

# 鳥類眼球有櫛膜 輸送能量清廢物

## 科學講堂

視覺對大多數動物都至關重要，而脊椎動物的眼球內具有視網膜，上面布滿神經元，能將外界光信號轉化為大腦可處理的視覺信號。從理論上講，如此活躍的視網膜理應需要大量能量；然而有趣的是，鳥類視網膜內層的耗氧量卻並未如哺乳動物運動時那般顯著升高。那麼，鳥類視網膜究竟如何處理這一「能量問題」？本期專欄將分享該課題的最新研究進展。

在細胞新陳代謝機制中，能量生產是極為重要的一環。其中，有氧呼吸利用氧氣將「燃料」（如葡萄糖）轉化為三磷酸腺苷（adenosine triphosphate，簡稱ATP）分子，並排出二氧化碳作為代謝廢物。ATP可視為生物體內的「能量通貨」，機體以此形式將能量輸送至各部位。一般而言，有氧呼吸發生的區域需要充足的血液

供應，以便輸入作為原料的氧氣，並輸出二氧化碳廢物。

### 眼球會依賴無氧呼吸

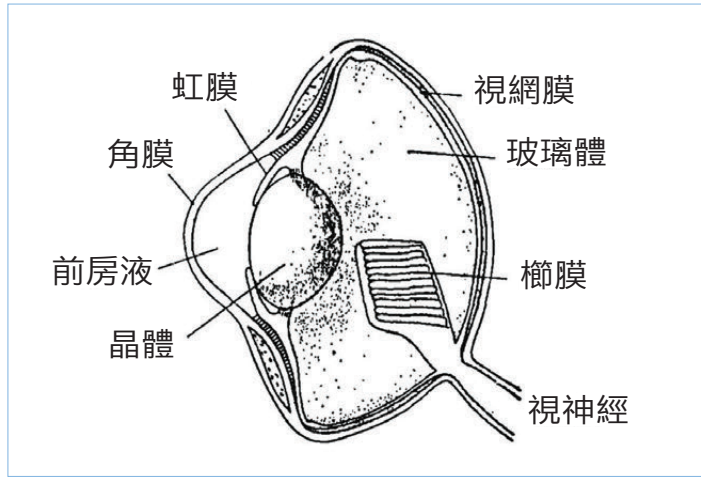
然而，上述供能模式對視網膜內層而言卻存在難題。這是因為視網膜內層位於眼球朝向外界的一側，若布設大量血管連接至此，易阻礙光線進入，妨礙其抵達感光細胞。

正因如此，眼球後部雖可存在密集血管網絡連接至視網膜外層，但視網膜內層僅能分布小量微細血管。這種供能方式自然不足，因此眼球也會依賴無氧呼吸——一種無須氧氣但效率較低的能量生產過程。

此外，無氧呼吸亦會產生乳酸化合物，需有相應的清除機制將其運走，以避免在眼內累積。鳥類常於空中飛行，需觀測遠距離目標，對視覺能力要求頗高，牠們的眼球究竟如何處理這份氧氣供應難題？

曾有學者推測，櫛膜（pecten oculi）有助於為視網膜內層供氧。櫛膜是鳥類特有的眼部結構，約於三百五十年前被發現，顧名思義，櫛膜的形態類似梳子，可簡單視為一排不具備感光功能的血管組織，從視神經與眼球接合處延伸至玻璃體內。那麼，事實是否如學者推斷呢？

為深入探究此問題，一研究團隊先將斑胸草雀麻

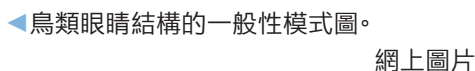


醉，再利用微型傳感器測量其視網膜內的氧氣濃度。結果發現，視網膜內層幾乎不含氧氣，因此櫛膜不可能用於供氧。

進一步的基因分析顯示，視網膜內層細胞中富含與無氧呼吸相關的基因；反之，視網膜外層細胞則充滿有氧呼吸相關基因。這表明視網膜內層確實主要依賴無氧呼吸產能。類似的基因分析指出，櫛膜內存在大量負責轉運的蛋白質，專門將葡萄糖與乳酸跨細胞膜輸送。這提示櫛膜可能用於向視網膜內層運輸葡萄糖以供應能量，同時將代謝副產物乳酸運離。



