

脑机接口技术：让意念变为现实

■王奕阳 唐煜皓

想象一下：一位因脊髓损伤而瘫痪的患者，只需在脑海中想想，就能控制机械臂拿起水杯喝水，或者操控电脑屏幕光标输入文字，与家人顺畅交流。这种让意念变为现实的能力，得益于脑机接口技术的发展和突破。

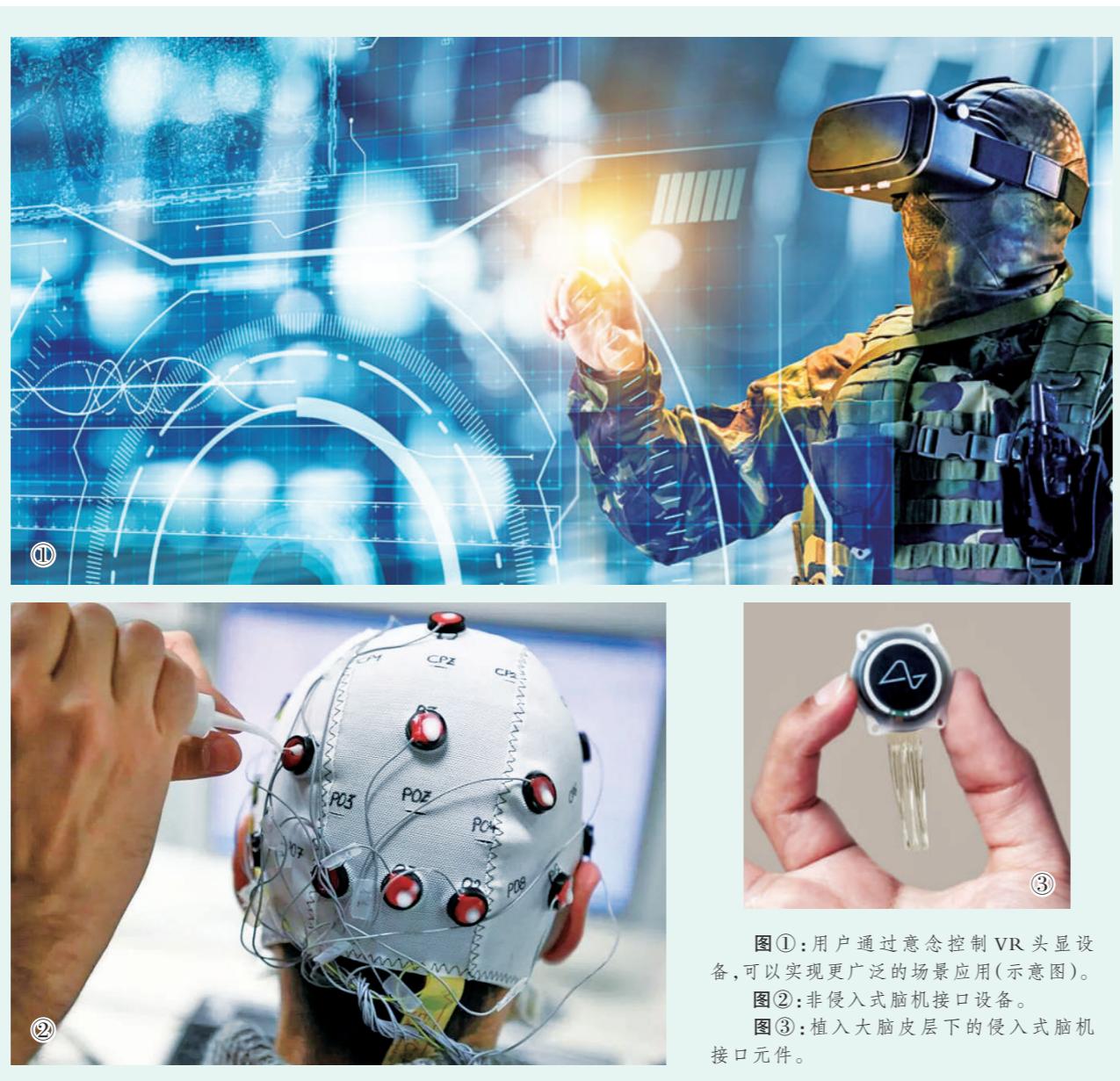
脑机接口是在大脑与外部设备之间建立一条直接的信息互通通道，通过采集、解码大脑活动产生的神经信号，将其转换为机器指令，实现大脑与机器之间的直接“对话”。近年来，在科研支持与产业发展的双重推动下，脑机接口不断取得技术突破，在医疗救治等领域得到推广应用。

