

质子交换膜技术如何推动 汽车行业燃料电池的商业化

毫无疑问，氢能是人类实现清洁能源未来的关键所在，作为其主要下游应用之一，燃料电池技术正日趋成熟。氢能的发展促使戈尔公司 (W. L. Gore & Associates) 以全球视野探索低碳、可持续的能源系统。这种趋势在交通运输行业尤为明显，而该行业在氢能源的普及过程中发挥着非常关键的作用。

质子交换膜(PEM)燃料电池电堆是把握这一未来机遇的关键。我们能够利用专业的质子交换膜技术来显著提高燃料电池电堆和系统的性能及可靠性，从而加快燃料电池汽车(FCEV)的商业化进程。

目前，有两种技术可以减少交通运输的碳足迹：燃料电池汽车(FCEV)和纯电动汽车(BEV)。

由于燃料加注速度快(仅需3-5分钟)、续航里程长(超过400英里)且氢能基础设施正在快速增加，燃料电池汽车在市场上越来越受欢迎，同时也为交通运输行业的未来发展创造了新的机遇。

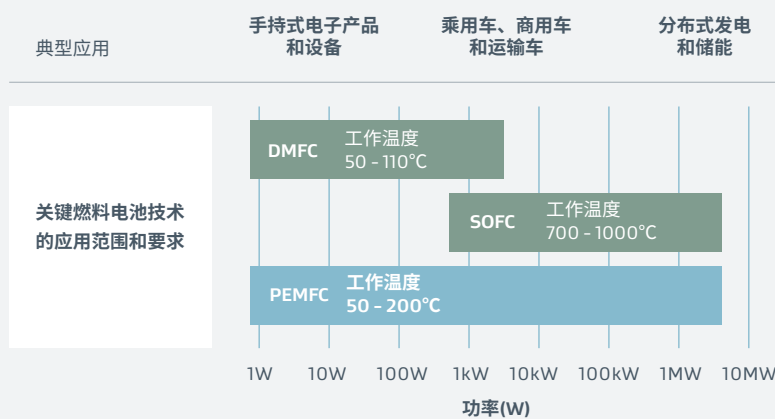
深入探究各种类型的燃料电池技术后便可发现，质子交换膜(PEM)燃料电池能够为汽车应用带来许多前景光明的机遇。接下来，我们将从其诸多优势中撷取一二进行探讨，了解为何PEM燃料电池电堆系统会是汽车行业的理想解决方案。

与固体氧化物燃料电池(SOFC)和直接甲醇燃料电池(DMFC)相比，PEM氢燃料电池功率密度高、重量轻、体积小、工作温度范围广，且工作前无需预热(图1)。

这样一来，汽车制造商便能提供更多为多样的燃料电池汽车类型——包括

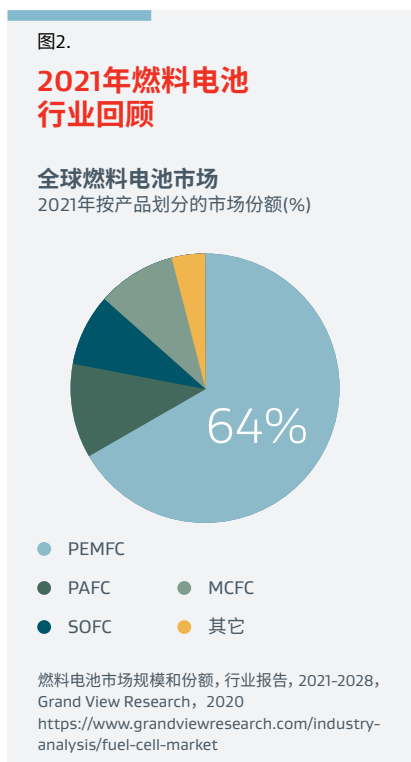
图1.

