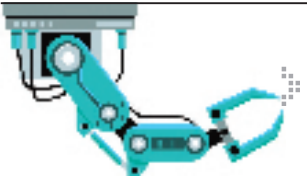


## 亲历



### 人机共舞

■ 本报记者 朱平

冬日的暖阳照进浙江省人民医院(以下简称“浙医”)望江山院区5号楼的走廊,与寻常病房的宁静不同,这里更像一个训练场。引人驻足的是治疗室内外几台外骨骼机器人,它们有的稳稳托着患者活动上肢,有的“架着”患者迈步前行。

金属支架与人体默契配合,活像现实版“钢铁侠”。这不是科幻电影中的场景,而是如今康复医疗中的日常一幕。

从《流浪地球2》里的未来想象,到杭州亚运会上上的公开展示,外骨骼机器人已逐渐走进医疗等多个领域,在康复医疗领域更是发挥着重要作用。那么,“穿”上这副钢铁支架究竟是什么感受?它给患者的康复之路带来哪些改变?近日,我走进这个充满科技感的康复空间,亲身体验了钢铁装备下的温度。

#### 每一步都被精准牵引

50米长的走廊上,因中风瘫痪的张先生正在下肢外骨骼机器人的牵引下来回走动。在旁人眼里,这或许只是枯燥的重复;但对张先生而言,每一个转身、每一次抬腿,都是向正常生活重新靠近一点。

我上前仔细打量这台高1.7米左右的机器人:底座装着四个万向滚轮,中间是H型支架,机械腿、带有控制中枢的靠背座椅和扶手构成主体。“这是第二代可移动机型,比之前功能强大了不少。”一旁的医院康复医学科主任叶祥明介绍,“2021年我们引进的第一代机型还是固定的,现在这台不仅能自由‘走动’,还能记住不同人的步态习惯,步幅、速度可以精准适配。”

叶主任说,在浙医康复医学科,康复机器人主要分为两类,一类管上肢功能障碍,一类管下肢康复。

正说着,有患者家属在一边搭话:“叶主任,这机器人真管用,能不能帮我们申请一周多练一次。”

“你看,这‘钢铁陪练’有多受欢迎。”叶祥明被逗笑了。



记者(左)在治疗师帮助下体验下肢外骨骼机器人。

这次我要体验的,正是张先生用的下肢外骨骼机器人。等待治疗师调试参数时,我发现不管新老机型,都配了座椅和从腰到肩的绑带。“明明是练走路,为什么还配座椅啊?”我忍不住问。叶祥明朝治疗室抬了拍下巴:“用它的大多是下肢没力气甚至瘫痪的患者,座椅的设计,是为了方便他们能从轮椅或床上平稳地移坐到机器上。”

既然体验,就按患者的标准流程来。在治疗师的引导下,我坐上座椅,双脚放进脚托里,从小腿到大腿逐一系紧绑带,再绑好腰部保护带。“要是患者上肢还有力气,肩带就不用绑,能自己使劲的关节,尽量让它动起来。”治疗师一边调整绑带松紧,一边解释。

准备就绪,我感觉腰腹和腿部被稳稳托住,安全感十足,但也有种束缚感,这样真能走路吗?

治疗师像是看穿了我的心思,笑着说:“别急,我现在启动走路模式。”他在中控板上按下启动键,我感到整个人被慢慢抬升,原本的坐姿,随着机器人模式调整,竟变成了站立姿势。

“试着抬起左脚。”我小心翼翼地动了动左腿,一股温和而坚定的力量立刻从腿后传来,像有一双手托着大腿向前送,右腿也随即自然跟上。我走了几步,感觉每一步都被机器人精准牵引。

#### AI动态调整训练方案

我像孩童学步般,在治疗师的监测下往前挪动。一开始,我甚至感觉自己无法走出一条直线,但很快,我便适应了那种被引导的节奏:抬腿、迈步、落地,配合着长臂扶手,有点像健身房椭圆机的“太空漫步”,但更稳、更贴合自己的节奏。

“试试加快速度?”叶祥明主任示意治疗师调整参数。步伐悄然变快,身体却依旧平稳。20分钟走下来,除了小腿绑带处的微胀,一点也不觉得累。

“健康人感受的是新奇,对患者来说,这可是重新站立的信心。”叶祥明说,“更厉害的是,这台机器人还能接入脑机接口,患者只需想象‘走路’,大脑信号被识别后,机器人就能执行动作。这种‘主

