



深圳国际科技信息中心
International Science and Technology Information Center

Clarivate™ 科睿唯安™

2024 产业科技进展

脑科学与脑机工程篇



联合发布

深圳国际科技信息中心

科睿唯安

技术指导

深圳市脑科学学会

CONTENTS

目 录

01	背景	1
02	方法论	2
03	脑科学与脑机工程的内涵及研究内容	3
04	脑科学与脑机工程的基础研究概况	5
	4.1 脑科学与脑机工程的研究发展概况	5
	4.1.1 研究产出	5
	4.1.2 研究影响力	8
	4.2 脑科学与脑机工程的研究竞争格局	9
	4.2.1 全球布局	9
	4.2.2 国际影响力	11
	4.2.3 国际合作	14
	4.3 脑科学与脑机工程的研究创新机构	16
	4.3.1 机构分布	16
	4.3.2 机构影响力	19
	4.3.3 机构合作	22
	4.4 脑科学与脑机工程的研究人才全景	23

4.4.1 人才分布	23
4.4.2 领军人才	25
4.5 脑科学与脑机工程的热点前沿与新兴前沿	26
05 脑科学与脑机工程的应用研究概况	31
5.1 脑科学与脑机工程的技术发展概况	31
5.1.1 专利产出	31
5.1.2 专利类型	32
5.2 脑科学与脑机工程的技术分布特征	33
5.2.1 专利技术构成	33
5.2.2 专利技术热点	34
5.2.3 专利技术用途	35
5.3 脑科学与脑机工程的技术创新价值	36
5.3.1 专利技术性	36
5.3.2 专利经济性	38
5.3.3 专利法律性	40
5.4 脑科学与脑机工程的技术竞争格局	41
5.4.1 技术地域分布	41
5.4.2 地域技术构成	45
5.5 脑科学与脑机工程的技术创新机构	46
5.5.1 技术机构分布	46
5.5.2 机构技术构成	49

06	深圳脑科学与脑机工程的发展概况	50
6.1	深圳脑科学与脑机工程的基础研究概况	50
6.1.1	基础研究发展概况	50
6.1.2	基础研究学术影响	51
6.1.3	基础研究合作交流	52
6.1.4	基础研究创新机构	55
6.1.5	基础研究热点前沿	59
6.2	深圳脑科学与脑机工程的应用研究概况	60
6.2.1	应用研究技术发展概况	60
6.2.2	应用研究技术分布特征	63
6.2.3	应用研究技术创新价值	64
6.2.4	应用研究技术地域分布	66
6.2.5	应用研究技术创新机构	68
07	附录	70

1. 背景

党的二十大报告指出，要加快实施创新驱动发展战略。坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，加快实现高水平科技自立自强。2024 年，习近平总书记在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话中指出，要扎实推动科技创新和产业创新深度融合，助力发展新质生产力。瞄准未来科技和产业发展制高点，培育发展新兴产业和未来产业。同年，党的二十届三中全会进一步提出，要统筹推进教育科技人才体制机制一体改革，健全新型举国体制，提升国家创新体系整体效能。

深圳坚持，以科技创新之进，拓产业创新之路，最终成高质量发展之效，以创新支撑深圳发展，以创新带动全省引领全国。2024 年，深圳结合自身发展实际，在原有“20+8”产业集群 1.0 版基础上，进一步推出 2.0 升级版，推动加快发展新质生产力，壮大战略性新兴产业集群并培育未来产业。新版本的重点任务涵盖产业集群的动态调整、精准施策、统筹发展以及创新体系建设等方面。

为切实推进深圳未来产业 2.0 版建设，深入评估当前基础研究与技术创新现状，精准把握未来产业发展趋势，为产业全链条变革提供科学分析与明确指导，深圳国际科技信息中心与科睿唯安联合编制并发布《2024 产业科技进展——脑科学与脑机工程篇》报告。该报告采用定量为主、定性为辅的研究方法，秉持客观、科学的态度，从“认识脑、保护脑、连接脑”三个方面展现脑科学与脑机工程领域的基础研究和创新现状。在此基础上，深入挖掘并揭示其中的核心问题与挑战，为其高质量发展指明方向，同时为政策与投资决策等提供有深度、有价值的参考信息。

2. 方法论

本报告旨在为未来产业科技创新提供宝贵的参考。基于科睿唯安的 Web of Science™ 学术论数据库和 incoPat 专利数据库，采用文献计量学的定量分析与专家的定性研判相结合的方法，力求以客观、全面的视角展现脑科学与脑机工程领域在基础研究和应用研究方面的现状和发展趋势。报告的分析时间跨度为 2019 至 2023 年，数据检索完成于 2024 年 9 月。

在定量研究方法上，利用文献计量学系统性地分析特定学科的学术论文是呈现其基础研究进展的关键方法之一。同时，专利信息的动态变化也为监测相关领域应用研究的最新发展提供了重要的应用视角。

在数据来源上，报告依托的 Web of Science™ 文献数据库涵盖了科学引文索引（SCIE）、社会科学引文索引（SSCI）及艺术与人文引文索引（A&HCI）三大期刊引文索引，共收录了超过 13000 种学术期刊的论文数据。同时利用的 incoPat 专利数据库共收录了全球 170 个国家、组织或地区的超过 1.8 亿件公开专利文献。通过整合这些数据资源，报告构建了脑科学与脑机工程领域的文献数据集和专利数据集，旨在对该领域的基础研究和应用研究进行全面的分析与评估。

检索策略的制定是数据分析的基础和关键，在检索用关键词表构建上，为确保分析数据集的科学严谨性和结果的可靠性，报告采用以下三个步骤来进行构建：（1）结合前期的案头研究和专家意见，围绕脑科学与脑机工程的核心概念，梳理形成初步的关键词表；（2）利用 Medline 数据库和 MESH 叙词表扩充了与该领域相关的医学检索词汇，以增强关键词表的覆盖面；（3）根据 Web of Science™ 和 incoPat 数据库各自的主题分类和专家研判，明确了该领域三个核心方向的关键词。

在基础研究上，报告采用分总式检索方法，结合关键词和 Web of Science 学科分类，从三个核心研究方向出发进行检索，获取对应分方向的文献检索结果，并经过合并、去重得到脑科学与脑机工程领域的综合文献数据集。进而，分别从文献产出量、学术影响力、领先国家 / 地区、主要研究机构、活跃发文学者分布以及热点前沿等多个维度，对该领域的基础研究进行深入分析。其中，发文量主要反映了研究产出的规模；学科规范化的引文影响力（CNCI）和被引次数排名前 10% 的论文量揭示了论文的学术影响力；国际合作论文数显示了全球学术合作的活跃度；高被引科学家数量在一定程度上体现了各国的科研实力；而“热点前沿”和“新兴前沿”则聚焦了基础研究的热点和新兴研究方向。

在应用研究上，报告采用分总式检索方法，结合关键词和 IPC 分类号，从三个核心研究方向出发进行检索，获取了对应分方向的专利检索结果，并经合并、去重得到脑科学与脑机工程领域综合专利数据集。进而，分别从专利产出趋势、专利地域分布、专利技术布局、专利权人和专利发明人等多个维度，对应用研究进行了全面分析。其中，公开发明专利数量代表了应用研究的产出规模；德温特同族归并后的发明数量显示了创新的规模；申请国家及地区的分布反映了专利权人的技术布局和对不同区域市场的重视程度；专利的优先权国家分析揭示了技术的来源国家及地区。

3. 脑科学与脑机工程的内涵及研究内容

脑科学与脑机工程是深圳“20+8”2.0版本推出的八大未来产业之一。它是以研究大脑的结构功能为创新源头，通过认识脑原理、保护脑健康、连接脑装备，开发维护人体健康、推动社会进步的创新技术和应用产品。作为新质生产力的代表性领域，它深度融合了生命科学、临床医学、计算机科学、材料科学等多个学科，不仅成为科学研究的热点领域，更在产业创新中占据至关重要的地位。通过全面深入地了解脑科学与脑机工程的科技发展现状，能够为其高质量发展制定有利的战略，进而推动产业积极健全完善创新体系，有力驱动产业竞争力的持续稳步提升。

基于以上内涵，结合发展实际，可将脑科学与脑机工程的研究内容划分为三大核心方向，分别是：认识脑、保护脑、连接脑。

认识脑是神经科学的前沿，旨在深入理解大脑的结构和功能，以及如何共同作用支持人类的认知和行为。该领域不仅关注大脑、小脑、脑干、间脑等关键脑区的空间结构，还研究神经传导、突触传递、神经调节等基本的脑活动过程。通过探索神经细胞的起源、分化，以及突触和神经环路的形成、调控，揭示本能、记忆、注意力、决策和社会行为等的神经基础。同时，利用电生理和脑成像技术如核磁共振成像，观察和分析大脑活动，进一步理解脑认知原理和脑疾病发病机理。认识脑领域的研究不仅增进了我们对大脑复杂性的理解，而且为开发治疗神经疾病的新方法和改善人类生活质量提供了科学基础。

保护脑是专注于维护和增强脑健康以及预防和治疗各种脑疾病。这一领域深入研究了神经退行性疾病、抑郁症、癫痫、睡眠障碍、焦虑障碍和药物成瘾等神经精神疾病的发病原理。通过应用脑成像技术、神经调节手段、神经反馈治疗和神经营养因子等先进方法，探索如何有效干预和

管理这些疾病。此外，保护脑领域的研究还涉及开发新的药物、生物活性材料等技术，以促进受损神经功能的恢复和改善。这些研究不仅增进了我们对脑疾病的认识，而且为开发更有效的治疗策略提供了科学基础，目标是提高患者的生活质量并减轻社会医疗负担。

连接脑是神经科学与多学科交融的前沿阵地。它以脑机接口技术为核心，结合神经科学、材料科学、电子工程和计算机科学等，致力于开发能读取和解析大脑信号的设备，实现脑控设备与脑机交互。研究涉及生物活性材料、记录/刺激电极、脑机设备开发、智能算法、脑机控制等，可进行脑信号处理及神经编码解码。脑机计算和脑启发计算是关键方向，神经工程等技术也助推了其发展。连接脑的应用场景广泛，涵盖医疗康复、娱乐体验等，如神经康复机器人、虚拟现实疗法等，可提高生活质量、增强认知能力，以及为神经损伤者提供恢复途径。该领域专注大脑与外部设备通信交互，能探索大脑复杂功能并辅助治疗神经疾病，虽已展现出巨大潜力，但也面临着技术安全和数据隐私保护挑战。

围绕脑科学与脑机工程未来产业基础研究领域2019至2023年Web of Science™收录的全球范围内的相关科研论文进行主题聚类，结果如图1所示。近五年，全球脑科学与脑机工程领域的基础研究内容聚焦在认识脑、保护脑、连接脑及其交叉方向。其中，保护脑作为该领域的主要方向，单一研究内容学术产出量大且影响力突出，同时，与认识脑研究内容关联密切，有大量学术论文包含认识脑和保护脑两部分研究内容。此外，连接脑作为新兴交叉研究方向，与保护脑研究内容的关联比认识脑更明显。该结果表明，脑科学与脑机工程领域的基础研究仍以实际应用为核心，重点围绕保护脑及与之相关的认识脑和连接脑的研究。

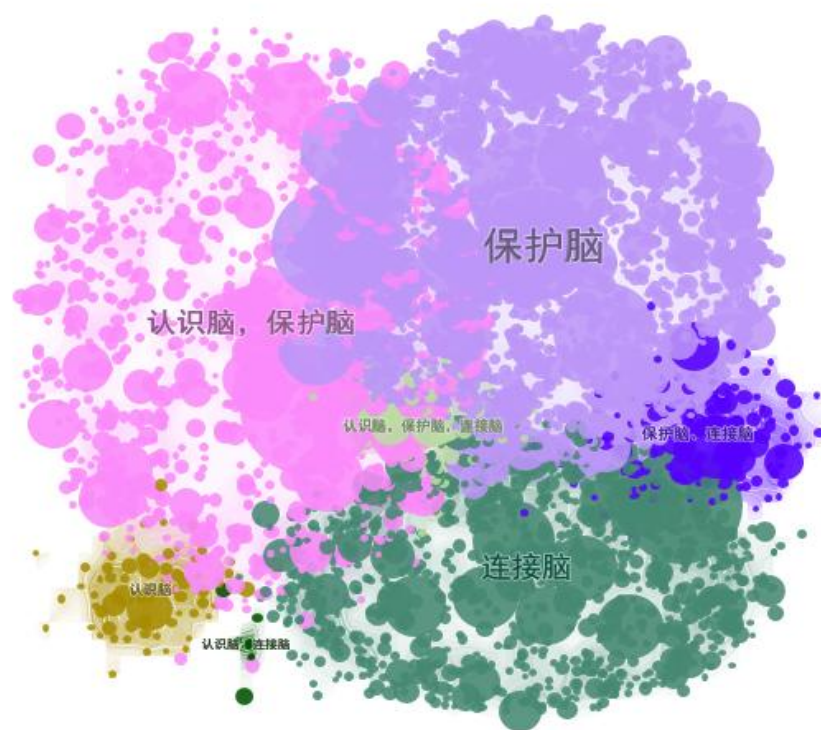


图 1. 全球脑科学和脑机工程领域研究方向分布图¹

1 利用 Web of Science™ 核心合集及 Medline 数据库，构建了认识脑、保护脑和连接脑三个核心方向的数据集，提取相应论文的作者关键词列表。经数据清理后得到出现频率不少于 30 次的作者关键词，并标识出作者关键词对应的研究方向，利用 Python 绘制研究子方向分布地图。

4. 脑科学与脑机工程的基础研究概况

本章通过客观的文献数据呈现脑科学与脑机工程领域基础研究的发展现状。将从多个维度进行深入分析，包括研究成果产出、全球科研分布、主要研究机构、合作交流现状、人才分布情况及热点前沿与新兴前沿等。

4.1 脑科学与脑机工程的研究发展概况

4.1.1 研究产出

2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域的总发文量达到 221979 篇，累计发表在 4904 种学术期刊和 3583 个会议录上，其中，学术论文 (Article) 183776 篇、综述论文 (Review) 28603 篇、会议论文 (Proceedings Paper) 10333 篇。近五年发文趋势显示，该领域发文量持续上升，在 2021 年达到峰值。尽管 2021 至 2023 年受新冠疫

情影响，论文数量有所下降，但与 2019 年相比仍有显著增长。分方向数据显示，保护脑发文量最多，达 143198 篇；连接脑次之，达 84944 篇；认识脑发文量最少，为 70963 篇。在发文趋势上，三个核心方向的发文趋势与整体发文趋势同步。

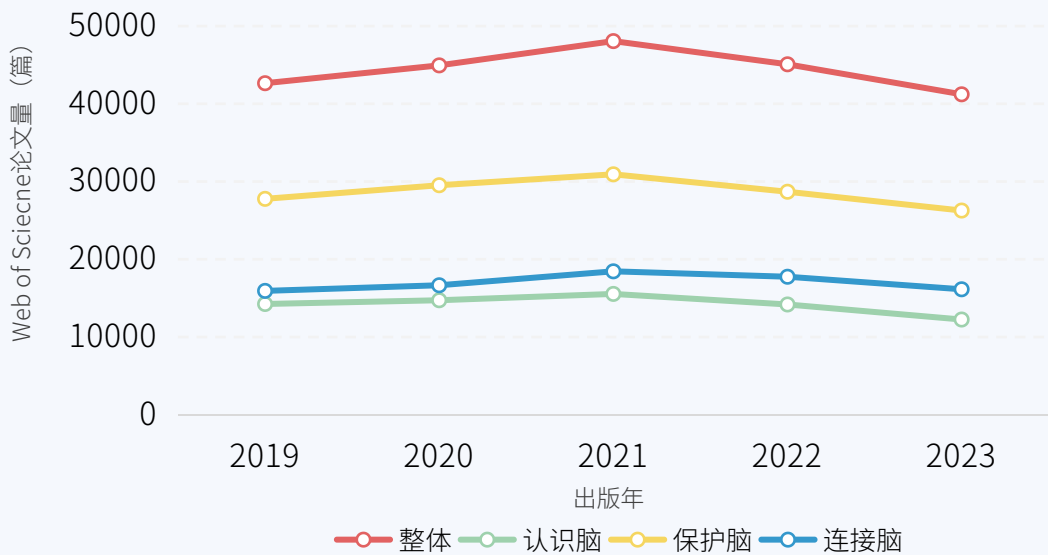


图 2. 全球脑科学与脑机工程领域整体及其分方向发文变化趋势

基金论文量作为衡量科研投入的重要指标，能够反映科研投入的范围和力度。2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域基金论文发文量达 161083 篇，占比高达 72.6%，显示出基金对该领域基础研究的广泛覆盖和显著投入。分方向数据显示，认识脑的基金论文占比尤为突出，达到

了 82.1%。尽管认识脑的发文量不及保护脑，但在基金论文的占比上却有明显优势。该结果表明，全球对认识脑方向的基金投入具有更广泛的覆盖面，凸显了科研基金在推动基础研究中的关键作用。

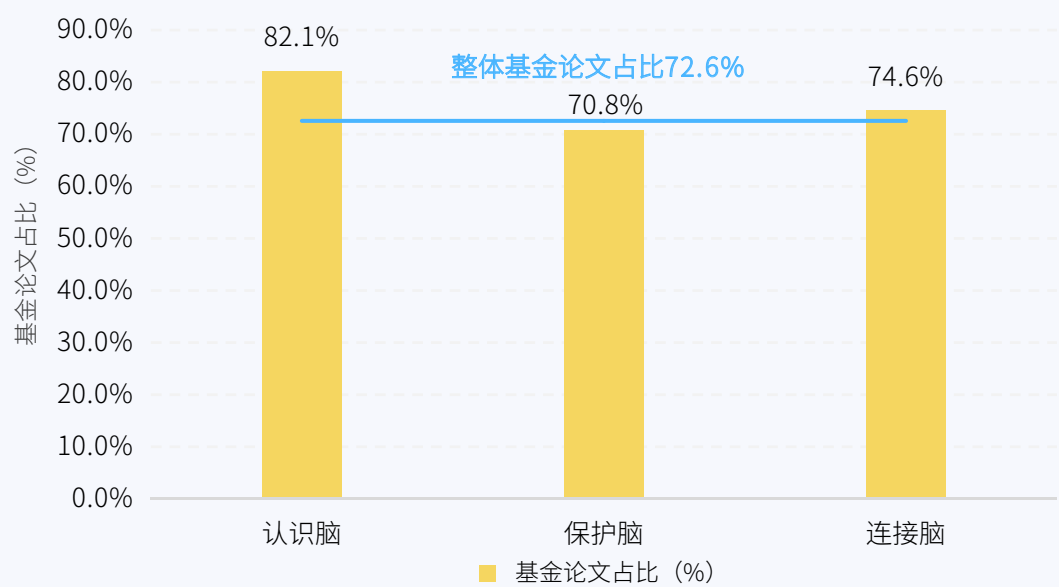


图 3. 全球认识脑、保护脑、连接脑基金论文占比

论文所在学科的分布不仅揭示了研究内容的广泛性，也反映了研究工作的深度和复杂性。数据显示，近五年脑科学与脑机工程的论文涵盖了 239 个 Web of Science 学科，其中，认识脑 76 个、保护脑 87 个、连接脑 237 个，研究主要集中在神经科学、临床神经病学、精神病学、行为科学、药理学与药理学、电子与电气工程、生物化学与分子生物学以及神经成像等多个学科领域。其中，神经科学是三个核心方向发文量占比最高的学科，其他学科分布根据研究方向的不同存在差异。具体而言，认识脑方向除了集中于神经科学外，也分布在临床神经病学、行为科学、精神病学和神经成像等学科。保护脑方向则更集中在神经科学

和临床神经病学两个学科。与认识脑和保护脑方向不同，连接脑方向的发文不仅属于神经科学，而且扩展分布于电子与电气工程、人工智能等多个交叉学科领域，显示出连接脑方向研究内容的复杂性。

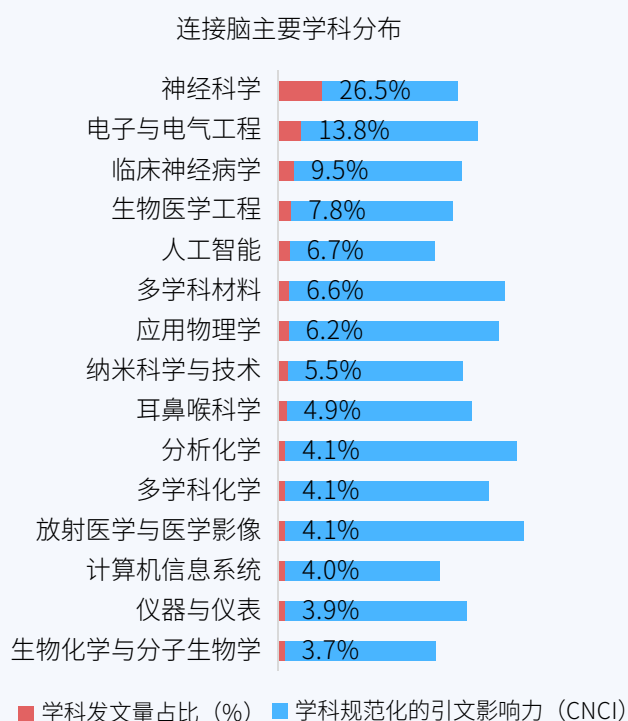
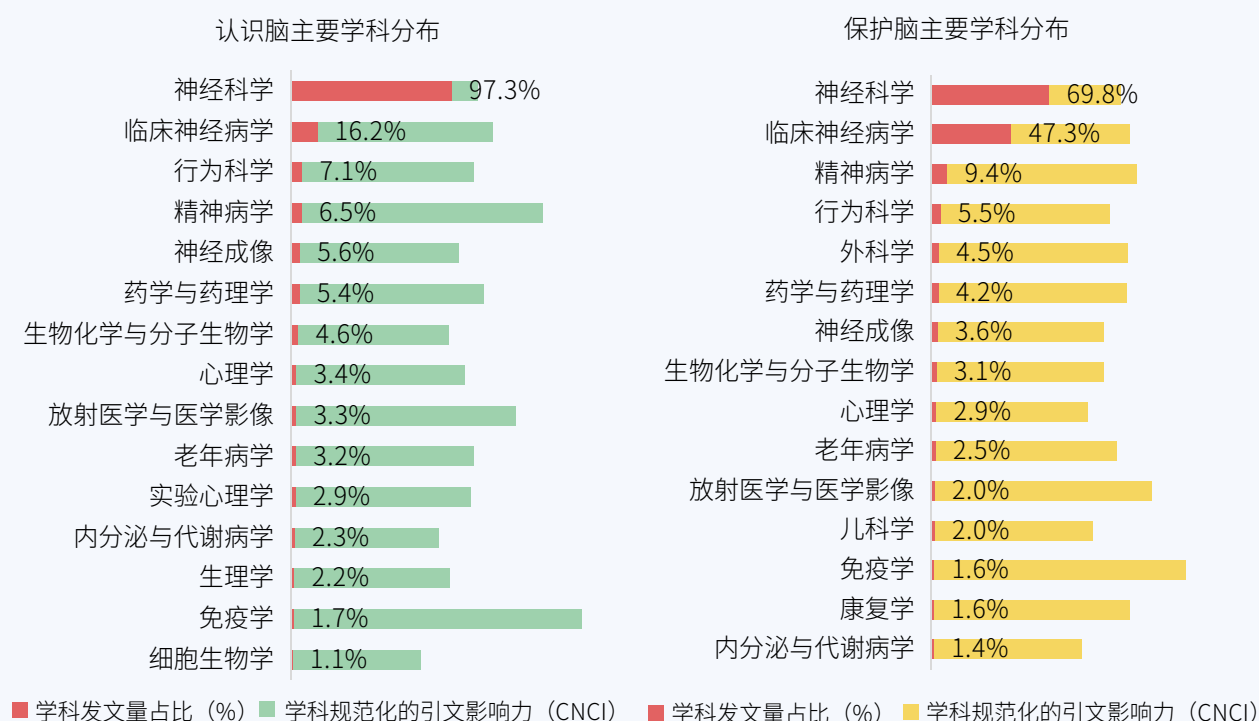


图 4. 全球脑科学与脑机工程领域主要学科分布

4.1.2 研究影响力

关注科研产出数量的同时，也应密切关注科研产出的质量，因为高质量的科研成果才是推动科学进步和创新的关键。

2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域论文总被引次超 275 万次、篇均被引频次达 12 次、学科规范化的引文影响力（CNCI）为 1.15。其中，学科规范化的引文影响力（CNCI）作为衡量论文学术影响力的关键指标，能够客观呈现论

文学术影响力在全球的表现，数值超过 1 说明论文影响力超过全球平均水平，受到广泛的关注和认可。分析结果显示，与发文增长趋势不同，近五年该领域论文学科规范化的引文影响力（CNCI）趋于平稳，没有明显波动。

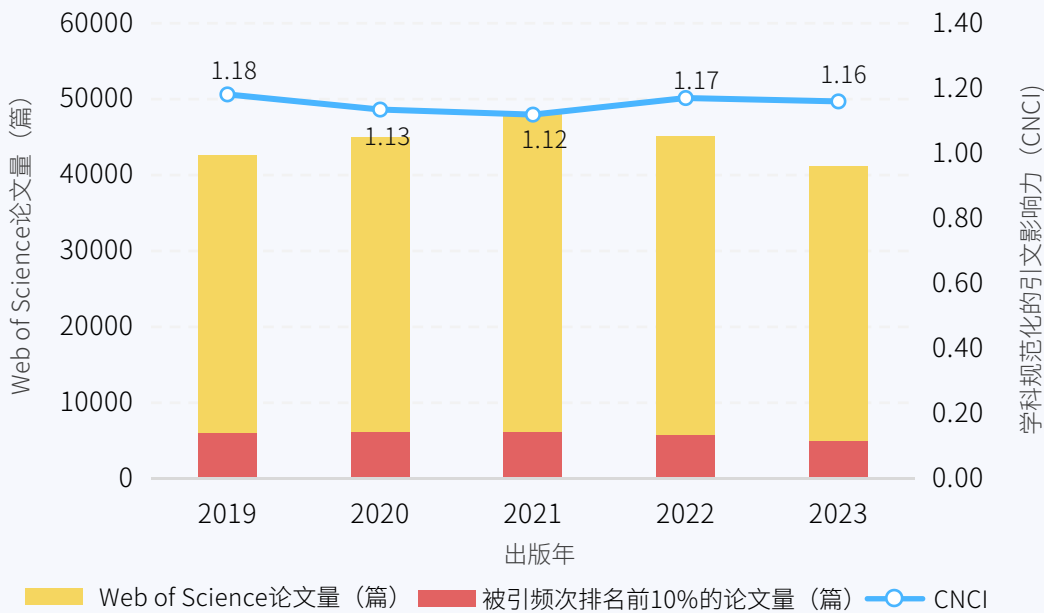


图 5. 全球脑科学与脑机工程领域学术影响力年度变化趋势

通过分析同年度、同学科、同类型文献中被引频次全球排名前 10% 的论文，可以更准确地衡量高影响力论文的比例。被引频次排名前 10% 的论文量越多，表明该领域高学术影响力的论文也越多。2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域有 13.0% 的论文被引频次跻身全球同类论文前 10%，这一比例高于全球平均水平 10.0%。同时，三个核心方向被引频次排名前 10% 的论文百分比也稳定在 13.0% 左右，其中，连接脑方向的论文

被引频次排名前 10% 的论文百分比略高，表明与其他两个方向相比，连接脑方向的高影响力论文占比更突出，显示出该方向研究吸引了越来越多科研人员的关注和投入。

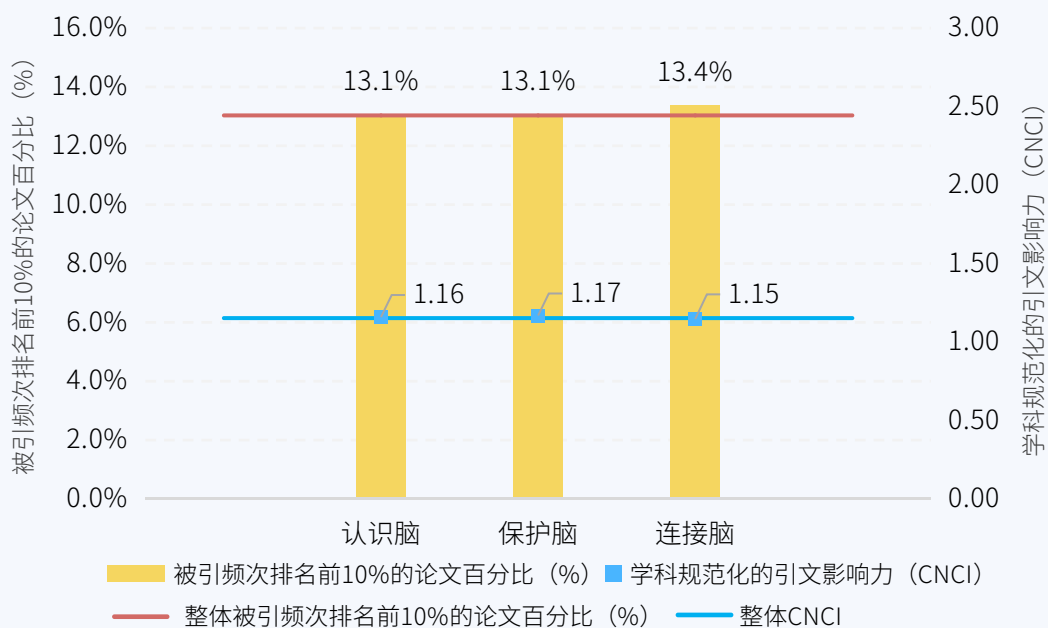


图 6. 全球认识脑、保护脑、连接脑论文学术影响力

4.2 脑科学与脑机工程的研究竞争格局

4.2.1 全球布局

在全球化背景下，全球布局不仅能够促进知识的共享与传播，更能够推动科研的交叉创新与合作发展。

2019 至 2023 年，全球共有 194 个国家 / 地区参与了脑科学与脑机工程领域基础研究工作。其中，认识脑共有 144 个国家 / 地区，保护脑共有 184 个国家 / 地区，而连接脑共有 169 个国家 / 地区。该结果表明，更多国家 / 地区的研究重点集中在保护脑和连接脑的应用层面，对于认识脑基础研究的覆盖还不够广泛，为促进该领域基础研究的全面发展，需进一步扩大对认识脑基础研究的国际覆盖范围。

