

美國、歐盟、英國 STEM 教育策略 對我國之啟發*

劉珮君**

壹、研究緣起與目的	伍、英國 STEM 促進策略
貳、研究方法與過程	陸、歐美英 STEM 促進策略統整
參、美國〈STEM 2026：STEM 教育 創新願景〉	柒、我國 STEM 相關政策及計畫
肆、歐盟國家 STEM 促進策略	捌、研究結論

摘 要

隨著科技快速發展，數位經濟社會的來臨，未來的勞動力市場及人力需求將產生巨大的改變，為培育未來社會所需的人才，並維持國家之經濟競爭力，STEM 教育受到世界各國的關注。為了解先進國家 STEM 教育推動策略，本文介紹美國〈STEM 2026：STEM 教育創新願景〉、歐盟及英國之 STEM 教育策略，並進行重點策略統整，再檢視我國 STEM 教育相關策略，最後提出以下政策建議：

- 一、創新 STEM 學科教學法
- 二、以 STEM 為主體之教師繼續教育
- 三、強化社區夥伴在 STEM 教育上的參與
- 四、強化多元族群促進策略

* 本文參加國家發展委員會 108 年度研究發展作品評選，榮獲產業及人力政策類佳作獎。

** 作者為人力發展處科員。

壹、研究緣起與目的

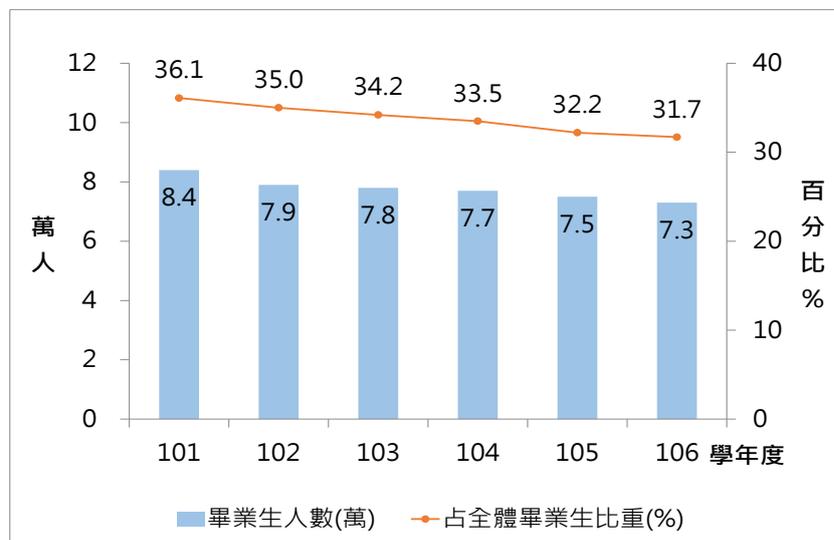
隨著科技快速發展、網際網路及智慧型手機的普及化、高速化，現代人的生活與數位科技愈來愈密不可分。線上搜尋引擎、媒體串流、網路購物、行動支付、平台服務、物聯網、大數據分析、雲端運算、人工智慧、無人機等科技皆對人們的消費、生產型態產生重大的影響，同時也對勞動力市場造成巨大的衝擊，新的工作機會，特別是與科技相關的專業人員，因應新的市場需求而生，然而，勞動力密集、例行性、中階的白領工作則面臨被機器取代的危機 (World Economic Forum, 2018)。面對未來產業及人才需求的急遽變化，人才培育的議題更顯重要，除高等教育的系科調整、職業訓練課程的增設、擴充回流教育等策略，如何透過國民義務教育及中等教育改革，使科技知能向下扎根亦成為關注的焦點。

早在 2005 年，美國國家科學研究院(National Academy of Sciences)、美國國家科學研究院(National Academies of Engineering)及美國國家醫學研究院(Institute of Medicine)共同提出的調查報告《Rise Above the Gathering Storm》中即強調，在 21 世紀全球經濟的影響下，如果美國還要持續引領世界的經濟發展，就必須要關切學生在科學(Science)、技術(Technology)、工程(Engineering)、數學(Math)學科(簡稱 STEM)的表現(National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, and Institute of Medicine, 2007)。在 2009 年，美國總統 Obama 發動教育改革行動，投注\$43.5 億美金的經費，希望藉由公私部門的合作，引導企業、法人、非營利組織及科學與工程社群，共同提升學生在 STEM 的表現。2014 年及 2015 年，美國分別通過〈2014 STEM 教育法案〉(STEM Education Act of 2014)及〈2015 STEM 教育法案〉(STEM Education Act of 2015)，投入更多的經費在 STEM 教師的培育及非正式 STEM 教育上，如課後方案、博物館、圖書館。於 2015 年，美國教育部與美國研究協會(American Institutes for Research)共同出版〈STEM 2026:STEM 教育創新願景〉(STEM 2026:A Vision for Innovation in STEM Education) (Tanenbaum, 2016)，針對學前教育、義務教育、高等教育、課後教育、非正式的 STEM 學習和社群網絡教育提出 STEM 教育的前瞻性政策建議。

在美國提出 STEM 教育促進的策略後，歐盟、英國等先進國家也開始關注國內的 STEM 教育。歐盟委員會在 2009 年設立了科學觀察站(Scientix Observatory)，整合歐洲的科學和數學教育社群，定期檢視 STEM

教育的各個面向，出版觀察報告，提供各國 STEM 教育策略建議 (Scientix, 2019)。英國也在 2009 年出版了 STEM 教育檢討報告(Report of STEM Review) (Department for Employment & Department of Education, 2009)，全面檢視英國 STEM 教育的現況，並提出 STEM 教育的願景及促進策略，期待透過 STEM 教育，帶動經濟發展及創新。

