

# 新一代「彈卡」製冷技術 開啟全球減碳新機遇

## 科大敢創可為

香港特區政府正積極落實《香港氣候行動藍圖2050》，致力於2050年前實現碳中和。在這場綠色轉型進程中，建築節能減碳無疑是關鍵戰場，而製冷技術革新更是實現目標的重要突破口。香港屬亞熱帶氣候，對空調製冷需求殷切。目前，建築物消耗了全港約九成電力，逾六成碳排放來自建築物耗能相關的電力生產。面對香港近三百萬個住宅單位、逾1,300萬平方米私人寫字樓的龐大建築存量，如何有效降低建築物的能源消耗與碳排放，已成為香港推進低碳城市發展的重要課題。

香港科技大學一直致力在「彈卡」製冷技術方面尋求創新突破。去年，筆者帶領的團隊發布全球首台千瓦級「彈卡」製冷裝置，在室外溫度達31℃的環境下，系統只需15分鐘便可將室內溫度穩定維持於21℃至22℃。今年初，團隊亦發布了全球首台低溫「彈卡」冷凍裝置。這兩項技術標誌著「彈卡」固態製冷技術邁向商業化的重要里程碑。

最近，團隊再取得關鍵突破，研發出全球首台零衰減「彈卡」製冷裝置，大幅提升系統的耐久性與

可靠性。此技術有望取代沿用多年的傳統蒸汽壓縮製冷系統，顯著降低能源消耗，並避免使用對環境有害的製冷劑，減少溫室效應及臭氧層破壞問題，為香港以至全球建築節能減碳帶來嶄新方案。

## 研綠色固態製冷劑 壽命逾十年

自國際科學界發現記憶合金的「彈卡」製冷效應以來，「彈卡」製冷技術未獲業界普及應用，主要受制於製冷性能衰減及長期可靠性不足等技術瓶頸。現有「彈卡」製冷裝置大多採用商業鎳鈦形狀記憶合金（NiTi）作為製冷劑，但長期使用後製冷效能會逐步下降。為破解此難題，我們開發出新一代高抗疲勞形狀記憶合金，並集成於固態製冷劑結構中。

新系統能在反覆相變循環過程中，維持穩定的「彈卡」性能、高效的潛熱釋放和吸收，實現更可靠、更持久的製冷效果。雙層翅片式的製冷劑結構，不僅提升換熱效率，更可增強結構的抗屈曲能力，實現超過一千萬次循環壓縮載荷的超長疲勞壽命。

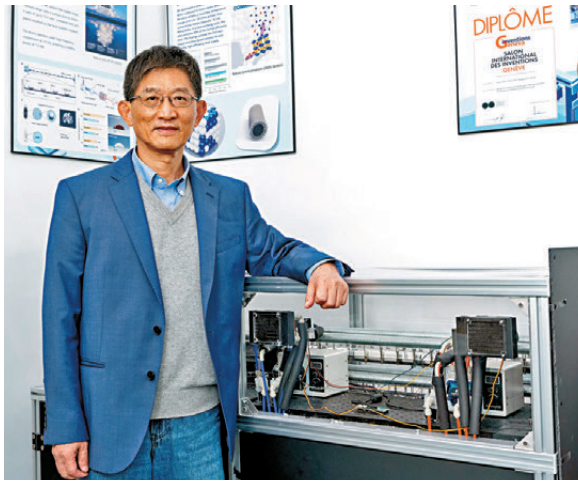
同時，我們也優化了器件整體結構，以降低熱損

失，提升系統穩定性。新設計能將零部件數量減少約一半，有助降低製造成本，提升商業化潛力。

測試結果顯示，運用新型材料和器件設計構建的新一代「彈卡」製冷裝置，在一百萬次循環運行過程中，仍能保持400瓦製冷功率的穩定輸出，且性能毫無衰減。我們正利用此技術開發一套新空調系統，如應用於實際場景，預計這種綠色固態製冷劑可使用超過十年。不論是商業及住宅樓宇、數據中心、醫院、學校，抑或大型公共設施，都有望成為重要的應用場景。

