

中南林业科技大学
大学生研究性学习和创新性实验计划
项目结题报告

项目名称 木质纳米纤维基绿色柔性储能器件制备及性能研究

项目主持人 张瑾 邢亮 秦子艳 李有为 贺望

所在学校及院系 材料科学与工程学院

项目级别 国家级 省级 校级

立项年份 2015年

指导教师 卿彦 吴义强

联系电话 15773158982

填表日期 2016年11月28日

中南林业科技大学
教务处制

一、基本情况

项目名称		木质纳米纤维基绿色柔性储能器件制备及性能研究				
立项时间		2015 年		完成时间	2016 年	
项目主要研究 人员	序号	姓名	学号	专业班级	所在院(系)	项目中的分工
	1	张瑾	20130852	木材科学与工程	材料科学与工程学院	负责人
	2	邢亮	20120861	木材科学与工程	材料科学与工程学院	实验操作
	3	秦子艳	20120890	木材科学与工程	材料科学与工程学院	实验记录
	4	李有为	20130555	材料化学	材料科学与工程学院	资料整理
	5	贺望	20130523	材料化学	材料科学与工程学院	文献查阅

二、研究成果简介

项目成果类型	<input checked="" type="checkbox"/> 产品 <input type="checkbox"/> 系统软件 <input checked="" type="checkbox"/> 论文 <input checked="" type="checkbox"/> 专利 <input type="checkbox"/> 其它 (注: 请在相应成果复选框内打“√”, 其它请具体说明)
项目成果名称	木质纳米纤维基绿色柔性储能器件制备及性能研究
<p>项目研究的目的、意义; 研究成果的主要内容、重要观点或对策建议; 成果的创新特色、实践意义和社会影响; 研究成果和研究方法的特色。限定在 2000 字以内。</p> <p>能源与环境是当今世界经济稳定发展的物质基础, 而它们之间存在的相互矛盾也是当今世界面临的主要难题之一。随着化石能源等非可再生资源的不断消耗和环境的日益恶化, 能源危机、温室效应和环境污染逐渐威胁着人类社会的可持续发展, 促使我们改变传统以化学燃料为主的能源结构, 寻求一种新型的可再生清洁能源。太阳能、风能、核能、海洋能、核能、生物质能和地热能等都是当今可开发利用的清洁能源, 它们在我们日常生活的各个领域都发挥着重大作用。然而为了进一步提高能源的利用效率, 就必须更好地实现能源的储存与转化, 绿色电源是一种新型可再生能源, 它能</p>	

很好地实现能源的存储、转化与利用。因此，开发性能优良、绿色环保和资源节约的储能材料及储能器件具有重要的应用价值。

绿色高效储能材料作为战略性新兴产业，已被列入我国国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006年-2020年）。目前储能产业领域中最重要两种新型储能器件——锂离子电池和超级电容器，主要由电极活性材料、电解质、隔膜、端板、引线和封装材料组成，其中电极活性材料和隔膜是锂离子电池和超级电容器的核心关键材料。现有电极活性材料如磷酸铁锂、锰酸锂、钴酸锂、碳材料等，存在离子与电子传递速率慢、能量转换效率低等问题，难以满足储能器件快速发展的要求。在锂电池的结构中，隔膜是关键的内层组件之一，隔膜的性能决定了锂离子电池和超级电容器的界面结构和内阻等，直接影响它们的容量、循环寿命以及安全性能等特性。目前国内常用的隔膜主要依赖进口，不仅价格昂贵且存在与溶剂相容性不好、耐高温性差、力学性能有待于提高等问题。

纤维素是自然界取之不尽，用之不竭的可再生资源，其年产量估计超过 7.5×10^{10} 吨。纤维素广泛分布于高等植物中，还存在于一些海洋动物中（如被囊类），此外在藻类、真菌、细菌、无脊椎动物、甚至变形虫（一种原生动物）中也有少量的存在。一般情况下，纤维素是纤维状的，不溶于水的物质，对维持植物细胞壁的结构起着重要的作用，具有可降解、生物相容、环境友好的特点，广泛用于制浆造纸、人造板等传统林产工业和作为木材加工业基础原材料，但是其加工技术有待提升，存在能耗大、污染重、产品附加值低等问题。

由于纳米技术科学的迅速发展，生物质纳米纤维应运而生，它主要依靠高速高压机械剪切或化学氧化等方法将天然的植物纤维拆解、分离成直径在纳米级（小于

100nm) 的微细纤维。这种新型纳米纤维资源丰富、天然再生, 拥有精细的纳米结构、丰富的表面基团、优异的力学性能、良好的生物相容与降解特性。据报道, 它的弹性模量与拉伸强度分别高达150GPa与3GPa, 能与碳纤维、玻璃纤维相媲美, 近10年来吸引了众多科研工作者及企业家的目光, 成为生物质纳米材料研究领域的一个新兴热点方向, 在制浆造纸、包装工程、材料复合、生物载体、吸附过滤等领域取得了丰富的成果。另外, 在储能材料及储能器件中应用方面, 木质纳米纤维也具有极其可观的应用前景, 它可与电极活性材料导电材料如碳纳米管、石墨烯、活性炭等复合, 具有良好的导电性, 在绿色储能材料及器件的应用中具有得天独厚的优势和潜力。我们课题组在利用木质纤维素膜研制柔性锂离子电池方面做了一些前瞻性的工作(见图1), 发现其一定程度上增加了活性成分的填充量, 改善了其电子与离子的传递动力学。然而, 由于没有形成发达的立体多维网络结构, 活性物质需在加压条件下渗入纳米纤维膜内部, 分散不均匀、且与纳米纤维界面的结合较弱。这些工作将为我们深度利用木质纳米纤维, 拓展其在绿色高效储能材料及器件中应用提供理论基础和技术支撑。



