

# 向绿色 效催化纤维素乙酰化的固体 反应界 调控研究

李力成\*, 李倩倩, 张陈航

南京林业大学化学工程学院, 南京, 210037

**摘 要:**【目的】生物质资源的开发与利用从物质原料上实现了碳循环, 但生物质的功能化及高值化生产过程仍然碳排放严重。以醋酸纤维素为例, 其工业生产是以浓硫酸为催化剂催化纤维素与乙酸酐发生反应而制得, 在纺织、过滤、包装等多个领域中已展现出极大潜力替代以化石资源为原料的同类产品, 由于液体浓硫酸无法与反应体系分离, 导致整体工艺冗长、生产能耗高、废水量多等问题。业界希望开发固体酸催化工艺, 实现减碳生产的目, 但反应效率低阻碍了固体酸催化纤维素乙酰化的进一步发展。【方法】不同于以往关注固体酸反应能力及固体酸与纤维素间几何受限效应, 本文从纤维素与固体酸相互作用对乙酰化性能影响这一新思路入手, 以硫酸促进型固体酸 ( $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$ ) 为研究对象, 采用乙烯基三甲氧基硅烷 (VTMS) 接枝改性  $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  表面性质, 旨在增强固体酸反应界面与纤维素分子间相互作用强度, 进而提升固体酸催化纤维素乙酰化反应效率。【结果】结构表征结果显示, VTMS 改性剂能够均匀地接枝到  $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  表面, 显著增加其疏水性, 接触角从  $0^\circ$  升至  $138^\circ$ , 同时 VTMS- $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  的酸类型、酸含量、酸强度等性质仍与  $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  一致。性能评价结果显示, 在相同反应条件下,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  催化合成的醋酸纤维素取代度和收率分别为 2.45 和 83.5%, 而 VTMS- $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  催化所得产品的取代度和收率增至 2.72 和 90.5%, 优于等量的液体硫酸催化结果。低取代度醋酸纤维素的乙酰化反应行为结果显示, 当反应处于起始阶段时,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  与 VTMS- $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  表现相近的催化性能, 而随着反应进行, 两者催化结果差距愈发明显; 此外, 制备了不同改性幅度的原子力显微镜胶体探针, 考察结果显示改性探针与醋酸纤维素的粘附力随着醋酸纤维素取代度值先升高后降低, 而未改性探针则与醋酸纤维素间的粘附力更弱。【结论】通过 VTMS 接枝改性的固体酸能够展现出优异的纤维素乙酰化催化性能, 这主要归因于未反应完全的醋酸纤维素分子链与改性固体酸反应界面间相互作用更强, 有效促进醋酸纤维素分子链停留在固体酸表面进一步发生乙酰化反应, 最终获得高取代度的醋酸纤维素产品。