

附件 1

2020 年度山东省自然科学基金重大 基础研究项目申报指南

一、“原创探索”类

遵循科学规律，聚焦前沿，突出“从 0 到 1”原创，引导和支持高层次人才基于思想原创，自选主题开展创新研究，培育有望产生重大影响的原創基础研究成果。重点支持**数学、物理和化学**重点基础学科。鼓励开展跨学科研究，引导学科交叉融合，培育可能产生重大突破的研究方向，重点支持**化学**与其它前沿学科交叉融合发展，实现重点领域“领跑”。

二、技术支撑类

围绕经济社会发展和新旧动能转换等重大战略需求，凝练提出重大科学问题，集中力量重点突破，为催生核心技术、引领性技术、现代工程技术、颠覆性技术和获得自主知识产权的重大装备及零部件提供理论支撑，筑牢科学技术的“地基”。

（一）新一代信息技术

专题一： 区块链应用基础理论研究

项目 1： 区块链安全保障与隐私保护技术研究

研究内容：开展区块链生态安全技术研究，研究智能合

约安全检测和验证、链平台安全态势感知等技术；基于零知识证明、多方安全计算等技术，研发高效、可靠的区块链隐私保护系统；开展大规模资源受限条件下，轻量级区块链密码算法的设计及优化研究，包括国密算法的高速低功耗实现优化方法；研究轻量级安全协议设计，包括密钥管理协议、身份认证协议、安全传输协议；开展算法、协议安全性分析/评估研究。

考核指标：提出区块链平台安全检测架构和安全分析仿真技术，研究支持单链和跨链的安全分析框架和漏洞挖掘技术，实现支持 2 类以上典型区块链系统的仿真平台和检测工具平台，挖掘区块链平台安全漏洞不少于 5 个；研发面向区块链的高效密码隐私保护系统，满足身份、数据等隐私保护需求，提出轻量级身份认证协议、密钥管理协议、安全传输协议，加密安全性达到 IND-CCA，强度不低于 128 bit，对称加密软件实现速度>1Gbps，公钥加密软件实现速度>2Mbps，签名安全性达 EUF-CMA，强度不低于 128 bit，签名软件实现速度>2 万次/s，验证软件实现速度>1 万次/s；提出不少于 4 种算法、协议安全性分析评估方法。面向智慧城市、金融科技等典型场景，开展不少于 3 个示范应用，申请关于核心算法的发明专利不少于 3 项，提交国家标准不少于 1 项。

专题二：网络安全理论与技术

项目 2：新一代网络空间安全关键科学问题研究

研究内容：开展新一代网络空间中的密码与编码关键科

学问题研究，研究基于深度学习的对称密码体制攻击模型，设计用于 5G 场景和物联网等资源受限的计算环境和高吞吐量密码算法；设计用于 5G 场景的信道编码方案；研究抗量子计算攻击的公钥密码体制中的格理论。研发基于自动化方法与人工智能等新兴技术的自动化密码分析模型。研究大数据和云计算环境的高性能密码运算和大数据安全算法，设计高速软硬件模型以及大数据密文检索、完整性审计、数据溯源、安全去重算法。

考核指标：构建普适的概率统计新型密码分析模型，在密码算法分析方面取得突破，研究成果发表在国际顶级密码会议 3 次以上；设计适用于新型网络环境、满足国家关键基础设施需求的新型对称密码体制，显著提升密码体制评估效率。设计高效的求解整数分解和离散对数问题算法，提升公钥密码算法的安全性；设计效率更高的求解算法和评估相关密码方案的安全性。设计高性能密码软硬件模型和快速算法，显著提升密码运算和资源虚拟化能力；设计有效的可搜索加密、同态加密、完整性验证、安全去重等密码算法和协议，满足大数据应用安全需求。设计自主可控的密码算法，在保证安全强度的前提下，吞吐量和面积超越国际现有的密码算法，研发的密码算法评估系统用于国家密码部门。申请关于算法的发明专利不少于 3 项。

专题三：新型水声通信基础理论研究

项目 3：智能高效水声通信基础理论与关键技术研究

研究内容：开展针对海洋信息长期观测需求的水声通信理论及技术研究，建立可靠的水声信道状态评价准则，设计适用于不同信道状态的自适应调制编码方案；开展面向复杂海洋噪声环境的水声阵列信号处理技术研究，构建水声阵列信号接收模型，研究水声阵列信号处理新方法提高接收端信噪比，包括信号去噪、波达角估计、主瓣干扰抑制技术等；开展水声调制方式智能识别技术研究，设计基于较小样本训练数据的神经网络训练方法，实现复杂海况下端到端的调制方式智能识别。