图1 基于木质纳米纤维的柔性锂离子电池

近年来, 尽管木质纤维储能材料得到一定的发展, 但是木质纳米纤维作为绿色高效储能材料还面临以下2个急需解决的问题: (1) 现有技术获得的纳米纤维存在多尺度共存等弊端, 严重影响其自组装薄膜的性能, 如何实现木质纳米纤维的尺寸可控分

离，已经成为木质纳米纤维自组装方法和理论发展的关键因素。(2) 现有的组装方法得到的木质纳米纤维膜的网络孔道结构无序、界面和耐穿刺性能差，难以满足新型储能器件的要求，急需发展新的自组装来构筑力学性能优异、离子与电子传递速度快的多维网络膜，实现木质纳米纤维微观性能与宏观性能的一致性。

非对称流场流作为全新的场流技术 (Asymmetric Flow Field Flow Fractionation AF4)，不仅能分离分子量范围为 10^{14} 道尔顿的聚合物大分子和尺寸从纳米到微米 (大约 $100\mu\text{m}$) 的生物颗粒，而且还能可以与静态多角度光散射仪 (Multi-Angle Light Scattering Detection -MALS)、凝胶液相色谱等联机使用，实现聚合物、生物高分子以及纳米粒子样品的分离与表征，可准确表征分散在液相中纳米晶体的尺寸、分子量、及构型等参数。非对称流场流-静态多角度光散射(AF4-MALS)联合技术对于实现纳米纤维的可控分离、构建性能优异的木质纳米纤维素薄膜具有重要意义。

基于此，本申请团队在前期探索性实验基础之上，拟通过非对称流场流-静态多角度光散射(AF4-MALS)联合技术对多尺寸共存的纳米纤维素悬浮液混合物进行分离，得到尺寸均一的木质纳米纤维并构筑多维网络膜结构柔性储能材料，借助扫描电镜 (SEM)、透射电镜 (TEM) 等现代研究设备研究不同形态、组装方式对自组装薄膜微观结构、物理性能、柔性储能器件的制备及其电化学性能的影响。

三、项目研究总结报告

预期的研究成果：

利用非对称流场流-静态多角度光散射仪联合分离技术（AF4-MALS）制备出得到尺寸均一的纳米纤维；通过自组装方法得到力学性能优异、具有特殊多维网络结构的纳米纤维薄膜；研究纳米纤维网络膜柔性储能材料的结构、界面等与电化学性能的影响；以木质纳米纤维薄膜制备性能优异的绿色柔性储能器件；通过研究，在国内核心及其以上期刊发表论文 1-2 篇；申请国家发明专利 1-2 件。

预定计划执行情况：

2015 年 5 月—2015 年 8 月， 查阅纳米纤维素相关文献，制定具体实验方案；

2015 年 9 月—2015 年 11 月，完善实验方案，制备尺寸均一的木质纳米纤维；

2015 年 12 月—2016 年 4 月，制备特殊多维网络结构的纳米纤维薄膜，并比较其与 PP/PE 复合隔膜的性能差异；

2016 年 5 月—2016 年 9 月， 研究纤维素形态差异对于纳米纤维素薄膜性能的影响；

2016 年 10 月—2016 年 12 月，一维柔性储能器件的制备以及其电化学性能和研究；整理实验数据，撰写结题报告。

本项目研究和实践情况：

在指导老师的引导下，本项目学生已基本掌握了木质纳米纤维素的制备方法，并通过控制酸水解过程中硫酸浓度、反应温度和水解时间，成功制备了多种不同的纤维素纳米纤维。在实验进行过程中，项目成员对预处理手段对纤维素的形态影响产生的很大的兴趣。我们分别采用纤维素酶、纤维素酶与微射流纳米均质机联合预处理和四甲基哌啶氧化物（TEMPO）氧化处理得到的纤维素纤维，通过透射电镜对其观察，发

现在纤维形态上也有很大的差异，如图 2 所示，经三种预处理的纤维素在溶液中都以纤丝的形状存在，纤维之间相互交错缠绕，形成一种网络结构。其中经纤维素酶预处理的纤维素纤维长度最长，能达到几百纳米甚至微米，而经 TEMPO 氧化处理的纤维长度和直径最小，最小直径甚至能达到几纳米。

