**附件2**

2021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指南

**一、面向工业互联网的B5G关键技术研究**

概述：为满足工业企业部署高性能无线网络的需求，B5G行业专网已成为广泛关注的重点。工业环境具有电磁频谱复杂，业务可靠性要求高及安全机制严格的特点，需要针对工业互联网开展B5G网络通信关键技术研究，为信息通信技术助力智能制造产业升级提供支撑。

总体目标：以促进B5G网络与工业互联网深度融合为目标，围绕干扰、传输以及安全等方面开展深入研究，为推动B5G网络支撑工业互联网连接提供理论指导和技术支持。

研究内容：

1.工业B5G专网现场干扰分析与干扰消除技术研究；

2.工业B5G专网低时延、高可靠无线通信技术研究；

3.工业B5G专网安全架构研究。

**二、面向B5G的空天地一体化网络关键技术研究**

概述：B5G空天地一体化网络将推动空、天、地网络深度融合，实现全球立体泛在覆盖。B5G空天地一体化网络存在拓扑架构动态变化、载荷能力受限等特点，需开展面向B5G空天地一体化网络的总体设计和关键技术研究。

总体目标：以解决B5G空天地一体化网络灵活组网和高效传输问题，实现全球高速率、高可靠通信为目标，围绕B5G空天地一体化网络中星地融合的网络体系架构设计、多波束环境下的接入和切换等技术开展深入研究，并完成相应算法设计及验证。

研究内容：

1.基于星载网络的空天地一体化网络组网架构设计；

2.多星多波束场景下海量用户随机接入方法与流程研究；

3.多星多波束场景下切换算法研究。

无线通信领域前沿项目指南

1.B5G毫米波通信关键技术研究

2.B5G无线网络智能化关键技术研究

智慧骨科领域专题项目指南

**一、基于运动学-动力学的髋关节置换机器人手术规划理论与方法**

概述：髋关节置换术后的运动学和动力学异常，是术后患者疼痛、功能不佳等的关键因素。在骨科机器人辅助执行关节假体装配手术中，传统术式和现有的机器人手术在假体选型、安装位置和软组织平衡等方面都仅考虑骨骼的静态解剖参数，对于关节运动过程中的运动学和动力学特性的考量是间接和非量化的。综合考虑人体关节的运动学和动力学特性进行手术规划，为机器人提供精确的执行目标，是提高机器人关节置换手术精度和手术疗效的关键技术路径，具有十分重要的理论意义与临床价值。

总体目标：研究基于关节运动学-动力学的髋关节置换机器人手术规划理论，建立髋关节运动学和动力学模型，提出并开发综合髋关节运动学与动力学的新型手术规划方法，应用于关节置换手术机器人系统，并进行临床验证。

研究内容：

1.基于运动学和动力学重要参数的髋关节置换规划方法；

2.基于术前、术中运动监测和功能影像的运动学建模；

3.基于关节载荷与能耗分析的动力学建模；

4.综合运动学和动力学的髋关节置换手术机器人关键技术临床验证。

**二、脊柱手术机器人智能感知与动态跟踪控制关键技术研究**

概述：机器人辅助脊柱外科手术技术具有精准、微创等优势，是脊柱外科手术发展趋势。在手术过程中，由于脊柱部位生理结构复杂，患者的心跳、呼吸等生理运动以及手术交互操作等原因，可产生脊柱位移和手术目标微动，易导致配准失效、手术失准，甚至引发严重的手术风险。因此，研究机器人术中生理运动的智能感知、动态跟踪与自主操作技术，具有十分重要的理论意义与临床价值。

总体目标：针对机器人辅助脊柱外科手术需求，深入研究患者术中生理运动规律和生理结构特征，建立机器人与脊柱的交互作用模型；突破术中力、位、电等多模信息融合的智能感知技术，及机器人与患者的实时动态配准技术；实现手术机器人对脊柱的实时动态跟踪和自动位置补偿，完成脊柱手术自主置钉、减压等操作，提高手术的精准性与安全性，并开展临床验证。