受到先進國家的影響，近年來我國亦開始關注 STEM 教育。根據 107 年教育部的統計，自 105 學年起，少子女化開始對高等教育學生人數產生衝擊，大專院校學生人數將自 105 學年度的 130.9 萬人持續下降，至 118 學年度跌停，預估僅餘 86.8 萬人；畢業生人數則自 104 學年的 30.9 萬人逐年減少，推估至 120 學年將跌破 20 萬人 (教育部, 2017)。另關於 STEM 領域之大專校院畢業生(包含「自然科學、數學及統計領域」、「資訊通訊科技領域」及「工程、製造及營建領域」)，根據教育部統計資料，自 101 學年度至 106 學年度，人數呈下降趨勢，所佔全體畢業生百分比亦逐年下降(圖 1)。在少子化的趨勢下，就讀 STEM 學科的學生未呈持平狀態，反而持續下降，若未來仍依此趨勢變化，STEM 學科畢業的學生勢必會大幅的下降，連帶的，STEM 相關人才亦會銳減，對於我國科技與經濟發展將會產生不利的影響。



資料來源：教育部「2030 年大專校院畢業生人數趨勢與預警分析」，107 年。

圖 1 大專校院 STEM 領域學士畢業生

貳、研究方法與過程

本文採用次級資料分析法，運用政策白皮書或研究報告，並輔以相關團體之網頁資訊，整理他國及我國 STEM 教育的推展策略。本文首先介紹美國、歐盟及英國之 STEM 教育策略，再說明我國 STEM 教育現況，最後提出可行之政策建議。

參、美國〈STEM 2026：STEM 教育創新願景〉

〈STEM 2026：STEM 教育創新願景〉(以下簡稱〈STEM 2026〉)是一份引導未來美國 STEM 教育指導方針的報告。報告是由美國教育部與美國研究協會聯合著作，透過多場座談會，邀集近 30 位 STEM 教育的專家學者，共同參與討論並提出建議，其中總結出 6 大願景，分別為：

- 一、強化社區資源網絡的參與及合作。
- 二、動機導向的教學活動。
- 三、以解決「大挑戰」為導向的跨域教學。
- 四、彈性且具包容性的的學習空間。
- 五、創新、便利的學習檢測方法。
- 六、有助多元族群投入 STEM 學科的社會意象及環境。

本文將一一介紹 6 大願景的核心內容，並介紹美國 STEM 社群的相關做法及模型，以供實務工作者參考。

一、強化社區資源網絡的參與及合作

(一) 核心概念

STEM 教育不應僅限縮在學校中，而應與學齡前的教育方案、社區資源作結合，以培養學生終生學習的態度，並提供繼續教育的資源。美國教育部創新與改革辦公室(Office of Innovation and Improvement)將社區中 STEM 的學習生態系統綜整如下(表 1)

表 1 STEM 學習生態系統

項目	內容
幼教與 K12 學校	正規的學校體系，提供學生 STEM 學科的教學，以及教師專業發展支援。
課外方案	透過課外的活動，如夏令營、課後活動等，強化 STEM 知識與實際生活的結合。
高等教育	大學或學院提供 STEM 方案、資源和教育訓練。
企業	無償提供實務經驗上的協助，並讓學生有機會接觸地方產業。
富含 STEM 的機構	藉由圖書館、科學教育中心、科學博物館等，刺激學生對 STEM 的興趣，將學術知識帶入生活中。
家庭	透過家庭教育啟發學生對 STEM 的興趣，並給予學習上的支援。

資料來源：Department of Education, Office of Innovation Improvement

<https://innovation.ed.gov/2015/11/19/communities-come-together-to-support-stem-education/>。

透過以社區為基礎的 STEM 教育方案，STEM 教育不再受限於學校內部，而延伸到學校之外，讓學生能夠透過實作，了解自己的世界，並運用所學習的知識嘗試解決問題。除此之外，藉由社區中利害關係人的參與，更能夠避免教育系統有意無意地排除特定群體，使多元族群也能夠有接近 STEM 教育資源的機會。另外，為確保 STEM 教育資源的公平分配，〈STEM 2026〉中特別強調，應使弱勢社區，特別是長期受到主流文化壓迫的原住民地區，享有同等獲得 STEM 經費補助的機會。

(二) 實務作法

為強化 STEM 的社區行動及串聯，「STEM 贊助人網絡」(STEM Funder Network)(由 20 多個教育相關的私人或企業組織共同組成)於 2015 年發起「STEM 學習生態圈先鋒」(STEM Learning Ecosystems Initiative)¹，組織了 27 個在美國各地的 STEM 生態圈，並持續拓展，直至 2018 年底，共計有 68 個 STEM 學習生態圈。「STEM 學習生態圈先鋒」的組織目的在於串連各地的 STEM 生態圈，除協助個別生態圈的發展外，也強化生態圈間的經驗交流。「STEM 學習生態圈先鋒」不同於國家的 STEM 教育政策，有單一目標和策略主軸，而強調在地化、社區化，依照地方的資源和需求發展。

以華盛頓 DC 的 STEM 生態圈「DC STEM 網絡」(DC STEM Network)為例，「DC STEM 網絡」是由華盛頓卡內基研究所(Carnegie Institution for Science)、卡內基科學教育學院(Carnegie Academy for Science

¹ STEM Ecosystems : <https://stemecosystems.org/>

Education)、DC 教育局長辦公室(DC Office of the State Superintendent of Education)、DC 副市長教育政策辦公室(Office of the Deputy Mayor for Education)、巴特爾紀念研究所(Battelle)、DC 公立學校聯盟(DC Public Schools)、DC 公立特許學校董事會(DC Public Charter School Board)、哥倫比亞區大學(University of the District of Columbia)、老虎伍茲基金會(Tiger Woods Foundation)、啟發式教育中心(Center for Inspired Teaching)(非營利教育機構)、未來創造者(Futuremakers)(營利教育機構)共同組成，其推動工作如下：

1. STEM 教育現況評估：採用卡內基科學中心(Carnegie Science Center)的 STEM 教學方案評估工具，傑出 STEM 路徑工具(Excellence Pathway Tool)，及離群值研究機構(Outlier Research)所發行的 STEM 學校分類標準(STEM School Taxonomy)，進行 STEM 教育現況的評估，並設立改革目標及方向。
2. STEM 大使方案：訓練社區中的 STEM 推廣大使，透過這些大使傳播 STEM 相關的資訊給學生、家長和教師。
3. 方案評估觀察員訓練：訓練方案觀察員使用 Pear「成功面向工具」(Pear Dimensions of Success Tool)，以有效評估 STEM 方案的品質。
4. 問卷調查：透過調查，找出 DC 學校及課外 STEM 方案的可近性障礙。
5. 一站式網站：透過一站式網站囊括各種 STEM 的資源、方案、活動、地圖和行事曆。除此之外，網站上亦能招募志願者、徵求 STEM 教育的支援，並提供家庭問答表等資源²。

