附件2

2022年度北京市自然科学基金-海淀原始创新联合

基金项目指南

无线通信领域

重点研究专题项目

**一、面向6G的AI增强多天线宽带通信关键技术研究**

**概述：**为突破复杂环境下模型不准、动态场景中自适应性及鲁棒性差、大阵列大带宽所需导频开销多等通信瓶颈问题，需深度融合人工智能和无线通信机理，构建智能化传输框架，开展面向6G的AI增强多天线宽带通信关键技术研究。

**总体目标：**瞄准“通信驱动AI，AI增强通信”，研究面向6G的多天线传输理论框架与技术，实现复杂场景下的高可靠、强鲁棒、自适应、低损耗传输，为6G的智慧通信提供理论与技术支撑。

**研究内容：**

1.通信模型驱动的多天线AI 网络架构设计；

2.AI增强的集中式多天线宽带通信技术；

3.AI驱动的多基站协作技术。

1. **面向低轨通信星座的干扰共存与系统间电磁兼容研究**

**概述：**目前国际上申请的低轨通信星座卫星数目可达上万甚至数十万颗，庞大的卫星规模、全球连续覆盖特性以及网络的高动态性对卫星系统之间的干扰管理带来了新挑战，需要基于新型理论框架开展面向低轨通信星座的干扰共存与系统间电磁兼容研究。

**总体目标：**围绕低轨通信星座干扰管理相关技术开展深入研究，构建低轨通信星座与其他卫星通信系统之间的同频干扰建模与评估的理论框架，制定干扰判定准则，探索干扰规避机制与系统间电磁兼容方法，为我国低轨通信星座系统网络资料申报、频率协调和频率资源应用提供理论和技术支撑。

**研究内容：**

1.低轨通信星座之间以及其与高轨卫星通信系统之间的高效可靠的干扰评估与仿真方法；

2.低轨通信星座的等效功率通量密度（EPFD）计算方法及其他干扰判定准则；

3.低轨通信星座之间以及其与高轨卫星通信系统之间的干扰规避与电磁兼容共存方法。

**三、面向B5G基站的主动运维方法与应急响应策略**

**概述：**B5G基站受自然环境、外力破坏、设备故障等不可抗力影响而发生通信安全问题时，现有的被动响应运维方式由于缺乏状态智能感知与预测以及快速运维响应能力，导致在出现故障时不能及时修复，影响通信任务的执行。因此，围绕B5G基站主动式智能运维理论与技术开展研究，实现系统安全状态的智能评估，对提升B5G基站运营效率具有重要意义。

**总体目标：**面向B5G基站运维的智能化，研究主动式智能运维策略与方法，实现被动到主动、滞后到伴随、碎片化到系统化运维的关键技术突破。

**研究内容：**

1.B5G基站关键健康特征提取与表征方法；

2.B5G基站健康状态智能感知与预测；

3.B5G基站主动式应急响应策略设计与验证。

前沿项目

1.6G空天地一体化融合与移动性管理关键技术研究

2.6G语义通信理论与系统架构

3.基于区块链的B5G数据安全技术研究

4.B5G无线射频室内定位关键技术研究

5.面向远程医疗需求的B5G通信关键技术研究

智慧骨科领域

重点研究专题项目

**一、基于激光消融原理的骨切削执行器及手术机器人系统**

**概述**：精准骨切削是骨科手术的关键操作，现有骨科机器人通过机械臂实现手术工具导航定位，传统手术工具如骨钻、骨锯等存在骨组织热损伤风险，机械接触力使刀具变形和打滑，导致手术精度下降。激光消融具有无机械接触、切削精度高等特点，在骨科手术中具有巨大的潜在应用价值。研究基于激光消融原理的骨切削技术，并与骨科手术机器人结合，对提高骨科手术的精准性和安全性具有重要意义。

**总体目标：**针对精准骨切削的临床需求，研发基于激光消融原理的新型机器人骨切削执行器，探索高精度、低损伤的手术机器人骨切削方式，优化激光骨切削工艺参数，建立生物学效能评价方法，构建新型骨科手术机器人系统，进一步提高骨科手术的精准性和安全性。