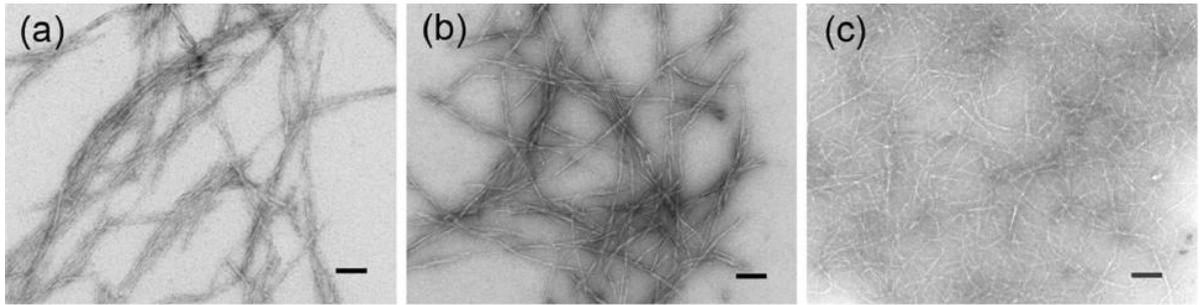


图 2 (a)纤维素酶预处理 (b)纤维素酶与微射流纳米均质机联合预处理 (c)TEMPO 预处理，图中标尺 100nm

此外，本项目成员通过不同的硫酸预处理工艺（如表一所示），获得具有不同形貌及尺寸的纳米纤维素，CNF 悬浮液的分散效果如图 3 所示。

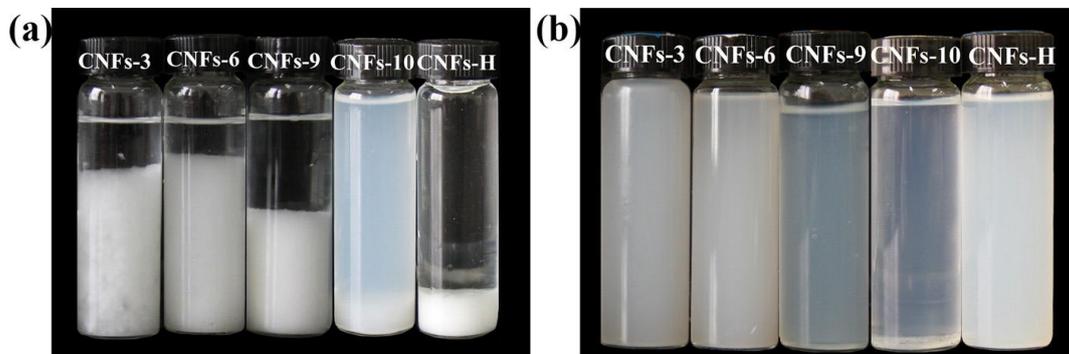


图 3 CNF 悬浮液分散效果图

图 4 为 CNFs 的代表性 TEM 图。由图可知，经 37wt%HCl 水解联合高压均质处理后 a，纤维素被分离成细长的纤丝，纤丝的长度较长，长径比较大。b、c、d 分别为 50wt%，55wt% 和 64wt% H_2SO_4 水解预处理，当硫酸浓度较低时，纤维较粗较长如 (b) 所示，随着硫酸浓度增大，非结晶区被酸水解，纤维素被分离成较小的尺寸。经高压均质处理后，形成结晶状的纤维素纳米纤丝，如 c、d 所示。

表 1 硫酸预处理工艺 (固液比 1:20)

试样	H ₂ SO ₄ 质量分数	水解时间	温度
CNFs-1	45%	10 min	45°C
CNFs-2	45%	20 min	45°C
CNFs-3	45%	30 min	45°C
CNFs-4	50%	10 min	45°C
CNFs-5	50%	20 min	45°C
CNFs-6	50%	30 min	45°C
CNFs-7	55%	10 min	45°C
CNFs-8	55%	20 min	45°C
CNFs-9	55%	30 min	45°C
CNFs-10	64%	30 min	45°C
CNFs-11	盐酸 37%	30 min	45°C

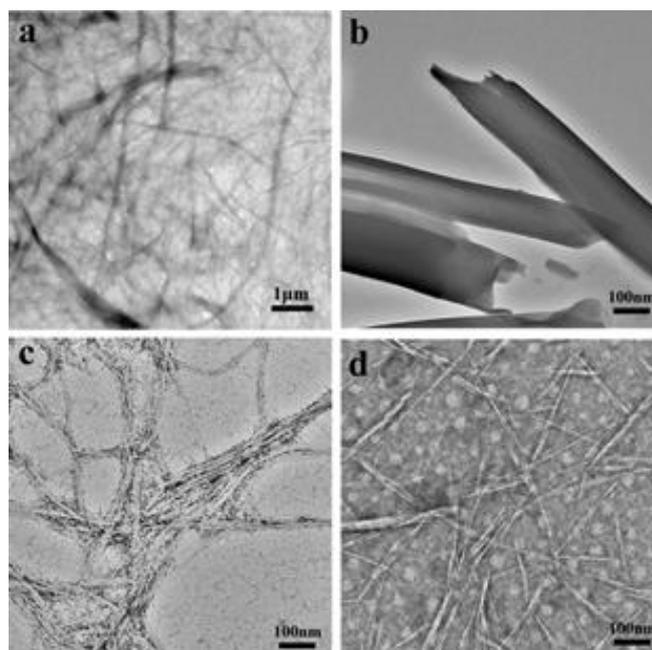


图 4 纤维素纳米纤丝的透射电子显微镜图；a: 是经 37% 的 HCl 水解 30min；b、c、d 分别为经 50wt%，55wt% 和 64wt% H₂SO₄ 水解 30min

另外，本项目学生基本掌握了纳米纤维素自组装薄膜的制备方法，以上述三种预处理方法制备的木质纳米纤维为原料，通过真空渗透法制备了不同性能的纳米纤维素薄膜，如图 5 所示。

