

中银研究产品系列

- 《经济金融展望季报》
- 《中银调研》
- 《宏观观察》
- 《银行业观察》
- 《国际金融评论》
- 《国别/地区观察》

作者：曾圣钧 深圳分行大湾区金融研究院
程宏宇 深圳分行大湾区金融研究院
电话：0775 - 2233 2087

签发人：陈卫东
审稿人：周景彤 梁婧
联系人：程栖云 刘佩忠
电话：010 - 6659 4016

* 对外公开
** 全辖传阅
*** 内参材料

我国脑科学与脑机接口行业 发展现状及建议*

脑科学与脑机接口（BCI）技术作为融合神经科学、人工智能、材料科学等多学科的前沿领域，已成为全球科技竞争的战略高地。我国在政策支持、技术研发和产业布局上持续突破，非侵入式技术应用领先，侵入式技术加速追赶，形成了涵盖“材料-设备-应用”的产业链雏形。然而，核心零部件依赖进口、技术转化效率低、伦理规范待完善等问题仍制约行业发展，金融支持与服务仍有需要完善的地方。未来，我国需围绕行业发展的痛点、堵点和难点，多措并举推动产业从实验室走向规模化应用，助力我国在全球脑机竞争中占据优势地位。

我国脑科学与脑机接口行业发展现状及建议

近年来，我国脑科学与脑机接口产业呈现多极联动、优势互补的空间格局，京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝都市圈等核心区域逐步形成特色的产业集群，带动全国脑机接口产业的快速发展。随着技术的不断成熟和成本的逐步降低，脑科学与脑机接口技术将在我国更多领域实现规模化应用，为人类社会带来更加深远的影响，同时对金融服务也提出更多的需求。

一、脑科学与脑机接口的概念与发展意义

（一）定义与分类

人脑拥有近1000亿个神经元和约100万亿个连接，是已知最复杂的构件，也是人类区别于其他生物最具标识性的功能器官之一。脑科学和类脑智能作为人类发现自身机能、激活终极创造力的源头，是现代科学研究最具挑战性的领域之一。

脑科学是研究大脑与外部设备直接交互的综合性学科，核心技术为脑机接口（BCI），即通过电极采集大脑神经信号，经算法解码转化为设备可执行的指令，同时反向传递外部刺激调控大脑活动。其本质是突破外周神经与肌肉的限制，构建“大脑-机器”双向信息通道。根据信号采集方式，脑机接口可分为三类：一是侵入式，通过手术将电极植入大脑皮层，信号质量高但风险大（如Neuralink的柔性电极）；二是半侵入式，电极植入颅骨下但不穿透皮层，平衡信号质量与安全性（如Synchron的血管内植入设备）；三是非侵入式，电极贴附头皮，操作简便但信号易受干扰（如EEG脑电帽）。

相较于传统神经科学研究（如fMRI成像），脑机接口具有实时交互性与主动控制能力。传统技术仅能观测大脑活动，而脑机接口可实现“意念控制”（如瘫痪患者通过脑电信号操控机械臂）；相较于智能穿戴设备（如智能手表），其直接对接神经信号，响应速度与精准度更高，适用场景更深入（如癫痫实时干预）。

（二）发展意义

脑科学与脑机接口行业发展是我国突破尖端技术封锁、培育新质生产力的国家战略选择。通过产业集群化布局，我国正加速实现技术自主可控、产业规模跃升和创新范式升级，同时催生的万亿级市场，将带动材料、芯片、医疗设备等产业链的发展，成为新质生产力的重要载体。对于各地区而言，脑科学与脑机接口行业发展是实现经济差异化发展和产业转型升级的重要契机。国内科研资源丰富的地区可以重点发展核心技术研发，而制造业基础雄厚的地区则可以聚焦于设备生产制造，形成优势互补、协同发展的良好局面。

从更宏大的视角看，脑机接口技术的发展将为解决人类面临的诸多重大问题带来新的希望。在医疗健康领域，它将加速在阿尔茨海默病、帕金森病等疾病治疗与康复中的应用，同时也为瘫痪、渐冻症、癫痫等患者提供康复新途径，缓解老龄化带来的神经退行性疾病负担（如阿尔茨海默病早期干预）；在认知科学研究方面，它将深化人类对大脑的认识，推动人类对自身的认知实现突破，通过破解大脑奥秘的“终极疆域”，推动人工智能与神经科学交叉创新，助力我国在新一轮科技革命中抢占先机。

（三）各国政策支持力度持续加大

世界主要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。

1. 海外发达国家的政策支持情况

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，美国民间资本活跃，是推动脑机接口产业技术进步和应用落地最快的国家；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。

表 1：海外主要国家脑科学及脑机接口支持政策

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 6501 万美元，同时集结脑机接口领域最精干的研发力量。
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》	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：华安证券

2. 国内政策支持情况

我国将脑科学与类脑研究列为国家战略科技力量，“十四五”规划已将“脑科学与类脑研究”列为重大科技项目。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。2025 年出台脑机接口技术标准与医疗服务价格政策，加速商业化落地。今年 8 月 7 日，工信部等七部门印发《关于推动脑机接口产业创新发展的实施意见》，提出到 2027 年我国脑机接口关键技术要取得突破，初步建立先进的技术体系、产业体系和标准体系；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 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。