研究内容：

1.术中患者生理信息的获取、融合、处理与智能感知；

2.基于多模态信息融合的机器人与患者交互作用机理与建模；

3.手术机器人对脊柱的实时动态跟踪、自动位置补偿；

4.手术机器人的智能感知、实时动态跟踪控制与系统集成等关键技术临床验证。

**三、机器人辅助老年复杂肩肘关节置换关键技术研究**

概述：对于复杂的老年肩肘骨折，固定难度大，病残率高,人工肩肘关节置换是重建上肢关节功能、促进老年骨折康复的有效手段。现有手术依赖医生经验和操作技巧，手术精确性不足，部分患者因粉碎骨折等原因导致关节的正常定位骨性标记丢失，增加了手术难度。机器人辅助手术可有效提升肩肘关节置换的精确性和稳定性。针对老年复杂肩肘关节置换手术的特点，突破肩肘关节置换机器人手术规划和导航关键技术，实现智能精准的老年复杂肩肘关节置换，具有重要的理论意义与临床价值。

总体目标：针对关节置换治疗老年严重肩肘骨折的临床需求，研究基于骨组织解剖结构和软组织张力的肩肘关节重建方法，突破无骨性标志的图像配准，基于骨折图像智能识别和软组织张力重建的手术规划等关键技术，研制个性化手术工具和机器人导航系统，实现机器人辅助老年复杂肩肘关节置换，提高手术的精准性与安全性，并开展临床验证。

研究内容：

1.面向无骨性标志的肩肘关节3D图像配准技术；

2.基于影像智能识别和软组织张力建模的肩肘关节假体规划算法；

3.面向老年复杂肩肘关节置换手术的个性化手术工具和机器人导航技术；

4.机器人辅助老年复杂肩肘关节置换关键技术临床验证。

智慧骨科领域前沿项目指南

1.骨科手术植入材料/器械设计、制备关键技术研究

2.人体关节的运动生理信息处理、建模及临床评价

3.骨科机器人配套手术动力工具设计及临床评价

4.骨科机器人精准定位、智能操作及临床评价

疫苗和流行病学领域重点研究专题指南

**一、新冠疫苗免疫策略研究**

概述：新冠疫情已成为严重危害全球健康的公共卫生问题，引起了全球的高度关注。接种疫苗被认为是预防新冠病毒感染最有效的方式之一。目前，多种新冠疫苗在全国范围内开展大规模接种，因不同类型疫苗特性不同，以及新冠病毒持续变异等原因，新冠疫苗在真实世界应用的免疫持久性及效果如何，还需开展系统的疾病负担和卫生经济学研究，为新冠免疫策略和疫情防控策略优化提供科学依据。

总体目标：针对当前新冠疫苗接种背景，开展新冠疫苗大规模使用的安全性研究及不同免疫策略的卫生经济学评价，并对不同类型疫苗免疫记忆性进行研究，为如何决策和调整新冠疫苗的免疫策略及精准化新冠防控策略的制定提供必要的技术支撑。

研究内容：

1.新冠疫苗大规模使用的安全性研究；

2.新冠疫苗不同免疫策略的卫生经济学评价；

3.不同类型新冠疫苗免疫记忆性研究。

**二、B群脑膜炎球菌疫苗免疫原性评价关键技术研究**

概述：流行性脑脊髓膜炎（流脑）仍然是世界关注的重要公共卫生问题。目前我国流脑的优势菌群为B群，而且其流行菌株与国际流行菌株之间存在差异。国际上已有B群脑膜炎球菌疫苗上市，我国尚无B群疫苗。缺乏疫苗免疫原性评价技术体系，制约了我国B群疫苗的研发。研究和建立适合我国B群脑膜炎球菌疫苗免疫原性评价的标准化技术体系，可为我国B群脑膜炎球菌疫苗研发、临床研究评价和上市注册提供支撑。

