2026年3月20日

中航证券有限公司
AVIC SECURITIES CO., LTD.

脑机接口深度报告：未来产业制高点竞速，多场景需求打开成长空间

行业评级：增持

分析师：闫智
证券执业证书号：S0640524070001

股市有风险 入市需谨慎

核心观点

- **脑机接口是以神经科学为理论基础，以电子与材料科学为硬件基础，以计算机科学为软件核心，在生物医学和人机交互的框架下实现应用的交叉学科。**脑机接口的核心目标是解读大脑活动产生的意图或状态信息，并将其转化为控制外部设备的指令；或者将外部信息编码为特定的神经刺激信号输入大脑，从而对神经功能进行调控，以进行神经功能修复或增强。根据信号采集方式的不同，脑机接口技术可以分为非侵入式、半侵入式和侵入式三种类型。人的头部从外向里看，依次是头皮、骨膜、头盖骨、硬脑膜蛛网膜、软脑膜、大脑皮层等结构，传感器（电极）的植入位置越深，采集到的脑电信号质量越好、频率越高，受试者的安全风险越大。
- **脑机政策持续发布，行业标准逐渐清晰。**“十五五规划”将脑机接口列入六大未来产业之中，脑机接口从国家科技战略项目转向战略性未来产业，产业化与经济价值凸显。25 年 7 月，工信部颁布《关于推动脑机接口产业创新发展的实施意见》，提出总体目标、重点任务、重点工程和保障措施，形成了明确的产业长期发展路径和两个阶段性目标：到 2027 年,脑机接口关键技术取得突破,初步建立先进的技术体系、产业体系和标准体系。产业规模不断壮大,打造 2 至 3 个产业发展集聚区,开拓一批新场景、新模式、新业态。到 2030 年,脑机接口产业创新能力显著提升,形成安全可靠的产业体系,培育 2-3 家有全球影响力的领军企业和一批专精特新中小企业,综合实力迈入世界前列。
- **脑机接口产业链覆盖软硬件，实现采集到应用闭环。**上游主要为脑电采集软硬件厂商，包括用于监测和处理大脑信号的芯片、传感器等；中游主要是脑机接口产品与服务提供商，包括脑机接口设备制造商、针对特定场景应用的产品、解决方案、脑电采集及实验数据平台。下游应用领域广泛，涵盖医疗健康、教育培训、游戏娱乐、智能家居、军事等方面。 脑机接口企业以下游应用为主，我国企业数量进入全球第一梯队。产业链分布来看，上游电极、芯片、外设、相关核心器件的企业占比8%，中游的医用及科研用工具、分析软件和采集设备企业占比30%，下游应用解决方案企业占比62%，其中侵入式技术路线企业占比9%、非侵入式路线企业占比53%。
- **脑机接口核心企业多元竞速，临床试验加速。**Neuralink引领侵入式技术，计划2026年启动大规模生产；强脑科技作为非侵入式领军企业，专注多场景应用产品；脑虎科技深耕侵入式柔性脑机接口，自建“超级工厂”推进量产；博睿康依托清华技术，启动IPO辅导，半侵入式产品进入临床；阶梯医疗专注植入式技术，完成3.5亿元B轮融资，加速临床试验。
- **投资建议：**脑机接口产业处于从“技术验证”向“商业化落地”加速转折的关键窗口期，我们建议关注三类脑机接口最新进展和前沿公司：1）侵入式：爱朋医疗、三博脑科、倍益康、岩山科技、美好医疗、博拓生物、乐普医疗；2）半侵入式：心玮医疗、博睿康；3）非侵入式：创新医疗、麒盛科技、诚益通、翔宇医疗、伟思医疗、麦澜德、瑞迈特、南京熊猫。
- **风险提示：**技术发展不及预期、临床验证与注册审批进度不及预期、法律法规不确定性、商业化落地不及预期等。

目录

一、脑机接口概述：多学科交叉的前沿技术

二、脑机接口相关政策：长风破浪会有时

三、行业概况：上中下游产业进展及脑机技术发展方向

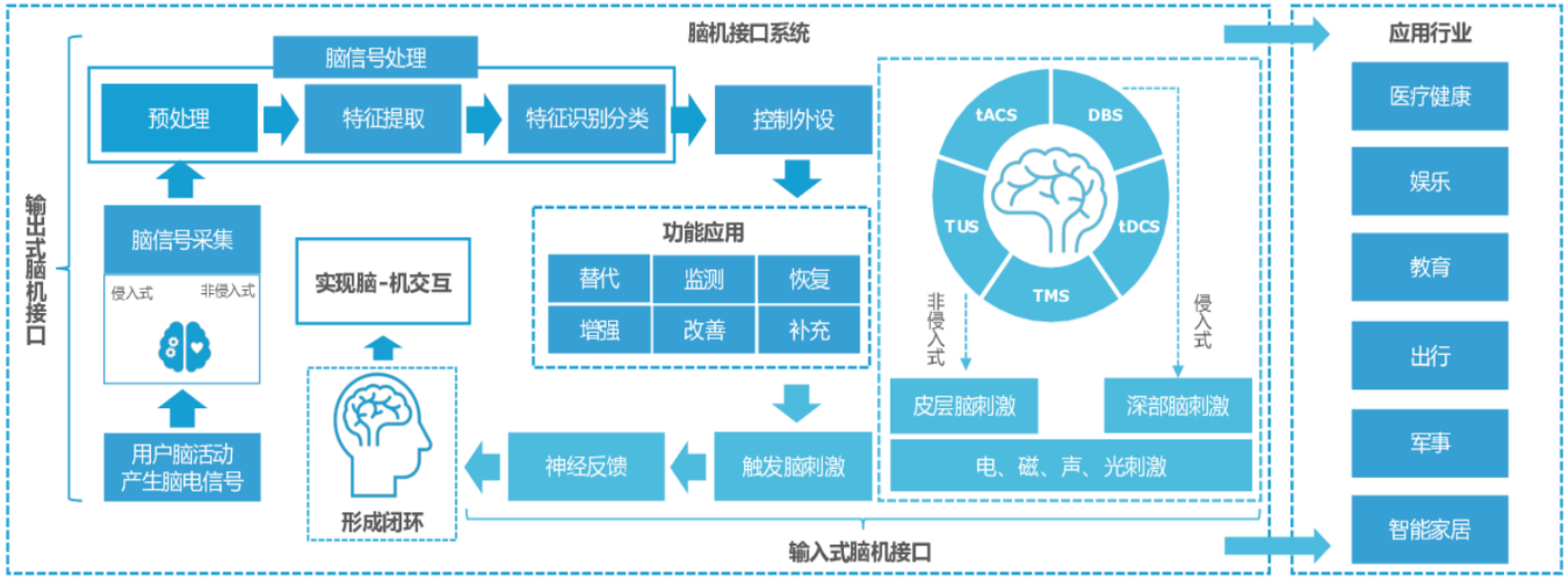
四、脑机接口产业代表性公司

五、投资建议及风险提示

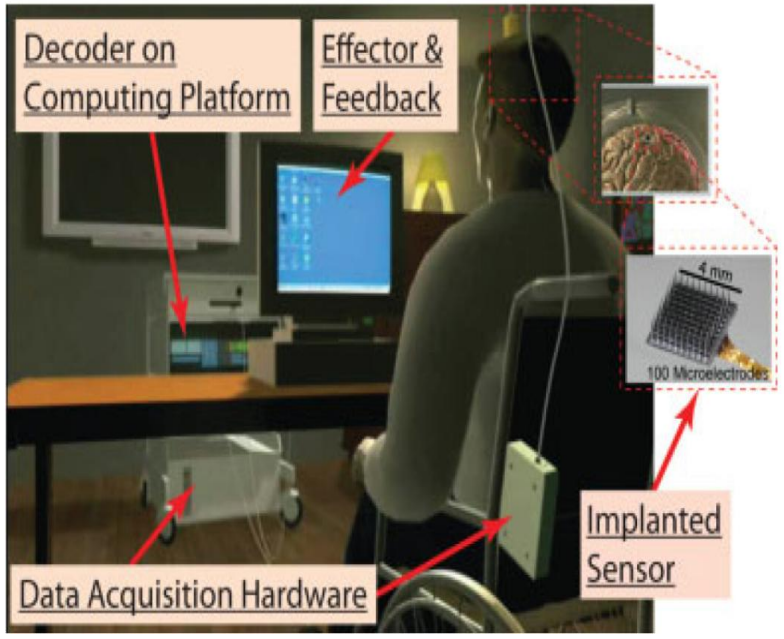
1.1脑机接口的概念

- **脑机接口是在大脑与外部设备之间建立直接连接的通路。**脑机接口（Brain Computer Interface,BCI）是一种建立大脑与外部设备之间直接通信通路的技术，其核心目标是解读大脑活动产生的意图或状态信息，并将其转化为控制外部设备的指令；或者将外部信息编码为特定的神经刺激信号输入大脑，从而对神经功能进行调控，以进行神经功能修复或增强。输出式脑机接口原理主要是脑机接口进行大脑信号的采集，再对其进行预处理、特征提取、分类识别的步骤，从而控制外部设备。输入式脑机接口原理是由外部设备向大脑输入电、磁、声和光等刺激从而触发神经反馈，以调控中枢神经活动。
- BCI主要包括四个部分：**信号采集，信号处理，控制外设和神经反馈**。神经反馈是关键环节，它将输出式BCI与输入式BCI连接在一起形成交互式的闭环系统，即交互式BCI，从而真正实现脑-机交互。

图表：脑机接口原理示意图



图表：脑机接口使用示意图

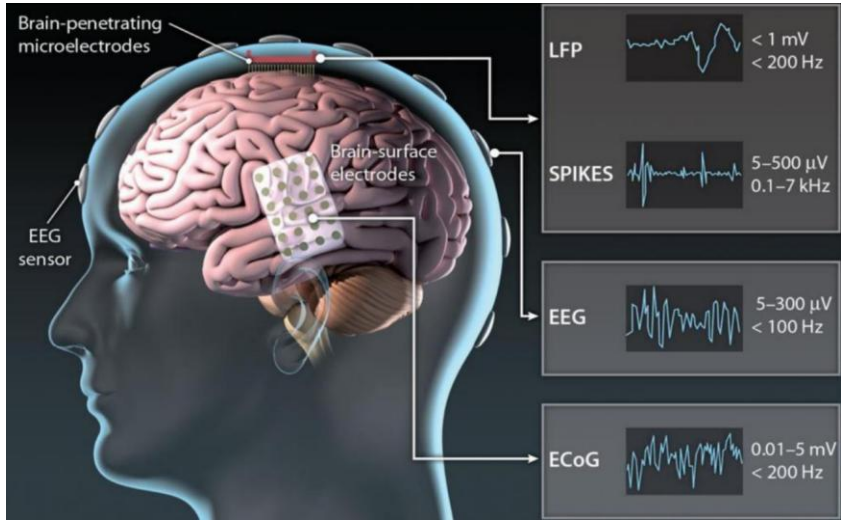


资料来源：《2022全球脑机接口技术与应用发展研究报告》，中国信通院，Thieme Group，中航证券研究所

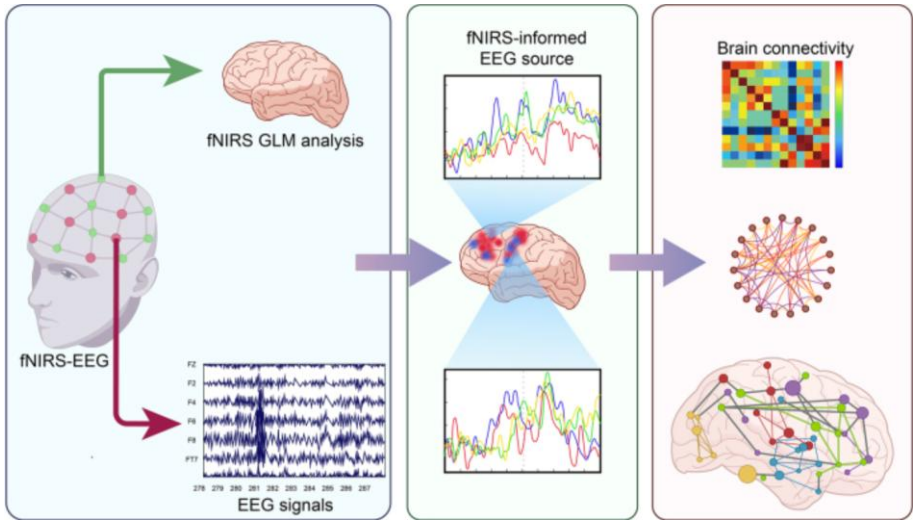
1.2脑机接口的技术原理

- **脑机接口的原理基础是神经科学，利用传感器采集并放大神经电生理信号。**在产生神经冲动的过程中，大脑神经系统的电磁活动会发生相应的变化，利用传感器采集并放大这些神经电生理信号，可以收集到头皮脑电信号、皮层脑电信号和局部场电位 。脑机接口技术通过采集脑电信号，并对其进行预处理、特征提取和模式识别 一系列步骤来完成信号处理，破解大脑状态或意图，将处理后的信息编码并转化为具体指令，以此来控制外部设备应用，实现信息交流、运动辅助和功能恢复等，最终又将神经反馈信号传输给人脑，完成通信系统的闭环处理。
- **多模态联合应用成为信息交互的发展趋势。**脑电图（EEG）能采集大脑神经细胞电生理活动信号，但受介质影响大、空间分辨率低、定位能力差；功能性近红外光谱技术（fNIRS） 基于神经与血管匹配机制，通过测定大脑活动区域脑皮层散射光强度推测血氧和血容量变化，便携性好、无噪音、无创且对受试者动作不敏感，却存在易受皮肤因素影响、造价较高的问题。EEG+fNIRS 联合应用，实现了时间与空间分辨率的互补，既能获取大脑活动直接产生的电磁生理信号，又能得到与大脑活动间接相关的血流动力学信息，提供的脑功能信息更为全面，且成本相对 fMRI、PET 等技术更低廉，对受试者的限制也更小，在认知神经科学研究及脑机接口领域展现出良好的应用前景。

图表：脑机接口原理是利用传感器采集并放大神经电生理信号



图表：fNIRS-EEG 治疗中风

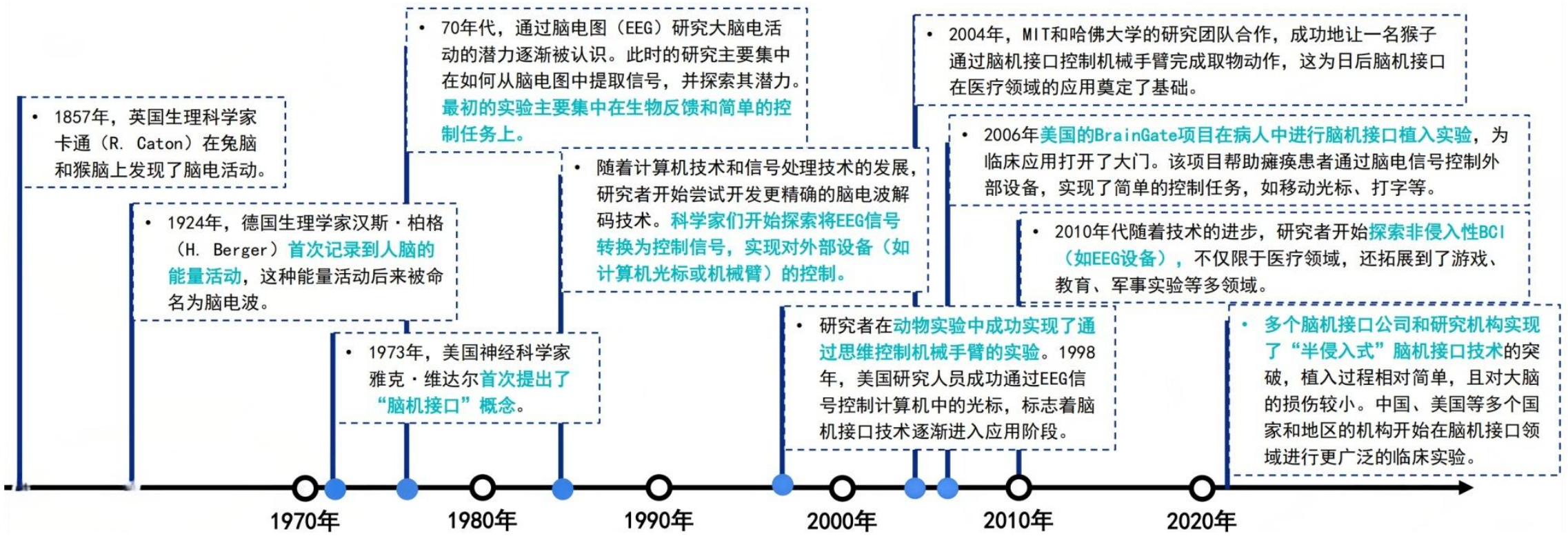


资料来源：国家金融研究院，《脑机接口研究综述》，博睿康官网，中航证券研究所

1.3脑机接口的发展历程

■ **脑机接口概念自1973年提出，历经半个世纪演进，现已进入应用普及期，成熟商用化进程加速。**脑机接口技术的发展历程可以分为四个关键阶段：1960 年-1970 年（探索阶段）：发现和研究脑电活动，认识大脑电活动潜力，尚未形成“脑机接口”概念；1970 年-1990 年（技术发展）：初期研究集中在生物反馈和简单控制任务，后期开始尝试将EEG信号转换为控制信号实现对外设备控制；1990 年-2020 年（应用初期）：侵入式技术实现医疗康复落地，非侵入式技术向消费、教育等领域渗透，应用场景从单一医疗向多元化拓展；2020 年-至今（攻坚突破期）：技术路线多元化成熟，产业化进程加速，从“应用初期”向“规模化落地”转型。

图表：脑机接口发展历程示意图



资料来源：前瞻产业研究院，中航证券研究所

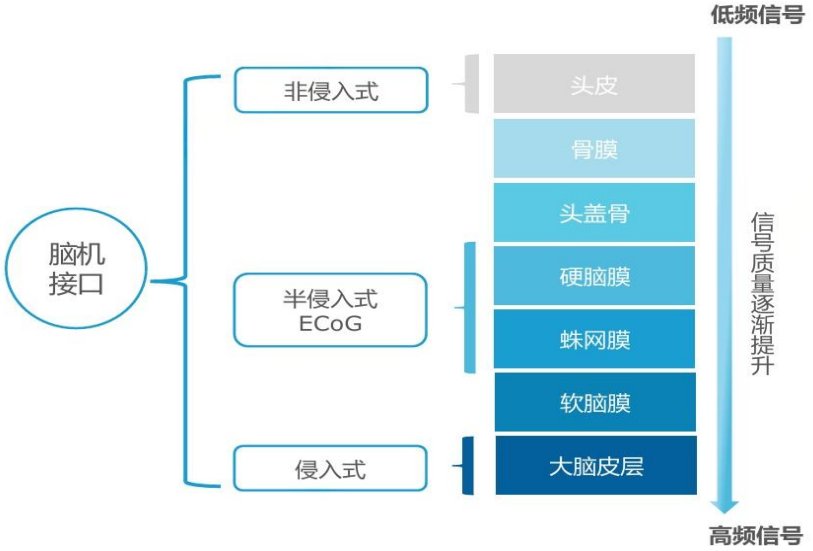
1.4脑机接口的分类—根据采集方式

- **根据信号采集方式的不同，脑机接口技术可以分为非侵入式、半侵入式和侵入式三种类型。**人的头部从外向里看，依次是头皮、骨膜、头盖骨、硬脑膜、蛛网膜、软脑膜、大脑皮层等结构，传感器（电极）的植入位置越深，采集到的脑电信号质量越好、频率越高，受试者的安全风险越大。
- **侵入式脑机接口**通过手术将电极植入大脑皮层，获取更加精确和高分辨率的大脑信号，手术风险较大，目前通常用于神经科学研究或临床试验中。**半侵入式脑机接口**介于侵入式和非侵入式之间，通常需要将电极植入头皮下、贴合硬脑膜但不需要直接穿透大脑皮层，主要分为脑皮层电图(ECoG)和颅内脑电图(iEEG)。**非侵入式脑机接口**不需要将电极植入大脑内部，而是通过放置在头皮上的电极采集大脑的电信号，无需手术，操作风险较小，信号采集质量相对较低，根据采集信号使用的技术，有贴合头皮的脑电图、功能性近红外光谱，和不接触人体的脑磁图、功能磁共振成像。脑电图(EEG)是最常见的非侵入式脑机接口技术 。

图表：按信号采集方式分类

信号采集方式	电生理信号的记录位置	检测的电生理信号类型	设备归属类型	机理	优势	劣势
侵入式	皮层组织内	尖峰脉冲和局部场电位（spikes&LFPs）	三类医疗器械	通过手术等方式将信号采集装置(电极)直接植入患者大脑皮层	可以获得高强度、高质量的信号	成本更贵安全风险更高(极容易引发免疫反应和炎症反应，从而导致信号质量下降)
半侵入式	皮层表面	皮层脑电（ECoG）	三类医疗器械	通过手术方式植入电极，单电机处于颅腔，未达到大脑皮层	介于侵入式与非侵入式之间	
非侵入式（占比75%）	头皮	脑电（EEG）	二类医疗器械	无需手术，只需将电极附着在头皮上	成本低 方便易用 无创伤	采集的信号相对偏弱 空间分辨率低 易受外部环境干扰