表 2：国内脑科学与脑机接口政策支持情况

时间	发布机关	政策名称	内容
2024. 1	工业和信息化部等七部门	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	以实施意见为指南，围绕脑机接口、量子信息等专业领域制定专项政策文件，形成完备的未来产业政策体系。
2024. 3	市场监管总局等	《贯彻落实〈国家标准标准化发展纲要〉行动计划（2024—2025 年）》	聚焦脑机接口、人工智能、元宇宙等领域，前瞻布局未来产业标准研究。持续开展国家高新技术产业标准化试点示范，强化产业创新发展标准化示范引领。
2024. 5	中央网信办、市场监管总局、工业和信息化部	《信息化标准建设行动计划（2024—2027 年）》	推进脑机接口标准研究，加强输入—输出接口、脑信息编解码算法、脑信息安全与隐私保护等关键技术和应用标准研制。
2024. 7	工信部	《脑机接口标准化技术委员会筹建方案》	拟邀请脑机接口领域企业、科研院所、高校等产业界和技术专家担任委员，并明确了三大工作计划：一是优化完善标准化路线图；二是加快关键技术标准研制；三是推动标准宣贯实施。
2024. 9	上海市科学技术委员会	《上海市 2024 年度“科技创新行动计划”脑机接口项目指南》	强化本市脑机接口科技创新，加速未来产业培育。
2025. 1	北京市科学技术委员会	《加快北京市脑机接口创新发展行动方案（2025—2030 年）》	到 2027 年，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、高通量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。
2025. 1	上海市科学技术委员会	《上海市脑机接口未来产业培育行动方案（2025—2030 年）》	支持重大产品研发。支持各类创新主体联合医疗机构，开展运动控制、言语合成、神经疾病治疗、视觉重建等侵入式、半侵入式脑机接口产品。
2025. 3	国家医疗保障局	《神经系统类医疗服务价格项目立项指南（试行）》	专门为脑机接口新技术单独立项，设立侵入式脑机接口植入费、取出费，非侵入式脑机接口适配费等价格项目。
2025. 7	工信部等七部门	《关于推动脑机接口产业发展的实施意见》	明确到 2027 年和 2030 年的产业发展目标，提出培育领军企业、构建国际竞争力产业生态等部署。

资料来源：作者整理

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。地方陆续出台政策跟进，其中以北京和上海较快，相继发布支持脑机接口发展的相关五年规划方案。《加快北京市脑机接口创新发展行动方案（2025—2030 年）》提出，到 2030 年培育 3 家至 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个至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等目标。《上海市脑机接口未来产业培育行动方案（2025—2030年）》提出，2030年前，实现高质量控脑，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等目标。

（四）脑科学与脑机接口行业发展特点

第一，对技术的依赖程度极高，属于典型的技术密集型领域。从大脑信号的采集、处理到分析，每一个环节都需要先进的技术支持。其中，光遗传学技术的兴起为研究大脑神经回路提供了全新手段，通过将光敏感蛋白导入神经元，利用光来精确控制神经元的活动，极大地推动了对大脑功能机制的研究。脑机接口技术中的无线传输技术不断进步，使得设备佩戴更加便捷，减少了线缆束缚，提高了用户体验，也为脑机接口在更多场景的应用奠定了基础。

第二，多学科深度融合的产物，涵盖神经科学、电子工程、计算机科学、材料科学、临床医学等多个领域。神经科学为研究大脑的结构与功能提供理论基础，帮助理解神经元的工作机制、神经回路的连接方式以及大脑认知功能的实现原理。临床医学则为脑科学研究提供临床数据和应用场景，促进研究成果向医疗产品的转化。

第三，具有显著的高投入特征。在基础研究阶段，需要购置昂贵的实验设备，如3T以上的磁共振成像仪（MRI）、多光子显微镜等，单台设备成本高达数千万元。临床试验环节同样耗资巨大，以脑机接口康复设备为例，需在多个临床中心开展多期试验，费用通常在数千万元甚至上亿元。

第四，高度依赖大规模数据。大脑活动产生的海量数据，如高分辨率的神经影像数据、长时间序列的脑电数据，需要强大的数据存储和处理能力。同时，数据的质量直接影响研究结果的准确性，数据标注、清洗等预处理工作至关重要。数据共享与标准化也是行业发展的关键，国际上已建立多个脑科学数据共享平台，推动全球研究合作。

第五，由于直接涉及人类大脑，行业面临严格的伦理审查和安全标准。在临床试验中，需充分保障受试者的知情权、隐私权 and 安全性。脑机接口设备的长期使用可能对大脑产生未知影响，因此产品的安全性评估尤为重要。此外，大脑数据的隐私保护、技术滥用风险等伦理问题也受到广泛关注，需要建立完善的伦理规范和监管体系。

