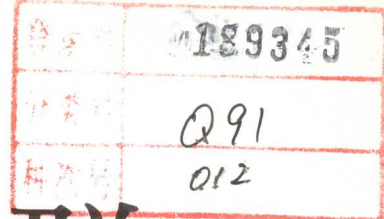


The background of the book cover is a detailed illustration of a prehistoric marine environment. At the top, a large, yellowish-brown trilobite with prominent eyes and long antennae swims in a dark blue, watery space. Below it, a green, segmented creature is visible. The middle section features a white banner with a jagged, sawtooth-like border. The banner contains the title in large, green, stylized Chinese characters. The bottom section shows a variety of other prehistoric life forms: a purple, multi-segmented creature with many eyes, a red and white segmented worm-like creature, and a green, cactus-like organism. The overall scene is set in a deep blue ocean with some green, grass-like plants on the left side.

澄江生物群

寒武紀大爆發的見證

陳均遠 周桂琴 朱茂炎 葉貴玉



澄江生物群

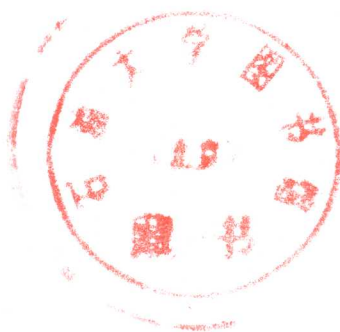
寒武紀大爆發的見證

陳均遠 周桂琴 朱茂炎 葉貴玉

THE CHENGJIANG BIOTA

A Unique Window of the Cambrian Explosion

J. Y. Chen, G. Q. Zhou, M. Y. Zhu and K. Y. Yeh



石油大學0213132

國立自然科學博物館

澄江生物群

寒武紀大爆發的見證

出 版／國立自然科學博物館

臺中市館前路一號

電話：(04)3226940

發 行 人／彭鏡毅

策 劃／李家維 葉貴玉

作 者／陳均遠 周桂琴 朱茂炎 葉貴玉

編 輯／葉貴玉

美 編／張麗嬾

攝 影／朱茂炎 陳均遠 D. Collins M. Steiner 董國安

繪 圖／周桂琴 陳均遠 朱茂炎

封面設計／張麗嬾

印 刷／上上彩色印刷有限公司

臺中市西屯區工業區36路34號

電話：(04)3598111

初 版／中華民國八十五年十一月

定 價／新台幣 300 元

ISBN／957-8503-47-4

在時間的長河，
生命只留下些微的信息，
我們所面對的是無數的知識空白，
在中國的澄江，
有一特異的化石寶庫，
其中所珍藏的亙古之秘，
使我們終於知道，
在地球上共存的生物，
原來在五億三千萬年前，
曾經來自一個共同的起點。

謹以本書獻給

當代最傑出的古生物學家
泰歇特教授(Curt Teichert) (1903-)。

其縱貫整個世紀的事蹟，
其爲人、爲師、爲友之道、
以及持之以恆的敬業精神，都是後學者的楷模。

作者序

在古生物學中，一直有一個很吸引人的大謎題，那就是**到底有沒發生過寒武紀大爆發**？大概是五億三千多萬年前，也是地質學家所謂的「寒武紀時代」剛開始不久，短短幾百萬年之間，絕大部分的多細胞動物「門」類突然在地球上出現。無數的疑問因而產生，包括：在寒武紀早期到底為什麼會引發出一場爆發式的演化活動？寒武紀之前的四十億年之間，到底曾經發生過什麼事？為什麼在地球歷史上最初六分之五那段歷史記錄顯得生命世界如此地平靜無波？

