

一文浅析氢燃料电池气体扩散层

氢燃料电池气体扩散层（GDL）是燃料电池膜电极的重要组成部分，位于流场和催化剂层之间，是支撑催化剂层和收集电流的重要结构，同时为电极反应提供气体、质子、电子和水等多个通道。

因此，开发高性能的GDL对燃料电池的耐久性和可靠性具有非常重要的意义。

氢燃料电池气体扩散层浅析

康启平

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

 燃料电池发动机工程技术研究中心



目 录

- 1 GDL功能及要求
- 2 GDL的种类及制备方法
- 3 GDL性质的表征及测试
- 4 GDL生产企业
- 5 小结

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

1.燃料电池GDL功能



GDL (Gas Diffusion Layer, 气体扩散层) 是燃料电池重要组件之一, 其主要作用在于:

- ◆ 催化剂的载体
- ◆ 支撑电极结构
- ◆ 导电作用
- ◆ 均匀扩散气体的作用
- ◆ 扩散层的疏水作用



北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

1.燃料电池GDL要求



- 均匀的多孔质结构，透气性能好。
- 电阻率低，电子传导能力强。
- 结构紧密且表面平整，减小接触电阻，提高导电性能。
- 具有一定的机械强度，适当的刚性与柔性，利于电极的制作，提供长期操作条件下电极结构的稳定性。
- 适当的亲水/憎水平衡，防止过多的水分阻塞孔隙而导致气体透过性能下降。
- 具有较好的化学稳定性和热稳定性。

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

1.燃料电池GDL要求



基于上述对气体扩散层的要求，经过多年的研究与发展，目前成熟应用于燃料电池上的气体扩散层用材料为**碳材料**。

碳材料的优点：兼顾较高的导电性和较强的抗电腐蚀性能，且成本较低，这是其他材料所不具备的优点。

碳材料的缺点：碳材料性质较脆，不利于成型加工，对其微观结构的控制也比较难。

因此，研究利用碳材料制备出性能优良的气体扩散层成了研究的重点。

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

2.GDL材料的种类及制备方法



GDL大体分为四种：碳纤维纸（碳纸）、碳纤维编织布、无纺布以及碳黑纸。由于原材料和制备工艺的不同，得到的扩散层材料的性能也不同。

不同种类GDL的性能指标

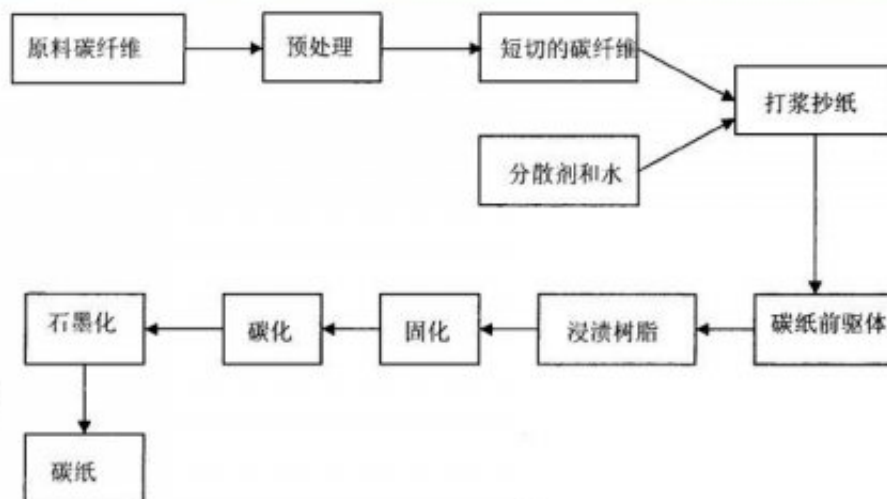
	碳纤维纸	碳纤维编织布	非织造布	碳黑纸
厚度/mm	0.2~0.3	0.1~1.0	0.1~1.0	<0.5
密度	0.4~0.45g/cm ³	—	0.35 g/cm ²	0.35 g/cm ²
强度	16~18MPa	3000	—	—
电阻率	0.02~0.10Ω·cm	—	80mΩ/cm ²	0.5Ω·cm
透气性	70%~80%	60%~90%	40%~99%	70%

