

第一章

STEM 教育在香港的發展

第一節

香港 STEM 教育的挑戰及國際經驗的啟示

高寶玉

引言

近年來，STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育被視為培養學生創新思維、綜合知識和解難能力的有效方法，長遠地影響著國家地區在相關範疇的人才培養及競爭能力，因而成為世界各國教育改革的熱門研究議題 (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014)。香港政府和學校近年亦已開始加強與STEM教育相關的發展，並以校本發展作為推動方向，於是學校都在不同領域例如課程、專題研習、全校活動或課外活動上加入STEM教育元素。本文會以STEM教育發展背景作為起點，探討香港STEM教育面對的挑戰，並分析其他地區的經驗，從中找出香港STEM教育未來路向的一些啟示。

STEM教育的源起與發展

STEM教育的源起可追溯至冷戰後期，由於出現科技人才勞動力不足及發展的瓶頸，美國國家科學基金會 (National Science Foundation) 提出加強大學的科學、數學、工程和科技教育 (SME&T Education) 的教學質量，以培養優秀科技人才、工程師、科學家，以及數學家來提升國家的競爭力 (National Science Foundation, 1986)。及後於20世紀90年代，STEM一詞開始用作描述這四個學科的相關政策、項目和實踐等通用名詞，並廣泛傳播 (鍾柏昌、張麗芳, 2014)，STEM教育 (STEM Education) 亦向下延伸到幼稚園至中小學 (K-12) 階段，成為當代美國教育的重點發展取向，同時亦成為各國教育改革的借鑒。

在STEM概念提出的初期，雖然美國政府及相關機構透過成立專門的STEM學校、師資培訓、撥款研究等方式來推動STEM教育，但由於不同的執行者、學者對STEM的概念有各自的理解，四個學科很多時候都是以獨立、分離的形式個別發展，亦少有將學科知識與生活連結，結果只有較常用的數學和科學領域受到重視，學生在STEM學科的學習表現、知識整合和解決問

題能力沒有預期理想的效果 (Bybee, 2010; Blackley & Howell, 2015)。有鑑於此，美國政府、學者、教師、企業機構對STEM教育重新思考和定位，並提出把四個學科整合、推行綜合型STEM教育 (Integrative STEM Education) 的觀點。Sander (2009) 指出綜合型STEM教育比起傳統分科授課模式更能引起學生的學習動機，提高學習興趣、成效及持續性，並應透過問題導向學習 (problem-based learning)，運用科學探究和數學應用來進行工程和科技設計以解決現實中的難題。Bybee (2013) 更進一步指出，整合了的STEM教育可培養學生「二十一世紀技能」(21st Century Skills) 的相關能力，如批判思維、創造力、互相交流和協作能力等等，協助學生面對將來各種現實上的挑戰。由是，綜合型STEM教育補足了早期四門學科沒有連結、缺乏實務應用等問題，在「學科整合」的基礎上，STEM教育步上一個新的發展進程，同時亦成為學校教師教學上的新挑戰與目標。

香港STEM教育面對的挑戰

香港政府在2015年的《施政報告》首次提出STEM教育，並在2016年12月公佈的《推動STEM教育—發揮創意潛能》報告中詳列在中、小學推動STEM教育的一系列建議和策略，包括更新學習領域課程、加強教師專業發展、增加學與教資源、設立專業發展學校並分享良好示例、舉辦各類STEM活動和比賽、強化與大專院校、相關機構和社區組織合作等多方面推動STEM在香港的發展(教育局，2016)。然而綜觀不同研究，不少教師對這些政策與措施的實際成效抱有疑問。

首先，政府是否長遠支持STEM教育是很多教師擔心的問題。政府分別在2016年和2017年向全港小學及中學發放一筆過津貼(小學10萬元、中學20萬元)，以加強支援學校推行STEM教育活動、增添STEM的學習資源及更新現有課程等等。然而事實上，這金額只夠學校首一、兩年使用，對長遠推動STEM教育而言遠遠不夠，因此對政策的持續性存有懷疑，學校和教師都難以釐訂具體的發展方向與目標(創意教師協會有限公司，2016；青年創研庫，2016)。

