

從答案機到思考夥伴： 生成式 AI 在科學教育中的六種角色

許庭嘉

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系特聘教授

前言

生成式人工智慧 (generative artificial intelligence, GenAI) 能依據使用者的提示詞，產生文字、圖像、程式碼、題目與回饋。它進入教育現場後，最容易引發的爭論是「學生可不可以用 AI」。然而，同一套工具既可能協助學生理解艱深概念，也可能代替學生完成作業；既可能提供即時回饋，也可能產生似是而非的內容。因此，真正需要討論的並非單純的允許或禁止，而是 AI 在學習活動中應扮演什麼角色、哪些工作仍必須由學生完成，以及教師如何看見學生的學習歷程。大型語言模型在教育應用上仍涉及準確性、透明度、隱私與可重現性等實務及倫理挑戰 (Yan et al., 2024)。聯合國教科文組織提出的生成式 AI 教育指引 (Miao & Holmes, 2023) 與學生 AI 能力架構 (Miao et al., 2024)，都強調以人為中心、維持人的判斷與行動主體性，並培養學生安全、負責且具批判性的使用能力。

本文將生成式 AI 可在科學教育中的角色分為六大類：參考工具、評價工具、生產工具、提升效率工具、促進思考工具，以及創造認知衝突的工具。分類的目的不是替工具貼上固定標籤，而是協助教師依據學習目標設計使用方式，使 AI 成為學習鷹架，而不是取代學習的捷徑。

先問「扮演什麼角色」，再問「使用哪個工具」

生成式 AI 的教育價值，主要取決於任務設計。例如，學生請 AI 產出一份實驗流程圖，是作為生產工具。若學生先自行撰寫，再請 AI 依據「主張、證據與推理」規準指出不清楚或需要補強之處，AI 此時是以科學審查者或回饋者的互動身分，執行評價工具的功能。要培養學生留意 AI 不一定完全正確，必須確實查核。教師在設計活動前，可以先問三個問題：第一，這項活動真正要學生學會什麼？第二，哪些思考與判斷必須由學生完成？第三，學生要留下哪些證據，證明自己曾經查核、修正與反思？

科學學習還涉及不同的學科文化 (disciplinary culture)。每個領域對「什麼算是證據」、「如何提出解釋」及「專業人員應負什麼責任」，都有不同慣例 (Bayer,

1991; Becher & Trowler, 2001; Hughes, 2013)。物理重視模型假設、量綱與數學一致性；化學重視反應機制、測量與安全；生物重視變異、系統關係與多重因果；地球科學常須整合不同來源的間接證據；工程則必須在安全、效能、成本與永續之間進行取舍。因此，本文的六種功能角色（圖 1）應維持固定名稱，但教師可以依學科文化賦予 AI 不同的具體互動身分：參考工具可作為資料整理者；評價工具可作為科學審查者；生產工具可作為科學素材生成者；提升效率工具可作為備課與流程助理；促進思考工具可作為蘇格拉底式提問者或設計顧問；創造認知衝突的工具則可作為反例提出者、反方角色或利害關係人。這些互動身分可以隨學科與任務調整，但都應以學生的學習、查核與判斷為中心。

圖 1

生成式 AI 在科學教育中的六種角色



一、參考工具：作為理解的第一站，而不是最後依據

學生可以使用 AI 解釋陌生術語、比較相近概念、整理閱讀重點或產生概念圖。例如，在學習「熱」與「溫度」時，學生可先請 AI 以國中程度解釋兩者差異，再要求它以粒子模型重新說明。然而，AI 的答案只能視為暫時性的參考。教師可要求學生回到教科書、指定文章、圖表或實驗資料，標出支持或修正 AI 說法的證據，並回答：「AI 省略了哪些條件？」或「哪一句說得太絕對？」如此一來，AI 雖降低了理解教材的門檻，仍不能取代原始資料與科學查證。

二、評價工具：提供形成性回饋，而不是最後裁判

生成式 AI 可以依據教師提供的評分規準，協助檢查答案是否完整、推理是否跳躍、圖表標示是否清楚，或口頭說明是否符合聽眾需求。例如，學生先完成探究報告，再請 AI 分別檢視主張、證據與推理，指出一個最需要補強之處。學生接著必須判斷回饋是否合理，並說明採納或拒絕的原因。研究顯示，生成式 AI 具有擴大即時回饋的潛力，但回饋品質仍受提示、情境與模型限制影響，不能取代教師的專業判斷 (Lee & Moore, 2024)。尤其在開放性科學問題中，合理答案可能不只一種，評價標準更應由教師事先界定。

三、生產工具：快速產生可操作的學習素材

生成式 AI 能產生案例、圖片草圖、模擬情境、角色卡、程式碼、資料表或不同難度的題目。教師教導生態系平衡時，可以請 AI 產生一個外來種入侵的虛構案例，讓學生辨識變因、預測食物網變化，並提出需要蒐集的資料；教授工程設計時，可以產生不同使用者需求與限制條件，讓學生比較方案。學生也能將自己的解釋轉換成流程圖、海報或簡短動畫腳本。重點是：AI 產出的素材是「供分析的物件」，不是自動成立的科學事實。資料、圖像標示、引用與計算仍須逐項查核，並揭露 AI 參與的部分。

