



孔洞材料與其應用領域

技術主編：戴清智 C. C. Tai

現職：工研院材化所(MCL/ITRI) 研究主任

學歷：英國巴斯大學(University of Bath) 化學工程 博士

專長：孔洞吸附材料、中空纖維吸附/分離膜、吸附/分離/濃縮

多孔材料的應用可以追溯到人類文明的生活應用，直到十八世紀工業革命開始，人類對孔洞材料才有更深入的了解與探討。隨著工業的進步與產品的需求，對孔洞材料的精準度要求也愈來愈高，孔洞材料如沸石(Zeolites)之應用以石化業煉油製程之需求量最大，主要應用於不同產品分子大小之分離。其他應用領域如氣體或溶劑純化、氣體吸附/濃縮、觸媒或粉體化學物質之載體、飲品業、奶製品或家庭飲水的淨化、消毒及分離；製藥與生物醫學的低分子化合物或蛋白質的滲透或分離應用等皆涵蓋其中，範圍相當寬廣。

沸石具結晶性的孔洞結構與有序的2D/3D排列結構，故可有效進行不同分子大小之分離。根據IUPAC對孔洞材料的分類，主要分成Macropore、Mesopore與Micropore三種，但隨工業界與學界對孔洞材料的孔洞掌握精準與需求提升，往往此三種分類已無法精準代表材料的規格，如在氣體或液體分離膜方面，亦有自行代表其孔洞尺寸的分類，如MF、UF、NF及RO等，都是代表材料應用功能，並漸漸被廣泛當成材料之規格。大多數沸石是由水熱合成法來合成，其長晶後的顆粒大小一般在1~10微米的範圍內，所以無法實際應用於流體床，如直接使用可能會導致高的壓降問題和在分離與處理時的困難。因為使用上的限制，故孔洞一般被擠壓造粒成不同形狀或顆粒形態，以方便在填充管柱上的使用。然而，因為造粒成形所添加的黏著劑(Binder)，在高溫燒結後會覆蓋吸附材的活性位置，因而降低吸附材的吸附能力與吸附速度，但從催化劑的角度來說，孔洞材料可提供限制效應(Confinement Effect)，將會是較佳的催化性能系統，這也是為什麼沸石最早被提出作為催化劑擔體(Supports)材料的原因。

近幾十年來，對沸石以外的多孔材料如有序中孔材料(Ordered Mesoporous Materials; OMMs)、可調孔洞大小特性材料(Metal Organic Frameworks; MOFs)、多階層孔洞設計材料(Hierarchical Porous Materials)與沸石薄膜(Zeolite Membrane)等材料的開發，都是為了解決傳統分子篩或吸附材料在實際應用所遭遇的問題，如分子擴散限制、處理通量、質傳效率/阻力等因素而投入開發。雖然OMMs、MOFs與沸石薄膜等材料有非常多的研究與產品，但仍無法立即取代沸石在煉製工廠的地位，主要原因是此材料對高溫度的不穩定、酸度低及價格偏高。雖然如此，新開發的孔洞材料因優異的孔洞調整性與分離效果，使其在催化、吸附/分離、純化、能源轉換與氣體儲存與分子感測等方面的應用研究，獲得工業界與學術界的青睞。基於以上因素，沸石或分子篩目前仍為最大使用量的商業領域，短期內不會被新材料所輕易取代，但卻有相當的機會可補足沸石在工業上的使用限制，或在特殊場域之應用。

本技術專題嘗試將MOF的發展近程與未來應用可行性做一探討，並針對孔洞材料製備與修飾手法在氣體吸附與液體中有機物等的催化行為做一深入介紹，並提供傳統孔洞材料在實際運用時因為造粒或擠壓成型所造成之效率降低等缺點，提出中空纖維吸附材料結構設計，希望能提供業界對新材料開發後一個新的結構設計與應用概念。🔗