中科院在人工神经肌肉纤维方面取得新进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/20955.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！

中科院在人工神经肌肉纤维方面取得新进展。生物体可以感知外部刺激并通过神经系统和肌肉组织的协同作用对环境做出反应。例如，蜗牛的触角在被触摸时会产生收缩，这种应激性反应有助于蜗牛避免突然的危险，并增加其对环境变化的适应性。随着软体机器人的快速发展，利用这种简单的融合系统，可以使未来机器人更加智能和逼真。此外，结构紧凑的多功能人工肌肉纤维有望简化传统的机械传动单元、力传感器和图像识别模块等多组件系统来实现感知-驱动功能一体化，从而轻便和灵活化软体机器人的感知与驱动单元。

在人工肌肉纤维中集成感知功能以适应环境的变化和实现路径的实时追踪是非常必要的，但由于人工肌肉纤维驱动层和传感层之间的界面不匹配，仍然具有挑战性。团队在先前工作的基础上（Mater. Horiz., 2021, 8, 2541 – 2552），受蜗牛触角启发，提出了人工神经肌肉纤维的概念。通过将CNT纤维芯依次包裹在硅胶弹性体层、纳米纤维网络和MXene/CNTs薄鞘中的精巧同轴结构设计，使得人工神经肌肉纤维在同一根纤维上实现了驱动-感知-反馈的功能。精巧的结构集成中最关键是使用了纳米纤维界面，其辅助传感层实现了动态自适应追踪驱动过程但又不限制肌肉纤维的驱动行程。这项工作为未来小型化智能软体机器人的闭环控制提供了创新的解决方案。

人工神经肌肉纤维精巧的同轴结构设计中，CNT/硅胶弹性体组件提供了驱动功能，而鞘层三维导电网络由于其灵敏的应变阻值变化特性，实现了触摸/拉伸感知和无滞后的循环驱动追踪功能。作为一个整体，该同轴结构建立了一个介电电容器，实现了灵敏的非接触感知功能。（图1）

