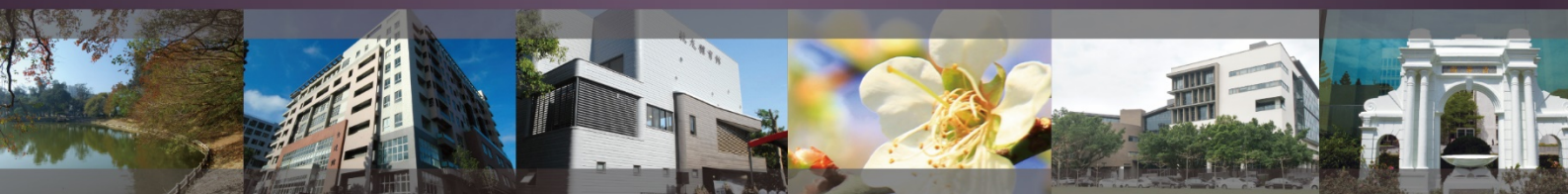


清華與利物浦大學聯手 發現鈣空氣電池充電機制



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

2021 首頁故事

清華與利物浦大學聯手 發現鈣空氣電池充電機制

金屬空氣電池以其能量密度高、環境友善及低成本的優勢，成為最具潛力的電動車供電來源之一。清華大學與英國利物浦大學合作研究，發現一種新型的電荷儲存機制，突破了過去鈣空氣電池無法重複充放電的限制。因鈣在地表的蘊藏量極高，空氣中的氧也可無限取得，這項研究成果將為開創永續電池科技邁出一大步。

這項研究已登上最新一期的國際頂尖期刊《化學科學》(Chemical Science)。第一作者為清華與利物浦雙聯博士生盧奕廷，由利物浦大學化學系教授哈威克 (Laurence Hardwick) 與清華大學化工系講座教授胡啟章共同指導，另一位利物浦博後研究員尼爾 (Alex Neale) 也參與研究。

一百次充放電循環 打破不可能

胡啟章教授指出，目前普遍使用可重複充放電的鋰離子電池因載電量有限，且高電壓鋰離子電池有易爆炸的危險，許多科學家因此把研究的焦點轉向了鋅、鋰、鈉、鉀及難度更高的鈣、鎂、鋁等金屬空氣電池，作為未來電動車及風電、太陽能發電的儲能工具。其中的鈣空氣電池具有體積小、能量密度高的優點，可提供電能是傳統鋰離子電池的 5 倍，但因它只能一次性放電，無法再次充電，研究陷入瓶頸。

盧奕廷說明，金屬空氣電池是以活性較高的固態金屬為負極，與空氣接觸的多孔碳材為正極的電化學電池。當負極的金屬被氧化，正極的氧氣被還原，即產生電流。

盧奕廷在清華完成第一年的博士學業後，於 2018 年 9 月進入利物浦大學的史蒂芬生再生能源中心，在教授哈威克的指導下，接手之前未能完成的鈣空氣電池電解液研究。

「沒想到我第一次進實驗室，做了一百個充放電循環，就得到了與過去截然不同的結果。」盧奕廷發現，對單一電極進行充放電循環時，前二、三次的確無法充放任何電能；但當他持續循環數十次以後，卻發現系統竟可逐漸充放部分電能。

因過去從來沒有科學家成功運用鈣離子電解液讓電池充放電，一開始盧奕廷還不确定是實驗錯誤、還是真的發現了全新的可能。他立即向兩位指導教授報告，接下來的一年多，研究團隊不斷討論、重複驗證，找出這個令人興奮的新

現象背後機制，在於鈣離子會在正極找到了新路徑，於電極表面形成特殊的氧化鈣介面，把氧氣的還原產物（超氧化物）限制在其中，使電池內部可重複氧化、還原，就能連續充放電。