数据来源：网络公开资料整理

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

2.GDL材料的种类及制备方法—碳纸



碳纸的制备流程图

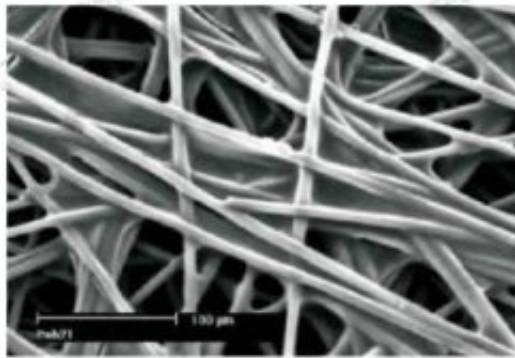
北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

2.GDL材料的种类及制备方法—碳纸



碳纸质量轻、表面平整、耐腐蚀、孔隙均匀且强度高，厚度可根据使用要求调整，适合耐久性燃料电池使用。从目前的使用状况来看，碳纸因其制造工艺成熟、性能稳定，是气体扩散层材料的首选。



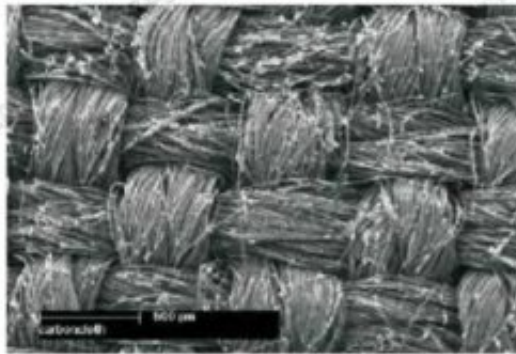
北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

 燃料电池发动机工程技术研究中心

2.GDL材料的种类及制备方法—碳纤维编织布



碳纤维编织布解决了碳纸存在的脆性较大的问题。但是碳纤维编织布在平面方向上容易伸缩，产生较大的变形，给电极的制备带来困难。碳纤维编织物表面平整度较差，催化剂附着得不均匀，给燃料电池的稳定性带来影响。



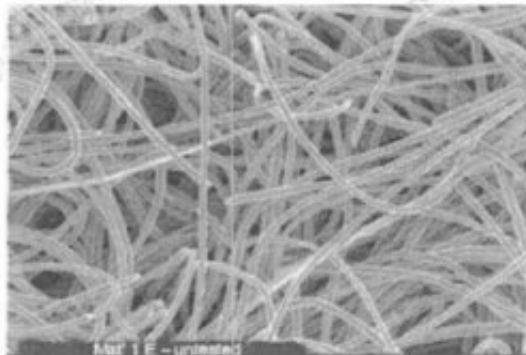
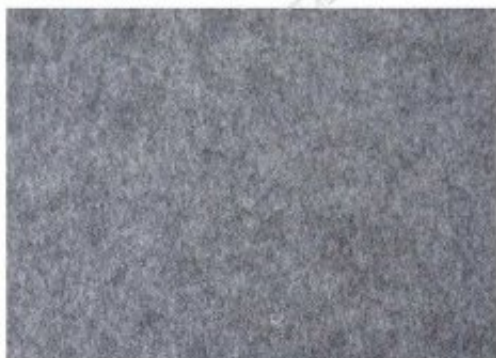
北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

 燃料电池发动机工程技术研究中心

2.GDL材料的种类及制备方法—无纺布



无纺布的特点是没有经线和纬线,而且质量轻,有利于定型,弥补了碳纤维纸的脆性大和碳纤维编织布的易变形性,孔隙率可根据需要从原料阶段进行控制。但其工艺也较为复杂,强度和耐久性较差,容易从直角方向上开裂,很难达到燃料电池对耐久性的要求



北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

2.GDL材料的种类及制备方法—碳黑纸



碳黑纸是将碳粉和黏结剂分散均匀后通过热压成型工艺制成的平整的扩散层材料。炭粉一般是活性炭、炭黑、乙炔黑、石墨粉,或者是它们的混合物。黏结剂为聚偏-二氟乙烯或聚四氟乙烯等。由于碳黑纸属于脆性材料,难以成为理想的GDL材料。



碳黑纸的制备流程图

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

3.GDL性质的表征与测试



在GDL中主要进行着反应气体的传递、反应产物的转移以及电子的传输。因此，考察GDL的性质即主要考察这三方面的传递能力。目前建立了一些物理手段来表征GDL的性质，主要包括GDL的流体传输特性、导电性、孔结构以及亲/疏水特性等。

流体传输特性

GDL中的流体主要是反应气体、水蒸汽和液态水。气体在扩散层中的主要传递方式为扩散，还包括部分的对流传质。采用液体渗透率可以用来表征液体的流动阻力，将一定的液体放在多孔的GDL表面，施加一定压力使液体流过GDL，关联流率与压力降之间的关系就可以表征液体在GDL的传递能力。