二、動機導向的教學活動

(一) 核心概念

不同於傳統填鴨式的教育，STEM 教育重視學生探索未知世界和在錯誤中學習的能力，而〈STEM 2026〉更強調應將「做中學」的教育模型向下扎根，在教育場域中，藉由有目的性的遊戲，讓學生將自己視為積極和成功的學習者，並培養成長型的學習態度(growth mindset)，相信自己能夠透過努力而達成學習目標。這樣的教育哲學對於在傳統教育中較弱勢的學生，如身心障礙學童，更能夠使他們參與 STEM 的學習，而不會被刻板印象框限。

² DS STEM Network : <https://www.dcstemnetwork.org/>

(二) 實務作法

紐約科學館(New York Hall of Science)的「設計、創造、遊戲」(Design Make Play)展覽計畫是動機導向教學的例子之一。展覽中的各種教學活動都是透過遊戲，讓學生必須學習 STEM 的知識，以完成遊戲的任務並破關。紐約科學館也提供各式的實驗探索空間，像是 3D 列印機、各式工藝機械設備、實驗器材，讓學生可以動手操作，在做中學學習。

三、以解決「大挑戰」為導向的跨域教學

(一) 核心概念

〈STEM 2026〉重視跨領域的教學，包含 STEM 學科的結合，以及 STEM 學科與其他學科的結合，用以解決社區、國家，甚至全球的問題，這些問題被稱為「大挑戰」(Grand Challenge)。教師應該讓各種年齡層的學生接觸大挑戰，並用適合他們年齡層的活動，讓他們嘗試去設計工具解決問題，這些活動若能結合職場的經驗更好，有助於學校與職場的銜接。

為強化跨域教學的能力，應該提供教師更多的訓練和資源，並和 STEM 的專家學者合作，共同研發課程教材。透過專家學者的參與，除了能深化 STEM 教育的內涵，也可以給學生好的模範，特別是女學生、少數族群，以及低收入青少年。

(二) 實務作法

雖然〈STEM 2026〉強調 STEM 教師的重要性，然而在實務上，美國相當缺乏適任的 STEM 教師。為解決 STEM 教師不足的問題，美國的學術機構、非營利組織、企業和政府機關共同組成 100K in 10 聯盟，期待透過共同的努力，在 10 年內培育出 10 萬名 STEM 教師。

根據 100K in 10 聯盟的調查，造成 STEM 教師短缺的因素主要有七個³：

1. STEM 教師的職業聲望較低：相較於 STEM 大學畢業生可從事的專業工作，STEM 教師的職位並沒有很具吸引力，以至於投入 STEM 教職的生力軍不多。
2. STEM 教師準備度不足：許多老師並沒有準備好去帶領所有的學生，特別是多元背景的學生、身心障礙學生、英文非母語的學生。
3. 國小老師在 STEM 學科的準備度不足：在國小，STEM 學科並不被

3 100K in 10 : <https://grandchallenges.100kin10.org/>

- 重視，老師們沒有受到充足的訓練，學校也不特別支持。
4. 缺乏 STEM 教師的專業發展機會：許多地區缺乏高品質、針對 STEM 教師需求規劃的專業發展機會。
 5. STEM 教師缺乏自主性：STEM 教師在學校中沒辦法彈性地讓學生做實驗，或開發創新課程。很少地區有設計 STEM 教師的專業發展階梯，提供他們參與學校領導的機會。
 6. 學校對科學、技術和工程較不看重：一般而言，學校較重視數學教育，而忽視科學、技術和工程的學科，這反映出美國社會並不認為所有的學生都應該要學習科學、技術和工程等學科。
 7. 工程與科技領域的教材不足：相較於傳統學科，工程與科技領域的教材和教學指引較為缺乏。

100K in 10 聯盟的建議解決策略包括：

1. 強化 STEM 教師專業發展：與地方教育機構、業界專家合作，辦理 STEM 教師專業發展課程、教學觀摩，以及繼續教育的機會。並建立 STEM 教師認證機制，推動 STEM 教師準備政策。
2. 增加 STEM 教學資源及教師自主性：學校應該要給予 STEM 教師更多的資源、教學的自主性，以及擔任學校領導職務的機會，以在學校開發更多元的 STEM 課程。
3. 制定 STEM 教學標準：政府應該要設立標準，像是 K-12 計算機科學標準，以確保學生學習到核心的內容。
4. 開發 STEM 教學指引：學校應提撥更多資源在 STEM 教學指引的開發上，並支持教師與業界專家合作開發教材。

四、彈性且具包容性的學習空間

(一) 核心概念

〈STEM 2026〉強調教學環境應該要有足夠的設備、器材和環境，教學的場域也不僅有教室，還包括大自然、創課空間，甚至運用虛擬實境，透過多元的媒材來增加學生對 STEM 學科的實際體驗，並提升學生的創造力、合作和實驗的能力。

反轉教室(Flipped Classroom)的教育理念也受到〈STEM 2026〉的推崇，翻轉教室強調結合線上與線下的學習，學生在課前上網看教學影片，預習課程所需要的知識，正式課程時，教師便可以直接帶學生進行實驗、分組討論、小組合作等更深入的學習活動。