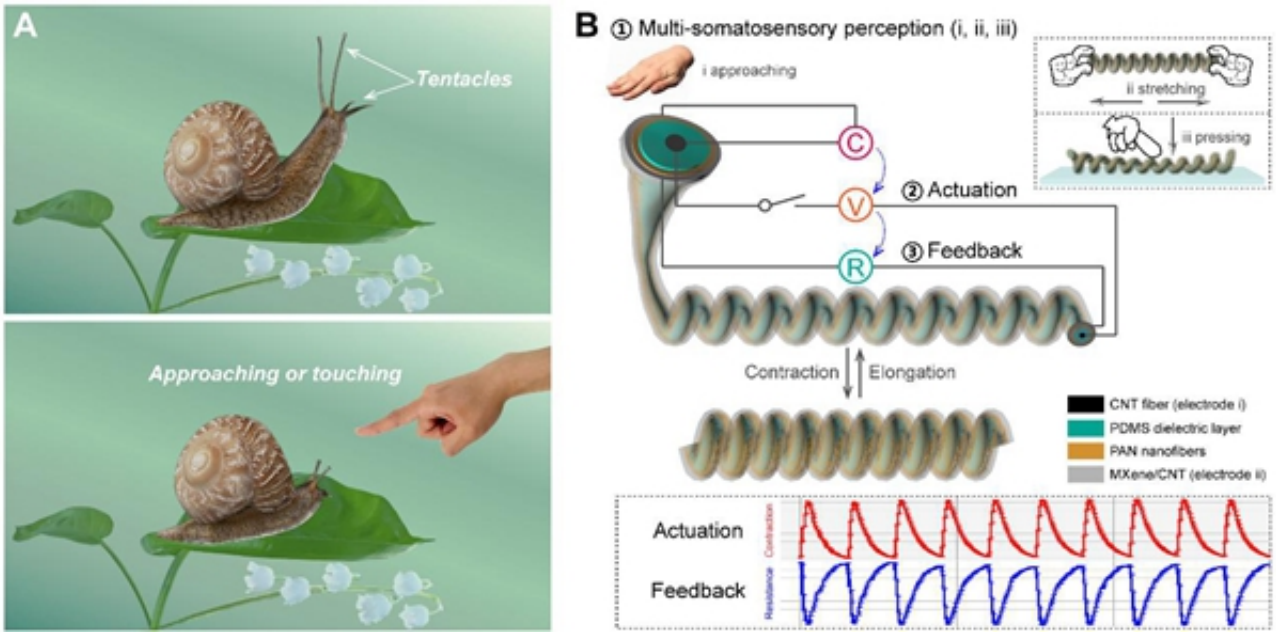


图1. 集成感知-驱动-反馈功能的人工神经肌肉纤维的概念示意图

接近感知信号在不同接近速度下的敏感性可以用来感知外部行为是友好的还是危险的。例如，在日常生活中，握手动作是一个相对较慢的过程，可以通过低接近速度的感应信号来识别（图2j的黑色曲线）；相反，击打动作是一个相对较快的过程，可以通过高接近速度的感应信号来识别（图2j的棕色曲线）。人工神经肌肉纤维识别接近信号速度的能力，对于未来的智能机器人采取一系列环境适应行为非常重要。（图2）

