

国内外脑机接口伦理研究进展及未来趋势展望

吴雪芹¹, 魏琳²

(1. 河南中医药大学马克思主义学院, 河南 郑州 450046; 2. 西安交通大学马克思主义学院, 陕西 西安 710049)

[摘要] 本文运用 CiteSpace 软件, 梳理 CNKI 和 WoS 核心数据库 2007—2025 年相关文献, 对脑机接口伦理研究发文数量、研究机构、研究热点及其演化趋势进行可视化分析。结果表明: 全球脑机接口伦理研究文献呈上升趋势, 国内研究起步稍晚但发展迅速; 研究力量广泛但整体关联薄弱, 国内以人文社科高校及科研院所为主力, 国外偏重理工高校及医学院校; 研究热点多样化, 国内以伦理问题为核心、人工智能融合为前沿、伦理治理为发展方向, 国外呈现以技术应用与临床实践为驱动、人工智能融合引领前沿、转化研究与跨学科治理塑造未来的研究格局; 研究趋势遵循技术伦理—应用伦理—治理伦理的演进结构, 国内关注“伦理治理”“脑机智能”“临床研究”, 国外重视“artificial intelligence”“clinical trial”“patterns”。国内外研究热点日益向智能化、跨学科伦理解决方案发展, BCI 与 AI 融合使临床伦理、算法伦理成为全球亟待解决的关键议题。未来, 仍需加强全球协作网络, 深化跨学科融合, 构建智能化伦理框架, 聚焦前沿核心议题, 凝聚跨文化伦理共识, 以应对新兴科技带来的伦理挑战。

[关键词] 脑机接口; 伦理问题; 伦理治理; 人工智能; 算法伦理

[中图分类号] R-052 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-8565(2026)09-1174-10

DOI: 10.12026/j.issn.1001-8565.2026.09.06

Research progress and future trend prospects in brain-computer interface ethics at home and abroad

Wu Xueqin¹, Wei Lin²

(1. School of Marxism, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China; 2. School of Marxism, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: This study employed CiteSpace software to review relevant literature from the China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and Web of Science (WoS) core databases from 2007 to 2025, and to conduct a visual analysis of the publication volume, research institutions, research hotspots, and evolutionary trends in ethical research on brain-computer interfaces (BCIs). The results showed that the global literature on BCI ethics exhibited an upward trajectory, with domestic research starting slightly later but developing rapidly. Research forces were widespread yet weakly interconnected overall, with domestic research primarily led by humanities and social science universities and research institutes, while international research was predominantly driven by science and engineering universities and medical schools. Research hotspots were diverse. Domestic studies centered on ethical issues, with artificial intelligence (AI) integration as the frontier, and ethical governance as the development direction, whereas international studies represented a research landscape driven by technological application and clinical practice, with AI integration leading the frontier and translational research and interdisciplinary governance shaping the future. Research trends followed an evolutionary structure of technology ethics-applied ethics-governance ethics, where domestic attention focused on “ethical governance,” “brain-computer intelligence,” and “clinical research,” and international emphasis was placed on “AI,” “clinical trial,” and “patterns.” Both domestic and international hotspots were increasingly developing toward intelligence and interdisciplinary ethical solutions, and the convergence of BCI and AI has

【作者简介】 吴雪芹, 女, 研究方向: 医学伦理、医学人文

made clinical ethics and algorithmic ethics critical global issues requiring urgent resolution. In the future, it is still necessary to strengthen global collaborative networks, deepen interdisciplinary integration, construct intelligent ethical frameworks, focus on cutting-edge core issues, and forge cross-cultural ethical consensus to address the ethical challenges posed by emerging technologies.

Keywords: brain-computer interface; ethical issue; ethical governance; artificial intelligence; algorithmic ethics

脑机接口(BCI)是在大脑与外部设备之间创建的一种不依赖周围神经肌肉组织的信息交流通道。它通过采集大脑神经活动信号,经过信号处理、特征提取、模式识别等方法解码用户意图,实现大脑与外部设备的直接交互,可以改善人类健康,提升生活质量,应用前景广泛。然而,其快速发展也带来深刻伦理和社会问题。近年来,随着 Neuralink 等公司推动技术走向大众,BCI 伦理议题更是出现全球广泛关注。2024 年 2 月,中国科技部发布首个脑机接口伦理指引文件《脑机接口研究伦理指引》,明确脑机接口研究的基本原则和一般要求。2025 年 11 月联合国教科文组织审议通过《神经技术伦理问题建议书》,以应对脑机接口等新兴技术带来的伦理挑战。

