

戴上“黑科技”手套秒变大力士

●本报记者 王敏

有这样一双“手套”，戴上它，让你秒变大力士，双手可以掀起200多公斤的石板，“吊单杠”时间翻倍，提重物行走疲劳感大大减轻……

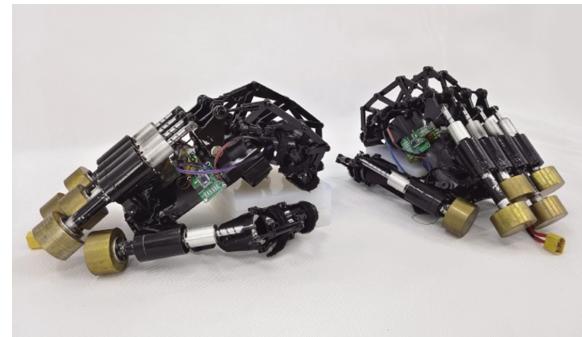
这款“黑科技”机械手套由中国科学技术大学(以下简称中国科大)特任教授孙帅帅课题组与合作者共同研发，是一种基于磁流变技术的手部外骨骼系统，能够极大增强人体手部抓握力与抓握耐力，有望用于地震救援、物流搬运、工业生产等场景。近期，相关研究成果发表于《IEEE 机器人学汇刊》。

小功耗,大力量

灵活的双手在日常生活中起到至关重要的作用。然而，在救援、搬运等应用场景中，双手不仅要足够灵活，还要足够有力，以支撑长时间、高负载的工作。

几十年来，随着机器人技术、材料科学等领域的发展，研究人员有望研发出像“钢铁侠”机甲一样的可穿戴外骨骼，利用机械结构和致动器共同作用给人手助力，从而增强人手功能表现，大幅提升人类极限。其中，手部外骨骼是研究热点之一。

“实际上，目前学术界与企业界已出现多种手部外骨骼，主要用于辅助中风、偏瘫患者康复。它们往往基于电机、液压致动，又或采用气动技术。”孙帅帅介绍，这些致动器普遍存在输出力小、体积和重量大等问题，难以解决大幅增强手部抓握力和抓握耐力的难题。



基于磁流变技术的手部外骨骼系统。中国科大供图

因此，面对大负载场景，手部外骨骼的关键是研发一种体积小、轻量便携，但输出力大、背驱能力好的致动器。

孙帅帅团队利用磁流变智能材料模量可调的特性，创新设计了基于磁流变轴承和滚珠丝杆结构的被动致动器，在仅需5瓦功耗条件下，实现了最高1046牛的大输出力，力-功率比相较其他方案提升了一个数量级，在同样输出力下节省了97.7%的能量消耗。

“也就是说，我们用很小的功耗得到了很大的力。”孙帅帅解释道，这意味着磁流变手部外骨骼的续航时间相较于普通外骨骼系统得到大幅提升。

“软硬”可控

在中国科大人工形机器人研究院实验室，记者见到了这款产品。别看它体积小，背后却暗含着一个系统工程。

论文第一作者、中国科大博士生麦贤龙介绍，“这款手部外骨骼系统主要分为外骨骼、磁流变致动器、指尖力传感器和控制背包几个部分。它的工作

原理是将外界的负载转移至外骨骼，通过调节磁流变致动器的输出力，在大负载时使外骨骼具有大承载能力，即变‘硬’，而在不需要助力时，手套会变‘软’，几乎不影响手指的灵活运动。同时，我们发现这种结构还可以通

过飞轮储能，在不需要任何外部动力源的情况下，增强穿戴者的瞬时抓握力。”

这款手套“软硬”可控的奥秘，在于磁流变致动器中使用的磁流变智能材料。

“磁流变智能材料的性能在磁场作用下会发生显著变化。在没有磁场的情况下，这种材料像脂一样具有较好的流动性；加了磁场后，材料会变成半固体。”孙帅帅一边展示，一边向记者解释，他们基于这种特性，将其应用于手部外骨骼系统，实现了手套的“软硬”可控。

