

---

# 中国科大研制超弹性硬碳气凝胶

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/5223.html>

**本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！**

中国科大研制超弹性硬碳气凝胶。碳材料按碳原子杂化轨道的不同大致可分为石墨碳、软碳和硬碳。软碳和硬碳主要用于描述聚合物热解制备的碳材料，在热解过程中，一些碳原子重构成二维芳族石墨烯片，如果这些石墨烯片大致平行，在高温下则容易石墨化，这种碳被称为软碳；如果这些石墨烯片随机堆叠并通过边缘碳原子交联，高温下不能石墨化，这种碳则称为硬碳。通常来说，石墨碳和软碳具有高弹性，容易变形，但是强度较低；由于大量sp<sup>3</sup>-C引起的硬碳微观上乱层“纸牌屋”结构的存在，硬碳材料在机械强度和结构稳定性方面展现出极大的优势，但是本征性质较脆且易碎。如何将硬碳材料制备成超弹性块材是目前面临的一个挑战。

最近，中国科学技术大学教授俞书宏领导的课题组受自然界蜘蛛网同时具有高强度和弹性的启发，巧妙通过模板法构筑纳米纤维网络结构，制备了一系列具有纳米纤维网络结构的硬碳气凝胶。该系列气凝胶具有超弹性、抗疲劳以及稳定性好等优点。研究论文以Superelastic hard carbon nanofiber aerogels 为题近期发表在《先进材料》上(Advanced Materials 2019, 1900651)，并被选为封底论文。论文的共同第一作者为中国科大博士后于志龙和博士生秦冰。

研究人员通过使用间苯二酚-甲醛(RF)树脂作为硬碳源，以多种一维纳米纤维作为结构模板制备RF的纳米纤维气凝胶，通过高温碳化即可得到超弹性硬碳气凝胶。这种硬碳气凝胶微观结构精细，由大量的纳米纤维和纳米纤维之间的焊接点构成(图1)。这种方法简单高效，容易放大生产，通过调节模板与树脂单体的添加量，可简便地调控纳米纤维的直径、气凝胶的密度、机械性能等。

与传统硬而脆的硬碳块材不同，这种硬碳气凝胶表现出优异的弹性性能(图2)，主要包括：结构稳定性(在压缩50%之后，微观结构依然能恢复)；高回弹速度(860 mm s<sup>-1</sup>)，高于众多石墨碳基的弹性材料；低能量损耗系数(<0.16)，一般石墨及软碳材料内部存在的分子间作用力，会造成粘附力和摩擦力从而耗散很多能量；抗疲劳性，在50%应变下测试104个循环后，碳气凝胶仅显示2%的塑性变形，并保持93%的初始应力。研究人员还探索了这种硬碳气凝胶在弹性导体方面的应用，在50%的应变下多次压缩循环后，电阻几乎不变，展示出稳定的机械-电学性能，同时可以在苛刻的条件下(例如在液氮中)保持超弹性及电阻稳定性。

基于其优异的机械性能，这种硬碳气凝胶有望应用于具有高稳定性、大量程(50 KPa)、可拉伸或可弯曲的应力传感器。此外，这种方法可扩展到制备其他非碳基复合纳米纤维气凝胶，为今后提供了一种通过设计纳米纤维的微观结构将刚性材料转变成弹性或柔性材料的新途径。