考核指标：构建适合不同水声信道状态的自适应调制编码系统模型，实现快速准确的调制编码模式切换，信道状态信息获取速度为毫秒级，收发端调制编码模式选择与信道状态的匹配度不低于 95%；构建复杂海洋噪声和干扰下水声阵列信号接收模型，设计高增益水声阵列信号处理新方法，提高接收端输出信干噪比 5dB 以上；设计符合水声信号特点的高精度、低复杂度的神经网络模型，建立一套完整的水声通信调制方式智能识别方案，识别常用水声信号调制方式不少于 7 种，识别速度为毫秒级，识别准确率大于 90%；研制智能型水声通信装备 3 套以上，装备的发送端可根据信道状态自适应选择调制编码方式，接收端具备智能识别调制方式、提高输出信干噪比等功能，在山东近海部署基于水声通信的海洋无线数据传输示范应用区。申请水声通信领域发明专利

不少于 3 项；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

专题四：宽禁带半导体芯片核心器件理论和制备研究

项目 4：氧化镓功率器件及模组的关键科学问题研究

研究内容：面向未来高铁、电动汽车、5G 通讯基站、智能电网、相控阵雷达等的重大需求，研究氧化镓高压大功率器件的击穿机制、电荷输运机制、分立器件的建模等关键理论问题；开发氧化镓高压功率器件的关键制备技术，包括欧姆接触技术、场板设计、高效表面钝化技术、低损伤刻蚀技术、高效散热技术等；开发增强型场效应器件的制备技术；研究微波功率器件的制备技术；研究氧化镓功率模块的建模与制备技术。

考核指标：建立氧化镓功率器件（二极管、晶体管）的击穿模型；建立氧化镓场效应晶体管载流子输运模型；研制氧化镓功率器件的击穿电压 $\geq 3000\text{ V}$ ，导通电阻 $\leq 25\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ；实现氧化镓增强型场效应晶体管器件的制备；实现工作频率 $\geq 10\text{ GHz}$ 的氧化镓微波功率器件的制备；实现氧化镓功率开关的设计与制备；申请原型器件类发明专利不少于 3 项；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

项目 5：GaN 芯片核心器件沟道电导调制新机理研究

研究内容：开展 GaN 芯片核心器件沟道电导调制新机理

研究。研究 GaN 异质结场效应晶体管调制载流子迁移率实现沟道电导调制新机理，建立 GaN 异质结场效应晶体管调制载流子迁移率实现沟道电导调制新理论；研究设计具有沟道电导调制新机理的新型 GaN 异质结场效应晶体管器件结构；研究探索新型 GaN 异质结场效应晶体管制备工艺技术，制备出性能优异新型 GaN 异质结场效应晶体管器件和相关功率模块。调制载流子迁移率实现沟道电导调制新机理的 GaN 异质结场效应晶体管避免或削弱短沟道效应，极大程度地降低高密度半导体芯片制备工艺难度，探索半导体芯片制备工艺新的途径。

考核指标：确立 GaN 异质结场效应晶体管调制载流子迁移率实现沟道电导调制机理；确定新型 GaN 异质结场效应晶体管器件结构；围绕新型 GaN 异质结场效应晶体管用于 GaN 芯片，揭示新型 GaN 异质结场效应晶体管芯片优势；制备的新型 GaN 异质结场效应晶体管达到以下指标要求：最大饱和电流 $I_{DS,max} \geq 1.8$ A/mm，跨导 $g_{m,max} \geq 300$ ms/mm，击穿场强 $E_B \geq 0.3$ MV/cm。申请原型器件发明专利不少于 3 项；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