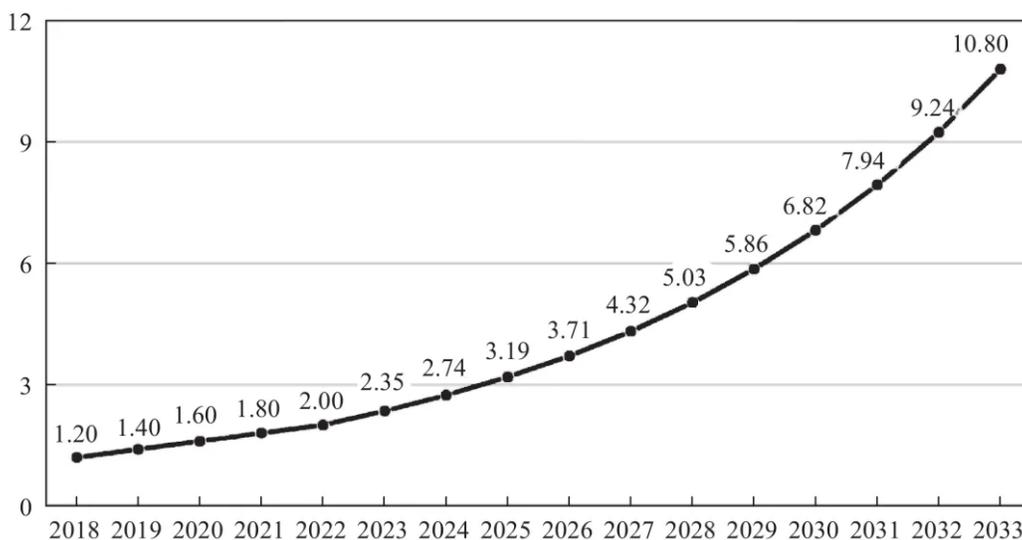
二、我国脑科学与脑机接口产业链体系

（一）市场规模增速可期，重点区域加快布局

根据中研普华产业研究院，2023 年全球脑机接口核心产业市场规模达到 19.8 亿美元，预计 2028 年将突破 60 亿美元，五年复合年增长率达到 25%。我国虽然起步较晚，但市场规模增长迅速。赛迪顾问数据显示，2024 年我国脑机接口市场规模为 32.0 亿元；预计到 2027 年，中国脑机接口市场规模将达到 55.8 亿元。Precedence Statistics 预测，2040 年中国脑机接口综合市场规模将超 1200 亿元，年复合增长率 26%，脑机接口将迎来快速发展，脑科学与脑机接口行业有望成为经济重要增长点。

图 1：全球脑机接口市场规模及预测情况

单位：十亿美元



资料来源：《脑机接口关键科学问题、关键核心技术及其布局研究》项目组

从地区分布来看，脑科学与脑机接口行业重点布局在经济重要城市。其中，北京是全球脑机接口原始创新策源地，作为全国科技创新中心，其在脑机接口领域起步早、定位高、成果厚，已形成“科研攻关+临床转化”双轮驱动模式，并在关键核心技术上取得突破。例如，“北脑一号”“北脑二号”全链条系统的推出，标志着北京在脑机接口技术上的领先地位。上海凭借其丰富的医疗资源和完善的产业链基础，启动全国首个脑机接口未来产业集聚区，通过高密度集聚科学家、工程师和医生，形成“临床需求-技术突破-产品验证-标准制定”的闭环生态，已在侵入式、半侵入式、非侵入式三条技术路线上并行突破，实现多项标志性应用。重庆在智慧医疗装备产业的高端化方面有所突破，以脑虎科技签约为契机，快速推进脑机接口技术的产业化进程，通过科研平台升级、重大专项落地和标志性产品涌现，逐步构建起完善的脑机接口产业生态。例如，蓝翡翠实验室的升级和“双十”项目的启动，为重庆脑机接口技术的发展提供了强大动力。四川（成都）是西部脑谷，依托其强大的医疗场景和完备的电子信息产业链，在脑机接口领域迅速崛起。通过政策引导、资本投入和跨学科协作，成都正加速形成“上游核心器件-中游系统集成-下游场景应用”的闭环生态，已集聚了一批顶尖团队和链主企业，推动脑机接口技术在医疗、工业、教育等领域的应用。杭州是数字经济与生物医药的完美结合，凭借其数字经济和生物医药的双重优势，在脑机接口领域展现出强大的竞争力。通过校地合作示范区、产学研深度融合模式，杭州正加速集聚脑机接口企业，推动关键核心技术突破和临床转化。例如，浙江大学脑机智能全国重点实验室完成了国内首例“闭环脊髓神经接口”植入手术，标志着杭州在脑机接口医疗应用方面的领先地位。深圳依托其强大的电子信息产业基础和创新能力，将脑机接口定位为未来产业增长引擎。通过光明区、南山区等区域的差异化布局，深圳形成了从基础研究、技术开发到产业化的完整链条，已聚集近百家脑科学与类脑智能企业，并在核心技术自主可控、全球首创产品涌现等方面取得显著进展。

（二）我国脑科学与脑机接口产业已形成完整链条

1. 产业链整体概况

脑科学与脑机工程产业包括制备上游材料零件，研发中游产品、设备、平台，以及提供下游应用服务，主要分为脑疾病诊治、脑机接口两大核心方向。脑疾病诊治与认识脑和保护脑息息相关，脑机接口则直接对应连接脑。在脑疾病诊治领域，产业链上游涵盖原料耗材和医药外包服务，中游聚焦神经系统药物和脑诊治器械的研发与生产，下游关联医院、药店及第三方医疗检测机构。在脑机接口领域，上游涵盖脑电信号采集的材料及核心零部件，包括电极、芯片、传感器等，其研发制造能力决定行业整体的质量及应用拓展。中游是硬件设备制造与软件/算法开发，其中硬件主要包括脑机接口设备和外联外控设备，软件主要包括脑电采集平台、数据库及传输算法；中游是对脑机接口软硬件技术的集成与开发，打造出适用于不同应用场景的脑机接口产品与解决方案。下游则是终端应用市场，包括医疗、教育、娱乐、军事、工业等多个领域。

图 2：脑科学与脑机接口产业链全景图



资料来源：深圳国际科技信息中心

从全球产业链分布看，BCI企业已突破 800 家，分布在全球 50 余个国家和地区，多数集聚在中美欧。其中，美国拥有近 300 家BCI企业，全球占比达到 34%；中国近 200 家，全球占比 22%；加拿大和英国占比 4%，其余国家和地区的BCI企业在全全球占比不足 4%。从产业链各环节看，BCI企业绝大多数占据在产业下游，上游企业数量不足 100 家，全球占比不足 10%；中游企业数量接近 200 家，全球占比 20%左右；下游企业数量超过 500 家，全球占比 70%左右。从企业所在国家看，美国在BCI产业链的上游、中游和下游各环节中企业数量均较为领先，一定程度反映出美国在BCI领域的产业链角色更加多元丰富的特点。

