doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

新兴主题的多维特征测度及中美两国的表现差异研究

开放科学（资源服务）标识码（OSID）

陈卫静[1,2]　王秀明[3]

1. 电子科技大学图书馆 成都 611731；
2. 成都理工大学学科发展评价研究中心 成都 610059；
3. 西华大学后勤保障部 成都 610039

摘要：[目的 / 意义] 从多属性刻画不同领域新兴主题的发展趋势、学术影响、潜在经济社会影响及中美两国的表现差异，为助我国全面宏观把控全球新兴科学技术发展格局提供参考。[方法 / 过程] 基于 InCites 平台识别的 25 个新兴主题类别的 9250 个新兴主题，构建“发展趋势 - 学术影响 - 技术转化潜力”的三维特征指标分析体系，宏观分析 25 个新兴主题类别的指标表现；并采用 CRITIC 方法确定指标权重，通过计算综合得分，分别遴选 25 个新兴主题类别中的高质量新兴主题；最后对比分析了中美两国在 25 个新兴主题类别上的指标表现差异。[结果 / 结论] 经验证，提出的高质量新兴主题遴选方法具有有效性。发展趋势方面，25 个新兴主题类别均呈现较强的新颖性和增长性；学术影响方面，机器学习和人工智能应用、癌症和免疫疗法的高影响研究突出，人工智能与虚拟技术的跨学科研究表现较好，可持续环境修复技术的平均学术影响力最高。技术转化潜力方面，机器学习和人工智能应用、物联网、人工智能和自主系统、癌症和免疫疗法的综合表现较好。中美两国在 25 个新兴主题类别上的指标表现差异较大，中国在平均学术影响力、高影响论文产出密度、企业合作论文占比等指标上表现较差，尤其是健康和生物医学领域。[局限] 数据源仅考虑了学术论文，未考虑专利数据；研究仅基于已出现的新兴主题，未考虑未来可能出现的新兴主题。

关键词：新兴主题；特征测度；多维指标；主题遴选；中美差异

中图分类号：G353.1

Research on Multi-dimensional Feature of Emerging Topics and Performance Differences between China and the United States

CHEN Weijing[1,2]　WANG Xiuming[3]

基金项目　四川省高等学校人文社会科学重点研究基地——学科发展评价研究中心（成都理工大学）资助项目“研究前沿与学术质量双维度下四川省优势学科的国际竞争力分析”（2024XKFZPJ-Y01）。

作者简介　陈卫静（1988-），通信作者，硕士，副研究馆员，主要研究方向为情报分析、学术评价，E-mail：chenwj@uestc.edu.cn；王秀明（1989-），硕士，馆员，主要研究方向为情报分析。

引用格式　陈卫静 , 王秀明 . 新兴主题的多维特征测度及中美两国的表现差异研究 [J]. 情报工程 , 2026, 12(3): 77-92.

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

1. Library of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China;
2. Research Center for Discipline Development Evaluation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;
3. Logistics Services Department of Xihua University, Chengdu 610039, China

Abstract: [Objective/Significance] This paper depicts the development trends, academic impacts and potential socio-economic impacts of emerging topics in different fields, as well as the performance differences between China and the United States. [Methods/Process] Based on 9,250 emerging topics in 25 emerging topic categories identified by InCites, this paper constructs a three-dimensional analysis system of "development trend - academic impact - technology transfer potential" to conduct a macroscopic analysis of the 25 emerging topic categories. Then this paper adopts the CRITIC method to determine the index weight, and calculates the comprehensive score to select the high-quality emerging topics in 25 emerging topic categories. Finally, this paper conducts a comparative analysis on the differences in indicator characteristics between China and the United States in 25 emerging topic categories. [Results/Conclusions] It has been verified that the method for selecting high-quality emerging topics is effective. In terms of development trend, all 25 emerging topic categories show strong novelty and growth potential. In terms of academic impact, Machine learning and AI applications, Cancer and immunotherapy stand out on high-impact research; AI and virtual technologies perform well on interdisciplinary research; Sustainable environmental remediation technologies' average academic impact is the highest. In terms of the technology transfer potential, Machine learning and AI applications, IoT, AI, and autonomous systems, Cancer and immunotherapy, these three emerging topic categories perform well. There are significant differences in indicator characteristics between China and the United States in 25 emerging topic categories. China performs poorly in indicators such as average academic impact, the density of high-impact paper output, and the proportion of enterprise collaborative papers, especially in the fields of health and biomedicine. [Limitations] Analysis data only considered papers, did not include patents. Analysis only based on existing emerging topics, without accounting for emerging topics that may occur in the future.

Keywords: Emerging Topics; Feature Analysis; Multi-Dimensional Indicators; Topic Selection; Differences Between China and US

引言

在当前快速变革的时代背景下，新兴主题及技术的涌现和发展已成为推动学术创新和社会进步的核心动力。为赢得未来发展的战略先机，世界主要国家和地区纷纷加强了对新兴科技和产业发展的谋划布局，如美国国务院发布《关键与新兴技术国家战略》，明确了 20 项为保持美国全球领导力而需重点发展的关键与新兴技术清单 [1]；英国国家科研与创新署（UKRI）发布《洞察报告：创新英国的 50 项新兴技术》，确定了到 2040 年对英国经济社会产生巨大影响的 50 项新兴技术 [2]；欧盟委员会联合研究中心与欧洲创新理事会合作设立“新兴技术与颠覆性创新预测与监测”项目，并发布《新兴技术与颠覆性创新文献综述》报告，识别出 106 个新兴技术与颠覆性创新信号和趋势 [3]。习近平总书记指出，新兴领域战略能力是国家战略体系和能力的重要组成部分，要深化改革创新，全面提升新兴领域战略能力 [4]。因此，全面把握新兴主题和技术的发展趋势、学术价值和经济社会影响，不仅有助于前瞻性研究布局，更能为国家政策制定、战略规划调整提供关键支撑。然而，目前国内外对新兴主题和技术的研究存在“碎片化”现象，多基于某一技术领域或学科范围展开，缺乏系统性的整合分析，难

以全面反映全球科技发展格局，对于国家新兴领域战略能力把握的支撑不足。因此，如何基于现有研究体系和数据支撑，多维度刻画不同领域新兴主题的学术影响和经济社会影响，为国家前瞻性的战略布局提供参考，具有十分重要的现实意义。