(二) 實務作法

1. 科技輔助教具的應用：線上互動式工具、線上線下整合式教育環境、虛擬實境、擴增實境、遊戲和情境模擬、智能家教系統等。哈佛大學的團隊開發的 EcoMUVE 與 EcoMOBILE 為模擬情境和擴增實境的案例⁴，EcoMUVE 所設計的遊戲系統完全模擬真實自然生態的樣貌，讓學生能夠透過點擊虛擬情境的動植物，獲得動植物相關的知識。而卡內基美隆大學所開發的認知家教系統 (Cognitive Tutor System) 則是智能家教系統的實例，學生在線上學習時，有一個虛擬的家教，給予教學指導和回饋，讓學生的自學能夠更有效率，且實證研究也發現，認知家教系統對於提升學習障礙學生的學業表現有顯著的效果。
2. 共用教師模型：為了強化跨領域的教學，並提升教師間的合作，PAST 基金會的創新實驗室 (The PAST Foundation's Innovation Lab) 嘗試共用教師模型來提供 STEM 教學，不同學校的教師共同組成團隊，透過線上平台討論教案，或直接藉由數位連線在課堂上提供視訊教學，這不僅提升 STEM 教學的品質，也能節省學校的經費。

五、創新、便利的學習檢測方法

(一) 核心概念

正規的學習評量系統是必要的，這能檢測出學生間、學校間、區域間的差異。不過也必須要注意避免非必要的評量，不要占用過多教學的時間，並且應該要能夠提供教師沒有偏差的資訊。〈STEM 2026〉更強調多元的檢測方式，包含觀察學生學習參與的狀況、評鑑學習檔案、實際操作和上台簡報等。

(二) 實務作法

現行的數位科技教材多有即時學習回饋的機制，讓學生能夠即時知道自己學習的狀況，也能讓教師追蹤學生的學習數據，前述的認知家教系統即為一例。數位教育遊戲軟體，如 eTouchSciences，結合虛擬實境，讓學生能夠透過實體物件的操作，連結至數位模擬情境，獲得即時視覺、聽覺上的回饋。

另為整合學生在多元學習場域的學習狀況，數位認證標章是一可行作法，透過線上整合式的認證服務，學生在學校外的學習成果也會被記

⁴ <https://ecolearn.gse.harvard.edu/ecomuve/overview.php>

錄下來，並在學生的數位學習檔案中呈現，有助於學習成果的追蹤並作為能力的證明。

六、有助多元族群投入 STEM 學科的社會意象及環境

(一) 核心概念

大眾媒體及玩具所呈現出的職業形象對兒童、青少年對自身的職涯認知有相當大的影響力，〈STEM 2026〉便強調，大眾媒體、玩具業者應該對於 STEM 專業人員的形象和 STEM 相關的玩具承擔相當的社會責任，讓媒材涵蓋多元族群、文化和性別，避免僅呈現單一特定族群的形象。

(二) 實務作法

為了要促使大眾提升 STEM 從業者多元族群的認識，美國總統 Obama 舉辦了一場研討會，邀請玩具業者、媒體業者、兒童服務組織、家長團體、專家學者及倡議人士前來，一同討論如何破除玩具和媒體中對於 STEM 從業者的刻板印象。此外，白宮也推行了 Untold Stories of Women in STEM 活動，透過介紹美國歷史中傑出的女性科學家，改變大眾對於女性學習 STEM 的觀點。迪士尼、各大電視影劇及玩具開發商紛紛響應 STEM 多元化的行動，嘗試呈現更多元的 STEM 從業者。

肆、歐盟國家 STEM 促進策略

面臨國際資通訊人才的競爭，特別是美國的跨國公司，如 Uber、Tesla，STEM 專業人才短缺、職位空缺一直是歐盟委員會關切的議題。問題主要根源於教育端，由於 STEM 學科對學生的吸引力較弱，選擇進入 STEM 學科領域的學生不足，再加上人才的跨國流動，以至於所培育的 STEM 人才不足以滿足歐盟勞動力市場的需求。在 2016 年歐盟委員會「新技能議程」(The New Skills Agenda)中，提出 10 個促進職業訓練、工作技能與支持方案的行動策略，其中亦強調 STEM 技能的發展，鼓勵 STEM 研究和從業，並支持 STEM 教師的專業發展。為解決 STEM 教育的問題，Texas Instruments 與 European Schoolnet 針對 14 個歐盟國家的教育部長、企業與大學等利害關係人進行調查，提出以下解決方案 (European Schoolnet, 2018)：

一、革新 STEM 學科的教學法

(一) 數學為革新 STEM 教學的關鍵

由於數學為 STEM 學科的根基，要使學生能在 STEM 學科上有更長遠的發展，數學的教學方法必須要革新，以啟發學生對數學的興趣，避免學生因為在學習數學時遭遇挫折，就放棄繼續學習其他 STEM 學科。因此，數學教師應該改變傳統的教學方式，而用更多任務導向、問題導向和研究導向的方式教學，並且將數學與其他自然科學進行整合，強化數學的應用性。在丹麥的國小與國中，資通訊科技(ICT)被整合至數學的教學中；在法國高中則是使用程式語言，如 Python，來進行數學教育。

(二) 革新其他 STEM 學科的教學法

學用落差一直是歐洲國家高等教育面臨的問題，因此傳統的理论式教育應該改變，而改以探問和研究為基礎的教學模式，強化學生問題解決的能力。在德國，學校安排更多的實驗活動，讓學生能實際操作；在立陶宛，學校安排更多戶外的教學，如去博物館參訪、公園探索，並調整教學方法，加入更多自我學習和小組活動。丹麥則是安排更多設計、木工、鏤刻的課程，讓學生學習去使用適當的方法、工具來完成任務。

二、生態系統模式

除了正規的 STEM 課程，非營利組織、企業、教師團體等對於 STEM 教育的投入也是重要的。在德國，大學與教師社群舉辦了許多 STEM、機器人、程式設計競賽。在比利時，學校與 STEM 的相關企業合作，讓學生能夠進入工廠或實驗室見習，強化學校與企業的長期夥伴關係。在葡萄牙，教育部和 IBM 葡萄牙總部合作辦理「教師們的科學計畫」(Teachers Try Science Project)，運用線上平台，促成不同學校、領域、年齡的教師間的交流。

三、塑造未來公民的數位文化

為了因應數位經濟的發展，歐洲國家都開始改革既有的 STEM 教育，並導入更多的數位技能教學，以培養未來公民基本的資通訊技能：比利時荷語區於 2019 年起，每兩年會檢視一次義務教育的資通訊課程內容，以符合當時社會科技的發展狀態。羅馬尼亞的新教改將自國中開始介紹資通訊知識。在希臘，在 2010 年，資通訊課程嘗試在 1200 個小學當作必修課程，2016 年則將所有的小學納入，並且在國中進程式和機器人教學。另外，針對 STEM 學科性別比例失衡的問題，也有許多國家提出相應的目標。

