

高效吸附重金属/芳香化合物功能中空 纤维材料制备关键技术与应用

主要完成单位：天津工业大学、山东招金膜天股份有限公司、毅康科技有限公司、
交通运输部天津水运工程科学研究所、天津大学、天津港太平洋国际集装箱码头有限公司
主要完成人：李娜娜、林立刚、王乐译、曲 毅、张伟政、刘磊磊、李 强、张效栋、丁 宇、李先瑞

电镀、冶金、化工、制药等重点行业废水中广泛含有重金属与芳香化合物——即便微量残留也会对人体生态和人体健康构成严重威胁。现有处理技术面临多重瓶颈：活性炭纤维吸附易 – 脱附难，化学法效率低且药剂污染重，生物法难降解芳香化合物。而吸附功能中空纤维超滤膜凭借高密度连通孔结构，既能筛分微生物等大分子，又可同步去除重金属 / 芳香化合物，配合压差驱动反洗技术实现高效再生，成功突破传统膜功能单一、吸附纤维脱附难的瓶颈，为复杂污水处理提供了降本增效的新方案。

项目成功解决了传统功能改性技术(如共混、涂覆)中“吸附功能提升与筛分结构受损”的核心矛盾，研发出兼具高效吸附、精准筛分与可循环再生特性的中空纤维膜材料，实现了对重金属 / 芳香化合物的高效吸附与微生物等大分子污染物的精准筛分，系统建成了“功能分子库设计 – 功能纤维膜成型 – 产业化应用”全链条产业化体系。

具体创新成果包括：第一，研发水溶型 / 吸附型功能体制备技术，奠定湿法纺丝凝固浴定向调控基础，创制多尺寸腔体轴环结构吸附型超分子，为多元芳香化合物吸附纤维制备提供结构支撑。第二，创新研发改性凝固浴湿法纺丝致孔与孔道功能修饰同步技术，结合孔表面锚固环糊精技术，实现孔道吸附强化和微孔筛分优化协同，成功开发三类兼具高效吸附重金属 / 芳香化合物与筛分微生物等大分子功能的中空纤维膜产品。第三，首次提出拼装式中空纤维材料组件模块化设计方法，实现吸附面积最大化；研发中空纤维膜束自动浸泡 – 反洗处理工艺与装置，实现脱附再生连续、高效化，攻克吸附材料脱附难的瓶颈。

项目具有自主知识产权，授权发明专利 10 件，其中美国专利 1 件，制定国家标准 4 项，发表论文 18 篇。项目在山东招金膜天股份有限公司建成 1000 万平方米 / 年吸附型中空纤维膜生产线，三年累计生产超滤组件 62 万支，产能可支撑 500 万吨 / 日规模的水处理需求，相关产品已成功应用于电镀、冶金、化工、制药、电子等领域。项目成果已成为含重金属 / 芳香化合物污水处理的突破性解决方案，有力推动了国产特种功能纤维材料在环保领域的规模化应用，促进了纺织行业的技术进步和产业结构优化升级。

