质子交换膜氢氧燃料电池实验装置的制作

陈锦华

（江苏信息职业技术学院，江苏无锡214153）

摘要：阐述质子交换膜氢氧燃料电池结构原理，介绍其实验装置设计、制作过程和使用情况。该装置由电解水氢气氧气制取系统、质子交换膜氢氧燃料电池组和电池测量系统三部分组成，电解水氢气氧气制取系统的阴极和阳极采用布膜隔开，质子交换膜氢氧燃料电池组为氢气导流槽和氧气导流槽能最大限度贴合的三个单体燃料电池串联而成。

0引言

由于环境保护和可持续发展需要，世界各大汽车公司纷纷开发研制汽油、柴油燃料以外的新能源汽车。在新能源汽车中，质子交换膜氢氧燃料电池汽车被专家一致认为是代表未来汽车发展方向的终极选择。为方便师生学习和掌握质子交换膜氢氧燃料电池结构原理，本文设计并制作了其实验装置。

1质子交换膜氢氧燃料电池结构原理

质子交换膜氢氧燃料电池结构如图1所示，主要包括质子交换膜、扩散材料、导流板等零件，在扩散材料和质子交换膜之间涂有金属铂催化剂。有一定压力的H_2和O_2
在质子交换
膜的两侧分别经过导流
板进入扩散材料侧面，由于扩散材料是由碳制
成，内部有间隙，这样H_2和O_2
就能通过它进入到催化剂层。在铂催化剂作用下，H_2失去电子成为H^+
，电子由外线路流出经过负载到达另一侧扩散材料上，H^+
通过质子交换膜也到达另一侧扩散材料上，电子、O_2
和通过扩散材料的H+发生反应，结合生成H_2O[4]，并且在反应中产生电能。其化学反应方程式如下：

