

深圳市脑科学产业专利导航分析报告

2024 年 12 月 10 日

目 录

第一章 产业概述.....	1
1.1 产业定义.....	1
1.2 产业细分情况.....	3
1.3 产业前景.....	3
第二章 产业发展环境分析.....	5
2.1 产业现状.....	5
2.1.1 产业背景.....	5
2.1.2 国外产业现状.....	6
2.1.3 国内产业现状.....	8
2.1.4 国际合作与竞争.....	10
2.1.5 研究人才.....	11
2.2 政策情况.....	11
2.2.1 国外产业政策.....	11
2.2.2 国内产业政策.....	18
2.3 技术发展及应用情况.....	23
2.3.1 国外技术发展及应用情况.....	24
2.3.2 我国技术发展及应用情况.....	31
2.3.3 国际合作与竞争.....	36
2.4 社会与经济影响.....	36
2.5 未来展望.....	37
第三章 全球产业专利布局态势分析.....	37
3.1 数据说明.....	37
3.1.1 数据检索范围说明.....	37
3.1.2 数据检索策略.....	38
3.2 名词解释.....	40
3.3 全球产业创新发展态势.....	41
3.3.1 全球专利申请趋势分析.....	41
3.3.2 全球专利申请布局地域分析.....	42

3.3.3 全球产业结构分布情况	44
3.3.4 全球重点创新主体分析	46
3.4 产业技术研发和运营热点方向	49
3.4.1 专利申请趋势重点及研发热点方向	50
3.4.2 中国专利运营热点方向	53
3.5 产业创新结构调整方向	56
3.5.1 全球产业创新结构调整方向	56
3.5.2 主要国家/地区产业创新结构调整方向	58
第四章 深圳市脑科学产业创新定位分析	61
4.1 深圳市产业创新环境定位	61
4.1.1 政策环境	61
4.1.2 基础研究情况	62
4.1.3 市场现状	62
4.1.4 创新实力总体定位	63
4.2 深圳市产业技术创新结构定位	66
4.3 深圳市产业技术创新能力定位	71
4.4 深圳市产业创新主体的创新实力定位	73
4.4.1 深圳市产业创新主体分析	73
4.4.2 深圳市产业创新主体定位	75
4.4.3 深圳市重点创新主体的技术布局分析	76
4.5 深圳市创新人才储备定位	78
4.5.1 深圳市创新人才整体储备情况	78
4.5.2 深圳市创新人才团队及技术领域人才储备	79
4.6 深圳市专利运营实力定位	83
第五章 深圳市产业发展路径研究	84
5.1 深圳市脑科学产业专利布局特点	84
5.2 深圳市产业布局结构优化建议	86
5.3 产业技术创新引进提升路径	87
5.4 企业整合培育引进路径	89
5.4.1 基于创新主体技术和市场发展特点的差异性整合培育路径	89

5.4.2 基于技术分支特点引进领先创新主体或开展技术合作	90
5.5 创新人才引进培养路径	92
5.5.1 建立深圳市脑科学产业技术人才数据库，注重培养本土研发团队	92
5.5.2 建立国内高校类脑智能人才联合培养机制	96
5.5.3 充分利用省内人才资源，巩固提升脑认知和诊疗技术及脑图谱技术领域优势	100
5.6 专利运营强化路径	102

第一章 产业概述

国家发改委在“十四五”规划《纲要》关于脑科学与类脑研究给出的解释是：脑科学研究大脑的结构与功能，从分子、细胞、神经环路、神经网络层面，阐明感知觉、学习记忆、抉择、语言、意识等认知功能的基本原理，解析脑功能异常的神经机制，提升对脑重大疾病的诊治水平。类脑研究借鉴脑科学所阐释的生物大脑的神经工作原理，通过对发育、演化、学习、认知等的建模，研发类脑算法、脑机接口、类脑智能器件和系统，模拟、延伸和扩展人类智能，实现强人工智能。脑科学和类脑研究互为支撑、互相促进、融合发展，对于促进产业升级、社会发展和人民健康等具有重大战略意义。

1.1 产业定义

脑科学产业是一个基于脑科学研究成果进行技术开发、产品生产和服务提供的综合性产业领域。

从学科交叉角度来看，脑科学产业是神经科学与临床医学、生命科学、物理学、计算机科学、材料科学、工程学等其他众多学科交叉融合的产物。例如，在神经影像技术方面，利用物理学原理设计和优化如磁共振成像（MRI）、正电子发射断层扫描（PET）等设备，使用计算机科学处理和分析这些设备所产生的海量数据，从而实现对大脑结构和功能的可视化研究。这体现了脑科学产业通过整合不同学科知识，开发出用于大脑研究和应用的工具与技术。

从应用领域角度来看，脑科学产业涉及医疗、人工智能、教育、神经工程、心理健康、生物技术与制药、智能穿戴与消费电子等多个领域。在医疗领域，它包括脑疾病的诊断、治疗和康复。例如，利用基因检测和先进的脑成像技术诊断脑肿瘤、阿尔茨海默病等疾病；通过药物研发、神经调控技术（如深部脑刺激、经颅磁刺激）来治疗疾

病；借助虚拟现实和脑机接口技术为脑损伤患者提供康复服务。在人工智能和信息技术领域，类脑计算借鉴大脑的神经网络结构和信息处理机制来开发新型计算架构和算法。脑机接口则实现大脑与外部设备之间的直接通信，应用于医疗康复、智能家居、智能交通等多个场景。同时，脑科学研究产生的大量数据（如脑电信号、神经影像数据）需要大数据分析、机器学习等技术进行处理，从而推动了相关数据分析产业的发展。在教育领域，脑科学产业利用对大脑认知发展规律的研究成果，开发适合不同年龄段学生认知特点的教育方法和课程体系。还可以通过脑机接口等技术为学生提供个性化学习方案，监测学习状态并提供反馈。在神经工程领域，主要是研发神经假体（如视网膜假体、耳蜗植入体）来恢复受损的感觉功能，以及研制脑机融合设备（如脑控机器人）来拓展人类的感知和行动能力。在心理健康领域，开发基于脑科学技术的心理治疗方法，如神经反馈训练、虚拟现实暴露疗法等，用于治疗抑郁症、焦虑症等心理障碍。同时，还包括开发情绪监测和调节设备，如可穿戴的情绪监测手环或移动应用程序，实时监测用户情绪并提供调节建议。在生物技术与制药领域，基于对脑疾病发病机制的理解，通过基因编辑、干细胞技术等手段开发新型药物靶点和治疗药物。利用脑类器官、动物模型等建立高效的药物筛选和评价平台，加速药物研发进程并降低成本。在智能穿戴与消费电子领域，研发可穿戴的脑健康监测设备（如脑电监测头带、智能头盔），用于实时监测脑电信号、心率、血压等生理指标，提供脑健康监测和预警服务；还开发脑控消费电子产品（如脑控智能眼镜、脑控游戏控制器），为用户提供更加自然和便捷的交互体验等。

1.2 产业细分情况

综合对脑科学产业的多种分类方式，结合本项目的实际需要，将脑科学产业细分成，脑图谱技术、脑认知和诊疗以及类脑智能三个细分领域；其中，脑图谱技术又包括成像技术和脑活动监测技术，脑认知和诊疗技术又包括脑功能解析、脑疾病治疗技术和神经调控，类脑智能则包括类脑芯片、类脑器件以及脑机融合等相关技术，具体技术分解如下图所示：

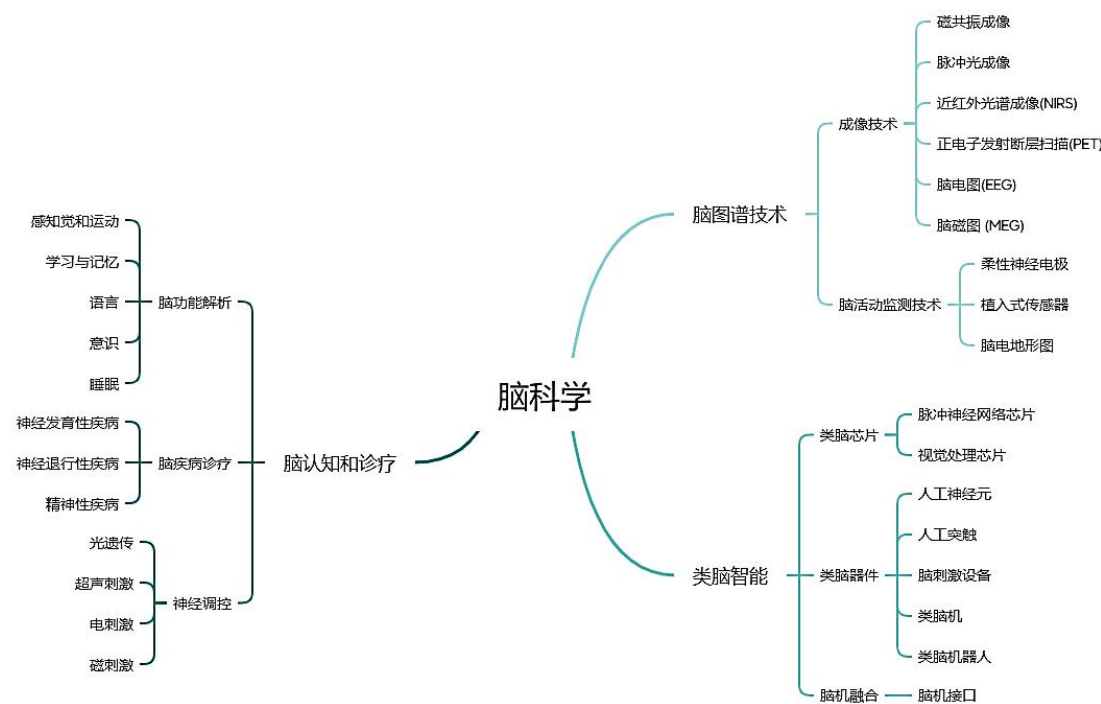


图1 脑科学产业技术分解图

1.3 产业前景

目前，虽然脑科学产业整体尚处于发展的早期阶段，但发展速度迅猛。据CBInsights数据，2020年全球脑科学市场规模为62亿美元，预计2024年将突破100亿美元，2020-2024年复合增长率达17%。相关脑科学企业获得资本青睐，如杭州虚之实科技有限公司完成数千万元A轮融资，用于加速医疗产品研发等；科大讯飞也积极开展脑科学产业化的前瞻布局研究。

脑科学产业前景十分广阔。第一，政策支持力度不断加大。世界主要经济体纷纷推出“脑计划”，如欧盟的“人脑计划”、美国的“创新性神经技术大脑研究计划”、日本的“综合神经技术用于疾病研究的脑图谱计划”等。中国也将“脑科学与类脑研究”列入“科技创新2030——重大项目”以及“十四五”规划的国家重点前沿科技项目。

第二，技术创新推动产业发展。脑疾病诊断与治疗技术，如优脑银河的PBFS®个体脑功能剖分技术，可将不同个体的大脑精细剖分为213个边界清晰、定义准确的功能分区，为脑疾病的有效治疗提供了可能；脑机接口技术取得了飞速的发展，已被应用于医疗健康、状态检测、智能生活、国防安全等众多场景；类脑计算技术通过开发模拟人脑运作原理的新一代信息技术和人工智能，开展新型计算，拓展脑机接口、类脑计算芯片、人工神经网络等具有产业化前景的应用方向。

第三，产业应用领域广泛。随着全球老龄化加剧，脑疾病患者数量不断增加，脑科学在神经疾病的诊断、治疗和康复方面的应用需求迫切。如阿尔茨海默病、帕金森病、抑郁症等神经系统疾病的治疗方案研发；脑科学与教育的融合逐渐深入，通过了解大脑的学习机制和认知规律，开发出更有效的教育方法和课程，提高教育质量和学习效果；脑科学为人工智能的发展提供了重要的借鉴和启示，类脑计算、脑机融合等技术有望推动人工智能实现新的突破，开发出更智能、更高效的智能系统；脑科学技术在军事领域的应用也具有广阔前景，如脑机接口技术可用于士兵的状态监测和指挥控制，提高作战效能和安全性。

第四，资本投入持续增加。从全球趋势看，2018年至2023年第一季度，全球脑科学领域投融资金额近262亿美元，投融资热度在2021年达到顶峰。最后，人才培养和科研基础设施建设不断加强。国内外

高校和科研机构纷纷设立脑科学相关专业和研究机构，培养了大量专业人才；同时，各国也在不断加强脑科学科研基础设施建设，为脑科学研究和产业发展提供了有力支撑。

第二章 产业发展环境分析

2.1 产业现状

脑科学产业作为当今世界科技前沿领域之一，正在经历快速发展，并展现出巨大的市场潜力和社会价值。

2.1.1 产业背景

（1）产业链构成

脑科学（类脑智能）产业链由上游底层软硬件、中游设备及平台、下游应用构成。上游以脑机接口硬件、软件为主，包括芯片、脑电采集设备厂商等，软件包括脑机信号的算法和软件等；中游包括脑电采集平台和脑机接口设备；下游以脑机接口应用为主，覆盖医疗、科技、教育、传媒等领域。

（2）技术路径

脑机接口技术路径按接入方式可划分为侵入型、半侵入型、非侵入型三种。侵入式脑机接口通过有创方式对深入到颅骨以下的组织进行信号采集和记录，从而获得质量较高的神经信号，但也易引发免疫反应和愈伤组织。半侵入式脑机接口是将脑机接口植入大脑皮层之外、颅腔之内，基于皮层脑电图进行信息分析；与侵入式技术相比，半侵入式技术更成熟、手术危险度较低、损伤性较小。非侵入式脑机接口则是通过附着在头皮上的穿戴设备测量大脑活动，由于无需进入大脑，具有很强的安全性，是目前主流的脑机形式，但所获得信号精准性欠佳。

2.1.2 国外产业现状

国外脑科学产业正处于快速发展阶段，市场规模持续增长，应用领域不断拓展，同时也面临着挑战和机遇。随着科技的进步和全球合作的加强，脑科学产业有望在未来实现更多的突破和创新。

（1）全球脑科学市场规模与增长趋势

根据Deloitte的报告，全球神经科学市场（GNM）在2022年的估值为6120亿美元，其中73%的价值来源于非药物治疗。预计到2026年，GNM将以4.2%的复合年增长率（CAGR）增长，估值达到7210亿美元。IMARCGroup的报告也指出，全球神经科学市场规模在2024年达到了359亿美元，并预计到2033年将达到480亿美元。

（2）地区分布

据统计，超过75%的GNM价值来自北美和欧洲。目前，中等收入及以下的地区脑科学发展还较为缓慢，特别是非洲等新兴市场，有望释放出巨大的市场增长潜力。

（3）主要国家的脑科学计划

美国：美国是全球脑科学研究的领导者之一，拥有众多世界一流的大学和研究机构，如哈佛大学、斯坦福大学、麻省理工学院、美国国立卫生研究院等。美国政府也投入大量资金支持脑科学研究，如脑计划（BRAIN Initiative）。

欧洲：欧洲各国在脑科学领域有着广泛的研究合作，如欧洲脑科学学会（FENS）和欧洲脑计划（Human Brain Project）。德国、英国、法国和瑞士等国家在脑科学研究方面具有较强实力。

日本：日本在脑科学领域也有着重要的研究成果，拥有多所优秀的大学和研究机构，如东京大学和京都大学等。日本政府也重视脑科学研究，并投入大量资金。

澳大利亚：澳大利亚在脑科学领域也有着显著的研究实力，拥有多所世界知名的大学和研究机构，如墨尔本大学和悉尼大学等。

韩国：韩国在脑科学领域也有着较高的研究水平，拥有多所优秀的大学和研究机构，如首尔大学和韩国科学技术院等。

（4）重要企业和高校科研机构

在国外企业方面，Compumedics Neuroscan、美敦力、波士顿科学、Neuralink以及BrainGate是各自领域的龙头企业。欧美高校科研机构的成果产出仍占据全球的主导地位，如美国哈佛大学，法国国家健康与医学研究院和法国国家科学研究中心等。

（5）行业趋势

全球神经科学市场的主要趋势是将机器学习（ML）、人工智能（AI）与神经科学的快速整合，以分析复杂数据并产生准确的诊断。这也使得个性化治疗成为可能，这是推动市场增长的另一个因素。此外，深脑刺激和先进神经刺激技术的发展为市场增长创造了积极的环境。此外，脑机接口（BCI）的发展投资增加、数字疗法的流行增加以及对治疗选择可用性的意识提高，都为市场增长提供了相当大的推动力。

（6）产业发展挑战与机遇

脑科学市场面临的挑战包括研发（R&D）费用、复杂的监管流程以及对高度训练有素的专业人员的需求。疾病的复杂性形成了理解和发现有效疗法的障碍，由于许多神经性疾病缺乏标准和生物标志物，使得诊断和治疗这些疾病的复杂性增加。然而，这些挑战也带来了进步和创造力的机会，如人工智能（AI）和机器学习（ML），提供了分析和解释数据的新方法，可能导致开创性的发现。

2.1.3 国内产业现状

在国家政策的大力支持下，我国脑科学产业市场规模持续增长，应用领域不断拓展，并在国际合作中发挥着越来越重要的作用。随着技术的不断进步和市场需求的不断增长，脑科学产业有望在未来实现更多的突破和创新。

（1）中国脑科学计划

中国脑计划经多年筹划后，于“十三五”期间正式启动。中国脑科学计划以“一体两翼”为结构，即以研究脑认知的神经原理为基础，用以研发重大脑疾病的治疗方法和推动新一代人工智能的发展。

“十三五”期间，北京和上海分别成立了北京脑科学与类脑研究中心、上海脑科学与类脑研究中心，并启动“脑科学与类脑智能”地区性计划，开始资助相关研究项目；各高校也纷纷成立类脑智能研究中心。

以北京脑科学与类脑研究中心为例，由北京市政府与中国科学院、北京大学、清华大学、北京师范大学、中国医学科学院、中国中医科学院等单位联合共建。根据该中心官网的信息显示，其科研合作项目的承担单位以高校院所和医院为主。此外，中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心与古巴神经科学中心签署战略合作协议，进一步加强国际合作。

（2）中国脑科学市场规模与增长趋势

目前，中国的脑科学市场主要由科研相关设备售卖支撑，伴有部分消费级设备，衍生市场较小。基于业内人士提供的科研设备价格、脑科学研究机构的数量统计，以及国内消费级设备的年销量及单价，测算出目前脑科学的市场规模在十亿级，约占全球市场总份额不足十分之一。到 2040 年，我国脑科学行业的综合市场规模将超过 1200 亿

人民币，复合增长率（CAGR）约 26%；直接市场规模可超 500 亿，CAGR 达到 21%。市场增长速度明显高于全球增长，在脑科学全球市场中的比重将有明显上升。

（3）重要企业和高校科研机构

近年来，国内涌现出一批在脑科学产业领域科研产出较高的企业和高校科研机构，其中，企业包括中科寒武纪科技股份有限公司（寒武纪）、科大讯飞股份有限公司（科大讯飞）、北京灵汐科技有限公司（灵汐科技）、上海联影医疗科技股份有限公司（联影医疗）、景昱医疗科技（苏州）股份有限公司（景昱医疗）和北京品驰医疗设备股份有限公司（品驰医疗）等。高校和研究机构则包括北京脑科学与类脑研究中心、中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心、上海脑科学与类脑研究中心、中科院深圳先进技术研究院-脑认知与脑疾病研究所、浙江大学脑与脑机融合前沿科学中心、复旦大学脑科学前沿科学中心以及清华大学等。目前，高校和科研机构仍然是研究的主要产出者，并且广泛覆盖了脑科学产业的多个领域。

（4）中国脑科学行业趋势

脑科学产品的应用场景广泛，除了能够应用于疑难症的先进医疗技术，还能渗透到日常的教育、娱乐休闲、工作等领域。在医疗康复中发挥着越来越重要的作用，如帮助老年痴呆症患者改善记忆力。此外，脑机接口技术在教育和培训情景中也显示出潜力，如提高学习和记忆能力。

随着越来越多相关企业的齐心协力，脑科学行业的未来或将呈现以下三个特点：第一，行业发展基础技术提升，芯片、算法、信息传输等技术的爆发式提升，脑科学应用发展基础更为坚实；第二，认知脑科学的突破将成为产业发展的重要临界点；第三，市场需求规模增

长，目前超80%的脑科学研究均集中在认知训练和医疗康复部分，这两个领域将成为短期内增长的重点市场。

（4）产业发展机遇与挑战

我国在脑机接口技术方面取得了显著进展，南开大学宣布全球首例非人灵长类动物介入式脑机接口试验在北京取得成功，标志着中国脑机接口技术跻身国际领先行列，但我国脑科学行业也面临诸多挑战，一是安全性和有效性难以兼得，这一问题限制了脑科学技术尤其是涉及一些侵入式脑机接口设备的大范围运用；二是研究成果和技术的限制，由于没有相应可靠的数据支撑，很多产品的研发缺乏理论支持，只能边测边开发，成品及成效是一个未知数；三是大脑的复杂性，无论对于硬件还是软件，人脑反馈的海量神经信号的处理仍是难题；四是社会普遍关注的安全与伦理风险，信息安全、人道主义、疾病或基因的歧视等等。

2.1.4 国际合作与竞争

在全球范围内，脑科学领域的合作和竞争并存。各国都在积极布局，以期在未来的科技竞争中占据有利地位。其中，美国和中国投入大量的基金支撑基础研究，并成为脑科学产业领域学术产出领先的国家。目前，中国的发文量呈快速增长的趋势，正在不断地缩小与美国的差距。然而中国和美国的论文的影响力总体上不及英国、澳大利亚和法国等国家，仍有进一步提升的空间。

国际合作对国家及地区间的资源共享、研究效率和创新能力方面有着促进作用，也是提升论文影响力的关键因素。全球机构围绕脑科学产业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，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主导或参与了多项机构间的脑科学产业合作项目，此外，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。自2021年来，脑科学领域的国际合作活跃度有所降低，但全球合作论文的影响力并未出现显著降低。随着源头创新成为企业发展的关键动力，越来越多的企业从专注市场需求转变为重视基础研究，企业的论文影响力进一步提升，与科研机构一起构成了脑科学产业中的主要研究力量。

2.1.5 研究人才

基于脑科学产业的论文发表情况，该领域的作者总数已超百万，主要分布在美国、中国和英国。据科睿唯安的脑科学产业基础研究领域的最具影响力的杰出科学家榜单数据显示，2023年具有高影响的杰出科学家共有226位。其中，美国科学家以超过一半的占比位列第一，英国和德国分别位列第二和第三，而中国位列第十三；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是唯一二上榜的中国科学家。这些杰出的科学家主要分布在梅奥医学中心、华盛顿大学、哈佛大学、宾夕法尼亚大学、斯坦福大学、牛津大学等国际知名高校和科研机构。

2.2 政策情况

全球范围内，脑科学产业得到了各国政府的高度重视和政策支持，制定了强有力的产业政策予以支持。

2.2.1 国外产业政策

（1）美国

美国政府对脑科学产业的支持政策以“脑计划”（BRAIN Initiative）为核心，通过巨额资金投入、跨部门合作、军事应用研究、国际合作

和神经伦理学考量，全面推动脑科学的基础研究和技术创新。这些政策旨在深化对大脑的理解，推动相关技术的发展和應用，并确保科学研究在伦理框架内进行。

2013年4月，由奥巴马政府宣布“脑计划”启动。该项目由美国国立卫生研究院（National Institutes of Health, NIH）领导。通过推进创新神经技术进行大脑研究工作组（Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies, BRAIN）具体负责实施，旨在加速创新技术的开发和应用，彻底改变我们对人脑的理解。首年投入1亿美元，后续由NIH、NSF、DARPA等政府部门资助多家高校和公司开启脑机接口相关研究。到2022年，NIH已向千余名研究者颁发了1300多个资助奖项，总额超过30亿美元，该项目的研究重点包括建立大脑结构图谱、研发大规模神经网络电活动记录和调控工具、理解神经元活动与个体行为的关联等，并通过《BRAIN 2025: A Scientific Vision》和《Brain Initiative Mission》等报告，详细规划了NIH脑科学计划的研究内容和阶段性目标。

2022年9月，美国进入BRAIN Initiative 2.0阶段，启动实施细胞图谱网络项目（BICAN），该项目获得5亿美元的资助，旨在绘制世界上最全面的人类大脑细胞图谱。

此外，美国在神经科学研究领域高度重视国际合作，与欧盟等地区保持长期合作关系，美国军方尤其重视脑机接口的创新研究及其在军事和医疗方面的应用，DARPA启动多个脑机接口项目。

（2）欧洲

一系列的政策和倡议共同构成了欧洲脑科学产业的支持框架，旨在推动脑科学的基础研究、技术创新和产业发展，同时也关注伦理和

安全问题，以确保科技的健康发展。通过这些政策的实施，欧洲脑科学产业有望在未来实现更多的突破和创新。

欧洲脑科学产业除了著名的欧盟脑计划（Human Brain Project, HBP）之外，还得到了多项其他支持政策，主要包括：

① 欧洲脑研究议程（European Brain Research Agenda, EBRA）

EBRA旨在协调欧洲脑研究并发展全球战略。这一议程强调了脑科学研究的紧迫性和重要性，并推动了跨国合作。

② 欧洲脑健康倡议

欧洲脑健康已被提上政策议程，强调脑健康对个体福祉和经济、社会影响的重要性，这一倡议考虑将脑技能和脑健康作为知识经济不可或缺的部分。

③ 神经科学启发的政策倡议

经济合作与发展组织（OECD）提出了一个以“脑资本”概念为重点的神经科学启发的政策倡议，该倡议已进入发展阶段，考察神经科学和医学理念在经济和社会政策中的应用，包括生产力、性别平等、心理健康和教育。

④ 欧洲脑科学研究基础设施（EBRAINS）

EBRAINS是由欧盟资助的、HBP创建的新的数字研究基础设施，旨在促进与大脑相关的研究，并帮助转化最新科学发现。2021年，EBRAINS被添加到有影响力的ESFRI研究基础设施路线图中，这有力地证明了它正在成为欧洲研究领域的固定项目。

⑤ 欧盟研究与创新框架计划中的脑研究支持

欧盟委员会通过其研究与创新框架计划支持脑研究，投资方向包括更好地理解大脑功能和功能障碍、开发诊断和监测方法、预防、治疗以及护理和支持。

⑥ 地平线欧洲（Horizon Europe）计划中的健康研究资助

地平线欧洲计划在2014-2020年间为健康研究提供了52亿欧元的投资，预计将继续支持脑科学领域的研究和创新。

⑦ 神经退行性疾病研究（JPND）

欧盟联合计划是全球最大的针对神经退行性疾病研究的倡议，涉及30个国家，努力协调它们在脑研究中的国家优先事项。

⑧ 欧洲脑科学领域合作

欧盟支持ERA-NET NEURON伙伴关系，支持疾病相关神经科学的基础、临床和转化研究。

⑨ 全球慢性疾病联盟（GACD）

欧盟参与GACD，这是一个公私合作伙伴关系，也投资于神经退行性疾病的研究。

此外，欧洲的一些主要国家也制定或参与了相关脑科学产业政策。

德国：德国联邦政府对科研创新给予优先支持，特别是在脑科学领域。德国政府通过提供资金支持，鼓励科学研究和技术创新，重点投资于脑科学研究和相关技术的发展；德国积极参与国际脑科学合作项目，如欧盟脑计划（Human Brain Project），在欧盟层面推动脑科学研究和产业发展，德国在其中扮演着重要角色。德国通过Brain Bee等国际赛事培养和选拔脑科学领域的青少年人才，推动脑科学教育和普及，德国联邦政府国家生物经济战略框架下，德国教育与研究部（BMBF）发布支持计划，资助生物材料科学和生产技术生物转化的专业中心，促进脑科学相关生物技术的发展。