从实验走向应用

今年6月，美国一家科技公司公开展示其植入式脑机接口设备的测试情况。一位渐冻症患者用意念控制电脑光标移动，甚至进行网上象棋对弈。这一幕生动展现了脑机接口技术如何将意念转化为行动。

脑机接口设备的工作流程分为3个步骤，先使用传感器采集大脑活动产生的电信号和其他信号，再利用复杂的算法和机器学习模型，将采集到的原始大脑信号“翻译”成具体指令，最后将指令发送给外部设备，使其执行相应操作，如移动光标、控制机械臂、输出文字等。这一过程结束后，通常还会有关反馈，即让用户看到操作结果，据此调整思维，进而实现更精确、流畅的控制。

脑机接口采集信号的方式分为非侵入式、侵入式和半侵入式。非侵入式通过佩戴电极帽采集大脑信号，安全无创，但信号精度低、易受干扰；侵入式将微电极阵列植入大脑皮层，能够捕获清晰的高频神经元放电信号，但有手术风险；半侵入式将电极置于颅骨与大脑皮层之间，在信号质量与安全性之间取得平衡。



发展前景广阔

目前，脑机接口技术主要应用于医学康复领域，未来有望深入日常生活，甚至拓展至军事领域。

在医疗康复领域，脑机接口技术为患者带来希望。许多截瘫患者通过植入式脑机接口，实现用意念控制设备行动。美国加州大学旧金山分校的研究团队利用AI算法改进脑机接口技术，帮助失语的中风患者以自然语速在电脑屏幕上输出语句。该研究团队还探索使用非

侵入式脑机接口设备监测脑电信号并施加电刺激，以此缓解中风症状。此外，研究人员在持续探索脑机接口技术在盲人视力恢复、癫痫治疗等方面的作用。

脑机接口设备的日常使用并不多见，但相关测试早已展开。例如，人们可以通过非侵入式脑机接口设备，用意念控制灯光和窗帘，或将脑机接口设备与虚拟现实技术结合，体验沉浸式游戏等。国外一家科技公司通过将半侵入式脑机接口设备植入大脑运动皮层下，检测大脑运动意图并传输信号，使用户能够用意念控制VR/AR头显设备，实

现更广泛的场景应用。

当前，脑机接口技术的军事应用仍在探索中。美国兰德公司曾发布《脑机接口：军事应用和意义的初步评估》研究报告，指出脑机接口技术在未来作战中可能的应用方向。

脑机接口技术的初级军事应用方向是监测士兵脑力负荷、疲劳度和压力水平，为维持部队战斗力提供依据。同时通过神经调节技术，增强士兵认知功能。例如，美国“警觉战士启动计划”通过非侵入式手段，刺激士兵大脑皮层，提高士兵在作战期间的警觉意识和认

知能力，帮助士兵把握战场态势，快速响应作战指令。

人机协同是脑机接口技术的另一应用方向。澳大利亚国防创新中心与悉尼科技大学合作，将脑机接口技术与AR设备结合，通过人脑发出指令，遥控车辆和机器人在战场上的作战行动。另外，士兵借助脑机接口设备可以控制外骨骼负重等。

在指挥通信与神经安全方面，脑机接口可能革新战场通信模式。随着技术发展，“神经战”和神经认知安全已经成为讨论热点，即如何应对脑机接口技术可能带来的神经隐私泄露、网络攻击，乃至非自愿神经调控等潜在风险。美国国防高级研究计划局曾推出“静默交谈”计划，探索在无法发声的静默环境下，实现基于脑电波的隐秘通信。

风险不容忽视

脑机接口技术正在从实验室演示转向现实应用，其未来发展有赖于技术进步与伦理规范同时推进。

当前，无论是侵入式还是非侵入式脑机接口技术，都难以对复杂的思维意图进行“精准解码”。侵入式脑机接口技术虽然能获取高质量神经信号，但存在手术风险及免疫排异反应等术后安全问题。非侵入式技术因颅骨对信号的衰减效应，面临信噪比低、空间分辨率不足、高精度解码难度大等问题。这些问题反映出脑机接口是一项高度依赖技术积累、资源投入和临床验证的复杂工程。

