



## 電子報第 229 期

### 活動訊息

◆ *The International Conference on Supercritical Fluids Supergreen 2026*

時間：August 3rd - 6th, 2026

地點：Sapporo, Hokkaido, Japan

Grand Mercure Sapporo Odori Park

網址：<https://supergreen-assf.com/2026/>

### 淨零永續

◆ 研究：新呈打造共好綠色線束製造生態系 「一群人」加快減碳行動 展現淨零永續承諾

資料來源：<https://money.udn.com/money/story/5635/9463010>

◆ 2026 台北國際安全科技應用博覽會 ESG 整體解決方案主題館 18 家企業聯手推動淨零永續轉型

資料來源：<https://money.udn.com/money/story/11799/9459063>

◆ 專業課程

[https://college.itri.org.tw/nzschool/course\\_SMT.html](https://college.itri.org.tw/nzschool/course_SMT.html)

### 產學新聞

◆ 超臨界流體技術創新應用動態

### 技術文摘

◆ 水生生物中 PFAS 異構體：透過異構體特異性分析揭示其存在、生物累積和生物轉化方面的差異 (PFAS isomers in aquatic biota: revealing differences in occurrence, bioaccumulation, and biotransformation through isomer-specific analysis)

◆ 水果生物活性化合物環保萃取技術的進展：技術、挑戰與未來方向 (Advances in Eco-Friendly Extraction of Fruit Bioactive Compounds: Technologies, Challenges and Future Directions)

◆ 利用數據驅動方法模擬助溶劑對超臨界二氧化碳溶解度的影響 (Modeling Cosolvent Effects on Solubility in Supercritical CO<sub>2</sub> Using Data-Driven Approaches)

◆ 超臨界 CO<sub>2</sub>誘導的醌限域和微孔碳電極界面極化在水系全有機電池的應用 (Supercritical CO<sub>2</sub>-Induced Quinone Confinement and Interfacial Polarization in Microporous Carbon Electrodes for Aqueous All-Organic Batteries)



- ◆ 超臨界狀態下的雙組分動力學來自非彈性 X 射線散射 (Two-component dynamics in supercritical from inelastic X-ray scattering)
- ◆ 碳鋼在飽和超臨界 CO<sub>2</sub> 的甲酸鹽基流體中的腐蝕行為 (Corrosion behavior of carbon steel in formate-based completion fluids saturated with supercritical CO<sub>2</sub>)

### 團體會員介紹

- ◆ 台超萃取洗淨精機股份有限公司

### 教育訓練班

- ◆ (日間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班 115/06/01~115/06/05



# 超臨界流體技術創新應用動態

## 1. 鋰電池回收：超臨界 CO<sub>2</sub> 萃取鋰與電解液

**應用領域：** 電動車 / 新能源儲能 / 關鍵礦物回收

超臨界 CO<sub>2</sub> 技術正迅速成為廢棄鋰離子電池 ( LIB ) 回收的關鍵新工具，尤其在電解液萃取與鋰選擇性回收方面展現高度潛力。德國弗賴貝格工業大學 ( TU Bergakademie Freiberg ) 的研究團隊於 2026 年在《ACS Sustainable Resource Management》發表先導規模 ( Pilot Scale ) 研究，採用「COOL ( CO<sub>2</sub> 浸出 ) 製程」，透過超臨界 CO<sub>2</sub> 選擇性浸出黑質 ( black mass ) 中的鋰，在 250°C、100 bar 條件下可達到高達 97% 的鋰浸出率，所得 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 純度超過 99.82%，達電池級規格，無需進一步精製。

另一項 2026 年 3 月發表於 MDPI《Batteries》的研究，以超臨界 CO<sub>2</sub> 萃取廢電池分離器 ( separator ) 中的電解液溶劑，並與超音波清洗、熱處理兩種方法比較，結果顯示 SC-CO<sub>2</sub> 在去除有機電解液污染物方面效果顯著，有助於回收再利用分離器廢料 ( SWM )。

背景脈絡：歐盟《電池法規》要求 2025 年前達到 65% 鋰回收率、2030 年達 70%，超臨界萃取技術因其環境友善性與高選擇性，正成為滿足此法規要求的重要技術路徑。

**出處：** ACS Sustainable Resource Management ( 2026，DOI:10.1021/acssusresmgt.5c00663 )；MDPI Batteries 12(4), 118 ( 2026/03/28 )；ScienceDirect 鋰萃取綜述 ( 2026/05 )

## 2. 超臨界水氧化 ( SCWO )：環境廢棄物處理新浪潮

**應用領域：** 環境工程 / 廢水處理 / 危險廢棄物

**重要性：** ★★★★★☆

超臨界水 ( SCW，臨界點：374°C、22.1 MPa ) 因能與有機物完全互溶，並在氧化反應中快速分解有機污染物，正成為環境應用中成長最快的超臨界流體技術。根據市場報告，超臨界水段預計在 2026–2035 年以 15.45% 的最高 CAGR 成長，驅動因素包括：對高效低排放廢棄物處理的需求增加、以及各國嚴格的環境法規。