数据显示，美国和中国作为该领域学术产

出领先的国家，是全球仅有的两个发文量超过 2 万篇的国家，并且全球发文量占比均超过了 20.0%。此外，英国、德国和意大利近五年发文量也比较突出，三个国家的发文量均超过了 1 万篇，全球发文量占比超过了 5.0%。

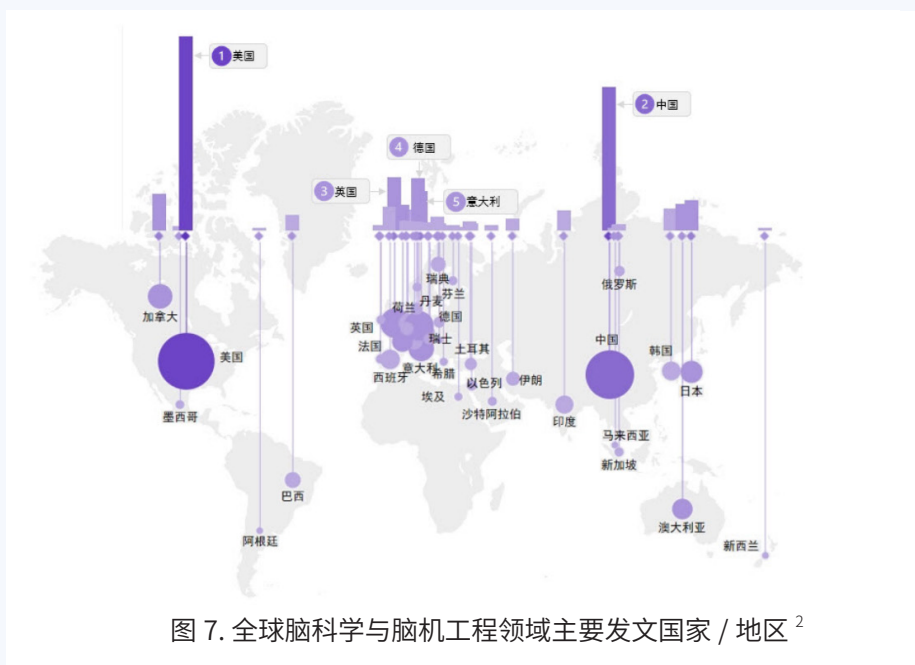


图 7. 全球脑科学与脑机工程领域主要发文国家 / 地区²

在三个核心方向发文国家 / 地区排名中，美国和中国的发文量排名均稳居全球第一和第二的位置，并且发文量远超其他国家 / 地区。具体而言，美国在认识脑和保护脑两个方向的全球发文量占比均超过 30.0%，而在连接脑的全球发文量占比

也达 28.1%。与此同时，中国在三个核心方向的发文占比均超过 20.0%，特别是在连接脑方向，中国的发文量占比达到 27.5%，正逐渐接近全球首位的水平。

表 1. 全球认识脑、保护脑、连接脑发文量 Top10 国家 / 地区

认识脑			保护脑			连接脑		
国家/地区	发文量	全球发文量占比	国家/地区	发文量	全球发文量占比	国家/地区	发文量	全球发文量占比
美国	24689	34.8%	美国	47662	33.3%	美国	23850	28.1%
中国	16420	23.1%	中国	29374	20.5%	中国	23344	27.5%
德国	6641	9.4%	英国	13191	9.2%	德国	7103	8.4%
英国	6194	8.7%	德国	12574	8.8%	英国	6312	7.4%
加拿大	4702	6.6%	意大利	10629	7.4%	意大利	4149	4.9%
日本	4107	5.8%	加拿大	9651	6.7%	韩国	4125	4.9%
意大利	4007	5.7%	日本	7039	4.9%	印度	3946	4.7%
澳大利亚	2883	4.1%	澳大利亚	6903	4.8%	加拿大	3828	4.5%
法国	2841	4.0%	法国	6222	4.4%	日本	3784	4.5%
西班牙	2610	3.7%	西班牙	6052	4.2%	法国	3380	4.0%

2 该图由 Tableau 软件绘制。

三个核心方向主要发文国家 / 地区的发文趋势也显示，近五年除中国外的主要发文国家 / 地区在三个方向的发文量均有下降，而中国则呈现快速增长。特别是在 2022 年，中国在连接脑的发文量首次超过美国位列全球第一，并在 2023 年继

续稳居全球第一。此外，中国在认识脑和保护脑两个方向上的年度发文量与美国的差距也在迅速缩小，尤其是在 2023 年，认识脑的发文量与美国仅相差 242 篇。

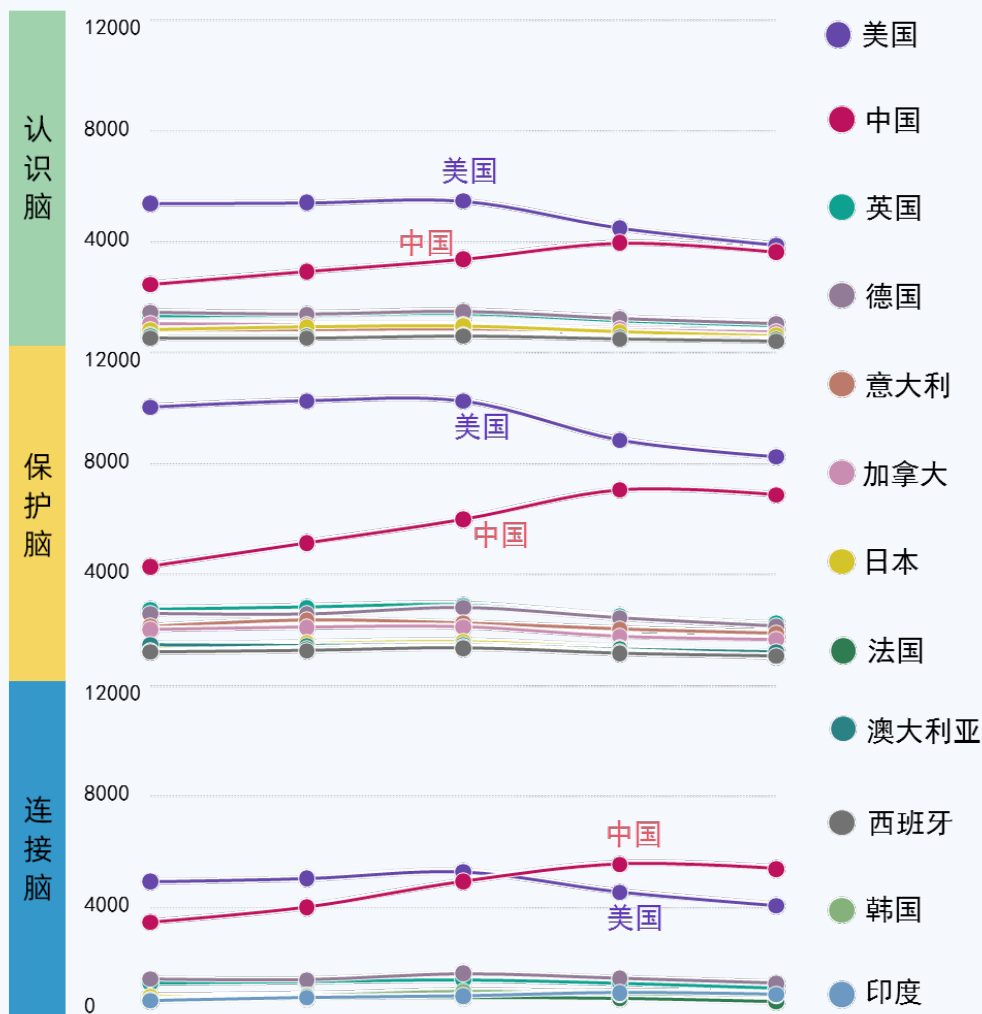


图 8. 全球认识脑、保护脑与连接脑主要国家 / 地区发文趋势

4.2.2 国际影响力

论文的国际影响力对于提升学术声誉、促进科研合作、增强国家科技竞争力等都具有重要作用。

近五年，全球脑科学和脑机工程领域发文量前十的国家 / 地区展现出了超过全球平均水平的

学术影响力，其学科规范化的引文影响力（CNCI）均超过了 1。尽管如此，不同国家 / 地区之间的学术影响力仍存在差异。其中，美国和中国虽然在发文量全球领先，但在学科规范化的引文影响力（CNCI）上，相较于英国、澳大利亚和法国等国家仍有提升空间。

在三个核心方向上，发文量排名前十的国家 / 地区的论文学科规范化的引文影响力（CNCI）值显示，英国在三个方向的学术影响力均领先其他国家 / 地区。

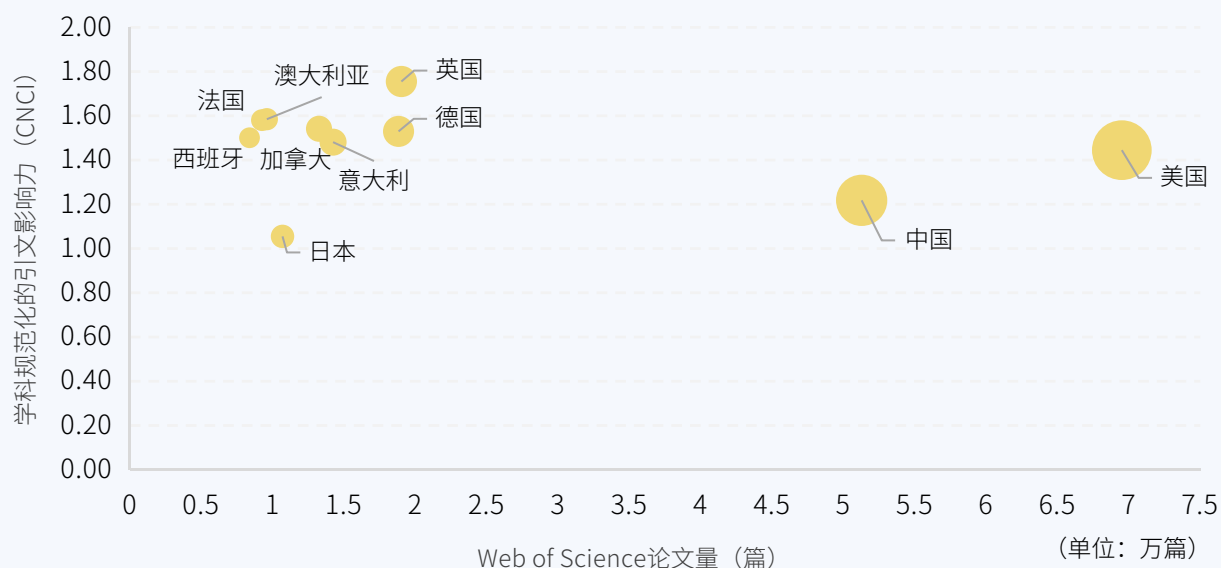


图 9. 全球脑科学与脑机工程领域发文量 Top10 国家 / 地区

在认识脑方向，除日本外其他国家 / 地区的学科规范化的引文影响力（CNCI）均超过了 1，显示出高于全球平均水平的学术影响力。英国在该方向的学术影响力较突出，是唯一学科规范化的引文影响力（CNCI）值超过 1.50 的国家。

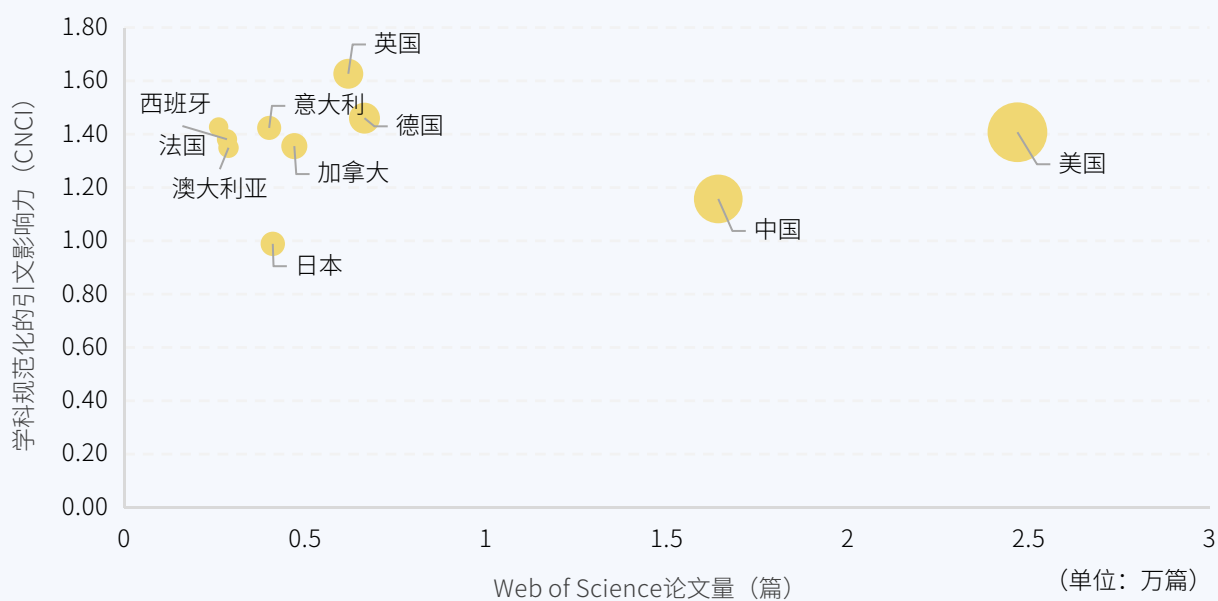


图 10. 全球认识脑方向发文量 Top10 国家 / 地区

在保护脑方向，所有发文量前十的国家 / 地区的学科规范化的引文影响力（CNCI）均超过了 1，表明它们都具有超越全球平均水平的学术影响力，其中，英国、法国、德国、加拿大、西班牙、澳大利亚和意大利等七个国家的学科规范化的引文影响力（CNCI）更是超过了 1.50，显示出它们在该方向上突出的学术贡献。

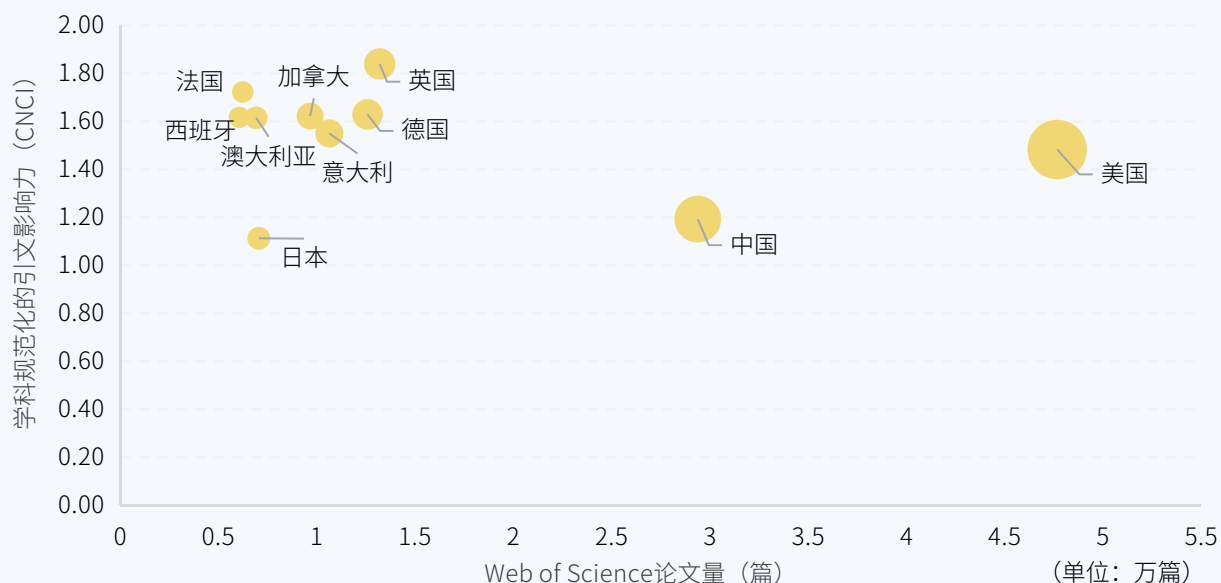


图 11. 全球保护脑方向发文量 Top10 国家 / 地区

而在连接脑方向，除日本外其他国家 / 地区的学科规范化的引文影响力（CNCI）也都超过了 1，并且英国又是唯一学科规范化的引文影响力（CNCI）超过 1.50 的国家，显示出英国在该方向上的突出学术贡献和影响。

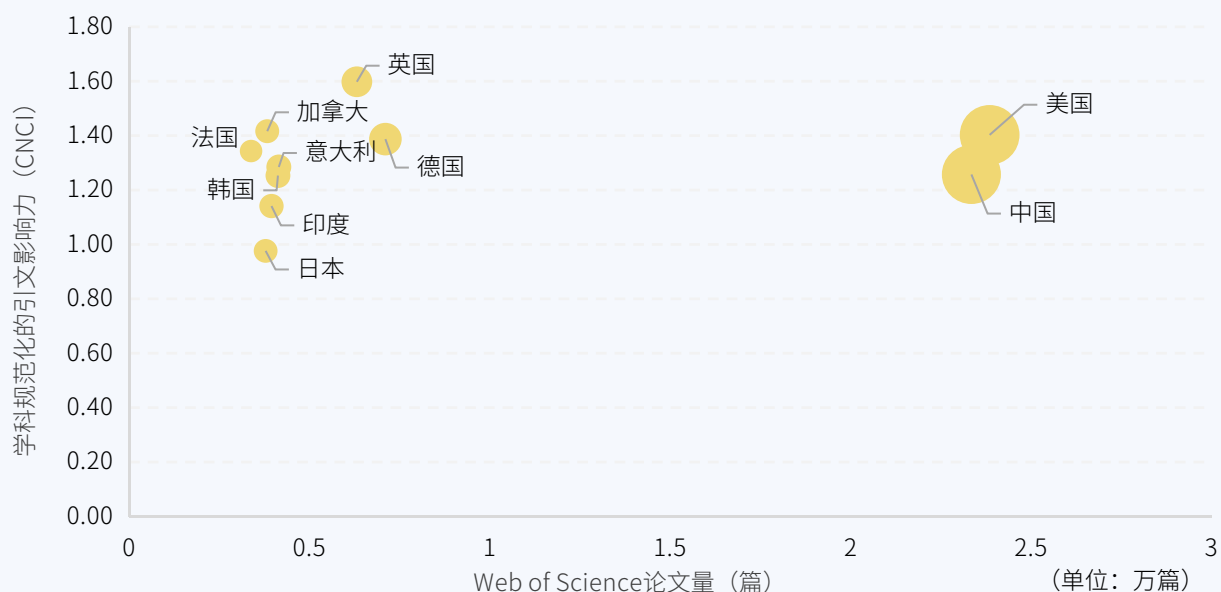


图 12. 全球连接脑方向发文量 Top10 国家 / 地区

4.2.3 国际合作

国际合作能够增强国家及地区间的资源共享，取长补短，提高研究效率 and 创新能力。

2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域基础研究合作发文量共 63091 篇，占全部发文量的 28.4%，并且三个核心方向的合作发文量占

比接近，分别为认识脑 29.5%、保护脑 28.7%、连接脑 27.9%。此外，国际合作发文趋势与总体发文趋势一致呈现波动变化。2021 年合作发文量达峰值，随后开始逐年下降，到 2023 年合作发文量降至五年来最低点，表明自 2021 年后国际合作活跃度有所降低。

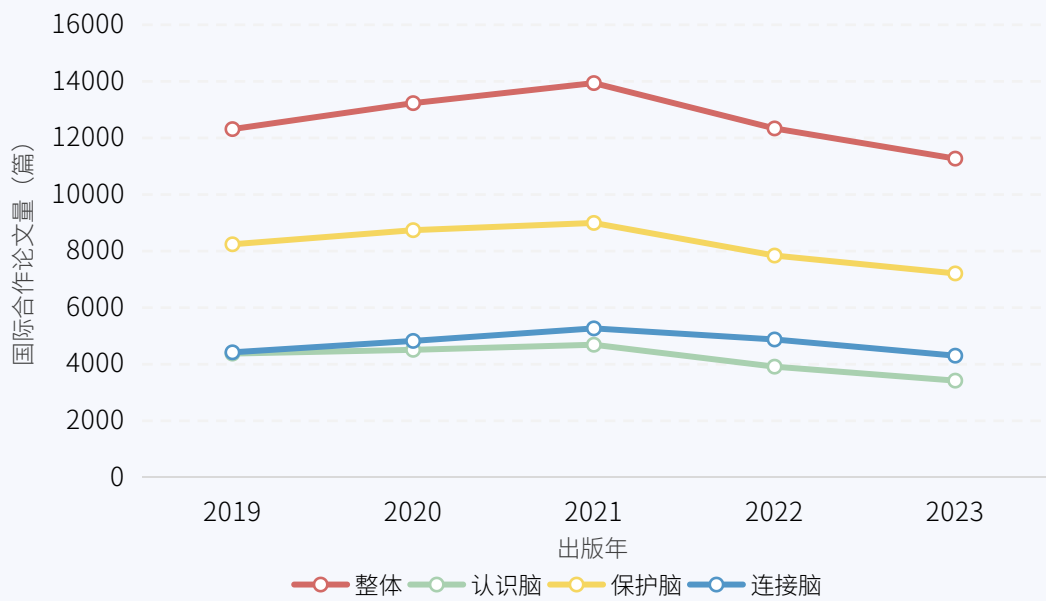


图 13. 全球脑科学和脑机工程领域国际合作发文逐年变化趋势

与全球合作发文量呈现下降趋势不同，近五年来全球合作论文的学科规范化引文影响力（CNCI）并未出现显著降低，这一趋势与全球总体学科规范化的引文影响力（CNCI）的变化趋势相一致。此外，国际合作论文的学科规范化的引文影响力（CNCI）普遍高于全部论文，这表明国际合作在提升论文影响力方面起到了更为关键的作用。

特别是在保护脑方向上，国际合作论文的学科规范化的引文影响力（CNCI）不仅高于认识脑和连接脑两个方向，而且也超过了脑科学与脑机

工程领域全部合作论文的学科规范化的引文影响力（CNCI）水平。这一结果再次印证了保护脑作为全球脑科学与脑机工程的重点研究方向，受到了更广泛的关注。

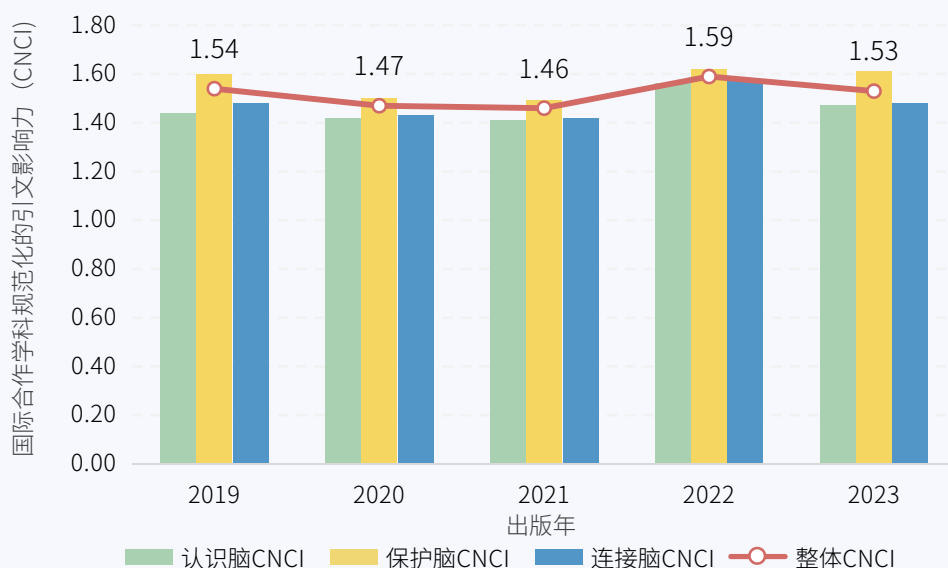


图 14. 全球脑科学和脑机工程领域合作发文学术影响力逐年变化趋势

三个核心方向的国际合作发文数据显示，美国、英国、中国和德国在脑科学与脑机工程领域的国际合作中表现突出，近五年合作发文量均超过 1 万篇，均超过全部国际合作发文量的 15.0%。其中，美国的合作发文量接近 3 万篇，约占全部国际合作发文量的一半。此外，主要国家在认识脑和保护脑方向的国际合作规模大致相当，而在连接脑

方向有所差异。中国作为连接脑方向主要合作发文国家，国际合作发文量位列全球第二位达 6409 篇，约占该方向国际合作发文量的 27.0%。

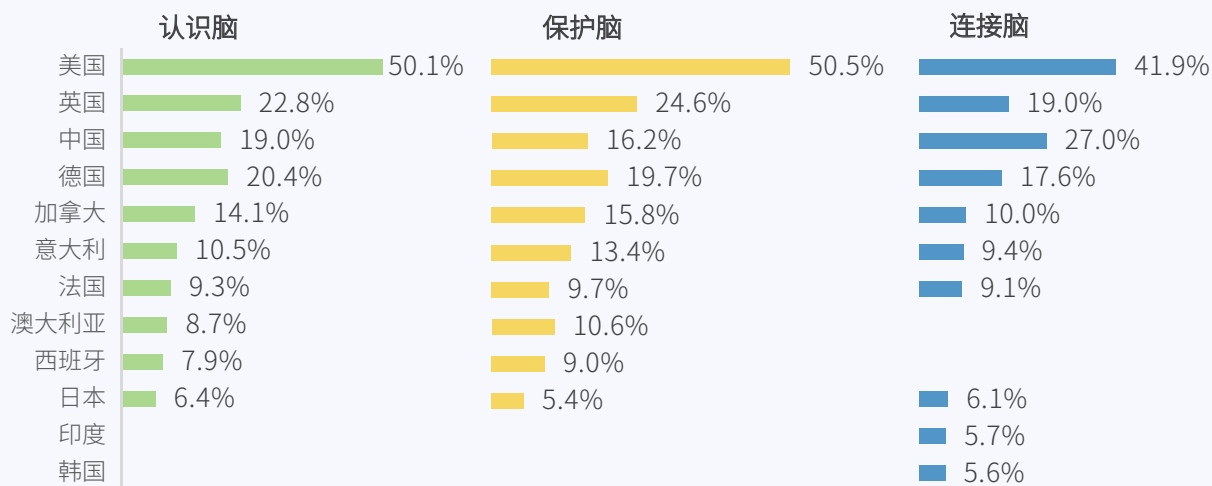


图 15. 全球认识脑、保护脑、连接脑主要发文国家的国际合作论文占比³

3 图中只呈现分方向发文量 Top10 国家的国际合作发文占比。

4.3 脑科学与脑机工程的研究创新机构

4.3.1 机构分布

2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程基础研究领域涉及的发文机构共 10100 个，其中，科研机构⁴（包括医院）8604 个，企业⁵688 个。科研机构作为该领域主要研究力量参与机构占比超过 80.0%，企业参与机构占比也超过 5.0%。在三个核心方向上，科研机构也作为研究成果主要产出者，在脑科学与脑机工程领域实现了广泛的覆盖。

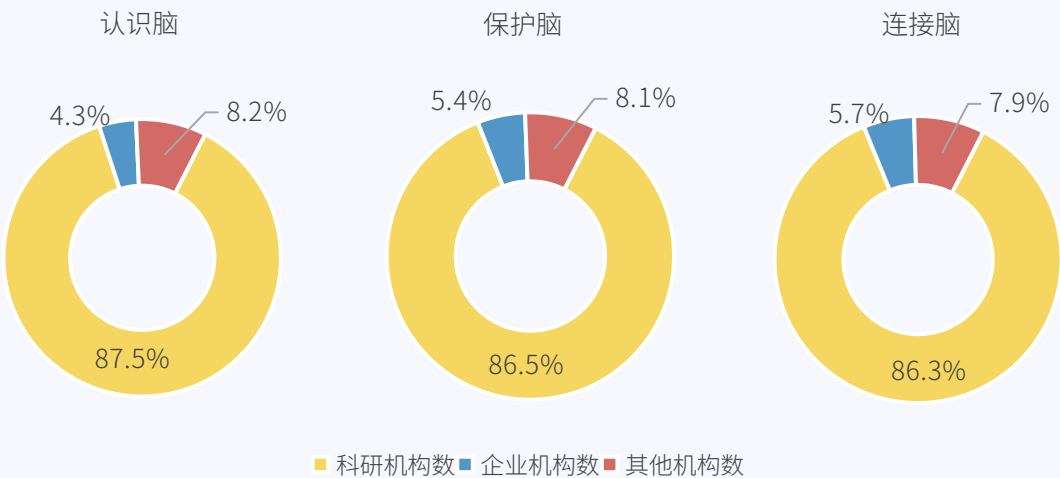


图 16. 全球认识脑、保护脑、连接脑发文机构占比

对近五年三个核心方向全球发文量 Top20 科研机构进行统计，结果显示欧美地区的科研机构占据主导地位。其中，美国哈佛大学在认识脑和保护脑两个方向的发文量均位居全球第一。法国国家健康与医学研究院和法国国家科学研究中心在三个核心方向的发文量均位列全球前五。中国的科研机构则在连接脑方向表现突出，中国科学院作为该方向全球近五年唯一发文量超过 2000 篇的科研机构，发文量全球领先。此外，包括中国

