

人脑与数字世界的融合未来

——脑机接口行业报告

行业评级：看好

2024年3月12日

分析师 刘雯蜀

邮箱 liuwenshu03@stocke.com.cn

证书编号 S1230523020002

研究助理 郑毅

邮箱 zhengyi@stocke.com.cn

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

■ 脑机接口为新质生产力提出的九大未来产业之一。

- **脑机接口 (BCI-Brain-Machine Interface, 以下统称BCI)** 是指在人或动物大脑与外部设备之间创建的直接连接实现脑与设备的信息交换, 其工作流程包括脑电信号的采集和获取、信号处理、信号的输出和执行, 最终再将信号反馈给大脑。
- **脑机接口是新质生产力未来产业之一。** 2023年习近平总书记提出新质生产力, 新质生产力不是传统生产力的局部优化与简单迭代, 而是由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生的先进生产力。中国政府高度重视BCI技术的发展, 将其列为《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》和《“十四五”规划纲要》中的重点发展领域。
- **全球脑机接口产业迎来突破性进展。** 2024年1月, 以Elon Musk为代表的Neurolink公司已完成首例人类大脑设备植入手术, 目前Neuralink公司正试图让患者“通过思维来尽可能多地点击鼠标”, 包括上下移动电脑鼠标等。

■ 脑机接口产业软硬件技术逐步迭代。

- **在新的BCI技术催化、国家战略的重视以及应用需求的不断扩张的协同作用下, BCI市场规模持续扩张。** 根据中商情报网报告, 2023年, 全球BCI市场规模达19.8亿美元, 预计到2027年市场规模达33亿美元, 7年间年复合增长率约为14%。脑机接口信息采集层面可分为侵入式、部分侵入式和非侵入式。非侵入式市场份额占比为86%。
- **产业应用上,** BCI市场仍主要以医疗为主。未来, BCI在教育、游戏、智能家居、军事领域的应用占比将逐步提升。
- **软件层面,** 人工智能技术的高速发展将为BCI带来更多的创新机会, 深度学习具有强大的特征提取和模式识别能力, 在近年来技术不断更新迭代, 实现了算法的更新迭代并有望突破BCI数据个体差异化的障碍。**硬件层面,** 更高精度的传感器正在被开发, 设备越来越轻便、便携, 侵入性与人体的兼容性正在持续改善。

■ 脑机接口的核心厂商主要集中在下游应用领域。

- 脑机接口的下游主要负责将脑机接口系统应用到实际场景中, 按中商情报网报告显示, 下游企业数量占该产业的比例为62%。上游软硬件核心技术厂商较为稀缺, 企业分布占8%。中游的系统集成和生产厂商占比为30%。
- 美国作为最早提出脑科学计划及其行业发展规划、技术发展最为迅速的国家, 目前已有企业进入临床阶段, 代表性厂商有Neuralink、Synchron、BrainGate等。
- 中国厂商起步较晚, 大多诞生于2010年后, 目前还处于初创阶段, 代表性厂商有博睿康、云睿智能、臻泰智能、脑虎科技等。