SCWO 技術可高效處理工業廢水、污泥、有害化學品及持久性有機污染物 ( POPs )，並可將其轉化為水、CO<sub>2</sub> 和鹽等無害副產品。相比傳統焚化，SCWO 具有反應時間短、破壞效率高 ( >99.99% )、能耗低、無空氣污染等優勢，是解決危險廢棄物問題的潛力技術。環境應用整體預計以 11.85% CAGR 高速成長，為各應用類別中最快。



出處：Towards Chemical and Materials 市場報告 ( 2026/02 ) ; VPA Research 超臨界流體市場報告 ( 2026/04 )

### 3. 超臨界乾燥製備氣凝膠：隔熱材料與高科技應用

**應用領域：**建築隔熱 / 航太 / 電池隔熱 / 精密塗層

超臨界 CO<sub>2</sub> 乾燥是目前製備高品質氣凝膠 ( aerogel ) 最主流的方法。氣凝膠是一種孔隙率高達 90% 以上的超輕多孔材料，具有極低熱導率 ( 甚至低於靜止空氣 )，是目前已知最佳的固態隔熱材料之一。超臨界 CO<sub>2</sub> 乾燥可避免傳統溶劑蒸發時的毛細管收縮力，從而保留凝膠的奈米孔結構，製造出具有高比表面積 ( 可達 1000 m<sup>2</sup>/g 以上 ) 的完整氣凝膠。

氣凝膠的新興工業應用包括：建築超薄牆體隔熱 ( 解決熱橋問題 )、航太與高科技儀器的輕量化隔熱材料、鋰電池模組中的隔熱防火層，以及精密催化劑載體。法國 SFE Process 公司積極推廣超臨界 CO<sub>2</sub> 氣凝膠生產系統，並提供中試規模 ( pilot scale ) 服務，協助企業從實驗室放大至工業生產。

出處：SFE Process 官網 ( 2026 )

### 4. 食品科技新應用：超臨界 CO<sub>2</sub> 塗層與保鮮

**應用領域：**食品保鮮 / 農業採後處理 / 功能性食品

超臨界 CO<sub>2</sub> 作為非熱殺菌與食品保鮮技術，已從實驗室研究逐步走向商業化應用。SC-CO<sub>2</sub> 可有效滅活果汁、泥狀食品及乳製品中的腐敗菌與病原菌 ( 超過 5 log cfu/mL 的滅菌效果 )，並能抑制酵素活性，同時保留食品的物化性質、感官特性及生物活性成分 ( 如抗氧化物質 )，相較於高溫殺菌具有更佳的品質保全效果。

2026 年 3 月 Springer Nature 發表的食品包裝綜述指出，超臨界 CO<sub>2</sub> 乾燥可製備具高比表面積的介孔結構包裝材料 ( aerogel 型 )，提供優異的熱保護與高吸附能力，適用於對熱敏感的生物活性物質的包裝保護。此外，高壓泵將塗層液加壓至超臨界狀態，透過特殊噴嘴形成高速霧化噴射，可應用於水果採後表面塗層，均勻附著且無溶劑殘留。

出處：Springer Food and Bioprocess Technology ( 2026/03 )

### 5. 超臨界流體技術結合 AI / IoT：智慧化製程革新

**應用領域：**智慧製造 / 製程優化 / 工業 4.0

超臨界流體市場正朝向工業 4.0 整合加速演進。市場報告指出，AI 演算法、IoT 感測器與數位孿生 ( Digital Twin ) 技術的引入，正在改變超臨界萃取 ( SFE ) 與層析 ( SFC ) 的操作模式，實現即時監控、製程自動調節與預測性維護，大幅提升系統吞吐量與穩定性。



具體應用包括：以機器學習演算法即時優化超臨界製程條件（溫度、壓力、CO<sub>2</sub> 流量），有效降低能耗與廢料；透過 IoT 感測器實現遠端監控與異常預警；以數位孿生技術模擬放大製程，縮短新產品開發周期。此外，模組化系統架構（plug-and-play modules）的興起，使 SFE 設備可快速部署於不同應用場景，降低資本支出並縮短產品上市時間。日本化工業在 2026 年的 R&D 投入持續超過 21 億美元/年，東京及關東地區為全球研究重鎮。

出處：Towards Chemical and Materials (2026/02/25)；360iResearch SFE 系統報告 (2026)；HTF Market Insights (2026)

## 6. 水的第二臨界點獲實驗證實

科學家長久以來已知水在高溫下存在一個臨界點：約在 374°C、218 倍大氣壓力下，液態與氣態之間的界線消失，水進入所謂的超臨界流體狀態。科學家早已預測在極低溫下還存在第二個臨界點，但始終缺乏直接實驗證據。

