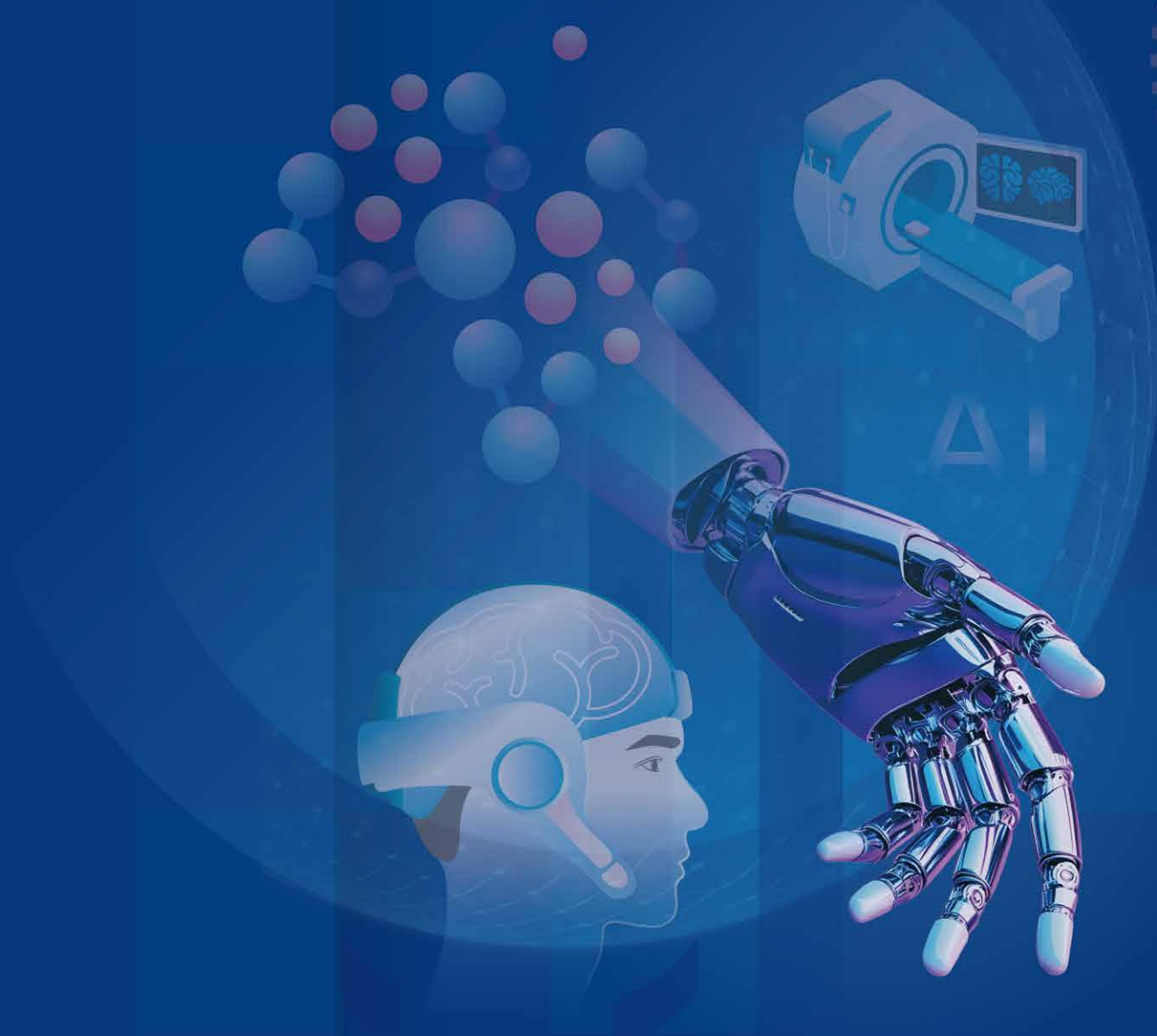


蓝皮书

「精华摘要」



2025

Medical-Engineering Interdisciplinary Science



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



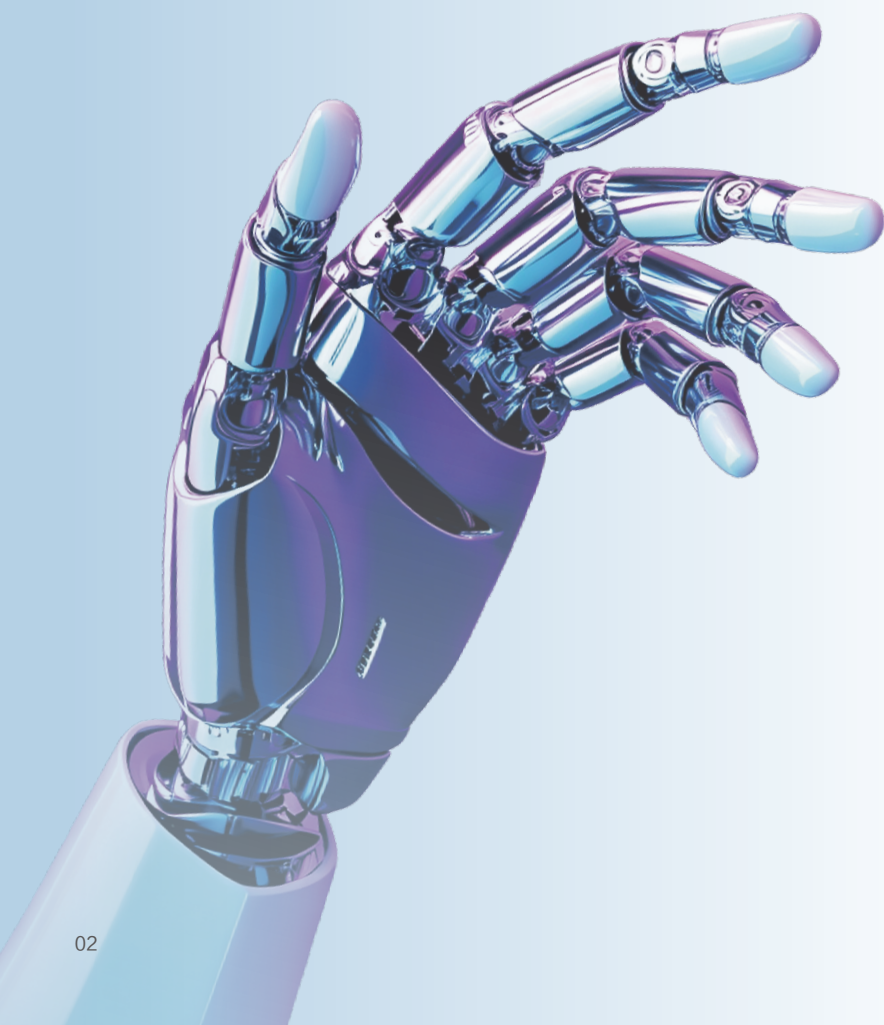
期刊中心
JOURNAL CENTER



目录

前言	02
一、全球医工交叉科学前沿热点总体格局	05
二、全球医工交叉科学前沿十大热点方向	08
（一）脑机接口的康复医学应用	08
（二）AI 智能体重塑医疗场景	09
（三）数字技术赋能下的全健康科学	10
（四）智能技术驱动的阿尔茨海默病诊疗创新与伦理治理	11
（五）纳米生物技术革新与应用	12
（六）革新健康监测与人机交互的可穿戴技术	13
（七）促进骨再生的力学生物学策略	14
（八）步态分析临床应用	15
（九）癌症精准诊疗创新	16
（十）医学图像分割中的深度学习技术	17
三、全域发展总结	19
四、未来趋势展望	21

前言



当今世界，新一轮科技革命与产业变革深度融合，医学与工程学的交叉融合正以前所未有的速度重塑生命健康领域的研究范式与产业格局。国家《“十四五”生物经济发展规划》将生物技术与信息技术、新型材料等的交叉融合确立为重点方向；《上海市建设具有全球影响力的科技创新中心“十四五”规划》进一步提出打破学科边界，聚焦临床医学、生物技术、医学工程等前沿领域布局创新。脑机接口、可穿戴设备、纳米生物技术等前沿方向持续突破学科边界，催生出一批具有战略意义的新兴领域，成为全球科技竞争与人类健康福祉提升的关键着力点。系统研判全球医工交叉领域的研究态势、识别高影响力方向、把握未来发展节奏，已成为科研机构、创新主体与政策决策者的共同关切。

在这一背景下，上海交通大学联合国际权威学术分析机构科睿唯安（Clarivate）共同编制的《全球医工交叉科学前沿蓝皮书（2025）》应运而生。蓝皮书充分发挥上海交通大学在医工交叉领域深厚的学科积淀与前瞻的学术视野，结合科睿唯安在全球科研数据、文献计量与前沿识别方面的专业能力，从2020—2025年医工交叉领域109万篇科技文献中，遴选出十大新兴研究主题，并从国家/地区、机构等多个维度开展深入剖析。在文献计量分析的基础上，每一前沿方向均邀请相应领域的权威专家参与解读，从科学内涵、发展脉络、前沿挑战到未来趋势进行专业研判，使客观数据得以在学科语境中被准确理解、深度诠释。

本蓝皮书立足权威性、系统性与前瞻性，其价值体现于战略决策、科研创新与学术生态三个维度：为政府部门制定科技政策、优化学科布局提供客观量化的决策依据；为科研机构识别优势方向、谋划前沿布局提供扎实的数据支撑；为创新主体把握技术脉络、推进协同创新提供方向指引。我们期望，蓝皮书不仅呈现第三方视角的客观研判，更能成为服务健康中国战略、助力上海具有全球影响力的科技创新中心建设、支撑生物医药先导产业能级跃升与新质生产力发展的重要学术载体。