英国：英国政府投资了4500万英镑用于推动量子技术的发展，其中包括利用量子技术改善脑扫描技术，旨在提高癫痫和痴呆等疾病的诊断能力，这显示了政府对于利用前沿科技改善脑科学研究和应用的

重视。Brain Research UK提供资金支持给英国基于研究的科研人员，特别关注头痛和面部疼痛、神经肿瘤学以及获得性脑和脊髓损伤三个优先领域。此外，英国政府延长了地平线欧洲保证计划，旨在支持英国脑科学领域的研究申请者获得地平线欧洲基金资助的欧洲研究委员会资助。

法国：法国政府通过国家科研署（ANR）等机构为脑科学研究提供资助。此外，法国大学还能从欧盟（如欧洲地平线计划）等第三方机构获得科研资助，如巴黎西岱大学通过“卓越大学计划”获得了显著的经费支持，以推动包括脑科学在内的科研项目；法国政府支持建立跨学科合作平台，以促进脑科学领域的研究和应用；法国积极参与欧盟脑计划（Human Brain Project），法国科学家在该项目中扮演重要角色，推动神经科学、医学和神经启发技术的发展；法国政府投资于量子技术，其中包括开发用于生物医学技术的量子传感设备，具体包括高灵敏度和高空间分辨率的脑磁图测量原型；法国政府还支持EBRAINS数据服务和基础设施的建设，这是欧盟脑计划的一部分，提供超过1000个数据集、225个研究软件应用和160种工具，支持跨学科的神经科学研究与合作。

瑞士：瑞士政府通过国家科学基金会（SNSF）等机构为脑科学研究提供资金支持。此外，瑞士联邦议会通过特别资助计划，增拨1亿瑞士法郎贷款，扶持重点领域企业迅速提高创新能力；瑞士政府重视科研基础设施建设，公布了2013～2016年科研基础设施路线图，包括瑞士自由电子激光器（SwissFEL）、瑞士高性能计算战略等，为脑科学研究提供重要支持；通过瑞士科技创新署（Innosuisse）等机构扶持创新企业，如SynSense时识科技等类脑芯片公司，推动脑科学领域的技术创新和产业化；支持科技成果转化，如Neurosoft

BioElectronics公司从瑞士洛桑联邦理工学院(EPFL)独立出来,开发用于满足癫痫和耳鸣医疗需求的工具,并获得了政府的资金支持。

(3) 亚太地区

日本:日本文部科学省启动了脑神经科学综合规划,该规划旨在创造新的痴呆症治疗药物、血液诊断生物标志物以及开发数字大脑等,该规划将阐明脑功能等基础研究成果与神经和精神疾病的诊断和治疗等联系起来,活用数理科学和信息科学等,促进与基础研究人员在临床研究中的合作、跨领域的融合、产官学联合体的形成、青年研究者和跨领域研究者的参与。日本脑/思维计划(Brain/MINDS)是一个于2014年启动的项目,旨在通过集成神经技术,绘制用于疾病研究的脑图,该项目的研究集中在三个领域:普通猕猴大脑的研究、脑图绘制技术的开发以及人类脑图谱的制定,该项目计划在未来10年内获得来自日本教育部、文化部以及日本医学研究与发展委员会的共计400亿日元资助。日本积极参与国际脑科学研究合作,包括与国际脑研究组织(IBRO)合作,在亚洲进行长期和先进的神经科学培训。此外,日本与其他国家和地区的脑研究计划代表签署了《发起国际大脑计划(IBI)的意向声明》,旨在共同应对挑战,加快“破译大脑”的进程。

日本还拥有多个重要的脑科学研究机构,如理化学研究所脑神经科学中心(RIKEN CBS)是日本脑科学研究的核心机构,开展从细胞到个体、社会系统的多阶层基础研究。

韩国:韩国政府制定了《脑科学研究开发投入战略》,明确指出脑科学已成为提升公民生活质量、主导第四次工业革命的核心领域,并承诺将加大对脑科学研发的投入,该战略围绕“构建融合与协作的脑科学研究体系”的目标,重点推进四个战略方向。韩国重点投入脑功能、脑部疾病、大脑工程等核心技术领域,并加强临床应用与产业

化，促进研发成果应用。同时，加大对脑部疾病的创新治疗技术和新一代平台技术的支持，加强与电子、信息技术等技术的融合。韩国持续推进构建大脑地图，强化灵长类动物的研究基础，提高对脑功能的认识以提升脑疾病研究水平，并支持扩大国际合作。此外，加大支持脑机接口等新兴融合技术开发，促进脑部疾病患者康复治疗技术、脑科学研究设备以及融合信息通信技术的新服务和产品的开发。

韩国政府构建数据融合系统，提高脑科学研究零散数据的利用率，并改进韩国大脑银行中的脑组织、血液、脊髓液等各种资源的获取、管理和分发系统。同时，促进大脑相关技术的应用，支持发掘并验证促进产业化商业化的潜力技术，挖掘企业需求，推进产学研医合作项目，加大对种子企业与中小企业的扶持。韩国发布《数字生物创新战略》，计划在未来十年投入4000亿韩元（约合21亿元人民币）研发经费，重点研发脑机互动、脑功能和疾病可视化、脑电信号处理和分析技术、电子药物、数字疗法等。

澳大利亚：2016年2月，澳大利亚脑联盟（Australian Brain Alliance, ABA）正式成立，集合了包括澳大利亚神经科学学会和澳大利亚心理学会在内的多个研究团体的科学家们，为超过28个成员组织的脑研究项目提供支持。澳大利亚脑计划（Australian Brain Initiative, ABI）的总体目标是破解大脑的密码，即理解神经回路如何发展、编码和检索信息，以及如何适应内外部变化的机制，该计划的核心研究包括优化和恢复大脑功能、开发神经接口来记录和控制大脑活动以恢复功能、了解整个生命周期学习的神经基础，并提供有关脑启发式计算的新见解。澳大利亚脑计划的潜在影响包括创造神经技术的先进产业、研发脑部疾病的疗法和开展具有深远影响的跨学科合作，以增进大脑的了解。该计划将通过促进工业合作者和脑研究的结合，研发新的药物、

医疗设备并发展可穿戴技术。澳大利亚在脑科学研究方面积极开展国际合作，例如与中国科学院合作的中澳神经与认知科学联合实验室，旨在推动神经科学和认知科学领域的研究等。

此外，澳大利亚政府通过国家健康与医学研究委员会（NHMRC）为脑科学和相关领域的研究项目提供资金支持，如2021年11月，澳大利亚卫生部公布了为248个创新研究项目提供的2.39亿澳元资助。澳大利亚的大学，如悉尼大学，与国际伙伴，如复旦大学，建立了脑与智能科学联盟（Brain and Intelligence Science Alliance, BISA），致力于将认知神经科学和大脑疾病的研究与人工智能伦理相结合。

2.2.2 国内产业政策

中国脑科学和类脑研究已成为国家战略。中国脑计划自2016年启动，包括探索大脑秘密和攻克大脑疾病的脑科学研究以及建立并发展人工智能技术的类脑研究两个方向。

（1）国家产业政策

《“十三五”国家科技创新规划》中将“脑科学与类脑研究”列入科技创新2030重大项目。明确提出脑与认知、脑机智能、脑的健康三个核心问题，形成“一体两翼”的布局。2017年四部委联合印发《“十三五”国家基础研究专项规划》，明确提出了脑与认知、脑机智能、脑的健康三个核心问题，形成“一体两翼”的布局。

国务院发布的《“十四五”国家知识产权保护和运用规划》《“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系规划》等政策中均提出加强脑科学和类脑科学相关研究。

科技部于2021年1月公布的《科技创新2030-“脑科学与类脑研究”重大项目2020年度项目申报指南(征求意见稿)》，围绕脑认知原理解析等5个方面部署研究任务。2023年9月，工业和信息化部等五部门联

合发布《元宇宙产业创新发展三年行动计划（2023-2025年）》，提出支持脑机接口等前沿产品研发。2024年1月，工业和信息化部等七部门发布《关于推动未来产业创新发展的实施意见》，提出至2025年和2027年的发展目标，并围绕脑机接口、量子信息等专业领域制定专项政策文件，形成完备的未来产业政策体系。2024年2月，科技部发布《脑机接口研究伦理指引》，明确应主要致力于修复型脑机接口技术，强调通过技术的发展服务公众的健康需求。

此外，我国还制定相关政策还提出加大金融支持，实施“科技产业金融一体化”专项，带动更多资本投早投小投硬科技，并强化安全治理，构建多方参与、有效协同的未来产业治理格局。

这些政策体现了我国对脑科学产业的高度重视，旨在推动脑科学的基础研究、技术创新和产业发展，同时也关注伦理和安全问题，以确保科技的健康发展。通过这些政策的实施，我国脑科学产业有望在未来实现更多的突破和创新。

（2）各省及直辖市的产业政策

在国家层面频频出台系列政策后，各地方政府也陆续出台脑机接口相关政策，大力支持脑科学与类脑研究的发展，推动产业落地发展。

① 上海市

上海市作为脑机接口领域的先行者，自2015年起便积极推动脑机接口技术的研究与应用，在多个政策文件中明确提到支持脑科学与类脑智能技术的发展。上海市政府在“十三五”期间成立了上海脑科学与类脑研究中心，并启动了“脑科学与类脑智能”地区性计划，扶持相关企业发展。在科研经费上，上海脑科学与类脑研究中心2019年和2020年的预算支出总额分别为10,369万元和8,651万元人民币。上海市发布的《上海市建设具有全球影响力的科技创新中心“十四五”规划》中指

出，将通过“脑—机—环境—脑”反馈式交互，在脑与外部设备之间建立通讯和控制通道，实现关键底层技术突破与应用，该规划从BCI电极、芯片、BCI算法、系统和临床五个方面，对BCI产业的发展做出了较为细致的指导，支持脑机智能技术发展，加速非侵入式脑机接口技术、脑机融合技术、类脑芯片技术、大脑计算神经模型等领域突破，并积极探索在医疗康复等领域的应用。上海在复旦大学、中国科学院上海分院、上海交通大学等机构设立“基础研究特区”，重点发展脑科学与类脑智能等领域。政府给予优势突出的部分高校和科研院所长期、稳定、集中的支持，5年为一个资助周期，实现充分的科研自主权。上海市科学技术委员会发布《关于发布上海市2024年度“科技创新行动计划”脑机接口项目指南的通知》，明确了对脑机接口项目的资助政策。上海市政府在《上海打造未来产业创新高地发展壮大未来产业集群行动方案》中提出加速非侵入式脑机接口技术、脑机融合技术、类脑芯片技术、大脑计算神经模型等领域突破。加强脑工程学、脑神经信息学、人工神经网络等基础研究，推动类脑芯片、类脑微纳光电器件、类脑计算机、神经接口、智能假体等研发创新，并探索脑机接口技术在医疗康复领域的应用。上海市科委还与松江区政府签署合作框架协议，共同推进G60脑智科创基地建设，聚焦脑科学与类脑研究领域，探索提升科技创新策源能力的路径，构建区域协同创新网络。

② 北京市

2023年9月，北京市印发了《北京市促进未来产业创新发展实施方案》，明确提出在海淀、石景山、通州、昌平等区域重点发展脑科学与脑机接口等细分产业。该方案旨在推动相关技术的创新和产业化应用，特别是在脑科学与类脑前沿研究领域，加快类脑认知与神经计算、类脑多模态感知与信息处理、类脑芯片与系统技术研发，并推动

脑疾病医疗新技术/新器械、脑疾病药物应用；提出搭建脑科学与脑机接口创新平台，加快脑机接口创新成果在临床医学、航空航天、智慧生活领域的成果转化和产业应用。北京市发布了加快脑机接口产业发展行动“路线图”，目标是到2026年实现脑机接口核心关键技术的突破，并培育多家龙头企业；到2030年，脑机接口技术体系完善自主，培育百家企业。北京市政府支持开展脑科学与类脑研究，提升在认知原理解析方面的原始创新能力和水平，在类脑芯片、脑机接口技术上进入国际先进行列，并在脑重大疾病的基础研究和技术开发方面取得重大突破。北京市科学技术委员会发布了《关于发布上海市2024年度“科技创新行动计划”脑机接口项目指南的通知》，明确了对脑机接口项目的资助政策，拟支持项目经费不超过1000万元。北京市科学技术委员会印发了《北京市科学技术委员会“脑科学研究”专项实施方案》，旨在建立四大类脑计算研究平台，研制两类类脑计算核心芯片，并实现三类典型类脑智能应用。北京市在脑科学领域汇聚了多个领先的研究所和研究中心，如北京脑科学与类脑研究所、中国科学院自动化研究所脑网络组研究中心等，并得到了政府的大力支持与资源倾斜。

③ 广东省

《广东省人民政府关于印发加快培育发展未来产业行动方案的通知》中提出，到2035年，未来产业全过程创新链基本完善，形成一批引领科技前沿的未来产业标杆性产品和服务。特别提到在未来网络、通用智能、生命与健康等领域，形成若干全球领先的未来产业集群，成为全球未来产业创新策源中心和发展高地。广东省科学技术厅发布了《广东省重点领域研发计划“脑科学与类脑研究”重大专项实施方案及申报指南研究编制》，明确了脑科学与类脑研究作为科技创新的重点领域。该计划旨在促进粤港澳大湾区在脑科学关键技术、重大脑疾

病诊治转化和类脑智能与脑机接口关键技术与产品研发等方面实现突破。广东省政府对脑科学与类脑研究领域有史以来最强有力的投入和支持，通过竞争择优方式通过了9个研究专项，以定向委托方式通过了1个平台建设专项，包括脑科学关键技术研究、脑疾病治疗关键技术研究等。

④ 江苏省

江苏省在《加快科技创新引领未来产业发展“5个100”行动方案（2024-2026年）》中提出，到2026年，在第三代半导体、通用人工智能、量子科技、合成生物、元宇宙等未来产业领域推进100项前沿技术、培育100家示范企业、升级100家科创园区、开发100个应用场景、研制100项标准规范，其中，特别提到了类脑智能作为优势领域之一，进行前沿技术研发部署。江苏省科学技术厅发布了《江苏省重点领域研发计划“脑科学与类脑研究”重大专项实施方案及申报指南研究编制》，明确将脑科学与类脑研究作为科技创新的重点领域，该计划旨在推动脑科学关键技术、重大脑疾病诊治转化和类脑智能与脑机接口关键技术与产品研发等方面的突破。江苏省在《关于加快科技创新发展的激励政策（2024修订）》中提出，对新获批的全国重点实验室，江苏省科技计划专项资金连续5年每年给予不低于500万元资金支持；对新获批的国家级技术创新中心，给予不超过3000万元资金支持。此外，江苏省工业和信息产业转型升级专项资金对新获批的国家级制造业创新中心给予不低于3000万元资金支持。江苏省政府在推动战略性新兴产业融合集群发展中，特别提到了类脑智能产业集群的建设，开展类脑多模态感知与信息处理、类脑芯片与系统、类脑计算系统等前瞻性研究。同时，创新研发脑机接口、人机交互新技术和新装

置，推动类脑智能典型应用示范场景建设，提升脑科学基础研究在类脑智能产业的支撑能级。

⑤ 浙江省

浙江省政府在《关于培育发展未来产业的指导意见》中明确将脑科学与类脑智能作为探索发展的六个潜力巨大的未来产业之一，旨在前瞻谋划布局引领发展的未来产业。浙江省科技厅转发了《科技部关于科技创新2030——“脑科学与类脑研究”重大项目2021年度项目等申报指南的通知》，积极参与国家层面的脑科学与类脑研究项目。浙江省财政厅联合省经信厅推出未来产业（人工智能）先导区财政专项激励，首年度重点围绕人工智能（含通用人工智能、脑科学与类脑智能）等领域，加快形成新质生产力。浙江省政府推进产业数字化升级，构建“产业大脑+未来工厂”的产业生态，特别提到生物医药、中药等“产业大脑”的建设，这为脑科学产业提供了数字化转型的支持。浙江省政府推动重大创新载体建设，包括中科院杭州医学研究所（筹）和西湖、良渚、瓯江等省实验室的建设，支持西湖实验室建设国家实验室，这为脑科学产业提供了重要的科研平台。

此外，安徽、山东、河北、湖北、甘肃、辽宁等多个省份均在相关政策中明确提出扶持脑科学和类脑科学相关产业发展的战略规划。这些政策支持从北上等经济发达地区逐渐蔓延至全国，极大地推动了技术和产业的全面进步与发展。

2.3 技术发展及应用情况

脑科学产业的技术发展迅速，涉及多个层面。在基础研究方面，全球每年发表约10万篇脑科学相关科研论文，研究阵营逐渐由美欧两极向美欧亚三极转变。脑科学研究成果的应用推广对全人类来说意义非凡，但目前其应用领域还十分有限，主要有两大方面：一是在脑科

学促进学科融合发展方面，脑科学与其他学科之间不断交叉拓展、向纵深融合，催生了新兴学科、新兴科技的诞生和繁荣，如神经教育学、脑机接口的兴起；二是研究成果直接应用于其他领域，如仿生科技、人工智能、医疗、军事等。

2.3.1 国外技术发展及应用情况

国外主要国家在脑科学产业技术的发展和应用研究方面都取得了显著的成果，并且呈现出各自的发展特点和共同的发展趋势。随着技术的不断进步和国际合作的进一步加强，脑科学产业技术有望在未来为人类的健康、生活和社会发展带来更多的变革和创新。

（1）美国在脑科学产业技术的发展与应用

1）政策与资金支持

美国是较早重视脑科学研究的国家之一。在政策方面，美国政府通过制定一系列的科研计划和政策来推动脑科学的发展。例如，美国的“脑计划”（BRAIN Initiative）为脑科学研究提供了广泛的支持。该计划旨在加速新技术的开发，以帮助研究人员绘制大脑的复杂图谱，了解大脑功能并揭示脑部疾病的病因等。在资金投入上，美国政府投入了大量的资金，吸引了众多科研机构、高校和企业的参与。这些资金不仅用于基础研究，还注重推动脑科学技术的产业化发展，为相关企业提供研发补贴、税收优惠等政策支持，促进了脑科学产业的蓬勃发展。

2）科研机构与企业的合作模式

美国拥有众多世界顶尖的科研机构，如斯坦福大学、麻省理工学院等，这些高校在脑科学研究方面具有深厚的学术积淀。同时，美国的企业也积极参与到脑科学研究中，形成了独特的科研机构与企业合作模式。例如，Neuralink公司与科研机构紧密合作，Neuralink专注于

脑机接口技术的开发，通过与高校实验室共享研究成果、人才交流等方式，加速技术的创新和转化。这种合作模式使得基础研究成果能够快速走向市场应用，企业能够利用科研机构的前沿研究成果进行产品开发，而科研机构也能够从企业获得资金支持和实际应用场景的反馈，进一步完善研究方向。

3) 技术发展与应用成果

① 脑机接口技术

在脑机接口技术方面，美国处于世界领先地位。Neuralink公司开发的脑机接口技术具有较高的信号采集精度和信息传输速度。其通过植入微小的电极阵列到大脑中，可以直接读取大脑神经元的活动信号，并将这些信号转化为计算机能够理解的指令。这种技术在医疗领域具有巨大的应用潜力，例如，为瘫痪患者提供恢复运动功能的可能。通过脑机接口，患者可以用大脑控制外部的假肢或轮椅，实现自主行动。此外，美国在非侵入式脑机接口技术的研究上也取得了进展。一些研究机构开发出了基于脑电图（EEG）的脑机接口设备，这种设备不需要进行脑部手术植入电极，而是通过佩戴在头部的传感器来采集大脑的电活动信号。虽然非侵入式脑机接口的信号分辨率相对较低，但具有便捷、安全等优点，可应用于简单的智能家居控制、游戏娱乐等领域。

② 类脑智能技术

美国在类脑智能技术的研究涵盖多个方面。在类脑计算领域，科研人员致力于开发模拟大脑神经元计算方式的芯片和算法。例如，IBM公司开展的类脑芯片研究项目，其开发的芯片采用了类似于大脑神经元和突触的结构，能够实现低功耗、高效率的计算。这种类脑芯

片在人工智能、大数据处理等领域具有广阔的应用前景，可以提高计算系统在处理复杂任务时的性能，如语音识别、图像识别等任务。

在类脑算法研究方面，美国的科研团队不断探索模仿大脑学习和认知机制的算法。这些算法能够使人工智能系统在没有大量预训练数据的情况下，通过自我学习和探索来提高性能。例如，在机器人领域，采用类脑算法的机器人可以更快地适应复杂的环境变化，提高其自主决策和行动的能力。

（2）欧盟在脑科学产业技术的发展与应用

1）联合研究项目与资源整合

欧盟通过开展一系列的联合研究项目来推动脑科学产业技术的发展。例如，欧盟的“人类脑计划”（Human Brain Project）是一个大规模的跨学科研究项目，涉及多个欧洲国家的科研机构、高校和企业。该项目旨在构建一个全面的人类大脑模型，整合神经科学、计算机科学、医学等多个领域的知识和技术。通过这种联合研究的方式，欧盟能够整合各成员国的科研资源，避免重复建设，提高研究效率。同时，欧盟还建立了专门的数据共享平台，促进各国研究人员之间的数据交流和合作，为脑科学研究提供了丰富的数据资源。

2）技术创新与人才培养体系

① 技术创新

在脑科学技术创新方面，欧盟注重多学科交叉融合。例如，在脑成像技术方面，欧盟的研究人员将物理学中的磁共振成像（MRI）技术与神经科学相结合，开发出了高分辨率的脑成像设备。这种设备能够更清晰地显示大脑的结构和功能，为脑部疾病的诊断和研究提供了有力的工具。

在脑科学与信息技术融合方面，欧盟积极探索脑-机-物(BCI-IoT)融合技术。通过将脑机接口技术与物联网技术相结合，实现大脑与外部设备和网络的互联互通。例如，在智能家居系统中，用户可以通过大脑信号控制家中的电器设备，提高生活的便利性和智能化水平。

② 人才培养

欧盟建立了一套完善的脑科学人才培养体系。从基础教育阶段就开始注重培养学生对脑科学的兴趣，在高等教育阶段，开设了多种与脑科学相关的专业课程和研究生项目。同时，欧盟还鼓励国际学生参与到脑科学研究项目中来，通过国际合作培养具有全球视野的脑科学人才。此外，欧盟还设立了专门的奖学金和科研基金，支持年轻的脑科学研究人员开展创新性研究。

3) 应用领域的拓展

① 医疗健康领域

在医疗健康领域，欧盟的脑科学技术成果广泛应用于脑部疾病的诊断、治疗和康复。例如，利用脑成像技术对阿尔茨海默病、帕金森病等神经退行性疾病进行早期诊断。通过对患者大脑结构和功能的动态监测，可以及时发现疾病的早期迹象，为疾病的治疗争取更多的时间。

在脑损伤康复方面，欧盟的研究人员利用脑机接口技术开发出了个性化的康复训练方案。通过采集脑损伤患者的大脑信号，为患者量身定制康复训练计划，提高康复训练的效果。

② 智能工业领域

在智能工业领域，欧盟将类脑智能技术应用于工业机器人的智能化升级。通过模仿人类大脑的决策和控制机制，工业机器人可以更好地适应复杂的生产环境，提高生产效率和产品质量。例如，在汽车制

造行业，采用类脑智能技术的机器人可以更精准地完成焊接、装配等复杂工序。

（3）日本在脑科学产业技术的发展与应用

1）政府主导的战略规划

日本政府高度重视脑科学产业技术的发展，制定了一系列以国家为主导的战略规划。例如，日本的“脑科学战略研究计划”旨在推动脑科学在医疗、机器人、人工智能等多个领域的应用。政府在计划中明确了各个阶段的研究目标和任务，并通过政策引导和资金投入来确保计划的实施。日本政府还积极与企业合作，鼓励企业加大对脑科学技术研发的投入，形成了政府 - 企业协同推进脑科学发展的良好局面。

2）独特的技术研发方向

① 脑机接口技术的精细化研究

日本在脑机接口技术的研究上注重精细化。在侵入式脑机接口方面，日本的研究人员致力于开发更小、更精确的电极植入技术。他们通过改进电极材料和植入工艺，降低了电极植入对大脑组织的损伤，提高了信号采集的准确性。这种精细化的脑机接口技术在神经外科手术中的应用前景广阔，例如，可以为癫痫患者的手术治疗提供更精准的大脑信号监测，提高手术的成功率。

在非侵入式脑机接口方面，日本的研究重点在于提高信号的分辨率和稳定性。日本的科研团队开发了一种基于近红外光谱（NIRS）技术的脑机接口设备，这种设备能够通过检测大脑血液中氧合血红蛋白和去氧血红蛋白的浓度变化来反映大脑的活动情况。与传统的脑电图（EEG）技术相比，基于NIRS的脑机接口设备在信号稳定性方面有了显著提高，可应用于情绪识别、注意力监测等领域。

② 类脑智能与机器人技术的融合

日本在类脑智能与机器人技术的融合方面具有独特的优势。日本的机器人技术一直处于世界领先水平，在将类脑智能技术融入机器人方面取得了不少成果。例如，日本的科研人员开发出了具有类脑认知能力的机器人，这些机器人可以通过学习和模仿人类的行为模式来完成各种任务。在养老护理领域，类脑智能机器人可以更好地理解老年人的需求，提供更加贴心的护理服务，如协助老人起床、穿衣、进食等。

3) 应用场景的拓展与创新

① 医疗保健领域

在医疗保健领域，日本的脑科学技术成果得到了广泛应用。除了前面提到的脑机接口技术在神经外科手术和疾病监测方面的应用外，日本还将脑科学技术应用于心理健康领域。例如，利用脑成像技术和心理评估相结合的方法，对抑郁症、焦虑症等心理疾病进行诊断和治疗。通过分析患者大脑的神经活动模式，为心理疾病的个性化治疗提供依据。

② 智能家居与老年生活辅助领域

在智能家居与老年生活辅助领域，日本的脑科学技术发挥了重要作用。基于脑机接口技术开发的智能家居系统，老年人可以通过大脑信号轻松控制家中的电器设备，如开灯、关灯、调节空调温度等。此外，类脑智能机器人还可以在老年人家中提供陪伴、安全监测等服务，提高老年人的生活质量和安全性。

(4) 国外脑科学产业技术发展与应用比较与趋势

1) 各国发展特点的比较

① 美国

美国在脑科学产业技术发展方面具有高度的创新性和市场化特点。其强大的科研实力和充足的资金支持使得美国在脑机接口和类脑智能等前沿技术领域不断取得突破。同时，美国的企业在技术转化和市场推广方面具有丰富的经验，能够快速将科研成果转化为实际产品推向市场，在全球脑科学产业市场中占据较大的份额。

② 欧盟

欧盟的脑科学产业技术发展强调多学科交叉融合和资源整合。通过联合研究项目和数据共享平台，欧盟能够充分发挥各成员国的优势，在脑成像技术、脑-机-物融合技术等方面取得了显著成果。欧盟在人才培养方面也具有独特的优势，其完善的人才培养体系为脑科学产业技术的持续发展提供了坚实的人才保障。

③ 日本

日本在脑科学产业技术发展上注重精细化和应用场景的创新。日本在脑机接口技术的精细化研究以及类脑智能与机器人技术的融合方面表现突出。同时，日本能够根据自身的社会需求，如老龄化社会的养老护理需求，将脑科学技术广泛应用于医疗保健、智能家居等领域，具有很强的针对性和实用性。

