
中国科大实现轻质高强仿生结构材料新突破

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/17750.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！

中国科大实现轻质高强仿生结构材料新突破。

2022年3月21日，中国科学技术大学的俞书宏院士团队在Matter上发表了一篇题为Biomimetic discontinuous Bouligand structural design enables high-performance nanocomposites的新研究。

课题组将贝壳珍珠母中的非连续结构特性引入到纤维布利冈结构中，提出了非连续布利冈结构设计概念，依托发展的可控组装离散纳米纤维的新方法，制备了具备高损伤容忍能力的仿生非连续纤维布利冈结构纳米复合材料，该工作对于未来研制高性能结构材料提供了启示。论文通讯作者是俞书宏、高怀岭；第一作者是陈思铭。

布利冈（Bouligand）结构由单向纳米纤维片层螺旋堆叠而成，它在生物材料中广泛存在，并往往赋予材料杰出的力学性能。例如，Bouligand结构可以赋予雀尾螳螂虾前螯强大的攻击能力，在其高速高能出击的同时可确保自身免受损伤；巨骨舌鱼鳞片的Bouligand结构使其具有优异的抵抗食人鱼撕咬和刺穿的能力。可以说，生物Bouligand结构材料是一种十分典型的自然纤维增强复合结构，在力学性能方面表现十分突出。纤维增强复合材料长期占据结构材料的主导地位，在国防空天等战略领域得到了广泛应用。然而，工程纤维增强复合材料仍然存在一些问题或隐忧，例如，纤维层合板材料具有脆性、易开层脱粘、损伤容限差等缺点。

模仿自然布立冈纤维结构和强韧机制已被证明是提升工程结构材料的一种有效途径。近年来，仿生布利冈结构材料研究开始引起高度关注，已有研究均充分证实了布利冈结构对于力学性能提升的有效性。然而，所实现的人工布立冈结构层次和精密程度与自然生物结构材料相比仍然存在很大差距，如何进行仿生布利冈结构的优化设计与构建以实现材料性能的进一步增强还值得大力探索。

在本文中，作者从珍珠母中非连续纳米片桥连和生物Bouligand结构中螺旋纤维诱导裂纹偏转两种增韧机制中获得灵感，提出了非连续布利冈结构设计概念，开发了一种有序组装离散纳米纤维基元的普适性刷涂组装策略，以环境友好的硬硅钙石纳米纤维（CaSi）和海藻酸钠（SA）为原料，通过可控螺旋组装离散的CaSi纳米纤维于SA基体中，并结合溶胶-凝胶-薄膜转变过程，成功制备了一种新型的非连续布利冈结构纳米复合材料。该材料成功地实现了非连续纳米纤维桥连和螺旋纤维诱导裂纹偏转的耦合增韧效果，展现了卓越的力学性能，优于许多天然布利冈结构材料以及仿生布利冈结构类似物和工程纤维复合材料。