然而,国际学界对脑机接口伦理影响的认知仍存在分歧。部分学者认为脑机接口的好处大于风险。BCI 能帮助瘫痪、失语等残障患者恢复功能,促进其重新获得自主权,提升生活质量,克服行动和沟通障碍^[1]。另一部分则认为脑机接口存在极大的安全隐患,常引发设备植入导致的组织感染,侵犯个体自主、身份认同,并触发心理隐私、知情同意、责任归属、公平公正等潜在风险,甚至可能遭受黑客攻击^[2]。由此可见,国际学术界仍未就此问题达成共识。为推动脑机接口研究健康发展,有效防范技术应用中的科技伦理风险,有必要梳理国内外该领域的研究热点和前沿,以期为中国脑机接口研究的伦理规范与实践应用提供有价值的参考。为此,本文采用文献计量可视化方法,分析 2007 年 1 月 1 日至 2025 年 7 月 9 日国内外脑机接口伦理研究文献,旨在识别研究热点和动态、对比中外研究差异、预测未来发展趋势,为中国该领域伦理研究与实践应用提供借鉴,促进该技术真正造福人类。

本研究主要探讨:①脑机接口伦理研究的主要研究力量和热点领域是什么?②国内外脑机接口伦理研究有何异同?③脑机接口伦理研究的未来重点是什么?

1 数据来源与方法

1.1 数据来源

本研究文献来源于中国期刊网数据库(CNKI)和 Web of Science(WoS)核心合集数据库,检索时间跨度为“2007—2025 年”,检索时间设定为 2025 年 7 月 9 日。中文文献检索采用高级检索模式,检索条件“主题”设定为“脑机接口伦理”,初步检索筛选获得文献数量 190 篇。为确保数据的准确性,经过剔除书评、会议记录以及与研究主题关联度不高的资料,最终筛选出有效文献 184 篇。英文文献检索选择高级检索 WoS 核心合集,选择 SCI、SSCI 引文索引,主题设定为“Brain-Computer Interface ethics”,语种选择“英文”,初步检索获得文献 86 篇,经过数据清洗排除与研究主题弱相关的文献,最终得到有效英文文献 77 篇。本研究以上述 184 篇中文文献和 77 篇英文文献作为分析样本,系统开展国内外脑机接口伦理研究的文献计量分析。

1.2 研究方法

本项目采用美国陈超美团队研发的文献计量分析软件 CiteSpace 6.2.R3 版本进行数据分析。CiteSpace 能够将复杂的文献数据转化为可视化知识图谱,通过节点和线条方式展示作者、机构及关键词之间的关系,揭示该领域研究脉络及其未来发展趋势。本研究将筛选后的中英文文献数据分别导出格式为“Refworks”,命名为“download_xxx.txt”,将其导入 CiteSpace 6.2.R3 进行数据转换,并完成相应的参数设置。时间跨度为 2007—2025 年,时间切片选择 1 年,节点类型阈值设为 25,节点类型分别选择作者、机构、关键词,创建一个由节点和连线组成的可视化知识网络。通过绘制机构合作网络、关键词共现等科学知识图谱,进一步探索国内外脑机接口伦理研究的整体现状、研究主题、热点演化以及未来趋势。

2 结果

2.1 文献时空分析

论文发表的时间和数量是评估学科研究进展

的核心指标。分析论文产出时间和数量,可以揭示脑机接口伦理研究历程和趋势。本文梳理 2007 年至 2025 年国内外年度发文数量,绘制脑机接口伦理研究发文折线走势图(图 1)。结果显示,国内外研究发文量总体呈上升趋势。从数量看,国内发文数量显著多于国外,且增长速度较快。从时间上看,国内研究起步稍晚,但发展势头较猛,2024 年更是年发文量高达 68 篇。国外研究起步较早,年度发文量增速相对平缓。从空间分布看,研究国家分布存在差异。据 WoS 核心合集文献统计信息,美国发文量最多(29 篇),德国发文量(23 篇),年度发文量超过 10 篇的国家还有瑞士(15 篇)、中国(11 篇)、加拿大(11 篇)、荷兰(10 篇)。从变化趋势来看,脑机接口伦理研究仍是未来国内外的研究热点。

