

全球研究报告： 中国科研图景

2023 年 10 月

Jonathan Adams、Ryan Fry、David Pendlebury、Ross Potter 和 Gordon Rogers

关于作者

Jonathan Adams 是科学信息研究所 (ISI)™ 首席科学家。他是伦敦国王学院政策研究所的客座教授。由于在高等教育和政策研究领域的卓越贡献，Jonathan Adams 在 2017 年被埃克塞特大学授予荣誉理学博士学位。ORCID: [0000-0002-0325-4431](https://orcid.org/0000-0002-0325-4431)。Web of Science ResearcherID: [A-5224-2009](https://orcid.org/A-5224-2009)。

Ryan Fry 是科学信息研究所的首席数据科学家。他致力于对新兴主题的研究，如联合国可持续发展目标、开放获取期刊或最新的全球高被引科学家 (Highly Cited Researchers™.) 等。ORCID: [0000-0002-2388-7359](https://orcid.org/0000-0002-2388-7359)。Web of Science ResearcherID: [AEK-8550-2022](https://orcid.org/AEK-8550-2022)。

David Pendlebury 是科学信息研究所的研究分析主管。自 1983 年以来，他一直致力于使用 Web of Science™ 数据来探寻科学研究的结构和动态。他与 ISI 创始人 Eugene Garfield 共事多年，并与 Henry Small 共同开发了 Web of Science Essential Science Indicators™ (基本科学指标) 数据库。ORCID: [0000-0001-5074-1593](https://orcid.org/0000-0001-5074-1593)。Web of Science ResearcherID: [C-7585-2009](https://orcid.org/C-7585-2009)。

Ross Potter 是科学信息研究所的高级数据科学家。他拥有丰富的学术研究经验，包括在德克萨斯州休斯顿的美国宇航局月球和行星研究所以及布朗大学进行博士后研究。ORCID: [0000-0002-1338-5910](https://orcid.org/0000-0002-1338-5910)。Web of Science ResearcherID: [R-3590-2019](https://orcid.org/R-3590-2019)。

Gordon Rogers 是科学信息研究所的高级数据科学家。他在文献计量学和数据分析领域工作已有 10 年，一直致力于支持世界各地的客户，评估其研究项目和战略。ORCID: [0000-0002-9971-2731](https://orcid.org/0000-0002-9971-2731)。Web of Science ResearcherID: [ABA-6554-2020](https://orcid.org/ABA-6554-2020)。

基于过去，展望未来

科学信息研究所简介

科睿唯安的科学情报研究所 (ISI)™ 半个多世纪以来一直引领着全球科研信息的收集和整理。如今，它依然致力于推动科研诚信，同时改善科学信息的检索、解释和使用。ISI 负责维护公司知识库，这是 Web of

Science™ 引文索引数据库及其相关信息、分析内容与服务赖以建立的基础。ISI 通过活动、出版物、以及会议等形式对外进行知识传播，并开展研究，以维护、扩展和改进知识库。想了解更多信息，敬请访问 www.clarivate.com/isi

概要

过去四十年，中国的科研经济状况逐步转变，公开数据显示其科研支出增长 400 倍之多，科研投入水平如今已超越欧盟、直逼美国。

我们的分析显示，中国科研投资的突飞猛进也反映在研究成果发表活动的相应加速上。当前，中国在 Web of Science 索引期刊上的学术研究论文和综述发表量已超过其他主要经济体，其中也包括美国和欧盟。**(图 1.1、1.2)**

伴随着研究成果发表数量的增加，中国论文的研究主题多样性也随之增强。尤其值得注意的是，中国在工程技术领域的论文发表量全球份额目前已高于其他所有国家 / 地区，在生命科学领域的发表活动也可与美国相媲美。**(图 1.3a 和 b)**

在对中国科研出版物的引文分析中可以看出，现在，中国对科研成果的数量和质量的重视是显而易见的。中国发表论文的引文影响力高于全球平均水平的比例如今已与美国、德国持平。**(图 1.4)**

中国科研质量的转变也反映在这样一个事实上：来自中国的全球高被引科学家 (Highly Cited Researchers) 数量攀升，从 2018 年的 312 人次激增至 2022 年的 579 人次 (21 个 ESI 学科领域)，数量增长接近一倍。而同一时期，美国在上述指标的表现则有所下降。**(图 2.1、2.2)**

中国被引次数最高的研究贡献主要集中在化学、工程和材料科学领域。许多全球高被引科学家都任职于全球知名的科研机构，如中国科学院、清华大学和香港大学。中国有 14 所科研院所的全球高被引科学家入次数大于 20。**(图 2.3，表 2.1)**

尽管国际合作在绝对数量上有所增长，但在中国的科研产出中，国际合作仅占 20% 左右，比重远低于其他领先的研究型经济体。这一比例 30 年来变化甚微。而且，相比西方国家日益多边化的研究合作，中国的合作也多以双边为主。**(图 3.1)**

无论是在国内还是在与国际同行的合作中，中国的科研影响力都十分强大。这与美国形成鲜明对比——后者在多边国际合作中展现出的研究影响力低于全球平均水平。**(图 3.2a 和 b)**

在继续与美国、欧盟频繁合作的同时，中国近来也已成为亚洲和中东一些国家的主要科研合作伙伴。埃及、伊朗和沙特阿拉伯的对华合作显著增长，同时，中国也是巴基斯坦和新加坡的主要科研合作伙伴。**(图 3.3)**

科研合作尤其关注技术领域，而中国在这些领域的全球论文产出中占有相当大的份额。在自动化控制、成像、陶瓷纳米科学和电信等领域，中国参与合著了超过四分之一的美国论文。**(表 3.1)**

中国的研究格局反映了本国的传统优势领域，而其目前的国际合作重点则体现在近期发表量和全球引用活跃度很高的主题上，这些主题被称为 “Research Fronts™” **(表 4.1)**

相比之下，中国对 “研究前沿” 核心论文的引用明显集中在临床和生命科学领域，这指向的是代表着新兴研究方向和未来有潜能的新领域。中国科研能力的崛起和实现卓越研究的潜力将对全球研究形势产生广泛而深刻的影响。**(图 4.1)**

引言

本报告阐述了中国科学研究的发展，是《全球研究报告》系列的一部分，该系列报告旨在从地域的角度分析科研的布局。

本系列报告阐述了世界科学研究格局从 20 世纪 80 年代到互联网时代所经历的巨大变迁：20 世纪 80 年代的科研界是以七国集团（G7）和俄罗斯为主导，科研格局常年变化不大，直至进入互联网时代。互联网技术加速了全球科研网络的变局，中国在其中发挥了重要的影响。我们注意到，一支强大的科研力量正在崛起，这一点得到以下事实的印证：在享有国际信誉的 Web of Science 数据库中，中国研究者发表的学术论文数量不断攀升。中国科研实力的增长有赖于一系列条件：现有的工业创新体系；专业技术院校重组为综合型大学；蓬勃发展的太空计划；以及自我们 2009 年发布有关中国科学研究总体报告以来

高达 18% 的研发总支出年增长率。这些进展的背后都有综合全面的长期规划、资金充足的持续性国家项目以及中国本科生和研究生培养机会的显著扩大作为有力支撑。

中国曾把科研重心长期放在技术和自然科学领域，因而也在相应领域的全球科研活动中占据突出份额，而其他国家 / 地区在这些领域获得的资源则相对较少，在这方面，材料科学就是一例。

我们认为，中国对创新材料的掌握有可能具有深远意义，可以通过与其他国家 / 地区的密切合作来把握此类研究的潜在影响。我们的分析凸显了生物医学领域新近经历的快速增长——

美国和英国已经在这一领域投入了大量的资金，并已成为该领域公认的领导者。这很有可能对中国的技术优势是一种很好的补充。

这份最新报告以我们先前的分析为基础，描绘了中国非同寻常的科研发展轨迹。中国产生的深刻影响正在重塑亚太地区的科研格局，同时也在改变着全球科研能力与创新实力的平衡。围绕“中国现象”的国际话题已成为全球科研政策领域的话题中心；其技术优势已占据支配地位；我们曾发现并指出的生物分子科学的兴起，如今它已从学科雏形发展为成熟的研究领域。

“中国曾把科研重心长期放在技术和自然科学领域，因而也在相应领域的全球科研活动中占据突出份额，而其他国家 / 地区在这些领域获得的资源则相对较少，在这方面，材料科学就是一例。”

