

福建現「神鳥」化石 揭示鳥類演化新可能

科學講堂

各位或許已聽說過，現今的鳥類其實是過去恐龍的後代；大家或許也聽過始祖鳥，這種被視為可能是鳥類始祖的物種。近日有研究團隊發表了更多相關化石研究，指出鳥類的演化可能比我們之前想像的更複雜，並非全經由始祖鳥演化出來。這就跟各位談論一下這個課題。

1861年，德國的石層中發現了始祖鳥化石，距今約一億五千萬年前的侏羅紀晚期，有助我們大致了解鳥類演化的起源時間；到了2009年，中國東北約一億六千四百萬年前的「燕遼動物群」中發現了赫氏近鳥龍（*Anchiornis huxleyi*），其生存年代比始祖鳥早約一千萬年，並顯示與飛行相關的羽毛特徵可能在始祖鳥之前已經出現。

最近，古生物學家又在福建的政和動物群中發現了楊源鷺鶯（*Yuezhuanis yangyuanensis*），進一步顯示這一時期與鳥類相關的演化十分多姿

多彩。

前肢短小 後肢修長

楊源鷺鶯的體重約821克，與始祖鳥相近，但其前肢特別短，是目前已知前肢比例最短的中生代鳥類之一，不像始祖鳥或近鳥龍有較長的翅膀。

此外，楊源鷺鶯的後肢修長，第二隻腳趾的爪子又大又彎，帶有恐爪龍類標誌性的特化第二趾，用來牢固地抓住獵物，和電影中常見的馳龍類恐龍頗為類似。這代表楊源鷺鶯應該是獵食者，在地上生活而不會飛行，跟我們認知的始祖鳥和近鳥龍十分不同。

當年發現始祖鳥化石的德國產地，長期以來只找到始祖鳥；相反，在政和動物群中，研究人員找到多種與鳥類相關的化石，各物種的身體構造互不相同，顯示牠們在生態系統中擔當不同角色。這暗示侏羅紀後期的生物多樣性可能比先前推算的更大；例如不會飛行、在陸上生活的楊源鷺鶯，與尾巴縮短、體型嬌小的不虔政和鳥（*Zhengheornis*），以及四肢修長、可能適應沼澤或濱水生活的奇異福建龍（*Fujianvenator*）共存於同一時期。

與此同時，天空中還有更多具飛行能力的政和八閩鳥（*Baminornis zhenghensis*）：八閩鳥具有

分離的肩胛骨和烏喙骨，這是鳥胸類的進步特徵，有助前肢獲得更大、更強的活動範圍；而八閩鳥已癒合的尾綜骨（即縮短的尾巴）亦使牠們的身形更接近現代鳥類。

在系統發育上，楊源鷺鶯屬於鳥類，與政和鳥是近親，共同構成政和鳥科，是目前已知最原始的鳥類之一，在演化樹上的位置相當靠近鳥類起源的節點。楊源鷺鶯比始祖鳥更接近現代鳥類，卻不會飛行，這對鳥類演化過程究竟有何意義？研究人員認為，這可能是一種演化逆轉：隨着演化，楊源鷺鶯反而失去了祖先的飛行能力。

另一種理論則認為，飛行並非一次演化出來的能力，而是由始祖鳥、近鳥龍和楊源鷺鶯之後的物種分別獨立演化出來。後一種理論與近來的發現頗為一致，因為愈來愈多證據顯示，飛行能力似乎確實是從多種與鳥類有關的肉食性恐龍分別演化而來：例如，有研究在竊蛋龍類（如尾羽龍）和馳龍類（如小盜龍）的化石中辨識出前膜等軟組織結構，顯示與飛行相關的結構曾在不同支系中各自出現。小盜龍（*Microraptor*）也演化出修長的前後肢和羽毛，具備一定的滑翔或飛行能力。

●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。

小知識



楊源鷺鶯骨骼復原圖
網上圖片

楊源鷺鶯的種名一經公布，其讀音與用字便引發關注。「楊源」取自化石產地福建政和縣楊源鄉，「鷺鶯」則直接取自中國古代文獻中的神鳥「鷺鶯」（普通話音：yuè zhuó）。

許慎《說文解字》對「鷺」的釋義最為直接：「鷺鶯，鳳屬，神鳥也」。在這一體系下，鷺鶯是鳳凰家族的成員，或被視為鳳凰的別稱。三國吳韋昭注《國語》時即引「三君」之說，稱「鷺鶯，鳳之別名也」。

鷺鶯在傳世文獻中最著名的出場，見於《國語·周語上》：「周之興也，鷺鶯鳴於岐山」。這一記載將鷺鶯的鳴叫與周王朝的興起直接關聯，使其成為王朝興盛的政治祥瑞。後世「鷺鶯鳴岐」凝固定型為一個典故，與「鳳鳴岐山」同義，用於指代興王瑞兆；在文學與政治話語中，鷺鶯也由此引申出賢明、堅貞的象徵色彩。