图表：信号采集深度区别示意图

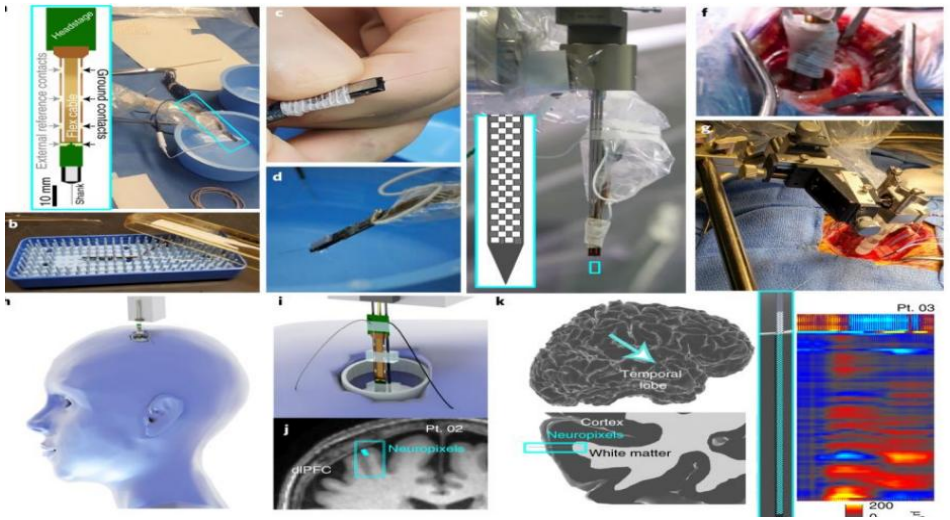


资料来源：前瞻产业研究院，中国信息通信研究院，亿欧智库，智研咨询，中航证券研究所

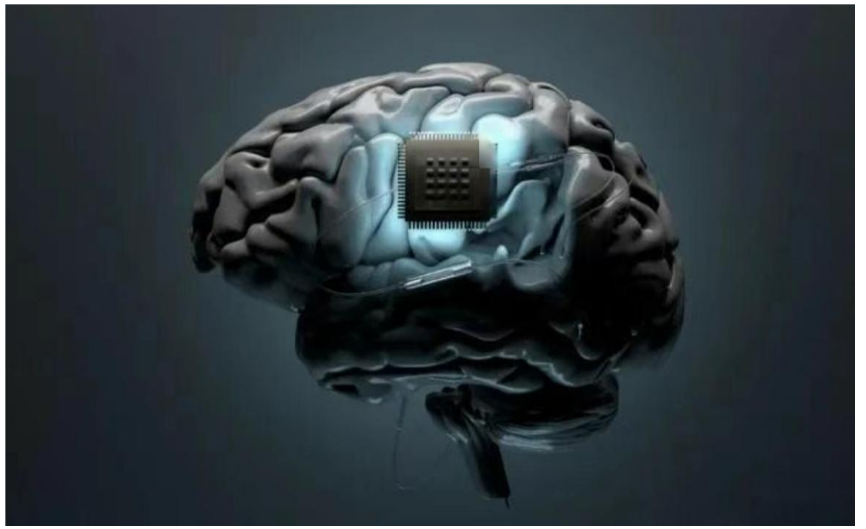
1.4.1侵入式脑机接口—概述

- **侵入式脑机接口是一种将电极或探针插入大脑皮层以获取神经信号的脑机接口技术。**相较于非侵入式脑机接口技术，侵入式脑机接口具有更高的信号精度和稳定性，能够提供更好的控制精度和响应速度，可以实现更复杂的运动和交互任务。侵入式脑机接口通过在颅骨上开孔，将电极直接植入大脑皮层特定区域。这种接口能够获取高质量、高时空分辨率的神经信号，从而获得精细的大脑信息。
- **侵入式脑机接口通过在皮层表面或皮层内/下植入电极，直接采集神经电生理信号，经算法解码后形成控制指令，在信息层面重建大脑与外部世界的交互。**与传统的神经刺激或康复手段不同，侵入式脑机接口的本质是对神经信息流的读取、解释与利用，标志着脑功能干预从“结构修复”迈向“功能重建”的范式转变。随着电极材料、柔性封装、无线传输及信号处理技术的进步，iBCI的安全性、长期稳定性及信号保真度均显著提升。目前，常用电极包括**微电极阵列(microelectrode array，MEA)、柔性薄膜电极、微丝与微针电极**等，可分别采集**单神经元放电、局部场电位(local field potential，LFP)、皮层脑电图(electrocorticography，ECoG)**等信号。

图表：侵入式微纳电极 Neuropixel记录神经元信号



图表：侵入式脑机接口示意图



资料来源：国家金融研究院，《侵入式脑机接口开发与应用》，脑机接口社区公众号，智姬公众号，中航证券研究所

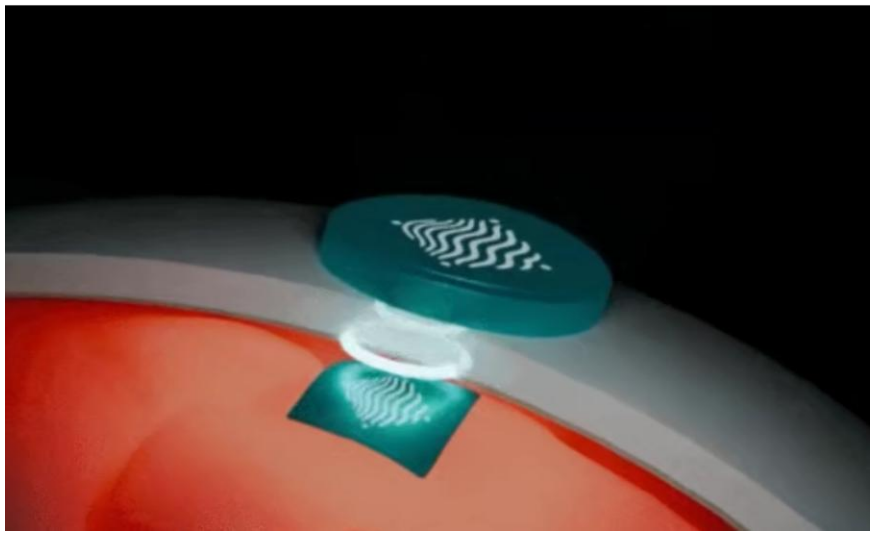
1.4.1侵入式脑机接口—组件构成

- **侵入式脑机接口主要由植入电极，采集芯片，通信系统，计算单元等四部分主要组件构成**，并且从电极道芯片再到整体硬件的通信与计算系统都需要做到合理设计和布局，才能达到有效信号采集与识别。**植入电极：**主要实现对神经信号的有效捕获。从微观层面来看，电信号需要在不同材料间传递，在生物组织和电极之间会形成一个很小的双电层（亥姆霍兹层）。由于细胞外液中富含离子，异性电荷相互吸引，在记录电极表面诱导出表面电荷，合在一起等效为一个电容器。神经元活动引起离子浓度变化会在双电层引起相应的变化，经过放大就成为记录到的信号。如果通过这个双电层强制向细胞注入电荷，就会改变局部电化学势，从而调控神经元。从技术层面来说，植入电极理论上既能记录也能进行脑部刺激；**采集芯片：**主要对通过电极获取的信号做信号处理的前置芯片，在功能上主要负责实现所捕获的神经信号的模数转换和增益放大，以便后续通信和计算实施；**通信系统：**采集有用数据（一般为计算机软件），负责将数据流存储在存储单元中；**计算单元：**数据处理（搭载于高性能计算机），负责进行信号处理。

图表：中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心研发的侵入式脑机接口植入体



图表：皮层生物电子接口系统（BISC）



资料来源：国家金融研究院，脑机接口产业联盟公众号，脑机接口社区公众号，中航证券研究所

1.4.1侵入式脑机接口—中国实现关键突破

- 根据《医疗器械分类目录》：一类医疗器械指通过常规管理就可以保证其安全性和有效性的医疗器械；二类医疗器械是指对其安全性、有效性应当加以控制的医疗器械；**三类医疗器械是指植入人体，用于支持、维持生命，对人体具有潜在危险，对其安全性、有效性必须严格控制的医疗器械。侵入式脑机接口属于三类医疗器械。**2025年，南京山海医疗科技有限公司自主研发的“功能神经外科电生理记录和刺激设备”（商品名：明瞳）正式获得国家药品监督管理局（NMPA）批准上市，成为**国内首个获批的脑机接口III类医疗器械及国产首款侵入式深脑电生理记录与刺激设备。**该设备标志着我国在侵入式脑机接口医疗装备领域实现关键技术突破。
- 截至2025年12月17日，中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心召开侵入式脑机接口临床试验生活场景应用进展新闻发布会，赵郑拓、李雪团队今年已完成三例侵入式脑机接口临床试验。**这标志着我国在侵入式脑机接口技术方面成为继美国后，全球第二个进入临床试验阶段的国家。**

图表：脑机接口医疗器械“明瞳”



图表：高位截瘫患者（左）通过脑机接口意念控制轮椅



图表：患者通过脑机接口系统意念控制机器狗

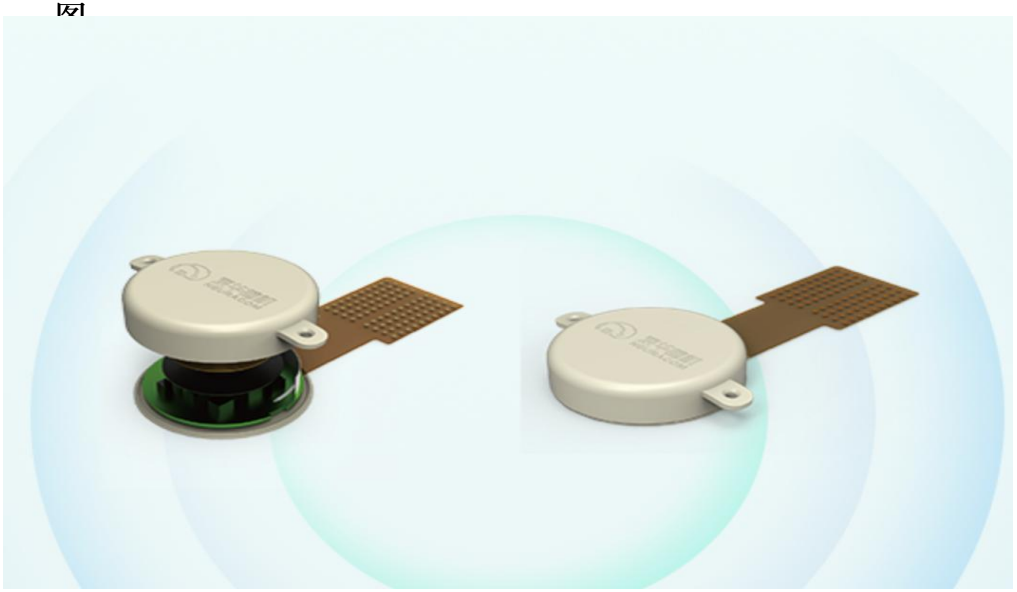


资料来源：证券时报公众号，南京发布公众号，脑机接口社区公众号，网信上海公众号，健康界，中航证券研究所

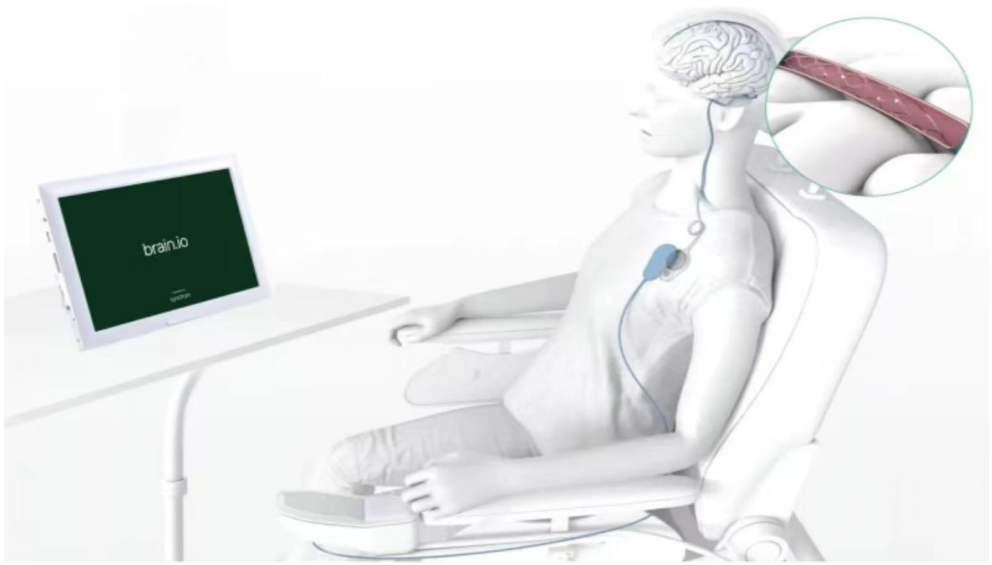
1.4.2半侵入/介入式脑机接口—概述

- **半侵入式（如硬膜外皮层电极）和介入式（经血管植入）脑机接口介于无创与全植入之间，旨在在信号质量与手术创伤之间取得最佳平衡，是当前临床转化的重要方向。半侵入式通常通过微创手术将电极放置在颅骨下方、硬脑膜（或脑表面）上，但不插入脑组织。**这种方法包括**皮层脑电图（ECoG）电极、硬膜外电极**等形式。相比非侵入式，半侵入式电极更接近大脑皮层，能够获取更高质量的信号且减少颅骨阻隔，信号强度及分辨率优于非侵入式；同时因不直接刺入脑组织，又降低了侵入式方案的脑组织损伤和感染风险。**介入式通过血管微创路径将电极支架植入大脑特定区域，实现神经信号精准采集与交互控制的前沿技术**，其中目前最有代表性的介入式脑机接口为血管内脑机接口。与传统侵入式（开颅植入）和非侵入式（头皮电极）方案相比，它通过颈部血管将电极送入大脑运动皮层血管，既避免了开颅风险，又显著提升信号质量，成为近年来脑机接口领域的突破性方向。

图表：半侵入脑机接口（柔性硬膜外脑机接口系统）示意图



图表：介入式脑机接口示意图

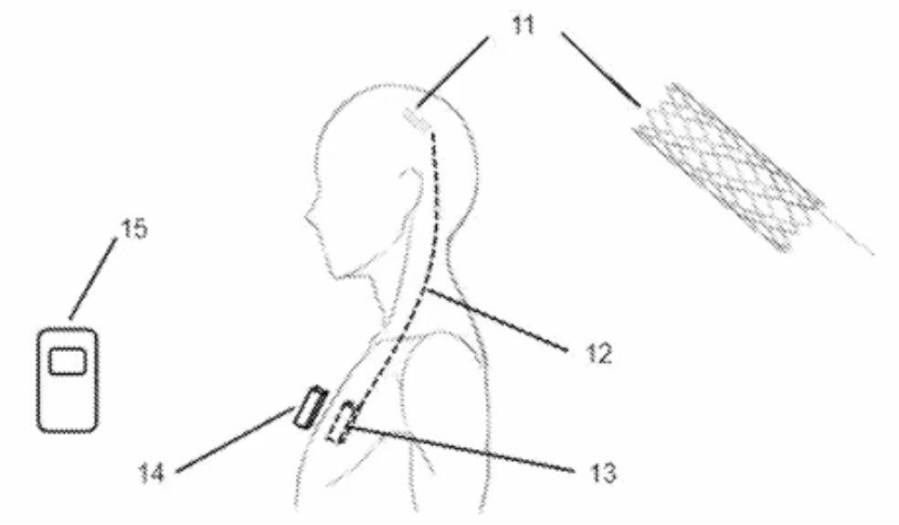


资料来源：脑机接口社区公众号，Neuro-NEXUS公众号，衷华脑机官网，中航证券研究所

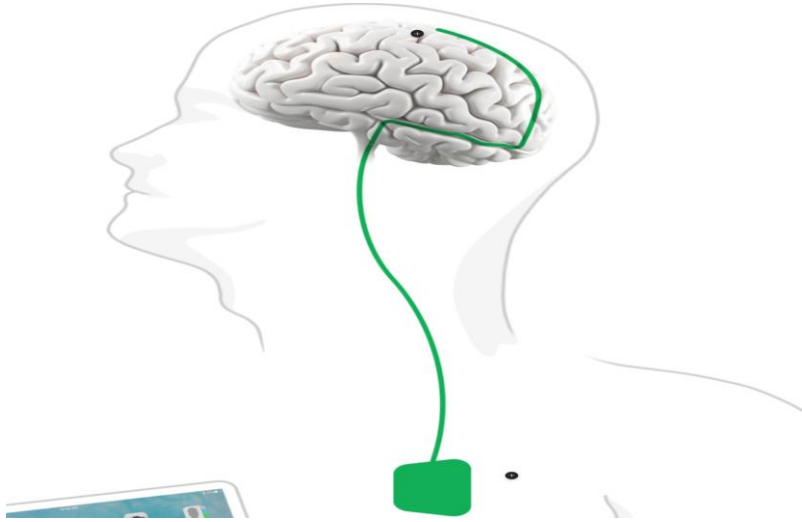
1.4.2半侵入/介入式脑机接口—介入式技术

- **介入式脑机接口通过微创介入方式，将血管穿刺小口，通过类似脑血管支架的微创手术实现脑机连接，**其对人体伤害较侵入式更小，信号采集质量较非侵入式更高，且可以通过血管网络到达深部脑区，为后续脑机接口技术发展带来更多可能。以复旦大学义乌研究院介入式脑机接口为例，脑机接口系统包括**体内部分的支架电极、导线束、体内控制器以及体外的无线充电器、移动终端**。支架电极包括支架骨架、电极及导线，支架电极通过介入术经颈内静脉植入到大脑目标区域附近的血管内；电极用于采集脑电信号，并对附近脑区进行电刺激；控制器通过电极采集脑电信号，通过无线传输发送给体外移动终端，同时通过电极对脑区进行电刺激以治疗疾病，实现闭环调控；移动终端接收体内控制器发送的信号并解码，同时经过分析以优化调整刺激参数，发送给体内控制器从而调整内置刺激策略。
- 相比贴附于支架骨架外侧面的片状电极，针刺型电极可穿透血管壁从而进一步减小与脑组织的距离，提高血流信号质量，同时也能加强支架电极与血管的结合，防止其移位。可实现脑电信号采集的微创及高分辨率；支架电极兼具传统血管支架功能，可用于多种疾病的综合治疗。

图表：介入式脑机接口系统结构示意图



图表：Synchron脑机接口示意图



资料来源：神介咨讯，Synchron官网，中航证券研究所

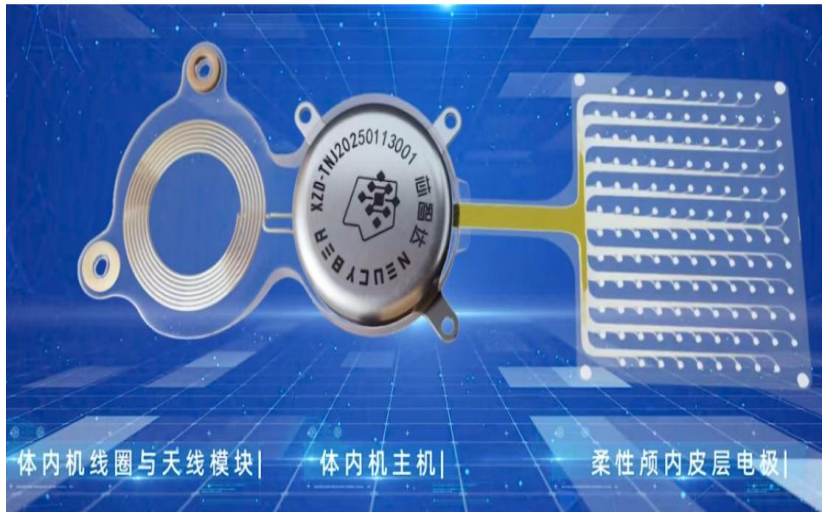
1.4.2半侵入/介入式脑机接口—前沿发展

- **半侵入/介入式脑机接口技术近年来备受关注，发展取得重大突破。**清华大学洪波团队开发的“NEO”设备即是一种侵入性最小的微创脑机接口：硬币大小的柔性电极植入患者颅骨下方但不穿透硬脑膜，通过无线供电与信号传输实现长期稳定记录。NEO已于2023年开始临床试验，帮助高位瘫痪患者用意念恢复部分手部运动功能；**2025年3月，“北脑一号”完成国际首批柔性高通量半侵入式无线全植入脑机系统的人体植入，患者术后恢复良好，设备有效通道数98%以上。**通过使用“北脑一号”智能脑机系统，瘫痪患者能够隔空操控计算机、机械臂，甚至驱动肌肉刺激装置，促进自身肢体运动功能逐渐康复，**“北脑一号”是国际上首次实现失语患者语言解码的无线全植入脑机系统，帮助患者重建交流的能力；**2025年6月，由南开大学段峰教授团队牵头的**全球首例介入式脑机接口辅助人体患肢运动功能修复试验在我国完成，**通过颈部血管介入微创手术方式将支架电极导入到患者相应的颅内血管壁，并将无线传输与供电设备植入患者皮下，从而实现脑电信号采集与信号的无线通信传输。这一成果展示了我国在脑机接口核心技术上的自主创新能力，标志着我国介入式脑机接口技术在精准控制、神经重建和智能康复领域迈出了关键一步。

图表：半侵入式脑机接口NEO



图表：“北脑一号”半侵入式智能脑机接口设备



图表：段峰教授团队正在进行介入式脑机接口手术



资料来源：脑机接口社区公众号，央视网公众号，科技导报公众号，中航证券研究所

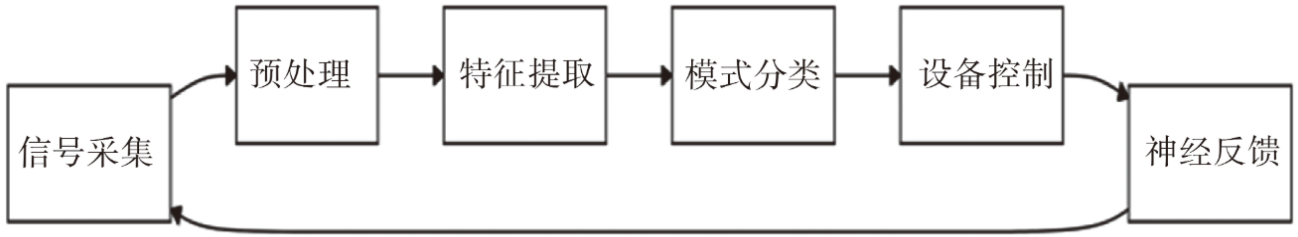
1.4.3非侵入式脑机接口—概述

- **非侵入式BCI无需外科手术，在头皮、前额或者耳部放置电极或传感器采集大脑活动信号，检测大脑皮层神经元群体电活动或血流变化。**常用方法包括脑电图（EEG）头戴设备、近红外光谱成像（fNIRS）等，通过头皮检测大脑皮层神经元群体电活动或血流变化。由于信号需要穿过头皮和颅骨，非侵入式信号强度较弱、空间分辨率有限，易受肌电、眼动和环境噪声干扰。例如EEG的空间分辨通常>5毫米，信噪比仅约-15~5 dB。尽管如此，非侵入式方案安全无创、成本低、易于佩戴，适合反复长期使用和大规模人群应用。典型非侵入式设备形态有电极帽、头带、粘贴式电极等，近年来还出现了柔性微针电极、电子纹身电极等新材料，进一步提高了佩戴舒适性和信号质量。非侵入式脑机接口目前广泛用于脑电监测、情绪识别、专注力训练、消费级脑控设备等场景。其劣势在于信号分辨率和稳定性不如侵入式，高级意图解码难度较大，但胜在安全易用、普及性强。
- **现代非侵入性 BCI 系统采用分层处理架构，**信号采集层使用生物相容性电极将离子电流转换为电子信号；预处理层包含 50 Hz 工频陷波器（Q> 30）和 0.5 ~ 100.0 Hz 带通滤波器，可抑制环境噪声和生理伪迹；特征提取层采用时频分析法或空间滤波技术；模式分类层则利用机器学习模型，如支持向量机、长短期记忆网络等，将特征映射为控制指令。反馈环节通过视觉（触觉）刺激形成神经可塑性训练。整个处理链需在 300 ms 内完成以实现实时控制。

