科技情报观察

2022 年第 10 期（总第 10 期）

上海交通大学图书馆 **2022 年 10 月 27 日**

大信息专辑

内容提要

◤国际动态

联合国关注脑机接口技术的军事应用前景

美国商务部工业和安全局拟对脑机接口技术出口管制

美国发布新版《关键和新兴技术清单》，细化了人机接口等 19 种技术

美国政府问责局（GAO）发布《脑机接口》焦点报告

欧盟通过《人工智能法》提案，严格规制生物识别数据

Gartner 发布 2022 年新兴技术成熟度曲线，三大信息技术趋势值得关注

◤国内进展

工信部发布软件和信息技术服务业“十四五”发展规划

《脑机接口标准化白皮书（2021 版）》发布

上海市发布培育“元宇宙”新赛道行动方案（2022—2025 年）

上海发布未来产业方案，支持脑机接口发展

河北省出台政策，促进人机交互技术发展

深圳市发布脑科学与类脑智能专项支持政策

◤热点论文

基于 L1-Norm 和 Dempster-Shafer 理论的 CSP 内特征选择方法

通过手写进行高性能的意识文本转换

皮层集合体通过下丘脑输出来协调社会竞争

基于动态图卷积神经网络的脑电信号情感识别

◤专题报道

脑机接口技术概述

脑机接口代表性公司及其技术布局

◤ 联合国关注脑机接口技术的军事应用前景

2022 年 7 月 22 日，联合国裁军研究所（UNIDIR）发布了《自主武器系统中的人机接口》研究报告，强调了脑机接口在人机交互和人类控制中的重要作用，提出了自主武器系统中的脑机接口和人机交互方面的需求，阐释了人机接口的设计方法以及对人员训练的影响，探讨了人工智能系统的可解释性和透明性，并提出未来的工作建议。

研究报告认为：1）在自主系统中人机交互的背景下，研究接口的作用，对于操作人员素质提出了更高要求。这种情况有其固有的风险，如对技术的过度信任或信任不足，同时这些风险因人工智能（AI）和机器学习（ML）的使用而进一步加剧；2）要使脑机接口成为有效的控制手段，则必须具有高度的可用性（脑机接口设计和开发，必须使用户能够实现其目标），而操作人员必须经过充分的训练以便有效地使用它。随着 AI 和 ML 在武器系统中的应用，武器系统变得更加复杂（例如，在关键功能中被赋予更多的自主权），各种接口变得更加复杂，对操作人员的训练要求也越来越高；3）接口设计方面的最新研究表明，人与 AI 之间的交互以及如何将这些纳入到设计过程中，成为人们关注的焦点。随着机器变得越来越复杂，人机交互也必须相应发展；4）在人员训练方面，需要提供更多的训练课程和方法，使操作人员在面对不断学习的系统时，能够建立合适的心智模型，校准自身对系统的信任和期望；5）在依赖人工智能/机器学习的系统中，为了提升人们对系统的信任，降低系统的不可理解性，可针对 AI 过程的可解释性和透明性,在接口中嵌入这方面的功能，如可视化技术（比如显示 AI 部分过程或结论的仪表板），但也会使人机交互更加复杂，削弱人的控制。

来源：https://www.unidir.org/human-machine-interfaces

◤ 美国商务部工业和安全局拟对脑机接口技术出口管制

2021 年 10 月 26 日，美国商务部工业和安全局（BIS）发布预通知，将脑机接口界定为对美国国家安全至关重要的潜在新兴和基础技术，对其适当的出口、再出口和转让（国内）管制。

早在 2018 年 11 月，BIS 就曾发布“针对关键技术和相关产品的出口管制方案”，对 14 类“新兴和基础技术”进行出口管制，其中**脑机接口技术位列 11 位**。征求意见尽管存在大量

反对声音，但是美国陆续参照该份清单出台法规，对相关技术出口实施严格管制；时隔三年，BIS 再次针对脑机接口技术进行出口限制。BIS 本次征求意见以帮助其确定：①BCI 技术哪些方面更有可能需要美国政府进行监控；②在该技术广泛用于商业应用之前，是否需要制定具体政策和法规以及行业标准。

