附件1

2021年度湖南省自然科学基金

重大项目揭榜选题

### **1．湖南优势作物重要功能基因解析及分子育种基础研究**

**主要研究内容**：以湖南省优势作物水稻、蔬菜、油菜、油茶、茶叶等为研究对象，研究重要性状形成的分子基础。（1）功能基因鉴定与优异等位基因挖掘：利用国内外广泛收集的作物种质资源，通过全基因组关联分析和QTL鉴定，分离控制作物安全、品质、产量、抗性等性状的基因或QTL，解析其自然等位变异规律及演化模式，挖掘优异等位基因变异，阐明相关性状在遗传变异和/或表观变异水平对环境变异的应对机制。（2）作物重要性状调控的分子网络：利用作物遗传资源材料和多学科手段，解析调控作物品质、产量、抗性等性状的分子网络，揭示主要调控因子的信号传导途径。（3）优异种质设计与创新：发展分子设计育种手段和现代育种技术，创新种质资源，培育安全、优质、多抗、高产作物新品种。

**预期目标:**（1）鉴定控制作物安全、形态、发育、产量、品质、抗病虫、耐逆等重要性状的QTL/基因，获得优异等位变异；（2）解析相关性状形成的遗传基础及分子机制；（3）明晰相关性状调控的分子网络及主要调控因子的信号传导途径；（4）创新作物育种理论与技术，获得新种质。

### **2．重金属多介质传输源头阻断与精准修复机理**

**主要研究内容**：（1）研究典型固废中重金属微观赋存形态，识别影响重金属深度提取分离的关键矿相转化生长、有毒金属分离去除、有价金属元素富集提取等行为机制，揭示重金属固废矿相转化及短流程资源化分离等源头阻断技术原理。（2）研究典型固废堆场周边重污染土壤-水、土/水-作物系统中重金属的主要界面反应过程，研究重金属在重污染土壤、水体和作物间传输过程及其积累特征的响应规律，识别水体磷素主要来源、输入路径与通量及其周年动态，阐明重金属和磷素多环境介质传输路径及其关键控制因子与驱动机制。（3）研究重金属关键迁移方式和途径下阻控技术与重金属迁移通量的剂量效应关系，确定水稻等大宗农作物积累重金属的种间差异调控因子及其与水土环境因子的互作效应，阐释轻中度污染土壤-水体-水稻重金属污染靶向调控的绿色修复（治理）技术优化组合原理，揭示水土环境重金属污染精准阻控机制。

**预期目标：**（1）充分阐明典型固废中有毒有价组分富集、转化、分离机制；（2）进一步厘清土壤重金属和水体磷素多介质传输规律与驱动机制;（3）系统建立农田土壤重金属污染的绿色精准修复与治理机制。

### 3**．重大疾病的分子病因与精准医疗应用基础研究**

**主要研究内容**：（1）以口腔恶性肿瘤为对象，研究癌前病变和肿瘤侵袭前期的早期分子事件，发现肿瘤诊疗新标志物，提出干预癌前病变和肿瘤侵袭的有效手段，提高口腔肿瘤诊疗水平。（2）针对湖南人群心血管发病的特点，从代谢紊乱入手，深入探索代谢性心血管病的致病因素、发病机制、保护机制和防治靶点。（3）从鉴定糖尿病及其并发症发展过程中的重要关键分子整体变化谱入手，探寻并解析糖尿病及其并发症的新型治疗靶点，并基于各靶点作用和结构特征，为代谢性疾病防治设计并筛选新的先导化合物和候选药物，为解决我省糖尿病及其并发症的重大临床需求提供依据。（4）针对心血管病、糖尿病、口腔癌等为代表的重大疾病，开展早期诊断技术、检测装备及试剂研究。

**预期目标：**（1）阐明我省高发的心血管病、糖尿病、口腔癌等的发生发展的分子病理学基础。（2）鉴定与高发疾病发生、进展、治疗反应和预后相关的新生物标志物或靶标。（3）针对高发疾病诊疗中的关键科学和技术问题，研发新的预防和诊疗技术（包括早期诊断）。