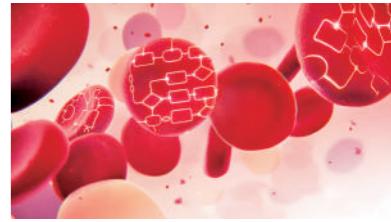
在复杂的战场环境下，信号稳定性与抗干扰能力非常重要。神经信号在传输过程中可能被敌方干扰或截获，甚至存在通过技术“后门”向士兵大脑发送恶意指令的潜在风险，这对系统的可靠性和安全性提出极高要求。

脑机接口的军事化应用，也引发伦理与法律争议。人机共同决策体系在战场上的责任界定是一大难题，一旦出现决策失误，难以明确责任主体。另外，脑机接口技术涉及的神经数据是高度敏感的个人隐私信息，其采集、使用和存储必须要有明确的规范，防止信息泄露或被盗用。

作为一项前沿技术，脑机接口在赋能人类方面展现出较大的潜力，其未来发展尤其在军事领域的应用，需要在伦理和法律框架下推进，在创新与治理之间取得平衡。只有这样，脑机接口才能真正安全地为人类服务。

前沿技术

“智能红细胞”提升士兵战场耐受力



“智能红细胞”将对人体红细胞进行改造（示意图）。

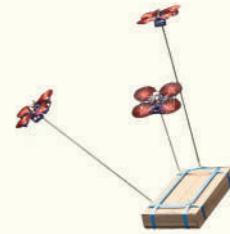
据外媒报道，美国国防高级研究计划局试图通过一项名为“智能红细胞”计划，对人体红细胞进行改造，提升士兵在极端环境下的耐受力与生存能力。

该计划分为两个阶段，初期重点在红细胞内添加并维持新蛋白质，第二阶段将展示“智能红细胞”的完整功能。

“智能红细胞”计划旨在通过技术改造，使红细胞在维持携氧功能的同时，暂时改变人体对压力、创伤和恶劣环境的反应。具体而言，这些红细胞能够检测创伤、加速凝血过程并调节新陈代谢，帮助士兵更快适应高海拔、极端低温等通常需要更长时间才能适应的恶劣条件。

未来，这项技术有望应用于医疗领域，如加速伤口愈合、提高输血安全，或通过血液实现体内精准药物递送等。

新算法可控制多架无人机协同运输



3架无人机协同运输大件货物（示意图）。

据外媒报道，荷兰代尔夫特理工大学的研究团队开发出一种创新算法，能控制多架无人机协同行动，合作运输单架无人机无法运送的大件或较重的货物。

一般情况下，当多架无人机使用缆绳运送同一件货物时，其行动必须高度协同，才能对外力干扰。研究人员指出，目前的无人机控制算法在这一过程中显得“迟缓僵化”。

新算法具有快速、灵活响应等特点，能根据载荷变化随时调整，抵消外力对无人机的影响。无人机在接收目的地指令后，即可自主规划飞行路线，途中自动避障应对干扰。“你只需告诉它们目的地在哪里，无人机就能‘搞定’剩下的事。”研究人员介绍。

为验证这一新算法，研究人员使用4架小型四旋翼无人机进行测试，通过设置障碍物，模拟风力，使用篮球作为载荷检验无人机的反应情况。结果表明，4架无人机可以有效应对飞行中出现的各种意外情况。目前，这项技术仍在持续验证中。

制氨新技术变空气为能源



使用氮、水和光线等合成氨的实验装置。

据外媒报道，日本东京大学的研究团队宣称在常温常压条件下，可以利用空气中的氮、水分和光线合成氨。这是全球首个在自然条件下合成氨的成功案例。

目前的制氨工艺是让氮与氢发生反应，其中用作原料的氢的制取过程复杂，还会产生二氧化碳。

研究团队尝试利用氮、水和光线直接合成氨。氮是空气中所含物质，与水和光线一样随处可见，反应催化剂是豆科植物根部细菌含有的一种酶。实验显示，将几种物质按一定比例混合，并对其照射光线，就可以在常温常压条件下将空气中的氮转化为氨。

