

# 功能材料专家(第5版)

## Functional Materials Expert

平台的使命：推动离子材料的发展与应用；

平台的愿景：成为离子材料细分领域的龙头与专家；

核心价值观：客户至上、爱岗敬业、诚实守信、团结合作、积极乐观、学无止境

公司名称：上海载昂材料科技有限公司

中文官网：[www.FMExpert.net](http://www.FMExpert.net)

淘宝店铺：功能材料专家 FME

销售电话：18482165706（微信同号）

销售邮箱：[zai\\_ang\\_ming@163.com](mailto:zai_ang_ming@163.com)



微信扫一扫咨询

## 平台的成立与发展

功能材料专家 (Functional Materials Expert) 以上海载昂材料科技有限公司为依托, 整合国内外多家知名公司产品, 是一个以功能材料为核心, 兼具测试硬件, 演示教具等产品开发的一站式购物平台, 在这里, 您可以购买到国内外众多品牌的材料及设备, 包括 PEM 燃料电池、PEM 电解槽、AEM 电解槽 (阴离子膜电解槽)、ALK 电解槽 (碱性隔膜式电解槽)、催化剂 (贵金属、非贵金属)、离子膜溶液、质子交换膜、阴离子膜、双极膜、膜电极 (CCM、MEA)、气体扩散层 (GDL+MPLs)、碳纸、碳布、碳毡、石墨毡、石墨双极板、镍毡、钛毡、不锈钢毡、碱水电解隔膜 (PPS、ZIFION)、钛电极、科研级电化学测试夹具 (AEM 电解水、PEM 电解水、CO<sub>2</sub> 还原、CO<sub>2</sub> 转甲酸、燃料电池测试等实验)、科普演示设备等。

## 合作公司与品牌

### 1. 美国 Sainergy Tech 公司

Sainergy Tech 是一家总部位于美国乔治亚州玛丽埃塔市的创新型科技公司, 致力于帮助客户开发清洁和可持续的能源, 经过潜心研发, 在氢燃料电池技术领域推出了多种商业化产品, 包括电化学催化剂、气体扩散层、气体扩散电极 (GDE)、催化剂涂层膜电极 CCM、标准膜电极 MEA、石墨双极板等。

### 2. 美国 Versogen (W7) 公司

Versogen 是全球领先的阴离子交换膜和 AEM 水电解电堆研发与制造公司, 致力于实现绿色氢能的大规模产业化, 由特拉华大学 Henry B. duPont 首席工程教授严玉山博士于 2017 年在美国特拉华州威名顿市创立。坐落于环境优美的杜邦实验科学站, 公司主要产品为 PiperION 阴离子膜及其膜溶液。

### 3. 德国 FuMA Tech 公司

FuMA Tech (FUMATECH BWT GmbH) 公司位于德国, 是一家主要从事燃料电池技术和膜分离技术领域, 特别是水溶液处理的高科技公司, 在聚合物化学、膜生产和膜分离技术方面拥有 25 年以上经验, 主要产品包括阴离子膜、阳离子膜、双极膜、配套膜溶液等。

### 4. 美国 Dioxide Materials 公司

Dioxide Materials 公司的核心技术是将工厂产生的 CO<sub>2</sub> 废气纯化, 以可再生能源为供给, 生产工业化学品和燃料, 有助于减少温室气体的排放, 主要产品包括 Sustainion 阴离子膜及其膜溶液、AEM 电解槽测试夹具、CO<sub>2</sub> 电解槽测试夹具、CO<sub>2</sub>-甲酸电解槽测试夹具等。

### 5. 美国 Chemours 公司

Chemours 公司 (简称“科慕”), 于 2015 年 7 月完成与杜邦公司的拆分工作, 成为一家运营的上市公司, 其前身是杜邦公司高性能化学品事业部。主要产品为 Nafion 质子交换膜、Nafion 膜溶液、Teflon 乳液等。

### 6. 美国 Gore 公司

Gore 公司 (简称“戈尔”) 成立于 1958 年, 总部位于美国特拉华州纽瓦克市, 是一家以材料科技为本的全球性公司, 专注于革新产业和改善生活, 在全球拥有约 9,500 名同事, 年收入逾 35 亿美元, 主要产品为 Gore 复合质子交换膜, 包括适用于燃料电池和电解水方向。

### 7. 韩国 Light Bridge 公司

Light Bridge 是一家总部位于韩国京畿道华城市的一家科技型公司, 在氢能领域拥有竞争技术, 在与水电解装置开发和制造相关的各个领域开展业务。业务范围涵盖碱性制氢 (ALK), 质子交换膜制氢技术 (PEMEL), 特别是模块化水电解系统和绿色氢气生产系统。

[续接尾页](#)

目录

0 声明 .....	1 1
1 美国 Sainergy Tech 公司 .....	1 2
1.1 DURA-lyst 催化剂 .....	1 2
1.1.1 铂碳催化剂 (Pt/C) .....	1 2
1.1.2 铂合金催化剂 .....	1 3
1.1.3 镍基催化剂 .....	1 5
1.1.4 甲醇/水电解催化剂 (Pt, IrO <sub>2</sub> , RuO <sub>2</sub> ) .....	1 6
1.1.5 氧还原催化剂 (Ag, Pt, Al, Pd 基催化剂) .....	1 6
1.1.6 钯碳催化剂 (Pd/C) .....	1 7
1.2 DURA-GDL 气体扩散层 .....	1 8
1.2.1 Dura-GDL 疏水碳纸 .....	1 8
1.2.2 Dura-GDL 疏水碳布 .....	1 8
1.2.3 Dura-GDL 疏水微孔层碳纸 .....	1 9
1.2.4 Dura-GDL 疏水微孔层碳布 .....	1 9
1.3 DURA-GDE 气体扩散电极 .....	1 9
1.3.1 Dura-GDE 碳纸型气体扩散电极 .....	1 9
1.3.2 Dura-GDE 碳布型气体扩散电极 .....	1 9
1.4 DURA-电解槽专用材料 .....	2 0
1.4.1 PEM 电解槽阴极催化剂 .....	2 0
1.4.2 PEM 电解槽阳极催化剂 .....	2 0
1.4.3 PEM 电解槽阴极电极 .....	2 0
1.4.4 PEM 电解槽阳极电极 .....	2 0
1.4.5 AEM 电解槽阴极催化剂 .....	2 0
1.4.6 AEM 电解槽阳极催化剂 .....	2 0
1.4.7 AEM 电解槽阴极电极 .....	2 1
1.4.8 AEM 电解槽阳极电极 .....	2 1
1.5 DURA-CCM & MEA 膜电极 .....	2 1
1.5.1 Dura-CCM 催化剂涂层膜电极 (3 层) .....	2 1
1.5.2 Dura-MEA 标准膜电极 (5 层) .....	2 2
1.6 DURA-SLATE 石墨双极板 .....	2 2
2 美国 Versogen (W7 Energy) 公司 .....	2 4
2.1 概述 .....	2 4
2.2 Versogen 自支撑阴离子膜 .....	2 4
2.2.1 PiperION-A20-HCO3 阴离子膜 .....	2 4
2.2.2 PiperION-A40-HCO3 阴离子膜 .....	2 4
2.2.3 PiperION-A60-HCO3 阴离子膜 .....	2 5
2.2.4 PiperION-A80-HCO3 阴离子膜 .....	2 5
2.3 Versogen 复合阴离子膜 .....	2 5
2.3.1 PiperION-A10R-HCO3 阴离子膜 .....	2 5
2.3.2 PiperION-A15R-HCO3 阴离子膜 .....	2 5
2.4 Versogen 阴离子膜溶液/树脂 .....	2 6
2.4.1 PiperION-A5-HCO3-EtOH .....	2 6
2.4.2 PiperION-A-SOLID 树脂 .....	2 6

2.5 PiperION 膜的应用实例 .....	2 6
2.5.1 AEM 水电解 .....	2 6
2.5.2 燃料电池 .....	2 6
2.5.3 CO <sub>2</sub> 还原 .....	2 7
2.6 PiperION 膜的运输和处理 .....	2 7
2.6.1 膜的运输 .....	2 7
2.6.2 膜的处理 .....	2 7
2.6.3 膜的预处理 .....	2 7
3 德国 FuMA Tech 公司 .....	2 9
3.1 Fumasep 标准等级膜 .....	3 0
3.1.1 Fumasep FAS-30/50 阴离子膜 .....	3 0
3.1.2 Fumasep FAS-PET-75/130 阴离子膜 .....	3 1
3.1.3 Fumasep FKS-30/50 阳离子膜 .....	3 2
3.1.4 Fumasep FKS-PET-75/130 阳离子膜 .....	3 3
3.2 Fumasep 双极膜和电渗析膜 .....	3 4
3.2.1 Fumasep FAB-PK-130 阴离子膜 .....	3 5
3.2.2 Fumasep FKB-PK-130 阳离子膜 .....	3 5
3.2.3 Fumasep FBM-PK 双极膜 .....	3 6
3.3 Fumasep 特殊等级膜 .....	3 6
3.3.1 Fumasep FAD-55/PET-75 阴离子膜 .....	3 6
3.3.2 Fumasep FKD-PK-75 阳离子膜 .....	3 8
3.3.3 Fumasep FAP-450/FAPQ-330 阴离子膜 .....	3 8
3.3.4 Fumasep FAA-3 阴离子膜 .....	3 9
3.3.5 Fumasep FKL-PK-130 阳离子膜 .....	4 2
3.3.6 Fumasep FKE-50 阳离子膜 .....	4 3
3.4 Fumasep 电解用氟化膜 .....	4 3
3.4.1 Fumasep-FS-830 阳离子膜 .....	4 4
3.4.2 Fumasep-FS-930 阳离子膜 .....	4 4
3.4.3 Fumasep-FS-950 阳离子膜 .....	4 5
3.4.4 Fumasep-FS-990-PK 阳离子膜 .....	4 5
3.4.5 Fumasep-F-930-RFD 阳离子膜 .....	4 5
3.4.6 Fumasep-F-1850 阳离子膜 .....	4 6
3.4.7 Fumasep-F-10120-PK 阳离子膜 .....	4 6
3.4.8 Fumasep-F-10120 阳离子膜 .....	4 7
3.4.9 Fumasep-E-620(K) 阳离子膜 .....	4 8
3.4.10 Fumasep-E-620-PE(K) 阳离子膜 .....	4 8
3.5 Fumapem 系列阳离子膜 .....	4 8
3.5.1 Fumapem-F-930 阳离子膜 .....	4 9
3.5.2 Fumapem-F-930-RFS 阳离子膜 .....	4 9
3.5.3 Fumapem-FS-930-RFS 阳离子膜 .....	4 9
3.5.4 Fumapem-F-950 阳离子膜 .....	5 0
3.5.5 Fumapem-F-14100 阳离子膜 .....	5 0
3.6 Fumapem 系列阴离子膜 .....	5 1
3.6.1 Fumapem-FAA-3-PE-30 阴离子膜 .....	5 1

3.6.2 Fumapem-FAA-3-50 阴离子膜.....	5 1
3.7 Fumasep-FAAM 系列阴离子膜.....	5 2
3.7.1 Fumasep-FAAM-15 阴离子膜.....	5 2
3.7.2 Fumasep-FAAM-20 阴离子膜.....	5 2
3.7.3 Fumasep-FAAM-40 阴离子膜.....	5 3
3.7.4 Fumasep-FAAM-75-PK 阴离子膜.....	5 3
3.8 Fumion 阴离子膜溶液.....	5 4
3.8.1 Fumion FAA-3-SOLUT-10 离子膜溶液.....	5 4
3.8.2 Fumion 膜溶液的运输与储存.....	5 4
4 美国 Dioxide Materials 公司.....	5 5
4.1 Sustainion 阴离子膜.....	5 5
4.1.1 Sustainion X37-FA 阴离子膜.....	5 5
4.1.2 Sustainion X37-50 Grade RT 阴离子膜.....	5 5
4.1.3 Sustainion X37-50 Grade 60 阴离子膜.....	5 5
4.1.4 Sustainion X37-50 Grade T 阴离子膜.....	5 5
4.1.5 Sustainion B22-50 Grade T 阴离子膜.....	5 6
4.1.6 Sustainion E28-50 Grade T 阴离子膜.....	5 6
4.1.7 Sustainion E30-50 Grade T 阴离子膜.....	5 6
4.1.8 Sustainion 阴离子膜的处理.....	5 6
4.2 Sustainion 阴离子膜溶液.....	5 6
4.2.1 Sustainion XA-9 阴离子膜溶液.....	5 6
4.2.2 Sustainion XB-7 阴离子膜溶液.....	5 6
4.2.3 Sustainion XC-1 阴离子膜溶液.....	5 6
4.2.4 Sustainion XC-2 阴离子膜溶液.....	5 7
4.3 科研级电解槽测试夹具.....	5 7
4.3.1 二氧化碳转甲酸电解槽 (5cm <sup>2</sup> ).....	5 7
4.3.2 二氧化碳电解槽 (5cm <sup>2</sup> ).....	5 8
4.3.3 二氧化碳电解槽 (25cm <sup>2</sup> ).....	6 0
4.3.4 AEM 水电解槽 (5cm <sup>2</sup> ).....	6 1
4.3.5 AEM 水电解槽 (25cm <sup>2</sup> ).....	6 2
4.4 电解槽夹具电极配件.....	6 4
4.4.1 水电解槽用阴极电极-(雷尼镍/镍纤维毡).....	6 4
4.4.2 水电解槽用阳极电极-(NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /不锈钢毡).....	6 4
4.4.3 二氧化碳电解槽用阴极电极-(Ag/碳纸).....	6 4
4.4.4 二氧化碳电解槽用阳极电极-(IrO <sub>2</sub> /碳纸).....	6 4
4.4.5 水电解槽用标准阴极基板-(Ni 纤维毡).....	6 4
4.4.6 水电解槽用标准阳极基板-(不锈钢纤维毡).....	6 4
4.4.7 补充说明.....	6 4
5 美国 Chemours 公司.....	6 5
5.1 概述.....	6 5
5.2 Nafion 全氟磺酸质子交换膜.....	6 5
5.2.1 Nafion N115/N117/N1110 离子膜.....	6 5
5.2.2 Nafion N324/N424/N438 离子膜.....	6 6
5.2.3 Nafion NC700/NR211/NR212 离子膜.....	6 7

5.2.4 Nafion HP/XL 离子膜.....	6 8
5.3 Nafion D520/D521/D1020/D1021/D2020/D2021 膜溶液.....	6 9
5.4 Teflon PTFE DISP 30 乳液.....	6 9
6 美国 Gore 公司.....	7 0
6.1 Gore-08um/10um/12um/15um/18um 复合阳离子膜-燃料电池用.....	7 0
6.2 Gore-80um 复合阳离子膜-制氢电解槽用.....	7 2
7 韩国 Light Bridge 公司.....	7 4
7.1 碱性电解槽 ALK(单独槽体).....	7 4
7.1.1 小尺寸单槽/2 槽/3 槽/5 槽/10 槽/20 槽单独槽体.....	7 4
7.1.2 大尺寸 5 槽/10 槽/20 槽/30 槽/48 槽/60 槽单独槽体.....	7 5
7.2 碱性电解槽 ALK(集成系统).....	7 5
7.2.1 小功率 500W/1kW/1.5kW/2.5kW/5kW 集成系统.....	7 6
7.2.2 大功率 10kW/30kW/60kW/100kW 集成系统.....	7 6
7.3 PEM 电解槽(单独槽体).....	7 7
7.3.1 小尺寸单槽/2 槽/4 槽/10 槽/12 槽/24 槽单独槽体.....	7 7
7.3.2 大尺寸单槽/6 槽/12 槽/24 槽/36 槽/48 槽单独槽体.....	7 7
7.4 PEM 电解槽(集成系统).....	7 8
7.4.1 小功率 5kW/10kW 集成系统.....	7 8
7.4.2 大功率 20kW/40kW/60kW/80kW/100kW/400kW 集成系统.....	7 8
8 美国 H-TEC Education 公司.....	8 0
8.1 单个燃料电池.....	8 0
8.1.1 F101/F102/F103/F104/F105 单个燃料电池.....	8 0
8.1.2 F107-可拆卸氢氧/空气燃料电池.....	8 1
8.1.3 F108/F109/F110 多模块氢氧燃料电池.....	8 2
8.1.4 R103/R104 可逆氢氧/空气燃料电池.....	8 3
8.2 电解槽系列.....	8 4
8.2.1 E103/E104/E105/E208 电解槽(单个电极).....	8 4
8.2.2 E101/E205 电解槽(组件).....	8 5
8.2.3 E206/E207 电解槽(模块组).....	8 5
8.3 成套组件.....	8 6
8.3.1 J101-基础版太阳能/氢能成套组件.....	8 6
8.3.2 J102-改进版太阳能/氢能成套组件.....	8 6
8.3.3 T207-基础版燃料电池车成套组件.....	8 7
8.3.4 T126-基础版太阳能/氢能成套组件.....	8 7
8.3.5 T203-高级版太阳能/氢能成套组件.....	8 7
8.4 演示设备.....	8 7
8.4.1 D203-燃料电池车/加氢站基础版演示设备.....	8 7
8.4.2 D114-燃料电池车/加氢站升级版演示设备.....	8 8
8.4.3 D111-太阳能/氢能循环房演示设备.....	8 8
8.4.4 D201-太阳能/氢能联合电站演示设备.....	8 8
8.4.5 U102-太阳能/氢能堆栈实验装置.....	8 9
9 美国 Flex Stak 公司.....	9 0
9.1 Flex Stak 1/5/10/15/20 模块氢氧燃料电池(PEMFC).....	9 0
9.1.1 概述.....	9 0

9.1.2 分类.....	9 0
9.1.3 通用参数.....	9 1
9.1.4 性能参数.....	9 1
9.2 Flex Stak 1/5/10/20 模块直接甲醇燃料电池 (DMFC).....	9 2
9.2.1 概述.....	9 2
9.2.3 通用参数.....	9 2
9.2.2 分类.....	9 2
9.2.4 性能曲线.....	9 3
9.3 Flex Stak 1 模块全钒液流电池 (VRB).....	9 3
9.3.1 概述.....	9 3
9.3.2 分类.....	9 4
9.3.3 通用参数.....	9 4
10 捷克 Horizon 公司.....	9 6
10.1 Horizon Educational 教具.....	9 6
10.1.1 FCJJ-11 燃料电池车演示组件.....	9 6
10.1.2 FCJJ-16 太阳能-氢能演示组件.....	9 6
10.1.3 FCJJ-20 基础版氢燃料电池小车.....	9 7
10.1.4 FCJJ-22 乙醇燃料电池-风扇演示组件.....	9 7
10.1.5 FCJJ-23 氢燃料电池小车升级版.....	9 8
10.1.6 FCJJ-24 Horizon 能源监测器.....	9 8
10.1.7 FCJJ-30 新型能源转换组件.....	9 9
10.1.8 FCJJ-34 新型盐水电池组件.....	1 0 0
10.1.9 FCJJ-35 新型超级电容演示组件.....	1 0 0
10.1.10 FCJJ-37 可再生能源演示组件.....	1 0 1
10.1.11 FCJJ-38 新型温差发电演示组件.....	1 0 2
10.1.12 FCJJ-39 新型风力发电演示组件.....	1 0 2
10.1.13 FCJJ-40 Horizon 能源演示包.....	1 0 3
10.1.14 FCJJ-42 乙醇燃料电池组件.....	1 0 4
10.1.15 FCJJ-44 微型燃料电池教育组件.....	1 0 4
10.1.16 FCJJ-56 风能制氢演示组件.....	1 0 5
10.2 Horizon 燃料电池电堆.....	1 0 5
10.2.1 FCS-B12 燃料电池电堆 (12W).....	1 0 5
10.2.2 FCS-B20 燃料电池电堆 (20W).....	1 0 6
10.2.3 FCS-B30 燃料电池电堆 (30W).....	1 0 7
10.2.4 FCS-B60 燃料电池电堆 (60W).....	1 0 8
10.2.5 FCS-C100 燃料电池电堆 (100W).....	1 0 9
10.2.6 FCS-C200 燃料电池电堆 (200W).....	1 1 0
10.2.7 FCS-C300 燃料电池电堆 (300W).....	1 1 1
10.2.8 FCS-C500 燃料电池电堆 (500W).....	1 1 2
10.2.9 FCS-C1000 燃料电池电堆 (1000W).....	1 1 3
10.2.10 FCS-C2000 燃料电池电堆 (2000W).....	1 1 4
10.2.11 FCS-C3000 燃料电池电堆 (3000W).....	1 1 5
10.2.12 FCS-C5000 燃料电池电堆 (5000W).....	1 1 6
11 美国 AvCarb 公司.....	1 1 8

11.1	AvCarb HCB 碳布 .....	1 1 8
11.2	AvCarb EP40/EP55/P50/P75 碳纸 .....	1 1 8
11.3	AvCarb 软碳 (电池) 毡 .....	1 1 9
11.4	AvCarb 软石墨 (电池) 毡 .....	1 2 0
11.5	AvCarb 气体扩散系统 GDS .....	1 2 1
11.6	AvCarb 模压石墨层压板 (MGL) .....	1 2 2
12	日本东丽 (Toray) 株式会社 .....	1 2 3
12.1	碳纸基板 .....	1 2 3
12.2	气体扩散层 GDL (碳纸基板+MPLs) .....	1 2 4
13	德国 SGL Carbon 公司 .....	1 2 5
13.1	概述 .....	1 2 5
13.1.1	Sigracet 28AA/29AA/36AA/39AA 气体扩散层 (生碳纸) .....	1 2 6
13.1.2	Sigracet 28BC/29BC/35BC/39BC 气体扩散层 (疏水微孔层碳纸) .....	1 2 6
13.1.3	Sigracet 22BB/36BB/39BB 气体扩散层 (疏水微孔层碳纸) .....	1 2 6
13.2	选用指南 .....	1 2 7
13.2.1	燃料电池 .....	1 2 7
13.2.2	非燃料电池 .....	1 2 8
13.3	使用指南 .....	1 2 8
14	碳能 CeTech 公司 .....	1 2 9
14.1	气体扩散层 GDL (碳纸基底+MPLs) .....	1 2 9
14.2	碳纸基底 .....	1 2 9
14.3	气体扩散层 GDL (碳布基底+MPLs) .....	1 3 0
14.4	碳布基底 .....	1 3 0
14.5	气体扩散层 GDL (石墨基板+MPLs) .....	1 3 0
14.6	石墨基板 .....	1 3 1
14.7	石墨毡 .....	1 3 1
15	美国 Fuel Cell Store 平台 .....	1 3 2
15.1	可互换测试硬件 (PEM)-25cm <sup>2</sup> .....	1 3 2
15.2	电解槽硬件 (PEM)-5/50cm <sup>2</sup> .....	1 3 3
15.3	可扩展燃料电池硬件 (PEM)-5/50cm <sup>2</sup> .....	1 3 4
15.4	燃料电池硬件 (PEM)-1-100cm <sup>2</sup> .....	1 3 6
15.5	液流电池硬件-5/25cm <sup>2</sup> .....	1 3 8
16	功能材料专家 FME 平台 .....	1 3 9
16.1	聚降冰片烯 (PNB) 复合阴离子膜及膜溶液 .....	1 3 9
16.1.1	参数概况 .....	1 4 0
16.1.2	在 AEM 燃料电池中的性能表现 .....	1 4 0
16.1.3	电导率的测试 .....	1 4 1
16.1.4	在 AEMFC 中的耐久性测试 .....	1 4 2
16.1.5	在 AEM 电解槽中性能测试 .....	1 4 2
16.1.6	使用说明及预处理 .....	1 4 7
16.2	PBI 高温质子膜 (Celtec-P 质子膜) .....	1 4 7
16.2.1	PBI 高温膜制成的 MEA 对 CO 的耐受性 .....	1 4 8
16.2.2	PBI 高温膜制成的 MEA 在湿度变化方面的优异性能 .....	1 4 8
16.3	非贵金属催化剂 .....	1 4 9



16.3.1	非贵金属催化剂 NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	1 4 9
16.3.2	NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 的应用: .....	1 4 9
16.3.3	非贵金属催化剂 Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	1 5 0
16.3.4	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 催化剂的应用 .....	1 5 0
16.4	国产阳离子膜及树脂 .....	1 5 0
16.4.1	FME-PEM-0101 阳离子膜(电解水) .....	1 5 0
16.4.2	FME-PEM-0102 阳离子膜(燃料电池) .....	1 5 1
16.4.3	FME-PEM-0201~0204 阳离子膜(燃料电池) .....	1 5 1
16.4.4	FME-PEM-0205~0212 阳离子膜(钒液流电池) .....	1 5 2
16.4.5	FME-PEM-0213/0214 阳离子膜(电解行业) .....	1 5 3
16.4.6	FME-PEM-0215 阳离子膜(电渗析) .....	1 5 4
16.4.7	FME-PEM-0216~0218 阳离子膜(电解水制氢) .....	1 5 4
16.4.8	FME-PEM-0219 全氟磺酸离子交换树脂(粉末) .....	1 5 5
16.4.9	FME-PEM-0220~0223 全氟磺酸离子交换树脂(溶液) .....	1 5 5
16.4.10	FME-PEM-0301/0302 阳离子膜(燃料电池) .....	1 5 6
16.4.11	FME-PEM-0303/0304 阳离子膜(钒液流电池) .....	1 5 6
16.4.12	FME-PEM-0305~0308 阳离子膜(电解水制氢) .....	1 5 6
16.4.13	FME-PEM-0309 全氟磺酸离子交换树脂(溶液) .....	1 5 7
16.5	国产阴离子膜及树脂 .....	1 5 7
16.5.1	FME-AEM-0101~0103 碱性阴离子交换膜 .....	1 5 7
16.5.2	FME-AEM-0104 阴离子交换膜溶液 .....	1 5 7
16.5.3	FME-AEM-0201~0204 碱性阴离子交换膜 .....	1 5 8
16.5.4	FME-AEM-0205 阴离子交换膜溶液 .....	1 5 8
16.6	ALK 电解水隔膜 .....	1 5 8
16.6.1	FME-PPS-0101~0104 聚苯硫醚隔膜(碱性电解水 ALK) .....	1 5 9
16.6.2	FME-PPS-0201~0203 改性聚苯硫醚隔膜(碱性电解水 ALK) .....	1 5 9
16.7	气体扩散电极(金属) .....	1 6 0
16.7.1	FME-Ti-0101 钛纤维毡(电解水) .....	1 6 0
16.7.2	FME-SS-0101 不锈钢纤维毡(电解水) .....	1 6 0
16.7.3	FME-Ti-0201 钌系涂层钛电极 .....	1 6 0
16.7.4	FME-Ti-0202 铱系涂层钛电极 .....	1 6 1
16.7.5	FME-Ti-0203 铂系涂层钛电极 .....	1 6 1
16.7.6	FME-Ti-0204 钛纤维毡(电解水) .....	1 6 2
16.7.7	FME-Ti-0205 钛纤维网(电解水) .....	1 6 2
16.7.8	FME-Ni-0101 多孔泡沫镍(电解水) .....	1 6 2
16.7.9	FME-Me-0101 多孔泡沫金属(电解水) .....	1 6 2
16.8	国产催化剂 .....	1 6 4
16.8.1	FME-CTPt-010~0103 铂基催化剂 .....	1 6 4
16.8.2	FME-CTIr-0101/0102 铱基催化剂 .....	1 6 4
16.8.3	FME-CTPR-0101/0102 铂钌合金催化剂 .....	1 6 5
16.8.4	FME-CTPd-0101/0102 钌碳催化剂 .....	1 6 5
16.9	其他材料&设备 .....	1 6 5
16.9.1	FME-CB-0101~0202 导电炭黑(催化剂载体) .....	1 6 5
16.9.2	FME-Pump-0101 蠕动泵 .....	1 6 6

16.9.3 FME-Power-0101 直流电源.....	1 6 6
结尾说明.....	1 6 6

功能材料专家FME  
18482165706(微信同号)

## 0 声明

本手册为上海载昂材料科技有限公司结合了大量的产品手册和国内外厂家的介绍，翻译整理得到的，后期会不定时进行更新和调整，近期我司发现市场上出现直接复制粘贴我司产品进行商业宣传活动的商家，特此严正声明：

1. 我司尚未授权任何经销商代理我司产品，我司产品的官方售卖平台为淘宝店铺：**功能材料专家 FME** 和 **上海载昂**，以及喀斯玛商城：**上海载昂材料科技有限公司**，其余任何宣称我司代理商均未得到我司授权，请广大客户谨慎识别；

2. 产品手册的翻译与整理是一项耗时耗力的工作，我们整理的目的旨在帮助广大科研工作者更方便和高效的找到自己合适的材料，故此产品手册仅可供客户科研参考使用，任何借此从事商业性盈利的行为都是不被允许的，请涉及侵权的商家及时处理侵权内容，我司保留进一步追究的权力；也请广大客户支持原创，自觉抵制相关侵权行为；

3. 产品手册的整理素材来源于原厂家的产品手册以及产品介绍，我们不能保证相关参数和介绍的绝对正确，仅供参考，我们尽可能多方考证或者与原厂家确认，若您在阅读过程中发现有错误，欢迎与我们进行反馈。

广大客户的支持是我们持续更新，做出更简洁，更专业参考资料的最强动力，谢谢！

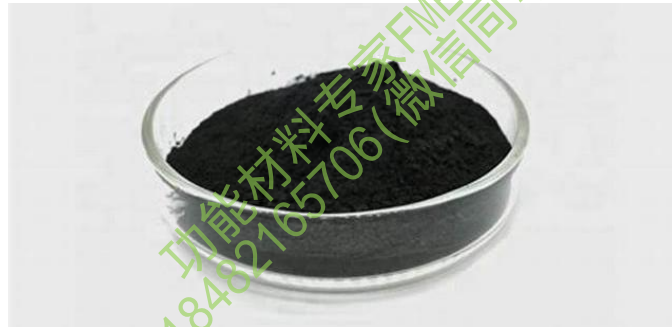
## 1 美国 Sainergy Tech 公司

Sainergy Tech 是一家总部位于美国乔治亚州玛丽埃塔市的创新型科技公司，致力于帮助客户开发清洁和可持续的能源，经过潜心研发，在氢燃料电池技术领域推出了多种商业化产品，包括燃料电池组件 PEMFC、电化学催化剂、气体扩散层、气体扩散电极、催化剂涂层膜电极 CCM、标准膜电极 MEA、双极板等产品。



### 1.1 DURA-lyst 催化剂

DURA-lyst 系列催化剂是 Sainergy 公司采用独有的专利技术研发而成的一系列电化学催化剂，用以提高 PEM 燃料电池的性能和耐用性。其中的合金催化剂在独立第三方实验室测试中显示出两倍的性能和卓越的耐用性。现在可用于汽车燃料电池应用的耐腐蚀碳载体。根据催化剂载体和特性的不同，分为铂炭催化剂、铂合金催化剂、电解槽催化剂、氧化还原催化剂、铂钌催化剂、燃料电池传感器催化剂六种不同的类型。



DURA-lyst 催化剂

#### 1.1.1 铂碳催化剂 (Pt/C)

铂碳催化剂是一种将贵金属铂负载到活性碳上的载体催化剂，外观是黑色粉末，通常写作 Pt/C，利用炭黑发达的空隙结构，高比表面积和优异的吸附性能等优点，可以在保证催化性能的同时降低昂贵铂材料的用量，是一种常见的贵金属催化剂负载型式，主要用于燃料电池的氢气氧化、甲醇氧化、甲酸氧化以及氧气的还原等化学反应。

Sainergy 公司的铂碳催化剂根据载体的不同，分为三种，一种是通过将铂负载在卡博特 (Cabot) 公司生产的 Vulcan XC-72 型特种炭黑上，一种是将铂负载在一种高耐用炭黑上，称为高耐用铂碳 (Pt on High Durable Carbon)，还有一种是将铂负载在一种活性铂碳上 (Pt on Activated Carbon)，它们的材料特性如下表所示：

型号	说明	电化学比表面积	粒径
Carbon Black -XC72	Vulcan XC72	254 m <sup>2</sup> /g	20 nm
Carbon Black-Ketjen Black	高表面积炭黑	800 m <sup>2</sup> /g	30 nm
Carbon Black-BP2000	高表面积炭黑	1200 m <sup>2</sup> /g;	13 nm
Carbon Black-Graphitized	纯炭黑	50 m <sup>2</sup> /g;	30 nm
Graphite Powder	FP123	325 Mesh	灰分含量: 0.3%

Vulcan XC-72 型铂碳根据载量的不同，有 5%、10%、15%、20%、30%、40%、50%、60%、

80%、100% (铂黑) 十个型号, 当铂载量超过 40%之后, 通常负载在高比表面积炭黑上, 又称为高比表面积铂碳 (Pt on High Surface Area Carbon), 是高性能 (HP) 阳极和阴极燃料电池催化剂,

高耐用铂碳 (Pt on High Durable Carbon) 根据载量的不同, 有 5%、10%、15%、20%、30%、40%、50%、60%、80%九个型号, 是高耐久性 (HD) 阳极和阴极燃料电池催化剂。

活性铂碳 (Pt on Activated Carbon) 根据载量的不同, 有 0.1%、0.3%、0.5%、1%、3%、5%、10%、20%八个型号, 是高压加氢催化剂。

型号分类如下表所示:

型号	说明
<b>Pt/Vulcan XC72(高性能燃料电池阴阳极催化剂)</b>	
DURA-lyst® Pt5C	5% Platinum on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Pt10C	10% Platinum on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Pt15C	15% Platinum on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Pt20C	20% Platinum on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Pt30C	30% Platinum on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Pt40C	40% Platinum on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Pt50HC	50% Platinum on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® Pt60HC	60% Platinum on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® Pt80HC	80% Platinum on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® Pt100	Platinum Black
<b>Pt/High Durable Carbon(高耐久燃料电池阴阳极催化剂)</b>	
DURA-lyst® Pt5DC	5% Platinum on High Durable Carbon
DURA-lyst® Pt10DC	10% Platinum on High Durable Carbon
DURA-lyst® Pt15DC	15% Platinum on High Durable Carbon
DURA-lyst® Pt20DC	20% Platinum on High Durable Carbon
DURA-lyst® Pt30DC	30% Platinum on High Durable Carbon
DURA-lyst® Pt40DC	40% Platinum on High Durable Carbon
DURA-lyst® Pt50DC	50% Platinum on High Durable Carbon
DURA-lyst® Pt60DC	60% Platinum on High Durable Carbon
DURA-lyst® Pt80DC	80% Platinum on High Durable Carbon
<b>Pt/Activated Carbon(高压加氢催化剂)</b>	
DURA-lyst® Pt. 1AC	0.1% Platinum on Activated Carbon
DURA-lyst® Pt. 3AC	0.3% Platinum on Activated Carbon
DURA-lyst® Pt. 5AC	0.5% Platinum on Activated Carbon
DURA-lyst® Pt1AC	1% Platinum on Activated Carbon
DURA-lyst® Pt3AC	3% Platinum on Activated Carbon
DURA-lyst® Pt5AC	5% Platinum on Activated Carbon
DURA-lyst® Pt10AC	10% Platinum on Activated Carbon
DURA-lyst® Pt20AC	20% Platinum on Activated Carbon

### 1.1.2 铂合金催化剂

将铂与其他金属 (如 Ru、Co 等) 一起负载在炭黑上, 则制作而成了多种铂合金催化剂, Sainergy 公司通过将 Pt、Ru、Co、X 合金、Y 合金 (X, Y=Co, Ni, Cu, Fe, Cr, Ir, V) 分

别附着在 Vulcan XC 72 炭黑、高比表面积炭黑、高耐用炭黑上，即可以得到多款铂合金催化剂，型号分类如下表：

型号	说明
PtRu/HP Carbon 高压直接甲醇和耐 CO 阳极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtRu10C	7% Pt, 3% Ru on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtRu20C	14% Pt, 6% Ru on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtRu30C	20% Pt, 10% Ru on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtRu40C	27% Pt, 13% Ru on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtRu60HC	40% Pt, 20% Ru on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® PtRu80HC	55% Pt, 25% Ru on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® PtRu100	67% Pt, 33% Ru Black
Pt <sub>3</sub> Co/HP Carbon 高性能二元合金阴极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtCo10C	9% Pt, 1% Co on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCo15C	13.5% Pt, 1.5% Co on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCo20C	18% Pt, 2% Co on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCo30C	27% Pt, 3% Co on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCo40C	36% Pt, 4% Co on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCo50HC	45% Pt, 5% Co on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® PtCo100	90% Pt, 10% Co Black
Pt <sub>3</sub> Co/HD Carbon 高耐久性二元合金阴极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtCo10DC	9% Pt, 1% Co on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCo15DC	13.5% Pt, 1.5% Co on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCo20DC	18% Pt, 2% Co on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCo30DC	27% Pt, 3% Co on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCo40DC	36% Pt, 4% Co on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCo50DC	45% Pt, 5% Co on High Durable Carbon
Pt <sub>3</sub> X/HP Carbon (X=Ni, Cu, Cr, Ir, V, Fe) 高性能二元合金阴极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtX10C	9% Pt, 1% X on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtX15C	13.5% Pt, 1.5% X on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtX20C	18% Pt, 2% X on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtX30C	27% Pt, 3% X on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtX40C	36% Pt, 4% X on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtX50HC	45% Pt, 5% X on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® PtX100	90% Pt, 10% X Black
Pt <sub>3</sub> X/HD Carbon (X=Ni, Cu, Cr, Ir, V, Fe) 高耐久二元合金阴极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtX10DC	9% Pt, 1% X on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtX15DC	13.5% Pt, 1.5% X on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtX20DC	18% Pt, 2% X on High Durable Carbon

DURA-lyst® PtX30DC	27% Pt, 3% X on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtX40DC	36% Pt, 4% X on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtX50DC	45% Pt, 5% X on High Durable Carbon
Pt <sub>3</sub> CoNi/HP Carbon 高性能三元合金阴极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtCoNi10C	9% Pt, 0.5% Co, 0.5% Ni on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCoNi15C	13.5% Pt, 0.75% Co, 0.75% Ni on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCoNi20C	18% Pt, 1% Co, 1% Ni on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCoNi30C	27% Pt, 1.5% Co, 1.5% Ni on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCoNi40C	36% Pt, 2% Co, 2% Ni on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCoNi50HC	45% Pt, 2.5% Co, 2.5% Ni on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® PtCoNi100	90% Pt, 5% Co, 5% Ni Black
Pt <sub>3</sub> CoNi/HD Carbon 高耐用三元合金阴极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtCoNi10DC	9% Pt, 0.5% Co, 0.5% Ni on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCoNi15DC	13.5% Pt, 0.75% Co, 0.75% Ni on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCoNi20DC	18% Pt, 1% Co, 1% Ni on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCoNi30DC	27% Pt, 1.5% Co, 1.5% Ni on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCoNi40DC	36% Pt, 2% Co, 2% Ni on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtCoNi50DC	45% Pt, 2.5% Co, 2.5% Ni on High Durable Carbon
Pt <sub>3</sub> XY/HP Carbon (X, Y=Co, Ni, Cu, Fe, Cr, Ir, V) 高性能三元阴极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtXY10C	9% Pt, 0.5% X, 0.5% Y on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtXY15C	13.5% Pt, 0.75% X, 0.75% Y on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtXY20C	18% Pt, 1% X, 1% Y on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtXY30C	27% Pt, 1.5% X, 1.5% Y on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtXY40C	36% Pt, 2% X, 2% Y on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtXY50HC	45% Pt, 2.5% X, 2.5% Y on High Surface Area Carbon
DURA-lyst® PtXY100	90% Pt, 5% X, 5% Y Black
Pt <sub>3</sub> XY/HD Carbon (X, Y=Co, Ni, Cu, Fe, Cr, Ir, V) 高耐用三元阴极燃料电池催化剂	
DURA-lyst® PtXY10DC	9% Pt, 0.5% X, 0.5% Y on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtXY15DC	13.5% Pt, 0.75% X, 0.75% Y on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtXY20DC	18% Pt, 1% X, 1% Y on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtXY30DC	27% Pt, 1.5% X, 1.5% Y on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtXY40DC	36% Pt, 2% X, 2% Y on High Durable Carbon
DURA-lyst® PtXY50DC	45% Pt, 2.5% X, 2.5% Y on High Durable Carbon

### 1.1.3 镍基催化剂

将镍与 Mo 或 FeO 混制就得到了适用于 AEM 水电解水催化的非贵金属催化剂，根据不同的材料比例，型号分类如下表：

型号	说明
<b>镍基催化剂</b>	
DURA-lyst® NiMo30C	25% Ni, 25% Mo/Carbon
DURA-lyst® NiFe060C	60% Ni Ferrite on Carbon
DURA-lyst® NiFe080C	80% Ni Ferrite on Carbon
DURA-lyst® NiFe090C	90% Ni Ferrite on Carbon
DURA-lyst® NiFe0	Ni Ferrite on Carbon

#### 1.1.4 甲醇/水电解催化剂 (Pt, IrO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub>)

将铂与 IrO<sub>2</sub> 或 RuO<sub>2</sub> 混制就得到了适用于高压甲醇和水电解催化剂，根据不同的铂铱和铂钌比例，型号分类如下表：

型号	说明
<b>Pt/IrO<sub>2</sub> 高性能甲醇和水电解催化剂</b>	
DURA-lyst® PtIr90	90Pt/10%IrO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
DURA-lyst® PtIr80	80Pt/20%IrO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
DURA-lyst® PtIr75	75Pt/25%IrO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
DURA-lyst® PtIr50	50Pt/50%IrO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
DURA-lyst® Ir100	100%IrO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
<b>Pt/RuO<sub>2</sub> 高性能甲醇和水电解催化剂</b>	
DURA-lyst® PtRu90	90Pt/10%RuO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
DURA-lyst® PtRu80	80Pt/20%RuO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
DURA-lyst® PtRu75	75Pt/25%RuO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
DURA-lyst® PtRu50	50Pt/50%RuO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)
DURA-lyst® Ru100	100%RuO <sub>2</sub> (Electrolyzer Catalyst)

#### 1.1.5 氧还原催化剂 (Ag, Pt, Al, Pd 基催化剂)

Sainergy 公司通过将 Ag、M 合金 (M=Co、Ni、Cu、Zn、Fe、Mn、Sn) 分别附着在 Vulcan XC72 炭黑、高比表面积炭黑、高耐用炭黑、氧化铝粉上，即可以得到多款用于氧化原的催化剂，型号分类如下表：

型号	说明
<b>Ag/Vulcan XC72 Carbon</b>	
<b>高性能电池和电化学传感器用氧化还原催化剂</b>	
DURA-lyst® Ag05C	5% Ag on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Ag10C	10% Ag on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Ag20C	20% Ag on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Ag40C	40% Ag on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Ag60C	60% Ag on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Ag80C	80% Ag on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® Ag100	100% Ag Black
<b>Ag/HD Carbon</b>	
<b>高耐用电池和电化学传感器用氧化还原催化剂</b>	
DURA-lyst® Ag05HD	5% Ag on High Durable Carbon
DURA-lyst® Ag10HD	10% Ag on High Durable Carbon
DURA-lyst® Ag20HD	20% Ag on High Durable Carbon
DURA-lyst® Ag40HD	40% Ag on High Durable Carbon



DURA-lyst® Ag60HD	60% Ag on High Durable Carbon
DURA-lyst® Ag80HD	80% Ag on High Durable Carbon
Pt/Alumina 高性能氧还原催化剂	
DURA-lyst® Pt. 1A1	0.1% Pt on Alumina
DURA-lyst® Pt. 3A1	0.3% Pt on Alumina
DURA-lyst® Pt. 5A1	0.5% Pt on Alumina
DURA-lyst® Pt1A1	1% Pt on Alumina
DURA-lyst® Pt3A1	3% Pt on Alumina
DURA-lyst® Pt5A1	5% Pt on Alumina
DURA-lyst® Pt10A1	10% Pt on Alumina
DURA-lyst® Pt20A1	20% Pt on Alumina
Pd/Alumina 高性能氧还原催化剂	
DURA-lyst® Pd. 1A1	0.1% Pd on Alumina
DURA-lyst® Pd. 3A1	0.3% Pd on Alumina
DURA-lyst® Pd. 5A1	0.5% Pd on Alumina
DURA-lyst® Pd1A1	1% Pd on Alumina
DURA-lyst® Pd3A1	3% Pd on Alumina
DURA-lyst® Pd5A1	5% Pd on Alumina
DURA-lyst® Pd10A1	10% Pd on Alumina
DURA-lyst® Pd20A1	20% Pd on Alumina
M/Vulcan XC72 (M=Co, Ni, Cu, Zn, Fe, Mn, Sn) 高性能金属空气电池催化剂	
DURA-lyst® M05C	5% M on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® M10C	10% M on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® M20C	20% M on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® M40C	40% M on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® M60C	60% M on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® M80C	80% M on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® M100	100% M Black
M/HD Carbon (M=Co, Ni, Cu, Zn, Fe, Mn, Sn) 高耐用金属空气电池催化剂	
DURA-lyst® M05DC	5% M on High Durable Carbon
DURA-lyst® M10DC	10% M on High Durable Carbon
DURA-lyst® M20DC	20% M on High Durable Carbon
DURA-lyst® M40DC	40% M on High Durable Carbon
DURA-lyst® M60DC	60% M on High Durable Carbon
DURA-lyst® M80DC	80% M on High Durable Carbon
DURA-lyst® M1A1	1% M on Alumina
DURA-lyst® M5A1	5% M on Alumina
DURA-lyst® M10A1	10% M on Alumina
DURA-lyst® M20A1	20% M on Alumina

### 1.1.6 钯碳催化剂 (Pd/C)

Sainergy 公司通过将钯分别附载在活性炭 (Pd on Activated Carbon) 上, 即可以得

到钯碳催化剂，他是高压加氢催化剂，型号分类如下表：

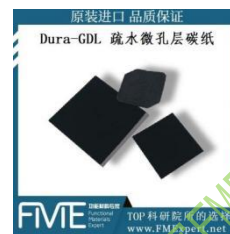
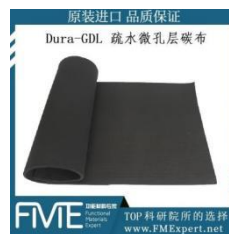
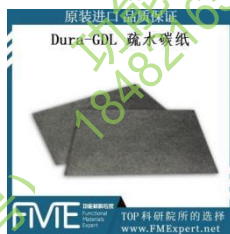
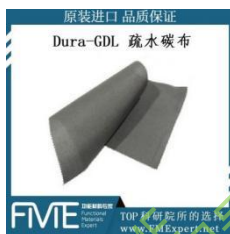
型号	说明
DURA-lyst® Pd. 1AC	0.1% Palladium on Activated Carbon
DURA-lyst® Pd. 3AC	0.3% Palladium on Activated Carbon
DURA-lyst® Pd. 5AC	0.5% Palladium on Activated Carbon
DURA-lyst® Pd1AC	1% Palladium on Activated Carbon
DURA-lyst® Pd3AC	3% Palladium on Activated Carbon
DURA-lyst® Pd5AC	5% Palladium on Activated Carbon
DURA-lyst® Pd10AC	10% Palladium on Activated Carbon
DURA-lyst® Pd20AC	20% Palladium on Activated Carbon

特别说明：

1. 催化剂为科研耗材，一经使用(开封瓶盖)，将影响二次售卖，恕不退换货，请在下单之前与客服充分沟通；
2. 本店催化剂的瓶口采用一次性防拆胶条，请收到货物后仔细检查标签与所买型号是否一致，确认无误再拆开瓶口，在防拆胶条未损坏的情况下，我司支持退换货，（期货产品除外，客户原因导致的退换货，将承担来回运费）；
3. 催化剂为贵金属，价格受市场波动比较大，购买前请与客服确认价格。

## 1.2 DURA-GDL 气体扩散层

DURA-GDL 系列疏水气体扩散层是 Sainergy 公司将碳纸、碳布或石墨基板通过涂覆 PTFE 和微孔层 MPL，得到的一系列疏水性气体扩散层和疏水微孔层气体扩散层，在各种操作条件下都具有优异的性能和耐久性，我们可以根据客户要求提供单面或者双面负载的疏水碳纸/碳布和疏水微孔层碳纸/碳布，得到的气体扩散层在燃料电池或电池堆里面有广泛的用途，可以直接用于电极制造。



Dura-GDL (基板)

Dura-GDL (基板+微孔层)

### 1.2.1 Dura-GDL 疏水碳纸

Dura-GDL 疏水碳纸是将 PTFE 溶液涂覆在碳纸基板上，有 130um、200um、300um、400um 四个厚度的型号，如下所示。

型号	说明
Dura-GDL® 100FP2	Teflonized Carbon Paper (0.13 mm), 19cm x19 cm
Dura-GDL® 200FP2	Teflonized Carbon Paper (0.20 mm), 19cm x19 cm
Dura-GDL® 300FP2	Teflonized Carbon Paper (0.30 mm), 19cm x19 cm
Dura-GDL® 400FP2	Teflonized Carbon Paper (0.40 mm), 19cm x19 cm

### 1.2.2 Dura-GDL 疏水碳布

Dura-GDL 疏水碳布是将 PTFE 溶液涂覆在碳布基板上，有 200um、300um、400um 三个厚度的型号，如下所示。

型号	说明
Dura-GDL® 200FC2	Teflonized Carbon Cloth (0.20 mm), 20 cm x 20 cm

Dura-GDL® 300FC2	Teflonized Carbon Cloth (0.30 mm), 20 cm x 20 cm
Dura-GDL® 400FC2	Teflonized Carbon Cloth (0.40 mm), 20 cm x 20 cm
Dura-GDL® 400FC4	Teflonized Carbon Cloth (0.40 mm), 40 cm x 40 cm
Dura-GDL® 400FC5	Teflonized Carbon Cloth (0.40 mm), 50 cm x 50 cm

### 1.2.3 Dura-GDL 疏水微孔层碳纸

Dura-GDL 疏水微孔层碳纸是将 PTFE 溶液和微孔层 MPL 涂覆在碳布基板上，有 130um、200um、300um、400um 四个厚度的型号，如下所示。

型号	说明
Dura-GDL® 100LP2	MPL Coated Carbon Paper (0.13 mm), 19 cm x 19 cm
Dura-GDL® 200LP2	MPL Coated Carbon Paper (0.20 mm), 19 cm x 19 cm
Dura-GDL® 300LP2	MPL Coated Carbon Paper (0.30 mm), 19 cm x 19 cm
Dura-GDL® 400LP2	MPL Coated Carbon Paper (0.40 mm), 19 cm x 19 cm

### 1.2.4 Dura-GDL 疏水微孔层碳布

Dura-GDL 疏水微孔层碳布是将 PTFE 溶液和微孔层 MPL 涂覆在碳布基板上，有 200um、300um、400um 三个厚度的型号，如下所示。

型号	说明
Dura-GDL® 200LC2	MPL Coated Carbon Cloth (0.20 mm), 20 cm x 20 cm
Dura-GDL® 300LC2	MPL Coated Carbon Cloth (0.30 mm), 20 cm x 20 cm
Dura-GDL® 400LC2	MPL Coated Carbon Cloth (0.40 mm), 20 cm x 20 cm
Dura-GDL® 400LC4	MPL Coated Carbon Cloth (0.40 mm), 40 cm x 40 cm
Dura-GDL® 400LC5	MPL Coated Carbon Cloth (0.40 mm), 50 cm x 50 cm

## 1.3 DURA-GDE 气体扩散电极

Dura-GDE 系列气体扩散电极是将 PTFE、MPLs 和催化剂涂覆在碳纸或碳布上，得到的一系列气体扩散电极，将两片气体扩散电极夹着离子膜就能得到了一片 MEA 膜电极。

Dura-GDE 催化剂涂层气体扩散电极与各种离子膜兼容，具有优异的性能和耐用性，Pt 负载范围为 0.25mg 至 0.5mg/cm<sup>2</sup>，Pt/C 的百分比不同，也有合金催化剂，标准负载量为 0.5mg 和 0.25mg/cm<sup>2</sup>。我们可以提供碳布和纸基 GDE。我们还可以根据客户的规格为 PEMFC、DMFC、PAFC、AFC 提供 GDE。

### 1.3.1 Dura-GDE 碳纸型气体扩散电极

Dura-GDE 碳纸型气体扩散电极标准催化剂负载量为 0.5mg/cm<sup>2</sup>，有 130um、200um、300um、400um 四个厚度的型号，**同时，我们支持定制**，如下所示。

型号	说明
Dura-GDE® 5Pt100P2	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Paper (0.13 mm), 19 x 19 cm
Dura-GDE® 5Pt200P2	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Paper (0.20 mm), 19 x 19 cm
Dura-GDE® 5PtRu200P2	0.5 mg PtRu/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Paper (0.20 mm), 19 x 19 cm
Dura-GDE® 5Pt300P2	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Paper (0.30 mm), 19 x 19 cm
Dura-GDE® 5Pt400P2	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Paper (0.40 mm), 19 x 19 cm

### 1.3.2 Dura-GDE 碳布型气体扩散电极

Dura-GDE 碳布型气体扩散电极催化剂负载量有 0.5mg/cm<sup>2</sup> 和 0.8mg/cm<sup>2</sup>，有 200um、300um、400um 三个厚度的型号，**同时，我们支持定制**，如下所示。

型号	说明
Dura-GDE® 5Pt200C2	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Cloth (0.20 mm), 20 x 20cm

Dura-GDE® 5Pt300C2	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Cloth (0.30 mm), 20 x 20cm
Dura-GDE® 5Pt400C2	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Cloth (0.40 mm), 20 x 20cm
Dura-GDE® 8Pt400C2	0.8 mg Pt/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Cloth (0.40 mm), 20 x 20cm
Dura-GDE® 5PtRu400C2	0.5 mg PtRu/cm <sup>2</sup> MPL Carbon Cloth (0.40 mm), 20 x 20cm

## 1.4 DURA-电解槽专用材料

### 1.4.1 PEM 电解槽阴极催化剂

用于 PEM 电解槽的阴极催化剂，包括 40%铂碳，30%的铂钴碳，30%的铂镍碳，如下所示。

型号	说明
DURA-lyst® Pt40C	40% Pt on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtCo30C	27% Pt, 3% Co on Vulcan XC72 Carbon
DURA-lyst® PtNi30C	27% Pt, 3% Ni on Vulcan XC72 Carbon

### 1.4.2 PEM 电解槽阳极催化剂

用于 PEM 电解槽的阳极催化剂，包括氧化铱，50%的铂氧化铱，75%的铂氧化铱，如下所示。

型号	说明
DURA-lyst® IrO	100% IrO <sub>2</sub>
DURA-lyst® Pt50IrO	50% Pt/50% IrO <sub>2</sub>
DURA-lyst® Pt75IrO	75% Pt/25% IrO <sub>2</sub>

### 1.4.3 PEM 电解槽阴极电极

用于 PEM 电解槽的阴极电极，主要是铂碳、铂钴碳、铂镍碳涂覆在 20X20cm 的碳纸上，如下所示。

型号	说明
Dura-GDE® 5Pt400P	0.5mg Pt/cm <sup>2</sup> Carbon Paper (0.4mm)
Dura-GDE® 5PtCo400P	0.5mg PtCo/cm <sup>2</sup> Carbon Paper (0.4mm)
Dura-GDE® 5PtNi400P	0.5mg PtNi/cm <sup>2</sup> Carbon Paper (0.4mm)

### 1.4.4 PEM 电解槽阳极电极

用于 PEM 电解槽的阳极电极，主要是氧化铱或者铂氧化铱涂覆在 20X20cm 的钛网上，如下所示。

型号	说明
Dura-PTL® 20PtIrOTi	2 mg 75Pt/25 IrO/cm <sup>2</sup> Titanium Mesh (1 mm)
Dura-PTL® 20PtIrOTi	2 mg 50Pt/50 IrO/cm <sup>2</sup> Titanium Mesh (1 mm)
Dura-PTL® 20IrOTi	2 mg IrO/cm <sup>2</sup> Titanium Mesh (1 mm)

### 1.4.5 AEM 电解槽阴极催化剂

用于 AEM 电解槽的阴极催化剂，包括铂铑碳，铂钴碳，铂镍碳，如下所示。

型号	说明
DURA-lyst® PtRu40C	27% Pt, 13% Ru on Vulcan XC-72 Carbon
DURA-lyst® PtCo30C	27% Pt, 3% Co on Vulcan XC-72 Carbon
DURA-lyst® PtNi30C	27% Pt, 3% Ni on Vulcan XC-72 Carbon

### 1.4.6 AEM 电解槽阳极催化剂

用于 AEM 电解槽的阳极催化剂，包括 60%铁酸镍、80%铁酸镍、90%铁酸镍，纯铁酸镍，如下所示。

型号	说明
----	----

DURA-lyst® NiFe060C	60% Ni Ferrite on Carbon
DURA-lyst® NiFe080C	80% Ni Ferrite on Carbon
DURA-lyst® NiFe090C	90% Ni Ferrite on Carbon
DURA-lyst® NiFe0	Ni Ferrite

#### 1.4.7 AEM 电解槽阴极电极

用于 AEM 电解槽的阴极电极，主要是铂钴、铂铈、铂镍催化剂负载在 20X20cm 的碳纸上，如下所示。

型号	说明
Dura-GDE® 5PtRu400P	0.5mg PtRu/cm <sup>2</sup> Carbon Paper (0.4mm)
Dura-GDE® 5PtCo400P	0.5mg PtCo/cm <sup>2</sup> Carbon Paper (0.4mm)
Dura-GDE® 5PtNi400P	0.5mg PtNi/cm <sup>2</sup> Carbon Paper (0.4mm)

#### 1.4.8 AEM 电解槽阳极电极

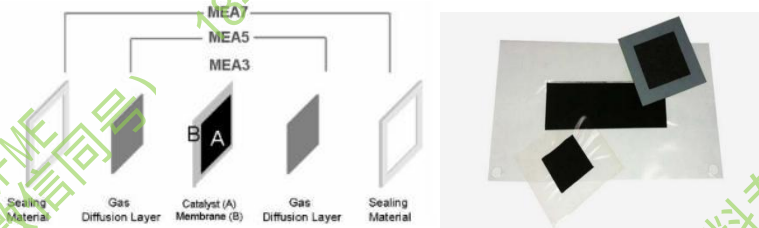
用于 AEM 电解槽的阳极电极，主要是 60%，80%，90%，100% 的铁酸镍负载在 20X20cm 的镍网上，如下所示。

型号	说明
Dura-PTL® 20NiFe060C	2 mg NiFe060C/cm <sup>2</sup> Nickel Mesh (1mm)
Dura-PTL® 20NiFe080C	2 mg NiFe080C/cm <sup>2</sup> Nickel Mesh (1mm)
Dura-PTL® 20NiFe090C	2 mg NiFe090C/cm <sup>2</sup> Nickel Mesh (1mm)
Dura-PTL® 20NiFe0	2 mg NiFe0/cm <sup>2</sup> Nickel Mesh (1mm)

### 1.5 DURA-CCM & MEA 膜电极

膜电极是燃料电池和电解槽的核心部件，直接决定了最终设备的性能，现有的工艺主要有两种膜电极，一种是催化剂涂层膜电极 CCM，另一种是标准膜电极 MEA。

标准的膜电极 (MEA) 是一个 5 层结构，膜夹在气体扩散层 (GDL) 和催化剂层之间。还有一种被称为催化剂涂层膜电极 (CCM) 的 3 层结构，其催化剂直接喷涂于膜表面，没有气体扩散层，(如下图所示)



两种类型的膜电极主要区别在于是否有气体扩散层 GDL 和催化剂层的位置。在 5 层标准膜电极 MEA 中，GDL 是在碳布的一侧施加微孔层 (MPLs) 的碳纸或者碳布基板。经过 PTFE 疏水处理，有助于将催化层产生的水排出。微孔层由碳粉制成，用 PTFE 溶液制成浆体，并涂布于基板表面，增强其导电性的同时保持了开放的孔结构，允许气体进入催化层。这种结构更容易喷涂催化层，从而减低制作难度。

催化剂涂层膜电极 CCM (3 层 MEA) 没有气体扩散层 GDL，其主要用于气体扩散层结构的优化。在 CCM 中，催化剂直接喷涂在膜表面，离子膜变湿后会膨胀，这使得制作难度会更大，成本相对更高，Sainergy 公司目前有 Dura-CCM 和 Dura-MEA 两个系列的膜电极。

