

科學去污減廢系列之污水篇

科大楊經倫(中)的團隊研發出包括納米級「分子篩」及「氨基膠水」的新型吸附劑，能針對性「吸走」特定重金屬，有效潔淨海水。香港文匯報記者黃偉邦攝

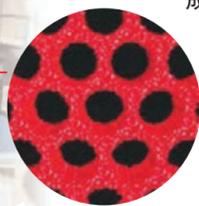


水資源污染是人類社會備受關注的議題，由於經濟及社會急速發展，工業活動釋出重金屬、有機物質等流入河道及海洋，造成污水威脅環境安全。其中劇烈的重金屬污染物，除直接危害海洋生物外，也會透過食物鏈累積，破壞人類健康甚至致命。針對海水中的不同類型的重金屬包括銅、鉻、砷等，科技大學化學工程及生物分子工程學系教授楊經倫團隊研發出創新吸附劑技術，包括遍佈納米級微小孔洞的「分子篩」，並將之改造成似膠水般有黏力的「氨基 (Amino Group)」表面，能針對性「吸走」特定重金屬，有效潔淨海水；而藉此所收集的重金屬純度亦極高，以銅為例達98%足可循環再用。

香港文匯報記者 鄭伊莎

「分子篩」的每個孔洞直徑約2納米至15納米。

受訪者供圖



吸淨大海重金屬

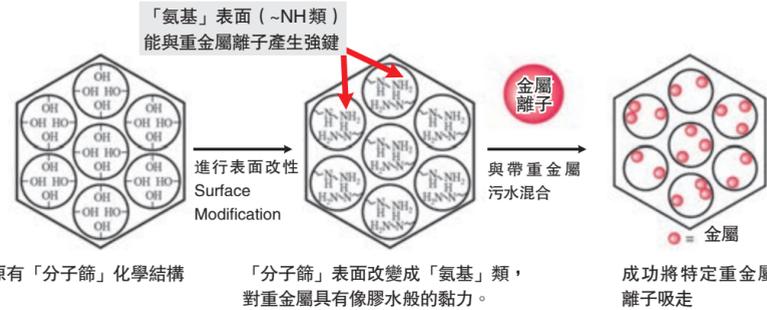
科大新技術改造成氨基面 可「提煉」純銅應用廣

海水重金屬污染問題嚴重，楊經倫及其團隊早於5年前開始研究有關吸附劑技術。他表示，近年香港海水重金屬也漸多，包括含量較高的銅 (Copper)、鉻 (Chromium)、砷 (Arsenic) 等，「這些重金屬都是人造污染物，當陸上重金屬被雨水沖進海、船殼釋放鎘，都會增加海水重金屬含量」，而除工業外，日常生活也可成污染源，例如一些區域性冷氣系統的熱交換器會採用海水冷卻，「這些熱交換器都是銅製，當海水流經後便會含有銅了」。

配磁鐵更有效 通殺大小顆粒

由於海水鹽含量高，亦混合不少有機物質，要集中「吸走」重金屬，在技術上是一大挑戰。楊經倫與其團隊對準不同重金屬的顆粒大小，分別設計出能只吸銅、鉻、砷等的吸附劑。他解釋，「我們設計了兩種形式吸附劑，第一種是使用濾嘴器，能只吸附一種重金屬；另一種則可加上磁力，當吸附劑成功黏上散落到海中的重金屬後，利用磁鐵便可更有效回收」。

不同重金屬主要以離子 (Ion) 狀態存在於海水中，其相關顆粒大小各異，例如銅約為2nm (納米)，銀約1nm。楊經倫團隊以氧化矽 (Silicon dioxide) 物質合成滿佈微小孔洞的「分子篩」，有關孔洞會依據不同目標重金屬顆粒大小、比表面積等，其直徑約2nm至15nm不等。而要進一步吸附海水中的重金屬，科大團隊再將「分子篩」的表面改造成「氨基」性質，能夠與特定重金屬離子產生強鍵 (Strong Bonding)，似膠水般具黏力吸附水中的重金屬離子。在海水排出時，吸附劑便有過濾作用。