其次是課程與課時問題。香港教育工作者聯會(2017)的研究指出，目前中小學大多以課外活動形式推行STEM教育(70.8%)，只有一半學校利用常規課程進行(52.1%)，而且有些需要通過特殊安排，如延遲放學、推

行小息STEM課程、刪減或濃縮原有的科本課程才能完成。顯示現時的課程條件下，並未能鼓勵學校在課堂上推動STEM教育。

第三是跨學科學習的挑戰。STEM教育強調跨學科整合，對香港一般「專科專教」的教師而言是一個難題，特別是文科出身的小學常識科教師，需要較多時間才能掌握STEM教育的數理基礎，同時亦可能會缺乏信心帶領學生進行科探活動（青年創研庫，2016）。雖然教育局和很多組織都在STEM教育的專業發展上提供支援，經常舉辦各類課程、講座、工作坊等，但有意見認為這些活動都以討論教學理論和方式為主，一些課堂應用例如教學法的培訓相對較少（青年創研庫，2016）。另外跨學科學習在香港並非主流，很多教師都沒有相關的經驗，不同學科之間的合作、知識整合、課程安排等都是需要支援的地方。然而，目前教育局修訂的課程指引都仍然是以「科」為單位，並未為跨學科整合提供清晰的實踐指引（香港教育工作者聯會，2017）。

STEM教育的國際經驗

香港在推動STEM教育的具體政策與措施始於2016年，起步點較其他國家為遲，發展至今雖已成為很多學校的重點發展項目，但不少教師對STEM教學模式、實踐及專業發展亦產生很多的疑惑。以下將整理其他地區的經驗，並試從中找出一點啟示。

美 國

美國是首個提出STEM教育概念的國家，積極地透過制定政策法令、財政支援和推動研究項目，推動社會落實STEM教育持續的發展。在2011和2012年，美國國家研究委員會先後發佈了《K-12科學教育框架》（A Framework for K-12 Science Education）和《新一代科學標準》（The Next Generation Science Standards），為幼稚園到高中三年級（K-12）的STEM課程設計訂下學習內容框架和學生能力的主要指標，當中強調科學探究（通過研究回答問題）和工程設計（通過設計解決問題）的實踐、關注跨領域概念（通用概念如因果、能量和物質）和學科核心概念（物理科學、生命科學、地球與太空科學、工程、技術和科學應用）的學習、以及知識建立的連貫性。《框架》和《標準》讓學生不會單純地從課本或課堂中獲取相

關科學領域上的知識，而更聚焦在概念上的理解、聯繫、運用和實踐，通過深入和富意義的方式去體驗科學，也即是培養他們的STEM素養（STEM Literacy）（National Research Council, 2013）。

由於K-12的STEM教育會以學科核心概念作為主軸，教師受到鼓勵進修有關物理科學、生命科學、地球和空間科學及工程技術和程序科學領域的知識，亦需掌握STEM教學實踐技巧，運用合適的教學策略和活動促進學生對STEM的投入和理解。在聯邦政府及其他機構提供的財力、人力和物力支持下，STEM教師培訓和專業發展的項目如雨後春筍般出現，尤其是針對工程教師的專業發展，項目例如Project Lead the Way、Engineering is Elementary、Engineers of the Future等都受到教師歡迎。以Project Lead the Way為例，在2009年，約7,200名教師接受過這個項目的訓練（Katehi, Pearson, & Feder, 2009），而在十年後的2019年，其網站顯示已超過65,500名教師完成了專業培訓課程（PLTW, 2019）。另外塔夫茲大學（Tufts University）提供中小學教師工程教育網上課程、軟硬件教材和工程教育專家的到校支援服務，為教師在工程方面的專業發展和課堂上給予直接的幫助與支持。值得一提的是，這些項目的培訓時間雖然不會很長，大概是一到兩天的工作坊、研討會，或20至40小時的專業發展課程，但後續都會有持續性的到校指導或線上支援，以助教師不間斷地鞏固、拓展和深化有關的教學知識。

芬 蘭

芬蘭的赫爾辛基大學在2003年成立了首個LUMA科學教育中心，為3-19歲的兒童和青年創辦多樣化的教育活動，以提高他們對自然科學、數學、電腦及科技等STEM類科目的學習興趣和成績。LUMA其中一個特別之處在於跨界別合作，包括從幼稚園到大學的教育機構、教師組織、教育官員、家長、工商業界、科學館、媒體以及STEM相關團體，都能參與組織LUMA的活動，因此其活動除了更豐富多元，亦更貼近日常生活和社會需要，同時增強了學生對STEM相關行業的了解和興趣，為未來芬蘭的STEM人才作出儲備（Putila & Petäjistö, 2016）。