动’训练,比被动带着练效果好多了。”

离开下肢机器人后,旁边治疗室里的情景吸引了我。40多岁的王女士正盯着屏幕“玩游戏”。借助上肢外骨骼机器人,王女士的左臂在机械臂带动下,在类似连连看、消消乐的游戏,完成抬起、平移等动作。

“像这类偏瘫患者,以前靠传统康复方式,不仅重复周期长,还容易养成‘代偿动作’。”一旁的康复医学科综合康复病区主任周亮解释,“就是该发力的地方动不了,就用其他部位代替,时间长了姿势就容易走形,现在有机人盯着,能精准带动目标关节活动,助力大小还能跟着肌力恢复情况调节,连细小的肌肉和神经都能练到。”

“康复机器人最管用的,是能早介入,这太重要了。”周亮给我举了个例子:以前中风瘫痪的老人,得先练坐稳,再练站稳,最后才敢尝试走,一步都不能急。现在有机人帮忙,这个流程能“跨”一大步,“不用等老人能坐稳,只要生命体征稳定,靠机器人托着,就能练走路。”



患者利用下肢外骨骼机器人进行步行能力重建训练。受访者供图

“不管是中风、脑损伤,还是脊髓损伤,康复机器人都能派上用场。”康复医学科脊柱脊髓康复病区副主任程瑞动补充道。

程瑞动平时接触的患者多为脊髓损伤,这些患者病情往往更严重。他说,团队尝试通过电极匹配,将脑机接口和康复机器人联动,打通患者没完全受损的神经通路,目前已经在几位患者身上看到明显效果。

“越早用效果越好,能帮患者重建肌肉记忆和运动模式。再加上AI动态调整方案,康复就不再是重复训练,而是有反馈、有进展的系统训练。”程瑞动说。

#### 记录指标形成康复档案

步频0.78Hz、膝关节活动度62°、踝关节背屈角度14°……这是一名患者刚在康复机器人辅助下完成训练后留下的一组数据。

“不管是上肢的反复抬举,还是下肢的步态训练,机器人一遍遍帮患者找回运动的感觉。同时记录下每次运动轨

迹,都为后续康复方案提供了科学参考。”叶祥明指着这些数字解释,康复机器人的“核心本事”,不仅是钢铁“陪练”的耐力,更在于通过量化数据为精准康复方案提供科学支撑,这也是现代康复医学的核心要求。

具体来讲,机器人会记录患者每次训练的步幅、关节活动范围、肌力输出峰值等多项核心指标,形成动态康复档案,医生根据患者处于急性期、亚急性期,还是恢复期,调整康复计划,比如在恢复期减少助力迫使患者主动发力,最大程度适配康复节奏,避免无效训练。

不过叶祥明坦言,像我这次体验的康复机器人,因为价格和操作要求,目前主要还是在医疗机构应用,但未来一定会更“接地气”。“现在外骨骼机器人已经开始往老年康护、残疾辅助这些领域延伸,成了推动康复医学发展的重要力量。”

作为学科带头人,叶祥明带着团队针对临床痛点进行优化,想把康复机器人的功能挖得更透。

“我们正在研发机器人和脑机接口深度联动,让康复训练真正从被动转为主动,同时可以让更严重的瘫痪病人得到康复训练,提高他们的自理能力。”他表示,目前技术上还要解决传输延迟的问题,实现更柔性的控制,让机器人的动作更接近人体自然状态,走起来不再有“机械感”。

除了医院的专业康复机器人,不少企业已经加入到家用、社区用的轻便机器人研发队伍。叶祥明笑着畅想:“以后患者出院了,在家就能靠轻便机器人进行康复训练,甚至可以带着它去社区散步、购物,真正把康复融入生活。”

结束采访时,我注意到,走廊里的两台下肢康复机器人依旧没有停歇。患者们沿着50米的走廊来回练着,每一步虽慢,却都踩得坚定。这一场景,既是当下康复科技的真实写照,也清晰勾勒出未来康复的模样:钢铁支架的背后,是让生命重新站立的温暖力量。