2. 上游：核心零部件国产化水平有待提高

上游产业链主要包括材料和核心零部件，主要任务是从大脑获取神经信号，获取信号的质量好坏从源头上影响脑机接口的整体质量及应用，因而是整个产业链中最关键的部分。主要涉及脑机接口技术体系的硬件层，具体包括材料（金属、凝胶、柔性材料等）、BCI传感器芯片、信号放大模块、数据传输模块、导电胶、生物电池及刺激器等，这些是制造脑电采集设备的基础元件。其中电极方面，侵入式电极知名公司有美国的Blackrock和NeoruLink，中国代表企业是脑虎科技和阶梯医疗，半侵入式电极有美国的Synchron；非侵入式电极有美国的Emotiv和Neurosky，中国的柔灵科技。芯片方面，植入芯片知名公司有美国德州仪器、意法半导体、Neuralink，中国代表企业是衷华脑机；中国的芯动神州是非植入芯片代表企业。

综合来看，全球脑科学与脑机工程行业产业链发展还处于初期阶段，其上游设备尚未实现标准化量产，目前国内脑机接口的核心零部件主要依靠进口，国产化水平有待提高。

3. 中游：国内企业参与度相对较高

中游产业主要进行脑机接口系统的集成与开发，将上游采集到的脑电信号进行处理和分析，转化为可执行指令的过程，即通过各类硬件与软件技术进行整合优化，为下游应用拓展提供产品与解决方案。中游环节主要包括脑机接口设备（如头皮脑电图

仪、颅内电极设备等），脑机软件和外联外控设备。其中脑机接口设备方面，侵入式及半侵入式的知名企业有美国的NeuroPace、中国的品驰医疗；非侵入式有美国的Neurosky、中国的强脑科技。脑机软件方面，脑电采集平台的知名企业有美国的Kernel，中国的博睿康和中电云脑。外联外控设备方面，具体设备包括神经假体、机器人、VR/XR等。神经假体代表企业有傲意科技和强脑科技，机器人有美国的Neuralink和清华大学，VR/XR有美国的Oculus。

中游产业国内企业参与度更高，尤其在半侵入式和非侵入式路径有较多企业涌现。由于脑接口技术研发涉及多学科、多领域的融合应用，且需要较高成本和长时间的投入，因此目前国内脑机接口企业多有高校和研究院的参与。

4. 下游：大规模商业化仍有一定距离

下游产业主要侧重应用场景落地，比如医疗康复（如瘫痪患者辅助设备）、神经科学研究、消费电子（如智能头环）、军事等领域的终端产品应用与服务。脑机接口拥有五大功能，包括：监测，使用脑机接口系统监测部分人体意识状态；替代，脑机接口系统输出可取代由于损伤或疾病而丧失的自然输出；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；增强，主要是针对健康人而言，实现机能的提升和扩展；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。

根据信通院 2023 年报告，目前国内脑机接口的下游相关企业近 350 家，较明晰应用方向不少于 30 种，主要分为医疗和非医疗两类，其中医疗企业占比 56%，消费、工业、教育等非医疗企业占比 44%。医疗领域应用主要包括疾病预警、诊断、治疗和功能增强。非医疗应用领域包括工业安全监测、车内交互控制和疲劳监测、对外交互、外设控制、睡眠监测和助眠、情绪舒压、认知训练、脑健康体检、游戏控制、体育训练和人才选拔、模拟训练和体验等。在教育方面，脑机接口技术主要应用于三个模式：个性化学习的实现、提升学习效果和记忆力、超越时空限制的学习。在娱乐方面，脑机技术主要应用于游戏方面，包括沉浸式游戏体验、结合VR技术与虚拟现实增强、情感互动体验等。在科研方面，脑机接口技术有助于反哺各学科研究的进步。在工业方

面，脑机接口技术主要用于操作员状态监测、认知负荷优化、人机协作增强和危险环境安全保障。

综合来看，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，医疗是脑机接口的主要产业化方向，在下游应用解决方案企业中医疗方向企业占比过半。当前脑机接口领域的植入式技术均面向医疗，此外有部分非植入式技术也应用在医疗领域。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。

（三）上市公司财务业绩表现

2024 年脑科学与脑机接口行业上市公司平均毛利率水平高达 33.89%，整体估值水平也较高，平均 PB 达 5.32。但行业发展面临诸多挑战。一是盈利分化加剧。上游核心技术企业凭借高壁垒实现高毛利但数量较少，上游企业净利润率普遍超 20%，中游设备制造商受益于商业化进程加速但成本也在增长，下游应用端面临市场扩张与盈利平衡的压力，下游企业净利率不足 10%。二是研发投入高企，行业平均研发费用率达 18%，如翔宇医疗研发投入增长 42%，但净利润下滑 54.68%，反映技术投入与短期盈利的矛盾。三是政策依赖性强，医保定价直接影响下游商业化进程，目前仅 30% 的脑机接口服务项目纳入医保，未来政策扩容将成为关键变量。四是估值泡沫风险，部分下游企业 PB 估值近 10 倍（如汤姆猫），但实际脑机接口业务营收占比不足 10%。此外，脑科学与脑机接口产业的部分核心技术（如芯片）主要还是掌握在美国企业。