尼爾說，透過系統性的電化學與光譜研究，團隊開始了解這個特殊的新型電荷儲存機制和背後的成因，這項研究的新發現也為鈣空氣電池帶來前所未見的可充電性。

哈威克教授指出，團隊接下來的研究重點將放在如何將這樣的新電荷儲存機制應用於實際的電池系統設計中。此外，他也表示，因為有清華-利物浦合作的研究模式，才取得這項重要的研究成果，為未來更緊密的合作關係奠立典範。

胡啟章教授認為，這項新型態的電荷儲存機制不僅可應用在鈣空氣電池，也將為其他的金屬空氣電池研發指出新的路徑。他特別感謝我國科技部及英國工程和自然科學研究委員會（EPSRC）對這項研究的支持，也期待能早日看到鈣空氣電池的實際應用與量產。

滿級分學霸盧奕廷 25 歲取得雙博士

盧奕廷是板橋高中第一位在大學學測取得 75 級分滿級分的學生，當年以第一志願進入清華化工系，並以第一名的成績畢業，直攻清華-利物浦雙聯博士。今年才 25 歲的他，即將在 7 月取得清華化工博士及利物浦化學博士雙學位。

在指導教授胡啟章眼中，盧奕廷對研究的熱誠、執著，願意投入基礎研究、而不僅著眼應用的精神，令他特別欣賞。盧奕廷本該在利物浦進行兩年的研究，但去年初英國因疫情封城，他只得提早半年返台。為了繼續未完成的實驗，他花了幾個月的時間，親自找廠商依他的設計重新打造一套與英國實驗室相近的設備。

憶起去年回台後的實驗過程，盧奕廷形容「就像一場 24 小時接力賽」，由於時差，台灣這邊做實驗、收集數據時，英國當地是睡眠時間；在台灣睡眠時間，英國團隊繼續進行研究工作，日夜不休，後續研究在短短兩三個月內即順利完成。

盧奕廷也感謝清華及利物浦兩所母校對他的培育。他說，清華化工系著重實務面的「工程」，講求效率與成效；利物浦化學系則重視「化學」的學術性，不斷要求學生反思「為什麼」，雙聯學位的學習歷程帶給他更全面的學術視野。

清華－利物浦雙聯博士合作 10 年

清華大學與利物浦大學自 2012 年簽署合作備忘錄、開啟雙聯博士合作計畫，今年已邁入第十年。全球長嚴大任指出，雙方共同指導的博士生達 39 位，包括 13 位畢業生，研究領域涵蓋動機、化工、資工、物理、經濟等，成果斐然。特別的是，利物浦來清華的博士生人數甚至是清華派出去的 3 倍，顯示清華的研究環境得到英方的肯定。

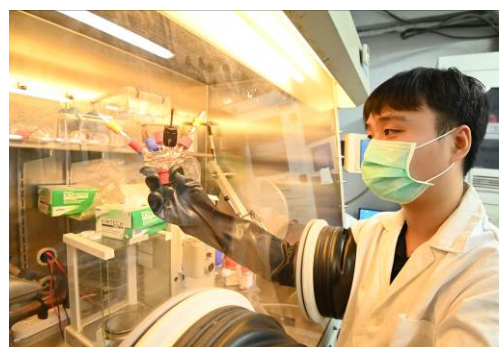
嚴大任全球長說，參與雙聯計畫的博士生第一年在清華學習，第二、三年前往英國，第四年再回台完成畢業論文，即可分別取得兩校博士學位證書。參與的博士生不僅免繳清華及利物浦的學雜費，赴英兩年期間，每月還可獲得清華校方及指導教授合計至少 21000 元的津貼補助。

充電電池比較表

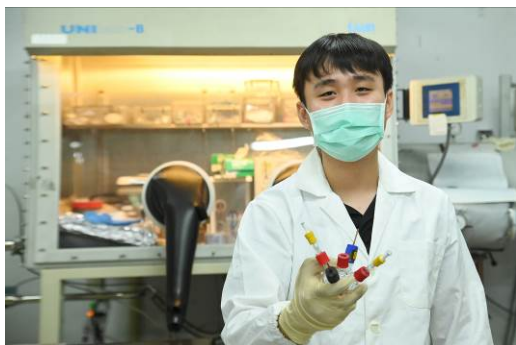
種類	金屬	能量密度	安全性	地殼含量
金屬空氣電池	鈣	+++	+++	+++++
	鋰	++++	++	+
	鎂	++++	+++	+++
	鈉	++	+	+++
	鋅	++	+++++	+
	鉀	++	+	+++
鋰離子電池	無	+	++++	+