疲劳减轻,握力增加

为了验证手套性能，研究团队首先进行了长时间提拉重物的实验。通过测量受试者戴与不戴手套的前臂肌电信号，团队发现，戴手套的表面肌电信号显著降低，表明肌肉收缩力减弱，疲劳程度减轻。此外，团队还进行了“吊单杠”实验，测试结果显示，戴手套的受试者坚持时间增加了一倍。

在握力增强实验中，受试者分别

在用和不用手套的情况下进行快速抓握。结果显示，戴手套的平均握力增加85.8牛，比不戴时高出41.8%。

此外，在地震救援中，由于现场环境复杂，很多设备难以进场，多依靠救援人员徒手清理重物，因此研究团队还进行了地震救援模拟应用实验。在营救被压人员和运送伤员的任务中，受试者指屈肌的肌电信号幅度均大幅减小，这意味着控制手指抓握的肌肉活动度大幅降低。在运送伤员任务中，受试者呼吸率相较无外骨骼手套情况下平均降低了20%，最大运送距离提升了110%。

除了以上常见应用场景，孙帅帅还介绍了遥操作的应用场景。“我们可以利用磁流变材料的阻尼特性，设计能够提供力反馈的手部外骨骼和手臂外骨骼，同时结合关节运动捕捉，实现远程机械臂、机械手的遥操作，并提供真实的力反馈，以进行深空探测作业。”孙帅帅说。

孙帅帅表示，接下来，他们将进一步提升手部外骨骼系统功能。“比如，加入人体意图识别功能，更精准地根据穿戴者意图调整外骨骼的输出；改进外骨骼结构，利用复合材料和3D打印技术，在减轻重量的同时增加结构强度；改进人机交互设计，使外骨骼达到人手运动的大部分自由度，减少与人手间的滑移与不舒适感。”

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1109/TRO.2025.3588750>

科学家首次绘制哺乳动物高分辨率微生物图谱

本报讯 复旦大学教授栗硕团队首次系统解析了大量此前未知的哺乳动物微生物组多样性，绘制了临床重要功能元件(ARGs)的跨宿主共享网络，就像给微生物世界绘制了一张前所未有的“地图”，拓展了人类对微生物组成和多样性的认知边界与深度，并为微生物源疾病和抗生素耐药性防控奠定了重要理论基础。相关研究近日发表于《细胞》。

研究团队首先构建了交叉多组学高分辨率微生物组解析框架，并回收

了245个病毒、25442个细菌、13个真菌和2个寄生虫基因组。经过测序和分析，研究团队鉴定出128种病毒、10255种细菌、201种真菌和7种寄生虫，其中约70%的细菌物种(超过7000种)被推测为潜在新物种，揭示了哺乳动物体内丰富的微生物“暗物质”。多层次群落结构分析显示，微生物群落在相同地理区域、宿主分类及生活方式下显著相似，表明这些因素是形成与维持群落的关键驱动力。此外，研究

团队系统揭示了哺乳动物微生物组中广泛的跨地理区域、宿主分类及生活方式界限的菌株共享现象，涵盖多类微生物群体。

研究团队在哺乳动物微生物组中鉴定出521种潜在ARGs，涵盖13类抗生素，反映了哺乳动物微生物组中长期未被系统评估的耐药潜力。研究还提示哺乳动物微生物组可能成为潜在可移动ARGs的储存库。研究团队进一步鉴定出270种重要ARGs亚

型，发现157种重要ARGs在哺乳动物与人类微生物组间共享，提示存在潜在跨物种交换的风险。

研究构建的框架未来可应用于系统监测微生物群落变化、预测重要耐药性扩散趋势，为制定精准、高效的公共卫生防控策略提供核心技术支撑。

(王兆显)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.08.016>