

## **“纳米科技”重点专项 2018年度项目申报指南**

为继续保持我国在纳米科技国际竞争中的优势，并推动相关研究成果的转化应用，按照《国家中长期科技发展规划纲要（2006-2020年）》部署，根据国务院《关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》，科技部、教育部、中国科学院等部门组织专家编制了“纳米科技”重点专项实施方案。

“纳米科技”重点专项的总体目标是获得重大原始创新和重要应用成果，提高自主创新能力及研究成果的国际影响力，力争在若干优势领域率先取得重大突破，如纳米尺度超高分辨表征技术、新型纳米信息材料与器件、纳米能源与环境技术、纳米结构材料的工业化改性、新型纳米药物的研发与产业化等。保持我国纳米科技在国际上处于第一梯队的位置，在若干重要方向上起到引领作用；培养若干具有重要影响力的领军人才和团队；加强基础研究与应用研究的衔接，带动和支撑相关产业的发展，加快国家级纳米科技科研机构和创新链的建设，推动纳米科技产业发展，带动相关研究和应用示范基地的发展。

“纳米科技”重点专项将部署7个方面的研究任务： 1. 新

型纳米制备与加工技术；2. 纳米表征与标准；3. 纳米生物医药；4. 纳米信息材料与器件；5. 能源纳米材料与技术；6. 环境纳米材料与技术；7. 纳米科学重大基础问题。

2016 年和 2017 年，纳米科技重点专项围绕以上主要任务，共立项支持 83 个研究项目（其中青年科学家项目 20 项）。根据专项实施方案和“十三五”期间有关部署，2018 年，纳米科技重点专项将围绕新型纳米制备与加工技术；纳米表征与标准；纳米生物医药；纳米信息材料与器件；能源纳米材料与技术；环境纳米材料与技术；纳米科学重大问题等方面继续部署项目，拟优先支持 11 个研究方向，同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近，技术路线明显不同，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。国拨总经费 2.2 亿元（其中，拟支持青年科学家项目 3-5 个，国拨总经费不超过 1500 万元）。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行一体化设计。鼓励围绕一个重大科学问题或重要应用目标，从基础研究到应用研究全链条组织项目。鼓励依托国家重点实验室等重要科研基地组织项目。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部考核指标。

项目执行期一般为 5 年。一般项目下设课题数原则上不超过 4 个，每个项目所含单位数控制在 4 个以内。

青年科学家项目可参考指南支持方向组织项目申报，但不受研究内容和考核指标限制。

## 1. 新型纳米制备与加工技术

### 1.1 碳纳米管有序宏观体功能化及在极端条件下的应用

研究内容：以碳纳米管有序宏观体为基，并通过合金化和多功能化方法拓展其性能；发展规模化制备技术，研制出在高温、低温、腐蚀等条件下有重要应用的宏观有序纳米功能材料；研究其电、声、热、力效应及构效关系，发展相关器件，实现关键应用。

考核指标：面向碳纳米管有序宏观体的关键科学问题及其在国防等领域的重要应用，实现高温 ( $>2000\text{ K}$ )、低温 ( $<77\text{ K}$ )、腐蚀（包括海水、盐雾等）条件下应用的宏观有序纳米功能材料及其规模化制备；发展 2-3 种合金化和多功能化的方法；建立在上述极端环境下的构效关系和失效规律；在  $2000\text{ K}$  下强度达到室温的 80%， $77\text{ K}$  下韧性保持 80%，海水、盐雾等腐蚀环境下和现有材料体现相比服役寿命提高 10 倍，热导率达到  $500\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，在  $2\text{-}18\text{ GHz}$  全频段内衰减大于  $10\text{ dB}$ ；发展出 3 种以上基于碳纳米管有序宏观体功能材料和器件，实现在上述高低温及强腐蚀极端条件下的关键应用。

