

“纳米科技”重点专项 2019 年度项目申报指南

（征求意见稿）

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）》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年至2018年，纳米科技重点专项围绕以上主要任务，共立项支持98个研究项目（其中青年科学家项目24项）。

根据专项实施方案和“十三五”期间有关部署，2019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等方面继续部署项目，拟优先支持6个研究方向，国拨总经费1.0亿元（其中，拟支持青年科学家项目2~3个，国拨总经费不超过1000万元）。

申报单位应根据指南支持方向，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重要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 新型高熵合金的纳米结构设计、制备、性能及跨尺

度力学性质模拟

研究内容：针对由五种或五种以下的金属元素按照等原子比或接近等原子比混合而成的固溶高熵合金，通过纳米结构与金属元素组分的可控设计，制备高强度、高韧性且具有良好的抗辐照、抗腐蚀的新型高熵合金，研究其微观结构与力学、物理及化学性能的对应关系；发展适用于二元至五元合金的跨尺度模拟方法，揭示其纳米尺度的变形机理。

考核指标：面向高熵合金的设计、制备等关键科学问题及其在冲击防护、核安全等领域的重要应用，发展一种面心立方（FCC）结构高熵合金，其拉伸屈服强度、均匀延伸率等综合力学性能优于汽车用的超高强度钢，且抗腐蚀性能优于 316L 不锈钢；发展一种体心立方（BCC）结构高熵合金，其抗辐照性能优于铁素体马氏体钢；开发适用于多元合金的跨尺度力学性质模拟方法，在 10 nm 以下尺度可预测多种缺陷构型，能量计算精度等同于第一原理方法；模拟纳米尺度微结构演化，揭示新型高熵合金的强韧化、抗辐照微观机理。

2. 纳米表征与标准

2.1 纳米结构和纳米薄膜的多参数正电子谱学表征新方法

研究内容：发展具备高探测效率、高时间分辨及高空间灵敏度的正电子谱学表征纳米材料新方法，研究纳米材料和纳米薄膜中拓扑结构缺陷的形成和演化动力学机制，微观结

构中电子动量、能量、密度对磁学和热学性能调控规律。

考核指标：发展表征纳米结构和薄膜的正电子谱学新方法，实现纳米结构电子动量、能量、密度的多参数关联测量，定量描述亚纳米级缺陷分布和种类随深度变化的规律。正电子谱学的能量分辨 $<0.3\%$ ，时间分辨 $<200\text{ ps}$ ，可探测缺陷尺寸 $<0.5\text{ nm}$ ，计数率 $>1000\text{ cps}$ 。通过对正电子湮没多参数的复合测量，揭示缺陷和掺杂浓度对新型纳米材料热电转换效率、光热转换效率、磁电效应等的调控规律，建立纳米材料表面、界面、体内各种微观缺陷对磁学和热学性能的构效关系。

3. 纳米生物医药

3.1 表观遗传调控重要活性物种的纳米检测及应用

研究内容：生命体系中的自由基活性物种构成调控网络精确调控着多种信号通路，与生理、病理状态密切相关，为解决其实时、原位与高通量检测，开展可编码、可性质传递与智能化的仿生纳米材料制备原理、方法与技术研究；设计并合成能在自由基环境中稳定的生物相容性功能分子；解决纳米材料在自由基分子实时、原位同时检测中的适配性、细胞定位、靶向识别；获取细胞或活体中自由基浓度、时空分布及其对基因或蛋白质翻译调控的表观遗传信息。

考核指标：3~5种能对活性氧自由基同时检测与成像的仿生纳米材料；至少1种可编码的超氧阴离子、单线态氧、

过氧化氢、羟基自由基、活性氮、活性氯检测的仿生纳米材料的连续、稳定的宏量合成方法，可连续并重复制备不小于 10000 剂量/批次的单套系统；2~3 种能在自由基环境中稳定并具有生物相容性的修饰功能分子；建立基于可编码发光纳米材料的纳米检测自由基原理和方法，获取纳米材料仿生界面靶向、定位传递新机制，实现细胞器、细胞、活体中多种自由基的相互转化的动态影像示踪；试制 2~3 种活性氧自由基纳米检测试剂盒。

4. 纳米信息材料与器件

4.1 新型纳米结构亚毫米波辐射源和探测器及集成技术

研究内容：高频电场激励纳米结构产生大电流、高亮度电子束的新方法，大功率亚毫米波辐射的新原理，高品质、微型化辐射源器件新设计；运用微纳结构极化激元效应的亚毫米波电磁场空间限阈新方法，突破衍射极限的超高灵敏探测结构及实现技术；可快速调制的亚毫米波大功率辐射源和室温高灵敏度微型探测器件。

考核指标：具有纳米尺寸新效应的大电流、高亮度场发射电子源，电流密度大于 $10\text{A}/\text{cm}^2$ ；功率大于 10W 的亚毫米波源，1THz 频段的亚毫米波源及阵列型器件；室温工作的亚毫米波探测器阵列，像素尺寸小于 $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 、响应度大于 $5\text{V}/\text{W}$ ；实现在信息系统中演示验证。

5. 能源纳米材料与技术

5.1 下一代燃料电池纳米催化材料及器件

研究内容：发展下一代燃料电池纳米催化及膜材料的理论设计方法，获得通用性描述材料结构与电催化及膜性能之间的定量构效关系，高通量筛选下一代燃料电池非贵金属催化剂与膜材料，指导实验并实现非贵金属基纳米催化及膜材料的宏量制备；研究揭示纳米催化及有机无机杂化膜的纳米效应，完成下一代高性能低成本碱性膜燃料电池的应用示范。

考核指标：建立燃料电池纳米催化材料的结构与性能关系的表达方式，提出单次理论模拟超过 100 个体系的高通量筛选方法；预测十种以上新型非贵金属纳米催化体系，性能均优于商用铂体系；实现至少一种纳米催化材料和一种高性能膜树脂的单批次公斤级宏量制备，在 90℃ 工作环境下，碱性膜单电池寿命不小于 2000 小时（电压衰减不大于 10%），膜电极成本比现商用膜电极降低 40% 以上，千瓦级电堆的比功率高于 650 W/kg。

6. 环境纳米材料与技术

6.1 细颗粒型工业危险废物中毒性重金属高效分离及回收的纳米技术

研究内容：针对产量巨大、含重金属的超细颗粒危险废物，发展能高效分离和回收重金属的新型纳米技术。基于细颗粒型危险废物中重金属与共存微/纳米相的微结构关系研

究，开发纳米晶快速生长分离重金属等非吸附/絮凝的新型纳米技术，用于细颗粒型工业废渣、盐泥等危险废物中毒性重金属高效分离及资源化回收。

考核指标：围绕含重金属细颗粒型危险废物的脱毒处理及示范应用的关键科学与技术问题，阐明含重金属细颗粒型危险废物中重金属赋存与共存微/纳米相的微结构关系以及超细颗粒的界面调控生长原理，建立危险废物中纳米晶快速生长分离重金属的方法，发展非吸附/絮凝的危险废物中重金属分离与回收的新型纳米技术。在代表性行业完成工程示范应用，年处理量>500吨，实现目标重金属回收率>95%，脱毒固体毒性重金属浸出率达到一般工业固废一类填埋标准（国标 GB18599-2001），排放废水中重金属含量达到国家污水综合排放一级标准（国标 GB8978-2002）。