$2H_2+O_2=2H_2O$

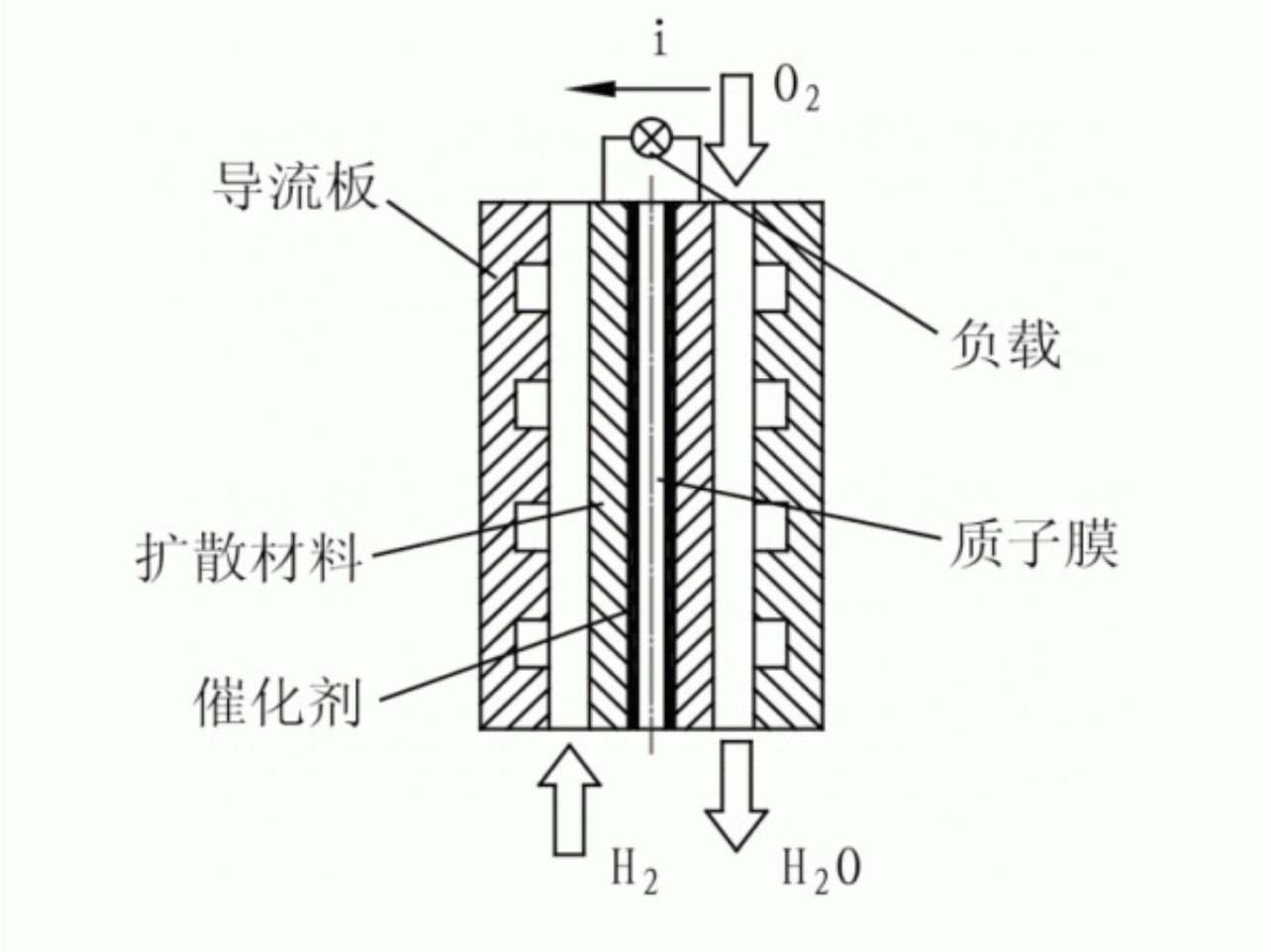


图1　质子交换膜氢氧燃料电池结构原理示意图

氢氧燃料电池工作时所发生的化学反应是电解水的逆反应，是将化学能转变为电能。

2质子交换膜氢氧燃料电池实验装置的设计

2.1质子交换膜氢氧燃料电池的设计

2.1.1导流板结构设计

导流板不仅起着传送氢气或氧气等气体的作用，同时又起着传送电极电流作用，本设计采用蛇型结构，如图2所示。为保证氢气和氧气在导流板相贴合后能沿最短距离结合反应，两导流板上的气体导流槽必须在两导流板贴合后能大部分重合。由于氢气比空气轻，所以进气口应在下方；而氧气因为比空气重，所以进气口应在上方，这样有利于气体的自然流动。