最新研究透過 X 射線雷射，在約攝氏負 63°C、1000 大氣壓的條件下，確認了超冷水中液-液臨界點（LLCP）的存在。斯德哥爾摩大學化學物理學副教授 Fivos Perakis 表示，這一發現「令人興奮」，因為水是已知唯一在生命存在條件下以超臨界液態形式出現的物質，而生命離不開水，這背後是否蘊含更深的意義，仍有待探索。研究者 Anders Nilsson 亦指出，後續挑戰在於探究此發現對水在物理、化學、生物、地質及氣候相關過程中重要性的影響。

《Physics World》於 2026 年 4 月 27 日更新相關報導，釐清了 1992 年最早預測此液-液臨界點的研究人員之角色分工。

出處：Science 391, 1387 (2026)；ZME Science (2026/03/30)；Physics World (2026/04/27)；Physics Today AIP (2026/05 更新)

## 7. 超臨界 CO<sub>2</sub> 發電循環技術進展

超臨界 CO<sub>2</sub> (sCO<sub>2</sub>) 發電循環正逐漸成為高效率電力生產的重要技術選項，透過在超過 CO<sub>2</sub> 臨界點 (31.1°C、7.38 MPa) 的條件下運作，可提升熱力學效率、縮小設備體積，並強化操作彈性，與工業去碳化目標高度契合。

超臨界 CO<sub>2</sub> 布雷頓循環 (sCO<sub>2</sub> Brayton cycle) 相較於傳統蒸汽系統具有多項優勢：循環效率更高、設備尺寸更小 (資本支出更低)、以及實現完全碳捕捉的潛力。然而，要充分實現這些優勢，需克服渦輪機械設計、換熱器與高壓燃燒器等工程材料挑戰。sCO<sub>2</sub> 循環的主要限制仍在於材料挑戰 (高壓高溫環境下的腐蝕與耐久性)、高初期建置成本，以及複雜的系統控制需求。持續的研究與試點計畫顯示其在能源與工業領域的採用潛力正逐漸增長。

出處：Cashless Time (2026/04)；Oxford Academic Clean Energy (背景資料)



## 8. 超臨界流體分子動力學新發現 ( SLAC 國家加速器實驗室 )

美國能源部 SLAC 國家加速器實驗室的研究人員，透過直線相干光源 ( LCLS ) 的 X 射線自由電子雷射，首次直接觀測超臨界二氧化碳中奈米級分子團簇的超快動力學行為，相關成果分別發表於《Nature Communications》與《Physical Review Letters》。

研究發現，這些分子團簇的動力學在皮秒 ( 即一兆分之一秒 ) 尺度內演化，從較具規律性的「彈道運動」轉變為更隨機的擴散行為，並首次揭示超臨界流體特性與分子層級動態之間的對應關係。此一發現為冷卻系統、火箭推進及碳封存等應用提供重要理論基礎，並有助於未來開發更環保的冷卻流體。

出處：SLAC National Accelerator Laboratory ( 2024/12/18 發表 ); Nature Communications ; Physical Review Letters

## 9. 超臨界 CO<sub>2</sub> 管道洩漏安全研究

一項於 2026 年 4 月 9 日發表於 MDPI《Fluids》期刊的研究，探討 CCUS ( 碳捕集、利用與封存 ) 技術中超臨界 CO<sub>2</sub> 管道安全輸送的關鍵挑戰。研究使用計算流體動力學 ( CFD ) 模擬，分析 N<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、Ar 等雜質對洩漏量、質量流量及減壓波傳播的影響，採用真實流體模型 ( RFM ) 與 CONVERGE CFD 求解器，以捕捉多相態之熱力學特性。

另一項刊載於 ScienceDirect ( 2026/04/04 ) 的研究，以自製 22 公尺測試平台 ( 管徑 219mm、最高壓力 25MPa ) 進行 12 次洩漏實驗，測試不同孔徑 ( 19/42mm )、初始壓力 ( 7.5–10.5 MPa ) 與溫度 ( 20–40°C ) 條件。結果顯示，孔徑越大或初始壓力越高，管道內最低溫度越低，最低記錄達攝氏負 71.03°C，徑向溫差高達 76°C，存在管道脆性斷裂風險。

出處：MDPI Fluids 11(4), 96 ( 2026/04/09 ); ScienceDirect ( 2026/04/04 )

## 10. 超臨界 CO<sub>2</sub> 管道洩漏特性分析與洩漏點直徑預測

刊載於《Gas Science and Engineering》(145: 205780) 的研究，針對超臨界 CO<sub>2</sub> 管道洩漏特性進行系統分析，並提出洩漏點直徑預測方法。研究指出，CCUS 系統中 CO<sub>2</sub> 的臨界點 ( 7.38 MPa、31.1°C ) 相對較高，管道洩漏時極易引發 CO<sub>2</sub> 相態轉變，導致強烈的節流效應與溫度驟降，進一步造成管道脆裂風險。

此研究對於長距離、大規模 CO<sub>2</sub> 輸送管道的安全設計與風險管理具有重要參考價值，為 CCUS 基礎設施安全評估提供量化工具。

出處：Gas Science and Engineering 145: 205780 ( 2026 )