深入地下700米 探秘「幽靈粒子」

科技暢想

最近，筆者與香港聖公會李炳中學校長及三十多名師生踏上了一趟與眾不同的科學旅程。目的地並非尋常的博物館或展覽廳，而是廣東江門開平打石山深處，一座「一般不對外開放」的國家重大科技基礎設施——江門中微子實驗室（JUNO）。對習慣在城市中生活的香港師生而言，這是一次從地面向地心、再從地心向宇宙的認知翻轉。

江門中微子實驗室並非旅遊景點。它坐落於地下700米的花崗岩層之中，入口毫不顯眼，沒有售票處，也沒有歡迎橫幅。地下700米有多深？俄羅斯聖彼得堡地鐵以深度著稱，其最深的海軍部站達86米，但與700米相比仍是小巫見大巫。700米大約相當於二百三十層樓的高度，比828米的哈利法塔矮約128米。要進入這座「大科學裝置」，必須事先經過嚴格的對接與預約，並遵守分批入場、定點走動、全程佩戴安全裝備的規定。

它一般不對外開放，並非故作神秘，而是因為其內部運行着直徑35.4米的巨型有機玻璃球，以及約四萬五千支極度靈敏的光電倍增管。任何未經協調的活動，都可能干擾探测器的極低本底環境，影響對「幽靈粒子」中微子的捕捉。

源自大爆炸及超新星爆發

中微子最近「火了」，原因之一是諾貝爾物理學獎表彰了利用南極「冰立方」探测器捕捉來自宇宙深處高能中微子的研究。這讓大家意識到，這種幾乎不與物質反應的「幽靈粒子」，能穿透連光都無法逃離的極端天體環境，成為人類窺探黑洞、超新星核心等宇宙奧秘的希望。中微子是構成物質世界的十二種基本粒子（費米子）中的三種，不帶電，質量極小（上限小於電子的百萬分之一），以接近光速運動。它們只參與極微弱的弱相互作用，穿透力極強，可輕鬆穿過人體乃至整個地球而不被吸收。每秒有億萬個中微子穿過我們身體，

我們卻渾然不覺。它們大多來自宇宙大爆炸的殘留，也誕生於太陽核聚變與超新星爆發，因此被稱為宇宙的「幽靈粒子」。

進洞之前，工作人員帶領學生們通過簡單的遊戲，了解這個探测器的建設原理。師生們乘坐專用纜車，沿着長達1,266米的斜井隧道緩緩下行，約十五分鐘後，地面的聲響與光線被徹底留在身後。纜車是科研人員每天上下的「列車」，這條隧道連結的正是他們與地面世界之間的日常。

抵達地下實驗大廳的一刻，空間的尺度令人失語。師生們平日在新聞中讀到的「大國重器」，此刻化為具體的壓迫感與敬畏感。

真正讓這場參觀沉澱下來的，是講解中的細節。科學家在這裡所付出的，遠不止知識，更是以年為單位的生活選擇與體力消耗。江門中微子實驗從提出設想到建成運行，走過了17年的漫長歷程。團隊要在地下巨大的岩層中開挖洞室，要研製出世界上最大的單體有機玻璃球，要讓兩萬噸液體閃爍體達到極致的純淨度；任何一項技術難關的背後，都是無數次失敗與重來。

實驗旨在測定中微子間質量順序

而這一切艱辛所指向的，是一個聽起來近乎哲學的問題：宇宙是怎樣運行的？中微子是宇



●香港聖公會李炳中學校師生於江門中微子實驗室參觀學習。 作者供圖

讓綠色生活成為「最容易」的選擇

嶺南新知

很多人都說支持環保，知道減少使用塑膠、節約用電、少開冷氣等都有助保護地球，同時明白氣候變化正影響我們的生活。但令人苦惱的是，當真正要改變生活習慣時，行動往往沒有想像中容易。

很多時候，我們並不是不知道環保重要，而是明明知道卻還是很難長期堅持。這種意識與行為之間的落差，並非源於虛偽，而是隱含着一個值得深究的科學機制。

要理解這個落差，不妨從一則經典的寓言談起。在1968年，美國生態學家哈丁（Garrett Hardin）借一個牧場的故事，闡述了著名的公地悲劇。設想一片由眾人共用的草原，每位牧羊人都在其上放養牲畜。對個別牧人而言，多放一隻羊，新增的肉與奶皆歸自己所有；而草原退化、不堪重負的後果，卻由所有人共同承擔。於是，每一位牧人都做出看似理性的選擇，不斷增加自己的羊群。最終的結果，是草原資源耗竭，整個群體無一倖免。

地球的大氣層、海洋與森林，其實都是由全人類共同享有和依賴的公共資源。當個人少開

一小時冷氣，須立即忍受悶熱，而地球的氣溫並不會因此降低；自備一個水樽，也意味着背包多了一份重量。環保的代價，幾乎全由行動者獨自承擔；它所帶來的益處，卻散落在七十多億人之中。當下的不便容易察覺，長遠的好處卻較難即時感受到。

