

附件 1

2022 年度高校与合肥综合性国家科学中心 协同创新项目申报指南

一、与人工智能研究院合作攻关协同创新项目

1. 面向智慧教室的多光谱视觉感知与识别的学情分析 研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

研究面向智慧教室监控图像的局部视觉认知计算体系。探索局部视觉模式的结构化表达与匹配，实现图像分割、识别等底、中层视觉认知任务；建立融合图推理机制的新型结构化深度神经网络，实现教育监控图像理解、语义联想、情感判读等高层视觉认知任务；建立视觉数据计算和分析体系，实现多光谱教育图像认知。研究面向智慧教室视频的运动与行为认知计算体系。探索视频时空建构推理，实现时空关联的多粒度运动认知；研究视听觉信息解耦与联合建模，建立视听觉融合计算机制，解决教育视频分析中的若干关键跨模态运动认知任务；搭建多光谱统计推理框架，实现多光谱协同的运动目标行为识别与推理。

构建一套智慧教室下高度协同的多光谱视觉知识认知推理系统。针对多光谱视觉数据的分析与理解和场景感知信息的特征表达，构建 500 人以上的多光谱智慧教室视觉推理数据集，实现课情识别准确率 85% 以上。结合多种表示和学习方法进行动态自适应在线学习，实现多光谱感知信息在监

控范围内的交互协同。借鉴人脑认知交互环路的结构与计算特点，实现视听跨模态信息匹配准确率 80%以上。在此基础上发表 CCF-B 类或 SCI 二区及以上高水平论文 6 篇以上。

2. 基于个体化脑功能病变特征的精准磁刺激技术调控神经疾病的临床和机制研究

面向学科：临床医学、智能科学与技术

研究内容及考核指标：

基于多模态 MRI，建立常人脑功能网络模型，识别患者的个体化病变特征，为临床的精准诊疗提供必要信息。利用大样本 (n=1000) 健康被试的多模态 MRI 数据构建脑功能网络与年龄性别的变化函数，简称规范模型。基于规范模型，识别出帕金森病和阿尔兹海默病患的个体化脑功能异常网络，解析两大疾病临床症状的神经机制。基于个体病变特征对患者进行聚类分析，识别临床亚型，开发自动化诊断算法。基于患者个体病变特征，设计靶点个体化的 rTMS 随机对照研究，验证个体化方案的临床疗效。关联个体化病变特征与“大范围首先”认知能力，从脑损伤的角度探讨“大范围首先的神经机制”。

构建大样本健康老年人多模态数据库及脑老化模型；建立自动化算法，对帕金森病和阿尔兹海默病的个体化诊断和病变网络的定位；为帕金森病和阿尔兹海默病建立高效的重复经颅磁刺激个体化治疗方案；开展不少于 40 例帕金森和阿尔兹海默病患者的“大范围首先”理论的认知实验，并解析其核心网络。

3. 基于三维视觉的 MRI 头动实时定量监测和 MRI 图像重建研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

在 fMRI 扫描过程中，拟利用视觉算法重建患者头部三维模型，并利用三维模型估计头部三维运动场来引导 MRI 序列进行校正和对齐。搭建 MRI 兼容的双目成像系统，构建一套针对头部的三维重建系统，对患者头部进行高精细化的三维重建；利用重建的三维模型估计患者头部运动的三维运动场，实时量化头部运动信息，矫正 MRI 扫描时的 K 空间位置；利用患者头部运动的三维运动信息对 MRI 序列进行校正，获得高清，边界锐利的 MRI 图像。使得不同 MRI 序列表示的头部对应体素之间能够精准对齐；利用 MRI 和三维矫正算法开展儿童或者患者的“大范围首先”认知实验研究。

构建一套 MRI 兼容的与 MRI 线圈配合的双目成像系统；实时获取头部三维运动信息(30fps)；头部三维运动信息的精度平均误差<0.5mm；重建高精度的 3 维 MRI 图像；开展不少于 10 例的儿童或者患者的“大范围首先”理论的认知实验，并重建清晰可用的 MRI 结构图像和功能图像。

4. 社交媒体平台直播互动场景实时感知技术研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

研究复杂直播场景中的高鲁棒性实时语音识别技术，能够有效对抗噪声、背景音等干扰，实现语音到文字的精确实时转换；研究直播画面和语音的关键内容抽取技术，及多模异构内容的语义对齐和融合方法，实现直播内容主题的挖掘和认知；研究直播互动过程中的用户交互内容认知，对用户评论\弹幕内容与主题的相关度、立场和情感等方面进行识别。

基于多种直播场景如电商、赛事、新闻等 3 类，构建每类不少于 5 万项的数据集，每项包含直播视频 1 条和不少于 100 条评论\弹幕，及对评论\弹幕的情感、立场和行文风格标签；对直播过程中的语音识别准确率不低于 95%；对直播主题的提取和识别准确率不低于 90%；对直播互动过程中的网民评论\弹幕立场分类准确率不低于 90%，类别不少于支持、中立、反对；网民评论\弹幕的情感分类准确率不低于 85%，类别数不小于 12 种；对网民评论\弹幕的行文风格分类准确率不低于 85%，类别数不小于 5 种；提供模块化原型系统。

5. 应激相关脑区-人脑垂体的介观细胞图谱

面向学科：生物学、智能科学与技术

研究内容及考核指标：

人脑垂体高分辨率磁共振影像图谱：采用高分辨率磁共振，对不同年龄、性别来源的死后完整人脑垂体样本进行亚毫米分辨结构成像；人脑垂体细胞图谱：通过组织透明化处理，结合多轮免疫荧光染色和微米分辨 VISoR 快速三维显微成像技术，以及成像大数据的高精度智能重建技术，构建完整人脑垂体介观细胞图谱，对同一垂体中应激相关细胞谱系进行分类；基于应激下的病人样本应激相关谱系的细胞标记和成像，构建应激下人脑垂体细胞谱系图谱，并与鼠脑应激图谱做比较研究；结合垂体瘤临床手术样本和高分辨率磁共振影像，验证上述基于人脑垂体介观细胞图谱精细分区在垂体瘤的影像学诊断中的作用并绘制参考图谱。

获得高分辨率的人脑垂体磁共振结构图谱，空间分辨率不低于 50 μm ；构建正常人脑垂体的细胞谱系图谱，空间分辨率不低于 1 μm ，对不同细胞谱系表达分布进行确定，图谱

包含区域划分标注模板；分析应激下人脑垂体细胞谱系的变化，并与鼠脑垂体应激图谱做比较研究；获得与人脑垂体磁共振图谱配准的介观细胞图谱和谱系精细分区，为临床研发垂体相关疾病的影像诊断提供科学依据。

6. 髓母细胞瘤的人工智能风险评估及精准医疗

面向学科：智能科学与技术

研究内容及考核指标：

针对髓母细胞瘤，建设相关影像、临床、生物等关联信息的数据整合和分析平台；针对髓母细胞瘤样本数有限的问题，研究基于多模态医学影像数据的小样本风险评估和预后预测算法；研究基于增量学习的风险评估和预后预测方法；构建针对髓母细胞瘤的辅助诊断，风险分级、预后预测等临床辅助诊疗系统。

构建不少于 800 例的髓母细胞瘤多组学数据库；开发 1-2 项髓母细胞瘤风险评估和预后预测的技术方法；搭建髓母细胞瘤辅助诊疗系统。

7. 相控阵超声换能器阵列设计和加工工艺研究

面向学科：控制科学与工程

研究内容及考核指标：

研究压电换能器新材料，实现光声和超声信号的高灵敏度接收；研究线阵和全环阵相控阵超声换能器阵列的结构设计与加工方法，包括压电晶体、匹配层、电极、背衬和封装工艺，满足光声和超声双模态成像需求；研究特殊几何形状换能器阵列的加工方法，满足特定场景的应用需求；研究相控阵超声换能器阵列的自聚焦实现，增强焦点区域信号的发射和接收效率。

形成一套完善的线阵、环阵、半球阵相控阵超声换能器阵列加工工艺和测试方法，换能器中心频率 1–20 MHz，阵元个数不少于 256；加工探头实物，实验测试并进行优化。

8.相控阵超声电子系统研究

面向学科：控制科学与工程

研究内容及考核指标：

设计可用于超声成像的多通道高速超声电子系统，包括发射电路、复用器、发射接收开关、阻抗匹配、接收模拟前端(AFE)、信号放大、信号滤波、模数转换(ADC)、时间增益补偿 (TGC)、数据处理、波束合成等；设计可用于高强度聚焦超声治疗的多通道高功率超声电子系统。

设计一套多通道超声电子原型系统，模拟前端的接收信号带宽：0 至 30MHz，增益可变（模拟/数字控制），增益范围 0 至 80dB；模数转换器的分辨率不小于 14bit，转换速度不小于 62.5 MS/s，通道数不小于 256。

9.医学影像学类脑智能系统构建及其关键技术研究

面向学科：智能科学与技术、临床医学

研究内容及考核指标：

通过模拟人类大脑的功能网络，构建一种基于全脑功能网络架构，用于医学影像诊断和质控的类脑智能系统。该系统可以通过与周围环境信息的交互，实现自我完善、自我拓展以及自主学习的功能。主要研究内容包括：感知网络：感知周围环境信息变化存储到记忆网络，同时更新系统状态；记忆网络：保存读片知识图谱和算法模型参数，更新系统意图；奖赏网络：根据系统应用效果的环境变化信息，促进集成网络实现系统自我完善；集成网络：根据奖赏信息进行系

