「分子掛鈎」精準捕捉 化污染物為資源

科大敢創可為

一杯清水看似理所當然，背後卻牽涉複雜的污染控制。即使水體看來清澈，當中仍可能殘留藥物、抗生素，以及護膚品、防曬用品等個人護理產品所含的化學物質。這些污染物雖然肉眼難以察覺，卻可能影響水生生態，甚至增加抗生素抗藥性傳播的潛在風險。現時常用的高級氧化程序，猶如把污染物逐步「打碎」，需要消耗大量氧化劑和能源，卻未必能徹底去除總有機碳，過程中還可能產生更難處理的中間產物。如何以更少資源達至安全、高效的淨水效果，已成為城市可持續發展必須面對的重要課題。

優先「聚合」而非「打碎」

淨化污水，是否一定要把污染物徹底分解？若不把污染物打散，而是選擇性地把它們聚集起來，轉化成可從水中分離的固體，便有機會減少化學品消耗，並為資源回收創造有利條件。這種由「分解」轉向「聚合」的思路，為兼顧淨水與資源回收提供了新的研究方向。

香港科技大學（科大）研究團隊為此開發出無須添加氧化劑的電催化系統，相關成果已發表於國際學術期刊《自然通訊》。新系統的核心是一塊表面富含碘的氧碘化鉍塗層碳布電極。若將電極上的碘比喻為「分子掛鈎」，它會優先與帶有酚羥基的污染物形成專一氫鍵，再透過電力促使分子互相聚合，形成不溶於水且可被收集的聚合物。

酚羥基廣泛存在於多種環境污染物之中，包括藥物、消毒產品、農業化學品等，可說是它們的共同「分子指紋」，因此有效鎖定酚羥基，對提升污染物去除效率尤為重要。

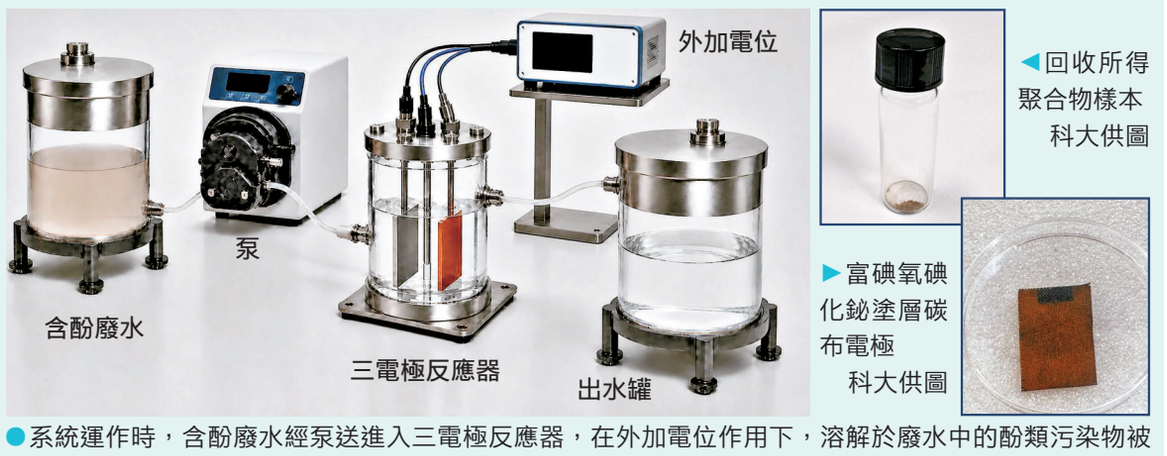
科大團隊以常見藥物成分對乙醯氨基酚作測試。結果顯示，系統在十分鐘內去除逾九成目標污染物，聚合選擇性高達97.1%，顯示反應主要循形成不溶性聚合物的路徑進行。在實驗室環境下，每去除一公斤總有機碳，耗電約2.93度，估算營運成本約0.3美元；相比以徹底「打碎」為目標的礦化導向電化學技術，其能耗可降低兩個至四個數量級。這些結果背後的關鍵突破，在於透過精心設計的電極，調控反應路徑，引導目標污染物優先「聚合」，而非逐步「打碎」。

然而，真正的污水遠比實驗室測試用水複雜。研究顯示，系統在酸鹼值5至9，以及常見鹽類和天然有機物存在時，仍能維持穩定表現。當研究團隊以經二級處理的真實污水作水樣測試，目標污染物的去除率亦超過九成。團隊其後以連續流反應器同時處理四種酚類污染物，在72小時連續運行測試中維持良好的去除效果。