导流板材料采用石墨，因为石墨导电性好、加工容易，同时可避免使用金属时所发生的“氢脆”现象。

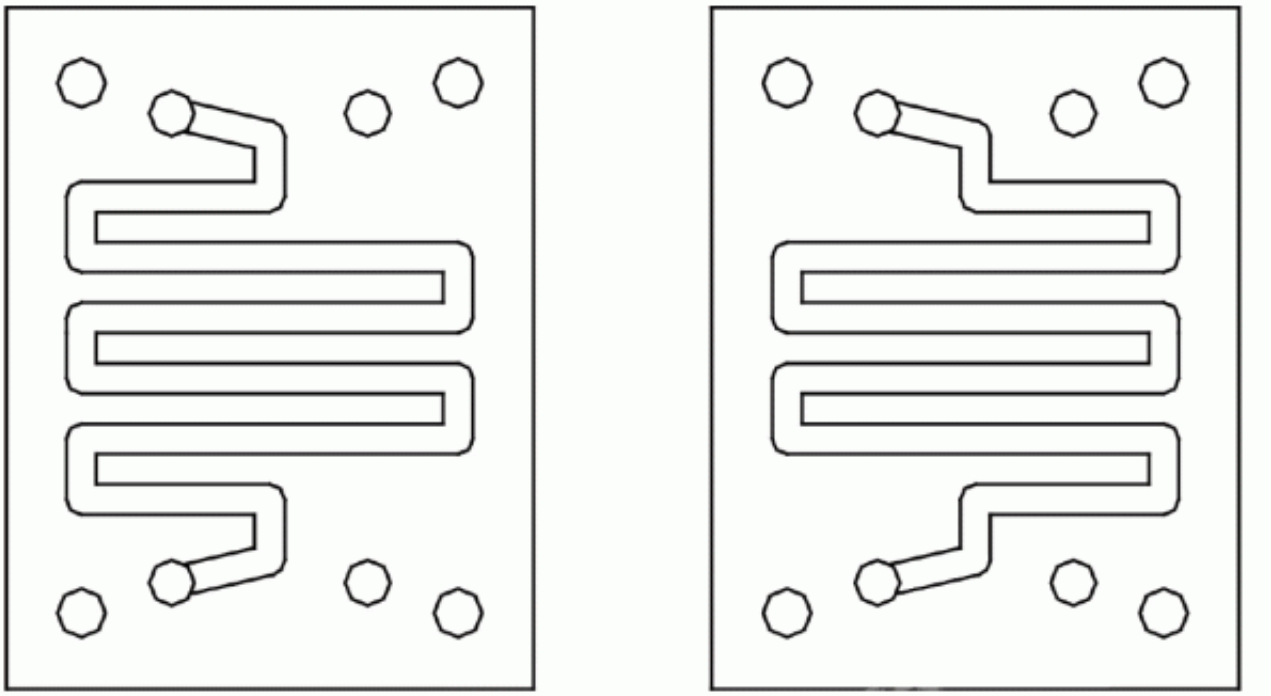


图2　导流板结构示意图

2.1.2“三合一”膜电极结构设计

要使氢氧燃料电池中的氢气和氧气发生电化学反应，两电极侧的氢气或氧气、电极、电解质必须同时存在于一体。所以燃料电池的正极、负极和质子交换膜常制成一体，成为“三合一”膜电极。正极和负极是碳制成的扩散材料，厚度较薄，气体能够通过。连接扩散材料和质子交换膜的一面是混有碳铂催化剂、与膜成分相同的Nafion溶液，另一面可以是单纯的Nafion溶液。考虑到“三合一”膜电极容易制作，另外里面的各种原料价格较高，为了节约成本，“三合一”膜电极设计成如图3所示结构。

