

高强高模耐候聚酰亚胺纤维制备关键技术

主要完成单位：东华大学、江苏奥神新材料股份有限公司

主要完成人：张清华、王士华、董 杰、陶明东、赵 昕、郭 涛

高强高模耐候聚酰亚胺（PI）纤维纤维“高强度－耐候性”协同难度大，纤维加工成形中同时涉及物理和化学变化，微结构调控困难，规模化开发和应用受阻。项目面向紫外辐照、高低温冲击等复杂服役环境下战略装备对特种纤维材料的迫切需求，建立了高强高模耐候 PI 纤维制备关键技术体系。主要技术发明点如下：

1. 发明了基于“烯醇－酮”异构互变机理的高强耐候 PI 纤维分子设计和纺丝液稳定合成新方法。构建了基于分子链间氢键、 $\pi-\pi$ 堆积和“烯醇－酮”异构互变等多级作用的高强高模耐候 PI 纤维分子设计新策略，发明了釜外循环强制换热和分步反应的合成新技术，实现了高分子量、高均匀性纺丝液的稳定合成。

2. 发明了聚酰胺酸前驱体催化环化反应技术，实现了 PI 纤维



高速纺丝与快速环化的匹配调控。揭示了 Lewis 碱催化聚酰胺酸前驱体环化反应的微观机制，发明了可兼顾 PI 纤维高速纺丝与快速环化反应的干法“反应纺丝”新技术及成套装备。

3. 发明了“分级梯度热牵伸”精准调控 PI 纤维凝聚态结构关键技术和成套装备，显著提升了纤维的力学性能。针对高共轭 PI 分子链间作用强、运动能力弱等特点，发明了“分级梯度热牵伸”技术和成套装备以精准调控分子链取向和结晶关键技术，大幅度提升了纤维的力学性能。

4. 突破了高强 PI 纤维张力补偿织造及其复合材料界面强化关键技术。开发了高强 PI 纤维织造张力动态补偿技术，解决了纤维延伸率低和断纱难题，纤维强度利用率达到 80%；同时，开发了超支化聚硅氧烷类、水溶性聚氨酯等高强 PI 纤维专用上浆剂，建立了复合材料界面强化技术，为 PI 纤维复合材料的开发奠定了基础。

项目突破了高强高模耐候 PI 纤维制备关键技术瓶颈，形成了 200 吨 / 年产能，纤维强度 ≥ 4.1 GPa，耐 UV 辐照强度保持率 $\geq 91\%$ ；开发了甲纶 Hyplon[®] 长丝、短纤和基布等系列产品；获授权国家发明专利 14 件，发表论文 46 篇；成果在平流层飞艇、固体火箭发动机等领域获得应用，有力推动了我国高性能纤维产业的跨越式发展。