科学院、首都医科大学和上海交通大学在内的 9 家中国科研机构，均跻身全球发文量前 20 科研机构的行列。

⁴ 科研机构包含各级研究院所、大学、学院、医院等作为学术组织开展科学研究活动的机构。

⁵ 企业包含在一个或多个国家 / 地区开展业务的公司或法人实体。

表 2. 全球认识脑、保护脑、连接脑发文量 Top20 科研机构

认识脑			保护脑			连接脑		
科研机构名称	发文量	CNCI	科研机构名称	发文量	CNCI	科研机构名称	发文量	CNCI
哈佛大学	2250	2.06	哈佛大学	5217	2.21	中国科学院	2517	1.59
法国国家健康与医学研究院	1569	1.49	伦敦大学学院	3685	2.32	哈佛大学	1901	1.94
法国国家科学研究中心	1527	1.44	法国国家健康与医学研究院	3435	1.76	法国国家科学研究中心	1735	1.31
伦敦大学学院	1422	2.05	多伦多大学	3004	1.81	法国国家健康与医学研究院	1214	1.28
美国国立卫生研究院	1232	1.85	法国国家科学研究中心	2595	1.65	上海交通大学	1051	1.40
多伦多大学	1212	1.47	美国退伍军人事务部从属研究机构	2386	1.53	中国科学院大学	1001	1.53
德国亥姆霍兹联合会	1160	2.09	首都医科大学	2339	1.27	伦敦大学学院	981	1.80
中国科学院	1159	1.45	梅奥医学中心	2186	2.15	多伦多大学	959	1.54
首都医科大学	1149	1.05	约翰霍普金斯大学	2145	1.99	斯坦福大学	948	2.33
美国退伍军人事务部从属研究机构	1120	1.39	德国亥姆霍兹联合会	2113	2.35	复旦大学	933	1.34
麦吉尔大学	929	1.83	加州大学旧金山分校	2101	2.44	浙江大学	880	1.26
约翰霍普金斯大学	919	1.77	宾夕法尼亚大学	2098	1.97	德国亥姆霍兹联合会	839	1.52
柏林卫生研究所	896	1.95	伦敦国王学院	1951	2.35	清华大学	833	2.02
伦敦国王学院	820	1.96	墨尔本大学	1904	2.07	约翰霍普金斯大学	813	1.73
匹兹堡大学	818	1.44	美国国立卫生研究院	1901	2.16	加州大学圣地亚哥分校	799	1.85
复旦大学	814	1.29	柏林健康研究所	1857	2.28	瑞士联邦理工学院	793	1.90
哥伦比亚大学	807	2.03	麦吉尔大学	1804	2.37	柏林健康研究所	792	1.90
上海交通大学	799	1.36	卡罗林斯卡医学院	1746	2.17	北京大学	725	1.69
牛津大学	797	2.23	哥伦比亚大学	1658	2.00	天津大学	724	1.38
加州大学旧金山分校	797	2.17	牛津大学	797	2.23	首都医科大学	722	1.22

科研基金为科研机构的基础研究提供了有力支撑。统计近五年该领域基金论文的资助单位，数据显示，来自北美⁶、欧洲⁷及亚洲⁸的多个资助机构或组织对脑科学与脑机工程的基础研究给予了高度关注和大力支持。中国和美国的研究投入尤为突出，资助论文的规模庞大。

在认识脑和保护脑两个方向，美国国立卫生研究院（National Institutes of Health，简称 NIH）全球资助论文量均位居首位，基金论文

量都超过 1 万篇。中国国家自然科学基金委员会（National Natural Science Foundation of China，简称 NSFC）则位居全球第二，资助论文分别为 9185 篇和 14462 篇，分别占中国在认识脑和保护脑方向全部发文量的 49.2% 和 55.9%。

在连接脑方向，中国国家自然科学基金委员会（NSFC）资助论文量超过 1 万篇，占到中国在该方向全部发文量的 60.7%，其资助论文量远超其他国家 / 地区的资助机构位居全球首位。

6 北美机构主要分布在美国和加拿大。
7 欧洲机构主要分布在英国、德国及其他欧盟各国。
8 亚洲机构主要分布在中国和日本。

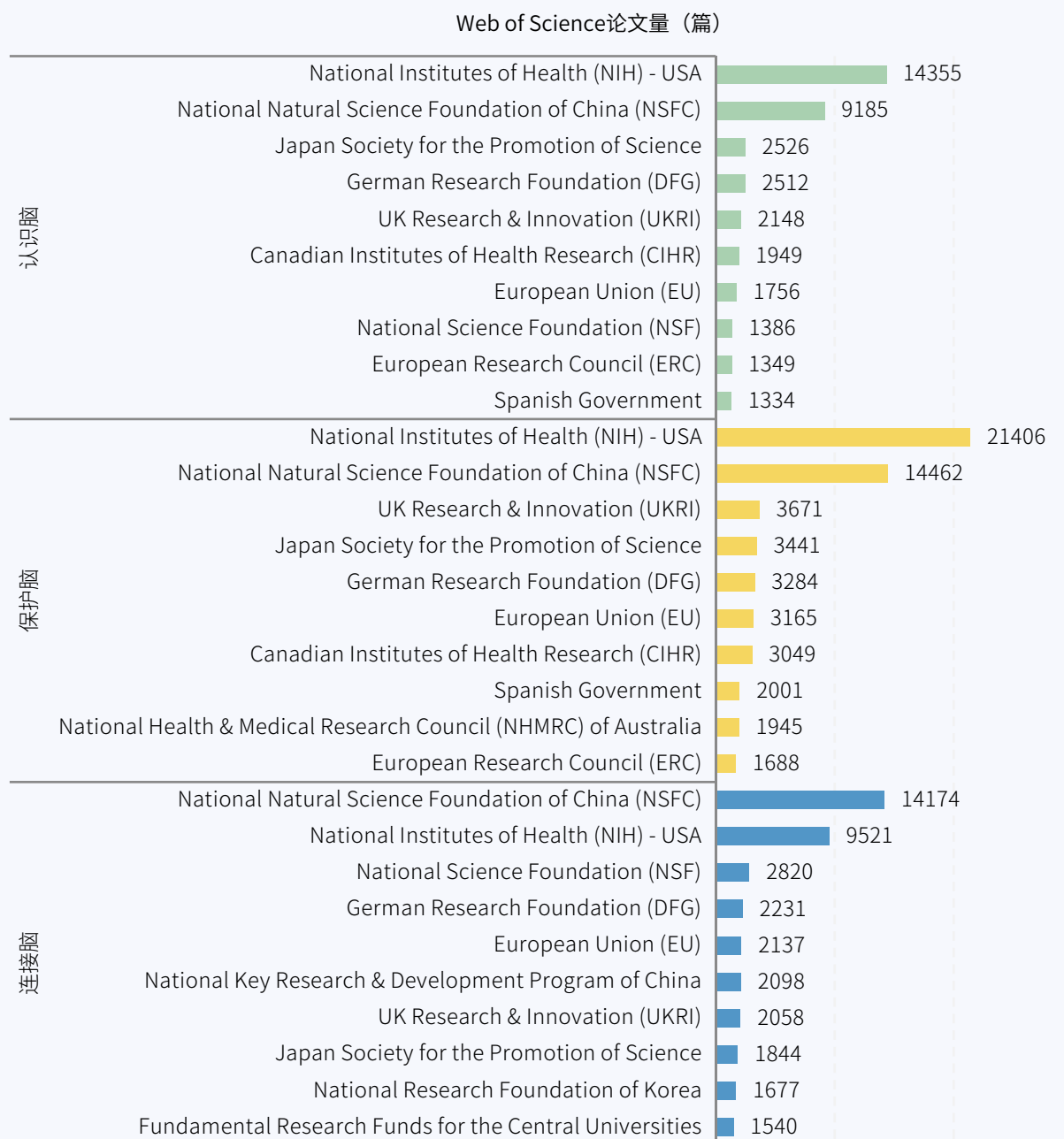


图 17. 全球脑科学与脑机工程领域主要基金资助机构

与科研机构相比，企业更专注于根据市场需求解决实际问题。但随着源头创新成为企业发展的关键动力，越来越多的企业开始重视并加大在基础研究领域的投入。

对近五年三个核心方向全球发文量 Top10 企业进行统计，结果显示，瑞士罗氏公司在认识脑

和保护脑两个方向发文量位居世界第一，但在连接脑方向暂未进入全球前十。德国西门子股份有限公司和美国通用电气公司在三个方向的发文量均位列全球前十。中国的华为技术有限公司则在连接脑方向以五年 74 篇论文的发文量位居世界第六。

表 3. 全球认识脑、保护脑、连接脑发文量 Top10 企业机构

认识脑			保护脑			连接脑		
企业名称	发文量	CNCI	企业名称	发文量	CNCI	企业名称	发文量	CNCI
罗氏公司	115	3.42	罗氏公司	361	3.35	通用电气公司	129	1.53
西门子股份公司	68	0.95	礼来公司	229	2.37	西门子股份公司	120	1.89
通用电气公司	66	1.07	诺华公司	229	2.12	国际商业机器公司 (IBM)	87	3.47
渤健	58	2.86	渤健	219	3.21	科利耳	86	1.42
艾伯维	53	2.87	艾伯维	177	2.40	三星	76	1.96
强生公司	51	1.90	卫材株式会社	136	2.62	华为技术有限公司	74	2.45
飞利浦	50	0.90	强生公司	136	1.94	美敦力	71	1.46
礼来公司	48	1.58	西门子股份公司	114	1.70	英特尔公司	69	4.03
杨森制药有限公司	38	1.34	灵北制药公司	110	1.82	飞利浦	59	1.46
基因泰克公司	34	5.36	通用电气公司	108	1.37	诺基亚公司	46	1.35

4.3.2 机构影响力

分析近五年全球脑科学与脑机工程主要科研机构论文影响力，三个核心方向发文量排名前 20 的科研机构论文的学科规范化的引文影响力（CNCI）均超过了全球平均水平，表明这些机构在该领域的科研论文受到了全球同行的广泛关注。

在认识脑方向，尽管英国牛津大学和美国加州大学旧金山分校的发文量仅排在第 19 位和第 20 位，但它们的学科规范化的引文影响力（CNCI）分别高达 2.23 和 2.17，占据了该方向科研机构发文影响力排名的前两位。同时，德国亥姆霍兹联合会、美国哈佛大学、英国伦敦大学学院和美国国立卫生研究院在发文量和论文影响力方面均位居全球前十位，显示出它们在该方向的领先优势。

在保护脑方向，美国加州大学旧金山分校和

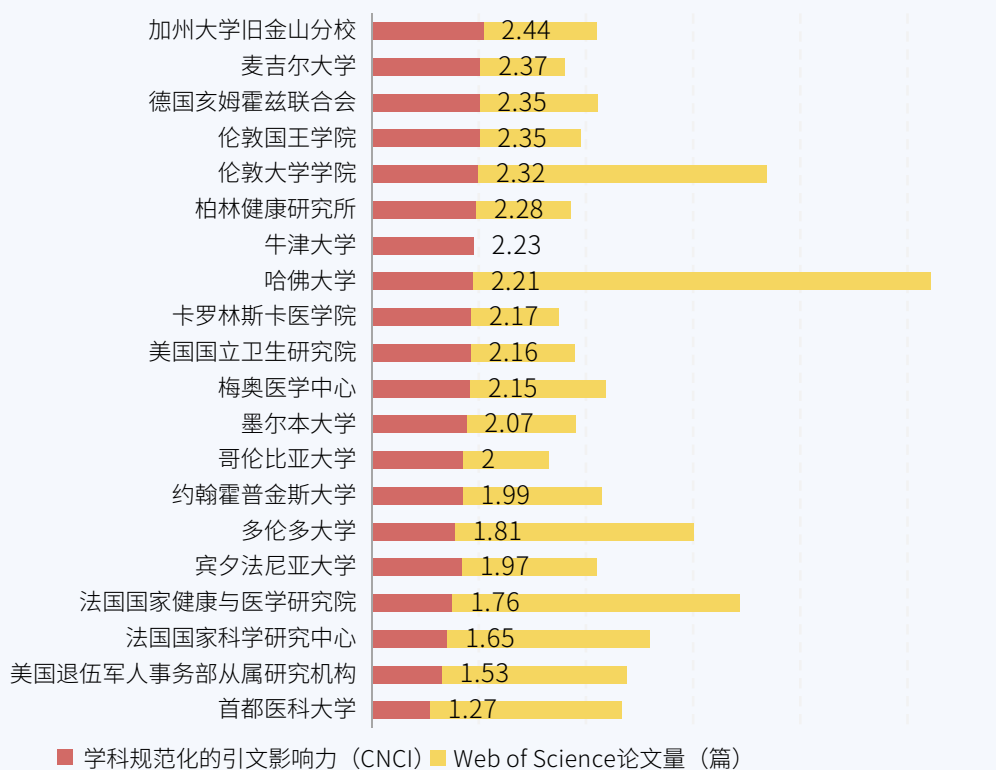
加拿大麦吉尔大学的论文的学科规范化的引文影响力（CNCI）分别达到 2.44 和 2.37，位列该方向科研机构发文影响力的第一和第二位。而德国亥姆霍兹联合会、英国伦敦大学学院和美国哈佛大学则是仅有的三家在发文量和论文影响力上均进入全球前十的科研机构。

在连接脑方向，美国斯坦福大学和中国清华大学的论文的学科规范化的引文影响力（CNCI）均超过 2，是该领域仅有的两个学科规范化的引文影响力（CNCI）超过 2 的科研机构。并且，美国的斯坦福大学、哈佛大学以及英国的伦敦大学学院和中国科学院在发文量和论文影响力上均位列该方向的全球前 10 位。

认识脑



保护脑



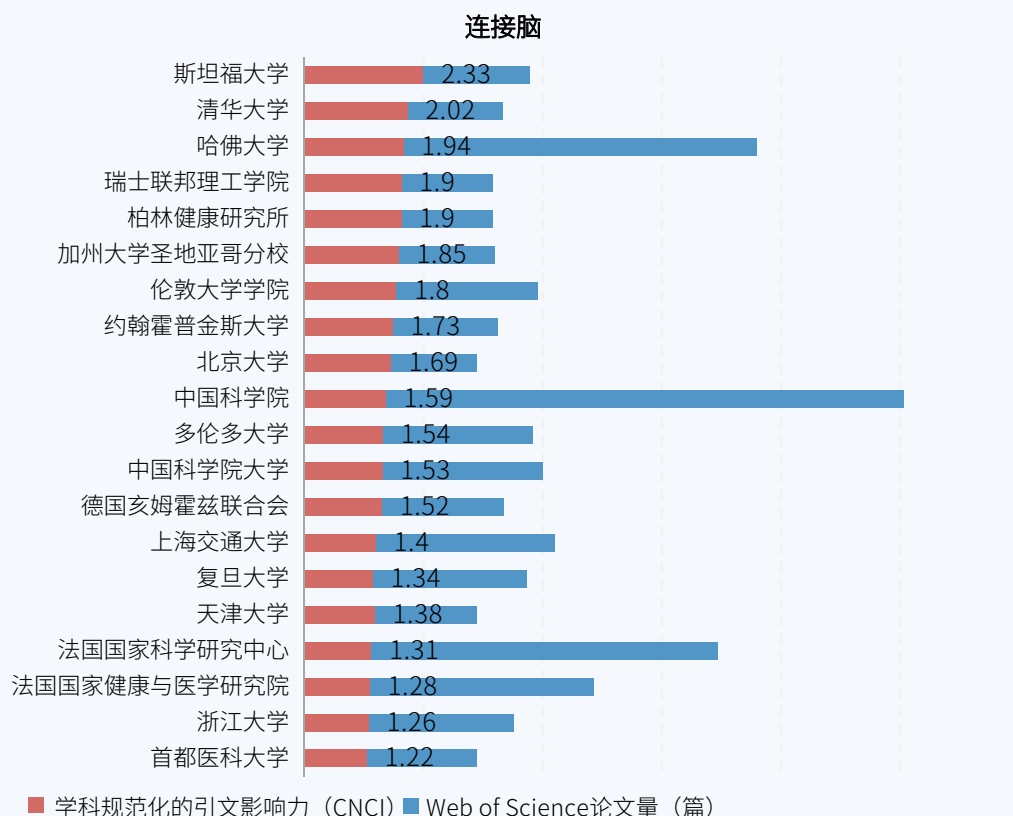


图 18. 全球认识脑、保护脑、连接脑发文量 Top20 科研机构论文学术影响力分布

与科研机构的发文影响力不同，企业发文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 略高于科研机构，并且企业之间的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 也存在较大差别。

在认识脑方向，全球发文量排名前十的企业中，有三家企业的论文学科规范化的引文影响力 (CNCI) 未超过 1，尚未达到全球平均水平。然而，罗氏公司的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 超过 3，是全球平均水平的 3 倍，同时也超过了该方向科研机构学科规范化的引文影响力 (CNCI) 最高的英国牛津大学，显示出其在认识脑方向所发挥的重要影响力。

在保护脑方向，全球排名前十的企业论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 均超过 1，影响力超越了全球平均水平。其中，罗氏公司的学

科规范化的引文影响力 (CNCI) 高达 3.35，超过全球平均水平的 3 倍，这一结果再次证实了企业在推动科学研究方面的贡献。

在连接脑方向，全球排名前十的企业论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 同样超过全球平均水平。英特尔公司和国际商业机器公司 (IBM) 的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 均超过 3，显示出两家公司在连接脑方面较高的学术影响力。

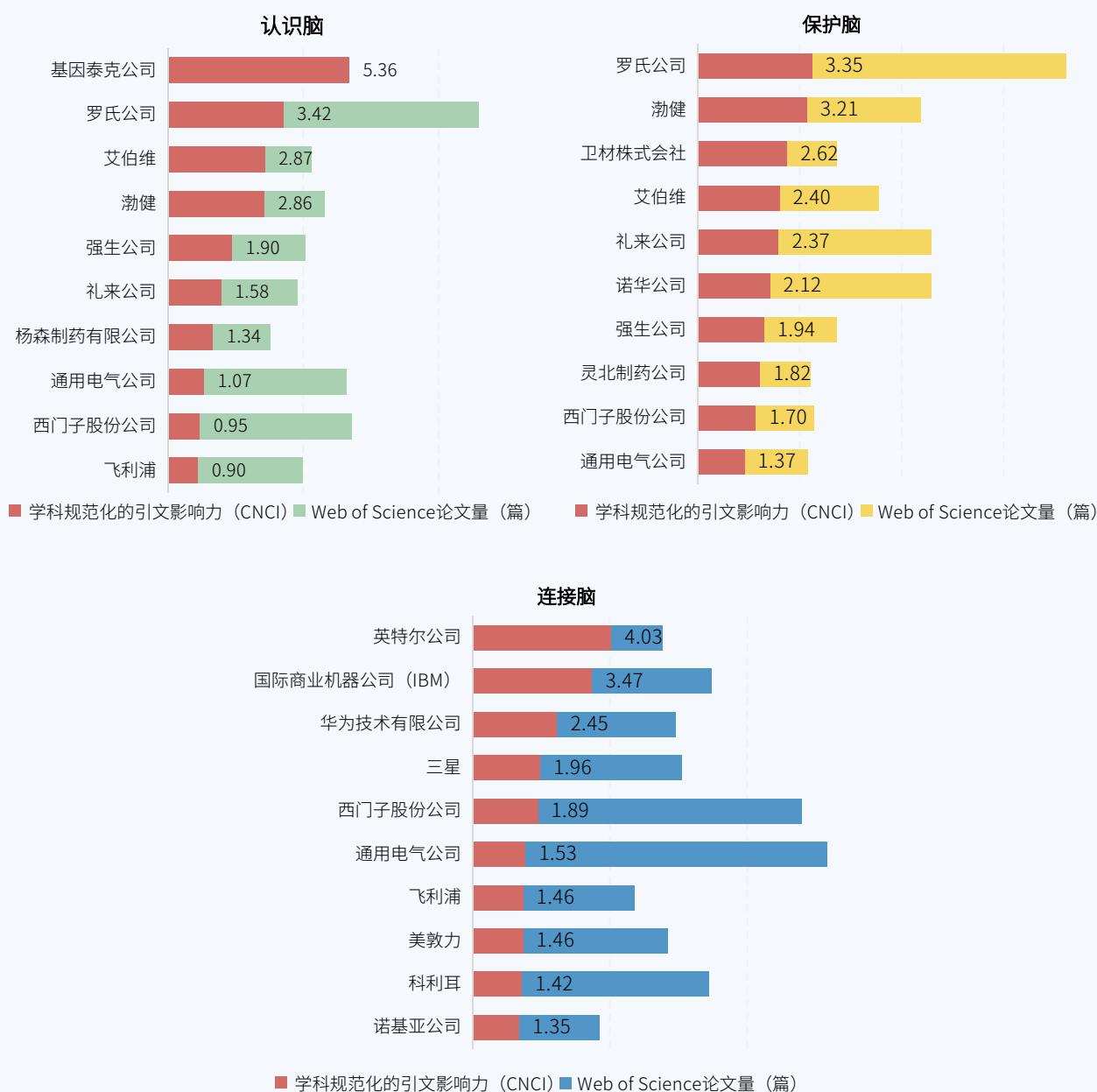


图 19. 全球认识脑、保护脑、连接脑发文量 Top10 企业论文学术影响力分布

4.3.3 机构合作

2019 至 2023 年，全球机构围绕脑科学与脑机工程的基础研究开展了密切合作，不仅限于科研机构之间或者企业之间的合作，还扩展到了企业、政府、科研机构在内的多元化机构合作。

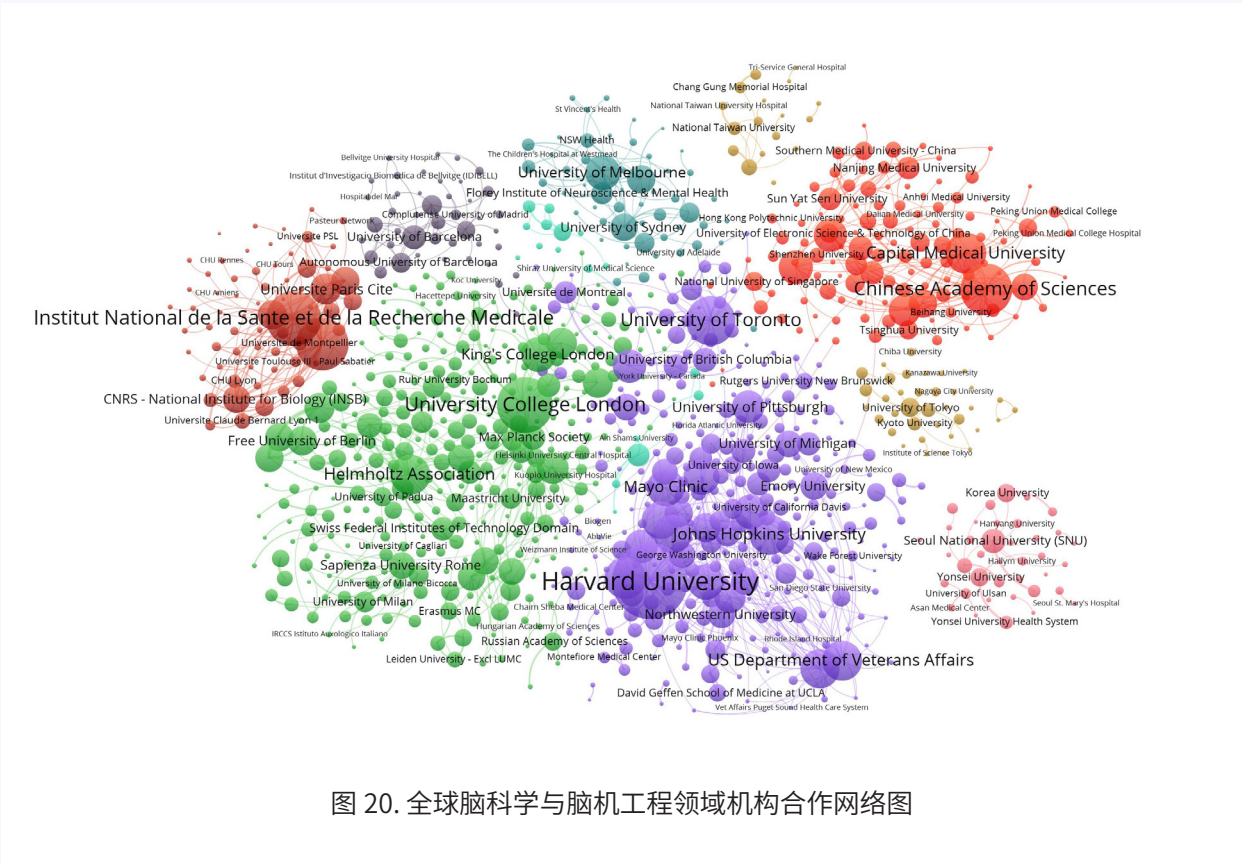
通过近五年全球脑科学与脑机工程领域论文

的共著关系构建机构合作网络图，如图 20 所示。在机构合作的网络中，哈佛大学、伦敦大学学院、法国国家健康与医学研究院、法国国家科学研究中心、中国科学院及多伦多大学等科研机构的表现较为突出，主导或参与了多项机构间的合作项目。

以发文量领先的哈佛大学为例，全球约有 290 个机构与其建立了紧密的合作关系。这些合作机构主要是科研机构（包括医院）占比达 88.3%，大型企业合作相对较少仅占 1.7%。此外，中国科学院作为国内发文量领先的机构也开展了广泛的机构合作，但与哈佛大学多国合作模式不同，中国科学院的机构合作仍以国内机构为主，参与合作的机构约有 118 个，其中，科研机构占

比 95.8%、企业占比 2.5%。

同时，全球知名企业如罗氏公司、礼来公司、诺华公司、通用电气公司、渤健、西门子股份公司、艾伯维、强生公司、飞利浦等全球大型企业也参与了跨机构合作。在这些企业中，罗氏公司在该领域的发文量领先，与礼来公司、渤健、艾伯维和基因泰克等四家公司建立了紧密的合作关系。



4.4 脑科学与脑机工程的研究人才全景

4.4.1 人才分布

2019 至 2023 年，全球在脑科学与脑机工程领域发表论文的作者总数超过百万。三个核心方向的发文作者数分别为认识脑 27.1 万、保护脑 47.8 万、连接脑 32.0 万，在三个核心方向

中，保护脑的作者占比最高达到 44.7%，连接脑以 29.9% 位居第二，而认识脑的作者占比最少为 25.4%。

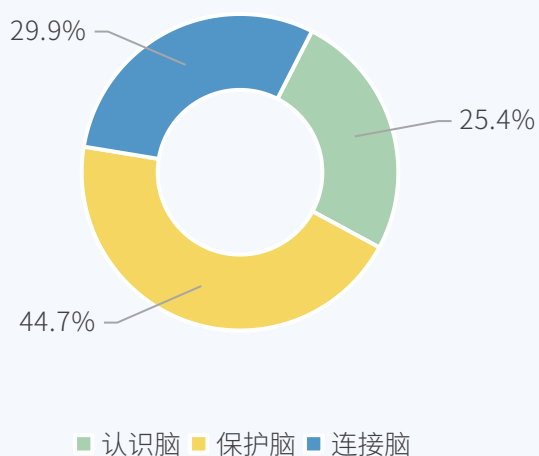


图 21. 全球脑科学与脑机工程领域人才分布

数据显示，三个核心方向的论文作者主要分布在美国、中国和英国，其中，美国在认识脑和保护脑两个方向的作者数均位居全球第一，分别达到 11.3 万和 6.7 万人，占比超过 23.0%。中国在这两个方向的作者占比也达到 18.0% 以上，分

别为 9 万和 6 万人。在连接脑方向，中国以 8 万人的作者量位居榜首，美国则以 6.5 万紧随其后。而英国在三个方向的作者占比相对稳定，均在 4.0% 左右。

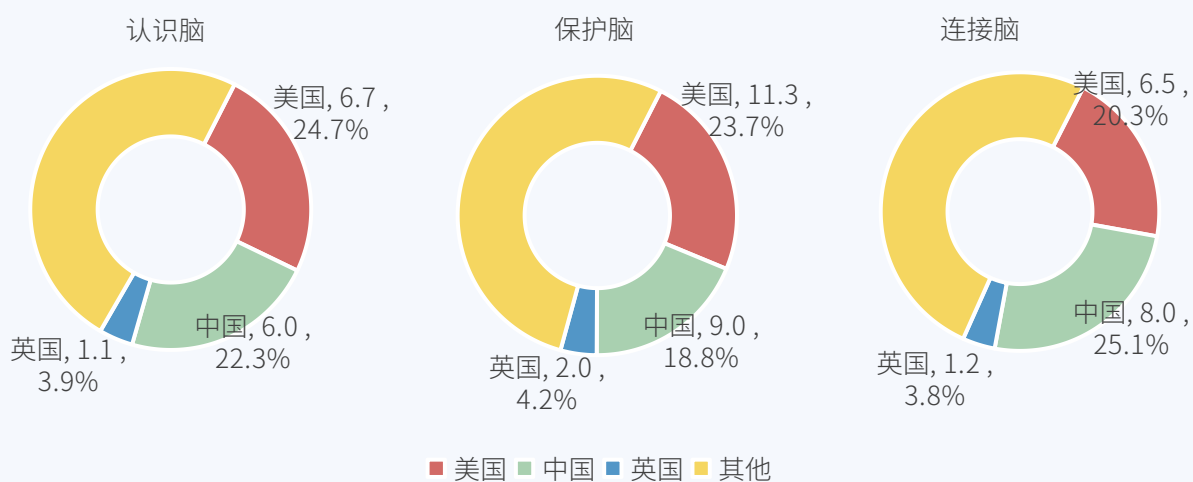


图 22. 全球认识脑、保护脑、连接脑主要发文国家 / 地区作者数量（单位：万人）

4.4.2 领军人才

作为推动基础研究进步的中坚力量，论文作者为脑科学与脑机工程领域的基础创新注入了源源不断的动力。然而，具有深远影响力的杰出人才不仅能够迅速提升学科的全球影响力，更能激发更多的创新活力和发展动力。

通过分析 2023 年神经科学和行为学研究领域的全球高被引科学家⁹（Highly Cited Researcher, HCR）榜单，可洞察近年来在神经科学和行为学研究领域的顶尖人才，同时，由于该榜单与脑科学与脑机工程基础研究的内容密切相关，所以为了解和掌握脑科学与脑机工程领域的全球杰出科学家提供了可行路径。

榜单数据显示，2023 年全球神经科学和行为学研究领域的高被引科学家共有 226 位。美国在

这一领域以绝对优势领先，拥有 125 位高被引科学家，占比超过一半。英国和德国分别以 27 位和 11 位高被引科学家位列第二和第三。中国有两位科学家入选，分别是北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室的贺永教授和左西年教授。

此外，美国在高被引科学家的机构分布上同样占据着显著的领导地位，全球前 10 位拥有最多高被引科学家的机构中有 6 家来自美国，2 家来自英国，澳大利亚和瑞典各有一家机构。其中，美国的梅奥医学中心和华盛顿大学分别以 11 位和 10 位高被引科学家的数量位居全球前两位。澳大利亚的墨尔本大学和瑞典的隆德大学也各有 5 位科学家当选该领域的高被引科学家。