统优化，实现系统的自我完善；根据记忆网络的意图变化，实现自我拓展和自主学习；执行网络：根据任务列表对执行医学影像诊断以及质控，生成医学影像检查报告和质控报告。

利用类脑智能系统的自我完善、自我拓展和自主学习能力，实现各种医学影像检查项目的智能化诊断和质控。自我完善：对于已经创建的智能化诊断/质控的项目，通过感知在线的应用效果，不断提高诊断和质控的能力；自我拓展：对于尚未创建智能系统的检查项目，通过创建对应的知识图谱，实现机器学习的自动化，拓展系统的应用范围；自主学习：对于新出现的检查项目，通过自主学习自动创建相应的智能系统。

10. 基于步态的多维度负面情绪识别研究

面向学科：计算机科学与技术、心理学

研究内容及考核指标：

研究步态数据的采集与时序人体姿态骨架处理算法，构建步态时序姿态骨架数据集：基于 RGB 摄像机采集大量的步态数据，通过相应算法得到人体骨架运动数据，去除人物活动背景、人脸等敏感信息，构建公开的负面情绪步态时序姿态骨架数据集。研究多维度负面情绪表达模型，构建科学合理刻画负面情绪的标准：采用多维度的负面情绪表征，利用低、中、高强度以及发生频次来描述每类负面情绪，辅助发现人们在日常生活中表现出的消极情绪和演变过程。研究负面情绪与步态特征的关联映射机制：重点研究在没有外部因素干预下，负面情绪和步态模式的关联映射关系，并探索基于步态的负面情绪识别方法的适用场景、极限性能和可靠性。

建立可公开的负面情绪步态数据库，并搭建基于步态的多维度负面情绪表征和预测模型，在实际场景中进行落地验证。围绕研究内容产出高水平研究成果（不限于高水平论文等） ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项，培养形成步态识别交叉方向研究队伍，培养 2-3 名研究生。

11. 基于量子机器学习的量子态区分研究

面向学科：物理学、计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

通过量子机器学习方法构建通用的量子态区分机。通过监督学习方法，利用学习样本逐渐优化测量方案，达到区分量子态目的；探寻量子电路学习方案实现量子态区分；提出合理方案甄别量子态集合中不属于待区分集合的杂质态；探究学习样本数量与错误率之间的关系，使错误率低于一定阈值。

构建更为实际的量子电路学习方法进行量子态区分，使其能在现有实验条件下运行，如科大量子计算云平台等；在保证无错区分的前提下，能甄别不属于待区分集合的杂质态，且杂质态的个数 $W \geq 2$ ；给出最小样本数，并使量子态区分错误率低于一定阈值。在有限学习样本的前提下，探究最低样本数，使得学习后测量方案的分辨正确率高于 85%。

12. 基于数字 PET 成像技术的脑认知功能研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

基于 PET 成像技术，探索脑部分功能动态变化规律；构建脑部分区域关联图，研究视觉认知活动的脑区域关联图的信息传递机制，为进一步探索脑视觉认知机理提供可视化基

础；研究 PET\MIR 等成像的融合与配准技术；建立脑部分多模态视觉信息模型，为进一步面向多模态视觉应用、面向临床容错的脑部级别预测与评估提供数据基础。

构建 PET 脑区影像数据库，构建动态演化图模型实现脑区功能建模，探索视觉认知机理。挖掘脑区功能信息传递机制；构建一系列 PET 和 MIR 配准和融合高效算法；建立脑部分多模态视觉信息处理模型。发表 CCF-B 类或 SCI 二区及以上高水平论文 6 篇以上。

13. 面向网络空间智慧搜索的推理和决策模型研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

研究面向网络空间中多模态数据的异质图构建方法、基于异质图的知识表征方法，构建基于异质图的图学习与推理理论，实现语义级用户意图理解。研究基于因果推理的决策理论，构建因果强化学习框架，刻画状态、动作和奖励之间的因果关联，形成知识引导、数据驱动和行为探索相结合的因果推理基础模型和算法，实现用户和搜索引擎之间的动态交互，发现隐藏在用户反馈信息中的真实意图，挖掘影响用户搜索意图的真正原因，进一步给出满足用户个性化需求的可解释的智能解决方案。研究去混杂的元学习方法，构建基于因果干预的元学习框架，解决网络空间中数据分布不平衡问题，突破模型泛化瓶颈，提升智慧搜索决策模型的泛化性和可解释性。

构建面向网络空间智慧搜索的因果推理和决策的新方法和新模型，实现包括面向网络空间中多模态数据的异质图构建、异质图学习与推理、因果强化决策、去混杂元学习在

内的智慧搜索框架；建立知识引导和数据驱动的融合方案，降低对数据独立同分布的依赖，提升模型的泛化能力和可解释性，实现智慧搜索框架在社交网络、电子商务等领域的示范应用；在应用场景中验证深度学习方法的因果推理和决策能力，异质图对深度学习方法的知识引导能力。

14.复杂环境下的多智能体强化学习研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

针对复杂多样的任务目标和环境，研究多智能体基础结构设计，建立任务目标动态分层与异构智能体自动分组机制，实现分层分组的有机结合。针对多智能体感知信息冗余和信息表征泛化性差的问题，研究多智能体信息感知与处理，建立协同感知与信息融合压缩机制，实现低信息冗余、高泛化能力的多智能体信息感知处理技术。针对复杂环境中多智能体策略生成的性能和效率等问题，研究部分可观测条件下的多智能体合作和信息共享机制，提高策略的生成效率；研究人机协同合作下的策略增强方法，提升策略的鲁棒性和性能表现。针对多智能体博弈关键技术落地应用的现实鸿沟问题，研究从仿真环境到现实场景的多智能体策略迁移技术，实现多智能体策略从仿真环境到现实场景的跨域适配和安全部署。

从方法建模、策略生成、策略迁移等多方面对多智能体强化学习展开全面研究，推动多智能体强化学习研究从理论方法到实际落地应用部署。实现公共场所环境中的智能体导航和智能跟随，并迁移到真实场景中；实现体育运动比赛环境和军事环境背景下的多智能体协作和对抗；落地到智慧城

市、体育运动、军事国防等多领域并进行相应的产业化。发表高水平论文 ≥ 4 篇，申请发明专利 ≥ 4 项，培养研究生 ≥ 4 人。

15.面向人工智能的安全体系及关键技术研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

从人工智能的数据安全、框架安全、模型安全和安全评估等四个方面进行研究。在数据安全方面，研究人工智能数据交互模式和密码学基础理论，构建安全高效的数据安全可信方法，保障人工智能学习和推理过程中数据来源可靠；在框架安全方面，深入探索安全多方计算、同态加密、差分隐私等安全理论和软硬件协同的安全构建方法，设计安全、隐私保护的分布式学习基本框架和方法，保障人工智能框架安全；在模型安全方面，深入研究攻击手段的内在机理，从学习、推理等多角度构建面向人工智能模型的安全防御机制和方法，保障人工智能模型安全；在安全评估方面，构建“数据-框架-模型”多维度一体化评估模型和方法，保障人工智能系统及应用安全。

从安全防护角度探索人工智能安全背后的共性问题 and 特性问题，构建“数据-框架-模型”多角度的人工智能安全防护体系；设计面向“学习-推理”多场景的数据安全传输方案；实现软硬件协同的安全人工智能学习框架，支持不少于三种分布式学习算法；突破面向人工智能模型的安全防御创新机制，通过密码学等技术手段保障模型安全；实现多维度一体化安全评估方法，提出针对不少于5种已有攻击手段的评估方法；在网络空间安全或人工智能领域发表 CCF B 类以上高

水平期刊和会议论文 5 篇以上。

16. 基于多模态融合的脑 CT 图像及脑质谱图像的超分、配准与分割

面向学科：计算机科学与技术、临床医学

研究内容及考核指标：

项目拟进行多模态脑质谱图与脑 CT 图像的融合，利用基于对抗生成网络的超分辨率算法，提升脑质谱图像的质量；采用深度可解释卷积网络思想，结合语义信息和位置信息，实现脑质谱图与 CT 图像的自适应融合与图像配准；基于多模态融合协同表征的脑图像精细化分割，解决脑肿瘤边界模糊、肿瘤大小过小等问题。

研发一套质谱图像超分辨率算法，实现对质谱图像的高质量超分辨率重建；设计基于多模态融合的脑部图像的分割算法，实现对脑组织、肿瘤的精准确分。

17. 面向多模态学科数据的认知推理与智能应用

面向学科：计算机科学与技术、心理学

研究内容及考核指标：

研究面向多模态学科资源的自适应信息识别与协同表示，实现包括文本、图像、音频等不同模态学科资源融合表征和知识自动关联；研究面向学科资源的信息抽取与知识图谱构建，实现基于学科资源和学情数据的知识实体自适应抽取、关系推断与自动补全等技术，构建学科知识图谱；研究基于认知过程的智能分析与推理，探索类人信息处理和知识分析理论，提出基于知识结构的智能分析方法和认知推理模型，实现人工智能知识学习过程中的自适应增强；构建智能教育示范系统，开展面向机器阅读、智能批改、类人答题、