**研究内容：**

1.激光骨切削的作用机制和效应；

2.基于激光消融原理的机器人骨切削执行器；

3.激光骨切削执行器优化控制和手术操作安全策略；

4.激光骨切削执行器与手术机器人系统集成及验证。

**二、基于动态平衡的机器人辅助脊柱矫形手术关键技术研究**

**概述：**退行性脊柱畸形严重时可致脊柱冠状位和矢状位失衡，影响患者的行动能力及生活质量。目前临床上对脊柱平衡概念尚无统一的标准，通常使用术前脊柱的静态图像作为重建的依据，不考虑患者运动过程中的平衡问题。依靠静态图像的静态重建并不能很好的满足临床需求。如何融合患者运动信息建立脊柱动态平衡的评价模型和标准，并利用手术机器人智能化、高精度的特点，研究基于动态平衡的机器人辅助脊柱矫形手术具有重要的临床价值和意义。

**总体目标：**针对脊柱矫形临床需求，研究脊柱动态平衡评价模型和标准，开展基于动态平衡的脊柱矫形手术方案设计、手术规划和机器人辅助手术操作等关键技术的研究，为提高脊柱矫形的精准度、有效性和安全性提供理论和技术支撑。

**研究内容：**

1.基于动态平衡的脊柱平衡评价模型和标准；

2.基于动态平衡的脊柱矫形手术规划方法；

3.机器人辅助脊柱矫形手术方案设计；

4.机器人辅助脊柱矫形手术系统构建及验证。

1. **机器人辅助肘关节镜手术关键技术研究**

**概述：**肘关节活动度恢复和软组织修复在临床上具有重要意义，关节镜是一种治疗肘关节疾病的先进技术手段，但目前手术依赖医生经验徒手完成，稳定性和精准性不足。手术机器人与肘关节镜协同，有助于实现术前个性化肘关节重建设计、术中精准截骨和软组织修复操作，从而提高肘关节重建手术的安全性和精准性。

**总体目标：**针对肘关节精准重建的临床需求，融合生物力学分析、手术机器人、关节镜技术，研究机器人辅助肘关节重建手术方法，实现术前个性化肘关节重建设计，术中精准截骨和软组织修复操作，并进行临床验证。

**研究内容：**

1.面向个性化肘关节重建与修复的生物力学建模与仿真；

2.个性化肘关节精准重建手术规划方法；

3.手术机器人与肘关节镜协同方法与系统集成；

4.机器人辅助肘关节镜手术临床验证。

前沿项目

1.骨科机器人精准定位和智能操作关键技术研究

2.人体关节的运动生理信息感知、建模及临床评价

3.骨科手术机器人临床效能及卫生经济学研究

4.骨科围手术期智能诊疗装备与数字疗法研究

5.骨科有源内植入物设计和性能评价

疫苗和流行病学领域

重点研究专题项目

**一、新型冠状病毒肺炎疫情流行特性及以疫苗为基础的防控策略研究**

**概述：**目前，新冠疫苗在全国范围内开展大规模接种，且加强接种覆盖面不断提高。但因新冠病毒变异等原因，全球新冠疫情呈现长期流行趋势，我国新冠疫情防控也面临持续挑战。因此制定符合我国国情的新冠疫情常态化防控策略具有重要意义。

**总体目标：**分析我国新冠疫情流行特征，开展基于不同人群、疫苗的差异化加强免疫策略的保护效果及成本-效果分析，提出我国新冠疫情常态化防控阶段疫苗、检测、治疗等生物技术与传统非生物技术措施最佳组合的综合防控策略，为优化我国新冠常态化防控的策略与措施提供科学依据。

**研究内容：**

1.我国原始株及不同变异株流行期新型冠状病毒肺炎疫情的流行病学特征分析；

2.新冠疫苗不同免疫策略效果及卫生经济学评价；

3.新冠疫情常态化防控背景下的卫生资源需求研究；

4.新冠疫情常态化防控背景下的综合防控策略优化。

**二、mRNA疫苗核酸序列设计筛选方法构建与验证**

**概述：**mRNA序列设计和优化是mRNA疫苗研发的重要技术壁垒，良好的序列设计可提高mRNA稳定性和抗原表达水平，降低免疫接种剂量和不良反应发生率，进而提高免疫效果。因此，建立具有自主知识产权的高效通用核酸序列设计筛选方法对我国mRNA疫苗研发具有重要意义。

**总体目标：**围绕mRNA疫苗，以蛋白表达密码子优化大数据、靶抗原三维结构信息和AI多维度前沿设计模型为手段，结合序列理论计算和细胞筛选等不同方式，建立快速、高通量、普适性的mRNA元件设计及序列优化结果评价方法，可量化评价不同优化策略对靶蛋白表达水平、稳定性和免疫原性的影响，并设计筛选出安全、高效的可用于mRNA成品制备的完整核酸序列。

