

模擬球狀星團形成 發現過渡型天體結構

科學講堂

宇宙中存在多種天體，共同構成了豐富多樣的宇宙結構。從我們熟知的太陽系、銀河系，到各類星團，均展現出獨特的形態與特徵。本期專欄將聚焦於宇宙早期星團的形成機制，並探討近期科學家運用計算機模擬宇宙演化過程所獲得的新發現，這些成果可能有助於我們更深入理解早期星團的形成過程。

球狀星團在星系中廣泛存在，屬於宇宙中年代較為久遠的星體組織之一。與其他類型星團相比，球狀星團具有更高的質量；正如其名，其中恒星聚集呈圓球狀分布，構成其顯著形態特徵。球狀星團中的恒星年齡極大，表明其形成時期正值宇宙中第一個星系尚處於組建階段。然而，關於其具體形成機制，天文學界尚未完全解明。

本研究亦涉及矮星系這一宇宙中最古老的星系類型。小型矮星系的總恒星質量與球狀星團相近，但其體積遠大於後者，意味著其密度相對較低。近期研究採用先進計算機模擬技術，重現矮星系與球狀星團的形成歷程。



一般而言，星系的形成遵循由小至大的規律，即較小星系先形成，隨後逐漸聚合成形成更大星系。研究人員在模擬中納入多種物理過程，從而實現對矮星系內球狀星團形成的精細模擬。

在該計算機模擬中，研究人員成功識別出十五個矮星系。通過尋找空間聚集、年齡相近且運動速度相似的恒星群，他們進一步在矮星系周邊或內部發現約二百個球狀星團。模擬所得的矮星系與球狀星團特徵（如大小、亮度等）均與既往研究結果相符；與銀河系及鄰近星系進行對比分析後，亦表現出良好的一致性，表明該模擬具有較高的可靠性。值得注意的是，研究人員在模擬中發現了六個介

於矮星系與球狀星團之間的過渡型天體結構：這些獨特結構的亮度與球狀星團相當，但其尺寸處於兩者之間。它們形成於暗物質密度較高的區域，暗物質的引力作用加速了星體聚集過程，使其形成速度快於普通球狀星團。

組成成分多為氫氣

由於這些特殊結構的形成時間早於其他天體，其組成成分幾乎全為氫與氦，這與早期宇宙中尚未合成鎳及以上更重元素的物質環境相符。天文學家長久以來推測早期宇宙中應存在這類缺乏重元素的星體，然而至今尚未通過實際觀測確認其存在。



▲圖為NGC7006球狀星團。 網上圖片

◀圖為雙鼠星系，目前正處於碰撞和合併過程中。 網上圖片

小結

本次研究的計算機模擬自然存在進一步優化的空間：例如，為節約計算資源，模擬未包含在較大星系中形成的球狀星團。儘管如此，已有天文學家提出，銀河系中名為C-19的恒星群可能正是這類介於矮星系與球狀星團之間的過渡結構。若此推論屬實，C-19將為我們探索宇宙早期狀態與暗物質特性提供重要的研究對象。

●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。

從被動減排到主動固碳「碳回歸」開啟減碳新紀元

面對全球氣候危機，國際社會長期將「淨零排放」視為終極目標。然而，這主要透過減少碳排放來達成目標的方法，本質上是一種消極的防禦策略。與其僅專注於「減少傷害」，全球先驅企業與科研機構正轉向更積極的「碳回歸」思維：運用尖端科技，主動將大氣中的二氧化碳捕捉並轉化為資源，或將其安全封存於自然系統中。這不僅是減碳，更是「還碳於地球」。

第一種技術運用大型風扇將空氣吸入，透過特殊的化學吸附劑（如氫氧化鉀或胺基化合物）捕捉其中的二氧化碳，再通過高溫將高濃度二氧化碳分離出來，最後加壓液化，注入深層地質構造（如廢棄油田或鹹水層）中永久封存。

冰島的Orca計劃是全球目前規模最大的DACCS設施。它利用地熱能這種可再生電力來驅動設備，並將捕捉到的二氧化碳與水混合，泵入地下深層的玄武岩層中。二氧化碳會與玄武岩中的金屬離子發生反應，在短短數年內形成穩定的碳酸鹽礦物，實現永久性、安全的地質礦化。但是成本極其高昂，目前每噸碳捕捉成本高達數百至上千美元。

此外，該過程需要大量綠色能源，且對封存地點的地質條件要求嚴苛，需要精準的監測技術以確保封存安全性，同時也面臨着社會大眾對於「將廢棄物埋入地下」的接受度問題。

第二種技術結合了自然與人為工程。植物在生長過程中會從大氣中吸收二氧化碳，將這些木材、農林廢棄物在發電或製程中燃燒，產生能源，隨後再利用碳捕捉技術收集燃燒產生的二氧化碳，並將其封存於地底。整個過程不僅實現了能源生產的「負碳排放」，還將大氣中的碳固定於地質層中。（其「負碳排放」效果取決於整體系統邊界與永續性條件。）