图表：非侵入式脑机接口控制电脑



图表：非侵入式脑机接口的闭环架构



资料来源：脑机接口社区公众号，医疗装备杂志社，广州日报公众号，中航证券研究所

1.4.3非侵入式脑机接口—技术路径

- **常见的非侵入式技术包括：脑电图、脑磁图、功能性磁共振成像、功能性近红外成像、正电子发射断层成像等。**
- **脑电图(EEG)**是一种通过放在头皮上的电极来记录大脑信号的非侵入式技术。EEG记录过程中，受试者带上一个安置了记录电极的帽子或者网，在安放电极前，需要将导电胶或者导电膏注入到帽子上安放电极的孔中；**脑磁图(MEG)**是一种利用超导量子干涉仪(SQUID)来测量大脑活动产生的**磁场**的技术。大脑中神经元突触的离子电流流入其他神经元树突会产生净效应，这些电流会产生一个正交磁场，通过设置仪器电流源的方向，可使MEG检测到该磁场；**功能性磁共振成像(fMRI)**是一种神经影像学方式，其成像原理：通过检测在执行具体任务时特定脑区中由于神经元活动的增强而产生的**血流量**变化来间接测量大脑中的神经元活动；**功能性近红外成像(fNIR)**是一种用于测量大脑中由于神经活动增强引起的**血氧水平**变化的光学技术，成像原理基于大脑中有氧或无氧时血液中血红蛋白对近红外光吸收率的检测，该技术与fMRI技术类似，都是间接测量正在进行的大脑活动的方法；**正电子发射断层成像(PET)**是一种通过检测**代谢活动**来间接测量大脑活动的成像技术。PET测量带放射性标记和代谢活跃的化合物放射量，这些放射性化合物通过血液传送到大脑中，并进入大脑的多个区域，PET扫描器中的传感器可以检测到这些放射性化合物。得到的信息通过成像技术可显示大脑活动的二维或三维图像。

图表：脑电图设备（EEG）示意图



图表：脑磁图（MEG）设备示意图



图表：fMRI扫描器示意图



图表：PET扫描器示意图



资料来源：脑机接口社区公众号，中航证券研究所

1.4.3非侵入式脑机接口—国内进展

- **当前产业格局呈现鲜明的“区域集群化”特征，长三角、珠三角及京津冀地区已成为技术创新高地，**正加速推动BCI技术从实验室原理样机向临床诊疗与日常生活场景的实质性转化，形成了“产学研医”深度融合的产业生态。以**博睿康**为例，该企业采取“非侵入+侵入”双轮驱动策略，在国产脑电图机市场已建立起显著优势，其2024年市场占有率达到13.46%，位居行业第二，这一数据有力证明了国产设备在信噪比与临床稳定性上已获广泛认可。与此同时，拥有哈佛背景的**岩思类脑**则代表了高资本密度与算法驱动的另一极，其注册资本达5亿元，**正致力于构建“脑电大模型”以攻克个体差异难题，联合中科院与浙大推进非器质性脑病的工程化验证。**在上游核心器件环节，苏州的**唯理科技**打破了国际垄断，**实现了医疗级生物电采集芯片的国产化**，其Fitcard心电采集仪不仅获得二类医疗器械证，更成功切入联通、人保健康等B端大客户渠道，验证了核心元器件自主可控的商业价值。

图表：博睿康产品线介绍



图表：唯理科技核心产品

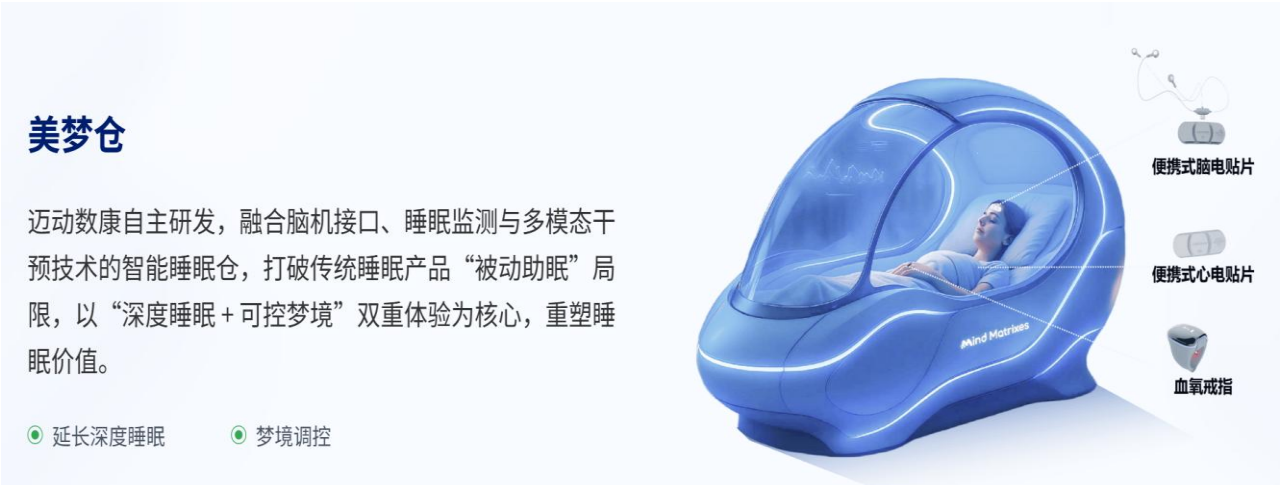


资料来源：脑机接口未来产业公众号，博睿康官网，唯理科技官网，中航证券研究所

1.4.3非侵入式脑机接口—国内进展

- **在长三角与珠三角的跨区域协同方面，傲意科技提供了一个典型的范本。**其采取“上海研发+珠海制造”的模式，利用大湾区完善的供应链体系——95%的供应链企业集中于此——实现了近亿元B+轮融资的资本加持。**这种协同效应直接推动了肌电与脑电融合技术的落地，**使其智能仿生手在多自由度精细操控上取得了突破。**在京津冀地区，中电云脑**背靠中国电子，重点发力信创安全，其2025年发布的全国首款基于国产芯片的非侵入式智能头环，实现了对专注度、情绪及视听觉信号的同步监测，为多动症与阿尔茨海默症的评估提供了自主可控的解决方案。
- **细分垂直赛道的竞争同样激烈，尤其在睡眠与精神健康领域，数据表现成为衡量技术成熟度的关键指标。迈动数康**在睡眠BCI细分市场已占据首位，其产品**“美梦仓”**在300多家医疗机构完成验证，B端用户积累达4-5万。值得关注的是，其多模态监测达到了97.66%的精准医学级水平，且通过TI（时间干涉）技术实现了无创深部脑刺激，这为抑郁、焦虑等疾病的干预提供了一种替代传统DBS手术的可能。另一端的**强脑科技（BrainCo）**则成功走通了消费破圈路线，除了智能仿生手获得FDA认证外，其与喜临门合作的“宝褓”床垫标志着BCI技术正式嵌入智能家居生态，实现了从穿戴式设备向环境交互式形态的演进。

图表：迈动数康美梦仓示意图



图表：强脑科技产品示意图



资料来源：脑机接口未来产业公众号，迈动数康官网，强脑科技官网，中航证券研究所

1.4.4脑机接口技术路径总结比照图

大类		信息输出（信号采集/解码）					信息输入（神经调控）					
物理原理		电信号					磁信号	BLOD信号	血流动力学	电（根据刺激部位不同）				磁	声
技术类型		单神经元动作电位(SUA)	多神经元动作电位(MUA)	局部场电位(LFP)	脑皮层电图(ECoG)	脑电图(EEG)	脑磁图(MEG)	功能性磁共振成像(fMRI)	功能性近红外光谱(fNIRS)	脑深部刺激(DBS)	脊髓刺激(SCS)	迷走神经刺激(VNS)	经颅电刺激(TES)	经颅磁刺激(TMS)	经颅超声刺激(TUS)
实现方式	侵入层度	侵入			半侵入	非侵入	非侵入			侵入			非侵入		
	电极位置/触及位置	脑皮层内（灰质内）		大脑皮层上硬脑膜下	硬脑膜上头盖骨下	皮外	皮层	可至脑深部	皮质	脑深部	硬脊膜外间隙	迷走神经主干	皮层表面		可至皮层下
	采集面积	单神经元	多神经元	多个神经元局部场		大面积脑	大面积脑			特定区域					特定区域
信号质量	信号质量	逐渐减弱								/					
	时间分辨率	~0.003s				~0.05s	~0.05s	~1s	~1s	~0.001s			~1s	~0.001s	~0.001s
	空间分辨率	~0.05mm	~0.1mm	~0.5mm	~1mm	~10mm	~5mm	~1mm	~5mm	~1mm	~3mm	~5mm	~1cm		~5mm
	稳定性	逐渐变弱					弱		强	/					
	受干扰	逐渐变高					强		弱						
优点		信号质量好			保证精度且伤害相对小	伤害小	皮层检测效果好	成本相对MEG低、高空间分辨率	成本低 便捷 替代MRI	可实现特异性刺激，见效显著			操作简单成本较低	操作简单	穿透深、安全性高，精确作用脑区
缺点		1、易发生排异反应及神经胶质细胞攀附包埋 2、颅内感染、出血、脑脊液漏等			1、偶发排异反应； 2、硬膜外出血感染	信号分辨率相对低	成本高 需磁屏蔽室 只对某些流向兴奋源敏感	数据收集 速度慢		需脑手术植入电极，有一定副作用			作用效果个体差异大 难以作用于深度脑区	难以到达深部脑区设备大	作用机制不清
医疗领域应用场景		脊髓损伤、渐冻症、癫痫、帕金森、难治性抑郁、视听觉失能				抑郁失眠运动康复等	脑功能活动定位	脑结构和神经活性	不同脑区活跃程度	癫痫、疼痛等	截瘫、疼痛等	癫痫、抑郁症等	精神神经类疾病	精神疾病	中枢神经系统疾病

目录

一、脑机接口概述：多学科交叉的前沿技术

二、脑机接口相关政策：长风破浪会有时

三、行业概况：上中下游产业概况及脑机技术发展方向

四、脑机接口产业代表性公司

五、投资建议及风险提示

2.1国内政策持续加码，脑机接口产业有望加速发展

■ **剑指战略性未来产业，产业化与经济价值凸显。**2016 年，《“十三五”规划纲要》将“脑科学与类脑研究”列为国家重大科技项目，标志着中国在国家战略层面正式启动了对脑科学与类脑技术（包括脑机接口）的系统性布局，这被视为“中国脑计划”的正式启动或重要组成部分。“十五五”规划建议将脑机接口列为六大未来产业之一，要求创新监管方式，发展创业投资，建立投入增长和风险分担机制，培育为新的经济增长点。

图表：“十三五”以来国家级脑机接口相关政策梳理

发布时间	发布机构	政策名称	核心内容
2016.3	国务院	《“十三五”国家科技创新规划》	将“脑科学与类脑研究”列为国家重大科技项目，标志着中国在国家战略层面正式启动了对脑科学与类脑技术（包括脑机接口）的系统性布局，这被视为“中国脑计划”的正式启动或重要组成部分。
2017.5	科技部	《“十三五”国家基础研究专项规划》	提出脑与认知、脑机智能、脑健康三大核心问题以及“一体两翼”的布局。
2017.8	发改委、科技部、工信部等	《国家新一代人工智能发展规划》	规划在基础理论层面，将“受脑科学启发的类脑智能”列为重点突破的前沿方向；在关键共性技术层面，部署发展包含人机协同在内的“混合增强智能”技术体系，以推动自然交互（含多模态交互）等技术的发展。
2020.12	科技部等	《长三角科技创新共同体建设的发展规划》	在脑机融合等重点领域加快布局，并筹建类脑智能等重大基础平台。
2021.9	人社部、工信部等	《专业技术人才知识更新工程实施方案》	通过实施国家级高级研修项目，瞄准脑科学等前沿领域攻坚关键核心技术，旨在面向中高层次专业技术人员和经营管理人员，培养大批高层次专业技术人才。
2021.1	国务院	《“十四五”国家知识产权保护和运用规划》	通过健全支持政策，重点加强人工智能、脑科学、生物育种等前沿领域的自主知识产权创造与储备，并强化国家科技计划项目的知识产权布局和管理。
2021.12	国务院	《“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系建设规划》	发展健康促进类康复辅助器具，加快人工智能、脑科学、虚拟现实可穿戴等新技术在健康促进类康复辅助器具中的集成应用。
2022.1	工信部、教育部等	《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022-2026年）》	在感知交互技术领域，规划明确提出需“加强脑机接口等多通道交互技术研究”，以促进交互方式向自然化、情景化和智能化的方向发展。

资料来源：国务院，科技部，发改委，工信部，教育部，人社部，中航证券研究所

2.1国内政策持续加码，脑机接口产业有望加速发展

图表：“十三五”以来国家级脑机接口相关政策梳理

发布时间	发布机构	政策名称	核心内容
2022.8	科技部、中宣部等	《“十四五”国家科学技术普及发展规划》	该规划要求，在聚焦关键核心技术攻关的同时，需强化脑科学、量子计算等战略导向基础研究领域的科学普及工作。
2022.11	科技部	《“十四五”卫生与健康科技创新专项规划》	加快生物、信息等前沿技术创新突破和应用研究，重点部署基因治疗、免疫治疗、脑机接口技术等前沿技术，引领医学技术发展。
2023.8	工信部、科技部等	《新产业标准化领航工程实施方案（2023-2035年）》	该规划的核心是系统推进脑机接口标准化体系建设，涵盖从基础术语、参考架构，到核心的脑信息读写接口与数据编解码算法，再到医疗、教育等行业应用与安全伦理的全链条标准研制。
2024.1	工信部、教育部等	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	该规划将“脑机接口”明确列为“未来产业”的标志性突破产品。其核心路径是：通过突破脑机融合、类脑芯片等底层关键技术，研制易用安全的终端产品，并鼓励在医疗康复、无人驾驶等典型领域开展应用探索，从而推动脑机接口从技术到产业的全面发展。
2024.2	科技部	《脑机接口研究伦理指引》	该指引确立了脑机接口研究“服务健康、严格限强、全程保障”的核心伦理框架，强调应主要发展修复型技术，对增强型应用严加限制，并构建覆盖全过程的伦理风险管控体系。
2024.5	网信办、工信部等	《信息化标准建设行动计划（2024-2027 年）》	该规划明确提出要推进脑机接口标准研究，重点加强输入-输出接口、脑信息编解码算法等核心关键技术标准，以及脑信息安全与隐私保护等应用标准的研制。
2024.7	工信部	《脑机接口标准化技术委员会筹建方案》	旨在成立“脑机接口标准化技术委员会”，以系统性推进该领域的国家标准与行业标准制修订工作。委员会拟邀请来自企业、科研院所、高校的产业和技术专家担任委员，并明确三大核心工作计划：一是优化完善脑机接口标准化路线图；二是加快输入-输出接口、脑信息编码等关键技术标准研制；三是推动标准的宣贯、实施与应用。
2025.1	国务院	《关于全面深化药品医疗器械监管改革促进医药产业高质量发展的意见》	对境外已上市药品以及医用机器人、脑机接口设备等高端医疗装备和高端植介入类医疗器械，予以优先审评审批。
2025.1	工信部、国家药监局	《关于开展2025年人工智能医疗器械创新任务揭榜挂帅工作的通知》	面向脑机混合智能产品、智能辅助决策产品等三大类9个揭榜方向，征集并遴选一批具备较强创新能力的单位集中攻关，推动人工智能医疗器械创新发展，加速新技术、新产品落地应用。
2025.7	工信部等七部门	《关于推动脑机接口产业创新发展的实施意见》	提出脑机接口产业总体目标、重点任务、重点工程和保障措施，形成了明确的产业长期发展路径和2027、2030年两个阶段性目标。
2025.12	国家药监局	《优先审批高端医疗器械目录（2025版）》	植入式脑机接口医疗器械被纳入优先审批高端医疗器械目录。

资料来源：国务院，科技部，发改委，工信部，教育部，人社部，网信办，中宣部，国家药监局，中航证券研究所

2.2地方政策陆续出台，产业目标明确清晰

■ 2025 年 7 月，工信部等七部委颁布《关于推动脑机接口产业创新发展的实施意见》，**确立产业长期发展路径和两个阶段性目标：**（1）**到 2027 年，**脑机接口关键技术取得突破,初步建立先进的技术体系、产业体系和标准体系。电极、芯片和整机产品性能达到国际先进水平,脑机接口产品在工业制造、医疗健康、生活消费等加快应用。**产业规模不断壮大,打造 2 至 3 个产业发展集聚区,开拓一批新场景、新模式、新业态。**（2）**到 2030 年,**脑机接口产业创新能力显著提升,形成安全可靠的产业体系,**培育 2-3 家有全球影响力的领军企业和一批专精特新中小企业,构建具有国际竞争力的产业生态,综合实力迈入世界前列。**

图表：代表性地方政策及工信部等七部委核心政策内容

发布时间	发布机构	政策名称	2027年目标	20230年目标
2025.1	北京市科委等	《加快北京市脑机接口创新发展行动方案(2025-2030年)》	（1）产出一批重大原创性成果，突破脑机接口电极、芯片、编解码算法等关键核心技术，推动小型化高通量植入式传感器、高通道采集刺激一体化植入式芯片、植入式微型电池等产品性能达到国际领先水平，打造世界领先的智能脑机系统，并在临床上得到初步应用。（2）培育 3-5 家具有核心竞争力的潜在独角兽和独角兽企业，进一步提升产业引领力。推进创新源头与产业应用紧密衔接、深度融合，建成 2-3 个产品特色体验和展示中心，加速推动一批脑机接口新技术、新产品、新模式在多场景的落地应用。	（1）脑机接口产业生态初步形成，在前沿基础研究、关键核心技术攻关、重大产品研发与创制、应用场景搭建等方面取得突破，技术创新体系逐渐完善。（2）培育 3-5 家具有全球影响力的科技领军企业、100 家左右创新型中小企业。打造 1-2 个脑机接口产业发展集聚示范区，实现脑机接口创新产品在医疗、康养、工业、教育等领域的规模化商用。
2025.1	上海市科委	《上海市脑机接口未来产业培育行动方案(2025-2030年)》	（1）实现高质量脑控，半侵入式脑机接口产品在国内率先实现临床应用，侵入式脑机接口研发取得突破，脑机接口创新生态初步构建。（2）推动 5 款以上侵入式、半侵入式脑机接口产品完成医疗器械型式检验，完成临床试验，面向失语、瘫痪等患者，实现部分语言和运动功能恢复。（3）非侵入式脑机接口形成一批新业务、新应用、新模式、新业态，打造形成医疗级康复产品与消费级爆款应用。（4）引育 5 家以上具有脑机接口核心技术与产品研发能力的自主创新企业，10 家以上产业链骨干企业。（5）形成脑机接口产品与检测评价标准规范。	（1）实现高质量脑控，脑机接口产品全面实现临床应用，打造全球脑机接口产品创新高地，产业链核心环节实现自主可控。（2）系列侵入式、半侵入式脑机接口产品进入医疗器械注册审批阶段，帮助失明患者，部分恢复视觉能力；帮助瘫痪患者，部分恢复全身的触觉感知与运动能力；为难治性癫痫、重度抑郁症等脑疾病，提供新型治疗手段。（3）脑机接口上游产业链基本实现国产化，实现脑机接口与人工智能、虚拟现实融合发展。（4）打造国家级脑机接口产业发展集聚区，多家脑机接口企业形成全球影响力，脑机接口产业发展成为战略性新兴产业中坚力量。
2025.7	工信部等七部门	《关于推动脑机接口产业创新发展的实施意见》	（1）脑机接口关键技术取得突破，初步建立先进的技术体系、产业体系和标准体系；（2）电极、芯片和整机产品性能达到国际先进水平；（3）脑机接口产品在工业制造、医疗健康、生活消费等加快应用；（4）产业规模不断壮大，打造 2 至 3 个产业发展集聚区，开拓一批新场景、新模式、新业态。	（1）产业创新能力显著提升，形成安全可靠的产业体系；（2）培育 2 至 3 家有全球影响力的领军企业和一批专精特新中小企业，构建具有国际竞争力的产业生态，综合实力迈入世界前列。

资料来源：北京市科委，上海市科委，工信部，中航证券研究所

2.3支付端逐步规范化，收费立项标准出台

- **2025年3月11日国家医保局发布《神经系统类医疗服务价格项目立项指南（试行）》，**创新性设立侵入式脑机接口置入费、侵入式脑机接口取出费、非侵入式脑机接口适配费三大项目，首次为脑机接口相关医疗服务提供了清晰的定价分类标准，让服务收费有了明确依据。随后，湖北、浙江、江苏、广东、上海等多省市相继出台具体医疗服务价格细则，规范收费行为。同年11月26日，我国首例执行政府指导价的脑机接口手术在武汉成功实施，标志着这项新兴技术正式从政策文件走向临床实践，支付端梗阻正逐步打通。
- **2025年9月24日，国家医保局发布《关于做好脑机接口等创新医用耗材产品申报赋码工作的公告》，支付端规范化显著提速。**统一的医保编码与定价机制，将为医疗机构采购脑机接口设备及开展临床应用提供明确的成本依据与收费路径，有望实质性提升医院的采购意愿与技术引进信心，加速脑机接口在医疗场景的规模化落地。这标志着产业正逐步打通从技术准入到市场准入的关键环节，为后续商业化闭环构建奠定基础。