燃料电池应用的最新进展



关于燃料电池材料开发的观点：电极和电解质，Wiley Online Library, 2022, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/er.7635>

乘用车、商用车以及长途物流卡车。而这种广泛性也使PEM燃料电池电堆和系统在燃料电池市场中的份额高达64%（图2）。



PEM燃料电池技术所具备的诸多潜在优势，使其成为汽车制造商的关键投资领域。然而，该技术必须具有商业可行性和竞争性才能实现规模经济效益。为了获得广泛认可，燃料电池电堆工程师必须与质子交换膜技术专家展开合作，共同优化PEM、电堆和系统，以满足FCEV商业化的以下三大类需求：

■ 可靠的性能

了解PEM的功率密度和耐久性，以及如何利用质子交换膜技术令电堆和系统实现理想性能。

■ 技术支持

确保提供适用的解决方案、技术专长和服务支持，以达成汽车项目的各项目标。

■ 供应安全性

保持稳定可靠的氢燃料成分和材料供应链，以实现出色的产品质量、一致性和规模化生产。

可靠的性能



燃料电池中的PEM可隔绝氢气与空气（氧气），将质子从阳极传输到阴极，并防止电子在电池中发生短路。因此，PEM是燃料电池中必不可少的氢-电转换部件。为了在高温和潜在干燥条件下仍能可靠运行且保持优异性能，汽车燃料电池电堆中的PEM必须具有高电导率（以获得高功率密度），不易发生化学性能衰减和机械故障，并且表现出低气体渗透性。

通过采用更薄的PEM，工程师可有效降低质子电阻，同时促进水传输和改善性能，尤其是RH（相对湿度）较低情况下的性能。但根据以往经验，PEM厚度减少会影响机械性能，从而有损燃料电池的使用寿命。

而且，PEM厚度减少还会增加气体渗透，降低燃料效率，并使有害自由基浓度升高，加速化学性能衰减，从而导致产品寿命缩短。

使用膨体聚四氟乙烯(ePTFE)对PEM进行增强，可显著减少这些顾此失彼

为了在高温和潜在干燥条件下仍能可靠运行且保持优异性能，汽车燃料电池电堆中的PEM必须具有高电导率（以获得高功率密度），不易发生化学性能衰减和机械故障，并且表现出低气体渗透性。

的情况。戈尔依托在材料工程领域积累数十年的丰富经验，将工艺先进的ePTFE、性能出众的高聚物以及有助于对抗化学性能衰减的专有添加剂相结合，开发出增强型复合PEM技术，最终实现了低电阻、高耐用性且符合特定应用要求的产品设计（图3）。在PEM材料和设计以及燃料电池电堆和系统的持续研发工作中，必须采取全方位考量，了解各项因素之间的相互作用和利弊权衡，从而优化最终应用的性能和成本。

燃料电池部件供应商需要深入了解其部件的潜在性能权衡因素，以及与燃料电池电堆和系统中其它部件之间可能会产生的相互作用。就PEM而言，戈尔开发了两种建模方案：原位（在燃料电池中）和非原位测试方法，以便了解这些相互作用并加快产品设计。

关键在于，领先的PEM供应商应能（在燃料电池中）进行原位电化学分析，以确定可能因材料变化而导致的



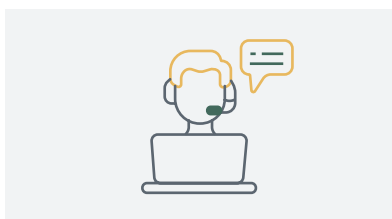
关键在于，领先的PEM供应商应能（在燃料电池中）进行原位电化学分析，以确定可能因材料变化而导致的长期性能欠佳和/或功率损耗的原因。

图3.