目前学术界对新兴主题研究的主要思路为：首先基于某一种或某几种主题建模方法，识别某一领域内的所有相关研究主题，然后结合新兴主题的特征，设置遴选指标体系，实现新兴主题的发现和挖掘。常用的主题建模方法包括基于引文关系的方法、基于关键词的方法和基于文本挖掘的方法，采用的底层数据源主要为论文、专利和基金项目。如 Xu 等 [5] 基于论文和专利数据，利用引文扩散特征分析干细胞领域新兴研究主题的突破潜力；Dotsika 等 [6] 基于论文关键词网络识别具有颠覆性潜力的新兴技术；朱相丽等 [7] 基于国际顶级会议论文，运用 BERTopic 主题模型挖掘人工智能领域的新兴主题；奉国和等 [8] 基于专利数据，运用 BERTopic 模型筛选工业机器人领域的新兴主题；张凯等 [9] 基于论文和专利数据，采用文献计量和文本挖掘的方法识别大模型领域的新兴技术主题；徐路路等 [10] 基于 PLDA 模型，融合论文 - 基金项目 - 专利等多源数据分析石墨烯领域的新兴主题。在新兴主题发现的指标设置方面，主要涉及时间维度的指标（如新颖性、增长性）、影响维度的指标（如引用次数、关注数据）、主题维度的指标（如主题潜力、主题创新度、学科交叉度）。典型的相关研究包括：Xu 等 [11] 采用新颖性和增长性、潜在显著影响、不确定性和模糊性 3 组指标分析新兴主题的特征；Wang[12] 从新颖性、增长性、一致性和科学影响力 4 个维度提出新兴技术主题的识别框架；万校基等 [13] 以主题新颖度、主题影响力和主题潜力表征新兴主题；郑德俊等 [14] 基于时间、引用和语义三维特征，构建了包含 14 个指标的新兴主题分析框架；张攀攀等 [15] 探索了基于 Altmetrics 指标的新兴主题探测方法；胡泽文等 [16] 从主题热度、主题族群、主题技术、主题新颖度 4 个维度构建新兴热点技术主题识别的指标体系。

综合来看，目前国内外在新兴主题的研究上仍存在以下不足：（1）研究范围多集中在某一学科或技术领域内，缺乏对全球新兴科学技术发展概况的宏观整体剖析；（2）分析维度多集中在学术特征方面，指标多涉及新颖性、增长性、引用次数等，缺乏对新兴主题经济社会影响的探讨。InCites 作为重要的科研绩效分析平台，于 2024 年推出了 Research Horizon Navigator 模块，其中的新兴主题（Emerging Topics）包含了全球各学科领域的新兴研究方向，为全面宏观把握全球新兴科学技术发展特征提供了重要数据源。鉴于此，本文基于 InCites 平台，综合考虑新兴主题的发展趋势、学术影响与经济社会影响，通过设置相关指标体系，全面剖析不同领域新兴主题的特点，为国家前瞻性的科研布局和战略规划提供参考。

1 InCites 平台新兴主题概述

InCites 平台新兴主题构建的数据源为 SCI（科学引文索引）、SSCI（社会科学引文索引）、A&HCI（艺术人文引文索引）、ESCI（新兴资

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

源引文索引）和 CPCI（会议录引文索引），数据统计时间范围为过去 5 年发表的文献，覆盖的文献类型为期刊论文、研究综述和会议论文。构建方法为：首先基于共被引分析识别出一组或成对的核心论文（Core-Paper）及引用核心论文的论文（Co-Citing Paper），然后基于莱顿算法将这些论文进行聚类，并基于引用关系和作者定义的关键词，结合生成式人工智能，为新兴主题命名。核心论文指在过去 5 年中，被引频次排在同学科、同出版年和同文献类型前 1% 的文献，共引论文指引用了两篇或多篇核心论文的论文，且平均发表年不超过 2.5 年。

为宏观把握学科整体的新兴主题情况，基于 K-means 的聚类方法，InCites 平台将识别的新兴主题划分为 25 个新兴主题类别，新兴主题每月更新，新兴主题类别每年更新。根据 2025 年 4 月 InCites 平台的数据，全球共有 9250 个新兴主题，其在 25 个新兴主题类别中的分布情况如表 1 所示。

表 1　InCites 平台 25 个新兴主题类别中 9250 个新兴主题的分布情况

序号	新兴主题类别	新兴主题数（个）	序号	新兴主题类别	新兴主题数（个）
1	机器学习和人工智能应用	544	14	教育、认知科学与技术	347
2	癌症和免疫疗法	432	15	能源系统优化	365
3	微生物组和健康的相互作用	396	16	先进的传感和成像技术	296
4	医疗和管理策略	510	17	先进储能材料	251
5	环境科学和气候影响	514	18	植物和动物应激生物学	347
6	健康和疾病的分子机制	420	19	可持续环境修复技术	282
7	先进流体动力学	367	20	纳米技术在给药中的应用	329
8	可持续发展与数字化转型	517	21	先进材料工程	288
9	心理健康和 COVID-19 的影响	651	22	社会和政治动态	423
10	全球健康和疾病趋势	373	23	人工智能与虚拟技术	289
11	催化和光催化的应用	312	24	COVID-19 和疫苗接种研究	133
12	物联网、人工智能和自主系统	404	25	地球科学与结构工程	123
13	机器学习在环境和工程中的应用	337			

2　新兴主题多维特征测度的指标体系构建

结合 Xu[11]（新颖性和增长性、潜在显著影响、不确定性和模糊性）和 Wang[12]（新颖性、增长性、科学影响、一致性）对新兴主题特征的分析维度，本文综合考虑新兴主题的新颖性、增长性、学术影响和潜在经济社会影响，基于发展趋势、学术影响和技术转化潜力三个维度构建相应的指标体系，如表 2 所示，全面刻画 25 个新兴主题类别的发展特点。发展趋势维度旨在衡量新兴主题的新颖性和增长性，包括论文平均发表年和论文平均增长率两个指标，分别用于评估新兴主题的新兴程度和发展速度；学术影响重在反映新兴主题在学术界内的研究影响和研究价值，为全面反映新兴主题的学术影响，本文综合考虑高影响研究、平均影响力和跨学科研究三个维度，分别采用核心论文占

比、PR8 指标和跨学科指数 3 个指标进行测度；考虑到新兴主题潜在经济社会影响测度的复杂性和外部影响环境的不确定性，本文主要基于文献计量分析研究的视角，从技术转化潜力的维度出发，采用论文被专利引用的次数和企业合作论文占比两个指标，通过衡量学术研究与技术创新的关联程度及学术研究与产业需求的协同程度，分析新兴主题的学术研究成果转化为实际生产力的可能性，侧面反映其产生经济社会影响的潜力。

表 2　新兴主题类别多维特征测度的指标体系

分析维度	分析指标	指标释义
发展趋势	论文平均发表年	某一新兴主题类别内论文的平均发表年，具体详见公式（1）
	论文平均增长率	某一新兴主题类别 2020-2024 年论文量的平均增长率，具体详见公式（2）
学术影响	核心论文占比	某一新兴主题类别的核心论文数 / 核心论文总数，具体详见公式（3）
	PR8 指标	某一新兴主题类别中的论文按照被引频次的百分位，将其分为 8 个区间，每个区间赋予不同的权重，最后进行加权求平均值，具体详见公式（4）
	跨学科指数	某一新兴主题类别涉及的所有新兴主题的跨学科指数平均值，具体详见公式（5）
技术转化潜力	专利引用次数	某一新兴主题类别内的论文被专利文献引用的次数
	企业合作论文占比	某一新兴主题类别内的企业合作论文量 / 论文总量 *100%

