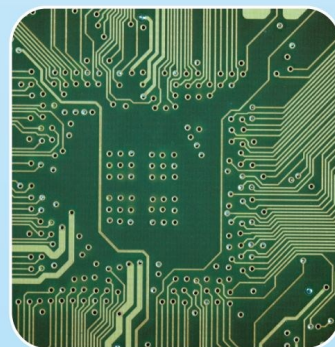


財團
法人

中技社

全球前瞻科技人才政策 對臺灣之啟示

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation)創立於 1959 年 10 月 12 日，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力」為宗旨。初期著力於石化廠之設計與監造，1979 年將工程業務外移轉投資成立中鼎工程後，業務轉型朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面再次轉型為智庫的型態，並擴大議題研究範疇，就國內前瞻性與急迫性的能源、環境、產業、社會及經濟等不同議題，邀集國內外專家進行全面的研究探討，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本專題報告係由國立中山大學物理系楊弘敦講座教授擔任議題召集人，國立臺灣大學應用力學研究所吳光鐘特聘教授擔任協同召集人，並由財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心張書豪副組長、鐘國晉研究員，國立臺灣大學工學院江茂雄院長，財團法人中華經濟研究院李盈嬌分析師、周雨蓁分析師，科技政策諮詢專家室蔡志宏主任，財團法人台灣經濟研究院王偉鴻副研究員，國立臺灣大學重點科技學院關志達院長，財團法人國家實驗研究院台灣半導體研究中心侯拓宏主任，財團法人工業技術研究院郭怡萍經理等十位專家學者，與本社陳俐陵研究員共同執筆，研析內容探討全球前瞻科技發展與人才培育政策，並聚焦在淨零科技、人工智慧、半導體等三個領域進行深入分析與比較，透過產官學座談會交換意見，以提出具體經驗與建議方案，期能提供相關政策研討之參考。

發行人：潘文炎

主編：陳綠蔚、楊弘敦、吳光鐘

作者：江茂雄、蔡志宏、關志達、侯拓宏、張書豪、鐘國晉、
李盈嬌、周雨蓁、王偉鴻、郭怡萍、陳俐陵(依章節序)

執行編輯：陳潔儀、陳俐陵

發行單位：財團法人中技社

地址 / 106 臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

發行日期：中華民國 113 年 12 月

ISBN：978-626-98882-5-2

序

面對全球科技產業加速發展，以及國際地緣政治環境日益複雜的情況，臺灣必須具備前瞻科技自主研發和創新的能力，以確保國家的安全和發展利益。臺灣作為一個科技產業蓬勃發展的沃土，必須持續培育高素質的前瞻科技人才，推動產業的升級轉型，提高產業的附加價值和競爭力，以應對全球科技競爭的挑戰。

瑞士洛桑管理學院（International Institute for Management Development, IMD）於 2024 年 9 月發布《2024 年世界人才排名報告》（IMD World Talent Ranking 2024），我國在全球 67 個主要國家及經濟體中排名第 18（近五年在第 16–20 名之間）。其中以「投資與發展人才」指標表現較不佳，而需特別關注的項目包括公共教育支出占 GDP 比率（第 53 名）、勞動力成長率（第 53 名）、對外籍技術人才的吸引力（第 49 名）等。人才是國力的基礎，競才成為各國成長關鍵，近年來，臺灣面臨著少子化與高齡化造成的人才缺口擴大問題，以及人才流失的困境，若能借鏡標竿國家之前瞻科技發展與人才培育發展策略，建立更完善的人才政策，吸引和留住高素質的人才，將有助於提升臺灣在關鍵技術領域的自主性、核心競爭力，和全球影響力。

2023 年行政院科技顧問會議將「半導體×人工智慧（AI）」和「淨零科技」列為影響臺灣未來數十年發展的核心議題，這些議題不僅是各國積極布局的重點科技項目，更是我國既有科技領先優勢的奠基，以及發展產業多元創新應用的關鍵。ChatGPT 於 2022 年問世後，推動了 AI 產業的巨幅增長，但 AI 模型運算的資料中心卻耗費驚人的電量與碳排放，OpenAI 執行長 Sam Altman 甚至認為未來 AI 進展將取決於能源技術的突破；臺灣的「矽盾」半導體產業同樣也面臨能源消耗龐大的挑戰，鑑於全球淨零排放的趨勢和歐美對碳排放的調控機制，淨零科技已不僅僅是對環境永續發展的承諾，更是我國產業國際競爭力的實際挑戰。

為呼應國家與產業需求，本社今年以「全球前瞻科技人才政策對臺灣之啟示」議題研究為題，研討美洲、歐洲、亞洲、澳洲四個地區的標竿國家，前瞻科技發展願景與人才培育政策，並聚焦研析臺灣未來發展核心的淨零科技、人工智慧（AI）、半導體相關產業之推動模式，以及育才留才策略，配合臺灣各科技領域產業生命週期階段，於教育面、產業面、政策創新面提供前瞻科技人才建言，並藉由兩場專家座談會，邀集兼具專業學養及實務經驗之產、官、學界專家代表進行交流，共同研議具體策略及建議。

本研究特別感謝科技部前部長、現任職於中山大學物理系楊弘敦講座教授擔任議題召集人，並由臺灣大學應用力學研究所吳光鐘特聘教授擔任協同召集人，邀集科技政策諮詢專家室蔡志宏主任，臺灣大學工學院江茂雄院長，臺灣大學重點科技學院闕志達院長，財團法人國家實驗研究院台灣半導體研究中心侯拓宏主任，財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心張書豪副組長、鐘國晉助理研究員，財團法人中華經濟研究院綠色經濟研究中心李盈嬌分析師、周雨蓁分析師，財團法人台灣經濟研究院研究三所王偉鴻副研究員，財團法人工業技術研究院產業科技國際策略發展所郭怡萍經理等十位專家學者，與本社同仁共同研究與撰稿。

過程中承蒙國家科學及技術委員會林法正副主委、臺灣淨零科技方案推動小組周素卿主任與戴興盛召集人提供專業意見，以及財團法人工業技術研究院吳政忠董事長、台灣人工智慧晶片聯盟盧超群會長、台灣積體電路製造公司余國寵處長、芯知了 IC 學院伍自勇總經理、AI 大聯盟喬培偉副會長、台灣人工智慧學校蔡明順校務長、台北市電腦公會董偉豪總監、國家科學及技術委員會產學及園區業務處許增如處長、經濟部產業發展署林德生主任秘書、教育部資訊及科技教育司藍曼琪高級管理師、勞動部勞動力發展署訓練發展組楊明傳簡任技正等多位兼具專業學養及實務經驗之產、官、學界專家代表參與座談會議，提供建議及看法，讓本報告得以順利完成，在此一併致上感謝。

財團法人中技社 董事長
潘文炎
2024 年 12 月

目錄

序.....	I
目錄.....	III
圖目錄.....	IV
表目錄.....	VI
執行摘要.....	1
第一章 全球前瞻科技發展與人才培育策略.....	5
一、標竿國家之前瞻科技發展願景.....	5
二、臺灣科技發展政策與人才培育現況.....	18
三、小結.....	37
第二章 全球淨零科技人才政策及臺灣人才培育策略.....	43
一、淨零科技概述.....	43
二、離岸風電科技人才培育.....	45
三、氫能科技人才培育.....	60
第三章 全球人工智慧人才政策及臺灣人才培育策略.....	81
一、全球 AI 戰略與人才培育.....	81
二、主要國家對 AI 人才培育政策治理機制.....	83
三、臺灣 AI 人才培育政策.....	103
四、小結.....	112
第四章 全球半導體人才政策及臺灣人才培育策略.....	119
一、國際下世代半導體科技發展與人才培育亮點.....	120
二、臺灣下世代半導體政科技策與人才之攬、育、留策略.....	145
三、小結.....	156
第五章 結論與建議.....	163
一、結論.....	164
二、建議.....	167
附錄一 「前瞻科技人才培育」綜合座談會議紀錄.....	171
附錄二 「半導體×AI 人才培育」專家座談會議紀錄.....	179
附錄三 專有名詞中英（外）文及縮寫對照表.....	187

圖目錄

圖 1-1	美國勞工部 O*NET 的綠色工作分類架構	9
圖 1-2	日本各地區的半導體人才培育計畫	17
圖 1-3	近十年我國 STEM 領域博士畢業生比例	25
圖 1-4	近十年我國 STEM 領域碩士畢業生比例	25
圖 1-5	近十年我國 STEM 領域學士畢業生比例	26
圖 1-6	近十年各領域博士畢業生歷年變化趨勢	26
圖 1-7	近十年各領域碩士畢業生歷年變化趨勢	27
圖 1-8	近十年各領域學士畢業生歷年變化趨勢	27
圖 1-9	近十年科學園區從業人員教育程度變化	28
圖 1-10	近十年我國 STEM 領域師資變化	29
圖 1-11	各國培育博士人才分布領域比例	30
圖 1-12	各國培育碩士人才分布領域比例	31
圖 1-13	各國培育學士人才分布領域比例	32
圖 1-14	STEM 博士人才倍數比較	33
圖 1-15	STEM 女性科技人才比例	34
圖 2-1	臺灣第一階段淨零科技方案架構圖	43
圖 2-2	歐盟淨零產業法中的關鍵淨零科技項目圖	44
圖 2-3	2024–2028 年全球風電新增裝置容量預測圖	46
圖 2-4	丹麥離岸風電生命週期內按職業劃分的就業人數圖	48
圖 2-5	英國離岸風電就業人數需求	53
圖 2-6	英國離岸風電職務需求	53
圖 2-7	2023 及 2030 年各項製氫技術均化成本	61
圖 2-8	2021–2030 年氫氣主要應用領域及國家	61
圖 2-9	英國人才轉業氫能規劃圖	66
圖 2-10	臺灣氫能產業鏈架構圖	70
圖 3-1	日本數位人才培育分級策略	85
圖 3-2	日本政府發佈的數位技能標準 (DSS) 和分類	88
圖 3-3	日本數位技能培訓資源平台	89
圖 3-4	美國大多數 AI 工作職缺具有四年制大學學位	91
圖 3-5	德國中小企業 4.0 培能中心和 AI 培訓師運作機制	101
圖 3-6	我國 2028 年 AI 人才培育目標	104
圖 3-7	我國數位人才部會分工與協作	107
圖 3-8	我國各部會對 AI 人才培育政策方向	107
圖 4-1	半導體產業技術發展路徑圖	121
圖 4-2	美國半導體產業人才供需推估圖	122
圖 4-3	美國 SRC 推動科學團隊 JUMP 及 nCORE 之計畫重點領域	126

圖 4-4	2030 年歐洲半導體人才需求圖	130
圖 4-5	日本 2035 年產業人才需求預估	134
圖 4-6	日本 2035 年半導體人才需求職缺樣態	135
圖 4-7	印度半導體勞動力發展計畫四級人才架構	141
圖 4-8	教育部國教署高中半導體課程架構	147
圖 4-9	教育部國家重點領域研究學院執行成果	149
圖 4-10	我國大專校院境外學生概況	157
圖 4-11	國際 STEM 畢業生人數領先國家	159
圖 5-1	科技產業發展之成長周期	163

表目錄

表 1-1	美國 2024 版本之關鍵和新興技術清單	6
表 2-1	臺灣離岸風電人力資源需求表	58
表 2-2	日本氫能產學合作專利或論文產出成果表	63
表 2-3	英國 2030 年氫能各領域勞動力評估	65
表 2-4	臺灣氫能人才需求職位案例列表	71
表 2-5	離岸風電政策及人力資源跨國比較	74
表 3-1	日本數位人才培育政策工具箱	86
表 4-1	美國晶片法案四大基金列表	123
表 4-2	我國研發人力性別比例	158
表 5-1	本研究之國際政策研析列表	164

執行摘要

一、問題及目標

全球科技的快速進步與地緣政治的複雜化，對於我國的科技自主研發能力與產業競爭力帶來重大考驗。臺灣雖具備深厚的科技產業基礎，然而，快速變遷的國際市場需求與前瞻科技的技術迭代，對於人才培育體系與供應鏈的穩定性提出了更高要求，特別是在淨零科技、人工智慧及半導體等領域。目前全球對高階科技人才的競爭越加白熱化，而我國卻面臨人口少子高齡化與 STEM 博士生人數減少等現實挑戰，人才存量不足已成為臺灣科技發展的主要限制因素，如何有效培育與留任高素質的前瞻科技人才，是當前政府與學界需要正視的關鍵議題。有鑑於此，本研究梳理全球標竿國家的前瞻科技人才政策，檢視我國目前政策措施並舉辦二場座談會匯聚產官學界代表的觀點，以研提科研與前瞻科技產業人才質量提升的具體政策優化與創新建議，期能應對全球科技競爭帶來的人才需求壓力，助力臺灣科技產業升級與持續創新。

二、研究範圍及內容

本研究聚焦之前瞻科技領域係依據 2023 年行政院科技顧問會議結論，探討影響臺灣未來數十年發展的淨零科技、人工智慧及半導體等三大領域，進行各領域優勢國家之政策研析，並綜整我國各部會推動措施。專題報告內容分為五章，第一章研析美洲、歐洲、亞洲、澳洲四個地區的標竿國家所提出之前瞻科技政策與人才培育方案；第二章的淨零科技領域，以處於產業成長期的離岸風電，以及萌芽期的氫能為例，探討丹麥、英國、日本等國的產業發展政策、人才需求與培育措施；第三章研討人工智慧領域，比較美國、德國、英國、日本與新加坡的 AI 戰略，彙整各國人才政策亮點；第四章的半導體領域，則蒐研美國、歐盟、德國、中國、日本、韓國、新加坡、新興國家和國際聯盟等近期重要政策，並探究「半導體×AI」人才培育的方向；第五章綜整前述章節重點內容，提出臺灣前瞻科技人才培育策略之結論與建議。

三、研究結論

(一)臺灣正面臨高階科技人才供需失衡的嚴峻挑戰

少子化導致臺灣 STEM 畢業生人數下降，尤其是占比較大的工程、製造及營建領域，無論在博士、碩士或大學層級均全面下降，其中博士級減少更為嚴重，而近十年來科學園區對高階人才需求持續攀升，博士與碩士級分別增長 46%與 66%，反映出高階科技人才供需間日益擴大的落差。與韓國相比，以兩倍於臺灣的人口規模，卻培育出四倍於我國的 STEM 博士，曝露出臺灣在高階科技人才政

策的投入不足；而學術界薪資較低削弱人才進修博士意願，亦將長期影響科技研發及產業創新。提升女性參與及延後退休年齡是解決人才短缺的重要策略，可藉由完善支持機制、拓展 STEM 人才庫，實現供需平衡。此外，面對全球競爭，政策應避免過度集中於成熟製程領域並分散投資，以避免壓縮其他領域人才發展。

(二)萌芽期的氫能產業需有明確的發展政策方能制定人才培育策略

氫能作為淨零轉型的關鍵技術，需政策引導以確立發展方向並規劃人才策略，例如日本、英國、德國等國家透過具體目標與基礎設施部署，大幅降低供應鏈成本、擴大應用範疇及建立人才基礎。臺灣氫能目前具備產學研合作基礎，但因缺乏政策支持如補貼、獎助學金及實習計畫，限制人才投入意願。在未來政策確認方向後，才能加速完善產業環境並滾動調整中長期培育策略，結合專業訓練與學界合作，提升氫能技術與人力資源競爭力，加速實現 2050 淨零轉型目標。

(三)成長期的離岸風電產業需優化產業環境吸引更多專業人才

臺灣離岸風電發展迅速，但產業擴張伴隨人才短缺與高流動率等挑戰，丹麥透過政策吸引國際人才、荷蘭利用自動化技術轉型勞動結構，及英國憑藉技能轉型促進就業，皆為臺灣提供寶貴經驗。我國可加強技術轉型評估及供應鏈整合，並建立專業人才培育基地，持續優化產業環境，吸引國際人才來臺，更可積極培育高階風電人才，推動其在國內外市場發揮價值，提升相關產業聯動發展，進而促使臺灣成為亞太地區離岸風電樞紐。

(四)成長期的人工智慧產業需整合政策工具以精準銜接教育系統與產業需求

全球 AI 競爭激烈，為有效培育專業或跨域應用等多元人才，需建立分級教育模式與標準化技能框架，以應對快速變化的技術需求，借鏡日本、美國、英國與德國等戰略目標與推動措施，短期內應透過技能提升與再培訓緩解供需失衡，並藉由國際人才吸引政策增強高階人力資源；中長期來說，政策工具的整合與跨部門協作則是產業永續發展的關鍵，應建構從基礎教育到高階應用的整合政策框架，推動產學合作及實戰演練，縮短人才適配時間，提升臺灣在 AI 人才培育的國際競爭力。

(五)擴張期的半導體產業需深耕多元人才策略與擴大應用生態系統

半導體產業持續成長並驅動全球科技發展，臺灣在 IC 製造與封裝領域擁有顯著優勢，同時積極提升 IC 設計能力，然隨著 AI、量子計算等新興技術崛起，產業需吸納更多跨領域專才並擴大應用生態系統，且布局全球。在產業擴張期的階段，我國人才培育更應著重於高階研發人員，使研發根留本地，同時，各行各業應該充分利用「半導體×AI」的產業優勢，穩固臺灣的創新領先地位。此外，企業應積極參與人才培育，推動實習制度與業師授課，實現教育與產業無縫接軌，

並與政府合作強化海外基地布局，吸引優秀人才，推動半導體與 AI 技術深度整合，為臺灣在「半導體×AI」時代注入發展動能。

四、對策及建言

(一)教育優化面

- 1.促進 STEM 人才深耕與廣布：**中學教育應善用 108 課綱的彈性架構，設計專題與微課程，導入淨零科技、AI、半導體與等前瞻科技相關基礎知識，培養學生的探究能力與批判思維；同時，應強化中小學教師的進修資源與教學工具，確保教師掌握最新科技知識與教學方法，進一步提升教學質量與學生能力。此外，為提升全民科技素養，需擴大科普活動與開放實驗室參訪，縮小民眾在科技知識的落差，並藉由女性科學家榜樣與媒體宣導，鼓勵女性參與 STEM 領域，改變社會刻板印象，促進更多元的人才發展，增強跨領域創新人才儲備。
- 2.強化高等教育與產業發展接軌：**高等教育應結合產業需求，設計實務導向課程，並深化產官學研合作，創建資源共享的學用生態系統，讓學生在校期間即能熟悉最新技術與實務操作；更應優化實習制度，提供學生在真實職場中學以致用的機會，同時企業需早期參與校園人力培育，並視實習生為正式員工進行訓練。為保障高階人才質與量，應提供更具吸引力的獎學金與研究資助，降低博士生經濟負擔，並調整教授與博士級人才薪酬結構以對齊市場，增加留任意願。國內大學需主動規劃師資培育政策，支持潛力學生攻讀博士與進行博士後研究，進一步穩固高等教育的競爭力，為前瞻科技領域輸送永續且高質量的人才。

(二)產業優化面

- 1.優化人才需求調查與人員培訓：**建議持續追蹤離岸風電等關鍵產業的人才需求，延長調查時間至四年以上，並進行技能盤點，針對職能分析後，將多種產業均有需求的跨領域能力列為優先培育對象。積極促進產學合作制定標準化職能基準，並結合實體與線上課程，參考日本數位技能標準分級教育體系，提供技能認證與量身訂做的在職培訓，確保人才技能與市場需求相符，提升產業競爭力及人力穩定性。
- 2.改善就業環境與制度：**鼓勵高學歷女性與退休專業人士重返職場，填補科技人才缺口，同時推動彈性工時、托育支持及再培訓等措施，吸引多元化人力加入淨零科技、AI、半導體等關鍵產業。建立整合型就業資源平台，結合 AI 與大數據技術實現職缺匹配，並針對女性、中高齡與退休人士等提供專屬支援服務，提升就業公平性與勞動市場靈活性，為科技產業發展奠定基礎。

(三)政策創新面

- 1.運用政策工具導引企業培育高階人才：**政策工具應更重視高階研究人才的聘僱與培育，建議修訂相關租稅抵減或補助政策，將企業增聘博士級人才或支持員工進修等支出納入適用範圍，提升企業投資人才的誘因。同時，在研發投資抵減申請審查中，對聘僱博士級研發人才比例較高的企業給予加分，促進國內企業增聘高端研發人力。
- 2.推動一站式「學、研、產」人才培育：**以國防役（研發替代役）為藍本，規劃結合學術、研究與產業的一站式培育模式，招募具 AI、半導體等背景的青年人才，經基礎訓練後進入大學或研究機構攻讀學位，再至研發單位或企業服務至少一年，全程由專業導師指導，培養學術與實務並重的能力，培育期結束後可直接進入產業服務或至國外進修。
- 3.吸引國際精英以擴展臺灣科技版圖：**應進一步鬆綁外籍人才來臺的就讀與就業政策，提供更多便利與誘因，例如簡化簽證程序、增加獎學金資助及完善就業配套措施，吸引全球科技精英融入臺灣創新生態。同時，可借鑒新竹科學園區模式，在國際重點區域建立人才培訓基地，甚至創造「臺灣科學工作園區」品牌，並結合我國的科技優勢，深化技術交流與合作，進一步擴大臺灣在全球前瞻科技領域的影響力。

第一章 全球前瞻科技發展與人才培育策略

在全球科技快速發展的浪潮下，各國陸續投入前瞻科技領域，藉以掌握未來競爭優勢。根據經濟部智慧財產局的定義，前瞻科技主要涵蓋人工智慧、物聯網、大數據、區塊鏈、第五代行動通訊技術等領域（經濟部智慧財產局，2022），其發展需仰賴人才作為基礎，尤其是具備 STEM 專業（科學 Science、科技 Technology、工程 Engineering 及數學 Mathematics）的人才。因此，培育 STEM 人才成為各國的重要課題。本研究將以標竿國家為例，探討其前瞻科技發展願景與人才培育策略，以期作為我國前瞻科技發展的借鏡。

一、標竿國家之前瞻科技發展願景

由於全球各區域對於前瞻科技有各自的發展方向，因此在人才培育策略上也呈現多元樣貌，以下茲針對美國、歐洲、亞洲及澳洲等區域的前瞻科技發展與人才培育策略進行說明。

（一）美國

儘管美國在全球科技競爭中執牛耳地位，但自 2020 年以來，白宮科技政策辦公室（Office of Science and Technology Policy, OSTP）為確保國家在關鍵技術領域的優勢，持續發布最新版本的關鍵和新興技術（Critical and Emerging Technologies, CETs）清單。此清單內的技術涵蓋前瞻的基礎研究領域，如半導體、數位科技及淨零排放，需要大量的人才支持。因此，有效的人才引進和培育策略，對美國在關鍵技術領域保持領先地位至關重要。

1. 美國 2024 年發布最新版本的關鍵和新興技術清單

CETs 清單是各項先進技術的子集，其技術清單對美國國家安全具有重要意義。在 2021 年的《國家安全戰略暫行指南》（The 2021 Interim National Security Strategic Guidance）中界定了三點國家安全目標：保護美國人民安全、擴大經濟繁榮機會，以及實現與捍衛民主價值。而 CETs 清單確保了美國具備足夠的技術能量以邁向目標，同時能與全球盟友與夥伴合作，共同推動與保持技術優勢，CETs 清單的研發成果亦能為社會帶來利益並符合民主價值。此外，美國各部門與機構可參照 CETs 清單來制定研發措施以支持國家技術安全任務。為了催生 CETs 清單，OSTP 促成美國國家科學技術委員會（National Science and Technology Council, NSTC）進行廣泛的討論並與國家安全委員會（National Security Council, NSC）進行協調。NSTC 透過 18 個部門、機構與辦公室的領域專家共同制定 CETs 清單的相關技術領域，而此後 CETs 清單的更新由 NSTC 與 NSC 協調，其可反映機構間的共識（NSTC, 2022）。

2024 年版本的 CETs 共臚列 18 個技術領域 (NSTP, 2024), 參見表 1-1, 其反映了當前全球科技競爭中, 美國所要發展的科技戰略重心, 尤其是本次新增的清潔能源創能與儲能、資料隱私/資料安全/網路安全技術、定位/導航/計時技術等領域, 代表地緣政治競爭下的國安支柱, 也是產業發展和政策推動的核心焦點。

表 1-1 美國 2024 版本之關鍵和新興技術清單

中文	英文
先進計算	Advanced Computing
先進工程材料	Advanced Engineering Materials
先進燃氣渦輪引擎技術	Advanced Gas Turbine Engine Technologies
先進網路感知與簽章管理	Advanced and Networked Sensing and Signature Management
先進製造	Advanced Manufacturing
人工智慧	Artificial Intelligence
生物技術	Biotechnologies
清潔能源創能與儲能*	Clean Energy Generation and Storage
資料隱私、資料安全和網路安全技術*	Data Privacy, Data Security, and Cybersecurity Technologies
定向能量	Directed Energy
高度自動化、自主和無人系統與機器人	Highly Automated, Autonomous, and Uncrewed Systems, and Robotics
人機界面	Human-Machine Interfaces
超音速	Hypersonics
通訊和網路整合技術	Integrated Communication and Networking Technologies
定位、導航和計時技術*	Positioning, Navigation, and Timing Technologies
量子資訊和賦能技術	Quantum Information and Enabling Technologies
半導體和微電子	Semiconductors and Microelectronics
太空技術和系統	Space Technologies and Systems

資料來源：NSTP (2024). Critical and Emerging Technologies List Update.

註：*為 2024 年新增

本次 CETs 清單所列的技術領域, 彰顯了美國在鞏固全球科技領導地位的戰略布局, 涵蓋範圍從技術創新延伸至國家安全和經濟發展等多元需求。舉例來說, 清潔能源創能與儲能是為了加速淨零轉型, 減少對傳統化石燃料的依賴, 而資料隱私與網路安全技術則著重於強化數位防禦能力, 防範日益嚴峻的網路威脅。為

推動上述技術領域的發展，美國政府持續制定一系列政策法案，同步發展技術創新、產業升級和人才培育。

為實現上述目標，美國政府採取了一系列政策措施（The White House, 2023）。例如，《晶片與科學法》（CHIPS and Science Act）和「國家生物技術和生物製造倡議」（National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative）推動了半導體、生物技術等領域的投資和研發，而《降低通膨法案》（Inflation Reduction Act）則為清潔能源領域注入大量資金（The White House, 2022），為美國在全球科技競爭中的優勢地位增添助力。

為了強化在全球科技外交中的角色，美國國務院在 2023 年 1 月宣佈成立「關鍵與新興技術特使辦公室」（Office of the Special Envoy for Critical and Emerging Technology）。此一辦公室的成立，代表科技外交在美國外交政策中的地位日益重要，尤其在人工智慧、生物技術、量子科技及半導體等領域的國際競爭趨於白熱化的背景下，科技已成為大國之間博弈的重要工具。特使辦公室身為國務院的技術政策中心，負責制定和協調美國在這些關鍵技術領域的外交政策，並與全球夥伴國家合作，推動關鍵技術的安全及負責任使用。

總體而言，CETs 清單顯示出美國持續調整全球科技布局，反映其在激烈的國際競爭中，不斷強化科技領導力，以鞏固全球戰略地位。這不僅滿足科技發展的需求，也是維繫國家安全和經濟繁榮的必要之舉。

2. 美國晶片法案與相關人才培育政策

美國國會於 2022 年通過《晶片與科學法》，又稱晶片法案，期望強化美國在全球半導體產業的競爭力，聚焦先進製造、封裝技術及相關人才培育。該法案投入超過 520 億美元的資金，用於打造本土半導體產業鏈，也激發對半導體人才的巨大需求。

美國計畫在 2030 年之前，把高階晶片製造全球市占率推升至 20% 以上，屆時將面臨龐大的技術人才缺口。為因應此挑戰，美國政府推出了三項人才培育方案，希望透過產學研合作、資訊共享和產業接軌等方式，為國內半導體產業創造更豐沛的人才能量。

(1) 產學研合作

美國政府由國家半導體技術中心與產學研機構展開合作（NIST, 2023），制定半導體課程的學習框架，幫助學生習得滿足產業當前與未來需求的知識。該框架廣泛徵詢各界意見，為不同專業的勞動人士設計適當的培訓計畫。

晶片法案的目標之一，是將大學半導體相關領域（以 STEM 背景為主）畢業生數量擴增至原有的三倍。此外，美國政府也與技職教育機構和社區學校合作，

為非 STEM 背景人士提供額外輔導支持，開啟其進入半導體產業的機會，使勞動力來源多元化。

(2) 資訊共享

美國政府籌設一個資訊共享平台，整合半導體產業的相關就業與實習機會、培訓教材、線上課程、證照、實習計畫等。該平台將作為人才交流的媒介，能增加求職者和企業的媒合效率。

(3) 產業接軌

美國政府致力幫助學生和潛在勞動力參與者，特別是弱勢族群（包括少數族裔、女性、退役軍人、身心障礙者以及偏遠地區的居民），更全面認識半導體產業，相關具體措施包括：

- A. 舉辦全國性的展會及推廣活動，增進社會大眾對半導體產業的瞭解。
- B. 提供獎助學金及實習機會，為弱勢族群學生開啟半導體領域的大門。
- C. 發展地區性中介單位，負責與各類社群與教育機構協調溝通，構建地區專屬的勞動力生態系。
- D. 邀請產業專家擔任業師，到校指導學生實務技能。
- E. 設立專項基金，升級大學的實驗設施，增強師生實務操作能力。
- F. 鼓勵半導體產業給予從業者生活上支援，如子女托育服務。

透過以上措施，美國政府希望縮短人才與產業的距離，拓展社會大眾接觸半導體產業的機會，促使整體勞動人口能滿足企業所需，進一步強化美國在全球晶片製造領域的核心優勢。

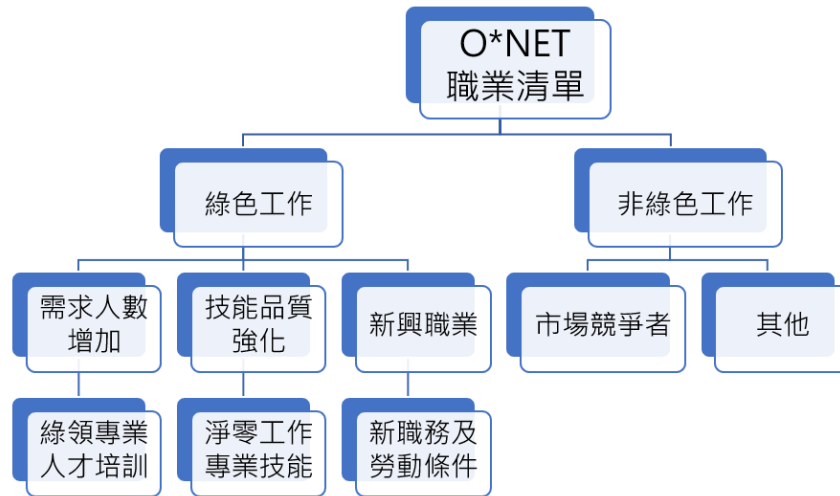
3. 美國淨零與數位人才培育政策

為順應全球的淨零永續趨勢，美國開始重視綠色勞動力的重要性，尤以直接助益於應對氣候變遷、減少碳排、恢復自然環境和生物多樣性的綠色工作（Green Jobs）最受關注。為此，美國勞工部採取了兩大措施，以完善綠色就業市場的發展和人才培育。

(1) 建立綠色職業資訊系統

美國勞工部藉由委託開發的網路職業資訊系統（Occupational Information Network, O*NET）公告綠色工作的分類架構（參見圖 1-1），包含需求人數增加的自然保育員、技能品質強化的環境工程師及建築師、新興職業的永續規劃師及

碳盤查規劃師等，使求職者及學生更加認識各類綠色工作的職能需求與就業前景（Bowen，2018），有助於個人職業規劃和人力資源的媒合。



資料來源：Bowen (2018). Characterising green employment: The impacts of ‘greening’ on workforce composition.

圖 1-1 美國勞工部 O*NET 的綠色工作分類架構

(2) 推廣綠色專業認證

勞工部也與產業公會合作推廣綠色專業證照，例如美國綠色建築委員會的專業認證考試「能源與環境設計領導認證（Leadership in Energy and Environmental Design, LEED）」，培訓綠領專業人才。這類認證不僅增加了從業人員的專業素質，也能作為企業選才的可靠參考。

(3) 培養數位人才

關於數位人才培育，美國在 2020 年發布《人工智慧（Artificial Intelligence, AI）倡議》中，已將培養 AI 就緒勞動力（Train an AI-ready workforce）列為關鍵政策（The House of Representatives, 2020），代表美國意識到人才是推動人工智慧創新及應用的核心要素，並採取多元化、跨學科的培育策略，除了傳統的電子電機、資訊科學等專業領域外，也鼓勵其他 STEM 領域如數學、物理、化學背景的學生透過跨領域學習，成為具備 AI 技術的多元化人才。

美國國家科學基金會（National Science Foundation, NSF）基於《人工智慧倡議》，投入眾多資金支持 AI 人才的培訓，如研究生研究獎學金計畫（Graduate Research Fellowship Program, GRFP）為美國 STEM 領域中最具聲望的獎項之一，近期已增加對 AI 領域研究生的支持，推動對高階 AI 人才的培育。

除了傳統的學術訓練，美國還強調實務技能的重要性。NSF 在 2022 年推動一個「新興與創新技術之體驗式學習計畫（Experiential Learning for Emerging and

Novel Technologies, ExLENT)」，為來自各種教育或專業背景的個人提供體驗式學習機會，從實際參與中發展出新興技術領域的專長 (NSF, 2023)。ExLENT 計畫不限於人工智慧，還涵蓋了先進製造、生物技術、量子、半導體及微電子等多個領域。NSF 期望透過這種學習模式，培養出具有實務能力的科技人才。

展望未來，隨著全球科技競爭日益激烈，特別是在 AI 等關鍵領域，美國正積極培育新興科技所需的人才。不僅從高等教育著手，也強調「做中學」(Learning by Doing)，透過雙管齊下確保國家在技術創新和應用上的持續領先。

(二) 歐洲

面對氣候變遷和數位革命的雙重挑戰，歐盟致力於推動前瞻科技發展和人才培育策略，確保其在全球競爭中保持優勢地位。歐盟期望透過數位與綠色雙轉型，強化相關研發投入、推動綠色技術和建置數位基礎設施，搭配重點人才培育，打造一個前瞻科技生態系，為經濟和社會發展立下基礎。

1. 歐盟綠色與數位雙轉型趨勢

歐盟將綠色轉型與數位轉型同列為重要施政方針，相信這兩者相輔相成，足以讓歐盟邁向永續、公平及具包容性的未來 (Muench, 2022)。

由於氣候危機和生物多樣性喪失是環環相扣的全球性問題，歐盟積極響應國際承諾，例如依據《巴黎協定》和「聯合國永續發展目標」致力降低碳排以減緩氣候變遷，推動永續發展願景，並於 2019 年發布「歐洲綠色協議」，期許將歐盟升級為現代化、高效循環利用且具有競爭力的經濟體 (European Commission, 2019)。

此外，歐盟還進一步採取立法行動，藉由 2021 年通過的《歐洲氣候法》確立 2050 年淨零排放的目標 (European Commission, 2021a)，及實施一系列支持環境永續的策略，諸如「從農場到餐桌策略 (Farm to Fork Strategy)」、「氣候調適策略 (Climate Adaptation Strategy)」等。歐盟認為，綠色轉型是環境永續的必要行動，同時也要顧及轉型過程中弱勢的社會群體，來解決日益增長的社會差距，才能建立永續的競爭優勢。

數位轉型正在重塑未來社會與經濟格局，雖然有創造繁榮與解決社會問題的巨大潛力，但伴隨而來的則是資訊安全、社會分化、假訊息等風險。歐盟正努力擺脫依賴來自歐洲以外國家的數位技術，建置安全可靠的數位基礎設施，同時加強數位教育訓練，以協助公民與勞工跟上這波數位化浪潮。

歐盟執委會以 2021 年提出的「數位羅盤 (Digital Compass)」計畫勾勒出數位轉型願景 (European Commission, 2021b)，期許人民與企業建立一個以人為本、永續發展，以及更繁榮的數位未來，順利在 2030 年之前掌握數位主權 (Digital

Sovereignty)。另外，歐盟執委會還發布「歐洲資料戰略（A European strategy for data）」，揭櫫在國際間資料競爭的態勢下，歐盟如何運用資料創造出社會與經濟價值，建立完整的數位化單一市場、歐洲自有的雲端基礎架構、可信賴人工智慧的領導地位，以及安全的數位身分識別系統。

歐盟的綠色轉型與數位轉型是相輔相成的重大變革，將對歐盟的社會、經濟和環境產生深遠的影響。儘管這兩種轉型各有其目標，但數位轉型的發展（如智慧城市等）不僅有助於降低碳排，增進都市運作效率，同時也推動綠色轉型的進程。然而推動雙轉型並非一蹴可幾，宜審慎考量相關的脈絡因素（包括社會、經濟和政治等），因其攸關轉型的成敗。

社會因素方面，公眾的接受意願及是否符合公平正義原則都極為重要。成功的數位轉型，在擴建數位基礎設施時需符合環境永續的目標，也要確保不同收入、教育水平、年齡層的使用者都能平等地享有數位資源。

經濟因素方面，雙轉型需要克服產業原有的慣性，及承擔既有基礎設施的沉沒成本，政策上可給予低利貸款、稅收優惠等誘因，並扶植新興產業，創造新的市場商機與就業機會，以釋放雙轉型的經濟潛力。

政治因素方面，政府應主導制定明確的綠色轉型和數位轉型戰略，及與時俱進的法規政策，以引導雙轉型的方向。歐盟的綠色與數位雙轉型不僅是歐盟自身的責任，也是全球共同的挑戰。唯有各界攜手合作，共同推動綠色轉型和數位轉型，才能為地球永續發展創造更美好的前景。

2. 歐盟在雙轉型下的人才培育領域

如前所述，歐盟在綠色轉型和數位轉型的發展上，需要大量具備相關知識技能的人才，因此人才培育為發展雙轉型的關鍵要素之一。

隨著雙轉型的推進，歐盟勞動力市場對與綠色或數位高度相關的職務需求日益增加。2012–2021 年間於歐盟境內，具有開發、營運和維護資通訊科技（Information communication technology, ICT）系統的能力，且主要從事 ICT 相關工作的專家數量增長了 50.5%，達到 900 萬人，此一增幅幾乎是整體就業增長 6.3% 的八倍（Eurostat, 2022）。儘管有 50 萬名 ICT 專家在 2020–2021 年間投入勞動市場，依然無法滿足 2030 年歐盟 2,000 萬名 ICT 專家的目標，使得企業、中小企業及組織面臨著人力短缺的挑戰。

隨著全球對於再生能源的需求不斷上升（尤其是太陽能 and 風能），能源相關領域的工作機會也可望穩定增長，並成為就業市場的一股新興力量。這些職位需要更多技術人員來執行再生能源產業鏈上的各項工作，包括製造、建設、安裝、營運及維護。

總體而言，歐盟在推動雙重轉型過程中，需要大量具備特定知識技能的人才，以實現數位化和環境永續的雙重需求。為了應對雙轉型帶來的挑戰，歐盟致力於加強人才培育，重點發展以下領域：

(1) ICT 技能

ICT 技能是數位轉型的基礎，也是綠色轉型不可或缺的關鍵驅動力。所以在人才培育方面，應強化民眾的數位素養，減少 ICT 技能落差，包括基礎技能（如電腦操作、網路使用、資料處理等），及進階技能（程式開發、電腦輔助設計、人工智慧與物聯網之應用等）。

(2) 綠色技能

綠色技能泛指與再生能源、環保技術、環境監測等議題相關的知識技能，隨著綠色經濟的發展，綠色技能的重要性將與日俱增。因此，歐盟持續強化綠色技能的教育培訓，培養更多綠色人才。具體而言，可從開設與再生能源、循環經濟、等相關課程著手，針對企業員工、社會大眾等族群提供所需的綠色技能訓練。

(3) 融合型技能

融合型技能是指將 ICT 技能和綠色技能結合的能力，具備融合這兩種技能的人才，能將數位技術應用於綠色轉型的各領域，是推動雙轉型的重要力量。藉由鼓勵大學及技職教育與培訓（Technical and Vocational Education and Training, TVET）機構舉辦各類型的跨域學習，增進學員的知識背景及技能組合。例如在產品設計課程中增加永續設計的相關內容、探討循環經濟與氣候變遷議題，或是設計跨域學習的專業課程，皆是可行的策略。此舉不但能增進學員的專業知識，更可培養應對未來挑戰的能力。

除了前述 ICT 技能、綠色技能等工程性質的硬技能之外，軟技能也越來越顯得重要。軟技能專指與個人特質和行為相關的技能，例如批判性思考、判斷與決策、解決複雜問題、監控、寫作和協調等六大軟性技能，而這些技能在雙轉型下的許多工作中都有其價值。批判性思考及判斷與決策技能有益於個人評估不同方案並從中選擇最佳者；解決複雜問題的技能則幫助個人在面臨挑戰時找到創新解法；監控技能對於持續評估工作的進度及結果有重要作用；寫作和協調技能則確保有效的溝通和合作，這些都是雙轉型趨勢之下不可或缺的素質。

為加強實際解決問題的能力，採用如專題導向式學習（Project-Based Learning, PBL）之類的創新教學方法有其必要性，讓學員透過專題製作，主動探究雙轉型過程中實際遇到的問題，並思考解決方案（Dæhlen, 2023）。此法強調在真實情境下學習，讓學員透過實際操作和合作學習，發展出跨領域的綜合能力。

PBL 能讓學員在實作過程中，加深對所學知識的理解，並養成團隊合作和溝通技巧，對於實務表現有正向助益。

3. 雙轉型人才培育的歐洲典範

歐盟正積極推動綠色與數位雙轉型，以推動永續發展願景。雙轉型的過程需要大量技術人才，使得人才培育成為關鍵所在。

在歐盟諸國中，荷蘭以其獨特的地位引人注目。根據我國駐荷蘭代表處經濟組 2024 年的最新資料，荷蘭的人口約 1,796 萬，國土面積 41,543 平方公里，與臺灣的 2,341 萬人口和 36,197 平方公里國土面積相當。臺灣與荷蘭在人口與國土面積有一定程度的相似性，也都在半導體領域扮演關鍵角色。

荷蘭半導體領域的核心優勢主要體現在 ASML 公司。ASML 是全球領先的晶片微影設備製造商，在極紫外光（Extreme ultraviolet, EUV）光刻機市場占據壟斷地位，此設備對於生產先進製程的晶片極為重要，使得 ASML 成為全球半導體供應鏈中不可或缺的一環。

荷蘭的成功不僅僅依賴於單一企業，而是建立在產學研緊密合作的基礎之上。以 ASML 和恩荷芬理工大學（Eindhoven University of Technology, TU/e）的合作為例（ASML, 2024），展現了荷蘭在人才培育和技術創新方面的戰略眼光：

- (1) **長期合作關係**：ASML 與 TU/e 在電漿物理學、機電整合、光學與人工智慧研究領域保持長期的合作關係，確保了高階人才培育和技術研發的連續性。
- (2) **大規模投資**：2024 年，ASML 承諾向 TU/e 提供 8,000 萬歐元的資金支持，用於培訓博士生和升級學校的無塵室設備。這種大規模投資不僅提升了大學的研究能力，也為 ASML 未來的技術發展奠定了基礎。
- (3) **尖端設備支持**：TU/e 校內擁有用於研究目的的 EUV 設備，使得學生和研究人員能直接接觸最尖端的半導體技術。
- (4) **國際化教育環境**：TU/e 超過四分之一的學生為國際學生，這種多元化的學習環境有利於培養具有全球視野的人才。
- (5) **產學合作典範**：在泰晤士報全球大學排名中，TU/e 被評為「全球 25 所與創新企業合作最緊密大學」中的第一名，展現了其在產學合作方面的卓越表現。

為因應歐盟綠色與數位雙轉型趨勢，TU/e 加入了歐洲創新與技術研究學院（European Institute of Innovation and Technology, EIT）主導的 InnoEnergy 碩士課程學術聯盟。該聯盟由歐洲頂尖理工大學和商學院組成，專注於永續能源領域的人才培育。EIT InnoEnergy 碩士學程有多元化的課程（如再生能源、智慧電網等），學生可在第一及第二年選擇在不同的大學就讀，並包含業界實習機會。畢業後學

生將獲得雙聯學位，同時累積寶貴的學術與業界經驗。EIT InnoEnergy 致力於在永續能源科技領域培養創新人才，推動技術進步和產業發展，為歐洲的綠色轉型做出貢獻。

荷蘭的經驗表明，透過緊密的產學合作，即使是小國也能在高科技領域占有關鍵地位。這種模式合作不僅帶來持續性的技術創新，還為產業提供了源源不斷的高素質人才，逐步鞏固荷蘭在全球半導體產業中的關鍵地位。

(三) 亞洲

1. 韓國前瞻科技

韓國政府為因應全球科技競爭，於 2023 年底評選出 12 項國家戰略技術 (Ministry of Science and ICT, 2023)，涵蓋人工智慧、量子科技與淨零技術等領域，目標是取得全球科技領導地位。此舉與美國 2020 年起發布的關鍵和新興技術清單有異曲同工之妙，顯示出全球各國對於確保國家在關鍵技術領域的優勢的重視。

- (1) **人工智慧領域**：韓國正積極發展人工智慧技術，聚焦於先進人工智慧模型和決策，特別是產業的應用和創新，例如減少軟體開發過程中的程式撰寫負擔，來增進生產效率。同時也關注人工智慧的安全及可靠性，確保其值得信賴，能符合倫理與法律規範。在智慧交通的應用，自動駕駛、電動車和氫能車是重要發展項目，在人工智慧技術的快速發展下，能加速交通運輸的智慧化與低碳化。
- (2) **半導體與量子**：半導體是韓國固有優勢領域，也是未來發展重點。在半導體方面，持續深耕用於人工智慧的高效能、低功耗半導體元件，及大規模、高密度的異質整合先進封裝技術，並發展讓能源系統更高效、更穩定的電源管理積體電路 (Power Management IC, PMIC)。而量子運算、量子加密通訊和量子感測等前瞻技術，可望與半導體產業相輔相成，在國防等領域發揮重要貢獻。
- (3) **淨零技術**：在淨零碳排的趨勢下，韓國大力發展二次電池 (如鋰離子電池和核心元件、下世代電池模組和系統) 及氫能技術 (如電解製氫、氫能儲存與運輸、氫燃料電池等)。這些技術有助於建立完整的氫能產業鏈，以實現碳中和目標。

韓國選定的國家戰略技術涵蓋多個領域，彰顯該國政府對科技創新的重視，以及對未來社會永續發展的堅定承諾。

2. 韓國的 K 半導體戰略

如前所述，半導體是韓國的主要產業之一，特別是在記憶體領域更是領先全球。為了鞏固韓國在半導體產業的優勢，韓國政府於 2021 年 5 月發布 K-半導體戰略 (K-Semiconductor Belt Strategy)。該戰略的願景是到 2030 年打造出全球最

大、最先進的半導體供應鏈，支持企業投資，進一步發展為「最適宜半導體產業發展的國家」，該戰略主要涵蓋以下六個面向（工研院產科國際所，2021）：

- (1) **產業群聚**：串聯京畿道的板橋、器興、華城、平澤、天安、溫陽、龍仁、利川、陰城、槐山、清州等地，打造「K字型」半導體聚落，整合 IC 設計、晶圓代工、封裝、材料、設備及零組件等產業鏈。
- (2) **人才培育**：大幅增加大學半導體相關科系的招生名額，目標在 10 年內培育 3.6 萬名具備高階技術的半導體專業人才，以滿足產業長期需求。
- (3) **水電保障**：韓國政府藉由完善電力基礎設施，推動工業廢水回收再利用，以確保穩定的水電供應。
- (4) **完善法規**：改進化學品、氣體等管制規範，縮短審查時間，為產業發展創造更為有利的環境。
- (5) **財稅優惠**：新的稅賦政策在研發及設備投資的稅收抵減上，都較以往有所增加，有助於支持企業設廠以強化競爭力。
- (6) **技術保護**：立法制定相關罰則防範技術外流，以確保關鍵技術的安全。

韓國政府透過 K-半導體戰略，致力推動記憶體領域以外（尤其是邏輯晶片）的完整產業生態系統建設。為達此目標，政府著手打造半導體產業聚落，並藉由財稅優惠、水電供應保障及完善的法規環境來促進產業成長。同時，韓國政府也將人才培育視為核心策略，專注於培育未來的技術專才，確保產業的長期競爭力。

3. 韓國 STEM 的人才培育

為了支持 K-半導體戰略和前瞻科技發展，韓國政府和企業積極推動 STEM 人才培育，主要措施包括兩大重點：

(1) 半導體學院

韓國的半導體學院是由三星、SK 海力士等企業與大學簽約成立（如三星集團的成均館大學，隸屬於 SK 海力士的 SK 海力士大學），主要鎖定大學部招生，只要申請進入學院，學生即可享有獎學金，並且保障畢業後在相關企業的工作機會。半導體學院在大學部低年級主要教授基礎的半導體課程，高年級會學習進階課程，結合實務培訓，使學生畢業後成為企業所用的即戰力。

(2) 知識傳承

三星、SK 海力士為延續技術專業，陸續取消退休年齡，讓優秀技術專家超過 60 歲也能繼續貢獻。SK 海力士大學會聘用該企業退休高階人員，進駐合作的大學院校，將知識經驗傳承給年輕學子。

透過這些措施，韓國得以孕育出大量高素質的 STEM 人才，支撐其半導體產業和前瞻科技的持續發展。值得注意的是，韓國 STEM 人才培育戰略強調產學研之間的緊密合作，注重實務能力的培養，高度重視知識傳承及國際視野等經驗均值得借鑒。

藉由 K 半導體戰略、前瞻科技布局及 STEM 人才培育計畫，為韓國未來的科技發展和產業競爭力打造了堅實基礎。這種強調產學結合、技術傳承的人才培育體系，有助於韓國在全球半導體和高科技產業中保持領先地位。

4. 日本的半導體暨數位產業戰略

面對全球數位經濟的快速發展與地緣政治的複雜變化，日本經濟產業省（簡稱經產省）於 2021 年 6 月發布的「半導體與數位產業發展戰略」，發表了一套全面的政策框架（經濟產業省，2021）。該戰略以強化半導體產業為核心，同時推動數位轉型，以確保日本在全球供應鏈中占有一席之地，並維持國家在數位時代的戰略自主。

(1) 設立先進半導體技術中心

為了推動先進半導體技術的發展，日本政府於 2022 年設立先進半導體技術中心（Leading-edge Semiconductor Technology Center, LSTC），作為主導前瞻半導體技術的研發基地。LSTC 的研發團隊除了與 IBM 等國際大廠合作，進行 2 奈米以下的先進製程研發，也承辦經產省、文部科學省的半導體人才培育計畫，和國內多所大學（如東京大學、東京工業大學、筑波大學等）及行政法人（如日本新能源產業技術綜合開發機構）協力，共同培育半導體專業人才。

(2) 晶圓代工業者 Rapidus

肩負晶片製造重任的晶圓代工業者 Rapidus，是由豐田、SONY、NTT、NEC、軟體銀行、Denso、Kioxia、三菱 UFJ 等八家日本企業合資 73 億日圓，加上日本政府提供 700 億日圓補助金所共同設立，計畫在 2027 年全自動量產 2 奈米製程。在這樣的目標驅使下，Rapidus 於 2023 年宣布與加拿大晶片新創公司 Tenstorrent 合作，推動 2 奈米的人工智慧邏輯晶片研發製造，由 Tenstorrent 負責晶片的設計開發，Rapidus 則負責相關的量產作業，並派遣專業人員至 Tenstorrent 受訓，以掌握最先進的領域知識。

(3) 各地區團體的人才培育計畫

日本各地區都設立了半導體人才培育計畫，均強調產學研的緊密合作（經濟產業省，2023）。以九州地區為例（如圖 1-2），在九州地區，由九州經濟產業局、SONY、日本先進半導體製造（JASM）、九州大學及熊本大學等單位共同參與。九州經濟產業局扮演了關鍵的推動角色，整合產學研各方資源，使企業能在實習

與技術指導上發揮功能，並將產業需求與學術研究緊密結合，確保培育出符合產業需求的人才。九州地區因有 SONY 集團、東京威力科創、荏原製作所等知名業者的進駐，已成為半導體產業的重要聚集地，該地區在產業發展上有前瞻且具體的規劃，其經驗可作為其他地區的參考範例，讓各地根據自身實際情況，實施適合的半導體人才培育機制。

九州半導體人才育成等聯盟	東北半導體電子設計研究會	中國地區半導體相關產業振興協議會
(產) SONY、JASM等企業	(產) 鎧俠岩手等企業	(產) 美光科技等企業
(學) 九州大學、熊本大學、佐世保工業高等專門學校等教育機構	(學) 東北大學、一關工業高等專門學校等教育機構	(學) 廣島大學、岡山大學、吳工業高等專門學校等教育機構
(官) 九州經濟產業局、熊本縣廳等政府機關	(官) 東北經濟產業局、岩手縣廳等政府機關	(官) 中國經濟產業局、廣島縣廳等政府機關
中部地區半導體人才育成等連絡協議會	北海道半導體人才育成等推進協議會	關東半導體人才育成連絡會議
(產) 鎧俠等企業	(產) Rapidus等企業	(產) 瑞薩電子等企業
(學) 名古屋大學、岐阜工業高等專門學校等教育機構	(學) 北海道大學、旭川工業高等專門學校等教育機構	(學) 茨城大學、長岡工業高等專門學校等教育機構
(官) 中部經濟產業局、三重縣廳等政府機關	(官) 北海道經濟產業局、北海道廳等政府機關	(官) 關東經濟產業局、茨城縣廳等政府機關

資料來源：經濟產業省（2023）。半導体・デジタル産業戦略の現状と今後。

圖 1-2 日本各地區的半導體人才培育計畫

(4) 日本的綠色轉型基本方針

內閣府於 2022 年底制定綠色轉型（Green Transformation, GX）基本方針草案，以實現 2030 年減少 46% 溫室氣體排放、2050 年達到淨零排放的目標，涵蓋能源轉型、碳定價機制、社會公正轉型及國際合作等多個面向。為確保能源供應的可持續性，日本將推動多元化能源策略與儲能產業的發展（內閣官房，2023）。同時，研究激勵型碳定價機制鼓勵企業及早參與減碳行動，並致力使社會各階層平等參與脫碳經濟。此外，日本積極深化國際合作，共同建立綠色產品評估標準。隨著綠色轉型的加速，日本正積極培訓大學人才與勞工，以滿足低碳產業對新興技能的需求。

(四) 澳洲

澳洲坐擁豐富的鋰礦產，且是全球最大的鋰生產國。鋰為製造電池的關鍵原料，隨著全球對電動車與儲能裝置需求的快速增加，澳洲的鋰礦資源將成為新能源產業的重要支柱。此外，澳洲豐富的鈷和稀土資源，也使其在綠色能源供應鏈中占據重要位置。

1. 澳大利亞未來製造計畫

展望未來，隨著淨零碳排潮流，全球對關鍵礦產需求將增加約 350%，因此澳洲政府推動「澳大利亞未來製造計畫 (Future Made in Australia)」強化潔淨能源的生產技術，來掌握能源轉型的發展契機 (The Treasury - Australian Government, 2024)。澳洲政府計畫在 2030 年之前，投入超過 650 億澳幣於再生能源領域，目標是將再生能源發電占電力供應比例達到 82%。其中，澳洲政府撥出 2,770 萬澳幣預算用於將電池、太陽能等能源整合至電網，藉此降低能源成本，並增加能源供應的穩定性。

幅員遼闊的澳洲，有著豐富的太陽能資源，而氫能與海上風能也具備開發潛力，未來將成為再生能源供應的重要項目。這些積極的政策措施不僅有助於實現碳中和目標，還將創造新的就業機會，促進經濟成長。

2. 支持淨零就業

澳洲在推動淨零轉型的同時，積極發展前瞻科技並加強人才培育，確保勞動力能夠應對轉型帶來的挑戰與機遇。隨著澳洲致力於在 2050 年達成淨零排放，淨零經濟署 (Net Zero Economy Agency) 於 2023 年 7 月正式成立，未來五年內將投資 3.991 億澳幣 (約新臺幣 83 億元)，幫助勞工、區域及社區順利過渡到淨零經濟體系。

澳洲政府計畫從 2024-25 年起的四年內，撥款近 2.1 億澳幣 (每年 5,330 萬澳幣)，另設立新的專責部門「淨零經濟管理局 (Net Zero Economy Authority)」，統籌政策協調工作，促進各區域創造更多淨零相關的就業機會。該機構將實施能源產業就業計畫 (The Energy Industry Jobs Plan)，以支持受到燃煤與燃氣發電廠關閉影響的勞工，幫助他們順利轉職。該計畫涵蓋重新培訓、職業規劃與財務建議，確保勞工能夠順應淨零轉型的浪潮，並在綠色能源領域中找到新的發展機會 (Queensland Government, 2023)。

二、臺灣科技發展政策與人才培育現況

(一) 科技發展政策

1. 2023 年科技顧問會議

行政院於 2023 年重啟科技顧問制度，聚焦未來對經濟、社會及產業具廣泛影響的議題，從國家戰略的高度提供科技發展布局的建議，規劃臺灣未來重要的科技方針。

2023 年的科技顧問會議將「半導體×AI」列為重點議題，其中，人才培育被視為臺灣在此領域取得領先地位的關鍵因素。會議聚焦於如何基於我國在半導體

領域的優勢，加速 AI 應用技術發展，尤其是生成式 AI，以期將臺灣打造成全球科技創新的典範。

首先，本次會議強調國際攬才的重要性。隨著全球對於半導體及 AI 技術需求的日益增加，臺灣應建置完善的海外人資串接平臺，擴大就業金卡（結合長期簽證與工作許可的證件）服務量能，積極辦理國際招募攬才團，吸引全球頂尖人才來臺。同時，推動國際生來臺計畫，培育具國際觀的本地人才。透過上述措施，可更有效率地引進海外優秀人才，加速臺灣在半導體與 AI 領域的發展，強化國際競爭力。

在國內人才培育方面，應透過 AI 研習與教案開發，加強高等教育機構在 AI 研究與教學方面的能力。鼓勵大學院校藉由「高教深耕計畫」，推動 AI 在學術界的研究與應用，同時推廣 AI 實作課程，促進跨領域合作，培養具備實務能力的 AI 人才。為因應半導體產業發展需求，加速設置半導體學院及升級相關設備，為未來的產業需求儲備技術人力。

2. 科學技術白皮書（民國 112 年至 115 年）

根據《科學技術基本法》規定，政府需每二年提出科技發展的遠景、策略及現況說明。科學技術白皮書即是在全國科學技術會議的基礎上，對我國科技發展的遠景和策略做了深入探討，特別針對人才培育和流動提出具體的方針。本研究將探討民國 112 年至 115 年的科學技術白皮書中與人才有關的策略（國家科學及技術委員會，2023），重點涵蓋社會、科研、環境、經濟、政治及戰略等五大面向。

(1) 普惠公平社會面向

普惠公平社會主要強調社會的包容性與公平性，科技發展應顧及不同族群及性別的需求。在人才策略方面，強調推動性別平權，打造對女性友善的生涯環境，透過法規制度使不同性別的工作待遇平等化，鼓勵女性研究人員投入科研等獎補助措施。此舉不僅能增加女性科學人才的比重，也能提升我國科技發展競爭力。

此外，針對全球淨零轉型的趨勢，應建立完善的綠色工業技職培訓制度，藉由開放多元的學習和技能訓練管道，幫助脆弱族群有更多參與淨零產業的機會，確保他們不會被低碳轉型所邊緣化。同時，為縮短教育落差與培養自主學習人才，可運用普及化數位學習，建構全齡自主學習環境。鼓勵企業共同承擔人才培育責任，推動彈性安全勞動市場，鼓勵退休人力回饋指導，延續人才專業價值，促進人才與產業雙向成長。最後，調整相關法規並整合各部會人才資料，建立健全的攬才與留才機制，發展海內外人才雙向流動循環。

(2) 前瞻跨域科研面向

在科技日新月異的環境下，國家需有前瞻策略來應對半導體、量子電腦、衛星通訊等領域的人才需求。首先，成立國際級半導體開發與應用增值中心，讓我國材料與設備廠搭配次世代半導體的發展投入研發，並透過科研合作邀請國際大廠共同參與，吸引國際人才，提高我國在半導體技術上的自主性與國際影響力。此外，發展量子電腦零組件及關鍵設備，吸引國際量子人才來臺合作，進一步提升研發能量。

在衛星通訊與次世代通訊領域，除了藉由大型星系計畫及學研單位訓練等方式，厚植科研實力以充實我國衛星與次世代通訊領域發展所需人才庫，亦辦理太空中心「太空學苑」培育人才，支持產業人士在職進修。大學院校也應增設太空相關學程，確保基礎與高階人才的供應。

(3) 韌性創新經濟面向

臺灣要發展韌性創新經濟，必須加速新興科技產業的發展與轉型。未來應擴大國際交流，強化新技術的研究、原型打造及測試，協助新興科技產業制定國際標準，將臺灣打造成亞洲新興科技產品檢測的重要基地，吸引國際研發人才來臺。另外，可透過科學園區及政府政策，促進園區內外技術與人才的互動，提升臺灣在國際科技體系中的地位。

在綠色產業方面，政府將加強各級教育體系和職業訓練，提供綠色人才培訓及國際認證，並開設應急培訓班以滿足短期需求。中長期目標是鼓勵大學設立綠色產業相關學程，並推動在職進修計畫，確保人力供應的充足性，避免未來的結構性失業風險。未來則將打造區域型綠色產業的國際人才培訓基地，結合我國在綠能科技的經驗與優勢，支援新興國家進行綠色經濟轉型，發展成為亞洲離岸風電人才訓練中心、東南亞光電整合應用訓練中心等國際性的產業人才訓練基地，推動區域綠色經濟的長遠發展。

(4) 循環零碳環境面向

為了實現零碳經濟的目標，應持續開發有利於材料有效循環之重點科技，如原料替代技術、材料生命週期管理、碳捕獲與儲存及再利用（Carbon Capture Usage and Storage, CCUS）等，推動科學園區實驗教育，鼓勵業界投資高教機構，強化人才與產業連結。

人才發展策略應專注於培育具永續發展及關鍵能資源管理能力的人才，推動關鍵礦物供應來源多元化，並強化儲備與加工技術。借鑒美國能源部的經驗，發展關鍵礦物的新一代萃取、分離與加工等技術（Sharon Burke, 2023）。此外，應培育我國在永續發展及氣候變遷調適方面的學研人才，推動低碳生活與淨零永續意識的普及，促進臺灣的長期韌性發展。

(5) 民主科技體制下的人才培育策略

在當前資源有限的情況下，我國應聚焦發展具優勢及戰略價值的關鍵科技，並透過公私部門合作，培育具備實務能力的跨領域人才。為強化國家競爭力，亦應積極促進與友盟國家的雙邊合作，針對我國擁有而他國欠缺的關鍵科技，創造外國專業人才來臺的誘因，強化國際鏈結與合作。

再者，政府應建立統合協調機制，以跨部會平台整合產官學研資源，集中投入於航太、資通等具有發展潛力的領域。此舉有助於跨領域人才培育，推動學術與產業的緊密連結，培育兼具創新思維與實務能力的高階人才。

結合國際視野與在地需求，臺灣應透過公私合作與國際交流等多元策略，培養契合未來產業需求的人才，得以強化臺灣在全球科技領域的競爭力。

3. 國家科技發展計畫（民國 110 年至 113 年）

同樣根據《科學技術基本法》的規定，政府應考量國家發展方向、社會需求情形及區域均衡發展，每四年訂定國家科學技術發展計畫，作為擬訂科學技術政策與推動科學技術研究發展之依據。至於最新一期的國家科學技術發展計畫（民國 110 年至 113 年），也有相應的人才發展策略（國家科學及技術委員會，2021），茲分述如下：

(1) 精進育才環境，創造競才優勢

精進人才培育的首要之務是建立靈活且具國際競爭力的教育體系。首先，應強化跨域人才的培育彈性，鼓勵大學與企業合作，並鬆綁產學研人才的聘用制度（如薪資結構），以提升高學歷人才的就業與留才誘因。推動重點領域的產學合作，打造支持女性科研人才的職場環境，將有助於增進整體人力素質。

高等教育的轉型則需擴大學生獎勵機制，推動國際化發展，並加強科研資源與人才交流。此外，應進一步完善外籍人才引進法規，營造友善的留才環境，以增加外籍專業人士的來臺意願。人才培育也與產業需求相結合，透過產學合作培育契合職能的專業人才，並設立區域技職培育基地，推動數位技術專業訓練，改善婦女再就業環境。

針對國家重點領域，應儲備數位經濟、半導體及生醫等領域的跨域創新人才，同時推動產學合作、實習機會及跨域創新課程，以培育具國際視野的創新人才，支撐臺灣科技與產業的長遠發展。

(2) 完善科研體系，布局前瞻科技

科研體系在布局前瞻科技時，需要充足的人才支持，關鍵在於有效利用資源以針對戰略領域進行布局並深化產學研合作。首先，應加強跨部會協作，提升科

研能力及人才培育，尤其是集中資源於戰略型科研領域。其次，應推動高階研發創新，協助大學技術移轉，以實現 5+2 產業創新及區域重點產業的應用。強化產學研合作，鼓勵科技跨界創新，同時鬆綁科研新創技轉相關法規，並放寬學界教師在外國新創公司中的任職與持股限制。此外，應推動科研產業化樞紐，整合區域內產學創新能量，鏈結產學研，提升臺灣在前瞻科技領域的影響力。

(3) 共創經濟動能，營造創新沃土

臺灣亟需提升離岸風電領域的競爭力，因此將建立專門的水下基礎製造基地，發展本土水下基礎製造能力。同時，設立離岸風電人才培訓基地，打造亞太地區全方位的離岸風電人才中心。此舉有利於推動亞太綠能中心的建設，促進離岸風電海洋科技產業的創新，發展為亞太地區的離岸風電產業樞紐。

為活絡新創經濟，應專注於潛力科技新創的育成，完善業師輔導機制，協助學研團隊的成長，增進科技新創的競爭力。強化資源鏈結，發展國際創業聚落，建立國際相互落地機制。透過資源整合和國際合作，促進新創企業的茁壯成長，創造充滿活力與創新的經濟環境，使臺灣在全球科技和經濟領域有更強競爭力。

(4) 升級智慧生活，實現安心社會

實現智慧生活，成就安心家園，是人民所期盼的願景。因此應專注於健康與照護、資通安全以及安居家園三大領域。在健康與照護方面，首重建立全面防疫政策，通過中央與地方的協作，培訓精準防疫的疫調人才，與流行病學人才，並加強食品科技防護網絡，推動公私合作與虛實整合，開創安全的新農業。其次，對於資通安全，需要打造堅韌安全的智慧國家，吸納全球高階資安人才並培植自主創研能量，同時健全智慧安全環境，提升民間防護能量。最後，為建設安居家園，應完善災害預警系統，提高對氣候變遷的韌性與科研服務能力，建構綠色化學安居環境以強化化學物質管理，並利用科技提升司法效能，從培養各專門領域人才著手，強化偵查鑑識專業能量，以因應治安工作之挑戰。