#### 1.5.1 Dura-CCM 催化剂涂层膜电极 (3 层)

Dura-CCM 催化剂涂层膜电极 Pt 负载量为 0.5mg/cm<sup>2</sup>，根据尺寸的不同，目前有 5cm<sup>2</sup>、25cm<sup>2</sup>、50cm<sup>2</sup>、100cm<sup>2</sup>、150cm<sup>2</sup>、300cm<sup>2</sup> 六个型号，同时，我们支持定制，如下所示。

型号	说明
----	----

Dura-CCM® 5Pt3L5	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Catalyst Coated Membrane, 2.25 x 2.25cm
Dura-CCM® 5Pt3L25	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Catalyst Coated Membrane, 5 x 5cm
Dura-CCM® 5Pt3L50	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Catalyst Coated Membrane, 7.1 x 7.1cm
Dura-CCM® 5Pt3L100	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Catalyst Coated Membrane, 10 x 10cm
Dura-CCM® 5Pt3L150	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Catalyst Coated Membrane, 10 x 15cm
Dura-CCM® 5Pt3L300	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Catalyst Coated Membrane, 20 x 15cm

### 1.5.2 Dura-MEA 标准膜电极 (5层)

Dura-MEA 标准膜电极 Pt 负载量为 0.5mg/cm<sup>2</sup>, 根据尺寸的不同, 目前有 5cm<sup>2</sup>、25cm<sup>2</sup>、50cm<sup>2</sup>、100cm<sup>2</sup>、150cm<sup>2</sup>、300cm<sup>2</sup> 六个型号, 同时, 我们支持定制, 如下所示。

型号	说明
Dura-MEA® 5Pt5L5	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Membrane Electrode Assembly, 2.25 x 2.25cm
Dura-MEA® 5Pt5L25	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Membrane Electrode Assembly, 5 x 5cm
Dura-MEA® 5Pt5L50	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Membrane Electrode Assembly, 7.1 x 7.1cm
Dura-MEA® 5Pt5L100	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Membrane Electrode Assembly, 10 x 10cm
Dura-MEA® 5Pt5L150	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Membrane Electrode Assembly, 10 x 15cm
Dura-MEA® 5Pt5L300	0.5 mg Pt/cm <sup>2</sup> Membrane Electrode Assembly, 20 x 15cm

### 1.6 DURA-SLATE 石墨双极板

双极板又称集流板, 是燃料电池重要部件之一。具有下述功能与性质: 分隔燃料与氧化剂, 阻止气体透过; 收集、传导电流, 电导率高; 设计与加工的流道, 可将气体均匀分配到电极的反应层进行电极反应; 能排出热量, 保持电池温场均匀; 耐蚀; 抗冲击和震动; 厚度薄; 重量轻; 同时成本低, 容易机械加工, 适合批量制造等。

双极板材料大致可分为 3 类: 炭质材料、金属材料及金属与炭质的复合材料。

**炭质材料。**炭质材料包括石墨、模压炭材料及膨胀(柔性)石墨。传统双极板采用致密石墨, 经机械加工制成气体流道。石墨双极板化学性质稳定, 与 MEA 之间接触电阻小。

**金属材料。**铝, 镍, 钛及不锈钢等金属材料可用于制作双极板。金属双极板易加工, 可批量制造, 成本低, 厚度薄, 电池的体积比功率与比能量高。

**复合材料。**若双极板与 MEA 之间的接触电阻大, 欧姆电阻产生的极化损失多, 运行效率下降。在常用的各种双极板材料中, 石墨材料的接触电阻最小, 不锈钢和钛的表面均形成不导电的氧化物膜使接触电阻增高。



Dura-SLATE 石墨复合双极板在高温下具有高导电性, 高导热性和耐腐蚀性, 这些石墨

板可以在两侧进行机加工，连续性的生产可以保证产品的均匀性和材料质量，根据尺寸的不同，有以下型号。

型号	说明
Dura-SLATE® ST400	Graphite Composite Bipolar Plate, 35 cm x 50 cm x 4 mm
Dura-SLATE® ST400	Graphite Composite Bipolar Plate, 35 cm x 45 cm x 2 mm
Dura-SLATE® ST400	Graphite Composite Bipolar Plate, 25 cm x 35 cm x 2 mm

## 2 美国 Versogen (W7 Energy) 公司

Versogen 是全球领先的阴离子交换膜 (Anion Exchange Membrane) 和 AEM 水电解电堆研发与制造公司, 致力于实现绿色氢能的大规模产业化, 由特拉华大学的 Henry B. duPont 首席工程教授严玉山博士于 2017 年在美国特拉华州创立。公司位于美国特拉华州威名顿市, 坐落于环境优美的杜邦实验科学站。杜邦实验科学站设施完备, 专家齐全, 是众多传奇先进材料的摇篮、化工科研者的圣地, 为 Versogen 的成长与发展夯实坚实基础。

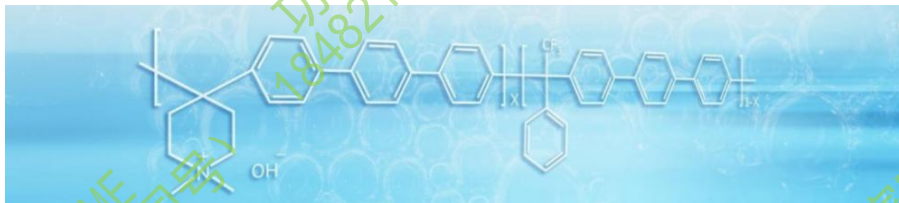


### 2.1 概述

Versogen 公司的核心产品是 PiperION 阴离子交换膜, 目前已广泛应用于 AEM 水电解制氢、氢燃料电池、二氧化碳还原等电化学设备中。作为电化学反应中的固态电解质和隔离膜, PiperION 阴离子交换膜能选择性的透过阴离子, 并阻隔阳离子、电子以及气体的穿透。具有离子传导率高 (150 mS/cm, OH<sup>-</sup>, 80°C), 碱稳定性高 (8000+h, 1 M KOH, 80°C) 和机械强度高 (67 MPa stress, 117% strain) 的特点。

相对于腐蚀性较强的 PEM (Proton Exchange Membrane, 质子交换膜, 如 Nafion 质子交换膜), AEM 水电解制氢能使用廉价的非贵金属催化剂以及镍金属双极板实现设备成本降低 60%。结合低成本的可再生能源, Versogen 的 AEM 水电解技术有望在 2050 年降低全球 36% 的碳排放量, 并创造 2.5 万亿美元的市场。

我们的离子膜提供了化学稳定性, 同时实现了高离子导电性和机械稳定性。例如, 当 5cm<sup>2</sup> 电解槽在阳极处加入纯水时, 使用镍基阳极催化剂和泡沫镍多孔传输层, PiperION 膜在 1.8V 下提供 1020mA/cm<sup>2</sup> 的电流密度, 在 200mA/cm<sup>2</sup> 下达到 160 小时的耐久性。



### 2.2 Versogen 自支撑阴离子膜

Versogen 自支撑阴离子膜 (Versogen Self-Supporting AEMs) 目前有 20um、40um、60um、80um 四种厚度的标准膜, 还有 13um、17um、25um、35um、65um、70um 六种厚度的非标准膜,

**注: 非标准膜后期会逐步停产。**

#### 2.2.1 PiperION-A20-HCO<sub>3</sub> 阴离子膜

这款自支撑阴离子交换膜, 较于目前市场上其他阴离子交换膜, 因其超薄的厚度 (20um) 以及碳酸氢根阴离子形式, 能直接应用于 AEM 氢燃料电池中, 无需繁杂的碱处理操作, 可以有效地简化电堆的组装工艺, 为氢燃料电池提供持久强劲的电力。

#### 2.2.2 PiperION-A40-HCO<sub>3</sub> 阴离子膜

这款自支撑阴离子交换膜因其出众的离子传导率和强韧的机械性能, 广泛应用于诸如二氧化碳还原等电化学电解槽中。40um 的厚度能从容应对电解槽中表面粗糙的金属气体扩散电极 (GDE, Gas Diffusion Electrode), 超高的离子传导率保证了电解槽效率不减, 稳定的机械强度可以轻松适应自动化装配。



### 2.2.3 PiperION-A60-HCO3 阴离子膜

这是 Versogen 公司开发的一款厚度为 60um 的自支撑阴离子交换膜，基于聚芳环哌啉 (PAP, Poly Aryl Piperidinium) 的有机高分子膜，通过结合高强度的芳环主链与耐强碱的二甲基哌啉离子官能团。

### 2.2.4 PiperION-A80-HCO3 阴离子膜

这是一款基于聚芳环哌啉 (PAP, Poly Aryl Piperidinium) 的有机高分子膜，结合了高强度的芳环主链与耐强碱的二甲基哌啉离子官能团，是专门为水电解制氢开发的 80um 高强度自支撑阴离子交换膜。更高的厚度，能在不牺牲电化学性能的前提下 (1.8V, 1.9A/cm<sup>2</sup>, 1 M KOH, 80°C)，实现直接生产高纯高压氢气 (99.9995%, 30 Bar)，并且具有极低的氢气渗透率 (1 × 10<sup>-13</sup> mol/(KPa · s · cm)，为 Nafion 质子交换膜的 50%)，安全可靠。

## 2.3 Versogen 复合阴离子膜

Versogen 复合阴离子膜 (AEMs)，是由功能化聚芳基哌啉树脂材料和微孔膨体聚四氟乙烯 (ePTFE) 载体制成的。微孔 ePTFE 显著提高了阴离子膜的机械稳定性。由于膜的一部分是惰性的，没有功能化树脂材料，因此复合膜的离子导电性通常比具有相同厚度的自支撑膜要低，机械增强膜也称为增强复合膜，是加压应用的理想选择，目前 Versogen 公司开发出了 10um 和 15um 的两款标准厚度复合阴离子膜，以及一款 22um 的非标准厚度复合阴离子膜。**注：受厂家产线调整等原因，复合阴离子膜已经停产。**

### 2.3.1 PiperION-A10R-HCO3 阴离子膜

这是 Versogen 公司研发的最新一款的复合阴离子交换膜，在超薄自支撑膜的基础上加入高度稳定的微孔膨体聚四氟乙烯，进一步降低膜的厚度到 10um。

### 2.3.2 PiperION-A15R-HCO3 阴离子膜

这款复合阴离子交换膜在超薄自支撑膜的基础上加入高度稳定的微孔膨体聚四氟乙烯 (ePTFE) 载体，进一步降低膜的厚度到 15um。复合膜具有更低的面积电阻率和更高的形变稳定性，在环境湿度变化时能保持更高的平整性，适用于追求高性能 AEM 燃料电池的应用以及自动化生产线。

阴离子交换膜	厚度 (μm)	基重 (g/m <sup>2</sup> )
PiperION™-A20-HCO3	20	22.6
PiperION™-A40-HCO3	40	45.2
PiperION™-A80-HCO3	80	90.4

物理性质	基本数值
<b>拉伸强度 (MPa)</b>	
PiperION™-A20-HCO3	>50
PiperION™-A40-HCO3	>50
PiperION™-A80-HCO3	>50
<b>杨氏模量</b>	
PiperION™-A20-HCO3	>30
PiperION™-A40-HCO3	>50
PiperION™-A80-HCO3	>50
<b>拉伸长度 (%)</b>	
PiperION™-A20-HCO3	>60
PiperION™-A40-HCO3	>60
PiperION™-A80-HCO3	>100
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.13
<b>其他性质</b>	
IEC (OH <sup>-</sup> , meq/g)	2.35
传导率 (mS/cm, OH <sup>-</sup> , 80 °C)	>150

湿膜性质	基本数值
溶胀率 (% , 80 °C, 1 M KOH)	8
吸水率 (% , 80 °C, 1 M KOH)	50

## 2.4 Versogen 阴离子膜溶液/树脂

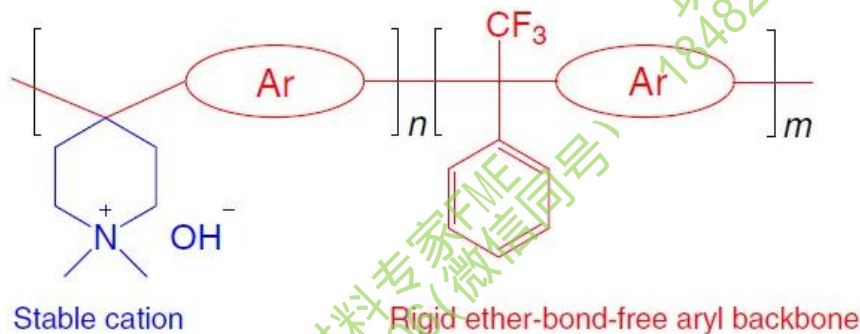
### 2.4.1 PiperION-A5-HCO3-EtOH

Versogen 阴离子膜分散液（也称为离子膜溶液、离聚体溶液、离子导电剂、Ionomer 等）是制作离子交换膜，膜电极等材料不可或缺的一种材料，Versogen 可提供 5wt% 的膜溶液，溶剂为乙醇，规格为 20mL。

### 2.4.2 PiperION-A-SOLID 树脂

除了离子膜溶液，为了便于运输，Versogen 公司可以提供粉末状的树脂粉末，通过简单的操作，即可以溶解在无水乙醇中制成膜溶液。

哌啶酮 AEM 由功能化聚芳基哌啶胺聚合物制成。聚芳基哌啶树脂材料的一般化学结构如下所示。



## 2.5 PiperION 膜的应用实例

### 2.5.1 AEM 水电解

ACS Catal.: Water-Fed Hydroxide Exchange Membrane Electrolyzer Enabled by a Fluoride-Incorporated Nickel - Iron Oxyhydroxide Oxygen Evolution Electrode  
doi.org/10.1021/acscatal.0c04200

结合 Versogen 专利独家的新型镍-铁阴极催化剂与 PiperION 阴离子膜，实现纯水高效电解制氢达到单电池  $1020 \text{ mA cm}^{-2}$  电密与 1.8 V 电压。为低成本规模生产绿氢打下科研基础。

ACS Appl. Mater. Interfaces: Performance and Durability of Pure-Water-Fed Anion Exchange Membrane Electrolyzers Using Baseline Materials and Operation  
doi.org/10.1021/acsam.1c06053

基于全商用材料的纯水水电解制氢对比研究，PiperION 阴离子交换膜实现单电池  $1 \text{ Acm}^{-2}$  电密与 1.9 V 电压，在性能与稳定性上都超过对比的商用阴离子交换膜。

### 2.5.2 燃料电池

Nat. Energy: Poly(aryl piperidinium) membranes and ionomers for hydroxide exchange membrane fuel cells doi.org/10.1038/s41560-019-0372-8

新型 PiperION 阴离子交换膜及交换树脂首次报道于 Nature Energy 杂志并获得美国专利 U.S patent 10,290,890。在使用低铂载量阴极催化剂，银纳米阳极催化剂和氢/空条件下实现  $920 \text{ mW cm}^{-2}$  的功率密度。

J. Electrochem. Soc.: High-Performance Hydroxide Exchange Membrane Fuel Cells

through Optimization of Relative Humidity, Backpressure and Catalyst Selection  
doi.org/10.1149/2.0361907jes

基于 PiperION 阴离子交换膜的氢燃料电池首次实现  $1.89 \text{ W cm}^{-2}$  的氢/氧最高功率密度和  $1.31 \text{ W cm}^{-2}$  的氢/空最高功率密度。

J. Electrochem. Soc.: Improving Performance and Durability of Low Temperature Direct Ammonia Fuel Cells: Effect of Backpressure and Oxygen Reduction Catalysts  
doi.org/10.1149/1945-7111/abdeca

通过优化背压与阳极催化剂, 基于 PiperION 阴离子交换膜的直接氨氧燃料电池创造了  $390 \text{ mW cm}^{-2}$  功率密度的高性能记录。

### 2.5.3 $\text{CO}_2$ 还原

Energy Environ. Sci.: High carbonate ion conductance of a robust PiperION membrane allows industrial current density and conversion in a zero-gap carbon dioxide electrolyzer cell doi.org/10.1039/d0ee02589e

基于 PiperION 阴离子交换膜的零间隙  $\text{CO}_2$  电解还原电池, 得益于 PiperION 的高离子传导率, 实现高性能 ( $j_{\text{CO}} > 1 \text{ A/cm}^2$ ), 高转化率 (45%) 与高选择性 (90%) 的  $\text{CO}_2$  还原生成 CO。为其工业化应用奠定基础, 变废为宝。

Nat. Energy: Operando cathode activation with alkali metal cations for high current density operation of water-fed zero-gap carbon dioxide electrolyzers  
doi.org/10.1038/s41560-021-00813-w

大尺寸的  $\text{CO}_2$  电解还原电池 (活性面积 =  $100 \text{ cm}^2$ ) 机理与稳定性研究, PiperION 阴离子交换膜表现出远超对手的高性能与高稳定性, 具有商业化应用前景。

## 2.6 PiperION 膜的运输和处理

### 2.6.1 膜的运输

离子膜附着在刚性基板载体上, 薄膜卷被用塑料包裹着, 拆卸外部塑料时, 确保不要刺穿刚性基板, 膜是干燥的, 以碳酸氢盐的形式运输和储存, 薄膜上有一个具有厚度、尺寸和样品 ID 的标签。

### 2.6.2 膜的处理

该膜以干燥的碳酸氢盐的形式运输, 未使用时, 将膜保持在提供的包装内。打开膜仅供直接使用。暴露在空气中会导致膜吸水, 从而导致膜起皱和膨胀。在干净、无尘的区域存放、搬运和处理该膜, 触摸时必须佩戴手套, 因为皮肤上的盐会将不需要的阴离子 (如  $\text{Cl}^-$ ) 污染离子膜, 若要使用该离子膜, 请取下盖板。然后, 将薄膜和背板一起切割到所需的尺寸, 小心地从背衬板上抽出膜。更换剩余隔膜上的盖板。

要从背板上去除膜, 请参考下图中所述的步骤。如果使用标准程序去除膜有困难, 请用去离子水弄湿纸巾并擦拭膜。膜会轻微褶皱, 从背板分离。由于此程序会导致膜内起皱, 因此只有在难以按照标准步骤剥离背板上的膜时才能使用。

小心处理, 避免折叠或覆盖膜, 因为这会导致离子膜破裂;

### 2.6.3 膜的预处理

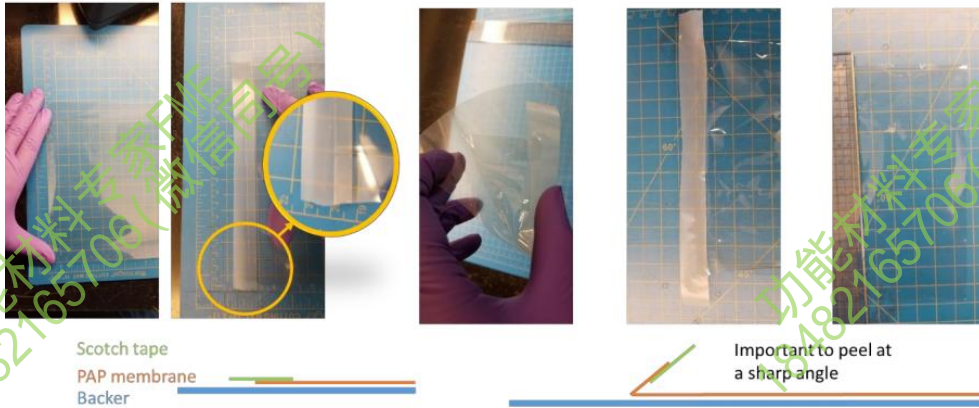
如果可以, 使用前将膜在环境条件下放置 1 小时, 去除盖板。对于氢氧化物交换膜燃料电池/电解应用, 膜应从碳酸氢盐形式转化为  $\text{OH}^-$  型, 以获得最佳的电导率。

要将膜转化为  $\text{OH}^-$  型, 请将膜置于  $0.5 \text{ M}$  氢氧化钠或氢氧化钾的水溶液中, 在室温下放置 1 小时。1 小时后, 用新鲜的  $0.5 \text{ M}$  氢氧化钠或氢氧化钾更换溶液, 并使膜在室温下再次浸泡 1 小时。两次浸泡后, 用去离子水冲洗滤膜 ( $\text{pH} \sim 7$ )。尽量减少暴露在环境空气中, 因为膜可以吸收  $\text{CO}_2$ , 导致膜转化为碳酸氢盐形式。

如果不允许将膜浸入水基中，可以通过缓慢增加通过膜的电流，将所有碳酸氢盐转化为氢氧化物。在转化期间，电导率的增加是膜中的氢氧化氢取代碳酸氢盐的指标，为了获得最佳性能，建议采用基础浸入式和磨合程序。

避免 OH 型的膜干燥。干燥条件下的长期储存应采用碳酸氢盐形式。

- 1) Place membrane on a flat surface
- 2) Place half of the width of the scotch tape across one of the cut ends of the membrane. Be sure to cover the entire membrane width
- 3) Lift the tape at a sharp angle with respect to the backer, as shown in the diagram below
- 4) Place the released membrane in a flat surface. Careful to avoid membrane getting bound onto the tape
- 5) Cut the edge that had the tape attached. The membrane is now ready to use. Sample is shipped in  $\text{HCO}_3^-$  form.



### 3 德国 FuMA Tech 公司

FuMA Tech (FUMATECH BWT GmbH) 公司位于德国，是一家主要从事燃料电池技术和膜分离技术领域，特别是水溶液处理的高科技公司。FuMA Tech 公司的 Dynamic Team 受益于其高素质人员，在聚合物化学、膜生产和膜分离技术方面拥有 25 年以上经验。

FuMA-Tech 公司离子交换膜使用领域包括：低温质子交换膜燃料电池 (LT-PEMFC)、高温质子交换膜燃料电池 (HT-PEMFC)、直接甲醇燃料电池 (DMFC)、碱性燃料电池 (AFC)、氧还原液流电池、电解槽和电渗析等。



FuMA-Tech 公司的产品丰富，包含有：阴离子交换膜 (AEM)、阳离子交换膜 (CEM/PEM)、双极膜 (BPM)；包含多个系列产品，其中 Fumion 系列为离聚体树脂，主要作为分散剂和粘合剂；Fumasep 系列主要用于电渗析和液流电池；Fumapem 主要用于燃料电池，包括 AFC、PEMFC、DMFC 等，Fumea 系列主要是水电解用催化剂涂层膜。

■ fumion®	ionomer resin as granular polymer, in solution form or in dispersion
■ fumion® FF	granular perfluorosulfonyl fluoride resin for extrusion
■ fumapem® F	perfluorosulfonic acid membranes for PEMFC
■ fumapem® AM	polybenzimidazole membranes for high temperature PEMFC
■ fumapem® ST	hydrocarbon membranes for DMFC and PEMFC
■ fumapem® P,E	hydrocarbon membranes for DMFC
■ fumapem® FAA	anion-exchange membrane for alkaline FC
■ fumasep® FAP	anion-exchange membrane for redox flow batteries
■ fumasep® FBM	bipolar membrane
■ fumasep® HF	hollow fibre cartridge for gas humidification
■ fumasep®	ion-exchange membranes for humidifier, electrodialysis and electrolysis
■ fumea®	catalyst coated membranes for water electrolysis

Fumasep 系列离子膜主要用于电渗析和液流电池，以标准板材尺寸提供，最大宽度为 1650mm，根据应用场景的不同，有标准等级膜、双极膜和电渗析膜、特殊等级膜等不同分类；

Type	Reinforcement	Thickness	IEC	Selectivity	Specific area resistance	Stability
		µm	meq/g	%	Ωcm <sup>2</sup>	pH
<b>Standard Grade Membranes</b>						
FAS	anion	none	10-50	1.6-1.8	94-97	0.4-0.8
FKS	cation	none	10-50	1.3-1.4	98-99	0.9-1.9
FKS	cation	polyester	75-130	0.8-1.2	98-99	2.0-4.5
FAS	anion	polyester	75-130	1.0-1.4	92-97	2.0-3.0
<b>Membranes for Electrodialysis with Bipolar Membranes</b>						
FAB	anion	PEEK	100-130	1.0-1.1	94-97	4-7
FKB	cation	PEEK	100-130	1.2-1.3	98-99	4-6
FBM	bipolar	PEEK	180-200	-	-	1-14
<b>Special Grade Membranes</b>						
FAD	anion	polyester	75-90	1.5-1.7	>85	0.4-0.8
FKD	cation	PEEK	75-90	1.2-1.4	>94	1.0-1.2
FAP	anion	PEEK/PTFE	130-160	1.1-1.3	>91	1.1-1.3
FAA-3	anion	PEEK	100-130	1.4-1.6	94-96	1.9-2.5
FKL	cation	PEEK	100-130	1.0-1.2	98-99	6-10
FAA-3	anion	none	10-50	1.9-2.1	92-95	0.2-0.7
FKE	cation	none	10-50	1.4-1.5	98-99	0.3-0.9

### 3.1 Fumasep 标准等级膜

Fumasep 标准等级膜主要有 FAS 阴离子膜和 FKS 阳离子膜两个系列产品，是电透析和反电透析的阴离子膜和阳离子膜，根据厚度、电导率、渗透选择性和面积电阻进行优化。推荐的应用包括海水淡化过程、盐、酸和碱的浓度、饮用水中除氮等，每种产品又分为加强膜和非加强膜，加强膜采用聚酯纤维 (polyester) 作为增强层。主要有以下几种型号。

#### 3.1.1 Fumasep FAS-30/50 阴离子膜

Fumasep FAS-30/50 是两款未经强化的厚度分别为 30um 和 50um 的阴离子交换膜 AEM，具有非常低的耐酸、高选择性、高稳定性。主要应用于：电渗析、电去离子和其他类似的电化学应用。FAS-30 的性能稳定环境为：T=25-50°C 时 pH=1-12；FAS-50 性能稳定环境为：T=25°C，pH=1-14。

fumasep®		FAS-30
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		brown, transparent
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		bromide form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	25 – 35
weight per unit area	mg cm <sup>2</sup>	3.5 – 4.4
ion exchange capacity	mmol g	1.6 – 2.0
area resistance in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.3 – 0.6
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	3 – 7
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	92 – 96
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	15 - 30
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 2
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>2</sup>	3000 - 4000
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1200 – 1700
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	25 – 40
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	20 – 40
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	30 – 60
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 2.5

a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25°C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

fumasep®		FAS-50
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		brown, transparent
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		bromide form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	45 – 55
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	6.0 – 8.5
ion exchange capacity (Cl <sup>-</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.6 - 2.0
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.6 – 1.5
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	3 – 8
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	92 - 96
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	10 – 25
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 - 1
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	1000 – 3000
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1000 – 1800
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	30 – 40
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	30 – 40
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	15 – 60
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 2.5
residual solvent / additive content	%	< 15

- a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.1.2 Fumasep FAS-PET-75/130 阴离子膜

Fumasep FAS-PET-75/130: 这是两款经PET(polyester)强化的厚度分别为75um和130um的阴离子交换膜AEM、具有极低的电阻、高选择性和高机械稳定性，同时在中性和酸性环境中具有高化学稳定性。主要用于电渗析除盐、脱盐应用等；其性能稳定环境：T=25°C，pH=0-9；

fumasep®		FAS-PET-75
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		brown
backing foil		none
reinforcement		PET
counter ion		bromide (Br <sup>-</sup> )
delivery form		dry
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	8.0 – 9.0
thickness (dry)	µm	70 – 80
ion exchange capacity (in Cl <sup>-</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.2 – 1.4
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	1.2 – 2.0
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	4.5 – 6.5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	94 – 97
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	15 – 25
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 2
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	1200 – 1900
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1600 – 2100
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	25 – 30
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	50 – 60
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	15 – 25
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
pH stability range at 25 °C	pH	0 – 8

- a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.1 M HCl / 0.1 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 23 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

fumasep®		FAS-PET-130
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		brown
backing foil		none
reinforcement		PET
counter ion		bromide (Br)
delivery form		dry
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	10.5 – 12.0
thickness (dry)	µm	110 – 130
ion exchange capacity (in Cl <sup>-</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.0 – 1.3
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	1.7 – 3.0
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	4 – 6
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	94 – 97
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	13 – 23
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	900 – 1500
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1300 – 1900
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	18 – 26
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	55 – 80
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	20 – 30
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
pH stability range at 25 °C	pH	0 – 8

- a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.1 M HCl / 0.1 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25°C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.1.3 Fumasep FKS-30/50 阳离子膜

Fumasep FKS-30/50: 这是两款未经强化的厚度分别为 30um 和 50um 的阳离子交换膜 CEM、具有极低的电阻、高选择性和高机械稳定性，同时在中性和酸性环境中具有高化学稳定性。主要用于电渗析除盐、脱盐应用等。

fumasep®		FKS-30
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		slightly brown, transparent
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		H form
delivery form		Dry
thickness (dry)	µm	21 – 26
ion exchange capacity (Na <sup>+</sup> form)	meq g <sup>-1</sup>	1.43
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.84
specific conductivity in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	3.9
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	99
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	22
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	2030 – 2480
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	46 – 60
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	46 – 66
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	128 – 190
hydroxyl (OH) transfer rate <sup>f)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	120 – 130
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	4.0 – 4.2
bubble point test in water at T = 25 °C	Bar	>3

- a) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.  
 f) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M NaOH / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.



fumasep®		FKS-50
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		brown, transparent
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		H form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	45 – 55
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	7.5 – 8.3
ion exchange capacity (Na <sup>+</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.2 – 1.4
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	1.8 – 2.5
specific conductivity in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	2.0 - 3.0
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	97 – 99
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	10 - 20
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 2
hydroxyl ion transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 2.5

a) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M NaOH / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25°C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.1.4 Fumasep FKS-PET-75/130 阳离子膜

Fumasep FKS-PET-75/130: 这是两款经PET(polyester)强化的厚度分别为75um和130um的阳离子交换膜CEM、具有极低的电阻、高选择性和高机械稳定性，同时在中性和酸性环境中具有高化学稳定性。主要用于电渗析除盐、脱盐应用等；其性能稳定环境：T=25°C，pH=0-9；

fumasep®		FKS-PET-75
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour <sup>a)</sup>		light creme
backing foil		none
reinforcement		PET
counter ion		H+ form
delivery form		dry
thickness	µm	74 – 87
weight per unit area (dry)	mg cm <sup>-2</sup>	8.1 – 9.1
ion exchange capacity (Na <sup>+</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.0 – 1.25
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 2.5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>c)</sup>	%	> 95
hydroxyl ion transfer rate <sup>d)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	80 – 350
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 1000
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 45
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	> 12
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
pH stability range at 25 °C	pH	0 – 9

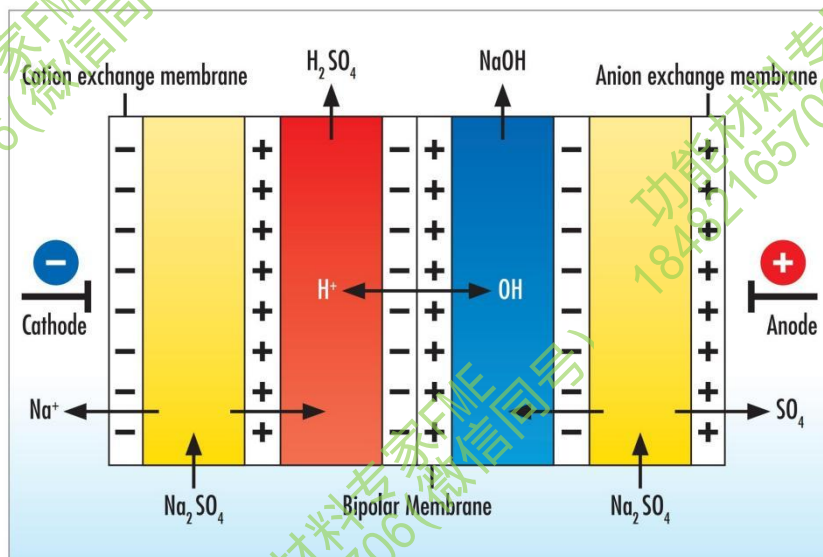
a) the color of the product may vary slightly.  
 b) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 c) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 d) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M NaOH / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25°C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

fumasep®		FKS-PET-130
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		light creme
backing foil		none
reinforcement		PET foil
counter ion		H form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	110 – 130
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	8.5 – 10.5
ion exchange capacity (Na <sup>+</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	0.75 – 0.85
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	2.6 – 4.6
specific conductivity in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	2.5 – 4.5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	96 – 99
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	15 – 25
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 1
hydroxyl ion transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	10 – 30
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1300 – 1900
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	20 – 25
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	60 – 80
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	20 – 40
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
pH stability range at 25 °C	pH	0 – 8

a) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*.  
 d) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.2 Fumasep 双极膜和电渗析膜

Fumasep 双极膜和电渗析膜 (Membranes for Electrodialysis with Bipolar Membranes) 是专为双极电透析而设计和优化的离子膜。包含有 Fumasep-FAB, Fumasep-FKB 和 Fumasep-FBM 三个系列，将三种膜互相组合形成的 EDBM 是将用于盐分离的传统电渗析与电化学水分离转化为盐、酸、碱的方式相组合的一套系统，如下图所示。



### 3.2.1 Fumasep FAB-PK-130 阴离子膜

Fumasep FAB-PK-130 是一款经 PK 强化的厚度为 130um 的阴离子交换膜 AEM，具有高质子阻断性、高选择性、高机械稳定性以及在酸性和碱性环境下的高化学稳定性。主要用于电渗析和双极膜电渗析，薄膜为薄棕色箔，以干燥形式输送。

fumasep®		FAB-PK-130
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour <sup>a)</sup>		brown, transparent
backing foil		none
reinforcement		PK
counter ion		bromide (Br)
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	110 – 150
ion exchange capacity (in Cl <sup>-</sup> form)	meq g <sup>-1</sup>	0.8 – 1.1
area resistance in Cl <sup>-</sup> form <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 8,5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>c)</sup>	%	> 93
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0
proton transfer rate <sup>e)</sup>	nmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	< 500
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	> 1000
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	40 – 70
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	10 – 30
burst point test in water at T = 25 °C	bar	> 3

- a) the color of the product may vary slightly.  
 b) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 c) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.1 M HCl / 0.1 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25°C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.2.2 Fumasep FKB-PK-130 阳离子膜

Fumasep FKB-PK-130 是一款经 PK 强化的厚度为 130um 的阳离子交换膜 CEM，具有高 OH<sup>-</sup> 阻断性、高选择性、高机械稳定性以及在酸性和碱性环境下的高化学稳定性。主要用于电渗析和双极膜电渗析，在 T=25°C 的碱性条件下性能稳定（如 4M KOH），薄膜为薄棕色箔，以干燥形式运输。

fumasep®		FKB-PK-130
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		brown
backing foil		none
reinforcement		PK
counter ion		protonic form (H <sup>+</sup> )
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	110 – 140
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	10 – 13
ion exchange capacity (as sodium form)	meq g <sup>-1</sup>	0.8 – 1.0
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	2.5 – 5.0
specific conductivity in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	2 – 3
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	96 – 99
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	10 – 30
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 2
hydroxyl transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	5 – 100
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1000 – 2000
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	15 – 30
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	50 – 80
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	20 – 50
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3

- a) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*.  
 d) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M NaOH / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) in H<sup>+</sup> form, membrane as received, determined by stress-strain measurement at T = 25°C and 50 % r.h., DIN EN 527-1.

### 3.2.3 Fumasep FBM-PK 双极膜

Fumasep FBM-PK 双极膜由一个阴离子交换层和一个阳离子交换层组成，采用独有的多层涂层生产技术制造。这种复合膜具有较高的化学稳定性，并经 PK 机械增强，在阴离子交换层 (AEM) 和阳离子交换层 (CEM) 之间的中间层，当离子层之间的电位差达到约 0.8 V 时，水被催化分解为 OH 和 H<sup>+</sup>。

Fumasep FBM-PK 双极膜结合了高选择性和效率，以及高 pH 范围内的高化学稳定性，优异的机械稳定性和低电阻。它非常适合从相应的盐中生产酸和碱，以及一些创新的概念，如生物燃料电池。

**预处理:** 薄膜以湿态交付，随时可用。根据使用场景的要求，在应用溶液或氯化钠溶液中冲洗膜，需要进行额外的清洁，膜片只能以湿态组装，不能让膜变干，因为收缩过程中可能会出现微裂纹。同时，膜在氯气 (Cl<sub>2</sub>) 环境下不稳定。

**储存与使用:** 未使用时，保持膜包装关闭/密封。在干净无尘的地方存放、处理和加工薄膜。切割薄膜时，只能使用新的锋利刀具或刀片，处理薄膜时，务必戴上防护手套。小心操作，不要刺破、弄皱或划伤薄膜，否则会发生泄漏。在搬运、检查、储存和安装过程中，所有与膜接触的表面必须光滑，没有尖锐的突起。请注意膜表面没有被表面活性剂污染。膜应储存在 1 M NaCl 溶液中，并放置在密闭容器中。对于较长时间的储存，建议使用在上述电解液内装有浓度为 1-3wt% 的亚硫酸钠 (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) 的密封容器，以避免生物污染。如果您对储存、化学稳定性和预处理有任何疑问，请随时与我们联系以获取更多信息。

fumasep®		FBM
membrane type		bipolar
appearance / colour		transparent / brown
backing foil		none
reinforcement		PK
counter ion		Na (CEL layer) / Cl (AEL layer)
delivery form		wet in NaCl solution
thickness (dry)	µm	130 - 160
weight per unit area (dry)	mg cm <sup>-2</sup>	15 - 17
dimensional swelling H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>a)</sup>	%	0
water splitting voltage at 100 mA cm <sup>-2</sup> b)	V	< 1.2
water splitting efficiency at 100 mA cm <sup>-2</sup> b)	%	> 98
maximum operation temperature	°C	40

a) reference membrane as received

b) in 0.5 M NaCl solution and 0.25 M Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> electrode rinse solution at 25 °C.

## 3.3 Fumasep 特殊等级膜

这是 Fumasep 系列经特殊改进的几款离子交换膜，其主要有 FAD、FKD、FAP、FAA-3、FAA-3-PK、FKL、FKE 七个系列。

### 3.3.1 Fumasep FAD-55/PET-75 阴离子膜

Fumasep-FAD 阴离子交换膜是一种既具有优良的质子和阴离子传输性能，又具有较高的金属离子截留效率的膜型。这一特性使得它很适合用于在扩散透析过程中回收自由酸和处理表面精加工、纺织过程的废浴液，根据工艺设计，用这种方法可回收高达 95% 的自由酸和高达 80% 的碱，并返回生产过程，从而节省精加工槽或废水处理所需的化学品。

Fumasep-FAD-55/PET-75 是两款阴离子交换膜，其中 Fumasep-FAD-55 未经 PET 加强，厚度为 55µm，Fumasep-FAD-PET-75 经 PET 加强，厚度为 75µm，两款离子膜均具有低电阻、

高酸转移率、高机械稳定性、酸性环境下高化学稳定性，薄膜为薄棕色箔，以干燥形式输送。

fumasep®		FAD-PET-75
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		light-brown
backing foil		none
reinforcement		PET
counter ion		chloride form (Cl)
delivery form		wet
thickness (dry)	µm	60 – 80
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	7.0 – 8.5
ion exchange capacity (as chloride form)	meq g <sup>-1</sup>	2.0 – 2.3
area resistance in Cl form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.25 – 0.50
specific conductivity in Cl form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	15 – 25
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	91 – 95
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	20 – 30
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 2
proton (H <sup>+</sup> ) transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	2000 – 5000
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1200 – 2000
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	15 – 25
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	40 – 70
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	15 – 50
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3

- a) in Cl form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*.  
 d) reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

fumasep®	unit	FAD-55
membrane type		anion exchange membrane
appearance <sup>a)</sup>		brown, transparent
backing foil		none
reinforcement		none
counter ion		bromide (Br)
delivery form		dry
additive		PEG
thickness (dry)	µm	50 – 60
weight per unit area (dry)	g m <sup>-2</sup>	70 – 90
area resistance in Cl form <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 1.0
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>c)</sup>	%	> 87
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	≤ 6
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 800
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 15
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	> 20
proton transfer rate <sup>f)</sup>	nmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	> 3000
burst test in water at T = 25 °C	bar	> 3
pH stability range at 25 °C	pH	0 – 8
operational temperature range	°C	15 – 40
Version <sup>g)</sup>	2.2	Valid from April 18 <sup>th</sup> 2021

- a) the color of the product may vary slightly.  
 b) in Cl form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 c) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 d) membrane as received versus stored in water for 24 hrs.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1 (without pretreatment)  
 f) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C  
 g) Changes without prior notices may apply.

### 3.3.2 Fumasep FKD-PK-75 阳离子膜

Fumasep FKD-PK-75 是一款经 PEEK (PK) 强化, 厚度为 75um 的阳离子膜, 以干燥形式运输, 主要用于对于扩散透析和碱回收, 根据设计工艺的不同, 可以回收高达 95% 的游离酸和高达 80% 的碱, 并返回到生产过程中, 从而节省精加工槽或废水处理所需的化学品。

fumasep®		FKD-PK-75
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		brown, transparent
backing foil		none
reinforcement		PEEK (PK)
counter ion		sodium form (Na <sup>+</sup> )
delivery form		wet (2 wt% NaCl solution)
thickness (dry)	µm	70 – 80
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	9 – 10
ion exchange capacity (Na <sup>+</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.4 – 1.6
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	1.5 – 2.0
specific conductivity in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	4 – 5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	96 – 99
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	20 – 30
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 1
hydroxyl ion transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	300 – 600
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	2000 – 2500
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	30 – 40
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	> 50
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	> 15
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 2.5
residual solvent / additive content	%	< 3

a) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).

b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.

c) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.

d) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.

e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.1 M NaOH / 0.1 M NaCl @ T = 25 °C.

f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.3.3 Fumasep FAP-450/FAPQ-330 阴离子膜

Fumasep FAP 阴离子膜是一种耐氯阴离子交换膜, 它也允许质子的传输, 该膜主要用于要求具有优异氧化稳定性、低面积电阻和高机械强度的高渗透选择性膜的应用。有 FAP-450 和 FAPQ-330 两款。

Fumasep FAP-450: 这是一款厚度为 50um 的氟化阴离子膜 AEM, 具有电阻低, 对钒离子的阻隔能力强, 在酸环境中稳定性高等特点。主要用于氧化还原液流电池, 如采用水性酸性条件的钒氧化还原液流电池 (VRB), 其性能稳定环境: 室温, 酸性环境 pH < 4; 当环境中 pH > 6 时其离子电导率低。在碱性环境 (pH > 11) 中不稳定。薄膜为透明色箔。

Fumasep FAPQ-330: 这是一款厚度为 30um 的部分氟化阴离子膜 AEM, 具有电阻低, 高氧化稳定性, 耐氯性和强酸性稳定性等特点。主要用于要求具有高氧化稳定性和高抗氯性的阴离子交换膜的电化学过程。其性能稳定环境: 25-50 °C; 酸性和 pH 中性环境, 在碱性环境 (pH > 9) 中不稳定。薄膜是透明的, 在背衬层 (无色刚性 PET 箔) 上运输。

fumasep®		FAP-450
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		transparent
backing foil		PET foil on one side
reinforcement		none
counter ion		none
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	45 – 55
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	7.5 – 8.5
area resistance in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.45 – 0.60
conductivity in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	9 – 12
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	90 - 96
uptake in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	15 - 25
dimensional swelling in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	10 – 12
uptake in vanadyl sulfate at T = 25°C <sup>e)</sup>	wt %	12 - 18
dimensional swelling in vanadyl sulfate at T = 25°C <sup>d)</sup>	%	10 – 12
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	2500 - 4500
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	900 – 1200
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	24 – 30
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	40 – 60
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	> 250
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 4

- a) in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution @ T = 25 °C, measured in two-electrode cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) reference membrane as received  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.1 M HCl / 0.1 M NaCl @ T = 25 °C  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1

fumasep®		FAPQ-330
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		slightly opaque
backing foil		PET
reinforcement		None
counter ion		chloride / methylsulfate
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	25 – 35
weight per unit area	mg cm <sup>2</sup>	4.0 – 5.0
area resistance in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.35
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 85
dimensional swelling in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>c)</sup>	%	< 8
proton transfer rate <sup>d)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	> 5.500
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	600 – 1200
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	20 – 35
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	20 – 45
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	150 – 250
burst test in water at T = 25 °C	bar	> 3

- a) in specific solutions @ T = 25 °C, measured in two-electrode cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) reference membrane as received  
 d) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.3.4 Fumasep FAA-3 阴离子膜

Fumasep FAA-3 阴离子膜是一种用于电渗析的碱性环境中稳定的阴离子交换膜，目前有 FAA-3-20、FAA-3-30、FAA-3-PE-30、FAA-3-50、FAA-3-PK-75、FAA-3-PK-130 六款型号。

Fumasep FAA-3-20: 这是一款厚度为 20µm 的阴离子交换膜 AEM，在酸性和碱性环境中均具有低电阻、高选择性、高稳定性等特点。主要用于无氢氧化钾或低氢氧化钾浓度的碱性燃料电池。性能稳定环境：pH=1-12，温度=25-50℃。薄膜为薄棕色箔，夹在纸层上运输（这一型号目前厂家已经停产，仅有少量小尺寸样品可以提供。）

fumasep®		FAA-3-20
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		transparent / light brown
backing foil		PET
reinforcement		none
thickness (dry)	µm	18 - 22
ion exchange capacity	mmol g <sup>-1</sup>	1.65 - 1.85
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 2,0
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	> 5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 90
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	7
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 2

a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.

Fumasep FAA-3-30: 这是一款厚度为 26-34µm 的阴离子交换膜 AEM，在酸性和碱性环境中均具有低电阻、高选择性、高稳定性等特点。主要用于有机氧化还原流动应用或有机金属带电载体。性能稳定环境：pH=1-12，温度=25-50°C。薄膜为薄棕色箔，夹在纸层上运输。

fumasep®	unit	FAA-3-30
membrane type		anion exchange membrane
appearance		brown, transparent
backing foil		PET
reinforcement		none
thickness (dry)	µm	26 - 34
ion exchange capacity	mmol g <sup>-1</sup>	1.67 - 2.04
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 2.0
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	> 5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 90
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	< 19
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 2
Version <sup>e)</sup>	2.1	Valid from August 20 <sup>th</sup> 2020

a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) Changes without prior notices may apply.

Fumasep FAA-3-PE-30: 这是一款经 PE 强化的厚度为 30µm 的阴离子交换膜 AEM，低电阻、高选择性、高稳定性。主要用于有机氧化还原流应用或有机金属带电载体 (Organic Redox-Flow applications or organometallic charged bearer) 薄膜为薄棕色箔，在背衬箔 (无色刚性 PET 箔) 上运输。(这一型号目前厂家已经停产，仅有少量小尺寸样品可以提供。)



fumasep <sup>®</sup>		FAA-3-PE-30
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		brown, slightly opaque
backing foil		PET foil
reinforcement		PE
counter ion		bromide form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	20 - 30
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	2.0 - 2.8
ion exchange capacity (Cl <sup>-</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.4 - 1.6
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.8 - 1.3
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	1.5 - 2.0
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	94 - 98
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	15 - 20
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 - 1
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	1000 - 2000
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1000 - 1500
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	30 - 40
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	40 - 50
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	30 - 50
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3

- a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

Fumasep FAA-3-50: 这是一款未经强化的厚度为 50µm 的阴离子交换膜 AEM, 在酸性和碱性环境中具有低电阻、高选择性、高稳定性。主要用于需要低面积电阻的阴离子交换膜的电化应用。薄膜为薄棕色箔, 在背衬箔 (无色刚性 PET 箔) 上运输。

fumasep <sup>®</sup>		FAA-3-50
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		brown, transparent
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		bromide form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	45 - 55
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	6.0 - 8.5
ion exchange capacity (Cl <sup>-</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.6 - 2.1
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.6 - 1.5
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	3 - 8
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	92 - 96
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	10 - 25
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 - 2
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	1000 - 3000
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1000 - 1800
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	25 - 40
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	25 - 40
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	15 - 60
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 2.5
stability range at T = 25 °C	pH	0 - 14
residual solvent / additive content	%	< 15

- a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

Fumasep FAA-3-PK-75: 这是一款经 PK 强化的厚度为 75µm 的阴离子交换膜 AEM, 在酸性和碱性环境中具有低电阻、高选择性、高稳定性。主要用于电解去离子、电渗析除盐, 温度低于 50°C, pH=9-12 的碱性水电解, 海水淡化以及其他等。薄膜为薄棕色箔, 在背衬箔 (无色刚性 PET 箔) 上运输。

fumasep®		FAA-3-PK-75
membrane type		anion exchange membrane
appearance / colour		brown
backing foil		none
reinforcement		PK
counter ion		bromide (Br)
delivery form		dry
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	7.0 – 9.0
thickness (dry)	µm	70 – 80
ion exchange capacity (in Cl <sup>-</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.2 – 1.4
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	1.2 – 2.0
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	4.5 – 6.5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	94 – 97
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	10 – 20
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 2
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>2</sup>	500 – 1500
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1200 – 2300
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	20 – 40
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	30 – 60
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	10 – 30
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 2
pH stability range at 25 °C	pH	0 – 14

a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).

b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.

c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.

d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.

e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.1 M HCl / 0.1 M NaCl @ T = 25 °C.

f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

Fumasep FAA-3-PK-130: 这是一款经 PK 强化的厚度为 130µm 的阴离子交换膜 AEM, 具有高质子阻断能力、高选择性、高机械稳定性, 以及在酸性和碱性环境下的高化学稳定性。主要用于无氢氧化钾或低氢氧化钾浓度的碱性燃料电池及相关应用。性能稳定环境范围: pH=1-14; 温度=25-50°C。薄膜为薄棕色箔, 在纸层上运输。

fumasep®		FAA-3-PK-130
membrane type		anion exchange membrane
appearance		brown
backing foil		none
reinforcement		PK
counter ion		bromide (Br)
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	110 – 130
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	10 – 13
ion exchange capacity (in Cl <sup>-</sup> form)	meq g <sup>-1</sup>	1.1 – 1.4
area resistance in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	1.8 – 4.0
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	4.0 – 8.0
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	93 – 98
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	10 – 25
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 – 2
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>2</sup>	800 – 2500
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1000 – 1800
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	20 – 80
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	40 – 80
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	15 – 40
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
pH stability range at 25 °C	pH	0 - 14

a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane).

b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.

c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.

d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.

e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.1 M HCl / 0.1 M NaCl @ T = 25 °C.

f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.3.5 Fumasep FKL-PK-130 阳离子膜

Fumasep FKL 阳离子膜是一种通过电渗析浓缩碱的阳离子交换膜, 有 Fumasep FKL-PK-130 一种型号, 这是一款经 PK 强化, 厚度为 130µm 的阳离子交换膜, 具有高羟基阻

断能力，高选择性高，高机械稳定性，在酸性和碱性环境中的高化学稳定性。主要用于浓缩碱性溶液、电透析和双极膜电渗析等。性能稳定性范围，在 T=25°C 的酸性和碱性条件下保持稳定。

fumasep®		FKL-PK-130
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		brown
backing foil		none
reinforcement		PK
counter ion		protonic form (H <sup>+</sup> )
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	110 – 140
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	10 – 13
ion exchange capacity	meq g <sup>-1</sup>	0.6 – 0.8
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	3 – 10
specific conductivity in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	1 - 4
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	96 – 99
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	10 - 25
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 - 2
hydroxyl (OH) transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	5 - 50
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1000 – 2000
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	20 – 30
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	50 – 80
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	20 – 50
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	>3

a) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane)  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell  
 c) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M NaOH / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) in H<sup>+</sup> form, membrane as received, determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., DIN EN 527-1.

### 3.3.6 Fumasep FKE-50 阳离子膜

Fumasep FKE 是一种具有高选择性的薄阳离子交换膜和质子导体，有 Fumasep FKE-50 一种型号，这是一款未经强化，厚度为 50µm 的阳离子交换膜，在 pH 酸性和碱性环境中具有低阻力、高选择性和高稳定性。主要应用于脱盐、电渗析去离子等场合。

fumasep®		FKE-50
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		brown, transparent
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		H form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	45 – 55
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	7.5 – 8.5
ion exchange capacity (Na <sup>+</sup> form)	mmol g <sup>-1</sup>	1.4 – 1.5
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	1.5 – 2.3
specific conductivity in Na <sup>+</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	2.5 – 3.5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	97 – 99
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	15 – 35
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	0 / 2
hydroxyl ion transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	200 – 500
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	1500 – 2500
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	40 – 60
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	50 – 80
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	50 - 250
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 2.5

a) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane)  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell  
 c) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) in H<sup>+</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.4 Fumasep 电解用氟化膜

Fumasep-F 型离子膜是基于全氟磺酸/PTFE 的阳离子交换膜，具有优异的化学稳定性和离子电导性，主要用于电解。这些膜有和没有加强，均具有很高的机械强度和化学稳定性。进一步的应用是生产次氯酸钠和次氯酸进行水消毒，主要有 Fumasep-FS-830、Fumasep-FS-930、Fumasep-FS-950、Fumasep-FS-990-PK、Fumasep-F-930-RFD、Fumasep-F-1850、Fumasep-F-10120、Fumasep-F-10120-PK、Fumasep-E-620(K)、Fumasep-E-620-PE(K) 十种型号。(目前 Fumasep-E-620(K)、Fumasep-E-620-PE(K) 这两个型号厂家已经停产，只能提供少量小尺寸的样品。)

### 3.4.1 Fumasep-FS-830 阳离子膜

fumasep®		FS-830
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent
backing foil		PET
reinforcement		none
counter ion		H <sup>+</sup> form
delivery form		Dry
thickness (dry)	µm	26 - 32
weight per unit area	g cm <sup>-2</sup>	5.8 - 7.0
area resistance in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.11
area resistance in 0.25 M VOSO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.26
area resistance in 0.25 M (VO) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.15
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 98
uptake in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	< 12
dimensional swelling in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 15
uptake in vanadyl sulfate at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	< 5
dimensional swelling in vanadyl sulfate at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 4
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	260 - 320
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	19 - 27
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	38 - 50
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	90 - 150
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
proton transfer rate <sup>f)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	> 10.000

a) measured in two-electrode cell (through-plate) at T = 25 °C.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) reference membrane as received.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.  
 f) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.

### 3.4.2 Fumasep-FS-930 阳离子膜

fumasep®	unit	FS-930
membrane type		cation exchange membrane
appearance / color		transparent
backing foil		PET
reinforcement		none
counter ion		H <sup>+</sup> form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	26 - 34
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	5.6 - 7.3
area resistance in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.1
conductivity in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	> 33
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 98
uptake in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	< 18
dimensional swelling in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 11
uptake in vanadyl sulfate at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	< 6
dimensional swelling in vanadyl sulfate at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 6
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 200
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 10
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 25
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	> 140
proton transfer rate <sup>f)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	> 28000
Version <sup>g)</sup>	2.1	Valid from August 20 <sup>th</sup> 2020

a) in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution @ T = 25 °C, measured in two-electrode cell (through-plate), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min. before measurement  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min. before measurement  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo  
 d) reference membrane as received, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min. before measurement  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min. before measurement  
 f) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C  
 g) Changes without prior notices may apply.

### 3.4.3 Fumasep-FS-950 阳离子膜

fumasep®		FS-950
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent
backing foil		PET
reinforcement		none
counter ion		H <sup>+</sup> form
delivery form		Dry
thickness (dry)	µm	45 -55
weight per unit area	g cm <sup>-2</sup>	8,2 – 9,2
area resistance in 0,5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0,1
area resistance in 0,25 M VOSO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0,3
area resistance in 0,25 M (VO) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0,15
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 98
uptake in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	< 8
dimensional swelling in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 6
uptake in vanadyl sulfate at T =25°C <sup>c)</sup>	wt %	< 5
dimensional swelling in vanadyl sulfate at T =25°C <sup>d)</sup>	%	< 4
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	270 – 340
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	19 – 28
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	36 – 50
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	90 – 150
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
proton transfer rate <sup>f)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	> 8000

- a) measured in two-electrode cell (through-plane), T = 25 °C.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*.  
 d) reference membrane as received  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h. according to DIN EN 527-1.  
 f) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0,5 M HCl / 0,5 M NaCl @ T = 25 °C.

### 3.4.4 Fumasep-FS-990-PK 阳离子膜

fumasep®		FS-990-PK
membrane type		cation exchange membrane
appearance <sup>a)</sup>		slightly brownish
backing foil		PET
reinforcement		PK
counter ion		H form
delivery form		dry
thickness	µm	85 – 105
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	13 – 17
Dimensional swelling X-Y	%	< 2
IEC	meq.g <sup>-1</sup>	1,1 – 1,25
In-plane conductivity @ 25 °C	mS.cm <sup>-1</sup>	> 60
Through-plane conductivity @ 25 °C	mOhm.cm <sup>2</sup>	< 300
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>b)</sup>	MPa	500 – 1000
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>c)</sup>	MPa	30 – 60
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>c)</sup>	%	> 20
burst test in water at T = 25 °C	bar	> 3

- a) the color of the product may vary slightly.  
 b) and c) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h. according to DIN EN 527-1.

### 3.4.5 Fumasep-F-930-RFD 阳离子膜

fumasep®		F-930-RFD
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent / slightly opaque
backing foil		PET
reinforcement		yes
counter ion		H <sup>+</sup> form
delivery form		Dry
thickness (dry)	µm	28 - 35
weight per unit area	g cm <sup>-2</sup>	5,9 – 7,7
area resistance in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0,21
area resistance in 0.25 M VOSO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0,3
area resistance in 0.25 M (VO) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0,6
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 97
uptake in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	< 8
dimensional swelling in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 6
uptake in vanadyl sulfate at T = 25°C <sup>c)</sup>	wt %	< 6
dimensional swelling in vanadyl sulfate at T = 25°C <sup>d)</sup>	%	< 4
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	290 – 340
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	37 – 49
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	80 – 150
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
proton transfer rate <sup>f)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	> 7.500

- a) measured in two-electrode cell (through-plane), T = 25 °C.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*.  
 d) reference membrane as received  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25°C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.  
 f) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C.

### 3. 4. 6 Fumasep-F-1850 阳离子膜

fumasep®		F-1850
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent, colourless
backing foil		PET (white)
reinforcement		none
thickness (dry)	µm	45 – 50
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	9,9 – 10,9
area resistance in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.3
conductivity in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	17.8
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	>99
uptake in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	6
dimensional swelling in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	4
uptake in vanadyl sulfate at T = 25°C <sup>c)</sup>	wt %	3
dimensional swelling in vanadyl sulfate at T = 25°C <sup>d)</sup>	%	4
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 230
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	8 – 12
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	24 – 30
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	360 – 390

- a) in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution @ T = 25 °C, measured in two-electrode cell (through-plane), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min. before measurement.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min. before measurement.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*.  
 d) reference membrane activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min. before measurement.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25°C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min. before measurement.

### 3. 4. 7 Fumasep-F-10120-PK 阳离子膜

fumasep®		F-10120-PK
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent, colourless
backing foil		PET foil
reinforcement		PK
counter ion		H-form
delivery form		dry (non-activated)
Lot No		M28571505
thickness (dry, as received)	µm	120 – 135
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	25
IEC (ion exchange capacity)	meq g <sup>-1</sup>	0.79
area resistance in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.33
conductivity in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	54.4
area resistance in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> and 0.4 M VOSO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.98
conductivity in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> and 0.4 M VOSO <sub>4</sub> <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	18.1
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	95
uptake in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	13
dimensional swelling in 2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	4
uptake in vanadyl sulfate at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	10
dimensional swelling in vanadyl sulfate at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	2
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	660 – 830
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	-
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	35 – 36
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	38 – 42
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3

a) measured in two-electrode cell (through-plane), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.  
 d) reference membrane stored in solution for 24 hrs, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1 measurement.

### 3.4.8 Fumasep-F-10120 阳离子膜

fumasep®		F-10120
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent, colourless
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		H-form
delivery form		dry
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	2.4
thickness (dry, as received)	µm	114 – 124
IEC (ion exchange capacity)	meq g <sup>-1</sup>	0.88 – 0.91
area resistance in 0.5 M NaCl <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.79
conductivity in 0.5M NaCl <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	14.3
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	93 – 94
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>c)</sup>	wt %	24
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>d)</sup>	%	13 – 14
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	205 – 218
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	9
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	27 – 31
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	235 – 277
proton transfer rate <sup>f)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	6910
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3

a) measured in two-electrode cell (through-plane), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vacuo.  
 d) reference membrane dried, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.  
 f) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.1 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min before measurement.