2.2 研究机构分析

使用 CiteSpace 对脑机接口伦理论文研究机构及其合作网络分析。其中,每个节点代表一个机构,节点的大小与机构的文献产出正相关,节点之间连线揭示他们之间的合作关系。

CNKI 中文研究机构发文知识图谱如图 2。山西大学、上海大学马克思主义学院以 5 篇发文

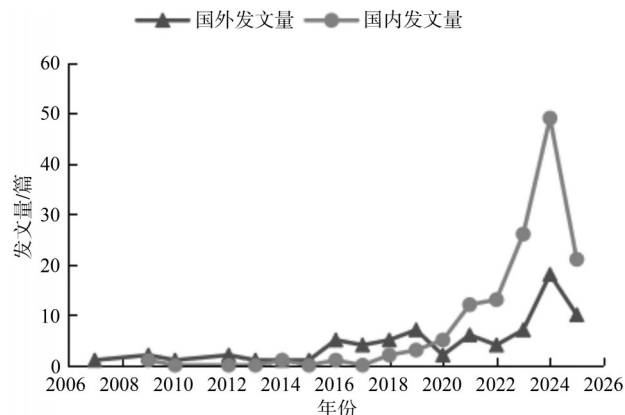


图1 脑机接口伦理研究年发文量趋势

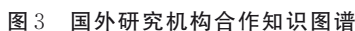
并列首位,其次中国科学技术大学科技哲学系(4 篇)、中国电子技术标准化研究院(3 篇)、广州医科大学马克思主义学院(3 篇),中国科学院上海生命科学信息中心、中国神经科学学会、清华大学心理学系、北京大学哲学系等各发文 2 篇。就机构合作而言,0.0101 的网络密度表明研究主要集中在机构内部,跨机构协作较为分散,尚未形成团队规模。从机构类型来看,研究偏重人文社科领域,高校、科研院所、马克思主义学院是研究的主力军。



图2 国内研究机构合作知识图谱

WoS 研究机构发文知识图谱如图 3。发文量前 10 的国外研究机构,瑞士联邦理工学院联盟以 10 篇发文量位居首位,其次是瑞士洛桑联邦理工学院(7 篇)、慕尼黑工业大学(7 篇)、莱顿大学(5 篇)、俄勒冈健康与科学大学(5 篇)、华盛顿大学(5 篇),苏黎世联邦理工学

院、图宾根大学、海牙兰登医疗中心、哈佛医学院、哈佛大学各 4 篇。就机构合作而言,0.0315 的网络密度表明各研究机构存在合作,沟通交流频率相对紧密。从机构类型来看,研究偏重理工医领域,高校、医学院占脑机接口伦理研究的绝大多数。



加可预测和操控、更易出现技术滥用^[5]。要依托深度学习、算法优化等人工智能技术,提高脑电信号的提取精度、分析效率,提升脑机智能融合水平^[6]。③伦理治理。伦理审查是防控伦理风险的重要手段,要制定伦理审查指南、保障伦理审查委员会学科背景多样性、分类分级审查^[7]。肖峰^[8]认为技术伦理的一般原则即善用、责任、公正和代价可以为解决脑机接口伦理问题提供参考。摆脱脑机接口伦理困境,需要明确人机界限、做好隐私保护、建立伦理规约制度^[9]。

国外关键词共现图谱见图5。国外关键词共现图谱中,最大关键词节点为“brain-computer interface”,其次是“stimulation”“communication”“artificial intelligence”“EEG”“ethics”“research ethics”等。国外脑机接口伦理研究以“brain-computer interface”等技术为核心,聚焦“stimulation”“communication”“eeg”等具体临床应用场景,深入探讨技术实施中实操问题,延伸至知情同意、隐私保护、人格认同等伦理议题。呈现出技术应用与临床实践为驱动、人工智能融合引领前沿转化研究与跨学科治理塑造未来的立体格局。①技术应用与临床伦理。Klein^[10]探讨了脑机接口技术相关的六个核心风险:短期和长期安全性、认知与交流障碍、不当期望、非自愿性、情感障碍以及隐私和安全,识别出与身份、能动性和污名相关的三个风险领域。Zhang等^[11]探讨了脑机接口医疗应用中的伦理考量:确保患者知情同意,降低电极对脑组织损伤,保护患者神经隐私,协助行动失败下的责任归属,开发维护高成本下的公平接入等。②人工智能。Yuste等^[12]分析了