4. 全國科技會議

依循《科學技術基本法》的規定，行政院每四年召開一次全國科學技術會議，以訂定未來科技政策與國家科技發展方向。人才是國家及產業進步的根基，面對少子化趨勢及全球競爭日趨激烈的現實，我國需發展長遠策略，培育具有創新能力、跨領域專業知識，且能應對全球化挑戰的人才，以確保國家未來持續保持競爭力。因此，人才議題將會是第 12 次全國科學技術會議的探討重點，而教育品質的精進與國際化、跨領域人才的培育、強化國際交流等三大方向，應是政府各部會高度關注的重點。

(1) 精進教育品質與國際化

前瞻人才布局的首要重點在於提振高等教育的品質，並推動教育國際化。若要培養能夠引領未來發展的高素質人才，應協助大學朝向國際一流水準邁進，強化其國際影響力。另外在教學上，應營造雙語化學習環境，讓學生具備國際視野與溝通能力。

我國的大學應加強與全球頂尖學府的合作，吸引優秀的國際學生及研究人才來臺，促進人才雙向交流。透過推動國際研究項目、雙聯學位及交換計畫，不僅鼓勵本地學生參與國際交流，也能讓臺灣學生再至海外積累經驗。此外，邀請國際頂尖學者來訪，將有助於知識的流動與共享，深化學校的國際化發展。

(2) 跨領域人才培育

隨著科技的快速發展與產業的轉型，對跨領域人才的需求日益增加。我國的前瞻人才培育策略強調跨領域學術與實務並重，尤其是將人文社會科學與新興科技相結合，以培養兼具技術專業與人文關懷的全方位人才。隨著人工智慧、物聯網、精準醫療等科技迅速重塑全球產業結構，學生必須突破傳統的學科藩籬，整合跨領域的知識與技能，才能應對未來的複雜挑戰。

在這樣的背景下，除了掌握技術專業外，亦需具備創新思維、解決問題及社會洞察等跨領域素養。透過 PBL 與跨學科融合，學生得以在實踐中深化所學，將人文價值與科技應用有效結合，進而成為具備多元能力的專業人才，為臺灣未來產業發展打造深厚的人才基礎。

(3) 強化國際交流

科技外交與國際合作，為我國在全球競爭中取得優勢的重要策略之一。臺灣需要建立有利於國際合作的人才培養環境，透過科技外交促進人才雙向流動，除了吸引國際優秀人才來臺進行研究或工作，也鼓勵臺灣的科研人才前往海外交流，累積國際經驗。這種人才流動不僅可以增加臺灣的全球影響力，也能促進科技創新和經濟發展。

強化國際科技合作，能幫助臺灣在全球產業鏈中扮演不可或缺的角色。藉由積極參與國際產學研合作計畫，臺灣有機會掌握前沿技術，提升自身科技實力。前瞻人才布局應積極推動與友盟國家的合作，特別是與特定科技發展領先的國家緊密聯繫，共同開發符合未來需求的技術方案。

(二) 人才培育現況及挑戰

由上述可知，隨著全球永續趨勢及數位科技發展，政府如何培育科研人才已成為國際間關注的重點議題，尤其科研人才在科技發展中占有相當重要的地位，透過持續性的研究與創新以帶動國家競爭力。對於我國而言，科技人才的存量是最大的挑戰，根據國家發展委員會的報告指出，隨著 AI 等新興技術發展，帶動

產業數位轉型，未來對於 STEM 相關專業人才的需求預期將持續增加，而此亦為我國面臨的挑戰（國家發展委員會，2023）。也因此，政府近年來規劃了相關的人才培育方案，例如 2021 年 5 月通過的《國家重點領域產學合作及人才培育創新條例》，由企業與政府共同出資成立半導體研究學院鼓勵產學合作，由產官學共同培育人才。而歐盟亦針對氣候快速變遷與數位轉型等後疫情時期需求，公布「歐洲技能議程」（European Skills Agenda），並提出 12 項促進技能升級方案，其中涵蓋支持綠色與數位轉型，以及增加 STEM 畢業生並培養創業與橫向（transversal）技能（European Commission，2020）。

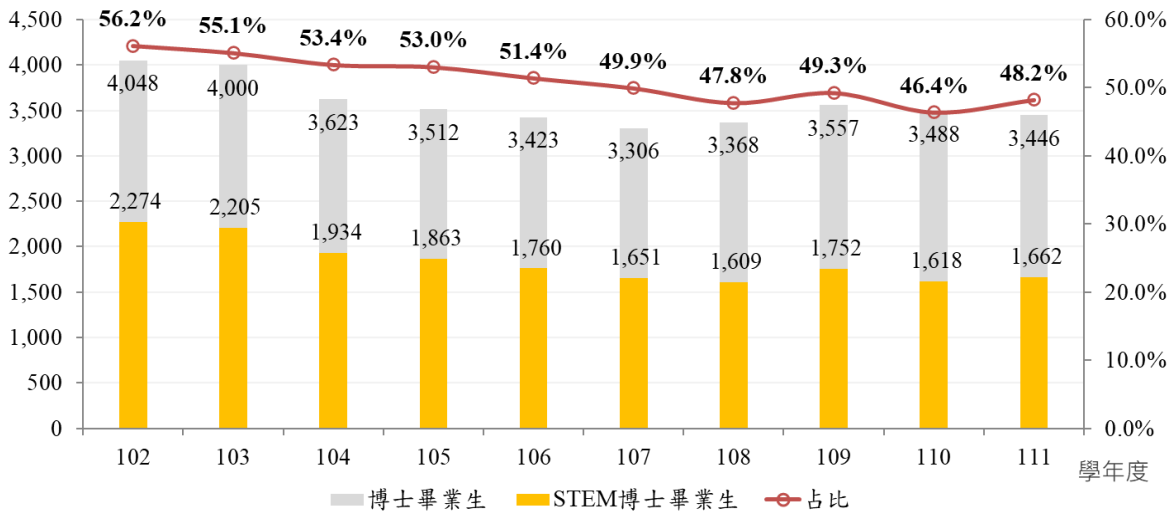
有鑑於此，為因應全球前瞻科技發展之趨勢與我國人才培育面臨的挑戰，本研究認為瞭解我國人才培育現況並進行國際比較有其必要性。故以下進行進一步的分析，以瞭解當前標竿國家之人才布局與發展輪廓，提供政府或研發單位進行人才培育之參考。

1. 我國人才培育分布領域與挑戰

教育部為了使教育相關統計能在一致的比較基礎下，在第五次修正編訂之大專校院學科標準分類參照聯合國教科文組織（United Nations Education Scientific and Cultural Organization，UNESCO）之國際教育標準分類（International Standard Classification of Education，ISCED）—教育培訓學科 2013（ISCED-F 2013），分為 11 個領域（蘇婉芬，2018）。ISCED 為 UNESCO 所制訂推行，其目的在於提供一個可實施的國際性教育統計與教育指標，而過去研究亦以此分類系統進行各國人才培育的現況與比較（OECD，2024a）。廣泛的 ISCED-F 領域包括教育（education）、藝術及人文（arts and humanities）、社會科學、新聞及圖書資訊（social sciences, journalism and information）、商業、管理及法律（business, administration and law）、自然科學、數學及統計（natural sciences, mathematics and statistics）、資訊通訊科技（information and communication technologies）、工程、製造及營建（engineering, manufacturing and construction）、農業、林業、漁業及獸醫（agriculture, forestry, fisheries and veterinary）、醫藥衛生及社會福利（health and welfare）、服務（service）及其他（others）。而 STEM 領域是指「自然科學、數學及統計」，「資訊通訊科技」，「工程、製造及營建」等廣泛領域的集合（OECD，2024a）。

由於本研究的分析層次主要以國家為主，過於細目的學門、學類、細學類等分類號並不在本研究分析之列，且 OECD 在 2024 年所公布最新版本的教育概覽統計（Education at a Glance）亦以領域為對應系統（OECD，2024a），故本研究將沿用 OECD 的分類架構進行人才培育分布領域分析。依據教育部最新的統計資料指出，近十年來我國 STEM 領域博士畢業人數占總博士畢業生比例，由 56.2%降

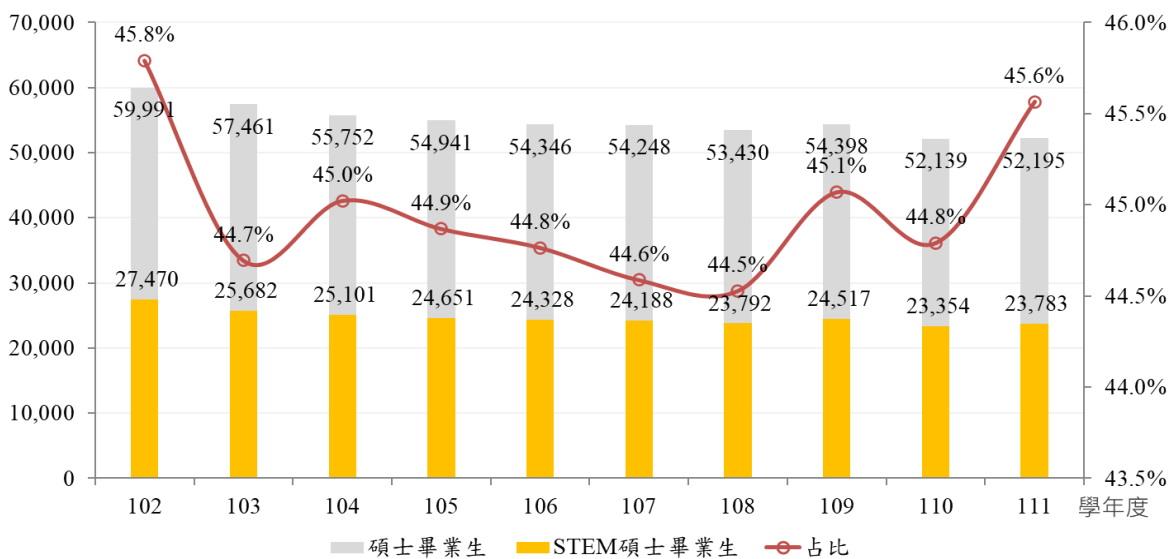
至 48.2%，人數由 2,274 降至 1,662 名，高階 STEM 畢業生源大致呈現下降趨勢（參見圖 1-3）。



資料來源：教育部統計處（2024）；本研究繪製。

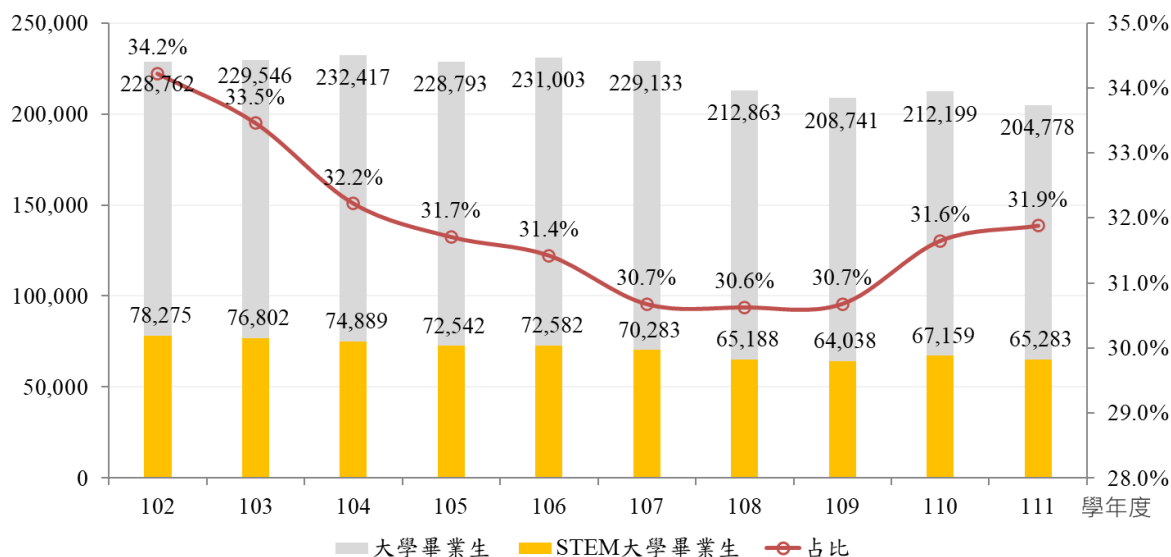
圖 1-3 近十年我國 STEM 領域博士畢業生比例

對於前瞻科技發展而言，高階的博士生人才往往是專業和研究深奧科學的入門磚，可說是科學創新的關鍵推動角色（Khelifi, 2023）。然而，由圖 1-3 可知，STEM 博士畢業生呈現減少趨勢，此現象恐肇致高階科技人才斷層危機，不利提升我國科技未來研發能量。此外，碩士班（圖 1-4）近十年來 STEM 畢業生源比例上沒有太多變化，約占 4 成 5 左右。而學士班（圖 1-5）現狀為 STEM 背景的大學生畢業生占比無太多變化，約占 3 成左右，但人數呈現下降趨勢。



資料來源：教育部統計處（2024）；本研究繪製。

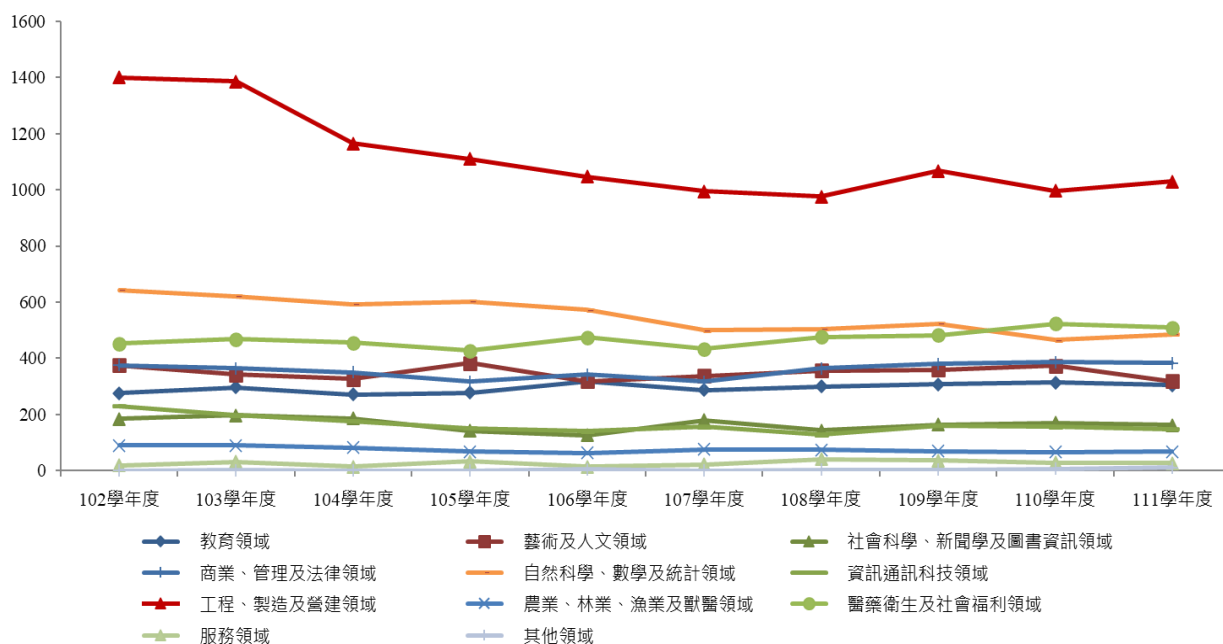
圖 1-4 近十年我國 STEM 領域碩士畢業生比例



資料來源：教育部統計處（2024）；本研究繪製。

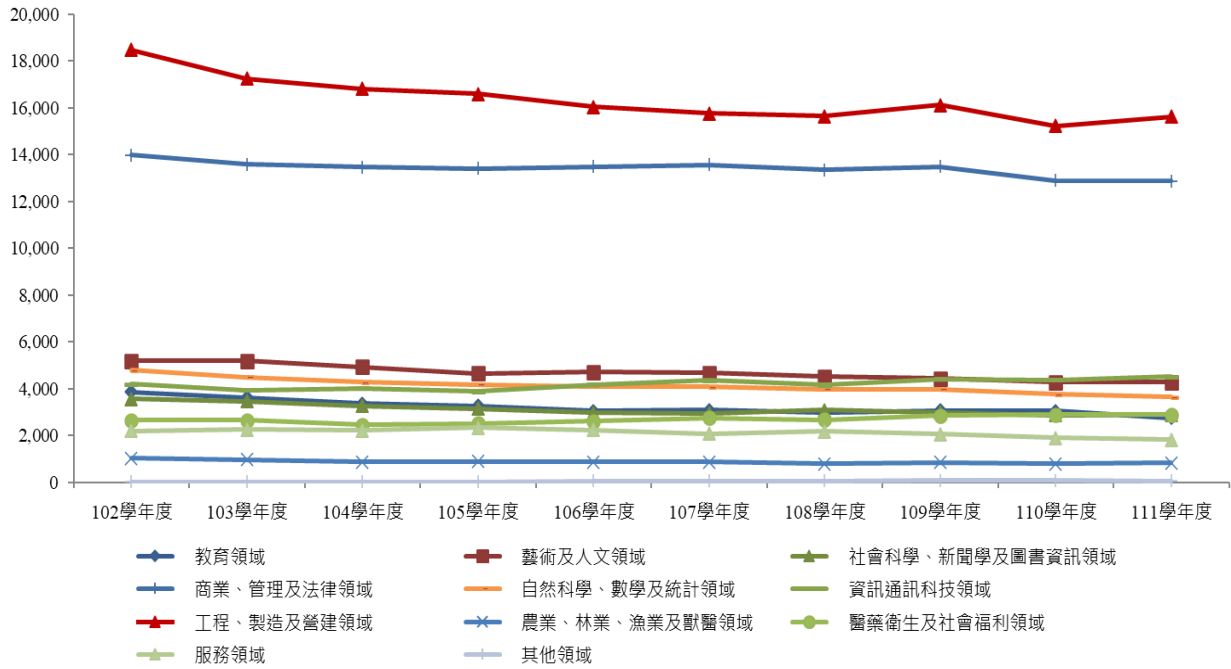
圖 1-5 近十年我國 STEM 領域學士畢業生比例

若進一步細分領域來看各領域博士畢業生歷年變化趨勢(圖 1-6)，我國工程、製造及營建領域博士畢業生人數有較為明顯的下降趨勢，而碩士生(圖 1-7)的工程、製造及營建領域畢業生人數呈現略為下降趨勢。最後大學生(圖 1-8)在工程、製造及營建領域的畢業生人數亦為下降趨勢。由上述可知，無論在博士、碩士或大學方面，其在工程、製造及營建領域畢業生人數皆呈現下降趨勢，且以博士的部分最為明顯。



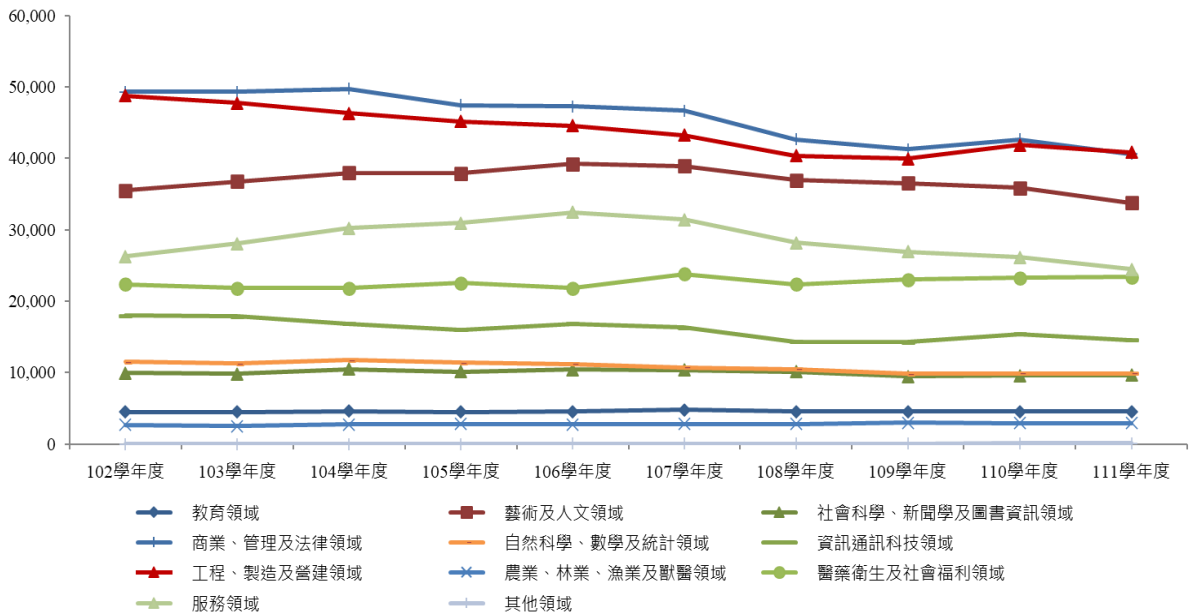
資料來源：教育部統計處（2024）；本研究繪製。

圖 1-6 近十年各領域博士畢業生歷年變化趨勢



資料來源：教育部統計處（2024）；本研究繪製。

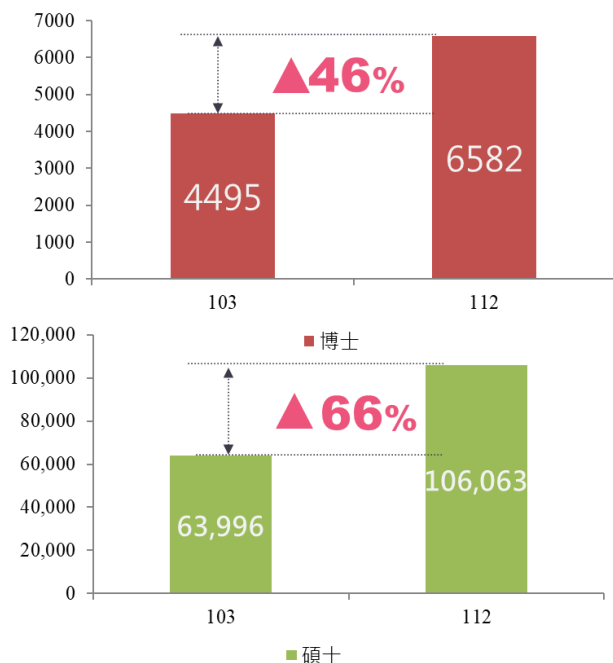
圖 1-7 近十年各領域碩士畢業生歷年變化趨勢



資料來源：教育部統計處（2024）；本研究繪製。

圖 1-8 近十年各領域學士畢業生歷年變化趨勢

本研究透過大專院校所培育的畢業生人數觀查人才培育的供給變化，而在人才需求上，則透過科學園區從業人員教育程度的變化來看科技產業對高階人才的需求情況，結果如圖 1-9 所示。

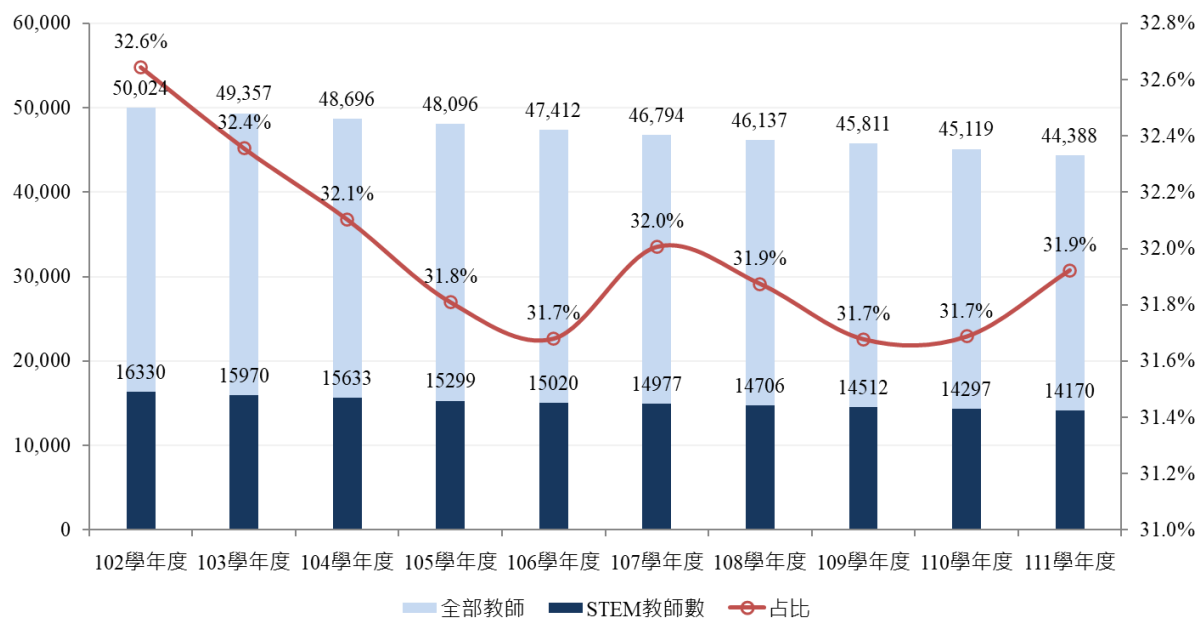


資料來源：國科會（2024）；本研究繪製。

圖 1-9 近十年科學園區從業人員教育程度變化

由圖 1-9 可知，近年科技產業對高階人才需求大幅增加，在博士學歷上增幅為 46%，碩士學歷則是 66%。由此數據推估，未來數年間我國因為高科技產業的發展，以及研發工作量能之提升，對於高階科技人才的需求將持續增加，因此高階科技人才供需問題仍為我國產業發展值得關注的議題之一。

而在高階科技人才的培育上，提供足量的 STEM 領域大學教師為開展教育工作的必備條件之一，其近年的師資數量變化如圖 1-10 所示，由此資料可知，近年來在高教體系上，我國 STEM 教師人數呈現逐年減少，且比例亦有逐年下降的趨勢。

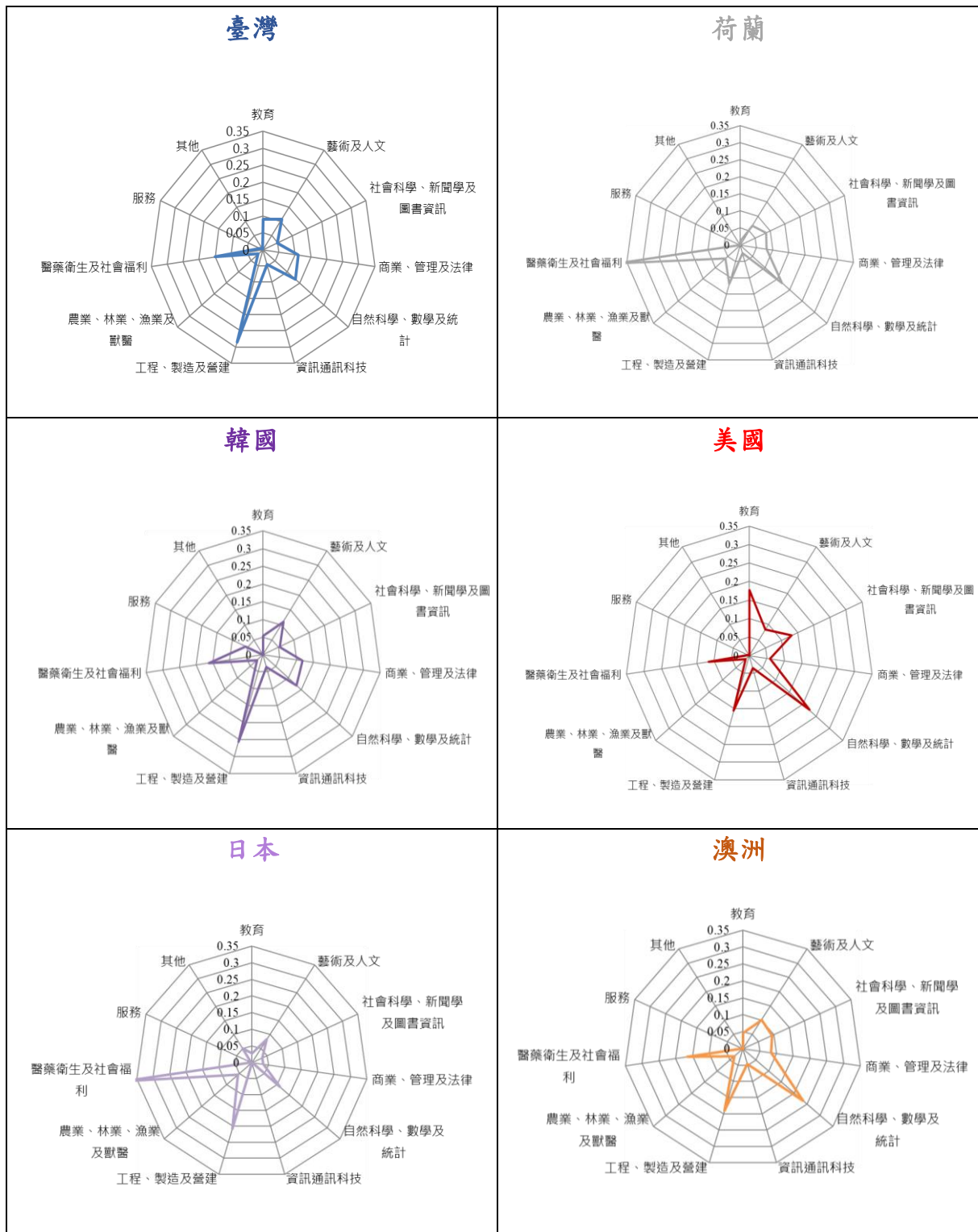


資料來源：教育部統計處（2024）；本研究繪製。

圖 1-10 近十年我國 STEM 領域師資變化

2. 國際比較

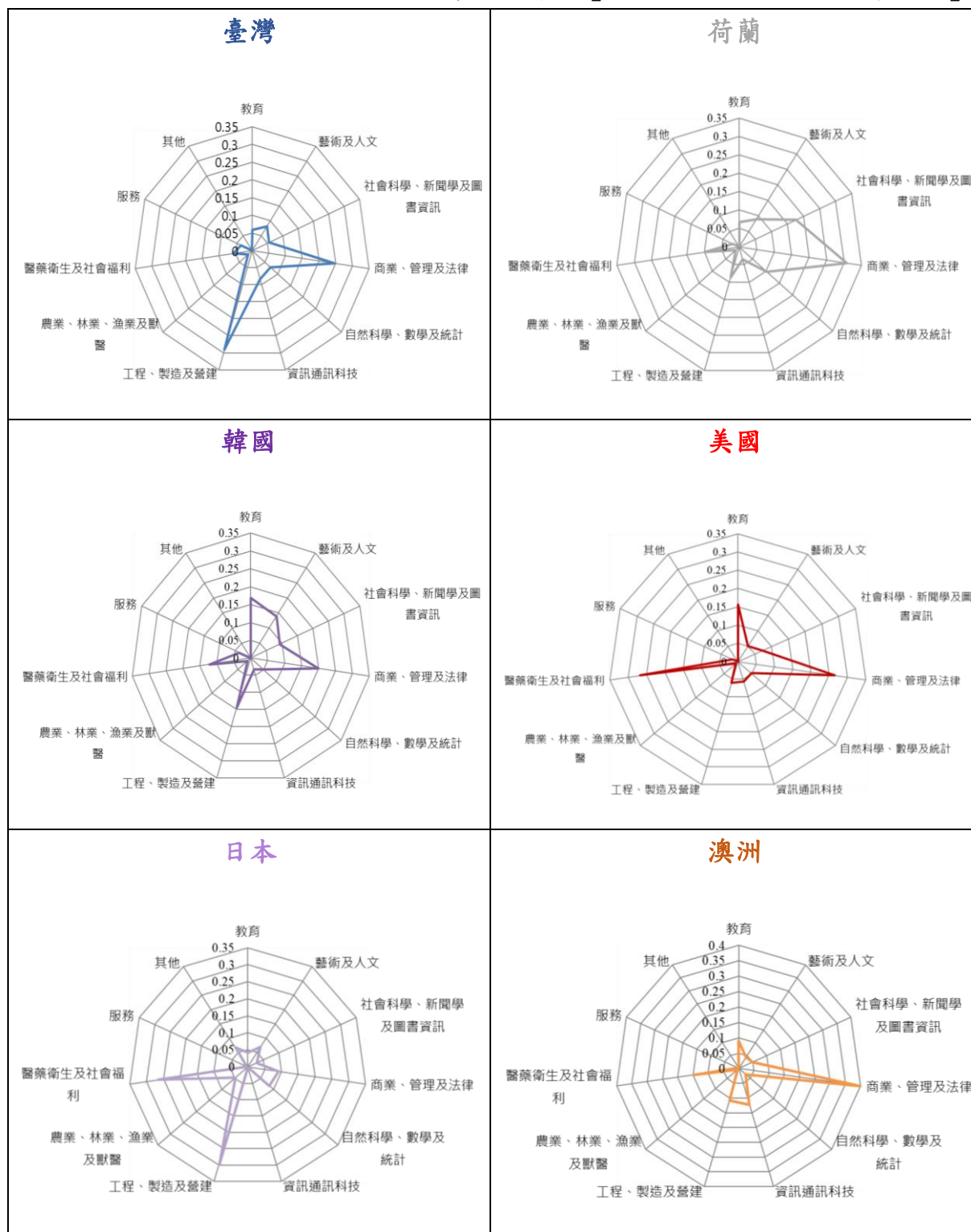
為有效瞭解我國科技人才培育發展方向，本研究進一步與標竿國家比較，以人才培育組合分析來探討我國與各國人才培育發展方向之差異。圖 1-11 為我國與標竿國家博士畢業生人才培育分布領域比例，由該圖可知與我國人才分布組合最接近者為韓國，均以「工程、製造及營建」占比最大，「醫藥衛生及社會福利」次之，「自然科學、數學及統計」、「商業、管理及法律」和「藝術及人文」等領域人數亦多。顯示在人才專精領域組合上，韓國與我國的發展最為類似，也可說在人才培育上彼此是擁有相同或相似的競爭策略所聚合的群組。



資料來源：OECD (2024b)、教育部統計處 (2024)；本研究繪製。

圖 1-11 各國培育博士人才分布領域比例

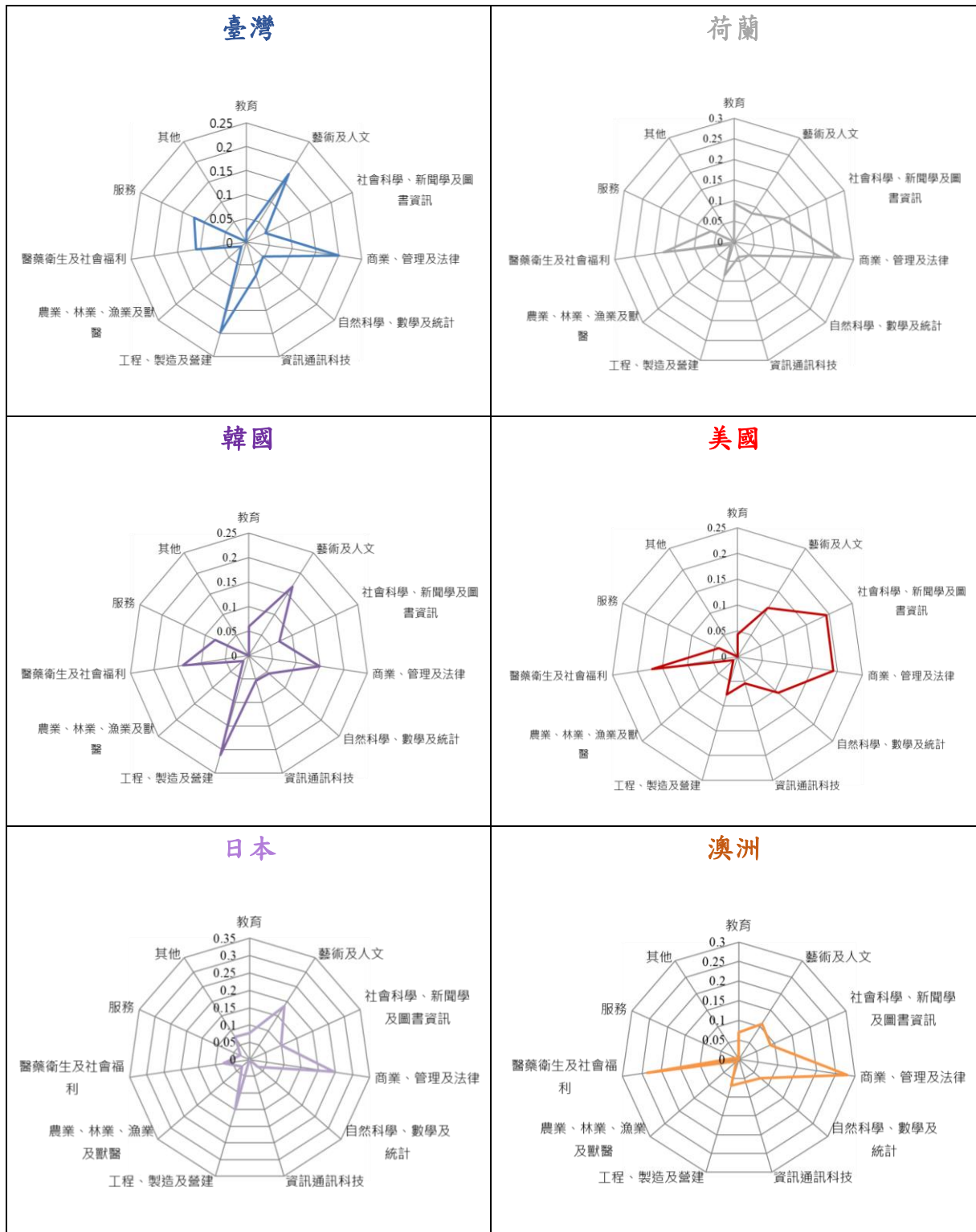
而在碩士生的情況如圖 1-12 所示。各國人才分布組合樣態不一，例如，我國以「工程、製造及營建」和「商業、管理及法律」占比較高；荷蘭與澳洲則以「商業、管理及法律」為主；美國在「商業、管理及法律」及「醫藥衛生及社會福利」領域較高；而日本則突出於「工程、製造及營建」以及「醫藥衛生及社會福利」。



資料來源：OECD (2024b)、教育部統計處 (2024)；本研究繪製。

圖 1-12 各國培育碩士人才分布領域比例

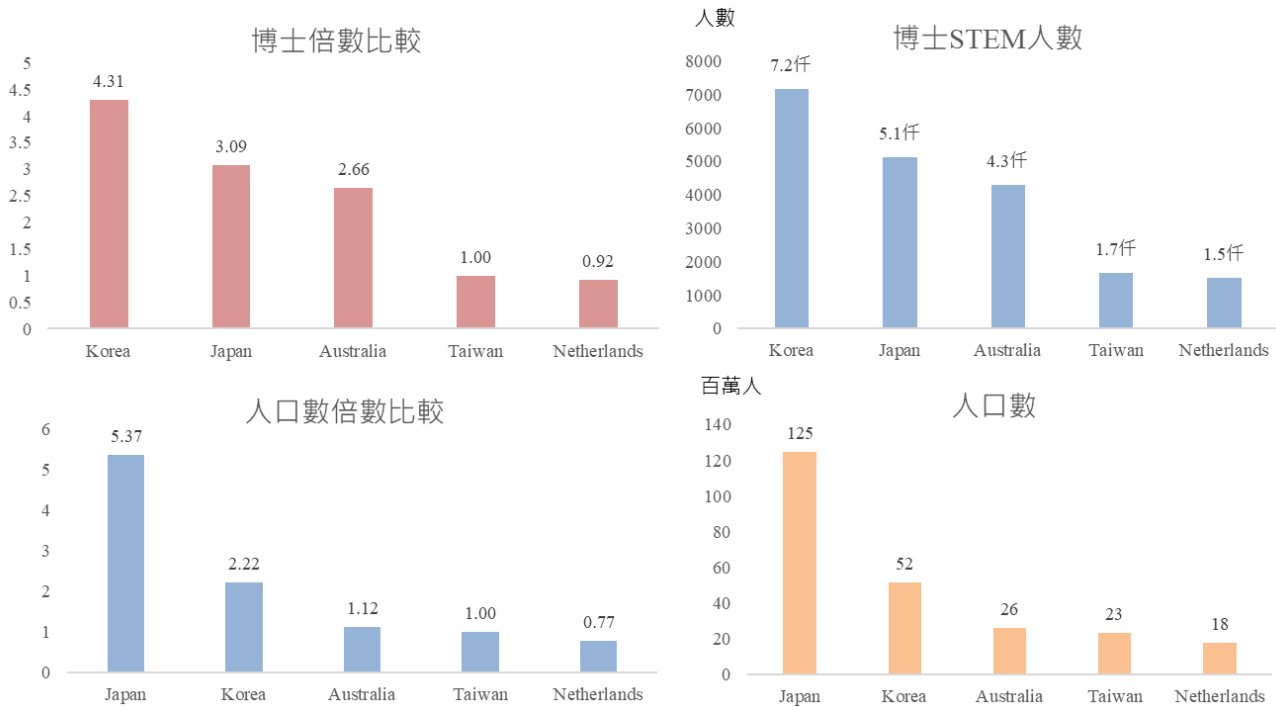
最後，在大學生的情況如圖 1-13 所示。韓國與我國的人才組合樣態亦類似，而荷蘭與澳洲則在商業、管理及法律占比較高。



資料來源：OECD (2024b)、教育部統計處 (2024)；本研究繪製。

圖 1-13 各國培育學士人才分布領域比例

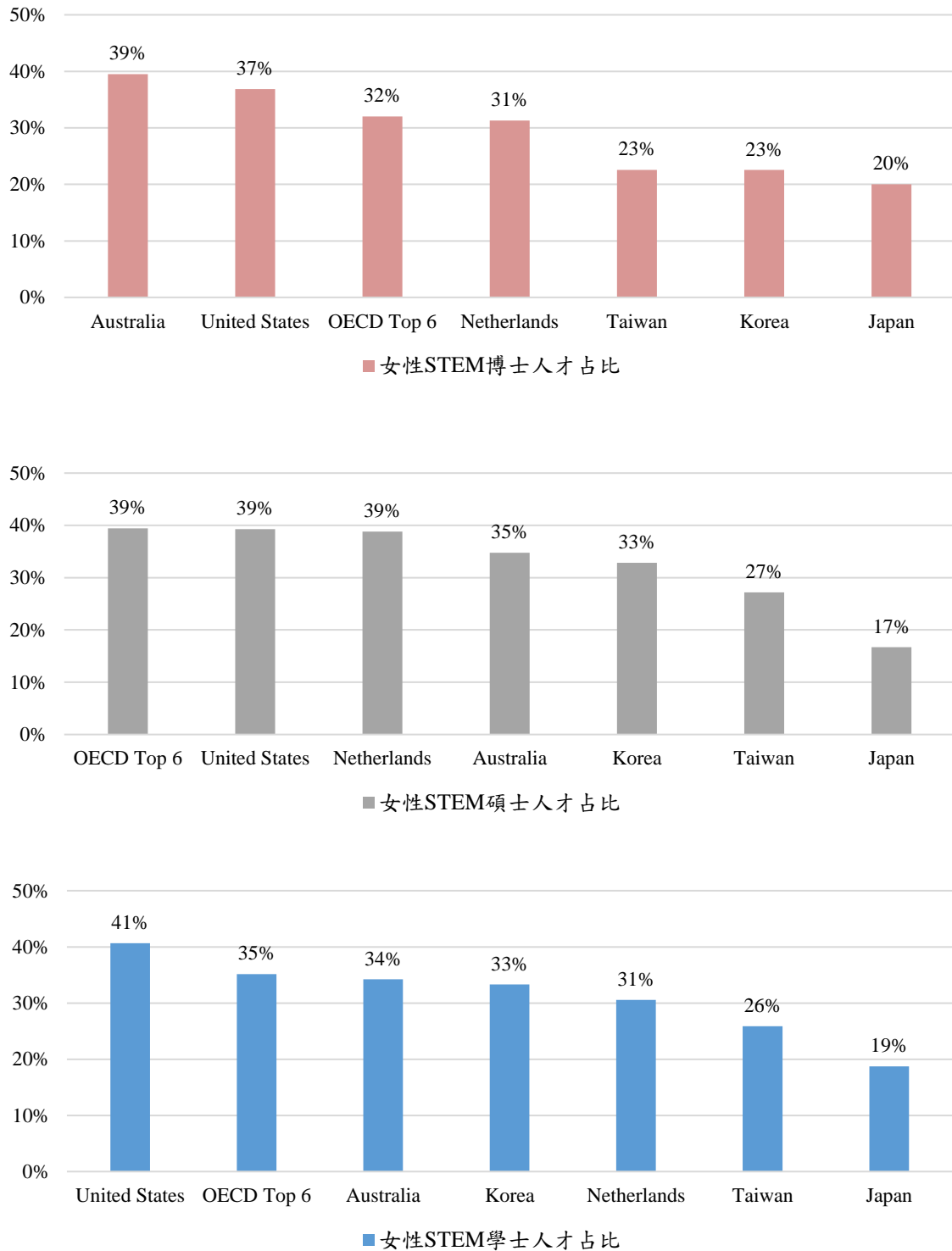
由上述可知，韓國與我國的人才培育分布組合最為類似，尤其是在博士生的部分，其分布樣態相似。本研究進一步分析考慮人口規模後，分析我國與其他各國在 STEM 博士生培育情況如圖 1-14 所示，其中倍數比較為他國與我國在博士畢業生數與人口數的比較，若比值為 2，表示他國相較於我國多兩倍。以人口規模而言，韓國人口約為我國二倍，但其 STEM 博士畢業人數卻是我國的四倍，而因應近年來我國科技產業的蓬勃發展，且要維持競爭力，未來在就業市場上，對於高階 STEM 相關專業研發人才將值得我國政府進一步關注。



資料來源：OECD (2024b)、教育部統計處 (2024)；本研究繪製。

圖 1-14 STEM 博士人才倍數比較

最後，由於近年來推動性別平等教育是世界各國努力的目標之一，且聯合國在 2030 永續發展議程上提出 17 項「永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，其中第五項核心目標即為「實現性別平等，增強所有女性權能」。因此本研究進一步觀測女性科技人才培育現況，以提供政府在制定人才培育政策上之參考，結果如圖 1-15 所示。



註：OECD Top6 為 OECD 國家 STEM 畢業學生數最多之前六名。博士階段的 OECD Top 6 包括 United States、United Kingdom、Germany、France、Korea、Japan；碩士階段的 OECD Top 6 包括 United States、France、Germany、United Kingdom、Italy、Japan；學士階段的 OECD Top 6 包括 United States、Mexico、Germany、Korea、United Kingdom、Turkey；百分比為該國女性 STEM 畢業生人數占該國 STEM 畢業生總人數的比例。

資料來源：OECD (2024b)、教育部統計處 (2024)；本研究繪製。

圖 1-15 STEM 女性科技人才比例

首先，在女性 STEM 博士人才培育方面，在標竿國家中女性 STEM 畢業生人數占總人數的比例以澳洲最高（約占 39%）、其次為美國（約占 37%），而日本所占比例最低（約占 20%）；在女性 STEM 碩士人才培育上，美國與荷蘭所占比例較高（約占 39%），較低者為日本（約占 17%）；在女性 STEM 學士人才則以美國所占比例最高（約占 41%），日本則較低（約占 19%）。整體而言，相較於其他國家，我國與日、韓兩國在女性 STEM 人才上的比例較低。

(三) 各部會相關人才培育政策

面對全球局勢瞬息萬變，科技人才已成為各國推動創新與經濟成長的核心動力，本研究邀集國家科學及技術委員會（簡稱國科會）、教育部、經濟部、勞動部相關政策之單位代表與議題研究團隊共同研討，彙整相關政策推動內容摘要如下（會議紀錄詳見附錄一）。

1. 鼓勵女性投入 STEM

國科會與教育部自 2021 年起，每年舉辦「尋找資安女婕思」競賽，以鼓勵高中職及大專院校的女學生組隊參賽，結合各自的專業領域展現創意與實力，已吸引超過一萬人次參與，期望藉此激發更多女性投身資訊安全產業，為未來培育更多元的人才。

考量高科技產業的快速變動與跨域技能需求，科學園區特別設計人才培訓課程，並積極推動女性參與，目標使女性學員比例達 30%，期能促進多元化與性別平等的產業發展環境。

行政院性別平等會亦積極與各部會合作，致力推動去除職業刻板印象的相關措施。以職業訓練為例，勞動部每年針對女性參訓比例偏低的職類，選定一項進行專項推廣，透過宣導與各類活動，鼓勵更多女性加入，以打破傳統觀念，提升女性在 STEM 領域的參與度與發展機會。

2. 高階人才培育

教育部的人才培育計畫兼顧量與質的平衡，自 108 學年起，透過外加名額方式擴增大學 STEM 相關科系的招生名額，涵蓋機械、AI、資安等熱門領域，同時依據經濟部的產業分析報告，動態調整各系所的招生名額，以確保教育資源與產業需求的有效銜接；在質的提升方面，透過高教深耕計畫加強大學的教學品質和學生的多元發展，鼓勵各大學依據特色與市場需求設計數位技術相關課程（如人工智慧、資料科學及資訊安全等），全面提升學生在數位領域的專業知識與技能。此外，積極推動教師運用 AI 工具創新教學模式，並支援非資訊領域教師參與跨域數位進修，以強化其數位素養與教學能力。同時，教育部每年爭取科技預算，

推動重要科技領域的人才培育計畫，涵蓋人文社科學生，強調數位技能與跨域整合能力的培養，進一步促進學生多元就業與發展。

教育部「博士生獎學金計畫」自 113 學年度起推動，由教育部每月補助 2 萬元，學校和企業共同補助 2 萬元，亦即受獎博士生每月獲得四萬元，113 學年度共核定補助 43 所大學共 1,246 名學生；「國科會博士生研究獎學金試辦方案」於 114 年度計畫獎勵 400 名博士生，提供每名受獎者每月四萬元獎學金，自博士班一年級起連續獎勵三年（兩個部會的獎學金不得重複領取）。期能吸引與支持優秀博士生專注學術研究，以提升國內博士生的培育品質，助力科技與學術研究的蓬勃發展。

另外，國科會推動重點產業高階人才培訓與就業計畫（Rebuild After PhDs' Industrial Skill and Expertise, RAISE 計畫）、產業高階人才培訓計畫（產博後計畫）等方案，初衷是解決「流浪博士」的問題。然而隨著少子化趨勢的加劇，國內博士人數逐漸不足，因此擴大納入外籍博士生，提升境外生留臺工作的機會。

3. 產業人才培育

國發會每年會針對重點產業（如 IC 設計、人工智慧應用服務、太陽光電等），進行未來三年人才供需調查及推估，透過企業訪談瞭解產業對科技人才的需求變化，而勞動部針對新興產業與前瞻技術，根據職務與職能資料的蒐集，擇定重要性高、影響力廣的職務制定訓練課程清單，提供相關職業訓練，以縮短技能落差，幫助勞動力迅速適應產業變遷。

國科會則致力推動前瞻科技研究，並轉化科研成果的落地商業化，例如，透過前瞻技術產學合作計畫（產學大聯盟）以「產業出題、學界解題」合作模式，擴大產學媒合規模；而產學技術聯盟合作計畫（產學小聯盟）則鼓勵學研機構與上中下游產業建構技術合作聯盟。為促進臺灣的南北均衡發展，還推出「智慧科技大南方產業生態系推動方案」，以「擴算力」、「鏈場域」、「引人才」、「展應用」等四大策略布局，結合實作場域與智慧科技的運用與開展，促成「AI 產業化、產業 AI 化」，以協助百工百業數位轉型。其中「引人才」部分，介接及槓桿南部地區 15 所技職校院之 5,400 位專業教師跨域發展，增強 16 萬學生之競爭力與就業動能。

此外，為配合政府六大核心戰略產業及 5+2 產業創新等政策，教育部推動「建置區域產業人才及技術培育基地計畫」，113 年已核定半導體、無人機、電動車、離岸風電等 18 座重點產業人才培育基地，協助學生銜接職場實務需求。這些基地不僅為學生提供專業訓練，部分企業的人員訓練也會借用基地資源；同時，其他政府單位與產學研單位亦投入經費與資源，強化學校與產業的連結，提升實務

能力。然而，從以往科技先導計畫的經驗來看，產學合作需讓業界逐步適應學生實習模式，提升企業的準備度，方能精進學生的實習成效。

勞動部「大專青年預聘計畫」旨在解決國內重點產業人才缺口及大專青年畢業前缺乏工作經驗的問題，針對本國籍大專校院畢業前一年的在校生（不含碩博士生）提供企業實習機會。參與企業需提供中階以上的訓練崗位，確保學員在訓練期間完成至少 320 小時的實務學習，並由資深員工擔任導師進行專業指導。然而，在實施過程中，一些學生對企業提供的實習內容興趣不高，反映出需進一步解決實習職缺與學生需求間的匹配挑戰。

經濟部則透過與公協會合作，邀請機械領域企業與大專校院共同推動客製化的產學合作模式，企業可根據需求提出專屬課程及專題實作訓練，並安排業界專家到校授課及提供實作場域。此外，更推動產業人才能力鑑定（Industry Professional Assessment System, iPAS），透過產業界與學術界合作逐步制定標準化的職能基準，以建立一套專業的人才能力評估機制，來應對國內重點產業的人才缺口，目前已經提供超過 40 項能力認證。近兩年在職培訓的推動重點為數位化與低碳化的雙軸轉型，隨著企業主、中高階主管及員工更瞭解低碳轉型的價值，公司就會更積極支持相關計畫。此經驗顯示，針對不同對象設計符合需求課程的重要性，故該模式將應用於未來的 AI 人才培訓課程，以提升企業及員工對新技術的接受度與支持。

三、小結

從各國科技政策來看，半導體、人工智慧、淨零科技等領域均為發展重點，培育前瞻科技人才已成為國際間關注的重點議題，例如美國白宮科技政策辦公室於 2024 年 2 月，針對關鍵和新興技術清單進行更新，而清單所列技術，皆涉及前瞻的基礎研究，其需要大量的關鍵技術人才，因此有效的人才培育策略，是美國在這些關鍵領域持續領先的重要因素。歐盟在綠色與數位雙轉型下更需要大量具備特定知識技能的人才，以實現產業轉型與永續發展。而與我國面積與人口規模相近的荷蘭，其 ASML 與恩荷芬理工大學在人才培育上長期合作，包括投入資金共同培訓博士生、提供實習機會與升級學校設備，透過緊密的產學合作為產業提供高素質人才，以鞏固荷蘭在全球半導體產業中的地位。

而在亞洲的先進國家，例如日本以全面性的政策推動強化半導體產業人才培育，透過多所大學及法人協力，共同培育半導體專業人才，且自 2016 年以來，作為「Society 5.0」倡議的一部分，政府持續加強資助提升 STEM 教育，近年來則更為重視女性在 STEM 領域的投入程度（WEF，2023）。韓國政府則與專家聯合審議，評選出 12 項國家戰略技術，其中人工智慧、半導體與淨零皆為該國之重點技術領域，並透過企業與大學簽約成立的學院，共同培育科技人才並保障畢業後在合作企業的工作機會。而位於南半球的澳洲，其擁有關鍵礦產儲量，例如鋰、

鈷和稀土等，這些礦產是實現低碳排技術所必需的。也因此，澳洲政府透過擴大財政支出，積極發展前瞻科技並加強人才培育，以順利過渡到淨零經濟體系。

事實上，唯有維持科技人才的充足，方能確保國家科研發展的競爭力，克服國家與產業轉型的壓力。然而，透過前述分析可知，我國在高階的 STEM 博士畢業生呈現減少趨勢，而科技產業對於高階人才需求卻逐漸增加，故對於我國而言，科技人才的存量是為挑戰。也因此，近年來政府已意識到人才危機，並規劃相關的人才培育方案（國家發展委員會，2023），尤其是針對高階的博士生人才，其往往是科學創新的關鍵推動角色。另觀察各國的人才培育分布領域可知，韓國在博士人才培育的結構上，與我國非常相似，但韓國人口約為我國二倍，其 STEM 博士畢業人數卻是我國的四倍，顯示韓國之 STEM 博士人力較我國充足，此現象值得後續研究進一步關注。

臺灣本土博士仍以學術界為主要出路，但大學教師薪資目前待遇不高，甚至不如在大企業任職的碩士級工程師，使得學生攻讀國內博士學位的意願不強，造成博士畢業生總數逐年下降；尤其 STEM 領域占比也降低的情況，將對未來高教體系發展、科技研發實力及產業創新能力產生長期影響，是亟待解決的問題。為此，政府與企業均應致力於提升人才至博士班進修的誘因，如提供重點領域之獎學金、改善大學教師和博士級研發人才的整體薪資待遇（現教育部已有特殊優秀人才彈性薪資的獎勵方案），以保障高階人才培育之質與量；以政策工具鼓勵企業進行高階人才培育，可考慮修訂產創條例，除購置 5G、節能等設備之外，亦將企業人才聘僱及訓練等支出（如派員赴大學進修等）納入投資抵減的範圍。國內大學亦可制定長期未來師資培育的具體計畫，主動甄選具有潛力的優秀學生，規劃其學術生涯，並提供財務支持以鼓勵其攻讀博士學位及進行博士後研究，做為未來師資的儲備。

另外，科技人才政策應留意各領域產業的生命週期發展，在產業萌芽時期，通常聚焦於探索方向與市場定位，對人才的需求量雖有限，但高度專業能力與創新思維是不可或缺的，政策應側重於鼓勵創新創業；成長期則伴隨市場擴張與技術領先的競逐，多元化與高階技術型人才的需求迅速提升，產業集群的形成與多元人才的加入是政策重點；進入擴張期，人才需求達到高峰，尤其需要跨領域協作型專才和擴充國際人才的布局，但也帶來資源分配與管理挑戰，政策應加速人才培育，並完善技術交流與法規配套；衰退期則強調轉型與創新能力，政策可通過再培訓計畫與技術轉移，協助企業重塑競爭力。而景氣循環亦會影響人才供需布局，例如半導體成熟製程面臨世界各國的競爭，市占率波動較大，若臺灣將人才過度挹注於非高階半導體領域，恐會壓縮其它領域的攬才，造成人才分布不均。因此臺灣應更專注於高階人才的質量提升，及參考歐盟在雙轉型下的跨域人才培育策略，以呼應目前臺灣以半導體為核心，擴散到百工百業之策略，降低因產業興衰變化造成科技人才需求與供應的落差，達到穩健而持續的投入效果。

綜觀全球前瞻科技領域，半導體、人工智慧、淨零科技已是重點發展領域，而在我國重要的政策文獻上，例如科技顧問會議、科技白皮書與全國科技會議等，皆已相當程度的揭櫫其重要性，而該領域發展亦需優秀且充足的人才來推動。故本研究蒐集近期重要的國內外科技政策與人才培育策略，並透過多角度比較分析，指出我國在全球競爭中的科技人才缺口問題。進一步而言，我國政府在面對淨零與數位轉型下，可積極參考各國經驗，強化政策支持與產學合作機制，以培養更多高階 STEM 人才，以此確保我國在前瞻科技領域的持續發展與競爭力。

參考文獻

1. 工研院產科國際所 (2021)。韓國半導體戰略與大廠動態。
https://ieknet.iek.org.tw/iekrpt/rpt_detail.aspx?indu_idno=1&domain=2&rpt_idno=150847777 (擷取於 2024.12.02)
2. 教育部統計處 (2024)。大專院校畢業生數。
<https://depart.moe.edu.tw/ED4500/Default.aspx> (擷取於 2024.12.02)
3. 國家科學及技術委員會統計資料庫 (2024)。
<https://wsts.nstc.gov.tw/STSWeb/main/Main.aspx> (擷取於 2024.12.02)
4. 國家科學及技術委員會 (2021)。國家科學技術發展計畫 (民國 110 年至 113 年)。
<https://www.nstc.gov.tw/nstc/attachments/d855609b-9390-49f3-8499-490fceee071a> (擷取於 2024.12.02)
5. 國家科學及技術委員會 (2023)。科技白皮書 (民國 112 年至 115 年)。
<https://www.nstc.gov.tw/nstc/attachments/5714c17a-ecec-49e7-90d2-f68fe29d89ba> (擷取於 2024.12.02)
6. 國家發展委員會 (2023)，關鍵人才培育及延攬方案(110-113 年)，臺北市：國家發展委員會。
7. 經濟部智慧財產局 (2022)。產業協力專利審查面詢試行作業方案。
<https://topic.tipo.gov.tw/patents-tw/cp-673-902681-d1798-101.html> (擷取於 2024.12.02)
8. 蘇婉芬 (2018)，學科標準分類精進變革—接軌國際與貼近我國教育現場。
https://www.dgbas.gov.tw/public/data/dgbas04/bc6/107ebas/4_1.pdf
9. 內閣官房 (2023)。GX 実現に向けた基本方針～今後 10 年を見据えたロードマップ～。
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/dai5/siryoul.pdf
10. 經濟産業省 (2021)。半導体・デジタル産業戦略。
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210604008.html>
11. 經濟産業省 (2023)。半導体・デジタル産業戦略の現状と今後。
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/0010/3_strategy.pdf
12. ASML (2024). ASML and Eindhoven University of technology will give collaboration a major boost over the next 10 years. <https://www.asml.com/en/news/press-releases/2024/asml-and-tue-collaboration> (擷取於 2024.12.02)
13. Bowen, A. (2018). Characterising green employment: The impacts of ‘greening’ on workforce composition. *Energy Economics*, 72, 263-275.

14. Dæhlen, M. (2023). The twin transition century: The role of digital research for a successful green transition of society? The guild of european research-intensive universities. https://www.the-guild.eu/publications/insight-papers/the-guild_insight-paper_the-twin-transition-century_sept-2023.pdf
15. European Commission (2019). The European green deal. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (擷取於 2024.12.02)
16. European Commission (2020). European skills agenda. <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1223> (擷取於 2024.12.02)
17. European Commission (2021a). European climate law. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119> (擷取於 2024.12.02)
18. European Commission (2021b). 2030 digital compass: The European way for the digital decade. https://commission.europa.eu/document/download/9fc32029-7af3-4ea2-8b7a-4cd283e8e89e_en?filename=cellar_12e835e2-81af-11eb-9ac9-01aa75ed71a1.0001.02_DOC_1.pdf
19. Eurostat. (2022). ICT specialists workforce continued to grow in 2021, Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220505-1> (擷取於 2024.12.02)
20. Khelifi, S. (2023). PhD crisis in the global south: Oversupply or mismanagement of talent? *Higher Education Quarterly*, 77(3), 410-426.
21. Ministry of Science and ICT (2023). Twelve critical and emerging technologies officially confirmed. <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&pageIndex=&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=943&searchOpt=ALL&searchTxt=> (擷取於 2024.12.02)
22. Muench, S. (2022). Towards a green and digital future. Publications Office of the European Union. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC129319/JRC129319_01.pdf
23. NIST (2023). A vision and strategy for the National Semiconductor Technology Center, CHIPS Research and Development Office. <https://www.nist.gov/system/files/documents/2023/04/27/A%20Vision%20and%20Strategy%20for%20the%20NSTC.pdf>
24. NSF (2023). Experiential learning for emerging and novel technologies (ExLENT).

