

# 反应气体流量和背压对PEM燃料电池性能的影响

孙红, 吴玉厚

(沈阳建筑大学交通与机械工程学院, 辽宁沈阳110168)

摘要：目的优化质子交换膜(PEM)燃料电池的操作参数，提高PEM燃料电池的性能和稳定性，降低成本。方法运用燃料电池测试站对有效面积为16cm<sup>2</sup>的PEM燃料电池单体的伏安特性和功率密度进行了实验，分析了空气流量、氢气流量和背压对PEM燃料电池性能和功率密度的影响。结果试验结果发现：增大空气流量，燃料电池的性能可以持续提高；增大氢气的流量，电池性能先提高，但流量达到一定值后，性能几乎不变；增大电池背压，电池性能提高。结论电极的淹没现象主要存在于PEM燃料电池的阴极；实验条件下，氢气流量存在最佳值。

目前，PEM燃料电池及其系统的研究和开发已经取得显著成果，但昂贵的成本仍然是其难以商业化的主要障碍。提高性能，降低成本是PEM燃料电池研究的主要方向之一。Wang和Liu等人以及吴玉厚等人实验研究了操作参数对蛇形流道和交叉指状流道PEM燃料电池性能的影响。Wang、Hakenjos和Liu等人通过测量局部电流密度研究了PEM燃料电池的性能，优化操作参数。在理论模拟研究上，Liu、Wang、和Sun等分别建立了PEM燃料电池内传热传质的二维、三维和二维两相流模型，研究了操作参数和电池结构对其内部传热传质规律的影响。这些研究成果对PEM燃料电池的优化设计和性能的提高具有重要意义。

为了保证PEM燃料电池处于高性能状态，必须根据燃料电池的实际工作环境，选择合适的操作参数。笔者对PEM燃料电池单体的性能和功率密度进行了实验。分析了电池压力、氢气流量和空气流量对PEM燃料电池性能的影响。

## 1实验及其装置

笔者实验中采用燃料电池测试系统来测量PEM燃料电池的伏安曲线和电压变化曲线。这套测试系统可以通过计算机自动测量和控制燃料电池的加热温度、加湿温度、背压和反应气体流量。用加湿器来对氢气和空气加湿，调节加湿器的温度来控制反应气体的湿度，质量流量计测量反应气体流量，电加热器给电池加温和加湿后气体保温，背压阀调节反应气体出口压力，电子负载测量燃料电池的电流和电压。系统通过Labview来采集和储存实验数据，同时该系统可以设置和读取燃料电池的电流、电压、气体流量、背压、电池温度、气体加湿温度等参数。燃料电池测试系统基本组成见图1。

