

德國 STEM 人才培育策略之探究

薛欣怡

文藻外語大學德國語文系助理教授

蔡清華

文藻外語大學師資培育中心教授

中文摘要

科技的創新發展席捲各行各業，衝擊深達各個領域，打亂了學校所傳授的知識技能與職場立足的方程式，使得教育必須緊跟著科技發展的腳步，才能使所培育出來的人才在未來的產業中立足。而培育科技創新人才所需的 STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 教育即成為現今各國所矚目的教育潮流，被視為重要的培育項目。為因應科技大浪及解決人才不足的問題，世界各國皆卯足勁推展 STEM 教育。

德國為歐盟科技發展領先國，且其 STEM 教育成效在 OECD 國家中排名第一。因此，本研究將透過文獻分析法，蒐集德國政府相關政策與研究報告，探究其因應的行動與作為，針對德國政府及學校層面進行瞭解，以得出德國 STEM 人才培育的策略發展模式，希冀德國模式與經驗能提供臺灣未來擬定 STEM 人才培育策略時的參考。

關鍵詞：STEM 教育、STEM 人才培育策略、德國

The Strategy of STEM Talent Cultivation in Germany

Hsin-Yi Hsueh

Wenzao Ursuline University of Languages/Department of German/Assistant Professor

Ching-Hwa Tsai

Wenzao Ursuline University of Languages/Center for Teacher Education/Professor

Abstract

The impact of technological innovation across many industries and disciplines disrupts the equation of knowledge and skills acquired in schools and through vocational training, making it necessary for education to keep pace with technological progress to nurture an adequate pool of talents for the industries of the future. STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) education has drawn a lot of attention as a key educational concept to nurture such talents of technological innovation. In response to the technological wave hitting our society and economy and to solve the problem of talent shortages, governments all over the world have increased efforts to promote STEM education.

Germany is not only a leader in the European Union in terms of technological power but also ranks first among OECD countries in terms of STEM education effectiveness. This study explores the strategy, measures, and actions taken by the German government by analyzing policy reports and academic research. It explores the government's action at the secondary and tertiary level to construct a strategic development model for STEM talent cultivation in Germany. By assessing Germany's approach, the work seeks to provide a reference for Taiwan in formulating an efficient STEM talent cultivation strategy in the future.

Key Words: STEM education, STEM talent cultivation strategy, Germany

壹、前言

世界經濟論壇（World Economic Forum, WEF）於 2018 年所發布的《工作的未來》（Future of Jobs）指出，目前機器承擔了全球三成的工作任務，2025 年將超過一半，這將使得透過電腦邏輯運算、機器人動作取代的工作職位消失，但同時也將出現新興職務或提高了某些職務的原有價值（成之約、徐國淦，2017；吳永佳，2017；劉光瑩，2018）。因此，隨著工作型態的轉型，人才必須緊跟著進化，此時教育的與時俱進就越顯重要。

鑑於此，跨領域人才培育受到重視，也使得科學-科技-工程-數學（Science, Technology, Engineering, and Mathematics, STEM）¹教育成為矚目的潮流，世界各國皆卯足勁推展 STEM 教育，如：美國「STEM 2026 教育計劃（STEM 2026）」、澳洲「國家 STEM 學校教育策略（National STEM School Education Strategy）」、英國「2018 英國工程師年計畫（Year of Engineers）」以及愛爾蘭的「愛爾蘭 STEM 教育體系方針（STEM Education in the Irish School System）」等（賴志遠，2018）。

在臺灣方面，范斯淳、游光昭（2016）即指出，我國科技教育課程一直存在著內容過於廣泛及忽略與科學、數學等學科知識的連結性問題，使學生未能有系統地思考與判斷。此外，臺灣高等教育就學率領先全球，且向以人才優勢著稱，然根據教育部統計處（2018）資料顯示，近十年來我國就讀科技類的大學生數量有著顯著下降的趨勢，106 學年度科技類就讀比率相較前一年度大降了 14.9%，逐年減少至 107 學年僅剩 39 萬人，人數大減逾十萬，占比亦從 38.5% 降到 31.4%（教育部統計處，2018）。博士生方面，根據科技部於 2018 年所召開的「科學發展策略諮議會議」報告顯示，科技類博士生人數較往年下滑幅度高達 22%，其中又以工程及工業學門（26%）與資訊通訊科技學門（34%）的博士生流失最為嚴重（石耀宇，2018）。108 學年度的統計結果亦顯示，不論是就讀科技類的大學生數量或科技類博士生人數皆呈現逐年遞減的趨勢（教育部統計處，2019）。種種數據顯示，我國已面臨了 STEM 人才缺乏的狀況，科技人才培育版圖的改變，將進一步阻礙我國的科學發展，如：人工智慧（Artificial Intelligence, AI）、第五代行動通訊技術（5th Generation Mobile Networks, 5G），乃至國防科技等，皆成為一大隱憂（林曉雲、吳柏軒，2019）。

鑑於此，研究者認為有必要在臺灣發展 STEM 教育起步之初，探討國外 STEM 人才培育模式與經驗供我國參考。

¹ 本研究以探討科技人才培育為主，因此在 STEM 之後所發展出來的 STEAM 或 STREAM 並非本研究所探討的議題。

觀察「工業 4.0」(Industry 4.0)發源地德國，為解決 STEM 人才不足的問題，在政策、研究以及教育上做出了全面性的回應。自 2006 年起聯邦政府針對各個面向推出多項 STEM 人才培育策略。根據 2017 年《教育概覽 2017：經濟合作暨發展組織指標》(Education at a Glance 2017: OECD Indicators) 研究報告結果指出，德國 STEM 教育成效在 OECD 國家中排名第一，且其教育制度和勞動市場有相當高度的連結性。在 OECD 國家中，德國擁有為數最多的 STEM 畢業生，且不論在青壯年擁有 STEM 高等教育文憑比例、大一新生選擇就讀 STEM 領域科系比例或是國際學生選擇進入德國大學的 STEM 相關科系就讀比例等，皆高於 OECD 平均值。2019 年《教育概覽 2019：經濟合作暨發展組織指標》(Education at a Glance 2019: OECD Indicators) 研究報告結果亦顯示，德國大一新生選擇就讀 STEM 領域科系的比例遠高於 OECD 平均值 (OECD, 2017a; KMK, 2017; OECD, 2019)。該研究報告的結果無疑是對德國 STEM 教育的肯定。

因此，本研究探討德國 STEM 人才培育重點策略與發展模式，希冀能透過重要政策資訊及相關文獻的爬梳得出德國 STEM 人才培育的樣貌並借鏡德國經驗與模式豐富國內發展 STEM 人才培育的內涵。

貳、文獻探討

一、科技發展對產業與教育的衝擊

科技正推動教育走向改變的趨勢，擁有跨領域思維與創新科技的工作能力已成為未來職涯發展的致勝關鍵(中央社, 2019)。根據「經濟學人智庫」(Economist Intelligence Unit, EIU) 所發布的《至2030年的教育》(Education to 2030) 指出，未來教育將受到三大趨勢的影響，分別為：人口變化(影響教育面向的公共支出與教育的可負擔性)、未來的工作與成功所需的技能(與青年失業率及STEM畢業生相關)以及科技的使用(反應學校網路環境的完備度)(EIU, 2016; 羅良慧, 2018)。

科技對產業及教育的衝擊已浮上檯面，成為各界所關注的焦點，亦是人文及社會科學領域所應關注的議題。近年來，在科技發展洪流中，尤以 AI 浪潮最受矚目，其影響幾乎席捲各個就業領域。根據麥肯錫全球研究所 (McKinsey Global Institute, MGI) 所發布的《失業與就業：自動化時代的就業變遷》(Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation) 報告指出，至 2030 年機器人將取代全球 8 億個工作。AI 對職場所造成的衝擊，可由下列四個數字來窺探，如下圖 1 所示。