2.1　论文平均发表年

用于评估新兴主题的新颖性。论文平均发表年是新兴主题新颖程度的重要体现，通常来说，主题中文献出现的平均时间越晚，其新颖性越高。本文论文平均发表年的计算方法为：

$$Y_j = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Y_{ij} \qquad (1)$$

其中，Y_j 表示第 j 个新兴主题类别论文的平均发表时间，N 表示新兴主题类别 j 的论文总量，Y_{ij} 表示新兴主题类别 j 中第 i 篇论文的发表时间。

2.2　论文平均增长率

用于评估新兴主题的增长性。论文增长率是评估新兴主题发展速度的关键指标，通常来说，主题内的论文增长率越高，新兴主题的增长性越强。为避免因某年论文量突变带来的增长率异常，本文采用论文平均增长率指标衡量。考虑到 InCites 中新兴主题论文的数据统计时间范围为 2020—2025 年，但 2025 年的发文数量尚不完整，采用新兴主题类别内 2020—2024 年的论文计算平均增长率，具体计算公式为：

$$Z_j = \frac{1}{4}\sum_{t=2021}^{t=2024} \frac{C_j^{(t)} - C_j^{(t-1)}}{C_j^{(t-1)}} \qquad (2)$$

其中，$C_j^{(t)}$ 表示新兴主题类别 j 在第 t 年的文献数量，Z_j 表示新兴主题类别 j 的论文平均增长率。

2.3　核心论文占比

用于评估新兴主题的高影响研究情况。新兴主题中的高影响研究论文越多，其学术影响力越强，学术研究价值越高。引文影响力作为学术评价的重要指标，本文主要基于被引频次的视角，采用核心论文占比指标衡量。核心论文指被引频次排在同学科、同出版年和同文献类型前 1% 的文献。每个新兴主题类别核心论文数占比的计算方法为：

$$H_j = C_j \Big/ \sum_{j=1}^{25} C_j \qquad (3)$$

其中，H_j 表示第 j 个新兴主题类别的核心论文

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

占比，C_j 表示第 j 个新兴主题类别的核心论文数。

2.4 PR8指标

用于评估新兴主题的平均学术影响力。除考虑新兴主题中的高影响研究外，还应兼顾不同被引频次层级论文对新兴主题学术影响的贡献，了解新兴主题的整体学术影响情况。PR8 指标综合考虑不同被引频次百分位区间论文的影响，可以实现对新兴主题学术影响力的整体测度。PR8 指标得分越高，新兴主题的平均学术影响力越强。根据刘雪立等 [17] 对 PR8 指标的研究，将每个新兴主题类别中的论文根据被引频次的百分位划分为 Top0.01%、(Top0.01%,Top0.1%]、(Top0.1%,Top1%]、(Top1%,Top5%]、(Top5%,Top10%]、(Top10%,Top25%]、(Top25%,Top50%]、bottom50% 等 8 个区间，并分别按照 8、7、6、5、4、3、2、1 的权重为每个区间的论文赋值，在赋值过程中，所有被引频次为 0 的论文均赋分 0 分，最后进行加权求平均值。具体计算公式为：

$$PR8_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_{ji}}{n} \quad (4)$$

其中，$PR8_j$ 为第 j 个新兴主题类别，后面的 W_{ji} 为主题类别 j 中修改为 w_{ji} 为新兴主题类别 j 中，n 为第 j 个主题类别修改为 n 为第 j 个新兴主题类别。

2.5 跨学科指数

用于评估新兴主题的跨学科研究情况。跨学科性是反映新兴主题未来创新潜力的重要指标，对提升新兴主题学术影响力和产生突破性原创成果有重要影响。InCites 中新兴主题的跨学科指数通过计算核心论文和共引论文参考文献的 Web of Science 学科类别数量与分布情况来实现，具体计算公式为 [18]：

$$I_{j(topic)} = -\sum_{i=1}^{n} P_i \log P_i / \log(n) \quad (5)$$

其中，$I_j(topic)$ 为第 j 个新兴主题的跨学科指数，P_i 为第 i 个学科的参考文献占比，n 为 Web of Science 学科数。跨学科指数的范围为 0~1，其值越大，新兴主题的跨学科程度越高。本文中每个新兴主题类别的跨学科指数为该主题类别涉及的所有新兴主题的跨学科指数平均值。

2.6 专利引用次数

用于评估新兴主题学术研究与技术创新的关联程度。论文和专利分别作为基础研究成果和应用型技术公开的主要形式，论文被专利引用是学术价值与技术创新关联的重要表现，已有相关研究采用科学与技术之间的这种关联性分析机构的创新性和企业技术的创新绩效。如《自然》增刊“2017 自然指数 - 创新”（Nature Index 2017 Innovation）通过计算机构论文在第三方持有专利中的引用量情况衡量机构对创新活动的影响 [19]；路透社将论文被专利引用的影响力指标纳入大学创新力的排名体系 [20]；宋超 [21] 将专利中引用的论文数量作为企业技术创新绩效的影响因素之一。论文被专利引用的次数作为体现基础研究成果向技术应用转化潜力的重要指标，是识别成果能否转化的前期重要信号。考虑到论文被专利引用的占比普遍偏低（约占全部论文的 3%~4%）[22]，为尽早识别这种可能实现技术转化的信号，本文采用某一新兴主题类别内论文被专利文献引用的总次数衡量其技术转化潜力。

2.7 企业合作论文占比

用于评估新兴主题学术研究与产业需求的

协同程度。企业合作论文一方面体现了产业需求对科学研究的导向性，另一方面体现了科研成果对产业发展的支撑性，这种协同性使得企业合作论文可能具备直接转化为生产应用的潜力，进而产生实际的经济社会贡献。Hsu 等 [23]、蒋舒阳等 [24] 的研究发现，校企合作论文等产学研合作行为与企业技术商业化、企业突破式创新之间存在显著的正相关关系，因此本文采用企业合作论文占比反映新兴主题的技术转化潜力具有一定的合理性。本文中企业合作论文占比的计算方法为：企业合作论文占比 = 某一新兴主题类别内的企业合作论文量 / 论文总量 *100%。

3 实证分析研究

3.1 宏观整体分析

基于构建的分析指标体系，25 个新兴主题类别的指标数据如表 3 所示，其在新颖性、增长性、学术影响力与技术转化潜力等方面各有其特点。（1）从新颖性的角度看，25 个新兴主题类别的论文平均发表年差别不大，均集中在 2023 年；（2）从增长性的角度看，25 个新兴主题类别的论文平均增长率为 117.73%，呈现较高的成长潜力，尤其是健康与生物医学领域（如癌症和免疫疗法、医疗和管理策略、