四、支持 STEM 教師的職涯發展

(一) 強化 STEM 教師的在職訓練

在 STEM 教師的在職訓練上，歐洲國家愈來愈強調應該與企業和非營利組織合作，以導入更多的資源和經費。在希臘，地區的科學實驗室與資通訊支持中心時常舉辦科學與資通訊教師的訓練課程。在法國，非營利組織 *La Main à la Pâte* 時常辦理 STEM 教師的訓練課程，並連結大學資源辦理相關的講習。在義大利，義大利數學家工會與義大利統計社群共同組織教育訓練活動，並建立線上平台，教師們彼此間能夠相互交流，增進專業的成長。

(二) 強化 STEM 教師的招募

為了解決 STEM 教師短缺的問題，學校可以聘用更多業界的專家，他們有扎實的 STEM 背景，並能夠用時下的案例來帶領學生。這類的專業人士也應該學習基本的教學方法，以將專業知識融入至教育體系中。在澳大利亞，人力資源部門提供給 IT 專家特殊的合約，讓他們能夠進入學校教學。在馬爾他，馬爾他藝術、科學與科技學院為業界的專業人士進行教學法訓練，並培育他們成為 STEM 教師，也鼓勵這些人士將職涯轉向教育工作。

(三) 運用創新的方法給予教師訓練

隨著網路的普及化，越來越多教學方法因應而生。在法國，教師可以透過線上平台選修多元的線上課程，並進行面對面的會議。在匈牙利，人力資源發展方案已經涵蓋 STEM 相關的課程，強調發展新的啟發式教學法，並結合科技，以協助教師引導學生學習 STEM 科目。在馬爾他，教師們被鼓勵去參與線上訓練，包括網路研討會(webinars)、大規模線上開放課程(磨課師 MOOCs)、Erasmus+訓練計畫及各種工作坊。在西班牙，除了各種線上的課程，也鼓勵教師們形成線上的專業社群，進行平台共作、分享教學經驗。

(四) 創新的教育資源

在網路上也有許多現成的教學資源可以運用，在德國，教師的線上學習平台將學習、協作和社群結合在一起，教師們可以透過平台將教材上傳，讓學生或其他教師下載，除了網路平台，還有實體的開放實驗室和設備器材，如 3D 列印機、機器人器材和軟體，供地區的教師、學生使用。在比利時荷語區，STEM 入口網涵蓋進許多提供給教師的資源，資源皆是由 STEM 教師們分享的。在歐盟，數學和 STEM 教師的 T 歐

洲社群網也提供同儕審議過的教案，免費給教師們使用。

伍、英國 STEM 促進策略

根據皇家工程學院(The Royal Academy of Engineering)的研究調查(Morgan, et al., 2016)，由於勞動市場的老化，英國正面臨資深工程人員退休後沒有足夠年輕人可以替補的危機。為了解決年輕人投入 STEM 領域不足的問題，STEM 社群近年非常努力地透過一些策略來改善 STEM 科目的教學和學習法，並試圖影響政府的 STEM 教育政策，然而這些努力的成效仍然有限，需要提出不同的策略來解決。

根據調查報告，主要造成 STEM 從業人員斷層的問題包含：對於工程人員的負面形象、工程領域的社會代表性不足(女性及少數族裔的從業者明顯少於白人男性)、生涯輔導不足、課程評量品質不佳、生涯路徑不明、繼續教育和高等教育的設備與教學能量不足等，這都讓學生選擇不以 STEM 的專業作為自己的生涯發展方向。

為了要處理這些議題，研究報告提出幾點作法：

一、處理大眾對於工程領域的理解和態度

過去英國曾經嘗試許多方式，企圖改善年輕人對工程領域的觀念，但很少是以國家層級的措施去改變大眾對於工程領域和工程職涯的認知，建議應該透過國家的方案，來促進學校、教師、學生對於工程領域的認識。除了對於一般大眾，對年輕人有重要影響的人物，如家長、親友和老師，也應該給予更多的資訊，讓他們了解工程領域和職涯。另外，大眾媒體是改變大眾觀念的關鍵，可以透過政治人物和電視評論家的影響力，來向大眾傳達工程領域的工作內涵和職涯發展，以建立大眾正確的觀念。

二、增加對 STEM 教師的支持

英國對 STEM 教師的支持還有待提升，特別是對國小及國中的教師，雖然學校單位已經有辦理許多教學或研習活動，但和社區夥伴的關係仍應再強化，如與「STEM 學習」(STEM Learning)合作。「STEM 學習」是英國最大的 STEM 推廣機構，他不僅彙整全英國各種 STEM 相關的資源，還提供許

多 STEM 教師的支持活動，包含：

- (一) 教師的持續專業發展(CPD)：「STEM 學習」所研發的 CPD 操作手冊讓教師個人可以依照專業發展路徑去進修，其中包含協助學校發展專業訓練計畫、給予最佳實務的參考範例、提供教師 STEM 課程安排的方法、與學校管理階層溝通訓練成效的方法、同儕與管理團隊的訓練模式等。除了提供操作手冊，「STEM 學習」也提供線上的 CPD 課程，並在英國各地訓練 CPD 協助員，提供有需要的學校諮詢。
- (二) STEM 資源：「STEM 學習」位在約克的 STEM 學習中心提供上千種 STEM 的硬體與軟體教材，包含書籍、教具、DVDs 等，讓學校和教師能夠採購。除了實體的資源，「STEM 學習」也提供 STEM 學科的線上課程、出版 STEM 學習雜誌、彙整 STEM 教學研究報告，並將 STEM 的活動資訊放在網頁平台上，供大眾參考。
- (三) STEM 大使：STEM 大使為「STEM 學習」所培訓的一群志工，他們是 STEM 相關工作的從業者，自願貢獻自己的時間和熱情來將 STEM 科目帶入生活中，展現 STEM 科目對生活和生涯的價值，並作為學生學習的典範。為了支持 STEM 大使的教學工作，「STEM 學習」提供許多線上和線下的訓練和支援活動，提升 STEM 大使的教學專業技能。
- (四) 卓越獎項：為了要表揚 STEM 的傑出教師，「STEM 學習」自辦並彙整了許多獎項，鼓勵教師在 STEM 領域深耕。
- (五) 深化 STEM 教育：除了強化一般性的 STEM 教育，「STEM 學習」也結合英國航太總署的資源、極地探險隊，以及各地的 STEM 社團，深化學生在新興科技及專業領域上的應用。
- (六) ENTHUSE 夥伴：「STEM 學習」接受地區學校聯合計畫申請，提供為期 2 年的行動計畫，包含整套「STEM 學習」所提供的服務，即教師的 CPD、免費的 STEM 教材、教師企業或大學見習、STEM 大使計畫，STEM 社團計畫。

