)	0.02814	0.01126

如上图，根据获取的碳纸剥离载荷 - 位移曲线，可见同种试样的平均载荷和剥离强度保持在同一区间，从曲线上也能很好地比较出来。

■ 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，配合三点弯曲，180°剥离各种不同的夹具与附件，可以满足客户对碳纸进行抗弯，抗剥离强度测试的需要。

岛津应用云

