

教育研究集刊
2025年6月，71（2），頁105-141
[https://doi.org/10.6910/BER.202506/SP_71\(2\).0003](https://doi.org/10.6910/BER.202506/SP_71(2).0003)



課綱領航下國小科技師資培育 的轉型之路

徐臺屏

摘要

研究目的

科技發展驅動教育變革，培育學生科技素養已成全球焦點。我國課綱亦強調此素養，期許學生具備系統思考與解題能力。由此，國小教師角色實屬關鍵，然現行師資培育體系在職前、實習、在職三階段，未能完全呼應課綱與時代需求。過往偏重資訊科技，忽略生活科技及其整合，致師資培育面臨課程失衡、整合不足等系統性挑戰。本研究旨在探討課綱理念下，國小科技師資培育三階段的核心挑戰，並提出轉型建議，供我國師資培育政策與實務參考。

主要理論或概念架構

本研究立基於十二年國教課綱理念。國小雖無獨立科技課綱，但總綱核心素養和「科技資訊與媒體素養」議題發揮領航作用。國教院指引建議涵蓋運算思維、設計製作與新興科技認識三大主軸，強調教師的課程設計與引導角色。此融入式、彈性途徑對師資提出更高要求，需具備課程設計轉化、跨領域整合以及教學引導與評量三大核心能力。本研究以此框架檢視師資培育三階段的挑戰與落差。

徐臺屏，國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系博士生

電子郵件：taipinshe@gmail.com

投稿日期：2024年12月25日；修改日期：2025年04月05日；接受日期：2025年05月26日

研究設計／方法／對象

本研究整合運用文獻探討法與系統性的文件分析法。文獻探討旨在梳理國內外科技教育、師資培育等相關文獻，以奠定理論基礎。文件分析則作為一種系統性的質性方法，對國家課綱指引、加註專長標準及代表性師資培育大學課程計畫等文件進行深入檢視與分析。透過文獻觀點與文件分析所得資料的交叉比對，剖析臺灣國小科技師資培育的系統性困境。

研究發現或結論

研究發現，課綱理念與師資培育實踐存有落差，三階段挑戰環環相扣。首先，職前教育：課程結構失衡（偏重資訊輕生活科技）、缺乏整合性課程、課綱理念轉化不足、理論與實作失衡，且受限於師資培育機構條件（師資、資源、合作）。其次，教育實習：面臨輔導教師科技專業落差、實習學校環境資源限制、實習生缺乏實踐整合教學機會與支持，以及大學與實習學校連結薄弱等問題。第三，在職進修：教師需持續深化專業，但現有進修未能回應整合需求，專業學習社群運作困難，且校內實踐亦受資源與支持限制。文件分析證實，師資培育課程在平衡性、整合性、核心概念深度上，與國家指引及加註標準要求有明顯落差。此系統性困境阻礙整合科技素養師資的培育。

理論或實務創見／貢獻／建議

本研究貢獻在於：系統性梳理師資培育三階段連貫挑戰；整合多元證據提供實證基礎；提出涵蓋三階段及政策層面的整合性轉型建議，強調均衡發展、整合教學、深化理念、強化合作支持，呼應課綱與國際趨勢。實務建議：職前應調整課程結構、開發整合模組、深化課綱理念與核心概念教學、促進機構內部合作；實習應強化輔導教師專業、建構優質實習環境、提供具體教學支持、促進大學與學校夥伴關係；在職應提供系統性整合研習、支持多元教師專業社群、建構多元教學支持系統；整體政策需完善整合性師資培育政策引導與評鑑、加大三階段資源投入、建立精確師資供需評估與培育規劃。改善國小科技師資培育需多方協力，務實推進，方能培育符應未來需求的優秀師資。

關鍵詞：生活科技、生活經驗、科技教育、師資培育、資訊科技、課程綱要

Bulletin of Educational Research

June, 2025, 71(2), pp. 105-141

[https://doi.org/10.6910/BER.202506/SP_71\(2\).0003](https://doi.org/10.6910/BER.202506/SP_71(2).0003)

Navigating the Transformation of Elementary School Technology Teacher Education under the Curriculum Guidelines

Tai-Ping Hsu

Abstract

Purpose

As technology transforms education globally, it is crucial to cultivate students' technology literacy, which emphasized in Taiwan's Curriculum Guidelines (including Logical Thinking and Problem Solving). However, the current elementary teacher education system (pre-service, practicum, in-service) has not adequately responded to these demands, often prioritizing information technology over living technology and its integration, resulting in systemic challenges like imbalance and insufficient integration. This study, therefore, investigates these core challenges across the three stages of teacher education, using the Curriculum Guidelines as a framework, and proposes recommendations for policy-making and practical implementation.

Tai-Ping Hsu, Ph.D. Student, Department of Technology Application and Human Resource
Development, National Taiwan Normal University

Email: taipinshe@gmail.com

Manuscript received: Dec. 25, 2024; Revised: Apr. 05, 2025; Accepted: May 26, 2025.

Main Theories or Conceptual Frameworks

This study is grounded in the Curriculum Guidelines of 12-Year Basic Education. Although elementary schools lack a dedicated technology guideline, the General Guidelines outline relevant directions through the inclusion of the Core Competencies and the key issue of “Information and Technology Literacy and Media Literacy.” National Academy for Educational Research Guidance recommends covering computational thinking, design/making, and emerging technologies, highlighting the teacher’s role. This integrated approach demands higher teacher capabilities, specifically in curriculum design/transformation, cross-disciplinary integration, and teaching guidance/assessment. This framework is employed to examine challenges across the three teacher education stages.

Research Design/Methods/Participants

This study adopts both a literature review and systematic document analysis. The literature review synthesizes relevant domestic and international literature on technology education and teacher education, in order to establish a solid theoretical foundation. Document analysis serves as a systematic qualitative method to examine and analyze key documents, including national curriculum guidelines, add-on specialization standards, and curriculum plans from representative teacher education universities. By cross-referencing insights from the literature with findings derived from document analysis, the study dissects the systemic dilemmas in elementary school technology teacher education in Taiwan.