- https://nsf.gov-resources.nsf.gov/solicitations/pubs/2023/nsf23507/nsf23507.pdf?VersionId=8kBNaUo7Hf_IsS_8dHMjWyU39Pg1BOfc (擷取於 2024.12.02)
25. NSTC (2022). Critical and emerging technologies list update. Washington, DC: National Science and Technology Council.
 26. NSTP (2024). Critical and emerging technologies list update, White House Office of Science and Technology Policy. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2024/02/Critical-and-Emerging-Technologies-List-2024-Update.pdf>
 27. OECD (2024a). Education at a glance 2024. Paris, FR: OECD.
 28. OECD (2024b). OECD data explorer. <https://data-explorer.oecd.org> (擷取於 2024.12.02)
 29. Queensland Government (2023). Future energy jobs guide. <https://www.publications.qld.gov.au/ckan-publications-attachments-prod/resources/57272966-0265-4a95-87b4-fcbc92a30ed6/future-energy-jobs-guide-interactive-pdf-version-final.pdf?ETag=0aa487ce72a1cf5b5cfb991edf3eb93c> (擷取於 2024.12.02)
 30. Sharon Burke (2023). U.S. Governance on critical minerals. Woodrow Wilson International Center for Scholars. https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/uploads/documents/ECSP%20Brief%204_Critical%20Minerals.pdf
 31. The House of Representatives (2020). National Artificial Intelligence Initiative Act of 2020. <https://www.congress.gov/116/bills/hr6216/BILLS-116hr6216ih.pdf>
 32. The Treasury, Australian Government (2024). Future made in Australia national interest framework. <https://treasury.gov.au/sites/default/files/2024-05/p2024-526942-fmia-nif.pdf>
 33. The White House (2023). Building the bioworkforce of the future: Expanding equitable pathways into biotechnology and biomanufacturing jobs. <https://www.manufacturingusa.com/sites/manufacturingusa.com/files/2023-06/Building-the-Bioworkforce-of-the-Future.pdf>
 34. The White House (2022). Building a clean energy economy: A guidebook to the inflation reduction act's investments in clean energy and climate action, Clean Energy Innovation and Implementation. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/Inflation-Reduction-Act-Guidebook.pdf>
 35. WEF (2023). How Japan is encouraging more women into STEM. <https://www.weforum.org/agenda/2023/07/japan-encouraging-women-into-stem> (擷取於 2024.12.02)

第二章 全球淨零科技人才政策及臺灣人才培育策略

一、淨零科技概述

依據行政院在 2023 年發布的「淨零科技方案（2023–2026）」將淨零科技區分為「永續及前瞻能源」、「低（減）碳」、「負碳」、「循環」與「人文社會科學」等五大面向領域（圖 2-1），第一階段（2023–2026 年）預計每年投入至少 150 億元新臺幣，目標在加速技術落地應用與導入前瞻科技研發，如發展大型（15 MW）浮動式離岸風電平台技術及商轉、布局深層地熱、去碳燃氫等前瞻能源技術，並與策略性國際指標機構合作，發展領先國際之淨零科技，以及人才培育（行政院，2023）。



資料來源：國科會（2023），「淨零科技方案（2023–2026）」，行政院第 3850 次會議議案。

圖 2-1 臺灣第一階段淨零科技方案架構圖

國際上，近期最受矚目的淨零政策可說是 2024 年 6 月底生效的歐盟「淨零產業法 (Net-Zero Industry Act)」¹。此法案作為歐盟綠色新政工業計畫 (Green Deal Industrial Plan) 再進一步落實到經濟運作的具體策略措施，將淨零科技及綠色就業視為此法案的核心，每年將投入 6,000 億歐元，主要將用於發展商業化淨零科技，關鍵技術項目包括太陽能光電、氫能 (綠氫電解槽和燃料電池)、陸上風電及離岸風電、永續沼氣/生物甲烷、儲能、碳捕存 (Carbon Capture and Storage, CCS; Carbon Capture Utilisation and Storage, CCUS)、熱泵和地熱、輸配電網技術等 (圖 2-2)。



資料來源：EU Net-Zero Industry Act (2024)。

(https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/net-zero-industry-act_en)

圖 2-2 歐盟淨零產業法中的關鍵淨零科技項目圖

這其中，除了太陽能、風電等再生能源，氫能也是歐盟淨零產業法的最重點面向，歐盟將建置歐洲氫能銀行 (European Hydrogen Bank)，透過有效連接再生能源的供需、解決初始投資課題、納入氫價值鏈中的私人投資，以支援歐盟內部使用綠氫以及從國際合作夥伴進口，並帶動創建出歐洲綠氫 (再生能源產氫) 市場，達成 2030 年歐盟自產 1,000 萬噸、進口 1,000 萬噸綠氫的氫能目標 (European Commission 官網，2023)。

為了能更順暢的從技術研發到形成供需產業鏈，歐盟還將發展淨零歐洲平台 (The Net-Zero Europe Platform)，俾利整合跨國及內國法層級的行政監理資源，減少行政障礙。

然而，除了資金到位、行政監理資源整合、簡化之外，人才缺口卻是歐盟發展前述關鍵淨零技術的重大課題。歐盟執委會調查發現，超過 70% 的歐洲企業因缺乏淨零技能，造成該些公司資金投入淨零的障礙；75% 的歐盟中小企業在淨零實踐中皆至少有一項工作確實面臨技能短缺 (European Commission 官網，2024)。此外，歐盟也估計 35%–40% 的就業可能受到綠色轉型影響，以儲能為例，歐盟估

計至 2025 年，歐洲儲能電池產業就需要額外的 80 萬人接受培訓或再培訓（euronews 官網，2023）。

為解決淨零科技的人才缺口課題，歐盟將在淨零歐洲平台的基礎下，建置非實體機構的淨零工業學院（Net-Zero Industry Academies），以組織、聯盟或計畫的形式讓淨零工業學院遍地開花，提供淨零技術的培訓、教育，以及優質綠色就業。每個淨零工業學院的目標是在成立後三年內培訓 10 萬名學員。

前述淨零科技中，無論國內外，再生能源、氫能皆被視為落實達成淨零目標的關鍵淨零科技，其中離岸風電因為成本下降及 2023 年 COP28 決議全球的再生能源至 2030 年需成長三倍，而成為最受矚目的淨零科技之一。此外，全球最大石油及天然氣社群 Oil and Gas IQ 所成立的組織「工業脫碳網絡（The Industrial Decarbonization Network）」，近期也列出有助達成淨零的六大尖端技術，其中之二便為綠氫，以及綠氫運輸（Morrison，2024），2024 年 COP29 會議，氫能更為核心議題之一，且最終發布氫宣言（COP29 Hydrogen Declaration）。

因此，本研究除了選擇淨零科技中目前發展最蓬勃的再生能源之一，離岸風電外，也選擇氫能，作為探討淨零科技人才策略的兩大主題項目。

二、離岸風電科技人才培育

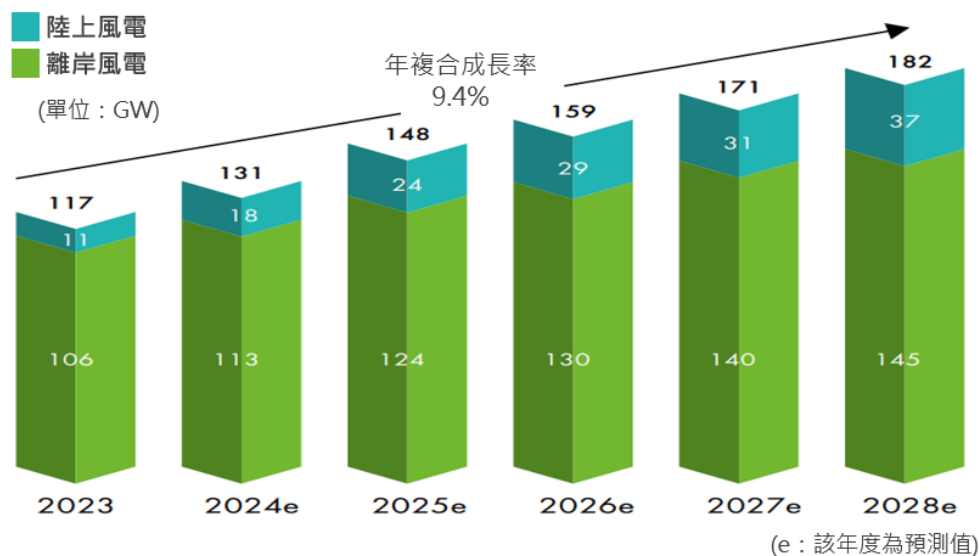
（一）全球離岸風電發展現況及未來趨勢

依據全球風能協會（Global Wind Energy Council，GWEC）出版的《2024 年全球風電報告（Global Wind Report 2024）》，2023 年全球風能產業新增裝置容量達到 117 GW（年成長率 50%），為歷史新高。該報告指出，COP28 決議全球的再生能源至 2030 年需三倍成長，在此決議下，全球風電產業邁入一個成長加速的新時代，再計入新興市場和發展中經濟體的成長預期因素，GWEC 因此預測 2024–2030 年全球離岸風電裝置可成長至 1,210 GW，年複合成長率約為 9.4%。如圖 2-3 所示。

離岸風電的爆炸性成長，除了 COP28 決議外，成本的降低也是重點。國際能源總署（International Energy Agency，IEA）估計，2023 年在風能和太陽能領域每投資 1 美元，相應的能源產出是 2013 年的 2.5 倍（IEA，2024）。目前全球共 54 個國家建置離岸風電，GWEC 對於離岸風電發展的樂觀預期，也納入對新興市場（emerging market and developing economies，EDMEs）建置離岸風電的預期。

世界銀行（World Bank，WB）指出，若以 40%優惠融資（如低利貸款）、10%贈款融資（融資中無需償還的獎勵性補助），和 50%公司債的組合方式投資離岸風場，將使其專案的平準化電力成本（the Levelised Cost of Electricity，LCOE）從約 108 美元/兆瓦時（MWh）大幅降低至 70 美元/兆瓦時（World Bank，2023）。

此建議已被視為有助於新興市場發展在成本上可和火力發電抗衡的離岸風電。



資料來源：GWEC(2024)

圖 2-3 2024–2028 年全球風電新增裝置容量預測圖

GWEC 認為，風電產業為全球提供的最顯著好處為風電供應鏈及協力領域可創造大量就業機會，例如風電系統建置、離岸風場運維。雖然風電的建置及運維管理因採用自動化、AI 及智慧化管理趨勢，可能導致一些工作機會的流失，但這些應用程式也需要設計、開發、工程、測試、法律/法遵以及風險評估的新工作，例如有些離岸風電公司增加內部網路安全專家的數量，且為長期僱用（GWEC，2024）。

國際再生能源組織（International Renewable Energy Agency，IRENA）則分析評估風力發電行業的人力資源需求，指出一個典型 500 MW 固定式離岸風電項目可在大約十年的時間裡創造約 10,215 個全職就業。IRENA 並指出，離岸風電產業可在國家政策層面積極支援全職工作的人力資源投資和教育，同時確保在地化的綠色就業，因為離岸風電在整個價值鏈（從專案規劃到除役）中可僱用各個行業和各級別的人員。數十年來，全球風電產業已創造約 140 萬人次就業，至今就業人數還在成長中（IRENA，2023）。

以下針對離岸風電產業先驅的丹麥、全球離岸風電裝置容量居前的英國、荷蘭之相關人才供需及培育策略進行說明，並說明臺灣的離岸風電人力資源概況。

(二) 丹麥

1. 離岸風電發展及人才供需現況及展望

北歐為全球最早發展離岸風電技術的地區，全球第一個離岸風場溫德比（Vindeby Offshore Wind Farm）便是 1991 年在丹麥建置。丹麥也是北歐發展離

岸風電最積極的國家，截至 2024 年 4 月，丹麥的離岸風電裝置容量達 2.7 GW。更重要的是，該國輸出離岸風場營建技術及人才至全球各國。全球發展離岸風電的國家幾乎都有丹麥沃旭能源（Ørsted），或是丹麥哥本哈根基礎建設基金（Copenhagen Infrastructure Partners，CIP）等跨國企業參與其中的營建。

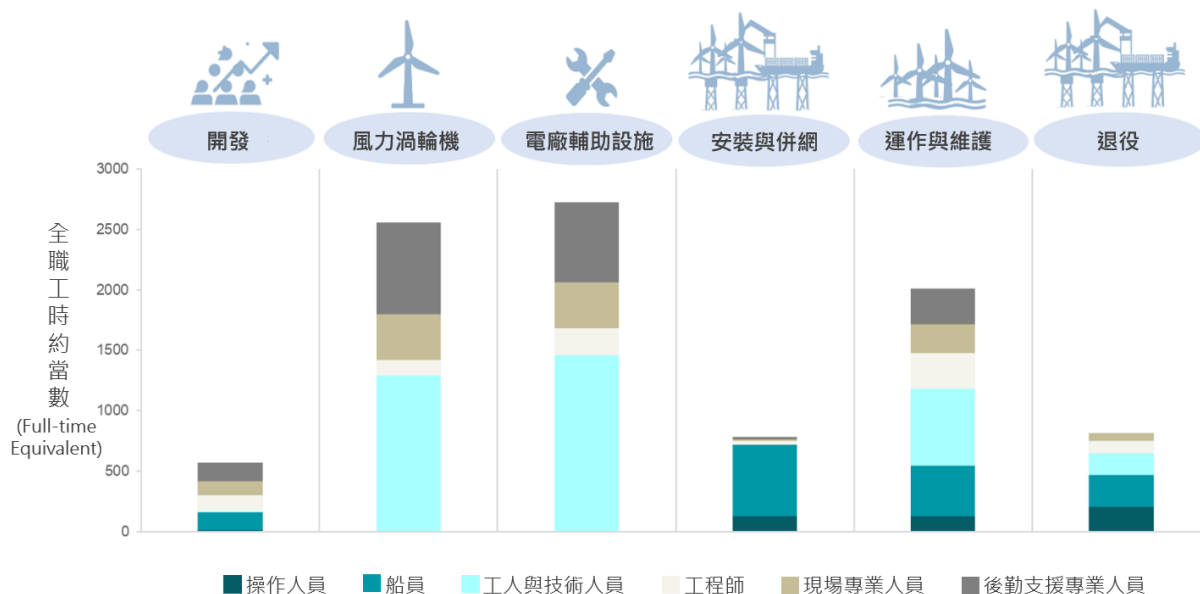
若從離岸風電裝置容量來看，北歐並非全球最大的離岸風場，但丹麥卻被公認為離岸風電先進國，丹麥認為此歸功於離岸風電產業及技術的發展成功。丹麥至今持續針對離岸風電技術進行投資，反而是政府並沒有出資建設風電場，而是透過招標的方式進行，招標公司還需要依據丹麥政府頒布的再生能源計畫，在一定年限中，將一定股份及撥出收益的固定比例繳給政府或「綠池（green pool）」，以讓當地社區和鄰近城市也分享離岸風電等再生能源電廠的收益。

丹麥的離岸風電並非僅國內自用，其規劃在 2030 年完成世界首二個離岸風電能源島，分別為波羅的海的博恩霍爾姆島（Bornholm）以及北海的人工島。此二能源島將作為歐洲離岸風電場的一個樞紐，提供短期約 5 GW、長期約 10 GW 的能源。這其中，博恩霍爾姆島（人工島）除了擁有電氣技術基礎設施，包括儲能與電力多元轉換（Power-to-X）設施等，並規劃綠氫生產。這兩個能源島都將與鄰國建立電網連接，使電力能夠跨境流動，為兩海周邊地區提供清潔能源（擁抱低碳世，2021）。

丹麥政府還制定有綠色能源補貼計畫，補貼申請人限於由公私部門共同組成的夥伴關係，至少由一個私營機構和一個公共機構組成的團隊，這些團隊希望在綠色能源領域建立和運營一個共同項目，以通過擴展丹麥的國際合作，促進能源出口。今（2024）年總共提供 930 萬丹麥克朗（約新臺幣 4,281 萬元）的資金。

今年 4 月，丹麥能源署公布該國史上最大的離岸風電招標框架，共計六座新的離岸風電場，裝置容量預計至少 10 GW，也預估可為 1,000 萬丹麥或歐洲家庭提供綠色電力、支援綠氫生產及出口，以及丹麥交通和工業等領域的轉型。經由評估，每 1 GW 的離岸風電，可帶動 160 億丹麥克朗（約合 24 億美元）的投資，以及 9,500 名就業人口，且就業機會並非僅限於丹麥國內（State of Green，2024）。

丹麥能源局研究報告，目前在丹麥離岸風電產業工作人員有 3.3 萬人，相當於其他私部門工作人員的 2%（Danish Energy Agency，2023）。離岸風電整個生命週期，從專案開發到除役，都需要海上工人及技術人員、船員、操作員、工程師，以及具備從物流、職業安全、環境面向到行政任務、監管、財務方面等各方面知識的專家。由圖 2-4 的資料顯示，丹麥離岸風電勞動力投入最密集的群體是「工人及技術人員」及「船員」，此報告強調，這些職能在當初並非丹麥產業既有能力，而是從第一個離岸風電場建立後，隨著時間的推移而發展起來的。



資料來源：1.丹麥統計局、Ørsted、Vattenfall、Siemens Games、Semco、BVG Associates (2016 年和 2019 年)和 IRENA (2018b)。
2.Danish Energy Agency (2023). Job Creation in a new Industry: Learning from Denmark’s Offshore Wind Journey.

圖 2-4 丹麥離岸風電生命週期內按職業劃分的就業人數圖

2. 離岸風電人才培育/培訓策略措施探討

丹麥在離岸風電領域取得成功的關鍵因素之一是高度重視技術開發，以及對研究、示範和測試設施的投資。根據丹麥能源署的報告，丹麥離岸風電行業的就業機會創造可歸因於多種因素，不僅是國家就業政策的結果，也是企業和當地利益相關者為滿足市場機會和需求而制定的地方和區域舉措的結果。

確切而言，丹麥並未針對離岸風電技術勞力的培育設定專門的政策，然而丹麥並沒有離岸風電技術人才短缺的問題，對此丹麥能源署曾以離岸風電產業做為案例進行人力資源調查報告，主要結論是政策創造優秀的產業環境，吸引沃旭能源等新創企業，而後成長為旗艦企業，也吸引技能相關產業（石油、天然氣等）的人才加入，而隨著產業成熟，技能的培育與提升也水到渠成。

例如，丹麥創新基金承諾向 FloatLab 計畫投入 1,540 萬丹麥克朗(約 220 萬美元)，該計畫由丹麥公司和學術研究人員組成的財團運作。又例如，丹麥和日本簽署了一份意向書，旨在合作重點發展浮動風力渦輪機技術、建立框架以及浮動式海上風能國際創新中心，由學術界、監理機構以及浮動離岸風電產業和供應鏈合作及協作。除開發離岸風電技術，兩國還宣布合作開發綠氫、氨及其衍生物，以及相關永續且負擔得起的綠氫、氨及其衍生物供應鏈。

依據丹麥能源局研究報告，丹麥的離岸風電就業創造基於四個領域之間的相

互作用 (Danish Energy Agency, 2023)：

- (1) **政治和監理環境**：政治和監理環境在消除投資障礙、確保有利條件和將公司風險降至最低方面發揮了重要作用。這提供了一個安全的投資環境，使該行業能夠吸引和留住對其成長的重要投資。
- (2) **經濟和投資環境**：為離岸風電項目確保充足和有利的經濟條件，從而整合投資的能力是丹麥離岸風電案例的核心。丹麥能源局的報告指出，在離岸風電產業發展初始階段，首先是透過離岸風電場電價固定價格規定的監管框架條件創造的。後來，丹麥退休基金在為離岸風電場提供資金方面發揮了作用。此外，降低成本的能力也是維持丹麥離岸風電行業競爭力的關鍵，也是確保持續創造和保留就業機會的能力的關鍵影響因素。為此，丹麥風電廠商也能彈性引入國際人才，丹麥離岸風電廠約有 35% 為本國員工，而國際全職工作者 (Full-time Equivalent, FTE) 每 GW 約 3,133 名人員。
- (3) **網絡和組織**：網絡和組織指的是產業價值鏈和生態系統中不同利益相關者如何協同工作。離岸風電產業的特點便是規劃、建設和運營成本高，且為長期設置，需要匯集多種技能和能力要素，因此，要使該行業發展並創造就業機會，行業內的網絡、組織和合作是非常重要的因素。經由離岸風電生態系統中利益相關者的強大網絡和組織，才能成功實現離岸風場。這種聯繫使當地供應商能夠向離岸風電行業提供服務，並滿足不斷增加的國際需求，確保就業成長。
- (4) **能力和知識**：保持高水準的專業化和競爭力的能力一直是留住工作的關鍵驅動力，而能力和技能在確保充足的技能供應方面繼續發揮著關鍵作用。在丹麥的案例中，來自其他行業的現有能力和技能有助於確保相關勞動力湧入離岸風電行業，尤其是在初始階段；後來，風電公司通過專注於增長、技能提升和專業化來確保未來的離岸風電競爭力。正因為如此，丹麥離岸風電行業已經能夠在不需要國內市場需求的情況下確保創造就業機會。

簡言之，丹麥的離岸風電在發展初期就從相關行業引入專業人才，而隨著產業成熟，離岸風電產業越來越專業化，專業化過程在很大程度上由離岸風電獨角獸企業或旗艦企業和教育機構進行更積極地推動，促使丹麥勞動力的持續專業化，保持高度專業化和競爭力的能力已被確定為保留就業機會的關鍵驅動力。

此外，丹麥將強大的供應鏈內合作、開放式方法以及從國際市場潛力中受益的能力相結合，從而達成成本控制，這有助於確保丹麥離岸風電產業的競爭利基。丹麥風電製造商利用他們的先發優勢瞄準國際市場，並讓他們的供應商參與國外專案。由於供應鏈中蘊藏著許多能力和技能，這使得丹麥風電公司有將業務擴展到國際市場，國際市場成長也使丹麥離岸風電產業得以維持穩定就業和創造新的就業機會。

(三) 荷蘭

1. 離岸風電發展及人才供需現況及展望

荷蘭緊鄰北海，因其水域相對較淺，加上充沛的風力資源及良好的港口基礎設施，故該國政府很早即開始推動離岸風電場建設，包括制定一系列政策措施、監管架構並提出不同階段之「離岸風電路線圖」(Offshore Wind Energy Road Map)，明確規範了風電場規劃與建設所需條件，如風電場位置、自然保護措施、必要的許可證等，同時透過招標方式，以激勵產業發展及創新技術的應用（如浮動式離岸風電、開發更環保的技術），以及指定 TenneT 作為電網運營商，以確保電力輸送給工業與消費者使用。

此後又於 2022 年宣布，將 2030 年離岸風電裝置容量由原規劃的 11.5 GW 提升至 21 GW（相當於荷蘭當前電力消耗的 75%），以及 2050 年達 70 GW，以實現歐盟 2030 年溫室氣體排放量較 1990 年減少 55% 之目標。截至 2023 年底，荷蘭離岸風電裝置容量已達 4.7 GW，此外，更進一步計劃利用離岸風電作為 2030 年後生產綠氫的主力。

前述發展也為荷蘭帶來顯著的經濟效益及勞動市場需求。根據荷蘭 PWC 2018 年公布之報告，2017 年荷蘭離岸風電產業對國家經濟的直接與間接貢獻約為 22 億歐元（約新臺幣 752 億元），同時亦為勞動市場提供約 6,400 個全職就業機會（PWC，2018），主要以運輸及安裝、設備（如葉片、水下支撐及基礎、電纜等）製造需求最大。隨著時間推移，多個離岸風電場陸續投入建置或商轉，荷蘭政府預估，2023 年將較 2017–2022 年間增加超過 6,000 個就業機會。此外，若要達到 2030 年 21 GW 的目標，則需要更多的人力資源，包括安裝建置、工程技術、電氣技能、營運與維護等。

然而，根據荷蘭研究機構 SEO Economisch Onderzoek 的研究，預計未來幾年離岸風電產業將面臨人才短缺的問題，尤其以具有專業技術（具合格證照）的人才為最，如建設施工人員與技術人員、工程師等；且預計 2023–2030 年，離岸風電場建設需要 62,000 名全職勞動力，相當於每年增加近 8,900 個全職就業機會；至於 2030–2050 年，則需要 163,000 名全職勞動力，相當於每年增加約 8,200 個就業機會，以實現荷蘭北海 70 GW 的海上風電裝置容量目標。

鑑於海上工作體力要求高且工作時間不規律，使得離岸風電行業人員流動性亦相對較高，以海上技術人員為例，平均 4–10 年即離開該行業，也因此吸引人才與留才亦成為該行業一大挑戰。為解決前述勞動市場短缺問題及挑戰，荷蘭規劃利用自動化、數位化等創新技術來替代傳統勞動力，如使用巡檢無人機監控風力渦輪機等。這些技術的應用同時也衍生新的技能需求，如軟體和應用程式的設計

與開發、數據分析、人工智慧，為專業技術人才提供新的職業發展機會（SEO，2024）。

2. 離岸風電人才培育/培訓策略措施探討

荷蘭並未針對離岸風電人才培育或培訓制定專門的政策，除部分大學或學院設有相關課程外，主要仍是公私部門、私部門、教育機構與企業合作提供相關的知識與技能培訓；或由產業組織簽署相關協議，以提供就業機會。相關措施舉例如下：

(1) T-shore 計畫（T-shore 官網，2024）

「協調離岸再生能源專業技能計畫」（Technical Skills for Harmonized Offshore Renewable Energy，簡稱 T-shore）為歐盟 Erasmus+計畫所資助，執行期間為 2022–2026 年。該計畫目的為促進歐洲區域間離岸風電相關產業、職業教育與培訓機構及研究機構間的創新與合作，開發或重新設計培訓計畫，同時成立職業卓越中心（Centre of Vocational Excellence，CoVE），以提高該領域勞工的技能與能力，縮小勞工與產業需求間之差距。

該計畫自 2022 年啟動至今，已與挪威、丹麥、荷蘭、比利時及愛爾蘭等五個國家 13 所職業教育與培訓學校（Vocational Education and Training，VET）和代表性產業建立合作夥伴關係，並成立六個區域職業卓越中心；其中荷蘭方面，於北部、南部各設立一個區域職業卓越中心，提供離岸風電專業的知識與培訓，以滿足該產業不斷增長的需求。

(2) 荷蘭風電實習契約

為因應荷蘭風電產業迅速成長並解決人才缺口，風電產業與中等職業教育機構（secondary vocational education，荷蘭文為 middelbaar beroepsonderwijs，簡稱 MBO）於 2024 年 6 月簽署荷蘭風電實習協議（Convenant Stageplaatsen Wind Nederland），規定參與該協議之風電企業，如 Vattenfall、Ørsted 等須為中等職業教育學生提供實習機會，並負擔培訓費用，包括取得全球風能組織（Global Wind Organization，GWO）認證的培訓，以培養專業風電技術人員。

(3) 高階人才培育

為培育風能高階專業人才，荷蘭台夫特理工大學（TU Delft）、丹麥技術大學（DTU）、挪威科技大學（NTNU）、德國奧爾登堡大學（Uni Oldenburg）共同開發歐洲風能碩士（European Wind Energy Master，簡稱 EWEM）課程，目標為每年培育 50–60 名學生，涵蓋全球風能專業人才需求的前 0.5%。EWEM 課程為期 2 年，專業領域分為：電力系統、離岸工程、轉子設計、風場和大氣物理等 4 項，

學生在學習期間可於前述至少 2 所學校中學習相關課程，完成後可獲得雙碩士學位，並有機會於 EWEM 合作的機構進行實習。

(4) 培訓機構

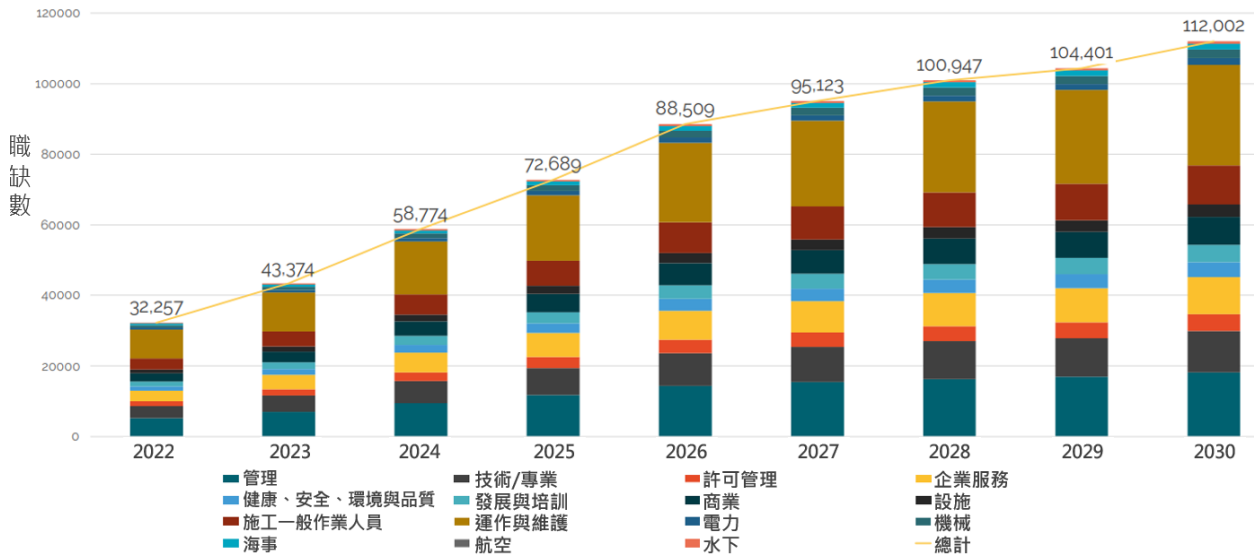
為滿足國內離岸風電人才所需的知識與技能，荷蘭亦有許多私部門合作的營利性培訓機構，依不同程度，提供多元且彈性的培訓課程。如：航運與運輸學院（STC，為一培訓機構）與荷蘭皇家救援公司（Royal Netherlands Sea Rescue Institution，荷蘭文為 Koninklijke Nederlandse Redding Maatschappij，簡稱 KNRM）合作成立離岸風電教育訓練中心，提供多種離岸風電所需之技術課程，包含 GWO 的基礎安全培訓、高空作業、人工操作、海上生存等認證課程。另尚有中等職業教育及成人教育學校 Scalda 與產業合作，提供相關的技能課程。

(四) 英國

1. 離岸風電發展及人才供需現況及展望

英國擁有豐沛的海上風力資源，為達能源轉型及淨零排放目標，英國透過政策支持及大規模投資，積極推動再生能源，並以離岸風電作為再生能源的主力，且為此制定全面的離岸風電產業戰略。隨後又於 2022 年 4 月公布的「能源安全戰略」（British energy security strategy）中，強化離岸風電的配套措施；2024 年大選工黨政府上台後，擬將 2030 年離岸風機裝置容量目標由原訂的 50 GW 提高至 60 GW，其中包括創新浮動式離岸風機 5 GW，惟後考量其供應鏈量能恐有不足，故又將目標下調至 43-50 GW（Riviera Maritime Media，2024）。

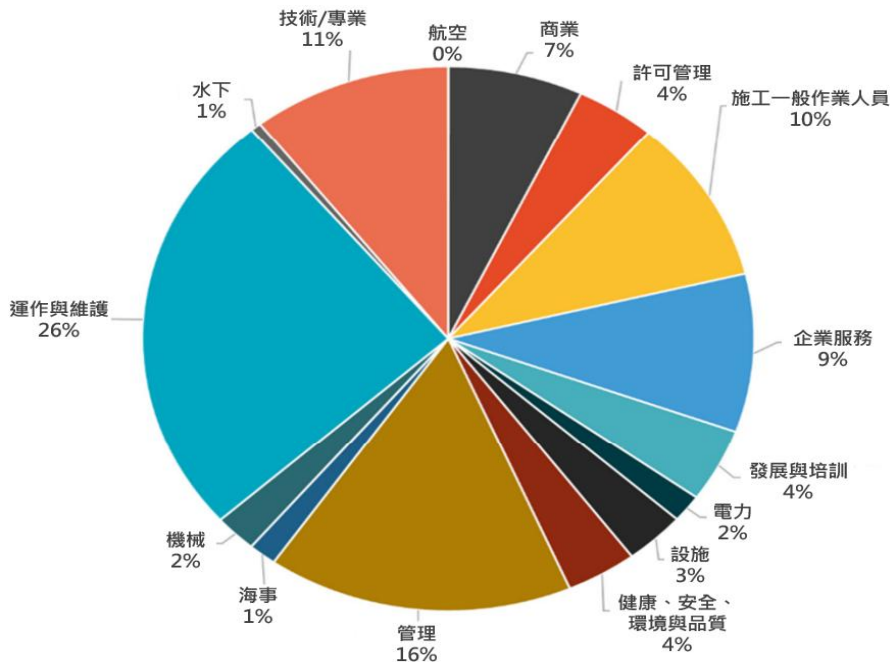
前述發展背景也帶動英國離岸風電的人才需求，從開發、建設、運維至除役，各階段皆有相應的專業技術及職務需求。根據英國離岸風電產業委員會（The Offshore Wind Industry Council，OWIC）2023 年 6 月提出的「離岸風電技能報告」（Offshore Wind Skills Intelligence Report），截至 2022 年底，英國離岸風電就業人數約有 32,257 名，較 2021 年成長 3.78%。隨著多個離岸風電場陸續進入建設階段，預計 2026 年該產業勞動力需求將增長至 88,509 名，2030 年達 112,002 名（包括直接及供應鏈相關工作），如圖 2-5 所示；換言之，從 2023 年至 2030 年每年將需要約 10,000 名人員以支持離岸風電之擴展及運作。此外，為提升該產業的多樣性並確保性別平等，英國政府亦設定 2030 年女性於離岸風電工作占比至少達三分之一的目標（OWIC，2023）。



資料來源：OWIC (2023), Offshore Wind Skills Intelligence Report-Executive Summary.

圖 2-5 英國離岸風電就業人數需求

若從職務與技能需求來看，根據前述報告，英國目前離岸風電產業以營運及維護需求最大，依序為管理、技術/專業領域、建設施工人員等，如圖 2-6 所示。而未來技能缺口則包括：電氣技術及工程技能（尤其是變電站、高壓電纜）、專案管理（尤其是管理大型專案與多個承包商能力）、高階數位專業技能（如數據分析、人工智慧、數位工程/科學、監控與資料收集相關技能）、陸上及離岸物流等，而浮動風電項目的建設則預計將需要大量的製造與焊接人員。此外，該產業超過 60% 的職務需要科學、技術、工程和數學（STEM）技能（OWIC，2023）。



資料來源：OWIC (2023), Offshore Wind Skills Intelligence Report.

圖 2-6 英國離岸風電職務需求

2. 離岸風電人才培育/培訓策略措施探討

(1) 學徒制 (GOV.UK 官網, 2024)

學徒制 (Apprenticeships) 為英國人才培訓的主要途徑之一。該制度提供學徒全面的學習及實際工作，使其得以將所學知識、技能付諸實踐，並獲得相應的資格認證。換言之，學徒也是僱員，需簽訂工作契約，並享有工資、假期及勞動權益。英國學徒制培訓對象為 16 歲以上且尚未接受全日制教育的英國住民，培訓期間為 1-5 年 (將視級別而定)，且學習與培訓時間至少需占工作時間的 20%。此外，英國政府亦針對學徒制提供資金補助 (即僱主負擔薪資及 5% 培訓費用，政府負擔 95% 培訓費用)。該制度包含 4 個級別，完成相關級別的學徒相當於達到同等的教育程度 (如 6、7 級學徒制相當於獲得學士學位或碩士學位)。此外，部分學徒亦需要特定資格。

目前英國透過學徒制培訓的離岸風電勞動力占整體離岸風電勞動力的 2.6%，不少學院、企業，如萊茵集團 (RWE)、沃旭能源 (Ørsted) 等皆有提供離岸風電相關的學徒培訓。以沃旭能源為例，該企業自 2017 年啟動離岸風力渦輪機技術員學徒計畫，至 2023 年已於英國各地培養 54 名風力渦輪機技術學徒，當中 14 名學徒已完成完整培訓並成為沃旭正式員工，於其東、西海岸的風電場工作，另 40 名學徒刻正接受培訓。

沃旭的離岸風力渦輪機技術員學徒計畫申請資格為 16 歲以上，且需 3 門英國會考 (General Certificate of Secondary Education, GCSE) 成績達 4 級或 C 級以上，包含科學、數學、英語。獲選者將進行為期 3 年的培訓，第 1 年主要是於東岸的格里姆斯比學院或西岸的巴羅因弗內斯學院學習，第 2-3 年則是與沃旭專家一同於東、西岸離岸風電場工作。完成培訓者，可獲得維護與操作工程技術員資格，包括 BTEC 3 級工程資格 (Ørsted 官網, 2024)。

(2) 技能訓練營 (UK Department for Education 官網, 2024)

英國政府與當地僱主、供應商合作，於全國各地成立各種領域 (如數位、綠色經濟等) 的技能訓練營 (Skills Bootcamps)，以協助填補在地民眾的技能差距，同時協助僱主提升既有員工技能或招聘符合需求的員工。技能訓練營為英國政府推動終身技能保證及就業計畫的一部分，針對 19 歲以上在職 (包含自營職業)、欲轉業或失業的成年人，提供 12-16 週免費且靈活的培訓課程。若為個人參訓，則由政府全額資助，若為企業或僱主推薦參訓，則由政府與企業共同資助培訓費用，大型企業 (250 名員工以上之企業) 負擔 30%、中小型企業負擔 10%，其餘由政府補助。培訓完亦會協助參訓者媒合當地就業。

英國目前針對離岸風電技能訓練營有許多案例，例如：英國風力渦輪機維護、檢修專業機構 Renewable Field Services 與東北地方企業夥伴、Gateshead College

合作提供為期 16 週風力渦輪機技術員及設備檢查的培訓課程，包含 GWO 基礎安全培訓、GWO 葉片修復培訓、進階葉片維護與系統提升、GWO 進階救援培訓、無人機與移動升降作業平台檢查、風電場熟悉、GWO 海上生存培訓等，完成培訓將獲得 GWO 證書並獲得面試機會，目前已有超過 800 人完成培訓（Renewable Field Services 官網，2024）。

(3) 高階人才培育—博士培訓中心

為培養跨學科、跨領域的博士人才，英國工程暨物理科學研究委員會（Engineering & Physical Sciences Research Council，EPSRC）提供資助，由各大學、產業與企業等合作成立博士培訓中心（Centres for Doctoral Training），當中亦包含離岸風電領域（如離岸風能與環境博士培訓中心、離岸再生能源產業博士培訓中心等），提供離岸風能相關的學術研究，以及實踐技能與跨學科合作的訓練。

(4) 能源技能護照

隨著能源轉型趨勢，預計未來 10 幾年內石油或天然氣領域的工作機會將持續下降，惟該領域的勞動技能在其他能源行業具有高度移轉性，故英國政府與英國再生能源協會（RenewableUK）、英國離岸能源協會（Offshore Energies UK）、離岸油氣產業培訓機構（Offshore Petroleum Industry Training Organization，OPITO）、全球風能組織（GWO）等合作提出能源技能護照（Energy Skills Passport），以協助僱主及勞工認可石油、天然氣及離岸風電領域可轉移技能與資格，使油氣領域的勞工得以轉型進入離岸風電或其他能源產業，預計於 2025 年初推出。

(五) 臺灣

1. 離岸風電發展及人才供需現況及展望

臺灣的離岸風電始於 2012 年的「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，2017 年海洋風力發電公司之「海洋竹南風力發電場」第一期 8 MW 開始商轉，為臺灣首座正式營運的離岸風電場。在政策上，自 2018 年開始積極推動大規模的離岸風場開發，2023 年離岸風電發電量達到 62.01 億度，占臺灣當年度總發電量約 2.2%；2024 年 7 月颱風期間，離岸風電的瞬時發電占比甚至達到 7.4%（中央社，2024）。截至 2024 年 9 月，臺灣的離岸風電總裝置容量已達到 3.738 GW（優分析，2024）。

依據經濟部產業發展署調查及推估 2021–2023 年離岸風力發電產業專業人力資源，約有 57% 廠商反映人才供給不足，顯示離岸風力發電產業人才缺口相對明顯。依推估結果，整體而言離岸風力發電產業專業人才每年平均新增需求為 293–360 人、每年平均新增需求占總就業人數比例為 12.7%–14.6%，為重點產業中，面臨潛在人才缺口較高者（產業人力供需網，2023）。

離岸風電人力缺口較大的專業人才包括：機電整合工程師、專案管理主管、品管工程師（Level 2 非破壞檢測人員）、製程工程師、焊接技術人員、塗裝工程師、營建施工人員、電機技術人員等八類人才。人才欠缺原因主要在於在職人員技能或素質不符、在職人員易被挖腳，流動率過高及勞動條件不佳等。在招募難易度上，除了製程工程師、營建施工人員及電機技術人員外，其餘職務招募難度較為困難；至於國際攬才方面，僅塗裝工程師招募對象以國內人才為主，其餘職務均具海外攬才需求（如表 2-1）。

2. 離岸風電人才培育/培訓策略措施探討

(1) 相關主要政策措施

2020 年政府透過前瞻基礎建設預算，投入「離岸風電水下基礎產業技術升級輔導計畫」，目標在輔導水下基礎高階銲接人員的培訓及媒合，以持續穩定培訓出高階銲接技術人員，並建立優良銲接人才培育環境。

經濟部標檢局則在經過兩年近百場次技術指引審議會議、業者說明會，以及對外意見徵詢程序後，於 2023 年 2 月發布「離岸風力發電運轉及維護技術指引」，以離岸風力發電廠全生命週期角度提出「場址調查及設計」、「製造及施工」及「運轉及維護」技術指引，以利國內離岸風力發電廠開發業者、工程設計顧問、技師、驗證機構、製造及施工業者、運轉及維護業者作為參考指引，乃至落實國內離岸風電工程技術深耕以及工程人才培育（經濟部標檢局，2023）。

(2) 產業及學界相關行動

A. 離岸風電建置相關人才培訓

中鋼公司轉投資之興達海洋基礎股份有限公司（以下簡稱興達海基）進駐高雄海洋科技產業創新專區，已與和春技術學院合作培養水下基礎組裝所需銲接技術人員，另有金屬中心與達寬服務協助高階銲接技術人員培育。興達海基並建置海洋科技工程人才培訓及認證中心網站，以及成立離岸風電海事工程就業輔導班。

全球離岸風電旗艦廠商沃旭能源公司（Ørsted）則在大彰化東南及西南第一階段離岸風場建造過程中，與超過 200 家在地供應商與下游承包商合作，創造 1,100 個直接就業、超過 7,200 個間接就業，涵蓋水下基礎、變電站、風機等相關工程。此外，沃旭也提供多種獎學金與課程培育相關人才，並與國內多所大學及公司合作。

沃旭能源也早於 2020 年與金屬工業研究發展中心合作，出資 6,000 萬新臺幣啟動離岸風電供應商輔導基金，協助臺灣潛力供應商提升技術能力，並培育在地專業人才。共有 33 家廠商與 200 人獲得補助。其中有九家廠商獲得

專案研發計畫補助，82 人取得高階焊工證照，108 人通過全球風能組織(GWO)離岸風電基本安全訓練。

另一全球離岸風電旗艦廠商哥本哈根基礎建設基金（Copenhagen Infrastructure Partners, CIP）在其開發之彰芳暨西島離岸風電計畫、與中鋼公司共同開發之中能離岸風電計畫，皆合作發展 GWO 移動式訓練模組。

在大專院校自主的離岸風電人才培育方面，以臺灣大學為例，臺大能源研究中心開發臺大離岸風電培訓課程，主要培育高階工程、規劃、設計、管理、分析等專業人才。

此外，以教育部提供之補助經費為基礎，臺灣大學也領軍虎尾科技大學、臺北城市科技大學、建國科技大學、南臺科技大學、高雄科技大學及法人單位等，並結合金屬工業研究發展中心、臺灣營建研究院等法人單位，有效整合資源並建立產官學研跨領域交流平台，共同成立離岸風電人才培育聯盟，將於臺大雲林分部建置培訓基地，開授業界培訓課程。

上述培訓基地將建置二個離岸風電人才培訓基地，第一培訓基地於臺灣大學工程科學及海洋工程系海洋工程實驗室，著重於離岸風機設計製造/運維、水下結構製造/運維課程、海事工程製造/操作課程等；第二培訓基地在臺大工學院雲林分部，將進行相關風力機製造與運維培訓設備及培訓課程建置，結合在地伙伴學校虎尾科大的師資及人力共同推動，提供風力機製造與運維在學及在職培訓課程，培訓在地運維人才。

在國際合作方面，臺荷離岸風電人才培育合作計畫係由荷蘭政府全額補助並委請荷蘭應用科學研究組織（Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, TNO）、台夫特理工大學風能研究中心（TU Delft/DUWIND）以及荷蘭國家水文研究院（Deltares）規劃課程，首批種子師資由臺大能源研究中心與金屬中心（海創中心）共同協助推動及招募。第一批完訓的種子師資成員共計 31 人，其中 24 位為大學教授、5 位來自研究機構以及 2 位為離岸風電從業人員。

隨著浮動式離岸風電技術發展，臺大能源研究中心也於 2022 年開設「浮動式平台繫泊系統設計與運維」六週 48 小時的周末密集課程，今（2024）年為第四屆。完成培訓課程，將頒授國立臺灣大學離岸風電人才培訓證書。

表 2-1 臺灣離岸風電人力資源需求表

職缺名稱	人才需求條件				人才欠缺主要原因
	工作內容簡述	基本學歷/學類	能力需求	年資	
專案管理主管	為管理專案工程之進度與預算、負責內部各部門與外部客戶之溝通協調以強化經營效率，並需具備專業與市場知識以制訂產品策略，故需跨領域能力，還需具備 AI、大數據之新興技術發展和英語之溝通與專業能力	大專/ 外國語文、 企業管理、 電機與電子 工程、機械 工程、土木 工程、 工業工程	1. 專案執行、時程修訂 2. 專案執行預算掌控 3. 內部控制與稽核 4. 跨部門溝通協調 5. 客戶產品規格對應溝通 6. 產品策略規劃 7. 工程採購/招標/法務 8. 工程施工管理 9. AI、大數據	5 年 以上	1. 新興職務需求 2. 在職人員技能或素質不符 3. 薪資較低不具誘因 4. 在職人員易被挖角，流動率過高
營建施工人員	具備操控吊裝設備、維修保養設備、船舶管理及組裝施工能力，以有效執行專案進度，並具備海上安全訓練經驗、高空作業能力以保障自身安全，且需英語能力以應對產業所需	大專/ 電機與電子 工程、機械 工程、造船 工程、土木 工程、河海 工程、工業 工程	1. 基本專案執行及時程掌控 2. 吊裝設備操控 3. 高空作業能力 4. 施工船舶管理 5. 零組件後勤管理 6. 海上安全訓練 7. 風力機組裝能力 8. 風力機相關專業知識 9. 操作設備維修保養	2-5 年	1. 新興職務需求 2. 勞動條件不佳 3. 薪資較低不具誘因 4. 在職人員技能或素質不符
機電整合工程師	負責機電系統整合，涵蓋控制/自控、監控、電控與電機之系統分析規劃、輸配電系統併聯，同時需具備機械與電腦輔助工程、安裝施工、自動控制軟硬體操作、英語等實務能力，也需掌握智慧製造數據蒐集之新興技術	大專/ 資訊技術、 電機與電子 工程、機械 工程	1. 控制/自控系統程序分析 2. 監控系統技術建置 3. 系統整合規劃、設計、測試、應用 4. 輸配電系統併聯分析 5. 電機系統整合控制 6. 機械與電腦輔助工程 7. 電控系統規劃 8. 系統及安裝施工 9. 智慧製造數據蒐集 10. 機台自動控制功能操作（含軟硬體）	2-5 年	1. 在職人員技能或素質不符 2. 薪資較低不具誘因 3. 應屆畢業生供給數量不足 4. 勞動條件不佳
品管工程師 (Level2 非破壞 檢測人員)	具備專業與實作能力，如工程圖學、材料、銲接、機械加工、熱處理，及各種非破壞檢測之方法選用與設備架設、操作、調整、驗證，以確保產品符合客戶需求，且具備 Level2 非破壞檢測證照以出具檢測結果報告，另需具備管理能力以進行生產改善及英語溝通能力	大專/ 電機與電子 工程細、機 械工程	1. 工程圖學 2. 執行和監督檢測 3. 檢測方法選用 4. 技術包括目視檢測 (VT)、液滲檢測 (PT)、磁粒檢測 (MT)、射線檢測 (RT)、超音波檢測 (UT) 5. 材料知識 6. 架設、操作、調整、驗證檢測工具與設備 7. 提供生產改善建議 8. 銲接實務經驗 9. 機械加工實務經驗 10. 熱處理實務經驗 11. 編寫無損檢測結果報告	2-5 年	1. 在職人員技能或素質不符 2. 在職人員易被挖角，流動率過高 3. 勞動條件不佳 4. 應屆畢業生供給數量不足

第二章 全球淨零科技人才政策及臺灣人才培育策略

職缺名稱	人才需求條件			人才欠缺主要原因	
	工作內容簡述	基本學歷/學類	能力需求		
製程工程師	瞭解機械加工、組裝施工、銲接、防護塗裝等各種生產技術與檢驗測試技術，並具備自動化、分析智慧製造蒐集之生產數據等高階能力，以進行生產製程改善	大專/ 電機與電子工程、機械工程、材料工程、工業工程	1. 銲接技術 2. 防護塗裝技術 3. 製程管理與優化 4. 系統工程現場製造 5. 材料應用與分析 6. 組裝施工技術 7. 產品檢驗測試技術 8. 機械加工製程技術 9. 自動化生產 10. 分析智慧製造蒐集之生產數據	2-5年	1. 在職人員易被挖角，流動率過高 2. 薪資較低不具誘因 3. 在職人員技能或素質不符 4. 勞動條件不佳
塗裝工程師	噴砂塗裝品質管理及測試，執行檢測以確認符合業主規範、工業標準以及核可程序等，並記錄報告，檢查噴塗作業，以確保其作業執行符合核可程序，準備噴塗相關文件並審查供應商報價，視需要與業主進行技術澄清，並支援專案工作進行	大專/ 機械工程、化學、材料工程	1. 乙級金屬塗裝技術士、丙級金屬塗裝技術士 2. 具有 NACE 證照或 FROSIO Lv.1 證照 3. 具鋼構製程相關經歷、造船或海事經驗優先	2-5年	1. 勞動條件不佳 2. 在職人員技能或素質不符 3. 在職人員易被挖角，流動率過高 4. 應屆畢業生供給數量不足
電機技術人員	具備風力機相關專業知識、安全訓練與英語能力以進行風力機與發電系統之維修保養、系統監控與故障預測，亦需掌握零組件後勤管理、操作設備維修保養之能力	大專/ 資訊技術、電機與電子工程、機械工程	1. 專案執行、時程修訂 2. 風力機維修保養 3. 發電系統維修保養 4. 系統監控與故障預測 5. 零組件後勤管理 6. 海上安全訓練 7. 風力機相關專業知識 8. 操作設備維修保養	2-5年	1. 新興職務需求 2. 在職人員技能或素質不符 3. 薪資較低不具誘因 4. 在職人員易被挖角，流動率過高
焊接技術人員	CO ₂ 焊操作、潛弧焊操作，以及檢測焊道，以目視檢查焊道是否有穿焊、焊蝕、滲透不足、裂紋等缺陷	高中以下/ 機械工程、工業工程	1. 具備「勞動部銲接技術士證照」，如一般手工電銲 (Shielded metal arc welding, SMAW): 甲級或乙級銲接技術士證照、CO ₂ 銲 (Gas metal arc welding, GMAW): 甲級或乙級銲接技術士證照、氬銲 (Gas tungsten arc welding, GTAW): 甲級或乙級銲接技術士證照 2. 有天車、堆高機經驗	無經驗可	1. 勞動條件不佳 2. 在職人員技能或素質不符 3. 在職人員易被挖角，流動率過高 4. 應屆畢業生供給數量不足

註：1.基本學歷分為高中以下、大專、碩士以上；學類依據教育部 106 年第 5 次修訂「學科標準分類」填列。工作年資分為無經驗、2 年以下、2-5 年、5 年以上。

2.除塗裝工程師外，均有海外攬才需求；除焊接技術人員外，均要求英語能力。

3.招募難易度僅製程工程師、營建施工人員、電機技術人員為普通外，其餘均為困難。

資料來源：經濟部工業局（2020）。

B. 離岸風電運維相關人才培訓

隨著臺灣離岸風電建置有成，近年離岸風電開發商在臺灣與各大學合作逐漸以運維為主軸，且採學徒制。例如 Ørsted 與大葉大學合作「離岸風電學徒制計畫」，每年選出兩位離岸風電學徒，投入離岸風電運維人員的訓練。德商達德 (wpd) 及旗下運維品牌德唯特 (Deutsche Windtechnik) 則與虎尾科技大學產學合作，培訓成為德唯特運維工程師。全球離岸風電旗艦廠商 CIP 則與彰化建國科技大學合作開辦離岸風電維護運轉學徒制課程。

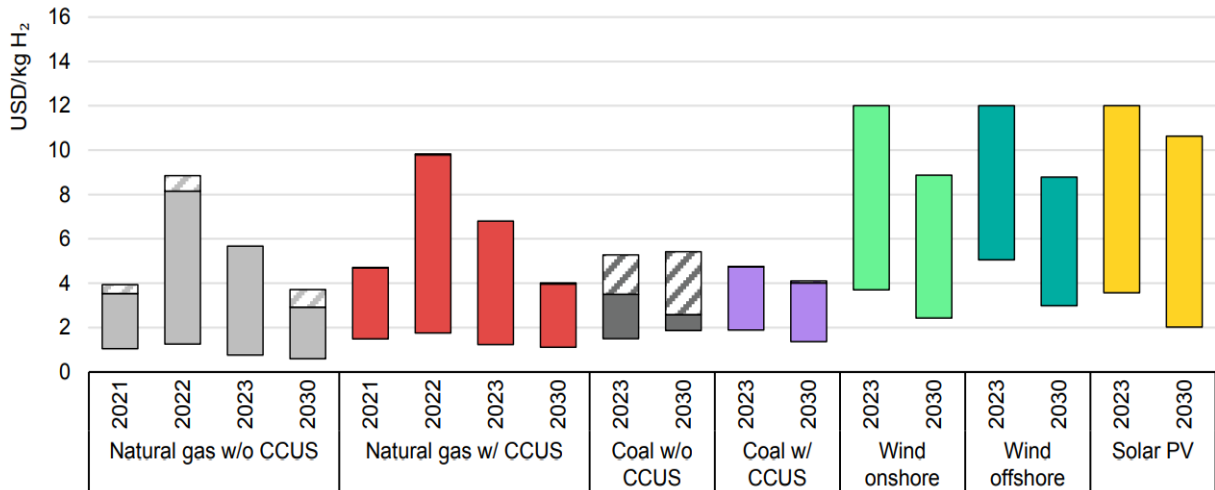
三、氫能科技人才培育

(一)全球氫能科技發展現況及未來趨勢

隨著各國政府陸續提出淨零排放目標，氫能也日益備受重視。根據彭博新能源財經資料，2019 年全球僅韓國、日本、澳洲等三國提出國家氫能戰略，至 2024 年 3 月，包含歐盟、德國、英國、加拿大、美國在內已有 53 個國家與地區制定國家氫能戰略，另有 30 個國家正在研擬中 (BNEF, 2024)。我國政府於 2022 年 3 月公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」後，經濟部亦於 2023 年 4 月核定「臺灣 2050 淨零轉型『氫能』關鍵戰略行動計畫」，希冀推動氫能發展，並將其應用於發電、產業、載具等面向。

另根據 IEA 2024 年 10 月公布的「2024 年全球氫能回顧」(Global Hydrogen Review 2024) 報告，2023 年全球氫氣產量約為 9,700 萬噸，雖較 2022 年成長約 2.5%，但主要仍是化石燃料生產的灰氫；低碳氫 (包含搭配 CCUS 技術製氫、水電解技術製氫) 尚不足 100 萬噸。然而，若目前全球已公布的各項低碳氫生產計畫如期進行，則 2030 年低碳氫年產量可望達到 4,900 萬噸。

就製氫技術成本來看 (圖 2-7)，再生能源 (太陽能、風能) 電解產氫成本仍相對較高，2023 年每公斤約為 3.8–12 美元 (約新臺幣 124–390 元)，以現階段技術角度觀之，2030 年再生能源生產的綠氫成本約可降至每公斤 2–9 美元。此外，隨著太陽光電、風電規模逐漸擴大、發電成本持續下降，以及電解槽技術日益創新與成熟，預估在淨零排放情境下，綠氫 (再生能源產氫) 生產成本可有更低的趨勢。

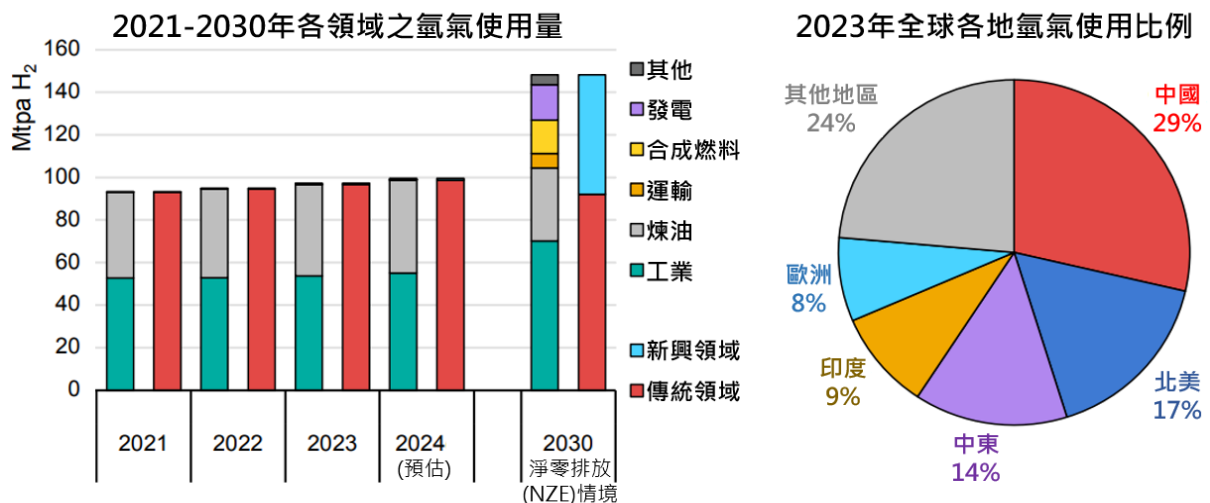


註：2030 年為 2050 淨零排放（Net Zero Emission, NZE）路徑情境。

資料來源：IEA (2024)，Global Hydrogen Review 2024。

圖 2-7 2023 及 2030 年各項製氫技術均化成本

若從氫氣應用領域來看，2023 年全球氫氣使用量達 9,700 萬噸，主要用於工業、煉油領域，兩者使用量合計超過 9,600 萬噸；至於運輸、發電、合成燃料等新興領域應用占全球不到 1%。根據 IEA 預估，在淨零排放情境下，2030 年全球氫氣使用量將超過 1.4 億噸，雖仍以工業、煉油應用為大宗，但新興領域應用將大幅提升至約 40%，其中以發電、合成燃料應用較多（圖 2-8）。此外，報告亦提到，運輸及儲存基礎設施為擴大低碳氫供應的關鍵要素之一，然而目前各國基礎設施仍非常有限，這也意味著 2030 年前需加速部署大規模的輸儲等基礎設施，才能有效降低低碳氫成本並擴大應用範圍（IEA，2024）。



資料來源：IEA (2024)，Global Hydrogen Review 2024。

圖 2-8 2021–2030 年氫氣主要應用領域及國家

在前述發展背景之下，依據國際再生能源機構（IRENA）發布的「世界能源轉型展望」（World Energy Transitions Outlook），提及對電解槽和其他綠氫基礎設施的投資可能在 2030 年至 2050 年間在全球創造約 200 萬個就業機會（IRENA，2021c）。

以下針對氫能科技領先國的日本、已宣示積極發展氫經濟的英國、德國之相關人才供需及培育策略進行說明，並概述臺灣的氫能發展及人力資源概況。

（二）日本

1. 氫能發展及人才供需現況及展望

日本為減少溫室氣體排放，於 2014 年 4 月第四次能源基本計畫開始規劃採用氫能來減少環境影響、確保能源安全、創造新產業。隨後由產學官專家組成的氫能與燃料電池戰略委員，發布《氫能與燃料電池戰略路線圖》。

時至今日，根據歐洲專利局和 IEA 發布的報告，2011–2020 年日本氫相關專利全球占比為 24%，為氫技術研發之世界領先國（IEA，2023）。日本氫能政策及技術著重應用面，諸如氫能運輸、煉鋼等，舉例如下：

- （1）日本製鐵高爐氫能煉鋼，減碳 33%（2023）。
- （2）經產省「綠色創新基金」補助日本製鐵、JEF 鋼鐵、神戶製鋼所及日本金屬中心聯盟進一步開發氫能煉鋼。
- （3）川崎重工氫能運輸技術研發，目標建立具價格競爭力的日本進口再生能源及氫氣船運供應鏈（2022 年日本、澳洲政府經費補助試點成功）。
- （4）JR 東日本正推動與 TOYOTA 和 HITACHI 公司共同研發首輛氫混合動力列車「HIBARI」試駕，目標日本鐵道運輸氫燃料化（The Asahi Shimbun，2024）。

日本氫能策略主要在刺激供給與需求，進而建構出氫能市場，也因此其研發內容更多是在氫能的多方面應用上。日本在氫能領域以燃料電池技術見長，該國政府也積極出口這項技術到世界各地，並希望透過技術創新降低氫能發展成本，而現階段在市場上是透過價格補貼的方式縮小差距。

2023 年 2 月，日本發布綠色轉型方針（Green Transformation，GX），同年 6 月修訂國家基本氫能戰略，確定燃料電池和水電解裝置等九項關鍵技術，預計至 2040 年投資超過 15 兆日圓（988 億美元），目標 2040 年日本氫氣使用達到 1,200 萬噸/年。

為有利鋼鐵、化工、交通、發電等高碳排產業能及時獲得低碳氫的供應和使用，順利推動 GX，日本內閣於 2024 年 2 月通過《氫能社會推動法案》及《CCS

業務法案》，以擴大氫能使用、推動導入碳捕獲封存（CCS）並改善 CCS 相關產業環境。《氫能社會促進法案》已在 2024 年 10 月實施，政府將帶頭制定基本政策、建立計畫認證制度，包括國內產製低碳氫、國外進口等、提供支援措施與系統等，以促進成本較高之低碳氫的普及、彌補氫氣與天然氣等現有化石燃料間的價格差距。另法案也規範國內低碳氫供應基地發展之補貼制度（經產省，2024）。

2. 氫能人才培育/培訓策略措施探討

日本過去雖不自產氫能，卻針對氫能應用設立國家目標及產業目標，而後為達成目標來進行產學合作研發及相關人才培訓。

以氫燃料電池應用為例，2009 年日本達成全球第一個將質子交換膜燃料電池（Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEFC）商轉為家用燃料電池（Ene-Farm）的案例。2011 年、2017 年，日本也分別達成固態氧化物燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell, SOFC）商業和工業燃料電池的商轉。2014 年日本已經是全球燃料電池汽車（Fuel Cell Vehicle, FCV）市占率最高的國家；2019 年，日本國內外燃料電池汽車銷售超過 1 萬輛，國內加氫站超過 110 座。

日本氫能應用發展的背後，是由產官學密切的合作研發及政策補貼支援所支持。居中主其事的新能源產業技術綜合開發機構（新エネルギー・産業技術総合開発機構，英文為 New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO）便統計 2020–2023 年獲委託或補貼的日本氫能產學合作專利或論文產出成果，見表 2-2（NEDO，2024）。

表 2-2 日本氫能產學合作專利或論文產出成果表

	2020		2021		2022		2023	
	委託	補貼	委託	補貼	委託	補貼	委託	補貼
金額 (百萬日圓)	4,030	501	5,980	918	7,800	1,387	6,247	1,396
專利申請量 (件)	4	-	28	-	50	-	31	-
發表論文 (報告篇數)	45	-	105	-	101	-	96	-
論壇等(項)	130	-	449	3	496	14	414	6

資料來源：NEDO (2024)。燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業。

而在經產省發布的「氫能/燃料電池戰略路線圖—實現氫能社會的産学官行動計畫」中，以燃料電池汽車（FCV）為例，日本設定目標 2025 年 FCV 要銷售 20

萬台，與油電混合車（Hybrid Vehicle，HV）的售價差距要從 300 萬日圓縮減至 70 萬日圓，其中燃料電池系統成本要從約 2 萬日圓/kW 降低至 5 千日圓/kW；儲氫系統成本則從約 70 萬日圓降低至 30 萬日圓。此外，也設定 2030 年 FCV 要銷售 80 萬台的目標。

上述目標達成的主要策略，便是相關企業、研究機構等產學共享合作領域的技術資訊和課題，且聚焦在如何減少貴金屬使用量的技術開發、如何開發減少儲氫系統碳纖維用量技術等方面（經產省，2019）。

日本的氫能人才培訓基地主要在九州，九州大學受日本文部科學省、經濟產業省及新能源產業技術綜合開發機構（NEDO）的補助，與產業技術綜合研究所（National Institute of Advanced Industrial Science and Technology，AIST）及福岡氫能戰略會議等合作，同時進行基礎研發、產業合作，包括學生也可直接至產業服務。

此外，2015 年，山梨大學、山梨產業支援機構及山梨縣政府相關部門成立了山梨縣氫能與燃料電池網路協會。沒有技術的公司透過加入這個計畫可以取得技術與人力，進而進入氫能產業。山梨大學也與民間氫能企業合作，推出氫燃料電池產業技術培訓課程，學員透過該些課程進入公司，公司也會再來尋求更多專業人才。

（三）英國

1. 氫能發展及人才供需現況及展望

英國將低碳氫及 CCUS 等新興低碳技術作為跨部門深度脫碳的關鍵主力。其中氫能方面，英國政府於 2021 年 8 月公布「英國氫能戰略」（UK Hydrogen Strategy），針對氫氣生產、運輸、儲存、應用，以及創造市場與經濟效益等面向提出短、中、長期的規劃，目標為 2030 年低碳氫生產能力達 5 GW，且預計 2030 年英國氫經濟價值達 9 億英鎊（約新臺幣 378.5 億元）、支持 9,000 個就業機會，2050 年氫經濟價值更達 130 億英鎊（約新臺幣 5,467 億元）、支持 10 萬個就業機會。

為促進氫能發展，隨後又於 2022 年 4 月發布的「能源安全戰略」（British energy security strategy）中，將 2030 年低碳氫生產能力目標提高至 10 GW，其中 50% 來自電解產氫。在應用方面，英國希冀將低碳氫應用於工業、交通運輸、建築供暖、發電系統等領域以達到淨零目標。

從「英國氫能戰略」及相關政策措施觀之，英國主要是透過投資及補助，來全面發展氫能價值鏈，包含產氫技術的研發、基礎設施的開發與部署，進而拓展各領域的應用並建立商業模式。為支持氫能產業發展，「英國氫能戰略」亦提及，

英國政府將與產業界、工會、分權的行政部門、地方政府及企業等合作，投資發展並擴大技能基礎，並支持高品質的就業機會，且將高碳排產業公正轉型作為關注焦點之一。

根據英國氫能技能聯盟（Hydrogen Skills Alliance）2024 年針對國內氫氣生產、運輸、儲存及應用等面向所做的勞動力評估報告（Green Jobs Delivery Group - Hydrogen Task and Finish Group：Hydrogen Workforce Assessment - Executive Summary）顯示，預計到 2030 年將創造 28,675 個直接就業機會及 64,500 個間接就業機會（見表 2-3）。

表 2-3 英國 2030 年氫能各領域勞動力評估

（單位：個）

	生產	傳輸	運輸/ 配送	儲存	運輸 (應用)	工業	供熱	電力	總計
直接 工作	8,500	6,000	1,500	3,000	3,500	2,500	175	3,500	28,675
間接 工作	24,000	13,500	3,000	6,000	7,500	3,500	300	6,000	64,500

資料來源：Hydrogen Skills Alliance，Hydrogen Workforce Assessment - Executive Summary.