### **4．**中小尺度强对流天气系统及其衍生灾害多源卫星遥感模型研究

**主要研究内容：**（1）中小尺度天气系统智能实时监测方法：基于国产高分辨率地球同步轨道光学卫星数据，运用大数据和人工智能技术，研究中小尺度对流初生的智能判识方法和强对流云团发展移动的自动跟踪技术，形成早期预警信息；（2）关键气象要素反演方法：基于多源卫星数据的细网格陆表温度反演方法；基于国产新型红外高光谱分辨率卫星遥感数据，研究适用亚热带陆地区域的高垂直分辨率大气温度、湿度垂直廓线遥感反演方法，以满足南方冻雨和中小尺度强对流天气物理量诊断分析的需求；（3）衍生灾害监测与评估方法：结合高分辨率光学卫星与合成孔径雷达卫星数据，研究对中小尺度天气系统衍生灾害进行遥感监测的技术与灾情评估方法，针对湖南地区降雨量分区域和季节的显著差异，研究旱涝灾害的预警和监测技术。

**预期目标：**以国产遥感数据为主体建立（1）湖南主要中小尺度强对流灾害性天气系统快速智能判识遥感模型与跟踪技术，给出相应的可工程化实现的原型算法；（2）中纬度陆地区域陆表温度、高垂直分辨率大气温度和湿度廓线反演模型及原型算法；（3）湖南主要中小尺度强对流天气衍生灾害遥感监测与灾情评估模型及原型算法。

### 5．智能感知与信息处理关键技术研究

**主要研究内容**：面向我省智能装备和无人系统优势产业升级需求，利用超大规模并行计算平台和算力资源，开展新型智能传感、数据融合、智能认知的理论探索与关键技术研究，对在国际上处于跟跑的领域，积极开展非对称和另辟蹊径性的研究。主要包括：（1）探索仿生偏振成像等新型传感技术，实现无人系统的全天候智能感知；（2）研究基于智能化嵌入式振动传感器，实现边缘计算和中心计算相结合的装备健康状态智能感知与故障诊断；（3）结合人类认知机理，研究多传感器跨层次异构信息融合、语义分析、知识表示和推理等智能认知理论和信息处理方法；（4）研制车载级高可靠、高精度的智能感知系统，提升智能装备与无人系统的全天候感知与信息处理能力。

**预期目标：**（1）突破新型光学传感基础理论与技术，实现装备在复杂天气及电磁干扰下的精确环境感知；（2）突破智能化嵌入式振动传感器信息压缩与边缘计算技术，研制智能化振动传感器和装备健康状态感知系统；（3）突破融合多源、异构、跨层次信息的全天候复杂环境下高可靠智能感知核心方法；（4）研制高性能的智能感知套件，在复杂环境下实现智能感知与信息处理能力，并以湖南优势特色的智能装备和无人系统为平台进行验证。

### **6．深海矿产资源开发理论方法与核心技术研究**

**主要研究内容**：根据深海矿产资源的赋存状态，研究不同海底矿产资源的开采工艺基础理论。主要包括：（1）开展水下开采系统的动力学分析，揭示整体系统和单体设备在深海采矿作业过程中对复杂海流与海底环境的响应机理；（2）开展采矿车深海底矿石绿色采集、综合定位导航、智能行走技术，提升泵高扬程粗颗粒防堵塞及多目标优化技术，输送系统全流程流动调控保障技术、深水结构水动力特征提取与损伤识别预警技术，三维数字孪生系统技术等关键技术研究；（3）开展开采系统协同作业智能控制及实验验证，综合采矿系统及作业环境数据，采用虚拟现实技术开展显示三维作业场景的实验研究；（4）建立深海采矿系统综合试验平台，研究深海水下作业对装备材料、导航定位、智能控制等方面的综合解决方案及规范要求。

**预期目标：**（1）形成一套深海矿产资源开采基础理论研究和分析体系，为6000米水深深海采矿技术与装备的研发提供支撑；（2）建立一组深海矿产资源开发系统性的基础研究试验平台，可为开展海底采集、输送、动力传输、导航定位、智能控制等关键技术验证提供试验条件，满足部分关键材料、元器件6000米深实验要求；（3）解决严苛海洋环境下开采系统高效、安全、绿色关键科学与工程技术问题，形成具有自主知识产权的深海资源开发关键技术、规范、标准和基础理论。

