

2023年度广东省重点领域研发计划 “脑科学与类脑研究”重点专项申报指南 (征求意见稿)

脑科学与类脑智能技术是当前世界重要科技前沿，可推动人类健康和新一代人工智能技术发展。为有效统筹大湾区脑科学科研力量，培育承接国家脑计划任务的研究队伍，实现脑科学与类脑智能关键核心技术的自主可控，我厅启动实施2023年度广东省重点领域研发计划“脑科学与类脑研究”重点专项，进一步提升我省脑科学与类脑研究水平，为打造国内脑科学与类脑研究“第三极”奠定基础。

本专项基于理解认知大脑功能的结构基础，防治认知障碍性疾病，发展类脑智能。结合广东实际，以脑科学与类脑智能领域国际前沿科学问题为创新驱动动力，以脑疾病诊疗临床需求和智能产业市场化需求为牵引，从“紧密衔接国家脑计划，增强湾区优势研究领域，错位布局凸显湾区特色，坚持基础探索向临床转化”四个维度进行系统布局。

2023年度申报指南围绕“脑感知认知机理研究、脑重大疾病发病机理与干预技术研究、类脑计算与脑机智能研究、公共技术平台建设”等四个专题设置16个研究方向。其中，专题一至专题

三采用“竞争择优”方式，专题四采用“定向委托”方式。申报单位根据指南支持方向，围绕前沿科学问题和关键技术进行设计。项目应整体申报，完成该方向所列的全部考核指标，在广东省开展技术应用与示范。同一项目原则上支持1项，评审结果靠前且技术路线不同的项目可并行支持。项目执行期为3年，项目牵头单位和参与单位总数不超过3家。

专项项目所有涉及人体被试和人类遗传资源的科学研究，须尊重生命伦理准则，遵守《中华人民共和国生物安全法》《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》《涉及人的生物医学研究伦理审查办法》《人胚胎干细胞研究伦理指导原则》等国家相关规定，严格遵循技术标准和伦理规范。涉及实验动物和动物实验，要遵守国家实验动物管理的法律、法规、技术标准及有关规定，使用合格实验动物，在合格设施内进行动物实验，保证实验过程合法，实验结果真实、有效，并通过实验动物福利和伦理审查。

专题一：脑感知认知机理研究

1.1 脑认知的突触可塑性基础研究

研究内容：揭示神经突触形成与可塑性调控的分子机制；解析突触前、后关键信号分子机器的形成与调控机制及结构基础；理解编码神经突触蛋白的基因突变对突触可塑性、神经信号传导及脑功能的影响，以及在脑重大疾病发生和发展中的作用和机理，特别是相态失衡如何影响突触可塑性，以及病理性蛋白及其凝聚体在神经系统疾病进程中的作用。在此基础上进一步开发新的体

外诊断技术和标记物，并设计和筛选调控蛋白相分离等突触调节系统的小分子抑制剂，探索改善蛋白质稳态的天然产物和药物的合成。

考核指标：阐明兴奋性和抑制性突触后3~4种受体蛋白的转运、定位与聚集的分子机制；在不同类型的突触中，阐明3种以上介导突触前囊泡存储和释放的分子机制；理解3种以上突触蛋白基因突变引发孤独症、精神分裂、抑郁症等神经精神疾病的分子机理；鉴别5~10种以上具有潜在治疗作用的靶点，用于基因突变导致的神经精神疾病的诊疗。

支持强度：1000万元左右/项。

1.2 感觉及其异常的神经机制

研究内容：以机械力门控离子通道为核心，解析机械力门控离子通道的离子通透和门控机制，筛选其复合物辅助蛋白，系统地解析机械力门控通道及其辅助复合物在感觉中发挥作用的工作机制；揭示机械力门控通道或其复合物在感觉异常中的作用及其机制；运用单细胞组学等多种实验方法，研究感觉系统的神经细胞图谱和发育形成机制；揭示感觉异常情况下关键脑区的结构、功能以及单细胞时空动态图谱；探索感觉及异常的核心脑区的神经环路机制；筛选感觉异常的干预靶点和非药物干预范式。

考核指标（完成下列指标之一）：

（1）完成2个及以上机械力门控离子通道工作机制的解析，鉴定出2个以上辅助蛋白，揭示机械力门控离子通道的孔道区及其

机械门控机制；完成机械力门控离子通道或其复合物在2个以上感觉功能中的生理功能，揭示其发挥生理功能的机制。

(2) 解析绘制至少1种感觉神经元的发育图谱；基本阐明不少于2种感觉系统疾病模型的外周机制；解析1~2大脑核团及核团间神经环路在感觉系统疾病中的作用与机制；针对感觉异常，找到1~2个调控靶分子。

