

从虚拟交互到现实指引,从健康监测到疾病治疗 可穿戴设备,何以成为大众消费品

随着技术演进,2025年屏幕边界不断模糊,智能可穿戴设备逐渐从“虚拟交互”迈向“处方级干预”,承载更连续、更智能的感知与主动服务。智能可穿戴之路正愈行愈宽。

■ 本报记者 谢丹颖 周林怡

美国作家尼尔·斯蒂芬森在科幻小说《雪崩》中描绘的场景,在2025年加速照进现实:戴上耳机和目镜,人们便能接入数字空间,以虚拟身份交互、生活。

今年,智能硬件频频“上新”。阿里旗下夸克正式发布AI眼镜,搭载基于通义千问模型的AI助手,在线上平台开售;2025世界人工智能大会,杭州灵伴科技有限公司(Rokid)展台,吸引了众多观众驻足体验。实时翻译、AR(增强现实)导航、直拍Vlog……随着一批智能眼镜出圈,虚拟信息和服务就这样无缝融入现实视野。

值得一提的是,可穿戴设备的功能逐渐从“虚拟交互”迈向“处方级干预”。今年7月,美国食品和药物管理局(FDA)批准首款用于治疗特发性震颤的AI腕带上市;早在去年底,西湖大学姜汉卿教授团队研发的新型多模态触觉模拟方法及智能穿戴装置,能为视障或感知障碍者提供实时运动调整,相关成果在《自然》杂志刊发。

技术的演进,不断模糊屏幕的边界。相较于手机、电脑等传统设备,智能穿戴设备凭借其贴身性、实时交互和强大的数据处理能力,承载更连续、更智能的感知与主动服务。可穿戴之路正愈行愈宽。

穿戴“触觉”的智能突破

谈及智能穿戴,美国上市公司德康医疗首席执行官凯文·塞耶曾说,其路径是“从消费端起步,希望进入医疗保健领域”。这一交叉趋势,渐成现实——

根据国际数据公司(IDC)发布的《全球可穿戴设备市场季度跟踪报告》,2025年第二季度,全球腕戴设备市场出货量4922万台、耳戴设备1.7亿台。它们通过内置传感器,持续监测运动、睡眠,检测血氧、皮肤温度、环境噪音,为用户构建多维的“数字健康档案”。

今年以来,多款可穿戴医疗设备也相继问世:4月,美国SoundHealth公司的SONU获FDA批准,成为首款无创治疗重度鼻塞的可穿戴设备;7月,美国Fasikl公司的Felix NeuroAI腕带获批,为原发性震颤患者提供新选择……至于可靠性,世界顶级医学中心美国克利夫兰诊所一项比较研究显示,消费级智能手表在检测房颤的能力,已接近临床黄金标准的传感器。

这背后,技术迭代是其核心发展主线。1903年,世界上首台便携心电图仪重达38.5千克,形如笨重的“健康背包”。此后百余年间,行业专注于硬件微型化、高精度与低功耗的技术演进。如今,中国学者也开始融合新领域、开展新探索。

今年4月,西湖大学工学院教授姜汉卿荣获2025年度ASME Daniel C. Drucker奖章——这是应用力学领域的最高荣誉之一,他也是首位获此殊荣的中国学者。近年来,他通过触觉,进一步拓展传感的边界。

在姜汉卿的实验室里,一块仅成人手掌大小的柔性贴膜上,19个圆形换能器单元如蜂巢般精密排布。这个厚度约1厘米的装置,能实现静态按压、动态振动和动静态扭转3种触觉反馈模式。实验中,在堆满桌椅的一间教室里,蒙眼受试者将贴膜贴于颈部,凭借贴膜传来的触觉信号不仅能绕开障碍,而且能判断物体方位——距离越近,振动幅度越强。“我们通过不同模式的触觉反馈,编译出一种独特的触觉感知语言。”姜汉卿解释道。这源于其团队去年底发表于《自然》杂志的新型多模态触觉模拟方法。为何聚焦触觉?研究表明,仅凭“感知触觉”即可识别物体属性,伴随触碰过程,情绪、情感也会被唤醒。但这一重要“五感”机制,直到2021年才被揭示,远晚于视觉和听觉——早在20世纪60年代,科学家就因揭示“耳蜗内刺激的物理机理”和“眼内视觉的初级生理和化学过程”获得两届诺贝尔奖。

