

# 改質後 SBA-15 奈米複合材料應用在地表水中有機物質之吸附研究

劉宗宏，劉文揚\*

明志科技大學化學工程系，liouth2011@gmail.com

SBA-15 材料具有均勻的介孔、高孔容、大比表面積和穩定性，使其適用於與吸附、催化、組織工程、藥物釋放、CO<sub>2</sub> 捕獲和能源電池相關的眾多應用。本研究使用兩種類型的氨基（氨基三乙氧基矽烷和五亞乙基六胺）應用於 SBA-15 的功能化，以改善單寧酸的吸附。使用熱重分析、X 射線衍射、傅利葉變換紅外光譜、場發射掃描電子顯微鏡、透射電子顯微鏡和表面積分析對製備的複合材料的結構特徵進行檢查。XRD 觀察顯示 SBA-15 材料的細觀結構對水熱時間、水熱溫度、煅燒時間和煅燒溫度高度敏感。FTIR 分析顯示氨基成功接枝到 SBA-15 表面，TEM 證實二氧化矽孔骨架在胺化反應後幾乎保持不變。製備的 SBA-15 具有大孔徑（6.46–7.60 nm）、大孔體積（1.037–1.105 cm<sup>3</sup>/g）和高表面積（546–766 m<sup>2</sup>/g）。功能化導致 SBA-15 孔體積和表面積減少，然而氨基對吸附質和固體之間相互作用可以增進溶質吸附。吸附容量按以下順序降低：SBA-15/APTES > SBA-15/PEHA > 純 SBA-15。二氧化矽表面上的羥基不能提供足夠強的吸附位點與 TA 分子相互作用，因此純 SBA-15 樣品的吸附性能最低。氨基改性的 SBA-15 樣品顯示出更高的吸附能力，氨基有利於陰離子物質的吸附，TA 是一種陰離子化合物。在水溶液中，帶負電荷的 TA 分子與 SBA-15 表面帶正電荷的氨基 (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>) 之間的靜電引力導致 TA 吸附增加。此外，SBA-15/APTES 樣品比 SBA-15/PEHA 樣品具有更高的表面積和孔體積，因此，SBA-15/APTES 表現出比 SBA-15/PEHA 更有效的吸附。接觸時間曲線顯示 TA 吸收在最初幾分鐘內很快，然後以較慢的速度進行。吸附初期快速吸附是因為吸附劑表面未被佔據。當吸附達到飽和點後，TA 緩慢滲透到二氧化矽孔隙中導致吸附速率降低。熱力學計算表明 TA 的吸附是一個放熱過程。Freundlich 和 Langmuir 等溫線適合分別描述 TA 在 SBA-15/APTES 和 SBA-15/PEHA 上的吸附平衡。動力學研究顯示兩種吸附劑的吸附行為均遵循擬二階模型。研究結果確定了改質後 SBA-15 奈米複合材料可用於廢水淨化的高效吸附劑。

關鍵字: SBA-15，氨基，單寧酸，吸附，中孔結構