（二）新材料

专题五：增材制造关键理论与技术研究

项目 6：增材制造专用的高性能功能梯度材料设计及其

控形控性关键科学问题研究

研究内容：针对增材制造高性能功能梯度材料的控形控性关键问题，对标高性能铝合金、钛合金及高温合金、陶瓷等航空航天领域重大需求，探索能够实现功能梯度的材料增材制造新原理和新工艺，形成与制造工艺相匹配的专用材料改性技术；研究功能梯度材料的物理化学冶金特征，提出增材制造梯度功能材料的组织与结构设计方法；研究增材制造工艺对梯度功能材料变形和性能的影响，揭示适应于增材制造的梯度功能材料的控形与控形工艺综合策略；研究增材制造梯度功能零件的工艺条件、材料组织、性能、功能到零件服役行为的映射规律，揭示零件特性与构件服役特性的协同增效机制，建立增材制造高性能功能梯度零件结构的控形控性技术与理论；在航空航天、海洋工程、交通运输、生物医学工程等领域开展功能应用验证。

考核指标：揭示非平衡快速熔化/凝固条件下功能梯度材料冶金缺陷特征及组织演化规律，建立增材制造功能梯度材料组织优化与性能提升的方法。阐明增材制造功能梯度材料组织、性能及功能到构件服役行为的映射规律，建立增材制造功能梯度材料及结构的控形控性理论；制备不少于 4 种验证构件，建立增材制造功能梯度构件服役性能评价方法。申请本领域发明专利不少于 3 项；提交国家/行业标准不少于 4 项；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5

篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

专题六：前沿材料制备基础理论研究

项目 7：高性能非对称超级电容器复合电极材料应用基础研究

研究内容：研究多维骨架与活性材料的晶体和电子结构等的匹配规律、协同效应基本理论；研究材料组成、工艺方法及工艺参数等对复合电极材料微观形貌、界面状态及电化学性能的影响规律，不同活性材料在不同导电骨架上的可控生长机理及性能优化的协同作用机制；研究正、负电极材料的容量匹配规律。

考核指标：揭示基于不同骨架材料的系列活性材料的可控生长机理，阐明材料组成及结构—微观形貌、表/界面状态—性能之间的内在规律，建立产物与性能的构效关系；揭示骨架/活性材料比和电子/离子传输特性对大幅提升复合电极材料的比电容、倍率和循环稳定性的作用机制；超级电容器正、负极材料电容值分别 $>2000 \text{ F/g}$ 和 $>700 \text{ F/g}$ ；并基于上述电极材料组装具有商业化前景的超级电容器（比能量密度 $>100 \text{ Wh/kg}$ ，比功率密度 $>25 \text{ kW/kg}$ ，10000 次循环后其容量衰减小于 5%）。结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3；3 项关键性能技术指标达到国际领先水平。

项目 8：面向氢能源等领域分离应用的先进膜材料研发

研究内容：开展膜结构和分离性质之间关系的研究，研

究分子在膜材料中的传输分离机制；开展复合膜材料用于分离应用的研究，利用结构设计和多元复合提升膜材料炔烃/烯烃/烷烃或同分异构体等挑战性体系中的分离性能；开展晶态多孔膜材料稳定性提升的研究，研究膜结构组成等对稳定性的影响，实现柔性晶态多孔膜材料的制备，优化稳定性以满足在实际条件的复杂环境中应用；开展高性能膜材料的扩大化制备方案研究，研究高性能膜材料的低成本可重复规模化制备，为膜分离技术进步和产业发展提供源头创新思路和科学支撑。

考核指标：提出系统的模型说明膜结构和分子传输分离之间的关系，可以利用该模型结合结构预测膜材料分离性能，指导膜材料的设计；提出高性能先进膜材料的构建和扩大制备策略，其分离效率可以和传统分离技术相当但能耗更低，在工业应用中具有吸引力（不同分离组成的指标数值不同，但至少应包括渗透率、选择性和组件膜面积等指标设定）；提出有效的晶态多孔膜材料稳定性提升策略，使其满足在实际应用中高温高压高湿度等条件下的分离稳定性，保证连续稳定工作时间不少于1个月；面向能源、环境和化工相关领域开展不少于3个示范应用；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过5篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于1/3；关键性能技术指标如渗透率、选择性和组件膜面积等指标达到国际先进水平。

(三) 医养健康

专题七：重大新药创制

项目 9：抗体药物与免疫抑制分子靶标研究

研究内容：聚焦分析肿瘤细胞免疫逃逸的分子机制和规律，鉴定不同肿瘤类型的主要免疫抑制分子靶标。研究分析肿瘤微环境中外泌体携带的免疫抑制分子的种类，与肿瘤类型、变异之间的联系，鉴定免疫抑制分子靶标。开展针对肿瘤细胞及微环境免疫抑制分子的纳米抗体制备的基础理论研究，探索双、多靶向方案，筛选免疫正常化双特异性或多特异性抗体药物候选分子，在动物实验中验证抗肿瘤活性。