资源推荐等任务的知识运用模型，提供智能教育服务，提高人工智能在教育行业的服务成效。

构建一套面向多模态学科数据的资源智能构建及自适应学习系统。针对多模态学科资源的自适应信息识别与协同表示，标签自动构建准确率 85%以上；实现知识图谱构建技术，以人机耦合方式构建面向知识推理的学科知识图谱，图谱节点规模达 1 万以上；基于学科知识图谱及自动推理技术，实现类人答题、类人编程能力，在封闭集内准确率达 80%以上。构建智能教育示范系统，提供面向自主学习的自适应学习能力，在此基础上发表 CCF-B 类或 SCI 二区及以上高水平论文 5 篇以上。

18. 基于关系学习的网络短视频内容理解技术研究

面向学科：智能科学与技术

研究内容及考核指标：

研究利用图深度学习技术实现网络短视频中物体-语义关系挖掘。具体包括：面向物体-语义有监督关系学习的图神经网络建模方法；面向物体-语义零样本关系学习的图神经网络建模方法；研究利用图深度学习技术实现网络短视频语义-用户兴趣关系学习。通过对视频语义嵌入、用户兴趣建模和用户关联性挖掘来联合地学习视频语义和用户兴趣之间的潜在关系，高效地捕捉用户动态变化的兴趣。

构建 10TB 级有标签网络短视频有标注数据。研究可应用于网络短视频数据信息感知的结构化深度学习算法，构建鲁棒快速的基于图卷积神经网络的关系学习模型；为大规模复杂视觉数据感知提供重要技术基础。以物体为纽带，提出并验证深入挖掘网络短视频中的物体-语义关系信息的方法，

实现视频高层语义的自动提取；公开数据集准确率不低于80%。实现建模网络短视频语义-用户兴趣之间的关系完整解决方案，完成视频的个性化服务；跨网络视频推荐中冷启动设置下的F值不低于0.02。

19. 颅内动脉瘤的人工智能辅助诊断和精准治疗关键技术研究

面向学科：智能科学与技术、临床医学

研究内容及考核指标：

项目拟开展针对颅内动脉瘤的大样本多中心前瞻性队列研究，建设基于影像大数据、临床大数据和生物大数据等关联信息的大数据整合与分析平台；研发基于人工智能算法的数字减影血管造影（DSA）、MR血管成像（MRA）或CT血管成像（CTA）动脉瘤图像自动识别技术，实现动脉瘤快速自动识别；构建颅内动脉瘤风险评估模型，并系统验证该模型在早期筛查检测、破裂风险预测、辅助诊断、疗效评估和预后预测等临床应用中的作用。

在安徽省建立不少于2家颅内动脉瘤研究分中心，完成不少于2000人的颅内动脉瘤人群社区、临床队列及随访，建立数据管理和共享机制；开发1套对颅内动脉瘤进行自动识别和风险评估的人工智能分级系统，实现检测准确率与临床金标准的一致性和有效性。

20. 面向智能制造的设备智慧运维关键技术研究与应用开发

面向学科：智能科学与技术

研究内容及考核指标：

围绕制造业设备运维从传统经验模式向数据驱动的智

慧模式转变过程中存在的技术问题，开展基于深度学习、知识图谱等人工智能技术和边云协同技术在设备运维领域的应用研究，并进行设备智慧运维赋能平台的开发。面向设备运维的异构数据采集、边缘智能节点设计、边云协同机制设计；针对设备运维数据所存在的故障样本少、分级标注困难、资源受限等问题，开展基于数据生成、小样本学习、模型压缩的设备故障诊断研究；针对在线设备故障诊断流程中存在或交互时产生的偶发性变化域，构建基于深度学习的前验性预测和基于多层次数字孪生模型实时性检测等智能决策方法，在云端进行设备健康状况监控识别；基于设备运维规程、运维经验构建知识图谱，相关结果输出形成预防性维护建议；研发设备运维赋能平台，以微服务的方式进行封装，以功能组件的方式实现智慧运维输出。

构建基于工业互联网的设备故障诊断大数据融合、风险预警、智能决策的一体化应用系统。预计在设备运维异构数据的融合、生产设备运维大数据的在线智能诊断与决策，高端装备健康状态检测与远程运维服务系统研发等研究中取得创新性理论成果，在国内外高质量期刊上发表论文 3-5 篇；获得授权国家发明专利 2-3 项，软件著作权 2 项；培养硕士生 4-6 人。

21. 路边辅助感知协同的自动驾驶技术

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

研究多源传感器标定与协同感知技术，解决多源数据之间的不一致性，实现路侧多源异构数据的有效感知、融合与预测。研究满足多服务质量需求的 5G 网络技术，实现多源

感知数据的高可靠和低时延网络传输。研究“端-边-云”协同网络架构下的智能决策与控制技术，提升车辆、设施、人等协同控制引导能力。研发基于 5G 与“端-边-云”协同的路边辅助感知网络支撑平台。

研发支撑路边辅助感知的多源数据融合、多服务质量需求的 5G 边缘网关和“端-边-云”协同的决策与控制关键技术；开发一套基于路边辅助感知的路侧交通感知原型系统。

22.多模态内窥镜成像数据的多元属性获取与知识推理

面向学科：智能科学与技术

研究内容及考核指标：

以多模态内窥镜医学影像数据为研究对象，构建多尺度跨模态特征表示学习框架，将复杂异构多模态内容映射到统一概念表示空间当中，进一步得到多模态内容的多粒度概念知识基元及知识关联。建立多模态内窥镜成像数据多元属性库，构建自学习和预测模型。基于多元属性和多模态数据统一表征，进行知识推理，构建可解释的机器学习模型。

形成一个基于多模态内窥镜成像数据的多元属性获取与知识推理的可解释学习框架，能够在内窥镜诊断平台上实现诊断任务；在多源、异构内窥镜图像上实现多器官肿瘤病灶识别，识别准确度超过 90%；能够在多模态智能成像内窥镜平台上进行验证；申请发明专利 ≥ 3 项，申请软件著作权 ≥ 1 项。

23.可穿戴式智能康复运动辅助机器人关键技术研究

面向学科：控制科学与工程

研究内容及考核指标：

开展融合脑机接口技术、肌电驱动技术以及机器人技术

的可穿戴式智能康复运动辅助机器人关键技术研究，实现患者主动驱动的康复过程，提高患者的治疗效果。可穿戴式智能康复运动辅助机器人机构综合与设计，优先可穿戴式智能康复运动辅助机器人实用机构；针对行动障碍患者运动意图难以感知的问题，研究患者的主动意图的提取方法，设计基于脑机接口技术的行动障碍患者运动意图分析算法；基于脑机接口和肌电驱动技术研究康复运动辅助机器人运动控制方法；设计可穿戴式智能康复运动辅助机器人系统及外骨骼，开展行动障碍训练测试实验。

研制一套可穿戴式智能康复运动辅助机器人及外骨骼实验样机，在基于脑机接口技术的行动障碍患者运动意图分析与智能康复运动辅助机器人运动控制方法的研究中取得创新性理论成果，申请国家发明专利 3 项以上，获得软件著作权 2-3 项，培养形成脑机接口与人工智能交叉方向研究队伍，培养 2-3 名研究生。

24. 面向脑图谱构建的多模态脑影像数据高效压缩编码技术研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

对于大规模、多中心的多模态脑影像学数据，开展面向脑图谱构建的海量数据高效压缩编码技术，对于脑影像数据的高效存储、传输、分析和可视化等具有重要的研究意义和应用价值。项目拟开展研发基于感兴趣区域（ROI）的脑影像高效编码方法；基于视频序列表示的多模态脑空间信息三维图像编码方法；基于三维小波变换的脑影像数据压缩编码方法；基于智能分析任务的图像失真准则/评价指标研究和基

于新型评价指标的压缩编码方式。

构建 3-4 种影像数据压缩编码方法，编码效率相对于当前广泛采用的 JP3D 提升 50%；建立一套适应于智能分析的脑影像质量评估准则，并设计基于该质量准则的编码方式，实现脑影像数据的高效编码。

25.基于深度学习的适老化健康多模态感知系统关键技术研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

研究人体生物信号的感知技术，包括无感生物信号采集，基于分子通信的纳米级分子级信息采集与传输，基于机器视觉的人体信息采集（行为识别、步态分析、表情识别等）。研究智慧健康物联网，实现人体信息数据从体内到体外，从体外到平台，从平台到终端的可靠传输，从通信协议、隐私保护、用户体验等方面建立适用于智慧健康服务的物联网通信体系。针对多模态生物信号构建基于深度神经网络的人体健康评价模型并进行系统优化，建立身体与心理健康的评价体系，在健康养老、疾病预警、慢性病康复与治疗等方面进行多维评价。研究适老化健康大数据管理平台和健康数字孪生系统，开展多模态行为监测、疾病预警等智慧健康服务，并开展示范工程验证。