2) 共同发展趋势

① 跨学科融合不断加深

脑科学是一个涉及神经科学、计算机科学、物理学、材料学、医学等多个学科的综合领域。随着研究的深入，各国都越来越强调跨学科融合的重要性。例如，在脑机接口技术的发展中，需要神经科学家了解大脑的生理结构和功能，计算机科学家开发信号处理和算法，材料学家研发合适的电极材料等。跨学科融合将有助于解决脑科学产业技术发展中的复杂问题，推动技术的创新和突破。

② 从基础研究向应用转化加速

尽管脑科学仍然有许多基础科学问题需要解决，但各国都在努力将已有的研究成果加速向应用领域转化。在医疗领域，脑科学技术正从实验室走向临床实践，为脑部疾病的诊断、治疗和康复提供新的方法。在智能产业领域，类脑智能技术正在被应用于机器人、智能家居、工业自动化等领域，提高生产效率和生活智能化水平。

③ 国际合作日益加强

脑科学的复杂性和全球性挑战使得国际合作成为必然趋势。各国之间通过共享研究成果、联合开展科研项目、人才交流等方式加强合作。例如，欧盟的“人类脑计划”就吸引了许多非欧洲国家的科研机构参与。国际合作不仅可以整合全球的科研资源，还可以促进不同文化背景下的科研思路碰撞，加速脑科学产业技术的发展。

2.3.2 我国技术发展及应用情况

我国在脑科学产业的技术发展和应用方面取得了显著的成绩，在医疗、安全监测、消费娱乐等领域都有广泛的应用。虽然面临着伦理、技术标准、人才短缺等挑战，但凭借丰富的临床资源、巨大的市场需求和较强的技术创新能力，在政策的支持和明确的发展规划下，我国脑科学产业未来有着广阔的发展前景。

（1）我国脑科学产业技术发展情况

1) 多学科推动技术进步

脑机接口技术是一个多学科交叉的前沿领域，涉及神经科学、计算电子、医学等多个学科。近年来，随着这些学科的不断发展，脑机接口技术取得了显著进步。例如，神经科学对大脑信号的理解不断深入，使得更精准地记录和解读大脑信号成为可能。计算电子技术的发展为处理大量的大脑信号数据提供了强大的计算能力，像高速的数据

处理芯片等能够快速分析脑电信号中的复杂模式。医学领域则为脑机接口技术的临床试验和应用提供了基础，医生和科研人员的合作，使得脑机接口技术能够在临床环境中得到验证和改进¹。

2) 技术类型的多样化发展

① 侵入式脑机接口

侵入式脑机接口通过开颅手术将电极植入大脑，这种方式能够获取更精准的脑信号。在我国，一些科研团队已经在这方面取得了一定的成果。例如，在针对瘫痪患者的临床试验中，侵入式脑机接口被用于采集颅内神经信号，从而实现患者对外部设备的控制。虽然侵入式脑机接口在信号采集的准确性上有优势，但它也面临着诸如手术风险、长期植入后的电极稳定性和生物相容性等挑战。

② 非侵入式脑机接口

非侵入式脑机接口不需要进行开颅手术，通过头皮电极等方式采集脑电信号。这种技术相对侵入式来说更加安全、便捷，适用于更广泛的人群。我国在非侵入式脑机接口技术的研发上也投入了大量精力，例如在脑电信号的分类和识别算法方面不断优化，提高了非侵入式脑机接口对大脑意图解读的准确性。它在脑科学研究、健康监测等领域有着广泛的应用前景，如监测驾驶员的疲劳状态等²。

③ 我国在脑机接口技术研发中的地位

中国是开展脑机接口科研项目最多的国家之一，科研产出规模大且增速快。我国企业在脑机接口技术领域的发明专利申请占比超过全球一半，这表明我国在脑机接口技术的研发方面具有强大的创新能力。同时，在全球近40个开展脑机接口技术创新的国家和地区中，中国在科研项目的投入和产出持续增长，在这一前沿技术领域占据着重要的地位。

（2）我国脑科学产业技术的应用情况

1）医疗领域的应用

① 疾病诊断与治疗

脑机接口技术为多种神经相关疾病的诊治带来了新的解决方案。对于癫痫患者，脑机接口可以实时监测大脑的电活动，提前预警癫痫发作，从而采取相应的预防措施。在帕金森病的治疗中，通过脑机接口技术可以精确地调节大脑的神经信号，改善患者的运动症状。对于瘫痪患者，像前面提到的临床试验，利用脑机接口实现了患者对外部设备的控制，为瘫痪患者的康复带来了希望。我国的医疗体系庞大，脑机接口技术在医疗领域的应用具有广阔的市场和众多的潜在受益患者。

② 康复训练

在脑卒中、脑创伤等患者的康复训练中，脑机接口技术发挥着重要作用。例如，通过脑机接口技术连接康复设备，患者可以根据大脑的信号控制康复设备的运动，使康复训练更加精准、个性化。这种基于脑机接口的康复训练模式能够提高患者的康复效果，加速患者的康复进程。

2）睡眠相关应用

脑机接口技术还可辅助调节睡眠、改善用户睡眠状况。通过监测大脑在睡眠过程中的电活动，分析睡眠阶段和睡眠质量，进而提供个性化的睡眠改善建议。例如，一些脑机接口设备可以根据监测结果，在适当的时候给予轻微的刺激，帮助用户调整睡眠状态，提高睡眠质量。

3）其他领域的应用

① 安全监测领域

在交通安全方面，脑机接口技术可用于监测驾驶员的疲劳状态。当驾驶员疲劳时，大脑的电活动会发生变化，脑机接口设备可以及时检测到这种变化并发出提醒，从而减少因疲劳驾驶导致的交通事故。在工业作业环境中，可以监测作业人员的疲劳状态，保障作业安全。

② 消费娱乐领域

脑机接口技术在消费娱乐领域也有着潜在的应用前景。例如，在虚拟现实（VR）和增强现实（AR）游戏中，可以利用脑机接口技术实现更加自然的交互方式。玩家可以通过大脑的想法控制游戏角色的动作，而不需要传统的手柄等外部设备，从而提升游戏的沉浸感和趣味性。

（3）我国脑科学产业发展的优势与挑战

1) 优势

① 丰富的临床资源

我国人口众多，神经系统疾病的患病人群庞大，这为脑机接口技术在医疗领域的应用提供了丰富的临床资源。大量的患者可以作为临床试验的对象，有助于快速验证技术的有效性和安全性，加速技术的迭代和改进。

② 巨大的市场需求

随着人们对健康和生活质量的要求不断提高，对于脑机接口技术相关产品的需求也在增加。无论是患者对于疾病治疗和康复的需求，还是普通民众对于健康监测、消费娱乐等方面的需求，都为脑机接口技术的产业化提供了广阔的市场空间。

③ 技术创新能力

我国在脑机接口技术领域的发明专利申请占比高，科研项目投入和产出持续增长，这表明我国在该领域具有较强的技术创新能力。众

多的科研团队和企业不断投入到脑机接口技术的研发中，推动技术不断向前发展。

2) 挑战

① 伦理和社会问题

脑机接口技术的发展带来了一系列伦理和社会问题。例如，如何保护个人大脑信息的隐私，防止大脑信息被滥用。在脑机接口技术应用于增强人类能力方面，如提高智力等，可能会引发社会公平性的讨论。另外，对于一些侵入式脑机接口技术，涉及到对大脑的干预，人们对于这种干预的接受程度也存在差异。

② 技术标准和规范的缺失

目前脑机接口技术还缺乏统一的技术标准和规范。在不同的科研团队和企业的研发过程中，技术参数、数据格式等方面存在差异，这不利于技术的推广和产业的规模化发展。例如，在脑电信号的采集和分析方面，缺乏统一的标准可能导致不同设备之间的数据无法兼容，影响了市场的整合和用户的体验。

③ 人才短缺

脑机接口技术作为一个多学科交叉的领域，需要既懂神经科学又懂电子技术、计算机技术和医学的复合型人才。然而，目前我国在这方面的复合型人才相对短缺，这在一定程度上限制了脑机接口技术的进一步发展。

(4) 未来发展展望

1) 技术创新方向

在未来，脑机接口技术有望在信号采集、信号处理和设备小型化等方面取得进一步的创新。例如，开发更加高精度、高灵敏度的脑信号采集电极，提高对微弱脑信号的采集能力。在信号处理方面，利用

人工智能和机器学习算法，更加精准地解读大脑信号的含义。同时，随着微纳技术的发展，脑机接口设备有望变得更加小型化、便携化，从而扩大其应用范围。

2) 产业融合发展

脑科学产业将与其他产业进行更多的融合发展。与人工智能产业的融合，将实现更加智能的人机交互，例如智能机器人可以通过脑机接口技术更好地理解人类的意图并作出响应。与医疗设备产业的融合，将推动新型医疗设备的研发，如更加智能的康复设备等。与消费电子产业的融合，将使脑机接口技术走进普通消费者的生活，如推出基于脑机接口的智能家居控制设备等。

2.3.3 国际合作与竞争

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，在全球范围内，脑科学产业的发展竞争日益激烈。我国应积极开展国际合作，与其他国家的科研团队和企业共同开展脑机接口技术的研究和开发。通过国际合作，实现共享资源、技术和经验，加速我国脑科学产业的发展。同时，也要在国际竞争中不断提升自身的技术水平和产业竞争力，使我国在全球脑科学产业中占据更有利的地位。

2.4 社会与经济影响

脑科学的发展不仅对科学研究具有重要意义，也对社会发展和经济增长具有深远影响。随着老龄化等社会问题以及脑疾病问题日益凸显，人们对大脑健康和脑疾病治疗的关注度越来越高，这为脑科学与类脑智能产业的市场应用打开了巨大想象空间。脑科学的发展有望为人类社会带来颠覆性的影响，改善人类生活质量，推动经济增长。

2.5 未来展望

脑科学行业的未来展望呈现多个特点。首先，行业发展基础技术提升，芯片、算法、信息传输等技术的爆发式提升，为脑科学应用发展基础提供坚实基础。认知脑科学的突破将成为产业发展的重要临界点，脑科学在评估治疗、教育游戏及人机交互等领域的应用范围会有显著提升。其次，市场需求规模增长，目前超80%的脑科学研究均集中在认知训练和医疗康复部分，这两个领域将成为短期内增长的重点市场，也是脑科学研究成果实现大规模商用的第一阵地。

综上所述，脑科学产业在全球范围内正经历着快速发展，特别是在中国，该领域得到了政策的大力支持和资金的投入，市场规模和应用前景均显示出巨大的增长潜力。随着技术的不断进步和市场需求的不断增长，脑科学产业有望在未来实现井喷式增长。

第三章 全球产业专利布局态势分析

从专利保护期限来看，专利保护期限一般不超过20年。因此本报告以2003年之后的专利数据为样本，了解脑科学产业技术的创新的重点及热点领域。

3.1 数据说明

本文专利分析以知识产权出版社CNIPR专利数据库作为检索来源，并以科睿唯安公司的incoPat专利数据库作为补充，通过关键词和专利分类号进行组合检索，选用专利文本作为研究对象，借助相关系统在线分析功能和Excel作为检索结果的数据分析工具，并绘制可视化图表。工商数据来源于企查查等。

3.1.1 数据检索范围说明

（1）数据国别范围

本项目分析的专利数据以九国两组织的专利文摘数据为主，辅以其它非专利文献资料。具体包括：中国（CN）、美国（US）、日本（JP）、韩国（KR）、英国（GB）、德国（DE）、法国（FR）、俄罗斯（RU）、瑞士（CH）、欧洲专利局（EP）、世界知识产权组织（WO）的专利文摘数据。中国专利数据包括发明和实用新型专利。

表1 脑科学产业数据国别范围

国家/地区	英文	备注
中国	CN	
美国	US	
日本	JP	
韩国	KR	
英国	GB	
德国	DE	
法国	FR	
俄罗斯	RU	
瑞士	CH	
欧洲专利局	EP	
世界知识产权组织	WO	PCT

（2）数据检索时间范围

公开（公告）日截至2024年11月30日。

3.1.2 数据检索策略

（1）检索要素

脑科学产业的技术分支主要包括脑图谱技术、脑认知和诊疗、类脑智能三个技术分支。

其中，脑图谱技术包括磁共振成像、脑电图、脑磁图、光学相干层析成像等12个关键技术节点；脑认知和诊疗技术包括感知觉、运动、学习、智力障碍、强迫症、阿尔茨海默病、帕金森病、电刺激、磁刺

激等26个关键技术节点；类脑智能技术包括类脑芯片、人工突触等类脑器件、脑机接口等8个关键技术节点。

(2) 技术分解

结合脑科学应用场景以及产业细分领域涉及的相关技术制定技术分解表。技术分解表如下所示：

表2 脑科学产业技术分解

一级节点	二级节点	三级节点	四级节点
脑科学	脑图谱技术	成像技术	脑电图技术
			脑磁图技术
			磁共振成像技术
			脉冲成像技术
			钙成像技术
		脑活动监测	植入式传感器
			柔性神经电极
			脑电地形图
	脑认知和诊疗	脑功能解析	感知觉
			运动
			学习
			记忆
			语言
			睡眠
			意识
		脑疾病诊疗	神经发育性疾病
			神经退行性疾病
			精神性疾病
		神经调控	光遗传
			超声刺激
			电、磁刺激

	类脑智能 技术	类脑芯片	脉冲神经网络芯片
			视觉处理芯片
		类脑器件	人工神经元
			人工突触
			脑刺激设备与技术
			类脑机
			类脑机器人
		脑机融合技术	脑机接口技术

3.2 名词解释

（1）创新主体：指具有研发能力，参加科技创新活动的企业、高校、科研院所及个人等主体，一般为专利申请人/权利人；

（2）专利申请量：指报告统计截止日期前，向中国国家知识产权局提交的已公开的专利申请数量；

（3）专利授权量：指报告统计截止日期前，由专利行政部门对专利申请无异议或经审查异议不成立作出授予专利权决定发放专利证书，并将有关事项予以登记和公告的专利数量；

（4）在审：指报告统计截止日期前，法律状态信息处于公开或实质审查；

（5）有效：指报告统计截止日期前，专利申请被授权且还处在有效状态（处在法定保护期限内，且专利权人按规定缴纳了年费）；

（6）无权：专利/申请目前不具备法律效力，专利/申请中所涉及的技术不受专利法保护。主要包括：专利行政部门审查发现不具备授权资格，申请被驳回或申请人主动撤回；专利行政部门审查之后授予专利权，但之后被无效；专利行政部门审查之后授予专利权，但申请人未交年费，或者声明放弃权利；已超过法定保护期限。“无权”状态

主要包括避免重复授权放弃专利权、未缴年费专利权终止、发明专利申请公布后的视为撤回、发明专利申请公布后的驳回、发明专利申请公布后的撤回、专利权的视为放弃、专利权有效期届满、专利权全部无效等；

（7）专利转让：专利转让是拥有专利申请权和专利权人把专利申请权和专利权转让给他人的一种法律行为。《中华人民共和国专利法》规定，专利申请权和专利权可以转让；

（8）专利实施许可：指专利技术所有人或其授权人许可他人在一定期限、一定地区、以一定方式实施其所拥有的专利，并向他人收取使用费用，具有专利技术成果的转化、应用和推广的作用。报告中简称专利许可或许可；

（9）专利权质押：指债务人或第三人将拥有的专利权担保其债务的履行，当债务人不履行债务的情况下，债权人有权把折价、拍卖或者变卖该专利权所得的价款优先受偿的物权担保行为。报告中简称专利质押或质押。

3.3 全球产业创新发展态势

本节主要以专利申请数据为分析样本，重点分析两部分内容,首先是从专利申请趋势和布局国家的角度展现脑科学产业发展概况，其次是从脑图谱技术、脑认知和诊疗、类脑智能这三部分呈现产业结构分布情况。

3.3.1 全球专利申请趋势分析

从专利申请情况来看，全球范围内脑科学产业专利申请总量是178244件，其中2003年以来申请相关专利共计158090件。从专利申请趋势来看，脑科学整体呈现上升趋势，从2021年开始增速明显放缓（2023年之后的数据公开不充分）。年均专利申请量为7186件，年均

专利申请增长率为4.7%。2017年达到专利申请增长率峰值19.3%，2021年达到专利申请峰值15123件。

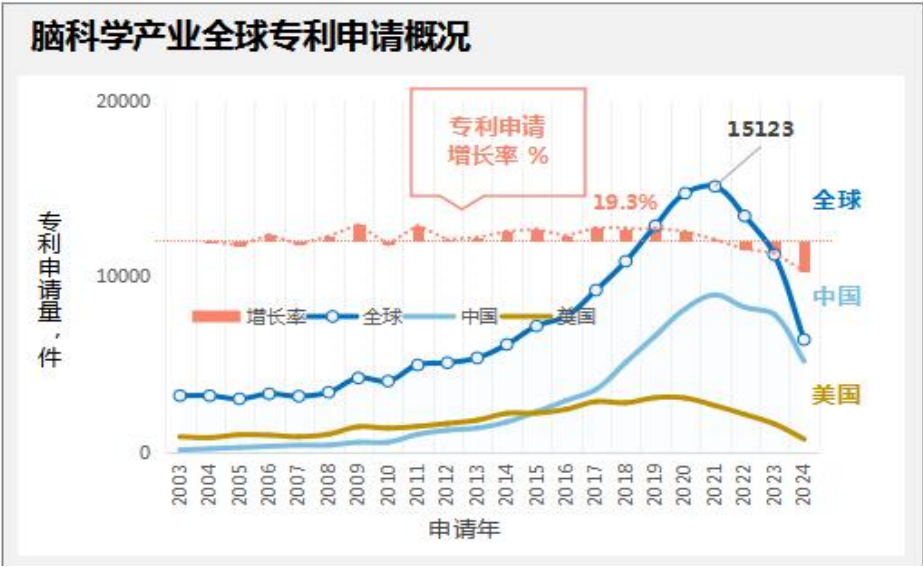


图2 脑科学全球专利申请情况

3.3.2 全球专利申请布局地域分析

从专利布局构成情况来看，大约70%的专利申请来自中国和美国，两国专利申请占比分别为42.9%、27.4%；亚太地区的日本、韩国和澳大利亚分别排在申请量排名的第3、4、5位，申请量分别为7769件、6060件和4865件；其次是加拿大、德国、英国和法国等欧美国家。

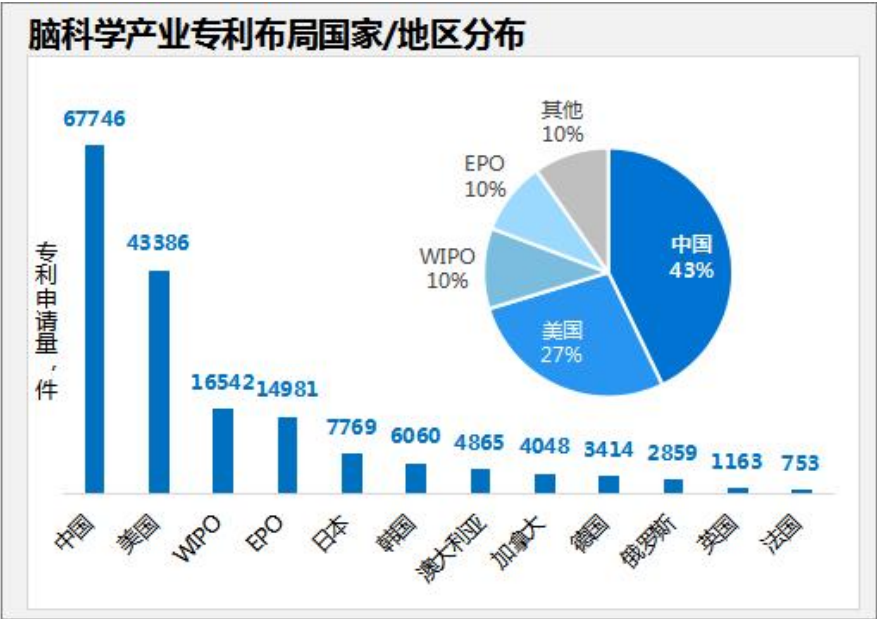


图3 脑科学全球产业专利布局

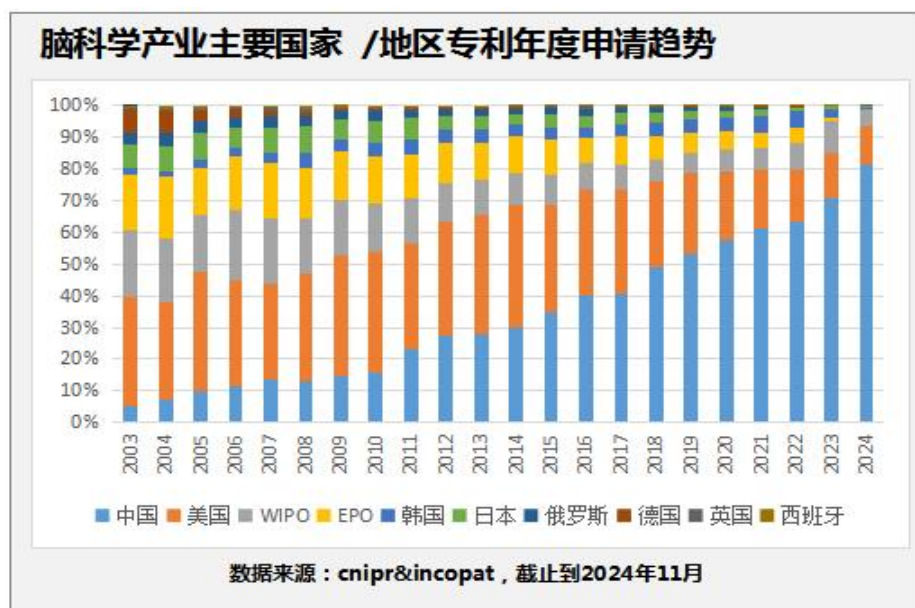


图4 脑科学产业主要国家/地区专利年度申请趋势

从全球主要国家/地区2003年之后的专利申请趋势来看，中国从2010年之后专利布局数量迅速增长，尤其是2019年后每年申请占比超过主要国家/地区申请量的一半；美国在2015年之前也保持了快速增长的趋势，在2020年以后相对增速放缓。

根据专利申请特点，脑科学专利申请趋势大致可以划分为两个发展阶段：

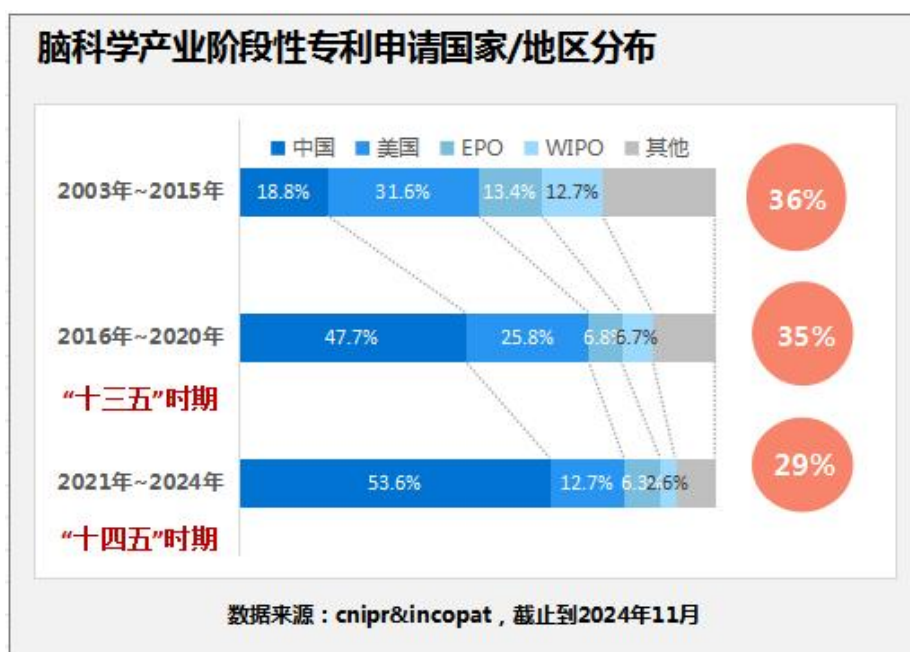


图5 脑科学产业阶段性专利申请区域分布

第一阶段，技术积累期（2003—2015年）：此阶段专利申请量占总量的比例为35.7%，专利申请趋势较为平稳，年均专利申请量为4340件，专利申请峰值为7184件（2015年）。

第二阶段，技术突破期（2016—2024年）：此阶段专利申请占总量的比例达64.3%，专利申请呈现高速增长态势，年均专利申请量为101667件，专利申请峰值为15123件（2021年）。该阶段又可以分成两个时期，即“十三五”和“十四五”期间，从国家分布情况看，中国在“十三五”期间专利占比快速提升至47.7%（上一阶段占比为18.8%）、美国专利占比略微下降至25.8%（上一阶段占比为31.6%）；中国在“十四五”期间专利占比持续提升到53.6%、美国专利占比为显著下降至12.7%。

在脑科学产业领域，中国正以年均51.4%的专利申请速度高速增长，第二阶段美国专利年均专利申请增长率为8.5%。对标中美两国整体专利申请增长情况，中国整体在2023年以来的平均专利申请增长率为40.9%，美国整体平均专利申请增长率为8.5%。从这一角度来看，中美两国均高度重视脑科学领域的技术创新与专利布局。

3.3.3 全球产业结构分布情况

本报告重点分析脑科学产业中脑图谱技术、脑认知和诊疗及类脑智能三个产业细分方向。

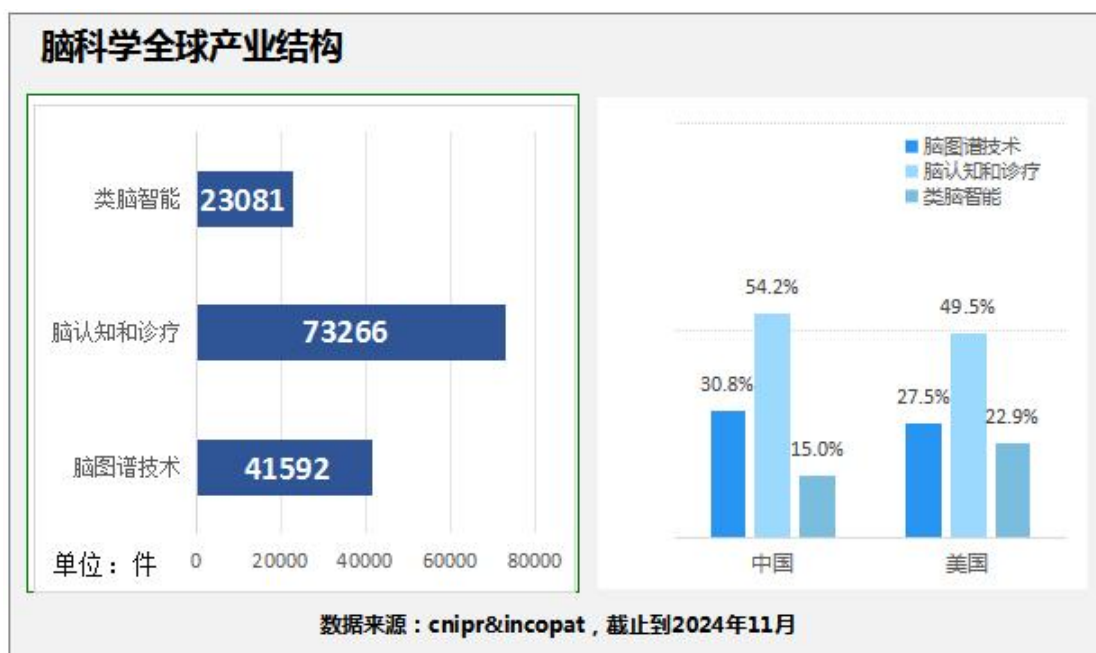


图6 脑科学全球产业结构

从产业分布情况来看，脑图谱技术、脑认知和诊疗、类脑智能领域专利申请量分别为23081件、73266件、41592件。其中，脑认知和诊断技术领域占比超过53%，是专利布局的重点领域。

