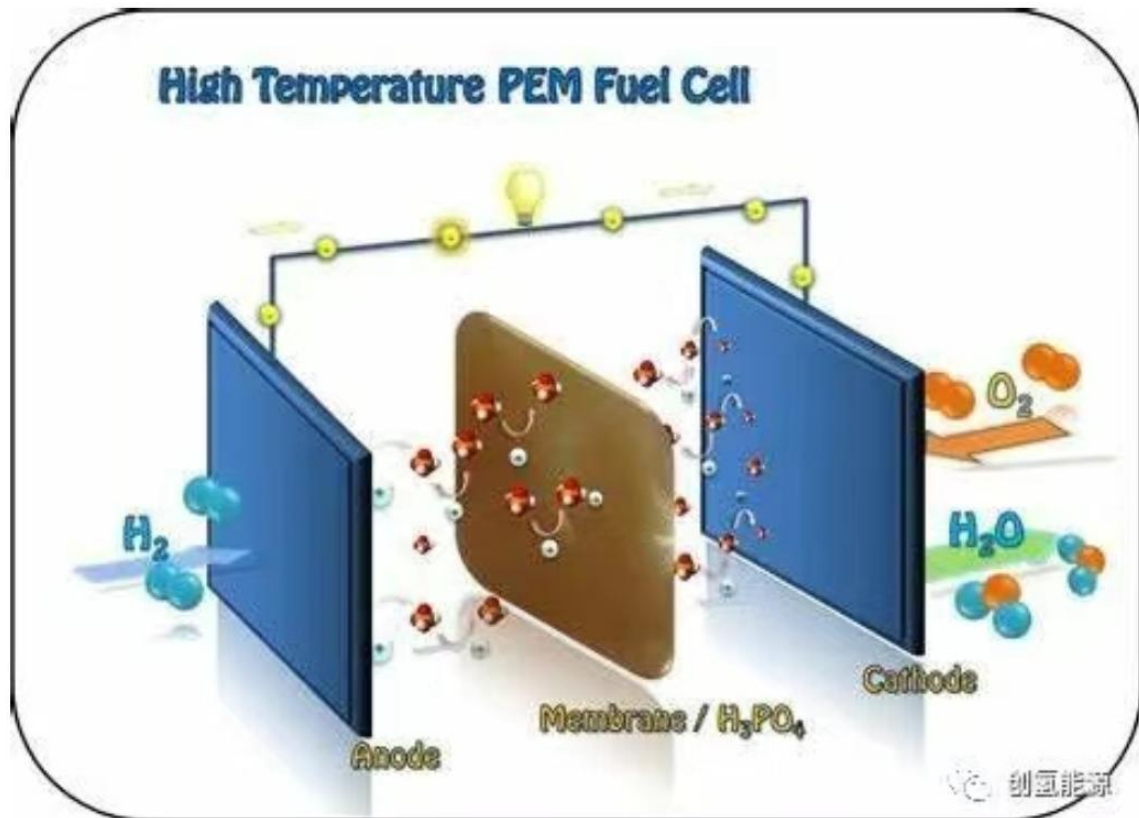


创氢能源 | 高温质子交换膜燃料电池 解惑(2024年7月 更新)

原创 创氢能源 创氢能源 2024年07月10日 14:44 江苏 听全文

高温质子交换膜燃料电池 (High-temperature Proton Exchange Membrane Fuel Cells, HT-PEMFCs)



问题1：HT-PEMFCs工作温度范围，以及突出的技术路线优势。

创氢能源答：

属于中低温质子交换膜燃料电池，工作温度 120~200°C。区别于常温质子交换膜燃料电池 (LT-PEMFCs)，差异如下，

- ① 关于氢燃料的杂质包容性**很高**(CO≤30000ppm 等, 详见创氢电堆产品 DATA SHEET)，达数千倍至万倍；
- ② 水热管理系统**简单**；
- ③ 热量**品质高**，热电效率可达 90%以上；
- ④ 氢燃料来源选择**广泛**：
 - ✓ 纯度较低、丰富便宜的普氢/工业氢等（当然，也适配高纯氢、纯氢体系）；
 - ✓ 耦合在线制氢装置——清洁能源的重整/裂解制氢。即制即用，不纯化。