### **7．高端智能制造装备设计与制造关键技术研究**

**主要研究内容**：从机床等精密制造装备智能优化设计技术、精密/超精密制造及控制技术、传感器技术、网络通信技术、控制科学、人工智能、电子信息科学等多学科交叉角度，开展精密/超精密智能制造装备设计与制造方法、制造过程监测方法与稳定安全控制策略、工业互联网的监测诊断和管理方法的理论探索与技术创新研究。主要包括：（1）面向高稳定性高安全性的精密/超精密智能制造装备设计与制造的新方法与新理论；（2）精密/超精密制造过程的高分辨传感测量与感知、监测、诊断新机理与新理论；（3）工业互联网数据接入场景下，面向提升稳定性的精密/超精密制造装备智能控制新策略。

**预期目标：**（1）建立精密/超精密制造装备智能多物理量传感系统，掌握多模态融合智能在线检测感知、纳米精度在位测量与补偿加工技术；得到高稳定性高安全性的精密/超精密智能化制造装备的设计方法和制造工艺；研制多传感器高度融合的高安全高稳定智能精密/超精密制造系统；（2）建立精密/超精密制造装备稳定性模型，揭示装备运行状态与退化规律，提出装备故障诊断方法，建立装备寿命估计模型与模型更新软件算法，制定预测性维护策略，提高平均无故障时间；（3）突破工业互联网的接入和协同技术，得到该场景下的数据传输特征，建立相应的智能控制模式，提出基于智能补偿的容错控制方法理论体系，实现加工制造过程的自适应；（4）构建面向超精密制造的高稳定性高安全性网络化智能制造示范平台。

### **8．基于电子信息、储能和硬质合金的高性能材料研究**

**主要研究内容**：（1）基于我省在第三代半导体光电子与集成电路产业基础，解决大尺寸硅基衬底上Micro-LED材料生长的技术难题，突破制约高密度Micro-LED芯片制备的关键技术瓶颈，形成一套具有完全自主知识产权的Micro-LED芯片产业化成套关键技术；研究大尺寸硅衬底上低缺陷材料生长机理及器件特性，包括载流子输运、载流子复合、光电转换、光吸收和提取等物理机理，开发面向低功耗、高发光强度、高像素密度的新一代半导体材料及其Micro-LED显示器件，以及新一代半导体器件集成封装一体化技术，实现硅基兼容半导体芯片开发。（2）基于聚合物固态电解质的高稳定性储能、氢能器件关键材料的低成本制备、微环境调控、动态演变跟踪；高安全性正极材料规模化制备技术、新型聚合物固态电解质材料和新型粘结剂开发；低电压电化学制氢技术和高稳定性催化剂规模化制备技术。（3）切削刀具、凿岩工具、精密加工整体刀具硬质复合材料中界面、晶体生长、应力等协同设计与调控机理，界面缺陷形成机理，合金基体硬度与强韧化协同调控机理，面向典型服役工况的寿命预测技术及其原理。

**预期目标：**（1）开发第三代半导体材料硅基材料外延生长技术，探索高性能器件构筑工艺，实现高效、高一致性、高可靠性半导体Micro-LED显示芯片制作技术突破，在AR/VR可穿戴新型显示等典型应用领域取得创新性成果和关键性能突破。（2）开发高安全性储能电极和固态电解质材料，实现新型粘结剂、正负极等其它组元与电池性能的高度匹配；开发氢能关键材料低成本制备技术与新型制氢体系，降低制氢能耗（＜2 kWh/m3），实现燃料电池铂碳催化剂单批次公斤级制备。（3）开发无先天性微裂纹缺陷的新型α-Al2O3基化学气相沉积复合涂层刀具材料、硬质复合工具材料中界面结合强化技术、涂层织构技术、合金基体硬度与强韧化协同调控技术，奠定产品寿命稳定性显著提升和产品升级换代的基础。