表 3　25 个新兴主题类别的详细指标数据

序号	新兴主题类别	论文量（篇）	论文平均发表年	论文平均增长率	核心论文占比	PR8	跨学科指数	专利引用（次）	企业合作论文占比
1	机器学习和人工智能应用	48362	2023.2	122.09%	7.44%	1.45	0.57	1200	5.54%
2	癌症和免疫疗法	47432	2023.2	141.40%	7.47%	1.49	0.54	1086	2.57%
3	微生物组和健康的相互作用	40959	2023.2	147.19%	6.23%	1.49	0.58	587	2.80%
4	医疗和管理策略	40235	2023.2	119.81%	6.38%	1.46	0.47	244	2.13%
5	环境科学和气候影响	36079	2023.1	108.78%	5.47%	1.51	0.54	75	2.05%
6	健康和疾病的分子机制	31634	2023.2	126.85%	4.98%	1.51	0.55	469	2.36%
7	先进流体动力学	29791	2023.1	113.74%	4.46%	1.54	0.43	131	2.37%
8	可持续发展与数字化转型	29178	2023.2	106.04%	4.60%	1.54	0.55	41	1.05%
9	心理健康和 COVID-19 的影响	29116	2023.1	97.29%	4.61%	1.49	0.58	34	0.94%
10	全球健康和疾病趋势	28334	2023.4	141.78%	4.45%	1.44	0.55	120	1.81%
11	催化和光催化的应用	26406	2023.2	147.79%	4.12%	1.61	0.51	189	1.33%
12	物联网、人工智能和自主系统	26063	2023.1	90.57%	3.90%	1.47	0.52	745	4.98%
13	机器学习在环境和工程中的应用	24743	2023.2	115.01%	3.84%	1.50	0.58	275	2.95%
14	教育、认知科学与技术	24351	2023.1	101.02%	3.75%	1.46	0.55	56	0.83%
15	能源系统优化	23294	2023.1	110.26%	3.62%	1.52	0.52	163	3.25%
16	先进的传感和成像技术	22984	2023.2	110.54%	3.55%	1.52	0.53	385	2.78%
17	先进储能材料	22778	2023.2	132.55%	3.44%	1.61	0.49	239	1.46%
18	植物和动物应激生物学	21260	2023.2	104.83%	3.16%	1.50	0.53	231	1.32%
19	可持续环境修复技术	20402	2023.2	123.31%	3.11%	1.63	0.56	237	1.78%
20	纳米技术在给药中的应用	19457	2023.2	122.91%	2.93%	1.57	0.57	462	1.80%
21	先进材料工程	16746	2023.2	113.35%	2.50%	1.58	0.50	116	2.57%
22	社会和政治动态	13272	2023.0	72.87%	1.97%	1.50	0.53	5	0.36%
23	人工智能与虚拟技术	10533	2023.2	91.69%	1.57%	1.49	0.61	132	3.67%
24	COVID-19 和疫苗接种研究	8859	2023.1	179.33%	1.34%	1.52	0.58	156	3.57%
25	地球科学与结构工程	7562	2023.1	102.30%	1.11%	1.56	0.51	14	5.24%

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

微生物组和健康的相互作用、健康和疾病的分子机制、全球健康和疾病趋势、纳米技术在给药中的应用、COVID-19 和疫苗接种研究）和能源与材料科学工程领域（催化和光催化的应用、先进储能材料）。人工智能时代背景下，物联网、人工智能和自主系统（90.57%）、人工智能与虚拟技术（91.69%）这两个新兴主题类别的论文增长率略低。（3）从学术影响的角度看，人工智能与虚拟技术的跨学科指数（0.61）最高，但核心论文占比（1.57%）和 PR8 指标（1.49）偏低，缺乏高影响力论文且整体学术影响力有待提升；机器学习和人工智能应用（7.44%）、癌症和免疫疗法（7.47%）的核心论文占比较高，但 PR8 指标均偏低；可持续环境修复技术的 PR8 指标（1.63）最高，平均学术影响力较高，但核心论文占比（3.11%）偏低，高影响论文相对较少。（4）从技术转化潜力的角度看，机器学习和人工智能应用的专利引用次数和企业合作论文占比均为最高；癌症和免疫疗法的专利引用次数排名第 2，但企业合作论文占比优势不明显；物联网、人工智能和自主系统的专利引用次数和企业合作论文占比均排名第 3。整体来看，3 个新兴主题类别在技术转化潜力维度的综合表现较好。

3.2 分主题类别遴选高质量新兴主题

结合科技创新 “四个面向”的战略导向和学科交叉融合的科研发展趋势，本部分所遴选的高质量新兴主题指的是有一定研究规模，且在学术引领性（聚焦“面向世界科技前沿”）、技术转化潜力（聚焦“面向经济主战场”）和跨学科创新性（聚焦学科交叉融合）方面综合表现较好的新兴主题。根据前文构建的“发展趋势 - 学术影响 - 技术转化潜力”的指标分析体系，新兴主题的“高质量”主要通过以下三个方面体现：（1）高影响前沿研究：采用核心论文数衡量，主要反映新兴主题的学术引领性。新兴主题中的高影响研究论文越多，该主题越可能是当下研究的热点和重点，越可能是解决重大科学问题的关键领域或未来引领科学发展方向的领域。（2）高科学 - 技术 - 产业关联度：采用论文被专利引用的次数和企业合作论文占比两个指标衡量，主要反映新兴主题的技术转化潜力。新兴主题中的学术研究与技术关联、产业协同的程度越高，未来转化为实际生产力的可能性越高，产生真正经济社会影响的潜力越高。（3）高学科交叉度：采用跨学科指数衡量，主要反映新兴主题通过多学科渗透产生颠覆性创新的潜力。现代重大科学突破和技术创新越来越多地产生于学科交叉地带，新兴主题的跨学科指数越高，学科交叉性越强，产生颠覆性创新的可能性越高。综上，本文所指的高质量是新兴主题在以上三个方面的有机统一和相互平衡，遴选出的高质量新兴主题是综合评价的结果。具体的评价指标体系如表 4 所示。

表 4 高质量新兴主题遴选的指标体系

遴选维度	核心特征点	评价指标	指标数据来源
研究规模	论文产出	论文量	InCites 平台新兴主题模块（Emerging Topic），获取每个新兴主题的论文量、核心论文数和跨学科指数
学术引领性	高影响前沿研究	核心论文数	
跨学科创新性	学科交叉度	跨学科指数	
技术转化潜力	科学 - 技术 - 产业关联度	论文被专利引用的次数 企业合作论文占比	InCites 平台学科分类（Research Areas）模块，采用新兴主题学科分类，获取相应指标值

基于以上指标体系，根据 InCites 平台识别的 9250 个新兴主题，分别遴选 25 个新兴主题类别中综合表现较好的 TOP 新兴主题，为各领域的研究布局提供参考。具体的遴选步骤为：

步骤 1：指标数值标准化。考虑到论文量、核心论文数、跨学科指数、专利引用和企业合作论文占比 5 个指标的数据量纲差异较大，采用 Min-Max 方法对数据进行标准化处理，标准化公式为：

$$y_n = \frac{y - \min(y)}{\max(y) - \min(y)} \quad (5)$$

其中，y_n 为标准化后的指标值，y 为某一指标的原始值，max(y) 为某一新兴主题类别中对应指标的最大值，min(y) 为对应新兴主题类别中该指标的最小值。

步骤 2：指标权重赋权。采用综合考虑指标间对比强度和冲突性的 CRITIC 方法确定指标权重。CRITIC 方法确定指标权重的公式为：

$$W_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^{n} C_i} \quad (6)$$

$$C_i = \sigma_i * \sum_{i=1}^{n} (1 - r_{ij}) \quad (7)$$

其中，W_i 为指标 i 的权重，C_i 为指标 i 承载的信息量，σ_i 为指标 i 的标准差，r_{ij} 为指标 i 与 j 的相关系数，n 为指标数。

经计算，论文量、核心论文数、跨学科指数、专利引用和企业合作论文占比 5 个指标的权重分别为 0.1415、0.2640、0.2592、0.1311、0.2042。

