



现实版 钢铁侠 :重新行走并不遥远

中青报 中青网记者 张 渺

帅梅不止一次听到,有人称呼她为“钢铁侠”。

现实版的“钢铁侠”,或许并不像漫画和电影里那样拥有惊人的力量,但对于截瘫、偏瘫、脑瘫患者来说,帅梅和她的研究团队,没准比超级英雄更“超级英雄”。他们研制的设备,能在一定程度上帮助那些下肢运动功能障碍人士重新站起来。

帅梅是北京航空航天大学生物医学工程高精尖中心博士生导师、研究员,也是北航外骨骼实验室的主任。她与团队一同研发的我国第一个外骨骼机器人,是科技部“十二五”支撑计划、国家自然科学基金、北京市重大科技计划的成果转化项目。

作为我国康复机器人持续原创研发者,这个团队研发的外骨骼机器人,被选为2022年北京冬季残奥会火炬传递及火炬汇集代表,在全世界面前展示了中国科技给残障人士生活带来的改变。

帅梅对中青报 中青网记者说,未来的机械外骨骼,也许还会造福更多的人,发挥更重要的作用。

一套机器人,装着数百个传感器

位于北京经济技术开发区经海三路139号的阳光大艾肢体残疾人康复中心,看起来并不像研究基地或工厂,而更像是一个疗养院。

3月22日,春分刚过,仍感料峭。几位不良于行患者,嵌在大大小小款式不同的外骨骼康复训练机器人当中,装有传感器的机械腿捆绑使用者的下肢,他们在工作人员的帮助下,一步一步,向前行走。

他们是来这里做康复训练的,需要在训练场地不间断地行走,达到“复健”目的。

这一套机器人,装着数百个传感器。帅梅说。

她穿行在训练场地,眼前的使用者,有因为训练意外而失去胸以下部位所有知觉的运动员,也有无法控制好下肢、走路步态“不正规”的脑瘫儿童。

帅梅跟每个使用者打招呼,询问他们这一次的康复体验。这位机器人领域的工学教授,眼下看起来,倒更像是一位医生。

我们确实还需要再学很多医学的东西,幸好我们很快就了解了相关领域需要的医学知识,还得到了北京积水潭医院、国家康复辅具研究中心等单位医学专家的帮助指点。帅梅说。

她从2003年开始机器人领域的相关研究。比起“写论文”,她对亲自动手、做一些对人类有益的产品“更感兴趣”。她最早研制的,是一个行走在崎岖不平路面的仿人机器人。他们把障碍物撒到地上去,各种大小,不同高低,凹凸不平,机器人在上面自行判断复杂情况完成行走。用帅梅的话说,要是机器人判断不了复杂路面,它的实用性“基本上就没有了”。

2006年之后,帅梅先是任职于北京航空航天大学自动化学院,目前是北航生物与医学工程学院的研究员。

中国是人口大国,老龄化问题比较突出,对于健康的需求越来越大,所以我们在在这方面发力。她和团队开始关注到了健康领域。

自此,帅梅一头扎进了对外骨骼机器人的研究当中。她的一位研究仿人机器人的博士研究生总跟她念叨,说“老师,咱们要是早就研究外骨骼机器人就好了”,帅梅笑着回忆,那位学生反复念叨了几十遍。

科学咖啡馆

□ 周 慧
中青报 中青网记者 王 磊 王海涵

近日,合肥工业大学资源与环境工程学院的古生物学家饭岛正也博士和刘俊教授在对馆藏于广东新会博物馆和顺德博物馆的鳄鱼标本进行研究时,发现了史前鳄鱼的新物种。这一研究不仅解决了分子生物学家和形态学家对鳄鱼分类的争议,也为人类活动导致史前鳄鱼的绝灭提供了有力证据。相关成果发表于国际学术期刊《英国皇家学会会刊B:生物科学》。

在我国岭南地区,曾经生活过一些巨型的史前鳄鱼。这些鳄鱼体长超过6米,是当时生态环境中的顶级捕食者。公元9世纪,岭南韩江流域曾存在“韩愈”。据史料记载,唐代大文豪韩愈被贬潮州时曾试图警告鳄鱼,将猪羊投入恶溪(今韩江)命鳄鱼离去,否则定将诛戮不赦,并写下了流传千古的散文《鳄鱼文》。