表 3：我国主要脑机接口上市公司财务数据和估值情况¹

企业名称	产业链	细分环节	营收同比 (%)	毛利率 (%)	净利率 (%)	市盈率	市净率
迈普医学	上游	材料与芯片	20.61	79.3	28.3	57.1	6.9
冠昊生物	上游	材料与芯片	-6.6	79.5	4.4	164.1	8.2
高德红外	上游	材料与芯片	10.87	40.7	-16.7	亏损	7.8
力合科创	上游、中游	材料与芯片、脑电采集	-7.75	23.6	7.7	37.6	1.4
汉威科技	上游、中游	采集设备	-2.61	29.9	2.4	179.2	5
复旦复华	全产业链	材料与芯片、脑电采集、分析、医疗应用	-5.05	35.5	-20.9	亏损	7.7

¹ 注：营业收入、毛利率、净利率为 2024 年，市盈率、市净率为 2025 年上半年。

诚益通	全产业链	材料与芯片、脑电采集、分析、算法、医疗应用	-18.49	41.47	9.21	69	2.4
爱朋医疗	中游	采集设备、处理设备	-4.35	68.4	2.7	亏损	5.6
岩山科技	中游	算法	17.06	33.5	-8.4	亏损	3.3
伟思医疗	中游	脑电采集、脑电析	-13.45	65.5	25.5	38.5	2.6
翔宇医疗	中游	采集设备、医疗应用	-0.17	67.4	13.8	82.7	3.5
奥普光电	中游	脑电分析	-3.62	34.5	14.3	180.4	8.5
三博脑科	中游、下游	算法、医疗应用	8.84	23.5	8.1	90.3	4.2
创新医疗	中游、下游	算法、医疗应用	1.3	7.8	-11.5	亏损	3.6
佳禾智能	中游、下游	采集设备、医疗应用	3.76	14.9	1.6	155.28	2.2
盈趣科技	中游、下游	脑电采集、非医疗应用	-7.45	28.4	7.5	51.4	3
中科信息	中游	脑电分析	-14.27	20.6	1.4	1935.8	11.7
塞力医疗	中游、下游	脑电分析、医疗应用	-9.74	18.3	-10.7	亏损	6.8
世纪华通	中游、下游	算法、非医疗应用	70.27	65.8	4.6	50	3.6
狄耐克	中游、下游	脑电分析、非医疗应用	-18.58	42.6	-2.1	亏损	2.6
科大讯飞	中游、下游	算法、脑电分析、非医疗应用	18.79	42.6	2.2	168.5	6.3
优刻得	下游	医疗应用	-0.81	18.9	-16.1	亏损	5.1
汤姆猫	下游	非医疗应用	-15.18	89.3	-75.5	亏损	9.4

资料来源：互联网、作者整理

（四）行业发展趋势

随着人工智能等技术的加快应用，叠加国家政策的支持与引导，脑科学与脑机接口行业也朝着更加多元化的方向发展。

在技术创新趋势方面，一是多模态融合，未来脑机接口技术将不再局限于单一信号采集方式，而是朝着多模态融合方向发展。将脑电、脑磁、近红外等多种信号采集技术结合，能够获取更全面的大脑活动信息，提升信号的准确性和稳定性。二是高分辨率与高精度，研发高分辨率的脑机接口设备成为必然趋势，以实现大脑神经元活动更精细的监测和调控，为深入研究大脑功能和治疗脑部疾病提供有力支持。三是人工智能与机器学习深度融合，利用人工智能和机器学习算法对海量的大脑信号数据进行分析处理，不断优化脑机接口系统的性能。

在应用拓展趋势方面，一是医疗领域深化应用，在神经疾病治疗方面，脑机接口技术除了现有的帕金森病、癫痫等疾病治疗，还将拓展到更多神经系统疑难病症，如

渐冻症、阿尔茨海默病等，为患者提供新的治疗方案和康复手段。二是教育领域广泛应用，基于脑机接口技术的教育产品将不断涌现，帮助教师更好地了解学生的学习状态和认知过程，实现个性化教学。例如，通过监测学生的大脑注意力、专注度等指标，教师可以及时调整教学方法和节奏，提高教学效果。学生也可以利用脑机接口设备进行自我学习能力的提升，如增强记忆力、提高注意力集中程度等。三是智能家居与智能交通领域兴起，在智能家居系统中，用户可以通过大脑信号控制家电设备、灯光、窗帘等，实现更加便捷、智能的生活体验。在智能交通领域，驾驶员的大脑状态监测技术将得到应用，当检测到驾驶员疲劳、注意力不集中时，系统自动发出警报或采取相应措施，保障行车安全。未来甚至可能实现大脑信号控制自动驾驶汽车，开启全新的出行方式。

在产业融合趋势方面，一是产学研医深度融合，科研机构专注于基础研究和关键技术突破，高校培养专业人才并开展前沿研究，企业负责技术转化和产品开发，医疗机构提供临床验证和应用场景。二是跨行业合作，脑科学与脑机工程行业与电子信息行业合作，开发更先进的信号采集和处理设备；与材料科学行业合作，研发新型生物相容性材料用于脑机接口电极；与人工智能行业合作，提升大脑信号的分析 and 解读能力。

在全球竞合趋势方面，一是标准化与规范化，随着行业的发展，制定统一的技术标准和规范成为迫切需求，以确保产品质量和安全性，也有利于不同企业和机构之间的技术交流与合作。二是国际合作与竞争，脑科学与脑机工程是全球性的研究领域，国际合作将日益紧密。各国科研人员共同开展大型科研项目，分享研究成果和数据，加速技术突破。