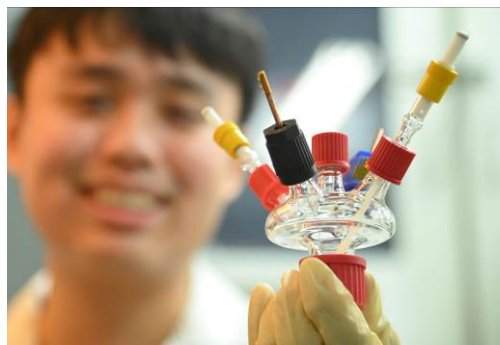
盧奕廷(左四)加入利物浦大學哈威克教授(右五)研究團隊，與博後研究員尼爾(右三)共同發表研究成果。



盧奕廷在清華大學重建英國的實驗設備，完成鈣空氣電池實驗



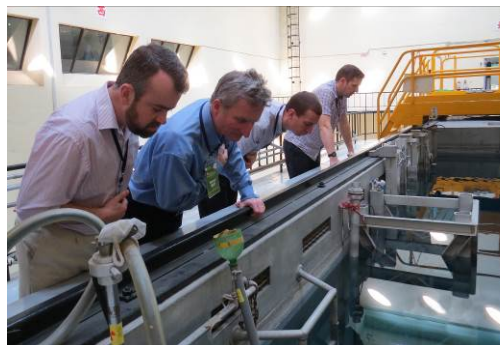
盧奕廷在清華大學重建英國的實驗設備，手上是他設計的電化學反應裝置



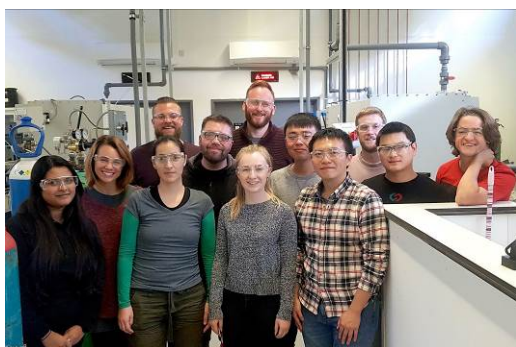
盧奕廷設計可放置電極並引氧氣出入的電化學反應裝置



清華大學與利物浦大學 2018 年在台舉行雙邊學術會議



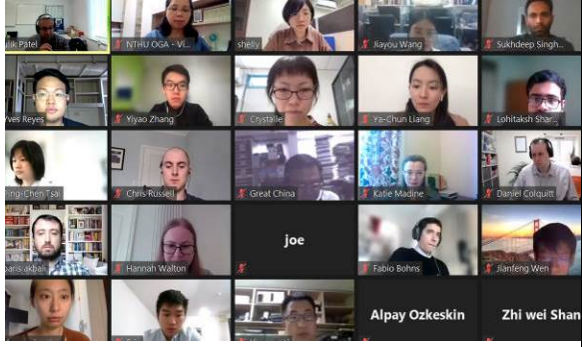
利物浦大學教授 2014 年來台參訪清華大學原子爐



盧奕廷(右五)加入利物浦大學哈威克教授(中後)研究團隊



盧奕廷在清華-利物浦雙邊學術會議中報告金屬空氣電池研究成果

	
清華-利物浦雙聯博士生今年5月透過視訊會議討論研究進度	盧奕廷赴英國利物浦大學攻讀博士
	
清華化工系教授胡啟章(前中)的研究團隊，左二為盧奕廷	