## 11. 新創公司 SCO2, Inc. ( 美國明尼蘇達州聖保羅 )

SCO2, Inc. 成立於 2019 年，專注以專利超臨界 CO<sub>2</sub> 萃取技術 ( patented scCO<sub>2</sub> extraction technology ) 將食品與農業廢棄物升值再利用 ( upcycling )。其技術平台能從食品加工廢棄物中萃取生物活性蛋白質、油脂、脂肪酸、天然色素、抗氧化劑及天然香料等高價值成分，適用於食品、化妝品及製藥等多個產業。

公司目前已建立逾 300 種原料的技術資料庫，涵蓋啤酒花花朵與顆粒、漿果、種子、玉米胚芽、葡萄皮、榛果、大麻、薄荷、蘑菇、迷迭香及香草豆等。聯合創辦人暨執行長 Sigel 表示：「我們的目標是在未來五年每年減少數百萬噸的食品廢棄物，並協助客戶從升值再利用中獲利。SCO2 的技術必須比現有解決方案優越十倍，才能達成這樣規模的突破。」

## 12. 非熱食品保鮮技術—超臨界 CO<sub>2</sub> 的微生物鈍化研究

義大利帕多瓦大學 ( University of Padova ) Sara Spilimbergo 研究團隊與 Alessandro Zambon 等學者，於 2026 年 3 月在《International Journal of Food Microbiology》( 第 448 卷，文章編號 111573 ) 發表最新研究，確認超臨界 CO<sub>2</sub> ( scCO<sub>2</sub> ) 作為非熱食品保鮮技術 ( non-thermal food preservation technology ) 的有效性，可在確保微生物安全的前提下，保留食品天然風味與營養成分，為食品加工業提供不含有機溶劑殘留的綠色替代方案。

scCO<sub>2</sub> 保鮮技術與傳統高溫滅菌相比，最大優點在於低溫操作 ( 通常在 31–60°C 範圍 )，不破壞熱敏感性活性成分 ( 如維生素 C、omega-3 脂肪酸、天然色素等 )，同時可有效滅活大腸桿菌、沙門氏菌、李斯特菌等常見食源性病原菌，在果汁、液態食品及即食食品市場具有廣泛應用潛力。

**出處：** Andriago P., Spilimbergo S., Zambon A., "Supercritical carbon dioxide inactivation technology for food product preservation", International Journal of Food Microbiology, Volume 448, March 2, 2026.

## 13. 粒子成形技術最新動態

《Frontiers》期刊針對超臨界流體粒子成形技術設立專題研究 ( Research Topic: "Particle Formation Using Supercritical Fluids: Advances, Challenges, and Future Directions" )，稿件提交截止日期為 2026 年 6 月 6 日。專題聚焦 scCO<sub>2</sub> 在以下領域的創新應用：精密製藥 ( micronization & encapsulation )、功能性聚合物、工業催化劑及奈米材料的可控合成，反映學術界對此領域的高度重視與研究能量持續攀升。

**出處：** Frontiers, "Particle Formation Using Supercritical Fluids: Advances, Challenges, and Future Directions", Manuscript Submission Deadline: June 6, 2026.



## 14 土壤復育及廢棄物處理

超臨界 CO<sub>2</sub> 萃取應用於土壤復育，是近年來環境工程領域最受矚目的綠色技術之一。相較於傳統熱脫附或化學溶劑洗滌，scCO<sub>2</sub> 在低溫（通常 30–60°C）操作，對土壤結構損傷極小，且無有機溶劑二次污染問題。

西班牙瓦拉多利德大學（University of Valladolid）化工系建立準等壓（quasi-isobaric）超臨界 CO<sub>2</sub> 土壤復育中試系統，成功將受石化廠碳氫化合物（hydrocarbons）污染的土壤處理至法規標準以下。系統設計結合超臨界 CO<sub>2</sub> 萃取與活性炭吸附兩道程序，最佳操作參數如下：

- 萃取溫度：30–60°C（吸附溫度：50°C）
- 溶劑流量：5–15 kg/h
- 適用粒徑：< 0.425 mm
- 關鍵發現：萃取段溫度需低於吸附段溫度，才能有效截留污染物至活性炭。



## 水生生物中 PFAS 異構體：透過異構體特異性分析揭示其存在、生物累積和生物轉化方面的差異

PFAS isomers in aquatic biota: revealing differences in occurrence, bioaccumulation, and biotransformation through isomer-specific analysis

By **Mindula K. Wijayahena**<sup>a</sup> and **Diana S. Aga**<sup>\*ab</sup>

<sup>a</sup>Department of Chemistry, University at Buffalo, The State University of New York, Buffalo, NY 14260, USA.