来源：https://www.federalregister.gov/documents/2021/10/26/2021-23256/request-for-comments-concerning-the-imposition-of-export-controls-on-certain-brain-computer

◤ 美国发布新版《关键和新兴技术清单》，细化了人机接口等 19 种技术

2022 年 2 月 8 日，美国白宫总统行政办公室发布了最新修订的《关键和新兴技术清单》（CET 清单），此次清单中列出的技术涉及**先进计算、通信和网络、人工智能（AI）、人机接口、先进制造、半导体和微电子技术**等 19 类。这份清单的出台是为了保障美国在未来的技术领导力，与盟友共同推进和保持关键领域的科技竞争优势，并应对所谓的技术安全威胁。

与 2020 年技术清单相比，2022 年清单的技术类别数量虽然从 20 种减少到 19 种，但却扩展了旧版清单的范围，对其中的关键和新兴技术领域列表作了更新和调整，并具体列出了各领域内的核心技术子领域。以“人机接口”技术为例，清单将其细化为增强现实、虚拟现实、脑-机接口、人机合作技术。NSTC 指出，新一版关键和新兴技术清单将对美国技术竞争力和国家安全战略起到重要支撑作用，在支持美国国家技术安全、保护敏感技术和争夺国际人才等方面可以作为美国行政部门和机构的参考依据。

来源：https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf

◤ 美国政府问责局（GAO）发布《脑机接口》焦点报告

2022 年 9 月 8 日，美国国会的下属机构政府问责局（Government Accountability Office, GAO）发布了题为《脑机接口》的焦点报告，介绍了脑机接口技术的原理与技术成熟度，重点探讨脑机接口（BCI）技术的风险、机遇与挑战，并提出了政策制定者应考虑的 4 个问题。

从技术成熟度来看，当前大多数 BCI 都处于实验阶段，目前仅有不到 40 人植入了 BCI 设备，且均在实验条件下进行。BCI 技术在发展和应用过程中存在三大挑战：一是**技术与用户挑战**，每个人产生的脑信号都是唯一的，很难度量信号；二是**伦理和公平挑战**，BCI 可能

引发关于用户知情同意的构成以及潜在不公平优势等问题；三是**安全和隐私挑战**，BCI 可能会遭遇网络攻击，如窃取个人脑信号数据和干扰 BCI 设备的正常功能。

综上，GAO 建议政策制定者考虑以下 4 个问题：（1）伴随 BCI 向商用和医疗健康用途发展，该技术是否可以被所有人使用？谁来负担其成本？；（2）如何确保 BCI 增强人类的能力处于被监管状态？；（3）BCI 可能会引发哪些伦理问题？哪些 BCI 应用可能会引发伦理争议？；（4）采取什么样的措施可以减轻与脑信号数据收集相关的潜在安全与隐私风险？

来源：https://www.gao.gov/products/gao-22-106118

◤ 欧盟通过《人工智能法》提案，严格规制生物识别数据

2021 年 4 月 21 日，欧盟委员会通过了《人工智能法》提案，该提案是欧盟首个关于人工智能的具体法律框架，旨在建立关于人工智能技术的统一规则，保护欧盟公民基本权利。

提案主要特点在于设置了一种重视风险且审慎的监管结果，精细划分人工智能风险等级，并制定针对性的监管措施。欧盟委员会将人工智能系统划分为不可接受的风险、高风险、有限风险和极低风险四类。提案重点规制前两类，除非绝对必要，可能导致不可接受风险的人工智能系统和应用都将被禁用；高风险人工智能的使用必须受到严格监管，系统提供者和使用者都要遵守数据管理、记录保存、透明度、人为监管等规定；对风险较小的人工智能系统，只需轻度监管。“人脸识别”等应用生物识别技术的人工智能系统成为提案的重要内容之一，提案将“生物识别数据”视为应给予最严格保护的数据类型，并按照具体用途对相关人工智能系统划分为“远程生物识别”、“生物识别分类”和“情感识别”这三类分别加以细致规制，适用高等级违法处罚标准。