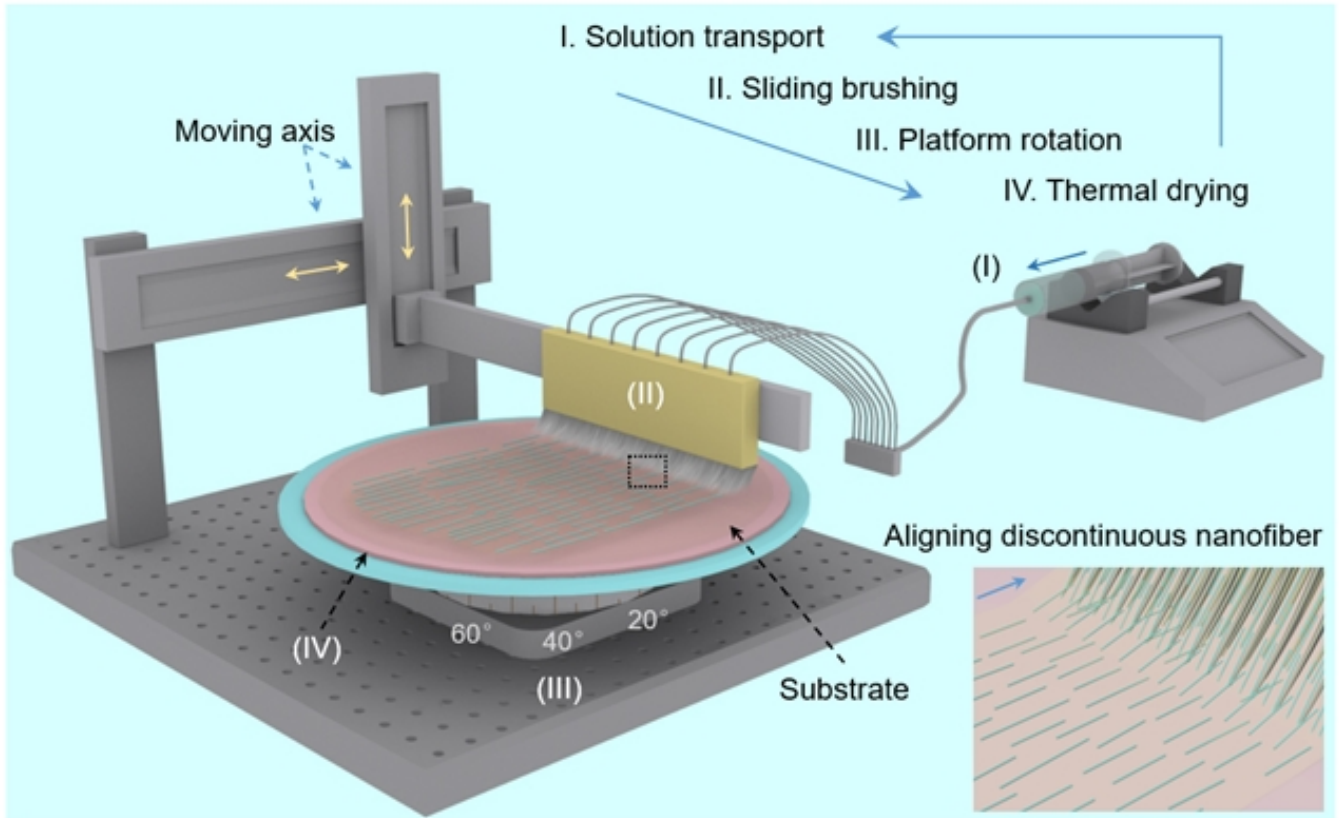


图1：所提出的程序化纳米纤维组装装备示意图，该装备主要由液体运输、滑动剪切、基底旋转、热干燥等四个模块构成。

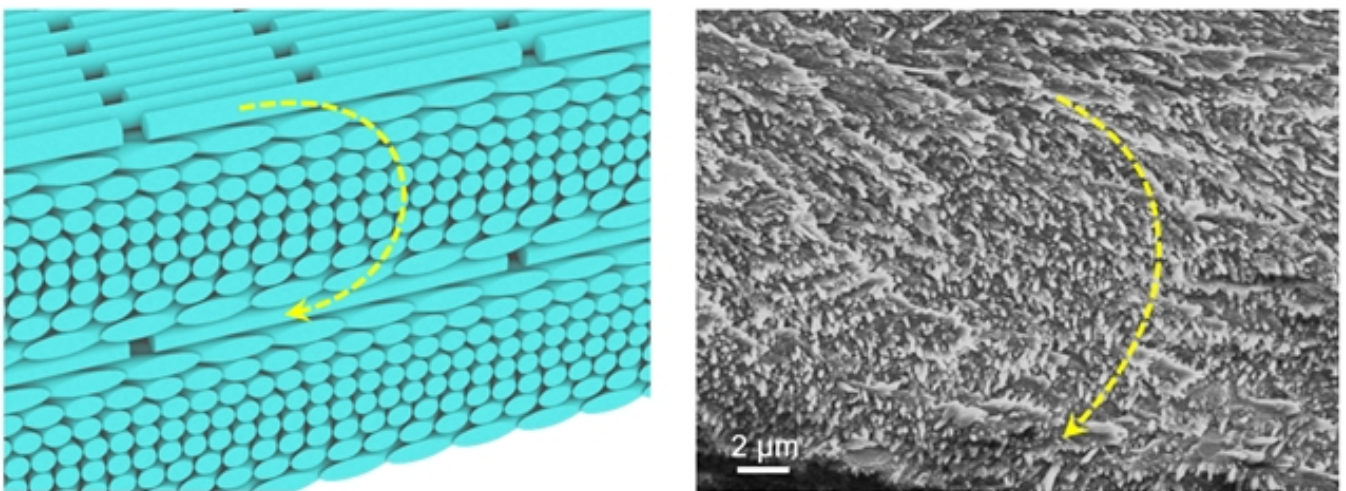


图2：所提出的非连续布利冈结构示意图（左）以及经由程序化组装而实现的CaSi-SA纳米复合材料的电子显微镜截面图（右）。黄色箭头指示纳米纤维逐渐偏转。

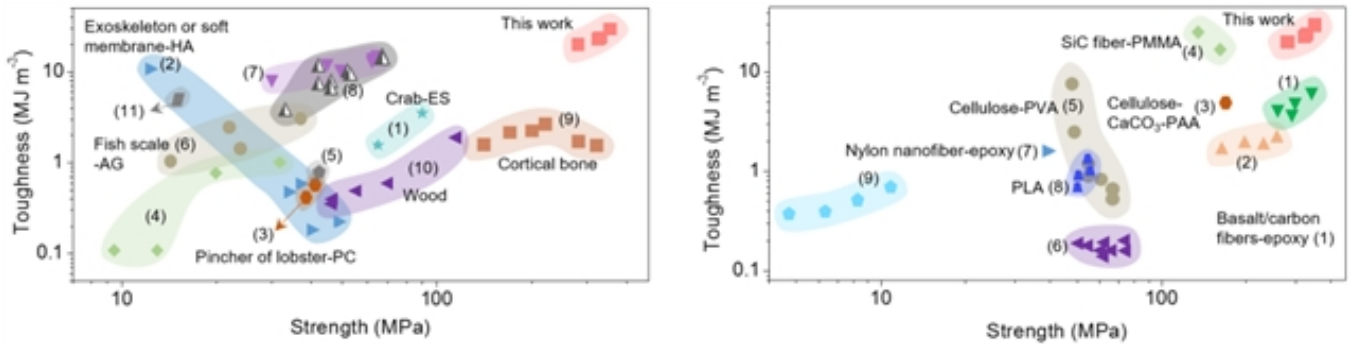


图3：CaSi-SA纳米复合材料展现了优异的力学性能，优于许多天然布利冈结构材料（左图）以及仿生合成复合材料、工程材料（右图）。