### 3.4.9 Fumasep-E-620 (K) 阳离子膜

fumasep®	unit	E-620 (K)
membrane type		cation exchange membrane
appearance <sup>a)</sup>		light brown, transparent
backing foil		PET
reinforcement		none
counter ion		K form
delivery form		dry
additive		PEG
thickness (dry)	µm	15 – 25
weight per unit area (dry)	g m <sup>-2</sup>	26 – 31
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 1.0
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>c)</sup>	%	> 96
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 3
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	
burst test in water at T = 25 °C	bar	> 2
pH stability range at 25 °C	pH	0 – 14
operational temperature range	°C	15 - 40
Version <sup>f)</sup>	2.2	Valid from March 14 <sup>th</sup> 2021

- a) the color of the product may vary slightly.  
 b) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane)  
 c) determined from membrane potential measurement in a concentration cell  
 d) membrane as received vs stored in water for 24 hrs at T = 25 °C.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1 (without pretreatment).  
 f) Changes without prior notices may apply.

### 3.4.10 Fumasep-E-620-PE (K) 阳离子膜

fumasep®	unit	E-620-PE (K)
membrane type		cation exchange membrane
appearance <sup>a)</sup>		slightly opaque
backing foil		PET
reinforcement		microporous PE
counter ion		K form
delivery form		dry
additive		PEG
thickness (dry)	µm	15 – 25
weight per unit area (dry)	g m <sup>-2</sup>	22 – 30
area resistance in Na <sup>+</sup> form <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 2.0
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>c)</sup>	%	> 97
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 2
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 500
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 10
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	> 20
burst test in water at T = 25 °C	bar	> 2.5
pH stability range at 25 °C	pH	0 – 14
operational temperature range	°C	15 - 40
Version <sup>f)</sup>	2.2	Valid from March 14 <sup>th</sup> 2021

- a) the color of the product may vary slightly.  
 b) in Na<sup>+</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane)  
 c) determined from membrane potential measurement in a concentration cell  
 d) membrane as received vs stored in water for 24 hrs at T = 25 °C.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1 (without pretreatment).  
 f) Changes without prior notices may apply.

## 3.5 Fumapem 系列阳离子膜



Fumapem-F-930、Fumapem-F-930-RFS、Fumapem-FS-930-RFS、Fumapem-F-950、Fumapem-F-14100 这五款阳离子膜是 Fumapem 系列的阳离子膜。

### 3.5.1 Fumapem-F-930 阳离子膜

fumapem®		F-930
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent, colourless
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		H-form
delivery form		dry (non-activated)
thickness (dry, as received)	µm	28-33
thickness (wet)	µm	30-37
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	9.5 – 9.6
IEC (ion exchange capacity)	meq g <sup>-1</sup>	0.95
area resistance in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.25
conductivity in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	11.3
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 90%
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>c)</sup>	wt %	23
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>d)</sup>	%	12 – 14
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	> 10,000
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	200 – 250
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	10 – 15
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	20 – 30
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	125 – 160
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 2

a) measured in 4-electrode cell (in-plane), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C for 30 min.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C for 30 min.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min.  
 d) reference membrane dried at ambient conditions (25 °C, 50 % r.h.), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min.

### 3.5.2 Fumapem-F-930-RFS 阳离子膜

fumapem®		F-930-RFS
membrane type		cation exchange membrane
appearance		transparent / colorless
backing foil		PET
reinforcement		yes
counter ion		H-form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	28 - 33
IEC (ion exchange capacity)	meq g <sup>-1</sup>	0.89-1.02
area resistance in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.15
conductivity in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	110
area resistance at 80 °C and 100 % rel. humid. <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.12
area resistance at 80 °C and 50 % rel. humid. <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.17
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>c)</sup>	wt %	15
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>d)</sup>	%	3
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 230
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 10
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 20
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	> 150

a) measured in two-electrode cell (through-plane), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.  
 b) determined from EIS during fuel cell operation  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.  
 d) reference membrane dried at ambient conditions (25 °C, 50 % r.h.), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.5.3 Fumapem-FS-930-RFS 阳离子膜

fumapem®		FS-930-RFS
membrane type		cation exchange membrane
appearance		transparent / colourless
backing foil		PET
reinforcement		yes
counter ion		H-form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	27-32
IEC (ion exchange capacity)	meq g <sup>-1</sup>	1.15
area resistance in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0.02
conductivity in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	> 120
area resistance at 80 °C and 100 % rel. humid. <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0,08
area resistance at 80 °C and 50 % rel. humid. <sup>b)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 0,14
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>c)</sup>	wt %	17
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>d)</sup>	%	10
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 250
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 10
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 20
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	> 150

- a) measured in two-electrode cell (through-plane), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.  
 b) determined from EIS during fuel cell operation  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.  
 d) reference membrane dried at ambient conditions (25 °C, 50 % r.h.), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

### 3.5.4 Fumapem-F-950 阳离子膜

fumapem®		F-950
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent, colourless
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		H-form
delivery form		dry (non-activated)
thickness (dry, as received)	µm	44 – 49
thickness (wet)	µm	47 – 55
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	9.5 – 9.6
IEC (ion exchange capacity)	meq g <sup>-1</sup>	0.95
area resistance in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.44
conductivity in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	11.3
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	93 – 94
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>c)</sup>	wt %	23
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>d)</sup>	%	12 – 14
proton transfer rate <sup>e)</sup>	µmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	> 10,000
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	500 – 550
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	13 – 17
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	MPa	30 – 35
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>f)</sup>	%	125 – 160
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3

- a) measured in 4-electrode cell (in-plane), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C for 30 min.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C for 30 min.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min.  
 d) reference membrane dried at ambient conditions (25 °C, 50 % r.h.), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min.  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min.  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 100 °C, 30 min.

### 3.5.5 Fumapem-F-14100 阳离子膜

fumapem®		F-14100
membrane type		cation exchange membrane
appearance / colour		transparent, colourless
backing foil		PET foil
reinforcement		none
counter ion		H-form
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	100 – 120
IEC (ion exchange capacity)	meq g <sup>-1</sup>	0.6 – 0.8
area resistance in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	0.2 – 0.3
conductivity in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	60 – 70
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 96
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>c)</sup>	wt %	15 - 25
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C in H-form <sup>d)</sup>	%	4 – 6
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	250 – 400
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	10 – 20
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	20 – 40
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>d)</sup>	%	> 300
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 4
pH stability range	pH	0 - 10

- a) measured in two-electrode cell (through-plane), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs.  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.  
 d) reference membrane dried at ambient conditions (25 °C, 50 % r.h.), sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.  
 e) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1, sample activated in 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, T = 80 °C, 24 hrs before measurement.

### 3.6 Fumapem 系列阴离子膜

Fumapem-FAA-3-PE-30、Fumapem-FAA-3-50 这两款阴离子膜是 Fumapem 系列的阴离子膜。

#### 3.6.1 Fumapem-FAA-3-PE-30 阴离子膜

fumapem®	unit	FAA-3-PE-30
membrane type		anion exchange membrane
appearance		brown, slightly opaque
backing foil		PET
reinforcement		PE
counter ion		bromide (Br)
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	20 – 30
weight per unit area	mg cm <sup>-2</sup>	2.0 – 2.8
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 1.3
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-2</sup>	> 1.5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 94
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	≤ 20
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 1
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	≥ 1500
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	MPa	> 40
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>e)</sup>	%	> 50
proton transfer rate <sup>f)</sup>	nmol min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	< 2000
bubble point test in water at T = 25 °C	bar	> 3
Version <sup>g)</sup>	2.1	Valid from August 20 <sup>th</sup> 2020

- a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.5 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane)  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell.  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received  
 e) determined from pH potential measurement in a concentration cell 0.5 M HCl / 0.5 M NaCl @ T = 25 °C  
 f) determined by stress-strain measurement at T = 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1  
 g) Changes without prior notices may apply.

#### 3.6.2 Fumapem-FAA-3-50 阴离子膜

fumapen®	unit	FAA-3-50
membrane type		anion exchange membrane
appearance		brown, transparent
backing foil		none
reinforcement		none
thickness (dry)	µm	47 – 53
ion exchange capacity	mmol g <sup>-1</sup>	1.46 – 1.80
area resistance in in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	Ω cm <sup>2</sup>	< 2.5
specific conductivity in Cl <sup>-</sup> form <sup>a)</sup>	mS cm <sup>-1</sup>	> 5
selectivity 0.1 / 0.5 mol/kg KCl at T = 25 °C <sup>b)</sup>	%	> 90
uptake in H <sub>2</sub> O at T = 25 °C <sup>c)</sup>	wt %	< 19
dimensional swelling in H <sub>2</sub> O at at T = 25 °C <sup>d)</sup>	%	< 2
Version <sup>e)</sup>	2.1	Valid from August 20 <sup>th</sup> 2020

- a) in Cl<sup>-</sup> form in 0.3 M NaCl @ T = 25 °C, measured in standard measuring cell (through-plane)  
 b) determined from membrane potential measurement in a concentration cell  
 c) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane dried over P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *in vacuo*  
 d) in Br<sup>-</sup> form, membrane as received stored in water for 24 hrs, reference membrane as received  
 e) Changes without prior notices may apply.

### 3.7 Fumasep-FAAM 系列阴离子膜

这是一系列具有三元铵基的阴离子交换膜，具有电阻低，选择性高，在酸性和腐蚀性环境下稳定性高。主要应用于水溶液氢氧化钾 (6-12M 氢氧化钾) 进行碱性电解，优先选择在阳极和阴极侧。性能稳定范围：6-12M 氢氧化钾，温度 < 100 °C。有 Fumasep-FAAM-15、Fumasep-FAAM-20、Fumasep-FAAM-40、Fumasep-FAAM-75-PK 四种型号，厚度分别为 15um、20um、40um、75um。

#### 3.7.1 Fumasep-FAAM-15 阴离子膜

fumasep®		FAAM-15
membrane type		anion exchange membrane
reinforcement		none
appearance / colour		Dark yellow to brown, transparent
backing (carrier foil)		PET foil
counter ion		none
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	13 - 17
thermal stability		No oxidation below 250 °C
pH durability range		stable under highly alkaline conditions
Young's modulus at 23 °C / 50 % r.h. <sup>1)</sup>	MPa	> 2000
yield strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>1)</sup>	MPa	> 100
tensile strength at 23 °C / 50 % r.h. <sup>1)</sup>	MPa	> 100
elongation at break at 23 °C / 50 % r.h. <sup>1)</sup>	%	> 30
treatment with 12 M aqueous KOH at 20 °C for 1 day <sup>2)</sup>		
thickness increase	%	25 – 40
length increase	%	0 – 2
swelling (hydration)	wt %	40 – 60

- 1) determined by stress-strain measurement at 25°C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.  
 2) Treatment with alkaline solution was performed in closed container to avoid CO<sub>2</sub> contact.

#### 3.7.2 Fumasep-FAAM-20 阴离子膜

fumasep®		FAAM-20
membrane type		anion exchange membrane
reinforcement		none
appearance / colour		brown, transparent
backing (carrier foil)		on PET
counter ion		none
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	18-22
Young modulus (dry)	MPa	> 1000
Temperature durability (dry)		No oxidation below 250 °C
pH durability range		stable under highly alkaline conditions
Pressure operation		Not tested above 1 bar difference
treatment with 12 M aqueous KOH at 20 °C for 1 day <sup>1)</sup>		
thickness increase	%	25 – 40
length increase	%	0 – 2
swelling (hydration)	wt %	40 – 60

<sup>1)</sup> Treatment with alkaline solution was performed in closed container to avoid CO<sub>2</sub> contact.

### 3.7.3 Fumasep-FAAM-40 阴离子膜

fumasep®		FAAM-40
membrane type		anion exchange membrane
reinforcement		none
appearance / colour		brown, transparent
backing (carrier foil)		on PET
counter ion		none
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	37-43
Young modulus (dry)	MPa	> 1000
Temperature durability (dry)		No oxidation below 250 °C
pH durability range		stable under highly alkaline conditions
Pressure operation		Not tested above 1 bar difference
treatment with 12 M aqueous KOH at 20 °C for 1 day <sup>1)</sup>		
thickness increase	%	25 – 40
length increase	%	0 – 2
swelling (hydration)	wt %	40 – 60

<sup>1)</sup> Treatment with alkaline solution was performed in closed container to avoid CO<sub>2</sub> contact.

### 3.7.4 Fumasep-FAAM-75-PK 阴离子膜

fumasep®	unit	FAAM-75-PK
membrane type		anion exchange membrane
functional group		ternary ammonium group
reinforcement		PEEK
appearance <sup>a)</sup>		brown, transparent
backing foil		none
counter ion		none
delivery form		dry
thickness (dry)	µm	60 – 80
Young modulus (dry) <sup>b)</sup>	MPa	> 1000
temperature durability (dry)		no oxidation below 250 °C
pH durability range		stable under highly alkaline conditions
pressure operation		not tested
treatment with 12 M aqueous KOH at 20 °C for 1 day <sup>c)</sup>		
thickness increase	%	20 - 40
length increase	%	< 2
swelling (hydration)	wt %	40 - 60
Version <sup>d)</sup>	2.2	Valid from November 26 <sup>th</sup> 2020

a) The colour of the product may vary slightly.

b) determined by stress-strain measurement at 1 ± 25 °C and 50 % r.h., according to DIN EN 527-1.

c) Treatment with alkaline solution was performed in closed container to avoid CO<sub>2</sub> contact.

d) Changes without prior notices may apply.

### 3.8 Fumion 阴离子膜溶液

#### 3.8.1 Fumion FAA-3-SOLUT-10 离子膜溶液

Fumion FAA-3-SOLUT-10 是一种阴离子交换离聚体，是一种多环芳烃聚合物，采用 N-甲基吡咯烷酮（NMP）作为溶剂，呈现棕色透明状，该溶液可随时使用，无需额外添加剂，在使用 FuMA Tech 的阴离子膜时，作为粘合剂将催化剂、阴离子膜和气体扩散层固定在一起，这种膜的聚合物主链基于专有碳氢树脂。

#### fumion® FAA-3 solution in NMP (10%)

fumion® solution		FAA-3
ionomer type		anion exchange ionomer
polymer type		polyaromatic polymer
appearance / colour		brown, transparent solution
solvent		N-methyl-2-pyrrolidone (NMP)
concentration <sup>1)</sup>	wt%	8 - 12
solution viscosity at 25 °C	mPa s	< 20
functional group		quaternary ammonium group
counter ion		bromide (Br)
boiling point of NMP	°C	203
additive (defoamer, wetting, anti-cratering)	%	optional

1) determined by drying at T = 80 °C for 24 hrs.

#### 3.8.2 Fumion 膜溶液运输与储存

1. 未使用时，请保持溶液包装关闭/密封。仅在直接使用而打开，并在打开后立即处理。在干净无尘的地方存放和运输。

2. 处理溶液时，务必戴上防护手套和护目镜，Fumion 膜溶液包含 NMP 和具有季铵官能团（反离子溴）的多环芳烃聚合物。

3. 使用前摇匀，Fumion 膜溶液中的酒精或水混合物可能会沉淀离聚物。不过，用极性有机溶剂如 NMP、DMAc 和 DMF 稀释溶液是可行的，没有沉淀。

4. 建议的储存条件：储存在运输容器中（封闭），避免直接暴露在阳光和湿度下。长期储存的储存温度：5°C（保持凉爽），可能在 15-35°C 下短期储存数周。预期保质期：25°C 下 4 个月的保质期（溶液易于凝胶化）。

**请注意，如果溶剂长时间与瓶盖直接接触，则分散液中含有的溶剂可能会损害瓶盖的密封。我们建议在收到货物后立即将瓶子直立存放，以减少意外泄漏的可能性。**

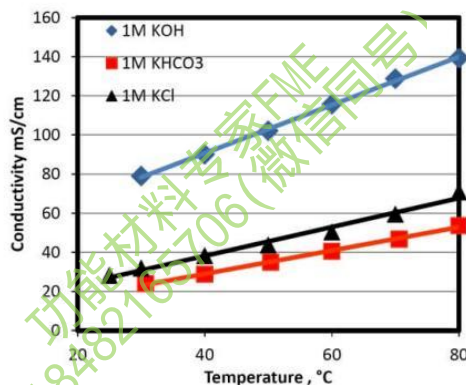
## 4 美国 Dioxide Materials 公司

Dioxide Materials 公司是全球二氧化碳技术应用于开发的领先机构，他们正在创建一个使用二氧化碳和可再生能源合成高价值燃料和化学品的全新的化学价值链，将二氧化碳从废气转化为高价值的化工产品，Dioxide Materials 公司主要产品有 Sustainion 阴离子膜及其膜溶液、AEM 电解槽测试夹具、CO<sub>2</sub> 电解槽测试夹具、CO<sub>2</sub>-甲酸电解槽测试夹具、测试系统配件等。



### 4.1 Sustainion 阴离子膜

Dioxide Materials 公司生产的 Sustainion 品牌碱性阴离子交换膜，主要有 Sustainion X37-FA、X37-50 Grade T、X37-50 Grade RT、X37-50 Grade 60、B22-50 Grade T、E28-50 Grade T、E30-50 Grade T 七种型号。Sustainion X37 膜对在 KOH、KHCO<sub>3</sub>、KCl 中的阴离子导电性如下图所示。



#### 4.1.1 Sustainion X37-FA 阴离子膜

这款阴离子交换膜使用 TMIM 配体，IEC=1，pH=2-14，1M KOH 中的电阻=0.15 Ω/cm<sup>2</sup>；在 0.01M KHCO<sub>3</sub> 中的电阻=1 Ω/cm<sup>2</sup>；厚度为 50um（干膜状态），推荐用于电解槽。设计用于中等碱性的电解质，经活化后可用于室温甲酸电解槽，这些是具有较低交联度的特殊膜，在二氧化碳转甲酸电解槽中表现出优越的性能。

#### 4.1.2 Sustainion X37-50 Grade RT 阴离子膜

这款阴离子交换膜的厚度为 50um（干膜状态）。它们是设计用于支持电解质。它在 AEM 水电解槽和二氧化碳电解槽中表现优异，膜将与乙二醇增塑剂一起装运，以防止开裂，增塑剂将在活化过程中被洗掉。

#### 4.1.3 Sustainion X37-50 Grade 60 阴离子膜

这款阴离子交换膜使用 TMIM 配体，IEC=1.2，PH=2-14，1M KOH 中的电阻=0.10 Ω/cm<sup>2</sup>；在 0.01M KHCO<sub>3</sub> 中的电阻=0.3 Ω/cm<sup>2</sup>；厚度为 50um（干膜状态），设计用于支持电解质。推荐用于 AEM 水电解槽和二氧化碳电解槽，这是一种含有极低浓度乙二醇增塑剂的专用膜，缺少增塑剂使这些膜更脆。

#### 4.1.4 Sustainion X37-50 Grade T 阴离子膜

这是一款带有 PTFE 支架的碱性阴离子交换膜，以 TMIM 为配体，IEC=1.2，PH=2-13，1M KOH 中的电阻=0.20 Ω/cm<sup>2</sup>；在 0.01M KHCO<sub>3</sub> 中的电阻=0.3 Ω/cm<sup>2</sup>，便于操作和提高耐用度，

它在 AEM 水电解槽中表现优异,这种阴离子交换膜以干燥的氯化物形式提供,并由 PET 衬里支撑。因此,必须将膜暴露在强碱下,将其转化为氢氧化物形式。建议将膜在 1M KOH 的大槽中浸泡 24-48 小时,以便将氯化物形式转化为氢氧化物形式,这种活化也有助于通过与 KOH 交联来强化膜。请注意,在此过程中,膜会膨胀并与 PET 衬里分离,分离后可丢弃 PET 衬垫,该膜位于两侧涂有 Sustainion X37 的薄多孔 PTFE 层之间。聚四氟乙烯减少了水在膜中的传输,因此在二氧化碳电解槽中效率较低。

#### 4.1.5 Sustainion B22-50 Grade T 阴离子膜

这是新研发的一款带有 PTFE 支架的碱性阴离子交换膜,以 TMIM 为配体,IEC=0.6,PH=2-14,1M KOH 中的电阻=2.10  $\Omega/\text{cm}^2$ ;在 0.01M  $\text{KHCO}_3$  中的电阻=6.0  $\Omega/\text{cm}^2$ ,降低金属离子的交换率,PTFE 增强提高耐用度,推荐用于电池。

#### 4.1.6 Sustainion E28-50 Grade T 阴离子膜

这是新研发的一款带有 PTFE 支架的碱性阴离子交换膜,以 MPIP 为配体,IEC=0.7,PH=2-14,1M KOH 中的电阻=3.70  $\Omega/\text{cm}^2$ ;在 0.01M  $\text{KHCO}_3$  中的电阻=5.0  $\Omega/\text{cm}^2$ ,降低金属离子的交换率,PTFE 增强提高耐用度,推荐用于电池。

#### 4.1.7 Sustainion E30-50 Grade T 阴离子膜

这是新研发的一款带有 PTFE 支架的碱性阴离子交换膜,以 TMA 为配体,IEC=0.9,PH=2-11,1M KOH 中的电阻=1.10  $\Omega/\text{cm}^2$ ;在 0.01M  $\text{KHCO}_3$  中的电阻=8.0  $\Omega/\text{cm}^2$ ,降低金属离子的交换率,PTFE 增强提高耐用度,推荐用于电池。

#### 4.1.8 Sustainion 阴离子膜的处理

以上七种阴离子交换膜,除了 Sustainion X37-50 Grade T 型号,其余型号的预处理步骤如下:

对于电化学  $\text{CO}_2$  还原应用,阴离子膜首先用 0.1 至 0.5 M KOH 或 NaOH 溶液处理,然后用 0.1 至 0.5 M 水溶性碳酸盐或碳酸氢盐溶液(例如碳酸钾或碳酸氢钾)处理,从而转化为碳酸盐或碳酸氢盐形式。

将阴离子膜完全浸入 KOH 或 NaOH 溶液中 6 至 12 小时,然后浸入所需的碳酸盐或碳酸氢盐溶液中 48 至 72 小时足以将膜完全转化为碳酸盐或碳酸氢盐形式。再用去离子水冲洗膜(碳酸盐形式)后,可将其组装在电化学装置内进行电化学  $\text{CO}_2$  还原实验。虽然可以跳过将膜浸入 KOH 或 NaOH 中,但对于这种情况,可能需要更长的浸入时间才能将膜完全转化为碳酸盐或碳酸氢盐形式。由于孔径的扩大,初始转化为 OH 形式显著改善了碳酸盐离子交换过程。

## 4.2 Sustainion 阴离子膜溶液

Dioxide Materials 公司除了生产 Sustainion 碱性阴离子膜外,还开发出了 Sustainion XA-9、XB-7、XC-1、XC-2 四种离子膜溶液。

### 4.2.1 Sustainion XA-9 阴离子膜溶液

混合在乙醇中 5% 的 Sustainion XA-9 碱性离聚体是 Kutz 等人在 2017 年的《Energy Technology》中 "Sustainion Imidazolium-Functionalized Polymers for Carbon Dioxide Electrolysis" 使用的离聚体的氯化物形式,参考文献可以联系客服。设计用于  $\text{CO}_2$  电解槽的阴极,可抑制水电解。离聚物以氯化物形式装运,需要转化为氢氧化物形式。后一步通常在含有离聚物的催化剂油墨沉积在电极上进行。

### 4.2.2 Sustainion XB-7 阴离子膜溶液

混合在乙醇中 5% 的 Sustainion XB-7 碱性离聚体是专为碱性燃料电池设计的。离聚物以氯化物形式运输,需要转化为氢氧化物形式。后一步通常在含有离聚物的催化剂油墨沉积在电极上进行。

### 4.2.3 Sustainion XC-1 阴离子膜溶液



混合在乙醇中 5% 的 Sustainion XC-1 碱性离聚体是设计用于 CO<sub>2</sub> 电解槽的阴极，可抑制水电解。离聚物以氯化物形式装运，需要转化为氢氧化物形式。后一步通常在含有离聚物的催化剂油墨沉积在电极上进行。XC 离聚体在某些情况下可提供更高的 CO<sub>2</sub> 吸附量。XC-1 是该系列中亲水性更强的一种。

#### 4.2.4 Sustainion XC-2 阴离子膜溶液

混合在乙醇中 5% 的 Sustainion XC-2 碱性离聚体是设计用于 CO<sub>2</sub> 电解槽的阴极，可抑制水电解。离聚物以氯化物形式装运，需要转化为氢氧化物形式，后一步通常在含有离聚物的催化剂油墨沉积在电极上进行，在某些情况下，XC 系列可提供更高的 CO<sub>2</sub> 吸附能力，XC-2 是该系列中亲水性稍差的等级。

### 4.3 科研级电解槽测试夹具

Dioxide Materials 公司通过开发的新型碱性稳定阴离子膜和相关离聚体的研究和市场引入，推动或改进了新的电化学工艺，该工艺利用在商业上可行的工作电压、电流效率和电流密度下运行。这些过程包括 CO<sub>2</sub> 转化为一氧化碳 (CO)，CO<sub>2</sub> 转换为甲酸 (HCOOH)，以及 AEM 碱性水电解，其中氢在高电流密度下产生，无需任何贵金属催化剂，为水的电解提供了更具成本效益的方案。

我们现在可以提供科研级的 AEM 水电解槽测试组件、二氧化碳电解槽测试组件、二氧化碳转甲酸电解槽测试组件。

#### 4.3.1 二氧化碳转甲酸电解槽 (5cm<sup>2</sup>)

该电解槽测试组件采用三室设计，包括一个阳极室、一个包含阳离子交换介质的中心流室和一个阴极室，其中 CO<sub>2</sub> 还原为甲酸的反应主要发生在阴极室。

二氧化碳转甲酸电解槽测试组件包括以下零件：5cm<sup>2</sup> 钛 (T4) 蛇形阳极流场、5cm<sup>2</sup> 中心流场、离子交换介质、5cm<sup>2</sup> 不锈钢 (904L) 蛇形阴极流场、5cm<sup>2</sup> 甲酸电解槽阳极电极和 5cm<sup>2</sup> 甲酸电解槽阴极电极、Nafion 阳离子膜、Sustainion 阴离子膜、螺母、螺栓、O 形环、垫圈、绝缘套件等。



#### 使用说明

##### 1. 二氧化碳转甲酸电解槽的初始设置

###### 1.1 系统设置 (参考)

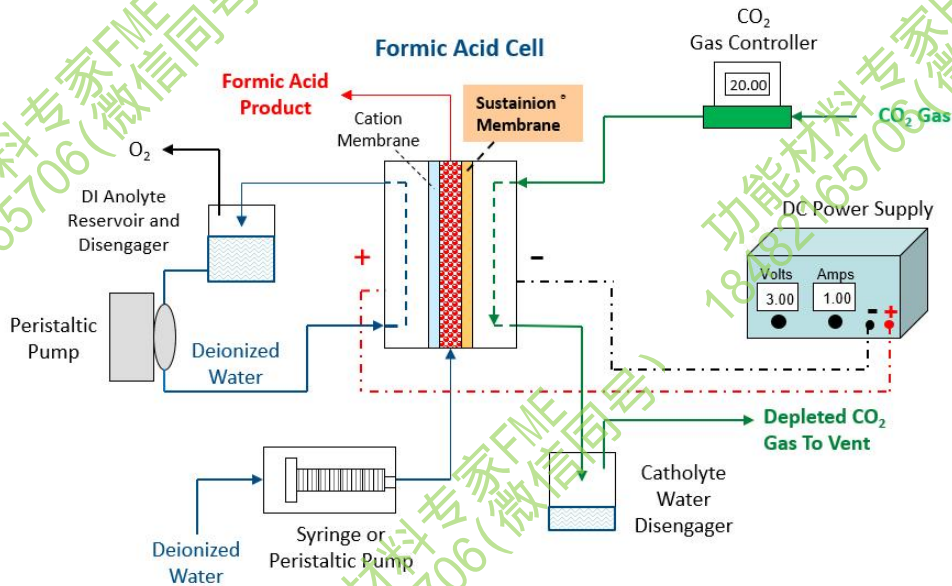
通常，系统设置使用一台蠕动泵将去离子水从储液罐以 3 mL/min 的流速循环至阳极流场，再使用一台蠕动泵将去离子水从储液罐以 0.065 mL/min 的建议流速通过位于阳极流场背面的入口输送至中心流场。进入中心流场的去离子水的流量需要可以调节，用以改变所产生甲酸的浓度。通常，中心流场流速缓慢有利于生产更高浓度的甲酸，法拉第效率降低。建议使用外径为 1/8 英寸、内径为 1/16 英寸的聚四氟乙烯管。使用瓶式加湿器 (单独出售) 用水对钢瓶中的纯 CO<sub>2</sub> 进行加湿，然后以 30 sccm 的流速将其送入阴极流场。

###### 1.2 管路连接

阴极：从压缩接头上拆下螺母，并从螺母上拆下黑色橡胶棒。将 PTFE 管（外径 1/8 英寸）推过螺母，将带有管子的螺母转动到压缩接头上。将 CO<sub>2</sub> 加湿器的 PTFE 管（外径 1/8 英寸）连接到阴极顶部的压缩配件（不锈钢流场）上，仅用手指拧紧螺母；将另一根 PTFE 管（外径 1/8 英寸）连接到阴极底部的压缩接头上，连接到阴极集液器，然后连接到排气管。请注意，CO 有毒，H<sub>2</sub> 易燃，因此请勿将阴极气体排放或释放到实验室或工作区域。

阳极：从所有压缩配件上拆下螺母，并从螺母上拆下黑色橡胶棒。将 PTFE 管（外径 1/8 英寸）推过螺母，将带有管子的螺母转动到压缩接头上。按照压缩配件上的标签相应地连接所有 PTFE 管（外径 1/8 英寸），仅用手指拧紧螺母。

### 5 cm<sup>2</sup> Formic Acid Electrolysis System



#### 1.3 电源连接

将用于接线的螺纹孔定位在单元顶部（较小的通孔 8-32 螺纹）。然后用 8# 十字槽圆头螺钉连接环形端子，阳极和阴极使用相同的步骤。

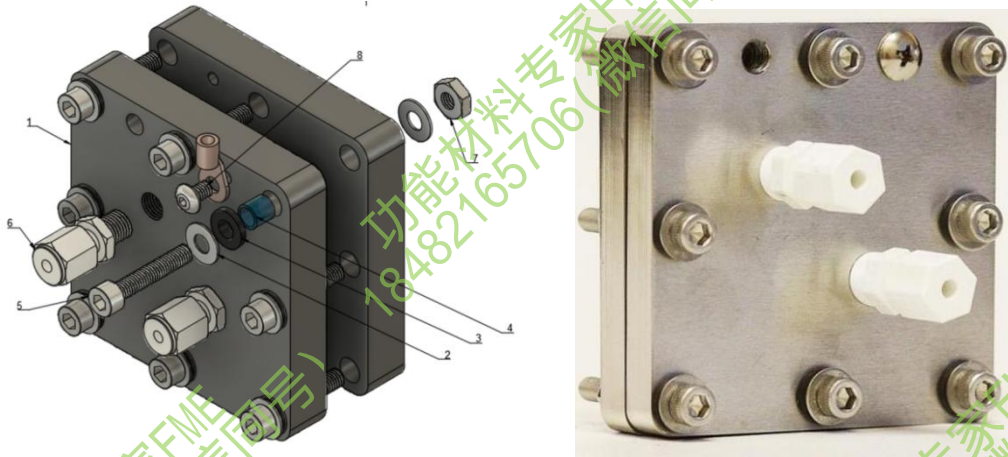
#### 2. 电解槽测试和操作

首先以 3 mL/min 的流速将去离子水从蓄水池中泵送至阳极室的入口，以 0.065 mL/min 的流速将去离子水泵送至中心流室的入口，并通过瓶式加湿器（单独购买）以 30 sccm 的流速将 CO<sub>2</sub> 注入阴极室的入口。用电线/电缆（单独购买）将阳极导线（红色）和阴极导线（黑色）分别连接到电源的正极和负极连接上。

测试开始时，将电源电压设置为 4.5-5.0V，电流设置为 0.5 A (0.1 A/cm<sup>2</sup>)。随着电压随时间降低并趋于稳定，逐渐增加电流至 0.6A、0.8A、1.0A。电解槽将在几个小时内达到稳定状态，具体时间取决于离子膜和电极调节。也可以使用恒电位仪进行测试，但连接取决于测试步骤，对于长期试验，建议每 100 小时在 1.5 V 下进行 30 秒的反极性处理，以保持电解槽的性能。

#### 4.3.2 二氧化碳电解槽 (5cm<sup>2</sup>)

一个完整的 5cm<sup>2</sup> 二氧化碳电解槽测试组件包括以下零件：钛阳极流场、不锈钢 (904L) 阴极流场、5cm<sup>2</sup> 二氧化碳电解槽阳极电极和阴极电极、Sustainion 阴离子膜、螺母、螺栓、O 形圈和绝缘套件。



5cm<sup>2</sup> 二氧化碳电解槽

**使用说明**

**1. 二氧化碳电解槽的初始设置**

**1.1. 系统设置 (参考)**

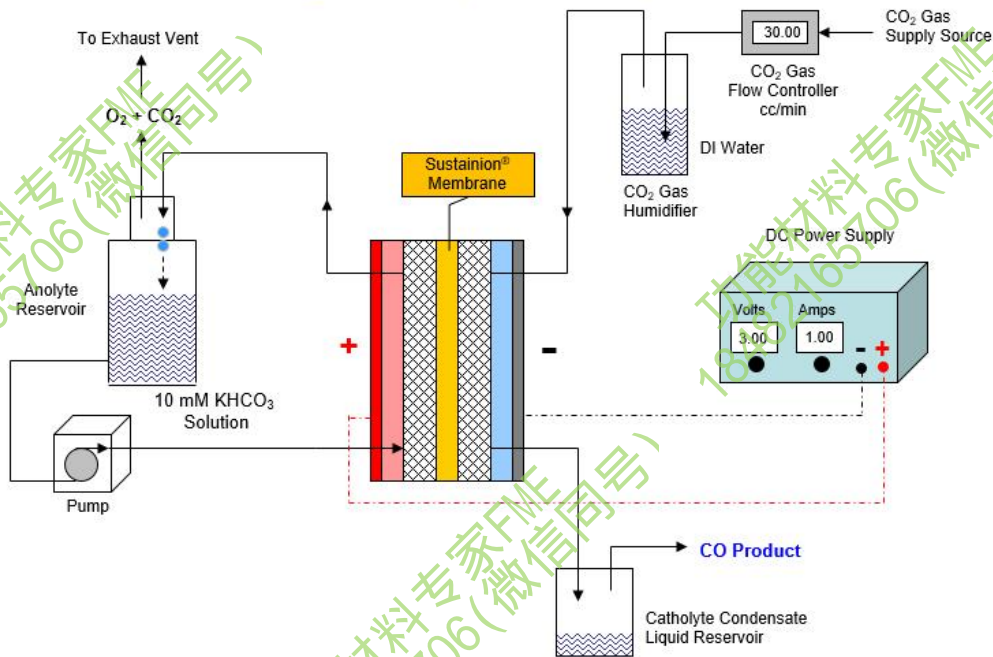
系统使用一台蠕动泵将 10mM KHCO<sub>3</sub> 水溶液从储液罐中以 3 mL/min 的流速循环至阳极流场。建议使用的管道为外径 1/8 英寸，内径 1/16 英寸的 PTFE 管道。使用瓶式加湿器（单独出售）用水对来自钢瓶的纯 CO<sub>2</sub> 进行加湿，然后以 30 sccm 的流速将其送入阴极流场。

**1.2 管路连接**

**阴极:** 从压缩接头上拆下螺母，并从螺母上拆下黑色橡胶棒，将 CO<sub>2</sub> 加湿器的 PTFE 管（外径 1/8 英寸）连接到阴极顶部的压缩配件（不锈钢流场）上；将另一根 PTFE 管（外径 1/8 英寸）连接到阴极底部的压缩接头上，连接到阴极集液器，然后连接到排气管。请注意，CO 是有毒的，因此请勿将阴极产品气体排放或释放到实验室或工作区域。

**阳极:** 从压缩接头上拆下螺母，并从螺母上拆下黑色橡胶杆。然后将 PTFE 管（外径 1/8 英寸）推过螺母，将带管的螺母转动到底部的压缩接头上。将另一根 PTFE 管（外径 1/8 英寸）连接到顶部的压缩接头上，并将其布线回阳极液储液罐中，仅用手指拧紧螺母。

**5 cm<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> Electrolysis Cell System**



### 1.3 电源连接

将用于接线的螺纹孔定位在单元顶部（较小的通孔 8-32 螺纹）。然后用 8# 十字圆头螺钉连接环形端子。阳极和阴极使用相同的步骤。

## 2. 电解槽测试和操作

首先以 3 mL/min 的速率将 10mM  $\text{KHCO}_3$  水溶液从储液罐泵送至阳极流场的入口（底部），并通过瓶式加湿器将  $\text{CO}_2$  注入阴极室的入口（顶部）。用导线/电缆（单独购买）将阳极导线（红色）和阴极导线（黑色）分别连接到电源的正极和负极连接上。

测试开始时，将电源电压设置为 3-3.2V，然后慢慢开始将电流增加到 1A ( $0.2\text{A}/\text{cm}^2$ )。电池电流将在几分钟或几小时内达到所需的 1A，具体时间取决于离子膜和电极调节。也可以使用恒电位仪进行测试，但连接取决于测试步骤。

### 4.3.3 二氧化碳电解槽 ( $25\text{cm}^2$ )

一个完整的  $25\text{cm}^2$  二氧化碳电解槽。包括以下组件：钛阳极流场、904L 不锈钢阴极流场、 $25\text{cm}^2$  二氧化碳电解槽阳极电极和阴极电极、Sustanation 阴离子膜、螺母、螺栓、O 形圈和绝缘套件。



$25\text{cm}^2$  二氧化碳电解槽

## 使用说明

### 1. 二氧化碳电解槽的初始设置

#### 1.1. 系统设置（参考）

系统设置用一台蠕动泵将 10mM  $\text{KHCO}_3$  水溶液从储液罐中以 25 mL/min 的流速循环至阳极流场。建议使用的管道为外径 1/4 英寸，内径 1/8 英寸的 PTFE 管道。使用瓶式加湿器（单独出售）用水对来自钢瓶的纯  $\text{CO}_2$  进行加湿，然后以 150 sccm 的流速将其送入阴极流场。

#### 1.2 管路连接

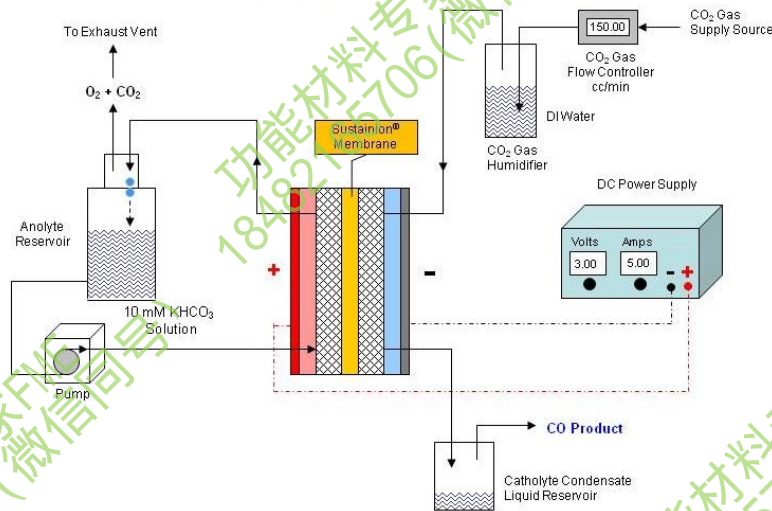
阴极：从压缩接头上拆下螺母，并从螺母上拆下黑色橡胶棒，将  $\text{CO}_2$  加湿器的 PTFE 管（外径 1/4 英寸）连接到阴极顶部的压缩配件（不锈钢流场）上；将另一根 PTFE 管（外径 1/4 英寸）连接到阴极底部的压缩接头上，连接到阴极集液器，然后连接到排气管。请注意， $\text{CO}$  是有毒的，因此请勿将阴极产品气体排放或释放到实验室或工作区域。

阳极：从压缩接头上拆下螺母，并从螺母上拆下黑色橡胶杆。然后将 PTFE 管（外径 1/4 英寸）推过螺母，将带管的螺母转动到底部的压缩接头上。将另一根 PTFE 管（外径 1/4 英寸）连接到顶部的压缩接头上，并将其布线回阳极液储液罐中，仅用手指拧紧螺母。

#### 1.3 电源连接

将用于接线的螺纹孔定位在单元顶部（较小的通孔 8-32 螺纹）。然后用十字圆头螺钉连接环形端子。阳极和阴极使用相同的步骤。

### 25 cm<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> Electrolysis Cell System



#### 2. 电解槽测试和操作

首先以 25mL/min 的速率将 10mM KHCO<sub>3</sub> 水溶液从储液罐泵送至阳极流场的入口（底部），并通过瓶式加湿器将 CO<sub>2</sub> 注入阴极流场的入口（顶部）。用导线/电缆（单独购买）将阳极导线（红色）和阴极导线（黑色）分别连接到电源的正极和负极连接上。

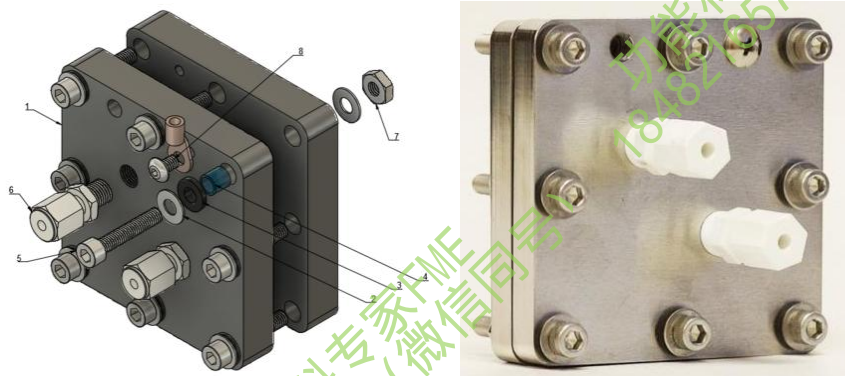
测试开始时，将电源电压设置为 3-3.2V，然后慢慢开始将电流增加到 5A (0.2A/cm<sup>2</sup>)。电解槽电流将在几分钟或几小时内达到所需的 5A，具体时间取决于离子膜和电极调节。也可以使用恒电位仪进行测试，但连接取决于测试步骤。

#### 4.3.4 AEM 水电解槽 (5cm<sup>2</sup>)

一个完整的 5cm<sup>2</sup> AEM 水电解槽。包括以下组件：耐腐蚀的 5cm<sup>2</sup> 阴极和阳极流场、带有非贵金属催化剂的膜电极组件 (MEA)、金属气体扩散层、螺母、螺栓、O 形圈和 PTFE 垫圈，不包括加热器和电缆。

这款 AEM 电解槽设计是在流动 1M KOH 下运行，详细信息可以参考 Zengcai Liu 等人所述在 "The effect of membrane on an alkaline water electrolyzer" 一文中所述，（文献可以联系客服取得）。该碱性水电解槽在使用 Sustainion 阴离子膜的时候，测试出了创纪录的性能，具有如下特征：

1. 它在大电流下工作：电压约为 1.9V 时 1 A/cm<sup>2</sup>（在 60°C 流动的 1M KOH 中测得）；
2. 不需要贵金属；
3. 电解槽可以快速打开和关闭；
4. 电解槽的设计允许用碱性水电解槽代替 PEM 电解槽，并获得类似的性能。



5cm<sup>2</sup> AEM 水电解槽

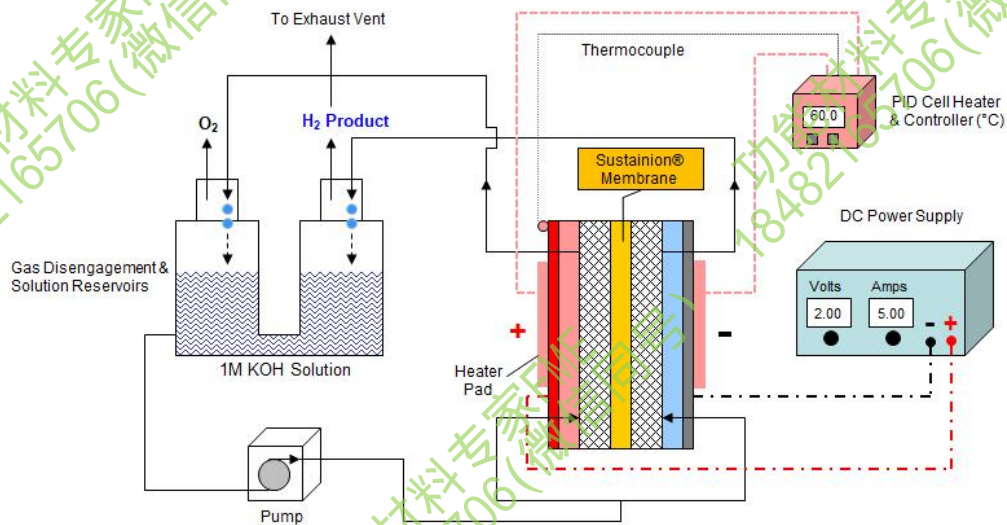
## 使用说明

### 1. AEM 电解槽的初始设置

#### 1.1. 系统设置 (参考)

通常，系统设置使用一台蠕动泵将 1M KOH 溶液从具有两个单独气体分离的公共溶液贮存器中均匀地分配到阳极和阴极（如下图所示）。泵的总流量约为 3 mL/min。建议使用外径为 1/8 英寸、内径为 1/16 英寸的 PTFE 管。为减少阳极和阴极之间的电流泄漏量（或分流电流），在将两股气流分成两个电极室后，管道的每侧长度应至少为 8 英寸（20 厘米）。带有来自两个电极室的气体的出口液流分别流向气液分离器，气液分离器允许液体落入单独的部分，这样两种产品气体不会混合在一起。同时，气液分离器也起到电流断路器的作用。

### 5 cm<sup>2</sup> Water Electrolysis Cell System



#### 1.2 管路连接

流体入口和出口位于电解槽的中心（图 2）。将 PTFE 管（外径 1/8 英寸）从泵连接至位于底部的压缩配件(6#)；将另一根 PTFE 管（外径 1/8 英寸）从气液分离器连接到顶部的压缩接头(6#)；然后用手指拧紧螺母，对电解槽的另一侧重复此操作。

#### 1.3 电源连接

将用于接线的螺纹孔定位在单元顶部（较小的通孔 8-32 螺纹），然后用 9# 十字圆头螺钉连接环形端子，阳极和阴极使用相同的步骤。

### 2. 电解槽测试和操作

开始以 3 mL/min 的速率从气液分离器的底部连接处泵送 1M KOH 溶液，该溶液分为两股流，一股流至阳极室入口，另一股流至阴极室。然后打开温度控制器，将温度设置为 60° C（加热片单独出售），并在通电前将温度保持在 60° C 至少 30 分钟，开始加热电池。用电线/电缆（不包括）将阳极导线（红色）和阴极导线（黑色）分别连接到电源的正极和负极连接上。将电源电压设置为 2.2V，然后慢慢开始将电流增加到 5 A（1A/cm<sup>2</sup>）的设置。电解槽的电流将在几分钟或几小时内达到所需的 5A，具体取决于离子交换膜和电极调节。也可以使用恒电位仪进行测试，但连接取决于测试步骤。

#### 4.3.5 AEM 水电解槽 (25cm<sup>2</sup>)

一个完整的 25cm<sup>2</sup> AEM 水电解槽。包括以下组件：耐腐蚀的 25cm<sup>2</sup> 阴极和阳极流场、带有非贵金属催化剂的膜电极组件 (MEA)、金属气体扩散层、螺母、螺栓、O 形圈和 PTFE 垫圈，不包括加热器和电缆。



25cm<sup>2</sup> AEM 水电解槽

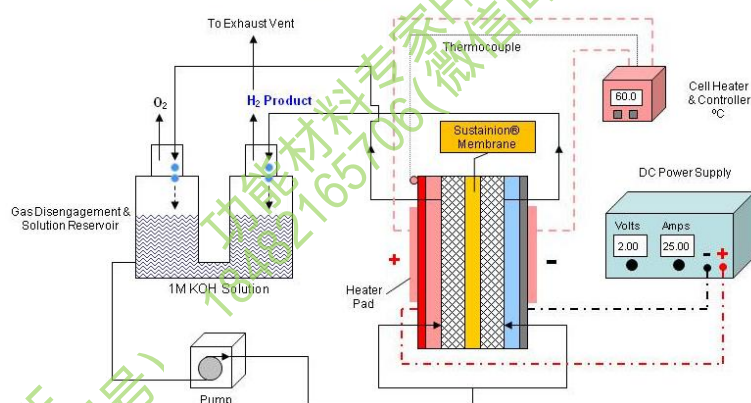
## 使用说明

### 1. AEM 电解槽的初始设置

#### 1.1. 系统设置 (参考)

通常，系统设置使用一台蠕动泵将 1M KOH 溶液从具有两个单独气体分离的公共溶液贮存器中均匀地分配到阳极和阴极（如下图所示）。泵的总流量约为 50 mL/min。建议使用外径为 1/4 英寸、内径为 1/8 英寸的 PTFE 管。为减少阳极和阴极之间的电流泄漏量（或分流电流），在将两股气流分成两个电极室后，管道的每侧长度应至少为 8 英寸（20 厘米）。带有来自两个电极室的气体的出口液流分别流向气液分离器，气液分离器允许液体落入单独的部分，这样两种产品气体不会混合在一起。同时，气液分离器也起到电流断路器的作用。

#### 25 cm<sup>2</sup> Water Electrolysis Cell System



#### 1.2 管路连接

流体入口和出口位于电解槽的中心（图 2）。将 PTFE 管（外径 1/4 英寸）从泵连接至位于底部的压缩配件；将另一根 PTFE 管（外径 1/4 英寸）从气液分离器连接到顶部的压缩接头；然后用手指拧紧螺母，对电解槽的另一侧重复此操作。

#### 1.3 电源连接

将用于接线的螺纹孔定位在单元顶部（较小的通孔 8-32 螺纹）。然后用十字圆头螺钉

### 2. 电解槽测试和操作

开始以 50 mL/min 的速率从气液分离器的底部连接处泵送 1M KOH 溶液，该溶液分为两股液流，一股流至阳极室入口，另一股流至阴极室。然后打开温度控制器，将温度设置为 60° C（加热片单独出售），并在通电前将温度保持在 60° C 至少 30 分钟，开始加热电池。用电线/电缆（不包括）将阳极导线（红色）和阴极导线（黑色）分别连接到电源的正极和负极连接上。将电源电压设置为 2.2V，然后慢慢开始将电流增加到 25 A (1A/cm<sup>2</sup>) 的设置。电解槽的电流将在几分钟或几小时内达到所需的 25A，具体取决于离子交换膜和电极调节。

也可以使用恒电位仪进行测试，但连接取决于测试步骤。

## 4.4 电解槽夹具电极配件

Dioxide Materials 公司的 GDE 和 CCM 配件主要是多款配合电解槽使用的产品, 包括有: 水电解槽用阴极电极、水电解槽用阳极电极、二氧化碳电解槽用阳极电极、二氧化碳电解槽用阴极电极、水电解槽用阴极基板 (Ni 纤维毡)、水电解槽用阳极基板 (不锈钢纤维毡)。

### 4.4.1 水电解槽用阴极电极-(雷尼镍/镍纤维毡)

这是一款用于水电解槽阴极用的电极, 通过将阴极催化剂雷尼镍和 Binder 混合涂覆在 Ni 纤维毡上制作而成, 有关阴极催化剂详细的描述可参考 Zengcai Liu 等人在文章 “The effect of membrane on an alkaline water electrolyzer” 中的描述 (文章在本网站或联系客服取得)。这款电极具有电流密度大、寿命长 (超过 10000h)、在碱性环境中非常合适析氢反应 (HER) 的特点, 标准尺寸包括: 10X10cm、20X20cm 等。

### 4.4.2 水电解槽用阳极电极-(NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/不锈钢毡)

这是一款用于水电解槽阳极用的电极, 通过将阳极催化剂 NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 和 Binder 混合涂覆在不锈钢纤维毡上制作而成, 有关阳极催化剂详细的描述可参考 Zengcai Liu 等人在文章 “The effect of membrane on an alkaline water electrolyzer” 中的描述 (文章在本网站或联系客服取得)。这款电极具有电流密度大、寿命长 (超过 10000h)、在碱性环境中非常合适析氧反应 (OER) 的特点, 标准尺寸包括: 10X10cm、20X20cm 等。

### 4.4.3 二氧化碳电解槽用阴极电极-(Ag/碳纸)

这是一款用于二氧化碳电解槽阴极用的电极, 通过将 Ag 催化剂和 Ionomer 混合涂覆在碳纤维纸上制作而成, 详细的描述可参考 Kutz 等人在 《Energy Technology to appear(2017)》 文章 “Sustainion Imidazolium-Functionalized Polymers for Carbon Dioxide Electrolysis” 中的描述 (文章在本网站或联系客服取得)。这款电极具有电流密度大、寿命长 (超过 4000h)、对 CO 的法拉第电流效率高、非常适合于 CO<sub>2</sub> 转换为 CO 反应的特点, 标准尺寸包括: 2.5X2.5cm、5X5cm、10X10cm、20X20cm 等。

### 4.4.4 二氧化碳电解槽用阳极电极-(IrO<sub>2</sub>/碳纸)

这是一款用于二氧化碳电解槽阳极用的电极, 通过将 IrO<sub>2</sub> 催化剂和 Ionomer 混合涂覆在碳纤维纸上制作而成, 详细的描述可参考 Kutz 等人在 《Energy Technology to appear(2017)》 文章 “Sustainion Imidazolium-Functionalized Polymers for Carbon Dioxide Electrolysis” 中的描述 (文章在本网站或联系客服取得)。这款电极具有电流密度大、寿命长 (超过 4000h)、非常适合于氧还原反应 (OER) 的特点, 标准尺寸包括: 3X3cm、5X5cm、10X10cm、20X20cm 等。

### 4.4.5 水电解槽用标准阴极基板-(Ni 纤维毡)

这是一款可用于水电解槽阴极用的电极基板, 材质为 Ni 纤维毡。这款电极基板具有镍纤维细腻、孔隙度高、适合于两相流的特点, 标准尺寸包括: 10X10cm、20X20cm 等。

### 4.4.6 水电解槽用标准阳极基板-(不锈钢纤维毡)

这是一款可用于水电解槽阳极用的电极基板, 材质为不锈钢纤维毡。这款电极基板具有不锈钢纤维细腻、孔隙度高、适合于两相流的特点, 标准尺寸包括: 20X20cm。

### 4.4.7 补充说明

对于二氧化碳电解槽所用的电极碳纸基板, 可以选择的品牌较多, 包括 AvCarb、Toray、SGL Carbon、CeTech 等, 具体型号可咨询客服。

本介绍中所提到的电解槽电极配件是与 Dioxide Materials 公司生产的电解槽配合使用, 另作他用不保证其使用效果。

**因本商品为科研用具, 一经使用, 如非质量问题, 恕不退换货, 请在下单之前与客服充分沟通。**



## 5 美国 Chemours 公司

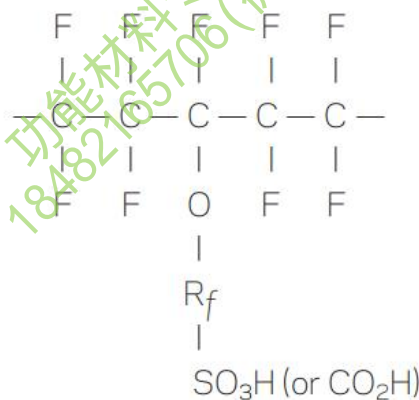
科慕公司（以下简称“科慕”），于 2015 年 7 月完成与杜邦公司的拆分工作，成为一家运营的上市公司，其前身是杜邦公司高性能化学品事业部。科慕在钛白科技、氟产品和特殊化学品等三个业务领域是全球领先，科慕拥有众多知名品牌，如 Opteon(欧特昂)、Teflon（特富龙、铁氟龙）、Ti-Pure（淳泰）、Krytox、Viton 和 Nafion 等，产品广泛应用于塑料、涂层、制冷、空调、采矿和石油提炼等工业生产领域。科慕的总部设在美国特拉华州威明顿市，在全球拥有 37 个生产基地，共有约 9000 名员工。



Chemours

### 5.1 概述

Nafion 全氟磺酸膜是由四氟乙烯共聚物和含磺酸端基的全氟单体或含有硫酸和羧酸基的共聚物制成。这些膜的安全考虑是基于共聚物的热分解产物和燃烧分解产物，全氟化膜由碳氟主干链和含有磺酸基团的全氟侧链组成。化学结构如下：



Nafion 全氟磺酸 (PFSA) 膜是基于化学稳定的 PFSA/聚四氟乙烯(H<sup>+</sup>)形式的非增强薄膜。膜的化学和物理性质稳定，与非稳定聚合物相比，氟化物离子释放量要低得多，这是化学耐久性提高的表现。Nafion 全氟磺酸 (PFSA) 膜广泛应用于质子交换膜 (PEM) 燃料电池和水电解槽。该膜作为固体电解质在各种需要选择性地运输阳离子穿过膜片的电化学分离器中发挥作用。具有耐化学性和耐久性。目前 Nafion 离子膜有 N115、N117、N1110、N324、N424、N438、NR211、NR212、Nafion HP、Nafion XL 等 11 个型号，其中 Nafion HP 和 Nafion XL 已经停产，仅能提供少量样品，根据制作工艺的不同，有挤出铸膜和溶液铸膜两种类型。

### 5.2 Nafion 全氟磺酸质子交换膜

#### 5.2.1 Nafion N115/N117/N1110 离子膜

Nafion N115/N117/N1110 这三款离子膜是利用挤出铸膜工艺制作而成的一系列阳离子交换膜，厚度分别为 127um、183um、254um，这是一系列未经加强的均相膜，主要用于储能、

制氢和各种电解工艺，其产品参数如下表所示。

Table 1. Properties of Nafion™ PFSA Membrane

Thickness and Basis Weight Properties <sup>1</sup>		
Membrane Type	Typical Thickness (µm)	Basis Weight (g/m <sup>2</sup> )
Nafion™ N115	127	250
Nafion™ N117	183	360
Nafion™ N1110	254	500
Physical and Other Properties <sup>2</sup>		
	Typical Value	Test Method
Physical Properties		
Tensile Modulus, MPa (kpsi)		
50% RH, 23 °C (73 °F)	249 (36)	ASTM D882
water soaked, 23 °C (73 °F)	114 (16)	ASTM D882
water soaked, 100 °C (212 °F)	64 (9.4)	ASTM D882
Tensile Strength, Max., MPa (kpsi)		
50% RH, 23 °C (73 °F)	43 (6.2) in MD, 32 (4.6) in TD	ASTM D882
water soaked, 23 °C (73 °F)	34 (4.9) in MD, 26 (3.8) in TD	ASTM D882
water soaked, 100 °C (212 °F)	25 (3.6) in MD, 24 (3.5) in TD	ASTM D882
Elongation at Break, %		
50% RH, 23 °C (73 °F)	225 in MD, 310 in TD	ASTM D882
water soaked, 23 °C (73 °F)	200 in MD, 275 in TD	ASTM D882
water soaked, 100 °C (212 °F)	180 in MD, 240 in TD	ASTM D882
Tear Resistance—Initial, g/mm		
50% RH, 23 °C (73 °F)	6000 in MD, TD	ASTM D1004
water soaked, 23 °C (73 °F)	3500 in MD, TD	ASTM D1004
water soaked, 100 °C (212 °F)	3000 in MD, TD	ASTM D1004
Tear Resistance <sup>3</sup> —Propagating, g/mm		
50% RH, 23 °C (73 °F)	>100 in MD, >150 in TD	ASTM D1922
water soaked, 23 °C (73 °F)	92 in MD, 104 in TD	ASTM D1922
water soaked, 100 °C (212 °F)	74 in MD, 85 in TD	ASTM D1922
Specific Gravity	1.98	—
Other Properties		
Conductivity, S/cm	0.10 min.	See footnote <sup>4</sup>
Available Acid Capacity, meq/g	0.90 min.	See footnote <sup>5</sup>
Total Acid Capacity, meq/g	0.95–1.01	See footnote <sup>5</sup>
Hydrolytic Properties <sup>2</sup>		
Water Content, % water <sup>6</sup>	5	ASTM D570
Water Uptake, % water <sup>7</sup>	38	ASTM D570
Thickness Change, % increase		
from 50% RH, 23 °C (73 °F) to water soaked, 23 °C (73 °F)	10	ASTM D756
from 50% RH, 23 °C (73 °F) to water soaked, 100 °C (212 °F)	14	ASTM D756
Linear Expansion, % increase <sup>8</sup>		
from 50% RH, 23 °C (73 °F) to water soaked, 23 °C (73 °F)	10	ASTM D756
from 50% RH, 23 °C (73 °F) to water soaked, 100 °C (212 °F)	15	ASTM D756

<sup>1</sup>Measurements taken with membrane conditioned to 23 °C (73 °F), 50% RH.