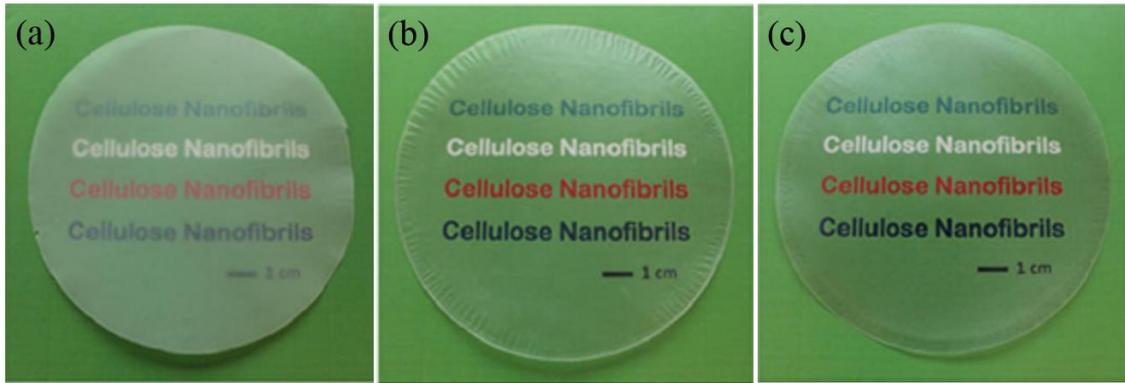


图 5 (a)纤维素酶预处理 (b)纤维素酶与微射流纳米均质机联合预处理 (c)TEMPO 预处理得到的木质纳米纤维

在对纳米纤维素的制备和性能有了一定的基础和认识后，项目团队开始考虑利用纤维素纳米纤维的优良的机械性能和其独特的多维网络结构，通过自组装、真空抽滤和化学原位聚合法将其与碳纳米管和导电聚合物等电极材料复合，尝试制备 CNF/CNT/导电聚合物复合气凝胶电极材料，具体步骤如下：

(1) 通过硫酸（48%）水解预处理联合高压均质法制备大长径比，且表面具有大量负电荷的纤维素纳米纤丝（CNFs），SEM 微观结构如图 6（a）所示。

(2) 取一定量的碳纳米管（CNT）粉末，SEM 微观结构如图 6（b）所示，经过稀盐酸活化处理后，将之与质量分数为 0.5% 的 CNF 悬浮液混合，并通过超声波处理 30 min，使其混合均匀。

(3) 取适量的苯胺单体液体与摩尔浓度为 0.1mol/LHCl 溶液混合，并缓慢加入至步骤（2）CNF/CNT 混合溶液中，搅拌 20 min。

(4) 以少量过硫酸铵为催化剂，将其溶解在 0.1mol/L 的 HCl 溶液中，在外界温度为 0℃的条件下逐滴滴入步骤（3）混合液体中，滴加过程在 3 min 中内完成。

(5) 用超纯水和无水乙醇清洗掉反应溶液中残留的苯胺单体、过硫酸铵，并将混合液体的 PH 调制中性，置于冷冻干燥机中冷冻 24h，干燥 36 h，即得的 CNF/CNT/PANI

复合气凝胶，其微观结构如图 6 (d) 所示。

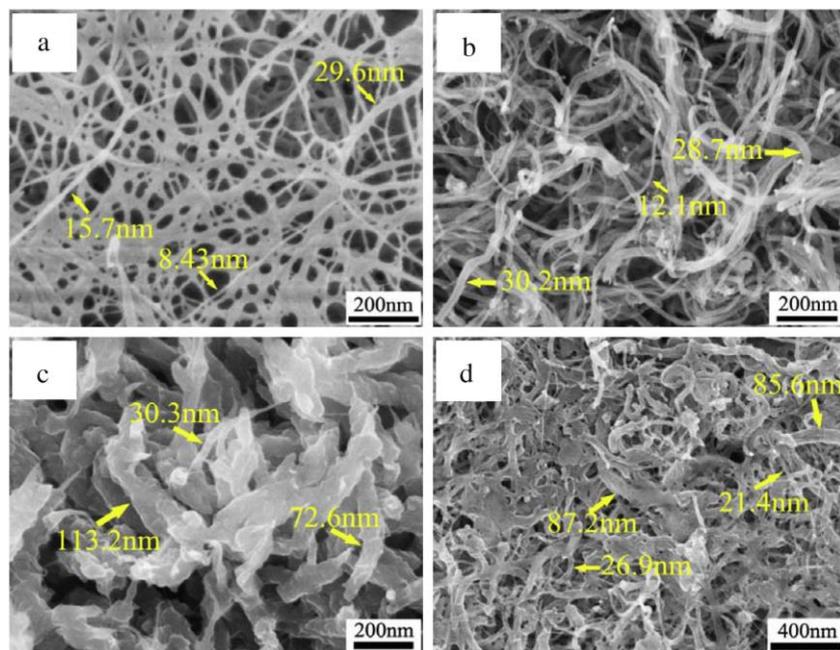


图 6. SEM 图 a. 自组装 CNF; b. CNT powder; c. PANI; d. CNFs/MWCNTs/PANI 复合电极材料

经过前期探索，发现只有聚苯胺与纳米纤维素杂化形成气凝胶时，由于聚苯胺的导电性能一般，基本无法测出其电化学性能。而碳纳米管具有优良的导电性能，通过将聚苯胺与碳纳米管复合可以在一定程度上改善电极材料的循环性能，而且将碳纳米管与其它高分子材料制成复合材料，还能增强材料的力学性能，其与纳米纤维素纤维交织成网状结构，能更大程度的附着聚苯胺。

如图 7，为 CNF/CNT=1:1 杂化气凝胶和 CNF/CNT/PANI=1:1:1 杂化气凝胶在相同扫速（10mv/s）下测得的 CV 图像，由图我们可以看出，当加入聚苯胺后，体系的电容性能有了显著提高，根据面积比电容计算公式结合图表分析软件可以算出 CNF/CNT 气凝胶和 CNF/CNT/PANI 气凝胶在此扫速下的面积比电容分别为 35.24 mF/cm² 和 239.33 mF/cm²。加入聚苯胺后，面积比电容提升到未加聚苯胺的几乎 8 倍，说明聚苯胺具有优异的电容性能。