唐朝末期,北方战乱不断,中原人民纷纷向岭南迁徙,随之而来的还有猎杀和土地开发等行为,人口的膨胀加速着鳄鱼灭绝的进程,最终这一岭南土地上的曾经的霸主完全灭绝。此次发现的史前鳄鱼新物种,和《鳄鱼文》中描述的“四处侵扰为害”的主角属于同一物种。于是,科研人员以韩愈的名字命名了这个新物种:中华韩愈鳄。

课题组研究的其中两件鳄鱼标本,骨骼上保留了人为砍杀的痕迹。碳14测年结果表明,其于公元前14世纪至公元前10世纪间遭到杀害,从而证实中华韩愈鳄的绝灭与人类活动有关。

鳄鱼作为顶级捕食者,在维持淡水生态系统的平衡方面发挥着关键作用。中华韩愈鳄的绝



残障人士穿戴外骨骼机器人行走。

帅梅团队供图

他们都觉得,外骨骼机器人是一个马上就能为民众带来福利的产品,比起之前的崎岖不平路面机器人,对社会的贡献会更大一点。

不过帅梅也觉得,早期的研究还是有意义的,毕竟要是没有前期研究的基础,后续的研究就等于从头开始,会更加艰难。

帅梅说,研发团队目前拥有5个系列9款不同的外骨骼机器人产品,训练超百万人次。

他走的汗都出来了,我也看的汗都出来了

研究团队的攻坚过程历时10余年,至今仍在做进一步研发。实验室里,时不时会有凌晨3点测试的场面。

搞科研就是这样,到了关键时刻,是停不下来的,就必须得往前走。帅梅开玩笑地提到,积水潭医院的一位主任,经常被她半夜的电话吵醒。

作为工科人,帅梅见过无数的同行,他们身上都有个共同的特点,就是“看着傻乎乎”。

走到你跟前突然一翻眼睛,看你一眼,然后自己就走过去了,不跟你打招呼,因为他根本就不看得见人,这是工科人在思考问题。她笑着说。

灭为现代人类敲响了一个警钟。刘俊说。

据介绍,中华韩愈鳄是长吻鳄科的一种,它兼具了长吻鳄科两种现存鳄鱼的一些重要的头骨特征。而这些镶嵌演化的特征,对于解决长达数十年的鳄鱼谱系发育争议具有重要意义。同时,中华韩愈鳄头骨上还发现了翼状泡和鼻部赘生物,这两个特殊的结构,只出现在成年雄性恒河鳄中。翼状泡是一种发声结构,这显示了中华韩愈鳄的成年雄性个体与恒河鳄在发声结构上可能是相似的。

刘俊说,由于声道长度和体型大小呈正相关,而鼻部赘生物延长了声道长度。因而,中华韩愈鳄雄性个体头骨上所展示的翼状泡和鼻部赘生物在性选择上具有明显的进化优势。

饭岛正也博士和刘俊教授对于鳄鱼研究有着非常浓厚的兴趣。他们在我国许多考古遗址发现了鳄鱼遗骸,其中一些遗骸可能具有重要的文化意义。这些考古遗址中发现的鳄鱼遗骸先前都被当作扬子鳄,但现生的扬子鳄只生活于我国南方的长江中下游地区,现在中华韩愈鳄的发现对这一观点也提出了有力的挑战,位于北方的考古遗址中的鳄鱼遗骸,很可能是扬子鳄之外的其他物种。

刘俊认为,中华韩愈鳄作为中国古代唯一可以“食人”的巨型爬行动物,可能在中国古代文明中留下了一些印记。一些古籍中关于龙的传说可能也受到了中华韩愈鳄的影响。

据参与此项研究的博士研究生乔羽介绍,中华韩愈鳄在分类学上属于长吻鳄科,它们细长的吻部常常让人们产生误解,认为它们是吃鱼的鳄鱼,细长的吻部似乎无法承受捕食大型猎物带来的冲击力。其实不然,现生长吻鳄科其食谱不局限于鱼,幼年长吻鳄会吃一些两栖类、昆虫等小