展望未來，若能推動「彈卡」製冷技術在建築領域展開大規模示範應用，將為香港建築能效升級和深度減碳注入全新動力。為此，我們需要進一步深化產學研合作，加快技術示範平台的建設，推動創新成果融入建築規劃、能源管理及建造流程，並為政策制定提供科學依據和實證支持。

在全球邁向碳中和的新時代，「彈卡」製冷技術的革新不僅是一項工程突破，更可能孕育下一個綠色產業風口。隨着技術逐步成熟並實現規模化應用，香港有望在未來十至二十年大幅降低建築相關的碳排放，建設更具韌性、更可持續發展



●孫慶平帶領的團隊發布全球首台千瓦級「彈卡」製冷裝置。圖為孫慶平。 科大供圖

的城市，並在亞太區以至全球脫碳進程中擔當重要角色。



●孫慶平 科大機械及航空航天工程學系講座教授

# 懷孕改變腦脂質分布 或提升對嬰兒敏感度方便照顧

## 科學講堂

大家可能都知道，哺乳類動物的腦除水分後，約一半的乾重來自脂質。脂質在腦中最為人熟知的功能，或許是作為神經元髓鞘的主要成分，避免神經元在傳導訊息時互相干擾。雖然早在一個多世紀以前，科學家們就已開始編制腦脂質的目錄，但我們對腦中脂質如何分布、為何具有如此豐富的生化學，理解仍處於起步階段。這次就跟各位談一談近日在這方面的研究結果。

我們對腦脂質的理解較少，其實源於各種困難。概念上來說，脂質能夠經由多種酶的生化作用合成，因此脂質的功能很受鄰近細胞影響。脂質也可以在身體不同部位製造，並且能夠穿過細胞膜從一個細胞轉移到另一個細胞，因此脂質發揮作用的地方，可能和它們被合成的地方相距甚遠。技術上來說，我們還沒有足夠的科技去更有效地收集和分析脂質。相比之下，我們現在已經可以十分詳細地分析蛋白質和基因圖譜。

## 激光繪「脂質地圖」

近日，有研究人員運用新的激光技術，為腦部的脂質編制了一幅「地圖」，記錄了109個腦切片中172種脂質分子在空間中的分布，其解像度大約是每個像素涵蓋一到四個細胞。這幅地圖指出，腦部中的脂質分布其實是高度結構化的，共可劃分為五百多個「脂質區域」（lipizones）。

脂質的分布和蛋白質的分布不盡相同，蛋白質的分布主要依據動物演化和發育的譜系，而脂質的分

布卻反映了腦中不同部分連接的強度。這是因為腦部兩個不同部位的脂質可以經由神經元聯繫起來，所以腦中兩個分隔較遠的位置亦能夠有相似的脂質組成。正因如此，這次的研究在老鼠的腦中找出了十四個「脂質區域」，而之前在分析蛋白質分布時並沒有找到。

這個研究亦發現，腦脂質的分布也會隨年齡改變。對比懷孕中的雌鼠和沒有懷孕的雌鼠，牠們腦脂質分布的差異，比雄鼠和雌鼠之間的差異還要大，這可能是因為某些神經元專門處理我們接收到的感官信息，因此改變這裏的脂質環境，可能是為了提升我們對新生嬰兒的敏感度，方便照顧他們。

該研究為腦科學研究開闢了多個重要的應用方向。首先，它為腦部研究提供了一份極具價值的參考圖譜。正如研究者所言，這份圖譜讓人們可以追蹤疾病、衰老、飲食和藥物如何從細胞層面重塑腦部的脂質組成。人類有機會可以將自己的數據與這份健康參考圖譜進行比對，從而找出脂質出現異常的位置，並探索這些異常與腦部發育、衰老和疾病的關聯。

其次，研究揭示了懷孕期間腦部的適應性變化。懷孕會引發全腦區域特異性的脂質重塑與適應性髓鞘形成，這些變化暗示大腦會「重新調整自身的線路以滿足懷孕的需求」。這一發現不僅有助於理解母性行為的生物學基礎，也為產後抑鬱症等與懷孕相關的神經精神疾病的研究提供了新的方向。

