

## “智能机器人”重点专项 2020 年度项目申报指南建议 (征求意见稿)

为落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》和《中国制造 2025》等规划，国家重点研发计划启动实施“智能机器人”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2020 年度项目申报指南。

### 1. 基础前沿技术

#### 1.1 基于编织/折展原理的机器人结构功能一体化设计

**研究内容：**面向高集成性、高环境适应性机器人前沿技术，研究基于编织折展结构的非关节式机器人设计技术，探索基于智能材料的变刚度、变形状、变尺寸的驱动机理，连续稳定性调控机制及实现方法；研制结构功能一体化机器人原理样机，可基于单一结构，实现机器人整体运动、抓取作业与环境适应等服役功能。

**考核指标：**研制基于编织/折展原理的结构功能一体化设计机器人原理样机，可实现爬行、翻滚等整体移动与抓取等作业功能，并具备变刚度、变形状、变尺寸功能，在不少于 3 种复杂环境下验证环境适应能力。至少有 1 项先进前沿技

术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利。

### **1.2 机器人的刚柔软结构耦合与变刚度技术**

**研究内容：**面向软体机器人结构承力/操作力提升的需求，研究基于仿生原理的刚-柔-软耦合机构设计、变刚度机构设计与优化、操作/感知一体的仿生灵巧机构设计、刚-柔-软耦合机器人的运动学与动力学建模与控制等方法与技术，研制刚-柔-软耦合的机器人原型样机，开展交互控制与功能验证实验。

**考核指标：**研制具有刚-柔-软耦合结构的机器人原型样机；可变刚度结构的杨氏模量变化不小于一个数量级。至少有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利。

### **1.3 活体细胞生物混合的机器人驱动与控制**

**研究内容：**研究单细胞/组织水平的生物驱动单元机械动力学，建立生物驱动的定量化模型；研究活体细胞生物混合驱动器的先进结构设计与制造方法，使其具有多形态多模式运动功能；开展混合驱动器的智能控制技术研究，实现不同形态不同模式下的可控运动。

**考核指标：**研制出基于活体细胞生物混合的新型机器人驱动装置，实现不少于 3 种模式的可控运动，细胞组织负重比优于 1:10。至少 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技

术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利。

#### **1.4 机器人仿生集群关键技术**

**研究内容：**针对鸟群、鱼群、蚁群的高机动、高效节能集群运动等自然现象，探索生物高效集群运动的动力学和节能机理，研究仿生机器人集群运动的能量高效利用、协同感知、协同运动、集群控制等理论和方法，研制飞行或游动仿生机器人的集群运动验证平台，开展实验验证。

**考核指标：**研制飞行或游动的不少于 1 类仿生机器人集群验证平台，实现  $\geq 5$  台仿生机器人的集群运动及其能量高效利用。至少有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利。

#### **1.5 基于 5G 通信的多机器人自主协同技术**

**研究内容：**面向未来 5G 通信支持下的多机器人系统在动态开放环境中执行任务的需求，设计 5G 通信下协同任务导向的多机体系结构和机间通信机制，研究开放环境中 5G 技术支持下多机器人自主协同技术，实现协同目标识别、协同优化决策、协同行为认知等典型任务中的技术验证。

**考核指标：**确定 5G 通信用于多机器人自主协同的技术方案及相关指标体系；结合不少于 10 台的多自主移动机器人系统、实现针对动态开放环境典型应用的技术验证。至少

有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利。

### **1.6 基于类生命孪生的机器人智能学习方法**

**研究内容：**借鉴生命系统进化出的快速学习能力，实现生物神经网络针对特定任务的训练和快速收敛，并将其映射到人工智能算法中（类生命孪生）用于机器人的智能学习，具体包括：研制基于活体生物神经网络的学习发育平台，针对特定任务实现多源刺激下生物神经网络的连接、发育和功能重塑；研究功能化生物神经网络的系统辨识方法，建立生物神经网络向人工智能算法的映射机制，形成基于类生命孪生的机器人智能学习方法体系，并开展实验验证。