氨在燃烧时不排放二氧化碳，除了用作肥料外，还是新的火力发电燃料。这种利用空气制造能源的技术虽然目前距离实用化尚远，但值得关注。

（子渊）

日英合作推进可控核聚变发电

■刘一澳 苏晓军

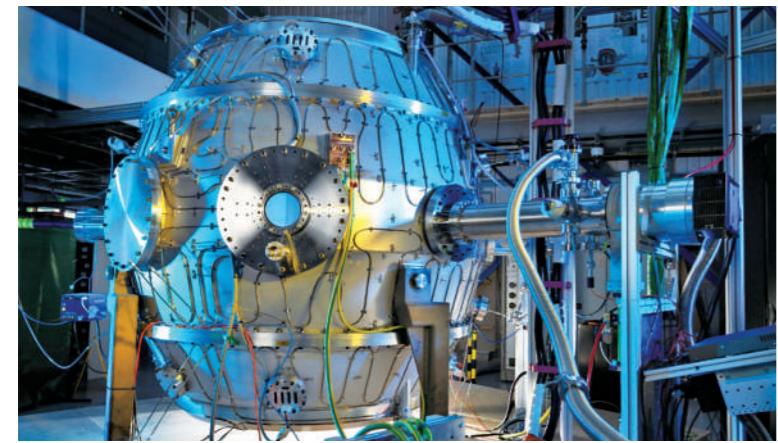
近日，日英两国签署一份关于共同推进核聚变发电技术的备忘录。

核聚变发电，又称“人造太阳”，通过模拟太阳上的能量产生机制，将氘、氚等轻原子核在超高温高压条件下聚合为重原子核氦，同时释放出巨大能量。由于核聚变反应不产生放射性废物，原料可从海水中提取，因此被称为“人类的终极能源”。

核聚变发电研究始于20世纪中叶，主要技术难度在于如何实现可控核聚变。20世纪50年代，苏联科学家研制出托卡马克装置，用强磁场形成一个“磁笼子”，可将高温等离子体约束其中。托卡马克装置的出现，推动可控核聚变从理论走向实验阶段。

20世纪70年代后，多国陆续建造出托卡马克装置，如日本JT-60U、欧洲联合环状反应堆等。本世纪初，多国主导的国际热核实验堆项目启动。随着相关技术不断取得突破，可控核聚变发电从基础验证转向工程优化。

在核聚变发电技术快速发展的当下，日英合作并非偶然。日本资源匮乏，福岛核事故后对清洁能源的需求迫



英国的球形托卡马克能源生产装置。



帆布下的玄机

■张诗宏

上图中，一辆在雪地中疾驰的坦克，炮管直指前方，炮塔与炮管的连接处包裹着一圈鼓囊囊的帆布，帆布下覆盖的是坦克防护体系中的重要一环——坦克炮盾。

坦克在作战时，对于不同目标的打击，需要通过调整炮管高低完成，同时火炮射击时会产生后坐力，因此炮管根部和炮塔之间无法采用刚性结构实现连接，而是需要留出供炮管俯仰活动的空间。这样一来，这里就成了坦克正面一处防御缺口。为了弥补这一缺陷，坦克炮盾应运而生。简单来说，坦克炮盾就是炮管根部用来遮挡火炮安装空隙的一块装甲。

根据安装位置不同，坦克炮盾分为外防炮盾和内防炮盾。外防炮盾是将炮盾作为一个独立的装甲构件，安装在炮塔外部，同时承担炮塔正面部分防护任务。内防炮盾是将火炮的主体结构隐藏在炮塔内部，炮管从狭窄的装甲缝隙中伸出，炮盾与炮塔之间的缝隙用帆布一类的东西堵住。

西方坦克多采用外防炮盾，正面是平滑的斜面装甲，炮弹落在上面时容易发生跳弹，不会卡在火炮根部，减少了殉爆风险。同时炮管的俯仰角更大，地形适应性强。不足之处在于炮塔开口大，中弹概率相对较高。

苏制坦克多采用内防炮盾，缺点

是炮管与炮塔之间裹着帆布的地方容易卡弹，俗称“窝弹区”。同时火炮占用炮塔内部空间，导致设备布置拥挤。不过，内防炮盾的炮塔开口小，中弹概率较低，同时重心靠后，有利于火炮稳定。

近年来，随着坦克防护性能的提升，外防炮盾成为主流设计，配合多层复合装甲，实现对不同炮弹的高效防护。另外，无人炮塔的出现，使得炮盾设计不再需要考虑人员防护，因此变得简单了许多。

图文兵戈