此外，前述評估報告亦提及，目前英國氫能勞動市場面臨挑戰包括：技能與勞動力短缺、對勞動力需求的不確定性、產業與技術的認知度和吸引力不足、因屬新興技術故供應鏈技能需求不明、缺乏對氫能相關職位及其具體角色的明確定義等，並針對前述挑戰提出因應建議如：開發系統以識別及評估石油與天然氣等相關行業的可轉移技能、針對其他行業工人制定並實施技能提升及再培訓計畫，使其能從事氫能領域工作、開發用於預測勞動力需求與技能的動態建模工具、簡化指導方針並確保與「學徒和技術教育協會」（Institute for Apprenticeships and Technical Education, IfATE）職業地圖的一致性，以利培訓提供者與雇主需求的整合、透過勞動力預測等工具強化地方技能增進計畫（Local Skills Improvement Plans, LSIPs）、開發氫技能框架等。

2. 氫能人才培育/培訓策略措施探討

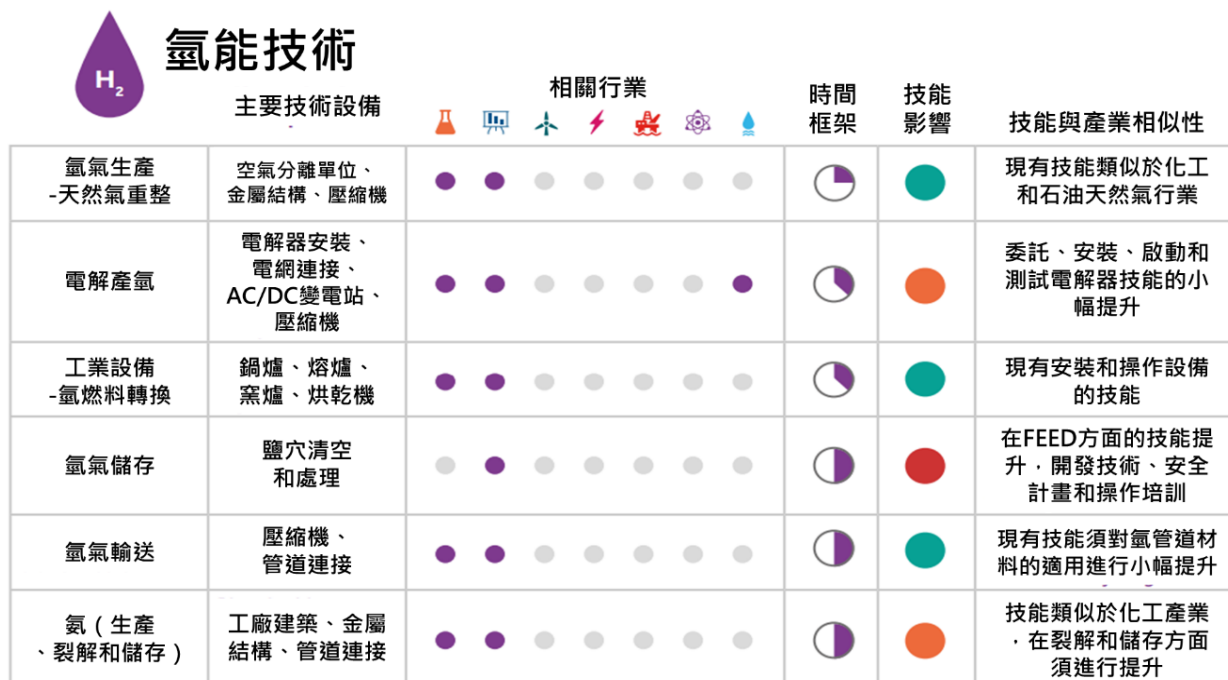
英國政府認為，確保勞工擁有適當的技能與能力對於實現該國氫經濟目標非常重要，因此政府針對各地的氫就業機會進行評估，透過串聯氫能產業相關利害關係人，嘗試瞭解氫能所需的技能概況；同時，積極與產業界、教育或培訓機構及地方政府合作，探索培養氫能專業人才及技能的策略與措施，如學徒制、技能再培訓計畫等。此外，亦於氫諮詢委員會（Hydrogen Advisory Council，現改為氫輸送委員會—Hydrogen Delivery Council）下設立早期職業專業人員論壇（Early Career Professionals Forum），以確保氫經濟領域的早期職業專業人員能參與並為政府提供建議。

(1) 學徒制

前文提及，學徒制為英國人才培訓的主要管道之一。不過，由於氫能尚屬新興技術領域，故目前氫能相關的學徒計畫仍不多。相關案例如，英國 GeoPura 能源公司和西門子能源公司（Siemens Energy）於 2024 年 2 月合作推出首個氫學徒計畫（Hydrogen Apprenticeship Scheme），以解決氫能產業技術人員短缺問題。目前共招募 12 名學徒，獲選者將進行為期四年的培訓，首先於英國紐卡斯爾的 TDR 培訓中心學習綜合課程，接續於西門子能源製造工廠進行實務培訓，同時亦可受到來自英國各地 GeoPura 工程師的現場指導，完成培訓者，可獲得高級製造工程文憑。

(2) 技能再培訓/重新培訓

英國亦計畫針對高碳排產業勞工進行氫能技術再培訓/重新培訓，以協助其因應淨零轉型下的轉業。根據英國氫能戰略所述，英國石油天然氣協會（Oil & Gas UK）估計，2018 年至 2030 年間，英國海上石油及天然氣行業的直接及間接就業人數可能從 14.7 萬人減少至約 10.5 萬人。惟該行業部分技能與清潔能源技術技能具有相似性或可移轉性，例如專案管理、製程（生產）工程、基礎設施開發與再利用及天然氣安全等。換言之，石化、化工、能源業等領域的工作者透過技能提升、技能再培訓即可轉型至氫能領域（見圖 2-9）。



資料來源：ECITB 委託 Element Energy 研究 (2020)，TOWARDS NET ZERO: The implications of the transition to net zero emissions for the Engineering Construction Industry.

圖 2-9 英國人才轉業氫能規劃圖

此外，英國政府於北海過渡協議（North Sea Transition Deal）亦承諾將支持石油及天然氣產業及其勞動力轉型，並為此提供亞伯丁能源轉型區 2,700 萬英鎊（約新臺幣 11.35 億元）、以及提供「全球水下中心」（Global Underwater Hub）500 萬英鎊（約新臺幣 2.1 億元）的資金，以協助支持前述產業向再生及低碳能源技術（如離岸風電、氫能和 CCUS）轉型。英國政府對此相關策略原則為：

- A. 確保專業資格的可移轉性及相互認可，使人員能夠在無須重新認證的情況下轉型至氫能等新領域。
- B. 政府將與產業界合作，支援需要培訓的人力資源，以便其能夠獲得新的工作機會。此外，也將與產業及教育機構合作，探索新的高強度技能提升和再培訓機會。
- C. 政府將持續支持 2019 年成立的能源技能聯盟（Energy Skills Alliance）在短期內對能源技能做出明確的預測，推動綜合能源學徒計畫，並制訂培訓及標準的路線圖。

(3) 高階人才培育—博士培訓中心

前文提及，英國工程暨物理科學研究委員會提供資助，由各大學、產業及企業合作設立不同領域（如能源與脫碳、人工智慧、工程、資通訊技術、製造業與循環經濟等）的博士培訓中心。

其中，永續氫能博士培訓中心（Sustainable Hydrogen Centre for Doctoral Training）成立於 2019 年，為英國諾丁漢大學、羅浮堡大學、伯明翰大學、阿爾斯特大學共同合作，亦為英國首個氫能博士培訓中心。該中心的目標為提供高品質的跨學科培訓、培養具專業知識、全面技能與實務經驗的博士人才；截至 2023 年，該中心已招募超過 60 名博士生，從事氫氣生產、儲存、系統、升級、安全、分配、氫氣燃燒等領域研究與培訓。此外，該中心亦十分重視性別平等、種族多元化及包容性，例如約 33% 的學生為女性、41% 的學生來自少數族裔。

(4) 制定培訓規範

陸續針對氫能各領域制定培訓規範或技能框架，例如英國政府便與 Energy & Utility Skills 和 Institution of Gas Engineers & Managers（IGEM）等組織合作制定國內和非國內氫氣安裝標準、能力框架和培訓規範，以便安全且重新利用現有天然氣系統，為住宅和非住宅場所提供氫氣供暖。此外，Hy4Heat 計畫也為從事氫氣工作的供暖工程師制訂技能認證框架。

由上述觀之，英國政府透過與新興的氫能和 CCUS 集群密切互動，促使氫能產業與就業、轉業同時發展。短期內英國政府將透過各種投資及補助，鼓勵氫能

產業及相關技能發展，並支持整個供應鏈的工作機會，以利最大限度增加氫行業的就業機會。

(四)德國

1. 氫能發展及人才供需現況及展望

德國將氫能作為實現能源轉型重要的一環，並預估至 2030 年氫氣總需求量將達到 95 至 130 TWh，至 2045 年則增加至 360 至 500 TWh。

為建構氫價值鏈，德國聯邦政府於 2020 年 6 月首次提出，並於 2023 年 7 月公布更新版「國家氫能戰略」(Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie)，由德國聯邦經濟及氣候行動部 (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, BMWK) 主責，規劃從「確保氫氣及其衍生物供應充足」、「發展高效的氫能基礎設施」、「建立氫能各領域的應用」、「創造良好的框架條件」等面向，提出短 (2023 年)、中 (2024–2026 年)、長期 (2026–2030 年) 的措施，希望於 2030 年國內電解產能從 5 GW 提高至 10 GW，另 50%–70% 的氫氣需求自進口滿足，藉以提高德國能源轉型的靈活度；與此同時，加速開發相關基礎設施，如擴建進口碼頭、改造或新建氫氣管線等，以便與歐洲國家建立氫能網絡，並進一步將氫能應用於工業、運輸、發電等領域 (BMWK, 2023)，以及為因應氫氣進口，德國政府更於 2024 年 7 月發布氫氣及其衍生物進口戰略，以確保 2030 年前德國綠氫或低碳氫供應穩定安全且更多元彈性 (BMWK, 2024)。

為達成前述目標，德國成立國家氫能委員會 (Nationaler Wasserstoffrat)，加速發展氫經濟，同時透過各項投資、獎勵補助或提供補貼來促進氫能相關領域 (如生產、儲存、運輸、分配、工業/運輸/電力/供暖應用) 的研究、技術開發、基礎設施部署及國際合作等。而這也意味著需要更多專業人才來支持氫能產業的發展。為此，德國氫能戰略亦提及，將制定一系列相關措施，包括短期的技能再培訓、繼續教育等，以及中期的大學教育、技術移民等，以提升氫能從業人員的專業知識與技能，並提高氫能相關職業的吸引力。

根據歐洲氫技能戰略 (European Hydrogen Skills Strategy) 所述，目前歐洲氫技能需求量大、招募困難的職務主要集中在技術領域；且不僅是專業、合格的人才短缺，由於氫能屬於新興低碳技術，因此，對於培訓人員亦有迫切的需求。另根據德國勞動力市場暨職業研究所 (Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, IAB) 資料，預計至 2030 年將需要約 70,000 名勞動力來發展氫經濟，主要是從事氫氣生產及基礎設施的規劃及建設，以電機工程、機械工程、能源與電氣工程、化學製程、電解槽設計、材料、基礎設施改造等領域的工程師與技術人員需求較高。此外，隨著相關設施部署完成，以及後續應用與國際合作之開展，相關職務

如專案管理、設備與設施（如電解槽、輸氫管線、燃料電池、加氫站等）維護、安全法規專家、國際氫能貿易專家等需求亦隨之增加。

2. 氫能人才培育/培訓策略措施探討

德國十分重視氫能人才的培育，在高階人才培育方面，可區分為國內培育及國際合作培育：

(1) 國內高等教育培育

相較其他國家，德國國內許多大學皆設有氫能相關學位課程，如：維爾茨堡-施韋因富特應用科技大學氫技術學士學位課程、埃斯林根應用科技大學氫和燃料電池技術（工程碩士）課程、英戈爾施塔應用科技大學再生能源與氫技術碩士課程、德勒斯登國際大學氫技術與經濟碩士課程等，分別提供學生有關氫價值鏈（如再生能源產氫、氫氣儲存、運輸、分配、各領域應用、安全）、氫能源系統管理，以及工廠設計與建造等領域的專業學習。

(2) 國際合作培育

此外，德國亦將教育與研究結合，透過大學以外的研究機構與高等院校的能力中心，進行國際合作推動職業培訓。例如：德國聯邦教育及研究部（Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF）資助的「國際能源及綠氫碩士課程」計畫，該計畫與德國研究機構及西非氣候變遷與適應土地利用科學服務中心（West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use, WASCAL）合作，於2021年9月啟動，招收來自15個西非國家經濟共同體（Economic Community of West African States, ECOWAS）的學生，提供其綠氫相關的專業知識，期藉由與西非合作，未來可由西非大規模進口再生氫氣。

(3) 公私部門合作技能培訓

在氫能基礎技能培訓方面，德國公私部門合作的氫能技術培訓，諸如透過歐洲社會基金（European Social Fund, ESF）資助，德國烏爾姆工藝協會（Handwerkskammer Ulm）開設的「氫氣處理專家」培訓，為一個三日的基礎培訓課程，由ESF資助30%的課程費用，若為55歲以上報名者，則資助70%；課程內容包括三個單元：

- A. 氫的特性、基礎知識、氫氣安全儲存和處理（600 歐元）。
- B. 氫燃料電池之系統和安全結構（600 歐元）。
- C. 處理氫氣、檢查氫氣的規則及實地演練，包括防爆、壓力設備指令、工業安全法規、法律和責任等（1,200 歐元）。

結業並通過上述考試後可取得證書，證明具備符合德國公司安全技術規則（Technical Rules on Company Safety，TRBS 1203）之處理氫氣測試人員的專業。

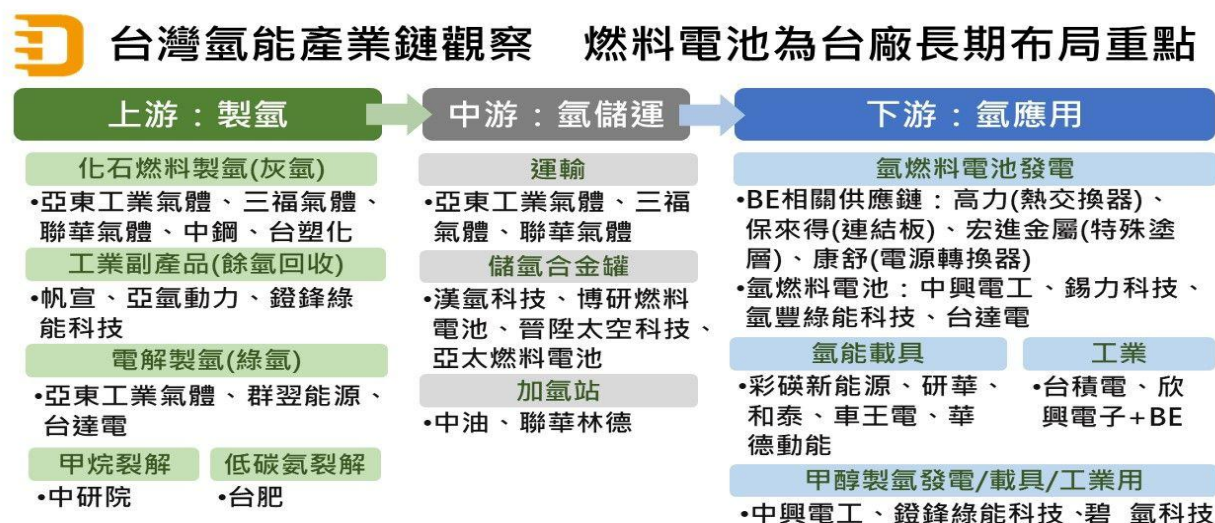
(五)臺灣

1. 氫能發展及人才供需現況及展望

我國目前氫氣 96% 以上來自於天然氣重組，因國內天然氣主要來自進口，接收站與儲槽量能卻有限，且天然氣主要用於發電及民生用途，導致氫氣供應規模受限。故現況待解決的問題是接收站設施（基礎設施）、建立穩定氫氣來源（氫氣供給）及氫氣應用。而目前主要目標是用氫氣進行發電降低碳排，希望達成 2050 年淨零碳排總電力氫能占比目標 9%–12%。

國家發展委員會的氫能戰略規劃是未來氫能應用包含發電應用、鋼鐵製程、工業製程、氫能載具等四大領域，其中又以發電應用為重中之重。由於臺灣目前不產氫，必須倚賴進口，因此穩定、經濟可行、安全的海外氫氣進口源顯得不可或缺，而與我國地緣鄰近之澳洲是重點潛在合作對象。

臺灣相關產業供應鏈已經形成（見圖 2-10），產、學、研界也組成「臺灣氫能與燃料電池夥伴聯盟」、「臺灣氫能產業發展聯盟」合作推動，目前是以運輸與氫能發電與儲能為主。目前已有群翌能源、台達電、台肥等公司投入上游製氫端發展綠氫或低碳氫裂解，而中油、聯華林德也開始建置加氫站。



註：僅列出主要業者。

1 資料來源：各業者，DIGITIMES Research，2024/4

DIGITIMES

資料來源：財訊（2024）、數位時報（2024）。

圖 2-10 臺灣氫能產業鏈架構圖

目前氫能（含燃料電池）尚未正式被納入政府的人力供需調查範圍，若從民間求才機構，以 104 人力銀行為例，業界目前需求的氫能人才主要為軟硬體工程師、氫能產品業務員、氫能研發人員等，整體月薪約在 3 萬-9 萬元間，如表 2-4。

表 2-4 臺灣氫能人才需求職位案例列表

行業別	公司	職稱	學歷要求/ 專業領域	技能需求	月薪 (萬元 新臺幣)	人才 需求
電力機械器材 及設備 製造修 配業	某電工機械公司	氫能專案工程師	學士/ 電機或工管	1.無工作經驗可 2.需擅溝通與談判，問題分析與解決 3.文書編輯/簡報製作能力(Office 套裝軟體) 4.TOEIC 或 GEPT 等英文認證	3.8-4.2	1
	某電工機械公司	氫能產品技術應用(FAE)售服工程師	學士/ 工程	1.無工作經驗可 2.工程圖面及線路圖查看 3.電子儀表工具使用 4.電子儀表設備測試	3.8-4.3	2
	某電工機械公司	電子工程師	學士/ 電機電子	1.無工作經驗可 2.使用 Altium Design 軟體 ≥ 2 年 3.熟悉硬體電路、主被動元件；PCB Layout, PCBA 相關製程 4.熟悉示波器、電錶、函數產生器等電子儀表工具使用	≥ 4.5	1
	某電工機械公司	氫能研發軟硬體工程師	學士/ 電子電機、 資工	1.工作經驗 ≥ 2 年 2.熟悉 Matlab	≥ 4	1
	某電工機械公司	氫能研發助理(工程師)	學士	1.無工作經驗可 2.電腦文書作業能力	3.5-3.8	1
	某電工機械公司	氫能行銷業務員	學士	1.工作經驗 ≥ 5 年 2.英語聽說讀寫精通 3.Office 精通 4.擅長簡報、熟悉能源產業	5-7	1
	某電工機械公司	氫能行銷業務助理	學士	1.工作經驗 ≥ 2 年 2.英語聽說讀寫精通 3.溝通協調能力，邏輯思考和組織能力 4.兼顧獨立作業與團隊合作	3.5-4.5	1
	某電工機械公司	微電網機電製程工程師	學士/ 電子電機	1.機電配電、電力控制電路、工廠電務等相關工作經驗 2.電氣圖識能力 3.丙級以上工業配線技術士及實際工業配線能力 4.具線路圖識圖能力 5.各種電控料規格、用途詢料詢價比價議價經驗 6.主被動電子元件詢料詢價比價議價	3.5-4.2	1

全球前瞻科技人才政策對臺灣之啟示

行業別	公司	職稱	學歷要求/ 專業領域	技能需求	月薪 (萬元 新臺幣)	人才 需求
電子電 機零組 件業	某電子公司	氫能源應 用新事業 發展部業 務經理	學士/ 商管、電子 電機或化工	1.市場開發、業務工作經驗≥ 10 年 2.英語聽說讀寫精通 3.熟悉定置型發電市場等 SOFC 市場重 要客戶開發及主導提案書撰寫 4.能經常海外出差	> 4 (底薪)	2
	某電子公司	氫能韌體 設計資深 工程師	碩士/ 電子、電 機、機械、 資工	1.無工作經驗可 2. 使用 DSP/MCU 經驗， Microchip/TI/ST 皆可 3.熟模擬/數位電力電子控制 (DC/DC、 AC/DC、DC/AC) 韌體開發 4.具備數位電源拓撲控制開發經驗，如 PFC, LLC, Inverter 5.熟悉 C 語言撰寫	≥ 4	1
	某電子公司	氫能工程 支援資深 工程師	碩士/ 工管、公共 行政或圖管	1.工作經驗≥ 3 年 2.英語聽說讀寫精通 3.熟悉產品驗證作業 4.具乙級職業安全衛生管理員證照	≥ 4	1
	某綠能科技 公司	資深軟體 研發(工程 師/主管)	學士/ 電子電機、 資工	軟體研發經驗≥ 3 年	4-9	5
	某綠能科技 公司	化工、工 安、品管 工程師	學士/ 化工、材 料、環工	1.工作經驗≥ 1 年 2.熟悉 ISO 14000、ISO 45001、PSM 實 務及訓練經驗 3.熟悉職業安全衛生及消防法規	3-9	3
專業技 術服務 業	某科技研發 法人	氫能策略 研究員	碩士/ 能源/環工、 經濟學或商 管	1.無工作經驗可 2.英語聽說讀寫精通	面議	1
	某科技研發 法人	氫能系統 研究員	碩士/ 電子、工工 或機工	1.無工作經驗可 2.對研發工作具熱忱，與同事相處融 洽、團隊意識佳	≥ 5	1
	某科技研發 法人	氫能專案 (機械、化 工)工程師	碩士/ 環工、機工 或化工	1.無工作經驗可 2.TOEIC 650 分以上	≥ 5	2
消費性 電子產 品製造 業	某科技公司	氫能源產 業分析研 究員	博士/ 電機、材 料、化學	1.無工作經驗可 2.熟悉 SOFC 與 SOEC 相關的應用需求	> 4 (底薪)	1

資料來源：104 人力銀行於 2024 年 11 月氫能相關徵才資訊，由本研究彙整。

2. 氫能人才培育/培訓策略措施探討

臺灣氫能發展多為產學研合作模式，以運輸、氫能發電，以及儲能為主。例如中研院與台電發展「去碳燃氫發電」，將天然氣去碳產氫，去碳燃氫設備可建置於發電廠，即時就地發電，減少儲存與運輸氫氣帶來的問題。此外，若與天然氣蒸汽重組技術，產氫過程所需能量減少近 40%，且不會產生碳排放，產出的無碳電量為原投入電量的 3 倍；就成本效益方面，「去碳燃氫發電」獲利可抵消天然氣加碳捕捉的成本而有餘。

但在應用及研發人才培育方面，相較前述日、英、德政府政策措施，相對較少。民間方面，臺灣氫能與燃料電池學會於 2023 年、2024 年在國立中央大學開辦燃料電池短期培訓課，以質子交換膜燃料電池為主軸，對象為學生或是業界學員，吸引多人報名。另外，工研院也開設多種關於氫能源及相關產業的課程。

就產學研發端專家意見，臺灣在氫能相關高教端的研發與人才培育能量充足，需要的是政策營造良好的氫能產業環境，使人才願意貢獻於氫能產業領域。此外，當氫能政策明確後，也需要更多的產學合作機會及資源，諸如提供研究生獎助學金，鼓勵學生投入氫能領域之研發；也可提供暑期至氫能企業實習的機會。政府單位則可與學會合作，舉辦短期專業培訓，共同為氫能領域之人才培訓盡一份力（曾重仁，2023）。

四、小結

在全球淨零風潮下，近年的聯合國氣候變遷大會（Conference of the Parties, COP）多次強調加速全球再生能源發展已成為共識，並呼籲以兩倍、甚至三倍的速度推進，此一目標屢屢成為年度會議的核心結論。其中，技術發展一日千里，且可大量發電的離岸風電甚受矚目，世界銀行甚至針對中南美、東南亞等新興市場提出建廠成本低於化石燃料電廠的離岸風電專案融資套案建議。除了淨零碳能源（範疇二碳排放）外，高碳排放製程的製造業（範疇一碳排放），諸如高爐鋼鐵業、石化業、水泥業、半導體業、紡織業等，則亟需發展低碳氫、無碳綠氫製程科技，「氫經濟」不但已成為日本、歐盟（德國為首）、英國等國的重大國家政策，2024 年 COP29 會議也發布全球「氫宣言」，因此本研究在淨零科技領域，聚焦於離岸風電與氫能的主要國家人才供需現況及其人才培育策略進行深入探討。

在離岸風電方面，本研究介紹全球政策與產業發展，以及人力資源趨勢，說明丹麥、英國、荷蘭、臺灣人才供需及人才培育策略概況，並彙整跨國比較於表 2-5。整體而言，臺灣離岸風電人力資源供需遭遇「人力資源欠缺」、「流動性高」等課題，關於對於離岸風電人才短缺，可參考具有相同課題的荷蘭政策經驗，該國因此規劃自動化、數位化等創新技術來替代傳統勞動力，並衍生新的技能及專業知識的人力需求，如數據分析、人工智慧、數位工程等。

表 2-5 離岸風電政策及人力資源跨國比較

面向	丹麥	荷蘭	英國	臺灣
總裝置容量	2.7 GW (2024.04)	4.7 GW (2024.05)	14.7 GW (2024.07)	3.738 GW (2024.09)
建置目標	> 10 GW (2030)	<ul style="list-style-type: none"> • 21 GW (2030) • 70 GW (2050) 	<ul style="list-style-type: none"> • 43-50 GW(其中 5 GW 為浮動式) (2030) 	<ul style="list-style-type: none"> • 13.1 GW (2030) • 40-55 GW (2050)
相關人才供需	離岸風電就業 3.3 萬人(2023) (無技術人才短缺課題)	<ul style="list-style-type: none"> • 2023：較 2017-2022 年新增>6,000 就業 • 2023-2030：需 6.2 萬名全職勞動力 • 2030-2050：需 16.3 萬名全職勞動力 	<ul style="list-style-type: none"> • 2022：32,257 名 • 2026：88,509 名 • 2030 前：104,401 名(直接+間接) • 2030 年女性工作者占比至少達三分之一 • 工黨政府擴大發展，評估 2030 年再新增 7 萬名就業機會 	<ul style="list-style-type: none"> • 2021-2023：每年平均新增需求為 293-360 人。新增需求占該產業總就業人數比例為 12.7-14.6% • 招募困難職缺：機電整合工程師、專案管理主管、品管工程師、焊接技術人員、塗裝工程師等
人才政策未來趨勢	<ul style="list-style-type: none"> • 丹麥創新基金投資 FloatLab 計畫 1,540 萬丹麥克朗(約 220 萬美元) • 和日本簽署意向書，由學術界、監管機構以及產業和供應鏈合作發展技術與创新中心 	<ul style="list-style-type: none"> • 人才短缺加上流動性高，故規劃利用自動化、數位化等創新技術來替代傳統勞動力，衍生新的技能及專業知識需求，如數據分析、人工智慧、數位工程等 	<ul style="list-style-type: none"> • 以營運及維護需求最大，再來為管理、技術/專業領域 • 未來缺口包括：電氣技術及工程技能、高階數位專業技能(如數據分析、人工智慧、數位工程/科學、監控與資料收集相關技能)、陸上及離岸物流等 • 超過 60%的職務需要 STEM 技能 	<ul style="list-style-type: none"> • 遭遇人力資源欠缺與流動性高等問題，因應策略包括技能培訓、產學合作等： <ol style="list-style-type: none"> 1.離岸風電水下基礎產業技術升級輔導計畫(高階銲接技能培訓) 2.發布「離岸風力發電運轉及維護技術指引」(技能培訓) 3.興達海基進駐海創中心人才培育產學合作、建置興達海洋科技工程人才培訓及認證中心網站，以及成立海事工程就業輔導班 4.旗艦外商建置臺灣本土供應鏈人才(產學合作)
人力資源策略	<ul style="list-style-type: none"> • 政策創造優良產業環境，吸引公司加入 • 隨著產業成熟，旗艦廠商自主培訓、產學合作 • 良好的國際供應鏈管理使企業有能力開拓國際市場；國際市場成 	<ul style="list-style-type: none"> • T-shore 計畫(公私部門合作) • 荷蘭風電實習契約(產學合作) • 歐洲風能碩士(高階人才培育) 	<ul style="list-style-type: none"> • 綠色技能訓練營 • 學徒制(產學合作) • 技能護照(轉業/技能再培訓) • 博士培訓中心(高階人才培育) 	

面向	丹麥	荷蘭	英國	臺灣
	長也使產業維持穩定就業 • 國際攬才：離岸風電廠約有 65% 為外籍員工，國際全職工作者每 GW 約 3,133 人			5. 大專院校自主的離岸風電人才培育(高階人才培育) 6. 離岸風電人才培育聯盟(產官學研合作)

資料來源：本研究彙整。

此外，在丹麥案例，該國並無離岸風電人才缺乏課題，但 65% 全職人才來自國外攬才，臺灣招募困難又難以自動化、數位化取代的相關職類，如焊接、塗裝等工程師或可考慮此管道。另一方面，丹麥政策著重建構出「良好的產業環境」來吸引人才投入，若臺灣能持續建構國內離岸風電良好的產業環境，則培養出的離岸風電人才便能持續於國內外貢獻。

英國多年來蟬聯離岸風電裝置容量最大國，其人才政策關注以「能源技能護照」協助其他行業(如化石燃料能源行業)人才轉業或再培訓離岸風電相關技能。近年英國更以既有化石燃料供應鏈及發展離岸風電多年造就之專業供應鏈來發展浮動式離岸風電本土技術，以此創造更多產業利益及就業機會，此點很值得臺灣作為政策參考。

在氫能方面，本研究說明全球氫能發展及相關人力資源展望預測，以及氫能技術領先國日本、積極發展氫經濟的英國、德國的氫能政策發展及人培策略。綜整各國政策及國際機構研究報告，無論是否自產氫或著重氫能應用，日本、英國、德國案例皆顯示，先有積極發展氫能的政策方向，才知道需要哪一方面的氫能人才及規劃人培策略。

更具體而言，氫能為 COP 29 的核心議題，另諸如歐盟也已提出區域性的氫能淨零戰略及政策，日本、英國、德國都宣示發展氫經濟，其中日本更已提出自產氫的政策方向，充分彰顯氫能已是淨零時代的技術潮流。但 IEA 的報告指出，全球要順利發展氫能，需於 2030 年前加速部署大規模的輸儲基礎設施，以有效降低氫供應鏈成本並擴大應用範圍，也才會逐漸形成規模性的人才資源。

此外，氫能發展也需要相應的政策法規，以高爐鋼鐵業為例，無論是歐盟鋼鐵聯盟(Eurofer)、日本製鐵、韓國浦項鋼鐵(POSCO)等高爐鋼鐵業皆關注政策遊說、利害關係人(包含政府)對話，推動低碳或無碳氫科技發展及立法。Eurofer 甚至帶領推動歐洲鋼鐵業與公部門的公私夥伴相關計畫，俾推動綠氫工業革命。

臺灣目前已發布「臺灣 2050 淨零轉型『氫能』關鍵戰略行動計畫」，卻需要更具體的內涵，例如訂定更積極具體的量化氫能發展目標。目前政府碳中和 12 面

項策略可否足夠協助業者解決碳中和過程中面臨的低碳或零碳能源短缺、技術欠缺或未成熟，以及資金課題？至今尚欠缺明確可信的討論與評估。若能以政策營造良好的氫能產業環境，例如更積極將政策資源挹注氫能領域技術研發，有助人才願意貢獻於氫能產業領域。

目前臺灣氫能發展多為產學研合作模式，此也為日本、英國、德國氫科技主要的發展方式。例如，中研院與台電發展「去碳燃氫發電」，此模式有助發展臺灣高階氫能研發人才，值得持續及推廣。臺灣企業需更積極進行產學合作，或可供研究生獎助學金，鼓勵學生投入氫能領域之研發；也可提供暑期至氫能企業實習的機會；政府單位則可與學會合作，舉辦短期專業培訓。

另一方面，日本、英國、德國也關注培養碩、博士級氫能高階研發人才，例如，日本以東京大學為首，以高獎學金、保證就業及海外培訓向全球提供氫能技術研發在內的綠色轉型博士學位；英國則有多所大學跨校成立「永續氫能博士培訓中心」、德國則有國內或國際合作的綠氫技術碩士學位。為及早掌握氫能發展的國際趨勢及提升氫產業的國際競爭力，臺灣在氫能高階研發人才的培育上尚缺乏具體政策和相應的激勵措施，因此，建議參考本研究彙總的主要國家政策經驗，制定相應的發展策略。

參考文獻

1. 中央社 (2024)。颱風凱米加持 風力發電破 220 萬瓩相當核三發電量。
<https://www.cna.com.tw/news/afe/202407240385.aspx> (擷取於 2024.12.02)
2. 行政院 (2024)。行政院院會議案：淨零科技方案 (2023–2026)。
<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/a08f550d-c21a-4052-a72f-8947608a6c5c> (擷取於 2024.12.02)
3. 財訊 (2024)。一表看台廠氫能產業鏈名單！研調：可從燃料電池朝電解槽拓展。
<https://www.wealth.com.tw/articles/7b868bc4-468d-423f-bf94-49a926887d62> (擷取於 2024.12.02)
4. 曾重仁 (2023)。「氫能崛起」成淨零碳排關鍵解方！臺灣如何培育高端人才，以應對氫趨勢的需求？
<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=d3163cef-8693-45a9-982d-bb9dc41c2659> (擷取於 2024.12.02)
5. 經濟部標準檢驗局 (2023)。「離岸風力發電運轉及維護技術指引」。
<https://www.bsmi.gov.tw/wSite/public/Attachment/fl676518133394.pdf>
6. 經濟部工業局 (2020)。2021-2023 離岸風力發電產業專業人才需求推估調查。
7. 擁抱低碳世 (2021)。離岸風電海上中樞 丹麥打造兩座世界第一「能源島」 2030 年完工。
<https://ddpp.ntu.edu.tw/selected-articles/foreign-news/1148-new-1100204-1.html> (擷取於 2024.12.02)
8. 優分析 (2024)。「離岸風電建置加速，世紀鋼(9958)隨著學習曲線成熟，2025 展望樂觀」。
<https://uanalyze.com.tw/articles/929448164> (擷取於 2024.12.02)
9. 經濟產業省 (2019)。「水素・燃料電池戰略ロードマップ～水素社会実現に向けた産学官のアクションプラン
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_s04_00.pdf
10. 經濟產業省 (2024)。「脱炭素成長型經濟構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律の施行期日を定める政令」、「脱炭素成長型經濟構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律施行令」、「脱炭素成長型經濟構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律の施行に伴う関係政令の整備に関する政令」及び「脱炭素成長型經濟構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律関係手数料令」が閣議決定されました」。

- <https://www.meti.go.jp/press/2024/10/20241008003/20241008003.html> (擷取於 2024.12.02)
11. BMWK (2023). Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie.
https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Wasserstoff/Downloads/Fortschreibung.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (擷取於 2024.12.02)
 12. BMWK (2024). Bundeskabinett beschließt Importstrategie für Wasserstoff und Wasserstoffderivate.
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/07/20240724-importstrategie-wasserstoff.html> (擷取於 2024.12.02)
 13. BNEF (2024). BNEF Global Hydrogen Strategy Tracker.
 14. Danish Energy Agency (2023). Job Creation in a New Industry: Learnings from Denmark's Offshore Wind Journey.
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/job_creation_in_a_new_industry-learnings_from_denmarks_offshore_wind_journey.pdf
 15. Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2021). UK Hydrogen Strategy.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1175494/UK-Hydrogen-Strategy_web.pdf
 16. Euronews (2023). Bridging the gap: Boosting Europe's green workforce to keep pace with net zero energy ambitions.
<https://www.euronews.com/business/2023/05/02/bridging-the-gap-boosting-europes-green-workforce-to-keep-pace-with-net-zero-energy-ambiti> (擷取於 2024.12.02)
 17. European Commission (2023). The EU strategy on hydrogen (COM/2020/301).
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en (擷取於 2024.12.02)
 18. European Commission (2024). With the Net-zero Industry Academies, the Commission acts to train Europe's workforce for the net-zero economy.
<https://ec.europa.eu/newsroom/growth/items/823315/en> (擷取於 2024.12.02)
 19. GOV.UK (2024). Become an apprentice. <https://www.gov.uk/become-apprentice> (擷取於 2024.12.02)
 20. GWEC (2024). Global Wind Report 2024. <https://gwec.net/global-wind-report-2024>
 21. Hydrogen Skills Alliance (2024). Green Jobs Delivery Group - Hydrogen Task and Finish Group: Hydrogen Workforce Assessment - Executive Summary.
<https://cogentskills.com/wp-content/uploads/2024/07/Hydrogen-Workforce-Assessment-Executive-Summaryfinal.pdf>
 22. IEA (2023). Global Hydrogen Review 2023.

- <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ecdfc3bb-d212-4a4c-9ff7-6ce5b1e19cef/GlobalHydrogenReview2023.pdf>
23. IEA (2023). Hydrogen patents for a clean energy future: A global trend analysis of innovation along hydrogen value chains.
https://link.epo.org/web/hydrogen_patents_for_a_clean_energy_future_2023_en.pdf
 24. IEA (2024). World Energy Investment 2024.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/692328d0-3d49-49a5-8698-1f6aaba357be/WorldEnergyInvestment2024.pdf>
 25. IEA (2024). Global Hydrogen Review 2024.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>
 26. IRENA & ILO (2023) , Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023.
<https://www.irena.org/Publications/2023/Sep/Renewable-energy-and-jobs-Annual-review-2023> (擷取於 2024.12.02)
 27. IRENA (2023). Renewable energy and jobs: Annual review 2023.
<https://www.ilo.org/publications/renewable-energy-and-jobs-annual-review-2023> (擷取於 2024.12.02)
 28. Morrison, R. (2024). 6 Cutting-Edge Technologies to Help Achieve Net-Zero Emissions. The Industrial Decarbonization Network.
<https://www.industrialdecarbonizationnetwork.com/emissions-management/articles/6-cutting-edge-technologies-to-help-achieve-net-zero-emissions> (擷取於 2024.12.02)
 29. NEDO (2024)。燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業。
 30. Netherlands Enterprise Agency (2024). Dutch Offshore Wind Innovation Guide 2024.
https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-11/KiCdPayqFKa36nM1EBHIRdiJwgIneUZgPPy3N0_Q6KI.pdf
 31. NedZero (2024). Dutch companies in the wind energy sector will guarantee internships.
<https://nedzero.nl/en/news/dutch-wind-industry-will-guarantee-internships> (擷取於 2024.12.02)
 32. Ørsted (2024). <https://orsted.co.uk/careers/early-careers/apprenticeships-trainees/apprenticeships#application-process-stage-3> (擷取於 2024.12.02)
 33. OWIC (2023). Offshore Wind Skills Intelligence Report.
 34. PWC (2018). De Economische bijdrage van windenergie op zee.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-3b6eaddc-0808-4aba-83ac-b8a4b747479e/pdf>

35. Renewable Field Services (2024). Green Skills Bootcamps. <https://www.renewable-fs.com/skillsbootcamps> (擷取於 2024.12.02)
36. Riviera Maritime Media (2024). UK confirms 2030 offshore wind target has been adjusted downwards. <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/uk-confirms-2030-offshore-wind-target-has-been-adjusted-downwards-83317> (擷取於 2024.12.13)
37. State of Green (2024). Denmark announces the biggest offshore wind tender in Danish history. <https://stateofgreen.com/en/news/denmark-announces-the-biggest-offshore-wind-tender-in-danish-history> (擷取於 2024.12.02)
38. SEO Economisch Onderzoek (2024). ARBEIDSBESPARENDE INNOVATIES IN DE OFFSHORE WINDSECTOR. https://topsectorenergie.nl/documents/1131/2024-48_Arbeidsbesparende_innovaties_in_de_offshore_windsector.pdf
39. The Asahi Shimbun (2024). Test runs of first hydrogen hybrid train in nation chugging along. <https://www.asahi.com/ajw/articles/15182593> (擷取於 2024.12.02)
40. Sustainable Hydrogen Centre for Doctoral Training. <https://www.sustainablehydrogen-cdt.ac.uk/about-the-centre/about-the-centre.aspx> (擷取於 2024.12.02)
41. T-shore (Technical Skills for Harmonised Offshore Renewable Energy) (2024). <https://t-shore.eu> (擷取於 2024.12.02)
42. UK Department for Education (2024). Skills Bootcamps. <https://www.skillsforcareers.education.gov.uk/pages/training-choice/skills-bootcamp> (擷取於 2024.12.02)
43. World Bank (2023). The Role of Concessional Climate Finance in Accelerating the Deployment of Offshore Wind in Emerging Markets. <https://www.esmap.org/concessional-finance-for-offshore-wind> (擷取於 2024.12.02)

第三章 全球人工智慧人才政策及臺灣人才培育策略

一、全球 AI 戰略與人才培育

(一) AI 人才培育重要性與挑戰

在全球範圍內，對人工智慧（Artificial Intelligence，AI）技術的重視和投入日益成長，目前已有超過 60 個國家制定並發布國家 AI 戰略，其核心目標是推動 AI 技術在各個產業領域、消費市場以及政府公共服務的應用。AI 技術的潛力無可限量，根據世界經濟論壇報告（World Economic Forum，WEF，2022），預計到 2030 年 AI 將顯著促進全球經濟成長，增加約 13 兆美元的全球經濟活動，占全球國內生產總值的 16%。此數據顯示全球對 AI 技術的投資正在迅速成長，2020 年全球企業在 AI 領域的投資已達 679 億美元。

在各國的 AI 戰略中普遍強調 AI 人才培育的重要性，不僅致力於改革教育系統以培育 AI 專業人才，還強調持續的企業員工技能培訓來提升國家的 AI 競爭力。然而，AI 人才的短缺已成為全球共同面臨的挑戰，根據世界經濟論壇的研究，AI 人才的缺口已成為各國企業推動數位轉型的主要障礙，未來五年內，AI 技能將成為全球各產業的核心技能，企業在員工技能培訓上的投資，40%以上將會集中在 AI 技能領域（WEF，2023）。

根據經濟合作暨發展組織（The Organization for Economic Cooperation and Development，OECD）調查，從 2011 年到 2019 年，全球 AI 專業人才的比例從 0.07% 成長到 0.34%（Green & Lamby，2023），顯示 AI 技能需求的快速成長主要來自於各行業對 AI 技術提升生產力和技術創新的需求。企業的數位轉型進一步推動此需求的擴大。為應對此挑戰，各國採取多種人才政策措施，主要包括在國內培育 AI 科研人才、符合產業需求的 AI 應用人才，同時吸引國際 AI 人才以補充本國人才的不足。

除人才培育，各國也重視建立支持 AI 技術從實驗室推向市場的創新生態系統，涵蓋多樣化的資金來源、政策支持以及針對不同發展階段的政策激勵機制。例如，從概念開發到產品和服務市場化的每一個環節，都需要相應的政策工具和支持措施，以確保 AI 技術能夠順利轉化為實際應用。這些政策的實施有助於創造一個有利於技術創新和商業化的環境，進一步促進 AI 技術的廣泛應用。

在 AI 監管政策方面，各國強調在 AI 技術發展過程中的倫理和法律問題。隨著 AI 技術的廣泛應用，如何保障數據隱私、避免演算法偏見以及確保技術透明性成為關鍵議題，不僅攸關技術的公平性，也涉及到用戶的信任和社會的接受度。因此，隨著 AI 技術的不斷進步，制定和實施相應的 AI 倫理指導方針和法律框架

變得非常重要，以確保 AI 技術的發展符合社會價值觀和法律規範，避免技術濫用帶來的潛在風險。

最後，基礎設施的發展是支持上述所有政策領域的基石。數據作為 AI 的核心資源，其收集、使用和共享的有效性將直接影響 AI 技術的發展和應用。因此，各國積極完善數據基礎設施，確保數據的高效流通和安全性，以支持 AI 技術的創新和應用，包括加強數據的互操作性、建立健全的數據管理政策，以及促進公共和私人部門之間的數據共享。

綜合來看，全球對 AI 技術的關注不僅體現在技術本身的發展上，也體現在對人才培育、創新生態系統、監管政策制定以及基礎設施等多方面重視，而上述領域的協同發展將決定各國在未來全球 AI 競爭中的地位和影響力。

(二) 全球各國皆面臨 AI 人才短缺問題

全球共同面臨的 AI 人才短缺問題已成為各國對 AI 人才競爭與合作的關鍵挑戰，原因主要可歸納為 AI 技術快速發展、教育體系未能同步更新、以及國際間的高階人才流動。

技術快速變遷是 AI 人才短缺問題的重要推手，隨著人工智慧技術的不斷發展，各種應用場域在全球範圍內迅速擴展。AI 不再僅僅應用於科學研究或技術開發，而是逐漸滲透至金融、醫療、製造業、能源管理等多個行業，加劇了對 AI 專業技術人才的需求。

然而，各國在面對 AI 技術變遷時卻未能及時有效地擴充人才供應。AI 技術日新月異，推動如深度學習、強化學習等新興領域的發展，但專業技術人才培育的速度卻無法跟上技術更新的步伐。麥肯錫報告顯示，AI 人才的成長速度遠低於市場需求，以至於在許多行業中，AI 專業人才已經出現供不應求的狀況，進而限制技術落地進程。

教育體系的滯後亦是造成 AI 人才短缺的核心原因，全球教育系統往往無法及時調整課程結構以適應變化迅速的 AI 技術需求。大學的課程設計與更新通常需經過長期的審核和批准流程，導致教育體系在 AI 技術的課程設置上存在滯後性。即使在科技發展迅速的國家，AI 學位課程和職業技能訓練的設置也往往不能完全匹配產業需求。以世界經濟論壇的報告為例，由於教育系統的更新速度過慢，未來三年內全球約 40% 的勞動力將面臨技能重塑的需求以彌補現有教育缺口。因此教育體系滯後的問題亟需解決以滿足 AI 技術人才的供應 (Milberg, 2023)。

此外，全球化背景下的高階人才流動也對各國 AI 人才供應產生不利影響。由於技術移民政策的差異化，一些國家更具吸引力，使得 AI 人才向這些國家集中，形成人才磁吸效應。例如，美國以其優越的科研環境和豐厚的薪資待遇，吸

引大量 AI 博士生及高階技術人才留在美國發展。史丹佛大學 AI 指數報告指出，全球大量 AI 專業畢業生選擇在美國就業，這種現象導致他們母國的 AI 人才供應相對減少。歐盟和日本等國家同樣遭遇人才外流的困境，許多優秀的 AI 人才前往科技領域領先的國家發展，從而加劇自身的 AI 人才缺口 (O'Brien, 2024)。瑞典政府智庫 AI Sweden 指出，AI 技術人才的流失正逐步削弱歐盟國家的科技競爭力，歐洲各國被迫採取應對措施，以吸引人才返國或吸引外來人才 (AI Sweden, 2023)。

對上述問題的解決方案，各國政府和企業已投入資源於技能再培訓與技能提升計畫上，目的在縮小 AI 人才短缺帶來的技術鴻溝。許多公司主動透過設立內部培訓機構或與專業培訓機構合作來提升現有員工的 AI 技能，此舉不僅能縮短技能培訓的時間，還能提高員工的留任率。

投資教育基礎設施，增加 AI 學位課程及專業技能培訓的設置，是縮小 AI 人才供應與需求鴻溝的策略，許多國家已意識到教育體系在 AI 人才培育上的不足，開始加大對相關學科的投入，例如，德國政府致力於建立更多的 AI 教授職位和研究機構以加強本地 AI 教育體系。然而教育改革和投入通常需要較長時間才能產生顯著影響，因此短期內仍需仰賴企業的技能培訓計畫來快速填補需求。

(三) 各國政府之國家數位或 AI 戰略

歐洲的英國和德國，以及亞洲的日本、韓國和新加坡等國家，也已紛紛制定國家數位戰略和 AI 戰略，目的在應對數位技能落差和數位人才短缺的挑戰。這些國家的戰略共同點在於強調數位人才的培育，包括教育體系改革、職業培訓和企業員工技能提升計畫，以縮小數位技能差距。各國政策決策者通常會考慮數位戰略與 AI 戰略之間的政策協同作用，亦即數位戰略提供 AI 技術應用的基礎設施和環境如 5G 網絡；而 AI 技術的發展則進一步促進數位經濟的深化。因此，政策協同和資源配置是這些國家在 AI 政策制定之重要考量。

二、主要國家對 AI 人才培育政策治理機制

由於臺灣與日本在產業結構和高教培育體系上的高度相似性，且兩國均以製造業為基石，並在精密製造與電子產業具備全球競爭力，因此日本分級 AI 人才培育策略及全面整合政策工具的成功經驗，為臺灣提升 AI 人才供應品質寶貴的借鏡。然而隨著全球數位化浪潮，兩國都面臨數位技術滲透不足及產業數位轉型的挑戰，尤其是傳統製造業升級對 AI 專業人才的迫切需求，更加突顯政策創新與實施效能的重要性。有鑑於此，本研究將首先探討日本的政策經驗，再分別研析美國、英國、德國與新加坡等國的重要政策措施。

(一) 日本

1. 日本產業結構和高教體系背景

日本製造業長期以硬體技術及精密製造聞名，其優勢深植於工程技術專業化。然而隨著全球經濟向數位化與服務化快速演進，日本產業面臨的挑戰不僅限於傳統製造業競爭的加劇，更包括數位技術滲透率不足、勞動力老化、以及企業在數位轉型過程中缺乏專業數位人才的困境。在此背景下，數位人才培育成為日本實現經濟結構轉型的核心議題。

數位轉型帶來人才需求從技術工人到數位技術專家的質變。傳統製造業主要依賴工藝技能，而現今的製造業需要在全流程中應用 AI、IoT、大數據等先進技術，這意味著對中高階數位人才的需求激增。例如，數據科學家需要運用大數據進行生產效能分析，業務架構師需將新技術整合至企業營運，高層管理者則需制定數位化發展戰略。這些數位人才技能需求均超越傳統的技術範疇，突顯跨領域知識的重要性。然而根據經濟產業省的調查，許多日本製造企業尚未完成數位基礎設施的升級，如數據共享平台或數位生產設備的引入不足。此外，許多傳統製造企業對數位技術應用的投入存在顧慮，原因包括技術實施成本高、現有員工數位技能不足（經產省&IPA，2024.02）。因此，製造業的數位轉型迫切需要能解決這些痛點的專業數位人才，以協助企業在數位轉型推動。

日本高教體系長期以學術研究為主，雖然在 AI 領域學術成果豐富但多侷限於理論探討，缺乏實務課程的設計。例如，雖然一些頂尖學府建立先進 AI 研究中心，但其課程仍以理論為主，未能滿足產業界對數位化應用技能的迫切需求，導致畢業生在進入職場後需面對大規模的再培訓。高等教育機構的課程審核流程冗長，導致課程內容滯後。例如，生成式 AI 和數據工程等新興領域在課堂中缺乏足夠的覆蓋，使畢業生的知識與業界需求脫節。

2. 日本 AI 人才培育政策

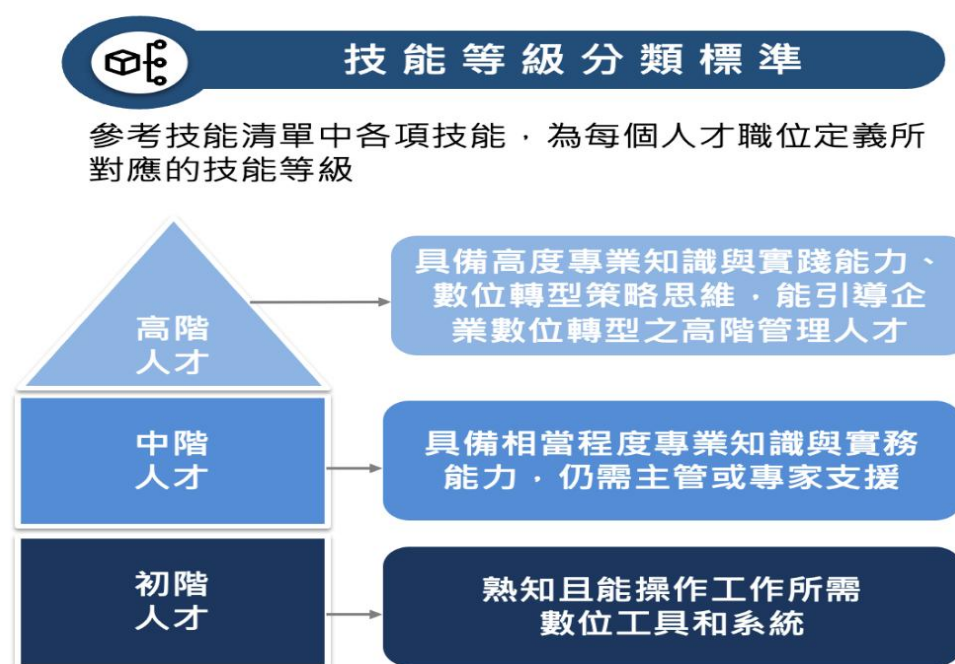
日本政府在數位人才培育採取系統化的分級策略，依據人才技能與職業階段將其劃分為初階、中階和高階人才三大類型，以此滿足不同層次的數位轉型需求，如圖 3-1 所示。此分級框架反映數位轉型（Digital Transformation, DX）過程中對各層次人才的不同期望，並結合經濟產業省和數位廳等主要機構的政策指導，對各類人才進行針對性培育和選拔。

初階數位人才的培育重點在於普及基礎數位素養。依據日本的「數位素養標準（DX リテラシー標準）」，初階數位人才需具備基本的資訊及通訊科技（Information and Communications Technology, ICT）技能，這些技能涵蓋數據處理和編程等基礎知識，並適用於不限定 IT 專業人士的廣泛職業群體（經濟產業省，2022）。透過「學習 DX」平台以及「第四次產業革命スキル習得講座」等途

徑，初階學習者可獲取並掌握這些基本技能，為其未來的數位職業生涯打下堅實基礎。

中階數位人才在日本的數位轉型政策中，扮演著推動技術應用的重要角色。中階人才的培訓目標是增進其專業技能，以支持企業在數位化轉型中的發展需求。針對此類人才，日本政府設立「DX 推進技能標準」，著重於數據科學、AI 應用、數位工具使用等方面的深入培訓。中階數位人才通常被期待能夠在企業中負責實際技術應用，並且透過實際數位化專案的實踐來提升其解決問題的能力，這使得他們在數位轉型中成為重要的支撐力量。

高階數位人才在日本的數位轉型政策中被賦予戰略推動者的角色。此類人才通常包含商業架構師（Business Architect）、數據科學家和網絡安全專家等，他們在企業的數位轉型中負責整體規劃、決策制定和策略執行。高階數位人才不僅需具備深厚的技術知識，還需具備強大的管理和領導能力，能夠在企業內部推動新技術的變革和實施，以確保數位轉型的順利進行。透過綜合管理及技術應用的培訓，高階數位人才可以在各自的專業領域內有效引導和監督數位化策略的落地。



資料來源：經產省（2024）。本研究整理繪製。

圖 3-1 日本數位人才培育分級策略

日本政府透過這樣明確的分級和針對性的培育策略，意圖形成一個全方位覆蓋的數位人才生態系統，以支援其國家層級的數位轉型目標。在不同層次的分工協作中，初階、中階和高階數位人才各自發揮其不可或缺的角色，共同推動日本數位化發展的全面進步。

3. 數位人才培育政策工具箱

日本在推動產業數位轉型過程中，普遍面臨數位人才供給不足、人才供需脫節、以及企業缺乏投資員工技能培訓的意願，這些是阻礙日本數位經濟發展的三大痛點。為解決這些挑戰，日本政府設計多層次搭配的政策工具箱（policy tools box），運用上、中、下游三種政策工具以有效提出人才培育政策的系統整合（表 3-1）。此策略並非單一的政策導向，而是強調政策之間的串聯與互補，以促進數位人才供需平衡與企業雇主積極參與。

表 3-1 日本數位人才培育政策工具箱

階段	上游	中游	下游
項目	數位技能標準	數位技能培訓資源平台	數位技能認證
內容	<ul style="list-style-type: none"> 標準化數位技能 技能等級分類 	<ul style="list-style-type: none"> 跨部會培訓資源平台 對齊數位技能標準 制定學習路徑與模板 	<ul style="list-style-type: none"> 技能數位徽章 串接數位培訓平台

資料來源：本研究繪製。

在上游階段，日本政府首先制定數位技能標準（Digital Skill Standards, DSS）作為整個數位人才培訓政策的基石。該標準提供一個一致性的技能框架，不僅能夠統一數位技能的定義與要求，還可作為設計人才培訓課程的參考依據（經產省 & IPA, 2024）。對於人才供需雙方而言，這套標準是建立彼此信任的起點，因為它賦予雇主與培訓機構一個可衡量的技能尺度，可以用來識別人才的技能程度和等級。同時它還解決過去人才供應端與需求端在技能定義上不一致問題，促進教育機構、培訓機構與企業之間的合作關係。因此 DSS 不僅是一項技能標準，更是一個人才政策的切入點，幫助人才市場各方達成共識並建立共同語言。

在中游階段，日本政府採取跨部會整合的策略，設立由內閣府數位廳主導的培訓資源整合平台。此平台統籌總務省、厚生勞動省、經濟產業省及文部科學省等部會的資源，推動多部會政策資源的系統整合。這種一站式的培訓平台服務模式，不僅避免培訓資源的重複與浪費，也透過集中管理的方式提升政策資源的利用效率。這種做法不僅減少學員獲取培訓資源的時間成本，也提高政府在推動數位人才培訓計畫的協調能力。該平台不僅提供線上培訓課程，還可以依據 DSS 調整課程內容，確保課程的實用性。

在下游階段，日本政府引入數位技能認證及數位徽章（digital badge）的應用，建立一套數位技能的認可機制。學員在完成平台上的培訓課程並透過考核後，可獲得相應的技能認證徽章。這不僅是對學員技能的肯定，也增強其求職履歷的說服力和競爭力。更重要的是，數位徽章被各行業廣泛接受，成為企業識別和評估人才的重要依據，可實現數位技能評估的標準化。透過這樣的認證體系，不僅鼓

勵學員參與培訓，也提升企業雇主對技能培訓投資的意願。透過區塊鏈技術的引入整個徽章認證過程得以更加便捷、可信且透明，並以此提高企業與人才雙方的參與誘因。

日本政府透過多層次的政策工具箱，成功整合數位技能標準的制定、資源的統籌平台以及技能的認證徽章機制，形成一套有系統且協作的政策框架。這不僅提高數位人才的培訓效率，也增強企業對人才投資的信心，進而促進數位轉型的整體推進。

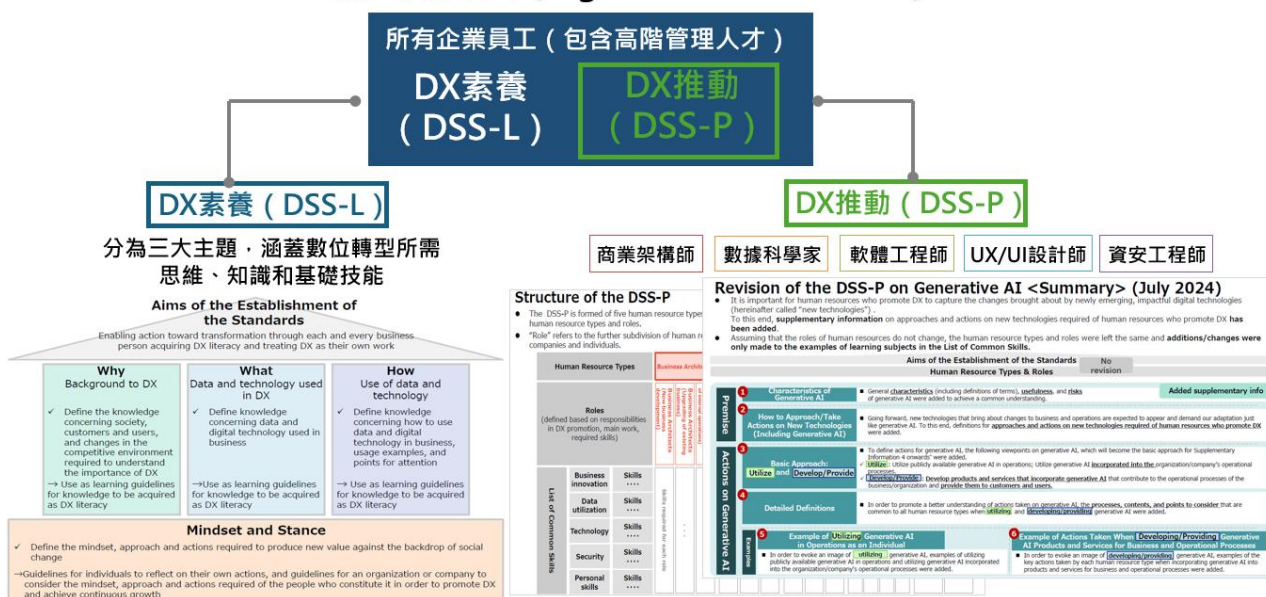
4. 數位技能標準：應對數位轉型的技能框架

日本數位技能標準（DSS）的設計意圖在於應對數位轉型（DX）對於人力資源的需求，透過標準化和系統化的技能框架，提供個人與企業在數位化過程中的學習指引。此政策是由日本經濟產業省（Ministry of Economy, Trade and Industry, METI）和總務省（Ministry of Internal Affairs and Communications, MIC）於2022年12月聯合發布，並於2023年8月根據市場與技術的快速變化進行修訂。DSS不僅著眼於提升一般數位技能，更特別關注生成式AI技術的應用和倫理考量，以確保日本勞動力在快速演變的科技環境中保持競爭力和道德責任。

DSS的設計邏輯體現在針對不同層次的技能需求上，如圖3-2所示。DX素養（Digital Skill Standards for DX Literacy, DSS-L）針對所有商業人士，強調數位轉型所需的基礎知識與心態培養；而DX推動（Digital Skill Standards for DX Promotion, DSS-P）則聚焦在企業層面，為企業在招募和培養數位轉型人才時提供指導，並幫助他們掌握專業技能（經產省 & IPA, 2024）。透過此雙重標準，DSS不僅促進個人的數位素養提升，還有助於企業建立數位轉型的專業隊伍。這樣的雙重目標與日本政府在數位技能培育上的政策邏輯一致，充分展示出政府欲打造數位人才庫，進而推動全社會數位化進程的決心。

DSS的施行對於日本人才培育的政策效益顯著。首先，DSS提供系統化的學習路徑，使學習者能夠逐步提升數位技能，從基礎知識到高階應用，逐層鞏固，除增強個人職場競爭力，也強化整體勞動市場的適應能力。其次，DSS標準化教育與企業界的技能需求，使教育機構與企業能夠更有針對性地設計和調整課程，促進課程的實用性和學員的技能銜接性，有助於學員迅速適應職場要求。

DSS數位技能標準(Digital Skills Standards)



資料來源：經產省(2024)，The Digital Skill Standards ver.1.2。本研究整理繪製。

圖 3-2 日本政府發佈的數位技能標準 (DSS) 和分類

5. 數位技能培訓資源平台

日本政府推行的「數位技能培訓資源平台」政策，旨在解決數位轉型過程人才短缺與技能供需失衡的問題，並以系統性方式提升 AI 數位人才的培育效率。由經濟產業省主導，整合跨部會資源，該平台以三層結構提供靈活學習路徑，針對不同層次的數位技能需求制定對應解決方案（圖 3-3）。

(1) 第一層「線上技能培訓」

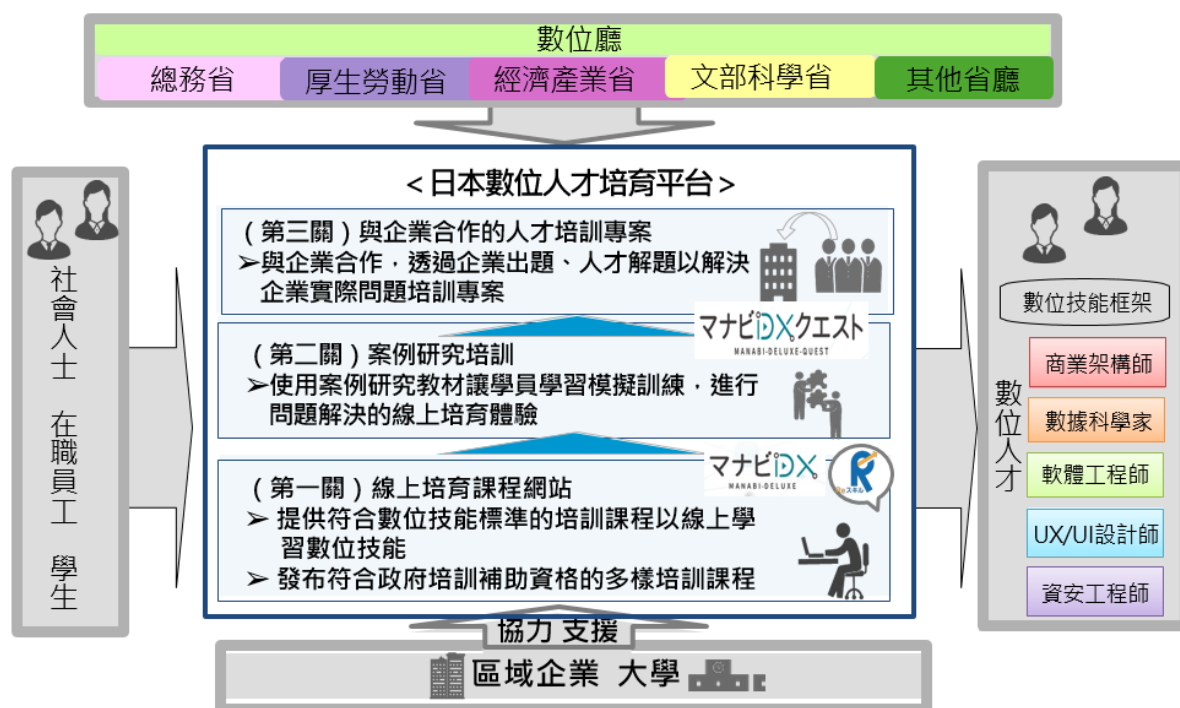
提供基礎數位技能學習，重視自我主導學習，學員透過完成線上課程獲得數位徽章作為其基礎技能的認證，且該徽章可嵌入社交媒體，有效提升個人競爭力。

(2) 第二層「案例模擬培訓」

專注實務應用，透過企業案例模擬讓學員習得高需求技能如數據分析及 AI 應用，並增強解決問題與協同合作能力。完成此階段所獲得的數位徽章可展現個人 AI 技能應用能力，成為企業甄選人才重點參考依據。

(3) 第三層「企業出題、人才解題培訓專案」

進一步連結學員與企業，提供直接參與數位轉型專案的機會，使學員在真實企業場景應用所學技術，解決實際問題並取得高階技能認證，展示其跨部門協作及實務解決能力，助其拓展職業發展前景。整體政策基於「DX 推進技能標準」，以標準化認證體系為核心，強調技能學習的可視化與應用導向，不僅緩解企業數位轉型的人才痛點，還構建高效的 AI 人才生態系統以推動日本數位轉型進程。



資料來源：日本經濟產業省。本研究整理繪製。

圖 3-3 日本數位技能培訓資源平台

6. 數位徽章技能認證

日本政府推行的「數位徽章」系統，透過區塊鏈技術發放技能認證，實現個人技能的可視化，並促進企業快速辨識與管理人才技能專業性。此系統採用符合國際標準的 Open Badges 具備全球互通性，也可嵌入學習管理系統、人力資源平台及 LinkedIn 等，提升技能認證的普及與應用效益。數位徽章記錄學員姓名、課程摘要及數位技能框架分類，並與數位技能平台計畫整合，涵蓋基礎課程到企業專案解題培訓的三層結構，形成連續進修的誘因。