考核指标：系统解析肿瘤的免疫逃逸机制，阐明肿瘤免疫抑制和逃逸的分子基础、外泌体介导的肿瘤免疫逃逸的分子机制，鉴定免疫抑制因子的细胞受体，为创制靶向免疫治疗药物提供理论基础。鉴定 3-5 个常见肿瘤类型的主要免疫抑制分子和机制，新确定 2-3 个外泌体富集的免疫抑制分子或组合。设计制备 6-8 个纳米抗体候选药物，可特异阻断免疫抑制因子与细胞受体之间的结合，实现作为单药具有抗肿瘤活性；完成 2-3 个双靶向抗体的抗肿瘤活性分析。结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

专题八：医疗卫生

项目 10：人类重要病毒及有潜在暴发风险的病毒感染、传播与致病的基础研究

研究内容：对于可引发人类重要病毒性疾病的病原体及有潜在暴发风险的病原体开展基础研究和应用基础研究。主要研究内容包括：人群、媒介、宿主动物和环境中有潜在暴发风险的病原追踪和监测；病毒传播过程中的遗传变异规律；动物源性病毒跨种传播机制；常见呼吸道病毒、肠道病毒、媒介病毒的多重、高通量快速鉴定技术；病毒入侵宿主细胞机制及关键位点的精确定位；病毒复制机制及影响病毒复制的关键位点和关键宿主因子；病毒重要蛋白质的结构与功能，探讨病毒蛋白翻译后修饰等蛋白质质量控制机制，分析囊泡运输在病毒生命周期中的作用。

考核指标：建立基于人群、环境、宿主动物和媒介生物的综合监测体系，绘制重要致病病毒谱和有潜在暴发风险的病原谱；阐述至少 3 种重要人类病毒或有潜在暴发风险的病毒在遗传进化过程中的变异规律；筛选至少 3 种动物源性病毒跨种传播关键位点；建立常见呼吸道病毒、肠道病毒、媒介病毒的多重、高通量快速鉴定方法各 1 套；筛选至少 3 个病毒入侵宿主关键位点；确定至少 3 个影响病毒复制的关键位点和 2 种关键宿主因子；解析多个病毒蛋白结构，发现若干个抑制病毒侵染的小分子抑制剂，阐明 2 个以上病毒编码蛋白的泛素化降解机制，探讨细胞外囊泡在病毒生命周期中的作用。结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

项目 11：肠道宏基因组对代谢性疾病糖脂代谢调节机制

的研究

研究内容：研究肥胖症及 2 型糖尿病等代谢性疾病在减重代谢手术等有效治疗前后肠道宏基因组及其代谢产物的时空变化，探索其对肠道激素、胆汁酸代谢、肠道功能重构、肠道区域免疫和全身免疫、肝脏糖脂代谢和中枢神经系统相关核团功能等的调控及分子机制；结合蛋白组学，代谢组学和宏转录组分析，进行多组学整合研究，鉴定该调控机制中的关键调节分子和/或关键调控信号通路，并筛选出新的候选治疗靶点，结合分子动力学模拟和纳米微粒递药体系，设计针对性的具有靶向性的新型高效糖脂代谢调控药物。同时，在体外细胞模型和体内动物模型中验证安全性、有效性和高效性。

考核指标：全面阐述肠道宏基因组及其代谢产物通过内分泌系统、中枢神经系统、消化系统、免疫系统等多系统对肥胖症及 2 型糖尿病等代谢性疾病糖脂代谢的调控分子机制。以减重代谢手术治疗前后肠道宏基因组及其代谢产物的时空变化为突破口，结合宏转录组，蛋白组学和转录组学深入探索肥胖症和 2 型糖尿病等代谢性疾病新的治疗靶点，并设计针对性靶向药物。鉴定 2-3 个与其相关的糖脂代谢分子调控网络；确定 3-4 个关键调节分子和/或关键调控通路；制备 1-2 个新型高效糖脂代谢调控药物，完成体内外实验验证。结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