Research Findings or Conclusions

The findings reveal a significant gap between the philosophy Curriculum Guidelines and its implementation, with interconnected challenges across all three stages of teacher development. In pre-service education, key issues include curriculum imbalance (prioritizing Information Technology over living tech), a lack of integration, inadequate translation of the philosophy of the Guidelines, a disconnection between theory and practice, and institutional limitation (such as faculty and resources). The practicum stage presents gaps in mentor expertise, limited school resources/

environments, insufficient opportunities for integrated practice, and weak university-school links. At the in-service development stage, teachers struggle with professional development which is often misaligned with integration needs, difficulties in the operation of Professional Learning Community, and resource/support constraints for implementation. Document analysis confirms these deficiencies (such as curriculum imbalance, a lack of integration, and superficial engagement with core concepts) when compared against national standards, hindering the cultivation of teachers with integrated technology literacy.

Theoretical or Practical Insights/Contributions/Recommendations

Key contributions of this study include mapping the interconnected challenges across the three stages of teacher education, providing an empirical basis via diverse evidence, and offering integrated transformation suggestions targeting all three stages and policy-making. The recommendations emphasize the importance of curricular balance, integration, deeper alignment with the curriculum philosophy, and collaborative support. Practical suggestions are proposed as follows:

- Pre-service: Adjust curricula, develop integrated modules, deepen Guidelines/core concept teaching, and promote internal collaboration.
- Practicum: Enhance mentor professionalism, establish quality environments, provide concrete support, and foster university-school partnerships.
- In-service: Offer systemic integrated Professional Development, support diverse Professional Learning Communities, and build multifaceted support systems.
- Overall policy-making: Refine guidance/evaluation, increase resource allocation, establish accurate supply-demand assessment.

To sum up, improving elementary technology teacher education requires multi-stakeholder collaboration and pragmatic implementation to cultivate future-ready teachers.

Keywords: living technology, life experience, technology education, teacher education, information technology, curriculum

壹、前言

科技的快速發展已是不可逆轉的趨勢，對各行各業帶來深遠的影響，教育界也身處其中。科技不僅改變了知識的傳遞方式，也為學習帶來了更多可能性。因此，如何將科技有效地融入教學，培養學生具備未來的競爭力，成為教育界關注的重點（Artacho et al., 2020）。在這股科技浪潮下，國小教師肩負著啟蒙學生科技素養的重責大任。然而，現行的國小科技師資培育體系，在職前教育、教育實習與在職進修等階段似乎未能完全適應此變革，導致教師在面對科技教育時，難以發揮應有的教學成效（Instefjord & Munthe, 2017）。

儘管國小科技教育的重要性日益凸顯，但相關師資培育的發展似乎未能完全跟上。過去的研究與實務焦點，大多側重於資訊科技在教學上的應用，例如數位工具融入（Antonietti et al., 2022）與教師數位能力提升（Artacho et al., 2020; Cantabrana et al., 2019），對於同樣重要的生活科技（涵蓋設計思考與動手實作）及其與資訊科技的整合，在師資培育階段的關注則相對不足（吳礎嘉、林玄良，2022）。雖有研究觸及跨領域學習（Al Salami et al., 2017; Kelley et al., 2020）、學生中心學習（Chen, 2010）或連結生活經驗（林哲立，2024），然這些努力似乎尚未能系統性地解決國小科技師資培育體系所面臨的核心困境，包含職前課程失衡、整合不足、課綱理念轉化困難、理論與實作失衡，乃至師資培育機構本身的限制（符碧真，2018；陳順利，2024）。

本研究旨在探討當前課綱理念下，國小科技師資培育在職前教育、教育實習與在職進修三階段所面臨的挑戰與轉型路徑。研究方法運用文獻探討法及文件分析法，其中，文獻探討旨在系統性梳理國內外科技教育、師資培育等相關學術著作與研究報告，以奠定研究的理論基礎與問題意識；文件分析則作為輔助文獻探討，用以深入檢視與本研究主題相關的官方文件，包括：一、國家課程綱要與指引（如《十二年國民基本教育課程綱要總綱》（教育部，2014）、《議題融入說明手冊》（國家教育研究院，2019）及《國民小學科技教育及資訊教育課程發展參考說明》（國家教育研究院，2020））；二、師資培育課程標準與實踐（如教

育部（2022）修正之「國民小學教師加註科技領域專長專門課程架構表」，以及代表性師資培育大學（如國立臺中教育大學，2024；國立臺北教育大學，2024）最新公布之國小師資學程課程計畫。文件分析法在此作為一種系統性的質性研究方法（Bowen, 2009），其過程遵循迭代程序，包含對文件內容的仔細閱讀、相關片段的識別與提取（如關於國小科技教育目標、師資能力要求、課程規劃指引、現行課程科目與學分等），並基於研究問題歸納出主要的概念。同時，也對文件本身的性質進行初步評估，理解其內容呈現的可能目的與視角。透過文獻探討與文件分析的交叉比對與整合詮釋，本研究得以更全面且深入地剖析臺灣國小科技師資培育在課綱領航下的系統性困境與潛在轉型方向。

貳、課綱理念與國小科技教育實踐脈絡

一、十二年國教總綱理念與核心素養的領航作用

值得注意的是，相較於國民中學與普通型高級中等學校設有獨立之「科技領域」課程綱要，國民小學教育階段並無單獨的科技領域課綱，但這並不代表國小階段忽略科技教育，而是其推動更需仰賴《總綱》的整體「領航」。此處所謂「課綱領航」，係指《總綱》（教育部，2014）所揭示之核心素養（尤其A2系統思考與解決問題、A3規劃執行與創新應變等）及「科技資訊與媒體素養」議題作為指導原則。國家教育研究院（2019）在《議題融入說明手冊》中建議，此議題應透過提問思辨、實作探究等策略，自然地融入各學習領域教學，並進一步在《國民小學科技教育及資訊教育課程發展參考說明》中提出，國小階段科技教育應涵蓋「運算思維與程式設計」、「設計與製作」、「新興科技認識」三大主軸，並強調教師作為課程設計者與引導者的角色（國家教育研究院，2020）。由此可見，國家課程文件已透過總綱理念、議題融入指引及課程發展參考說明，為國小科技素養教育設定了兼顧資訊與生活、強調素養導向與教師增能的「領航」方向。然而，這些理想的領航方向在實際的教學現場是如何被實踐的呢？以下將探討基於這些領航方向，國小階段科技教育在實務上的主要實施途徑與現況。