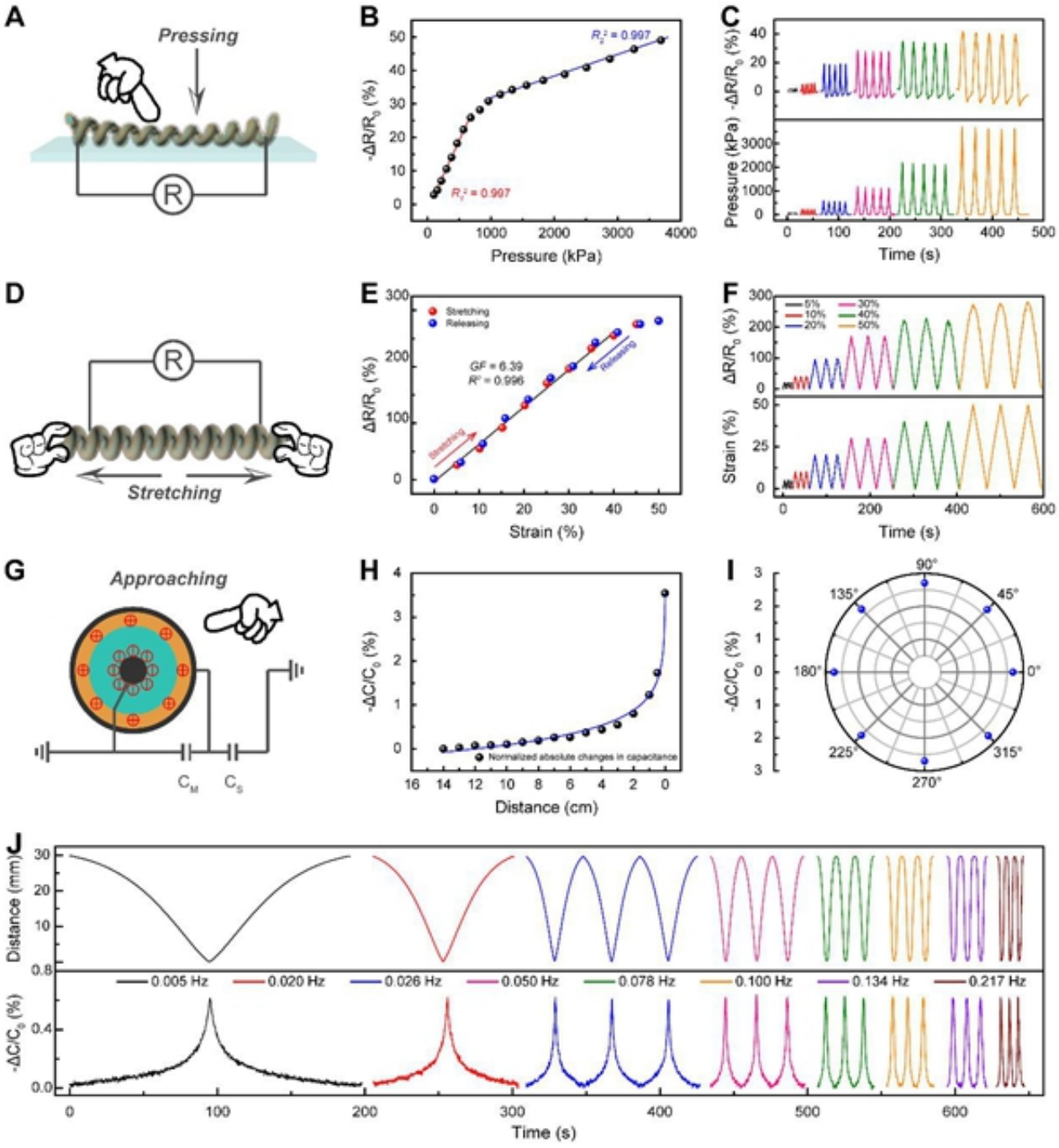


图2. 人工神经肌肉纤维在接触模式下的压力/拉伸感知性能和在非接触模式下的接近感知性能

人工神经肌肉纤维在驱动全过程中实现了无迟滞的路径追踪功能。无迟滞的路径追踪意味着，无论人工神经肌肉纤维是收缩还是恢复状态，纤维的位置状态都可以通过鞘层的相对电阻变化来识别。目前报道的自传感人工肌肉纤维的驱动和反馈信号之间普遍存在迟滞性问题，这导致了很难区分人工肌肉纤维的位置状态，因为一个相对电阻变化值可能对应于一个驱动周期中的两个或多个不同的位置状态。由于螺旋状人工肌肉纤维在驱动过程中的结构变化非常复杂，可能包括扭转、膨胀和弯曲，因此，原位复制结构形变对于鞘层去追踪驱动的变化是非常重要的。本工作中，引入人工神经肌肉纤维的三维多孔纳米纤维层的作用不仅是增加了与MXene/CNT鞘层的结合，

