

脑机接口将为人带来什么

◎ 实习记者 蒋捷 实习生 杨茜茹

怎样才能突破身体的限制，用意识与万物相连？在《西游记》中，孙悟空拥有凭借意念隔空取物的超能力。如今，脑机接口技术可以建立大脑与外部设备的直接通信，帮助人类实现从“手到擒来”到“心想事成”。

近日，美国企业家埃隆·马斯克宣布，他的脑机接口公司完成了向人体移植脑机接口设备的工作，意在帮助瘫痪患者用意念控制电脑。几乎同时，清华大学医学院团队和首都医科大学宣武医院团队联合宣布，他们已经成功完成全球首例无线微创脑机接口临床试验。这项临床试验让一位因车祸造成脊髓损伤、四肢瘫痪长达14年的患者在术后进行3个月的康复训练后，通过脑电活动控制气动手套，完成了自主喝水等日常活动，其抓握准确率超过90%。

这些案例表明，脑机接口技术正实现从动物实验到人体移植的跨越。当前，脑机接口技术正处于技术爆发期，目前主要应用在帮助神经性瘫痪患者改善运动、交流、感知功能上。

脑机接口是什么？它处在怎样的发展阶段？前景如何？需要从哪些方面规范这一技术？带着这些问题，科技日报记者采访了脑机接口领域的专家。

脑科学发展催生脑机接口技术

脑机接口是在大脑与外部设备之间创建信息通道，实现两者之间直接信息交互的新型交叉技术。它通过记录装置采集大脑神经活动，利用机器学习模型等对神经活动进行解码，解析出其中蕴含的主观意图等信息，并基于这些信息输出相应指令，操控外部装置实现与人类主观意愿一致的行为。此外，它还能接收来自外部设备的反馈信号，构成一个交互式的闭环系统。

脑机接口的发展与脑科学的发展息息相关。20世纪20年代，德国精神科医生汉斯·贝格尔首次记录到人的脑电波。从此，脑电波监测被运用于临床实践中。1969年，美国华盛顿大学医学院利用猴子进行脑电生物反馈的研究，这标志着脑机接口技术开始成形。1998年，美国布朗大学约翰·多诺霍博士及所在团队，将电极芯片和脑连接，使人脑能对其他设备进行远程控制。

近年来，随着生物医学、通信和人工智能等领域技术水平的显著提升，脑机接口技术实现了跨越式发展。目前，利用脑机接口控制电脑、机械臂等技术已经较为成熟。

不少国家和地区已从国家战略层面对脑机接口进行了顶层设计。美国于2013年发布“美国创新性神经技术大脑研究计划”，欧盟于2013年启动“人类脑计划”，日本于2014年发布“日本大脑研究计划”。此后，我国也发布了“脑科学与类脑科学研究”，即“中国脑计划”。

在医学上展现出强大生命力

根据脑电信号获取的方式，脑机接口可分为侵入式、非侵入式和介入式三种。马斯克的公司采用的技术路线是侵入式脑机接口，通过开颅手术放入电极接触神经元细胞，实现脑电信号的获取及解码。南开大学人工智能



图为世界机器人大会上展示的脑机接口设备。 新华社记者 李成鹏

学院教授段峰介绍：“侵入式脑机接口属于有创性植入，技术难度大，存在继发感染的风险。一旦发生颅内感染、电极出现故障或电极寿命结束，需将电极取出，否则会对人脑造成二次损伤。并且随着植入时间延长，电极被纤维组织包裹，信号有可能逐渐衰弱甚至消失。”

非侵入式脑机接口在头皮外侧以无创的方式采集脑信号，在商业化场景中潜力巨大，正朝着低成本、便携化、多元化方向发展。强脑科技合伙人兼高级副总裁何熙显说：“用户要的是效果，要求脑机接口做到功能强大、简单易用。非侵入式脑机接口的技术特性刚好能够满足用户的这一需求。但这种方式获取的脑电信号较为微弱，因此需要强大的信息解码能力，否则解析的脑电信号会偏离用户真实意图。”

介入式脑机接口指通过介入手术将电极等信号记录装置从血管导入到特定脑区，是一种低伤害、高精度、高通量脑内神经信号采集的脑机接口技术。2023年，段峰团队牵头的全球首例非人灵长类动物介入式脑机接口试验获得成功。

