

打造全球首個「可充電的水泥基電池」

瑞典查爾默斯理工大學 在永續科技的創新路



圖片提供：Shutterstock

早

在多年前，瑞典就開始重視永續議題，並於一九六七年成為全球第一個通過環境保護法案的國家。然而，想要推動永續議題，除了改變社會大眾的舊有觀念，另一項重點在於有效使用資源，這正是「理工組」的強項。

身為瑞典頂尖的理工大學，查爾默斯理工大學（Chalmers University of Technology）把握機會，匯聚資源與人才，扮演重要的樞紐。其中，透過發展多年的石墨烯旗艦計畫（Graphene Flagship），二〇一三年再度獲得歐盟一百億歐元補助，可被視為對其多年耕耘的再一次肯定。

推動電池革新的古老學院

查爾默斯理工大學成立於一八二九年，由瑞典東印度公司（Swedish East India Company）董事威廉·查爾默斯（William Chalmers）捐款成立，期望能成為一所「為窮困孩子打造的產業學校」。

校區位於瑞典第二大城——哥特堡（Göteborg），是北歐知名港口城市，因此查爾默斯理工大學創校初期以造船工程、礦業工程教育聞名，隨後才逐漸將版圖擴展到其他領域，包括化學工程、電子工程、計算機科學等。如今，查爾默斯理工大學擁有超過八千六百位學生、近兩千位教職與研究人員，是瑞典歷史悠久的技術大學。

近年來，查爾默斯理工大學充分利用其理工學院的團隊與技術，結合永續議題，打造許多創新高教的有趣案例，而各種更節能、高效的「電池」，就是他們努力的方向之一。

二〇二一年，查爾默斯理工大學的建築與土木工程研究團隊打造了全球第一個「可充電的水泥基電池」（rechargeable cement-based battery），簡單來說，他們將一座二十層樓的水泥建築打造成一臺巨型電池。

他們首先以水泥混合物作為基底，加入少量短碳纖維，以增加導電性和彎曲強度，最後再加入外層鍍有金屬的碳纖維網，以鐵為陽極、鎳為陰極，完成這組電池模型。

二〇二三年，查爾默斯理工大學的「電池回收實驗室」針對廢棄電池所造成的環境污染，發表了一項新研究。「想要減少對環境的傷害，我們就需要找到無機化合物的替代方案，目前這個領域最大的瓶頸，在於如何移除殘留物質，像是鋁。」查爾默斯理工大學化學與化學工程學系教授馬丁娜·佩特拉尼可娃（Martina Petráňková）說明。

研究結果，成功解決了過多廢棄金屬的問題，關鍵在於使用了草酸（oxalic acid），這種在大自然中就可以發現的天然有機酸。研發的新型電池不僅可以回收一〇〇%的鋁、九八%的鎂，而且流失的鎳、鈷、錳也極為稀少，帶來極大的技術突破。



追逐石墨烯與現代科技的腳步

作為超過兩百年歷史的老字號大學，查爾默斯理工大學不斷追逐現代科技、挑戰尖端，其中之一就是對於「石墨烯」的研究。石墨烯目前是世界上最薄、最堅硬的奈米材料，同時也是電阻率最小的材料，因此近年來愈受到重視，不僅被期待能用以開發更薄、導電速度更快的電子元件，而且如今也早已用途廣泛，從海水淡化、太陽能電池、癌症治療等領域都可以發現它的足跡。

早從二〇一三年，歐盟就推出石墨烯旗艦計畫，成為歐盟史上最大型的研究計畫，而查爾默斯理工大學不僅參與其中，多年來也屢有貢獻。二〇一六年，劉喬漢（Johan Liu）和他的研究團隊發現一種利用石墨烯薄膜冷卻電子產品的新方法，將散熱效率提升到七六%。

劉喬漢表示：「我們發現這種石墨烯薄膜，正是幫助電子產品有效散熱的黃金鑰匙。這開啓了日後更廣泛的各種可能性。」石墨烯旗艦計畫總監、同時任教於查爾默斯理工大學

的傑瑞·基納雷特（Jari Kinnaret）表示：「透過此研究計畫，查爾默斯理工大學得到大規模資金支援，但更重要的是，我們的知名度也藉此提升，在某些領域更受到注意。」