而且还提供了对PDMS层驱动过程中实时的原位形变复制功能。（图3）

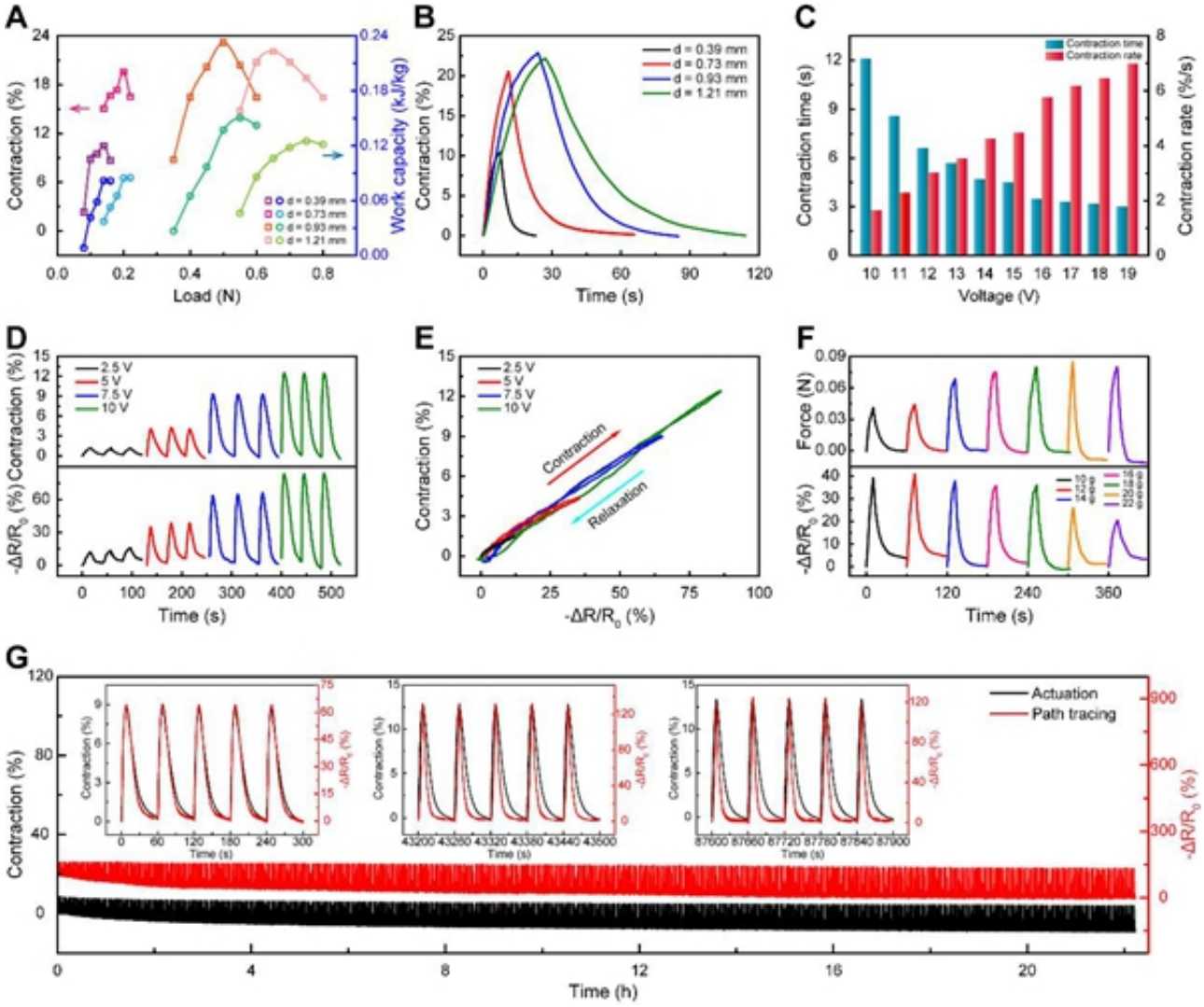


图3. 人工神经肌肉纤维的电热驱动和实时路径追踪性能

模拟生物体的神经肌肉系统，利用按压、拉伸和接近的多模态感知信号来触发人工神经肌肉纤维进行工作的应用场景如图4所示。在结合电路控制设计的起重机模型中，当人工神经肌肉纤维通过触摸（或接近）进行短暂的外部刺激时，该纤维可以检测到电阻的变化（或电容的变化）。一旦激发信号达到设定的阈值，人工神经肌肉纤维被触发收缩，通过杠杆臂提升物体。同时，通过人工神经肌肉纤维鞘层的相对电阻变化，物体运动和纤维工作过程中的位置变化被原位追踪。