<sup>2</sup>Physical properties measured for Nafion™ N115. Where specified, MD—machine direction, TD—transverse direction. Conditioning state of membrane given. Measurements taken at 23 °C (73 °F), 50% RH.

<sup>3</sup>Tear resistance (g/mm) of membrane increases with thickness. Values given measured using 50 µm membrane.

<sup>4</sup>Conductivity measurement described by Zawodzinski, et al, J. Phys. Chem., 95 (15), 6040 (1991). Membrane conditioned in 100 °C (212 °F) water for 2 hr. Measurement cell submerged in 25 °C (77 °F) DI water during experiment. Membrane impedance (real) taken at zero imaginary impedance.

<sup>5</sup>A base titration procedure measures the equivalents of sulfonic acid in the polymer and uses the measurement to calculate the acid capacity or equivalent weight of the membrane.

<sup>6</sup>Water content of membrane conditioned to 23 °C (73 °F), 50% relative humidity (RH), compared to dry weight basis.

<sup>7</sup>Water uptake from dry membrane to water soaked at 100 °C (212 °F) for 1 hr (dry weight basis).

<sup>8</sup>Typical MD and TD values. MD expansion is slightly less than TD.

### 5.2.2 Nafion N324/N424/N438 离子膜

Nafion N324/N424/N438 这三款离子膜是利用挤出铸膜工艺制作而成，通过 PTFE 增强，是一系列特种增强膜，可用于各种电解工艺、氯碱工业、用富氧阴极 (ODC) 技术从盐酸中提取氯，其中 Nafion N438 使用更新的 PTFE 单丝增强，比 Nafion N424 强度更高但更平坦。边缘泄漏减少，膨胀特性更加均匀，代表了织物增强阳离子交换膜中的最新技术，产品参数如下表所示：

Membrane Type	Cell Voltage, V	Current Efficiency, %	NaOH, %
Nafion™ N324	3.53	88	10-14

\*Conditions: Zero gap, 0.0045 m<sup>2</sup> DSA anode, activated nickel cathode, 200 g/L anolyte, 90 °C (194 °F), 4.0 kA/m<sup>2</sup>

Membrane Type	Cell Voltage, V	Current Efficiency, %	NaOH, %
Nafion™ N438	Performance in C/A not established		
Nafion™ N424	3.74	97	2

\*Conditions: Zero gap, 0.0045 m<sup>2</sup> DSA anode, activated nickel cathode, 32% NaOH, 200 g/L anolyte, 90 °C (194 °F), 4.0 kA/m<sup>2</sup>

### 5.2.3 Nafion NC700/NR211/NR212 离子膜

Nafion NR211/NR212 这三款离子膜是以 Nafion 分散体为原料，制备了 Nafion 溶液铸膜。它们通常比挤压铸膜更薄，在低离子传输阻力等非常重要的应用中使用。其厚度分别为 15um、25um、50um，主要用于储能、燃料电池等领域，其产品参数如下表所示。

Table 1. Properties of Nafion™ PFSA Membrane

Thickness and Basis Weight Properties <sup>1</sup>			
Membrane Type	Typical Thickness (µm)		Basis Weight (g/m <sup>2</sup> )
Nafion™ NC700	15		29.5
Physical Properties <sup>1</sup>			
	Typical Values Nafion™ NC700		
Property <sup>2</sup>	MD	TD	Test Method
Tensile Strength, Max., MPa	45	45	ASTM D882
Modulus, MPa	446	421	ASTM D882
Elongation to Break, %	105	61	ASTM D882
Other Properties			
Specific Gravity	1.97		See footnote <sup>1</sup>
Area Specific Resistance, mΩ•cm <sup>2</sup>	<20 (90% RH)		See footnote <sup>1</sup>
	<30 (40% RH)		
Hydrogen Crossover Current, mA/cm <sup>2</sup>	<2.0		See footnote <sup>4</sup>
Hydrolytic Properties			
Water Content, % water <sup>5</sup>	5.0 ± 3.0		ASTM D570
Water Uptake, % water <sup>6</sup>	50.0 ± 5.0		ASTM D570
Linear Expansion, % increase from 50% RH, 23 °C (73 °F)	MD	TD	
	2	2	ASTM D756
	4	4	ASTM D756

<sup>1</sup> Measurements taken with membrane conditioned to 23 °C (73 °F), 50% RH.

<sup>2</sup> Where specified, MD—machine direction, TD—transverse direction. Condition state of membrane as per footnote<sup>1</sup>.

<sup>3</sup> Measured in MEA at 80°C, 1.5 A/cm<sup>2</sup>, stoichiometric ratios 1.5H<sub>2</sub> / 1.8air, and 250 kPa.

<sup>4</sup> Hydrogen crossover measured in MEA on H<sub>2</sub>, 80 °C, fully humidified gases, and 1 atm total pressure. This is not a routine test.

<sup>5</sup> Water content of membrane conditioned to 23 °C (73 °F) and 50% RH (dry weight basis).

<sup>6</sup> Water uptake from dry membrane to conditioned in water at 100 °C (212 °F) for 1 hr (dry weight basis).

Table 1. Properties of Nafion<sup>®</sup> PFSA Membrane

Thickness and Basis Weight Properties <sup>1</sup>					
Membrane Type	Typical Thickness (μm)		Basis Weight (g/m <sup>2</sup> )		
Nafion <sup>®</sup> NR211	25.4		50		
Nafion <sup>®</sup> NR212	50.8		100		
Physical Properties <sup>1</sup>					
Property <sup>2</sup>	Typical Values				Test Method
	Nafion <sup>®</sup> NR211		Nafion <sup>®</sup> NR212		
	MD	TD	MD	TD	
Tensile Strength, Max., MPa	23	28	32	32	ASTM D882
Non-Standard Modulus, MPa	288	281	266	251	ASTM D882
Elongation to Break, %	252	311	343	352	ASTM D882
Other Properties					
Specific Gravity	1.97		1.97		See footnote <sup>5</sup>
Available Acid Capacity, meq/g	0.92 min.		0.92 min.		See footnote <sup>3</sup>
Total Acid Capacity, meq/g	0.95–1.01		0.95–1.01		See footnote <sup>4</sup>
Hydrogen Crossover, mL/min·cm <sup>2</sup>	<0.020		<0.010		See footnote <sup>5</sup>
Hydrolytic Properties					
Water Content, % water <sup>6</sup>	5.0 ± 3.0%				ASTM D570
Water Uptake, % water <sup>7</sup>	50.0 ± 5.0%				ASTM D570
Linear Expansion, % increase <sup>8</sup>					
from 50% RH, 23 °C (73 °F)					
to water soaked, 23 °C (73 °F)			10		ASTM D756
to water soaked, 100 °C (212 °F)			15		ASTM D756

<sup>1</sup>Measurements taken with membrane conditioned to 23 °C (73 °F), 50% RH.

<sup>2</sup>Where specified, MD—machine direction, TD—transverse direction. Condition state of membrane given.

<sup>3</sup>A base titration procedure measures the equivalents of sulfonic acid in the polymer and used the measurements to calculate the available acid capacity of the membrane (acid form).

<sup>4</sup>A base titration procedure measures the equivalents of sulfonic acid in the polymer and used the measurements to calculate the total acid capacity or equivalent weight of the membrane (acid form).

<sup>5</sup>Hydrogen crossover measured at 22 °C (72 °F), 100% RH, and 50-psi delta pressure. This is not a routine test.

<sup>6</sup>Water content of membrane conditioned to 23 °C (73 °F) and 50% RH (dry weight basis).

<sup>7</sup>Water uptake from dry membrane to conditioned in water at 100 °C (212 °F) for 1 hr (dry weight basis).

<sup>8</sup>Average of MD and TD. MD expansion is similar to TD expansion for NR membranes.

#### 5.2.4 Nafion HP/XL 离子膜

Nafion HP/XL 这两款离子膜已经停产了，仅能提供少量样品，其厚度分别为 22um、27.5um 其产品参数如下表：

产品参数：

Membrane Model	Nafion HP	Nafion XL
Thickness	22 micrometers (um)	27.5 micrometers (um)
Basic Weight (g/m <sup>2</sup> )	43.5	55
Tensile Strength - max. (MPa) - Method: ASTM D 882	38 (MD), 41 (TD)	45 (MD), 40 (TD)
Non-Std Modulus (MPa) - Method: ASTM D 882	391 (MD), 555 (TD)	613 (MD), 400 (TD)
Elongation to Break (%) - Method: ASTM D 882	182 (MD), 89 (TD)	200 (MD), 185 (TD)
Hydrogen Crossover (ml/min. cm <sup>2</sup> )	<0.015	<0.015
In-Plane Conductivity (mS/cm)	>72.0	>72.0
Through-Plane Conductivity (mS/cm)	>50.5	>50.5
Membrane Hydrolytic Properties		
Water content (% water) - Method: ASTM D 570	5.0 ± 3.0%	5.0 ± 3.0%
Water uptake (% water) - Method: ASTM D 570	50.0 ± 5.0%	50.0 ± 5.0%
Linear Expansion % increase (50% RH, 23°C to water soaked 23°C)	1% (MD), 5% (TD)	1% (MD), 5% (TD)
Linear Expansion % increase (50% RH, 23°C to water soaked 100°C)	3% (MD), 11% (TD)	3% (MD), 11% (TD)

### 5.3 Nafion D520/D521/D1020/D1021/D2020/D2021 膜溶液

科慕公司 Nafion PFSA 聚合物分散体由化学稳定的全氟磺酸/聚四氟乙烯共聚物以酸 (H<sup>+</sup>) 形式制成, 可在几种聚合物含量和分散物组合物中使用。用途包括制造燃料电池膜、催化剂涂层膜电极、传感器和各种电化学应用的薄膜和涂层配方, 有 D520、D521、D1020、D1021、D2020、D2021 六种型号 (部分型号已停产, 仅有少量库存, 详情请联系客服), 其产品性能参数如下表所示:

Nafion® PFSA Polymer Dispersions by Composition						
Property	D 520	D 521	D 1020	D 1021	D 2020	D 2021
<b>Polymer Content (wt. %)</b>	5.0 min. 5.4 max.	5.0 min. 5.4 max.	10.0 min. 12.0 max.	10.0 min. 12.0 max.	20.0 min. 22.0 max.	20.0 min. 22.0 max.
<b>Water Content (wt. %)</b>	45 ± 3	45 ± 3	87 - 90	87 - 90	34 ± 2	34 ± 2
<b>VOC Content (wt. %)</b>	50 ± 3	50 ± 3	< 1	< 1	46 ± 2	46 ± 2
1-Propanol	48 ± 3	48 ± 3	-	-	44 ± 2	44 ± 2
Ethanol	< 4	< 4	-	-	< 2	< 2
Mixed Ethers and Other VOCs	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
<b>Specific Gravity</b>	0.92 - 0.94	0.92 - 0.94	1.05 - 1.07	1.05 - 1.07	1.01 - 1.03	1.01 - 1.03
<b>Available Acid Capacity (meq/g, H<sup>+</sup> polymer basis)</b>	> 1.00	> 0.92	> 1.00	> 0.92	> 1.00	> 0.92
<b>Total Acid Capacity (meq/g, H<sup>+</sup> polymer basis)</b>	1.03 - 1.12	0.95 - 1.03	1.03 - 1.12	0.95 - 1.03	1.03 - 1.12	0.95 - 1.03
<b>Viscosity (cP; at 25°C and 40 sec<sup>-1</sup> Shear Rate)</b>	10 - 40	10 - 40	2 - 10	2 - 10	50 - 500	50 - 500
<b>Note:</b> 1 cP = 1 mPa·s						

### 5.4 Teflon PTFE DISP 30 乳液

Chemours (原名杜邦) Teflon PTFE DISP 30 (原名 TE3970) 是一种乳白色水性 PTFE 分散体, 用非离子表面活性剂稳定。它是一种通用的 PTFE 乳液, 通常用于涂层和浸渍编织物以及某些涂层工艺。它将聚四氟乙烯树脂特有的特性赋予多孔结构, 以及用作添加剂时赋予基材。适当加工后, DISP 30 中的 PTFE 树脂表现出氟聚合物树脂的典型优异性能: 在 260°C (500° F) 下使用后性能保持不变, 以及在 -240°C (-400° F) 环境下依然可用。

Teflon PTFE DISP 30 为 60% 的聚四氟乙烯乳液,

#### DISP 30 聚四氟乙烯水分散体提供:

- 几乎所有工业化学品和溶剂的惰性
- 高温稳定性
- 优异的介电性能
- 任何固体材料的最小摩擦系数
- 出色的耐候性
- 不粘特性

#### 典型应用包括:

- 用于建筑、高性能工业、食品加工和电子应用的涂层编织玻璃纤维织物
- 由编织纤维制成的浸渍填料, 用于恶劣的化学和热环境
- 电容器电介质或化学屏障用铸膜
- 金属或其他高温基底的表面涂层
- 塑料防滴添加剂
- 电池正极或负极矩阵粘合剂

## 6 美国 Gore 公司

戈尔 (Gore) 是一家以材料科技为本的全球性公司, 专注于革新产业和改善生活。成立于 1958 年, 以专注解决最严苛环境中的复杂技术难题而享誉全球, 从发明 GORE-TEX 面料推动户外服饰行业革新, 到创造医疗器械改善生活、拯救生命, 以及在航空航天、医药和移动电子等行业中实现更出色的产品性能等。戈尔总部位于美国特拉华州纽瓦克市, 在全球拥有超过 9,500 名同事, 年收入逾 35 亿美元。

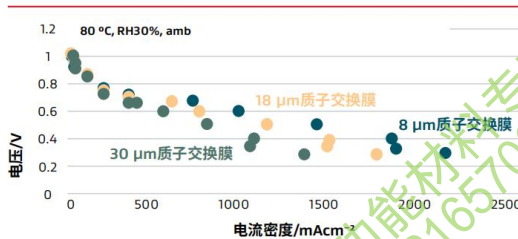


### 6.1 Gore-08um/10um/12um/15um/18um 复合阳离子膜-燃料电池用

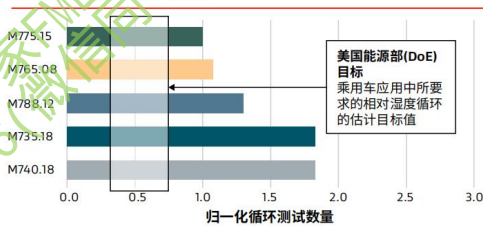
Gore 通过将其专利特有的 e-PTFE(膨体聚四氟乙烯)技术与离子交换树脂结合, 研发出复合型的阳离子交换膜, 可以使离子膜在足够机械强度的前提下更加薄, 经过多年的技术迭代, Gore 复合质子交换膜已经实现了不同厚度的量产, 材料不仅应用于市面上第一款量产氢燃料电池车(丰田 Mirai), 也同全世界各头部燃料电池电堆厂商进行深度合作。

戈尔公司的阳离子膜型号较多, 适用于 PEMFC 应用场景的主要有以下型号: MX765.08、MX20.10、M788.12、M775.15、M820.15、M740.18、M735.18, 更多性能参数如下所示。

高电流密度输出



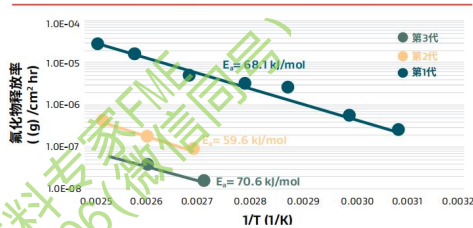
戈尔相对湿度(RH)循环测试



GORE-SELECT® 质子交换膜可凭借其纤薄的结构和出色的水传输性能实现低质子电阻和高功率密度, 从而使燃料电池系统和电池电堆的设计更为灵活。

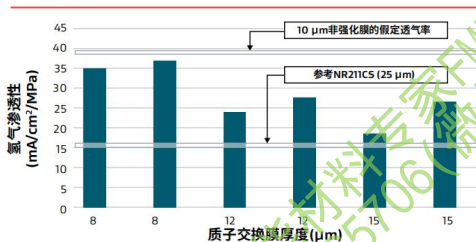
GORE-SELECT® 质子交换膜在反复干湿循环后具有 X-Y 尺寸稳定性和出色的耐久性。这些 ePTFE 增强型质子交换膜远远超过了美国能源部加速应力测试的性能标准。

70% 相对湿度的开路电压(OCV)老化测试中的氟化物释放率

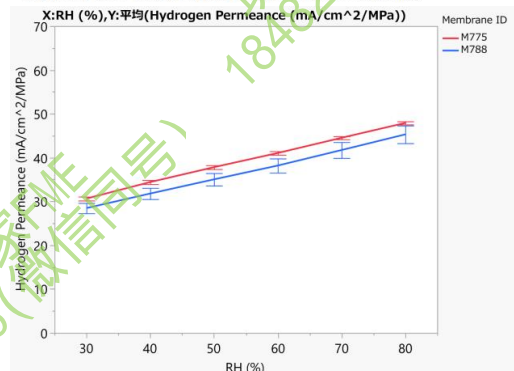
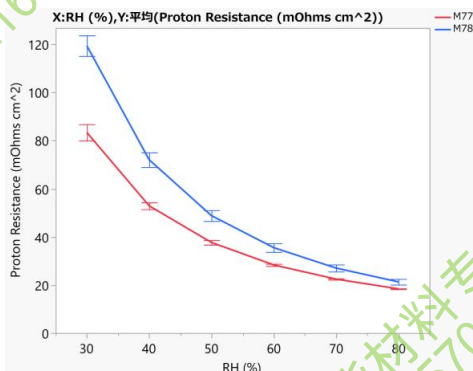


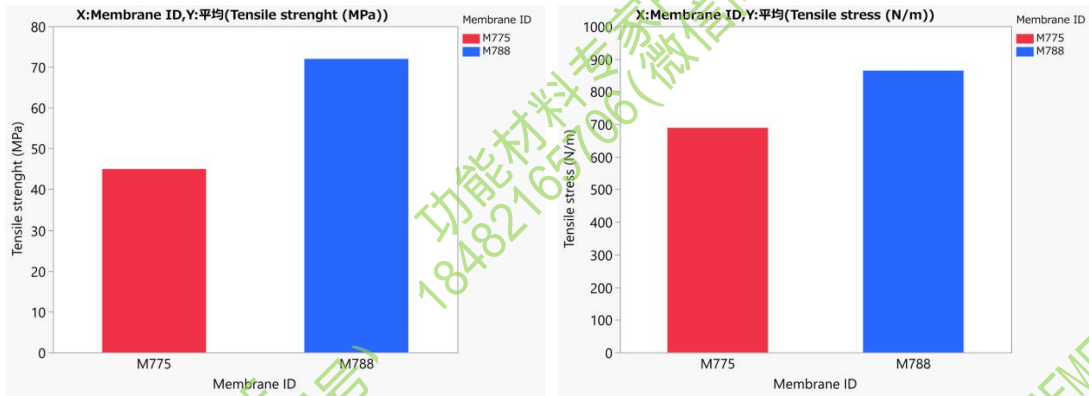
戈尔的先进添加剂技术能够在恶劣工作条件下实现较长使用寿命。这种化学耐久性的提升, 能够使工程师们进一步突破氢燃料电池电堆的设计限制和运行的极限。

氢气渗透

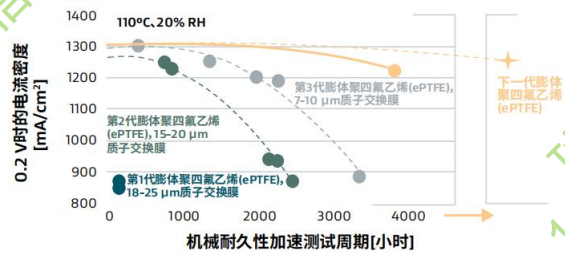


我们可通过创新技术控制增强型质子交换膜的组成, 从而在减小质子交换膜厚度的同时, 使其气体渗透率比更厚的非增强型质子交换膜更低。





高性能和机械耐久性



连续多代的GORE-SELECT®质子交换膜在兼顾功率密度和耐久性方面的表现正在不断改进，精益求精。这使我们的客户能够提高电池电堆功率和使用寿命。

部分型号的适用条件如下：

膜名称	潜在客户应用/市场	用途
MX20.10	当前一代汽车	最高的功率密度和持续性，适用于更干燥的汽车操作
M788.12	消费类车辆(增程式、汽车), 叉车、备用电源	良好的性能和耐用性(机械/化学)
M775.15	汽车(半干状态), 商用车(公交车、卡车)	寿命最长, 性能卓越
M820.15	长寿命备用电源、增程器、叉车和便携式	在非加湿工况中具有最高的功率密度和化学耐久性
M815.15	短寿命便携式备用电源	非加湿工况是最高功率密度
M740.18	固定电源(化学要求高的汽车)	最长寿命和高功率密度
M735.18	汽车、公交、动力车等	高功率密度, 在汽车运行中经久耐用

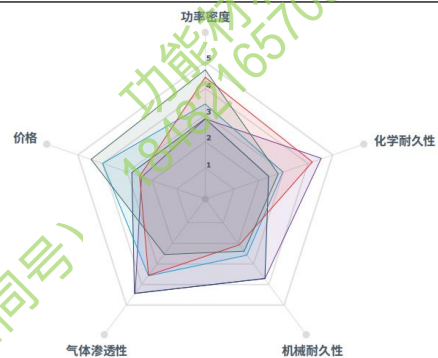
适用于汽车应用  
M735.18 经久耐用, 低气体渗透

适用于固定式发电和对化学稳定性要求严格的汽车应用  
M740.18 高化学耐久性和低气体渗透

适用于商用车和其它重载应用  
M775.15 高化学耐久性和高功率密度

适用于备用电源、增程发动机、叉车和便携式应用  
M788.12 高化学耐久性和低气体渗透

适用于乘用车应用  
M765.08 干燥条件下的高功率密度



Membrane Name	M735.18	M740.18	M775.15	M788.12	M765.08
<b>Physical Characteristics</b>					
Membrane color	Black	Black	Black	Clear	Clear
Orientation for use (Side not attached to backer to be used as the cathode side)	Yes	Yes	Yes	No	No
Nominal thickness (μm) <sup>1</sup>	18	18	15.5	12	8.5
Proton resistance (mohm·cm) <sup>2</sup> 80 °C, 30% relative humidity (RH)	< 150	< 150	< 80	< 120	< 80
Hydrogen crossover (mA/cm <sup>2</sup> /MPa) <sup>3</sup> 80 °C, 50% relative humidity (RH)	20	20	30	30	40
Tensile strength (MPa) <sup>1</sup> Machine Direction (MD)	51	50	38	71	91
Tensile strength (MPa) <sup>1</sup> Transverse Direction (TD)	54	52	39	76	96
Swelling ratio area change (%) <sup>4</sup>	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Peel strength btw. GSM and backer (mN/cm) <sup>1</sup>	50	50	60	50	70
<b>Performance Durability</b>					
Mechanical durability Relative humidity (RH) cycle test <sup>5</sup> (normalized to M775.15)	1.8	1.8	1.0	1.3	1.1
Chemical durability OCV hold test (30% RH, 95 °C), Fluorine release rate <sup>6</sup> Typical Fe contamination (ppm)	0 <sup>7</sup> < 1	+++ < 1	++ < 1	++ < 1	+ < 1
<b>Roll Properties</b>					
Standard roll widths (mm)	340 220	340 220	340 220	360 490 294 240	360 490 294 240
Standard length, Nominal at mass production (m)	200	200	200	400	400
Standard length, Nominal for sample roll (m)	-	-	10 50	10 50	10 50
Orientation	Product in roll form is shipped with the membrane facing outwards				
Max. # membrane-to-membrane splices	1	1	1	2	2
Trailer length (m)	-	-	3.5	20	20
Clean room standard (ISO14644-1)	Class 7 (Class 10,000)				
Visual inspection for defects	100%				

For additional information, including product handling guidelines and safety data, please contact your local Gore representative.

1. Measurements taken with membrane conditioned to 23 °C, 50 % relative humidity (RH).
2. Proton resistance measurements taken by high frequency resistance method. Membrane impedance taken at zero imaginary impedance.
3. Hydrogen crossover measurements taken by cyclic voltammetry (CV).
4. Swelling ratio calculated by dimension change from membrane conditioned to 23 °C, 50% RH to water soaked at 100 °C for 10 min.
5. Gore original method.
6. Electrode and GDL for evaluation are Gore's experimental standard.
7. Without Ce in the electrode.

注：本产品参数信息暂未更新，如需进一步了解，请联系客服。

## 6.2 Gore-80um 复合阳离子膜-制氢电解槽用

戈尔公司针对 PEM 电解水工艺，研发了一款厚度为 80um 的复合阳离子交换膜 M275.80，更多性能参数如下所示。

物理特性

厚度 (um)	80
纵向 (MD) 拉伸强度 (MPa) <sup>1</sup>	55
横向 (TD) 拉伸强度 (MPa) <sup>1</sup>	55
质子电阻 <sup>2</sup> (mOhcm <sup>2</sup> )	57
氢气渗透性 <sup>3</sup> (mA/cm <sup>2</sup> /MPa)	7



卷膜特性

标准卷膜宽度(mm)	320, 400, 580
长度(m)	100
方向	卷膜装运时, 质子交换膜阳极一侧朝外

质量保证

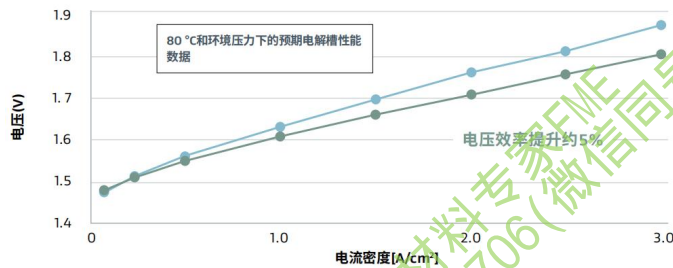
产品缺陷外观检查	100%自动化
无尘室标准 ISO 14644-1	7级(万级)

1. 在 23°C、50%相对湿度(RH)条件下对质子交换膜进行测量。
2. 采用高频电阻法测量质子电阻。在 80°C、100% RH 条件下, 阻抗虚部为零时测量质子交换膜阻抗。
3. 在 80°C、100% RH 条件下, 采用循环伏安法(CV)测量氢气渗透性。

性能对比

更高性能

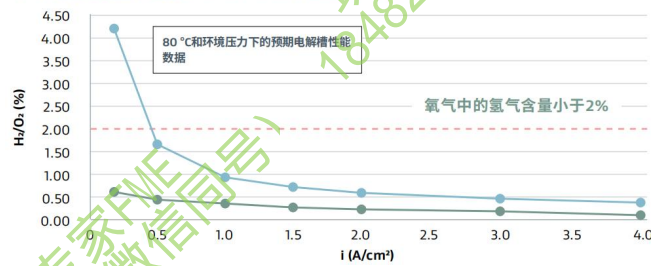
● 市场上的其它质子交换膜 ● GORE®质子交换膜M275.80



戈尔质子交换膜的电解槽电压效率比其它质子交换膜提升了大约5%, 同时依然能够满足安全性和耐用性要求。

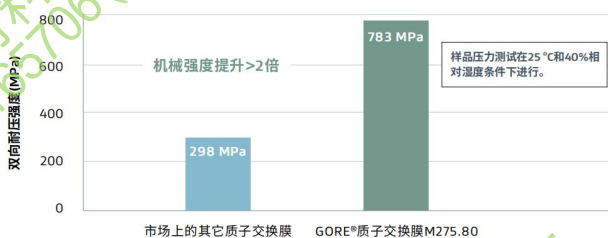
提升安全性

● 市场上的其它质子交换膜 ● GORE®质子交换膜M275.80



戈尔的添加剂技术可在很宽的工作范围内, 实现氧中氢含量 <2%——即使在低电流密度下也同样可以做到。

系统寿命更长



戈尔的增强型质子交换膜拥有比非增强型膜高2倍的机械稳定性, 从而能够延长系统的耐用性, 减少保养频率。

## 7 韩国 Light Bridge 公司

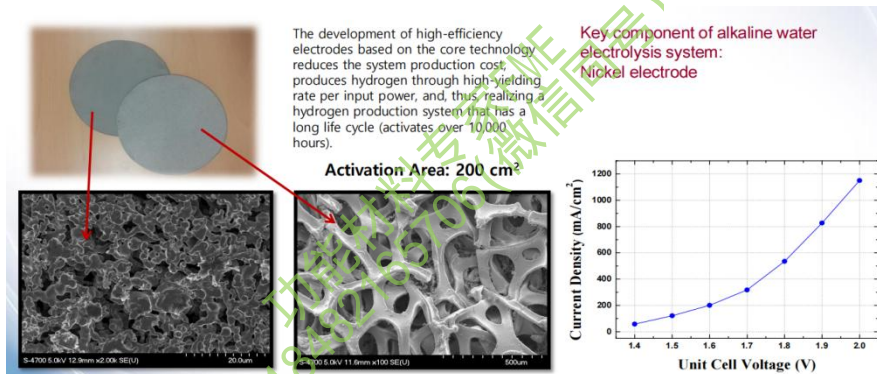
Light Bridge 是一家总部位于韩国京畿道华城市的一家科技公司，在氢能领域拥有竞争技术，在与水电解装置开发和制造相关的各个领域开展业务。业务范围涵盖碱性制氢 (ALK)，质子交换膜制氢技术 (PEMEL)，特别是模块化水电解系统和绿色氢气生产系统。



### 7.1 碱性电解槽 ALK (单独槽体)

碱性电解槽 ALK 又称为碱性隔膜式电解槽 (不同于阴离子膜电解槽 AEMEL)，是工业化程度最高的电化学制氢方式，通常由阴极，阳极，高浓度的碱液，隔膜 (非离子交换膜) 组成，因为可以选择无贵金属催化剂，具有成本较低，长期稳定性高等优点，但是也具有效率低 (电流密度低，单体设备较大)，动态响应慢 (与电力输出波动较大的风光发电不易耦合)，系统较为复杂 (需要对氢气净化处理及加压等)；

Light Bridge 公司研发的碱性电解槽 (ALK) 采用基于核心技术的高效电极，在降低系统生产成本的同时实现高产率生产氢气，具有长寿命周期 (激活时间超过 10000 小时)；



电流密度是衡量电解槽产氢效率的一个重要指标，Light Bridge 公司采用核心技术，在更低的单槽电压下具有更高的电流密度，如下表所示；

Source	Current density (A · cm <sup>-2</sup> )	Unit cell voltage/Temperature
DLR, Germany	0.5	1.68 V at 80°C
GIRI, Japan	>0.3	1.8 V at 118°C
Norsk Hydro, Norway	0.2	1.8 V at 80°C
Iht, Switzerland	0.2	1.9 V at 80°C
Hydrogenics, Belgium	0.43	1.85 V at 80°C
MPEI, Russia	0.3	1.85 V at 90°C
Lightbridge, Korea	>0.4	1.75 V at 80°C

数据转述自 Light Bridge 公司的宣传资料

#### 7.1.1 小尺寸单槽/2槽/3槽/5槽/10槽/20槽单独槽体

Light Bridge 公司可以提供独立电解槽，根据单槽活跃面积的不同，分为小尺寸的 SC 系列和大尺寸的 C 系列；

小尺寸的 SC 系列分为单槽，2槽，3槽，5槽，10槽，20槽等产品型号，如下所示。



LBE-SC

LBE-3SC

LBE-10SC

产品型号	LBE-SC	LBE-2SC	LBE-3SC	LBE-5SC	LBE-10SC	LBE-20SC
槽数	1	2	3	5	10	20
氢气流量 mL/Min	70	140	210	350	700	1400
氧气流量 mL/Min	35	70	105	175	350	700
使用电压 V	1.6-2	3.2-4	4.8-6	8-10	16-20	32-40
功率容量 W	2.5-20	5-40	7.5-60	12.5-100	25-200	50-400
结构件材料	FRP, Engineering plastic					
隔膜	Porous polymer					
电流范围	6-10A					
工作温度范围	15-70°C					
电解质	Alkali solution (KOH, 30wt%)					
单槽活跃面积	15.2cm <sup>2</sup>					

### 7.1.2 大尺寸 5 槽/10 槽/20 槽/30 槽/48 槽/60 槽单独槽体

大尺寸的 C 系列分为 5 槽, 10 槽, 20 槽, 30 槽, 48 槽, 60 槽等产品型号, 如下所示。



LBE-10C

LBE-30C

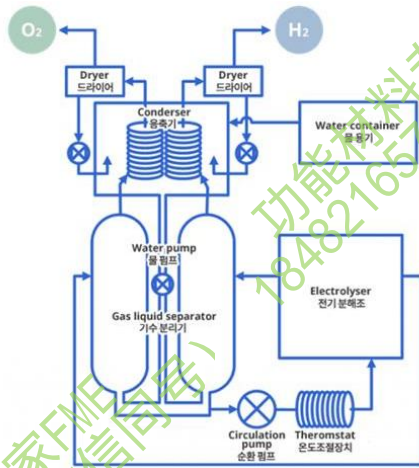
LBE-48C

LBE-60C

产品型号	LBE-5C	LBE-10C	LBE-20C	LBE-30C	LBE-48C	LBE-60C
槽数	5	10	20	30	48	60
氢气流量 L/Min	3.5	7	14	21	33	40
氧气流量 L/Min	1.75	3.5	7	10.5	16.5	20
使用电压 V	8-10	16-20	32-40	51-60	24-48	48-60
功率容量 kW	0.15-0.8	0.3-1.6	0.6-3.2	0.9-4.8	1.4-7.7	1.8-9.6
电流范围	60-100A			120-200A		
结构件材料	FRP, Engineering plastic					
隔膜	Porous polymer					
工作温度范围	10-80°C					
电解质	Alkali solution (KOH, 30wt%)					
单槽活跃面积	177cm <sup>2</sup>					

## 7.2 碱性电解槽 ALK(集成系统)

Light Bridge 公司还可以提供带烟囱、工艺槽、冷却和循环、氢气压力控制和调节功能电解质模块(外罐、超净器、蒸馏水供应装置)的集成系统; 如下图所示;



### 7.2.1 小功率 500W/1kW/1.5kW/2.5kW/5kW 集成系统

根据功耗的不同，分为 500W, 1kW, 1.5kW, 2.5kW, 5kW, 10kW, 30kW, 60kW, 100kW 九个型号，性能参数如下所示：



LBEX-500/1K/1.5K



LBEX-2.5K



LBEX-5K

产品型号	LBEX-500	LBEX-1	LBEX-1.5K	LBEX-2.5K	LBEX-5K
功耗范围 kW	<0.5	<1	<1.5	<2.5	<5
氢气流量 L/H	100	200	300	500	1000
氧气流量 L/H	50	100	150	250	500
工作温度范围	50-80℃				
可调压力	0-7barg				
输入电压	380 V, 3 相				
气体纯度	氢气纯度：99.5-99.9%，氧气纯度：98%				

### 7.2.2 大功率 10kW/30kW/60kW/100kW 集成系统

大功率集成系统参数如下所示：



LBEX-10K



LBEX-100K

产品型号	LBEX-10K	LBEX-30K	LBEX-60K	LBEX-100K
功耗范围 kW	<10	6-30	12-60	20-100
氢气流量 L/H	2000	5000	10000	20000
氧气流量 L/H	1000	2500	5000	10000
堆叠(LB-C系列)	24槽 X2ea	48槽 X3ea	48槽 X6ea	48槽 X10ea
工作温度范围	50-80℃			
可调压力	0-7barg			
输入电压	380 V, 3相			
气体纯度	氢气纯度: 99.5-99.9%, 氧气纯度: 98%			

### 7.3 PEM 电解槽(单独槽体)

除了碱性隔膜式电解槽，Light Bridge 公司还可以提供基于质子交换膜 PEM 技术的电解槽，通常由阴极，阳极，质子交换膜 PEM 组成，去离子水作为电解液，具有电解效率高（电流密度大，单体设备紧凑），动态响应快（与电力输出波动较大的风光发电可直接耦合），但是因为阴阳极的反应较为恶劣，需要选择贵金属催化剂，成本较高的缺点，根据单体活跃面积的不同，分为小尺寸的 SC 系列和大尺寸的 C 系列。

#### 7.3.1 小尺寸单槽/2槽/4槽/10槽/12槽/24槽单独槽体

小尺寸的 SC 系列电解槽根据槽体数量的不同，分为单槽，2槽，4槽，10槽，12槽，24槽六个型号，性能参数如下所示：

产品型号	LBE-PSC	LBE-P2SC	LBE-P4SC	LBE-P10SC	LBE-P12SC	LBE-P24SC
槽体数量	1	2	4	10	12	24
氢气流量 L/Min	0.370	0.74	1.48	3.70	4.40	8.80
氧气流量 L/Min	0.185	0.37	0.74	1.85	2.20	4.40
施加电压范围(V)	1.7-2.0	3.4-4.0	6.8-8.0	17-20	20.4-24	40.8-48
功率容量范围(W)	2.5-20	5-40	7.5-60	12.5-100	25-200	50-400
材料	Anodizing Aluminium, Ti(阳极氧化铝, 钛)					
膜材料	Nafion					
电流范围@1.8V	最大 50A					
运行温度	15-70 °C					
电解质	III 型去离子水					
单体活跃尺寸	25cm <sup>2</sup>					



LBE-P4SC



LBE-P10SC



LBE-P24SC

#### 7.3.2 大尺寸单槽/6槽/12槽/24槽/36槽/48槽单独槽体

大尺寸的 C 系列电解槽根据槽体数量的不同，分为单槽，6槽，12槽，24槽，36槽，48槽六个型号，性能参数如下所示：

产品型号	LBE-PC	LBE-P6C	LBE-P12C	LBE-P24C	LBE-P36C	LBE-P48C
槽体数量	1	6	12	24	36	48
氢气流量 L/H	700	1400	2800	5600	8400	12000
氧气流量 L/H	350	700	1400	2800	4200	6000
施加电压范围 (V)	1.7-2.0	3.4-4.0	6.8-8.0	17-20	20.4-24	40.8-48
功率容量范围 (kW)	0.8	5	10	20	30	40
材料	Anodizing Aluminium, Ti (阳极氧化铝, 钛)					
膜材料	Nafion					
电流范围 @1.8V	最大 540A					
运行温度	15-80 °C					
电解质	III 型去离子水					
单体活跃尺寸	270cm <sup>2</sup>					



LBE-P6C



LBE-P6C



LBE-P12C



LBE-P12C

## 7.4 PEM 电解槽 (集成系统)

Light Bridge 公司还可以提供带烟囱、工艺槽、冷却和循环、氢气压力控制和调节功能模块 (外罐、超净器、蒸馏水供应装置) 的集成系统; 包括电源模块, 电子控制板等,

### 7.4.1 小功率 5kW/10kW 集成系统

小功率的 PEM 电解槽集成系统主要包括 5kW 和 10kW 两个规格, 性能参数如下所示:

产品型号	LBEX-5K	LBEX-10K
功耗范围 kW	<5kW	<10kW
氢气流量 L/H	1000	2000
氧气流量 L/H	500	1000
工作温度范围	10-60°C	
可调压力	0-5 barg	
输入电压	380 V, 3 相	
气体纯度	氢气纯度: 99.97-99.99%, 氧气纯度: 99%	

### 7.4.2 大功率 20kW/40kW/60kW/80kW/100kW/400kW 集成系统

大功率 PEM 集成系统包括 20kW/40kW/60kW/80kW/100kW/400kW, 性能参数如下所示:

产品型号	LBEX-20K	LBEX-40K	LBEX-60K	LBEX-80K	LBEX-100K	LBEX-400K
功耗范围 kW	4-20	8-40	12-60	16-80	20-100	80-400
氢气流量 L/H	4000	8000	12000	16000	20000	80000
氧气流量 L/H	2000	4000	6000	8000	10000	40000
电堆 (LB-C)	24 槽 X1	48 槽 X1	36 槽 X1	48 槽 X2	24 槽 X5	48 槽 X10
工作温度范围	50-80°C					
可调压力	0-7 barg					
输入电压	380 V, 3 相					
气体纯度	氢气纯度: 99.97-99.99%, 氧气纯度: 99%					



LBEX-5K



LBEX-5K



LBEX-10K



LBEX-10K

## 8 美国 H-TEC Education 公司

H-TEC Education 公司致力于培养新一代的工程师和科学家以及清洁能源的突破。公司精心研制的零碳排放科学实验包将帮助各级学生（K-12、家庭教育、大学预科、大专院校、大学、非营利教育机构等）学习最新的、清洁的、环境友好的能源技术，如燃料电池、电解槽（电解水）、氢能、太阳能、生物质能等，帮助学生发现和理解其中关键原理，此外，实践经验还将提高学生的电学、物理学、生物学和工程知识，增强他们的创造性思维和分析能力，优秀的学生应该拥有优秀的科学工具和工具来扩展他们的教育。



H-TEC EDUCATION

### 8.1 单个燃料电池

#### 8.1.1 F101/F102/F103/F104/F105 单个燃料电池

F 系列燃料电池是 H-TEC 公司研制的一系列用于教学与研究的燃料电池，采用了质子交换膜（PEM）技术，主要由阴极、阳极、质子交换膜组成。根据反应面个数的不同，有 1、2、4 个反应面，分别被称为单极、双极、四极燃料电池；根据工作模式的不同，分为纯氧模式和纯氧/空气兼容的模式，分别称为“氢氧燃料电池”和“氢氧/空气燃料电池”。F101、F102、F103、F104、F105 单个燃料电池性能参数

产品 型号	电极 面积	输出功率(纯氧模式) (mW/mA)	输出功率(空气模式) (mW/mA)	产生电压 (V/DC)	尺寸 (mm)	重量 (g)
F101	3.6cm <sup>2</sup>	580-640/1.5	-	0.45-0.95	51X51X41	58
F102	7.2cm <sup>2</sup>	1200-1300/1.5	-	0.90-1.92	51X51X41	63
F103	3.6cm <sup>2</sup>	580-640/1.5	180-200/375	0.45-0.95	51X51X41	58
F104	7.2cm <sup>2</sup>	1200-1300/1.5	360-400/375	0.90-1.92	51X51X41	63
F105	14.4cm <sup>2</sup>	2400-2600/1.5	720-800/375	1.80-3.84	62X60X62	78



F101-燃料电池 1



F101-燃料电池 2



F102-燃料电池 1



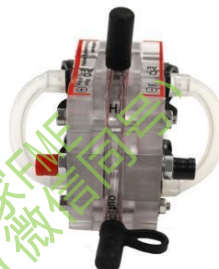
F102-燃料电池 2



F103-燃料电池 1



F104-燃料电池 1



F105-燃料电池 1



F105-燃料电池 2

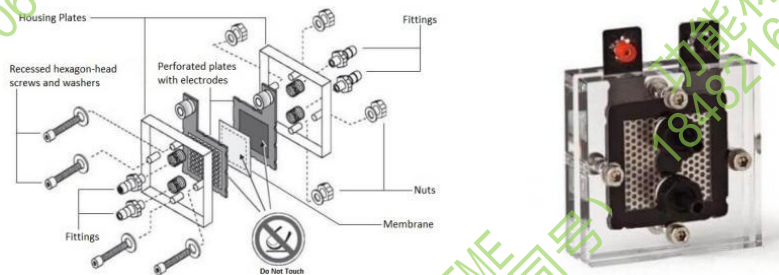


### 8.1.2 F107-可拆卸氢氧/空气燃料电池

F107-可拆卸氢氧/空气燃料电池是H-TEC公司专门研发的一款用于学生和观众理解燃料电池结构的教具，它不仅完全可以拆装，并且还具备良好的电化学性能，其参数和结构如下表和下图所示。

F107-可拆卸氢氧/空气燃料电池性能参数

产品型号	F107
电极面积 (cm <sup>2</sup> )	16
输出功率(纯氧模式)-带纯氧极板(mW/A)	1000/1.5
输出功率(空气模式)-带纯氧极板(mW/A)	880/1.5
输出功率(空气模式)-带空气极板(mW/A)	1200/2
输出电压 (V/DC)	0.4-1
允许工作压力 (Pa)	0-2000
尺寸 (mm <sup>3</sup> )	100X80X90
重量 (g)	200

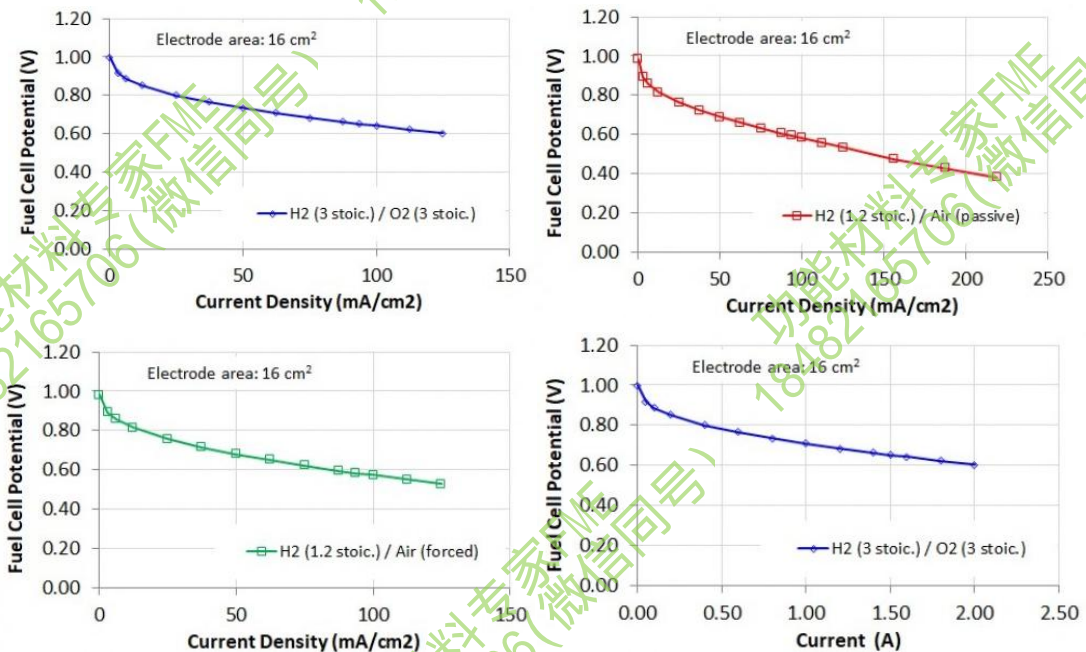


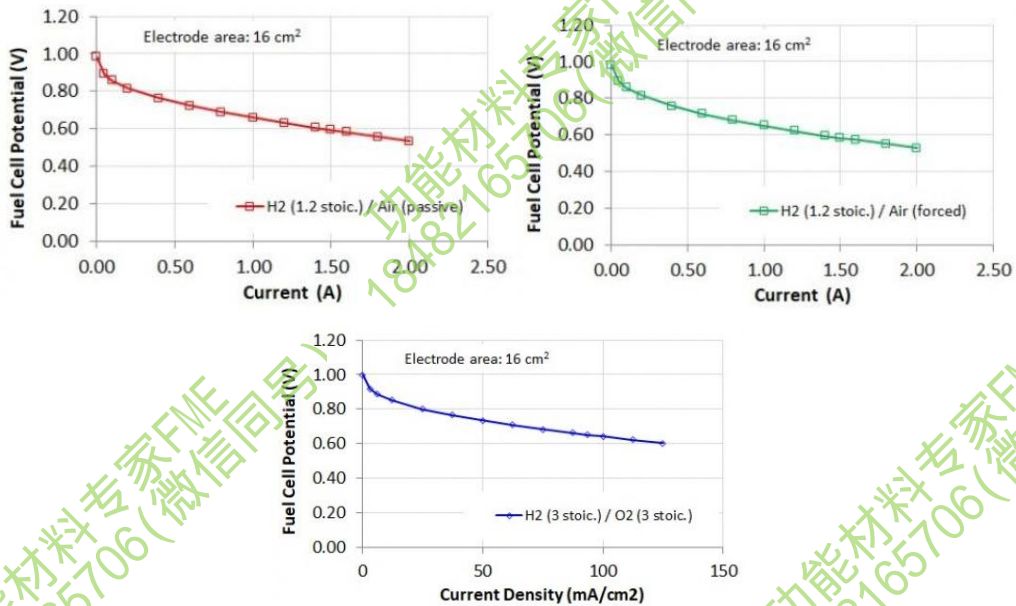
F107-可拆卸氢氧/空气燃料电池

#### F107-MEA 可拆卸燃料电池标准膜电极

这是我们用于H-TEC可拆卸燃料电池组件的标准膜电极，是带有集成气体扩散层(GDL)的5层MEA。该MEA的催化剂负载量在阳极和阴极侧为0.5 mg/cm<sup>2</sup>的60%PtC和0.25 mg/cm<sup>2</sup>的PtB。这就可以在氢气/空气模式和氢气/氧气模式下实现最大性能。

尽管电池是可拆卸的，但我们建议每次电池因分层而拆卸时更换标准膜电极MEA。脱层的MEA虽然可以重复使用，但是会因为分层造成电阻增加，功率下降。





### 8.1.3 F108/F109/F110 多模块氢氧燃料电池

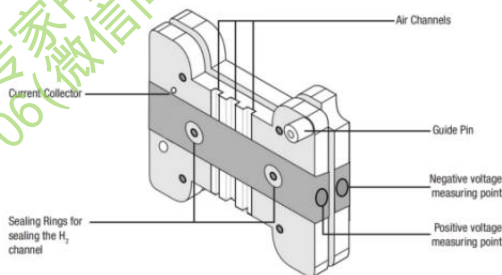
多模块氢氧燃料电池是将单个燃料电池模块化，通过集成，做成一个燃料电池堆栈结构的演示组件，根据模块的个数不同，分为 F108 (3 模块)、F109 (5 模块)、F110 (10 模块) 三个型号，其参数如下所示。

#### 规格参数：

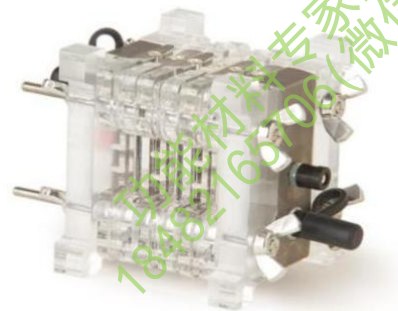
- 单个电池的标称功率：200 毫瓦（空气模式）；
- 单个电池的最大输出功率：333 毫瓦（持续时间短，气流速度快）；
- 单个电池的产生电压：0.4-0.96V；
- 单个电极面积：3.0cm<sup>2</sup>；
- 允许工作压力：0-2000Pa

#### F108-氢氧燃料电池三模块组

F108 型氢氧燃料电池三模块组由三个模块化的氢氧燃料电池组合而成，总电极面积约 9cm<sup>2</sup>，在空气模式下的总输出功率为 600 毫瓦，在纯氧模式下的输出功率为 900 毫瓦，在纯氧输入，通气速度很快的状态下，最大输出功率为约 1000 毫瓦，但是不建议在最大输出功率条件下运行，因为这很有可能会损坏电极。



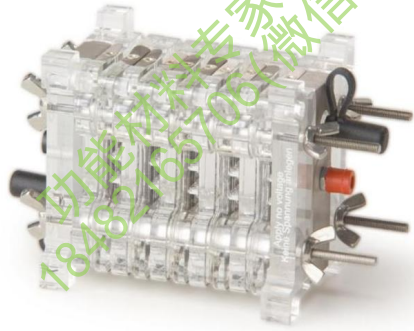
燃料电池单模块结构图



F108 型氢氧燃料电池三模块组

#### F109-氢氧燃料电池五模块组

F109 型氢氧燃料电池五模块组由五个模块化的氢氧燃料电池组合而成，总电极面积约 15cm<sup>2</sup>，在空气模式下的总输出功率为 1000 毫瓦，在纯氧模式下的输出功率为 1500 毫瓦，在纯氧输入，通气速度很快的状态下，最大输出功率为约 1665 毫瓦，但是不建议在最大输出功率条件下运行，因为这很有可能会损坏电极。



F109 型氢氧燃料电池五模块组

### F110-氢氧燃料电池十模块组

F110 型氢氧燃料电池十模块组由十个模块化的氢氧燃料电池组合而成，总电极面积约 30cm<sup>2</sup>，在空气模式下的总输出功率为 2000 毫瓦，在纯氧模式下的输出功率为 3000 毫瓦，在纯氧输入，通气速度很快的状态下，最大输出功率为约 3330 毫瓦，但是不建议在最大输出功率条件下运行，因为这很有可能会损坏电极。



F110 型氢氧燃料电池十模块组

参数总表:

**注：不建议在最大输出功率下运行电池模块，以免损坏电极；**

产品型号	电池组数	总电极面积	总输出功率	尺寸	总重量
-	1	3 cm <sup>2</sup>	300 毫瓦	60X50X20mm	-
F108	3	9 cm <sup>2</sup>	900 毫瓦	90X70X60mm	150g
F109	5	15 cm <sup>2</sup>	1500 毫瓦	130X70X60mm	300g
F110	10	30 cm <sup>2</sup>	3000 毫瓦	200X50X20mm	500g

### 8.1.4 R103/R104 可逆氢氧/空气燃料电池

燃料电池和电解槽的工作原理是一个相反的过程，R 系列可逆氢氧/空气燃料电池是 H-TEC 公司开发的一款可逆氢氧燃料电池，它不仅可以作为燃料电池使用，也可以逆向作为电解槽制取氢气和氧气，其中 R103 为单极电池，只有一个反应面，R104 为双极电池，有两个反应面，其性能参数如下表所示。

R103、R104 可逆氢氧/空气燃料电池的性能参数如下所示：

产品型号		R103	R104
电极面积 (cm <sup>2</sup> )		3.0	5.8
工作压力 (Pa)		0-2000	0-2000
燃料电池 模式	输出功率(纯氧模式)(mW/mA)	500/750	1000/750
	输出功率(空气模式)(mW/mA)	300/300	400/300
电解池 模式	制氢速率 (mL/min)	7	20
	制氧速率 (mL/min)	3.5	10

	允许功率 (mW/mA)	1700/1000	5500/1500
	尺寸 (mm <sup>3</sup> )	50X40X57	56X42X57
	重量 (g)	52	63



R103-单极可逆氢氧/空气燃料电池



R104-双极可逆氢氧/空气燃料电池

## 8.2 电解槽系列

### 8.2.1 E103/E104/E105/E208 电解槽 (单个电极)

E系列电解槽是H-TEC公司研发的一系列电解水制氢设备，其结构包括：阴极、阳极、质子交换膜 (PEM)，给电解槽的阴阳极提供电力，通过电解水就可以制取氢气。根据反应面积的不同，有1、2、4个反应面，分别被称为单极、双极、四极电解槽，E208为可拆卸电解槽，其性能参数如下表所示。

E103、E104、E105、E208 电解槽的性能参数表

产品型号	E103	E104	E105	E208
电极面积 (cm <sup>2</sup> )	3.0	6.0	11.6	16
标准工作电流 (A) <sup>注1</sup>	1.0	2.15	1.65	0-5
最大工作电流 (A) <sup>注2</sup>	1.5	3.0	1.8	/
标准电流下的工作电压 (V) <sup>注3</sup>	-	-	7.9-8.0	0-2
最大电流下的工作电压 (V) <sup>注4</sup>	2	4	7.9-8.1	/
标准产氢速率 (mL/min) <sup>注1</sup>	10	30	46	35
最大产氢速率 (mL/min) <sup>注2</sup>	-	40	50	/
标准产氧速率 (mL/min) <sup>注1</sup>	5	15	23	17.5
最大产氧速率 (mL/min) <sup>注2</sup>	-	20	25	/
工作压力 (Pa)	0-2000			
尺寸 (mm)	51X51X41	90X170X135	75X71X53	180X80X90
重量 (g)	58	62.4	82.2	200

注：1. 室温去离子水或蒸馏水；

2. 42-45℃加热去离子水或者蒸馏水；

3. 在电解槽电极终端处测量 (使用室温去离子水或蒸馏水)；

4. 在电解槽电极终端处测量 (使用 42-45℃加热去离子水或者蒸馏水)；



E103-单极电解槽



E104-双极电解槽



E105-四极电解槽

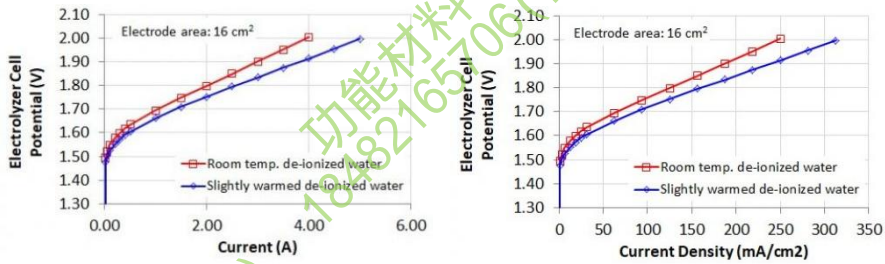


E208-可拆卸电解槽

### E208-MEA 可拆卸电解槽标准膜电极

这是我们用于H-TEC可拆卸电解槽的标准膜电极，该MEA的催化剂负载量在阳极和阴极侧为 2 mg/cm<sup>2</sup> 的 IrRuO<sub>x</sub> 和 0.5 mg/cm<sup>2</sup> 的 60%PtC。

尽管电池是可拆卸的，但我们建议每次电池因分层而拆卸时更换标准膜电极 MEA。脱层的 MEA 虽然可以重复使用，但是会因为分层造成电阻增加，功率下降。



### 8.2.2 E101/E205 电解槽（组件）

H-TEC 公司根据单个电解槽研发出了一系列组件，组件包括单个电解槽、储氢罐、储氧罐，底板、相关管件等配件：



E101-单极电解槽组件 E205-双极电解槽组件

E101-单极电解槽组件、E205-双极电解槽组件性能参数

产品型号	E101	E205
电极面积 (cm <sup>2</sup> )	3.0	6.0
标准工作电流 (A) 注1	1.0	2.15
最大工作电流 (A) 注2	1.5	3.0
标准电流下的工作电压 (V) 注3	-	-
最大电流下的工作电压 (V) 注4	2	4
标准产氢速率 (mL/min) 注1	10	30
最大产氢速率 (mL/min) 注2	-	40
标准产氧速率 (mL/min) 注1	5	15
最大产氧速率 (mL/min) 注2	-	20
工作压力 (Pa)	2000	
氢气/氧气储气罐容积 (mL)	30	80
尺寸 (mm)	170X145X92	90X170X135
重量 (g)	-	290
备注	组件	组件

注：1. 室温去离子水或蒸馏水；

2. 42-45℃加热去离子水或者蒸馏水；

3. 在电解槽电极终端处测量（使用室温去离子水或蒸馏水）；

4. 在电解槽电极终端处测量（使用 42-45℃加热去离子水或者蒸馏水）；

### 8.2.3 E206/E207 电解槽（模块组）

H-TEC 公司通过将电解槽集成模块化，开发出了 E 系列双模块和七模块组电解槽，系统包括底板、储气罐，集成式电解板等，整体结构集成度高，结构简单，如下图所示：

E206-双模块电解槽组件、E207-七模块电解槽组件性能参数

产品型号	E206	E207
电解板组数	2 组	7 组
制氢速率 (额定功率下) (mL/min)	65	230
制氧速率 (额定功率下) (mL/min)	32.5	115
氢气侧填充体积 (mL)	90	90
氧气侧填充体积 (mL)	130	130
氢气储存量 (mL)	80	80
氧气储存量 (mL)	40	40
允许工作电压 (V/DC)	0-4	0-14
允许工作电流 (A)	0-4.4	0-4.4
整体功耗 (W)	16	56
允许工作压力 (Pa)	0-2000	0-2000
电解板面积 (cm <sup>2</sup> )	2X16	7X16
尺寸 (mm <sup>3</sup> )	250X250X120	250X330X200
重量 (g)	950	1850