01. 中国科研概况

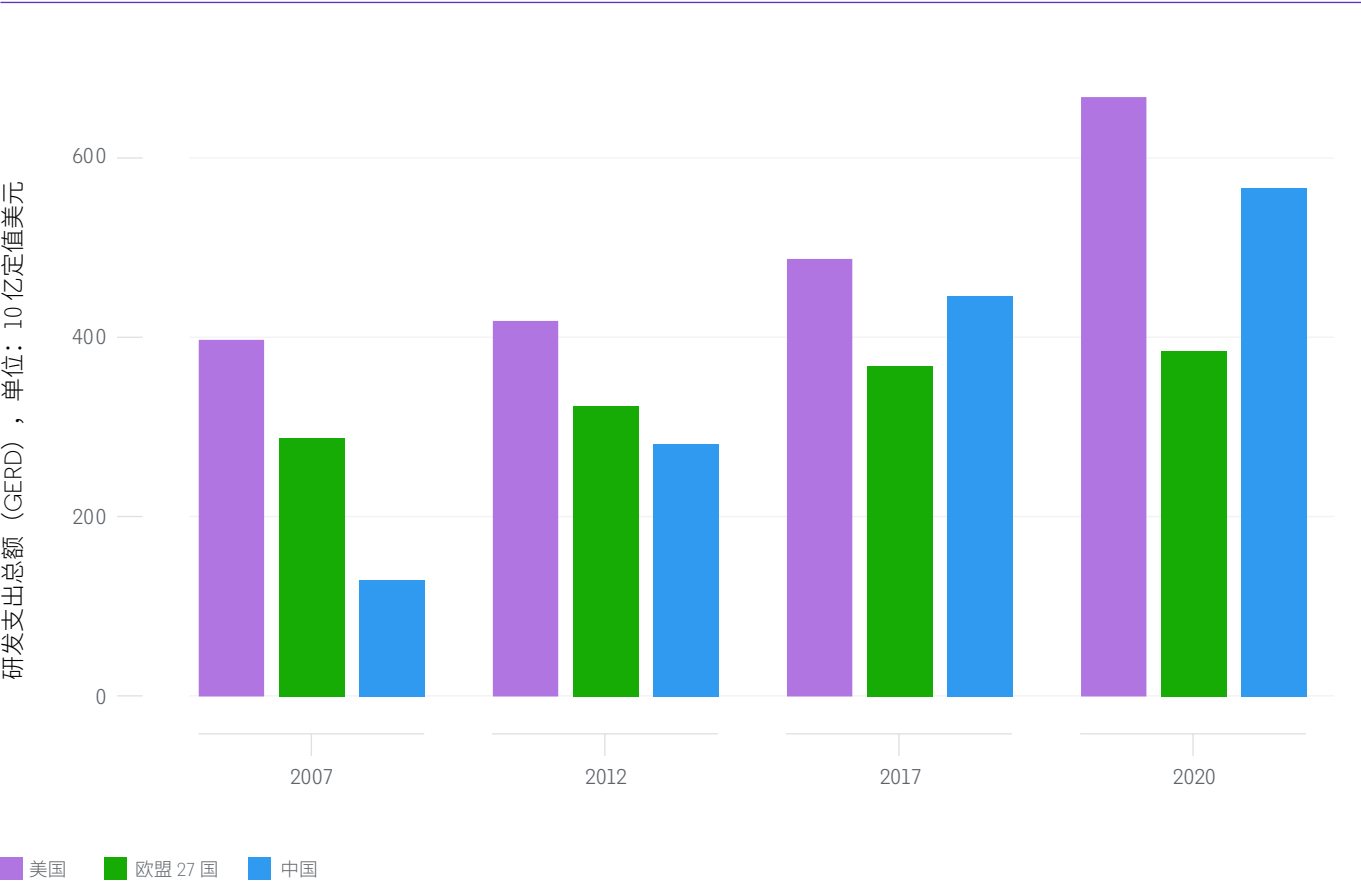
中国 2021 年报告的实际科研投资较 1981 年增加了 400 倍。

这可能并未充分反映科研支出的全貌，因为许多前期研发投入或许未曾公开披露。不过，这一巨大增幅与韩国科研预算呈 300 倍猛增的势头也是吻合的。

仅过往 10 年，中国的研发投入就扩大了 3.5 倍，这与英国的 1.5 倍和美国的 1.3 倍增长形成鲜明对比。如今，中国的研发投入明显超过了整个欧盟

的投资总和，并迅速逼近美国的水平。在可预见的未来，以中国为影响力核心的亚太地区的整体科研投入水平有望成为技术创新的主导因素。(图 1.1)

图 1.1：研发支出总额（GERD）。



资料来源：经合组织主要科学和技术指标（MSTI）。

科研产出

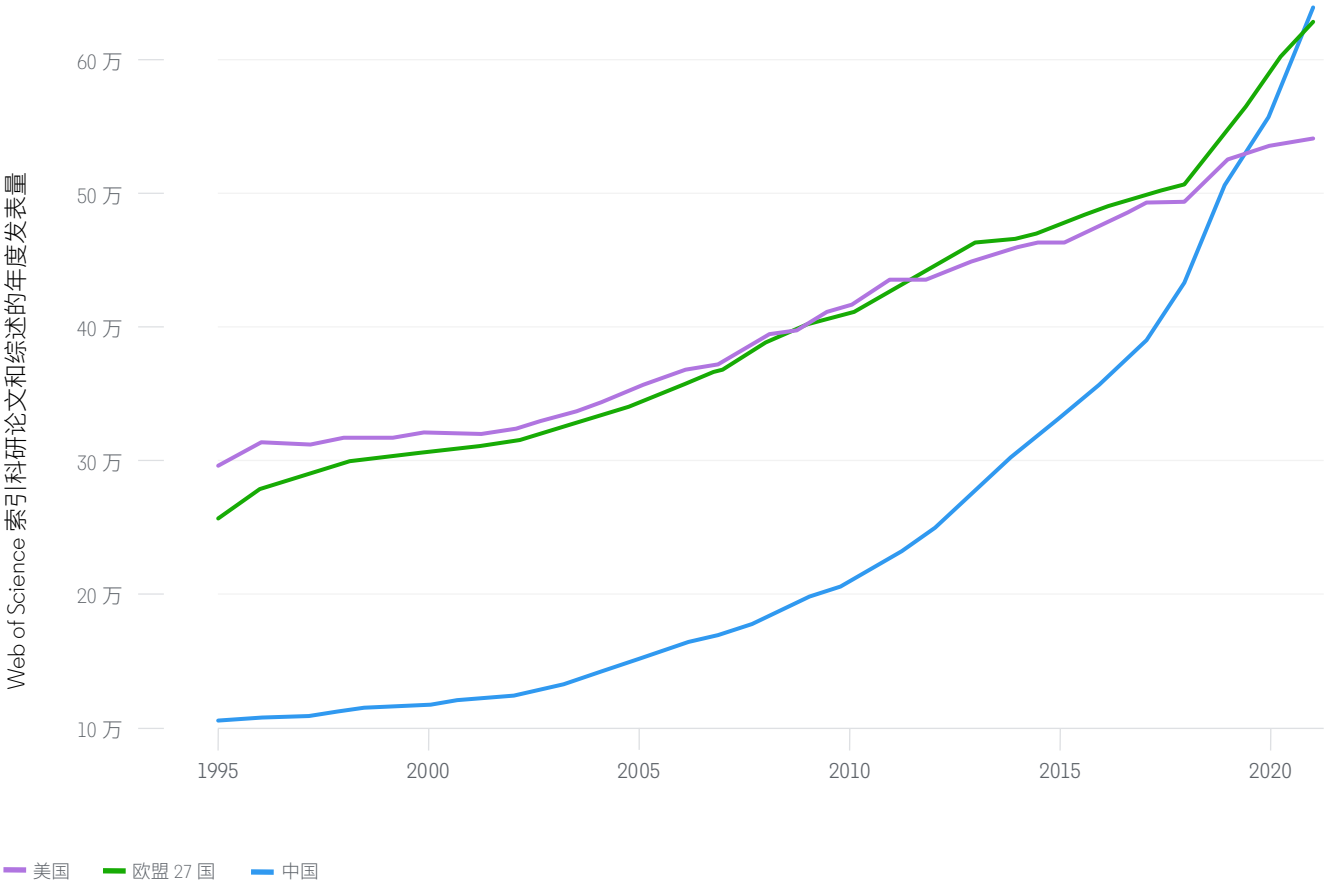
原创学术论文（即科研论文和综述）产出量的急剧上升反映出中国的科研活动日益转向开放化和国际化。为分析这一转变，我们跟踪了发表在 Web of Science 平台上超过 20000 种期刊的学术论文。我们统计了各个国家 / 地区的论文数量，方法是按照作者地址将每一篇论文归属到作者单位所在的各个国家 / 地区，再用整数（而非分数）计数法来统计数量。因此，如果一篇论文有五名作者——比如两人署中国地址、两人署美国地址、一

人署澳大利亚地址，那么每个国家 / 地区的论文计数均计为 1 篇。

这里的历史背景是：20 世纪 80 年代的国家科研产出量逐年缓慢增长，各个国家 / 地区的相对产出量基本保持不变。自 20 世纪 90 年代起，先有廉价航空旅行促成国际合作的扩大，后有互联网推动大多数国家 / 地区论文发表率的提升。然而，中国的增长速度之快已然打破历史常规，并极大改变了全球科研实力对比。

中国 1995 年产出的论文仅略超 12000 篇。到 2009 年，这一数字已增至 120000 篇，而在 2021 年，中国科研人员撰写或者合作发表了约 65 万篇论文。同期（2009-2021 年），中国的科研产出量劲增五倍，而美国仅增长不到 1.5 倍，欧盟的总产出量则增加了 1.75 倍。如今，中国的年均学术论文发表量已多于欧盟和美国。（图 1.2）

图 1.2：Web of Science 索引期刊上的学术论文（科研论文和综述）年度发表量计数。



中国在众多技术和自然科学领域的全球论文产出份额已赶超美国和欧盟。其在植物和动物学、农业科学和药理学领域已超越美国的产出水平，在分子生物学领域也有力挑战着美国的地位——这一切与我们 2009 年做出的预测不谋而合。

相关报告经常暗示，中国的科学研究增长轨迹必然会在某个时间点停止上升、趋于平稳。尽管这可能成真，但迄今为止还没有迹象表明这一点。事实上，由于中国在某些领域还有待形成一定的国际科研论文产出基础，因此可以合理推断，当前的轨迹可能会持续一段时间。

中国科研活动的高速发展最初集中在其原有工业基础提供发展动力的领域，包括核心自然科学及其与材料科学的交叉领域。中国 2007 至 2011 年的科学研究“足迹”就印证了这一模式。科研“足迹”基于科睿唯安基本科学指标数据库（ESI）大的学科层面进行考察，如化学、工程学和材料科学等。即便在业已形成本国研究能力的主要学科领域，中国当时也只占相对较小的全球产出份额，而在临床医学、生命科学和社会科学领域的其

他学科，中国尚未形成广泛的论文发表记录（图 1.3a）。

2017 – 2021 年的科研“足迹”显示了上述情形发生了巨大的变化。需要注意的是，这些数据显示的始终是全球论文产出“份额”（百分比），因此，如果全球总量增长更快，那么一个国家 / 地区在某一学科的论文产出量即便多于过去，其份额仍有可能相对缩水。（图 1.3b）

中国在众多技术和自然科学领域的全球论文产出份额已赶超美国和欧盟。其在植物和动物学、农业科学和药理学领域已超越美国的产出水平，在分子生物学领域也有力挑战着美国的地位——这一切与我们 2009 年做出的预测不谋而合。唯独在医学和社会科学领域，中国占据的全球科研活动份额的确较少，就社会科学而论，中国占比较低的原因可能在于两点：不同

地区在科研发展上各有侧重；显而易见的语言鸿沟。然而在医学领域，我们完全有理由相信，在现有技术优势的助推下，中国的贡献会大大增加。诚如我们在本报告**第四节**所指出，中国的技术实力预计将促进生物分子科学领域的重大创新，中国在这一领域采取的研究方法有可能与欧洲、北美研究路径形成有效的互补。

中国技术研究的主导地位在更为微观的层面也有迹可循：在许多被欧盟和美国认为对经济以及众多创新领域至关重要的关键主题的研究，现在都是由中国的科研人员主导。事实上，与中国的科研合作一直是许多西方国家实现科研增长的重要因素之一。我们在**第三节**探讨了此类合作的重点。

