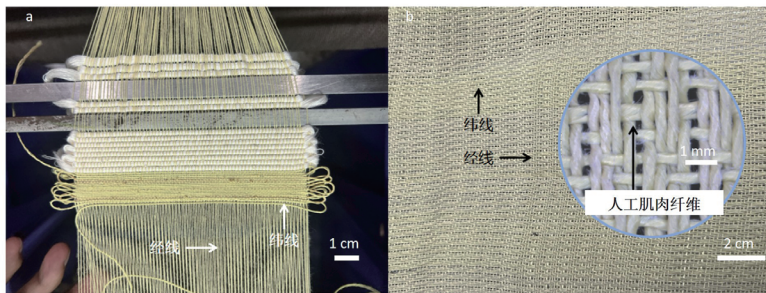


基于纤维捻曲的扭转取向人工肌肉

主要完成单位：中国药科大学、武汉纺织大学、天津工业大学、南开大学

主要完成人：周 湘、李晶晶、王 润、夏治刚、刘 雍、刘遵峰

具有优异驱动性能的功能高分子纤维是国家重大需求与前沿研究领域，核心是通过精确调控高分子组成与结构，实现纤维的功能化驱动性能与高性能。纺织工业中虽用古老的捻曲纺纱法制备扭转取向结构的强韧纱线，但单根纤维捻曲后强度难提升，源于分子链运动能力弱、链段取向难调控，因此发展新的结构调控方法制备高性能纤维仍是该领域挑战。同时，通过纤维加捻可制备捻曲与螺旋型人工肌肉纤维，在纤维中引入捻应力并利用螺旋结构放大形变即可实现；相较于电机、气动人工肌肉、NiTi 形状记忆合金等传统驱动材料，其尺寸小、柔性高，适用材料与致动方式丰富，且驱动性能（含驱动力、驱动行程）更优。当前人工肌肉纤维领域的挑战是难同时实现高驱动力、大驱动行程、快驱动速度与高做功能力，这一问题也成为其实际应用的瓶颈。



由纤维捻曲制备的螺旋结构人工肌肉，捻曲纤维内部贮存了大量的捻应力，而这部分捻应力是纤维人工肌肉的内置驱动源，因此其核心为高力学性能及高机械能储存能力纤维材料的制备。当纤维在外界刺激（如热、电、气体吸附、离子注入等）下发生体积膨胀，内部应力平衡被打破，导致纤维发生解捻产生旋转驱动；如果纤维捻曲生成的螺旋结构可以显著放大其驱动变形，在外界刺激下还会发生收缩驱动。

项目一直围绕“如何调控纤维分子链和聚集态的扭转取向结构，以获得优异的力学及机械能储存性能”这一关键科学问题开展研究，核心为（1）揭示扭转取向结构对纤维力学性质及功能增强的微观机制，为高性能纤维人工肌肉的设计提供新的理论依据；（2）探索调控链运动和链结构，实现扭转取向诱导的高效力学增强新策略；（3）精准构筑扭转取向新材料，探索熵在扭转取向中的演化，进而发现新性质与新功能。

项目在功能与高性能纤维材料领域共发表学术论文 200 余篇，总引用 16000 余次。以通讯作者或第一作者发表论文 160 余篇，其中包括 Science, Nat. Sustain., Nat. Commun., Adv. Mater., Natl. Sci. Rev., Acc. Chem. Res. 等。