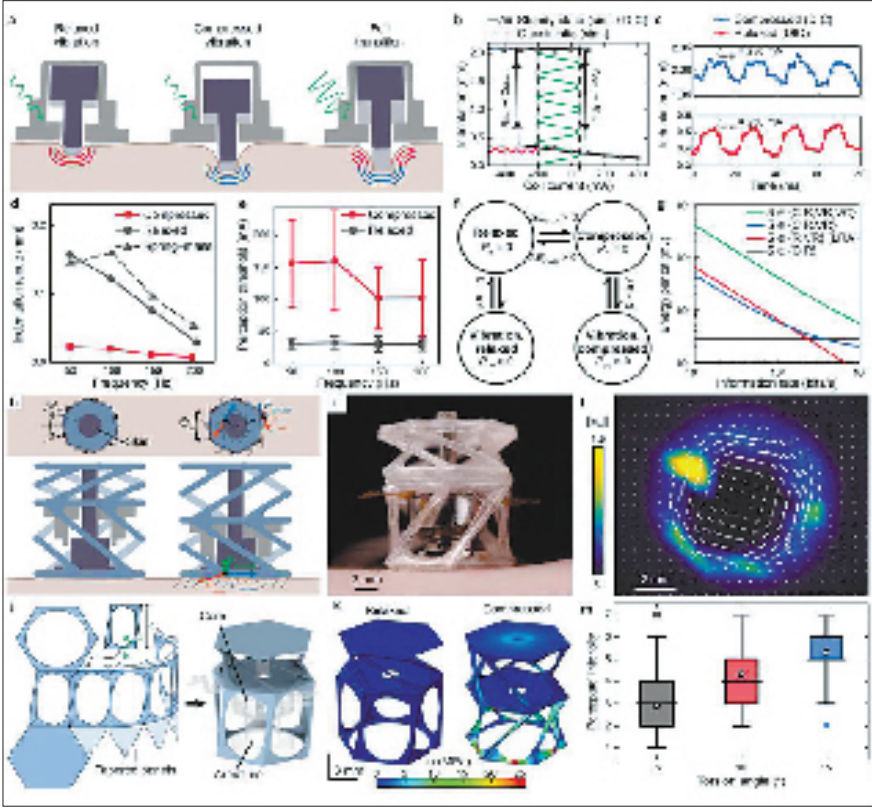
“触觉更神秘,也更可靠。”姜汉卿点出触觉的另一优势:抗疲劳性。不同于嗅觉或听觉可能因持续刺激、年纪增长而钝化,触觉表现更为稳定。目前,市面上面向视障者的辅助设备多依赖语音播报,在嘈杂环境中易受干扰,识别过程也存在延迟风险——从拍摄、分析到播报,语音提示可能跟不上环境突变。

