



医疗器械专题之脑机接口

——中国脑机接口行业现状与展望

分析师：谭国超（S0010521120002）邮箱：tangc@hazq.com

分析师：钱琨（S0010524110002）邮箱：qiankun@hazq.com

2025年3月3日

核心观点：

- **政策引导+技术突破，全球脑机接口产业进入高速发展阶段，中国非侵入式脑机接口技术全球领先。**脑机接口正进入爆发式增长阶段，根据前瞻产业研究院预测，2023年全球市场规模达19.8亿美元，预计2028年将突破60亿美元，五年复合年增长率25.22%。中国起步较晚，但政策支持力度显著：2024年工信部将其列为“十大标志性未来产业”，北京、上海等地提出2030年实现核心技术自主可控及临床应用目标。中国围绕非侵入式脑机接口方向，实现弯道超车，首创实现“双环路”脑机交互系统，打破了传统脑机接口的信息交互，并极大突破了操控时间的限制，该技术突破使得中国在非侵入式脑机接口领域处于全球领先地位。
- **医疗健康领域商业化进程领先，多场景应用潜力逐步释放。**医疗健康是当前脑机接口最成熟的赛道，覆盖神经疾病诊断、康复治疗及功能替代。例如，侵入式技术已帮助瘫痪患者实现意念控制机械臂，中国清华大学与宣武医院合作的半侵入式接口临床试验取得突破。根据麦肯锡的测算，全球脑机接口在严肃医疗应用潜在规模在150亿-850亿美元，消费医疗应用潜在规模在250亿-600亿美元。除医疗外，技术正向教育、娱乐、军事等领域渗透：非侵入式设备在VR游戏中的意念交互、教育中的注意力监测等应用已进入试点阶段。长期看，脑机接口或成为元宇宙的核心交互入口，驱动智能家居、无人驾驶等场景革新。
- **技术路线分化与产业链整合并行，基础研究与产品性能仍需突破。**技术路径上，美国以侵入式（Neuralink）和半侵入式（Synchron）为主，中国以非侵入式（BrainCo）为主，形成差异化竞争。我国脑机接口行业面临的核心挑战包括，1) 基础学科限制：语言的脑电解码面临挑战，由机到脑的传输缺乏理论支持；2) 技术瓶颈与产业链短板：技术瓶颈包括信号稳定性（非侵入式）、创伤风险（侵入式）、解码算法效率等，产业链短板主要是上游高精度传感器、专用芯片依赖进口，中游设备商与下游场景协同不足；3) 伦理与监管风险：数据隐私、黑客攻击、意念控制等安全问题，社会公平性（如“脑际鸿沟”）可能引发争议，我国近期虽出台数据安全标准，但全球统一监管框架尚未建立。
- **相关海外企业**：NeuraLink, Synchron, Blackrock Neurotech, Paradromics, Neurabale, Kernel, BrainGate, NeuroPace等；
- **相关国内企业**：强脑科技（BrainCo），博睿康，宁矩科技，脑虎科技，阶梯医疗，优脑银河，脑陆科技，柔灵科技等；
- **相关上市公司（医药生物板块）**：三博脑科，创新医疗，爱朋医疗，伟思医疗，翔宇医疗，复旦复华，迈普医学。

目录

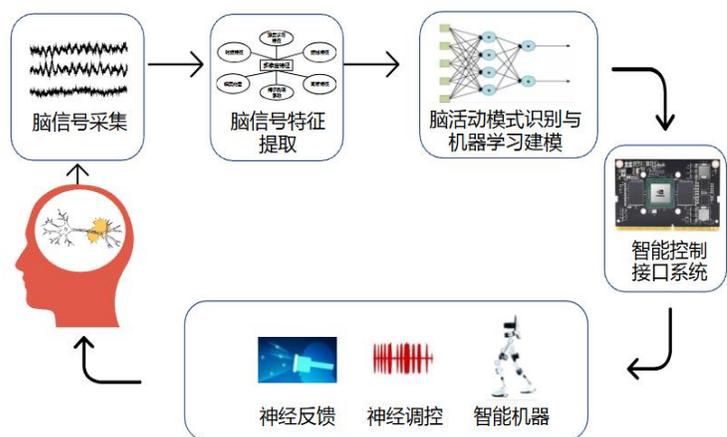
- 1 脑机接口的定义与分类
- 2 脑机接口市场分析
- 3 脑机接口的核心技术与挑战
- 4 脑机接口的产业趋势预判
- 5 上市公司梳理
- 6 风险提示

- 1 脑机接口的定义与分类
- 2 脑机接口市场分析
- 3 脑机接口的核心技术与挑战
- 4 脑机接口的产业趋势预判
- 5 上市公司梳理
- 6 风险提示

1.1 脑机接口：一种将大脑与外部设备连接的通讯系统

- 脑机接口是一种软件和硬件结合的通讯系统，是神经科学和科技的融合。脑机接口可以将大脑（人或动物）与外部设备连接起来，通过使用脑电活动产生的控制信号与周围环境互动，无需外周神经和肌肉的参与。
- 根据脑机接口与大脑的相互作用方式，可将脑机接口分为：侵入式、半侵入式和非侵入式三大类。

脑机接口系统组成



三种不同类别脑机接口的比较

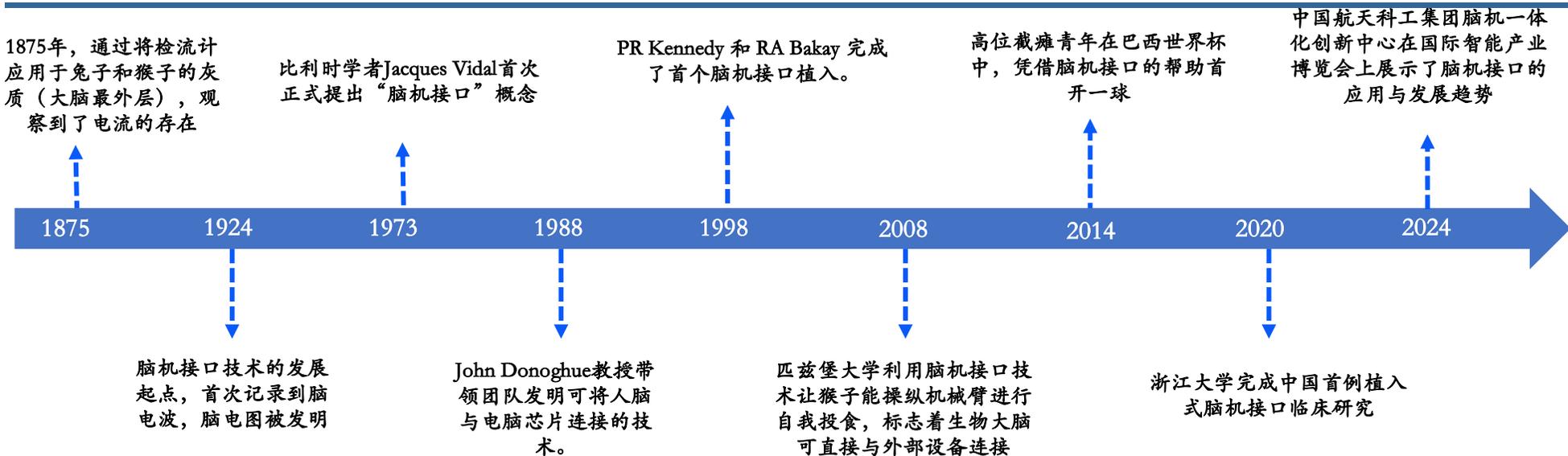
类别	描述	特点
侵入式脑机接口	通过手术将电极植入大脑皮层或大脑内部	优点：信号质量高、精确性好，能直接记录大脑内部神经元活动，提供高分辨率信号。 缺点：手术风险大，可能引发感染、出血等并发症；长期使用可能导致免疫反应或组织损伤。
半侵入式脑机接口	通过手术将电极植入颅骨下方，贴合硬脑膜，但未直接穿透大脑皮层	优点：信号质量优于非侵入式，手术风险相对较小，避免直接穿透大脑皮层。 缺点：仍需开颅手术，对患者身体和心理有一定影响；电极与大脑组织接触可能引起免疫反应或组织损伤。
非侵入式脑机接口	电极放置在头皮上，无需手术	优点：操作简单、成本低廉、风险小，适用于广泛人群和场景。 缺点：信号质量受头皮、头发等因素干扰，空间和时间分辨率受限；但随着技术进步，应用前景广阔。