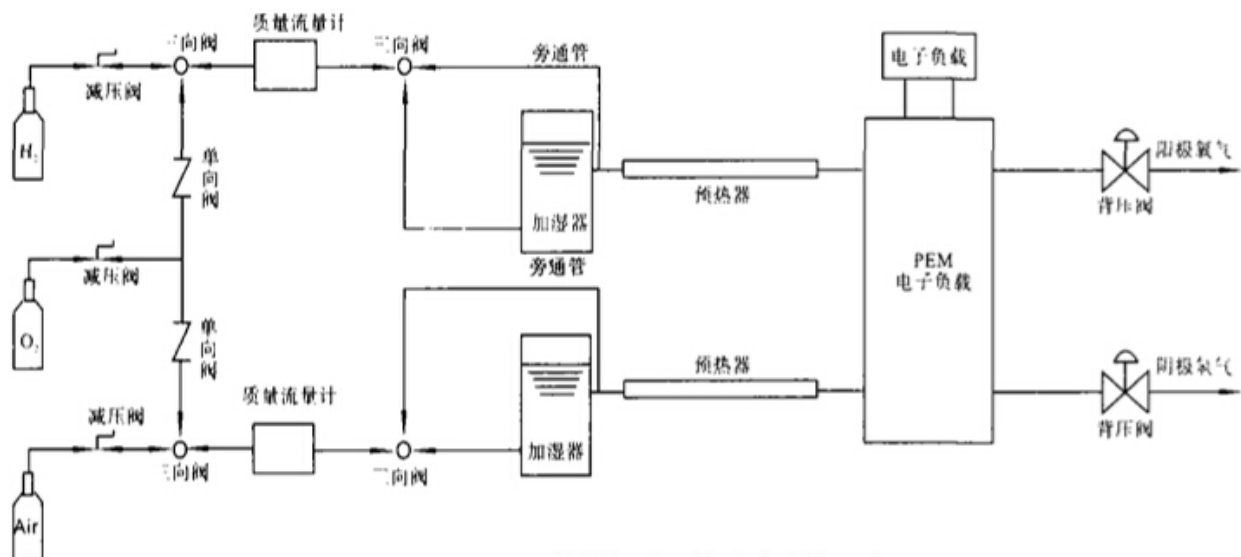


图1 PEM 燃料电池及其测试系统示意图

实验中采用有效面积为16cm<sup>2</sup>的PEM燃料电池，电池用Nafion112膜，催化剂铂的载量为0.4mg/cm<sup>2</sup>，气体扩散层由多孔碳纸制成。MEA膜安装在两块刻有蛇形流场的石墨板之间，两块石墨板外侧夹装两块镀金铜板。实验中涉及的PEM燃料电池单体的几何参数见表1。

表1 实验用 PEM 燃料电池单体的基本几何参数

有效面积/ m <sup>2</sup>	气体流道 长度/m	气体流道 宽度/m	气体流道 深度/m	气体扩散 层厚度/m	催化剂层 厚度/m	质子交换 膜厚度/m
161.0 × 10 <sup>-4</sup>	4.10 × 10 <sup>-2</sup>	7.5 × 10 <sup>-4</sup>	1.10 × 10 <sup>-3</sup>	3.175 × 10 <sup>-4</sup>	1.15 × 10 <sup>-5</sup>	5.13 × 10 <sup>-5</sup>

2实验步骤

为了准确操作实验，并取得准确的实验数据，应遵从一定的实验步骤。

实验中，为了确保每个实验数据的准确性，记录实验数据必须是在燃料电池系统处于相对稳定条件下进行，因此必须选择足够长的相邻数据记录时间间隔。笔者通过对大量实验和文献数据的分析，选择了240s作为相邻两个数据记录的时间间隔。

3实验结果

本文的研究中共涉及三组实验结果。每次实验只改变其中一个操作参数，而其余操作参数都不变，以此来研究这个操作参数对PEM燃料电池性能的影响。

3.1背压的影响

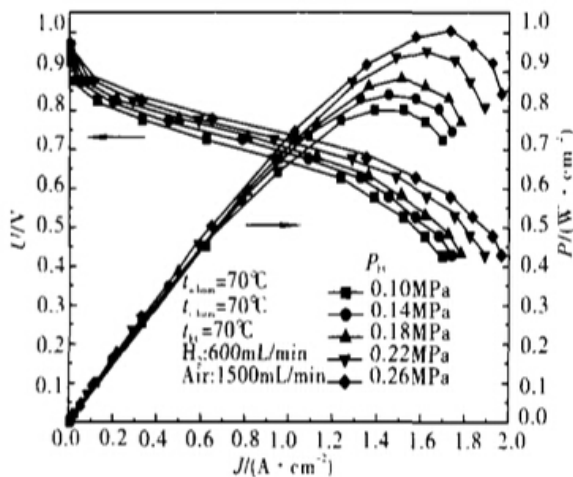


图2 电池背压对 PEM 燃料电池性能的影响

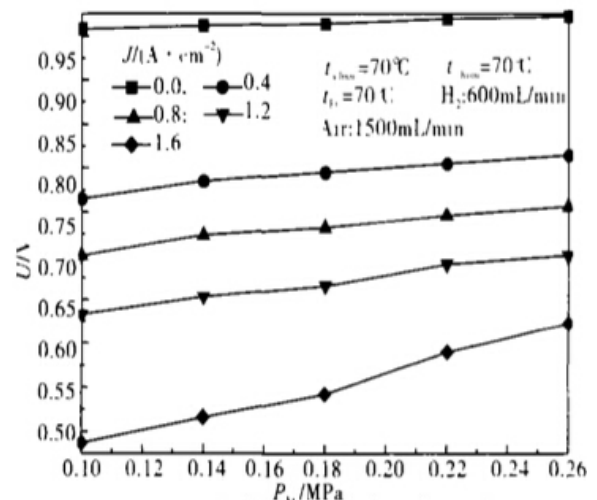


图3 电池背压对其电压的影响

背压pFC对PEM燃料电池的伏安特性、功率密度和电压的影响见图2(图中J为电流密度；U为电压；P为功率密度)、图3。从图2可以看出，当背压从0.1MPa增大到0.26MPa时，PEM燃料电池的伏安特性逐渐得到改善，功率密度也在进一步升高。根据能斯特方程：

$$E_{T, p}^0 = E^0 + \frac{\$S}{2F}(T - 298.15) + \frac{RT}{2F} [\ln P_{H_2} + \ln P_{O_2}^{0.15}] \quad (1)$$