来源：https://artificialintelligenceact.eu/

◤ Gartner 发布 2022 年新兴技术成熟度曲线，三大信息技术趋势值得关注

2022 年 9 月，全球 IT 领域咨询公司 Garnter 发布《2022 新兴技术趋势成熟度曲线》，确定了 25 种必须了解的新兴技术，这些技术正在推动**沉浸式体验的发展和扩展**、**加速人工智能（AI）自动化**并**优化技术人员交付**，预计这些技术可在未来 2 到 10 年内对商业和社会产生极大影响。

演进/拓展沉浸式体验的关键技术包括去中心化身份（Decentralized identity ，DCI）、数字人类（Digital humans）、元宇宙（Metaverse）、非同质化代币（Non-fungible token,NFT）、Web3 等；加速的人工智能自动化的关键技术包括因果推理人工智能（Causal artificial intelligence）、机器学习代码生成工具（Machine learning code generation tools）、生成式设计 AI（Generative design AI）或 AI 增强设计（AI-augmented design）等；优化技术专家交付的关键技术包括：云可持续性（Cloud sustainability）、网络安全网格架构（Cybersecurity mesh architecture ，CSMA）、计算存储（Computational storage ，CS）、云可持续性（Cloud sustainability）等。

来源：https://www.gartner.com/cn/information-technology/articles/what-s-new-in-the-2022-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologi

◤ 工信部发布软件和信息技术服务业“十四五”发展规划

2021 年 11 月，工业和信息化部印发《“十四五”软件和信息技术服务业发展规划》，明确“十四五”时期软件和信息技术服务业的发展形势、总体要求、主要任务以及保障措施等内容，指导未来五年软件和信息技术服务业发展。《规划》总共包括五个部分，设置了 5 个主要任务、8 个专项行动、5 个保障措施。其中围绕软件产业链，加速“补短板、锻长板、优服务”，前瞻布局新兴平台软件。加快培育**云计算、大数据、人工智能、5G、区块链、工业互联网**等领域具有国际竞争力的软件技术和产品。支持小程序、快应用等新型轻量化平台发展。加快**第六代移动通信（6G）、量子信息、卫星互联网、类脑智能**等前沿领域软件技术研发，培育一批标志性产品。

来源：https://www.ah.gov.cn/zwyw/jryw/554083321.html

◤ 《脑机接口标准化白皮书（2021 版）》发布

2021 年 7 月份，中国电子标准院正式发布由电子标准院与全国各大顶尖科研院所、高校共同编制的《脑机接口标准化白皮书（2021 版）》。该白皮书介绍了脑机接口技术的基本概念、技术实现原理、技术系统组成、全球脑机接口相关产业情况、梳理了国际相关标准化组织及相关工作和进展，并且重点介绍了我国自 2013 年以来在脑机接口领域的标准化工作并介绍了未来该领域的工作挑战和工作建议。

在脑机接口技术迅猛发展的同时，脑机接口领域的数据、脑信号解码算法、信号采集设备等方面的标准需求更显急迫。标准已成为提升国际竞争力的核心要素，我国加快脑机接口标准的制定，有利于提升在国际标准领域实现引领，推动国内技术产业发展。白皮书建立了基于标准需求的典型标准框架，包括信号采集层、数据层、解析层、应用层和反馈层等；从技术和伦理两方面分析目前在脑机接口领域开展标准化工作面临的问题与挑战，并从关键技术、设备和标准研究、产学研用协同、推动应用落地和国际标准化引领等方面提出对策建议。

来源：https://town.zjol.com.cn/gun/202107/t20210709_22778094.shtml

◤ 上海市发布培育“元宇宙”新赛道行动方案（2022—2025 年）

2022 年 7 月 8 日，上海发布《培育“元宇宙”新赛道行动方案（2022—2025 年）》，旨在“着力强化新赛道布局，培育壮大发展新动能，更好助力上海国际数字之都建设”。《方

案》提到将力争打造 10 家具有国际竞争力的头部企业、100 家“专精特新”企业，推出 50+示范场景、100+标杆性产品和服务，到 2025 年产业规模达到 3500 亿。