三、強化國小 STEM 教師的支援

愈來愈多證據顯示學生對於 STEM 學科的態度從小學就逐漸養成，然而大多數的組織多著重在中等教育，因為中學生才開始要選擇職涯發展的方向，導致給予小學 STEM 教師的支持非常不足。國小非常少老師專精於 STEM

科目，特別是科學、科技和工程。因此應該建立國小老師在 STEM 教學的自信，並提供更多教學上的支援，讓學生能從小學就能開始培養對 STEM 學科的興趣。

四、透過繼續教育改善教學和學習

除了學校教育，繼續教育對於培養 STEM 從業者的專業發展是非常重要的，由於產業變化的速度遠遠高過於學校課程調整的速度，所以學校所教的，和產業所需的技能往往會有落差，因此實習對於 STEM 領域的學生而言是相當重要的，能夠讓學生去磨練工程上的技術。然而目前學校投入在 STEM 繼續教育的資源相當不足，所以政府應該投入更多資源在 STEM 專業人員的繼續教育和專業發展上。

五、增加 STEM 學生的多元性

許多在弱勢地區的 STEM 方案會以強化性別和族群多元性為目標，然而相較於鼓勵女孩學習 STEM 的方案，很少特別針對非主流族群所設計方案，如非裔、亞裔及其他少數族裔的學生。若再更進一步分析，會發現對於非主流族群學生的支持多半著重在學校階段，確實在學校階段的介入能夠讓更多非主流族群學生選擇 STEM 專業，然而更多的問題是發生在進入職場的時候，非主流族群學生相較於他們的同儕，更不容易被工程公司僱用，因此應該要給予非主流族群學生畢業後的轉銜服務，讓他們能夠順利進入工程部門。另外，社會經濟弱勢的學生，特別是應貧窮社區、高失業率地區，以及身心障礙的學生，也應該給予更多的支持，包含在學校裡以及就業的轉銜。

六、在高等教育發展創新教學並增加雇主的參與

許多學生在獲得 STEM 學科的學位後，並沒有從事相關的工作，原因有很多，包含薪資待遇和能夠被僱用的能力。因此增加雇主在高等教育的參與，並協助發展更多創新的教學法，讓學生在學習的過程有更多實作的經驗，才能培養學生更強的就業準備力，避免因為學用落差，無法順利進入相關領域就職。

七、給予學生明確的職涯路徑

雖然學校已經有辦理許多邀請雇主參與的活動，但對於學生而言，如何開展自己的工程生涯還是有很高的不確定性。雖然在職業教育的學科中，有

許多科目對學生來講很困難，但學生仍不知道學習這些科目和大學科系以及未來工作的關聯。除此之外，不少學生在畢業後的求職過程碰到困難，包括如何寫履歷、面試，以及尋找合適的職缺等。因此藉由業師的參與，給予學生職涯發展方向、了解雇主的期待，包含相關的工作經驗、應有的工作態度及專業能力等，並協助學生知道如何撰寫履歷、接受面試等，尤其是對非主流族群的學生，轉銜的支持又更為重要。

陸、歐美英 STEM 促進策略統整

美國、歐盟及英國在 STEM 教育的促進上雖有不同的策略，但大致可歸納為四大類策略目標，整理如下：

表 2 美國、歐盟、英國 STEM 教育促進策略

創新 STEM 學科教學法	支持 STEM 教師	強化社區參與	多元族群促進
1. 動機導向的教學 2. 跨領域之教學 3. 創新學習及檢測法	1. 強化教師的繼續教育 2. 產學合作研發課程、共用教師 3. 強化國小 STEM 教師支持	在課外活動、教學、實習、職涯輔導、就業加入企業、非營利組織、STEM 相關機構(博物館、圖書館、科學教育中心等)之參與	1. 女學生 2. 原住民學生 3. 身心障礙學生 4. 經濟弱勢學生 5. 其他非主流族群的學生

資料來源：作者自行整理

一、創新 STEM 學科教學法

(一) 動機導向的教學

歐美英的 STEM 教育策略皆強調 STEM 課程的教學應該更以實作為導向，讓學生可以動手做，或直接到自然環境中進行探索，以結合生活世界所面臨的問題，透過問題，引發學生的學習動機，並應用 STEM 知識去解決。

(二) 跨領域之教學

STEM 學科間是相互關聯的，在教學上應該有更多的整合性，並以問題為中心，讓學生使用跨領域的知識來思考，而不侷限在特定學科之中。除了 STEM 學科間，STEM 學科與其他學科也應該要能夠相互搭配，以整合不同領域的知識。

(三) 創新學習及檢測法

搭配新興科技，讓學生能夠運用線上自學工具、虛擬實境等高科技輔助教材，讓學生能自我學習並得到立即的學習成效回饋，教師也可以以此追蹤學生的學習狀況。另在教學現場安排分組報告、實驗活動等，以更多元的方式來檢測學生的學習成效。

二、支持 STEM 教師

(一) 強化教師的繼續教育及專業發展

教師的專業能力為 STEM 教育的基石，應給予 STEM 教師更多的繼續教育機會，以培養專業的教學技能，並具創新研發課程的能力。繼續教育可以多元的方式執行，包含線上的進修平台、地方教育社群或大學辦理的進修訓練，以及教師社群之教學觀摩或教案分享等。