原有「分子篩」化學結構

「分子篩」表面改造成「氨基」類，對重金屬具有像膠水般的黏力。

成功將特定重金屬離子吸走

加酸液攪拌 釋離子循環再用

楊經倫又表示，有關技術同時包括吸附劑回收，

將之加到酸性溶液中，經攪拌後，重金屬離子便可以從中釋放，更可循環再用，「以銅為例，吸附劑所收集的高達98%，可說是純銅，對於某些國家而言，這些銅也不便宜」。而因應運作情況，研究團隊又可將磁納米顆粒 (Magnetic nanoparticle) 加到吸附劑中，只要使用磁鐵或磁場引導，帶有重金屬離子的吸附劑便可聚集起來，此舉可大大提高回收吸附劑效能，而所能收集的重金屬也更可觀。而經過無數次實驗及測試，團隊已能為多種重金屬污染度身訂造出最具效能的吸附劑，應用性將更廣更全面。

無申專利 無懼模仿

科技大學化學工程及生物分子工程學系教授楊經倫的團隊創出以「分子篩」作為吸附劑，高效過濾海水中的重金屬，當中獨特之處是「分子篩」可因應不同的重金屬度身訂造。然而，研究團隊原來並沒特意就成果申請專利，而直接將之寫成學術文章並發表，充滿自信的楊經倫稱，科大團隊有優秀經驗、技術、知識，無懼其他組織參考他們的研究、模仿他們的技術：「人人都會煮飯，為何還要選擇去個別餐廳吃？」

在化學相關工業上，吸附劑技術由來已久，其中活性炭 (Activated Carbon) 是最常使用的原料，「很多人要吸走金屬、有機物質等，都只會沿用活性炭，但這樣做有何特點？很少人會度身訂造一種吸附劑」。要從傳統方法突圍而出，楊經倫遂整合以往學術文章及研究，並根據不同化

學分子的特性，創出能針對不同重金屬的「分子篩」。

外界興趣大 引用成果近廿次

為迎合不同的需求，「分子篩」亦可根據各重金屬粒子的不同，設計出不同的實用組合，例如只吸取金，亦可只吸銀，潛在用途極廣。但取得成果後，楊經倫並未申請專利，便直接發表了相關的學術文章，隨後第一年已被引用近廿次，反映很多人對其研究成果具很大興趣。

被問及會否擔心其他人會根據其研究製造吸附劑，楊豪言：「人人都會煮飯，為何還要選擇去個別餐廳吃？」他指其發明不僅靠知識，也要看技術；科大採用的材料經特別設計，並配有較多細微的孔洞，才可有效發揮相應的吸附功能。

香港文匯報記者 鄭伊莎

小知識

毒源多 污染久 易致癌畸變

海洋重金屬污染來源多，工業用重金屬排出後可透過水土流失經河流、大氣注入海中，而農藥、燃燒煤和石油也可釋放出重金屬，持續從不同途徑污染海洋。有關污染物毒性劇烈，嚴重破壞生態，當中多涉及汞、鎘、鉛、鋅、鉻、銅及砷等。

海洋生物攝取重金屬後會一直於體內積聚，人類透過進食受污染海產便會直接身受其害。多種重金屬都能引起中毒，或有致癌、致畸作用，對中樞神經、內臟傷害很深；如長期攝取鎘會損害腎臟，過量的砷則會致癌，銅則可導致肝腎疾病變等。

去污執到寶 淘金減成本

多國 招手

重金屬流入海中會變成污染物，造成海洋污染；但其實，如能將這些重金屬逐一分類抽出，也可變成寶物。科大化學工程及生物分子工程學系教授楊經倫研發的「分子篩」吸附劑技術，由於能針對不同重金屬的化學分子形態運作，只要作出合適設計，也可應用於吸收稀有金屬，應用潛力極廣。他透露，已有海外淘金公司向他表示，有意採用有關技術從海水中吸取鉑 (Platinum，俗稱白金)，以減低提煉成本，開拓新業務方向。