图表：脑机接口收费立项标准

项目名称	服务内容	价格构成	湖北省	浙江省	江苏省	广东省
非侵入式脑机接口适配费	通过外部放置的电极采集脑电信号，进行脑机接口系统的调试和功能监测。	涵盖设备准备、外部电极放置与调整、信号采集与实时监控算法调试、功能验证、数据分析及系统优化等步骤所需的人力资源和基本物质资源消耗。	966元/次	960元/次	966元/次	最高966元/次
侵入式脑机接口置入费	通过手术将脑机接口系统置入大脑皮层或特定神经区域，实现大脑与外部设备的信息交互。	涵盖手术计划、术区准备、消毒铺巾、定位、穿刺或切开、脑电极置入、参数调整、信号调试与验证、固定及缝合等步骤所需的人力资源和基本物质资源消耗。	6552元/次	6580元/次，并设儿童加收30%	三类医院6600元/次，二类医院5940元/次；并设儿童加收30%	最高6600元/次，并设儿童加收
侵入式脑机接口取出费	通过手术方式将已置入大脑皮层或特定神经区域的脑机接口系统取出。	涵盖手术计划、术区准备、消毒铺巾、定位、穿刺或切开、脑电极取出、信号接口断连、创面修复、固定缝合等步骤所需的人力资源和基本物质资源消耗。	3139元/次	3150元/次，并设儿童加收30%	三类医院3200元/次，二类医院2880元/次；儿童加收30%	最高3200元/次，并设儿童加收

资料来源：国家医保局，湖北省医疗保障局，浙江省医疗保障局，江苏省医疗保障局，广东省医疗保障局，中航证券研究所

目录

一、脑机接口概述：多学科交叉的前沿技术

二、脑机接口相关政策：长风破浪会有时

三、行业概况：上中下游产业概况及脑机技术发展方向

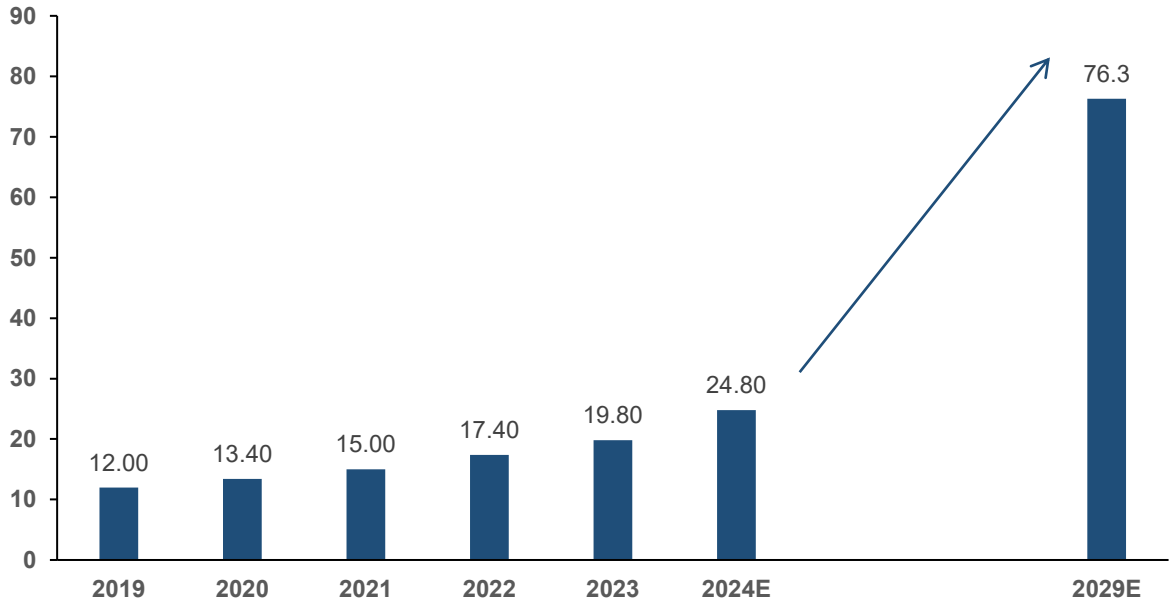
四、脑机接口产业代表性公司

五、投资建议及风险提示

3.1.1全球规模：全球脑机接口市场规模持续增长

■ 近年来，脑机接口技术成为全球科技前沿领域中最受瞩目的增长点之一，随着神经科学、人工智能和微电子技术的迅速发展，BCI技术正逐渐从实验室走向商业化应用。**据前瞻产业研究院援引Grand View Research统计数据，全球脑机接口市场规模由2019年的12亿美元，增长至2023年近20亿美元，2019-2023年复合增长率超13%。**行业前景方面，尽管脑机接口技术的应用可能性和潜力很大，但目前脑机接口技术在人体上的应用仍处在临床试验阶段，且还面临着较大的伦理道德和社会接受度的难题，因此当前不同机构对于脑机接口产业的前景增速预测有较大差异，**取均值计算预计到2029年全球脑机接口产业规模将达到76.3亿美元。**

图表：2019-2029年全球脑机接口产业规模及前景预测（单位：亿美元）



图表：主要海外机构预测的全球脑机接口产业未来五年增速（单位：%）

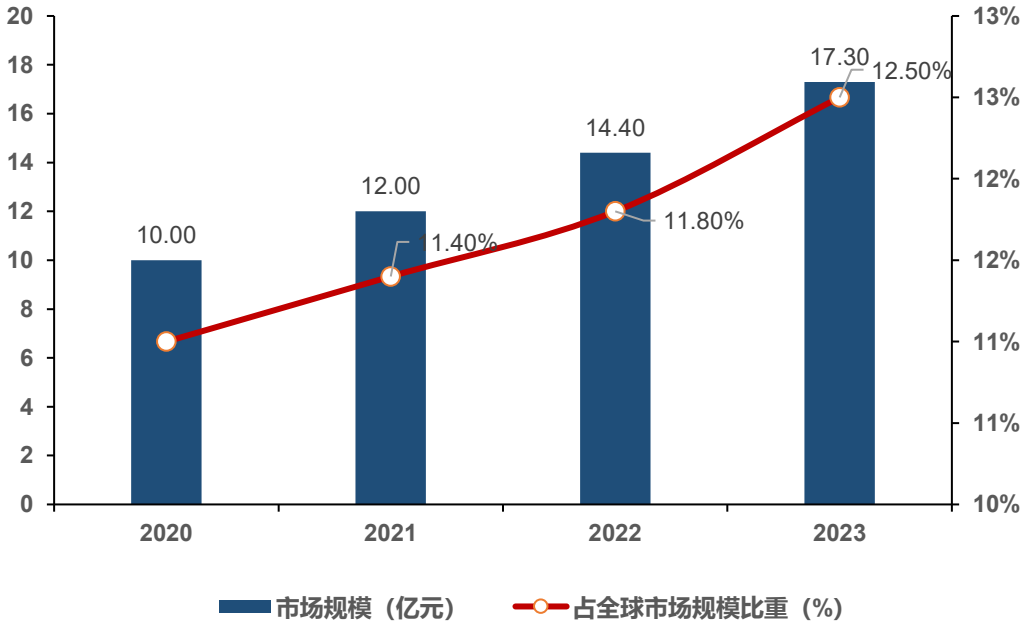
机构	预测增速
Grand View Research	17.5%
SM Research	51.57%
Precedence Research	16.7%
Strategic Market Research	15.11%
平均值	25.22%

资料来源：前瞻产业研究院，中航证券研究所

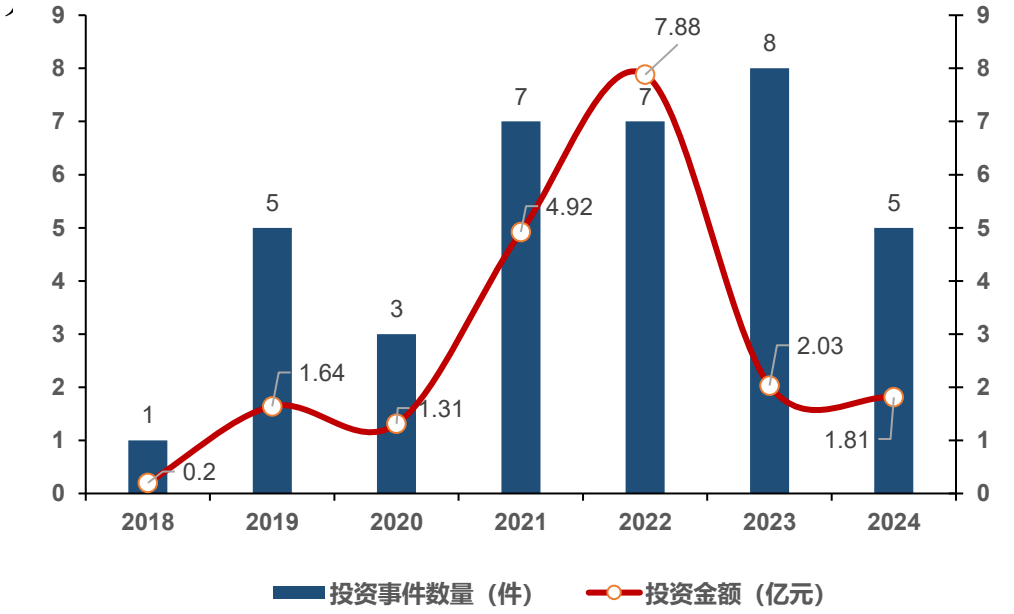
3.1.2中国脑机市场规模占比持续提高，产业投融资仍处于萌芽阶段

- 据前瞻产业研究院数据，2020年我国脑机接口市场规模约十亿元。根据前瞻研究院测算，**2023年我国脑机接口行业市场规模增至约17.3亿元，我国脑机接口市场规模占全球脑机接口市场规模也增长至12.5%。**
- 我国脑机接口产业投融资事件主要始于2018年，并于2021-2022年受到资本的追捧，2023行业虽然投融资事件续创新高，但由于受整体宏观经济环境和资本市场表现低迷所影响，行业投融资金额大幅减少，预计随着宏观经济复苏及脑机接口行业政策利好不断释放，未来行业投融资资金将持续提升。从投融资事件轮次来看，截止2024年，我国脑机接口产业投融资事件主要集中于A轮及以前，其中天使轮投融资事件数量最多，达14件，国内产业投融资仍处于萌芽阶段。

图表：2020-2023年中国脑机接口行业市场规模及占全球市场规模比重（单位：亿元，%）



图表：2018-2024中国脑机接口产业融资事件数量及金额（单位：件，亿

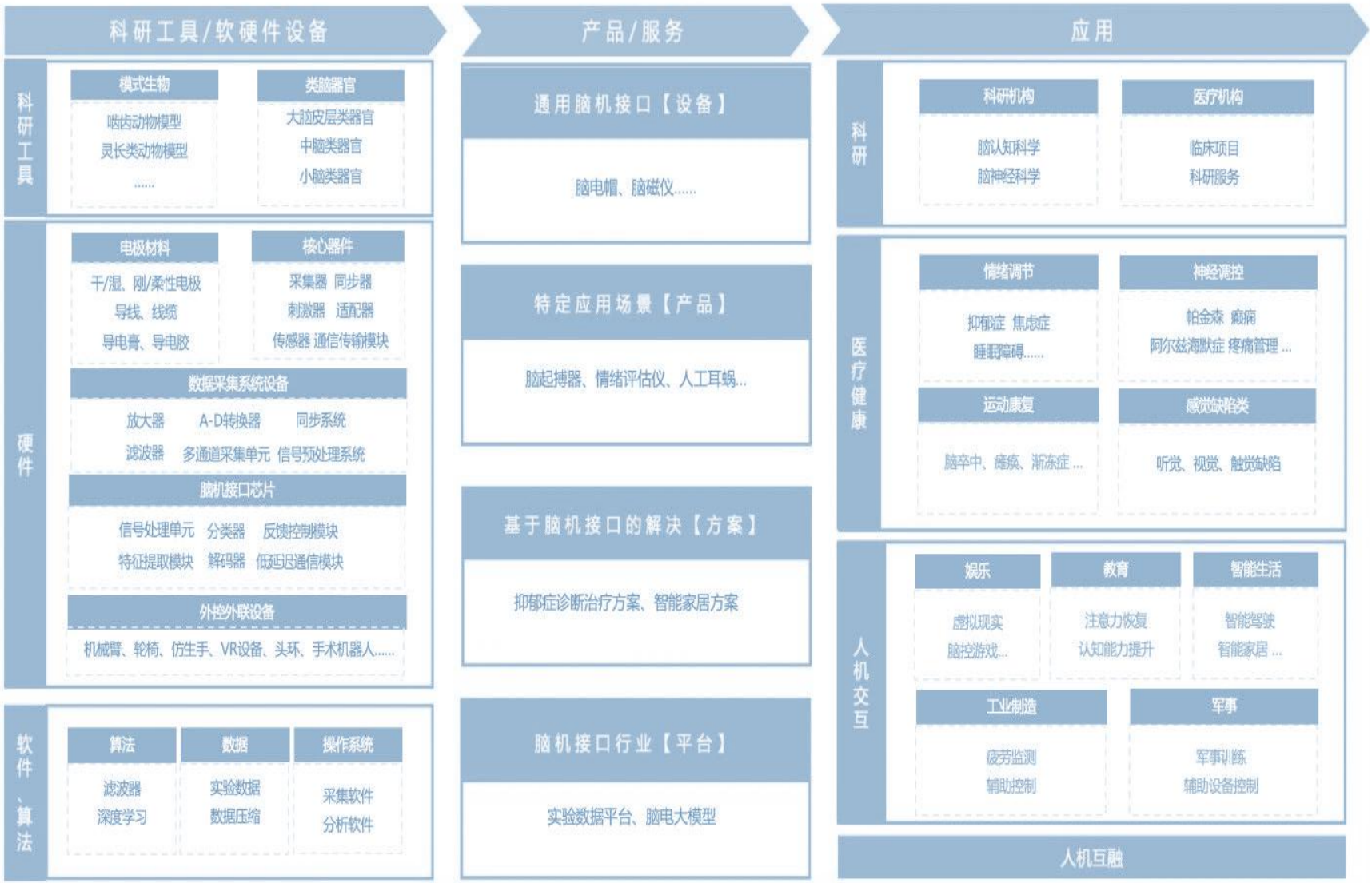


资料来源：前瞻产业研究院，中航证券研究所

3.2脑机接口产业链—概述

- 脑机接口产业链目前可分为上游、中游、下游三个环节。**上游**主要为**脑电采集软硬件厂商，包括用于监测和处理大脑信号的芯片、传感器等**；**中游**主要是**脑机接口产品与服务提供商**，包括脑机接口设备制造商、针对特定场景应用的产品、解决方案、脑电采集及实验数据平台。**下游**应用领域广泛，涵盖**医疗健康、教育培训、游戏娱乐、智能家居、军事等方面**。
- **脑机接口企业以下游应用为主，我国企业数量进入全球第一梯队**。从产业链分布来看，上游电极、芯片、外设、相关核心器件的企业占比8%，中游的医用及科研用工具、分析软件和采集设备企业占比30%，下游应用解决方案企业占比62%，其中侵入式技术路线企业占比9%、非侵入式路线企业占比53%。

图表：脑机接口产业链



资料来源：上海市天使投资引导资金公众号，深企投研究公众号，中航证券研究所

3.2.1产业链上游—电极（非侵入式）

- 头戴式脑电帽电极的制备较为简单，**通常是将金属电极嵌入到头戴式帽子中，并与放大器相连**。这些电极通常由**银/银氯化物和碳纳米管**等材料制成，其制备过程涉及**金属电极的制备和头戴式电极的集成**。头戴式脑电帽电极需要与脑机接口放大器相匹配，以确保信号的质量和可靠性。一些脑机接口设备制造商，如美国的NeuroSky 和 Emotiv 公司等，提供完整的头戴式脑电帽电极和相应的放大器设备。
- 非侵入式脑机接口电极以头皮EEG记录电极最为常见，按是否需液体介质可分为**干、湿、半干三类**。基于水凝胶的湿电极可以提供更好的附着力和舒适度，但容易脱水。干电极的附着力较差，信号相对不稳定、阻抗较高，比湿电极更容易受到电源干扰和运动伪影的影响。目前非侵入式电极的主要研发方向包括改进材料以提升导电率，以及改进结构以促进电极与皮肤充分接触。
- 日前，为了解决湿电极佩戴繁琐及干电极佩戴疼痛的问题，新加坡南洋理工大学与清华大学机构团队合作研发了一种名为 HIVE（Heat-Induced Viscoelasticity-switchable Electrode，热诱导粘弹性切换电极） 的新型电极。它自带“体温”，能根据需要在固体和液体状态间自由切换，完美解决了有发头皮区域的脑电信号采集难题，为可穿戴脑机接口的普及打开了新大门。

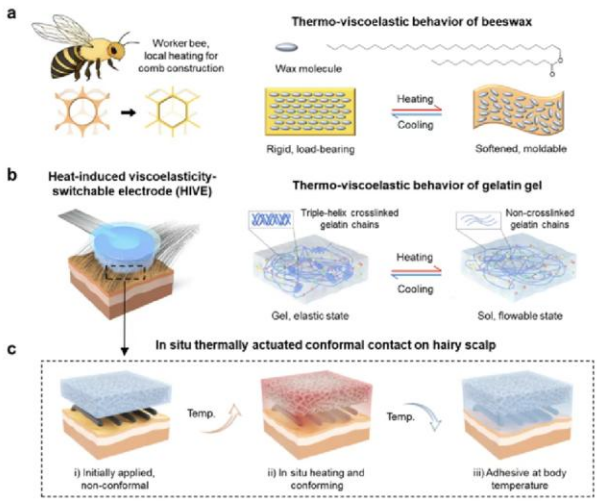
图表：脑电帽示意图



图表：湿电极注入导电膏



图表：HIVE电极的“局部加热-变软塑形-冷却定型”策略

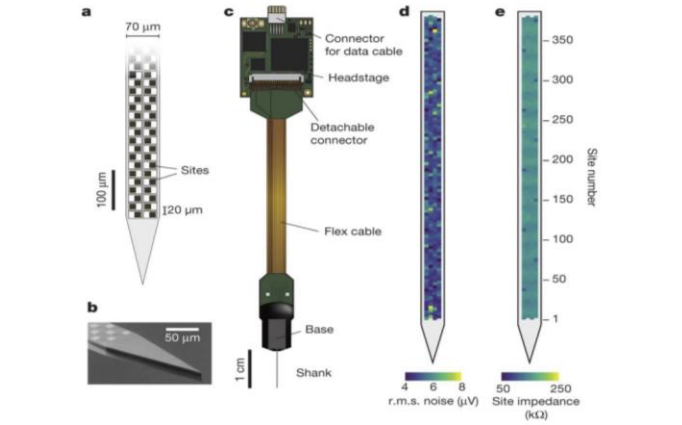


资料来源：国家金融研究院，脑机接口社区公众号，深企投研究公众号，誉商科技公众号，回映电子公众号，中航证券研究所

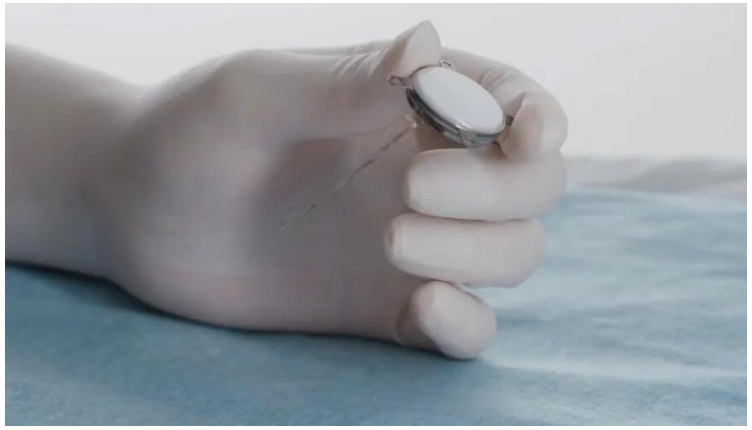
3.2.1产业链上游—电极（侵入式）

- **侵入式脑机接口的电极主要有刚性和柔性电极。**刚性电极以**密歇根电极（Michigan）和犹他电极（Utah）**两种电极为代表，具有技术较成熟、稳定性好、电极密度高、耐体液腐蚀等优点，但其硬度远高于脑组织，难以随大脑运动，容易形成愈伤组织，小胶质细胞可能会积聚并包裹电极，最终导致信噪比和记录能力下降。目前研发创新方向包括依托微纳加工和封装技术提高电极的通道密度，以及刚性条件下低损伤植入的方法。
- **柔性电极对大脑的损伤小，将成为未来电极的主要方向**，其弹性模量和剪切模量与脑组织类似,可以适应大脑的弯曲拓扑结构。柔性材料应具备良好的生物相容性、柔韧性和微加工工艺兼容性。目前，**超柔性微纳电极**代表了一种新型生物电子接口，它们专为与大脑等软组织温和、稳定地接触而设计，具有极高的柔韧性，能够紧密贴合大脑表面或深部结构，而不会对周围的神经组织造成损伤。通常由**导电聚合物、金属纳米线或碳基材料（如石墨烯或碳纳米管）**制成，这些材料不仅具有良好的导电性，还具备优异的生物兼容性和机械顺应性。超柔性微纳电极的直径可以小至**微米甚至纳米**级别，使得它们能够实现对单个神经元或小群体神经元活动的精确监测。此外，这些电极可以集成到高密度的阵列中，以同时记录来自大脑多个点位的信号，为研究大脑功能和疾病提供了强大的工具。**得益于材料科学和微纳加工技术的最新进展，超柔性微纳电极的性能持续优化，预示着未来可能在神经科学研究和临床治疗中发挥更加重要的作用。**