▲圖為斑胸草雀。 網上圖片



◀鳥類眼睛結構的一般性模式圖。 網上圖片

### 小結

自然界中的生物為了適應不同的環境和生活方式，演化出了許多不同的器官結構，就比如今天所提到的鳥類獨有的櫛膜。自這一結構被發現以來，其功能始終未完全明晰。今天分享的研究為此課題提供了新的探索方向，希望在未來能解開它的謎題。

●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。

## 科技暢想

# 「數字代理」解放教育創造力

面對師資短缺、學生壓力「爆煲」、STEM需求急升，以及混合學習新常態，香港教育界正站在變革的十字路口，傳統的「一刀切」教學模式已力不從心，而一股更智能、更主動的力量「自主人工智能」（Agentic AI）正悄然登場，成為教界尋求突破的關鍵。

它不僅是聊天機械人，更是能自主決策、規劃並執行任務的「數字代理」，如同為每位師生配備了一位不知疲倦的個人化助手。

### 預測「樽頸」 提前介入輔導

與被動回應的傳統AI不同，代理式AI擁有四大核心特質：自主性（像「自動波」般獨立運作）、目標導向性（懂得拆解複雜目標並逐步完成）、適應性（能根據反饋實時調整策略）及持續學習能力。例如，最新的大型模型已能自我反思、迭代改進。在教育場景中，這意味着AI不再只給出標準答案，而是能主動診斷學生的學習難點，預測其可能遇到的「樽頸」，並提前介入輔導。

在課業壓力沉重的香港，自主AI最直接的應用是個性化學習平台。已有本地中學試行類似系統：自主AI分析學生在模擬文憑試（DSE）中的表現數據，自動生成每日專屬練習，並根據答題情況動態調整難度。若學生在數學的微積分單元表現薄弱，系統會自動推薦互動模擬、相關的粵語教學短片，甚至設計沉浸式VR解題實驗。

在教育局「e-Learning」計劃支持下，學校正測試具備自主能力的AI教學工具。這些工具能追蹤全班學生的閱讀理解水平，自動生成分組討論題目，並提前告知教師哪些學生需要額外輔導。這類應用可節省教師近四成的行政工作時間，讓他們更專注於課堂互動與啟發。對於多元文化校園，AI代理更能即時將教材翻譯成少數族裔學生的母語，助力解決語言隔閡。

繁重的行政與批改工作長期耗損教師心力。自主AI正成為強大的後援，如AI可自主掃描並批改手寫作業，準確率超過95%，並提供具體改善建議。

更進一步來說，AI能擔當「教學協作夥伴」，備課時教師只需輸入課題（如「中三級：鴉片戰爭」），AI代理便能自動搜集最新學術資料、製作簡報、設計互動測驗，甚至模擬辯論情境。授課時，AI代理也能協助教師關注學生反饋，有本地學校的試點項目中，AI更會通過分析課堂互動數據，生成「學生情緒預警報告」，提示教師哪些學生可能面臨情緒壓力，並建議適當的紓緩活動，體現科技的人文溫度。

本港多間大學已投入資源研發代理式AI學術助理。學生進行專題研究時，AI可自主搜索全球學術數據庫，綜覽文獻、總結觀點，並協助構建論文大綱。在工程或計算機科學學科，AI更能模擬真實编程面試環境，自動生成帶有「陷阱」的程式題，訓練學生的邏輯除錯能力。

在生涯規劃方面，AI代理可綜合分析學生的興趣、成績與勞動市場趨勢，提供升學選科或職業路徑的個性化建議，甚至協助學生生成及優化求職履歷，提升畢業生的競爭力。

在特殊教育領域，自主AI展現出獨特價值。針對自閉症譜系學童，AI可以設計個性化的社交技能訓練遊戲，通過鏡頭監測學童的眼神接觸與反應，循序漸進地調整互動難度，並給予即時鼓勵。對於視障或聽障學生，整合了語音、文字及AR導航的AI代理，能幫助他們更自主、安全地適應校園環境。

不過，目前階段的AI發展還有許多問題需要解決。數據隱私是首要考量，學校必須嚴格遵循香港私隱條例。其次，數碼鴻溝問題亦需正視，政府需確保基層學生能平等獲取設備與網絡支援。