LUMA的另一個重要活動是為教師的終身學習和專業發展提供支援，當中「以研究為本的教師教育」（Research-based Teacher Education）最為核心。在芬蘭，每一位教師都接受過基本的研究訓練和撰寫研究論文，藉此學習到科學批判思考（如資訊收集、驗證和分析）和創造知識的能力。

LUMA所使用的研究導向的教師培訓模式以「設計」為中心（Design-based Research），教師在LUMA導師的指導下，通過研究設計出更好的STEM課堂（例如如何運用最新的ICT技術在課堂之中）或活動。這種培訓形式能讓教師以第一身的實際經驗，全面地接觸和吸收最新的STEM知識，在設計的過程將知識內化和自我構造，以論文的形式向外界共享。因此這不單是教師的個人專業發展，更是整個教育社群持續進步的基礎（Niemi, 2015）。

南 韓

南韓學生在數理科上的成績一向十分優異，然而根據研究（Oh, 2012），他們對就讀STEM領域的相關學位或到相關行業就職則沒有太大興趣，而大多轉投到醫療產業上。即使南韓政府在2008年建立了「教育與科學技術部」專門負責科學與技術的教育工作，成效亦遠遜預期。直到2011年，政府推出Second Master Plan for Educating and Supporting Human Resources in Science and Technology（2011-2015），提出在中小學以推行STEAM（STEM + Art）教育為核心的課程改革，培養學生擴散式思考（Divergent Thinking）和學習興趣。鑒於以往學生對STEM失去興趣的主要原因是傳統的數理科教育與現實應用差距太大，新課程便從跨學科的整合教育中著手，強調科學和藝術人文、生活實用價值的融合，重視主動學習、創新與問題解決、批判思考、溝通與合作等技能的培養。政府甚至把STEAM科目的課程內容減少20%，以騰出更多課時讓學生與教師一起討論和做項目設計，亦減少了教師「追教學進度」和學生的學習壓力（Joe & Chung, 2013）。

Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity（KOFAC）是南韓政府設立的國家級機構，旨在統籌和支援各項STEAM教育的工作，包括培養STEAM領導學校和教師、增強教師的教學效能、發展和推廣STEAM內容、籌辦具互動性和探索性的學生活動及研發硬件設備（KOFAC, 2016）。在教師的專業發展上，目前KOFAC會提供三階段的課程，從（入門）理論、政策、個案分享，到（基礎）如何組織配合學校課程的STEAM教育和課外活動，最後（進階）以提升教師教學效能為目標，促使教師可以開發和實施自己設計的STEAM課堂。然而有意見指出，這些課程偏向教師的個人發展，持續性有限，應當增加群體性的專業發展項目。因此政府推出「STEAM教師研究小組」計劃，資助教師以實踐社群（Community of

Practice) 模式進行STEAM教學活動研究。除了教師研究小組自身的成長，他們的研究結果亦能為其他教師所用，從而促進整體STEAM教育的進步。

中國

2016年，教育部在《教育信息化「十三五」規劃》中提到：「有條件的地區要積極探索信息技術在『眾創空間』、跨學科學習（STEAM教育）、创客教育等新的教育模式中的應用，着力提升學生的訊息素養、創新意識和創新能力」，這時候，STEM教育在中國才被正式定位為國家層面的教育發展策略。2017年，教育部發佈《義務教育小學科學課程標準》，建議小學教師在教學中以探究、跨學科學習方式試行STEM教育。可惜的是，相關《規劃》和《標準》並無實質的政策和具體要求。