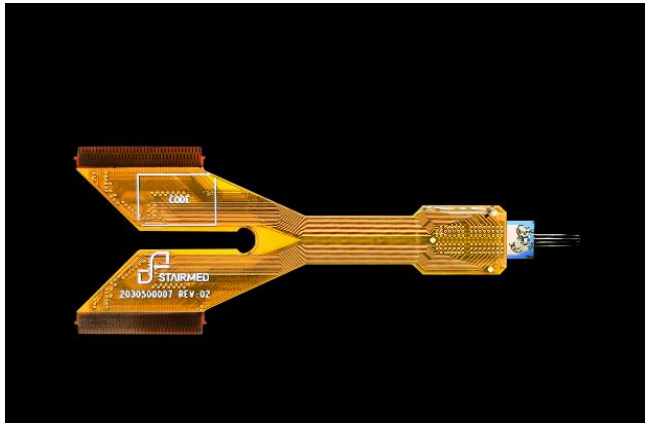
图表：Neuropixel 微纳电极（刚性电极）



图表：全球最小尺寸的脑控植入体



图表：HNE超柔性微纳电极

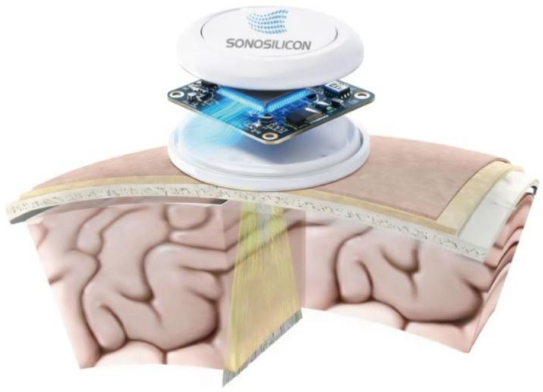


资料来源：国家金融研究院，深企投研究公众号，上海科技公众号，阶梯医疗官网及公众号，中航证券研究所

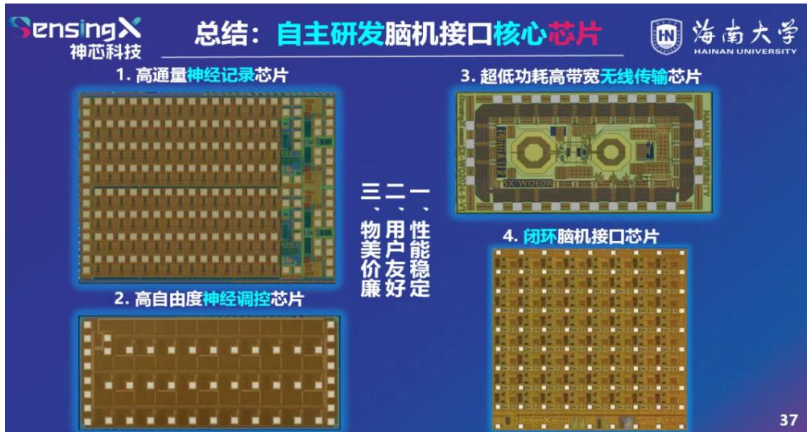
3.2.1产业链上游—芯片

- BCI 芯片的设计涵盖了模拟、数字、通信等多种功能，其技术门槛在于模拟电路设计挑战大、低功耗要求高，且具备无线能量传输能力。BCI 芯片主要有两种方案——**通用方案和专用 ASIC（Application-Specific Integrated Circuit）方案**。通用方案适用于多种应用场景，而专用 ASIC 方案则针对特定的应用场景进行设计，具有更高的性能和功耗优化。
- **脑电信号处理芯片是 BCI 芯片中负责信号处理解码的核心功能模块，通常由模数转换器、滤波器、放大器和数字信号处理器等组成**。这些芯片需要高精度的设计和制造，以确保信号的准确性和可靠性。脑电信号处理芯片的研发依赖高水平的集成电路设计和制造技术，包括模拟电路设计、数字电路设计、射频设计、低功耗设计等技术。脑电信号处理芯片使用高精度和高质量原材料包括硅晶圆、金属线材、芯片封装材料等。这些原材料主要依赖于国外供应商， 例如硅晶圆主要由美国的GlobalFoundries和台湾的台积电等公司生产，金属线材主要由美国的TE Connectivity和日本的Furukawa Electric等公司生产。2025年4月，海南大学正式发布自主研发的植入式脑机接口（BCI）核心技术与系列产品，包括全球领先的脑机接口专用芯片、神经信号采集系统、神经信号调控系统及神经元定位系统。**这一突破标志着我国在脑机接口领域实现全链条技术自主可控，打破我国侵入式脑机接口芯片对进口的依赖，助力中国脑机接口产业腾飞**。

图表：专用面阵超声ASIC



图表：海南大学自主研发脑机接口核心芯片



资料来源：国家金融研究院，杭州荷声科技公众号，海南科技公众号，财联社公众号，中航证券研究所

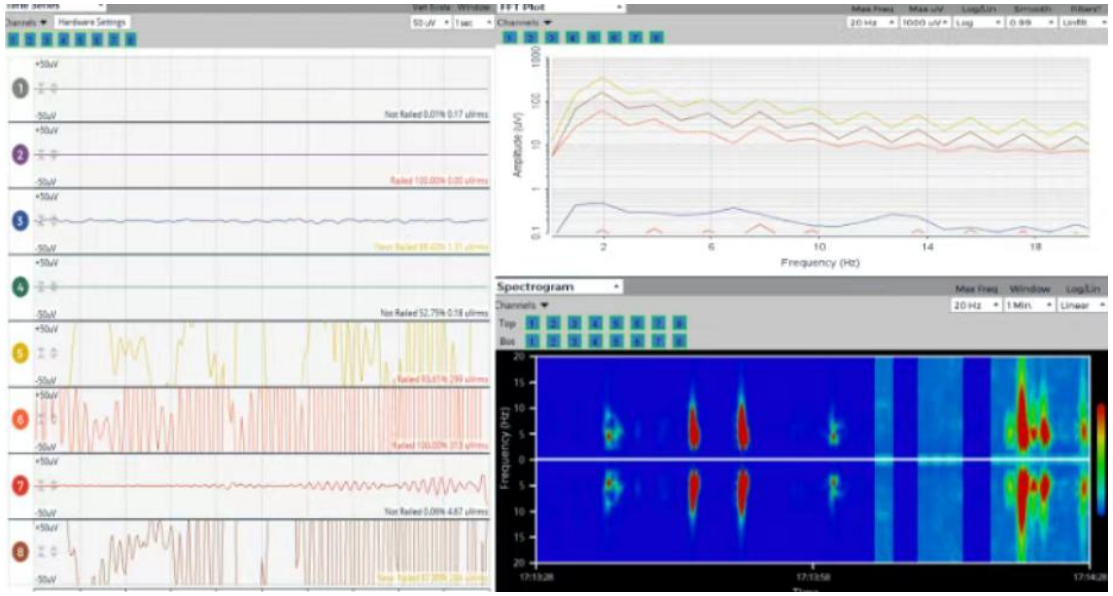
3.2.2产业链中游—脑机接口产品及服务提供商

- 脑机接口产业链的中游主要是**脑机接口产品与服务提供商**，包括脑机接口设备制造商、针对特定场景应用的产品、解决方案、脑电采集及实验数据平台。
- **产品/服务：**主要包括脑起搏器、情绪评估仪、智能家居解决方案等直接能解决市场需求的产品和服务。除此之外，企业还针对特定疾病（如抑郁症、脑卒中等）提供基于脑机接口的治疗方案、康复服务和情绪健康管理等。
- **数据平台：**如国外用于分析自发情绪的DEAP数据库、上海交大吕宝粮教授团队研发的用于情感脑电分析的SEED数据库。这些数据库为机器学习模型提供了训练数据，使其能够更精准地识别、预测和响应用户情绪或状态，为情绪调节、精神健康监测等应用奠定了基础。

图表：脑深部电刺激系统，其中包括刺激器、导线、电池、体外程控器。



图表：脑电信号处理软件

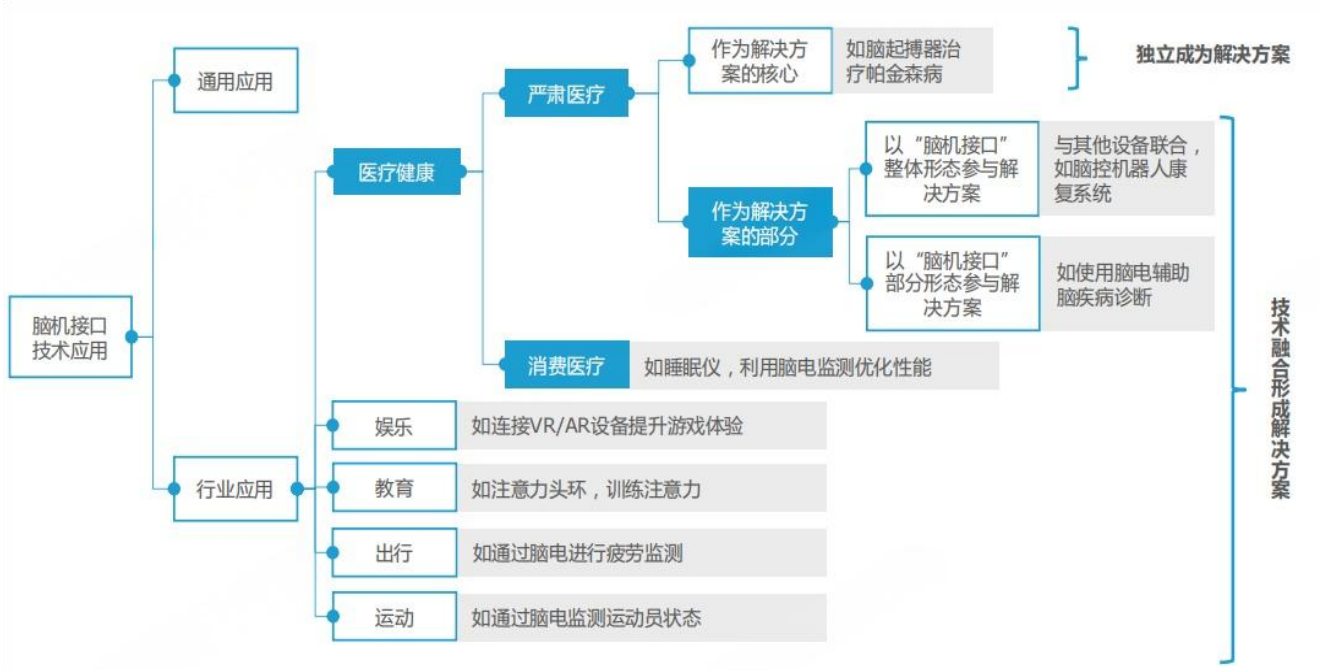


资料来源：上海市天使投资引导资金公众号，新京报公众号，智姬公众号，中航证券研究所

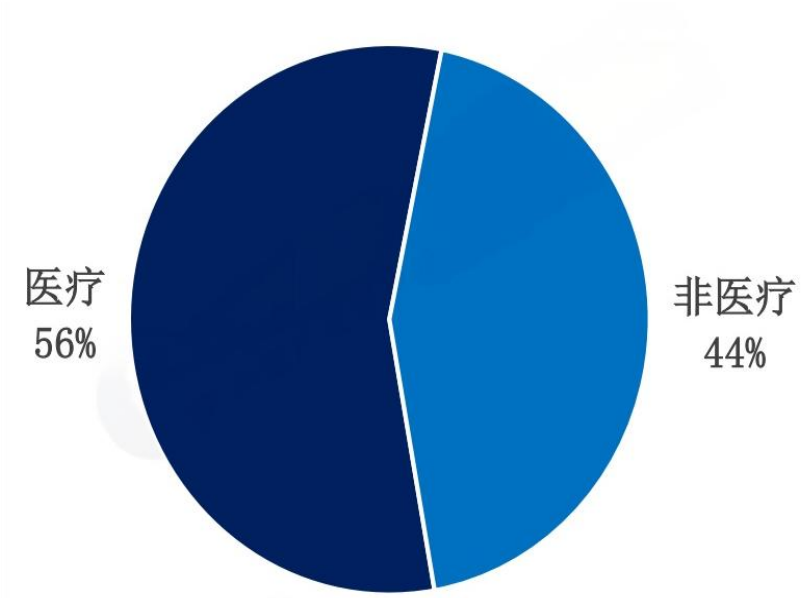
3.2.3产业链下游— 应用场景分析

- **脑机接口下游应用涵盖多个领域，主要包括医疗健康、娱乐、教育、出行、运动等。脑机接口赋能下游产业主要通过其五大核心功能：（1）监测**（使用脑机接口系统监测部分人体意识状态）；**（2）替代**（脑机接口系统的输出可以取代由于损伤或疾病而丧失的自然输出）；**（3）改善/恢复**（主要针对康复领域，改善某种疾病的症状或恢复某种功能）；**（4）增强**（主要是针对健康人而言，实现机能的提升和扩展）；**（5）补充**（主要针对控制领域，增加脑控方式，作为传统单一控制方法的补充，实现多模态控制）。
- **医疗领域仍是当前脑机接口产业最主要关注的下游应用行业。**从下游应用结构来看，目前全国脑机接口下游应用解决方案企业中医疗领域占比达到56%，其他消费类、工业类、教育类等非医疗领域企业占比44%。

图表：脑机接口技术应用框架



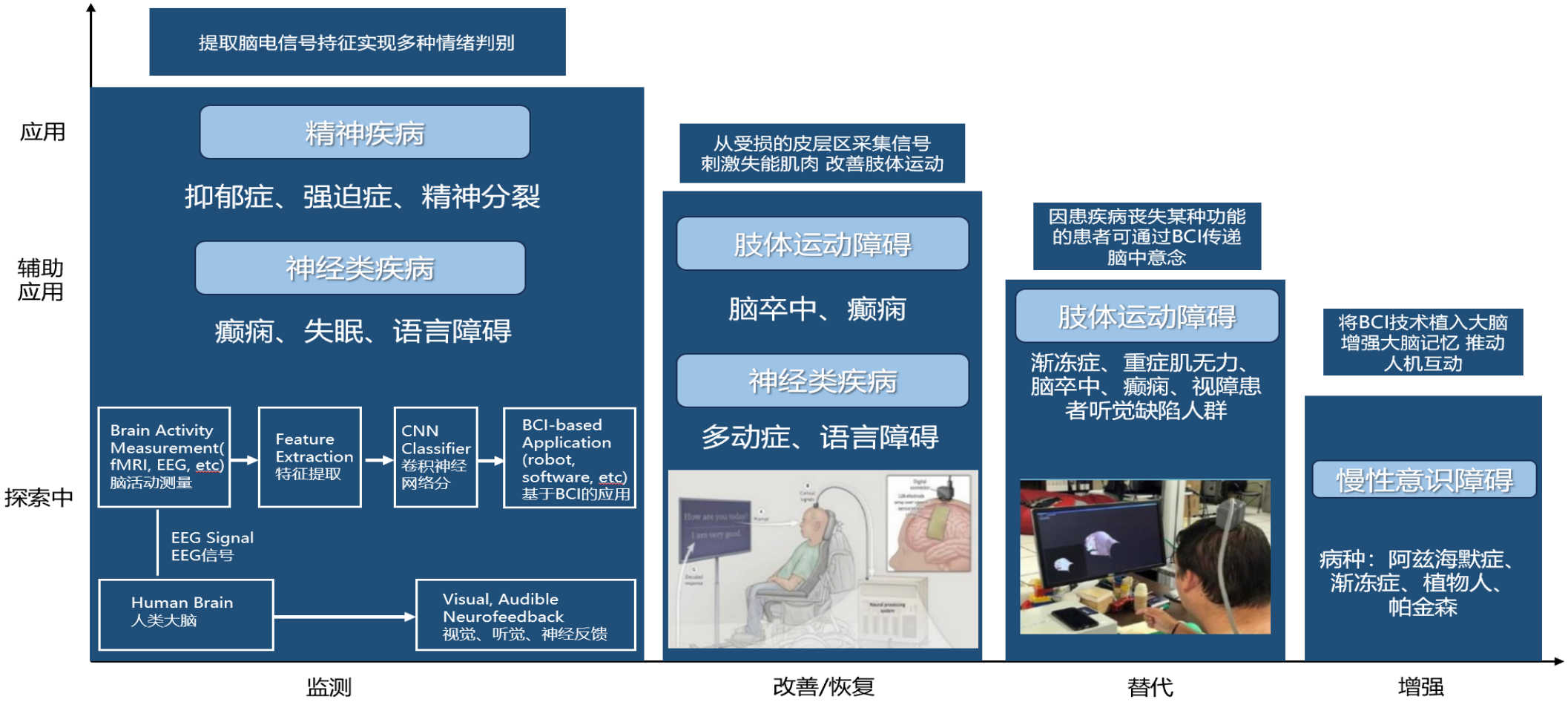
图表：2023年中国脑机接口技术的应用下游场景结构



资料来源：前瞻产业研究院，亿欧智库，中航证券研究所

■ 当前脑机技术在医疗领域中的应用最为广泛，主要围绕在短期内的**“监测、改善/恢复、替代、增强”**四个阶段为主。其中“监测”阶段的功能体现在辅助脑电波的监测和脑疾病确诊，“替代”为辅助重大残疾群体恢复正常生活。

图表：脑机接口医疗应用的四阶段



资料来源：前瞻产业研究院，亿欧智库，中航证券研究所

■ 由于脑机接口技术可以直接实现大脑与外部设备的交互，因此脑机接口技术可以广泛的应用于**意识与认知障碍诊疗、精神心理疾病诊疗和感觉缺陷诊疗**等领域。

图表：脑机接口在医疗健康领域应用场景

应用场景	应用方式	应用案例
意识与认知障碍诊疗	通过脑机接口设备获取并分析患者的脑电信号，可以掌握患者的意识状态，实现意识障碍诊断与评定、预后判断，甚至与意识障碍患者实现交流。	1）国外：美国南加州大学TheodoreBerger教授团队发现大脑海马体的记忆密码，对老鼠和猴子大脑进行了实验，证实大脑信息可通过硅芯片的电信号进行复制以实现记忆移植，通过植入芯片可以帮助局部大脑受损、中风和老年痴呆症患者恢复记忆。2）国内：首都医科大学附属北京天坛医院神经外科意识障碍病区建成。这个病区将主要面向俗称“植物人”的意识障碍患者，运用神经调控、脑机接口等技术最大限度实现意识恢复、神经功能改善。
精神心理疾病诊疗	相比于其他生理信号，脑电信号可以提供更多深入、真实的情感信息。通过学习算法，提取脑电信号特征，可以实现多种情绪（诸如愉悦、悲伤、平静、愤怒、害怕、惊讶、生气等）的判别分析。	1）国外：Neuralink正在探索通过该技术解决精神分裂症和记忆力丧失等相关精神疾病。Alphabet实验性研发实验室的Amber项目旨在通过脑机接口设备获取并分析脑电波，开发针对抑郁和焦虑的客观测量方法，帮助医疗保健专业人员更容易和客观地诊断抑郁症。2）国内：清华大学心理学系团队设计并实现了国际上首个基于脑电情绪响应的人格量化测评方法，测评性能达到实用化水平，可通过大五人格测评得分异常情况实现对个体抑郁、焦虑水平的评估。
感觉缺陷诊疗	脑机接口技术可以使患者自身的感觉信息被脑机接口设备解码，实现感觉恢复。	1）国外：2020年5月14日，美国贝勒医学院DanielYoshor教授团队通过脑机接口技术，使用动态电流电极刺激大脑皮层，在受试者脑海中成功呈现指定图像，帮助盲人恢复视觉，这一成果发表在国际顶级期刊《Cell》。2）国内：天津大学神经工程团队联合国家儿童医学中心、首都医科大学附属北京儿童医院听力学团队利用脑电技术提供客观有效的人工耳蜗植入儿童听觉康复评估方法，为脑机接口在儿童听觉康复方面的应用奠定了基础，有助于为人工耳蜗调试和听觉言语康复训练提供更准确的参考依据。

资料来源：前瞻产业研究院，中航证券研究所

■ 脑机接口技术在医疗健康领域的应用还能实现**通过神经调控从而治疗癫痫和神经发育障碍等疾病**，目前包括DBS、SNM、VNS、SCS、CCS、tDCS、tACS和PTNS等在内的不同神经调控技术已经经过了临床验证验证了对多项适应症均有效性。**其中DRGS和PNS主要用于治疗疼痛，包含范围较广，且适应症已经获批，目前临床试验主要集中在拓展治疗疼痛的类型。**

图表：神经调控技术国内外临床试验验证有效性适应症

神经调控技术		国内外临床试验验证有效性适应症
侵入式	脑深部电刺激（DBS）	亨廷顿舞蹈病、精神分裂症、难治性强迫症、难治性抑郁症、阿尔茨海默症、耳鸣、抽动秽语综合征、成瘾
	骶神经电刺激（SNM）	间质性膀胱炎/膀胱疼痛综合征、便秘、神经源性膀胱、非神经源性非梗阻性排尿困难
	迷走神经电刺激（VNS）	耳鸣、纤维肌痛综合征、心力衰竭、慢性和急性丛集性头痛、偏头痛
	脊髓神经电刺激（SCS）	内脏痛、中枢催醒、顽固性心绞痛、改善肠胃功能、脏器功能保护、周围血管性疾病
	背根神经节电刺激（DRGS）	无
	外周神经电刺激（PNS）	无
	反应性神经电刺激（RNS）	无
	脑皮层电刺激（CCS）	癫痫、顽固性疼痛、抑郁症、耳鸣、脑卒中后神经功能的恢复、脑瘫
	胃电刺激（GES）	无
非侵入式	经颅直流电刺激（tDCS）	抑郁症、疼痛、难治性强迫症、阿尔茨海默症、酒精使用障碍、肥胖、小脑共济失调
	经颅交流电刺激（tACS）	强迫症、阿尔茨海默症
	经皮胫神经电刺激（PTNS）	膀胱过度活动症、慢性肛门裂
	经颅随机噪声刺激（tRNS）	无

资料来源：前瞻产业研究院，中航证券研究所

图表：游戏娱乐领域脑机接口应用类型

主动式

运动想象信号为主：用户仅通过想象特定的肢体动作，但实际上并不执行该动作的行为

反应式

特定刺激诱发反应为主：当某种特定类型的刺激作用时，诱发大脑特定的神经响应，通过分析神经，进行指令输出

被动式

检测脑电信号为主：通过检测脑电信号，来识别人的情绪、疲劳、脑力负荷等心理、生理状态的系统

混合式

由多个范式组成：混合脑机接口既丰富了游戏的控制手段也增强了娱乐性，还解决了部分游戏单一模式较难实现的问题

- **现阶段脑接机口在游戏领域应用尚不成熟。**脑机接口在游戏娱乐领域的应用主要是为游戏玩家提供有别于传统游戏控制之外的新的操作维度，目前脑机接口游戏娱乐产品主要为评估专注力为主的初级游戏，这种简单的模式与移动游戏产业最初“捕鱼”、“切水果”等简单游戏的模式类似。
- **游戏娱乐领域脑机接口技术应用的融合前景广阔。**未来，随着脑机接口技术的成熟，脑机接口技术还将实现游戏感知的直接反馈，从而真正实现沉浸式VR游戏的体验。