此外，AI模型的訓練數據必須多元且具本地特色（如包含粵語及DSE內容），避免加劇偏見與不平等。最後，全面的教師培訓至關重要，幫助教育工作者善用新工具，而非被其取代。

展望未來，教育局在最新發展策略中已明確支持AI融入教育。未來的「智慧學校」或將由自主AI輔助管理資源，靈活應對各種變化。香港憑藉其國際化優勢與創新動力，有望成為教育科技應用的先驅。歸根結底，Agentic AI是最強大的工具，其目標是解放教師的創造力，激發每個學生的潛能，讓香港教育在AI時代中，真正實現以人為本的理想。

●洪文正

香港新興科技教育協會培育科普人才，提高各界對科技創意應用的認識，為香港青年提供更多機會參與國際性及大中華地區的科技創意活動，詳情可瀏覽 [www.hknetea.org](http://www.hknetea.org)。



## 創新知

生成式人工智能（GenAI）席捲全球，改變我們的學習與工作模式，愈來愈多的學生依賴AI完成作業。同樣地，職場人士也把工作交給AI完成。毋庸置疑，這大大提高了完成工作的效率，但是在使用AI的過程中，我們的大腦還在思考嗎？AI是否正在悄悄改變我們的思維？筆者認為這些都是值得思考和擔憂的問題，因為如果AI取代了人腦的發展，那麼人的存在價值和自我認知就會受到巨大的衝擊，直接影響到社會發展——我們到底是追求效率，還是自我實現？

去年有兩份備受矚目的研究成果，探討了生成式人工智能對批判性思維和大腦認知的影響。第一份是微軟研究和卡耐基梅隆大學聯合發表的《生成式人工智能對批判性思維的影響：知識工作者自我報告的認知努力減少與信心效應》。

研究顯示，受訪者完成任務所需的認知努力顯著減少，因為AI可以幫助他們生成內容、想法和解決方案。生成信息的便利性可能導致工作者的懈怠，他們不再進行深入分析或質疑AI的輸出。這會隨著時間的推移削弱他們的批判性思維能力。

不過，AI的影響在不同職位之間也存在差異。創意專業人員常常發現生成式AI增強了他們的創意過程，而分析專業人員則面臨保持批判性思維的挑戰。

更引人深思的是研究發現的「信心效應」。部分使用者因為能夠借助AI產出看似

高品質的內容，對其最終的工作成果變得更具信心，另一些使用者則對自己的技能和判斷表達不確定感。

### 「虛假信心」藏巨大風險

如果使用者對一個自己並未深度參與構思或嚴格核査的成果抱有「虛假信心」，這潛藏着巨大風險，因為它可能導致錯誤或膚淺的資訊被不加批判地接受和傳播。

第二份研究是來自麻省理工學院媒體實驗室的《使用ChatGPT寫作時的大腦：AI助手如何導致「認知負債」的累積》。「認知負債」指的是因過度依賴外部工具（如AI）而導致人類自身認知能力逐漸退化或「負債」的現象。研究者將參與實驗的學生們分為三組，用不同的方式花20分鐘完成一篇SAT作文。第一組可以使用ChatGPT；第二組不能借助任何工具，只能自行思考；第三組可以使用Google搜尋引擎。

結果令人震驚，使用ChatGPT的學生們都提交了極其相似、缺乏原創思想的文章。兩位評估這些論文的英語教師稱其大部分為「沒有靈魂」。腦電圖亦顯示出低水平的執行控制和注意力投入。

相反地，僅使用大腦思考的小組則顯示出最高的神經連接性，尤其是在與創意構思、記憶負荷和語義處理相關的α波、θ波和δ波的腦電圖頻段。研究人員發現這組參與者更加投入且充滿好奇心，對自己的文章表現出更強的歸屬感，並表達了更高的滿意度。