四、提升效率工具：節省重複工作，把時間留給深度互動

教師可運用 AI 草擬術語表、分層閱讀材料、選擇題干擾選項、課堂投票題、討論提示與下課前快速檢核題；學生則可用它整理筆記、轉錄口頭內容、調整文字結構或建立複習題。這些使用方式能降低大量重複性工作，但「快速」不等於「有效」。教師仍需檢查概念、難度與語句是否適合學生，也不能把個人資料、未公開研究資料或敏感內容輸入公開系統。真正有價值的效率提升，是讓教師把省下的時間用於追問學生、診斷迷思、提供個別化建議與設計更有意義的科學活動，而不是製造更多作業。

五、促進思考工具：成為會追問的蘇格拉底式教練

AI 最具學習價值的角色之一，是不急著給答案，而是追問學生的理由。教師可以要求學生先自行作答，再使用以下提示：「請先不要告訴我答案，請用三個問題檢查我的假設、證據與推理；若我回答不完整，只提供提示。」在數學與物理問題中，AI 可以詢問適用條件與單位；在生物解釋中，可以追問機制與替代原因；在實驗設計中，可以要求學生辨認控制變因與可能誤差。學生最後仍須自行提出答案，並保留「初始想法→AI 追問→修正答案」的紀錄。如此，AI 不是替學生思考，而是讓思考過程變得更清楚。

六、創造認知衝突的工具：提供反例、矛盾證據與不同立場

科學概念的改變，往往始於學習者發現原有想法無法完整解釋現象。概念改變理論指出，適度的不一致與反例，可以促使學生重新檢視既有概念 (Posner et al., 1982)。生成式 AI 可被設定為「第三方挑戰者」，產生反例、限制條件、競爭性解釋或不同利害關係人的觀點。例如，學生認為「較重的物體一定落得較快」時，AI 可以提出真空與空氣阻力不同的情境；學生把生物適應理解成個體有目的的改變時，AI 可以提供族群變異與自然選擇的反例；地球科學課可讓 AI 提出兩種對同一組代理資料的解釋；工程課則可讓 AI 分別扮演安全主管、使用者與成本管理者，製造必須取捨的設計衝突。

然而，認知衝突不是愈強愈好。若反例太艱深、AI 內容本身錯誤，或學生缺乏必要背景，活動只會造成混亂。教師應提供適度且可克服的挑戰，搭配術語、圖表、實驗資料、同儕討論及最後的全班統整。AI 負責提出「值得懷疑的可能性」，學生負責依據學科文化判斷什麼證據有效、哪個解釋較合理。

表 1

生成式 AI 在科學教育中的六種角色與設計重點

功能角色	可設定的具體 互動身分	科學學習例子	可保留的 學生證據	必要界線
參考工具	資料整理者、概念 解說者	比較「熱」與「溫度」，再以原文或 實驗資料查核。	來源段落、差異標 註與修正說明。	AI 是入口，不是 學術來源。
評價工具	科學審查者、回饋 者、方法檢核者	依「主張—證據— 推理」規準診斷探 究報告。	原稿、AI 回饋及 採納／拒絕理由。	規準由教師設定， 結果由人判斷。
生產工具	科學素材生成者、 案例製作者	生成生態案例、工 程限制條件或概念 圖草稿。	學生驗證、改寫後 的版本。	生成內容不是自動 成立的事實。
提升效率工具	備課與流程助理、 格式整理助理	草擬術語表、投票 題、複習題與快速 檢核題。	教師審核後的素材 或學生整理紀錄。	不輸入個資與敏感 資料。
促進思考工具	蘇格拉底式提問 者、設計顧問	先作答，再由 AI 追問假設、證據與 機制。	初始答案、追問、 修正答案。	AI 只提示，不提 供可直接繳交的答 案。
創造認知衝突的工具	反例提出者、反方 角色、利害關係人	產生反例、競爭解 釋或工程設計取 捨。	衝突分析、證據比 較與決策理由。	挑戰須適度可克 服，並由教師統 整。

註：六種角色可以在同一活動中組合，但應明確區分 AI 的支援責任與學生的學習責任。

讓 AI 鷹架逐步淡出，並保留學習證據

同一項 AI 功能在不同學習階段，可以扮演不同角色。初學階段可多使用參考工具、生產工具與提升效率工具，協助學生建立基本語言、概念與表徵；中間階段則增加評價工具與促進思考工具的運用，要求學生比較、查核與修正；後期再逐步減少 AI 輸出，讓學生獨立完成核心解釋、實驗決策或口頭答辯。這種「逐步淡出」可避免學生只在 AI 陪伴下表現良好，卻無法獨立完成任務。

