

碳纳米管组装体气相连续制备技术与应用

主要完成单位：中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、北京大学、苏州捷迪纳米科技有限公司、
际华集团股份有限公司、江西省纳米技术研究院

主要完成人：李清文、张永毅、张 锦、金赫华、夏前军、勇振中

项目发明了有机小分子气相连续制备高性能碳纳米管组装体系列新技术，为碳纳米管跨尺度性能高效传递与规模制备提供了新策略，研制出优于传统材料的新型高强、高导电纤维与薄膜材料，开拓了其在极端环境检测与防护、柔性智能可穿戴等领域的标志性应用。主要技术发明如下：

1. 发明碳纳米管组装体高通量连续可控生长新技术。提出高频超声雾化注入辅助的气流场和温度场协同调控新策略，解决了碳纳米管在高温、高通量浮动催化条件下生长效率低、连续稳定性差的共性难题；揭示了高熔点复合催化剂、氯辅助对高品质碳纳米管气相生长影响机制；实现了万米级连续组装体的气相可控制备，在炉腔扩大 10 倍、注射量提高 30 倍条件下，碳源转化率依然高达 25%，为先进碳材料低成本绿色制造开辟了新途径。

2. 发明碳纳米管致密取向与力电性能跨尺度调控新技术。针对碳纳米管高效取向与性能传递共性难题，提出组装体多级次界面调控与取向结构重塑新策略，创制了最强韧纤维，动态拉伸强度 14 GPa、吸能值 462 MJ/m³，显著优于传统高分子纤维。发明多尺度碳基取向纤维表面合金化与连续制备技术，研制出力电性能优于传统碳纤维与金属纤维的新型结构功能一体化纤维材料，为特种装备极端环境防护的轻量化设计与制造提供了新材料支撑。

3. 发明高性能碳纳米管纤维与薄膜一体化成型规模制造新技术。发明碳纳米管组装体多通道干湿融合连续纺丝技术及关键装备，率先实现碳纳米管丝束纤维工程化，丝束纤维拉伸强度 5.97 GPa、电导率 1.58×10^6 S/m；发明碳纳米管薄膜无溶剂辅助一体化连续成型技术及关键装备，建立年产百万平米薄膜制造基地，薄膜拉伸强度 183 MPa、电导率 4.65×10^5 S/m。

项目授权发明专利 48 件，在 Science 等期刊发表论文 50 篇，出版专著 3 部。高性能碳纳米管纤维作为核心材料，成功应用于中国散裂中子源国家重大科技基础设施；高强高导电纤维作为关键材料，批量用于比亚迪仰望、方程豹等系列车型的 800 V 及以上高电压平台；发明的自主品牌碳纳米管薄膜智能热控产品为 30 余家国内外户外品牌供应商，经济效益显著。

