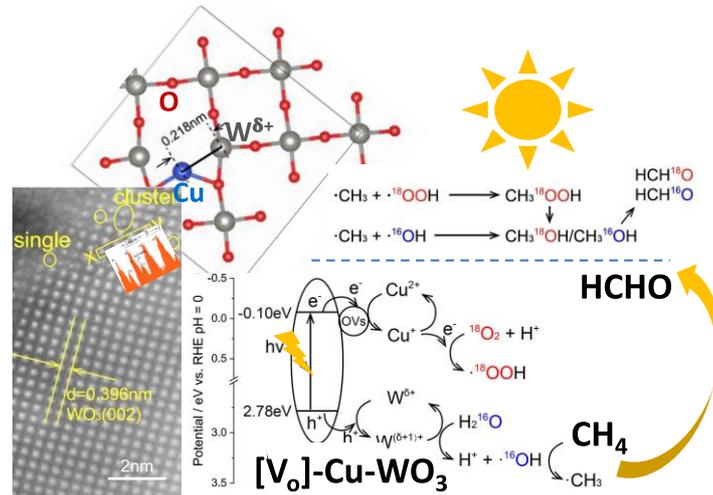


新聞稿

即時發放

港大化學家研發出環保催化劑  
利用太陽能將甲烷轉化為新工業品 實現淨零排放

2023 年 5 月 28 日



圖一：甲烷在  $[\text{V}_o]\text{-Cu-WO}_3$  光催化劑上定向選擇轉化為甲醛。圖片經過修改，原圖取自於《自然通訊》相關文章。

香港大學(港大)化學系郭正曉教授、清華大學化學工程系唐軍旺教授與倫敦大學學院研究人員共同開發了一種高活性和高選擇性的催化材料 (highly active and selective catalytic material)。這種創新材料源於三氧化鎢 ( $\text{WO}_3$  催化劑)，能夠高效地轉化溫室氣體甲烷為廣泛應用於工業的化學物質甲醛。該材料具有雙活性位點，由銅和鎢原子物種組成，在它們的協同作用下，可確保高效和高選擇性的轉化過程。在可見光下，該轉化過程可實現近乎 100%的選擇性，避免產生不必要的副產品，有望減低甲烷對氣候變化的負面影響，以及開拓化工業的低碳能源和資源的生產與處理方式。這項發現剛剛在著名科學期刊《自然通訊》上發表。

甲烷是天然氣的主要成份，是許多化學品廣泛使用的碳源。然而，它也是一種強效的溫室氣體，其導致全球暖化的能力比二氧化碳高出 70 多倍。因此，將甲烷「催化轉化 (即將甲烷轉化為其他化學物質)」為實現「淨零碳」能源和化學品帶來巨大的機遇，同時亦可幫助解決全球暖化的問題。由於甲烷是一種非常穩定的分子，使其難以在溫和的環境下被激活，而且在激活後所產生的物質亦很雜亂。因此，對化學家而言，在甲烷轉化中實現高活性和高選擇性是一個重大挑戰，而分子間碳氫鍵的選擇性活化更是催化領域中最難以捉摸的「聖杯」之一。

另一方面，甲醛是一種被大量生產的商業化學品，其市場價值高達 80 億美元，而複合年均增長率 (Compound Annual Growth Rate) 為 5.7%。它被應用於家庭、商業、航空、醫療和汽車產品，

並作為三聚氰胺、脲醛和酚醛樹脂等重要前驅物 (precursor)。此外，甲醛也用於製造疫苗、抗感染藥物和硬膠囊等。目前，甲醛的生產通常使用銀或金屬氧化物催化劑，經由甲醇氧化脫氫反應而產生。然而，這過程必須在高反應器裏進行，其溫度超過 500-600°C，因而導致大量的二氧化碳排放和能源損失。

在這項研究中，團隊發現了一種利用太陽光將甲烷氣體轉化為甲醛的新方法。他們發現在氧化鎢上分散的銅原子和處於還原態的鎢原子能產生協同作用，使其在可見光下展現出卓越的光催化特性，將甲烷轉化為甲醛。該過程表現出近乎 100% 的選擇性和高轉化效率，明顯比已經被廣泛研究及應用的光催化劑優勝 (具有轉換頻率  $\text{TOF} = 8.5 \times 10^6 \mu\text{mol} (\text{HCHO}) \cdot \text{g}^{-1} (\text{輔助催化劑}) \cdot \text{h}^{-1}$ )。

通過機理分析，銅有助於電子遷移並創建反應性分子物種，而鎢則有助於活化甲烷氣體。具體地說，即銅作為電子受體，促進從導帶到雙氧吸附物的光誘導電子轉移，並產生具有強氧化性的過氧化氫自由基 ( $\text{HOO}^\bullet$ )，這些自由基可以參與催化反應並促進甲烷的轉化。同時，具有部分正電荷的相鄰鎢原子起了孔受體 (hole acceptor) 的作用，能促進電荷傳遞。鎢原子的正電荷能吸引水分子，使其成為首選的吸附和活化位點，從而產生了羥基自由基 (hydroxyl radical)，於是能有效地將甲烷活化為甲基自由基。因此，相鄰的雙活性位點的協同作用極大地增強了轉化過程的整體效率和單一產物的選擇性。

這一發現為進一步研究和開發各種化學轉化的新型光催化劑開闢了新的路徑，促進了化學工業中更可持續和高效發展的轉化過程。論文通訊作者之一的郭正曉教授表示：「以太陽能轉化甲烷既能實踐低碳化學合成，又能為其效能增值。然而，產品選擇性和生產效率是成功的關鍵。這須深入地了解轉化機制，並精心設計催化劑，以及採用功能互補的檢測技術來確認催化劑的性能——這是一個需要強大協作精神的跨學科任務，而我們的團隊成功地完成了這些任務，並得到比預期更好的成果！」

相關論文：'Nearly 100% selective and visible-light-driven methane conversion to formaldehyde via. single-atom Cu and  $\text{W}^{\delta+}$ ' (*Nature Communications*, 2023)

論文連結：<https://www.nature.com/articles/s41467-023-38334-7>

圖片下載和說明：<https://www.scifac.hku.hk/press>

傳媒如有查詢，請聯絡港大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))。