图 1.3a：中国、欧盟和美国在 2007 - 2011 这五年间的科研足迹。数据所示为各地区在全球总产出中所占的份额（%）。

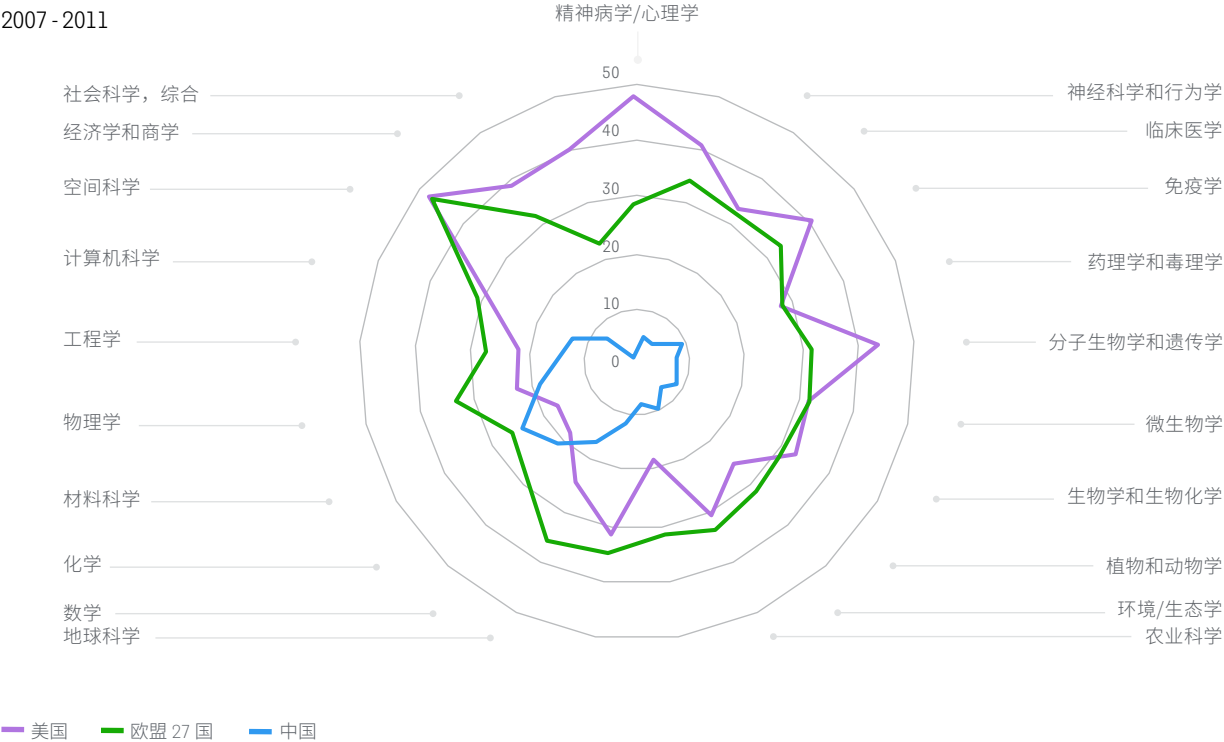
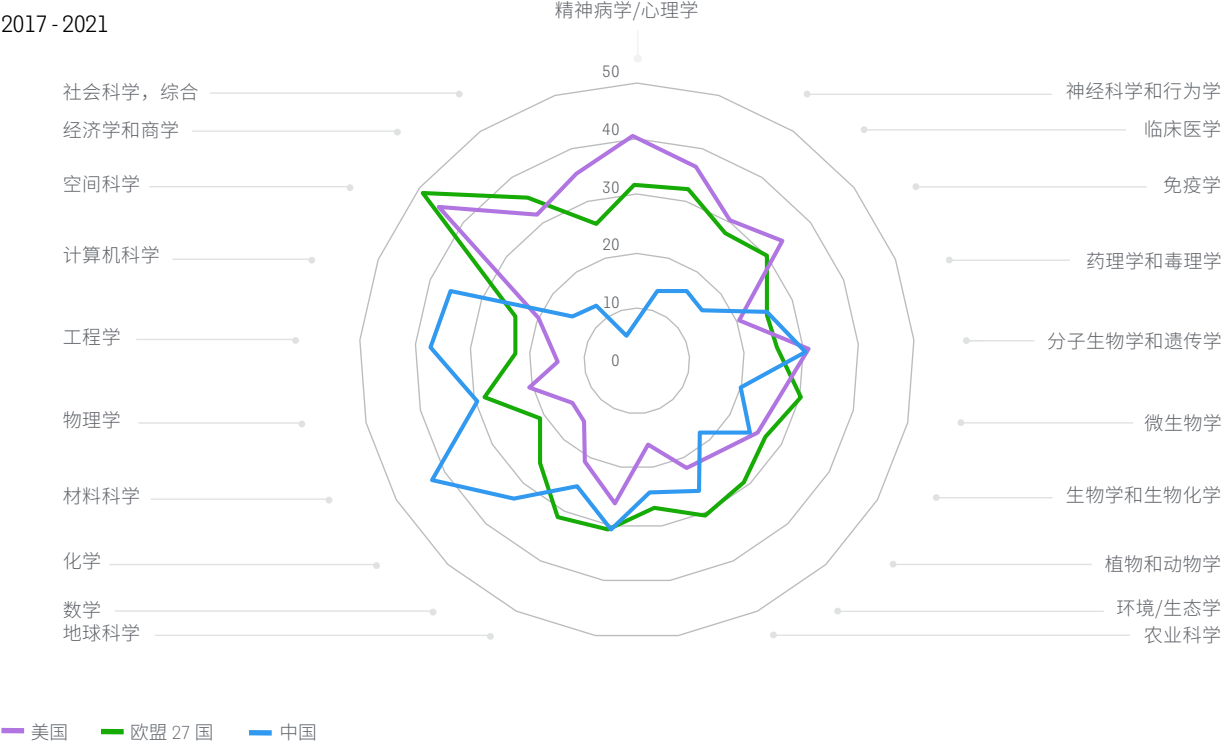


图 1.3b：中国、欧盟和美国在 2017 - 2021 这五年间的研究足迹。数据所示为各地区在全球总产出中所占的份额（%）。



“由于认识滞后，中国的年均 CNCI 起初似乎呈下降趋势，这意味着中国可能无力维持研究质量。然而，我们后续的分析揭示出，随着认知度的提升，中国每年的科研产出实际上日益受到国外的重视。”

科学研究质量

在有关中国科研发展的话题中，研究质量问题是众多评论人士和政策分析人士反复提及的一个论题。有人断言，尽管中国展现出了惊人的生产力，但尚不足以提供具有相应卓越水平的科研成果。

做出如此假设的原因之一就是其他国家和地区对中国的科研状况认知滞后。引文是衡量研究成果关注度的可靠指标，尤其是对较大的论文集合而言，例如国家层面的论文集合。而关注度往往又是反映研究成果重要性和新颖度的有效指标。随着时间推移，引文会逐渐累积，其速度因研究领域而异，所以原始数据要经过“规范化”，以便将文献类型、发表日期、研究类别等变量考虑在内，规范化的具体方

法就是将每篇论文的已知引用次数与相应的预期全球平均水平相比较。这被称为“学科规范化引文影响力”改为“学科规范化引文影响力”(CNCI)。

由于认识滞后，中国的年均 CNCI 起初似乎呈下降趋势，这意味着中国可能无力维持研究质量。然而，我们后续的分析揭示出，随着认知度的提升，中国每年产出的科研实际上日益受到国外的重视。现在我们可以通过“影响力全貌”(Impact Profile)来了解日益更新的中国科研整体表现。

“影响力全貌”(Impact Profile)是将引用次数较高的论文和引用次数较低的论文的分布情况与其他国家/地区的论文并列对照。尽管中国仍有相对较多的论文低于世界平均水平

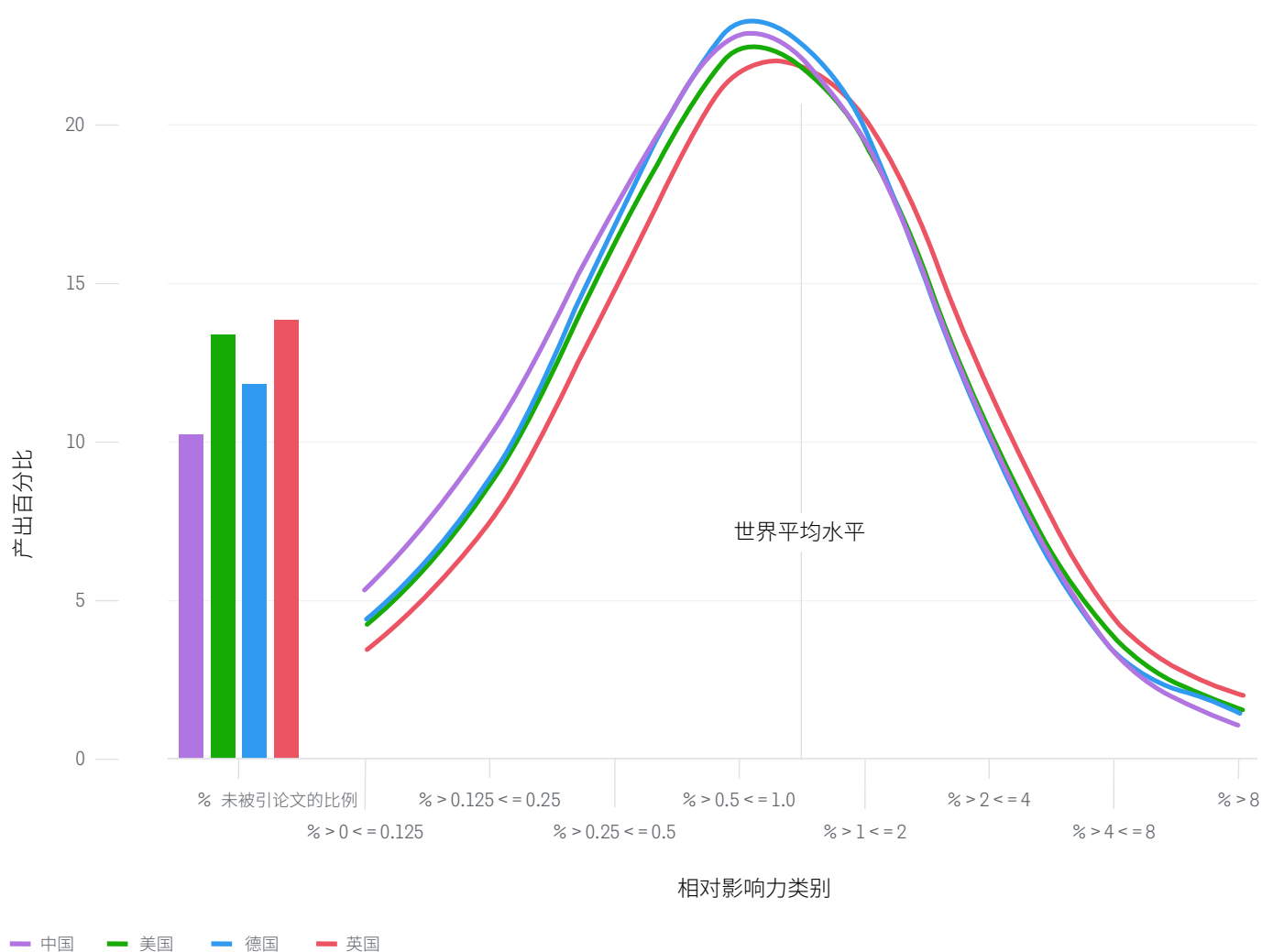
(CNCI<1)，但其高于世界平均水平(CNCI>1)的论文比例与美国和德国相当。中国仅在超出世界平均水平8倍(CNCI>8)的“精英类别”中表现落后，但其在此类别中1%左右的科研产出份额也不过略逊于主要竞争对手的1.5%。

如今，由于中国如此高产，“高被引论文”的绝对数量每年超过1000篇。数量如此庞大的优秀科研足以表明，我们既要关注中国的科研发展，也要设法与创造这些成果的研究者开展合作。

这一点也反映在中国的“高被引科学家”数量的增加上。本报告第二节讨论了这一现象，并指出了拥有这些优秀科研人员的科研机构。

“这些卓越的研究足以表明，我们既要关注中国的科研发展，也要设法与创造这些成果的研究者开展合作。”

图 1.4：2017-2021 这五年间中国、美国、英国和德国科研产出的“影响力全貌”。单篇论文被编入索引，并按“学科规范化引文影响力”划入低于和高于世界平均水平的引文影响力类别。未被引论文显示在左侧。数据按每个地区或国家的产出百分比显示，以便直观比较，因为它们的出版物绝对产出差别巨大。