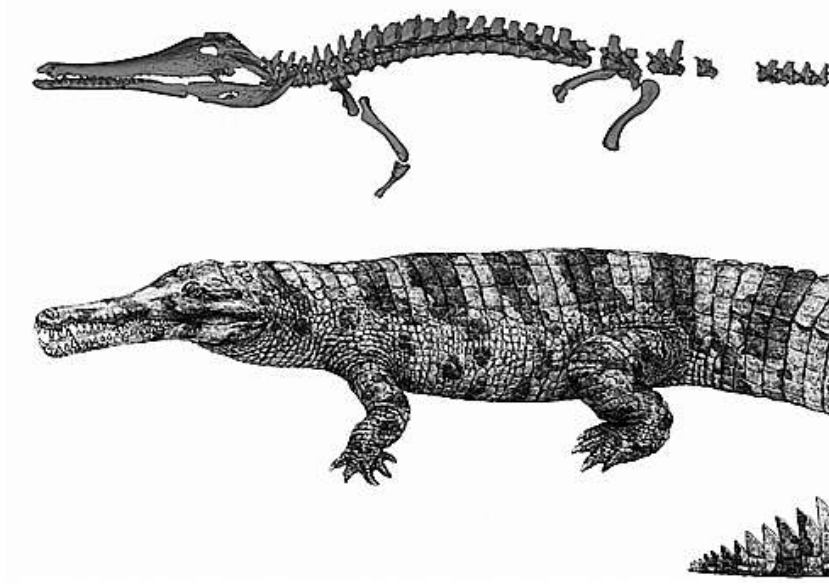
型猎物,随着体型增大,它们会捕捉一些大型猎物。国外就有长吻马来鳄捕食猴子和小鹿的记载,所以长达6米多的中华韩愈鳄,是完全可以伤及人畜的。

通过对中华韩愈鳄体型的估算,发现其成年个体体长达6米有余,完全可以与现存最大的鳄鱼湾鳄相匹敌。研究团队成员崔杰分析,中华韩愈鳄体型十分巨大,与现存大多数鳄鱼相比,可谓是巨鳄,但是终究未能逃脱绝灭的命运。

崔杰说,鳄鱼家族已经在地球上演化了几千

万年,看到过人类未曾欣赏过的史前风景,与恐龙有过交锋。纵观整个鳄类的进化史,也出现过许多大型鳄鱼,比如仅头骨就长达两米的恐鳄,体长将近12米的帝鳄,大约6米长的野猪鳄,等等。它们都已经绝灭了,希望我们能够尽己之力保护好动物朋友。他说。

目前,研究团队正在围绕这一新发现做进一步探索。中华韩愈鳄亚化石年代新,保留了一些软组织,这意味着有望从中提取古DNA物质,从而更准确地描绘出鳄鱼演化历程。



中华韩愈鳄正型标本三维重建和艺术复原图。

研究团队供图

想过可以适用于脑瘫孩子。

她还记得,第一位使用她研发的外骨骼机器人的,是一位脊髓损伤者。在穿上外骨骼设备之前,对方已经14年无法行走了。通过医院的介绍,这位患者被送到了帅梅面前。

四五个小时过去,研究团队试着让这位患者穿上外骨骼设备,迈出第一步。

那是在北航的一间实验室里,不到十米的距离,这位患者终于挪动了十几年没有抬起的双腿,在可穿戴设备的帮助下,一步一步,走完了这段路。

历史性的一步啊!帅梅翻出当年用手机录制的视频,一边看一边感慨,“他走的汗都出来了,我也看的汗都出来了”。

把成本降下来,才能帮助更多的人

帅梅走到电梯口,遇到一位家长,家长推着轮椅上的孩子正要离开。

今天怎么样?帅梅迅速跟对方讨论了起来,那位父亲随口提到,孩子在训练过程中“睡着了”。

等帅梅回到休息区,转身叫住帮那位孩子训练的工作人员,她叮嘱道,“下回不能让他睡着了”。

十几平方米的休息区,几个年轻人或站或立,其中一位20岁出头的年轻人,已经能脱离外骨骼机器人直接行走了。用帅梅的话说,原先“这孩子像纸片人一般,可瘦了”,如今胳膊上腿上有肉了,整个人都“变帅了”。