(二) 美國

1. 美國產業結構和高教體系背景

美國 AI 人才培育問題根植於獨特的產業結構，既是其技術領先優勢的來源，也對人才供需平衡構成挑戰。美國科技產業以高度集中和創新驅動著稱，矽谷、西雅圖及波士頓等地已成為全球科技創新核心，但這種集中布局，使技術與人力資源主要聚焦於少數大都市，導致中小型城市在技術創新和就業機會顯得落後（CBRE，2023）。AI 人才的地域性分佈不均，進一步加劇區域經濟發展不平衡，同時也限制全國範圍內的創新擴散能力。

美國科技產業高度競爭的特性亦導致人才市場的需求結構高度專業化，企業更傾向於招募具備高階技能和豐富經驗的 AI 技術人才，這對於初級人才或在地

區性大學接受教育的學生而言，形成一道難以逾越的門檻。四年制大學學位 AI 領域的招聘過程仍是核心要求，反映出美國科技產業對高學歷與專業技能的依賴，然而這樣的標準在某種程度上阻礙人才池的多樣化發展，也對技術創新的靈活性構成潛在威脅。

美國 K-12 教育體系在 AI 人才培育存在結構性問題，進一步制約 AI 技能的早期普及與基礎人才的培養。K-12 教育體系的高度分散性，導致各州和地方學區在推行 AI 相關課程時進展不一，尤其是在農村和低收入地區，教育資源的不足使得 AI 課程的推廣成為難以實現的目標 (Rathinam, 2024)。這種地區間的教育資源分配差異，直接導致基礎教育階段的數位技能普及不均，從而限制這些地區學生未來進入 AI 領域的可能性。

2. 美國 AI 人才現狀與挑戰

根據調查數據，美國 AI 人才已達 1,400 萬人，占總就業人數的 9%，並且預計未來十年 AI 職位的成長速度將達到整體就業成長的兩倍 (Olander, 2020)。這樣的成長態勢突顯美國對 AI 技術的高度依賴和投資，也意味未來 AI 技術對社會經濟影響力將擴大。然而 AI 人才集中分佈特徵也展現出地理上不均衡，技術類人才主要集中於西海岸的西雅圖、舊金山和華盛頓特區等大型都會區，而其他地區的 AI 發展則相對滯後。這種集中式的分佈不僅限制地方經濟的創新潛力，也加劇不同地區在技術創新和人力資本方面的發展差距。

四年制大學學位仍是進入 AI 職場的主要門檻，約 56% 的技術職位需求者都要求大學學位 (圖 3-4)，反映了教育在 AI 領域的重要性，但也造成人才多樣性上的限制，特別是對於那些具備潛力但無法獲得學士學位的勞動力。事實上，這種現象不僅阻礙 AI 人才庫的多樣化，也對美國 AI 產業的創新能力構成潛在風險。在 AI 教育培訓方面，雖然對專業人員的需求持續上升，但目前的教育體系仍以四年制大學為主，缺乏多元化的 AI 技能培訓和證書課程。

美國教育系統高度分散，不同州和地方學區在 AI 課程的推廣和整合上進展不一，不僅導致教育資源分配的不均衡，還限制 AI 教育的普及和公平性，進而影響不同社群的就業機會。聯邦、州和私營部門之間缺乏有效協調，也使得 AI 教育與培訓計畫的執行困難，並且現有的教育課程和證書標準並不統一，使企業雇主難以判斷證書的有效性和可用性。

此外，AI 勞動力的供需差距亦是美國的另一個挑戰，儘管在 2015–2019 年間 AI 勞動力成長 21%，高於整體就業成長的 6%，但技術人才短缺的現象仍然存在，特別是在高階技術職位的部份，以 ICT 工程師為例，市場需求遠大於供給，而軟體開發人員和數據科學家的供需狀況則因地區和職位而異，此種不均衡進一步突顯地理和專業技術的分佈不均，並限制美國 AI 技術的全面發展。

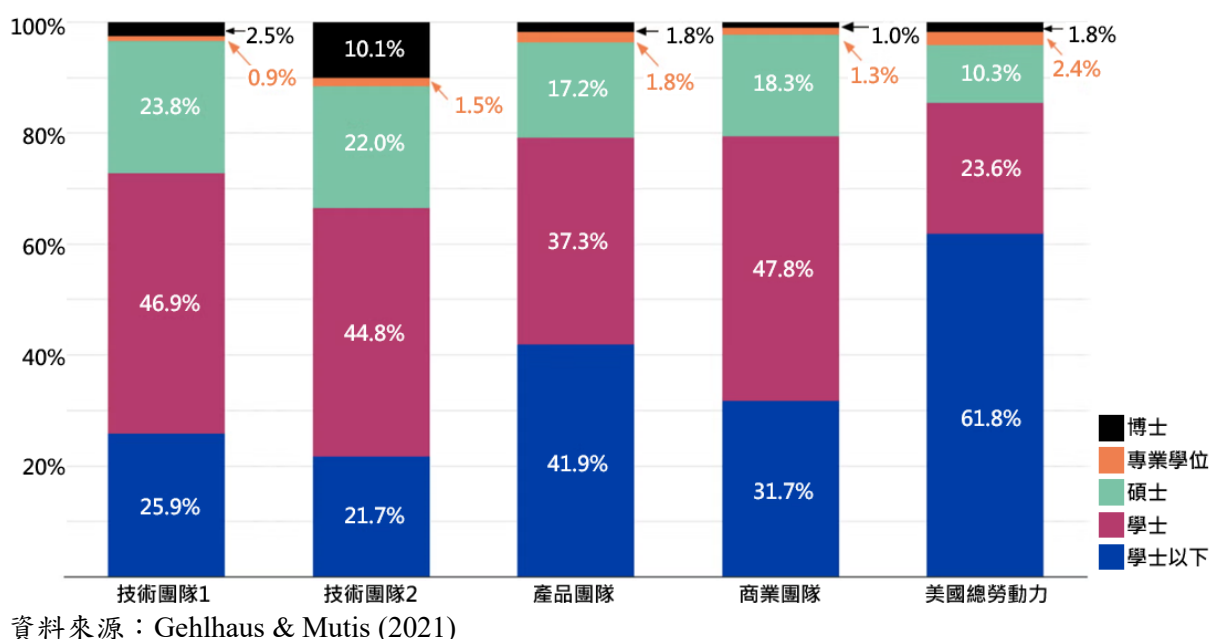


圖 3-4 美國大多數 AI 工作職缺具有四年制大學學位

3. AI 技能標準與認證體系現況挑戰

美國在 AI 技能標準與認證體系的建設方面雖然取得一定進展，但整體仍處於分散和初步發展階段，此現象的根本原因在於 AI 技術的快速演進及其應用領域的多樣性，使得統一技能標準的制定和認證體系的構建面臨多重挑戰。當前美國的 AI 技能標準和認證機構多以私營和非營利性組織為主，代表性機構包括美國人工智慧研究院（USAII®）、IBM SkillsBuild、CertNexus 以及國際隱私專業協會（International Association of Privacy Professionals，IAPP）。這些機構的認證內容各具特色，針對不同需求設計涵蓋 AI 基礎知識、高階應用、倫理治理等多層次的課程，但由於缺乏統一的監管和標準協調，現行體系存在評估機制不一致、行業適配性不明確，以及認證影響力有限的諸多問題。

目前美國 AI 技能認證的課程設計雖具有一定的實用性，但其核心價值主要集中於知識傳授和能力驗證，而非與行業需求的深度整合。例如，USAII®的 CAIE™和 CAIST™課程雖涵蓋機器學習管道與深度學習的基礎內容，但其設計方向更多聚焦於學術基礎能力，缺乏針對具體行業應用場域的實踐案例；此外，像 IBM SkillsBuild 這樣的課程則偏向於基礎教育和技能普及，對於專業人員而言缺乏足夠深度；而國際隱私專業協會推出的 AIGP 課程則首次將 AI 治理問題納入專業認證體系，但其整體內容的普適性和市場接受度仍有待檢驗。多數機構在課程設計和評估上，未能建立統一的技能框架，導致學員在參與不同認證時無法形成連續性或可比性，這進一步削弱認證體系在產業中的權威性和影響力。

AI 技術的快速演進使得現有標準和認證內容難以跟上行業需求的變化。例如，AI 倫理、生成式 AI、量子機器學習等前沿領域的技能要求正在迅速成長，但現有認證大多停留在傳統的數據分析和機器學習基礎技能上，未能及時更新課程內容以匹配最新的技術趨勢。此外，AI 應用的行業差異性導致通用標準的制定更為複雜，例如，醫療、製造、金融等行業對 AI 專業技能需求的側重點均不同，此意味著統一標準可能無法滿足多樣化需求，而客製化標準的制定可能又進一步加劇資源分散的問題。

認證機構的分散性和監管機制的缺位也是限制美國 AI 技能標準體系統一化的主要障礙。目前市場上缺乏統一的監管和協調機構來確保各類認證的品質一致性和市場認可度，不僅導致企業和學員對於不同認證的信任度不一，也使得 AI 技能的職業價值難以量化。此外，由於認證多由私營機構主導，盈利模式的導向可能進一步削弱其公共性價值。

要實現美國 AI 技能標準和認證體系的整合，需採取跨部門合作的方式，將政府、產業界與教育機構納入共同治理框架。一方面，政府應在政策層面支持建立靈活的標準更新機制，並提供資金支持以推動認證體系的普及化；同時產業界需積極參與標準的制定，確保技能要求與產業的實際需求的匹配性。另一方面，教育機構應重視企業對 AI 人才的需求，提升課程設計的實用性。此外，建立全國性的監管機構，負責認證品質的統一評估與市場影響力的推廣，也將是提升整體公信力的重要措施。

4. 吸引海外 AI 人才政策

美國為保持其在全球 AI 領域的競爭優勢，透過政策調整與計畫推行，試圖吸引並留住海外 AI 高技能人才，然而，政策實施在提升人才吸引力的同時，也面臨操作挑戰亟需更全面的改革以應對未來需求。美國在移民政策展現對 AI 人才需求的重視，尤其透過 H-1B 簽證與綠卡申請流程進行政策設計與調整，雖然 H-1B 簽證制度作為主要海外 AI 人才管道，反映其吸引全球高技能人才的意圖，但每年僅提供約 85,000 個名額，遠不足以應對 AI 等高成長領域的勞動市場需求。美國移民局於 2021 年引入薪資優先抽籤制度，試圖以薪資高低優先分配名額，提升高薪、高技能外籍勞工的獲取機會，這一改進反映政策向技術密集型人才傾斜。然而，簽證名額限制的結構性問題依然存在，即使擁有美國碩士以上學位的 20,000 個特定名額，也未能緩解人才短缺困局，特別是 AI 專業人士面臨競爭激烈的簽證申請環境。

綠卡申請流程的改革也成為政策焦點，但進展緩慢，抑制海外 AI 人才的長期留美意圖。以永久勞工證明（Program Electronic Review Management, PERM）為例，其繁瑣的審核程序和科技公司裁員潮的影響，使得綠卡申請進度大幅延誤。Google、亞馬遜等企業暫停 PERM 申請，直接導致許多外籍 AI 人才的留美計畫

受阻。AI 產業快速演進，但職位標籤如「AI 產品經理」等未能即時更新，迫使雇主在申請時進行職位調整，增加行政負擔並可能降低職位描述與實際工作需求的契合度。美國在吸引海外 AI 人才的政策設計上雖有亮點，但仍存在實施層面的結構性挑戰，若該國政府能在移民政策、簽證機制及長期人才規劃上做出更深層次的政策調整，將有助於鞏固其在全球 AI 競爭中的領先地位，並形成可持續的人才生態系統。

5. 美國 AI 人才培育政策

美國政府在 AI 人才培訓和發展上的政策不局限於人才的招募，更是涵蓋整個人才培訓鏈條的政策設計，這些 AI 人才培育計畫涵蓋從學術獎學金到專業培訓和實習機會等多個層面，充分利用政府的資源和需求，將 AI 專業人才吸納進美國政府機構中，進而促進人才的 AI 技能發展。此模式展示美國對 AI 技術長遠發展的戰略規劃，不僅僅是為應對眼前的人才短缺問題，更是希望透過培訓、實戰經驗的累積，培育出一批具有全球競爭力的 AI 專業人才。

AI 技術在現代國家安全與經濟競爭中扮演舉足輕重的角色，特別是在國防、國土安全及基礎設施等高敏感領域，其應用不僅攸關國家戰略優勢，也影響著國際技術競爭格局。從美國政府的政策實務來看，其 AI 人才培育策略展現系統化的決策邏輯，透過結合國家需求、技能缺口、實戰訓練與場域應用導向，提出一套完整的 AI 人才生態體系。

國家安全與競爭力需求驅動美國政府將 AI 技術應用於國防與國土安全的優先性政策方向。針對戰場資訊處理、即時決策、災難管理及非法活動監控等領域，政府以專項計畫如國防部的 SMART 獎學金計畫（Science, Mathematics, and Research for Transformation, SMART）和國土安全部的 AI Corps 計畫為基石，透過定向培養人才來應對國家安全挑戰。同時，這些人才培育計畫透過縮短技術落地時間，促使 AI 技術能在高壓環境中迅速產生價值，滿足國家競爭力需求（Department of Defense, 2024；Department of Homeland Security, 2024）。

面對 AI 專業人才和技能缺口，公部門在薪酬競爭力上無法與私營部門抗衡，因此以學費資助、穩定就業機會和實踐導向的技能培養作為吸引 AI 人才的核心策略。例如，SMART 計畫以全額學費補助和國防領域的職涯保障，緩解私營部門對高端 AI 人才的單向吸引力，平衡勞動市場流動性，同時也可實現公部門的人才儲備目標。

此外，美國政府在培育 AI 人才時，將理論研究與應用導向緊密結合，形成一種獨特有效的 AI 人才生態。相較於很多國家僅專注於學術型研究的人才培育模式，AI Corps 等計畫透過設計真實場域，促使 AI 技術走出實驗室，快速進入具體應用場域。這不僅為國家關鍵基礎設施提供技術支持，也為 AI 技術的成熟

應用創造更多樣空間。

從 SMART 獎學金計畫 (SMART scholarship Program) 到國土安全部的 AI Corps 計畫等的政策設計都是圍繞著具體的實際問題展開，以達到解決美國政府各機構所面臨的實際問題及培育 AI 技能的雙重目標，與許多其他國家單純強調學術研究的做法不同。美國政府的 AI 人才培訓政策強調的是將理論與實際應用相結合，讓參與者在解決具體問題的過程中提高他們的 AI 技能，而國防部的 SMART 獎學金計畫就設計上述的雙向培育模式，透過提供全額學費和畢業後的就業機會，讓參與者在政府內部從事國防相關的 AI 技術應用，這些應用涉及到戰場資訊處理、即時決策系統等。

國土安全部的 AI Corps 計畫不僅針對具備 AI 技術專長的專業人才，還設計許多的實戰應用場域，讓受培訓者可透過參與災難損失評估、非法活動打擊等具體問題的解決，來提高他們的 AI 技術實戰能力。這些計畫明確強調 AI 人才在培訓過程中必須具備的實際操作能力，這種基於實際問題的解決導向培育模式，使得 AI 技術不僅僅停留在理論層面，而是能夠真正解決美國政府機構的實際複雜問題，進而推動 AI 技術的落地與應用。

這些計畫的另一大特徵在於所謂的「以戰養戰」模式，透過讓 AI 人才在高壓、動態的政府環境中工作來提高他們的技能。在美國的許多政府機構中，AI 技術的應用往往直接與國家安全、公共服務效率等重大問題相關聯，因此參與這些計畫的 AI 人才不僅面臨技術挑戰，還需要應對來自於時間壓力、資源限制等方面的挑戰。這樣的動態工作環境使得 AI 人才在解決實際問題的過程中快速成長，往往比傳統的學術培訓更為迅速且具體。

總統創新研究員計畫 (Presidential Innovation Fellows Program, PIF) 的推動也深刻體現美國政府對「以戰養戰」的 AI 人才培育政策模式，目的是透過實際的工作任務進一步培育高階技術專業人才的能力，特別是在面對複雜且變化多端的政府需求時，能夠迅速適應、應對並提出創新解決方案。PIF 的核心理念在於促進資深技術專家，特別是 AI 領域專業人士，將業界的最佳實踐和創新技術應用到政府機構的實際問題解決中。這種嵌入式的工作方式不僅使資深技術人才的技能得到進一步的發展，也能有效推動政府內部的技術創新與數位轉型，從而提高政府在數位時代的應變能力和競爭力 (General Services Administration, 2024)。

技術專家透過 PIF 擔任政府機構的高級顧問，進行長達一年的合作，以他們的專業能力和創新思維驅動政府的數位化變革與技術升級。此合作模式強調跨部門協作的重要性，使技術專家能夠更深入地理解政府運作的複雜性和政策背景，並促進他們將私營部門的創新經濟價值觀和最佳實踐導入政府機構，針對國家級的技术挑戰提供解決方案。

PIF 強調的不僅僅是技術專家在技術層面的貢獻，還著眼於培育技術專家在跨部門合作、政策理解和策略執行方面的能力。技術專家在與政府長期職員合作的過程中，逐漸理解公共政策的複雜性，並透過與政府內部員工的密切合作，促進創新產品和服務的共同創造。他們的角色不僅限於技術問題的解決者，更是跨領域合作的催化劑，負責促進有價值的聯繫、共創實用的解決方案，並支持政府員工的 AI 素養和技能的提升，進而強化政府機構的整體韌性與應變能力。PIF 代表一種政府與私人部門合作模式，透過實際的技術挑戰解決與政策協作，培育出能夠適應快速變化的政府需求並推動數位轉型的 AI 技術領袖，除了鍛煉其技術專業能力外，也是跨部門協作、策略執行能力的全面提升，最終促成政府機構內部的深層次技術變革。

美國政府透過上述的學術獎學金、實習機會和專業培訓計畫，成功地將 AI 人才培育與國家戰略需求緊密結合，形成一個長期可持續的人才發展模式，這些政策不僅為美國在全球 AI 競爭中奠定堅實的技術基礎，也推動國內 AI 技術的落地與應用。

(三) 英國

英國在開發 AI 技術是歐洲領頭羊，並在全球排名第三（僅次於美國和中國），倫敦更被列為最具吸引力的 AI 投資和人才城市，超過 65% 的 AI 公司和新創企業的總部設在倫敦。最新的全球 AI 指數（Global AI Index）顯示，英國排名居冠，其次是德國和瑞士（Baldwin, 2023; Deep Knowledge Analytics, 2021）。英國擁有包括眾多優秀研究人員的強大 AI 人才庫，且政府推出雄心勃勃的國家數位戰略和 AI 戰略，目的在透過建立 AI 生態系推動 AI 技術的發展和應用，保持 AI 領域的強國地位。

1. 英國 AI 戰略

2021 年發佈國家 AI 戰略，透過長期投資 AI 生態系統，確保 AI 造福所有產業和地區，以及有效治理 AI 三個支柱，期望在未來十年將英國打造為 AI 全球領導者的政策藍圖（DSIT, 2021a）。三大支柱簡述如下（DSIT, 2021b）：

(1) 長期投資 AI 生態系統

此為整體戰略核心，因其涉及 AI 產業基本要素人才，亦即培育和吸引 AI 人才是 AI 生態系前提條件。政府以實施 AI 技能培訓和推動 AI 研究生轉換課程為手段，建立從基礎教育到高階研究的人才培養體系，不僅有助於提升本國 AI 人才供應量，也為非 AI 人才進入該領域提供機會。英國在吸引海外 AI 人才投入大量資源，透過創新簽證政策和全球人才計畫，加強該國對國際 AI 人才的吸引力，從而彌補本土人才培養周期較長的短期缺口。

(2) 確保 AI 造福所有產業和地區

政府展現推動 AI 普惠化的決心，透過支持 AI 技術在不同產業的部署，確保 AI 造福所有產業和地區。該戰略目的為釋放 AI 在經濟成長、產業升級潛能。

(3) 有效治理 AI

此支柱提供強有力的制度保障，以平衡創新推動與公共信任間的關係。透過制定 AI 標準、加強監管協調及建立 AI 框架，英國試圖構建一個透明且有前瞻性的監管環境，除了有助於提升 AI 應用的公眾接受度，也為 AI 產業長遠發展奠定法規基礎。

2. 吸引海外 AI 人才政策

跟其他歐美主要國家相比，英國特別重視吸引海外 AI 人才的政策選項，目的在加強該國於全球 AI 領域的國際領先地位，近幾年就陸續提出五種對於海外 AI 人才的簽證做法。

(1) 全球人才簽證 (Global Talent visa)

該政策意圖在於吸引國際領袖和潛在領袖級的 AI 專業人士，透過擴展國際性獎項清單，使得更多頂尖 AI 人才能夠受益 (UKVI, 2020)。此反映出英國政府推動 AI 領域國際化和多樣化的目標，同時希望藉由頂尖 AI 人才帶來的創新和技術優勢，提升該國在全球 AI 領域的競爭力，進而促進經濟成長和技術進步。

(2) 高潛力個人簽證 (High Potential Individual visa)

針對全球頂尖大學的畢業生設計，提供無需工作邀請的靈活工作機會，目的在降低入境門檻，吸引年輕且具潛力的 AI 人才 (UKVI, 2022a)。這一政策反映了英國政府致力於吸引具有未來領導力和創新能力的年輕人才之決心，目的是促進長期經濟發展和創新文化的形成。

(3) 企業擴展簽證 (Scale-up Worker visa)

專注於支持快速成長的英國企業 (AI 新創) 吸引海外高技能人才。此政策設計在於協助企業擴展規模並提升競爭力，進而推動經濟成長和產業升級 (UKVI, 2022b)。透過吸引高技能人才來幫助 AI 新創企業加速成長和促進技術創新。

(4) 創新者簽證 (Innovator Founder visa)

目的在簡化創新者和企業家的業務資格標準提供快速通道，以吸引具高潛力和創新能力的企業家來英國營運業務 (UKVI, 2023)。這樣的政策設計反映英國政府希望透過推動創新和創業生態系統的繁榮來增強經濟韌性的目標。

(5) 全球業務流動簽證 (Global Business Mobility visa)

提供更靈活的員工調動選項，支持海外 AI 企業在英國設立和擴展業務，從而促進國際商業流動性 (UKVI, 2022c)。此政策意在透過促進國際企業在英國的業務擴展，帶來直接的經濟投資，增強該國在全球市場的競爭力，並推動國內經濟的多元化發展。

總體來看，上述人才政策計畫的整體政策邏輯皆圍繞著一個核心目標，即透過吸引全球頂尖 AI 人才和 AI 創新企業，促進英國的科技創新和經濟成長，進而保持其在全球科技領域的競爭優勢。英國政府展示其對保持全球科技領導地位和促進經濟成長的強烈意圖，不僅期望在短期內吸引大量的頂尖 AI 人才和投資，也期望在長期內建立支持創新和技術進步的基礎。

3. AI 技能提升基金 (AI Upskilling Fund)

英國 AI 人才政策思維在於如何培訓符合產業需求的 AI 應用人才，其政策關鍵乃在於要如何透過有效的政策誘因，提高中小企業對 AI 技能培訓的投資意願，AI 技能提升基金計畫就此產生。

AI 技能提升基金是由英國科學、創新與技術部 (Department for Science, Innovation and Technology, DSIT) 在 2024 年開始推行的人才試點計畫，目的在補助中小企業雇主願意加大投資員工的 AI 技能培訓，該計畫總額 7.4 百萬英鎊，其中 6.4 百萬英鎊為補助資金。該計畫的政策目標包括：刺激企業雇主願意對員工的 AI 技能培訓的投資；填補英國勞動力市場中的 AI 技能缺口，促進 AI 技術的擴大採用；評估 AI 技能培訓對提升中小企業生產力和研發成果的效益影響。

AI 技能提升基金將由英國政府提供最多 50% 的培訓費用補助，企業可以根據其規模申請不同金額的補助，微型企業可申請最多 2,500 英鎊，小型企業最多 5,000 英鎊，中型企業最多 10,000 英鎊。培訓必須由透過認證資格的培訓機構提供課程，內容涵蓋機器學習、自然語言處理、數據科學等 AI 相關技術，(DSIT, 2024)。

(1) 對中小企業的好處

降低技術進入門檻是推動中小企業採用 AI 技術的關鍵策略，透過政府資金補助，企業能夠以較低的成本進行 AI 技能培訓，減少技術採用的風險。這不僅降低軟硬體的購置成本，還包括員工的技能培訓，從而提升企業內部的 AI 技能水平。此外，AI 技術的引入能顯著提高企業的生產力。透過 AI 技能培訓，員工能更有效地掌握和運用 AI 技術，提升工作效率並優化業務流程。該計畫也提供客製化的 AI 技能培訓為企業提供針對性技能提升的機會。企業可以根據自身特定的業務需求，選擇合適的培訓課程，確保培訓內容與實際應用緊密結合。這種

量身定制的培訓模式不僅提高培訓的有效性，還能迅速提升員工的實際操作能力。

(2) 對培訓機構的好處

該計畫透過推動中小企業進行 AI 技能培訓，顯著增加對合乎資格培訓機構的需求，創造新的培訓市場機會，具備認證的培訓機構因其信譽度的提升，有望吸引更多企業客戶鞏固培訓市場地位。此外，隨著市場需求的變化，培訓機構可以開發新課程或改進現有課程，滿足不同企業的需求。

(3) 培訓機構品質評估機制

該計畫指南設計一系列評估指標，以協助申請企業對培訓機構的品質進行評估，涵蓋培訓目標的明確性、課程是否滿足員工需求、以及課程內容的專業性等方面。這些指標的設定目的在幫助企業能選擇最適合的培訓機構，確保其員工能夠獲得有效的技能提升。儘管該計畫不強制要求技能認證，但它鼓勵培訓課程中包含認證或資格證書的內容。這些認證課程由具資格的認證機構提供，並且在課程結束後頒發相應的證書。

此外，該計畫強調培訓機構需詳細記錄學員的進度和培訓成果，並提供清晰的評估方法，以確認學習目標的達成情況。這種嚴謹的評估機制，不僅能夠追蹤學員的學習成效，還為培訓機構提供重要的數據支持，以進一步優化課程設計和教學方法。計畫還要求培訓機構需建立一套完善的課程反饋和評估流程，這不僅確保培訓內容的有效性和品質，還促使培訓機構根據學員和企業的反饋，進行持續的課程改進。

4. AI 技能框架

AI 技能提升基金所提到的 AI 技能框架，即「AI Skills for Business Competency Framework」，是一個在強化商業應用中 AI 技能框架，不僅提供明確的 AI 技能分類，還為企業和培訓機構提供核心 AI 技能的指南，並引導其構建 AI 技能的培育路徑（DSIT & Innovate UK，2023）。從企業角度來看，該框架的價值在於其結構化的方法，能夠有效評估和提升員工的 AI 技能，從而支援企業在數位轉型過程中的戰略需求。

該框架的技能分類涵蓋三個主要領域：核心技術技能、商業應用技能和戰略管理技能。核心技術技能包括機器學習、數據科學、自然語言處理等基礎技術，這些技能是 AI 應用的基石，支持開發和實施各類 AI 解決方案。商業應用技能則著眼於如何在業務環境中有效應用這些技術，涉及業務分析、產品開發以及 AI 倫理等方面，強調技術與商業目標的整合。最後，戰略管理技能包括 AI 專案管理、變革管理和戰略規劃等高層次技能，這些技能對於企業從戰略層面推動 AI 的採

用至關重要，幫助企業在激烈的市場競爭中保持競爭優勢。

(四) 德國

1. AI Made in Germany

德國長久以來是全世界製造業強國，工業 4.0 和製造業數位轉型政策也是由德國發起和倡議，然而德國政府和產業界在工業 4.0 政策之後，一直在思考不能只有製造業的設備硬體具有國際競爭力，更要透過 AI 技術的結合來推動軟硬體的整合，也就是製造產業必須要融入 AI 技術軟體服務的產品加值提升。

該國的產業結構以中小型企業為核心，這些企業在製造業中占據主導地位，特別是在汽車、機械和化工等領域，並以高品質和精密製造聞名，但在數位化轉型方面進展緩慢。許多德國公司因能源成本上升和經濟不確定性，將生產轉移至其他國家，進一步削弱本土的產業基礎。

德國政府在 2020 年公布更新版國家 AI 戰略，並提到培育和吸引 AI 人才的多項創新策略。首先，政府計畫與各州和商界合作，在大學設立 100 個新的 AI 教授 (AI Professor) 職位吸引國際知名 AI 科研人員；此外，政府將擴展現有的六個 AI 研究卓越中心並形成德國全境的 AI 創新網絡以增強國際聲譽。年輕研究者，特別是博士生和優秀碩士生將獲得重點鼓勵，由政府透過 Emmy Noether 計畫支持他們參與跨學科的 AI 研究小組。同時，聯邦政府也計畫在與各州的協商中推動改善 AI 教授的薪酬結構，以提高德國作為延攬外國 AI 科研人才和培育本土 AI 科研人才的吸引力 (German Federal Government, 2020)。

德國的產業結構和教育體系在過去為其製造業的成功奠定基礎，但在數位化和 AI 技術的浪潮下，這些傳統優勢卻成為阻礙，若要保持競爭力，政府需要在產業和教育領域進行適切的改革，以適應新技術和市場需求的變化。

2. 《資格機會法案》和 AI 人才培訓

政府於 2019 年 1 月透過制定《資格機會法案》(Qualification Opportunities Act) 來推動數位人才培訓和數位技能提升，此法案特別針對人工智慧和數位技術對勞動市場的影響，提供資金和資源以支持在職員工的技能提升，尤其是在高科技領域，其目的在應對由數位技術進步帶來的結構性轉變，提升員工的數位培訓與技能提升。該法案的推動基於對未來技能需求的預測，並透過勞動市場訊息來界定哪些工作因結構變革而面臨被替代的風險，乃由聯邦勞動和社會事務部負責，並與雇主組織和工會等各種組織合作，後者在法律制定過程中提供意見，確保政策制定符合勞動市場的實際需求，此外也設立定期監控和評估機制，以評估培訓計畫的成效並根據反饋進行改進。

該法案設計用於促進數位技能培訓，以解決德國產業遭遇的數位技能落差、

數位人才不足的嚴重問題。它特別針對受雇員工，尤其是那些因數位技術變化而面臨工作流失風險的勞工，將由政府提供培訓補助。根據此政策，德國聯邦就業機構特別支持員工數量在十人以下的小型企業，使其可獲得政府資助高達 100% 的進階培訓費用。

而該法案的主要目標是透過多元化培訓計畫，包括職業轉型和技能更新，尤其針對即將失業或已失業的勞工，根據個人需求和職業背景來提供客制化的技能培訓計畫，增強在職勞工的適應能力和競爭力，以利德國在全球 AI 領域保持領先地位。

政府支持措施不僅限於個人，也擴展至企業層面，特別是中小企業，包括促進創新空間和試點專案的設立，以及派遣專業的 AI 培訓教練進行現場指導，幫助提升企業員工的數位和 AI 技能等企業內部的培訓計畫。此外，法案強調建立以終身學習為導向的新型持續教育文化，藉由加強數位技能教育，以及提升個人和企業對 AI 技術的理解和利用能力，從而確保勞動力能夠在其整個職業生涯中不斷更新技能。

考慮到該國培訓體系存在的分散和不透明問題，政府在 2020 年透過《明日工作法案》(Work of Tomorrow Act)，進一步加強和擴大數位人才培訓和補助措施。新法案目的在解決現存系統中的缺陷，提供更為一致和透明的培訓機會，以確保所有受訓者都能接受到品質均衡的教育和技能提升。

3. AI 教授延攬培育計畫

AI 教授 (AI professor) 是德國 AI 戰略中重要的人才延攬培育政策，目的在吸引並留住頂尖的國際 AI 人才，同時推動全國 AI 科研生態系發展。這項政策以亞歷山大·洪堡教授職位 (Alexander von Humboldt Professorships) 為核心，透過高額研究經費吸引全球的頂尖 AI 人才，並針對實驗研究提供高達 500 萬歐元 (約新臺幣 1.7 億元)、理論研究 350 萬歐元的資金，以激勵優秀 AI 研究人員長期留在德國 (Alexander von Humboldt Foundation, 2022)。

此政策所要解決的問題在於，如何在全球 AI 競爭激烈情勢下，吸引並留住 AI 領域的尖端人才，進而促進國內 AI 產業與研究。美國和中國目前在全球 AI 市場占據主導地位，為保持競爭力，德國必須採取積極措施來支持本土的 AI 研究和人才培育，因此透過設立專門的教授職位來提升德國的吸引力，使其成為全球 AI 專家的理想工作地，避免在 AI 人才競爭中落後的風險。

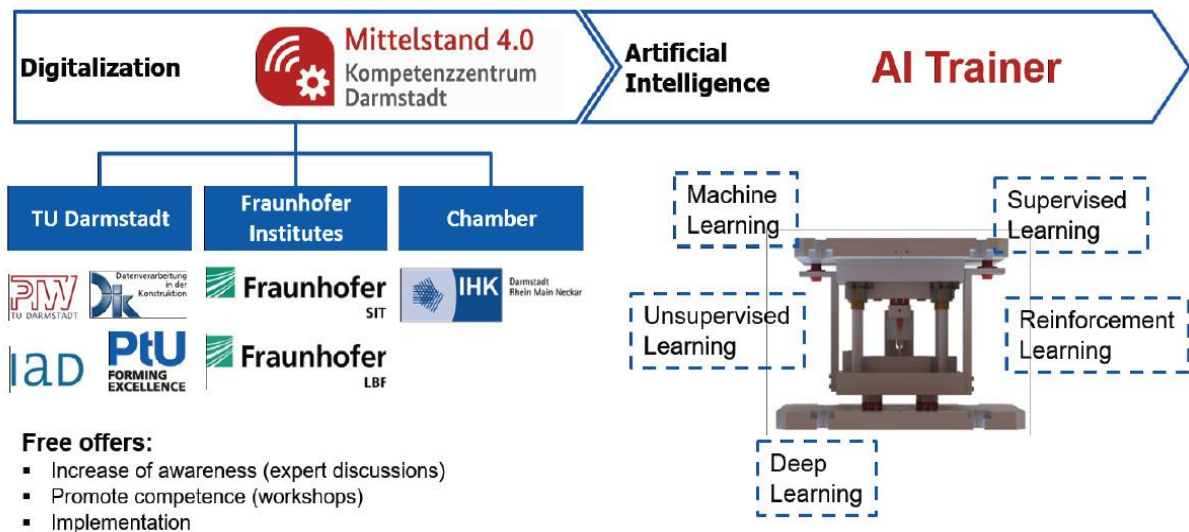
這些教授職位由德國各大學及研究中心提供並分配，既吸引國際頂尖 AI 人才又能加強本地人才培育，並促使該國企業能將 AI 技術應用於各行各業，以增強其全球市場的競爭力。AI 教授特色是其跨學科性質和產學合作，除專注於學術研究外，更積極促進 AI 技術在中小企業的場域應用，內容涵蓋廣泛的應用領域，

亦強調技術創新與實際應用連結。

4. AI 培訓師計畫

德國 AI 培訓師計畫 (AI Trainers Program) 是一個專門為中小企業設計的 AI 人才培訓方案，目的在刺激企業雇主願意採用 AI 和數位技術的技能培訓。該計畫由德國經濟與氣候行動部 (Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, BMWK) 資助，為中小企業提供政府資助的 AI 技能培訓和支援服務，目的是幫助企業提升 AI 技能和場域應用能力，以應對在數位轉型過程遇到的挑戰 (HIIG, 2019)。

此政策設計核心要素是由中小企業 4.0 培能中心 (Mittelstand 4.0) 對中小企業進行客製化的 AI 技能需求評估，通常透過專家諮詢和場域訪談進行，目的是充分解企業在數位轉型的人才和技能需求，並針對 AI 技術準備度進行評估，最後 AI 培訓師將提出客製化的人才培訓方案。AI 培訓課程設計包含從基礎到進階的學習，包括數據科學、機器學習等專業技能，課程以工作坊和線上學習方式進行，同時透過企業案例研究和場域實做專案讓學員能在具體應用情境下掌握 AI 技術 (Werner, 2021)，如圖 3-5。



資料來源：Werner(2021)

圖 3-5 德國中小企業 4.0 培能中心和 AI 培訓師運作機制

在學習過程中，學員還可獲得來自 AI 培訓師和業界導師的指導，以幫助員工在工作中有效應用 AI 技能並增強培訓的場域應用。此計畫也針對企業管理決策主管設計專屬 AI 培訓模組，幫助決策者理解企業 AI 戰略意涵並探索如何將 AI 技術應用於企業營運決策過程。

此外，中小企業 4.0 培能中心還針對製造業、醫療保健和物流不同行業各自提供客製化培訓方案以滿足不同行業需求。計畫的技能評估機制為培訓之前識別

個別企業的 AI 技能程度等級，根據個別需求調整培訓方案，使其能夠針對性地提高企業員工和主管的 AI 專業技能。除傳統的課堂學習外，學員還能夠透過 AI 校園等數位平台進行線上學習，該計畫還提供 AI 能力認證給完成培訓的學員。

(五) 新加坡

新加坡被評為全球第二大的人才國家，也是唯一進入前 20 名的亞洲國家，顯示出新加坡在吸引和培育高技能人才方面的突出表現 (EDB Singapore, 2022)。該國政府提出的國家 AI 戰略 (National AI Strategy 2.0, NAIS 2.0) 是致力於成為全球 AI 創新領先者，其目標為推動 AI 技術的開發應用、支持 AI 新創企業以及加強數據共享，其中特別強調 AI 人才培育和技能提升，致力打造一個 AI 創新生態系統。

新加坡作為亞洲新興的人工智慧中心，積極吸引來自國內外的 AI 人才，自 2020 年以來，每年約培育 2,800 名 ICT 畢業生，然而到 2024 年該國需要額外增加六萬名數位科技人才。此現象表明，AI 人才供需失衡差距將成為新加坡在 AI 發展的重大挑戰。2018 年政府推出一項培訓實習計畫，目的在促進 STEM 畢業生向 AI 領域的轉型，該計畫是為期九個月的課堂學習和企業實習相結合的 AI 技能培訓，以增強本土 AI 人才。政府更與大型科技公司直接合作，以緩解其技術人才短缺，例如，2019 年 Skills Future Singapore 與 IBM 合作，計畫至 2022 年培育 2,500 名 AI 人才。此外，還將更多資源投入到新加坡數位獎學金 (Singapore Digital Scholarship) 及其博士課程，這些課程專注於培育「本土人才」以擔任 AI 相關企業的關鍵職位 (Devanesan, 2020)。

顯然新加坡已認識到本土 AI 人才發展的不足，於是在 2020 年啟動 Tech@SG 計畫，吸引高技能外國 AI 人才。在此計畫下，符合特定標準的本地公司可從人力部獲得最多 10 張兩年期的就業准證，以僱用外籍專業人士、經理和高階主管 (Medina, 2020)。AISG 的 100 Experiments Program，不僅支持企業利用 AI 技術來解決企業既有問題，同時鼓勵 AI 新創積極探索新的技術應用場域，不僅能吸引本地 AI 人才，還能吸引國際人才到新加坡發展，建構有活力的 AI 生態系統 (AI Singapore, 2017)。

該國在推動人工智慧領域發展的過程中，還面臨如何有效地整合和利用多元化的人才資源，雖然 Tech@SG 計畫和其他人才吸引政策目的在填補 AI 人才的缺口，但這些人才計畫的成效依賴於政策的穩定性、企業的參與程度以及新加坡對外籍人才的吸引力等多個因素。

隨著數位科技快速進步，ICT 技術和數位技能需求迅速成長，然而技能培訓課程開發過程卻無法跟上迅速變化的數位技術步伐。根據 WEF 報告，課程開發過程耗時漫長，以至於即使是最先進的技能也可能在新課程採用時已經過時

(Advani, 2019)。除培訓課程開發緩慢外，更大挑戰在於課程實施中，由於缺乏最新的數位設備設施和合格的培訓師資源，導致數位技能供需失衡的技能落差，也是造成數位人才嚴重不足的主因之一。

相比於以學校為基礎的技能培訓系統，數位學徒制 (Digital Apprenticeship) 在縮小數位技能落差更具優勢，因為它能夠為個人提供適應新興數位經濟所需的數位技能，直接將學習者與實際工作環境聯繫起來，使其能夠在真實的商業環境中學習和應用最新的數位技術和設備。

新加坡、英國、德國、奧地利和美國等主要國家都早已開始實施針對數位經濟職業的數位學徒計畫 (Apprenticeship Program)。例如，新加坡為培育強大的 AI 人才，推出 AI 學徒計畫 (AI Apprenticeship Programme, AIAP) 解決 AI 和機器學習領域的技能短缺 (AI Singapore, 2018)；同樣地，英國政府也推出兩年期的 AI 學徒計畫，以培育 AI 技能人才來填補關鍵職位 (Cabinet Office & Central Digital and Data Office, 2023)。

英、美和新加坡等國家皆已察覺 AI 相關數位技能供需失衡的技能落差現象，AI 數位技術強調技術實作，因此紛紛提倡 AI 學徒計畫來培育符合產業需求的 AI 人才。究其興起主因，學徒制是以企業主導的需求端驅動，能滿足企業用人需求，整個培訓課程的規劃、培訓後考核評估，企業都主導參與整個培訓過程，可補足產學合作既有問題和強調技術實作 (王偉鴻, 2021)。

三、臺灣 AI 人才培育政策

(一) 國家 AI 人才競爭力提升

隨著 AI 技術迅速擴展，以及全球推動綠色淨零轉型，各國對數位人才的需求急遽增加，而 AI 對就業市場的影響主要是改變工作方式而非完全取代人工勞動力，代表著未來國家間的競爭焦點將在於數位技能的培育和升級。各國為應對未來可能的 AI 科技衝擊，都在積極投入教育資源，推動數位技能提升與 AI 技術相關的培訓計畫，以確保其經濟體在全球數位經濟中保持競爭力。因此數位轉型已成為推動各行業進步的關鍵引擎，AI 技術的滲透率和應用深度直接決定各國在未來經濟中的地位，促使數位人才成為全球經濟的新核心。

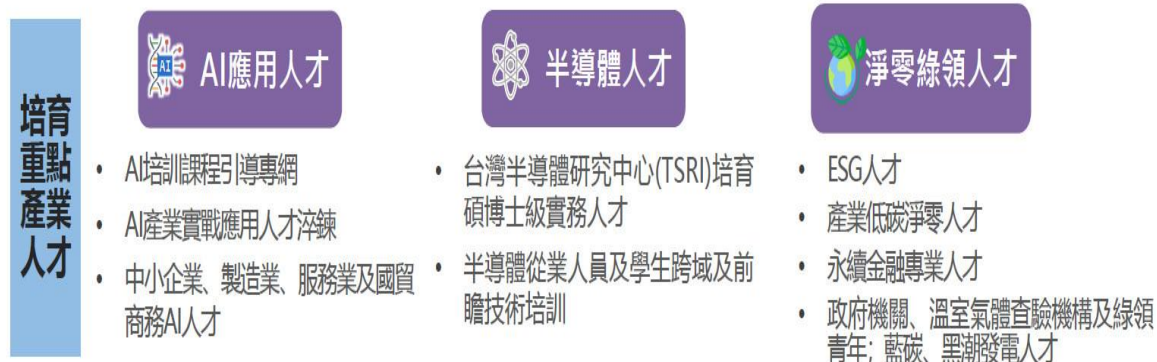
各國紛紛推出數位和 AI 人才培訓計畫，以應對數位人才的供不應求問題。這些計畫不僅專注於技術人才的培育，還著眼於跨領域人才的發展，特別是那些能夠將 AI 技術與其他行業相結合的專業人士。全球多數國家如美國、英國和中國等，已經透過政策調整來吸引並留住 AI 人才，其核心在提供針對性的教育培訓計畫，並透過國際合作和跨境人才流動，來提升本國的技術創新能力。

1. 臺灣 AI 人才培育政策：現況與施行進程

在前述之全球競爭格局下，臺灣政府也意識到數位和 AI 人才短缺問題的嚴重性，因此推出「國家人才競爭力躍升方案」和「臺灣 AI 行動計畫 2.0」，目的是加速培育本土 AI 人才，同時透過吸引國際專業人才來補充國內數位勞動力市場的缺口。特別是「國家人才競爭力躍升方案」(圖 3-6)，政府設下雄心勃勃的目標：到 2028 年，培育 45 萬名 AI、綠色和跨域數位人才，並透過引進 12 萬名國際專才來支援本地產業，期望能提升臺灣的 AI 技術實力外，還試圖加速產業數位轉型以支持經濟成長，從而增進臺灣在全球科技競爭中的地位(行政院，2024)。

策略1：厚植重點產業人才培育

目標 至2028年累計培育逾45萬人次AI、綠領及跨域人文數位人才



資料來源：行政院（2024），國家人才競爭力躍升方案。

圖 3-6 我國 2028 年 AI 人才培育目標

根據我國政府的預估，2028 年將有 35 萬名 AI 和數位專才的需求，但目前國內的人力供應約為 15 萬人，顯然無法滿足產業需求。因此，「國家人才競爭力躍升方案」特別強調透過國際合作來擴大人才儲備，將每年引進 2.5 萬名海外學生到臺灣進行為期兩年的 AI 技能培訓，並促使他們融入臺灣的 AI 產業以成為我國數位經濟的重要推動力。

此外，「臺灣 AI 行動計畫 2.0」進一步完善 AI 技術的應用範圍，涵蓋五大主軸，包括人才優化、技術深耕、產業發展、運作環境完善，以及提升國際影響力，目標是打造一個智慧化的社會。其中人才優化被視為核心要素，該部分由多個政府部門聯手執行，包括教育部、國科會、數發部、經濟部 and 勞動部（行政院智慧國家推動小組，2023），預計每年培育 600 名 AI 研究人才，並設置 500 名碩士以上研究生的入學名額，以提升高階 AI 人才的供應，其架構目的在強化臺灣 AI 技術領域的研究能力，並透過多層次的教育資源來支持數位經濟的發展。

2. 臺灣 AI 政策推動挑戰：資源配置與產業需求的平衡

儘管臺灣政府在 AI 人才培育政策上投入大量資源，但在實施過程中，政策的資源配置及產業需求平衡仍面臨挑戰。數位人才培育需要大量的教育與培訓資源，但資源的分配可能出現不均衡的情況，導致部分技術領域人才過剩，而其他領域卻出現人才短缺，例如，AI 產業的高回報率吸引大量人才加入，但卻可能對其他面臨勞動力老化及技術升級壓力的傳統產業造成負面影響，加劇其他行業的人才短缺問題。因此，如何合理地配置資源，協調不同政策措施，並避免人才競爭成為政策制定者亟待解決的課題。

針對人才供需平衡的問題，可參考英國在國家數位和 AI 戰略中採取需求驅動的政策模式，先從市場需求端進行分析，透過各產業的調查和數據來評估對數位人才的具體需求。以需求為導向的政策有助於確保人才培訓計畫能夠精準對接產業需求，避免供需不匹配的問題。臺灣若能借鑑英國經驗，深入瞭解本地產業的實際需求，再針對不同產業設計 AI 人才培訓計畫，將更有利於我國 AI 人才能夠順利就業，並進一步推動數位經濟的健康發展。

3. 國際人才流動的挑戰

在國際競爭日益加劇的情況下，許多國家早已積累深厚的 AI 技術基礎及人才儲備，例如美國和中國等國家透過大規模的資源投入，構建龐大的 AI 研究和應用生態系統，使其在全球競爭中占據有利地位。與之相比，臺灣雖然擁有相對良好的技術基礎和教育資源，但在國際人才競爭中仍需進一步提升其吸引力，尤其是在薪酬待遇、職涯發展機會及生活品質等方面，以此吸引並留住國際人才。

此外，透過引進海外學生來臺接受 AI 培訓的策略確實有助於短期內增強本地人才儲備。然而，由於國際人才流動性高，許多外籍學生可能在培訓結束後選擇回到原籍國或前往更有吸引力的市場。因此臺灣需要考慮如何在長期內提高對國際人才的吸引力，除在薪酬及福利方面下功夫外，還應著重於提供完善的創新創業環境，並鼓勵企業參與人才培訓和資源配置，以增強人才的歸屬感。

與此同時，臺灣可以借鑒日本在 AI 人才跨領域培育上的規劃，該國的《國家 AI 戰略》不僅培育具備 AI 技術的專才，更注重發展跨領域的專業人才，以適應不同產業需求。我國若能進一步擴展 AI 人才的跨領域應用能力，並將 AI 技術推廣至環保、醫療等不同領域，將有助於數位經濟的多元化發展，並提升整體產業的創新能力。此策略不僅能夠促進本土企業在技術上的多元發展，也能夠加速 AI 技術與傳統產業的深度融合，使臺灣在全球數位經濟中獲得更大的競爭優勢。

4. 臺灣 AI 人才政策規劃建議

在進一步提升 AI 人才政策的效果上，臺灣可考慮引入更多樣化的政策工具，

以便更好地滿足不同產業的需求。例如，政府可以透過補助或稅收優惠等措施，激勵企業參與人才培訓，讓企業成為培育 AI 人才的主要力量；政策制定者則應著眼於建構靈活的培訓體系，使數位技能與 AI 教育能夠及時調整，以應對技術快速演進的挑戰，讓人才更迅速地適應 AI 技術變遷的步伐。

臺灣還需重視如何將本土與國際市場的需求緊密結合，以確保政策的持久性和針對性。例如，透過推動與國際知名學術機構的合作，吸引更多優秀的國際學生來臺灣學習，並促成國際學術和產業交流。以利臺灣的 AI 人才政策與國際標準接軌，提升在國際市場上的競爭力。同時，與主要的跨國企業和技術領先國家加強合作，例如，促進與美國和歐盟的技術交流，並吸引他們的技術專家來臺進行短期工作或講學，以快速提升我國的技術水準。

在引入國際人才的同時，臺灣需要強化本地數位教育基礎，以確保 AI 技術在國民教育中的廣泛普及。現代教育不該僅局限於培育特定技能，而是應致力於建立全面的數位素養，亦即從小學開始的各級教育都應納入 AI 和數位技能的基本培訓，使未來的人才能夠更早接觸並熟悉 AI 技術。因此政府應加大對教育基礎設施的投資，並提供教師 AI 技能的再培訓，以確保教育品質和師資力量。

臺灣應著眼於構建一個可持續且動態的 AI 人才政策體系，以適應快速變化的全球科技環境。為避免政黨輪替或政策方向變動而造成人才政策的中斷，建議透過立法方式來保障政策的穩定性，使 AI 人才培育成為長期國家戰略的一部分，強化政策的連貫性和可持續性。此外，政策制定者應定期審視和評估人才培育的政策成效，並及時根據市場變化調整政策內容，確保 AI 人才培育符合臺灣產業實際需求。

最後，臺灣應打造一個健全的 AI 創新生態系統，從人才、技術、資金等多方面入手，打造 AI 產業鏈，包括鼓勵創新創業，提供更多的創業孵化和技術轉移支持，並促進產學合作和產業聯盟的建立。創新生態系統不僅可以為 AI 人才提供更廣闊的發展空間，也能夠促進臺灣 AI 技術的國際化，增強臺灣在全球數位經濟競爭力。

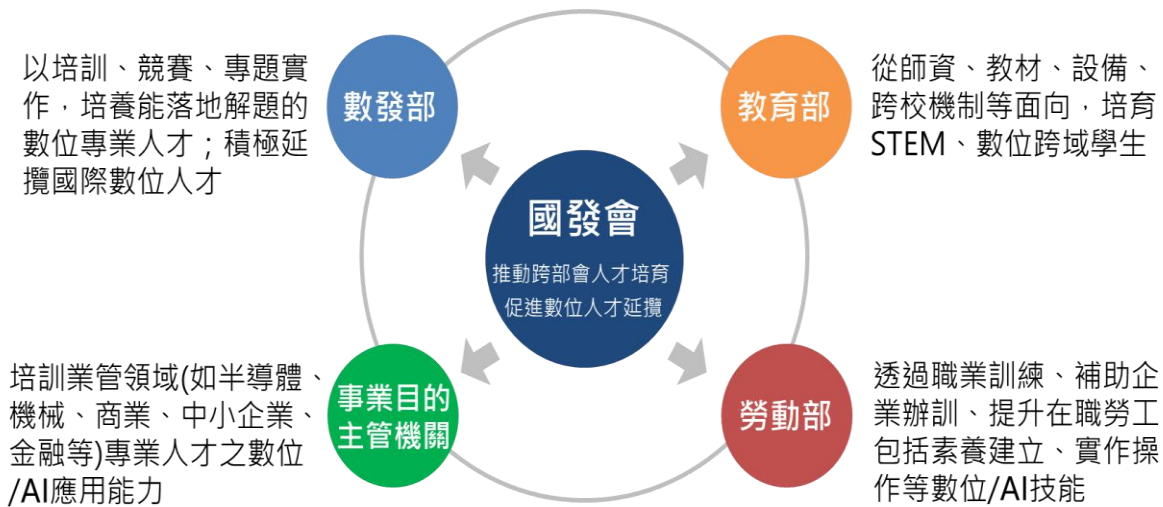
(二) 我國各部會 AI 人才培育政策做法

臺灣 AI 和數位人才培育目前由數位發展部(簡稱數發部)、經濟部、國科會、教育部、勞動部等等部會進行跨部會分工與協作(如圖 3-7、圖 3-8)。其中國家發展委員會推動跨部會合作，數發部著重在數位應用人才培育、經濟部著重在各產業的數位人才培育，國科會聚焦在科研人才培育，教育部著重在 STEM 人才培育，勞動部推動勞工在職培育或職業訓練，而內政部負責延攬外國人才的簽證和移居的推動。



資料來源：本研究繪製。

圖 3-7 我國數位人才部會分工與協作



資料來源：本研究繪製。

圖 3-8 我國各部會對 AI 人才培育政策方向

教育部近期推出臺灣大專院校人工智慧學程聯盟（Taiwan Artificial Intelligence College Alliance, TAICA），以促進大學間的協作，並從供應端著手解決 AI 人才供需失衡（教育部，2024），這是政府應對 AI 人才短缺問題的關鍵策略，同時也能有效填補臺灣業界對 AI 技能人才的需求。透過 TAICA，學生能夠跨學校修讀涵蓋人工智慧、金融科技及機器學習等多樣化課程，以遠距教學模式增進學習的靈活性。此教育模式突破傳統教育體系的藩籬，不僅能夠解決單一校區內資源限制的問題，還透過共享課程提升教育的可及性，為學生提供跨學科的

AI 技能學習機會，進而加強 AI 技術和應用技能的發展。

然而 TAICA 在實施過程中恐將面臨一些挑戰，包括部分學校因選修人數偏低而影響課程營運的成本效益，且隨著各校學生的加入，課程管理的複雜度也隨之增加也恐將影響整體學習體驗。另一方面，TAICA 如何讓業界接受其學程認證作為 AI 專業能力的評價標準仍須後續觀察，若 AI 學程的證書不能獲得產業界認可則可能影響政策的長期成效。為此，教育部應考慮跨部門合作以增進學程的信譽度，並為政策的實施提供更具體的支持措施。如此，才能有效地釋放 AI 教育資源，滿足臺灣各產業對 AI 人才的高度需求。

1. 從政策到實踐：臺灣 AICoE 的 AI 策略與全球佈局

臺灣人工智慧卓越中心（Taiwan AI Center of Excellence, AICoE）的成立標誌在全球數位轉型潮流，臺灣以 AI 技術為核心驅動國家發展戰略的明確承諾。作為「數位國家·創新經濟發展方案」(DIGI+) 及「智慧國家方案」(DIGI+2.0) 的延伸執行機構，AICoE 以策略性聚焦及整合性運作推動 AI 政策規劃、資源整合、技術應用與國際合作的落實（臺灣 AI 卓越中心官網，2024）。

AICoE 透過國科會的主導採取跨部會合作模式，將政策制定與執行無縫銜接，以有效消弭政策與實務落差。透過策略委員會邀請學術與產業專家參與決策，AICoE 確保政策具備前瞻性與實用性，並利用推動辦公室提供行政支援與資源配置，實現從政策形成到執行的快速反應能力。

再者，AICoE 的策略聚焦表現於其對臺灣優勢產業的精準賦能，半導體與製造業作為我國經濟的支柱產業，AICoE 透過推動 AI 核心技術在這些領域的應用，提升產業競爭力與技術創新能力。同時，藉由對標國際 AI 政策框架，AICoE 確保臺灣的 AI 發展方向與全球趨勢同步，並積極爭取國際資源與人才合作，例如，透過跨國研究計畫、技術聯盟與學術交流，AICoE 不僅強化臺灣在全球 AI 生態系的話語權，也拓展與其他國家的技術合作機會。

AICoE 透過國際合作與接軌機制，從學術研究的聯合計畫到產業層面的技術移轉，推動臺灣 AI 技術與應用的全球影響力，並以雙向互動為原則，吸引國際資金與人才流入，將臺灣 AI 技術推向全球市場。然而，隨著全球 AI 競爭加劇，AICoE 仍需應對多重挑戰，包括如何進一步吸引國際頂尖 AI 人才、加強區域合作，以及促進臺灣 AI 產業與全球價值鏈融合。未來，AICoE 需要在政策與技術治理機制上持續深化靈活性與前瞻性，以因應快速變遷的 AI 技術與政策環境，能否有效應對這些挑戰，將決定我國在全球 AI 生態的長期競爭力。

2. AI 人才培育與實際場域應用：跨學科教育與產業需求契合

在提升 AI 人才素質應特別強調實際場域應用。AI 技能不僅僅是理論知識的

學習，更在於將這些知識轉化為解決實際問題的能力，而 AI 技術的普及為不同產業帶來變革的契機，並已成為推動產業變革與數位經濟發展的重要驅動力。AI 人才不僅需在教育環境中學習，還需在企業中進行不同應用場域的實際操作才能全面掌握技術應用能力。

AI 人才培育不僅需要強調理論知識的傳授，更需著眼於其技術在實際場域的應用能力，尤其人才的競爭力取決於能否在真實場域中有效運用技術解決實際問題，因此，政策設計到產業落地應採取多層次的人才培育策略，以實現教育與產業需求的無縫銜接。政府可透過政策引導，推動政府或企業場域的開放，讓學生能夠進入企業實際工作場域進行操作，深化 AI 技術應用能力。

以日本的「數位技能培訓資源平台」為例，企業與教育機構合作設計「企業出題、人才解題」的專案式培訓模式，不僅提升學員實務能力，還建立與企業實際需求對接的能力認證體系。此模式具備三個核心特徵：(1)學員直接參與企業數位轉型專案，獲得即時的實戰經驗；(2)透過解決企業真實問題，學員在實務中磨練跨部門協作能力；(3)高階認證體系為人才未來職涯發展奠定更具競爭力的基礎。上述特徵正是現今 AI 人才教育亟需補足的要素。

AI 技術的價值不僅體現在解決單一技術問題上，更需解決複雜、多變的產業需求，因此培養 AI 人才過程中應融入跨學科視角，尤其是在數位轉型與產業升級需求日益多元的背景下，應重視跨領域學習與多元化技術整合。跨領域的學習不僅提升人才的創新能力，還可促進 AI 技術與不同專業領域的深度融合，例如將 AI 應用於醫療、製造、金融等各自不同的產業。這種跨領域整合思維應成為 AI 人才培育政策設計的核心方向，並鼓勵教育機構與企業共同開發跨學科課程，為 AI 人才提供更豐富的學習機會。

3. 中小企業與傳統產業的數位轉型：政策支持與技能培育的持續發展

臺灣傳統產業及中小企業多數缺乏數位化的基礎建設與數位技能，導致生產效率低落，也在數位化轉型方面相對落後，而 AI 人才的短缺使得這些企業在競爭中處於不利地位，難以在全球市場中取得競爭優勢。為推動上述企業的數位化轉型，政府積極推動多項人才培育政策，以提供針對性支持，例如，經濟部於 2024 年推出「中小企業數位共好計畫」，利用 AI 技術幫助小型企業提升品牌能見度，並增強其對數位工具的適應能力，期望促進傳統產業與中小企業能逐步適應數位經濟中的新興挑戰，並加速產業轉型。

此外，數位發展部的「人工智慧與感知互動跨域應用躍升計畫」，係透過量身訂製的 AI 解決方案，針對不同企業需求提供技術支持，以實現企業內部的 AI 應用推廣，不僅有助於企業即時改善競爭力，還能逐步強化其對 AI 技術的長期投資與依賴，形成正向的技能循環。透過這些政策，政府力圖將 AI 人才的培育與

企業數位化需求緊密結合，以推動國家整體數位經濟的成長。綜合來說，臺灣政府期望在提升 AI 技能的普及性之餘，也強化對數位人才的持續投入，從而改變產業生態，助力企業在國際市場中取得更強的競爭優勢。

(三) 我國 AI 人才培育政策精進建議

1. 打造「企業出題、人才解題」實戰平台：促進需求驅動的 AI 人才培育

建議參考日本「數位技能培訓資源平台」，設立一個專注於 AI 人才培育與實際應用場域的實戰平台，蒐集政府或企業的需求和問題，透過「企業出題、學員解題」方式，讓學員在實際場域中學習並提升解決問題的能力。此外，美國的 SMART 獎學金計畫和 AI Corps 計畫的經驗表明，政府可進一步透過資金激勵與培訓專案支持，吸引高潛力 AI 人才進入政府機構，並透過挑戰性專案鍛煉其應變能力與技術實力，此模式可結合「以戰養戰」的實戰理念，促使 AI 人才快速掌握應對實際問題的能力，尤其是國防、災難管理等高技術需求的 AI 應用領域。

AI 技術的價值只有在實際場域中應用才能真正體現，因此政策應強化場域應用作為 AI 人才培育的核心。建議政府大力推動實習計畫、企業合作專案和場域研究實驗室的建設，例如，借鑒美國總統創新研究員計畫 (PIF)，推動 AI 專業人士進入政府機構或公共政策專案中，參與政府數位轉型專案的實際操作，並鼓勵企業開放內部資源供學員實際參與營運專案。這些場域應用的經驗不僅讓 AI 人才在真實環境中磨練技能，還有助於提升政府與企業的數位轉型能力。此外，日本企業導向的專案式培訓提供另一種視角，即透過企業與教育機構的深度合作，讓學員在企業實際問題中學習跨部門協作，為未來職涯發展奠定更加扎實基礎。

2. 建立跨學科學習和實習專案的 AI 人才培育：技術與產業創新整合

AI 技術的應用並非孤立存在，其價值在於為醫療、製造、金融等產業提供創新解決方案，因此政策應聚焦跨領域能力培育，促進 AI 與其他產業領域的深度融合，亦即 AI 人才培育應融入跨學科視角，建立「技術+領域」的能力培養模式。例如，政府可資助跨學科課程的開發，促成教育機構與不同行業企業的合作，以提供涵蓋 AI 與醫療數據分析、AI 與製造流程優化等專業方向的學習機會。此外，美國和日本的案例均顯示，將 AI 人才置於跨部門工作環境中，可有效提升其多領域協作能力和解決複雜問題的綜合素質。這樣的跨領域整合政策能夠幫助 AI 人才打破單一技術思維提升創新能力，並加速 AI 技術在各行業的落地與應用。

政府可透過政策激勵企業開放實習機會或培訓解題專案，使學員在真實應用場域中運用所學知識並進行實際操作，從而提升技術應用能力，透過實戰訓練不僅能夠增強 AI 人才的實際解決問題能力，還能夠幫助學員更快適應市場需求。AI 技術的廣泛應用正在改變各行各業，透過理論與實務的結合，可以有效培養出適應未來挑戰並具備競爭力的 AI 人才，為臺灣的數位轉型與經濟發展提供更強

大的支援。

3. 建立 AI 技能標準打造人才競爭力

(1) 建立 AI 技能標準框架

AI 技能標準的建立應從整合產業需求入手，明確界定 AI 技能的等級分類和專業領域需求。建議政府可設立全國 AI 技能標準委員會，匯集政策制定者、企業代表和學術專家，共同確立 AI 技能標準框架，涵蓋基礎 AI 素養、核心技術應用、跨領域整合與倫理治理等面向。基礎 AI 素養應涵蓋數據處理、基礎編程能力和演算法基礎；核心技術應聚焦機器學習、深度學習與自然語言處理等專業技能；跨領域整合則強調 AI 在醫療、製造、金融等領域的應用場域設計與優化；倫理治理則要求人才理解 AI 風險管理、隱私保護與技術倫理。透過分層級且專業化的技能標準，確保不同層級的 AI 從業者均能具備符合其職缺核心能力。

(2) AI 技能認證體系整合

AI 技能標準的實施離不開完善的技能認證和評估機制，建議政府可設立統一的 AI 技能認證體系，將技能標準轉化為可量化的能力評估指標，並與教育課程、企業培訓計畫以及職業資格認證系統對接。該認證體系應以模組化設計為基礎，允許學習者根據自身需求靈活選擇模組，並透過分階段的測試獲得相應級別的認證；同時，認證體系需要結合市場動態進行持續更新，確保認證內容始終與 AI 技術演進保持一致；認證結果應具有國際公信力，可作為企業招聘、人才評估的重要依據，從而增強人才市場的透明度與流動性。

產學合作是推動 AI 技能標準落地的關鍵，建議政府領頭構建 AI 技能培育的產學聯盟。在教育端應推動大學和職業培訓機構優化 AI 相關課程設計，將 AI 技能標準嵌入核心課程；同時，加強實踐導向的教學模式，例如透過產學合作開展 AI 培訓專案實習，使學習者能夠在實際應用中提升技能。在產業端，企業可基於 AI 技能標準設計企業內部培訓體系，並與教育機構共同開發一套客制化的員工在職培訓課程。建議政府為此提供政策支持與資金激勵，例如設立 AI 技能培訓基金，為參與聯盟的教育機構與企業提供補貼。

4. 建立市場需求導向的 AI 人才培育政策

(1) 建立 AI 人才需求調研機制

為確保 AI 人才培育政策有效性，需要掌握國內產業對 AI 人才的實際需求狀況，應建立由產官學研各界參與的 AI 需求調研機制，透過策略會議、產業座談、問卷調查等多元工具，系統收集並分析不同產業對 AI 技能的需求動態。

(2) 破解產業人才困境

雖然臺灣在 AI 人才培育政策上已投入大量資源，但在資源配置及產業需求之間仍然存在不平衡的挑戰。AI 人才培育涉及大量教育和培訓資源，且 AI 產業的吸引力進一步加劇其他產業的人才流失，當資源分配出現不均衡時，將造成人才過度集中於特定產業，影響整體經濟的協調發展。因此，合理配置資源、調整政策以滿足多元產業需求應是當前政府決策者需著重解決的課題。

(3) 推動跨產業 AI 應用與技能整合

為解決 AI 產業的人才磁吸效應，政府應採取應變措施，例如，可設立跨產業 AI 應用推廣計畫，強調 AI 技術與傳統產業的融合。透過示範專案，展示 AI 在製造、農業、能源等產業的價值，提升傳統產業對 AI 技術的接受度與需求強度，從而平衡不同產業對 AI 人才的競爭壓力。另一方面，可推行跨領域 AI 技能培訓模式，整合多元產業需求與技術應用能力，使 AI 人才不僅具備核心技能，還能有效解決各產業的專業問題，促進 AI 人才在產業間的流動性與適應性。

四、小結

全球 AI 人才政策的發展呈現各國對於人才短缺問題的高度關注與政策回應，在全球經濟與技術競爭日益激烈背景下，AI 人才培育已成為推動國家競爭力的重要戰略核心。從美國、日本、英國、德國、新加坡到臺灣，均以不同的政策工具和人才培育模式試圖解決 AI 人才供需失衡的挑戰，構建 AI 人才生態系統，其主要政策規劃包括教育系統改革、技能提升與再培訓、國際人才吸引以及政策工具整合等層面推動 AI 人才培育。

美國的 AI 人才政策突顯國家競爭力驅動的戰略目標，透過實戰導向的培訓計畫構建一個涵蓋學術、應用與場域實踐的生態系統，其代表性的 SMART 獎學金與 AI Corps 計畫，將國防與國土安全需求與 AI 人才培育結合，不僅吸引高階 AI 人才進入政府機構，也促進技術落地的實用性與效率。美國政策邏輯顯示其高度重視理論與應用的融合，透過高壓場域的技術挑戰來培育 AI 專業人才，並強化跨部門協作與政策資源整合。

日本的 AI 人才政策展現出高度系統化與分級化的設計邏輯。其數位技能標準 (DSS) 提供一個標準化技能框架，將人才劃分為初階、中階與高階三個層次，針對每一層級的人才需求提供精細化的培訓內容與資源配套。日本的數位徽章認證系統進一步強化技能評估的透明性與企業的信任度，並透過跨部門整合資源的平台來優化 AI 技能提升的效率。相比美國，日本更注重政策工具之間的協調與綜合性，形成一個從技能標準制定、技能培訓到認證激勵的培育系統，此模式的核心在於為產業需求提供量身客製的人才供應，同時以標準化手段縮短技能供需脫節的挑戰。

英國在 AI 人才政策展現國際化與普及化的雙重特點，其全球人才簽證與高

潛力個人簽證顯示其在吸引海外 AI 高階人才的積極作為，並以靈活的政策手段降低人才流動的門檻。該國還推出 AI 技能提升基金，專注於中小企業的技能提升，透過政府補助降低企業投資 AI 技能培訓的成本，從而促進 AI 技術的普及與應用。英國政策獨特處在於兼顧高階人才的引進與基礎技能的普及，並強調 AI 技術對各產業和地區的廣泛影響力，力求實現 AI 技術普及化發展。

德國的 AI 人才政策以其製造業為基礎的產業結構為背景，強調數位轉型與 AI 技術的深度融合。其「AI Made in Germany」戰略，設立了 AI 教授職位以吸引國際知名 AI 科研人員，並透過擴展卓越研究中心與跨學科研究小組強化科研基礎。此外，該國的《資格機會法案》聚焦在職員工的數位技能提升，特別是針對因技術變革而面臨失業風險的勞工，提供客製化的培訓補助。相比其他國家，德國更強調 AI 技術與製造業的結合，並以補助與資金激勵促進企業與個人在數位轉型過程的主動性。

新加坡的 AI 人才政策展現技能轉型與全球人才吸引的政策亮點。技能轉型策略以 Skills Future 等計畫為主軸，強調在職員工 AI 技能升級和再培訓，確保現有勞動力能快速適應數位化需求，並藉跨國企業的在地研發中心帶動 AI 技術與人才升級。

德國、日本與臺灣皆是以製造業驅動的經濟體，產業結構均以高附加價值的精密製造業和電子產業為基石，德國製造業占 GDP 比例約 21%，日本及臺灣分別約 20%、35%。對此，AI 人才供需失衡與數位技術滲透率偏低成為這三個製造強國共同關鍵挑戰，雖臺灣的 AI 人才政策在全球背景下雖尚未形成系統化的整體策略，但可從日本和德國的經驗中提煉出可行的政策方向。

臺灣需加強教育系統與產業需求的銜接，透過分級人才培育策略滿足不同層次的 AI 技能需求，並借鑒日本的數位技能標準與英國的 AI 技能基金，構建一個從基礎教育到高階應用的整合性政策框架。另外，我國也需透過創新簽證政策與國際人才吸引計畫提升其全球競爭力，並以產學合作模式縮短人才供應與產業需求間的適配時間。

整體而言，全球 AI 人才培育政策之推動重點可歸納如下：首先，教育改革與標準化技能框架的建立是所有政策的基礎，確保技能供給能匹配快速變化的技術需求。其次，技能提升與再培訓是彌補短期人才缺口的重要手段，需以多元化的資源平台與認證機制來提高政策效能。再次，國際人才吸引政策是各國應對全球競爭的關鍵策略，需結合簽證制度與工作保障提供有吸引力的條件。最後，政策工具的整合性與執行的協調性決定政策的長期成效，透過跨部門合作與資源整合可實現政策目標的最大化。上述政策模組將可為臺灣 AI 人才培育提供清晰的藍圖，也為我國未來政策設計提供可參考的框架。

參考文獻

1. 工商時報 (2024.6.11)。經濟部：四年培育 20 萬名 AI 人才。
<https://www.chinatimes.com/newspapers/20240611000093-260202?chdtv> (擷取於 2024.12.02)
2. 日本內閣府 (2021)。AI 戰略 2021。
3. 日本內閣府 (2022)。AI 戰略 2022。
4. 王偉鴻 (2021)。數位時代下先進製造的人才培訓政策—以英、美做法為例。臺灣經濟研究月刊，44 (9)。
5. 王媛婷、王偉鴻 (2024)。符合產業需求導向的數位人才培育生態系：以英國 UKC3 計畫為例。臺灣經濟研究月刊，47 (6)。
6. 行政院 (2024)。第 3921 次會議—國家人才競爭力躍升方案。
7. 行政院智慧國家推動小組 (2023)。臺灣 AI 行動計畫 2.0 (2023-2026 年)。
8. 教育部 (2024)。113 學年度起透過跨校資源共享培育職場所需人才 教育部宣布成立臺灣大專院校人工智慧學程聯盟。
https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=BE6AAA93B36F02FE (擷取於 2024.12.02)
9. 臺灣 AI 卓越中心官網 (2024)。
<https://www.twaicoe.org/%E9%A6%96%E9%A0%81> (擷取於 2024.12.02)
10. 聯合新聞網 (2024.7.19)。經發會拍板 4 年培育 20 萬 AI 人才。
<https://udn.com/news/story/7238/8104986> (擷取於 2024.12.02)
11. 經產省& IPA (2024)。The Digital Skill Standards ver.1.2。
12. 經產省& IPA (2024.02)。企業等における DX 推進状況等調査分析。
13. 經產省 (2022)。DX リテラシー標準。
14. 經產省 (2024)。マナビ DX クエスト。
15. Advani, A. (2019). 5 ways to bring school curricula up to speed.
<https://www.weforum.org/agenda/2019/01/how-to-bring-school-curricula-up-to-speed/>
(擷取於 2024.12.02)
16. AI Singapore (2017). 100 Experiments Program.
<https://AISingapore.org/innovation/100e> (擷取於 2024.12.02)
17. AI Singapore (2018). AI Apprenticeship Programme (AIAP).
<https://AISingapore.org/innovation/AIap> (擷取於 2024.12.02)
18. AI Sweden (2023). Impact Report 2023.
19. Alexander von Humboldt Foundation (2022). Alexander von Humboldt Professorship.
<https://www.humboldt-foundation.de/en/apply/sponsorship-programmes/alexander-von-humboldt-professorship> (擷取於 2024.12.02)

20. Baldwin, L. (2023). UK ranks fourth in Global AI index. <https://www.government-transformation.com/en/citizen-experience/uk-ranks-fourth-in-global-AI-index> (擷取於 2024.12.02)
21. Cabinet Office & Central Digital and Data Office (2023). Higher and degree apprenticeships. <https://www.gov.uk/government/publications/higher-and-degree-apprenticeships> (擷取於 2024.12.02)
22. CBRE (2023). Artificial Intelligence: U.S. Talent Spotlight. <https://www.cbre.com/insights/briefs/artificial-intelligence-us-talent-spotlight> (擷取於 2024.12.02)
23. DCMS (2022). UK Digital Strategy.
24. Deep Knowledge Analytics (2021). The UK Leads Europe and Ranks Third Globally in Artificial Intelligence. <https://www.businesswire.com/news/home/20211215005874/en/The-UK-Leads-Europe-and-Ranks-Third-Globally-in-Artificial-Intelligence> (擷取於 2024.12.02)
25. Department of Homeland Security (2024). AI Corps. <https://www.dhs.gov/ai/join> (擷取於 2024.12.02)
26. Department of Defense (2024). Science, Mathematics, and Research for Transformation, SMART scholarship. <https://www.smartscholarship.org/smart/en> (擷取於 2024.12.02)
27. Devanesan, J. (2020). Is Singapore facing a tech talent crunch? <https://techwireasia.com/2020/09/is-singapore-facing-a-tech-talent-crunch/>
28. DSIT & Innovate UK (2023). New business guidance to boost skills and unlock benefits of AI. <https://www.gov.uk/government/news/new-business-guidance-to-boost-skills-and-unlock-benefits-of-AI> (擷取於 2024.12.02)
29. DSIT (2021a). UK National AI Strategy.
30. DSIT (2021b). National AI Strategy - AI Action Plan. <https://www.gov.uk/government/publications/national-AI-strategy-AI-action-plan/national-AI-strategy-AI-action-plan> (擷取於 2024.12.02)
31. DSIT (2024). AI Upskilling fund: application guide. <https://www.gov.uk/government/publications/flexible-AI-upskilling-fund/AI-upskilling-fund-application-guide> (擷取於 2024.12.02)
32. EDB Singapore (2022). Singapore ranked second globally for best talent, only Asian nation in top 20.
33. Gehlhaus, D. and S. Mutis (2021). The U.S. AI Workforce: Understanding the Supply of AI Talent, CSET.