■ 风险提示: 1、技术发展不及预期; 2、行业需求不及预期

目录

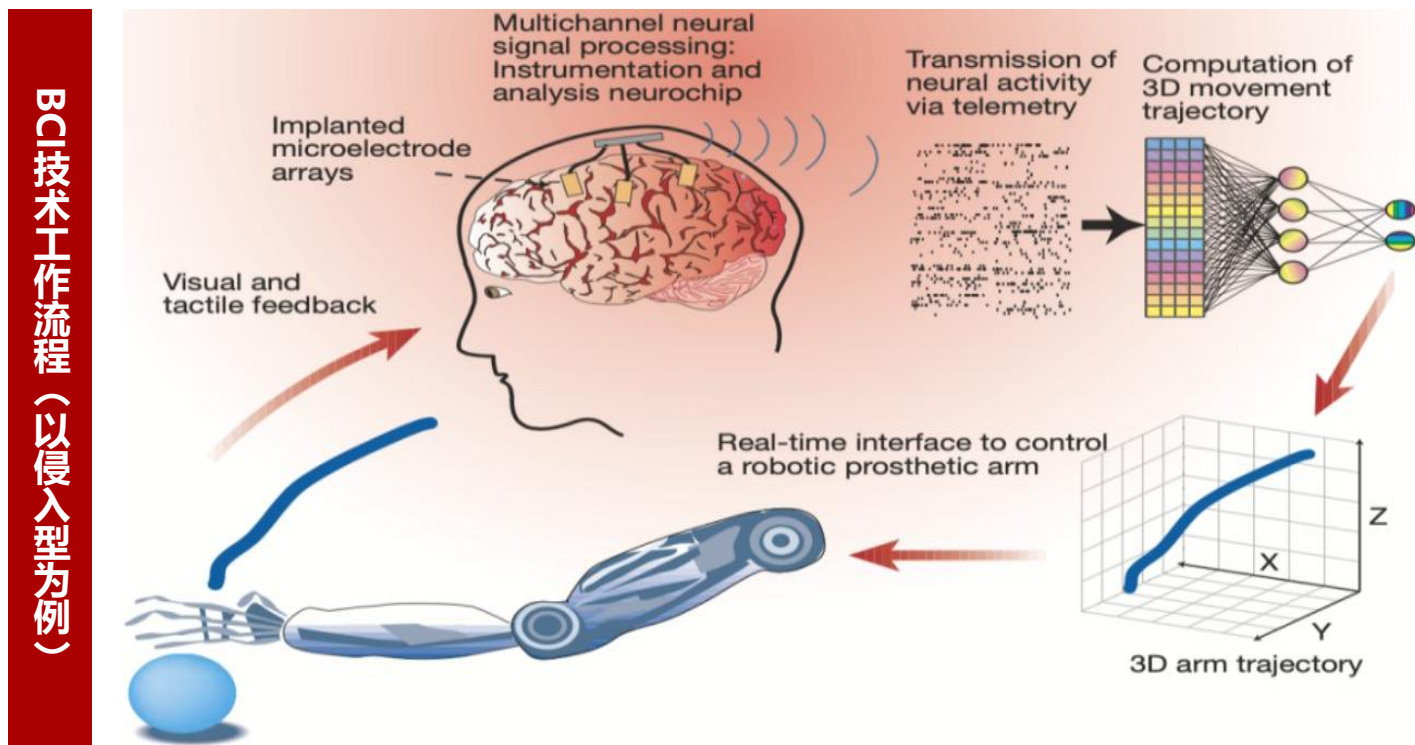
CONTENTS

- 01 脑机接口概述
- 02 软硬件技术迭代
- 03 从实验室走向商业
- 04 产业核心厂商
- 05 风险提示

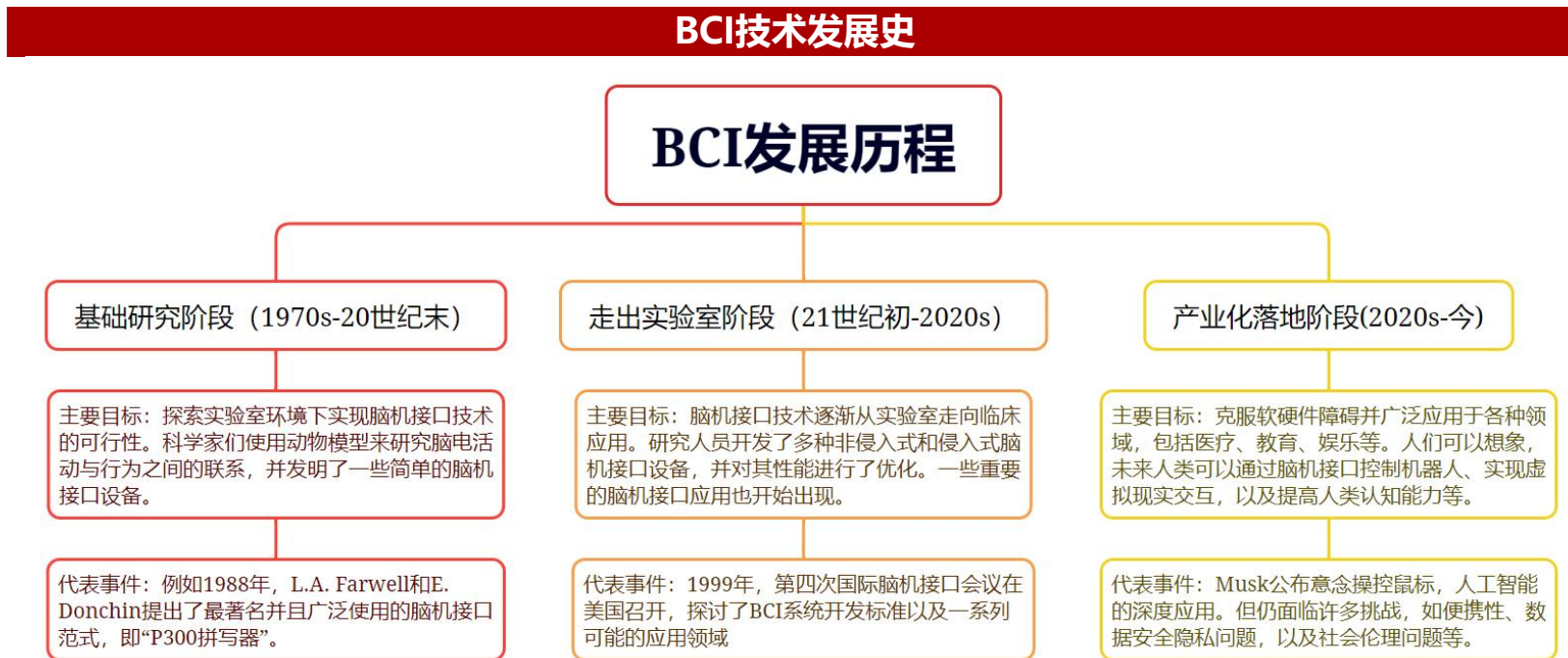
01

脑机接口概述

- **脑机接口 (BCI-Brain-Machine Interface, 以下统称BCI) 的定义:** 指在人或动物大脑与外部设备之间创建的直接连接实现脑与设备的信息交换, 其工作流程包括脑电信号的采集和获取、信号处理、信号的输出和执行, 最终再将信号反馈给大脑。
- BCI信息采集层面可分为侵入式、部分侵入式和非侵入式, 侵入式BCI通过将电极和传感器直接插入大脑捕捉神经活动, 非侵入式则通过将电极和传感器置于头皮表面获取信号, 前者的优势在于信号质量, 后者则在于微乎其微的实验及临床风险, 而部分侵入式则介于二者之间, 近年得到了广泛的应用。



- 对BCI的研究可以追溯至**1924年**德国精神病学家**汉斯·伯杰 (Hans Berger)**发明了**脑电图 (EEG)**，作为**非侵入性的大脑监测技术**。直至**70年代**，**美国学者首次正式提出BCI的概念**，并尝试用计算机处理EEG信号。截至**20世纪末期**，BCI仍处于以**基础研究为主的铺垫阶段**。
- **21世纪初**，BCI技术研究逐步转向以**医疗为主**的应用领域，成果产出集中于美国的各个校园，历经50多年的研究，BCI技术得到了迅速发展，目前正处于**产业落地阶段**，技术竞争的战略布局从以往多国政府、科研院所之间转向了市场和企业，各大企业纷纷投资研发BCI技术。



- BCI的技术应用最初在**医疗健康领域**，由20世纪70年代首次开发了用于癫痫治疗的植入性BCI，针对于神经功能障碍患者实施脑功能监测和控制，起到了辅助沟通及运动功能、慢性疼痛管理、癫痫治疗、精神治疗以及意识与认知诊断治疗的功效，在技术成熟度和高度专业化的协同作用下，医疗健康是BCI目前离商业化最近的应用领域。
- 随着技术的发展应用领域不断拓宽，BCI技术预期应用于**游戏、教育、智能家居、自动驾驶甚至军事**等领域，BCI技术的发展可以最大化的泛化大脑功能，使各个领域更具便捷性。
- BCI通过实现多感官体验和深度社交互动，可以最大化满足游戏娱乐的沉浸感和吸引力；教育方面，通过监测学生的学习状态和与VR的结合，为学生提供个性化的学习方案和更为身临其境的学习环境；另外可以实现改善智能家居和自动驾驶的体验感；至于军事领域，BCI具有更广泛的应用前景。BCI可以帮助士兵提高战场意识、增强决策能力，以及实现更为精准的武器控制。此外，BCI还可以用于军事训练和康复等领域，提高军事行动的效率 and 效果。