二、國小階段科技教育的實施途徑與現況

基於《總綱》的領航方向，國小階段的科技教育並無固定科目或時數，而是透過更多元且彈性的途徑實施。依據國家教育研究院（2020）的建議與教學現場觀察，主要途徑包含：（一）將科技概念或技能融入數學、自然科學、社會、語文、藝術與綜合活動等不同學習領域的教學活動中；（二）運用「彈性學習課程」時間，規劃統整性的主題、專題或議題探究課程，例如自造教育、運算思維啟蒙、環境科技探究等；（三）透過社團活動提供學生依興趣選擇的學習機會，例如機器人社、程式設計社等。

然而，這些理想的實施途徑在教學現場往往面臨挑戰。研究指出，教師在實踐科技領域課程時，常遭遇教學時間不足、缺乏合適的教學資源與設備以及自身專業知能待提升等困境，導致科技融入教學可能流於表面或難以深化（林哲立，2024）。特別是在彈性學習課程的規劃與執行上，可能因師資專長來源不一或缺乏協同合作，使得課程品質參差不齊（吳礎嘉、林玄良，2022）。此外，部分教師可能因過度依賴教科書或現有教材，限制了將科技與學生真實生活經驗深度連結的可能性，使得融入式教學的彈性與創意受到侷限（陳斐卿，2023）。這些實務現場普遍存在的困難，不僅影響國小科技教育的推動成效，也間接指向了師資培育需要更積極回應的面向。

三、國小科技素養對師資專業能力的需求

國小科技教育這種融入性、彈性與多元性的實施樣貌，雖然給予學校和教師較大的自主空間，但也對師資培育提出了更高的要求。正因為缺乏固定的教材範圍與授課時數，教師不再僅是知識的傳遞者，更需要具備以下關鍵能力，方能有效應對上述挑戰，落實課綱精神：（一）課程設計與轉化能力：能理解《總綱》素養精神，並將抽象的科技概念與學生的生活經驗相連結，設計出適合國小學生的、具體的、融入式的或主題式的教學活動；（二）跨領域整合能力：能打破學科界線，有效地整合資訊科技與生活科技，甚至結合其他學科（如STEAM），進行統整性教學；（三）教學引導與評量能力：能扮演引導者角色，促進學生探究、實作與合作學習，並運用多元評量方式評估學生的科技素養。這些高層次的

能力需求，正是當前國小科技師資培育必須積極回應的挑戰。然而，現行的師資培育體系在職前、實習、在職三階段是否已具備足夠的能力與機制來培養教師具備這些能力呢？

相較於臺灣國小階段主要透過融入式或彈性課程推動科技教育，亞太地區部分國家，例如澳洲與紐西蘭，則在其國家課程框架中設有更明確的「科技」學習領域，涵蓋設計與科技、數位科技等多個面向，對應的師資培育也有較清晰的範疇（Fox-Turnbull & Reinsfield, 2020; Puddicombe & Williams, 2020）。這種實施方式的差異，也意味著臺灣國小師資在缺乏明確領域課綱指引下，其跨領域整合與課程轉化能力的要求相對更高（比較詳見附錄，表1）。

參、國小科技師資培育的挑戰

基於課綱對國小教師科技素養提出的高層次能力需求，本研究進一步探究現行國小科技師資培育體系在職前、實習與在職三階段所面臨的系統性挑戰。

一、師資職前教育階段的挑戰

（一）職前課程結構失衡：資訊與生活科技之偏重

科技教育應兼顧著重運算思維應用的資訊科技，以及強調設計思考與解決生活問題的生活科技（國家教育研究院，2020）。然而，現行國小師資培育職前課程卻普遍存在失衡現象，過度強調資訊科技，相對忽略生活科技的重要性（吳礎嘉、林玄良，2022）。這不僅見於過去研究的關注點多集中於教師數位能力培養（Artacho et al., 2020）或數位工具應用（Antonietti et al., 2022），而較少關注生活科技的師培應用；透過對數所代表性師資培育大學（如：國立臺中教育大學，2024；國立臺北教育大學，2024）之國小師資培育課程計畫進行文件分析，初步歸納發現資訊科技相關課程常列為必修且學分較多，生活科技相關課程則多為選修、學分較少。此結構與國家教育研究院（2020）建議國小應兼顧兩大主軸的方向似乎存在落差，亦與教育部（2022）為專長教師訂定的加註標準中對兩者皆有基本學分要求形成對比。這種課程結構的失衡，可能導致師資生在職前階段即對生活科技領域的理解相對薄弱，連帶影響其科技教育的整體認知（部分教師可能

窄化科技教育為資訊科技），以及未來運用科技培養學生解決實際問題的教學知能（可能偏重數位工具輔助）。

臺灣職前師資培育課程中資訊科技與生活科技學分失衡的現象，並非特例。檢視亞太地區其他國家的經驗，亦可發現類似挑戰。例如，澳洲的科技教育雖強調設計與數位並重，但在師資培育與實際教學中，仍存在過度偏重傳統操作技能或數位應用的情況，導致師資專業廣度不足（Puddicombe & Williams, 2020）。美國的科技與工程教育（Technology and Engineering, T&E）師資培育項目數量持續下降，同樣面臨合格師資短缺的困境（Litowitz & Egresitz, 2020）。這些區域性的共同挑戰（Lee & Lee, 2020），凸顯了均衡發展師資專業的重要性與困難度（比較詳見附錄，表1）。此學分與內容的失衡，連帶也體現在課程設計上缺乏有效的整合性安排，成為職前教育的另一挑戰。