02. 中国的高被引研究

中国论文产出量在过去三十年里的急剧上升及其过往十年产出的“高被引论文”（Highly Cited Papers™）已然改变了全球科研格局。

在多个学科和专业领域，中国贡献的“高被引论文”如今已赶超美国以及拥有成熟科学和学术研究体系的其他 G7 国家（图 1.2）。在超高引文影响力论文方面，中国已取得长足进步，并有力打消了“中国重数量胜于重质量”的观念（图 1.4）。每篇论文自然都反映了个体研究者的工作，所以高被引论文产出的增长表明，科研水准媲美其他国家 / 地区科研精英的中国研究人员也在增加。

自 2014 年起，科睿唯安每年都会发布一份全球“高被引科学家（Highly Cited Researchers）”名单，人选的认定方法包括统计 11 年间在同一 ESI 学科领域（即 Essential Science Indicators 的 21 个学科领域）、同一发表年份内被引次数位列前 1% 的论文（科研论文和综述）数量。2018 年，科睿唯安又在其全球高被引科学家名单中增设了“跨学科”类别。“跨学科”类别的引入承认了两大事实：现代科研具有跨学科性质；突破性研究往往会跨越传统学科界限——该类别遴选的是为多个学科领域贡献“高被引论文”的研究人员，其表现相当于在某个单一学科领域做出了

卓越贡献。对遴选方法做出这一改动后，全球高被引科学家人数增加了一倍左右。

2022 年，共 7221 人次荣膺全球“高被引科学家”榜单，包含来自 21 个 ESI 学科领域的 3981 人次以及跨学科领域的 3240 人次。有些研究人员获得了多个 ESI 类别的奖项（少数人同时在三个乃至四个学科领域获得表彰）。跨学科仅适用于不符合单一 ESI 学科领域或类别奖项评选条件的研究者。

在遴选各国“高被引科学家”名单时，科睿唯安仅考虑作者自报的主要研究单位。对于中国，我们统计的是主要研究单位位于中国大陆、中国香港和中国澳门的“高被引科学家”。

为撰写本报告，我们分析了 2007 – 2021 年的“高被引论文”，这些论文构成了 2018 – 2022 年“高被引科学家”名单的遴选基础。2018 – 2022 年的每一期年度名单均以 11 年为考察期：例如，2018 年度名单考察了 2007-2017 年各个 ESI 类别的高被引论文。

2018 年，312 人次中国科研人员在 21 个 ESI 学科领域入选单学科或多学科全球“高被引科学家”。到 2022 年，这一数字已激增至 579 人次，增幅达 85.6%。相比之下，美国科研人员 2018 年入选 1818 人次，2022 年的数字则为 1566 人次。按百分比计算，中国的全球份额从 7.7% 跃升至 14.5%，美国的“高被引科学家”全球份额则从 2018 年的 44.8% 降至 2022 年的 39.3%。

将“跨学科”类别考虑在内，中国科研人员 2018 年入选全球“高被引科学家”总数为 536 人次，2022 年则达到 1289 人次，增幅为 140.5%——全球份额也从 2018 年的 8.8% 增至 2022 年的 17.9%。同一时期，美国在 ESI 学科领域和“跨学科”类别的“高被引科学家”全球份额则从 43.4% 下滑至 38.1%。（图 2.1）

单独分析“跨学科”类别时可以看到，中国在 2018 年共 224 人次入选全球“高被引科学家”，2022 年则为 710 人次，增幅达 217.0%。中国的“跨学科高被引科学家”全球份额从 2018 年的 11.1% 增至 2022 年的 21.9%，增幅接近一倍。（图 2.2）

图 2.1: 中国、美国、英国、德国在 2018-2022 年间入选全球“高被引科学家”的人次。图中竖条显示了入选人次数，横线显示各个国家 / 地区在全球当年入选该榜单总人次中所占的份额 (%)。

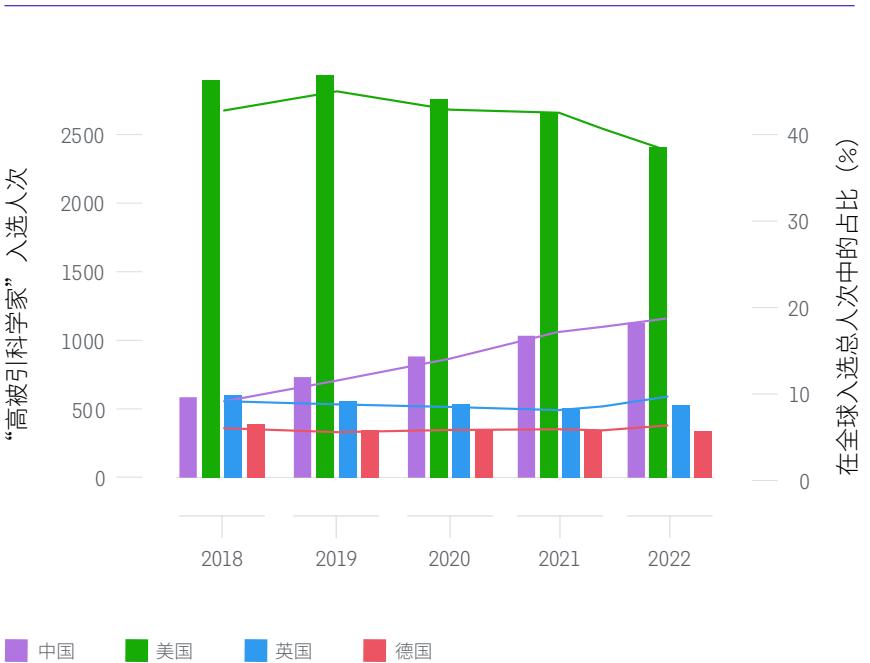
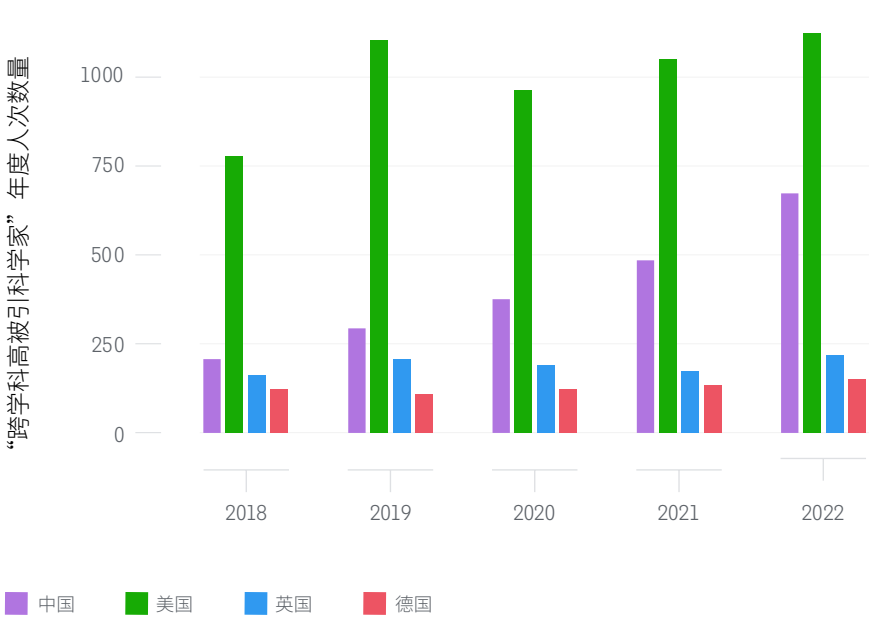


图 2.2: 中国、美国、英国、德国在 2018-2022 年间获得的“跨学科”类别“高被引科学家”的人次。



当然，随着中国“高被引论文”的产出量和作者数量超过世界平均水平，科研基础增长较慢的国家所占的顶级论文和一流研究者份额几乎必然会下降。

无论是单独分析某一学科领域，还是总览所有学科，（就像“跨学科”类别的情况一样），我们都可以看到，与 2018 年观察期相比，中国科研人员在 2022 年观察期内得以积累更多的引用，因而也产出了更多的“高被引论文”。我们见证了中国科研人员的入选全球“高被引科学家”的总数在 2018 - 2022 年间成功翻番。

这一增长自然不是在全中国均匀分布的：优秀科研显然有其集中地或热点区，但科研机构的分布也在不断变化。2018 年，中国有 115 家不同的科研院所被认定为全球“高被引科学家”的主要科研单位。到 2022 年，这一数字猛增至 201 家，这表明中国对“高被引科学家”奖项的渗透在不断深化的同时也越发多样化。

应当注意的是，中国科学院（CAS）是一家规模庞大的单一机构，值得单独考量。在各所大学中，清华大学的“高被引科学家”数量始终高居第二，仅次于 CAS，是中国首屈一指的大。在 2018 - 2022 年的分析周期内，香港大学和香港城市大学的排名双双上升三位，北京理工大学上升五位，从第 13 名升至第 8 名。（表 2.1）

表 2.1： 由“高被引科学家”向科睿唯安确认作为其主要科研单位的中国科研机构：2018 年和 2022 年国内排名，按 2022 年排名排序；以及 2018 年和 2022 年“高被引科学家”人次。

2018 年国内排名	2022 年国内排名	主要科研机构名称	2018 年入选全球“高被引科学家”人次	2022 年入选全球“高被引科学家”人次
1	1	中国科学院 (CAS)	90	177
2	2	清华大学	26	71
6	3	香港大学	14	39
15	4	湖南大学	4	32
3	5	北京大学	20	30
9	6	香港城市大学	10	29
4	7	浙江大学	19	28
6	8	复旦大学	14	27
13	8	北京理工大学	6	27
5	8	苏州大学	18	27
7	9	中国科学技术大学 (CAS)	12	26
5	10	电子科技大学	18	25
8	11	上海交通大学	11	21
11	12	中山大学	8	20
10	13	华南理工大学	9	19
11	13	南开大学	8	19
15	14	天津大学	4	18
12	15	哈尔滨工业大学	7	17
15	15	武汉大学	4	17
15	15	中南大学	4	17

从 2018 年到 2022 年，列为“主要科研单位”的中国科研机构（不包括中国科学院）获奖总数增加了 149.3%。截至 2022 年最新 ESI 全年数据（2022 年第六期 ESI 双月更新）出炉，署有中国地址的“高被引论文”总计 55998 篇，署有美国地址的“高被引论文”总数为 76500 篇。

从 ESI 类别来看，美国在以下领域领先中国：生物学和生物化学（BBI）、临床医学（CLM）、经济学和商学（ECB）、地球科学（GSC）、免疫学（IMU）、微生物学（MIC）、分子生物学和遗传学（MOL）、神经科学和行为学（NEB）、药理学和毒理学（PHT）、物理学（PHY）、植物和动物学（PLA）、精神病学和心理

