人工肌肉纤维制备有新招

作者：任芳言 来源：中国科学报

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/6016.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！

人工肌肉纤维制备有新招。让一根捻好的麻绳自动解捻，能产生怎样的力量?

7月12日，美国得克萨斯州立大学达拉斯分校教授Ray Baughman课题组与中国武汉大学等机构合作者在新一期《科学》上刊文，提出了一种创新性的人工肌肉纤维制备方法——将活性材料作为壳层覆盖在载体纤维外部，从而更有效地提高人工肌肉纤维的机械功输出密度和速率。

此前，Baughman等人曾提出利用捻曲技术制备人工肌肉纤维，通过这种技术制备出的纤维可以旋转和伸缩。随后，南开大学、复旦大学、东华大学、中科院苏州纳米技术与纳米仿生研究所等机构的研究者先后在不同的材料体系中实现了基于该技术的人工肌肉纤维制备。

此次刊发的成果，是Baughman等团队对制备技术的又一次提升。

海底寻针

人们在日常生活中见到的纤维成品，大多经过一定的加捻处理。如果将一根由多根纤维捻成的绳子搓开，绳子的直径会扩张变大。

直径方向变粗，轴线方向变短。如果这些纤维能自动退捻并恢复，这一过程就会产生机械能。论文第一作者、得克萨斯州立大学艾伦·G·麦克迪亚米德纳米中心成员穆九柯解释道。通过这个例子，可以初步理解人工肌肉纤维的工作原理。

借助客体材料，实现纤维最大程度地可恢复性散开、退捻，需要找对驱动方式、选用合适的材料和高效的结构。一直以来，制备出高性能的人工肌肉纤维材料都是研究者希望攻破的难关。而在不同应用场景下，将各异的驱动方式与材料进行匹配并找出最优解，无异于海底寻针。

人工肌肉纤维退捻有多种驱动方式，如气体驱动、热能驱动和电化学驱动。不同的方式产生的能量传递到纱线，从而使其发生体积变化。在这一过程中，纱线的捻度变化是机械能产生的关键，而单根纤维的捻角和纱线的捻度有密切关联。另外，模拟肌肉运动的材料如果能做到更轻，那么克服自身质量消耗的能量就会大大减少，从而提高能量输出。

Baughman课题组在长期的探索中发现，人工肌肉纤维的外层是提供机械能输出的主要部分，而纱线中心部分的纤维在机械能转换过程中贡献甚少。

他们还发现，无论是气体产生的能量，还是热能或电化学能，其传输到纱线内部所需时间较长，

成为限制人工肌肉纤维响应速度的一大原因。

创新性结构

为了解决上述问题，课题组提出了一种全新结构模式——将原本填充在整个纤维中的活性客体材料集中放到纱线载体的外层，从而形成一种壳层结构。活性壳层材料在多种驱动方式的触发下产生体积膨胀，从而让人工肌肉纤维可恢复性退捻、产生机械能。

穆九柯告诉《中国科学报》，依据不同的触发方式，课题组选用了多种包括聚合物和碳纳米管纤维在内的活性材料作为人工肌肉材料的壳层。

Baughman表示：选取合适的壳层厚度也非常重要，如果壳层太厚，内部的纱线会很难解捻，降低人工肌肉的机械能输出，如果太薄，内部芯层纱线的大幅度解捻会导致壳层材料开裂变形，进而影响人工肌肉的循环稳定性。

此外，穆九柯等人在实验时有了一个重要发现：制备壳层材料时，须保持其处于凝胶状态。如果外部壳层材料太干，就会在加捻过程中碎裂，为了保持弹性，我们在材料中添加了一些能够保持弹性的溶剂。穆九柯表示。

实验结果显示，壳层驱动的人工肌肉材料无论是在气体驱动、热能驱动还是电化学能驱动方式下，其在响应速度、输出功密度上都表现出较大的优势。

在电化学触发条件下，采用壳层结构的人工肌肉纤维单位质量机械功率可达1.98 W/g，是人体肌肉的40倍以上。课题组在文章中这样总结。

成本更低的解法

在此基础上，课题组又做了一件事——选取成本更低的商用纤维替代碳纳米管纤维。

穆九柯告诉记者，碳纳米管纱线本身造价昂贵，相当一部分种类的单克价格可达几百美元。实验结果证明，在相同驱动条件下，采用壳层结构并使用商用纤维材料的人工肌肉，也表现出较高的机械能输出，可节约人工肌肉的制备成本。

这种使用价格低廉的商业纤维取代碳纳米管纱线的新型人工肌肉制备技术，在机器人以及自适体织物等智能结构材料的开发领域具有很大的吸引力。Baughman表示。此外，该研究涂覆活性材料时采用的浸涂法，在工业中属于常见、成熟的方法，为材料的大规模商用提供了可能。

未来，课题组还将探索其他可用作壳层材料的物质。很多在外界刺激下发生体积变化的材料都可以作为壳层材料。Baughman说。

人工肌肉不仅能够提供机械力的输出，还可以附带传感、反馈等功能，这也是我们未来的研究方向之一。穆九柯表示。

相关论文信息：https://doi.org/10.1126/science.aaw2403

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转发