“新增的扭转就像‘拧’,和传统按压相比,感知更强、更及时。”他补充道,以触觉反馈作为补充,有助于解决识别



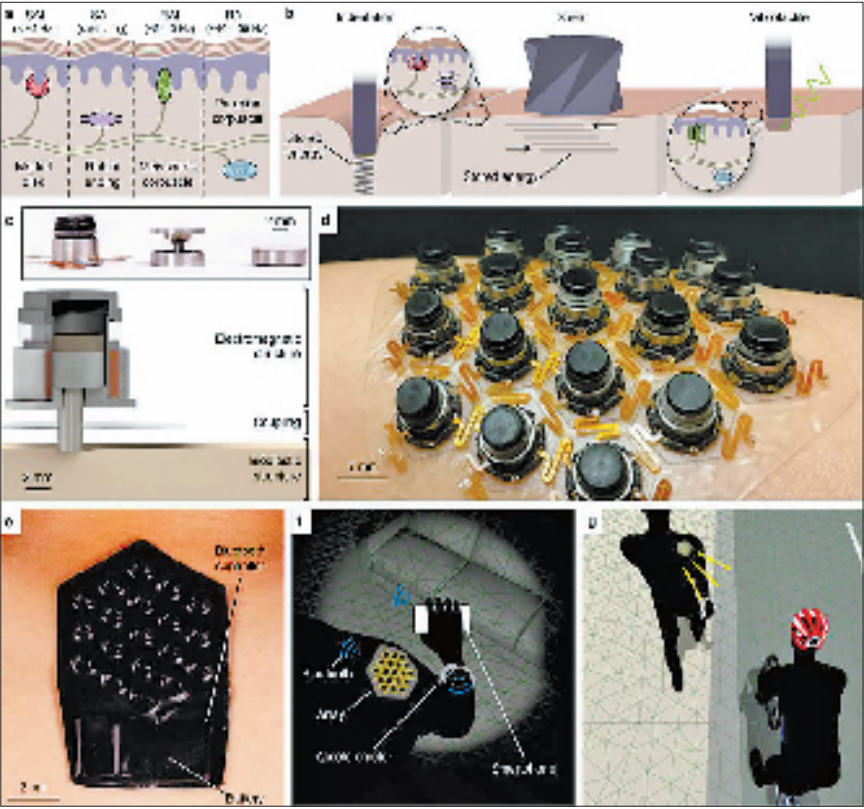
Rokid智能眼镜

受访者供图



换能器震动触觉及扭转触觉模拟

受访者供图



多模态触觉反馈系统

受访者供图

中延迟风险的难题。

何以成为大众消费品

治疗型可穿戴设备走的是严肃医疗路线,要求高精准与高可靠,但也意味着高昂的价格。要走向更广阔的市场,兼顾美观、轻便和性价比,如何搭建实验室到市场的通道,便成为行业共同课题。其中,智能眼镜因其贴合用户的“看、听、说”都围绕头部进行,成为集成视觉、听觉与语音交互的理想场景。

数据印证趋势。印度调研机构Counterpoint发布的《全球智能眼镜型号出货量追踪》报告显示:2025年上半年,国际智能眼镜市场出货量同比增长110%。与此同时,上海咨询机构CINNO Research指出:2025年三季度,国内消费级AR市场延续增长势头,销量突破12.9万台。

自2023年美国Meta公司推出Ray-Ban Meta眼镜,为行业注入“强心剂”后,从科技巨头到汽车制造商,包括华为、阿里、理想汽车在内的众多国内企业纷纷跟进。国家政策大力助推——2025年初,国家发展改革委等部门印发《关于2025年加力扩围实施大规模设备更新和消费品以旧换新政策的通知》。很快,上海便将AI眼镜纳入补贴范围。

产业与政策的双轮驱动下,2025年被业内喻为“智能眼镜爆发元年”。

据姜汉卿透露,团队正与浙江某眼镜制造商合作,计划将多模态触觉模拟方法应用于眼镜产品,与市面上的语音眼镜不同,它是用触觉反馈提供导航服务,目标价格控制在千元左右,预计明年推向市场。

目前,智能眼镜大致分5类:一是支持听歌通话的基础款;二是具备摄像头和AI场景识别的进阶款;三是在进阶款基础上,加增显示功能的“AI+AR”眼镜;四是需连接主机的分体式AR眼镜;五是VR(虚拟现实)眼镜。

“市面上99%都是第二类,并向第三类发展。”从业者透露,AI为AR提供“眼睛”,让人机交互突破屏幕限制,二者融合带来颠覆性体验。

以杭企Rokid为例,2025年2月,其创始人凭借一段“脱稿”演讲视频走红网络:眼镜仅49克重,外观与普通眼镜无异,但讲稿可直接显示于镜片,并通过戒指操控翻页。

如此市场之变,中山大学电子与信息工程学院副教授秦宗将其归结为“智能眼镜行业的‘需求端’和‘技术端’同时准备好了”:大模型技术趋于成熟;实现智能眼镜搭载AR显示功能的关键技术,无论是微显示——将二十几寸屏幕微缩到不到1英寸大小的芯片上,还是

传送图像——把小屏幕上的画面放大为虚像呈现在用户眼前,都已进入非垄断性的成熟阶段。

未来,智能眼镜能否取代手机? Rokid相关负责人黄志昊说,手机的多数功能,智能眼镜短期内难以企及,当前它更像“助理”,扮演“人与手机之间的中介”。在他看来,以智能眼镜为代表的智能穿戴设备,与此前设备的区别主要在于“主动感知能力”——理解场景上下文,预判用户需求,主动检索信息,实时生成提示,实现从“被动回应”到“主动服务”的进化。

但行业的“不可能三角”依旧存在——性能、重量和续航难以兼顾。黄志昊表示:“现阶段大家追求的是‘平衡的优秀’,通过材料和工艺的优化,避免产品出现‘致命’短板。”

值得一提的是,据统计,京东、天猫等主流电商平台的智能眼镜退货率约30%。一位业内人士坦言:众多企业的“跑步”入场,有望带动市场规模上涨,并拉低售价,但高退货率背后,是用户期待与现实体验之间的落差,“它还是特定低频场景的新奇尝试。”

下一个目标:迈向无感体验

未来,智能终端形态将更加多元:戴

上眼镜,能“看见”Wi-Fi信号、紫外线强度;轻触手腕,“隐形电子皮肤”即可提供影音娱乐,实时健康干预……

物理世界的AI技术被普遍视为下一个产业突破点,“身联网”时代正加速到来。从手环、手表到眼镜,设备形态各异,趋势却一致:日益“不显眼”,力求在用户无感知状态下实现持续监测。行业正从“硬件竞赛”迈向“体验革命”,不断逼近人机交互的最终目标——让“人—机”交互和“人—人”交流一般自然。