突破智慧人体多模态信息采集与传输领域关键理论研究的瓶颈，如分子通信与纳米物联网、无感生物信号采集、基于机器视觉的生物信息实时采集等；建立不低于 10 个高阶一级定量指标和 40 个低阶二级定量指标的长三角城市适老化健康服务评价体系并每年公开发布；在长三角不低于 3

个城市开展适老化智慧健康数据管理案例；构建不低于 2 类常见慢性病的多模态信息融合数据库；发表课题相关论文 ≥ 10 篇，申请发明专利 ≥ 5 项。

26. 面向智能计算的核心系统软件与安全研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

针对面向智能计算的系统软件国内发展不足的现状，多维度探究其基础方法和核心技术。研究面向智能计算的系统资源调配调度，合理调配数量庞大、分布广泛、性能差异的计算、通信和存储资源，利用多层次存储器件优化访存性能和提供低成本数据可靠性策略，实现智能计算任务大小、数量与计算能力动态自适应调整；研究智能计算系统的安全机理与隐私保护，研究基于小样本的模型萃取攻击和防御体系，使用目标特征分类方法构造对抗样本检测技术，研究目标函数输出扰动的差分隐私综合防御体系。

拟探究智能计算中待解决的关键问题，并研发面向智能计算的原型系统软件，在这些系统软件和安全机制的关键问题研究基础之上，形成高水平论文、发明专利等成果不少于 8 项，并实现典型应用示范。

27. 面向 6G 通信的无线物理层安全技术研究

面向学科：智能科学与技术

研究内容及考核指标：

针对 RIS 的无源特性为信道估计带来的挑战，研究基于有噪声在线观测的激活单元信道恢复方法，通过在少量反射激活单元下将信道估计建模为降噪问题，利用残差网络隐式地学习残差噪声实现激活单元信道恢复；考虑发射机的资源

分配策略以及 RIS 的反射系数对系统安全性能的影响，研究联合安全波束成形和反射系数设计的深度强化学习策略方法，通过建立多特征融合的资源感知策略模型，恶化非法窃听者的窃听性能，提升系统的安全性能；考虑感知层感知损耗、介质影响、环境干扰、多径效应等物理环境约束对 RIS 可选部署位置的影响，研究基于系统安全性能提升的 RIS 部署策略，通过构造分类网络策略实现高性能 RIS 部署。

构建面向 6G 通信网络的 RIS 辅助通信安全的智能传输方案。通过制定高性能和低复杂度的人工智能算法联合设计发射机的波束成形和 IRS 的反射系数以及部署策略，使得在增强合法用户信号强度的同时，恶化非法窃听者的窃听性能，从而有效提升系统的安全性能，并验证未来网络无线接入安全场景下 RIS 部署对系统安全影响的性能定性和定量评估结果。在国内外高质量期刊上发表论文 3-5 篇，申请国家发明专利 3 项以上，获得软件著作权 2-3 项，培养 2-3 名研究生。

28. 基于多模态知识图谱和动态异质图神经网络的智能推荐研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

研究融合多模态知识图谱和动态异质图神经网络推荐模型，考虑数据的生成和补全，通过引入流形信息，利用数据间的局部几何结构等，提高对数据的理解和感知能力；研究特色农产品电商全供应链的多模态市场信息的主动感知和优化传感技术，研制多模态农产品电商市场变化因子动态知识图谱自动化构建，研究语义层次的集成化实时监测模型，研究农产品电商复杂场景下多模态市场信息精准监测，供应

链配置优化决策；研究实现连续时间动态图的异质图神经网络智能推荐相关算法和离散时间动态图的异质图神经网络智能推荐相关算法。主要包括动态异质图的建立，动态异质图的表示、学习，连续时间与离散时间情形下动态异质图的主要推荐算法研究。

构建基于多模态知识图谱的个性化推荐系统，提升现有个性化推荐系统的召回率和准确率；实现基于动态异质图神经网络的个性化推荐，充分运用图节点及拓扑结构随时间变化信息，提升推荐系统的性能；利用动态异质图神经网络在分析非欧几里得形数据和推荐系统不同实体及相互间关系随时间变化的规律方面的优势，提升在线服务中客户体验水平和留存率。

29. 面向动态社会群体的数据建模与行为建模研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

研究海量社交媒体信息的精准实时感知：对海量社交媒体信息的精准、实时获取是社交媒体研究的数据基础和前提，需要解决社交媒体数据的精准感知和主动获取难题。研究动态社会群体线上线下行为互动演化规律分析：挖掘动态社会群体的线上线下行为特征、相应观点以及情感的信息流动模式和协同演化规律，实现动态社会群体的数据建模和行为建模。研究网络化社会态势的计算实验评估：为有效把握网络化社会态势，探究基于社交媒体信息和社会群体行为的态势分析与预警的计算实验方法，通过设计计算实验场景和热点信息主动推送等方法，研究社交媒体信息与网络化社会态势的互动与反馈机理，揭示动态社会群体行为诱发突发时间的

机制。

围绕面向动态社会群体的数据建模与行为建模，结合实时信息收集、海量存储与大规模并行计算等技术支撑，重点解决海量社交媒体信息的实时收集与态势感知，海量异构社交媒体内容的深度理解与智能分析，基于社交媒体信息的平行管理、控制与计算实验评估，大规模、高保真社交媒体建模与群体行为建模，海量跨媒体网络信息建模与深度分析等关键问题，实现一套可计算、可实现、可比较的社交媒体信息预警、预测与防控决策的支持体系。

30. 全新药物分子智能设计研究

面向学科：计算机科学与技术

研究内容及考核指标：

研究面向药物分子智能设计的可解释知识推理体系。探索海量数据驱动的药物、化学分子多模态表征学习及药物、化学分子与疾病间关系的表征学习，构建药物设计及筛选的AI模型；探索基于海量生物医学文献及病历的挖掘分析，建立药物-分子-疾病的可解释知识图谱。研究药物分子智能优化体系。建立融合风格转化机制的深度神经网络模型，实现小分子药物局部性质优化；建立多目标优化模型，实现药物分子类药性、可合成性、活性等多个性质同时优化。以包虫病等发病率高且易被忽略的疾病进行验证，为药物研发提供智能化支撑平台。

构建一套面向特定疾病的药物分子智能设计体系。构建包含药物、蛋白质、疾病等三类实体的知识图谱。搭建高性能药物分子生成技术平台，呈现友好的用户界面，提供小分子药物设计的基础数据及快速精准的在线分析服务。结合药

物小分子性质特征进行单一性质优化或者多性质同时优化，实现有效优化比例 85%以上。在此基础上发表 SCI 二区及以上高水平论文 5 篇以上。

31. 直肠癌分期辅助智能诊断研究及其临床应用

面向学科：计算机科学与技术、临床医学

研究内容及考核指标：

研究面向增强 CT 影像的直肠癌分期智能辅助诊断方法，构建原型系统，并进行临床应用实验验证，以提升直肠癌筛查效率，帮助医生及时发现病灶，确定直肠癌对应分期，提高直肠癌术前的全面精准诊断效率。面向增强 CT 影像，探索基于数据驱动与知识引导相结合的人工智能直肠癌分期诊断新方法，研究直肠癌变及转移病灶智能判别模型、癌变特征提取与表达方法，多源信息融合机制，快速确定直肠癌临床分期，设计构建直肠癌分期智能辅助诊断原型系统，结合临床应用，实现面向增强 CT 影像的直肠癌分期精确诊断。

构建一套面向增强 CT 影像的直肠癌分期智能辅助诊断原型系统。针对直肠癌不同分期的术前增强 CT 影像病例，及其病理等临床诊断信息，构建 500 例以上的不同分期直肠癌患者增强 CT 影像数据标注数据集，实现直肠癌分期诊断准确率 80%以上，诊断效率与医学影像科医生相比提高 30 倍以上，发表相关高质量学术论文 3-5 篇，申请发明专利 2 项以上。

二、与能源研究院合作攻关协同创新项目

1. 聚变堆辐射环境光谱指纹及生物安全模拟

面向学科：光学遥感/环境科学

研究内容及考核指标：

面向聚变堆辐射屏蔽及防护应用研究：辐射监测、分析模拟、生物安全评估。在聚变堆已有的点位观测监控系统基础上，结合现代光谱技术，开展聚变放射性核素因子的光谱特征与生态安全研究，构建基于辐射-环境风险遥感监测-生态效应三位一体的评估体系，为聚变堆区域环境风险与生物安全评价提供理论依据与技术支撑。针对聚变堆排放特点，研究聚变堆气态与固态辐射因子的光学特征，分析辐射因子的吸收与散射光谱特征分布，建立辐射因子的光谱指纹特征库；模拟多时相与工况条件下聚变堆辐射因子排放及其环境迁移过程，研究不同辐射因子排放水平下辐射环境的空间分布，仿真面向辐射环境的遥感监测光谱，建立聚变环境辐射因子的遥感反演模型；实验模拟研究聚变辐射环境下生态系统的特征变化，探讨辐射因子引发生物变化与生物光谱特征的关联，构建新型生态安全评价和预警体系，研究结果对未来聚变堆区域环境辐射生态安全具有重要的理论和实际意义。

