

科学家研制新型仿生增强增韧纳米复合纤维材料

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/6162.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！

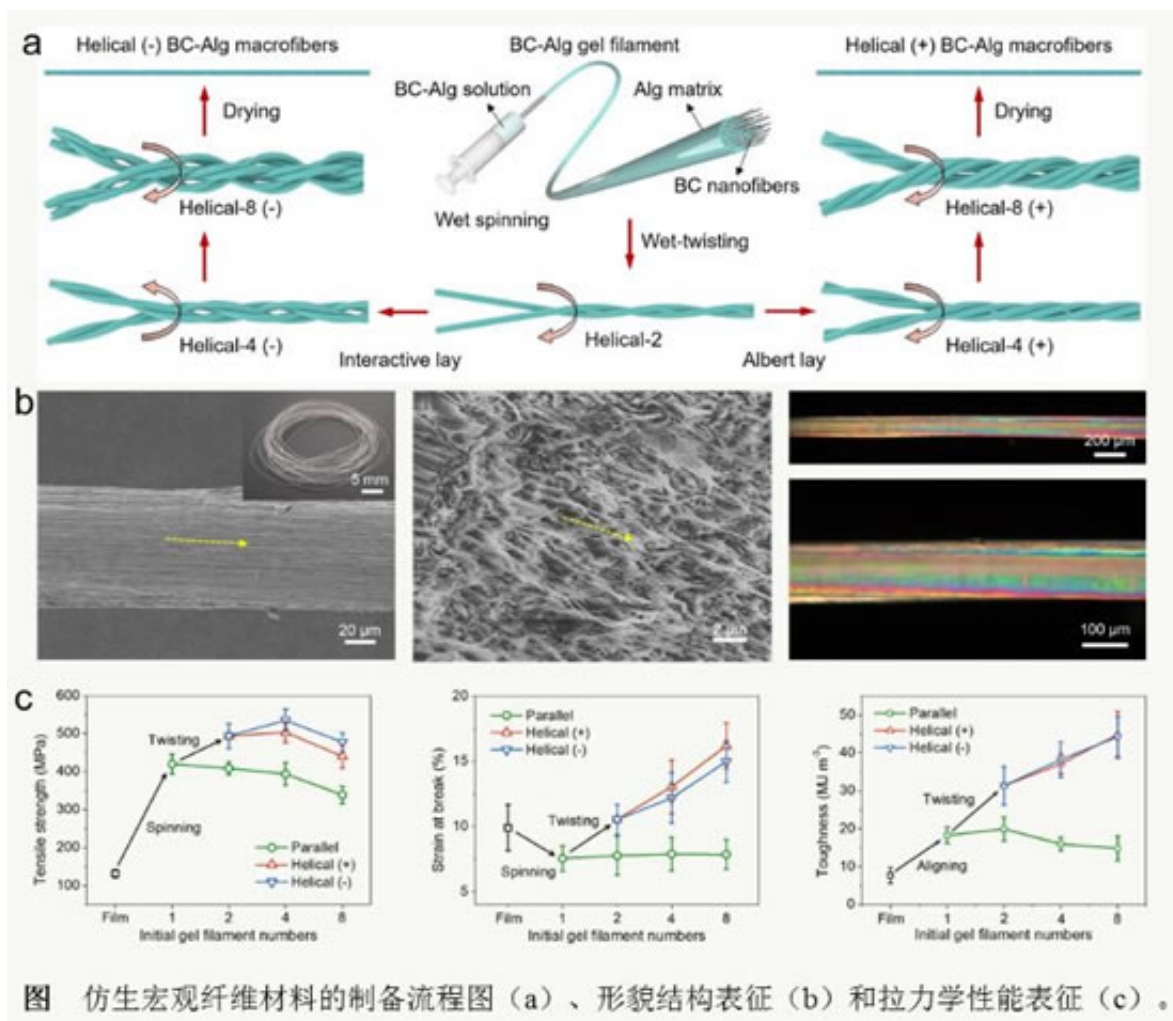


图 仿生宏观纤维材料的制备流程图 (a)、形貌结构表征 (b) 和拉力学性能表征 (c)。

科学家研制新型仿生增强增韧纳米复合纤维材料。目前，能源环境问题日趋严峻，基于生物质来源的高性能纳米复合材料由于其环境友好、可再生和可持续等特点，正逐渐发展成为未来结构和功能应用的理想材料。由植物组织分离或细菌发酵得到的纳米纤维素拥有纳米级尺寸的纤维结构，可以说是地球上储量最丰富的纳米级原材料，同时，其低密度、生物可降解性、热稳定性以及优异的力学性能等诸多优点，受到了研究人员的高度关注，并被广泛用于研制各种高性能的纤维素基宏观尺度纤维材料。研究人员探索了多种方法，旨在提高这些纤维材料的机械性能，然而，尚未能解决强度和韧性之间的矛盾问题，即在获得高强度纤维的同时，往往以牺牲其断裂延伸率

和韧性为代价。这种低韧性、易脆断的问题严重地限制了其在相关领域(如先进织物)的实际应用。

自然界的很多生物结构材料可有效地避开这对矛盾，它们通过进化出的特殊有序分级结构实现了高强度和高韧性的完美优化组合。研究表明，各种强韧的植物纤维(如麻纤维、棉纤维等)和动物纤维(如毛发、蚕丝等)均具有一些共性，它们是典型的天然纳米复合材料，由高度取向的高强度纳米纤维单元包裹在较柔软的有机物基质中构成，并具有高度有序的多级螺旋缠绕结构。

近日，中国科学技术大学俞书宏教授领导的研究团队从此类生物纤维材料中获取了解决这个问题的灵感，成功研制了一种既强又韧的宏观尺度纤维素基纳米复合纤维材料。该成果日前以Bioinspired hierarchical helical nanocomposite macrofibers based on bacterial cellulose nanofibers为题在线发表于《国家科学评论》(National Science Review, NSR)，第一作者是来自该团队的副研究员高怀岭博士和硕士生赵然。

