

新聞稿

即時發放

港大化學研究人員提出光催化劑原位質子化機制製備「零碳」綠色氫能源 提高太陽能水解製氫效率 減緩溫室氣體排放

2022年12月12日

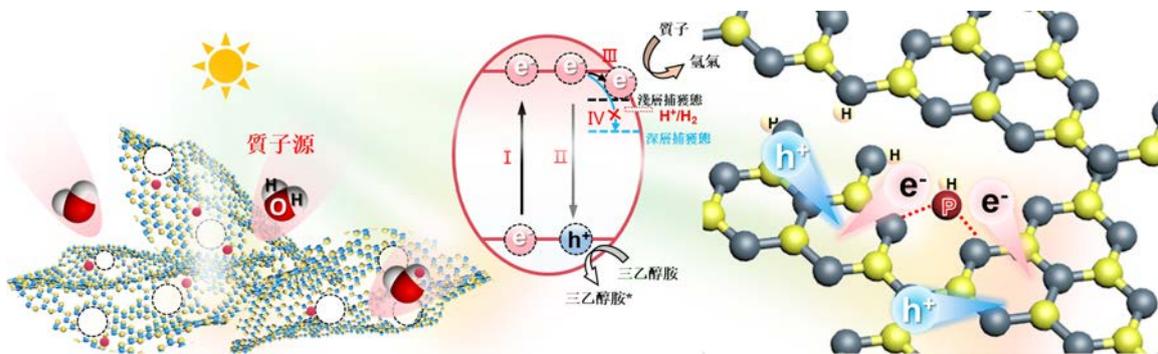


圖 1：港大化學系提出光催化劑原位質子化機制，有效提高太陽能水解製氫效率八倍，並有助製備綠色能源及減緩溫室氣體排放。

氫氣是可持續發展的一種綠色能源載體。然而，地球上的氫大部分都被「鎖」在水分子中，難以被利用。為應對實際的能源需求，分解水製備氫氣勢在必然。太陽能是一種豐富的可再生能源，以其驅動「光催化劑」直接分解水製氫是一種完美的策略。儘管目前付出了許多的努力，但光催化劑效率低、成本較高、實際應用速度緩慢等問題尚未得到很好的解決。

香港大學-中國科學院新材料聯合實驗室、香港大學化學系郭正曉教授和裴達偉(David Lee PHILLIPS)教授團隊發現了一種新穎的「催化劑原位質子化」的概念，來增強催化劑的光動力學和載流子分離效率。考慮到成本效益和實際工業應用，該團隊以非金屬氮化碳材料為研究對象，引入間隙磷原子摻雜及其原位質子化的概念，實現高效的可見光分解水製備氫能源。這項研究成果於近期發表在國際著名科學期刊《能源與環境科學》(Energy & Environmental Science)。

研究背景與成果

現時有不少研究和開發太陽能催化劑體系有關，旨在提高材料的電荷分離效率、轉移速率和太陽能利用率。然而，複雜的多電子轉移、質子偶聯和中間體動力學過程都大大影響了太陽能的轉換效率，目前這些影響因素還沒有得到完整的詮釋。因此，從分子結構的角度提出創新性的設計理念，從微觀、時間分辨光譜技術和原子模擬等層面深入探究複雜多變的太陽能轉化過程是非常必要的。

團隊充分考慮到目前光催化研究進展和面臨的挑戰，從不同的維度深入探究了這些基本問題，引入間隙磷原子摻雜及其原位質子化概念，以優化多孔氮化碳（ $g-C_{3-x}N_4$ ）的光動力學和電荷分離效率，進而提高其整體催化效率。原位質子化概念指出了在光解水過程中水分子的特殊作用，水分子不僅僅是溶劑或反應物，更展現出特殊的調節催化劑能級結構的作用。

具體的來說，團隊通過構建多孔氮化碳結構成功實現穩定的磷原子間歇位摻雜，形成原子異質結，其間歇磷原子原位質子化誘導形成電子的淺層捕獲態，進而有效地增強了激發態壽命，以及抑製了不必要的深層電子休眠和載流子複合，實現高效的光解水製氫。該團隊首次報道發現，在 $g-C_{3-x}N_4$ 中間隙磷參雜的原位質子化是一種非常有效的催化劑結構，對實現高效、穩定的可見光驅動分解水製氫能源具有重要的引領作用。

郭正曉教授說：「我們通過原位的結構構建實現高效的太陽能轉化製氫，該發現能為未來設計出高效的太陽能轉化體系開辟了新的思路。」裴達偉教授和應道：「光譜研究展示了豐富多彩的納米材料世界，它將為科學和技術的進步提供更多的可視化方法」。

關於郭正曉教授

郭正曉教授現任香港大學化學系與機械工程系聯聘教授、英國倫敦大學學院榮譽教授、歐洲科學院院士、英國皇家化學會會士和「材料、礦物和采礦學會」會士。曾為倫敦大學學院教授（2007-18），倫敦瑪麗皇后學院講師、教授（1995-2007），特拉思克萊德大學（1998-91）和牛津大學擔任研究員（1991-95）。郭教授 1988 年獲得曼徹斯特大學博士學位，1983 年畢業於東北大學。更多詳細信息請參閱研究課題組網頁：<https://zxguo.hku.hk/>

關於裴達偉教授

裴達偉 (David Lee Phillips) 現於港大化學系擔任講座教授。作為國際知名的化學家，他利用時間分辨光譜技術和量子化學計算來探究化學、生物和環境領域中化學反應中間體等問題。超過 350 篇學術論文被國際《科學引文》索引。他曾擔任《分子》期刊的編輯顧問和委員會成員，也是《物理有機化學》期刊的顧問委員會成員。裴達偉教授博士畢業於加州大學爾灣分校。更多有關其研究小組的詳細資料請見：<https://sites.google.com/view/dlplab/home?pli=1>

關於研究團隊

郭正曉教授研究團隊博士後研究員王文超為論文的第一作者。江蘇大學杜麗麗教授、香港中文大學李鴻基教授及其他香港大學化學系研究人員(包括夏睿勤博士研究生、梁潤輝博士、周濤博士研究生、鄢誌平博士、羅灝博士研究生、商從笑博士)均對研究付出莫大貢獻。

補充資料

W. Wang, L. Du, R. Xia, R. Liang, T. Zhou, H. K. Lee, Z. Yan, H. Luo, C. Shang, D. L. Phillips,* Z. X. Guo*
“*In-situ* protonated-phosphorus interstitial doping induces long-lived shallow charge trapping in porous C₃-xN₄ photocatalyst for highly efficient H₂ generation” (2022) Energy Environ. Sci. (DOI: <https://doi.org/10.1039/D2EE02680E>)

詳情請參看研究論文：<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/ee/d2ee02680e>

該項研究工作得到香港研究資助局-歐盟合作項目、香港環境及自然保育基金、研究資助局-研究基金、浙江省自然科學基金、廣東省重點領域研究及發展計劃、聯合實驗室項目、由創新香港研發平台支持的「香港量子人工智能實驗室有限公司」和香港大學平臺科技基金、創業基金，以及香港大學圖書館開放基金等支持。

傳媒如有查詢，請聯絡理學院外務主任杜之樺 (電話：3917 4948；電郵：caseyto@hku.hk / 助理傳訊總監陳詩迪 (電話：3917 5286；電郵：cindycst@hku.hk)。

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