**研究内容：**

1.不同mRNA骨架元件（UTR、poly A等）对mRNA稳定性及蛋白翻译的影响；

2.不同密码子优化策略对mRNA稳定性及蛋白翻译效率、稳定性的影响；

3.高通量mRNA疫苗核酸序列设计筛选优化方法；

4.高效快速mRNA疫苗序列筛选评价实验模型构建与验证。

**三、老年人群流感疾病负担及疫苗接种意愿影响因素研究**

**概述：**老年人群（60岁以上）罹患流感发生重症和死亡的风险增加，其健康影响和经济负担更为严重。由于我国地区差异较大，既往基于模型对老年人罹患流感后造成疾病负担的研究方法，存在监测对象代表性不足、病原学检测量不够、发病、死亡归因不足等缺点；同时我国老年人群流感疫苗整体接种率不到10%，地区间的接种率差异较大，影响接种意愿因素缺少系统性分析。因此，需要针对不同地区的老年人群，探索流感疾病负担评估新方法，并对流感疫苗接种意愿及影响因素开展研究，为我国老年人群流感疾病负担和疫苗接种提供支撑。

**总体目标：**针对我国代表性地区，基于流感监测体系采集数据，构建疾病负担评估新方法，开展老年人群流感疾病负担系统性分析,并对流感接种意愿影响因素及干预进行研究，建立老年人群流感疾病负担和促进疫苗接种的循证依据，为老年人群流感防控策略制定、降低流感疾病负担提供理论指导和数据支撑。

**研究内容**：

1.不同地区、不同接种模式、不同亚型下老年人群流感流行特征；

2.疾病负担研究新方法及有效性评价；

3.不同接种政策条件下老年人群疫苗接种意愿影响因素及行为干预研究。

**四、基因脱毒百日咳疫苗质量评价技术体系基础研究**

**概述：**近年来百日咳发病率呈显著的上升趋势，为更好的应对百日咳疫情，需研发新型百日咳疫苗，基因脱毒百日咳疫苗即为其中之一。基因脱毒疫苗是在基因层面构建新生产菌种，经基因脱毒后的抗原蛋白可避免传统化学脱毒引起的蛋白结构不可控性改变，降低对免疫原性的破坏。疫苗质量评价技术是基因脱毒疫苗的研发关键，建立含蛋白结构特性、免疫原性以及疫苗安全性、有效性等疫苗质量评价技术体系，可为基因脱毒疫苗的研发和临床评价提供理论指导和技术支撑。

**总体目标：**针对基因脱毒百日咳疫苗，开展大分子蛋白结构特性、毒力因子、免疫原性与疫苗保护效果及安全性的关联研究，形成关于疫苗安全和有效的系统性评价方法，为研制免疫效果更好、保护效果更持久的新一代百日咳疫苗提供质量评价技术与标准。

**研究内容：**

1.基因脱毒百日咳疫苗中大分子蛋白结构特性、免疫原性与疫苗保护效果的关联研究；

2.基因脱毒百日咳疫苗毒力因子对疫苗安全性的影响；

3.基因脱毒百日咳疫苗免疫原性评价新方法。

前沿项目

1.新冠灭活疫苗保守蛋白在免疫应答中的作用机制研究

2.新冠疫情长期流行下特殊人群（免疫缺陷人群、患有基础疾病人群、老年人群、肿瘤患者、孕产妇等）接种新冠灭活疫苗的免疫原性研究

3.新冠自然感染结合疫苗接种的混合免疫的免疫特征研究

4.新冠疫苗针对新冠感染后不同疾病结局的免疫保护性指标研究

5.中国人群细菌性脑膜炎流行病学分析及疫苗效果评估

6.人呼吸道合胞病毒致死动物模型的建立

7.新型粘膜免疫抗原递送系统构建及评价

8.基于生物信息学或人工智能的抗原表位预测设计与功能性评价

9.肺炎球菌血清型识别、鉴定关键技术及应用研究

10.呼吸道合胞病毒粘膜疫苗保护机制的研究

11.呼吸道合胞病毒长效保护性抗体研究

儿童用药和罕见病用药领域

重点研究专题项目

1. **神经纤维瘤病治疗用纳米药物递送系统构建及其相关研究**

**概述：**神经纤维瘤病为全身多发肿瘤综合征，手术不能根治且预后差。肿瘤的持续进展、免疫抑制微环境的存在及药物的毒副作用等给相关治疗研究带来多重挑战。针对神经纤维瘤特性及微环境特点，设计开发可调控肿瘤微环境、抑制肿瘤增殖且毒副作用小的纳米药物递送系统，用于抑制全身肿瘤增殖、减少手术次数、延长患者生存期，并为纳米药物的研发提供基础。