一個簡單的學習流程是：先嘗試、再求助、查核證據、修正說明、最後反思。學生可以提交第一版答案、經過挑選的 AI 對話片段、查核來源，以及簡短的修改理由。反思不必寫成長篇心得，只需回答：「我原本怎麼想？哪一項證據或追問改變了我的想法？我採納或拒絕了什麼建議？下一次我會先採取哪一個策略？」這些過程證據，比單看最後作品更能顯示學生是否真正學會。此一循環如圖 2 所示。

圖 2

成長思維導向的人機協作學習循環



以成長思維使用 AI：成為能學習的人，而不是依賴工具的人

成長思維（growth mindset）是相信人的能力並非完全固定，而能透過有效策略、練習、回饋、求助與修正逐步發展（Dweck & Yeager, 2019）。它並不是只要對學生說「再努力一點」，也不是不論結果如何都稱讚努力。若學生使用同一個無效方法反覆嘗試，挫折只會增加。成長思維真正關注的是：學習者能否診斷自己卡在哪裡、選擇新的策略、運用回饋，並再次嘗試。

生成式 AI 可能強化成長思維，也可能削弱它。若學生一遇到困難就要求 AI 直接完成，長期下來容易形成「我的工作是指令，思考是機器的工作」的依賴模式。相反地，若學生先嘗試，再請 AI 協助診斷問題、提供提示、比較策略與提出反例，AI 便能放大學習能力。教師可培養學生四種習慣：第一，把「我不會」改成「我目前還不會，卡在什麼地方」；第二，要求 AI 提供策略或問題，而非完整答案；第三，對 AI 建

議做出有理由的採納、拒絕或修正；第四，隨能力提升逐步減少支援，最後能獨立完成核心任務。

教師的回饋語言也很重要。與其說「AI 寫得比你好」，不如指出：「你的核心概念已經正確，下一步要補上證據與因果機制」；與其只稱讚「很努力」，不如說明：「你比較了兩種解釋，並根據實驗資料修正原先的假設。」這些具體回饋讓學生看見能力如何因策略而改變。UNESCO 的學生 AI 能力架構也將學生定位為負責任的使用者與共同創造者，強調批判判斷與人的主體性，而非被動接受 AI 輸出 (Miao et al., 2024)。

結語

生成式 AI 不是單一角色的工具。生成式 AI 在科學教育中的功能角色可以固定區分為參考工具、評價工具、生產工具、提升效率工具、促進思考工具，以及創造認知衝突的工具。本文前四類功能角色的分類概念，受到黃龍翔教授於 2026 年「第十七屆全球華人探究學習創新應用大會」主旨演講〈從 AI 開始參與探究—從學生生成構想 (students generate ideas, SGI) 到元任務覺察 (meta-task awareness, MTA) 〉的啟發。作者再依科學教育中促進思考與概念改變的需要，增列「促進思考工具」與「創造認知衝突的工具」，形成本文的六種功能角色。

本文並進一步將六種功能角色對應至資料整理者、科學審查者、科學素材生成者、備課與流程助理、蘇格拉底式提問者、設計顧問、反例提出者及利害關係人等具體互動身分。最值得追求的不是讓 AI 更快產生完美答案，而是請老師們透過學習設計，使學生的提問、查核、判斷、修正與反思變得可見。每一項活動都應回到三個問題：AI 可以支援什麼？學生必須親自完成什麼？什麼證據能顯示學習確實發生？當學生以成長思維面對 AI，他們不只是「會使用工具的人」，而是能持續學習、檢驗與改進自己的人。

參考文獻

- Bayer, A. E. (1991) . Academic tribes and territories: Intellectual enquiry and the cultures of disciplines. *The Journal of Higher Education*, 62 (2) , 223–225.
<https://doi.org/10.1080/00221546.1991.11774116>
- Becher, T., & Trowler, P. R. (2001) . *Academic tribes and territories: Intellectual enquiry and the cultures of disciplines* (2nd ed.) . Open University Press.
- Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019) . Mindsets: A view from two eras. *Perspectives on Psychological Science*, 14 (3) , 481–496.
<https://doi.org/10.1177/1745691618804166>
- Hughes, M. (2013) . Book review essay: The territorial nature of organization studies. *Culture and Organization*, 19 (3) , 261–274, DOI:
<https://doi.org/10.1080/14759551.2013.802168>
- Lee, S. S., & Moore, R. L. (2024) . Harnessing generative AI (GenAI) for automated feedback in higher education: A systematic review. *Online Learning*, 28 (3) , 82–104. <https://doi.org/10.24059/olj.v28i3.4593>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023) . Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>
- Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024) . *AI competency framework for students*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/JKJB9835>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982) . Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2) , 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Yan, L., Sha, L., Zhao, L., Li, Y., Martinez-Maldonado, R., Chen, G., Li, X., Jin, Y., & Gašević, D. (2024) . Practical and ethical challenges of large language models in education: A systematic scoping review. *British Journal of Educational Technology*, 55 (1) , 90–112. <https://doi.org/10.1111/bjet.13370>