美國伊利諾州的「工業碳捕捉與封存計劃」從乙醇工廠捕捉發酵過程中產生的高濃度二氧化碳，而非燃燒環節。這些二氧化碳被壓縮後，通過管道運輸至封存點，並注入地下數千公尺深的沙岩層中。該計劃每年可封存數百萬噸二氧化碳，展示了如何將工業製程與負碳技術相結合。

第三種技術模仿自然的岩石風化過程，但

將其速度大幅提升。將矽酸鹽礦物（如玄武岩或橄欖石）磨成細粉，撒在農地或沿海地區。這些岩石粉末會與空氣中的二氧化碳和雨水發生化學反應，形成溶解的碳酸氫鹽離子，最終經由河流流入海洋，並以碳酸鹽的形式儲存在海水中，其儲存期可長達數十萬年。雖然該技術目前仍處於研究與示範階段，但未來大規模應用潛力深厚。

第四種技術是一種基於自然解決方案的積極方法。透過恢復如海草床、紅樹林和鹽沼等濱海生態系統，利用其驚人的光合作用能力，將二氧化碳轉化為有機物，並將其碳儲存在沉積物中。這些「藍碳」生態系統的固碳效率遠高於陸地森林，且碳被鎖在缺氧的沉積物中，可儲存數千年。阿拉伯聯合酋長國的「阿布扎比藍碳計劃」在沿海地區大規模種植紅樹林，不僅有效捕捉和封存了大量二氧化碳，還起到了抵禦風暴潮、保護海岸線、增加生物多樣性和發展生態旅遊的多重效益，創造了巨大的生態與經濟價值。

生物炭改良土壤 促良性循環

第五種技術將農業廢棄物、林業殘材等生質在缺氧或限氧的環境下，經過高溫熱裂解技術轉化為穩定的固態碳——生物炭。生物炭化學性質穩定，不易分解，可將碳固定數百年甚至數千年。將其混入土壤中，不僅實現了碳封存，還能改良土質、保水保肥、減少肥料使用，形成良性循環。澳洲的「土壤碳」倡議鼓勵農民將農業廢棄物轉化為生物炭並施用於農田。

該項目通過碳權交易機制，為農民提供了額外的收入來源，同時提升了農業生產的永續性與韌性，是「碳農業」的成功典範。

可是，熱裂解設備的前期投資成本高，大規模生產生物炭的原料供應鏈需要妥善管理，以確保不會對原有生態系統造成破壞。長期大量使用生物炭對不同類型土壤微生物群落的具體影響，仍需更長期的追蹤研究。

儘管這些技術面臨成本、能耗、規模化與環境影響等嚴峻挑戰，但它們為解決氣候危機提供了更根本、更積極的路徑。要實現這些科技的潛力，需要各國政府透過政策引導與資金投入、企業的風險資本與技術創新，以及公眾的認知與支持，共同構建一個能讓「積極固碳」蓬勃發展的生態系，才能真正扭轉氣候變遷的頹勢，將碳有效地回歸自然。

●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。



關注幼兒情緒社交能力 有助長遠發展

介紹：本欄由教大校長李子建領銜，教大資深教授輪流執筆，分享對教育熱點議題、教育趨勢研究，以及教育政策解讀的觀察與思考。



面對急速轉變的社會環境，愈來愈多教育工作者意識到，孩子的情緒社交能力，對其人際關係、學習動機及心理健康有深遠影響。

教大早於2015年，由兒童與家庭科學中心率先推展「3Es情+社同行計劃」，根植於幼兒的「情緒表達」「情緒管理」「認知控制」和「同理心及利他行為」四大支柱，以「S.E.E.D.」作為推動導向，即Skills（技巧教學）、Environment（環境塑造）、Extension activities（家庭延展）與Diverse learning needs（差異支援），目前已累計約2,000名幼兒參與研究，結果顯示接受課程的幼兒在情緒理解、行為調節及同理心表現上顯著進步，部分學生更在中文及早期數學能力取得正面效果，研究成果已在多份國際學術期刊刊登。

在「技巧教學」方面，計劃設計了針對2歲至6歲幼兒發展階段的課堂活動和遊戲，如情緒繪本、小遊戲、情境角色扮演等，協助幼兒學會覺察及命名情緒、尊重他人感受，並運用合宜語言表達需要。

活動不僅幫助孩子掌握相關技巧，更強化他們的解難與自我調節能力。「環境塑造」上，老師在教學中運用視覺提示、統一語言和簡潔指令，設置「情緒風車」與「生氣圖卡」等，協助孩子覺察和調節情緒，

使用「好寶寶記錄表」和「承諾卡」作為激勵，增強幼兒對守規則與自律行為的正面聯結。

這些教學策略亦已納入教育大學幼师培訓課程中，提升新一代教師的實務能力，令師資培訓更貼近實際需要。

促進親子互動 實現家校合作

為進一步鞏固學習，計劃設簡單易行的「家庭延展」活動，讓孩子在課後或假日亦可透過輕鬆活動練習所學，例如一起使用情緒圖卡遊戲、討論生活中的情緒處理，以促進家長與孩子的互動，進一步實現家校合作。