**总体目标：**构建神经纤维瘤病治疗用纳米药物递送系统，研究纳米药物调控神经纤维瘤微环境的作用机制，结合纳米药物体内跨膜转运和药物的释放吸收行为，开展药效学、药代动力学以及安全性评价，为神经纤维瘤病治疗用纳米药物的开发提供理论指导。

**研究内容：**

1.神经纤维瘤病治疗用纳米药物递送系统的构建；

2.纳米药物递送系统药效学及调控肿瘤微环境的机制；

3.纳米药物递送系统体内跨膜转运及药代动力学；

4.神经纤维瘤病治疗用纳米药物递送系统安全性评价。

**二、****基于队列研究的早产儿认知障碍药物筛选及评价**

**概述：**早产儿认知功能障碍发生率高，但其发病机制尚不清楚，治疗手段有限，远期患有神经系统发育障碍性疾病的风险高。基于整合和优化队列，探讨早产儿认知障碍机制，发现早期干预新靶点，筛选能有效改善或延缓早产儿认知障碍发生发展的药物，对降低神经系统发育障碍性疾病的患病风险具有重要意义。

**总体目标：**基于整合和优化队列，研究早产儿临床数据，从肠道菌群变化、维生素代谢、脂质代谢等不同角度分析研究早产儿认知障碍的影响因素及其机制，发现早期干预的新靶点，为认知障碍药物的筛选及开发提供前期基础。

**研究内容：**

1.基于队列研究的早产儿认知障碍及其影响因素评价；

2.基于队列研究的早产儿认知障碍发生机制；

3.基于队列研究的早产儿认知障碍干预药物筛选。

**三、儿童皮肌炎相关间质性肺炎病理损伤机制及靶向干预策略**

**概述：**儿童皮肌炎相关间质性肺炎是一种严重影响儿童生活质量、甚至威胁生命的罕见疾病，常表现为抗MDA5抗体阳性。目前针对该疾病的治疗方案主要集中于激素、免疫抑制剂以及其他生物治疗等手段，普遍存在药物治疗剂量高且副作用大等问题。因此，研究抗MDA5抗体的相关生物学机制并研究相应的靶向药物制剂，对于儿童皮肌炎相关间质性肺炎的治疗具有重要意义。

# 总体目标：揭示抗MDA5抗体加重儿童皮肌炎相关间质性肺炎患者进程的生物学机制，构建靶向清除相关抗原特异性B细胞的新策略，研究药理作用机制和药代动力学规律，并对其有效性和安全性进行评价。

**研究内容：**

1.抗MDA5抗体加重儿童皮肌炎相关间质性肺炎的生物学机制；

2.靶向清除抗原特异性B细胞的新型药物递送系统构建；

3.新型药物递送系统的安全性、有效性及药代动力学。

前沿项目

1.罕见病或儿童疾病的发病机制及药物干预

2.罕见病或儿童疾病的中药、民族药作用机制及疗效研究

3.适用于眼科、耳鼻喉科、皮肤科罕见病或儿童疾病的新型药械组合产品设计、构建及疗效研究

4.罕见病或儿童疾病治疗用偶联药物及递释药系统的设计优化及作用机制研究

5.罕见病或儿童疾病新型治疗方法（如微生物治疗、基因治疗、细胞治疗等）的疗效研究

医学工程领域

重点研究专题项目

1. **特定物理刺激引导的生物响应性骨修复支架的制备及性能优化**

**概述：**骨缺损是目前临床治疗的难点，现有的自体骨移植方法存在骨源有限、供区创伤大、并发症多等问题。3D打印骨修复支架具有良好的机械强度、生物相容性、可塑性及骨传导特性。然而单一结构类型的静态3D打印支架难以适应骨修复过程中复杂多变的动态组织活动，限制了其骨修复效果。因此，在3D打印支架的基础上构建具有动态仿生特性的生物响应性骨修复支架具有重要临床价值。

**研究目标：**基于光、声、电、磁等物理刺激技术产生的生物响应，构建生物响应性骨修复支架；研究其在骨缺损修复动态过程中适应需求发生理化性能改变、释放生物活性因子、调控动态骨修复过程的效果及机制，并进一步进行促成骨效果的评价与验证。

**研究内容：**

1.生物响应性骨修复支架的设计与制备；

2.生物响应性骨修复支架的优化及促成骨效果提升方法；

3.生物响应性骨修复支架特定部位响应效果评估及机制。

**二、脊柱侧弯智能矫形器关键技术研究**

**概述：**矫形器治疗是青少年脊柱侧弯保守治疗的常用手段之一。由于病人生长发育速度较快，侧弯状态的不断良化使矫形器与脊柱的相互作用力及矫治力系发生动态变化，导致患者依从性降低从而影响矫治效果。因此，研制具有智能感知、调控功能的智能矫形器，可有效缩短治疗周期，提高疗效和舒适依从性，具有重要的临床价值。

