

附件

2021 年度国家自然科学基金区域创新联合基金（湖南省）项目指南（征求意见稿）

一、生物与农业领域

围绕湖南优势粮食作物、优势经济作物、特色畜牧水产的重要性状遗传基础与种质创新，农业可持续发展与生态建设的重大生态环境问题和关键技术问题开展基础研究。主要研究方向包括：

1、水稻无融合生殖固定杂种优势机理研究

针对现有一系法杂交稻技术的无性胚获得率低、结实率低等问题，通过深入研究无融合生殖机理，挖掘高效的孤雌生殖诱导基因和特异性启动子以提高无性胚获得率与结实率，推动一系法杂交稻技术的发展。

2、超级杂交稻超高产机理及动态理想株型构建

针对湖南特色超级杂交稻的超高产机理这一关键科学问题，研究在良种、良法及良态下实现高光效、超高产的主效形态及生理机制，构建不同生态区超高产所需的动态形态及生理指标体系。

3、杂交水稻生物逆境和非生物逆境抗性育种的生物学基础

针对严重威胁湖南省杂交水稻生产的生物逆境与非生物逆境灾害，重点开展水稻在响应生物（病、虫、草害）和非生物（高温、干旱）胁迫时离子信号通路和调控网络的应答机制，以及抗性、育性和农艺性状协同平衡的分子基础研究，并创制高产高抗杂交水稻新种质。

4、湖南千亿产业级经济作物重要性状基因挖掘及其作用机制研究

围绕湖南千亿农业产业发展重大需求，重点解决制约茶树、辣椒、油菜、油茶、柑橘、葡萄和湘莲等入选湖南千亿产业发展的优势经济作物新品种创制效率的核心基础问题，发掘、收集与鉴定湖南优势经济作物特异种质资源，开展特异性状相关基因的克隆与功能解析、重要农艺性状及经济性状的分子调控机制、品质形成的分子基础与调控机理等研究，发掘一批有重要应用价值的功能基因并明确其生物学功能与作用机制。

5、作物性别表达分子机制及杂种优势利用新途径

作物性别分化及控制与作物花器发育、产量形成、杂种优势利用关系密切，以性别表达研究主要模式植物为对象，系统创建植物各种性型近等基因系，发掘各种性别决定关键

基因，解析性型分化调控网络、性别表达模型，揭示花发育及雄性、雌性不育机制，探索作物杂种优势利用新途径。

6、特色畜禽、水产动物重要性状遗传调控机制及其利用

研究湖南特色畜禽繁殖力、抗病力、肉蛋品质等的遗传机制，解析主要优势性状形成的主效基因及其机制，建立全基因组选择核心技术体系，提高目标性状和创制新种质。研究湖南特色水产动物生长、品质、抗病及抗逆性等优势性状的分子遗传机理；解析其生殖与发育的分子调控机制，为创制和改良水产动物的育种技术提供理论基础。

7、特色畜禽、水产动物营养代谢与免疫调控的分子机制

以湖南特色地方畜禽水产品种为研究对象，研究其对地方饲用植物资源的代谢利用机制，揭示宿主与胃肠道微生物互作调控机制；研究宿主与病原微生物的互作关系，阐明其抵御病原的免疫机制。探究代谢-免疫网络调控畜禽及水产动物健康的机制；研究关键标志物及有害物质的监测与代谢机制，养殖产品的安全评价、质量检测和提升技术。

二、环境与生态领域

围绕湖南生态系统可持续管理与区域生态安全以及生态系统稳定性持续的重大需求，深入开展典型区域生态过程与调控等应用基础研究，主要研究方向包括：

1、长株潭城乡融合发展的资源环境效应与调控机制

围绕城市化与乡村振兴的协同互动，构建基于过程的城市群绿地生态系统碳收支动态模型，开展碳收支的定量评估和预测；探讨城乡融合发展与区域资源环境的耦合机理，分析城镇化和乡村振兴的水土资源与生态环境效应，揭示优化城乡融合发展的调控机制，为促进长株潭城乡融合发展和区域生态安全提供科学依据。