尽管目前脑机接口仍处于起步阶段，但依然在医学上表现出强大的生命力。脑机接口可以成为连接瘫痪患者大脑和外部“躯干”的桥梁，帮助他们用意念取物。同理，脑机接口也可以使残疾人的假肢更精准地执行大脑指令。由于血脑屏障的存在，大部分药物难以通过血管进入大脑，传统药物对于治疗抑郁症、帕金森病等疾病效果微弱。脑机接口技术通过对神经核团的直接调控干预，或在脑部疾病治疗方面起到意想不到的效果。2020年起，上海瑞金医院孙伯民团队陆续尝试对26位患者使用脑机接口技术治疗抑郁症。再如，治疗帕金森病时，可以使用电极刺激大脑中的运动神经，遏制大脑的异常放电，缓解帕金森病人的颤抖等症状。作为一项交互性技术，脑机接口技术既可以获取人脑的信息，又可通过侵入或非侵入式的技术手段对人脑施加影响。这样一来，人类能通过脑机接口，从曾经不够了解的大脑区域获得更多数据，进而推动脑科学的迅速发展。

在日常生活中，商业公司正在尝试将脑机接口运用于发掘人脑潜力。何熙显认为，脑机接口设备能够实时读取脑电信号，再通过软件及时给予视觉、听觉反馈。运动员就可以通过非侵入式脑机接口训练专注力。

大脑与万物互联道阻且长

“脑机接口是一项萌芽技术，又涉及到计算机、医学、机械等多种学科，我们需要给脑机接口研究更多时间、更多宽容。”段峰坦言。

目前，对于意识，科学家并没有完全探索清楚。因此，基于脑科学研究发展起来的脑机接口技术，距离真正实现大脑与万物互联还有很长的路要走。

当这一天真的到来时，一方面，人们可以将互联网作为容量无限的外置大脑，直接获取人类积累的全部知识，所思所想也可以实时上传、备份。这将彻底颠覆人与世界的互动方式。但另一方面，当思想可以被读取、上传时，因此带来的隐私问题也成为人类必须面对的难题。

作为一项新技术，脑机接口需要政策的规范。今年1月，工业和信息化部等七部门联合印发《关于推动未来产业创新发展的实施意见》，公布了未来产业十大创新标志性产品，“脑机接口”位列其中。意见明确要“突破脑机融合、类脑芯片、大脑计算神经模型等关键技术和核心器件，研制一批易用安全的脑机接口产品，鼓励探索在医疗康复、无人驾驶、虚拟现实等典型领域的应用”，为脑机接口的发展指明了方向。2月，国家科技伦理委员会人工智能伦理分委员会研究编制了《脑机接口研究伦理指引》，指出“脑机接口研究应适度且无伤害，研究的根本目的是辅助、增强、修复人体的感觉—运动功能或提升人机交互能力”。

千年前，李商隐写下“身无彩凤双飞翼，心有灵犀一点通”。如今，脑机接口正在连接大脑与万物，突破身体的限制，将“心有灵犀”的边界拓展至无限。

新知

我国在高频声表面波器件领域取得重要突破

科技日报讯（记者吴长锋）记者2月26日从中国科学技术大学获悉，该校微电子学院左成杰教授研究团队在世界上首次提出并实现了一种新型的耦合剪切模态声表面波谐振器，利用两个不同方向的剪切压电系数相互耦合，在5GHz高频实现了高达34%的机电耦合系数，以及高达650的品质因数(Q值)。相关成果论文日前发表在电子器件领域期刊《IEEE电子器件通信》上。

自1965年又指换能器和声表面波技术被发明以来，声表面波谐振器就被广泛应用于2GHz以下的中、低频无线通信，并形成了每年超过百亿美元的滤波器和传感器产业。随着无线通信发展进入5G和6G时代，新频段都在3GHz以上，带宽都在500MHz以上，这就使得传统的声表面波技术在高频（大于3GHz）、高Q值、高机电耦合系数等三个方面遇到了前所未有的发展瓶颈，其主要的限制在于传统声表面波技术一直使用单一的压电系数来实现电能与机械能的相互转换。