**研究目标：**针对脊柱侧弯矫形器与儿童躯干畸形动态匹配性差的问题，通过矫治力作用下脊柱骨肌系统生物力学建模仿真、脊柱畸形生物力学特征识别、轻量化柔性高精度传感器及矫治力系智能调控等技术，研制脊柱侧弯智能矫形器，并进行临床验证。

**研究内容：**

1.矫治力与侧弯脊柱相互作用的生物力学建模与仿真；

2.基于侧弯畸形脊柱的生物力学及矫治力系优化设计；

3.基于柔性传感及智能调控的智能矫形器系统研制；

4.智能矫形器评测技术及临床验证。

**三、高强韧可吸收骨科内植入物可控降解及骨诱导机理研究**

**概述：**针对临床复杂性高或高承重部位的骨折修复，现有的可吸收内植入物材料存在降解速率难以精确控制、无法主动形成损伤区成骨微环境以及刺激自主愈合能力低等问题。因此，研发一种新型高强韧、高活性、降解性能可调控的新型骨科内植入物，对提高可吸收产品治疗效果、改善患者预后具有重要意义。

**研究目标：**构建高强韧、高活性、降解性能可控的骨科内植入物，研究植入物力学强度变化与降解周期的相关规律，阐释植入物可控降解性能和植入物构建成骨微环境的方式及刺激骨再生机制，并进行安全性及有效性评价。

**研究内容：**

1.高强韧高活性可控降解的骨科内植物设计与制备；

2.骨科内植物动态力学性能与降解速率适配的调控技术；

3.骨科内植物可控降解与促骨再生的协同机制；

4.骨科内植入物生物安全性及有效性评价。

**四、面向骨科智能手术规划的多模态图像处理关键技术研究**

**概述：**医学图像处理是骨科手术规划智能化的核心，但目前医学图像处理中存在单模态信息不全、像素级标注数据难以获取等问题。因此，针对多模态图像语义分割、跨模态医学图像配准、基于影像分析的骨植入物选型等开展研究，建立低成本、高精度、多模态的骨科影像处理模型，实现骨结构组织与植入物信息深入挖掘，将为骨科手术规划智能化提供技术支撑。

**研究目标：**针对骨科智能手术规划，研究骨结构及软组织的多模态图像语义分割与无监督跨模态医学图像配准算法，构建弱监督与无监督学习下多模态图像处理模型，提高影像分析准确率，降低数据标注成本，并对模型进行有效性验证。

**研究内容：**

1.CT/MRI图像无监督跨模态配准关键技术；

2.基于骨结构的植入物规划与选型；

3.弱监督骨结构及软组织多模态影像分割技术；

4.低成本高精度多模态图像处理模型构建与验证。

**五、基于脑磁图的局灶难治性癫痫高级认知障碍网络异常机制研究**

**概述：**癫痫是一种脑网络疾病，局灶难治性癫痫存在广泛的网络异常，不仅限制癫痫治疗效果，还造成致痫灶定位困难、手术复发，语言记忆等高级认知功能减退等问题。因此，开展基于脑磁图的局灶难治性癫痫网络异常机制研究，实现癫痫患者个体化无创电磁活动成像，为明确癫痫网络提供理论指导。