BCI技术-用意念操作游戏



BCI技术-教学实践

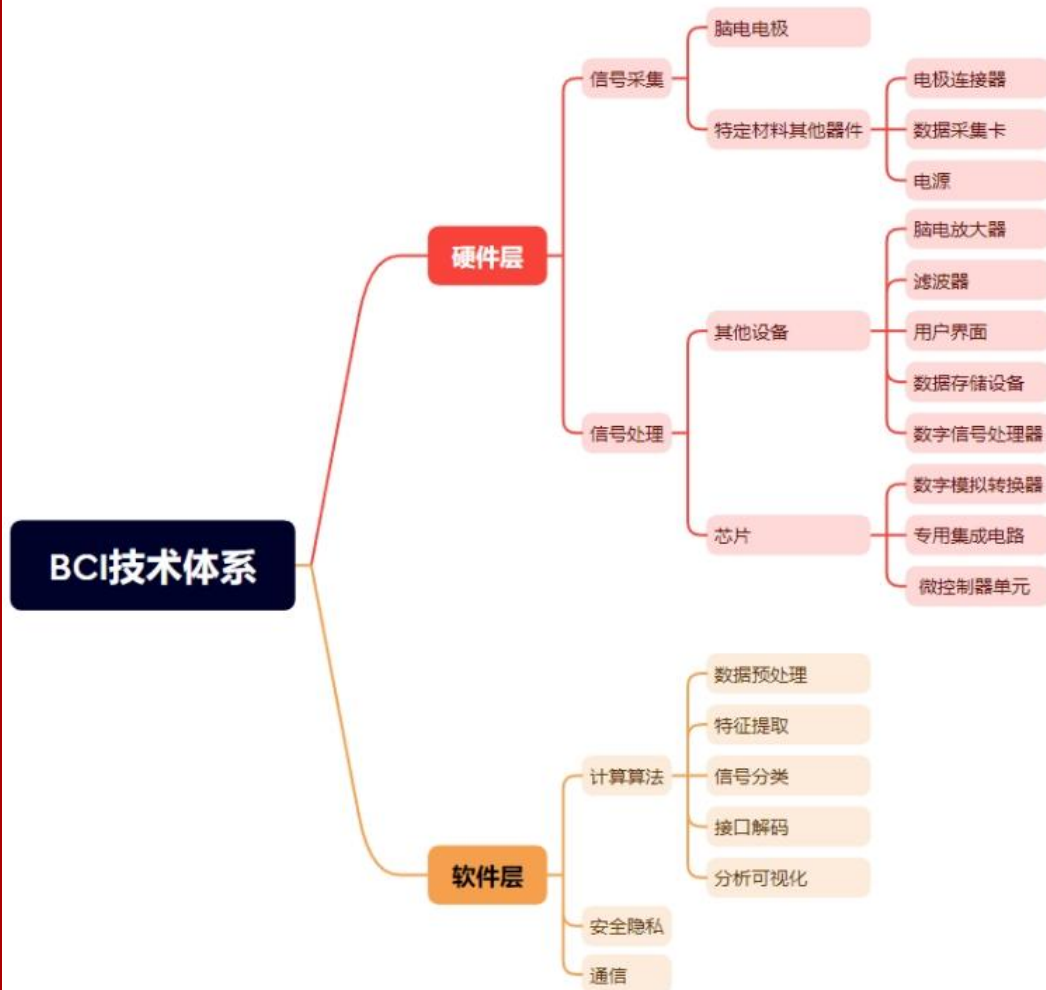


■ BCI的研究覆盖生物学与神经科学、工程学、计算机科学、心理学与医学等多个科学领域。

- 生物学与神经科学的进展-即人类对大脑的结构和功能的新认知，发挥着核心的作用；
- 电气工程、计算机工程、生物医学工程等工程领域的发展为BCI提供了软硬件的支持；
- 医学和心理学的发展则起到了补充作用，前者为BCI的发展评估安全性、而后者评估了用户的接受度和信任度。

■ 在BCI的技术体系中，以脑电信号的处理和转换为核心，需要用到数据管理、机器学习、软件工程等数据处理相关的技术。硬件层的技术需求则集中在方方面面，包括但不限于无线传输、系统集成和生物传感等，接口设备的材料与人体的兼容性亦起到重要作用。

BCI 技术体系



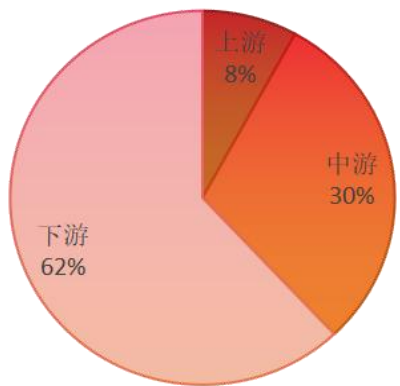
- 当前BCI研究面临的问题，包括**技术短板效应明显**、**安全问题**和**伦理问题**。
- **技术短板效应明显**：作为跨学科研究促动的行业之一，BCI技术的发展需要多个学科发展的共同支撑，然而任何一个学科的落后都会造成短板效应，制约BCI技术发展。
 - 对大脑反馈刺激和工作机制的神经科学研究受限。解决“从脑到机”方向的输出、解读问题，以及控制的效率和准确率则会遥遥无期。
 - 若生物医学工程学科的发展不够，可能导致在BCI设备的设计和制造方面遇到瓶颈，难以实现设备的性能和稳定性。
 - 若计算机技术不够先进，软硬件设备性能低下，难以实现高精度的信号采集和处理。算法的研发不够成熟，会使BCI难以实现准确的控制和反馈。
 - 若生物材料学发展受制，侵入式接口则需面临对脑部损伤的问题，刺激的准确性亦会受制。
- **安全问题**：使BCI技术受到更多制约，BCI设备可以收集并传输用户的大脑信号，这些信号可能包含用户的私人思想和感受。如果这些信号被恶意第三方剽窃、拦截，可能会导致隐私泄露和数据安全风险；除此之外，身心健康问题亦值得重视，BCI设备的植入和佩戴存在潜在感染、组织损伤风险，长期使用BCI设备可能对使用者的心理健康产生成瘾、依赖等负面影响。
- **伦理问题**：包括潜在的思维控制和公平公正问题。BCI技术使得用户可以利用思维控制外部设备。这种能力亦可能被恶意利用；此外，BCI技术也可能引发有关公平和公正的讨论，如利用BCI技术增强人类能力是否公平等，是否从更深刻的意义上加剧数字鸿沟，导致社会不公平现象进一步加深

02

软硬件技术迭代

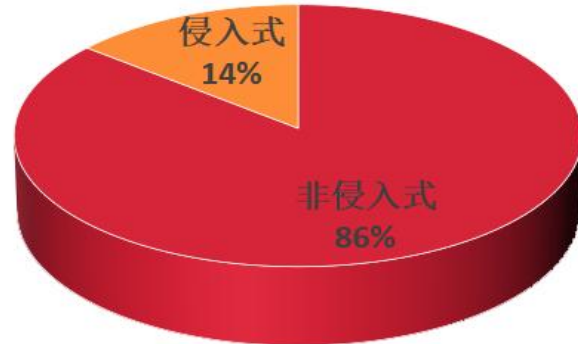
- 随着科技的不断发展，BCI技术逐渐成为全球关注的热点。预计未来几年，BCI产业将得到进一步的完善和发展，为多个行业带来革命性的变革。
 - **上游：**BCI **核心技术的研发位**，集中在**硬件层面**，如传感器、微电极、信号处理算法等。此外，这一环节还包括了BCI系统的关键硬件和软件组件的制造。上游市场致力于开发更高效、更精确的BCI系统，企业分布占8%。
 - **中游：**包括**BCI系统的集成和生产**。企业负责将上游的硬件和软件组件整合到完整的BCI系统中，并进行测试和验证。此外，中游市场还包括了BCI系统的应用程序开发者，为特定应用场景开发定制化的软件和解决方案，企业分布占30%。
 - **下游：**包括**医疗、教育、游戏**等领域的企业和机构，负责将BCI系统应用到实际场景中，为用户提供服务，企业分布占62%。
- 市场结构方面，2023年，非侵入式BCI占BCI市场规模的86%。目前，受到BCI技术和伦理、安全等因素的制约，无论是各国科研院所还是企业，研究重点都侧重非侵入式BCI，对非侵入式BCI的研发投入也高于侵入式BCI。