朱平

### 在舟山普陀,记者直击超高压水机器人给船体除锈——

## 绿色修船,“船坞勇士”大显身手

■ 本报记者 黄宁璐 见习记者 郑宇

初冬时节,位于舟山市普陀区的万邦船舶重工(舟山)有限公司(以下简称“万邦重工”)船坞内一片繁忙。与传统印象中船厂的“劳动密集型”作业场景不同,这里的主角是一台台在巨轮外壁上平稳移动的机器人。它们身形不大,威力却不小,所过之处,斑驳的锈迹瞬间脱落。

眼前这些“钢铁蜘蛛侠”,是由万邦重工自主研发的真空超高压水射流钢材表面预处理机器人(以下简称“超高压水机器人”)。他们全面替代高污染的人工打砂除锈,成为舟山打造世界级绿色修船基地的一张“金名片”。

超高压水机器人如何工作?又为行业带来怎样的变革?带着这些问题,我们走进万邦重工,近距离探寻答案。

#### 工作前要“全面体检”

在船坞旁的智能装备区,我们近距离“接触”超高压水机器人。它不像电影里的机器人那般拟人化,更像一个带轮子、直径约半米的圆形钢盘。我们俯下身,试图把它翻过来查看内部结构,上手一抬,机身却纹丝不动。

“你们可别小瞧它,这家伙,实打实重达40公斤!”万邦重工涂装防腐生产线总经理助理张光辉见状,一边笑着提醒,一边小心地将机器人翻转过来,向我们展示其“底盘”:这个闪烁着金属光芒的东西叫喷嘴座,外面这一圈是旋转器。再细看,旋转器上密布着头发丝般纤细的小孔,这就是喷射超高压水的“枪嘴”。而外围这一圈毛刷,则能牢牢吸附在船壁上,形成密闭真空,从而实现废水与废漆皮的回收。机身延伸出一细一粗两根管子,分别是超高压水管和真空回收管。

“我们管它叫‘船坞勇士’。”张光辉的语气里带着自豪。在万邦重工,“超高压水机器人”是个总称,旗下是一支“特种部队”,“比如今天这艘5.8万吨的汽车滚装船‘天鹅’轮,船东只要求局部除锈,就得请出灵活性高、擅长‘点打’的

‘船坞勇士’;如果是全船除锈,则要派出效率更高的‘船坞大象’;还有专攻船底的‘船坞男孩’等。”

当我们还在惊叹之时,张光辉已将一个直径仅0.30毫米的新枪嘴部件取出,与眼前“船坞勇士”的枪嘴大小进行比对。他目光专注,一边检查一边解释:“枪嘴是核心部件,长时间作业会因磨损导致直径变大,直接影响除锈效果。”原来,每次上船前,机器人都必须经过一次细致的“全身体检”。

确认枪嘴无损后,他招呼我们一起动手,将“船坞勇士”搬运至模拟船体的测试区。

在张光辉指导下,我们几人合力,用扳手将机器人与超高压水管的接口一寸寸拧紧。另一头,水管已连接至超高压水泵,压力调试即将开始。

我们正要按下水泵的启动按钮,张光辉连忙伸手拦住:“等等!”他转身取来一根钢丝绳,在刚才的连接处又加捆了几道。“超高压水的威力远超想象,必须有双重保险。”他语气严肃,我们不由紧张起来。

屏住呼吸,按下按钮。屏幕上的压力数值开始攀升,最终稳定在2800巴(压力单位)。另一边,机器人上的旋转器飞速转动起来,枪嘴处喷射出一团白蒙蒙的高压水雾。“压力测试,合格!”在场的人都松了口气。

#### 作业效率是人工三倍

我们紧随“船坞勇士”进入船坞,来到“天鹅”轮巨大的船体下方。

“准备启动!”对讲机里传来指令。一名工人立于高空车操作台,同时控制着车辆和机器人。随后,“船坞勇士”机身微微震动。紧接着,一阵尖锐的“嘶嘶”声响起——那是超高压水从枪嘴中高速喷出时与空气摩擦的声音。

机器人开始在船壁上平稳移动。喷头距离船体表面约2厘米,一道凝练的水柱精准射向锈蚀表面。厚厚的红褐色铁锈、灰绿色的旧漆皮以及附着在上面的藤壶、贝类等海洋生物,瞬间被剥离。