国外脑机接口伦理研究遵循从技术伦理到临

床应用再到伦理治理的演进结构(图7)。第一阶段是起步阶段(2007-2012)。这段时间出现了“brain-computer interface”“stimulation”“communication”“eeg”等热点关键词,反映了早期脑机接口研究专注于技术开发,此时研究更侧重于技术与伦理的初步结合。Haselager 等^[20]研究了闭锁综合征患者获取知情同意的困难,以及 BCI 团队共同道德责任。第二阶段是临床应用阶段(2013-2018)。“research ethics”“ethics”“consciousness”等与伦理核心议题相关的关键词凸显,标志着脑机接口伦理研究开始深入具体伦理问题。Johansson 等^[21]认为脑机接口可以帮助患者促进尊严、自主和独立,实现基本权利,提升生活质量。Grübler 等^[22]指出大多数用户知情同意、使用效果方面满意,但也存在隐私安全等负面信息。第三阶段是伦理治理阶段(2019-)。这一时段出现“artificial intelligence”“Ai ethics”“clinical trial”等热点关键词,研究主题多样化,应用场景分化。Köegel 等^[23]用实证方法研究了公众对 BCI 的接受度,认为脑机接口会导致用户产生心理挫折、依赖性、自我认知混乱,需要建立伦理指南和法律标准来规范。Ploesser 等^[24]综述 23 篇专家文章,表明脑机接口技术的开发应用应优先考虑社会利益,坚持不伤害原则,保障心理隐私、认知自由、个人身份以及其他内在人类价值。