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

3.GDL性质的表征与测试



孔结构

孔隙率、孔分布和孔体积是衡量扩散层孔结构的重要参数。常用的孔结构测量仪器有压汞仪和毛细管流动孔隙仪。前者以汞作润湿液，应用一定的压力将汞压入待测样品的孔中。后者采用低表面能的硅树脂为介质，在毛细力的作用下润湿待测样品后再加压迫使其流出孔道。但是两种方法都不能反映电池运行时扩散层内的真实物质传输通道，因为气体扩散层材料里的非连通孔是对物质传输没有意义的，而在采用压汞法或毛细管流动孔隙仪测量时断孔、死孔都是包含在内的。

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

3.GDL性质的表征与测试



亲/疏水性质

GDL的液体润湿性即其亲/疏水性质也是影响燃料电池性能的重要因素之一。适宜的亲/疏水孔比例有利于改善传质、提高极限电流密度。表征GDL的亲/疏水性质有两种方法：一是浸渍法，直接表征其亲水孔和疏水孔孔体积；二是测量接触角法，间接表征亲/疏水性质。

浸渍法采用总孔体积减去亲水孔孔体积即为憎水孔孔体积，这种方法的测量精度低，实验误差较大。接触角的大小只反应了气体扩散层的表面性质，由于扩散层表面的憎水性都比较强，但其内部憎水剂的分布又不一定很均匀，所以通过测量接触角来判断扩散层的亲/疏水性质是不准确的。

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

3.GDL性质的表征与测试



导电性

扩散层的导电性，根据测量方向的不同，一般有两种测量方式。对through-plane 方向即GDL的厚度方向，一般采用加压测量接触电阻的方法，而对于in-plane 方向的电阻多采用四点探针法。一般through-plane 方向的电阻要比in-plane 方向的电阻大一个数量级，这是由于在碳纸制备过程中纤维的排列方向造成的碳纸的各向异性。

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

4.GDL生产企业



美国能源部（DOE）数据显示，GDL规模化生产将会带来大幅的成本削减。每生产10万套质子交换膜燃料电池系统成本50美元/kW，其中GDL占比9%；每生产50万套质子交换膜燃料电池系统成本45美元/kW，其中GDL占比6%。

GDL的核心工艺在于碳纸的选材及技术，相应碳纸应满足材料多孔可控、导热及导电性优良、具备一定的机械强度、憎水性强以及高度防腐蚀。目前燃料电池生产商多采用日本Toray、加拿大Ballard、德国SGL等厂商的碳纸产品，其中Toray占据较大的市场份额。

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

4.GDL生产企业—日本Toray



目前，Toray公司是全球生产和营销碳纤维的领导者，其生产的碳纸具有高导电性、高强度、高气体透过率、表面平滑等多种优点。

Toray碳纸产品性能

		TGP-H-060	TGP-H-090	TGP-H-120
厚度 mm		0.19	0.28	0.36
密度 g/cm ³		0.44	0.45	0.45
电阻率 mΩ·cm	纵向	/	80	/
	横向	5.8	5.6	4.7
孔隙率		78%		
气体透过率 ml·mm/(cm ² ·hr·mmAq)		1900	1700	1500
拉伸强度 N/cm ²		50	70	90
弯曲强度 MPa		/	39	/

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

4.GDL生产企业—加拿大Ballard



Ballard公司开发出了一种用于燃料电池气扩散的碳纸。碳纸由以碳素纤维为主要成分的聚丙烯腈（PAN）制成，根据强度不同，厚度可在108-172 μm ，碳元素含量大于99%，已投入批量生产。

Ballard碳纸产品性能

	Ballard AvCarb P50T	Ballard AvCarb P75T
厚度 mm	0.175	0.240
单位重量 g/cm^2	60	84
断裂强度 N/m	2200	2500
PTFE 含量 %	14-16	14-16
压缩率 %	10	9
平面电导 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$	11	12

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

5.小结



根据《中国制造2025》提出，到2025年要实现燃料电池高品质关键材料、零部件国产化和批量供应。气体扩散层作为膜电极关键组成材料之一，其国产化突破与量产，对中国燃料电池成本降低与推广应用具有重要价值。

目前我国仅有台湾碳能可以提供车用燃料电池GDL产品，中南大学、武汉理工大学、上海河森及安泰环境等研究机构和企业正在进行气体扩散层的研发。

北京市氢燃料电池发动机工程技术研究中心

燃料电池发动机工程技术研究中心

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/153704.html>