本册为《全球医工交叉科学前沿蓝皮书（2025）》之先导精粹本，撷取全书核心研判与前沿洞见，先行呈现于与会同仁，以飨读者，亦期以此激发思想碰撞、汇聚学界共识。

《全球医工交叉科学前沿蓝皮书（2025）》编写组
2026年9月

全球医工交叉前沿热点总体格局

医工交叉是生命科学、医学、工程学、信息科学、材料科学等多学科深度融合形成的新兴创新领域。近年来，随着全球人口老龄化、慢性病负担加重、公共卫生风险上升以及精准医疗、主动健康、智慧医疗需求快速增长，传统医学研究与临床服务模式正面临深刻变革。与此同时，人工智能、脑科学、柔性电子、纳米材料、先进制造、医学影像等工程技术持续突破，为生命健康领域提供了新的研究工具、诊疗手段和产业化路径。医工交叉由此成为全球科技创新最活跃、成果转化最密集、战略价值最突出的前沿方向之一。

从全球科研态势看，医工交叉研究已不再局限于单一技术在医学场景中的应用，而是逐步呈现出“问题牵引、技术融合、场景驱动、系统集成”的新特征。一方面，临床医学中的重大疾病诊疗、康复干预、健康监测、老龄照护、公共卫生治理等现实需求，正在不断提出复杂科学问题与工程挑战；另一方面，人工智能、先进材料、微纳制造、脑机交互、多模态感知、数字孪生等技术体系的成熟，又为解决上述问题提供了前所未有的技术可能。医学需求与工程能力之间形成双向牵引，使医工交叉逐渐从“辅助医学”的工具型研究，发展为重塑医学知识生产、疾病诊疗流程和健康管理模式的重要力量。

总体来看，当前全球医工交叉前沿热点大致呈现出以下几个基本格局。

（一）从单点技术应用走向多学科系统融合

早期医工交叉多表现为工程技术在医学场景中的局部应用，如医学仪器开发、影像设备优化、康复器械设计等。随着技术复杂度与临床需求同步提升，当前医工交叉正加速从单点式、工具化应用转向系统化、平台化融合：人工智能与医学影像、柔性电子与健康监测、纳米材料与药物递送、脑机接口与神经康复等方向，均呈现出多技术集成、多学科协同与多场景适配的鲜明特征。

这种系统融合正重塑医工交叉的创新链条。基础研究、工程开发、临床验证、数

据反馈与产品转化之间的边界逐渐模糊，“科学发现—临床应用”闭环设计成为主流。未来高水平医工交叉创新不再取决于单项技术突破，而更依赖于医学问题定义能力、工程系统集成能力、临床场景验证能力与跨机构协同能力的综合提升。

（二）人工智能成为医工交叉前沿演进的核心变量

在十大新兴研究主题中，人工智能相关方向占据突出位置，既独立呈现于“人工智能智能体重塑医疗场景”、“医学图像分割中的深度学习技术”，也深度嵌入阿尔茨海默病诊疗、癌症精准诊疗、步态分析、可穿戴健康监测等多个方向。人工智能正从单一算法工具演变为医学研究、临床诊疗与健康管理的基础性使能技术。