圖 1 AI 對職場所造成的衝擊

資料來源：整理自黃靖萱（2018）。非懂不可 AI 超人才。商業週刊，1608，84。

由上述數據可得知，AI 及科技發展正快速地改寫產業的遊戲規則，幾乎每個行業皆需重新思考未來（吳怡靜，2017）。以目前的技術水準來看，大多被視為一個重要的應用工具，協助人類從事各類的工作，但隨著技術不斷的成熟與突破，在未來將有可能大幅取代人類員工，從而造成結構性失業問題。而無論人類的工作是否被取代，未來在各種創新科技普及的情況之下，工作型態必將如典範轉移般涵蓋各類專業領域（王宇豪、趨勢研析與前瞻規劃團隊，2017）。

科技發展的衝擊，對第一線的職場造成動盪，而與職場人才息息相關的教育則感受最深。麥肯錫全球研究所（MGI）報告指出，至 2030 年有 3.75 億人需學習新工作技能。世界經濟論壇（WEF）關於就業前景的報告預測亦顯示，目前開始上小學的孩子中，有高達 65% 的人將來從事的工作目前尚未存在（成之約、徐國淦，2017）。

因此，創新科技與教育的融合將重新定義教育並正逐漸改變教育未來的樣貌，因其衝擊打亂了所學知識技能與職場立足的方程式。教育發展須緊跟著科技發展的腳步，教育新思維必須到位，才能使所培育出來的人才在未來的產業中立足。因此，在創新科技大規模應用的浪潮來臨前，政府應該考量國家未來的產業經濟發展策略，重新考量如何佈局未來就業市場人才配置，且除了思考如何降低科技發展對既有勞動就業人口的衝擊外，亦需深入評估人才教育培養或再訓練的方式（吳悅，2018）。

二、國內外相關研究綜述

STEM 教育作為一種科技創新人才培養模式已成為國內外教育研究的重要

議題。教育領域正歷經一場深層次的變革，技術正在重塑教育的新形態。在此背景下，教育領域已湧現一批相關研究。根據研究者文獻爬梳的結果，將國內外研究相關的主題大致分為下列三種主要的研究議題方向：

（一）STEM 課程設計相關研究

如：Burke（2014）針對 STEM 教育提出了一套「6E 教學模式」，這套以學生為中心的教學模式，目的是搭配機器人教材的特性以強化 STEM 教育中的設計與探究的能力；張玉山、楊雅茹（2014）以液壓手臂單元為例，探討 STEM 的教學設計；姚經政、林呈彥（2016）以機器人教學為主軸落實 STEM 教育，並應用 6E 教學模式培養學生的設計與探究能力；簡佑宏、張玉山、簡爾君（2016）以二氧化碳賽車單元為例，探討 STEM 取向準工程課程設計；Kertil & Gurel（2016）以數學學科特性探討 STEM 教育的內涵；周保男、薛曉琳（2017）以互動式視覺科技導入國中 STEM 課程教育中，並以 GeoGebra 輔助數學教學進行研究；陳立庭（2017）從 STEM 觀點教導造型磁鐵，以問題解決教學模式進行 STEM 教學活動等。

（二）不同族群STEM教育的研究

如：Hwang & Taylor（2016）針對身障學生的 STEM 教育問題進行探究；周淑惠（2017）針對幼兒園的主題探究課程進行研究，並指出在幼兒園階段的課程亦可以充滿豐富的 STEM 經驗，為培養 STEM 素養奠下良好根基；Vakil & Ayers（2019）針對美國 STEM 教育的種族政策進行探索等。

（三）各國STEM教育模式研究

如：范斯淳、楊錦心（2012）比較美日兩國的科技教育課程之發展趨勢，並指出 STEM 取向之科技教育課程為未來科技教育可行之趨勢；楊亞平（2017）對美國、德國與日本中小學 STEM 教育進行比較研究；羅良慧（2018）由科技融入教育趨勢初探 STEM 教育的驅動力，並對美、英與德等主要國家的 STEM 教育政策方向及方案推動內容的觀察與分析；蔡進雄（2019）針對澳洲、美國、歐洲及香港推動 STEM 教育進行初步探究。湯維玲（2019）探究美國 STEM 與 STEAM 教育的發展等。

透過文獻爬梳結果發現，目前關於STEM議題的相關研究大多集中於課程與教學層面的探討，較少針對國家STEM人才培育策略及國外發展模式進行探究，且國外方面的研究大多以英美國家為主，而少有其他國家的研究，關於德國的相關研究更是不足，造成無法與國際研究趨勢接軌，實為文獻上的缺口。德國STEM

教育成效在OECD國家中排名第一，更引領歐盟科技與STEM教育的發展，因此研究者希望能藉由探討德國STEM人才培育策略，開創一個在比較教育領域較新的研究議題，更預期本研究成果具有相當的創新性與前瞻性，且對於STEM人才培育的研究領域，將有相當程度的貢獻，並開啟德國STEM人才培育研究方向且做為日後相關研究之基礎。

2012 年德國聯邦教育暨研究部（Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF）在《STEM 展望—STEM 事業與推廣指南》（Perspektive MINT2. Wegweiser für MINT-Förderung und Karrieren in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik）報告中即指出，許多行業已開始出現 STEM 人才缺口，因此政府致力於提升 STEM 人才的數量和品質（BMBF, 2012）。2018 年科隆德國經濟研究院（Institut der deutschen Wirtschaft Köln, IW）所公布的《STEM 2018 年秋季報告》（MINT-Herbstreport 2018）指出，2015 年有高達 83% 的研究部門員工擁有 STEM 學科專業資格，且德國 STEM 的就業和創新實力關係緊密；2016 年在金屬與電子產業的高度創新型行業中，有 57%（電子產業）和 68%（技術研發服務業）的求職者擁有 STEM 教育背景。然而，報告亦指出 2018 年 10 月產業界對 STEM 人力需求高達 496,200 個職缺，此數據創下歷史新高，且同時在 STEM 相關行業的失業率亦創下 2011 年以來的新低（IW, 2018；Plünnecke, 2018）。

上述數據顯示STEM領域相關的職業正蓬勃發展、STEM的人力需求持續上升。德國在面臨新興工作出現、人才所需技能轉變以及科技人才短缺的情況下，在政策、研究及教育上做出全面性的回應，全力培育STEM人才。

參、德國 STEM 人才培育策略探析

在探討德國STEM人才培育策略前，本研究先對STEM教育的內涵進行了解，更將目前德國STEM教育發展現況做一闡述，接著進一步探究德國在各個面向所提出的策略。

一、STEM教育的內涵

STEM教育源於1980年代，當時美國意識到科技教育不足會造成人才短缺，因此1986年美國國家科學委員會（National Science Board, NSB）提出了由科學

² MINT 即數學-資訊工程-科學-科技（Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik）的德文縮寫，因此 STEM 教育在德國稱為 MINT 教育。為使閱讀一致，本研究後續將仍以 STEM 表示。

(Science)、科技(Technology)、工程(Engineering)和數學(Mathematics)整合而成的STEM教育，以培養素質高的數學家、科學家、工程師及科技教育人才，進而提升國家的競爭力。然STEM教育並不僅是四個學科的加疊，而是融合四個學科的知識，並將傳統以教師及課程內容為中心的講授式教學轉變為以學生為中心的探究式教學，如：專案學習、實驗室研究、小組討論等。其教育哲學為「以設計探索為目的，並用科技技術及科學思考來解決問題」(張玉山、楊雅茹，2014)。

在STEM教育中，科技議題為其課程的主體，工程設計是實踐其課程的主要歷程，而科學與數學則是解決問題所需的關鍵知識，因此缺一不可(范斯淳、游光昭，2016)。STEM學科間的界線亦相當彈性，如：科技創新與自然科學脫不了關係，資訊科學又與數學有關，這也反映了當今職場的跨領域人才需求趨勢。綜整而言，STEM涵蓋了廣泛學科領域知識的整合與應用，是一個將各領域統整學習的理念，並強調橫跨各科間的關聯性，以更廣域及全面地的思維來培養學習者具備基本資訊處理、管理技術以及科學研究能力等技能，更以培養新時代的能力為目標，而這正是未來職場工作所需的競爭力。因此，面對科技所帶來的挑戰，STEM涵養與技能成為絕對不可或缺的要素。許多學者認為STEM學科有潛力為教育提供重要的創新機制，亦可做為未來教育改革的重要元素(姚經政、林呈彥，2016)。