**研究目标：**基于高时空分辨率脑磁图，研究局灶难治性癫痫网络动态演化时空间异常机制，明确局灶难治性癫痫对于记忆、语言等高级认知功能的影响，为提高致痫灶定位准确率、减少手术复发率与调控癫痫网络提供支撑。

**研究内容：**

1.基于脑磁图的局灶难治性癫痫“皮层-皮层”及“皮层-皮层下”等网络时空间异常机制；

2.面向癫痫患者认知功能障碍精准诊断的标准化任务设计与构建；

3.基于脑磁图的局灶难治性癫痫干扰高级认知功能机制。

前沿项目

1.基于干细胞微载体材料的促成骨关键技术研究

2.妊娠期疾病治疗用间充质干细胞有效性及安全性评价

3.外泌体在骨修复和骨再生中的作用机制研究与验证

4.具有组织诱导功能的注射型肌骨系统修复材料关键技术研究

5.用于运动功能重建的植入式假肢连接器关键技术研究

6.主动调节型脊柱矫形内植物设计、制备与评价

7.基于运动学对线的人工膝关节假体生物力学研究

8.基于可穿戴设备的创伤患者功能康复智能化评估方法

9.基于视觉的外骨骼机器人运动追踪关键技术及评价

10.刚柔可换手术器械智能感知与定位关键技术研究

11.微型化、高精度呼出气体检测设备关键技术研究

12.面向慢性代谢性疾病的中医智能化诊疗新理论与新方法

医疗大数据与人工智能领域

重点研究专题项目

**一、基于多维度时序大数据的脓毒症动态风险预测及用药干预研究**

**概述：**脓毒症是严重威胁生命的急性重症事件，由于该疾病发病急、病情重，亟需建立风险预测模型，能够基于患者多维度病理生理信息的时序数据，精准预测脓毒症的发生与演变，以保证对脓毒症的及时监测和干预，降低生命损害。

**总体目标：**针对脓毒症的早期预警和药物方案，构建基于大规模临床数据和人工智能算法的预测模型和用药干预模型，并对模型的准确性、安全性和有效性进行临床评价。

**研究内容：**

1.脓毒症多维度时序数据多中心、大规模、标准化数据库建立；

2.基于急危重症（急诊、ICU等）患者的多维度时序数据构建脓毒症发生及临床演变动态预测模型；

3.脓毒症患者个性化用药剂量调整模型；

4.脓毒症临床预测及用药模型的临床评价。

**二、基于多模态多维度医疗大数据的心脏疾病人工智能辅助诊断研究**

**概述：**随着人工智能技术的发展，深度学习等人工智能方法已广泛应用于影像学诊断、生理信息分析、临床样本检测、病例文本识别等领域。然而，单一模态信息的处理难以满足心脏疾病的诊治需求，因此，开展融合多模态医疗大数据（医学文本、化验检查、医学影像、连续心电及生命体征监测数据等）的人工智能辅助诊断算法研究，对于提升临床对心脏疾病的诊断效率和效果具有重要意义。

**总体目标：**基于大规模、多模态的典型心脏疾病患者数据库（不少于1万例），开展多模态、多维度医疗大数据的表征方法研究；基于三种以上不同模态的信息，建立人工智能辅助诊断模型，并开展多模态及模态缺失条件下智能模型的性能评价研究。

**研究内容：**

1.心脏疾病的多模态、多维度医疗大数据特征表征方法；

2.心脏疾病的人工智能辅助诊断模型；

3.多模态及模态缺失条件下的模型性能评价。

**三、基于多维度检测和多组学分析的肺癌早期筛查方法研究**

**概述：**肺癌是全球发病及死亡率最高的恶性肿瘤，目前，肺癌筛查手段存在影像辐射大、穿刺活检难度大、体液检测敏感度低等问题。如何充分利用影像学数据、病理学特征、体液和呼出气体等检测结果的多维度信息，建立可用于肺癌早期筛查的多组学研究方法，是进一步提高肺癌诊疗水平的关键。

**总体目标：**通过对依托不同技术路径的肺癌早期筛查技术进行效力和可及性评估，建立基于多维度、多组学信息的新型肺癌早期筛查模型，形成高敏感性、高准确度、高可及性的肺癌早期筛查体系，并进行有效性评价。

**研究内容：**

1.肺癌早期筛查技术手段效力和可及性研究；

2.基于多维度、多组学信息的肺癌早期筛查模型；

3.新型肺癌早期筛查体系有效性评价。

前沿项目

1.新发突发传染病威胁感知、预警识别与实景推演算法研究

2.专家经验指导下海量临床数据医学知识表示与发现关键技术研究

3.基于联邦学习的多中心医学数据协作算法及应用研究

4.真实世界研究中偏倚、混杂因素和数据缺失的分析、控制方法研究

5.肿瘤适形消融策略智能规划算法研究与临床评价

6.早期多原发肺癌围手术期人工智能辅助诊疗算法研究

7.基于组学生物计算模拟的肿瘤药物疗效预测研究

8.基于区域医疗卫生健康大数据的居民健康状况科学评价方法研究

数字化精准医疗领域

重点研究专题项目

## 一、神经外科手术机器人辅助显微血管减压术关键技术研究

**概述：**显微血管减压术是治疗三叉神经痛、面部痉挛、舌咽神经痛等颅神经疾病的首选技术。目前显微血管减压术依赖医生手术经验和操作技巧，由于需要减压的责任血管位置隐蔽，同时与小脑等重要生理结构相连，如果开颅位置不合理，易造成小脑损伤、听力减退、脑脊液漏、颅内出血等症状；同时采用手术机器人辅助，容易和现有的显微镜位置冲突。因此，研制神经外科手术机器人机械臂末端集成高清显微视觉系统，对提升显微血管减压术的精准性和安全性具有重要意义。