步骤 3：计算综合得分并排序。综合得分的计算公式为：

$$F_j = 100 \times \sum_{i=1}^{n} W_i \times y_{ij} \quad (8)$$

其中，F_j 为第 j 个新兴主题的综合得分，y_{ij} 为第 j 个新兴主题在第 i 个指标上的标准化指标值，W_i 为指标 i 的权重，n 为指标数。

经遴选，25 个新兴主题类别中综合得分最高的 TOP3 新兴主题如表 5 所示。以机器学习和人工智能应用新兴主题类别为例，验证遴选方法的有效性。该新兴主题类别中遴选出的 TOP3 新兴主题分别为“基于深度学习技术的实时实例分割”“可解释人工智能模型中的反事实解释”和“高效神经网络剪枝与量化技术”。Gartner[25] 发布的《2024 年人工智能技术成熟度曲线》报告中，遴选了 29 项决定人工智能领域发展方向的前沿和趋势性技术，其中将因果人工智能定义为影响力较高的新兴技术，将计算机视觉定义为近两年内具有颠覆性影响的变革性创新。因果人工智能作为一种旨在理解和建模因果关系的人工智能技术，超越了基于相关性的预测，可提高模型的可解释性、自主性和稳健性。反事实解释作为因果可解释性的最高层次，因同时涵盖干预性问题和关联性问题，被认为是实现最高层次可解释性的方法 [26]。实例分割作为计算机视觉领域的重要研究主题，近年来随着深度学习技术的发展取得了显著进展，但现有的高性能方法速度较慢，难以满足日益增加的实时决策需求。自 2019 年 Bolya 等 [27] 提出第一个实时实例分割模型 -YOLACT，近几年该领域的论文量平均增长率高达 160% 以上。中信智库 2023 年发布的《人工智能十大发展趋势》将大模型轻量化作为关键趋势之一 [28]，网络剪枝和模型量化作为深度模型压缩领域的核心技术，是当前的研究热点，也是提高模型运行速度与性能的关键。基于此，本文提出的遴选方法具有一定的有效性，分主题类别遴选的高质量新兴主题可为关键领域的布局提供参考。

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

表 5　25 个新兴主题类别中的高质量 TOP3 新兴主题

新兴主题类别	新兴主题名称	论文量（篇）	跨学科指数	核心论文数（篇）	专利引用（次）	企业合作论文占比（%）	综合得分
机器学习和人工智能应用	基于深度学习技术的实时实例分割	639	0.67	21	50	5.49	66.99
	可解释人工智能模型中的反事实解释	508	0.65	22	40	9.11	63.94
	高效神经网络剪枝与量化技术	762	0.56	25	18	9.86	62.23
癌症和免疫疗法	非小细胞肺癌治疗的个性化方法	1000	0.6	22	19	0.71	57.12
	胆固醇代谢：对癌症和治疗的影响	1037	0.58	25	9	0.39	57.11
	调节性 T 细胞在癌症和移植治疗中的应用	438	0.55	22	42	1.63	56.69
微生物组和健康的相互作用	组学研究中的功能富集与途径分析	4729	0.69	22	76	2.2	76.45
	用于蛋白质序列分析和可视化的综合生物信息学工具	3840	0.59	19	73	1.18	63.63
	抗微生物药物耐药性分析的基因组工具和数据库	2144	0.55	23	26	1.51	53.29
医疗和管理策略	糖尿病足溃疡的管理和预防指南	803	0.7	22	5	0.89	59.74
	癌症患者静脉血栓栓塞的处理	1127	0.59	19	2	4.82	56.20
	ANCA 相关血管炎疾病的管理和分类	760	0.59	24	1	2.65	56.03
环境科学和气候影响	水中微塑料和纳米塑料的检测与分析	449	0.62	24	2	2.01	60.29
	细颗粒物空气污染对全球健康的影响	741	0.66	23	0	1.77	60.24
	全球水储存动态：GRACE 卫星洞察与挑战	623	0.55	24	2	1.14	59.61
健康和疾病的分子机制	神经变性和衰老中的自噬和溶酶体通路	734	0.63	24	46	2.81	66.94
	帕金森病：诊断、发病机制和新兴疗法	1493	0.62	24	24	1.62	66.52
	神经变性和衰老中的自噬和溶酶体通路	329	0.67	22	46	2.81	63.57
先进流体动力学	用于先进激光雷达和光束控制的光学相控阵	363	0.53	17	21	5	57.41
	纳米结构材料的摩尔 - 吉布森 - 汤普森热弹性	437	0.61	25	0	0.46	57.16
	光滑粒子流体力学在海洋工程中的应用	431	0.63	22	0	2.33	54.79
可持续发展与数字化转型	绿色人工智能中的能源效率和碳足迹	262	0.72	17	8	7.91	62.91
	合作生产与可持续性：整合知识促进变革	708	0.66	25	0	0.59	62.69
	非同质化通证 (NFT): 市场动态和经济影响	339	0.67	22	5	2.08	60.92
心理健康和 COVID-19 的影响	体育活动和久坐行为的全球视角	1080	0.68	20	3	0.38	61.57
	智能手机成瘾：对心理健康和学术的影响	398	0.66	22	4	0	55.90
	COVID-19 对全球卫生服务利用的影响	586	0.67	23	0	1.94	53.46
全球健康和疾病趋势	糖尿病护理和管理的全球趋势和挑战	1733	0.68	21	6	1.46	67.54
	全球各年龄段哮喘趋势和管理	382	0.55	19	8	11.93	58.94
	妊娠期糖尿病：患病率、管理和产妇结局	713	0.63	25	1	0.86	53.68
催化和光催化的应用	光芬顿催化降解有机污染物的研究	642	0.51	25	6	0.62	65.97
	镍基催化剂强化 CO_2 甲烷化的催化策略	599	0.49	20	6	1.68	59.11
	用于先进水污染物去除的金属有机框架	407	0.56	20	7	0.25	58.74
物联网、人工智能和自主系统	基于事件的自主系统视觉与传感	660	0.57	22	70	5.78	69.41
	区块链与 BIM 在建筑供应链中的整合	381	0.64	25	30	0.26	60.04
	智能建筑中的强化学习与预测控制	466	0.59	24	25	5.59	59.99