总体目标：基于我国流脑B群流行菌株特征，开展B群脑膜炎球菌疫苗相关抗原的表型特征和表达水平检测关键技术研究，建立B群脑膜炎球菌疫苗血清杀菌标准化实验（SBA)，经多中心验证和评价，完成B群脑膜炎球菌疫苗免疫原性评价技术体系的构建。

研究内容：

1.B群脑膜炎球菌疫苗相关抗原的表型特征及表达水平检测关键技术研究；

2.B群脑膜炎球菌疫苗血清杀菌力实验（SBA)的标准化体系研究；

3.B群脑膜炎球菌免疫原性评价技术体系的多中心验证和评价。

**三、基于皂苷类化合物的新型纳微颗粒佐剂构建及其免疫增效机制研究**

概述：佐剂是疫苗研发中不可或缺的组成部分，皂苷（特别是皂树皂苷QS-21）作为一种从植物中提取的天然化合物，已被广泛应用于药物和疫苗中。但天然皂苷类化合物提纯困难、稳定性差、免疫副作用大、价格昂贵且知识产权及采购受限等问题限制了其进一步应用，因此，利用纳米材料可控构建、按需装载的特点，人工设计合成皂苷类化合物，并基于此类物质开发安全高效的新型纳微颗粒佐剂具有重要意义。

总体目标：通过全化学合成、合成生物学等手段，开展QS-21等皂苷类化合物的制备、纯化与免疫增效研究；合理化设计纳微颗粒佐剂，并联合递送其他免疫刺激分子；通过与商品化佐剂进行对比，研究其免疫增强效果及安全性，为新型复合纳微颗粒佐剂的构建与研究提供理论指导。

研究内容：

1.QS-21等皂苷类化合物的制备、纯化与免疫增效研究；

2.基于QS-21等皂苷类化合物的纳微颗粒构建及疫苗多组分组装与递送研究；

3.新型复合颗粒佐剂疫苗的保护增效与免疫应答机制研究。

**四、流感病毒高产疫苗株基因特性研究与疫苗产量评价**

概述：流感是一种由流感病毒引起的重要急性呼吸道传染病。流感病毒的两个表面基因血凝素和神经氨酸酶极易通过抗原漂移而发生抗原性的变异，需要每年筛选和推荐疫苗株。季节性流感疫苗是利用经典重配技术制备，表面基因来自流行代表株（野毒株），内部基因来自鸡胚高产母本毒株的疫苗重配株。优化病毒重配母本毒株、精准筛选潜在鸡胚高产野毒株，对于提高流感疫苗生产效率和产量、缓解市场供应紧张局势具有重要的意义。

总体目标：研究流感病毒鸡胚高产野毒株和母本毒株基因特性，改善母本毒株与野毒株基因兼容性，提高重配疫苗株产量，为鸡胚高产流感疫苗株的开发提供理论指导。

研究内容：

1.流感病毒潜在表面基因特性研究；

2.流感病毒疫苗高产母本毒株内部基因特性及高产母本毒株驯化研究；

3.母本毒株与野毒株基因兼容性研究及高产重配疫苗株产量评价。

疫苗和流行病学领域前沿项目指南

1.特殊人群（如免疫缺陷人群/患有基础疾病人群/老年人群等）接种新冠疫苗的安全性和免疫原性研究

2.基于大数据的疫苗接种后不良反应识别关键技术研究

3.面向疫苗生产的鸡胚智能照检关键技术研究及验证

4.mRNA疫苗递送系统的设计、构建及评价

5.新冠疫苗受种者突破病例的流行病学特征及疫苗效果评价

儿童用药和罕见病用药领域重点研究专题项目指南

**一、儿童用纳米药物口服吸收的基础研究**

概述：增加难溶性药物的口服吸收可有效降低毒副作用，多种上市制剂利用纳米技术提高了难溶性药物的口服吸收。但是，儿童的肝、肾、血-脑屏障等生理功能处于不断生长发育的过程中，药物在儿童体内的吸收、分布、代谢、排泄与成人存在明显差别。纳米技术在儿童用药方面的应用尚有系列科学问题有待阐明，如纳米药物安全性问题、胃肠道跨膜转运和吸收机制问题、药物代谢相关问题等。通过对儿童用纳米药物的科学研究，为儿童用纳米药物的开发和临床应用实现最优的风险/获益比提供理论依据。