（二）職前課程缺乏整合：分科教學的困境

除了學分比例失衡，現行職前課程在內容上也常將資訊科技與生活科技分開教授，缺乏整合性的課程設計與教學觀點（符碧真、李冠穎，2023）。本研究對代表性師資培育大學課程計畫的文件分析顯示，多數課程計畫中少見明確以整合資訊科技與生活科技為目標的必修課程，使得師資生難以在學習過程中理解兩者（如運算思維與設計思考）的內在關聯與互補性，更遑論學習如何進行整合性教學設計。儘管國家教育研究院（2019）的議題融入指引強調議題需自然融入各領域，教育部（2022）的加註專長標準亦包含多項整合性課程，但一般職前師資培育課程若仍採分科教學模式，師資生畢業後要在教學現場實踐整合，無疑是困難重重。這種缺乏整合的培訓，容易造成師資生知識的割裂（未能視資訊科技為解決生活問題之工具，或視生活科技為培養數位能力之途徑），導致未來教學應用困難，甚至可能使專業發展受限於單一領域，難以因應未來跨域整合的教育趨勢。

職前課程將資訊科技與生活科技分科教學所導致的整合困境，在國際間亦有討論。雖然STEM教育的整合理念已成為全球趨勢（Lee & Lee, 2020），但在師資培育階段如何有效落實跨領域整合，仍是一大挑戰。香港的經驗顯示，即使課程框架涵蓋多個知識背景，若師資培育缺乏足夠的實作與整合訓練，教師仍難以應對整合性教學的需求（Wan et al., 2020）。紐西蘭的科技教育雖強調統整，

但教師仍需克服傳統技術本位的教學慣性，才能真正實踐跨領域的探究式學習（Fox-Turnbull & Reinsfield, 2020）。由於課程缺乏整合觀點，師資生在學習時難以形成完整的科技教育圖像，這進一步影響其將課綱所強調的整合性、素養導向理念有效轉化為教學設計的能力。

（三）職前階段對課綱理念轉化能力培養不足

108課綱強調核心素養與「連結生活經驗」，要求教學應與學生真實生活情境結合，使其更具意義（教育部，2014）。然而，職前師資培育課程是否能够有效引導師資生深入理解並轉化這些理念，是一大挑戰。過去研究指出，許多教師對「連結生活經驗」的理解可能流於表面，教學設計易以自身經驗出發，忽略學生多元背景，導致連結缺乏深度（陳斐卿，2023；Pour-Khorshid, 2018）；亦有研究顯示，教師將抽象教育理念轉化為具體教學活動時常感困難（Albion et al., 2015）。職前課程若未能提供足夠的引導、案例分析與實作練習，協助師資生探討如何發掘學生經驗、如何將學科知識與生活情境深度連結、如何設計具脈絡化的教學活動，則師資生即便瞭解課綱字面意義，未來教學仍可能流於形式，難以真正落實以學生為中心的素養導向教學。若未能有效轉化課綱理念，教學可能過度側重單點技能操作，而非將實作視為理解科技原理或解決生活問題的手段，導致理論與實作的失衡。

（四）職前階段理論與實作未能均衡深化

科技教育強調實作，但職前培訓若過度偏重動手操作，而忽略背後的核心概念、原理與系統性理解，可能造成「重術輕道」的現象。國家教育研究院（2020）的參考說明與教育部（2022）的加註專長標準皆強調科技本質、倫理、系統思考等概念的重要性。然而，對部分師資培育大學課程計畫進行分析發現，科技相關課程目標仍可能較側重特定軟、硬體操作，對於引導師資生深入理解科技原理、社會意涵或系統性設計思考著墨較少。這呼應了文獻中對師資培育可能忽略核心概念的擔憂（Chen, 2010; Koh & Chai, 2016）。職前階段若缺乏足夠的理論基礎，師資生可能僅能依樣畫葫蘆，難以理解實作背後的原理（呂秀蓮，2019），未來教學也難以將實作與概念有效連結，更無法引導學生進行深度探究與知識遷移（Spiteri & Chang Rundgren, 2020）。而上述職前課程在結構、整合性、理念轉化與理論實作上的不足，其深層原因往往與師資培育機構自身的師

資、資源及合作機制等限制息息相關。

（五）師資培育機構限制對職前教育的影響

師資培育機構本身的限制，也直接影響職前教育的品質。首先，師資方面，許多師資培育單位可能缺乏同時專精於資訊科技與生活科技，且具備整合教學能力的師資，導致難以開設高品質的整合性課程（Spiteri & Chang Rundgren, 2020）。其次，資源方面，生活科技教學常需特定設備、材料與實作空間，若機構資源有限，可能傾向開設對硬體要求較低的資訊類課程，加劇課程失衡（Tondeur et al., 2016）。再者，跨領域合作機制的缺乏，使得不同專長背景的師資培育教授（如資訊科技、生活科技、教育學）難以共同設計與實施課程，課程內容容易囿於單一學科視角，未能有效整合（Ming Cheung & Yee Wong, 2014; Winch et al., 2015）。這些來自師資培育機構內部的結構性限制，使得職前課程改革面臨重重阻礙（鄭博真，2012）。

師資培育機構或學校現場在推動科技教育時所面臨的師資與資源限制，是亞太地區普遍存在的問題（Lee & Lee, 2020）。例如，日本的大學在師資培育上同樣面臨經費縮減與系所整合的壓力，影響了科技教育師資的穩定培育（Miyakawa, 2020）。澳洲也因合格師資短缺，導致部分學校縮減科技課程或由非專業教師授課，引發教學品質與工場安全的疑慮（Puddicombe & Williams, 2020）。這些情況顯示，缺乏足夠的師資與資源支持，是限制科技教育發展的共同結構性因素（詳見附錄，表1）。職前教育階段的種種挑戰，直接影響了師資生進入下一階段——教育實習的表現與所能獲得的支持。

