

走進全球化石研究「聖地」朝陽 揭秘生物演化「東方密碼」

化石留存羽毛軟組織 CT掃描三維重塑真容



●遼寧朝陽化石國家地質公園地質長廊，完整地保留了熱河生物群的地質剖面。其中設置的多個身着白色工裝的古生物學家蠟像，正還原出世紀之交時中國科學家主持發掘舉世矚目的熱河生物群化石的歷史場景。



●2004年，汪筱林研究遼西發現的世界上第一枚翼龍蛋與胚胎和楊氏飛龍，這兩個化石先後發表在《Nature》上。

遼寧朝陽化石從考古研究到走向公眾的腳步，在今年以來急速加快——4月，世界上唯一的原位遺址性化石主題公園遼寧朝陽鳥化石國家地質公園經7個多月升級改造重新開放。8月，世界上室內保護的最大中生代地質長廊又修葺一新，首次對外開放。據了解，這片熱河生物群的核心區域宣布將申報世界自然遺產。

「遼寧朝陽擁有世界上最為完整的熱河生物群的化石鏈條，魚類、兩棲類、爬行類、鳥類、哺乳動物等所有門類的生物化石都能在這裏找到，也是全球獨一無二的世界化石寶庫。」巴西科學院通訊院士、中國科學院古脊椎動物與古人類研究所研究員、博士生導師汪筱林在接受香港文匯報記者專訪時介紹，自2000年起他就長期在遼寧西部進行科考並主持發掘，也是在他和同事們的建議下，世界上獨具特色的原位遺址性化石主題公園在此拔地而起。

●文：香港文匯報記者 于珈琳 遼寧朝陽報道 圖：香港文匯報遼寧傳真

近一半國土面積含化石，遼寧省朝陽市被譽為全球化石研究的「聖地」。早在上世紀九十年代初，汪筱林就在遼西曠野中找尋石油和化石的蹤跡。「那時我還在長春地質學院能源地質系當老師，在這一帶跑野外，在義縣時偶然聽說有老百姓發現了像雞一樣大小的恐龍化石。」儘管覺得「不可能」，汪筱林還是與當時在遼西進行熱河群研究的年輕學者，現中國科學院院士、古鳥類學家周忠和多次通信，隨後周忠和一行到了遼西。「在那裏，他們第一次看到了產自朝陽北票破碎的鳥類化石，這就是後來著名的孔子鳥。」正是這些看似不起眼的化石碎片，引領了一場震驚世界的古生物發現浪潮。

從1992年周忠和等發現燕都華夏鳥開始，這片土地見證了一個個從億萬年前穿越而來的生命奇跡：世界上第一個帶羽毛的恐龍「中華龍鳥」和中國鳥龍，為羽毛起源和演化提供了重要證據；長有四個翅膀的小盜龍為鳥類起源和飛行演化提供了關鍵證據；體型嬌小、確認為最早真獸類哺乳動物之一的中華侏羅獸，將人類遠祖的歷史大大推前……這些由中國科學家主導的發現，一次又一次地登上《自然》《科學》等國際頂級科學期刊，徹底改寫了教科書中關於「從龍到鳥」等生命演化的章節。

創新採集技術 更好保存標本

「朝陽化石的科學價值之所以獨一無二，在於其同時具備了化石完整精美、數量多、種類全，以及保存了關鍵演化節點證據的多項優勢條件。」汪筱林分析認為，白堊紀時期的湖泊—森林—火山系

統，造就了生物繁衍生息的良好生態環境，頻繁的火山噴發導致生物集群死亡和化石特異埋藏，使得一億多年前的生物骨骼完整保存，連羽毛、皮膚等軟組織甚至胃容物都保存下來，為科學家提供了極其豐富的史前生物細節。最重要的是，它精準「定格」了生命演化史上最關鍵的革命性瞬間——恐龍向鳥類的轉變，包括飛行起源的嘗試和羽毛各階段的演化。