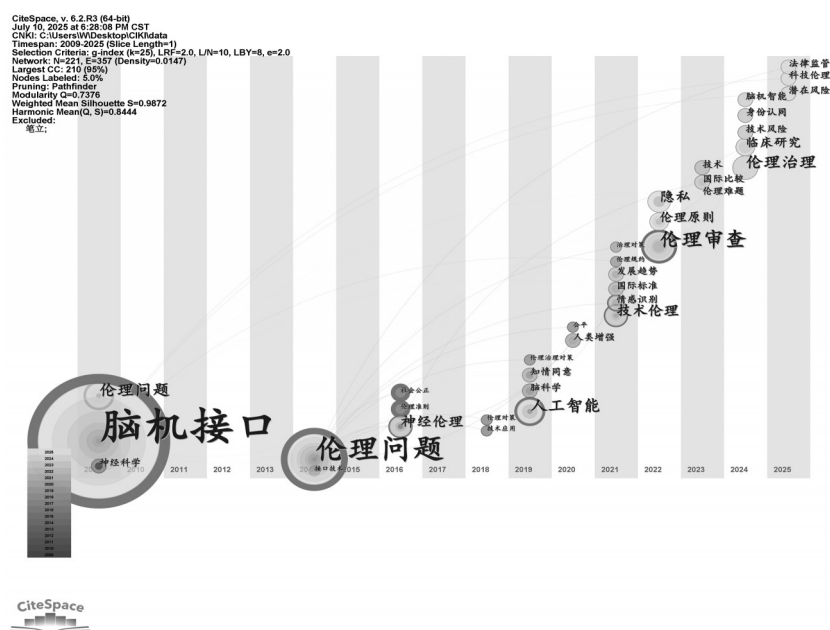


图6 国内高频关键词时区图

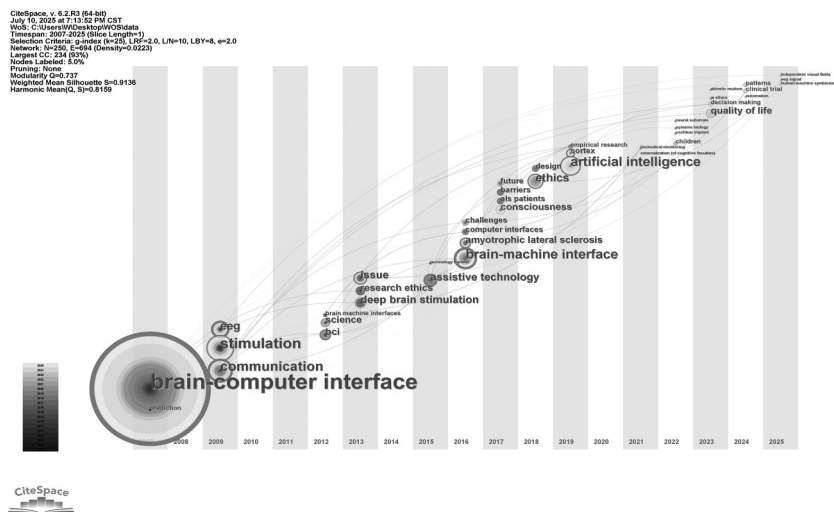


图7 国外高频关键词时区图

2.5 研究前沿

关键词突现可以折射特定领域研究热点的变迁发展。本文运用 CiteSpace 对关键词进行突现性检测,根据词频变动趋势分析脑机接口伦理研究前沿。

国内脑机接口伦理研究领域共包括 25 个高突现强度关键词。“伦理问题”的突现强度最大为 2.6,“伦理治理”突现强度为 2.23。另外“神经科学”(1.28)、“元宇宙”(1.14)、“人类增强”(1.1)、“伦理审查”(1.09)、“技术”(1.03)、“伦理难题”(1.03)的突现强度都大于 1,说明这些关键词是当时脑机接口伦理研究领域的前沿问题。当前脑机接口伦理研究前沿聚焦于“伦理治理”“数据隐私”“脑机智能”“临床研究”等热点关键词。研究焦点转向系统治理和新兴应用领域伦理问题,研究热点日益向智能化、跨学科伦理解决方案发展,算法伦理、临床伦理等成为研究热点。王高峰等^[25]论述了算法伦理视域下脑机接口伦理问题,认为算法作为驱动脑机接口的底层技术,不透明性、不确定性、易误导性等特点带来安全、隐私、自我同一、责任分配和偏见歧视。

国外脑机接口伦理研究突现率共包括 25 个高突现强度关键词。“artificial intelligence”突现强度最大 2.19,该关键词 2024—2025 年是脑机接口伦理研究的前沿。“deep brain stimulation”突现强度 2.14,“ethics”的突现强度为 2.04。另外,“quality of life”“brain-computer interface”“locked-in syndrome”“research ethics”等突现强度都大于 1,说明这些关键词该时间段也是学界重点关注的议题。当前脑机接口伦理研究前沿聚焦于“brain-computer interface”

“artificial intelligence”“clinical trial”“patterns”。研究焦点转向 AI 技术深度融合,迈向“人工智能”“临床试验”“模式”探索,提示未来将是脑机接口人工智能伦理、临床试验伦理的关键研究窗口期。Wu 等^[26]对 20 位中国专家就人机共生进行访谈,认为必须建立明确的监管框架并制定有效设备移除策略,以保护用户福祉并应对潜在道德挑战。Waisberg 等^[27]探讨了 Neuralink 与脑机接口的伦理考量,指出 Neuralink 作为脑机接口技术的先驱,面临知情同意、身份认同、隐私泄露、医疗公平等伦理风险,并呼吁负责任地进行创新,在创新与责任之间寻求平衡。

3 结论与展望

3.1 结论

①文献数量:发文数量持续增长。全球脑机接口伦理研究文献数量呈上升趋势,国内研究起步稍晚,但发展势头较猛,未来脑机接口伦理仍是国内外研究热点。背后原因在于技术应用催生伦理诉求。2024 年中国发布首个《脑机接口研究伦理指引》文件。2023 年联合国教科文组织呼吁加强神经技术规管并搭建全球伦理框架,2025 年 4 月正式发布《神经技术伦理建议草案》,11 月正式审议通过《神经技术伦理问题建议书》作为首个全球神经技术伦理准则性框架,以应对脑机接口等新兴技术带来伦理挑战。

②研究力量:作者机构众多,合作有待整合。国内研究主要集中在机构内部,机构之间合作相对分散,尚未形成团队规模,研究偏重人文社科,以高

校、科研院所、马克思主义学院为主力军;国外研究机构合作相对紧密,研究偏重理工医疗,高校、医学院占绝大多数。这主要源于脑机接口伦理研究作为一个复杂跨领域的新兴热点,研究尚未形成深度整合。

