

中国科大新型纳米纤维素高性能仿生结构材料研制获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/9498.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！

材料是人类文明发展的物质基础。航空航天等高技术领域对工程结构材料性能的提升不断提出新的需求，研制全面超越工程塑料、陶瓷和金属材料等传统结构材料的新型轻质高强材料，对相关领域的实际应用具有重要的战略意义，在轻量化抗冲击防护和缓冲材料、空间材料、精密仪器结构件等应用领域将具有广阔的应用前景。

近日，中国科学技术大学俞书宏团队发展了一种新型纳米纤维仿生结构材料的制造方法，成功研制了一类天然纳米纤维素高性能结构材料（以下简称：CNFP）。CNFP具有优异的综合性能，密度仅为钢的六分之一，而比强度、比韧性均超过传统合金材料、陶瓷和工程塑料，这种新型全生物
质仿
生结构材

料有望替代现有的工程塑料，具有广泛的应用前景。相关研究成果于5月1日以 *Lightweight, tough, and sustainable cellulose nanofiber-derived bulk structural materials with low thermal expansion coefficient* 为题发表在 *Science Advances* 杂志上（*Science Advances* 2020, 6, eaaz1114）。论文的共同第一作者是合肥微尺度物质科学国家研究中心博士后管庆方，硕士生杨怀斌、韩子盟。

这种新型CNFP仿生结构材料具有极高尺度稳定性，热膨胀系数低至5 ppm
K⁻¹

，远优于传统合金材料和工程塑料，与陶瓷接近。该材料在剧烈热冲击条件下，力学性能与尺寸依然高度稳定。此外，CNFP还具有极高的抗冲击性能、高损伤容限以及能量吸收性能。

研究表明，CNFP具有轻质高强韧的优异性能，其比强度和比冲击韧性分别达到了198 MPa/(Mg m⁻³)和67 kJ m⁻²/(Mg m⁻³)，均超越航空铝合金和钢，且其密度低至1.35 g
cm⁻³

，仅为钢的六分之一，铝合金的一半（图2）。研究人员发现，这种CNFP的轻质高强韧主要来自材料微米级层状结构和纳米三维网络结构设计，纤维素纳米纤维内部高度结晶可以提供极高的强度，纤维之间通过大量氢键等可逆相互作用网络进行结合，在外力作用下这种高密度的可逆相互作用网络可以迅速解离和重构，吸收大量能量，使材料在具有高强度的同时实现高韧性，克服了传统结构材料难以兼具高强度与高韧性的问题。

CNFP还具有极高的尺度稳定性和抗热冲击性能。在-120 °C到150 °C的温度范围内，CNFP热膨胀系数低至（5 ppm

K^{-1}

），即温度改变 $100^{\circ}C$ ，尺寸变化在万分之五内，这远优于航空合金材料和工程塑料，仅为航空铝合金的五分之一，工程塑料的几十分之一，与陶瓷接近。另外，在 $120^{\circ}C$ 和 $-196^{\circ}C$ 之间进行反复剧烈热冲击循环测试下，CNFP力学性能与尺寸依然高度稳定。同时，CNFP由于纳米纤维的高结晶性和高化学稳定性，使其在极端条件下具有很好的服役能力。

此外，CNFP还具有极高的抗冲击性能、高损伤容限以及高能量吸收性能。分离式霍普金森压杆的超高速冲击实验结果表明，CNFP在 28 m s^{-1} 的高速冲击下（相当于一辆高速行驶的汽车），表现出 1600 MPa 的超高抗压强度，在 0.07 ms 内就可吸收高达 387.5 MJ m^{-3}

的冲击能量。这主要是由于CNFP内在的三维纳米纤维网络在受到高速冲击时发生滑移，纳米纤维间的大量氢键发生迅速的解离和重构，可将冲击动能吸收并转化为热量，有望使其可以作为合金的替代品。

这种可持续新型天然纳米纤维仿生结构材料集成了轻质高强韧、高尺寸稳定性、抗热震、抗冲击、高损伤容限等多种优异性能，综合性能突出，在轻量化抗冲击防护及缓冲材料、空间材料、精密仪器结构件等应用领域将具有广阔的应用前景。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、合肥综合性国家科学中心等资助。

[论文链接](#)