学（PSS）、空间科学（SPA）和社会科学（SSS）。（图 2.3）

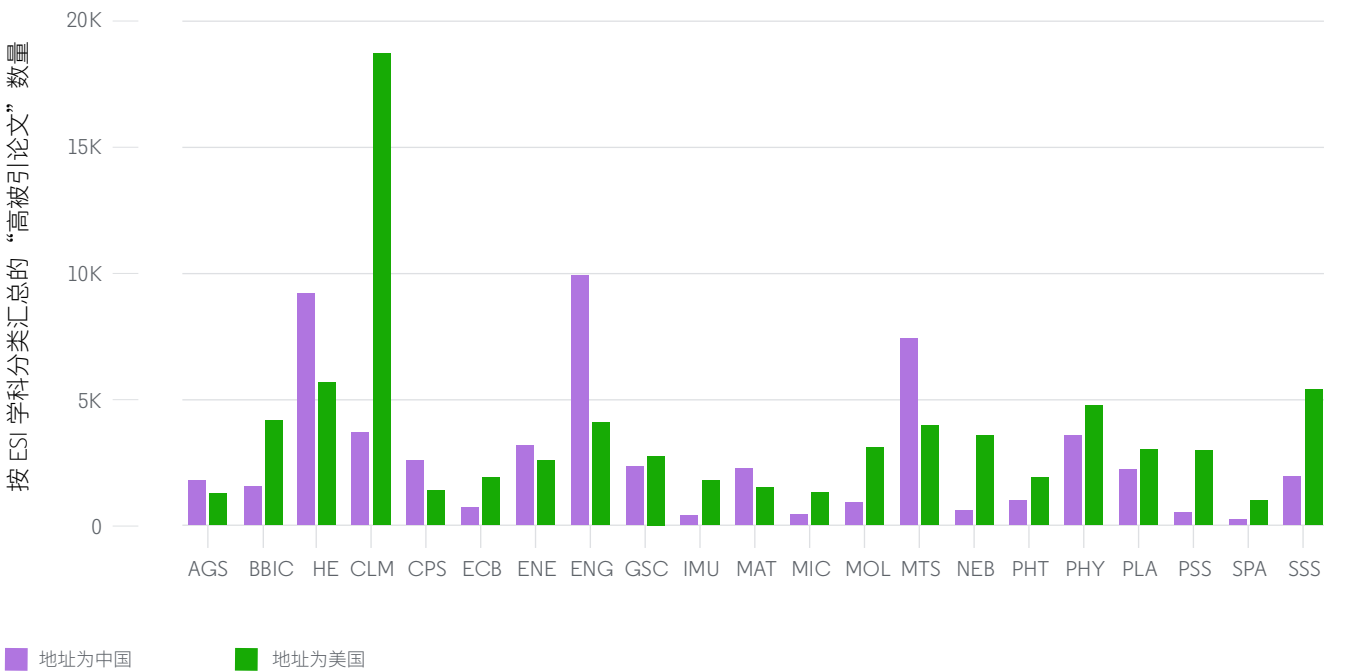
中国则在农业科学（AGS）、化学（CHE）、计算机科学（CPS）、环境和生态学（ENE）、工程学（ENG）、数学（MAT）及材料科学（MTS）领域领先美国——有时还是大大领先。

美国在“高被引论文”数量上的领先地位多半要归功于庞大的“临床医学”类别（约占所有“高被引论文”的五分之一），美国在该类别的“高被引论文”比中国多出 15328 篇，而美国的“高被引论文”总数比中国多出 20502 篇，所以与中国相比，美国在总数上的领先优势有 74.8% 都来自临床医学。

中国“高被引科学家”人数的激增是由于多种因素的共同作用，例如教育和科研设施投入的增加、将战略重点放在能够收获国际认可和引用的具体重大课题上，以及科学和学术研究基础的整体改善，这包括组织、战略规划以及行政效率等各个方面。

如**第三节**所示，与欧洲国家相比，中国的论文高度偏重国内合作。从以国内合作为主转向国际合作可能会进一步推动中国“高被引论文”和“高被引科学家”的增加，因为国际合著能以更快的速度积累引用，原因可能在于此类论文可见知名度较高、价值较大，或二者兼而有之。

图 2.3：至少有一个地址位于中国或美国的“高被引论文”总数（基于基本科学指标即 ESI），按 ESI 学科分类汇总。学科领域代码已在正文中标注和描述。一些论文同时署有中国和美国的作者地址。



03. 科研合作

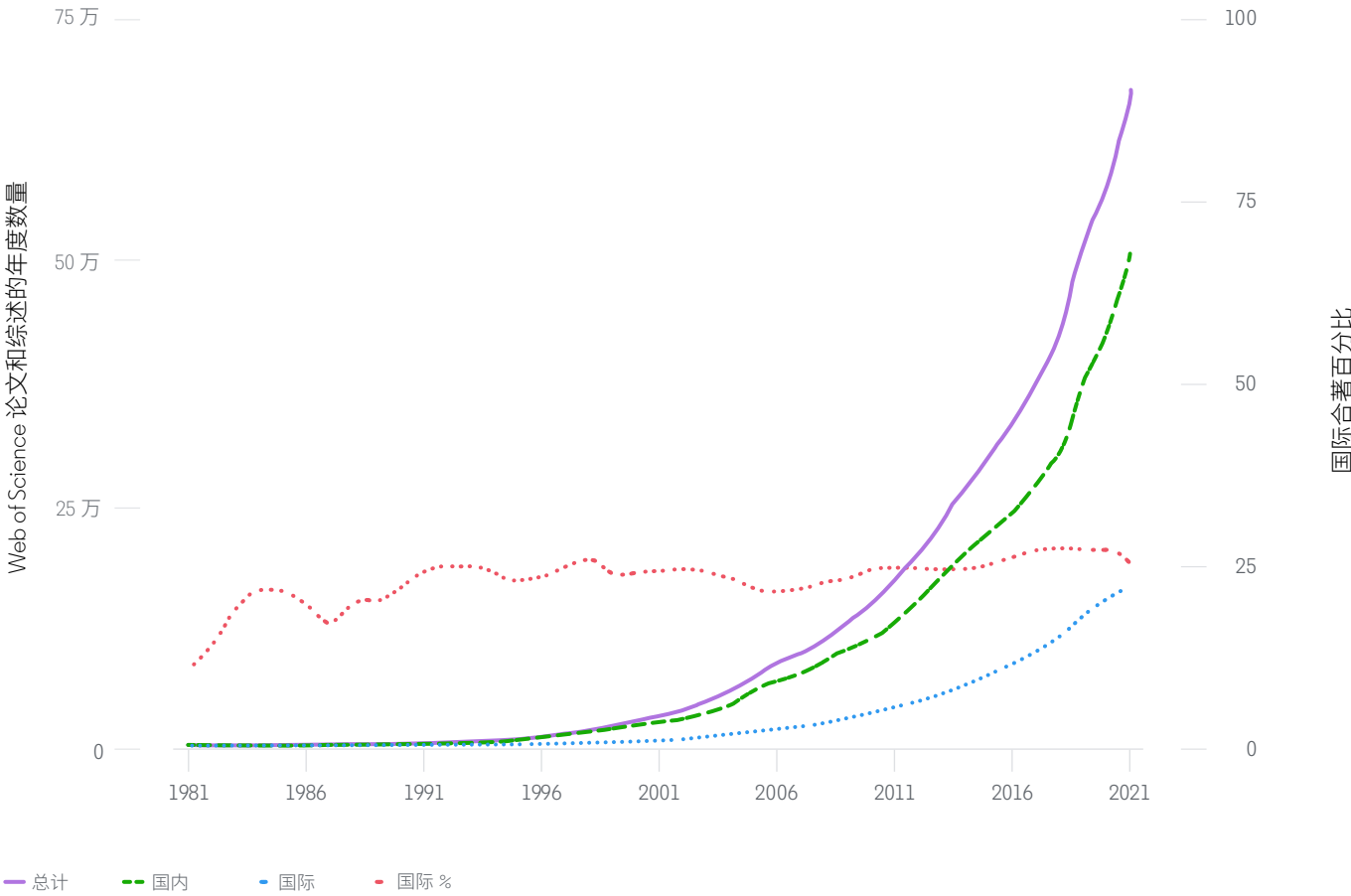
科研质量

中国如今已成为极具全球影响力的研究型经济体，其他国家 / 地区很难与之相提并论。正如我们在本报告第一节中所述，中国的科研论文产出量自 2013 年以来一路猛增，增长量超越了全球其他所有地区。用全球其他“地区”作为基准来考察中国的科研活动实际上更能说明问题。

中国的本地论文（即作者仅在中国国内，没有国际合作）和国际合作（及与至少一个其他国家 / 地区开展合作）的论文增长率相似。（图 3.1）。中国科研活动的重心仍主要放在国内，没有任何国际合作的科研论文比例在 70%-80% 之间。

这使中国成为全球最为关注内部的区域，因为其他国家和地区普遍都在逐步转向国际合作。相比之下，美国没有国际合作的论文产出比例目前不足 60%，而英国和欧盟经济体的比例通常低于 40%。

图 3.1：发表在 Web of Science 期刊上、至少有一名中国境内作者的科研论文和综述文章年度总数。右轴显示了至少有一名国际合著者的产出论文百分比。



“人们普遍认为，由合著者共同撰写的论文通常会比单一作者撰写的同类论文获得更高频率的引用。”

合作影响力

人们普遍认为，由合著者共同撰写的论文通常会比单一作者撰写的同类论文获得更高频率的引用。其中的原因尽管存在争议，但很可能是在于科研合作需要付出较高的相对成本，包括时间成本以及对于合作各方拥有共同议程和共同利益的内在要求，这决定了研究者只会有一种情况下选择合作：开展合作极有可能产生高影响力创新成果，而单凭一己之力是无法实现这一成果的。

合作效应对于引文影响力分析显然是有意义的。所以，按合作类型对科研产出进行解析将更能说明问题，为此，ISI 采用了五种类型：国内单一机构；国内多机构；国际双边，合作方为一个相关国家 / 地区和一个伙伴国家 / 地区；国际三边；国际四边及多边。作者地址分布在五个或更多国家 / 地区的论文相对较少。

该方法已应用于美国和中国产出的科研论文。十年来，中国国内合作论文（占总产出的 73%）产生的引用占到

中国引文总量的 64%。其国际合作有四分之三以上是双边合作。美国的国内论文占比低于中国（约 61%），但与中国相同的是，其国际合作大多属于双边性质（73%）。（图 3.2a）

与中国相比，更高比例的多边合作往往会对其他国家 / 地区产生更高的平均引文影响力（CNCI，学科规范化引文影响力）。要想提高可比性，我们可以按合作类型对 CNCI 进行进一步规范；在常规 CNCI 中，发表年份、学科领域和文献类型已纳入考量。这种经过修改的引文指数称为“Collab CNCI”（合作性 CNCI），Potter 等人对其做出了详细介绍（2020，2022）。

合作性 CNCI 不只按合作类型对引文数进行规范化，而且还结合了前文所述的各项因素。例如，在合作性 CNCI 中，一篇本地论文（非国际合作论文）的常规 CNCI 会与其他本地论文的全球平均 CNCI 相比较，而国际双边合著论文则会与其他国际双边

论文做比较。这不仅会改变 CNCI 数值（合作性 CNCI 通常低于同一组论文的标准 CNCI 值），还能让我们了解到一个国家 / 地区的本地论文与其他本地论文相比影响力是高是低。换言之，这些论文在其所属类型中表现如何？