### 1.2 新型纳米结构器件和集成系统的制造技术与应用

研究内容：发展对纳米结构的定域定向精确调控和制造技术，突破传统制造技术的局限；发展绿色印刷制造技术用关键纳

米材料和器件，建立以固体、液体和气体为模板的新概念绿色印刷制造方法；建立功能纳米材料的高精度图案化的制造技术，实现超高灵敏微纳传感器及集成微系统的规模制造和应用。

考核指标：突破传统印刷技术精度极限，以绿色印刷方式实现不同功能纳米材料的高精度图案化，印刷精度达 100 纳米；印刷制备一批性能优异的微纳光电功能器件，并在智能包装、触控显示、发光器件等领域实现示范应用；制造现场快速检测微纳传感器及集成微系统，纳米结构最小尺度达到 10 nm，一次构筑面积大于 85 cm<sup>2</sup>（直径 4 英寸），一致性优于 95%，对苯系物或卤代烃检测限达到 ppb 量级，响应时间达到秒量级，在 3 个以上地市级或省级监测站进行现场检测验证并形成技术规范 and 标准方案。

## 2. 纳米表征与标准

### 2.1 纳米催化机器学习与动态模拟

研究内容：开展基于机器学习方法的第一性原理高精度反应势函数构建与大规模反应模拟，建设催化体系全局势能面数据库，建立技术标准；开展高温、电压、光照等氧化还原条件下纳米催化动态演化模拟；研究二氧化碳制大宗化学品的纳米催化材料理性设计。

考核指标：开发基于神经网络全局势函数的大规模原子模拟软件，形成软件接口标准，实现 2000 个原子以上，1 纳秒以上，

在高温、电压、光照等条件下表界面催化过程分子动力学模拟和结构搜索；建立 100 种以上不同组分纳米催化剂体系的神经网络反应势函数，形成 100 个以上纳米催化体系的全局势能面数据库，制定技术规范与数据库标准；实现 100 个原子以上，包含  $\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{CO}$ ， $\text{CO}_2$  等重要能源催化反应分子的纳米催化机理自动匹配搜索，进而结合理论模拟和实验手段，获得 5-8 种  $\text{CO}_2$  高效转化纳米催化剂，催化选择性 $\geq 95\%$ ，催化转化率 $\geq 85\%$ ，催化性能全面达到同期同领域的国际先进水平；完成 5 种以上 5 nm 尺度金属/半导体颗粒复合材料，在氧化和还原性气氛中的动态结构演化和催化反应模拟。

## 2.2 纳米结构跨频域及跨时域尺度的动力学表征

研究内容：发展宽频域、宽时域、高灵敏度的时间分辨光谱技术，研究相干激发与等离激元激发的物理本质，研究纳米结构中缺陷态的特性以及与光转换效率的内在关联。

考核指标：实现纳米结构跨频域（紫外、可见、近红外及中红外光谱区）、跨时域（从小于 50 飞秒的超快过程直到毫秒尺度的慢过程）、高灵敏度（ $10^{-5} \Delta\text{OD}$ ）、瞬态分子振动光谱探测分辨率 $< 5$  波数的光谱表征；发展相干光谱技术（可见-近红外飞秒时间分辨宽频相干激发-宽频探测），实现二维电子相干光谱相位稳定性 $< 1/120 \lambda$ ，揭示相干态特性与激子及光生载流子空间离域尺度的关系、退相干的物理机制、等离激元的动力学特征；实现纳

米光转换材料中缺陷能态在能量空间和实空间分布的定量表征，揭示缺陷态对光转换性能的影响，建立相关缺陷态特征谱系和数据库标准。

### 3. 纳米生物医药

#### 3.1 具有明确临床适应症的功能纳米材料宏量制备与临床诊疗技术

研究内容：针对肿瘤及心脑血管等重大疾病,开展具有诊断等功能的纳米材料的临床转化研究，发展适合体内诊断应用的纳米材料宏量制备新技术、新方法。解决合成具有医药应用价值的纳米材料所涉及的前驱体分解，单体、颗粒的扩散及体系传热等问题，针对明确临床适应症，完成功能分子修饰的纳米材料的宏量制备工艺，开展相关临床应用技术研究。