**总体目标：**针对显微血管减压手术的临床需求，研究神经、血管、脑组织分割技术，实现图像多组织精准分割；突破显微视觉与机械臂融合标定技术，实现术中实时显微影像与术前影像实时配准；研究可见光高精度视觉导航技术；研制个性化手术工具，实现机器人导航下的显微血管减压手术，并开展临床验证。

**研究内容：**

1.神经、血管、脑组织等重要生理组织的识别、分割与柔性配准；

2.机械臂与视觉、显微视觉融合与标定技术；

3.面向显微血管减压术的个性化机器人手术末端工具设计与精准导航；

4.机器人辅助显微血管减压术临床验证。

## 二、神经外科手术机器人辅助内镜导航关键技术研究

**概述：**内镜技术具有广角和近距离观察优势，逐渐应用于神经外科手术领域。在手术过程中，由于存在镜体占位效应、后端盲区以及视野小、易迷路、难以理解手术医生意图等问题，造成手术时间长、操作精度低、正常组织受损。因此，研究神经外科手术机器人在内镜辅助手术过程中的智能导航和高精度控制技术，对内镜导航手术的精准性和安全性具有重要意义。

**总体目标:**针对机器人辅助内镜手术需求，研究虚拟内镜与增强现实内镜相结合的智能导航关键技术，解决内镜操作盲区问题，研究内镜在患者颅脑内部的运动方法和策略，探索机械臂颅内操作的安全区域规划机制，实现安全边界限制下的安全运动控制，并开展临床验证。

**研究内容:**

1.机器人引导内镜安全区域规划方法；

2.虚拟内镜与增强现实内镜相结合的智能导航技术；

3.机械臂引导内镜安全运动控制技术；

4.机器人辅助内镜手术临床验证。

## 三、牙体预备机器人关键技术研究

**概述：**牙体预备是牙体缺损修复的必要治疗过程。传统牙体预备过度依赖医生重复性的细微手工操作，操作精度低、稳定性差，致使牙体预备无法满足临床要求。开展牙体预备机器人轨迹规划、预见跟踪控制、力觉感知、人机交互等关键技术研究，实现牙体预备机器人在狭窄口腔空间内进行复杂精细操作，为快速制备理想三维形态牙体提供技术支撑。

**总体目标：**结合临床需求，开展牙体预备机器人牙体图像自动分割、备牙轨迹规划、预见跟踪控制、多模态信息感知、人机交互等关键技术研究，实现高精度轨迹跟踪、高速随动响应与高安全性控制，搭建牙体预备机器人样机并进行临床验证。

**研究内容：**

1.基于机器学习的牙体图像自动分割与轨迹生成；

2.狭小空间下力觉反馈人机交互与预见跟踪控制策略；

3.牙体预备机器人多模态信息融合与优化；

4.牙体预备机器人系统集成与临床验证。

# 前沿项目

1.基于机器视觉的神经外科手术机器人智能操作

2.神经外科手术机器人现实手术空间场景感知

3.颅颌面外科机器人智能交互截骨操作控制

4.辅助开颅手术机器人的新型动力系统设计与安全机制

5.脑机接口柔性电极植入机器人设计与感知

6.颅内反馈式刺激对抑制癫痫异常放电的机理研究及电极精准植入临床评价

7.口腔手术机器人智能手术规划、精准定位与控制

8.面向口腔专科治疗的专用操作臂设计

智慧口腔领域

重点研究专题项目

**一、牙颌面畸形智能分析诊断系统构建与评价**

**概述：**牙颌面畸形是常见的口腔疾病之一，准确的临床诊断分析是正畸治疗的重要基础。正畸临床往往基于影像、数字化牙颌模型、面部软组织三维照片等多模态数据进行综合分析判断，高度依赖医生经验，效率低下。因此，建立基于多模态临床数据的牙颌面畸形智能分析诊断系统，对牙颌面畸形的正畸诊疗具有重要意义。