该项研究受到国家自然科学基金委创新研究群体、国家自然科学基金重点项目、中科院前沿科学重点研究项目、中科院纳米科学卓越创新中心、苏州纳米科技协同创新中心等的资助。

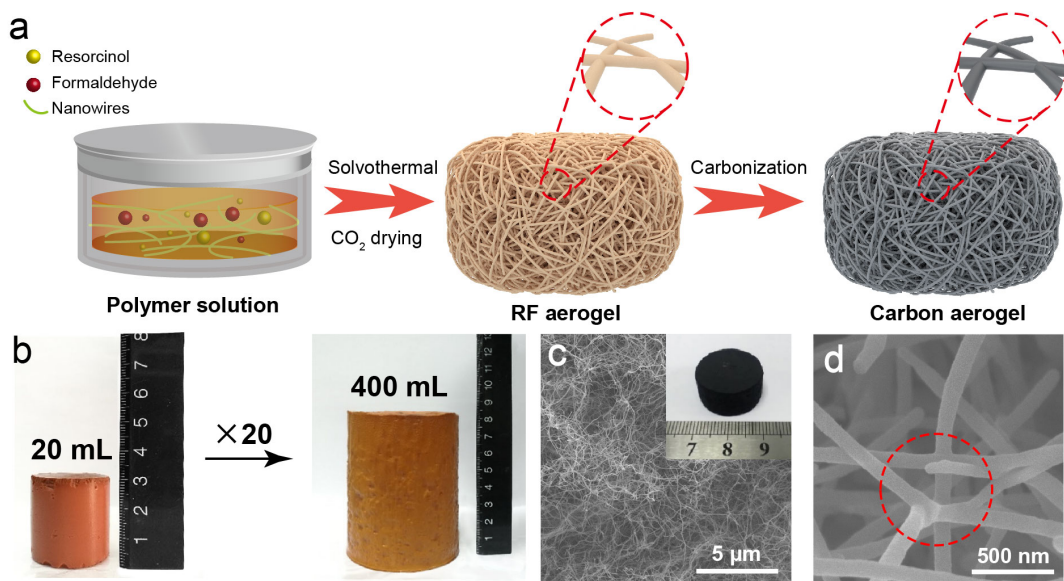


图1.硬碳气凝胶的制备。(a)示意图，表明通过使用纳米线作为模板的通用合成方法;(b)以BCNF@RF为例，宏量合成RF纳米纤维水凝胶;(c)硬碳气凝胶SEM图像;(d)显示纳米纤维网状结构和纤维-纤维的焊接点。

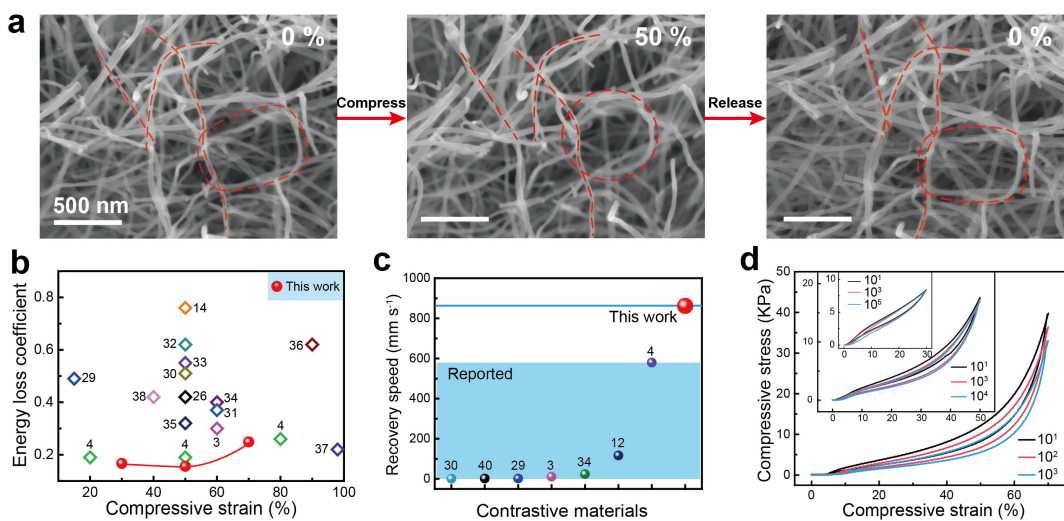


图2.碳气凝胶的机械性能。(a)BCNF@C气凝胶的原位SEM;(b)不同材料能量损耗系数的对比;(c)不同材料回弹速度的对比;(d)碳气凝胶不同循环下的应力-应变曲线。

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发