人類在地球的生命舞台上，扮演著雙重的角色，既是演員，也是觀眾。我們這群觀眾對舞台上戲碼的瞭解，不但因人而異，也因時而異。在我們這個年代，科學的研究已有相當的進展，化石的發現使我們對生命的認知得以擴展到三十五億年前的世界。但在十九世紀之前，許多科學家們仍然相信聖經所記載的歷史，認為上帝在六千年前用七天的時間創造了這個世界。瑞典偉大的博物館家，亦即生物二名法分類法則的奠基者——林奈，認為上帝曾經創造了一萬個以上的物種，而且這些物種從未發生過演化或滅絕。十九世紀，達爾文的《物種起源》則是反神創的一種言論。它的發表代表著演化生物學的確立。根據化石的紀錄，當時已有人相信生命的歷史應從六千年前再往前推到寒武紀。根據最新放射性絕對年齡的測定，寒武紀始於545百萬年前。

達爾文的《物種起源》開創了演化生物學的新紀元。人們開始相信生命的演化確實存在，而且這些變化還能夠遺傳給後代。達爾文同時又認為，生物種的存在是經過天擇作用的結果，無法適應環境的物種會被淘汰，最後建構出來的則是更能適應環境的物種，而且演化的過程是藉著微小的步伐逐漸累積而成的。

天擇說是達爾文演化理論的核心，與其同時代且聲名顯赫的地質學家萊依爾(Lyell)一樣，他們都是以自然和均變的觀點來看生命的變化。達爾文一方面正確地拒絕了神祕化的超自然主義並堅守著唯物主義，另一方面，卻錯誤地把大突變視為神跡。他認為如果眼睛或翅膀突然地出現在生物體上，那就是一種神跡。於是他不能容忍任何演化的大突變，因而將演化論引入歧途。達爾文僵化的漸變觀可在他的寫給萊依爾的一封信中略見一斑，其中提到：「如果我的天擇說必須借助於突變，那麼我將棄之如糞土。」

達爾文及其追隨者所預言的演化模式，是一個不斷多樣化、不斷擴增的演化論。多細胞動物由少數彼此形態接近的物種所組成，不斷演化的結果，物種之間的形態差

異也越來越大，各種生物門類的分野在演化的中後期才逐漸顯現出來。

澄江生物群所展示的演化模式與達爾文所預示的模式完全不同。它不但證實了大爆發式的演化事件在五億三千多萬年前確實曾經發生，最令人震撼的則是在這一事件發生的短短數百萬年(可能只有一兩百萬年)期間，幾乎所有現生動物的門類和許多已滅絕了的生物，突發式地出現於寒武紀地層，而在更老的地層卻完全沒有其祖先型的生物化石發現。在這一個瞬間性突發的大事件中，不僅建立了所有現生動物門類(包括脊索動物在內)的結構藍圖。另外還有二十幾個已經絕滅了的生物種，與現生動物的分類系統沒有任何關連，但每一個種卻各自代表一個相當於門一級的結構藍圖。因此，寒武紀大爆發可看成是動物門類結構藍圖誕生的大事件。

為了讓更多人對澄江生物群有所認識，我們特別提供許多珍貴的化石圖片，根據澄江化石標本繪製了生動的生態復原圖，並用淺顯的文字撰寫，試圖把讀者引到五億三千萬年前的生命世界，一起思考寒武紀大爆發事件發生的可能性。演化生物學正在醞釀著一場科學革命，寒武紀大爆發學派是這個科學革命的主導者，正一步步地打破自達爾文以來所建構的演化科學框架。這一場革命與演化物理學、新熱力學及複雜科學的合流勢在必行，一個涵蓋生命界和非生命界的演化理論不久即將浮現，它將在生命界和無生界之間架起一道橋樑，並發展而成一個新的科學理念。

澄江化石的發掘和研究工作得以持續進行，必須感謝許多單位和個人在經費上的支持，包括中國科學院(Z2050)、美國地理學會(grant no. 4760-92, 5165-94, 5670-96)、中國國家科學技術委員會、江蘇省政府、中國科學院現代古生物學和地層學開放研究實驗室(No. 9516)、中國科學院古生物學和古人類學研究特別支持費(No. 9313)以及吳春蘭女士的資助。在野外期間，感謝雲南省政府有關部門、雲南省玉溪地區行政公署及澄江縣政府給予許多工作上的方便，加上澄江縣磷化學工業公司的積極配合和多方協助，使得每一次的挖掘工作皆能順利完成。

