

# 魔幻般瞬时转换刚性柔性机器人悄然诞生

► 本报记者 李洋

在科技飞速发展的今天,智能机器人正逐渐走入人们的生活。然而,传统刚性结构机器人在人机交互时存在安全隐患,而部分协作机器人虽然考虑了人机交互的部分场景,但依然难以满足通用场景下人们对机器人“可靠伙伴”的期待。

西湖交互机器人科技(杭州)有限公司(以下简称“西湖交互”),以突破性的技术成果打破了这一困境,其首创的Phi-A柔性变刚度机械臂,通过自研的力学超材料与Jamming结构设计及毫秒级动态响应算法,实现了“任务态刚性”与“交互态柔性”的自如切换,在遭遇碰撞风险时能瞬时切换至物理智能的“软化”安全模式,构建起人机协作、人机交互的“隐形安全气囊”,突破了传统机器人难以兼顾安全与性能的瓶颈。这项技术突破将加速智能机器人从“协作工具”到“可靠伙伴”的进化。

据介绍,5月下旬,西湖交互将发布最新产品序列为HARET Robot系列的类人形整机。

## 超材料与变刚度的奇妙融合

西湖交互孵化自西湖大学席席教授姜汉卿的跨力学实验室,其技术实力,是创始人姜汉卿深厚的学术积淀。

姜汉卿表示,在新型柔性变刚度机械臂的研发中,超材料是其核心亮点之一。

超材料的独特之处在于,其性能并非由微观分子结构决定,而是取决于宏观结构设计。“这就好像一张柔软的普通纸张,在未折叠时,几乎没有承载能力,轻轻一弯就会变形;然而,当纸张通过特定方式折叠后,它的硬度会大幅度提升,能够承受一定的重量。”姜汉卿以折纸为例,生动地解释了这一概念:这是因为结构的承载能力不仅与材料本身的硬度(刚度)相关,还与结构的抗弯刚度密切相关。在材料不变的情况下,仅仅是结构的改变,就导致了刚度的显著变化,这便是超材料通过设计结构改变宏观性能的原理。

姜汉卿科研团队自2013年起就将“折纸”灵感引入工程应用,并将其成果应用于机器人材料的研发中。在新型柔性变刚度机械臂的关键部件中运用类似“折纸”的结构设计,使原本柔软的材料在特定条件下能够实现性能转变,为机器人功能的实现奠定了基础。

解决了材料的问题之后,如何实现新型柔性机械臂的“变刚度”?姜汉卿表示,在这款产品中主要采用了Jamming结构设计真空阻塞方法。

“打个比方,当大米被密封在真空包装袋中时,在大气压的作用下,大米颗粒之间相互挤压,摩擦力增大,整个米袋变得坚硬;而一旦剪开袋子,空气进

入,大米之间的摩擦力减小,米袋就会迅速变软,这就是利用摩擦力实现‘变刚度’效果即阻塞机制的体现。”姜汉卿表示。

在柔性变刚度机械臂中,多稳态结构与阻塞机制相结合使得“变刚度”的实现更为巧妙。

与传统依赖软件紧急制动的机器人不同,西湖交互的新型柔性变刚度机械臂具有独特的物理智能。“它通过机械结构或材料本身的特性直接产生反应。”姜汉卿介绍说,机械臂外层是充正压的气囊,内层是抽负压的腔室,两者通过一个受气压变化率影响的气阀连接。在正常交互时,如轻柔地触摸、拥抱,气压变化缓慢,气阀关闭,机械臂保持内部硬、外部软的状态;而当遭遇碰撞等突发情况后,气压变化率急剧上升,气阀迅速打开,外部气体快速进入内层,使机械臂瞬间变软,反应时间小于一秒钟,这种物理智能为安全交互提供了更可靠的保障。

“我们即将发布的类人形整机,是介于人形机器人和无人车之间最高性价比的机器人方案,在技术上通过使用成熟的SLAM相关雷达、导航性能,在点对点导航、避障等方面相较于人形机器人极具优势,并且在成本和姿态稳定上都具有极大优势。”姜汉卿说,相比去年发布的纯机械臂,类人形整机验证了“可变刚性机械臂在类人形整机上具有

同刚性机械臂一致的任务性能”,同时在材料和结构上更具有安全和成本优势。

## 开辟人机共融新场景

未来智能机器人要真正融入人类世界,人机交互的安全性和成本控制是关键。然而,当前市面约95%的智能机器人采用刚性结构,虽然在工厂、物流等限定场景发挥效能,却因安全风险与高昂的成本而难以走进人类生活空间。