三、金融支持产业发展情况

我国脑机接口产业核心特征在于“高投入、长周期、慢回报”，侵入式设备从研发到落地需 8-10 年，仅临床试验就需数亿元，且技术壁垒极高，柔性电极、高通量芯片

等“卡脖子”环节长期依赖进口，这种市场增长潜力与产业特性的反差，更凸显了金融助力的紧迫性。

（一）投融资活跃度提升

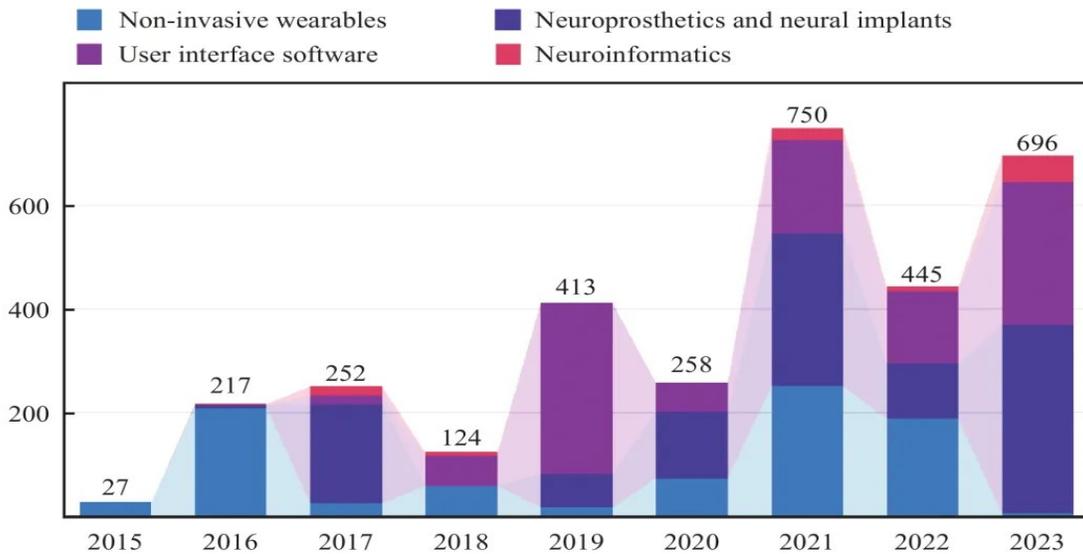
虽然脑机接口研究历史已有半个世纪，但私人投资直到 21 世纪初才开始出现。从 2005 年到 2014 年，该领域的资金每年平均仅通过三项，交易筹集约 2400 万美元的资金。从 2016 年开始加速发展，并且在此后几年中经历了多个超过一亿美元的大规模融资轮次。全球BCI行业投融资活动在 2020 年进入活跃期，年投资事件超过 20 起，投资总额超过 16 亿美元。2021 年是巅峰之年，所有领域共筹集了 7.5 亿美元。2021 年最大的一笔融资来自埃隆·马斯克（Elon Reeve Musk）创立的神经假体和神经植入物公司Neuralink，该公司在C轮融资中筹集了 2.05 亿美元。同年，其他获得重大投资的初创公司还包括用户界面软件公司Petal，以及MindMaze和Ceribell这两家非侵入式可穿戴设备公司。在经历 2022 年的轻微下滑后，行业在 2023 年再次接近 2021 年的融资纪录，这主要是由于Neuralink在D轮融资中获得了 3.23 亿美元的资金。尽管公司数量较少，但在 2015—2023 年间，神经假体和神经植入物领域的投资额却是最高的，达到了 13 亿美元，其中超过一半是由Neuralink贡献的。

截至 2025 年 2 月，全球BCI领域投融资事件已超过 1500 起，总金额接近 100 亿美元。其中，美国相关事件超过 700 起，总金额超过 50 亿美元；中国相关事件超过 200 起，总金额接近 20 亿美元。特别是 2024 年，在经济下行压力增大背景下，仍有部分企业获得了高额融资，如Precision Neuroscience公司在 2024 年获得 1.02 亿美元C轮融资，成为BCI行业资金最充足的公司之一。2024 年国内脑机接口行业融资超 15 亿元，80%流向侵入式技术领域。2025 年 2 月，上海阶梯医疗科技有限公司获得 3.5 亿元B轮融资，是中国植入式BCI行业较大一笔融资。

金融行业已针对脑机接口产业特点积极开展试点布局。政策基金发挥“压舱石”作用，例如国家制造业转型升级基金以“7+3”年存续期投资脑虎科技、阶梯医疗等企业，支持 5 年以上回收期；天津 10 亿元专项基金采用“科学家+投资人”模式，领投博睿康

科技的MEMS芯片量产项目。资本市场则加速技术资本化，例如红杉资本等领投阶梯医疗 3.5 亿元B轮融资，创新医疗拟分拆博灵医疗至科创板，脑虎科技、阶梯医疗进入上市培育库，推动技术价值转化。

图 3：全球脑机接口领域投资变化情况（单位：百万美元）



Note: All figures in USD million

Source: Compiled by SPEEDA Edge·Funding data powered by Crunchbase

资料来源：SPEEDA、Crunchbase

（二）银行服务模式创新

国内银行业对脑科学与脑机接口行业的支持呈现多元化、多层次的特征，通过政策性金融工具、专项贷款、知识产权融资、产业基金联动等方式，覆盖从基础研究到产业化应用的全链条。

一是银行科技金融服务创新。比如 2021 年强脑科技在侵入式电极材料量产关键期，获杭州银行知识产权质押贷款及政府贴息支持；2022 年行业融资收紧时，银行追加 500 万元授信并引入战略投资者，助力其完成量产。2025 年杭州银行累计培育超 320 家科技企业上市。2025 年杭州银行推出“信用大脑BRAINS平台”，整合脑机接口企业研发投入、专利数量、临床试验进展等 30000+特征变量，通过NLP语义分析评估技

