

脑机融合，引领医疗健康新浪潮

2024年06月24日

【投资要点】

- ◆ **脑机接口 (Brain-Computer Interface, BCI)** 是在大脑与外部环境之间建立起的、不依赖于外周神经通路的交流与控制通道，从而实现大脑与外部设备的直接交互。脑机接口系统可以根据脑信号采集的方式，分为侵入式和非侵入式脑机接口。脑机接口的学术探索始于20世纪20年代，经历科学论证阶段，目前正处于应用试验阶段中快速发展。
- ◆ **全球脑机接口产业链仍处于初期发展阶段，上游设备尚未实现标准化量产，BCI芯片和算法是核心技术壁垒。**目前，我国脑机接口平台的核心组件仍然高度依赖进口，我国在此领域的国产化程度尚显不足。此外，脑机接口在发展过程中面临着技术基础和商业化挑战等问题，距离成熟产业化仍有很长的路要走。
- ◆ **医疗健康是目前脑机接口最大的市场应用领域，也是最主要且最接近商业化的领域。**根据 Precedence Statistics 的数据显示，2023年全球脑机接口市场规模为23.5亿美元，预计到2033年将达到108.9亿美元，2024-2033年的复合年增长率为16.55%。目前我国脑机接口设备市场规模在十亿量级，至2040年有望达到千亿规模。我国政策上大力支持脑科学与类脑研究的发展，技术上产学研医紧密协同，庞大的患者群体基数带动需求扩张，叠加优秀的脑机接口公司的引领，脑机接口行业在多因素促进下有望迈入发展快车道。
- ◆ **全球脑机接口注册临床中干预性研究占据主导地位，研究重点主要集中在中风、肌萎缩侧索硬化症、脊髓损伤等神经系统疾病；中国临床处于前期阶段居多，逐步迈向临床应用转化阶段。**海外脑机接口产业涌现出不同技术方向的代表性公司，在技术水平、融资额度及产品设计方面展现出相对成熟的状态，通过持续的技术创新和资本运作推动行业前行。中国与海外的技术差距相对较小，具备实现弯道超车的潜力。

【配置建议】

- ◆ 脑机接口行业处于发展的早期阶段，国内公司以医疗健康应用居多，我们看好行业在政策、技术、市场驱动下的成长性，谨慎看好诚益通、伟思医疗，建议关注翔宇医疗、三博脑科等。

【风险提示】

- ◆ 技术发展不及预期；市场接受度不及预期；监管政策风险；伦理和法律风险；商业化进程不及预期风险。

强于大市 (维持)

东方财富证券研究所

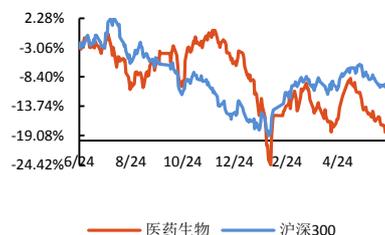
证券分析师：何玮

证书编号：S1160517110001

联系人：崔晓倩

电话：021-23586309

相对指数表现



相关研究

《电生理：澎湃蓝海赛道，增量空间广阔》

2024.05.27

《系列二器械：设备创新+出海获新机遇，高耗扩容+放量启新时代》

2024.02.07

《系列一创新药中药：蓄势待发，高质量发展》

2024.02.05

《骨科器械系列报告一：国采落地常态化，国产关节龙头前景广阔》

2023.12.22

《民营眼科市场广阔，一超多强各显神通》

2023.10.11

正文目录

1.1. 脑机接口：实现大脑与外部设备直接交互的技术.....	3
1.2 发展历程：从学术探索到应用试验，国内外加速发展.....	4
1.3 产业链处于早期阶段，成熟产业化道阻且长.....	6
1.3.1 关键技术：材料、芯片、数据处理、医学技术为核心竞争力.....	7
1.3.2 发展挑战：技术和商业化挑战不减，伦理安全问题仍需重视.....	8
1.4 医疗健康是脑机接口最重要的应用领域.....	9
2. 市场情况：多因素驱动市场规模增长.....	10
2.1 全球脑机接口市场规模 2033 年将至百亿美元.....	10
2.2 政策驱动：全球脑计划兴起，中国战略引领发展.....	11
2.3 技术驱动：中国加紧追赶国际水平，产学研医协同驱动.....	16
2.4 市场驱动：患者群体扩张需求，优秀公司引领市场增长.....	18
3.市场参与：临床研究偏早期，国内企业快步追赶中.....	19
3.1 海内外临床：干预性研究为全球主导，中国临床逐步迈向成果转化阶段.....	19
3.2 海外公司多方面表现成熟，国内企业具备弯道超车的潜力.....	20
3.3 未来发展趋势：接口材料及植入技术升级，结合 AI 逐步发展至脑机智能.....	23
4.投资建议.....	24
5.风险提示.....	24

图表目录

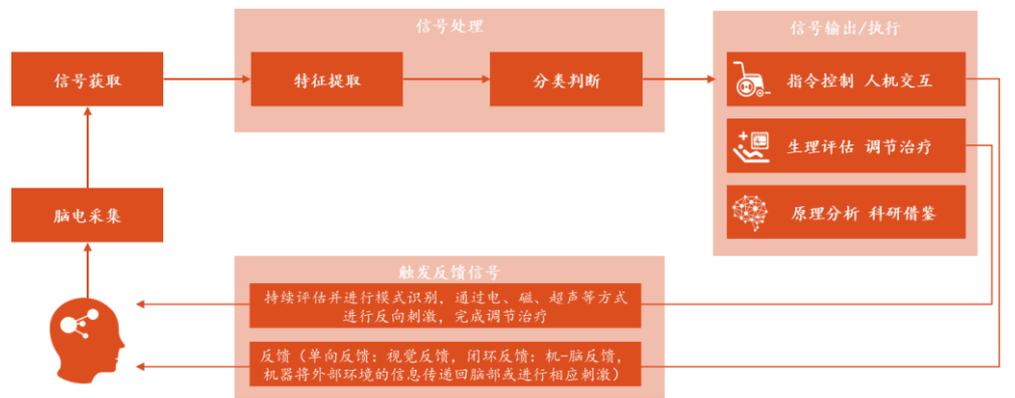
图表 1：脑机接口基本原理和框架.....	3
图表 2：脑机接口分类情况.....	4
图表 3：脑机接口发展沿革.....	5
图表 4：脑机接口产业链情况.....	6
图表 5：脑机接口技术核心竞争点.....	7
图表 6：脑机接口技术和应用存在的问题及挑战.....	8
图表 7：脑机接口在医疗健康领域的应用.....	9
图表 8：2023-2033E 全球脑机接口市场规模（亿美元）.....	10
图表 9：全球脑机接口市场按类型细分，2023 年.....	11
图表 10：全球脑机接口市场按应用细分，2023 年.....	11
图表 11：各国脑计划概述.....	11
图表 12：国家层面脑机接口相关政策.....	12
图表 13：地方层面脑机接口相关政策.....	14
图表 14：2014-2023 年中国脑机接口相关专利申请和授权数量变化趋势.....	16
图表 15：2022-2023 年 8 月中国脑机接口核心期刊论文发表数量趋势.....	16
图表 16：中国脑机接口主要研究机构及代表性研究成果.....	17
图表 17：2018-2030E 中国主要认知障碍患病人数（百万人）.....	19
图表 18：全球脑机接口临床注册所涉及适应症.....	19
图表 19：中国脑机接口临床试验阶段分布情况（截至 2024 年 6 月 4 日）.....	20
图表 20：海外应用脑机接口于医疗健康领域的企业.....	21
图表 21：中国应用脑机接口于医疗健康领域的企业.....	22
图表 22：脑机接口未来发展趋势.....	23
图表 23：行业建议关注公司.....	24

1. 脑机接口概述

1.1. 脑机接口：实现大脑与外部设备直接交互的技术

脑机接口 (Brain-Computer Interface, BCI) 是在大脑与外部环境之间建立起的、不依赖于外周神经通路的交流与控制通道，从而实现大脑与外部设备的直接交互。脑机接口的基本流程包括脑电采集、信号获取、信号处理、信号输出/执行、触发反馈信号，首先需要通过电极采集到原始脑电数据，并通过降噪、放大等方式排除噪声、电磁等环境影响，得到高质量的脑电数据后，基于深度学习算法/专家知识将脑电信号转换为计算机信号，对计算机信号进行特征提取和分类判断进而形成指令，执行指令进而实现通过电、磁、超声等方式的评估调节治疗，或通过控制外部设备实现人机交互，或对该过程直接进行科研借鉴。

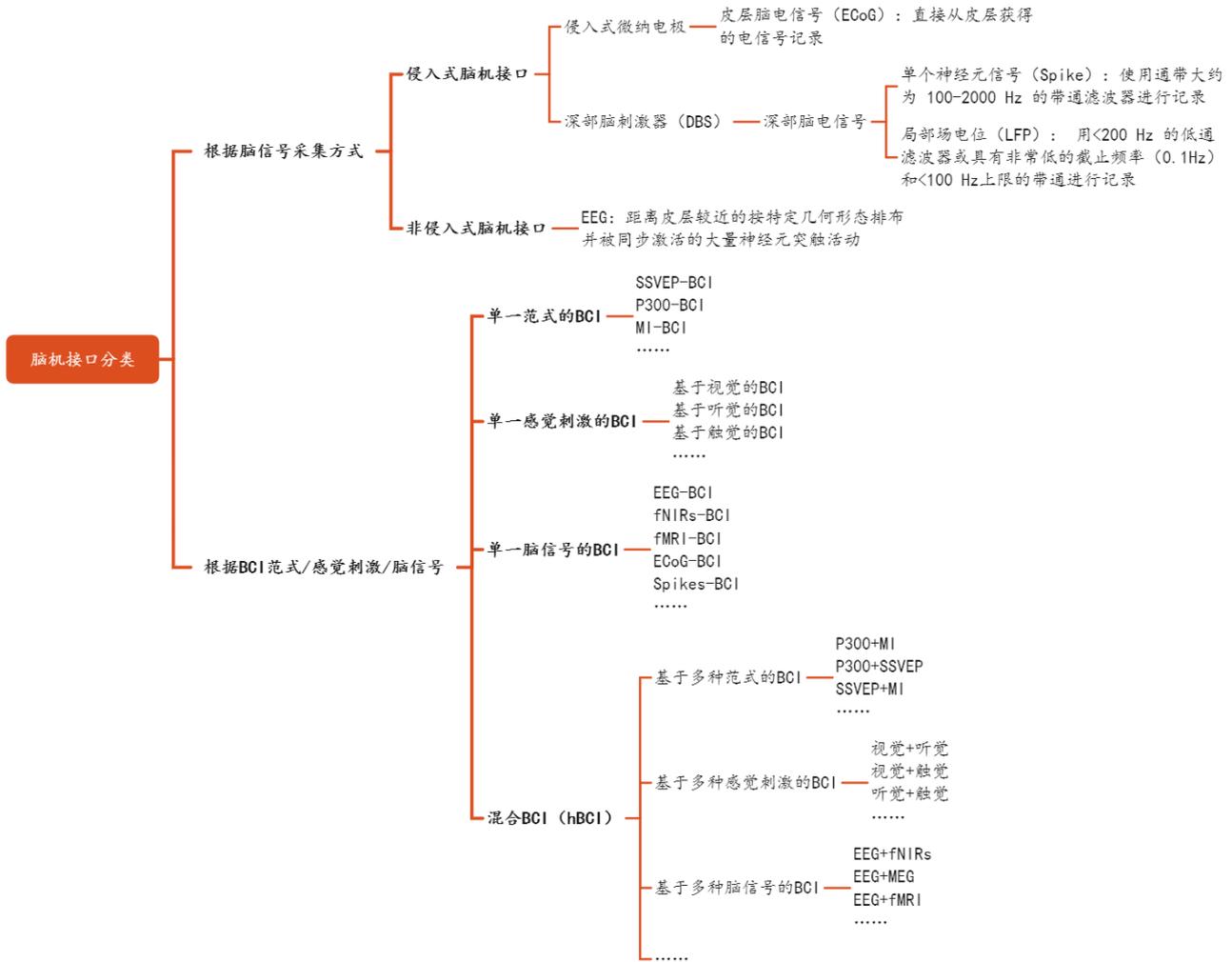
图表 1：脑机接口基本原理和框架



资料来源：UW BioRobotics Laboratory-Neural Engineering, 《脑机接口深度产业分析报告》，量子位，东方财富证券研究所

脑机接口系统可以根据脑信号采集的方式，分为侵入式和非侵入式脑机接口；或根据脑机接口范式/感觉刺激/采用的信号进行分类，可分为单一范式/单一感觉刺激/单一脑信号的脑机接口和混合脑机接口。不同的深度脑机接口检测到的信号的精细度和特征不同，非侵入式脑机接口如头戴式脑电帽，检测到的信号被称为 EEG，是距离皮层较近的按特定几何形态排布并被同步激活的大量神经元突触活动。侵入式脑机接口可以分为皮层脑电 (ECoG) 和深部脑电信号，皮层脑电是指直接从皮层获得的电信号记录。深部脑电信号可分为单个神经元信号 (Spike) 和局部场电位 (LFP)。侵入式脑机接口可以获得更高强度、高质量的信号，但具备较高的经济成本和较大安全风险；非侵入式脑机接口采集信号偏弱，但可以有效避免手术及不良反应的发生。