进一步对比中国、美国产业结构分布情况，寻求两国专利布局的异同可以发现，美国在类脑智能产业方向上的专利占比高于中国。具体数据为，美国专利申请中类脑智能专利申请量为5561件，占比为22.9%。同时，中国类脑智能专利申请量为10288件，占比为15%。

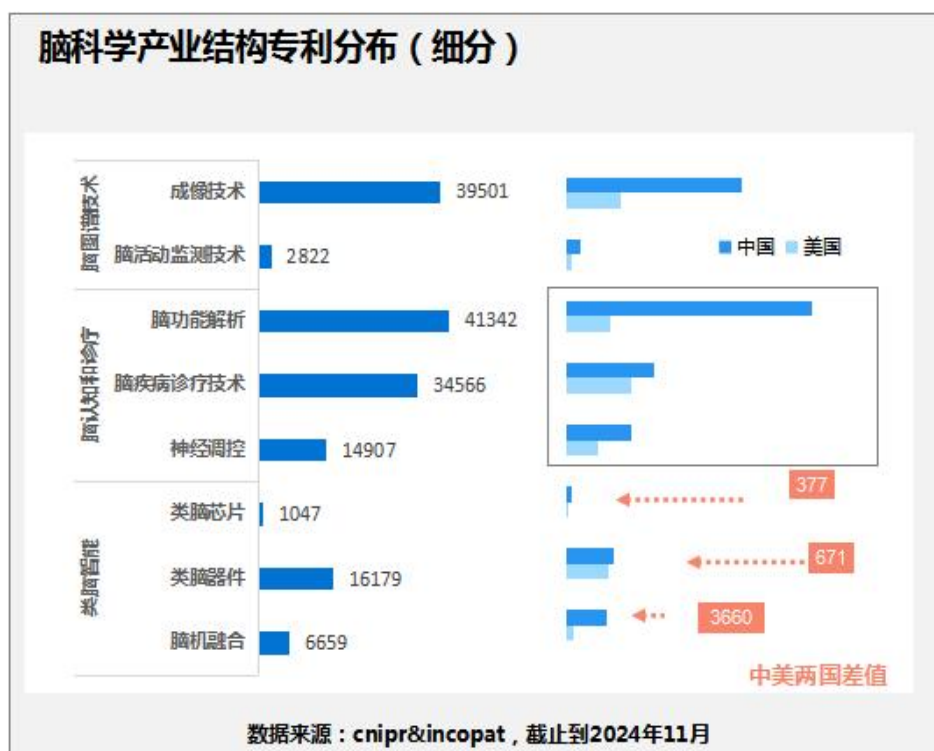


图7 脑科学产业结构专利分布（细分）

进一步从产业结构细分情况来看，脑认知和诊疗专利申请中，脑功能解析、脑疾病诊疗技术、神经调控专利申请量依次递减，专利申请平均值为30272件，中国专利申请量在各项分支均高于美国。脑图谱技术专利申请中，成像技术专利申请数量远远高于脑活动监测技术，专利申请平均值为21162件，中国专利申请量在各项分支均高于美国。在当前最热的类脑智能方向专利申请中，类脑芯片最少、类脑器件占比最高，专利申请平均值为7962件，在这三个细分领域上中国专利申请量也都高于美国，其中，涉及脑机接口相关专利申请中，中国专利申请量比美国专利申请量多3660件，数量上差距相对较大。

3.3.4 全球重点创新主体分析

（1）高校和科研机构产业创新结构

专利申请是创新主体进行技术保护、参与市场竞争、树立品牌形象、展现科技创新能力的重要手段，通过分析行业内专利申请人排名情况，可以了解行业内创新主体的专利申请及技术布局情况。

脑科学产业专利申请人中高校和科研机构的Top10包括浙江大学、清华大学、复旦大学、中国科学院先进技术研究院、加州大学（美国）、天津大学、北京大学、杭州电子科技大学、电子科技大学（成都）和华南理工大学。从Top10高校院所的隶属国家情况来看，其中9个为中国高校，另外1个来自美国。

从Top10高校和科研机构申请人的申请数量来看，专利申请量集中在403~1893件范围，Top10专利申请量之和占据该产业总量的比例为4.6%。排名前两位的高校和科研机构专利申请量分别为1893件和1647件，排在后八位的高校和科研机构差距较小，属于同一创新实力。

从产业结构分布情况看，Top10高校和科研机构申请人布局较为全面，布局重点有所差异。排名首位的浙江大学更加注重脑认知和诊疗方向，尤其是在脑功能解析方面，天津大学以271件的专利申请量位列类脑智能方向第一。排名第2~6位高校和科研机构申请人专利布局重点集中在脑认知和诊疗领域，其中清华大学、加州大学（美国）、天津大学优势更加突出，中国科学院先进技术研究院则重点布局在脑图谱技术方向。

从专利申请趋势来看，Top10高校和科研机构所申请人的创新活跃期均集中在近五年，活跃程度有所差异，其中，浙江大学、复旦大学、杭州电子科技大学三所高校近五年专利占比超过70%。美国加州大学由于技术创新较早，技术积累时间相对较长，近五年专利占比仅为21%左右，其余的中国高校和科研机构近五年专利占比集中在54.6%至69.4%之间。

表3 脑科学Top10高校和科研机构产业创新结构（细分）

序号	专利申请人	专利申请量	近五年占比	脑图谱技术	脑认知和诊疗	类脑智能	专利申请趋势	近五年趋势
1	浙江大学	1893	78.7%	251	422	213		
2	清华大学	1647	64.4%	187	259	222		
3	复旦大学	712	73.0%	125	204	103		
4	深圳先进院	684	62.9%	285	161	56		
5	加州大学（美国）	668	21.0%	260	329	194		
6	天津大学	649	58.9%	331	369	271		
7	北京大学	536	69.4%	81	127	139		
8	杭州电子科技	535	76.3%	323	347	123		
9	成都电子科技	461	56.4%	178	324	108		
10	华南理工	403	54.6%	171	324	112		

（2）龙头企业产业创新结构

脑科学产业专利申请人中企业类创新主体的Top10包括美敦力（MEDTRONIC）、波士顿（BOSTON）、上海联影医疗、IBM、飞利浦（PHILIPS）、科大讯飞、北京灵汐、北京品驰医疗设备、景昱医疗和NEUROPACE公司。从Top10企业的隶属国家情况来看，有4家企业来自美国，5家企业来自中国，另外一家企业（飞利浦）来自荷兰。

从Top10企业申请人的申请数量来看，专利申请量集中在407~29458件范围，Top10专利申请量之和占据该产业总量的比例为30.7%。排名前两位的企业专利申请量分别为29458件和13829件，遥遥领先其他企业，中国的上海影联以4706件申请量排在第三位。

从专利申请趋势来看，Top10企业申请人中大部分企业近五年的创新活跃期均并不高，且活跃程度有所差异。其中，科大讯飞和景昱医疗两家企业近五年专利占比超过60%。美欧企业由于技术创新较早，技术积累时间相对较长，近五年专利占比集中在10.8%至40.8%之间，其余的中国企业近五年专利占比约为30%左右。

表4 脑科学龙头企业产业创新结构（细分）

序号	专利申请人	专利 申请量	近五年 占比	脑图谱 技术	脑认知 和诊疗	类脑 智能	专利申请 趋势	近五年趋势
1	美敦力 (MEDTRONIC)	29458	14.1%	161	384	435		
2	波士顿 (BOSTON)	13829	19.0%	56	145	302		
3	上海联影医疗	4706	48.3%	351	68	2		
4	IBM	2821	40.8%	40	189	255		
5	飞利浦 (PHILIPS)	1254	24.3%	1120	699	78		
6	科大讯飞	720	75.8%	4	21	0		
7	北京灵汐	582	22.5%	0	5	7		
8	北京品驰医疗设备	449	26.5%	33	53	91		
9	景昱医疗	443	62.5%	11	33	57		
10	NEUROPACE	407	10.8%	41	156	147		

3.4 产业技术研发和运营热点方向

本节将从技术角度挖掘创新的重点及热点方向，进一步围绕脑科学各环节涉及的技术领域进行分析。

3.4.1 专利申请趋势重点及研发热点方向

为了了解脑科学领域专利申请的变化趋势和研究热点方向，以下从脑图谱技术、脑认知和诊疗、类脑智能这三个关键技术领域进行分析。

在脑图谱技术领域，可细分为成像技术和脑活动监测技术。其中，成像技术涵盖了磁共振成像、脑电图(EEG)、脑磁图(MEG)、正电子发射断层扫描(PET)、近红外光谱成像(NIRS)、脉冲光成像、单光子发射计算机断层扫描(SPECT)、光学相干层析成像(OCT)、钙成像(单光子/双光子/共聚焦显微镜)等多个方面；脑活动监测技术则主要涉及柔性神经电极、植入式传感器、脑电地形图(BEAM)等关键技术。

在脑认知和诊疗领域，我们关注了脑功能解析、脑疾病诊疗技术、神经调控三个关键环节。其中，脑功能解析细分为感知觉和运动、学习与记忆、语言、意识和睡眠等几个模块；脑疾病诊疗技术则涵盖了神经发育障碍、精神性疾病、神经退行性疾病等三个组成部分，涉及注意缺陷与多动障碍(ADHD)、孤独症、智力障碍、强迫症、抑郁症、成瘾性精神障碍、精神分裂症、躁郁症、焦虑症、阿尔茨海默病(AD)、额颞叶性痴呆(FTD)、亨廷顿舞蹈病(HD)、帕金森病(PD)、肌萎缩性脊髓侧索硬化症以及朊病毒病等疾病诊疗技术等；神经调控则涉及光遗传、超声刺激、电刺激以及磁刺激等核心技术。

在类脑智能领域，我们将其划分类脑芯片、类脑器件、脑机融合三个重要领域。其中，类脑芯片主要包括脉冲神经网络芯片和视觉处理芯片；类脑器件主要涉及人工神经元、人工突触、脑刺激设备、类脑机、类脑机器人等方面；脑机融合则重点关注脑机接口技术的应用。

表5 脑科学产业专利申请趋势重点及研发热点方向

专利申请趋势重点及热点方向						
技术分支			专利量	近5年		
				专利量	比重	平均增长率
脑图谱技术 脑认知和诊疗 类脑智能			41592	17482	42.0%	11.2%
			73266	40524	55.3%	6.8%
			23081	10685	46.3%	0.3%
脑图谱技术	成像技术		39501	16457	41.7%	-0.1%
	脑活动监测技术		2822	1633	57.9%	14.9%
脑认知和诊疗	脑功能解析		41342	27418	66.3%	11.8%
	脑疾病诊疗		34566	14512	42.0%	-1.4%
	神经调控		14907	5677	38.1%	-1.6%
类脑智能	类脑芯片		1047	785	75.0%	10.4%
	类脑器件		16179	6563	40.6%	-1.9%
	脑机融合		6659	3797	57.0%	6.9%
细分领域						
脑图谱技术	成像技术	磁共振成像	4245	2509	59.1%	-0.1%
		脑电图	21885	10288	47.0%	2.7%
		脑磁图	1896	1119	59.0%	13.2%
		脉冲光成像	866	562	64.9%	9.4%
	脑活动监测技术	柔性神经电极	2394	1556	65.0%	19.6%
		植入式传感器	713	277	38.8%	-3.6%
脑认知和诊疗	脑功能解析	感知觉和运动	8496	4678	55.1%	2.8%
		学习与记忆	3871	2496	64.5%	12.8%
		语言	2459	1366	55.6%	5.4%
		睡眠	3770	1712	45.4%	3.7%
	脑疾病诊疗	神经发育障碍	14965	6018	40.2%	-1.4%
		精神性疾病	13577	5493	40.5%	-1.4%
		神经退行性疾病	9275	4664	50.3%	-1.6%
	神经调控	光遗传	1274	625	49.1%	11.0%
		电刺激	12514	4729	37.8%	-0.6%
		磁刺激	1397	583	41.7%	1.2%
类脑智能	类脑芯片	脉冲神经网络芯片	274	247	90.1%	51.6%
		视觉处理芯片	211	122	57.8%	44.7%
	类脑器件	人工神经元	2707	1149	42.4%	-20.3%
		人工突触	1300	842	64.8%	-0.1%
		类脑机	2262	1215	53.7%	10.5%
		类脑机器人	2254	574	25.5%	-0.1%
	脑机融合		10076	4621	45.9%	3.0%
数据来源：cnipr&incopat，截止到2024年11月						
注：此处近5年指申请日从2019-2024年；比重=某技术分支近五年专利量/某技术分支专利总量；						
平均增长率指2019年至2023年间，该技术分支专利申请量每年增长百分比的平均值						

总体来看，脑认知和诊疗领域是脑科学产业的布局重点领域，专利布局量明显高于脑图谱技术及类脑智能两个领域。

脑图谱技术领域，成像是专利布局数量最多的技术方向，达到39501件，远远高于脑活动监测技术领域的专利布局量，是脑图谱技术领域的绝对重点方向。

从专利量、近五年比重和近五年的平均增长率综合来看，**脑图谱技术**中的成像技术、脑活动监测技术近五年的专利比重分别为41.7%和51.9%，近五年平均增长率为-0.1%和14.9%，**脑活动监测技术**是近年来的研发热点方向。

进一步对脑图谱技术领域中的成像技术、脑动态监测技术的细分技术领域的专利布局情况及近五年专利情况进行分析。

其中，从专利数量来看，磁共振成像、脑电图、脑磁图、脉冲光成像是成像技术的研发重点，柔性神经电极是脑动态监测技术的重点领域。

从近五年比重和近五年的平均增长率综合来看，磁共振成像、脑磁图、脉冲光成像、柔性神经电极，这些领域近五年的专利比重都在59%以上，且脑磁图、脉冲光成像、柔性神经电极三个技术领域近五年的平均增长率都在10%，是脑图谱技术进一步细分技术领域的研发热点方向。

在**脑认知和诊疗领域**中，脑功能解析细分领域专利布局数量多，为41342件；脑疾病诊疗技术方向的专利布局量明显高于神经调控技术领域，专利布局量超过3万件，也是脑认知和诊疗领域的重点方向。

从专利量、近五年比重和近五年的平均增长率综合来看，脑认知和诊疗领域中的脑功能解析领域近5年专利占比为66.3%，平均增长率高达11.8%，**脑功能解析**为脑认知和诊疗领域的热点发展方向。

从专利数量来看，在脑认知和诊疗的细分领域中，脑功能解析领域专利量主要来自感知觉和运动领域，是该领域的研发重点；神经性

发育障碍、精神性疾病诊疗在脑疾病诊疗的专利布局量最高，为脑疾病诊疗技术的研发重点；电刺激技术的专利布局量远高于光遗传和磁刺激技术领域的专利布局量，为神经调控领域的研发重点方向。

从近五年比重和近五年的平均增长率综合来看，感知觉和运动、学习与记忆、语言和神经退行性疾病领域近五年的专利比重都在50%以上，且除神经退行性疾病之外，其他三个细分领域近五年的平均增长率都超过了2%，是脑认知和诊疗领域的研发热点方向。

在**类脑智能**的各技术方向中，类脑器件的专利数量最多，达到16179件，远超类脑芯片和脑机融合其他两个技术方向，是类脑智能领域中的重点技术方向。而从近五年比重和近五年的平均增长率综合来看，脉冲网络类脑芯片领域近5年专利占比及平均增长率在五个技术分支中最高，其次为视觉类脑芯片，类脑机技术方向排名第三。综合专利量、近五年比重和近五年的平均增长率综合来看，**类脑机**是类脑智能领域的重点技术方向及热点技术方向

3.4.2 中国专利运营热点方向

涉及专利运营的专利通常情况下属于产业内比较新的专利技术，可以说这些专利的运营动向也代表了专利运营的热点。

总体来看，脑图谱技术领域的专利运营活跃度高于脑认知和诊疗、类脑智能两个领域。但整体来看，脑科学产业专利运营热度各细分领域都处于较高水平。

脑科学领域中国专利中，涉及运营活动的专利总量为4960件（含专利转移、许可、质押），占中国脑科学产业专利总量的比例为7.3%。从几个技术分支运营情况来看，脑图谱技术中国专利运营比重为9.4%，脑认知与诊疗技术领域的运营占比为5.9%，类脑智能技术领域的运营占比为7.5%，介于二者之间。但从运营数量来看，脑认知和诊疗领域

的运营数量略高于脑图谱技术和类脑智能领域。综合运营数量及运营占比，脑图谱技术领域专利运营活跃度高于脑认知和诊疗技术、类脑智能领域。

在脑图谱技术领域，就专利运营的数量与比重而言，成像技术领域中的脑磁图细分领域运营占比最高，达到9.9%，是该领域专利运营的热点领域；脑活动监测技术细分领域中，植入式传感器运营占比较高（达到8.5%），但其实际的运营数量相对较少（仅涉及39件专利），活跃度不够。

在脑认知和诊疗技术领域，神经调控细分领域中的电刺激和磁刺激两个技术领域的运营占比较高，均超过10%，但电刺激技术的运营数量也较高，达到652件；在脑功能解析技术细分领域中，感知觉和运动技术领域的运营占比和数量均处于较高水平；脑疾病诊疗细分领域中，神经发育性障碍诊疗领域的运营占比和数量相对较高。

类脑智能领域的专利运营比较有特点，即整体来看各细分领域的专利运营涉及专利数量不是很高，但视觉处理芯片、人工神经元、类脑机器人和脑机融合等多个细分领域的运营占比达到10%左右，其中类脑机器人的运营占比超过12%，是运营活跃度最高的细分领域。

表6 中国脑科学产业专利运营热点方向

专利运营				
技术分支			运营数量（件）	运营占比
脑图谱技术 脑认知和诊疗 类脑智能			1997	9.4%
			2187	5.9%
			776	7.5%
脑图谱技术	成像技术		1934	9.6%
	脑活动监测技术		107	6.6%
脑认知和诊疗	脑功能解析		1643	5.8%
	脑疾病诊疗		604	6.0%
	神经调控		772	10.3%
类脑智能	类脑芯片		35	5.8%
	类脑器件		433	7.9%
	脑机融合		320	7.0%
细分领域				
脑图谱技术	成像技术	磁共振成像	180	7.0%
		脑电图	1018	7.7%
		脑磁图	114	9.9%
		脉冲光成像	58	7.2%
	脑活动监测技术	柔性神经电极	110	6.8%
		植入式传感器	39	8.5%
脑认知和诊疗	脑功能解析	感知觉和运动	436	7.1%
		学习与记忆	106	4.6%
		语言	35	4.6%
		睡眠	177	8.6%
	脑疾病诊疗	神经发育障碍	277	6.6%
		精神性疾病	250	5.5%
		神经退行性疾病	147	5.4%
	神经调控	光遗传	21	4.3%
		电刺激	652	10.1%
		磁刺激	81	11.3%
类脑智能	类脑芯片	脉冲神经网络芯片	10	4.4%
		视觉处理芯片	17	11.1%
	类脑器件	人工神经元	130	11.6%
		人工突触	42	6.0%
		类脑机	38	4.2%
		类脑机器人	51	12.1%
	脑机融合	脑机融合	745	9.3%
数据来源：cnipr&incopat，截止到2024年11月				
注：运营数量为在中国专利申请中该领域涉及专利运营活动的专利量				

3.5 产业创新结构调整方向

专利申请数量可以反映产业结构情况，因而从专利申请数量的变化情况也可以看出产业结构调整的方向，当专利申请占比升高时，显示该方向是产业研发主体的关注热点，是产业结构调整的方向。

本节将从全球产业结构调整情况、主要国家产业结构布局两个方面出发，从不同角度分析其产业结构调整情况，了解产业发展重点及潜在方向。

3.5.1 全球产业创新结构调整方向

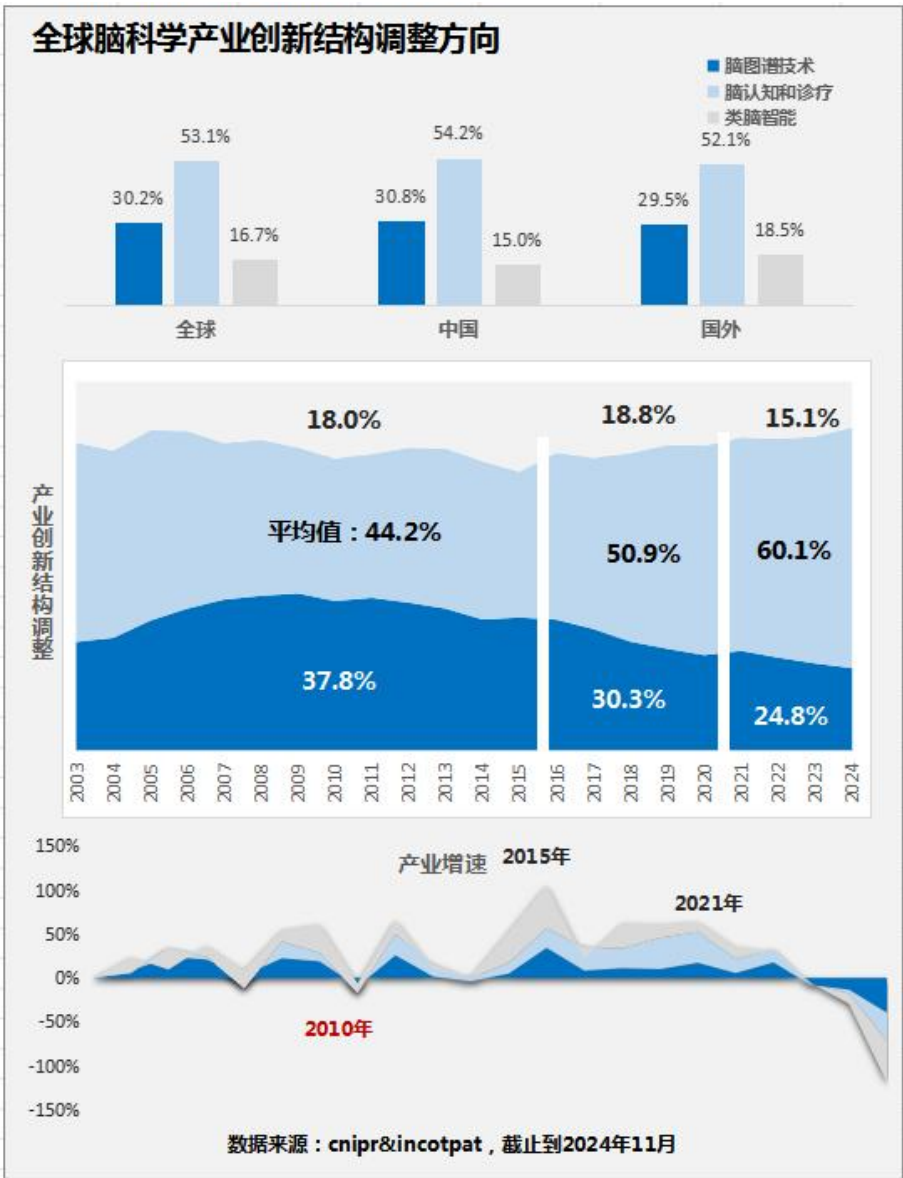


图8 全球脑科学产业创新结构调整方向

截至2024年11月，脑科学产业的全球专利申请量约17.8万件。从产业结构4布局情况来看，全球脑科学产业涉及脑图谱技术、脑认知和诊疗、类脑智能的专利比重分别为30.2%、53.1%、16.7%。中国的布局重点与全球类似，也是脑认知和诊疗技术占比最高，其次是脑图谱技术，类脑智能方向占比最少，三者之间差距比较明显。

结合时间维度看，全球脑科学产业的产业创新结构申请比重变化基本呈现三个阶段的变化，2016年前，脑认知和诊疗技术及脑图谱技术是脑科学产业专利申请的重点方向，且专利申请比重较为稳定；此后，全球专利申请重点更加向脑认知和诊疗技术转移，且优势越发明显，类脑智能专利占比在2020年达到顶峰后，趋于下降，一直处于低位；脑图谱技术目前的专利比重已明显低于脑认知和诊疗技术。

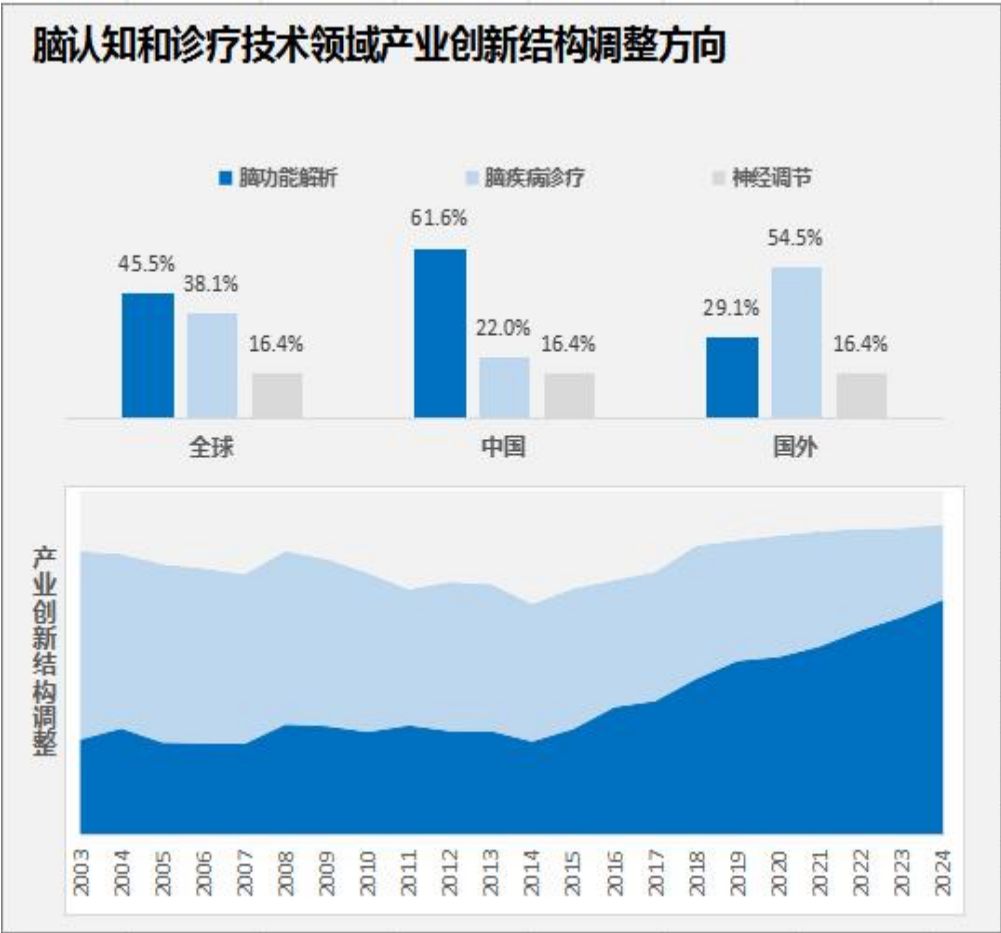


图9 脑认知和诊疗领域产业创新结构调整方向

在脑认知和诊疗技术方向上，全球专利布局比重按顺序排列依次是脑功能解析、脑疾病诊疗、神经调控，占比分别为45.5%、38.1%、16.4%；国外整体与全球布局重点不同，脑疾病诊疗专利数量最多，其次是脑功能解析，神经调控最少；我国与全球整体情况一致，但在脑功能解析上的优势更加明显，专利占比高达61.6%。