最後，本書的出版必須感謝自然科學博物館許多同仁的幫忙，尤其是前館長李家維博士的大力支持，撰稿期間程延年博士對相關問題的積極探討和熱烈討論，以及曾資貽小姐不厭其煩地打印文稿，在此致以最深的謝意。另外，歷群、姚媛和仲丹潔為我們繪製油畫，張麗瀾小姐對書中許多插圖的重製盡了不少心力，在此亦一併致謝。

南京地質古生物研究所

作者序

1989年，美國史密遜機構自然史博物館中的一個展示廳內，有兩個相隔約二公尺的獨立櫥窗，分別以醒目的標題，展示著澄江動物群和伯吉斯動物群的標本。一中一西相互對應，一邊展的是來自中國的三塊黃橙色化石標本，另一邊則是來自加拿大的許多黑色伯吉斯化石，二者在展場中形成強烈的對比。

中國的澄江是剛發現不久的一個化石產地，加拿大的伯吉斯則已在科學界揚名將近一個世紀。當時史密遜機構古生物部門的蒐藏經理Frederick J. Collier特地引導我去看這些東西，因為我是學古生物的，更因為我是中國人。在中國的澄江發現到類似於伯吉斯動物群化石這件事，在科學界已造成轟動。他認為我不應該錯失這個親眼目睹的良機。

佇立在櫥窗前，隔著玻璃觀看擺在其中僅有的三小塊化石，心想這些看起來並不起眼，數量又如此單薄的標本，能在世界最著名的博物館與伯吉斯動物群並駕齊驅地展示，可見他們對澄江化石是何等的重視。Fred告訴我這三塊標本非常珍貴，是好不容易才借到的。

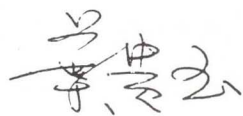
我作夢也沒有想到，在七年後的今天，居然有機會和借標本給史密遜機構的陳均遠教授碰頭，甚至與他合作，在台灣的自然科學博物館，舉辦了寒武紀大爆發特展，並且史無前例地，對一般觀眾公開地展示兩百多塊五億三千萬年前的澄江生物所留存下來的化石標本。我更沒有想到，第一本以中文撰寫、詳細介紹澄江生物群的書，終於在無數的關懷與期待中印出來了。

這一本書是經過許多人的努力而合作完成的。原稿是由陳均遠教授執筆。陳教授自1987年投身於澄江化石的挖掘與研究，迄今已蒐集了一萬多塊的標本，並在國內外的著名期刊先後發表了二十餘篇論文，對澄江化石有非常深入的研究及相當完整的認識。因為有他，使得本書可以在廣度和深度上皆有所兼顧。書中的主角是澄江化石。澄江化石之所以能夠毫無保留地從岩石中一一現身，必須歸功於周桂琴的細心和巧手。在許多照片中，解剖刀的刮痕依然可見，古生物的三維構造就是經過一刀刀的處理

才逐一顯露出來的。根據這些標本，周小姐在陳教授的指導下，甚至把原本以平面呈現、而且殘缺不全的遺骸，注入了生命，使牠們一隻隻完整地活了過來。另外，在周小姐和朱茂炎博士的協助下，陳教授找畫家繪製了十餘幅彩畫，使得五億三千萬年前海中多彩多姿的生命得以生龍活虎般地重現。另一位合作者是朱茂炎博士。除了參與野外的工作、化石的整理及照片的拍攝之外，在沈積學和地層學的探討上他盡了許多心力，尤其對生痕化石的鑑定和闡釋更是功不可沒。本人忝為作者之一員，有幸參與這本書的出版作業。除了實際執行文稿的整理、編輯和校對等工作之外，我十分感謝陳教授，他接受我的邀稿，並且非常大方地縱容我在文字上做轉換的工作。由於兩岸相隔了四十幾載，彼此在用詞遣字上已有明顯的差異。為了讓海峽這邊的人們可以充分地理解這一本書，我把文中許多原本較為艱深的文句，在忠於第一作者旨意的原則下，變成我們較為熟悉的語氣。