图表 2：脑机接口分类情况



资料来源：《脑机接口技术在医疗健康领域应用白皮书（2023 年）》，中国信息通信研究院，《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，东方财富证券研究所

1.2 发展历程：从学术探索到应用试验，国内外加速发展

脑机接口的发展历程可以分为学术探索阶段、科学论证阶段和应用试验阶段，目前脑机接口技术正在第三个阶段中蓬勃发展。学术探索阶段主要是脑电波以及与大脑不同状态相关的α波和β波的发现，伴随着1969年研究员埃伯哈德·费兹（Eberhard Fetz）设计游戏使猴子通过特定思考来触发仪表盘的指针转动从而获得游戏奖励，此后科学家尝试通过解码大脑电信号来控制外部设备，脑机接口发展迈入科学论证阶段，在此期间科学论证的研究日益增多。随着神经科学与相关技术的不断突破，脑机接口技术开始快速发展。21世纪以来，以Neuralink为代表的脑机接口公司陆续推出产品，并于2023年获批进行人体实验，脑机接口领域的学术研究、临床应用和产业创新进程持续加速中。

国内脑机接口研究起步较晚，但近年来发展迅猛。自上世纪90年代起，我国陆续在“北上广”及重点省会城市成立脑科学研究相关中心和实验室，并于2017年、2018年、2023年分别成立了类脑智能技术及应用国家工程实验室、北京脑科学与类脑研究中心、中国脑机接口产业联盟，推动脑机接口行业的创

新和发展。2020年，浙江大学完成国内首例侵入式脑机接口人体试验，七旬患者可以完全利用大脑皮层信号精准控制外部机械臂和机械手完成握手、拿取饮料等日常活动。2023年，清华大学医学院在宣武医院完成首例无线微创植入脑机接口NEO人体试验，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%，此外患者脊髓损伤的ASIA临床评分和感觉诱发电位响应均有显著改善。

图表 3：脑机接口发展沿革



资料来源：《脑机接口技术创新与产业发展研究报告（2021年）》，中国信息通信研究院，《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，《脑机接口50年：从科幻概念到产业落地》，医学科学报，CyberDaily，腾讯新闻，清华大学官网-清华新闻，东方财富证券研究所

1.3 产业链处于早期阶段，成熟产业化道阻且长

脑机接口产业链可以分为上游、中游和下游三个环节，上游包括脑电采集设备（非侵入式电极和侵入式微电极）、BCI 芯片、处理计算机/数据集和处理算法、操作系统级分析软件和外部嵌套等，参与者包括芯片和脑电采集设备商、操作系统和软件商、数据分析商等；中游主要包括脑电采集平台型公司、脑机接口设备型公司；下游则包括医疗健康、教育培训、游戏娱乐、军事国防等商业应用领域及医疗机构、科研机构、高校等研究应用领域。

全球脑机接口产业链仍处于初期发展阶段，上游设备尚未实现标准化量产，BCI 芯片和算法是核心技术壁垒。受制于脑机接口现有规模有限性及产业链建设的高成本，目前我国脑机接口产业链发展不够完善，芯片领域是我国脑机接口产业链最薄弱的环节，对德州电气（信号处理芯片 TI AD1299）、意法半导体（程序控制单片机 STM32）等国外厂商有较强依赖性。设计 BCI 芯片的技术壁垒主要源自模拟电路设计的复杂性、对低功耗的严格要求以及实现无线能量传输的能力。BCI 芯片设计方案分为通用方案与专用 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit) 方案，通用方案因其广泛的适用性而能在多种应用场景中发挥作用，而专用 ASIC 方案则针对特定需求进行深度定制，从而在性能和功耗优化上表现更为出色，业内领先的企业和高校，如 Neuralink、布朗大学和复旦大学等，已着手研发脑机接口专用的 ASIC 芯片。此外，脑机接口产业链的体系化特征显著，任一环节的低效率（如手术植入效率的不足）都会直接影响整体植入方案的效果，从而限制应用场景的拓展。目前，我国脑机接口平台的核心组件仍然高度依赖进口，我国在此领域的国产化程度尚显不足。为了在全球脑机接口技术竞争中占据有利地位甚至实现赶超，我国急需提升核心零部件的国产化率、全面加强脑机接口技术的产业链建设，确保各环节的高效衔接，以推动国内脑机接口产业的持续健康发展。

图表 4：脑机接口产业链情况



资料来源：《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，网易科技，腾讯新闻，东方财富证券研究所

1.3.1 关键技术：材料、芯片、数据处理、医学技术为核心竞争力

在脑机接口的工作过程中，脑机接口材料和芯片、脑机接口数据处理相关技术、脑机接口医学相关技术是核心环节，需要计算机、自动化、材料学、微电子、基础医学、临床医学、神经科学、神经工程、运动康复、心理学多个学科领域专家们的共同努力与紧密合作，还需数据管理、机器学习、软件工程等数据处理方面的技术手段作为支持。

脑机接口的核心竞争点之一在材料和芯片，使用寿命长、生物相容性高、可获取更高分辨率信号的侵入式材料和兼顾电特性/舒适性/便捷性的非侵入式材料能够从源头提升信号质量；芯片负责信号模数转换，其技术关键在于提升采集分辨率、减少干扰，材料和芯片共同影响脑机接口的整体质量及应用。脑机接口数据处理技术的核心在于将脑电信号解码为指令，研究焦点在于优化信号处理和转换算法，涵盖数据预处理、数据管理、机器学习及软件工程，同时依赖高性能计算能力，以实现高效的信号转换。此外，医学技术是决定脑机接口能否发挥应用效果的最后一环，非侵入式接口依赖医学指导而侵入式接口则需临床医生专业技术完成植入。

图表 5：脑机接口技术核心竞争点

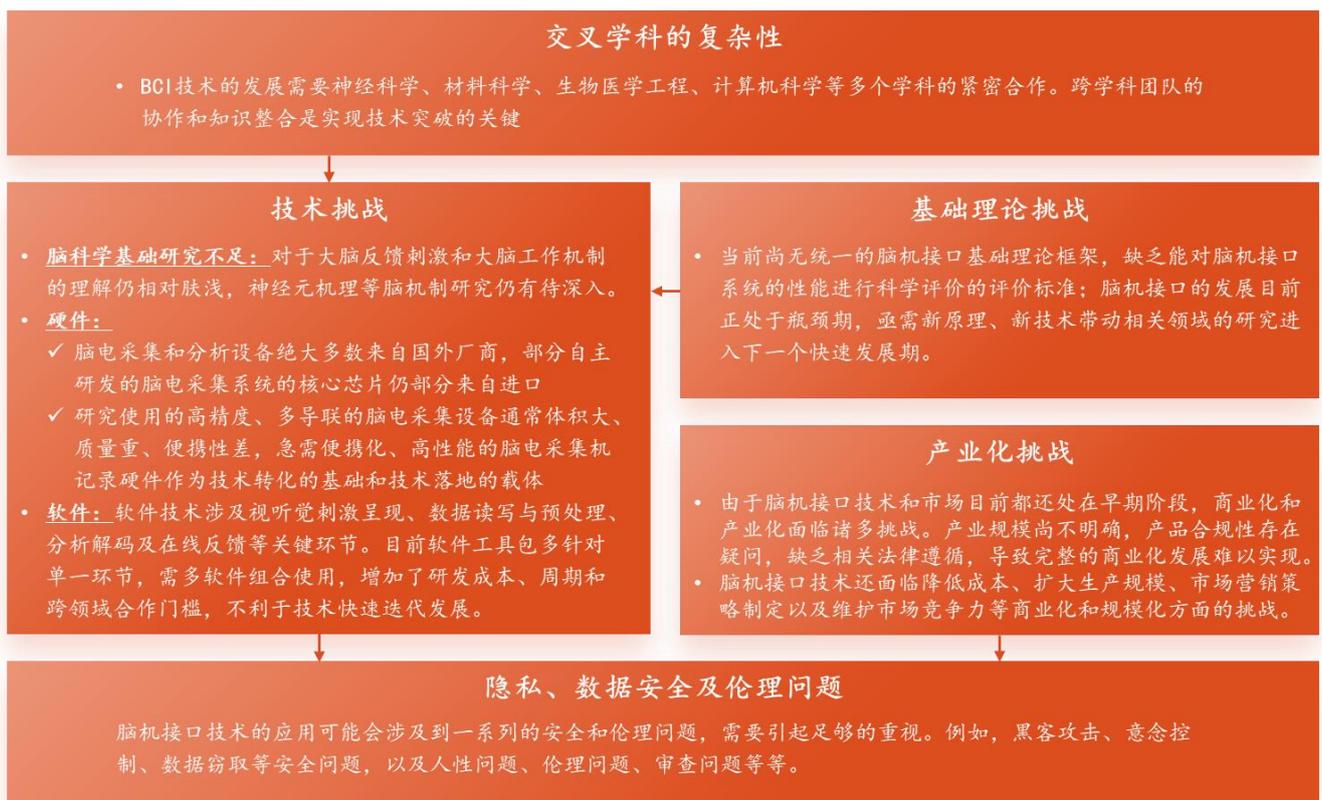
竞争点	简介
脑机接口材料	侵入式 实现最低限度损伤大脑和最大限度利用大脑之间的平衡，是侵入式脑机接口的技术的核心挑战。延长电极使用寿命、减少植入创伤及提升信息采集的带宽水平是侵入式脑机接口结束的核心竞争点，生物相容性更高的超细超薄超柔神经电极可提升电极在体工作时长、蚕丝蛋白牺牲层/可注射网格状神经电极能有效降低植入创伤、利用集成电路制造工艺提升神经带宽
	非侵入式 非侵入式脑机电极需兼顾电特性/舒适性/便捷性，传统的无创脑电采集系统采用湿电极，其电特性良好，但是使用不方便；梳状干电极使用方便，但界面阻抗较高，使用时有轻微的痛感，舒适性较差；半干电极可保持湿性接触，舒适性和电特性适中，自润湿、新型凝胶等半干电极是研究热点
脑机接口芯片	提高信号采集的时间和空间分辨率、减少干扰和噪声等
脑机接口数据处理相关技术	数据预处理 从神经信号中提取有用信息，并将大脑信号解释为指令以驱动外部设备。神经信号处理技术涉及到多个领域，包括信号去噪、信号特征提取、信号编码和解码等。对于非侵入式的脑机接口，需要对数据进行预处理，如滤波、去除伪迹等，进一步可以将时域信号变换到频域上进行分析；对于侵入式脑机接口，涉及到如何从采集到的信号提取出真实的神经元信号
	数据管理 通过数据管理技术，研究人员可以共享和比较不同实验之间的数据，以更好地理解脑机接口系统的性能和限制，还可以在线实时数据处理和决策制定，进一步提高脑机接口应用效率和效果
	高性能计算 高性能计算水平实现脑机接口系统大规模数据分析和实时信号处理的关键。通过利用高性能计算机集群，可以实现对多个脑电信号源的并行计算，提高数据处理效率和速度；支持复杂的计算机视觉算法，从而实现更高的精度和准确性。
	机器学习算法 算法可以自动地学习和优化大量脑电信号数据的特征，从而发现更为复杂和微妙的关系，进一步提高脑机接口系统的准确性和稳定性。近年来，基于深度学习的算法已经成为脑机接口研究中的热点领域，具有非常广阔的应用前景
	软件工程 软件工程技术支持脑机接口研究的集成化和系统化，加速研究成果的应用和转化。软件工程技术可以帮助研究人员构建脑机接口系统的软件平台，提高其效率和稳定性；可以提供丰富的软件开发工具包，支持不同领域的开发人员快速开发和部署自己的脑机接口应用程序；可以支持脑机接口系统的实时监控和控制，进一步提高其性能和应用效果。
脑机接口医学相关技术	基础医学 提供脑机接口技术的理论基础，帮助研究人员设计脑机接口实验的范式，并为脑机接口技术的主体评价提供指导
	临床医学 脑机接口可用于评估和治疗神经系统疾病（如癫痫、帕金森、中风等），还可用于辅助恢复肢体活动功能，以及疾病的早期诊断和预测