结合时间维度看，2014年，脑疾病诊疗为脑认知和诊疗领域全球专利申请重点方向，然后申请比重开始下降，并于2024年达到最低点；从2014年之后脑功能解析专利占比呈逐渐上升趋势。

3.5.2 主要国家/地区产业创新结构调整方向

从产业布局整体结构来看，中国、美国、欧专局、韩国、日本的布局重点都是脑认知和诊疗方向，仅占比不同。其中，欧专局对脑认知和诊疗技术的重视程度最大，占脑科学产业专利的比例达44.5%；我国、美国、韩国、日本的占比在54.2%~57.3%之间，相差不大；此外，我国、韩国、日本还较为重视脑图谱技术创新和专利布局，对类脑智能的专利布局相对较少；但是美国对类脑智能领域的专利布局越来越重视，并且超过在脑图谱技术上的布局比重。

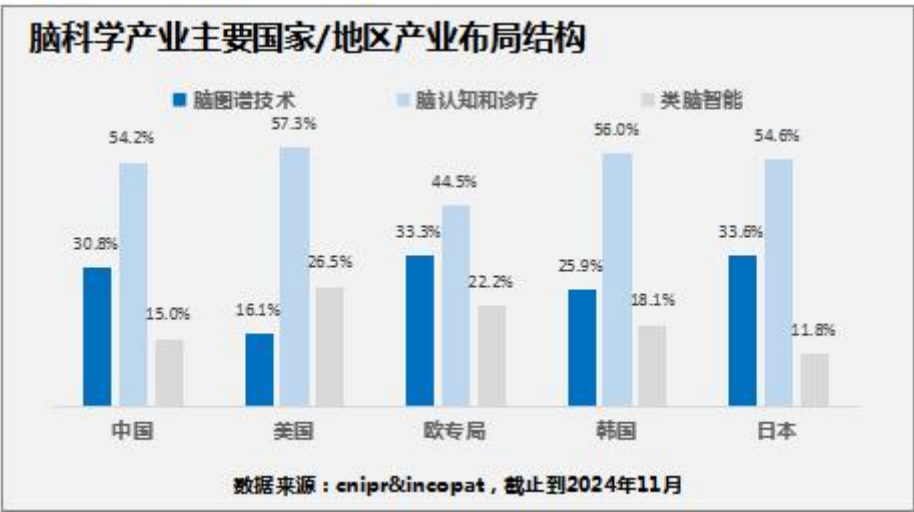


图10 脑科学产业主要国家/地区产业布局结构

从产业结构调整情况来看，在2003年开始的最初几年，各主要国家在脑科学产业的专利布局重点各不相同，中国没有明确的重点领域，每年的布局重点各不相同，大部分年份为脑图谱技术或脑认知和诊疗方向；美国、日本布局重点为脑认知和诊疗技术；欧专局和韩国的布局重点为脑图谱技术或脑认知和诊疗方向并重。近10年，中国和韩国的产业结构均逐渐向脑认知和诊疗技术调整，并成为各国专利申请最重要的领域；美国、日本和欧专局向类脑智能渐进调整。

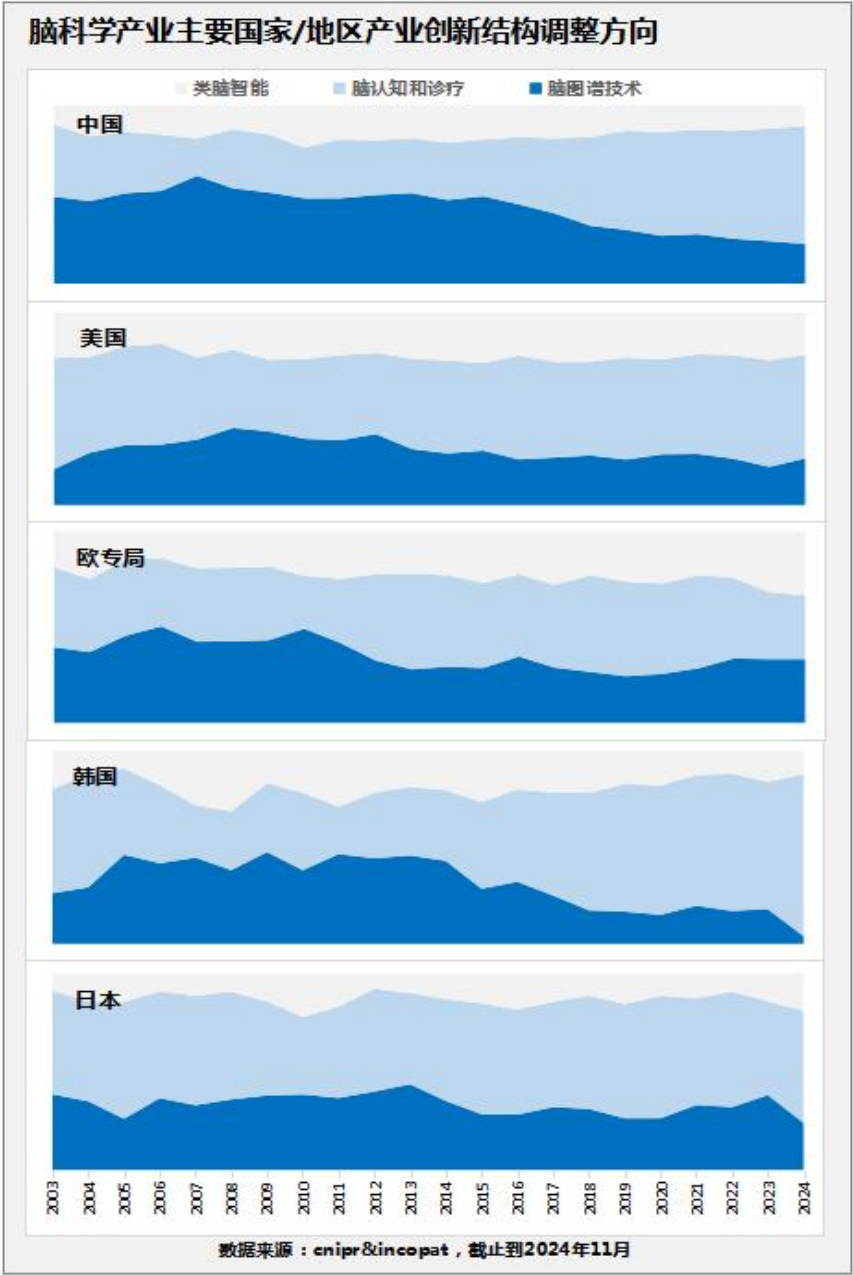


图11 脑科学产业主要国家/地区产业创新结构调整方向

脑认知和诊疗技术领域，美国、日本、欧洲、韩国最为重视脑认知和诊疗技术的专利布局，尤其是日本和韩国，专利申请占比均超过60%，且近几年重视程度逐年加大，中国更加注重脑功能解析的布局；中国、美国和欧洲也十分重视对神经调控技术领域的创新布局和专利申请，但日本和韩国在这方面的专利申请比重较低，仅为5.9%和2.1%。

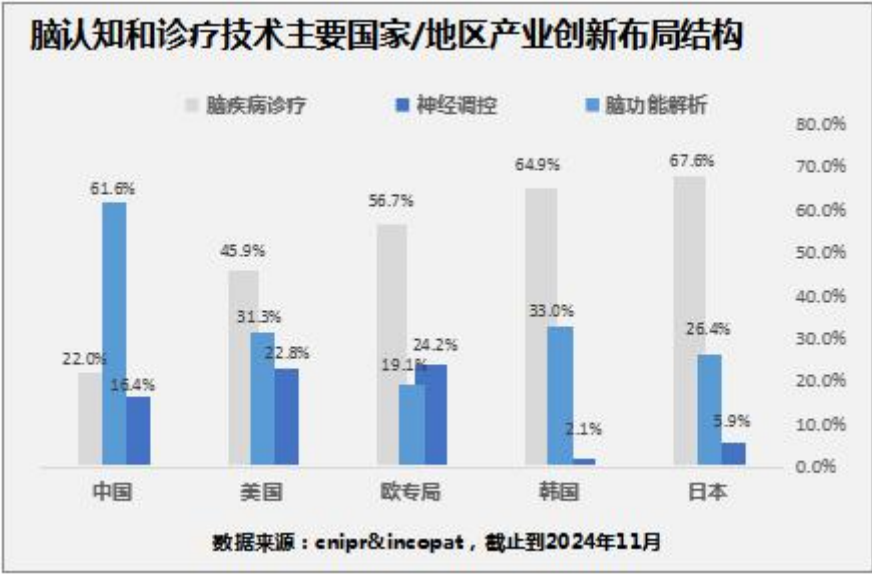


图12 脑认知和诊疗技术主要国家/地区产业创新布局结构

从产业创新结构调整角度来看，中国、美国和欧专局在脑功能解析上的布局比重逐渐加大，尤其是欧专局近几年显著加快布局；在脑疾病诊疗领域比较稳定，在神经调控方面相对减弱。韩国集中加强脑疾病诊疗方面的专利创新，另外两个细分领域均有所减弱。日本近几年在神经调控领域有所加强，在脑疾病诊疗基本稳定，在脑功能解析上有所减弱。

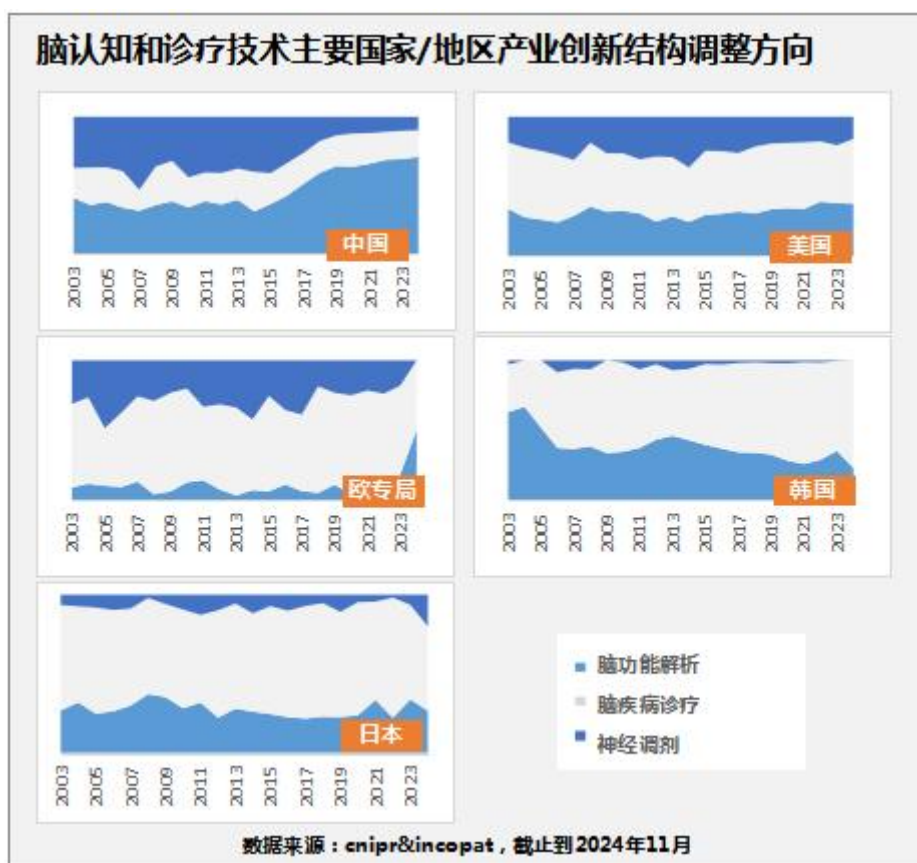


图13 脑认知和诊疗技术主要国家/地区产业创新结构调整方向

第四章 深圳市脑科学产业创新定位分析

本章立足深圳市脑科学产业现状，采用对比分析的方法，从专利的角度对深圳市脑科学产业创新环境、产业技术创新结构、产业技术创新能力、企业创新实力、创新人才储备、专利运营实力等方面进行分析，进而对深圳市脑科学产业发展情况进行定位。

4.1 深圳市产业创新环境定位

4.1.1 政策环境

深圳市在脑科学与类脑智能产业方面的政策环境显示出政府对该领域的高度重视和支持，设立了脑科学与类脑智能产业基金，规模达10亿元人民币，该基金由中金资本运营有限公司管理，旨在通过私募基金从事股权投资、投资管理、资产管理等活动，以促进脑科学与类脑智能产业的发展。深圳市光明区发布了《深圳市光明区关于支持

脑科学与类脑智能创新链产业链融合发展的若干措施》，这是全国首部针对脑科学与类脑智能领域的专项支持政策。该政策涵盖了从基础研究到技术攻关、成果产业化、科技金融、人才支撑等全过程创新生态链的各个要素和环节，旨在解决产业原始创新能力较弱、研发机构不足、小微企业支持不足、高端人才缺乏等问题。

4.1.2 基础研究情况

虽然深圳市在发文量与学科覆盖范围与全球整体水平存在差距，但深圳市在脑科学产业领域的发文具有较高的代表性，学术影响力在全球范围内处于领先水平。通过与全球73个国家/地区展开密切交流与合作，脑科学产业领域的国际合作发文量持续增长，与国内合作论文影响力相比，国际合作论文普遍具有更强的影响力，但国际合作主要集中在英国和美国，国际合作规模仍有扩展空间。北京市、广州市以及香港特别行政区是深圳脑科学产业国内合作较为密切的城市。

深圳市科研机构是深圳市脑科学产业领域的研究产出的主要贡献者，包括深圳大学、中科院深圳先进技术研究院、南方科技大学、鹏城实验室等。除科研机构外，深圳市企业和卫生医疗机构在脑科学产业也显示出一定的科研实力和学术影响力，其中，腾讯科技和华为技术有限公司是深圳市研究产出的企业代表；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成果产出，它们为深圳市在脑科学产业领域积累了丰富的理论基础和研究成果。

4.1.3 市场现状

深圳市脑科学与类脑智能产业的市场现状显示出强劲的增长潜力和广阔的发展前景。脑科学医疗市场的规模巨大，被认为比手机市场还要大。深圳理工大学校长樊建平指出，脑科学的研究和应用在治疗人类疾病领域具有巨大的市场潜力，特别是在早期有效干预、精准

治疗心脑血管疾病、癌症、慢性呼吸疾病、糖尿病等慢性非传染性疾病方面。光明区重点发展8+5产业集群，其中脑科学与类脑智能产业是重要组成部分。光明科学城布局了**脑解析与脑模拟重大科技基础设施**，为脑科学家和脑产业研究人员提供了一个集智力和技术于一体的场所，促进了脑科学的理论探索和产业化。南山区政府通过一系列政策文件，明确了支持脑科学与类脑智能产业发展的具体措施。如《南山区加快人工智能全域全时创新应用实施方案》等。南山区还积极推动产学研合作，建立**深圳市脑机融合孤独症研究中心**的成立，为孤独症儿童提供了先进的干预手段，促进了**脑机融合技术**的研发和应用。

综上所述，深圳市在脑科学与类脑智能产业方面的政策环境和市场现状显示出良好的发展前景和强大的增长潜力。政府的大力支持、企业的创新能力和市场的巨大需求共同推动了该产业的快速发展。

4.1.4 创新实力总体定位

截至2024年11月，全国脑科学产业专利申请量排名前五的省市，其专利申请总量已占全国总量的52.1%。这一数据清晰地表明，超过一半的专利申请都集中在这五个省市，凸显了它们在脑科学产业领域的创新活力和技术实力。

从深圳市所处的创新环境来看，广东省在脑科学产业的专利申请量为7285件，位居全国第三位，占全国专利申请总量的10.8%。

全国排名前三位的省市分别是：北京市、上海市和广东省，这三个省市的专利申请总量约占全国总量的36.5%。与专利申请量排名第一的北京市相比，广东省的专利申请量仅相差2382件，这一差距相对较大，显示出广东省在专利申请方面与北京市的竞争力还有一定的差距，存在巨大的发展潜力和发展空间。

深圳市在脑科学产业的专利申请量为3994件，在全国城市排名中位居第四位，占全国专利申请总量的5.9%；在广东省各城市的排名中，深圳市的专利申请量排名第一位，约占广东省专利申请总量的54.8%，表明深圳市在脑科学产业领域的创新取得了初步成效。其中，南山区在脑科学产业的专利申请量为2570件，在全国区县中排名中位居第三位，占全国专利申请总量的3.8%；在深圳市各区县的排名中，各区的创新能力呈现明显的梯级划分。其中，南山区的专利申请量排名第一位，占据第一梯队，约占深圳市专利申请总量的64.3%，其次是位于第二梯队的福田区（426件）、宝安区（338件）和龙岗区（298件），其他区县则位于第三梯队，其中，光明区的专利申请量较少，这是由于光明区在脑科学产业上的起步时间较晚，但随着产业布局的深入，有望得到进一步发展。

值得注意的是，脑科学产业专利申请量排名前十位的区县中，有3个区县来自北京市、2个区县来自上海市，进一步反映出北京市和上海市在脑科学产业具有显著优势。

从近五年的创新活跃度来看，脑科学产业专利集中度较高。全国近五年专利申请量占申请总量的比例超过66%。其中，从省市分布情况来看，浙江省的活跃度最高，为82.3%。从主要城市情况来看，深圳市近五年活跃度略高于广东省及全国平均水平。从区县对比情况来看，南山区的活跃度为74%，高于全国平均水平。

表7 深圳市脑科学产业创新实力总体定位

深圳市脑科学产业创新实力总体定位				
省市	总量（件）	排名	总量占比	近五年活跃度
全国定位				
全国	67746	—	—	66.5%
北京	9667	1	14.3%	74.4%
上海	7746	2	11.4%	65.9%
广东	7285	3	10.8%	72.8%
浙江	5480	4	8.1%	82.3%
江苏	5094	5	7.5%	71.9%
城市定位				
北京市	9663	1	14.3%	74.4%
上海市	7740	2	11.4%	65.9%
杭州市	4305	3	6.4%	84.1%
深圳市	3994	4	5.9%	74.0%
广州市	2282	5	3.4%	71.7%
区县定位				
海淀区-北京	6250	1	9.2%	78.3%
嘉定区-上海	3427	2	5.1%	54.2%
南山区-深圳	2570	3	3.8%	72.6%
西湖区-杭州	1953	4	2.9%	83.7%
朝阳区-北京	1319	5	1.9%	72.6%
杨浦区-上海	1057	6	19.3%	78.0%
南开区-天津	892	7	1.3%	61.1%
蜀山区-合肥	822	8	1.2%	81.8%
天河区-广州	790	9	1.2%	67.0%
昌平区-北京	741	10	1.1%	52.4%
数据来源：cnipr&incopat，截止到2024年11月				

从深圳市脑科学产业的专利申请趋势来看，深圳市在该领域的专利布局大概分为两个阶段：第一阶段（2001—2009年）为萌芽期，专利申请量共计49件，年均专利申请量不足5.5件；第二阶段（2010—2023年）为快速增长期，此阶段深圳市专利申请量增长速度较上一阶段进一步大幅度提升，专利申请总量为3678件，尤其是2023年，专利申请量超过580件。与此同时，第二阶段的创新主体也较前一阶段进一步增多，其中专利申请量最多的是中科院深圳先进技术研究院。另

外，深圳心流动科技有限公司、深圳市优必选科技股份有限公司以及深圳永达电子信息股份有限公司表现也比较活跃。

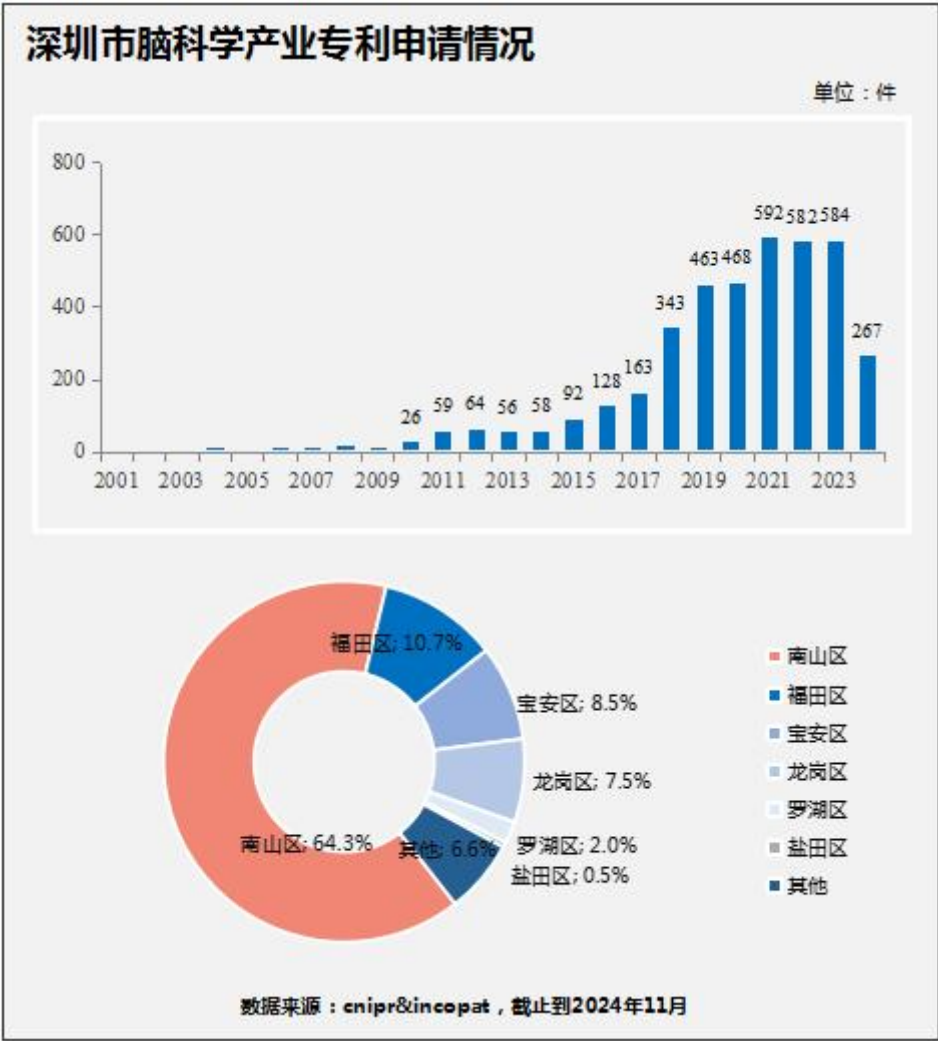


图 14 深圳市脑科学产业专利申请情况

总体来看，全国脑科学产业地域发展的集中度非常高，该领域过半的创新成果来源于北京市、上海市、广东省、浙江省和江苏省。深圳市脑科学产业具有较为雄厚的专利储备，专利数量在全国城市中排名第四，与北京市、上海和杭州相比具有一定的差距，但近五年的创新活跃度高于全国平均水平，展现出独特的优势和活力。

4.2 深圳市产业技术创新结构定位

脑科学产业的发展与专利发展密切相关，其技术发展伴随着密集的专利保护，专利申请与技术创新关系密切，因此，脑科学产业在一

个地区的专利布局结构在一定程度上可以反映出该地区的产业创新结构。

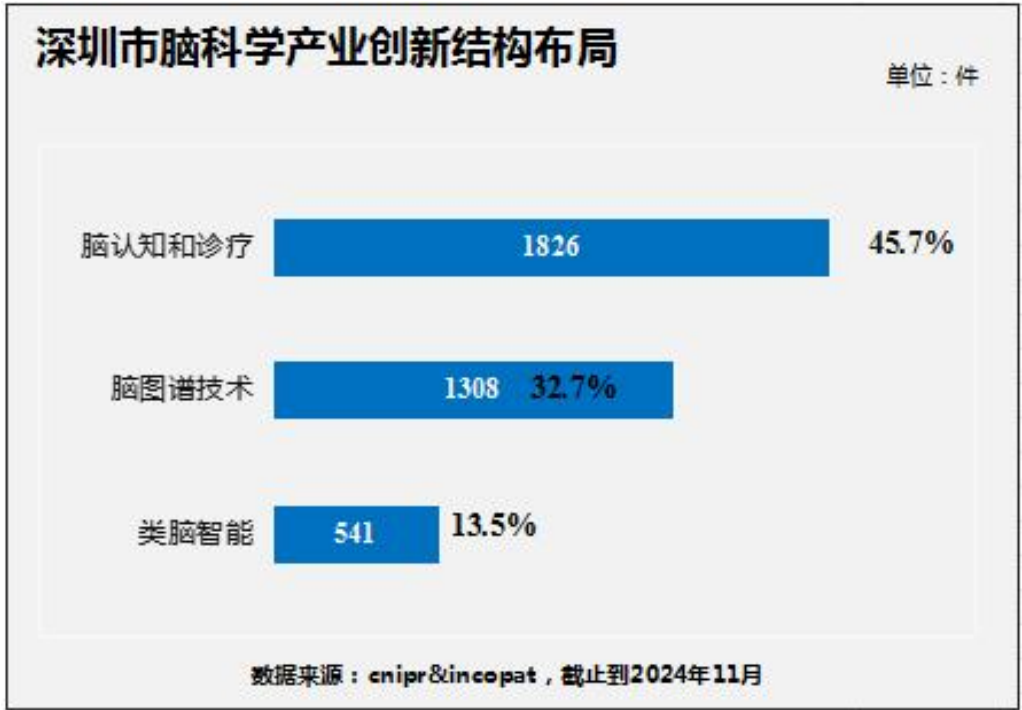


图 15 深圳市脑科学产业创新结构布局

从深圳市脑科学产业主要技术方向的专利布局来看，深圳市脑科学产业布局比较完整，全面覆盖了脑图谱技术、脑认知和诊疗、类脑智能等三个技术领域，专利布局以脑认知和诊疗领域为重点，与脑科学产业全球专利布局重点基本一致；其中脑认知和诊疗领域的专利申请量为1826件，约占深圳市脑科学产业专利申请总量的45.7%。其次为脑图谱技术领域，专利申请量为1308件，约占总量的32.7%。

