



中国团队在半机械人仿生奥运会夺冠。居中者为徐敏，右三为胡旭晖。（均采访对象供图）

刚做完截肢手术的时候，徐敏听说上海有一家假肢厂，便乘坐绿皮火车从苏州赶往上海。到了厂里，才发现身上带的200元还不够买一只假手。1999年，徐敏结婚了，她花1000元买了一只美容手。所谓美容手是用硅胶制成的，除了装饰，没有任何功能性。办完婚礼，她再也没有戴过第二次。

20多年后，她拥有了一只很酷的、操作时会发出电机特有声音的机械手。这只机械手可以提重物、叠杯子、拧灯泡、晾衣服、拉拉链、绕铁环。今年10月，凭借这只机械手，她参加了在瑞士举办的半机械人仿生奥运会，代表首次参赛的中国HANDSON团队在上肢义肢组别中获得冠军。当我们探究她是如何做到的，会发现这不仅仅是一个科幻片的剧情。

# 截肢30年后，她用“手”摘得奥赛金牌

本报记者 沈竹士

## 问手

苏州城的西部，紧依太湖东岸，是苏州高新区。这里有一家开了15年的饭店。徐敏是老板娘。每天清晨，她斜穿整个苏州城，到阳澄湖镇去买菜。回到饭店，她单用一只左手包饺子。店员和客人见怪不怪，没有人手脚比她更快。临近中午，饭店里忙碌起来，她打包好预定的外卖，骑上电动三轮车出去送餐。

2022年的冬天，大约是平常的一天，饭店来了一位年轻的客人。胡旭晖，刚刚入职中国科学院苏州生物医学工程技术研究所，从事博士后研究工作。之前5年多，他在东南大学仪器科学与工程学院攻读硕士、博士学位，一直在研究机械假肢相关课题。现在，他要寻找一位残障人士进行合作，或者说，要为他机械手选择一位“驾驶员”(Pilot)。

胡旭晖了解徐敏：17岁时在电扇厂被60吨的冲床压断了右小臂。如今生活和家庭都很稳定，为人热忱，做事又很干练。对于徐敏，有机会参与研发机械手，很难对这样一份邀约说“不”。

事实上，徐敏不算是一位完美的适格者。机械手依赖肌肉电信号驱动。主要依靠残肢小臂上的两块肌肉——与手掌同侧的屈肌部和与手背同侧的伸肌部。换句话说，这两块肌肉是最关键的人机接口。徐敏截肢已经30年，没有长期佩戴假肢的经验，她的右手总是插在兜里，肌肉力量偏弱。为了驾驭机械手，首先要经过一系列的复健训练。

徐敏每天晚上训练一小时。左手重复握拳、张开，通过意念让右手勾腕跟随左手同步做动作，强化右手小臂的肌肉。徐敏持有面向残障人士的C5驾照。店里空闲的时候，她从家里出发，经过524国道和高架快速路，到太湖科学城的医工所去找胡旭晖。有时，胡旭晖的技术团队到饭店来。徐敏右手配合协调机械手，同时不耽误左手写菜单记账。饭店很晚才打烊。包厢里的客人吃饱喝足了，还要打牌。徐敏只能陪着：“都是老客人，肯定要服务到位的。”

三个月后，胡旭晖为徐敏报名参加2023年度半机械人仿生奥运会的挑战赛。挑战赛是正赛的简化版本。一共有两个项目。第一个项目，把4个盛有不同重量水的大号可乐瓶从地板上拎到篮子里，再从篮子里拎到桌面上。徐敏完成得非常快，取得了巨大的领先。第二个项目，从桌上抓取一张银行卡、一把小钥匙、一枚弹珠、一块乐高积木。把银行卡插进卡槽，把钥匙插进锁孔，把弹珠放到指定位置，把积木塞进方形孔中。徐敏在抓积木时出现了整场比赛的第一个失误。积木太小了，很难抓取。这次失误让她领先优势“缩水”到8秒钟。在解说员的倒计时声中，她将积木塞进指定位置，用机械手顶一下积水，让



胡旭晖和他的团队致力于开发功能性机械手。

机械手夹持羊角榔头完成起钉操作。

固定灯泡后，机械手可通过旋转手腕方便地安装灯泡。

在备赛训练中，徐敏完成用机械手叠杯子。

它固定。随后小跳步跨过终点线。最终用时1分45秒，比第二名快了2秒钟。

新的冠军诞生了。同时，他们又瞄准了下一个目标：2024年在瑞士举行的正赛。

## 进化

胡旭晖的办公室有一堆机械手。早期机械手的抓取部位是金属黄铜色的。现在涂装更新了，连接手臂的腔体是白色，抓取部位则是银黑色的，更显厚重和科技感。

机械手的手指设置4个抓取区。第一个功能区做得尽量水平，以便抓取纸片、钥匙这些平而薄的物体。第二个功能区做成内嵌的圆弧形，以便握住榔头、瓶子等物体。第三个功能区做成半球形，用来抓珠子等圆形物体。第四个功能区设置在手指的两个关节处，拎水壶等负重动作时起到固定作用。新的机械手还增加了电动手腕关节，可以控制手

腕旋转。

机械手所用到的微型电机，几年前还没有可靠的供货。有些生产微型电机的厂家，由于没有销路，经营惨淡。最近几年，随着仿人机器人市场兴起，这些厂家又活过来了，有的甚至拿到了新的融资。机械手的腔体是通过3D打印制作的。机械手是高度定制化的产品。3D打印可以灵活修改设计，不用专门开模，既节约成本，也省去了和厂家反复沟通定制化的环节。