资料来源：《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，《2022年脑机接口行业研究报告》，蛋壳研究院，东方财富证券研究所

1.3.2 发展挑战：技术和商业化挑战不减，伦理安全问题仍需重视

脑机接口在发展过程中面临着交叉学科的复杂性、基础理论框架不足、技术成熟度低、商业化和产业化挑战，以及隐私、数据安全及伦理问题，距离成熟产业化发展仍有很长的路要走。目前尚无统一的脑机接口基础理论框架，也缺乏对系统性能进行科学评判的统一标准。作为跨学科研究领域，脑机接口技术发展有赖于神经科学、材料科学、生物医学工程、计算机科学等多学科人才的协作和知识整合。技术发展也面临诸多挑战，当前对人脑研究仍相对付钱，神经机理等脑机制研究有待深入；硬件方面，脑电采集和分析设备主要依赖国外厂商且便携性较差，急需国产化、便携化、高性能的脑电采集及记录的硬件作为技术转化的基础和技术落地的载体；软件方面，目前软件工作包通常仅针对单一环节，增加了研发成本、周期和跨领域合作门槛，不利于技术的快速迭代发展。由于脑机接口技术和市场仍属早期阶段，产品合规性存在疑问，缺乏相关法律遵循，导致完整的商业化发展难以实现。脑机接口技术的应用还可能涉及到隐私、数据安全和伦理问题，需要引起足够的重视，如黑客攻击、意念控制、数据窃取等隐私安全问题，以及人性问题、伦理问题、审查问题等。

图表 6：脑机接口技术和应用存在的问题及挑战



资料来源：《脑机接口技术在医疗健康领域应用白皮书（2023年）》，中国信息通信研究院，《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，东方财富证券研究所

1.4 医疗健康是脑机接口最重要的应用领域

医疗健康是目前脑机接口最大的市场应用领域，也是最主要且最接近商业化的领域，下游应用解决方案企业中医疗方向占比过半。脑机接口产业下游相关企业近 350 家，较明晰的应用方向不少于 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%。当前脑机接口领域的植入式技术均面向医疗，此外也有部分非植入式技术用在医疗中。在医疗健康领域，BCI 技术可以跨越常规的大脑信息输出通路，实现大脑与外部设备的直接交互，通过 BCI 设备获取运动、视觉、听觉、语言等大脑区域的信息并分析，实现对疾病的监测诊断、治疗、康复、管理和预防。非医疗领域应用方向包括工业安全监测、车内交互控制和疲劳检测、对外交互、外设控制、游戏控制、体育训练和人才选拔、模拟训练和体验、产品优化、安全识别认证等。

图表 7：脑机接口在医疗健康领域的应用

应用方向	具体领域	应用方式简介
监测诊断	神经心理监测	<ul style="list-style-type: none"> · 癫痫、帕金森等神经系统疾病：BCI 技术在癫痫领域已经有很多相对成熟的应用，通过记录患者的脑电信号，实现对癫痫发作的实时监测，此外也可以通过分析患者的脑电信号，预测癫痫发作的可能性 · 慢性意识障碍：慢性意识障碍患者由于常处于无法交流的状态，因此常常被延误治疗，甚至误诊，错失了最佳的康复机会，BCI 可用于开展意识障碍的意识评估、诊断与预后预测，借助不同的技术手段和范式，最大程度的检测患者的残余意识，帮助其进行意图输出和控制，提高患者的生活质量
	睡眠监测	在睡眠障碍、睡眠呼吸暂停综合症等病例中，可以通过该类设备实时捕捉脑电信号，分析睡眠状态和质量
	情绪状态监测	基于脑电信号的情感识别研究可用于精神类疾病发病机制的研究和治疗，通过实时捕捉和分析脑电信号，识别患者的情绪波动，预测情绪障碍的发生和发展。例如，在抑郁症、焦虑症等心理障碍的诊断和治疗过程中，脑机接口可以为心理治疗师提供实时情绪反馈，帮助优化治疗方案
	注意力监测	对于注意力缺陷/多动症 (ADHD) 等认知障碍的患者，BCI 可以实时捕捉脑电信号用于评估患者的注意力水平
疾病治疗	神经系统疾病	<ul style="list-style-type: none"> · 帕金森病、癫痫等疾病：通过植入 BCI 设备，可以实现对神经活动的实时监测和调控，从而有效改善患者的症状 · 阿尔兹海默病、多发性硬化症等其他神经退行性疾病：检测病患脑电信号发现阿尔茨海默病早期症状，并加以相关刺激，通过神经调控治疗疾病 · 其他神经发育缺陷：BCI 是治疗多动症的有效非药物手段之一，北京大学第六医院孙黎研究员采用基于 Alpha 节律的神经反馈干预配合认知训练，显著改善注意缺陷多动障碍儿童的注意和执行功能
	精神障碍	对于抑郁症、焦虑症、自闭症等精神障碍患者，BCI 可以通过监测和调节大脑活动，改善患者的情绪和认知状态。通过神经反馈训练技术结合 BCI、脑刺激技术，帮助患者自我调节大脑活动，实现对特定脑区的电刺激，从而调节患者的情绪，改善患者的社交沟通能力、情绪调节和认知功能
	疼痛治疗	通过分析患者的脑电信号和疼痛感知机制，BCI 可以实现对疼痛信号的干预和调控，从而达到缓解疼痛的目的。例如，在慢性疼痛、癌症疼痛等病例中，BCI 可以作为一种非药物治疗手段，降低患者对药物的依赖和副作用，从而减轻疼痛症状
康复	肢体运动障碍 康复	<ul style="list-style-type: none"> · 辅助性 BCI：通过 BCI 设备获取患者的运动意图，实现对假肢或外骨骼等外部设备的控制 · 康复性 BCI：经过 BCI 设备直接作用于大脑进行重复性反馈刺激，能够重组患者的大脑连接，加强神经元的功能性募集以及促进残存神经通路的重塑，从而调节患者的大脑活动
	言语康复	<ul style="list-style-type: none"> · 对于失语症、构音障碍等患者，BCI 可以通过分析大脑信号和语言功能区的活动，帮助患者重新建立语言能力 · 对于无法进行口头交流的患者，BCI 还可以实现沟通辅助功能，将患者的大脑信号转换为文字或语音输出，从而提高生活质量
	感觉缺陷康复	BCI 技术可以使患者自身的感觉信息被 BCI 设备解码，实现感觉恢复，目前该项技术已经在听觉、视觉、触觉等感觉缺陷康复诊疗中发挥积极作用
健康管理 及	健康管理	<ul style="list-style-type: none"> · BCI 可以实时监测大脑活动，为用户提供个性化的健康建议和干预措施、 · BCI 可以结合移动应用和可穿戴设备，实现远程健康监测和管理

疾病预防	<ul style="list-style-type: none"> 通过捕捉和分析脑电信号，BCI 还可以识别用户的饥饿感和饱腹感，为用户提供个性化的饮食建议和营养方案 BCI 可以评估儿童的认知发展、情绪调节和社交能力，为儿童提供个性化的教育和培养方案，帮助他们更好地适应环境和发挥潜能
疾病预防	<ul style="list-style-type: none"> BCI 可以为医生和研究人员提供有关患者和健康人群的大脑活动数据。结合其他生物标志物和临床信息，用于预测疾病风险、评估干预效果和优化预防策略 在阿尔茨海默病、帕金森病等神经退行性疾病的早期干预中，BCI 可以通过神经反馈训练和认知训练等方法，延缓认知衰退和神经损伤 在抑郁症、焦虑症等心理障碍的预防过程中，BCI 可以提供实时情绪反馈，早期发现或者避免心理疾病的发生，帮助使用者维持良好的生活质量和心理健康

资料来源：《脑机接口技术在医疗健康领域应用白皮书（2023 年）》，中国信息通信研究院，东方财富证券研究所

2. 市场情况：多因素驱动市场规模增长

2.1 全球脑机接口市场规模 2033 年将至百亿美元

根据 Precedence Statistics 的数据显示，2023 年全球脑机接口市场规模为 23.5 亿美元，预计到 2033 年将达到 108.9 亿美元，2024 年至 2033 年的复合年增长率为 17.20%。按产品类型细分，非侵入脑机接口市场占比 81.93% 为最高，非侵入式 BCI 因具备较高安全性故也是增长率最高的细分市场，半侵入式 BCI 及侵入式 BCI 分别占比 8.54%、9.53%。按应用方向细分，医疗保健领域占据市场主导地位，份额为 63.30%，得益于 BCI 技术在治疗睡眠障碍及神经系统疾病等方面的广泛应用和主要行业参与者的技术进步。

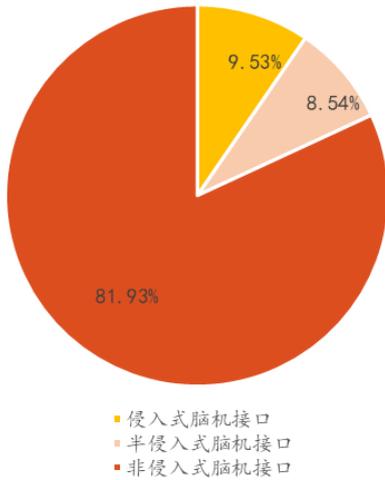
根据量子位测算，我国脑机接口市场主要依赖售卖科研相关设备，伴有部分消费级设备，衍生市场相对较小，目前我国脑机接口设备市场规模在十亿量级，占全球市场总份额不及十分之一。但我国脑机接口纯设备的市场在与具体的使用场景的结合后产生明显的放大效应，至 2040 年有望达到千亿规模，我国脑机接口市场不仅增长速度将领先全球，而且在全球市场中的比重也会明显上升。