再者，根據2011年OECD所公布的《科學、技術與工業記分板》(Science, Technology and Industry Scoreboard)報告指出，歐洲STEM教育政策聚焦於STEM人才培育和技能的提升，且STEM相關行業領域的發展，被認為是歐洲能夠持續創新經濟和提高國際競爭力的關鍵(OECD, 2011)。是以，透過STEM教育奠定科技人才的內涵，方能推動跨領域的研發與創新，進而厚實創新研發能量以提升國家的競爭力，如此面對科技發展的挑戰才能屹立不搖(范斯淳、游光昭，2016；羅良慧，2018)。

二、德國STEM教育發展現況

根據2017年的《教育概覽2017：經濟合作暨發展組織指標》(Education at a Glance 2017: OECD Indicators)研究報告結果指出，德國STEM教育在OECD國家排名第一，且其教育制度和勞動市場有相當高度的連結性。在OECD國家中，德國擁有為數最多的STEM畢業生，且在25到64歲這個區間，擁有高等教育文憑的德國人，包括：大專院校與高等技職教育，約有35%的人擁有STEM相關科系的學位，高於OECD的平均值25%；在大一新生中，有40%的學生選擇就讀STEM領域的科系，這數字遠高於OECD的平均值27%、韓國的31%、英國的29%及日本的21%。且以剛入大學的國際學生來說，德國STEM科系特別具吸引力，約有29%的國際學生選擇進入STEM科系就讀，高於OECD的平均值17%。德國為

STEM的專業人才提供了絕佳的發展前景，在高等教育階段取得STEM學位的成人且擁有工作的人口比例約為90%，而OECD國家的平均值則為86%（OECD, 2017a；KMK, 2017）。

再者，根據2017年OECD發表的《2017技能展望，德國國家報導》（Skills Outlook 2017, Country Report Deutschland）指出，德國成年人的各項技能指標皆符合尖端科技產業發展之需求，且其勞動人口的數學能力與利用科技解決問題的能力亦超過OECD國家的平均值（OECD, 2017b；KMK, 2017）。

綜上所述，OECD研究報告的結果無疑是對德國STEM教育的肯定與認同。德國STEM教育的特點是實施STEM教育國家策略，在政府政策的大力支持下進行，且其政策是沿著教育鏈而發展，藉由吸引兒童和青少年對STEM產生興趣，加上企業、學者專家們等共同參與，形成公私協力共同培養STEM人才的機制，意即德國透過政府部門跨界合作、教育界、企業界、協會團體等，在STEM人才培育上打團體戰，各界合作發揮綜效，致力提供STEM教育豐富的資源與機會（許家齊，2016；羅良慧，2018）。

三、德國STEM人才培育重點策略

透過蒐集第一手德文資料文件分析的結果，研究者發現德國在STEM人才培育採全方位推動的策略，本研究將其分為四大重點，簡述如下：

（一）強化STEM教育

若缺乏STEM專業知識人才，將使科技無法持續成長、創新能力呈現停滯，連帶影響新創價值大幅縮減，進而對德國經濟造成重大衝擊。鑑於此，2008年德國結合政府與企業的力量，成立了「STEM開創未來協會（Verein MINT Zukunft e.V）」，積極推動「STEM開創未來（STEM Zukunft schaffen）」計畫，旨在強化學校的STEM教育，希冀從下而上解決未來德國在STEM專業領域人才短缺問題（MINT Zukunft schaffen, 2018）。該計畫包含兩大推行要點：

1. STEM友好學校（STEM-freundliche Schulen）

為建立質量兼具的STEM教育，2008年5月德國在「STEM開創未來」計畫框架下設立了「STEM友好學校」的年度評選項目。由STEM開創未來協會、德國各邦文教部長常設會議（Kultusministerkonferenz, KMK）、各邦雇主協會（Landesarbeitgebervereinigungen）及企業界共同進行遴選，公開表彰具體落實STEM教育的學校，希望透過評選活動產生標竿學校的榜樣效應，鼓勵各校積極

促進STEM學科的教學，以培養學生對於該領域知識和職業前景興趣，並加強學校間、學校與企業、研究機構間有關STEM教育的合作機制。「STEM友好學校」的評選讓學校能夠在一套標準化的評鑑基礎上，推動一致的STEM教育水準，此計畫自2008年推行以來享有豐碩的成果，全德國共有1700多間學校榮獲「STEM友好學校」的標章（Gesing, 2018；MINT Zukunft schaffen, 2018）。

2. STEM友善大使（STEM Botschafter）

為讓學子更了解STEM工作領域的實際情況，STEM開創未來協會推動了「STEM友善大使」計劃，成員包括：數學教授、德國數學學會主席、德國Google軟體工程師、德國太空人、物理學家等。大使們在STEM相關領域已有成就，並樂於將經驗分享給年輕世代，成為培育德國STEM人才的最佳幫手。每年舉辦STEM開創未來友善大使會議，授予友善大使認可證書，表揚其努力與付出。「STEM友善大使」主要提供的支援與服務如下（MINT Zukunft schaffen, 2018）：

- (1) 提供學生參觀（自身服務的）公司、研究實驗室等，並親自提供導覽服務。
- (2) 推動校園社群網絡，並給予以資金或創意上的支持。
- (3) 將STEM領域實際的就業狀況介紹給教師或教職人員。
- (4) 為各級學校及大專院校提供各項關於STEM職業的資訊，特別是STEM職涯發展方面。
- (5) 積極支持其他STEM相關計畫。
- (6) 讓應屆高中畢業生有機會選擇為期一年的科技產業志願役。
- (7) 在自身服務的公司中提供學生參與STEM培訓課程或講座等活動。
- (8) 支持、建立或推廣STEM產學合作及校外實習計畫。

而在積極推動學校STEM教育的同時，STEM師資的問題亦受到重視。因STEM師資的缺乏是目前各國發展STEM教育所共同面臨的問題，師資不足將會阻礙STEM教育的發展。鑑於此，一向積極促進STEM學科教育的「德國電信基金會（Deutsche-Telekom-Stiftung）」自2008年起創辦了STEM師資培育卓越競賽（Exzellenz-Wettbewerb zur MINT-Lehrerbildung），透過大學與中小學合作，以豐富STEM師資培訓的途徑與方式緩解專業教師不足的問題。目前表現亮眼的STEM師資培育計畫如：柏林自由大學（Freie Universität Berlin）的「MINT-Lehrerbildung neu denken」、柏林自由大學和多特蒙德工業大學（Technische Universität Dortmund）合作的「Teach@TUM」、柏林洪堡大學（Humboldt Universität zu Berlin）的「Humboldt-ProMINT-Kolleg」、慕尼黑工業

大學（Technische Universität München）的「TUM@School. School@TUM」及多特蒙德工業大學所推行的「dortMINT」等（Deutsche Telekom Stiftung, 2013）。STEM師資培育為STEM教育推展中相當重要的一環，研究者將在日後的後續研究中，針對此議題進行深入的探討，本研究則聚焦在STEM人才培育策略的核心上。

（二）培育STEM女性人才

雖然世界各地推動兩性平權已見成效，但多年來在STEM領域仍存在顯著的性別差異。根據2015年教科文組織（UNESCO）所公布的《邁向2030科學報告》（Science Report: towards 2030）指出，女性科學研究員僅佔全球總數28.4%。鑑於此，2015年聯合國大會通過決議，應促進全球女性平等參與科學領域。因此，各國開始採取政策措施以促進性別平等（UNESCO, 2015）。