二、教育實習階段的挑戰

（一）實習輔導教師科技專業知能的落差

教育實習的成效極大程度仰賴實習輔導教師的專業指導，然而，在快速變遷的科技教育領域，輔導教師自身的科技教學知能可能成為一大挑戰。如同文獻指出，許多在職教師在整合資訊科技於教學時便已面臨諸多困難，例如缺乏足夠的數位能力、教學信念的阻礙、或不知如何有效整合等（Spiteri & Chang Rundgren, 2020; Tondeur et al., 2016）。可以合理推論，擔任輔導教師者若自身未持續進修或缺乏相關經驗，亦可能面臨這些挑戰。特別是對於涉及設計思考、動手實作的

生活科技，以及將資訊科技與生活科技進行整合的教學模式，輔導教師可能更感生疏。研究顯示，有效的教練支持對於促進教師科技整合相當重要（Liao et al., 2021）；反之，若輔導教師自身缺乏足夠的科技教學知能與經驗，便難以扮演有效的「教練」角色，無法為實習生提供深入的科技教學演示、具體的教學策略建議或針對整合性教學設計的精準回饋與指導。這種知能上的落差，可能導致實習生在科技教學實踐上無法獲得充分支持，甚至可能複製輔導教師既有的教學模式，限制了其專業成長的潛力。

（二）實習學校科技教學環境與資源的限制

教育實習不僅是教學技能的演練，更是職前所學知能能否順利銜接實務現場的關鍵。然而，許多國小，特別是資源相對匱乏的學校，在提供充足的科技教學環境方面仍面臨挑戰。這可能包括缺乏足夠且合適的電腦設備與網路頻寬，或是進行生活科技、創客教育所需之實作工具、材料及專用教室的不足。研究指出，可用的資源對於教師數位資訊技能的展現相當重要（Saikkonen & Kaarakainen, 2021），當實習學校的硬體環境與資源匱乏時，即便是已在師資培育階段學習相關知能的實習生，也難以在實習現場獲得充分實踐創新教學或整合應用的機會。這種資源限制不僅直接影響實習生的教學實作，也可能間接削弱其運用科技教學的信心與意願，此亦呼應了師資培育推動ICT整合時普遍面臨的挑戰之一，即教學現場的基礎設施與資源支持問題（Tondeur et al., 2016）。

（三）實習階段實踐科技整合教學的機會與支持不足

師資職前教育階段所學的科技整合理念與教學模式，能否順利在教育實習中實踐，往往面臨挑戰。研究指出，職前教師對於如何運用科技支持以學生為中心的學習雖可能已建立初步模型（Chen, 2010），但在真實的實習場域中，常因學校既定的課程進度壓力、密集的教學觀摩要求或是實習輔導教師本身的教學慣性與偏好等因素，使得實習生較少有機會主導或參與設計、執行需要較長時間投入、強調探究與整合的科技主題或專題式教學。此外，職前教師的態度、信念與過往經驗亦是影響其科技整合意願與行為的關鍵因素（Farjon et al., 2019），若實習環境未能提供正向的實踐經驗、具體的支持與成功的機會（如嘗試整合教學卻遭遇挫折或未獲肯定），可能反而固化其對科技教學的保守態度或降低其整合意願。這種職前所學與實習實踐之間的落差與機會限制，不僅使得師資生難以驗

證與深化其科技整合教學能力，也可能影響其未來進入教職後實際應用相關知能的信心與可能性。

（四）師資培育大學與實習學校在科技教學輔導上的連結不足

教育實習作為連結師資培育與教學現場的關鍵橋梁，其成效仰賴大學端與實習學校端的緊密合作。然而，在科技教學領域，兩端之間的連結往往顯得不足。大學端的師資培育教授（負責實習指導）與實習學校輔導教師之間，可能因為缺乏常態溝通平台、共同輔導機制或對科技教學的共識，導致對實習生在科技教學表現上的要求、評估與回饋產生落差或支持不足。這種現象呼應了Martinovic與Zhang（2012）指出，將ICT融入師資培育課程時可能面臨的挑戰之一，即理論知識與教學實務情境間的潛在脫節；當師資培育端的指導未能充分考量實習現場的條件與限制時，其輔導的適切性便可能打折。此外，Robutti等人（2016）的國際調查雖聚焦於教師間的合作學習，但也揭示了合作對於專業成長的重要性。反思此觀點，若大學指導教授與實習輔導教師未能建立起針對科技教學的夥伴合作關係，例如共同討論輔導重點、分享實習生表現觀察、建立對科技素養教學的共同理解，則實習生很可能在兩端期望或指導方式的落差中感到困惑，難以獲得連貫且有效的專業支持。

三、教師在職進修階段的挑戰

（一）在職教師對課綱理念與科技內涵的深化挑戰

進入教學現場後，教師需將課綱理念轉化為日常教學實踐。然而，面對班級經營、教學進度等多重壓力，許多在職教師可能難有餘裕深入探究「連結生活經驗」的多元策略，或持續追蹤日新月異的科技發展與內涵。部分教師可能仍依賴教科書進行教學，限制了課程與學生真實生活脈絡連結的深度與廣度（陳斐卿，2023）；同時，從傳統知識傳遞者轉變為引導學生探究、實作的學習促進者，對許多教師而言仍是持續的挑戰（陳斐卿，2023；Kiemer et al., 2015）。

（二）在職進修內容與方式未能回應整合需求

現有的教師在職進修或研習活動，在科技領域常仍側重單一面向的技能培訓，例如特定軟體操作、數位平台應用等，較少提供系統性、整合性的課程，協助教師同時提升資訊與生活科技的整合教學知能。此外，部分研習可能仍延續過

度強調實作、輕忽概念探討的模式，未能有效協助教師深化對科技核心概念與教學原理的理解（卯靜儒，2019）。這使得在職教師即便參與了研習，仍可能難以將所學有效應用於設計與執行整合性的科技教學活動。

