



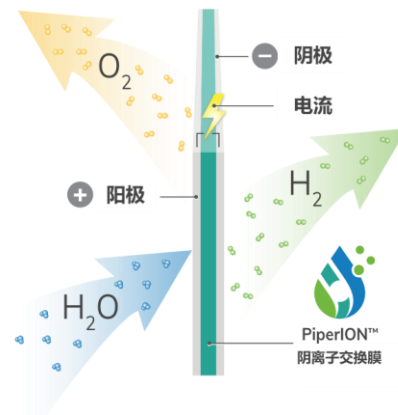
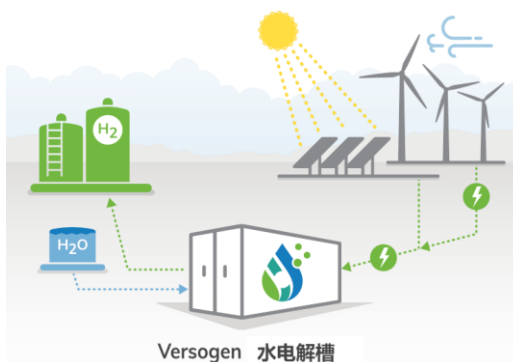
PiperION™ 阴离子交换膜

• 公司简介



Versogen™ 是全球领先的阴离子交换膜 (AEM, Anion Exchange Membrane) 和 AEM 水电解电堆研发与制造公司，我们致力于实现绿色氢能的大规模产业化，助力中国 2060 实现碳中和、减缓全球暖化。

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。



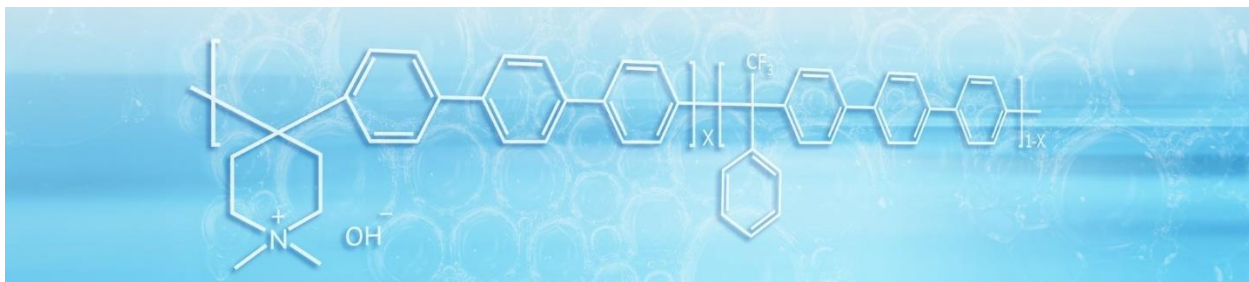
Versogen™ 由特拉华大学的 Henry B. duPont 首席工程教授严玉山博士于 2017 年在美国特拉华州创立。公司位于美国特拉华州威名顿市, 坐落于环境优美的杜邦实验科学站。杜邦实验科学站设施完备, 专家齐全, 是众多传奇先进材料的摇篮、化工科研者的圣地, 为 Versogen™ 的成长与发展夯实坚实基础。

公司经过几年快速发展, 目前已经成为先进 AEM 核心生成商与供应商。我们的用户遍布全球, 涉及 AEM 电化学应用的众多领域, 如 AEM 水电解绿色制氢、高效 AEM 氢燃料电池、CO₂ 电化学捕捉与还原、小分子电化学合成等等。Versogen™ 现全力发展适配于可再生能源的高效水电解技术, 实现经济性的大规模绿色氢能生产, 为建设绿色中国添砖加瓦。

Producing green hydrogen at scale—reliably and affordably.