当 ISI 按照五种不同的合作类型考察中国和美国的合作性 CNCI 值时（图 3.2），可以明显看出中国的合作性 CNCI 值大体一致（处于 1.12 到 1.22 之间），而美国的数值则随着合作方的增加而下降——从国内单一机构科研论文的 1.35 下降到国际四边及多边科研论文的 0.97，后者已低于世界平均水平。这表明无论合作类型如何，中国的科研影响力始终高于世界平均水平。中国和美国在国内科研都显示出高于其合作研究的合作性 CNCI 值。这说明两国都拥有强大的国内研究基础。尽管中美如今也是众多国家 / 地区的主要研究伙伴，但值得注意的是，大多数高度多边化的美国论文相对而言都表现欠佳。（图 3.2b）

图 3.2：按合作类型分解的中美两国科研论文和引文数据（2013-2022 年）。

图 3.2a：中美两国科研组合中不同发表模式的份额对比

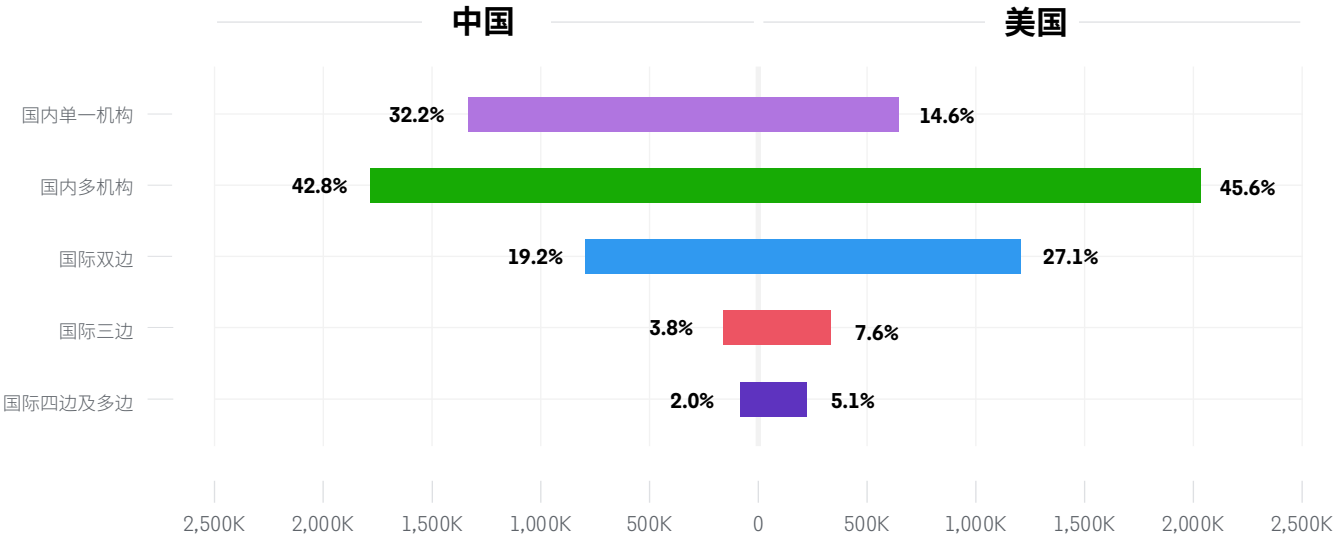
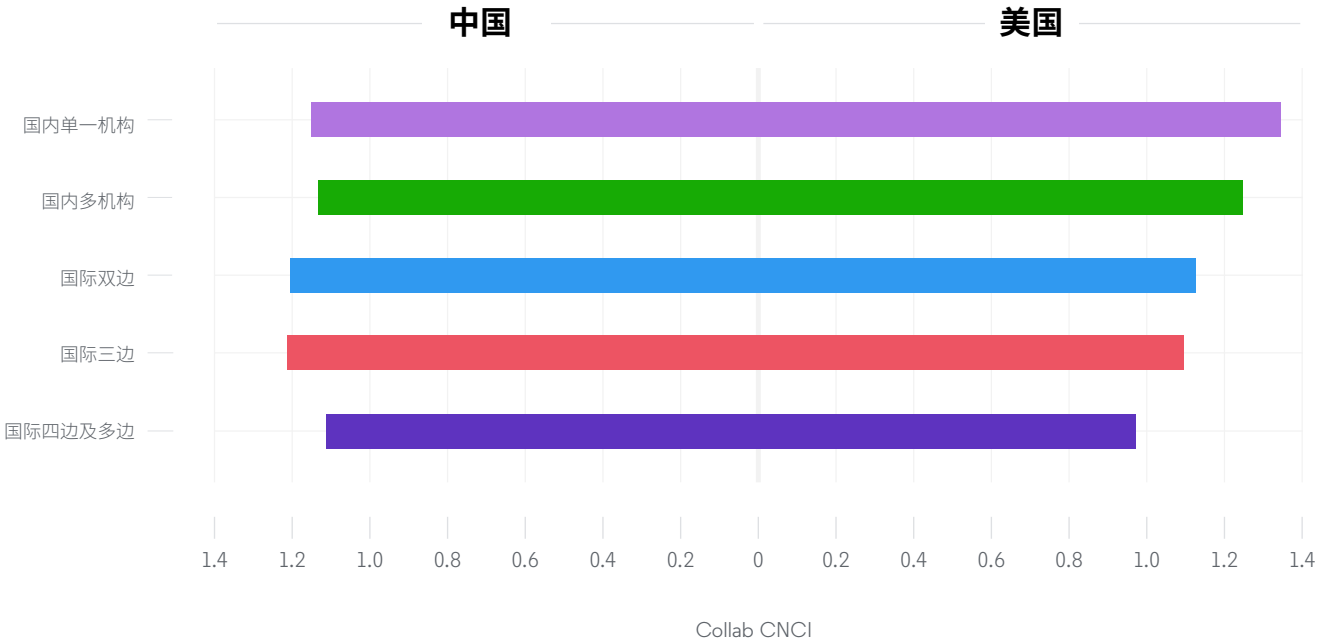


图 3.2b：两国科研组合中各种发表模式的学科规范化引文影响力（CNCI）



中国的科研合作网络

联合国由 193 个主权国家组成。2013 年，中国与其中的 164 个国家开展了合作，到 2022 年，其不断扩大的合作网络已上升至 191 国。近期的合作通常有发展中国家 / 地区的参与，这些国家 / 地区的特征包括科研人员数量较少、GDP 较低或研发支出（GERD）相对有限。此类合作往往会扩展到非洲、太平洋、加勒比等地区。这些合作大多规模较小：比如，在 2022 年，仅利比亚（37）、塔吉克斯坦（40）和巴基斯坦（92）与中国合作发表了 30 篇以上的论文。对利比亚和巴基斯坦而言，这仅占其国际合作的 10% 左右——但对塔吉克斯坦来说，其占比则高达 36%。

过去十年间，美国一直是中国的第一大国际科研伙伴，参与合著了中国 40% 以上的国际合作论文。这一比例超过了其他主要合作伙伴（英国约 12%，澳大利亚约 10%），但美国的总产出要大得多。尽管中国的许多主要合作方都来自亚洲，但也有北欧和西欧的合作国家，其中包括很多 G20 成员国。

鉴于中国科研产出的快速增长，我们的分析没有局限于合作论文的绝对数量，而是进一步衡量了各个国家 / 地区与中国的合作论文在中国全部国际合作论文中所占的份额。随着中国合作网络的发展，中美合作论文的占比在 2011 年之后猛增至 40% 以上，但后来又回落到 30% 左右。与日本合作论文的份额也有所下降。然而，与澳大利亚（从 7.5% 增至 9.9%）和英国（从 8.9% 增至 11.8%）合作论文的份额在 2012 – 2021 年间却双双增加。

除上述国家之外，过去十年中国国际合作论文占比增幅超过两个百分点的国家有两个：巴基斯坦（份额从 0.8% 增至 4.4%）和沙特阿拉伯（从 0.8% 增至 2.8%）。沙特阿拉伯的合作论文数量增加了 10 倍，达到 4695 篇。其他中东国家与中国合作发表论文的绝对数量近来也大大增加：埃及（增加 12 倍，2021 年达到 2585 篇）；伊朗（增加 15 倍，达到 2814 篇）以及伊拉克（增加 30 倍，达到 365 篇）。

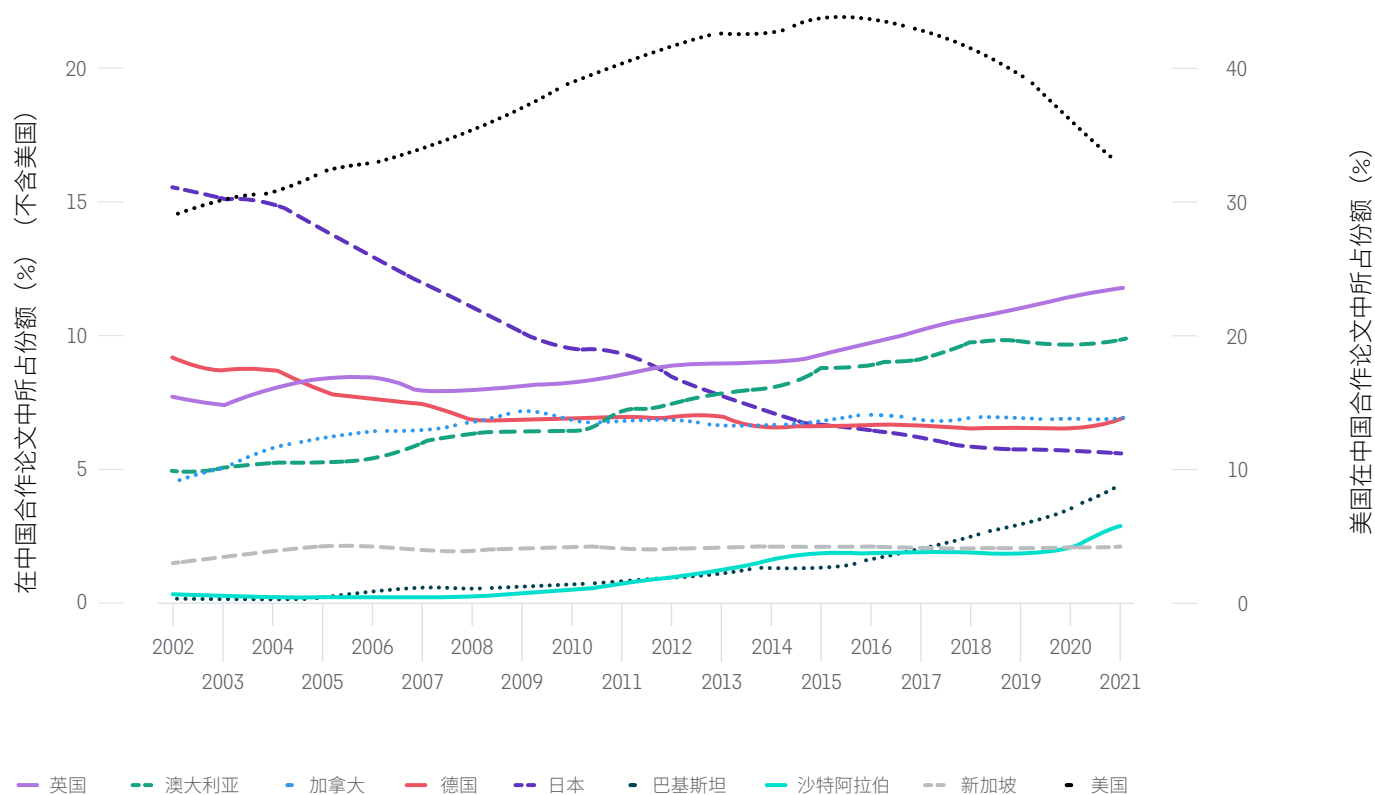
(图 3.3)