在**关键前沿技术突破**方面，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。加快微型有机发光显示（Micro-OLED）、微型发光显示（Micro-LED）等新型显示技术研发应用。聚焦光波导、光纤扫描等近眼显示技术和柔性、类肤等新材料，提升沉浸交互体验。在**提升计算平台效能**方面，推动图形处理器（GPU）、专用集成电路（ASIC）、可编程逻辑阵列（FPGA）等计算芯片和 RISC-V 指令集架构芯片的研发。强化大尺寸图像压缩、实时图形渲染、资源动态调度等计算技术研发。在**加强算法创新与应用方面**，加快对抗生成网络、超大规模预训练模型等技术在图形引擎、动态建模、数字孪生等领域的融合应用。

来源：https://dsj.guizhou.gov.cn/xwzx/gnyw/202207/t20220711_75505725.html

◤ 上海发布未来产业方案，支持脑机接口发展

2022 年 9 月 24 日，上海市人民政府印发《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》，明确到 2030 年，在未来健康、未来智能、未来能源、未来空间、未来材料等领域涌现一批具有世界影响力的硬核成果、创新企业和领军人才，未来产业产值达到 5000 亿元左右。成立 5 家左右未来技术学院，培育 15 个左右未来产业创新中心，推进 10 家左右领军企业向未来产业布局，发展 20 家左右生态主导型企业，打造 100 家左右企业技术中心，培育 1000 家左右高新技术企业，促进各类所有制企业相互融合。

在脑机接口领域，方案明确上海计划加速**非侵入式脑机接口技术、脑机融合技术**等领域突破；加强脑工程学、脑神经信息学、人工神经网络等基础研究，推动类脑微纳光电器件、类脑计算机、神经接口等研发创新；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。

来源：https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20221011/3c8c02700bfd400293faf955bc33e6af.html

◤ 河北省出台政策，促进人机交互技术发展

2021 年 11 月，河北省工业和信息化厅印发《河北省新一代信息技术产业发展“十四五”规划》。根据《规划》，河北省将在十个方面重点发力。其中在“智能终端产业”，《规划》

提出，加快人机交互、生物特征识别、计算机视觉、VR/AR 等关键技术在手机、平板、智能可穿戴设备、导航终端、智能网联汽车等终端应用，提升终端智能化水平；在“软件和信息技术服务业”，《规划》提出围绕自主可控和市场需求，大力发展工业控制软件、行业应用软件、平台软件，以及支持新型人机交互、智能控制与决策、智能感知的嵌入式软件；在“人工智能产业”，《规划》指出，建设人工智能研发平台，推动图像识别、语音识别、行为识别、智能感知、人机交互、智能机器人等关键技术突破，开发一批技术先进、市场应用广、带动作用强的人工智能产品。

来源：http://gxt.hebei.gov.cn/hbgyhxxht/zcfg30/snzc/894056/index.html

◤ 深圳市发布脑科学与类脑智能专项支持政策

2022 年 8 月 19 日，深圳市《关于支持脑科学与类脑智能创新链产业链融合发展的若干措施》正式印发，这是为国内首部脑科学与类脑智能专项支持政策。《措施》共有 5 个章节、27 项条款，主要包括支持脑科学与类脑智能战略科技力量建设、支持脑科学与类脑智能创新链建设、支持脑科学与类脑智能产业链建设、支持脑科学与类脑智能生态链建设、附则 5 部分内容，对脑科学与类脑智能领域“基础研究+技术攻关+成果产业化+科技金融+人才支撑”全过程创新生态链的各个要素和各个环节予以支持。

来源：http://www.szgm.gov.cn/xxgk/qbmbscxxgkml/kjcxj/xxgk_172137/zcfg_172143/gjsszcfg_172144/content/post_10042566.html

◤ 基于 L1-Norm 和 Dempster-Shafer 理论的 CSP 内特征选择方法

通用空间模式 (CSP) 算法是一种公认的空间滤波方法，用于基于运动想象 (MI) 的脑机接口 (BCI) 中的特征提取。然而，由于脑电图（EEG）中非平稳性的影响和 CSP 目标函数的固有缺陷，空间滤波器及其相应的特征在 CSP 中使用的特征空间中不一定是最优的。本研究设计了一种新的特征选择方法，通过基于改进的目标函数选择特征来解决这个问题。特别是在抑制异常值和发现具有较大类间距离的特征方面进行了改进。此外，提出了一种基于 Dempster-Shafer 理论的融合算法，该算法考虑了特征的分布。有两个对比数据集，我们首先在分类精度、特征分布和可嵌入性方面评估改进的目标函数的性能。然后，在准确性和计算时间上与其他特征选择方法进行了比较。实验结果表明，所提出的方法消耗更少的额外计算成本，并显着提高了 MI 的 BCI 系统的性能。