<sup>b</sup>Research and Education in Energy, Environment and Water (RENEW) Institute, University at Buffalo, The State University of New York, Buffalo, NY 14260, USA

### 摘要

歷史上，透過電化學氟化法生產全氟和多氟烷基物質 (PFAS) 產生了複雜的線性 (L) 和支鏈 (Br) 異構體混合物，但大多數環境研究仍然將它們視為單一化合物。新興研究表明，異構體之間的差異對 PFAS 的環境歸趨性、生物累積和毒性有著至關重要的作用。這些差異對於水生生物尤其重要，因為它們持續暴露於 PFAS 中，並作為生態系統健康的指標物。對 2000 年 1 月至 2025 年 12 月期間的文獻進行全面回顧發現，大多數關於水生生物體內 PFAS 的研究忽略了異構體分離，限制了對混合物行為的深入了解。少數報告魚類、鯊魚、海洋哺乳動物、水生昆蟲、海鳥、鱷魚和北極熊等物種中異構體分佈的研究主要集中在全氟辛烷磺酸 (PFOS) 上，導致其他 PFAS 類別的知識存在巨大空白。證據還表明，前體組成對異構體特異性生物累積有顯著影響；多項研究表明，L-異構體比 Br 異構體更容易生物累積，這提示它們在環境穩定性和代謝方面可能存在差異。為了更深入地了解 PFAS 異構體的分佈，需要更廣泛地應用正交分離技術。離子遷移譜法可以根據 L-和 Br 異構體碰撞截面的差異來分離它們。其他可以分離 L-和 Br 異構體的技術包括衍生化氣相層析/質譜聯用技術以及超臨界流體層析/質譜聯用技術，後者能夠根據異構體在兩相間的分配係數差異高效分離它們。將這些技術整合到現有的 PFAS 分析方法中，對於揭示 PFAS 的結構-環境行為以及改善未來的生態風險評估至關重要。

資料來源：[10.1039/D5AN01246E](https://doi.org/10.1039/D5AN01246E)



## 水果生物活性化合物環保萃取技術的進展：技術、挑戰與未來方向

Advances in Eco-Friendly Extraction of Fruit Bioactive Compounds: Technologies,  
Challenges and Future Directions

By **Abadi Gebreyesus Hndeya, Desta Berhe Sbhatu, Gebreselema Gebreyohannes**

1 School of Chemical and Bio Engineering, Dire Dawa University Institute of Technology, Dire  
Dawa 3000, Ethiopia

2 Department of Chemical Engineering, Mekelle Institute of Technology-Mekelle University,  
Mekelle 7000, Ethiopia

### 摘要

水果中的生物活性化合物，如多酚、類胡蘿蔔素、維生素和膳食纖維，具有重要的抗氧化、抗炎和疾病預防功效，但由於其溶解度差以及傳統方法的局限性（例如使用有毒溶劑、耗能高且產率低），提取這些化合物仍然十分困難。本篇綜述系統性地檢視了傳統和先進的萃取技術，包括薄膜過濾、超臨界流體萃取（SFE）、加壓液體萃取、層析技術、微納分離和酵素輔助萃取等。檢索的英文文獻來自 Scopus、Web of Science、ScienceDirect、PubMed 和 Google Scholar 等資料庫，檢索詞包括環保萃取、水果生物活性化合物以及超音波輔助萃取（UAE）、微波輔助萃取（MAE）、SFE 和天然低共熔溶劑（NADES）等技術，並輔以篩選參考文獻清單。本研究納入了經過同行評審的關於綠色萃取方法、溶劑、優化策略和永續性的研究，而排除了非水果基質、研究不夠詳盡以及未經同行評審的文獻。檢索並考慮了 2017 年 1 月至 2025 年 10 月期間發表的文獻，並根據需要補充了早期關鍵研究。檢索共獲得約 1203 筆記錄；經移除重複文獻並由兩位審查者獨立篩選後，最終保留了 456 篇符合條件的研究進行分析。本研究重點在於能夠維持化合物完整性並實現工業規模化的環保方法，同時探討了綠色化學、水果副產品增值利用和循環經濟策略。評估了各項技術的效率、選擇性、環境影響和成本效益，其應用涵蓋功能性食品、藥品、化妝品和包裝等領域。儘管存在化合物穩定性、監管障礙和專業知識需求等挑戰，但新興的混合系統和人工智慧驅動的過程建模在優化提取和降低成本方面展現出巨大潛力。未來的研究應著重開發多功能綠色溶劑、即時監測工具和閉環系統，以最大限度地減少廢物和能源消耗，最終推進可持續生物活性物質提取，並為更健康、更環保的產業做出貢獻。

資料來源：

<https://doi.org/10.1002/ansa.70071> Digital Object Identifier (DOI)



## 利用數據驅動方法模擬助溶劑對超臨界二氧化碳溶解度的影響

Modeling Cosolvent Effects on Solubility in Supercritical CO<sub>2</sub> Using Data-Driven Approaches

By **Dmitriy M. Makarov, Nikolai Kalikin, Pavel Gurikov, Yury Budkov**

National Research University – Higher School of Economics (HSE University)