2023年BCI产业链全球企业分布情况



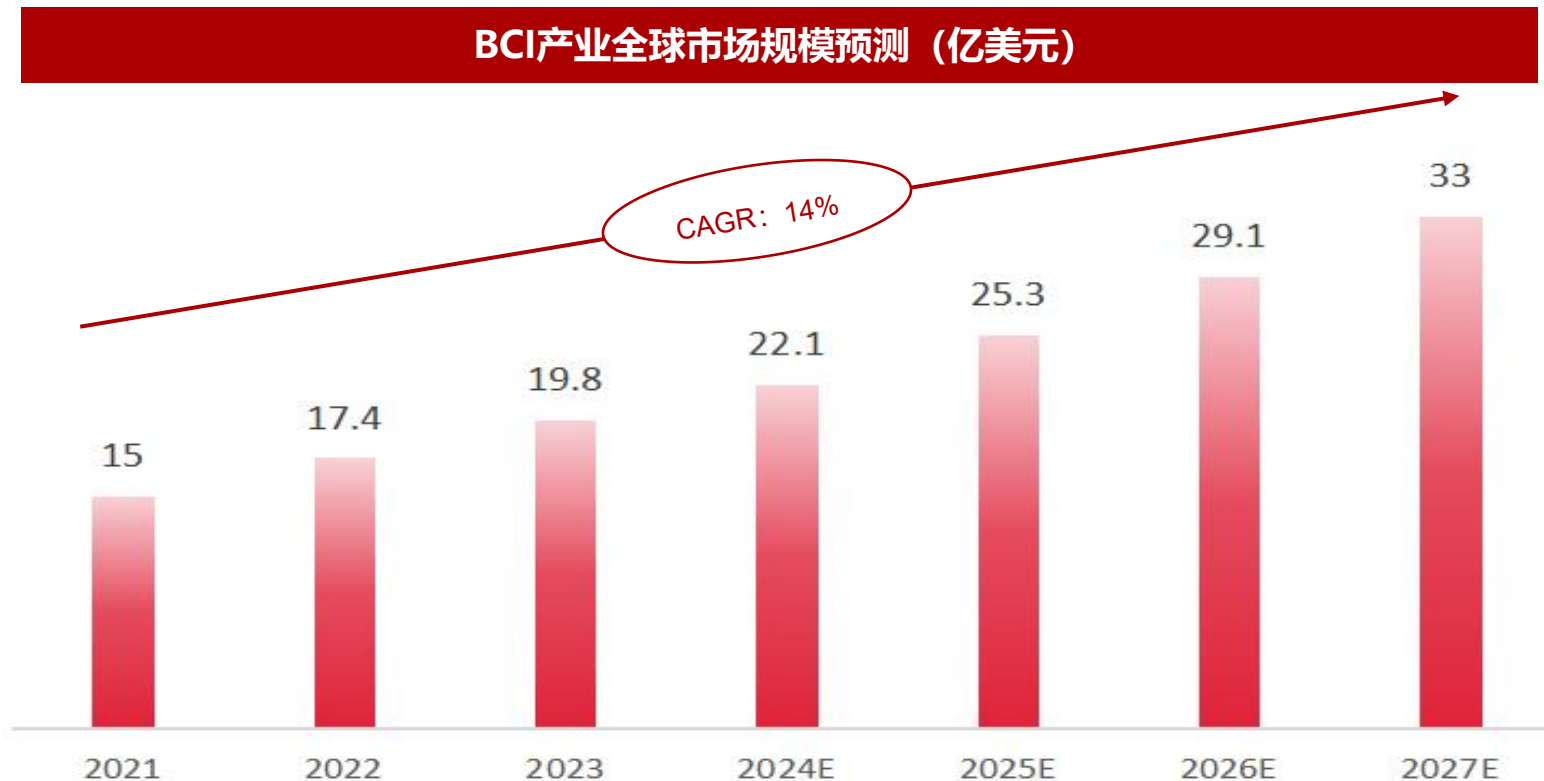
■ 上游 ■ 中游 ■ 下游

2023年市场份额细分（侵入性和非侵入性）



■ 非侵入式 ■ 侵入式

- 2023年，全球BCI市场规模达19.8亿美元，预计到2027年市场规模达33亿美元，7年间年复合增长率约为14%。
- 近年来，BCI市场仍主要以**医疗**为主，下游份额占比56%，其他领域包括消费、工业、教育等；受到技术及安全等因素的制约，BCI主要以非侵入式接口为主。



- 近年来，BCI技术取得了一系列突破性进展，以Elon Musk为代表的Neurolink公司宣布正式步入临床应用阶段，得益于软硬件技术的更新迭代。

- 我们认为软硬件技术的迭代是BCI技术的重点：

- **软件层面：**人工智能技术的快速发展将为BCI带来更多的创新机会。通过将人工智能与BCI技术相结合，有望实现更高效、准确的脑信号解读和交互。深度学习具有强大的特征提取和模式识别能力，在近年来技术不断更新迭代，实现了算法的更新迭代并有望突破BCI数据个体差异化的障碍。
- **硬件层面：**BCI技术的硬件技术亦在不断提高，更高精度的传感器正在被开发，以更好地捕捉大脑的信号。此外，BCI设备正在变得越来越轻便、便携，侵入性有所改善，如由此衍生的无创BCI技术可以不需要通过开颅手术植入电极，从而降低侵入性，提高用户的接受度。侵入性接口设备与人体兼容性亦在改善。