尤其是大模型、多模态学习、智能体系统与自动化科研工具的兴起，使人工智能在医疗领域的作用不断拓展——从图像识别、辅助诊断延伸至病程预测、个体化治疗推荐、临床 workflow 优化、患者管理、医学知识发现与医学教育等环节，推动医疗服务由经验驱动走向数据驱动、由单点决策走向连续决策、由被动诊疗走向主动健康管理。

（三）生命健康研究重心从疾病治疗前移至主动健康管理

从热点主题分布看，医工交叉研究呈现明显的“关口前移”趋势。可穿戴技术、步态分析、数字技术赋能下的全健康科学、脑机接口康复应用等方向，均体现出从疾病诊疗向早期识别、连续监测、风险预测、功能评估与长期管理延伸的特点。这一变化与全球人口老龄化及慢性病管理需求密切相关——面对神经退行性疾病、肿瘤、心脑血管疾病与运动功能障碍等长期复杂健康问题，单次诊疗与院内治疗已难以满足全生命周期健康管理需求。

依托传感设备、移动终端、人工智能算法与远程医疗平台，医工交叉正推动健康数据从医院走向家庭、社区与日常生活场景，实现个体健康状态的持续感知与动态干预。构建覆盖“预防—诊断—治疗—康复—随访”全链条的技术体系，已成为医工交叉未来发展的重要方向；谁能率先实现数据、设备、算法、临床路径与服务模式的深度融合，谁就更有可能在全球生命健康创新竞争中占据主动。

（四）高影响力研究集中于重大疾病与关键技术交汇处

全球医工交叉前沿热点并非平均分布，而是高度集中于重大疾病需求与关键共性技术的交汇区域。癌症、阿尔茨海默病、神经损伤、骨缺损、运动功能障碍等因疾病负担重、机制复杂、临床需求迫切，成为重要牵引方向；深度学习、纳米生物技术、脑机接口、柔性传感、力学生物学等则因可迁移性强、应用面广、突破潜力大，构成多主题共同依赖的支撑底座。

医学图像分割技术既受益于深度学习算法迭代，又直接服务于肿瘤识别、器官勾画与放疗辅助等临床任务；纳米生物技术既依托材料科学进步，又深度嵌入药物递送、疾病诊断与组织修复场景。因此，判断医工交叉前沿方向的潜力，不能仅看论文数量增长，更应关注其是否处于重大临床需求、工程技术突破与产业转化条件的交汇点。

（五）全球竞争格局呈现多极化与特色化并存

从国家和地区层面看，全球医工交叉研究呈现多极化态势。欧美发达国家在基础研究积累、临床转化体系、医学工程平台与国际合作网络方面具有长期优势；中国则在论文产出、工程技术应用、临床资源规模、产业化场景与新兴技术跟进方面表现突出。不同国家和地区正逐渐形成各自的主题优势——或侧重基础机制与前沿原创，或侧重临床转化与规范验证，或侧重工程实现与应用部署。

中国在可穿戴技术、纳米生物技术、脑机接口康复应用、医学图像智能分析等方向表现活跃，这与庞大的临床需求、完备的工程制造体系、快速发展的人工智能产业以及持续加大的生命健康科技投入密切相关。上海、北京、广东、江苏等创新资源集聚区正在成为中国医工交叉研究的重要策源地。其中，上海依托高水平高校、顶尖医院、国家级实验平台与生物医药产业基础，在临床医学、医学工程、人工智能、生物技术等领域展现出良好的融合条件，上海交通大学、复旦大学等高校及其附属医院体系持续发挥重要作用，为上海建设具有全球影响力的科技创新中心提供了坚实支撑。

（六）国际合作成为高水平医工交叉研究的重要特征

医工交叉研究天然具有跨学科、跨机构、跨国界属性。重大疾病研究需要大样本、多中心、长期随访数据；工程技术转化需要跨越基础研发、临床验证、标准制定与产品应用等多个环节；人工智能医疗应用更依赖多源异构数据、模型验证与伦理治理的国际协同。步态分析、骨再生、阿尔茨海默病诊疗、癌症精准诊疗等方向普遍呈现出较高的国际合作强度，高质量国际合作既有助于提升研究影响力，也推动技术标准、临床规范与评价体系的逐步形成。

未来，医工交叉的国际竞争将不再是单个机构或国家之间的竞争，而是创新网络、协同平台与生态体系之间的竞争。能够组织跨学科团队、建设开放数据平台、连接临床与工程资源、形成国际合作机制的主体，将在全球医工交叉创新格局中占据更加关键的位置。

二 医工交叉科学前沿十大热点方向

（一）脑机接口的康复医学应用

脑机接口的康复医学应用，是指通过神经信号采集、解码、反馈控制和外部设备协同，实现运动、语言、认知及感觉功能重建的新型康复技术体系。该方向连接神经科学、康复医学、电子工程、人工智能和机器人技术，是医工交叉中最具临床想象力和战略牵引力的方向之一。

2020—2025 年，该方向共形成 45 篇核心论文，累计被引 3273 次，篇均被引 72.73 次。核心论文篇均出版年为 2022.6，说明该方向已由概念验证进入快速发展阶段。核心论文在 2023 年达到发表峰值，施引论文在 2024 年达到高点，反映出该方向已形成较强后续扩散效应。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
脑机接口的康复医学应用	45	3273	72.73	2022.6	13.16	28.89%	92.11%	15

表1 “脑机接口的康复医学应用”新兴研究主题基本指标

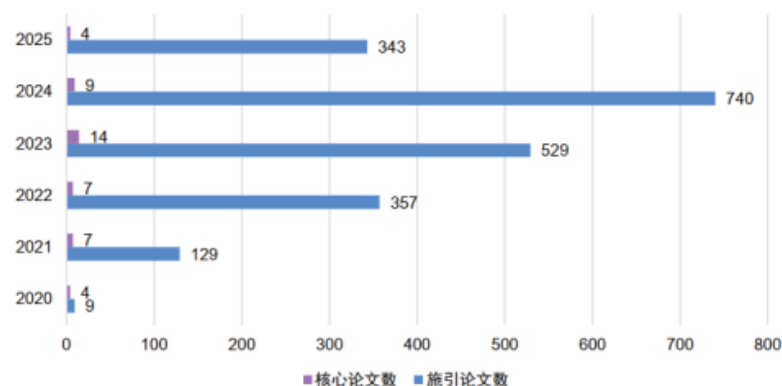


图1 “脑机接口的康复医学应用”新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

核心论文产出方面，中国和美国分别发表 20 篇和 19 篇，形成并跑格局；被引频次方面，美国累计被引 2094 次，居于首位。施引论文方面，中国以 825 篇位居第一，美国以 631 篇居第二，显示中美两国在该方向的研究活跃度和持续跟进能力突出。机构层面，中国科学院、斯坦福大学、哈佛大学、布朗大学、清华大学等机构具有较高显示度；国内区域层面，北京、天津、上海、广东、浙江等地表现活跃。

