
研究开发全球首个仿生人工纤毛系统

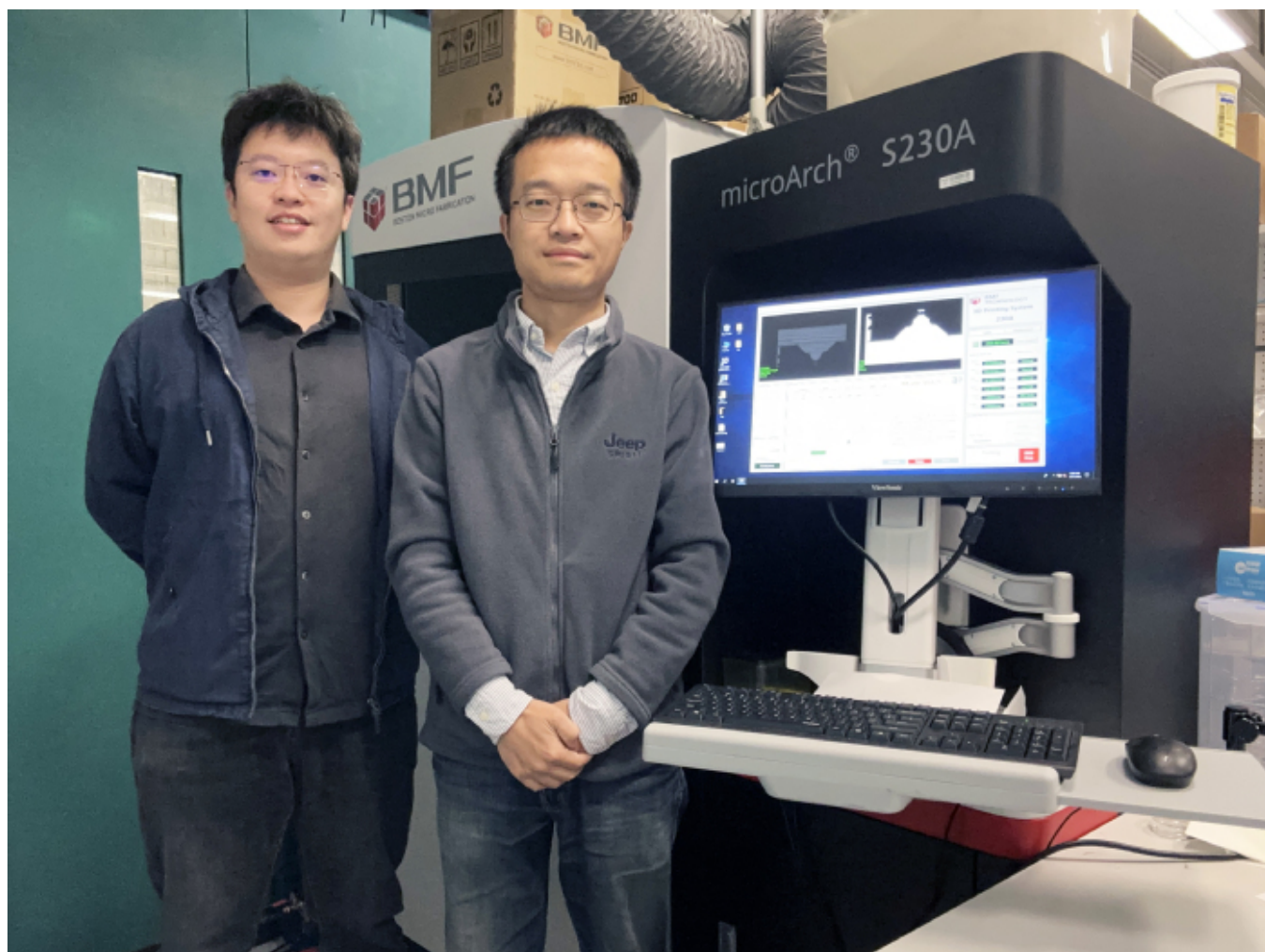
作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39656.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！

研究开发全球首个仿生人工纤毛系统。5月8日，记者从香港科技大学获悉，该校机械及航空航天工程学系助理教授胡文琪领衔的研究团队成功研发出全球首个能够模拟人体天然纤毛快速、复杂三维运动的人工纤毛系统，在仿生软材料与微型工程领域取得重要突破。相关研究发表于《自然》，论文题为《三维打印低电压驱动水凝胶纤毛微型致动器》。

纤毛是人体内广泛分布的微米级毛状结构，负责清除呼吸道黏液、推动脑脊液循环，并参与生殖相关的生理过程。尽管科研界长期致力于模拟其精密机械特性，但在人工系统中重现其逼真、高速且协调的运动，一直是一项极具挑战性的任务。



胡文琪（右）及其研究生陈熙（左）合影。研究团队供图

为此，研究团队通过整合多项前沿技术成功攻克上述难题。团队采用高精度3D打印技术，制备出体积微小且具有高柔韧性的仿生结构，并优化水凝胶的内部结构以加快离子传输速度，从而使人工纤毛实现快速而灵敏的运动。此外，团队自主研发的微型电极系统可对每一根纤毛进行独立控制，实现高度协调且可编程的运动模式。综合上述创新，人工纤毛在运行速度、动作复杂度及耐用性等方面均达到前所未有的水平。

研究团队与德国斯图加特马普智能系统研究所合作，引入其在微型机器人领域的国际领先专业知识及实验验证技术；与土耳其科奇大学合作，充分结合其在物理智能及系统整合方面的优势。此外，研究得到瑞士苏黎世联邦理工学院、北京航空航天大学及韩国嘉泉大学学者的共同参与。

通过跨国协作，研究团队成功制备出可在极低电压（与普通家用电池相当）条件下驱动的水凝胶微纤毛。其内部带电粒子在电场作用下移动，从而使纤毛产生可控弯曲。研究人员还可通过调节电信号输入，生成类似生物系统的复杂弯曲与旋转运动。

该研究为理解纤毛在生理状态下的运作机制迈出了关键一步，也为未来在微尺度上实现精准流体操控的医疗及工程应用奠定了重要基础。论文通讯作者胡文琪表示，以往的人工纤毛在速度、柔顺性或控制精度方面存在不足。我们的设计首次将天然纤毛的所有关键特性集于一身——柔软、快速、耐用，并能在大规模阵列中实现同步运动。

随着相关技术逐步迈向临床应用，确保其长期安全性与生物相容性尤为关键。目前，研究团队正积极推动人工纤毛技术从实验室概念验证向应用导向系统转化，包括扩大制备规模、融合传感与反馈控制机制，以及在更接近真实应用场景的生物环境中开展性能测试。

除医疗应用外，人工纤毛在多个技术领域同样展现出广阔前景。在微流控系统中，其可作为微型泵或混合器，无需依赖体积庞大的机械部件。在机器人领域，其轻柔而精细的运动特性有望为在狭窄或复杂环境中运行的超微型机器人提供全新的运动或操控方式。此外，该技术还有望推动先进制造、环境监测乃至柔性可穿戴设备等需要在微尺度下实现高效、可控运动的应用场景。

该研究属于更广泛的国际仿生微型机器人研究领域，致力于开发能够借鉴生物运动机制、并以类生命方式与周围环境互动的微型机器。（来源：中国科学报 朱汉斌）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09944-6>

作者：胡文琪等 来源：《自然》

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