（续表 5）

新兴主题类别	新兴主题名称	论文量（篇）	跨学科指数	核心论文数（篇）	专利引用（次）	企业合作论文占比（%）	综合得分
机器学习在环境和工程中的应用	材料科学中的声学谐振器和深度学习	678	0.74	20	18	6.22	74.14
	工业软传感器建模的深度学习技术	525	0.62	24	13	3.24	65.96
	数字土壤制图：机器学习与遥感集成	562	0.61	25	3	0.54	59.25
教育、认知科学与技术	系统审查报告：透明度的指导方针和工具	2632	0.82	9	23	0.8	57.95
	学术生涯中的性别不平等和偏见	473	0.79	24	0	1.25	51.82
	认知科学中的主动推理和预测处理	253	0.7	25	0	0	47.62
能源系统优化	模糊多准则环境下的三向决策模型	609	0.62	25	0	0.16	58.40
	软机器人：材料、驱动和控制方面的创新	468	0.61	24	1	0.86	55.24
	电网绝缘子缺陷的检测与分析	231	0.58	16	11	12.12	55.18
先进的传感和成像技术	健康监测和睡眠分析中的可穿戴设备	547	0.76	23	8	3.75	60.95
	生物分子和纳米材料系统的建模和仿真	734	0.61	23	8	8.37	58.70
	x 射线光电子能谱：最佳实践和共同挑战	1292	0.54	23	7	2.72	58.00
先进储能材料	有机电化学晶体管：设计、性能和应用	714	0.51	21	21	1.56	62.06
	锂离子电池快速充电负极材料：挑战与进展	931	0.48	25	4	3.02	58.51
	酶固定化在金属 - 有机框架生物传感中的应用	668	0.6	21	4	1.35	56.45
植物和动物应激生物学	原核生物分类与分类的基因组学方法	778	0.49	22	15	1.04	57.16
	进化模式和物种分化的系统基因组学见解	595	0.57	18	14	0.84	53.68
	土地利用变化和新出现的人畜共患病风险	229	0.67	24	2	0.87	53.50
可持续环境修复技术	纳米粒子在生物传感和医学诊断中的应用	151	0.78	16	6	4.76	48.19
	吸附等温线和动力学在环境中的应用	1535	0.6	18	4	1.37	47.26
	远紫外线光在病原菌控制中的安全性和有效性	257	0.73	8	30	4	45.92
纳米技术在给药中的应用	纳米颗粒疫苗：COVID-19 和流感免疫的创新	654	0.61	25	81	5.59	67.14
	探索微生物生物合成基因簇用于药物发现	1509	0.63	22	24	1.96	61.96
	增强癌症药物传递的纳米医学策略	687	0.6	24	11	0.75	52.08
先进材料工程	连续纤维增强复合材料结构的 3D 打印	471	0.6	25	6	2.99	64.21
	先进应用的可持续纤维素和木基材料	642	0.59	17	13	1.26	62.56
	功能梯度纳米复合材料结构与材料的动态分析	380	0.59	25	2	0.53	57.52
社会和政治动态	社交媒体超载及其对幸福感的影响	572	0.71	24	0	0.18	63.61
	社交媒体作为健康信息的来源	268	0.76	24	0	0.38	58.09
	网络外卖中的消费者行为与服务质量	418	0.64	21	0	0.24	53.64
人工智能与虚拟技术	生物医学自然语言处理：问答和实体识别	872	0.69	17	25	6.37	69.88
	具有预训练的共情和任务导向对话系统	398	0.51	21	10	15.33	55.80
	医疗保健中的人工智能：沙特阿拉伯的挑战和变革	27	0.75	17	24	0	53.92
COVID-19 和疫苗接种研究	HIV-1 抗体治疗和病毒库研究进展	390	0.54	24	10	7.78	67.14
	COVID-19 期间的全球超额死亡率和预期寿命	500	0.74	22	0	1.11	65.01
	MicroRNA 动力学及在 COVID-19 患者中的治疗意义	296	0.64	21	12	1.02	63.13
地球科学与结构工程	天然气水合物沉积物：力学性能和生产技术	338	0.57	22	1	7.1	58.89
	嫦娥五号月球玄武岩：组成、年龄和地质	442	0.61	20	0	2.36	55.99
	利用先进技术进行洪水和隧道风险评估	186	0.65	14	3	2.72	55.86

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

3.3 中美两国在新兴主题上的表现差异

进一步分析中美两国在 25 个新兴主题类别上的表现差异，明晰我国在学术前沿研究和新兴产业发展中的优劣势，如图 1 和图 2 所示。从图 1 可以看出，25 个新兴主题类别中，中国除在医疗和管理策略、心理健康和 COVID-19 的影响、全球健康和疾病趋势、教育、认知科学与技术、社会和政治动态、人工智能与虚拟技术、COVID-19 和疫苗接种研究 7 个新兴主题类别上的论文量低于美国外，在其余 18 个新兴主题类别上的论文量均高于美国，尤其在催化和光催化的应用、先进储能材料、可持续环境修复技术、先进材料工程、地球科学与结构工程 5 个新兴主题类别上。结合图 2 可知。

（1）从学术影响的角度看，中国在 25 个新兴主题类别上的 PR8 值均低于美国，平均学术影响力低于美国；从高影响力的核心论文数来看，中国在机器学习和人工智能应用等 12 个新兴主题类别上的核心论文数高于美国，但在具有论文量优势的癌症和免疫疗法、微生物组和健康的相互作用、环境科学和气候影响、健康和疾病的分子机制、先进流体动力学、植物和动物应激生物学 6 个新兴主题类别上的核心论文数低于美国。且从核心论文的分布密度看（某一新兴主题类别内的核心论文数 / 论文量），中国除在社会和政治动态、地球科学与结构工程 2 个新兴主题类别上的指标值高于美国外，其余均低于美国，尤其在机器学习和人工智能应用、癌症和免疫疗法、微生物组和健康的相互作用、医疗和管理策略、健康和疾病的分子机制、全球健康和疾病趋势、可持续环境修复技术、先进材料工程 8 个新兴主题类别上的差距较大。