总体目标：基于儿童用纳米药物有效性和安全性综合考虑，开展纳米药物剂型设计、在儿童和成人中开展纳米药物的胃肠道跨膜转运和吸收机制、药代动力学和药效学以及安全性的对比研究，为儿童用纳米药物的开发提供理论指导和技术支撑。

研究内容：

1.儿童用纳米药物的设计与药效评价；

2.儿童用纳米药物的跨膜转运、吸收机制及其与成人用纳米药物的相关机制比较研究；

3.纳米药物对儿童成长发育的安全性评价。

儿童用药和罕见病用药领域前沿项目指南

1.儿童用药/罕见病用药新型释药系统的设计、构建及安全性、有效性评价

2.适用于儿童疾病/罕见病的中药新配方/配伍的机理研究及安全性、有效性评价

3.新型复方制剂的设计优化与作用机制研究

4.儿童（包含早产儿及婴幼儿）循环系统/神经系统/内分泌系统/眼耳鼻喉特发性疾病/罕见病的发病机制及干预研究

建模仿真领域重点研究专题项目指南

**一、面向智能液态成型的模具镂空设计与成型过程模拟仿真关键技术研究**

概述：针对液态成型工件复杂，成型过程难以精确控制等问题，采用镂空化模具，可进行液态成型全方位闭环控制，从而实现智能液态成型。针对该背景，开展液态成型模具的镂空设计与闭环控制成型过程的模拟仿真等关键技术研究，重点研究镂空成型模具设计与建模技术及成型过程模拟仿真难题，突破传统密实结构，实现成型过程闭环控制，为铸造、注塑等相关产业的技术升级提供理论指导。

总体目标：以智能液态成型为目标，从镂空成型模具拓扑设计、闭环控制成型过程的数值模拟等方面开展深入研究，为实现智能液态成型提供新思路和技术支持。

研究内容：

1.液态成型模具的镂空设计方法与建模研究；

2.液态成型模具镂空结构的传热和力学特性研究；

3.基于镂空模具与闭环控制的液态成型过程数值模拟关键技术研究。

**二、针对复杂电子产品散热仿真的关键技术研究**

概述：目前的电子产品体积逐渐缩小，但功耗却有逐渐增加的趋势，其使用环境也愈来愈多样化。高功率密度带来的过热问题已成为电子元器件失效、设备故障的重要原因，电子器件的散热面临巨大挑战。电子产品的市场周期短，企业通常在设计阶段就利用仿真软件对产品的散热设计进行优化。传统软件在进行电子产品散热预测中面临着一些难以解决的问题，如建模过程复杂、设置参数过多、网格剖分效率低、后处理数据不完备等；专用电子产品散热软件也存在如求解精度不足、效率不高、物理模型不完备等问题。针对上述问题，需要开发更为先进的电子产品散热仿真软件。

总体目标：面向电子产品散热的行业需求，有针对性地开展先进电子产品散热仿真软件快速建模和高效率网格生成等方面研究，推动相关领域的工业软件发展，为电子产品设计研发提供基础。

研究内容：

1.适用于电子产品散热问题的几何修复和快速模块化建模方法研究；

2.针对复杂模型的贴体网格和边界层网格生成技术研究。

3.适用于电子产品散热领域的高精度、高效率传热算法研究。

建模仿真领域前沿项目指南

1.结构冲击失效数值模拟关键技术基础研究

2.刚柔耦合的多体系统动力学数值模拟关键技术基础研究

3.金属增材制造数值模拟关键技术基础研究

4.设施农业环境数值模拟关键技术基础研究

5.船舶装备数字孪生关键技术基础研究

医学工程领域重点研究专题项目指南

**一、自供能电刺激长骨骨折愈合的器件研制与作用机制研究**

概述：加速骨愈合的研究有助于降低骨折延迟愈合、不愈合的发生率，减少因长期卧床导致的并发症，进而促进患者康复。电刺激治疗是加速骨折愈合的有效方法之一，阐明新型电刺激方法促进骨折愈合的机理，研究无需外部供电、植入或穿戴式的新一代电刺激骨愈合技术与器件，对骨科内植物和治疗器械的研发有重要价值。