该方法不仅局限于薄膜，借助他们早期发展的层压和界面融合技术，研究人员构筑出一定厚度的块体材料。由于组分的生物相容性以及尺寸的多样可调性，所制备的新型仿生纳米复合材料具有广泛的应用前景。同时，本工作中所提出的非连续布利冈结构设计思路对于开发新型纳米纤维复合材料和提升传统纤维增强塑料复合材料具有重要的启示意义。

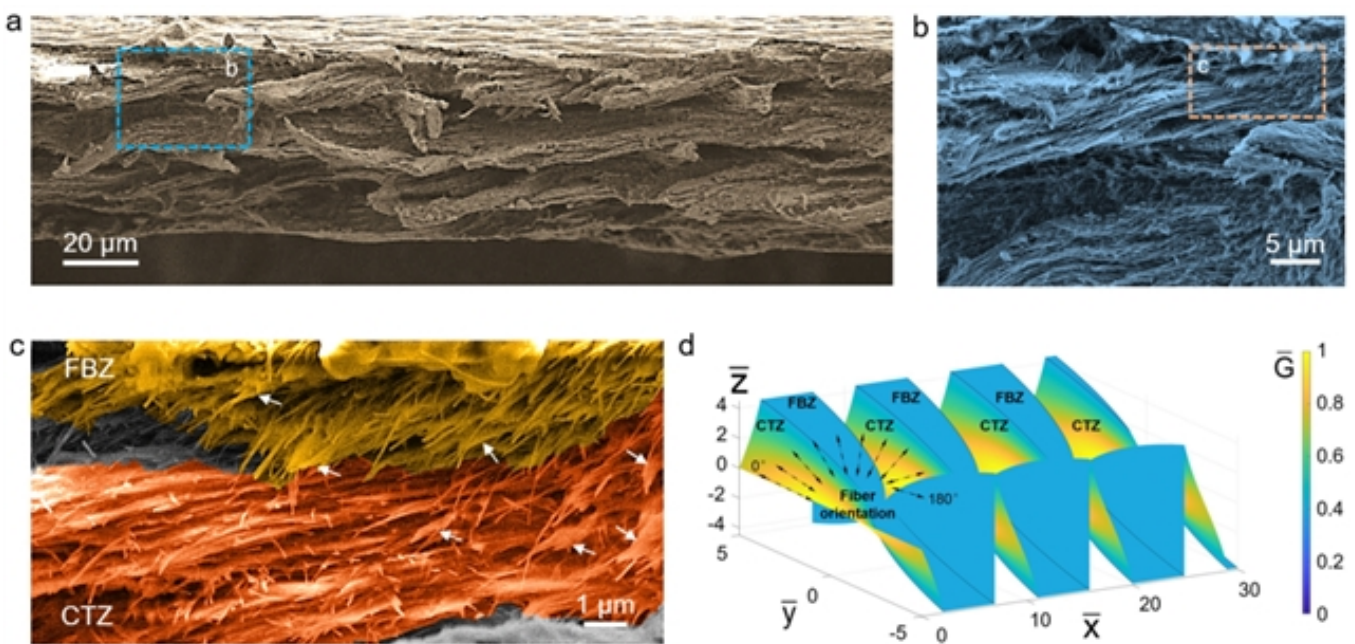


图4：CaSi-SA纳米复合材料展现了稳健的裂纹扩展能力。a-c，CaSi-SA纳米复合材料在撕裂加载后的断口形貌图，可见裂纹沿层厚方向展现出高度扭曲的走势。裂纹由FBZ和CTZ耦合而成。FBZ: fiber bridging zone（纤维桥连区）；CTZ: crack twisted zone（裂纹扭转区）。其中白色箭头指示撕扯变形的聚合物基体。d，模拟计算而得的裂纹形貌，表现出与CaSi-SA纳米复合材料的一致性。

