

征。如果我们能够用算法将其解码出来，就能够实现意图的识别。

所以说，脑机接口是一种直接建立在大脑与计算机之间的通信接口，能够实现思想与外物的互联互通，能够实现生物智能与机器智能交互融合，整个过程包括脑信号的采集、特征的提取、模式的识别以及最后转化为机器指令，与外部进行通信。

根据电极放置的位置不同，脑机接口分成两大类，侵入式脑机接口和非侵入式脑机接口。

非侵入式脑机接口将电极和传感器放置在头皮表面，它的优势是安全、无创、低成本，可监测大规模的神经活动，但是由于电极与目标神经元离得比较远，所以获取到的信号非常微弱、模糊，为后续的解码带来了巨大的挑战。

侵入式脑机接口需要做开颅手术，将电极埋到脑子，它的优点是能够获得高空间分辨率的信号，获得的信号质量比较高，但是手术会带来一定的风险。

目前，科学家已经可以通过脑机接口帮助四肢瘫痪的病人用自己的大

脑意念完成许多复杂的运动任务。除了解码运动意图，科学家们还可以解码语言信息。2022年《自然》(Nature)公布数据表示，人类用意念打字可以实现99%准确率。全球脑机接口技术已然推进至产业发展期。

如果说手机作为一款消费级的电子产品被大家广为接受，但是应该没几个人愿意在自己的脑袋上打个洞、埋一个电极，从而拥有强大的“脑机”，所以，侵入式脑机接口也正向着小型化、安全化的方向发展。

目前，侵入式脑机接口有三大技术路线并行，分别是：

硅基硬质电极系统，也是目前唯一获美国食品药品监督管理局(FDA)批准可应用于人体植入的脑机接口产品；血管支架电极，美国公司Synchron已于去年获批人体临床试验，虽然采集通道数较少，但该路线侵入窗口小，安全性较高；柔性电极系统，通过MEMS技术做高通量电极，脑电采集通道可实现成千上万的跨越，也是“科技狂人”马斯克的脑机接口公司Neuralink，与国内脑虎科技、阶梯医疗、微灵医疗等多家脑机接口公司选择的技术路径。

马斯克的Neuralink公司开发的微型侵入式脑机接口系统，实现了微创的侵入性。2021年，Neuralink成功利用1024通道柔性电极实现猴子打游戏。

就在今年5月4日，南开大学段峰教授团队也实现了微创介入。研究人员将脑电传感器贴附在猴脑血管壁上，因此无需开颅即可采集到脑电信号，让猴子通过大脑意念来控制机械臂。这种方式的创伤较侵入式脑机接口更小，信号质量较非侵入式脑机接口更高。这也是全球首例成功的非人灵长类动物微创脑机接口试验。

天津大学医工院副院长许敏鹏教授在“脑机智能与数字生命”主题论坛上指出，手机是我们这一代人最主要的交流方式，也许下一代人的交流就是靠意念控制。而用意念控制离不开脑机接口，未来脑机接口将从经典的脑机接口逐渐演变为脑机交互最后到脑机智能的模式。

最终，脑机接口将实现“心之所想，随意而动”，并成为元宇宙的终极入口。



左图：非侵入式脑机接口产品也在快速发展中。

探索性人体临床试验

1973年，美国科学家第一次提出了脑机接口的概念。在这一概念诞生50周年之际，脑机接口公司Neuralink在今年5月获得了美国食品和药物管理局的批准，将启动首次人体临床研究，在四肢瘫痪或截肢的患者身上植入设备。

与此同时，在中国，脑机接口如今也已经走过了20周年的历程，并与美国同行站在了同一条起跑线上。