专题九：中医药现代化研究

项目 12：活血化瘀中药有效调控心血管疾病的前沿生物学基础研究

研究内容：以临床有效的活血化瘀药物和常见心血管疾病为对象，基于机械力敏感蛋白对血管的影响等心血管研究领域前沿热点，系统开展分子基础和开发应用研究。主要研究内容包括：基于机械力敏感蛋白信号网络调控且靶标明确的疾病模型；与活血化瘀药物疗效关联的敏感生物标志物群；基于机械力敏感蛋白钙信号所修饰的标志蛋白的经时变化及空间关系；特异性识别钙信号变化的体内外荧光探测系统；快速、精确高通量筛选技术；活血化瘀药物的调控作用及其量效关系；活血化瘀药物在体内外调控基因翻译和修饰变化及离子通道活性改变；分析通道蛋白结构和功能，考察活血化瘀药物对蛋白链内的功能域调控。

预期目标：全方位考察和确证不同病理进程中基于机械力敏感蛋白的心血管疾病模型病理特点和特征；构建活血化瘀药物关联的敏感生物标志物群及评价指标；绘制至少 3 条重要机械力通道蛋白调控机制图谱；建立 2 种以上在体实时研究药物调控作用的钙成像可视化体系；建立至少 5 种有特色的精准体外药物筛选系统，确定至少 10 种活血化瘀有效活性物质或单体对特异性钙离子通道的调控；确定其对靶点的作用机制并绘制出量效关系图谱；考察对 5 种以上细胞功

能以及离子通道介导的电流的影响；深度解析 2 种相关钙离子通道蛋白结构，开发若干个基于候选活血化瘀药物的小分子通道抑制剂，阐明通道区域钙离子进入三叶螺旋包围的中央通道以及感应连接叶片形状的变化和通道的开放机制。结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

项目 13: 中医情志病证的脑环路基础和中医药干预机制研究

研究内容：利用现代生命科学技术，以中医情志病对焦虑抑郁病症的思辨认知为切入点，开展基础和应用基础研究，解析中医情志病的发生机制及干预机制研究。主要研究内容包括：中医七情及情志病证，特别是焦虑抑郁和恐惧发病的神经环路机制研究；中医七情的神经编码研究；环境诱因如何通过改变神经环路传递导致焦虑抑郁等情志病发生；根据中医情志病理论结合现代脑科学探讨大脑兴奋及抑制平衡在焦虑抑郁症发病中的作用；焦虑抑郁症发病的关键分子及神经环路机制；突触可塑性及中间神经元功能变化在焦虑抑郁症发病机制中作用的研究；针灸治疗中医情志病，特别是焦虑抑郁症的神经环路靶点及作用机制研究；中医药干预焦虑抑郁症突触可塑性及中间神经元作用变化的机制研究；新型抗焦虑抑郁症中药的研发。

考核指标：阐述中医情志病证，特别是焦虑抑郁和恐惧

发生的分子细胞和神经环路机制；建立 2 种以上中医情志病，特别是焦虑症和抑郁症动物模型；解析至少 3 种以上焦虑抑郁症发病的关键神经环路机制；解码至少 3 种编码中医七情的特异性神经细胞；阐述至少 3 条受环境影响参与焦虑抑郁发生的神经环路；解析至少 3 个焦虑抑郁症发生中大脑兴奋及抑制以及突触可塑性改变的关键脑区；建立至少 3 种评价鉴定针灸激活特定神经环路和脑区的方法；找到至少 3 个以上针灸治疗中医情志病，特别是焦虑抑郁症的作用靶点；筛选 2 种以上中医情志病，特别是焦虑症和抑郁症的中药新药；申请本领域发明专利 3 项以上；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

（四）农业技术领域

专题十：生命科学研究

项目 14：非洲猪瘟抗病育种技术的研究与应用

研究内容：筛选对非洲猪瘟病毒具有抗性的猪只，并进行胚胎、精子和体细胞保种；研究攻毒猪体内免疫指标（细胞因子、抗体水平）的变化趋势；通过现代生物技术鉴定非洲猪瘟病毒的抗性候选基因及其功能位点，并鉴定相关的功能蛋白，阐明抗性基因的作用机制；利用基因编辑技术对候选基因进行验证；连续跟踪研究非洲猪瘟抗性猪三个以上世代的抗病稳定性及抗性基因的遗传稳定性。

考核指标：发掘对非洲猪瘟有抗性的种群 1-2 个；筛选出抗非洲猪瘟病毒的基因 1-2 个，研发针对非洲猪瘟抗性的基因诊断技术 1-2 项；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。申请本领域发明专利 5 项以上；建立非洲猪瘟抗性猪的胚胎库、精子库和体细胞库各 1 个。