近五年研究突破性进展

BCI新进展

2019年

2019年约翰斯·霍普金斯大学的一位参与者通过不断适应植入大脑两侧的两个微电极使自己能够同时控制两个假肢。

2020年

浙江大学实现国内首次植入式脑机接口技术新突破，协助七旬老人用意念喝可乐

2021年

Neuralink公司演示了他们如何使用自主研发的传感器硬件和大脑植入来记一只9岁的猕猴(名为Pager)在屏幕上玩游戏Pong。

2022年

加州分校开发了神经元水平的行为操控研究；神经元集群、高通量双光子成像和柔性电极材料等获得新进展

2023年

复旦附属华山医院牵头发布了适用于汉语的神经网络模型，通过脑机接口技术帮助音调语言发音障碍或失语症患者把“心声”直接表达出来。

- BCI技术的出现，使得用大脑信号直接控制外界环境的想法成为可能。要实现 BCI，有三个必要条件：第一，必须有一种能够可靠反映大脑思维的信号；第二，这种信号能够被实时且快速的收集；第三，这种信号有明确的分类。目前可用于 BCI 的人脑信号有：EEG（脑电图），EMG（脑磁图）和 fMRI（功能性核磁共振图象）等。目前大多数 BCI 研究机构采用的大脑信号是 EEG。
- BCI系统一般都具备信号采集、信号分析和控制器三个模块：
 - **【信号采集】**：受试者头部戴上一个电极帽，采集 EEG 信号，并传送给放大器，信号一般需放大10000倍左右，经过预处理，包括信号的滤波和 A/D 转换，最后转化为数字信号存储于计算机中。
 - **【信号分析】**：利用 ICA、PCA、FFT、小波分析等方法，从经过预处理的 EEG 信号中提取与受试者意图相关的特定特征量（如频率变化、幅度变化等）；特征量提取后交给分类器进行分类，分类器的输出即作为控制器的输入。
 - **【控制器】**：将已分类的信号转换为实际的动作，如在显示器上的光标移动、机械手运动、字母输入、控制轮椅、开电视等。
 - **【反馈环节】**：有些BCI系统还设置了反馈环节，不仅能让受试者清楚自己的思维产生的控制结果，同时还能够帮助受试者根据这个结果来自主调整脑电信号，以达到预期目标。

■ 人工智能对于个性化定制和改善用户体验有着可预见的前景:

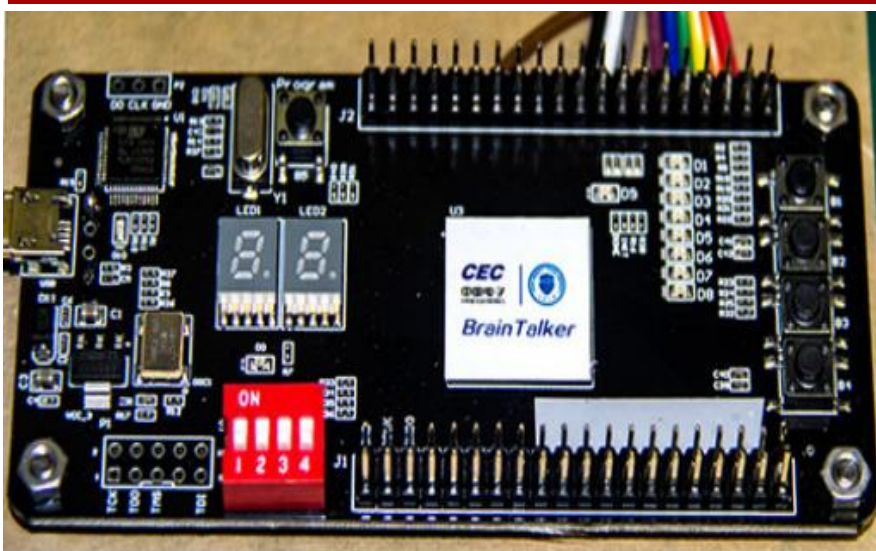
- AI深化**自然语言处理技术和语音识别技术应用**，使用户通过语音命令来控制外部设备，提高设备的易用性，并通过深度分析用户的脑电信号和数据，AI算法可以为**用户提供个性化的干预和训练方案**，提高BCI技术的有效性和实用性。
- 同时，深度学习赋能了算法，深度学习具有从高维数据中提取特征并从分层表示中学习的能力，并在计算机视觉和自然语言处理领域中产生了许多实际应用。鉴于其在其他领域的有效性，深度学习似乎有望从原始的EEG数据中学习以提取更好的功能以提高性能和鲁棒性。EEG数据集是高维的，具有高参数的深度学习模型可以直接学习原始的EKG信号。

- 2021年，斯坦福大学研究人员将人工智能（AI）软件与BCI设备结合，成功开发出一套全新的皮质内BCI系统，该系统利用循环神经网络（RNN），使得大脑运动皮层的神经活动可解码“手写”笔迹。该解码方式受益于神经网络的迅速发展使患者对手写的想法转换为电脑屏幕上的文本。

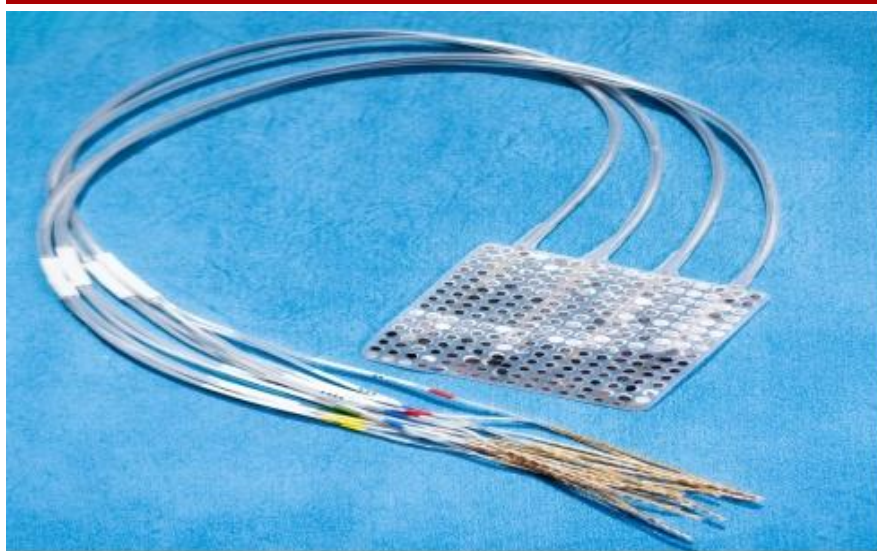


- BCI的硬件是进行信号采集、处理、分析的一线设备，覆盖了各式各样技术模式，占据BCI技术体系的绝大部分，其中包括：
 - **【生物兼容材料】**：BCI设备材料需要具备良好的生物兼容性，以免引起过敏、炎症等副作用、同时具有低毒性、无刺激性、良好的生物降解性。
 - **【无线传输技术】**：无线技术可以提高便捷性和舒适性，并且通过减少穿透或者提供更为封闭的系统来降低感染的风险。
- 其中技术体系的核心在于BCI硬件芯片所需技术：
 - **【高水平集成电路技术】**：这其中包括模拟电路设计、数字电路设计、射频设计、低功耗设计等多个领域知识。一些关键的研发平台要求包括高精度的芯片设计软件、电路仿真软件、射频测试设备和集成电路制造设备等。