積極投入STEM人才培育的德國，很早即為促進女性平等地參與科學領域而努力，自2001年起，政府陸續推行多項措施以提高女性STEM人才的數量，其中兩項重要措施為：

1. 「女孩未來日」（Mädchen-Zukunftstag）

2001年德國聯邦家庭事務、老年、婦女暨青年部（Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, BMFSFJ）及聯邦教育暨研究部（BMBWF）合作推動名為「女孩未來日」（Mädchen-Zukunftstag）的活動，目的為讓女孩們能及早接觸科學進而產生興趣，以提升未來在STEM領域的女性參與人數。「女孩未來日」是全世界規模最大的女性職涯體驗計劃，自2001年推行至今已有將近200萬位女孩參與過此活動。此一年一度的活動目的為讓中學5-10年級3的女學生藉此機會認識所謂的非典型女性職業，並將STEM列入日後考慮就業的選項之一。在「女孩未來日」當天，參與此活動的企業及大學會為女學生們敞開大門，讓她們走進STEM相關領域的職場以及學習環境，透過參訪企業或大學，認識各種產業的實際工作情況，如：IT產業、手工業、自然科學與科技及其他大多由男性從事的行業，像是金融、政治等領域。此外，當天更會舉辦經驗分享座談會，讓已在STEM領域從事工作的女性向女學生們分享其自身經驗（Kompetenzzentrum Technik- Diversity- Chancengleichheit e. V., 2018）。

「女孩未來日」活動不僅開啟了女孩們對傳統男性領域職業的大門，更跨越

³ 德國中學 5-10 年級的學生年齡為 11-15 歲。

了性別的藩籬，啟發了未來STEM領域有潛力的女性人才。自2001年推行以來，不僅女學生的參與人數逐年攀升，由2001年的1,800位至2019年已有99,850位參與，且提供參訪的企業及機構數量亦逐年增加，2001年時僅有39家，2019年已有10,428家企業或機構加入。此活動成效卓著，有高達97%的女學生認為此活動相當有意義，且多了未來職業的選擇性，40%女學生表示未來想在他們參訪過的企業實習，33%的企業收到來自參與過此活動女學生的實習求職信，而其中有三分之二的女學生因此獲得了實習機會（Girls' Day, 2019）。

2. 「來吧！加入 STEM！」（Komm, mach STEM）

除向下紮根，針對中學女學生推動「女孩未來日」外，自2008年起由聯邦教育暨研究部（BMBF）提供資助，協同「技術、多樣性、機會平等專業協會（Kompetenzzentrum Technik- Diversity-Chancengleichheit e.V.）」合作推出了「來吧，加入STEM（Komm, mach STEM）」計畫，連結超過兩百多個來自政治、經濟、科學、媒體、協會與社會團體的合作夥伴，鼓勵年輕女性選擇STEM相關科系就讀以及畢業後在STEM相關領域就業。計畫內容綜括推動各種全國性措施，且所有形式的宣傳活動（網路、廣播、宣傳手冊及宣傳單等）主要皆以年輕女性為訴求對象，旨在改善STEM產業及相關科系的刻板印象，其計畫重點如下（Kompetenzzentrum Technik- Diversity- Chancengleichheit e. V., 2018）：

- (1) 介紹工程界及自然科學產業實際工作狀況及女性在相關領域的工作機會。
- (2) 鼓勵年輕女性選讀STEM相關科系及在STEM相關領域就業，目標族群為準備進入大學的高中應屆畢業生和準備進入職場的大專院校畢業生。
- (3) 鼓勵大專院校女性畢業生以進入科技公司或科技研究機構為首要職涯規畫。
- (4) 提高女性主管比例：在大專院校及校外研究機構每年提高約1%，企業則自訂目標。

該計畫自實行以來，透過各界通力合作，已成功提升女性進入STEM科系就讀的比例，如下圖2：

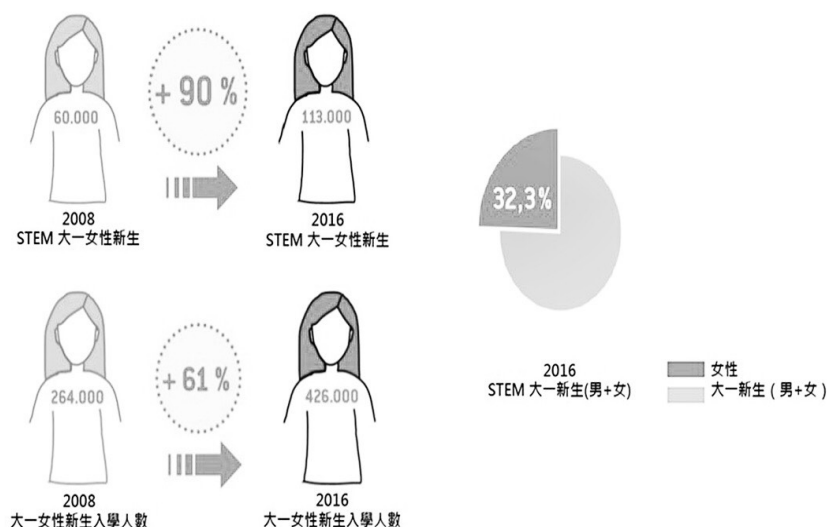


圖2 2008年與2016年STEM大一女性新生數比較

資料來源：譯自Struwe（2018）。Nationaler Pakt für Frauen in MINT-Berufen. MINT-Magazin 2017.

由上圖可知，2016年選擇就讀STEM的大一女性新生較2008年時成長90%，高達113,000人，明顯超過大一女性新生入學人數61%的成長幅度。如果單就STEM領域來看，2016年大一新生中的女性占比為32%，高於OECD各國的平均值30%。STEM相關科系日益受女性青睞，進2000年後的前幾年，選讀科技相關學系的大一女性新生人數一度呈現下滑趨勢，但自計畫實施後，相較於2008年，2016年大一女性新生選讀資訊與電機工程和資訊科技這兩個科系的比例已成長六個百分比。如下圖3：

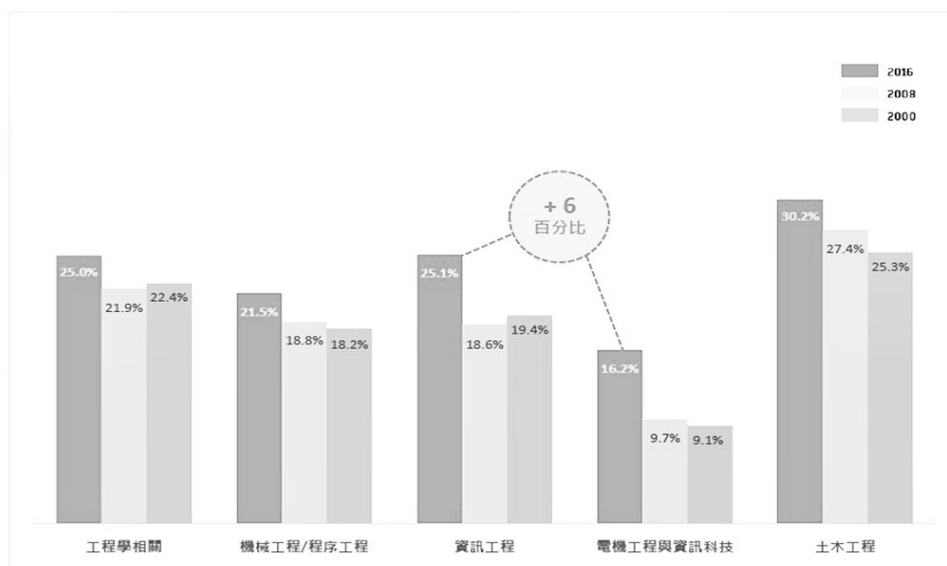


圖3 2000年、2008年與2016年大一女性新生選讀STEM相關科系比較

資料來源：整理自Struwe（2018）。Nationaler Pakt für Frauen in MINT-Berufen. MINT-Magazin 2017.