来源：https://ieeexplore.ieee.org/document/9174829

◤ 通过手写进行高性能的意识文本转换

脑机接口(BCI)可以帮助失去行动或说话能力的患者恢复交流能力。迄今为止，脑机接口研究的一个主要热点是恢复身体肌肉动作技能，例如用触摸和握紧或 2D 电脑光标点击输入。然而，高度灵巧的行为(如手写或触摸打字)可能需要更快的通信速度。本研究开发了一种脑皮质内 BCI，利用一种新的递归神经网络解码方法，从运动皮层的神经活动中解码尝试的手写运动，并将其实时转换为文本。通过这种 BCI，该研究参与者（手瘫痪），实现了每分钟 90 个字符的打字速度，在线原始准确率为 94.1%，使用通用自动更正离线准确率超过 99%。

来源：https://www.nature.com/articles/s41586-021-03506-2

◤ 皮层集合体通过下丘脑输出来协调社会竞争

该成果基于计算机视觉技术定量阐释了机器视觉行为理解与脑神经的内在关联，并首次建立了其稳定映射模型，形成基于大规模计算机视觉行为检测-脑神经信号关联发现行为神经回路的新研究范式。基于该机器学习模型，联合团队深入解析了“社会层级”（Social Hierarchy）行为神经控制机理（比如，低等级小鼠会让高等级小鼠优先进食，低等级小鼠会表现出服从行为）。“社会层级”（Social Hierarchy）一直是学界重要问题，即哺乳动物是如何判断其他

个体与自己的社会群体地位高低的？其背后的神经控制机制是怎么样的？研究者在大规模的小鼠群体竞争视频中，定位“社会层次”行为，并同时记录到社会等级行为的脑部活动状态，深度解析了社会等级行为在大脑中的形成机制，即发现内侧前额叶皮层-外侧下丘脑（mPFC-LH）回路具有控制社会层次行为的功能，并得到严格生物学实验的证实。该研究形成了基于机器视觉学习发现未知行为功能神经回路的新研究范式。

来源：https://www.nature.com/articles/s41586-022-04507-5

◤ 基于动态图卷积神经网络的脑电信号情感识别

该研究提出了一种基于动态图卷积神经网络（DGCNN）的多通道脑电图情感识别方法。所提出的脑电图情感识别方法的基本思想是利用图形对多通道脑电图特征进行建模，然后基于该模型进行脑电情感分类。与传统的图卷积神经网络（GCNN）方法不同，所提出的 DGCNN 方法可以通过训练神经网络来动态学习由邻接矩阵表示的不同脑电图（EEG）通道之间的内在关系，从而有利于更判别的脑电图特征提取。然后，学习的邻接矩阵用于学习更多的判别特征，以改善脑电图情绪识别。研究对上海交通大学情绪脑电图数据集（SEED）和 DREAMER 数据集进行了广泛的实验。实验结果表明，该方法比现有方法具有更好的识别性能，在 SEED 数据库上对主体依赖实验的平均识别率为 90.4%，对主体独立交叉验证实验的平均识别率为 79.95%，对 DREAMER 数据集上的效态分类、觉醒分类和优势分类的平均识别率分别为 86.23、84.54 和 85.02%。

来源：https://ieeexplore.ieee.org/document/8320798

◤ 脑机接口技术概述

伴随脑科学与认知科学的兴起与发展，特别是神经科学与工程技术的多元融合发展，脑与机的界限被逐步打破。脑机接口成为脑机智能领域的最热门、竞争最激烈的研究方向之一，脑机接口首登 2022 年世界人工智能大会，可预见式科技浪潮或将掀起。