處理後水體可供魚類發育

為評估處理後水體的環境安全性，團隊進一步進行費氏弧菌測試及96小時斑馬魚胚胎試驗；結果顯示，處理後水樣的生物毒性顯著下降，斑馬魚胚胎亦能正常發育成幼魚，反映系統有助降低污水對水生生態的潛在影響。

當然，這項技術仍處於進一步優化和發展階段，短期內未必能直接取代現有污水處理設施。下一步研究將聚焦於放大電極組件規模，改善反應器內的分布和傳質效能，並利用成分波動較大的真實污水進行更長時間的測試。



◀回收所得聚合物樣本 科大供圖

▶富碘氧碘化鉍塗層碳布電極 科大供圖

●系統運作時，含酚廢水經泵送進入三電極反應器，在外加電位作用下，溶解於廢水中的酚類污染物被選擇性轉化為可回收的聚合物產物。經處理的水體其後流入出水罐，有助實現污染物去除與資源回收同步進行。 科大供圖

同時，團隊亦需建立具經濟效益的聚合物回收和純化方法，進一步確認相關產物的品質、用途及整個生命周期的環境效益，才可真正實現「污染物變資源」的願景。

對香港而言，水處理設施升級既要改善出水水質，也要考慮能源消耗和營運負擔。這類新興技術有望為更節能、更重視資源回收的水處理方式提供新選擇；未來能否有效配合現有設施、適應不同水質條件，並符合相關排放要求，將是技術邁向實際應用的關鍵。

國家近年持續推進新污染物治理工作，着力減少新污染物對環境及人體健康帶來的潛在風險，保障生態安全和公眾福祉。與此同時，政策亦強調推動減污降碳協同增效及循環經濟發展，鼓勵以更少能源和化學品實現污染控制，並探索資源化利用途徑。

未來的水淨化技術，不應只關注污染物是否被去除，更應思考它們最終去了哪裏。透過更精準地控制反應過程，科研人員有望在改善水質的同時，把原本的環境負擔轉化為可回收利用的資源，為可持續水資源管理開闢新的方向。

香港科技大學 THE HONG KONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

●勞敏慈 香港科技大學土木及環境工程學系講座教授

運用生物特性 建造「自然防波堤」

科學講堂

全球暖化帶來氣候變化，因此近日我們不時聽到酷熱天氣、超級颱風等極端天氣現象，以及強烈海嘯等極端海洋現象。面對強勁海浪，人類自然需要更有效的方法保護海岸。除了防波堤等人工建築外，是否可以運用大自然的結構或動植物來保護海岸？本文將分享一項近期研究，評估運用鹽沼保護海岸的成效。

整體而言，動植物可以減少波浪對海岸造成的侵蝕。沙丘、濕地植物、海草、牡蠣以至大型海藻，都能減緩水流和風速，並有助截留沉積物、改善土壤。長遠而言，這些生物能夠形成陸地、儲存溫室氣體，更可為其他生物提供棲息地。

這些「基於自然的解決方案」看似可取，但從工程角度來看，我們仍未完全確定這些自然屏障可以消減多少波浪與風的能量、能否應對極端情況；亦不清楚其效能會如何隨時間改變。

近日，有研究人員進行實驗，直接量度鹽沼消減波浪的效能。研究人員把3公噸至6公噸的植物和泥土移植到300米長的波浪水槽中，模擬鹽沼，再以強勁波浪衝擊。

結果發現，面對較小規模的風暴時，鹽沼能有效降低波浪高度：面對持續少於一小時、高度75厘米的波浪，鹽沼可令波浪高度降低17%；但面對2米高、持續25小時的模擬大浪，鹽沼只能令波浪高度降低1%。這項發現與其他針對沙丘和海草的實驗結果大致一致。

研究人員其後進一步建立統計模型，利用風暴持續時間和波浪高度計算植物消減波浪的能力。團隊繼而利用該模型評估全球情況及鹽沼消減波浪的效能。不過，這項研究只以薄冰草（Thinopyrum acutum）進行模擬，而該物種主要分布於歐洲，因而限制了研究成果在全球應用的可靠性。

薄冰草較矮小且彈性較大，與其他濕地植物相比，其消減波浪的能力相對較低，因此這項研究結果可視為較保守的估計。視乎植物高度、根莖直徑、彈性、葉片密度、冠層結構複雜度等因素，使用其他植物或能有效地降低波浪高度、減少侵蝕和水災。