此計畫的成功是由各合作夥伴所舉行的活動相互銜接，透過所規劃的一系列措施，在年輕女性選擇科系之際提供必要的協助，且讓她們有機會認識到STEM

相關領域的出色女性，進而擁有足夠自信選讀相關科系。此計畫目前已推出超過一千個專案，包含不同領域的各式主題，如：諮詢服務、專業課程、顧問指導、體驗活動日、入門介紹、認識學生實驗室，各式實習機會等。自2008年計畫推行以來，STEM相關行業的失業率呈現下降趨勢，且相較於男性，女性失業率在過去幾年更明顯下降，佔比約為13%，且相較於男性，投入STEM相關產業的女性（特別是年輕女性）比例明顯增加（Struwe, 2017；2018）。

（三）開設大學STEM前導定向課程

在各級學校中，大學尤其是科技專業人才的孵化器（李隆盛，2019）。然而，由於STEM是融合四個學科的知識，且具有科際模糊與學習多元的特性，有可能導致學生難以定位自我。針對此問題，研究者透過資料搜尋的結果發現，德國許多大學為了讓欲進入STEM相關科系就讀的學生有摸索自我志向的機會與時間，規劃了所謂的「STEM前導定向課程」，鼓勵學生先學習與探索，再選擇科系就讀。以下將重點介紹德國三所大學之STEM前導定向課程：

1. 亞琛工業大學及亞琛應用技術大學（RWTH Aachen und FH Aachen）

亞琛工業大學和亞琛應用技術大學透過兩校聯合學程的合作方式，共同推動名為「工程學群始業輔導（Guter Studienstart im Ingenieurbereich）」的前導定向學期輔導機制，讓有意選讀STEM相關科系的新生，可利用進入大學的第一學期建立對STEM科系的初步認識。目的為使新生們不僅能夠實際嘗試不同科系的課程和活動，釐清自己後續想要就讀的方向，亦有機會在兩種不同類型的大學試讀，以利思考日後該選擇於何種類型的大學就讀。

兩所學校的STEM相關科系會提供具代表性的前導定向課程，以便各種程度的新生都能吸收理解。這個前導定向學期一方面是用來填補正規學程的不足，另一方面是在展開正規學程之前必須完成的先修課程。在課程期間，亦會安排學長姐擔任導師的角色，適時提供協助與輔導，且兩所大學的學業諮詢單位皆提供一對一的諮詢服務，協助有意就讀者做出合適的選擇。透過這種機制，新生不但有更多時間思考後續的選擇，直到第二學期才需要決定要進入哪所大學的科系就讀，而且無須再次提出入學申請（RWTH, 2018）。

2. 柏林工業大學（Technische Universität Berlin, TUB）

TUB針對有意願進入STEM相關科系就讀的高中應屆畢業生，策劃了為期一年的「STEMgrün前導定向課程（Das Orientierungsstudium）」。學生可參加STEM各科系的課程活動，且必須通過相關科目的考試。學生亦能夠在實驗室裡累積實作經驗，TUB提供的實驗室包含了機器人實驗室、環境實驗室、創意與科技實驗

室等，讓學生多方嘗試，以習得不同領域的技術。

在「STEMgrün」的前導定向課程中，亦有個名為「科學之窗」（Wissenschaftsfenster）的必修模組，在此模組課程中，學生必須運用在各科所學的理論，深入探討目前STEM領域所關注的研究議題，且設計自己在大學後續的學業規畫，進而在模組課程結束後做出適性的選擇。如後續欲直接進入相關領域就讀，所有在前導課程中取得的學分將予以承認，如此可縮短大學的修業時間（TU Berlin, 2018）。

此外，為引發女學生對STEM領域產生興趣，TUB更提出專為女性規劃的STEM實驗室體驗計畫，如：「Turbin實驗室」讓國小階段的女學童可透過動手做實驗，觀察各種自然界的現象，進而開始思考生活中和科技應用有關的問題；女孩實驗室（LabGirls），讓中等學校的女學生對科技和自然科學相關的主題產生興趣，如：利用雷射雕刻3D照片、利用高壓在實驗室製造閃電現象，或是以X光檢視不同物體的組成等有趣體驗主題、「GET-IT！」實驗室（其中G=女孩，E=教育，T=科技）則主要以創意、資訊工程和電機工程為核心。再者，為了讓普通高中女學生順利銜接大學的課程，TUB亦規劃了「Techno-Club」專案，讓女學生有機會定期到TUB的實驗室進行實驗、旁聽以及參加特別規劃的活動等，且參與該項專案的學生能夠將這個「進階級的普通高中課程」（Fortgeschrittenen-AG）列入高中畢業會考（Abitur）的成績計算，且這份修課證明日後亦可在TUB抵免部分學分（TU Berlin, 2018）。

3. 慕尼黑工業大學（Technische Universität München, TUM）

TUM規劃了「studium STEM」的前導定向學期，提供新生們STEM科系概覽。該計劃為期一學期，共由五個模組所組成（TUM, 2018）：

- (1) 基礎知識模組：傳授STEM領域各科的入門基本知識。
- (2) 軟實力模組：學生可自由選擇正規學制的學士班課程，以利大致認識每個系所，熟悉各系所的師資與系上同學的狀況。學生亦可參與跨科際計劃以應用概念性的專業知識。
- (3) 導航實作模組：將引導學生認識現階段及未來備受關注的社會政治性議題，探討科技進步與社會轉變之間的關係，並規劃許多不同科系的講授課與實作課及拜訪實驗室、進行校外參訪等。
- (4) 計劃應用模組：學生可應用從其他模組習得的知識設計一套計劃，如：從微控制器發展並架構出一套初步概念。
- (5) 行業前景模組：邀請產業界及研究領域的專家介紹STEM職場的生態與實際樣貌。

TUM的STEM前導學期的學程雖不屬於正規學制，然學生仍須接受結業考試，取得學程模組中必修及選修課的學分，通過者可獲頒結業證書及一份成績能力證明，若之後正式進入就讀，部分課程可抵免後續學士班之學分(TUM, 2018)。

綜上所述，在高等教育方面，大學提供以STEM科系為主軸的前導定向學期輔導制度，使得有興趣進入STEM相關科系就讀的學生，可藉由此機制選擇適合科系繼續就讀，一方面可提高就讀STEM科系學生的意願，另一方面也培養了學生對於STEM相關領域的了解，其作法與模式相當值得我國參考。

(四) 善用外籍STEM人才

德國除積極沿著教育練培育STEM人才外，研究者透過資料爬梳發現，外籍STEM人才亦是德國的重要策略之一。根據2018年《美國新聞和世界報導》(U.S. News and World Report)的調查指出，德國被評為全球最適合創業的國家，因其有著高度的國際化、掌握技能及受過教育的勞動力、先進的基礎設施、完善的法律框架以及較容易獲取資金五大利多特色(Galloway, 2018)。此外，由於德國STEM領域的良好就業發展，加上工作穩定、有保障，且有著良好的培訓的機會，使其相當受到外籍就業者的青睞。近年來，更由於德國總理梅克爾(Merkel)的移民廣開大門政策，使得外籍人才可作為填補德國STEM人才缺口的一大助力。

德國將STEM領域人才分為STEM學術工作者及STEM專業人員。根據科隆經濟學院(IW)於2018年發表的《STEM 2018年秋季報告》(MINT-Herbstreport 2018)，針對2011年及2016年STEM學術工作者及專業人員數進行統計，結果如下表1：

表1 2011年及2016年STEM學術工作者及專業人員數變化幅度

	2011	2016	變化幅度(%)
STEM學術工作者(總數)	2,366,400	2,867,400	21.2
其中具移民身分	368,600	563,500	52.9
STEM專業人員(總數)	9,178,400	9,139,200	-0.4
其中具移民身分	1,159,100	1,342,400	15.8

資料來源：IW (2018). MINT-Herbstreport 2018. Qualifizierung und Zuwanderung zur Stärkung von Forschung und Digitalisierung. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall.