- **产品简介**

我们的核心产品 PiperION™ 阴离子交换膜广泛应用于 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。PiperION™ 系列膜材料具有离子传导率高 (150 mS/cm, OH⁻, 80°C)，碱稳定性高 (8,000+ h, 1 M KOH, 80°C) 和机械强度高 (67 MPa stress, 117% strain) 的特点。



PiperION™-A80-HCO₃ 是基于聚芳环哌啶 (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啶离子官能团；是专门为水电解制氢应用开发的 80 μm 高强度自支撑阴离子交换膜。更高的厚度在不牺牲电化学性能的前提下 (1.8V, 1.9A/cm², 1 M KOH, 80°C)，实现直接生产高纯度高压氢气 (99.9995%, 30 Bar)，并且具有极低的氢气渗透率 (1×10⁻¹³ mol/(KPa·s·cm)，为 Nafion® 质子交换膜的 50%)，安全可靠。

PiperION™-A40-HCO₃ 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，广泛应用于如二氧化碳还原等电化学电解堆中。40 μm 的厚度能从容应对电解堆中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池效率不减，稳定的机械强度轻松适应自动化装配。

PiperION™-A20-HCO₃ 自支撑阴离子交换膜，相较于目前市场上其他阴离子交换膜，因其超薄的厚度 (20 μm) 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，有效简化电堆的组装工艺，为氢燃料电池持久提供澎湃电力。

PiperION™-A15R-HCO₃ 复合阴离子交换膜是在超薄自支撑膜的基础上加入高度稳定的多孔支撑材料，并且进一步减少膜的厚度达到 15 μm。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。

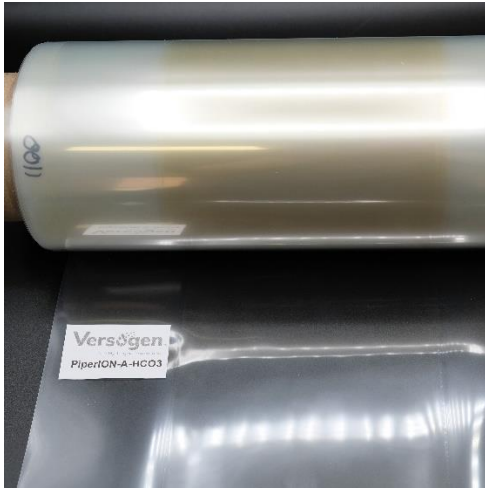
• 产品基本参数

阴离子交换膜	厚度 (μm)	基重 (g/m ²)
PiperION™-A20-HCO ₃	20	22.6
PiperION™-A40-HCO ₃	40	45.2
PiperION™-A80-HCO ₃	80	90.4

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

- 产品图片



PiperION™-A20-HCO3
20μm 自支撑阴离子交换膜



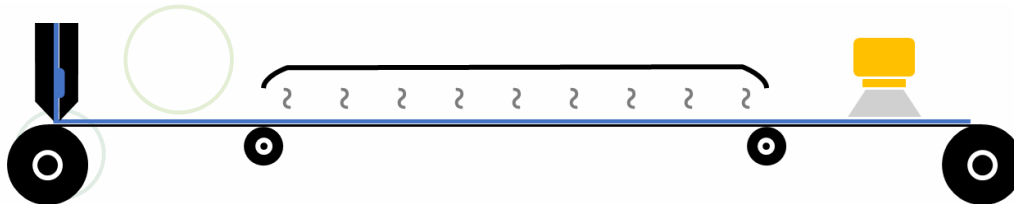
PiperION™-A5-HCO3-EtOH
5% wt 浓度的阴离子交换树脂乙醇溶液

- 技术优势

Versogen™ 已在美国获得 PiperION™ 阴离子交换树脂的化学结构专利，并在下一代阴离子交换树脂、水电解催化剂、CO₂电化泵、水电解 MEA 等多个方向拥有十数个专利与申请。与特拉华大学 Henry B. duPont 首席工程教授严玉山老师科研组深度合作，同美国多家科研大学、研究型企业、以及国家实验室合作密切，具有极强的研发能力。

Versogen™ 掌握聚合物合成、材料功能化、制胶涂膜、膜电极制备和电堆组装的全流程技术与工艺。可根据客户需求定制各种规格的膜材料与阴离子交换树脂，为您提供远超先进材料的专业服务。

Versogen™ 采用先进的狭缝挤出式涂布 (Slot-Die Coating) ，涂布精度高，表面质量均匀。重复性好，产品具有极高的一致性。



Producing green hydrogen at scale—reliably and affordably.