### 摘要

超臨界二氧化碳 (scCO<sub>2</sub>) 是一種環境友善溶劑，但其低極性限制了極性化合物的溶解度。助溶劑常用於增強溶劑化能力，但基於全面數據的研究卻十分匱乏。我們建立了迄今為止最大的數據集：包含 93 種非離子溶質在 22 種助溶劑作用下的 4401 條實驗溶解度記錄，以及相同溶質在純 scCO<sub>2</sub> 中的 4855 條記錄。我們使用熔點、汽化焓、Abraham 參數、RDKit 描述子和溶劑性質等資料訓練了機器學習模型（隨機森林、LightGBM、CatBoost 和 TabPFN）。CatBoost 和 TabPFN 模型表現最佳，尤其是在嚴格的交叉驗證中。納入純 scCO<sub>2</sub> 中的溶解度數據顯著提高了預測精度（均方根誤差降低高達 36%）。涵蓋 12 個化學類別的 1958 個溶質-助溶劑組合進行高通量篩選，結果顯示多酚、含氮雜環化合物、芳香酸和磺胺類化合物的增強效果最為顯著，而非極性化合物的影響則微乎其微。極性質子型和非質子型助溶劑效果最佳，而水的影響通常可以忽略或產生負面影響。這些結果為助溶劑的選擇提供了定量指導，並展示了整合資料集和可解釋機器學習在超臨界流體製程設計中的價值。

**關鍵字：** 溶解度、超臨界二氧化碳、助溶劑、機器學習、建議架構

資料來源：

SSRN: <https://ssrn.com/abstract=6254426> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.6254426>



超臨界 CO<sub>2</sub>誘導的醌限域和微孔碳電極界面極化在水系全有機電池的應用  
Supercritical CO<sub>2</sub>-Induced Quinone Confinement and Interfacial Polarization in Microporous  
Carbon Electrodes for Aqueous All-Organic Batteries

By Yuta Nakayasu\*, Shu Sokabe, Naoka Nagamura, Chie Ooka, Tomoya  
Yamada, Kayoko Kobayashi, Masaru Watanabe

Research Center of Supercritical Fluid Technology, Graduate School of Engineering, Tohoku  
University, 6-6-11, Aoba, Aza, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8579, Japan

### 摘要

水系有機電池為傳統的電化學儲能提供了一種可持續且不含金屬的替代方案，但其性能通常受限於活性物質負載量低以及多孔碳載體內部活性物質利用率不足。我們報告了一種簡單的全有機電池，其中超臨界二氧化碳 (scCO<sub>2</sub>) 浸漬法將鹵代醌類化合物負載到活性碳 (AC) 中，並重組界面以加速電荷轉移。採用最小配方，在醌/活性碳複合材料中 (添加黏結劑之前) 1,5-二氯蒽醌的負載量約為 38 wt%，實現了完全的電化學利用，這對應於微孔的高密度填充，而非較高的整體活性物質質量分數，證明了有效的孔隙可及性。微孔分析表明，其活性物質利用率達到了微孔限制上限的約 90%。小角 X 射線散射顯示高 q 電子密度相關長度增加，這與超臨界條件下  $\pi$ - $\pi$  堆積增強和孔內堆積更緊密相一致。我們提取了界面電子態訊息，這些資訊會隨浸漬方法而變化：C K 邊 X 射線吸收光譜和 X 射線光電子能譜的對比分析表明，與液相浸漬的對照組相比，超臨界二氧化碳 (scCO<sub>2</sub>) 浸漬樣品的芯能階發生了位移，這與電子環境的改變和界面極化的增強相一致；在水系全電池中，與液相浸漬相比，超臨界二氧化碳浸漬法使能量密度提高了 60%，倍率性能也明顯改善，且在 1000 次循環後仍能保持 95% 的容量；電化學阻抗譜也顯示，採用超臨界二氧化碳浸漬法製備的電極具有更低的表觀電荷轉移，表明其界面動力學更快。綜上所述，這些結果表明，超臨界二氧化碳浸漬促進了  $\pi$ - $\pi$  堆積驅動的孔內有序化，並實現了多孔碳醌電極的近乎完全的孔隙利用，從而在簡單的無金屬水系體系中將奈米尺度的有序化轉化為裝置性能的提升。

**關鍵字：** 超級電容器, 活力, 電池, 碳, 超臨界二氧化碳, 醌類, 有機電池,  $\pi$ - $\pi$  堆積

資料來源：<https://doi.org/10.1021/acsami.5c21457>



## 超臨界狀態下的雙組分動力學來自非彈性 X 射線散射

Two-component dynamics in supercritical from inelastic X-ray scattering

By Arijit Majumdar, Peihao Sun, Madison Singleton, Luigi Paolasini, Alexey Bosak, Alfred Q. R. Baron, Jerome Hastings & Matthias Ihme