图表 8：2023-2033E 全球脑机接口市场规模（亿美元）



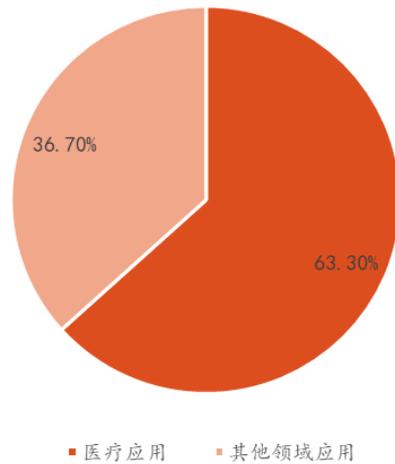
资料来源：Precedence Statistics，东方财富证券研究所

图表 9：全球脑机接口市场按类型细分，2023 年



资料来源：Precedence Statistics, 东方财富证券研究所

图表 10：全球脑机接口市场按应用细分，2023 年



资料来源：market.us-Application Analysis, 东方财富证券研究所

2.2 政策驱动：全球脑计划兴起，中国战略引领发展

全球陆续启动脑计划，重视脑机接口发展，对科研项目及投资资金给予充分支持。2013 年，美国启动“推进创新神经技术脑研究计划”（简称“脑计划”），国立卫生研究院、国家科学基金会、国防高级研究计划局等政府部门资助了多家高校和公司开启脑机接口相关研究，科研项目数量和资助资金总额全球领先。2022 年脑计划进入 2.0 阶段，继续投资于能变革神经科学领域的大型项目，预计到 2026 年总投资将达到 50 亿美元，美国军方尤为重视脑机接口的创新研究及其在军事和医疗方面的应用。2013 年，欧盟发起为期十年的“Human Brain Project”，投入近 6.07 亿欧元，截止 2023 年 19 个国家的 155 个研究机构参与该计划。2023 年 9 月底，HBP 将停止发放资金，并谋划欧洲大脑健康研究的下一阶段，重点是使用个性化的大脑模型来推进药物发现和改善大脑疾病的治疗。2014 年，日本启动“脑/思维计划（Brain/MINDS）”，2018 年绘制出猕猴大脑的 3D 图谱。韩国、澳大利亚、加拿大也陆续启动脑计划，全球脑科学研究不断深入。

图表 11：各国脑计划概述

国家	脑计划简介
美国	<ul style="list-style-type: none"> 2013 年，美国启动“推进创新神经技术脑研究计划”（简称“脑计划”），最初拨出逾 1 亿美元启动资金，并规划未来 12 年总共投入 45 亿美元；国立卫生研究院（NIH）、国家科学基金会（NSF）、国防高级研究计划局（DARPA）等政府部门资助了多家高校和公司开启脑机接口相关研究，科研项目数量和资助资金总额全球领先。 2014 年 2 月，美国政府进一步推动脑计划，并将该计划 2015 财年预算提高至 2 亿美元；同年 6 月，NIH 的 BRAIN 小组发布了《BRAIN 计划 2025：科学愿景》报告，详细规划了 NIH 脑科学计划的研究内容和阶段性目标。 2018 年，美国国立卫生研究院（NIH）宣布加大对“脑计划”研究项目的投资，投入 2.2 亿美元用于 200 个新项目，其中包括各种脑部疾病的检测和治理、无创脑机接口和无创脑刺激装置等。 2019 年，美国 BRAIN 2.0 工作组发布了《大脑计划与神经伦理学：促进和增强社会中神经科学的进步》报告，对其五年前提出的《BRAIN 计划 2025：科学愿景》实施情况和未来发展进行了梳理和展望。 2021 年，脑计划公布了在分子水平上绘制的哺乳动物初级运动皮层细胞类型特征图，是迄今为止绘制哺乳动物大脑最全面细致的图谱。 2022 年，脑计划进入 2.0 阶段，继续投资于能变革神经科学领域的大型项目，预计到 2026 年总投资将达到 50 亿美元 美国军方尤为重视脑机接口的创新研究及其在军事和医疗方面的应用，美国国防高级研究计划局启动了几十个神经相关项目，以研发治疗和康复新途径、增强和开拓脑功能和人体效能、拓展训练方式和作战环境。
欧盟	<ul style="list-style-type: none"> 2013 年，欧盟启动人类脑计划（Human Brain Project, HBP），投入近 6.07 亿欧元，截止 2023 年 19 个国家的 155 个研究机构参与该计划，在人脑图谱绘制、癫痫和帕金森治疗方面有所突破。

	· 2023年9月底，HBP 停止发放资金，欧盟委员会和成员国正在谋划欧洲大脑健康研究的下一阶段，重点是使用个性化的大脑模型来推进药物发现和改善大脑疾病的治疗。
日本	2014年，日本启动“脑/思维计划（Brain/MINDS）”，试图通过开发前沿神经科学技术研究哺乳动物/人类的大脑结构与功能环路，该项目的研究集中在三个领域：普通猕猴大脑的研究、脑图绘制技术的开发以及人类脑图谱的制定，该项目在10年内受到共400亿日元的资助。
韩国	· 1998年，韩国制定了《脑研究促进法》。经历两个“十年计划”，韩国提出了面向2030脑科学创新计划，重点支持方向包括基于创新科技及新一代人工智能算法的连接组学分析技术及促进神经系统疾病早诊早治的精准医疗技术。 2016年韩国政府宣布“韩国大脑计划（KBI）”，划致力于基础研究，旨在开发适用于基础和临床研究的新型神经技术，并对神经退行性疾病进行临床研究，如阿尔兹海默症和帕金森病，研发项目包括建立多尺度的脑图谱、开发绘制脑图谱的创新型神经技术、加强与人工智能相关的研发和开发针对神经系统疾病的个性化药物。 · 2022年，韩国政府发布《数字生物创新战略》，自2023年起的未来十年，计划投入4000亿韩元（约合21亿元人民币）研发经费。重点研发脑机互动、脑功能和疾病可视化、脑电信号处理和分析技术、电子药物、数字疗法等。
澳大利亚	2016年，澳大利亚脑计划（Australian Brain Initiative, ABI）由澳大利亚脑联盟提议开展，总体目标是破解大脑的密码，即理解神经回路如何发展，其如何编码和检索信息，如何为复杂行为提供基础以及如何适应内外部变化的机制，重点研究优化和恢复大脑功能、开发神经接口记录和控制大脑活动以恢复功能（即脑机接口）、探究整个生命周期学习的神经基础，并提供有关脑启发式计算的新见解。
加拿大	2017年，加拿大脑科学家发起了脑科学研究战略（CBRS）倡议，具体发展目标包括从突触、回路到行为的多层次大脑发育与功能机制研究；通过预防与治疗处理脑功能失调引起的健康问题；将脑科学研究成果应用于改善个体脑健康、增加教育机会以及提高社会文化幸福感；通过类脑计算方法建立更加合理的人工智能技术，加拿大在神经科学领域进行了巨大投入，总额超过12亿美元。

资料来源：《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，《2023中国脑机接口行业研究报告》，创业邦，《脑机接口技术发展与应用研究报告（2023年）》，中国信息通信研究院，李萍萍，马涛，张鑫，等. 各国脑计划实施特点对我国脑科学创新的启示[J]. 同济大学学报（医学版），2019, 40(4): 397-401, 东方财富证券研究所

中国脑科学和类脑研究已成为国家战略。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。《“十三五”国家科技创新规划》中将“脑科学与类脑研究”列入科技创新2030重大项目。2017年四部委联合印发《“十三五”国家基础研究专项规划》明确提出了脑与认知、脑机智能、脑的健康三个核心问题，形成“一体两翼”的布局。国务院发布的《“十四五”国家知识产权保护和运用规划》、《“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系规划》等政策中均提出加强脑科学和类脑科学相关研究。2023年9月，工业和信息化部等五部门联合发布《元宇宙产业创新发展三年行动计划（2023-2025年）》，提出支持脑机接口等前沿产品研发。2024年2月，科技部发布《脑机接口研究伦理指引》，明确应主要致力于修复型脑机接口技术，强调通过技术的发展服务公众的健康需求。

图表 12：国家层面脑机接口相关政策

发布日期	政策名称	重点内容
2016年3月	《“十三五”规划（2016-2020年）》	确定“脑科学”为重大科技创新项目和工程之一。
2017年6月	《“十三五”国家基础研究专项规划》	明确提出了脑与认知、脑机智能、脑的健康三个核心问题，安排脑科学的基础研究、转化应用和相关产业发展，形成“一体两翼”的布局。
2018年12月	《工业和信息化部关于加快推进虚拟现实产业发展的指导意见》	研发自内向外追踪定位装置、高性能3D摄像头以及高精度交互手柄、数据手套、眼球追踪装备、数据衣、力反馈设备、脑机接口等感知交互设备。
2019年12月	《关于促进老年用品产业发展的指导意见》	发展康复训练及健康促进辅具。针对老年人功能障碍健康管理需求，加快人工智能、脑科学、虚拟现实、可穿戴等新技术在康复训练及健康促进辅具中的集成应用。
2020年12月	《长三角科技创新共同体建设发展规划》	在智能计算、高端芯片、智能感知、脑机融合等重点领域加快布局，筹建类脑智能、智能计算、数字孪生、全维可定义网络等重大基础平台。
2020年8月	《国家新一代人工智能标准体系建设指南》	解决语音、手势、体感、脑机等多模态交互的融合协调和高效应用的问题，确保高可靠性和安全性交互模式。人机交互标准包括智能感知、动态识别、多模态交互三个部分。
2021年10月	《“十四五”国家知识产权保护和运用规划》	促进知识产权高质量创造。健全高质量创造支持政策，加强人工智能、量子信息、集成电路、基础软件、生命健康、脑科学、生物育种，空天科技、深地深海探测等领域自主知识产权创造和储备。

2021年12月	《“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系规划》	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。发展外骨骼康复训练、认知障碍评估和训练、沟通训练、失禁康复训练、运动肌力和平衡训练、老年能力评估和日常活动训练等康复辅助器具。
2021年3月	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	在事关国家安全和全局的基础核心领域，制定实施战略性科学计划和科学工程。瞄准人脑科学等前沿领域，实施一批具有前瞻性、战略性的国家重大科技项目。
2021年9月	《专业技术人才知识更新工程实施方案》	瞄准量子信息、生命健康、脑科学、生物育种、空天科技、深地深海等前沿领域，攻坚关键核心技术，推动传统产业高端化、智能化、绿色化，按照高水平、小规模、重特色的要求，主要面向中高层次专业技术人员和经营管理人员，每年举办300期左右国家级高级研修班，培养培训2万名左右高层次专业技术人才和经营管理人员，培养造就一批素质优良、创新能力强、具有较强竞争力的专业技术人才。
2022年10月	《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划(2022-2026年)》	重点推动由内向外追踪定位技术研究，发展手势追踪、眼动追踪表情追踪、全身动捕、沉浸声场、高精度环境理解与三维重建技术加强肌电传感、气味模拟、虚拟移动、触觉反馈、跨机接口等多通道交互技术研究，促进感知交互向自然化、情景化、智能化方向发展。
2022年4月	《“十四五”国民健康规划》	面向人民生命健康，开展卫生健康领域科技体制改革试点，启动卫生健康领域科技创新2030-重大项目，“十四五”重点研发计划够国家科技计划，实施“脑科学与类脑研究”等重大项目以及“常见多发病防治研究”、“生育健康及妇女儿童健康保障”等重点专项。
2022年8月	《“十四五”国家科学技术普及发展规划》	面向关键核心技术攻关，聚焦国家科技发展的重点方向，强化脑科学、量子计算等战略导向基础研究领域的科替，引导科研人员从实践中提炼重大科学问题，为科学家潜心研究创造良好氛围。
2023年8月	《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路线图研究。加快研制脑机接口术语、参考架构等基础共性标准。开展脑信息读取与写入等输入输出接口标准，数据格式、传输、存储、表示及预处理标准，脑信息编解码算法标准研究。开展制造、医疗健康、教育、娱乐等行业应用以及安全伦理标准预研。
2023年9月	《元宇宙产业创新发展三年行动计划(2023-2025年)》	拓展元宇宙入口，加速XR头显、裸眼3D等沉浸显示终端的规模化推广，丰富基于手机、计算机、电视机等终端的元宇宙应用，支持脑机接口等前沿产品研发。
2024年1月	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	至2025年和2027年的发展目标，公布6项重点任务，包括前瞻布局6个新赛道、10大标志性产品等。其中就包括加速类脑智能、群体智能等产业。
2024年2月	《脑机接口研究伦理指引》	明确开展脑机接口研究，应确保研究具有社会价值，应主要致力于修复型脑机接口技术，强调通过技术的发展服务公众的健康需求。