**考核指标：**针对 2 种以上任务实现生物神经网络的训练和功能重塑，完成系统辨识，建立基于生物神经网络迁移映射的类生命孪生智能控制器，学习效率高于传统机器学习效率 50% 以上。至少有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利。

### **1.7 侵入式脑机接口与生物干预控制技术**

**研究内容：**面向生物运动行为精确控制，研究生物体脑功能机理，探索生物体运动干预/控制方法；研究神经刺激器的微型化设计方法，研制侵入式脑机信号干预装置，探索侵入式干预装置快速装备技术，实现核心刺激单元的长期稳定

服役；研制侵入式脑机接口控制单元原理样机，并在生物体上开展受控运动实验验证。

**考核指标：**研制侵入式脑机接口系统，在不少于 2 类动物上完成功能测试，实现生物体运动功能刺激干预与控制；侵入装置植入体有效工作时间不低于 3 个月。至少有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利。

### **1.8 机器人的社会交互理论与方法**

**研究内容：**瞄准机器人社会交互前沿技术，研究人与人社交过程中的社会动力学模型，构建基于多模态信息融合模型，并建立社交意图预测模型；研究社会道德规范学习系统，结合上下文信息和文化背景建立用户期望模型和机器人行为后果自主评估机制；研究融合知识、任务与情感的类人机器人意识模型，建立结合即时反馈和长期趋势的非结构化交互内容生成方法；针对典型社会交互环境，在服务机器人实验平台上进行验证。

**考核指标：**至少在 3 种典型场景下实现人机社会交互演示验证，交互理解识别正确率优于 80%。至少有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利。

### **1.9 面向肺部微小结节的机器人检测技术**

**研究内容：**面向呼吸道内诊疗需求大、入路结构异型动

态复杂等问题，基于肺部微小结节的临床、影像组学、病理和生物组学等多源信息，开展肺部微小结节的智能辅助诊断技术研究，突破可伸缩嵌套多自由度柔性末端执行器设计和驱动，体内和体表路径的联合精准导航，复杂动态环境下诊疗执行末端精准定位，生理运动补偿，肺部结节的检测、取样等技术，研发面向肺部结节的柔性微创手术机器人，并开展试验验证。

**考核指标：**研究肺部结节微创手术机器人技术，具备呼吸道环境下可伸缩多级嵌套多自由度柔性末端执行器，通过导航定位可到达 6 级及以上支气管进行肺部结节的检测、取样。至少有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利（其中 PCT 专利不少于 1 项）。

### **1.10 面向复杂骨折闭合复位的手术机器人智能操作环境构建原理与技术**

**研究内容：**面向骨盆骨折等周边复杂力学和生物学环闭合复位手术需求，研究周边肌组织生物力学模型与软组织容受度模型，研究基于骨肌组织容受度模型与术中影像相融合的复位路径规划方法，研究包括术中影像、手术器械跟踪与导航、可视化、智能手术器械/机器人相集成的智能手术环境技术，开展试验验证。

**考核指标：**研制出面向复杂骨折闭合复位智能手术环境

的实验系统，集成具有三维实时跟踪、导航、自动手术规划与手术过程信息可视化等功能。至少有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利（其中至少 1 项 PCT 专利）。

### **1.11 自主搜救机器人在线检伤原理与技术**

**研究内容：**针对地震、火灾、事故等大规模伤亡事件存在的突发、群体性救治需求，研究基于大数据和人工智能技术的现场失血性休克量化检伤、分类决策等技术与终端样机系统，实现与搜救机器人的集成融合，解决传统检伤分类“快而不好”和“好而不快”的问题，实现准确性和时效性的高效统一。

**考核指标：**研制出基于大数据和人工智能技术的现场失血性休克量化检伤分类决策终端系统样机，提出满足相关需求的指标体系，实现针对典型应用的技术验证。至少有 1 项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于 5 项发明专利（其中至少 1 项 PCT 专利）。