问题2：HT-PEMFCs vs LT-PEMFCs ， 氢燃料杂质的耐受能力差异。

创氢能源答：

以燃料电池的“致命”毒物 CO 为参考。CO 极易吸附在膜电极的催化层铂表面，既阻止氢气进入，同步影响电化学反应活性。随着 CO 吸附占据面积越大，催化层铂活性将逐步降低，即所谓电堆“中毒”现象，致使最终完全失效。

此“中毒”过程是不可逆过程。

(1) **LT-PEMFCs**(燃料氢气 $H_2 \geq 99.99\%$): **杂质耐受能力极敏感**。工作温度 $80^\circ C$ 时，如燃料氢气 $CO \geq 10-20ppm$ ，电堆性能会出现持续下降；

GB/T 37244-2018《质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气》，氢燃料杂质如 $CO \leq 0.2ppm$ ， $CO_2 \leq 2ppm$ ，等保持在燃料指标范围内，是电堆实现高性能输出、稳定运行的基础。

(2) **HT-PEMFCs**(燃料氢气 $H_2 \geq 70\%$): **杂质耐受能力优异**。工作温度 $160^\circ C$ 时，燃料杂质 CO 耐受性，提升至 $\leq 20000ppm$ ；工作温度 $180^\circ C$ 时，CO 耐受性，提升至 $\leq 30000ppm$ ；若工作温度提升至 $200^\circ C$ 时，可达 $50000ppm$ 。如上温度环境对应的杂质范围，电堆性能基本无影响。

公众号 · 创氢能源

问题3：高温质子交换膜燃料电池 (HT-PEMFCs) 和固体氧化物燃料电池^Q (SOFCs) 的差异性。

创氢能源答：

HT-PEMFCs 同属质子交换膜燃料电池体系，其反应温度 $120 \sim 200^\circ C$ ；而常温质子交换膜燃料电池 (LT-PEMFCs)，其工作温度 $60 \sim 90^\circ C$ 。两种技术路线从结构和反应原理极为相似。

HT-PEMFCs 由于反应温度的进一步提高，相较 LT-PEMFCs，除满足氢燃料电池的优异性能外，同步拓宽了对氢燃料杂质的容忍度。即“**吃粗粮氢**”的中低温氢燃料电池。

SOFCs 属于真正的高温燃料电池，其反应温度 $800 \sim 1000^\circ C$ 。其以固态氧化钇、氧化锆等为电解质，氧化物在高温下传导氧离子，从而产生电能。从技术原理而论，SOFCs 对于氢燃料杂质的容忍度，较 HT-PEMFC 更优，且无需贵金属催化剂，和更高的理论能量效率。即“**吃粗粮氢**”的高温氢燃料电池。

然而，在超高运行温度条件，SOFCs 对于材料要求极其苛刻：稳定、导电、膨胀系数一致、升降温速率等。因此，国际国内企业和科研团队，正在积极开发温度下探的中高温趋势。据报道，已有至 $600 \sim 700^\circ C$ 产品。

从应用视角，SOFCs 运行温度高，启动慢，热量利用的品质高，倾向适用在兆瓦级等大型分布式主动电源、热电联供/热电联产场景。而 HT-PEMFCs 适用场景更为开阔，与 LT-PEMFCs 相似，不仅可以应用在固定场景、移动交通领域，甚至拓展至航空领域等。

公众号 · 创氢能源

问题4：HT-PEMFCs系统的结构简单，有利于规模化降本。

创氢能源答：

常温质子交换膜燃料电池（LT-PEMFCs）采用 Nafion 体系质子交换膜，**需要加湿技术**以保障其高质子的传导性能。然而，膜电解质的离子电导率对蒸汽湿度非常敏感，水合作用的控制偏差，分别会产生膜内水分子过少和过多情况，会引发质子交换膜脱水，无法有效传导质子；和膜泛水，发生堵水现象，从而影响燃料电池的正常运行，甚至造成不可逆的性能和寿命损耗。

高温质子交换膜燃料电池（HT-PEMFCs）采用 PBI 体系或聚苯类强碱材料体系的质子交换膜，高质子传导性能则是以膜自身的高含酸量、锁酸能力等实现，无需额外加湿。因此，HT-PEMFCs 系统相较而言，**BOP 简单、系统集成度高**：