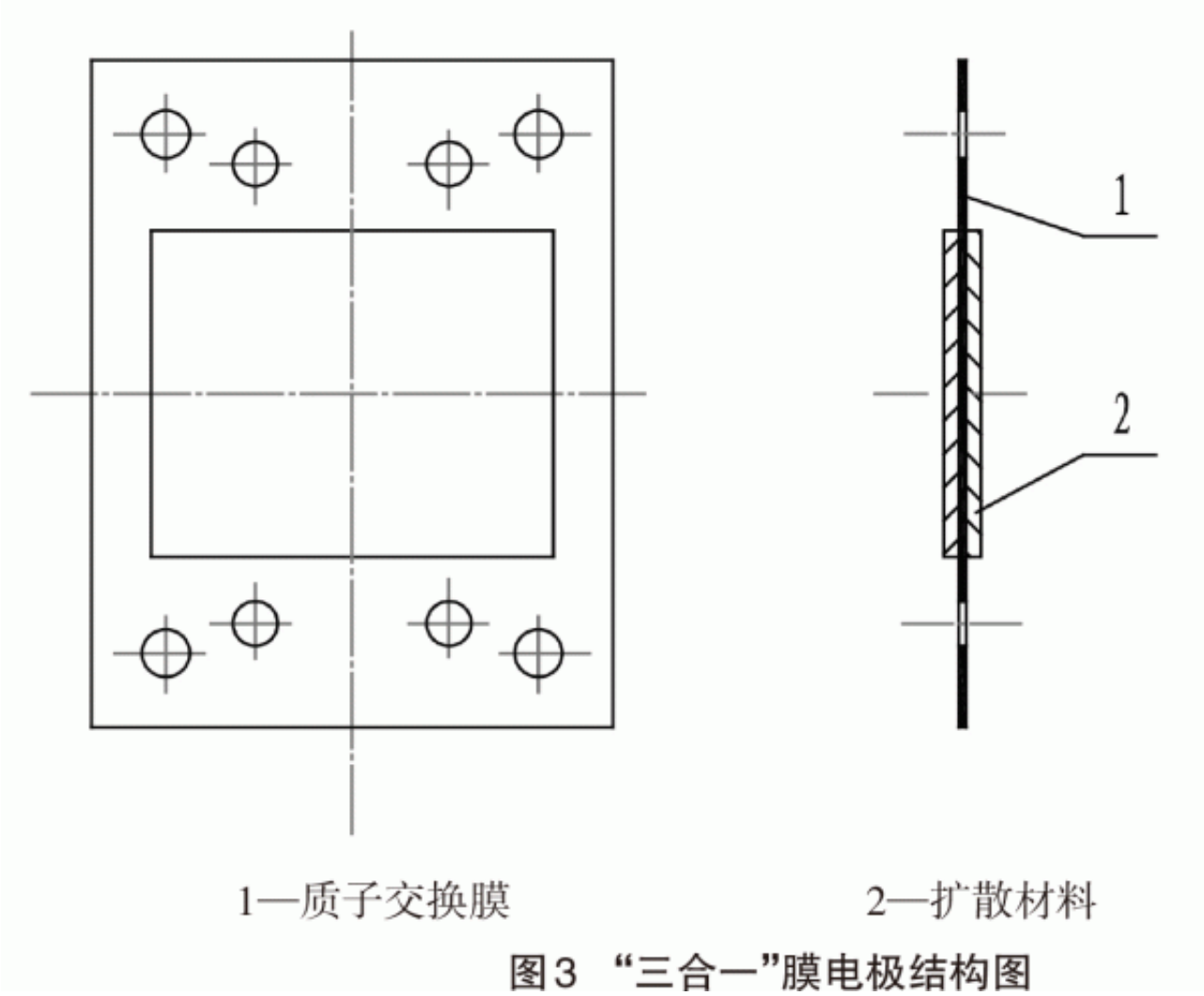


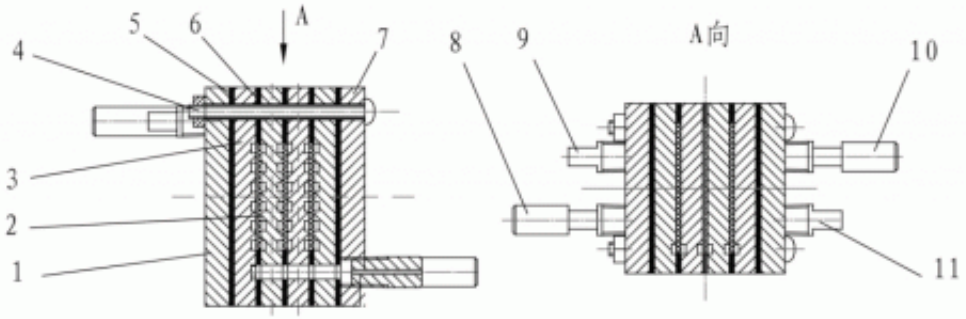
图3 “三合一”膜电极结构图

2.1.3燃料电池整体结构设计

燃料电池整体结构如图4所示，它是由三个单体电池串联而成，包括左、右压板1、7，燃料气体进、出管接头10、9、8、11，固定螺栓螺母4，密封垫片5，框形密封垫片6，导流板3，“三合一”膜电极2等零件。密封垫片由橡胶制成，起密封燃料气体的作用；导流板除了引导燃料气体流动外，还兼作电流导体。将三个单体电池串联起来，单体电池电压由其两侧导流板输出，整个电池电压由整个电池两侧的导流板输出；压板材料选用电工绝缘板，固定螺栓螺母选用塑料或尼龙材料；为防止金属“氢脆”现象，氢气进、出气管接头材料选用非金属材料尼龙。