PEM对比

	单位	传统PEM	GORE-SELECT® 质子交换膜
厚度	μm	25	15
质子电阻	mohm*cm²	150	< 80
在化学耐久性加速应力测试中的使用寿命	相对	1x	> 10x
机械耐久性加速应力测试	相对	1x	10x
气体渗透性	mA/cm²/MPa	17	30

技术支持



当我们从PEM研发阶段转向生产和商业化阶段时，会出现各种新的以及不同的产品要求。PEM供应商必须具备足够的专业技术和知识，才能满足汽车制造商各不相同的适用性需求。

长期性能欠佳和/或功率损耗的原因。汽车供应商应能随时使用非原位总结分析工具来诊断现场返回的MEA/PEM电堆的故障模式和机制。

为实现全方位技术支持，PEM供应商应拥有综合全面的全球分析资源以支持表面科学、热学、力学和物理表征、化学分析以及微观结构表征方面的研究，从而有效解决复杂问题。

供应安全性



当汽车制造商转向燃料电池的量产阶段时，PEM制造商不仅要确保较高的生产良率和稳定一致的出色性能，同时还需尽量降低产品的成本和质量风险。品质稳定的原材料和精密的质子交换膜涂覆技术将有助于PEM供应商尽可能减少电池之间的差异，从而确保产品的一致性和出众质量（图4）。

这样一来，燃料电池电堆制造商就能精确控制电堆中电池内部和电池之间的性能分布，从而有效提高电堆生产良率和降低成本，并延长电堆的使用寿命。

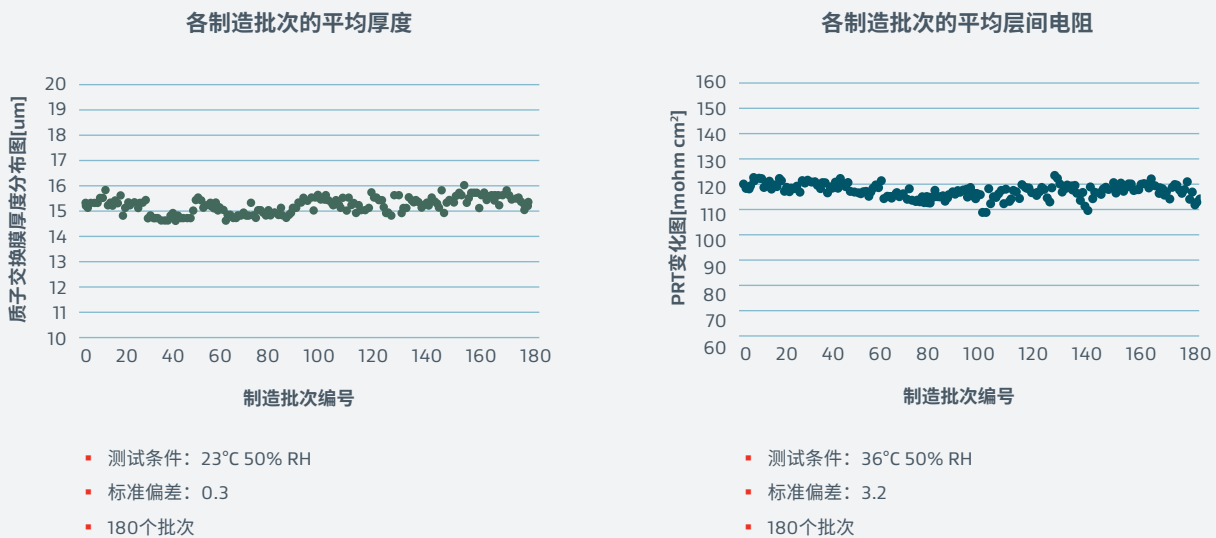
另一个重要的考虑因素是原材料的供应。很少有PEM制造商能够与次级供应商展开广泛的研发合作，形成稳固的商业合作关系，并在此基础上建立可靠的原材料供应链。

能够生产高性能PEM且产能可满足行业需求的供应商更是寥寥无几。戈尔将此优势视为取得成功的关键，并充分利用我们在膨体聚四氟乙烯(ePTFE)增强领域的技术专长和全球网络资源，确保规模化生产中的供应安全性、工艺稳定性和质量一致性。

戈尔充分利用我们在膨体聚四氟乙烯(ePTFE)增强领域的技术专长和全球网络资源，确保规模化生产中的供应安全性、过程稳定性和质量一致性。

图4.