防波效果取決於多種因素

要運用生物保護海岸，自然還有更多因素需要深入研究。在上述波浪水槽實驗中，研究人員發現表層泥土僅出現少量侵蝕，但這可能是因為實驗所用泥土顆粒較細、黏性較大。相比之下，其他類似研究發現海浪可對泥土造成較大衝擊，因此侵蝕程度可能更取決於泥土類型，而非植物品種。當然，海岸高度、形狀等因素，也會影響鹽沼消減波浪的成效。



●面對強勁海浪，人類需要更有效的方法保護海岸。圖為浙江省一處防波堤，工人正安放材料以應對颱風。 資料圖片

善用自然的元素來對抗海浪，比建築防波堤壩這類人為建築的成本較低，而且更能夠為自然的生態系統提供居住環境。能夠更深入了解這種源於自然的方法如何可以更有效地抗衡波浪，對我們面對未來的天氣是一個很有用的策略。

●杜子航 教育工作者 早年學習理工科目，一直致力推動科學教育與科普工作，近年開始關注電腦發展對社會的影響。

創新視界

科技化抽象為具體教材 賦能互動課堂

科技走進課室，價值不在於令學習看起來更「新潮」，而在於能否回應每一位學生的真實需要。透過首屆「教育局 × 數碼港：創新及數字科技學習夥伴計劃（2025/26）」，Kazoo Technology（實立科技）與香港四邑商工總會陳南昌紀念學校早前攜手，將人體消化系統這個抽象課題，轉化為可觀察、可操作、可反覆探索的體驗式學習教材。

陳南昌紀念學校為中度智力發展障礙學生提供教育服務。課堂上的挑戰，往往不只是「記不記得住」一個答案，而是學生能否在合適的節奏中，把看見的圖像、聽到的解說與親手完成的動作連結起來。當課題涉及「消化系統」時，由於學生日常難以觀察消化系統的運作，解說與理解便顯得更加困難。校方將這些細緻的教學觀察帶入合作，讓我們明白：若要教授人體消化系統，不能只把嘴巴、胃、腸和消化液呈現在屏幕上；學生需要一個能親自參與的過程，才能對食物如何在身體內移動與改變有更深入的理解。

助理解消化過程

於是，我們把互動教具與流動裝置連結，設計出互動教材。在教師指導下，學生先透過畫面認識嘴巴、食道、胃部等器官及其功能，然後透過親手操作互動教具，體驗嘴巴咬合、咀嚼食物的動作、胃酸分解食物、胃壁蠕動，以及食物逐步變成食糜的過程。這不是把按鈕搬到實體物件上，而是讓動作與科學概念產生清楚的因果關係：手上的一次操作，對應身體內正在發生的一個變化。原本平面的理論知識，因而轉化為可操作、可觀察的深刻學習經驗。

這次合作也令我們重新思考「學習成效」的內涵。教師在設計中融入職業治療元素，讓學生在探索消化過程時，同時練習手眼協調和視覺空間感知。教材亦配合AI（人工智能）測驗平台，協助教師辨識學生的學習難點，據此調整教學策略。對我們而言，個人化不應只是調節題目的難易度，更要協助教師更快、更準確地掌握學生進度，在學生有需要時提供適切指導。

這亦是我們在設計智能學習互動系統時一直重視的原則：科技應支援教師，而不是取代教師。我們把互動設計、數據分析和數碼工具轉化為可用的教學資源。每一次試教與檢討，都提醒我們把焦點放回學生的反應——他們是否願意投入、能否跟上步驟，以及在哪一個環節最需要支持。科技必須願意被課堂修正，才能真正成為教學的一部分。

教材已於6月完成開發並投入課堂，但這不是句號，而是一段持續聆聽與改進的開始。一件小小的互動教具，未必能回答所有教育難題，卻讓我們看見，當教師專業、學生需要和科技設計真誠相遇時，學習可以不只停留在「知道」，更能走向「親身明白」。這正是企業在走進校園時最珍惜也最堅定的初心。

●數碼港 香港特區政府全資擁有，作為香港數碼科技樞紐及人工智能加速器，致力賦能產業數字化和智能化轉型，助力香港成為國際人工智能和創新科技中心。

以數碼科技支援睡眠窒息症患者

都大探索

對阻塞性睡眠窒息症患者而言，接受治療只是管理疾病的起點。離開診症室後，如何持續使用正氣壓呼吸機（PAP），並將飲食、運動及體重管理融入日常生活，往往才是更長遠的挑戰。如果把數碼健康工具與醫護人員的個人化專業支援結合，能否幫助患者跨越「知道應該做」與「實際做得到」之間的距離？