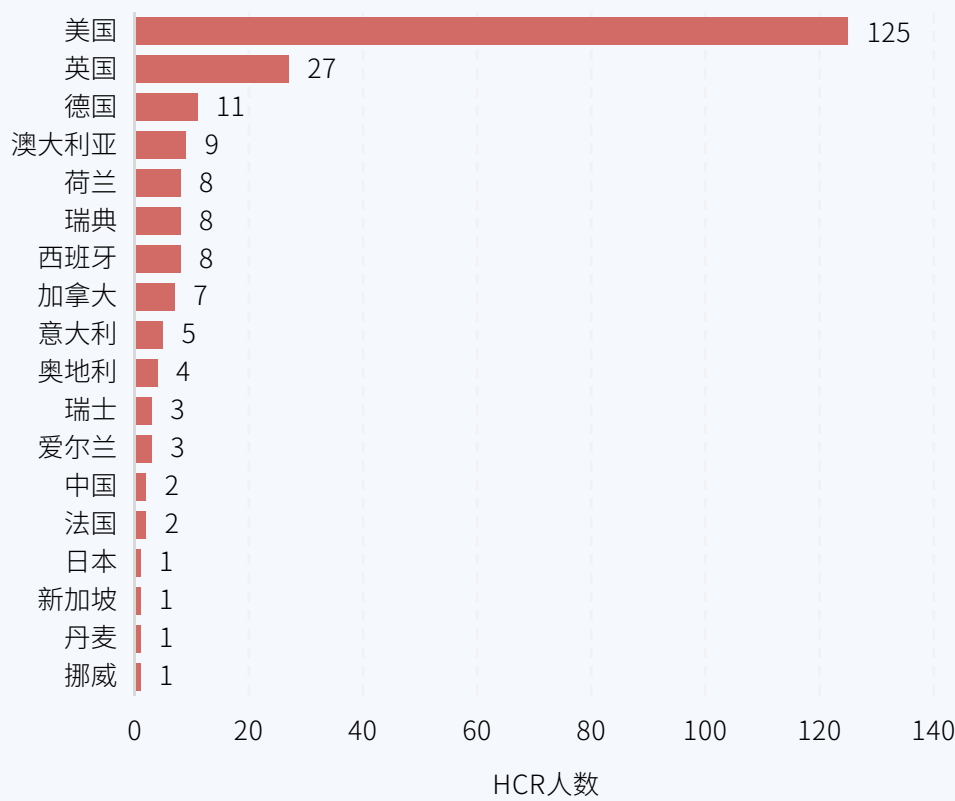


图 23. 2023 年神经科学与行为学学科全球高被引科学家国家 / 地区分布

9 科睿唯安自 2014 年开始在全球范围内遴选自然科学和社会科学领域最具影响力的杰出科学家（Highly Cited Researchers, HCR），此处选用该榜单是因脑科学与脑机工程基础研究内容与之密切相关。

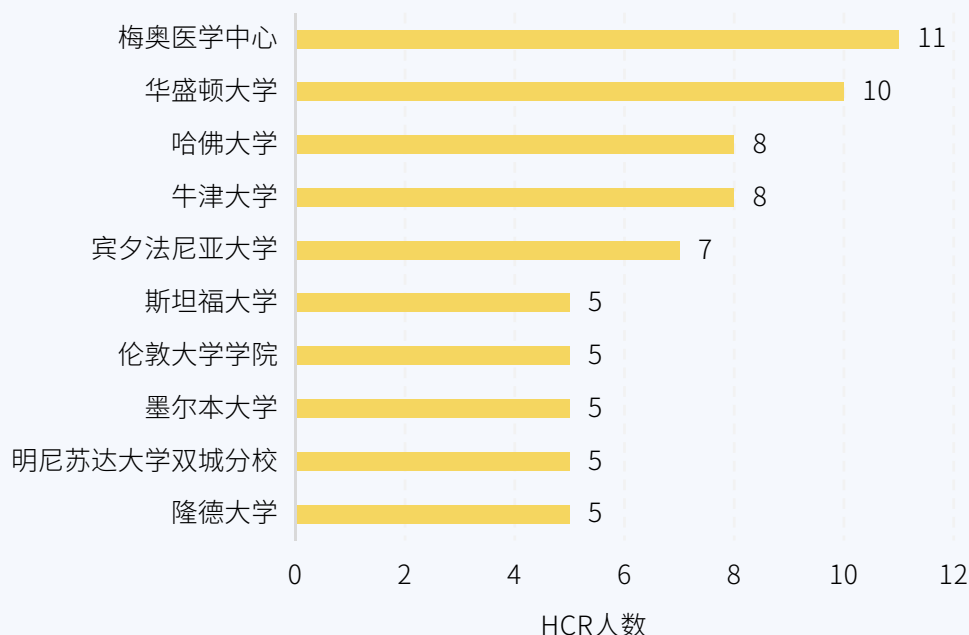


图 24. 2023 年神经科学与行为学学科全球高被引科学家主要机构分布

4.5 脑科学与脑机工程的热点前沿与新兴前沿

通过对近五年全球脑科学与脑机工程领域发表的论文及其引用网络进行细致分析，可以发现热点前沿与新兴前沿。首先从该领域 22 万篇论文中精选出高被引论文，再将精选后的高被引论文与 ESI Research Fronts (ESI 研究前沿) 中的高被引论文进行匹配和去重，最终确定超过 550 个与脑科学与脑机工程领域紧密相关的 ESI Research Fronts 作为该领域的研究前沿。在此基础上，进一步筛选出引文影响力最大 (Total citations) 且核心论文平均发表年份较新的 36 个研究前沿，作为最受关注的“热点前沿”；而 5 个“新兴前沿”则是基于核心论文平均出版年为 2023 年而且具有一定引文影响力的研究前沿。这些“前沿”的形成不依赖文献的人工分类和标注，全部基于论文作者间相互引用形成的含有知识和人之间的关系网络。

在认识脑方向，经遴选产生了 10 个热点前沿和 3 个新兴前沿。其中，7 个聚焦于神经退行性疾病，涵盖了最常见的阿尔茨海默症和帕金森病的研究，例如，“阿尔茨海默症单细胞转录组分析”

从细胞和基因层面探究致病机制，旨在为治疗提供精确的分子靶点和策略；“帕金森病的因果关系及遗传学研究”深入探索该病的发病机理和遗传背景。此外，还有针对神经退行性疾病生物标志物的研究，如“ α -突触核蛋白，人脑淀粉样蛋白和 Tau 蛋白在一系列神经退行性疾病中的作用研究”，以及“阿尔茨海默症中的磷酸化 Tau 蛋白的测定、分析和临床应用”。其余 6 个热点前沿则主要包含“全脑基因表达图谱与神经影像学数据的关联”“多发性硬化症中少突胶质细胞生成的动力学”“人类脑器官”“大脑的认知储备”以及“新冠病毒对大脑的影响”。

在此基础上，综合核心论文平均出版年份，将 2023 年的 3 个与阿尔茨海默症相关的研究前沿作为认识脑方向的新兴前沿，包括“T 细胞在阿尔茨海默症中的作用机制探讨”“肠道微生物的组成与阿尔茨海默症”和“更年期激素替代疗法与阿尔茨海默症”。

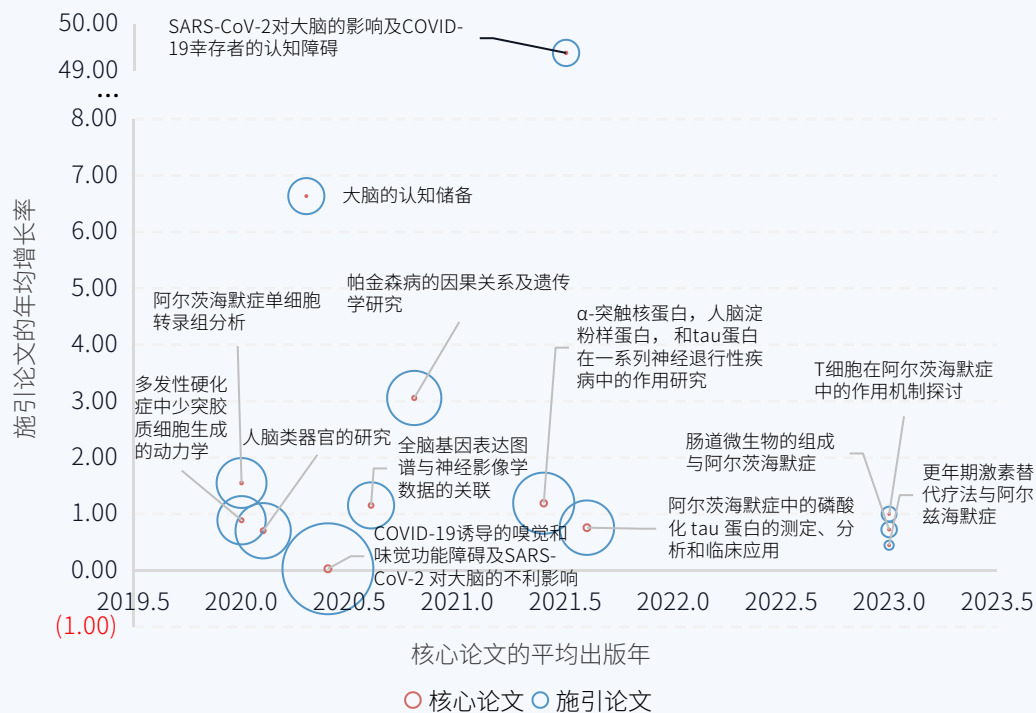


图 25. 全球认识脑热点前沿和新兴前沿

表 4. 全球认识脑热点前沿和新兴前沿

ESI研究前沿 (ESI Research Fronts)	核心论文	被引频次	平均出版年
肠道微生物的组成与阿尔茨海默症	3	139	2023
T细胞在阿尔茨海默症中的作用机制探讨	2	117	2023
更年期激素替代疗法与阿尔兹海默症	3	67	2023
阿尔茨海默病中的磷酸化 Tau 蛋白的测定、分析和临床应用 (SOLUBLE PHOSPHORYLATED TAU SIGNATURE LINKS TAU)	39	5162	2021.6
SARS-CoV-2 对大脑的影响及COVID-19幸存者的认知障碍	33	3803	2021.5
α -突触核蛋白、人脑淀粉样蛋白和Tau蛋白在一系列神经退行性疾病中的作用研究 (NEURONAL A-SYNUCLEIN DISEASE)	35	5121	2021.4
帕金森病的因果关系及遗传学研究	14	2744	2020.8
全脑基因表达图谱与神经影像学数据的关联 (或影像转录组学研究)	19	2655	2020.6
COVID-19诱导的嗅觉与味觉功能障碍及SARS-CoV-2对大脑的不利影响	40	11824	2020.4
大脑的认知储备	3	959	2020.3
人脑类器官的研究	20	4399	2020.1
阿尔茨海默症单细胞转录组分析	6	2526	2020
多发性硬化症中少突胶质细胞生成的动力学	13	2558	2020

在保护脑方向，经遴选产生了9个热点前沿。其中，2个热点前沿关注癫痫的分类、流行病学、治疗靶点及其疗法，涉及神经调控治疗和药物治疗的临床应用。另有2个热点前沿讨论了身体锻炼的重要性，如有氧运动、正念瑜伽、伸展和阻力训练等多种规律性的运动和身体锻炼对帕金森病都具有有益的作用；其余热点前沿主要围绕“单克隆抗体药物治疗早期阿尔茨海默症的疗效及临床试验研究”“偏头痛的药物治疗”“阻塞性睡眠呼吸暂停的相关研究”“抑郁和炎症的联系”“抗衰老药物的临床应用”等内容。

其中，热点前沿“单克隆抗体药物治疗早期

阿尔茨海默症”探讨了一系列单克隆抗体药物在临床试验和临床应用中的安全性和有效性，如美国食品药品监督管理局（FDA）于2023年7月批准上市的仑卡奈单抗（Lecanemab），2024年7月FDA批准上市的多奈单抗（Donanemab）。而且还研究了其他针对靶向β淀粉样蛋白的单克隆抗体药物的临床试验效果及副作用，如克瑞尼珠单抗（Crenezumab）、苏兰组单抗（Solanezumab）、更汀芦单抗 Gantenerumab 等。此外，该热点前沿还延伸到AD药物研发的另一个关键研究方向——靶向Tau蛋白，评价了抗Tau单克隆抗体 Semorinemab 和 Tilavonemab 在治疗早期阿尔兹海默症中的安全性和有效性。

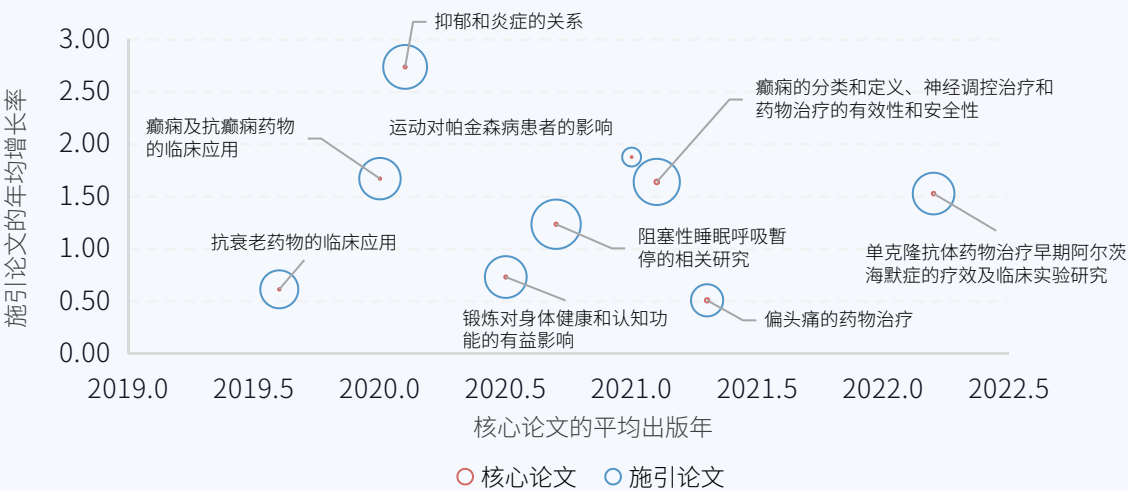


图 26. 全球保护脑热点前沿

表 5. 全球保护脑热点前沿

ESI研究前沿（ESI Research Fronts）	核心论文	被引频次	平均出版年
单克隆抗体药物治疗早期阿尔茨海默症的疗效及临床试验研究	20	3399	2022.2
偏头痛的药物治疗	32	3298	2021.3
癫痫的分类和定义、神经调控治疗和药物治疗的有效性和安全性	36	3726	2021.1
运动对帕金森病患者的影响	5	559	2021
阻塞性睡眠呼吸暂停的相关研究	18	4437	2020.7
锻炼对身体健康和认知功能的有益影响	16	2943	2020.5
抑郁和炎症的联系	16	3498	2020.1
癫痫及抗癫痫药物的临床应用	9	2713	2020
抗衰老药物的临床应用	9	3154	2019.6

在连接脑方向，经遴选产生了 12 个热点前沿基本与脑机接口相关，主要包含狭义的脑机接口或输出式脑机接口以及广义的脑机接口或输入式脑机接口。其中，输出式脑机接口专注于脑信号的采集、分析等关键技术。在这一领域，迁移学习已成为减少设备校准需求的关键技术。同时，深度学习作为一种强大的人工智能工具，正在被广泛应用于脑机接口的数据处理中。具体与输出式脑机接口相关的热点前沿包括：“深度学习在脑电情绪识别中的应用”“基于深度学习和神经影像数据的大脑年龄预测”“利用深度学习对睡眠阶段分类”“阿尔茨海默症痴呆评估的多模态深度学习”“用于脑机接口的脑电数据深度学习”“基于深度学习的脑电图分析”“基于脑机接口自适应迁移学习的多尺度特征融合深度卷积神经网络”“脑电图的数据清理演算法”“脑机

接口的迁移学习”。此外，与输入式脑机接口相关的热点前沿包括“脑深部刺激及其应用”“经颅超声刺激”“多种经颅磁刺激治疗抑郁症”。

在此基础上，综合核心论文平均出版年份，遴选 2 个关于侵入式脑机接口的研究前沿作为新兴前沿，主要涉及“全植入式血管内脑机接口”和“用于语音解码的高性能神经假体”。

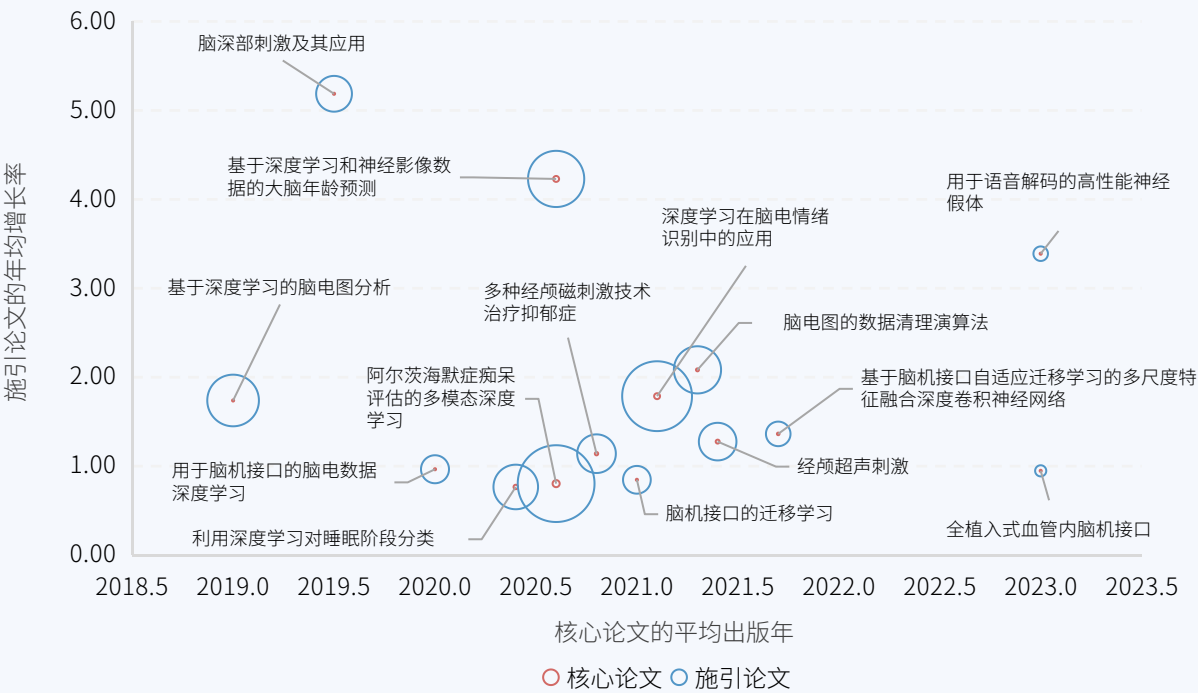


图 27. 全球连接脑热点前沿和新兴前沿

表 6. 全球连接脑热点前沿和新兴前沿

ESI研究前沿（ESI Research Fronts）	核心论文	被引频次	平均出版年
用于语音解码的高性能神经假体（HIGH-PERFORMANCE NEUROPROSTHESIS）	2	65	2023
全植入式血管内脑机接口（FULLY IMPLANTED ENDOVASCULAR BRAIN-COMPUTER INTERFACE）	2	37	2023
基于脑机接口自适应迁移学习的多尺度特征融合深度卷积神经网络	3	260	2021.7
经颅超声刺激	7	645	2021.4
脑电图的数据清理演算法	4	881	2021.3
深度学习在脑电情绪识别中的应用	16	2935	2021.1
脑机接口的迁移学习	2	286	2021.0
多种经颅磁刺激技术治疗抑郁症	5	764	2020.8
阿尔茨海默症痴呆评估的多模态深度学习	23	2985	2020.6
基于深度学习和神经影像数据的大脑年龄预测	16	1880	2020.6
利用深度学习对睡眠阶段分类	9	1213	2020.4
用于脑机接口的脑电数据深度学习	2	272	2020.0
脑深部刺激及其应用	2	564	2019.5
基于深度学习的脑电图分析	2	977	2019.0

5. 脑科学与脑机工程的应用研究概况

专利是技术研发产出的直接体现，也是衡量技术研发实力的重要依据。本章将利用 incoPat 数据库检索并获取专利数据，对脑科学与脑机工程领域整体及其三个核心方向的专利技术发展概况、技术分布特征、技术创新价值、技术竞争格局以及主要技术创新机构等数据进行分析。

5.1 脑科学与脑机工程的技术发展概况

5.1.1 专利产出

2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域的公开专利数量（以下简称“专利数量”）共计 152689 件，德温特同族专利 72302 项。该领域专利产出覆盖 98 个国家 / 地区，其中专利授权 60915 件，PCT 专利申请量达 13984 件。数据显示，脑科学与脑机工程领域平均每年的专利公开数量约为 3 万件，总体呈波动下滑的趋势，但 PCT 专

利申请数量逐年上升，2019 到 2023 年的复合年均增长率达 7.7%。这说明虽然专利数量规模略有下降，但脑科学与脑机工程领域的全球布局在持续推进。

表 7. 全球脑科学与脑机工程领域专利产出概况

方向	公开专利数量（件）	专利授权数量（件）	德温特同族专利（项）	PCT专利申请量（件）
整体	152689	60915	72302	13984
认识脑	20909	10078	15256	1416
保护脑	115021	42214	44815	11374
连接脑	21928	10834	15467	1718

分方向数据显示，认识脑公开专利数量为 20909 件，总体呈上升趋势，复合年均增长率为 3.4%；其中德温特同族专利 15256 项，专利授权 10078 件，PCT 专利申请量 1416 件。保护脑公开专利数量 115021 件，是脑科学与脑机工程领域最主要的应用落地方向，其中德温特同族专利 44815 项，专利授权 42214 件，PCT 专利申请量 11374 件；近五年虽然保护脑的专利数量总体规模有所收缩，但 PCT 专利申请量持续增长。连接脑公开

专利数量为 21928 件，略高于认识脑方向，其中德温特同族专利 15467 项，专利授权 10834 项，PCT 专利申请量 1718 件。值得一提的是，连接脑方向 PCT 专利申请量复合年均增长率达 10.1%，是三个方向中增长最快的，在一定程度上说明连接脑方向在近五年处于研究热潮之中。



图 28. 全球脑科学与脑机工程领域专利数量趋势

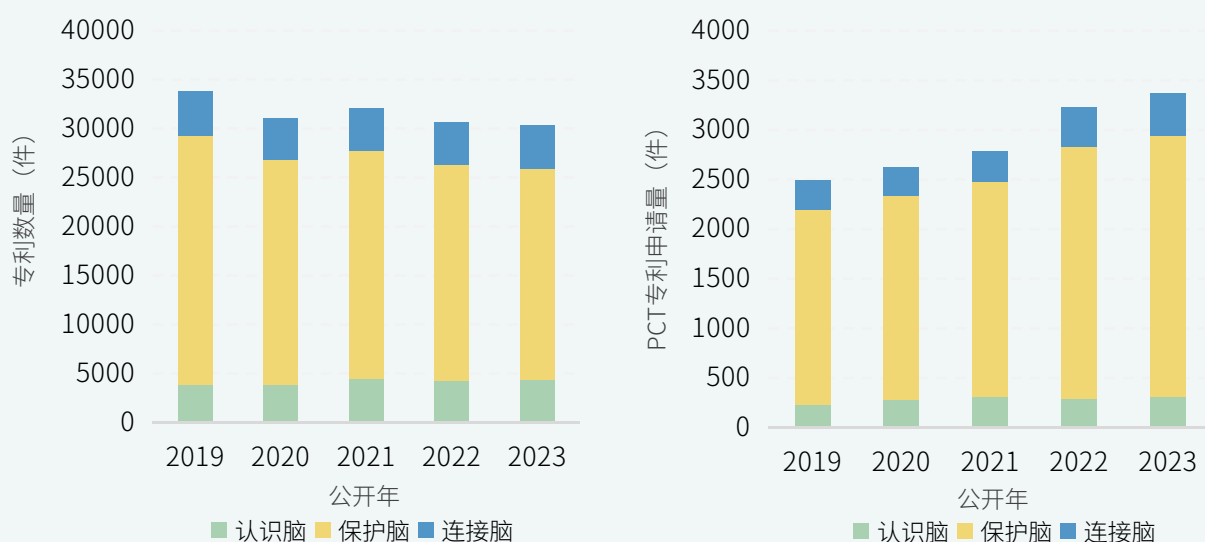


图 29. 全球脑科学与脑机工程领域分方向专利数量趋势

5.1.2 专利类型

2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域的专利产出中，发明专利占比突出接近 95%，而实用新型和外观设计专利的占比分别为 4.5% 和 0.6%，表明该领域的应用研究主要集中在创造性和新颖性的技术方案上。具体而言，保护脑方向发明专利占比高达 99.2%，表明保护脑方向是脑科学与脑机工程前沿技术竞争和布局的焦点。相

比之下，认识脑和连接脑两个方向的专利构成则有所不同，这两个方向的实用新型专利占比均超过了 10%，并且包含了一定比例的外观设计专利，反映出认识脑和连接脑两个方向的应用研究不仅注重技术创新，同时也在产品优化设计上投入了更多的精力。

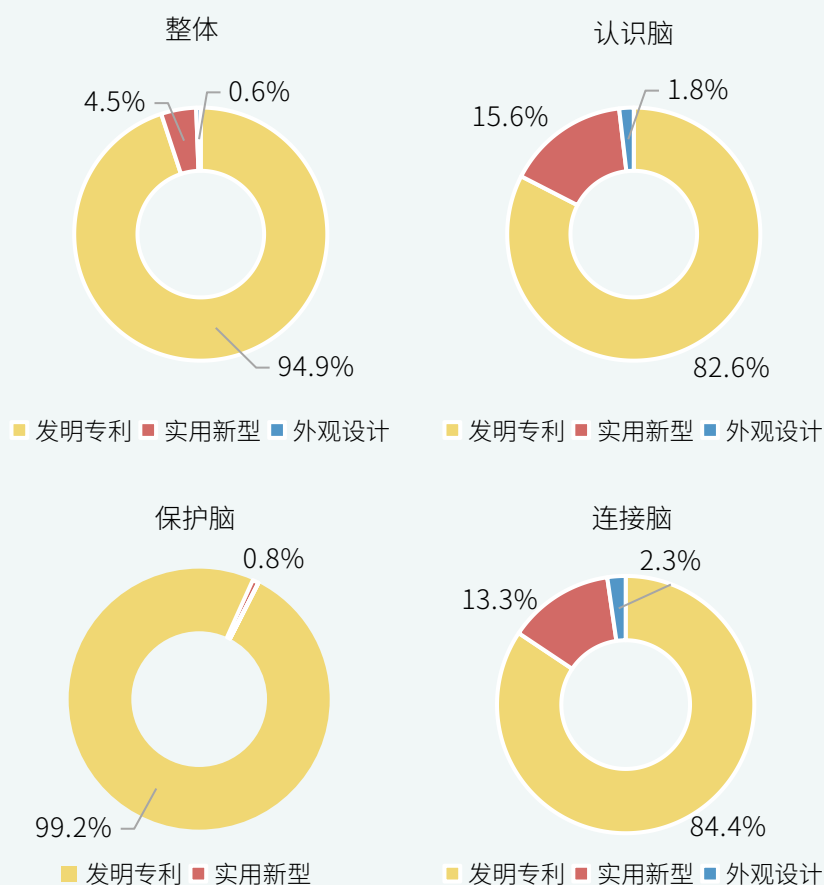


图 30 . 全球脑科学与脑机工程领域专利类型分布

5.2 脑科学与脑机工程的技术分布特征

5.2.1 专利技术构成

从国际专利分类（IPC）的技术构成来看，全球脑科学与脑机工程领域的专利产出主要集中在几个关键的分类号上。其中，超过 30% 的专利集中在 A61K 分类号，涉及鉴定、诊断、化合物或药物的研制。C07D 分类号专利占比 15.8%，涉及有机化学领域，特别是化合物的制备；C07K 分类号专利占比 6.2%，主要与生物技术领域相关；A61N 分类号专利占比 5.2%，涉及医疗器械。此外，A61B、A61P、C07C、A61F、G01N、G06F 等分类号的专利占比也都超过了 1%。IPC 分类号的分

布揭示了脑科学与脑机工程领域的应用研究实践主要集中在医学诊断和治疗技术、医用配置品和器械装置的开发、化合物或药物的研制以及数据处理、算法和计算系统开发等方面。

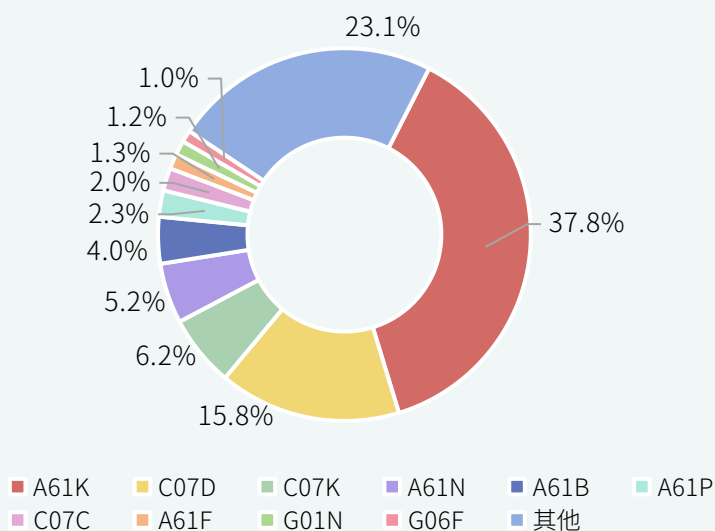


图 31. 全球脑科学与脑机工程领域专利技术构成

尽管三个核心方向的专利都在 A61 大类下有大量分布，但它们在具体技术构成上各有侧重。认识脑方向的专利重点布局在医学诊断、医用配置品、医用器械以及治疗手段的相关技术上，而