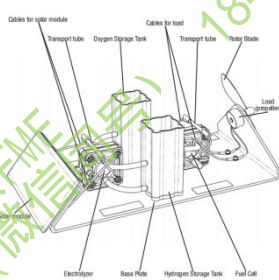
E206-双模块电解槽

E207-七模块电解槽

### 8.3 成套组件

#### 8.3.1 J101-基础版太阳能/氢能成套组件

J101-基础版太阳能/氢能成套组件包含一块太阳能电池板、一个燃料电池、一个电解槽、一对 30mL 储气罐、一个小风扇，所有零件均胶粘固定在底板上，不能拆解（如下图所示）。



#### 8.3.2 J102-改进版太阳能/氢能成套组件

J102-改进版太阳能/氢能成套组件包含一块太阳能电池板、一个燃料电池、一个电解槽、一对 80mL 储气罐、一个小风扇，所有零件均胶粘固定在底板上，无需组装，相较于 J101 型，具有更大的储气量（如下图所示）。



### 8.3.3 T207-基础版燃料电池车成套组件

T207-基础版燃料电池车成套组件包含有一块太阳能电池板、一个可逆氢氧/空气燃料电池、一个简易小车、一对 30mL 储气罐；可组合成太阳能小车，燃料电池小车等模式（如下图所示）。



### 8.3.4 T126-基础版太阳能/氢能成套组件

T126-基础版太阳能/氢能成套组件包含有一块太阳能电池板、一个燃料电池、一个电解槽、一对 30mL 储气罐、一个小风扇；该组件可用于太阳能-氢能的演示，相较于 J101 和 J102 系列，这套组合所有零件均是通过磁吸方式固定在底板上，可以更换性能更好的零件，组合方式更加灵活（如下图所示）。



### 8.3.5 T203-高级版太阳能/氢能成套组件

T203-高级版太阳能/氢能成套组件包含有一块底板、一块太阳能板、一个可拆卸燃料电池、一个氢氧空气燃料电池、一个电解槽、一对 30mL 储气罐、一个小车底板、一个小风扇，这是零件包含最全面的一套演示组件，该组件可用于太阳能-氢能的演示（如下图所示）。

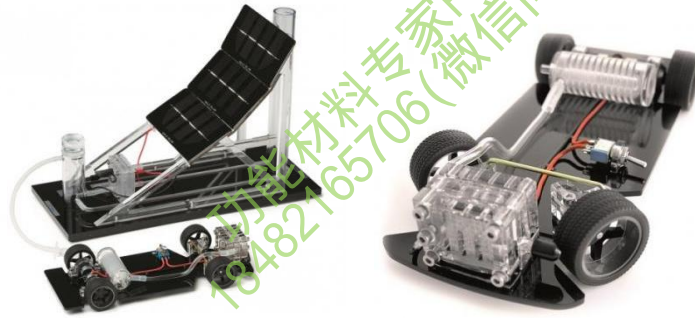


## 8.4 演示设备

H-TEC 公司在成套组件的基础上，开发出了更加适合演示场合的演示设备，相较于成套组件，演示组件的零件更加精美，结构更加紧凑。

### 8.4.1 D203-燃料电池车/加氢站基础版演示设备

D203-燃料电池车/加氢站基础版演示设备包含有一个燃料电池小车、一组太阳能板、一个电解槽、一个 80mL 储氢罐，主要演示加氢站和燃料电池车的运行模式（如下图所示），**最新一代的燃料电池小车将具备转弯的功能，适用场景更加灵活，小车可单独购买。**



D203-燃料电池车/加氢站基础版演示设备

#### 8.4.2 D114-燃料电池车/加氢站升级版演示设备

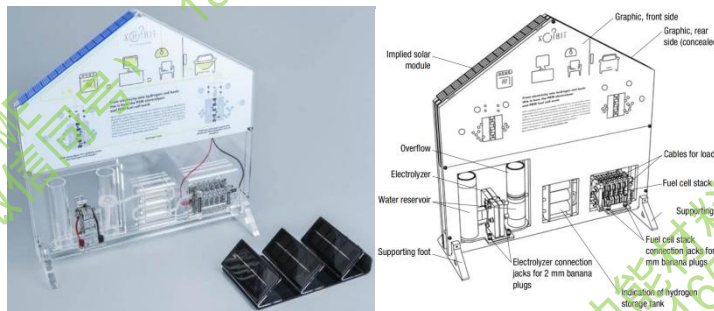
D114-燃料电池车/加氢站升级版演示设备包含有一个燃料电池小车、一个太阳能电池板、一个模块化的电解槽、一个升级版储氢罐，主要演示加氢站和燃料电池车的运行模式(如下图所示)，**最新一代的燃料电池小车将具备转弯的功能，适用场景更加灵活，小车可单独购买。**



D114-燃料电池车/加氢站升级版演示设备

#### 8.4.3 D111-太阳能/氢能循环房演示设备

D111-太阳能/氢能循环房演示设备包含有一个双模块电解槽、一个太阳能电池板、一个十模块燃料电池、一个升级版储氢罐，一个屋顶有太阳能板的房屋模型，主要演示太阳能和氢能的循环模式(如下图所示)。

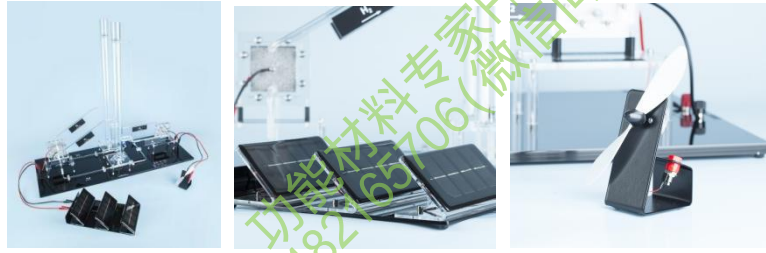


D111-太阳能/氢能循环房演示设备

#### 8.4.4 D201-太阳能/氢能联合电站演示设备

D201-太阳能/氢能联合电站演示设备包含有一个电解槽、三块太阳能电池板、一个燃料电池、一个小风扇、两个高容量的储氢罐，主要演示太阳能/氢能联合电站的工作模式(如下图所示)。





D201-太阳能/氢能联合电站演示设备

#### 8.4.5 U102-太阳能/氢能堆栈实验装置

U102-太阳能/氢能堆栈实验装置包含有一套氢氧燃料电池十模块组、一套双模块电解槽、一个大容量储氢罐、一块高功率太阳能电池板、一套燃料电池监测器 Pro4.0(含软件) 一个小风扇、一个太阳光模拟灯，主要用于测试氢能相关的一些实验，系统如下图所示。



U102-太阳能/氢能堆栈实验装置

## 9 美国 Flex Stak 公司

Flex Stak 是一家位于美国俄亥俄州阿什塔比拉市的科技公司，致力于研发各种燃料电池相关的材料与设备，包括氢氧燃料电池堆 (PEMFC)、直接甲醇燃料电池堆 (DMFC)、全钒液流电池堆 (VRB)、磷酸燃料电池 (PAFC)、制氢电解槽堆 (PEMEL) 等，无论是用于教育、便携式或固定应用的燃料电池和/或组件，Flex Stak 都能满足您的需求。



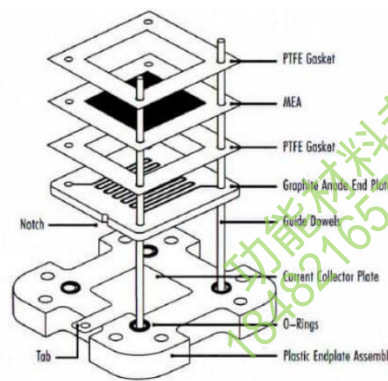
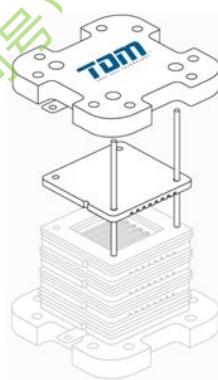
### 9.1 Flex Stak 1/5/10/15/20 模块氢氧燃料电池 (PEMFC)

#### 9.1.1 概述

质子交换膜燃料电池 (PEMFC)，是一种利用氢气和氧气反应生成水，同时产生热量和电力的装置，本质上为水电解的逆反应。结构包括阴极、阳极、质子交换膜，阳极侧通入氢气，在催化剂作用下发生氧化反应，生成氢离子和电子，电子通过外电路传递到阴极，氢离子通过中间的质子交换膜传递到阴极，阴极侧在催化剂作用下，氢离子、电子、氧气反应生成水。

Flex-Stak 公司开发的电池模块旨在通过设计灵活地满足每个消费者的需求。凭借我们独特的设计，MEA 可以轻松地从燃料电池中更换出来并用另一种类型替换（例如从 PEMFC 到直接甲醇或磷酸燃料电池 MEA），同时还具有以下特点：

1. 通过使用高质量的商品 MEA，单电池可以产生高达 1.5 瓦的输出功率（氢氧燃料电池）；
2. 具有可扩展的设计以允许更多的电力输出，可以扩展到最多 20 个电池模块；
3. 在石墨板中引进先进的冷却技术，具有更好的气体扩散性能；
4. 具有可互换的 PEM 和 DMFC 膜；
5. 可以自由流动和加压运行；



Flex-Stak 结构示意图

#### 9.1.2 分类

Flex-Stak 的模块化氢氧燃料电池组件有单模块、5 模块、10 模块、15 模块、20 模块五种配置，整个组件可以在纯氧或者空气模式下运行。独有的设计使得可以将组件轻松的扩展到不同输出功率水平，无论是对 MEA 的研究测试、自制氢氧燃料电池还是进行相关专业的培训，Flex-Stak 公司的模块化氢氧燃料电池组件都是一款出色的学习工具，可以让您学习

和体验到先进的燃料电池技术。

Flex-Stak 氢氧燃料电池组件包括塑料端板、石墨复合双极/单极板、高性能的 PEMFC MEA、垫片、导向销、外壳硬件、拆装说明书，因为组件是可拆卸设计的，允许用户更换自己的 PEM 和 MEA 进行测试，拆装 Flex-Stak 燃料电池组件只需一把平头螺丝刀和扭矩扳手(< 50 英寸磅，1/4 英寸螺母)；



单模块氢氧燃料电池



5 模块氢氧燃料电池



10 模块氢氧燃料电池



15 模块氢氧燃料电池



20 模块氢氧燃料电池

### 9.1.3 通用参数

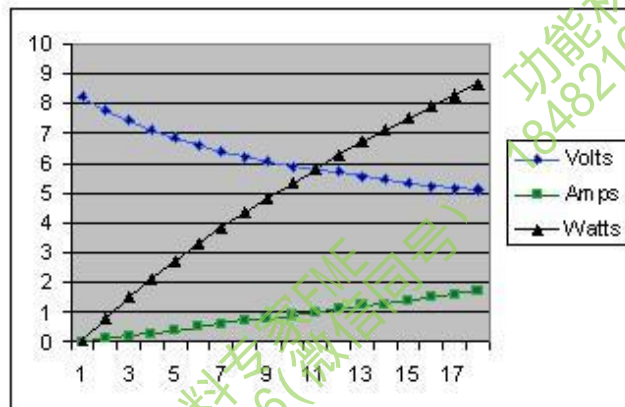
- MEA 活跃面积：3.2X3.2cm (10cm<sup>2</sup>)
- MEA 膜尺寸：5.3X5.3cm
- 石墨板尺寸（长 X 宽 X 高）：6.3X6.3X0.4cm
- 推荐扭矩值：8-10 in-lbs

### 9.1.4 性能参数

特性	单模块	5 模块	10 模块	15 模块	20 模块
输出功率 (W) <sup>注1</sup>	0.25-0.35	3.0-3.5	6.0-7.0	9.0-11.5	12.0-14.0
输出电压 (V) <sup>注2</sup>	0.45-0.60	2.3-3.0	4.6-6.0	7.0-9.0	9.5-12.0
氢气消耗量 (mL/Min)	10.6	53	106	162	400

注 1：此功率输出数值是基于使用风扇的强制空气操作模式；

注 2：每个 Flex-Stak 电池的标称工作电压通常在 0.45-0.60V，但可能在 0.4-0.9V 之间变化，具体取决于您运行电池系统的负载（即更大的电流将导致更低的电压，更少的电流将具有更高电压），同时，氢气的湿度和流道的温度也将在功率输出（或电压或电流）值中起主要作用。

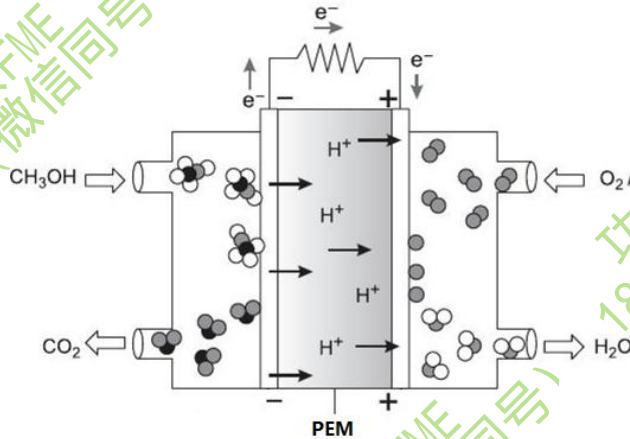


10 模块氢氧燃料电池性能参数图

## 9.2 Flex Stak 1/5/10/20 模块直接甲醇燃料电池(DMFC)

### 9.2.1 概述

直接甲醇燃料电池(DMFC),是一种利用甲醇和氧气反应生成水和二氧化碳,同时产生热量和电力的装置,与氢气相比,常温下甲醇是液态,所以单位体积可以储存更多的能量,其结构主要包括阴极、阳极、质子交换膜,阳极侧通入甲醇溶液,在催化剂作用下,甲醇和水发生氧化反应,生成氢离子和二氧化碳以及电子,电子通过外电路传递到阴极,氢离子通过中间的质子交换膜传递到阴极,阴极侧在催化剂作用下,氢离子、电子、氧气反应生成水,其电化学反应如下图所示:



直接甲醇燃料电池原理示意图

Flex-Stak 直接甲醇燃料电池组件包括塑料端板、石墨复合双极/单极板、高性能的 DMFC MEA、垫片、导向销、外壳硬件、拆装说明书,因为组件是可拆卸设计的,允许用户更换自己的 DMFC-MEA 进行测试,拆装组件只需一把平头螺丝刀和扭矩扳手(<50 英寸磅,1/4 英寸螺母);

### 9.2.3 通用参数

- DMFC 的 MEA 活跃面积: 3.2X3.2cm (10cm<sup>2</sup>)
- 单个电池的输出功率: 0-20mW
- 甲醇流速: 每个单元 10 mL/Min
- 甲醇浓度: 1 M
- 在蒸馏水中按质量计 3%的甲醇运行
- 推荐扭矩值: 8-10 in-lbs

**请注意, DMFC 组件不配备导向销。建议使用 1/8" 导向销来组装,以帮助对齐组件。**

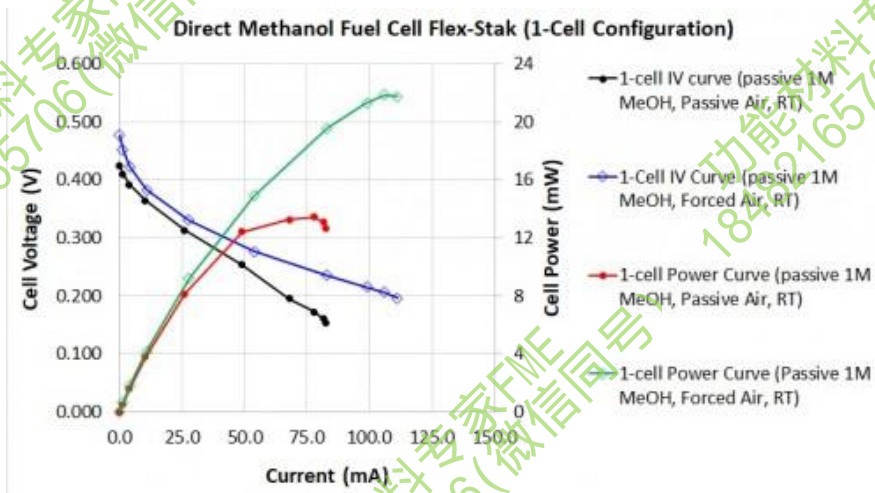
### 9.2.2 分类

Flex-Stak 的模块化直接甲醇燃料电池组件有单模块、5 模块、10 模块、20 模块四种配置,独有的设计使得可以将组件轻松的扩展到不同输出功率水平,无论是对 MEA 的研究测试、自制直接甲醇燃料电池还是进行相关专业的培训, Flex-Stak 公司的直接甲醇燃料电池都是一款出色的学习工具,可以让您学习和体验到先进的燃料电池技术。

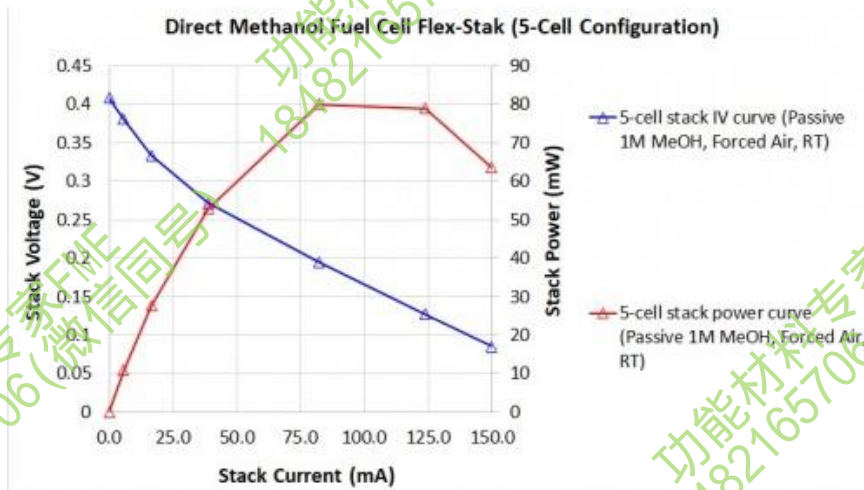


10 模块直接甲醇燃料电池

### 9.2.4 性能曲线



DMFC-单模块 DMFC 性能曲线



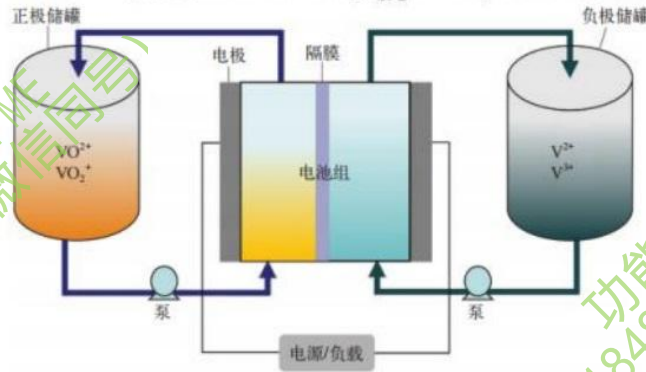
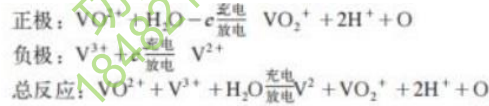
DMFC-5 模块 DMFC 性能曲线

## 9.3 Flex Stak 1 模块全钒液流电池 (VRB)

### 9.3.1 概述

全钒液流电池 (VRB)，是一种可充电的液流电池，利用钒以四种不同氧化态存在于溶液中的能力，采用不同氧化态的钒离子来储存化学势能。两种电解质通过质子交换膜分离。两种电解质均为钒基，正半电池中的电解质含有  $VO^{2+}$  和  $VO^{3+}$  离子，负半电池中的电解质含有  $V^{3+}$  和  $V^{2+}$  离子。电解质可以通过几种方法中的任何一种来制备，包括将五氧化二钒 ( $V_2O_5$ )

电解溶解在硫酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 中。该溶液在使用中保持强酸性。在 VRB 中，两个半电池还被附加地连接到储罐和泵上，这使得非常大量的电解液可以通过电池循环，将能量储存在电解质中，相对于传统的固态电池，可以通过扩充储罐的容量大大提供电池的储量，同时正负极电解质不接触也避免了电力衰减，不过也由于结构特点，体积和重量会比较大，通常作为固定式储能使用，全钒液流电池的电化学原理如下图所示：



全钒液流电池 (VRB) 工作原理

Flex-Stak 液流电池组件包括带插入式接头的端板、碳布、润湿的 PVC 或者 CPVC、交趾型流场、润湿的乙烯基酯、硬件外壳组成，因为组件是可拆卸设计的，允许用户更换自己的材料和零件进行测试，拆装组件只需一把平头螺丝刀和扭矩扳手；

### 9.3.2 分类

Flex-Stak 的全钒液流电池组件 (VRB) 目前只有单模块一种配置，无论是高级的研究测试、自制液流电池还是进行相关专业的培训，Flex-Stak 公司的模块化液流电池组件都是一款出色的学习工具，可以让您学习和体验到先进的电池技术。



单模块全钒液流电池 (VRB)

### 9.3.3 通用参数

- 膜电极活跃面积：3.2X3.2cm (10cm<sup>2</sup>)；
- 端口数：4 个；
- 流速：10-80mL/Min, 1A@1V 充电状态下；
- 充电参数：1A@1V；
- 液体从底部注入，顶部流出；
- 尺寸：3.25X3.25X2 in (8.26X8.26X5.1cm)
- 推荐扭矩值：8-10 in-lbs

特别注意

1. 全钒液流电池的流量从 10mL/Min 开始，最高可达每分钟 100 mL/Min。总流量将由电解质的充电状态决定。
2. 当您的液流电池内部有充电电解质时，您可以测试分辨出正极和负极的方向。
3. 全钒液流电池组件不配备导向销。建议使用 1/8" 导向销来组装，以帮助对齐组件。

## 10 捷克 Horizon 公司

Horizon Fuel Cell Technologies 成立于 2003 年，同年开始销售微型燃料电池，向世界各地的学校和学生展示该技术，同时投资研发更先进的产品和工业应用。2013 年，Horizon Educational 成立为一个独立的部门。

除了微型能源教具，Horizon 也积极研发工业级的燃料电池电堆，已经开发出从 10W-5kW 的风冷式燃料电池电堆，同时可以定制 30-40kW 的液冷式燃料电池电堆，其电堆简单、高效，为集成和商业化开辟了新的可能性。



### 10.1 Horizon Educational 教具

#### 10.1.1 FCJJ-11 燃料电池车演示组件

这款燃料电池车演示组件能够使观众了解到目前正在全球推出的燃料电池汽车背后的原理。用太阳能电池板或带有异形叶片的风力涡轮机为电路供电。通过水电解产生氢气，并使用 PEM 燃料电池将其转化为电能。无论想探索哪种技术组合，都可对可再生能源微电网背后原理的进行全面的介绍。



FCJJ-11 燃料电池车演示组件可以进行的实验如下：

1. 工具件的组装和操作；
2. 研究热对太阳能电池板的影响；
3. 研究阴影对太阳能电池板的影响；
4. 研究倾斜角度对太阳能电池板的影响；
5. 寻找太阳能电池板的最大电源点（需要变阻模块-单独销售）；
6. 研究水电解生产氢气和氧气；
7. 研究利用氢、氧发电的燃料电池实验；
8. 确定水电解的最低电压；
9. 研究氢氧燃料电池的极性

#### 10.1.2 FCJJ-16 太阳能-氢能演示组件

这款太阳能-氢能演示组件可以让学生们利用燃料电池、太阳能板和水创造出的氢气来扩展他们自己的清洁能源利用方案。该组件配备了一个小型电动马达和螺旋桨叶片作为电路的负载，结合完整的可再生能源课程和实验手册、组装指南等，你可以轻松组装出个性化的



未来储能系统。



FCJJ-16 太阳能-氢能演示组件可以进行的实验如下：

1. 探究热和冷对太阳能电池板的影响；
2. 探究阴影对太阳能电池板的影响；
3. 探究倾斜角度对太阳能电池板的影响；
4. 寻找太阳能电池板的最大功率点；
5. 研究水电解产生氢气和氧气；
6. 利用氢氧燃料电池发电；
7. 确定水分解的最小电压；
8. 探究氢燃料电池的极性。

### 10.1.3 FCJJ-20 基础版氢燃料电池小车

这款氢燃料电池小车向学生们展示了混合动力小车技术，演示了从太阳能发电制氢到氢燃料电池小车的原理。系统由阳光下的太阳能电池板供电给可逆燃料电池电解制取氢气，这是一个非常高效的过程。此外，小车可以独立驾驶，以避免遇到障碍物。



FCJJ-20 基础版氢燃料电池小车可以进行的实验如下：

1. 小车的组装和操作；
2. 探索热对太阳能电池板的影响；
3. 探索阴影对太阳能电池板的影响；
4. 探索倾斜角度对太阳能电池板的影响；
5. 寻找太阳能电池板的最大功率点（需要单独出售的可变电阻模块）；
6. 探索从水电解产生氢气和氧气；
7. 探索利用氢氧燃料电池发电；
8. 确定水的分解电压；
9. 确定氢氧燃料电池的极化状态。

### 10.1.4 FCJJ-22 乙醇燃料电池-风扇演示组件

这款乙醇燃料电池-风扇演示组件用于研究直接乙醇燃料电池如何工作。与大多数使用氢气或甲醇作为燃料来源的燃料电池不同，这款演示组件是乙醇转化为电能的工作演示。整个过程是无声的，不需要燃烧，并且可以运行数小时，可以用于探索下一代燃料电池技术。



FCJJ-22 乙醇燃料电池-风扇演示组件可以进行的实验如下：

1. 探索用乙醇和水发电；
2. 探索燃料电池的极性；
3. 探索不同乙醇浓度对燃料电池的影响；
4. 探索用葡萄酒或啤酒发电；
5. 探索温度对燃料电池的影响。

#### 10.1.5 FCJJ-23 氢燃料电池小车升级版

Horizon Educational 公司开发的这款氢燃料电池小车升级版，有着赛车的外观，通过组装和操作这款小车，可以体验来自未来的汽车技术，体验未来的汽车技术。可以让你观察到电解水产生氢气的过程以及氢转化为电能的过程——汽车和氢加油站都有透明的外壳和LED照明来展示科学。该项设计获得了多项奖项，包括：《时代》杂志的“最佳发明”、Business Week IDEA、Metropolitan Home "Design 100"、ID magazine annual review、Business 2.0 Bottom Line Design Awards。



FCJJ-23 氢燃料电池小车升级版可以进行的实验如下：

1. 组装一辆氢燃料电池汽车；
2. 利用太阳能电池板制造氢气；
3. 使用红外线控制装置，前后移动汽车；
4. 了解燃料电池技术；

#### 10.1.6 FCJJ-24 Horizon 能源监测器

Horizon Educational 公司开发的这款 Horizon 能源监测器是一款教育用评估监控设备，含有 PC 测量软件，用于在其自身的 2 行 LCD 屏幕或 Windows 计算机上以图形方式显示性能特征。它有一个 2 行 LCD 屏幕，可以查看测量值，您只需按下一个按钮即可循环查看。

能源监测器由电池供电，并带有 USB 端口，因此无论室内还是室外，它都可以与计算机一起使用，您可以直接进行太阳能电池板和风力发电机的测量。这款监测器可以避免使用万用表混淆设置和繁琐的计算，从而提供一种直接记录数据的即时、图形化方法，无需公式和计算。氢燃料电池、微型风力涡轮机套件和太阳能电池板的大量实验和评估活动现在可以实时量化电压、电流、功率、焦耳、电阻，甚至风力涡轮机转速 - 所有这些都可以通过同时查看和记录！

Horizon 能源监测器与 Horizon 其他的教育工具包完全兼容。

电压、电流、功率、焦耳、电阻，甚至转速可通过触摸一个按钮 - 显示在显示器本身的液晶屏幕上或作为您的电脑上的图形数据。Horizon 能源监测器可以帮助实验室和现场实验重返课堂，使其成为风能制氢演示组件 (FCJJ-56)、可再生能源演示组件 (FCJJ-37) 和新型风力发电演示组件 (FCJJ-39) 的理想工具。



**FCJJ-24 Horizon 能源监测器的特点：**

1. 与 Horizon 公司的其他科学教育工具包都兼容；
2. 与 Windows、Mac OS、Boot Camp 系统兼容；
3. 可以在室内或室外使用，有或没有电脑均可以；
4. 可以将所有数据导出为 Excel 或 CSV 格式；
5. 可以录制一段你的实验视频，以便回放和复习；

**FCJJ-24 Horizon 能源监测器的测量量程：**

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. 电压：0-28V/DC；   | 2. 电流：0-1 Amp/DC； |
| 3. 功率：0-28W；      | 4. 电阻：0-999 Ω；    |
| 5. 能量：0-65535 焦耳； | 6. 转速：200-2500；   |

**10.1.7 FCJJ-30 新型能源转换组件**

这款 FCJJ-30 新型能源转换组件展示了各种新型的能源转换形式，可以让学生们进行各种探索，包括探索未来绿色的交通方式、测量超级电容器的能量密度和功率、比较不同种类的燃料电池技术（包括直接乙醇燃料电池、盐水燃料电池和两种微型质子交换膜燃料电池），氢燃料电池利用的是储存在 HYDROSTIK PRO 金属氢化物储氢罐中的能量。此外，组件还可以探索演示光伏发电，用手摇发电机演示发电机原理。



FCJJ-30 新型能源转换组件可以进行的实验如下:

1. 使用氢燃料电池（微型可逆燃料电池）为小车提供动力；
2. 用盐水燃料电池为小车提供动力；
3. 用太阳能电池板驱动小车；
4. 用超级电容器和手摇曲柄为小车提供动力；
5. 用不同形式的氢（氢气和氢化物）为小车提供动力；
6. 用电池给汽车供电；



#### 10.1.8 FCJJ-34 新型盐水电池组件

这款盐水电池演示组件通过将盐水与镁板结合起来发电，阐述了一种新的发电概念。通过这款组件的演示，可以使观众了解到盐水电池背后的科学原理，而且还可以通过不同的供电负载探索个性化的应用场景。



FCJJ-34 新型盐水电池组件可以进行的实验如下:

1. 探索利用盐水溶液发电，并为小风扇供电；
2. 分析不同盐浓度下的电流和电压变化；
3. 探索不同的溶液温度对电流和电压的影响；
4. 使用不同的盐水浓度来分析电流和电压的变化；

#### 10.1.9 FCJJ-35 新型超级电容演示组件

这款新型超级电容演示组件演示了超级电容器先进的储能潜力。利用手摇发电机发电，并使用电位指示器监测能量的存储。然后，通过运行一个小风扇，表征超级电容器的能量密度和功率。通过使用电容器和发电机为简单电路供电，探索电容器和发电机背后的科学，在使用发电机给电容器充电时，了解电荷、电流和其他物理概念。超级电容器是汽车革命的重要组成部分，改变了我们的现有的运输方式，这是探索高密度储能原理的理想工具。



FCJJ-35 新型超级电容演示组件可以进行的实验如下：

1. 学习手摇发电机的概念；
2. 学习超级电容储能的概念；
3. 利用超级电容器产生的电能为小风扇供电；
4. 利用手摇发电机的机械能为小风扇供电；

#### 10.1.10 FCJJ-37 可再生能源演示组件

这款可再生能源演示组件展示了可再生能源微电网系统的工作原理，利用太阳能电池板或带有异形叶片的风力发电机为微电网供电。利用电解槽电解水产生氢气储存能量，在需要的时候，使用 PEM 燃料电池将其再次转化为电能，形成一套可再生能源微电网系统。



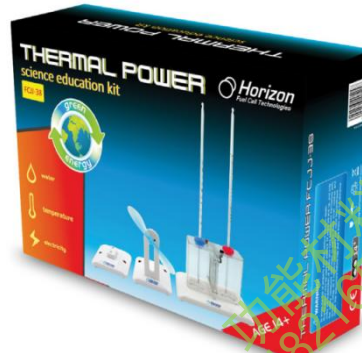
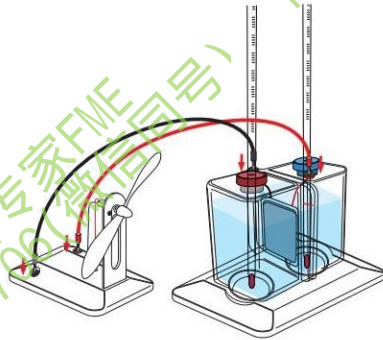
FCJJ-37 可再生能源演示组件可以进行的实验如下：

1. 太阳能实验：
  - 1.1 探索热对太阳能电池板的影响；
  - 1.2 探索阴影对太阳能电池板的影响；
  - 1.3 探索倾斜角度对太阳电池板的影响；
  - 1.4 找到太阳能电池板的最大功率点
2. 氢能实验：
  - 2.1 探索从水中电解出氢气和氧气；
  - 2.2 探索用氢氧燃料电池发电；
  - 2.3 确定水电解的最低电压；
  - 2.4 确定氢氧燃料电池的极性。
3. 风力发电实验：
  - 3.1 探索风力发电机叶片数对输出功率的影响；
  - 3.2 探索利用三种不同弯曲形状的叶片进行发电；
  - 3.3 探索自制叶片进行发电；
  - 3.4 探索风力发电机的效率；
  - 3.5 测量风力发电机的角速度；

- 3.6 探索风力发电机最大功率调谐;
- 3.7 探索叶片的角度或螺距如何影响输出功率;
- 3.8 探索氢气的生成过程;

#### 10.1.11 FCJJ-38 新型温差发电演示组件

这款新型温差发电电池利用有热电效应的材料制作而成,只需要将热水和冷水以及温差发电电池组合起来就可以发电了。当装水的两个容器之间温度相近时,发电的功率将降低。LED灯和小风扇可以显示发电功率的变化,同时有两个温度计跟踪冷热水的温度变化。



**FCJJ-38 微型燃料电池教育组件的特点:**

- 1. 利用温差(冷热水)发电;
- 2. LED和风扇模块显示了所产生的电力功率的差异;
- 3. 检查热交换的物理学和可以捕获的能量;
- 4. 附带CD、实验、课程和2个温度计

#### 10.1.12 FCJJ-39 新型风力发电演示组件

这款新型风力发电演示组件是一套微型发电系统,将风能转化为电能。对涡轮叶片的节距(角度设置)进行试验,可以找出发电最佳的叶片数。套件中包括三种类型的异形叶片。在获得特定叶片类型的最大输出功率后,可以使用另一种类型的异形叶片进行更换,并对比评估其性能。

使用随附的LED灯,可以表征风力发电系统的输出功率。该LED灯只可用作基本的演示。为了进行能进行更细致的实验,您还可以购买能源监测器(FCJJ-24)。使用该设备可以测量您的实验条件下产生的电压,并结合Horizon的电解槽,您可以进行大量实验。

通过串联和并联配置多个风力发电演示组件,可以研究电压、电流和发电功率。设计模型进行商业规模的风电场模拟,认识风能作为大规模能源的潜力。



**FCJJ-39 新型风力发电演示组件可以进行的实验如下:**

- 1. 探索风力发电设备叶片数对输出功率的影响;
- 2. 使用三种不同的弯曲叶片形状发电;
- 3. 自制叶片实验;

4. 探索风力发电机的效率；
5. 测量叶片转动的角速度；
6. 调节叶片达到最大输出功率；
7. 探究叶片角度或间距是如何影响输出功率的。

### 10.1.13 FCJJ-40 Horizon 能源演示包

这套 Horizon 能源演示包是集合了多种能源演示的多功能演示套件，包括有风力发电机、盐水电池、氢氧燃料电池、直接乙醇燃料电池、温差发电电池、太阳能电池、金属氢化物固态储氢罐、手摇发电机、太阳能电池板、电解制氢槽等。



FCJJ-40 Horizon 能源演示包可以进行的实验如下：

1. 太阳能电池：
  - 1.1 探索冷和热对太阳能电池板的影响；
  - 1.2 探索阴影对太阳能电池板的影响；
  - 1.3 探索倾斜角度对太阳能电池板的影响；
  - 1.4 找到太阳能电池板的最大功率点。
2. 温差发电电池：
  - 2.1 探索用两个热源给小风扇供电；
  - 2.2 探索用可再生能源监测器分析发电问题；
  - 2.3 理解热电效应。
3. 氢能实验：
  - 3.1 探索从水中电解出氢气和氧气；
  - 3.2 探索用氢氧燃料电池发电；
  - 3.3 确定水电解的最低电压；
  - 3.4 确定氢氧燃料电池的极性。
4. 手摇发电/超级电容储能实验：
  - 4.1 探索手摇曲柄发电的实验；
  - 4.2 了解超级电容储能的概念；
  - 4.3 利用超级电容储能装置为小风扇供电；
  - 4.4 利用手摇曲柄为小风扇供电。
5. 风力发电实验：
  - 5.1 探索风力发电机叶片数对输出功率的影响；
  - 5.2 探索利用三种不同弯曲形状的叶片进行发电；
  - 5.3 探索自制叶片进行发电；
  - 5.4 探索风力发电机的效率；
  - 5.5 测量风力发电机的角速度；

- 5.6 探索风力发电机最大功率调谐；
- 5.7 探索叶片的角度或螺距如何影响输出功率；
- 5.8 探索氢气的生成过程；
- 6. 盐水发电实验：**
- 6.1 探索利用盐水溶液发电，并为小风扇供电；
- 6.2 分析不同盐浓度下的电流和电压变化；
- 6.3 探索不同的溶液温度对电流和电压的影响；
- 6.4 使用不同的盐水浓度来分析电流和电压的变化；

**7. 生物能实验（乙醇燃料电池实验）：**

- 7.1 探索用乙醇发电；
- 7.2 探索乙醇燃料电池的极性；
- 7.3 测量乙醇燃料电池的油耗；
- 7.4 探索不同乙醇燃料浓度对发电功率的影响；
- 7.5 尝试用葡萄酒和啤酒发电；
- 7.6 探索溶液温度对发电功率的影响

**8. 多功能小车实验：**

- 8.1 使用氢燃料电池（可逆电池和微型燃料电池）为小车供电；
- 8.2 用盐水电池为小车供电；
- 8.3 用太阳能电池板为小车供电；
- 8.4 用超级电容器和手摇发电机为小车供电；
- 8.5 用不同形式的氢气（氢气和固体氢化物储氢）为小车供电。

**10.1.14 FCJJ-42 乙醇燃料电池组件**

这款乙醇燃料电池组件展示了乙醇燃料电池在催化剂的作用下通过氧化反应将乙醇转化为乙酸，并同时生成电能原理。



FCJJ-42 乙醇燃料电池组件可以进行的实验如下：

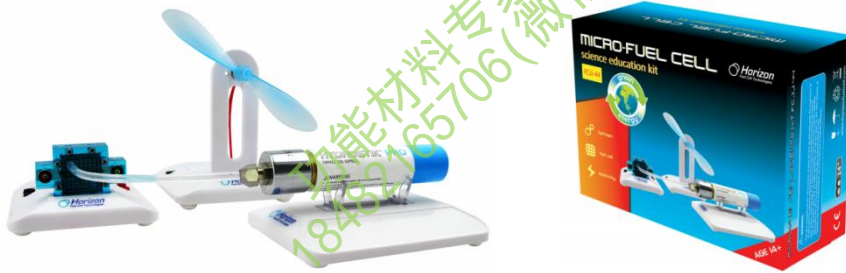
- 1. 探索用乙醇和水发电；
- 2. 探索燃料电池的极性；
- 3. 探索不同乙醇浓度对燃料电池的影响；
- 4. 探索用葡萄酒或啤酒发电；
- 5. 探索温度对燃料电池的影响。

**10.1.15 FCJJ-44 微型燃料电池教育组件**

这款微型燃料电池教育组件可以探索储能技术的未来。利用微型 PEM 燃料电池将金属氢化物储氢罐中氢气储存的化学能转化为电能，为小风扇供电。观众可以观察到氢化物慢慢冷却并向燃料电池释放氢气的效果。该过程是固体储氢技术的一个工作示例，可以产生许多有



趣和创造性的应用想法。



#### FCJJ-44 微型燃料电池教育组件的特点：

1. 一罐金属氢化物储氢罐可以运行超过 30 个小时；
2. 可逆的金属氢化物储氢罐-探索固体储氢原理；
3. 易于开发自己的微型燃料电池应用；
4. 易于集成和使用；
5. 组件于所有其他 Horizon 套件兼容

#### 10.1.16 FCJJ-56 风能制氢演示组件

这款风能制氢演示组件是一套微型发电、制氢系统，将风能转化为氢能，氢气是通过一款可逆的 PEM 燃料电池电解水产生的，该燃料电池由一个基于 NASA 航空学分析叶片的风力发电机提供动力。然后，这些氢气被又燃料电池转化为电能，并可以用来为一个小风扇供电。



#### FCJJ-56 风能制氢演示组件可以进行的实验如下：

1. 探索风力发电设备叶片数对输出功率的影响；
2. 使用三种不同的弯曲叶片形状发电；
3. 自制叶片实验；
4. 探索风力发电机的效率；
5. 测量叶片转动的角速度；
6. 调节叶片达到最大输出功率；
7. 探究叶片角度或间距是如何影响输出功率的。
8. 探索在电解模式下产生  $H_2$  和  $O_2$ ；
9. 探索组件的燃料电池模式；
10. 确定水的最小分解电压；
11. 确定氢燃料电池的极性。

## 10.2 Horizon 燃料电池电堆

### 10.2.1 FCS-B12 燃料电池电堆 (12W)

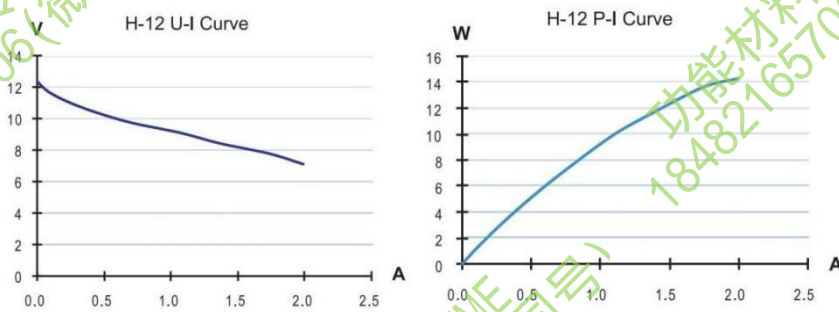
这款 FCS-B12 燃料电池电堆 (12W) 利用氢气 ( $\geq 99.995\%$  dry  $H_2$ ) 和空气作为燃料，由

13个槽体组成，输出功率为12W，采用空气冷却模式（集成式风扇强制冷却），产品如下图所示：



**测试指标：**

经测试，此款产品的性能参数如下表所示：



**参数表：**

FCS-B12 燃料电池电堆(12W)性能参数表如下图所示：

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	13
Rated power	12W
Rated performance	7.8V@1.5A
Purging valve voltage	6V
Blower voltage	5V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5-30°C (41-86°F)
Max stack temperature	55°C(131°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan & casing)	275g(±30g)
Controller weight	90g(±10g)
Stack size	75x47x70mm
Flow rate at max output	0.18L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temp.)
Efficiency of system	40% at full power

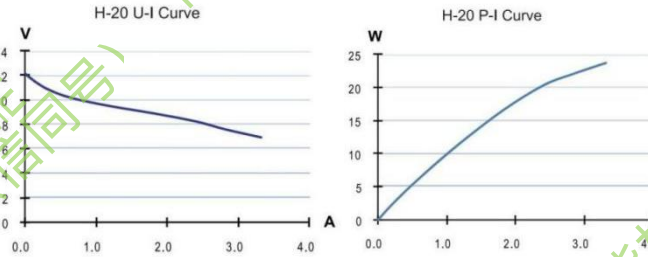
**10.2.2 FCS-B20 燃料电池电堆(20W)**

这款 FCS-B20 燃料电池电堆(20W)利用氢气 (≥99.995% dry H<sub>2</sub>) 和空气作为燃料，由13个槽体组成，输出功率为20W，采用空气冷却模式（集成式风扇强制冷却），包括有20W堆栈、微型电子阀、电子控制器、集成式风扇和排气管、低压保护器，如下图所示：



测试指标:

经测试, 此款产品的性能参数如下表所示:



参数表:

FCS-B20 燃料电池电堆 (20W) 性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	13
Rated power	20W
Rated performance	7.8V@2.6A
Purging valve voltage	6V
Blower voltage	5V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5-30°C (41-86°F)
Max stack temperature	55°C (131°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan & casing)	275g(±30g)
Controller weight	90g(±10g)
Stack size	75x47x70mm
Flow rate at max output	0.28L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temp.)
Efficiency of system	40% at full power

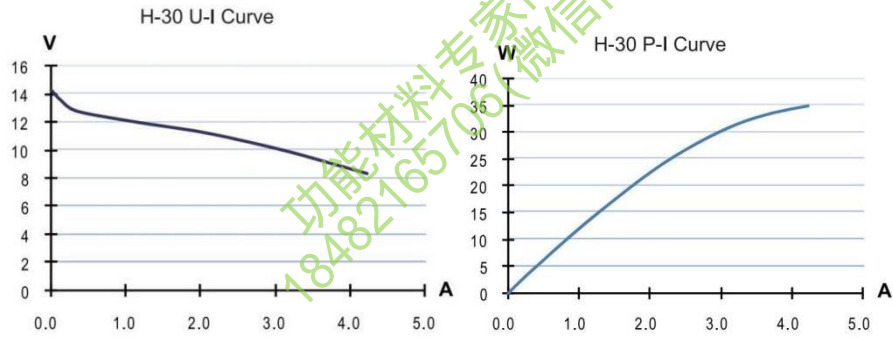
### 10.2.3 FCS-B30 燃料电池电堆 (30W)

这款 FCS-B30 燃料电池电堆 (30W) 利用氢气 (≥99.995% dry H<sub>2</sub>) 和空气作为燃料, 由 14 个槽体组成, 输出功率为 30W, 采用空气冷却模式 (集成式风扇强制冷却), 包括有 30W 堆栈、微型电子阀、电子控制器、集成式风扇和排气管、低压保护器, 如下图所示:



测试指标:

经测试, 此款产品的性能参数如下表所示:



参数表:

FCS-B30 燃料电池电堆 (30W) 性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	14
Rated power	30W
Rated performance	8.4V@3.6A
Purging valve voltage	6V
Blower voltage	5V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5-30°C (41-86°F)
Max stack temperature	55°C(131°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan & casing)	230g(±30g)
Controller weight	90g(±10g)
Stack size	80x47x75mm
Flow rate at max output	0.42L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temp.)
Efficiency of system	40% at full power

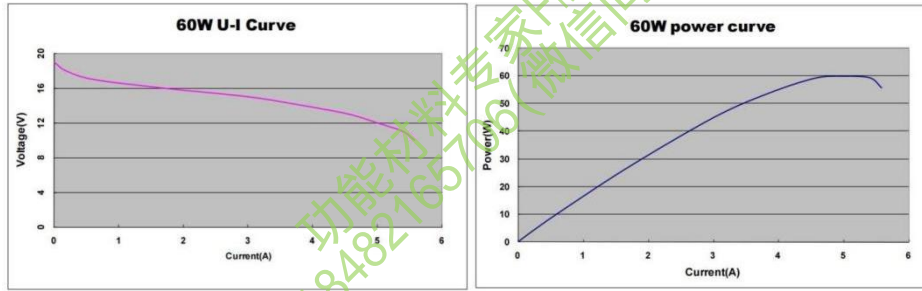
#### 10.2.4 FCS-B60 燃料电池电堆 (60W)

这款 FCS-B60 燃料电池电堆 (60W) 利用氢气 (≥99.995% dry H<sub>2</sub>) 和空气作为燃料, 由 20 个槽体组成, 输出功率为 60W, 采用空气冷却模式 (集成式风扇强制冷却), 包括有 60W 堆栈、微型电子阀、电子控制器、集成式风扇和排气管、低压保护器, 如下图所示:



测试指标:

经测试, 此款产品的性能参数如下表所示:



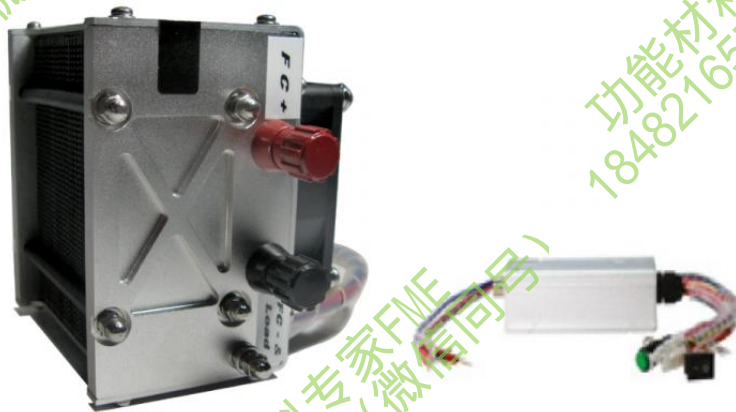
参数表:

FCS-B60 燃料电池电堆(60W)性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	20
Rated Power	60W
Performance	12V @ 5A
H2 Supply valve voltage	12V
Purging valve voltage	12V
Blower voltage	12V
Reactants	Hydrogen and Air
External temperature	5 to 30°C(41-86°F)
Max stack temperature	65°C(149°F)
H2 Pressure	0.45-0.55Bar
Hydrogen purity	≥ 99.995% dry H <sub>2</sub>
Humidification	self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Weight (with fan & casing)	900g
Controller	400g
Dimension	9.4cm x 8.4cm x 8.5cm
Flow rate at max output*	840ml/min
Start up time	≤ 30S at ambient temperature
Efficiency of stack	40% @ 12V
Low voltage shut down	12V
Over current shut down	12A
Over temperature shut down	65°C
External power supply**	13V (±1V), 5A

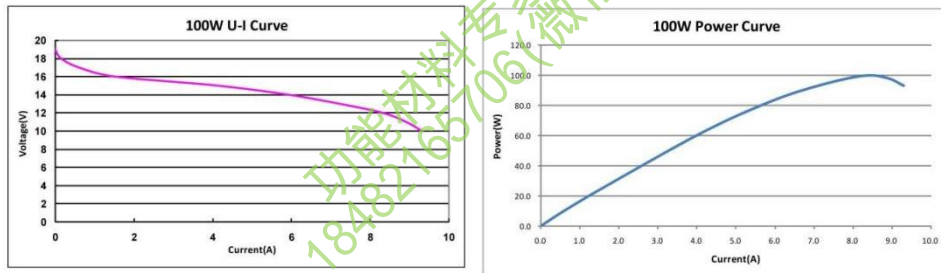
### 10.2.5 FCS-C100 燃料电池电堆(100W)

这款 FCS-C100 燃料电池电堆(100W)利用氢气 (≥99.995% dry H<sub>2</sub>) 和空气作为燃料, 由 20 个槽体组成, 输出功率为 100W, 采用空气冷却模式 (集成式风扇强制冷却), 包括有 100W 堆栈、电子阀、电子控制箱、燃料电池开关、短路保护开关、连接管道如下图所示:



测试指标:

经测试，此款产品的性能参数如下表所示：



参数表：

FCS-C100 燃料电池电堆(100W)性能参数表如下图所示：

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	20
Rated power	100W
Rated performance	12V at 8.3A
Hydrogen supply valve voltage	12V
Purging supply valve voltage	12V
Blower voltage	12V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5-30°C (41-86°F)
Max stack temperature	65°C (149°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan and casing)	1290g (±50g)
Controller weight	400g (±30g)
Stack size	118x104x94mm
Flow rate at max output	1.3L/min
Hydrogen purity	≥ 99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temperature)
Efficiency of system	40% @12V
Low voltage protection	10V
Over current protection	12A
Over temperature protection	65°C
External power supply	13V(±1V), 5A

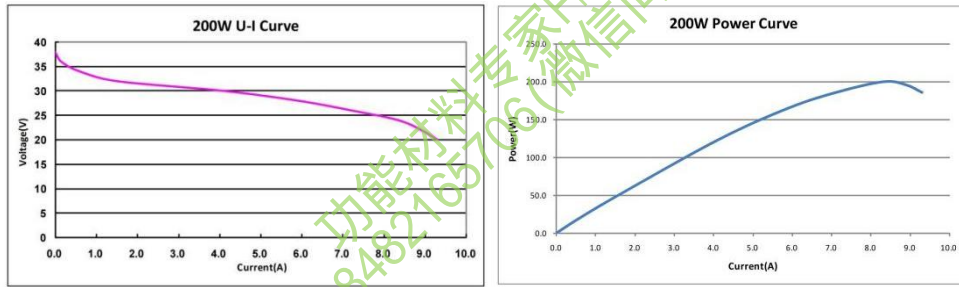
### 10.2.6 FCS-C200 燃料电池电堆(200W)

这款 FCS-C200 燃料电池电堆(200W)利用氢气(≥99.995% dry H<sub>2</sub>)和空气作为燃料，由 40 个槽体组成，输出功率为 200W，采用空气冷却模式(集成式风扇强制冷却)，包括有 200W 堆栈、电子阀、电子控制箱、燃料电池开关、短路保护开关、连接管道如下图所示：



测试指标：

经测试，此款产品的性能参数如下表所示：



参数表:

FCS-C200 燃料电池电堆 (200W) 性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	40
Rated power	200W
Rated performance	24V at 8.3A
Hydrogen supply valve voltage	12V
Purging supply valve voltage	12V
Blower voltage	12V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5-30°C (41-86°F)
Max stack temperature	65°C (149°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan and casing)	2230g (±50g)
Controller weight	400g (±30g)
Stack size	118x183x94mm
Flow rate at max output	2.6L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temperature)
Efficiency of system	40% at 24V
Low voltage protection	20V
Over current protection	12A
Over temperature protection	65°C
External power supply	13V(±1V), 5A

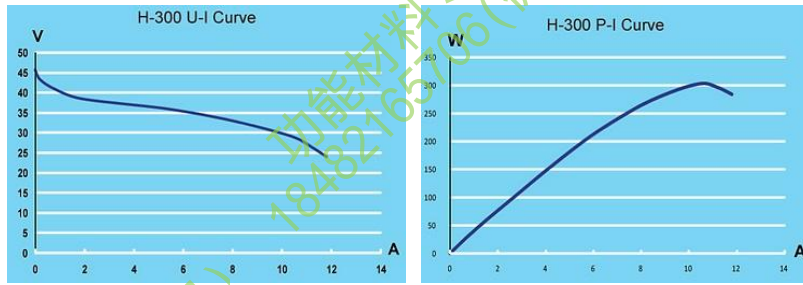
### 10.2.7 FCS-C300 燃料电池电堆 (300W)

这款 FCS-C300 燃料电池电堆 (300W) 利用氢气 (≥99.995% dry H<sub>2</sub>) 和空气作为燃料, 由 60 个槽体组成, 输出功率为 300W, 采用空气冷却模式 (集成式风扇强制冷却), 包括有 300W 堆栈、电子阀、电子控制箱、燃料电池开关、短路保护开关、连接管道如下图所示:



测试指标:

经测试,此款产品的性能参数如下表所示:



参数表:

FCS-C300 燃料电池电堆 (300W) 性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	60
Rated power	300W
Rated performance	36V at 8.3A
Hydrogen supply valve voltage	12V
Purging supply valve voltage	12V
Blower voltage	12V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5-30°C (41-86°F)
Max stack temperature	65°C (149°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan and casing)	2790g (±50g)
Controller weight	400g (±30g)
Stack size	118x262x94mm
Flow rate at max output	3.9L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temperature)
Efficiency of system	40% at 36V
Low voltage protection	30V
Over current protection	12A
Over temperature protection	65°C
External power supply	13V(±1V), 5A

### 10.2.8 FCS-C500 燃料电池电堆 (500W)

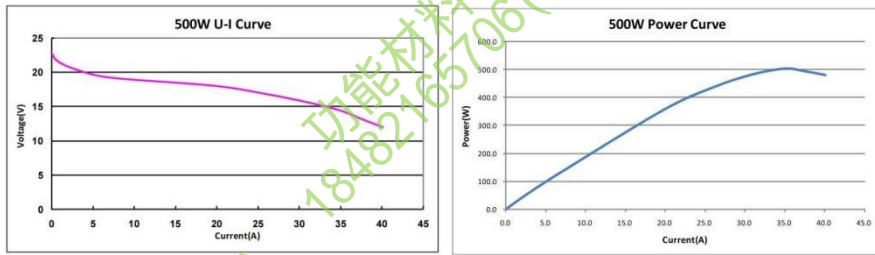
这款 FCS-C500 燃料电池电堆 (500W) 利用氢气 (≥99.995% dry H<sub>2</sub>) 和空气作为燃料, 有 24 个槽体, 输出功率为 500W, 采用空气冷却模式 (集成式风扇强制冷却), 包括有 500W 堆栈、电子阀、电子控制箱、燃料电池开关、短路保护开关、连接管道等, 如下图所示:





测试指标:

经测试,此款产品的性能参数如下表所示:



参数表:

FCS-C500 燃料电池电堆 (500W) 性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	24
Rated power	500W
Rated performance	14.4V at 35A
Hydrogen supply valve voltage	12V
Purging valve voltage	12V
Blower voltage	12 V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5 - 30°C (41-86°F)
Max stack temperature	65°C (149°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55 Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan and casing)	2520g (±50g)
Controller weight	400g (±30g)
Stack size	130x268x123mm
Flow rate at max output	6.5L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temperature)
Efficiency of system	40% at 14.4V
Low voltage protection	12V
Over current protection	42A
Over temperature protection	65°C
External power supply	13V(±1V),5A

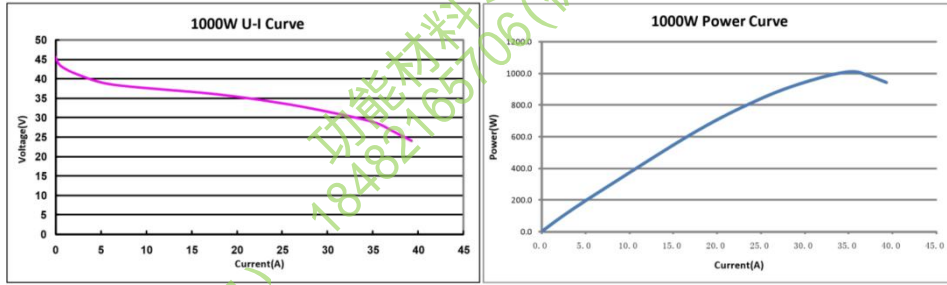
### 10.2.9 FCS-C1000 燃料电池电堆 (1000W)

这款 FCS-C1000 燃料电池电堆 (1000W) 利用氢气 (≥99.995% dry H<sub>2</sub>) 和空气作为燃料,有 48 个槽体,输出功率为 1000W,采用空气冷却模式(集成式风扇强制冷却),包括有 1000W 堆栈、电子阀、电子控制箱、燃料电池开关、短路保护开关、连接管道等,如下图所示:



测试指标:

经测试,此款产品的性能参数如下表所示:



参数表:

FCS-C1000 燃料电池电堆(1000W)性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	48
Rated power	1000W
Rated performance	28.8V at 35A
Hydrogen supply valve voltage	12V
Purging valve voltage	12V
Blower voltage	12 V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5 - 30°C (41-86°F)
Max stack temperature	65°C (149°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55 Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan and casing)	4kg (±100g)
Controller weight	400g (±30g)
Stack size	268x219x123
Flow rate at max output	13L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temperature)
Efficiency of system	40% at 28.8V
Low voltage protection	24V
Over current protection	42A
Over temperature protection	65°C
External power supply	13V(±1V),5A-8A

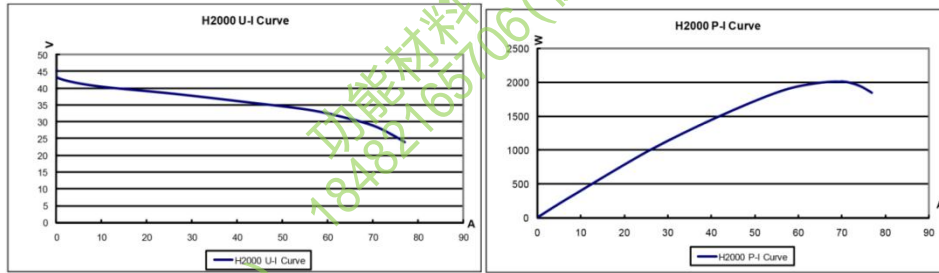
### 10.2.10 FCS-C2000 燃料电池电堆(2000W)

这款 FCS-C2000 燃料电池电堆(2000W)利用氢气(≥99.995% dry H<sub>2</sub>)和空气作为燃料,有48个槽体,输出功率为2000W,采用空气冷却模式(集成式风扇强制冷却),包括有2000W堆栈、电子阀、电子控制箱、燃料电池开关、液晶显示器、连接管道等,如下图所示:



测试指标:

经测试,此款产品的性能参数如下表所示:



参数表:

FCS-C2000 燃料电池电堆 (2000W) 性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	48
Rated power	2000W
Rated performance	28.8V at 70A
Hydrogen supply valve voltage	12V
Purging valve voltage	12V
Blower voltage	12 V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5 - 30°C (41-86°F)
Max stack temperature	65°C (149°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55 Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan and casing)	10kg (±200g)
Controller weight	2500g (±100g)
Stack size	303x350x183mm
Flow rate at max output	26L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temperature)
Efficiency of system	40% at 28.8V
Low voltage protection	24V
Over current protection	90A
Over temperature protection	65°C
External power supply	13V(±1V),5A-8A

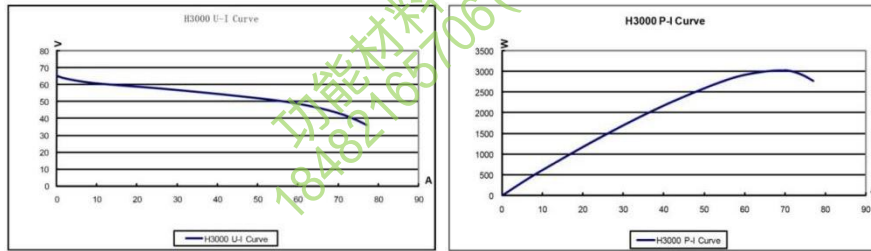
### 10.2.11 FCS-C3000 燃料电池电堆 (3000W)

这款 FCS-C3000 燃料电池电堆 (3000W) 利用氢气 (≥99.995% dry H<sub>2</sub>) 和空气作为燃料, 有 72 个槽体, 输出功率为 3000W, 采用空气冷却模式 (集成式风扇强制冷却), 包括有 3000W 堆栈、电子阀、电子控制箱、燃料电池开关、液晶显示器、连接管道等, 如下图所示:



测试指标:

经测试,此款产品的性能参数如下表所示:



参数表:

FCS-C3000 燃料电池电堆(3000W)性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	72
Rated power	3000W
Rated performance	43.2V at 70A
Hydrogen supply valve voltage	12V
Purging valve voltage	12V
Blower voltage	12 V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5 - 30°C (41-86°F)
Max stack temperature	65°C (149°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55 Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan and casing)	15kg (±200g)
Controller weight	2500g (±100g)
Stack size	418x350x183mm
Flow rate at max output	39L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30S (ambient temperature)
Efficiency of system	40% at 43.2V
Low voltage protection	36V
Over current protection	90A
Over temperature protection	65°C
External power supply	13V(±1V),5A-8A

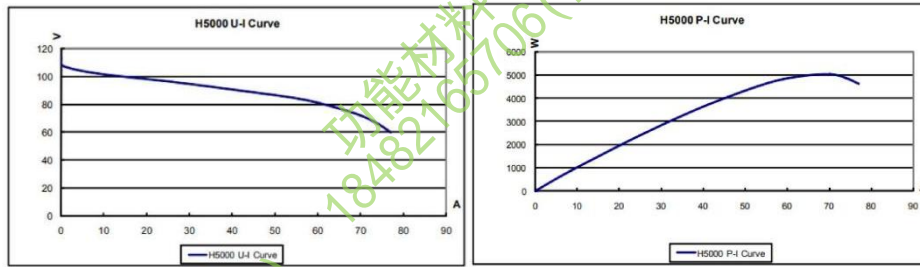
### 10.2.12 FCS-C5000 燃料电池电堆(5000W)

这款 FCS-C5000 燃料电池电堆(5000W)利用氢气(≥99.995% dry H<sub>2</sub>)和空气作为燃料,有120个槽体,输出功率为5000W,采用空气冷却模式(集成式风扇强制冷却),包括有5000W堆栈、电子阀、电子控制箱、燃料电池开关、液晶显示器、连接管道等,如下图所示:



测试指标:

经测试,此款产品的性能参数如下表所示:



参数表:

FCS-C5000 燃料电池电堆 (5000W) 性能参数表如下图所示:

Type of fuel cell	PEM
Number of cells	120
Rated power	5000W
Rated performance	72V at 70A
Hydrogen supply valve voltage	12V
Purging supply valve voltage	12V
Blower voltage	24 V
Reactants	Hydrogen and Air
Ambient temperature	5 - 30°C (41-86°F)
Max stack temperature	65°C (149°F)
Hydrogen pressure	0.45-0.55 Bar
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (integrated cooling fan)
Stack weight (with fan and casing)	30kg (±200g)
Controller weight	2500g (±100g)
Stack size	650x350x212mm
Flow rate at max output	65L/min
Hydrogen purity	≥99.995% dry H <sub>2</sub>
Start up time	≤30s (ambient temperature)
Efficiency of system	40% at 72V
Low voltage protection	60V
Over current protection	90A
Over temperature protection	65°C
External power supply	24V(±1V),8A-12A

更多定制电堆及产品信息请联系客服

## 11 美国 AvCarb 公司

AvCarb 公司自 1978 年以来一直凭借着独特的碳纤维织物加工技术生产高品质的聚丙烯腈 (PAN) 碳纤维产品, AvCarb 的碳纤维织物旨在满足气体输送、运动控制、电气和高温应用的苛刻要求。应用领域包括燃料电池、液流电池、传感器技术和工业规模的化学工艺。



### 11.1 AvCarb HCB 碳布

AvCarb 碳布首先在生产线中专有的连续碳化工艺中被碳化。碳化后的织物含碳量为 88%-95%, 被称为 HC 级织物。然后将这些“HC”级织物放在真空下烘烤, 就可以生产出含碳量为 99+% 的碳布, 被称为“HCB”级碳布。这些“HCB”级碳布还可以显示出一部分石墨的性能, 同时, AvCarb 公司可以提供定制碳含量的碳布, 因为碳布采用长而连续的卷筒生产, 使得产品易于存放、处理和使用。同时它们在每一卷的长度、宽度以及性能上保证了产品的一致性, 这样可以让它们连续制造的过程中更容易进行质量控制。

AvCarb 碳布具有导热系数高、导电性高、耐腐蚀、低热膨胀性和优异的摩擦性能, 在燃料电池, 液流电池, 气体扩散层等方面具有广泛的应用, **目前, 仅 1071 系列 HCB 碳布对外销售**, 其碳布性能参数如下表:

	Grade	Weave Construction	Weave Count	Basis Weight	Thickness	Typical Width
	N/A	N/A	Warp - per cm (inch) Fill - per cm (inch)	g/m2(oz/yds)	microns(mils)	cm(Inches)
AvCarb 1071	HCB*	Plain	20.5(52) 18.5(47)	119(3.5)	355(140) @1.0psi	117(46)
AvCarb 1698	HCB*	8 Harness Satin	15.3(39) 14.5(37)	305(9.0)	710(28) @7.3psi	117(46)
AvCarb 1209	HCB*	Plain	9.8(30) 7.0(18)	295(8.7)	760(30) @7.3psi	117(46)
AvCarb 1185	HCB*	Plain	8.3(21) 7.0(18)	330(9.8)	860(34) @7.3psi	117(46)
AvCarb 1186	HCB*	2x2 Basket	8.3(20) 7.5(19)	525(15.5)	1270(50) @7.3psi	117(46)
AvCarb 7497	HK	Plain	13(33) 11(28)	260(7.7)	655(26) @7.3psi	117(46)
AvCarb T1819	HK	2x2 Basket	16.5(42) 16.5(42)	330(9.7)	686(27) @7.3psi	117(46)
AvCarb T1820 270 (g/sqm)	HK	2x2 Twill	15.0(38) 13.4(34)	270(8.0)	508(20) @7.3psi	117(46)
AvCarb T1824 220 (g/sqm)	HK	2x2 Twill	19.7(50) 20.5(52)	220(6.5)	480(19) @7.3psi	117(46)

### 11.2 AvCarb EP40/EP55/P50/P75 碳纸

AvCarb 碳纸作为气体扩散层的基底, 是燃料电池膜电极的关键部件。由高纯度的碳纤维使用多孔碳基体粘合在一起。它的作用包括作为催化剂和微孔层的支撑、气体和液体的传输通道以及在腐蚀性和高温环境下进行热传导和电传导, 这就要求基板具有较强的机械性能和稳定的化学性能, AvCarb 碳纸是卷装的, 用于各种要求苛刻的电化学应用, 包括特种电池、燃料电池和电解槽, 经过长期实验证明, 它们在化学和机械方面都非常耐用。

AvCarb 开发出了 EP40、EP55、P50、P75 四款亲水碳纸, 同时, 以上碳纸基板经聚 PTFE

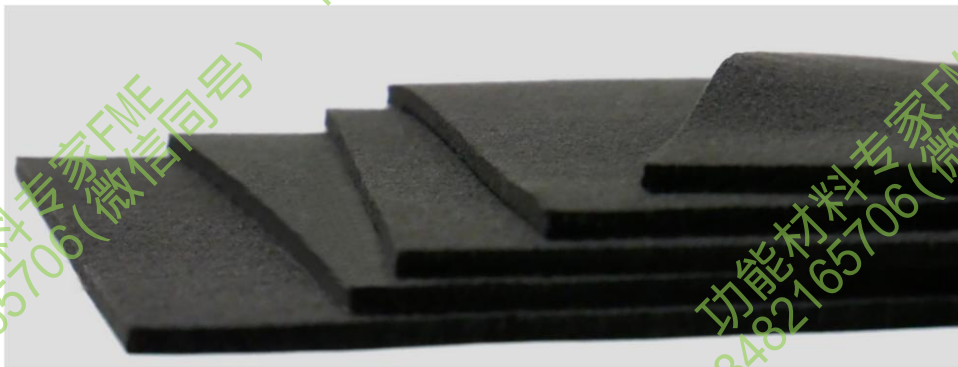
处理，可以得到具有疏水性能的疏水碳纸 EP40T、P50T、P75T，根据 PTFE 重量浓度的不同，疏水碳纸基板有 5wt%、10wt%、20wt%、30wt%、40wt%、50wt% 六种供选择，每种碳纸基板有 10X10cm、20X22cm、40X40cm 三种尺寸，当然，我们也可以根据客户需求定制尺寸和 PTFE 浓度，同时，我们还可以定制微孔层 MPLs，如有需要，请联系客服。

AvCarb 碳纸产品参数一览表：

型号	EP40	EP55	P50	P75	EP40T	P50T	P75T
材料类型	Carbon Paper Substrate						
标准厚度 (@1psi/0.7N/cm <sup>2</sup> ) (um)	200	262	170	245	200	180	255
标准厚度 (@7.3psi/5.1N/cm <sup>2</sup> ) (um)	190	/	150	205	190	160	240
标称定量 (g/m <sup>2</sup> )	36	51	50	75	43	62	85
纵向断裂强度 (MPa)	5.0		5.0	6.5	6.5	15.2	20
横向断裂强度 (MPa)	3.5	/	3.0	3.9	4.0	7.6	12.6
纵向刚度 (Taber)	9.5	27	7.5	20.0	22	8.5	12
横向刚度 (Taber)	3.5	/	3.0	3.5	4.5	3.1	14.6
体密度 (@0.69N/cm <sup>3</sup> /1psi) g/cm <sup>3</sup>	0.19	0.20	0.31	0.30	0.22	0.34	0.33
贯通面透气性 (Gurley) sec/100cc	4.5	5.0	35	15	7.5	50	25
面内透气性 (Gurley) sec/100cc	50.9	/	295	83	75	596	26
压缩系数 (22-113N)/22x100%	14.0%	/	11.5%	10.7%	10.5%	10.0%	11.0%
贯通面导电性 (mOhm*cm <sup>2</sup> )	8.0	/	6.7	7.8	13.0	11.7	13.4
PTFE 重量浓度 (wt%)	None				5、10、20、30、40、50		
是否有微孔层 (MPL)	None						

### 11.3 AvCarb 软碳（电池）毡

AvCarb 利用先进的制造工艺可以确保生产出具有超高纯度、高度均匀的碳纸毡，考虑到氧化还原液流电池的开发人员，AvCarb 碳纸毡的设计具有低贯通面电阻和优异的电解液流，所有的碳纸毡电极产品均为精密模切，包括 AvCarb 专有的活化处理，标准厚度范围从 3.0mm 至 6.00mm，同时，我们可以根据要求定制厚度。



AvCarb C100 和 AvCarb C200 由于纯度较高，是最常用的碳毡。它们的化学反应性较低，具有较高的导电性（热和电），适用于惰性或真空环境中高达 1000℃ 的应用温度，通常用于各种电池和燃料电池。

AvCarb PAN 碳纸毡和石墨毡经过优化，可以用作各种电池设计的电极衬垫，包括钒氧化还原液流电池，可在整个电化学系统的使用寿命内提供卓越的能效和长期耐用性。

AvCarb 依赖稳定规模化生产的碳纸毡可以满足先进电池制造商的需求，确保电化学系统的可靠性和耐久性，AvCarb 电池毡的高导电性、高纯度和耐化学性使其成为流动电池开发人员苛刻的设计标准的理想选择。

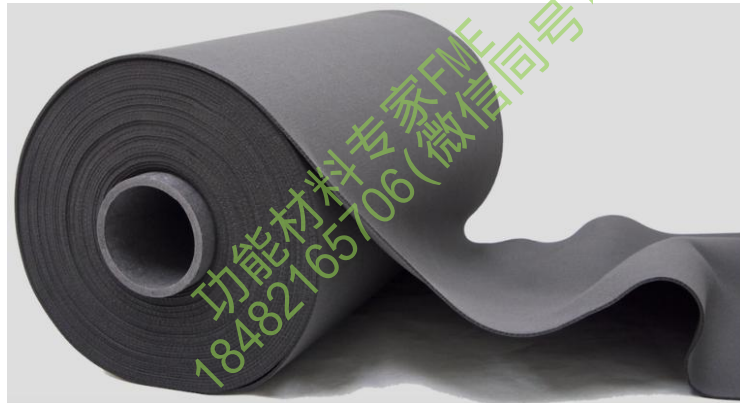
AvCarb 开发出了 C100、C200、C280 三款软碳纸毡，每款软碳纸毡有 10X10cm、20X20cm、40X40cm 三种尺寸，其中 **C100 与 C200 这两款型号已经停产**，目前只有少量库存，C280 型号软碳纸毡是最新开发的型号，是 C100 的替代型号。

AvCarb 软碳纸毡产品参数一览表：

Carbon Felt Type	C100	C200	C280
Thickness	3200	6500	3200
Bulk Density	0.09 g/cm <sup>3</sup>	0.08 g/cm <sup>3</sup>	0.09 g/cm <sup>3</sup>
Areal Weight	285 g/m <sup>2</sup>	530 g/m <sup>2</sup>	285 g/m <sup>2</sup>
Electrical Resistivity (through plane)	< 4 Ωmm	< 4 Ωmm	< 4 Ωmm
Carbon Content	95% min	95% min	95% min
Ash Content	< 0.4%	< 0.4%	< 0.4%

### 11.4 AvCarb 软石墨（电池）毡

AvCarb 利用先进的制造工艺可以确保生产出具有超高纯度、高度均匀的软石墨（电池）毡，并且批次间的变化可以忽略不计。考虑到氧化还原液流电池的开发人员，AvCarb 软石墨（电池）毡的设计具有低贯通面电阻和优异的电解液流，所有的石墨毡电极产品均为精密模切，包括 AvCarb 专有的活化处理，标准厚度范围从 3.0mm 至 6.00mm，达到一定购买量时，我们可以根据要求定制厚度。



AvCarb PAN 碳纸毡和石墨毡经过优化，可以用作各种电池设计的电极衬垫，包括钒氧化还原液流电池，可在整个电化学系统的使用寿命内提供卓越的能效和长期耐用性。

AvCarb 依赖稳定规模化生产的碳纸毡可以满足先进电池制造商的需求，确保电化学系统的可靠性和耐久性。AvCarb 电池毡的高导电性、高纯度和耐化学性使其成为流动电池开发人员苛刻的设计标准的理想选择。

AvCarb 开发出了 G100、G150、G200、G280A、G300A、G475A、G600、G600A、G650A 九款软石墨（电池）毡，每款软石墨毡有 10X10cm、20X20cm、40X40cm 三种尺寸，**目前 G100、G200、G300A、G600A 已经停产**，仅能提供少量小尺寸样品，详情请联系客服。

AvCarb 软石墨毡部分产品参数如下表：

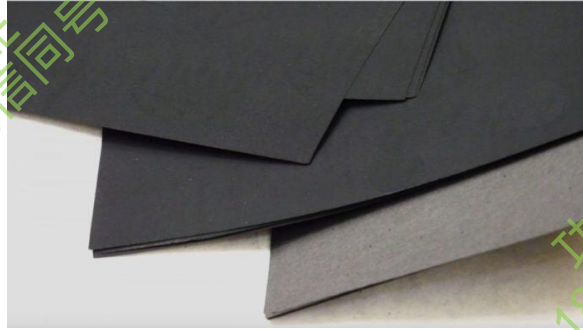
Property	G280A	G300A	G475A	G600A
Nominal Thickness (mm@1.7kPa)	2.8	3.4	4.7	6.1
Compressed Thickness (mm@43kPa)		3.0	3.7	4.7
Through-Plane Resistivity (mΩ cm <sup>2</sup> @43kPa)	< 150	125	< 130	109
Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.08	0.09	0.10	0.11
Areal Weight (g/m <sup>2</sup> )	225	300	440	640



### 11.5 AvCarb 气体扩散系统 GDS

AvCarb 气体扩散系统 (GDS) 结合了碳纤维纸、PTFE 处理和微孔层表面涂层，并针对质子交换膜燃料电池 (PEMFC)、直接甲醇燃料电池 (DMFC)、磷酸燃料电池 (PAFC) 等其他特定的燃料电池进行了优化设计，以适应各种不同的操作条件 (即湿度、温度、电流密度)。

AvCarb 公司现在可以提供: MB30、GDS1120、GDS2120、GDS2130、GDS2185、GDS2230、GDS2240、GDS2255、GDS22100、GDS2300、GDS3215、GDS3250、GDS3260、GDS5130 十四种气体扩散系统(GDS), 并且根据裁剪大小的不同, 标准供应的尺寸有 10X10cm、20X20cm、40X40cm 四种规格大小, 我们也可以根据客户需要定制尺寸, 如有需要, 请联系客服。



AvCarb 气体扩散系统 (GDS)

产品的选择参考见下表:

AvCarb GDL	Application	Humidity			Current Density			For Cathode	For Anode
		High	Moderate	Dry	<1.5A/cm <sub>2</sub>	1.5>x>1A/cm <sub>2</sub>	<1A/cm <sub>2</sub>		
MB-30	Automotive High power density	v	v		v	v		v	
GDS5130		v	v		v	v		v	
GDS2130		v	v		v	v		v	
GDS3250		v	v		v	v		v	
GDS3260		v	v		v	v		v	
GDS2230	Stationary Moderate steady power		v	v		v			
GDS2240			v	v		v			
GDS2255	Air-cooled No external humidification			v			v	v	
GDS2185				v			v	v	
GDS22100	DMFC							v	

部分产品的数据参数见下表:

Gas Diffusion Systems (GDS) Technical Data										
Property	MB-30	GDS5130	GDS2130	GDS3250	GDS3260	GDS2230	GDS2240	GDS2255	GDS2185	GDS22100
Base Material	EP40	EP55	P75	EP40	EP40	P75	P75	P75	P75	P75
Nominal Thickness (@5.0 N/Cm <sup>2</sup> ) (1MPa)	205 150	283 185	265 195	238 173	220 165	270 200	260 190	276 236	252 208	326 255
Nominal Basis Weight (g/m <sup>2</sup> )	55	70	90	77	77	99	100	151	154	170
Break Strength (N/m)										
Machine Direction	2800	2400	2600	2900	2700	2600	1800	4900	4100	5100
Stiffness (Taber)										
Machine Direction	12.5	28.0	26.0	12.0	11.5	24.0	16.0	29.0	25.0	30.5
Cross Machine Direction	7.0	23.0	16.0	6.5	6.5	16.0	13.0	19.0	17.0	19.0
Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )										
(@ 0.69N/cm <sup>2</sup> /1psi)	0.27	0.24	0.34	0.32	0.35	0.37	0.39	0.59	0.61	0.51
TP Electrical Resistivity (mΩ·cm <sup>2</sup> )										
(@1MPa)	10	11	11	11	11	10	11	20	22	11
Water Vapor Diffusivity (D/D <sub>0</sub> )										
(D/D <sub>0</sub> )	0.33	0.3	0.3	0.3	0.27	0.31	0.28	0.06	0.03	0.07

## 11.6 AvCarb 模压石墨层压板 (MGL)

AvCarb 公司开发的模压石墨层压板 (MGL) 是专为电解槽和燃料电池应用而设计的一款优质碳纸, 比一般的碳纸更厚、更坚固, 为各种电化学应用提供一种非常耐用的电极背衬, 适用于各种恶劣的环境, 具有优异的性能表现和数据支撑。同时, MGL 产品可与其他行业标准碳纸互换使用。可选厚度范围从 0.19mm 到 0.37mm, 模压石墨层压板 MGLs 已经在世界各地的商业和军事应用中使用多年, 同时每年都有新的应用被开发出来。

AvCarb 公司的模压石墨层压板 MGL 与其他行业标准产品相比, 具有电阻率更低, 拉伸强度更高、厚度更均匀、纯度更高、寿命更长的优点。在电解槽、液流电池、燃料电池、腐蚀性环境中有着广泛的应用。

AvCarb 开发出了 MGL190、MGL280、MGL370 三款亲水模压石墨层压板 MGL, 同时, 以上模压石墨层压板经 PTFE 处理, 可以得到具有疏水性能的 MGL, 根据 PTFE 重量浓度的不同, 疏水模压石墨层压板 MGL 有 5wt%、10wt%、20wt%、30wt%、40wt%、50wt% 六种供选择, 每种石墨压板有 10X10cm、20X20cm、40X40cm 三种尺寸, 当然, 我们也可以根据客户需求定制尺寸和 PTFE 浓度, 如有需要, 请联系客服。

AvCarb 模压石墨层压板产品参数一览表:

Properties	Unit	MGL190	MGL280	MGL370	MGL190T	MGL280T	MGL370T
Thickness	mm	0.19	0.28	0.37	0.19	0.28	0.37
Bulk Density	g/cm <sup>3</sup>	0.44	0.44	0.46	0.44	0.44	0.46
Porosity	%	78	78	78	78	78	78
Gas Permeability	m <sup>3</sup> mlm/ (cm <sup>2</sup> *hr*mmHg)	1900	1500	1500	1900	1700	1500
Gas Permeability	Gurley Sec	2.2	4.5	4.4	2.2	3.3	4.4
Electrical Resistivity (Through Plane)	m <sup>2</sup> /cm	75	80	75	75	75	75
Flexural Strength	MPa	45	40	45	45	45	45
Flexural Modulus	N/cm	15	10	15	15	15	15
Tensile Strength	N/cm	65	90	120	65	85	120
PTFE Treatment	/	None			5、10、20、30、40、50wt%		
Microporous Layer (MPL)	/	None					

## 12 日本东丽 (Toray) 株式会社

东丽 (TORAY) 株式会社成立于 1926 年, 总部位于日本东京。是世界著名的以有机合成、高分子化学、生物化学为核心技术的高科技跨国企业, 在全球 19 个国家和地区拥有 200 家附属和相关企业, 年销售额超过 120 亿美元。拥有雇员 35000 名。是世界上最早从事反渗透膜技术开发的企业之一, 早在二十世纪 60 年代就开始了膜技术的研究, 现在东丽已经成为世界上少数的能同时提供醋酸纤维膜和聚酰胺复合膜的厂家; 同时东丽公司也是世界上唯一一家具有 RO、NF、UF、MF、纤维滤布系列膜技术研发与向市场提供全系列商业化膜产品的膜厂家。

# TORAY

## Innovation by Chemistry

### 12.1 碳纸基板

东丽 (TORAY) 碳纸基板是通过高温热处理的多孔碳纤维和碳的复合材料, 被广泛用于燃料电池的电极基材和其他电极, 具有以下特征:

#### 1. 高导电性

碳纤维与碳的结合更牢固, 从而产生更好的导电性。

#### 2. 高强度

碳纸很薄, 很结实, 具有极好的压缩特性。

#### 3. 气体渗透性高

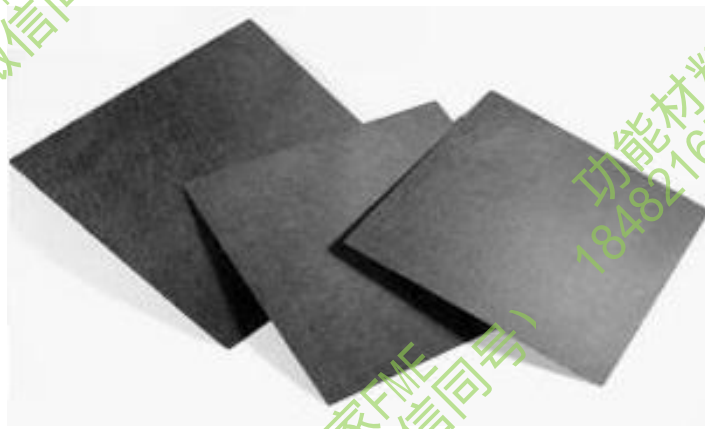
它的高孔隙率 (约 78%) 让气体顺利流过碳纸。

#### 4. 耐腐蚀性

碳纸仅由经过高温热处理的碳构成, 含有极少的杂质, 并具有优异的耐腐蚀性。

#### 5. 表面光滑

由于碳纤维是面向表面的方向, 这种材料有非常光滑的表面, 不像纺织品那样不平整。



我们目前可以提供 TGP-H-030、TGP-H-060、TGP-H-090、TGP-H-120 四款碳纸, 标准款的碳纸均是经过了 5wt% 的防湿疏水处理, 同时我们也可以为您定制从 1-50wt% 的 PTFE 疏水处理, 详细信息请联系客服。

Basic Data					
Properties	Unit	TGP-H-030	TGP-H-060	TGP-H-090	TGP-H-120
Thickness	mm	0.11	0.19	0.28	0.37
Bulk density	g/cm <sup>3</sup>	0.40	0.44	0.44	0.45
Porosity	%	80	78	78	78
Surface roughness Ra	μm	8	8	8	8
Gas permeability	ml·mm/(cm <sup>2</sup> ·hr·mmAq)	2500	1900	1700	1500
Electrical resistivity					
through plane	mΩcm	80	80	80	80
in plane	mΩcm	—	5.8	5.6	4.7
Thermal conductivity					
through plane (room temp.)		—	(1.7)	(1.7)	(1.7)
in plane (room temp.)	W/(m·k)	—	21	21	21
inplane (100,C)	W/(m·k)	—	23	23	23
Coefficient of thermal expansion					
in plane (25-100°C)	x10 <sup>-6</sup> /°C	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Flexural strength	MPa	40	40	40	40
Flexural modulus	GPa	8	10	10	10
Tensile strength	N/cm	—	50	70	90
•The above data are experimental values and are not guaranteed.					

## 12.2 气体扩散层 GDL (碳纸基板+MPLs)

东丽 (TORAY) 微孔层碳纸是通过将微孔层 (MPLs) 施加到碳纸基板上制作而成, 其中微孔层的厚度为 60μm, 其 PTFE 含量约为 33-35%; 根据与不同的碳纸结合, 可以得到 TGP-H-060-MPLs、TGP-H-090-MPLs、TGP-H-120-MPLs 等多款产品。

**TGP-H-060-MPLs:** 是一款通过将 TGP-H-060 碳纸与微孔层 (MPLs) 结合制作而成, 其中微孔层的厚度为 60μm, PTFE 含量约为 33-35%; TGP-H-060 碳纸厚度为 190μm, 其 PTFE 含量为 8-9%; 总的厚度为 250μm, 标准尺寸为 9.5X9.5cm、20X20cm, 同时尺寸支持定制, 详情请咨询客服。

**TGP-H-090-MPLs:** 是一款通过将 TGP-H-090 碳纸与微孔层 (MPLs) 结合制作而成, 其中微孔层的厚度为 60μm, PTFE 含量约为 33-35%; TGP-H-090 碳纸厚度为 280μm, 其 PTFE 含量为 8-9%; 总的厚度为 340μm, 标准尺寸为 9.5X9.5cm、20X20cm, 同时尺寸支持定制, 详情请咨询客服。

**TGP-H-120-MPLs:** 是一款通过将 TGP-H-120 碳纸与微孔层 (MPLs) 结合制作而成, 其中微孔层的厚度为 60μm, PTFE 含量约为 33-35%; TGP-H-120 碳纸厚度为 370μm, 其 PTFE 含量为 8-9%; 总的厚度为 430μm, 标准尺寸为 9.5X9.5cm、20X20cm, 同时尺寸支持定制, 详情请咨询客服。

## 13 德国 SGL Carbon 公司

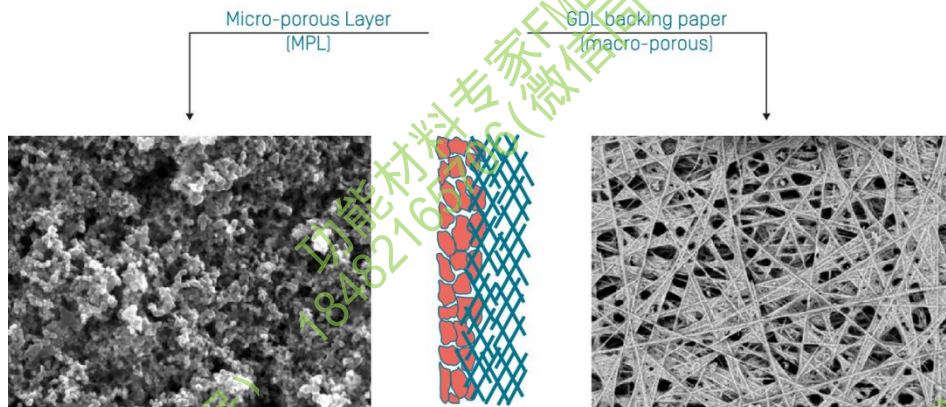
SGL Carbon 是一家总部位于德国威斯巴登的高科技跨国公司。它是世界领先的碳材料产品制造商之一。其产品范围涵盖碳和石墨材料、解决方案、碳纤维和复合材料等。SGL Carbon 在全球拥有 29 个生产基地（欧洲 16 个，北美 8 个，亚洲 5 个），并在 100 多个国家/地区设有服务网络。



### 13.1 概述

SGL Carbon 的开发有用于质子交换膜燃料电池 (PEMFC) 的碳纤维产品：经过 PTFE 疏水处理，带有微孔层 MPLs 的碳纸（亦称为气体扩散层）通常用作燃料电池和氧化还原流动电池（膨胀石墨）的气体扩散层，对电池进行水汽管理。

通常气体扩散层 (GDL) 是双层结构，由大孔支撑材料（碳纸基板）和微孔层碳粉 (MPLs) 组成。基板决定着 GDL 的力学性能（压缩、弯曲和抗剪强度等方面的行为）。MPLs 保证与催化剂的紧密接触，保护脆弱的质子交换膜免被刺穿，并在操作过程中对电池的水管理起到积极作用。大量实验证实，这种亲水/疏水和不同孔径结构的非均匀性设计有利于提高性能。



气体扩散层双层结构示意图

在碳纤维基材和 MPLs 中加入一定数量的聚四氟乙烯 (PTFE)，可以保持其疏水性能。在 MPLs 中可以使用各种类型的碳粒子（炭黑、石墨）来产生不同程度的疏水性。此外，MPLs 还可作为基底沉积催化剂颗粒，用于制造气体扩散电极 (GDEs)。

经过实验已证明，用 5wt% 的 PTFE 对基板疏水处理足以获得显著的疏水性。MPLs 通常也含有 20% 至 25% 的 PTFE。这种比例的 MPLs 经实验证实在 PEMFC 测试中的性能最佳，具有广泛的适用性，SGL Carbon 的 Sigracet 碳纤维产品平均孔径通常在 0.1 至 0.3 $\mu\text{m}$ （汞孔隙率测定法测定）或 1.5 至 3 $\mu\text{m}$ （毛细管流量孔隙率测定）的范围内。疏水处理产生基质和 MPLs 的疏水性能（通过固定滴法的水接触角  $>130^\circ$ ）。

#### 型号分类说明

SGL Carbon 主要生产 AA、BA、BC、BB 四个系列碳纤维产品，其中

AA 系列是未经 PTFE 疏水处理，不带微孔层 MPLs 的碳纸，通常称为碳纸基板；

BA 系列为经过 PTFE 疏水处理，不带微孔层的碳纸，通常称为疏水碳纸，**注意，BA 系列目前厂家已经停止供应；**

BC 系列为经过 PTFE 疏水处理，同时带有 MPLs 微孔层的碳纸，通常称为气体扩散层 GDL 或者气体扩散系统 GDS，不过 **BC 系列目前大部分型号已经停产**，改由采用新工艺生产的 BB 系列替代；

BB 系列为采用新工艺生产，经过 PTFE 疏水处理，同时带有 MPLs 微孔层的气体扩散层，与 BC 系列相比，BB 系列采用新的工艺，产品具有更高的孔隙率和更好的透气性能，是目前的主流系列产品；

不同应用的场景推荐如下：

Application	GDL 22 215 μm High porosity	GDL 28 235 μm Low porosity	GDL 36 280 μm Medium porosity	GDL 39 315 μm High porosity
PEMFC stationary		●		
PEMFC automotive	●●	●	●●	
PEMFC portable				●
HT-PEMFC			●●	
PEM electrolysis	●			●

● refers to the frequency of use

SGL Carbon 的 MPLs 通常包含 20% 到 25% 的 PTFE，该 MPLs 组成已被确定为在广泛的操作条件下 PEMFC 性能的最佳比例。

目前我们可以提供 Sigracet 22BB、28AA、28BC、29AA、29BC、35BC、36BB、36AA、39AA、39BB、39BC 十一款气体扩散层 GDL，其性能参数如下图所示，其中 29BC、35BC、39BC 这三款型号已经停产，只能提供少量样品，29BC 由 22BB 代替、35BC 和 39BC 由 39BB 代替，同时，36BB 替代了原有的 38BC，39AA 替代了原有的 35AA。

### 13.1.1 Sigracet 28AA/29AA/36AA/39AA 气体扩散层(生碳纸)

Table 1: Typical material data of SIGRACET® GDL backings (SIGRACET® AA grades)

Typical properties	Units	28 AA	29 AA	38 AA	39 AA
Thickness	μm	190	190	280	280
Area weight	gm <sup>-2</sup>	55	40	75	50
Open porosity	%	82	88	82	89
Mean pore diameter	μm	39 – 44	48 – 51	25 – 29	42 – 44
TP area-specific resistance**	mΩcm <sup>2</sup>	< 4	< 5	< 5	< 5
TP electric conductivity**	Scm <sup>-1</sup>	4 – 5	3.5 – 4	5 – 6	4 – 5
IP electric conductivity (X/Y)**	Scm <sup>-1</sup>	225/200	190/170	270/240	215/180
TP thermal conductivity	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	0.5 – 0.6	0.4 – 0.5	< 0.4	< 0.3
IP permeability**	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup>	2 – 3	8 – 9	3 – 4	11 – 12
Bending stiffness (X/Y)	mNm	2.1/1.9	2/1.5	5.5/4.3	5.4/4.1
Compressibility (1 MPa)	%	13	31	12	33

### 13.1.2 Sigracet 28BC/29BC/35BC/39BC 气体扩散层(疏水微孔层碳纸)

Table 2: Typical material data of SIGRACET® GDLs (SIGRACET® BC grades)

Typical properties	Units	28 BC	29 BC	38 BC	39 BC
PTFE load of backing	wt%	5 ± 1	5 ± 1	5 ± 1	5 ± 1
PTFE content of MPL	wt%	23	23	23	23
Thickness	μm	235	235	325	325
Area weight	gm <sup>-2</sup>	105	90	125	105
Open porosity	%	36 – 37	40 – 41	46 – 47	50 – 52
TP gas permeability (Gurley)*	cm <sup>3</sup> cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	0.5 – 0.7	0.9 – 1.3	0.2 – 0.4	1.0 – 1.5
TP gas permeability*	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup>	5 – 6	6 – 7	7 – 8	12 – 15
IP gas permeability**	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup>	1.4	1.9	2.3	2.7
TP area-specific resistance**	mΩcm <sup>2</sup>	7.5 – 8.5	8.5 – 9.5	10 – 11	11 – 12
TP electric conductivity**	Scm <sup>-1</sup>	2.4 – 2.7	2.0 – 2.3	2.5 – 2.8	2.0 – 2.2
IP electric conductivity (X/Y)**	Scm <sup>-1</sup>	200/180	175/155	225/200	170/145
TP thermal conductivity*	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	0.6	0.5	0.35	0.25
Compressibility (1 MPa)	%	13	18	13	30
Recovery (2.5 MPa)	%	65	61	65	54
Resiliency (2.5 MPa)	%	13	21	13	30

IP = in plane TP = through plane \*uncompressed \*\*compressed with 1 MPa

### 13.1.3 Sigracet 22BB/36BB/39BB 气体扩散层(疏水微孔层碳纸)

Properties	Units	GDL-Substrates				Fully treated GDLs			
		GDL 28AA	GDL 29AA	GDL 38AA	GDL 39AA	GDL 28BC	GDL 29BC	GDL 38BC	GDL 39BC
Ash content <sup>1)</sup>	%	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25
Areal weight <sup>2)</sup>	g/m <sup>2</sup>	55 ±10	40 ±10	75 ±10	50 ±10	105 ±10	90 ±10	125 ±10	105 ±10
(@ 5 psi load) <sup>3)</sup>		190 ±30	190 ±30	280 ±30	280 ±30	235 ±20	235 ±20	325 ±25	325 ±25
Thickness (@ 1 MPa load) <sup>4)</sup>	µm	155 ±30	125 ±30	225 ±30	175 ±30	210 ±20	190 ±20	280 ±25	245 ±25
(@ 2 MPa load) <sup>5)</sup>		140 ±30	105 ±30	195 ±30	135 ±30	195 ±20	170 ±20	250 ±25	210 ±25
Compressibility (@ 1 MPa) <sup>5)</sup>	%	ca. 18	ca. 24	ca. 20	ca. 38	ca. 11	ca. 19	ca. 14	ca. 21
TP El. Resistance (@ 1 MPa) <sup>6)</sup>	mΩ x cm <sup>2</sup>	< 4	< 5	< 5	< 5	< 11	< 12	< 11	< 12
IP Pressure Drop (@ 1 MPa)	bar	0.4	0.3	0.2	0.2	0.9	0.8	0.5	0.4

Specified material properties: <sup>2)</sup> Internal, based on DIN EN ISO 536; <sup>4)</sup> Internal, based on DIN EN ISO 9073; <sup>6)</sup> Internal, based on DIN 51911

Additional data: <sup>1)</sup> DIN 51903; <sup>3)</sup> Internal, based on DIN EN ISO 9073; <sup>5)</sup> Internal, based on DIN 53885

Abbreviation/Units: TP = Through plane; IP = In plane; 5 psi = 0.0345 MPa

Material properties	Units	22 BB	28 BC	36 BB	39 BB
<b>Basic parameters</b>					
Thickness	µm	215	235	280	315
Area weight	g m <sup>-2</sup>	70	105	105	95
<b>Gas transport</b>					
TP gas permeability	Gurley sec	1.2	4.5	3.0	1.5
TP gas permeability [1 MPa]	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup>	0.47	0.10	0.21	0.12
IP gas permeability**	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup>	2.8	0.9	1.8	8.40
<b>Electronic resistance</b>					
TP area-specific resistance [1 MPa]	mΩ cm <sup>2</sup>	< 10	< 11	< 12	< 13
IP electric resistance**	Ω mm	0.33	0.21	0.27	0.56
<b>Heat transport</b>					
TP thermal conductivity*	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	0.30	0.38	0.43	0.20
<b>Mechanical properties</b>					
Bending stiffness [MD/TD]	N mm	1.5/0.9	1.7/1.2	3.6/3.2	3.5/2.9
Compressibility [5 psi → 1.0 MPa]	%	20	11	14	27
Compression set [0.6 MPa]	µm	12	9	10	15
Compression set [1.0 MPa]	µm	18	12	14	30
Compression set [1.5 MPa]	µm	26	15	20	37
Compression set [2.0 MPa]	µm	30	17	22	60
Tensile strength [MD/TD/TD]	MPa	6.9/4.8	6.6/5.1	8.5/8.1	7.7/4.9
<b>Surface properties</b>					
Water contact angle [MPL]	°	> 130	> 130	> 130	> 130
Roughness R <sub>a</sub> [MPL side]	µm	7.2	6.4	5.8	7.0
<b>Chemical properties</b>					
Impurities [Fe, Co, Ni]	ppm	< 10	< 10	< 10	< 10

\* uncompressed, \*\* van der Pauw method

## 13.2 选用指南

### 13.2.1 燃料电池

GDL 28 和 GDL 38 更适合于干燥环境中操作，因为较密集的背景可以防止质子交换膜的脱水。同理，GDL 38BC 被推荐用于高温 PEM 燃料电池 (HT-PEMFC)，因为它可以防止从 PBI 膜中渗出磷酸。

相比之下，如果需要高气体扩散率（主要是湿式操作、高电流密度或低压力），则建议使用 GDL 29 和 GDL 39，具体应用推荐及推荐等级如下表所示：

Applications	GDL 28	GDL 29	GDL 38	GDL 39
Thickness	200µm	200µm	300µm	300µm
Features	Low porosity	High porosity	Low porosity	High porosity
PEMFC stationary	✓		✓ ✓	
PEMFC automotive	✓	✓ ✓		
PEMFC portable				✓
HT-PEMFC			✓	
DMFC				✓
PEM electrolysis		✓		✓ ✓

Applications	GDL 22	GDL 28	GDL 36	GDL39
Thickness	215um	235um	280um	315um
Features	High porosity	Low porosity	Medium porosity	High porosity
PEMFC stationary		✓	✓	
PEMFC automotive	✓ ✓	✓	✓ ✓	
PEMFC portable				✓
HT-PEMFC			✓ ✓	
PEM electrolysis	✓			✓

### 13.2.2 非燃料电池

鉴于 SGL 公司生产的 GDL 具有高电导率和表面积，气体扩散层可以用于其他相关应用，如微生物燃料电池、PEM 电解水、金属空气电池或液流电池。下表介绍了非燃料电池应用和推荐等级。

Applications	Material applied as	Recommended grade(s)
Redox flow batteries	Porous electrode for zero-gap cell design	GDL 39 AA/38 AA
Metal-air batteries	Cathode support (for GDE)	GDL 39 AA/BA/BC
Microbial fuel cells	Electrode support	GDL 39 AA/BC
PEM electrolysis	Cathode support	GDL 39 AA/BA/BC

### 13.3 使用指南

1. 处理 GDL 时，务必戴防护手套，如无粉级乳胶或氯丁橡胶。如果需要长时间搬运，请经常更换手套。汗渍、油脂、润滑剂和其他有机杂质等污染物会影响其性能；

2. 保持 GDL 干燥，并远离液体储存区；

3. 在没有灰尘、碎片和其他空气颗粒的清洁区域储存、处理和加工 GDL；

4. 当用模具或切刀切割 GDL 时，应单独采取处理预防措施，防止开裂、挤压、过度弯曲或颗粒和金属污染；

5. 切勿直接接触 GDL-HM 的微层表面（涂层面）。如果必须接触微层，则只能轻柔地接触特定区域。摩擦、重压、刮擦或敲击微层将改变涂层固有的离散疏松孔隙结构；

6. 我们建议的 MEA 层压或堆叠组件（基于实际接触面积）的最大接触力为  $200\text{lb}_f/\text{in}^2$  ( $134\text{N}/\text{cm}^2$ )。超过这个极限的力可能会改变衬底的原始孔隙结构。也可能对电离导电膜造成穿刺损伤。

7. 碳纤维导电，可能导致电气设备短路，提高电气保护措施的水平，需要使用 IP54 等级。



## 14 碳能 CeTech 公司

碳能科技 CeTech 成立于 2006 年 9 月，位于台中，主要业务是研发与生产销售气体扩散层(Gas Diffusion Layer, GDL)，即市面上所说的碳纸与碳布(Carbon paper and carbon cloth)，以及 VRB 电极材料，即石墨毡(Graphite felt)。



### 14.1 气体扩散层 GDL (碳纸基底+MPLs)

这个系列的气体扩散层 GDL 主要是将生碳纸与微孔层 MPLs 结合，再经过 PTFE 疏水处理，是完全处理的一系列气体扩散层，有 GDL210S、GDL240、GDL260、GDL280、GDL340、GDS090S、GDS180SHT、GDL120S、GDL210SHT 这九个型号，其产品参数如下表所示：

Substrate with MPL & PTFE		Carbon Paper				
Measurement	Units	GDL210S	GDL240	GDL260	GDL280	GDL340
Thickness	mm	0.21	0.24	0.26	0.28	0.34
Basic Weight	g/m <sup>2</sup>	85	90	100	100	125
Air Permeability (Gurley)	sec	<225	<85	<200	<200	<200
Through-Plane Resistance	mΩ cm <sup>2</sup>	<15	<15	<10	<10	<10
Tensile Strength (MD)	N/cm	35	30	37	37	45
Tensile Strength (XD)	N/cm	17	18	33	33	36
Flexural Modulus (MD)	MPa	3100	4000	7000	4000	4600
Flexural Modulus (XD)	MPa	1300	1500	2600	1400	2400

新款产品

Substrate with MPL & PTFE		Carbon Paper			
Measurement	Units	GDS090S	GDS180SHT	GDL120S	GDL210SHT
Thickness	mm	0.09	0.18	0.12	0.21
Basic Weight	g/m <sup>2</sup>	50	50	80	85
Air Permeability (Gurley)	sec	<50	<10	<100	<225
Through-Plane Resistance <sup>注2</sup>	mΩ cm <sup>2</sup>	<6	<5	<15	<10
Tensile Strength (MD)	N/cm	15	25	20	35
Tensile Strength (XD)	N/cm	10	18	15	17
Voltage Loss <sup>注1</sup>	mV	<7	<15	<10	<15
Porosity	%	68	77	63	70

注1: Voltage loss at 500mA/cm<sup>2</sup> and 20 N/cm<sup>2</sup>

注2: Through-Plane Resistance (mΩ cm<sup>2</sup>) Four Point measurement, copper plate contact under 200psi, testing area 19.6cm<sup>2</sup>

### 14.2 碳纸基底

这个系列主要是未经处理的生碳纸，有 GDS180S、GDS210、GDS250、GDS310 四种型号，产品参数如下表所示：

Substrate without MPL & PTFE			Carbon Paper			
Measurement	Units	Method	GDS180S	GDS210	GDS250	GDS310
Thickness	mm	TECLOCK SM-114	0.18	0.21	0.25	0.31
Basic Weight	g/m <sup>2</sup>	ASTM D-646	50	50	65	80
Air Permeability	sec	Gurley	<10	<10	<10	<10
Through-Plane Resistance	mΩ cm <sup>2</sup>	Base on ASTM C-611	<7	<6	<6	<5
Tensile Strength (MD)	N/cm	ASTM D 828	25	24	24	20
Tensile Strength (XD)	N/cm		18	20	22	10
Flexural Modulus (MD)	MPa	ASTM D-790	3300	4700	4000	3500
Flexural Modulus (XD)	MPa		1500	1600	1500	2000
Porosity	%	Mercury Intrusion Porosimeter	77	77	77	77

### 14.3 气体扩散层 GDL (碳布基底+MPLs)

这个系列的 GDL 主要是将碳布与微孔层 MPLs 结合, 再经过 PTFE 疏水处理, 是完全处理的一种 GDL, 有 WIS1009、WIS1010、WIS1011 这三个型号, 其产品参数如下表所示:

Substrate with MPL & PTFE		Carbon Cloth			
Measurement	Units	Method	WIS1009	WIS1010	WIS1011
Thickness	mm	TECLOCK SM-114	0.41	0.38	0.41
Basic Weight	g/m <sup>2</sup>	ASTM D-646	180	180	200
Air Permeability	sec	Gurley	<55	<55	<55
Through-Plane Resistance	mΩ cm <sup>2</sup>	Base on ASTM C-611	<13	<13	<13
Tensile Strength (MD)	N/cm	ASTM D-828	10	10	10
Tensile Strength (XD)	N/cm		5	5	5

### 14.4 碳布基底

这个系列主要是未经处理的碳布基底, 有 WOS1009、WOS1011 两种型号, 产品参数如下表所示:

Substrate without MPL & PTFE		Carbon Cloth		
Measurement	Units	Method	WOS1009	WOS1011
Thickness	mm	TECLOCK SM-114	0.33	0.36
Basic Weight	g/m <sup>2</sup>	ASTM D-646	120	130
Air Permeability	sec	Gurley	<10	<10
Through-Plane Resistance	mΩ cm <sup>2</sup>	Base on ASTM C-611	<5	<5
Tensile Strength (MD)	N/cm	ASTM D-828	10	10
Tensile Strength (XD)	N/cm		5	5

### 14.5 气体扩散层 GDL (石墨基板+MPLs)

这个系列的气体扩散层 GDL 主要是将石墨基板与微孔层 MPLs 结合, 再经过 PTFE 疏水处理, 有 GPP050M、GPP070M 这两个型号, 其产品参数如下表所示:

Substrate with MPL & PTFE		Carbon Plate	
Measurement	Units	GPP050M	GPP070M
Thickness	mm	0.5	0.7

Basic Weight	g/m <sup>2</sup>	135	450
Air Permeability (Gurley)	sec	<150	<150
Density	g/cm <sup>3</sup>	N/A	N/A
Voltage loss <sup>注1</sup>	mV	<20	<20
Through-Plane Resistance <sup>注2</sup>	mΩ cm <sup>2</sup>	<15	<15
Tensile Strength (MD)	N/cm	90	200
Tensile Strength (XD)	N/cm	40	160
注1: Voltage loss at 500mA/cm <sup>2</sup> and 20 N/cm <sup>2</sup>			
注2: Through-Plane Resistance (mΩ cm <sup>2</sup> ) Four Point measurement, copper plate contact under 200psi, testing area 19.6cm <sup>2</sup>			

### 14.6 石墨基板

这个系列为未经处理的石墨基板，有 GPP035、GPP043 两种型号，产品参数如下表所示：

Substrate without MPL & PTFE		Carbon Plate	
Measurement	Units	GPP035	GPP043
Thickness	mm	0.35	0.43
Basic Weight	g/m <sup>2</sup>	200	240
Air Permeability (Gurley)	sec	N/A	N/A
Density	g/cm <sup>3</sup>	0.49	0.56
Voltage loss <sup>注1</sup>	mV	<9	<9
Through-Plane Resistance <sup>注2</sup>	mΩ cm <sup>2</sup>	<9	<9
注1: Voltage loss at 500mA/cm <sup>2</sup> and 20 N/cm <sup>2</sup>			
注2: Through-Plane Resistance (mΩ cm <sup>2</sup> ) Four Point measurement, copper plate contact under 200psi, testing area 19.6cm <sup>2</sup>			

### 14.7 石墨毡

这个系列为石墨毡，主要用于氧化还原流动电池，有 GF065、GF020、GF030 三种型号，产品参数如下表所示：

Measurement	Units	GF065
Thickness	mm	6.5
Roll Width	mm	1030
Roll Length	Meter	25-35
Basic Weight	g/m <sup>2</sup>	590
Carbon Content	%	98.5
Ash Content	%	<0.09
Thermal Conductivity at 1500° C	W/mK	0.1
Tensile Strength	MPa	0.12

新款产品

Measurement	Units	Method	GF020	GF030
Thickness	mm	ISO5084	1.5-3.5	2.5-4.5
Voltage loss	mV	Voltage loss at 500mA/cm <sup>2</sup> and 20 N/cm <sup>2</sup>	35	35

## 15 美国 Fuel Cell Store 平台

Fuel Cell Store 于 1999 年成立于科罗拉多州博尔德市，是燃料电池行业的先驱和运营时间最长的零售平台。可以提供最多样化和最广泛的燃料电池和可再生能源产品线，包括面向教育、研究和测试以及工业应用的产品。公司于 2014 年 11 月迁至德克萨斯州的大学站，以便在美国和世界各地以更快、更便宜的价格进行分销，平台包括离子膜、膜溶液、碳纤维制品、膜电极、催化剂、科教仪器、测试夹具等产品，上海载昂材料科技有限公司是 Fuel Cell Store 在中国的指定经销商，负责其产品在中国的销售业务，以下列举部分平台的产品。

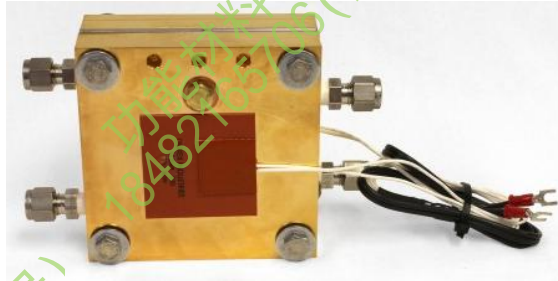


# FUELCELL Store

### 15.1 可互换测试硬件 (PEM)-25cm<sup>2</sup>

#### 概述：

这款单槽可互换测试硬件由不锈钢定制加工而成，可在测试的 MEA 整个表面提供平坦、均匀的压缩。极板通过镀金可以获得最大的导电性，从而减少测试过程中的寄生接触损耗。测试硬件的每个端板上都有加热器垫，用于向电解槽固定装置加热，为了读取电解槽的温度，每个端板都有一个 1/8 英寸的光滑热电偶端口和一个表面安装温度传感器的 8-32 抽头端口。



测试夹具配有四个 1/8" NPTx1/4" 压缩配件、密封用的全套 O 形圈（硬件还支持平垫圈密封）、用于压缩的 5 级螺母和螺栓（配绝缘垫片）、电气或热连接用 8-32 桁架螺钉（每个端板一个）、负载连接用 1/4" -20 带垫圈的黄铜螺栓（每个端板一个），以及一套标准配置的 25cm<sup>2</sup> 三重蛇形流道石墨板流场。

测试硬件可用于测试 PEM H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 燃料电池、PEM H<sub>2</sub>/空气燃料电池、直接甲醇（DMFC）燃料电池等，更换流场还可以用于测试电解槽，可根据要求提供定制流场，并提供适合现有端口的尺寸。

硬件的流场有石墨流场、钛流场、镍流场三种可供选择，标准配置是石墨流场，钛流场和镍流场一般用于 PEM 电解水试验。

#### 特点：

1. 单电池的尺寸是 25cm<sup>2</sup>；
2. 可以在 PEMFC、DMFC 和电解槽之间互换；
3. 高度灵活组合；
4. 高质量保证；
5. 适用于 110 或 220 VAC 的标准加热器垫。

#### 推荐配件：

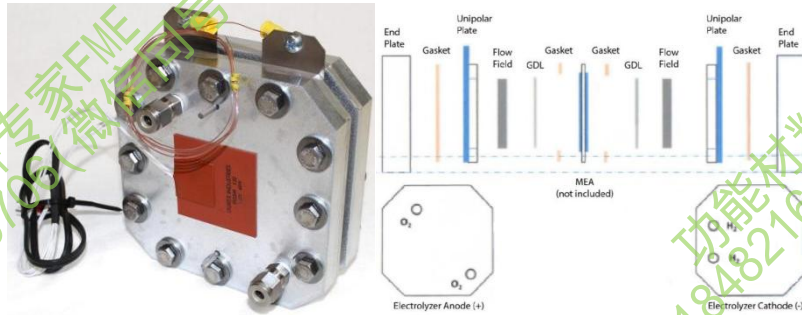
1. 钛板流场（用于电解水）；

2. 镍板流场（用于电解水）；
3. H<sub>2</sub>/空气燃料电池 MEA（5 层）；
4. 直接甲醇燃料电池 MEA（5 层）；
5. 电解槽用 MEA（3 层）

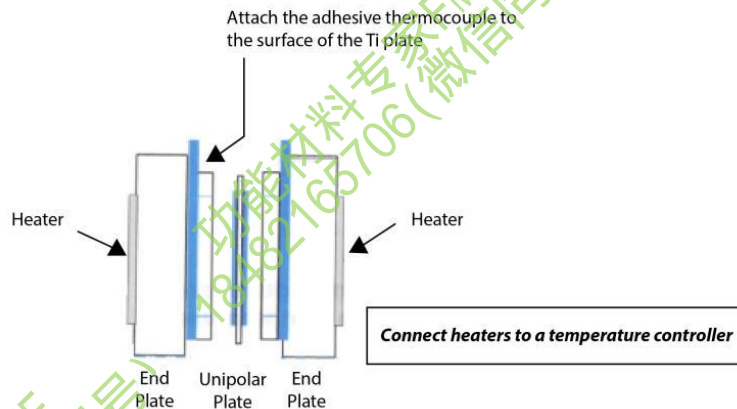
## 15.2 电解槽硬件 (PEM)-5/50cm<sup>2</sup>

### 概述：

这套电解槽测试硬件为研究流场、不同催化剂、膜和电流分配器的不同材料提供了许多灵活性的可靠硬件。

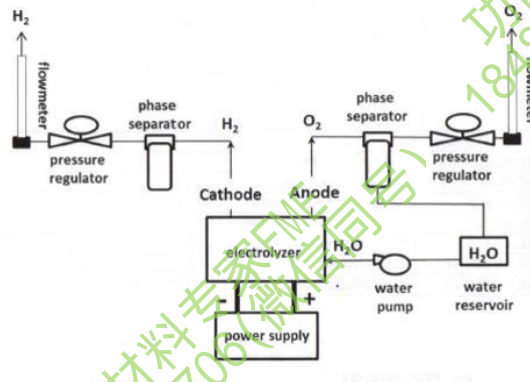


测试硬件在端板上安装了加热器，在钛板表面上安装了粘性热电偶（K 型）。为了向测试硬件提供热量，加热器和热电偶必须通过温度控制器连接和控制。必须使用温度控制器来控制加热器的功率，以达到并维持测试所需的温度。



### 电解槽测试操作：

使用本设备，测试系统可参考下图配置所示，这需要一些辅助的设备，包括：供水泵、供水槽、氢气端气液分离器、氢气流量计、氧气端气液分离器、氧气流量计、温度控制器、实验室直流电源、背压调节器（可选）



测试之前, 请确保加热器和热电偶的电源由温度控制器所控制, 在实验过程中会产生易燃易爆的氢气, 须妥善处理, 绝对禁止将氢气排入实验室环境中;

#### 连接操作:

1. 将反应物(去离子水或蒸馏水)与水泵连接到阳极上进行循环;
2. 将阳极(O<sub>2</sub>端)出口连接到气液分离器上, 在测量流量的流量计之前将O<sub>2</sub>与水分离;
3. 将阴极(H<sub>2</sub>端)出口连接到气液分离器上, 在测量流量的流量计之前将H<sub>2</sub>与水分离;
4. 背压调节器(可选)可用于控制电解槽的阳极和阴极室处的压力。

#### 主要特点:

1. 由定位销和平垫圈引导, 快速拆装的设计, 易于插入安装;
2. 集电器、隔板和流场内部部件由钛制成, 具有高导电性和耐腐蚀性;
3. 采用方形设计(方形与圆形材料利用率高), 易于制造;
4. 内置热电偶, 用于电池中心的近距离温度测量和控制。

#### 主要规格:

1. 有效面积: 5cm<sup>2</sup>和 50cm<sup>2</sup>;
2. 槽体尺寸(长 X 宽 X 厚): 10.1cm X 10.1cm X 1cm (50cm<sup>2</sup>);
3. 总体尺寸(长 X 宽 X 厚): 15.4cm X 13.5cm X 4.9cm (50cm<sup>2</sup>);
4. 重量: 2.8kg (50cm<sup>2</sup>)