首款BCI专用芯片

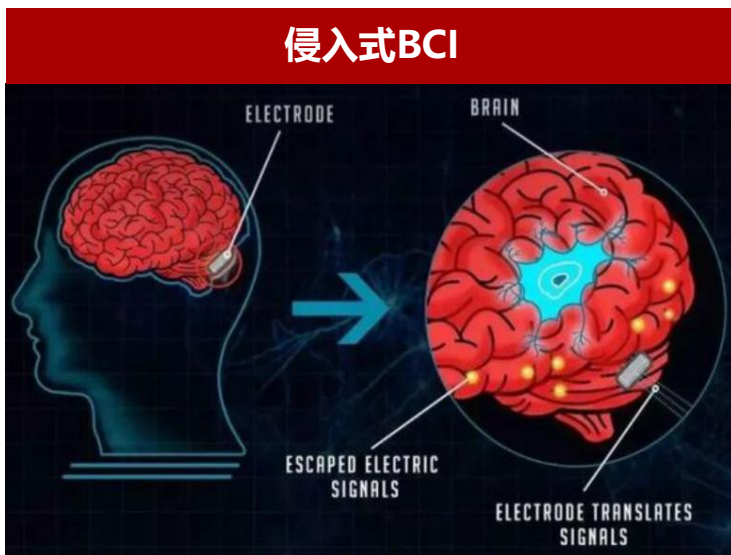


“即插即用”接口电极



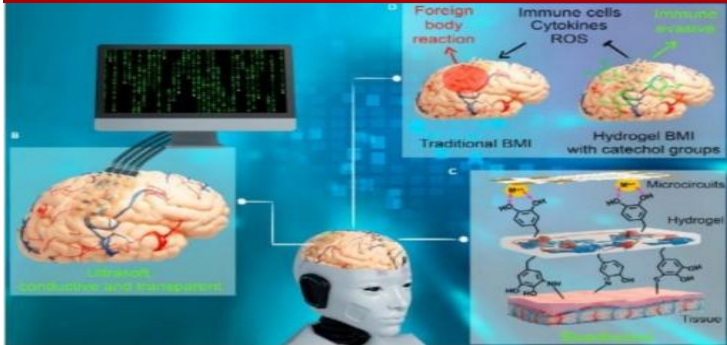
■ **侵入式BCI与非侵入式BCI对于硬件的要求各有不同，源于工作原理和目标应用的不同。**

- **不同工作原理决定了不同的信号采集方式：**侵入式BCI需要直接接触大脑，因此对电极材料的生物相容性、耐用性和信号传输能力要求更高。而非侵入式脑对电极的要求则反之，但需要更高的信号处理能力来提取有用的信息。
- **目标应用的不同决定了硬件需求的不同：**侵入式BCI通常应用于临床治疗、神经科学研究等。需要高精度、分辨率和灵敏度信号控制的应用，因此对硬件的要求集中在技术层面较高。非侵入式BCI则更多地应用于消费层面，如游戏、智能家居等，对硬件的便携性、易用性和成本等方面要求较高。



- 对于**侵入式BCI**来说，BCI植入设备研发的重要部分主要是**电极的设计和制造**，需要用到高精度、高质量的设备和原材料。
 - 2023年初，美国约翰霍普金斯大学Florin M. Selaru教授和毛海泉教授合作发现了一种可注射、生物可降解、机械可破碎的纳米纤维-水凝胶复合化学材料，并可以有效提高BCI电极的生物相容性，减少炎症反应。同时新的神经接口材料亦得到开发：基于金纳米粒子、石墨烯和碳纳米管的新型界面材料，可以提高神经接口的信号传输速度和灵敏度。
- 对于**非侵入式BCI**设备研发则在需要**信号质量和便捷性、可用性之间权衡**，方能在有效的基础上发挥安全、易操作的优势。
 - 中科院、天津大学和美国斯坦福大学联合开发的基于纳米材料、金属网格和弹性聚合物制成的新型柔性电极于2023年问世，这些电极在保证信号质量的同时，具备更高的保护性和延展性。
- 而部分侵入式和侵入式的区别在于**是否进入大脑灰质**，同时，**无创式或微创式**植入BCI也取得了诸多进展。

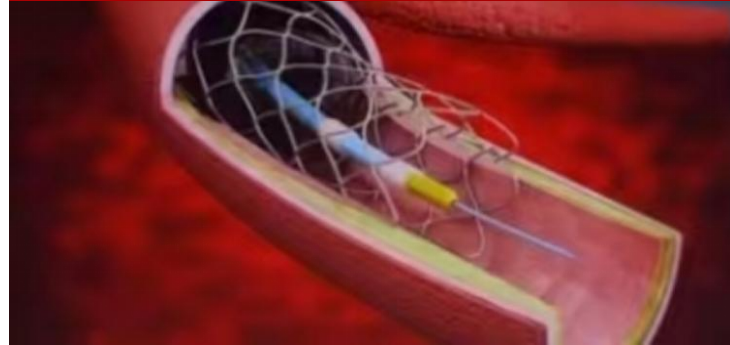
PDA水凝胶集成生物黏合剂超软BCI



新型柔性电极成果



微创式BCI技术（植入式）



03

从实验室走向商业

- 脑机接口系统允许被试者使用脑信号直接控制外部设备，根据利用的脑信号的类别，大致可以分为以下四种：**基于脑电(EEG)的脑机接口、基于脑磁(MEG)的脑机接口、基于功能性磁共振成像(fMRI)的脑机接口和基于功能性近红外光谱(fNIRS)的脑机接口。**
- 脑电是一种由脑细胞群之间以电离子形式传递信息而产生的生物电现象，是神经元电生理活动在大脑皮层或头皮表面的总体反映。相比于其它类型的脑信号，**EEG具有采集方便、时空分辨率高等优点，在BCI系统中具有独特的应用价值。**目前，EEG脑机接口主要有以下三种类型：
- **P300脑机接口：**P300是大脑认知过程中产生的一种事件相关电位，主要与期待、意动、觉醒、注意等心理因素有关。Sutton等人发现，当人脑受到小概率相关事件的刺激时，脑电信号中会出现一个潜伏期约为300ms的正向波峰，P300因此得名。
 - 典型的P300脑机接口是由神经心理学家Farwell等人设计的虚拟打字机。虚拟打字机的界面由26个英文字母和10个阿拉伯数字组成，形成一个6行6列的字符矩阵。矩阵按行或列随机闪烁，使用者注视需要输入的字符。当目标字符所在的行或列闪烁时，即可触发靶刺激。通过检测P300电位的发生时间，就能确定目标字符所在的行和列，行列交叉处的字符即为使用者想要输入的字符。
- **SSVEP脑机接口：**稳态视觉诱发电位(SSVEP)属于视觉诱发电位(VEP)，是指当人眼受到一个恒定频率（通常大于4Hz）的视觉刺激时，大脑视觉皮层会自动产生与刺激频率及其谐波频率同频率的响应。当刺激的频率小于4Hz时，所引发的电位称为瞬态视觉诱发电位(TVEP)。
 - 典型的SSVEP脑机接口是由清华大学高上凯等人设计的自动拨号系统。系统的界面上包含0-9十个拨号键，每个拨号键分别按不同的频率闪烁。当用户注视某个拨号键时，所诱发的SSVEP中会包含大量相应频率的基波和谐波。通过分析脑电信号的频率成分，便可得知用户注视的目标拨号键，从而实现拨号的功能。
- **运动想象脑机接口：**运动想象(MI)信号产生的理论依据是事件相关去同步和事件相关同步。当人在头脑中想象某肢体运动时，感觉运动皮质的相应区域便会处于活跃状态，该区域产生的脑电信号中的alpha波和beta波将出现幅值上的衰减，这种现象被称为事件相关去同步。相反，若大脑没有进行运动想象任务，脑电alpha波和beta波频谱震荡的幅度就会表现出明显的增强，即事件相关同步。
 - 目前MI脑机接口使用较多的有想象左手运动、右手运动、腿部运动和舌部运动。