研究人员在一种特定衬底上设计并制备了一种高频、高机电耦合系数、高Q值的耦合剪切模态声表面波谐振器。通过选择合适的欧拉角和设计铌酸锂薄膜厚度与叉指电极波长的比值，使得水平和厚度方向的电场同时激励两个剪切压电系数，并使它们共同作用到一个机械振动模态中，从而实现了机电耦合系数的大幅提升。

此次研究发现了在同一个振动模态中可以耦合两个或多个不同剪切压电系数的可能性，并通过理论分析制定了实现这种耦合剪切模态的设计准则，为声学器件领域开辟了一条全新的研究路径。

研究人员表示，这项成果或将助推大带宽滤波器、宽带可调振荡器、高灵敏度传感器等诸多领域创新，并对相关产业带来深远影响。

观天

公转周期146天，大气层温度190℃ 罕见“高冷”系外小行星亮相

◎ 本报记者 刘霞

近日，法国、英国、瑞士、智利和美国等9个国家29个研究所的天文学家携手，发现了一颗小而冷的系外行星HD88986b。其半径和质量介于地球和海王星之间，公转周期约146天，是迄今同类“体型”系外行星中轨道周期最长的。此外，该行星大气层温度为190℃，而迄今已知系外行星大气层温度都在1000℃以上。

中国科学院国家天文台研究员张承民在接受科技日报记者采访时表示：“最新研究为类地行星的形成与演化提供了新线索。不过，科学家们仍需开展进一步研究，以更好地揭示其大气层温度低的具体原因。”

由巴黎天体物理研究所研究员内达·海德里、英国华威大学研究员托马斯·威尔逊领导的团队，在HD88986恒星周围发现了这颗比海王星小的冰冻行星HD88986b，以及其大质量“舞伴”。HD88986的温度与太阳相似，“块头”略大于太阳。相关论文近日发表于《天文学与天体物理学》。

比海王星小的系外行星很难探测

威尔逊介绍，他们从指向HD88986的望远镜那里收集了超过25年的数据，揭开了HD88986b的“神秘面纱”。研究团队借助法国天文台的高精度光谱仪SOPHIE估算出HD88986b的质量约为地球质量的17倍。SOPHIE利用径向速度法探测和甄别系外行星。

“径向速度法通过测量双星系统中行星引起的恒星轨道晃动，根据晃动得到多普勒频率移动，再由多普勒频率移动间接检测行星的存在，并计算出行星质量和轨道特征。”张承民解释称。

此外，美国国家航空航天局的凌日系外行星探测卫星和欧洲空间局的空间望远镜检测出行星卫星也借助凌日法对这颗行星进行了观测。

张承民介绍道：“凌日法基于行星经过恒星前方时造成恒星光度减弱的现象，通过观测恒星亮度的变化来确定行星的存在和相关参数。”研究小组借助这两颗卫星提供的观测结果，估算出HD88986b的直径约为地球直径的2倍，轨道周期为146天，是迄今已知比海王星小的系外行星中轨道周期最长的。

研究团队指出，这颗最新发现的类地行星极其罕见，因为比海王星更小、更轻的系外行星很难探测，迄今只有少数被探测器“逮个正着”。

那么，此类更小更轻的系外行星为何难被探测到呢？张承民解释：“系外行星不容易被直接看到，这是因为行星一般不主动发光，而是反射附近恒星的光线。行星本身的亮度远远小于恒星，这种‘灯下黑’现象使它们很难直接被探测到。”

“目前天文学家‘捕捉’系外行星的主要方法除了上面提到的径向速度法和凌日法，还有直接成像法。”张承民进一步介绍道，天文学家迄今已经探测到5000多颗系外行星，绝大多数是个头较大的行星。如果行星太小太轻，它对恒星亮度及轨道变化的影响就小，这导致在现有探测器的精度下，不足以探测到它。

对探测和理解类地行星非常重要

研究团队表示，最新发现对于探测和理解类地行星非常重要。海德里解释称，目前大多数科学家发现并测量了质量、半径的行星轨道周期都很短，通常不到40天。即使离太阳最近的水星，其轨道周期也才88天。缺乏对轨道周期较长行星的检测，对科学家理解类太阳系等系统内行星的形成和演化提出了挑战。