下一阶段，脑机接口康复将从“控制外部设备”走向“重塑神经环路”，从单一运动功能恢复拓展至语言、认知、感觉和情绪调控。未来重点在于非侵入式高精度采集、闭环神经反馈、康复机器人协同、人机共适应算法和临床多中心验证。

（二）AI 智能体重塑医疗场景

AI 智能体重塑医疗场景，是指基于大模型、多模态学习、知识图谱、强化学习和自主任务规划能力，构建能够参与诊疗决策、病程管理、科研辅助、医学教育和医院运营的新型智能系统。该方向正在推动医疗人工智能从“单点算法工具”迈向“场景化智能协同”。

2021—2025 年，该方向共形成 38 篇核心论文，累计被引 2847 次，篇均被引 74.92 次，篇均出版年为 2022.1。核心论文在 2022 年达到阶段性高峰，施引论文在 2024 年达到 844 篇，显示其在生成式人工智能和医学大模型快速发展背景下进入集中爆发期。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
AI 智能体重塑医疗场景	38	2847	74.92	2022.1	9.87	23.68%	92.31%	0

表2 “AI 智能体重塑医疗场景”新兴研究主题基本指标

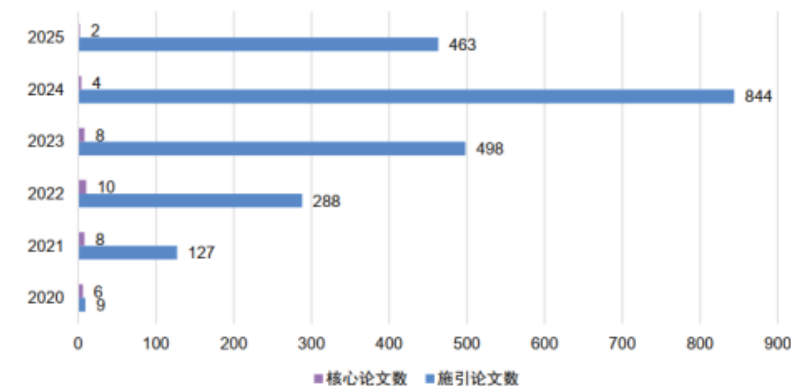


图2 “AI 智能体重塑医疗场景”新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

美国在核心论文产出中占据主导，发表 20 篇，占比 52.63%；中国发表 8 篇，位居第二。施引论文方面，美国 602 篇、中国 451 篇，形成全球主要跟进力量。英国、德国、澳大利亚、新加坡等国家在影响力指标上表现突出。代表性机构包括哈佛大学、帝国理工学院、伦敦大学学院、新加坡国立大学、清华大学、中国科学院等。

AI 智能体进入医疗系统的核心问题，不是模型是否足够聪明，而是能否在可验证、可追责、可监管的框架下稳定提升医疗质量。医学场景将倒逼人工智能从通用能力转向可信能力。

未来，医疗 AI 智能体将重点走向“人机协同而非机器替代”。多模态临床数据融合、可追溯推理链、院内知识库增强、真实世界验证、医疗安全评测和监管沙盒将成为关键建设方向。

（三）数字技术赋能下的全健康科学

数字技术赋能下的全健康科学，是指以人类健康、动物健康、生态环境健康和公共卫生安全为整体对象，利用数字监测、数据建模、人工智能、地理信息系统和跨域数据库，实现疾病预警、风险评估和综合治理的新型交叉研究体系。

该方向在 2020—2025 年共形成 31 篇核心论文，累计被引 1590 次，篇均被引 51.29 次，篇均出版年为 2023.6，是十大前沿方向中较新的方向之一。2024 年核心成果与施引论文同步达到高点，说明全健康科学正在由理念倡导加速走向数据驱动的系统治理。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
数字技术赋能下的全健康科学	31	1590	51.29	2023.6	16.35	64.52%	91.67%	0

表3 “数字技术赋能下的全健康科学” 新兴研究主题基本指标

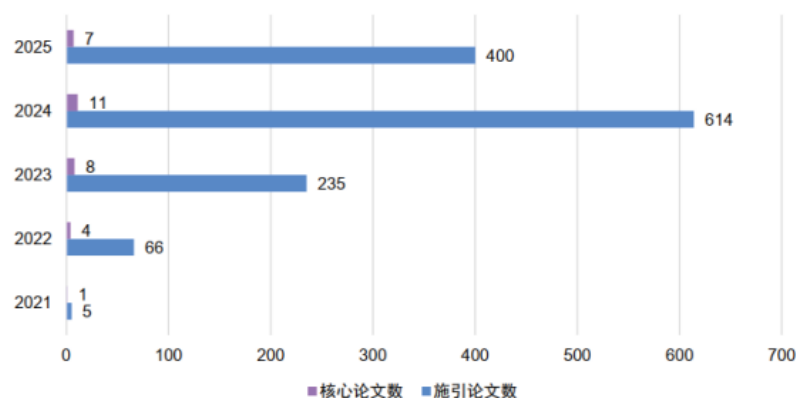


图3 “数字技术赋能下的全健康科学” 新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

中国、英国、美国位居核心论文产出前三，分别发表 18 篇、12 篇和 9 篇。国际合作比例达 64.52%，为十大前沿方向中较高水平，体现全健康议题天然具有全球协同属性。机构层面，伦敦大学学院、中国疾病预防控制中心、美国疾病控制与预防中心、伦敦卫生与热带医学学院等机构表现突出；国内区域主要集中于北京、上海、广东、福建、香港等地。

全健康科学的前沿价值在于打破传统医学边界，将疾病防控置于生态系统和社会系统之中重新理解。未来的公共卫生竞争力，将越来越体现为数据整合能力、跨域治理能力和快速响应能力。全健康科学也将从“危机响应型研究”转向“常态化风险治理”，重点发展跨物种传播预警、气候健康风险评估、城市健康韧性、公共卫生数字孪生和全球协同监测网络。

（四）智能技术驱动的阿尔茨海默病诊疗创新与伦理治理

该前沿方向的定义是利用人工智能、神经影像、生物标志物、可穿戴监测和数字认知评估在阿尔茨海默病早筛、诊断、病程预测、干预评估及伦理治理中的应用，是智能医学、老年医学、神经科学和医学伦理交叉形成的重要方向。