• 核心团队



严玉山博士 (Ph.D., Caltech) Versogen™ 董事长、创始人、CEO

严玉山博士曾任美国特拉华大学工程学院创始副院长，是化学与生物分子工程系的 Henry B. duPont 首席工程教授；严博士拥有超过 25 项专利发明，包括创业公司 NanoH2O 和 OH-Energy 的核心技术发明，其中纳米复合海水淡化膜技术由 NanoH2O 商业化，该公司于 2014 年以 2.5 亿美元的价格被 LG 收购；2017 年严博士创立 Versogen™，并致力于其新发明的新型膜材料商业化应用。



Shimshon Gottesfeld 博士 (Ph.D., Technion) Versogen™ 顾问

以色列理工学院化学博士学位，曾就职于以色列特拉维夫大学、美国贝尔实验室；曾在全球车用氢燃料电池研究发源地洛斯阿拉莫斯国家实验室担任氢燃料电池技术项目领导人，被称为“质子交换膜氢燃料电池之父”；2007 年创立并出任 Cellera 首席技术官，Cellera 是一家碱性燃料电池电堆研发企业，在电堆设计方面拥有强大的知识产权组合。



Mark F. Mathias 博士 (Ph.D., UW-Madison) Versogen™ 顾问

威斯康星大学化学工程学院博士，拥有约 25 项美国发明专利，以及约 25 篇出版物获业内高度评价；曾任通用汽车新能源汽车板块研发总监。1998 年至 2018 在通用汽车公司 (GM) 从事汽车电化学系统的研发工作，是通用汽车燃料电池计划的领导者，曾致力于加强通用膜电极组件 (MEA) 的内部设计能力。



我们的团队由科学家、工程师、发明家与创业家紧密编织在一起，共同探索绿色氢能的无限前景。

王润 博士 (右起第五; Ph.D., UD) Versogen™ 联合创始人, 研发主管; 专注有机/高分子材料研发与商业化; Shell GameChanger Accelerator 创业家

王俊华 博士 (右起第二; Ph.D., 长春应化所) Versogen™ 联合创始人, 首席科学家; 有机膜材料专家; PiperION™ 主要发明人

胡科达 博士 (右起第一; Ph.D., UNM) Versogen™ 联合创始人, 资深化学家; 有机膜材料专家; 核心 AEM 研发化学家

Brian Setzler 博士 (未在照片中; Ph.D., GT) Versogen™ 联合创始人, 资深电化学家; 电化学专家; 水电解 MEA 核心研发人员

Sharon Perl 博士 (未在照片中; Ph.D., Technion; MBA, U of Derby) 产业主管; 有机化学专家; 资深产业主管

Lisa Dunsmore 博士 (左起第四; Ph.D., CMU) 电化学工程师; 水电解 MEA 核心研发人员

Felipe Mojica (左起第六; M.S., UC Merced) 电化学工程师; 水电解 MEA 核心研发人员

Producing green hydrogen at scale—reliably and affordably.

- **应用实例**

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 VersogenTM 独家专利的新型镍-铁阴极催化剂与 PiperIONTM 阴离子交换膜，实现纯水高效电解制氢达到单电池 1020 mA cm⁻² 电密与 1.8 V 电压。为低成本规模生产绿色氢能打造科研基础。

ACS Appl. Mater. Interfaces: Performance and Durability of Pure-Water-Fed Anion Exchange Membrane Electrolyzers Using

Baseline Materials and Operation doi.org/10.1021/acscami.1c06053

基于全商用材料的纯水水电解制氢对比研究，PiperIONTM 阴离子交换膜实现单电池 1A cm⁻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。

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 PiperIONTM 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 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 PiperIONTM 阴离子交换膜的氢燃料电池首次实现 1.89 W cm⁻² 的氢/氧最大功率密度和 1.31 W cm⁻² 的氢/空最大功率密度。

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/abdcca

通过优化背压与阳极催化剂，基于 PiperIONTM 阴离子交换膜的直接氨氧燃料电池创造 390 mW cm⁻² 功率密度的高性能记录。

CO₂ 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 PiperIONTM 阴离子交换膜的零间隙 CO₂ 电解还原电池，得益于 PiperIONTM 的高离子传导率，实现高性能 ($j_{CO} > 1A/cm^2$)，高转化率 (45%) 与高选择性 (90%) 的 CO₂ 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 CO₂ 电解还原电池 (活性面积=100cm²) 机理与稳定性研究，PiperIONTM 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。

Producing green hydrogen at scale—reliably and affordably.

**Producing green hydrogen at
scale—reliably and affordably.**

Just add water.

Versogen™