2、河湖湿地典型污染物复合环境效应与转化驱动机制

围绕洞庭湖流域城市化进程加快和农业生态环境保护的需求平衡，深入解析河流湖泊湿地有机污染物、重金属等无机污染物的产生及其与人类生产生活的关系，建立典型污染物的快速现场检测方法，阐明典型污染物在水环境中的迁移转化行为、复合污染效应和生态毒性，揭示典型污染物水-固界面交互作用和降解转化驱动机制。

3、湖南产粮区典型污染物与废弃物多介质环境行为及防控机制

研究湖南省产粮区典型污染物（农药、抗生素、重金属等）和农业废弃物（农膜、秸秆等）在水-土壤-作物多介质环境的转化及其时空分布、分配行为与耦合机制，建立多介质环境迁移转化过程模型，阐明污染物环境行为调控机理，揭示协同阻控与修复技术原理，为促进湖南农业生态环境安全和可持续发展提供理论依据。

4、稻田复合种养系统生境质量调控与生态服务形成机理

以湖南典型的稻田复合种养系统为研究对象，分析物质循环、养分利用及水土质量响应特征，探讨稻田生物多样性演化趋势及稻田生产率与自然资源利用率提高途径，阐明复合种养稻田生物互作过程与产品品质调控规律，揭示稻田复合种养系统生态服务形成机理，为湖南稻田复合种养系统提质增效提供理论依据。

5、生态脆弱区生物多样性保育及生态系统服务形成机制

围绕湖南喀斯特石漠化、紫色土等生态脆弱区的生态修复，开展全球气候变化背景下生物多样性保育、生态适应机制及种群变化特征等研究，阐明生态系统服务功能衰退的短期影响和长期效应，揭示大型生态工程建设对区域生态系统

服务的影响机制，提出生物多样性恢复和保持的调控方法，为湖南典型生态脆弱区生态系统服务功能提升提供科学依据。

6、典型特色金属矿区潜在危害元素环境地球化学行为与阻控机理

针对湖南省特色金属资源开发过程中引发的环境及生态问题，系统研究矿区地质背景-气候条件-人为活动影响下，潜在危害元素在地质环境中的迁移过程与空间分异规律及其对水体、土壤和空气的耦合污染，确定潜在危害元素的生物有效性、控制因子及污染阈值，探究“控-阻-减”污染防控机制，为典型特色金属矿区环境安全提供科学依据。

三、新材料和先进制造领域

主要研究方向包括：

1、有色金属资源高值化基础理论研究

针对有色金属资源的高值化利用，以及能源转化稀贵金属材料精准制备的需求；发展有机铈绿色催化合成方法，研究有机铈化合物和配合物的理化及特种功能性质；研究亚稳态稀贵金属催化材料精准制备的新理论与新方法，构建催化材料精准制备及多相反应体系。

2、高熵结构材料设计与制备科学问题

针对国家先进制造和重大装备的迫切需求，开展高熵或者复杂成分合金、陶瓷等结构材料在成分设计、先进制备技术相关的基础理论研究；发展集成第一原理、相图热力学、相场和机器学习等多种手段的计算方法，实现高熵结构材料的“成分-结构-性能”的快速理论设计和预测；研究高熵合金或陶瓷粉末致密化新理论，形成快速致密化技术原型，制备性能优异的工程材料。

3、新一代近红外光调控的光动力学治疗（PDT）光敏剂研发及应用

围绕光动力学治疗的需求，开展近红外材料分子结构创新，确保其激发波长在近红外区域（波长 $>750\text{nm}$ ）；探讨近

红外材料分子激发态的释能调控，揭示材料分子结构与高活性氧产生能力关系的规律；通过分子工程手段对近红外光敏剂进行修饰，改善其生物相容性和肾代谢能力，力求其在肿瘤部位的高效富集和选择性活化，并实现光声和近红外 II 区荧光影像引导的光动力学治疗。