资料来源：《脑机交互神经调控前沿进展白皮书》，中商产业研究院，《Medicine in Novel Technology and Devices》，华安证券研究所

1.2 脑机接口发展历程：2020年以来，脑机接口应用逐步增多

- 脑机接口的发展主要分为：学术探索、科学论证和应用实验三个阶段。
- 1) 学术探索阶段，主要在20世纪20年代至70年代，1924年脑电波首次被记录，为后续脑机接口的研究奠定了基础；2) 科学论证阶段，主要在20世纪70年代至2000年，1973年脑机接口的概念正式被提出，1988年John Donoghue教授带领团队发明可将人脑与电脑芯片连接的技术，1998年PR Kennedy 和 RA Bakay 完成了首个脑机接口植入，是侵入式脑机接口研究的突破；3) 应用实验阶段，主要从2000年至今，脑机接口的各种应用被陆续开发，2004年，在巴西世界杯上，一位截肢残疾者通过脑机接口和机械外骨骼开球，2020年，我国浙江大学完成中国首例植入式脑机接口临床研究。

脑机接口发展关键里程碑



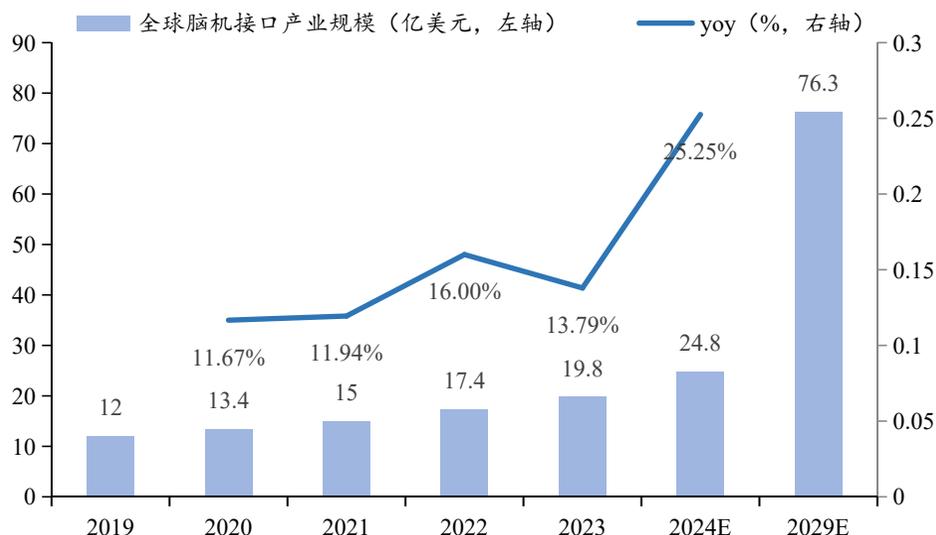
资料来源：头豹研究院、创业邦、《Medicine in Novel Technology and Devices》、天津日报、华安证券研究所

- 1 脑机接口的定义与分类
- 2 脑机接口市场分析
- 3 脑机接口的核心技术与挑战
- 4 脑机接口的产业趋势预判
- 5 上市公司梳理
- 6 风险提示

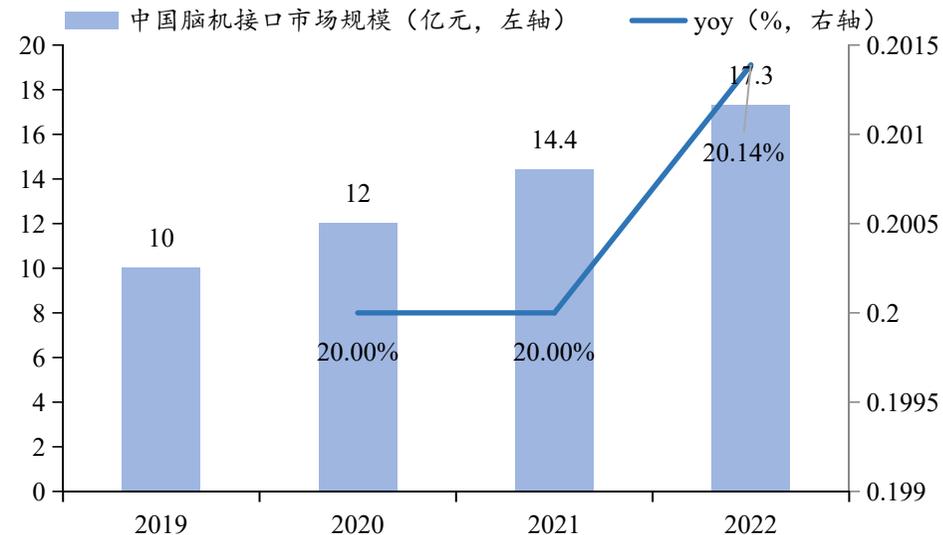
2.1 全球脑机接口市场快速增长，中国脑机市场接口开始起步

- **全球脑机接口市场规模快速增长**，据Grand View Research数据表明，全球脑机接口市场规模2019年为12亿美元，增长至2023年达到了19.8亿美元，预计2024年能达到24.8亿美元，同比增长25.25%，同时脑机接口行业进入高速发展时期，根据前瞻产业研究院基于海外机构预测测算，2025-2029年全球脑机接口市场规模将以年复合增长率25.22%的速度，增长至76.3亿美元规模。
- **中国脑机接口市场开始起步**，根据量子位数据显示2019年，中国脑机接口市场规模为10亿元，据前瞻产业研究院测算，2022年，中国脑机接口市场规模为17.3亿元，同比增长20.14%，维持稳步发展。