（三）教師專業學習社群與合作機制運作困境

教師透過專業學習社群進行合作，被認為是促進專業成長的有效途徑（Akiba et al., 2019; Miquel & Duran, 2017）。然而，在國小推動科技領域的跨領域合作（如資訊專長教師與級任教師、自然或藝術教師合作）經常面臨實際困難。這包括學校可能缺乏支持性的合作機制與文化、教師本身工作量大缺乏共同備課時間（Kale & Goh, 2014）、不同領域教師間可能存在專業術語或教學理念的隔閡（Buchanan et al., 2022），以及缺乏足夠的資源支持（Nordgren et al., 2021）。這些因素阻礙了教師透過同儕合作共同開發科技融入課程、分享教學經驗，限制了專業成長的可能性（林哲立，2024；陳順利，2024）。

（四）在職教師實踐科技教學的資源與支持限制

除了教師自身的專業發展需求外，學校環境的支持與否更是影響教學實踐的關鍵因素（黃嘉莉、謝傳崇，2022）。在職教師在校內欲推動創新的科技教學或跨領域專題課程時，經常面臨諸多外在環境的限制。例如，在有限的教學時數內安排探究或實作活動已屬不易，若再加上推動教學所需的設備或耗材經費不足，無疑是雪上加霜（Saikkonen & Kaarakainen, 2021）。同時，校內也常缺乏足夠且即時的技術支援與諮詢，例如，資訊組長可能因行政事務繁重而難以提供個別化的協助，使得教師在遇到技術問題時求助無門。此外，來自行政端的支持度不高，或是整體基礎設施（包含空間、網路、合作機制等）的不足，都可能成為阻礙教師實踐的現實困境（Nordgren et al., 2021）。這些源於學校脈絡的限制，不僅直接影響教學活動的可行性，更可能大幅降低教師投入額外心力進行科技創新教學的意願。

本研究發現，臺灣國小科技師資培育普遍面臨課程失衡、整合不足、課綱轉化困難等挑戰，此觀察與Ku與Lin（2020）在*International Technology Teacher Education in the Asia-Pacific Region*專書中對臺灣現況的分析大致相符。該文亦指出，臺灣科技師資面臨數量不足、專業水平不一以及需應對新興科技衝擊等問題，進一步印證了本研究探討這些挑戰的必要性。

肆、國小科技師資培育的轉型建議

基於前章所分析之國小科技師資培育在職前、實習與在職階段所面臨的挑戰，提出具體的轉型建議，期能供我國師資培育政策與實務參考。

一、職前教育階段的改革建議

（一）調整課程結構，均衡發展資訊與生活科技

為回應國小科技教育需兼顧運算思維與設計實作的需求（國家教育研究院，2020），職前師資培育課程結構應進行調整。建議參考教育部（2022）「加註專長」標準中對資訊科技與生活科技學分的要求精神，適度增加生活科技相關課程（如設計與製作、材料加工、創客教育）的學分比重與開設機會，並納入強調動手實作與設計思考的教學活動，確保師資生具備兩方面之基礎知能，避免過度偏重資訊科技（Reisolu & Çebi, 2020）。此調整需考量師資培育機構的整體課程規劃，尋求彈性空間（黃嘉莉、謝傳崇，2022）。此舉不僅能改善師資生在職前的基礎，長遠來看，也能提升未來擔任實習輔導教師者的專業知能，從而改善實習階段的輔導品質。

（二）開發整合性課程模組與教學法

僅調整學分並不足夠，更關鍵的是開發能促進知能整合的課程內容與教學法。建議師資培育機構應致力於設計融合資訊科技與生活科技的整合性課程模組或專題（Al Salami et al., 2017）。例如，開設「科技專題設計與實作」、「STEAM教育課程設計」等課程，讓師資生在解決真實問題的專案中，學習整合運用數位工具（如3D建模、程式控制）與實體創作（如機構設計、材料處理）。課程設計可參考溫嘉榮等人（2005）建議的同儕教練與合作學習模式，並應強調素養導向與實踐能力的培養（吳清山，2018；Celik, 2023），而非僅止於知識傳授（Koh & Chai, 2014, 2016）。為促進師資生整合科技知能，建議開發整合性課程模組。國際經驗亦顯示整合取向的重要性，例如美國的師資培育課程已逐漸融入工程設計流程（Litowitz & Egresitz, 2020），而紐西蘭則強調透過探究式學習整合不同知識領域（Fox-Turnbull & Reinsfield, 2020）。這些模式雖需考

量在地脈絡調適，但其強調問題解決、跨域連結的精神，可作為臺灣發展整合課程的參考（比較詳見附錄，表1）。

（三）深化課綱理念與核心概念教學

職前課程應加強對108課綱理念的深度解析與轉化引導。除了講解核心素養條文（教育部，2014），更應透過真實教學案例分析、課程設計實作與反思，協助師資生掌握「連結生活經驗」的多元策略與實質內涵（Albion et al., 2015; Chai et al., 2013; Postholm, 2012）。同時，課程內容需強化科技核心概念（如科技本質、系統思考、設計流程、倫理議題）的教學，避免僅重實作（Chen, 2010; Fraile et al., 2018）。可設計活動培養師資生的系統思考與程序性知識理解（Yadav et al., 2017），並引導其反思科技的教育價值與教學方法（Henriksen et al., 2016; Tømte et al., 2015）。

（四）促進師資培育機構內合作與資源共享

為克服師資與資源限制，並開設高品質的整合課程，師資培育機構內部應積極建立跨領域教師合作機制（Winch et al., 2015）。鼓勵具備資訊科技、生活科技、學科教育、課程設計等不同專長的教授，共同規劃、設計與教授科技師資培育課程（Miquel & Duran, 2017）。同時，可考慮引入多元專業師資，邀請國小優良科技教師、業界專家（如工程師、設計師）參與協同教學或開設講座，提供實務經驗與前瞻視野（楊詩弘等，2024；Cheng & Li, 2020）。此外，機構應思考如何整合與共享有限的設備、空間與經費資源，支持跨領域課程的發展（Martinovic & Zhang, 2012）。

