



应对PEM燃料电池在重型车辆应用中面临的挑战

为推动实现全球碳减排目标，汽车行业致力于寻求替代能源解决方案。重型车辆 (HDV) 行业已成为质子交换膜 (PEM) 燃料电池技术解决方案的核心应用领域。然而，重型车辆在成本和运行方面均有极高要求。本文探讨了 PEM 燃料电池在重型车辆中的应用，以及戈尔的先进材料专业知识是如何在降低总拥有成本 (TCO) 的同时提供出色性能。

PEM在交通运输应用中的潜力

交通运输行业作为全球第二大碳排放源，其温室气体排放量占全球总排放量的 20% 以上 (图 1)，因此，该行业在实现全球碳减排目标方面发挥着重要作用。

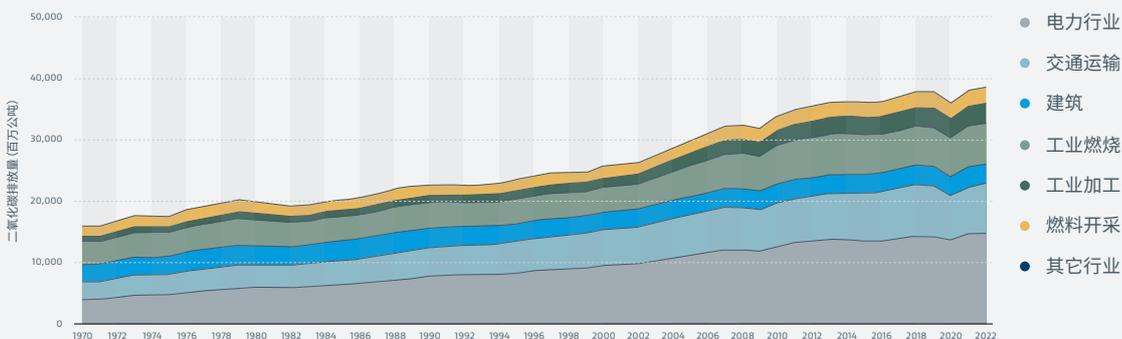
人们一直将氢能作为替代燃料来源，几十年间对其进行了持续的探索 and 开发。近年来，为实现减少温室气体 (GHG) 排放的全球目标，世界各地的公共和私人利益集团均日渐关注可再生能源政策和项目并加大投资，人们对氢能的关注也随之迅速升温。

在目前市面上为交通运输应用提供动力的氢能转换技术中，质子交换膜燃料电池 (PEMFC) 是最具吸引力的技术之一。丰田、现代和本田等汽车制造商的轻型燃料电池汽车 (LDV) 已经在驾驶体验、续航里程和燃料加注时间等方面与传统内燃机 (ICE) 汽车表现相当，同时还具备零尾气排放的优点。

图1.

全球各行业二氧化碳排放量

二氧化碳 (百万公吨)



《全球各行业1970-2022年二氧化碳排放量》，Statista, 2023, <https://www.statista.com/statistics/276480/world-carbon-dioxide-emissions-by-sector/>

在叉车等物料搬运应用中，PEMFC 可以取代传统电池技术，因为燃料加注速度的增加能够提升生产效率，这对于重视成本节约的应用而言非常重要。据估计，目前已有超过 40,000 辆氢能叉车¹投入使用。



应对燃料电池在重型车辆应用中的性能挑战

随着燃料电池技术在轻型燃料电池汽车领域取得积极进展，PEMFC 的发展重点已转向重型运输领域——在该领域，传统电池技术可能无法作为零排放解决方案与之竞争。重型车辆 (HDV)、火车、海运和航空应用在功率密度和续航里程方面均有极高要求，因此 PEMFC 作为柴油发动机在这些领域的替代方案，其性能受到广泛关注。

重型运输领域在降低碳排放方面肩负着重要责任：虽然重型车辆仅占路面车辆的 10%，但它们产生的碳排放量在交通运输行业总排放量中的占比却高达 25% 以上²。



此外，随着轻型车辆电池解决方案的加快采用（混合动力汽车和电动汽车目前占美国轻型车辆总销量的 16%³），重型车辆的排放量将在交通运输总排放量中占据更大份

额。因此，在重型车辆领域实施替代能源解决方案的压力将会增加。

在美国，各州和联邦政府都大力支持向“清洁交通”过渡。2023 年 4 月，美国环境保护署 (EPA) 宣布从 2027 年开始对重型车辆实施更严格的二氧化碳排放标准，以减少重型车辆领域的温室气体排放。加州空气资源委员会 (CARB) 已出台全面法规，鼓励采用零排放汽车 (ZEV)⁴，以响应该州要求到 2045 年全面过渡到重型 ZEV 的行政命令 (图 2)。美国其它 16 个州也效仿加州，签署了一项联合协议，计划到 2050 年，所有新售中型和重型卡车均为零排放汽车⁵。

图2.