2020—2025 年，该方向共形成 25 篇核心论文，累计被引 827 次，篇均被引 33.08 次，篇均出版年为 2023.2。2024 年核心论文数量快速上升，显示该方向正处于加速形成期。随着人口老龄化和神经退行性疾病负担上升，智能化早筛和长期管理需求显著增强。

核心论文产出以美国为首，英国、意大利、德国、中国共同构成主要研究力量。施引论文方面，中国以 245 篇居首，美国以 143 篇居第二，说明中国对该方向的后续跟进强度较高。机构层面尚未形成明显集中优势，北京大学、中国科学院、新加坡国立大学、牛津大学、四川大学等机构在施引论文中表现较为活跃。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
智能技术驱动的阿尔茨海默病诊疗创新与伦理治理	25	827	33.08	2023.2	10.82	36.00%	84.21%	4

表4 “智能技术驱动的阿尔茨海默病诊疗创新与伦理治理” 新兴研究主题基本指标

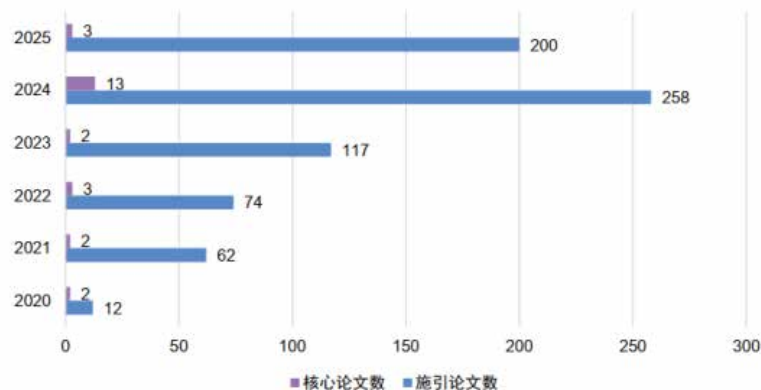


图4 “智能技术驱动的阿尔茨海默病诊疗创新与伦理治理”新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

阿尔茨海默病智能诊疗的核心挑战，是在疾病尚未显性化之前识别风险，并在伦理可接受、干预可实施的前提下实现早期管理。技术创新必须与人文治理同步推进。未来重点将集中于多模态早筛、数字生物标志物、家庭场景认知监测、药物疗效伴随评价和伦理治理框架建设。该方向尤其适合形成“技术—临床—伦理—政策”一体化专题组织。

（五）纳米生物技术革新与应用

纳米生物技术革新与应用，是指利用纳米材料、纳米载体、纳米传感器和生物界面工程，实现精准递药、分子检测、疾病诊疗一体化和组织修复的新兴方向。该前沿方向体现材料科学、化学、生物医学和临床治疗的深度融合。

该方向在 2020—2025 年共形成 28 篇核心论文，累计被引 719 次，篇均被引 25.68 次，篇均出版年为 2024.1，是十个方向中篇均出版年最新的热点方向。核心论文在 2024 年达到峰值，2025 年已保持较高产出，说明该方向仍处于快速上升期。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
纳米生物技术革新与应用	28	719	25.68	2024.1	9.41	10.71%	100.00%	1

表5 “纳米生物技术革新与应用”新兴研究主题基本指标

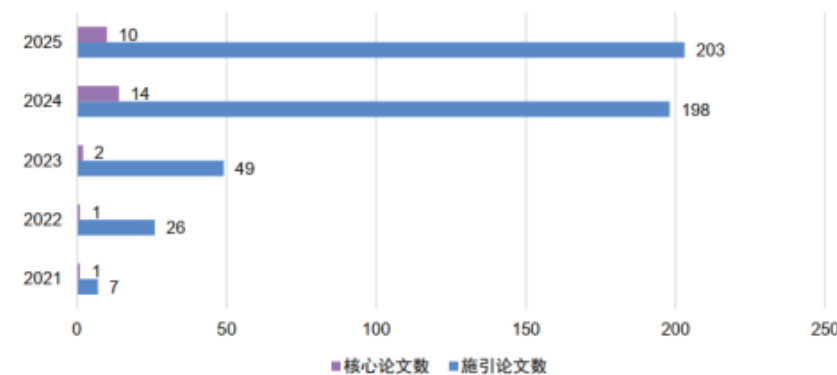


图5 “纳米生物技术革新与应用”新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

中国在核心论文产出和施引论文产出中均居首位，核心论文 19 篇，施引论文 342 篇。伊朗在 CNCI 和被引表现上较为突出，显示该领域存在“少数国家深度突破”的特征。机构层面，青岛大学、湖南大学、郑州大学、北京科技大学、中山大学、中国科学院等机构具有一定代表性；国内区域以山东、河南、北京、江苏、广东、浙江等地较为活跃。

纳米生物技术的突破不应停留在材料性能本身，而应面向疾病微环境、药物递送路径和临床可转化性重构设计逻辑。谁能率先建立安全性和可制造性标准，谁就更可能获得产业化先机。未来，纳米生物技术将更多转向可降解、可追踪、可控释放和靶向响应型平台。诊疗一体化纳米系统、免疫调控纳米药物、肿瘤微环境响应材料和生物界面精准调控将成为重点方向。

（六）革新健康监测与人机交互的可穿戴技术

该热点方向是指聚焦柔性电子、智能传感、可穿戴设备、低功耗通信、边缘计算和人机交互技术在健康监测、慢病管理、运动康复和数字医疗中的应用。其本质是将医疗感知能力从医院延伸至日常生活场景。

2020—2025 年，该方向共形成 33 篇核心论文，累计被引 1677 次，篇均被引 50.82 次，篇均出版年为 2023.8。核心论文和施引论文均在 2024 年达到阶段性高点，显示该方向正处于从技术快速迭代走向应用场景拓展的关键时期。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
革新健康监测与人机交互的可穿戴技术	33	1677	50.82	2023.8	16.54	36.36%	95.45%	0