式中：PH<sub>2</sub>、PO<sub>2</sub>分别为组分氢、氧的分压；\$S为反应的焓变；E<sup>0</sup>为标准可逆电动势。从式(1)可以看出，提高背压能够增大反应气体的分压，提高燃料电池的电动势，有利于电池性能的提高。图3显示了在不同电流密度条件下，背压对燃料电池电压的影响。在电流密度较小时，背压对燃料电池电压的影响不太明显。但是随着电流密度的增大，背压对电压的影响日趋明显。因为增大电池的背压，将显著提高反应气体的传递速度，改善PEM燃料电池的性能。

3.2空气流量的影响

空气流量 $q_{air}$ 对PEM燃料电池伏安特性、功率密度和电压的影响见图4、图5。图4显示,增大空气的流量,PEM燃料电池的伏安特性和功率密度逐步提高。图5显示了不同电流密度下PEM燃料电池电压随空气流量增加的变化情况。从图中可以看出,随着电流密度的增大,空气流量对PEM燃料电池电压的影响越来越明显。这是因为,加大空气的流量,提高了阴极气体通道中氧气的平均浓度,加速氧气在电池阴极中的传递。同时,空气流量增大,可以带走电池阴极中更多的液态水,增大氧气的传递速度。

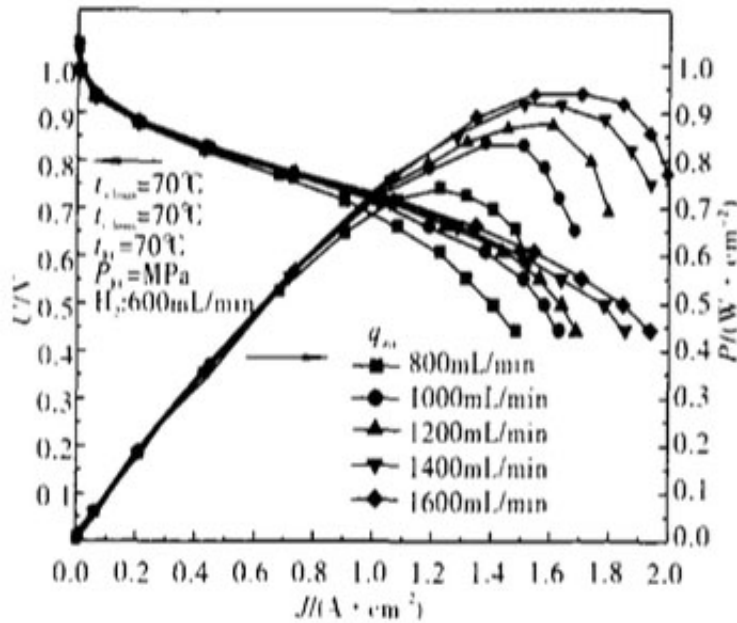


图4 空气流量对 PEM 燃料电池性能的影响

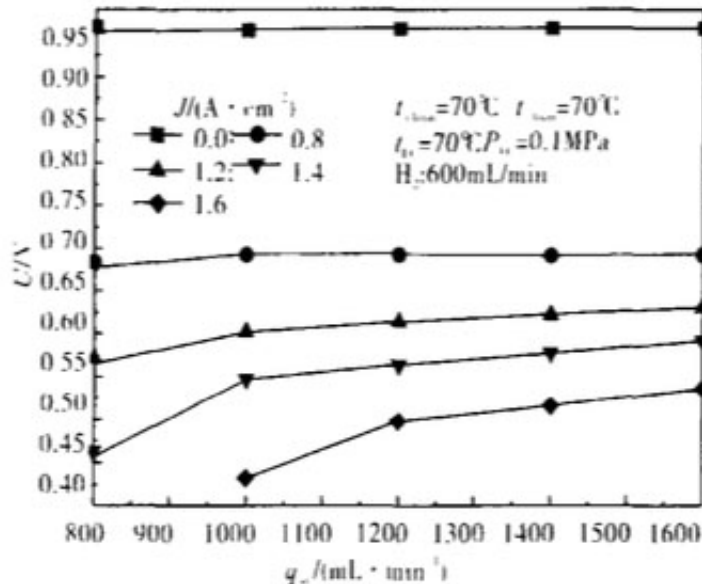


图5 空气流量对 PEM 燃料电池电压的影响

### 3.3 氢气流量的影响

氢气流量 $q_{H2}$ 对PEM燃料电池伏安特性、功率密度和电压的影响见图6、图7。图6显示氢气流量从100mL/min增大到

200mL/min, 电池性能和功率密度有大幅度提高, 而从200mL/min到500mL/min时, PEM燃料电池的伏安特性和功率密度几乎不变。图中还可以看出, 当氢气流量为100mL/min和电流密度为0.82A/cm<sup>2</sup>时, 电池电压迅速下降。从图7中看出, 氢气流量的增大对PEM燃料电池电压的影响不太明显。在氢气流量为100mL/min时, 随着电流密度的增加, 氢气消耗增加, 当电流密度达到0.82A/cm<sup>2</sup>时, 输入的氢气和阳极消耗的氢气量相等, 继续增大电流密度, 会导致电池电压直线下降。