34. General Services Administration (2024). Presidential Innovation Fellows launches first cohort focused exclusively on Artificial Intelligence Presidential Innovation Fellows. <https://www.gsa.gov/about-us/newsroom/news-releases/presidential-innovation-fellows-launches-first-cohort-focused-exclusively-on-artificial-intelligence-06172024> (擷取於 2024.12.02)
35. German Federal Government (2020). Artificial intelligence strategy of the German Federal Government: 2020 update.
36. Green, A. & Lamby, L. (2023). The supply, demand and characteristics of the AI workforce across OECD countries.
37. HIIG (2019). AI trainers for medium sized companies. <https://www.hiig.de/en/mittelstand-startups-kmu-ki-kuenstliche-intelligenz> (擷取於 2024.12.02)
38. Medina, A. F. (2020). Singapore Launches Tech@SG Program. <https://www.aseanbriefing.com/news/singapore-launches-techsg-program> (擷取於 2024.12.02)
39. Milberg, T. (2023). The Reskilling Revolution is upon us-by 2030, 1 billion people will be equipped with the skills of the future. <https://www.weforum.org/impact/reskilling-revolution-reaching-600-million-people-by-2030> (擷取於 2024.12.02)
40. O'Brien, M. (2024). US ahead in AI innovation, easily surpassing China in Stanford's new ranking. <https://apnews.com/article/ai-us-china-competition-stanford-index-uk-india-c8eb9be0253eb39776c3e38d05f1a329> (擷取於 2024.12.02)
41. Olander, J. (2020). AI Hubs in the United States.
42. Rathinam, S. S. (2024). The U.S. AI Workforce: Analyzing Current Supply and Growth.
43. UKVI (2020). Apply for the Global Talent visa. <https://www.gov.uk/global-talent> (擷取於 2024.12.02)
44. UKVI (2022a). High Potential Individual visa. <https://www.gov.uk/government/publications/high-potential-individual-visa-global-universities-list> (擷取於 2024.12.02)
45. UKVI (2022b). Scale-up Worker visa. <https://www.gov.uk/scale-up-worker-visa>
46. UKVI (2022c). Global Business Mobility Visa. <https://www.gov.uk/uk-expansion-worker-visa> (擷取於 2024.12.02)
47. UKVI (2023). Innovator Founder visa. <https://www.gov.uk/innovator-founder-visa> (擷取於 2024.12.02)

48. WEF (2022). How countries can build an effective AI strategy.
<https://www.weforum.org/agenda/2022/12/how-countries-can-build-an-effective-ai-strategy> (擷取於 2024.12.02)
49. WEF (2023). Future of Jobs Report 2023.
50. Werner, R. (2021). Mittelstand-Digital Center informs about Artificial Intelligence.

第四章 全球半導體人才政策及臺灣人才培育策略

半導體正取代石油成為地緣政治的驅動力，並被視為現代技術競爭格局之關鍵，因此各國皆加大投資半導體之研發及人才。根據「2023 KPMG Global Semiconductor Industry Outlook」之調查顯示，67%產業專家認為半導體人才的培養和留用是半導體產業發展的重要策略（KPMG，2024）。Semicon India 預估在2032年，全球半導體產業將需要150萬名晶片設計和製造人才（Semicon India，2022）。進一步觀察各國的半導體人才供需資料後可發現，產業人才的短缺將是全球性的議題，但區域性短缺情況略有不同，例如，美國及歐洲半導體人才之缺口估計約在10萬人左右，而亞太區域的人才短缺則約在20萬人左右。此外，亞太地區不同國家間的人才供應能力及需求情形也存在較大的落差，例如，印度一直是半導體人才的最大出口國，而韓國及日本則面臨著半導體人才的極度短缺；中國更為嚴重，估計缺口約在30萬人左右。整體而言，半導體產業的發展面臨著人才的限制，成為持續成長的阻礙，預估到2030年時，全球半導體人才的供給須增加100萬人以上，才能滿足半導體產業不斷增長之需求。

針對半導體人才之分類，本研究參考國際機構報告及產業鏈地位，將半導體人才分為以下四類：

1. 晶片設計人才：晶片設計領域含實體設計如超大型積體電路設計、電腦輔助設計；邏輯設計如數位系統設計；產業垂直設計、高階硬體設計、進階軟體設計。其應用市場，包括汽車、通訊、企業、工業和消費性電子。其中，企業運用又分為運算、雲端和其他相關部門；工業應用又分為醫療電子、航太、國防、電子和工廠自動化領域等。此類設計人才通常會聚焦在一個特定市場應用進行開發，其發展所需的學科領域包括電機、電子和電腦科學。

2. 系統設計人才：系統設計人才涵蓋整合運算、記憶體和儲存子系統、連結/網路介面和輸入/輸出週邊設備，以提供各種解決方案。相關平台級電源和熱管理、嵌入式軟體和韌體開發、解決方案的端對端調試和硬體/軟體驗證等。

3. 半導體製造人才：製造人才依功能別又分為營運及規劃、製造、研發、設備維護、工廠自動化人才；層級又可分為作業員、技術員、製程工程師/研發工程師等。其中，半導體研發人才，更是半導體能否挑戰技術極限，不斷進展至下世代技術的關鍵。研發包括摩爾定律下的基礎材料、元件創新研發，例如，英特爾柵極介電層（材料）和台積電奈米片場效電晶體可實現擴展到3奈米；而超越摩爾定律之研發，藉由元件和電路的協同以實現新的應用（例如，格芯使用絕緣層上覆矽技術實現射頻，比利時跨校際微電子中心使用矽技術開發光子平台）；下世

代半導體研發，包括材料創新（IBM 的 127 Qubit Eagle 處理器）、晶片和系統創新（Mythic 的基於快閃記憶體的 AI 晶片）等，以 AI 計算進行研發。

4. 半導體封裝測試人才：封裝人才在半導體晶片趨向輕薄、高密度分佈、高效能、多功能、耐久度高等方向發展下，封裝結構朝輕、薄、高功率、高效能等目標而推陳出新。然而，由於封裝體趨微小化，但因內部電子元件需滿足高密度需求，其結構即衍生許多可靠度問題尚須解決。封裝人才需瞭解電子封裝結構設計、三維封裝結構設計與力學可靠度分析、先進封裝諸如扇外型封裝、小晶片異質整合之設計與未來發展、封裝技術之失效分析等。

一、國際下世代半導體科技發展與人才培育亮點

根據 KPMG 所發表「2024 全球半導體產業大調查（Global Semiconductor Industry Outlook for 2024）」，在全球半導體歷經庫存過剩的挑戰下，產業領導對於產業未來發展及收入成長的預期仍保持樂觀。然而半導體產業信心指數則些微下滑，主因包括勞動力需求、研究開發與資本支出的成本上升等。然而，在人工智慧和電動車等新興科技發展下，可為半導體產業收入成長帶來驅動力，而這些應用都需要更大的處理能力，因此 AI 晶片或高效能運算晶片被認為是最有機會推動半導體產業大幅成長的潛力產品。麥肯錫預計半導體有望實現十年的 6%–8% 持續增長，在 2030 年將成為一個高達上兆美元的產業。

以中長期的科技研發角度來看，未來 20 年將是半導體革命性發展的重要階段，根據國際組織比利時跨校際微電子中心（Interuniversity Microelectronics Centre, imec）技術論壇的見解（圖 4-1），半導體技術的發展路徑涉及下列發展關鍵，相關科技人才之研發重點將以此為重要方向（imec, 2023）：

1. 電晶體架構：未來可能包括從奈米片堆疊建造的環繞式閘極（Gate-All-Around, GAA）元件、將 N 型和 P 型通道移得更靠近的分叉片元件，以及將 N 型和 P 型元件堆疊在一起的互補式場效電晶體（Complementary Field Effect Transistor, CFET）元件。這些架構可能在等效一奈米世代時引入。

2. 材料：材料行業可能會從矽轉移到 2D 材料，如鎢或鉬的硫化或硒化物，這些是原子級平坦的單層，允許進一步微縮通道長度。

3. 互連架構：像晶背供電（Backside Power Delivery Network, BSPDN）這樣的創新，可能在 IC 的持續成功中發揮重要作用。

4. 微影技術：當前版本的極紫外線（Extreme ultraviolet, EUV）微影技術預計可以延伸到兩奈米世代，但兩奈米以下，將需要新版本的 EUV，需要更大的透鏡和新的系統平台。



資料來源：imec 技術論壇（2023）

圖 4-1 半導體產業技術發展路徑圖

本研究在半導體科技人才培育國際政策分析之重點國家選擇上，參考韓國產業經貿研究院（Korea Institute for Industrial Economics & Trade, KIET）2022 年發布「半導體產業價值鏈競爭力診斷和政策方向」調查報告的半導體總合競爭力排名，美國排名第一（96 分），而二到五名依序為臺灣 79 分、日本 78 分、中國 74 分、韓國 71 分、歐盟 66 分。另輔以新興國家做法（印度、馬來西亞、越南）及國際聯盟（如國際半導體產業協會，Semiconductor Equipment and Materials International, SEMI）做法，進行半導體科技政策及人才政策之分析。

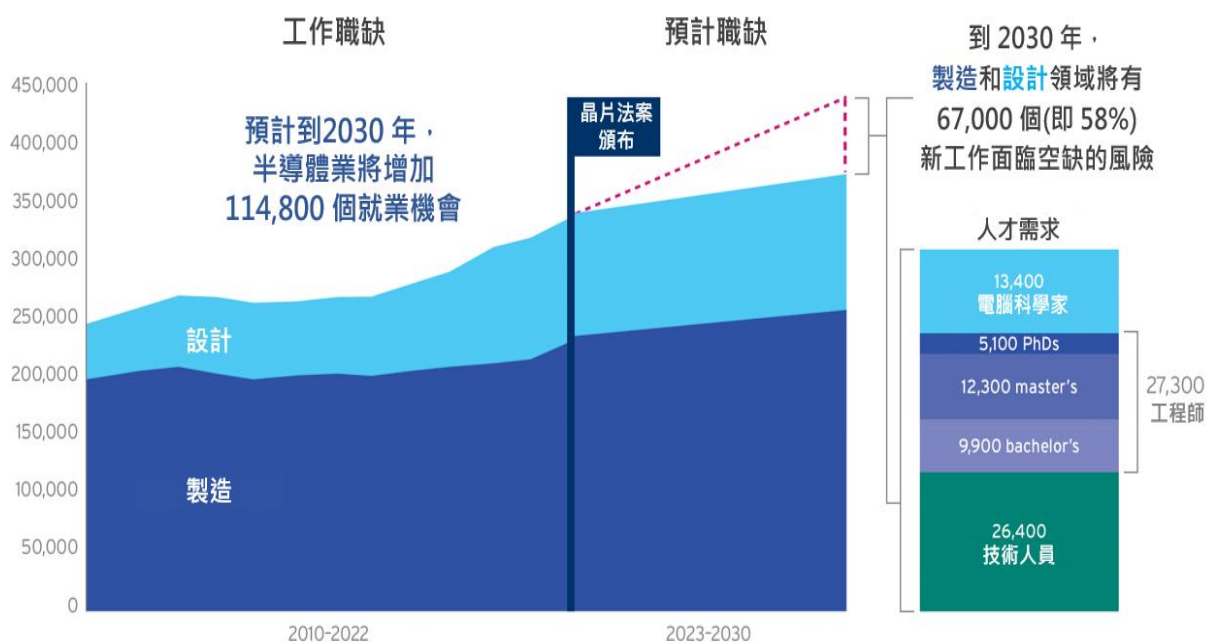
（一）美國

培養半導體人才維持產業優勢是美國保持科技領先的重要關鍵，然而，美國也需面對 45% 的 STEM 員工來自其他國家之現實，又根據半導體工業協會（Semiconductor Industry Association, SIA）的數據，美國半導體產業員工中，40% 的半導體勞動力年齡在 50 歲以上，只有 25% 年齡在 34 歲以下。儘管自 2010 年以來美國電腦科學專業的學生數量增加一倍，但半導體領域學位數量的成長仍然停滯不前，美國實現半導體雄心的主要障礙，深刻反應在人才短缺上（KIET, 2023）。

而根據 SIA 之預估，美國至 2030 年半導體產業員工約有 115,000 人的成長，美國半導體人才員工人數估計由現在的 345,000 人增加至 460,000 人，年均成長約 33%，至 2030 年人才缺口估計約在 67,000 人左右，大約是新增就業員工數的 58%（圖 4-2）。人才的缺口主要反映於半導體製造及半導體設計人才兩大部分，

人才缺口的結構可分為電腦科學、工程師及技術人員三大類，人數缺口最大是工程師，總數約 27,300 人，細分博士、碩士及學士學位之人才需求分別為 5,100、12,300 及 9,900 人；第二大缺口則是技術人員，約為 26,400 人；第三大缺口為電腦科學家，約需 13,400 人。

進一步分析目前缺工情況內涵，有 39% 的技術人員未找到合適人才（至少兩年經驗），35% 未找到適合的電腦科學人才（需有四年經驗），26% 則為工程師人才（學歷主要為碩士及博士級）。



資料來源：Semiconductor Industry Association and Oxford Economics (2023)。

圖 4-2 美國半導體產業人才供需推估圖

1. 半導體科技政策

美國於 2022 年簽署晶片及科技法案 (CHIPS and Science Act 2022)，是少數對於特定產業高額補貼之科技政策，目的在於提振美國的半導體晶片生產，重振美國製造業，創造近 10 萬個高薪工作崗位。法案要求成立四支基金，名稱及經費用途金額整理如表 4-1 所示 (U.S. Congress, 2022)：

- (1) **晶片基金**：經費規模 500 億美元，其中 390 億美元用於鼓勵晶片生產，110 億美元則用於補貼晶片研發。
- (2) **晶片勞動力和教育基金**：共 2 億美元，用以培育半導體行業人才。
- (3) **晶片國防基金**：經費規模 20 億美元，用於補貼國家安全相關的關鍵晶片的生產，於 2022 至 2026 年間由美國國防部分期撥付。

- (4) **晶片國際科技安全和創新基金**：經費規模共 5 億美元，用以支持建立安全可靠的半導體供應鏈。

表 4-1 美國晶片法案四大基金列表

基金名稱	四大基金經費配比 (單位：美元)	
晶片基金	提供發展資金給晶片相關的研發和生產	500 億
晶片勞動力和教育基金	培育半導體產業人才	2 億
晶片國防基金	補貼國家安全相關的關鍵晶片生產	20 億
晶片國際科技安全和創新基金	支持建立安全可靠的半導體供應鏈	5 億

資料來源：美國晶片法案。本研究整理 (2024)。

除了設立基金進行補貼外，亦針對半導體和設備製造實施 25% 的投資稅收抵免，並設有附加條款，禁止獲得補助的公司在中國大幅增產先進製程晶片，違反禁令或未能修正違規狀況的公司需全額退還聯邦補助款。

美國晶片法案在培育美國半導體人才的同時，也可能對臺灣半導體人才帶來挑戰。在晶片法案的驅動下，提供半導體人才向美國流動的誘因，臺灣可能因此面臨半導體人才外流的問題，臺灣半導體人才的培育需要投入更多的資源並提供更多人才延攬的誘因及便利，才能持續維持在全球半導體產業中的競爭優勢。

2. 半導體科技人才政策

(1) 更新工程學院課程及納入新的學位和證書課程

美國國務院經濟和商業事務局根據國際技術安全與創新基金，向亞利桑那州立大學授予 1,380 萬美元的資助協議。此計畫由國務院和亞利桑那州立大學 Ira A. Fulton 工程學院牽頭，致力於全球半導體生態系統的多元化並以高品質的勞動力發展計畫來加強半導體人才培育。在晶片法案的激勵措施下，受補助企業如 Intel、Micron 和 TSMC 等半導體巨頭正在利用晶片法案的資金與大學和財團合作，更新工程學院的課程並納入新的學位和證書課程。

(2) 半導體教育聯盟

晶片設計商 Arm 發起一項名為「半導體教育聯盟」(Semiconductor Education Alliance, SEA) 的全球倡議，該聯盟將半導體公司聚集在一起培養人才。聯盟成員包括 Arduino、Cadence、康乃爾大學、半導體研究聯盟 (Semiconductor Research Corporation)、意法半導體、新思科技、臺灣半導體研究中心、全印度技術教育委

員會 (All-India Council for Technical Education)，以及南安普敦大學 (University of Southampton) 等合作夥伴 (Arm, 2023)。

該聯盟的成立目的在於透過產官學的跨界結合，以解決業界在人才招募與從業人員技能提升方面與日俱增的挑戰。聯盟成員將透過各種論壇，以彈性、聯合且開放的模式，相互分享資源、能力與專業。目標是打造並建立新的合作關係與工作方式，預計將為特定地區的產業需求量身打造工作技能框架，以及建立並支援未來人才庫所需的教育訓練路徑、資源與服務。

部分專案已在運作中，例如：Arm 與電子設計自動化 (Electronic design automation, EDA) 合作夥伴透過最尖端技術的 EDA 工具與矽智財 (Silicon Intellectual Property, 簡稱 IP)，共同進行有關全新超大型積體電路 (Very Large-Scale Integration, VLSI) 設計的教育資源開發。Arm 與業界及學界的合作夥伴正著手開發電腦工程與資訊科學的全新遠距學習解決方案。為學界打造一個全球性的系統單晶片 (System on a Chip, SoC) 設計平台，使其可取用來自 Arm 與合作夥伴的最新半導體製造技術。

(3) 以擴大實習及公私合作培育促進產業人才培育的管道

美國的製造商、產業協會、大學和州政府齊心協力建造半導體人才培育的管道。2022 年至 2023 年，美國半導體雇主將半導體實習職位增加 5%，實習的申請數更飆升至 163%。

印第安納州普渡大學於 2022 年推出美國第一個半導體學位課程 (Semiconductor Degrees Program, SDP)，該計畫的目的在於增加美國半導體人才，創造下一代半導體勞動力，確立美國在關鍵產業的優勢地位。普渡大學與聯發科技合作，在印第安納州西拉法葉 (West Lafayette) 成立半導體晶片設計中心，並初步計畫朝晶片設計學位課程、下世代運算和通訊晶片設計等方向展開先進前瞻技術的研究合作。新的半導體設計中心直接設立在校園內，讓該校學生有機會看到自己的創新研究融入一個全球 IC 設計公司的產品設計或解決方案的一環。

密西根經濟發展公司 (Michigan Economic Development Corporation, MEDC) 和半導體人才行動團隊 (The Talent Action Team, TAT) 是一個公私合作夥伴關係，該團隊將與公共部門、產業夥伴及培訓機構合作，發展一套明確的半導體特定課程及研發投資，使密西根州在吸引全球半導體公司的長期可持續性投資方面處於有利地位。該團隊也將與科磊 (KLA)、比利時 imec、密西根大學 (University of Michigan)、Washtenaw 社區大學及通用汽車等組織建立新的公私夥伴關係，以在密西根州建立一個全球半導體卓越中心。目標為在 2030 年前培育 3 萬名半導體人才來達到產業發展的需求 (MEDC, 2024)。

此計畫專注於發展必要的人才庫及基礎建設，以加速電動化及自動駕駛的先進半導體應用，並推動汽車產業發展。此外，也將在密西根州建立一個卓越中心，以支持半導體產業勞動力發展以自動駕駛汽車解決方案及電動車研究的進步。

而計畫還與學習機構合作，包括 K-12 及職業學校、社區大學、四年制大學及研究型大學，以促進美國中西部技術人才培訓管道。獲獎之培訓機構預計可獲得 3 百萬美元的補助。同時，該計畫也將進行培訓及再培訓計畫，使現有勞動力為現代晶片製造及組裝做好準備。

(4) 半導體研究聯盟建立半導體技術人才計畫

半導體研究聯盟 (Semiconductor Research Corporation, SRC) 是一個由美國半導體行業協會創立，與大學合作研發與人才培育的組織，針對人才培育方面，與超過 100 個以上的大學合作進行學生培訓，有超過 1 萬名學生受到 SRC 計畫支持，並有 60% 畢業後加入半導體產業就業及大學任職。在半導體人才培育的推動做法如列 (SRC, 2023)：

- A. 研究生獎學金計畫：為研究生提供研究資助，支持從事研究發展；優先提供少數及女性研究人員獎學金，促進多元參與半導體產業。
- B. 實習及全職工作機會：SRC 的學生計畫中可與其成員公司的專家互動，包括至產業實習及提供全職工作機會。
- C. 全球研究合作計畫：為國際研究計畫，涉及前瞻研究領域，研究人才透過參與研究計畫與最領先的產業專家及技術團隊共同合作。
- D. 推動科學團隊建立：SRC 建立兩個新團隊計畫，「JUMP」(Joint University Microelectronics Program) 及「nCORE」(Nanoelectronics Computing Research)，研究內容如圖 4-3 所示，計畫發起於 2018 年並持續五年，且獲得產業和政府合作夥伴的資助。目前產業夥伴包括 IBM 公司、諾斯羅普·格魯曼公司、美光科技公司、英特爾公司、EMD Performance Materials (默克公司的附屬公司)、Analog Devices Inc.、雷神公司、台積電等等，SRC 將持續招募更多的產業和政府贊助商來加強研究。

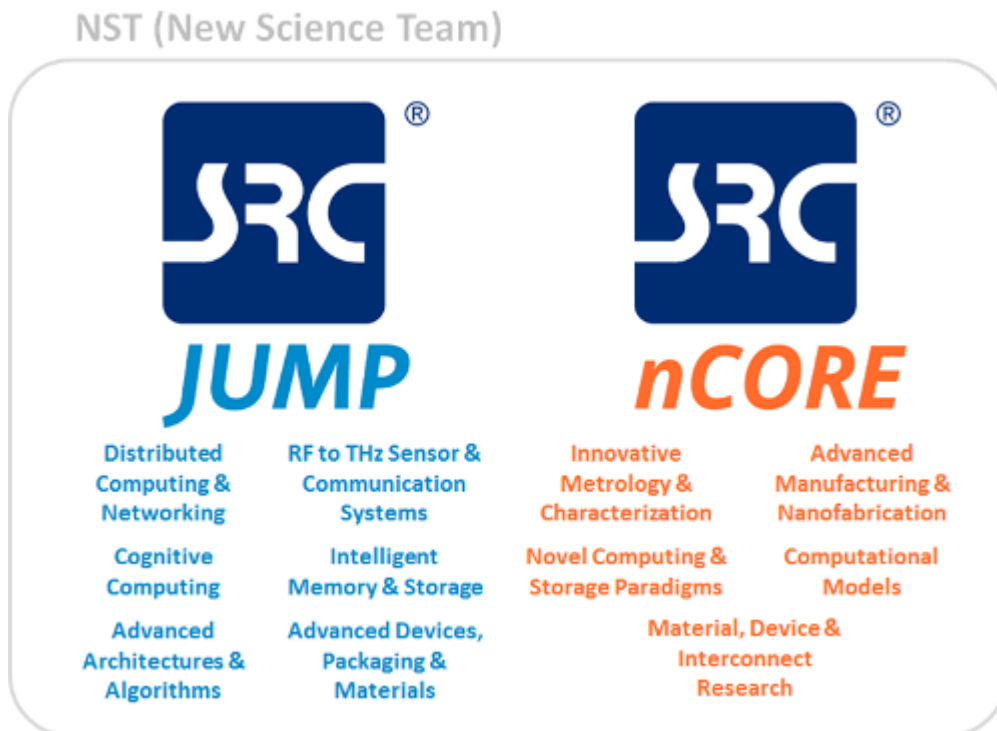


圖 4-3 美國 SRC 推動科學團隊 JUMP 及 nCORE 之計畫重點領域

(5) 商務部與勞動部、教育部等單位合力執行「選擇美國人才計畫 (Select Talent USA)」

此計畫推動之目的在於幫助外國跨國公司在美國開創或擴展業務時，建立技術勞動人才的管道，預計達到吸引外國直接投資，創造高薪工作及推動經濟公平之效益，協助外國投資者利用美國多元及技術熟練的勞動力創造價值。

推動做法由地方政府和州政府合作，選擇適應當地環境的技能培訓方式，並由產業驅動，採「註冊學徒制」推動，意即由產業需求驅動的高品質職業培育方式，雇主可以通過此方式培養和準備未來的勞動力。培訓期間係提供帶薪工作經驗、導師指導、課堂教學和全國認可的證書。

Select Talent USA 負責領導跨部門的投資工作小組，增加協調能力及提供決策相關指導及資訊，並媒合培訓資源，讓外國投資者與當地的培訓專業組織進行連結，建立高品質的培訓計畫。

(二) 中國

中國的半導體人才短缺問題持續發生中，根據中國電子資訊產業發展研究院與中國半導體行業協會、示範性微電子學院產學融合發展聯盟等共同發布的「中國集成電路產業人才發展報告 (2021-2022)」之調查顯示 (編註：集成電路，即積體電路)，2020 年中國半導體產業從業人員規模約 54.1 萬人。以半導體產業結

構區分人才類型來看，IC 設計的從業人員規模為 19.96 萬人、IC 製造為 18.12 萬人、封裝測試為 16.02 萬人。在此前提進行 2023 年產業人才預估，半導體人才總體需求規模約為 76.65 萬左右，人才缺口超過 20 萬人。對照人才供給面，中國每年大學 IC 專業領域的畢業生中僅有 3 萬左右進入半導體產業就業，這代表著中國在三年間自主培育的畢業生約 9 萬人都投入的情況下，半導體人才缺口仍舊超過 10 萬人以上（中國電子資訊產業發展研究院，2022）。

1. 半導體科技政策

中國政府為扶植半導體產業發展，於 2024 年設立第三期國家集成電路產業投資基金，資本額達到 3,440 億人民幣（約新臺幣 1.5 兆元），相較於第一期（2014 年）基金與第二期（2019 年）基金分別為 1,300 億人民幣與 2,000 億人民幣的規模而言，第三期的基金規模明顯高於前兩期基金規模的總和，這也與中國希望達到科技自立自強的政策目標相符合。該基金的目標，是引導社會資本，加大對半導體產業的多渠道融資，重點投向半導體全產業鏈。預估國家基金將提供融資給中國最大兩家晶圓廠中芯國際與華虹半導體，以及給快閃記憶體製造商長江存儲和一些規模較小的公司與基金。

比較三期產業投資的內容如下：

- (1) **第一期國家集成電路產業投資基金**：成立於 2014 年，註冊資本為 1,300 億人民幣。投資分佈於產業鏈上下游比重為集成電路製造占 67%，設計占 17%，封測占 10%，裝備材料占 6%。第一期的投資方向較集中於集成電路晶片製造業，兼顧晶片設計，封裝測試設備和材料等產業。
- (2) **第二期國家集成電路產業投資基金**：成立於 2019 年，註冊資本為 2,000 億人民幣。相較於第一期之投資內容，第二期更加注重產業鏈的上游和下游，承接晶圓製造重點專案，並加大對記憶體製造、整合元件製造產線的投資，並重視對上游設備、設備零組件、半導體材料的缺口進行補強。
- (3) **第三期國家集成電路產業投資基金**：成立於 2024 年，註冊資本為 3,440 億人民幣。聚焦於重資本開支的晶圓製造環節，也就是俗稱的卡脖子難題，包括側重於國產化率較低的設備、材料、零組件的投資、人工智慧相關領域等。除了延續對半導體設備和材料的支持，更可能將高頻寬記憶體（High Bandwidth Memory, HBM）等高附加值動態隨機存取記憶體（Dynamic Random Access Memory, DRAM）晶片列為重點投資對象。此外，受美國重點限制的領域，也是基金三期的投資重點，例如 AI 晶片、先進半導體設備（尤其是曝光機等）、半導體材料（光阻等）。中國成立新基金反映中國政府重新加強建立半導體產業，以應對美國聯同盟友的出口管制。

2. 半導體科技人才政策

(1) 產教融合人才培育

為培育產業發展所需的人才，中國於 2023 年由國家發展和改革委員會聯合跨部會單位含教育部、工業和信息化部、財政部、人力資源和社會保障部、自然資源部、國務院國有資產監督管理委員會等發布《職業教育產教融合賦能提升行動實施方案（2023—2025 年）》（編註：產教融合，即產學合作），提出包括培育遴選試點城市，完善職業教育專業設置，以及加大金融政策扶持力度等 19 條政策措施，主要通過「試點、政策、資金」三個做法，為職業教育產教融合賦能。預計到 2025 年要在 50 個城市進行試點，建成一萬家以上的產教融合型企業（中國人民共和國中央人民政府，2023）。

在重點產業深度推進產教融合方面，積體電路產業為重點之一。中國目前有一萬多所職業院校，三千多萬的在校生，約占中國高等教育人才的半數，是產業人才的重要來源。在 2021 年，首批 21 個國家產教融合試點城市和 63 家國家產教融合型企業，並啟動遴選第二批 30 個左右國家產教融合試點城市，再遴選一批國家產教融合型企業。同時，方案實施結合金融支持、財政支持、土地支持以及信用支持政策，提供看得見、摸得著的誘因，讓產教融合型企業能獲得實際的補助。

在十四五規劃，國國家發展和改革委員會同教育部、人力資源和社會保障部組織實施教育強國推進工程，對納入儲備學校清單，會針對符合條件的產教融合實訓基地建設，安排中央預算內投資予以支持。高職院校和應用型本科院校每所支援額度不超過 8,000 萬元人民幣，中職院校每所支援額度不超過 3,000 萬元人民幣。同時，還將結合十四五規劃中期調整措施，增補支援 200 所左右高職院校和應用型本科院校，進一步加大對職業教育產教融合的支持力度。

在國家集成電路產教融合創新平台方面，目前已推動兩批。首批建設共四校，實施期為 2019—2021 年，第一個是北京大學，總投資超過 3 億人民幣，與中芯北方、華大九天、兆易創新、北大方正集團等北京地區積體電路龍頭企業合作建設。第二個是清華大學，將建設集 CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor, 互補式金屬氧化物半導體) 邏輯元件與電路、記憶體技術、感測器等於一體的京津冀地區人才培養、科學研究，以及學科之綜合創新平臺。第三個是復旦大學，投資 4.7 億人民幣，針對中國積體電路發展中的關鍵卡脖子技術難題，深入研發新一代節點積體電路共性技術，著力推進長三角積體電路產業發展。第四個是廈門大學，投資 2 億人民幣，聯合國內龍頭企業，建立合作共贏的融合模式，著力突破化合物半導體等積體電路前沿核心技術，聚焦 Micro LED 等新一代顯示技術，服務於福建省和廈門市半導體積體電路產業。

第二批建設四校中，其建設週期為 36 個月。包括武漢的華中科技大學，投資 3.4 億人民幣來支撐華中地區，建成後具備每年 2,000 人次集成電路人才培養能力；其次為南京大學，經費暫未知，主要服務江蘇地區積體電路產業發展。而四川電子科技大學的專案總經費約 3.5 億人民幣，服務西南地區；最後是西安電子科技大學，總投資 3.5 億人民幣，服務於西北地方。

(2) 示範性微電子學院

2015 年 7 月中國教育部等六部門聯合發布首批九所示範性微電子學院，包括北京大學、清華大學、中國科學院大學、復旦大學、西安電子科技大學、上海交通大學、東南大學、浙江大學、電子科技大學。支持十七所大學籌設示範性微電子學院，含北京航空航天大學、北京理工大學、北京工業大學、天津大學、大連理工大學、同濟大學、南京大學、中國科學技術大學、合肥工業大學、福州大學、山東大學、華中科技大學、國防科學技術大學、中山大學、華南理工大學、西安交通大學、西北工業大學。又於 2018 年及 2019 年分別增列廈門大學電子科學與技術學院及南方科技大學深港微電子學院，累計至今共建立 28 所國家示範性微電子學院。各校培育人數隨年分有所不同，以電子科技大學的集成電路科學與工程學院為例，就讀大學生約有 1,600 人，研究生約有 1,300 人（中華人民共和國教育部，2015）。

示範性微電子學院之課程包含不同層級：

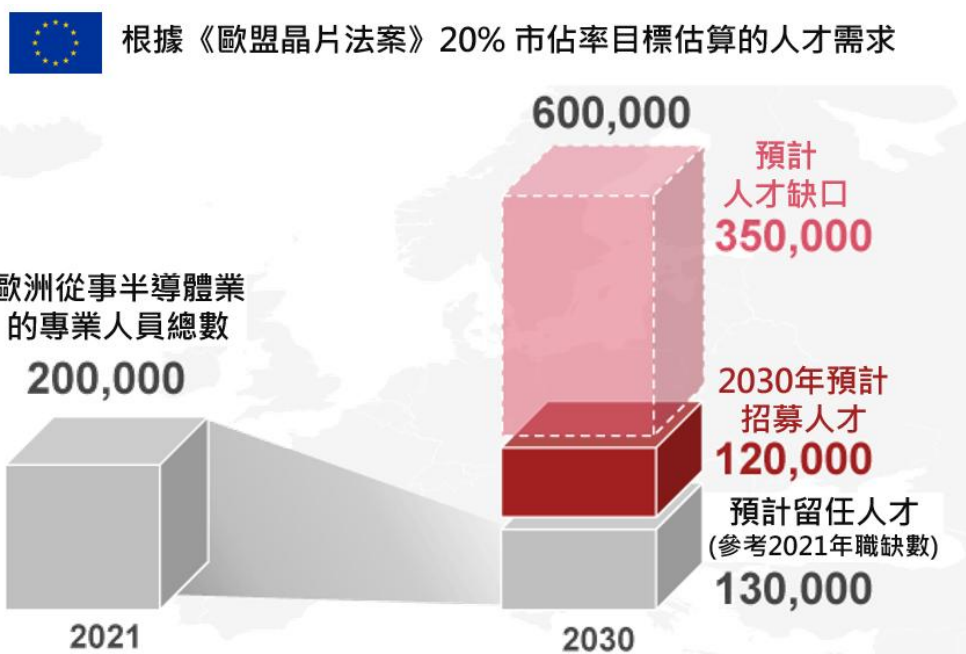
- A. 基礎課程：包括電路分析與電子電路、信號與系統、數位邏輯設計與應用、電磁場與波、半導體物理等。
- B. 專業核心課程：包括微電子器件、積體電路工藝、模擬積體電路原理、數位積體電路原理、電子設計自動化技術等。
- C. 挑戰性課程和基於項目的特色課程：例如微電子系統設計、現場可程式化邏輯閘陣列系統設計等。
- D. 研究方向：微奈電子材料與元件、功率半導體與電路技術、積體電路設計與設計自動化、封裝與微系統整合等。

(三) 歐盟

全球半導體市場預計成長 70% 以上，到 2030 年將成為兆美元市場。然而，在全球對半導體的需求不斷增長下，歐盟在該市場的占比在過去幾年中卻不斷萎縮。為了扭轉此負面發展趨勢，確保歐洲在半導體行業的彈性和競爭力，《歐洲晶片法案》推出一項 400 億美元的跨歐洲補貼計畫，旨在重新奪回 20% 的全球市場占比。

在決定是否能實現這個目標的相關變數中，很大程度上決定於是否有足夠的具有一定技能的專家。歐洲正面臨著半導體人才的短缺，同時，這個人才短缺的情況只會更加劇。由圖 4-4 之估計顯示，歐洲現有半導體專業人才的存量約在 20 萬人左右，然而，依《歐洲晶片法案》預期的市場占有率 20% 的規模推估，2023 年歐洲的半導體專業人才的數量應在 60 萬人左右，從本土培育及延攬人才的角度出發，估計可由本土培育 13 萬名半導體人才，由延攬方式招募到 12 萬的國際人才，故產生的半導體人才缺口約有 35 萬人，占 2030 年歐洲半導體專業人才總需求數的 58% (Strategy&，2023)。

面對其他行業已認知到專業人才不足，並大力投資人才培育，歐洲在半導體產業相關組織及培育之進程相對落後。為趕上步伐並應對當前的挑戰，政府及產業都需在半導體人才培育上採取更積極的措施。



資料來源：Strategy& (2024)，Bridging the talent gap。

圖 4-4 2030 年歐洲半導體人才需求圖

1. 歐洲半導體科技政策

歐盟於 2022 年 2 月推出《歐洲晶片法案》，規劃一套全面的措施，旨在確保歐盟在半導體技術和應用方面的供應安全、彈性和技術領先地位，並增強歐洲產業競爭力和韌性，有助於實現數位和綠色轉型 (許祐寧，2022)。經議會和理事會批准後，《歐洲晶片法案》於 2023 年的 9 月生效實施。

全球的半導體短缺迫使汽車、醫療保健等多個行業的工廠關閉。例如，在汽車業，一些歐盟成員國的產量在 2021 年下降達三分之一。這更加明顯地表明，

在複雜的地緣政治背景下，全球極度依賴由少數國家形成的半導體價值鏈，也反映出半導體對整個歐洲工業和社會的重要性。

《歐洲晶片法案》是建立於歐洲既有的優勢之上，也就是世界領先的研究和技術組織和網絡，以及眾多開創性的設備製造商。期以歐洲的優勢帶來半導體行業的蓬勃發展，以及一個彈性的供應鏈。預計投入超過 430 億歐元的公共和私人投資，並與成員國和國際夥伴一起制定措施，來預防、準備、預測和迅速應對未來的任何供應鏈中斷，使歐盟能夠實現其半導體產業的雄心壯志，也就是到 2030 年將歐盟在半導體市場占比從 9% 提升達到 20%。

該法案的目標是確保歐盟擁有必要的工具、技能和技術能力，成為該領域的領導者，超越先進晶片的設計、製造和封裝的研究和技術，確保其半導體供應並減少對外之依賴性。三大行動支柱是：

- (1) **歐洲晶片倡議**：推動方式是支持大規模的技術能力建設和創新，將彙集來自歐盟、成員國和與現有歐盟計畫相關的第三國以及私營部門的資源，通過對現有關鍵數位技術聯合承諾進行戰略調整而產生的增強「晶片聯合承諾」。推動方式將提供 110 億歐元用於加強現有的研究、開發和創新，確保部署先進的半導體工具，用於原型設計、測試和實驗新設備的試驗線及用於創新的實際應用，培訓員工並深入瞭解半導體生態系統和價值鏈。
- (2) **建構一個吸引投資和提高生產來確保供應鏈安全的新框架，以提供先進節點（2 奈米及 FD-SOI 更節能型）創新、節能晶片所必需的資源**：成立一個晶片基金促進新創企業獲得融資，幫助他們成熟創新並吸引投資者。也包括 Invest EU 下的專用半導體股權投資，支援企業和中小企業市場擴張及朝向規模化成長。
- (3) **監測和危機應對及協調機制**：用於監測半導體供應、估計需求和預測短缺。推動方式是通過從組織收集關鍵情報來監控半導體價值鏈，以繪製主要弱點和瓶頸，並彙集歐盟共同的危機評估來協調應對行動。

2. 歐盟半導體科技人才政策

(1) 《歐洲晶片法案》之人才培育做法

《歐洲晶片法案》的人才培育主要構面含括支持教育、培訓、技能和技能再培訓計畫，例如微電子研究生課程、短期培訓課程、工作安置/實習和學徒以及高級實驗室的培訓。此外，也將支持遍布歐洲的能力中心網絡，目的是增加實習和學徒的可用性，提高學生對該領域機會的認識，並支持為碩士和博士提供專門的獎學金，同時也提高女性的參與度。其專門培育半導體人才的計畫以 METIS (MicroElectronics Training, Industry and Skills) 和 ECoVEM (European Centre of Vocational Excellence in Microelectronics) 為代表 (METIS & ECoVEM, 2024)。

METIS 是歐盟透過 SEMI 組織了 19 個半導體領域的領導公司及組織，建立半導體人才技能藍圖，此計畫為四年期之專案計畫，經費為 4 百萬歐元。首先建立歐盟在半導體人才技能戰略、技能預測及技能監測的能力，對應此部分的產出為先提出技能戰略框架及知識與實作之重點，進而提出職業對應發展可能；再來是以創新職業教育出發，針對半導體職業教育提出技術前景、對應前景之技能、對應之課程、教材、教法，建立認識機制及模式。進一步根據上述結果，建立相關課程、驗證課程內容及結構、開發用於全面部署和採用的手冊及工具。

ECoVEM 是歐洲微電子職業卓越中心，其針對半導體人才的培訓特色列舉如下：

- A. 創新的教學方法：ECoVEM 實施創新的教學方法，以實現終身自我調節學習、硬技能和軟技能的能力，並使用以生態系統為基礎的理論模型和性能支持系統。
- B. 開發創新的職業教育與培訓學校課程：ECoVEM 與公司和社會夥伴合作，為歐盟資歷架構（European Qualifications Framework, EQF）第三級至第八級的微電子學開發創新的職業教育與培訓學校課程。
- C. 提供免費的微電子培訓課程：ECoVEM 計畫已開發了 42 門包含 227 個模塊的微電子初級和持續培訓課程。這些課程涵蓋了歐洲資格框架的第三級至第八級，相當於從高職二年制到博士學位等級。
- D. 舉辦夏季學校：ECoVEM 的德國合作夥伴，包括 TU-Berlin、EXOLUNCH 和 J-ArtEck 青年教育中心，在柏林舉辦微電子夏季學校。該活動吸引超過 60 名參與者，在微電子的各個領域如空間應用、地球觀測、空間技術、數字系統開發、工程師的軟技能和跨文化交流等方面提高技能。
- E. 提高職業教育和半導體的吸引力：通過開放日、國際學校和比賽，ECoVEM 傳播半導體在數位化、綠色能源、機器人技術、空間技術和醫學方面的成就，以提高職業教育和半導體對於學生的吸引力。

(2) 西班牙「微電子及半導體計畫」提撥 4,500 萬歐元培訓千名專業人才

西班牙的產業發展估計，從民眾日常生活中分析，無論在資通訊相關活動、電器與車輛交通等應用，都會使用到晶片，晶片之使用數量可能逾數千片。為了強化西班牙微電子和半導體人才培訓，西班牙電信數位基礎設施部提出「微電子及半導體計畫」（PERTE Chip），此計畫將提撥 4,500 萬歐元培訓相關產業人才，並補助 17 項學術研究計畫，目標為培訓 1,000 名專業人才。透過與歐盟的比利時 imec 為標竿，盼協助西班牙半導體產學合作及國際交流、提升產業能量、促進經濟發展與增加就業機會（Gobierno de Espana PERTE Chip, 2023）。

PERTE Chip 計畫於 2022 年 5 月開始啟動，係參照《歐洲晶片法》¹與歐洲晶片自主生產需求，強化微電子及半導體產業和投資晶片產業價值鏈包括設計、生產及資通訊產品製造等環節，以建立汽車及電器等之晶片自主供應。西班牙政府規劃將投資 122 億 5,000 萬歐元（約新臺幣 407.6 億元）於以下重點：

- A. 強化研發能力：為提升高科技微處理器、替代性架構晶片、整合光學晶片、量子與通訊晶片等之研發創新能力，2022–2027 年間規劃將投入 11 億 6,500 萬歐元。
- B. 興建半導體製造廠：為增加高階半導體（5 奈米以下）及中階半導體（5 奈米以上）製造產能，擬投入 93 億 5,000 萬歐元。
- C. 提升資通訊產品設計製造能力：為協助新創、中小企業發展半導體暨資通訊技術以及其生產製造能力，擬補助 4 億歐元。

針對 PERTE Chip 計畫中人才生態系統之推動可發現，西班牙計有 87 所大學、67 個研發中心和 35 個技術中心，是歐盟第四大科學家和工程師的培育國家。在 2021–2022 年，有超過 20,000 名工程師從西班牙大學畢業，其中 4,500 多名工程師在微電子和半導體領域的特定領域中畢業，2,000 多名獲得碩士學位。而具代表性的三所大學之特色與專長如下：

- A. 阿爾卡拉大學：在能源、電力、空間和使用半導體器件感測之領域，有研究及教學創新的小組。
- B. 巴塞隆那自治大學：整合了技術、器件、感測器、SoC/IP 設計、驗證和射頻方面的專家研發團隊，設有學士、碩士及博士學位。
- C. 格拉納達大學：參與歐盟專案，設有奈米級實驗室可進行矽積體電路、二維材料、奈米加工及微流體生產。

(3) 德國的半導體政策及人才培育措施

德國半導體政策之推動目的為強化其在全球半導體市場的競爭力，並確保供應鏈之穩定及安全。政策措施上首先採取激勵措施來促進產業創新，包括稅收減免及資金支持於研究項目及基礎設施。在重大投資方面，德國預計投入數十億歐元吸引全球半導體龍頭廠商於德國設立生產據點，包括台積電、WolfSpeed。又在《歐洲晶片法案》之框架下，德國也與歐洲其他國家共同合作，推動半導體技術發展及供應鏈韌性，並需通過歐洲半導體委員會協調，監測和應對半導體危機以確保供應鏈安全。

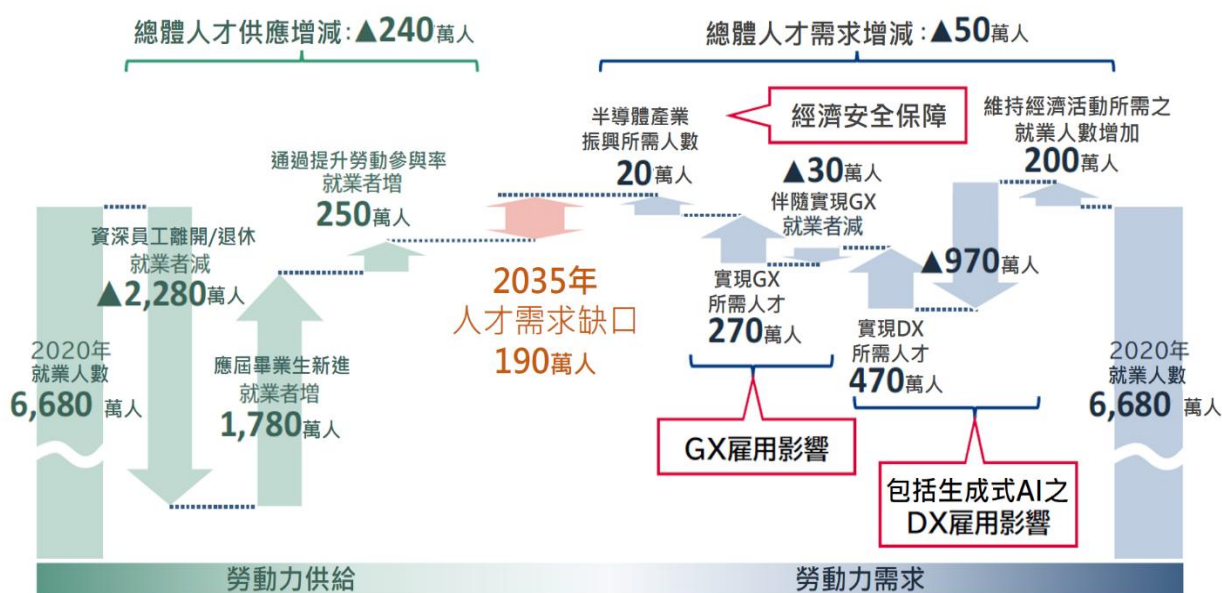
在半導體人才培育方面，教育方面有頂尖工程計畫，以德國擁有的世界一流工程學校及研究機構，吸引大量本地人才及國際人才。職業培訓方面，德國的雙

元教育系統結合學校教育和企業實習，為學生提供理論知識及實務經驗。在政府與企業合作方面，德國薩克森自由州與台積電合作和德累斯頓工業大學簽署協議，共同培訓半導體人才。推動方式為參與的學生在臺灣的國立臺灣大學進行一學期的學術培訓，其後則於台積電的臺中廠進行兩個月的實務培訓，期間亦會搭配跨文化活動及中文學習課程。德國政府亦提供資金支持大學及研究機構和企業進行產學合作研發，推動半導體技術進步（Atkinson，2023）。

(四) 日本

受到少子化影響，日本製造業現場人力短缺是工業界普遍存在的問題，特別是年輕人口不斷減少，通過僱用應屆畢業生來保障人才供給是有限的，故主要是由促進勞動力流動的方式，將人才由成熟產業導引往成長型產業流動，來因應產業人才面臨的問題。

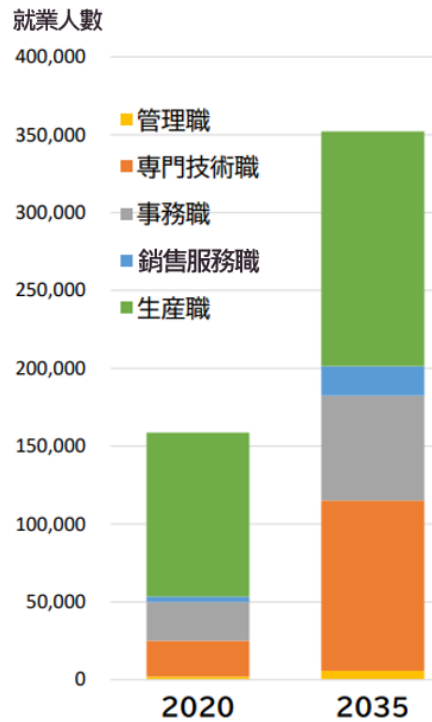
日本在追求半導體產業復興時，人才問題是必要面臨的挑戰，據圖 4-5 所示，估計 2035 年的半導體產業復興必要的人才為 20 萬人，數位轉型衍生之人才需求約在 470 萬人，而綠色轉型人才需求約在 270 萬人(MRI 三菱總合研究所,2023)，可見半導體、數位轉型、綠色轉型是日本 2035 年前較重要的新增人才需求主要重點產業項目，綜整日本產業發展必要的人才缺口總量約在 190 萬人。



資料來源：MRI 三菱總合研究所（2023）

圖 4-5 日本 2035 年產業人才需求預估

進一步針對日本半導體產業人才需求的種類深入分析，日本半導體人才不同職務占比情況如圖 4-6 所示，最多的人才需求的職務為生產職，估計為 15 萬人左右，第二大需求的人才為專門技術職，估計為 12 萬人左右，反映了日本在半導體產業發展上專業技術人才及生產人才大量不足的問題。



資料來源：MRI 三菱總合研究所 (2023)

圖 4-6 日本 2035 年半導體人才需求職缺樣態

1. 半導體科技政策

在 1970 年代時，日本積極發展半導體產業，具備完整供應鏈，日製半導體產品的全球市占率曾高達 50% 以上。在 1986 年時美日貿易衝突下簽立了《美日半導體協議》後，日本的市場逐漸被臺灣和韓國取代，近年來日本半導體產業的市占只剩 10% 左右。經過疫情影響，該國政府體認數位轉型的重要性，以及半導體在數位轉型中扮演的關鍵地位，日本經產省於 2021 年 6 月發布《半導體數位產業戰略》，制訂了振興日本半導體產業技術發展藍圖，同年 10 月，日本公布「經濟安全保障推進法」，明確把半導體列為戰略物資，為半導體戰略提供了法源基礎。在 2023 年 6 月發布新版的《半導體與數位產業戰略》，提出 2030 年目標是使日本半導體產值成長達 15 兆日圓，相較於 2020 年的 5 兆日圓提升三倍。發展藍圖包括以下三個步驟，並針對步驟二及三共追加 4,850 億日圓預算 (陳怡樺，2023)：

(1) 確保先進半導體製造環境與建設

2021 年設立 6,170 億日圓以擴大日本國內生產先進半導體製造的產能，來吸引國際大廠赴日設廠。2022 年又再追加半導體相關預算，半導體供應鏈強化部分投資 3,686 億日圓，提高半導體相關材料、零件、設備等產能。另以 4,500 億日圓

投資先進半導體基地建置，藉由投資外國半導體廠實現日本先進半導體穩定供應。

(2) 美日合作，開發次世代半導體技術

建構次世代先進半導體快速量產體系，包括建立先進半導體技術中心（Leading-edge Semiconductor Technology Center, LSTC）及設立半導體公司 Rapidus 建立晶圓代工業務，目標量產 2 奈米及更先進製程技術。由美國與日本共同研發半導體次世代技術，並由日本進行量產。日本先進半導體中心是與美國的國家半導體技術中心合作，以開放式技術開發平台，於十年內投入 1 兆日圓專注於 2 奈米及更先進的製程技術研發，該中心所研發的技術會以 Rapidus 進行產業測試與驗證，並在商業化大規模生產階段負責專業代工。Rapidus 除了由 IBM 取得技術授權，亦會派駐研究人力共同開發，並與比利時 imec 設立研究專案合作據點，針對 EUV 微影技術及先進半導體基礎研究合作。

(3) 全球合作，積極開發未來半導體前瞻技術

促進發展新型態資訊處理架構（Green Data Center），提出兩大研發領域：

- A. 前瞻光電融合技術：透過晶片內光電轉換新技術，達到高省電與高傳輸效率。
- B. 未來次世代記憶體技術：透過立體層技術實現高密度、大容量、省電儲存效益。

2. 半導體科技人才政策

日本產官學共同參與半導體振興工作，由電機電子相關業者組成的產業組織「電子資訊科技產業協會（Japan Electronic Information Technology Association, JEITA）」宣布，將向政府建議於小學和中學導入半導體的學習課程，目的是培養人才，特別是解決日本發展半導體產業時人才不足的問題。在小學的「生活方式」課程導入包括像是參觀半導體相關公司、國中的「家庭技術」和「資訊」課程介紹半導體的功能及用途等；並在大學設立與半導體企業與研究機構人員交流之場域，同時也搭配特別報酬制度等之指導方針，來避免人才外流；在吸引國外人才方面，可採取稅制優惠方式強化友善措施。

針對半導體產業復興中的人才培育設有區域據點及分工，日本在其國內設立了半導體聯盟或與學校合作，協力培育人才（NHK WORLD JAPAN, 2023）。

(1) 北海道區：主要廠商為 Rapidus

針對人才延攬方面，首先是向海外延攬徵求業界資深人士和海外人士，以及招攬海外工作的日本工程師回國服務。在學校培育方面，北海道大學過去在半導

體研究資源上相對落後，現在正在急速調整課程結構，未來將與東北大學在教育內容方面合作，以及與熊本大學合作人才培養育計畫。事實上，北海道因工業發展不足，八成以上畢業生都外流至其他城市發展，Rapidus 與相關企業的投資期能吸引當地畢業生在地就業，預計 2030 年北海道大學能增加 180 位畢業生至半導體產業就業。

(2) 九州地區：主要廠商為 TSMC、SONY

針對台積電設廠所在之熊本縣，熊本大學於 2024 年度開設了「半導體元件工程課程」，提供包括「半導體概論」基礎課程以及產業應用有關之「集成系統設計學」等課程，首年招生名額為 20 人。目前熊本大學畢業生至半導體產業工作每年約為 50 名左右，預計到 2027 年可達 100 人以上的規模，而該校亦與台積電合作推動實習計畫，學生將會參加臺灣總部所提供之有薪實習計畫及獎學金。

(3) 東北地區：主要廠商為 KIOXIA

東北大學因應半導體技術快速發展的趨勢，積極建置實驗設備，目前有日本最大規模達 8,500 平方米的無塵室，配置先進製程使用之 300 毫米矽基板生產線，藉此培育半導體製程所需的人才。

(4) 關東區

東京工業大學於 2024 年設立半導體研究與人才培育據點，專注研究如 Rapidus 等公司生產之大規模積體電路 (Large Scale Integration, LSI)。參與培育人才若符合結業條件將被授予「LSI 創新者」稱號，在求職過程中具競爭優勢。

(五) 韓國

根據韓國半導體產業協會的數據，2021 年半導體勞動力人數為 18 萬人，預計到 2031 年將增加到 30.4 萬人。在此推估下，由於韓國半導體每年的學士及碩士人才的畢業生僅約 5,000 人左右，預計半導體缺工的狀況會越來越嚴重，在 2031 年時人才缺口達 5.4 萬人。

同時，由於國際大廠如 NVIDIA、美光、台積電等也積極向韓國的半導體人才招手，韓國半導體人才流向國際企業的情況也越來越多。韓國在半導體人才上也面臨著人才不足及人才外流的問題 (Money DJ, 2024)。

1. 半導體科技政策

韓國政府於 2021 年的 5 月 13 日公布「K 半導體策略」(K-Semiconductor Strategy) 計畫，邀集韓國國內 153 家廠商打造「半導體國家隊」，未來十年將斥資 4,500 億美元 (約新臺幣 146,495 億元) 在韓國建置全球最大的晶片基地，要與美國、歐盟、中國互別苗頭。內容包括建立全球最大規模的半導體產業供應鏈，

建立 K 字廊帶，並將對相關企業進行半導體研發及設備投資的稅額抵扣分別為 40%–50% 和 10%–20%；另包括建立 1 萬億韓元（約新臺幣 233 億元）半導體特別投資基金為企業投資設備提供低利貸款（李佳蓁，2021）。

韓國總統於 2024 年 4 月 9 日主持半導體產業現況檢討會議，將針對半導體投資進行獎勵措施。預計韓國政府於 2027 年前將投資 9.4 兆韓元（70 億美元，約新臺幣 2,240 億元）於人工智慧（AI）與 AI 晶片，力拚成為全球前三大 AI 強權之一。

半導體產業是韓國出口導向經濟的關鍵根基，2024 年 3 月韓國晶片出口創下 21 個月以來最高至 117 億美元，占總出口額的五分之一。韓國認知到現正面對的半導體競爭是場產業戰爭，因此必須有一個相當於戰時狀態的全方位反應體系。韓國政府相關部門正通盤比較與分析主要國家的投資環境與支持體系，檢討韓國對半導體業的扶持政策。針對 2027 年前投資 AI 及相關半導體領域 9.4 兆韓元之內容，將包括成立規模 1.4 兆韓元基金，資助 AI 晶片創新與成長。此項倡議也將包含擴大投資嵌入處理器的高頻寬（HBM）記憶體晶片、以及開發下一代 AI 科技。

韓國在 AI 晶片倡議中，針對在 AI 晶片產業及研發創新基地之發展方面，以提供超高性能運算資源、特定領域 AI 資料集、建立先進晶片研究和示範工廠為主。AI 晶片研究與產業創新方面，將以建立研究和示範工廠，支援 AI 晶片研究成果商用化。先進晶片研究的示範工廠包括了建立材料、零組件、設備量產示範和製程產品小型工廠，是一個由教育到研發的一站式線上服務的 MOA Fab（Nano 相關機構整合體）之開放工廠。

政策之目標是到 2030 年時，韓國在包括晶片在內的 AI 技術領域要成為全球前三強，並在全球系統半導體市場取得 10% 以上市占率。相關措施將包括獎勵投資措施，以支持投資晶片公司，也考慮將原訂於今年底結束的最高 25% 稅負抵減方案延長。另外，為鼓勵加速建立晶片製造大型聚落，將主動強化水資源與電力等基礎設施。

目前韓國的半導體聚落發展規劃，預計將橫跨京畿道數個工業區，總面積達 2,102 萬平方公尺，每月的晶圓產能預計於 2030 年成長到 70 萬片，成為半導體超大晶圓廠區，目標是打造 2 奈米以下設計晶圓代工整合的先進記憶體最大的生產基地。區域分布上，北部於板橋為設計廠群聚，水源則設有研發園區，中部的華城、器興、龍仁、利川為記憶體及晶元代工廠群聚，安城為材料、零組件及設備的群聚，平澤則是系統整合加上晶圓代工及 KAIST 研發園區（三星在此投資 120 兆韓元進行擴廠）。

2. 半導體科技人才政策

2023 年，韓國與國內主要晶片製造商合作，投資 1.72 億美元培養半導體人才。韓國商務部與 Korea Semiconductor Industry Association、SK Hynix Inc. 和 Samsung Electronics 簽署了一份合作備忘錄，有效期至 2032 年。這些項目將由主要晶片製造商與學術界合作領導（The Korea Times，2023）。

韓國在 AI 晶片倡議中提到 AI 晶片創新人才的發展包括以下重要面向：

- (1) **支援挑戰性研究**：以「AI Star Fellowship」支持產學合作展開具挑戰性之研究任務；「AI 晶片 X-LAB」以產官學合作推動產業創新研發。
- (2) **高級研究人才培育**：建立「AI 半導體研究院」支持專業深度培訓課程，以加強 AI 半導體設計、軟體創新能力；以「半導體專業化研究院」培育記憶體、非記憶體、封裝等高級專業人才；建立先進製程設計環境，為半導體設計課程與代工前瞻製程應用，支援數位人才培訓。
- (3) **實務整合型人才培育**：大學教育進行融合主修，設立 AI 晶片相關整合、聯合專業（大學部），擴大與半導體企業的產學合作等。強化大學及碩士參與 AI 晶片計畫（將計畫數於 2023 年的二案擴大至 2025 年為四案）。提供「My Chip」服務，針對大專生設計的晶片，由公共、民間晶圓廠支援生產（2024 年多專案晶圓生產支援六次），提高學生的學習興趣。「半導體學院」將 AI 技術整合於企業人才培育課程（半導體製程、設備、零組件）中，加強應用能量及課程優化。「AI 晶片技術人才供應平臺」是由經過中小企業提出的主題招募選用人才，提供每家企業最高補助 1 億韓元（約新臺幣 230 萬元）。

(六) 新興國家半導體人才培育做法

1. 印度

印度於電子與資訊技術部（Ministry of Electronics and Information Technology）下設立印度半導體任務（India Semiconductor Mission），是一個專業和獨立的營業單位，旨在建立一個充滿活力的半導體和顯示器生態系統，使印度成為全球電子製造和設計中心。在半導體和顯示器生態系統的全球專家的領導下，該任務旨在與政府各部委/部門/機構、工業界和學術界協商，成為全面、連貫、高效和順利部署半導體和顯示器生態系統發展計畫的焦點（Ministry of Electronics & Information Technology Government of India，2023）。

印度是全球半導體行業的新興參與者，預計到 2026 年，印度地區的晶片市場規模將超過 550 億美元。其中，推動印度半導體行業增長的是智慧手機、汽車和數據存儲創新需求的爆炸式增長。為了幫助推動持續的技術進步並滿足國內需

求，印度電子和資訊技術部的一項倡議「印度半導體使命」吸引了包括 AMD、應用材料公司和美光科技在內的行業巨頭投資其晶片行業。

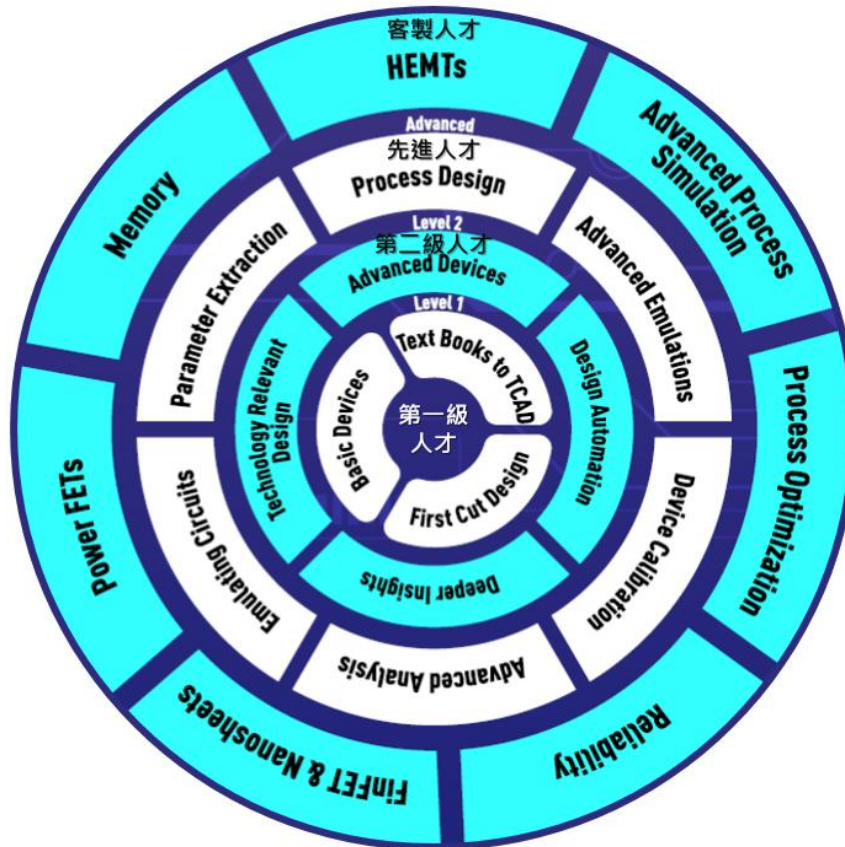
在 2021 年，聯邦內閣批准 Semicon India 計畫，財政支出為 7,600 億印度盧比（約新臺幣 2,930 億元），用於開發可持續的半導體和顯示器生態系統。Semicon India 計畫旨在為從事矽半導體晶圓廠、顯示器晶圓廠、化合物半導體/矽光子學/感測器晶圓廠、半導體封裝和半導體設計的公司/財團提供有吸引力的激勵支援。目前印度聯邦政府已批准美光在古吉拉特邦薩南德設立半導體廠的提議，其他投資合作還包括塔塔電子公司與臺灣力積電合作建立半導體晶圓廠，該晶圓廠將建在古吉拉特邦的多萊拉，其投資額為 9,100 億盧比；阿薩姆邦的半導體組裝與測試廠，則由塔塔集團半導體組裝及測試公司於阿薩姆邦設立，投資額約 2,700 億盧比；專用半導體廠建設將投資 760 億盧比，由 CG Power 將與日本瑞薩電子株式會社和泰國 Stars Microelectronics 合作，在古吉拉特邦的薩納恩德設立。預計整體設廠規劃將創造 2 萬個先進技術工作的直接就業和約 6 萬個間接就業機會。

印度半導體政策中有關半導體人才培育目標是在 2026 年培養 85,000 名熟練的半導體人才。目前印度已擁有全球約 20% 的半導體設計工程師人才，而且該國具有科技人才年輕的特色（科學與工程領域人才最年輕國家，平均年齡 29 歲），大學超過 1 千所，據 OECD 統計印度每年 STEM 領域有 255 萬畢業生（約四成為女性），其中包括約 2.4 萬名博士及 15 萬名碩士。

在技術飛速發展的時代，半導體的重要性不可言喻，成為數字轉型的命脈，而且在下一代技術的創新、開發和部署中也發揮著關鍵的作用。在印度科學研究所（Indian Institute of Science, IISc）和 Synopsys 合作下促成了印度半導體勞動力發展計畫（The India Semiconductor Workforce Development Program, ISWDP）。

該計畫旨在與新思科技學術與研究聯盟（Synopsys Academic and Research Alliances, SARA）合作，在快速擴張的半導體行業彌合工藝技術和設備設計技能差距。課程涵蓋基礎內容，以及深入研究設備/技術開發技能的細微差別，並通過微電子實驗室經驗提供實踐方法；除了核心課程外，還安排實作體驗，為學生/行業專業人士提供使用最先進的研究工具操作機會，甚至是行業互動的機會（Synopsys, 2024）。

印度半導體勞動力發展計畫有四級人才培育的規劃：分為第一級人才（Level 1）、第二級人才（Level 2）、先進人才（Advanced）、客製人才（Custom）。各級人才所包括的技能知識內容如圖 4-7 所示。



資料來源：India Semiconductor Workforce Development Program.