## **2. 关键技术与装备**

### **2.1 大型高产矿井综合掘进机器人**

**研究内容：**面向煤矿巷道安全快速掘进需求，研究煤矿综合掘进机器人井下环境感知、精确定位、自主移动导航、定姿定形定向截割、多工序智能协同控制、数字孪生远程智

能监控等关键技术，研制煤矿综合掘进机器人系统，实现煤矿巷道探测、掘进、支护、清运快速协同作业，并针对大型高产矿井开展应用验证。

**考核指标：**研制出煤矿综合掘进机器人系统 1 套，具备超前探测、自动定向掘进、巷道断面自动截割成形、全自动支护、井下遥控和远程数字孪生监控等功能，根据任务需求提出所研制机器人系统的量化指标体系。掘进机器人探测距离  $\geq 100\text{m}$ ；爬坡能力  $\geq 20^\circ$ ，机身定位精度优于  $\pm 5\text{cm}$ ；最大截割宽度  $6\text{m}$ ，最大截割高度  $5\text{m}$ ，截割边界控制误差  $\leq 10\text{cm}$ ；远程无线监控距离  $\geq 200\text{m}$ ；综掘工作面巡查人员  $\leq 3$  人，提高巷道掘进总效率 1 倍以上。整体系统符合煤矿安全要求，技术成熟度不低于 7 级，形成应用技术规范或行业标准不少于 1 项，申请不少于 5 项发明专利。

## 2.2 复杂地质条件煤矿辅助运输机器人

**研究内容：**面向煤矿辅助运输连续化、标准化、智能化、少人化需求，研究煤矿井下辅助运输系统高精度导航定位、深部地下受限空间内防爆运输设备无人驾驶、全矿井人员及物资智能调度等关键技术，根据不同井型研制煤矿辅助运输机器人系统，实现煤矿物料标准化装载、智能化配送、自动化转运、无人化运输，并针对运输条件复杂矿井开展应用验证。

**考核指标：**研制出煤矿辅助运输机器人系统 1 套，具备

物料标准化装载、智能识别配送、转载点机器人转运、运输防爆车辆的无人驾驶等功能，根据任务需求提出所研制机器人的量化指标体系。全矿井运输路线机器人定位精度优于30cm；物料标准容器识别不少于6种，识别准确率不低于98%；实现矿井辅助运输岗位减人60%，转运环节数量减少50%，转运时间占比降低40%。整体系统符合煤矿安全要求，技术成熟度不低于7级，形成应用技术规范或行业标准不少于1项，申请不少于5项发明专利。

### 2.3 面向冲击地压矿井防冲钻孔机器人

**研究内容：**面向煤矿深部高地应力区域冲击危险巷道卸压需求，研究机器人平台自主移动与远程交互控制、钻孔自动定位、钻进方位导航、钻具全自主钻进控制与运行状况监测、孔区压力分布状态智能感知等关键技术，研制煤矿防冲钻孔机器人系统，实现高危环境下钻孔卸压作业无人化和冲击地压危险程度实时评估，并针对冲击地压灾害高风险矿井开展应用验证。

**考核指标：**研制出煤矿防冲钻孔机器人系统1套，具备遥控及自主移动、自动钻孔、地压检测评估等功能，根据任务需求提出所研制机器人的量化指标体系。自主行走速度 $\geq 4.5\text{km/h}$ ；钻孔定位精度(X,Y,Z)优于200mm；钻进方位角定位精度优于 $\pm 0.5^\circ$ ；倾角定位精度优于 $\pm 0.1^\circ$ ；钻孔直径 $\geq 75\text{mm}$ ；钻进速度 $\geq 15\text{m/h}$ ；钻进深度 $\geq 30\text{m}$ ；定位与导

航系统精度优于 5cm；孔口安全保护系统旋转防护耐压不低于 7MPa（静压）、3.5MPa（动压）。整体系统符合煤矿安全要求，技术成熟度不低于 7 级，形成应用技术规范或行业标准不少于 1 项，申请不少于 5 项发明专利。