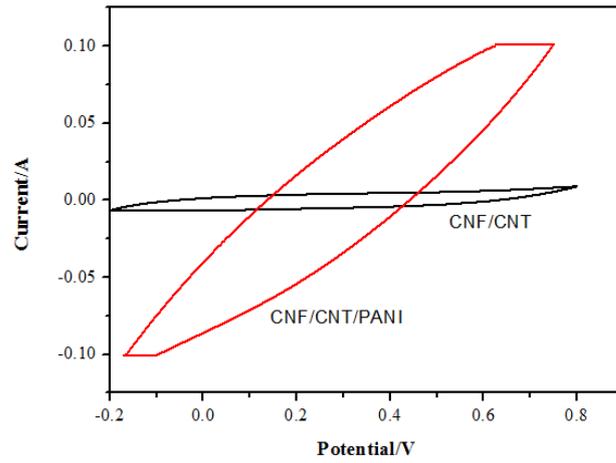


图 7 CNF/CNT 和 CNF/CNT/PANI 气凝胶材料电容对比

表 2 CNF/CNT 和 CNF/CNT/PANI 气凝胶材料电容对比

Scan rate	Area	Area	V	Areal Capacitance
(mv/s)	(v/cm ²)	(mv/cm ²)	(V)	(mF/cm ²)
100	0.007049	7.049	1	35.24
100	0.047866	47.866	1	239.33

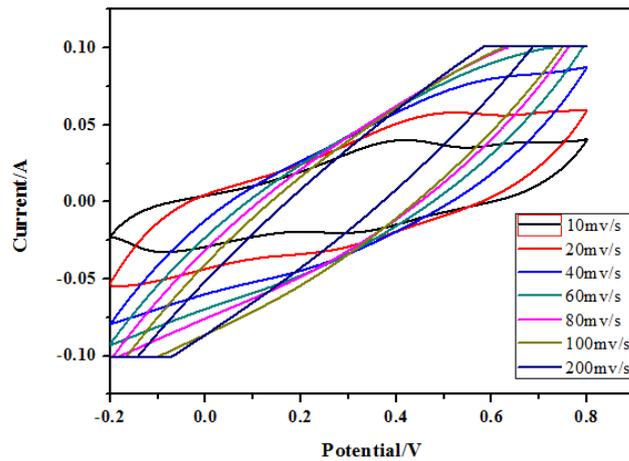


图 8 CNF/CNT/PANI 杂化气凝胶材料不同扫速电容

表 3 CNF/CNT/PANI 杂化气凝胶不同扫速电容

Scanrate (mv/s)	Area (v/cm ²)	Area (mv/cm ²)	V (V)	Areal Capacitance (mF/cm ²)
10	0.035593	35.593	1	1779.65
20	0.049541	49.541	1	1238.53
40	0.054052	54.052	1	675.65
60	0.053157	53.157	1	442.97
80	0.049560	49.560	1	309.75
100	0.047866	47.866	1	239.33
200	0.032645	32.645	1	81.61
400	0.018250	18.250	1	22.81

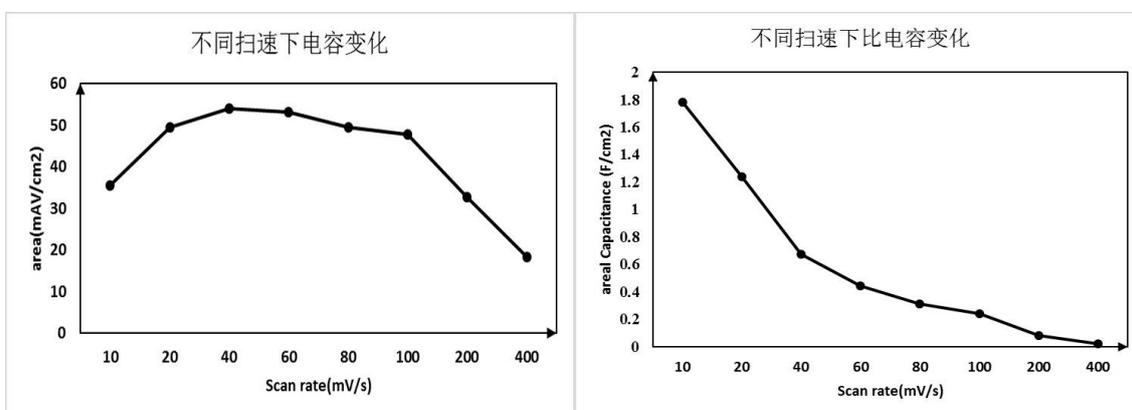


图 9 CNF/CNT/PANI 杂化气凝胶材料在不同扫速电容和比电容变化

将气凝胶碳化制备成的炭布电极作为工作电极，甘汞电极作为参比电极，铂电极作为对应电极组成三电极体系，在电化学工作站上进行电化学性能测试。在电势窗口 0V 至 1V 的范围内探究 CV 曲线和恒电流充放电曲线，电解液为 1M H₂SO₄ 溶液。图 10 (a、b) 为碳化温度不同的纤维素纳米纤维碳气凝胶在扫描速率为 100mV/s 情况下

的 CV 曲线图。从图中可以看出，碳气凝胶作为电极时测试的 CV 曲线图的形状类似于矩形。随着碳化温度的不断升高，碳气凝胶的 CV 曲线图所形成的面积也逐渐增大，本实验中碳化温度为 1000°C 的碳气凝胶所形成的 CV 曲线面积最大，这意味着该温度碳化的碳气凝胶的比电容大于其他温度碳气凝胶的比电容。