加州的电动汽车目标



《加州能源委员会宣布全国首个零排放卡车和公共汽车基础设施激励项目》，CleanTechnica, 2021, <https://cleantechnica.com/2021/04/13/california-energy-commission-announces-nations-1st-incentive-project-for-zero-emission-truck-bus-infrastructure/>

从经济角度来看，重型运输行业的碳减排重点在于解决总拥有成本 (TCO) 问题。与锂离子电池相比，PEMFC 解决方案具有燃料加注时间短、续航里程长、功率和能量密度高等优点，能够以更低的总拥有成本助力重型应用实现碳减排目标，而且相较于轻型车辆，将这些解决方案运用于重型应用更有利于推动加氢站基础设施的部署。

1. 《氢燃料电池叉车的定量风险评估》，International Journal of Hydrogen Energy, 2023, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319923006547>

2. 《如何消除重型车辆的污染》，Union of Concerned Scientists, 2022, <https://www.ucsusa.org/resources/heavy-duty-vehicles-and-nox>

3. 《电动汽车和混合动力汽车占美国轻型汽车销量的16%》，U.S. Energy Information Administration, 2023, <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=60321>

4. 《先进的清洁车队》，加州空气资源委员会, <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-fleets/about>

5. 《多州中型和重型零排放汽车谅解备忘录》，北卡罗来纳州交通部, 2020, <https://www.ncdot.gov/initiatives-policies/environmental/climate-change/Documents/zev-memorandum-of-understanding.pdf>



为专用车队部署更多可预测的路线，可以减少促进燃料电池采用所需建设的加氢站数量。通过采用“中心辐射”模式，从位于工业集群的单个集中式加氢站为固定路线提供服务，可以进一步降低基础设施成本⁶。

虽然重型车辆应用有助于解决基础设施问题，但燃料电池电堆本身也面临着诸多挑战。作为燃料电池电堆的核心，PEM 也必须发挥其关键作用，使燃料电池发动机的总拥有成本更具竞争力。重型车辆的运行要求对 PEM 技术提出了新的艰巨挑战：

- 预期使用寿命至少是轻型车辆的 4 倍。
- 货运应用需要更大的功率输出。
- 长时间的高功率运行会导致工作温度升高。
- 需要出众的燃料效率以提供具有竞争力的燃料成本。

要在更高温度下实现比轻型车辆更长的使用寿命，这一要求会加剧 PEM 在重型车辆应用中的性能限制和衰减：

- 更大的累积机械应力会导致疲劳失效。因此，要想在重型车辆更长的生命周期内保持质子交换膜的完整性，质子交换膜的强化至关重要。
- 更高的温度，特别是在相对湿度较低的情况下，会加快质子交换膜的化学侵蚀。这就突出了 PEM 设计考量的重要性，例如树脂特性、PEM 厚度和添加剂功能。
- 此外，对更长使用寿命的要求可能会增加燃料电池内累积污物和发生腐蚀的风险，进而大大加快 PEM 树脂材料的化学性能衰减。

Gore-Select® 质子交换膜：高性能 PEM 解决方案

凭借数十年来在深度科学和先进材料开发领域的大力投入，戈尔已发展成为 PEM 技术领域的佼佼者。在矢志追求创新的企业文化和精深技术专长的支持下，戈尔开发出在耐久性和功率密度方面均处于市场前沿水平的 GORE-SELECT® 质子交换膜。



GORE-SELECT® 质子交换膜的核心是其独特的增强结构，可以使 PEM 纤薄而强韧，并降低树脂含量。我们最新的迭代产品降低了质子交换膜的电阻，同时提高了机械性能。与此同时，戈尔还陆续研发出多代 PEM 添加剂技术，显著降低了化学衰减速率。这使得 PEM 可以在更长的生命周期内提供更高的功率密度。



PEM 的功能是燃料电池系统制造商确定总拥有成本的主要因素。戈尔推出的更加纤薄而强韧的 PEM 可以在更长的使用寿命内提供更高的功率输出和燃料效率，降低初始系统的资本和运营成本，从而降低总拥有成本。

6. 《氢能的未来》，IEA，2019，https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf

戈尔：燃料电池领域的长青标杆

戈尔在开发和供应燃料电池用 PEM 领域已经有超过 25 年的悠久历史。如今，我们凭借制造纤薄、高功率、强韧耐用的增强型复合 PEM 的出众能力，被公认为世界领先的 PEM 供应商之一。我们的全球业务网络包括 28 个销售办事处、2 个研发中心和 1 个规模庞大的制造工厂。



自 1995 年成立燃料电池业务部门以来，戈尔制造的 PEM 已多达数百万平方米，并运用于全球 60,000 多辆燃料电池汽车上。其中尤为值得一提的是，戈尔是第一代和第二代丰田 MIRAI、本田 Clarity 和现代 NEXO 的独家 PEM 供应商。

戈尔先进的全面分析和测试能力（其中一些已经成为行业标准），使我们能够了解戈尔产品在各种终端应用中的适用性。我们与客户密切合作，确定他们的特殊要求，并找到经济高效的解决方案来保护他们的投资。

戈尔的燃料电池产品不仅仅局限于汽车应用，还被广泛应用于其它多种应用，例如商用车、固定电源、物料搬运（叉车）、铁路和海运项目。



关于作者：

Simon Cleghorn

电子邮件：scleghorn@wlgore.com

Simon Cleghorn 目前担任 W. L. Gore & Associates（戈尔公司）的全球产品专家。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 28 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。

如需了解详情，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.（戈尔公司）通过了 ISO 9001 认证。

GORE、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 © 2024 W. L. Gore & Associates, Inc. 保留所有权利。由 W. L. Gore & Associates (Shenzhen) Co., Ltd. 翻译。

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 |
| 德国 | +49 89 4612 0 | 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