图表：游戏控制技术的演进及未来趋势



资料来源：前瞻产业研究院，中航证券研究所

图表：脑机接口在教育行业的应用

增强学习乐趣

帮助识别学生的动机和兴趣；教师根据认知负荷和学生兴趣调整内容

提高注意力

直接用于认知行为干预；通过注意力焦点的即时反馈增强参与者的能力

检测及诊断

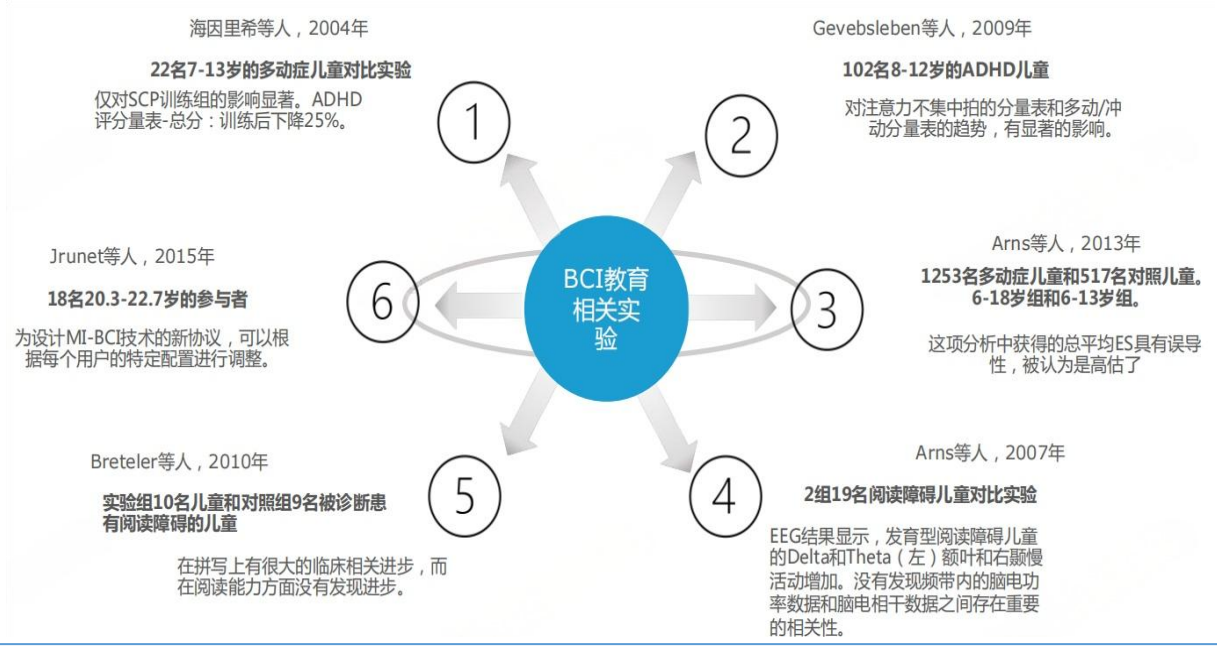
激励学生学习更多并专注；帮助学生减轻压力缓解焦虑；社交认知技能训练

特殊教育支持

教育资源匮乏的地区，脑机接口技术有助于缓解师资紧缺的局面

- **在BCI研究教育领域中，应用研究大多集中于对脑信号的分析以及脑反馈刺激的单项传输，教学主体之间的交互机制仍是缺失状态。**因此，脑机技术为进一步探索人与人之间直接的信息传输和和情感交流，为解决教育主体间的距离和互动障碍提供了解决思路。
- 将 BCI 可靠性提高到更高水平，使学习任务更加有趣和刺激；提高用户注意力能力进而提高 BCI 性能的注意力训练任务而言，它既是诊断性的又是预测性的。

图表：脑机接口在教育行业相关实验



资料来源：亿欧智库，中航证券研究所

3.2.3产业链下游— 其他应用领域

- **脑机接口商业化应用主要采取非侵入式，且以监测/监测应用为主。**除了医疗健康场景及娱乐、教育场景以外，在其他场景脑机接口产品也有广泛的应用，但目前这些场景主要都采用的是**非侵入式技术**，目前已有覆盖应用的场景包括**工业、航空航天、商用营销**等，但从实际应用功能来看更多聚焦的还是脑机接口的**监测/检测**功效的应用。

图表：脑机接口在不同领域的商业化应用

安全作业·疲劳监测



在隧道施工已初步验证，获从业人员高度评价，将人员感知数字化，工业安全监测效果好。

航空航天·模拟体验



测试、评估预测机组人员长期深空任务认知健康，为模拟体验提供及时反馈，应用前景良好。

安全保障·安全检测



测量旅客的心理生理反应，简化登机安检流程，协助建筑规划和布局优化，充分体现以人为本。

体育运动·训练监测



协助放松、专注训练，助理现代体育科技化。

交互辅助·辅助出行



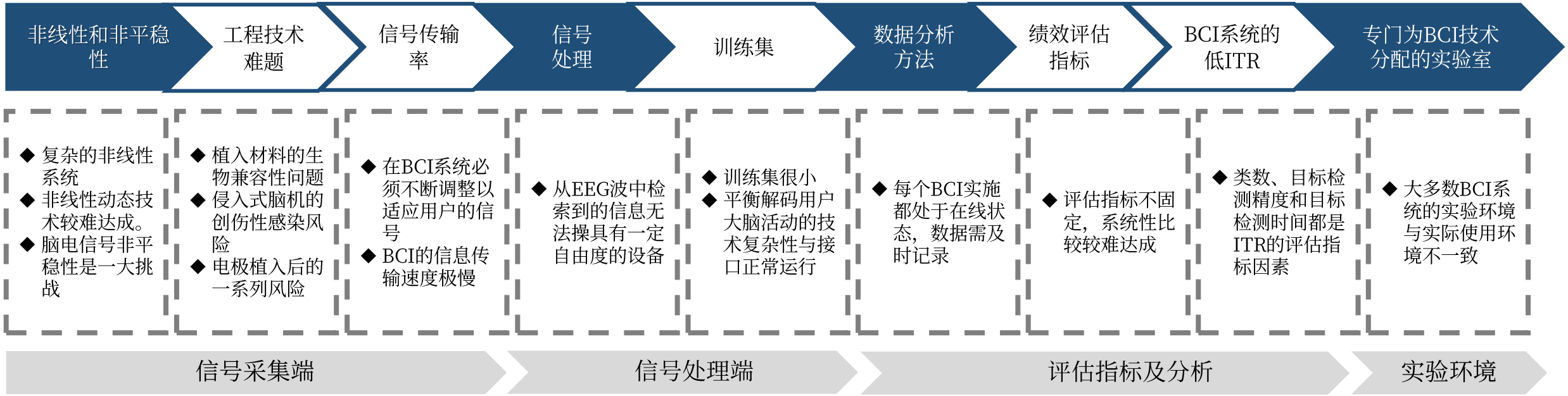
结合外设实现控制和交互，助理特殊人群乐享生活

资料来源：前瞻产业研究院，中航证券研究所

3.3.1脑机接口面临的挑战—技术壁垒视角

■ **脑机接口核心技术攻关面临瓶颈主要有以下四点：一是植入材料与电极的性能优化面临约束**，理想状态下需满足生物相容性、优良导电性和长期稳定性等要求，但现有情况往往难以同时兼顾，存在长期监测信号质量变差的短板；**二是神经信号解码面临着“维度灾难”**，随着电极通道数累加，神经信号传输、解码与实时性要求所带来的挑战愈发复杂，而当前算法仅能解析少部分神经活动模式，解码模型的泛化能力不足，且需要受试者长期训练和高度专注才能产生稳定信号，认知负荷过重影响实用性；**三是多模态信息融合技术尚不成熟**，单一类型的脑电信号往往不足以准确反映复杂的认知状态，而不同信号源的时空对准、特征提取和协同解析精确性仍待提升；**四是能耗与散热存在权衡难题**，提高信号采集密度和计算能力难免增加功耗，而植入式设备的安全要求限制了供能方式的选择，充电效率和散热管理仍待改进。

图表：脑机接口技术壁垒难点

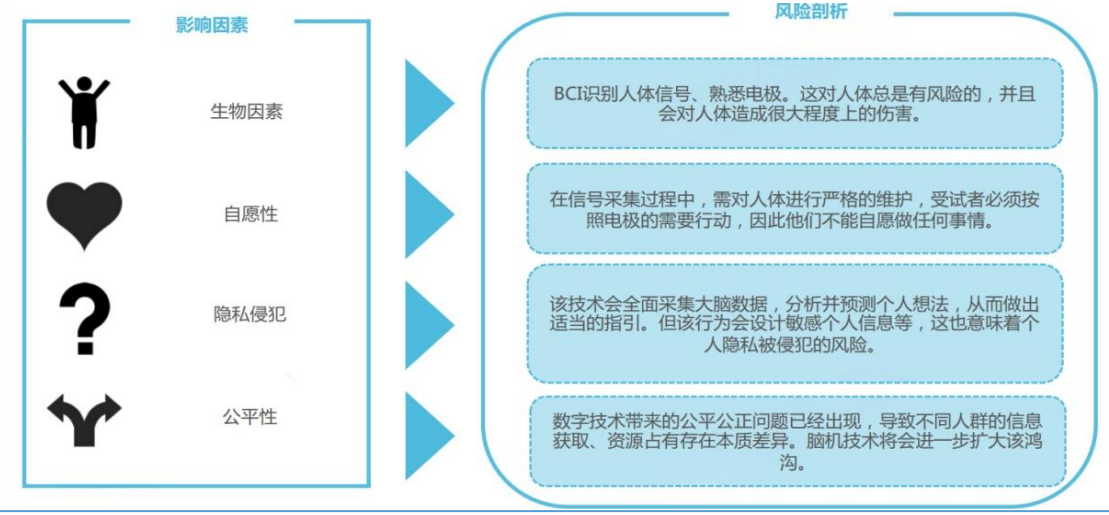


资料来源：亿欧智库，学习时报公众号，中航证券研究所

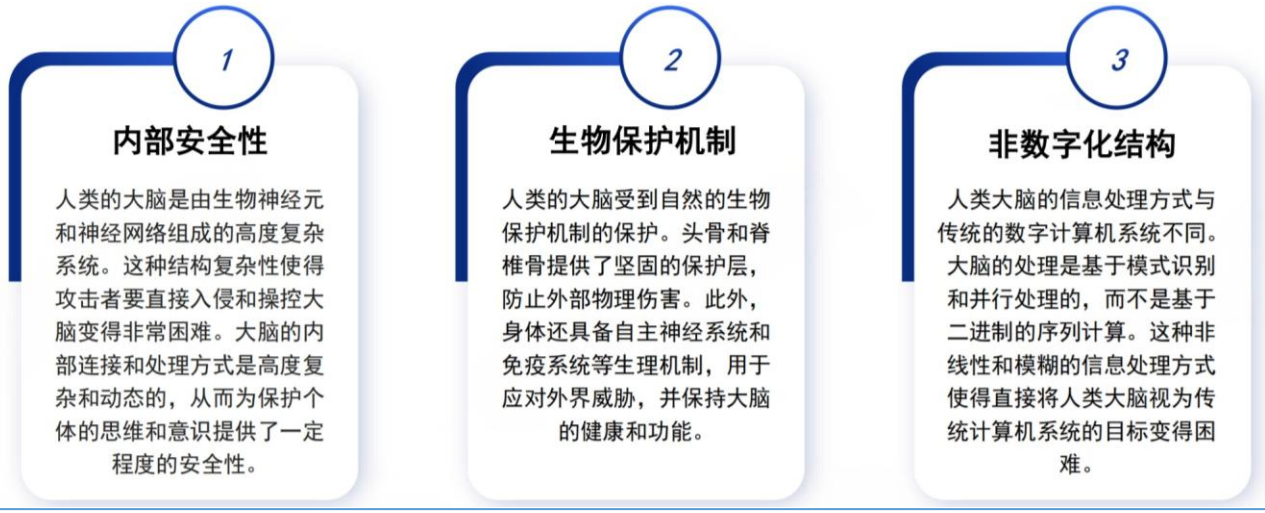
3.3.2脑机接口面临的挑战—安全与伦理视角

- **安全风险呈现系统性和长期性特征。一是生物相容性风险贯穿设备全生命周期**，从植入手术的即时风险到长期留置引发的慢性炎症、神经退行等迟发性损伤，每个阶段都存在不确定性；**二是信息安全威胁不容忽视**，神经信号一旦被恶意获取或篡改，可能对个体认知功能和心理健康造成损害，而现有加密技术在体积受限的植入设备上难以充分部署；**三是系统功能安全评估困难**，脑机接口涉及材料、硬件、固件、软件、算法等多个层面，任何环节的故障都可能导致严重后果，而传统的医疗器械安全评估方法难以覆盖到位；**四是心理安全影响深远**，长期使用脑机接口可能改变使用者的自我认知、身份认同和社会关系，对此缺乏系统性研究和评估标准。
- **伦理风险包括对个人和社会两个方向的风险。**对个人而言，脑黑客（brain-hacking）可能在人们毫不知情的情况下掌握人们的思想动态并通过向人们灌输错误的思想观念或者对人们的思想进行错误的诱导，使人们的思想进一步陷入混乱。社会层面而言，技术人员或智能算法对脑电信号的“翻译”失误会放大或制造社会混乱，如将“我肚子饿了，想去吃点东西”的“想法”直接形式化、简单化为“去抢食物”，将严重影响社会的安全和稳定，甚至还会错误地“指挥”自己的身体或者机器犯罪。

图表：脑机接口道德伦理风险



图表：人类大脑的安全隐私保护机制



资料来源：前瞻产业研究院，亿欧智库，学习时报公众号，FDU科技伦理与人类未来研究院公众号，中航证券研究所

3.3.3脑机接口面临的挑战—产业化及商业化视角

■ **产业生态尚处于初期阶段。一是专业人才匮乏**，脑机接口需要神经科学、微电子、人工智能、临床医学、生物工程等多学科背景，复合型人才培养周期长、数量少；**二是服务支撑体系尚不健全**，专业的转化孵化、检测认证、临床试验等服务机构有待培育，难以提供从概念验证到产品上市的全流程支撑；**三是产学研医协同不畅**，基础研究、临床需求和产业化等不同环节存在脱节，科技成果转化率较低；**四是知识产权保护面临特殊挑战**，脑机接口技术涉及的神经信号解码算法、个性化训练模型、脑电特征数据等核心资产难以通过传统知识产权框架进行有效保护；**五是投融资机制尚不成熟**，资本市场对该产业缺乏科学估值体系，企业在不同发展阶段的资金链连续性不足，存在项目估值偏差。

图表：脑机接口商业化发展痛点分析图

挑战类别		具体挑战和问题描述
核心问题		◆ 脑机行业刚起步，缺少实践验证 ◆ 商业化模式未得到市场认证 ◆ 消费者刚需问题未被解决 ◆ 大众消费者心智不成熟
中层挑战	复合型人才缺失	◆ 高校鲜少开设交叉专业 ◆ 就业前景不明确 ◆ 脑机行业所涉行业复杂
	配套法律措施不完善	◆ 脑机设备监管措施无制度可循 ◆ 缺乏对落地产品安全和有效性进行监管。 ◆ 脑部隐私数据泄露风险
	道德伦理问题	◆ 造成身体损伤(侵入式) ◆ 违背“自愿”原则 ◆ 侵犯个人隐私权
外层挑战	技术	◆ 信号接收处理能力较弱 ◆ 重要的实验环境数量不够 ◆ 人脑信号采集数据不够精准 ◆ 评估指标不完善，数据结果不精准
	资本	◆ 投资回报率低 ◆ 商业着陆速度慢 ◆ 核心技术存在跨国壁垒

资料来源：亿欧智库，学习时报公众号，中航证券研究所

3.4脑机接口技术发展趋势

- 科研对长期稳定采集高质量脑电信号的需求越来越强，提升材料生物相容性解决电极与人脑之间的矛盾是侵入式技术进步的关键点。**对于倾向于ToC商业化的非侵入式技术来说，设备轻便易于佩戴至关重要，这将是非侵脑机企业长期关注的发展点。**
- 芯片的主要用途是完成运算和处理任务，随着脑相关数据采集量上升和处理需求增强，脑机对芯片的运算能力有了更高要求，类脑芯片成为备受期待的解决方案。**有些侵入式脑机需要将芯片与电极一同植入，体积小功耗低的集成化芯片更获青睐。**

图表：电极和芯片技术变化趋势



资料来源：亿欧智库，中航证券研究所

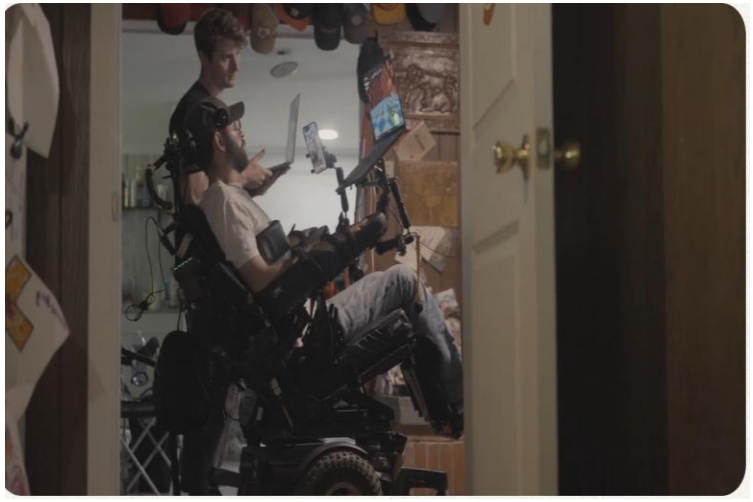
3.5中美发展竞速——美国：极致性能导向，开启量产时代

- **作为脑机接口概念的发源地，美国凭借数十年的技术积累、成熟的资本市场和完善的监管体系，在侵入式技术路线上占据先发优势，正从临床试验向规模化量产全面迈进。**美国企业在侵入式脑机接口领域的技术突破集中体现在**高通道、高精准和自动化**三大方向。**Neuralink作为行业标杆，**其核心系统N1植入芯片集成1024个信号采集通道，搭配Thread柔性电极与R1手术机器人，形成了完整的技术闭环。最新升级的手术机器人将单根电极植入时间从17秒压缩至1.5秒，配备6套显微镜和OCT扫描技术，能在毫秒级追踪大脑运动，精准避开血管，手术适配全球99%人群。截至2025年底，已有13名患者植入该设备，累计使用时间超1.5万小时，最高每周使用时长突破100小时。**除了Neuralink的“开颅植入”路线，美国企业还探索出多条差异化侵入式路径。**Precision Neuroscience开发的Layer7皮质接口，将1024个电极嵌入厚度仅为头发丝五分之一的柔性薄膜中，通过颅骨上小于1毫米的微缝植入大脑表面，无需开颅或穿透脑组织，2025年4月获得FDA批准，成为同类产品中首个获全面监管许可的设备，已在37名患者中完成测试。Synchron则开创血管内植入路线，其Stentrode设备通过颈静脉介入手术送达大脑运动皮层附近血管壁，无需开颅，手术仅需两小时，患者第二天即可出院，截至2025年已完成10例植入，患者成功用意念操控苹果Vision Pro头显。

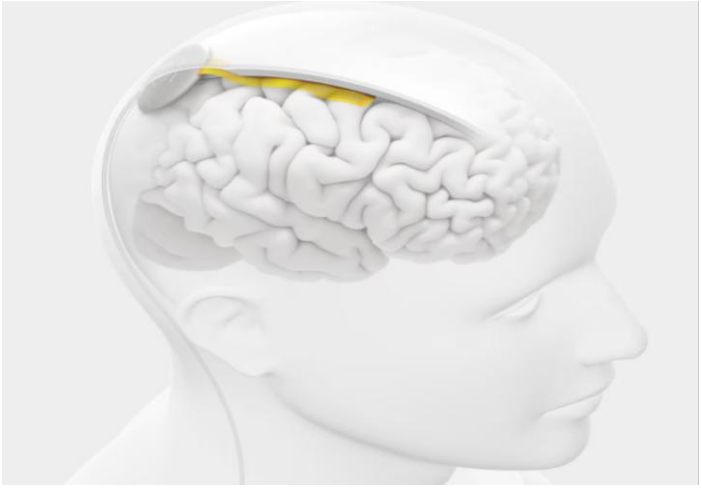
图表：Neuralink手术机器人



图表：Neuralink试验者



图表：Precision皮质接口



资料来源：上海产业转型公众号，Neuralink官网，Precision官网，中航证券研究所

3.5中美发展竞速——美国：产业优势&应用布局

- **美国产业优势：资本、生态与监管的三重加持。美国脑机接口产业的成熟度体现在完善的生态构建上。资本层面，行业累计融资已超30亿美元，**Neuralink单轮融资达6.5亿美元，估值接近90亿美元；Precision Neuroscience、Synchron等企业也获得数亿美元级投资，投资方包括ARK Invest、贝佐斯家族基金等顶级资本。**产业链层面，形成了从上游柔性电极、专用芯片，到中游算法解码，再到下游医院、康复中心的完整布局，**尤其是半导体工艺的突破，让3立方毫米的硅芯片可集成65536个电极，数据吞吐量提升100倍。**监管体系的成熟为技术落地提供了关键保障。**FDA早在2021年就发布《植入式脑机接口设备指南》，明确非临床测试到人体试验的完整流程，设立De Novo、510(k)、PMA三类上市路径。2025年Precision Neuroscience的Layer7-T皮层电极通过510(k)审核，标志着脑机接口核心部件获得常规医疗使用资格；Neuralink、Synchron等企业均获得IDE临床许可，在不同技术路线上推进人体试验。
- **美国企业的应用场景布局呈现“医疗打底、增强突破”的特点。短期聚焦重症患者治疗，**Neuralink的受试者已能通过意念控制机械臂书写单词、处理邮件、绘制设计图；Synchron的患者实现用意念发邮件、浏览网页。**中期则瞄准功能增强，**Neuralink正在研发言语解码项目，计划在言语皮层植入电极，将内心想法直接转换为文字或语音；Blindsight研究获得FDA突破性医疗器械认证，目标通过刺激视觉皮层让盲人恢复视觉，甚至感知红外波段。**长期来看，美国企业的愿景直指人机深度融合。**马斯克提出，未来Neuralink可控制任何电脑或手机控制的设备，甚至让瘫痪患者操控特斯拉人形机器人Optimus；Subsense则计划为健康个体打造脑机接口，实现大脑状态主动调控、与AI直接思维交互、记忆云端存储等功能，开辟“神经增强”新赛道。

图表：Neuralink E轮融资6.5亿美元

Neuralink raises $650 million Series E

This funding helps us bring our technology to more people—restoring independence for those with unmet medical needs and pushing the boundaries of what's possible with brain interfaces.

We've closed our Series E funding round of $650 million with participation from key investors including ARK Invest, DFJ Growth, Founders Fund, G42, Human Capital, Lightspeed, QIA, Sequoia Capital, Thrive Capital, Valor Equity Partners, Vy Capital, amongst others.

Since our Series D in August 2023, we've made significant progress towards building brain interfaces to help restore independence and expand what's possible for humanity.