张承民表示：“HD88986b的轨道周期为146天，或是此类系外行星中轨道周期最长的，它对于科学家更好地理解行星的形成和演化非常重要。此外，HD88986b或许能保留一些原始化学成分，使科学家能借此进一步揭示这个行星系统的形成和演化故事。”

HD88986b的大气层温度为190℃，也为研究所谓的“冷”大气层的组成提供了难得的机会。

张承民介绍，HD88986b温度低是因为其距离主恒星远一点，受主恒星的炙烤稍弱些。行星的温度还与其对大气的吸收和反射，以及朝向地球测量面的温度分布是否均匀有关，而这是值得进一步研究的问题。

天文学家还在HD88986b周围发现了一颗质量为木星100多倍的“舞伴”，其轨道周期为几十年。不过，他们仍需要开展进一步观察，才能更好地确定这个“舞伴”的性质。

猫猫狗狗也会做梦、失眠

◎ 本报记者 张佳欣

和人类一样，几乎所有动物都需要某种形式的休息或睡眠。大多数动物都依靠自然的昼夜节律来调节睡眠和觉醒这两种不同的状态。

人类在睡觉时会做梦，但科学家们想知道相同的事情是否也会发生在动物身上。一些研究表明，在睡眠方面动物与人类幼崽有很多相似之处。它们会在睡梦中尿床、“说梦话”，甚至还会进行有节奏的头部运动。

不同动物有不同睡眠模式

美国《发现》杂志报道称，不同物种的睡眠模式有很大差异。例如，猫每天可以睡16个小时。而大象每天只睡约2个小时。长颈鹿会在一整天内断断续续地打

盹，每次持续时间约为5分钟。尽管长颈鹿每天的睡眠时间可能长达4.5小时，但据估计，其中只有30分钟是深度睡眠。

动物中的捕食者一天中的睡眠时间很长，有安全睡眠场所的动物比露天睡觉的动物睡得更多。有些动物，如马骨格适应能力强，可以站着睡觉。但是，它们在这种姿势下无法进入快速眼动睡眠阶段。要进入快速眼动睡眠阶段，它们必须躺下。

有趣的是，海豚睡觉时只有一半大脑处于休息状态，即所谓的“半脑睡眠”，而另一半处于警觉状态。

那么，动物睡觉会做梦吗？美国《睡眠与健康》杂志网站报道称，有经验的兽医均证实，动物睡觉时会四肢晃动、面部肌肉抽动和发声，这表明动物实际上在做梦。动物研究人员也指出，白天行为对动物做梦的影响与对人类的影响相似。

非人类哺乳动物和人类的共同点是

存在快速眼动睡眠阶段。观察表明，快速眼动睡眠阶段的特点是高度活跃。视觉活动、运动活动和代谢活动在在这一时期都会增加。例如，狗在快速眼动睡眠阶段经常吠叫或抽动腿。

动物会受睡眠障碍困扰

据美国国家睡眠基金会网站介绍，与人类睡眠相关的比较研究通常在小鼠、大鼠、猫和狗身上进行。研究表明，多种动物都会受到睡眠障碍的影响。

《睡眠与健康》杂志报道称，就像人类一样，动物的睡眠障碍可能是原发性的，也可能是继发性的，由脑瘤、肺炎、药物治疗、心脏问题等原因引发。公认的最严重的原发性睡眠障碍可分为两类：发作性嗜睡和睡眠呼吸暂停。发作性嗜睡表现为白天过度嗜睡、会突然睡着、入睡阶段或醒后会产幻觉等。对狗和威尔士小马的研究已经证实，如果不治疗这种睡眠障碍，后果可能会相当严重。睡眠呼吸暂停则意味着在睡眠中出现呼吸停止的情况。科学家在波斯猫和斗牛犬中发现了这种类型的睡眠障碍。

《发现》杂志报道称，有证据表明，老鼠可能会失眠，原因与人类的失眠原因相同，即源于压力和焦虑。在一项研究中，研究人员将雄性大鼠从熟悉的笼子移到另一只雌性大鼠曾经居住过的肮脏笼子里。结果显示，被移笼的老鼠似乎经历了失眠。

动物睡眠研究有助了解人类大脑

长颈鹿可以连续数周不睡觉，而棕色



图为睡着的猫狗。 视觉中国供图