

研究简报 ·

# 质子交换膜燃料电池新结构

韩 明      徐洪峰\*      衣宝廉

(中国科学院大连化学物理研究所 大连 116023)

质子交换膜燃料电池(PEMFC)能量效率和功率密度高,无电解质腐蚀,环境友好,可望广泛用于电动汽车的发电装置、便携式电源和地面发电站等。许多发达国家都投巨资对其进行研究开发<sup>[1]</sup>。传统的单对 PEMFC 由膜~电极组件和其两侧的集流板构成,其中膜~电极组件包括一张质子交换膜和热压在其两侧的多孔气体扩散电极,构成电极的扩散层和催化层。集流板上开有沟槽,凸出部分用于收集电流;凹下部分为气体传递提供通道,构成气室。在电池操作过程中,反应气沿集流板的通道向前流动,并扩散进入电极,通过扩散层到达催化剂表面。

假定阴极氧气(或空气)以不被水蒸气饱和的状态进入电池,那么在电极和气体流道之间的水蒸气分压差作用下,催化剂表面电化学反应生成的水就会以气态的形式排出电池;但是,随着气体沿流道传递,将在某一点达到饱和,之后,水蒸气气相传递失去推动力,电化学反应生成的水将在电极内累积,使部分电极处于水淹状态,液态水在重力作用下排出电池,又加大了气体传递阻力,电极利用率下降。Mguyen<sup>[2]</sup>发现电极有三分之一没被利用,因此提出了一种使气体在电极内流动的集流板结构,但却很难使气体在电极均匀分布,易造成死区。

为了解决上述问题,本文提出了一种新的电池结构,如图1所示,把集流板的收集电流和气体分布功能分开,前者采用光滑不锈钢板;后者采用亲水碳纸,碳纸内孔隙为气体流动提供通道。阴极电化学反应生成水在电极内累积时,由于电极是憎水的,碳纸是亲水的,这样水很快就会在毛吸力作用下由电极传向碳纸,反应气沿碳纸流动时将水带出电池。另一方面碳纸使电极与集流板之间接触面积加大,减小了接触电阻。

## 1 实验部分

### 1.1 膜~电极组件的制备

将碳纸浸入35%的聚四氟乙烯(PRFE)乳液中泡5~10 min后,晾干再于马福炉中340℃灼烧10 min,把乙炔黑和PTFE混合物均匀地涂在碳纸的表面,乙炔黑含量为1 mg/cm<sup>2</sup>左右,再将含铂为20%的碳载铂催化剂与PTFE混合均匀地喷在上述乙炔黑表面,随后喷上少许铂黑,340℃氮气保护条件下灼烧5 min。催化剂含量为0.9 mg/cm<sup>2</sup>左右。将含全氟磺酸树脂(Nafion)为5%的异丙醇溶液(美国Adrich公司出售)喷在电极表面,晾干后于80℃烘干。

本文1998-07-22收到; 国家“九五”重大科技攻关项目

\* 通讯联系人,现地址:大连铁道学院应用化学系,大连,116028

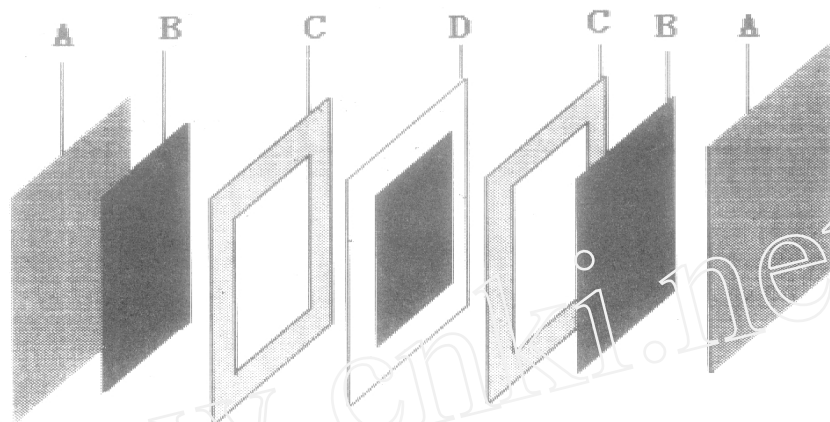


图 1 新结构 PEMFC 示意图

Fig 1 Scheme of PEMFC with a new construction

A) Stain steel plate, B) Carbon paper, C) Gasket

D) Membrane electrode assembly

最后将两张电极催化层面向质子交换膜(Nafion117)分别置于膜的两侧,经热压后即成一张膜~电极组件。

## 1.2 电池的操作

电池的组装图和评价工艺类同于文献<sup>[3,4]</sup>。氢、氧(或空气)分别进入电池的阳极和阴极,部分气体参与电化学反应,余下部分由电池排出。除研究气体流量影响外,阴、阳极气体流量分别保持为 2 和 1.25 倍化学反应计量。电池操作温度 80℃,阴、阳极反应气增湿温度分别为 50℃ 和 80℃,操作压力分别是 0.5 和 0.3 MPa。