長期以來，STEM教育在中國的實踐都處於一種「百花齊放」的狀態，是在國家重視科技教育領域的大趨勢下，由地方政府、學者、教師、STEM產品公司等各自主導的「草根行為」（中國教育科學研究院，2017）。雖然國內有不少具影響力的STEM專業機構和聯盟組織，但缺乏國家層面上的投入和整合，STEM教育在中國只會繼續呈現零散化的狀態。因此，中國教育科學研究院STEM教育研究中心提出「中國STEM教育2029創新行動計劃」，以「協同、合作、開放、包容、創新」的原則，促進全社會在多方面共同參與。而為了推動STEM教師的專業發展，中心同時公布了《STEM教師能力等級標準（試行）》，對STEM教師需要掌握的專業價值、知識基礎、技能和教學實踐等提供指導意見和基本框架，建議學校和培訓機構以《標準》作為STEM教師入職、培訓、考核等工作的重要依據，以此推動STEM教師培訓的專業化和標準化。

台灣

2014年台灣政府頒布《十二年國民基本教育課程綱要總綱》，指出在2019學年，國中、高中教育階段新增「科技領域」的學習，將科技與工程的內涵納入課程，以課程彈性組合，強化探究與實作型的學習內容，重點培養學生創新設計、批判思考、解決問題、邏輯與運算思維等高層次思考的能力，以讓他們能「在生活中能融會各領域所學，統整運用、手腦並用地解決問題」（台灣教育部，2014）。是次改革建議學校一改以往「學科內容

知識為主」的教學取向，強調「跨領域統整」和「探究與實作」，被視為與STEM教育的核心理念同出一轍。

近年台灣吹起「自造」 / 「創客教育」 (Maker Education) 風潮，鼓勵學生主動發現、主動思考、動手實作、以創新創意解決問題，與STEM教育強調知識融合的理念，互有區別但亦關係頗深。2016年，國立清華大學藝術學院許素朱院長把 STEAM 與 Maker 做結合，提出 STEAM Making 教育：「藉由動手做 (Tinker) 來對科學與藝術做探索 (Explorer)，最後期盼啟發創新創造應用 (Maker)」 (Sasfab創客聯盟，2018)，在自造 / 創客教育中埋下STEAM的種子。2018年6月，國立清華大學推出「清華STEAM 學校」計劃，把跨科整合的創新教材教法導入幼兒園到高中學校，讓學生在正常學習時數中獲得高品質的STEAM教育。加入計劃的學校會從「STEAM預備學校」開始，參與課程的發展與試教後成為「STEAM 認證學校」，如持續接受和參與新加入學校的培訓，則可擔任「STEAM 教練學校」，成為知識不斷傳承並加以創新的人才在地培育機制 (國立清華大學，2018)。

表一 各地區在STEM教育上的主要措施

	美國	芬蘭	南韓	中國	台灣
政策目標	培養全美學生的STEM素養，讓每一個學生都對STEM有基本的認知。	提高學生對STEM的學習興趣和成績，確保相關人才儲備。	培養學生擴散式思考和對STEAM的學習興趣及創意。	培養提升學生的訊息素養、創新意識和創新能力。	培養學生創新設計、批判思考、解決問題、邏輯與運算思維等高層次思考的能力。

	美國	芬蘭	南韓	中國	台灣
課程改革	發佈《K-12 科學教育框架》和《新一代科學標準》，為 K-12 的 STEM 課程設計訂下學習內容框架和學生能力的主要指標。	地方及學校擁有高度課程自主權，以課外活動形式提供支援。	提出課程更新並減少課時，以增加學生與教師的討論及實作時間。	發佈《義務教育小學科學課程標準》，為科學素養的發展上訂下基本方向。	頒布《十二年國民基本教育課程綱要總綱》，將科技與工程的內涵納入課程。
教師發展	教師可透過不同的公 / 私營計劃接受支援及訓練，學習有關 STEM 科目（特別是工程）的知識及教授學生技巧。	LUMA 支援教師進行以研究為本的專業發展，促進個人終身學習及知識分享。	三階段的培訓課程，從理論學習，到組織活動以及開發 STEAM 課堂，循序漸進地幫助教師專業發展。	不同的教育機構 / 組織提供各類培訓。	「清華 STEAM 學校」計劃將受過訓練並發展優良的學校組織起來，為其他學校提供支援服務。
社會網絡	全社會，特別是大學及企業，都投入到 STEM 的教育發展。	跨界合作，以 LUMA 為首組織 STEM 相關活動。	主要由 KOFAC 推廣和組織 STEAM 教育工作。	「中國 STEM 教育 2029 創新行動計劃」促進全社會在多方面共同參與。	「自造 / 創客」風潮的興起帶動社會對創新實作的支持，為推行 STEM 教育打好基礎。