- 为了维持美国人工智能的高水平发展，国防高级研究计划局（DARPA）、国家科学基金会（NSF）、国立卫生研究院（NIH）等美国联邦机构开展了大量具有长远价值的人工智能研究项目。美国人工智能产业生态完备，人工智能企业数量居全球首位，其中不乏谷歌、微软、Facebook、亚马逊等龙头企业，积极构建开源产业生态，引领行业发展。
- 我国虽研究起步较晚，但重视程度不亚于发达国家，早在2015年就已出现了诸多支持性政策，近两年已经将此技术上升为国家战略。中国政府高度重视BCI技术的发展，将其列为《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》和《“十四五”规划纲要》中的重点发展领域。并加大力度鼓励产学研合作。**我们认为：**
 - 长久以来，中国受限于BCI处理设备，以高精度的芯片设计软件等为核心的关键研发平台要求。限制了中国生产高品质脑电信号处理芯片的能力。国家战略层面的统筹规划为BCI技术的发展提供了广阔的空间，对相关技术应用加以重视，有望在医疗康复、人工智能、教育娱乐等多个领域取得突破性进展。
 - 国内为健全产业体系，重视人才培养、技术创新和产业链应用，广泛的产学研结合和国际合作，大量投入资金并设立产业基金，培养了一大批BCI领域的专业人才。中国科研机构和企业BCI领域取得了一系列重要突破，紧密跟随其他国家的研究进展并逐渐在细分领域占据优势。
 - 新闻报道称：在Neuralink公司创始人马斯克公布了BCI的最新进展后，中国团队也火速跟进，BCI领域的最新突破。首都医科大学附属北京天坛医院神经外科贾旺教授团队联合清华大学洪波教授团队，利用微创BCI技术首次成功帮助高位截瘫患者实现意念控制光标移动，这意味着我国在BCI领域取得新突破。且相关BCI的患者植入早于Nueralink公司。
- 虽然在芯片等核心技术领域，仍然大部分依赖进口，但近年来的大范围自主研发使得技术壁垒和核心零部件壁垒被逐步突破，同时国内诞生了一大批BCI企业，有望在国际激烈的技术竞争中守住竞争地位。

- 经济社会的发展使得娱乐、健康和消费者心理逐步走向成熟，批量生产的标准化产品逐渐失去市场份额，大数据和云计算的发展亦使得企业可以快速、准确地捕捉到消费者的个性化需求，并为其提供定制化的产品和服务。激烈的市场竞争使得企业选择差异化竞争策略，而拥抱BCI技术则成为了诸多企业在个性化时代的最优解。
- 以**游戏行业**为例，玩家对不同类型的游戏需求日益多样化，例如策略类、角色扮演类、动作类等。不同类型游戏的市场份额也在不断变化，表明玩家需求的多样化和个性化。
 - 游戏行业消费者近年来对体验感拥有了更加深度的需求，根据微软数据显示，**全球VR/AR预测2025年规模将增长至343亿美元**。
 - 而BCI技术在游戏领域的应用虽仍处于发展阶段，但足以对游戏市场的未来带来变革性的作用：
 - BCI技术用更直观的控制方式极大提升了游戏的可玩性、同时BCI可以根据玩家的情绪状态、注意力和认知能力等因素自动调整难度和游戏节奏，以提供最佳的个性化体验
 - BCI最大限度的扩展了游戏可能性，例如根据想象来控制游戏角色，或者通过思维来感受游戏的多感官体验反馈。这可以使游戏体验更具沉浸感和互动性，同时可以增强社交互动。同时BCI可以为游戏提供自适应辅助功能，帮助玩家克服游戏中的挑战，对身体障碍的玩家提供更多的公平性



04

产业核心厂商

- **伟思医疗 (688580)**：成立于2001年，目前的电刺激类产品主要包括MyOnyx生物刺激反馈仪、瑞翼生物刺激反馈仪等。2023年8月下旬，公司已成功开展“经颅电刺激仪产品”合作，后期将积极推动“经颅电刺激技术”在认知、神经科学领域的应用与发展。
- **盈趣科技 (002925)**：成立于2018年，今年称参股投资的加拿大公司InteraXon，早在十多年前就开始了脑机接口的研究，并与盈趣科技联合开发了“Muse”的头戴式设备，可以监测大脑活动并提供反馈，以帮助人们提高专注力和放松力；与天津大学医学部、海河实验室正在开展人工神经康复机器人、脑机疲劳驾驶监测、数字脑电图机等多个创新项目的前期研发立项交流
- **世纪华通 (002602)**：成立与2005年，与浙江大学共建的浙江大学传奇创新研究中心，主要聚焦数字医药、数字器官、脑机融合等新兴领域，去年相关成果分别被国际顶级期刊《自然 (Nature) 》杂志刊登以及作为封面论文被发表在了全球顶级神经学杂志《自然神经科学 (nature neuroscience) 》上。
- **佳禾智能 (300793)**：成立于2009年，拥有发明专利“脑电波采集通信系统、通信帧的生成装置和读取装置”，采用12个通道的脑电传感器的脑电波头戴设备。几年前已为美国客户NEUROSKY、日本客户TOSHIBA累计出货几万个脑电波耳机。
- **岩山科技 (002195)**：在互联网信息服务业务基础上，全面拥抱人工智能新浪潮，目前已在智能驾驶、类脑智能、AIGC等人工智能新兴领域不断布局，并积极寻求各个板块间的创新结合与多向赋能。目前该公司岩思类脑研究院的脑电大模型目前尚处于研究阶段。
- **东方中科 (002819)**：公司与灵汐科技合作，主要为其在边缘算力模组和类脑仿真测试集成等方面的生态链合作伙伴。
- **中科信息 (300678)**：公司的核心技术是高速机器视觉与智能分析，面向智慧政务、智能制造、智慧城市、智慧健康四大板块，定位于做国内领先的基于人工智能的行业信息化整体解决方案提供商。近两年，公司将高速机器视觉检测技术成功拓展应用到新能源电池、汽车玻璃、电子玻璃、半导体等制造业的高速连续生产场景。
- **智微智能 (001339)**：智微科技是物联网领域核心解决方案商，专注于智慧零售、智慧教育、智慧金融、智慧支付、智能办公系统、公共安全、网络安全、服务器、工业物联控制系统和云计算领域的新科技应用方案的研究和开发，为行业、企业及个人用户提供极具竞争力的核心解决方案，帮助客户在城市智慧化发展中取得成功，推动行业高度信息化和智慧化的全面发展。