2. 聚变堆中子与伽马射线的液体闪烁计数探测与能谱解析

面向学科：工学

研究内容及考核指标：

面向聚变堆射线成像及能谱测量应用研究：射线探测、成像和反演、能谱解析。聚变等离子体放电运行产生的快中

子与高能伽马射线混合辐射场对聚变中子产额及能谱准的确探测带来挑战。配制二甲苯基小分子液闪，研究溶剂、闪烁溶质和波长移位剂的化学结构及含量对液闪的辐射检测灵敏度、中子和伽马射线的甄别分辨率的影响；采用改性聚硅烷高分子液闪在 EAST 装置上进行实验测试，研究改性基团结构、取代率、溶剂和浓度对检测的灵敏度、中子和伽马射线的甄别率的影响。并与商品液闪探测器实际应用中的探测效率、中子伽马甄别率及能量分辨率进行比对分析；研究液闪反冲质子法测量的聚变中子能谱分布和伴生伽马辐射强度。获得基于二甲苯基小分子和聚硅烷基高分子液闪的探测灵敏度、中子伽马甄别和耐辐射变性的性能参数，并找出适合聚变堆核辐射测量的液闪体系，建立中子/伽马射线脉冲形状甄别和能谱解析方法，获得聚变反应率、辐射屏蔽及防护效率，以及引起结构材料嬗变的中子辐射场水平，为核反应监测提供一种可行的手段。

3. 工业烟气中低浓度 CO₂ 捕集与电催化协同转化关键技术研究

面向学科：化学

研究内容及考核指标：

面向能源小分子活化/转化前沿研究。针对工业烟气中低浓度 CO₂ 的捕捉富集和高效转化，发展催化剂表界面调控催化特性新方法，揭示出低浓度 CO₂ 分子在催化剂表界面吸附与传质过程，阐明催化表界面形态、结构和理化性质与目标分子相互作用机制及筛选机理。构筑高选择性催化活性中心，发展先进一体化催化转化新体系，优化和筛选出若干达到工业级电流密度(大于 0.5 A/cm²)，具有良好应用前景高效、高

选择性稳定催化材料和催化体系。

4. 低铂质子交换膜燃料电池催化剂

面向学科：化学

研究内容及考核指标：

面向燃料电池催化剂制备、电极膜结构优化以及衰退机制研究。针对低铂氧还原催化剂的制备、表征和实用化等挑战，发展小尺寸金属间化合物催化剂合成方法学；阐明有序合金表面结构和组分的调控对催化活性和稳定性的影响机制，催化剂质量活性达到美国能源部 2025 年目标的两倍 ($0.9\text{A}/\text{mgPt}$)，3 万圈循环损失 $<40\%$ ；阴极 Pt 用量低于 0.15mg cm^{-2} ， 0.65V 下氢-空燃料电池功率密度大于 0.9W cm^{-2} 。

5. 近室温混合磁性热电材料的交换耦合作用与热电磁效应研究

面向学科：材料学

研究内容及考核指标：

面向高效热电材料的理论设计与筛选研究。发展混合磁性材料之间的交换耦合作用和其磁性相变引诱的热电磁效应优化近室温热电材料性能并协同调控其电子/声子运输的物理新机制，形成原创理论 1-2 项；发展 2 种以上适用于近室温制冷应用的高效热电材料，在 1 种以上新材料中实现热电优值 ≥ 0.9 ；发表重要 SCI 论文 2~5 篇；基于新理论、新技术和新材料体系申请发明专利 1-2 项。

6. 新型钙钛矿太阳能电池多物理建模及稳定性研究

面向学科：电子科学与技术

研究内容及考核指标：

面向新型太阳能电池关键材料与技术研究。通过对钙钛

矿太阳能电池器件中离子移动的研究，揭示器件工作条件下离子移动的类型和特性，及其对器件性能和长期稳定性的影响，建立统一的理论模型，并找出抑制离子移动和提升钙钛矿太阳能电池本证稳定性的可行性方案。发表领域内顶刊论文 5 篇以上。

7. 质子陶瓷膜燃料电池电堆设计与开发

面向学科：能源科学技术

研究内容及考核指标：

面向燃料电池催化剂制备、电极膜结构优化以及衰退机制研究。开展质子陶瓷膜燃料电池大规模成膜工艺很稳定性研究，实现成品率 ($>99.5\%$)，稳定性提高到 1 万小时以上，且衰减率不高于 5%。在电池设计方面，提出适用于质子陶瓷膜燃料电池的气场分布，热场分布，降低电池成本达到市场上质子交换膜燃料电池成本的一半（同等功率密度条件下）。

8. 7T 磁共振系统梯度线圈、射频线圈研发

面向学科：仪器

研究内容及考核指标：

面向超导磁共振仪器研究。开发 7T 核磁共振系统梯度线圈、射频线圈，突破大梯度、抗涡流梯度线圈技术，突破高均匀性射频发射线圈、多通道接收线圈技术以及它们之间的参数匹配等关键技术。开展工程化开发并形成性能达标的实体部件，实现磁共振成像仪器的应用。梯度强度 $\geq 60\text{mT/m}$ ，线性畸变程度 $\leq 5\%$ ，发射线圈强度偏差 $\leq 5\%$ ，成像区域口径 $\geq 50\text{mm}$ ，接收线圈数目 ≥ 2 。设计并实施抗涡流梯度线圈、射频发射线圈以及多通道接收线圈，最终实现活体动物成像。

明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权。

9.高温超导材料失超特性研究

面向学科：工学

研究内容及考核指标：

面向失超特性研究。以热传导理论为基础，建立二代涂层结构高温超导材料失超传播分析模型，开展高温超导材料失超传播特性研究，阐明高温超导材料内部组元属性及微观结构对宏观失超特性的影响机理；构建适用于二代高温超导材料不同运行工况下的失超传播特性研究的实验方法及测试装置，开展测试方法及系统可行性验证，开发高温超导材料失超传播速度及最小失超能量的表征技术。在此基础上，探索超导材料失超特性对其高场应用中失超保护系统设计的影响规律，发展基于高温超导材料失超特性的超导磁体失超保护技术，为高温超导磁体的安全稳定运行奠定坚实的基础。发明专利、文章和软件著作权等知识产权数量不小于3项。

10.高强度复合绝缘材料制备技术

面向学科：工程材料

研究内容及考核指标：

面向超导相关技术研究。通过磁体制造工艺过程的评估，开展高强度复合绝缘材料在磁体制造工艺过程损伤性能的研究，研究损伤过程对带材力学性能的影响；通过碳元素含量的测定及力学拉伸性能的表征，研究加热温度、时间及氧含量控制等参数对除碳工艺性能的影响；通过玻璃纤维材料表面摩擦系数及粗糙度的测试和表征，研究不同浸润剂材料

及浓度配比参数对玻璃纤维力学性能提升的影响；通过制备环氧树脂浸滞的绝缘样品，开展 VIP 试样力学拉伸及剪切强度的测试和实验研究；评估高强度复合绝缘材料制备技术的可靠性及产业化的可行性。

11.面向智能肿瘤筛查的太赫兹波CT成像技术及设备研究

面向学科：工学

研究内容及考核指标：

面向太赫兹智能成像相关技术研究。（1）研究太赫兹阵列扫描时目标散射函数，从而建立优化的太赫兹成像模型，实现人体肿瘤组织在太赫兹频段的快速三维成像。（2）针对候选区域框重叠、冗余过多等问题，优化 CT 图像重构算法，并研究图像复原算法减少图像噪点、修正局部模糊，完成对肿瘤的高精度太赫兹图像重建。（3）设计结合视觉关注机制的卷积神经网络，对肿瘤组织进行自动准确筛查，并基于大功率连续波太赫兹激光源、宽频扫描/脉冲雷达、高灵敏度场效应管太赫兹面阵列探测器等，研制智能化肿瘤筛查的太赫兹 CT 成像设备。考核指标：提出用于智能肿瘤筛查的准确率达到 80% 以上的太赫兹图像处理算法，申请专利二项，在国内外重要期刊或会议上发表论文三篇，其中中科院推荐 B 类以上期刊或会议论文一篇。

12.太赫兹调频连续波三维成像

面向学科：电磁波

研究内容及考核指标：

面向太赫兹成像技术研究。本项目主要研究以下三方面内容：1.太赫兹波源的性质与成像的质量密切相关，频率决

定了成像的平面分辨率，带宽决定了成像的深度分辨率，功率决定了可测量物体的厚度。因此，研制高频率、大带宽、高功率的太赫兹波源是本项目的关键。2.系统的主要结构包括太赫兹波源、接收装置、准光学透镜组、扫描装置、系统控制和数据采集模块、电源模块等。对各个模块进行集成，使设备的整体结构紧凑化、小型化，便于实际应用，是本项目的重点。3.系统的软件具有同步、定位、数据采集、存储、信号处理、图像显示等功能。软件能够控制扫描装置运动，能够完成数据采集和存储，并对原始数据进行信号处理，最终完成三维图像的可视化重构。系统的软件开发也是本项目的重点。本项目的研究目标是：探索太赫兹连续波成像在材料无损检测方向的应用，研制基于半导体固态器件的反射式高频率、大带宽、高功率太赫兹线性调频连续波三维成像设备，对复合材料进行高分辨率成像，检测和定位材料内部的气泡、夹杂、脱粘等缺陷，提高检测覆盖率和检测效率，降低工艺检测成本，弥补现有无损检测手段的不足。