圖 4-7 印度半導體勞動力發展計畫四級人才架構

2. 馬來西亞

馬來西亞於 2024 年公布國家半導體戰略（National Semiconductor Strategy，NSS），欲將封裝測試產業轉入高價值的前端產業，大馬投資貿易部盼發展更具活力與韌性的半導體產業供應鏈。此計畫將撥款至少馬幣 250 億令吉（約新臺幣 1,632 億元），落實發展國家半導體戰略，並盼在建立基礎的第一階段能爭取至少馬幣 5,000 億令吉投資目標。目標為未來十年內轉變為半導體產業的全球強國。

馬來西亞國家半導體戰略分為三個階段：

- (1) **提升製造、設計、封裝和設備：**馬來西亞計畫提升價值鏈，從傳統製造向先進製造、設計、封裝和設備發展。這將有助於提高該國的半導體產業競爭力。
- (2) **促進區域和全球合作：**NSS 旨在促進與東盟、亞洲和全球企業的合作。這將有助於建立一個強大的多國半導體生產鏈，以應對全球挑戰。
- (3) **應對氣候變化和風險：**NSS 強調了半導體供應鏈的重要性，並呼籲建立更具彈性和多樣化的全球半導體供應鏈。

在半導體人才之培育方面，馬來西亞總理宣布將培訓六萬名高技術的本地半導體工程師，涵蓋晶片製造各層面的人才，包括設計、封裝、測試，由大學與企業參與人才培訓，政府也支持本土工程師投入晶片設計 IP，朝著全球晶片中心邁進。

工程師和技術人員在設計、製造和維護先進半導體裝置方面發揮著非常重要的作用。馬來西亞透過投資教育和培訓，以解決人才短缺問題，而這一直是全球該行業面臨的重大挑戰。訓練有素的勞動力不僅能提升國家的製造能力，還能推動全球市場的創新與競爭力。

馬來西亞培訓六萬名高技術工程師的計畫目的，包括加強國內能力以發展強大的人才庫，使馬來西亞能夠增強半導體製造能力，並減少對進口專業知識和技術的依賴；有助於吸引外國投資，以展示對建立熟練勞動力的承諾，來吸引希望擴大在該地區業務關於領先半導體公司的投資；促進經濟成長，使半導體產業變成經濟成長的重要貢獻者。透過成為半導體製造中心，馬來西亞可以創造高品質的就業機會、增加出口並推動整體經濟發展。

馬來西亞半導體人才培育的倡議是否能實現，取決於政府、產業和教育機構之間的合作。其策略包括：

- (1) **與大學合作**：政府正在與大學和技術機構密切合作，開發專注於半導體技術的專門專案和課程。
- (2) **產業合作**：與全球半導體公司的合作將為學生提供實務培訓及接觸最新技術和產業實務。
- (3) **政府支持**：由政府提供激勵和支持，鼓勵學生參與半導體教育和培訓計畫，以獲得必要的資源和機會。

馬來西亞對人才發展的重視對全球半導體市場有重大影響。透過培養熟練的勞動力，馬來西亞可以將自己定位為該行業的關鍵參與者，為全球供應鏈的穩定和成長做出貢獻，此舉也將創造一個競爭環境，推動半導體製造的創新和效率。

人才的投資就是對未來的策略投資，馬來西亞培訓 6 萬名工程師是一個雄心勃勃的計畫，也是對其半導體行業未來的戰略投資。透過注重人才發展，馬來西亞正在滿足全球半導體產業發展的關鍵需求，並將自己定位為半導體製造中心。這項舉措不僅將增強其技術能力，還將推動經濟成長並吸引大量外國投資。

3. 越南

越南於 2024 年推出國家半導體戰略，半導體被視為該國未來 30–50 年的重要產業，戰略旨在使越南於 2030 年前具有 5 萬名晶片設計工程師、數十萬與相

關產業有關的工程師及技術人才，以此將越南打造成為半導體產業設計、封裝和測試中心。因此進一步提出改善體制、政策、人才培育、研究、創業支持、形成越南半導體生態系統、國際合作等重點任務（林好柔，2024）。

越南在半導體產業發展上的優勢，是具有科學、技術、工程和數學（STEM）等領域的人才，人力資源優勢將帶來其他優勢，使得從半導體全球人才中心到全球半導體產業中心成為可能。越南有一億人口，又是一個快速發展的大市場，消費迅速增長，數位轉型不斷推進，形成半導體產業發展的有利條件。雖在人才的量上較充足，但人才的質是否符合半導體產業的要求，則有待觀察。

特別是越南因具有與中國鄰近之地位特性，成為美國納入半導體「友岸外包」（Friend shoring）新製造地點，越南的半導體產業發展也逐漸發展成為「北製造、南設計」的態勢，但受限於基礎設施不足關係，群聚並不明顯，又因政府預算有限，相關水電及交通基礎建設速度較慢，相較印度的大額補貼及獎勵投資，誘因略顯不足。

越南的半導體人才培育，由逾十所越南頂尖大學宣布開設晶片設計和半導體相關科系，作為產業轉型升級的後盾。2024 年起河內百科大學、越南-韓國資訊通訊技術大學、峴港大學（附屬）百科大學、芹苴大學、西貢國際大學（SIU）、河內科技大學、Phenikaa 及 FPT 等大學，將首次針對晶片設計與半導體相關科系進行招生。目前全球有超過 50 家微晶片公司在越南展開業務，包括英特爾（Intel）、新思科技（Synopsys）和美滿電子科技公司（Marvell）、Ampere Computer、瑞薩電子公司（Renesas）與來自臺灣的 Faraday Vietnam。

其中，峴港大學自 2022 年起獲得日本瑞薩電子和美國益華科技（Cadence）提供專門用於晶片設計的版權軟體，以及美國是德科技（Keysight）提供學校的實驗室贊助現代電子量測設備。又越南-韓國資訊通訊技術大學得到韓國政府支持，提供教師培養計畫，前往韓國接受微晶片和半導體設計的培訓。

美國新思科技（Synopsys）於 2022 年 8 月與越南西貢高科技園區（SHTP）簽署培訓積體電路（IC）設計人才之備忘錄，根據該備忘錄，Synopsys 公司將協助 SHTP 興建先進科技之 IC 設計中心，該中心將為各大學開設訓練計畫課程，以培育越南高級 IC 設計人才。新思科技於 2023 年 9 月又宣布與越南的計畫投資部（Ministry of Planning and Investment, MPI）轄下的國家創新中心（National Innovation Center, NIC）合作，透過新思科技對 NIC 成立晶片設計育成中心的支持，協助越南先進 IC 設計人才培育與發展。NIC 正在越南河內的和樂高科技（Hoa Lac high-tech）園區為這座 IC 設計育成中心建立基礎設施，其中包括新思科技針對系統單晶片（SoC）軟體與硬體協同設計優化的所有原型設計與模擬先進技術。這次合作的目的是要在越南培育先進的 IC 設計從業人員，促進 IC 設計新創公司社群發展，支持越南政府發展 IC 設計人才和相關新創社群的策略。為協助越南

國家創新中心成立晶片設計育成中心，新思科技將提供培訓許可證，其中包括課程、教育資源和「Train the Trainers」講師培訓計畫等；越南國家創新中心則將針對育成中的 IT 原型和基礎設施投入資源。

(七) 國際聯盟半導體人才培育做法

以 SEMI 為例，在半導體人才培育方面，設有 SEMI 人才培育服務平台，協助鏈結產、官、學等各方資源，與各國高等教育單位合作，舉辦校園大使計畫、科技人才圓桌會議、女力高峰會等活動，推動產業人才培育。SEMI 也提供產學媒合申請，含企業實習、產學建教合作、職涯業師交流、科普教育推廣等與人才培育之相關內容 (SEMI, 2024)。

SEMI 人才發展委員會，由半導體重要代表廠商所組成，推動四項主要人才培育工作：(1)提供人才培育平台：含人才媒合及企業人資交流活動、論壇及展覽、線上課程培訓資源，致力於培養優秀的微電子專業人才，提升行業的人力資源素質。(2)促進產學研合作：建立與半導體學院、技職學院、高中職之連結，推動產學研合作，縮短產學落差。(3)支持 STEM 教育：積極參與和推動科學、技術、工程和數學 (STEM) 教育，培養學生對微電子領域的興趣和能力，為未來產業發展培養優秀的人才。(4)政策倡議：向政府和相關利益相關者倡議產業發展的重要性，並提供相關政策建議和支持。

再者，「SEMI 大學」是專為半導體製造和電子產業建立的線上學習平台，由該行業共同支持和建立，以回應全球 SEMI 會員和新進半導體產業從業者的專業學習和發展需求。透過全面且專業的線上半導體課程內容，SEMI 大學降低了公司自行投資開發培訓課程的需求。SEMI 大學為會員和非會員提供以半導體為重點的技術、商業和專業培訓，其與 Semitracks 和 UL Solutions 等合作共同提供資訊和專業知識，同時持續評估其他合作機會，以豐富 SEMI 大學的課程。SEMI 大學透過新的學習管理系統 Absorb 提供線上培訓，課程內容包括基礎電子、環境健康與安全 (Environmental, Health, Safety, EHS)、個人防護裝備 (Personal Protective Equipment, PPE) 和工作場所安全、危險材料處理、新技術，例如柔性和印刷電子、質量與可靠性、半導體電子與加工。

綜合以上各國半導體人才培育措施的整體分析，可歸納出下列重點培育之方向：

首先，重視深化培育國內的半導體人才，在國民教育階段，提出建立基礎科學素養之活動及課程，包括夏令營、科學競賽、企業參訪、到校演講等，課程如設計 K-12 半導體人才的培訓課程，完善國小、國中及高中階段之課綱及學習地圖。也需重視中小學種子教師，提升科普教學品質，促進學生學習意願。

其次，在高等教育方面，目標為培育具備產業實戰力及前瞻科研能力之半導體人才，因此大學的專門課程及產業實務培訓需同時並進。大專校院與企業合作建立實務場域及基礎設施，也包括相關設計軟體及平台之提供，亦有地方政府或園區運用國際企業系統性培育人才之架構與其合作人才培育，設計當地半導體人才培育之藍圖。

在職業發展的階段，可鼓勵跨領域投入半導體產業，建立半導體產業職涯培訓之路徑，除以相關政府資源提供課程及平台外，亦可結合職業能力認證機制，制度化培育半導體技術人才。另由國際案例也可發現，結合區域產業群聚特色或地方政府重點發展產業，亦可以發展出具區域特色的半導體培育中心。

另一方面，建議可擴大招攬海外半導體人才之力道，因為半導體人才短缺是全球普遍面臨的現象，故半導體人才是國際競逐的對象，需以積極性的政策措施配合具國際競爭力的產業及薪資，定向針對年輕 STEM 人才充沛國家積極攬才，從就學到就業提出配套性的措施，以增加優秀外籍生留臺工作的機率。同時，招攬海外人才之配套措施如鬆綁外籍人士規範，提升外國人才來臺誘因（如優化簽證、保險、稅務、雙語服務等流程），需持續追蹤人才國際流動趨勢及做法，精進我國半導體產業攬才之做法。

二、臺灣下世代半導體政科技策與人才之攬、育、留策略

(一) 晶創計畫培育半導體人才

國科會於 2024 年推出晶創臺灣方案，其推動背景乃因晶片已經成為驅動全球科技產業發展的核心，加上生成式人工智慧（AI）的崛起，已逐漸成為未來各行各業突破創新的動力，為迎接未來產業科技變革的契機與挑戰，政府提出「晶片驅動臺灣產業創新方案」，規劃 2024–2033 年挹注 3,000 億元經費，帶動我國新一批產業創新，在人才培育方面，推動以下措施（行政院，2023）：

1. 先進製程 IC 設計人才培育

半導體 IC 設計人才面臨嚴重人才缺口，使得 IC 產業擴展豎起一道高牆。政府推動成立半導體學院，短期至中期可發揮成效，但長期仍未能滿足產業擴張之需求，教育部推動先進製程 IC 設計人才培育，重點包含發展前瞻技術課程教材及設計平臺；建置大學校院前瞻製程高階設計實作環境；建立以技術為導向之產學平臺，培育前瞻晶片與系統設計種子教師、碩博士生。

2. 海外據點培育國際人才

(1) 海外國際合作據點

規劃在海外建立國際合作據點，與世界分享臺灣在半導體領域的成功經驗，並吸引國際人才來臺灣學習和工作。首座晶片據點，落腳於捷克布拉格，由國家實驗研究院台灣半導體研究中心（Taiwan Semiconductor Research Institute, TSRI）與捷克理工大學簽約，在布拉格設立辦公室並負責營運，從 IC 設計人才培育做起並強化臺歐學研合作，藉此連結歐洲與臺灣，打造國際化晶片設計人才學研合作培育平台，協助產業布局全球鏈結臺灣。

(2) 國際人才連結及獎學金吸引來臺就讀

配合國際合作據點設置「國際攬才推動辦公室」進行國際攬才，為產業發掘當地潛力人才，對接國際大學院校理工學院，強化院校精準窗口與媒體推廣管道，同時亦可吸引國際學生來臺至半導體研究學院就讀，建立國際人才培育機制。

3. 厚植半導體培育量能、吸納全球研發人才

推動全臺半導體相關軟硬體建置與資源共享計畫，建立半導體高階研究製造環境，開放提供國內產學團隊進行前瞻半導體研究。透過各半導體學院汰換或新增先進之半導體相關軟硬體設備，使高等教育在半導體研究上進行更前瞻的人才培育，促進半導體技術的發展，使其保持強大的競爭力。同時，打造前瞻半導體材料製程與設備共創研發基地，擴充前瞻製程設備及 EUV 檢測系統。

(二) 教育部半導體人才培育

教育部培育半導體人才，在高中階段、大學階段及高階科技人才上皆有投入。以下依培育階段介紹教育部培育半導體人才的做法（教育部，2023b）：

1. 研發「高中半導體課程」

因應產業人才的培育需建構符合產業需求的人才培育系統，教育部與已於高中職開設半導體相關課程的教師們，協助開發高中職適合的半導體課程模組，以期提升高中生對大學就讀 STEM 領域科系及半導體產業的興趣。課程架構分為六個主題（圖 4-8），分別是：(1)電的科學；(2)半導體原理；(3)半導體製程；(4)半導體在生活中的應用；(5)電路設計；(6)半導體產業的社會面向議題。

每個主題都包含數個次主題，而次主題的課程內容都具有初、中、高階不同的彈性化模組設計，且提供相對應的實作課程，例如，在半導體製程的主題，學生可透過製作鰭式場效電晶體（FinFET：Fin Field-Effect Transistor）與環繞閘極場效電晶體（GAAFET：Gate All Around Field Effect Transistor）的 3D 模型，認識最新的電晶體設計發展；在半導體產業的社會面向議題方面，學生可透過半導體產業的數據資料分析，瞭解為何半導體產業能讓臺灣有矽盾的保護，進而認識何謂地緣政治及其影響。

在課程設計上，採彈性化模組設計，目的在於希望給予現場教師依據學校與學生的特性，及教學時間的考量，選用不同的內容進行授課或學習。也就是此半導體課程可提供給普高與技高教學使用，亦可提供數理工或社會人文學生自學使用。

此課程在 112 學年度於高中教育階段試辦，課程的開設與使用方式包括多元選修、彈性學習的微課程，甚至是學生的自主學習。試辦階段規劃透過高中教師製作簡報與錄製線上教學節目，更開辦相關課程的教師工作坊，協助其他有興趣之教師在各自學校中開設課程，讓學生對半導體產業有更具體的認識。

在經歷了 112 學年十所學校進行試辦經驗交流與意見蒐集後，於 113 學年正式實施，並在 2024 年 7 月辦理教師增能工作坊，共計有 26 校參與，使未來新開設學校教師能進一步瞭解「半導體」課程模組開發的目的，並能根據學校的師資專長、特色發展及學生需求，就課程模組進行彈性選擇、運用、甚至是重組。學校亦可引進校外產學資源，或與大學實驗室合作，視課程需求邀請業界或大學教授演講分享等。



資料來源：教育部（2023b）。

圖 4-8 教育部國教署高中半導體課程架構

2. 建立區域產業人才及技術培育基地

教育部推動國家重點產業人才培育，針對青年就業政策方面，規劃於 2022–2025 年補助大專校院設置 20 座基地；至 2024 年 2 月已核定半導體、無人機、電

動車等 18 座重點人才培育基地，以培育學士級人才為主，協助銜接職場實務需求。其中在資訊及數位產業領域，建立四個培訓基地，包括龍華科大（傳輸介面構裝設計）、明新科大（半導體設備與檢測）、高雄科大（半導體製程設備與檢測）、高雄科大（軌道系統安全與維修）（行政院，2024）。

教育部在半導體產業人才培育區域產業人才基地上，補助 9,000 萬經費於明新科技大學成立「半導體產業設廠務與檢測人才培育基地」，此基地座落於國內最大半導體產業聚落的新竹地區，除完善校內教學實作環境、促進在地產學媒合以外，設備資源將分享至鄰近學校，並與五所大專校院共同培訓半導體種子師資，擴大積極培育半導體產業所需的封裝、測試、設備、檢測及廠務等全方位實務人才。以明新科大的「半導體產業設備廠務與檢測人才培育基地」為例，包括「半導體封裝測試類產線」、「半導體廠務類產線」、「半導體設備類產線」、「半導體檢測類產線」，及「半導體測試類產線」共四層樓，是全臺大專院校最大的半導體實務教學基地，整體投入經費前後累積約 2 億元，從封裝、測試、設備、檢測到廠務，打造如「Mini TSMC」的半導體人才培育基地。

於高雄科大建立的「半導體製程設備技術人才培育基地」，則臨近路竹、橋頭科學園區以及楠梓產業園區，聚焦培育半導體製程設備技術人才，主要培育半導體製程設備維修以及製造工程師，建構製造設備工程師基礎技能模組、製程設備元件儀控實作模組、製程設備真空系統與電漿實作模組、製程設備實作培訓模組等四大實務技能模組。此基地結合聯電南科廠設備學院資深工程師、晶電、日月光、金屬中心、真空學會講師，而業師經過階段培訓及教練認可後始獲得種子教師資格；設施包括通用技能實驗室、半導體設備儀控整合實驗室、真空系統實驗室、製程設備培訓實驗室；實務課程亦包括 1-2 週時間參觀聯電、晶電產線，進行實務培訓。

3. 國家重點領域研究學院

重點產業高階人才培育部分，教育部制定「國家重點領域產學合作及人才培育創新條例」，創新條例主要是由研究頂尖的國立大學與研發領先的企業合作設立「國家重點領域研究學院」（以下簡稱研究學院），藉由放寬組織、人事、財務、設備資產、人才培育及採購事項，讓產業能有效、有序地參與產學研發。國立大學可以透過研究學院以 8-12 年為期來推動創新，擴大延攬人才。目前教育部共核定 11 校 12 個研究學院，如圖 4-9 所示（行政院，2024）。



資料來源：行政院院會議案，產學合作共培未來人才。

圖 4-9 教育部國家重點領域研究學院執行成果

目前針對半導體人才培育的重點領域設立於國立臺灣大學、國立陽明交通大學、國立清華大學、國立成功大學、國立中山大學與國立臺北科技大學六校。各校之研究領域介紹如下：

(1) 國立臺灣大學重點科技研究學院

學位學程包括積體電路設計與自動化、元件材料與異質整合、奈米工程與科學、精準健康。積體電路設計與自動化主要培育 IC 設計人才，培育目標包括具備 IC 設計與 EDA 專業能力、與產業密切合作，切合新興應用領域的需求與系統層級的視野；元件材料與異質整合主要培育探索未來十年先進半導體技術節點之人才，課程規劃含固態物理、半導體元件物理、半導體製程技術、材料熱力學，到進階的量子技術與應用、先進記憶體技術、高等材料分析檢測技術等；奈米工程與科學則定位為產業導向之碩士學位學程，主要強化產業合作交流及學生實習機會，導入產業前瞻問題及長期規畫做為研究發展架構，在此框架下培育符合產業專長的優秀工程師人才，分為低維度半導體科學、奈米工程與精微系統、先進製程與精密量測三大領域。

(2) 國立陽明交通大學產學創新研究學院

於 2021 年 7 月奉准成立，並於同年 12 月正式揭牌。秉持 CCIC 理念(Connect, 連結；Collaborate, 合作；Innovation, 創新；Co-Creation, 共創)，以永續經營為

目標，設立「前瞻半導體研究所」及「智能系統研究所」。前瞻半導體研究所成立兩個研究技術組別，分別為「元件組：奈米元件與製程」及「晶片組：晶片設計與自動化」，元件組致力於先進奈米元件與異質通道元件整合開發、新穎材料與電子元件物理、先進封裝、三維電晶體或導線互連架構，並融合半導體元件、材料蝕刻工藝、封裝技術、半導體核心技術與產業趨勢。晶片組致力於電子設計自動化、晶片系統設計最佳化、AI 輔助晶片系統設計、類比積體電路與感測系統、高速數位傳輸積體電路、人工智慧加速器、生醫積體電路、積體電路可靠度技術、毫米波通訊和雷達積體電路與系統、資料轉換器，電源管理等領域。

(3) 國立清華大學半導體研究學院

此學院成立之目的乃培育半導體科技所需要的領導人才，可以具有創新突破動力，並期許畢業生具備專才、通才、活才等三才。學院的特色包括跨域整合、模組化課程、微型化課程、企業實習及大師開講等。將半導體科技分為四大領域：半導體元件部、半導體設計部、半導體材料部、半導體製程部。半導體元件部旨在為學界及產業界培養半導體元件的研發人才，並提供半導體技術的前瞻性研究，元件設計與製造方面的實驗課程亦與世界級的半導體公司合作，為先進元件的動手學習和前瞻技術的探索提供最新的技術平台；半導體設計部主要推動電子電路架構和系統設計的先進研究，研究成果包括了高效率 AI 加速器、類果蠅飛行無人機、憶阻式記憶體計算元件、和雙手靈巧機器手臂；半導體材料部目標是培養跨領域的半導體材料領導者，提供紮實的半導體材料基礎，包括基礎材料核心、矽基材料、化合物半導體、介電材料、金屬接點材料、高分子、微結構、失效分析、和計算材料等。

(4) 國立成功大學智慧半導體及永續製造學院

成功大學於 2021 年 10 月領先全國成立第一所半導體學院，開設「晶片設計學位學程」、「半導體製程學位學程」、「半導體封測學位學程」、「關鍵材料學位學程」、「智慧與永續製造學位學程」五個專業領域之學位學程，特色為涵蓋半導體產業上、中、下游區塊，並融入人工智慧 (AI)、大數據分析、物聯網 (IoT)、智慧製造、永續循環、綠色科技及碳中和觀念，使學生除了半導體專業領域之外，亦能有未來科技所需全方位的訓練。在吸引外籍人才方面，採取境外招生方式，分為秋季班及春季班。

(5) 國立中山大學半導體及重點科技研究學院

於 2022 年核定，111 學年度開始招生，是我國南台灣高等教育重點科技人才培育的重要基地之一。成立初期，考量聚集在大高雄地區具全球領先地位的半導體下游相關產業，而設立「先進半導體封測研究所」及「精密電子零組件研究所」，課程參考國際趨勢引進大量企業實習課程，採取 3 年制與 2.5 年制的創新學制。

又為協助我國半導體中游製造產業的產業人才需求，於 112 學年起增設「創新半導體製造研究所」，招收碩士及博士班，採 2 年碩士及 4 年博士的學制，並規劃提供學生至合作出資的國際級新訓中心參加短期企業體驗課程機會，有效提升學生對半導體先進科技的理解與認知。半導體及重點科技研究學院 3 個研究所採取多元創新產業人才培育機制，預計 10 年可培育約 1,200 位碩博士。

(6) 國立臺北科技大學創新前瞻科技研究學院

此學院之重點領域包括人工智慧科技、資訊安全及半導體科技。「創新前瞻科技研究學院」由學校與產業界共治創新管理，以提供跨域研發產學合作平台及規劃創新自主的跨域研發環境，發展高階人才培育之彈性法規制度為目標。創新前瞻科技研究學院規劃人工智慧科技碩士、博士學位學程、資訊安全碩士、博士學位學程、半導體科技碩士學位學程，以動態式調整的創新策略聚焦吸引優秀學子就學，與業界研究人員密切交流與溝通合作產生更大的新穎性研發成效及戰略，兼顧前瞻核心技術研發與高階科技人才培育之需求。「半導體科技碩士學位學程」設有三組別：材料製程組、設備廠務組、積體電路設計組。本學位學程除招收本國學生，為接軌國際，提升本國學生視野，預計招收國際學生十名，每年併同一般國際學生招生名額申請，以全英語授課的方式進行。

(三) 經濟部產業發展署智慧電子學院

智慧電子學院前身為「晶片系統國家型計畫」之「半導體學院計畫」，配合行政院政策方向，將半導體學院之業務範疇與工作重點朝「智慧電子產業」方向調整，2024 年起正式更名為「智慧電子創新應用發展計畫」，奠基以半導體為核心，發展智慧電子創新應用，以「人才發展」結合「產業推動」為主軸，持續因應智慧物聯多元新興應用趨勢與人才缺口，優先培育高附加價值之關鍵技術與人才需求，提升產業人才質與量，強化產業實務人才培訓，協助企業加速投入智慧創新領域，提升產業競爭力，支援建構完善創新生態環境(經濟部產業發展署，2023)。

在優化人才培訓資源方面，推動三項重點：

1. **專業職能基準**：因應半導體產業關鍵職務專業能力之需求，逐年依據產業趨勢建置半導體專業職能基準。近年因應跨域新興應用需求，發展跨職務訓練課程地圖。
2. **適性職能表現**：為發掘 IC 產業工程師高績效表現，已建置 IC 產業常模，並發展有效衡量職能水準之評鑑工具，廣邀超過 20 家半導體公司合作，透過適性評測平台進行線上測驗，使企業有效快速取得適性評測結果。參與企業包含日月光、華泰、矽品等，已有多家企業應用研究成果於人才招募與企業年度培訓規劃之參考。

3. **產學連結研究**：針對工程師級專業人員之職務，分析學校教育與產業需求間之差距，導入業界專家師資，推動辦理落差課程。建置智慧電子產業課程及師資資料庫，集結 IC 應用、設計、製造、封測等各專業領域課程及師資已達 550 筆資料。

(四) 勞動部半導體重點科技產業人才發展基地

勞動部與陽明交大合作，培育實務型科技人才，透過半導體重點科技產業人才發展基地計畫培養半導體領域之核心知識與素養，規劃半導體領域之職前課程，提供非相關領域，但想嘗試跨入半導體產業的人，也能有學科及實務上的學習，搭配與廠商業界合作，建立與上下游連結等垂直式整合的人才培育，互補各階層科技產業人才需求，提升國內產業人力供給及競爭力問題（勞動部勞動力發展署—桃竹苗分署，2024）。

目前推出三個班別，包括光子（矽光子&量子）與 AI 應用專業人才養成班（招生名額 40 人）、半導體與 AI 應用專業人才養成班（招生名額 42 人）、電子與 AI 應用專業人才養成班（招生名額 40 人）。結業後可從事半導體元件開發工程師、半導體設備工程師、半導體製程工程師、半導體廠技術員、品質檢驗員。

申請資格為 15 歲（含）以上具工作意願且工作技能不足之失（待）業者。補助方式為全額補助就業保險被保險人自願或非自願離職者學費，或提供八成學費補助予未有勞保就保紀錄失業者，另依身分別在受訓期間提供額外的生活津貼及學習獎勵金。

(五) 產業人才培育及紮根

臺灣半導體產業大廠近年愈加重視攬才及育才，包括與國內大學合作產學計畫、招收實習生，甚至往中學紮根，設立線上學習課程並舉辦參訪活動，期能讓學生有機會提早認識半導體相關知識與產業內容，因而投入該產業服務。本研究茲舉台灣積體電路製造公司（Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, TSMC）、聯發科技股份有限公司（MediaTek Incorporated, MTK）、台灣新思科技有限公司（Synopsys Taiwan）為例。

1. 台灣積體電路製造公司

- (1) 高等教育：與國內多所大學合作產學計畫，並成立 4 個聯合研發中心，與大專校院師生共同研發、實作，培育高階人才；提供前瞻研究經費與設立獎學金以支持 6 所大學之半導體或重點科技研究學院之運作，並在 13 所大學開辦半導體學程與課程，至 2023 年累計 44 個學程，超過 6,300 名學生登錄修習。2024 年攜手臺大，與德國政府開創國際產官學合作的半導體人才培育模式，

招募 30 名國際學生來臺接受一學期的學科訓練後，再到台積電進行實務訓練（中央社，2024；台灣積體電路製造股份有限公司，2024）。

- (2) 中學教育：2022 年起推出「SEMI 神秘積星站」的高中微課程，與大學教授、高中教師合作開發為期 6 周共 18 小時，兼具線上學習與實作的混成式學習內容，已持續擴大辦理，至 2023 年累積 10 所高中共 512 名學生參與。2023 年與清大合作，安排 2 所學校共 29 名高中生參訪實驗室；同年啟動校園師資培訓計畫，以深化高中教師的半導體知識與技能（台灣積體電路製造股份有限公司，2024）。
- (3) 其他：公司人才發展強調能力導向的學習模組，重視多元且彈性的學習方式，以及各職級訓練與發展計畫，2021 年啟用新人訓練中心協助新進員工快速掌握半導體基礎知識與技能，使其獨立作業時間縮短 10%，2022 年起開放「半導體設備元件基礎」、「半導體機台基礎」2 門課程給大學生修讀，傳授製程與設備實務知識（台灣積體電路製造股份有限公司，2023）。

2. 聯發科技股份有限公司

- (1) 高等教育：與國內多所大學合作產學計畫，並與 3 校合作創新研究中心。2021 年起推動 IC 設計學程，鼓勵電子電機專長及非電子電機之其他理工學院在校學生修習相關課程，至 2023 年累計 236 名；2023 年的全球實習生有 324 名，其中 87 位畢業後直接進入公司就職。
- (2) 中小學及科普教育：推動《STEM 造課師計畫》及《全國小學科普實作獎助計畫》培育中小學師資，並贊助國科會臺灣科普環島列車的「AI 人工智慧」主題車廂進行科普活動。
- (3) 其他：2023 年首度啟動科技女力計畫，奠基於國內外女力研究及活動觀察，推出「大學」與「國高中」雙軌的「Girls! TECH Action 科技女孩未來設計工作坊」（聯發科技股份有限公司，2024）。

3. 台灣新思科技有限公司

- (1) 高等教育：透過 Synopsys Academic & Research Alliances (SARA) 與學界保持密切合作，包括提供獎學金、安排實習生，公司於 2017 年決定所有部門和產品線都要整合 AI 技術，因此招聘 AI 領域博士生進行大量研究。2020 年與工研院合作，提供 AI 晶片設計和建議流程，以降低新創公司進入門檻；目前與台灣半導體研究中心 (TSRI) 合作，編寫 AI 晶片設計和建議流程教材，提供國內學術界 AI 晶片設計研發的環境。

(2) 其他：台灣新思科技成立子公司「芯知了 IC 學院」目前在暑假開設晶片設計與驗證課程，教材研發時，邀請產業退休之專業人才參與，授課對象包括應屆畢業生、一般在職者及轉/待業人士（附錄二）。

(六) 「半導體×AI」人才培育

2023 年行政院科技顧問會議將「半導體×人工智慧 (AI)」列為影響臺灣未來數十年發展的核心議題，以「掌握生成式 AI 趨勢、立基臺灣半導體優勢，引領全球半導體與 AI 科技的創新應用」為願景，並提出培育下世代半導體及 AI 人才，加速半導體及 AI 應用技術發展，和以生成式 AI×晶片驅動全產業創新並推動新創孵育的三大策略（行政院科技顧問會議，2023）。

為蒐集半導體產業應用 AI 的人才需求與培育經驗，本研究舉辦「半導體×AI」人才培育座談會，邀集七家公司、公協會代表與政策推動先進們，與議題研究團隊共同研討，一同探討創新人才培育策略方案，彙整意見論述（會議紀錄詳見附錄二）。

1. 降低「半導體×AI」推動門檻，健全產業生態環境

半導體是現代科技的核心，產業因其重要性與高獲利性，必是最早導入 AI 提升生產力的領域。AI 在半導體製程或設計時，應用「數位雙生 (Digital Twin)」技術，藉由模擬與數據分析優化製程或設計，提高效率並降低成本，甚至預測並解決潛在的問題，其中專業領域知識 (Domain Knowledge) 與資料 (Data) 是 AI 應用成功的關鍵。因此「半導體×AI」人才培育方向，不僅期待半導體工程師需要懂 AI，利用 AI 提升生產力，發揮半導體與 AI 相乘的效果，各行各業更應該利用臺灣「半導體×AI」的產業優勢，打造具本土特色的 AI 生產力，在全球競爭中脫穎而出，為前瞻技術發展奠定堅實的基礎。

雖然「半導體×AI」的潛力無限，其推動門檻依然相對較高，這不僅反映在對高度專業知識的需求上，也包括資本密集和技術門檻。為了降低進入這一領域的門檻，產業與政府應該攜手合作，構建更加開放和包容的技術生態系統，而臺灣應該借助已有的半導體優勢，通過政府的政策引導和補貼，加速 AI 技術的普及化應用。例如，可以通過建立更多技術共享平台，讓中小型企業和新創公司也能使用先進的 AI 技術和數據平台，實現 AI 技術的普及化應用。

未來 3 至 5 年，AI 技術將廣泛應用於日常生活、工業製造與娛樂等各大領域，隨著 AI 在各行業中的應用日益廣泛，市場對跨領域人才的需求也越來越強烈。除了技術專業人才，企業還需要人文和社會科學領域的專家來思考技術應用的倫理問題、社會影響和市場策略，因此對多元人才的需求越來越強烈。跨領域專才的價值在於他們能夠理解技術，還能有效地溝通、協調和管理不同背景的團隊，此特質對於 AI 與半導體這類高度複雜的技術領域尤其重要。因此期待透過

產業、學界與政府的緊密合作，創造一個多元化的人才培育環境，推動技術創新，有效降低「半導體×AI」的進入門檻。

2. 重視攬才及育才的永續性，延續資深專業人才的影響力

在整體人才培育部分，台灣人工智慧學校提出可分為三種對象：(1)約九成的人需具備基本的 AI 素養，理解 AI 技術的價值與應用，方能在生活與工作中創造新價值，驅動技術與服務創新；(2)開發 AI 的專業工程師僅占 8% 至 9%，這些稀缺人才在 Edge AI 運算、AIoT 應用、LLM 開發等領域扮演關鍵角色，為產業注入強大動能；(3)最稀少的 1% 至 2% 則是負責治理、政策與戰略的高階管理人才，擘畫未來藍圖，引領產業向前邁進，為社會創造無限可能。

全民 AI 素養不僅僅限於學校教育、產業培訓等範疇，更應該納入政府部門的公務推動與政策規劃引入 AI，結合經濟部、勞動部、數發部和教育部等跨部門合作的方式，強化 AI 生態系統的建設並推動相關認證制度，以提升產業的自主創新和應用能力，擴大成熟 AI 應用與服務的範圍。

由於少子化導致的國內人才短缺問題日益嚴峻，台積電、聯發科或新思科技等公司近年積極加碼人才投資，透過與國內大學、研究機構攜手推動產學合作，開設專業課程、實習計畫，並提供先進設備與軟體，來培養下一代的半導體與 AI 專才，這些方案降低學用落差，幫助學生在學期間獲得寶貴的實務經驗，大幅提升了企業人才供應的效率。建議產業界需要更積極、更早期投入參與學校內的人才培育，例如將人力資源的工作向前延伸到學生在學期間，建立學生到產業實習的制度，以及與學校合作邀請業界師資赴學校授課與指導學生。

然而，僅依賴臺灣本地人才無法完全滿足市場需求，因此，必須擴大招攬國際人才加入，例如與捷克等國際夥伴合作設立海外訓練基地，吸引全球精英人才並促進技術與經驗的雙向交流。這不僅能打造全球技術人才網絡，更能大幅提升臺灣在半導體與 AI 領域的全球競爭力。

特別值得警惕的是，博士級人才的斷層已日益明顯，建議政府應調整政策焦點，從僅投資設備轉向大力支持高階研究人力的培育，如研發補助、投資或稅負抵減等方式來導引產業界聘僱博士級人才，加速創新研發，鼓勵更多優秀學生投入博士研究，才能夠培養足夠的未來優質的師資，形成良性循環。在人才短缺之際，更該大力推動資深專業人士延長工作年限或鼓勵退休專才再度投入職場，將寶貴經驗傳承給新生代，近年 IBM（台灣國際商業機器股份有限公司）和比利時 imec 都在召回退休的專業人士加入，此措施不但有助於填補人才缺口，更能透過經驗傳承，快速提升新一代人才的實力與視野。

3. 以創新方案擴增人才，盡速完善培育制度

我國於 1999 年起開放國防役人才在重點科技產業的民間企業服務（役期 4 年），並在 2008 年轉型為研發替代役（役期 3 年），對臺灣科技產業發展貢獻顯著。建議未來可以進一步擴大辦理，透過改革目前的義務役或志願役模式，或者以產研合作培育人才，結合學術研究與產業需求，以一站式的「學、研、產」培育策略，讓青年人接受 2 年以上完整訓練後直接進入產業服務，累積實務經驗，便能確保產業鏈的人才供應穩定。

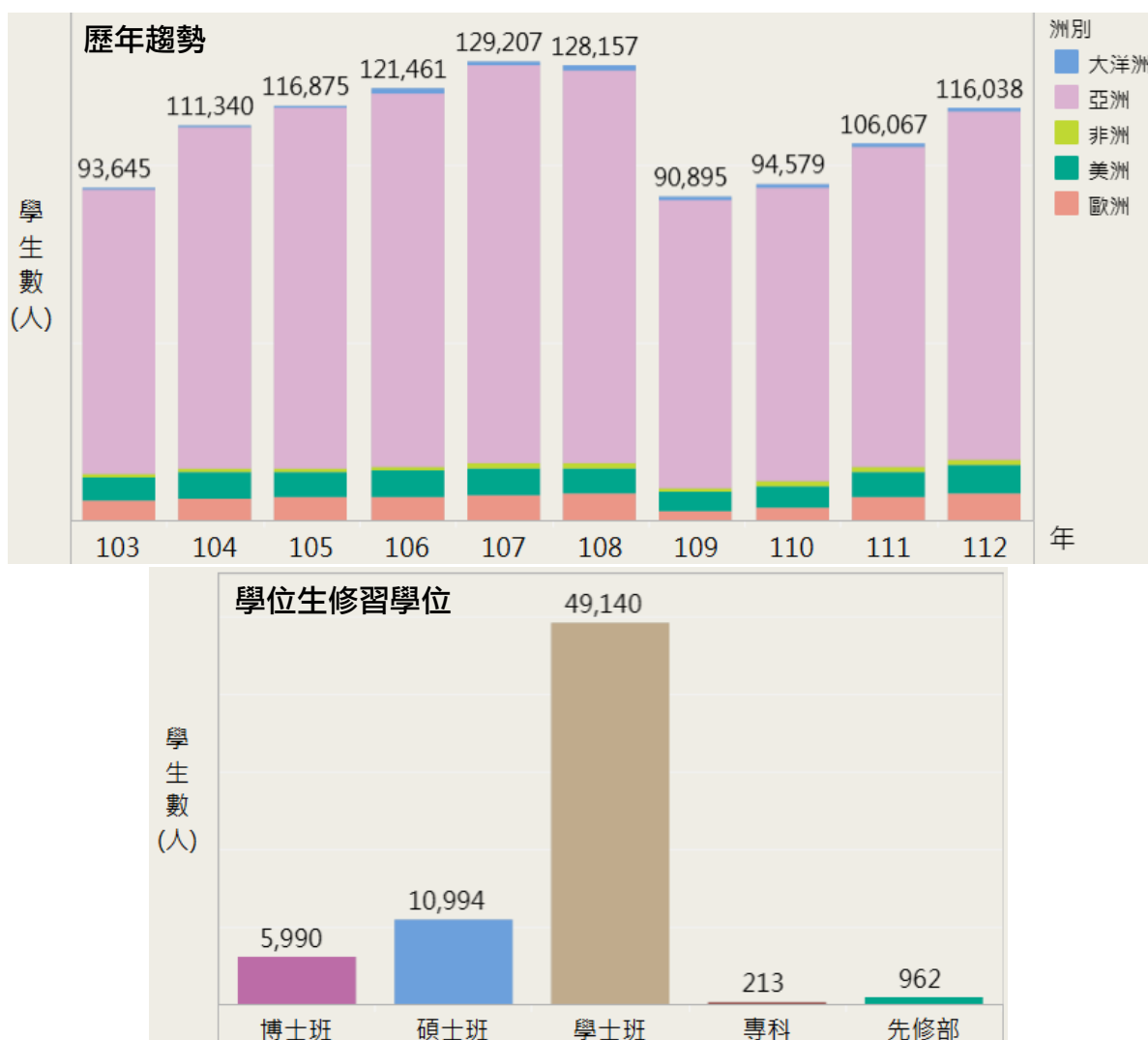
政府應建構有利半導體產業和 AI 領域人才的發展系統，包括設立訓練及認證課程標準，以促進行業標準化，形成知識庫、案例庫和教材庫。標準化的工作說明和學習藍圖可以幫助設定每種職位的學習發展路徑，提升組織和產業的競爭力，未來其他國家或公司甚至能夠依據臺灣已建立的標準來進行人才訓練，促進產業的全球布局。

此外，可複製我國新竹科學工業園區成功經驗，由政府與工研院等單位帶領我國廠商和專業人才赴美國建立「臺灣科學工業園區（Taiwan Science-Based Industry park）」，善用在美國的臺灣人才，並鼓勵國人赴美國發展，雙向建立科技橋樑，並取得來臺灣發展的美商大力支持，彼此互惠。

三、小結

綜整我國半導體人才培育措施及國際之做法，各部會投入相較更多且更具系統性，本土培育之投入已含概國民教育、高等教育人才、產業專業人才，相較國際其他國家而言，臺灣具備較完整的培育系統，可供國際借鏡學習。然生源受限於我國少子女化之趨勢下，仍需面對持續擴充投入 STEM 領域的學生之挑戰。可從吸引境外生來臺就讀、多元投入及延攬外籍強化海外布局三方面著手。

吸引境外學生來臺就讀 STEM 領域，是擴大生源的重要方向，根據教育部統計，112 學年之境外生有 116,038 人，扣除短期交換來臺學生的學位生為 67,299 人，大學學位生有 49,140 人、碩士學位有 10,994 人，博士班有 5,990 人（如圖 4-10），這些境外生可進一步評估及形塑成為進入產業就業的潛力人選。國發會 2021 年報告指出，僑外生評點制核准率達 87.7%，109 年留臺工作人次為 6,126 人，表示境外生留臺工作有持續成長的趨勢，留臺從事工作行業為製造業及專業、科學及技術服務業之占比約在 16% 左右，與我國人才需求量較大之行業大致吻合，對補充產業人才之缺口有正面助益。另國科會現在推外籍高階人才來臺實習專案（International Internship Pilot Program, IIPP），亦提供想瞭解臺灣科技產業的科技人才來臺之機會，提高來臺就業的可能性。



資料來源：教育部統計（2023a）

圖 4-10 我國大專校院境外學生概況

多元投入方面，提高女性就讀 STEM 領域也是在提高投入半導體科技領域人才占比之重要方向。根據全國科技動態調查，過去五年研發人力性別占比女性約在 25%–26%，男女性別差距（男性–女性）仍在 48%–49% 左右，如表 4-2 所示（國科會，2024）。建議可參考聯合國科技人才性別平等目標（Science Technology and Innovation Gender Objectives List, STI GOL）七大項目為基礎，進一步針對臺灣面對的問題挑戰進行收斂聚焦：(一)社會規範及刻板印象、(二)中小學教育、(三)高等教育、(四)職涯晉陞、(五)研究內容實務及議題、(六)政策形成流程、(七)創新與創業。由國科會主導科普教育改變社會對於女性參與 STEM 刻板印象之認知、態度及行為；教育部強化中小學階段女學生 STEM 教育及技術與職業訓練；跨部會合作吸引、任用及留任高等教育之 STEM 女性人才，吸引更多女性人才進入半導體及相關科技領域。此外，學者以 159 個國家數據及理論模型探討產假時間與女性勞參率的研究顯示，產假低於 30 週內，增加產假會提高女性勞動率，同

時社會對職業女性的正面態度每提高 10%，女性勞動參與率就會提高約 6.8%（Del Rey, Kyriacou & Silva, 2021）。臺灣目前的產假僅八週，遠低於國際勞工組織（International Labour Organization, ILO）建議的 14 週，顯見國內女性勞動政策還有待精進，且政策規劃應同時考量彈性工時、托育設施及相關安排，促進女性投入 STEM 工作領域。

表 4-2 我國研發人力性別比例

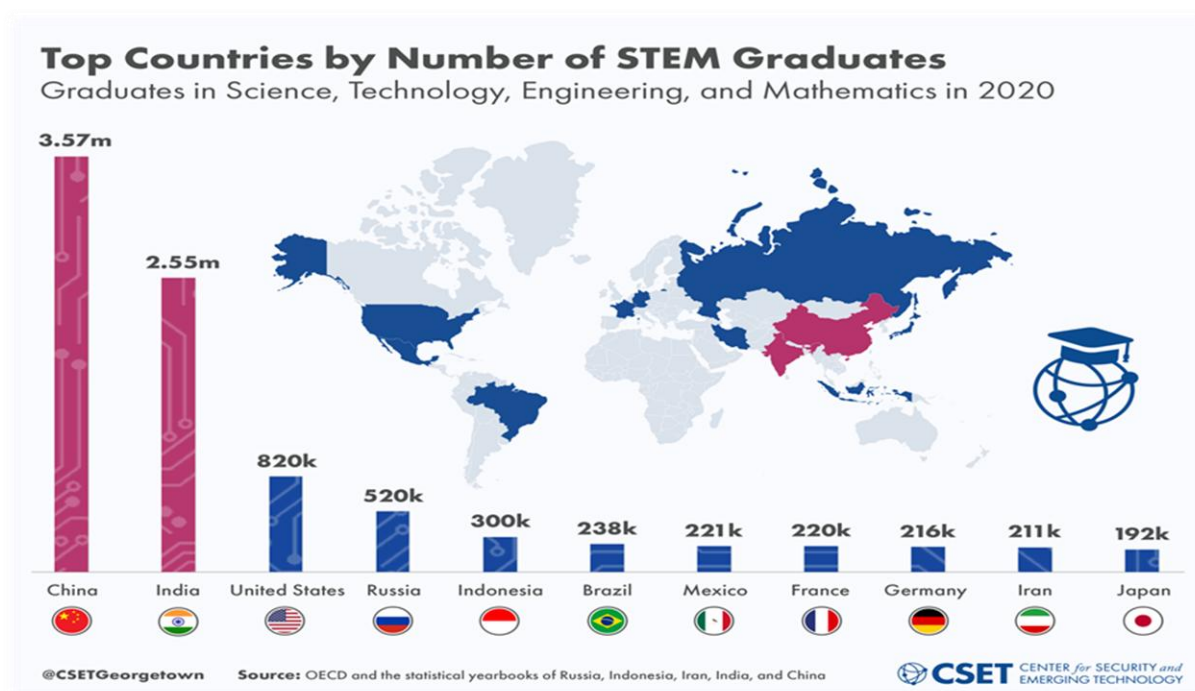
年度	女性	男性	總數	女性(%)	男性(%)	性別占比差距
2018	66,570	195,737	262,307	25%	75%	49%
2019	68,590	202,989	271,579	25%	75%	49%
2020	71,119	208,528	279,647	25%	75%	49%
2021	73,458	213,952	287,410	26%	74%	49%
2022	76,768	218,110	294,878	26%	74%	48%

資料來源：國家科學及技術委員會（2024）。全國科技動態調查—科學技術統計要覽（2023 年版）-歷年全國研發人力（全時約當數）-依性別及人力別區分

多元投入的另一個面向為退休人才運用，已有 23 個 OECD 國家將會提高法定退休年齡，平均年齡為男性 66.3 歲以及女性 65.8 歲，而丹麥、荷蘭、義大利等甚至將提高到 70 歲或以上（OECD, 2023），顯示各國對於退休人才政策的積極調整。以韓國為例，除推動《高齡者僱用促進法》外，亦進一步提出「持續僱用退休員工義務化」計畫，針對退休年齡提高到 65 歲並持續僱用，且調整擴大各行業 60 歲以上高齡者的標準僱用率，同時亦推動針對中/高齡者就業之補助措施，包括高齡者僱用延長補助金，依不同類型給予補助；薪資遞減制補助金，分成「退休延長型」、「再僱用型」、「工時縮短型」三種類型，依年齡和薪資縮減幅度給予不同補助。另為強化高齡者促進就業成效，《韓國高齡者優先僱用令》選定適合中/高齡者就業的職類共計 160 種，建議我國參照韓國，將半導體業納入優先僱用策略。在媒合面，韓國設有「高齡者人才銀行」以及韓國經濟總會轄下的「高級人力資訊中心」等單位，提供求職諮詢與媒合等服務（李映霖，2021）。

在重點吸引海外 STEM 人才來臺或設置半導體海外培訓基地方面，可考量 STEM 人才相關豐富的國家為策略性布局之重點，據喬治城大學安全與新興技術中心（The Center for Security and Emerging Technology, CSET）統計，全球排名 STEM 人才數量排名前十的國家如圖 4-11 所示，亞洲國家如印度、印尼、日本；美洲國家如美國、墨西哥、巴西；歐洲國家如法國、德國。目前亞洲臨近國家的境外生占比，以越南及印尼為主，可再強化印度及日本之 STEM 人才吸引；德國在雙邊科技合作及廠商布局下，可成為吸引來臺及在海外培訓基地的新據點。甚至可加強推動與全球當地半導體領域的學生有更多鏈結，包括吸引半導體領域具有優異表現國家的大學生/研究生來臺交流，當成認識臺灣的第一步，作為日後吸

引來臺的契機。此外，各大專院校可精進外籍畢業生就業媒合服務，以及在國際學位的課程設計，鼓勵/要求加入產業實習學分，幫助外籍生能與產業互動。



資料來源：CSET（2023）

圖 4-11 國際 STEM 畢業生人數領先國家

最後，在跨國人才運用之布局上，也需考量臺灣薪資國際競爭力所造成的限制，也就是吸引薪資水準領先臺灣之國家專業人才來臺工作相對困難，可考慮就地運用當地人才，例如可利用臺灣科學園區成功經驗，赴海外設立 Taiwan Science-Based Industry Park，如在美國、德國、日本設立海外園區，善用當地的臺灣人才並鼓勵國人赴美國發展，雙向建立科技橋樑，與供應鏈體系中的國際大廠間加強合作、彼此互惠，以放眼國際。

參考文獻

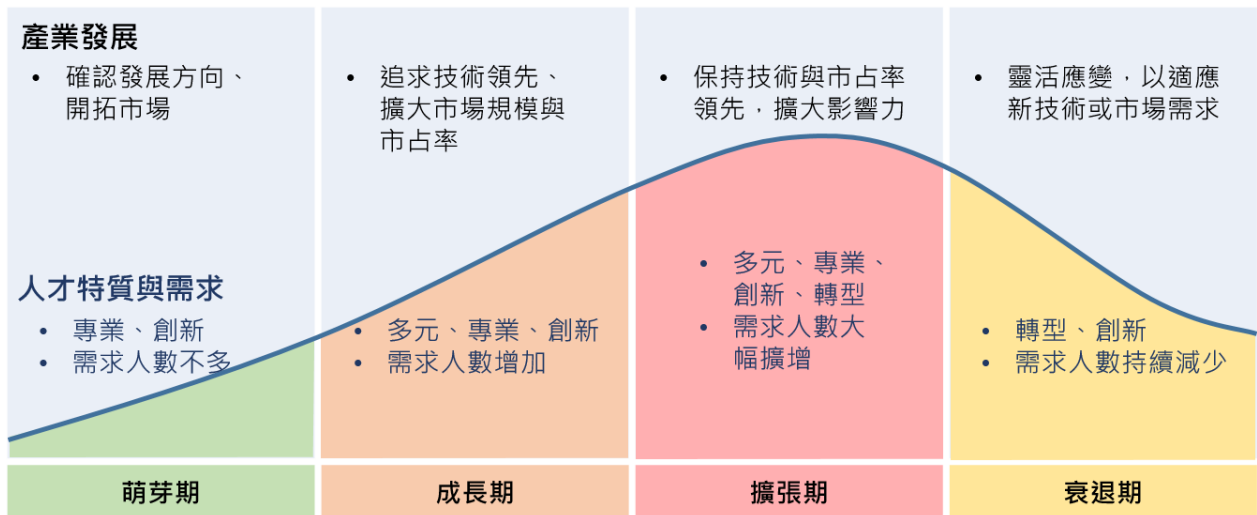
1. 中央社 (2024)。台大攜台積電、德國培育半導體人才 首批 30 人。
<https://www.cna.com.tw/news/ahel/202403060083.aspx> (擷取於 2024.12.02)
2. 中國人民共和國中央人民政府 (2023)。國家發展改革委等部門關於印發《職業教育產教融合賦能提升行動實施方案 (2023—2025 年)》的通知。
3. 中國電子資訊產業發展研究院 (2022)。中國集成電路產業人才發展報告 (2021-2022)。
4. 中華人民共和國教育部 (2015)。教育部 國家發展改革委 科技部 工業和資訊化部 財政部 國家外專局 關於支持有關高校建設示範性微電子學院的通知。
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s5664/moe_1623/s3845/201507/t20150728_196321.html (擷取於 2024.12.02)
5. 台灣積體電路製造股份有限公司 (2023)。台積公司「新人訓練中心」強化半導體人才競爭力。
<https://esg.tsmc.com/zh-Hant/articles/271> (擷取於 2024.12.02)
6. 台灣積體電路製造股份有限公司 (2024)。台積公司民國 112 年度永續報告書。
https://esg.tsmc.com/zh-Hant/file/public/c-all_112.pdf
7. 行政院 (2023)。晶片驅動臺灣產業創新方案。
<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/85934011-c705-4b5c-87a4-a0beb8df0c6f> (擷取於 2024.12.02)
8. 行政院 (2024)。產學共培未來中高階科技人才。
<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/971832b2-01e2-4bc6-bc23-4d719bceeff7> (擷取於 2024.12.02)
9. 國家科學及技術委員會 (2024)。全國科技動態調查—科學技術統計要覽 (2023 年版)。
10. 行政院科技顧問會議 (2023)。顧問會議。
<https://stp.nstc.gov.tw/stab/A465960A58936B2> (擷取於 2024.12.02)
11. 李佳蓁 (2021)。韓國半導體戰略與大廠動態。IEK 產業情報網。
12. 李映霖 (2021)。韓國促進高齡者就業措施。經濟部人才快訊電子報。
<https://www.italent.org.tw/ePaperD/7/ePaper20211100001> (擷取於 2024.12.02)
13. 林好柔 (2024)。越南訂 2050 年半導體發展藍圖，計劃培育五萬名半導體人才。科技新報。
<https://technews.tw/2024/09/24/vietnam-semiconductor-map> (擷取於 2024.12.02)
14. 國家發展委員會 (2021)。110 年度強化優秀僑外生留臺工作之政策檢討與報告。
15. 教育部 (2023a)。大專校院境外學生概況。
<https://stats.moe.gov.tw/statedu/chart.aspx?pvalue=36> (擷取於 2024.12.02)

16. 教育部 (2023b)。教育部研發「高中半導體課程」 培力未來科技人才。
https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=2184A8B9E50A7ED4 (擷取於 2024.12.02)
17. 許祐寧 (2022)。歐盟執委會提出《歐洲晶片法案》應對半導體短缺並加強歐洲技術領先地位。Stli 科技法律研究所。
18. 陳怡樺 (2023)。日本半導體設備市場現況及布局。
https://www.moea.gov.tw/MNS/doit/industrytech/IndustryTech.aspx?menu_id=13545&it_id=513 (擷取於 2024.12.02)
19. 勞動部勞動力發展署—桃竹苗分署 (2024)。半導體與重點科技產業人才發展基地。<https://base.stem.lasercenter.nycu.edu.tw> (擷取於 2024.12.02)
20. 經濟部產業發展署 (2023)。智慧電子學院。
<https://www.ida.gov.tw/ctrl?PRO=project.rwdProjectView&id=1365> (擷取於 2024.12.02)
21. 聯發科技股份有限公司 (2024)。聯發科技 2023 永續報告書。
https://d86o2zu8ugzlg.cloudfront.net/mediatek-craft/reports/CSR/2023%E8%81%AF%E7%99%BC%E7%A7%91%E6%8A%80%E6%B0%B8%E7%BA%8C%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8_%E4%B8%AD%E6%96%87%E7%89%88_Final.pdf
22. Atkinson (2023)。台積電爭取德國半導體人才，與德勒斯登工業大學培育人才。財經新報。<https://finance.technews.tw/2023/09/19/tsmc-competes-for-german-semiconductor-talents> (擷取於 2024.12.02)
23. Arm 官網 (2023)。Arm 與業界領先企業共同發起半導體教育聯盟以解決技能落差。
<https://www.arm.com/zh-TW/company/news/2023/07/arm-and-industry-leaders-launch-semiconductor-education-alliance> (擷取於 2024.12.02)
24. CSET (2023). The Global Distribution of STEM Graduates: Which Countries Lead the Way?
25. Del Rey, E., Kyriacou, A. and Silva, J. (2021). Maternity leave and female labor force participation: evidence from 159 countries. *Journal of Population Economics*, 34 (3), 803–824.
26. Gobierno de Espana PERTE Chip (2023). PERTE Chip Report.
<https://cset.georgetown.edu/article/the-global-distribution-of-stem-graduates-which-countries-lead-the-way> (擷取於 2024.12.02)
27. imec (2023). Imec Technology Forum.