表6 “革新健康监测与人机交互的可穿戴技术”新兴研究主题基本指标

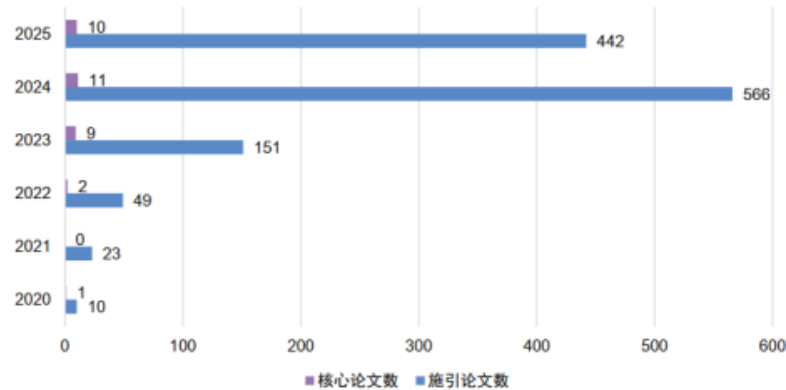


图6 “革新健康监测与人机交互的可穿戴技术”新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

中国在核心论文和施引论文数量上均居首位，核心论文 24 篇，占比 72.73%；施引论文 830 篇，占比 66.88%。美国、印度、韩国、英国等国家形成跟进梯队。代表性机构包括郑州大学、浙江大学、华中科技大学、中国科学院、中国科学院大学、上海交通大学等；国内区域以广东、河南、浙江、北京、上海、江苏等地较为活跃。

可穿戴医疗的真正价值，不是多采集一个健康指标，而是把连续数据转化为可解释、可行动、可纳入临床路径的健康证据。未来可穿戴技术将从单点指标监测走向连续、多模态、情境化健康评估。柔性电子皮肤、无创生化传感、情绪与睡眠监测、慢病远程管理和人机协同康复将成为重点增长方向。

（七）促进骨再生的力学生物学策略

促进骨再生的力学生物学策略，是指通过揭示力学刺激、细胞响应、材料微结构和组织修复之间的作用机制，发展促进骨缺损修复、骨组织工程和再生医学的新策略。该方向融合力学、生物材料、细胞生物学、骨科医学和再生工程。

2020—2025 年，该热点方向共形成 23 篇核心论文，累计被引 1173 次，篇均被引 51 次，篇均出版年为 2023.7。核心论文在 2023 年和 2024 年均达到 9 篇，施引论文在 2024 年达到峰值，显示其正处于机制研究与临床转化并进阶段。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
促进骨再生的力学生物学策略	23	1173	51	2023.7	12.09	52.17%	100.00%	0

表7 “促进骨再生的力学生物学策略”新兴研究主题基本指标

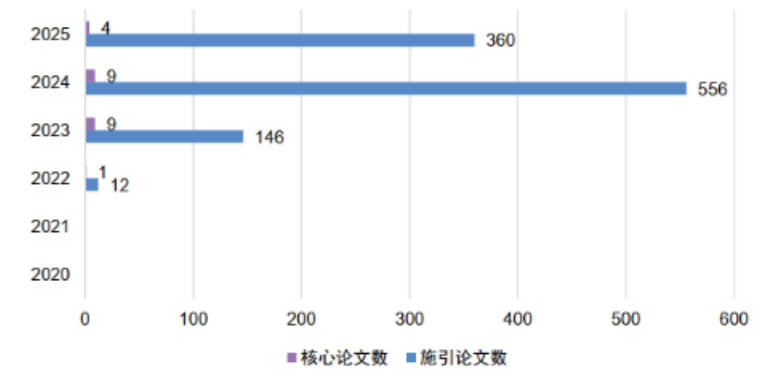


图7 “促进骨再生的力学生物学策略”新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

中国在核心论文和施引论文数量上均居首位，核心论文 13 篇，占比 56.52%；施引论文 458 篇，占比 42.64%。美国位居第二，印度、伊朗、加拿大等国家保持活跃。机构层面，上海交通大学、中山大学、内布拉斯加大学医学中心、不列颠哥伦比亚大学、西安交通大学、空军军医大学等机构具备较高显示度。

骨再生不是单纯“填补缺损”，而是重建力学环境、细胞生态和组织结构之间的动态平衡。力学生物学为再生医学提供了从结构修复走向功能重建的关键理论基础。未来，该方向将从经验性材料设计走向机制驱动型再生策略，重点发展力学微环境调控、智能响应材料、骨免疫调节、3D 生物打印支架和个体化骨修复方案。

（八）步态分析临床应用

步态分析临床应用，是指利用传感器、运动捕捉、机器学习、康复评估和临床诊断模型，对人体行走行为进行量化分析，用于神经系统疾病、骨关节疾病、跌倒风险、康复疗效和老年健康管理等场景。

该热点方向核心论文数量较少，共 9 篇，但累计被引 459 次，篇均被引 51 次，篇均出版年为 2022.6。核心论文在 2022—2024 年保持稳定产出，施引论文持续增长，说明该方向虽规模不大，但具有明确临床应用牵引。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
步态分析临床应用	9	459	51	2022.6	11.17	77.78%	42.86%	0

表8 “步态分析临床应用”新兴研究主题基本指标

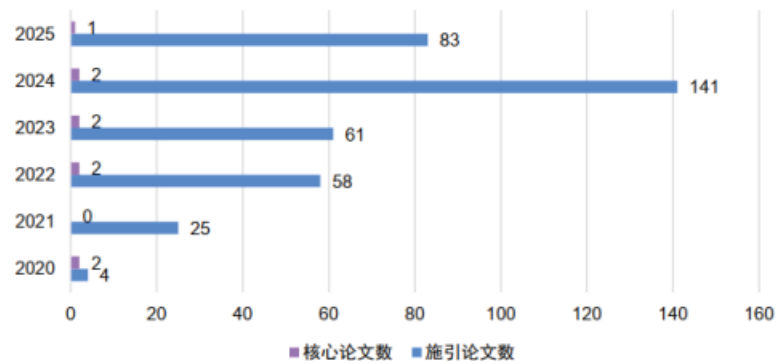


图8 “步态分析临床应用” 新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

英国、匈牙利、中国核心论文产出并列领先，共产出 4 篇；施引论文方面，中国以 120 篇居首，美国、匈牙利、英国构成主要跟进力量。机构层面，香港浸会大学、宁波大学、潘诺尼亚大学、罗兰大学、复旦大学等机构较为突出；国内区域以浙江、香港、上海表现较强。

步态是人体神经、肌肉、骨骼和认知功能的综合外显信号。将步态转化为临床可用的数字生物标志物，是老年医学、康复医学和智能医疗共同关注的重要方向。下一阶段，步态分析将从康复评估工具走向疾病早筛和健康风险预测工具。未来重点包括可穿戴连续步态监测、居家康复评估、神经退行性疾病早期识别、跌倒预警和数字疗法结合。

（九）癌症精准诊疗创新

癌症精准诊疗创新，是指基于基因组学、分子分型、免疫治疗、靶向药物、液体活检、人工智能辅助决策和多组学整合，实现肿瘤早筛、分层诊断、个体化治疗和疗效监测的综合创新体系。