作为研发者,帅梅见证过许多患者,在外骨骼机器人的帮助下一步步走向康复。

这其中,有的使用者因为不能运动,患有骨质疏松,身体状况非常差,甚至出现肌肉萎缩,相比于正常人甚至老年人都差很多。

中枢神经损伤的治疗,在医学上一直是难题。在外骨骼机器人的帮助下,穿戴使用者通过训练,用设定的仿生行走步态,在真实地面行走。这能够促进运动功能恢复,调动穿戴使用者全身的关节肌肉运动,增强肌力、躯干控制能力、平衡和协调运动能力,同时也能增进神经系统的协调性。

在北京冬残奥会火炬接力火种汇集仪式现场,一个名叫邵海朋的人格外显眼。他曾因高空坠落导致截瘫,双下肢失去行走功能。如今,银色和红色的智能装置支撑着他迈开双腿,实现了传递火炬的梦想。

邵海朋还参加过“科技助残·穿越”一带一路“机器人行走马拉松公益挑战赛,穿戴着外骨骼机器人,历时9天,走完42.195公里的全程马拉松,创造了该项目的世界纪录。

来自湖南的90后女孩杨淑亭因车祸高位截瘫,作为冬残奥会火炬手出现在冬残奥会火炬传递过程中。在这之前,她用5个月进行了适配训练,学习掌握下肢助力外骨骼设备。

据帅梅介绍,冬残奥会上出现的其中一款,是最新的人工智能外骨骼机器人,基于传感网络和人工智能控制算法,能自动感知穿戴者的主观行动意愿,辅助其“随心所欲”,实现快走、慢走任意切换,甚至还能上下楼梯、上下坡。

这一外骨骼机器人,主要用于行走能力有一定障碍但并未完全丧失行走能力的残疾人,可以增强使用者肌肉的剩余力量,帮助身体恢复机能。帅梅也提到,针对完全失去行走能力的残疾人,团队开发出了被动式的智能外骨骼机器人。

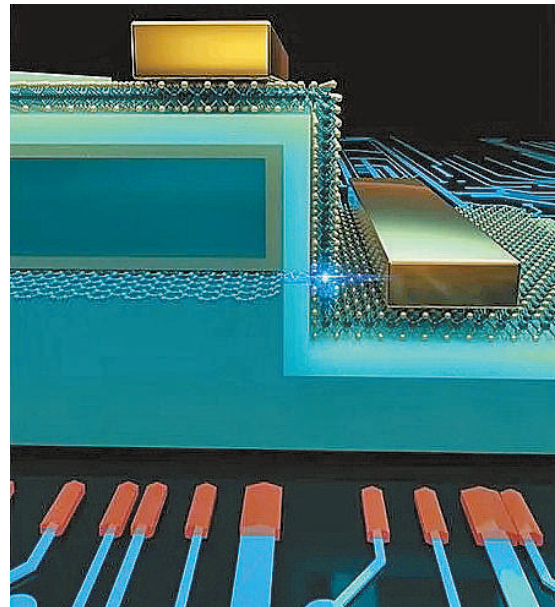
降低成本是这个团队的下一步研究方向之一。帅梅曾得到过机会,向政府领导介绍外骨骼机器人,在听完功能和效果的介绍之后,领导迅速问了一个重要问题:“多少钱?”

还是需要把成本降下来,才能帮助更多的人。帅梅说。



扫一扫 看视频

零距离



亚1纳米栅长晶体管结构示意图。

清华大学供图

晶体管小尺寸背后的大突破

中青报 中青网记者 叶雨婷 实习生 龚昕冉

在科技领域,很多突破都与“多”和“大”有关,但是在集成电路领域,有一个部件正在不断地往“小”的方向发展,那就是晶体管的栅极尺寸。

如果将中央处理器称为一台计算机的心脏,那么芯片就是这具身体的灵魂,几乎决定了计算机的全部系统性能。晶体管则是芯片的核心元器件,其更小的栅极尺寸,意味着芯片上可以集成更多的晶体管,并带来性能飞跃性的提升。

近日,清华大学集成电路学院任天令教授团队在国际学术期刊《自然》上在线发表题为《具有亚1纳米栅极长度的垂直硫化钼晶体管》的论文,在小尺寸晶体管研究方面取得重要进展,首次实现了具有亚1纳米栅极长度且具有良好的电学性能晶体管。