Applied Physics Department, Stanford University, Stanford, 94305, USA

### 摘要

超臨界流體具有獨特的熱力學性質。其中之一是存在雙組分動力學，這與流體不同的低頻和高頻振動響應有關。然而，這種行為的起源尚不清楚。透過結合非彈性 X 射線散射和分子動力學模擬，我們發現這種行為與分子團簇引起的密度不均勻性有關。對測量數據和分子軌跡的分析表明，雙組分動力學的出現是由於團簇分子和遊離分子動量漲落的差異。團簇與雙組分動力學之間的這種聯繫凸顯了分子結構不均勻性在超臨界流體、膠體和凝聚態物質系統中的重要性。

**關鍵字：** 非彈性 X 射線散射, 超臨界流體, 雙組分動力學, 集群動力學, 二氧化碳

資料來源：<https://www.nature.com/articles/s41598-026-38697-z>



## 碳鋼在飽和超臨界 CO<sub>2</sub> 的甲酸鹽基流體中的腐蝕行為

Corrosion behavior of carbon steel in formate-based completion fluids saturated with supercritical CO<sub>2</sub>

By **Xijin Xing; Huanzhi Feng; Junying Zhang; Changfeng Chen**

College of New Energy and Materials, China University of Petroleum Beijing, Beijing, China

### 摘要

腐蝕速率隨溫度升高而增加，在 90°C 至 150°C 之間達到峰值 ( 23 mm/a ) 。較高的流體密度和高溫會加劇腐蝕。 pH 緩衝劑可顯著降低高溫下的腐蝕速率，最高可達 90% 。 FeCO<sub>3</sub> 被確定為主要腐蝕產物，其結構隨溫度升高而變化，從裂紋狀逐漸轉變為絮狀和針狀，且密度增加。腐蝕機制歸因於疏鬆多孔腐蝕膜和晶間空隙的形成，這些因素是導致腐蝕速率增加的原因。

本研究對 P110SS 鋼在超臨界 CO<sub>2</sub> 飽和甲酸鹽流體中的腐蝕機制，尤其是在高溫條件下的腐蝕機制，則提供了新的見解。該研究有助於為油田作業中的腐蝕防護和材料選擇提供切實可行的建議。

**關鍵字：** P110SS 、 甲酸鹽完井液、 超臨界二氧化碳、 腐蝕、 晶體取向

資料來源：<https://doi.org/10.1108/ACMM-08-2025-3366>



# 台超萃取洗淨精機股份有限公司

## 關於台超

專業設備製造廠 深耕台灣，佈局全球

提供全方位萃取、洗淨處理方案的創新團隊！

全球唯一具備超臨界流體與超音波清洗

雙核心技術 設備製造廠

「台超萃取洗淨精機股份有限公司」擁有超臨界流體 (Supercritical Fluid)與超音波 (Ultrasonic)雙技術突破性整合的堅強團隊，是全球唯一具備超臨界流體與超音波設備製造雙實力之公司。

國際級認證 自製設計及設備製造廠 設備品質優良

台超萃取洗淨精機的核心競爭力「萃取、洗淨技術的專業，專注與創新」！超臨界流體設備與超音波設備榮獲多項國際認證，為世界少數、更是國內唯一通過德國萊因公司 [ISO 9001:2015](#) 設計、開發、製造、銷售等全項認證以及相關生產設備通過 CE 認證。

台超萃取洗淨精機累積多年之設備開發經驗，專注於技術研發、流程改善、機構設計與設備製造，為產業提供全方位萃取、洗淨的解決方案。

自製設備 行銷全球 深獲國際肯定 品質更有保障

立足台灣，展望全球！台超萃取洗淨精機行銷高品質的超臨界流體與超音波設備製造之外，更具獨立開發實力與 ODM、OEM 技術，領先大亞洲地區，也深獲歐美等先進國家的國際肯定！

## 公司願景

為人類創造

更潔淨、更環保、更健康的生活

Clean、Green、Healthy

目標

專注於「萃取」與「洗淨」技術的創新！

成為世界的領導品牌！



## 經營理念

以人性為本、科技為用，  
成就一個"追求價值創新與環境永續"的企業。

台超萃堅信『技術不斷創新與服務全面升級才是企業的永續競爭力』。唯有將每一位客戶視為共同創造利潤的事業夥伴，自我提昇為『新製造服務業』，才能真正掌握在地深耕，佈局全球的最大利基!

### 台超萃的『新製造服務業』主張：

#### 1.創新、務實、誠信的企業精神

以最穩健、務實的態度，專注於企業核心價值的經營；堅持在核心技術上不斷創新、精益求精；堅守對客戶夥伴永續服務、長期合作的承諾!

#### 2.創造高技術門檻，成為環保潔淨技術的領導者

充分掌握製造與研發技術的自主性，創造高技術競爭力!