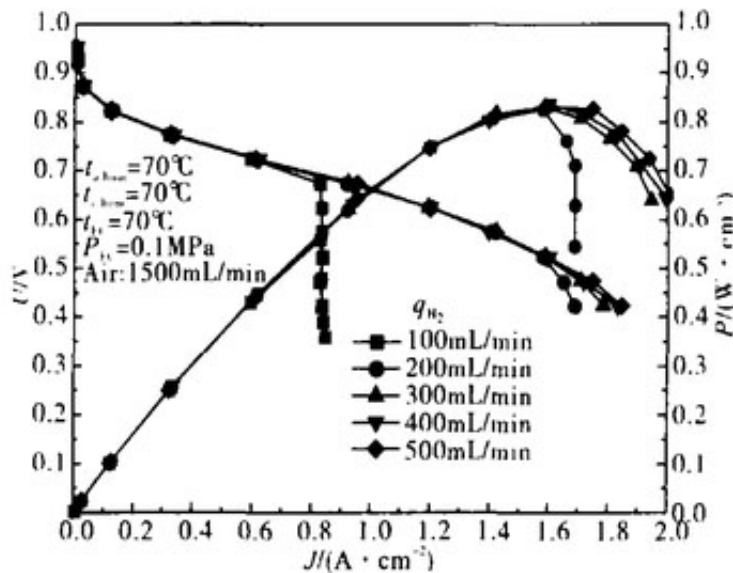


图6 氢气流量对PEM燃料电池性能的影响

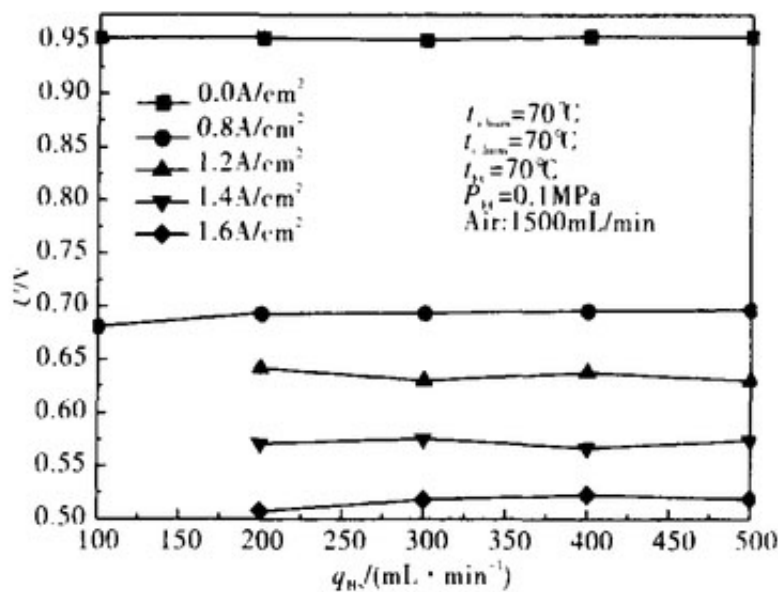


图7 氢气流量对PEM燃料电池电压的影响

通过图4和图6可以看出: 电池性能随着空气流量的增大一直提高。而增大氢气流量时, 电池性能先提高, 当氢气流量达到一定值后, 电池的性能几乎不变。说明电池的淹没现象主要存在于阴极中, 增大空气流量时, 空气可以从阴极中带出液体水, 提高阴极的有效孔隙率, 使电池性能持续得到提高。

#### 4结论

(1) 升高电池背压, PEM燃料电池的性能能得到提高;

(2)实验条件下增大空气流量，燃料电池的性能可持续升高；

(3)增大氢气流量，电池的性能先提高，流量达到一定值后，性能几乎不变，表明实验条件下，氢气存在最佳值；

(4)实验现象表明电极淹没现象主要出现在电池的阴极。其结果对优化PEM燃料电池的反应气体流量和背压、降低电池运行成本具有积极意义。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/97530.html>