Some of our notable advancements include:

图表：患者通过脑机接口控制机械臂



资料来源：上海产业转型公众号，Neuralink官网，澎湃新闻，中航证券研究所

3.5中美发展竞速——中国：安全实用导向，实现弯道超车

- **中国脑机接口产业形成了“非侵入式先行、侵入式追赶、半侵入式突破”的独特格局。**中国企业在技术路线选择上避开美国的正面竞争，聚焦更符合医疗实际需求的安全化、微创化方向。脑虎科技推出的“三全”脑机接口系统，实现全植入、全无线、全功能一体化设计，将电池模块与主控设备分离，置于胸部皮下，避免发热单元紧贴大脑，显著提升长期安全性。该系统术后1天即可转入普通病房，5天首次开机便成功实现意念操控，受试者脑控解码速率达5.2 BPS，与国际顶尖水平相当，2026年初完成首例临床试验，患者可流畅刷B站、玩游戏、控制智能家居。
- **在侵入式领域，中国企业实现从二维到三维的跨越。**阶梯医疗作为全球第二家进入临床试验阶段的侵入式脑机接口公司，其超柔性电极尺寸仅为头发丝的1/100，弯曲刚度低至10nm，通过3-5毫米颅骨穿刺孔即可完成微创植入，术后患者经过3周训练，光标操控水平接近普通人使用触摸板的状态。2025年，中科院团队的第二例侵入式临床试验取得突破，实现意念操控轮椅遛弯、指挥机器狗取外卖，端到端延迟压缩至100毫秒以内，低于人体生理延迟。**半侵入式路线成为中国特色优势领域。**芯智达“北脑一号”将128通道柔性电极放置在硬脑膜外，不直接接触脑组织，已完成6例人体植入，成功为渐冻症患者开展中文言语解码；博睿康的NEO系统通过硬膜外微创植入，32名颈部脊髓受损患者术后100%实现居家脑控抓握，可自主吃饭、喝水、捏起小钢珠，徒手状态下双手功能总分显著提高10.71分，有望2026年获批全球首张三类医疗器械证。

图表：脑虎科技自研的插件式脑机接口操作系统XessOs



图表：阶梯医疗超柔性微纳电极



图表：北脑一号脑机接口



资料来源：上海产业转型公众号，脑虎科技公众号，阶梯医疗官网，北京脑科学与类脑研究所，中航证券研究所

3.5中美发展竞速——中国：产业优势&应用布局

- **中国脑机接口产业优势：政策、临床与产业链的协同发力。**2025年7月，工信部等七部门联合印发《关于推动脑机接口产业创新发展的实施意见》，明确2027年关键技术突破、2030年形成产业体系的两步走目标；“十五五”规划将脑机接口列为六大未来产业之一，升维为国家战略。**丰富的临床资源成为技术转化的核心优势。**中国拥有全球最大的患者群体和完善的医院体系，华山医院、宣武医院、天坛医院等顶级医疗机构与企业深度合作，形成“医工协同”模式。仅北京天坛医院的脑机接口评估门诊就接到3000多名患者预约，大量临床数据加速算法迭代和产品优化。相比欧美，中国临床成本更低，试验推进速度更快，为技术快速成熟提供了土壤。**产业链布局日趋完善，形成从核心器件到整机系统的自主能力。**硬件方面，中科院深圳先进技术研究院研发出可拉伸的“神经蠕虫”动态电极，打破植入式电极“静态”传统；西安交通大学开发的垂直有机电化学晶体管，覆盖所有已知生物神经的刷新频率范围。软件方面，浙江大学发布全球首台神经元规模突破20亿的类脑计算机，天津大学提出情感脑机接口可解释性模型，在抑郁症检测中表现优异。企业层面，强脑科技实现非侵入式产品量产，2022年高精度设备销量突破10万台；脑虎科技、阶梯医疗、芯智达等企业形成梯队化发展格局。
- **中国脑机接口的应用布局始终以医疗刚需为核心，形成“康复替代-功能重建-健康管理”的梯度拓展。**在运动功能恢复领域，上海中山医院借助脑脊接口技术实现全球首例完全截瘫患者站立行走；首都医科大学宣武医院为渐冻症失语患者完成全球首例无线植入式中文言语脑机接口手术，患者重新“说”出“我要吃饭”。在认知功能修复领域，华山医院与上科大团队实现汉语语句文本解码，将汉语脑机接口从“字”拓展至“句”的层面。**消费级应用场景快速落地，形成差异化优势。**强脑科技的仿生灵巧手REVO2操作精度达0.1mm，承载能力20kg，支持触觉反馈，已应用于残疾人康复；其开发的“开星果”系统成为孤独症儿童康复的重要工具，临床验证可显著改善社交沟通能力。柔灵科技的可穿戴脑电睡眠监测设备、深海豚智能安睡仪等消费级产品已实现量产，海外收入占比达40%。**拓展应用领域不断拓宽，从医疗向多场景延伸。**华东理工大学通过脑机接口与混合现实技术融合，实现对机器狗的高效稳定控制；中科院团队将脑机接口应用于脑深部肿瘤边界精准定位，完成全球首例相关临床试验；南京山海医疗的"明瞳"设备成为国内首个获批的脑机接口III类医疗器械，用于深脑电生理记录与刺激。

资料来源：上海产业转型公众号，中航证券研究所

3.5中美发展竞速—路线选择背后的理念碰撞

■ 中美在脑机接口领域的竞争，本质上是技术理念、发展模式和价值导向的深层差异。

图表：中美核心差异分析

技术路径

美国走的是“极致性能优先”的技术路线，以侵入式为核心，追求最高的信号精度和通道密度。Neuralink将电极直接植入脑组织，Paradromics的65536通道系统创下纪录，这种路线能获取最清晰的神经信号，但面临手术风险高、免疫排异、长期稳定性等挑战，首例Neuralink患者出现85%的电极信号回撤，暴露了技术稳定性隐患。美国企业认为，只有突破性能极限，才能实现人机深度融合的终极目标，因此愿意承担更高的技术风险。

中国选择的是“安全实用优先”的差异化路线，以半侵入式和微创侵入式为主，在信号质量与安全性之间寻求最佳平衡。脑虎科技的“三全”系统、芯智达的硬膜外电极方案，均避免直接损伤脑组织，手术风险显著降低，博睿康的NEO系统32例植入患者无器械相关不良反应。中国企业认为，脑机接口首先是医疗设备，必须以安全性和实用性为前提，只有让患者敢用、能用，才能实现技术的规模化普及。

发展模式

美国采用“市场驱动+资本赋能”的发展模式，企业主导技术研发和商业化进程，资本市场提供充足资金支持，形成“研发突破-资本加注-临床推进-量产落地”的良性循环。Neuralink的量产计划完全由企业自主推进，FDA的监管框架为技术创新提供清晰边界，这种模式决策效率高，创新动力强，但也存在追求短期商业回报、忽视民生需求的倾向。

中国实行“政策引领+医工协同”的发展模式，国家战略提供方向指引和资源支持，高校、科研院所与医疗机构深度合作，形成“临床需求-技术攻关-产品转化”的闭环。政策不仅在规划层面布局，还通过医保支付、标准制定等具体措施加速落地，这种模式能集中力量攻克核心技术，快速满足重大民生需求，但需要平衡政策引导与市场活力的关系。

技术路径

美国的价值导向更偏向“人机增强”，目标是通过技术突破人类生理极限，实现健康人群与AI的深度融合。马斯克设想未来人类通过脑机接口提升思维速度，应对超级人工智能的挑战；Subsense计划为健康个体提供大脑状态调控服务，开辟“神经增强”市场。这种导向能激发技术极限创新，但也引发伦理争议，如认知增强可能加剧社会不平等，思维数据隐私面临泄露风险。

中国的价值导向聚焦“医疗普惠”，核心是用技术解决残疾人、重病患者的实际困难，让技术成为康复重建的工具。从截瘫患者的站立行走，到失语者的重新表达，再到孤独症儿童的康复训练，中国脑机接口的每一步突破都直指民生痛点。这种导向符合医疗伦理，容易获得社会认同和政策支持，但需要在技术普惠的基础上，进一步探索可持续的商业模式。

资料来源：上海产业转型公众号，中航证券研究所

目录

一、脑机接口概述：多学科交叉的前沿技术

二、脑机接口相关政策：长风破浪会有时

三、行业概况：上中下游产业概况及脑机技术发展方向

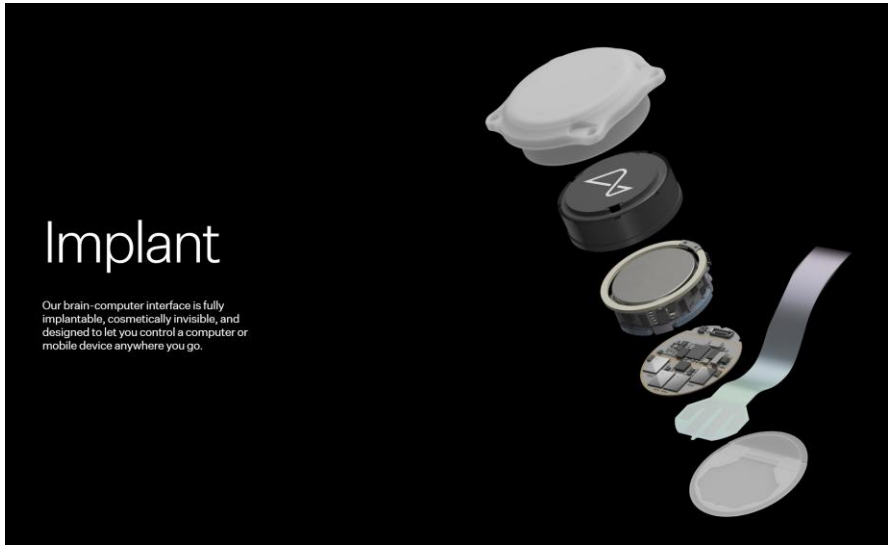
四、脑机接口产业代表性公司

五、投资建议及风险提示

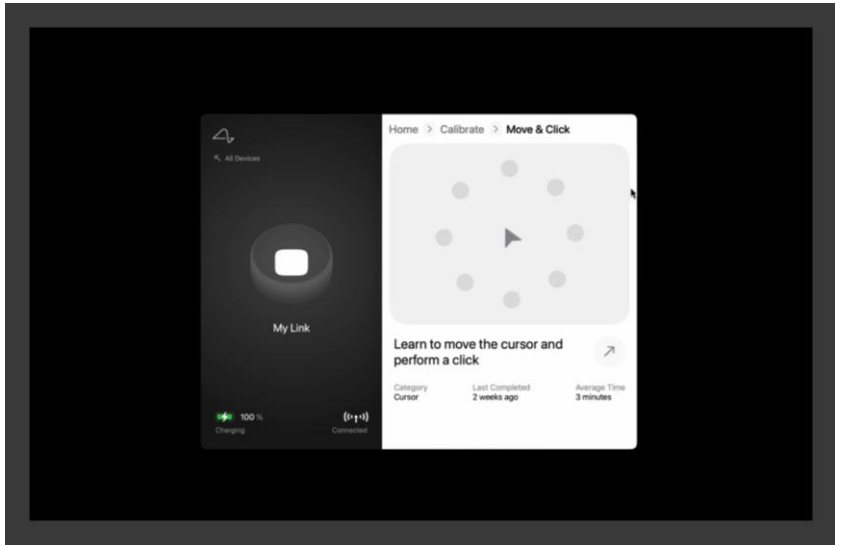
4.脑机接口产业代表性公司—Neuralink

- **Neuralink是埃隆·马斯克2016年创立的知名脑机接口公司，**致力于开发高带宽的脑机接口（BCI）系统，其核心目标是通过在大脑中植入微型设备，实现人脑与计算机之间的直接通信，从而解决各种神经系统疾病，并最终旨在增强人类能力。Neuralink的主要技术是一种被称为“Link”的微型植入式设备，它由数千根比头发丝还细的柔性电极线组成，这些电极线能够读取和写入大脑活动。他们的机器人外科手术系统能够精确地将这些电极线植入大脑皮层，以最大限度地减少对组织的损伤。
- 2023年，Neuralink 获得了美国食品药品监督管理局（FDA）的批准，可以进行首次人体临床试验。2024年初，Neuralink 成功完成了首次人体脑芯片植入手术。**2025年5月公司估值达90亿美元，同年6月完成6.5亿美元融资。**2025年12月，Neuralink宣布实现技术突破，包括手术机器人效率提高和超万人注册等待。**12月31日，马斯克在社交媒体上表示，其脑机接口公司“神经连接”将于2026年开始对脑机接口设备进行“大规模生产”。**

图表：Neuralink植入体



图表：Neuralink控制系统



资料来源：智药局公众号，中华网，新华网，Neuralink官网，中航证券研究所

4.脑机接口产业代表性公司—强脑科技

- **强脑科技创立于2015年，专注于全球非侵入式脑机接口技术路线，在康复、大健康、人机交互和具身智能等领域得到广泛应用。**公司致力于研发**“超级传感器”**，该传感器可以检测大脑和身体的神经信息，用户可以通过他的“意念”去控制**智能手臂或者智能腿**，并能够干预脑电波，改善失眠、自闭症等疾病。创始人韩璧丞，本科毕业于韩国科学技术院机械工程系，在哈佛大学脑科学中心攻读神经科学博士期间成立了强脑科技。
- 2017年，公司成功攻克了脑电信号大规模精准采集的难题，自主研发的固态凝胶电极已实现量产，使便携式脑电设备的单电极精确度达到专业级水平。2018年，公司研发的BrainRobotics智能仿生手帮助上臂残疾患者首次实现"左右脑分离"控制，帮助一位失去右臂的女孩与钢琴家朗朗同台演奏。**2019年，智能仿生手获评美国《时代》(Time)周刊百大最佳发明(The100 Best Inventions)，并登上封面。作为全球第一款实现量产的脑机接口AI义肢。2022年,强脑科技实现全球首个高精度脑机接口产品单品10万台量产，BrainCo智能仿生手获得美国FDA上市批准。2024年，公司智能下肢产品获得美国FDA认证并进入医保系统。**

图表：强脑科技智能仿生手



图表：强脑科技轻凌仿生腿

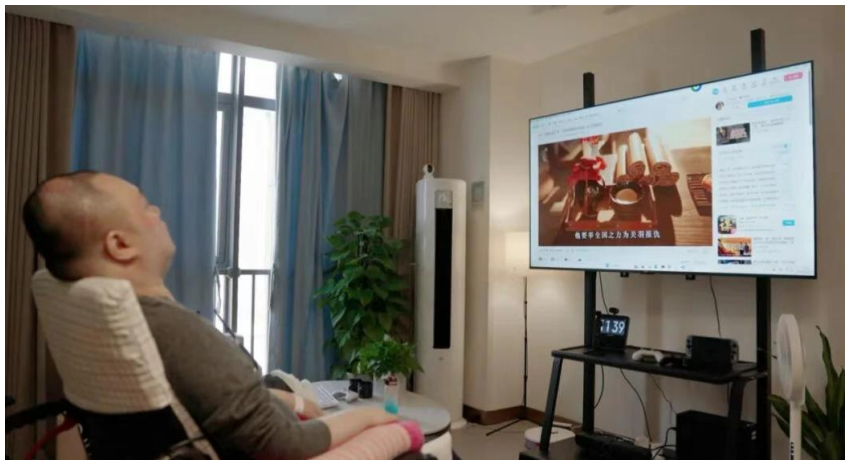


资料来源：智药局公众号，强脑科技官网，中航证券研究所

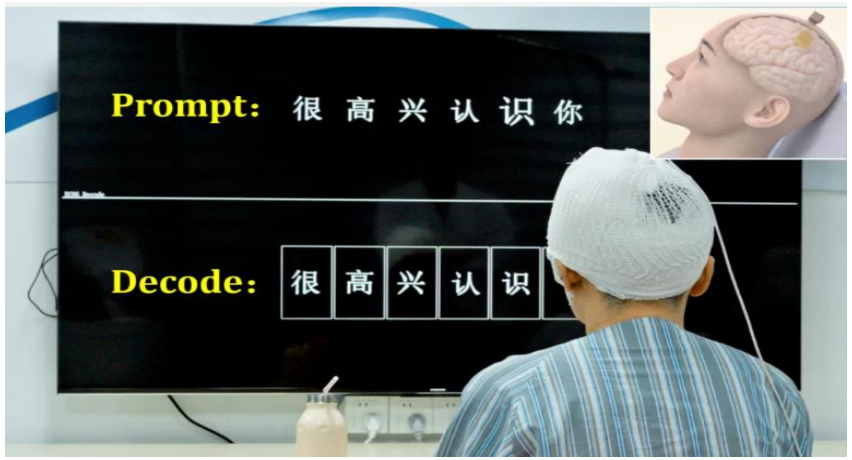
4.脑机接口产业代表性公司—脑虎科技

- **脑虎科技成立于2021年11月，是一家通过柔性脑机接口技术来保护及探索大脑的生命科技公司。**公司独创“微创植入式高通量柔性脑机接口技术“，将集成电路制备工艺引入脑机接口核心器件制备中，单电极可集成数千道脑电信号采集通路；基于可控降解生物蛋白开发出免开颅、可自动躲避血管、可自愈的电极微创植入技术，大幅减少植入创伤；制备超柔性超薄神经电极，大幅提高器件在体工作寿命。
- **2025年初，脑虎科技对外宣布自研高通量植入式柔性脑机接口，既实现了实时运动解码，又实现了实时汉语言解码，是目前全球唯一一家拥有运动和语言双解码技术的企业。**脑虎的柔性脑机接口系统使用的是256通道阵列，在国内最高；密度为64通道/平方厘米，是传统电极的64倍。截止2025年10月，脑虎已经累计进行了53例短期临床试验。2025年12月，脑虎自主研发的国内首款、国际第二款内置电池的全植入、全无线、全功能脑机接口产品，在复旦大学附属华山医院毛颖、陈亮教授团队的主持下，成功完成首例临床试验。 2026年1月，脑虎科技“超级工厂”在赣江新区正式动工，一期规划建设面积约1.43万平方米，推动公司自主研发的柔性电极、脑电设备、手术机器人等核心产品量产，目标达成万套级稳定供货，预计今年下半年投用。

图表：脑虎科技全植入脑机接口临床受试者实现“意念操控”流畅完成网页浏览



图表：脑虎科技实现全球首次汉语实时解码与语句合成

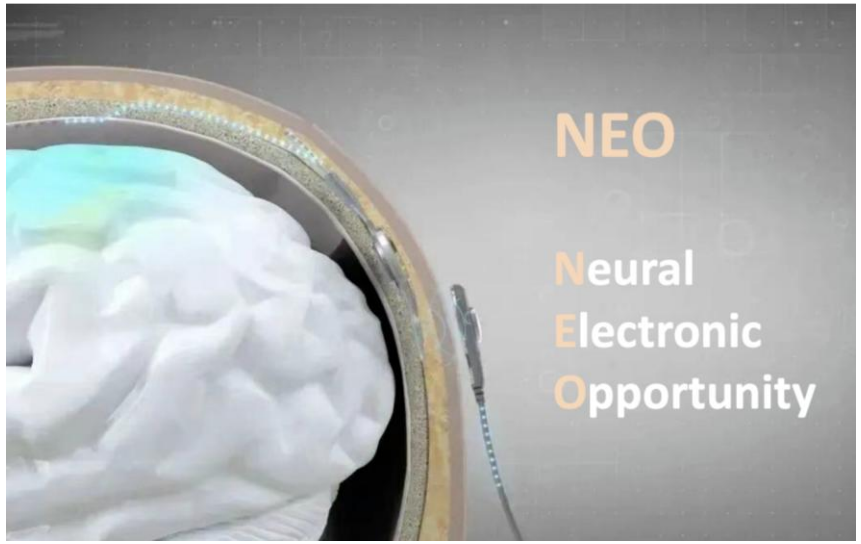


资料来源：智药局公众号，脑虎科技公众号，中航证券研究所

4.脑机接口产业代表性公司—博睿康

- 博睿康成立于2011年11月，是一家以自主创新的“脑机接口”技术为核心，致力于为神经科学创新研究和临床神经疾病诊断、治疗与康复研究提供专业、完整的解决方案。**公司专注于半侵入式路线，独创的NEO无线微创脑机接口，是全球首个采用硬膜外植入与无线传输设计的微创脑机接口系统，**特点是里应外合、无线微创，真正可实现脑机接口的微创、长程、闭环的落地性能期望。博睿康董事长及创始人之一胥红来，博士毕业于清华大学生物医学工程专业，师从清华大学生物医学工程学院长聘教授、为先书院院长洪波，洪波教授致力于脑机接口与神经工程领域的研究。2023年10月，NEO系统在首都医科大学宣武医院完成了首例植入；2024年8月，NEO进入国家药监局创新医疗器械特别审评通道；2025年5月启动全国多中心注册临床试验。**博睿康的无线微创脑机接口系统NEO于78天内在全国11家顶尖医院完成32例植入手术，术后无一例器械相关不良反应，累计安全植入天数近5000天，刷新全球植入式脑机接口临床试验的速度与安全纪录。**NEO项目计划于近期向国家药监局提交三类创新医疗器械注册申请，有望成为国内首个上市的植入式脑机接口产品。