全球脑机接口产业规模



中国脑机接口市场规模

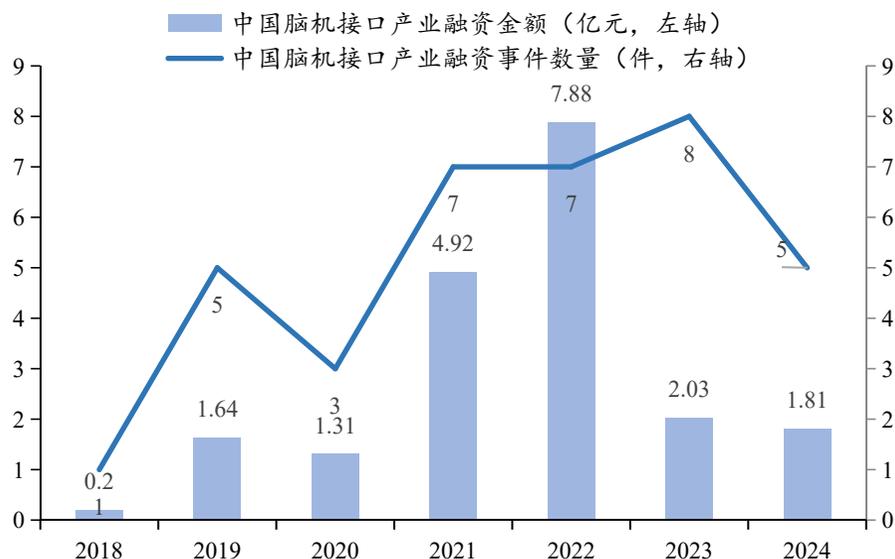


资料来源：Grand View Research, SM Research、Precedence Research、Strategic Market Research、量子位、中国信通院、前瞻产业研究院，华安证券研究所

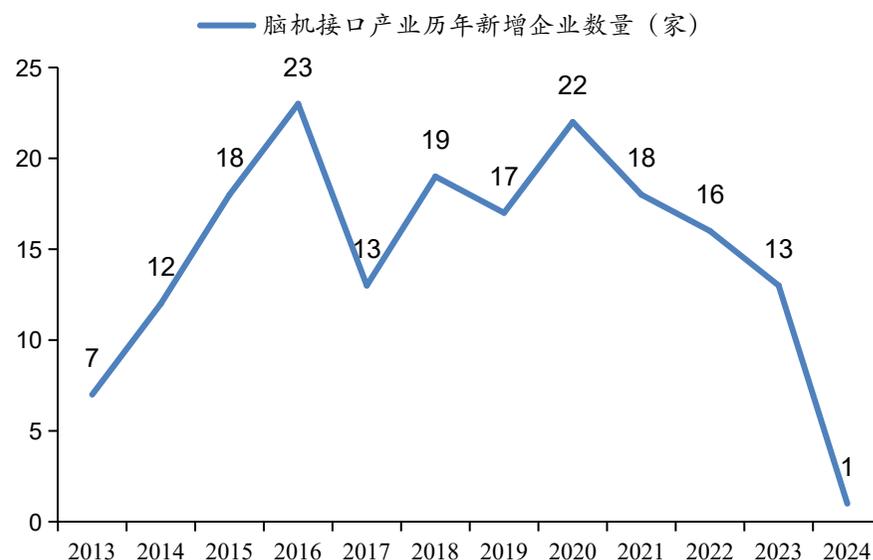
2.2 投融资2022年达到高峰，行业回归稳步发展

- 中国脑机行业投融资在2022年达到高峰，据前瞻产业研究院数据表明，中国脑机接口投融资起步于2018年，2018年投融资金额为0.2亿元，2019-2022年增长迅速，2022年达到7.88亿元，同比增长60.16%，2023年后，受投融资环境影响，开始下滑，维持在2亿元左右规模。