③研究热点:研究热点多样化且纵深化。国内研究热点以“脑机接口”为核心,聚焦“伦理问题”“伦理审查”“伦理治理”“人工智能”等发散展开研究,形成以伦理问题为核心、人工智能融合为前沿、伦理治理为方向的格局。国外围绕“brain-computer interface”等技术核心,聚焦“stimulation”“communication”“artificial intelligence”“eeg”等具体临床应用场景,延伸至知情同意、隐私保护、人格认同等伦理议题。呈现技术应用与临床实践为驱动、人工智能融合引领前沿、转化研究与跨学科治理塑造未来的立体格局。

④研究趋势:研究主题遵循从技术伦理到应用伦理再到治理伦理的演进结构。国内早期研究聚焦“脑机接口”“神经科学”等技术伦理争议;中期深入“神经伦理”“技术伦理”具体应用伦理;后期偏重“伦理治理”“技术风险”等治理与风险层面的伦理,数据隐私、算法伦理成为研究热点。国外脑机接口伦理研究,早期专注于“brain-computer interface”“stimulation”“eeg”等技术开发;中期深入探讨“research ethics”“ethics”具体伦理问题;后期偏重应对“artificial intelligence”“Ai ethics”“clinical trial”技术系统化、智能化带来的治理挑战。

⑤研究前沿:研究热点日益向智能化、跨学科伦理解决方案发展。当前国内前沿聚焦于“伦理治理”“数据隐私”“脑机智能”“临床研究”等热点关键词,研究焦点转向系统治理和新兴领域伦理问题;国外前沿聚焦于“artificial intelligence”“clinical trial”“patterns”,研究焦点转向 AI 融合,迈向“人工智能”“临床试验”“模式”探索。2024 年国内出现“脑机智能”“临床研究”等,和国外“人工智能”“临床试验”形成跨文化共识,提示未来将是脑机接口人工智能伦理、临床试验伦理的关键研究窗口期,象征该领域潜在的研究前沿和未来发展方向。

3.2 展望

①加强全球协作网络。未来脑机接口伦理研究需突破国家与机构壁垒,构建全球协同研究生

态。一方面,搭建全球协作平台提升研究协同性。美国严格监管脑机接口临床试验审批与规范,系统规定上市前研究须满足的安全性与有效性要求。欧盟对脑机接口实施严格数据保护、加强全生命周期监管。中国明确研究遵循六大基本原则:保障健康与福祉、尊重被试、保障公平、风险管控、信息公开、支持创新。另一方面,深化国内协同创新机制。国家科技伦理委员会、人工智能伦理专业委员会负责顶层设计与伦理规范;高校与科研院所提供算法、材料、伦理等支撑;产业层面依托企业构建芯片研发、设备制造等关键环节产业链;临床应用则依托医疗机构探索,将伦理规范嵌入技术研发全流程,培育具有国际影响力核心研究集群。

②构建智能化伦理框架。脑机接口与人工智能的深度融合,提升系统解码精度与信息传输速率,但也加剧了数据安全、权责界定等伦理挑战,需构建智能且具有前瞻性的现代伦理治理框架。治理原则上,坚持开放共赢,驱动创新发展,强化风险意识,确保安全可靠,鼓励包容并蓄,促进文明互鉴,倡导和衷共济,完善全球治理;治理内容上,重点完善数据隐私保护、动态知情同意、责任归属认定以及资源公平分配等核心议题;治理方式上,构建覆盖研发、应用、退出的全生命周期动态伦理治理,研发前置伦理考量,应用保障自主权利,退出确保数据销毁,通过负责任创新推动技术向善发展。

③聚焦前沿议题靶向攻关。脑机接口依赖算法解析神经信号,由此衍生出算法黑箱、安全风险、透明不足、算法偏见等伦理挑战。需秉持价值敏感性设计理念,将伦理价值内嵌于算法研发全流程;同时优化算法运行提升透明性,突破数据真伪辨识技术增强准确性,通过隐私数据噪声添加、脱敏处理等筑牢算法安全防线。临床层面严格遵循风险最小与收益最大化原则,构建人本主义临床伦理规范。推行动态知情同意模式,如实告知临床疗效、潜在风险、数据安全及自愿退出机制;设定特别伦理审查,重点评估设备安全性、科学性、伦理合规性;探索适应性伦理操作规范,覆盖临床前风险识别、实施中动态监测以及结束后的跟踪改进,实现临床转化与伦理合规的同频共振。