支持强度：1000万元左右/项。

1.3 感知觉和奖赏调节本能行为的神经机制

研究内容：利用神经环路示踪、在体记录、遗传学调控及组学分析手段研究视觉、痛觉等感知觉和食物、药物等奖赏调节本能行为的神经环路机制，解析感知觉和奖赏调节本能行为的环路可塑性分子机制，发展靶向感知觉和奖赏系统改善本能行为异常的新型干预策略。

考核指标（完成下列指标之一）：

(1) 发现不少于3条可介导视觉等感知觉调节警觉、摄食等本能行为的新环路；阐明介导感知觉动态调节本能行为的神经环路可塑性机制，并发现2~3种关键分子；提出2~3种靶向感知觉系统改善本能行为异常的干预方案（包括生物物理和药物方法）。

(2) 发现不少于3条可介导奖赏调节摄食、成瘾等本能行为的新环路；阐明若干种成瘾性物质诱导的奖赏环路可塑性变化及其对本能行为的动态影响机制，并发现2~3种关键分子；提出2~3种靶向奖赏系统干预成瘾行为的新方案（包括生物物理和药物方

法)。

支持强度：500万元左右/项。

1.4 神经认知老化的发展模式

研究内容：以老年人群为主要研究对象，构建早期识别异常神经认知老化的预测模型，以年为单位进行纵向追踪，通过磁共振技术、功能连接组、神经认知功能测量、人工智能建模等技术，研究病理性老化发生发展过程中的神经认知功能、神经影像及生物标志物的异常表征，比较抑郁症老年人及轻度认知障碍的老年人在神经认知功能上的差异，探索病理性老化的新型发病机制；构建早期预测异常神经认知老化的人工智能模型；开发针对老年人神经认知功能异常简单有效的评估方案和对有轻度认知障碍老年人的有效干预治疗方案。

考核指标：建立不少于600人的老年人大脑和神经认知功能的多维度数据库，包括健康老年人，有轻度认知障碍的老年人，抑郁症老年人，随访期为3年，失访率低于20%；收集该群体的临床特征、多模态神经影像（磁共振）、神经认知功能（记忆力、加工速度、工作记忆等）、血液样本及社会因子（家庭条件、社会支持、生活方式等）的数据；鉴定5种以上对异常神经认知老化作用明确及可干预的高危因素；建立异常神经认知老化发展的人工智能模型2~3个；提出1~2项简单有效评估异常神经认知老化的可行方案、一套针对有轻度认知障碍老年人的有效干预治疗方案及1~2个阿尔兹海默症早期神经认知功能异常的诊断标准。

支持强度：500万元左右/项。

1.5 多模态感觉整合与人类语言处理

研究内容：研究语言处理和语言学习中，大脑如何将模态特异的多感觉信息整合成超模态的、抽象的语言表征；揭示不同层级语言处理所涉及的多感觉整合神经计算机制；刻画不同语言障碍群体多感觉整合异常的认知机制和神经机理。

考核指标：建立多感觉整合与语言处理的多维度数据库，包括正常与语言障碍人群不少于600人，指标涵盖人口学信息、心理行为、多模态神经影像等方面的数据；揭示2种以上语言处理（如言语产生和理解）所涉及的多感觉整合神经环路和计算原理；鉴定3种以上与多感觉整合异常相关的语言障碍发生的高危因素；开发1~2套适用于汉语的，以多感觉整合为核心，兼顾高级认知功能的精准语言障碍评估、训练和康复方案。

支持强度：500万元左右/项。

专题二：脑重大疾病机理与干预技术研究

2.1 以脑肿瘤为模型解析额叶功能及其结构基础

研究内容：以脑肿瘤人群为主要研究对象，通过功能磁共振、唤醒手术、连接组学、影像组学、蛋白质结构解析、单细胞核测序、3D打印可视化、分子生物学及其他多组学技术，研究额叶肿瘤患者额叶中情绪、决策、注意、记忆、执行等功能的神经机制，解析额叶功能的神经环路；解析额叶中控制情绪、决策、注意、记忆、执行功能的分子、细胞机制，解析额叶功能的结构基础；

研究脑肿瘤血管免疫微环境、血脑屏障改变对额叶功能的影响及额叶功能障碍的分子机制；揭示神经元集群、局部和长程环路、全脑网络在额叶各项功能中的活动规律与因果性作用；探索脑肿瘤相关额叶功能障碍的早期预测及干预治疗方法。

