

# Preparation and Capacitive Behavior of Carbon Material in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solution

Liang-bo Peng<sup>1,2</sup>, Shao-qing Tang<sup>1,2</sup>, Hong-yu Chen<sup>1,2,3</sup>, Dong Shu<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemistry and Environment, South China Normal University, Guangzhou 150040, P. R. China;

<sup>2</sup>Base of Production, Education & Research on Energy Storage and Power Battery of Guangdong Higher Education Institutes, Guangzhou 510006, P. R. China;

<sup>3</sup>Engineering Research Center of Materials and Technology for Electrochemical Energy Storage of Ministry of Education, Guangzhou 510006, P. R. China

Email: dshu@scnu.edu.cn

**Abstract:** The commercial carbon black was modified for its capacitive behavior in sulfuric acid electrolyte and special application in ultrabattery. The capacitive behavior of the product was studied by cyclic voltammogram (CV) in 4.88mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution. The modified carbon material shows the high specific capacitance of 87 F/g at the scan rate of 20 mV/s and 35 F/g at 500 mV/s while the original carbon black only has a specific capacitance of 25 F/g at 20 mV/s in the same electrolyte.

**Keywords:** Ultrabattery; activated carbon; supercapacitor; lead-acid battery

## 硫酸电解液中超级电容器碳材料的制备及性能

彭亮波<sup>1,2</sup>, 唐少青<sup>1,2</sup>, 陈红雨<sup>1,2,3</sup>, 舒东<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>华南师范大学化学与环境学院, 广东 广州 510006;

<sup>2</sup>广东高校储能与动力电池产学研结合示范基地, 广东 广州 510006;

<sup>3</sup>电化学储能材料与技术教育部工程研究中心, 广东 广州 510006

Email: dshu@scnu.edu.cn

**摘要:** 我们对一商业炭黑改性制备出了在较浓硫酸中具备高比电容的活性炭, 改性后该碳材料在 4.88mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液中采用循环伏安法20mV/s扫速下比电容可以达到87F/g, 在500mV/s扫速下, 比电容还能达到35F/g, 而改性前采用循环伏安法20mV/s扫速下比电容仅为25 F/g。

**关键词:** 超级电容蓄电池; 活性炭; 超级电容器; 铅酸电池

### 1 前言

超级电容器亦称电化学电容器, 是20世纪70、80年代发展起来的一种新型储能装置。由于超级电容器有着比普通电池更高的能量密度、优异的瞬时充放电性能、循环寿命长等优点, 可以作为无污染的后备电源用于多种电器设备, 同时它可与电池共同组成复合电源为电动汽车提供动力, 近年来受到广泛关注并得到快速发展。

铅酸蓄电池经历150年而不衰, 由于其技术成熟、价格低廉、安全性高、可再生循环等优点, 在镉-镍电池、氢-镍电池、锂离子电池等新型电池相继上市的几十年中, 仍能牢固地占据半数以上的市场份额。铅酸蓄电池能量密度较高, 但功率密度较低, 且循环寿命

较短; 超级电容器功率密度较高, 而能量密度较低, 循环寿命长。将铅酸蓄电池和超级电容器集成可以避免各自的缺点, 实现电池的大电流充放电, 并且在铅酸蓄电池中加入碳材料超级电容器能延缓铅酸蓄电池的硫酸盐化, 延长电池使用寿命, 这样的集成电源称为超级电容蓄电池 (Ultrabattery) [1, 2]。

活性炭是一种重要的工业原料, 因其来源丰富、成本低廉、具有发达的孔隙结构、较大的比表面积和表面具有丰富的官能团、结构稳定等优点成为超级电容器的首选电极材料, 得到广泛的应用。

超级电容蓄电池之所以能够实现大电流充放电是因为其内集成的超级电容器具备很高的功率密度, 这就要求制作超级电容器的材料在铅酸蓄电池环境下 (浓度区间4-6mol/L硫酸) 具有高比电容, 而且在这

较高浓度硫酸中保持稳定。在强碱性、中性或者弱酸性电解液中一般具有高比表面的活性炭都具有很高的比电容,但在较浓硫酸中,只有高比表面积、表面具有丰富官能团的活性炭才会表现出高比电容。所以通过对普通炭经传统的强碱活化以提高其比表面制得的活性炭应用于超级电容蓄电池中还有待改进。本实验采用一商业炭黑为原料,通过强碱处理得到在硫酸电解液中具有较好电化学性能活性炭。

## 2 实验

将一定量商业炭与颗粒状KOH混合均匀, 800°C下氮气保护煅烧1h, 洗涤干燥后制得活性炭。商业炭与颗粒状KOH的质量比分别为1: 2、1: 4、1: 6, 制得的活性炭分别记为C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>, 未处理商业炭记为C<sub>0</sub>。以4.88mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>为电解质, 以铂电极为对电极, 以硫酸亚汞电极为参比电极进行电化学测试, 采用扫描电镜对制备活性炭表面进行观察。