為探索這問題，筆者與來自瑪麗醫院及伊利沙伯醫院的研究人員組成團隊，開展「睡眠窒息症自我管理支援計劃」，結合自我監測電子平台與專業人員跟進，把支援延伸至日常生活，並將健康信息轉化為簡單、實用及可持續的行動，協助患者「看得明、做得到、能持續」。

要理解這項研究，先要認識阻塞性睡眠窒息症（Obstructive Sleep Apnea）如何影響身體。患者的上呼吸道在睡眠時會反覆收窄或阻塞，引致呼吸暫停或變淺、血氧下降及睡眠中斷。患者雖未必察覺夜間曾多次短暫醒來，日間卻可能精神不振、難以集中、記憶力下降及嗜睡。

肥胖是其中一個重要風險因素。當頸部、舌頭及上呼吸道周圍積聚較多脂肪，睡眠時氣道會較容易收窄或受阻，增加呼吸暫停的機會。若長期未妥善處理阻塞性睡眠窒息症，會增加心臟及血管負擔，並與高血壓、二型糖尿病、心律不正、冠心病、心臟衰竭及中風等健康問題息息相關。

醫生會按患者的個人情況及睡眠評估結果，建議使用PAP、口腔矯治器、調整生活方式或其他合適治療。然而，治療成效不僅取決於診症室內的醫療安排，也與患者能否在日常生活中持續實踐自我管理密切相關。

訂自我管理計劃 改善生活習慣

雖然改善飲食、增加體能活動、減少久坐和循序漸進地減重，均有助減少睡眠期間呼吸暫停的機會，但患者要長期改變生活習慣，往往會因為缺乏即時的專業指導及推動力，難以將改變付諸行動並持續下去，出現「自我管理缺口」。

團隊招募了123名中度至重度睡眠窒息症患者，隨機分為兩組： 64人為干預組，獲安排參與這項自我管理的支援計劃；另外59人為對照組，只接受常規護理及一般健康資訊。團隊按照干預組患者的健康狀況、生活節奏及實際困難，提供個人化支援，鼓勵患者從微小而可行的行動開始，例如每天多步行15分鐘、少喝一杯含糖飲品、每餐增加蔬菜分量、定期記錄體重或血壓，以及每晚按建議使用PAP。

這項為期12個月的計劃包含四項核心支援：

1.簡短動機式訪談：醫護人員會以尊重、合作及非批判的方式，了解患者的需要、困難和健康目標，協助他們找出決心改變的個人原因，並共同訂立可行的自我管理計劃。

2.健康短片及電話跟進：患者可按個人時間觀看約2分鐘至3分鐘的健康短片，內容涵蓋規律及正確使用PAP，改善飲食及控制體重，增加身體活動量，管理血壓、血糖及血脂，以及改善睡眠衞生。計劃初期會提供較密集的訊息及電話支援，其後按患者進度調整，以協助逐步建立健康習慣。

3.個人化訊息及熱線支援：醫護人員會回應患者有關PAP面罩不適、漏氣、口乾，以及飲食、運動和體重管理的疑問，提供適時提醒和實用建議。

4.目標設定及自我監測平台：患者可設定健康目標，並善用電子平台，自行記錄並監測PAP使用情況、體重、活動量及睡眠等，透過平台進度回饋了解自身表現及改善，增加持續實踐健康行為的信心。

研究結果顯示，與只接受常規護理的患者相比，參與自我管理支援計劃的患者每日平均PAP使用時間增加約1小時，睡眠質素及與睡眠相關的日常功能也有所改善。此外，他們進行高強度身體活動的日數有所增加，進食油炸食物的頻率亦有所下降，令血脂及血壓水平漸趨理想。

整體而言，這項結合健康教育、個人化提示、電話支援、目標設定及自我監測的數碼自我管理計劃，有效提升患者對PAP治療的依從性，並改善他們的睡眠及健康習慣。

這項研究的意義，不在於以科技取代醫護人員，而在於結合數碼工具與專業支援，將診症室內的照顧延伸至日常生活。透過健康短片、個人化訊息、電話跟進及自我監測平台，患者可在兩次覆診之間持續獲得適時支援，從而更主動地管理阻塞性睡眠窒息症及相關慢性疾病。患者每次達成小目標，都是建立信心的重要一步。

透過持續提示、專業支援和正面回饋，他們可逐漸把健康習慣融入生活，改善睡眠、日間精神及長遠的心腦血管健康。

●賴婉君教授 香港都會大學護理及健康學院