#### 3.提供客戶導向的全方位服務

藉由持續地研發創新，提供客戶更高品質解決方案，與完善售後服務，以達成客戶 100%滿意度為最高目標。

#### 4.提供最具環保優勢的解決方案

全方位評估客戶需求，為客戶量身打造最佳效益、最具環保競爭力的解決方案。

#### 5.締結價值鏈的新夥伴關係

與上下游價值鏈客戶群共同建構成一支互利共生的競爭力團隊，建立長期、合理及相互信賴之關係。

## 服務項目

### 超音波清洗與超臨界清洗設備之設計與製造

以超音波清洗、超臨界流體清洗，以及二氧化碳系清洗技術為核心，多元整合其他配套清洗技術，依客戶量身規劃全方位的清洗解決方案!

#### ■ 超臨界流體萃取與超音波萃取設備之設計與製造

可分別因應各類實驗室研究，或生物科技、食品香料、製藥萃取等大型量產產業之不同需求標準，提供獨家技術之設備設計與製造服務。

#### ■ 專業技術諮詢及完善售後服務



- >提供免費、快速萃取與洗淨技術諮詢，以解決您遇到的問題。
- >本着服務客戶的精神，不論您的機台是否為台超萃所製造，我司均可提供便捷、確實的維修服務，使您的機台早日恢復正常運作。

#### ■ 專業代工服務

提供特殊需求之代工萃取服務。

>代工萃取

>代工測試

#### ■ 專業潔淨室配置

提供客戶需求之潔淨室配置。

#### ■ 大宗供應各類輔助溶劑及洗淨藥液

提供各項專業、環保、高效能之清洗、萃取輔助溶劑之大宗銷售。

### 專業領域

- 超臨界二氧化碳萃取及清洗技術
- 超音波清洗及萃取技術
- 提供清洗及萃取製程的解決方案

### 產品

- 萃取設備：超臨界 CO<sub>2</sub> 萃取設備、超音波萃取設備、客製化萃取設備
- 清洗設備：超音波清洗設備、高壓噴洗設備、表面處理設備、客製化洗淨設備
- 染色設備：超臨界 CO<sub>2</sub> 染色設備
- 實驗室設備規劃服務：CO<sub>2</sub> 萃取機配備、CO<sub>2</sub> 萃取機週邊系統
- 輔助清洗劑：洗淨專用
- 代工服務：萃取測試
- 民生應用：家庭用品



(日間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班

需要有操作證照的單位，歡迎向協會報名。

- 上課日期：**115/06/01~06/03 08:00~17:00**；**115/06/04~06/05 08:00~17:00(實習)**
- 上課時數：高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練課程時數 35 小時 + 2 小時(測驗)。
- 課程內容：高壓氣體概論 3HR、種類及構造 3HR、附屬裝置及附屬品 3HR、自動檢查與檢點維護 3HR、安全裝置及其使用 3HR、操作要領與異常處理 3HR、事故預防與處置 3HR、安全運轉實習 12HR、高壓氣體特定設備相關法規 2HR，共 35 小時。(另加學科測驗 1 小時及術科測驗約 1~2 小時)
- 上課地點：高雄市楠梓區高楠公路 1001 號【金屬工業研究發展中心研發大樓 2 樓 產業人力發展組】
- 參加對象：從事高壓氣體特定設備操作人員或主管人員。
- 費用：本班研習費新台幣 7,000 元整，**本會會員享九折優惠**。
- 名額：每班 30 名，額滿為止。
- 結訓資格：期滿經測驗成績合格者，取得【高壓氣體特定設備操作人員安全衛生訓練】之證書。
- 報名辦法：1.傳真報名：(07)355-7586台灣超臨界流體協會  
2.報名信箱：tscfa@mail.mirdc.org.tw  
3.研習費請電匯至 兆豐國際商銀 港都分行(代碼017)  
戶名：社團法人台灣超臨界流體協會 帳號：002-09-018479 (註明參加班別及服務單位)或以劃線支票抬頭寫「台灣超臨界流體協會」連同報名表掛號郵寄台灣超臨界流體協會，本會於收款後立即開收據寄回。

※洽詢電話：(07)355-5706 吳小姐 繳交一寸相片一張及身份證正本



# 報 名 表

課程名稱	高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練				上課日期	115 年 06/01~06/05	
姓 名	出生年月日	身份證字號	手機號碼	畢業校名	公司產品		
服務單位					電 話		
服務地址	□□□				傳 真		
發票住址	□□□				統一編號		
負 責 人	人	訓練聯絡人 / 職稱		email :			
參加費用	共	元	參加性質	□公司指派		□自行參加	
繳費方式	□郵政劃撥		□支票	□附送現金	報名日期	年 月 日	

※ 出生年月日、身份證字號、畢業校名、電話、地址須詳填，以利製作證書。

## 上課日期時間表

課程名稱：(日間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班

2026/06/01 (一)	08:00 ~ 17:00
2026/06/02 (二)	08:00 ~ 17:00
2026/06/03 (三)	08:00 ~ 17:00
2026/06/04 (四)	08:00 ~ 17:00 (實習第 1 組)
2026/06/05 (五)	08:00 ~ 14:00 (實習第 1 組)