④凝聚跨文化伦理共识。鉴于不同文化对隐私、自主、公平等价值理解存在诸多差异,亟须通过

对话凝聚伦理共识。联合国教科文组织 2025 年通过全球首个《神经技术伦理问题建议书》,明确有益与不伤害、知情同意、隐私保护、责任诚信、公平正义等核心原则。世界卫生组织《健康人工智能伦理与治理》提出自主性、透明化、问责制、包容性、可持续性原则。经济合作与发展组织《关于负责任的神经技术创新建议书》强调负责任创新、优先安全评估、包容性等。这些准则为跨文化伦理治理提供遵循。未来,应积极依托并参与联合国教科文等国际组织相关国际规则制定,通过举办国际伦理论坛、组建全球伦理专家等方式,促进不同文化背景下的价值对话寻求最大限度伦理共识。

4 结语

本研究通过文献计量学的方法分析了 2007—2025 年国内外脑机接口伦理研究相关文献,以期为脑机接口伦理研究与实践应用提供参考。未来应结合更广泛的数据来源,加强全球协作网络,构建智能化伦理框架,聚焦前沿核心议题,凝聚跨文化伦理共识,实现 BCI 技术发展与伦理规范的动态平衡,推动脑机接口真正造福人类社会。

〔参考文献〕

- [1] Cruz M V, Jamal S, Sethuraman S C. A comprehensive survey of brain-computer interface technology in health care: research perspectives[J]. *Journal of Medical Signals and Sensors*, 2025, 15: 16.
- [2] Burwell S, Sample M, Racine E. Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review[J]. *BMC Medical Ethics*, 2017, 18(1): 60.
- [3] 周程. 脑机接口领域中的伦理问题研究[J]. *人民论坛·学术前沿*, 2024(16): 44-55.
Zhou C. A study of ethical issues in brain-computer interface research and development[J]. *Frontiers*. 2024(16): 44-55.
- [4] 王高峰, 姚明月, 甘烨彤. 脑机接口伦理研究: 学科交叉、风险演化[J]. *科学学研究*, 2026, 44(6): 1320-1330.
Wang G F, Yao M Y, Gan Y T. Ethical research on brain-computer interface: interdisciplinary and risk evolution[J]. *Studies in Science*, 2026, 44(6): 1320-1330.
- [5] 曹育育, 薛雨航, 杨恒源, 等. 人工智能增强的脑机接口伦理规范考量[J]. *生物医学工程学杂志*, 2025, 42(5): 1085-1091.
Cao Y Y, Xue Y H, Yang H Y, et al. Ethical considerations for artificial intelligence-enhanced brain-computer interface[J]. *Journal of Biomedical Engineering*, 2025, 42(5): 1085-1091.
- [6] 屈琪. 人工智能技术在脑机接口领域的应用研究[J]. *世界科技研究与发展*, 2026, 48(1): 58-68.
Qu Q. Research on the application of artificial intelligence technology in the brain-computer interface[J]. *World Sci-Tech R and D*, 2026, 48(1): 58-68.
- [7] 付娜, 周洁. 脑机接口伦理风险及伦理审查研究[J]. *信息通信技术与政策*, 2025, 51(3): 11-15.
Fu N, Zhou J. Research on the ethical risks and ethical review of brain-computer interfaces[J]. *Information and Communications Technology and Policy*, 2025, 51(3): 11-15.
- [8] 肖峰. 从技术伦理到脑机接口伦理[J]. *自然辩证法研究*, 2023, 39(8): 63-68.
Xiao F. From the ethics of technology to the ethics of brain-computer interface[J]. *Studies in Dialectics of Nature*, 2023, 39(8): 63-68.
- [9] 吉姜蒲, 叶民英. 脑机接口技术的伦理问题及规约路径[J]. *湖南行政学院学报*, 2021(4): 83-88.
- [10] Klein E. Informed consent in implantable BCI research: identifying risks and exploring meaning[J]. *Science and Engineering Ethics*, 2016, 22(5): 1299-1317.
- [11] Zhang Z, Chen Y X, Zhao X, et al. A review of ethical considerations for the medical applications of brain-computer interfaces[J]. *Cognitive Neurodynamics*, 2024, 18(6): 3603-3614.
- [12] Yuste R, Goering S, Arcas B, et al. Four ethical priorities for neurotechnologies and AI [J]. *Nature*, 2017, 551(7679): 159-163.
- [13] O'Shaughnessy M R, Johnson W G, Tournas L N, et al. Neuroethics guidance documents: principles, analysis, and implementation strategies[J]. *Journal of Law and the Biosciences*, 2023, 10(2): lsad025.
- [14] Klein E, Ojemann J. Informed consent in implantable BCI research: identification of research