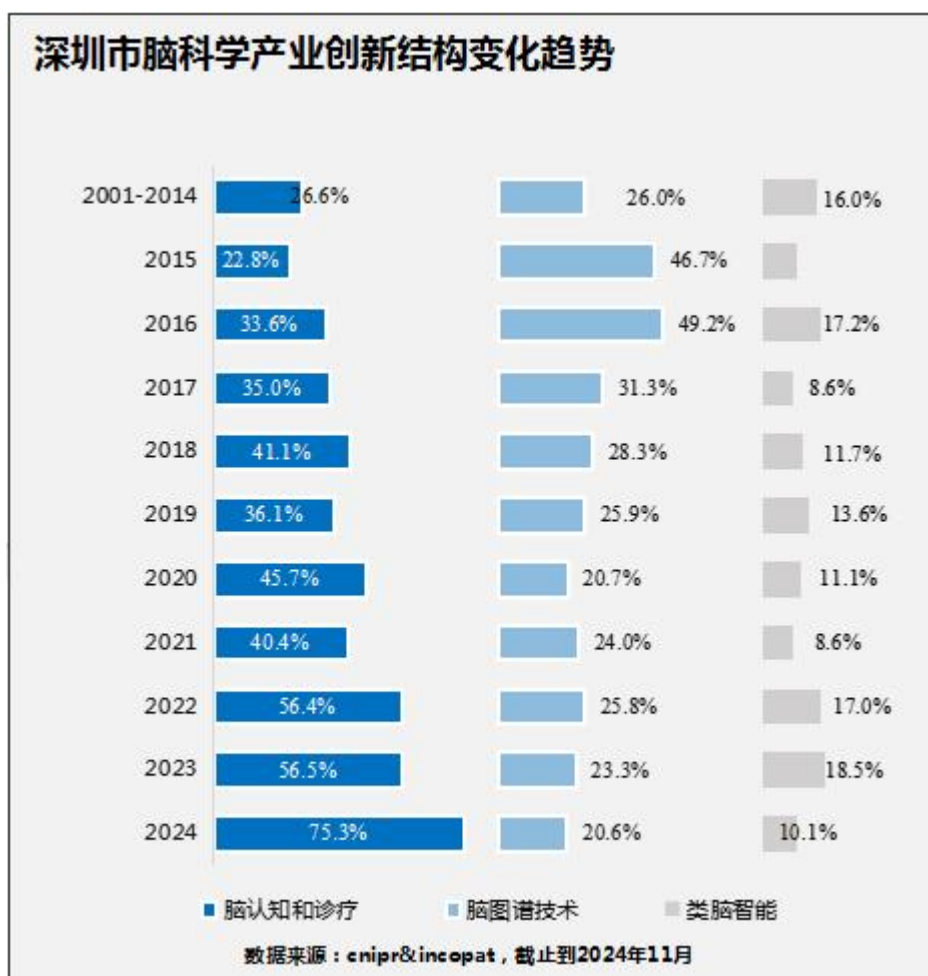


图 16 深圳市脑科学产业创新结构变化趋势

从深圳市在脑科学产业的专利布局变化趋势来看，从**2015**年开始脑认知和诊疗领域一直是专利布局的重点领域。

从各领域在深圳市脑科学产业专利申请量的占比变化情况来看，2001—2014年期间，三个领域的占比均较低，多数专利将脑科学产业相关技术应用至特定应用场合，虽然脑科学产业相关技术已经开始在各个领域渗透，但尚未形成明确的应用方向或产品形态。其中，脑图谱技术领域占比与脑认知和诊疗领域基本持平。

2015—2016年期间，脑图谱技术领域的专利显著增长，占比一度接近深圳脑科学产业专利申请数量的一半。在2015年，脑认知和诊疗以及类脑智能技术领域的占比出现一定程度的下降，深圳市创新主体

逐渐增加脑活动监测和成像技术方面的脑图谱技术领域的研发投入，脑图谱技术领域一度成为研究热点。

自2017年起，脑认知和诊疗领域迎来了稳步增长。与此同时，脑图谱技术领域的专利则呈现逐年下降趋势，而类脑智能技术领域的占比相对稳定。这一变化反映出，深圳市创新主体在注重脑图谱技术和类脑智能研究的同时，开始重视并进一步加大对脑认知和诊断等基础研究领域的投入。

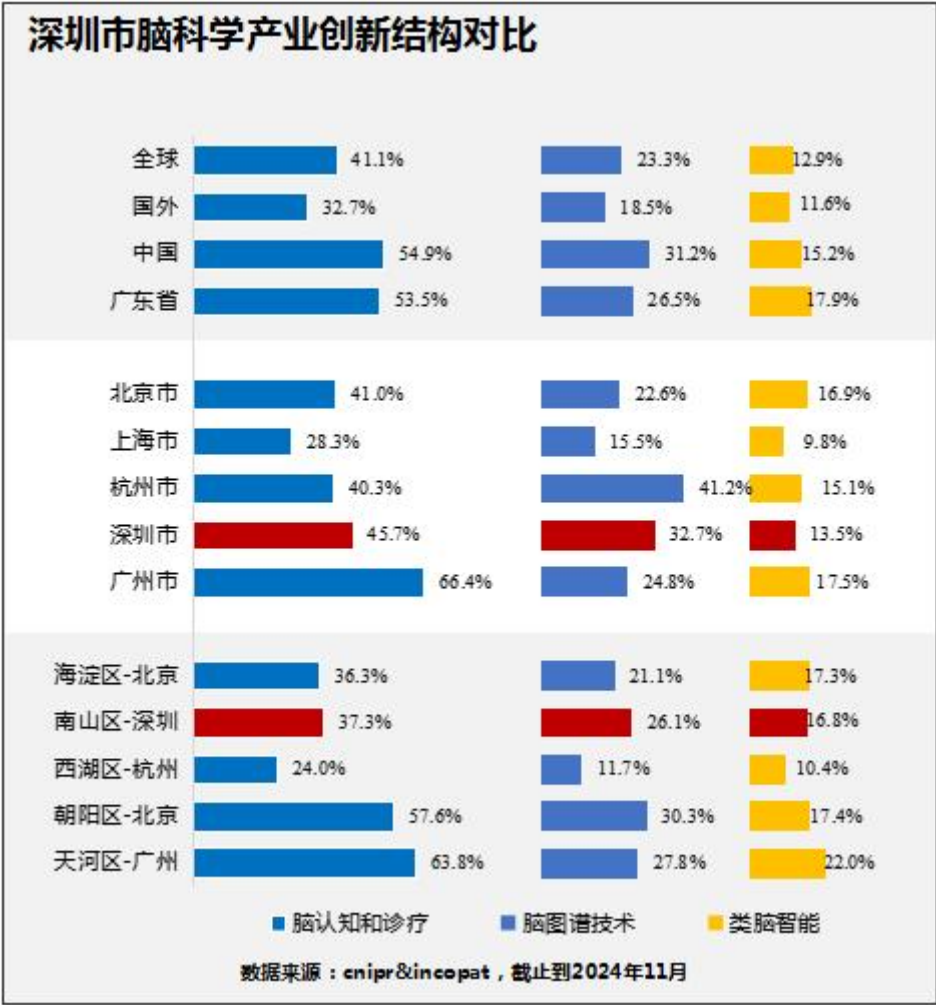


图 17 深圳市脑科学产业创新结构对比

对标全球、国外、中国整体以及广东省，深圳市与全球、国外、中国整体以及广东省的产业结构布局相似，结构布局侧重依次是脑认

知和诊断、脑图谱技术以及类脑智能，仅在各技术分支方向的布局比例上有所差别。

全球、国外、中国整体以及广东省的产业布局均以脑认知和诊疗领域为布局重点。其中，深圳市在脑认知和诊疗技术领域的专利申请量占比为45.7%，略低于中国整体以及广东省在该领域的专利申请量占比，但高于全球、国外其他国家整体水平；在脑图谱技术领域，深圳市的专利申请量占比为32.7%，均高于全球、国外、中国整体及广东省在该领域的专利申请量占比；在类脑智能技术领域，深圳市的专利申请量占比为13.5%，高于全球、国外在该领域的专利布局比重，低于中国整体以及广东省在该领域的专利申请量占比。

对标国内脑科学产业申请量排名前五的城市，除杭州市之外，各城市的专利布局重点也均为脑认知和诊疗技术领域，其中深圳市在该领域所占的比重略低于广州市在该领域的比重，但均高于北京、上海、杭州在该领域的占比。

而对标国内脑科学产业申请量排名前五的几个重点区县，各区县的专利布局重点也是脑认知和诊疗领域，深圳市南山区在该领域所占的比重低于北京市朝阳区及广州市天河区。在脑图谱技术领域，深圳市南山区的占比高于北京市海淀区和杭州市西湖区，但低于其他两个区县。但在类脑智能领域，深圳市南山区的占比仅高于杭州市西湖区，低于海淀区、朝阳区以及天河区。

总体来看，深圳市脑科学产业布局比较完整，全面覆盖了脑认知和诊疗、脑图谱技术以及类脑智能三个领域方向，其专利布局以脑认知和诊疗为重点。脑认知和诊疗领域的占比在经历了短暂的下滑后，再次迎来稳定持续的增长。与此同时，脑图谱技术领域的占比在经过短期上涨后呈现出持续下降的趋势，而类脑智能领域的占比始终比较

稳定。这一变化反映出，深圳市创新主体在注重脑图谱技术和类脑智能研究的同时，开始重视并进一步加大了对脑认知和诊断等基础研究领域的投入。对标全球、国外、中国整体以及广东省，深圳市与全球、国外、中国整体以及广东省的产业结构布局相似。其中，在脑认知和诊疗领域在深圳市的专利申请量占比为45.7%；在脑图谱技术领域，占深圳市的专利申请量的32.7%；在类脑智能领域，南山区的专利申请量占比为13.5%。

4.3 深圳市产业技术创新能力定位

本节将从专利数量、专利质量以及各细分技术领域的专利数量占比情况等方面对深圳市脑科学产业技术创新能力进行定位。

从前面分析可以看出，近五年来，各主要城市在脑科学产业领域的专利申请活动尤为活跃。而近五年的专利申请多数处于在审状态。因此，针对专利质量情况进行分析时，本节着重统计了有效及正在审理中的专利数量，以全面反映该领域的创新活力。

从专利质量的相关指标来看，发明专利申请在各主要城市的专利申请中占据了主导地位。进一步考察专利的当前法律状态，深圳市在脑科学产业的在审及有效专利（以下简称“未失效专利”）占比为92.6%，显著高于中国整体、广东省整体水平。在申请量排名前十的城市中，深圳市的未失效专利占比位列第一，紧随其后的是南京市、合肥市、上海市及苏州市。尽管在占比上排名第一，但从未失效专利的绝对数量来看，深圳相比北京、上海及杭州还有不小的差距，不过未失效专利综合情况较好。

表 8 深圳市脑科学产业技术创新能力对标分析（专利质量）

深圳市脑科学产业技术创新能力对标分析（专利质量）					
对标全国主要区县	专利申请量	发明专利量	有效及在审专利量	发明专利占比	有效及在审专利占比
北京市	9663	8873	8003	91.8%	82.8%
上海市	7740	6928	6484	89.5%	87.7%
杭州市	4305	4020	3611	93.4%	83.9%
深圳市	3994	3546	3220	88.8%	92.6%
广州市	2282	2054	1750	90.0%	76.7%
南京市	1872	1707	1424	91.2%	90.2%
合肥市	1747	1468	1559	84.0%	89.2%
苏州市	1636	1298	1277	79.3%	85.0%
西安市	1632	1488	1194	91.2%	73.2%
武汉市	1608	1402	1337	87.2%	85.3%
中国整体	67746	60633	51661	89.5%	76.3%
广东	7285	6453	5684	88.6%	78.0%
数据来源：cnipr&incopat，截止到2024年11月					

从深圳市脑科学产业主要技术分支的创新能力来看，深圳市在脑科学产业重点方向上的主要技术分支上均有专利布局，并且在多个技术分支的专利申请量在全国城市中排在前五位。与北京市相比，深圳市在三个技术分支上的专利申请量上均有一定差距。相比而言，类脑智能领域以及脑图谱技术领域的专利申请量差距相对较小。

通过上述分析可见，深圳市在脑科学产业的各细分技术领域均有较强的创新能力及竞争力，也具有一定的专利储备。但从专利申请量来看，与申请量排名第一的北京市还有一定的差距。

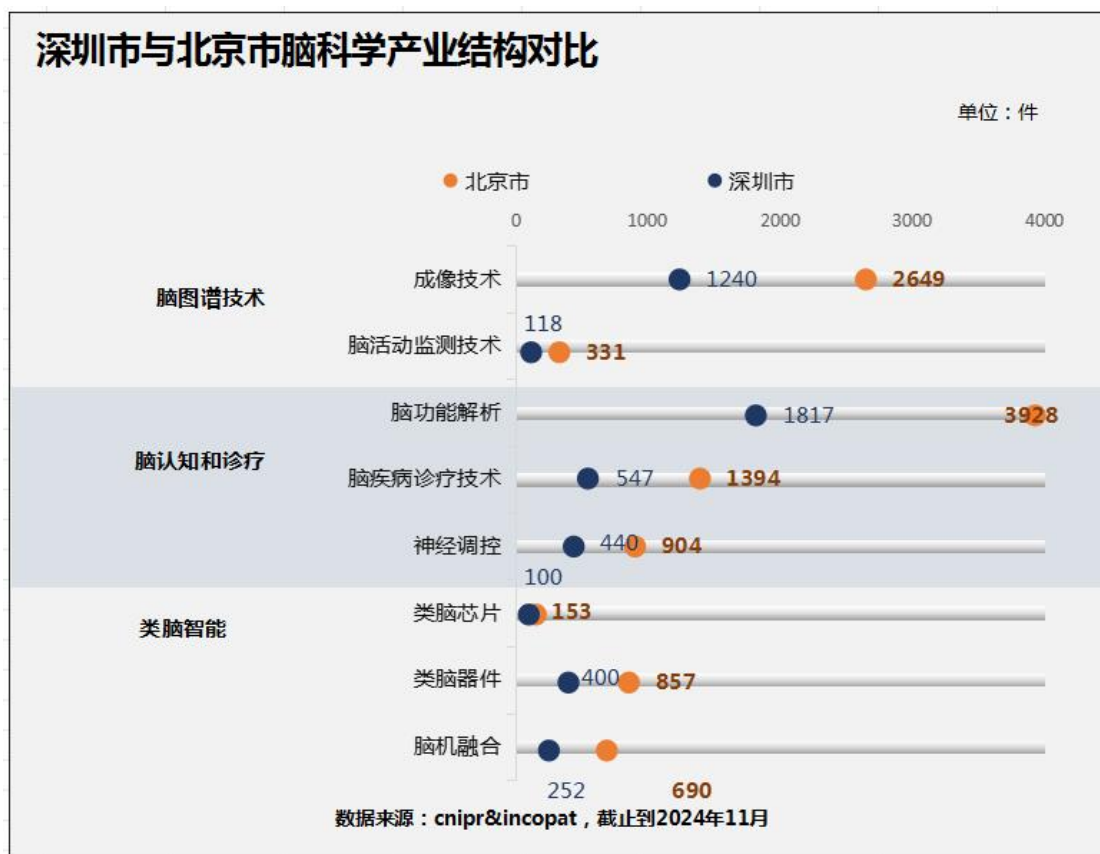


图 18 深圳市与北京市脑科学产业结构对比

从深圳市与北京市脑科学产业三级技术分支专利申请量对比情况可以看出，在脑活动监测技术以及类脑芯片细分领域，深圳市与北京市差距相对较小，在成像技术、脑功能解析、脑疾病诊疗技术、神经调控、类脑器件和脑机接口等细分领域方面差距相对较大，需要进一步加强。

4.4 深圳市产业创新主体的创新实力定位

本部分主要对深圳市创新主体类型、申请人集中度以及主要申请人在各个技术领域的专利布局情况进行分析，以期了解深圳市脑科学产业创新主体的创新实力及定位。

4.4.1 深圳市产业创新主体分析

在深圳市脑科学产业的技术创新主体中，企业的专利申请量占比达到54.2%，高校和科研院所的专利占比分别为15.7%和24.4%。企业

是深圳市脑科学产业的主要技术创新主体，但其专利申请量显著低于其他产业中企业专利申请量占比。深圳市企业在多个产业技术领域都是绝对的创新主力，高达90%左右。对标全国，脑科学产业在中国的专利申请也主要来自企业，企业的专利申请量占比为49.8%，低于深圳市企业专利申请量的占比。对标广东省，深圳市企业的专利申请量占比显著高于广东省。

从申请量较高的城市的创新主体类型情况来看，各城市情况略有区别。其中，北京市、杭州市、广州市、南京市以及西安市的创新主体主要为高校，其他五个城市的创新主体主要为企业。

值得一提的是，北京市和苏州市企业在创新主体中占比最高，西安市高校在创新主体中占比最高，深圳市的科研院所创新能力在前十城市中最突出，主要是中科院深圳先进技术研究院在脑科学产业上的创新布局较多。

表 9 深圳市脑科学产业创新主体分析

深圳市脑科学能产业创新主体分析						
对标全国各市	专利申请量（件）			企业创新能 力	高校创新能 力	科研院所创新 能力
	企业	高校	科研院所			
北京市	3968	4010	1266	41.1%	41.5%	13.1%
上海市	4881	1852	391	63.1%	23.9%	5.1%
杭州市	1110	2917	45	25.8%	67.8%	1.0%
深圳市	2165	629	975	54.2%	15.7%	24.4%
广州市	765	1189	62	33.5%	52.1%	2.7%
南京市	567	1117	29	30.3%	59.7%	1.5%
合肥市	1170	411	126	67.0%	23.5%	7.2%
苏州市	1290	207	103	78.9%	12.7%	6.3%
西安市	254	1238	33	15.6%	75.9%	2.0%
武汉市	743	681	44	46.2%	42.4%	2.7%
中国整体	33727	23413	3886	49.8%	34.6%	5.7%
广东省整体	3473	2046	1079	47.7%	28.1%	14.8%
数据来源：cnipr&incopat，截止到2024年11月						

4.4.2 深圳市产业创新主体定位

从全国脑科学产业专利申请量排名前二十的创新主体来看，深圳市仅有1个创新主体跻身进入全国前列，即中科院深圳先进技术研究院，位列全国第四。

在广东省前十申请人排名中，来自深圳市的申请人共计5位。其中，中科院深圳先进技术研究院排名第一位，深圳大学、清华大学深圳国际研究生院分别排在第四、第五位，此外，深圳市心流动科技有限公司和平安科技（深圳）两家企业分别排第九和第十位。由此可见，深圳市脑科学产业的创新主体在广东省也占据较为重要的位置。

为了尽可能全面、清晰地了解深圳市创新主体情况，在对深圳市创新主体进行分析定位时，未对关联公司进行合并。从深圳市创新主体构成情况来看，深圳市排名前十位的创新主体中，有5家企业、4所高校（包括深圳大学、清华大学深圳国际研究生院、清华大学深圳研究生院、北京大学深圳研究生院）、1所科研机构（中科院深圳先进技术研究院），进一步反映出深圳市南山区创新主体主要为企业、但高校和科研机构也发挥较重要的作用。

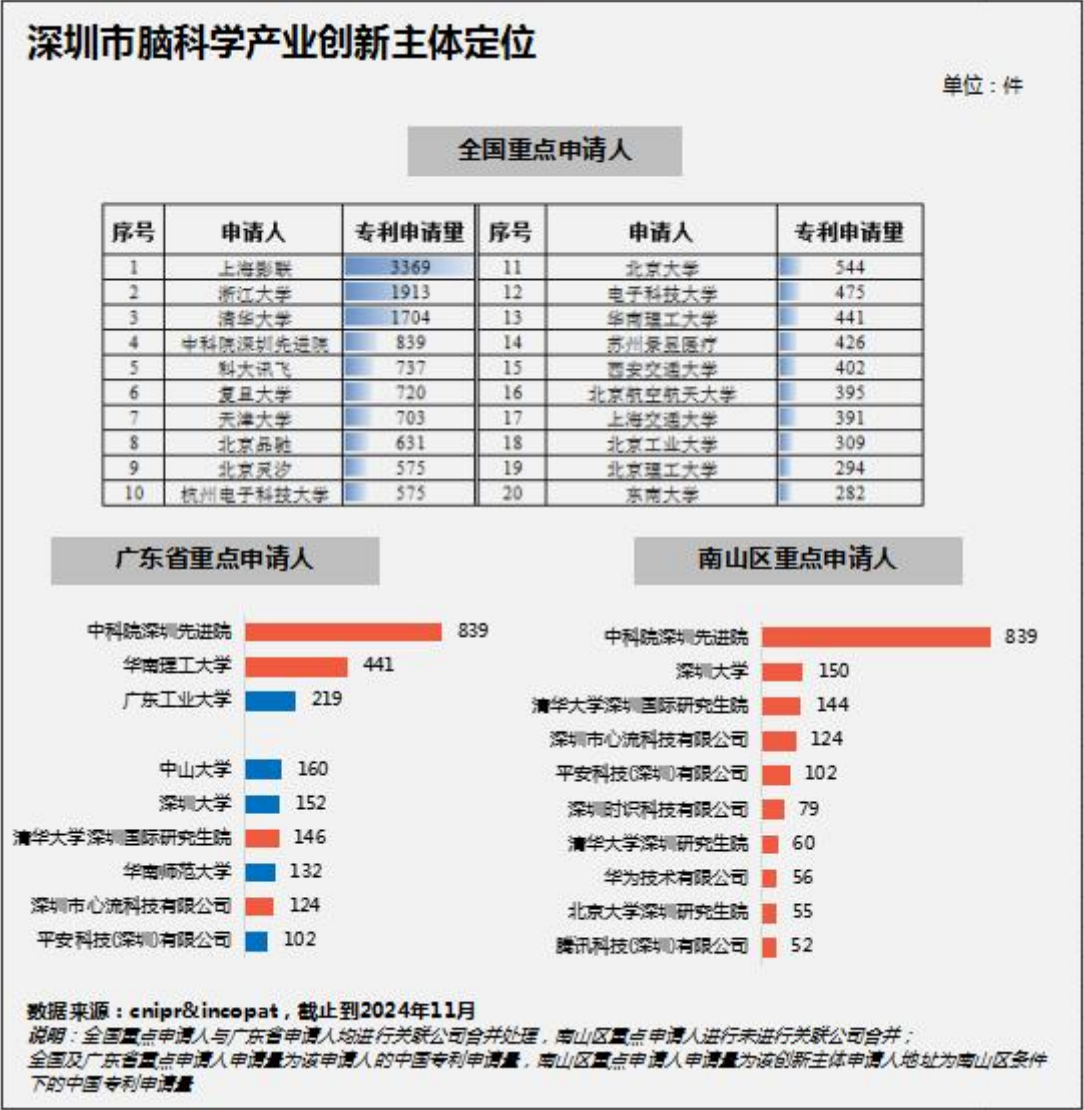


图 19 深圳市脑科学产业创新主体定位

从上面分析可以看出，深圳市脑科学产业主要的技术创新主体为企业，但高校和科研院所的作用也很重要。其中，中科院深圳先进技术研究院和深圳大学是深圳脑科学产业表现最突出的两个创新主体，表明其在技术研发方面的深厚底蕴。

4.4.3 深圳市重点创新主体的技术布局分析

为了更清晰地了解深圳市与全国重点城市技术布局情况，下面对深圳市与北京市和杭州市的重点创新主体的技术布局情况进行对比分析。

通过对深圳的中科院深圳先进技术研究院、北京的清华大学和杭州的浙江大学的中国专利申请情况进行比较，可以看出，中科院深圳先进技术研究院在脑图谱技术中的成像技术细分领域以及脑认知和诊疗技术中的神经调控细分领域有一定的优势。在脑活动监测技术细分领域及脑疾病诊疗技术细分领域中，三个创新主体的创新能力旗鼓相当；而在脑功能解析细分领域，尤其是在类脑智能中的类脑芯片、类脑器件和脑机融合细分领域上，中科院深圳先进技术研究院均需要进一步加强。

浙江大学在脑图谱解析技术上的两个细分领域具有明显优势、在类脑芯片和脑机接口上略高于清华大学，而清华大学在类脑器件细分领域上显著领先。

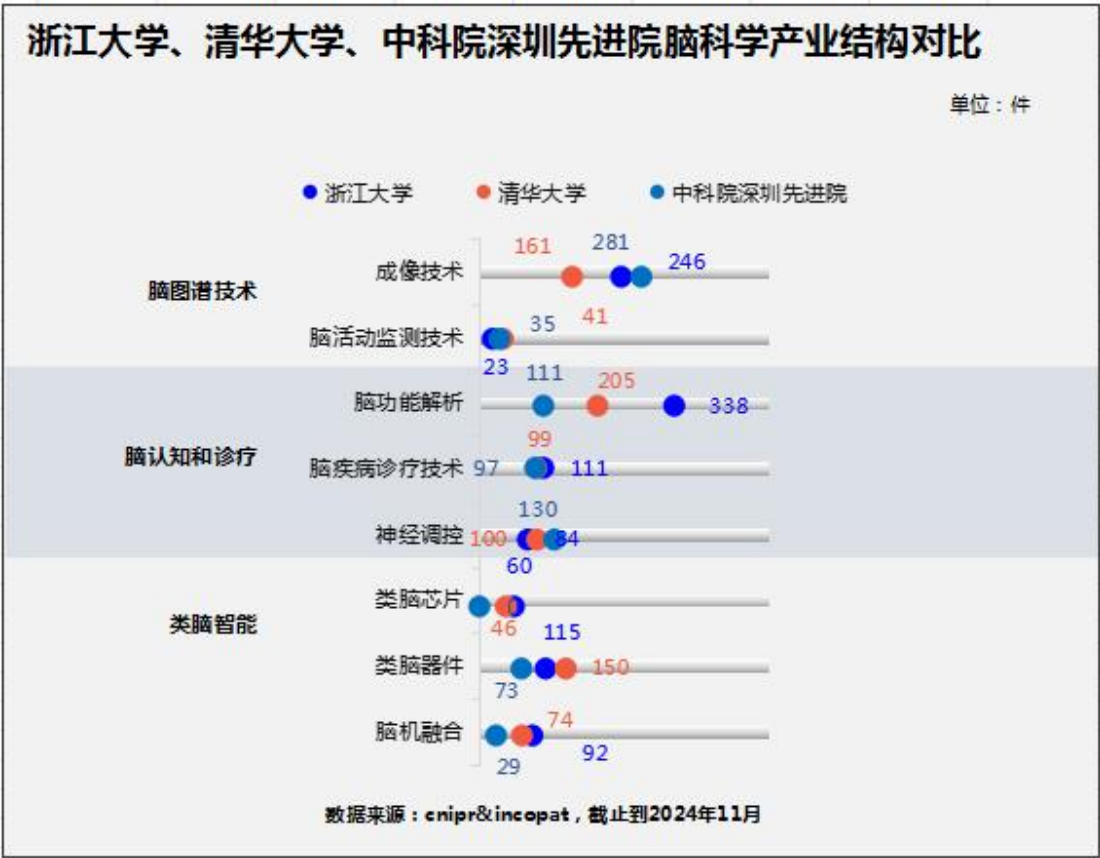


图 20 浙江大学、清华大学、中科院深圳先进院脑科学产业结构对比

整体来看，深圳市主要创新主体在三个主要技术方向上的专利布局比较全面，深圳市主要创新主体以脑认知和诊疗为布局重点和脑图谱技术，且较为关注脑成像技术；但深圳市的主要创新主体与北京市的清华大学及杭州市的浙江大学等创新主体的专利布局量具有一定的差距。综合深圳市主要创新主体的技术分布情况，深圳市申请量排名前十的申请人的技术创新集中在脑认知和诊疗技术，尤其是脑疾病诊疗技术、神经调控和成像技术几个细分领域。

4.5 深圳市创新人才储备定位

专利发明人是指对发明创造的实质性特点做出创造性贡献的人，通过分析发明人数量、所属单位、各技术分支的发明人储备信息，并与全国主要区域进行对标分析，可以对脑科学产业创新人才储备情况进行定位，从而为本地区人才培养、外部人才引进提供科学依据。