二、教育實習階段的支持策略

（一）強化實習輔導教師科技教學專業

教育實習的品質高度仰賴實習輔導教師的專業引導，尤其在科技快速發展下，其自身科技教學知能更顯關鍵。師資培育大學與縣市教育局處應合作規劃增能管道，提升輔導教師指導實習生科技教學的能力。研究顯示，師資培育機構與實習學校的夥伴關係計畫和職前教師的專業數位能力發展相關（Andreasen et al., 2022）。這意味著有效的夥伴關係需要具備專業能力的輔導教師參與其中。然而，許多在職教師本身即面臨科技整合的挑戰，輔導教師也可能面臨相同困境。

因此，建議應針對輔導教師開設專門的增能研習，內容可涵蓋新興科技趨勢、跨領域課程設計（如STEAM）、運算思維與設計思考教學策略，以及如何觀察與回饋實習生的科技教學表現等，亦可考慮建立科技教學專長的輔導教師認證機制或人才庫，確保實習生能獲得與時俱進且有效的專業指導。

（二）建構優質科技教學實習環境

提供能讓實習生充分實踐與探索科技教學的環境相當重要。建議師資培育大學應積極與具備充足科技軟硬體資源（如電腦教室、創客空間、平板載具）及良好科技教學實踐經驗的國小建立「科技教學夥伴學校」關係。如同研究顯示，在創客空間等特定環境中進行早期實地教學經驗，有助於師資生的專業發展（Shively et al., 2021）。這樣的夥伴學校能提供實習生實際操作設備、應用數位工具、甚至參與設計及執行科技主題課程的機會，使其在真實情境中深化學習。對於資源相對不足的地區，則可考慮建立區域型的科技教育資源中心，透過設備共享、巡迴指導或提供移地教學場域等方式，彌補單一學校環境的限制，確保所有實習生都有接觸和實踐科技教學的基礎條件。

（三）提供實習生具體教學支持

職前教師在教育實習階段，需要具體的鷹架來支持其科技教學的設計與實踐。師資培育大學除了理論傳授，更應開發並提供適用於國小階段的科技融入或主題式教學示例、教案、教學模組與評量工具，作為實習生規劃教學時的具體參考。結構化的專業發展模式亦相當重要，例如，課程研究的實施經驗顯示，透過與輔導教師、大學導師的共同備課、觀課與議課循環，能有效提升師培生的科技教學知能（Lertdechapat & Faikhamta, 2021）。師資培育機構可借此精神，鼓勵或建立實習生線上或實體的學習社群，促進同儕間的經驗分享、資源交流與協同備課，降低實習生獨自摸索的焦慮感，並在互動中激盪出更多科技教學的創新想法與實踐策略。

（四）促進大學與實習學校夥伴關係

為確保實習輔導的一致性與有效性，必須強化師資培育大學與實習學校之間的夥伴關係與溝通機制。研究顯示，結構性的研究—實踐夥伴關係（Research-Practice Partnership, RPP）能有效支持師資生的教學實踐，即使在具挑戰性的情境下（如疫情期間的虛擬教學）亦然（Louis & King, 2022）。由此精神，建議

建立師資培育大學指導教授、實習學校輔導教師及實習生三方的常態性溝通平台與協同輔導模式。例如，可透過定期的實體或線上會議、共享的教學觀察紀錄表（可納入科技教學指標），以及共同參與的教學研討活動等方式，讓三方能針對實習生在科技教學上的規劃、執行、困難與反思進行深入對話，凝聚輔導共識，確保大學端的理論指導能與現場端的實務需求有效銜接，共同支持實習生的專業成長。

三、在職進修階段的精進作為

（一）提供回應整合需求的系統性研習

為有效支持在職教師發展整合科技教學能力，教師進修課程的規劃應超越零散、單點式的技能培訓，朝系統性與持續性發展（Postholm, 2012），以呼應教師終身學習的需求（王等元，2024）。研習內容的設計，應緊密結合課綱精神（卯靜儒，2019），提供兼顧資訊科技與生活科技整合、理論深度與實務應用、課綱理念轉化的系列化、主題式，甚至是針對不同背景教師需求的客製化工作坊或學分班（陳慧蓉、李玲惠，2021）。具體內容可涵蓋跨領域課程設計（如STEAM、PBL）、探究式教學與專題引導策略、結合科技的多元評量設計等面向。在研習模式上，除了傳統實體工作坊，亦可善用數位科技，發展高品質的線上專業發展課程（Meyer et al., 2023）或混合式學習模式，並可參考運用磨課師（Massive Open Online Courses, MOOCs）擴大參與及克服時空限制（黃振豐，2018），提供教師更多元、彈性的進修管道。

（二）支持教師專業學習社群與合作模式的多元發展

為深化在職教師的科技整合教學實踐，教育主管機關與學校應積極創造條件，支持多元化的教師專業學習社群（Professional Learning Community, PLC）與合作模式發展。這不僅需要提供必要的經費、時間誘因（如減授鐘點）與行政支持，更應鼓勵教師建立持續運作的合作機制（Nordgren et al., 2021）。可參考的模式相當多元，例如：

1. 專業學習社群（PLC）：借鑑國際經驗（Hairon & Tan, 2017）與本土案例（陳順利，2024），鼓勵教師（特別是跨領域教師）組成PLC，聚焦於科技融入或STEAM主題，進行長期的、週期性的共同備課、教學設計、公開授課與專業

對話，並在信任的氛圍中共同成長（Schindler et al., 2021）。

2. 授業研究（lesson study）：引入如日本行之有年的Lesson Study模式，讓教師團隊針對特定科技教學單元，進行深入的課例研究、教學觀察與反思修正，精進教學設計與實踐（Akiba et al., 2019）。

3. 同儕學習網絡（peer learning network）：建立跨校或區域性的學習網絡，讓教師透過同儕教練或合作學習的方式，分享資源、交流策略、相互支持，共同提升科技教學能力（Miquel & Duran, 2017）。

4. 線上社群平台：善用數位科技，建立或利用現有線上平台（甚至如Instagram等社群媒體），促進教師跨越時空限制的交流、資源共享與社會性支持（Richter et al., 2022）。