考核指标：研制出 3-5 种针对于明确具有临床转化价值的纳米材料；1 种以上有临床应用前景的功能纳米材料的连续、稳定的宏量合成方法，单套系统可连续并重复制备规模不小于 10000 剂量或人次/批次的功能纳米颗粒，药效等指标至少满足药物审评的等效性原则；1-3 种针对重大疾病体内诊断的纳米材料，获得国家食品药品监督管理局（CFDA）临床试验许可，建立相关产品的临床使用规范。

#### 3.2 生物相容性纳米表面/界面调控原理及其生物医学应用

研究内容：发展基于纳米表面/界面的分子修饰与组装新原理

和生物相容性医用自组装纳米材料构筑新技术，在生物环境中构建具有新生物功能的分子自组装结构，实现生物环境下的自组装结构及其性质的精准调控；研发具有化疗功能以及智能型分子组装体系，应用于肝癌、肠癌、胰腺癌、乳腺癌或食道癌等恶性肿瘤，研究其 x 射线或  $\gamma$  射线放疗协同增敏效应、调控肿瘤表观遗传、基质和血管的作用及机制、肿瘤环境响应性等，实现多步级联释放和可控定点释放新功能；发展智能型分子组装纳米材料的体内过程分析及安全性评价的新方法。

考核指标：完成至少 3 种生物相容（可水分散、低毒性、可分解、可外排、无非特异性吸附等）的新分子或分子组装体系，应用于纳米颗粒修饰时，其修饰前后水合粒径改变  $< 5 \text{ nm}$ （其中 1 种  $< 3 \text{ nm}$ ），可满足纳米药物设计和纳米生物检测需求，相关技术参数需经第三方检测机构认可；提出 1 种面向协同化疗的分子自组装新策略；完成 2-3 种基于分子自组装的智能型抗肿瘤纳米结构材料，其中 1 种至少达到 3 倍肿瘤组织透过性增强及滞留效应，1 种对医用 x 射线或  $\gamma$  射线放疗剂量（小于  $5\text{Gy}$ ）具有灵敏响应；完成至少 1 种基于分子自组装肿瘤基质或血管调控型抗肿瘤纳米结构材料的临床前药效评价及其安全性评价。

#### 4. 纳米信息材料与器件

##### 4.1 多场耦合纳米异质结构光电子器件的基础研究

研究内容：纳米异质结构中多场耦合机理及调制工程，包括

半导体电抽运高效光发射中载流子注入、输运和复合辐射特性，纳米结构对激射波长、模式、线宽和偏振态的调控；半导体纳米异质结构道外延新技术；多波长纳米激光器及其阵列；宽光谱探测响应增强新原理；纳米超导结构微波激射原理及微波激射器等；在相应信息系统中演示验证。

考核指标：实现硅衬底上直接选区外延 InP 系多波长纳米激光器及阵列，阈值小于 10 mA，功率大于 1 mW；线宽小于 10 MHz 的 GaAs 系纳米激光器及阵列，阈值小于 1 mA，功率大于 2 mW；宽光谱高响应纳米探测器阵列与电路集成。实现中心频率在 3-10 GHz 微波激射，频率调谐大于 5%。实现上述器件在信息系统中演示验证。

#### 4.2 高性能中远红外激光器与探测成像芯片及应用

研究内容：研究半导体纳米调制结构中的载流子、光子和声子的形态特征和相互作用机制，探索纳米异质结构制备、表征、调控新技术新方法，研制中远红外波段低阈值高增益高功率激光器和低噪声高灵敏高像素探测成像芯片，在高性能装备中得到应用。