4.5.1 深圳市创新人才整体储备情况

本部分通过分析深圳市创新人才整体储备情况，创新人才在全国的比重、排名以及发明人平均产出专利情况，从而定位深圳市创新人才储备在全国的实力。

广东省在脑科学产业的发明人共计27760位，占全国本领域发明人总量的10.4%，在全国各省/直辖市中位列第2位，发明人平均产出专利为0.26件。深圳市在该领域的发明人共计14861位，占广东省发明人总量的53.5%，占全国总量的5.6%，在全国各市中排名第4位，发明人平均产出专利为0.27件。深圳市南山区在该领域的发明人共计10077位，占深圳市发明人总量的67.8%，占全国总量的3.8%，在全国各区县中排名第3位，发明人平均产出专利为0.26件，专利产出值略高于中国平均值，与广东省平均值持平，略低于深圳市全市平均水平。

总体来看，深圳市脑科学产业领域的研发人员储备实力在全国处于前列，深圳市南山区的研发人员储备在全国处于较高水平，仅次于北京、上海和杭州，虽然人才数量与海淀区、嘉定区相比相差较大，但与其他创新度高的区县相比仍有较大优势，同时现有创新人才专利产出值也相对较高。

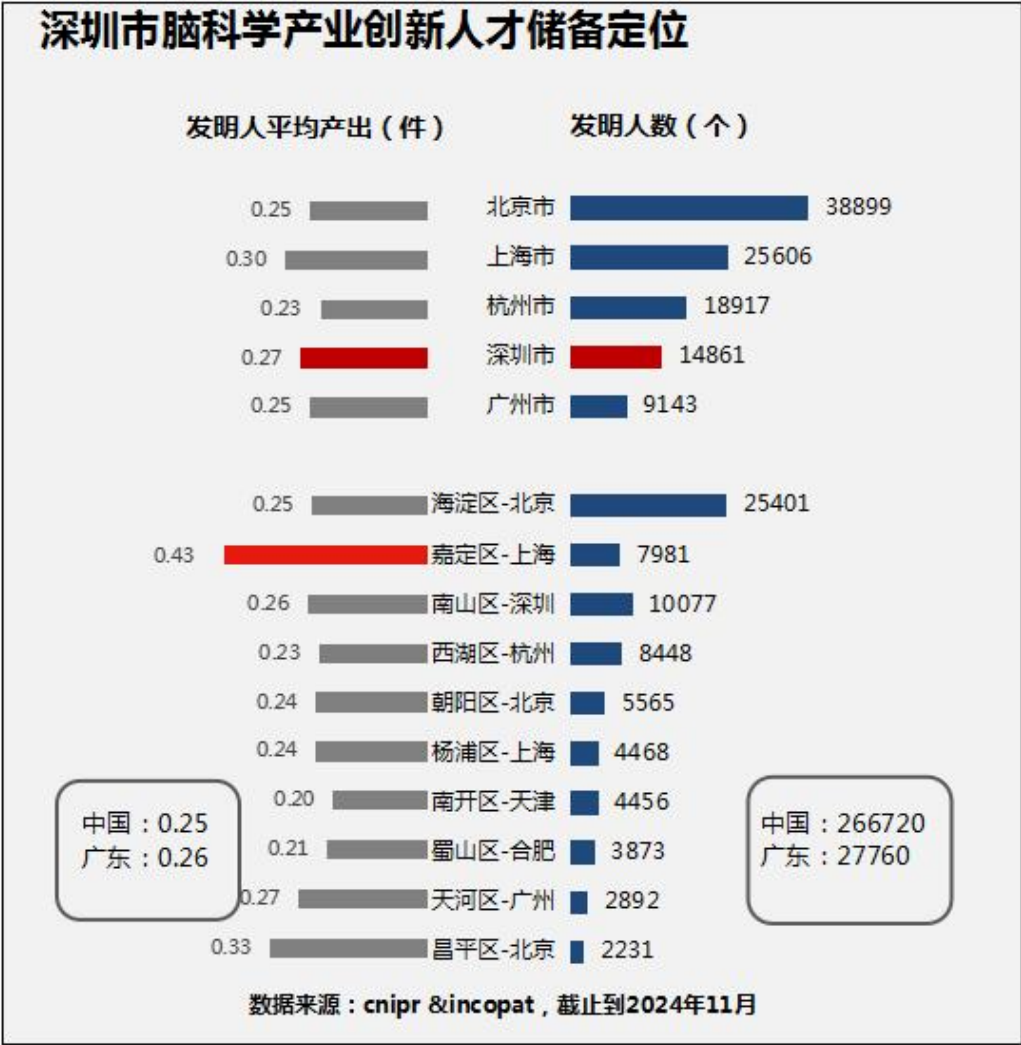


图 21 深圳市脑科学产业创新人才储备定位

4.5.2 深圳市创新人才团队及技术领域人才储备

深圳市脑科学产业的重点发明人主要来自中科院深圳先进技术研究院、深圳市优必选科技股份有限公司、深圳市永达电子信息股份有限公司、清华大学深圳国际研究生院、深圳市心流动科技有限公司。

其中，中科院深圳先进技术研究院中有13个发明人入围深圳市脑科学产业Top20发明人序列，其次是深圳市心流科技有限公司的2位发明人，也贡献了较多的脑科学产业专利数量。

表 10 深圳市脑科学产业 Top20 发明人

序号	发明人	数量	所属单位
1	王立平	167	中科院深圳先进技术研究院
2	郑海荣	163	中科院深圳先进技术研究院
3	韩璧丞	124	深圳市心流科技有限公司
4	梁栋	103	中科院深圳先进技术研究院
5	刘新	95	中科院深圳先进技术研究院
6	鲁艺	79	中科院深圳先进技术研究院
7	钟成	59	中科院深圳先进技术研究院
8	蔚鹏飞	59	中科院深圳先进技术研究院
9	李光林	44	中科院深圳先进技术研究院
10	熊友军	41	深圳市优必选科技股份有限公司
11	李焱	36	中科院深圳先进技术研究院
12	牛丽丽	36	中科院深圳先进技术研究院
13	戚建淮	35	深圳市永达电子信息股份有限公司
14	王好谦	34	清华大学深圳国际研究生院
15	刘建辉	31	深圳市永达电子信息股份有限公司
16	孟龙	31	中科院深圳先进技术研究院
17	唐娟	29	深圳市永达电子信息股份有限公司
18	杨永峰	28	中科院深圳先进技术研究院
19	王璐璐	28	中科院深圳先进技术研究院
20	阿迪斯	28	深圳市心流科技有限公司

其中，中科院深圳先进技术研究院主要发明人梁栋、王立平、刘新和鲁艺，创新活跃期均分为两个阶段，前一阶段是2011年—2015年前后，后一阶段是2017年—2024年前后，其中梁栋和刘新的研发重点集中在磁共振和图像等方面，而王立平和鲁艺的研发重点是电机、植入式和内芯等领域；此外王立平的研发重点还涉及脑功能解析领域的视觉、电极方面，类脑器件领域的可穿戴式及调控系统方面，梁栋还涉及脑疾病诊疗方向的癫痫药物创新；深圳先技术研究院的蔚鹏飞在2014—2024年期间，在类脑智能领域的电刺激、控制模块和脑疾病认知领域的监控、静态体等方面持续有创新产出。深圳市心流科技有

限公司的韩璧丞创新活跃周期是2020年—2023年，重点研发方向包括脑图谱技术方向上的脑电信号、脑电数据和头环等，同时还涉及脑功能解析技术方向上的睡眠及辅助睡眠领域。平安科技（深圳）有限公司的王键宗创新活跃期是从2018年至今，重点研发方向是语音睡眠和疾病检测。深圳市前海安测信息技术有限公司的高伟明在2015 — 2018年期间围绕帕金森病、可穿戴式头盔、手环等重点开展研发工作。值得一提的是重点发明人何伟宗属于个人发明人，且其主要活动时间是在2011年，研发内容主要围绕超声波探头展开。

表 11 深圳市脑科学产业细分领域主要创新人才

深圳市脑科学产业主要创新人才					
技术	创新人才	专利数量 (件)	所属单位	活跃期	重点技术分支布局
脑图谱 技术	郑海荣	100	中科院深圳先进技术研究院	2016-2020	图像；磁共振；超声；卷积神经网络
	韩璧丞	86	深圳市心流科技有限公司	2020-2023	脑电信号；头环；脑电数据
	梁栋	66	中科院深圳先进技术研究院	2012-2015； 2016-2021	图像；欠采样；磁共振
	王立平	64	中科院深圳先进技术研究院	2010-2014； 2018-2024	电极；植入；柔性触头
	刘新	61	中科院深圳先进技术研究院	2012-2015； 2017-2022	磁共振；空间数据；神经网络数据
	鲁艺	35	中科院深圳先进技术研究院	2011-2016； 2019-2023	电极；植入；通孔；内芯
脑认知与 诊疗	王立平	58	中科院深圳先进技术研究院	2012-2023	视觉；电极；脑区
	韩璧丞	52	深圳市心流科技有限公司	2021-2023	睡眠；辅助睡眠
	何伟宗	33	——	2011	超声波；强化；探头
	王键宗	30	平安科技（深圳）有限公司	2018-2024	语音；睡眠；疾病检测
	蔚鹏飞	29	中科院深圳先进技术研究院	2019-2024	监控；行为；静息态
	郑海荣	25	中科院深圳先进技术研究院	2013-2023	感知；癫痫；斑块
	高伟明	19	深圳市前海安测信息技术有限公司	2015-2018	帕金森；可穿戴；头盔；手环
	梁栋	19	中科院深圳先进技术研究院	2018-2023	癫痫药物；斑块；网络模型
类脑 智能	乔宁	69	深圳时识科技有限公司	2022-2023	脉冲；转换装置；像素电路
	熊友军	41	深圳市优必选科技股份有限公司	2017-2020	电机；驱动件；传感器；机器人
	戚建淮	35	深圳市永达电子信息股份有限公司	2020-2022	状态机；分布式并行计算；态势感知
	蔚鹏飞	34	中科院深圳先进技术研究院	2016-2024	电刺激；控制模块
	王立平	33	中科院深圳先进技术研究院	2009-2013； 2016-2022	调控系统；可穿戴式
	刘建辉	31	深圳市永达电子信息股份有限公司	2020-2022	状态机；分布式并行计算；协处理器
数据来源：cnipr&zincopat，截止到2024年11月					

其中，脑图谱技术领域的专利申请量最多的发明人所属单位较为集中，主要是深圳先进技术研究院。深圳市脑图谱技术领域专利申请量最多的发明人为郑海荣，他在深圳市的创新活跃期为2019—2022年，研发成果主要集中在图像、磁共振、超声和卷积神经网络等方面。

脑认知和诊疗领域的重点发明人主要来自深圳市先进技术研究院、深圳心流科技有限公司、平安科技（深圳）有限公司、深圳前海安测信息技术有限公司，研发成果多集中在感知、视觉、睡眠、疾病诊疗等领域。

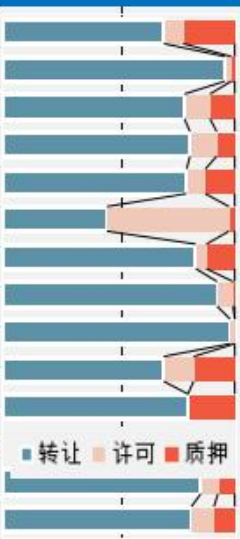
类脑智能领域的重点发明人所属创新主体最为分散，主要来自深圳时识科技有限公司、深圳市优必选科技股份有限公司、深圳市永达电子信息股份有限公司和深圳先进技术研究院。其中深圳时识科技有限公司的发明人乔宁在该领域有69件发明专利，创新活跃期为2012—2023年，研发成果集中在脉冲、转换装置、像素电路等方面；环球数科集团有限公司的熊友军创新活跃期为2017—2020年，研发成果集中在电机、驱动件、传感器和机器人等方面；深圳市永达电子信息股份有限公司的戚建淮和刘建辉创新活跃期为2020—2022年，研发成果集中在分布式计算机、态势感知、状态机等方面。

总体来看，深圳市在脑科学产业的创新人才在产业各技术方向均有聚集和分布，且在脑图谱技术和脑认知和诊疗领域的创新人才储备具有较大优势，类脑智能技术领域尤其是类脑芯片和脑机接口细分领域的创新人才储备优势相对较小。相对来说，深圳市在成像技术的大部分技术方向、脑功能解析的感知和睡眠方向、脑疾病诊疗的癫痫、帕金森等诊疗方向人才储备比较充分。

4.6 深圳市专利运营实力定位

专利运营主要包括专利转让、许可、质押融资等活动。本部分主要通过将脑科学产业及各分支领域的专利运营情况与全国、广东省整体情况以及其他重点城市进行对比，从而对深圳市脑科学产业专利运营情况进行定位。

表 12 深圳市脑科学产业专利运营情况对比

深圳市脑科学产业专利运营情况对比						
对标全国各市	专利运营总量	专利转让	专利许可	专利质押	专利运营占专利申请比例	运营模式
北京市	895	624	74	197	9.3%	
上海市	1932	1852	52	28	25.0%	
杭州市	302	237	33	32	7.0%	
深圳市	439	355	50	34	11.0%	
广州市	238	189	19	30	10.4%	
南京市	280	127	146	7	15.0%	
合肥市	198	165	9	24	11.3%	
苏州市	132	122	9	1	8.1%	
西安市	99	97	2	0	6.1%	
武汉市	125	87	16	22	7.8%	
成都市	95	76	0	19	5.9%	
中国整体	7882	6741	575	566	11.6%	
广东省整体	776	632	75	69	10.7%	
数据来源：cnipr&incopat，截止到2024年11月						

通过对中国专利运营情况的分析可知，**深圳市在脑科学产业中有439件专利实施过专利运营活动**，分别占广东省、中国整体运营专利数量的56.6%、5.6%，在全国各城市排名第3。进一步地看，深圳市脑科学产业专利运营在专利申请中的比例保持在11%左右，深圳市专利运营的占比量略低于中国（11.6%），但略高于广东省（10.7%）的整体水平。相比于全国范围内的Top10城市，深圳市专利运营的占比略高于Top10城市的平均值（10.6%），仅低于Top10城市中的上海市（25%）、南京市（15%）以及合肥市（11.3%）。总体而言，深圳市在脑科学产业上保持了一定的专利运营实力。

从深圳市脑科学产业专利的具体运营形式来看，专利转让的活跃度更高，占比保持在80.9%左右（355件）。专利许可（50件）和专利质押（34件）的占比分别为11.4%和7.7%，总体上相差不大。

从深圳市脑科学产业专利运营的主体类型来看，转让人、许可人、出质人以企业为主，其中转让行为主要为企业内部的转让，尚未涉及企业外部的商业化转让行为。2024年4月，深圳市南山区人民政府在印发的《南山区促进产业高质量发展专项资金管理办法》中提到“出台知识产权质押融资相关费用补贴扶持政策，联合银行、担保、保险、专利、版权、法律等专业机构，共同简化办理流程、降低融资成本、提高贷款额度，拓宽企业融资渠道。”

第五章 深圳市产业发展路径研究

为了推进深圳市脑科学产业进一步增强，基于本报告上述章节的导航及定位分析内容，本章从产业结构优化、技术创新引进提升、企业整合培育、创新人才培养、专利运营路径五个方面为深圳市和各类创新主体提供产业发展建议。

5.1 深圳市脑科学产业专利布局特点

从前面分析来看，深圳市在脑科学产业的专利申请量为3994件，在全国城市中排名中位居第四位，创新实力较为突出，但专利储备量与北京市及上海市仍有较大差距，略低于杭州市。

深圳市脑科学产业布局比较完整，全面覆盖了脑图谱技术、脑认知和诊疗、类脑智能等三个技术领域，专利布局以脑认知和诊疗领域为重点，约占深圳市脑科学产业专利申请总量的57.56%。

对标全球、国外、中国整体以及广东省，深圳市与全球、国外、中国整体以及广东省的产业结构布局相似，仅在各技术分支的布局比例上有一定的差别。

表 13 深圳市脑科学产业创新结构对比

产业创新结构对比					
技术分支	全球	国外	中国	广东省	深圳市
脑图谱技术	23.33%	18.48%	31.25%	34.22%	32.75%
脑认知与诊疗	41.10%	32.66%	54.87%	68.04%	57.56%
类脑智能	13.35%	12.23%	15.19%	17.86%	18.23%

数据来源：cnipr&incopat，截至 2024 年 11 月

从深圳市脑科学产业主要技术分支的创新能力来看，深圳市脑科学产业重点方向上的主要技术分支上均有专利布局，并且在多个技术分支的专利申请量在全国城市中排名前五。其中脑认知和诊疗领域的专利数量最多，其次为类脑智能领域。

在脑认知和诊疗领域，从排名来看，深圳市在脑认知和诊疗领域的三个主要细分领域——**脑功能解析、脑疾病诊疗、神经调控**领域均具有一定优势，专利申请量均仅次于北京、上海和杭州。进一步对这三个细分技术领域的专利申请量进行分析，从专利申请量情况来看，脑图谱技术领域的成像技术、脑认知和诊疗领域的脑疾病诊疗技术、类脑智能领域的类脑器件技术的专利申请量较高。

从深圳市与北京市脑科学产业主要技术分支的专利申请量来看，深圳市与申请量排名第一的北京市还具有一定的差距，在脑认知和诊疗技术领域以及脑图谱技术领域差距相对较小，在类脑智能领域差距相对较大。

从全国脑科学产业专利申请量排名前二十的创新主体来看，深圳市仅有1个创新主体跻身进入全国前列，即中科院深圳先进技术研究院，位列全国第四。

从深圳市脑科学产业的技术创新主体来看，企业是主要的技术创新主体，但高校和科研院所的作用也很重要。其中，中科院深圳先进

技术研究院和深圳大学是深圳脑科学产业表现最突出的两个创新主体，在技术研发方面的深厚底蕴。

5.2 深圳市产业布局结构优化建议

随着科技进步，科技创新在产业竞争中已处在越来越重要的地位。专利是实现科技研发向现实生产力转化的一个重要关口，是最贴近生产力的知识产权表现形式。通过有效地发挥专利在产业结构调整中的作用，提高企业技术创新能力和研发投入效率，增强企业市场竞争能力，实现产业的可持续发展。

深圳具有良好的政策环境、坚实的产业基础、强大的资本实力和广阔的市场空间，为脑科学产业快速发展提供得天独厚的条件。深圳市先后出台《深圳市新一代人工智能发展行动规划（2019-2023）》

《深圳市建设人工智能创新应用先导区实施方案》等规范文件，在制度层面率先探索，为脑科学产业发展营造出良好环境。虽然深圳市脑科学产业在广东甚至全国处于前列，产业覆盖较为完整，但与北京市、上海市的专利储备量仍有一定差距。因此有必要从以下几个方面进行产业布局调整：

第一方面，类脑智能是制约脑科学产业后续发展的重要因素，深圳市可依托优必选、深圳先进技术研究院的技术积累，加快推进类脑智能技术研发进程；

第二方面，继续强化脑图谱技术领域的布局力度及技术水平，适当加大脑图谱技术领域在脑科学产业中的比重，加强脑图谱技术涉及的核心关键技术方面的技术研发水平；

第三方面，巩固加强脑认知和诊断的技术应用投入，推动脑疾病诊疗技术落地健康发展。

5.3 产业技术创新引进提升路径

本部分是利用专利实现技术创新和引进提升路径的规划，主要从区域领先产业环节的技术提升路径、区域重点产业环节的技术赶超路径、区域有待发展产业环节的技术加强路径，以及区域薄弱产业环节的技术引进路径四个方面来阐述。

从区域领先产业环节角度看，现阶段，深圳市在脑科学产业中的成像技术（磁共振成像、脑电图、脑磁图、脉冲光成像）、神经调控（光遗传、超声刺激、电磁刺激）等分支中的专利数量配置处于相对领先的地位，从排名上来说仅次于北京市、上海市、杭州市位居全国区县第四的位置，也具备一定的专利储备量优势。可以从以下两个方向考虑这些技术环节的导航路径：

第一方面，优化专利布局方向。首先从技术上要通过专利关注同行的研发布局状况，并及时制定合理的策略进行规避；其次要围绕自身的核心技术开展专利的挖掘，通过新的专利组合提高自身知识产权指标；再次是要重视海外市场的专利布局；最后是提升专利质量和数量，企业创新能力和核心竞争能力是企业在行业内身份及地位的象征。

第二方面，提高龙头企业的专利控制力。目前除深圳先进技术研究院外，深圳市的大部分的创新主体在脑科学产业配置中并不具备充足的专利控制力，在产业的某些环节，尤其是在脑功能解析（感知觉和运动、学习与记忆、语言、意识）等方面的技术，几乎处于“毫无专利控制力”的情形，所以，必须明确专利控制力对地方产业配置主动性的巨大作用，利用前一方向的专利策略提高龙头企业在整个产业中的专利控制水平，鉴于专利中蕴含的法律因素，这样就能将此产业配置的整体决定权由完全的企业层面向地方政府层面转移，从而更好地发挥地方政策对产业转型、升级的指导和促进作用。

从区域重点产业环节角度看，深圳市在脑科学整个产业链的多个分支，包括神经发育障碍（孤独症、智力障碍、强迫症等）、精神性疾病（躁郁症、焦虑症、精神分裂）等，虽然具备一定的专利申请量以及技术积累和创新实力，但与在中国处于领先地位的北京市等相比还是存在不小的差距。针对这一环节，应该鼓励区域内相关的企业根据自身的技术发展战略，以本次专利导航项目获得的专利数据作为数据基础，建立适合本企业技术研发特点的专业预警数据库以及适合企业特点的重要竞争对手（包括IBM、美敦力、浙江大学、电子科技大学、清华大学、天津大学等）数据库，并通过预先对专利数据库的加工，实现专利技术向实际研发技术的“映射”，不仅能使企业研发技术人员轻易地捕捉到专利数据中蕴含的创新点，动态地调整研发方向，减少研发成本的浪费，还能帮助企业决策人员及时地观察到竞争对手产品产出对本企业的影响，以便从战略角度对公司的技术发展和创新决策做出正确的判断。

从区域薄弱产业环节角度看，深圳市在类脑智能中的**类脑芯片**（脉冲芯片、视觉芯片）以及**类脑器件**（类脑机、类脑机器人）、脑机接口等环节处于相对薄弱的水平，技术配置的缺失性特征以及亟待提升特征明显，针对这种情况，可以考虑从专利入手寻找能够进行引进的技术源。通过报告中对龙头企业研发重点方向及热点的讨论可以看出，**天津大学、清华大学、浙江大学**等创新主体在“**脑机接口**”、“**类脑计算**”、“**类脑芯片**”领域的专利申请量较高，具备相对明显的技术创新优势，可以考虑从上述创新主体中引入技术或进行合作，以弥补自身在此方面的不足。

5.4 企业整合培育引进路径

本节内容是专利导航下的企业整合培育引进路径，一般从如下两方面入手进行考虑：首先是企业培育与整合路径，根据区域内企业在产业链所处的环节不同制定不同的路径规划；其次是外部企业的引进与合作路径，针对区域内创新的薄弱点或技术空白领域，引入在该技术领域中具备技术研发优势和创新实力领先的申请主体或者与其进行合作。

5.4.1 基于创新主体技术和市场发展特点的差异性整合培育路径

根据创新主体目前的经营规模和专利水平，本章将创新主体分成龙头型创新主体、综合型创新主体、技术特色型创新主体，以及中小型创新主体四类进行阐述。

龙头型创新主体在路径选择上往往从企业自身专利的组合布局、追踪国外竞争对手研发创新动态以及海外专利布局三方面入手进行考虑，例如中科院深圳先进技术研究院，其在“脑认知及诊疗”（尤其是“脑疾病诊疗”方面的技术）分支上有较强的专利布局量，另外对脑图谱技术和类脑智能等分支的覆盖度上也有一定的优势，所以知识产权方面的竞争状况在国内市场处于相对安全和稳固的地位，故建议其可以重点从国外竞争对手的跟踪为基础，并借助海外专利的布局提高自身研发和创新主动性。

对于**综合型创新主体**来说，由于其研发和创新覆盖多个环节，技术分支“相对大而全”的特征明显，路径往往是从全产业链的综合发展入手，例如对于深圳市的深圳大学、清华大学深圳国际研究生院等来说，可以从产品链的扩展方面出发进行创新行为的开展。

对于**技术特色型创新主体**来说，其优势在于特定技术类型的研发和创新，创新环节凸显“小而精”的特点，所以路径选择上有两种：

一是继续强化其固有技术优势，例如对于平安科技（深圳）有限公司来说，可以继续增强其在睡眠、辅助睡眠等脑功能解析等方面的技术优势，而优必选可以继续在意脑机器人方面积累创新和专利优势；二是从区域整体角度出发，加强综合型创新主体和技术特色型创新主体之间的技术研发和创新的联合，形成“大而全+小而精”的优势互补效应，既能在共同优势环节合作，又能在不同优势环节互补。

中小型创新主体由于自身规模原因，在研发实力上与大型创新主体存在一定的差距，但在灵活性上有一定的优势，所以，这类主体一般从鼓励研发创新、技术二次引进开发以及提升知识产权意识三方面进行考虑，具体到深圳市的情况，以深圳心流科技有限公司为例，其应该保持目前在脑活动监测和类脑器件等方面的优势，同时，从脑科学产业智力密集型的特点入手，充分利用知识产权的手段对自身创新成果进行保护。

5.4.2 基于技术分支特点引进领先创新主体或开展技术合作

除了上节中对本地创新主体进行培育和整合外，深圳市还可以加大对不同技术方向中领先创新主体的引进及合作力度，以达到优化自身产业链条的目的。

下表是根据深圳市脑科学技术分解表中不同技术分支的国外、中国以及广东省（除深圳市）不同区域范围内的创新主体名单。从中可以看出，国外创新主体多为技术链条更为完整的综合性的企业，譬如IBM、美敦力、波士顿科学、飞利浦、西门子、THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA（加利福尼亚大学）等；而中国范围内的创新主体更多的是技术更为全面化和通用化的研发机构，例如大学、研究所等。

从技术引进及合作实现的角度看，企业类的创新主体可以利用制定针对性的扶持政策，从资金、人才、土地、税收等方面给予支撑，例如可以通过吸引这类企业派遣高端研发人员到深圳市进行研发合作，与企业合作建设脑科学技术相关的研发中心（实验室），与这些企业开展脑科学技术在相关行业的应用试点，与企业合作建立脑科学产业孵化器，引导初创团队开发基于此类技术的商业服务或产品等，既能依靠这些企业提高本区域技术创新的整体级别，还能利用这些企业多产品线的特点带动本地区相关技术的发展，实现集群化的效果。国内研究型创新主体（高校及研究所）可以采用与本区域企业进行产学研合作的方式进行引入。

表 14 深圳市脑科学产业领先企业引进策略及引进名单

技术方向	国外引入或合作创新主体参考	国内引入或合作创新主体参考	省内引入或合作创新主体 (除深圳市)
成像技术	GE HEALTHCARE LIMITED、SIEMENS、 GENERAL ELECTRIC COMPANY、PHILIPS、 TOSHIBA	天津大学、杭州电子科技大学、浙江大学、电子科技大学、浪潮、上海联影	华南理工大学、广东工业大学、广州视源电子
脑活动监测	CYBERONICS、ZETO、 INTERAXON、RAUMEDIC AG、BOSTON	中国科学院上海微系统与信息技术研究所、上海交通大学、清华大学、复旦大学、中国科学院空天信息创新研究院	季华实验室、中山优感科技
脑功能解析	THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA、IBM、 MEDTRONIC	浙江大学、天津大学、杭州电子科技大学、北京航空航天大学	华南理工大学、广东工业大学、华南师范大学
脑疾病诊疗	THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA、MEDTRONIC、 CALIFORNIA、 PANASONIC、CYBERONICS	浙江大学、天津大学、四川大学华西医院、电子科技大学	华南理工大学、中山大学、广东工业大学、广州双悠生物科技有限公司
神经调控	BOSTON、MEDTRONIC、 CYBERONICS、THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA、DUKE UNIVERSITY	北京品驰医疗设备、天津大学、上海交通大学、清华大学、浙江大学	华南理工大学、中山大学、广东工业大学、广州雪利昂生物科技
类脑芯片	IBM、SAMSUNG ELECTRONICS、	浙江大学、清华大学、成都时识科技、之江实验室、北京大学、北京	上海时识科技、广东省智能科学与技术研究院、广州建