戈尔在180个批次中的PEM大批量生产数据



提高燃料电池技术在货运及其它领域的商业可行性

如今，燃料电池技术正在燃料电池乘用车领域得到有效的开发、部署和测试。这对于燃料电池技术的发展十分有益，因为我们从中获得的技术进步和经验教训将为PEM技术在其它运输领域发挥诸多优势奠定基础，同时也可提高该技术在货运行业的商业可行性。

目前，商业应用领域的燃料电池系统开发商正在寻求类似的合作模式，希望能借助戈尔在PEM领域的技术进步来扩展其自身技术。

此举的优势显而易见：采用清洁氢能的卡车可以使用更轻的燃料电池电堆，这样便能提高负载能力和效率，降低总拥有成本这一在激烈行业竞争中至关重要的性能指标。

总而言之，我们认为，燃料电池电堆工程师必须与质子交换膜技术专家展开合作，通过优化PEM、电堆和系统，来满足FCEV商业化的以下三大类需求：可靠的性能、专家级技术支持以及供应安全性——从而助力各类汽车制造商从容迎接氢能未来。



关于作者：

Simon Cleghorn

电子邮件: scleghorn@wlgore.com

Simon Cleghorn, W. L. Gore & Associates (戈尔公司) 全球产品专家，电化学博士，在燃料电池及其它应用的质子交换膜领域拥有近25年的工作经验。

如需详细了解戈尔及其GORE-SELECT®质子交换膜技术，敬请访问<https://www.gore.com.cn/alt-energy>。

关于戈尔

戈尔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。自1958年成立以来，戈尔专注于解决各种严苛环境中的复杂技术难题，从外太空到全球最高峰、再到人体内部，不一而足。戈尔在全球拥有超13,000名同事，推崇重视团队精神的企业文化，年收入达48亿美元。

如需了解更多详情，敬请访问：gore.com.cn

仅限工业用途。不适用于食品、药品、化妆品或医疗设备等制造、加工或包装作业。

本文所有技术信息和建议都依据戈尔公司先前的经验和/或试验结果。戈尔公司尽力提供这些信息，但对此不承担法律责任。客户应检查具体应用中的适应性和可用性，因为只有具备了所有必要的工作数据才能判断本产品的性能。上述信息可能会不时变更，不作为产品规格使用。戈尔公司的销售条款适用于戈尔产品的销售。

W. L. Gore & Associates, Inc.通过了ISO 9001标准认证。

GORE、戈尔、GORE-SELECT、Together, improving life及其设计是W. L. Gore & Associates (戈尔公司) 的商标。版权所有 © 2023, W. L. Gore & Associates, Inc. 保留所有权利。翻译版权 © 2023, W. L. Gore & Associates (Shenzhen) Co., Ltd.。

全球各地联系方式

澳大利亚	+61 2 9473 6800	印度	+91 22 6768 7000	新加坡	+65 6733 2882
中国大陆	+86 21 5172 8299	日本	+81 3 6746 2570	南美	+55 11 5502 7800
欧洲、中东 和非洲地区	+49 89 4612 2211	韩国	+82 2 393 3411	中国台湾	+886 2 2173 7799
		墨西哥	+52 81 8288 1283	美国	+1 410 506 7812

戈尔 (深圳) 有限公司上海分公司

地址：中国上海市南京西路1468号中欣大厦43楼

电话：86-21 5172 8299 传真：86-21 6247 9199 电邮：info_china@wlgore.com
gore.com.cn/alt-energy

立即扫码
获取技术支持