保护脑方向的专利则更多地包含了与药物有关的化合物的研发。连接脑方向的专利则在计算模型、数据处理、计算系统和传感设备的相关技术上有更多的布局。

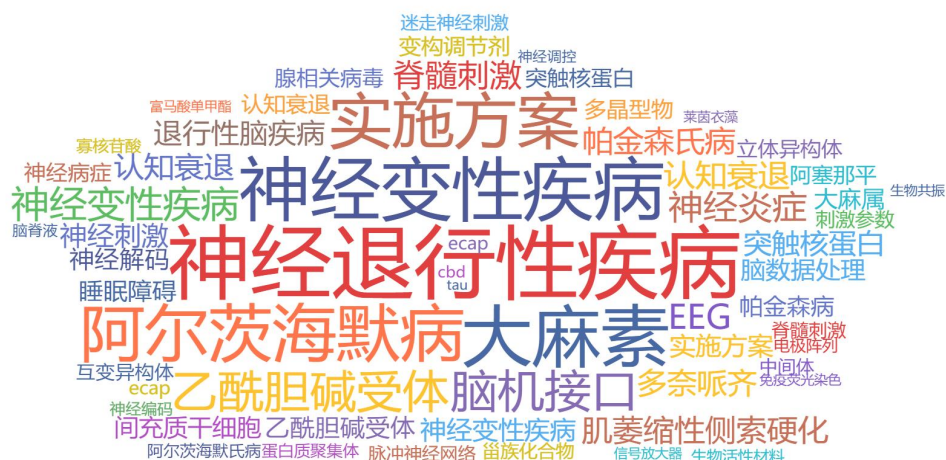
表 8. 全球脑科学与脑机工程领域分方向的主要 IPC 分类号

认识脑	保护脑	连接脑
A61B	A61K	A61N
G01N	C07D	A61B
A61K	C07K	G06N
A61M	A61N	G06F
A61N	A61P	H04R

5.2.2 专利技术热点

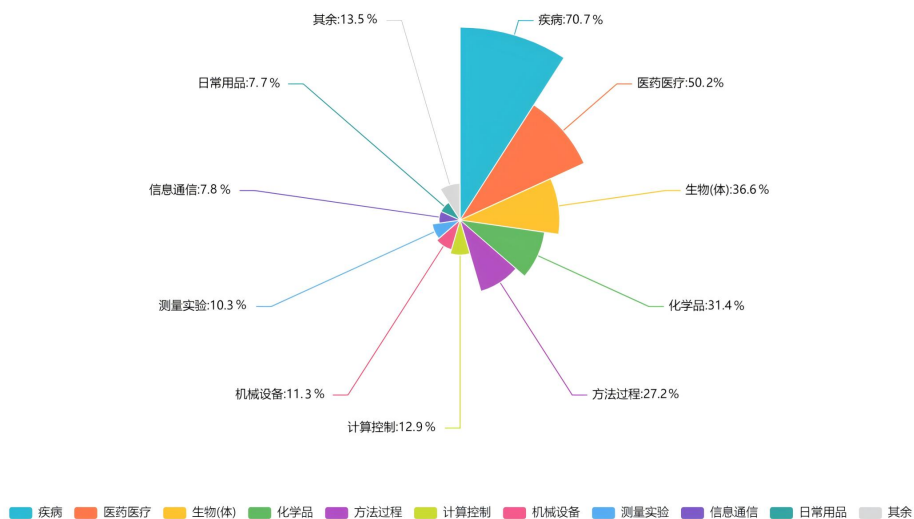
通过深入分析专利文献的具体内容，提炼出脑科学与脑机工程领域的技术热点词，如图 32 所示，图中呈现了该领域当前研究和创新的主要方向，包括神经退行性疾病、阿尔兹海默症、脑机

接口、治疗方案、神经刺激、各类化合物和药物制剂、脑数据采集和处理等。



5.2.3 专利技术用途

近五年脑科学与脑机工程领域的专利技术用途分布显示，该领域的主要应用集中在疾病、医药医疗、生物（体）、化学品、方法过程、计算控制、机械设备、测量实验、信息通信和日常用品等方面。



5.3 脑科学与脑机工程的技术创新价值

本节将从技术性、经济性和法律性三方面剖析全球脑科学与脑机工程领域专利产出的技术创新价值。具体地，通过专利的权利要求数量和引用次数来考察专利技术性，通过德温特同族数量、三方专利和四方专利数量来反映专利经济性，通过专利有效性和专利涉诉情况来评估专利法律性。

5.3.1 专利技术性

2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域专利的权利要求数量主要集中在 6 至 30 项的区间，其中 6 至 10 项专利占比最大 24.3%，11 至 15 项、16 至 20 项、21 至 30 项专利占比均超过 10%，超过 40 项的专利占比也超过了 10%。这些数据反映出脑科学与脑机工程领域专利的权利要求保护范围通常较为广泛，意味着专利涉及的技术领域也较为多元，从而揭示了脑科学与脑机工程是一个跨学科、跨领域的综合性产业领域。同时，该领域的专利技术具有较高的复杂性，申请人对于专利的保护力度、持续要求和维权投入均较为显著。

在脑科学与脑机工程领域的三个核心方向中，保护脑方向的专利权利要求数量相对较多，在一定程度上反映了该方向的高度竞争性以及较高的产业化程度，表明保护脑方向的研究和开发活动更为活跃，其研究成果更易于转化为市场上的产品和服务。连接脑方向的专利权利要求数量次之，这表明该领域的研究同样具有相当的活力，但总体仍处于探索阶段，尚未形成明确且可行的技术路线，大规模产业化可能还需要经历一段较长的探索和发展过程。认识脑方向的专利权利要求数量相对较少，可能表明该方向应用研究和产业化的成熟度相对较低。

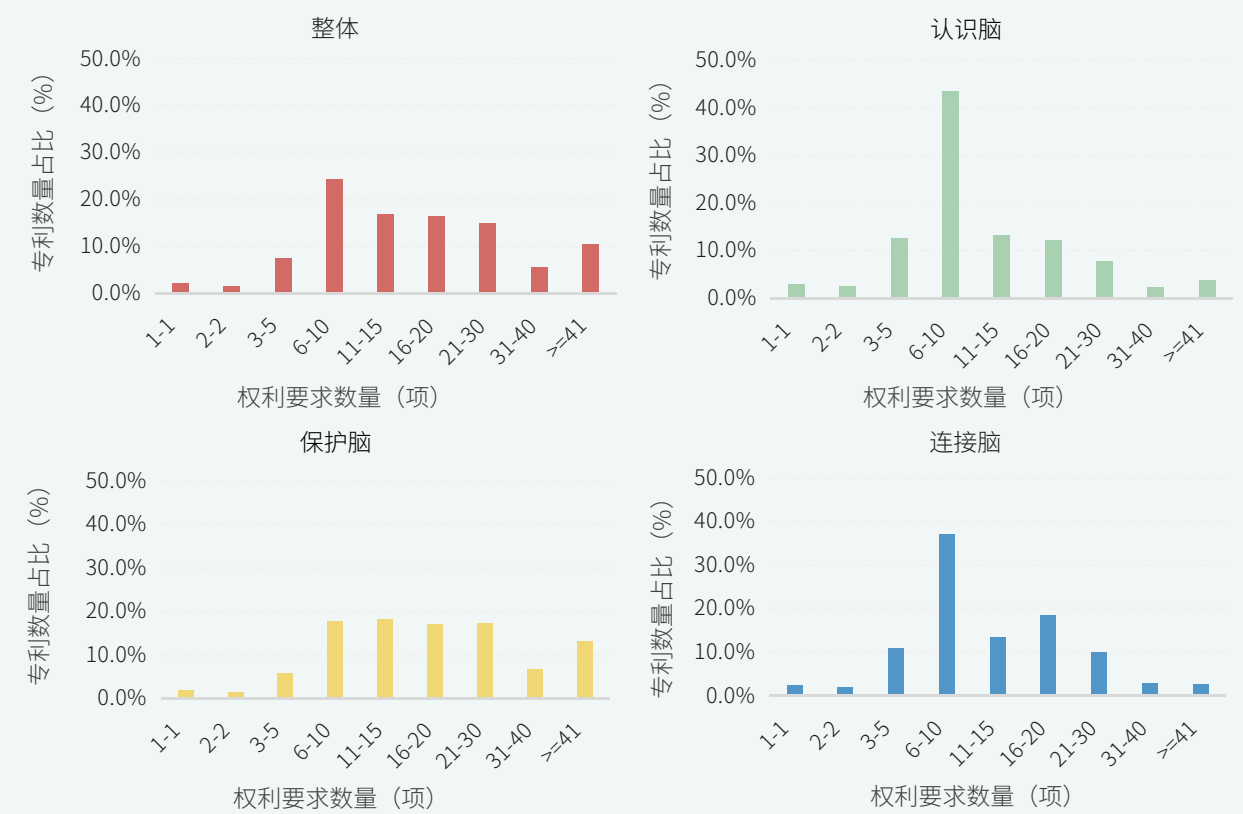
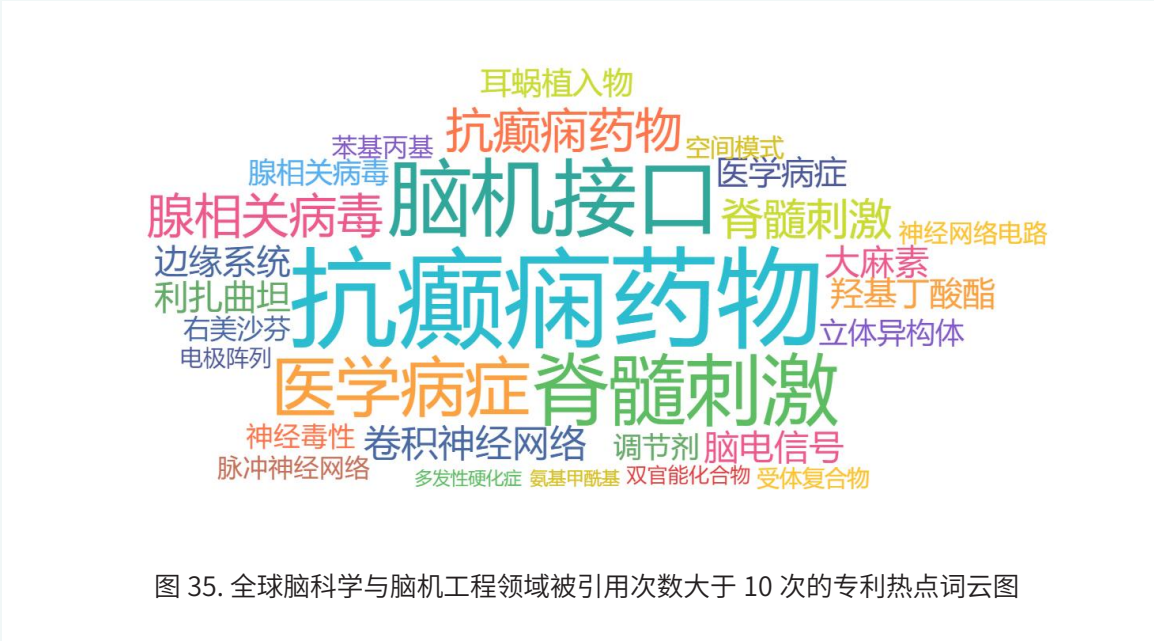


图 34. 全球脑科学与脑机工程领域及其分方向专利权利要求数量分布

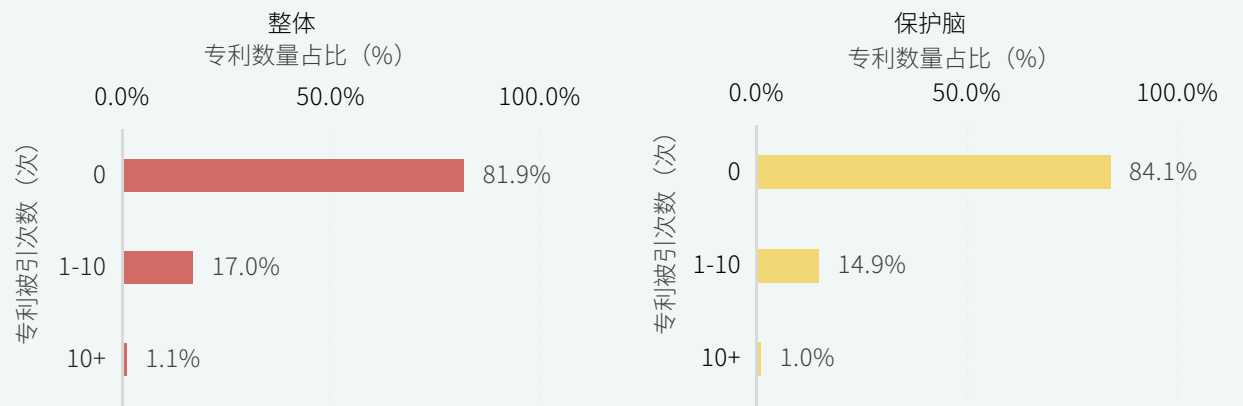
脑科学与脑机工程领域专利文献的引用情况显示，约 18.1% 的专利存在被引记录，其中 93.9% 的专利被引次数小于 10 次，仅有 1682 件专利的被引次数超过 10 次，通常认为这些专利是该领域的技术基础或关键技术。图 35 中展示了被

引次数超过 10 次的专利文献热门词，主要包括抗癫痫药物、脑机接口、脊髓刺激、医学病症、腺病毒相关技术等，它们揭示了脑科学与脑机工程领域专利研发的基础性方向。



在三个核心方向中，认识脑的专利被引用比例最高达到 31.9%，该数据印证了认识脑在该领域发展中的基础性作用，其研究成果为其他研究方向提供了重要的科学基础。连接脑的专利被引

用比例次之为 25.9%，从侧面反映了近年来该方向的研究热度和业务关注度较高，专利的实际应用价值也相对较高。



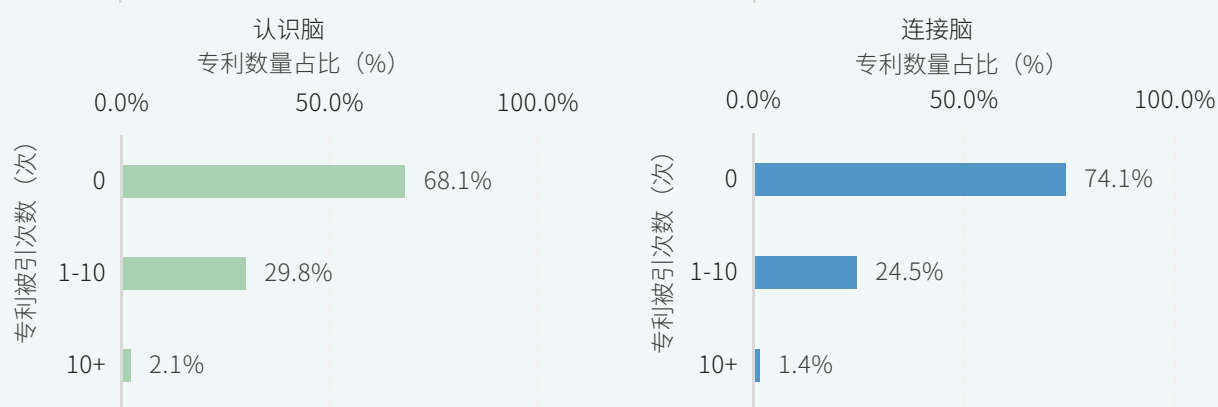


图 36. 全球脑科学与脑机工程领域及其分方向专利被引次数分布

5.3.2 专利经济性

2019 至 2023 年，脑科学与脑机工程领域专利德温特同族数量呈现了下降趋势，尽管如此，自 2020 年起，该领域的专利数量仍以平均每年约 13000 项的速度保持增长。这种下降趋势主要体现在保护脑方向，尤其是在 C07D 小类中，这一领

域涉及有机化学，与神经退行性疾病相关化合物的合成密切相关。与此同时，连接脑和保护脑两个方向的技术发明平均每年新增约 3000 项，体现出了该领域的持续创新和发展。

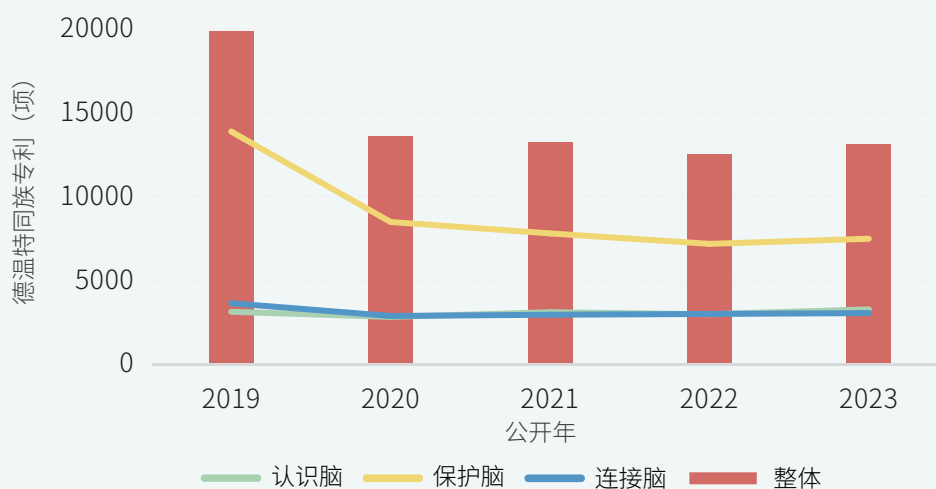


图 37. 全球脑科学与脑机工程领域及其分方向德温特同族专利数量趋势

同期，脑科学与脑机工程领域的三方专利共计 72762 件、四方专利共计 65109 件，两者数量都呈现上升趋势，年均复合增长率均为 4.1%，进一步证实该领域在全球范围内的技术布局正在稳步推进。三个核心方向的数据也显示，认识脑方

向三方专利、四方专利数量增长最快，连接脑方向次之，表明这两个方向的技术布局仍存在较大的发展空间，而保护脑方向的专利技术相对成熟，发展速度放缓。

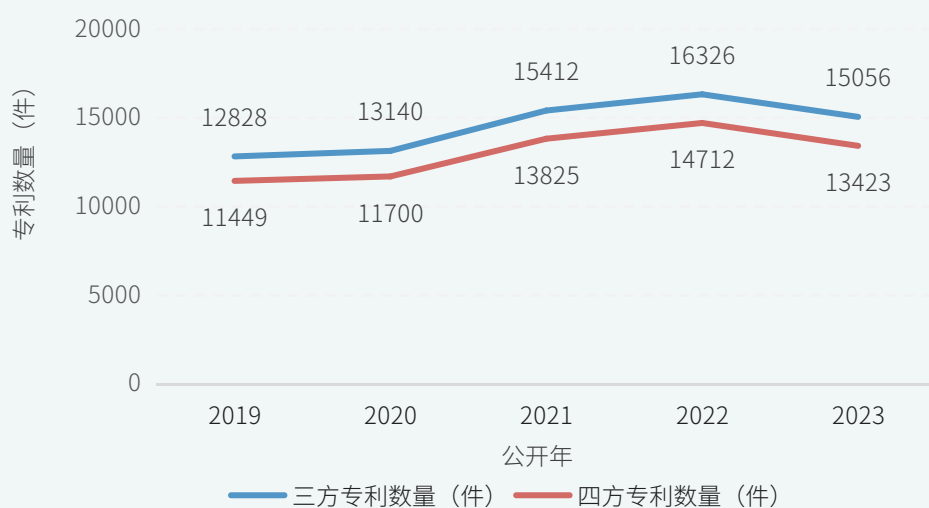


图 38. 全球脑科学与脑机工程领域三方专利和四方专利数量趋势

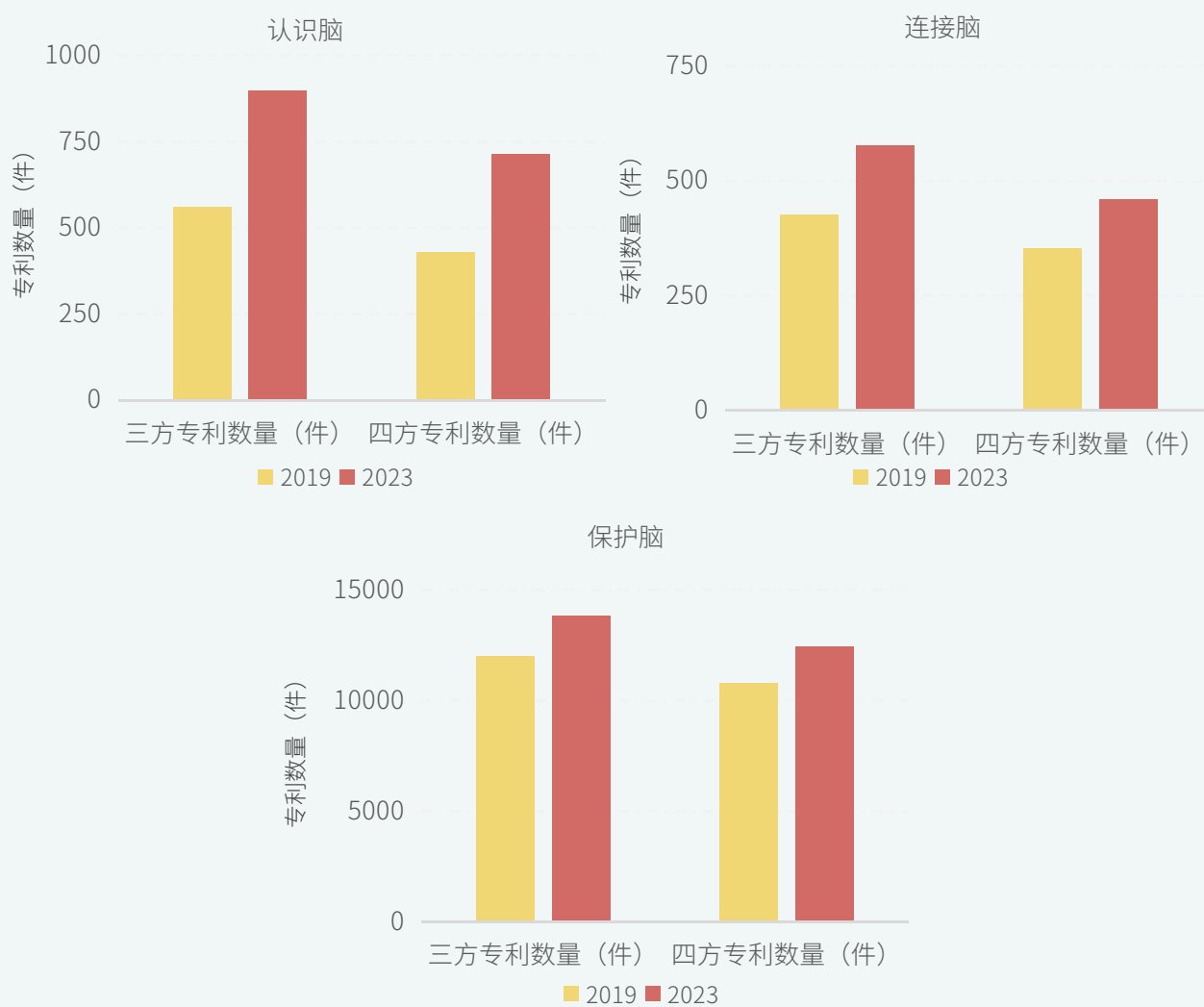


图 39. 全球脑科学与脑机工程领域分方向三方专利和四方专利数量

5.3.3 专利法律性

2019 至 2023 年，全球脑科学与脑机工程领域的公开专利中，维持有效的专利达 112249 件，占公开专利总量的 73.5%，反映了该领域的创新活动较为活跃，创新成果得到了有效的保护和利

用。其中，认识脑有效专利占比 72.7%，保护脑和连接脑有效专利占比均为 73.7%，三个方向的公开专利中有效专利比例大致相当。

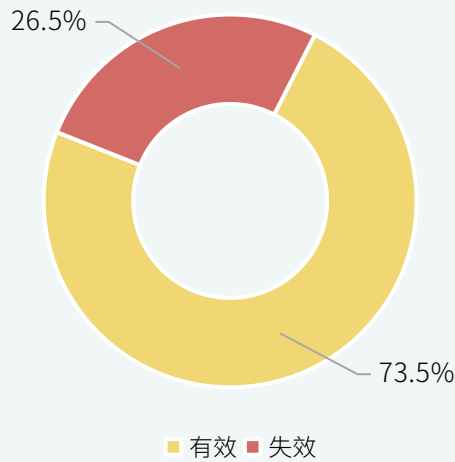


图 40. 全球脑科学与脑机工程领域有效专利占比

近五年，全球该领域涉及诉讼的专利数量为 4522 件，占公开专利总量的 3.0%。在这些诉讼案件中，行政诉讼案件占比最高达 87.4%，无效诉讼和侵权诉讼的占比分别为 6.3% 和 4.6%。这些统计结果可能表明该领域的应用研究尚处于发展阶段，专利技术的稳定性面临较多挑战。

具体在三个核心方向中，保护脑的诉讼专利比例最高，达到 3.4%，认识脑的诉讼专利比例为 1.7%，而连接脑的诉讼专利比例最低，仅为 1.3%。这种差异或许与连接脑起步相对较晚有关，随着该领域的技术成熟度提高，相关诉讼案件的比例也会有所变化。

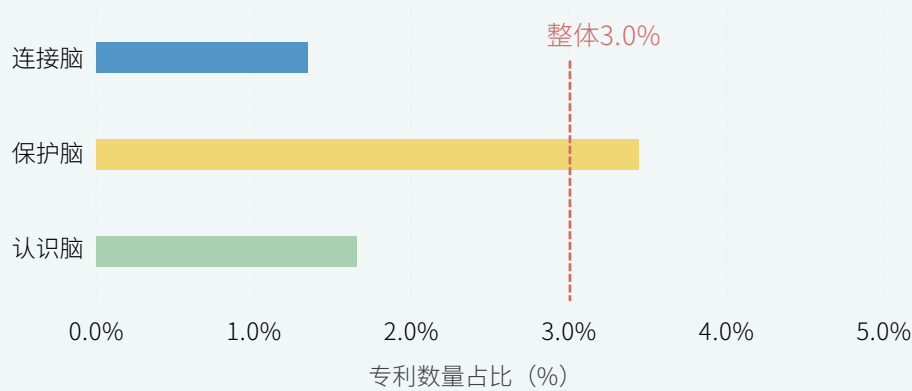


图 41. 全球脑科学与脑机工程领域及其分方向诉讼专利比例

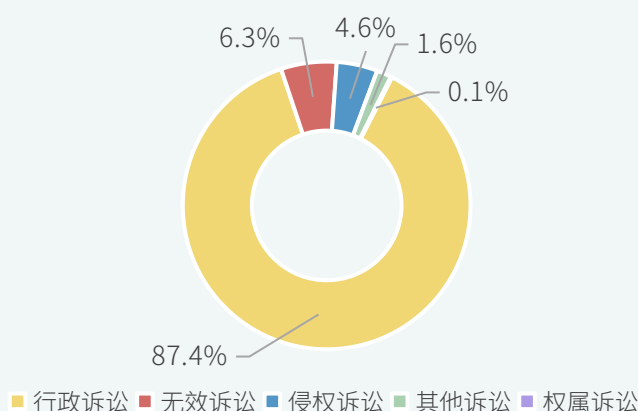


图 42. 全球脑科学与脑机工程领域涉诉专利诉讼类型分布

5.4 脑科学与脑机工程的技术竞争格局

一个技术领域的全球专利布局可从专利技术来源国和专利技术目标国两方面来分析。通常情况下，专利的优先权国家被视为该技术的发源地，其专利数量能够体现一个国家 / 地区的技术创新能力和活跃度；而专利申请所在国家 / 地区反映了专利权人在不同国家 / 地区的技术布局，其专

利数量可以揭示该技术领域在不同国家 / 地区的重视程度。一般而言，只有在技术研发活跃或市场潜力大的地区，申请人才会更加注重专利布局。

5.4.1 技术地域分布

2019 至 2023 年，在全球脑科学与脑机工程领域的专利公开数量前十的技术来源国家 / 地区（以下简称“Top10 技术来源国家 / 地区”）中，欧美发达国家和部分亚洲国家占据了主导地位。亚洲有中国、韩国、日本和印度四个国家上榜，而欧洲也有英国、法国、俄罗斯和德国四个国家位列其中，北美洲¹⁰和大洋洲¹¹分别有 1 个国家上榜。数据显示，美国和中国是该领域专利技术的主要来源国，两国合计贡献了超过六成的专利技术。美国以 68400 件公开专利技术高居榜首，

占总量的 44.8%，是最主要的专利技术来源国，而中国则以 28761 件公开专利技术紧随其后，占总量的 18.8%。韩国、日本和英国分别以 4.5%、4.3% 和 3.2% 的占比位列第三至第五位，其他国家 / 地区的专利技术来源占比均低于 2%。

¹⁰ 北美洲国家主要指美国。

¹¹ 大洋洲国家主要指澳大利亚。

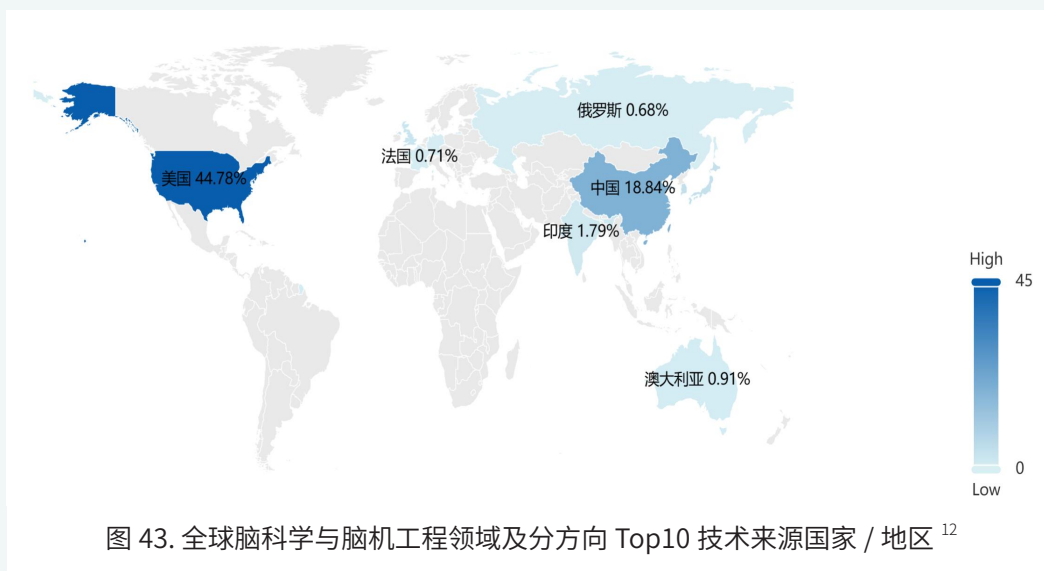


图 43. 全球脑科学与脑机工程领域及分方向 Top10 技术来源国家 / 地区¹²

在三个核心方向上，中国和美国的专利数量显著高于其他国家 / 地区，分别在不同方向占据领先地位，显示出两国在技术输出和创新能力上的显著优势。具体而言，在认识脑和连接脑方向，中国分别以 9133 件和 8944 件专利位居专利技术来源国榜首，美国则分别以 4965 件和 7435 件专利位居第二。但在保护脑方向，美国以 58592 件专利高居榜首，中国则以 11973 件专利紧随其后。