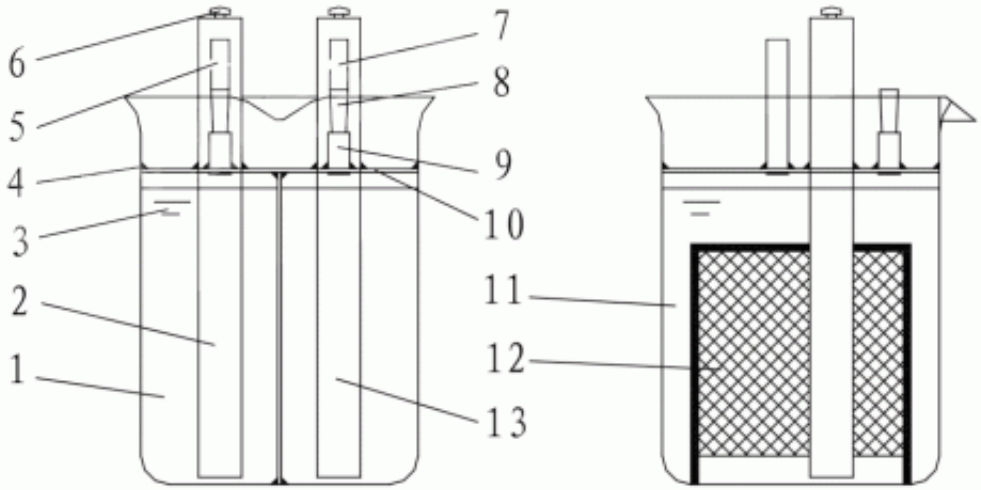
2.2电解水氢气氧气制取系统的设计

采用电解硫酸钠水溶液方法制取氢气和氧气，电极选用石墨棒材料，电源采用12V直流稳压电。氢气氧气制取系统结构如图5所示。



1—左压板；2—“三合一”膜电极；3—导流板；4—固定螺栓螺母；5—密封垫片；6—框形密封垫片；7—右压板；8—氧气进口管接头；9—氢气出口管接头；10—氢气进口接头；11—氧气出口接头

图4　燃料电池整体结构图



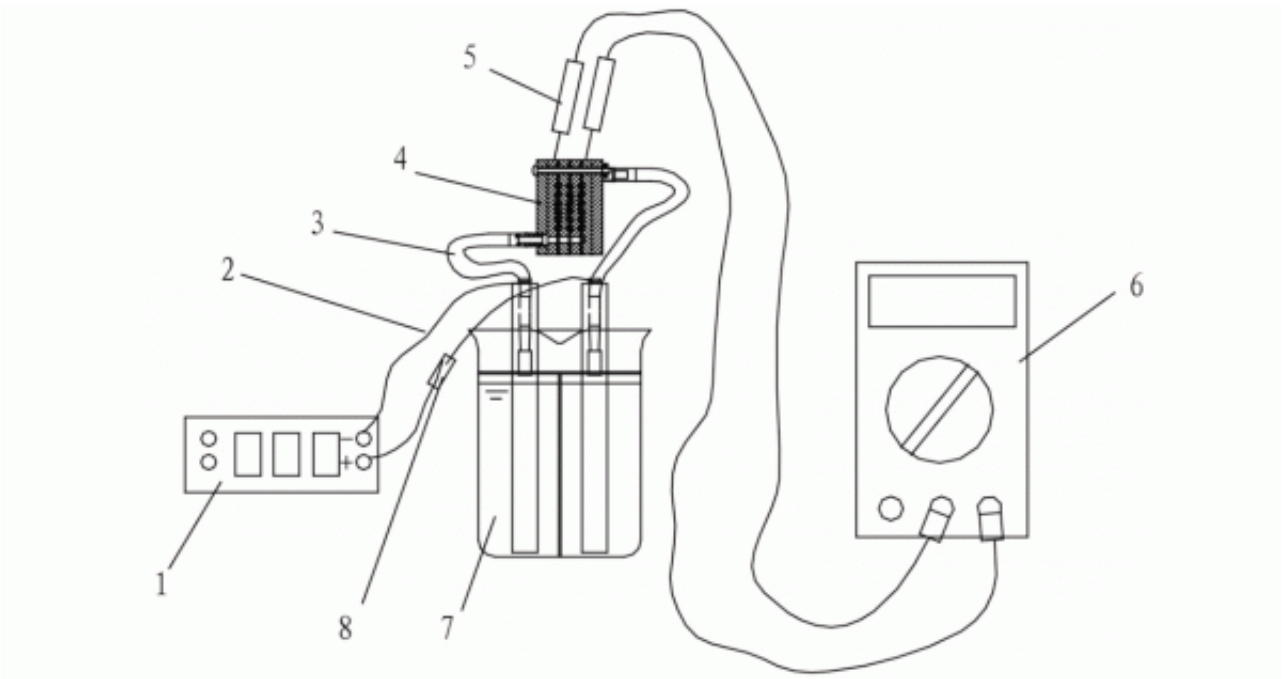
1—烧杯；2—石墨电极（阴极）；3—硫酸钠溶液；4—粘结剂；5—氢气出口管接头；6—电源接线固定螺钉；7—氧气出气管接头；8—平衡孔堵塞；9—平衡孔管接头；10—密封盖板；11—气体分隔板；12—气体分隔布膜；13—石墨电极（阳极）