脑机接口（Brain-Computer Interfaces，BCI），也称作“大脑端口”或“脑机融合感知”，是指将人或动物的大脑与外部设备相连，实现大脑对设备直接控制的技术，作为一个多学科融合的前沿研究方向，目前在康复医疗、汽车行驶控制、智能家居、教育等领域有较为广泛的研究和应用。根据信号采集侵入程度，BCI 技术可以分成侵入式、半侵入式和非侵入式三种。

◤ 脑机接口代表性公司及其技术布局

◆ 侵入式脑机接口代表性公司——Neuralink

【基本信息】 Neuralink 于 2016 年在美国旧金山成立，主要探索脑机接口技术在帕金森、重度瘫痪等疾病的治疗。

【核心团队】创始人埃隆·马斯克（Elon Musk），生物相容性材料专家凡妮莎·托洛萨（Vannessa Tolosa）、无线脑电传输方案专家蒂莫西·加德纳（Timothy Gardner）、脑和认知科学专家菲利普·萨比斯（Philip Sabes）等人。

【产品动态】2019 年，Neuralink 发布第一代脑机接口设备 N1 芯片、柔性电极及芯片植入设备缝纫机，并在小鼠身上展示。2020 年，发布第二代脑机接口设备“硬币” Link V0.9、配套自动化手术机器人 V2，并在活猪身上展示应用。2021 年 4 月，展示猴子玩电子游戏实验视频。目前，Neuralink 尚未进入人体实验阶段。

【专利布局】Neuralink 专利申请开始于 2018 年，截止 2022 年 10 月 26 日，已申请的脑机接口发明专利共计 59 件，其中 2019 年申请数量最多，占到 40%以上。Neuralink 公司目前有 4 件专利获得授权，这些 4 件专利包含 Neuralink 公司 3 个主流技术方向：①电极捕获的脑物质神经事件的芯片（公开号 US20190286592A1）；② 基于玻璃的气密密封方法,以用于连接生物薄膜电路（公开号 US20210013051A1）；③ 植入探针装置的系统和方法（公开号 US20200086111A1）。从目前最新申请专利布局来看，Neuralink 新技术焦点在于**实时神经脉冲检测技术、薄膜电极阵列与集成电路的夹层组装技术、探针技术、机器人技术、密封技术**，申请了多地保护。

◆ **非侵入式脑机接口代表性公司——BrainCo（强脑科技）**

【基本信息】BrainCo（强脑科技）2015 年孵化于哈佛大学创新实验室，关注非侵入式脑机接口技术的真实世界应用，聚焦教育、医疗、大健康和人机交互产业。

【核心团队】创始人韩璧丞（Han Bicheng），哈佛大学博士；脑机接口领域的学术奠基人米格尔·尼科莱利斯（Miguel Nicolelis）担任科技首席科学顾问。

【产品动态】率先在脑电信号检测与分析方面取得研发突破，实现了脑电检测设备的小型化、便携化，并将该项技术封装成 Focus 智能脑电检测头环，可应用于 ADHD（注意缺陷与多动障碍）与自闭症干预、儿童与运动员专注力提升等多个领域。

【专利布局】BrainCo 公司及其子公司深圳市心流科技有限公司目前拥有 387 项脑机接口领域核心专利，其中 72%左右为发明专利。BrainCo 专利主要专注于计算机、脑电波、脑电信号、检测方法、采集装置等技术领域，研发技术表现卓越，自主研发的智能肌电假肢——BrainRobotics，也被评选为《时代》周刊“ 2019 年全球百大最佳发明”。

BrainCo 公司已有 70 项专利被授权，其中涉及注意力训练方法、装置及计算机可读存储介质（公开号 CN109009171B）、智能仿生手识别方法与装置（CN114138111B）、人体异常状态监控（公开号 CN109528183B）等重要技术。在其最新申请专利中，BrainCo 公司开始布局基于脑电数据的汽车控制方法、基于脑波控制的智能轮椅、便携式脑电设备——脑电头环等技术领域。

编辑单位：上海交通大学图书馆情报研究部 **主　　编：潘卫**
地　　址：上海市东川路 800 号 **执行主编：周衡**
联系方式：021-34206471 **本期编辑：王钧钰**