(二) 產學合作研發課程、共用教師

為了讓學習的內容更生活化並貼近產業的實際發展樣貌，教師應該要與產業界密切合作，共同研發教材。另外也可以直接聘請業師到校教學，或是募集 STEM 專業的志願者，這些在產業服務的人員能夠以自身的工作經驗引導學生，讓學生了解知識在產業上的應用，也能夠給予學生學習典範，引導職涯發展方向。

(三) 強化國小 STEM 教師支持

STEM 教育應該從小扎根，在學童年幼的時候就給予足夠的刺激，啟發他們對 STEM 學科的興趣，因此應該要給予國小 STEM 教師更多的支持。

三、強化社區參與

歐美英都一致強調社區參與的重要性，面對變化速度極快的世界，STEM 教育不能再封閉在學校裡面，而應該強化社區夥伴的參與，包含大學、產業、非營利團體，STEM 相關機構，如博物館、圖書館、科學教育中心。學校與社區夥伴合作的方式有很多，從校內的課程、戶外課程、課外參訪、工廠實習、職涯輔導、就業服務等。透過更多社區夥伴的參與，STEM 教育才能更契合產業的需求，有助於學生未來的職涯發展。

四、多元族群的促進

鑒於 STEM 從業人員特性過於單一化，歐美英國家皆強調應促進多元族群進入 STEM 領域，除了女學生外，原住民學生、身心障礙學生、經濟弱勢學生及其他非主流族群的學生也是各國努力的重點。畢竟在薪資上，STEM 的從業人員較其他行業還要高，為促進社會流動，政府應該鼓勵弱勢學生進入 STEM 領域。

柒、我國 STEM 相關政策及計畫

一、十二年國民義務教育（教育部, 2019）

我國之國民義務教育政策方針及教學指引皆依循教育部所發布之〈十二年國民基本教育課程綱要〉，108 學年度起，新課綱將自國民小學、國民中學及高級中等學校一年級逐年實施，課綱共分為 10 大領域，分別為語文領域、全民國防教育、生活課程、健康與體育領域、數學領域、科技領域、綜合活動領域、藝術領域、社會領域、自然科學領域。其中與 STEM 相關的領域包含數學領域、科技領域及自然科學領域，值得注意的是，有別於過去的課綱，在新課綱中，特將「資訊科技」列為國、高中之授課時數/必修科目，以因應資通訊社會的發展。為強化學生在科技領域與數位知能的發展，於 107 學年度，教育部推行以下計畫：

（一）自造教育計畫

為強化學生「動手做」與思考創新的能力，並響應國際自造者運動 (maker movement)，擬定「教育部推動自造教育計畫」，成立北中南三區「自造與科技輔導中心」，並由輔導中心輔導各級學校成立「自造與科技教育中心」，透過自造與科技教育中心進行師資培訓、課程研發、及學生體驗教育，啟發學生對於科技領域的興趣。

（二）新興科技之認知計畫區域推廣中心

為強化高中職以下學生對新興科技的認識，並提升中小學教師對於新興科技的知能，補助學校成立「新興科技之認知計畫區域推廣中心」，期待透過體驗情境的設計與實驗場域，讓學生與教師接觸 AR 擴增實境 /VR 虛擬實境、AI 人工智慧、IoT 物聯網、大數據、智慧機械、綠色能源等新興科技，並鼓勵教師研發各教育階段教材、辦理相關競賽、教案觀摩、學生社團等。

(三) 科技教育推動總體計畫

補助各直轄市及縣(市)政府設置自造教育及科技中心、偏遠地區學校及前導學校推動科技領域課程、直轄市、縣(市)辦理科技教育學生競賽及學校辦理科技教育學習及探索活動。

(四) 國中小行動學習推動計畫

補助各直轄市及縣(市)政府及學校辦理雲端與行動載具教學計畫及推廣活動，支持教師運用雲端資源結合行動載具精進或創新教學方法，培養學生善用數位科技學習知識、培養自學能力。

(五) 科技領域在職教師進修增能

針對取得中等學校生活科技科及資訊科技科相關教師證書者，開設「增能學分班」；另針對未取得中等學校生活科技科及資訊科技科教師相關證書之正式教師，開設「第二專長學分班」提供教師進修機會。並持續依據直轄市、縣(市)提報之教師進修需求，評估並協調師資培育大學就近開辦相關課程，以培養教師新課綱科技領域教學所需之專業知能。

二、高等教育 (教育部, 2019)

(一) 培育大專校院 AI 及資訊安全碩士人才計畫

鼓勵各大專校院既有資訊相關系所培育碩士生，以 AI 或資安為學位論文研究主題；另鼓勵各校成立 AI 及資安系所班組，落實智慧科技及資訊安全人才培育政策。

(二) AI 產業與學校攜手培育高階人才

推動產學合作培育博士級研發人才計畫與產業碩士專班，由政府、學校與企業三方共同提供產業導向的課程與研發平臺，培育 AI 所需高階人才。

(三) 推動「重點產業科技及跨領域教育先導計畫」

媒合學生與企業，以師徒方式，針對特定主題進行實習；辦理新型態資安暑期課程，邀請國內外產學界資安專家授課，培養學生實務與防護能力。

(四) 補助大專校院辦理「人工智慧技術與應用領域系列課程計畫」

補助大專校院教師發展人工智慧系列課程，針對特定主題領域及應

用產業，發展創新且具示範性之教學方法，提供學習資源整合及實務情境演練。

(五) 數位人文創新人才培育計畫

補助大專院校推動「課程磨課師化」(課程實錄典藏)、「課程共授化」及「產學合作化」的課程環境來推廣基礎、中階、高階技能課程，並設立「區域資源中心」，推廣創新人才教育。

(六) 大學程式設計先修檢測 (APCS)

舉辦具公信力之「程式設計檢測」，檢驗具備程式設計能力之高中職學生的學習成果，提供大學作為選才的參考依據。並藉由檢測之推動，除了讓高中職重視資訊科學課程的學習，亦讓大學酌定抵免程式設計學分的相關措施。