考核指标：针对额叶各功能关键脑区，发现3~5种在情绪、决策、注意、记忆、执行等功能中发挥关键作用的环路机制；阐明3~5种情绪、决策、注意、记忆、执行等功能中被激活的神经元动态分子表达、电活动特征及其变化规律；揭示额叶功能的跨脑区和局部神经环路机制；阐明额叶功能的结构基础，明确3~5种控制额叶功能的关键蛋白、分子网络、细胞和环路机制；以单细胞分辨率解析额叶的分布式环路在情绪、决策、注意、记忆、执行中的神经元活动规律；揭示在额叶中发挥因果性作用的3~5个脑区，解析其跨脑区投射机制；阐明额叶肿瘤微环境及血脑屏障改变对额叶功能影响的具体机制，发现可用于干预脑肿瘤额叶功能障碍的5~8个靶点。

支持强度：500万元左右/项。

2.2 麻醉导致意识状态改变的机制

研究内容：针对麻醉如何导致意识状态改变这一复杂科学问题，重点研究在多药物、泛年龄、跨物种条件下，随意识状态改变的脑神经信号普遍特征。并在宏观、介观、微观多尺度条件下，对意识状态改变的脑网络功能特征、脑神经振荡信号和脑神经元活动进行研究，揭示麻醉导致意识状态改变的脑认知神经机制。

考核指标：寻找3~5个跨物种、泛年龄、多药物条件下，麻醉改变意识状态的宏观特征指标，揭示相应宏观特征在介观和微观尺度上的3~5个关键脑区和神经元活动机制，构建1个麻醉导致意识状态改变的模型，设计1套可用于多药物、泛年龄的麻醉时脑意识状态监测评估系统。

支持强度：500万元左右/项。

2.3 孤独症的早期诊断技术

研究内容：以孤独症高危队列和早期诊断队列为主要研究对象，研究孤独症早期行为和基于眼动、脑电和脑功能成像技术的表型，发现具有年龄特异性和诊断意义的标记物，基于人工智能技术研发新的孤独症早期诊断和预警体系，尤其侧重于对儿童进行隐蔽地、非入侵性、非接触式、自然无约束的有效诊断系统，并实现可推广的孤独症早期诊断方法。

考核指标：发现和验证3~5个新的孤独症早期预警（18个月以前）和早期诊断（18~30个月）行为和神经功能标记；研发出一套可移动的、可推广的，非接触式的基于自然情景人工智能辅助诊断系统，诊断准确性高于85%，和临床专家的诊断一致性高于85%。构建1套有较好预后预测价值的模型。

支持强度：500万元左右/项。

专题三：类脑计算与脑机智能研究

3.1 超大规模类脑芯片设计快速原型验证系统

研究内容：对标传统的如HAPS(Synopsys)、Protium(Cadence)

等芯片设计原型验证平台，构建针对类脑计算的神经元模型、突触连接规则、脉冲通信机制、超大规模互联等方案的支持，快速构建芯片原型验证系统，建立一系列面向类脑芯片的辅助设计的标准化、粗颗粒的类脑计算单元IP库与基础互连IP库，加速类脑模型和拓扑互联结构的快速迭代开发验证。

考核指标：验证系统支持INT4/INT8/INT16/INT32/FP32等多种计算精度；可模拟神经元规模1600万、神经突触规模160亿；支持单播/多播/组播等多种片上路由模式，片上路由延时低于30ns；支持高速板间通信互联扩展，对外高速互联总带宽不低于96Gbps；支持STDP等在线学习方法；支持JTAG/Ethernet/USB等多种调试接口；提供配套的模型构建和芯片设计映射工具。

支持强度：1000万元左右/项。

3.2 基于脑机制的触觉感知机理及功能重建技术

研究内容：以人类为研究对象，聚焦触觉感觉通路，采用脑电、脑磁图、磁共振成像等技术，研究触觉认知中多模态触觉信息的整合与感知代偿机制；研究汇聚多模态的基于脉冲神经信号与脉冲神经网络的通用触觉信息编码与解码方法，构建类脑触觉模型，实现触觉感知机理一模型的交叉验证；研究针对类脑触觉评估的基准数据集及评估方法，实现通用多模态触觉模型与人类触觉定量比较；研究触觉脉冲信号的特征，基于经皮电刺激方式建立电触觉模型，实现在体触觉感知重建；研究适配多模态的通用触觉模型计算的脉冲神经网络架构与极低功耗比的神经形态芯