4、不饱和烃的化学转化

针对石油化工、新能源等领域的战略性原料需求，重点开展不饱和烃（烯、炔、共轭二烯等）的化学转化，合成高价值化学品的基础研究；发展不饱和烃化学转化的新模式和新原理；基于不饱和烃的化学转化，研究新的化学试剂、催化剂和配体合成技术；开展不饱和烃化学转化在医药、农药、功能材料等领域应用基础研究，实现新的理论突破。

5、高精度微纳传感器性能演变与调控机理

以无人驾驶汽车、机器人、工程机械等装备的高精度姿态测量和自主导航为需求背景，研究微纳传感器从线性区拓展到非线性区后，性能的演变规律，掌握微纳传感器中非线性动力学耦合、非线性能量耗散等效应的产生机理和影响，探索非线性模态精确匹配、基于非厄米物理效应的灵敏度提升、高品质非硅结构微纳制造等方法和技术，实现对微纳传感器性能的有效调控，支撑高精度运动测量传感器、柔性可

变形传感器等微纳传感器的研制。

6、大规格轻质高强构件整体成形制造的形性协同机制

针对航空航天飞行器、高速列车等装备用大型铝基混杂层板构件的形性协同制造需求，研究激光、等离子活化等效应下多元异质界面特性与粘接强度的关联规律，揭示铝基混杂构件整体成形过程均匀变形与协同流变的机制，提出混杂构件形性预测调控的统统一本构模型与回弹/收缩补偿策略，形成铝基混杂构件高性能整体成形新工艺与形性协同技术。

7、磁气混合轴承设计方法与动力学控制

针对能源动力设备、航空航天伺服装备等对高速、高效、精密、长寿命轴承技术的需求，开展磁气混合轴承结构融合设计、动力学行为分析和性能调控方法研究，阐明轴承悬浮机理和磁气耦合作用机制，研究轴承载荷分配策略和磁气悬浮协同减振方法，为突破高性能悬浮轴承技术瓶颈提供理论支撑。

四、电子信息领域

主要研究方向包括：

1、城市智能客车多模态感知与自主决策关键技术研究

面向城市智能客车的主动安全技术需求，研究动态路况下多模态迁移学习的智能感知方法，以及开放环境中深度强化学习的智能驾驶行为决策方法；设计基于数据驱动与机理仿真有机融合的车-路-人一体化导航模型，实现多目标优化的路径规划技术；构建复杂场景下基于多模态智能感知与深度强化决策的智能客车自主运行关键技术体系，支撑城市交通智能化。

2、离子注入碳化硅半导体掺杂过程高性能模拟仿真

针对离子注入碳化硅半导体掺杂过程的复杂性，结合芯片行业高端设备国产替代需求，开展离子产生、传输和注入掺杂过程模拟仿真的高性能并行计算理论和方法研究，包括：离子数据网格划分和并行计算模型，离子运动的并行迭代求解算法和基础数值算法；基于随机任务调度的异构百万核计算平台上模拟仿真负载均衡技术，关键并行算法百万核心效率达到 30% 以上。

3、深海作业机器人无线供能与智能控制关键技术

针对深海作业机器人水下长时间驻留作业能源补给和智能化控制等关键问题，研究水下无线电能高效传输和机器人能量智能管理技术；开发深海水下充电桩和机器人无线供电变换系统，解决高压强环境下散热、绝缘和密封等难题；研究机器人深海环境下的目标识别、路径规划和电源定位等关键技术，实现机器人与充电桩的自主精准对位。

4、基于新原理器件的高能效神经形态处理器关键技术研究

针对高算力、低功耗智能处理器换代发展需求，基于铅基铁电等新型电子材料与器件的优势，开展新型低功耗神经形态处理器关键技术研究，重点突破飞焦级超低功耗器件设计制备技术、器件阵列高密度集成技术、高并行度神经形态处理器架构设计技术，开展神经形态处理器原型验证，为信息技术物理基础颠覆性发展探索新路。