國際經驗的啟示

以上地區於STEM教育的推行情況，有下列幾個特點：

一是對STEM教育的長期投資。當STEM教育是由地區主導推行的時候，相關的投資是長期並且逐年增加的。特別是國家級機構的成立（如LUMA和KOFAC），由其主導各種教師培訓、課程研發及比賽活動，都顯示出國家對於STEM的重視，同時賦予學校和教師對STEM作為國家長期教育政策的信心，促使他們在教學環境和專業成長上作出合適的投資。

二是在課程上提供明確的支援。不少地區都會在其課程綱要或標準上設定STEM課程目標的依據，讓教師有清晰的目標去開發、教授和評核教學內容。例如美國《新一代科學標準》只以四個學科核心概念來組織學習內容，又將複雜而又連貫的跨學科概念進行梳理並定義，總結出七大通用而基本的科學概念，既為教師提供了系統的教學內容，同時給予充足的課堂自主性和創造性。另外，南韓會因應學生會花額外時間在STEAM的學習和探索上而將課時作出適當的安排。這些都是政府在課程上為了發展STEM教育所給予的支援。

三是有策略的教師培訓。各國都深明影響STEM教育發展的重要因素在於有高質量的教師，亦因國情不同而出現不同的教師培訓策略。美國有不少研究都提及「失蹤的E」（Missing “E”）（Vest, 2009; Di Francesca, Lee, & McIntyre, 2014），意即工程在STEM教育中較少被提及，皆因基礎教育中並無工程的課程。因此美國積極提升工程的地位，不單在《新一代科學標準》中將工程實踐與科學實踐並列，亦加強相關培訓，務求增加工程教師的質和量；芬蘭和南韓以研究推動教師的專業發展，讓教師在真實的教學問題中開展研究、查閱最新的教學資訊、以系統和科學的方式開發課程與教材，成為STEM的設計者與開發者，並將新的想法與眾分享，除了個人發展，亦帶動教師群體的終身學習。至於中國和台灣，則為STEM教師和學校訂出標準和認證制度，以優秀教師 / 學校推廣及分享優良的教學，發揮引領示範的作用。

香港STEM教育的未來路向

近年政府大力支持STEM教育，積極推動創科，充足的資源配套是STEM教育邁向成功的首要條件，但仍需其他的支援配合。STEM課程強調跨學科的融合，強調配合科學與科技最新發展的同時，亦要培養學生的邏輯思維及解難能力，成為未來的創科人才。在現時的教學現況中，教育局並無規定因應STEM教育引入額外課時，對學校的課程編排是一大挑戰。因為對學校而言，既要以校本方式推行STEM教育，還要結合不同學科進行。如何在課程緊迫的條件下推動STEM教育，確是值得未來進一步深究。因此，參考國外的經驗，若要協助學校推動STEM教學，應該增加額外課時和培訓，讓學校能夠有足夠的靈活度，自行按照老師的專長以及學校的環境設計校本課程，發展適合學校情況的校本課程。

STEM教育是一門講求跨學科支援的綜合式課程，由於涵蓋不同學科，所以STEM需要全校教師的參與，才能達致成功。教育局過去兩年挑選在推動STEM教育方面有出色表現的學校，成為「專業發展學校」，擔任楷模和示範的角色，通過經驗分享，支援其他學校的發展，有關支援應該持之以恆。另一方面，教育局需要考慮在教師的專業培訓內容中，加入以跨學科設計課程的部份，在引導學生「動腦思考」和「親自動手」的教學技巧亦需進一步加強，提升教與學成效。雖然政府與教育界均強調STEM教育的重要性，但明顯雙方缺乏協調。政府較注重的是投放於學校有關STEM教育的資源，學校方面則着重解決STEM教育帶來的困難，特別是缺乏具體的STEM教育指標下，學校應該要用甚麼方式推動STEM教育？融入課堂還是課外活動？「砌LEGO」還是做實驗？購買3D打印機還是Micro:bit？在此之前，我們應先回歸STEM對教育的重要意義。STEM教育的真諦是鼓勵學生培養科學思考、動手解難能力及創造能力，學生能夠大膽嘗試，才能符合STEM教育需要處理未來科技社會對人類生活的挑戰。STEM教育同時推動教師的專業發展，其跨學科的特性加強了教師之間的溝通合作，教師不再單純在自己的學科上鑽研，而是要切實的踏出教學上的安全區，認識及嘗試探究式（Inquiry-based）、問題導向（Problem-based）、專題式（Project-based）等不同的教學方法，在提升教學質素之外，培養教師自身的終身學習態度。因此，在為學生培養STEM學習能力和興趣之餘，教師在教學上的範式轉移和持續的專業發展，同是STEM教育對香港帶來最重要的教育意義。