资料来源：中国政府网，中华人民共和国科学技术部，东方财富证券研究所

在国家层面频频出台系列政策后，地方政府也陆续出台脑机接口相关政策大力支持脑科学与类脑研究的发展，推动产业落地发展。上海作为脑机接口领域的先行者，自2015年起便积极推动脑机接口技术的研究与应用，通过制定系列政策、启动重大专项、纳入“十四五”规划等举措，支持脑机智能技术发展，加速非侵入式脑机接口技术、脑机融合技术、类脑芯片技术、大脑计算神经模型等领域突破，并积极探索在医疗康复等领域的应用。2023年9月，北京市人民政府办公厅印发《北京市促进未来产业创新发展实施方案》，提出搭建脑科学与脑机接口创新平台，加快脑机接口创新成果在临床医学、航空航天、智慧生活领域的成果转化和产业应用。2022年，杭州市第一批重点建设人工智能应用场景清单公布，包含了36个人工智能应用场景，布局脑机智能产业，全力推进人工智能技术创新和产业发展。此外，江苏、安徽、山东、河北、湖北、甘肃、辽宁等多个省份均在相关政策中明确提出扶持脑科学和类脑科学相关产业发展的战略规划。脑科学和类脑科学的政策支持从北上等经济发达地区逐渐蔓延至全国，极大地推动了技术和产业的全面进步与发展。

图表 13：地方层面脑机接口相关政策

省市	发布时间	政策名称	重点内容
北京	2023.9	《北京市促进未来产业创新发展实施方案》	重点发展脑科学与脑机接口,开展脑科学与类脑前沿研究,加快类脑认知与神经计算、类脑多模态感知与信息处理、类脑芯片与系统技术研发,推动脑疾病医疗新技术/新器械、脑疾病药物应用。
	2021.11	《北京市“十四五”时期国际科技创新中心建设规划》	持续支持已经布局的新型研发机构,优化人才支持政策,引进、培育高层次人才梯队,鼓励自主选题,引入项目经理人,争取在量子计算、超大规模新一代人工智能模型、微纳能源与自驱动传感技术类神经元芯片和双向闭环脑机接口、干细胞治疗与再生医学等方面形成一批重大原创成果,在前沿技术领域谋划布局建设新一批世界一流新型研发机构。
	2021.8	《北京市“十四五”时期高精尖产业发展规划》	脑科学与脑机接口领域聚焦认知科学、神经工程、生机交互、类脑智能理论与医学应用等,加快无创脑机接口方向创新成果在临床医学、航空航天、智慧生活领域的成果转化和产业应用。
	2021.7	《北京市加快医药健康协同创新行动计划(2021-2023年)》	支持开展脑科学与类脑研究,提升在认知原理解析方面的原始创新能力和水平,在类脑芯片、脑机接口技术上进入国际先进行列,脑重大疾病的基础研究和技术开发方面取得重大突破。
	2021.7	《北京市关于加快建设全球数字经济标杆城市的实施方案》	聚焦突破高端芯片、基础软硬件、开发平台、基本算法、量子科技脑机科学等“卡脖子”和前沿核心技术,推出一批世界一流的首创技术、首制产品,成为全球数字技术创新策源地。
	2019.12	《北京市机器人产业创新发展行动方案(2019-2022年)》	面向养老、健康服务领域,布局机器学习、触觉反馈、增强现实、脑机接口等关键技术,推动多功能手臂、外骨骼机器人等康复机器人以及智能护理机器人的研发生产。
浙江	2022.9	《关于加快老年用品产业发展的指导意见》	发展康复训练及健康促进辅具,针对老年人功能障碍康复和健康管理需求,加快人工智能、脑科学、虚拟现实、可穿戴等新技术在康复训练及健康促进辅具中的集成应用。
	2022.8	《浙江省科技领军企业管理办法》	重点支持云计算与未来网络、智能计算与人工智能、微电子与光电子、大数据与信息安全、智能控制与先进技术、结构生物学及关键生物技术、脑科学与脑机融合、组学与精准医学、新药创制与高端医疗器械、生物育种与现代农业、精细化工与复合材料、功能材料、新能源开发与利用、海洋与空天材料、双碳与环保技术等三大科创高地15大战略领域。
上海	2022.9	《上海打造未来产业创新高地发展壮大未来产业集群行动方案》	加速非侵入式脑机接口技术、脑机融合技术、类脑芯片技术、大脑计算神经模型等领域突破。加强脑工程学、脑神经信息学、人工智能神经网络等基础研究,推动类脑芯片、类脑微纳光电器件、类脑计算机、神经接口、智能假体等研发创新。探索脑机接口技术在肢体运动障碍、慢性意识障碍、精神疾病等医疗康复领域的应用。
	2022.8	《上海市人民政府关于加快本市康复辅助器具产业发展的实施意见》 《上海市数字经济发展“十四五”规划》	将老年人、伤病人护理照料,残疾人生活、教育和就业辅助,残疾儿童抢救性康复等作为优先发展领域,推动“医工结合”,支持人工智能、脑机接口、虚拟现实等新技术在康复辅助器具产品中的集成应用。
	2022.6	《上海市培育“元宇宙”新赛道行动方案(2022-2025年)》	加快研究部署未来虚拟世界与现实社会相交互的平台,加强从底层到应用全链条布局,发展人机交互技术,加快智能人机交互、虚拟数字人等核心技术攻关,开展XR(扩展现实)、脑机接口等更具沉浸式体验的终端技术研制,鼓励打造更加丰富多元内容场景新平台,培育虚拟演唱会、虚拟偶像、虚拟体育等数字娱乐消费新业态。
	2022.6	《上海市培育“元宇宙”新赛道行动方案(2022-2025年)》	突破关键前沿技术。聚焦空间计算、全息光场、五感提升、脑机接口等方向突破人机交互瓶颈。
	2021.12	《关于推进上海市公立医院高质量发展的实施方案》	面向再生医学、精准医学、生物治疗、脑机融合等前沿领域尖端科学问题,鼓励药品、医疗器械和设备等研发的医工结合、产医融合,集中力量开展核心技术攻关,加快原创性新技术、新产品、新方案、新策略产出。
	2021.7	《上海市先进制造业发展“十四五”规划》	类脑智能,突破脑机融合技术,建立脑与外部设备之间的通讯和控制通道,研发以光子为信息载体的新一代芯片技术,满足下一代人工智能应用需求。
	2021.7	《上海市卫生健康发展“十四五”规划》	支持医学与新兴学科交叉融合发展,推进工程生物学、半导体合成生物学等在医学领域的应用,发展智能细胞、脑机融合等前沿技术。
	2021.6	《上海市战略性新兴产业和先导产业发展“十四五”规划》	提升脑科学基础研究在类脑智能产业的支撑能级,重点突破脑机融合技术与类脑芯片技术的研发与应用。实现脑机融合技术在难治性抑郁症、帕金森病、脑卒中等重大脑功能疾病诊断、治疗、康复的临床应用。
内蒙古	2017.7	《内蒙古自治区人民政府关于加快发展康复辅助器具产业的实施意见》	推动“医工结合”,支持人工智能、脑机接口、虚拟现实等新技术在康复辅助器具产品中的集成应用,支持外骨骼机器人、照护和康复机器人、仿生假肢、虚拟现实康复训练设备等产品研发,形成一批高智能、高科技、高品质的康复辅助器具产品。

湖北	2021.11	《湖北省制造业高质量发展“十四五”规划》	围绕认知障碍相关重大疾病、类脑计算与脑机智能、儿童青少年脑智发育、脑认知原理解析等方面开展技术攻关,推动基于人工智能研究脑认知的神经原理的脑重大疾病早期诊断、干预治疗手段及脑机接口技术智能应用,在脑科学与类脑科学研究领域产生一批具有湖北特色的重大原始创新成果。
山东	2022.3	《医养健康产业2022年行动计划》	围绕重大新药创制、新型疫苗、脑科学与类脑人工智能、中医经方等领域,重点攻克一批核心关键技术
甘肃	2018.8	《甘肃省新一代人工智能发展实施方案》	利用人工智能、数据挖掘等科学计算研究方法,以经济社会等领域大数据作为研究对象,开展类脑智能研究和人机混合增强智能研究,推进跨学科协作开展脑机接口技术研究,突破人机混合学习理论和组织方法,推动人工智能与神经科学、认知科学、量子科学、心理学、数学、经济学、社会学等相关基础学科的交叉融合,加强引领人工智能算法、模型发展的基础理论研究。
辽宁	2018.6	《辽宁省人民政府关于全面加强基础科学研究的实施意见》	聚焦未来可能产生变革性技术的基础科学领域,围绕物质结构、生命起源、脑与认知等,探索开展人工智能、脑科学、合成生物学、深海科学等重大原创性研究和前沿交叉研究。
安徽	2022.6	《创业安徽行动方案》	推进战略科技力量建设,培育高水平新型研发机构,广泛汇聚创新资源,围绕量子科技、生物制造、先进核能、下一代人工智能、下一代新型显示、6G网络技术、深空探测、商业航天、类脑科学、质子医疗装备、大数据等领域开展创新创业,积极引进高精尖创业团队,打造高科技产业发展集聚区。
	2022.1	《安徽省“十四五”科技创新规划》	聚焦量子科学、磁约束核聚变科学、脑科学与类脑科学、生命科学、生物育种、空天科技、材料科学等领域,力争取得若干“从0到1”重大原创性成果。
	2021.2	《安徽省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	实施“3+N”未来产业培育工程,前瞻布局量子科技、生物制造先进核能等产业,在分布式能源、类脑科学、质子医疗装备等细分前沿领域,培育一批未来产业。
黑龙江	2022.3	《黑龙江省“十四五”数字经济发展规划》	建设人工智能基础研发平台,加强与高校和科研院所合作,围绕柔性装置、人机交互、微纳操作、脑科学与类脑智能、脑机接口虚拟现实与增强现实等人工智能基础理论和核心技术,为人工智能在各项领域的应用提供强有力的技术研发支撑。
	2021.9	《黑龙江省中长期科学和技术发展规划(2021-2035年)》	开展大数据智能、计算机视觉、自然语言处理、类脑智能、脑机接口、虚拟现实与增强现实、智能视频监控等关键技术的研究。加快自主无人系统、智能机器人、智能终端等智能产品的开发推进人工智能深度应用。
	2021.3	《黑龙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二五五年远景目标纲要》	将柔性装置、人机交互、微纳操作、类脑智能、脑机接口、虚拟现实与增强现实等列入参与国家“揭榜挂帅”重点方向。
山西	2021.4	《山西省“十四五”打造一流创新生态实施创新驱动、科教兴省、人才强省战略规划》	加强前沿颠覆性技术攻关。加快建设一批新兴技术和学科交叉研究平台。推动人工智能、量子计算、脑机结合、新型材料、增材制造、基因编辑、储能技术等具有重大战略意义的前沿颠覆性技术发展。
湖南	2021.8	《湖南省“十四五”战略性新兴产业发展规划》	鼓励支持从0到1的重大突破性创新,积极对接国家在人工智能生命健康、脑科学、生物育种、空天科技、深地深海等前沿领域布局,加大各类科技计划与重大项目承接力度,强化创新成果源头供给和合理配置。
江苏	2020.12	《江苏省研究生教育质量提升工程(2021-2025年)实施方案》	按照国家战略布局,瞄准科技前沿和关键领域,加强人工智能、量子信息、集成电路、生命健康、脑科学、生物育种、空天科技深地深海等前沿领域学科建设,加快培养新一代信息技术、生物技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保以及航空航天、海洋装备等产业领域以及公共卫生与预防医学等民生领域急需紧缺高层次创新人才。
河北	2021.11	《河北省科技创新“十四五”规划》	围绕助老助残和大健康领域突出需求,支持开展认知症干预、无障碍出行,智能康复护理等领域基础和应用研究,提升医疗康复机器人关键部件、人机交互和共融技术、康复信息和大数据应用等关键共性技术研发水平,支持互联网+传统的脑机融合、机器人辅助技术、智能辅具等康复器械、穿戴器械的智能化创新发展加强产业技术创新。
河南	2021.12	《河南省“十四五”养老服务体系和康养产业发展规划》	加快人工智能、脑科学、虚拟现实、可穿戴等新技术在康复训练和健康促进辅具中的集成应用。发展外骨骼康复机器人、认知障碍评估和训练辅具、沟通训练辅具、失禁训练辅具、运动肌力和平衡训练辅具、老年能力评估和日常活动训练等康复辅助产品。
	2022.9	《河南省元宇宙产业发展行动计划(2022—2025年)》	面向全省重点产业布局,建设元宇宙产业研究院、制造业创新中心、重点实验室、工程研究中心和技术创新中心等创新载体、推动创新链、产业链、价值链协同发力,发挥嵩山实验室、信大先进技术研究院等研发机构和重点骨干企业工程研究中心等创新平台引领作用,对扩展现实(增强现实/虚拟现实/混合现实)、数字资产、数字孪生、脑机接口、三维建模等关键技术进行协同攻关,推动创新成果转化。
	2021.12	《河南省“十四五”制造业高质量发展规划》	聚焦精准医疗、新药创制、冠状病毒感染防治、新型生物医用材料和器械以及脑机融合技术及应用、难治性恶性肿瘤新型治疗技术和新药创制、新发突发传染病等领域,