- risks and recommendations for development of best practices[J]. *Journal of Neural Engineering*, 2016, 13(4): 043001.
- [15] 胡剑锋. 脑机接口技术引发的伦理思考[J]. *医学与哲学*, 2009, 30(8): 10-11.
Hu J F. Viewing brain computer interface technology from the angle of ethics[J]. *Medicine and Philosophy*, 2009, 30(8): 10-11.
- [16] 叶岸滔. 脑机接口技术: 伦理问题与研究挑战[J]. *昆明理工大学学报(社会科学版)*, 2016, 16(6): 8-14.
Ye A T. Brain machine interface: ethical issues and research challenges[J]. *Journal of Kunming University of Science and Technology (Social Sciences)*, 2016, 16(6): 8-14.
- [17] 曹若愚, 瞿骏林. 脑机接口技术应用中知情同意的伦理与法律规制研究[J]. *天津科技*, 2024, 51(9): 85-88.
Cao R Y, Qu J L. Research on ethics and legal regulation of informed consent rights in application of brain-computer interface technology[J]. *Tianjin Science & Technology*, 2024, 51(9): 85-88.
- [18] 王雪芹, 孟丽君. 涉及脑机接口临床研究的多学科伦理审查专家共识[J]. *中国医学伦理学*, 2024, 37(9): 1119-1125.
Wang X Q, Meng L Q. Expert consensus on multidisciplinary ethical review of clinical research involving brain-computer interfaces [J]. *Chinese Medical Ethics*, 2024, 37(9): 1119-1125.
- [19] 曾雄. 脑机接口技术的三位一体规制框架构建[J]. *西安财经大学学报*, 2025, 38(1): 84-93.
Zeng X. Research on a three-dimensions regulation framework for brain computer interface technology [J]. *Journal of Xi'an University of Finance and Economics*, 2025, 38(1): 84-93.
- [20] Haselager P, Vlek R, Hill J, et al. A note on ethical aspects of BCI [J]. *Neural Networks*, 2009, 22(9): 1352-1357.
- [21] Johansson V, Soekadar S R, Clausen J. Locked out: ignorance and responsibility in brain-computer interface communication in locked-in syndrome[J]. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 2017, 26(4): 555-576.
- [22] Grübler G, Al-Khodairy A, Leeb R, et al. Psychosocial and ethical aspects in non-invasive EEG-based BCI research: a survey among BCI users and BCI professionals [J]. *Neuroethics*, 2014, 7(1): 29-41.
- [23] Kögel J, Schmid J R, Jox R J, et al. Using brain-computer interfaces: a scoping review of studies employing social research methods [J]. *BMC Medical Ethics*, 2019, 20(1): 18.
- [24] Ploesser M, Abraham M E, Broekman M L D, et al. Electrical and magnetic neuromodulation technologies and brain-computer interfaces: ethical considerations for enhancement of brain function in healthy people-a systematic scoping review [J]. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*, 2024, 102(5): 308-324.
- [25] 王高峰, 张志领. 算法伦理视域下的脑机接口伦理问题研究[J]. *自然辩证法研究*, 2022, 38(7): 68-73.
Wang G F, Zhang Z L. Research on the ethical issues of brain-computer interface from the perspective of algorithmic ethics[J]. *Studies in Dialectics of Nature*, 2022, 38(7): 68-73.
- [26] Wu L Q, Chen H D. Ethical challenges of human-machine symbiosis in brain-computer interfaces: insights from Chinese experts [J]. *Neuroethics*, 2025, 18(2): 31.
- [27] Waisberg E, Ong J, Lee A G. Ethical considerations of neuralink and brain-computer interfaces [J]. *Annals of Biomedical Engineering*, 2024, 52(8): 1937-1939.
- 收稿日期: 2025-08-30
修回日期: 2026-06-03
编辑: 杜苗苗