2023年BCI核心厂商融资情况

排名	公司名称	2023累计融资金额	最近轮次投资方	公司简介	估值（亿美元）
1	脑虎科技	-	中评资本领投，国生资本、轻舟资本、上海赛领、演化博弈跟投，盛大、联新资本、红杉中国追投	致力于脑机接口研究，持续推进侵入式BCI发展	-
2	博瑞康	-	松禾资本	国内最早涉足于脑机接口产业化的公司之一	-
3	云睿智能	-	盛宇投资独家投资	同步发力于院内和家用市场	-
4	臻泰智能	-	联想创能独家投资	国内脑机康复先行者	-
5	宁矩科技	-	华盖资本、沙特阿美旗下多元风投基金（P7）联合领投、经纬创投跟投	国内唯一一家具备侵入式技术能力的BCI平台公司	-
6	Neuralink	3.2亿美元 (约23.09亿元)	Founder Fund领投，Advaita Capital、Capital Advantage Venture、Knockout Capital跟投	脑机接口行业规模最大的企业	70
7	Synchron	-	ARCH Venture Partners领投，Bezons Expeditions、Gates Frontier等七家跟投	致力于技术开发 脑机接口著名企业	-
8	BrainGate	-	-	历史久远，致力于侵入式脑机接口研究	-

➤ **博睿康：**

成立于2011年，专注于医疗康复领域，主要为神经科学创新研究与临床神经疾病诊断、治疗与康复提供专业、完整的解决方案；

➤ **云睿智能：**

成立于2015年，核心产品优梦思UMindSleep额贴式睡眠记录仪已通过国家药品监督管理局(NMPA)医疗器械注册认证，可直接进入各医疗机构临床科室使用，其睡眠分期相关数据参数及分析结果可直接作为针对睡眠障碍患者疾病分析的参考依据，为医生的诊断工作带来极大便利。

➤ **臻泰智能：**

成立于2018年，主要提供辅助交互及康复治疗设备，包括辅助行走、康复训练等；臻泰智能在类脑计算、深度学习、脑机接口等领域拥有多项核心技术和专利，其产品和服务已经获得了市场的广泛认可。公司先后与多家国内外知名企业、高校和科研机构建立了战略合作关系，共同推动人工智能技术的发展和 innovation。

➤ **NeuraMatrix：**

成立于2019年，定位于新一代BCI平台开发，规划版图涵盖BCI芯片、系统化设备、软硬一体化平台，以及针对医疗、科研等行业的专用解决方案。

➤ **脑虎科技：**

主要业务领域包括：脑机接口技术研究、医疗康复、教育娱乐、人工智能等方面，结合脑机接口技术，开发出能够模拟人类思维和行为的人工智能系统，拥有多项核心技术和专利，具有诸多成果、并获得了行业的广泛认可。公司先后与多家国内外知名企业、高校和科研机构建立了战略合作关系。

➤ Neuralink:

成立于2016年，由特斯拉和Space X的创始人Elon Musk创立。Neuralink专注于高带宽的侵入式BCI技术，旨在将大脑和网络相连通。2021年7月29日，Neuralink宣布完成2.05亿美元C轮融资。在此之前，Neuralink共计获得3.63亿美元的融资，Neuralink的计划是：未来五年内，人类不必使用语言，可直接通过大脑进行交流。如今已获得美国食品药品监督管理局（FDA）的许可，可以进行人体实验。2月20日，Musk透露“首位人类受试者，似乎已完全康复，并能仅凭思维在电脑屏幕上移动鼠标”。

➤ Synchron:

成立于2017年，Synchron的旗舰产品 Stentrode™是一种微创BCI，属于半侵入式，可用作治疗瘫痪的运动神经假体。它旨在将与尝试运动相关的想法转换为数字控制，使患者能够进行交流和访问互联网，从而实现他们的独立性并提高他们的生活质量。2021年7月，Synchron获得了FDA批准，能够进行人体试验。如今，其脑起搏器已经被允许用于临床实践，可以帮助有效治疗帕金森疾病患者。2022年末，Synchron成为了唯一一个获得FDA批准进行永久性BCI植入的公司。暨此，由ARCH Venture Partners领投，并吸引两位世界前首富比尔·盖茨和杰夫·贝索斯的投资，Synchron宣布完成融资7500万美元C轮融资，至2024年2月1日，Synchron收购了德国医疗器械零部件供应商ACQUANDAS的少数股权，成为Nureolink公司最强大的对手。

➤ BrainGate:

成立于2001年，致力于侵入式BCI的研究，在成果产出和临床实践方面走在前列。2018年，BrainGate为三名患者在大脑运动皮层植入一到两个“阿司匹林”大小的植入物，每个植入物由大约100个硅微电极组成，每个电极穿透大脑约1.5毫米，靠近神经元并感受脑电。患者通过BCI接口控制平板电脑完成电子邮件撰写谷歌搜索等。此举意味着对无法沟通的人来说，将改变游戏规则。同时BrainGate的一项临床试验表明，通过使用BCI技术，脊髓损伤的参与者能够实现一定程度的运动控制。这项成果有助于改善瘫痪患者的生活质量。除此之外，BrainGate在“神经网络解码器”（neural network decoder）技术与无线BCI系统的开发上发挥了不可磨灭的贡献，前者能够显著提高BCI的通信速度。提高患者的日常生活能力；后者可使患者能够更自由地移动，并实现了无线通信。

- 1. 技术进展不及预期：**BCI面临许多技术挑战，例如如何准确地解码大脑信号、如何实现高精度控制、如何实现长期稳定的神经接口等。这些挑战需要研究者们不断探索和创新，研究重心的转移可能会导致进展缓慢。
- 2. 市场需求不及预期：**BCI技术引发了许多伦理问题，如隐私、安全、自由意志等伦理问题。这些问题可能需要政策制定者和研究人员进行深入讨论和研究，可能会影响技术发展的速度。

行业的投资评级

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深300指数表现 + 10%以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10% ~ + 10%以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼25层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦E座4层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心33层

邮政编码：200127

电话：(8621)80108518

传真：(8621)80106010

浙商证券研究所：<http://research.stocke.com.cn>