机器在进化。人为了适应机器，也在“进化”。研发团队经常要迭代机械手的硬件结构或软件算法。徐敏说：“我最怕小胡说要改设计。改动后需要重新适应，之前训练出的感觉没用了。”

为了增加机械手的自由度，就需要在手臂的两块肌肉之外，创造额外的控制“开关”。最初，这个开关是一条绳子，需要徐敏用左手来拉动。绳控方案的可靠性很强，早年也有很多队伍用它取得过好成绩。但它的上限不够高。后来，胡旭晖把开关挪到了徐敏另一只手的手腕上，好像戴了一只硕大的手表。目前

的方案是，让徐敏穿上特制的马甲，通过感应左侧肩背的运动变化来操纵机械手。每次动作前，她要将左手伸到右颌下，牵动背部肌肉。多穿一件马甲，当然是谈不上舒适的，但是必须适应它。

踏上赛场前，团队里的小姑娘说：“敏姐，你怎么戴了一个发箍？感觉还是头发自然垂下来好看。”刘海遮挡视线，往往要甩上去。一甩头，容易牵动残肢上的神经，产生不准确的肌电信号。机械手做出多余不受控制的动作，把比赛用的道具碰倒了，就会失误。“我来比赛就是为了赢。好看不重要。”

机械手属于“共融机器人”范畴。到底是机器去适应人，还是人去适应机器，这是一个你中有我、我中有你的问题。

正赛中，有一个晾衣服的项目，要用机械手抓取夹子。踩场时，胡旭晖发现比赛使用的夹子比较小，而机械手抓握部位太厚重，抓取时容易崩飞。团队开了紧急会议，商量怎么办。这次来瑞士，胡旭晖还带了一只备用机械手，可能抓夹子的效果更好。但是徐敏并没有与备用手磨合过。也有人提议，只要调整一

下参数，减轻力量就可以了。

徐敏说：“不要搞了。明天就要比赛了。我觉得就用备用手。它比较轻，我戴着舒服。”

“盲盒任务”是正赛中的新增项目。要求机械手伸进盲盒，按照指定顺序抓取不同物品。所有队伍中，只有中国队完成了这个项目。机械手上安装了摄像头，将捕捉到的图像转化为光电信号。机械手的手臂上安装“上、下、左、右”四个灯。“看到”物品在哪里，对应方位的灯就亮起，徐敏就知道往哪个方向伸手抓取。

## 期盼

徐敏40多岁了，这是第一次出国。她吃了著名的瑞士奶酪火锅，登上阿尔卑斯山的少女峰。这是一次精彩的旅程。最让人兴奋的是，看到了国外选手各种各样的机械手。一位法国选手的机械手采用模块化设计，需要切菜时就装上刀，需要拧螺丝时就换上批头，非常方便。徐敏

很羡慕：“国外选手比赛时的速度非常快，因为他们平时生活中就一直在用机械手。”

遗憾的是，陪伴徐敏夺冠的机械手未能走进她的生活。

胡旭晖说，国外商品化的机械手，折合人民币大约10万元。机械手的功能越多，价格就越贵，而且需要根据残障人士的个体情况进行定制。如果残障人士花了几万元，得到的只是简单的几种功能，所得不足以偿所失，性价比有些低。这是影响机械手量产的一个原因。

还有一个原因，人的手是如此灵活，以目前的技术难以做出功能性如此强的机械手。机械手完成一个动作，就需要一个控制单元。功能越多，对人机接口的要求越高。胡旭晖也曾尝试研发像人手一样有五个指头的机械手。“太难了。研究深了，会感觉到一种虚无感。好像人们探索宇宙的尽头是什么，很难有答案。我们只能从眼下出发，看看能不能更进一步。”

说到最强的人机接口，很多人会想到“意念控制”。胡旭晖显然不是一个“数字生命派”。他不喜欢别人说我的机械手是“脑控”的。我们在皮肤上贴电极片，获取肌肉表面的电生理信号。脑机接口则是获取大脑皮层的电生理信号，这有很大不同。另外，我也不相信在脑子里插几个电极就能读取人的一生。这离我们太遥远了。”

徐敏有不同的看法。她真的很想有一只好用的假手。“我不介意机械手的功能简单。举个例子，有时我需要同时拿两样东西，我想用残疾的右手来提重物，腾出我这个完好的左手来做一些更精细的事情，或者拿一些贵重而易碎的东西。这种需求即使对一个正常人来说也很常见吧。而且我常常做什么事情都用左手，肌肉也劳损了，提不了重物，会疼。”

事实上，中国是世界上假肢需求人数最多、市场潜力最大的国家。不过，传统上来说，下肢假肢的市场规模较大。上肢假肢则是一个相对小众的市场。与此同时，在这个小众市场里，国内功能性的智能假肢技术发展水平较低，大部分的市场份额由欧美企业占据。一个既小众又不占优势的赛道，没有企业愿意投入也就很容易理解了。

随着新技术的突破和应用落地，很多人看好国内的功能性假肢行业将会迎来较大的发展。这两年，徐敏也到杭州等地的功能性假肢厂商参观过。她总觉得，希望还是存在的。“像小胡这样的年轻人，既懂技术，又熟悉这个领域，希望他们继续研究下去。否则就可惜了。”

半机械人仿生奥运会每四年举办一届。对于已经获得过冠军的队伍，可能不需要再次参赛来证明自己。徐敏见识过那种焕发勃勃生机的氛围。有的选手赛后，坐轮椅绕场一周向观众致敬。观众群起欢呼。看过了这些，她对量产功能性假肢的期盼更加热切。