在數百萬年的演化歷程中，人類一直較傾向優先應對眼前的問題，大腦因而天生傾向於重視即時感受、輕視長遠後果。縱使理智上認同其意義，行動上仍時常退卻。

更值得注意的是，當一個人口頭支持環保，回到家中卻仍習慣性地將冷氣調至較低溫度、徹夜不關時，心中往往會泛起一絲不安。為了消解這份矛盾感，大腦會不自覺地為自己尋找理由：我平時已有做回收，一個人的努力影響有限，其他人也不也如此。然而藉口愈是順手，行為的調整便愈加困難。

研究顯示，絕大多數人並不希望被視為缺乏責任感的一員，因此身邊人的行為示範，常常比千言萬語更具影響。若全班同學皆自備水樽，率先取用即棄膠樽者便會感到些許彆扭；若整個年級皆能妥善分類廚餘，新加入的同學亦會自然遵循。

反之，倘若群體之中無人在意，再有環保意識的個體也難免鬆懈。這正是同儕壓力與社會規範的作用所在，二者雖屬無形，卻足以深刻地塑造個體的行為選擇。

環境可改變個人行為

綜上可見，僅憑呼籲個人自律，成效往往十分有限；真正能推動改變的，是讓正確的選擇變得更容易執行。將回收箱設置於最便利之處，將校園飲水機維護得潔淨可用，往往勝過分發大量的宣傳單張；又如在電子下單或網購結賬的界面中，將電子發票、不附一次性餐具一類的環保選項設為預設安排，使用者只要不主動更改，便自然完成了一次環保的選擇。改變人的行為，有時並不依靠改變人本身，而是依靠改變人所處的環境。

若大家曾為「做得不夠」而感到自責，也無須因此否定自己的努力。在環保這件事上，不完美的堅持，仍勝於完美的放棄。今日記得帶一次水樽、明日將冷氣調高一兩度、後日與同學一同把空瓶送往回收，這些舉動雖然細微，卻是切實可行的起點。真正的改變，多半並非來自某一個人的行動，而是建立於許多人持續而微小的選擇之上。

●張守鈺 嶺南大學伍聚賢跨學科學院助理教授（教學）



●成群的東方白鸛在黃河三角洲濕地內嬉戲覓食。 資料圖片

中國脈搏

濕地保育見成效 黃河畔現「萬鳥化鯤」

「北冥有魚，其名為鯤……化而為鳥，其名為鵬。鵬之背，不知其幾千里也；怒而飛，其翼若垂天之雲。」傳說中的「鯤鵬」，究竟是什麼模樣？

秋冬時節，在山東東營的黃河口濕地，夕陽西照，萬鳥騰空，聚散的「鳥浪」時而形似巨鯨，時而如流雲舒卷，莊子《逍遙遊》中的想像彷彿躍出書頁。

奇觀背後，是一個持續數十年的生態修復工程。黃河口濕地，位於山東東營市黃河入海口，是黃河三角洲濕地生態的重要組成部分。這裏曾因土壤鹽鹼化、淡水不足而植被稀疏，加上外來植物互花米草的入侵，使濕地生態面臨嚴重危機。

退耕還濕 修復候鳥棲息地

為讓濕地重拾生機，1992年，國家建立黃河三角洲國家級自然保護區。當地疏通水系，重新接通黃河與濕地之間的「毛細血管」，藉由生態補水引入淡水，改善土壤鹽鹼化；同時推進退耕還濕、退養還灘，治理互花米草，恢復鹽地鹼蓬與海草床等本土植被，逐步修復鳥類賴以生存的棲息環境。

截至2026年，東營市累計實施19個濕地修復項目，生態補水8.6億立方米，新增淡水沼澤超過7萬畝，治理互花米草13.1萬畝，恢復鹽地鹼蓬5.2萬畝。

隨着水流重返、草木復甦，候鳥也有了更多覓食與停歇的空間。最新統計顯示，保護區的鳥類種群從最初的187種增加到407種；兩大旗艦物種東方白鸛和黑嘴鸕的種群數量增加明顯。2026年，東方白鸛累計繁殖幼鳥超4,800隻，黑嘴鸕繁殖種群穩定在1萬隻左右，使保護區成為全球主要黑嘴鸕繁殖地之一。

到了秋冬，金黃蘆葦隨風起伏，鹽地鹼蓬為灘塗鋪上紅毯，鳥群或在淺水間覓食，或於長空中盤旋，交織成生機盎然的生態畫卷。

每年10月至12月，是黃河口濕地觀賞候鳥大遷徙的最佳時節，而此處鳥浪的主角之一，是國家二級重點保護野生動物花臉鴨。這種名字頗有戲曲味的鳥類，會於秋冬時節經過黃河口濕地，從最初的數千隻到2025年監測到的超過24萬隻，愈來愈壯觀的鳥浪，映照出濕地日漸豐饒的生命力。

令人驚嘆的不只是「萬鳥化鯤」的奇觀，更是讓退化濕地「重獲生機」的生態奇跡。

Our China Story
當代中國

●郭立新
當代中國（Our China Story）中英雙語網站，以全新視角介紹今日中國的發展和現況，訪問 ourchinastory.com 瀏覽更多豐富資訊。



●於山東黃河三角洲國家級自然保護區拍攝的鳥群。 資料圖片