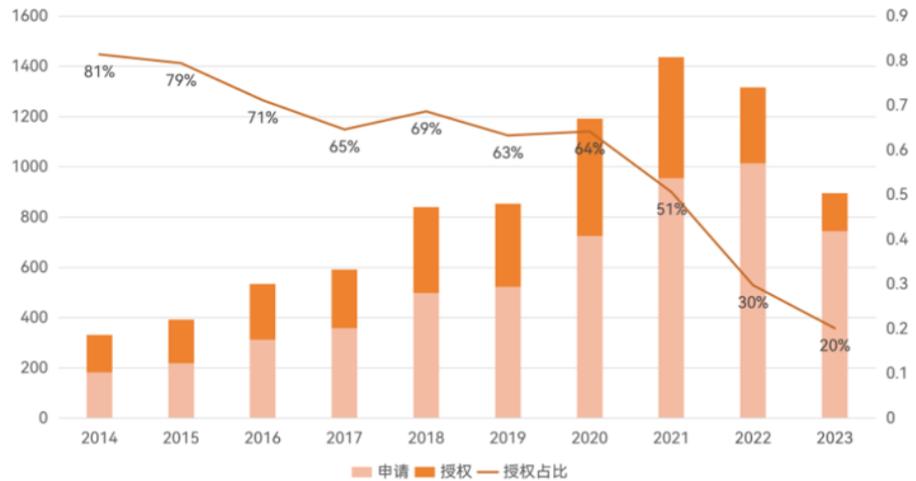
努力突破生命信息解读生物合成、基因编辑、心向递送等关键技术，加快开发应用一批填补空白的重大成果和产品。

资料来源：《2023 中国脑机接口行业研究报告》，创业邦，北京市人民政府，东方财富证券研究所

2.3 技术驱动：中国加紧追赶国际水平，产学研医协同驱动

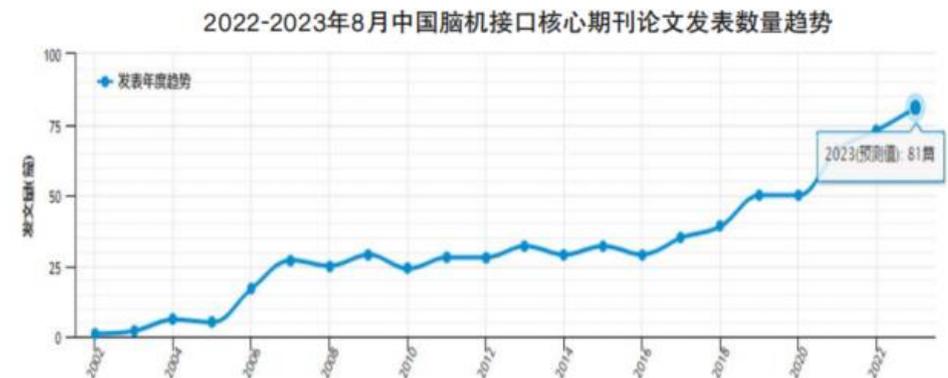
尽管我国脑机接口技术起步较晚，相较于国际水平存在 5-10 年的滞后，且当前全球科技领先国家正加紧在脑机接口领域构建技术封锁，限制对外出口。以美国为例，2018 年商务部出台《出口管制改革法案》禁止包括脑机接口在内的 14 项技术对华出口、2021 年商务部发布《关于对某些脑机接口新兴技术实施出口管制的征求意见稿》对脑机接口出口管制细则征询意见。然而，得益于各大科研院所及企业的不懈努力，我国脑机接口行业正疾步追赶。近十年间，中国在脑机接口领域的专利申请数量及核心期刊论文数量均呈现显著增长态势。

图表 14：2014-2023 年中国脑机接口相关专利申请和授权数量变化趋势



资料来源：《2024 脑机接口行业研究报告》，动脉网，东方财富证券研究所

图表 15：2022-2023 年 8 月中国脑机接口核心期刊论文发表数量趋势



资料来源：《2023 中国脑机接口行业研究报告》，创业邦，东方财富证券研究所

“产学研医”紧密协作的生态体系推进跨界融合的协同创新。近年来，国内脑机接口主要研究机构实现产学研协同，如清华大学与解放军总医院、浙江大学与浙江大学附属第二医院等紧密协作在细分领域技术和应用上实现突破。但脑机接口行业仍亟需进一步密切产学研医联系，形成科研机构、高校、企业、社会的全方位投入格局。科研机构应专注基础理论和关键技术突破，携手高校培养人才，并与企业紧密协作促进研发成果落地；高校需强化理论研究和人才培养的职责，借助与企业的紧密合作实现科研成果的转化，同时激励教师积极投身产业一线；企业则需深度融入产学研合作链条，引领技术创新及产业化步伐，为学术研究提供实践平台，支持学术机构的相关研究；临床试验和数据积累有赖于各方与医疗机构的紧密合作，才能为脑机接口产品审批和临床推广打下坚实基础。中国信通院于 2023 年 2 月牵头成立脑机接口产业联盟，通过搭建平台、凝聚业界创新力量、推进标准化工作进程、增进业界交流，显著推动了国内脑机接口行业的协同发展，促进了技术创新和应用落地。

图表 16：中国脑机接口主要研究机构及代表性研究成果

研究机构	类别	研究方向和成果
清华大学医学院洪波教授团队	非侵入式	<ul style="list-style-type: none"> 2022 年 7 月，洪波课题组和解放军总医院功能神经外科合作，通过手术前的功能磁共振影像精准定位目标脑区，使用了 3 个颅内电极，实现了微创植入脑机接口打字，每分钟速度达到 12 个字符，每个电极的等效信息传输率达到 20 比特/分钟。相比之下，2021 年美国斯坦福大学脑机接口团队基于运动脑区的神经信号实现了手写字符高速识别，使用了 192 个微针硅电极，每个电极的等效信息传输率约为 2 比特/分钟 2023 年 10 月，洪波教授团队在宣武医院成功完成首例无线微创植入脑机接口 NEO 临床植入试验，系统采用了近场无线供电和通信技术，植入颅骨的体内机无需电池，患者可以终生使用。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%；患者脊髓损伤的 ASIA 临床评分和感觉诱发电位响应均有显著改善。
清华大学电子工程系张洸淋教授团队	侵入式	长期致力于面向生物医学的低噪声低功耗电路设计与系统集成方法学研究。针对脑科学前沿研究对无线小型化神经接口的强烈需求，提出了适用于神经信号频段的高精准、低功耗神经接口专用电路设计方法、可植入闭环神经接口系统设计方法等神经接口系统设计关键问题解决方法。
清华大学航天航空学院李路明教授团队	侵入式	研制成功了国内第一个治疗帕金森病的植入式脑深部刺激器—脑起搏器，使我国成为继美国之后，全球第二个能够设计生产制造脑起搏器并将其应用于临床的国家。发明碳纳米植入电极、脑起搏器软件重置等技术，建立了与脑起搏器相关的神经调控技术自主知识产权体系。
清华大学医学院 BCI 实验室高小榕教授团队	非侵入式	提出并实现了一种基于 SSVEP 的非侵入式 BCI 技术。该技术通过解码大脑初级视觉皮层的振荡频率来确定用户正在注视的刺激物，并将其转换为相应的指令输出。
华南理工大学自动化科学与工程学院李远清教授团队	非侵入式	取得了在基于脑机接口的植物人意识检测方面的显著科研成果。已经成功建立了脑机接口研发平台，并开发了多个脑机接口系统，如脑控轮椅、脑控护理床、脑控电视和脑控电灯等。
上海交通大学计算机科学与工程系吕宝粮教授团队	非侵入式	成果在脑电与情感识别，以及疲劳驾驶方面表现突出。
天津大学医学工程与转化医学研究院明东教授团队	非侵入式	开展了以神经系统认知与调控为研究主线的工作，重点聚焦于脑-机交互在特种医学、人机工程、物理医学和康复工程等领域的应用。在这些领域，研究涉及神经工效感知交互、人工神经康复机器人、新型脑-机接口和定量脑电信息标定等领域，探索了神经系统认知与调控的新方法和新技术。
天津大学医学工程与转化医学研究院许敏鹏教授团队	-	天津大学、中电云脑、燧世智能等单位联合开发我国首个脑机接口综合性开源软件平台 MetaBCI，规范了脑机接口数据结构与预处理流程，开发了通用的解码算法框架，利用双进程和双线程提高在线系统的实时效率，能够实现对用户大脑意图的诱发、获取、分析和转换等全流程处理。