如果不仅考虑各个合作国家 / 地区在中国科研合作中所占的份额（**如图 3.3 所示**），进一步把这些合作论文在各个合作国家 / 地区的本国 / 本地区论文产出中所占的份额也纳入考量，我们就能得到另一种视角来考察国际合作。换言之，合作关系呈现出怎样的平衡？由于中国体量庞大，用合作论文在合作国家 / 地区产出中所占的百分比与合作论文在中国产出中所占的百分比计算得出的合作比率通常会大于 1。但这一比率的发展趋势以及合作国家 / 地区之间的比较能为我们提供有价值的洞见。

我们选取 2022 年与中国合作最频繁的 12 个国家 / 地区，分析了以下两者之间的百分比差异：一个国家 / 地区在中国合作产出（**图 3.3**）中所占的份额与中国在该国 / 该地区科研合作中所占的份额。英国在这方面提供了一个范例，英中在合作关系中保持了惊人的平衡：2014 年，英中合作占英国合作产出论文的 10%，同时也占中国合作产出论文的 10%。大多数分析结果都反映了伙伴国与中国之间关系的变化。

“过去十年间，美国一直是中国的第一大国际科研伙伴，参与合著了中国 40% 以上的合作产出论文。”

图 3.3：最近一个年度（2021 年）中国国际合著论文在其高频合作伙伴国所占的百分比份额。请注意，美国数据显示在单独的数轴上，因为与其他国家相比，美国的份额十分庞大。



对美国而言，合作论文所占份额百分比经历了下降：这是美国独有的变化趋势。2013 年，美国占到中国科研合作的 47% 左右，而中国则占美国科研合作的 18% 左右，因此差值是 30 个百分点。到 2022 年，美国占中国科研合作的 32%，中国则占美国科研合作的 25%，差值缩小到仅 7 个百分点。如果这一趋势延续下去，两国将在几年内达到合作对等状态。

新加坡以相对出色的国际科研组合闻名，其变化模式与美国截然不同：合作论文所占份额百分比从 <30 升至 48 左右。值得注意的是，新加坡

在中国科研合作中所占的份额在这一时期始终保持稳定（约 4.5%），这表明双方的合作是与中国的整个国际科研组合同步增长的。然而，从新加坡的角度来看，该国在 2013 年有三分之一的科研合作是与中国大陆开展的，而到 2022 年，这一份额已扩大到一半以上。由此可见，新加坡可能会越来越多地与中国开展科研合作。

巴基斯坦与中国的合作也大大增加，从 2001 年的不足 10 篇合作论文增加到 2021 年的近 7500 篇合作科研论文和综述，相比之下，中国与邻国

印度 2021 年合作撰写的论文还不到 5000 篇。到 2022 年，巴基斯坦在中国科研合作中所占的份额扩大了五倍（从 1.1% 增至 5.1%），由此成为中国合作最频繁的十大伙伴国之一，而对华科研合作在巴基斯坦国内所占的比重在 2014 到 2019 年间仅翻了一番（从 18% 增至 34%）。巴基斯坦与中国显然正在以互利互惠的方式扩大合作。事实上，在与中国合著论文超过 10000 篇的国家中，巴基斯坦（32%）和新加坡（43%）是迄今为止对华国际合作比重最高的国家。

中国的科研合作重点

要想理解并阐释这些错综复杂的合作关系动态,就必须进行更细致的分析。相关数据清晰地表明,很多国家/地区都在日益频繁地与中国开展科研工作。中国与中东新兴经济体联系日趋紧密,这很有可能引发广泛关注,同时,中国与“一带一路”沿线国家的关系显示了科研投资对于文化外交的重要性。

一个广受关注的问题就是中国的科研活动集中在哪些领域。我们已经在“科研足迹”(图 1.3)中呈现了中国科研活动的总体分布状况,并展示了该国的合作重心。

为彻底解答上述问题,我们将美国和欧盟作为全球可比地区,以此为参照专门考察了中国的科研合作进展情况。显然,中国在技术领域的科研出版物占据了非常可观的份额。

事实上,在 2017 至 2021 年间,中国

在自动化控制、电信和纳米技术等领域发表的论文和综述已经超过了全球的 40%。同时,中国也在这些领域与美国保持密切合作,电信领域多达三分之一的美国论文都有中国科研机构的合著者参与撰写,在其他诸多领域,这一比例也达到四分之一以上。中国在欧盟论文中所占的份额则要少得多,通常仅为该地区论文总数的 10% 有余。

正如我们前面提到的,中国正逐步扩大其生物化学、分子生物学以及医学领域的研究。然而,在这些学科的美国论文中,中国参与合著的份额却要低得多,而美国实际上应该有能力支持此类研究的发展,因为美国国立卫生研究院长久以来在这些领域一直拥有强大的科研力量。中国在欧盟论文中所占的份额则要更小,而欧盟同样科研实力雄厚,并且在全球产出论文中占据相当大的比重。(表 3.1)

这些分析表明,中国是相对有选择地开展科研工作。中国与某些国家/地区的合作范围及其广阔——美国和巴基斯坦就足以代表此类合作伙伴的多样性;与另外一些国家/地区的合作面则较为有限。中国的科研工作显著集中在现有的优势领域(如技术领域),而不是其正在设法发展的生物医学领域。中国科研布局的发展演变将成为各国政策制定者长久关注的话题。

国际合作研究拥有强大的影响力,往往也极具创新价值。在中东,新兴绿色能源技术获得的项目资金正日益增长,而中国与中东新兴经济体进行科研合作的一大好处或许就是能为此类技术开辟广阔的研究前景。在接下来的一节,我们将以创新方法分析中国的科研状况——我们不仅要考察中国已经采取的措施,还要通过“研究前沿”阐明中国今后的研究走向。

“国际合作研究拥有强大的影响力,往往也极具创新价值。而中国与中东新兴经济体进行科研合作的一大好处或许就是能为新兴绿色能源技术开辟广阔的研究前景。”

表 3.1：中国、美国和欧盟在 Web of Science（2017 – 2021 年）各学科类别索引期刊的全球已发表论文（科研论文和综述）中所占的份额，以及美国、欧盟在这些学科类别与中国合作产出的论文百分比。

学科类别	全球论文占比份额（%）			与中国合作的论文份额（%）	
	中国	美国	欧盟	美国	欧盟
自动化控制系统	46.3	13.6	27.8	28.4	11.9
影像学	44.9	20.3	33.7	29.3	11.4
陶瓷科技	44.6	7.6	38.0	24.4	9.8
电信	44.5	13.5	36.6	33.4	13.2
光学	43.5	14.3	51.8	18.4	7.9
纳米科学和技术	43.0	19.9	37.2	27.6	9.6
遥感	41.7	19.6	20.3	28.6	10.8
地质工程	41.6	12.9	38.6	24.1	9.8
整合替代医学	41.3	10.3	50.7	17.3	6.0
应用化学	39.6	8.6	48.7	29.4	4.9
细胞生物学	32.6	29.9	12	15.7	3.5
肿瘤学	30.9	29.6	18	10.6	2.6

04. 中国研究前沿

在本报告的第一节，我们探究了中国的科研格局，进而注意到一些重要趋势，这些趋势凸显了中国在材料学、工程学、计算机科学和化学等领域日益增强的科研生产力。在第三节中，我们详细审视了中国在具体学科领域的论文产出和科研合作。在掌握了这些总体信息之后，一个更深层次的问题随之出现：这些研究的核心主题会是什么？

我们可以通过多种途径来解决这个问题。相比 ESI 学科领域——比如“材料学”和“工程学”（图 1.3），基于期刊的 Web of Science 学科类别（表 3.1）在分类上更加明确，能为我们的分析提供一个有用的起点。不过，“电信”、“人工智能”和“陶瓷”的类别划分仍不免模糊。我们可以用论文之间的引文链接来提高分类体系的精细度，方法就是从单个文献的层面自下而上进行聚类。这就将我们引向了“宏观”（粗粒度）和“微观”（细粒度）引文主题（Citation Topics）方法。运用这种方法，我们可以找出中国在超级电容器、深度学习和长链非编码 RNA 研究有哪些最主要的微观主题。

虽然这些基于引文的分类有助于我们按一般主体了解研究概况，但是却无法从科研整体的角度获取以这些研究为依据的当前的热点研究。例如，深度学习是如何进行研究和应用的？

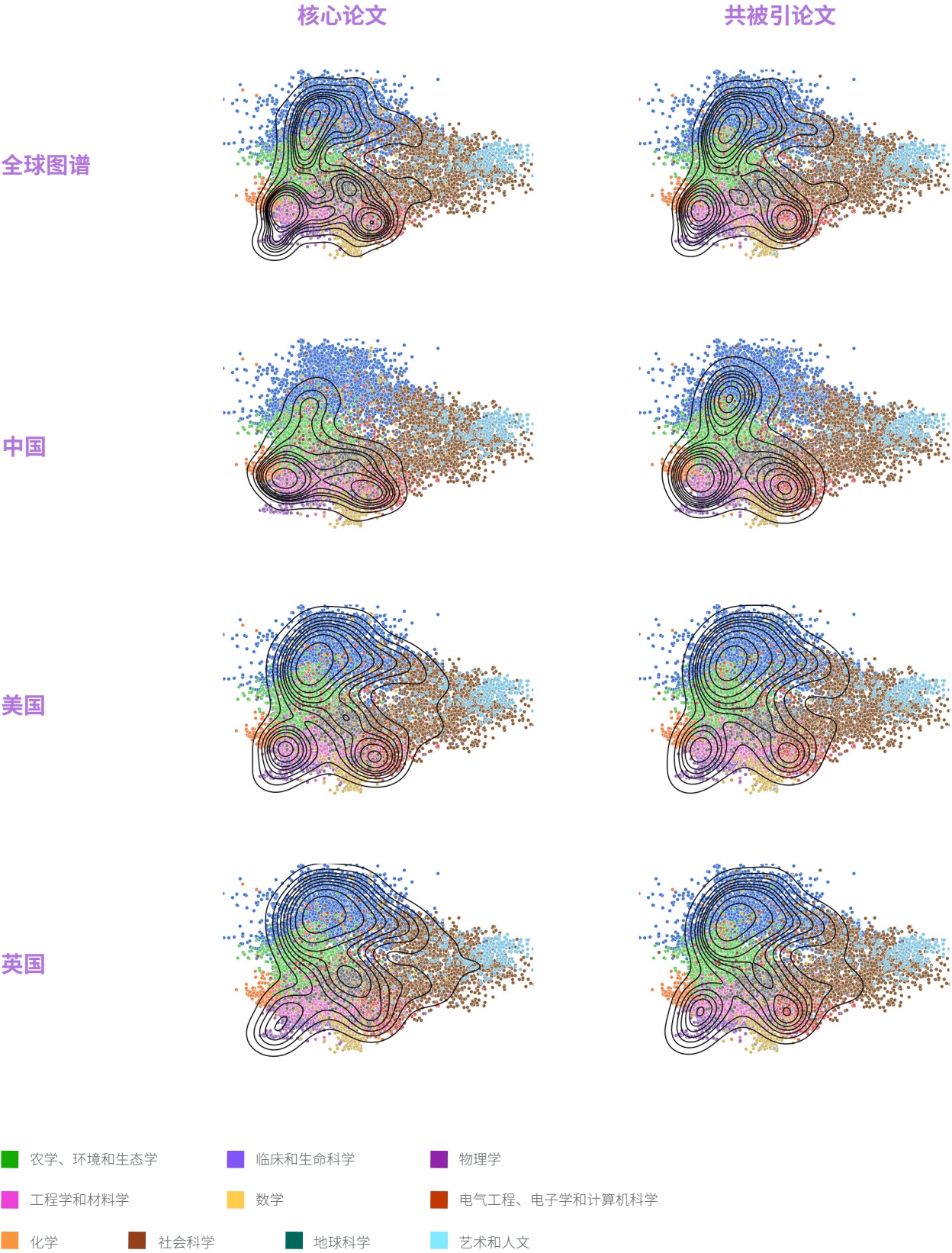
为解决这一问题，我们转向了“研究前沿”的概念：即新兴或成长型研究领域，我们在《全球研究报告：识别 Web of Science 中的研究前沿》（Szomszor、Pendlebury 和 Rogers, 2020）中探讨了这一概念。我们用于识别研究前沿的方法就是对近期发表的“高被引论文”进行聚类，这种聚类法是基于发表日期更近、引用了这些文献的论文。