由表1得知，自2011年以來，具移民身分的STEM學術工作者以及專業人員數皆攀升，尤其前者的上升幅度更高達52.9%，這清楚地表示，開放移民入境政策對德國的創新和研究貢獻良多。2016年移民就業人口中約有563,500名從事STEM學術領域工作，更有高達1,342,400名受僱成為STEM專業人員。此外，2017年所有外籍STEM人才所帶來的產值高達1,900億歐元，如下表2：

表2：STEM移入人力產值總額（從業人數為2016年數據；產值為2017年數據）

	移入的 從業人口	每一從業人口 所創造的產值	移入從業人口所創造的 產值總額（單位：十億歐元）
STEM學術工作者	563,500	119,600	67.4
STEM專業人員	1,342,400	91,400	122.7
總計			190.1

資料來源：IW（2018）。MINT-Herbstreport 2018. Qualifizierung und Zuwanderung zur Stärkung von Forschung und Digitalisierung. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall.

由此可見，外籍人才不僅可作為填補德國STEM人才缺口的一大助力，更是為德國帶來了研究創新能量與經濟效益。而德國的外籍STEM人才來源除歐盟國家外，更主要分為非歐盟國家以及四個主要的難民移民國家（伊拉克、阿富汗、敘利亞、厄里垂亞）。在非歐盟國家中，尤以印度的STEM人才數量位居第一，更勝其他歐盟國家，如下圖4：

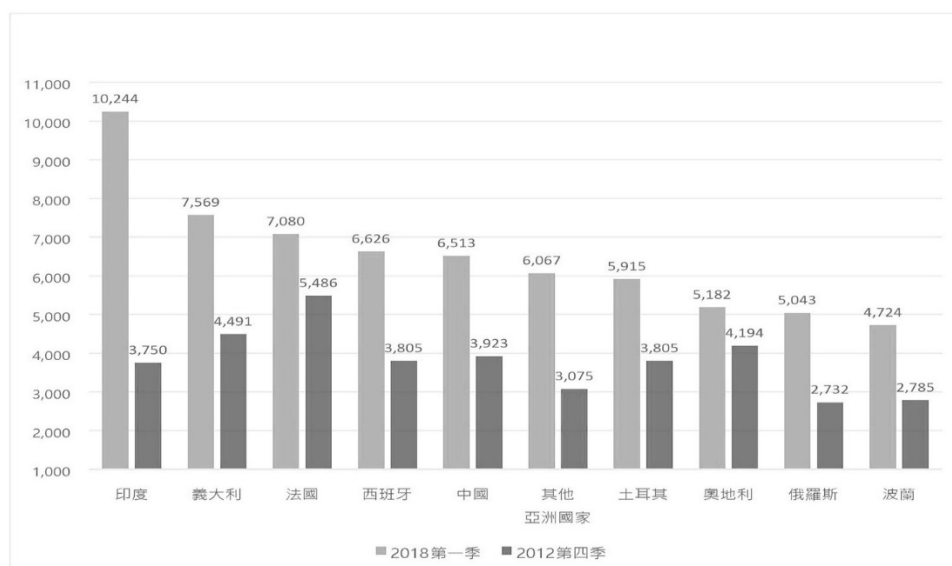


圖4 2012年與2018年外籍STEM人才來源國與數量比較

資料來源：IW（2018）。MINT-Herbstreport 2018. Qualifizierung und Zuwanderung zur Stärkung von Forschung und Digitalisierung. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall.

如圖4可得知，2012年時僅有3,750位來自印度的STEM人才在德國就業，統計至2018年三月底止人數大幅上升至10,244位，上升幅度高達173%，多於義大利、法國、西班牙等歐盟國家。究其原因，為越來越多印度學生選擇到德國就讀STEM相關科系。根據德國全球和區域研究中心（German Institute of Global and Area Studies, GIGA）的報導指出，印度學生選擇於德國就讀大學的主要原因為高品質的德國高等教育以及其優質的STEM領域科系，因此大部分至德國就讀大學的印度學生會選擇就讀STEM相關科系，且於學業完成後，由於良好的就業前景，選擇留至德國從事STEM相關職業（Jayadeva, 2016）。

在難民移民國家方面，2012年來自四個主要的難民移民國家的移民在德國從事STEM相關職業的人數為2,711人，2016年時增至5,348人，而統計至2018年三月止人數已達19,234人，預計2020年底時人數最少可達31,700人，甚至預估有機會達52,800人（IW, 2018；IW, 2019）。

統計至2018年三月的數據顯示，在STEM學術工作者方面，透過歐盟藍卡以及放寬與利多的移民政策，使其數量逐年增多，目前有59,600位來自歐盟國家的STEM學術工作者，較2012年上升52.7%，而來自非歐盟國家亦高達58,500位，較2012年上升了92.9%。在STEM專業人員方面，來自歐盟國家的人數上升幅度高達61.9%較學術工作者多，來自非歐盟國家為185,900位，較2012年的166,000位，上升了12%（Plünnecke, 2018）。

肆、結論

綜整而言，德國STEM人才培育是在政府政策的大力支持下進行，其政策沿著教育鏈發展，藉由吸引學童對STEM產生興趣、重視女性STEM教育的培養外，更廣招外籍STEM人才。德國整合各界力量，透過政府部門跨界合作、教育界、企業界、協會團體等公私協力共同培養STEM人才，形成強而有力的機制（許家齊，2016；羅良慧，2018）。本研究將德國STEM人才培育四大重點策略整理如圖5：

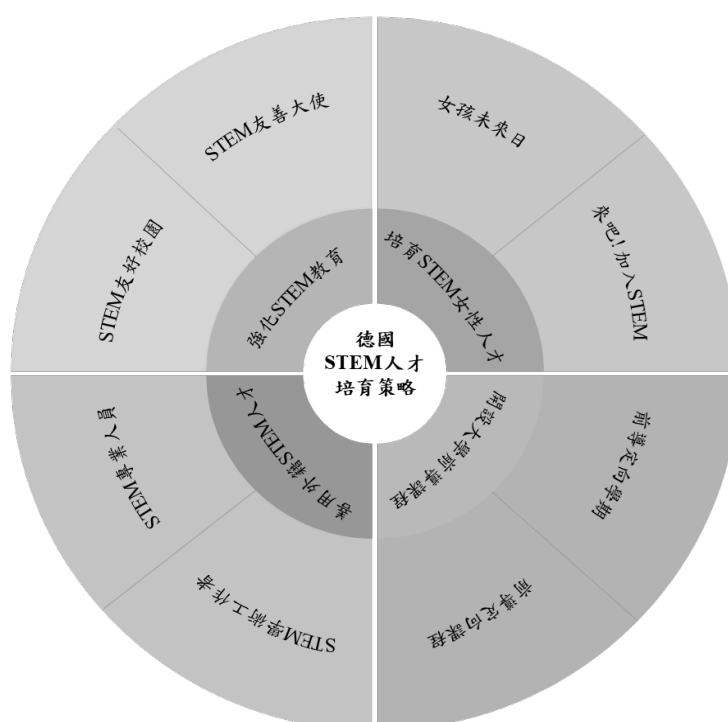


圖5 德國STEM人才培育策略

資料來源：研究者自行整理

本研究觀察到德國在多方面的STEM人才培育策略實施下，有了顯著的成效。以下將簡述其策略發展現況，以作為本研究結論以及希冀德國模式與經驗能提供臺灣未來擬定STEM人才培育策略時的參考。

一、持續強化STEM教育

德國相當重視中小學階段的STEM教育，並關注學生在STEM職業上的興趣和發展，把握學生對STEM學科產生興趣的關鍵時期。為強化STEM教育，除從學校教育著手，更選出「STEM友好學校」為標竿學校，激發各校STEM教育成長，以達到精進STEM教學目的及一致品質外，更透過「STEM友善大使」的設置，產生榜樣效應並給予強力支持。德國透過在兒童和青少年對STEM產生興趣的早期階段給予正向激勵，使其持續不斷地沿著教育鏈，由下而上創造一種可持續發展的STEM教育（楊亞平，2017）。

為更進一步加強STEM教育，2019年2月聯邦教育暨研究部長Anja Karliczek提出了「STEM行動計劃（MINT-Aktionsplan）」。該計劃將現有的促進措施結合，並聚焦在STEM兒童和青年教育、STEM專家、女童和婦女參與STEM的機會以及STEM在社會中的作用四個領域。從青少年兒童、專業人才、女性與社會應用四方面共同提升STEM的能量，預計到2022年，BMBF將為此行動計劃提供5,500萬歐元的財政支持（BMBF, 2019）。