该研究团队受生物纤维材料中纳米复合结构和多级螺旋缠绕结构的启发，发展了一种新型的仿生设计方案，以高强度的细菌纳米纤维素作为增强基元，以海藻酸钠生物大分子作为较柔软的有机物基质，通过将两者的复合水溶液进行简单的溶液纺丝和多级交互缠绕过程(图a)，从而得到了具有类似生物结构特征的人工宏观纤维材料。微结构观察表明，细菌纳米纤维素如期地被均匀包裹在海藻酸钠基质中，形成典型的纳米复合结构。同时，这些纳米纤维沿着宏观纤维的轴向平行排列，纤维整体呈现出类似天然生物纤维的多级螺旋缠绕结构(图b)。

进一步研究证实，所获得的宏观纳米复合纤维材料实现了强度、断裂延伸性和韧性的大幅度同步提升(图c)，完全不同于以往报道的纳米纤维素基宏观尺度纤维材料。该项研究有效地解决了人工材料中强度和韧性之间难以调和的矛盾，证明了该仿生结构设计的优越性。

据研究人员介绍，他们首先通过纳米复合结构设计，得到拉伸强度初步提升的单取向结构宏观纳米复合纤维(相比单纯海藻酸钠宏观纤维的190 MPa被提高至420 MPa)。随后再通过多级螺旋缠绕结构设计，使其拉伸强度被继续提升25%的同时，其断裂延伸率和韧性也分别被同步提升近50%和100%。基于这种多级仿生结构设计，最终可实现的最优拉伸强度、断裂延伸率和韧性分别可达535 MPa、16%和45 MJ m⁻³。通过数据对比表明，所获得最高拉伸强度可以和高性能的纤维素基天然植物纤维相媲美，尤其是，可实现的最高断裂延伸率几乎超过了所有纤维素基天然植物纤维和人工合成的纤维素基宏观纤维材料，再加上其突出的韧性，使得这种新型仿生纳米复合纤维材料作为结构材料有望应用于很多领域。这种仿生结构设计策略可应用于研制其他类型增强增韧纳米复合纤维材料等。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1093/nsr/nwz077>

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