在过去10多年间,任天令团队长期致力于二维材料器件技术研究,从材料、器件结构、工艺、系统集成等多层次实现创新突破。

集成电路领域有一个著名定律叫“摩尔定律”。戈登·摩尔曾经在1965年提出,集成电路芯片上可容纳的晶体管数目,每隔18-24个月便会增加一倍,微处理器的性能提高一倍,或价格下降一半。

过去几十年晶体管的栅极尺寸在摩尔定律的推动下不断微缩,然而近年来,随着晶体管的物理尺寸进入纳米尺度,电子迁移率降低、漏电流增大、静态功耗增大等问题层出不穷,使得新结构和新材料的开发迫在眉睫。

目前主流工业界晶体管的栅极尺寸在12纳米以上,例如我们常用的手机。但如果晶体管关键尺寸可以进一步微缩,我们的电子产品就可以更便于携带,功能更丰富。任天令说。

学术界在极短栅长晶体管方面作出了探索,然而目前国际上研究团队的极限也仅能实现栅长为1纳米的平面硫化钼晶体管。晶体管是学术界和产业界生产芯片最基本的出发点,如果能把这个最小的基本单元做好的话,毫无疑问能给一系列外延功能提供更好的支持。任天令告诉中青报 中青网记者,进一步突破1纳米以下栅长晶体管的瓶颈,成了团队下决心要解决的重点问题。

其实早在2018年,任天令团队就提出了一个想法,希望用少层或者单层石墨的边缘作为晶体管栅极来实现新型的晶体管。在实验前期,由于石墨烯二维材料特殊的物理性质,团队需要在整体器件工艺上进一步优化,以尽量在实验室条件下减少工艺流程,增加其可靠性。

然而这个鲜有科研团队涉足的领域,由于缺乏先前实验参照及预期中的不可知性,团队遇到了一道道难关,哪怕是其中一个看似简单的制造工艺,都需要团队长时间的反复打磨。

其实我们走了非常多弯路,经历过大大小小的失败,实验到凌晨对团队成员而言也是家常便饭。任天令说。

回忆起这段跌跌撞撞的摸索经历,任天令反复提起两个词,“持之以恒”和“团队协作”。

在团队成员夜以继日的努力下,他们巧妙利用石墨烯薄膜超薄的单原子层厚度和优异的导电性能作为栅极,通过石墨烯侧向电场来控制垂直的MoS₂沟道的开关,终于实现最小等效物理栅长为0.34纳米。团队成功推动了摩尔定律进一步发展到亚1纳米级别,同时为二维薄膜在未来集成电路的应用提供了参考依据。

在这一技术突破的背后,是一支由青年学术人员组成的团队,加之学术大咖的支持,团队最终推动了微处理器领域跨越性的进步。任天令甚至开玩笑地说,我在这里面(岁数)是最大的,除了我之外都是年轻人。

在摸索过程中,我们所有成员一直坚信方向的正确性,不断在小组内讨论、修改、完善,才终于走通了大规模器件的制备。团队成员吴凡说。

在任天令眼中,这支由年轻人所组成的团队,拥有着科研探索中最难能可贵的一样品质——干劲。

前一个晚上才熬了一个通宵,第二天又起来接着工作。团队成员沈阳便是其中一个,不同于刚进组面对科研时的迷茫,经过一段时间与团队伙伴们的共同摸索,再加上团队老师的指导,他逐渐体会到科研的意义和乐趣。

实验室中一次又一次的数据推演、实验、修改,见证了团队一步一步迎难而上的努力,几年来的心血终于得到了回报,团队中的每一位成员都受到了极大的鼓舞。提起这些,团队成员苟广洋的言语里总是溢满了欣喜,“团队每个人都发挥出自己的优势,针对工艺和仿真过程中的问题提出了解决思路和方案,经过几年坚持不懈的努力,终于实现了目标”。

据了解,清华大学于2021年4月成立集成电路学院,旨在为实现集成电路学科国际领跑及我国集成电路事业的自主创新发展,提供可靠人才支持。

对于未来,任天令表示,团队会针对最新的技术及社会需求,进一步向前推进材料、技术支持,使1纳米以下栅长晶体管能够从实验室走向产业化。他说,“希望团队能够进一步推动新路径的形成,我们将来不只是在技术或研究方面,还要在产业方面运用这样的路径,带领我们走向国际领先地位”。