**总体目标：**针对临床诊断需求，构建基于深度学习的智能分析诊断系统，实现对影像学、牙颌模型、三维面相等临床关键诊断信息的智能提取与融合，提升模型和算法的泛化性与鲁棒性，并对智能诊断分析系统进行评价。

**研究内容：**

1.牙颌面骨骼组织影像学关键信息智能提取；

2.数字化牙颌模型关键信息智能提取；

3.颌面软组织面相关键信息智能提取；

4.基于多模态信息融合智能诊断系统构建与评价。

**二、口腔正畸智能预测系统关键技术研究**

**概述：**口腔正畸治疗是建立在和谐的牙、颌、面关系基础上的牙齿再排列过程，该过程受到牙槽基骨宽度、牙冠宽度、牙根位置、唇齿关系、软组织侧貌等诸多因素影响。因此，基于正畸先验知识和已有矫正前后临床数据，建立口腔正畸人工智能预测系统，对于指导临床设计、有效降低和规避治疗风险、提高临床治疗效率具有重要的意义。

**总体目标：**基于隐形矫治数据和三维数字化牙合模型，研究精准牙冠分割技术，建立可自动生成隐形矫治排牙治疗方案的深度神经网络模型，并对其进行可解释性分析，实现排牙生成网络的个性化及高质量生成，优化治疗预测方案，并进行验证与评价。

**研究内容：**

1.基于三维数字化牙合模型的牙齿识别与自动分割；

2.隐形矫治排牙预测方案自动生成的深度神经网络模型；

3.排牙预测生成网络模型的可解释性分析与优化；

4.智能预测系统准确性验证及评价。

**三、无托槽隐形矫治用多层复合膜片制备工艺及性能优化**

**概述：**膜片是无托槽隐形矫治技术临床表达的基础，多层复合膜片可提供更为优越的性能和特性，但其制备工艺较为复杂，国内相关研究尚属空白。因此，开展隐形矫治用多层复合高分子膜片制备工艺、安全性评价及临床效能研究，具有重要的临床价值。

**总体目标：**针对矫治过程中的生物力学要求，开展多层复合膜片材料的设计和制备，明确多层复合工艺，调控界面性能，开展力学性能研究，对其进行安全性评价，并开展临床矫治性能初步评价。

**研究内容：**

1.无托槽隐形矫治用多层复合膜片的设计与制备；

2.无托槽隐形矫治用多层复合膜片界面性能调控及力学性能研究；

3.无托槽隐形矫治用多层复合膜片生物安全性评价；

4.无托槽隐形矫治用多层复合膜片临床矫治效能初步评价。

**四、口腔CBCT高精度成像关键技术研究**

**概述：**口腔疾病是人类最常见的多发病之一，高精度的CBCT影像大幅提高了牙体牙髓、正畸、牙周、种植等疾病诊疗的质量和效能。但口腔CBCT图像中的噪声和伪影是影响智能辅助诊断准确性和稳定性的重要因素。因此，进一步提高口腔CBCT三维成像的精度、降低图像噪声、减少各类伪影，成为提高口腔CBCT临床诊疗及智能化水平的关键技术路径。

**总体目标：**研究提高口腔CBCT高精度三维成像的关键技术，解决探测器偏置、大锥角、金属植入物、患者移动带来的各类伪影问题，并开展临床验证。

**研究内容：**

1.偏置探测器的高精度CBCT图像重建方法；

2.CBCT大锥角伪影的校正方法；

3.口腔CBCT金属伪影的校正方法；

4.口腔CBCT运动伪影的校正方法。

**五、基于CBCT影像的牙体、牙髓与根尖周疾病智能诊断关键技术研究**

**概述：**口腔CBCT能清晰显示口腔解剖结构及病变特征，已成为口腔临床诊疗中常用的影像学检查手段。牙体、牙髓与根尖周疾病发病率高、病变区域小、诊断难度大，影响诊断效率和准确性。因此，开展基于CBCT影像的牙体、牙髓与根尖周疾病的智能诊断，对于提高诊断效率和准确性、提升国产口腔CBCT竞争力具有重要意义。

**总体目标：**建立正常颌骨及牙体、牙髓与根尖周疾病的CBCT影像标记数据库；通过大量样本训练并结合专家经验模型，实现牙体、牙髓与根尖周疾病的智能诊断，并对计算机辅助根尖周病变治疗效果进行评价。

**研究内容：**

1.正常颌骨及牙体、牙髓与根尖周疾病的CBCT影像标记数据库建立；

2.基于CBCT影像的牙体、牙髓与根尖周疾病智能诊断算法；

3.计算机辅助根尖周病变治疗效果评价。

前沿项目

1.儿童牙颌畸形早期干预智能判别系统

2.预成型多功能隐形矫治附件的设计与制备

3.数字化复杂牙合模型快速高精度优化处理算法

4.半导体激光治疗口腔疾病的新理论新方法

5.基于三维影像数据的牙颌面畸形矫治效果的软组织形态预测方法