13.基于碳化硅芯片的车用功率模块封装技术研究

面向学科：能源动力

研究内容及考核指标：

面向功率器件封装研究。针对目前硅类功率器件的封装技术限制了以碳化硅为代表的第三代宽禁带器件高频、高速及高温应用等问题，开展适用于车规级碳化硅功率器件的封装技术与应用研究。研究适用于车用碳化硅功率模块的材料和结构体系、多芯片模块低感与均流布局方法、高强度高可靠互连技术、高效散热技术，以此突破传统封装技术对于车规级碳化硅器件高性能应用的限制，进而提升新能源电动汽

车的性能。通过对适用于碳化硅功率器件封装技术的研究，开发出高性能的车用碳化硅功率模块。所开发的碳化硅功率模块在相同功率等级（电压 1200V/电流 300A）下其某些参数指标能够对标国外商用功率模块，如封装寄生电感（ $\leq 7\text{nH}$ ）、功率密度（ $\leq 80\text{mm} \times 60\text{mm} \times 20\text{mm}$ ）等。另外，所研发的相关封装技术如多芯片模块低感与均流布局方法、高强度高可靠互连技术、高效散热技术等具备通用性，能够适用于不同功率等级的碳化硅功率模块。发表/录用 SCI/EI 收录学术论文 4-6 篇；申请发明专利 3 项，培养博士/硕士研究生 5-8 名。

14. 紧凑型中子源系统数据共享系统设计研究

面向学科： 计算机应用

研究内容及考核指标：

面向紧凑型加速器中子源数据可视化与共享系统设计研究。研究内容： 1.面向紧凑型中子源系统的数据共享平台设计方法研究： 数据共享平台是实现快速的加速器中子源科研数据获取和交流应用的重要系统，通过对数据共享平台的设计方法研究，使之兼容紧凑型中子源系统中的多源异构数据，提供多元化的数据展示方法，实现多维度，多级数据报表生成； 2.轻量化的数据展示方法研究： 快速采集频率高，通道多，数据量大，图像数据依据分辨率的高低具有不同的存储大小，研究轻量化的数据展示方法，在不损失关键数据的前提下进行合理的降频、压缩，使数据展示速度更快，方便用户获得更好的体验，促进平台的推广与使用。

研究目标： 1.基于现有的中子源控制、数据采集、数据存储架构，完成紧凑型中子源系统的数据共享平台建设，包

括采集数据、诊断数据、日志记录、图像数据等，实现多维度，多级报表生成功能；2.优化数据交互过程及用户接口的渲染方法，使准实时数据和历史数据的数据传输，渲染控制在秒量级，优化数据访问机制，实现局部精细化显示。

15.面向 BNCT 的混合粒子辐射场下剂量计算及生物效应研究

面向学科：基础医学

研究内容及考核指标：

面向硼中子俘获疗法的混合辐射粒子的生物效应特性分析与模拟研究。研究内容：1.中子束特性的优化研究：中子束是 BNCT 治疗效果的关键因素之一，中子束的强度、准直性及伴生 γ 对治疗至关重要。确保体内沉积的热中子通量峰值落在硼标定的肿瘤区确保硼俘获中子的反应主要发生在肿瘤区；同时应尽可能去除束流中的快中子和光子占比并提供束流的准直性。2.混合粒子辐射场下剂量计算方法研究：研究入射热中子、超热中子与含硼药物及人体组织相互作用的物理机理，精确进行剂量计算，包括总剂量及各类型粒子及次级粒子因通量率分布不同和 kerma 因子不同引发的不同剂量贡献。3.吸收剂量与生物学效应的关系研究：检测肿瘤细胞在混合辐射场作用下细胞 DNA 损伤及修复、细胞增殖与凋亡、细胞恶行行为等情况以及荷瘤鼠体内肿瘤组织的变化情况。

研究目标：1. 优化中子束特性，获得满足 IAEA 推荐指标的束流，即超热中子注量率 $>1E9$ n/cm²/s，快中子剂量与超热中子注量率之比 $<2E-13$ ， γ 剂量与超热中子注量率之比 $<2E-13$ ，热中子与超热中子注量率之比 <0.05 。2. 针对

混合辐射场下剂量计算，总剂量及各粒子剂量蒙卡统计误差小于 1%。3. 揭示吸收剂量与最终生物学效应之类的量效关系。

16. 基于微波与发射光谱的强流离子源关键参数测量技术研究

面向学科：物理学

研究内容及考核指标：

面向基于微波与发射光谱的强流离子源关键参数测量技术研究。研究内容：1、建立引出区氢原子 CR 模型：分析引出区特性，确定粒子种类及反应过程，分析反应速率系数及平衡方程，得到激发态粒子与宏观参数的关系以及对辐射光谱的贡献，确定关键粒子反应过程，基于 CR 模型，给出等离子体参数与谱线之间的计算公式。2、多通道微波诊断开发：搭建多通道微波干涉仪，通过多通道数字合成源、聚焦天线、同步采集实时信号处理，完成对于引出区，射频线圈等多区域电子度空间分布特征研究。3、射频负离子源实验研究：依托射频负离子源，完成诊断安装测试，测量电子温度、密度及负离子浓度等，与探针、CRDS 等诊断进行对比；通过改变过滤磁场、偏置电压、注入铯原子浓度，开展不同条件下的实验研究，优化引出区 CR 模型。

研究目标：1、确定引出区碰撞辐射模型反应粒子种类和反应过程，列出各粒子的反应速率平衡方程，求解方程组，并基于碰撞辐射模型，给出谱线比公式，建立引出区氢原子碰撞辐射模型；2、开展引出区光学发射光谱诊断系统的搭建和测试，搭建多通道微波干涉仪，完成离子源等离子体密度及其空间分布特性，进行引出区放电实验，进行多种诊断

交叉比对，校核并优化引出区碰撞辐射模型，完成射频负离子源引出区碰撞辐射模型实验研究。

17.细黏煤矸精准识别机理及井下智能分选系统研究

面向学科：矿业工程

研究内容及考核指标：

面向煤炭清洁高效利用研究。针对煤矿井下细黏煤矸物料，研究物料物化特性和松散特征，研究高效细黏煤矸物料均匀布料技术；研究厚度-粒度-湿度协同作用下煤矸光电成像机制，研究高效快速响应的细黏煤矸物料光电识别技术；研究细黏煤矸物料运移和精准定位技术，研究高效的细黏煤矸物料分离机制和机构；研究井下细黏煤矸布料-运移-识别-分离一体化技术与成套化智能装备。

18.低浓度瓦斯安全稳定燃烧特性及工业化应用

面向学科：安全科学与工程

研究内容及考核指标：

面向煤炭清洁高效利用研究。研发一套小规模低浓度瓦斯安全稳定燃烧装置；研究爆炸极限浓度范围内瓦斯安全稳定燃烧的条件及规律，掌握不同浓度瓦斯安全稳定燃烧及发生爆炸的充要条件及规律，解决低浓度瓦斯发生爆炸的风险；研究低浓度瓦斯高效燃烧技术包括安全点燃、防回火、防脱火、完全燃烧保障措施、环保排放等。

19.城市多种恶劣环境耦合作用下可燃气体泄漏精准探测影响机制研究

面向学科：安全科学与工程

研究内容及考核指标：

面向智慧精准系统研究。构建可燃气体泄漏恶劣环境，如

高低温、雨雪冰冻、水蒸气、油污、浸水等恶劣环境；研发高低温、雨雪冰冻、水蒸气、油污、浸水等恶劣条件下可燃气体泄漏探测综合测试系统；研究单一恶劣条件下可燃气体泄露探测变化规律，探讨恶劣环境对可燃气体泄漏探测影响机制；研究多种恶劣条件耦合作用下可燃气体泄露探测变化规律，对比单一恶劣条件下研究结果，深入分析多种恶劣环境耦合作用下对可燃气体泄漏精准探测影响机制。

20.数字孪生驱动的煤矿智能掘进机器人应用研究

面向学科：机械工程

研究内容及考核指标：

面向矿山智能装备制造研究。开展数字孪生驱动的煤矿掘进机器人虚实交互和安全监控系统研究，探讨数字孪生掘进机器人的数据传输机制和安全预警方法，提升煤矿掘进机器人的工作效率和安全性，实现快速、精准、安全掘进。通过搭建数字孪生掘进机器人模型，完成掘进机实体与其数字虚拟仿真模型的融合共通；构建掘进机信息特征提取与故障诊断的深度学习网络模型，通过海量数据训练，实现对掘进机关键部件准确地监测；建立涵盖不同类型状态参量的诊断预测指标体系，实现多源信息融合，提高掘进机关键部件状态诊断预测的全面性与准确性；采用先进的煤岩识别技术，并结合截割断面自动成形控制算法，减少对掘进机截割头部的磨损，保证掘进机所开采的巷道质量。