「水中的重金屬不僅有銅，亦有鉑、金、銀等。」楊經倫指出，其團隊研發的嶄新吸附方法，可以針對性地吸附某種重金屬，已有南非公司向他表示，有意用此技術吸取鉑金。他解釋說，鉑的提煉溫度非常高，故成本極高，但利用「分子篩」吸取海水中的鉑金，純度可達98%，成本遠較以高溫煉鉑金低。

助珠寶商「供貨」 除地下油雜質

對於最需要金屬原料的珠寶公司，「分子篩」無疑也提供了「貨源」。楊表示，只要知道哪裡釋放了金屬，便可以在海中加入有磁力的吸附劑，輔以磁器協助，把金屬吸出，能幫助珠寶公司回收金屬。

楊經倫又透露，南非、法國亦有油公司對其「分子篩」有興趣，「因為抽取地下油時，水中含有很多重金屬污染物，必須先處理才可以排放」，使用「分子篩」能針對性地吸附不同的重金屬污染物，令抽取地下油更方便。

香港文匯報記者 鄭伊莎

港大教授研揭聚磷菌真貌

另一 突破

磷 (Phosphorous) 是人類社會發展的關鍵物質，既是人體必需的營養素，於農業及工業方面也擔當舉足輕重角色；惟現代社會的磷正急速消耗，有預計指50年後現有的磷礦便可能耗盡。但另一方面，人類活動使用後的磷卻會成為污染物遭排放到水中，讓海水、河水磷超標造成養分過多，使藻類急速繁殖，導致紅潮令大量魚類死亡。香港大學土木工程學系助理教授張彤，正致力透過基因測試技術，探究自然界能吸收磷的細菌 (聚磷菌)，並藉以「回收」海水中的磷，減少污染之餘，更可望為社會持續發展再注入動力。

磷是生物及人體重要的營養素，但也常見於排泄物及廢棄物中，張彤指出，現時

港人平均每日可排放2克磷至3克磷，以全世界70億人口計，每日未有完全使用的磷多達2萬噸，大多數最終排放到海裡，所以「如何有效從海水抽取磷，減少海水污染，並把回收得來的磷應用到農業及工業上，是全球當務之急」。而以更有有效的技術去除及回收磷，成為張彤研究焦點。

分解垃圾細菌或助收集

過往科學家在處理污水及垃圾時，都會利用逾萬種細菌將污染物分解，並初步知悉當中的部分對收集磷有一定作用，惟一直難以找出其真面目，即哪一種或哪幾種是「聚磷菌」。張彤介紹說，細菌活動都需要透過氧化有機物獲得能量，但主要生活在水底裡的細菌難以接觸氧氣，所以它們會等待隨水

流沖起來時，在有氧的情況下大量攝取磷，於體內合成及積聚可提供能量的磷酸鹽聚合物，過程就像「充電」般；而當回到沒有氧氣的海底時，則可分解有關磷酸鹽聚合物，獲得能量供應。

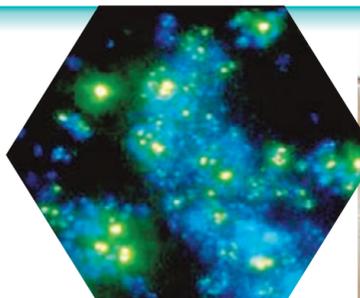
結果不一 仍待認證

張彤透過基因測試，透過分析不同細菌需要的生存條件，提取及拼湊相關基因，希望能藉此找出可大量收集磷的細菌，屆時便可藉以從海中聚集高濃度的磷，並回收這些聚磷菌。

不過，他直言，由於在基因測試的過程中，某些細菌在反應器及培養機裡的反應各有差異，導致有不同觀察結果，所以仍未解開聚磷菌的機理，需進一步認證。

張彤(右)透過分析及基因測試技術，已鎖定十多種可能具備聚磷能力的細菌。

香港文匯報記者 鄭伊莎



張彤(右)透過分析及基因測試技術，已鎖定十多種可能具備聚磷能力的細菌。