5、面向国产高性能计算机的工程计算软件关键技术

针对国产高性能计算机上的自主工程计算软件面临的高效并行计算需求，重点开展物理过程数值模拟、流体计算、大整数分解可扩展并行算法、非规则访存类计算核心性能建模等研究，面向自主计算芯片架构开展协同优化，开展工程计算软件自动优化技术研究。

6、先进制造业产品表面质量智能检测理论与方法

面向先进制造业中复杂多样化产品表面质量缺陷智能化检测需求，探索复杂环境下产品表面质量缺陷的高精度传感检测机理，研究多机协作、多信息融合的复杂产品表面质量缺陷信息感知方法，建立缺陷参数模型，提出缺陷智能识别方法，为先进制造业的高效智能化发展提供理论和技术支撑。

7、致病基因高效预测模型及算法研究

针对已知疾病与基因关联关系的稀疏特性，以及在致病基因预测模型构建中涉及的动态权重计算问题，在有机整合异源疾病与基因数据资源的基础上，通过结合复杂网络的成分关系及其分布特性，深入开展致病基因高效预测模型及算法研究，从网络水平预测潜在致病基因，为复杂疾病的机理研究提供理论基础和有效的临床辅助诊断方法。

五、人口与健康领域组

主要研究方向包括：

1、基于代谢与内源性生物活性分子研究神经系统退行性疾病发病机制及干细胞治疗机制

针对神经退行性疾病的发展进程，从代谢紊乱与内源性生物活性分子的变化探讨其发病机理及防治靶点，发现影响神经退行性疾病发病的关键靶点，阐明其相关的调控网络和信号通路，探讨低氧微环境预处理的干细胞以及硫化氢等内源性生物活性分子对神经退行性疾病的防治作用及机制。

2、肠道微生态与骨关节炎交互作用及机制研究

以骨关节炎为研究对象，建立大样本生物样本库，开展宏基因组、转录组和代谢组等高通量检测，整合多组学数据进行联合分析，重点研究肠道微生态失衡与骨关节炎发生发展之间的相互作用，阐明骨关节炎发病机理，探索骨关节炎潜在干预新靶点。

3、环状染色体外 DNA 对恶性肿瘤发生发展的影响及调控机制研究

以肺癌和肝癌为研究对象，基于肿瘤进化的正选择，筛选并鉴定肺癌和肝癌特异性环状染色体外 DNA (ec DNA)，

分析其 ec DNA 的表观遗传学特征，研究肺癌和肝癌特异性 ec DNA、癌基因及其邻近增强子的扩增效应及环化作用，揭示 ec DNA 在肺癌和肝癌发生发展中的作用及其调控机制，寻找肺癌和肝癌早期诊断和治疗的新靶点。

4、面向重大疾病的新型纳米药物递送系统研究

以外泌体等载体为研究对象，构建新型纳米药物递送系统，研究其在生物体内进行物质传输的基础，探究影响药物靶向性的关键结构和分子，阐明纳米药物递送系统进入靶部位的行为特点和递送机制，为恶性肿瘤等重大疾病的靶向诊疗提供新策略。

5、肠道微生物稳态与代谢相关性疾病的关系及中医药干预机制研究

整合多组学方法，从基因、蛋白质、代谢层面系统研究肠道菌群调节机体代谢网络，基于对肠道菌群-代谢物分子功能轴的影响，分析多种代谢物小分子在相关性疾病早期防治中的意义；探索调节肠道微生物稳态的新方法，基于肠道微生物稳态与代谢分子的变化研究中医药对机体代谢物合成、转运、跨细胞调节关键通路的影响，为代谢性疾病的早期预防、精准诊断和综合治疗提供理论依据

6、运动联合低氧改善能量代谢促进肌肉健康的作用及机制

针对人口老龄化和不合理饮食所至的心肌与骨骼肌健康问题，采用模式生物果蝇、斑马鱼为研究模型，精准建立有氧、无氧、抗阻运动模型；研究运动联合低氧对衰老及高糖、高脂心肌、骨骼肌的改善作用及量效关系；揭示运动改善能量代谢促进心肌、骨骼肌健康的关键分子，以及心肌、骨骼肌之间关键分子相互作用的信号通路。