强调论文既要是近期发表（过去五年内发表）又要达到“高被引”（引文数在同学科领域、文献类型和发表年度排名前 1%）让我们能够聚焦于热门研究主题的同源论文。这些聚类提供了两大关键要素：构成各个“研究前沿”创新性来源的高被引核心论文；以及共引至少两篇核心论文、显示了核心论文中的创新知识如何得到应用的论文。

通过适当选择聚类精细度，我们确定了约 13000 个“研究前沿”。我们根据参与撰写核心论文或共引论文的国家 / 地区对这些聚类进行筛选过滤，由此得以探究中国科研中的热门主题。

我们首先采取了通常用于创建热力图的方法（《全球研究报告：剖析研究概况：超越指标》，图 6；Adams、Pendlebury、Potter 和 Rogers, 2023），以便计算各个“研究前沿”的加权平均位置，并以散点图的形式将其绘制在图谱上。如果将一组等高线叠加在这幅图谱上（使用所谓的“核密度估计”），我们就能揭示不同国家 / 地区的研究重点。这种方法可以直接应用于全球研究网络的研究数据，然后再分别用于中国以及用作比较对象的美国和英国。我们可以比较核心论文和共引论文的分布情况，“研究前沿”呈现的颜色来自这些领域最常见的“宏观引文主题”（图 4.1）。

图 4.1：“研究前沿”的分布情况，按“宏观引文主题”划分
核心（左）和“共引”（右）论文：全球；中国；美国；英国



由此得到的图表直观显示了上述三大高产研究型经济体各不相同的热门主题研究重点。在全球层面，核心论文的高峰出现在化学与工程学及材料学的交叉领域，同时也显现在电气工程、电子学和计算机科学以及临床和生命科学领域，另外，地球科学领域也表现出一定的活跃度。与此相反，在中国，由“核心论文”主导的“研究前沿”主要集中于以下领域：化学及工程学和材料学；电气工程、电子学和计算机科学。这与本报告前文就科研产出日益上升的领域得出的观点相一致。然而，就共引论文而言，中国在

临床和生命科学领域的活跃度明显更高。这也与我们对中国未来科研走向和快速增长领域的研究结果一致，在这些研究领域，其他主要研究型经济体的科研活动已经十分活跃。

表 4.1 针对中国核心或共引论文（如适用）占比最高的五大高峰领域突出显示了与各领域“研究前沿”相关的“微观引文主题”：化学领域的核心和共引论文；电气工程、电子学和计算机科学领域的核心和共引论文；以及临床和生命科学领域的共引论文。

一些值得关注的趋势从中凸显出来。在其中的许多“研究前沿”领域，中国同时成为核心论文和共引论文的主要贡献者。化学和材料学的许多“研究前沿”都与绿色技术的进步有关，比如太阳能电池和燃料电池。举例来说，氧还原反应通常与燃料电池涉及的化学过程相关。不过，由此产生的核心论文大多贡献给了有关微波吸收和其他电磁辐射的“研究前沿”。这涉及多种多样的材料——包括石墨烯和 MXene，同时也有着广泛的民用和军事用途——从屏蔽电子元件到隐身技术等。

**“一些值得关注的趋势从中凸显出来。
在其中的许多“研究前沿”领域，
中国同时成为核心论文和共引论文的主要贡献者。
化学和材料学的许多“研究前沿”
都与绿色技术的进步有关，比如太阳能电池
和燃料电池，举例来说，氧还原反应通常与燃料
电池涉及的化学过程相关。”**

“在中国，由 ‘核心论文’ 主导的 ‘研究前沿’ 主要集中于以下领域：化学及工程学和材料学；电气工程、电子学和计算机科学。”

表 4.1: 在下列主要“研究前沿”领域，中国在其领先学科贡献了数量最多的论文（研究论文和综述）。“论文数”列和“在总数中的占比（%）”列是针对核心论文或共引论文（视情况而定）。

主要“微观引文主题”	论文数	在总数中的占比（%）
核心：化学 / 材料学		
微波吸收	462	91.8%
超级电容器	432	78.8%
氧还原反应；二氧化碳减排；一氧化碳氧化；光催化	364	79.5%
有机太阳能电池	304	86.4%
钙钛矿太阳能电池	251	51.3%
共引：化学 / 材料学		
氧还原反应；二氧化碳减排；一氧化碳氧化；光催化	12,288	77.4%
氧还原反应	9,204	77.2%
钙钛矿太阳能电池	8,385	50.3%
氧还原反应	6,087	72.0%
磁性纳米粒子；基因传递；沃伯格效应；金属有机框架；光动力治疗	5,878	84.3%

主要“微观引文主题”	论文数	在总数中的占比 (%)
核心：电气工程、电子学和计算机科学		
粒子群优化；MPPT；深度学习；故障诊断；机组组合	208	87.4%
自适应控制；线性矩阵不等式；多代理系统	152	90.5%
视觉搜索；深度学习；对象跟踪	124	86.7%
对象跟踪	116	68.6%
MIMO；网络编码；无人机；超材料；室内定位	113	44.7%
共引：电气工程、电子学和计算机科学		
深度学习；对象跟踪；超分辨率；NDVI；缺陷检测	11,138	70.0%
深度学习；对象跟踪；缺陷检测；OCR；采摘机器人	5,559	62.4%
自适应控制；线性矩阵不等式；多代理系统	3,802	82.9%
深度学习；缺陷检测；人脸识别；超分辨率；对象跟踪	2,996	48.4%
物联网；无人机	2,800	65.3%
共引：临床和生命科学		
长链非编码核糖核酸；程序性死亡受体 1；微小核糖核酸；胰腺癌；非小细胞肺癌	36,878	43.1%
长链非编码核糖核酸	5,841	86.7%
冠状病毒；丹毒丝菌病；竞争风险；Fc 受体；质谱流式细胞技术	4,833	68.6%
沃伯格效应；铁过载；细胞凋亡；自噬；长链非编码核糖核酸	4,784	44.7%
冠状病毒	4,631	18.0%

正如我们在前几期报告中指出的那样，

Web of Science 全球科研出版物的数据十分清晰

地表明，在上述所有“研究前沿”领域，

中国的科研能力都正在崛起，其研究成果也有望

达到卓越水准，由此产生的影响对于全球众多

科研进展都意义深远且大有裨益。

中国以绿色技术为重点的“研究前沿”还存在另一个值得注意的例外，它是中国在这一学科领域的第五个共引论文“研究前沿”。尽管这一“研究前沿”的核心在于磁性纳米粒子，但很多共引论文都深入探究了基因传递、与癌症治疗相关的沃伯格效应以及金属有机框架的合成等领域，金属有机框架有着广泛多样的用途，包括储氢。

正如前文所述，深度学习逐渐成为中国科研论文中主要的“微观引文主题”。中国研究者在电气工程与计算机科学“研究前沿”领域贡献了数量最多的核心论文，该前沿涉及到旨在优化电力网络的技术。而其他主要

的计算机科学“研究前沿”则往往涉及用途广泛的图像识别技术。此类用途包括跟踪单个对象、植被探测（NDVI）、无人机和面部识别。这就解答了我们先前提出的问题，并突出了深度学习有着丰富多样的研究和应用方式。

一些主要的临床和生命科学“研究前沿”涉及到冠状病毒研究，这应该不会令人意外。尽管中国研究者为该领域贡献了很多共引论文，但这只占该主题研究论文总量的一小部分。中国科研工作者对长链非编码 RNA（lncRNA）应用研究有着更

为重大的贡献：包括研究癌症及其治疗，以及免疫系统相关的研究。

正如我们在前几期报告中指出的那样，Web of Science 全球科研出版物的数据十分清晰地表明，在上述所有“研究前沿”领域，中国的科研能力都正在崛起，其研究成果也有望达到卓越水准，由此产生的影响对于全球众多科研进展都意义深远且大有裨益。上述趋势在十年前就已显而易见，十年来中国的科研发展又不断强化了一点。这必将对亚太地区乃至全球所有主要经济体未来的研究和创新工作带来深刻的影响。

关于科学信息研究所（ISI）的全球研究报告系列

我们的全球研究报告以我们独特的行业洞见为基础，提供分析、意见和评论，以引导并促进讨论。

每一份报告均揭示出研究数据拥有的巨大潜力，为科研评估和科研政策中的管理问题提供信息，并加速全球研究体系的发展。

如果您希望收到 ISI 的相关资讯和报告，或了解我们的工作，敬请联系我们：
ISI@clarivate.com

关于科睿唯安

科睿唯安™（Clarivate™）是全球领先的信息服务提供商。我们为全球用户提供信息与洞见，帮助他们改变观点、改善工作，让世界变得更加美好。我们的解决方案基于先进的技术与深厚的行业积淀，涵盖学术研究和政府机构，生命科学与健康，知识产权各个领域。如需了解更多信息，请访问<https://clarivate.com.cn/>

Web of Science™ 是全球最大、最值得信赖的出版机构中立的引文索引数据库及独立的研究信息平台。该平台提供全球科研信息和数据，推动学术界、企业、出版机构和政府加快研究步伐。

科睿唯安中国办公室

地址：北京海淀区科学院南路2号融科资讯中心C座北楼610单元
邮编：100190
电话：+86-10 57601200
传真：+86-10 82862088
邮箱：info.china@clarivate.com
网址：clarivate.com.cn



扫描上方二维码
关注科睿唯安官方微信