總而言之，這項研究的意義不僅在於它描繪了腦部脂質的分布圖景，更在於它提供了一套方法論框架和一份基礎資源，使我們能夠從一個全新的「脂質視角」去理解腦部的發育、生理和病理。正如研

究者所言，這些結果「有望重塑我們對脂質在腦部發育、生理和病理中的理解」。

●杜子航 教育工作者  
早年學習理工科目，一直致力推動科學教育與科普工作，近年開始關注電腦發展對社會的影響。



●研究發現懷孕雌鼠腦脂質分布與普通雌鼠相比差異巨大。 資料圖片



●研究揭示了懷孕期間腦部的適應性變化，有助理解母性行為的生物學基礎。 資料圖片

## 推動「遊戲化學習」助學生建具象代數邏輯

## 創新視界

當學生升讀中學，學科的抽象程度與應試壓力亦隨之大幅提升。在香港中學文憑試（DSE）數學科中，「主項變換」（Change of Subject）一直是不少學生的公開試夢魘。複雜的代數移項、括號處理以及正負號的轉換，往往令邏輯思維尚未成熟的學生感到挫敗，甚至產生「數學恐懼症」。

為了破解這個教學痛點，筆者團隊（AESIR.hk）參與了教育局與數碼港聯合舉辦的「教育局 × 數碼港 創新及數字科技學習夥伴計劃」，並與另一位重要的創新學習夥伴——一所充滿活力的威靈頓教育機構張沛松紀念中學合作，共同研發了一款「AR 數學遊戲化學習平台-主項變換獵人」。

筆者深知，傳統的「題海戰術」只會加速學生的抗拒，「遊戲化學習」（Gamification）可以重燃他們的動力。在這套系統中，中學生只需透過平板電腦或智能裝置，就能看到抽象的數學公式化身為立體的3D物件。

團隊設計了一步步（Step-by-step）的AR互動練習引導。學生需要像玩解謎遊戲一樣，親手在畫面上「搬動」、「拆解」和「重組」這些算式組件。透過視覺與觸覺的雙重反饋，原本抽象的代數邏輯變得具象化，學生在通關的成就感中，不知不覺間掌握了DSE必考的移項技巧，大幅降低了應試焦慮。

更重要的是，科技的引入不單造福了學生，更強大地面向了教師。該平台配備了完善的教學後台數據儀錶板（Backend Dashboard）。在過去，老師往往要等到批改周記或測驗時，才能發現學生的錯誤；而現在，老師可以實時監測全班及個別學生的答題軌跡。

這個後台能精準捕捉學生在第幾個步驟出現思維盲區、在哪個公式轉換上停留時間最長。這種「數據驅動教學」（Data-driven Teaching），讓老師能即時在課堂上給予精準的針對性輔導，並能清晰、量化地追蹤每位學生的進步幅度。這無疑為前線教師減負，同時讓因材施教（Differentiated Instruction）真正落地。

這次在教育局與數碼港計劃下的實踐，是一次大膽且成功的嘗試。它充分證明了，當「學界的教學熱忱」遇上「本地的創科力量」時，能夠擦出多麼耀眼的火花。無論是小學在科學探究上展現的宏大願景，還是中學針對DSE公開試難關的精準破局，都讓團隊看到了香港未來STEAM教育的無限可能。

教育的本質是點燃火焰，而非灌輸容器。筆者團隊將繼續堅守初心，擔當香港學校最強大的創科後盾。我們期待，未來能與更多前線教育同仁攜手，用科技打破地域與學科的界限，用創新科技啟迪下一代的智慧，共同建構一個更智慧、更具競爭力的香港未來！

●陳浩升 AESIR.hk 創辦人  
●數碼港 香港特區政府全資擁有，作為香港數碼科技樞紐及人工智能加速器，致力賦能產業數字化和智能化轉型，助力香港成為國際人工智能和創新科技中心