21.交变荷载下深部储能空间稳定控制与智能监测

面向学科：安全科学与工程

研究内容及考核指标：

面向地下空间资源利用研究。开展抽蓄水气循环作用下

深部储能空间固液气耦合变形与破裂机理研究，研究多力源、多相耦合作用下复杂介质的本构关系及破坏规律。研发深部储能巷道多力源、多相耦合物理模拟平台，研究动静载叠加、水气流冲击、水致围岩劣化等复合作用对围岩及支护结构的影响。开展围岩及支护结构组合防渗机理与试验研究，研究微裂隙、宏观裂隙对水气介质逃逸的影响，降低储能介质泄漏风险。研究基于机器视觉和深度学习的裂隙快速智能检测算法和技术，实现支护结构微裂隙的早期智能精准识别，保证储能介质总量稳定。构建深部储能空间运营过程动态监测及智能预警系统，基于多物理量监测和数据融合技术，保障深部储能空间长期稳定。

22. 等离子体辅助煤/氨共燃及 NO_x 排放控制机理

面向学科：工程热物理及能源利用

研究内容及考核指标：

面向等离子体辅助燃烧技术研究。研究内容：研究内容：
1、氨/碳氢燃料稳定燃烧浓度界限和 NO 特性。2、等离子体助燃下氨气、碳氢燃料燃烧及污染物 NO 生成分子动力学模拟；氨燃烧及污染物生成动力学过程以及反应路径；3、建立等离子体氨/碳氢燃料（包括煤粉）实验系统，开展不同混合比和燃烧气氛、温度条件下氨气燃烧特性以及污染物生成特性，探索低 NO 生成的控制路径。

研究目标：1、明晰纯氨、氨/碳氢燃料（含煤）不同掺混方式及掺混比对氨气着火、燃烧过程、火焰传播和燃烧污染物 NO 生成特性、机理和影响规律；等离子体助燃对氨气及混合燃料燃烧机理的影响规律。2、揭示不同掺混方式、不同掺混条件下污染物 NO_x 的生成影响规律，揭示氨气燃烧

NO_x 生成特性及反应路径。3、提出采用等离子体助燃实现氨气、氨/碳氢燃料稳定燃烧和污染物生成的控制路径以及关键参数的设置。

23.硝酸根还原合成氨电催化剂研制

面向学科：材料科学与工程

研究内容及考核指标：

面向可再生能源制氢与可再生能源合成氨技术研究。研究内容：（1）Cu 基和金属磷化物基硝酸根还原电催化剂的设计和制备研究；（2）电催化剂的组分和结构与硝酸根还原活性和选择性的关联规律研究；（3）硝酸根还原过程的原位电化学谱学观测；（4）结合实验和 DFT 计算研究硝酸根还原反应的机理；（5）将具有优异性能的电催化剂应用于废水还原制氨。

主要目标：（1）研制若干种具有高活性和高选择性的硝酸根还原电催化剂；（2）探明电催化剂结构和组分与其电催化性能的关联规律；（3）揭示硝酸根还原的催化反应机理，为硝酸根还原电催化剂的设计和制备提供借鉴；（4）推动开发的电催化剂实际应用。

24.电解水制氢关键技术

面向学科：材料科学与工程

研究内容及考核指标：

面向可再生能源制氢与可再生能源合成氨技术研究。研究内容：研究电催化水分解析氢和析氧材料微结构的有效调控方法，掌握低成本高效构建电催化剂的基本原理。研究电催化剂组分、结构和形貌与其催化性能的构效关系，及其对电催化反应热力学和动力学过程的影响，揭示影响催化反应

活性的关键因素和机制。研究电催化剂工作条件下组分和结构的演变规律，及其对催化性能的影响机制，探索提高催化剂稳定性的有效方法。研究适应复杂工况的太阳能驱动电解水制氢系统配置优化与过程控制技术，研制适应波动性输入的长寿命电解水制氢试验装置系统。

研究目标：发展高效、高稳定催化剂体系及其规模化制备方法；设计并构建基于太阳能电池驱动的电解水制氢一体化装置，相关技术指标接近/达到目前商业化的碱性电解水制氢方法（如制氢能耗、单位面积电流密度等），实现氢能与太阳能的高效集成。

25. 光伏高效碱性电解水制氢系统关键技术研究

面向学科：能源动力

研究内容及考核指标：

面向光伏制氢研究。研究电解池关键材料的选择、性能及结构设计，实现电解过电位和能耗优化，及高耐受性和可靠性的催化剂的设计、合成工艺开发。研究适应光伏电源特点的电解电压控制方式，针对光伏功率波动性，研究定功率条件下最优效率制氢电解电压控制方式；研究光伏电解制氢系统整体架构和优化控制方法，提高总体电解效率，降低能耗。开发具有宽功率波动适应性的电解水制氢成套装备的优化设计与集成技术。开发一套适应光伏独立供电的碱性电解水制氢系统，光伏电解电源功率大于 50kW，效率 > 98%，具有最大功率跟踪功能；电解槽额定产氢量 > 0.2Nm³/h，电解电压 < 1.8V@0.2A/cm²，电解槽单位能耗 < 4.8 kWh/Nm³H₂。

26. 新能源电动汽车充放电负荷接入与多元市场有序互动技术研究

面向学科：电气工程

研究内容及考核指标：

面向智慧电力系统研究。随着新能源电动汽车市场渗透率的不断提高，电动汽车、换电站等充放电负荷大规模无序接入中低压配电网，已出现区域配电网过载严重、运行风险大等问题。因此，亟需开展电动汽车充放电负荷接入与多元市场有序互动技术的研究。本项目通过数据分析、仿真研究和智能技术三个方面相结合，开展如下内容：1) 在数据分析方面：基于用户行为数据，建立不同类型电动汽车用户充放电的时空机理模型，利用概率统计方法对电动汽车充放电行为进行预测，评估电动汽车的电池运行健康状态；2) 在仿真研究方面：对电动汽车充换电站进行聚类与建模，考虑安全性、经济性和技术性指标，提出中低压配电网承载力评估体系，建立多目标优化规划策略以提高中低压配电网承载力；3) 在智能技术方面：评估电动汽车充放电负荷可调度潜力，构建“源-荷-储”多元电力市场运营体系，基于多主体博弈方法提出车-网友好互动综合运行策略。项目研究成果可以有效缓解中低压配电网源荷失衡，降低电网峰谷差，实现新能源电动汽车的有序接入和车-网友好互动，为中低压配电网“双碳”目标的实现提供理论和技术支撑。考核指标：发表/录用 SCI/EI 收录学术论文 4-6 篇；申请发明专利 4 项，培养博士/硕士研究生 10-12 名。

27.陆上风电场雷击接闪机理及防治技术研究

面向学科：电气工程

研究内容及考核指标：

面向设施设备安全研究。雷电是危害陆地山区风电场安

全运行的严重威胁之一。本项目通过雷击接闪观测、仿真计算和装置研制相结合的方法，开展陆上风电场雷击接闪机理及防治技术研究工作。建立山区风电场雷击接闪多物理参量同步观测系统，坚持长期雷击接闪过程观测，揭示风机叶片雷击接闪机理；开展雷击风机叶片及集电线路电磁暂态计算模型研究，建立雷击风机叶片及集电线路过电压计算模型和雷击闪络率风险评估模型，研究风力发电机与箱变、集电线路等混合复杂网络系统电磁耦合过程特征规律；在防护技术研究方面，开展陆上风电场受海拔高度、雷电地闪密度、防护装置性能等多种影响因素下雷电防护技术研究，并研究适用于陆上风电场雷电防护专用装置。项目研究成果可为解决我国陆上风电场雷害多发难题，减少风电场雷电事故损失提供技术保障。

技术指标：雷击接闪同步观测系统，光学观测帧速 ≥ 200 帧/秒，电流采集系统动态范围 $3\text{kA}\sim 100\text{kA}$ ，电场传感器带宽 $30\text{kHz}\sim 300\text{kHz}$ ，磁场传感器带宽 $10\text{kHz}\sim 600\text{kHz}$ ；风电场集电线路雷电防护装置标称放电电流 10kA ，机械拉伸负荷 $\geq 100\text{kN}$ 。

三、与大健康研究院合作攻关协同创新项目

1.基于人工智能的蛋白结构与功能预测及药物设计

面向学科：医学、生物信息学

研究内容及考核指标：

利用人工智能技术实现疾病相关蛋白功能的精准高效的预测与分析。创建并整合蛋白及相关蛋白功能效应数据库；开发快速精准的预测与分析平台；根据蛋白靶点进行药物设计，建立药物分子间相互作用的模拟分析平台；利用数据挖掘技术对药物的靶点、信号通路、理化特征等信息进行建库，进一步根据药物三维空间结构和生物活性构建定量构效关系对药物的作用机制进行分析。建立疾病相关蛋白功能效应信息库和构造相应基准数据集；构建蛋白功能效应预测与分析平台；构建蛋白相互作用药物设计平台；建立可靠模型用于药物分子的体内外相互作用模拟；基于对药物空间特征的解析形成药物互作理论，并进一步开发相关技术，申请专利1-2项；发表相关领域高水平论文2-3篇。