	CAMBRICON TECHNOLOGIES、BOSTON SCIENTIFIC	灵汐科技	软科技
类脑 器件	MEDTRONIC、BOSTON SCIENTIFIC 、SOFTBANK 、 THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA、IBM	清华大学、浙江大学、天津大学、 北京大学、华中科技大学、北京品 驰医疗设备	广东工业大学、华南理工大 学、中山大学、广州商研网 络科技有限公司、广州润杰 医疗器械
脑机 融合	GALVANI BIOELECTRONICS 、 NEUROLUTIONS、 NEURONEXUS TECHNOLOGIES、	天津大学—西安交通大学、杭州电 子科技大学、浙江大学、清华大学、 武汉衷华脑机融合科技发展有限公 司	华南理工大学、华南脑控(广 东)智能科技、广东王业夫 学、人工智能与数字经济广 东省实验室(广州)、中山夫 学

5.5 创新人才引进培养路径

5.5.1 建立深圳市脑科学产业技术人才数据库，注重培养本土研发团队

深圳市脑科学领域的研发人员储备实力在全国处于前列，具有较大优势，现有创新人才专利产出值也较高。建立深圳市脑科学产业战略人才数据库，可以更加科学合理制定人才管理策略，提高人才的利用效率，更好地发掘和培养人才，提升区域产业竞争力和战略实施能力。

深圳市脑科学产业已拥有一批优势研发团队。其中，中科院深圳先进技术研究院已于2014年11月16日揭牌，并在2016年11月19日正式成立了脑认知与脑疾病研究所（简称脑所），脑所共有包括脑功能图谱与行为研究中心、脑认知与类脑智能研究中心、神经发育与退行性脑疾病研究中心、基因编辑脑疾病动物模型研究中心、内尔神经可塑性诺奖实验室、神经系统疾病转化研究中心和脑信息中心等7个研究中心。

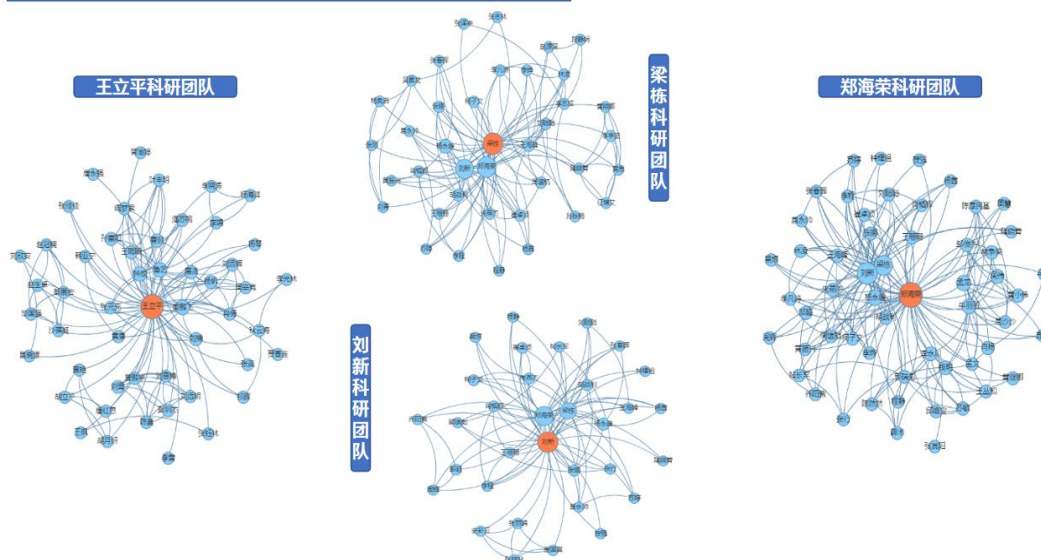


图 22 中科院深圳先进技术研究院创新成果突出科研团队

脑所主要包括多个高水平研发团队，其中以王立平、郑海荣为带头人的团队创新成果最为突出。王立平是中科院深圳先进技术研究院脑认知与脑疾病研究所的所长，同时担任深港脑科学创新研究院院长，中国科学院脑联结解析与调控重点实验室主任，以及广东省脑连接图谱重点实验室主任，其在国内建立了完善的神经解析和调控技术研究平台，在光遗传技术研发、光-神经界面构建、神经环路精确调控等方面展开了一系列的工作。他申请了超过180件国家发明专利（其中已获授权超过100件），并将团队研发的光遗传相关技术辐射到全国超过600家实验室，这些技术在国内的推广和应用，为推动神经系统疾病病理生理机制和诊治新策略研究做出了实质性贡献。

郑海荣是中国科学院深圳先进技术研究院的副院长，主要研究领域集中在医学成像技术与系统研发、信息技术与理论方法在医学成像中的应用。他的研究团队在成像技术和脑疾病诊疗及神经调控方面做出突出贡献。一是快速磁共振成像技术，团队突破了传统磁共振成像速度慢的难题，发展了软硬协同的多先验融合快速磁共振成像体系，解决了亚毫米脑血管精细斑块成像、毫秒级动态器官实时扫描等临床

难题；二是超声定量弹性成像系统，提出了新的理论方法，并研制成功超声定量弹性成像系统，为疾病早期诊断提供了定量技术；三是磁共振引导超声无创神经调控与深部脑刺激技术，团队研发了相关技术与系统，实现了可编程微尺度超声操控和多维声镊技术，为超声成像及诊疗一体化技术提供了理论基础和技术支撑。

除中科院深圳先进技术研究院外，深圳市其他企业和科研机构在生成脑科学领域还拥有4个创新能力较为突出的研发团队。

韩璧丞博士作为深圳市心流科技有限公司的创始人，拥有丰富的医疗设备研发经验，并在医疗设备领域取得了多项专利，曾在麻省理工人工智能实验室、BethIsrael医学中心、NASA、美国国防高级研究计划局等知名机构的任职，并在Elife、Science等世界权威学术期刊上发表过多篇著作。2017年之后，韩璧丞研发团队在脑活动监测、脑功能解析、类脑器件等技术领域有所产出。

熊友军，现任深圳市优必选科技股份有限公司的首席技术官（CTO），同时担任公司董事及多个高管职务。在深圳市脑科学产业专利发明人中排在第11位。曾负责多项科技部创新基金项目和国家863计划项目，从事机器人相关技术研究近二十年，其领导的团队开发出了多款明星机器人产品，如Alpha机器人、JimuRobot和Walker等，这些产品在多个重要展会上获得了高度评价和广泛关注。该团队自2016年至2021年均有专利申请公开，研发持续性好，活跃度较高。

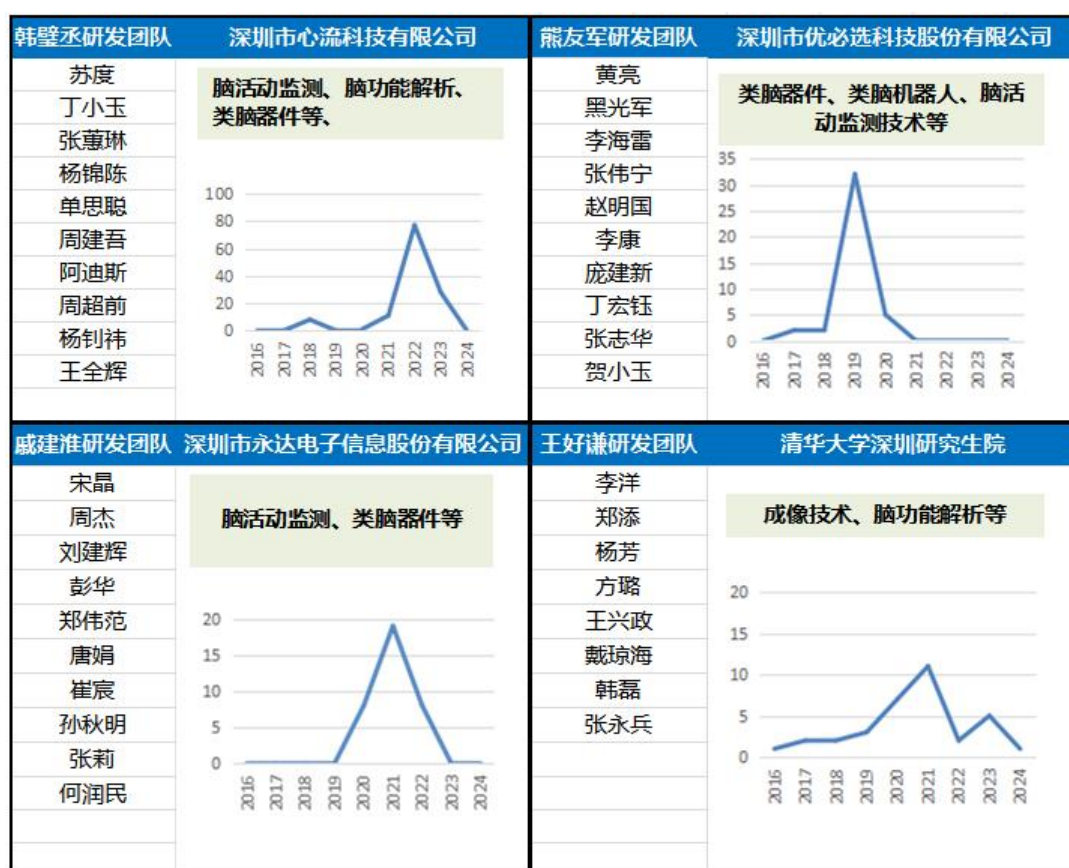


图 23 深圳市脑科学产业细分领域核心研发团队培养

戚建淮作为永达电子的董事长，积极参与并推动了公司在网络安全领域的多项重要成就，带领永达电子积极探索5G毫米波通信领域，基于先进的计算体系，扎根于网络安全和5G毫米波通信两条行业赛道。永达电子的5G毫米波专网基于类脑超算架构的5G超强算力构建，支持海量机器通信，并支持以任意拓扑、任意规模、任意方式进行组网，展现了其在5G毫米波通信领域的强大实力和创新能力。该团队创新研发集中在2019-2023年，重点研究内容集中在脑活动监测和类脑计算等领域。

王好谦教授是清华大学深圳国际研究生院的一名杰出学者，拥有丰富的学术背景和研究成果，其团队开发了一种实时荧光成像去噪架构（DeepCAD-RT），该架构能够在双光子荧光显微镜上实现实时的荧光成像去噪，该创新方法在神经钙成像实验和免疫细胞三维迁移观测等方面展示了显著的应用潜力。与王好谦共同参与研发的发明人共

计8位，研发成果主要涉及成像技术和脑功能解析等技术方向。该团队专利布局从2016年一直延续至今，持续保持研发强劲动力。

深圳市在脑科学产业储备了大量发明人，创新人才优势较为突出。但也存在一定人才流失问题，应加以重视。

5.5.2 建立国内高校类脑智能人才联合培养机制

通过建立国内高校类脑智能人才联合培养机制，提高深圳市脑科学产业类脑智能技术核心竞争力；脑科学产业各技术方向中，深圳市在脑认知和诊疗及脑图谱技术领域的创新人才储备具有一定优势，类脑智能领域创新人才储备优势相对不足。而类脑智能对于脑科学产业来说，是未来发展的重要趋势，和人工智能技术的重点交叉融合领域。只有不断加强类脑智能领域的研发和创新，才能推动深圳市脑科学产业的持续发展和进步，提升综合实力和国际竞争力。

相对来说，我国高校在脑科学产业的类脑智能技术领域拥有一定的技术优势，建议深圳市可以建立由政府主导，企业积极参与的校企合作基础人才培养机制，借助高校的理论资源、科研能力、研究成果等优势，重点通过教育培训、项目合作、实习基地、联合培养、人才引进等形式促进区域技术创新，提高深圳市脑科学类脑智能领域核心竞争力。

（一）脑机接口技术领域优势团队——天津大学明东团队

明东教授是天津大学副校长、讲席教授，国家杰出青年科学基金获得者（医学科学部），首批国家优秀青年科学基金获得者（医学科学部），国家“万人计划”专家，科技部中青年科技创新领军人才，第二批天津市杰出人才，国务院政府特殊津贴专家，教育部科技委委员，天津大学医学部执行主任、医学工程与转化医学研究院院长、卫健委国家健康医疗大数据研究院院长、教育部智能医学工程研究中心主任、

天津脑科学与类脑研究中心主任、脑机交互与人机共融海河实验室执行主任；全国政协委员、九三学社中央委员、九三学社天津市委员会副主委；IFESS Life Member、中国生物医学工程学会青年工作委员会主委。近年来主持承担包括国家自然科学基金重点项目、重大计划重点项目，以及国家重大应用类项目等在内的10余项课题，担任国家重点研发计划“智能机器人”重点专项负责人；获授权国家发明专利、PCT国际专利及软著100余项；论文入选英国物理学会IOP高被引奖、JNE Highlight、JNER Highly Accessed、IEEE TBME Cover等，并被Science、Nature专刊报道；获第二十四届中国科协求是杰出青年奖等多项荣誉；相关成果入选国家“十三五”科技创新成就展、“奋进新时代”主题成就展等。

（二）类脑芯片技术领域优势团队——清华大学施路平团队

施路平，清华大学教授。1992年从德国科隆大学获得科学博士；1993—1996年，曾在德国弗朗霍费应用光学和精密仪器研究所和香港城市大学做博士后；1996—2013年期间，历任新加坡科学院数据存储研究院高级研究工程师，主任研究工程师，科学家，资深科学家，光学材料和系统实验室主任，非易失性存储器实验室主任，新加坡科学院人工认知存储器实验室主任。在过去的十多年中，参与创建并领导了研究院的半导体非易失性存储器，光存储，人工认知存储器研究领域。研究领域包括信息存储，人工认知存储器，自旋电子学，集成光电子学，纳米工程等，是人工认知存储器的主要开拓者之一，2012年入选千人计划（A类，全职）。

该团队成员裴京是清华大学精密仪器系副研究员、博士生导师，从教30余年，3次获得清华大学先进工作者。先后在Nature等学术期刊发表论文50余篇，获国家发明专利授权40余项，国际发明专利授权

2项。曾获得国家发明二等奖、国家科技进步二等奖各1项，省部级科技奖励3项。近年来的研究重点是神经形态工程和面向人工通用智能(AGI)的类脑计算芯片及系统。

另一成员是李路明，工学博士，教授，中国科学院院士，曾任清华大学航天航空学院党委副书记、常务副院长、院长。研究方向为人机与环境工程、脑起搏器、神经调控，曾获国家科技进步奖一等奖，全国创新争先奖，北京市先进工作者称号等。

（三）类脑机器人技术领域优势团队——浙江大学潘纲团队

潘纲是浙江大学计算机学院教授、博导，脑机智能全国重点实验室主任，国家杰出青年基金获得者，入选国家“万人计划”科技创新领军人才，计算机系统结构与网络安全研究所所长，中国人工智能学会会士、常务理事、脑机融合与生物机器智能专委会主任委员，中国自动化学会机器人智能专业委员会副主任委员，中国神经科学学会类脑智能分会副主任委员、脑机接口与交互分会副主任委员。主要研究方向为人工智能、脑机接口、类脑计算、计算机视觉、普适计算等。

马德是共同研发次数最多的成员，是国家级青年人才，浙江大学计算机学院副教授，博导，主要研究方向为神经形态计算芯片(Neuromorphic)，神经网络处理器(NPU)，片上系统芯片(SoC)等，负责“达尔文”系列类脑计算芯片研发，成果获得“获2020世界互联网大会领先成果奖，入选“2021科创中国”先导技术（电子信息领域）榜单”。

（四）脑机交互技术领域优势团队——西安交通大学徐光华团队

徐光华教授现任西安交通大学机械工程学院仪器科学与技术系主任、现代检测仪器研究所所长、中国振动工程学会故障诊断分会理

事、仪器仪表学科委员会测试学组委员。网络化监测诊断技术、计算机虚拟仪器、机械信号处理和人工智能应用。

谢俊，博士，副教授，博士生导师，现任教于西安交通大学机械工程学院。其主要研究领域集中在脑控机器人与康复应用。这一领域的研究旨在通过脑机接口技术，实现人脑与机器之间的直接通信，从而帮助残疾人或行动不便的人群恢复或增强其运动能力。谢俊的研究不仅具有重要的理论意义，更在实际应用中展现出巨大的潜力。

李敏是共同研发次数较多的成员，其现任西安交通大学助理教授，博士生导师，主要研究方向集中在柔性储能与传感技术，特别是宽温域可穿戴柔性微型储能器件和高可靠超声换能器封装及测试技术。这些研究不仅具有重要的理论意义，还具有广泛的应用前景，如智能穿戴设备、医疗健康监测等领域。

除以上4个团队外，在类脑智能技术领域具有较大创新优势的发明人还包括：中国科学院院士、原北京大学党委常委、副校长黄如教授；杭州电子科技大学智能控制与机器人研究所余青山副教授，其主要研究方向包括机器学习、模式识别、生物医学信号处理、脑-机接口及相关应用等；繆向水是华中科技大学集成电路学院院长、武汉国际微电子学院院长、武汉光电国家研究中心微纳电子学方向召集人、信息存储材料及器件研究所所长、蔡少棠忆阻器研究中心主任，其主要研究方向是三维相变存储器、忆阻器、类脑智能计算等；孙清清教授是复旦大学微电子学院的研究员和博士生导师，其研究领域主要包括纳米CMOS器件、低介电常数介质和先进铜互连技术、涉及类脑芯片、类脑器件等。

这些发明人都可以作为深圳市脑科学产业创新人才引进培养潜在目标。通过与其合作，进行教育培训、项目合作研发、实习基地、联合培养、人才引进等形式促进区域技术创新。

表 15 类脑智能领域潜在创新人才引进培养名单

核心人才	隶属单位	主要技术方向
明东	天津大学	脑机接口、脑机融合、类脑机器人
许敏鹏		脑机接口、类脑芯片、类脑机器人、类脑器件
慕宏志		脑机接口、神经与康复工程、生物医学信息处理
何峰		神经工程、生物医学信号检测与处理、嵌入式医学仪器
陈龙		神经反馈调控、运动学习、脑机接口
万柏坤		医学成像与图像处理技术、肿瘤诊治物理技术及医学仪器
高忠科		新型传感器技术、脑机融合与混合智能、脑控康复机器人
施路平	清华大学	类脑芯片、类脑器件、信息存储、人工认知存储器
裴京		类脑芯片、神经形态工程、类脑计算芯片及系统
李路明		人机与环境工程、脑起搏器、神经调控
潘纲	浙江大学	脑机接口、类脑计算、类脑机器人、脑机智能
马德		神经形态计算芯片、神经网络处理器、片上系统芯片
吕攀		类脑计算机、类脑器件
徐光华	西安交通大学	脑机接口、康复机器人、网络化监测诊断技术
谢俊		脑电信号处理技术、脑-机交互、脑控机器人与康复应用
李敏		机器人触觉反馈、康复机器人、机器人脑机电控制
黄如	北京大学	类脑芯片、类脑器件、纳米尺度新器件等
余青山	杭州电子科技大学	机器学习、生物医学信号处理、脑-机接口及相关应用
缪向水	华中科技大学	三维相变存储器、忆阻器、类脑智能计算
孙清清	复旦大学	类脑芯片、类脑器件等

5.5.3 充分利用省内人才资源，巩固提升脑认知和诊疗技术及脑图谱技术领域优势

广东省及深圳市拥有数所优质高校及科研院所，如华南理工大学、中山大学、广东工业大学、深圳先进技术研究院、华南师范大学、深圳大学、广州大学、清华大学深圳国际研究生院、暨南大学等，在脑科学产业领域均具有较大技术创新优势。深圳市可充分利用这些省内人才资源，挖掘创新潜力，扩大企业和高校院所产学研合作范围，进一步提高区域内脑科学产业研发能力，特别在脑认知和诊疗及脑图谱技术领域加强技术优势。

广东省及深圳市内高校院所人才资源十分丰富，尤其在模型应用与优化和自动生成内容领域都已拥有较大创新优势的研发团队。如华南理工大学在脑科学领域拥有超过6个研发团队，各研发团队均在脑功能解析、感知觉和运动、学习与记忆、语言、睡眠等方向有较多研发成果，部分团队在神经退行性疾病、光遗传、超声刺激、电刺激等方向也有较多专利申请。广东工业大学在生成式人工智能领域拥有超过5个研发团队，各团队均在脑疾病诊疗技术的神经发育障碍、神经退行性疾病和神经调控方向有较多研发成果，部分团队在脑功能解析、成像技术及脑活动监测方向也有较多研发成果。

除华南理工大学和广东工业大学外，中山大学、华南师范大学、广州大学等其他高校院所也拥有具有一定研发基础的团队。深圳市可以通过政府牵头，联通企业和高校重点发明人及其研发团队，根据双方的需求和实际情况选择适合的合作方式。如聘请专家顾问、联合研究项目、共建研发平台、人才交流和培养等。通过合作，促进企业和高校之间的知识交流、资源共享、人才培养及流动，提高研究效率和成果实用性，促进科技创新和产业发展，实现互利共赢的局面。

表 16 省内高校院所潜在创新人才培养名单

隶属单位	重要创新人才	主要技术方向
华南理工大学	李远清、吴凯、徐向民、张通、杨荣穹、陈俊龙、余天佑、韩俊南、陈秀文	脑功能解析、感知觉和运动、学习与记忆、语言、神经退行性疾病、神经调控、光遗传、超声刺激、电刺激
广东工业大学	曾安、潘丹、凌永权、王卓薇、谢胜利、程良伦、杨其宇、杨宝瑶、杨志景、刘庆	脑功能解析、感知觉和运动、睡眠、脑疾病诊疗技术、神经发育障碍、神经退行性疾病、超声刺激、电刺激、磁刺激
中山大学	张贺群、林惊、蔡庆玲、吴万庆、梁小丹、周凡、王若梅、何鸿奇、林满盈、孙玮	脑功能解析、感知觉和运动、脑疾病诊疗技术、神经发育障碍、神经退行性疾病、神经调控
华南师范大学	朱定局、潘家辉、翁旭初、梁九兴、王斐、郭强、金雪梅、陈娟、朱绘森、彭琪钧	脑功能解析、感知觉和运动、学习与记忆、语言、意识、睡眠、脑疾病诊疗技术
广州大学	伍冯洁、朱静、王力、彭伟龙、牛子晗、尹邦政、杜晓楠、何演	脑功能解析、感知觉和运动、学习与记忆、语言、意识、睡眠、脑疾病诊疗技术
华南农业大学	邓小玲、黄栋、肖德琴、王国华、兰玉彬、陈定华、徐元琨、方思国	神经调控、光遗传、超声刺激、电刺激、磁刺激
暨南大学	陶倩、孔锐、陈观茂、王颖、雷小林、闫志航、王小平	脑疾病诊疗技术、神经发育障碍、神经退行性疾病
广东技术师范大学	戴青云、林智勇、贾西平、廖秀秀、崔怀林、关立南	脑功能解析、神经发育障碍、神经退行性疾病、电刺激、磁刺激

5.6 专利运营强化路径

从专利数据分析角度看，深圳市脑科学产业专利运营实力虽然稍高于广东省整体实力，但仍低于全国平均水平，同时主要以集团公司内部或关联公司之间的专利转让为主，真正涉及外部商业化的运营活动并不多。从各技术分支专利运营数量占全国该技术分支专利运营量的情况来看，深圳市在此领域中各子技术分支的整体专利储备量均不高，且大多覆盖在专利转让活动中，专利许可和专利质押的专利运营活跃度水平较低。所以整体上目前深圳市在此领域的专利运营活动难以有效实现专利价值。

（1）**政府层面：**根据企业在开展专利运营活动中遇到的不同问题，制定针对性的策略引导企业有效开展知识产权运营工作

为激励创新主体专利运营活力，促进高质量专利转移转化，深圳市印发了《深圳市关于金融支持科技创新的实施意见》等政策，从构建金融支撑科技创新体系、提高科技型企业融资支撑力度等方面提出了一系列的措施，例如已建成科技成果和知识产权交易中心，“鼓励知识产权质押融资保险模式创新，鼓励有条件的区研究建立知识产权质押融资保险奖补机制和‘政府+保险+银行’的融资增信机制等”。

具体来说，针对深圳市目前在脑科学产业中存在的运营方式单一（专利转让占大多数）、用于运营活动的专利储备量低等多种问题，政府层面应结合当地在此产业中的发展特点，深入企业内部，详细调研企业在专利运营中遇到的问题，并根据问题梳理出相应的专利运营策略。建议可以从制定激励政策、提高专利运营能力、疏通专利运营信息等维度制定调研提纲：针对制定激励政策可重点调研当地企业对激励政策的认识，激励政策的补贴范围、补贴条件、补贴方式等；针对提高专利运营能力可重点调研当地从业企业是否具备寻求与外部创新主体进行合作的能力和意愿，在进行商业化专利运营行为过程中是否具备相应的知识和人才，在提高此产业高价值（技术价值和市场价值）专利储备量的过程中是否存在技术创新乏力、企业专利战略规划不清晰等问题；针对疏通专利运营信息方面可重点调研政府相关政策是否有效传达到企业层面，专利资产的提供方和需求方之间的联系是否通畅等。

（2）产业层面：建立深圳市脑科学产业中的交互式专利运营机制

从以目标为导向的视角出发，专利运营最终要完成的就是最大程度地盘活专利本身蕴含的资本价值。从本报告前面内容可以看出，目前深圳市脑科学产业中，无论是实体的技术创新，还是专利的积累，

都处于较为初级的阶段，且主要创新主体，如深圳市先进技术研究院本身对区域内的产业并无专利运营上的控制力。因此，综合而言，建议深圳市整体上根据上述技术特点和专利特点建立起交互式的专利运营机制，使得专利成果在技术创新的过程中完成转换，形成运营态势，最终贯穿起创新链和产业链。

首先，建议建立一个以专利为主导的脑科学产业创新库，并借助此产业创新库，将创新端（研发机构）、资金端（产业基金）、创新合作端（产业联盟），以及创新推进端（专利投资基金）进行有效整合，形成一种各端密切联系的方案，从而完成创新链和产业链的无缝衔接。在此机制方案中，创新端主要包括了企业以及研发机构（例如大学、研究所等），负责技术研发并输出初期的创新成果，然后利用专利投资基金，对初期创新成果进行更多的研发支持和法律保护，将初期创新成果进一步“包装”成高质量的专利资产，并将该专利资产注入此产业创新库中，创新库整合这些专利资产中包含的技术信息，继续完善初期创新成果中的技术缺陷和不足，最终协助创新端将初期创新成果变成相对完善的最终创新成果。

其次，通过此产业创新库与产业基金之间的衔接，引导产业基金对创新端的初期创新成果和专利资产进行投资，并借助公司化运营的方式完成产业化的目标。

再次，将此产业创新库与产业联盟进行衔接，引导联盟中的创新主体（企业）对最终创新成果和专利资产进行进一步的投资，成立企业，而创新端中的实体可以以专利资产入股的方式参与到企业经营中，最终实现其研究成果的资本化和产业化。