表 4 纤维素纳米纤维碳气凝胶与其他碳气凝胶电化学性能

碳气凝胶	比表面积 (m ² /g)	电容 (F/g)	测试条件	电解液
间苯二酚-甲醛	706	81	10mV/s, 三电极	1M H ₂ SO ₄
间苯二酚-邻苯二酚	519	142	5mV/s, 三电极	1M H ₂ SO ₄
细菌纤维素	-	73.2	0.5A/g, 三电极	0.1M KOH
木质纤维素 (1000°C)		92.59	100mV/s, 三电极	1M H ₂ SO ₄

根据图 10 (a、b) 中的 CV 曲线图，可由公式 $C = (\int Idv) / (vmV)$ 计算出各碳化温度碳气凝胶的比电容。碳化温度为 400°C、600°C、800°C 和 1000°C 的碳气凝胶作为电极时的比电容分别对应是 0.02F/g、0.04F/g、2.84F/g 和 92.59F/g。可以明显的看出来，随着碳化温度的不断增加，比电容也有着巨大的变化。这是因为随着碳化温度的不断升高，气凝胶内部的结构已经发生了性质上的变化，在碳化温度为 400°C 的时候，碳气凝胶只有部分碳化，因此比电容偏低。当碳化温度达到 1000°C 时，纤维素纳米纤维已经部分转换为石墨化结构，大大提高了其比电容。图 10c 是碳化温度为 800°C 的碳气凝胶在不同扫描速率情况下的 CV 曲线图。扫描速率为 100mV/s、50mV/s、20mV/s 和 10mV/s 的碳气凝胶的比电容分别是 2.84F/g、3.44F/g、4.60F/g 和 6.14F/g。由图可以看出，随着扫描速率的不断降低，碳气凝胶的比电容却逐渐变大，这是因为在碳

气凝胶的高度多孔结构中离子传送速度滞后于电位的变化，并且在高扫速下电荷载体的内部电阻降低了碳气凝胶的电化学性能。

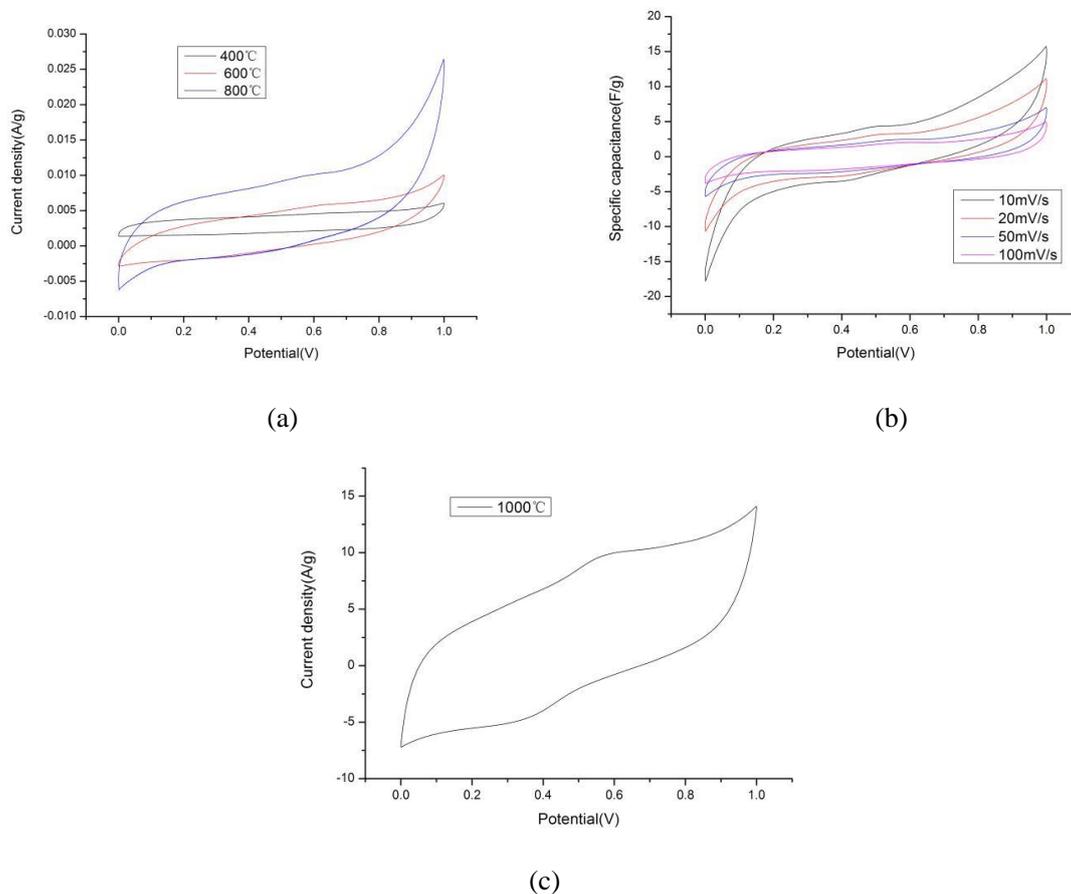


图 10 (a、b) 不同碳化温度的碳气凝胶作为电极的 CV 曲线图，扫描速率为 100mV/s，
(c) 800°C 碳气凝胶作为电极时在不同扫描速率下的 CV 曲线图