計劃關注「差異支援」的理念，深受前線教師肯定。教師在培訓中學會運用差異化教學技巧，如視覺輔助、簡化語言、重複練習與情緒引導，以協助不同能力與氣質的孩子建立信心與參與感。

「3Es情+社同行計劃」透過將課程理念研發本地教材、融入師資訓練、培訓幼师團隊與支援學校實踐，團隊持續將科研成果實踐於教育現場，並培育下一代成為身心健康、有同理心與具抗逆力的孩子，促進幼兒的情緒社交發展之餘，亦反映出香港教育大學「實證為本」的教研精神，以及對幼兒全人發展的重要承擔。

●鍾太華
兒童與家庭科學中心總監、幼兒教育系講座教授
●張溢明
兒童與家庭科學中心項目經理、教育心理學家

數字遊戲革新AI教育「打機」提升學習效率？



相信很多人都有「打機」的習慣，無論在各種平台如主機遊戲、桌面電腦、平板電腦或手機等等，但其實數字遊戲（Digital game）早已超越了純粹娛樂消遣的角色，成為人工智能（AI）教學及研究的工具。筆者將於本文探討數字遊戲如何革新AI教育與研究，開拓創新技術新途徑。

數字遊戲種類繁多，常見的包括棋盤類遊戲（如圍棋和國際象棋）、解謎遊戲、冒險類遊戲、賽車競速遊戲、射擊遊戲、角色扮演遊戲和即時戰略遊戲等等。數字遊戲以持續的獎勵機制激發學生學習興趣和毅力，而有些遊戲甚至具有特殊功能，可以應用於訓練和教育用途。例如，有些遊戲是專門設計用來幫助醫生提升手術技巧或幫助學生有效學習數學。

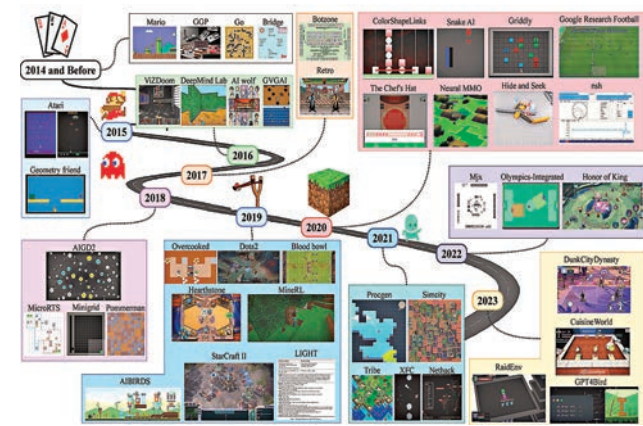
此外，數字遊戲也常被用作AI研究的測試平台，幫助科學家開發更聰明的機械人。也可應用於教授AI相關知識和技術，讓更多人能夠了解這個領域。

算法驅動工業革新

其實這些不同類型的遊戲與現實世界中我們能夠遇到的物理和工業場景挑戰有很多相似之處，在遊戲進程中取得突破的技術，更能夠用於解決實際問題。因此，不僅有研究針對特定的遊戲類型設計智能軟件，數字遊戲也常常作為測試平台被廣泛地用於驗證AI方法與技術。

例如，DeepMind研發的AI系統AlphaGo和AlphaStar，分別在圍棋和即時戰略遊戲《星際爭霸II》上表現出色。雖然它們最初是為了解決複雜的遊戲問題而設計，但其背後的技術，如深度學習、強化學習和蒙地卡羅樹搜尋（MCTS）等，皆具備廣泛的應用潛力可以用於解決許多實際應用問題，例如控制機械人、資源管理、規劃和調度、自動駕駛、化學合成等等。

這些成果不但反映了數字遊戲在推動AI研究中舉足輕重



●遊戲和平台的發展路線圖。 作者供圖

的地位，同時印證了這些技術在現實應用中具備廣泛的潛力。

在學術領域，許多大專院校基於OpenAI Gym和General Video Game AI平台，使用Atari類經典遊戲來幫助學生學習搜索算法、強化學習算法和機器學習泛化性等。Minecraft遊戲和超級瑪利歐等遊戲也被用於研究和教授智體博弈、多智體系統和生成式AI方法。

此外，對於中學生而言，Minecraft遊戲本身也是一款非常受歡迎的程序設計和AI教育工具。

除了用於教授AI課程外，數字遊戲也可以被用於更廣泛的教育和培訓中。例如，Duolingo ABC通過遊戲化的方式將學習過程變得有趣，讓兒童和成人通過完成任務和贏取獎勵來保持學習的興趣。遊戲還可以被用於特殊技能培訓（如飛行員培訓），或者在自閉症干預中起到積極作用。

數字遊戲在AI教育與研究中的應用展現了其多功能性，不僅讓學習變得互動有趣，還推動技術創新。

●劉佳琳
嶺大數據科學學院工業數據科學部副教授