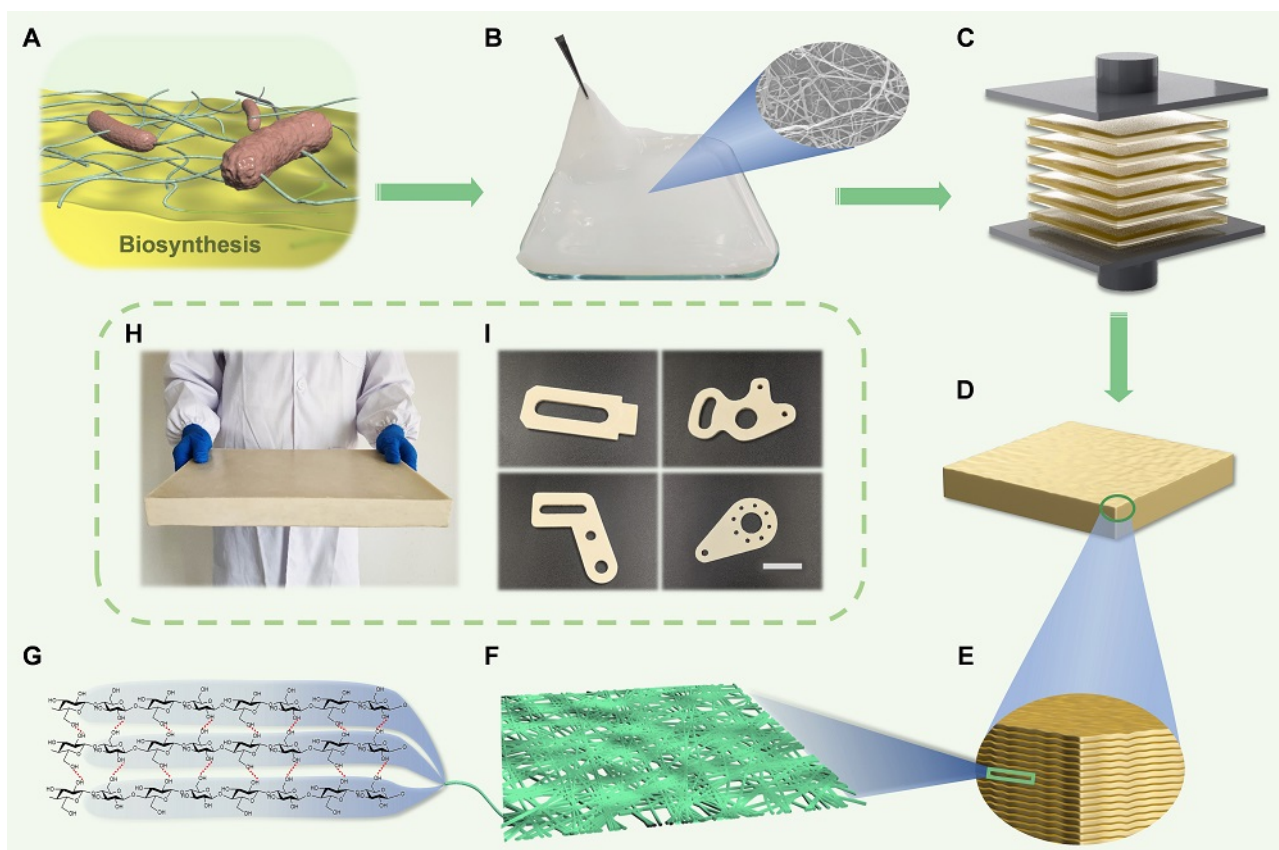


图1.纤维素纳米纤维结构材料（CNFP）的制备过程、结构示意图、样品照片和可加工性能展示

。(A)通过微生物合成可在常温常压下低成本大规模纤维素纳米纤维水凝胶；(B)水凝胶及其三维纳米纤维网络结构如图所示。(C)通过水凝胶层层组装与压缩制备CNFP。(D) CNFP样品示意图；(E) CNFP所具有的多层结构。(F) CNFP单层结构由大量纳米纤维形成的网络构成；(G) CNFP中每根纳米纤维由高度取向的纤维素分子组装构成；(H-I) CNFP样品及加工出的零件照片。

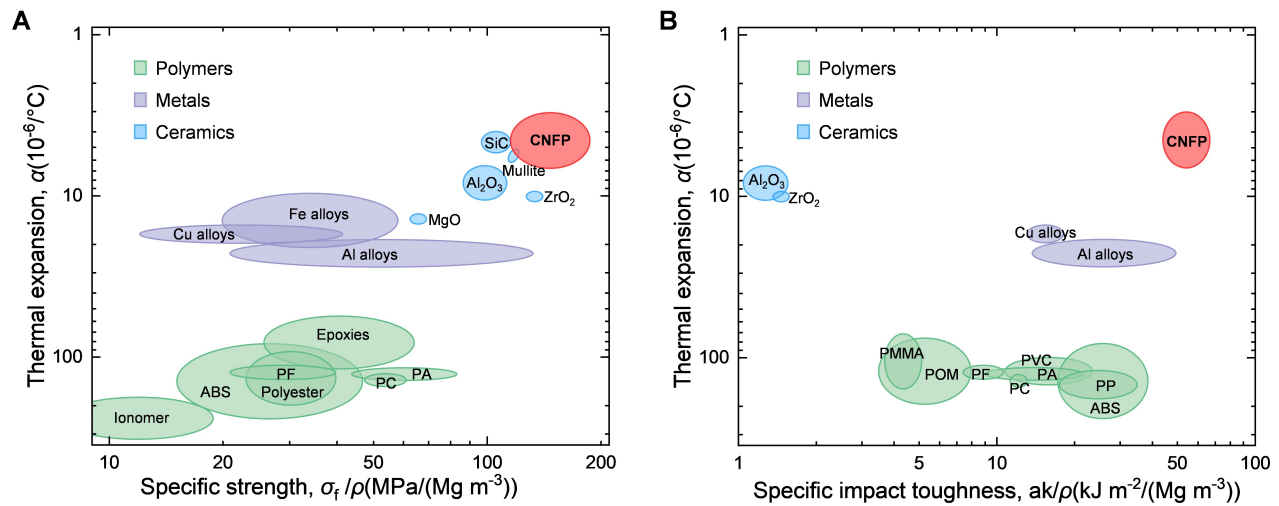


图2. CNFP与多种工程材料热膨胀系数和比强度、比冲击韧性的Ashby图。(A)热膨胀系数和比强度Ashby图，表明CNFP具有优于传统合金、工程塑料和陶瓷的比强度和热膨胀系数。(B)热膨胀系数和比冲击韧性Ashby图，表明CNFP具有优于传统合金、工程塑料和陶瓷的比韧性和热膨胀系数。

研究团队单位：中国科学技术大学

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](https://www.iikx.com)转发