參考資料

- Blackley, S. & Howell, J. (2015). A STEM Narrative: 15 Years in the Making. *The Australian Journal of Teacher Education*, 40(7), 102-112.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Di Francesca, D., Lee, C., & McIntyre, E. (2014). Where is the “E” in STEM for young children? *Issues in Teacher Education*, 23(1), 49–64.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.).(2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.
- Jon, J. E., & Chung, H. I. (2013). Consultant Report Securing Australia’s Future STEM: Country Comparisons. STEM Report—Republic of Korea. Retrieved from <https://acola.org/wp-content/uploads/2018/12/Consultant-Report-Korea.pdf>
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.) (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Washington DC: National Academies Press.
- KOFAC, Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity. (2016). *Introduction to STEAM education*. Seoul: KOFAC.
- National Science Foundation. (1986). Undergraduate Science. Mathematics and Engineering Education. Retrieved from <https://www.nsf.gov/nsb/publications/1986/nsb0386.pdf>
- National Research Council. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Niemi, H. (2015). Teacher professional development in Finland: Towards a more holistic approach. *Psychology, Society & Education*, 7(3), 279–294.
- Oh, Y.I. (2012). A 2012 study on Koreans’ understanding of science and technology & a comparative study on the perception of science cultures among Korea, Japan, and China. Presented at *the 2012 Science & Creativity Conference*, Seoul, Korea.

- PLTW, Project Lead The Way. (2019). About us. Retrieved from <https://www.pltw.org/about-us>
- Putila, P., & Petäjästö, S. (2016). *STEAM activities for Pupils and Schools in Finland Tampere LUMATE Centre and LUMA Centre at Aalto University*. 44th SEFI Conference, 12-15 September 2016, Tampere, Finland.
- Sanders, M. (2009). Stem, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Vest, C. M. (2009). Putting the “E” in STEM education. *The Bridge: Linking Engineering and Society*, 3(39), 3-4.
- Sasfab創客聯盟 (2018)。當科普遇上藝術-Steam Making 創客種籽教師工作營。取自：<https://www.facebook.com/events/233372883764657/>
- 中國教育科學研究院 (2017)。中國STEM教育白皮書。中國：中國教育科學研究院。取自：<http://www.ckjy.org/wp-content/uploads/2017/09/STEM%E6%95%99%E8%82%B2%E7%99%BD%E7%9A%AE%E4%B9%A6.pdf>
- 台灣教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要一總綱。台灣：台灣教育部。取自：<https://cirn.moe.edu.tw/Upload/file/948/67020.pdf>
- 青年創研庫 (2016)。小學創科教育的狀況與啟示。取自：https://yrc.hkfyg.org.hk/wp-content/uploads/sites/56/2017/03/YI020_Report.pdf
- 香港教育工作者聯會 (2017)。前線STEM教師支援政策研究報告。取自：https://www.hkfew.org.hk/ckfinder/userfiles/files/hkfew_stem.pdf
- 國立清華大學 (2018)。清華 STEAM 學校啟動領學子「跨科學創藝」。取自：https://www.nthu.edu.tw/pdf/pdf_152844314483.pdf
- 教育局 (2016)。《推動STEM教育—發揮創意潛能》報告，檢自 https://www.edb.gov.hk/attachment/tc/curriculum-development/renewal/STEM_Education_Report_Chi_20170303.pdf
- 創意教師協會有限公司 (2016)。STEM教育與創意思維講座意見調查與回應。取自：<http://www.cta.org.hk/ShowCa.aspx?clid=149&atid=262&lan=1>
- 鍾柏昌、張麗芳 (2014)。美國STEM教育變革中「變革方程」的作用及其啟示。《中國電化教育》，4，18-24。