

◆ 孟穎 ◆

芝加哥大學普利茲克
分子工程學院教授

電力，早已滲透現代生活，從手機、電燈到升降機等無一不用電。在全球尋求能源轉型之際，華人科學家孟穎帶領團隊，研發出全球首款「無陽極鈉固態電池」，可更低成本、更高容量，並更快儲存電力，為未來電網帶來新可能性。她指出，鈉等元素將是未來關鍵，強調電池產業要實現真正可持續發展，光靠技術不夠，還需政策誘因與明確的回收責任等。對她來說，這場「能源革命」非國與國的競賽，而是與地球的升溫速度比拼。她期望，未來每顆電池不再是消耗品，而是成為可循環、值得傳承的資產。

記者 林家希



■ 孟穎帶領團隊研發出全球首款「無陽極鈉固態電池」。

……………{ 每一顆電池都是資產，關鍵是如何把資產發揮到極致。 孟穎 }……………

低成本高容量 突破技術瓶頸

孟穎研新型電池 與地球升溫競賽

與孟穎的對話，在她早前到港主持芝加哥大學香港分校的公眾講座後展開。這位屢獲國際肯定的能源科學家，與團隊歷經8年時間，研發出全球首款「無陽極鈉固態電池」。該新型電池，移除傳統的負極，將離子儲存在集電器上的鹼金屬電化學沉積物上，提升電壓、降低成本並增加能量密度，採用廉價的鈉代替鋰，生產過程更經濟環保，其固態設計進一步提高安全性。

孟教授提到，研發「鈉電池」並非為了取代「鋰電池」，而是希望善用地球上未被充分利用的元素，「電池是為全人類服務的，有更多選擇總是好事。人類必須尋找可持續的科技，才能完成能源轉換。」她指，過去社會沒把「低碳」、「可持續性」視為真正目標，「現在是鈉電池最棒的機會！」

捨稀有金屬 從常見元素取材

孟解釋，曾與多間礦業公司，包括從非傳統來源提取鋰的企業，討論資源供應的問題，「如果不擴大鋰產能，短期內還能應付第一批100太瓦時(TWh)的電力需求」，但若目標是實現300太瓦時的儲能，並把電池成本壓至極低，應把注意力放在「岩石形成元素(rock-forming elements)」，如鈉、鎂、矽、鈣，這些地殼中最常見、價格最便宜的元素。

她說，「我常開玩笑說，鋰能讓人開心(可製抗抑鬱藥)，鈉會讓你高血壓(吃太多鹽)，但想像一下，如果我們能把食鹽造成電池，那會有多神奇！」

她預期，未來電動車仍由鋰電池主導，但在小型移動工具與電網儲能領域，鈉電池具備潛力。

不過，孟教授也坦言，要讓新電池技術進入低利潤市場極為困難，「雞生蛋、蛋生雞的問題，如果沒有適當的激勵政策，新技術很難突破發展瓶頸。」她直指，新技術的誕生，無法單靠市場力量獨立完成，更需要有政府的資助與支持。

她提到，中國政府對電動車的支持長達20年，政策一致且持續，如在2015年推出企業「白名單」，補貼名單上的公司，合資公司不在其

中，屬於保護主義，但與此同時實施開放的全球化政策。她舉例，Tesla是唯一在中國設廠且100%外資的企業，從動工到點燈只花了168天，供應鏈本地化比例超過95%，「目前全球超過90%的石墨，以及70%的電池產能集中在中國，是過去數十年累積的結果。」

全球電池的平均成本已降至每千瓦時80美元以下，社會緊接向科學家提出新提問，「能否製造出100%可回收的電池？」對此，她給出肯定的答案，但提醒不能再使用傳統的高耗能冶金法(pyrometallurgy)，「用在低價電池上會虧本，必須開發新的回收機制。」

回收路卡關 打造有價值生態

目前全球鋰電池回收率約為20%至25%，孟分析，主要面對3個問題，包括使用者意識不足，「使用者沒有很好地被告知廢舊電池的安全風險，也不知道該怎麼處理。我覺得電池或電動車的製造商應在公眾教育上做得更好。」

回收責任不明確也是原因，她坦言，「業界也不確定是電池廠負責，還是品牌商負責回收！」她指，目前歐洲有較完整的規範，推行「電池護照(battery passport)」，「電池的原料來源、製作、生產和運輸很重要。」

港適合「城市採礦」循環模式

她認為另一主因是缺乏回收誘因。她強調，電池業要避免「越便宜、越沒有回收價值」的情況，當中涉及到各地政府有否把「可持續性」視為價值。她指，必須為回收賦予經濟和社會價值，「不能只把社會價值強加於企業或工廠，必須創造經



■ 孟穎日前於芝加哥大學香港校園舉行講座，分享能源轉型與電池創新研究。

濟價值的可持續性，才能真正的「可持續」。

孟認為，香港與新加坡有很多共通點，人口密集、土地昂貴、人工成本高，「做生產是不切實際的，但非常適合高端應用場景，比如人工智能、無人駕駛，甚至未來可能出現的飛行汽車，可以預期香港未來會擁有大量電池。」