片，形成能够嵌入各类应用的通用型多模态触觉处理系统。

考核指标：系统揭示神经—大脑触觉通路中多模态触觉信息整合、视听觉辅助触觉加工及多尺度感知代偿等机制，建立触觉认知计算模型；提供通用的搭载神经形态触觉探测装置的多模态触觉感知平台，在不少于5种触觉模态混合的自然场景定量评估中实现与人类触觉能力相当，实现模型在复杂触觉场景的应用验证；研制包含电极、芯片、软件、硬件的电触觉再现系统与超低功耗比的触觉处理专用芯片，计算能效相比现有商用通用芯片大大提升。

支持强度：500万元左右/项。

3.3 大规模高效能脉冲神经网络模型与算法研究

研究内容：研究具备生物可解释性的脉冲神经网络，探究脉冲神经元的拓扑结构、信息的脉冲编码方法、多层脉冲感知器等信息和机理；研究人脑信息处理机制，通过模仿人脑的作用机制及浅层神经网络的动态、横向拓展、可堆叠等特性构建新型大规模脉冲神经网络模型、算法与计算框架；研究网络模型的泛化能力、自学习能力、可解释能力等，并在面向公众的通用超算平台实现大规模仿真；在人脑视觉机制、触觉感知、或精神心理场景等开展示范应用，在视觉表征与设别、情感感知、交互认知等领域取得重要技术突破。

考核指标：通过模仿人脑信息处理方式，建立新型大规模脉冲神经网络模型类脑学习方法，从拓扑结构、信息的脉冲编码方法、

多层脉冲感知器等层面取得系列成果；实现对1000万类脑神经元以上的模拟并验证模型具备更大规模的可拓展性和泛化能力，模型与算法在超级计算机软硬件仿真平台得到验证；针对具体功能和应用场景，构建基于该模型的智能分级模型，并在视觉、听觉、触觉、或者精神心理场景等开展2种以上示范性应用，取得重要技术突破。

支持强度：500万元左右/项。

3.4 大规模在线学习类脑芯片架构研究

研究内容：研究脉冲神经网络在时间域和空间域上的信息表达方法，设计高效大规模脉冲神经网络学习训练算法；研究高效异步电路设计方法并基于异步电路实现类脑芯片的事件驱动处理机制；研究支持百万级神经元互连的片上和片间通信机制；研究面向脉冲神经网络的存内计算或近内存计算技术，实现神经元和突触的高度耦合；设计具备在线学习功能的类脑芯片，进行原型验证和样片流片，并搭建演示平台，演示多种基于类脑芯片的智能应用。

考核指标：提出高效的大规模脉冲神经网络学习算法和有效的异步电路设计方法学；提出基于异步电路，片上片间互连，存内计算/近内存计算的大规模类脑计算架构；上述芯片架构在快速原型验证系统进行原型样片的流片验证，该芯片具备在线学习能力，等效突触参数容量不小于32MB，峰值算力不小于4TSOPS；演示平台具有不少于100万个物理神经元，可演示至少3类典型学

习任务。

支持强度：500万元左右/项。

专题四：公共技术平台建设

4.1 超大规模类脑智能计算公共技术平台

研究内容：建立面向类脑智能计算处理与算法研究的软硬件协同开发公共技术平台，重点支撑类脑信息处理机制、类脑计算模型、类脑专用芯片与超大规模拟态计算系统、硬件辅助设计与编译工具等关键技术的研发，支持未来脑科学、应用数学、计算机科学、集成电路等领域在类脑智能方向的前沿研究和多学科融合探索并提供算力。拟建设公共技术平台将主要具备：1) 功能可塑性。软件可编程，硬件可重构，支持类脑信息处理机制和计算模型到平台的快速映射，可实现类脑算法模型的仿真模拟和类脑芯片的原型验证，加速算法和芯片的研发速度；2) 规模可扩展。平台可实现规模化部署，通过可塑硬件的扩展互联和规模化系统集成，亿级神经元、千亿级神经突触的超大规模类脑模型仿真计算和芯片原型的系统级验证；3) 完善的工具链及生态。平台需配套专用的编译开发工具，可辅助实现基于IP的类脑芯片架构与电路的快速开发验证，支持类脑算法与专用硬件算子的软硬件协同优化设计，形成一批可复用的类脑电路模块、中间件算子、算法函数等IP资源，拓展一批在生物医药、智能制造、自动驾驶、金融科技领域的类脑智能应用，助力相关产业发展。