中国脑机接口产业融资事件金额（左轴，亿元）
和事件数量（右轴，件）



脑机接口产业历年新增企业数量（件）

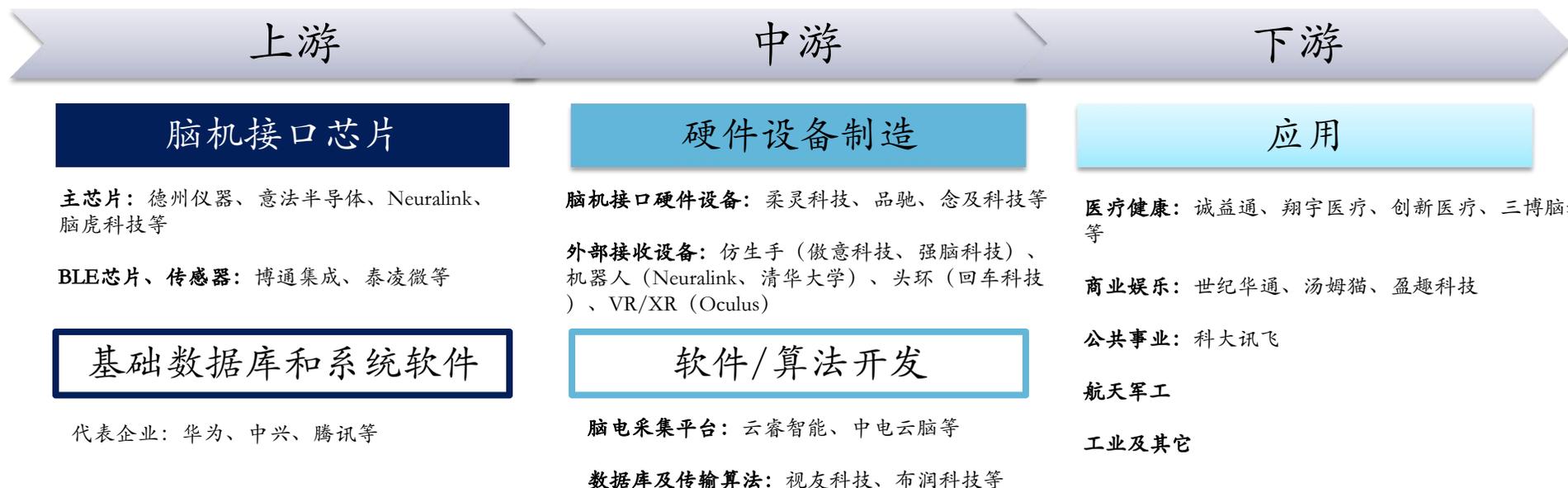


资料来源：IT桔子，incopat，前瞻产业研究院，华安证券研究所

2.3 脑机接口产业链：软件与硬件相结合，上中下游协同发展

■ 脑机接口产业链主要涉及软件和硬件两部分。上游主要是脑机接口芯片和基础数据库和系统软件、中游主要包括硬件设备制造与软件/算法开发、下游主要是脑机接口的应用。

全球脑机接口产业规模



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

- 1 脑机接口的定义与分类
- 2 脑机接口市场分析
- 3 脑机接口的核心技术与挑战
- 4 脑机接口的产业趋势预判
- 5 上市公司梳理
- 6 风险提示

3.1 全球脑机接口竞争格局：美国企业在数量和进度上领先

公司名称	国家	专注领域	采集技术	核心竞争力	简介
NeuraLink	美国	脑科学应用和人类智能	侵入式	埃隆·马斯克旗下公司、柔性电极技术、植入式设备小型化、大规模信号处理能力	公司2020年将直径23mm的芯片（LinkV0.9）植入了猪脑，并且实现了神经信号的读取及写入。2024年9月获得FDA对“盲视技术”芯片的突破性设备认定，并计划将植入费用降至约5000美元。自2023年获批人体试验后，Neuralink已逐步实现从首位受试者（2024年1月）到第三位患者的连续突破。
Synchron	美国	医疗健康	微创式	微创植入技术Stentrode™、FDA临床试验进展快、与OpenAI合作	公司核心产品Stentrode™通过颈静脉血管植入大脑运动皮层，无需开颅手术，直径仅8毫米，极大降低了手术风险和术后炎症。该设备可无线传输脑电信号，帮助患者通过意念控制外部设备，如电脑或电子设备；Synchron是全球首家获FDA批准开展永久植入式脑机接口人体临床试验的公司，已完成10例患者植入手术。
Blackrock Neurotech	美国	医疗健康	侵入式	FDA认证、Utah Array成为行业标准、整合MindX	自2004年起参与人体临床试验，产品已帮助患者恢复运动、语言等功能，以犹他电极技术闻名，拥有全球唯一获FDA批准的皮层刺入式神经传感器NeuroPort电极阵列。
Paradromics	美国	医疗健康	侵入式	大规模神经信号处理技术、军方合作资源	核心团队来自斯坦福大学，开发了高带宽、大规模并行神经元信号记录技术，可同时记录超过65,000个神经元通道信号，远超竞争对手（如Neuralink的900通道），实现高速、高数据率的人机交互；核心产品Connexus®直接数据接口已获FDA突破性医疗器械认定，专为严重神经损伤患者设计。
Neurabale	美国	医疗健康	非侵入式	AR/VR交互、军方合作背景	Neurable专注于开发非侵入式BCI技术，并将其集成到可穿戴设备中，以帮助用户优化专注力、管理疲劳并提升工作效率。其核心产品MW75 Neuro智能耳机（与Master & Dynamic合作）结合了EEG脑电监测和AI分析技术，可实时追踪脑波数据，准确率达90%。
Kernel	美国	脑科学应用和人类智能	非侵入式	TD-fNIRS技术、神经假体、Aim Lab合作	研究一种同时测量和刺激许多神经元电脉冲的方法，用于抑郁症或老年痴呆症等疾病的临床治疗；产品主要应用于失去四肢或其他身体功能失控的患者。2017年实现BCI字符输入、控制自己的躯干和手吃饭；与Aim Lab合作研究电竞选手脑活动差异，优化游戏训练系统。
BrainGate	美国	医疗健康	侵入式	无线脑机接口系统（BWD）、精准的信号解析、FDA人体试验豁免	由布朗大学等机构合作创立。他们的核心技术是植入微电极阵列，捕捉和解析神经信号，帮助残障人士恢复沟通和运动能力。2024年，BrainGate进一步优化无线系统，临床试验显示其信号传输与有线系统性能相当，参与者可实现高精度点击与打字。
NeuroPace	美国	医疗健康	侵入式	RNS系统、纳斯达克上市公司	一家专注于脑机接口技术的公司，成立于1997年，总部在美国加州，2021年在纳斯达克上市（股票代码NPCE），核心产品是RNS系统，一种植入式神经刺激器，用于治疗难治性癫痫。
NeuroSky	美国	消费级脑机接口产品	非侵入式	低成本便携硬件、开放生态系统、多领域应用	NeuroSky成立于2004年，总部位于美国硅谷，是全球领先的非侵入式脑机接口技术公司；公司持续深耕消费电子与健康领域，其生物传感技术通过蓝牙集成于移动机器人控制、神经反馈游戏等场景。
Emotiv	美国	消费级脑机接口产品	非侵入式	采用多通道EEG采集（14-32个传感器）并支持无线连接、开放生态	最先从教育领域切入，同时也涉足医疗及游戏领域，主要产品包括EPOC系列头盔，如EPOC、EPOC+、Insight、EPOC Flex和EPOC X。
Mindmaze	瑞士	医疗健康和游戏	非侵入式	整合神经信号解码、运动分析、混合现实和游戏化疗法，获3项FDA许可和4项CE认证	MindMaze是一家成立于2012年的瑞士医疗科技公司，总部位于洛桑，专注于非侵入式脑机接口技术的研发，结合虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、人工智能和神经科学，为神经系统疾病患者（如中风、创伤性脑损伤）提供康复解决方案。
InteraXon	加拿大	消费级脑机接口产品	非侵入式	消费级脑电波监测设备、用户体验好	InteraXon是一家成立于2007年的加拿大脑机接口公司，总部位于多伦多，专注于非侵入式技术路线。2024年InteraXon与盈趣科技合作的头戴式脑电波监测产品已在北美上市，并应用于天津大学脑机接口实训课程。
G.tec	奥地利	医疗健康	非侵入式	高性能硬件与算法、实时数据分析能力	G.tec是奥地利公司，成立于1999年，专注于脑机接口和神经技术产品。他们的核心技术是基于脑电波的非侵入式BCI，应用在医疗、科研和消费电子领域。