此外，日本和韩国在三个核心方向的专利数量分别排在第三位和第四位，俄罗斯在认识脑和连接脑方向表现较为突出，丹麦则在保护脑方向跻身前十。

表 9. 全球脑科学与脑机工程领域及分方向 Top10 技术来源国家 / 地区

整体		认识脑		保护脑		连接脑	
技术来源国家/地区TOP10	专利公开数量(件)	技术来源国家/地区TOP10	专利公开数量(件)	技术来源国家/地区TOP10	专利公开数量(件)	技术来源国家/地区TOP10	专利公开数量(件)
美国	68400	中国	9133	美国	58592	中国	8944
中国	28761	美国	4965	中国	11973	美国	7435
韩国	6823	日本	1256	日本	5104	韩国	852
日本	6589	韩国	1084	韩国	5094	日本	395
英国	4848	俄罗斯	394	英国	4499	俄罗斯	345
印度	2741	印度	291	印度	2256	德国	310
澳大利亚	1383	英国	210	澳大利亚	1143	印度	241
法国	1082	德国	182	丹麦	800	澳大利亚	203
俄罗斯	1051	法国	175	法国	785	英国	184
德国	1034	澳大利亚	105	意大利	640	法国	145

12 该图由 incoPat 软件生成。



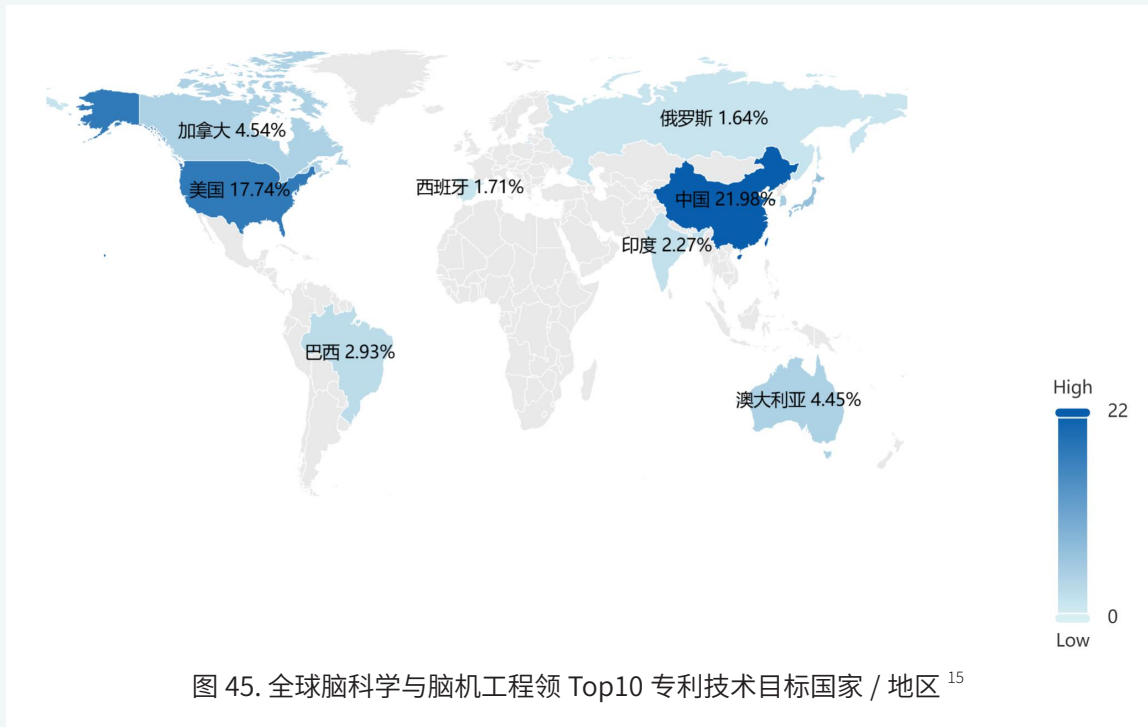
图 44. 全球脑科学与脑机工程领域 Top10 技术来源国家 / 地区的四方专利数量和 PCT 专利申请量

全球 Top10 技术来源国家 / 地区的四方专利和 PCT 专利数据也显示，美国四方专利数量以 37755 件高居榜首，同时贡献了 45.4% 的全球 PCT 专利申请量，其技术创新实力全球领先。日本和英国对该领域的研发创新也有显著的贡献，两国的四方专利数量均超过 3000 件，分别贡献了 6.7% 和 4.6% 的全球 PCT 专利申请量。而中国虽然贡献了 12.1% 的全球 PCT 申请量，仅次于美国位居第二，但四方专利数量为 2883 件，排名第四，说明中国在该领域的技术积累和技术输出的质量上仍有较大的成长空间。此外，韩国四方专利 2251 件，位居第五，其余国家 / 地区的四方专利数量均不超过 1000 件。

大洋洲¹³、南美洲¹⁴各占一席。其中，中国和美国是该领域最具市场前景同时也是市场竞争比较激烈的国家 / 地区，两国合计占据了接近四成的专利技术市场，其中，中国以 33560 件的专利数量位列第一，占总量的 22.0%，美国以 27090 件的专利数量位列次席，占总量的 17.7%。日本、韩国、加拿大、澳大利亚分别以 6.9%、5.2%、4.5% 和 4.4% 分列第三到第六位，其他国家 / 地区的公开专利数量占比均小于 3%。

进一步分析全球脑科学与脑机工程领域专利数量排名前十的专利技术目标国家 / 地区（以下简称“Top10 专利技术目标国家 / 地区”），可以深入了解在该领域内进行重点布局的主要国家 / 地区的具体情况。数据显示，亚洲的中国、日本、韩国和印度四国占据了四个专利技术目标国家 / 地区的席位，北美洲有美国和加拿大两个国家位列其中，欧洲则有西班牙和俄罗斯两个国家上榜，

13 大洋洲国家主要指澳大利亚。
14 南美洲国家主要指巴西。



在三个核心方向上，中国和美国的专利数量再次显著高于其他国家 / 地区，不仅凸显了两国在脑科学与脑机工程技术领域的市场布局中的领导地位，同时也反映出两国的市场吸引力和竞争活跃度远超其他国家 / 地区。具体而言，在认识脑和连接脑方向，中国分别以 9559 件和 10090 件专利位居首位，美国则分别以 2865 件和 4726 件专利排名第二。保护脑方向上，美国以 21290 件专利遥遥领先，中国则以 15339 件专利位列第二。此外，日本和韩国在三个核心方向的专利数量均位列前五，加拿大在保护脑上表现较为突出，而巴西在保护脑方向上也进入了前十。

中国和美国作为同时进入 Top10 技术来源国家 / 地区和 Top10 专利技术目标国家 / 地区的国

家，是全球脑科学与脑机工程领域的核心参与者，不仅在技术创新上走在前列，而且在市场拓展和应用转化上也展现出强大的实力和影响力。其他国家 / 地区在特定研究方向上的优势表现，也揭示了全球脑科学与脑机工程领域的多元化竞争格局和合作潜力。

15 该图由 incoPat 软件生成。

表 10. 全球脑科学与脑机工程领域及其分方向 Top10 专利技术目标国家 / 地区

整体		认识脑		保护脑		连接脑	
技术目标国家/地区TOP10	专利公开数量(件)	技术目标国家/地区TOP10	专利公开数量(件)	技术目标国家/地区TOP10	专利公开数量(件)	技术目标国家/地区TOP10	专利公开数量(件)
中国	33560	中国	9559	美国	21290	中国	10090
美国	27090	美国	2865	中国	15339	美国	4276
日本	10580	日本	1254	日本	8860	韩国	729
韩国	7927	韩国	1004	加拿大	6397	日本	668
加拿大	6927	俄罗斯	559	韩国	6366	澳大利亚	492
澳大利亚	6789	印度	388	澳大利亚	6187	俄罗斯	368
巴西	4473	加拿大	381	巴西	4189	加拿大	301
印度	3461	澳大利亚	344	印度	2831	印度	301
西班牙	2609	巴西	214	西班牙	2397	德国	156
俄罗斯	2497	西班牙	140	墨西哥	2313	巴西	118

通过再次对比 Top10 技术来源国家 / 地区和 Top10 专利技术目标国家 / 地区分布，能够看出，美国和中国是该领域的主要技术输出和市场布局者。美国在该领域的技术积累和技术布局起步较早，拥有较强的基础，整体优势巨大；而中国近年来在专利技术市场布局上取得了显著进展，专利数量跃居第一。韩国和日本在技术积累和市场

布局上基本处于同一水平，是彼此的主要竞争对手。在技术来源上，欧洲的一些发达国家如英国、法国、丹麦、瑞典表现出色，但在市场布局上，加拿大、巴西、印度等国家则凭借自身的市场规模，展现出更大的发展潜力。俄罗斯在技术和市场布局上都跻身前十，表现较为活跃。

5.4.2 地域技术构成

2019 至 2023 年，专利数量前五的技术来源国家 / 地区的技术构成情况显示，各国在脑科学与脑机工程领域的技术布局和技术路线呈现出明显的差异。美国有超过 50% 的专利集中在 A61K 分类号，其次是 C07D、C07K 和 A61N，这表明美国在化合物 / 药物研发、疗法和医疗器械设计制造方面有着重点投入。与美国不同，中国 A61K 分类号的专利占比仅为 22.1%，远不及其他专利数量前五的技术来源国家 / 地区，中国主要在 A61B 分类号的专利占比较高，一定程度上体现了中国在诊断、鉴定上的专利技术投入较多；在 C07K 的专利占比相对较低，反映了中国与肽有关的专利

技术相对薄弱；同时中国其他分类号的专利占比相对较多，可能表明中国的技术路线布局广泛，但技术路线不够明确的特点。韩国有 57.6% 的专利集中在 A61K 分类号，为 Top10 技术来源国家 / 地区中最高，揭示了韩国在药物制剂领域的专利活动非常活跃。日本、英国则在 C07D 分类号的专利占比超过 20%，英国在 C07K 的专利占比约为 9.0%，揭示了日本和英国在有机化学领域，尤其是与神经退行性疾病相关的化合物合成方面，有着较强的技术实力。

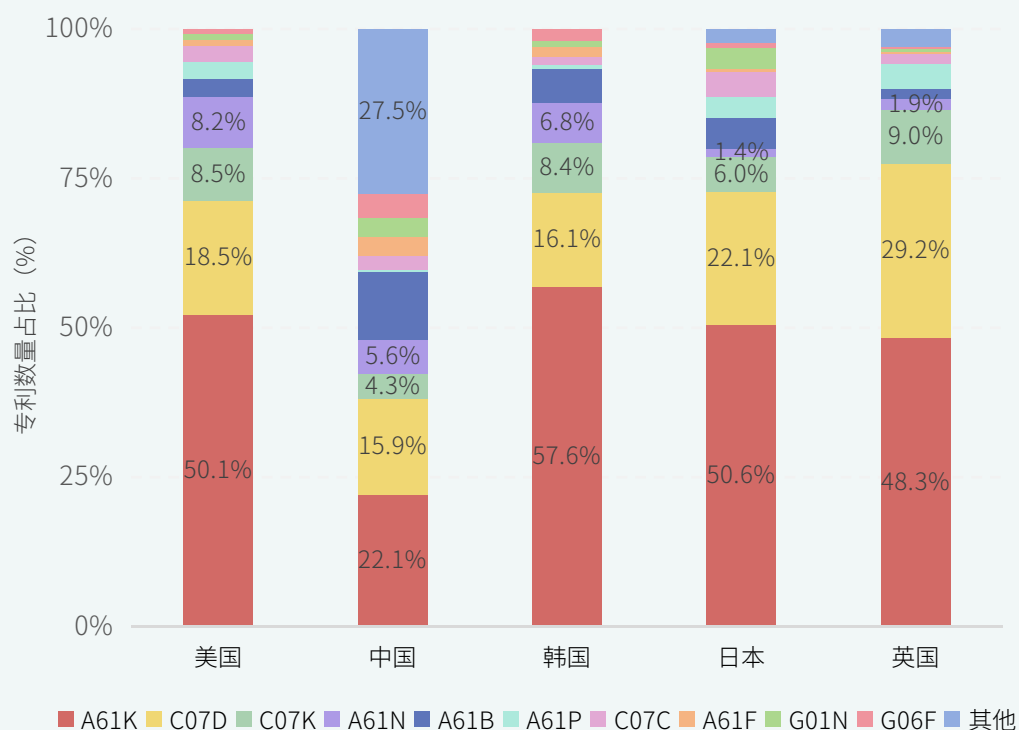


图 46. 全球脑科学与脑机工程领域专利数量前五的技术来源国家 / 地区的技术构成

5.5 脑科学与脑机工程的技术创新机构

5.5.1 技术机构分布

2019 至 2023 年，在全球脑科学与脑机工程领域的专利数量排名前二十专利权人中，美国独占 11 个席位，表现抢眼，再次印证了美国在该领域强劲的技术实力和领导地位。其中 9 家为医疗制药和生物科技企业，包括强生公司、默沙东公司、礼来公司、波士顿科学、Sage 治疗和美敦力公司等知名企业；科研机构中加州大学位列第三，且在 PCT 专利申请上以 203 件位列首位，得克萨斯大学排名第十四。瑞士有三个机构入围，其中罗氏公司作为老牌医疗健康企业专利公开数量排名第一，诺华公司和雀巢公司（雀巢健康）也表现不俗。此外，丹麦（灵北制药公司）、日本（武

田制药公司）、中国（中国科学院）、德国（勃林格殷格翰）、澳大利亚（科利耳）和法国（赛诺菲）均有一所机构入围。

表 11. 全球脑科学与脑机工程领域专利数量前二十的专利权人

机构名称	国家/地区	机构性质	专利公开数量（件）	PCT专利申请量（件）
罗氏公司	瑞士	企业	2023	125
强生公司	美国	企业	1553	106
加州大学	美国	科研机构	1233	203
默沙东公司	美国	企业	1049	83
灵北制药公司	丹麦	企业	1040	44
诺华公司	瑞士	企业	1008	55
礼来公司	美国	企业	803	45
武田制药公司	日本	企业	798	54
波士顿科学	美国	企业	751	102
中国科学院	中国	科研机构	639	81
Sage治疗	美国	企业	611	34
美敦力公司	美国	企业	564	75
勃林格殷格翰	德国	企业	552	33
得克萨斯大学	美国	科研机构	491	60
辉瑞公司	美国	企业	485	12
科利耳	澳大利亚	企业	475	156
国际商业机器公司(IBM)	美国	企业	467	42
雀巢公司	瑞士	企业	456	33
百时美施贵宝	美国	企业	418	17
赛诺菲	法国	企业	416	18

在这些上榜的专利权人中，有 17 家为企业，这表明医疗制药和生物科技企业是推动脑科学与脑机工程技术发展的主要力量，这与该领域高技术门槛和大资金投入的特点密切相关。值得注意的是，尽管中国科学院代表中国上榜，但中国没有企业进入这一榜单。

表 12 给出了各研究方向专利量排名前十的专利权人分布情况。在认识脑方向上，中国科研机构表现突出，5 家机构跻身前十，其中，中国科学院位居榜首，浙江大学、上海交通大学、首都医科大学和复旦大学分列第五、第八至第十名。此外，

瑞士企业雀巢公司和罗氏公司分别占据第二和第七位，荷兰飞利浦集团、美国加州大学、德国西门子医疗分列第三至第五名。可以看出，科研机构在推动认识脑的技术发展中起到了关键作用。

在保护脑方向上，美国机构占据 6 席，其中 5 家为医疗制药和生物科技企业，包括强生公司、默沙东公司、礼来公司、波士顿科学和 Sage 治疗，体现了美国企业在该方向上的研发优势。加州大学作为唯一上榜的科研机构，位列第三，展现了其在保护脑方向上强劲的研发实力。此外，瑞士的罗氏公司和诺华公司分别位列第一和第五，日

本的武田制药和德国的勃林格殷格翰也在榜单中。可以看出，保护脑方向头部玩家以企业为主，美国在该方向具有较为显著的领导地位，而中国在该方向上发展相对较少，未有机构进入前十。

在连接脑方向上，美国企业波士顿科学、国际商业机器公司（IBM）和美敦力公司分别位居第一、第三和第四，显示了美国在该领域的技术领导地位。中国有 4 家科研机构上榜，分别是浙江

大学、清华大学、杭州电子科技大学和中国科学院，虽然表现不俗，但与美国企业相比仍有明显的差距。澳大利亚的科利耳、瑞士的先进仿生股份有限公司和韩国的三星集团也榜上有名。可以看出，连接脑方向的专利产出由企业和科研机构共同推动，美国保持领先，而中国科研机构正在积极追赶。

表 12. 全球脑科学与脑机工程领域及其分方向专利数量前十的专利权人

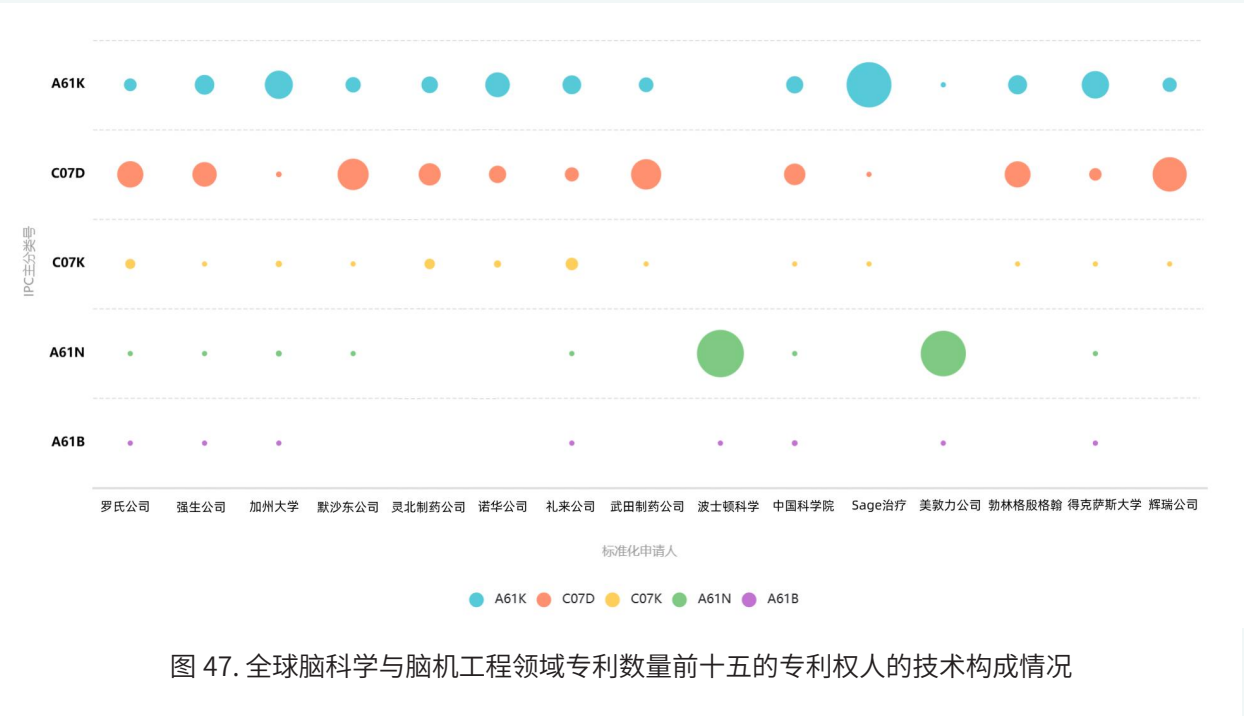
认识脑				保护脑				连接脑			
机构名称	国家/地区	机构性质	专利公开数量（件）	机构名称	国家/地区	机构性质	专利公开数量（件）	机构名称	国家/地区	机构性质	专利公开数量（件）
中国科学院	中国	科研机构	219	罗氏公司	瑞士	企业	1923	波士顿科学	美国	企业	724
雀巢公司	瑞士	企业	134	强生公司	美国	企业	1521	科利耳	澳大利亚	企业	473
飞利浦	荷兰	企业	134	加州大学	美国	科研机构	1052	国际商业机器公司（IBM）	美国	企业	432
加州大学	美国	科研机构	131	默沙东公司	美国	企业	1048	美敦力公司	美国	企业	303
西门子医疗	德国	企业	112	诺华公司	瑞士	企业	991	领先仿生股份有限公司	瑞士	企业	272
浙江大学	中国	科研机构	96	武田制药公司	日本	企业	790	浙江大学	中国	科研机构	140
罗氏公司	瑞士	企业	95	礼来公司	美国	企业	756	清华大学	中国	科研机构	140
上海交通大学	中国	科研机构	89	波士顿科学	美国	企业	649	三星	韩国	企业	136
首都医科大学	中国	科研机构	83	Sage治疗	美国	企业	611	杭州电子科技大学	中国	科研机构	131
复旦大学	中国	科研机构	80	勃林格殷格翰	德国	企业	552	中国科学院	中国	科研机构	123

横向对比来看，国外脑科学与脑机工程领域的研发活动主要由企业推动，而中国则主要依赖于科研机构，表明中国企业在该领域研发创新方面的能力尚需提升。并且，瑞士的罗氏公司、美国的加州大学和波士顿科学以及中国的中国科学院等机构表现卓越，成为推动该领域发展的关键力量。

5.5.2 机构技术构成

图 47 展示了专利数量排名前五的专利权人的技术构成情况。传统制药企业如罗氏公司、默沙东公司、武田制药公司、勃林格殷格翰和辉瑞公司在 C07D 分类号上的专利布局较为集中，显示出其在化合物合成和药物研发方面的重点投入。加州大学、Sage 治疗和得克萨斯大学在 A61K 分类号上的专利贡献显著，这一分类涉及药物制剂，反映了这些机构在药物配方和治疗方法创新方面

的活跃参与。波士顿科学和美敦力公司则是 A61N 分类号专利的主要推动者，该分类涵盖电疗、磁疗和放射治疗技术，表明这些企业在医疗器械和治疗方法的研发上具有显著优势。此外，强生公司、礼来公司和中国科学院等机构在脑科学与脑机工程领域的多个主要技术分类号上均有专利布局，显示了它们在该领域的广泛的研究主体及其综合技术实力。



6. 深圳脑科学与脑机工程的发展概况

本章将系统梳理近五年深圳在脑科学与脑机工程领域的基础研究和应用研究的成果。通过深入分析该领域的文献和专利数据，从多个维度全面把握深圳在该领域的研究发展现状。

6.1 深圳脑科学与脑机工程的基础研究概况

本节通过分析深圳在该领域的研究成果产出、全球科研合作、主要研究机构及地区热点前沿与新兴前沿，系统呈现深圳脑科学与脑机工程基础研究概况。

6.1.1 基础研究发展概况

2019 至 2023 年，深圳脑科学与脑机工程领域发表论文 2953 篇，累计发表在 680 种学术期刊和 144 个会议录上，其中，学术论文 2450 篇、综述论文 288 篇、会议论文 213 篇，这些论文覆盖了 139 个 Web of Science 学科，与三个核心方向相关的学科分别为认识脑 39 个、保护脑 48 个、连接脑 136 个，表明深圳在发文量和学科覆盖范围上，与全球整体水平仍有差距，具有巨大的发展潜力和扩展空间。

与全球发文趋势不同，近五年深圳在脑科学与脑机工程领域的发文量保持稳定增长。尽管

2021 年后增长速度有所减缓，但整体增长态势依旧不减。除了连接脑方向 2023 年的发文量较 2022 年略有下降外，认识脑和保护脑两个方向的发文量均保持逐年上升。

在三个核心方向中，连接脑方向的发文量最高达到了 1678 篇，保护脑方向的发文量位居第二达 1350 篇，而认识脑方向的发文量相对较少为 845 篇。三个方向的发文趋势与深圳在该领域的整体发文趋势保持一致。

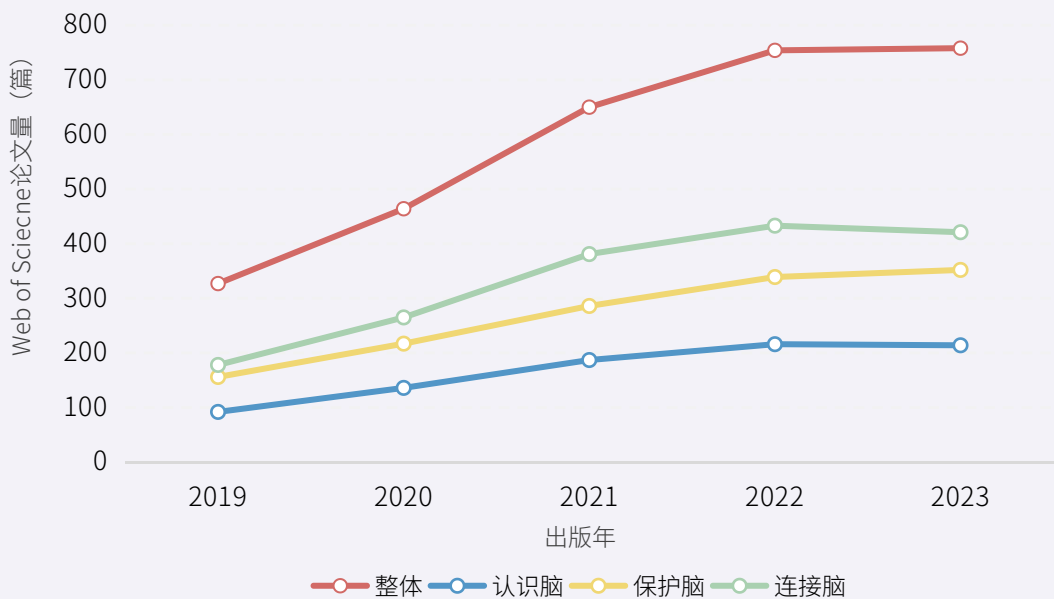


图 48. 深圳脑科学与脑机工程领域整体及其分方向发文变化趋势

近五年深圳在该领域的基金论文量达 2653 篇，占深圳发文总量的 89.84%。与全球在认识脑方向的基金论文占比最高形成对比，深圳在连接脑方向的基金论文占比最高，达 92.19%，表明深圳在连接脑方向的基金资助较集中和突出。

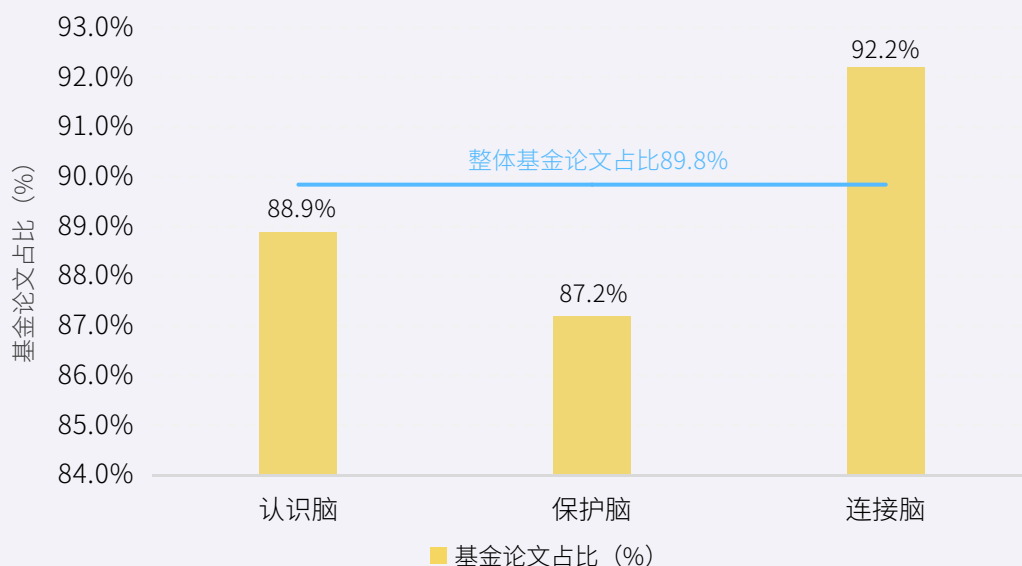


图 49. 深圳认识脑、保护脑、连接脑基金论文占比

6.1.2 基础研究学术影响

近五年深圳在脑科学与脑机工程领域论文的被引次数达 42627 次、篇均被引频次为 14 次 / 篇、学科规范化的引文影响力 (CNCI) 为 1.50。其中，论文篇均被引频次和学科规范化的引文影响力 (CNCI) 均超过全球平均水平，表明深圳在该领域的发文不仅具有较高的代表性，而且学术影响力也在全球范围内处于领先水平。与发文趋势不同，近五年深圳在该领域论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 在经历了一段波动调整后逐渐趋于稳定。

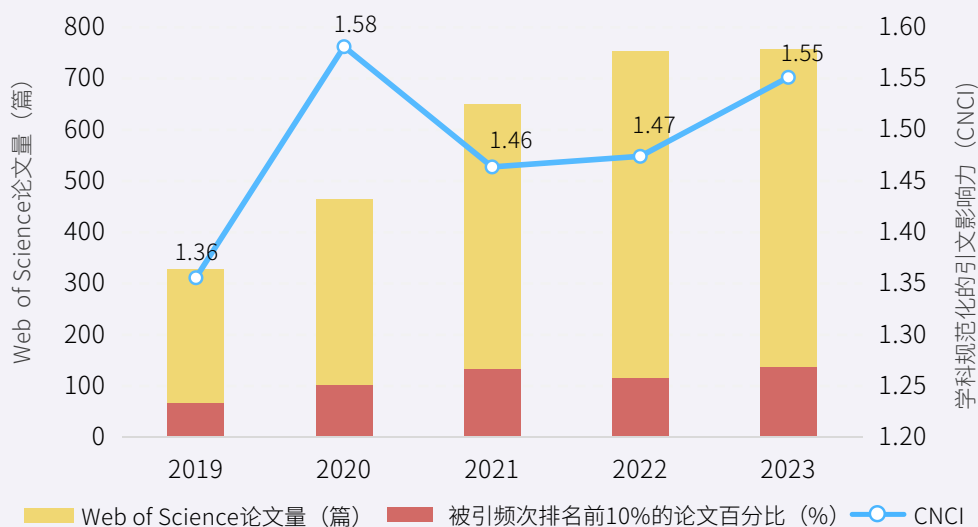


图 50. 深圳脑科学与脑机工程领域学术影响力年度变化趋势

通过对深圳在脑科学与脑机工程领域三个核心方向的被引频次排名前 10% 的论文百分比与学科规范化的引文影响力 (CNCI) 等关键数据指标的分析,可以更准确地掌握深圳在该领域的学术影响力。数据显示,在认识脑方向,深圳发文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 略低于其他两个方向存在微弱差距。在保护脑方向,深圳的被引频次排名前 10% 的论文百分比达 16.00%,