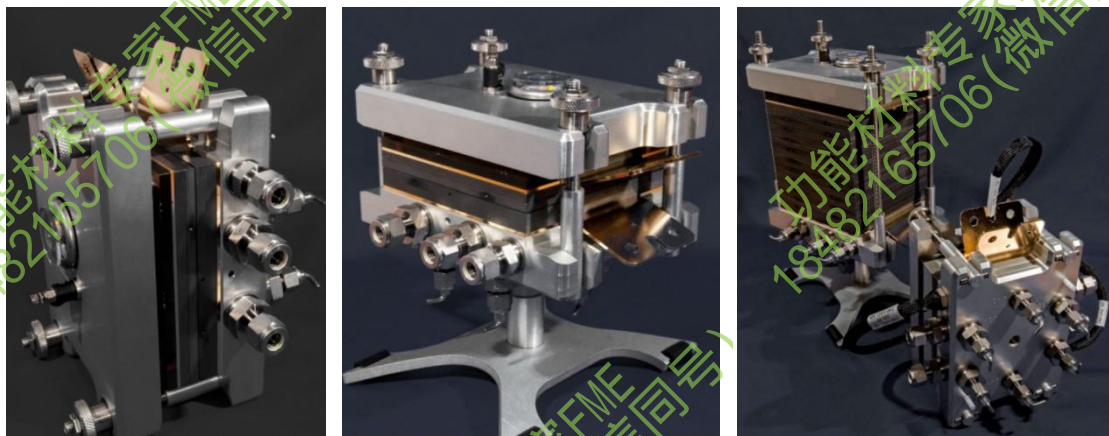
#### 操作条件:

1. 氢气端最大压力: 50 psi;
2. 氧气端最大压力: 50 psi;
3. 最大压力差: 5 psi
4. 操作温度: 35-65 °C;
5. 制氢速率(5cm<sup>2</sup>): 最高 35 sccm;
4. 制氢速率(50cm<sup>2</sup>): 最高 350 sccm

### 15.3 可扩展燃料电池硬件(PEM)-5/50cm<sup>2</sup>

#### 概述:

这款可扩展质子交换膜研究试验电池使用 5cm<sup>2</sup>和 50cm<sup>2</sup> 电池为基础, 使用成熟的材料、技术和快速组装功能, 是一种强大的开发工具。这些特性使它非常适合作为一个短堆栈, 用于样本筛选、研发和教育目的, 是高级系统测试的理想选择。



这是目前市场上最好的测试电池, 世界上几乎所有主要燃料电池制造商或研究公司都使用它。

与流体接触的材料包括 ultem、燃料电池级石墨板、不锈钢(SS316)和硅树脂, 这些

材料已经证明与 PEMFC 相容；

独特的密封垫片结构简单，能够可靠地适应不同厚度的 MEA。

组装/拆卸不需要工具，使用一体式气动气囊，您将始终能够监测电池的压缩，并在每个组件上重复压缩。每个分管都有端口，可用于温度或压力监测。

该基础模型设计为水冷式单电池。可以扩展添加额外的电池，最多可以添加多达 30 个电池组（使用标准 MEA 能产生约 1 千瓦功率）。

可提供电热套件。此选项仅推荐用于单电池或只有几个电池的短电池组，但如果您的实验室没有现成的水冷却/加热设备，则此选项非常方便。

#### 电池特征：

1. 无需工具即可组装/拆卸；
2. 单电池堆栈配置可扩展升级最多 30 个电池；
3. 用于快速和可重复装配的气动压缩系统；
4. 水冷式（提供电热套件）；
5. 工作温度高达 90° C；
6. 标准单道、半同流设计；
7. 不包括 MEA（可购买标准 MEA，如要定制 MEA，请与我们联系）；
8. 配件套件（公制或英制/英制）；

#### 电池参数：

1. 活跃电极面积 (Active Area) : 5cm<sup>2</sup> 或 50cm<sup>2</sup>；
2. 电池数量: 1 个
3. 热管理 (Thermal Management) :
  - 3.1 阳极和阴极单独的盒式加热器。(120V/AC 或 240V/AC)；
  - 3.2 配备 1/8" Swagelok 温控装置的热井；
4. 板材质 (Plate Material) : BMC940；
5. 接触流体材质 (Wetted Materials) : 不锈钢、铝、硅树脂、Ultem、石墨；
6. 流体连接 (Fluid Connections) : #4 个 SAE 端口，带有 1/4" Swagelok 接头（可选其他）；
7. 压缩系统 (Compression System) : 气动压缩，1/4" 管件
8. 最高运行温度: 150°C；
9. 最大运行压力: 50 psig；
10. 流场: 蛇形流场（其他可根据要求提供）
11. 母线板: 镀金铜（未浸湿）；
12. 外形尺寸: 127\*148\*171mm
13. 重量: 11 磅 (4.99kg)

#### 标准 MEA 参数-5cm<sup>2</sup>:

1. 膜型号: Nafion 212；
2. 活跃区域: 2.2X2.2cm；
3. 膜区域: 7.2X3.8cm；
4. 阳极催化剂&负载: 0.3 mg/cm<sup>2</sup> Platinum on Carbon 40%；
5. 阴极催化剂&负载: 0.3 mg/cm<sup>2</sup> Platinum on Carbon 40%；
5. 气体扩散层: Sigracet 28BC；
6. 气体扩散层类型: 碳纸。

#### 标准 MEA 参数-50cm<sup>2</sup>:

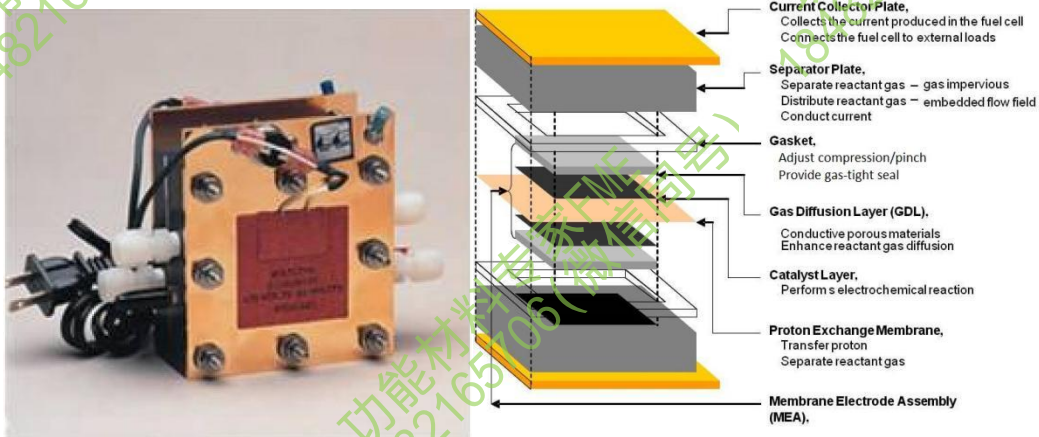
1. 膜型号: Nafion 212；

2. 活跃区域: 7.2x7.2cm;
3. 膜区域: 12.8x12.8cm;
4. 阳极催化剂&负载: 0.3 mg/cm<sup>2</sup> Platinum on Carbon 40%;
5. 阴极催化剂&负载: 0.3 mg/cm<sup>2</sup> Platinum on Carbon 40%;
5. 气体扩散层: Sigracet 28BC;
6. 气体扩散层类型: 碳纸。

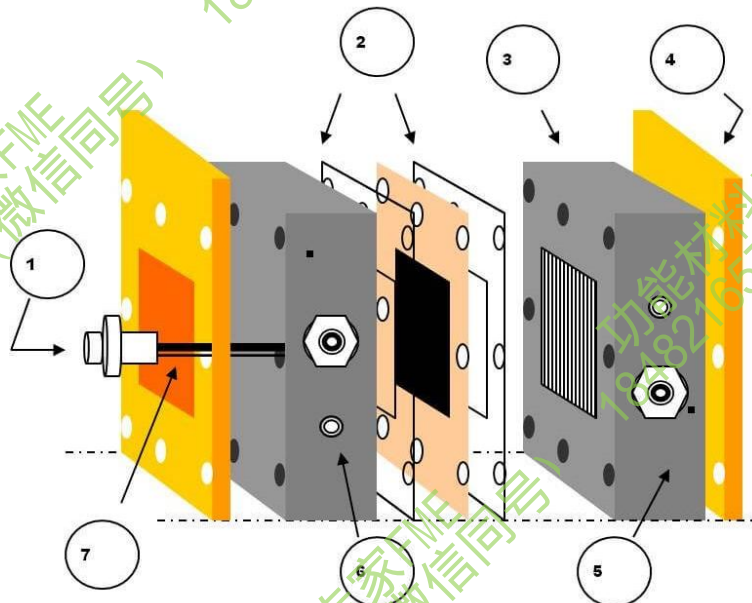
### 15.4 燃料电池硬件 (PEM) - 1-100cm<sup>2</sup>

燃料电池测试硬件是一种将化学燃料（如氢、天然气、甲醇等）转化为能量和水的电化学装置。该硬件包括发生此类反应的所有关键部件，另外它还对膜电极组件（MEA）进行集成，同时还可以为电池提供均匀的气体分布和均匀的温度。

燃料电池的集流板采用镀金板。镀金层提供了防腐保护，并与石墨隔板有良好的电气接触。设计了具有高导电性（900 Scm<sup>-1</sup>）和高导热性（117 Wm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>）的高纯度石墨板，该板带有气流通道和支管。硬件包括垫片，可以为 dMEA 提供安全的密封。高功率硅橡胶加热器安装在燃料电池的两端，可以让燃料电池保持相对恒定的温度。



分体零件图如下所示：



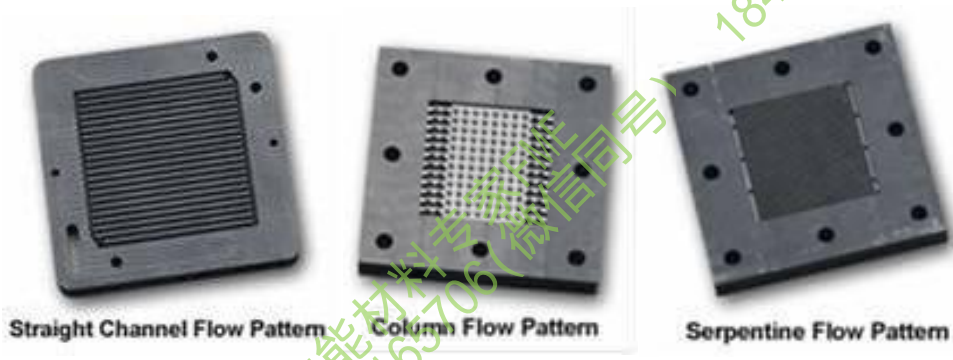
1. 贯通螺栓设计：需要的拧紧力小，可以使受力均匀（5 英寸/磅）；
2. 硬件夹点调整机构：能够对螺栓施加相同的扭矩、包含厚度精度高的平垫圈；



- 3. 燃料电池级石墨板：优良的气体隔离性、耐化学性、高导电/导热性、高机械强度；
- 4. 适用于变流场平板的设计：集电板、镀金板-用于耐腐蚀；
- 5. 热电偶插入孔：能够到达燃料电池测试硬件中心的热电偶、更加精确控制和监控温度、最接近 MEA 膜电极；
- 6. 香蕉插头电压测量：精确测量电池电压（使用高导电石墨板）；消除接触电阻引起的电压降；
- 7. 硅橡胶加热器：加热功率密度高、能保持均匀的电池温度（使用高导热石墨板）

这款测试夹具有以下特点：

- 1. 高精度机加工石墨隔板；
- 2. 集电器镀金；
- 3. 包括用于监测电压的香蕉插头；
- 4. 内置 Belleville 弹簧垫圈；
- 5. 内置硅橡胶加热器（120W），用于维持电池温度；
- 6. 尼龙配件，用于气密连接至 1/4 英寸管道（适用于 1、5 和 25cm<sup>2</sup> 的有效面积）
- 7. 不锈钢配件，用于气密连接至 1/4 英寸管道（适用于 50 和 100cm<sup>2</sup> 的有效面积）
- 8. 燃料电池硬件也可用于其他流场设计，包括柱/销型、蛇形、直条型，如下图所示：



结构参数：

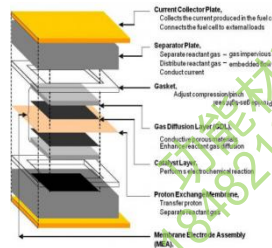
型号（活跃面积）	1, 5, and 25 cm <sup>2</sup>	50、100cm <sup>2</sup>
集电极	镀金	
隔板	机加工石墨隔板	
插头	香蕉插头	
弹簧垫圈	Belleville 弹簧垫圈	
垫片	硅胶	
可适用介质	氧气、氢气、空气、甲醇、乙醇、液体酸碱电解液	
正常工作温度	65-75°C	
最高工作温度	180°C	
连接头	1/4 “尼龙接头	1/4 “不锈钢接头
体积（H*W*L）	11X9.5X4.5cm	13X13X5cm
重量	3 磅	5.5 磅
端板	/	铝制端板
冷却	/	风冷烟囱
加热	内置硅橡胶加热器（120W）	/
其他	/	FC-50 硬件可与双极板一起使用，创建燃料电池组

### 15.5 液流电池硬件-5/25cm<sup>2</sup>

与传统电池和燃料电池类似，液流电池也是将输入电池的化学材料转换为电能。“燃料”储存在电池外，并在运行过程中引入电池。“燃料”通常保存在电解液中。本产品标准配置有柱状和销状流场。其他流场可应要求提供。

液流电池是一套储能系统。与传统电池不同，液流电池不会自动放电，也没有记忆效应。能量储存在液态电解质中，通过更换电解质为电池“充电”。液态电解质是一种腐蚀性很强的酸。液流电池的实验必须考虑电池的设计，要防止电解液泄漏和连接处的腐蚀。

为了解决这些问题，设计了一种专门的液流电池测试单元。通过独特的设计，允许液流电池在低压下密封和保持均匀压缩。所有歧管都与接触金属部件分离，从而消除了酸性液体电解质路径中的腐蚀。

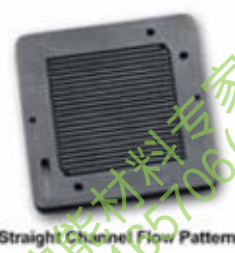
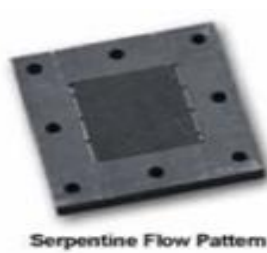
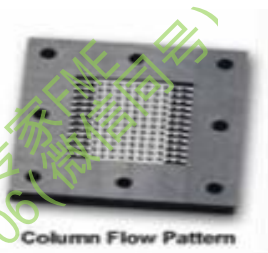


#### 液流电池硬件的特点：

1. 机加工石墨隔板
2. 镀金集电器
3. 用于监控电压的香蕉插头
4. Belleville 弹簧
5. 内置硅橡胶加热器（120 瓦），用于保持电池温度
6. 用于与 1/4 英寸油管紧密连接的尼龙配件

#### 液流电池硬件报价时可提供的流场设计：

1. 柱/销类型（液流电池标准配置）
2. 蛇型流场
3. 直通道



活动区域	功能	技术规格
5cm <sup>2</sup> 和 25cm <sup>2</sup>	镀金集流板 机械加工石墨隔板 用于监测电压的香蕉插头 Belleville 弹簧 内置硅橡胶加热器(120W) ,用于保持电池温度 用于与 1/4 英寸管紧密连接的尼龙配件	垫圈：硅树脂(标准) 尺寸(高 X 宽 X 长) : 11X9.5X4.5cm 重量(磅) : 3 额定工作温度: : 65-75°C 最高温度: 高达 180°C

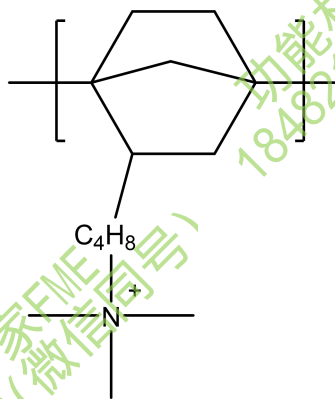
## 16 功能材料专家 FME 平台

功能材料专家 FME (Functional Materials Expert) 以上海载昂材料科技有限公司为依托, 整合国内外多家知名公司产品, 是一个以功能材料为核心, 兼具测试硬件, 演示教具等产品开发的一站式购物平台, 在这里, 您可以购买到国内外众多品牌的材料及设备, 包括 PEM 燃料电池、PEM 电解槽、AEM 电解槽 (阴离子膜电解槽)、ALK 电解槽 (碱性隔膜式电解槽)、催化剂 (贵金属、非贵金属)、离子膜溶液、阳离子膜、阴离子膜、双极膜、膜电极 (CCM、MEA)、气体扩散层 (GDL+MPLs)、碳纸、碳布、碳毡、石墨毡、石墨双极板、镍毡、钛毡、不锈钢毡、ALK 电解隔膜 (PPS、ZIFION)、钛电极、科研级电化学测试夹具 (AEM 电解水、PEM 电解水、CO<sub>2</sub> 还原、CO<sub>2</sub> 转甲酸、燃料电池测试等实验)、科普演示设备等。

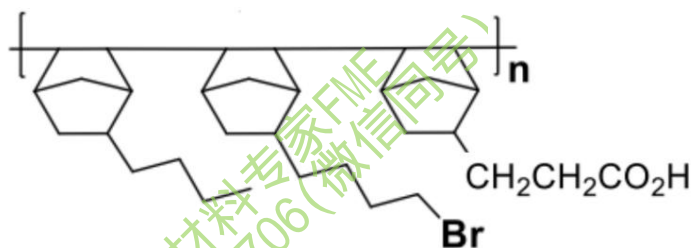


### 16.1 聚降冰片烯 (PNB) 复合阴离子膜及膜溶液

功能材料专家 FME 通过整合乔治亚理工大学的研究成果, 现推出一款性能优异的聚降冰片烯机械增强阴离子膜 (PNB-AEM), 有 55 $\mu$ m 和 112 $\mu$ m 两种标准厚度 (湿厚), 可以幅宽为 30.5cm 的卷材批量供应, 在 80 $^{\circ}$ C 时, 其氢氧根电导率 >200 mS/cm。具有高 PH 的耐用性, 在 >1200 小时, 80 $^{\circ}$ C 的 KOH 中使用后, 其电导率损失 <1%。除了离子膜, 亦可供应与之配套的阴离子膜溶液, 可在制作膜电极时充当粘结剂使用 (膜溶液分为 PNB-OER 和 PNB-HER 两个系列)



聚降冰片烯 Polynorbornene (PNB) 机械增强阴离子交换膜是用不含 PFAS 的聚降冰片烯离子导电树脂和机械增强层复合而成。在用于 AEM 电解槽类似的加压系统中使用时, 机械增强层提高了坚固性和性能的稳定性的, PNB-AEM 的离子传导部分是具有如下所示的官能化降冰片烯化学物。



16.1.1 参数概况

特性	数值		测试方法
名称	PNB-55	PNB-112	
水合厚度	55 ± 4 μm	112 ± 4 μm	
增强层	烯烃(Olefin)		
提供的膜水合作用	充分水合		
离子交换容量	≈3.5 meq/g		离子色谱法
电导率	70 ± 5 mS/cm (OH form at 25°C) in MD 58 ± 5 mS/cm (OH form at 25°C) in TD		在平面内
拉伸强度(MPa)	>30 (dry)		Instron
杨氏模量(GPa)	>1.0 (dry)		Instron
断裂伸长率(%)	>35 (dry)		Instron
尺寸膨胀率	value % (at RT in H <sub>2</sub> O)		
吸水率	40-45 % (at RT in H <sub>2</sub> O)		
季胺类型	三甲铵(Trimethylammonium)		
聚合物 Tg(°C)	170 - 190		DMA
反离子	Bromide		

性能表现 (以下数据均摘录自参考文献, 如需查看原文, 请咨询客服):

16.1.2 在 AEM 燃料电池中的性能表现

在 80 摄氏度时, 其峰值功率密度达到了 3.4W/cm<sup>2</sup> (或 9A/cm<sup>2</sup> 的电流密度)

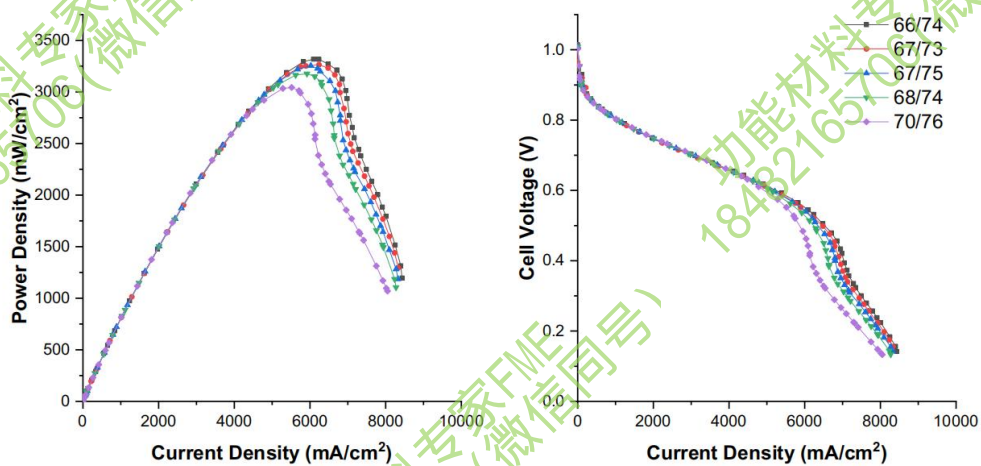


Table II. AEM fuel cell performance highlights at 60°C.

XL (mol%)	H <sub>2</sub> crossover (mA/cm <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	OCV (V)	A/C dew point (°C)	HFR (mΩ) <sup>b</sup>	Cell potential (V)	CD (mA/cm <sup>2</sup> )	PPD (W/cm <sup>2</sup> )	PtRu/C loading (mg/cm <sup>2</sup> )	Pt/C loading (mg/cm <sup>2</sup> ) <sup>c</sup>	Spec. power (W/mg PtRu)	Spec. power (W/mg Pt)	Spec. current (mA/mg PtRu)	Spec. current (mA/mg Pt)
0	40	0.881	50/50	7.6	0.555	2497	1.39	0.472	0.424	2.94	3.27	5291	5890
2.5	25	0.873	55/55	11.1	0.547	2270	1.24	0.331	0.313	3.75	3.97	6857	7251
5	5	0.950	48/52	8.1	0.554	3431	1.90	0.948	0.490	2.01	3.88	3620	7003
10	54	0.882	40/40	7.0	0.555	3417	1.89	0.730	0.515	2.56	3.68	4680	6634
15	12	0.930	40/40	6.2	0.537	4097	2.20	0.986	0.560	2.23	3.93	4155	7316

<sup>a</sup>Hydrogen crossover measured by EIS; <sup>b</sup>High frequency resistance measured by EIS; <sup>c</sup>Metal loadings for specific power and current determined by XRF. All other values measured or calculated based on test station data. XL = cross-linker concentration; A/C = denotes anode (A) and cathode (C) dew points in degrees Celsius, respectively; CD = current density; PPD = peak power density.

Table III. Fuel cell performance highlights at 80°C.

XL (mol%)	OCV (V)	A/C dew point (°C)	HFR (mΩ) <sup>a</sup>	Cell potential (V)	CD (mA/cm <sup>2</sup> )	PPD (W/cm <sup>2</sup> )	PtRu/C loading (mg/cm <sup>2</sup> )	Pt/C loading (mg/cm <sup>2</sup> )	Spec. power (W/mg PtRu)	Spec. power (W/mg Pt)	Spec. current (mA/mg PtRu)	Spec. current (mA/mg Pt)
10	1.001	68/74	7.01	0.514	5940	3.06	0.70	0.60	4.36	5.09	8491	9906
15	1.016	67/74	5.05	0.524	6425	3.37	0.70	0.60	4.81	5.61	9182	10712
20	1.009	68/75	1.52	0.536	5588	3.00	0.70	0.60	4.28	4.99	7982	9313
25	0.996	68/76	5.74	0.528	6179	3.27	0.70	0.60	4.66	5.44	8834	10307

<sup>a</sup>High frequency resistance measured by EIS; All other values measured or calculated based on test station data. XL = cross-linker concentration; A/C = denotes anode (A) and cathode (C) dew points in degrees Celsius, respectively; CD = current density; PPD = peak power density.

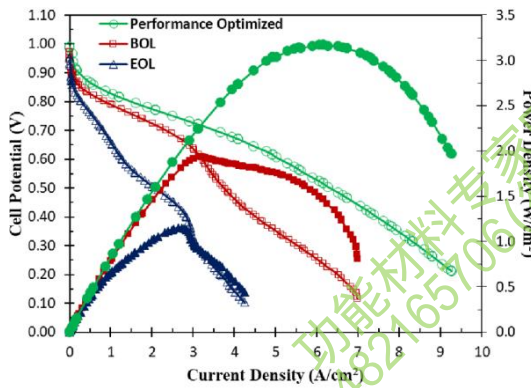


Figure 5. Polarization and power curves for AEMFCs operating at: (i) 80 °C and reacting gas flow rates of 1.0 L/min with anode/cathode dew points that optimize power density (71/73 °C) with no back pressurization (green circles); (ii) BOL conditions: 75 °C with a reacting gas flow rate of 0.3 L/min and anode/cathode dew points of 73/74 °C with no back pressurization (red squares); (iii) EOL conditions: 75 °C with a reacting gas flow rate of 0.3 L/min and anode/cathode dew points of 72/74 °C with no back pressurization (blue triangles)

### 16.1.3 电导率的测试

Table 1 Properties of poly(butyl norbornene-*b*-quaternary ammonium propyl norbornene-*b*-butyl norbornene-*b*-quaternary ammonium propyl norbornene) membranes in hydroxide form.

Block copolymer	Molecular Weight <sup>a</sup> (kg/mol)	M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub>	IEC (Ion Exchange Capacity) (meq./g) <sup>b</sup>	OH <sup>-</sup> Conductivity (mS/cm) <sup>c</sup>		α/IEC <sup>d</sup>	Water Uptake <sup>e</sup> (%)	Hydration number λ	N <sub>free</sub>	N <sub>bound</sub>	Inter-domain spacing, d (nm) <sup>f</sup>
				25 °C	80 °C						
PNB-X <sub>74</sub> -Y <sub>26</sub>	39.58	1.42	1.55	23.4	61.3	39.5	26.2	9.41	0.91	8.50	ND
PNB-X <sub>70</sub> -Y <sub>30</sub>	37.97	1.29	1.77	27.0	67.4	38.1	59.6	18.71	5.42	13.29	37.2
PNB-X <sub>67</sub> -Y <sub>33</sub>	38.86	1.28	1.92	32.2	71.8	37.4	68.8	19.91	7.81	12.10	44.2
PNB-X <sub>62</sub> -Y <sub>38</sub>	50.77	1.54	2.21	50.9	101.9	46.1	71.0	17.85	7.61	10.24	49.9
PNB-X <sub>54</sub> -Y <sub>46</sub>	45.33	1.55	2.60	44.9	80.0	30.8	133.6	28.55	10.65	17.90	86.4
PNB-X <sub>68</sub> -Y <sub>32</sub>	114.9	1.42	1.88	62.0	122.7	65.2	63.0	18.62	6.74	11.88	ND

<sup>a</sup> Measured in bromopropyl form by gel permeation chromatography at RT in THF relative to polystyrene standards.

<sup>b</sup> IEC (Ion Exchange Capacity) was calculated via <sup>1</sup>H NMR results in bromopropyl form.

<sup>c</sup> OH<sup>-</sup> conductivity was measured by four-probe conductivity cell.

<sup>d</sup> Ionic conductivity at 80 °C/IEC.

<sup>e</sup> Water uptake was measured at room temperature.

<sup>f</sup> Inter-domain spacing measured using small angle X-ray scattering (SAXS) in bromide form; ND = not determined. PNB = polynorbornene; X = hydrophobic block; Y = hydrophilic block; numbers in the subscript indicate the molar ratio of each block.

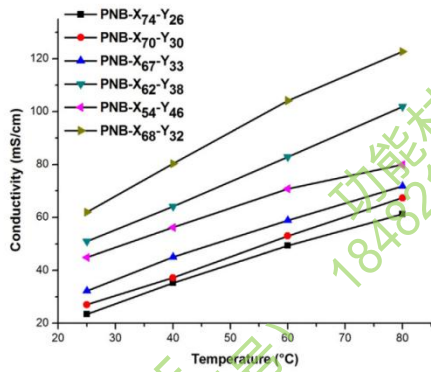


Fig. 5. Ionic conductivity of polynorborene AEMs at different temperature.

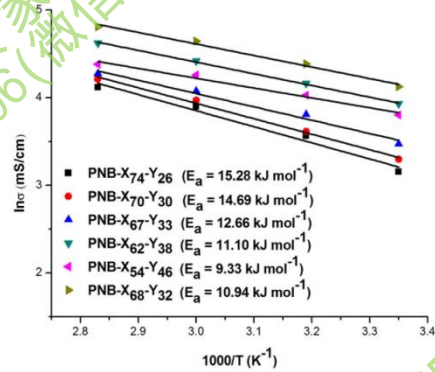


Fig. 6. Arrhenius plot of  $\ln\sigma$  vs. inverse temperature for polynorborene AEMs.

### 16.1.4 在 AEMFC 中的耐久性测试

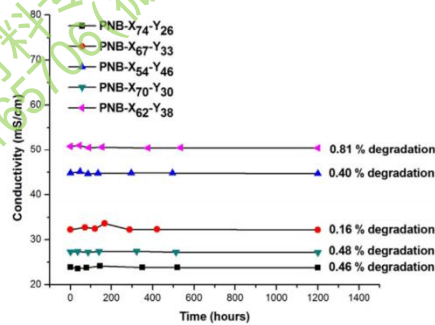


Fig. 7. The alkaline stability of polynorborene AEMs at 1 M NaOH solution at 80 °C.

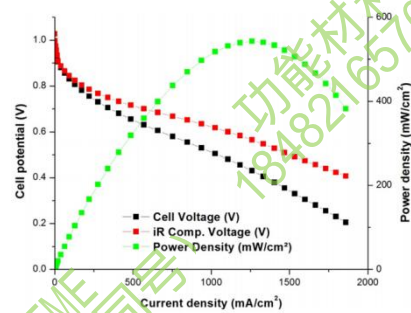


Fig. 9. Polarization data for PNB-X62-Y38 AEMFC (2.1 mg/cm<sup>2</sup> Pt, 40% ionomer to carbon ratio) with and without iR correction. Cell temperature was 50 °C with anode and cathode depoints both set at 46 °C. Flow rates of humidified H<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> were both 0.5 L/min.

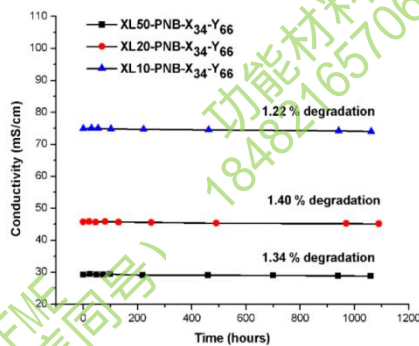
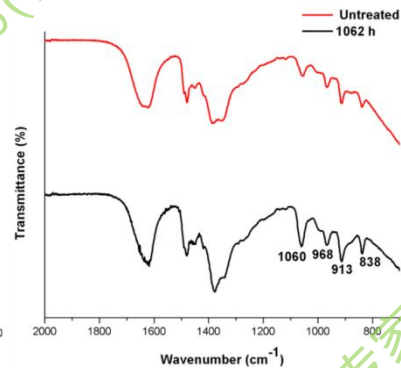


Figure 5. Alkaline stability of cross-linked AEMs in 1 M NaOH solution at 80 °C. Monitoring the drop in OH<sup>-</sup> conductivity over time (left). FT-IR spectra of XL10-PNB-X<sub>34</sub>-Y<sub>66</sub> for characterization of the chemical structure (right).



### 16.1.5 在 AEM 电解槽中性能测试

Table I. Properties of poly(norborene) ionomers.

Sample	M <sub>n</sub> (kDa)	D	IEC (meq g <sup>-1</sup> )	Ionic Conductivity (mS cm <sup>-1</sup> )		σ/IEC (g S/cm eq (80 °C))	WU (%)
				25 °C	80 °C		
GT0	84.45	1.11	0	ND	ND	ND	ND
GT11	84.73	1.62	0.69	0.47	0.79	1.14	3.7
GT18	36.53	1.38	1.13	5.8	11.6	10.3	15
GT32	114.9	1.42	1.88	62	123	65.4	63
GT38	50.77	1.54	2.21	51	102	46.2	71
GT74 <sup>a)</sup>	40.35	1.26	3.56	80	160	44.9	103
GT75 <sup>a)</sup>	73.8	1.51	3.63	99	201	55.4	119
GT82 <sup>b)</sup>	57.7	1.41	3.88	109	212	54.6	122
GT100 <sup>b)</sup>	23.31	1.42	4.73	66	148	31.3	89

a)  $\sigma$  and WU measured with 5 mol% TMHDA cross-linker. b)  $\sigma$  and WU measured with 15 mol% TMHDA cross-linker. GT18, GT32, GT38, and GT100 were synthesized using BPNB as the halogenated block and the others used BBNB. IEC was determined by <sup>1</sup>H NMR in bromide form. Standard deviation for WU was  $\pm 3\%$ . ND = not determined.

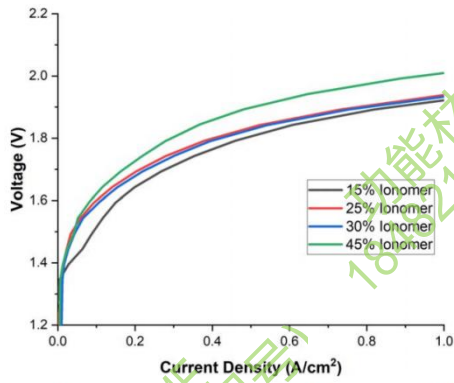


Figure 2. Comparison of polarization curves of MEAs with various OER ionomer content after break-in. The AEM was radiation grafted ETFE (25  $\mu\text{m}$  thick). The anode ionomer was GT25 and catalyst was  $\text{PbRuO}_x$ . The cathode ionomer was GT73 (20 wt%) and catalyst was PtNi.

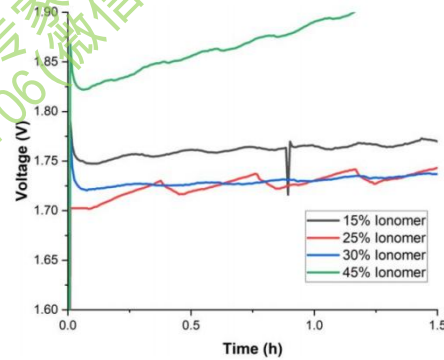


Figure 3. Cell voltage vs time of MEAs with various OER ionomer content at  $1 \text{ A cm}^{-2}$ . The AEM was radiation grafted ETFE (25  $\mu\text{m}$  thick). The anode ionomer was GT25 and catalyst was  $\text{PbRuO}_x$ . The cathode ionomer was GT73 (20 wt%) and catalyst was PtNi. From top to bottom (at time zero), the ionomer content is 45%, 15%, 30% and 25%.

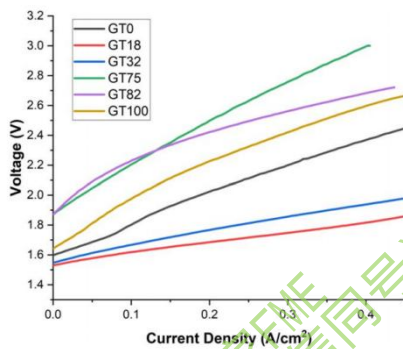


Figure 4. Comparison of polarization curves of MEAs with OER ionomers of various ion exchange capacities after break-in. The AEM was GT74 with a PTFE reinforcement layer (50  $\mu\text{m}$  thick, 5 mol% cross-linking). The anode catalyst was  $\text{IrO}_2$ . The cathode ionomer was GT32 (20 wt%) and catalyst was Pt/C.

Table II. EIS data of MEAs with various amounts of GT11 ionomer and PTFE.

Sample (Ionomer wt%)	HFR (Ohm-cm <sup>2</sup> )	LFR (Ohm-cm <sup>2</sup> )	R <sub>ct</sub> (Ohm-cm <sup>2</sup> )
25%	0.39	5.27	4.88
50%	0.44	5.27	4.84
12.5%	0.39	4.80	4.40
25% + 8% PTFE	0.45	1.10	0.65

Table III. Properties of cross-linked ionomers.

Sample	Cross-linking (mol%)	IEC (meq g <sup>-1</sup> )	Ionic Conductivity (mS cm <sup>-1</sup> )			
			25 °C	80 °C	$\sigma$ /IEC (80 °C)	WU (%)
GT72	0	3.54	ND	ND	ND	>1000
GT72-5	5	3.50	83	175	50.0	96
GT72-10	10	3.47	69	153	44.1	78
GT72-15	15	3.44	57	131	38.1	66

IEC was determined by <sup>1</sup>H NMR in bromide form. Standard deviation for WU was  $\pm 3\%$ . ND = not determined.

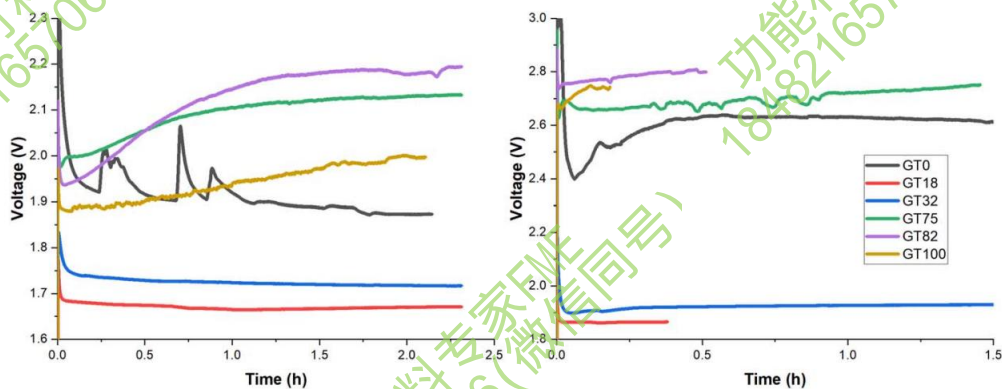


Figure 5. Cell voltage vs time for MEAs with OER ionomers of various ion exchange capacity at  $100 \text{ mA cm}^{-2}$  (left) and  $500 \text{ mA cm}^{-2}$  (right). The AEM was GT74 with a PTFE reinforcement layer (50  $\mu\text{m}$  thick, 5 mol% cross-linking). The anode catalyst was  $\text{IrO}_2$ . The cathode ionomer was GT32 (20 wt%) and catalyst was Pt/C.

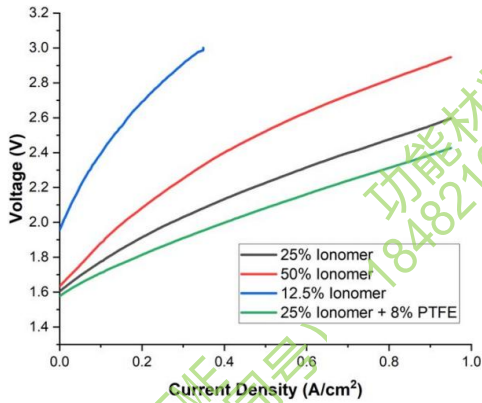


Figure 6. Comparison of polarization curves of MEAs with various amounts of OER ionomer and PTFE after break-in. The AEM was GT74 with a PTFE reinforcement layer (35  $\mu\text{m}$  thick, 5 mol% cross-linker). The anode ionomer was GT11 and catalyst was  $\text{IrO}_2$ . The cathode ionomer was GT32 (20 wt%) and catalyst was Pt/C.

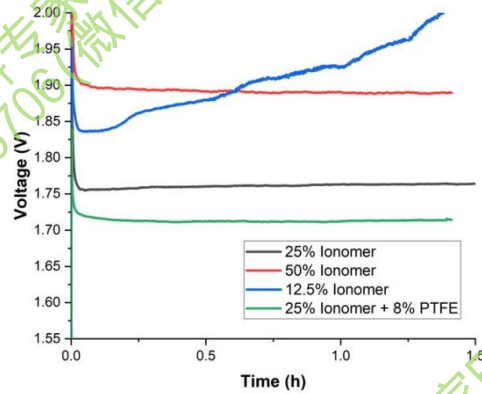


Figure 7. Cell voltage vs time for MEAs with various OER ionomer content and PTFE at  $100 \text{ mA cm}^{-2}$ . The AEM was GT74 with a PTFE reinforcement layer (35  $\mu\text{m}$  thick, 5 mol% cross-linking). The anode ionomer was GT11 and catalyst was  $\text{IrO}_2$ . The cathode ionomer was GT32 (20 wt%) and catalyst was Pt/C.

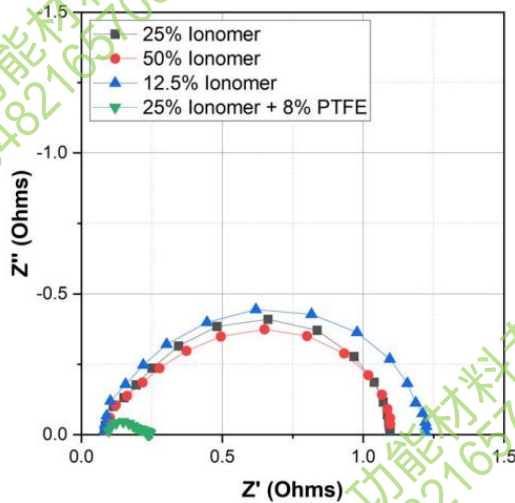


Figure 8. Comparison of Nyquist plots of MEAs with various amounts of OER ionomer and PTFE. The AEM was GT74 with a PTFE reinforcement layer (35  $\mu\text{m}$  thick, 5 mol% cross-linking). The anode ionomer was GT11 and catalyst was  $\text{IrO}_2$ . The cathode ionomer was GT32 (20 wt%) and catalyst was Pt/C.

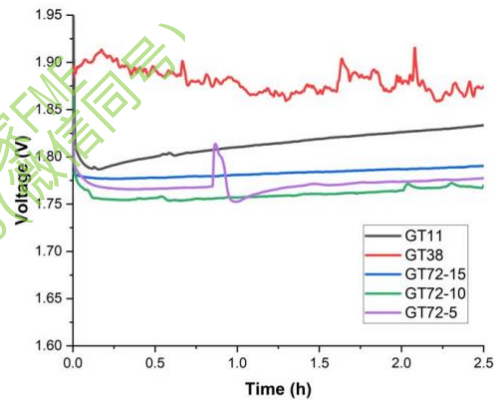


Figure 9. Cell voltage vs time for OER ionomers at  $1 \text{ A cm}^{-2}$  constant current. The anode catalyst was  $\text{PbRuO}_x$ . The cathode ionomer was GT74 (20 wt%) and the catalyst was PtRu on ECS-3701.

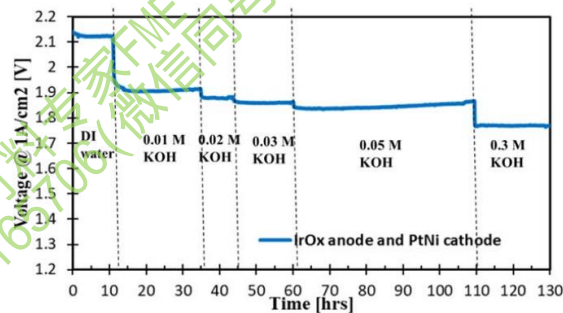


Figure 1. Operation of an AEMEL at  $1.0 \text{ A cm}^{-2}$  and  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  with various concentrations of added KOH. The cells were first operated with DI water and no initial KOH feed. Anode: IrOx catalyst with GT69 ionomer. Cathode: PtNi catalyst with GT-32 ionomer; AEM: GT72-10 (30  $\mu\text{m}$ ).

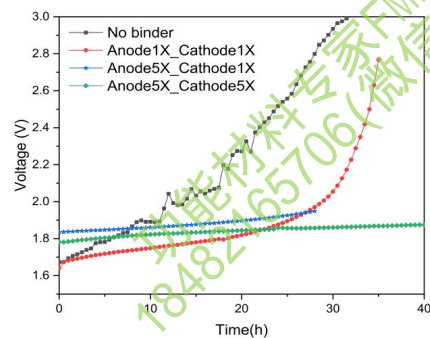


Fig. 1. Cell voltage vs time for MEAs with various epoxy contents at  $0.5 \text{ A cm}^{-2}$ . The AEM was GT72-10 with PTFE reinforcement (30  $\mu\text{m}$  thick). The anode used GT72-10 ionomer and  $\text{PbRuO}_x$  catalyst. The cathode used GT72-3 ionomer and  $\text{Pt}_3\text{Ni}_7\text{C}$  catalyst. The two-part epoxy binder was added to the electrode inks at a loading of  $0.65 \text{ mg/cm}^2$  corresponding to "1X".



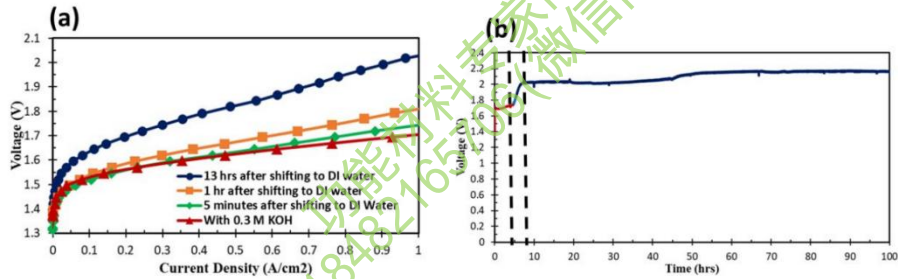


Figure 2. (a). Polarization curves collected at start of the cell operation on 0.3 M KOH and then at different times while the cell was switched to DI water feed. (b). Steady state voltage response of the cell initially operated with 0.3 M KOH and then switched to DI water while operating at a constant current density of 1.0 A cm<sup>-2</sup>. AEM: GT-72-10 (30 μm), IrOx as OER electrocatalyst and PtNi as HER electrocatalyst. Cell operated with no backpressure at cell temperature 60 °C.

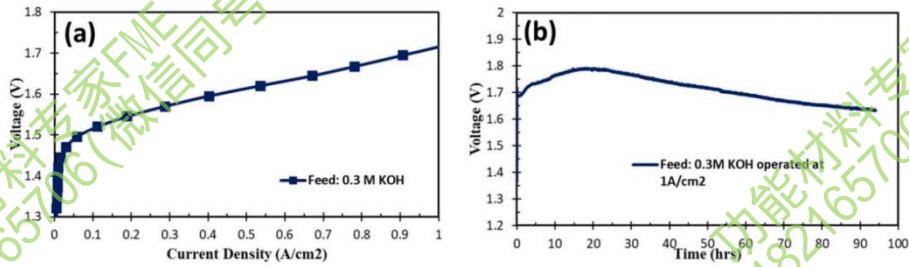


Figure 3. AEMEL (a) polarization curves and (b) durability test (at 1.0 A cm<sup>-2</sup>) showing the voltage response of a cell that was completely operated while feeding 0.3 M KOH electrolyte. AEM: GT-72-10 (30 μm). Anode catalyst: IrOx. Cathode catalyst: PtNi. Cell temperature: 60 °C.

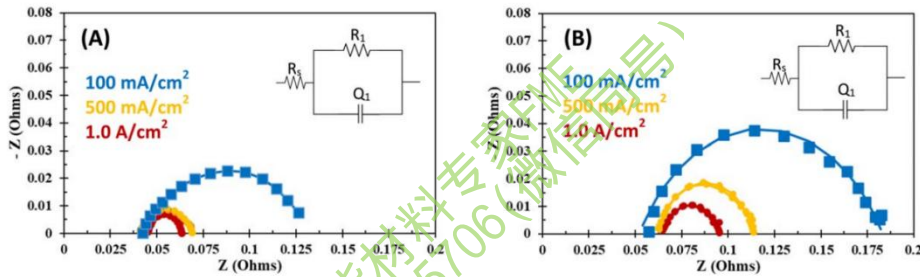


Figure 4. Nyquist plots and circuit analysis for an AEMEL operating at 100 mA cm<sup>-2</sup> (Blue curves), 500 mA cm<sup>-2</sup> (Yellow curves) and 1000 mA cm<sup>-2</sup> (Red curves) operated in (A) 0.3 M KOH; and (B) DI water.

Table I. EIS data parameters obtained by fitting the data with an equivalent circuit at different current densities while operating on (A) 0.3 M KOH and (B) DI water.

Parameter	0.3 M KOH			DI water		
	100 mA cm <sup>-2</sup>	500 mA cm <sup>-2</sup>	1000 mA cm <sup>-2</sup>	100 mA cm <sup>-2</sup>	500 mA cm <sup>-2</sup>	1000 mA cm <sup>-2</sup>
Q <sub>1</sub> (sαΩ)	1.40661	0.509898	0.178236	0.170222	0.079326	0.153619
α	0.62144	0.708758	0.83654	0.67152	0.790077	0.756816
R <sub>s</sub> (Ω)	0.042055	0.040652	0.045338	0.052312	0.0618	0.06441
R <sub>1</sub> (Ω)	0.087624	0.028482	0.018081	0.130921	0.052089	0.031112
χ <sup>2</sup>	0.014895	0.008204	0.003794	0.030734	0.011121	0.002551

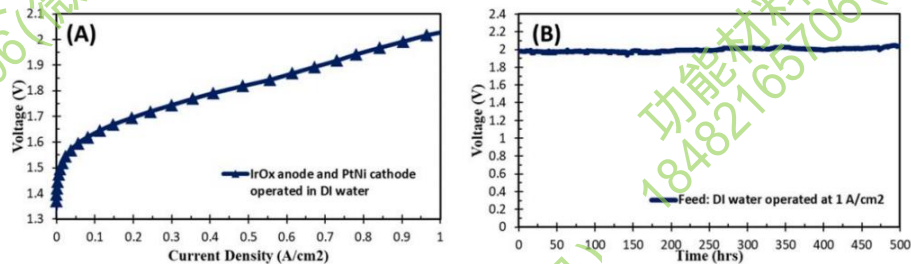


Figure 5. (A) Polarization curves and (B) durability test (at 1.0 A cm<sup>-2</sup>) for an AEMEL only exposed to DI water during operation. AEM: GT-72-10 (30 μm); Anode: IrOx; Cathode: PtNi. Cell temperature: 60 °C.

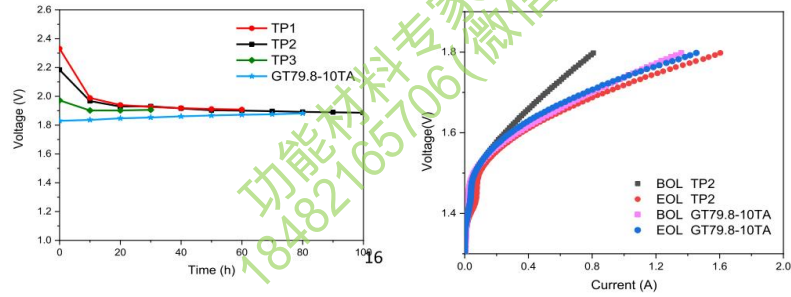


Fig. 3. Left side shows chrono-voltammogram showing durability for MEAs with various self-adhesive ionomers at  $0.75 \text{ A/cm}^2$ . The AEM was GT72-10 with PTFE reinforcement layer ( $30 \mu\text{m}$  thick, 10 mol% cross-linking). The anode catalyst was  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  and the cathode catalyst was  $\text{PtNi/C}$ . Right side shows polarization curves for MEAs the TP2 and GT79.8-10TA cells with a surface area of  $4 \text{ cm}^2$ .

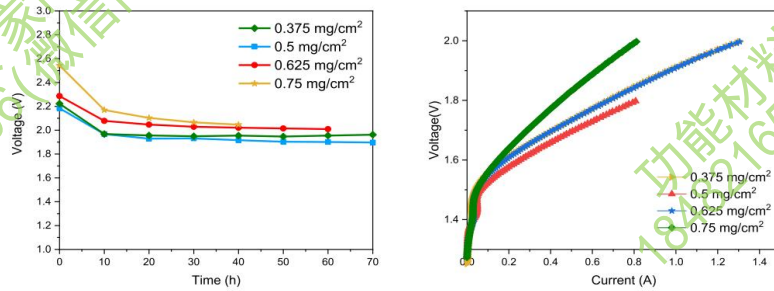


Fig. 4. Cell voltage vs time (left side) and polarization curves (right side) for MEAs with various TP2 ionomer content in anode at  $0.75 \text{ A/cm}^2$ . The AEM was GT72-10 with PTFE reinforcement layer ( $30 \mu\text{m}$  thick, 10 mol% cross-linker). The anode catalyst was  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  with  $2 \text{ mg/cm}^2$  loading and the cathode catalyst was  $\text{Pt}_3\text{Ni/C}$  with  $1.5 \text{ mg/cm}^2$  loading.

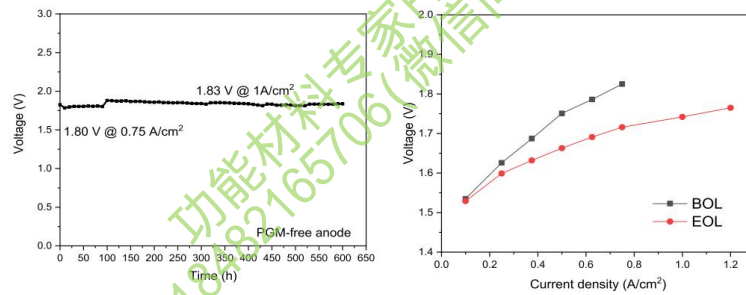
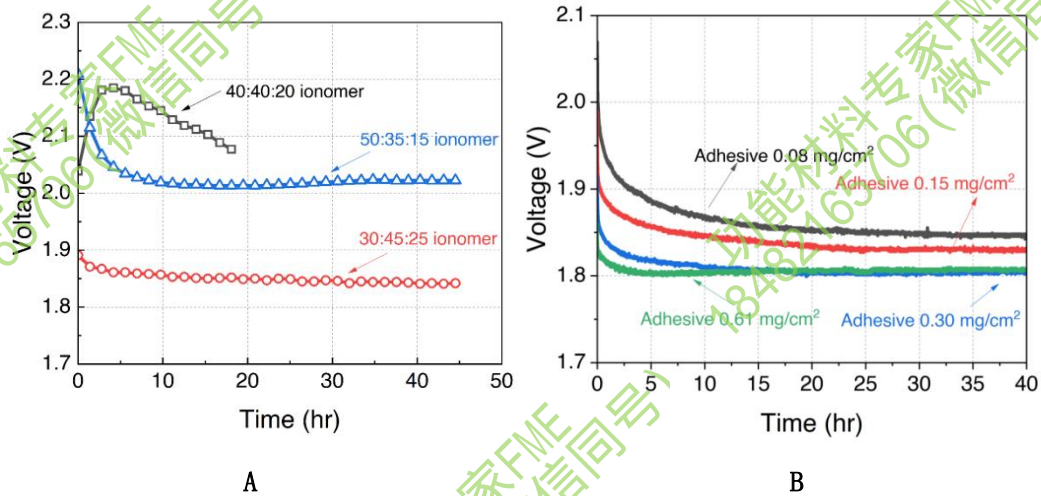


Fig. 6. Durability test (left side) and steady state polarization curves (right side) for BOL and EOL (right side) at  $0.75 \text{ A/cm}^2$  (first 100 h) and  $1 \text{ A/cm}^2$  (after 100 h). The AEM was GT72-10 with PTFE reinforcement layer ( $30 \mu\text{m}$  thick, 10 mol% cross-linker). The anode catalyst was  $0.7 \text{ mg/cm}^2 \text{ NiFe}_2\text{O}_4$  and the cathode catalyst was  $\text{PtNi/C}$ .



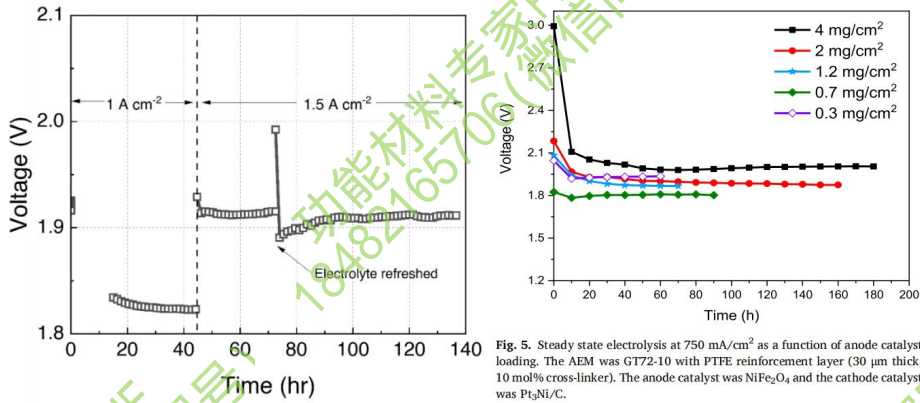


Fig. 5. Steady state electrolysis at 750 mA/cm<sup>2</sup> as a function of anode catalyst loading. The AEM was G172-10 with PTFE reinforcement layer (30 μm thick, 10 mol% cross-linker). The anode catalyst was NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and the cathode catalyst was Pt<sub>3</sub>Ni/C.