2.微生物高效生产次级代谢药物机制研究与关键技术攻克

面向学科：生物工程

研究内容及考核指标：

以医药和农林业广泛应用的微生物次级代谢药物及相关微生物为研究对象，揭示这些次级代谢产物与初级代谢之间的代谢过程；确定次级代谢药物生物合成的关键限速因子并鉴定相关遗传因子；解析次级代谢药物的代谢调控网络和分子机制；从基因、前体、辅助因子、中间体等方面进行调控，攻克次级代谢药物高效制造的关键共性技术；重塑其高

效产生菌的基因组，优化次级代谢药物的生物合成体系及其调控网络，实现目标次级代谢药物的高效合成。阐明两种以上代谢药物高效制造的分子机制；对两种以上次级代谢药物的制造体系进行网络重构与系统优化；开发关键共性改造技术；申请专利 1-2 项；发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

3.肿瘤免疫微环境调控与关键分子解析研究

面向学科：医学

研究内容及考核指标：

聚焦肿瘤免疫治疗中的抑制性免疫微环境调控，解析肿瘤免疫治疗中的受限因素并探究其内在机制。以解决临床肿瘤免疫治疗中的科学问题为导向，基于对肿瘤免疫微环境的深入解读，发现在肿瘤细胞和免疫细胞互作协同关系中的关键靶点及其相关信号通路，揭示关键分子在肿瘤微环境中对免疫细胞和肿瘤细胞的代谢状态和特殊表型的效应，发展能够促进特异性肿瘤免疫应答的创新性治疗方案。探索并明确肿瘤免疫治疗中的关键机制和免疫应答相关性，并阐明其内在作用机制，解析相关靶点。建立肿瘤免疫中关键信号的表达调控机制，为临床研究提供理论基础；申请专利 1-2 项；发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

4.基因药物的设计与发展

面向学科：生物工程、医学

研究内容及考核指标：

聚焦在免疫治疗中具有调控作用的基因药物（如小干扰 RNA，信使 RNA，CRISPR-Cas9 基因编辑工具等），揭示基因药物在疾病治疗的效应和基因调控中的内在机制，阐明基因药物在疾病治疗中相较传统药物的优势。针对基于分子生

物学、结构生物学和纳米医学的相关知识，对基因药物在稳定性、剂型和药物递送等方面进行优化开发。建立基因药物的序列筛选、构象改造、功能预测、药物包载与递送的技术平台，发展安全高效的基因药物。建立可靠稳定的基因药物合成和改造技术，发展基因药物安全性和药效的评估平台，设计并开发 1-2 种具有应用前景的基因药物并申请专利，发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

5.细胞治疗的供体细胞改造与特性调控研究

面向学科：医学

研究内容及考核指标：

聚焦免疫细胞在疾病治疗中的应用，系统评估免疫细胞的改造和回输对疾病的治疗效应，解决细胞治疗临床应用时的切实问题。深入探讨细胞治疗中对所使用的细胞的激活和抑制的内在分子机制，揭示细胞间的互作界面与调控方式，夯实细胞治疗的理论基础，实现对细胞功能的有效调控。建立安全稳定的标准化细胞分离纯化方法，规范对细胞进行改造和修饰的工艺并对安全性进行评估，检测供体细胞对机体的整体免疫效应。研制新型的细胞治疗药物，验证细胞免疫在疾病中的治疗效果及其免疫学机制，并对 NK，CAR-T 等细胞进行深入研究。基于新理论和新技术，申请专利 1-2 项；发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

6.药物递送新技术

面向学科：医学

研究内容及考核指标：

围绕肿瘤、微生物感染等疾病的精准治疗进行研究，建立新型药物递送技术，解决临床应用转化问题。针对特定递

送药物进行载体设计，构建出高效荷载不同类别或特性药物的广谱递送载体；针对疾病模型特点进行药物载体设计，引入靶向分子等提高治疗药物在病灶部位的富集；构建创新高效载体分子，优化生产工艺，解决临床转化难题；利用药动学方法研究载体递送药物的吸收、体内分布规律等；提高疾病治疗效果、促进大健康发展，实现多元协同创新。构建新型稳定的载体分子和药物递送系统；明确新型递送载体在体内的转运机制及治疗效果；验证新型递送载体在疾病中所起到的作用；申请专利 1-2 项；发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

7.新型中医药活性成分

面向学科：中药学

研究内容及考核指标：

研究中药及天然药物化学成分与生物活性，阐明中药治疗疾病的科学内涵。分离天然药物中活性成分，研究关键性成分的体内过程，创建一体化的中药和天然药物化学成分分离新技术，发现生物活性化合物和结构新颖化合物。基于中药和天然药物活性成分的新药发现，将新技术应用到药物研发和生产实际中，提高新药创制水平，解决关键技术难题，为中药现代化提供前提和基础。

扩充中药和天然药物化合物库，创建中药和天然药物化学成分分离新技术，对化合物的生物活性开展系统研究，加快中药物质基础研究开发的步伐，发掘多个有潜力的新型活性成分，申请专利 1-2 项；发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

8.新型兽用病毒类疫苗的研制与应用

面向学科：兽医学

研究内容及考核指标：

研究畜禽流行性病毒等细胞致病机制，揭示病毒部分致病机理与分子信号通路，建立适当方法筛选出抗原性优良、病毒颗粒含量高的疫苗种子和技术，研制畜禽流行性新型疫苗。为病毒新型疫苗研发或搭配组合使用提供疫苗种子库及其他病原研制提供技术储备。构建成熟的疫苗研制工艺，在病毒载体、抗原基因的选择、插入基因位置、病毒稳定性与外源基因表达量、佐剂选择等方面做出调整与优化，最大程度发挥疫苗的效果。可以快速制备针对新发或流行毒株的疫苗候选毒株，减少疫苗毒株的研制周期。降低一些重大疾病对畜禽生产的危害，为畜禽生产发展提供了保证。为新型疫苗研发提供理论基础及技术支持；申请专利 1-2 项；发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

9.慢性运动系统疾病发病机制及新药物治疗靶点的筛选

面向学科：医学

研究内容及考核指标：

针对慢性运动系统疾病，建立大样本生物样本库，开展宏基因组、转录组、代谢组等高通量检测，整合多组学数据进行联合分析，重点从内源性生物活性分子的变化探讨疾病的发生机制，发现影响慢性运动系统疾病发病和进展的关键药物靶点，阐明其相关的调控网络和信号通路，并进行新药研发。阐明慢性运动系统疾病的发病机制以及易感因素，提供早期诊断的新标志物；围绕疾病发生发展的机理，筛选新的潜在的药物靶点，并建立出一套完整的药效评价体系。申请专利 1-2 项；发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

10. 医联网环境下的全生命周期医疗健康大数据治理研究

面向学科：医学管理科学与工程

研究内容及考核指标：

建立医联网多模态数据治理与安全互认共享体系，突破医联网跨域数据分析与可解释辅助诊疗技术，研制数据知识联合的全生命周期医联网服务系统。研究医联网环境下的数据安全互认共享与服务监管机制；构建医疗健康大数据的语义感知与关联挖掘机制，设计多主体数据的跨域分析与集群学习模型，创新医联网环境下的可解释性智能辅助诊疗方法；形成医联网环境下的全生命周期医疗健康大数据治理研究的原创性理论成果，助推医教研融合创新。在省内大型三甲医院及其所辖社区医院开展试点应用，推动医院与社区医院的多级资源协同联动与汇聚共享。申请专利 1-3 项；发表相关领域高水平论文 2-5 篇。

11. 针刺调节心脏功能的神经环路调控机制研究

面向学科：中医学、神经生物学

研究内容及考核指标：

围绕经脉脏腑相关等中医理论，应用神经元钙信号记录、微阵列电极、神经环路示踪和光遗传技术等现代神经科学方法，针对大脑皮层-中脑等神经通路，开展针灸调节心脏功能效应的神经环路调控机制研究。明确大脑皮层、中脑等脑区参与针刺调节心脏功能效应的神经元特性；探明大脑皮层-中脑神经通路的神经投射及其交互作用，明确大脑皮层与中脑等脑区参与针刺效应的主要靶点，从功能和结构两方面明确针刺调节心脏功能的大脑皮层-中脑神经通路调控机制，以

进一步揭示针灸经络的现代科学内涵，为针灸疗法提供有力的科学证据，并为优化针刺技术操作规范和临床实践指南奠定基础。发表相关领域高水平论文 2-3 篇。

12.尘肺病免疫靶点与早期预警检测的研究

面向学科：医学

研究内容及考核指标：

围绕尘肺病发病机制，深入研究并筛选尘肺病的潜在关键靶标，聚焦尘肺病发病过程中的特定细胞亚群的基因表达，在细胞水平和动物水平揭示其具体的作用与相关机制。进一步发展已知靶标的应用，在其基础上寻找潜在的治疗药物，鉴定特定药物对筛查出的关键靶标的特异性靶向和结合方式，在利用相关组学技术在动物水平对相关药物的药效进行评估。利用生物信息学大数据分析并筛选尘肺病的早期预警和诊断指标，建立预测模型与临床信息以及标本库的对应关系，并验证其有效性，并基于此研制尘肺病的早期体外检测诊断试剂盒，完成临床前和临床检测性能评价。申请专利 1-2 项；发表相关领域高水平论文 2-3 篇。