「每一顆電池都是資產，關鍵是如何把資產發揮到極致。」她指，香港適合做「城市採礦」(urban mining)，「從各地回收廢舊電池，建立迷你回收廠，提取和利用其中的金屬如鋰與鈷。工廠可以設在內地，但要注意運輸過程會有碳排放。」

孟笑說，自己未來的夢想，希望能清楚知道每顆電池中有多少克鋰、多少克鈷，回收回來也要有同樣的鋰和鈷，「這些資源就能一直用下去，成為可傳承的資產。」

她強調，可持續性是高密度城市的關鍵價值，「香港可以多從這個方面思考，如何判斷一塊電池是否該退役、繼續使用可能帶來的安全隱患，推行電池護照並結合數位孿生(digital twin)作追蹤。」她相信香港有潛力把這件事做好，打造全新的商業模式。

「我希望大家記得，全球電池競賽不是彼此之間的競爭，真正的對手是地球的升溫速度。」她強調，終極目標是實現可再生能源的儲能，容量達到數十億瓦時(GWh)。目前全球每年產能約為1太瓦時，僅完成全球能源轉型的2%。她語重心長地說：「我們現在應該思考未來10年的戰略與合作，而不是互相指責。」

孟說，未來1至2年將是鈉電池研究的關鍵時期，「我們必須向社會證明，鈉電池是可持續、低碳、高性價比的科技，才能吸引更多投資者去開發、支援技術的放大。」

「科學家最大的幸福是，當你做得好，可以讓很多人受益。」她說，許多偉大的科學家即使在逝世多年後，仍被世人記得，因為他們為人類留下了貢獻，「我希望我有機會成為這樣的科學家，這就是我認為的幸福。」



■ 孟穎於新加坡南洋理工大學畢業後，獲邀前往美國麻省理工學院深造。受訪者提供

不抱怨不沉默 打破性別薪酬不公

科學界長年由男性主導，孟穎教授坦言，女性科學家至今仍會遭遇不平等，但抱怨沒有意義，也不能默默忍受，「這些經歷只會讓我變得更強大。」

得獎演講差別對待

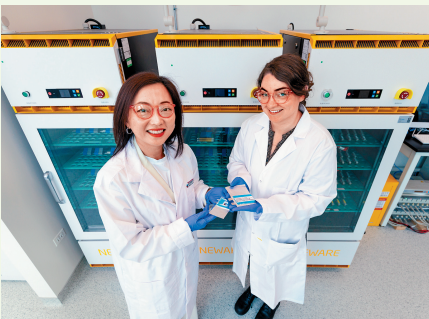
孟憶述，在一場頒獎典禮中，她與一位男性得獎者同時受邀演講，對方站上主會場，面向全體參與者演講，自己則被安排在午餐時段，觀眾僅200名女性，「我選擇把那場演講做到極致，把在科學界遇到的問題用喜劇方式表達出來，很多人可能還記得那場『脫口秀』！」

在加州大學聖地牙哥分校任職期間，她曾面對約15%的性別薪資差距。她主導與校方協商，過程中遭受他人辱罵與批評，但她沒退讓；經過2年周旋，最終促成制度改善，「我後來離開了，但這件事對同事是有意義的。」

她感恩母親從小教會她自立，「我母親非常外向，支持女性獨立，我們家一直奉行經濟獨立和精神獨立，對我的價值觀有很大的影響。」

多元視角研技術 相信知識是最好「產品」

孟穎的人生有許多驚喜的瞬間，有些藏在轉角處，有些是她堅定走來的成果。



■ 孟穎與團隊潛心研究能源儲存與轉換技術。受訪者提供

孟穎在中國杭州長大，其父曾任當地水電部總工程師，母親是一名土木工程師。8歲那年，父親送她一本《科學家的一百個故事》，書中講述諾貝爾獎得主的故事，盼她走上科研之路。她笑說，當年不在此，嚮往讀法律，希望從政或當外交官。

全額津貼星洲留學 再到MIT

17歲那年，孟離鄉到新加坡求學，並非因家境優渥，「剛好相反，是因為我們家沒錢。」當時新加坡提供全額獎學金與生活津貼，積極招攬中國留學生。畢業後她須履行獎

學金的承諾，在當地銀行服務。她開門見山對職員說：「4年後我會辭職，攻讀材料科學的博士。」對方是位數學博士，坦言自己年輕時未有追夢，主動提出幫她解除保證書。

無獨有偶，當時新加坡與美國麻省理工學院(MIT)成立合作聯盟，她獲邀參與，在MIT逗留期間，有教授邀請她成為其博士生。她說，當時美國走在世界前沿，「MIT的教授不僅做研究，更思考如何把科技轉化為生產力，幾乎每人都有自己的公司。」

後來孟留在美國，建立研究團

隊，專注研究能源儲存與轉換技術。她的團隊成員背景多樣，有來自材料、工程，甚至中醫出身，當中亞洲、美國和歐洲學生比例均衡，她說：「多元化不僅是種族、性別或，年齡的不同，更重要是從不同角度看待問題。」

孟指，作為老師，其真正「產品」不是電池，而是知識和人才；當學生將所學知識帶回本國，才是推動行業發展的關鍵，「只有通過多元化，讓不同國家和地區，用各自的方式推動可持續電池產業的發展，這個目標才能真正實現。」