术风险，结合科技保险增信，为脑控设备企业提供 1500 万元授信，不良率控制在 0.8% 以下。该平台已沉淀 90 余项发明授权专利，技术实力居行业前列。

二是银行积极对接政府产业基金。比如深圳市设立 100 亿元光明科学城科技金融专项资金，明确将脑科学与类脑智能列为重点支持领域，提供全生命周期融资服务。对初创期企业，可通过微众银行线上平台提供最高 1000 万元免抵押流动资金贷款；对成长期企业，构建“政府+银行+担保”机制，单户授信可达 5000 万元；对成熟期企业，提供“投贷债租证”综合金融服务，支持研发升级和上市并购。

三是银行与保险创新工具适配产业周期，例如北京银行推出“研发周期匹配贷”，按临床试验进度设定 3-8 年还款期，对 III 期项目利率下浮 15%；人保财险为阶梯医疗提供覆盖术后 5 年的不良事件保险，单台保额超 200 万元，缓解医院采购顾虑。

（三）金融支持有待完善

第一，融资渠道单一，长期资本供给不足。一是过度依赖债权融资，目前脑科学企业融资中银行贷款占比超 60%，但行业研发周期长达 8-10 年，与银行 3-5 年的贷款期限严重错配。二是股权融资规模有限，尽管 2019-2023 年超 200 家企业获融资，但剔除关联企业后实际行业募资不足 50 亿元，年均仅 10 亿元，不足生物医药行业平均水平的 1/5。头部企业如脑虎科技虽完成数亿元融资，但更多中小企业因技术成熟度低难以获得风险投资。三是资本市场退出渠道不畅，科创板对脑科学企业的包容性不足，2024 年仅有脑动极光 1 家企业港股上市，且上市后估值波动剧烈（首日市值 41 亿元，半年后缩水至 28 亿元）。新三板流动性不足，导致 Pre-IP0 轮融资难度加大。

第二，风险分担机制不健全，金融机构风险偏好低。一是技术风险难以量化，侵入式脑机接口临床转化成功率不足 15%，但现有风控模型无法区分技术路径差异。某半侵入式设备企业因动物实验失败，导致银行提前收回 2000 万元贷款。二是缺乏风险分散工具，国内尚未推出脑科学研究保险产品，而美国同类保险可覆盖 40% 的临床试验失败损失。国内企业只能通过“政府专项借款+社会资本”模式分担风险，但深圳光明科学城的此类基金规模仅 10 亿元，难以覆盖全行业需求。三是知识产权融资瓶颈突

出，脑电信号处理算法等软知识产权估值困难，某银行为脑科企业提供 500 万元专利质押贷款，但评估周期长达 6 个月，且质押率仅 30%。相比之下，美国通过专利证券化可实现 70%的质押率。

第三，政策支持存在结构性失衡，产业链覆盖不均。一是上游技术研发支持不足，电极材料、芯片设计等核心环节研发投入占比超 70%，但政府补贴中仅 30%投向该领域。二是下游应用端融资困难，消费级脑机接口渗透率不足 3%，导致企业难以通过市场验证获得融资。某教育类脑机接口企业签约 500 所学校，但单校年服务费仅 20 万元，无法达到银行授信门槛。三是地方政策执行碎片化，北京、上海虽出台专项政策，但江苏某地级市脑科学企业申请“科创贷”时，因地方未设立风险补偿基金，需提供厂房抵押，融资成本增加 2 个百分点。

第四，跨境金融服务滞后，国际资源整合能力弱。一是外汇管制限制技术引进，某企业从美国进口高精度脑电放大器需购汇 500 万美元，但因跨境技术交易审批耗时 3 个月，导致研发进度延误。相比之下，新加坡对科技设备进口实行“白名单”制度，3 个工作日内完成审批。二是境外上市退出渠道不畅，尽管 2025 年央行优化境外上市资金管理，但脑机接口企业赴港上市仍面临“盈利记录”要求。脑动极光因连续亏损，被迫通过红筹架构赴港，融资成本增加 15%。三是国际资本参与度低，2024 年脑科学领域外资参与的融资案例仅占 8%，远低于生物医药行业的 25%。某中美合资脑机接口企业因外资占比超 25%，被限制参与国内临床试验项目。

四、发展建议

脑科学与脑机接口产业是全球科技竞争高地，我国虽在政策、技术、产业布局上有突破，但存在核心零部件依赖进口、技术转化效率低等问题。为推动产业发展，现结合行业现状，从多方面提出发展建议。

（一）强化技术创新，突破关键瓶颈

一是加大产业的财政资源倾斜，围绕高密度柔性电极、低功耗芯片研制以及解码算法提升等重点技术领域，结合医疗康复和工业控制等有迫切需求且相对容易落地的

应用场景，设立国家级专项研发基金。同时，针对非侵入式设备在脑电信号采集与解码精度、侵入式设备在生物相容性和长期稳定性等方面的难点，组织多学科联合攻关团队，集中力量解决技术难题。

二是加快产学研深度融合，鼓励企业与高校、科研机构建立紧密的合作关系。根据企业实际的脑机接口技术需求，梳理关键技术攻关清单，采用“揭榜挂帅制”“赛马制”等创新合作模式。

（二）优化人才培养，打造专业队伍

一是设置交叉学科专业，支持重点高校开设脑机接口交叉学科，构建全面且系统的课程体系，涵盖生物医学工程、计算机科学、材料科学、临床医学等多个相关学科。在课程设置上，除了基础理论课程外，还可以开设如“脑机接口前沿技术实践”“神经科学与人工智能融合”等特色课程。同时，配套建设脑机接口联合实验室，为学生提供实践操作和科研创新的平台。