尽管略低于认识脑方向,但与连接脑方向仍存在明显差距。在连接脑方向,深圳的被引频次排名前 10% 的论文百分比和学科规范化的引文影响力 (CNCI) 均高于认识脑和保护脑两个方向,并且结合深圳在连接脑方向的发文量,显示出深圳在该方向的基础研究成果不仅规模较大,而且学术影响力突出。

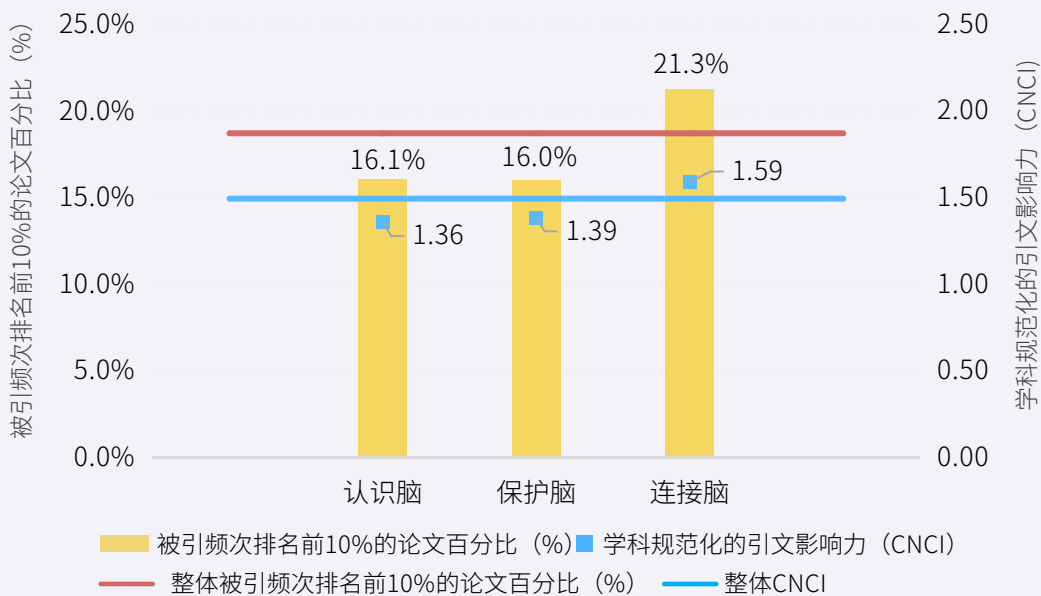


图 51. 深圳认识脑、保护脑、连接脑论文学术影响力

6.1.3 基础研究合作交流

2019 至 2023 年,深圳在脑科学与脑机工程领域的国际合作发文量达 946 篇,占全部发文量的 32.04%。其中,认识脑国际合作发文量占比最高,达 34.08%;其次是连接脑 32.24%,保护脑国际合作发文占比最低,为 30.74%。

与整体发文趋势一致,深圳的国际合作发文量也保持稳定增长,但三个核心方向的增长情况有所差异。其中,认识脑和保护脑在 2020 年和 2022 年分别较前一年小幅下降,但在其他年份均

保持增长。相比之下,连接脑方向的国际合作发文在 2022 年前一直保持增长,但在 2023 年出现了轻微的回落。

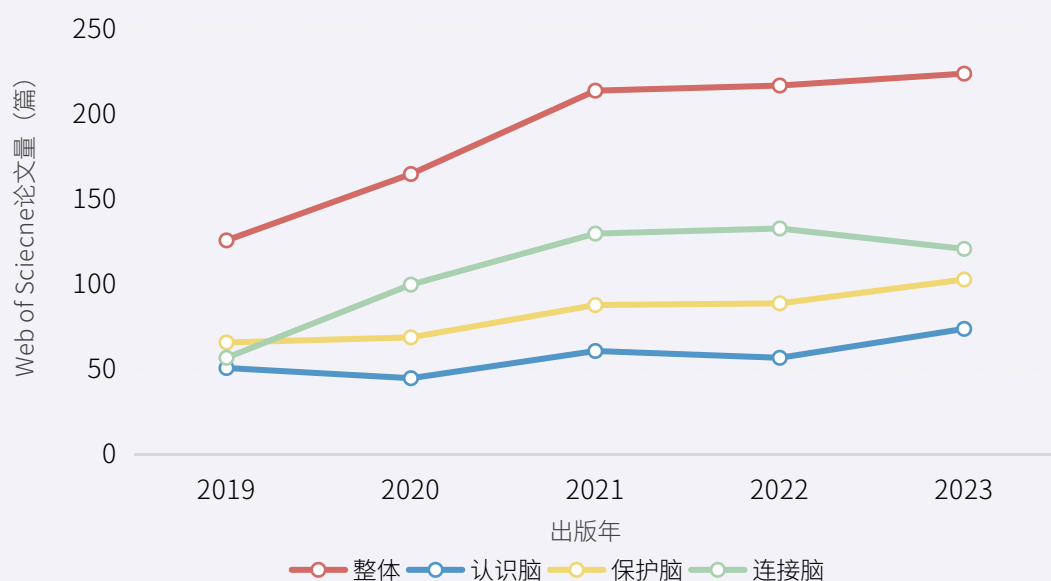


图 52. 深圳脑科学和脑机工程领域合作发文逐年变化趋势

深圳在该领域国际合作论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 与深圳整体论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 变化趋势不同, 2023 年深圳国际合作论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 相较于 2022 年显著下降, 但深圳整体论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 在 2023 年

却持续上升。尽管如此, 与深圳整体论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 相比, 国际合作论文的学科规范化的引文影响力 (CNCI) 普遍更高, 说明深圳国际合作论文在该领域的影响力更显著。

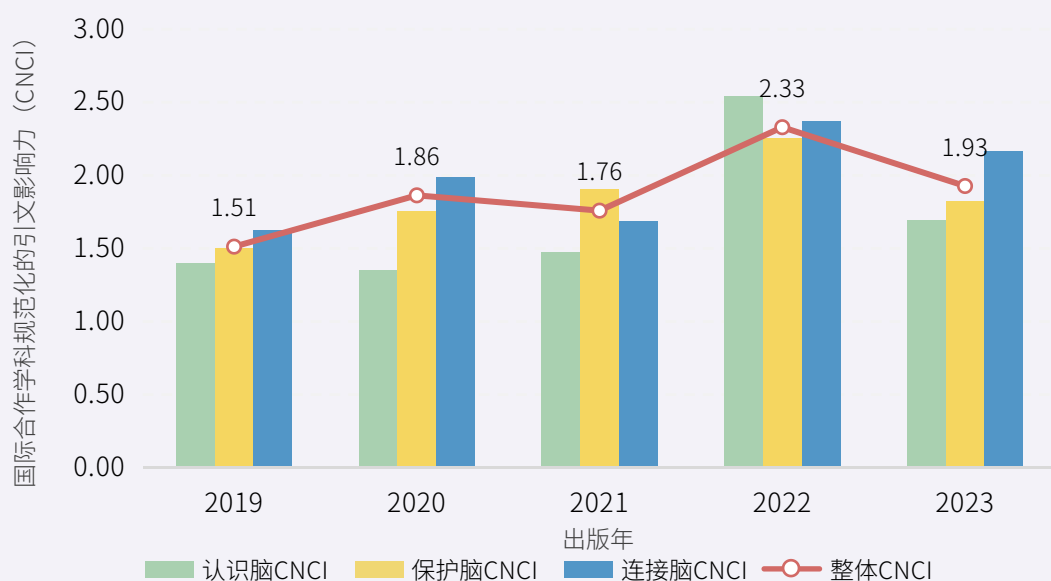


图 53. 深圳脑科学和脑机工程合作发文学术影响力逐年变化趋势

近五年，深圳共与全球 73 个国家 / 地区在脑科学与脑机工程领域进行了合作交流。其中，认识脑方向合作国家 / 地区 45 个，保护脑方向 55 个，连接脑方向则达到了 67 个，该结果表明深圳在连接脑方向的国际合作比其他两个方向更广泛。

深圳在该领域的主要合作国家是美国和英国，合作发文量分别为 433 篇和 140 篇，同时，澳大

利亚、德国、加拿大、新加坡、荷兰、日本、韩国和法国等国家也与深圳建立了紧密的合作关系，但深圳与这些国家的合作发文量占比仅达到深圳总发文量的 35%，表明深圳的国际合作规模仍有拓展的空间。

表 13. 深圳认识脑、保护脑、连接脑国际合作发文 Top10 国家 / 地区

认识脑			保护脑			连接脑		
国家/地区	发文量	合作论文占深圳总论文百分比	国家/地区	发文量	合作论文占深圳总论文百分比	国家/地区	发文量	合作论文占深圳总论文百分比
美国	159	18.8%	美国	217	16.1%	美国	218	13.0%
澳大利亚	35	4.1%	英国	54	4.0%	英国	89	5.3%
德国	33	3.9%	加拿大	50	3.7%	新加坡	53	3.2%
英国	28	3.3%	澳大利亚	46	3.4%	德国	38	2.3%
加拿大	27	3.2%	德国	41	3.0%	澳大利亚	37	2.2%
荷兰	23	2.7%	荷兰	29	2.2%	日本	34	2.0%
法国	14	1.7%	瑞典	16	1.2%	加拿大	33	2.0%
韩国	11	1.3%	法国	16	1.2%	韩国	18	1.1%
芬兰	10	1.2%	意大利	14	1.0%	沙特阿拉伯	16	1.0%
俄罗斯	10	1.2%	日本	14	1.0%	法国	15	0.9%

6.1.4 基础研究创新机构

2019 至 2023 年，深圳在该领域的基础研究论文主要出自科研机构，相较于企业，科研机构的发文量占明显优势。其中，深圳大学、中国科学院深圳先进技术研究院、南方科技大学、鹏城实验室等科研机构近五年发文总量超百篇；腾讯

科技和华为技术有限公司作为企业代表也有突出成果；深圳市儿童医院、深圳市中医院、深圳市第二人民医院等医疗卫生机构也有相关研究成果发表。

表 14. 深圳脑科学与脑机工程领域发文量 Top10 机构¹⁶

机构名称	发文量	学科规范化的引文影响力（CNCI）
深圳大学	769	1.40
中国科学院深圳先进技术研究院	493	1.75
南方科技大学	297	1.39
鹏城实验室	143	1.75
清华大学深圳国际研究生院	99	1.73
深圳市儿童医院	97	1.39
深圳神经科学研究院	63	1.18
深圳市精神卫生中心（深圳市康宁医院）	62	1.01
香港中文大学（深圳）	58	2.23
深圳湾实验室	50	1.63

深圳主要发文机构在该领域的研究方向和成果各有侧重。其中，深圳大学、中国科学院深圳先进技术研究院、南方科技大学、鹏城实验室、清华大学深圳国际研究生院和深圳湾实验室在该领域的三个核心方向上均取得了显著成果；深圳市儿童医院、深圳市精神卫生中心（深圳市康宁医院）、深圳神经科学研究院和深圳市中医院等在认识脑和保护脑方向均有突出表现；香港中文大学（深圳）、香港城市大学深圳研究院、腾讯科技和深圳技术大学则在连接脑方向取得了显著成果。

在机构学术影响力方面，各主要发文机构间存在显著差异。在认识脑方向，中国科学院深圳先进技术研究院的论文的学术规范化的引文影响力（CNCI）达到 2，这不仅超越了全球平均水平，而且是其两倍。在保护脑方向，深圳湾实验室论文的学术规范化的引文影响力（CNCI）接近 2，尽管该机构成立时间并不长，发文量相对较低，但其论文的影响力仍领先其他机构，并且该机构在认识脑方向也展现出显著的学术影响力。在连接脑方向，香港中文大学（深圳）和鹏城实验室的学科规范化的引文影响力（CNCI）分别达到了

¹⁶ 由于华为技术有限公司的发文地址包含深圳、北京、上海等多个城市，所以近五年明确标注地址是深圳的发文量仅 22 篇，未进入深圳脑科学与脑机工程领域发文量 Top10 机构榜单。

2.38 和 2.06，相较于其他两个方向的优势机构，这两个机构在论文影响力上具有明显优势。此外，作为连接脑方向的重要参与企业，腾讯科技的学
科规范化的引文影响力（CNCI）也接近 2，显示出企业在该领域的科研实力和学术影响力。

表 15. 深圳认识脑、保护脑、连接脑发文量 Top10 机构

认识脑			保护脑			连接脑		
机构名称	发文量	CNCI	机构名称	发文量	CNCI	机构名称	发文量	CNCI
深圳大学	232	1.12	深圳大学	355	1.27	深圳大学	422	1.57
中国科学院深圳先进技术研究院	165	2.00	中国科学院深圳先进技术研究院	198	1.83	中国科学院深圳先进技术研究院	312	1.67
南方科技大学	71	1.08	南方科技大学	111	1.21	南方科技大学	198	1.48
深圳神经科学研究院	50	1.22	深圳市儿童医院	77	0.98	鹏城实验室	109	2.06
鹏城实验室	27	0.77	深圳市精神卫生中心（深圳市康宁医院）	53	1.08	清华大学深圳国际研究生院	83	1.83
深圳湾实验室	23	1.92	深圳神经科学研究院	49	1.19	香港中文大学（深圳）	50	2.38
深圳市精神卫生中心（深圳市康宁医院）	23	1.17	深圳市中医院	28	1.10	香港城市大学深圳研究院	29	1.58
深圳市中医院	21	0.85	深圳湾实验室	27	1.96	腾讯科技	26	1.97
深圳市儿童医院	16	0.78	鹏城实验室	27	0.79	深圳湾实验室	25	1.56
清华大学深圳国际研究生院	12	1.63	清华大学深圳国际研究生院	21	1.22	深圳技术大学	24	0.87

近五年深圳在脑科学与脑机工程领域积极开展国内外合作。国内合作机构主要集中在北京市、广州市以及香港特别行政区，国际合作则涵盖了美国、新加坡、加拿大、英国、德国等多个国家 / 地区。

在与国内机构的合作网络中，深圳机构与中国科学院的合作成果尤为突出，共发表 906 篇论文，年均合作发文量超过 180 篇，位居合作榜榜首。尽管与清华大学的合作发文量相对较少，但合作论文的学科规范化的引文影响力（CNCI）却高达

2.53，显著领先于其他合作机构。此外，香港中文大学、香港大学、香港城市大学和香港理工大学等多所香港高校也与深圳机构在脑科学与脑机工程领域开展了深入的交流与合作。特别是香港中

文大学和香港大学与深圳机构的合作发文量在三个核心方向中均位列前十，显示出深港两地合作的广泛性和深度。

表 16. 深圳脑科学与脑机工程领域发文量 Top10 国内合作机构

机构名称	发文量	学科规范化的引文影响力（CNCI）
中国科学院	906	1.76
清华大学	150	2.53
暨南大学	142	1.42
南方医科大学	138	1.61
首都医科大学	132	1.28
华中科技大学	129	1.70
上海交通大学	95	1.78
香港中文大学	94	1.76
香港大学	93	1.51
广州医科大学	91	1.48

表 17. 深圳认识脑、保护脑、连接脑发文量 Top10 国内合作机构

认识脑			保护脑			连接脑		
机构名称	发文量	CNCI	机构名称	发文量	CNCI	机构名称	发文量	CNCI
中国科学院	318	1.62	中国科学院	383	1.69	中国科学院	540	1.83
南方医科大学	56	1.45	南方医科大学	108	1.58	清华大学	121	2.74
首都医科大学	56	1.18	暨南大学	104	1.38	香港城市大学	71	1.88
暨南大学	55	1.53	首都医科大学	96	1.27	香港理工大学	64	2.05
广州中医药大学	51	1.18	华中科技大学	75	1.77	华中科技大学	59	1.63
华中科技大学	48	1.84	广州中医药大学	72	1.61	香港大学	48	1.66
北京师范大学	35	1.16	广州医科大学	69	1.30	香港中文大学	44	1.75
香港中文大学	33	1.39	上海交通大学	55	1.49	复旦大学	44	1.27
香港大学	32	1.73	香港大学	49	1.09	华南理工大学	44	0.96
广州医科大学	31	1.24	香港中文大学	48	1.79	上海交通大学	41	2.15

与国内机构合作发文情况不同，深圳与国外机构的合作论文量远低于国内机构，但合作论文的学术影响力却明显高于与国内机构合作论文的影响力。

在与国际机构的合作网络中，深圳机构与哈佛大学的合作尤为密切，发文量位居首位，且在三个核心方向上均取得了显著的合作成果。尽管与斯坦福大学的合作发文量仅为与哈佛大学合作发文量的一半左右，但合作论文的学科规范化的引文影响力（CNCI）却高达 6.76，这一数值远超全球平均水平，显示出深圳机构与斯坦福大学合

作的论文在学术界具有极高的影响力和认可度。此外，不同研究方向的国际合作机构分布呈现出细微差异。其中，昆士兰大学、约翰霍普金斯大学以及布莱根妇女医院重点与深圳机构在认识脑方向开展合作；伦敦大学学院、斯坦福大学以及圣路易斯华盛顿大学重点在保护脑方向与深圳机构进行合作；斯坦福大学、南洋理工大学、纽约州立大学布法罗分校、帝国理工学院、新加坡国立大学等机构则重点在连接脑方向与深圳机构进行合作。

表 18. 深圳脑科学与脑机工程领域发文量 Top10 国外合作机构

机构名称	国家/地区	发文量	学科规范化的引文影响力 (CNCI)
哈佛大学	美国	56	3.26
新加坡国立大学	新加坡	39	2.39
多伦多大学	加拿大	33	4.61
麻省总医院	美国	25	2.15
亥姆霍兹联合会	德国	24	5.21
纽约州立大学布法罗分校	美国	23	2.77
斯坦福大学	美国	21	6.76
南洋理工大学	新加坡	21	3.34
埃默里大学	美国	20	2.32
墨尔本大学	澳大利亚	18	1.81

表 19. 深圳认识脑、保护脑、连接脑发文量 Top10 国外合作机构

认识脑				保护脑				连接脑			
机构名称	国家/地区	发文量	CNCI	机构名称	国家/地区	发文量	CNCI	机构名称	国家/地区	发文量	CNCI
哈佛大学	美国	22	4.10	哈佛大学	美国	36	3.65	新加坡国立大学	新加坡	32	2.19
多伦多大学	加拿大	15	5.69	多伦多大学	加拿大	25	5.32	纽约州立大学布法罗分校	美国	23	2.77
埃默里大学	美国	14	2.47	埃默里大学	美国	18	2.14	哈佛大学	美国	20	2.88
亥姆霍兹联合会	德国	13	5.32	麻省总医院	美国	17	2.20	南洋理工大学	新加坡	18	3.74
昆士兰大学	澳大利亚	13	4.46	亥姆霍兹联合会	德国	16	4.52	帝国理工学院	英国	12	2.76
麻省总医院	美国	13	1.76	墨尔本大学	澳大利亚	15	1.94	斯坦福大学	美国	10	5.55
约翰霍普金斯大学	美国	10	1.16	伦敦大学学院	英国	14	5.73	阿卜杜勒阿齐兹国王大学	沙特阿拉伯	10	4.01
布莱根妇女医院	美国	9	7.12	格罗宁根大学	荷兰	13	5.32	新加坡科技研究局	新加坡	9	4.01
格罗宁根大学	荷兰	9	6.74	斯坦福大学	美国	12	6.87	波兰科学院	波兰	9	3.29
墨尔本大学	澳大利亚	9	1.76	圣路易斯华盛顿大学	美国	12	5.59	哥白尼大学	波兰	9	2.03

6.1.5 基础研究热点前沿

通过对近五年深圳脑科学与脑机工程领域发表的论文及其引用网络进行分析，进而获得深圳在该领域的热点前沿。首先从该领域 2953 篇论文中精选出高被引论文，再将精选后的高被引论文与 ESI Research Fronts（ESI 研究前沿）中的高被引论文进行匹配，去重后最终确定 27 个与脑科学与脑机工程领域紧密相关的研究前沿。在此基础上，进一步筛选出引文影响力最大（Total citations）且平均发表年份较新的 7 个热点前沿，

作为最受关注的“热点前沿”。

与全球脑科学与脑机工程领域的热点前沿分布不同，深圳的热点前沿主要聚焦在认识脑和保护脑方向。

在认识脑方向，经遴选产生了 5 个热点前沿，涵盖了神经退行性疾病的分子和遗传学机制、神经科学的细胞与结构以及精神疾病与微生物组学的交叉研究。其中，有 3 个热点前沿专注于神经

退行性疾病，具体包括“GBA 和 APOE 对帕金森病认知能力影响的研究”“阿尔茨海默病的单细胞转录组分析”以及“TREM2 在阿尔茨海默症中的作用”。此外，“哺乳动物大脑皮层的细胞分

析及神经元多样性”聚焦于神经科学和细胞生物学领域，而“精神分裂症患者肠道微生物群组成的研究”则侧重于精神疾病与微生物组学的交叉领域。

表 20. 深圳认识脑热点前沿

ESI研究前沿 (ESI Research Fronts)	核心论文	被引频次	平均出版年
GBA和APOE对帕金森病的认知能力的影响	2	95	2022.0
哺乳动物大脑皮层的细胞分析及神经元的多样化	10	1865	2020.9
阿尔茨海默病单细胞转录组分析	6	2526	2020.0
精神分裂症患者的肠道微生物群的组成	4	799	2019.5
TREM2在阿尔兹海默症中的作用	5	896	2019.6

在保护脑方向，经遴选产生了 2 个热点前沿，分别围绕“脑卒中后认知障碍”和“COVID-19 对心理健康的影响”，前者关注于脑卒中患者的认

知功能恢复，而后者则强调了大流行病对社会心理健康的广泛影响。

表 21. 深圳保护脑热点前沿

ESI研究前沿 (ESI Research Fronts)	核心论文	被引频次	平均出版年
脑卒中后认知障碍	7	779	2021.1
COVID19对精神和心理健康的影响	23	3354	2020.7

6.2 深圳脑科学与脑机工程的应用研究概况

本节通过分析深圳在脑科学与脑机工程领域专利产出的技术发展概况、技术分布特征、技术创新价值、技术地域分布及技术创新机构，系统呈现深圳在脑科学与脑机工程应用研究上技术进展。

6.2.1 应用研究技术发展概况

2019 至 2023 年，深圳脑科学与脑机工程领域的公开专利数量共计 1760 件，德温特同族专利 1418 项，其中专利授权 787 件，PCT 专利申请量 172 件。数据显示，深圳脑科学与脑机工程领域平

均每年公开约 350 件专利，专利数量与 PCT 专利申请数量总体均呈快速上升趋势，复合年均增长率分别为 15.0% 和 46.3%。

表 22. 深圳脑科学与脑机工程领域专利产出概况

方向	公开专利数量（件）	专利授权数量（件）	德温特同族专利（项）	PCT专利申请量（件）
整体	1760	787	1418	172
认识脑	801	355	661	79
保护脑	574	211	426	69
连接脑	487	254	420	49

分方向来看，认识脑公开专利数量为 801 件，总体呈上升趋势，复合年均增长率为 13.9%；其中德温特同族专利 661 项，专利授权 355 件，PCT 专利申请量 79 件。保护脑公开专利数量 574 件，复合年均增长率为 14.9%，其中德温特同族专利 426 项，专利授权 211 件，PCT 专利申请量 69 件。连接脑公开专利数量为 487 件，复合年均

增长率为 20.2%，是深圳在这 5 年间专利数量增长最快的方向，其中德温特同族专利 420 项，专利授权 254 件，PCT 专利申请量 49 件。2021 年以来，三个方向的专利数量增长加速，中国科学院深圳先进技术研究院成为推动专利数量增长的关键力量。

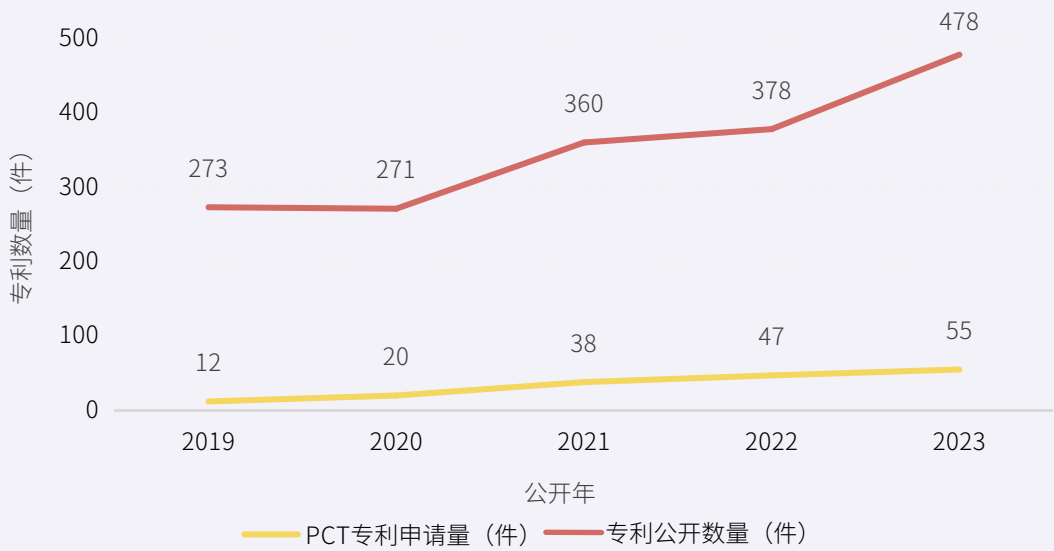


图 54. 深圳脑科学与脑机工程领域专利数量趋势

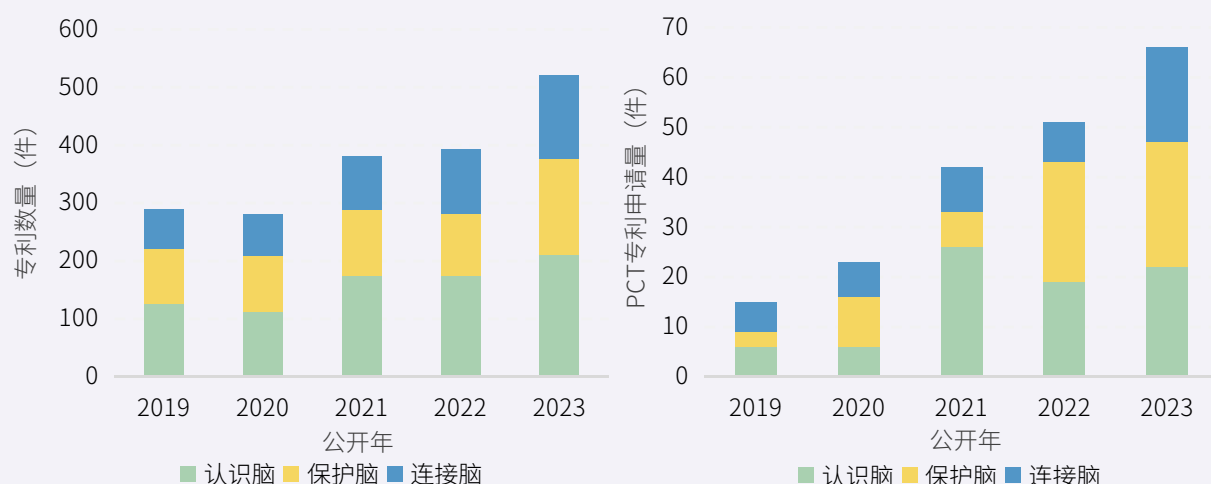


图 55. 深圳脑科学与脑机工程领域分方向专利数量趋势

在深圳脑科学与脑机工程领域的专利产出中，发明专利占比为 78.8%，实用新型和外观设计专利的占比分别为 20.3% 和 0.9%。与全球同领域的专利产出相比，深圳的实用新型专利占比尤为突出。这种差异一方面来源于深圳在该领域的布

局结构，表现在认识脑和连接脑方向的专利产出相对更多，而保护脑的专利产出相对较少。另一方面，深圳在这两个方向上的实用新型专利占比更高，一定程度上说明深圳在这两个方向上的应用开发具有独特的优势和活力。

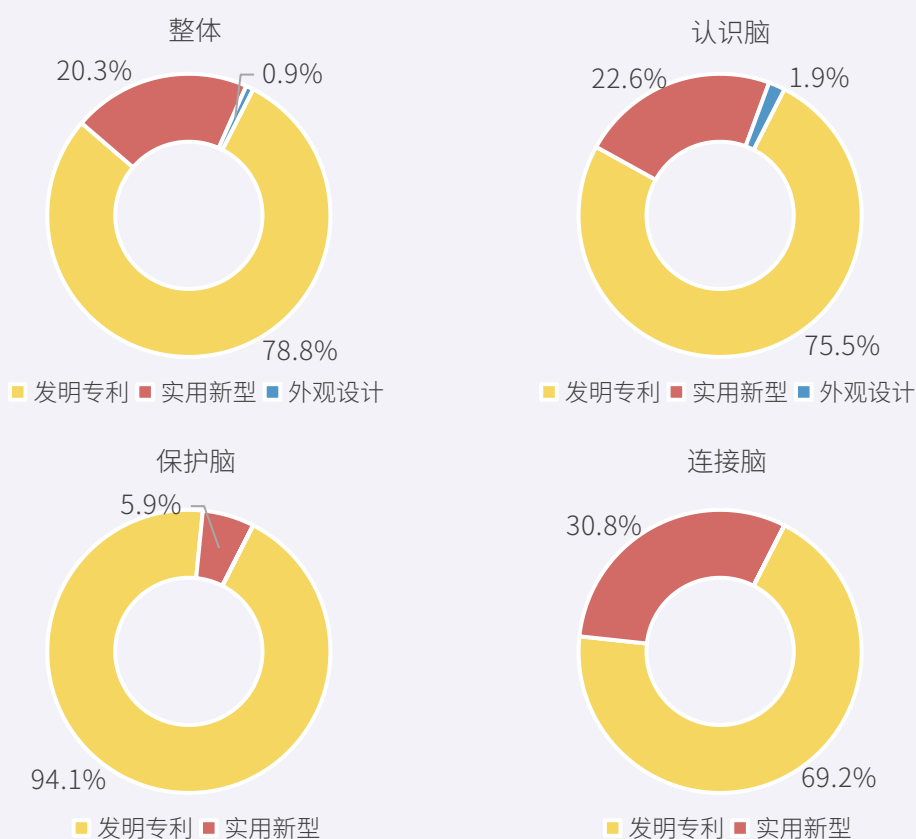


图 56. 深圳脑科学与脑机工程领域专利类型分布

6.2.2 应用研究技术分布特征

2019 至 2023 年，深圳脑科学与脑机工程领域的专利产出主要集中在 A61K、A61B、C07D、H04R 和 G06T 分类号上，专利数量排名前十的分类号对应的专利占比为 60.3%，比该领域全球专利数量排名前十的分类号对应专利占比低 16.6 个百分点。专利技术构成集中度低于全球平均值，这可能是因为深圳在该领域尚未形成规模较大的龙头企业，技术路线和技术方案仍在发展和成熟中。与全球专利数量排名前十的分类号分布相比，

