

新聞稿

即時發放

港大水文地質學家揭示 發酵是珠江三角洲地下產銨的關鍵途徑

2026 年 8 月 9 日



圖一： 珠江三角洲地下銨富集的構想圖。圖中展示陸相主導區、過渡區和海相主導區三種沉積帶，其中微生物發酵可能是主要的產銨途徑。圖片根據研究結果繪製，並非按實際比例呈現。

由香港大學（港大）地球與行星科學系焦赳赳教授及深圳大學李猛教授領導的研究團隊發現，微生物發酵很可能是珠江三角洲沉積物中產生銨的主要途徑，為解釋區內地下水天然銨濃度異常偏高提供了關鍵線索。

珠江三角洲地下水錄得全球最高的天然銨濃度，部分地下水未經處理並不適合飲用。過往研究認為，銨的長期累積與細粒沉積物中埋藏的富氮有機質，以及地下水流動受限有關。然而，究竟哪些微生物及代謝途徑產生銨，一直未有清晰答案。

為釐清上述問題，研究團隊分析了珠江三角洲不同地區的沉積物樣本，識別出主要的微生物代謝過程，並揭示沉積物的深度、年代和鹽度如何影響微生物群落及不同的產銨途徑。研究結果近日於國際學術期刊《*Nature Communications*》發表。

追溯一萬三千年的沉積歷史

研究團隊結合地球化學（geochemical）與宏基因組學（metagenomic）方法，分析從三個鑽孔取得的 36 個沉積物樣本。這些樣本來自不同深度，記錄了約 13,000 年的地質歷史，涵蓋陸相主導區、過渡區和海相主導區三種沉積環境。

研究團隊分析沉積物中的微生物遺傳物質，重建出 770 個代表性宏基因組組裝基因組（metagenome-assembled genomes, MAGs），藉此了解當中的微生物種類及其代謝功能。結果顯示，微生物群落的組成及其產銨代謝潛力，會沿陸相至海相的沉積環境梯度呈現明顯差異。分析亦顯示，古菌和細菌採取截然不同的適應策略：古菌傾向保留較為穩定、演化上較保守的功能特徵；細菌則能因應不同沉積環境，展現更強的代謝靈活性。

發酵被識別為主要產銨途徑

研究團隊發現，三個沉積帶均以發酵相關基因最為豐富，顯示微生物發酵很可能是沉積物中產銨的主要途徑。可是，這些基因的豐度會隨沉積深度和年代增加而下降。研究人員推測，較易分解的有機物在長期埋藏過程中逐漸耗盡，令可供微生物進行發酵和產銨的物質愈來愈少。因此，現時錄得的高銨濃度，很可能是經長時間累積和滯留的結果，而不只是新近微生物活動所造成。

除發酵外，其他微生物氮代謝途徑在三個沉積帶之間亦呈現差異。在部分微生物代謝過程中，硝酸鹽可先被還原成亞硝酸鹽，再進一步轉化為銨。研究發現，在陸相主導區，硝酸鹽還原相關基因的豐度僅次於發酵相關基因；而在鹽度較高的過渡區和海相主導區，將亞硝酸鹽直接轉化為銨的相關基因則更為突出。研究人員推測，不同沉積帶的鹽度，以及硝酸鹽和亞硝酸鹽供應差異，可能影響微生物採用哪種途徑產銨。

在研究識別出的細菌中，源自海相環境的細菌屬 *Brevirhabdus* 可能是參與銨循環的重要類群。這類微生物可能是過去海相沉積環境留下的生物印記，並帶有參與發酵及將亞硝酸鹽轉化為銨的相關基因。這項發現顯示，古代沉積環境遺留下來的微生物，至今仍可能持續影響地下水的化學特徵。

焦赳赳教授表示：「我們的研究進一步突破了過往僅將埋藏有機質視為銨來源的一般理解。我們不但識別出可能負責產銨的微生物代謝途徑及相關微生物，亦揭示這些途徑因沉積環境不同而有所差異。」

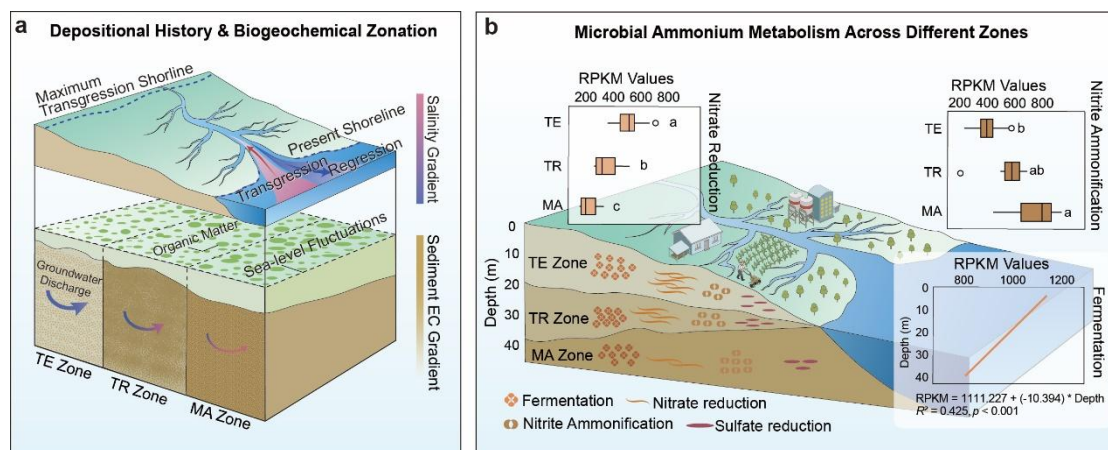
對地下水管理的啟示

本研究建立了一個結合沉積演化、地下水地球化學與微生物功能的機制框架，為理解及管理全球三角洲地區的地下水提供新的科學見解。研究結果有助識別較容易出現天然銨富集的地下水系統，為人口稠密三角洲地區的地下水評估、監測及處理規劃提供科學依據。

論文第一作者陸美青博士在港大焦赳赳教授指導下完成博士學位，其後加入深圳大學李猛教授團隊從事博士後研究。焦赳赳教授與李猛教授為論文共同通訊作者。研究亦有來自南方科技大學、香港科技大學及華東師範大學的科學家參與。

本研究獲國家自然科學基金、粵港土壤與地下水污染控制聯合實驗室、廣東省土壤與地下水污染控制重點實驗室、廣東省基礎與應用基礎研究重大項目及深圳市科技計劃等多個項目資助。

研究詳情請參閱於《*Nature Communications*》發表的論文《Microbial Drivers of Ammonium Accumulation in Holocene Sediments of the Pearl River Delta》：
<https://doi.org/10.1038/s41467-026-72058-8>



圖二：沉積演化過程、生物地球化學分區與微生物銨代謝的概念模型。圖片來源：改編自 Lu et al. (《*Nature Communications*》，2026 年)。

本新聞稿內容以英文版本為準。

傳媒查詢：

香港大學理學院

電話：+852 3917 4948 / +852 3917 5286

電郵：caseyto@hku.hk / cindycst@hku.hk

圖片下載及說明：<https://www.scifac.hku.hk/press>