重大發現的背後，是世界級的難題。熱河生物群的化石常保存在極薄的含有火山灰的湖相頁岩中，火山灰失水後就極易破碎，這些岩石薄如紙片、質地酥脆。面對挑戰，2005年汪筱林帶領「遼西隊」在朝陽大平房原家窪發掘時，創新性地創造了頁岩地層的「夾心餅乾法」採集技術，相比傳統的「皮勞克」（石膏打包）採集，極大提高了效率，避免了人為損壞，最多一天能完整採集20多件標本。

已掃描化石數量冠全球

為了從野外採集回來的化石中獲取更多、更準確信息，從2008年起，中國科學院聯合其他單位研發了專門用於古生物研究的高精度CT掃描機和平板掃描儀。至今，已掃描的脊椎動物化石數量已超萬件，堪稱全球之最。

如今，科技手段已成為古生物研究的最主要力量，利用最新的CT掃描技術，對掃描結果進行三維重建，實現3D建模，並對所有古生物進行科學而精確的形態復原——中國科學家在實踐中建立起一個龐大的古生物三維模型數據庫，供全球學者共同研究脊椎動物的演化過程，為全球的化石研究與保護提供了寶貴的「中國方案」。特別是去年，古脊椎所的三維重建技術團隊走出國門，與美國芝加哥菲爾德自然歷史博物館合作，完成了對世界上第一隻鳥——始祖鳥的高精度三維復原，還原出最接近原始形態的始祖鳥的骨骼、羽毛、皮膚和肌肉結構，實現了迄今為止全球精度最高的一次科學復原。

什麼是熱河生物群？

話你知

距今約1.3億年至1.2億年前，分布在中國北方、蒙古和西伯利亞東南部等地區的舉世聞名的早白堊世化石寶庫。以中國之前的熱河省（大致為今遼寧省西部、河北省北部和內蒙古東南部）命名。熱河生物群的化石因火山噴發導致集群死亡事件而被完整精美保存而著稱，栩栩如生地展現了早白堊世陸相生態系統的面貌。其極高的多樣性和保存質量，使其成為全球古生物學研究的熱點，被譽為「20世紀最驚人古生物發現」。



「友好美麗飛龍」見證中巴科學家20年合作

中國科學家對熱河生物群的深入研究，也推動着古生物領域的國際合作。「友好美麗飛龍，就是我們在2023年為紀念中巴兩國科學家在翼龍等古生物研究領域的長期友好合作，而特別命名的一個熱河生物群的翼龍新屬種。」汪筱林說。自2004年中國和巴西開啟古生物領域合作以來，兩國科學家的跨國合作已取得多項重要成果，為揭示地球遠古生物——翼龍提供了新的科學視角。

翼龍，這一中生代能夠主動飛行的第一個飛向藍天的標誌性脊椎動物，其化石在全球多地均有發現，中國和巴西是發現翼龍種類最多、化石最為豐富的國家，在迄今全球已研究命名的250多種翼龍中，中國就有70多種，遠超其他國家。今年3月，由汪筱林與巴西國家博物館亞歷山大·凱爾納館長共同領導的中巴古生物團隊，又完成了一項對遼西化石的新研究——命名了距今約1.6億年前的晚侏羅世燕遼生物群的坎波斯達爾文翼龍。至今，中巴科研團隊攜手研究命名了近20種翼龍和恐龍化石，在國際知名學術期刊上發表了20餘篇學術論文，還在兩國的重要化石地點進行了多次聯合考察和發掘。

助巴西國博重建成佳話

「最能體現中巴友誼的，是2018年巴西國家博物館大火，災後如何重建？這是一段中國在全球古生物領域的佳話。」2018年9月，遭遇一場大火的巴西國家博物館，僅10%的館藏得以倖存，這是全人類文化遺產的重大損失。當年11月，中方團隊伸出援手，中國科學院古脊椎所首先與巴西國家博物館簽署合作備忘錄，同時倡導國內博物館、高校及科研機構在道義資助、標本捐助、科研合作等方面給予巴西國家博物館支持。據悉，修繕一新的巴西國家博物館將於2026年重新面向世界開放。