二、大學STEM科系表現亮眼

德國擁有全球最多的STEM領域大學畢業生（Der Tagesspiegel, 2018）。表現亮眼的德國大學STEM相關科系吸引大量外國學生前往就讀，在德國就讀STEM科系的學生中，外國學生高達46.4%，高於德國學生的37.3%（Mostovova & Hetze, 2018）。再者，根據2019年《教育概覽2019：經濟合作暨發展組織指標》（Education at a Glance 2019: OECD Indicators）報告指出，大一新生選擇就讀STEM領域科系的比例德國高達40%，遠高於OECD國家平均的27%（OECD, 2019）。過去幾十年來，STEM相關科系就讀人數持續增加，近年來在STEM科系的註冊學生人數，甚至是比過去二十多年多出一倍以上。自2005年來已上升了48.10%，遠高過其他科系新生的成長率（40.50%）。德國聯邦與各邦政府根據「高等教育協議」（Hochschulpakt）積極強化此領域相關教育，並已在過去11年間新建置了70萬個大學入學名額（Der Tagesspiegel, 2018）。

此外，由德國企業界所組成的「德國學術促進者協會」（Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.）所發表的「各邦專業人才檢驗報告」（Ländercheck Fachkräftenachwuchs）顯示，自2010年以來，長期不足的STEM人才缺憾，已經

被慢慢被填補完畢；其中更提到工程科系的大學畢業生人數，在2010至2015年間已較過去將近提高了50%，STEM專業人才缺乏現象已經獲得紓解。根據2019年科隆德國經濟研究院（IW）所公布的《STEM 2019年秋季報告》（MINT-Herbstreport 2019）指出，2019年10月德國產業界對STEM人力需求已降至263,000個職缺（IW, 2019）。

三、積極培育女性STEM人才

德國積極培育STEM女性人才，且其兩項主要措施皆展現出示範性的豐碩成果：「女孩未來日」不僅讓年輕女性有機會以輕鬆入門的方式認識STEM產業，也促使STEM相關產業與科系變得更加多元豐富；「來吧，加入STEM」計畫為年輕女性提供各種STEM產業相關的內容，包含相關科系介紹及就業情報，目的在於吸引更多年輕女性加入STEM產業及在她們選擇就業時，提供真實的就業資訊，並協助她們強化職業技能。「來吧!加入STEM」（Komm, mach MINT）近來已經逐漸有了成果。過去十年中女性就讀MINT科系的人數已經增加一倍，從2008年大約6萬人，到2017/18學年度已提升到了11萬5千人左右（Der Tagesspiegel, 2018）。

近年來，我國亦開始注意到女性科技人才的重要性，如：科技部為推動性別主流化政策，自2011年起，推動「促進科技領域之性別研究」計畫，亦於2014年起，為提升女性於科技領域之競爭實力與機會，積極鼓勵並培育女性科技人才，徵求「女性科技人才培育計畫」，期能促成未來有助於國家性別與科技政策推動之助力，以及提升國內科技研究人員之性別敏感度。自2015年起，更推出了「女性科技人才培育之科學活動與出版計畫」，針對我國女性於STEM領域之學習與參與狀況，提出促進措施與活動或出版設計，以提升女性學習科學之興趣，並促進女性參與科學及從事科學工作（科技部，2018）。德國積極培育STEM女性人才的措施已見成效，對於正致力於提升女性於科技領域之競爭實力與機會的我國，德國策略與做法可提供我國借鑑。

四、善用外籍人才填補STEM人才缺口

根據我國主計總處「事業人力僱用狀況調查」結果顯示，2020年全臺灣專業人才短缺占全體短缺的17.8%，其中資訊科技、科學、統計及工程等STEM領域相關職缺占全體專業人才短缺的六成三（謝明彧，2021）。

在國家競爭力的背景下，應吸引國外寶貴的資源，如：從事生產性的企業和具有能力的高技能移民，因外籍專業人才和高技能的勞動力是維持一國之國內生產毛額、填補技能缺口以及維持國際競爭力的重要資源。因此，外籍專業人才是

許多國家競逐的對象。倘若無法從本國的教育體系中及時培養出足夠的專業人才，從國際上招攬專業人才是彌補缺口最快速的方法，更可藉由接觸國外新技術的概念彌補技術的缺口，進而強化國家競爭力（陳楚恬，2017）。反觀我國的國際移民存量表現緩不濟急，在技術快速變革的世代中更需要注入技術人才的新血以提升產業競爭力。

2020年10月國發會在行政院「三大關鍵人才培育及延攬戰略」報告亦顯示，臺灣對於STEM人才的人力需求，每年新增13.6萬人。然而，對照大專院校STEM系所每年培育出來的學生，卻僅有9.7萬人（謝明或，2021）。顯示目前我國STEM領域的專業人才已出現缺口，隨著少子化和數位轉型帶動的需求，相關領域的人才缺口將會更大（聯合新聞網，2021年5月3日）。

德國STEM人才培育策略由教育和訓練多管齊下，既講求從教育奠定基礎，也訴求善用外籍人才以作為填補STEM領域的缺口，而其中來自非歐盟國家的STEM學術工作者數量更是以超過倍數的成長速度上升，為提升德國科技發展及人才培育的一大助力。希冀本研究所得出的德國STEM人才培育策略發展樣貌與德國經驗可豐富國內發展STEM人才培育的內涵，亦提供臺灣未來擬定STEM人才培育策略時的參考

參考文獻

- 王宇豪、趨勢研析與前瞻規劃團隊（2017）。人工智慧的崛起與衝擊。國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心電子報，取自 <http://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=14068>
- 石耀宇（2018）。科學發展策略諮議會議召開—科技部盼激盪多元發展政策。國立教育廣播電臺，取自 <https://www.ner.gov.tw/news/5bb1f62872b049000b3c0f76>
- 成之約、徐國淦（2017）。新經濟與新科技發展對勞資關係影響的初探。臺灣勞工季刊，52，58-65。
- 李隆盛（2019）。美國人工智慧人才的培育與意涵。經濟部工業局產業人才發展資訊網，取自 <https://www.italent.org.tw/ePaperD/7/ePaper20190300007>
- 吳永佳（2017）。跨界與轉型。未來職場求生關鍵。Career 職場情報誌，475。取自 http://blog.career.com.tw/managing/book_content_view.aspx?bk_id=205
- 吳怡靜（2017）。MIT 學者預言 AI 時代的三大趨勢。天下雜誌，632，取自

<https://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5085182>

- 吳悅（2018）人工智慧對勞動就業的影響。科技政策觀點，取自 <https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10401>
- 范斯淳、楊錦心（2012）。美日科技教育課程及其啟示。教育資料集刊，55，71-102。
- 范斯淳、游光昭（2016）。科技教育融入 STEM 課程的核心價值與實踐。教育科學研究期刊，61(2)，153-183。
- 周保男、薛曉琳（2017）。互動式視覺科技導入國中 STEM 教育之研究—以 GeoGebra 輔助數學教學為例。第六屆工程與科技教育學術研討會論文集，295 - 307。
- 周淑惠（2017）。STEM 教育自幼開始—幼兒園主題探究課程中的經驗。臺灣教育評論月刊，6(9)，169-176。
- 姚經政、林呈彥（2016）。STEM 教育應用於機器人教學—以 6E 教學模式結合差異化教學。科技與人力教育季刊，3(1)，53-75。
- 科技部（2018）。「促進科技領域之性別友善與知識創新」規劃推動計畫。取自 <http://www.taiwan-gist.net/index.php/about>
- 許家齊（2016）。德國不分老少拿 MINT 跟美國拚。天下雜誌 2016 年教育特刊，610，161-164。
- 陳立庭（2017）。從 STEM 觀點教導造型磁鐵之探討。科技與人力教育季刊，4(1)，46 - 62。
- 陳楚恬（2017）。你怕失業嗎？—技術變遷下之人才育留。政策研究指標資料庫。取自 <https://gcis.nat.gov.tw/mainNew/subclassNAction.do?method=getFile&pk=862>
- 張玉山、楊雅茹（2014）。STEM 教學設計之探討：以液壓手臂單元為例。科技與人力教育季刊，1(1)，2-17。
- 教育部統計處（2018）。教育統計簡訊，94。取自 <https://depart.moe.edu.tw/ED>