考核指标：阐明半导体纳米异质结构对载流子、光子和声子的调制作用，掌握应变异质结构材料生长和器件制作技术。实现 8~15  $\mu\text{m}$  激光器阵列室温连续工作，单模调谐范围 200 nm，功率大于 10 mW。实现 0.4~15  $\mu\text{m}$  宽光谱和双波长焦平面探测芯片，

峰值探测率  $D^* \sim 1 \times 10^{11}$  Jones@77K，像素大于  $640 \times 512$ 。相关器件在环保、安全、高光谱遥感等装备中得到应用。

## 5. 能源纳米材料与技术

### 5.1 高节能透明柔性有机无机纳米复合光功能膜及宏量制备技术

研究内容：有机无机纳米复合光功能膜材料体系的光学设计与分子模拟设计，透明无机纳米颗粒分散体的制备，纳米无机颗粒与高分子链的相互作用、分散机理及其对结晶动力学的影响规律，无机纳米颗粒与聚酰亚胺和聚酯为代表的有机高分子复合加工成透明膜的新方法及宏量制备新技术，创制出若干高节能透明柔性有机无机纳米复合光功能膜。

考核指标：揭示透明有机无机纳米复合光功能膜的结构与光学性能、水汽阻隔性能等的构效关系，研制出 3-4 种纳米节能膜，建成 2-3 条示范生产线，其中：柔性电子器件用聚酰亚胺复合膜：产能  $\geq 120$  万平米/年， $100 \mu\text{m}$  膜的透光率  $\geq 88\%$ 、 $T_g \geq 260^\circ\text{C}$ 、水汽透过率  $\leq 1 \times 10^{-5} \text{ g}\cdot\text{m}^2/24\text{h}$ ；氧化钒系温控智能贴膜：产能  $\geq 1000$  万平米/年，分散后无机颗粒最大尺寸  $\leq 50 \text{ nm}$ ，可见光透过率 15~50% 间可调、红外线调节率  $\geq 30\%$ 、调节转换温度范围  $40 \pm 10^\circ\text{C}$ 、耐候性  $\geq 10$  年；实现在柔性有机发光二极管（OLED）显示、柔性太阳能等器材与建筑智能节能玻璃上的示范应用，其中：柔性电子器件用聚酰亚胺复合膜相比于柔性显示及其它柔性电子特

种玻璃的单位产品能耗下降 20%；建筑玻璃节能智能膜贴膜前后年均节能 20%（空调用电）。

## 6. 环境纳米材料与技术

### 6.1 工业源挥发性有机硫化物治理及资源化利用的纳米材料与技术

研究内容：用于工业源挥发性有机硫化物的低温高效转化及资源化利用的纳米材料与技术。

考核指标：研发用于工业源挥发性有机硫化物低温催化转化（ $\leq 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）与资源化利用的非过渡金属纳米催化材料与技术，突破传统催化工艺过程低浓度有机硫化物残留和催化材料易中毒失活的技术瓶颈，揭示典型含硫有机分子结构与纳米催化材料表面的相互作用机制及反应机理；研究低浓度残留有机硫化物高效清除的高级氧化纳米技术，形成多技术集成的成套工艺与设备，并实现在典型化工行业的工程示范。设计制备出 2-3 个新型纳米催化材料，有机硫化物经处理后起始总浓度从  $150\text{ mg/m}^3$  以上降至  $0.1\text{ mg/m}^3$  以下，实现催化材料百公斤级放大制备；利用本项目所开发成套工艺与设备，对有机硫化物处理的总转化率 $\geq 98\%$ ，硫磺回收率 $\geq 90\%$ ，示范处理气量  $2000\text{ m}^3/\text{h}$  以上，处理后达到国家及行业排放标准。

## 7. 纳米科技重大问题

目前已在纳米科学前沿取得国际公认的重大创新突破，通过

从基础研究到应用研究的全链条一体化设计，经过 3-5 年研究，培育形成纳米科技在重大应用领域的颠覆性技术的重大问题。