深圳在 C07 (C07D、C07K、C07C 等) 大类下的专利占比相对较低, 说明深圳在有机化学、生物技术等化合物和药物研发上布局相对较少, 这可能与深圳医疗制药、生物科技产业起步较晚, 规模以上企业较少有关; 而深圳在 G06 (G06T、G06F、G06N 等)、H04 大类下的专利占比较大, 反映了深圳在脑电信号处理、脑电信号传输、脑机接口、计算方法和设备应用方面的研究活动更为活跃。

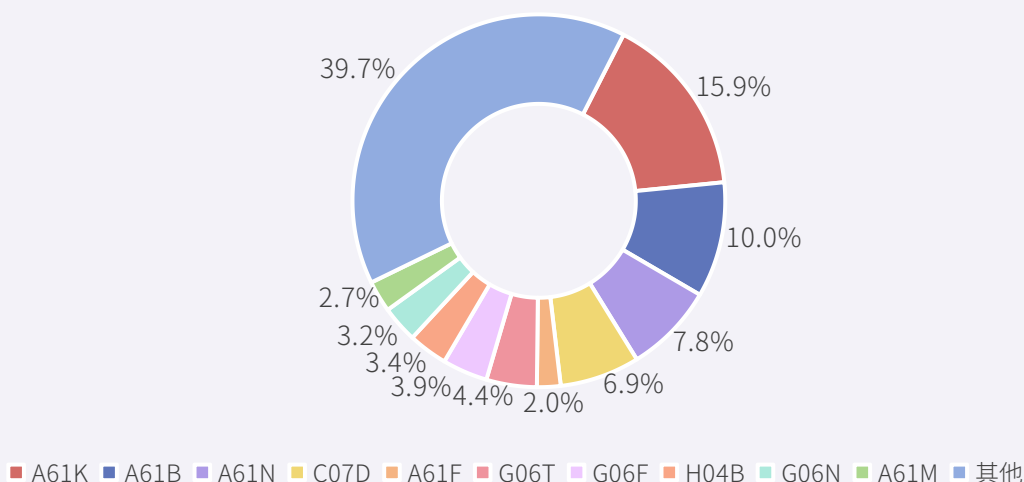


图 57. 深圳脑科学与脑机工程领域专利技术构成

图 58 展示了深圳脑科学与脑机工程领域的技术热点词，揭示了神经环路、脑机接口、脑电信号采集和处理、脉冲神经网络、阿尔兹海默症、神经康复等技术方向是当前研究的热点。

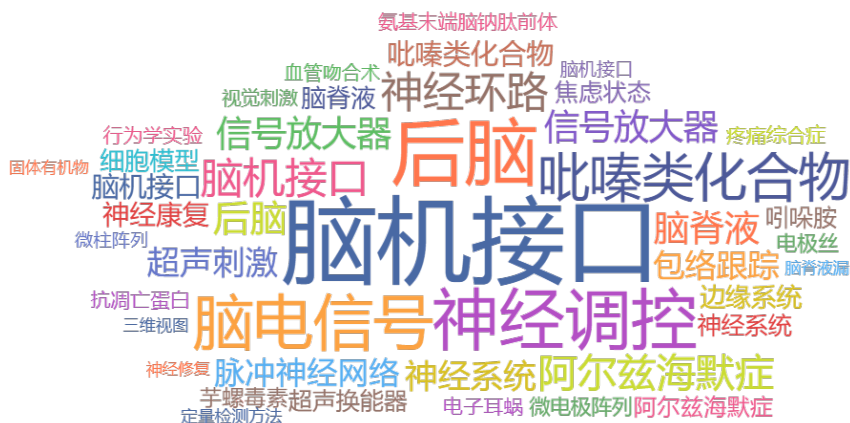
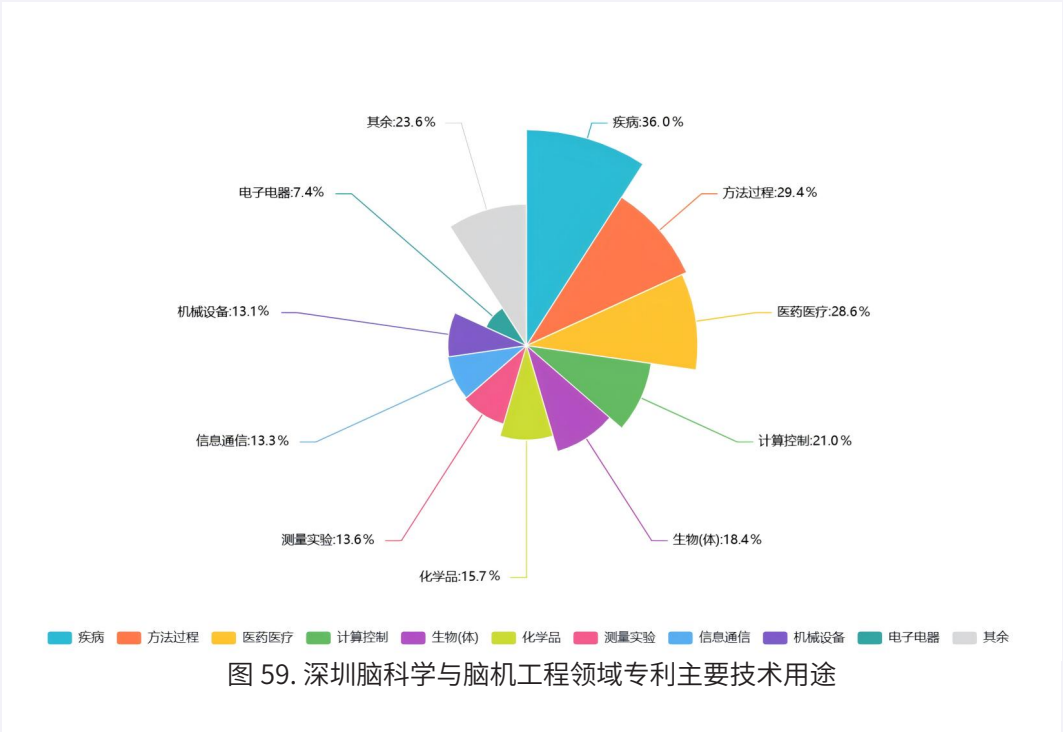


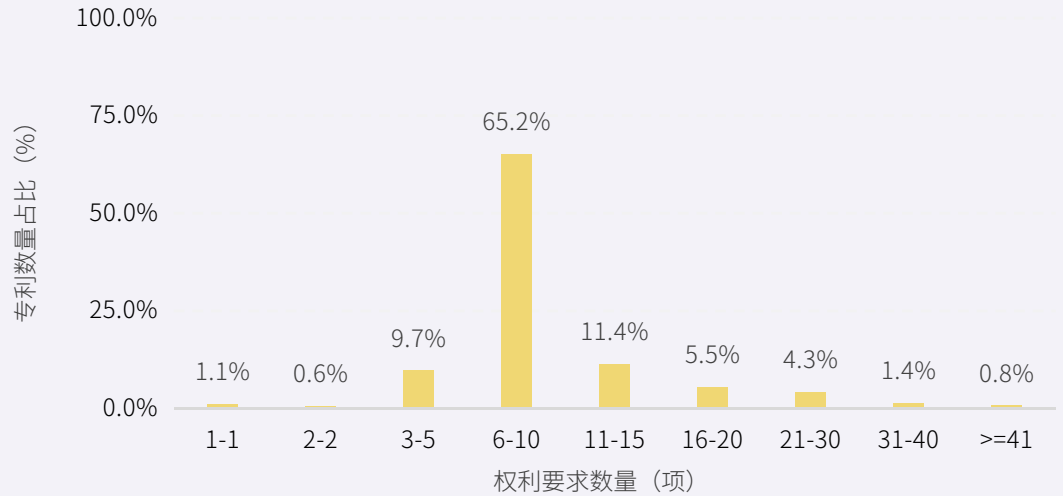
图 58. 深圳脑科学与脑机工程领域技术热点词云图

深圳脑科学与脑机工程领域的专利技术用途分布显示，专利主要应用于疾病、方法过程、医药医疗、计算控制、生物（体）、化学品、测量实验、信息通信、机械设备、电子电器等领域，相比全球的用途分布，深圳用于医药医疗、生物（体）、化学品等用途的专利产出相对较少。



6.2.3 应用研究技术创新价值

2019 至 2023 年，深圳脑科学与脑机工程领域专利的权利要求数量主要集中在 3 至 15 项的区间，其中 6 至 10 项权利要求的专利占比最高，达 65.2%；11 至 15 项、3 至 5 项专利占比分别为 11.4% 和 9.7%。对比全球同期专利的权利要求数量分布，可以看出深圳的专利要求数量相对较少，可能与深圳的技术发展阶段、申请人对专利的保护意识等有关。



专利文献的引用情况显示，近五年约有 35.6% 的专利存在被引记录，该比例远高于全球同期专利的平均水平，侧面说明深圳专利研发活动相当活跃。但在这些被引用的专利中，94.4% 的专利被引次数少于 10 次，仅有 35 项占比为 5.6% 的专利被引次数达到或超过 10 次。

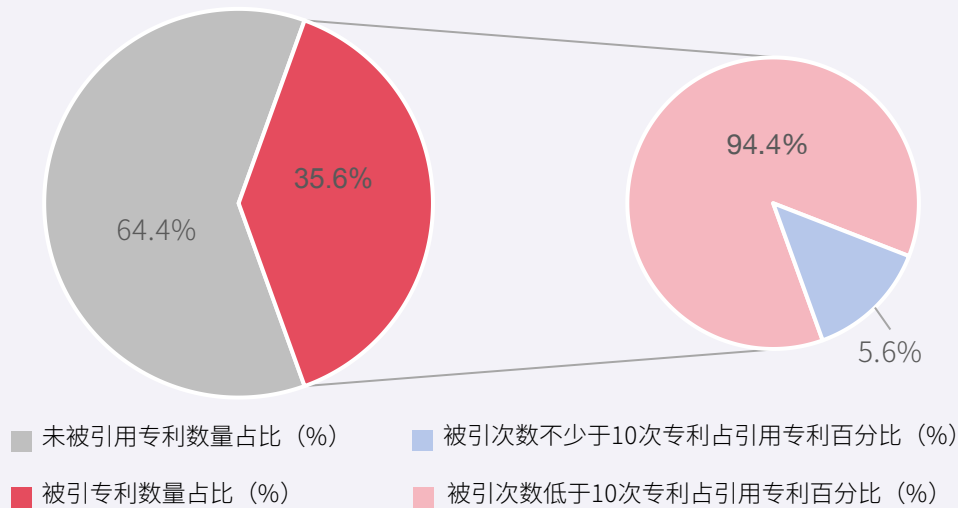


图 61. 深圳脑科学与脑机工程领域专利被引情况

德温特同族专利情况也显示，深圳平均每年产出约 280 项专利德温特同族专利，总体表现出增长趋势，从 2019 年的 242 项上涨到 2023 年的 378 项，复合年均增长率达 11.8%。三个核心方向均表现出了较快的增长态势，复合年均增长率分别为 9.7%、12.7% 和 17.0%，其中连接脑方向的增长速度最快，显示出该领域的强劲发展势头。

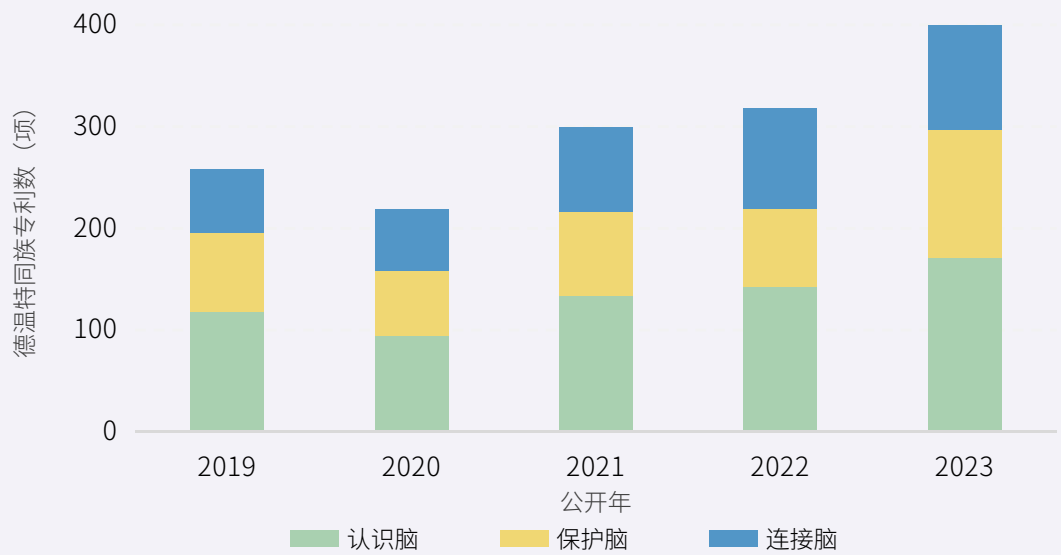


图 62. 深圳脑科学与脑机工程领域分方向德温特同族专利数量趋势

同期，深圳脑科学与脑机工程领域三方专利共计 139 件，其中保护脑方向 106 件，是该领域三方专利的主要来源，这表明保护脑方向的专利技术目前具有较高的应用价值。

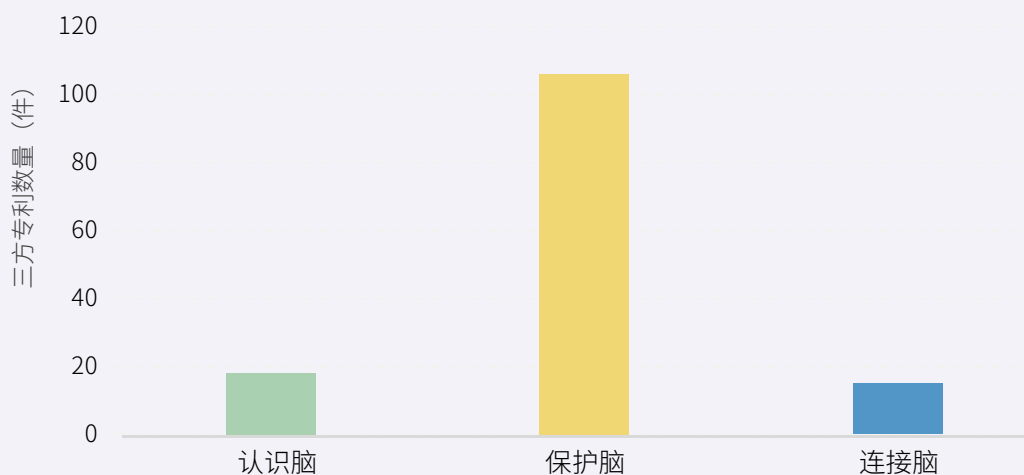


图 63. 深圳脑科学与脑机工程领域三方专利数量

2019 至 2023 年，深圳脑科学与脑机工程领域公开的专利中，维持有效的达 1303 件，占该领域公开专利总量的 74.0%，这一比例与全球该领域专利的平均水平基本相当。在专利诉讼方面，深圳仅有 6 件专利涉及诉讼，占该领域专利总量的 0.34%，且全部为行政诉讼。

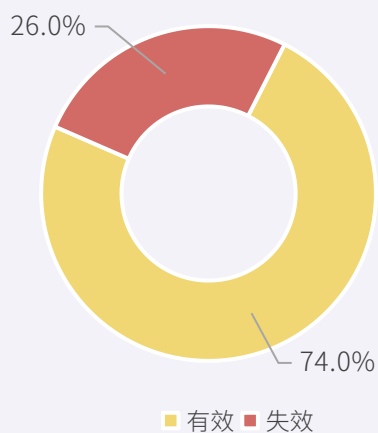


图 64. 深圳脑科学与脑机工程领域有效专利占比

6.2.4 应用研究技术地域分布

2019 至 2023 年，深圳脑科学与脑机工程领域公开的专利中，共有 354 件国际专利申请¹⁷，其中 PCT 专利申请 172 件，是中国专利出海的重要渠道，而美国和欧洲是深圳该领域进行专利布局和合作的主要地域。

17 国际专利申请指向两个及以上专利局申请公开的专利。

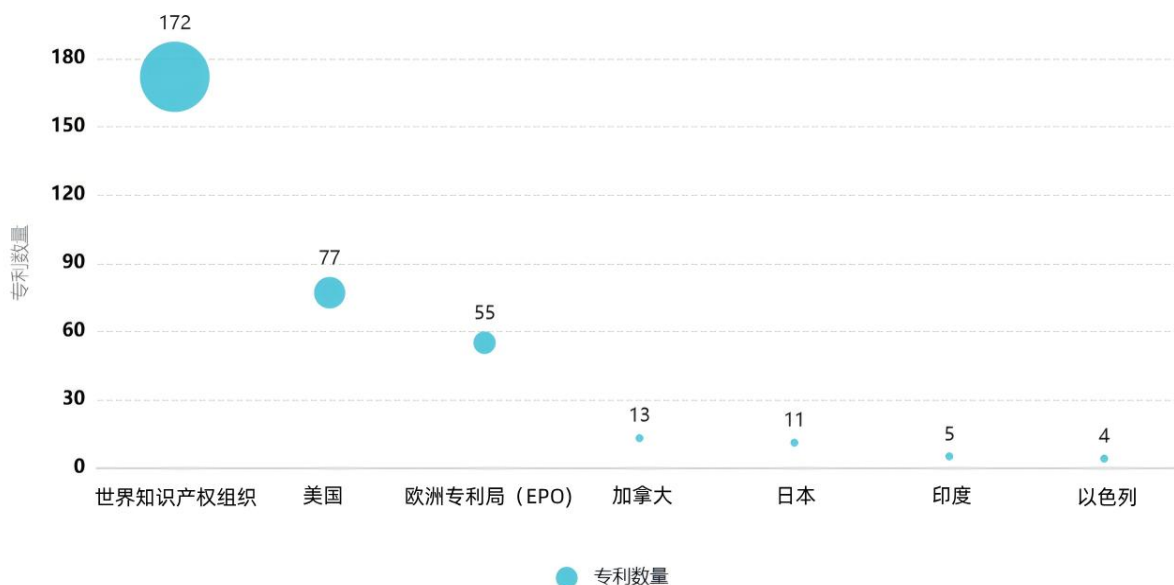


图 65. 深圳脑科学与脑机工程领域国际专利申请分布

根据深圳地区公开中国专利的专利权人区域分布，可以发现深圳脑科学与脑机工程领域的应用研发能力呈现出明显的梯队划分。南山区独占第一梯队，贡献了 45.7% 的专利产出，并且三个核心方向的专利数量均位居首位，尤其是认识脑的专利产出超过了 340 件；宝安区、福田区和龙

岗区分别以 15.6%、13.8% 和 13.2% 的专利产出率位列第二梯队，其中宝安区在连接脑方向上表现突出，而福田区、龙岗区则在认识脑上有较多布局；其他位于第三梯队的区域，专利产出均小于 50 件。

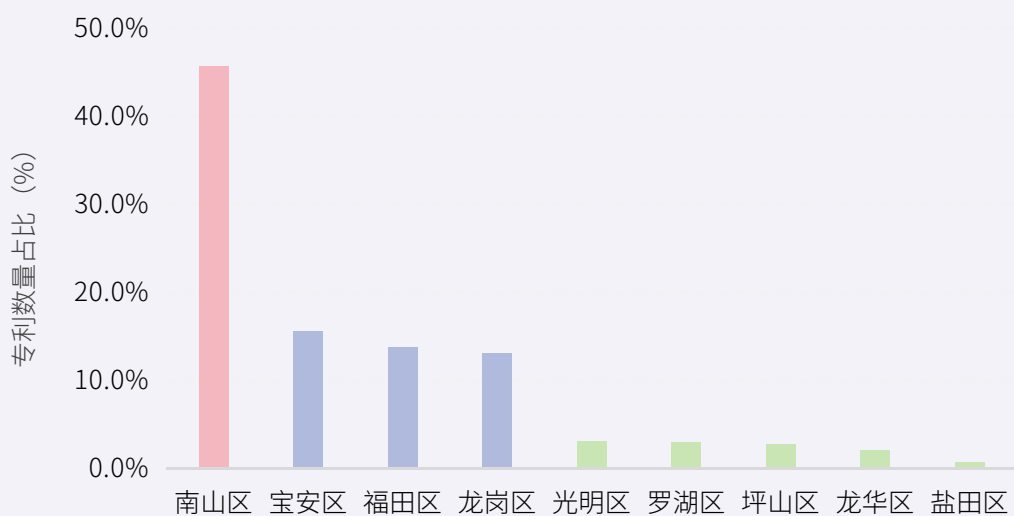


图 66. 深圳脑科学与脑机工程领域专利区域分布

6.2.5 应用研究技术创新机构

2019 至 2023 年，深圳脑科学与脑机工程领域专利数量排名前五的专利权人¹⁸中，企业占据 9 个席位，科研机构（包含医院）有 8 家上榜。这一数据分布展示了深圳在该领域内企业与科研机构的并行发展态势，以及其在培育创新型企业方面取得的成效。在地域分布上，南山区以 8 个席位的显著优势领跑，福田区有 3 家机构上榜，龙岗区和光明区均有 2 家机构上榜，罗湖区和龙

华区则分别有 1 家机构入围。值得注意的是，尽管宝安区的专利数量较多，但该区没有机构进入前五专利权人的排名，这可能意味着该区域尚未形成具有突出规模的领先企业；相比之下，尽管光明区在该领域起步较晚，但通过持续的投入和布局，已经成功培育出了一些具有代表性的企业。

表 23. 深圳脑科学与脑机工程领域专利数量排名 Top15 的专利权人

机构名称	所属区	机构性质	专利公开数量（件）
中国科学院深圳先进技术研究院	南山区	科研机构	291
深圳大学	南山区	科研机构	64
华为技术有限公司	龙岗区	企业	38
深见医药	南山区	企业	32
时识科技	福田区	企业	30
南方科技大学	南山区	科研机构	27
深圳市第二人民医院 (深圳市转化医学研究院)	福田区	科研机构（医院）	21
深圳信息职业技术学院	龙岗区	科研机构	12
深圳市儿童医院	福田区	科研机构（医院）	11
深圳市心流科技有限公司	南山区	企业	11
中兴	南山区	企业	10
深圳市人民医院	罗湖区	科研机构（医院）	10
腾讯科技	南山区	企业	10
德力凯医疗	光明区	企业	9
中科华意	光明区	企业	9
长久康联生物科技	龙华区	企业	9
鹏城实验室	南山区	科研机构	9

18 德力凯医疗、中科华意、长久康联生物科技、鹏城实验室并列第十五名，因此深圳脑科学与脑机工程领域的专利数量排名前五的专利权人共有 17 家机构。

在三个核心方向，中国科学院深圳先进技术研究院以 291 件的专利公开数量高居榜首，且在三个核心方向的专利数量也排名第一，表明其在技术研发方面的深厚底蕴。深圳大学以 64 件专利位列第二，在三个核心方向的专利数量均位列前五。南方科技大学和长久康联生物科技、中科华意、慧极创新医疗、铤础医疗等生物医药企业在认识脑方向的专利产出表现亮眼。深见医药、南方科技大学在保护脑上专利产出表现优秀。华为技术有限公司、时识科技、深圳信息职业技术学院则

在连接脑方向上表现突出。此外，深圳市第二人民医院（深圳市转化医学研究院）、深圳市人民医院也在该领域取得了一定的专利成果，而华为技术有限公司、中兴、腾讯科技等科技企业的表现同样值得关注。

表 24. 深圳脑科学与脑机工程领域分方向专利数量排名 Top5 的专利权人¹⁹

认识脑				保护脑				连接脑			
机构名称	所属区	机构性质	专利公开数量 (件)	机构名称	所属区	机构性质	专利公开数量 (件)	机构名称	所属区	机构性质	专利公开数量 (件)
中国科学院深圳先进技术研究院	南山区	科研机构	186	中国科学院深圳先进技术研究院	南山区	科研机构	78	中国科学院深圳先进技术研究院	南山区	科研机构	54
深圳大学	南山区	科研机构	33	深圳大学	南山区	科研机构	27	华为技术有限公司	龙岗区	企业	33
南方科技大学	南山区	科研机构	17	深见医药	南山区	企业	18	时识科技	福田区	企业	29
长久康联生物科技	龙华区	企业	9	深圳市第二人民医院（深圳市转化医学研究院）	福田区	科研机构（医院）	13	深圳信息职业技术学院	龙岗区	科研机构	12
中科华意	光明区	企业	8	南方科技大学	南山区	科研机构	10	深圳大学	南山区	科研机构	10
慧极创新医疗	光明区	企业	8								
铤础医疗	坪山区	企业	8								

19 机构专利数量相同时，并列排名。

7. 附录

文献指标

发文量：认识脑和保护脑子领域发文量是指被 Web of Science™ 核心合集数据库（不包括 ESCI）收录的文献类型为 Article 或者 Review 的论文数量；连接脑子领域发文量是指被 Web of Science™ 核心合集数据库（不包括 ESCI）收录的文献类型为 Article、Review 和 Proceedings Paper 的论文数量。

被引频次：指某一论文在一段时间内被 Web of Science™ 核心合集数据库收录论文所引用的次数。

学科规范化的引文影响力（CNCI）：指一篇论文相对于同行论文的被引表现。该指标消除了学科、发表时间和文献类型对论文被引频次的影响，是标准化的且独立于论文规模的指标，具体的指标算法为： $CNCI = C / \text{reference}$ ，其中 C 为目标论文的被引频次，reference 为与该论文发表同一年、同一学科、同一文献类型的全球论文篇均被引频次。CNCI 值为 1，表明论文的被引表现与全球水平持平。

被引次数排名前 10% 的论文百分比：指在某一指定学科领域、某一年、某种文献类型下，被引频次排名前 10% 的文献数与该组文献总数的比值，以百分数的形式展现。该指标数值越大，表明该组文献表现越好。

国际合作论文：指文章的发表作者为多位作者，且作者中至少有一位隶属于境外的研究机构（此作者不隶属于本机构），其表明了该类文章源于跨境合作的成果。

国际合作论文百分比：指国际合作论文的数量与该论文集的论文总数的比值，以百分数形式表现。国际合作论文百分比指标体现了机构或科研工作者吸引国际合作的能力。

ESI Research Fronts（ESI 研究前沿）：是 Essential Science Indicators（ESI）数据库中的专有名词，当一簇高被引论文被共同引用的情形达到一定的活跃度和连贯性时，通过聚类分析形成一个“研究前沿”，代表一个热点研究方向。

核心论文：ESI 数据库中的“研究前沿”，由一簇频繁地被共同引用的高被引论文组成，这些高被引论文被称为“研究前沿”的“核心论文”。通过对“核心论文”的分析，可以发现对该热点研究方向有所贡献的国家、研究机构及个人。

核心论文的平均出版年：构成某一个研究前沿的“核心论文”的平均出版年。该值越接近当前，说明该“研究前沿”出现的时间越新。

专利指标

专利公开数量：指统计年份内已经公开的专利数量。“件”指申请号合并后的专利数量。

德温特同族专利：指按德温特同族归并后的专利家族数。一个德温特同族是一项技术发明。“项”即指德温特同族合并后的专利家族数量。

专利授权量：指已经获得授权的专利数量。

PCT 专利申请量：指依据《专利合作条约》提出的专利申请。PCT 是专利合作条约（PATENT COOPERATION TREATY）的简称，是在专利领域进行合作的国际性条约。其目的是为解决就同一发明创造向多个国家 / 地区申请专利时，减少申请人和各个专利局的重复劳动。

IPC 分类：指《国际专利分类表》（International Patent Classification, IPC）中的分类编号，是根据 1971 年签订的《国际专利分类斯特拉斯堡协定》编制的。IPC 分类号是国际通用分类体系，包括 7 万多个分类条目，涵盖 100 多个国家和地区，也是我国目前广泛使用的分类体系。

三方专利：指同时在美国专利商标局、日本特许厅和欧洲专利局都有布局的专利。

四方专利：指同时在美国专利商标局、日本特许厅、欧洲专利局和中国专利局都有布局的专利。

专利有效性：指专利权的保护状态，包括有效、失效。

诉讼专利：指 incoPat 数据库中被标记为发生过诉讼的专利。

专利权利要求数量：指权利要求书中权利要求的项数。权利要求书是记载发明或者实用新型及确定其保护范围的法律文件，是专利申请文件的重要组成部分。

专利被引次数：指某一件专利被其他专利引用的次数。

专利技术用途：指专利技术的应用方向 / 领域。本报告中专利技术用途信息来源于 incoPat 自研发的多级用途分类及描述，以表征专利技术可应用的领域。

专利技术来源国家 / 地区：指德温特同族最早优先权国家 / 地区。

专利技术目标国家 / 地区：指专利公开的国家 / 地区。

深圳国际科技信息中心简介

深圳国际科技信息中心是根据深圳中国特色社会主义先行示范区重大战略部署，在市委市政府的领导下，由清华大学深圳国际研究生院牵头建设的 AI 科技数据赋能平台。中心聚焦 AI 教育、AI 科技评价、AI 战略咨询、AI 科学研究四个关键领域的突破创新，提供科技文献数据库、科学主题知识库、科技资讯与热点报告、新型智库、人才寻引、未来产业战略咨询等服务。如需了解更多信息，请访问 itic-sci.com/。

科睿唯安简介

科睿唯安是全球领先的变革性资讯提供商。我们提供丰富的数据、洞见、工作流解决方案和专业服务，涵盖学术研究和政府机构，知识产权、生命科学与健康各个领域。如需了解更多信息，请访问 <http://clarivate.com.cn/>。