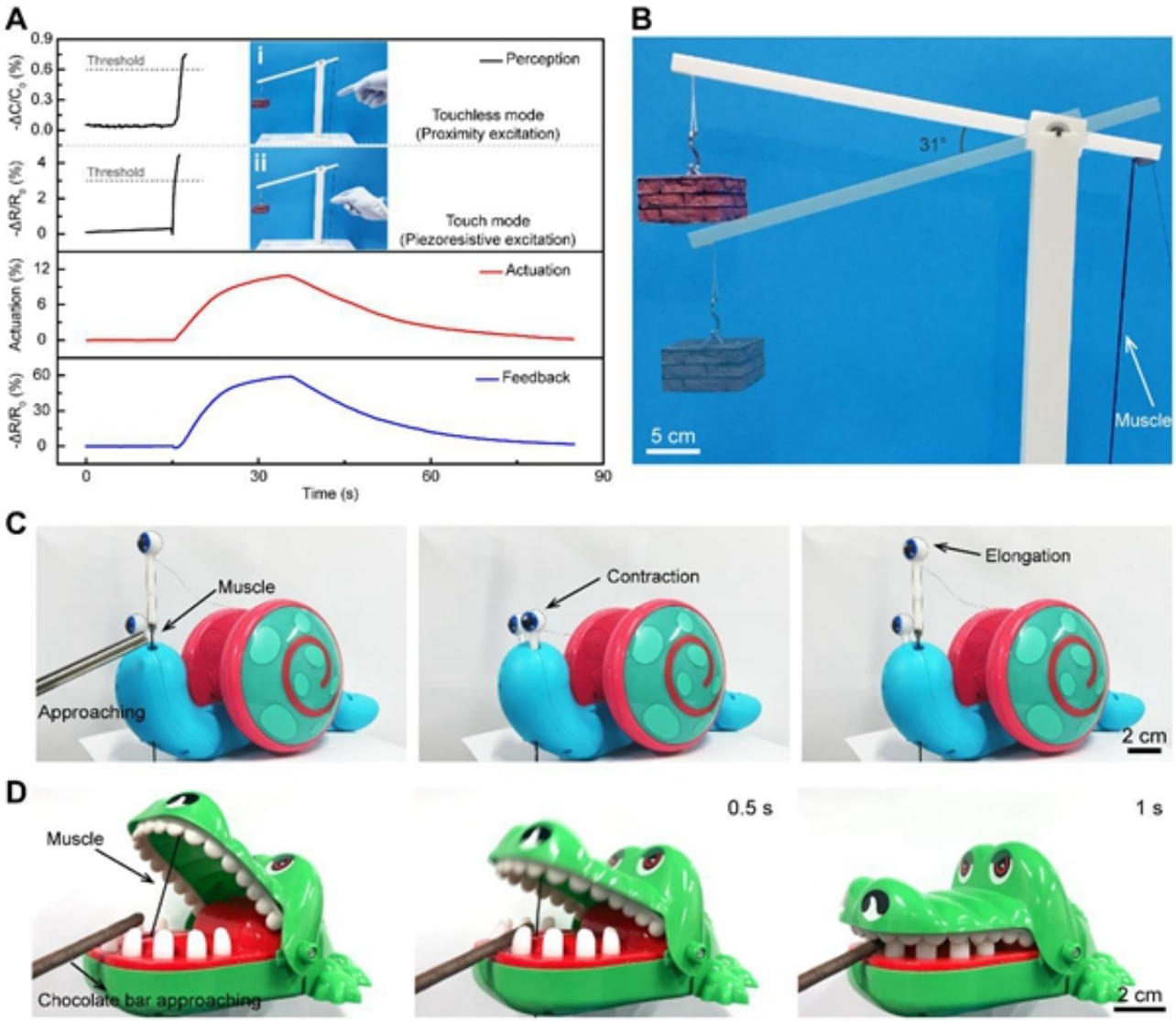


图4. 人工神经肌肉纤维的应用场景展示

相关工作以Artificial Neuromuscular Fibers by Multi-Layered Coaxial Integration with Dynamic Adaption为题发表在Science Advances上。论文第一作者是中科院苏州纳米所博士研究生董立忠，通讯作者为李清文研究员和邸江涛研究员。苏州纳米所轻量化实验室王光华和张士钦在控制电路设计方面提供了技术支持。该工作得到了国家重点研发计划（2020YFB1312902）和国家自然科学基金（21975281）等项目的支持。（来源：中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所）

相关论文信息：https://doi.org/10.1126/sciadv.abq7703

作者：李清文等 来源：《科学进展》

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