數碼港 香港特區政府全資擁有，作為香港數碼科技樞紐及人工智能加速器，致力賦能產業數字化和智能化轉型，助力香港成為國際人工智能和創新科技中心

# AI化身「智慧副駕」 預判駕駛狀態防車禍

## 都大探索

俗語云：「馬路如虎口。」世界衛生組織（WHO）最新報告指出，全球每年約有119萬人死於道路交通事故，另有約5,000萬人受傷。駕駛者分心、疲勞及壓力等人為因素，均是道路安全的重要隱患。自動駕駛技術被視為提升道路安全的長遠方向，而現時不少車輛亦已配備「駕駛者監控系統」。不過，反應普遍「慢半拍」，例如當汽車已偏離行車線，或鏡頭發現司機閉眼時，系統才發出警報。此時危險或已出現，駕駛者未必有足夠時間作出反應。

為解決此技術瓶頸，香港都會大學（都大）科技學院研究團隊近日於國際期刊《IEEE 消費電子匯刊》（IEEE Transactions on Consumer Electronics）發表研究，提出一套以人工智能（AI）深度學習的「駕駛狀態預判系統」，把防護機制由「事後警告」大幅提前至「事前預測」。系統猶如具備「讀心術」的智慧副駕，可於駕駛者即將出現壓力、疲勞或分心狀態前的1至60秒作出預測，讓駕駛者及車輛安全系統及早採取措施，例如減速、增加跟車距離或提醒駕駛者休息。

## 讀懂司機反應與習慣

要讓人工智能具備預測能力，首要讓它學會「觀察」。都大團隊研發的系統主要收集兩種非侵入性的數據：1.透過安裝在軟盤或穿戴式裝置的感測器，收集駕駛者的心電圖訊號；2.利用車內鏡頭，實時捕捉駕駛者的動作影像。

每位駕駛者的生理反應和駕駛習慣皆不盡相同。為此，團隊研發名為「客製化核基深度堆疊自編碼器」的特徵提取技術。大家可以將它想像為一個極度敏銳的過濾器，不僅能找出所有人類在疲勞或緊張時的「共通特徵」，例如心跳變異率的改變，還能精準捕捉每位司機的「個人專屬特徵」。這種度身訂造的演算法，大幅提升模型對不同個體的預測準確度。

建立可靠的人工智能模型，往往受限於真實數據



●「駕駛狀態預判系統」可把防護機制由「事後警告」大幅提前至「事前預測」。 都大供圖

的不足。在實際駕駛數據庫中，駕駛者處於極度疲勞或嚴重分心的「危險數據」相對罕見。若直接以比例懸殊的數據訓練模型，系統容易出現偏差，難以及時辨識少見但關鍵的危險狀態。

為此，團隊引入「生成對抗網絡技術」，讓兩個人工智能模型在虛擬環境中互相學習與競爭，按真實數據的規律生成大量危險駕駛出現時高度逼真的生理及行為數據。這不僅解決數據不足的問題，更可讓預測模型學習應對各種極端情況，進一步提升系統在真實道路上的可靠性與穩健性。

不同危險駕駛行為的發生機制各不相同：「分心」通常在瞬間發生，如突然看手機；「疲勞」是從清醒逐漸陷入瞌睡的過程；而「壓力」則是累積而成，可能需要更長的時間才能消退。

針對這些差異，都大團隊採用「集成學習」（Ensemble Learning）策略，巧妙地融合三種不同的遞歸神經網絡（RNN、GRU、LSTM），猶如組成一個專家智囊團，例如擅長短期記憶的專家負責盯緊

司機是否即將分心，擅長長期分析的專家則負責預測司機在未來一分鐘內會否因為持續的壓力而失控。實驗結果顯示，這套預測模型在1秒至60秒的預測時間範圍內，展現出極高的穩定性與準確度，成功突破以往研究只能作未來2秒或5秒等固定時間預測的局限。

隨着物聯網與人工智能技術的迅速發展，未來車輛將不只是交通工具，更可能成為主動協助駕駛者管理風險的安全伙伴。都大團隊的研究為智能交通系統提供嶄新的技術框架，更展現科技在保障人類生命安全上的巨大潛力。

團隊期望，這項具前瞻性的「智慧副駕」技術可進一步發展並應用於日常駕駛環境，及早察覺駕駛者的潛在危險狀態，真正做到防患於未然，守護駕駛者與所有道路使用者的安全。



●徐國泰博士 香港都會大學科技學院副教授