- ① **无需加湿器**。即无复杂的水管理控制体系；
- ② **无需氢循环**。尾气利用主要两种方式，方式一是提供给制氢端实现自热循环，实现低能耗制氢；方式二是高品质热利用，实现高效电热效率，适用热电联供/联产等场景；
- ③ **无需（空气压缩机）和中冷器**。现阶段采用鼓风机，下一代向空气压缩机升级；
- ④ **散热器体积小**。即热管理简单，利于电堆散热，热交换面积小。

公众号·创氢能源

问题5：HT-PEMFCs燃料来源是否仅为氢气；甲醇等其他类型燃料是否可行。

创氢能源答：

是。HT-PEMFCs 是氢燃料电池的主要技术路线之一，虽对于燃料氢气的杂质耐受性高，使其可以链接更多的多样化氢源，比如高纯氢、普氢、工业氢、化工副产氢等，或甲醇等清洁能源重整/裂解的“粗粮”富氢。而燃料电池参与电化学反应的**燃料依然仅是 H₂**，燃料氢气的杂质（如 CO、CO₂ 等）随氢气通过电堆流场而排出。

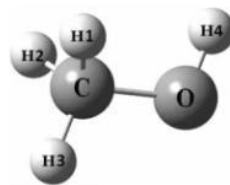
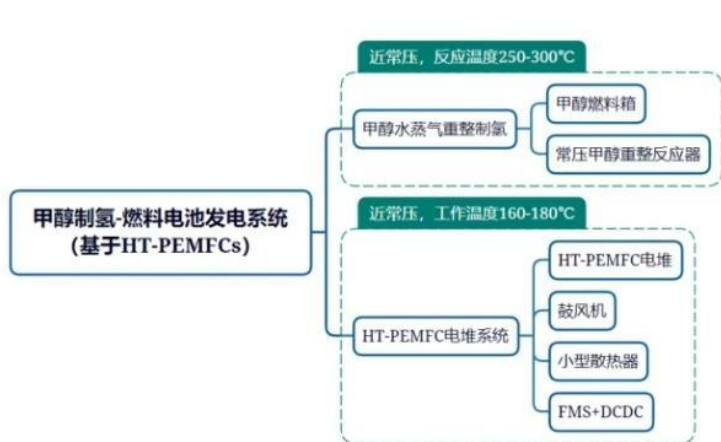
在满足 HT-PEMFC 杂质耐受性范围（详见创氢电堆产品 DATA SHEET），对电堆性能基本无影响。

公众号·创氢能源

问题6：HT-PEMFCs直接适配哪些氢源。



问题7：甲醇制氢^Q与HT-PEMFCs技术耦合，是氢能“制(储)输用”理想解决方案之一



甲醇 CH_3OH 作为氢能载体 (98.8g/L H_2)

✓ 弱依赖加氢站建设与覆盖, 门槛低

✓ 氢即制即用, 安全保障高

✓ 常温常压液体, 储运耗能低

✓ 氢气不纯化, 不分离, 氢经济性优异

问题8：燃料电池工作温度进一步提升，仅聚合物基膜材料，将面临更多的高技术要求挑战。

创氢能源答：

提升燃料电池的工作温度，聚合物材料除保持高导电性外，面临包含热稳定性、化学稳定性、机械强度等诸多挑战。

现有成熟 LT-PEMFCs 膜基材（以聚全氟磺酸体系为主），是通过水进行高度增湿，以维持质子高传导性，以实现高性能的电流密度。然而，若工作温度提升至 150°C 以上，水蒸气压力将从 0.47bar 增加到 4.8bar(10 倍)，膜将变干且完全失去导电性，则电堆完全失效。因此，工作温度的提升，必须选择在高温高腐蚀环境下的优异聚合物材料作为膜材料。

此外，随着工作温度的变化，双极板、电堆密封、以及相关组件的材料筛选评价，甚至耦合匹配，均面临一系列的重新研究、开发评价、验证测试等工程化过程。

HT-PEMFCs属于中低温类型的质子交换膜燃料电池——其极具包容的燃料氢要求，链接适配多样化氢源（低纯度氢、重整氢等），有望大幅降低氢能准入的商业门槛。