记者(右)与工作人员用扳手将机器人接口拧紧。 见习记者 郑宇 摄

原本斑驳的船体,很快露出了青灰的金属原色。

“这样的水压,足以切割钢板。”张光辉在我耳边大声说,“我们前期做了大量试验,最终确定了适合船体除锈的压力——2700巴到3000巴。再通过控制喷头与船体的距离和移动速度,就能做到只清除锈蚀和旧漆,不损伤船体钢板本身。”

他指着上方已经处理过的区域说:“你们看,这些露出金属本色的部分,除锈质量已经达到WA2.0级,完全符合国际标准的工业除锈等级。”

不过张光辉也坦言,目前超高压水机器人尚未实现设定参数后的全流程自动化,核心原因在于船本身的高度“非标”与复杂多变。以擅长局部精准作业的“船坞勇士”为例,它体积小、移动灵



超高压水机器人在船舱内作业。 受访者供图

活,但仍需搭载于高空车上,由一名技术工人实时调节水压、识别锈蚀区域并控制行进路线。其除锈效率约为每小时25平方米,虽远高于人工喷砂除锈的每小时8平方米,但在自动化程度上仍属“人机协作”阶段。

我们在现场注意到,有一片区域仍由工人手持超高压水喷枪进行除锈。张光辉指向那片结构复杂的区域说道:“机器人并非万能。像这里,既有工程脚手架,又有交错的钢丝绳,加上表面凹凸不平,机器人无法稳定移动。为保证除锈质量,只能依靠手持枪灵活处理。”

#### 回收系统带来洁净环境

相比之下,同样已投入常态化应用

的“船坞大象”则更进一步。在船坞旁的试验墙前,数台橘红色的“船坞大象”正伸展着钢铁长臂,在模拟船体表面平稳移动。“这套设备集除锈、高空作业和自动喷涂功能于一体,工人只需在地面遥控操作,全程无需高空作业,既安全又高效。”张光辉的目光始终追随着眼前这个“大家伙”。

当它缓缓向前移动时,身后就出现了一道1米宽的除锈面。这套系统将除锈效率提升至每小时100平方米,同时集成了自行升降功能,实现了安全性与作业效率的双重提升。

而整个过程最令我们惊叹的,是作业现场近乎“不可能”的洁净。

传统印象中,除锈现场总是与“粉尘漫天”紧密相连。“这得益于我们自主研发的‘射流-回收’同步闭环系统。”同行

的万邦重工绿色合作与发展部部长金维轻拍着那根粗壮的回收管道介绍,“传统喷砂除锈会产生大量含重金属的粉尘,而现在,所有废水、废料都在产生瞬间被强力回收,通过管道输往‘船坞蓝鲸’进行固液分离。分离后,固体集中处理,废水通过厂区内的污水处理厂净化再利用。”

一旁的张光辉回忆起刚进厂工作时的场景:“那时船坞里灰蒙蒙一片,能见度不到几米。”他说,“要是从前,你们在这转一圈,衣服早就成灰黑色了,连鼻孔里都是黑的。”他顿了顿继续说道:“还有噪音。上百把喷砂枪齐鸣,加上送风系统的蜂鸣,震得人头皮发麻。”

放眼整个万邦重工,除船坞内正在维修的两艘国际航行船舶外,码头上还有四艘船在排队等候。“今年以来,我们一直处于‘船等坞’的状态,船坞几乎没有空过。”金维笑着介绍。得益于绿色智能化修船技术,万邦高附加值船舶维修业务持续增长。令她记忆深刻的是,2017年,万邦重工采用超高压水机器人除锈的首艘船舶,5年后回厂特检时漆膜依然完好。挪威船东坚定地表示:“以后只认超高压水除锈。”如今,万邦重工90%以上客户都是回头客,绿色修船解决方案正获得日益广泛的国际认可。

截至目前,万邦重工已为上千艘船舶提供绿色修船服务。“这是我们普陀区船舶修造产业向绿色智能转型的生动缩影。”同行的普陀区经信局工作人员自豪地介绍,普陀绿色修船基地的外轮修理量占全国四分之一,规上船舶修造企业实现了绿色智能修船技术应用全覆盖。



黄宁璐



郑宇