总体目标：研究自供能器件在体内发电并产生有效电刺激的工作模式、特征和影响因素，及自供能电刺激在骨愈合微环境中的生物效果，探寻自供能器件与骨科内植物的整合方法，为研究自供能电刺激植入物的临床应用提供理论基础。

研究内容：

1.电刺激干预调控骨折微环境、促进骨再生的机理研究；

2.面向长骨骨折愈合的自供能电刺激器件制备与关键技术研究;

3.器件的生物安全性和可靠性评价，及示踪技术研究。

**二、用于骨折固定的可降解锌合金植入物关键技术研究**

概述：可降解金属作为骨植入物用新材料成为近些年的研究热点。德国和韩国镁合金骨钉产品已经获准上市，但目前医用镁合金抗拉强度均小于350MPa，无法用于承力部位的骨折修复。为此开展新型可降解金属材料与器械研发关键技术研究，发展能与不锈钢和纯钛力学性能（抗拉强度大于600MPa）媲美的新一代可降解金属，对推动承力部位骨折固定产品发展具有重要意义。

总体目标：研制新一代的可降解锌合金材料，使其理化指标和力学性能满足骨科植入物性能要求，并通过生物学评价验证该材料生物安全性；并通过动物模型优化设计创伤和运动医学相关骨科植入器械，依据降解特性与力学性能等指标验证其用于骨连接/腱骨部位损伤修复有效性，实现可降解金属骨植入物器械从“固定”到“诱导愈合”的跨越，为进一步促进可降解锌合金临床应用提供支撑。

研究内容：

1.可降解锌合金材料体系评估及性能优化；

2.可降解锌合金材料生物安全性评价；

3.可降解锌合金材料的可控降解特性与力学性能调控机制研究；

**三、干细胞治疗空洞引起脊髓损伤的有效性及其修复机制研究**

概述：临床常见的脊髓空洞表现为脊髓中央管扩张，引起脑脊液循环障碍，是一种慢性中央脊髓损伤，虽可通过手术减压恢复脑脊液循环障碍，可实现空洞减小或消失，但是脊髓损伤后果未能改善，甚至加重。因此，如何修复空洞引起的脊髓损伤是临床治疗的未解难题。干细胞被认为是治疗脊髓损伤的新途径，在脊髓空洞内注入干细胞，利于干细胞直接修复空洞周围损伤的室管膜及周围神经胶质，是直接、合理的修复方法之一。尤其在减压术后、空洞变小转归过程中，可有效改善脊髓内微环境，进一步加强损伤脊髓的修复效果。

总体目标：以空洞引起的脊髓损伤动物模型为基础，研究干细胞治疗空洞引起脊髓损伤过程中增殖、分化等生物学行为、对空洞引起的脊髓损伤修复作用的有效性及修复机制，为临床应用提供支撑。

研究内容：

1.干细胞治疗空洞引起脊髓损伤过程中增殖、分化等生物学行为研究；

2.干细胞治疗空洞引起脊髓损伤的有效性研究；

3.干细胞治疗空洞引起脊髓损伤的修复机制研究。

医学工程领域前沿项目指南

# 1.具有成骨活性的脊柱融合手术植入物研究

2.脊柱肿瘤的靶向、免疫治疗新方法及机制研究

3.手术机器人机械臂柔性控制理论与关键技术研究

4.三维多孔支架材料体内血管化及促进成骨机制研究

5.针对软骨缺损的组织再生方法机理