华东理工大学信息科学与工程学院金晶教授团队	非侵入式	研究基于脑机接口技术的脑卒中病人的新型康复技术、肌萎缩侧索硬化病人的辅助技术设计、模式识别与机器学习在生物信号识别中的应用。
北京理工大学机械与车辆学院毕路拯教授团队	非侵入式	利用运动想象的脑机接口控制车辆。
上海大学机电工程与自动化学院杨帮华教授团队	非侵入式	主要的研究方向是在医疗康复领域中，应用运动想象脑机接口解码技术、虚拟现实技术以及将 BCI 和 VR 技术相结合的方法。研究涉及多个方面，其中包括脑卒中患者的康复训练系统等。
华中科技大学自动化学学院脑机接口与机器学习实验室伍冬睿教授团队	非侵入式	智能医疗与情感计算的脑机接口
西安交通大学徐光华教授团队	非侵入式	重点研究中风患者的康复，着重探究脑机主被动协同康复机理以及脑控中风康复机器人。
昆明理工大学伏云发教授团队	非侵入式	研究重点在于探究脑信息处理、脑-机交互控制和通信方面的理论、方法、模型及其创新应用。致力于发展脑功能神经成像技术、计算脑网络连通性、设计脑-计算机接口并推动其创新应用。
中国科学院自动化研究所余山研究员团队	侵入式	高生物兼容性电极材料、高性能脑机接口芯片、微创植入技术、高鲁棒性编解码算法等方面的研究。
浙江大学脑机接口研究所郑筱祥教授团队	侵入式	2020 年，该团队与浙江大学附属第二医院共同合作完成国内首例侵入式脑机接口 (BCI) 临床转化研究
中国科学院神经科学研究所崔嵩研究员团队	侵入式	研究主要关注于神经科学基础的运动控制、脑机接口技术和解码方法。目标是为设计类脑智能机器人和为运动障碍患者提供假肢和康复方案提供支持。

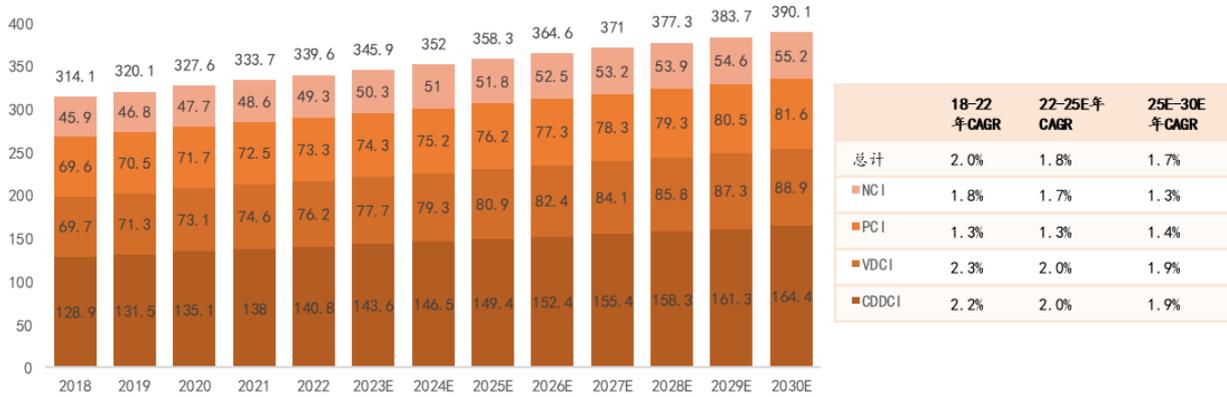
资料来源：清华大学-清华新闻，天津大学-天大新闻，《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，《2023 脑机接口行业研究报告》，创业邦，东方财富证券研究所

2.4 市场驱动：患者群体扩张需求，优秀公司引领市场增长

庞大的患者群体基数带动脑机接口需求扩张，未来进一步推动行业规模的发展。中国人口基数庞大且老龄化日趋严重的背景下，神经系统疾病患者数量及残疾群体数量连年增长，2022 年中国持证残疾人数量达到 3768 万人，其中接受基本康复服务的残疾人 856.66 万，占比 22.73%，接受辅助器具适配服务的残疾人 164.75 万，仅占比 4.37%；以脑卒中为代表的神经系统疾病患者数量持续上升，我国 40 岁及以上人群脑卒中现患人数达 1242 万，且发病人群呈年轻化，标化患病率由 2016 年的 2.19% 提升至 2020 年的 2.6%；我国精神疾病患者数量庞大，我国精神病医院诊疗人次 2021 年已达 5119 万，2013-2021 年 CAGR 为 7.81%；2022 年中国主要认知障碍患病人数达 339.6 百万人，根据 Frost&Sullivan 预测，2030 年患病人数将达到 390.1 百万人，2022-2025 年及 2025-2030 年 CAGR 分别为 1.8%、1.7%。

脑机接口市场规模的持续增长过程离不开优秀的脑机接口公司。脑机接口市场，作为新兴的市场，其市场规模持续的快速增长有赖于产品使用场景的拓展和消费者认知的培育，而优秀的脑机接口公司正承担着挖掘需求、协调相关合作方并完成产品落地的重要责任。

图表 17: 2018-2030E 中国主要认知障碍患病人数 (百万人)



资料来源: 极光医疗招股书, Frost&Sullivan, 东方财富证券研究所

3. 市场参与: 临床研究偏早期, 国内企业快步追赶中

3.1 海内外临床: 干预性研究为全球主导, 中国临床逐步迈向成果转化阶段

全球脑机接口领域临床注册可分为干预性和观察性研究, 根据全球临床试验动态数据, 干预性研究以超过 80% 的比例占主导地位。干预性研究重点主要集中在中风、肌萎缩侧索硬化症 (ALS)、脊髓损伤等神经系统疾病。得益于神经可塑性研究的重要进展, 脑机接口技术不仅能够很好的促进和利用大脑在受损后自我修复的可塑性, 还可以提供高度个性化的治疗方案, 通过训练和反馈机制帮助中风、ALS、脊髓损伤等疾病患者恢复或改善受损功能。而观察性研究则集中于中风、健康受试者和创伤性脑损伤等领域, 对健康受试者的研究有助于收集关键的基线数据, 区分疾病与正常状态的大脑活动, 并探索脑机接口在提升认知能力、学习效率、娱乐和艺术创作等非医疗领域的应用。

图表 18: 全球脑机接口临床注册所涉及适应症

研究类型	适应症	数量	内容
干预性	中风 (Stroke)	38 项	改善运动功能和语言沟通方面
	四肢瘫痪 (Tetraplegia)	12 项	帮助运动障碍患者恢复一定的自主性和生活质量
	脊髓损伤 (Spinal Cord Injuries)	11 项	恢复脊髓损伤患者运动功能
	偏瘫 (Hemiparesis)	6 项	改善中风后遗症患者的运动功能
	闭锁综合症 (Locked-in Syndrome)	各 5 项	治疗运动和沟通障碍以及在健康人群中进行基础研究, 用于多样化应用
	健康受试者 (Healthy)		
	脊髓损伤 (Spinal Cord Injury)		
四肢麻痹 (Quadriplegia)	各 4 项	进一步证明脑机接口技术对辅助运动功能严重受损患者的重要性	
运动障碍 (Motor Disorders)			
观察性	肌萎缩侧索硬化症 (ALS)、中风 (Stroke)	各 3 项	观察疾病自然进程、长期影响及患者管理
	健康受试者 (Healthy Subjects)	各 2 项	健康受试者的研究集中在评估脑机接口技术对正常功能的影响或作为对照组; 创伤性脑损伤的研究关注于疾病的长期影响和康复过程
	创伤性脑损伤 (Traumatic Brain Injury)		
	个体差异 (Individuality)	各 1 项	观察在特定疾病或状态下的应用
言语障碍 (Speech Disorders)			
脑瘫 (Cerebral Palsy)			
	脑中中风 (Brain Stem Stroke)		

资料来源: ClinicalTrials.gov, 《2024 脑机接口行业研究报告》, 蛋壳研究院, 东方财富证券研究所

中国临床处于前期阶段居多，逐步迈向临床应用转化阶段。截至2024年6月中国临床试验注册中心相关统计数据显示，中国在脑机接口领域的临床试验数量正在逐渐增加，且当前正在进行的试验数量远超过已完成的试验数量，标志着该领域正处于从基础研究向临床应用转化的关键时期。中国约65%的注册试验处于早期探索或预试验阶段，主要目标是收集初步数据，为后续大规模效果评估和临床应用打下基础，进入1期和2期的临床试验数量基本与国际水平相当，但3期试验数量与国际水平相比仍有较大差距。脑机接口技术在神经信号解码和人机耦合等关键领域仍面临技术瓶颈，资金成本高昂、产业化前景不明朗以及市场回报预期不足，且国内相关法规政策尚处初级阶段，这些因素一定程度影响了开展临床试验的积极性。

图表 19：中国脑机接口临床试验阶段分布情况（截至2024年6月4日）



资料来源：药智数据，东方财富证券研究所

3.2 海外公司多方面表现成熟，国内企业具备弯道超车的潜力

海外脑机接口公司处于快速发展阶段，技术创新和资本投入持续推动行业进步。随着脑科学、类脑科学以及人工智能技术的不断进步，脑机接口技术逐渐从实验室走向商业化应用并吸引了大量投资关注。根据睿兽分析，2020年至2023年8月海外脑机接口领域的重大投融资事件中，Neuralink作为侵入式脑机接口的代表厂商，累计融资额达到5.71亿美元，位居前列；MindMaze作为非侵入式脑机接口企业的代表累计融资额达4.15亿美元，正积极考虑通过SPAC上市；NeuroPace作为行业先行者已成功上市。海外脑机接口产业涌现出不同技术方向的代表性公司，在技术水平、融资额度及产品设计方面展现出相对成熟的状态，通过持续的技术创新和资本运作推动行业前行。

图表 20：海外应用脑机接口于医疗健康领域的企业

公司名称	简介	产品
Neuralink	2015 年创立，2016 年马斯克将其收购	专注于侵入式脑机接口研究，主要研发将人工智能植入人类大脑皮层的脑机接口技术。2020 年，科学家将直径为 23mm 的 LinkV0.9 芯片植入了猪脑，并成功地读取和写入了神经信号；2021 年 4 月，Neuralink 演示了一只植入设备的猴子玩“乒乓”游戏的视频；2023 年 5 月，FDA 批准 Neuralink 设备进行人体试验，公司启动首个人体临床研究；2024 年 1 月，马斯克表示 Neuralink 已完成首例人类大脑设备植入手术；2024 年 5 月，FDA 批准公司将脑机芯片植入第二位受试者脑内以及针对首位受试者出现问题提出的修复方案。
BrainGate	著名的侵入式 BCI 系统公司	产品专注于医疗健康，主要用于帮助失去四肢或其他身体功能失控的患者。公司产品在 2017 年实现了 BCI 字符输入和控制自身躯干和手部吃饭的功能；2023 年 3 月，第二代 BCI 系统获批 FDA，同年 4 月宣布两名用户能够用意念控制手臂抓住和释放物体，以及将它们向不同方向移动，同年 5 月开启 BCI 控制轮椅的临床试验。
Kernel	Bryan Johnson 创立的美国脑机接口公司	专注于治疗抑郁症或老年痴呆症等疾病的临床应用。非侵入式头戴头盔 Kernel Flow 1 在测量大脑对酒精剂量依赖性反应能力、氯胺酮对大脑功能急性影响能力上表现优异；2023 年 7 月推出 Flow 2 系统，可以获得类 fMRI 的功能性神经成像，用于检测及评估轻度认知障碍程度、探索新抑郁症治疗方式。
Paradromics	成立于 2015 年，位于美国加利福尼亚	公司产品 Connexus DDI 于 2023 年 5 月获得 FDA 突破性医疗器械认定，用于脑部疾病导致的严重运动障碍患者，使患者恢复沟通和独立生活的能力
Dreem	前身为 Rythm，成立在法国，总部位于美国旧金山	研究重点解决失眠障碍等睡眠问题的非侵入式脑机接口。该公司产品头戴式可穿戴设备 Dreem 通过检测脑电波、心率、睡觉姿势，分析用户的睡眠质量，并用声音刺激大脑，以达到深度睡眠，改善睡眠质量。
MindMaze	总部位于瑞士洛桑，成立于 2012 年	该非侵入式脑机接口团队利用游戏化技术来帮助神经康复，开发了集成了可穿戴头显和 3D 动作相机的用户界面，用于为神经系统疾病患者创造 VR 和 AR 环境。2015 年移动神经康复治疗系统 MindMotion™ PRO 发布并获得 CE 认证，2016 年 MindMotion™ GO 发布并获 CE 认证，2017 年 MindMotion™ PRO 获批 FDA 510 (k)，2023 年推出首款获得 FDA 和 CE 双认证的手部超灵敏控制器 Izar，适用于手部运动功能受损的患者。
NeuroPace	成立于 1997 年，总部位于美国加州山景城	通过响应性脑刺激来治疗神经系统疾病，用于癫痫治疗的脑部植入装置 RNS Stimulator，该装置于 2013 年 11 月被 FDA 批准上市。
Synchron	成立于 2012 年，总部位于纽约布鲁克林	专注于血管内脑机接口，Synchron Switch™ BCI 于 2020 年获得 FDA 突破性设备称号，目前正在美国和澳大利亚进行人体临床试验。2023 年 1 月 Synchron 宣布第一代 Srentrode™ 植入四名重症患者后可以长期从大脑血管内部传输神经信号，且没有出现与该装置相关的任何严重不良事件，且参与者均成功使用 BCI 在有意控制下生成数字开关以进行日常数字活动，例如发短信、电子邮件、个人理财、在线购物和护理需求交流。