第三組使用Google搜尋引擎的小組同樣表



●圖為AI生成的大腦圖片。 作者供圖

達了高滿意度，並展現出活躍的大腦活動。這裏的差異尤其值得注意，因為現在許多人轉用AI聊天機械人來搜尋資訊，而非Google搜尋。

這兩份研究都顯示，在短期內，使用AI可能看似有益，因為可以節省時間並減輕工作或學習壓力。然而，認知負債的長期後果逐漸顯現，過度依賴AI可能會削弱人們的批判性思維、獨立思考能力和創造力，並帶來虛假信心。這為我們敲響了警鐘。

目前，對於AI的管治和政策依然非常不成熟。政策制定者需要考慮如何負責任地整合AI，確保它能增強而不是削弱我們的思考能力。

●楊雨韻

嶺南數據科學學院  
人工智能學部教學助理教授

## 氣候危機或令父母「焦慮」 影響親子教養能力



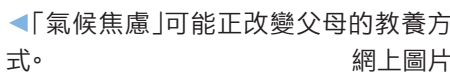
## 投稿

極端天氣逐漸成為新常態，亦悄悄影響大眾的生活。家庭長久以來作為孩子「避風港」的角色，原來在全球性高溫、超強颱風、海平面上升等衝擊下，愈來愈多父母開始為下一代的未來，包括成長環境，甚至能否確保其人身安全等出現無力感及憂慮。這種由氣候危機引發的持續性情緒困擾，被學術界稱為「氣候焦慮」，它不僅影響個人心理健康，更可能正改變父母的教養方式，比如減少對孩子自主性的鼓勵。

筆者近日與其他院校的學者合作，在環境心理學的頂尖學術期刊《環境心理學》上發表了關於「氣候焦慮與教養方式」的學術研究。此研究以美國父母群體為樣本進行追蹤，詳細調查了父母「氣候焦慮」是否損害其親職教養能力。該研究更獲頂尖學術期刊《自然氣候變化》列為研究亮點。



▲林立教授 作者供圖



研究通過線上調研平台Academic Prolific招募了701名有青少年子女的父母。參與的父母每隔六個月填寫一份問卷，一共完成三次問卷調查。

研究結果發現，氣候焦慮程度越高的父母，往往會對子女表現出更強的心理控制行為、更不一致的教養方式，以及較少支持子女獨立自主。而以往研究已證實，這三種教養模式不利於子女的健康成長。林立教授認為，雖然氣候焦慮如何影響父母的教養行為背後的心理機制尚未清楚，但這一研究結果顯示，父母受「氣候焦慮」的影響已經超越了個人，可能會削弱父母的教養能力，並影響整個家庭的情緒氛圍，是一個不容忽視的社會現象。

此外，由於市民普遍對「氣候焦慮」相關知識的不足，這種情緒問題亦被忽視，令受影響的父母難以表達其個人感受，更遑論主

動向專業人士尋求協助。

青少年是「氣候焦慮」主要的受困人群，因為他們從出生起，就必須面對氣候危機帶來不安及未知等負面影響，而父母則被期望能夠幫助青少年應對氣候變化帶來的情緒問題。不過，人們忽略了一個事實，父母可能也正因「氣候焦慮」而深受困擾，這種負面情緒很可能在消耗他們的心理能量，從而削弱他們的親職教養能力，使他們無法成為子女情緒穩定的「導航者」，教導或幫助青少年應對焦慮與壓力等情緒問題。

### 與精神健康指標存關聯

在面對氣候變化危機時，人們起初只是產生不安等負面情緒反應，但隨著時間的推移，負面情緒有可能演變成持續擔憂等不良認知模式，並繼而發展成為功能障礙，包括難以完成學業或工作任務。雖然「氣候焦慮」並非一種臨床心理疾病，但已經有許多研究指出「氣候焦慮」與眾多精神健康指標存在關聯，或會損害人們的精神健康。

筆者認為，「氣候焦慮」的影響已逐步浮現，期待未來與學術界合作，深入研究及關注「氣候焦慮」對香港市民及家庭的影響，也希望特區政府及相關機構積極促進市民對「氣候焦慮」的了解，共同完善氣候危機下的全民精神健康支援系統，幫助市民面對日益嚴峻的氣候危機，亦讓家庭繼續成為子女的堅實後盾。本次研究的團隊成員包括香港理工大學助理教授陳凱榮、嶺南大學心理學系助理教授林立，以及香港科技大學談儉邦教授。

●林立教授 嶺南大學心理學系助理教授