28. KIET (2022). The Semiconductor Sector by Value Chain Segment: Analysis of Competitiveness and Policy Directions.
29. KPMG (2024). Global Semiconductor Industry Outlook for 2024.
30. MEDC(2024). Talent Action Team: Semiconductor.
<https://www.michiganbusiness.org/tat-semiconductor/> (擷取於 2024.12.02)
31. METIS & ECoVEM (2023). Joint Report on Microelectronics Training and Skills.
32. Ministry of Electronics & Information Technology Government of India (2023). India Semiconductor Mission Report.
33. Money DJ (2024)。NVIDIA 等一線外商太香，韓半導體缺工恐動搖國本。科技新報。
<https://technews.tw/2024/06/20/ai-boom-fuels-talent-migration-amid-samsung-losing-500-talents-to-nvidia> (擷取於 2024.12.02)
34. MRI 三菱總合研究所 (2023)。スキル可視化で開く日本の労働市場。
35. NHK WORLD JAPAN (2023)。日本重返半導體產業。
<https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/zt/news/backstories/2509> (擷取於 2024.12.02)
36. OECD (2023). Pensions at a Glance 2023.
https://www.oecd.org/en/publications/pensions-at-a-glance-2023_678055dd-en.html (擷取於 2024.12.02)
37. SEMI (2024). WORKFORCE DEVELOPMENT. <https://www.semi.org/en/workforce-development> (擷取於 2024.12.02)
38. Semicon India (2022). Semicon India Future Skills Talent Committee Report.
39. SEMICON Southeast Asia (2024). Bridging Technology for Our Shared Tomorrow. YAB PM Speech on the National Semiconductor Strategy (NSS).
40. Semiconductor Industry Association and Oxford Economics (2023). Chipping Away.
41. SRC (2023). Annual Report.
42. Strategy&. (2024). Bridging the Talent Gap.
43. Synopsys (2024). INDIA SEMICONDUCTOR WORKFORCE DEVELOPEMNT PROGRAM.
44. The Korea Times (2023). Industry ministry signs MOU with Samsung, SK Hynix on semiconductor packaging.
https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2023/08/419_358047.html (擷取於 2024.12.02)
45. U.S. Congress (2022). CHIPS and Science Act. Public Law No: 117-167.

第五章 結論與建議

隨著全球化和數位化加速發展，前瞻科技（如人工智慧、半導體技術、綠色能源等）的創新驅動了各產業的變革，也為勞動市場帶來前所未有的挑戰與機遇。然而，隨著技術演進速度快、市場需求變化迅速，以及競爭態勢激烈等特性，前瞻科技產業必須不斷應對技術革新、市場環境和消費者需求的多重挑戰，例如，一項新技術的誕生可能帶來一個全新的市場，但隨著時間推移，市場競爭加劇和新技術的出現又會逐漸削弱該技術的優勢，因此科技產業往往具有創新驅動、快速迭代的特性，導致在萌芽期、成長期、擴張期、衰退期的各階段呈現出不同的特質，也對應著截然不同的人才需求和策略方向（圖 5-1）。



資料來源：本研究繪製。

圖 5-1 科技產業發展之成長周期

本研究第一章梳理美洲、歐洲、亞洲、澳洲四個地區的標竿國家所提出之前瞻科技政策與人才培育方案，第二章至第四章再深入剖析淨零科技（以離岸風電、氫能為主）、人工智慧、半導體領域的優勢國家，所制定之亮點政策以引領技術突破與市場發展，各領域之國際比較如表 5-1 所列。另外透過兩場座談會，彙整產官學研各界專家意見，詳加研討臺灣在少子化與高齡化挑戰下，如何有效解決科技領域的人才缺口問題，同時考量到各產業在不同生命週期階段的人才需求特質，以制定符合實際需求的政策與培育策略，靈活應對各階段需求，降低景氣波動造成的風險，並在教育面、產業面與政策創新面進行優化，確保前瞻科技產業的持續發展與全球競爭力，並為未來政策藍圖提供具體指引。

表 5-1 本研究之國際政策研析列表

項目		臺灣產業階段	標竿國家						其他國家
			美國	歐盟	英國	德國	日本	韓國	
前瞻科技政策		-	V	V	-	-	V	V	澳大利亞
淨零科技	氫能	萌芽期	-	-	V	V	V	-	-
	離岸風電	成長期	-	丹麥、荷蘭	V	-	-	-	-
人工智慧		成長期	V	-	V	V	V	-	新加坡
半導體		擴張期	V	V		V	V	V	中國、新興國家(印度、馬來西亞、越南)、西班牙、國際聯盟

一、結論

(一) 臺灣正面臨高階科技人才供需失衡的嚴峻挑戰

本研究分析結果發現，無論博士、碩士或大學層級，工程、製造及營建領域的畢業生人數因少子化而全面下降，尤以博士層級的減少最為嚴重，對國家高階科技人才供應造成直接衝擊，恐導致研發實力斷層。此外，STEM 教師數量與比例的逐年下滑，進一步凸顯高等教育體系在培育科技人才時的結構性壓力。與此同時，科技產業對高階人才的需求卻在快速攀升，以科學園區從業人員的教育結構變化為例，近十年，博士學歷需求增幅高達 46%，碩士學歷則成長 66%，直接反映出高階人才供應與需求之間日益擴大的落差。對比韓國，其僅以兩倍於臺灣的人口規模，卻成功培育出四倍於我國的 STEM 博士，展現出積極而高效的人才培育策略。

由於臺灣本土博士畢業生的主要出路仍集中於學術界，但大學教師薪資待遇不高，且低於熱門科技產業中領先企業的碩士級工程師薪資，導致學生攻讀國內博士學位的意願逐年減弱，尤其 STEM 領域的博士畢業生比例下降，對未來高等教育發展、科技研發實力及產業創新構成長期影響。此外，科技人才政策應該關注產業的生命週期與景氣波動情形，特別是在全球競爭日益激烈的背景下，半導體成熟製程面臨市占率變動的風險，若臺灣將過多的人才資源集中在非高階半導體領域，可能會壓縮其他領域的人才儲備，造成科技人才分布不均。

實現人才供需平衡的轉機，包括提升女性參與及延後退休年齡的政策。女性的加入不僅能緩解少子化對人才庫的壓力，更可激發多樣化的創新潛力，以標竿國家為例，澳洲與美國的女性 STEM 博士比例分別達 39% 與 37%，而臺灣則與日、韓相仿，僅處於 20% 至 23% 的低比例區間，揭示女性參與的顯著成長潛力。

同時，隨著全球勞動市場的變動，已有 23 個 OECD 國家將提高退休年齡，甚至丹麥、荷蘭等國提升到 70 歲，美國 IBM、比利時 imec 及韓國三星等企業，也積極邀請退休專業人員回歸職場，充分發揮其寶貴經驗與技能。透過推動女性、中高齡等多元人才的參與政策，並完善支持機制與提升誘因，臺灣有望拓展 STEM 人才庫，進而緩解高階科技人才供需失衡的挑戰。

(二) 萌芽期的氫能產業需有明確的發展政策方能制定人才培育策略

歐盟、德國、英國、加拿大、美國等 53 個國家與地區已制定國家氫能戰略，另有 30 個國家正在規劃中，且 2024 年聯合國氣候變化大會（UNFCCC）COP29 已發布氫能宣言，進一步強化氫能作為淨零轉型關鍵技術的地位。日本、英國與德國的經驗凸顯出政策優先性的重要性，只有先行制定積極發展氫能的方向，才能明確氫能相關人才需求並有效規劃培育策略。

對臺灣而言，「2050 淨零轉型氫能關鍵戰略行動計畫」需有具體量化的目標設定，尤其在面臨低碳能源短缺、技術成熟度不足與資金挑戰時，政府現行的策略是否足夠支持產業發展，仍有待深入討論與評估。尤其國際能源署（IEA）報告指出，要達成氫能在 2030 年前的突破性發展，必須優先部署大規模輸儲基礎設施，以降低供應鏈成本並擴大應用範疇，從而逐步形成規模化的人才基礎。

所幸臺灣氫能在產學研合作模式下，以及法人與學會等單位陸續提供短期課程與專業培訓，已有初步的研發與高階人才培育基礎，然而萌芽期產業需仰賴政府政策營造良好的產業發展環境，如政策補貼支援、強化產學鏈結、推動更多研究生獎助學金、暑期實習計畫及短期專業訓練，方能使人才願意貢獻於氫能產業領域，以強化我國氫能技術與人力資源的競爭力，並在未來政府政策方向更加明朗時，中長期人才培育策略隨之彈性調整，加速實現淨零轉型目標。

(三) 成長期的離岸風電產業需優化產業環境吸引更多專業人才

離岸風電因成本下降及 2023 年 UNFCCC 的 COP28 決議全球再生能源需於 2030 年前達到三倍成長，成為當前最受矚目的淨零關鍵科技之一。臺灣自 2018 年起積極推動離岸風場發展，結合政策支持與國內大學專業培育課程，逐步完善人才供應鏈，促使產業快速成長，並提升我國在亞太地區風能市場的影響力。然而，隨著產業規模不斷擴大，人力資源不足與高流動率成為重要挑戰，若未能及時解決，恐對未來發展構成瓶頸。

丹麥、荷蘭、英國等三個標竿國家在離岸風電人才培育上採取多元策略，為臺灣提供重要借鏡。丹麥是北歐發展離岸風電最積極的國家，無人才短缺問題，並憑藉完善的政策與產業環境，吸引 65% 全職專業人才來自國外，可作為臺灣在招募焊接、塗裝等難以自動化的關鍵職類之招募參考；荷蘭透過自動化與數位化技術的導入，不僅部分替代了傳統勞動力，還催生數據分析、人工智慧及數位工

程等新型技能需求，為人才結構轉型開創可能性；而英國通過「能源技能護照」促進其他行業人才轉型，並藉助其多年積累的化石燃料與離岸風電專業供應鏈，積極發展浮動式離岸風電技術，創造更高的產業價值與就業機會。

各國成功案例彰顯政策建構良好產業環境的重要性，臺灣若能進行前瞻評估技術轉型與供應鏈整合需求，結合發展本土水下基礎製造能力及設立離岸風電人才培育基地，持續優化政策與資源配置，不僅能有效緩解人才短缺問題，更能讓培育出的高素質離岸風電人才有機會往其他國家開拓，或者回饋到國內的機械等其他相關領域的發展，在國內外發揮價值，促使臺灣成為亞太地區離岸風電產業樞紐。

(四) 成長期的人工智慧產業需整合政策工具以精準銜接教育系統與產業需求

全球已有超過 60 個國家發布國家 AI 戰略，其核心目標涵蓋促進 AI 技術在各產業領域和政府公共服務中的廣泛應用，而成功實現目標的關鍵之一在於是否能有效彌補 AI 人才的缺口。美國、英國、德國、日本到新加坡的人才培育政策規劃，包括教育系統改革、技能提升與再培訓、國際人才吸引以及政策工具整合等層面，可提供臺灣重要參考。

為奠定政策的穩固基礎，應精緻化人才需求的調查研究機制，並建立分級系統的教育模式與標準化技能框架，以確保所培養的技能可匹配快速變化的技術需求。在此之前，技能提升與再培訓策略能有效緩解短期人才供需失衡，透過多元化的學習資源平台和認證機制，不僅提升受訓者的參與度，也增強政策的實用性和效能。同時，在面對全球化的人才競爭，制定吸引國際人才的政策成為關鍵，透過整合簽證制度與工作保障機制，為高階人才提供完善的支持。最重要的是，政策工具的整合性和執行的協調性將直接影響其長期成效，跨部門的協作與資源整合是實現政策目標的必要手段，能最大限度地提高政策效益並確保其落地執行的有效性。

人工智慧產業迭代快速，對臺灣來說，產業的成長關鍵在於強化教育系統與產業需求的銜接，藉由建構分級人才培育體系以更精準地滿足不同層次的 AI 技能需求，並借鑒日本的數位技能標準制度和英國的 AI 技能基金的成功經驗，建立從基礎教育到高階應用的整合性政策框架，並以積極的產學合作模式和實戰演練的實習場域培育人才，以縮短人才供應與產業需求之間的適配時間，進而提升國家在 AI 人才發展的競爭力。

(五) 擴張期的半導體產業需深耕多元人才策略與擴大應用生態系統

半導體產業是現代科技和全球經濟的核心，隨著物聯網、5G、人工智慧及量子計算等新興技術的崛起，半導體需求持續攀升，並成為各國競爭格局之關鍵。五十年來，在我國政府的積極支持下，透過資金投入與人才培育，再加上企業創

新的「晶圓代工」模式和卓越的製造技術，配合完善的供應鏈生態系統，臺灣的半導體產業不僅持續吸引全球頂尖人才，也穩固了在全球半導體領域的領先地位，實現「製造第一、封裝測試第一、IC 設計第二」的傑出成就。然而處於擴張期的半導體產業，卻面臨著更高的資金、技術與人才需求，並受到地緣政治變動、景氣波動等多重挑戰的影響。

臺灣半導體產業走向全球擴散，人才面更應瞄準高階研發人才，使研發能根留臺灣。從美國、中國、歐洲、新興國家與國際聯盟的人才培育措施來看，臺灣已投入相較更多且更具系統性的做法，涵蓋國民教育、高等教育人才、產業專業人才的全方位培育，但在我國少子女化之趨勢下，仍需面對持續擴充 STEM 領域學生的挑戰，期能加強推動女性、中高齡退休專業人士及跨領域人才的參與，吸引境外人士來臺就學和就業，同時強化海外基地的布局、聘僱當地優秀人才，以持續推動半導體產業發展並應對全球競爭。

此外，「半導體×AI」的發展潛力正在重塑未來產業格局，不僅是半導體工程師需熟悉 AI 工具來提升生產效率，各行各業更應該利用臺灣「半導體×AI」的產業優勢，打造具本土特色的 AI 生產力。因此產業與政府必須攜手合作，構建開放且包容的技術生態系統，透過政策引導和補貼，加速 AI 技術在各領域的普及應用。而且半導體與 AI 的深度整合不僅是技術問題，還需引入人文與社會科學專家的視角，評估技術應用的社會影響和市場策略。為了滿足產業對多元人才的需求，企業應更積極地參與早期人才培育，例如推動學生在學期間的實習制度，並與學校合作安排業師授課，實現從教育到產業的無縫接軌，為我國在「半導體×AI」時代的領先地位注入更強動能。

二、建議

(一) 教育優化面

1. 促進 STEM 人才深耕與廣布

(1) 善用 108 課綱提升學生與師資能力—【教育部】、【學校】

課綱強調培養學生具有適應現在生活及未來挑戰的知識、能力與態度，正是全球前瞻科技發展所亟需的軟技能，包括探究實作能力、問題解決能力，批判性思考與合作態度。特別是在中學，以專題、微課程的安排，學習 AI、半導體、淨零科技等前瞻技術知識，讓學生為未來深度學習與創新發展奠定堅實基礎。此外，STEM 教育的成敗關鍵在於師資能力，因此提供中小學教師豐富的進修資源與數位教學工具，確保教師具備最新的科技知識與教學方法，並提升教師專業能力，才能厚植 STEM 基礎人才，進一步支持國家的科技創新與產業發展。

(2) 提升全民科技素養並鼓勵女性參與—【教育部】、【國科會】、【學校】、【企業】

以開放實驗室參訪或擴大舉辦多元的科普活動方式，使更多民眾親身接觸如 AI、半導體及淨零科技之前瞻技術，增進對科技的理解與應用能力，不僅能縮小科技知識的普及落差，更能激發全民對科技的興趣與信心，進一步凝聚支持科技發展的社會共識，同時作為奠基跨領域人才的培育基礎。更重要的提升女性在 STEM 領域的參與度，透過邀請女性科學家與工程師分享經驗，或以媒體推廣女性在科技領域的貢獻，能有效建立正向榜樣，有助於改變社會對 STEM 的性別刻板印象，為我國儲備更多兼具創新與包容的跨領域人才與科技專才。

2. 強化高等教育與產業發展接軌

(1) 產官學研合作強化實作應用與實習制度—【教育部】、【學校】、【企業】

綜觀各國推動前瞻科技的關鍵策略中，產官學研的緊密合作已成為發展的關鍵基石。企業帶來市場洞察與技術應用需求，政府則藉由政策引導與資源配置提供穩定支持，學術機構專注於基礎研究與人才培育，而研究機構則在技術開發與轉移中扮演重要橋樑角色。這種多方協同的生態系統，不僅能快速回應全球技術變遷，還可降低開發風險，縮短創新成果商品化的周期，更能有效強化學生的專業技能與實務經驗，為產業輸送兼具創新力與即戰力的科技人才。

高等教育的課程設計應結合產業需求與前瞻科技發展方向，藉由產學合作提供通用版軟、硬體資源，甚至是最新製程、技術之相關設備與工具，讓學生在學期間就能掌握最新技術與實務能力。學研機構及科技業廠商應加速優化學生在學期間的實習制度，借鑒國際的多元案例與成功推動模式，設立學用接軌的專屬職缺，讓學生在真實職場環境中進行學以致用的訓練，讓學生在進入職場前深入了解公司文化並學習相關職能與實務；同時企業更可積極將人力資源管理的觸角延伸至校園，提早甄選與培育未來人才，且應將實習生視為在職人員進行一般培訓，以及認知人才流動為正常現象。透過深化教育部、大學與企業的夥伴關係，以建立精緻化、可持續的實習制度，打造創新的人才培育模式。

(2) 保障高階人才培育之質與量—【教育部】、【國科會】、【經濟部】、【企業】

為強化 AI、半導體及淨零科技等關鍵領域的人才基礎，應設立更具競爭力的獎學金與研究資助，減輕博士生的經濟壓力，吸引優秀人才投身相關研究，韓國之頂尖大學博士班學生甚至可申請抵免兵役，讓高階人才專心投入學術研究。同時，需調整教授與博士級研發人才的薪酬結構，向市場薪資水準看齊，以突顯其專業價值，並有效提升留任意願，減緩高端人才外流的風險。

建議國內大學制定長期師資培育政策，規劃具體措施，主動甄選具潛力的學生，提供財務支持及規劃學術生涯發展，支持其攻讀博士學位及進行博士後研究，

以鼓勵優秀學生投身學術界，為未來師資建立穩健的人才儲備，進一步強化國內高等教育的競爭力。綜合運用多元誘因及市場化薪資策略，不僅可確保充足且高素質的博士畢業生供應，更能推動高階人才的永續培育，為前瞻科技領域的長遠發展奠定堅實基礎，提升全球競爭力。

(二) 產業優化面

1. 優化人才需求調查與人員培訓—【勞動部】、【經濟部】、【企業】、【學校】

雖國發會每年擇定重點產業進行三年人才調查與需求推估，但離岸風電產業僅於 2020 年調查過一次就未持續，建議應保持關鍵產業的人才調查追蹤，並加入技能盤點，甚至延伸至四年以上更長期的預測，以優化人才需求的調查研究品質。建議應積極促進產學合作制定各領域之標準化職能基準，並針對職能分析後，對多種產業均有需求之跨領域能力，列為優先培育對象。

為確保技能的實用性與市場需求契合，應結合實體與線上課程，並參考日本數位技能標準模式實施分級教育體系，並提供技能認證，為在職人員打造量身訂做的專業培訓，不僅能提升產業競爭力，也能確保勞動市場的持續供應與人力資源的長期穩定。

2. 改善就業環境與制度—【勞動部】、【經濟部】、【企業】

未就業的高學歷女性與退休專業人士具有專業知識與豐富經驗，是極具潛力的優質人力資源，能迅速填補前瞻科技領域的人才缺口，因此應積極鼓勵具 STEM 領域背景的女性、中高齡者及資深退休專業人士重返職場，進入 AI、半導體、淨零科技等關鍵領域。同時，擴大推動彈性工時、托育支持、無障礙設施及技能再培訓等友善職場措施，降低就業障礙，吸引多元化人才加入，進一步提升國內勞動參與率，為產業注入多元視角與創新力量，強化整體競爭力。

為優化人力資源配置，應建立整合型就業資源平台，促進不同群體的人力精準對接，確保勞動市場高效運作。該平台應結合大數據與人工智慧技術，提供個性化職缺匹配，並針對女性、退休人士及中高齡者等特定群體制定專屬支援服務，提升就業機會的公平性。這樣的政策舉措將推動更靈活、包容的勞動市場運行，不僅穩固國內人才基礎，也為臺灣在全球前瞻科技競賽中奠定長期發展的根基。

(三) 政策創新面

1. 運用政策工具積極導引企業聘僱與培育高階人才—【財政部】、【經濟部】

政策工具應更加重視並鼓勵高階研究人才的投入，而非僅聚焦於機器設備的投資。建議相關部會修訂人才投資抵減或租稅補貼政策，將企業增聘博士級高階人員或派員至大專校院研究所進修等支出納入適用範圍。此外，針對企業申請研

發投資抵減，可設計更具導向性的激勵措施，例如在審議過程中，對聘僱博士級研發人才比例較高的企業給予加分，從而有效引導國內業者優先增聘博士級人才，達成強化研發能量與促進科技創新的目標。

2. 推動一站式的「學、研、產」人才培育—【教育部】、【國防部】、【經濟部】

研發替代役，對臺灣科技產業的發展貢獻卓著，值得進一步擴展並優化。建議以國防役（研發替代役）模式為藍本，透過結合「學、研、產」一站式培育策略，擴大培育青年科技人才。例如招募 AI、半導體、淨零科技等領域的青年，規劃三個月的入伍訓練後進入大學或研究機構攻讀碩士學位，隨後安排至工研院、中科院等研發單位或相關產業服務至少一年，期間，由具實務經驗的專業導師指導，確保學員能兼具學術與實務能力，整體培育期約二至四年，以打造延續性的人才庫，讓青年在接受完整訓練後，直接進入產業服務，或安排至國外進修，甚至進入臺灣設立於美國的科學園區工作。

3. 吸引國際精英以擴展臺灣科技版圖—【經濟部】、【國科會】、【企業】

為提升臺灣在全球科技競爭中的地位，應持續鬆綁外籍人才來臺就讀與就業的相關政策，吸引優秀國際人才融入本地創新生態。透過簡化簽證程序、提供獎學金及完善的就業配套措施，打造具有吸引力的多元發展環境，讓更多海外精英選擇臺灣作為長期發展基地。同時，借鑒新竹科學園區的成功模式，積極於海外擴增人才培訓基地，以「臺灣科學工業園區」品牌為基礎，在國際重點區域建立據點，深化國際合作與技術交流，並為當地科技人才提供臺灣標準的培訓資源。此舉不僅有助於加速吸引並培育全球化的高端科技人才，更能以臺灣為核心擴大區域影響力，為國家贏得國際創新競爭的先機。

附錄一 「前瞻科技人才培育」綜合座談會議紀錄

一、時間：中華民國 113 年 11 月 8 日（星期五）14:00~16:00

二、地點：中技社 8 樓圖書室（臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓）

三、主席：

陳綠蔚	執行長	財團法人中技社
楊弘敦	召集人	中山大學物理系
吳光鐘	協同召集人	臺灣大學應用力學研究所

四、專家代表：

許增如	處長	國家科學及技術委員會產學及園區業務處
林德生	主任秘書	經濟部產業發展署
藍曼琪	高級管理師	教育部資訊及科技教育司
楊明傳	簡任技正	勞動部勞動力發展署訓練發展組

五、研究團隊：

蔡志宏	主任	科技政策諮詢專家室
江茂雄	院長	臺灣大學工學院
闕志達	院長	臺灣大學重點科技學院
侯拓宏	主任	國研院台灣半導體研究中心
張書豪	副組長	國研院科技政策研究與資訊中心
鐘國晉	助理研究員	國研院科技政策研究與資訊中心
李盈嬌	分析師	中經院綠色經濟研究中心
周雨蓁	分析師	中經院綠色經濟研究中心
郭怡萍	經理	工研院產業科技國際策略發展所

六、中技社同仁：

陳潔儀	主任	中技社人才培育發展中心
林志龍	組長	中技社人才培育發展中心
陳俐陵	研究員	中技社人才培育發展中心（記錄）

七、會議紀要（依發言順序）：

（一）國家科學及技術委員會產學及園區業務處許增如處長

1. 國科會致力推動前瞻科技研究，並轉化科研成果落地商化，例如前瞻技術

產學合作計畫（產學大聯盟）以「產業出題、學界解題」合作模式，擴大產學媒合規模；產學技術聯盟合作計畫（產學小聯盟）鼓勵學研機構與上中下游產業建構技術合作聯盟。

2. 為促進臺灣的南北均衡發展，國科會近期推出「智慧科技大南方產業生態系推動方案」，以「擴算力」、「鏈場域」、「引人才」、「展應用」等四大策略布局，結合實作場域與智慧科技的運用與開展，促成「AI 產業化、產業 AI 化」，以協助百工百業數位轉型。「引人才」部分，介接及槓桿南部地區 15 所技職校院之 5,400 位專業教師跨域發展，增強 16 萬學生之競爭力與就業動能。
3. 「國科會博士生研究獎學金試辦方案」提供每名受獎博士生每月四萬元獎學金，自博士班一年級起連續獎勵三年。期能吸引與支持優秀博士生專注學術研究，並於 114 年度計畫獎勵 400 名，以提升國內博士生的培育品質，助力科技與學術研究的蓬勃發展。
4. 在高階人才方面，曾推動如重點產業高階人才培訓與就業計畫（RAISE 計畫）、產業高階人才培訓計畫（產博後計畫）等方案，初衷是解決「流浪博士」的問題。然而隨著少子化趨勢的加劇，國內博士人數逐漸不足，因此擴大納入外籍博士生，提升境外生留臺工作的機會。
5. 在外籍人才的攬才與留才方面，除吸引境外生來臺就讀並鼓勵其畢業後留臺發展外，業已規劃設置 IC 設計海外訓練基地，以培育國際優秀人才，並在當地形成半導體產業聚落。此舉不僅能廣納國際專業人士，還能藉由全球布局深化臺灣在半導體領域的競爭優勢，打造跨國人才網絡。
6. 為鼓勵女性參與 STEM 領域，自 2021 年起，每年舉辦「尋找資安女婕思」競賽，藉此激勵下個世代更多女性投身資訊安全產業。同時，考量高科技產業的快速變動與跨域技能需求，科學園區特別設計人才培訓課程，並積極推動女性參與，目標使女性學員比例達 30%，期能促進多元化與性別平等的產業發展環境。

(二)教育部資訊及科技教育司藍曼琪高級管理師

1. 教育部的人才培育兼具量與質的規劃：
 - (1)量的部分，自 108 學年起，以外加名額的方式，擴增大學 STEM 領域相關科系的招生名額，包括機械、AI、資安等熱門領域。同時，為使人才培育更加符合產業需求，教育部依據經濟部的產業分析報告，動態調整各系所

的招生名額，以增進教育資源與產業發展的有效銜接。

- (2)質的部分，透過高教深耕計畫提升大學的教學品質和學生的多元發展能力。例如各大學根據自身特色和市場需求，設計與數位技術相關的專業或通識課程（人工智慧、資料科學、資訊安全等），以提高學生在數位領域的專業知識和技能。此外，積極鼓勵教師運用 AI 工具創新教學模式；同時支援非資訊領域教師參與數位相關的跨域進修，強化其數位素養與教學能力。教育部每年爭取科技預算進行重要科技領域的專項人才培育推動，其中包括人文社科領域的學生，強化其數位技能與跨域整合能力，以促進學生的多元就業發展。
2. 從過去推動科技先導型計畫的經驗來看，產學合作需要讓業界逐步適應學生實習的模式。例如，教育部與經濟部合作的「下世代行動通訊技術人才培育計畫」，企業提出實習合作時需通過職缺審查並派專人輔導，而學生暑期實習三個月後需要成果發表。這些要求雖有助於提高實習質量，但對企業參與的準備度卻是更高的挑戰。因此，建議未來應強化業界對實習計畫的接受度與準備度，同時推動學校與業界密切協作，共同設計兼顧效率與實效的合作模式。
3. 國際招生的部分透過設置各種專班吸引更多外籍學生來臺學習，並特別強調華語學習的輔助，也注重輔導就業，增進外籍生留臺就業的機會。
4. 配合政府六大核心戰略產業及 5+2 產業創新等政策，推動「建置區域產業人才及技術培育基地計畫」，113 年已核定半導體、無人機、電動車、離岸風電等 18 座重點產業人才培育基地，協助學生銜接職場實務需求。這些基地不僅為學生提供專業訓練，部分企業的人員訓練也會借用基地資源。同時，其他政府單位與產學研單位亦投入經費與資源，強化學校與產業的連結，提升實務能力。

(三)經濟部產業發展署林德生主任秘書

1. 經濟部、教育部與勞動部會安排三首長會議，討論人才培育議題。在產學合作的推動包括：
 - (1)以機械領域為例，政府透過公協會合作，邀請企業與大專校院共同推動客製化的產學合作模式。企業可根據需求提出專屬課程及專題實作訓練，並安排業界專家到校授課及提供實作場域。此外，企業也可透過獎學金等方式吸引並留住人才。

(2)以 PCB 產業到泰國投資為例，政府協助臺灣企業與泰國三所大學合作，請臺灣業師赴泰國當地大學開設短期培訓課程，培育基層幹部，可直接服務在泰國發展的臺商企業。

(3)政府協助企業與科大合作開設產學專班，在臺灣培育國際學生，完成學業並履行就業義務後（教育部新型專班，在臺就學 2 年後並就業 2 年），可回該國生產基地任職。

2. 境外人士的攬才與留才：

(1)政府協助媒合國內產業與大學校院交流，協助在臺就學國際生進入企業實習，並舉辦僑外生就業媒合會促進其留臺就業。

(2)舉辦海外攬才團，包括不分產業或者針對特定重點產業進行安排。以半導體產業為例，請業者推薦國家及學校後，政府將協助企業聯繫當地院校，並安排至該校辦理面談媒合會，協助業者至海外攬才。

3. 人才需求推估與技能培訓：

(1)國發會每年會針對重點產業進行三年人才調查與需求推估，透過企業訪談瞭解產業對科技人才的需求變化。

(2)透過產業界與學術界合作逐步制定標準化的職能基準。經濟部所推動之產業人才能力鑑定（Industry Professional Assessment System, iPAS），旨在建立一套專業的人才能力評估機制，以應對國內重點產業的人才缺口，目前已經提供超過 40 項能力認證，去年新推出「淨零碳規劃管理師」，未來將努力規劃 AI 技能的能力鑑定。

(4)近兩年在職培訓的推動重點為數位化與低碳化的雙軸轉型，其中低碳化的需求較大，並已培訓超過 3.3 萬人。隨著企業主、中高階主管及員工更瞭解低碳轉型的價值，公司就更積極支持相關計畫。此經驗顯示，針對不同對象設計符合需求課程的重要性，此模式將應用於未來的 AI 人才培訓課程，以提升企業及員工對新技術的接受度與支持。

(四)勞動部勞動力發展署訓練發展組楊明傳簡任技正

1. 各部會在不同政策任務下協力合作，致力於為國家經濟轉型與技術升級提供穩定且高效的人才資源。其中，勞動部以促進國民就業為主要目標，針對新興產業與前瞻技術，根據職務與職能資料的蒐集，擇定重要性高、影響力廣的職務制定訓練課程清單，提供相關職業訓練，以縮短技能落差，

幫助勞動力迅速適應產業變遷。

2. 「大專青年預聘計畫」旨在解決國內重點產業人才缺口及大專青年畢業前缺乏工作經驗的問題，針對本國籍大專校院畢業前一年的在校生（不含碩博士生）提供企業實習機會。參與企業需提供中階以上的訓練崗位，確保學員在訓練期間完成至少 320 小時的實務學習，並由資深員工擔任導師進行專業指導。然而，在推動過程中，部分學生對企業提供的實習職缺興趣不高，顯示匹配學生需求與實習內容之間的挑戰，目前難以徹底解決。
3. STEM 領域女性占比偏低，主要受到社會文化與傳統價值觀的影響。為改變此情形，行政院性別處積極與各部會合作，推動去除職業刻板化的措施。在職業訓練方面，勞動部每年會選定一個女性參訓比例較低的職類，藉由宣導與推廣活動來鼓勵更多女性參與，期能突破傳統觀念，提升女性在這些領域的參與度與機會。

(五)科技政策諮詢專家室蔡志宏主任

1. 國外大學安排學生到企業實習時均強調學用接軌，並使學生在承擔高階工作的過程中，深入瞭解職場所需技能，同時激發學習動機。建議國科會等學研機構及科技業廠商應加速優化學生在學期間的實習制度，借鑒國際的多元案例與成功推動模式，設立學用接軌的專屬職缺，打造創新的人才培育模式。在臺灣，要落實此策略需仰賴教育部、大學與企業間的緊密合作，深化夥伴關係，以建立精緻化、可持續的實習制度。
2. 為提升女性投入科技及理工領域比例，建議於推動科普教育及基礎教育時，多加介紹 STEM 領域之女性 Role Model，來強化及引導女學生對生涯發展的想像。
3. 為因應產學需求的長期變化，建議產業周期之預測宜達四年以上；另針對職能分析後，對多種產業均有需求之跨領域能力，列為優先人才培育對象。

(六)臺灣大學重點科技學院關志達院長

1. 期待政府部會修訂人才投資抵減或租稅補貼相關政策，或針對企業申請研發投資抵減時，設計更具導向性的激勵措施。例如在審議階段，對聘僱博士級研發人才比例較高的企業予以加分，導引國內業者優先增聘博士級人才的目標。
2. 企業的人力資源 (Human Resources) 工作應前移至學生在學期間，透過建立完善的學生實習制度，讓學生在進入職場前深入瞭解公司文化並學習相

關職能與實務，同時企業也能藉此觀察實習生的工作表現，以選拔最適合的人才。為進一步提升企業參與實習計畫的動力，建議將學生實習成效納入企業社會責任（Corporate Social Responsibility, CSR）評比指標，或作為 ESG（Environmental, Social, and Governance）永續報告書的重要項目之一，彰顯企業在人才培育與永續發展上的貢獻。

3. 過去數十年來，研發替代役對於國內公私立單位的研發人才長期培育與貢獻頗有助益，業者期待能保留此制度。

(七)臺灣大學工學院江茂雄院長

1. 臺灣離岸風電總裝置容量目前已超過 3 GW，請參考能源署公布資訊更新數據。
2. 德國大學生畢業前需要完成六個月實習（尤其工程領域更普遍），由於該國長期推行完善的實習制度，企業對此早已熟悉並全力配合。例如公司設有專責部門，負責規劃實習生的培訓內容，確保學生即使分階段進入不同企業實習，仍能循序漸進地銜接學習重點，並將實習生視為在職人員進行一般培訓、操作重要儀器設備，而非僅僅安排支援性瑣碎工作。此外，德國企業瞭解 10 個實習生中可能只有 2 位願意留任該公司成為正式員工，但臺灣企業卻普遍認為實習生培訓是浪費公司資源與人力而降低產學合作培育人才的意願。
3. 「如何吸引女性投入 STEM 領域」已成為亞太地區主要大學工學院論壇時的焦點議題，臺、日、韓都有相似問題。歐美國家女性參與 STEM 的比例較高，可能與推動 DEI（Diversity—多元，Equity—平等，Inclusion—共融）的政策有關，例如許多學校在招生入學時就設定性別或種族比例，營造更具包容性的學習環境。然而，這樣的觀念在國內尚未普及，推動難度也相對較高。
4. 韓國之頂尖大學博士班學生可申請抵免兵役，依兵種不同可減免 18 至 22 個月的服役義務，不但能讓高階人才專心投入學術研究，也是吸引優秀青年投入博士進修的重要誘因。

(八)國研院台灣半導體研究中心侯拓宏主任

1. 臺灣整體於 STEM 領域人才培育的質與量放諸全球相當有競爭力，但最大的挑戰還是目前少子女化的趨勢，直接影響未來臺灣人才的競爭力，所以政府、產業和學校的人才因應策略都必須以少子女化為前提進行討論。

2. 無論是企業或一般大眾（包含師生與家長）並未意識到高階人才與相關人才培育及投資對於國家前瞻科技發展的重要性。政府或各單位宜加強宣傳關於女性投入、強化實習以降低學用落差，加上企業注重人才培育的社會責任等等，透過公私協力為臺灣打造出具有競爭力且永續的人才生態系。

(九)主席結語

1. 陳綠蔚執行長

- (1)中技社近年進行人才培育研究的議題，包括技職教育、境外人士攬才與留才，明年將研討女性投入產業的策略，有些問題或許現階段沒辦法處理，但隨時空環境變化，可能越來越有機會調整。
- (2)本次座談會內容，將由同仁記錄並整理各位專家的發言，並請各位專家確認後收錄於議題研究報告中，且報告將公開於本社官網。

2. 吳光鐘協同召集人

- (1)前瞻科技研發與相關產業的人才培育是非常重要、值得常常討論的議題，謝謝各位專家代表的意見，也謝謝研究團隊這段時間蒐集相關資料並共同研討。
- (2)早期美國亦是面臨本國人對於進修科技或 STEM 領域的博士學位興趣缺乏的問題，便以免學雜費，甚至高額獎學金的措施吸引全球優秀學生到美國就讀。目前來臺就學的外籍學生，每個月獲得的獎學金有限且學費需自付，面對全球都在競才之際，恐無法吸引優秀學生來臺，應再積極優化推動策略與配套方案。

3. 楊弘敦召集人

- (1)目前美國 STEM 領域的一流人才都爭向到薪支相對較優厚的 Google、Microsoft、Apple 等軟體設計業發展，然而過去全球半導體業的龍頭 Intel，由於公司在這幾年表現相對低迷，對招募優秀人才顯得相對劣勢，且多是以大學畢業程度居多，對比在臺灣的台積電與韓國三星都可以招募到其國內的一流人才，且不少是研究所等級，有利於前瞻技術的研發，顯示優質人才對於公司發展與產業茁壯的重要性，因此要大力呼籲高科技公司應更重視高階人才培育，並調整薪資、福利吸引更多優秀人才加入。
- (2)謝謝各位專家們共同討論並提供具體建議，研究團隊在撰寫報告時會納入本次專家座談會的研討內容與補充相關政策，期望此份研究報告能為國家

政策制定提供具體而有力的參考依據。

附錄二 「半導體×AI 人才培育」專家座談會議紀錄

一、時間：中華民國 113 年 8 月 8 日（星期四）14:00~17:00

二、地點：中技社 8 樓圖書室（臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓）

三、主席：

陳綠蔚	執行長	財團法人中技社
楊弘敦	召集人	中山大學物理系
吳光鐘	協同召集人	臺灣大學應用力學研究所

四、專家代表（依姓氏筆畫排序）：

伍自勇	總經理	芯知了 IC 學院（台灣新思科技公司代表）
余國寵	處長	台灣積體電路製造公司
吳政忠	董事長	財團法人工業技術研究院
喬培偉	副會長	AI 大聯盟（嘉惠集團總裁）
董偉豪	總監	台北市電腦公會（TCA）
蔡明順	校務長	台灣人工智慧學校
盧超群	會長	台灣人工智慧晶片聯盟（鈺創科技創辦人）

五、研究團隊特聘專家（依姓氏筆畫排序）：

王偉鴻	副研究員	台經院研究三所
侯拓宏	主任	國研院台灣半導體研究中心
郭怡萍	經理	工研院產業科技國際策略發展所
關志達	院長	臺灣大學重點科技學院

六、中技社同仁：

陳潔儀	主任	中技社人才培育發展中心
林志龍	組長	中技社人才培育發展中心
陳俐陵	研究員	中技社人才培育發展中心（記錄）
郭佳韋	副研究員	中技社資源暨環境研究中心

七、會議紀要（依發言順序）：

(一)財團法人工業技術研究院吳政忠董事長

1. 「晶片驅動臺灣產業創新方案」（簡稱晶創臺灣）規劃民國 113-122 年挹注 3,000 億元經費，以四大策略奠基臺灣未來 10 年科技國力，包括：(1)

結合生成式 AI+ 晶片帶動全產業創新、(2)強化國內培育環境吸納全球研發人才、(3)加速產業創新所需異質整合及先進技術、(4)利用矽島實力吸引國際新創與投資來臺。

2. 由於臺灣半導體產業的卓越表現，已在全球提升能見度，在此關鍵時刻我國必須積極創新並布局未來，其中的人才問題更顯重要。然而國內人才有限，我們須吸引國際人才彌補不足，並使外國人熟悉臺灣，願意長期留臺發展。目前，晶創臺灣已在捷克布拉格建立海外訓練基地，提供完整的人才培訓生態系統、專家群，以廣納歐洲人才庫，此舉不但有助於引進國際人才來臺，更有利於與國際夥伴合作、布局全球，期望未來臺灣能成為 IC 設計人才培育的源頭。
3. 隨著生成式 AI 的興起，我們將在 3-5 年內見證實際生活、娛樂等各項領域的廣泛應用，而且勢必以半導體晶片驅動進展，所以應該利用此機會加強推動其他產業的進步。臺灣的創新能力雖然不弱，但在將創新轉化為商業價值方面仍面臨挑戰，因此，晶創臺灣旨在降低進入半導體設計與 AI 新創產業發展的門檻，讓更多人能夠參與其中；此外，還將引進人文社會科學領域的專家，結合領域知識與 IC 設計，以推動百工百業的技術研發與整合應用。
4. 政府和企業界應該共同努力，打造一個健全而完善的產業鏈，吸引更多的國際資金和團隊進來，讓新創企業能夠獲得足夠的資金支持，吸納世界的頂尖人才來臺灣發展，才能在全球競爭中占據有利位置。

(二)台灣人工智慧晶片聯盟盧超群會長

1. 以我國新竹科學工業園區成功經驗，由政府與工研院等單位帶領臺灣廠商和專業人才赴美國建立 Taiwan Science-Based Industry park，善用在美國的臺灣人才並鼓勵國人赴美國發展，雙向建立科技橋樑，並請來臺灣發展的美商大力支持、彼此互惠，以放眼國際。
2. 建議參酌國防役（研發替代役）模式培育青年人才。1999 年起開放的國防役制度（役期 4 年），於 2008 年轉型為研發替代役（役期 3 年），對臺灣科技產業發展貢獻甚佳，建議可擴大辦理，並結合一站式的「學、研、產」培育策略，積累人才庫的延續性，讓青年人接受完整訓練後直接進入產業服務，或安排到國外進修、進入臺灣在美國的科學園區工作。
 - (1) 義務役（男性、目前役期 1 年）改革：具有專業背景（如 AI/半導體/軟體/應用等）之役男，在三個月的入伍訓練後，進入研發機構或學校取得碩士

學位，再到工研院、中科院等研發機構或產業服務服役 1 年以上，獲得具實務經驗的專業人才指導，總計培育 2~4 年。

- (2) 志願役（不分男女、目前役期 4 年）改革：高中/專科畢業生，由國家提供技職教育（4 年）、研究（博碩士學程 4~6 年），以及產業服務（2~4 年），總計 10~14 年的人才培育（若為大學畢業生，志願役則是 6~8 年，即博碩士學程 4~6 年以及產業服務 2~4 年）。
3. 近日我國已鬆綁 65 歲的強制退休限制，建議應鼓勵有能力繼續貢獻的產業資深及科技工程人士延長服務到 70 歲，甚至 75 歲，或許國家可成立「長青基金」，由公司和政府共同出資，支應高齡者的薪資與福利。IBM（台灣國際商業機器股份有限公司）和 imec（比利時微電子研究中心）都在召回退休的專業人士加入，除可補充人才缺口，更能快速培育新生代。

(三)台灣積體電路製造公司余國寵處長

1. 在高等教育的部分，台積電與國內多所大學合作產學計畫，並成立 4 個聯合研發中心，與大專校院師生共同研發、實作，培育高階人才；提供前瞻研究經費與設立獎學金以支持 6 所大學之半導體或重點科技研究學院之運作，並在 13 所大學開辦半導體學程與課程。今年度攜手臺大，與德國政府開創國際產官學合作的半導體人才培育模式，招募 30 名國際學生來臺接受一學期的學科訓練後，再到台積電進行實務訓練。
2. 在中學紮根部分，2022 年起推出「SEMI 神秘積星站」的高中微課程，為期 6 周共 18 小時的內容，已持續擴大辦理；去年與清大合作，安排 2 所學校共 29 名高中生參訪實驗室。
3. 台積電人才發展強調能力導向的學習模組，重視多元且彈性的學習方式，以及各職級訓練與發展計畫，2021 年啟用新人訓練中心協助新進員工快速掌握半導體基礎知識與技能，使其獨立作業時間縮短 10%，2022 年起開放「半導體設備元件基礎」、「半導體機台基礎」2 門課程給大學生修讀，傳授製程與設備實務知識。
4. 台積電是 AI 技術催生者，亦是 AI 技術使用者與人才培育者。由於前瞻科技研發均是朝向未知領域的探索，因此具備創新、跨領域、執行力、整合能力來解決問題的人才方能提升競爭力，且人才不受性別限制，應以成長型心態提升個人價值。

(四) 芯知了 IC 學院伍自勇總經理（代表臺灣新思科技）

1. 新思科技於 2017 年決定所有部門和產品線都要整合 AI 技術，因此招聘 AI 領域博士生進行大量研究，舉辦許多研討會評估哪些 AI 技術可以用來解決具體問題，並應用於電子設計自動化(Electronic Design Automation, EDA)，以達成優化性能功耗面積、縮短驗證時間、提升測試覆蓋率等目標。2020 年與工研院「人工智慧晶片設計實驗室 (AI Chip Design Lab)」合作，提供 AI 晶片設計和建議流程包括雛形、模擬，和軟硬體仿真，降低新創公司進入門檻；目前正與台灣半導體研究中心合作，編寫 AI 晶片設計和建議流程教材，提供國內學術界 AI 晶片設計研發的環境。
2. 新思科技透過 Synopsys Academic & Research Alliances (SARA) 與學界保持密切合作，例如提供獎學金鼓勵臺灣學生攻讀博士學位，2021 年實體設計研發團隊接待 9 位暑期實習生，其中 5 位是做 AI 相關的研究，畢業後有 3 位到本公司任職，顯示產學合作和實習對於人才培育和企業發展均有助益。子公司芯知了 IC 學院目前在暑假開設晶片設計與驗證課程，教材研發時，邀請產業退休之專業人才參與，授課對象包括應屆畢業生、一般在職者及轉/待業人士。
3. 未來產業界必定會廣泛使用 AI，因此 IC 工程師要勇於使用 AI，具備判斷 AI 結果的能力並引導 AI 達到預期目標，更需要知道如何優化 AI 的運行，以 AI 來提升產品價值。

(五) 台灣人工智慧學校蔡明順校務長

1. 從近期 AI 人才缺口資料來看，需求數量一直增加，但也要注重素質的提升。儘管臺灣有 163 萬家公司，其中大約只有 2 萬家公司真正開始使用 AI，未來各行各業都會受到影響，所以需求將會更快速成長，人才缺口的情況勢必比我們預想的更嚴重。
2. 整體人才培育可分為三類：
 - (1) 用 AI 的人，須具備基本的 AI 素養，大約占 90%；台灣人工智慧學校正在推動全民 AI 素養計畫，這不僅限於學校教育，也涉及政府部門。期望政府能夠重視 AI 的重要性，並推動相關認證制度。
 - (2) 實際開發 AI 的人，約占 8%–9% 的此類人才較為稀缺，尤其是台積電、聯發科和 IC 設計等領域的頂尖人才；其中 Edge AI 整合工程師和 AIoT 全端工程師的需求最為迫切，對臺灣而言具有很大的發展機會，而 LLM

應用開發工程師需要將語言模型應用於實際的文化和社會需求中，確保技術的本土化也相當關鍵。

- (3)負責治理、安全、政策和戰略等管理人才，占比 1%–2%。
3. 臺灣現在的技術應用往往過於碎片化，缺乏整體的生態系統思維。其實我們在 AI 供應鏈中的地位非常重要，且 STEM 人才素質優秀，若能再創造人才循環，使外籍人才快速適應臺灣的生活，並提升產業的自主創新和應用能力，擴大成熟 AI 應用與服務的範圍，便能強化 AI 生態系統的建設，而此涉及經濟部、勞動部、數位部和教育部等跨部門合作。

(六)AI 大聯盟喬培偉副會長

1. AI 大聯盟致力結合產業需求與人才培訓，鼓勵學校、研發機構和公協會共同協助產業進行人才賦能，除了現行產學合作外，學校的傑出校友也可以加入產學聯盟與繼續教育計畫。
2. 建議參酌其他產業的人才培育成功經驗，妥善規劃人力資源管理方式 (Human Capital Management, HCM)，建立 AI 和半導體產業的人才發展系統，包括設立訓練及認證課程標準，以促進行業標準化，形成知識庫、案例庫、教材庫和人才庫。標準化的工作說明和學習藍圖可以幫助設定每種職位的學習發展路徑，提升組織和產業的競爭力，未來其他國家或公司甚至能夠依據臺灣已建立的標準來進行人才訓練。臺灣目前有能力，也有機會結合國際合作與人才發展，建置系統化的 AI 和半導體人才培育標準架構，並透過產業的發展布局全球，未來也將因此擁有更強的競爭力。

(七)台北市電腦公會 (TCA) 董偉豪總監

1. 今年 6 月的 COMPUTEX (臺北國際電腦展) 聚集全球 AI 頂尖企業的巨頭在臺研討，吸引 162 個國家共 8.5 萬名參觀者，以及國內外 1,500 家廠商共襄盛舉，顯示臺灣在 AI 硬體供應鏈中的領先地位。其中 AIoT 和 Edge AI 具廣泛應用潛力，但卻是 TCA 在推廣自動化技術時面臨的挑戰之一。
2. 無論是觀光業、物流業或交通運輸業等業界人士都認為科技業者不懂其運作，的確以現況而言，科技業者雖熟悉資通訊與軟體開發，但缺乏應用市場的經驗，而面臨許多困難。因此 TCA 鼓勵各產業在進行自動化時與學校或各單位合作，結合跨領域人才研發硬體設備和軟體平台，雖投入成本相當高，但一旦開發成功，並銷售給其他公司，甚至拓展至各領域，將會帶動國內製造經驗和技術的輸出。在此，期待政府能夠多加支持，幫助 IT

業界建立開發工具，並使用臺灣的製造能力將創新技術推向更高的層次。

(八)臺灣大學重點科技學院關志達院長

1. 本研究團隊昨日討論過學校人才培育現況，發現臺灣近年來博士畢業人數持續下降，而取得博士與碩士學位的人數比例也低於許多國家；而剛剛也討論到許多碩士畢業生缺乏獨立尋找資料和解決問題的能力，顯示我們在STEM領域的人才培育須加強努力。
2. 人才競爭越來越激烈，同時學生在校學習需要縮短使用落差，讓更多的學生具備實際的工作能力，並且能夠適應快速變化的市場需求。在此也建議產業界需要更積極、更早期投入參與學校內的人才培育，例如將人力資源（Human Resources）的工作向前延伸到學生在學期間，建立學生到產業實習的制度，以及與學校合作邀請業界師資赴學校授課與指導學生。
3. 政府的政策工具應該尊重並鼓勵高階研究人才的投入，而不是僅僅專注於機器設備的投資，如研發補助、投資或稅負抵減等方式來導引產業界聘僱博士級人才，加速創新研發；且有足夠多的博士畢業生，才會有量豐優質的下一代師資，持續培育高階人才。

(九)國研院台灣半導體研究中心侯拓宏主任

1. 半導體業因為其重要性與高獲利性，一定是最早導入AI提升生產力的領域。領域知識（Domain Knowledge）與資料（Data）是AI成功的關鍵，就半導體業而言，美國的《晶片與科學法案》就鼓勵「數位雙生（Digital Twin）」技術，以AI來模擬和優化半導體製程，可顯著提高效率並降低成本。
2. 未來的半導體×AI人才培育應該加強推動學生學習AI技術，理解AI的基本概念及其在半導體領域的應用，亦即半導體工程師需要懂AI，利用AI提升生產力，發揮半導體與AI相乘的效果，打造具臺灣特色的AI生產力，提升產業競爭力，也能為未來的技術發展奠定堅實的基礎。

(十)工研院產業科技國際策略發展所郭怡萍經理

1. 美國半導體工業協會（Semiconductor Industry Association, SIA）分析顯示，半導體產業新增的人才需求中有20%為電腦科學家，意即AI在半導體領域的發展，扮演著關鍵角色，例如AI可能取代未來低階設計，並且協助高階設計領域的研發，像是數位雙生技術，可融入產業真實數據進行驗證或測試；在製造方面，AI可以進行直接異常檢測和缺陷分析；在規劃階

段包括供應鏈預測和情境模擬等，均能有所助益。

2. 在人才培育的部分可分為本土培育和國際引進。本土培育除注重高等教育和職業培訓的專業人才外，包括美國、歐盟及日本，已經開始從小培養學生對半導體科技的興趣，甚至將相關課程納入中小學課程；日本和韓國也加強延攬業界資深退休人士，甚至以優惠稅率和移民政策吸引海外人才。

(十一)台經院研究三所王偉鴻副研究員

1. 國外多個研發機構推動已設有產學博士計畫，例如德國應用研究促進協會（Fraunhofer-Gesellschaft）、荷蘭應用科學研究組織（Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoekseung，TNO）和芬蘭技術研究中心（Technical Research Centre of Finland，VTT），其中德國已經推行十多年，對企業的技術創新和專利增長的貢獻非常大，在提升德國的隱形冠軍企業和中小企業的競爭力尤為顯著。
2. 日本數位廳 2023 年整合各部門羅列 AI 技能和相關培訓的準則，建置數位技能標準（The Digital Skill Standards，DSS），並建立數位培訓平台，與企業合作，訓練人才以實戰經驗來解決 AI 和半導體製程的問題，並由政府提供課程補助等政策優惠。
3. 在 AI 領域教學的部分，德國設立許多 AI 具備業界實戰經驗的專業教授職位，並且提供高於一般教授的薪水；韓國吸引三星等大公司的專家擔任教授，並由業界專家設計課程，以減少學用落差。

(十二)主席結語

1. 楊弘敦召集人

謝謝各位專家們共同討論、提供具體建議，研究團隊在撰寫報告時會納入本次專家座談會的研討內容，並進一步評估國內需求和適當做法，以提出具體可行策略供相關部會參考。

2. 陳綠蔚執行長

- (1)本次會議主要安排產業界和學界專家的討論與交流，在整合各位專家的建議和意見後，將進一步邀請教育部、經濟部、勞動部等相關部會代表檢視目前的問題和需要突破的地方，以利更有效地推動策略建議。
- (2)中技社同仁會記錄並整理各位專家的發言，並請各位專家確認後收錄於議題研究報告中，且報告將公開於本社官網。

附錄三 專有名詞中英（外）文及縮寫對照表

英文縮寫	英（外）文全名	中文名稱
AI	Artificial Intelligence	人工智慧
AIAP	AI Apprenticeship Programme	人工智慧學徒計畫（新加坡）
AICoE	Taiwan AI Center of Excellence	臺灣人工智慧卓越中心
AIoT	Artificial Intelligence of Things	人工智慧物聯網
AISG	AI Singapore	新加坡人工智慧
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	產業技術綜合研究所
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	聯邦教育及研究部（德國）
BMWK	Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (德文為 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz)	聯邦經濟及氣候行動部（德國）
BSPDN	Backside Power Delivery Network	晶背供電網絡
CCIC	Connect, Collaborate, Innovation, Co-Creation	連結、合作、創新、共創
CCS	Carbon Capture and Storage	碳捕獲與儲存
CCUS	Carbon Capture, Usage, and Storage	碳捕獲與儲存及再利用
CETs	Critical and Emerging Technologies	關鍵和新興技術
CFET	Complementary Field Effect Transistor	互補式場效電晶體
CHIPS	Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors	晶片與科學法案
CIP	Copenhagen Infrastructure Partners	哥本哈根基礎建設基金
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor	互補式金屬氧化物半導體
COP	Conference of the Parties	聯合國氣候變遷大會
CoVE	Centre of Vocational Excellence	職業卓越中心
CSET	The Center for Security and Emerging Technology	安全與新興技術中心(喬治城大學)
CSR	Corporate Social Responsibility	企業社會責任
DEI	Diversity, Equity, Inclusion	多元、平等、共融

英文縮寫	英（外）文全名	中文名稱
DRAM	Dynamic Random Access Memory	動態隨機存取記憶體
DSIT	Department for Science, Innovation and Technology	科學、創新與技術部（英國）
DSS	Digital Skill Standards	數位技能標準
DSS-L	Digital Skill Standards for DX Literacy	數位轉型素養技能標準
DSS-P	Digital Skill Standards for DX Promotion	數位轉型推動技能標準
DTU	Technical University of Denmark	丹麥技術大學
DX	Digital Transformation	數位轉型
ECoVEM	European Centre of Vocational Excellence in Microelectronics	歐洲微電子職業卓越中心
ECOWAS	Economic Community of West African States	西非國家經濟共同體
EDA	Electronic Design Automation	電子設計自動化
EHS	Environmental, Health, Safety	基礎電子、環境健康與安全
EIT	European Institute of Innovation and Technology	歐洲創新與技術研究學院
EPSRC	Engineering & Physical Sciences Research Council	工程暨物理科學研究委員會部（英國）
EQF	European Qualifications Framework	歐盟資歷架構
ESF	European Social Fund	歐洲社會基金
ESG	Environmental, Social, and Governance	環境保護、社會責任、公司治理
EU	European Union	歐盟
EUV	Extreme Ultraviolet	極紫外光
EWEM	European Wind Energy Master	歐洲風能碩士
ExLENT	Experiential Learning for Emerging and Novel Technologies	新興與創新技術之體驗式學習計畫（美國）
FCV	Fuel Cell Vehicle	燃料電池汽車
FD-SOI	Fully Depleted Silicon On Insulator	全耗盡絕緣層上矽技術
FinFET	Fin Field-Effect Transistor	鰭式場效電晶體
FTE	Full-time Equivalent	全職工作者
GAA	Gate-All-Around	環繞式閘極
GAAFET	Gate-All-Around Field Effect Transistor	環繞閘極場效電晶體

英文縮寫	英（外）文全名	中文名稱
GCSE	General Certificate of Secondary Education	中等教育普通證書（英國會考）
GRFP	Graduate Research Fellowship Program	研究生研究獎學金計畫（美國）
GWEC	Global Wind Energy Council	全球風能協會
GWO	Global Wind Organization	全球風能組織
GX	Green Transformation	綠色轉型
HBM	High Bandwidth Memory	高頻寬記憶體
HCM	Human Capital Management	人力資源管理
HV	Hybrid Vehicle	油電混合車
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung	勞動力市場暨職業研究所（德國）
IAPP	International Association of Privacy Professionals	國際隱私專業協會
IC	Integrated Circuit	積體電路
ICT	Information Communication Technology	資訊通訊科技
IEA	International Energy Agency	國際能源總署
IfATE	Institute for Apprenticeships and Technical Education	學徒和技術教育協會
IGEM	Institution of Gas Engineers & Managers	氣體工程師與管理者協會
IISc	Indian Institute of Science	印度科學研究所
ILO	International Labour Organization	國際勞工組織
IMD	International Institute for Management Development	洛桑管理學院（瑞士）
imec	Interuniversity Microelectronics Centre	跨校際微電子中心（比利時）
IP	Intellectual Property	智慧財產權
iPAS	Industry Professional Assessment System	產業人才能力鑑定
IRENA	International Renewable Energy Agency	國際再生能源組織
ISCED	International Standard Classification of Education	國際教育標準分類
ISWDP	The India Semiconductor Workforce Development Program	印度半導體勞動力發展計畫

英文縮寫	英（外）文全名	中文名稱
JEITA	Japan Electronic Information Technology Association	日本電子資訊科技產業協會
KIET	Korea Institute for Industrial Economics & Trade	韓國產業經貿研究院
KNRM	Royal Netherlands Sea Rescue Institution (荷蘭文為 Koninklijke Nederlandse Redding Maatschappij)	荷蘭皇家救援公司
LCOE	Levelised Cost of Electricity	平準化電力成本
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design	能源與環境設計領導認證
LSI	Large Scale Integration	大規模積體電路
LSIPs	Local Skills Improvement Plans	地方技能增進計畫
LSTC	Leading-edge Semiconductor Technology Center	先進半導體技術中心（日本）
MEDC	Michigan Economic Development Corporation	密西根經濟發展公司
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	經濟產業省（日本）
METIS	MicroElectronics Training, Industry and Skills	微電子培訓、產業與技能計畫
MIC	Ministry of Internal Affairs and Communications	總務省（日本）
MPI	Ministry of Planning and Investment	計畫投資部（越南）
NAIS	National AI Strategy	國家 AI 戰略（新加坡）
nCORE	Nanoelectronics Computing Research Program	奈米電子計算研究計畫
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	新能源產業技術綜合開發機構（日本）
NIC	National Innovation Center	國家創新中心（越南）
NIST	National Institute of Standards and Technology	國家標準與技術研究院（美國）
NSC	National Security Council	國家安全委員會（美國）
NSF	National Science Foundation	國家科學基金會（美國）
NSS	National Semiconductor Strategy	國家半導體戰略（馬來西亞）

英文縮寫	英（外）文全名	中文名稱
NSTC	National Science and Technology Council	國家科學技術委員會（美國）
NSTP	National Science and Technology Policy	國家科學技術政策
NZE	Net Zero Emission	淨零排放
O*NET	Occupational Information Network	職業資訊網絡
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	經濟合作暨發展組織
OPITO	Offshore Petroleum Industry Training Organization	離岸油氣產業培訓組織
OSTP	Office of Science and Technology Policy	科技政策辦公室（美國）
OWIC	Offshore Wind Industry Council	離岸風電產業委員會（英國）
PBL	Project-Based Learning	專題導向式學習
PEFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell	質子交換膜燃料電池
PERM	Program Electronic Review Management	電子審核管理系統（永久勞工證明）
PIF	Presidential Innovation Fellows Program	總統創新研究員計畫（美國）
PMIC	Power Management Integrated Circuit	電源管理積體電路
PPE	Personal Protective Equipment	個人防護裝備
R&D	Research and Development	研究與開發
RAISE	Rebuild After PhDs' Industrial Skill and Expertise	博士後產業技能培訓計畫
SARA	Synopsys Academic and Research Alliances	新思科技學術與研究聯盟
SDP	Semiconductor Degrees Program	半導體學位課程（普渡大學）
SEA	Semiconductor Education Alliance	半導體教育聯盟
SEMI	Semiconductor Equipment and Materials International	國際半導體產業協會
SIA	Semiconductor Industry Association	半導體工業協會（美國）
SMART	Science, Mathematics, and Research for Transformation	科學、數學與轉型研究獎學金計畫
SoC	System on a Chip	系統單晶片

英文縮寫	英（外）文全名	中文名稱
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell	固態氧化物燃料電池
SRC	Semiconductor Research Corporation	半導體研究聯盟
STC	Shipping and Transport College	航運與運輸學院
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics	科學、技術、工程和數學
STI GOL	Science Technology and Innovation Gender Objectives List	聯合國科技人才性別平等目標
TAICA	Taiwan Artificial Intelligence College Alliance	臺灣大專院校人工智慧學程聯盟
TAT	The Talent Action Team	半導體人才行動團隊
TNO	Netherlands Organisation for Applied Scientific Research	荷蘭應用科學研究組織
T-shore	Technical Skills for Harmonized Offshore Renewable Energy	協調離岸再生能源專業技能計畫
TSRI	Taiwan Semiconductor Research Institute	台灣半導體研究中心
TVET	Technical and Vocational Education and Training	技職教育與培訓
UNESCO	United Nations Education Scientific and Cultural Organization	聯合國教科文組織
VET	Vocational Education and Training	職業教育與培訓
VLSI	Very Large-Scale Integration	超大型積體電路
VTT	Technical Research Centre of Finland	技術研究中心（芬蘭）
WASCAL	West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use	西非氣候變遷與適應土地利用科學服務中心
WB	World Bank	世界銀行

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

全球前瞻科技人才政策對臺灣之啟示 /

楊弘敦, 吳光鐘, 江茂雄, 蔡志宏, 闕志達, 侯拓宏,
張書豪, 鐘國晉, 李盈嬌, 周雨蓁, 王偉鴻, 郭怡萍, 陳俐陵作.

-- 臺北市: 財團法人中技社, 民 113.12

198 面 ; 21×29.7 公分 -- (專題報告; 2024-13)

ISBN 978-626-98882-5-2 (平裝)

1.CST: 科學技術 2.CST: 人才 3.CST: 培育 4.CST: 臺灣

403

113019659

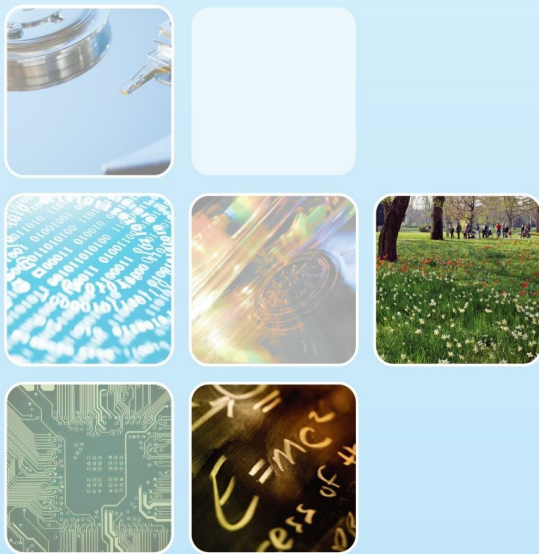
著作權聲明©財團法人中技社

本出版品的著作權屬於財團法人中技社(或其授權人)所享有,您得依著作權法規
定引用本出版品內容,或於教育或非營利目的之範圍內利用本出版品全部或部分
內容,惟須註明出處、作者。財團法人中技社感謝您提供給我們任何以本出版品
作為資料來源出版的相關出版品。

未取得財團法人中技社書面同意,禁止改作、使用或轉售本手冊於任何其他商業
用途。

免責聲明

本出版品並不代表財團法人中技社之立場、觀點或政策,僅為智庫研究成果之發
表。財團法人中技社並不擔保本出版品內容之正確性、完整性、及時性或其他任
何具體效益,您同意如因本出版品內容而為任何決策,相關風險及責任由您自行
承擔,並不對財團法人中技社為任何主張。



財團 中技社
法人

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>



使用再生紙印製