资料来源：《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，Neuralink 官网，《Wall Street Journal》，网易新闻，Kernel 官网，新浪财经，腾讯新闻，MindMaze 官网，东方财富证券研究所

中国与海外技术差距为 5-10 年左右，具备弯道超车的潜力。海外脑机接口公司因研发和市场教育起步早、消费习惯成熟、产业链健全，脑机接口行业发展程度远超我国，目前在不同细分赛道均已形成多个成熟企业。与国外相比，中国的脑机接口公司发展尚不稳定，在产业参与和资本投入方面仍有较大提升空间，海外在投资方面的前瞻性和长期视角更为成熟。尽管中国公司起步较晚，在技术创新、市场定位、产业参与和融资方面与国际存在差异，但作为新兴产业，中国的技术差距相对较小，大约在 5 至 10 年之间，具有实现弯道超车的潜力。

图表 21：中国应用脑机接口于医疗健康领域的企业

公司名称	简介	产品
品驰医疗	成立于 2008 年，由清华大学航天航空学院李路明教授团队创立	研发深部脑刺激——脑起搏器，侵入式脑机接口。研制成功了国内第一个治疗帕金森病的植入式脑深部刺激器——脑起搏器，使我国成为继美国之后，全球第二个能够设计生产制造脑起搏器并将其应用于临床的国家。发明碳纳米植入电极、脑起搏器软件重植等技术，建立了与脑起搏器相关的神经调控技术自主知识产权体系。
博睿康	成立于 2011 年，由清华大学神经工程实验室专家创立	研发非侵入式、微创的脑机接口，搭建以神经信号采集、解析、反馈为核心的脑机接口技术平台，形成无创、微创系列产品与解决方案。该研究的重点是脑科学、精神与心理疾病筛查，以及各类神经系统疾病的监护、诊疗与康复等领域。
BrainCo (强脑科技)	2015 年创立，哈佛创新实验室孵化的第一支华人团队	采用无创的非侵入式混合脑机接口技术，可以用于认知和情绪训练以及半瘫患者功能恢复。该设备通过收集和处埋人体的脑电信号 (EEG) 和肌电信 (EMG)，实现对大脑信息的读取和外部设备的控制。
念通智能	成立于 2016 年，孵化于上海交通大学机电实验室	专注于肢体康复设备的研发生产，主要产品包括一款名为 eCon 的无线脑电采集设备，可从大脑表皮采集和保存用户的脑电波信号，以及 eConHand 手功能康复设备，用于辅助中风患者进行手功能康复训练。
脑陆科技	成立于 2018 年，总部位于北京	专注于脑科学前沿科技应用，包括脑科学、脑健康筛查、脑电算法、脑电数据开放平台等领域。家用助眠智能脑机交互头环 BrainUp 可以进行全方位的脑电信号监测。
臻泰智能	成立于 2018 年，依托西安交通大学技术优势	研发脑控主被动协同康复机器人及各类脑机接口相关系统应用。无线便携式医疗级脑电头带可应用于睡眠监测、情绪识别以及认知康复。
江苏集萃脑机融合研究所	2019 年成立于苏州，依托中科院半导体所研究团队	专注于开发脑状态检测和脑-机接口的核心器件和解决方案。采用脑电信号监测和识别疲劳状态，并采用高效比边缘计算处理器实现复杂脑机接口算法的本地执行。
妞诺科技	2014 年 12 月成立于杭州	提供脑科学医疗整体解决方案、AI 算法技术研究以及软硬件产品研发，其自主研发的配套硬件包括脑科学病例数据库及算法、脑科学大数据云平台和脑电图仪等。
景昱医疗	2011 年成立于苏州	深耕 DBS 治疗领域，依托自主研发的芯片，景昱医疗已上市的可充电款脑深部电刺激器较全球同类产品实现了体积最小、功能最多、耗电更低、寿命最长以及治疗场景更丰富的突破和拓展；2024 年 3 月双靶点 STN+ Aaxon 8 触点可充电 DBS 系统上市，针对原发性帕金森病的中轴症状和冻结步态、原发性震颤的精细调控方面均能产生较大临床获益。
脑虎科技	2022 年 1 月成立	布局柔性脑机接口技术来保护及探索大脑，主要研发微创侵入式高通量柔性脑机接口技术，并在柔性电极、生物材料、芯片设计、核心算法、数字脑库、植入方式、临床应用及生态建设等多环节具备优势
伟思医疗 (688580)	2001 年 1 月成立	在电刺激类产品方面，包括 MyOnyx 生物刺激反馈仪、瑞翼生物刺激反馈仪等。2023 年 8 月，公司成功开展了“经颅电刺激仪产品”合作，并计划推动“经颅电刺激技术”在认知、神经科学领域的应用与发展。
诚益通 (300430)	1998 年成立	自 2021 年，诚益通与华南理工大学等高校合作，突破“经颅磁导航”关键技术，并开展临床验证。2023 年，公司扩展合作至清华大学等院校，专注康复领域，推动人机交互和大脑功能恢复。2024 年 3 月，成立北京脑连科技，进一步探索非侵入式和侵入式脑机接口技术，升级康复器械产品。
翔宇医疗 (688626)	2002 年成立	公司与天津大学、西安交通大学等机构合作，承担国家重点研发计划，已开发出 10 余项非侵入型脑机电或神经肌电类技术产品，如下肢反馈康复训练系统和肌电生物反馈等，致力于帮助瘫痪患者通过脑电信号激发神经重塑，实现康复。
三博脑科 (301293)	2004 年成立	2024 年 4 月，公司的全资子公司北京三博脑科医院有限公司与清华大学达成合作协议，将共同建立“清华大学 (生物医学工程学院)-三博脑科脑机精准医学联合研究中心”，以提升三博脑科在脑电和脑机接口技术领域的研究与应用能力。
创新医疗 (002173)	1997 年 4 月成立	公司参股的博灵脑机与浙江大学、南湖脑机交叉研究院共同申报的“基于脑机接口的感知觉-运动增强与康复系统研究-脑机融合的多模式上肢运动功能重建与感知觉增强技术研究及应用”项目，已成功入选浙江省科技厅 2024 年度“尖兵领雁+X”研发攻关计划第一批项目，公司持续积极支持脑机接口项目在医疗领域的应用与创新，推动相关产品的商业化落地。

资料来源：《脑机接口行业图谱》，国家金融研究院，凤凰网，36 氪，新浪网，景昱医疗官网，界面新闻，choice 公司深度资料，东方财富证券研究所

3.3 未来发展趋势：接口材料及植入技术升级，结合 AI 逐步发展至脑机智能

未来脑机接口技术会进一步迭代接口材料，发展微创式脑机接口技术，联用多种信息交互手段，并协同人工智能共同发展，最终达成脑机智能。植入式电极趋向于柔性、小型化、高通量和集成化发展，微丝电极、硅基电极和柔性电极为主要发展趋势；非植入式电极趋向于改进干电极技术以及发展凝胶半干电极。对侵入式脑机接口而言，微创植入是大势所趋，清华大学与博瑞康科技、Synchron 等海内外公司和研究机构通过不同路径积极探索微创式植入技术。近红外脑功能成像技术（fNIRS）+EEG、MI-BCI-FES 等信息交互手段联用有助于获取更为详细的脑电波信息及获得更好的治疗效果。基于人工智能的脑机接口技术有望在肢体运动障碍、意识与认知障碍、精神疾病、感觉缺陷等疾病诊疗中发挥更大作用，脑机接口也能够提升人工智能的运转能力和演进方向，两者相辅相成、共同进步。

图表 22：脑机接口未来发展趋势



资料来源：《脑机接口总体愿景与关键技术研究报告（2022年）》，中国信通院，腾讯新闻，清华大学官网-清华新闻，A systematic review on hybrid EEG/fNIRS in brain-computer interface, Biomedical Signal Processing and Control, 21 世纪经济报道，《脑机接口行业图谱》，东方财富证券研究所

4. 投资建议

脑机接口行业处于发展的早期阶段，国内公司以医疗健康应用居多，我们看好行业在政策、技术、市场驱动下的成长性，谨慎看好与清华大学、华南理工等高校合作非侵入式脑机接口产品的诚益通，已有经颅电刺激等成熟产品的伟思医疗，建议关注已有 10 余项非侵入式脑机电/神经肌电类技术产品的翔宇医疗，子公司与清华大学共建脑机精准医学联合研究中心的三博脑科等。

图表 23：行业建议关注公司

代码	简称	总市值 (亿元)	EPS (元/股)			PE (倍)			股价 (元)	评级
			2023A	2024E	2025E	2023A	2024E	2025E		
300430.SZ	诚益通	37.95	0.63	0.93	1.10	22.68	14.95	12.64	13.90	增持
688580.SH	伟思医疗	26.97	2.00	2.37	2.85	32.01	11.88	9.88	28.16	增持
301293.SZ	三博脑科	83.82	0.54	0.58	0.65	115.59	91.11	81.38	52.90	未评级
688626.SH	翔宇医疗	53.18	1.44	1.72	2.15	37.01	19.30	15.49	33.24	未评级

资料来源：Choice，东方财富证券研究所

注：数据日期截至 2024 年 6 月 18 日，未评级公司参照 Choice 一致预期。

5. 风险提示

- ◆**技术发展不及预期**：脑机接口技术目前仍处于发展的早期阶段，尚未达到成熟水平；
- ◆**市场接受度不及预期**：市场对于脑机接口产品的接受程度和需求尚不明确，存在市场教育和推广的挑战；
- ◆**监管政策风险**：由于脑机接口技术属于新兴领域，相关监管政策和法规尚不完善，存在较大的监管不确定性；
- ◆**伦理和法律风险**：脑机接口技术涉及人脑，可能触及隐私、数据安全和伦理问题，这些都需要在法律和伦理框架内谨慎处理；
- ◆**商业化进程不及预期风险**：脑机接口技术的商业化应用尚未大规模广泛展开。

东方财富证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

分析师申明：

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资建议的评级标准：

报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后3到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的3到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500指数为基准。

股票评级

买入：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅15%以上；
增持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于5%~15%之间；
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-5%~5%之间；
减持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-15%~-5%之间；
卖出：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅15%以上。

行业评级

强于大市：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅10%以上；
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间；
弱于大市：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上。

免责声明：

本研究报告由东方财富证券股份有限公司制作及在中华人民共和国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。

本研究报告仅供本公司的客户使用。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。

本研究报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的报告之外，绝大多数研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。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，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。

那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有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、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东方财富证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。