

附件1

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

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。

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”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。项目执行期为3年。

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（专题编号：20230301）

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）及评价指标。

(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）及评价指标。

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；建立携带特定遗传突变的人源细胞模型，包括诱导多能干细胞、尿液细胞、血液，探讨神经认知老化发展的细胞分子机制；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；建立携带特定遗传突变的人源细胞模型2~3个；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，总样本量不少于600人，语言障碍样本量不少于200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（如言语类化、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（或汉语方言）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（专题编号：20230302）

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、术中多模态监测、认知行为学评估、神经电生理、连接组学、影像组学、蛋白质结构解析、单细胞核测序、膜片钳单细胞测序，多通道膜片钳，3D打印可视化、分子生物学及其他多组学技术，研究不同部位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，解析其功能的神经环路；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，解析人类额叶特异的神经细胞类型；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；基于“因果关系”实验范式设计，揭示额叶中控制情绪、决策、注意、记忆和执行功能的相应子区域、局部连接属性、局部网络和全局网络属性；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；探索神经内分泌调节中枢-下丘脑垂体对额叶情绪、决策、注意、记忆和执行功能的上行调控作用；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，解析1~3种人类额叶特异细胞类型，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：针对静脉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、神经环路和分子机制进行研究，揭示静脉麻醉导致意识状态改变的脑神经机制。探究体内麻醉药物浓度、持续时间等因素与意识状态水平之间的量化关系，建立基于意识状态监测的静脉麻醉靶控输注系统模型。

考核指标：寻找多药物、泛年龄、跨物种（人和啮齿动

物)条件下,麻醉改变意识状态的3~5个宏观脑电活动特征指标;揭示相应宏观特征在介观和微观尺度上的1~2个关键脑区、神经环路和分子机制;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、泛年龄的麻醉脑意识状态监测评估系统和基于脑电活动特征的静脉麻醉靶控输注系统。

支持强度:500万元左右/项。

2.3 孤独症的早期诊断和早期干预技术

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,综合多种表型标记物研发基于人工智能的孤独症早期预警体系和早期诊断体系,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,研发符合我国国情和文化,有我国自主知识产权的以家庭为中心的早期干预模式,实现可在专业人员匮乏地区推广的孤独症早期诊断和早期干预技术。

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;研发出一套基于人工智能孤独症早期预警体系(18个月以前);研发出一套可移动的、可在专业人员匮乏地区推广的,非接触式的基于自然情景人工智能辅助诊断系统(18~30个

月)，和临床专家的诊断一致性高于85%；研发出一个符合我国国情和文化，有我国自主知识产权的、以家庭为中心、可负担、个性化的孤独症早期干预模式，并构建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（专题编号：20230303）

3.1 超大规模类脑芯片设计快速原型系统

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，快速构建芯片原型系统，建立一系列面向类脑芯片辅助设计的标准化、粗颗粒的类脑计算单元模型、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验证方法。

支持强度：1000万元左右/项。

3.2 基于脑机制的感觉感知机理及功能重建技术

研究内容：以人类为研究对象，针对视觉、听觉、触觉等感觉通路，采用脑电、脑磁图、磁共振成像等技术，研究感觉认知中多模态信息的整合与感知代偿机制；研究汇聚多模态的基于神经信号与神经网络的通用信息编码与解码方法，构建类脑感觉模型，实现感觉感知机理-模型的交叉验证；研究针对类脑感觉评估的基准数据集及评估方法，实现通用多模态感觉模型与人类感觉定量比较；研究感觉信号的特征，建立多模态感觉模型，实现在体感觉感知重建；研究适配多模态的通用感觉模型计算的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感觉处理系统。

考核指标：系统揭示神经-大脑感觉通路中多模态信息整合、建立多模态感觉感知计算模型；提供通用的神经形态多模态感觉感知平台，在不少于3种多模态混合的自然场景定量评估中实现与人类感觉能力相当，实现模型在复杂感觉场景的应用验证；研制包含电极、芯片、软件、硬件的感觉再现系统与超低功耗比的感觉处理专用芯片，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 大规模高效能神经网络模型与算法研究及应用

研究内容：研究具备生物可解释性的神经网络，探究神

神经元的拓扑结构、创新学习方法、信息的编码方法等信息和机理；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学习机制、可堆叠等特性构建新型大规模神经网络模型、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，在面向公众的通用平台实现大规模仿真，并在康复辅助机器人等方面应用示范；进一步在人脑视觉听觉机制、触觉感知或精神心理等场景开展示范应用，在视觉表征与识别、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，建立新型大规模神经网络模型与快速生成方法，模型具备跨时空尺度、多模态协同等特征，并从拓扑结构、类脑学习方法、信息的编码方法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，模型与算法在计算机、康复辅助机器人等软硬件平台得到验证；针对具体功能和应用场景，应用该模型算法实现在视觉、听觉、触觉、或者精神心理等场景开展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：研究神经网络在时间域和空间域上的信息表达方法，设计高效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FPGA原型验证或样片流片，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/近内存计算的类脑计算架构；上述芯片架构在FPGA平台进行原型验证，或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，单片神经元不小于100万个；演示平台具备400万个以上物理神经元，实现至少2*2可扩展芯片阵列，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（专题编号：20230304）

采取定向委托方式（略）