资料来源：NeuraLink等公司官网，华安证券研究所（不完全统计）

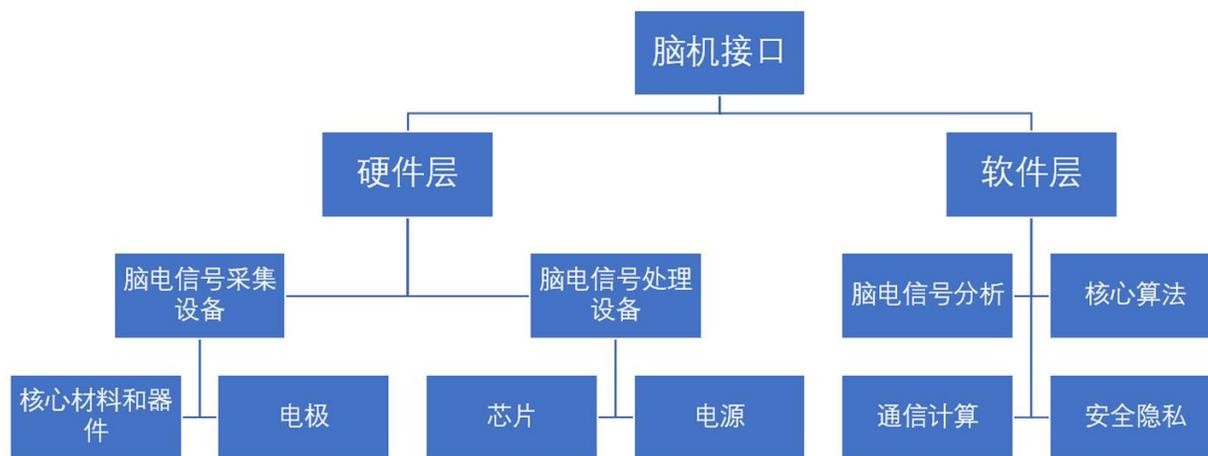
3.2 中国脑机接口竞争格局：整体呈现医疗应用为主

公司名称	简介
强脑科技 (BrainCo)	成立于2015年,国内首家获得FDA认证的非侵入式脑机接口产品,产品包括注意力监测头环及提升系统,二代头环产品(可穿戴脑电检测设备)已实现10万台量产下线;智能仿生手,通过处理肌电神经电信号来实现动作控制,为残疾人群提供康复、训练等,在运动感知方面具有很强的仿生性;以及孤独症干预、正念冥想等产品和服务。
博睿康 (Neuracle)	成立于2011年,核心团队来自于清华大学神经工程实验室,当前主要有三个产品矩阵:科研级脑电采集与刺激设备,应用于生物医学、心理学、神经科学等领域的科学研究;医疗级脑电设备,应用于癫痫、脑肿瘤、脑血管病等疾病的诊断与监护;微创植入脑机接口系统,应用于难治性癫痫治疗、神经系统疾病康复等临床场景。
宁矩科技 (NeuraMatrix)	成立于2019年11月,清华大学电子系孵化,聚焦脑机接口材料、芯片与系统,其自研的脑机接口专用系统级芯片2021年已流片成功,128通道,面积约0.5cm ² ,集成采集刺激模块、无线发射模块,以及算法模块,一些参数指标(比如功耗、抗噪等)具有优势。
脑虎科技 (Neuroxess)	成立于2021年,由中科院上海微系统所研究员陶虎、前阿里巴巴本地生活副总裁彭雷联合创立。在电极方面,脑虎科技发布了高通量柔性深部电极,利用蚕丝蛋白把电极柔软的表面固化,让电极的硬度介于血管和脑组织之间,以方便植入;植入完成后,蚕丝蛋白便会溶解,逐渐恢复之前的柔软,目前被验证在体时间可超过12个月。
阶梯医疗 (StairMed)	成立于2021年8月,创始团队来自中科院神经所,聚焦侵入式脑机接口研发,在超柔性微纳电极方面积累深厚。通过微纳技术,将电极做到细胞尺寸,即一根头发丝的1/300—1/200,以降低电极厚度和弯曲应力。其最新的工作中已实现最高2304通道信号记录的无免疫瘢痕植入,空间采样密度达1024通道/立方毫米,埋植超过300天以上,仍能稳定采集脑电波信号。
优脑银河 (Neuralgalaxy)	成立于2019年5月,基于个体精准脑功能图谱技术,能够识别脑功能图谱中200多个功能区和疾病信号通路,进而对个体脑功能异常环路进行精准检测和干预。目前优脑银河已经在北京开设诊所,针对抑郁症、自闭症、帕金森、失语、运动障碍、睡眠障碍等脑疾病提供干预服务。
脑陆科技 (BrainUp)	成立于2018年底,非侵入式脑机交互厂商,清华大学人工智能学院院长张钹院士担任公司首席科学家。目前在推广的产品主要是SleepUp医疗级睡眠仪,通过EEG脑电信号采集与AI技术,帮助用户监测睡眠情况;并通过粉噪音和白噪音等节律声波进行实施神经调控,实现助眠干预。
柔灵科技 (Flexolink)	成立于2020年,专注非侵入式脑机接口在消费电子、医疗领域的应用,2021年8月完成数千万元天使轮融资。目前主要有三款产品,寻找落地应用的场景:脑电柔性睡眠贴片,用于睡眠监测和改善;肌电手环,静态条件下可识别20种手势,准确率达91%;宠物情绪监测可穿戴设备,采取多模态数据传输,采集宠物心电、体温、呼吸等作为参数,反应宠物情绪变化。
念通智能 (ECon)	成立于2016年,由上海交通大学孵化,目前针对脑卒中患者,开发了脑控外骨骼康复训练系统,由脑电头盔、外骨骼机械手组成,系统的辅助下,患者即可通过自己的脑电波控制患侧肢体进行主动康复训练。
应脉医疗	成立于2020年4月,应脉医疗的非侵入式脑机接口,主要面向普通消费者,便捷脑电信号采集平台,可实现16通道采样率、高输入阻抗,可用于认知研究,意念打字,脑控设备等。

资料来源:36氪,公司官网,华安证券研究所(不完全统计)

3.3 脑机接口的核心技术与壁垒：传输、芯片、算法

- 脑机接口的技术体系主要分为硬件层和软件层。我们认为，脑机接口产业形成技术壁垒或造成技术瓶颈的主要有传输系统、芯片和核心算法。
- **传输系统：涉及脑电信号的采集。**对于侵入式脑机接口设备，传输系统以电极的形式存在。传输系统对采集脑电信号的噪比、信号质量都有一定要求。目前国内缺乏商业化的侵入式电极，而美国的研究更深、产业成熟度更高，例如Blackrock的NeuroPort电极，以及后来的NeoruLink电极；国内研究团队主要集中在非侵入式脑电采集并取得了较多进展。
- **芯片：脑电信号预处理与分析。**芯片是将脑电信号转化为数字信号的芯片。芯片原材料依赖于国外供应商，例如硅晶圆主要由美国的GlobalFoundries和台积电生产，金属线材主要由美国的TE Connectivity和日本的Furukawa Electric等公司生产。
- **核心算法：脑电信号深度分析与算法。**核心算法是脑机接口实现“脑-机”高效交互的核心驱动力，算法对脑电信号的信号处理和特征提取、意图解码与分类、提升系统性能和应用扩展有重要意义，直接影响技术应用的可行性与普及度。



资料来源：脑机接口行业图谱，华安证券研究所



3.4 脑机接口的技术瓶颈和挑战：处于技术早期阶段

► 学界基础研究不足

学界对大脑反馈刺激和大脑工作机制的神经学研究依然十分有限。脑机接口技术的研究尚处在解决“从脑到机”方向的输出和控制问题，虽然效率和准确率很低，但在未来5-10年仍有优化潜力。研究“从机到脑”的问题难度更大，原因是目前神经科学相对于神经编码的具体方式还处于未知状态，“从机到脑”几乎是无从下手的阶段。

► 难以商业化和规模化

目前，脑机接口的发展阶段还处在实验室展示以及医疗康复用途，娱乐、教育等脑机接口产品距离大规模商业化仍然有着一定距离。例如，如何降低成本打造大众消费级脑机接口产品，如何连接手机、耳机、VR/AR眼镜等电子设备互通互联，从而突显脑机接口作为消费级产品的必要性。

► 业界跨学科复杂性

脑机接口技术是一个跨学科的研究领域，需要多个学科的支持和协同合作。为此，需要加强不同领域之间的交流和合作，建立起一个开放的平台，促进各方面的资源整合和知识共享。同时，还需要提高不同学科专家的综合素质，加强对多学科知识的了解和掌握，从而实现跨学科合作的无缝对接。

► 存在安全伦理挑战

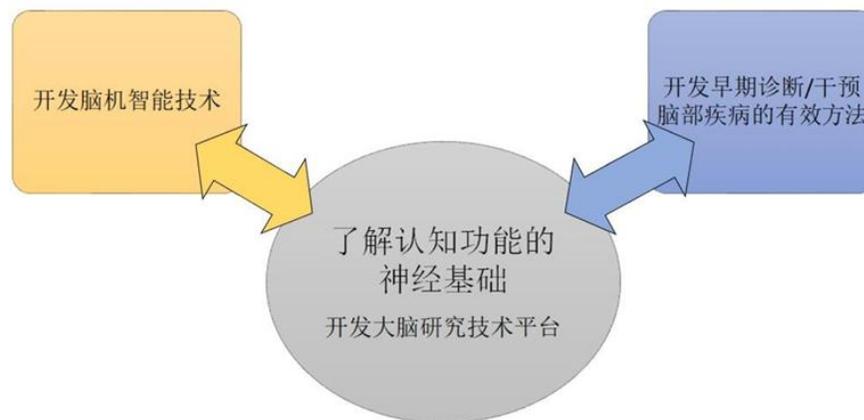
人脑在现阶段可以被视为最安全的生物信息智能处理系统，具备不可替代性。脑机接口技术的应用可能会涉及到一系列的安全和伦理问题，并破坏隐私性，如黑客攻击、意念控制、数据窃取等安全问题，以及人性问题、伦理问题、审查问题等。脑机接口的成熟也可能导致人与机器、精神世界与物质世界边界更模糊。