2020—2025 年，该热点方向共形成 35 篇核心论文，累计被引 4965 次，篇均被引 141.86 次，是十大方向中总被引频次最高的方向。核心论文篇均出版年为 2022.5，施引论文在 2024 年达到 1258 篇，显示该方向已形成高影响、强扩散、持续迭代的发展格局。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
癌症精准诊疗创新	35	4965	141.86	2022.5	12.70	45.71%	88.46%	10

表9 “癌症精准诊疗创新” 新兴研究主题基本指标

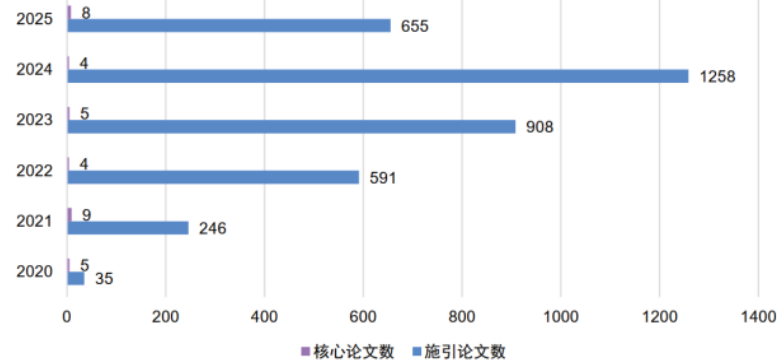


图9 “癌症精准诊疗创新” 新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

美国和中国核心论文数量并列第一，均为 18 篇，占比 51.43%。被引频次方面，美国达 3527 次，中国达 1975 次。施引论文方面，中国以 2355 篇居首，美国以 642 篇居第二，显示中国在后续研究和临床转化跟进方面高度活跃。得克萨斯大学安德森癌症中心、加州大学圣迭戈分校、美国国立卫生研究院、北京大学、上海交通大学等机构在核心论文中具有较高显示度。

癌症精准诊疗的本质，是把“同病同治”转向“同病分型、异病同治、动态调控”。未来突破点不只在单个靶点或药物，而在跨尺度数据整合和临床决策体系重构。多组学联合分析、空间组学、单细胞图谱、人工智能辅助治疗决策、免疫治疗联合策略和伴随诊断将成为高价值方向。

（十）医学图像分割中的深度学习技术

医学图像分割中的深度学习技术，是指运用卷积神经网络、Transformer、多模态模型、自监督学习和基础模型等方法，对 CT、MRI、超声、病理图像等医学影像进行器官、病灶、组织结构和功能区域自动识别，是智能影像诊断和精准治疗计划的关键基础技术。

主题名称	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	CNCI	国际合作论文百分比	Q1 期刊论文百分比	专利引用次数
医学图像分割中的深度学习技术	7	4428	632.57	2021.6	32.99	28.57%	28.57%	22

表10 “医学图像分割中的深度学习技术” 新兴研究主题基本指标

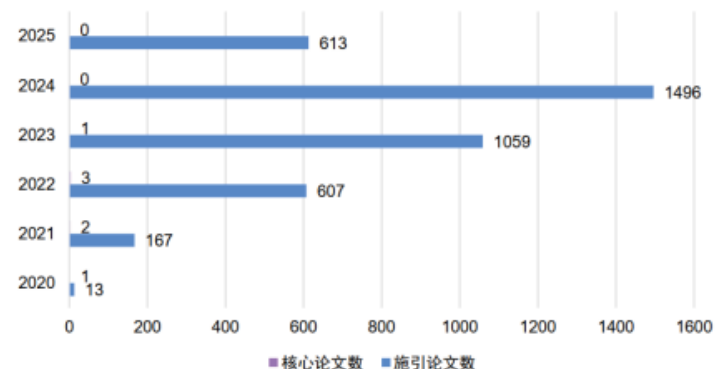


图10 “医学图像分割中的深度学习技术”新兴研究主题核心论文和施引论文年度分布

2020—2025 年，该方向核心论文仅 7 篇，但累计被引 4428 次，篇均被引 632.57 次，CNCI 达 32.99，是十大方向中单篇影响力最突出的技术方向。核心论文篇均出版年为 2021.6，说明该方向已较早形成标志性方法，并持续对医学人工智能形成外溢影响。

其中，中国核心论文 4 篇，占比 57.14%；美国核心论文 2 篇，但被引频次达 3037 次，显示其高影响成果突出。核心论文机构中，加州大学洛杉矶分校、澳大利亚国立大学、滑铁卢大学、得克萨斯大学达拉斯分校、埃斯特雷马杜拉大学、华为技术有限公司等机构显示出高被引影响。

医学图像分割的价值不止于“把病灶圈出来”，而在于成为影像诊断、放疗计划、手术导航和疗效评估的底层基础设施。其未来竞争力取决于算法泛化、临床集成和标准验证。长远看，自监督学习、小样本学习、联邦学习、多模态影像—文本融合、交互式分割和临床工作流嵌入将成为关键方向。

三 全域发展总结

（一）四类集群协同构成医工交叉创新版图

从全球医工交叉演进看，前沿热点正逐步形成功能互补的四类创新集群，分别对应基础、技术、临床与产业环节，共同构成全域发展格局。

1. 原始创新策源集群：聚焦生命科学、脑科学、力学生物学、材料生物学等基础问题，承担发现新规律、构建新方法的功能。脑机接口、组织再生、精准诊疗等突破，均源于对疾病机制与生命过程的重新认识。未来应强化跨学科基础研究平台建设，夯实医工交叉长期竞争力的源头。

2. 关键技术攻关集群：围绕人工智能、医学影像、微纳制造、柔性传感、先进材料、医学机器人、生物制造等方向，构筑共性技术底座。此类技术具有强外溢性，可跨疾病、跨场景赋能。未来应重视底层算法、核心器件、关键材料与标准化数据平台的协同攻关，形成可复用、可验证、可推广的平台能力。

3. 临床应用牵引集群：围绕肿瘤、脑卒中、阿尔茨海默病、心脑血管疾病、慢病管理、老龄健康与康复医学等重点方向，突出真实临床场景对工程创新的引导。技术价值不在实验室指标，而在能否嵌入诊疗流程、改善患者结局。未来应强化“医生提问—工程方案—企业转化—患者反馈”的闭环机制，推动医工交叉从技术导向转向临床价值导向。

4. 产业转化生态集群：连接高校、医院、企业、资本、监管与支付方，是推动成果从论文、样机走向产品与服务的关键载体。医工交叉转化链条长，需研发、验证、审批、支付、推广等多环节协同。未来应围绕人工智能医疗、高端装备、数字疗法、再生医学等方向建设专业化转化平台，开放多层次应用场景，构建全链条生态。