项目 15：干细胞改良名优特果树品种的分子机理

研究内容：以小国光、肥城佛桃等名优特果树品种优株为研究对象，结合细胞和组织培养技术，诱导形成多能干细胞和全能干细胞，进而综合运用遗传学、组学和生物信息学等手段，分析不同来源和不同种类干细胞表型差异的分子机理；建立高效细胞和组织培养体系，创立组培芽苗微型嫁接体系；建立干细胞原种母本圃，筛选出性状优良的干细胞培养优株；最终从分子水平揭示干细胞改良名优特果树品种生物学性状与产量品质的分子机理，初步建立利用干细胞技术改良名优特果树品种的技术体系。

考核指标：通过比较不同来源和不同种类干细胞表型差异的分子机理，解析干细胞改良名优特果树品种性状的分子机理；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3；申报发明专利 2-4 项，建立小国光、肥城佛桃等名优特果树多能干细胞和全能干细胞诱导体系各一套；创立组培芽苗试管微型嫁接体

系；创制多能干细胞来源的株系 80-100 个，其中 5-7 个具备产业化价值。创制全能干细胞来源的株系 50-60 个，其中 4-6 个具备产业化价值。

（五）环境保护与治理

专题十一：环境污染治理技术理论研究

项目 16：土壤修复改良新理论新方法研究

研究内容：针对农田退化土壤障碍削减、氮磷面源污染防治、重金属污染修复和土壤质量提升的科学难题，研究板结、酸化等结构不良土壤的胶体重构机制及调控技术，构建离子均衡调控、微生物-植物联合增碳培肥、有机无机协同的土壤质量提升体系，揭示土壤胶体重构、团聚体形成以及土壤碳库稳定机制。开展氮、磷调控剂对土壤氮磷转化及运移的作用机理及调控效应研究，研发以氮、磷调控剂组合复配为核心的绿色投入品，深入分析复配产品增效机理，探明土壤氮磷面源污染削减的微生物参与策略。开展重金属污染土壤植物-微生物联合修复、化学钝化机制研究，研究微生物菌剂对植物修复效率的调控机理、土壤微生境对化学钝化效果的影响机理，揭示修复过程中土壤重金属赋存形态、微生物群落分布与作物吸收分配的耦合关系。

考核指标：发展针对我省不同类型退化土壤的物理化学修复体系及植物-微生物联合修复体系，提出适宜我省不同类型退化土壤的物理化学修复或植物-微生物联合修复策略，建立农田退化土壤障碍削减和质量提升技术模式 1 套，形成

至少 1 份建议稿提交省市级政府。开发可用于土壤板结、酸化或农田氮磷面源污染、重金属污染的绿色投入品 1-2 种，形成配套使用方法 1-2 套。阐明土壤板结破除、酸化土壤改良、氮磷转化调控和重金属钝化的机制机理以及高活性自由基降解石化污染物的分子机制。申请本领域国家发明专利 10 项以上；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

项目 17：臭氧污染生成机制与溯源研究

研究内容：针对臭氧污染形势不断加剧，开展山东省内重点区域和苏皖鲁豫交界地区环境空气中臭氧及其前体物等的同步观测，明确臭氧污染特征及其影响因素，研究重点区域臭氧污染生成机制和传输规律，解析 VOCs 等前体物来源并建立其与臭氧生成的非线性响应关系，快速识别并量化关键前体物对臭氧生成的贡献，开展重点区域和行业臭氧及关键前体物的减排调控工程示范，针对性制定本地化臭氧防治策略和技术路线，实现重点排放源的精准管控，推动区域环境空气质量整体改善。

考核指标：形成重点城市和重点区域臭氧及前体物监测网络；阐明臭氧污染特征、生成机制和传输规律；建立臭氧及前体物精细化动态源解析技术方法，并编制省级以上技术指南；构建臭氧及前体物综合防治工程示范至少 1 项；提出 1-2 个城市臭氧污染防治措施和技术方案，形成至少 1 份建议稿，被省市级政府采用；制定区域和行业臭氧前体物综合

排放地方标准不少于 3 项，监测分析方法标准 2 项以上；申请发明专利至少 3 项；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