## 3 结果与讨论

图1为C<sub>3</sub>的扫描电镜图,从图中可以看出在活性炭表面形成了絮状炭,使活性炭比表面积增大。图2为C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>分别在不同扫速下比电容曲线。从曲线可以看出C<sub>3</sub>的电化学性能最佳,20mV/s扫速下比电容可以达到87F/g,在500mV/s扫速下,比电容也能达到35F/g,而未处理商业炭黑20mV/s扫速下比电容仅为25F/g,改性后活性炭比电容提高显著。

图3为测得不同扫速下C<sub>3</sub>活性炭材料循环伏安曲线,图4为C<sub>3</sub>循环伏安20mV/s扫速下的循环性能曲线,循环3500次,容量保持93%。

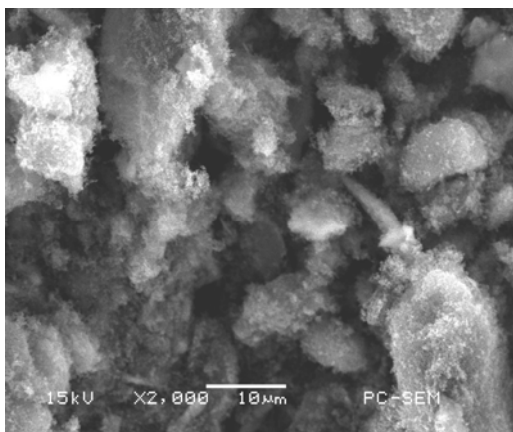


Fig.1 SEM images of C<sub>3</sub>  
图1 C<sub>3</sub>扫描电镜图

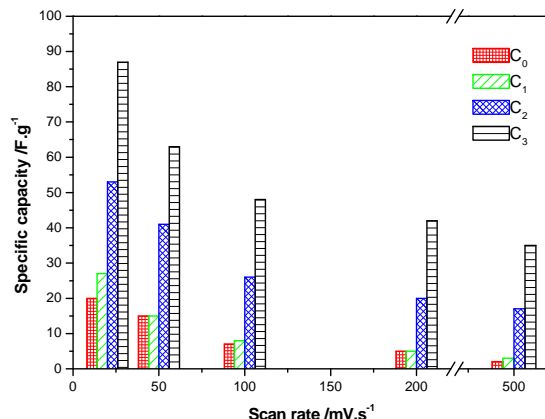


Fig.2 Specific capacitance vs. scan rate of activated carbons  
图2 四种活性炭不同扫速下的比电容图

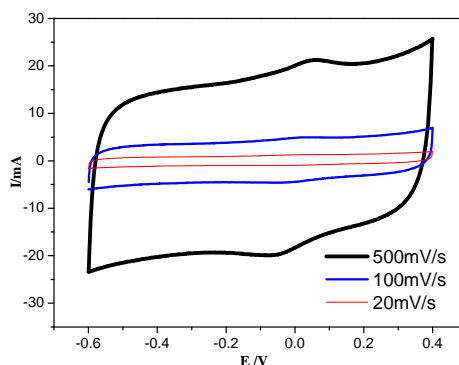


Fig.3 Cyclic voltammogram of C<sub>3</sub> in 4.88M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
图3 C<sub>3</sub>在4.88M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>中的循环伏安曲线

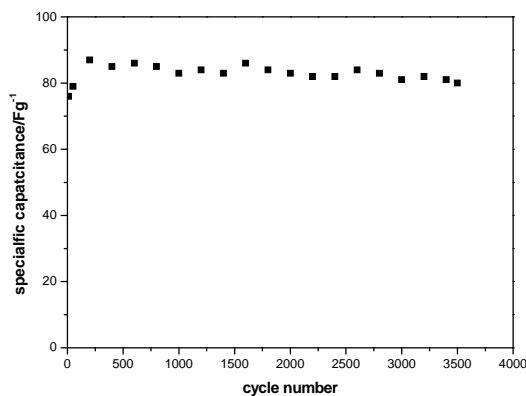


Fig.4 Variation of the specific capacitance values on the number of cycles at a scan rate 20mV/s of CV of C<sub>3</sub>  
图4 C<sub>3</sub>在循环伏安20mV/s扫速下的循环衰减图

## 4 结论

实验数据表明我们制备的碳材料在较高浓度硫酸环境下仍能保持高比电容,20mV/s扫速下比电容可以达到87F/g,在500mV/s扫速下,比电容也能达到35F/g,这种碳材料适用于超级电容蓄电池。

## References (参考文献)

- [1] A.Coopera, J. Furakawa, L. Lam, M. Kellaway. The UltraBattery-A new battery design for a new beginning in hybrid electric vehicle energy storage. *Journal of Power Sources* 188 (2009) 642–649.
- [2] L.T. Lam, R. Louey. Development of ultra-battery for hybrid-electric vehicle applications. *Journal of Power Sources* 158 (2006) 1140–1148.