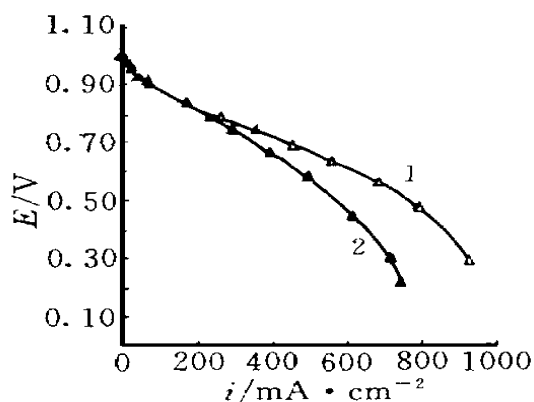


图 2 以氧为氧化剂的不同结构电池的电池电压~电流密度关系曲线

Fig. 2 Cell volt ~ current density curves for different cell construction, Reactant H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>

1) New construction

2) Conventional construction

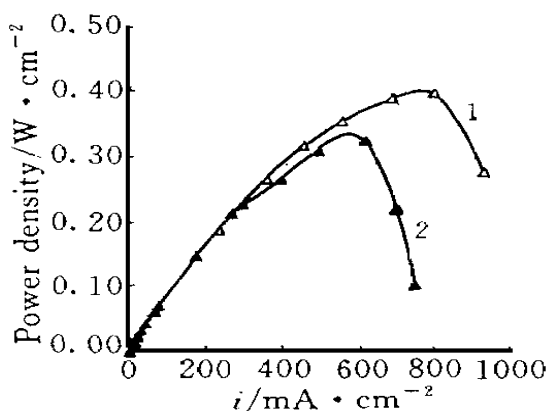


图 3 以氧为氧化剂的不同结构电池的功率密度~电流密度关系曲线

Fig. 3 Cell Power density ~ current density curves for different cell construction, Reactant H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>

1) New construction

2) Conventional construction

## 2 结果与讨论

如图2所示,采用新的电池结构,电池性能明显提高,特别是在大电流密度条件下更为明显,这是因为电池的极化包括欧姆极化、电化学反应极化与浓差极化,在小电流密度条件下,传质阻力对电池性能影响较小,电池性能主要为电化学反应控制.在高电流密度时,则是主要由浓差

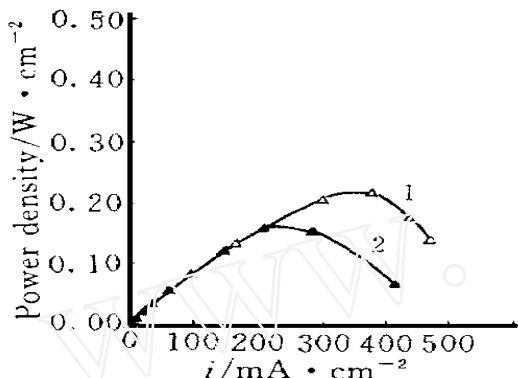


图4 以空气为氧化剂的不同结构电池的功率密度~电流密度关系曲线

Fig.4 Cell Power density ~ current density curves for different cell construction

Reactant  $H_2$ / Air

1) New construction

2) Conventional construction

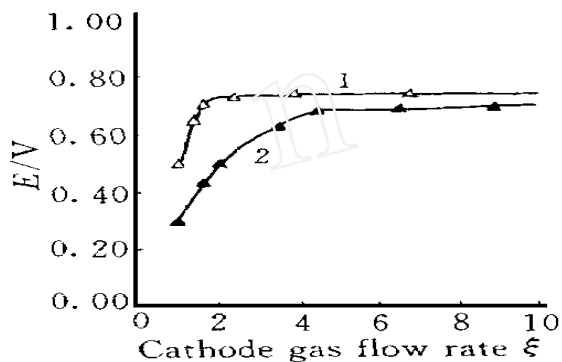


图5 以氧为氧化剂的不同结构电池的阴极气流量对电池性能的影响

Fig.5 Effect of cathode gas flow rate on cell performance of different cell construction