（二）中国在多数前沿方向中显示出强跟进能力

从核心论文和施引论文数据看，中国在脑机接口康复、纳米生物技术、可穿戴技术、

骨再生力学生物学、医学图像分割、癌症精准诊疗等方向均表现活跃，特别是在施引论文数量方面具有明显优势。这说明我国科研群体对全球医工交叉热点的响应速度快、覆盖面广、研究规模持续扩大。

与此同时，部分前沿方向仍存在“数量领先、影响力有待提升”的结构性问题。未来需从论文规模扩张转向原创问题凝练、核心技术突破、国际合作深化和临床转化能力提升。

（三）高影响热点领域呈现“方法学外溢”与“临床需求牵引”双重特征

医学图像分割中的深度学习技术虽核心论文数量较少，但篇均被引频次最高，反映出方法学创新对多个医学领域具有广泛支撑作用。癌症精准诊疗创新、脑机接口康复和 AI 医疗智能体则体现出强临床需求牵引，具有从基础研究、技术开发到应用验证的完整链条。

（四）国际合作水平差异明显

步态分析临床应用、数字技术赋能下的全健康科学、促进骨再生的力学生物学策略等方向国际合作比例较高，显示其研究对象具有跨区域、跨系统和跨学科协同特征。相比之下，纳米生物技术、AI 医疗智能体等方向国际合作比例相对较低，未来仍需加强高水平跨国合作网络建设。

四 未来趋势展望

面向未来，医工交叉将持续处于全球科技革命、生命健康需求升级与产业体系重构的交汇点。随着人工智能、脑科学、先进材料、微纳制造、合成生物学、机器人、数字孪生、空间组学等前沿技术不断突破，医学与工程的边界将进一步消融，医工交叉将从“技术赋能医学”走向“医学需求牵引下的系统性创新”，成为重塑疾病认知、诊疗流程、健康管理和产业格局的重要力量。

（一）人工智能将成为医疗科研与临床决策的底层基础设施。随着医学大模型、多模态模型和智能体系统的发展，人工智能将从影像识别、辅助诊断等单点任务，扩展至临床路径规划、病程预测、个体化治疗、患者管理和科研假设生成等全流程。竞争重点将从模型精度转向场景融合能力，数据治理、模型安全、伦理规范和监管框架将成为规模化落地的重要前提。

（二）主动健康与连续监测将推动医学服务关口前移。可穿戴、柔性传感、植入式设备和远程医疗平台的发展，将推动健康数据采集从医院延伸至家庭、社区和日常生活。在慢病管理、老龄健康、康复和心理健康等领域，通过多源数据形成个体化健康画像，“院内诊疗—院外监测—远程干预—长期随访”的闭环模式将逐步成熟。

（三）脑机接口与神经工程将拓展认知健康与功能重建边界。面对脑卒中、脊髓损伤、帕金森病、阿尔茨海默病等重大疾病，非侵入式脑机接口、柔性神经电极、闭环神经调控、人工智能神经信号解码和智能康复机器人将协同推动神经系统诊疗升级。与此同时，涉及认知、意志、隐私和身份的伦理边界和安全标准需同步建立。

（四）精准诊疗将走向多模态融合与全流程闭环。精准医学将从单一组学转向多组学、多模态影像、数字病理、临床表型和真实世界数据的综合融合，推动肿瘤、神经退行性疾病、心血管疾病、罕见病等领域从“同病同治”走向“同病异治”和“异

病同治”，形成诊断—分型—治疗—评估—监测的闭环。

（五）先进材料、纳米生物技术与再生医学将催生新型治疗方案。智能响应材料、生物可降解材料、纳米递送系统、组织工程支架及三维生物打印、器官芯片、类器官模型等，将持续拓展疾病干预、组织修复和药物筛选的技术边界，推动再生医学与个性化植入物加速发展。

（六）医学机器人与智能装备将推动诊疗更加精准、高效和可及。手术机器人向微创化、智能化、专科化发展，康复与护理机器人向个体化训练和居家应用延伸。未来医学装备将从单一性能提升转向“设备—数据—算法—服务”一体化，成为医疗数据采集与临床决策支持的重要入口。

（七）数字孪生与虚拟医学将重塑研究与临床试验模式。通过整合个体解剖、生理、组学与行为数据，数字孪生可支撑疾病预测、治疗模拟、手术规划和药物研发。虚拟患者、虚拟器官和虚拟临床试验有望降低成本、优化方案，但仍需在模型精度、验证标准和监管认可方面持续突破。

（八）产业生态将从单点产品竞争转向平台化、场景化和生态化竞争。未来产业发展将呈现三大趋势：围绕人工智能医疗、影像、可穿戴、机器人的平台化；从医院向家庭、社区、养老和基层延伸的场景化；以及高校、医院、企业、资本、监管与支付方紧密协同的生态化。

（九）标准、伦理与监管将成为高质量发展的关键支撑。人工智能医疗、脑机接口、基因与细胞治疗、植入式设备和数字疗法涉及安全性、隐私、数据权属、算法偏差和公平可及等问题。建立适应新技术特征的评价标准、伦理审查和监管路径，将直接影响产业发展速度与社会接受度。

（十）全球创新将更加依赖开放协同与区域集群。高水平医工交叉成果往往产生于临床资源密集、工程能力强、产业链完整、政策与资本活跃的区域。对中国而言，医工交叉既是服务健康中国战略的重要抓手，也是发展新质生产力的重要方向。以上海为代表的创新高地，有望在全球医工交叉网络中发挥策源与枢纽作用。

总体而言，未来医工交叉将沿着智能化、精准化、连续化、微创化、个体化、平台化和生态化方向加速演进，成为医学需求、工程能力、数据资源、产业体系和治理规则共同作用的系统变革。唯有持续强化跨学科协同、临床场景牵引、关键技术攻关与转化生态建设，方能推动医工交叉从科研热点真正走向临床价值、产业价值与社会价值。



上海交通大学医工交叉期刊联盟

集群聚力，刊融医工，交叉赋能

上海交通大学医工交叉期刊联盟于2024年正式成立，是学校推进期刊集群化、交叉学科高质量发展的重要平台。联盟汇聚近40本优质学术期刊，立足交大医工融合特色，依托高水平刊群传播前沿原创成果，持续提升我校交叉学科的学术影响力与国际传播力。

联盟特色期刊



联盟支撑服务



获取最新联盟资讯、
扫码关注官方平台，
学术活动通知与期刊服务详情