- 1 脑机接口的定义与分类
- 2 脑机接口市场分析
- 3 脑机接口的核心技术与挑战
- 4 脑机接口的产业趋势预判
- 5 上市公司梳理
- 6 风险提示

4.1 脑科学和类脑研究是国策，呈现“一体两翼”布局

- **脑科学研究已经被提升至国家战略。**我国的脑科学和类脑研究已经被提升为国家战略，中国脑计划自 2016 年启动，包括探索大脑秘密和攻克大脑疾病的脑科学研究以及建立并发展人工智能技术的类脑研究两个方向。在 2017 年《“十三五”国家基础研究专项规划》中，脑与认知、脑机智能和脑的健康被明确提出作为核心问题；在十四五规划和 2035 年远景目标纲要中，人工智能和脑科学为国家战略科技力量，其中类脑计算和脑机融合技术研发是重要领域之一，而脑机接口技术是脑机智能融合技术的关键之一。
- **我国脑机接口框架呈现“一体两翼”的布局。**国家对脑机接口的布局设想可用“一体两翼”来概括，其中以研究脑认知的神经原理为“主体”，其中以绘制脑功能联结图谱为重点，而研发脑重大疾病诊治新手段和脑机智能新技术为“两翼”。

中国脑计划框架图



资料来源：脑机接口行业图谱，华安证券研究所

4.2 中央上升至国家战略，地方出台政策快速跟进

- 各地方政府出台相关政策大力支持脑科学与类脑研究的发展，上海和北京优先成立脑科学和类脑研究机构。我国的脑科学和类脑研究已经被提升为国家战略，中国脑计划自2016年启动，包括探索大脑秘密和攻克大脑疾病的脑科学研究以及建立并发展人工智能技术的类脑研究两个方向。2016年国务院《“十三五”规划纲要》中提出，将“脑科学与类脑研究”列为国家重大科技创新项目和工程，标志“中国脑计划”启动。在2017年《“十三五”国家基础研究专项规划》中，脑与认知、脑机智能和脑的健康被明确提出作为核心问题。地方陆续出台政策跟进，其中以北京和上海最快。

时间	发布机构	文件名称	主要内容
2016年3月	国务院	《“十三五”规划纲要》	将“脑科学与类脑研究”列为国家重大科技创新项目和工程，标志“中国脑计划”启动。
2017年6月	科技部等	《“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，“一体两翼”的布局
2020年8月	发改委、科技部、工信部	《国家新一代人工智能标准体系建设指南》	规范人机交互系统，推动多模态交互技术发展。
2020年12月	科技部	《长三角科技创新共同体建设发展规划》	聚焦脑机接口等重大基础平台建设。
2023年8月	工信部、科技部等	《新产业标准化领航工程实施方案（2023-2035年）》	开展脑机接口标准化研究。
2024年1月	工信部、教育部等	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	突破脑机融合、类脑芯片等前沿技术。
2024年2月	科技部	《脑机接口研究伦理指引》	确保脑机接口研究的伦理规范和社会责任。
2025年1月	北京市科委、中关村管委会、经信局	《加快北京市脑机接口创新发展行动方案（2025-2030年）》	提出2027年前突破电极、芯片、算法等核心技术，2030年形成产业生态，推动临床试验和商业化应用。
2025年1月	上海市政府	《上海市脑机接口未来产业培育行动方案（2025-2030年）》	培育企业数量目标，加速技术转化和产业链布局。
2025年2月	国家药监局	《采用脑机接口技术的医疗器械用于人工智能算法的脑电数据集质量要求与评价方法》	确立行业标准，推动脑机接口医疗器械规范化。

资料来源：政府官网，华安证券研究所

4.3 全球政策现状：主流国家均支持或推动脑机接口产业发展

- 主流国家高度重视脑机接口产业的发展，通过政策、资金和技术等多方面支持，抢占脑机接口行业高地。美国最早通过奥巴马提出了脑计划项目的设想，在2017年正式通过DARPA神经工程系统设计项目（NESD）进入脑机接口领域，民间资本活跃，是推动脑机接口产业技术进步和应用落地最快的国家；中国将脑科学与类脑研究列为国家战略科技力量，2024年出台了《关于推动未来产业创新发展的实施意见》，将脑机接口设定为未来产业；欧盟、日韩等国家也均通过政策引导和资金支持，加速脑机接口技术的创新与应用。

国家	文件	内容
美国	《神经工程系统设计计划》	美国于2017年正式进入脑机接口领域；该计划的目标是制造能够连接一百万个神经元的高保真度大脑植入芯片NESD计划将耗资6500万美元，同时集结脑机接口领域最精干的研发力量。
中国	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	中国政府将脑机接口定义为未来产业，鼓励脑机接口打造标志性产品。
日本	《脑/心机能利用技术推进战略》	日本政府制定的战略，旨在推进脑科学研究和脑机接口等相关技术的发展。
欧盟	《人类大脑计划（HumanBrainProject）》	欧盟于2013年启动的项目，旨在模拟人类大脑，推动神经科学和脑机接口等领域的研究。
新加坡	《智慧国家或地区计划》	以数字化技术为核心，支持包括脑机接口在内的神经技术研究与应用。新加坡科技研究局资助相关项目。
加拿大	《国家或地区科技与创新计划》	尽管未专门提及脑机接口，加拿大科学研究委员会（NSERC）支持神经工程和脑机接口技术的基础研究。
俄罗斯	《国家或地区科技发展战略》	俄罗斯在《国家或地区科技发展战略》文件中列举的重点领域包括脑科学和神经技术，BCI技术被纳入神经科学研究范畴，支持技术创新。
以色列	《国家或地区创新计划》	以色列将脑科学和人工智能结合，用于神经康复和军事领域，支持脑机接口技术的开发和应用。
沙特阿拉伯	《Vision2030》	沙特将脑科学研究纳入未来产业发展，支持脑机接口技术在健康和康复领域的应用研究。
印度	《科学与工程研究优先计划》	印度科学与工业研究理事会（CSIR）支持脑科学和神经技术研究，包括脑机接口在内的多项前沿技术。