表 2 是本实验里木质纳米纤维素碳气凝胶与之前报道的其他碳气凝胶比电容的比较。在电化学工作站中，测得碳化温度为 1000°C 的碳气凝胶在扫描速率为 100mV/s 的情况下的比电容是 92.59F/g，和间苯二酚-甲醛碳气凝胶的比电容 (81F/g) 相比有明显的提高。同时，木质纤维素碳气凝胶的比电容也大于细菌纤维素碳气凝胶的比电容 (73.2F/g)。和间苯二酚-邻苯二酚碳气凝胶 (142F/g) 相比，比电容稍微偏低。

图 11a 是碳化温度为 400°C、600°C 和 800°C 的碳气凝胶作为电极时的充放电曲线图，电流密度为 20mA/g，测算出来对应的比电容分别是 0.06F/g、0.22F/g 和 0.29F/g。

图 11b 为碳化温度为 1000°C 的碳气凝胶作为电极的充放电曲线图，电流密度为 7A/g，测算得到其比电容为 98.76F/g。这四条碳气凝胶的充放电曲线图的形状类似于三角形，相对来说也比较对称，说明其充放电性能良好。和 CV 曲线相同，碳气凝胶的充放电曲线图显示出该材料在碳化温度较低情况下的比电容较低。图 11c 是碳化温度为 800°C 的碳气凝胶作为电极时，在电流密度不同的情况下的充放电性能分析。由图中的曲线可以看出，随着电流密度的不断增加，充放电曲线图形成的三角形面积不断减小，由公式 $C = (I\Delta t)/(m\Delta V)$ 可计算出其比电容也相应减小。

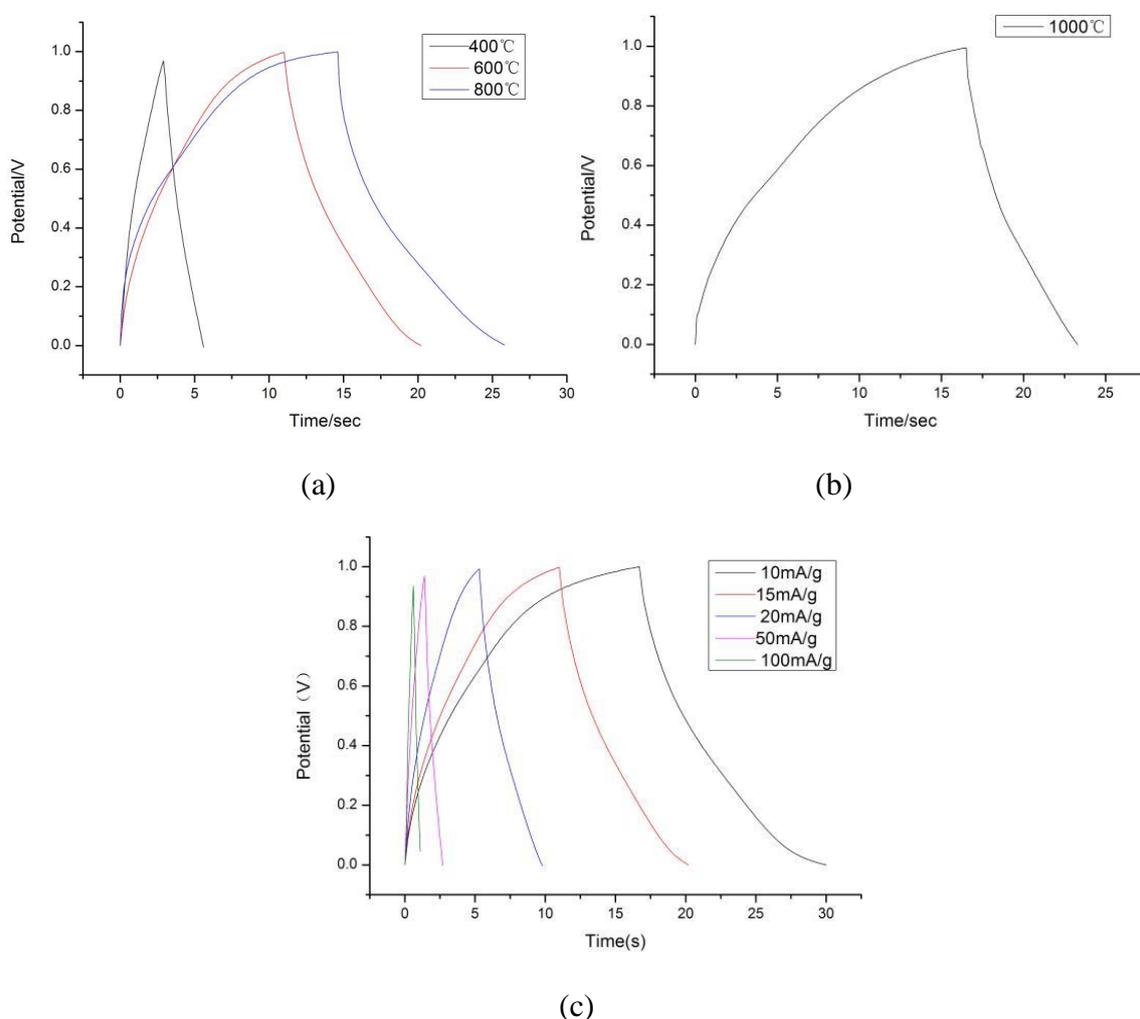


图 11 (a、b) 不同碳化温度的碳气凝胶作为电极的充放电曲线图，
(c) 以 800°C 碳化气凝胶作为电极在不同电流密度下的充放电曲线图。

为了进一步研究木质纤维素纳米纤维碳气凝胶的电化学性能，我们在电化学工作

站中测试了碳气凝胶的使用寿命，碳化温度为 1000°C 的碳气凝胶被重复测试其 CV 曲线图，扫描速率为 100mV/s 。如图 12 所示，该碳气凝胶作为电极时的比电容为 92.59F/g ，经过 100 圈的循环伏安测试之后得到的比电容为 88.01F/g ，此时的比电容还保留了第一圈比电容的 95.35% 。可得该碳气凝胶作为电极时有较好的稳定性，是因为碳气凝胶内部有着固定的不同层次的孔结构，并且碳气凝胶内部互相交错的纳米结构也会为电子和电解液离子提供稳定的传输通道。