二是促进企业参与人才培育，推动行业内的龙头企业深度参与人才培养过程。通过设置项目制课程，让学生在真实项目中锻炼能力，邀请企业的技术专家担任产业导师，将柔性电子、神经解码算法等前沿技术和实际工作中的经验融入教学实践。此外，探索建立人才发展专项基金，对参与关键技术攻关的跨学科团队给予科研经费倾斜，建立5-10年的人才长周期培养机制，并设立科研容错机制，适当延长脑机接口高端人才的学术评价周期，以鼓励人才积极投身创新研究。

（三）完善金融支持，缓解企业压力

一是设立国家级长线基金，由政府出资牵头，联合金融机构、企业等社会资本，设立国家级脑机接口长线基金。引导更多资金投向脑机接口核心技术创新领域，为企业提供长期稳定的资金支持。配套研发保险机制，对企业在临床试验过程中可能面临的失败风险进行部分覆盖，降低企业研发风险。

二是优化上市融资渠道，进一步优化科创板等资本市场对硬科技脑机接口企业的上市通道，简化上市流程，降低上市门槛，完善“研发—退出”投资闭环，吸引更多耐

心资本持续注入。探索按照技术成熟度进行投资分级机制，对于早期技术项目，政府可通过回购等方式保障投资底线，增强投资者信心；中期引入产业并购基金接力，助力企业发展壮大；后期帮助企业对接科创板上市通道，实现资本增值。同时，允许科研机构将知识产权进行资本化运作（如资产证券化ABS），吸引跨国资本共建跨境研发基金，形成“耐心资本+技术攻坚”的可持续发展生态。

三是创新银行科技金融服务。围绕设备更新迭代快、使用周期短的产业特点，探索融资新模式，如脑机接口配套的柔性电极、神经采集终端、康复外设等高精度器材成本高、折旧快，科研项目对短期租赁与分期采购需求强烈，银行可探索联合制造企业推出“科研设备融资包”，提供融资租赁、信用采购、成果回购等金融工具组合，帮助科技团队以更低成本获取核心设备资源，并建立设备使用期内的资产追踪和风险管理体系，实现技术融资与项目孵化协同联动；聚焦神经信号解码、算法建模、AI训练等算力密集型场景，银行可打造面向“技术服务型”企业的一体化账户与收支管理方案，支持科研算力购买、模型训练支付、数据托管交付等环节的高频小额结算需求，有效促进技术流动；针对各地加快布局脑科学科技产业园、试验区和康复设备产业带的情况，银行可提供固定资产贷款、园区开发融资及项目公司投融资顾问服务，支持相关基础设施、试验平台、康复终端产线等建设服务。

（四）健全监管标准，保障产业规范

一是完善伦理监管框架，鉴于脑机接口技术与人体健康、伦理道德紧密相关，应加快出台脑机接口相关的法律文件和具体细则。明确输入输出接口、脑信息编解码等关键技术的统一规范，对技术应用的边界和范围进行清晰界定。例如，规定在医疗领域应用时，必须遵循严格的患者知情同意流程和医疗伦理准则。

二是明确数据隐私规则，尽早制定脑机接口数据管理条例，明确脑电数据的归属权为用户所有，严格规范数据的使用边界，包括数据的收集、存储、使用、共享等环节。同时，对脑电数据的跨境流动规则进行详细规定，防止数据泄露和滥用。例如，数据跨境流动需经过严格的安全评估和用户授权流程，确保数据隐私安全。积极参与

国际标准的制定，提升我国在脑机接口领域的话语权和影响力，推动产业标准化建设，促进产业健康有序发展。

（五）拓展应用场景，促进产业发展

一是挖掘潜在应用领域，除了现有的医疗康复、消费娱乐、教育等领域，积极探索脑机接口在智能家居、交通出行、军事国防等更多领域的应用可能性。例如，在智能家居场景中，进一步优化用户通过脑机接口设备对家电、灯光、窗帘等家居设施的控制体验，实现更加便捷、智能的家居生活；在交通出行方面，研究如何利用脑机接口技术辅助自动驾驶系统，当驾驶员出现疲劳或突发身体状况时，能够通过脑电信号及时调整车辆行驶状态，保障行车安全。

二是开展应用示范项目，政府和行业组织可牵头开展一批脑机接口应用示范项目，为企业提供应用实践平台，展示脑机接口技术应用效果和潜力，促进技术与市场有效对接。例如，某康复医疗机构开展脑机接口辅助康复治疗示范项目，通过实际案例向患者、医疗从业者以及社会大众展示脑机接口技术在改善患者生活质量方面的显著成效，提高社会对该技术的认知度和接受度，推动脑机接口产品的市场推广和应用普及。

（六）加强国际合作，提升产业竞争力

一是参与国际科研合作。鼓励国内高校、科研机构和企业积极参与国际脑机接口科研合作项目，与国际顶尖科研团队共同开展前沿技术研究，分享研究成果和经验，提升我国在脑机接口领域的科研水平。例如，参与国际脑机接口技术联合研发项目，在合作中学习借鉴国外先进的研究方法和技术手段，同时也将我国的科研优势融入其中，共同推动全球脑机接口技术的进步。

二是促进国际产业交流。组织和参与国际脑机接口产业展会、论坛等交流活动，加强国内外企业之间的沟通与合作，拓展国际市场渠道。例如，定期举办国际脑机接口产业大会，吸引全球相关企业、专家学者参会，展示我国脑机接口产业的发展成果，加强与国际企业的商务洽谈与合作，推动我国脑机接口产品和技术走向国际市场，提升产业的国际竞争力。