资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

4.4 产业应用发展现状：医疗应用为起点，未来不断迭代完善

- **美国案例：Neuralink专注于侵入式脑机接口技术的医学应用。**其核心目标是通过植入柔性电极和自主研发的高集成度芯片，实现脑部信号的精准采集与解码。目前，Neuralink已获得美国FDA批准开展人体临床试验，主要针对瘫痪患者和神经系统疾病（如帕金森病、脊髓损伤）的康复治疗。例如，其技术旨在帮助患者通过脑电信号直接控制外部智能设备（如机械臂、电脑光标），从而恢复部分运动功能。此外，Neuralink也在探索通过电刺激改善失明患者的视觉感知能力。
- **中国案例：清华大学医学院洪波教授团队设计研发的无线微创植入脑机接口NEO在宣武医院成功完成首例临床植入。**首例患者是一位车祸引起的颈椎处脊髓完全性损伤（ASIA评分A级），处于四肢瘫痪状态已经14年。该系统采用无线微创设计，体内机埋在颅骨内，电极覆盖在硬膜外，不损伤大脑细胞，手术后10天患者出院回家。经过三个月的居家脑机接口康复训练，患者可以通过脑电活动驱动气动手套，实现自主喝水等脑控功能，抓握解码准确率超过90%。

美国Neuralink帮助患者用意念打游戏



中国首例患者通过无线微创脑机接口实现脑控抓握



资料来源：公司官网，华安证券研究所



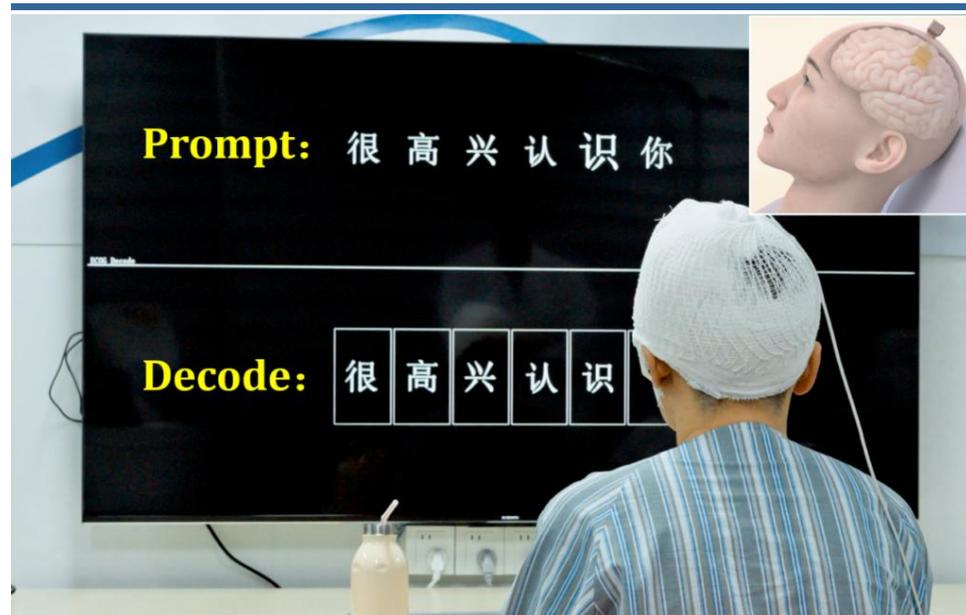
4.5 中国侵入式脑机接口实现追赶，意念实时合成汉语解码

- 上海脑虎科技完成国内首例汉语语言功能重建临床试验。2024年12月23日，脑虎科技联合华山医院神经外科吴劲松教授团队，开展国内首例高通量植入式柔性脑机接口实时合成汉语言临床试验。受试者通过植入公司自主研发的高通量柔性脑机接口，手术过程仅几分钟，术后七天实现了142个常用汉语音节下71%的解码准确率，且单字解码时延小于100毫秒。
- 与Neuralink技术路线相同，脑虎科技先一步同时实现运动解码和实时汉语解码。目前，Neuralink实现了实时运动解码，此次临床试验成功让脑虎科技成为目前行业内唯一同时实现实时运动解码和实时汉语解码的侵入式脑机接口企业。

实时意念操控XessOS系统



实时汉语言解码

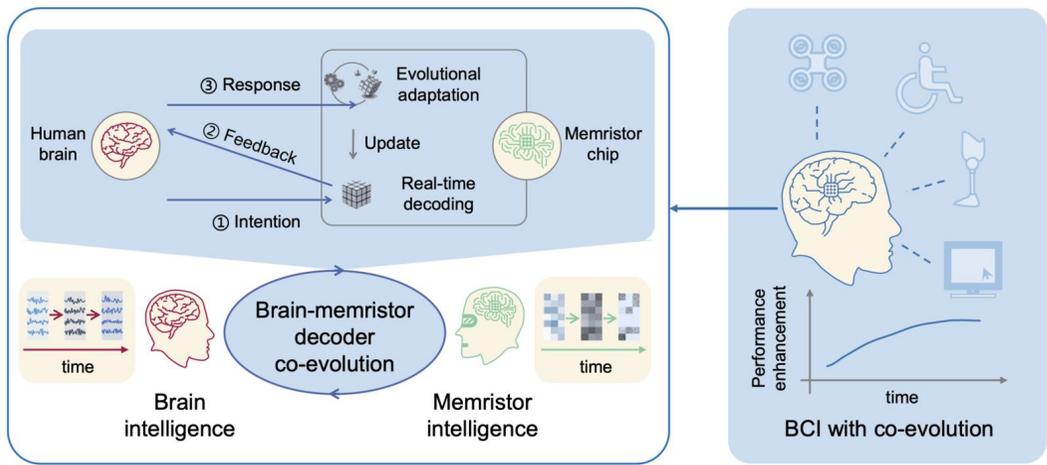


资料来源：脑虎科技官网，华安证券研究所

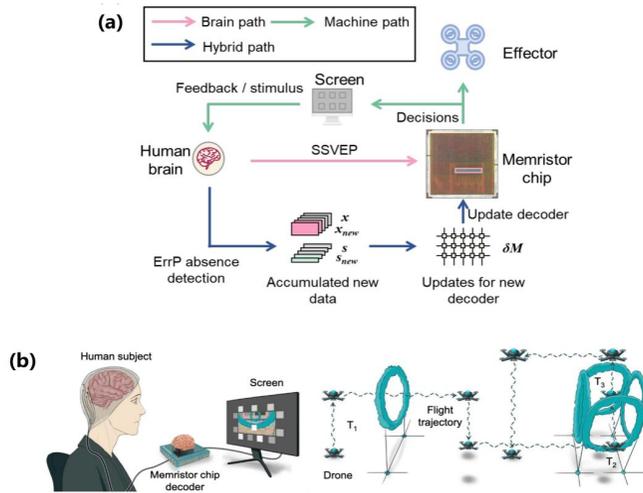
4.6 中国非侵入式脑机技术引领全球，全球首次实现双环路

- 天津大学和清华大学合作研发“双环路”脑机接口系统，标志着脑机交互的重大突破。该系统利用忆阻器神经形态器件，实现了大脑与机器之间的高效协同演进，提升了脑机交互性能，解决了传统脑机接口系统长时程适应性差的问题；该成果成功实现了人脑对无人机的四自由度操控。相比传统方案，“双环路”系统不仅精度更高，能耗更低，而且能够处理更复杂的任务，例如控制无人机进行更复杂的飞行动作。
- “双环路”系统是基于忆阻器对脑机协同演进概念的一次技术验证。“双环路”通过长时程大脑与忆阻器神经形态器件之间的信息交互初步实现了人与机器的互适应、互学习，为未来实用型脑机接口系统提供了重要的理论基础与技术支撑，有望拓展到更多便携式或可穿戴脑机接口设备中，服务于消费级、医疗级等各类智能人机交互实用场景。