不僅與巴西的合作不斷深入，中國也越來越成為全球古生物研究者的「朝聖之地」。「化石是這個領域最為基礎也是最為寶貴的研究材料，過去我們的古生物合作研究更多是走出去，而近20年來，由於我國化石新材料的不斷發現，以及研究設備的研發和技術的不斷創新，外國學者不斷地來到中國進行合作研究。」汪筱林期待，在中外科學家的共同努力下，那些沉默於億年前的古生物將更多地走進人們的視線，那些關於遠古生命的生動猜想也終將有最接近原貌的答案。



●友好美麗飛龍化石。

熱河生物群化石揭秘「從龍到鳥」

1992年 燕都華夏鳥和三塔中國鳥的研究，開啟了中國鳥類起源研究和熱河生物群重大發現的序幕。

1995年 聖賢孔子鳥的發現，引起了古生物學界的轟動，被認為是類似於始祖鳥的原始鳥類，全世界的目光開始由德國始祖鳥轉向中國遼西。

1996年 原始中華龍鳥（現原始中華鳥龍）又一次震驚古生物界。這是首次發現帶原始羽毛的恐龍化石，最初被誤認為鳥類，1997年被確認為恐龍，為「從龍到鳥」的演化提供了新視角。

2000年 千禧中國鳥龍的研究，為鳥類羽毛的起源和多階段演化提供了重要證據。

2003年 「四翼恐龍」顧氏小盜龍再次引發轟動。它身披羽毛，呈現出「四翼」狀態，可以滑翔，揭示了飛行演化的可能路徑。

藝術家繪製古生物 科學復原生命圖景

特稿

一張栩栩如生的近鳥龍科學藝術復原圖，伴隨着古生物學家對化石的不斷研究，最終呈現出如今人們看到的最接近真實的帶羽恐龍的樣貌——它的頭頂呈紅褐色，前後肢都有黑白相間的羽毛，它身體很小，腦袋很大，擁有四個翅膀，但並不會飛行……科學藝術家趙闊讓曾共生於中國大地上的恐龍有了自己的科學復原圖。

今年5月，《遼寧美1.2億年前的生命奇觀》在香港面向全球首發了簡體版、繁體版和英文版。首發當日，新書銷量就創下了出版社單日銷量的新紀錄。該書古生物復原圖創作者趙闊說，「這本書裏呈現的一百餘種包括恐龍在內的古生物形象，是至今為止對熱河生物群的生物復原率最高的。」

「我想每個孩子在童年時都有一個恐龍夢，但作為上世紀八十年代出生的孩子，我們那代人在很長時間可能都錯誤地以為美國才擁有最多的恐龍，因為那時候我們看到的和恐龍相關的科幻大片都是美國拍的。當然後來我開始知道中國的恐龍化石資源是多麼豐富，中國才是真正的恐龍大國。」趙闊自小喜愛研究並繪製恐龍，2006年，在東北大學藝術系讀大二的趙闊因為一組發表在BBS（社交論壇）上的恐龍繪畫作品，而受到汪筱林的關注，「那時汪教授找到我，想讓我把中國自己的化石科研成果復原出來。」

「恐龍時代也有鳥語花香」

就在當年，趙闊的作品首次登上了《自然》雜誌的封面，他復原的這幅1.25億年前的哺乳動物「遠古翔獸」，也實現了中國創作者科學復原作品在《自然》雜誌封面刊登的「零突破」，讓還在讀大學的趙闊一鳴驚人。

「過去我們關於恐龍時代的大量細節都來自於國外的研究成果，所以我們認知裏的恐龍形象是巨大的、殘暴的，但基於對遼寧熱河生物群化石的科學研究和藝術復原，人們第一次知道，恐龍時代也有鳥語花香的一面，而且絕大部分的恐龍是很小的。」趙闊表示，「遼寧熱河生物群的生物演化過程也濃縮着全世界同時期的生物進化，就像一個時間膠囊。」從陸地生物，到飛翔在天空的生物，再到棲息在河流裏的生物，趙闊力求還原出億萬年前的某個時刻，以遼寧為坐標的中國大地上的生命圖景。



●趙闊在創作油畫「恐龍記-諸城暴龍」。



●趙闊創作繪製的赫氏近鳥龍科學藝術復原圖。