图表：博睿康微创脑机接口系统NEO



图表：博睿康临床诊疗设备

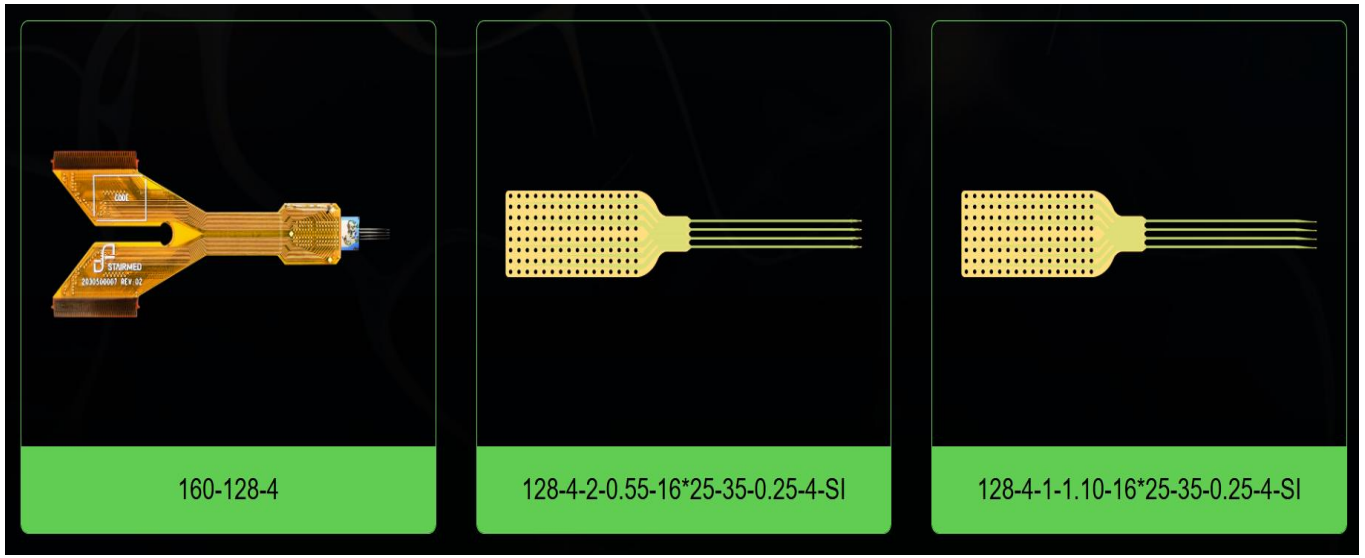


资料来源：智药局公众号，博睿康官网，中航证券研究所

4.脑机接口产业代表性公司—阶梯医疗

- **阶梯医疗成立于2021年8月，是一家专注于植入式脑机接口领域的创新型科技企业，致力于搭建侵入式脑机接口的底层软件和硬件平台。**公司比头发丝细100倍的超柔性微纳电极技术，可以精准捕捉单细胞级神经信号，拥有高通量信号采集、长期植入监测、免疫反应极低等核心优势。**阶梯医疗研发的脑机接口系统WRS-Ⅰ是国内首个通过注册性型式检验的侵入式脑机接口系统。**去年12月，公司发布新一代无线高通量侵入式脑机接口系统（WRS02），通道数从64提升至256，人机交互效率达到5-8bps，设计寿命延长至8-12年，适合长期植入使用。
- 与同样采用侵入式方案的Neuralink相比，阶梯医疗的植入体要薄一半左右，大幅降低了手术创伤和风险，**其使用的电极是目前全球最小尺寸的神经电极，截面积仅为Neuralink所使用电极的1/5到1/7。**2025年3月，公司联合复旦大学附属华山医院，主导完成全国首例侵入式脑机接口前瞻性临床试验，阶梯医疗也成为继马斯克的Neuralink之后全球第二家进入临床阶段的侵入式脑机接口公司。公司已建成一个2000平方米、符合国际GMP标准的生产厂房，并计划在2026年落成国内首个医疗级脑机接口MEMS生产基地。

图表：HNE超柔性微纳电极



图表：阶梯医疗临床解决方案



资料来源：智药局公众号，阶梯医疗官网，中航证券研究所

4.脑机接口产业代表性公司—侵入式

公司名称	核心技术路径	代表产品/技术	成立时间	上市状态/代码	所属国家	脑机接口布局/进展
Neuralink	侵入式	N1全植入式无线脑机接口芯片、Blindsight（盲视）视觉恢复系统	2016	\	美国	公司全植入式无线BCI采用超细柔性电极与手术机器人，截至2026年2月已有20余例瘫痪受试者植入，累计使用超1.5万小时，实现意念操控光标、游戏与机械臂；2026年启动量产与Blindsight人体试验，让盲人感知视觉轮廓；2027年电极数增至1万个，覆盖多脑区；2028年触及更深脑区探索AI融合与疾病治疗。
Blackrock Neurotech	侵入式	NeuroPort 犹他电极阵列、BCI MoveAgain	2008	\	美国	公司围绕其自2004年起持续人体验证的犹他阵列，构建了从植入电极到AI处理的全链条脑机接口平台，累计支持超2000项研究、总植入天数逾30000天；其产品已在神经假体、电脑操控、言语解码及感官恢复领域取得突破，核心医疗设备 MoveAgain 于2021年获FDA突破性认定，未来将向柔性材料、深部脑区电极、更高通道密度及AI深度融合方向演进。
Paradromics	侵入式	Connexus 直接数据接口	2015	\	美国	Paradromics专注高数据速率双向植入式BCI，其Connexus®旨在恢复渐冻症等患者的语言功能，Tempo™可实时监测大脑状态用于心理健康；公司已完成高通道数数据传输可行性验证，计划推进临床试验与商业化，目标从医学康复扩展至更广泛的健康应用。
Precision Neuroscience	侵入式	Layer 7 Cortical Interface（第七层皮层接口）	2021	\	美国	公司的“Layer 7 皮质接口”采用1024通道薄膜微电极，厚度仅头发丝五分之一，通过微创颅缝植入大脑表面不损伤组织，电极密度较传统高600倍；目前已与西奈山、宾夕法尼亚大学医学院等顶级机构合作，目标帮助重度瘫痪患者恢复数字设备操控，未来将向数千电极、机器学习解码及双向脑机交互方向演进。
NeuroPace	侵入式	RNS® 系统	1997	\	美国	公司的RNS®系统是首个也是唯一获FDA批准的商业化闭环反应性神经刺激器，可实时监测脑电并触发刺激以抑制癫痫发作；真实世界3年随访显示患者中位癫痫发作减少82%，42%实现半年以上无发作，针对全身性癫痫的NAUTILUS试验提交FDA审批、预计2026下半年获批，同时正开发NeuroPace AI与SeizureID™工具以将颅内脑电转化为临床决策支持。
CorTec GmbH	侵入式	Brain Interchange™ 全植入式闭环脑机接口系统	2010	\	德国	公司的闭环脑机接口系统Brain Interchange™采用表面电极设计，能实时记录神经信号并动态调整电刺激，2024年获FDA研究性器械豁免后，2025年于美国完成首例卒中患者植入、2026年完成第二例，初步观察到神经功能改善，正持续推进12例早期可行性研究。
脑虎科技	侵入式	“三全”全植入式脑机接口系统	2021	未上市	中国	脑虎科技聚焦植入式柔性脑机接口，已完成从柔性电极、芯片、植入体、手术机器人到操作系统的全链条自主研发，是全球唯一同时实现实时汉语言及运动解码的企业；其“全植入、全无线、全功能”脑机接口系统已完成国内首例人体临床试验，高位截瘫患者术后能以意念刷视频、控家电，并借助即插即用的XessKey组件独立置办年货、书写福字，真正融入日常生活；目前已在华山医院、瑞金医院等累计开展超50例临床试验、服务超70家科研机构，2026年下半年“超级工厂”将投产，目标实现万套级量产能力。
阶梯医疗	侵入式	HNE超柔性微纳电极、StairPlex高通量神经信号采集系统	2021	未上市	中国	阶梯医疗专注于超柔性微创植入式脑机接口，已完成三例人体临床试验，高位截瘫患者可凭意念操控智能轮椅与机器狗，实现从二维光标到三维物理世界的交互跨越，端到端延迟压缩至100毫秒以内；累计开展超50例研究者发起试验，建立大规模柔性电极单细胞数据集，近期发布升级版高通量无线系统WRS02，计划2026年推进大规模临床试验。

资料来源：脑虎科技官网，阶梯医疗等公司官网，中航证券研究所

4.脑机接口产业代表性公司—侵入式

公司名称	核心技术路径	代表产品/技术	成立时间	上市状态/代码	所属国家	脑机接口布局/进展
北京芯智达	侵入+半侵入式	北脑一号、北脑二号	2023	未上市	中国	研发出国际首个128通道无线全植入半侵入式脑机接口系统“北脑一号”，已完成6例前瞻性临床试验，用于脊髓损伤、脑卒中导致的运动/语言功能障碍康复；“北脑二号”完成临床前试验，实现猕猴意念控制机械臂动态抓取，2026年启动人体试验。
爱朋医疗	侵入+非侵入式	朋睿脑科聚焦神经系统疾病诊断、认知训练与睡眠监测等数字化诊疗产品的研发，自主研发多模态ADHD行为训练系统。 金佳钲产品聚焦于麻醉深度监测领域，具有脑电信号监测功能。	2001	300753.SZ	中国	爱朋医疗的脑机接口布局聚焦临床，形成了“自主非侵入式产品+参股侵入式企业”的路径。其核心非侵入式产品包括已上市销售的ADM麻醉深度监护仪、进入商业化推广的顽固性失眠麻醉治疗系统，以及核心组件已获二类医疗器械注册证、正处于注册审评阶段的多模态ADHD行为训练系统。同时，公司通过参股常州瑞神安医疗布局植入式神经调控产品，并自研半植入式癫痫预警系统。为支撑发展，公司设立了研究院与产业基金，构建产学研医生态。
三博脑科	侵入式	脑科学创新基金	2003	301293.SZ	中国	三博脑科依托其神经外科临床平台优势，构建了“植入式+介入式”双轨并进的脑机接口布局。公司与清华大学等机构共建联合实验室，于2025年完成了全球首例介入式脑机接口人体试验。通过将脑机接口手术纳入医保收费及设立产业基金，公司正加速相关技术的临床转化与产业化落地。
倍益康	侵入式	植入式脑机接口四川省工程研究中心	2006	920199.BJ	中国	参与“植入式脑机接口四川省工程研究中心”项目，共同建设脑机接口电学技术、软件技术、工艺技术、生物医学等4个研发平台，开展多触点方向性电极 系统、脑机接口芯片化、脑机接口系统设计与集成等关键技术攻关。
岩山科技	侵入式+非侵入式	开展大脑内部状态解析、非器质性重大脑疾病的诊断和干预等前沿领域的研究	1989	002195.SZ	中国	公司通过全资子公司岩思类脑人工智能研究院，重点布局非侵入式脑机接口，其针对中文优化的四级解码架构实现覆盖近2000个常用汉字，单句推理时间小于0.5秒。在医疗领域，公司与复旦大学附属华山医院合作，难治性癫痫诊断系统已进入药监局审批最后阶段，预计2026年量产；消费端已展示意念操控游戏及象棋赛事应用。公司作为上海脑机接口产业集聚区重点企业获政策支持，业务目前处于投入期，计划2026年后逐步实现商业化。
美好医疗	侵入式	植入式脑机接口精密组件	2010	301363.SZ	中国	进入侵入式脑机接口核心供应链，与下游客户深入合作，提供植入材料、精密制造等全流程服务；依托人工耳蜗技术积累，在生物相容性、可植入材料领域有优势，已产生小规模销售收入，助力客户从实验室研发到批量出货的商业化转化。
博拓生物	侵入+非侵入式	参股青石永隽（侵入式BCI，重度难治性抑郁症治疗）	2008	688767.SH	中国	2023年开始研究，2025年战略参股青石永隽（侵入式），2026年参股皓世天辉（非侵入式），形成双路径布局；皓世天辉产品获二类医疗器械注册证，2026年将落地应用，完善抑郁及焦虑症等方向的检测和治疗布局。
诚益通	侵入+非侵入式	脑机接口认知康复系统、上下肢主被动康复系统（非侵入式）	2003	300430.SZ	中国	2025年上半年推出面向教育领域的脑机接口生物反馈系统；发布三款非侵入式神经康复设备样机并筹备注册申报；脑连科技正在进行侵入式脑机研究；侵入式通过子公司脑连科技，与清华大学合作研发柔性微电极与植入式芯片，已完成猕猴实验，正推进临床转化。
乐普医疗	侵入+非侵入式	HandyBot 手功能康复机器人、可充电植入式DBS系统	1999	300003.SZ	中国	双轨布局：非侵入式方面，子公司睿瀚医疗的HandyBot为国内首台获 NMPA 认证的脑控手功能康复机器人，已进入100余家医院；侵入式方面，可充电植入式DBS系统于 2025年11月获批，用于帕金森病治疗。

资料来源：美好医疗官网，博拓生物官网，诚益通官网，乐普医疗等公司官网，中航证券研究所

4.脑机接口产业代表性公司—半侵入式/介入式

公司名称	核心技术路径	代表产品/技术	成立时间	上市状态/代码	所属国家	脑机接口布局/进展
Synchron	半侵入式	Stentrode	2012	\	美国	公司采用独特的血管内植入技术，通过微创介入方式将Stentrode电极阵列经颈静脉输送至运动皮层表面的血管壁，实现设备植入无需开颅；其COMMAND研究已完成美国首个关键性临床试验患者招募，截至2025年底，Synchron在全球（美国及澳大利亚）累计为10名患者完成了植入；2025年与苹果达成合作，未来可实现意念直接控制iPhone和Vision Pro，创始人预计医疗应用获批还需3-5年。
博睿康	半侵入+非侵入式等	NEO 无线微创植入脑机接口系统（半侵入式）、NeusenHub 便携式多模态采集系统、DSI 系列无线干电极脑电系统（非侵入式）	2011	S05787.NQ	中国	NEO 系统为国内首款进入国家药监局创新医疗器械特别审评通道的脑机接口产品，2023年在首都医科大学宣武医院完成首例植入，患者可通过意念控制气动手套恢复抓握等动作；非侵入式产品已获几项医疗器械注册证，广泛应用于脑科学研究与神经疾病诊疗。
心玮医疗	半侵入式	介入式（血管内）脑机接口系统（对标 Synchron 的 Stentrode）	2016	6609.HK	中国	采用颈静脉微创介入方式植入电极支架，无需开颅，已完成多轮动物实验（羊、猴），信号稳定无衰减；项目入选2025年国家人工智能医疗器械创新任务“揭榜挂帅”，预计2026年启动首例人体临床试验，2028年提交注册申请。

资料来源：博睿康官网，心玮医疗官网，Synchron官网，中航证券研究所

4.脑机接口产业代表性公司—非侵入式

公司名称	核心技术路径	代表产品/技术	成立时间	上市状态/代码	所属国家	脑机接口布局/进展
Emotiv	非侵入式	EPOC X	2003	\	美国	公司是全球消费级非侵入式脑机接口的先驱与市场领导者，其核心布局围绕硬件、软件、数据与解决方案四大支柱展开：硬件上形成了从科研级EPOC X到隐蔽式MN8耳塞的全场景产品矩阵；软件上通过EmotivPRO和开放API构建开发者生态；同时运营着全球最大的匿名脑电数据库，为AI算法训练提供燃料。公司正通过与MIT、Neuro XR等机构的合作，将技术应用于教育、神经营销、城市健康监测等领域，并致力于通过AI协同过滤提升信号精度，推动脑机接口设备向日常配饰隐形化发展，引领技术从实验室走向规模化实用。
Neurable	非侵入式	MW75 Neuro LT脑机接口耳机	2015	\	美国	公司的脑机接口布局聚焦于非侵入式消费级赛道，其核心是通过自研的Neurable AI平台将微型EEG传感器无感集成到日常耳机中，已推出的MW75 Neuro LT耳机和CES 2026上与HyperX合作的游戏耳机均能实时监测用户的注意力、认知疲劳等状态并提供反馈。公司正重点拓展游戏电竞与认知健康场景，通过提升玩家的反应与专注力来影响竞技表现，并与iMotions等研究平台合作构建脑数据生态。2025年底完成3500万美元A轮融资后，累计融资达6500万美元，正加速推动其AI信号处理技术从实验室走向规模化日常应用。
强脑科技	非侵入式	智能仿生手、Focus 专注力训练头环	2017	未上市	中国	构建 “医疗康复 + 消费健康 + 教育科技” 三大产品线，全球首款非侵入式脑控智能仿生手获 FDA 批准，亮相北京冬残奥会；自研固态凝胶电极实现量产，将信号采集精准度提升至医疗级的95%以上；2026 年 1 月完成 20 亿元融资，冲刺 “中国脑机接口第一股”。
创新医疗	非侵入式	赛博灵科 AC5、赛博灵科 AM5、BCI-4000（III 期临床）	2003	002173.SZ	中国	通过控股博灵脑机布局脑机接口，“赛博灵科 AC5” 于 2025 年 10 月上市，当年收入 11.40 万元；“赛博灵科 AM5” 已完成多中心临床试验；BCI-4000 为国内唯一进入 III 期临床的侵入式脑机产品，聚焦渐冻症、高位截瘫等重症康复。
翔宇医疗	非侵入式	脑电采集装置、脑控外骨骼机器人	2002	688626.SH	中国	成立 Sun-BCI Lab 脑科学实验室，推出 10 余款脑机接口康复产品，覆盖评估、训练、治疗全链条；“脑机接口 + 康复设备” 一体化方案已在全国 600 余家医院落地，推动康复模式从被动治疗向主动交互升级。
伟思医疗	非侵入式	MagNeuroOne 精神神经调控系统、脑机融合认知功能训练系统	2001	688580.SH	中国	深耕非侵入式脑机接口，打造 “诊断 - 治疗 - 康复” 全周期闭环体系；MagNeuroOne 已获证上市，脑机融合认知训练系统等在研产品聚焦脑卒中、抑郁症等神经精神疾病康复。
麦澜德	非侵入式	脑机接口经颅磁刺激仪、多模态闭环神经调控系统	2013	688273.SH	中国	2026 年 1 月 “脑机接口经颅磁刺激仪” 获医疗器械注册证，为江苏省首个获证的非侵入式脑机产品；布局运动功能康复、认知障碍干预、精神疾病调控三大方向，2026 年推进商业化落地。
瑞迈特	非侵入式	与强脑科技合作研发脑控呼吸健康设备	2001	301367.SZ	中国	与强脑科技签署保密协议，探索将非侵入式脑机技术应用于呼吸机、睡眠仪等呼吸健康设备，提升产品智能化与用户体验，合作事宜正在推进中。
南京熊猫	非侵入式	多模态人机交互系统集成关键技术研发	1992	600775.SH	中国	南京熊猫作为中国电子旗下企业，通过承担江苏省重点研发计划课题的方式介入脑机接口领域，聚焦“基于脑机接口技术的多模态人机交互系统集成关键技术研发”，目前已完成脑机接口智能交互显示终端的原理样机开发，正在优化迭代交互系统，其技术探索覆盖医疗康复、工业制造、消费电子等应用场景。
麒盛科技	非侵入式	“美梦仓”	2005	603610.SH	中国	麒盛科技以“健康科技+智能制造”为双轮驱动，通过控股孵化的迈动数康公司布局非侵入式脑机接口。其核心产品“美梦仓”已实现高精度脑电监测与快速眼动期识别，并攻克了时域干涉神经调控等关键技术，构建了覆盖临床、居家及科研场景的数字化健康产品矩阵。该布局依托公司智能床业务积累的海量睡眠数据，并与顶尖机构开展产学研合作，致力于打造“监测-分析-干预”的全周期健康服务闭环。

资料来源：强脑科技官网，创新医疗官网，翔宇医疗官网，伟思医疗官网，麒盛科技等公司官网，中航证券研究所

3.投资建议：多元竞速阶段，密切关注各家进展催化

- **2026年脑机接口作为“十五五”重点未来产业，开年政策利好密集落地、临床与商业化进展频传，迎来政策红利与产业化的双重共振。产业处于从“技术验证”向“商业化落地”加速转折的关键窗口期，建议投资者沿以下三类技术路径，重点关注具备差异化竞争优势的核心公司：**

- **1）侵入式：技术壁垒高企，关注安全性验证与临床疗效兑现。**侵入式BCI通过植入微电极阵列捕获神经元放电信号，在瘫痪康复、视觉重建等场景具备不可替代性。该路径的核心投资逻辑在于电极的生物相容性与植入系统的安全性。需重点关注企业产品在长期植入中的信号稳定性、免疫排斥反应控制及植入机器人的手术精度。临床试验的推进速度和适应症的疗效验证，将是评估公司价值的核心标尺。建议关注重点企业，如爱朋医疗、三博脑科、倍益康、岩山科技、美好医疗、博拓生物、诚益通、乐普医疗等。

- **2）半侵入式：临床风险与性能平衡，关注监管路径与临床平衡点。**半侵入式BCI将电极置于硬脑膜外，在空间分辨率与手术风险间取得较好平衡，监管审批路径相对清晰。投资视角应聚焦于产品在神经信号采集的稳定性，以及在卒中康复、癫痫监测等场景的临床数据积累，其介于无创与深度植入之间的差异化定位，有望率先打通部分医疗应用闭环。建议关注芯智达、博睿康、心玮医疗等。

- **3）非侵入式：商业化先行，关注场景渗透与产品推广效果。**非侵入式BCI凭借无创、低成本优势，在健康监测、注意力训练等C端场景快速渗透。该路径的投资逻辑锚定商业化落地与产品推广效果，需重点考察企业在算法优化（提升信噪比）、产品定义能力以及渠道拓展上的执行力。医疗端神经调控类产品的适应症拓展进度，亦构成其长期价值增量。建议关注非侵入式领域领先企业如翔宇医疗、麒盛科技、创新医疗、强脑科技、伟思医疗、麦澜德、南京熊猫等。

风险提示

- **技术发展不及预期风险：**面临信号噪声大、解码算法精度低等共性挑战，直接影响产品性能与应用落地；
- **临床验证与注册审批进度不及预期风险：**侵入式产品需严格临床试验，监管框架尚在完善，可能导致产品上市推迟；
- **法律法规不确定性风险：**相关立法滞后，若形成刚性制约，将影响市场推广；
- **商业化落地不及预期风险：**软硬件成本高昂，缺乏成熟产业链支撑。制约大规模普及，影响企业盈利。



闫智：
先进制造行业 分析师
南京大学工学硕士，2022年7月加入中航证券研究所，覆盖机器人、工业母机、锂电设备等。
SAC：S0640524070001



周子硕：
先进制造行业 研究员
南洋理工大学应用经济学硕士，2024年11月加入中航证券研究所，覆盖先进产业中小盘研究。
SAC：S0640124110004

我们设定的上市公司投资评级如下：

买入：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅10%以上。
增持：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅5%~10%之间。
持有：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅-10%~+5%之间。
卖出：未来六个月的投资收益相对沪深300指数跌幅10%以上。

我们设定的行业投资评级如下：

增持：未来六个月行业增长水平高于同期沪深300指数。
中性：未来六个月行业增长水平与同期沪深300指数相若。
减持：未来六个月行业增长水平低于同期沪深300指数。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与，未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

免责声明

本报告由中航证券有限公司（已具备中国证券监督管理委员会批准的证券投资咨询业务资格）制作。本报告并非针对意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则此报告中的材料的版权属于中航证券。**本报告仅供中航证券客户使用，未经中航证券事先书面授权，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本给予任何其他人或其他渠道。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任并有权追究转载方的法律责任，包括但不限于立即停止未经授权的转载行为，通过公开声明或其他方式消除因侵权行为造成的不良影响、要求承担赔偿责任等。**

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作参考之用，并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向他人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而中航证券不会因接受本报告而视他们为客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代行使独立判断。在不同时期，中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易，向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意，及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所依据的研究或分析。

联系地址：北京市朝阳区望京街道望京东园四区2号楼中航产融大厦中航证券有限公司
公司网址：www.avicsec.com
联系电话：010-59219558
传　真：010-59562637

销售团队　陈艺丹，18611188969，chenyd@avicsec.com，S0640125020003
李裕淇，18674857775，liyuq@avicsec.com，S0640119010012
李友琳，18665808487，liyoul@avicsec.com，S0640521050001
李若熙，17611619787，lirx@avicsec.com，S0640123060013