双环路协同演进脑机接口框架



(a) 脑-忆阻器交互式更新框架;
(b) 基于忆阻器脑电解码的实时脑控无人机飞行



资料来源：清华大学官网，Nature，华安证券研究所

4.7 未来发展趋势：颠覆产业形态，开创下一代人机交互系统

- **脑机接口设备的规模化和商业化将颠覆产业形态，开创下一代人机交互系统。**随着脑机接口的硬件设备不断突破，核心算法持续迭代，通过脑电信号直接操控设备，将取代键盘、鼠标甚至触摸屏等传统交互方式，通过意识驱动形成“人-机”直连通道。这种“去中介化”的人机交互系统的必然结果是，人类让渡一部分权力交给机器/算法代理做决策。
- **脑机接口技术有助于反哺各学科研究的进步，提升新质生产力的发展。**1) 生物学：脑机接口技术有利于更深入、直接地了解大脑工作机制，例如运动控制、情绪调节和认知功能，并帮助开发治疗神经疾病的新疗法。2) 心理学：更加深入理解注意力缺失/成瘾机制/心理状态研究等，帮助人类增强心理建设。3) 人工智能和通讯技术：对于人脑的深入研究和了解，也有助于人类在开发AI算法方面实现优化，同时改变传统通讯技术方式，也为未来高速通讯提供新思路。

在不同时代人机交互的主导权体现了科技的进步

时代划分	脑机接口（广义）	沟通媒介	信息主导权	应用领域
人机交互1.0（2000-2025年）	电脑、手机	键盘、鼠标和触屏	人脑为主	已普及
人机交互2.0（2025-2050年）	手机、AR眼镜	触屏、语音、图像和脑电	进一步解码脑电，依然人脑为主	康复医疗，脑部疾病治疗，游戏，教育，智能驾驶
人机交互3.0（2050年+）	AR眼镜、电极/芯片	脑电为主、图像为辅	强调算法对人脑的帮助，规避人性弱点，人机共存	AI代理、机器人代理，人类智慧共同体，助力基础学科突破
人机交互终极形态	脑机接口芯片	脑电、脑纹	人机共存，AI主导成为管家	高精尖领域突破，颠覆原有生产关系

资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

- 1 脑机接口的定义与分类
- 2 脑机接口市场分析
- 3 脑机接口的核心技术与挑战
- 4 脑机接口的产业趋势预判
- 5 上市公司梳理
- 6 风险提示

5. 脑机接口相关上市公司梳理

证券代码	证券名称	所属行业	总市值 (亿元)	市盈率 (TTM)	2023年营业收入 (亿元)	2023年归母净利润 (亿元)	推荐逻辑
301293.SZ	三博脑科	医药生物	106.58	97.21	13.13	0.78	以神经专科为特色的医疗服务集团，与清华大学合作成立“清华-三博脑科脑机精准医学联合研究中心”，聚焦脑疾病精准诊疗与技术创新。
002173.SZ	创新医疗	医药生物	44.61	-93.11	8.06	-0.34	集团和浙江大学科研团队联合成立博灵医疗科技，聚焦脑科学研究与医疗健康领域的成果转化，专注于中风偏瘫人群康复训练与生活辅助器具的设计开发与应用。
300753.SZ	爱朋医疗	医药生物	27.04	511.40	4.22	0.08	参股常州瑞神安，国内少数掌握无创脑电信号采集、处理以及智能算法构建的企业之一，这些技术自主可控且拥有专利，涵盖了非侵入式和侵入式两种技术路线。
688580.SH	伟思医疗	医药生物	33.18	29.43	4.62	1.36	公司拥有的视频脑电信号同步技术、多导脑电帽自动识别技术，以及脑电的背景自动识别睡眠觉醒周期自动判别、爆发抑制和惊厥识别等基于大数据的多种电生理数据自动分析处理算法，可广泛运用于新生儿脑功能监护及筛查领域。
688626.SH	翔宇医疗	医药生物	60.00	49.43	7.45	2.27	以非侵入式康复设备为主要方向，产品以精神心理、脑电采集装置、主动训练等为主，和天津大学和西安交通大学有合作。
600624.SH	复旦复华	医药生物	54.78	-165.20	6.80	0.06	技术已帮助残障人士恢复部分运动功能，未来潜力巨大。
301033.SZ	迈普医学	医药生物	31.85	46.66	2.31	0.41	非直接关联，从事神经外科手术耗材研发与销售，如人工硬脑膜补片、硬脑膜医用胶、氧化再生纤维素类止血材料等。
300238.SZ	冠昊生物	医药生物	34.58	196.78	4.04	0.31	非直接关联，从事再生医学材料植入耗材研发，生物型硬脑膜补片、B型硬脑膜补片。
300430.SZ	诚益通	机械设备	49.09	34.95	11.76	1.70	主要和清华大学、华南理工大学等高校合作，三款脑机接口产品已经进入了筹备注册阶段孙公司北京脑连科技有限公司与大兴医药基地管委会联合成立“脑机接口植入式生物实验室”。
002243.SZ	力合科创	美容护理	109.68	62.92	25.16	3.29	参股微灵医疗，研发医疗级全植入式无线脑机接口系统。
002414.SZ	高德红外	国防军工	357.03	-212.88	24.15	0.68	成功研发65000通道脑机接口芯片，技术国际领先。
002338.SZ	奥普光电	国防军工	103.08	193.58	7.73	0.87	参与“面向脑机接口的机载战场图像信息获取系统”项目，具备原理性研究能力。
300793.SZ	佳禾智能	电子	81.01	163.21	23.77	1.33	拥有脑电波采集通信系统相关发明专利，布局脑机接口硬件设备。
300007.SZ	汉威科技	机械设备	148.82	156.45	22.87	1.31	子公司苏州能斯达在新型柔性触觉传感器类脑交互方面有技术布局。
300459.SZ	汤姆猫	传媒	229.23	-23.36	13.48	-8.65	开发情感陪伴大模型，专注脑机接口在互动娱乐领域的应用。

资料来源：ifind（2025.02.26），华安证券研究所

目录

- 1 脑机接口的定义与分类
- 2 脑机接口市场分析
- 3 脑机接口的核心技术与挑战
- 4 脑机接口的产业趋势预判
- 5 上市公司梳理
- 6 风险提示

6. 风险提示

- 脑机接口行业尚处于早期阶段，存在基础科研不成熟、产品研发不及预期及商业化进度缓慢等风险。
- 脑机接口行业存在一系列安全、合规和伦理风险，由此产生的隐私破坏可能造成法律风险。
- 本文所涉及的行业未来设想仅代表个人观点。



重要声明

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证，据此投资，责任自负。本报告不构成个人投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

行业评级体系

- 增持：未来6个月的投资收益率领先沪深300指数5%以上；
- 中性：未来6个月的投资收益率与沪深300指数的变动幅度相差-5%至5%；
- 减持：未来6个月的投资收益率落后沪深300指数5%以上；

公司评级体系

- 买入：未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；
- 增持：未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；
- 中性：未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
- 减持：未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至15%；
- 卖出：未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上
- 无评级：因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。市场基准指数为沪深300指数。