與一般較為通俗的科普文章相較，我必須承認這是學術性較為濃厚的一本書。每一論點的證據及其出處在書中都很清楚地做了交待，其中甚至也有新屬新種的命名，文後還附上非常完整的參考文獻。一般讀者可能認為這是多餘的，但有心在這方面鑽研的人一定會感激我們的用心。畢竟除此之外，你再也找不到第二本如此完整地介紹澄江化石的書籍。

二十幾年前，當我還是大學新鮮人時，我很遺憾在市面上找不到以中文撰寫的地科讀物。二十幾年後的今天，許多有心學習地球科學的人仍然有同樣的感歎。我很高興經過這一番努力，終於能有一本以中文撰寫的書，向國人介紹地球生命史上非常重要的一群生物。如果沒有館方的大力支持，以及許多同仁的共識和幫忙，這一本書還是不可能印出來的。對數億的中文讀者而言，光是這麼一本書還是不夠的，最重要的則是以後還能繼續看到類似的中文科普刊物，使得地球科學教育的推廣，能夠快速地普及於海峽兩岸。



謹識

于自然科學博物館

目 錄

作者序	IV
前言	2
澄江化石產地	6
澄江化石的發現	10
一套獨一無二的寒武紀編年史	14
澄江化石的成因	24
澄江化石的處理	30
澄江化石的發現和科學認知的開始	34
澄江生物群研究的開端	35
備受世人矚目的一大發現	37
振奮人心的新發現	39
寒武紀大爆炸或大爆發？	51
寒武紀大爆發的證據	53
達爾文的困惑	61
破解寒武紀生命大爆發之謎	62
演化的新解	67
化石的見證	72
藻類：約克那斯藻、中華細絲藻、螺旋藻、宏螺旋藻	73
分類位置不明的管棲生物：寒武杯管蟲	77
海綿動物類：細絲海綿、小細絲海綿、擬小細絲海綿、四層海綿、 斗蓬海綿、錢包海綿、軟骨海綿、海扎海綿、 鬃毛狀海綿、塔卡瓦綿	79
開腔骨類：新屬新種A、新屬新種B	91

腔腸動物類：生光海葵、新屬新種C	93
櫛水母類：新屬新種D、新屬新種E	96
曳鰓動物類：帽天山蟲、環飾蠕蟲、古蠕蟲	98
葉足類：微網蟲、怪誕蟲、爪網蟲、心網蟲、囉哩山蟲、貧腿蟲	104
纖毛環超門類群	117
火把蟲、高脚杯蟲	119
軟舌螺類：歐淺帶螺	139
水母狀動物：依爾東鉢、輪盤鉢	123
帚蟲類：新屬新種F	131
腕足類：小舌形貝、磷舌形貝、日射水母貝	133
環節動物門？：新屬新種G	142
節肢動物狀生物	143
三葉蟲亞門：雲南頭蟲、武定蟲、始萊得利基蟲、關揚蟲	145
三葉形類群：跨馬蟲、網面蟲、刺節蟲、尾頭蟲	151
海怪蟲類：灰姑娘蟲、海怪蟲、中華謎蟲	160
盾蓋蟲類：謎蟲	166
娜羅蟲類：周小姐蟲、娜羅蟲	169
撫仙湖蟲類：撫仙湖蟲	177
無腹雙瓣殼節肢動物：等刺蟲、古介形蟲	181
有腹雙瓣殼節肢動物：瓦普塔蝦、裂孔節肢動物 (古蟲、斑府蝦)	185
奧帕賓蟲類：始蟲、尖峰蟲	191
奇蝦類：奇蝦、巨蝦、背脫蝦	196
脊索動物類：雲南蟲	203
糞化石：大型食微性動物糞化石、大型巨嚼性動物糞化石、 泥食性動物糞化石	209