图5　氢气氧气制取系统结构图

由于电解水产生氢气和氧气时，气体密度比硫酸钠溶液小，所以气体总是往上移动并升出液面，为了有效将氢气和氧气分隔开，采用图中密封盖板10、气体分隔板11及气体分隔布膜12将烧杯内腔分成两部分，分别盛放氢气和氧气。平衡孔管接头的作用是供烧杯中添加或倒出溶液时，不会有空气阻力或真空吸力影响溶液流动。

2.3实验装置的整体连接

质子交换膜氢氧燃料电池实验装置各部件的连接方法如图6所示。



1—直流稳压电源器；2—电线；3—橡胶软管；4—质子膜氢氧燃料电池；5—数字式万用表测笔；6—数字式万用表；7—氢气氧气制取系统；8—电源开关

图6 质子交换膜氢氧燃料电池实验装置连接关系示意图

燃料电池和氢气氧气制取系统采用橡胶软管连接。即用一根橡胶软管连接氢气氧气制取系统的氢气出气管接头和燃料电池氢气进气接头，再用另一根橡胶软管连接氢气氧气制取系统的氧气出气管接头和燃料电池氧气进气接头。

氢气氧气制取系统的直流电源由专门的12V电压稳压电源器提供，用电线将电源器的正、负极分别与氢气氧气制取装置的阳极、阴极相连。

燃料电池的输出电压值用数字式万用表读出。单体电池电压测量用两测量笔分别接触单体电池两侧导流板，多体燃料电池电压测量用两测量笔分别接触电池组最外侧两个导流板。

3质子交换膜氢氧燃料电池实验装置的制作

3.1质子交换膜氢氧燃料电池的制作

由于导流板的导流槽位置要求精确，适合用数控铣床编程加工。“三合一”膜电极制作较为复杂，要按照一定的程序来进行。“三合一”膜电极制作程序如下。

（1）质子交换膜的预
处理。选用Nepem-112型全氟磺酸质子交换膜。
①将膜完全浸入5%H_2O_2
溶液中，80°C处理30min，之后取出用纯水
洗净；②将膜完全浸入10%HNO_3溶液中，80°C处理1h，之后取出用纯水洗净；③将膜放在空气中晾干。

（2）裁剪碳质扩散材料。选用HCP120型碳质扩散材料。单张扩散材料较大，要根据所设计的膜电极结构裁剪得到所需尺寸和数量的碳质扩散材料。

（3）
配制催化剂
树脂溶液。催化剂选用HPT040型40%铂碳粉，树脂溶液选用Nafion5%树脂溶液，根据0.5mg/cm^2铂用量配制。

（4）压制“三合一”膜电极。膜电极的一面用扩散材料、质子交换膜通过调制好的催化剂树脂溶液粘接，另一面只用Nafion5%树脂溶液粘接，然后在压紧器上压紧3h后使两张扩散材料与膜完全贴合。

3.2电解水氢气氧气制取系统的制作

布膜采用空隙大小40S×30S、密度为138×86的丝光棉布料剪切而成。石墨电极、密封盖板、气体分隔板、气体分隔布膜、气体出气孔接头、平衡孔管接头及烧杯相互间的连接、密封及固定均采用KD-504A-Ⅱ高级万能胶粘剂胶粘。

4质子交换膜氢氧燃料电池实验装置的使用

在新能源汽车技术课程教学中，学生通过组装该实验装置，在对燃料电池各零件建立直观认识的基础上，明确各零件间的连接关系。电解电压由0V变为12V时，可测得燃料电池组输出电压由0V变为为1.03V。燃料电池两端分别通入的是电解产生的H_2和O_2，并没有电源，学生更能直观地相信H_2和O_2通过化学反应产生电这一事实。

[参考文献]

[1]冯伟.小型直接甲醇燃料电池膜电极组件的研究开发[D].西安：西安科技大学，2008：27-34.

[2]陈锦华.电极材料对电化学反应速度的影响研究[J].化工新型材料，2013，41（12）：144-146.

[3]汪嘉澍，潘国顺，郭丹，等.质子交换膜燃料电池膜电极组催化层结构[J].化学进展，2012，24（10）：1906-1914.

[4]秦序.浅析绿色化学实验室设计[J].廊坊师范学院学报（自然科学版），2009，9（4）：90-91

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/167769.html