C

A: More hydrophilic and higher IEC is better

B: Less ionomer (with lower IEC) and more adhesive vs HER (b/c liquid water)

C: Optimized HER

### 16.1.6 使用说明及预处理

使用:

接触传递薄膜时, 请穿戴合适的防护手套。在无尘清洁的环境中使用薄膜。

储存:

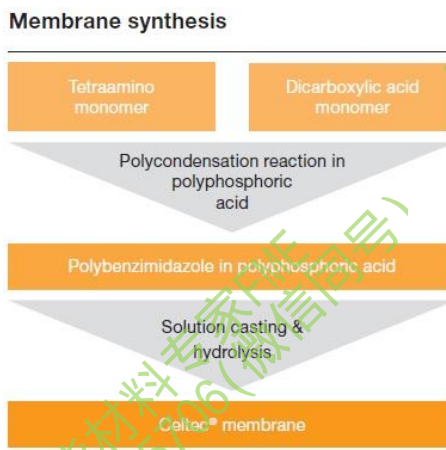
离子膜交付时为干燥状态, 溴离子作为反离子。膜可以在接收状态(干燥)下储存较长时间, 或者在水合之后储存在水中。在膜完全干燥并且重新水合后, 其导电性和性能表现不会有影响, 但预计会发生一些颜色的变化。溴离子作为反离子, 可以与其他阴离子进行交换, 包括氢氧根。

电解或燃料电池应用的预处理:

PNB 阴离子膜提供时是带有溴离子作为反离子的干燥状态。要将溴离子交换为氢氧根离子, 请将膜在 1.0 M KOH 或 NaOH 溶液中浸泡一小时或更长时间。然后用去离子水冲洗。当膜处于氢氧根离子形式时, 不应将其干燥, 因为这个过程中产生的高浓度氢氧化物会损坏聚合物。

## 16.2 PBI 高温质子膜(Celtec-P 质子膜)

巴斯夫 BASF 自 2005 年以来一直在生产 Celtec-P 高温质子膜。该膜是一款基于聚苯并咪唑 (PBI) 的膜片, 采用的是溶胶-凝胶工艺用于膜本身的合成。是高温质子交换膜燃料电池 (HT-PEMFC) 和其他高温电化学设备的理想选择, 这些设备需要在 120°C 至 180°C 的温度范围内具有优异的耐用性和稳定性。下图给出了膜合成相关示意图。

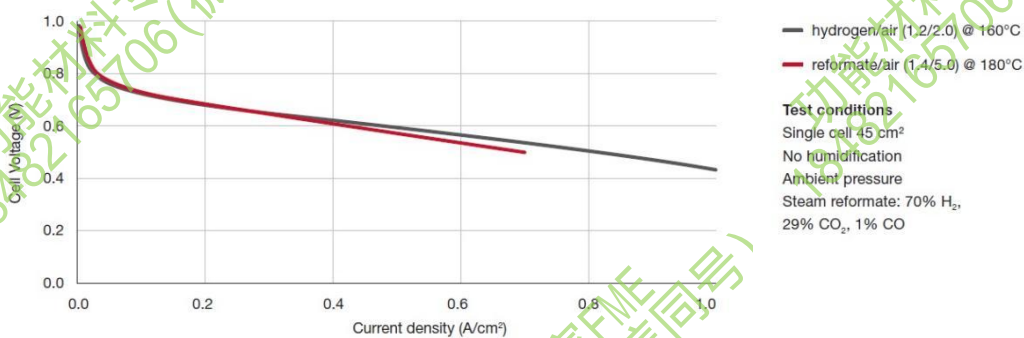


膜以片状形式销售和运输，并且它已经被磷酸掺杂并准备使用，以下列出这款 PBI 离子膜的通常应用领域：备用电源、热电联产、辅助电源装置、电池续航里程延长器、对钙离子的高耐受性；

应用	属性
备用电源	基于聚苯并咪唑和磷酸
热电联产	工作温度 120 至 180°C
辅助电源装置	对燃料中一氧化碳耐受性高
电池续航里程延长器	无需加湿 使用寿命长，稳定性好 (>20000 小时)

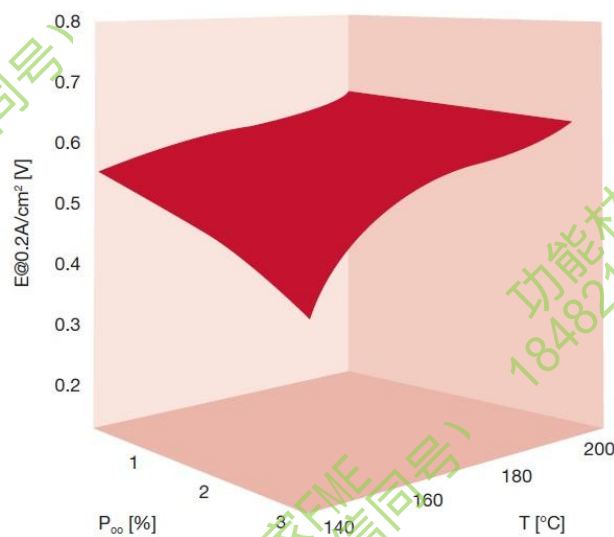
用 Celtec-P 膜制造的 MEA 的燃料电池性能如下所示：

下图提供了 Celtec-P MEA（由 Celtec-P 膜制成）基于氢气/空气和重整气/空气反应物的燃料电池性能。



### 16.2.1 PBI 高温膜制成的 MEA 对 CO 的耐受性

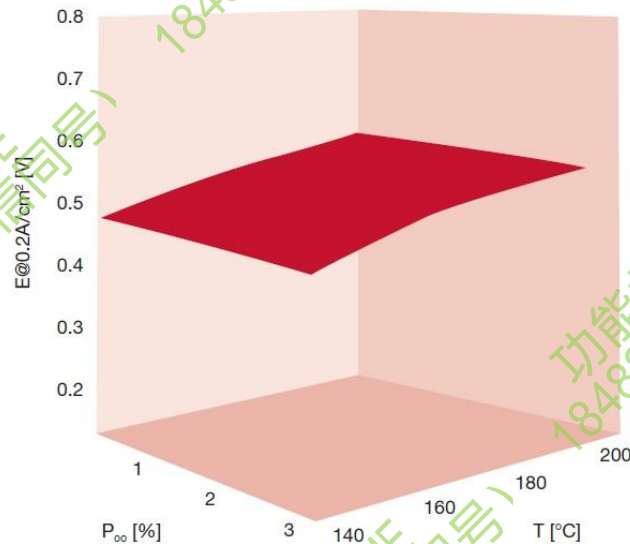
HT-PEMFC 技术的主要优点之一是具备消耗重整氢流的能力，所以，使用的 MEA 具有优异的 CO 耐受性是至关重要的。在重整反应期间，在离开重整催化剂床的燃料流中会有少量的 CO，其存在会影响整个燃料电池的性能。可以将该膜视为 MEA 的炉床，Celtec-P 膜已在实验室和商业产品中证明可持续超过 20000 小时。巴斯夫 Celtec-P MEA 使用 Celtec-P 膜和专有的阳极和阴极催化剂，以便与其他商业化的高温 PEMFC-MEA 相比，能够耐受高水平的一氧化碳。下图提供了性能曲线示例：



### 16.2.2 PBI 高温膜制成的 MEA 在湿度变化方面的优异性能

常规的高温 PEMFC 装置通常使用聚苯并咪唑 (PBI) 或 PBI 膜的共聚物，其在膜的生产之后被磷酸掺杂。这种膜活化和液体酸在膜内的容纳导致酸浸出现象。PEMFC 在阴极侧产生

水作为主要副产物，水的存在会进一步影响了传统PBI膜的酸浸现象。Celtec-P MEAs 通过使用先进的PBI膜，其中专有的四氨基单体和二羧酸单体首先通过磷酸中的缩聚反应进行反应，然后进行溶液浇铸和水解步骤以获得Celtec-P膜。这种溶胶-凝胶合成方案允许PBI膜获得新的形态，其中磷酸更有效地包含在膜内，并且与传统PBI膜相比具有更少的酸浸出问题。实验室测试结果表明，使用Celtec-P MEA和Celtec-P膜可以轻松实现超过20000小时的使用寿命。下图提供了Celtec-P MEA在不同湿度条件下的优异性能。



### 16.3 非贵金属催化剂

#### 16.3.1 非贵金属催化剂 NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

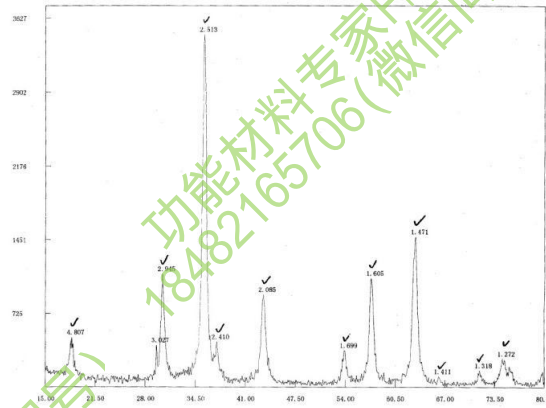
在氢能应用领域，降低催化剂中贵金属的含量一直是重要方向，这款非贵金属催化剂 (FME-PGM-0101) 由美国原装进口，可用于电解水制氢，燃料电池等领域，其参数如下所示：

名称	纳米级镍铁氧化物粒子 (NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	
纯度	99.99%	
APS	20 nm	
颜色	棕色	
形态	近似球形	
堆积密度	0.60g/cm <sup>3</sup>	
真实密度	5.368 g/cm <sup>3</sup>	
典型磁性	饱和磁化强度 Ms	37.7emu/g
	剩余磁化强度 Mr	5.3emu/g
	强制力	65 Oe

纳米级镍铁氧化物粒子 (NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) 分析证书 PPM									
Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Mg	Mn	Na	Sr	Zn
1.35	368	33	12	28	85	343	235	3	29

#### 16.3.2 NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>的应用：

排斥悬架（用于悬浮式铁路系统）；高密度磁记录介质；磁制冷；催化剂；磁性液体；微波吸收剂。



镍铁氧化物纳米粒子 NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的 X 射线

### 16.3.3 非贵金属催化剂 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

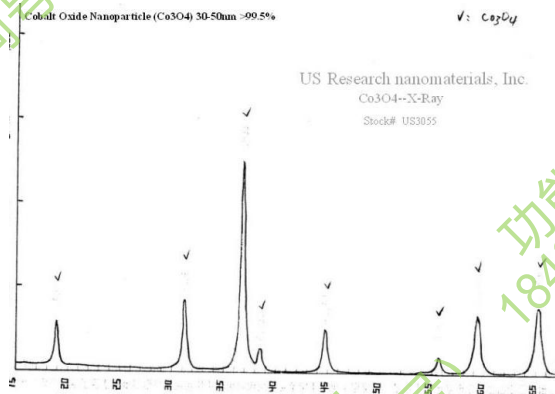
这款非贵金属催化剂由美国原装进口，可用于电解水制氢等领域，其参数如下所示：

名称	纳米级四氧化三钴粉末 (Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )
纯度	99.5%
APS	30-50 nm
颜色	深棕色
SSA	30-80 m <sup>2</sup> /g
真实密度	6.11 g/cm <sup>3</sup>

纳米级四氧化三钴粉末 (Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) -COA-%											
Co	Ni	Fe	Pb	Mn	Cu	Ca	Mg	Na	Si	Al	S
74	0.02	0.01	0.01	0.01	0.003	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01

### 16.3.4 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 催化剂的应用

这款纳米级四氧化三钴粉末是催化、超导体、陶瓷等领域作为重要的无机材料；可以作为催化剂和催化剂载体以及电极活性材料；可以用于玻璃、瓷器着色剂和颜料；可以用于化学工业氧化剂和有机合成催化剂；高级护目镜和其他过滤材料；碳化物；温度和气体传感器；适用于半导体行业，电子陶瓷、锂离子电池电极材料、磁性材料；电致变色装置；搪瓷；砂轮；多相催化剂；太阳能吸收器等等



纳米级四氧化三钴粉末 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 的 X 射线

## 16.4 国产阳离子膜及树脂

除了主流进口的阳离子膜，目前 FME 还可以提供部分国产阳离子膜，参数整理分类如下：

### 16.4.1 FME-PEM-0101 阳离子膜(电解水)

这款阳离子交换膜是一种带有离子交换官能团的全氟磺酸树脂均质膜，具有优良的电化性能、耐热性能、机械性能以及化学稳定性，可在强酸、强碱、强氧化剂介质等苛刻条件下使用，广泛用于 PEM 水电解制氢等领域。

使用和保存注意事项：

1. 膜用聚乙烯薄膜包裹运输。
2. 产品存储时请避免阳光直射，远离热源及灰尘。
3. 产品在使用前须保持密封包装，必须存储在温度  $23 \pm 5^\circ\text{C}$ ，相对湿度 30-70% 的环境中。在开封前，应保持产品在加工区域内保持 24 小时，一旦开箱后，并尽快使用完毕。
4. 产品一旦开启和暴露在环境中，产品会和周围环境湿度平衡，并且改变到相应尺寸，定制膜的尺寸应该指定在  $23^\circ\text{C}$ ，50%RH 环境下测量。

项目	技术指标	测试方法
型号	FME-PEM-0101	/
厚度 (um)	$170 \pm 10$	/
克重 (g/m <sup>2</sup> )	$350 \pm 10$	/
离子交换容量 (mmol/g)	$\geq 0.90$	GB/T 20042.3-2009
电导率 (mS/cm)	$\geq 100$	GB/T 20042.3-2009
吸水率 (%)	$\leq 30$	ASTM D570
溶胀率 (%)	X; Y; Z $\leq 19; 19; 20$	ASTM D570
拉伸强度 (MPa)	$\geq 25$	ASTM D 882
弹性模量 (MPa)	$\geq 180$	ASTM D 882
断裂伸长率 (%)	$\geq 300$	ASTM D 882
尺寸精度	定制 $\pm 1.5\%$	/

#### 16.4.2 FME-PEM-0102 阳离子膜(燃料电池)

这款阳离子交换膜是一种带有离子交换官能团的全氟磺酸树脂均质膜，厚度为 15um，具有优良的电化性能、耐热性能、机械性能以及化学稳定性，可在强酸、强碱、强氧化剂介质等苛刻条件下使用，广泛用于乘用车、商用车、叉车、无人机、备用电源、便携式发电机等燃料电池场合。

使用和保存注意事项：

1. 膜用聚乙烯薄膜包裹运输，其中内膜的包装需要在洁净环境中打开，避免污染；
2. 产品存储时请避免阳光直射，远离热源及灰尘。
3. 产品在使用前须保持密封包装，一旦开箱后，必须存储在温度  $23 \pm 5^\circ\text{C}$ ，相对湿度  $50 \pm 5\%$  的环境中，并尽快使用完毕。

项目	技术指标	测试方法
型号	FME-PEM-0102	/
厚度 (um)	$15 \pm 1$	/
离子交换容量 (mmol/g)	1.00-1.10	GB/T 20042.3-2009
电导率 (mS/cm)	$\geq 30$	在 $85^\circ\text{C}$ 和 50%RH 环境下测试
机械强度 (MPa)	$\geq 25$	在 $25^\circ\text{C}$ 和 50%RH 环境下测试
氢气透过量 (ml/min*cm <sup>2</sup> )	$\leq 0.01$	在 $23^\circ\text{C}$ ，0.1MPa, 2h 环境下测试
弹性模量 (MPa)	$\geq 250$	在 $25^\circ\text{C}$ 环境下测试
尺寸变化率 (%)	$\leq 7.50$	在 $80^\circ\text{C}$ 环境下测试

#### 16.4.3 FME-PEM-0201~0204 阳离子膜(燃料电池)

这系列阳离子交换膜是在传统的全氟磺酸树脂膜基础上加入了膨体聚四氟乙烯 (e-PTFE) 作为增强材料，具有强度高，电导率高，离子渗透率低等特点，厚度有为 12um、15um、25um、

51um, 广泛用于乘用车、商用车、叉车、无人机、备用电源、便携式发电机等燃料电池场合。

项目		PEM-0201	PEM-0202	PEM-0203	PEM-0204	测试方法
厚度 (um)		12	15	25	51	-
克重 (g/m <sup>2</sup> )		23.5	29.5	50.0	102.0	-
拉伸强度 (MPa)	MD	45	40	30		ASTM D882
	TD	38	35	/		ASTM D882
弹性模量 (MPa)	MD	480	400	400		ASTM D882
	TD	400	350	/		ASTM D882
断裂伸长率 (%)	MD	175	190	180		ASTM D882
	TD	150	170	150		ASTM D882
比重		1.97	1.97	1.97		
电导率 (S/cm)		0.100	0.110	0.100		GB/T 20042.3-2009
氢气透过率 [cm <sup>3</sup> ·cm/(cm <sup>2</sup> ·s·0.1MPa)]		<5.00X10 <sup>-8</sup>	<4.50X10 <sup>-8</sup>	/		GB/T1038-2000
透氢电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )		<2.0	<2.0	/		-
含水量 (%)		10.0±3.0	10.0±3.0	5.0±3.0		ASTM D570
吸水率 (%)		50.0±5.0	50.0±5.0	50.0±5.0		ASTM D570
厚度溶胀率 (%) -23℃		≤10	≤15	≤10		ASTM D756
厚度溶胀率 (%) -100℃		≤30	≤40	≤30		ASTM D756
线性溶胀率 (%) -23℃	MD	≤3	≤4	≤4		ASTM D756
	TD	≤4	≤5			
线性溶胀率 (%) -100℃	MD	≤5	≤7	≤20		ASTM D756
	TD	≤5	≤7			

注：1. 膜测试前在 23℃, 50%Rh 环境下至少放置 24h;

2. 电导率测试是 80℃, 90%Rh 下进行;

3. 氢气透过率测试是采用压差法在 23℃, 50%Rh 下进行的;

4. 透氢电流测试: 将膜组装成 MEA, 在 80℃氢气完全水合状态下进行;

5. 含水量是指膜在 23℃, 50%Rh 环境下相对于干膜的含水量;

6. 吸水率是指膜在 100℃, 水煮 1h 后相对于干膜的吸水率

7. 溶胀率测试是指将膜从 23℃, 50%Rh 环境下浸入 23℃和 100℃水中后的最大溶胀率。

#### 16.4.4 FME-PEM-0205~0212 阳离子膜(钒液流电池)

这系列阳离子交换膜是流延法制膜过程中引入了特种纳米石墨烯材料, 提高了膜的强度和保湿和阻钒性能, 厚度有为 50um、62um、75um、87um、100um、125um、175um、250um 七种厚度, 主要应用于钒液流电池, 部分参数如下所示;

型号	厚度 (um)	克重 (g/m <sup>2</sup> )
FME-PEM-0205	50	99
FME-PEM-0206	62	122
FME-PEM-0207	75	148
FME-PEM-0208	87	172
FME-PEM-0209	100	197
FME-PEM-0210	125	246
FME-PEM-0211	175	345



FME-PEM-0212	250	492
--------------	-----	-----

性能参数如下:

项目	数值	测试方法
拉伸强度 (MPa)	38	ASTM D882
弹性模量 (MPa)	420	ASTM D882
断裂伸长率 (%)	≥150	ASTM D882
比重	1.97	-
电导率 (S/cm)	0.100	GB/T 20042.3-2009
酸容量 (meq/g)	0.95-1.05	GB/T1038-2000
含水量 (%)	5.0±3.0	ASTM D570
吸水率 (%)	50.0±5.0	ASTM D570
厚度溶胀率 (%) -23℃	≤5	ASTM D756
厚度溶胀率 (%) -100℃	≤15	ASTM D756
线性溶胀率 (%) -23℃	≤5	ASTM D756
线性溶胀率 (%) -100℃	≤18	ASTM D756

注: 1. 膜测试前在 23℃, 50%Rh 环境下至少放置 24h;

2. 电导率测试是 80℃, 90%Rh 下进行;

3. 酸容量测试是采用烧碱溶液滴定膜中的磺酸根总量, 从而推算出膜的酸容量或离子交换容量;

4. 含水量是指膜在 23℃, 50%Rh 环境下相对于干膜的含水量;

5. 吸水率是指膜在 100℃, 水煮 1h 后相对于干膜的吸水率

6. 溶胀率测试是指将膜从 23℃, 50%Rh 环境下浸入 23℃ 和 100℃ 水中后的最大溶胀率。

#### 16.4.5 FME-PEM-0213/0214 阳离子膜(电解行业)

该系列阳离子交换膜采用独特的流延工艺, 配以合适的分子量和离子交换容量的全氟磺酸树脂, 形成均匀厚度的均质膜, 厚度有为 260um、360um 两种厚度, 广泛应用于电解法二氧化氯发生器、蚀刻液回收铜、金盐制备、氨基酸精制、烧碱制备、电渗析等电解行业, 部分参数如下所示;

型号	厚度 (um)	克重 (g/m <sup>2</sup> )
FME-PEM-0213	260	340
FME-PEM-0214	360	470

性能参数如下:

项目	数值	测试方法
拉伸强度 (MPa)	50	ASTM D882
断裂伸长率 (%)	120	ASTM D882
比重	1.35	-
电导率 (S/cm)	0.083	GB/T 20042.3-2009
酸容量 (meq/g)	0.95-1.05	GB/T1038-2000
含水量 (%)	5.0±3.0	ASTM D570
吸水率 (%)	50.0±5.0	ASTM D570
厚度溶胀率 (%) -23℃	5	ASTM D756
厚度溶胀率 (%) -100℃	10	ASTM D756
线性溶胀率 (%) -23℃	2	ASTM D756
线性溶胀率 (%) -100℃	5	ASTM D756

- 注：1. 膜测试前在 23℃，50%Rh 环境下至少放置 24h；  
 2. 电导率测试是 80℃，90%Rh 下进行；  
 3. 酸容量测试是采用烧碱溶液滴定膜中的磺酸根总量，从而推算出膜的酸容量或离子交换容量；  
 4. 含水量是指膜在 23℃，50%Rh 环境下相对于干膜的含水量；  
 5. 吸水率是指膜在 100℃，水煮 1h 后相对于干膜的吸水率  
 6. 溶胀率测试是指将膜从 23℃，50%Rh 环境下浸入 23℃和 100℃水中后的最大溶胀率。

#### 16.4.6 FME-PEM-0215 阳离子膜(电渗析)

采用高强度聚四氟乙烯网布作为支撑层，配以合适的分子量和离子交换容量的全氟磺酸树脂，厚度为 220um，具有超强耐化学性和耐久性，广泛用于高盐废水处理，电渗析等水处理领域，部分参数如下所示：

型号	厚度(um)	克重(g/m <sup>2</sup> )
FME-PEM-0215	220	290

性能参数如下：

项目	数值	测试方法
拉伸强度(MPa)	50	ASTM D882
断裂伸长率(%)	120	ASTM D882
比重	1.32	-
电导率(S/cm)	0.083	GB/T 20042.3-2009
酸容量(meq/g)	0.95-1.05	GB/T1038-2000
含水量(%)	5.0±3.0	ASTM D570
吸水率(%)	50.0±5.0	ASTM D570
厚度溶胀率(%) -23℃	5	ASTM D756
厚度溶胀率(%) -100℃	8	ASTM D756
线性溶胀率(%) -23℃	2	ASTM D756
线性溶胀率(%) -100℃	5	ASTM D756

- 注：1. 膜测试前在 23℃，50%Rh 环境下至少放置 24h；  
 2. 电导率测试是 80℃，90%Rh 下进行；  
 3. 酸容量测试是采用烧碱溶液滴定膜中的磺酸根总量，从而推算出膜的酸容量或离子交换容量；  
 4. 含水量是指膜在 23℃，50%Rh 环境下相对于干膜的含水量；  
 5. 吸水率是指膜在 100℃，水煮 1h 后相对于干膜的吸水率  
 6. 溶胀率测试是指将膜从 23℃，50%Rh 环境下浸入 23℃和 100℃水中后的最大溶胀率。

#### 16.4.7 FME-PEM-0216~0218 阳离子膜(电解水制氢)

采用高纯度，配以合适的分子量和离子交换容量的全氟磺酸树脂以及独特的添加剂技术，大幅延长膜的使用寿命，有 125um、150um、175um 三种厚度，广泛用于 PEM 电解水制氢等领域，部分参数如下所示：

型号	厚度(um)	克重(g/m <sup>2</sup> )
FME-PEM-0216	125	246
FME-PEM-0217	150	295
FME-PEM-0218	175	345

性能参数如下：

项目	数值	测试方法
----	----	------

拉伸强度 (MPa)	38	ASTM D882
弹性模量 (MPa)	250	ASTM D882
断裂伸长率 (%)	200	ASTM D882
比重	1.97	-
电导率 (S/cm)	0.10	GB/T 20042.3-2009
酸容量 (meq/g)	0.95-1.05	GB/T1038-2000
水中溶解氢含量 (ppb)	1000	-
含水量 (%)	5.0±3.0	ASTM D570
吸水率 (%)	50.0±5.0	ASTM D570
厚度溶胀率 (%) -23℃	18	ASTM D756
厚度溶胀率 (%) -100℃	30	ASTM D756
线性溶胀率 (%) -23℃	16	ASTM D756
线性溶胀率 (%) -100℃	20	ASTM D756

注：1. 膜测试前在 23℃，50%Rh 环境下至少放置 24h；

2. 电导率测试是 80℃，90%Rh 下进行；

3. 酸容量测试是采用烧碱溶液滴定膜中的磺酸根总量，从而推算出膜的酸容量或离子交换容量；

4. 水中溶解氢含量是采用富氢水杯测试笔（即日本进口溶存水素计）检测产品生成水中的氢含量，这不是常规测试。

5. 含水量是指膜在 23℃，50%Rh 环境下相对于干膜的含水量；

6. 吸水率是指膜在 100℃，水煮 1h 后相对于干膜的吸水率

7. 溶胀率测试是指将膜从 23℃，50%Rh 环境下浸入 23℃ 和 100℃ 水中后的最大溶胀率。

#### 16.4.8 FME-PEM-0219 全氟磺酸离子交换树脂(粉末)

全氟磺酸离子交换树脂是一种白色粉末或颗粒，用于制备各种阳离子膜，参数如下所示；



项目	技术指标	测试方法
外观	白色粉末或者颗粒状	目测观察
酸容量 (meq/g)	0.95-1.05	GB/T20042.3-2009
交换当量 EW (g/mol)	950-1050	GB/T20042.3-2009
比重	1.97-2.00	-
分解温度 (℃)	>350	Tg 热重分析

注：1. 酸容量测试是采用烧碱溶液滴定树脂中的磺酸根总量，从而推算出膜的酸容量或离子交换容量；

2. 分解温度测试采用 TG 热重分析：在氮气 N<sub>2</sub> 氛围中，从室温 23℃ 升高到 600℃，升温速率是 10℃/min 下进行的。

#### 16.4.9 FME-PEM-0220~0223 全氟磺酸离子交换树脂(溶液)

全氟磺酸离子交换溶液可用作制备阳离子交换膜和 CCM 催化剂涂层；也可用于全氟离子膜的修补工作，有 5%、10%、15%、20% 这些浓度规格，参数如下所示；

性能参数	FME-PEM-0220	FME-PEM-0221	FME-PEM-0222	FME-PEM-0223
树脂含量 (%)	5.0±0.5	10.0±0.5	15.0±0.5	20.0±0.5
溶剂含量 (%)	95.0±0.5	90.0±0.5	85.0±0.5	80.0±0.5
比重	0.91-0.92	0.93-0.94	0.95-0.96	0.96-0.97
酸容量 (meq/g)	0.95-1.05			
交换当量 (g/mol)	950-1050			
溶剂类型	水醇混合物			

#### 16.4.10 FME-PEM-0301/0302 阳离子膜(燃料电池)

这款阳离子膜是通过钢带流延法自主研发生产的低成本、高性能全氟离子交换膜，具有拉伸强度高、各向同性、电导率高、化学性能好等突出优势，主要用于燃料电池和电化学传感器等领域。厚度包括 15um 和 25um 两种规格。

#### 16.4.11 FME-PEM-0303/0304 阳离子膜(钒液流电池)

全氟离子交换膜具有良好的强度特性、保湿性以及阻钒特性，可以广泛应用于钒液流电池、铁铬液流电池等领域，厚度包括 51um 和 76um 两种规格。

#### 16.4.12 FME-PEM-0305~0308 阳离子膜(电解水制氢)

这个系列的阳离子膜厚度更厚，通常用于电化学传感器、电解槽、电解水制氢、富氢水杯、金盐制备、贵金属回收等领域，厚度包括 101um、127um、152um、178um 四个规格。

部分参数如下所示：

型号	厚度 (um)	应用
FME-PEM-0301	15±3um	燃料电池、电化学传感器
FME-PEM-0302	25±3um	
FME-PEM-0303	51±5um	钒液流电池、膜电极、电化学传感器
FME-PEM-0304	76±5um	
FME-PEM-0305	101±5um	电解水制氢、电化学传感器、电解槽、富氢水杯、金盐制备、贵金属回收
FME-PEM-0306	127±5um	
FME-PEM-0307	152±5um	
FME-PEM-0308	178±5um	

性能参数如下：

项目	数值	误差值
拉伸强度(各同向性) (MPa)	38	±1%
线溶胀率(各同向性) (%)	4	
断裂伸长率 (%)	105	±1%
拉伸模量 (MPa)	618	±1%
存放时长 (h)	>100000	/
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2	±0.1%
酸容量 (meq/g)	1.0	±1%
当量 (g/meq)	1000	±1%
电导率 (S/cm)	0.1	±1%
含水率 (%) -23℃, RH=50%	3	±0.1%
吸水率 (%) -干态膜, 浸泡 100℃ 水, 5H	49	±1%
长度变量 (%) -在 23℃ 水, 浸泡大于 24H	10	±1%
	15	±1%
宽度变量 (%) -在 23℃ 水, 浸泡大于 24H	10	±1%

	15	±1%
--	----	-----

注：除了特殊说明，该测试均在 23℃，50%Rh 环境下测试的；

#### 16.4.13 FME-PEM-0309 全氟磺酸离子交换树脂(溶液)

全氟离子交换溶液可用于制备燃料电池、电化学传感器等装置的离子交换膜和膜电极催化剂涂层，浓度有 5% 一个规格，参数如下所示：

项目	数值	误差值
浓度 (%)	5	±0.05%
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1	±0.01%
当量 (g/meq)	1000	±0.5%
酸容量 (meq/g)	1.0	±0.5%

注：1. 所测浓度为湿重下的浓度；

2. 相对空气湿度不同，实测的浓度会有偏差。

### 16.5 国产阴离子膜及树脂

除了主流进口的阴离子膜，目前 FME 还可以提供部分国产阴离子膜，参数整理分类如下：

#### 16.5.1 FME-AEM-0101~0103 碱性阴离子交换膜

本款阴离子交换膜具有电导率高、机械强度高和化学稳定性好等优点，可应用于碱性燃料电池、水电解器、CO<sub>2</sub> 还原等领域，有 15um、25um、75um 三种厚度规格。

产品交付时，由两层背板夹着，一共有 3 层，使用时用薄刀片先将覆盖层揭掉，然后将阴离子交换膜从基底揭下，根据需求进行离子交换。例如，在 1M NaOH 溶液中，60℃ 下浸泡 24h，并用去离子水洗涤 3-4 次，可得到 OH 型碱性膜。

注意：

1. 使用本产品制作 CCM 时，使用催化剂+醇类有机溶剂+阴离子膜溶液(5wt%)配置 ink，在真空加热板上涂布或者喷涂在阴离子膜两侧即可得到氯离子型 CCM，可根据需求进行离子交换，请尽量保持环境湿度高于 40%。

2. 本产品浸泡于醇类等有机溶剂会发生明显溶胀，暂不适宜合作甲醇类燃料电池膜材料。

3. 请根据应用体系特点及您前期经验选择合适的电极制作工艺。

参数如下所示：

性能参数	FME-AEM-0101	FME-AEM-0102	FME-AEM-0103
厚度 (um)	15±2	25±2	75±5
交换容量 (mmol/g)	2.50±0.05		
电导率 (mS/cm)	≥150		≥130
抗拉强度 (MPa)-室温	≥30MPa		
适用 PH	7-14		-
适用温度	20-80℃		
阴离子类型	Cl <sup>-</sup> (可进行离子交换)		-

耐碱稳定性测试：80℃ 下，1M NaOH 溶液中浸泡 5000h，主链无降解，阳离子基团降解小于 5%。

#### 16.5.2 FME-AEM-0104 阴离子交换膜溶液

本款阴离子交换膜溶液可与 FME-AEM-0101/0102/0103 三款阴离子膜配套使用，用于电极制作时调制浆料，可应用于碱性燃料电池、水电解器、CO<sub>2</sub> 还原等领域，聚合物质量分数为 5wt%，溶剂为 DMSO/乙醇混合溶剂，可使用醇类溶剂稀释至所需浓度，使用本产品制作 CCM 时，请尽量保持环境湿度高于 40%。

参数性能如下所示：

性能参数	FME-AEM-0104
交换容量 (mmol/g)	2.50±0.05
适用 PH	0-14
适用温度	室温~95℃
阴离子类型	Cl <sup>-</sup> (可进行离子交换)

耐碱稳定性测试: 80℃下, 1M NaOH 溶液中浸泡 5000h, 主链无降解, 阳离子基团降解小于 5%。

### 16.5.3 FME-AEM-0201~0204 碱性阴离子交换膜

本系列阴离子膜采用流延法制得, N-甲基奎宁作为阳离子基团。是一种全碳链聚芳基 N-甲基奎宁 AEM。与已有报道的 AEMs 相比, 它具有超高的综合碱性稳定性(80℃, 10 M NaOH 水溶液, 无化学分解, 电导率不衰减), 具有优异的尺寸稳定性(80℃, 在纯水中溶胀率<10%, 在 10 M NaOH 中溶胀率<2%), 高 OH<sup>-</sup>电导率(80℃时约为 139.1mS/cm)和高机械性能(抗拉强度:41.5 MPa, 断裂伸长率 50%)。用镍合金电极和 AEM 组装的水电解槽在 2.0V 时具有高电流密度(1.94 A/cm<sup>2</sup>)。

可广泛应用于碱性燃料电池, 阴离子膜电解水, 二氧化碳还原, 液流电池, 盐湖提锂, 废酸脱除, 渗透能发电, 海水脱盐等领域, 目前标准规格厚度为 20, 30, 60, 80um 四种。

注意:

1. 膜在使用之前通常需要预处理, 根据需要, 将膜浸泡在所需的阴离子溶液中 1 小时以上, 然后用去离子水冲洗 2-3 遍。
2. 膜需要在避光, 干燥的环境下保存, 长期保存采用碳酸氢盐的形式。

参数如下所示:

性能参数	FME-AEM-0201	FME-AEM-0202	FME-AEM-0203	FME-AEM-0204
厚度 (um)	20	30	60	80
交换容量 (meq/g)	>2.5			
电导率 (mS/cm, OH <sup>-</sup> )	130-160 (80℃)			
抗拉强度 (MPa)-室温	>40			
杨氏模量 (MPa)	>1000			
断裂伸长率 (%)	10-50			
吸水率 25-80℃ (%)	10-30			
溶胀率 25-80℃ (%)	5-14			
稳定性 (5M KOH, 80℃)	>2000 h			
面电阻 (Ω cm <sup>2</sup> )	0.125			
适用温度 (℃)	常温-90			
工作环境	1-10 M 碱液			

### 16.5.4 FME-AEM-0205 阴离子交换膜溶液

本款阴离子交换膜溶液可与 FME-AEM-0201/0202/0203/0204 四款阴离子膜配套使用, 用于电极制作时调制浆料, 可应用于碱性燃料电池、水电解器、CO<sub>2</sub> 还原等领域, 聚合物质量分数为 5wt%

性能参数	FME-AEM-0205
交换容量 (mmol/g)	2.4
适用温度	室温~100℃

注: 耐碱性测试, 80℃, 5M KOH 水溶液中浸泡 3000 小时, 核磁未显示降解。

### 16.6 ALK 电解水隔膜

### 16.6.1 FME-PPS-0101~0104 聚苯硫醚隔膜(碱性电解水 ALK)

聚苯硫醚隔膜(PPS)通常用于传统的碱性隔膜式电解槽 ALK 中，是目前是 ALK 隔膜中的第二代产品，替代传统的石棉网来阻隔氢气和氧气的混合。

性能参数如下：

性能参数	FME-PPS-0101	FME-PPS-0102	FME-PPS-0103	FME-PPS-0104
网纱目数/英寸	25(纵)/30(横)	50(纵)/50(横)	60(纵)/60(横)	150(纵)/150(横)
网孔间隙(um)	766(纵)/597(横)	358	273	113
间隙面积度(%)	53	50	42	45
线径(um)	250	150	150	56
网纱厚度(um)	508	282	292	99

### 16.6.2 FME-PPS-0201~0203 改性聚苯硫醚隔膜(碱性电解水 ALK)

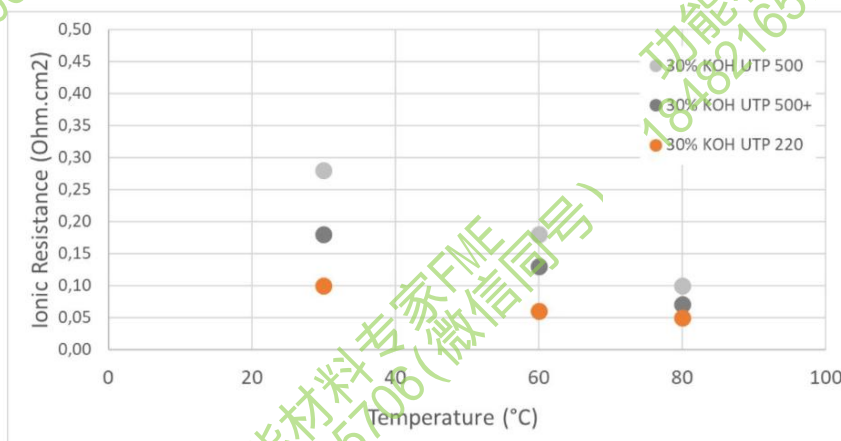
Agfa 的 ZIRFON PERL 产品组合包括用于碱性水电解的分离器隔膜，隔膜由开放式网状聚苯硫醚织物组成，该织物上匀称地涂有聚合物和氧化锆的混合物，有 UTP220、UTP500、UTP500+ 三个型号，通常用于常压和加压的碱性电解系统，产品参数如下所示：

性能参数	FME-PPS-0201	FME-PPS-0202	FME-PPS-0203
型号	UTP220	UTP500	UTP500+
颜色	白色	白色	白色
重量密度(g/cm <sup>3</sup> )	1±0.2	1±0.2	1±0.2
厚度(um)	220±30	500±50	500±50
最高工作温度(°C)	100	110	110
尺寸稳定性(%)	<1.5	<1.5	<1.5
孔隙率(%)	60±10	55±10	60±5
始沸点(bar)	2±1	2±1	2±1
透气性-5bar(L/min.cm <sup>2</sup> )	4±1.5	3.2±1	3.2±1
弹性模量(N/mm <sup>2</sup> )	200	310	290
屈服强度(N/mm <sup>2</sup> )	7	8	8
屈服(%)	4	4	5
断裂强度(N/mm <sup>2</sup> )	20	25	30
断裂延伸率(%)	15	30	35

注：

1. 尺寸稳定性测试于 100°C 下置于水中 15 分钟；
2. 始沸点、透气性的测试方法为：Porolux™ 1000；

三种型号隔膜在 30wt% KOH 下随温度变化的离子电阻

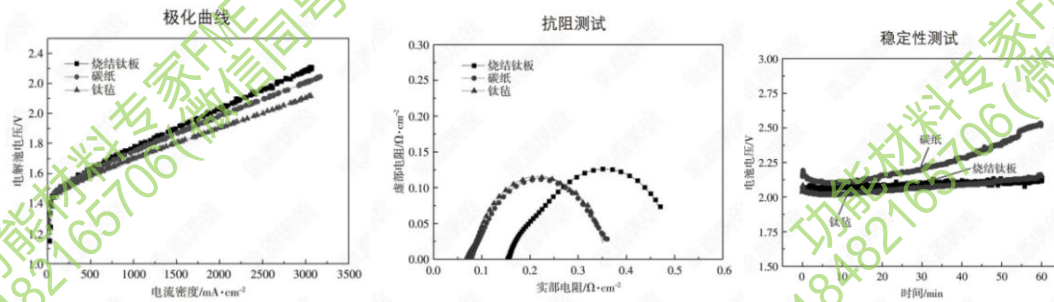


## 16.7 气体扩散电极(金属)

### 16.7.1 FME-Ti-0101 钛纤维毡(电解水)

通过将钛丝经过特殊工艺制成微米级纤维,再经过铺制、烧结等工序制成多孔材料,即可制成高孔隙率的钛纤维毡,其独特的三维网络纤维和全联通孔隙结构使其拥有一系列特殊功能,FME亦可以提供多层复合钛网。

在常压 60℃的电解水条件下,钛毡具有优异的透气性和孔隙率,用户测试数据表明钛毡相比于碳纸和粉末钛板,欧姆电阻小,所带来的过电势小,可以大大降低能耗,提高电解性能,且钛毡孔隙率高、孔径大有利于产生气体的排放,部分测试数据如下所示:



结论:钛毡相比于粉末钛板和碳纸,钛毡拥有良好的电解性、欧姆电阻小、良好的稳定性。

FME-Ti-0701 系列钛毡具有纯度高(Ti≥99.50%),孔隙率选择高:50%-75%(可定制),有:0.20,0.25,0.30,0.40,0.50,0.60,0.80,1.00mm 八种标准厚度规格(厚度亦可定制),其表面光滑、均匀性好、通气性高、结合力强、电解性能稳定、电阻小、能耗低、孔成三维立体结构。

### 16.7.2 FME-SS-0101 不锈钢纤维毡(电解水)

不锈钢毡是一种耐用、可折叠、孔径成梯度结构的纤维烧结毡,三维结构为网状、多孔、孔隙率高、表面积大、孔径分布均匀,可达到很高的过滤精度可以有效地克服了金属网易堵易损的缺陷,弥补了粉末过滤产品易碎、流量小的不足,解决了滤纸、滤布不耐温、不耐压的特点,目前可以提供 310S 和 316L 两种材料的纤维毡(特种金属可带量定制),过滤精度从 3um 到 200um,尺寸从 1500-1200mm 内可定制,部分烧结毡参数如下:

过滤精度 (um)	厚度(mm)	气泡点压力 (Pa)	透气度 L(min. dm <sup>2</sup> )	孔隙率(%)	纳污容量 (mg/cm <sup>2</sup> )
5	0.3±10%	7000±10%	30±20%	75±10%	2±20%
10	0.3±10%	3500±10%	100±20%	75±10%	4±20%
15	0.35±10%	2300±10%	150±20%	75±10%	6±20%
20	0.45±10%	1700±10%	250±20%	75±10%	10±20%
25	0.6±10%	1400±10%	300±20%	75±10%	15±20%
30	0.6±10%	1100±10%	400±20%	75±10%	15±20%
40	0.6±10%	900±10%	600±20%	75±10%	20±20%
60	0.6±10%	800±10%	1000±20%	75±10%	30±20%
80	0.6±10%	700±10%	1300±20%	75±10%	40±20%

### 16.7.3 FME-Ti-0201 钌系涂层钛电极

该类电极具有低的析氯过电位和高的析氧过电位,主要用于各种析氯场合,例如氯碱工业、离子水生成、生活污水处理、次氯酸钠发生器、二氧化氯制取、电解海水、氯碱工业、阴极保护等。该类电极涂层包括最初的钌钛涂层(Ru-Ti)以及在此基础上开发的 Ru-Ir-Ti、



Ru-Ir-Co-Ti、Ru-Ir-Co-Sn-Ti、Ru-Ir-Sn-Ti、Ru-Ir-Si-Ti 等涂层，电极的部分应用如下：

此系列钛电极的技术参数如下：

3.6.1 海水电解：

温度：常温 电解质溶液：0.3%-3%的 NaCl 溶液； 电流密度：800-1500A/m<sup>2</sup>

3.6.2 电极钴

温度：50-60℃ 电解质溶液：盐酸+氯化钴； 电流密度：300-500A/m<sup>2</sup>

3.6.3 二氧化氯产品

电解质溶液：3-5%的 NaCl 溶液； 电流强度：360A； 电压：36V； 有效氯浓度：8000PPM； 盐耗：4.5g/g

3.6.4 氯酸盐工业

析氯电位：≤1.13； 强化失重：≤10mg； 强化寿命：≥3000min； 极化率：≤30mV； 盐酸浓度：15%

3.6.6 氯酸钠工业

温度：45-50℃； 电解质溶液：精制饱和 NaCl 溶液 (250-350g/L)； 电流密度：2000-2500A/m<sup>2</sup>；

16.7.4 FME-Ti-0202 铌系涂层钛电极

在某些电解工艺中，如电解提取有色金属、电镀行业、线路板电镀厚铜、钢板镀锌、铜箔生产、硝酸银电解、镀铬、镀锌、电解有机合成、电化学工业交货、高速镀锡钢板、还原制取有机物等，阳极的设计反应是析氧反应，因此希望开发一种析氧过电位低的阳极材料，铌系涂层钛电极正是在此背景下发展起来的。该类电极涂层包括 Ir-Ta、Ir-Ta-Sn、Ir-Ta-Co、Ir-Ru-Pd-Ti 等涂层。其中 Ir-Ta 涂层钛电极是最成功的析氧电极。

介质	温度	工作条件	工作电流密度	使用寿命
酸性硫酸铜溶液	40℃	直流	800~1000A/m <sup>2</sup>	>1.5年
酸性硫酸铜溶液	50℃	脉冲	正向1300A/m <sup>2</sup> 反向4000A/m <sup>2</sup>	>1年
酸性硫酸锌溶液	60℃	直流	6000~8000A/m <sup>2</sup>	>半年
10%己二酸铵溶液	<40℃	直流	1000A/m <sup>2</sup>	1.5年
25%的硫酸钠溶液	85℃	直流	1500A/m <sup>2</sup>	>2年
10% HNO <sub>3</sub> 溶液	60℃	直流	1500A/m <sup>2</sup>	>1年
含有机物的碳酸氢铵溶液	60~70℃	直流	1000~1200A/m <sup>2</sup>	1年
自来水	室温	周期反向	700A/m <sup>2</sup>	>1年
海水（淡海水）	室温	直流	300~600A/m <sup>2</sup>	>15年
淡水	室温	直流	100A/m <sup>2</sup>	>15年
土壤（带有焦炭填料）	室温	直流	100A/m <sup>2</sup>	20年

16.7.5 FME-Ti-0203 铂系涂层钛电极

钛为基材。表面镀上贵金属铂，镀层厚度一般为 1-5um。（标准按涂层厚度，亦可镀 0.3um），主要用于贵金属电镀（银、金）、制氢机、富氢水杯、富氢水电解装置、电解制水机、电解海水制氢、电解饮用水、有机物电解合成、水处理等领域。通过钛基镀铂，使得电极具有以下优点：

1. 耐蚀性、耐久性及耐高温性均很强，稳定性极高，可用于各种介质；
2. 比纯金、纯铂电极成本低，但却有相似的电化学性能；
3. 对于放氧反应过电位很高，对于放氢反应过电位很低；

4. 具有输出电流密度高、导电均匀、损耗小的特点，适宜做不溶性阳极。

#### 16.7.6 FME-Ti-0204 钛纤维毡(电解水)

除了钛电极，FME 亦可供应钛纤维毡，厚有 0.25mm、0.40mm、0.60mm、0.80mm、1.0mm 这些厚度规格，孔隙率从 56%-78%，以上数据均可定制生产和带图加工，详情请联系客服。

#### 16.7.7 FME-Ti-0205 钛纤维网(电解水)

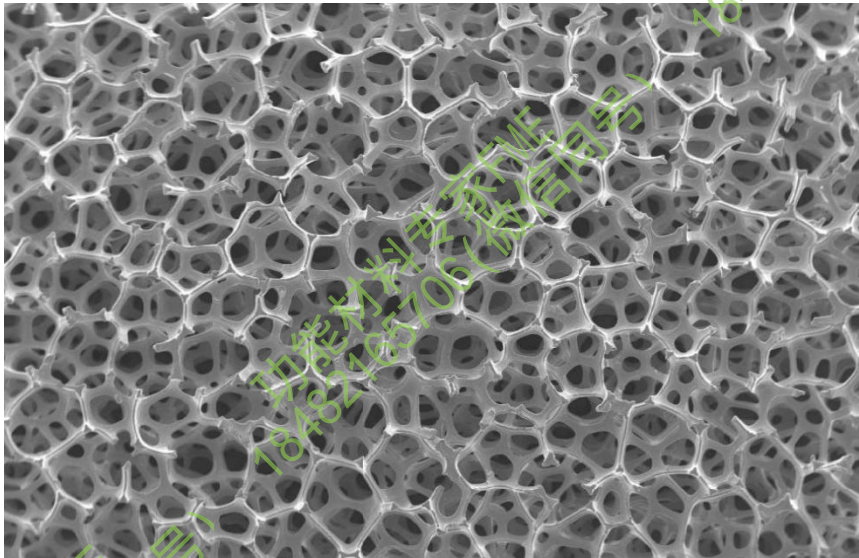
除了钛电极，FME 亦可供应钛纤维网，厚度有 0.50mm、1.0mm 等厚度，亦可定制生产和带图加工，详情请联系客服。

#### 16.7.8 FME-Ni-0101 多孔泡沫镍(电解水)

该产品以导电海绵为基体，经电沉积金属镍、高温氧化、氢气保护还原等工艺，制备出的高性能制氢电极材料，产品具有良好的强度、韧性及耐腐蚀性能，广泛应用于制备电池负极载体材料、锂离子电池或燃料的电极基板、电池催化剂载体和电磁屏蔽材料。具有一些明显的优点。

1. 具有良好的导热、导电性能，可作为锂离子电池、燃料电池、镍锌电池的电极基体和双电层电容器电极材料等。

2. 还可用作散热材料、吸热材料、化学催化剂载体、电磁屏蔽材料、过滤材料、阻尼材料、电池电极材料、隔音材料等。



主要规格参数：

尺寸：100-960mm 卷宽，或者片状，可按客户要求裁切。

厚度：1.0-2.0mm

孔隙率：≥95%，85-130PPI

通孔率：≥95%

面密度：200-600g/m<sup>2</sup>

#### 16.7.9 FME-Me-0101 多孔泡沫金属(电解水)

除了上述多孔泡沫镍，FME 亦可供应包括泡沫铜，泡沫铜镍合金，泡沫铜锡合金等材料。

##### 3.12.1 多孔泡沫铜

材质：泡沫铜，纯度>99%，

尺寸：100-960mm 卷宽，或者片状，可按客户要求裁切。根据客户要求，可生产不同形状的铜泡沫。圆形泡沫铜等。

厚度：0.08-0.8mm

孔隙率：≥95%，90-130PPI

通孔率:  $\geq 95\%$

面密度:  $180-500\text{g}/\text{m}^2$

3.12.2 多孔泡沫铜镍合金

材质: 铜含量 85-95%, 镍含量 5-15%

尺寸: 100-960mm 卷宽, 或者片状, 可按客户要求裁切。

厚度: 1.0-2.0mm

孔隙率:  $\geq 95\%$ , 85-130PPI

通孔率:  $\geq 95\%$

面密度:  $200-600\text{g}/\text{m}^2$

3.12.3 多孔泡沫铜锡合金

材质: 铜含量 85-95%, 锡含量 5-15%

尺寸: 100-960mm 卷宽, 或者片状, 可按客户要求裁切。

厚度: 1.0-2.0mm

孔隙率  $\geq 95\%$ , 85-130PPI

通孔率  $\geq 95\%$

面密度:  $200-600\text{g}/\text{m}^2$

## 16.8 国产催化剂

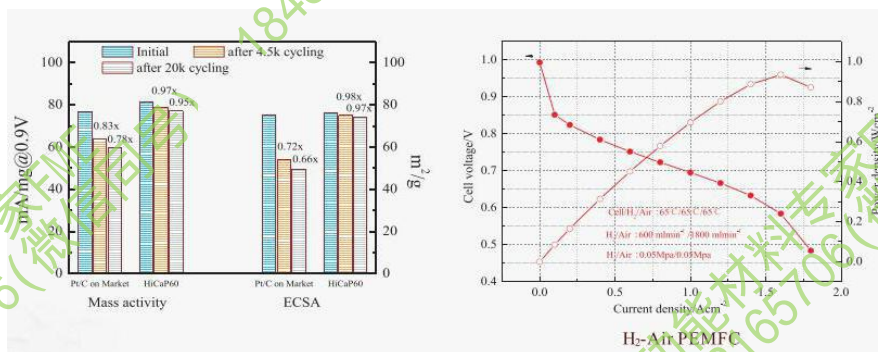
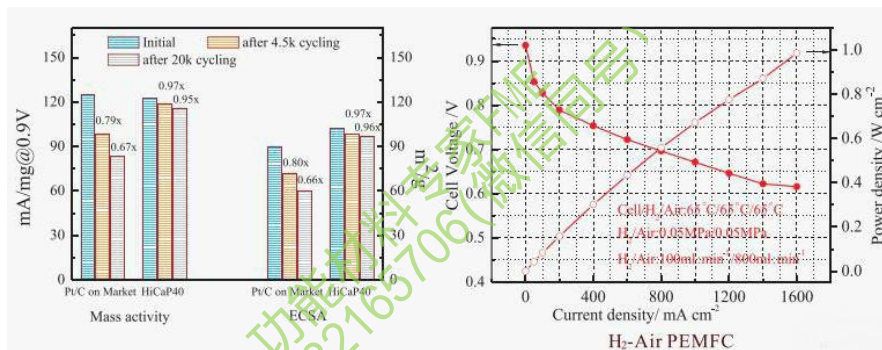
### 16.8.1 FME-CTPt-010~0103 铂基催化剂

铂基催化剂是将铂负载到活性炭上的一种载体催化剂，当铂含量大于 95% 时，通常也叫做铂黑催化剂，铂基催化剂主要用于燃料电池的氢气氧化、甲醇氧化、甲酸氧化以及氧气的还原等化学反应，属于十分常见的贵金属催化剂。

铂基催化剂 Pt/C & PtB			
型号	组成	电化学活性面积 ECSA	粒径
FME-CTPt-0101	40wt% Pt, 60wt% C	95 m <sup>2</sup> /g	2.8 nm
FME-CTPt-0102	60wt% Pt, 40wt% C	90 m <sup>2</sup> /g	3.1 nm
FME-CTPt-0103	70wt% Pt, 30wt% C	55 m <sup>2</sup> /g	3.3 nm
FME-CTPt-0104	>95wt% Pt	40 m <sup>2</sup> /g	5.6 nm

#### 铂基催化剂优势：

- 单批次 > 1000 克规模化制备，且一致性好，合金化程度高；
- 粒径小、分散度高且稳定性好：平均粒径从 2.8~3.3nm；
- 极好的耐久性，20000 圈循环后其 ECSA 下降约 5%，质量比活性下降约 5%
- 膜电极性能优良：75℃ 时氢/空燃料电池膜电极功率密度可达 1.24 Wcm<sup>-2</sup>@0.62V。



### 16.8.2 FME-CTIr-0101/0102 铱基催化剂

铱基催化剂主要包括氧化铱和质量比大于 95% 的铱黑催化剂，铱基催化剂通常用于电解水应用。

铱基催化剂 IrO <sub>2</sub> & Ir			
型号	组成	电化学活性面积 ECSA	粒径
FME-CTIr-0101	>95wt% IrO <sub>2</sub>	25 m <sup>2</sup> /g	7.5 nm
FME-CTIr-0102	>95wt% Ir	53 m <sup>2</sup> /g	4.5 nm

#### 铱基催化剂优势：

- 单批次 > 1000 克规模化制备，且一致性好；

粒径小、分散度高且稳定性好：平均粒径从 4.5-7.5nm；

IrO<sub>2</sub> 氧析出过点位 319mV@10mA/cm<sup>2</sup>；Ir 氧析出过点位 315mV@10mA/cm<sup>2</sup>

电压 1.72V@1A/cm<sup>2</sup>, 1.89V@2A/cm<sup>2</sup>；经过 8000 小时长时间测试，性能无衰减。

### 16.8.3 FME-CTPR-0101/0102 铂钌合金催化剂

铂钌合金催化剂主要用于直接甲醇燃料电池阳极、抗毒化电极等场合，包括铂钌碳催化剂和铂钌黑催化剂两种型号。

铂钌合金催化剂 PtRu/C & PtRu			
型号	组成	电化学活性面积 ECSA	粒径
FME-CTPR-0101	40wt%Pt, 20wt%Ru, 40wt%C	40 m <sup>2</sup> /g	4.0 nm
FME-CTPR-0102	65wt%Pt, 35wt%Ru	76 m <sup>2</sup> /g	3.2 nm

钌基催化剂优势：

单批次 >1000 克规模化制备，且一致性好；

粒径小、分散度高且稳定性好：平均粒径从 3.2-4.0nm；

适用于直接甲醇燃料电池阳极、抗毒化电极等。

### 16.8.4 FME-CTPd-0101/0102 钯碳催化剂

钯碳催化剂主要有 20wt%和 40wt%两个型号催化剂。

钯碳催化剂 Pd/C			
型号	组成	电化学活性面积 ECSA	粒径
FME-CTPd-0101	20wt%Pd, 80wt%C	112 m <sup>2</sup> /g	3.8 nm
FME-CTPd-0102	40wt%Pd, 60wt%C	65 m <sup>2</sup> /g	4.6 nm

## 16.9 其他材料&设备

### 16.9.1 FME-CB-0101~0202 导电炭黑(催化剂载体)

在电化学研究领域，因为其独特的疏松多孔结构，导电炭黑通常是作为纳米活性催化剂的载体，可以显著增大催化剂的反应活性面积，常用的型号有卡博特(CABOT)的 VULCAN XC72 和 VULCAN XC72R，以及科琴(Ketjenblack)的 EC300J 和 EC600JD 这四种型号。

性能参数	FME-CB-0101	FME-CB-0102	测试方法
型号	VULCAN XC72	VULCAN XC72R	-
形态	粒状	粉末状	目视
比表面积 (m <sup>2</sup> /g)	253	253	ASTM D1510
D8P 吸油值 (cc/100g)	174	192	ASTM D2414
着色力 (ASTM)	87	87	
325 Mesh Residue (ppm)	<25	<10	ASTM D1514
Density (g/L)	256	96	ASTM D3265

科琴黑导电碳粉参数：

性能参数	FME-CB-0201	FME-CB-0202	测试方法
型号	EC300J	EC600JD	-
形态	粉状	粉状	目视
比表面积 (m <sup>2</sup> /g)	800	1400	-
D8P 吸油值 (cc/100g)	310-345	480-510	ASTM D2414
Iodine Number (mg/g)	740-840	1000-1100	ASTM D1510
300 Mesh Residue (%)	>80	>80	ASTM D1514
Density (kg/m <sup>3</sup> )	125-145	100-120	ASTM D3265

### 16.9.2 FME-Pump-0101 蠕动泵

在电化学实验中，蠕动泵通常是作为系统中介质循环的动力来源，我司亦可提供多款蠕动泵，根据通道数量的不同，分为单通道，双通道和多通道的不同型号，同时根据介质的酸碱性不同，可以分别适配不同材质的管路，保障使用寿命，需要更多信息请联系客服。

### 16.9.3 FME-Power-0101 直流电源

直流电源亦是一种常用的实验仪器，将交流电转换成直流电，根据是否可以储存和编程，分为简单的低端型号和可编程的中高端型号，通常可与我司的实验教具搭配使用，更多信息请联系客服。

### 结尾说明

功能材料专家 FME 作为一个开放的平台，后续也会不定期更新和扩充产品，同时，我们亦希望更多优质的国产材料和设备能够助力中国的科研事业，实现成果转化与落地，如有兴趣，更多商务合作请联系：18482165706(微信同号)

## 合作公司与品牌-续

### 8. 美国 H-TEC Education 公司

H-TEC Education 公司致力于培养新一代的工程师和科学家。其教学演示用具将帮助各级学生学习最前沿、清洁、环境友好的能源技术，主要产品包括：燃料电池、电解槽、氢燃料电池小车等。

### 9. 美国 Flex Stak 公司

Flex Stak 是一家位于美国俄亥俄州阿什塔比拉市的科技公司，致力于研发各种燃料电池相关的材料与设备，包括氢氧燃料电池堆 (PEMFC)、直接甲醇燃料电池堆 (DMFC)、全钒液流电池堆 (VRB)、磷酸燃料电池 (PAFC)、制氢电解槽堆 (PEMEL) 等，无论是用于教育、便携式或固定应用的燃料电池和/或组件，Flex Stak 都能满足您的需求。

### 10. 捷克 Horizon 公司

Horizon Fuel Cell Technologies 成立于 2003 年，同年开始销售微型燃料电池，向世界各地的学校和学生展示该技术，同时投资研发更先进的产品和工业应用，2013 年，Horizon Educational 成立为一个独立的部门，除了微型能源教具，Horizon 也积极研发工业级的燃料电池电堆，已经开发出从 10W-5kW 的风冷式燃料电池电堆，同时可以定制 30-40kW 的液冷式燃料电池电堆。

### 11. 美国 AvCarb 公司

AvCarb 公司自 1978 年以来一直凭借着独特的碳纤维织物加工技术生产高品质的聚丙烯腈 (PAN) 碳纤维产品，AvCarb 的碳纤维织物旨在满足气体输送、运动控制、电气和高温应用的苛刻要求。应用领域包括燃料电池、特种电池、传感器技术和工业规模的化学工艺。

### 12. 日本东丽 (TORAY) 株式会社

东丽 (TORAY) 株式会社成立于 1926 年，总部位于日本东京。是世界著名的以有机合成、高分子化学、生物化学为核心技术的高科技跨国企业，是世界上最早从事技术开发的企业之一，公司主要产品包括碳纤维纸，气体扩散层。

### 13. 德国 SGL Carbon 公司

SGL Carbon 是一家总部位于德国威斯巴登的高科技跨国公司。它是世界领先的碳材料产品制造商之一。其产品范围涵盖碳和石墨材料、解决方案、碳纤维和复合材料等。SGL Carbon 在全球拥有 29 个生产基地 (欧洲 16 个，北美 8 个，亚洲 5 个)，并在 100 多个国家/地区设有服务网络。

### 14. 台湾 CeTech 公司

碳能科技 CeTech 成立于 2006 年 9 月，总部位于台中，以碳素材料及高温技术应用于能源科技，燃料电池、全钒氧化还原液流电池 (VRB) 及高阶电子产品热管理元件，主要产品包括碳纸、碳布、石墨毡等产品。

### 15. 美国 Fuel Cell Store 平台

Fuel Cell Store 于 1999 年成立于科罗拉多州博尔德市，是燃料电池行业的先驱和运营时间最长的零售平台。可以提供最多样化和最广泛的燃料电池和可再生能源产品线，包括面向教育、研究和测试以及工业应用的产品。公司于 2014 年 11 月迁至德克萨斯州的大学站，以便在美国和世界各地以更快、更便宜的价格进行分销，平台包括离子膜、膜溶液、碳纤维制品、膜电极、催化剂、科教仪器、测试夹具等产品，上海载昂材料科技有限公司是 Fuel Cell Store 在中国的指定经销商，负责其产品在中国的销售业务。

## 前接首页

公司名称：上海载昂材料科技有限公司

中文官网：[www.FMExpert.net](http://www.FMExpert.net)

淘宝店铺：功能材料专家 FME

销售电话：18482165706 (微信同号)

销售邮箱：[zai\\_ang\\_ming@163.com](mailto:zai_ang_ming@163.com)



微信扫一扫咨询



公司名称: 上海载昂材料科技有限公司

中文官网: [www.FMExpert.net](http://www.FMExpert.net)

淘宝店铺: 功能材料专家 FME

销售电话: 18482165706 (微信同号)

销售邮箱: [zai\\_ang\\_ming@163.com](mailto:zai_ang_ming@163.com)



微信扫一扫咨询