前言



1983年陳均遠教授在加拿大Mt. Stephen參與伯吉斯化石之挖掘。

地球是太陽系中得天獨厚，唯一確定有生物存在的一個星球。無論海洋或陸地、無論極區或赤道，生物幾乎無所不在，而且種類繁多，可能高達一千多萬種。但是，這樣的生物世界在地球歷史上並非一成不變。古生物學家告訴我們，自三十多億年前原核生物在原始海洋中出現以來，地球上的生物就不斷地演變與發生，並且經歷過多次的大滅絕與大演化，寒武紀大爆發就是其中最精彩的一幕。

寒武紀是地質史上的一個年代，期間大約是五億四千多萬年前至五億一千萬年前，比恐龍興盛的侏羅紀還要早三億多年。化石的發現證明在距今五億三千多萬年前的地球上生命發生了一次大規模的演化事件。當時多細胞動物突發性地在海洋中出現，而且迅速地發展出形體多樣、構造複雜的類群，在我們的行星——地球上從此開始出現紛繁駁色、多彩多姿的生物世界。這一個事件被認為是地球生物史上的大霹靂，有些古生物學家稱之為「**寒武紀大爆發**」。

1984年，南京地質古生物研究所的侯先光在中國雲南的澄江發現了五億三千萬年前的化石。這個化石層保存了非常豐富、個體極為完整的多細胞生物遺骸，其中包括許多難得一見、帶有軟軀體構造的化石和大量的帶殼化石(Chen et al., 1991)。到目前為止，從來沒有在更老的岩層中發現到類似的化石。這個化石寶庫的發現，很快地引起中外科學界的注意。十幾年來有關澄江化石的研究論文已在科學界造成極大的震撼。很多研究者認為「澄江生物群」的出現就是寒武紀大爆發的最有力證據。

提到寒武紀大爆發，很多人都會不由自主地想到伯吉斯動物群。1909年，美國史密遜機構自然史博物館的館長Walcott在加拿大發現了五億一千五百萬年前的伯吉斯動物群(Burgess fauna)。連續數年的野外採集，Walcott在其有生之年為博物館蒐集了六萬五千多件伯吉斯生物化石的標本(Briggs et al., 1994)。在Walcott及後來其他學者的共同努力下，數