“行业,尤其是学界,需要在关注硬件本身外,更深入其‘背后’,比如医学应用的开发中去。”姜汉卿说。他的电脑存有一份详细的项目计划表,标注着研究进度:9月,启动第二代视障导航可穿戴设备的触觉训练;尽快完成肠道微型触觉机器人的动物脑部蛋白反应测试……为更贴近临床需求,团队还引入一名医学背景的博士生,致力于通过医工交叉,打造更多精细化医疗场景的穿戴式“医生”。

技术原理或许复杂,但一条主线清晰贯穿始终:从实际痛点入手,通过可长期佩戴的设备解决问题。“让研究产生实际价值”——这也体现在姜汉卿“跨力学实验室”的名称中:Beyond Mechanics with Societal Impact(力学为基、影响社会)Lab。

但智能穿戴作为新兴领域,仍面临



诸多挑战。

技术上,健康数据的精准度和可靠性有待提升,低功耗与小型化仍是医疗级设备的关键瓶颈。高昂的研发投入、严格的临床验证和专业的后期维护也是门槛。

落地同样不容易。消费电子公司缺乏医疗设备经验,医疗器械公司技术则疏于洞察消费者需求。二者合作必要,却因市场结构差异——是追求技术突破还是关注量产和盈利,而面临挑战。

此外,针对可穿戴医疗设备的监管政策和国家级技术标准尚不完善。如何确保智能体可信互联、数据安全流转、服务无缝衔接,都是待解之题。这也并非新问题——早在2012年,美国谷歌公司推出Google Glass时就曾因公众场合的拍照隐私问题引发广泛争议。随着摄像头分辨率更高、AI识别能力更强的智能穿戴设备进入市场,隐私担忧有增无减。

更深层的担忧在于,如果智能穿戴设备大规模普及,它可能比手机更能“侵入”人类感知。这是否会加剧现实世界与虚拟世界的割裂?若未来,现实正如电影《头号玩家》中描绘的沉浸式虚拟世界,人类应更多活在物理世界还是数字世界?这些问题已超越技术和落地本身。

尽管前路充满挑战,但智能传感、大数据等技术的迭代,仍在不断刷新想象。姜汉卿对此持乐观态度,并特别提到“神经可塑性”:国外实验表明,通过在舌尖佩戴震动贴片,行走困难的患者可恢复正常步态。“这意味着,如果视障者长期使用相关设备,视觉中枢也可能被重新激活。”他表示,实践中还观察到,触觉对婴儿安抚与焦虑干预的积极效果,但具体机制尚待与脑科学等学科深入交叉研究。

“交叉学科,很有意思。”他说,“任重而道远。”

记者手记

未来,我们如何聆听身体

■ 谢丹颖

清晨醒来,睡眠惶惶中先查看智能手环的睡眠评分;通勤路上,AI眼镜为你实时导航,还能随手“咔嚓”记录生活片段……如今,能明显感受到,越来越多的智能穿戴设备,正悄然成为我们生活中的“数字伙伴”。从手表、手环到智能眼镜,形态日趋多元,功能也从健康监测、延伸至导航、通信、娱乐等方方面面。

但当生活数字化,比如戴上智能手表,一次酣睡变成几个冰冷的数值,成为全天状态的“判决书”——“醒来第一眼,像看考试成绩一样”,在我们的采访中,不少用户如此形容。可见,心情被数据牵走着,智能设备不知不觉以辅助了解身体的“工具”、链接虚拟现实世界的“纽带”,化身为抓手边的“监工”,最终成了令人焦虑的“数字枷锁”。甚至有采访对象表示,明明醒来感觉神清气爽,却因屏幕显示“睡眠质量一般”,反而怀疑起自己的真实感受。

这背后,一方面源于设备自身的局限。目前,智能穿戴设备的测量精度、传感器能力与算法水平仍参差不齐,心率、血氧等测量易受环境、佩戴方式等因素干扰,产生数据误差。另一方面,则来自于用户对数据的“过载解读”与心理依赖。

面对数据与感受之间的拉锯,首先要明确:目前的智能设备,提供的只是参考信息,而非绝对标准,并不是专业医学诊断。医学界普遍认为,其最大价值在于能提供连续、动态的生理数据记录,为医生提供更多参考信息。

智能穿戴设备在未来,将走向更精准、更无感的智慧陪伴。它的核心定位,始终是服务于人。科技应当是温暖而沉默的守护者:在善用其便利的同时,不被数据绑架,最终回归对自己身体的倾听、信任,以及不断进步的自己。