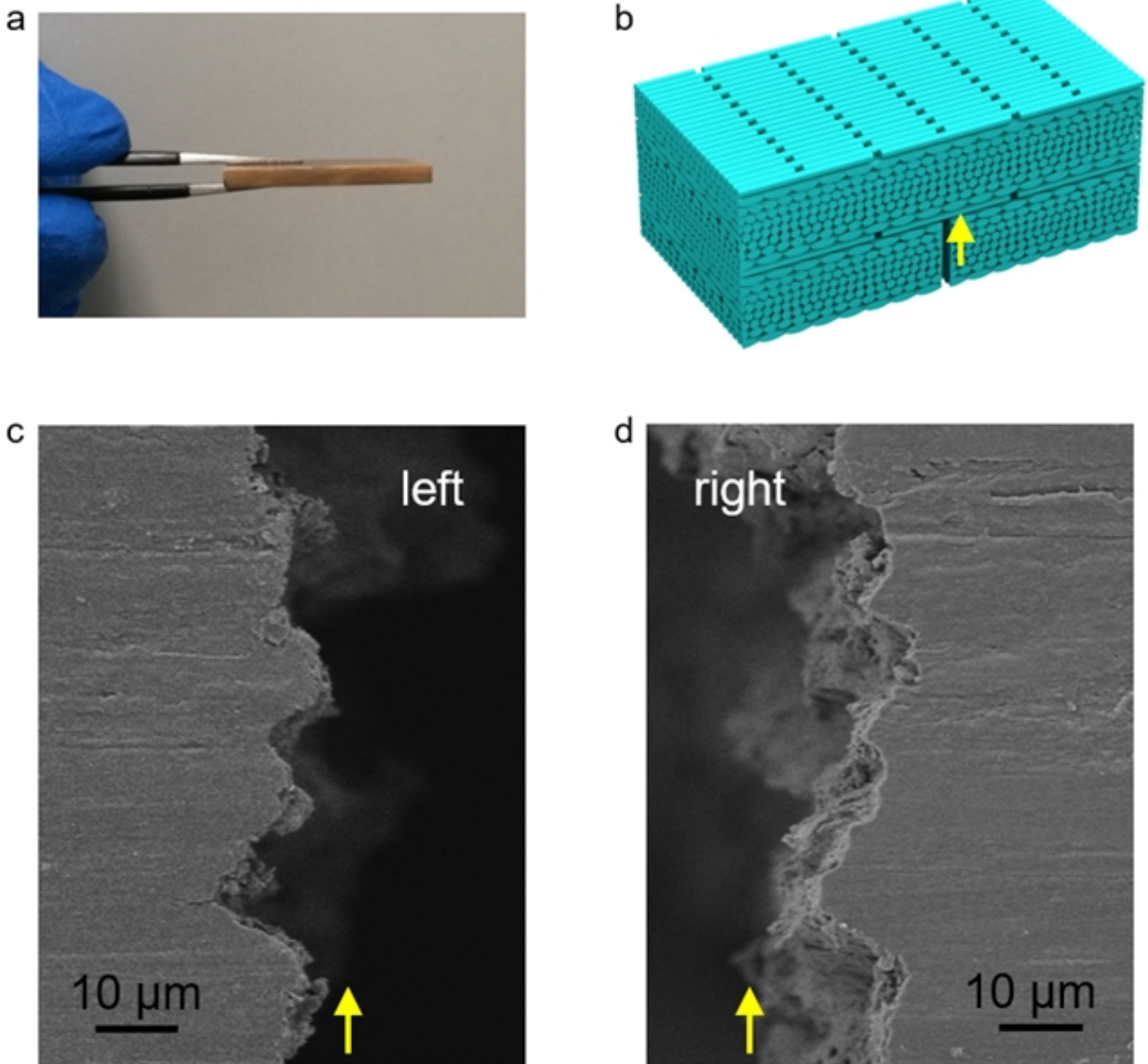


图5：CaSi-SA纳米复合材料块体的裂纹延伸。a，CaSi-SA纳米复合材料小块。b，预制裂纹的三点弯曲加载示意图，黄色箭头指示裂纹延伸方向。c-d，弯曲加载断裂后，CaSi-SA纳米复合材料块体的裂纹延伸情况，黄色箭头指示裂纹延伸情况。高度扭曲的裂纹走势与具有天然布利冈结构的层状骨等高度一致，也暗示了布利冈结构的高度可控制备。

（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.matt.2022.02.023>

作者：俞书宏等 来源：《物质》

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

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