考核指标：平台支持亿级神经元、千亿级神经突触的软硬件

协同仿真模拟；提供C++/Python/Matlab等多种编程接口；提供图形化配置界面和开发环境；提供自动化设计生成工具，软硬件设计的协同编译和重构映射，提供类脑真实硬件算力支持下的模块化硬件配置生成、网络模型解构、计算节点映射、算子调度等设计优化；提供包含随机数发生、非线性变换、常用神经元模型、神经递质模型、突触编码、神经网络节点配置、计算节点管理、数据读入/读出等软件编程函数接口；提供包含神经元模型处理单元、突触计算单元、片上路由、容错单元、控制调度单元等核心单元电路设计库；平台自筹资金或市级配套资金投入不少于50%。

支持强度：3000万元左右/项。

4.2 面向胎儿婴幼儿脑科学研究的跟踪式跨模态数据科学平台

研究内容：以胎儿婴幼儿为主要研究对象，研究多模态跟踪式以人工智能框架为基础的大脑影像、基因、生化和量表数据采集范式；构建多模态跟踪式胎儿—婴幼儿数据平台，收集正常、早产、双胞胎、高危和疾病等有代表性和研究价值的对照组；开发大脑影像数据的全流程智能处理算法及平台；针对不同模态的数据，研发跨模态数据交互融合的算法；支撑胎儿—婴幼儿脑发育的轨迹和特点的相关研究，探索绘制相应群体的脑图谱，挖掘分子遗传、神经生化、脑影像学等多种生物标记物，为早期诊断、治疗规划和疗效预测提供辅助。

考核指标：构建不少于1000例的多模态跟踪式胎儿-婴幼儿数

据平台，其中跟踪数据队列不少于300例，数据类型包括脑核磁影像、脑近红外、基因、生化、发育心理量表等；针对健康、早产、双胞胎、疾病等群体构建不少于3组的典型人群对比数据；针对每种数据模态，开发全流程智能数据处理算法和软件平台，能够提取脑区特征数据和进行统计分析；绘制胎儿—婴幼儿脑图谱和发育轨迹图，发现不少于1种多模态跨组学的脑发育生物标记物或关联关系。

支持强度：1000万元左右/项。

4.3 大湾区多物种脑疾病动物模型技术研发平台

研究内容：以人类重大脑疾病动物为研究对象，利用CRISPR/Cas9等基因编辑技术优化并拓展现有的多物种脑疾病动物模型，建立规范化的脑疾病基因编辑动物模型资源库；利用中枢或外周注射药物或蛋白的方式建立多物种的诱导性退行性脑疾病模型，建立稳定的散发性脑疾病动物资源库；完善动物脑损伤手术流程和参数指标，建立标准化的缺血性脑卒中、颅脑创伤等神经系统损伤手术模型；融合动物行为学、病理毒理学、电生理学、生理生化等技术方法，建立全面的、规范化的高度模拟人类脑疾病的表型评价体系；基于跨物种脑疾病动物模型的表型筛查和大样本统计分析，建立完善的脑疾病行为数据图谱和数据库。

考核指标：优化不少于2种高度模拟人类脑疾病的动物模型；建立不少于3种新型的高度模拟人类脑疾病的动物模型；构建不少于1套针对不同类型神经系统疾病的表型评价标准化流程；构建1

套跨物种神经系统疾病动物模型行为学数据图谱和数据库。

支持强度：1000万元左右/项。

4.4 面向脑损伤发病机制及防治策略研究的华南人脑组织库建设

研究内容：初步完成华南人脑组织库全过程总体设计并形成协作网络；建立统一标准的人脑组织采集、处理、诊断、储存的标准规范；组建临床-影像-病理整合技术分子平台；构建高效运行的脑库数字化运行平台并形成完善的开放和共享机制；依托华南人脑库建设，开展针对粤港澳高发的放射性脑损伤发病机制研究，通过单细胞及空间转录组学、蛋白组学等研究，挖掘脑损伤的敏感标志物；针对不同病理生理机制筛选潜在的干预靶点，开发治疗的小分子化合物或药物，进一步通过临床试验评估安全性和有效性。

考核指标：提出华南人脑组织标本库建设标准和资源共享机制1套；初步建成覆盖理化因素脑损伤、脑血管病等疾病的华南人脑组织库实体；建立人脑临床—影像—病理数字平台1个；利用人脑组织库，针对放射性脑损伤发现不少于2个治疗新靶点；研发不少于2种针对放射性脑损伤的小分子化合物或药物，进一步通过临床试验评估安全性和有效性。

支持强度：1000万元左右/项。