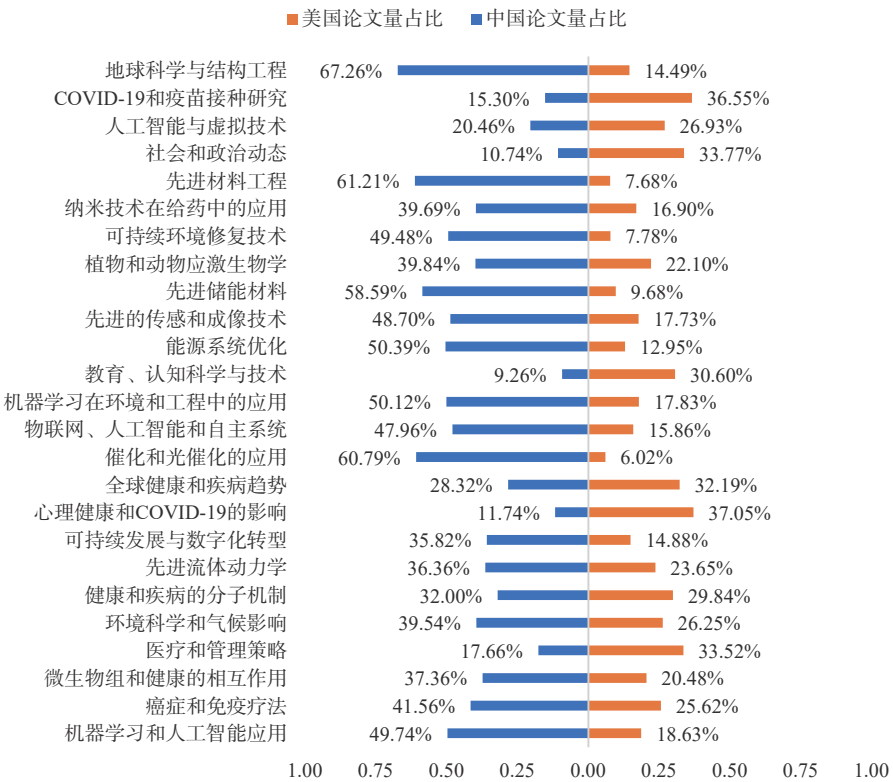

图 1　中美两国在 25 个新兴主题类别上的论文量情况

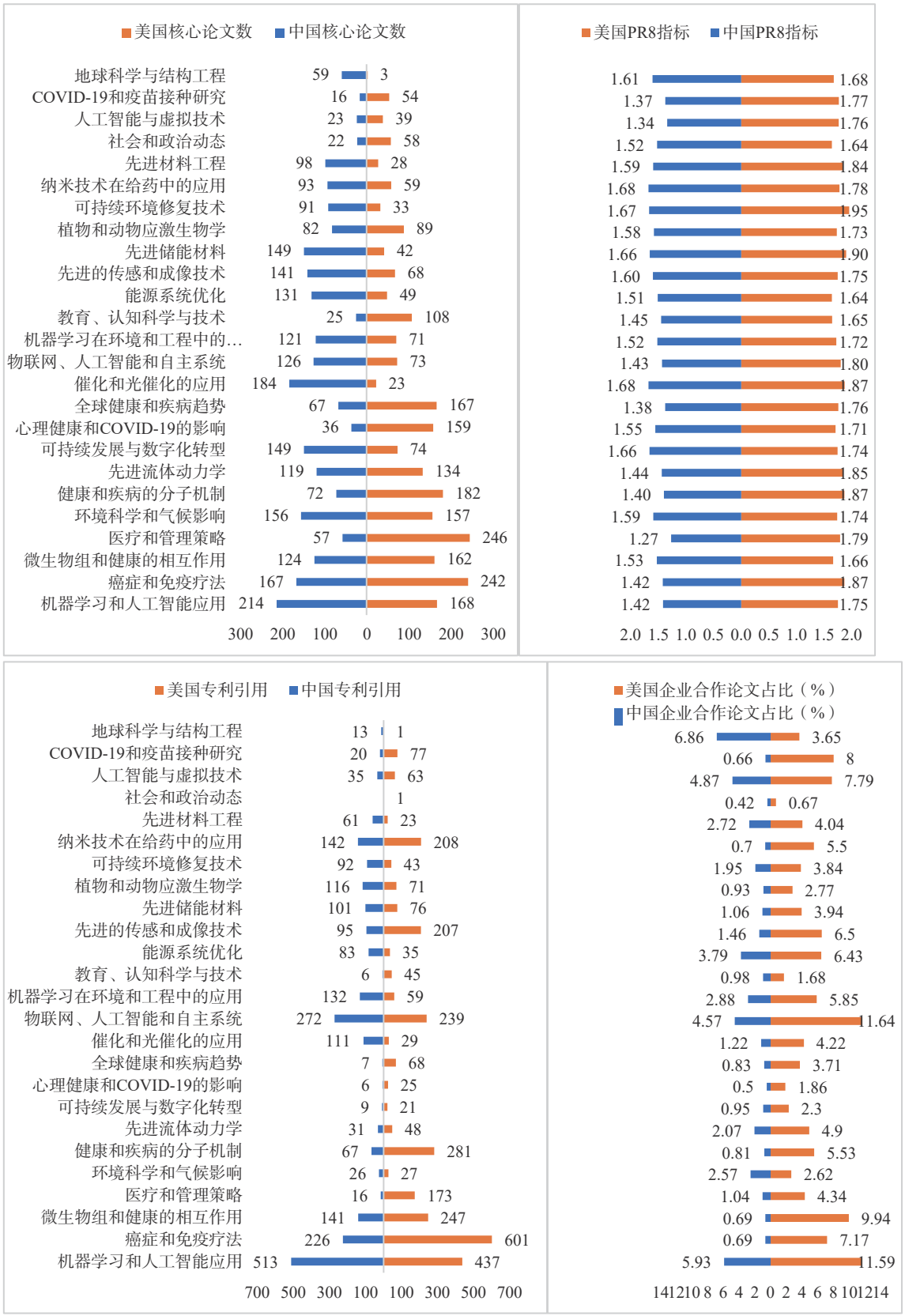

图 2　中美两国在 25 个新兴主题类别上的学术影响与技术转化潜力的对比分析

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

（2）从技术转化潜力的角度看，中国仅在地球科学与结构工程新兴主题类别上的企业合作论文占比高于美国，在其他 24 个新兴主题类别上的企业合作论文占比均偏低，尤其在癌症和免疫疗法、微生物组和健康的相互作用、COVID-19 和疫苗接种研究、纳米技术在给药中的应用、健康和疾病的分子机制等健康和生物医学领域的新兴主题类别上。专利引用方面，中国在机器学习和人工智能应用、催化和光催化的应用、物联网、人工智能和自主系统、机器学习在环境和工程中的应用方面有一定优势，美国则在癌症和免疫疗法、微生物组和健康的相互作用、医疗和管理策略、健康和疾病的分子机制、先进的传感和成像技术、纳米技术在给药中的应用等方面有一定优势。

4 总结

（1）本文从“发展趋势 - 学术影响 - 技术转化潜力”的三维视角探讨分析了 25 个新兴主题类别的特征。相较于以往的研究，分析维度更加凸显经济社会影响的重要性和学术影响的全面性；研究范围更加广泛，突破传统基于某一主题或领域的碎片化研究范式，基于 InCites 平台分析了 25 个新兴主题类别的特征，更有利于对全球新兴主题的宏观把控。分析结果显示：发展趋势方面，25 个新兴主题类别均呈现较强的新颖性和增长性。学术影响方面，机器学习和人工智能应用、癌症和免疫疗法的高影响研究突出，人工智能与虚拟技术的跨学科研究表现较好，可持续环境修复技术的平均学术影响力最高。技术转化潜力方面，机器学习和人工智能应用、物联网、人工智能和自主系统、癌症和免疫疗法的综合表现较好，但癌症和免疫疗法的企业合作论文占比偏低。

（2）从中美两国在 25 个新兴主题类别上的表现差异可以看出，中国在催化和光催化的应用、先进储能材料、可持续环境修复技术、先进材料工程、地球科学与结构工程 5 个新兴主题类别上的论文量优势突出，美国在医疗和管理策略、心理健康和 COVID-19 的影响、教育、认知科学与技术、社会和政治动态、COVID-19 和疫苗接种研究 5 个新兴主题类别上的论文量优势突出。从学术影响和技术转化潜力的角度看，中国在 25 个新兴主题类别上的平均学术影响力均低于美国，在企业合作论文占比指标上表现较差，在高影响力论文的产出密度上低于美国，尤其在癌症和免疫疗法、微生物组和健康的相互作用、COVID-19 和疫苗接种研究、纳米技术在给药中的应用、健康和疾病的分子机制等健康和生物医学领域的新兴主题类别上。