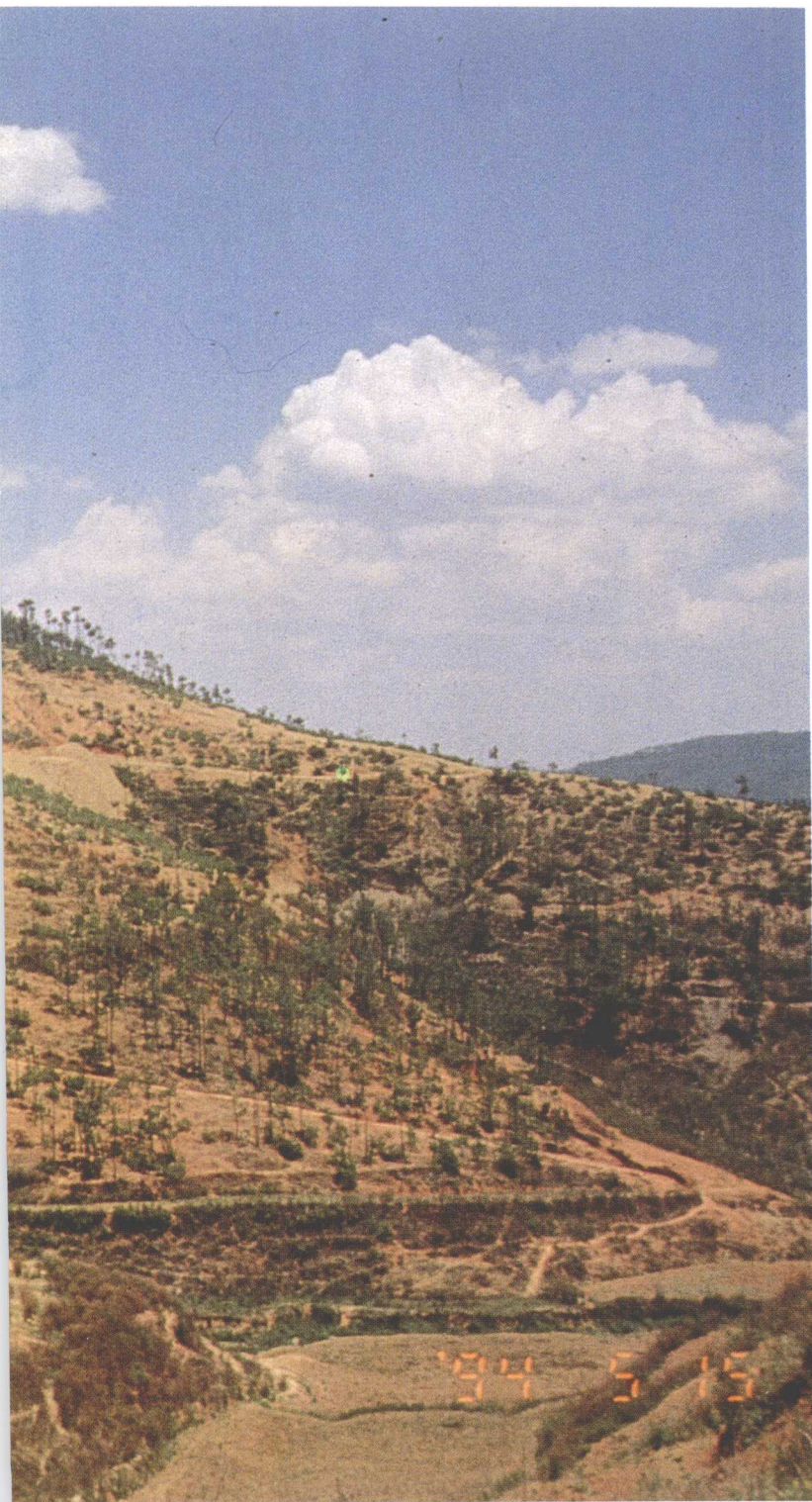
十年的持續研究，被命名的化石已多得不勝枚舉。結果顯示幾乎現有動物界的每一門類在當時都已出現，另外還有許多已完全滅絕的門類、或分類位置不明的化石種。過去任何談論寒武紀大爆發的文獻都以這個化石群為依據。

伯吉斯動物群的發現，曾在科學界造成極大的震撼，將近一個世紀後的今天，仍然餘波盪漾。澄江化石的發現使「寒武紀大爆發」事件再度成為科學界熱門的論題。許多地質資料顯示澄江生物群出現之時，「寒武紀大爆發」事件已接近尾聲。至於伯吉斯動物群的出現則是大爆發事件之後一千多萬年生命持續演化的結果。

澄江化石的發現為寒武紀海洋生態景觀之復原提供了具體的依據。當時生物的形體有些十分怪異，與其後來出現的生物在軀體構造(bauplan)上極為不同，但有些則與五億多年來地球生物的演化有非常密切的關係。從已完成的研究結果顯示，其中許多種類很可能就是多細胞動物(包括人類在內)在演化歷史上的起跑點。古生物學家對寒武紀早期動物群的研究已持續進行了數十年，但是科學界至今仍無法明確地解釋這一奇特演化事件發生的原因。



澄江化石 產地



澄江帽天山