500/News.aspx?n=B31EC9E6E57BFA50&sms=0D85280A66963793

- 教育部統計處（2019）。**重要教育統計資訊**。取自 <https://depart.moe.edu.tw/ED4500/cp.aspx?n=002F646AFF7F5492&s=1EA96E4785E6838F>
- 黃靖萱（2018）。非懂不可 AI 超人才。**商業週刊**，1608，84。
- 湯維玲（2019）。探究美國 STEM 與 STEAM 教育的發展。**課程與教學季刊**，22(2)，49-78。
- 楊亞平（2017）。美國、德國與日本中小學 STEM 教育比較研究。取自 <http://www.astem.com.cn/shownews.asp?id=263>
- 劉光瑩（2018）。什麼關鍵能力你可以不必怕被 AI 取代？**天下雜誌**，660。取自 <https://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5092758>
- 蔡進雄（2019）。各國推動 STEM 教育的新動態。**國家教育研究院電子報**，180，取自 https://epaper.naer.edu.tw/upfiles/edm_180_3176_pdf_0.pdf
- 賴志遠（2018）。國際人工智慧政策推動現況。**科技政策觀點**，取自 <https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10418>
- 中央社（2019）。AI 世代來臨。行政院跨部會推動線上學習平臺。取自 <https://udn.com/news/story/6885/3634596>
- 聯合新聞網(2021年5月3日)。「STEM」人才短缺 3 方向培育。取自 <https://udn.com/news/story/7240/5429079>
- 謝明彧（2021）。教育部長潘文忠：讓全民 STEM 能力再進階。取自 <https://www.gvm.com.tw/article/77505>
- 簡佑宏、張玉山、簡爾君（2016）。STEM 取向準工程課程設計：以二氧化碳賽車單元為例。**科技與人力教育季刊**，3(1)，35-52。
- 羅良慧（2018）。由科技融入教育趨勢初探 STEM 教育的驅動力。**科技政策觀點**，取自 <https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10429>
- BMBF(2012). Perspektive MINT. Wegweiser für MINT-Förderung und

Karrieren in Mathematik, Informatik, *Naturwissenschaften und Technik*. Retrieved from https://www.bmbf.de/pub/perspektive_mint.pdf

- BMBF(2019). *MINT-Aktionsplan*. Retrieved from <https://www.bmbf.de/de/mint-aktionsplan-10115.html>
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning ByDesign™ Model: Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.
- Der Tagesspiegel(2018). *Werden die vielen Akademiker auch gebraucht?* Retrieved from <https://www.tagesspiegel.de/wissen/studierendenrekord-werden-die-vielen-akademiker-auch-gebraucht/23693048.html>
- Deutsche Telekom Stiftung(2013). *Hochschulwettbewerb MINT-Lehrerbildung*. Retrieved from https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/hochschulwettbewerb_projektbeispiele.pdf
- EIU (2016). *Education to 2030*. Retrieved from <https://www.eiuperspectives.economist.com/talent-education/education-2030>
- Galloway, L. (2018). *Five countries primed for start-up success*. Retrieved from <http://www.bbc.com/travel/story/20180408-five-best-countries-for-entrepreneurs>
- Gesing, B.(2018). *Ehrung „MINT-freundliche Schule“*. Retrieved from <https://mintzukunftschaften.de/author/benjamingesing319974769/>
- Girls'Day(2019). *Girls'Day in Zahlen*. Retrieved from <https://www.girls-day.de/daten-fakten/zahlen-fakten/evaluation-und-statistiken/girls-day-in-zahlen>
- Hwang, J.& Taylor, J.C.(2016). Stemming on STEM: A STEM Education Framework for Students with Disabilities. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 19(1), 39-49.
- IW(2018). *MINT-Herbstreport 2018. Qualifizierung und Zuwanderung zur Stärkung von Forschung und Digitalisierung. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall*. Retrieved from <https://mintzukunftschaften.de/2018/11/26/mint-qualifizierung-und-zuwanderung-zur-staerkung-von-forschung-und-digitalisi>

erung/

- IW(2019). MINT-Herbstreport 2019. MINT – Basis zur Zukunftssicherung durch Forschung und Digitalisierung. *Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall*. Retrieved from https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2019/IW-Gutachten-MINT-Herbstreport-2019.pdf
- Jayadeva, S.(2016). *Bildungshunger: Indische Studierende in Deutschland*. German Institute of Global and Area Studies. Retrieved from <https://www.giga-hamburg.de/de/publikation/bildungshunger-indische-studierende-in-deutschland>
- Kertil, M. & Gurel, C.(2016). Mathematical Modeling: A Bridge to STEM Education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 44-55.
- KMK(2017). *Deutschland ist OECD-Spitze in der MINT-Bildung*. Retrieved from <https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/deutschland-ist-oecd-spitze-in-der-mint-bildung.html>
- Kompetenzzentrum Technik-Diversity-Chancengleichheit e. V.(2018). *Der Girls' Day – eine Erfolgsgeschichte Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung*. Retrieved from <https://www.girls-day.de/Daten-Fakten/Das-ist-der-Girls-Day/Ein-Zukunftstag-fuer-Maedchen/deutsch>
- MINT Zukunft schaffen(2018). *MINT-Zukunftskonferenz 2018 im BMWi*. Retrieved from <https://mintzukunftschaffen.de/zukunftskonferenz-2018/>
- Mostovova, E. & Hetze, P.(2018). *Wie international ist MINT?* Retrieved from <https://www.stifterverband.org/wie-international-ist-mint>
- OECD(2011). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2011*. Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2011_sti_scoreboard-2011-en
- OECD(2017a). *Education at a Glance 2017: OECD Indicators*. Retrieved from <https://www.bmbf.de/files/deutsch%20-%20final.pdf>
- OECD(2017b). *OECD Skills Outlook 2017. Country Report Deutschland*

Retrieved from <http://www.oecd.org/publications/oecd-skills-outlook-2017-9789264273351-en.htm>

- OECD(2019). *Education at a Glance 2019: OECD Indicators*. Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019_f8d7880d-en
- Plünnecke, A.(2018). *MINT-Herbstreport 2018: So kann Deutschland Forschung und Digitalisierung stärken*. Retrieved from https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2018/PK-Statement_PI%C3%BCnnecke_MINT_Herbst_2018.pdf
- RWTH(2018). *Guter Studienstart im Ingenieurbereich. Ein Kooperationsprojekt der FH Aachen und RWTH Aachen*. Retrieved from <https://www.guterstudienstart.de/>
- Struwe, U.(2017). *Stellungnahme. Öffentliches Fachgespräch zum Thema „MINT-Bildung in Deutschland“*. Retrieved from https://www.bundestag.de/blob/495940/c180a4315a4e34da9cd1245e80be1e47/struwe_stellungnahme-data.pdf
- Struwe, U.(2018). *Nationaler Pakt für Frauen in MINT-Berufen. MINT-Magazin 2017*. Retrieved from <https://www.komm-mach-mint.de/Komm-mach-MINT>
- TU Berlin(2018). Retrieved from <https://www.mintgruen.tu-berlin.de/erste-informationen/>
- TUM(2018). *Studium MINT: das Orientierungssemester*. Retrieved from <http://www.mse.tum.de/studieninteressierte/studium-mint/>
- UNESCO(2015). *Science Report: towards 2030*. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235407>
- Vakil, S.&Ayers, R.(2019). *The Racial Politics of STEM Education in the USA: Interrogations and Explorations. Race Ethnicity and Education, 22, 449-458.*