三、战略跟踪类

跟踪学科前沿，跟踪技术发展趋势和最新热点，跟踪国家基础研究布局的重点方向，组织开展前瞻性基础研究和应用基础研究，补齐山东基础研究短板。

专题十二：变革性技术关键科学问题研究

项目 18：超临界 CO₂ 流体染色技术基础理论研究

研究内容：针对新型前沿染色技术缺乏系统的理论支撑问题，开展超临界 CO₂ 流体染色技术基础理论研究。探讨分散染料在超临界 CO₂ 染色工况下的溶解行为，研究超临界 CO₂ 体系中聚酯纤维的塑化行为，染料与纤维界面相互作用机制；诠释超临界 CO₂ 流体动力学行为对染料在聚酯纤维柱状纱线集合体层间迁移与扩散的规律及机理；研究超临界 CO₂ 流体中分散染料染色热力学及动力学行为，建立染料上染吸附扩散模型，阐释超临界 CO₂ 染色过程聚酯纤维结构、染料分子结构及尺度和染色工艺参数之间的耦合关系；明确聚酯纤维低聚物在超临界 CO₂ 流体中的溶出与相变行为；阐明超临界 CO₂ 染色工况下 CO₂、染料、纤维、低聚物等多元物质相互作用与作用过程等系列基础问题，针对聚酯材料与分散染料体系，建立更加完善的超临界 CO₂ 流体染色理论，为超临界 CO₂ 染色技术工程化提供理论支撑。

考核指标：揭示分散染料在超临界 CO₂ 流体体系中的溶解与配伍行为及上染机理，开展超临界 CO₂ 流体染色拼色机理研究。明确多组分分散染料及工况条件对聚酯纤维上染行为的多元作用机制，构建 CO₂/染料/纤维三元体系相平衡模型，揭示染色效应与染料结构、纤维结构、被染制品形貌和工艺条件之间的内在关系。建立超临界 CO₂ 流体染色在线监测方法，建设并获批省部级及以上实验研究平台，健全完善的超临界 CO₂ 流体聚酯纤维高品质染色理论和技术服务体系。超临界 CO₂ 流体染色聚酯产品耐日晒色牢度达到 6 级，耐水洗、耐摩擦色牢度不低于传统水介质染色产品；结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3；申请发明专利不少于 10 件，其中 PCT 不少于 2 件；建立超临界 CO₂ 流体染色相关地方或行业标准不少于 2 项。

专题十三：合成生物学

项目 19：新一代 DNA 合成技术研究

研究内容：针对 DNA 化学合成的技术瓶颈，开发 DNA 合成的改良化学合成技术及生物酶体外催化合成技术；开展非模板依赖的 DNA 生物酶合成、特异性碱基连接等研究；开发寡核苷酸合成功能模块、基于多酶系统的 DNA 合成错误修复技术、基于荧光能量共振或激光扫描的 DNA 合成长度检测功能模块；研制 DNA 生物合成仪。

考核指标：搭建不少于 2 种新 DNA 合成生化体系，实现

合成效率 99.5% 的突破，合成长度较现有技术提高 2-4 倍；建立自动化 DNA 生物合成技术体系，核心零部件、主要原材料与配套试剂实现国产化；DNA 生物合成综合成本降低 2-3 个数量级。结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。

项目 20：人工染色体的设计与合成研究

研究内容：针对山东省主要农作物和模式植物，研究人工染色体的设计、组装原则与技术，发展人工染色体向植物细胞核内转移技术；开展植物信号转导通路等方面研究，在模式植物中实现特定功能重塑。研究猪、小鼠等非灵长类哺乳动物人工染色体的设计原则，开发基于人工染色体的异源免疫调节等技术，构建人工动物染色体的防逃逸扩散技术。

考核指标：建立植物人工染色体的设计与构建原则，获得 10 个以上端粒、着丝粒、自主复制序列等不同人工植物染色体的关键组件；构建具有特定信号通路响应的植物人工染色体，合成染色体长度达到 2 Mb 以上。建立动物染色体组装和移植复活技术，合成具有异源免疫调节功能的动物人工染色体长度 2 Mb 以上，基于人工染色体开发人源免疫蛋白异源表达等的策略与方法，构建 2-3 个染色体疾病动物模型，建立 2 种以上防逃逸技术。结题时，提交评价的高质量论文及代表作不超过 5 篇，其中，国内科技期刊论文原则上不少于 1/3。