机器人要真正成为人类的伙伴,必须具备人类生命的交互本能——物理智能,而非依赖软件紧急制动。如同人类触碰高温物体时瞬间缩手的反射弧,物理智能通过机械结构或材料本身的特性(如柔性关节、弹性材料)直接产生反应,减少依赖软件计算的延迟。

姜汉卿说,西湖交互的新型柔性变刚度机械臂,在遇到碰撞风险时能瞬间切换至“软化”安全模式,构建起人机协作、人机交互的“隐形安全气囊”。这种特性使得机器人在家庭、医疗、康养等与人密切接触的场景中能够安全运行,为机器人的广泛应用开辟了新的空间。

此外,该机械臂材质轻盈,对电机负载性能要求更低,从而降低了成本。目前,它能够适配市面上90%的通用类人形机器人,为具身智能机器人的发展提供

了创新解决方案。

姜汉卿指出,过去的工业机械臂只能执行单一、预先编写好的动作程序,如汽车制造中的拧螺丝、安装部件等。而通过AI算法训练的新型柔性变刚度机械臂,具备一定的学习和适应能力,例如可以抓取不同形状、位置的物品,如杯子、手机等。虽然目前AI训练机器人成本较高,需要大量显卡(GPU)等硬件资源进行计算,但这是实现机器人复杂功能和智能化发展的必经之路,也是未来机器人领域的发展趋势。

可以想象这样的未来:清晨,搭载情感感知系统的机器人管家递上温度适宜的咖啡;独居老人起身时,柔性机械臂及时托扶,陪伴其安全行走;当主人情绪低落,仿生织手手臂会主动给予温暖拥抱……这些曾存在于科幻电影中的场景,正随着机械臂技术的突破逐渐成为现实。从“冰冷工具”到“智能伙伴”,人机交互的未来,已然触手可及。

姜汉卿表示,接下来,西湖交互希望将变刚度推向极致,使其在硬态时能够接近甚至达到传统钢质机械臂的强度,在软态时又可以折叠;同时还可实现多模态功能,如为机械臂添加加热功能、感知功能等,使其具备类似电子皮肤的能力,能够敏锐地感知外界的触摸、压力等信息,从而实现更好的人机交互。

## 首届世界人形机器人运动会 8月在北京开赛

本报讯 2025世界人形机器人运动会将于8月15-17日在北京国家体育场(鸟巢)和国家速滑馆(冰丝带)举办。北京市政府新闻办公室近日举行新闻发布会发布了这一消息。

发布会发布了本届人形机器人运动会比赛项目,总体设计为主体赛事+外围赛事。

主体赛事包括竞技赛、表演赛和场景赛共19个项目,展示机器人应用技术的多样性、创新性与实用性。

竞技赛参照传统体育项目设置了11个小项。其中田径7项(100米、400米、1500米、4×100米接力、100米障碍赛、立定跳远、原地跳高),以及自由体操和2V2、3V3、5V5足球赛。重点考验人形机器人的运动能力、协调性与团队协作能力。

表演赛设置了单机舞蹈、群体舞蹈2个项目。通过艺术编排、音乐配合与动作创新,展示人形机器人全身实时协同控制和群体协同能力。

场景赛聚焦人形机器人实际应

用场景,设置了工业场景、医院场景和酒店场景共6个项目。其中工业场景包括工厂物料搬运与整理,医院场景包括药品分拣与分装,酒店场景包括迎宾与清洁服务,展示机器人的实用技能和智能化水平。

外围赛事共3个项目,包括非人形机器人参与的羽毛球、篮球和乒乓球比赛,侧重表演及与观众互动。

北京市经济和信息化局党组书记、局长姜广智表示,举办人形机器人运动会,旨在通过机器人的多种竞技赛项,集中展示、检验机器人最新成果,持续带动机器人机械结构、人工智能、大模型、光学、传感、材料等多学科技术进步,不断促进机器人技术和产品迭代升级,加速机器人进入人类生产生活各类实际场景,推动人类和机器人和谐共生,让机器人更好地服务人类生产生活。

本次世界人形机器人运动会由北京市政府、中央广播电视总台、世界机器人合作组织、亚太机器人世界杯国际理事会联合主办。刘琴



近年来,重庆市北碚区建立健全政策扶持体系,涵盖科技创新、市场开拓、资金扶持等多方面,持续优化营商环境。同时,针对性出台稳企惠企政策,持续提升服务质效,让民营企业安心生产、放心经营,有效增强民营经济发展新动能。截至2024年年底,北碚区民营经济主体占比超97%,民营经济贡献了80%以上的城镇就业、90%以上的科技创新平台。

图为5月9日在位于北碚区的重庆顺多利机车有限责任公司精工基地拍摄的自动化生产作业现场(无人机照片)。

新华社记者 王全超/摄