富豪汽車成為幕後功臣

企業與大學的合作，也是查爾默斯理工大學完成眾多突破性研究的原因，像是瑞典知名汽車品牌——富豪汽車（Volvo）。查爾默斯理工大學和富豪汽車的合作關係可以追溯到二〇〇九年。自從當年簽下第一份合作協議後，雙方至今仍維持定期續約，最新一次是在二〇二一年，當時雙方再度簽署一份為期三年的合作協議。這些年來，他們建立了高教與企業之間的創新合作關係。

二〇一二年，富豪汽車啟動自動駕駛研究專案「Drive Me」，並與瑞典交通局合作，在哥特堡周圍的特定道路實行自動駕駛科技。而查爾默斯理工大學則在二〇一五年加入了此項研究專案。

前富豪汽車總裁兼執行長哈肯·山姆爾森（Håkan Samuelsson）曾表示：「學術視角非常重要，可以幫助我們持續研發，並嘗試將自動駕駛科技融入日常生活。同時，這種合作也有助於富豪汽車在未來汽車產業中保持領先地位。」

富豪汽車不僅吸收查爾默斯理工大學的學術人才，還積極反向回饋，設立獎學金和相關學位。此外，他們還參與課程設計過程，讓課程大綱更貼近業界實務需求，幫助學生在畢業後順利銜接業界。

二〇一八年，富豪汽車旗下的「富豪巴士」(Volvo Bus)推出了首款自動駕駛電動巴士，研發團隊中，也不乏查爾默斯理工大學的學生。

過去，自動駕駛與大眾交通工具的相關研究，大多聚焦在自動駕駛的科技突破上，不過這一次他們將焦點轉向使用者視角。來自查爾默斯理工大學人因工程學系 (Design & Human Factors Department)、也參與研究的麥可·喬漢森 (Michael Johansson) 表示：「在研究中，我們發現，影響民眾如何看待大眾運輸工具的關鍵因素，並非在於巴士司機是人類或是機器，而是乘客能否享受一段順暢的旅程。」

他們也從這段實驗中，發現更多自動駕駛技術的可能性，像是分攤人類司機的部分工作內容，「其中一項發現是，自動駕駛技術可以協助公車司機更輕鬆、更準確地停靠在公車站。當公車司機不需要專注在與人行道保持安全距離，他們就可以把注意力轉移到其他地方，進而提升駕駛安全，讓車內的乘客、車外的行人都能因此受益，」麥可·喬漢森說，「一些受訪駕駛甚至認為，自動駕駛系統可以讓搭乘公車這

件事情更符合人體工學，減少脖子和肩膀的負擔。」

還有一項很特別的，就是富豪汽車也投入資源，支持查爾默斯理工大學的學生賽車團隊「Chalmers Formula Student」。賽車競賽成本高昂，但富豪汽車不只支援經費，也不吝分享經驗與專業技術給查爾默斯理工大學的團隊。

富豪汽車的動力系統和賽車部門總監德瑞克·克萊柏 (Derek Crabb) 表示：「『Chalmers Formula Student』團隊非常優秀，這也是一個特別的合作機會，讓富豪汽車有機會與學生族群交流，並且發掘未來的人才。」

當雙方在二〇一〇年開始合作時，「Chalmers Formula Student」團隊人數僅有二十五人，時至今日，二〇二四年的「Chalmers Formula Student」團隊人數已增長到六十九人，富豪汽車也成為他們的VIP贊助者。

二〇一三年，「Chalmers Formula Student」團隊參與了兩項學生賽車的國際賽事，而且表現都非常亮眼，包括在匈牙利的匈格羅寧賽道 (Hungaroring) 拿下總冠軍，在德國的霍肯海姆賽道 (Hockenheim) 拿下防滑性能冠軍，而富豪汽車就是幕後的一大功臣。

從電池革新、有效為電子產品散熱的石墨烯，到自動駕駛技術的突破，查爾默斯理工大學展現了強韌的研究能力，並與實務結合，讓學生走出高牆，和世界接軌、帶來影響力。