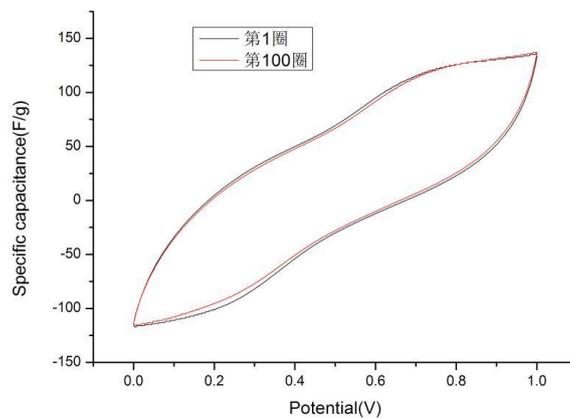


图 12 碳化温度为 1000°C 的碳气凝胶作为电极时的循环伏安寿命图，扫描速率为 100mV/s ，循环圈数为 100 圈。

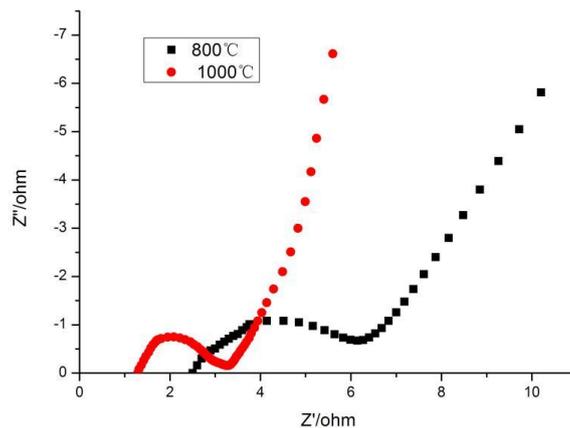


图 13. 碳化温度不同的碳气凝胶电化学阻抗图

研究工作中取得的主要成绩和收获:

1. 发表论文

(1) 易佳楠, 吴义强, 卿彦, 田翠花, 王礼军, 张瑾. 聚乙烯醇/纤维素纳米纤丝复合膜材料性能研究. 第六届全国生物质材料科学与技术学术研讨会, 2015, 南京.

(2) 王礼军, 吴义强, 卿彦, 田翠花, 易佳楠, 刘文杰, 邢亮. 具有手性排列纳米纤维素的制备. 第六届全国生物质材料科学与技术学术研讨会, 2015, 南京.

(3) 易佳楠, 田翠花, 吴义强, 张瑾, 邢亮. 自组装植物纳米纤维薄膜研究进展. 湖南省第八届研究生创新论坛生物质材料与生物质能源分论坛, 2015, 长沙.

(4) 张振, 卿彦, 李蕾, 刘柳, 王礼军, 吴义强. 生物质纳米纤维素气凝胶炭化及其储能性能研究. 第四届中国林业学术大会暨第十二届中国林业青年学术年会, 2016, 临安.

2. 获奖情况

(1) 2016年, 湖南省第三届大学生创新实验成果展暨创新论坛十佳作品;

(2) 2015年, 第十一届“挑战杯”湖南省大学生课外学术科技作品竞赛;

3. 申请专利

易佳楠, 卿彦等. 一种木材刨片基柔性电极材料的制备方法.

可进一步深入研究问题：

1. 木质纳米纤维薄膜微观结构对其电化学性能的影响规律的深入探讨；
2. 木质纳米纤维薄膜与活性电极材料组装方式对储能电极材料柔性的关系进一步深入研究；
3. 柔性储能器件相关应用.

研究工作中的困难和不足：

1. 酸水解制备纤维素纳米纤丝的过程中，要使用大量的硫酸，并且得不到有效的回收，污染环境；
2. 纤维素纳米纤丝的尺寸在制备过程中并不能得到有效的控制；
3. 利用化学原位聚合法在纤维素纳米纤维表面生长导电聚合物时，生成的电极材料的量不易控制，且易出现复合不均匀的现象.

四、经费使用情况

经费合计 10000 元，其中，学校配套资助 0 元，学院（所）配套资助 0 元，其他经费 0 元。

经费支出情况：

1. 科研业务费：扫描电子显微镜、透射电子显微镜、XRD 测试费用 3900 元；
2. 实验、材料费：购买桉木纸浆、苯胺、碳纳米管、无水乙醇等试验原料 1750 元；
3. 小型实验器材、工具购置费：购买了水浴锅、搅拌器、容量瓶、烧杯等以及相关领域书籍、文献资料共 4200 元.

合计：9850 元

五、指导教师及学院（系）审核意见

项目指导教师对结题的意见，包括对项目研究工作和研究成果的评价等。

负责人签章：

年 月 日

项目主持人所在学院（系）对结题的意见，包括对项目研究工作和研究成果的评价等

负责人签章：

年 月 日

六、学校结题审核意见

学校对项目研究的任务、目标、方法和研究成果水平等进行评价，是否结题。

年 月 日