捌、研究結論

在數位經濟快速發展的全球社會，歐美英國家無不以培育 STEM 人才為國家發展的重點，並提出相關的培育策略。台灣雖然在科技教育領域投入許多的資源，設立各種區域中心、提供創新課程補助及教師研習進修機會，然而在 STEM 教育的教學現場上仍面臨許多困境：

一、傳統教學法仍為主流

雖然 108 年課綱將逐步實施，並提及 STEM 學科整合的概念，但規劃理念、核心素養及學習重點仍以科技領域為主體，而未以 STEM 為核心進行整合性的規劃。在教學現場，多數教師仍囿於單一科目，而少以學科整合的方式進行教學。且我國教育長期以考試及升學為導向，學生雖在國際能力評量 PISA 的科學及數學成績表現不錯，但學習的動機卻十分低落 (林坤誼, 2018)。

二、缺乏有系統的 STEM 師資培育

現行的師資培育課程或在職進修，多是針對特定領域教師的培訓，較少針對 STEM 跨域統整教學進行訓練，以至於教師在教學上仍難以落實 STEM 教育跨域整合的目標 (林坤誼, 2018)。另外，雖然技職教育法中規定技職校院專業科目或技術科目教師、專業及技術人員或專業及技術教師，每任教滿

六年應至與技職校院合作機構或與任教領域有關之產業，進行至少半年以上與專業或技術有關之研習或研究，強化教師對產業的了解，然而因為缺乏經濟上的誘因，產業界的配合度仍然不高。

三、社區參與仍有限

(一) 企業在國中小 STEM 教育的參與較缺乏

教育部雖積極推動產學合作相關計畫，但這些計畫多侷限在高職以上學校，缺乏以國中小學生為主體的合作計畫，除非教師自行在課程上安排企業參訪，或邀請業師經驗分享，否則國中小學生幾乎沒有認識 STEM 相關職業的機會。

(二) 業師參與程度仍不足

教育部雖推動許多方案鼓勵產學合作，業師進入教學現場授課，但由於誘因不足，導致業師參與的意願不高，難以無法留用傑出之業師。

(三) 其他社區夥伴的參與仍不足

我國的義務教育仍著重在課內的教學，與社區夥伴合作辦理的戶外活動或參訪頻率並不高，許多由社區夥伴，如科學教育館、創客社團、大學，提供的 STEM 相關活動多是在課後或假日時間辦理，必須要由家長自行報名帶學童前往參與，對於弱勢的學童顯然較為不利。

四、缺乏多元族群促進策略

我國與歐美英國家同樣面臨 STEM 從業人員族群特性過於單一的問題，然而除科技部女性科技人才培育計畫以培育女性科技人才為目標外，我國並沒有針對原住民學生、身心障礙學生、經濟弱勢學生、其他非主流族群的學生的 STEM 教育促進計畫。

綜合上述問題分析，參照歐美英國家作法，提出我國在 STEM 教育應加強之策略：

一、創新 STEM 學科教學法

歐美英國家在創新 STEM 學科教學法之策略同樣適用於我國，包含更多動手做、實驗性課程的導入，並且強化跨領域教師之合作，借重科技產品輔助教學等。鑒於我國考試引導教學的文化，在學生學習成果的評量法應適時的改進，建議採用更多實作評量及課程參與表現來進行學習檢測，而非過度

仰賴標準化的紙筆測驗。

二、以 STEM 為主體之教師繼續教育

應鼓勵開辦以 STEM 為主體的教師的研習課程，強化跨領域整合教學，協助各學科教師的教學合作，共同研發教案，並善用網路平台進行線上課程、社群經營，提升教師跨域整合的能力。另外，在教師至企業見習的策略上，亦應給予企業更多的誘因，讓企業願意提供機會讓教師進入見習，或辦理相關的參訪活動。

三、強化社區夥伴在 STEM 教育上的參與

STEM 教育強調自幼扎根，除培養學生對於 STEM 學科的興趣，亦要提升學生對 STEM 職業的正確認識，因此可效仿美國及英國 STEM 大使的作法，招募有心於教育的 STEM 從業人員，給予培訓，使其能夠給予學生 STEM 教學，並成為學生的學習楷模及職涯引導人。另為提高業師參與教學的動機，應給予更優渥的報酬或獎勵，並規劃長期合作策略，給予繼續教育，留用優秀的業師。

在強化其他社區夥伴的參與上，應鼓勵學校與社區夥伴合作，在正規課程時間提供 STEM 教學活動，讓學生們能夠在義務教育中接受到足夠的 STEM 教育刺激，而不會因其家庭背景而有學習資源上的落差。

四、強化多元族群促進策略

除了女學生外，STEM 教育應一併關注其他弱勢學生的需求，包含原住民、新住民、身心障礙學生、經濟弱勢學生，以及偏遠地區學校的學生，並依照其特殊條件給予輔導，鼓勵其進入 STEM 領域，並在畢業後的轉銜給予支援。

參考文獻

1. Department for Employment, & Department of Education. (2009). Report of the STEM Review. UK: Department for Employment; Department of Education.
2. European Schoolnet. (2018). Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Policies in Europe. Scientix Observatory report. Brussels: European Schoolnet.
3. MorganRhys, KirbyChris, & StamenkovicAleksandra. (2016). The UK STEM Education Landscape. Lloyd's Register Foundation. London: The Royal Academy of Engineering.
4. National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, and Institute of Medicine. (2007). Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future. Washington, DC: The National Academies Press.
5. Scientix. (2019). 擷取自 Scientix: <http://www.scientix.eu>
6. TanenbaumCourtney. (2016). STEM 2026: A Vision for Innovation in STEM Education. Office of Innovation and Improvement. Washington, District of Columbia: U.S. Department of Education.
7. World Economic Forum. (2018). The Future of Jobs Report 2018. Geneva: World Economic Forum.
8. 林坤誼. (2018). STEM 教育在台灣推行的現況與省思. 青年研究學報, 21(1)。
9. 張建一. (2018). 數位時代下的人力發展趨勢. 台灣勞工季刊(56), 頁 16-25。
10. 教育部. (2019). 立法院教育及文化委員會第九屆第七會期報告。
11. 教育部. (2017). 大專校院學生及畢業生人數預測分析報告(106~121 學年度). 台北市: 教育部統計處。