Reactant  $H_2$ /  $O_2$ , Current density  $500 \text{ mAcm}^{-2}$

1) New construction

2) Conventional construction

极化控制.新结构电池促进了水从电池内排出,减小了气体传递阻力引起的浓差极化.从而电池性能有所提高.图3是不同电池结构的功率密度.采用新结构,电池的最大功率密度由  $0.31 \text{ W/cm}^2$  增大到  $0.40 \text{ W/cm}^2$ , 提高了 29%.

图4是以空气为氧化剂操作的功率密度.从图可以看出,以空气为氧化剂,新结构电池的性能更加优越.这是因为空气中氧气浓度比纯氧低,传质推动力小,对传质阻力反应敏感.

图5和图6是在恒电流密度条件下,分别以氧气和空气为氧化剂的以化学反应计量(即进入电池的气体与电化学反应所需量之比)表示的阴极气体流量对电池性能的影响.从图中可以看出,新结构电池的电压达到平衡值时所需的反应气流量明显低于传统结构电池,这样就可以节约反应气并降低附属设备能耗,提高电池的净输出功率.

## 3 结束语

采用光滑不锈钢板与亲水碳纸结合的电池结构,除了减小电极内液态水,防止水淹电极和有利于减小接触电阻外;集流板与气体分布可分别独立优化;降低集流板厚度,简化电池结构和降低电池组的重量与体积.调节碳纸的厚度和空隙率以及气

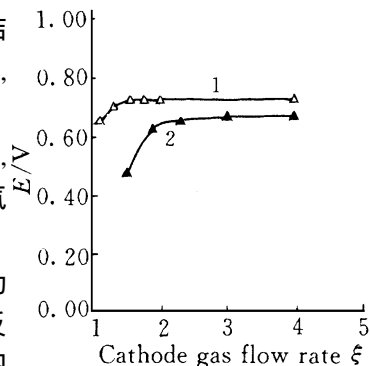


图6

以空气为氧化剂的不同结构电池的阴极气流量对电池性能的影响

Fig.6 Effect of cathode gas flow rate on cell performance of different cell construction  
Reactant  $H_2$ / Air, Current density  $400 \text{ mAcm}^{-2}$

1) New construction

2) Conventional construction

体在单电池内阻力降,使气体在电池组各单电池内均匀分配.另外,采用这种新的电池结构,阴极生成水可采用较小的尾气排放带出电池,从而节约气体压缩能耗,提高电池的净功率输出.

## A New Cell Structure for Proton Exchange Membrane Fuel Cell

Han Ming      Xu Hongfeng\*      Yi Baolian

(Dalian Inst. of Chem. Phys., China Academy of Sci., Dalian 116023)

**Abstract** Separating the functions of current collection and gas flow distribution and then to design two separate elements to achieve the desired performance characteristics, a nonconventional cell structure for proton exchange membrane fuel cells have been developed. The current collector is achieved using a thin stain steel sheet, the gas flow distribution is achieved using a carbon paper that has the desired chemical durability when in contact with the proton exchange membrane. Combining these two separate elements into a single device yields a bifunctional device that performs as a bipolar separator plate. The advantages of this alternative approach to making bipolar plates are that the current collector and flow-field element can be independently optimized for performance, durability, and low cost, the flooding problem in cathode and the electronic contact resistance can be reduced. Preliminary results validate the effectiveness of this design in increasing cell performances and net power export.

**Key words** Proton exchange membrane, Solid polymer electrolyte, Fuel cell

## References

- 1 Vakizoe M, Velez O A, Srinivasan S. Analysis of proton exchange membrane fuel cell performance with alternate membrane. *Electrochimica*, 1995, 40:335
- 2 Nguyen T V. A gas distributor design for proton exchange membrane fuel cells. *J Electrochem Soc*, 1996, 143: L103
- 3 徐洪峰, 韩明, 衣宝廉等. 固体聚合物电解质燃料电池的研究. *电化学*, 1996, 2:341
- 4 韩明, 徐洪峰, 衣宝廉等. 质子交换膜燃料电池初步研究. *电源技术*, 1996, 20:238