（3）为进一步遴选在学术引领性、技术转化潜力和跨学科创新性维度综合表现较好的高质量新兴主题，基于论文量、核心论文数、跨学科指数、专利引用和企业合作论文占比 5 个指标分主题遴选了 25 个新兴主题类别中的高质量新兴主题。验证表明，本文提出的遴选方法具有有效性，分主题遴选的高质量新兴主题可为关键领域的研究布局提供决策参考。

本文虽从多个角度对 25 个新兴主题类别的特征进行了详细研究，但仍存在以下不足：一是在分析数据源方面仅考虑了学术论文，未考虑其在专利方面的数据表现；二是现有分析仅是基于已有的研究方向，对未来可能出现的新兴研究主题考虑不足，如何开展新兴主题的预

测研究，是未来值得进一步探索的研究方向。

参 考 文 献

[1] THE WHITE HOUSE. National strategy for critical and emerging technologies [EB/OL]. [2025-04-02]. https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2020/10/National-Strategy-for-CET.pdf.

[2] UK RESEARCH AND INNOVATION. Insights report: Innovate UK's 50 emerging technologies [EB/OL]. (2023-12-06) [2025-04-02]. https://www.ukri.org/publications/insights-report-innovate-uks-50-emerging-technologies/.

[3] EUROPEAN COMMISSION. Everybody is looking into the future! A literature review of reports on emerging technologies and disruptive innovation [EB/OL]. (2023-09-25) [2025-04-02]. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC134319.

[4] 求是网 . 习近平在出席解放军和武警部队代表团全体会议时强调 强化使命担当 深化改革创新 全面提升新兴领域战略能力 [EB/OL]. (2024-03-07) [2025-04-02]. http://www.qstheory.cn/yaowen/2024-03/07/c_1130086587.htm.

[5] XU H Y, WINNINK J, PANG H S, et al. Breakthrough potential of emerging research topics based on citation diffusion features [J]. Journal of Information Science, 2023, 49(5): 1390-1416.

[6] DOTSIKA F, WATKINS A. Identifying potentially disruptive trends by means of keyword network analysis [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2017, 119: 114-127.

[7] 朱相丽 , 张敬 , 李伟伟 , 等 . 国际顶级会议视角下人工智能领域的新兴主题发现研究 [J]. 情报理论与实践 , 2024, 47(9): 147-155.

[8] 奉国和 , 陈恩琪 , 邓伟伟 . 语义与演化视角下新兴技术识别 —— 以 " 工业机器人 " 领域专利为例 [J]. 科研管理 , 2026, 47(4): 76-87.

[9] 张凯 , 吕璐成 , 韩涛 , 等 . " 论文 – 专利 " 关联视角下的新兴技术识别研究 [J]. 情报理论与实践 , 2024, 47(9): 183-191.

[10] 徐路路 , 王效岳 , 白如江 . 基于 PLDA 模型与多数据源融合相关性分析的新兴主题探测研究 —— 以石墨烯领域为例 [J]. 情报理论与实践 , 2018, 41(4): 63-69.

[11] XU H Y, WINNINK J, YUE Z H, et al. Multidimensional scientometric indicators for the detection of emerging research topics [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021(163): 120490.

[12] WANG Q. A bibliometric model for identifying emerging research topics [J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2018, 69(2): 290-304.

[13] 万校基 , 李海林 , 何雨晴 , 等 . 热度演化视角下新兴主题识别分析研究 [J]. 图书情报工作 , 2024, 68(22): 126-138.

[14] 郑德俊 , 程为 . 基于三维主题特征测度的新兴主题识别研究 [J]. 情报学报 , 2024, 43(2): 167-180.

[15] 张攀攀 , 丁敬达 . 基于 Altmetrics 的多指标新兴主题探测方法研究 —— 以计量学领域为例 [J]. 情报探索 , 2024(2): 19-25.

[16] 胡泽文 , 王梦雅 , 韩雅蓉 . 基于 LDA2Vec-BERT 的新兴技术主题多维指标识别与演化分析研究 —— 以颠覆性技术领域 : 区块链为例 [J]. 现代情报 , 2024, 44(9): 42-58.

[17] 刘雪立 , 魏雅慧 , 盛丽娜 , 等 . 期刊 PR8 指数 : 一个新的跨学科期刊评价指标及其实证研究 [J]. 图书情报工作 , 2017, 61(11): 116-123.

[18] INCITES HELP CENTER. Definitions [EB/OL]. [2025-04-10]. https://incites.zendesk.com/hc/en-gb/articles/25109512748433-Definitions#h_01HY0Y5XHAESCA7CGWZYAN94AC.

[19] NATURE INDEX. Nature Index 2017 Innovation [EB/OL]. (2017-08-10) [2025-07-30]. https://www.nature.com/nature-index/supplements/nature-index-2017-innovation/index?WT.mc_id=Wechat_NatureIndex_20170811_PROMO&sessionid=1513811411.

[20] 国家知识产权局 . 汤森路透 TOP100 全球最具创新力大学评析 [EB/OL]. (2015-10-27) [2025-07-30]. https://www.cnipa.gov.cn/art/2015/10/27/art_1415_133092.html.

[21] 宋超 . 科学 - 技术关联视角下知识流动对企业技术创新绩效影响研究 [D]. 大连 : 大连理工大学 , 2023.

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2026.03.006

[22] VAN RAAN A F J. Patent Citations Analysis and Its Value in Research Evaluation: A Review and a New Approach to Map Technology-relevant Research [J]. Journal of Data and Information Science, 2017, 2(1): 13-50.

[23] HSU D H, HSU P H, ZHOU K, et al. Industry-university collaboration and commercializing Chinese corporate innovation[J]. Management Science, 2024, 71(6): 5351-5375.

[24] 蒋舒阳，庄亚明，丁磊. 产学研基础研究合作、财税激励选择与企业突破式创新 [J]. 科研管理，2021, 42(10): 40-47.

[25] GARTNER. Hype cycle for artificial intelligence, 2024[EB/OL]. (2024-06-17) [2025-04-20]. https://readwise.io/reader/shared/01j346cwkhtw8xqbazpgy6mx99/.

[26] PEARL J. Theoretical impediments to machine learning with seven sparks from the causal revolution [C]// Proceedings of the Eleventh ACM International Conference on Web Search and Data Mining. New York: ACM, 2018: 1-8.

[27] BOLYA D, ZHOU C, XIAO F Y, et al. YOLACT: real-time instance segmentation[C]// 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). Seoul: IEEE, 2019: 9156-9165.

[28] 中信集团 . 中信智库发布《人工智能十大发展趋势》[EB/OL]. (2023-07-07) [2025-04-20]. https://www.group.citic/html/2023/News_0707/2638.html.

（责任编辑：浦墨）