支持教師專業學習社群是提升在職教師專業的有效策略。在亞太地區，香港和新加坡等地亦有推動教師學習社群（PLC）的經驗，日本則透過全國性與地區性的學會組織，提供教師交流與研習的平台（Miyakawa, 2020）。這些經驗顯示，建立常態性、支持性的教師合作網絡對於促進專業成長相當重要。無論採用何種模式，成功的關鍵在於建立支持性的社群文化、提供有效的運作機制與持續的資源投入，讓教師合作不僅是短期活動，更能成為促進其科技整合教學專業持續發展的動力（詳見附錄，表1）。

（三）建構多元化教學支持系統

為協助在職教師克服教學挑戰，應建構結合正式與非正式、實體與線上的多元支持網絡。首先，可建立更具持續性與個別化的正式支持機制，例如，組織科技教育輔導團或專家入校服務，提供如同Liao等人（2021）研究中所強調的有效教學教練支持，協助教師診斷教學問題、發展在地化策略。考量教師需求的個別差異，此類支持應盡可能提供個別化的技術輔導或諮詢，以回應教師的特定偏好與實際困難（Top et al., 2021）。另一方面，應善用網路科技建構非正式支持與資源共享平台。除了建置傳統的線上教學資源庫以匯集優良教案、教學媒材與技術支援資訊外，更可借鑑教師運用社群媒體進行專業學習的模式（Prestridge, 2019），設計具互動性的線上交流社群或論壇，促進教師同儕間的經驗分享、問題共商、資源共創與相互支持，形成正式輔導之外的重要補充力量，有效降低教師尋求協助與專業成長的門檻。

四、整體性政策與資源支持

師資培育的轉型需要系統性的政策引導與資源投入。近年教育部雖大力推動數位學習與運算思維，但相對較少針對國小師資培育中「生活科技」師資養成或「資訊科技與生活科技整合教學」提供同等規模的專項計畫或資源支持。此現象可能間接影響師資培育機構發展相關課程的意願與能力。

（一）完善整合性師資培育政策引導與評鑑

教育主管部門應制定更明確的政策，鼓勵並支持師資培育單位調整課程結構，推動資訊科技與生活科技的整合性師資培訓。政策方向應與總綱理念及國家教育研究院（2019）指引保持一致。可考慮修訂師資職前教育課程基準或相關評鑑指標，適度納入對師資生整合科技素養能力的要求，引導師資培育機構重視此面向（Molina et al., 2020）。政策制定應保持彈性，允許師資培育單位發展特色，同時建立完善配套措施（如專業諮詢、技術支持）以協助落實（Claro et al., 2024）。

政策的引導對於師資培育改革相當重要。澳洲推動全國統一的科技課程標準與師資專業標準（Australian Institute for Teaching and School Leadership, AITSL）的經驗，或可作為臺灣思考如何更清晰地界定科技教師核心能力的參考（Puddicombe & Williams, 2020）。日本對教師能力的認證考試制度，雖然國情不同，但其試圖標準化教師專業水平的做法亦值得關注（Miyakawa, 2020）。

（二）加大師資培育三階段之資源投入與整合

提升師資培育品質亟需增加資源投入。政府應穩定提供師資培育機構足夠的經費，支持其聘任多元專長師資、開發整合課程、充實教學設備（尤其生活科技實作所需）（Saikkonen & Kaarakainen, 2021）。同時應思考如何簡化行政流程或提供行政支持，減輕師資培育教授負擔（Top et al., 2021）。對於教育實習階段的夥伴學校、在職教師的進修與社群運作，亦需投入相應資源。師資培育單位自身也應積極開拓多元資源管道，並思考資源共享機制，以提升使用效益。

（三）建立國小科技師資供需評估與培育規劃

有效的師資培育政策應建立在對現場需求的精確掌握之上。然而，如前所述，目前可能缺乏評估國小階段具備整合科技素養（兼具資訊科技與生活科技能

力)師資實際供需狀況的明確數據。為使師資培育政策更有所本,建議教育主管部門應委託專責機構,進行更系統性與週期性的國小整合科技師資需求評估。此評估不僅應考量總量,更需深入瞭解現場不同區域、不同學校規模下,教師在科技教學上的實際能力缺口,以及影響其專業發展需求的個人與環境因素(黃嘉莉、謝傳崇,2022),並評估對具備特定專長(如能開設跨領域科技專題)師資的需求程度。綜合這些質性與量化的評估結果,應作為調整師資培育學程招生名額、檢討職前課程標準、規劃公費生制度或設計更具針對性的在職「加註專長」增能學分班(教育部,2022)之重要依據,以確保師資培育的質與量能更有效地回應國家科技發展政策與國小教育現場的實際需求。

伍、結論與建議

本研究旨在探討課綱理念下國小科技師資培育於職前、實習、在職三階段所面臨的挑戰與轉型路徑。研究發現,儘管總綱與相關課程指引已揭示科技素養的重要性與兼顧資訊、生活面向之方向,然師資培育體系在實踐上仍面臨諸多系統性挑戰。職前教育階段普遍存在課程結構偏重資訊科技而忽略生活科技、缺乏有效的整合性課程與教學法、對於課綱理念(如連結生活經驗)的轉化引導不足,以及理論與實作未能均衡深化等問題,同時亦受限於師資培育機構自身的師資、資源與合作機制。進入教育實習階段,則面臨實習輔導教師科技專業知能可能不足、部分實習學校教學環境與資源受限、實習生缺乏實踐科技整合教學的充分機會與支持,以及大學端與實習學校在科技教學輔導上連結薄弱等困境。而在教師在職進修階段,教師不僅需持續深化對課綱理念與新興科技內涵的理解,更面臨現有進修內容未能有效回應整合教學需求、專業學習社群與合作機制運作不易,以及在校內實踐科技教學時遭遇資源與支持限制等挑戰。透過系統性文件分析,亦證實一般師資培育職前課程現況,與國家課程發展參考說明及「加註專長」標準在平衡性、整合性與核心概念深度上存在明顯落差。

本研究主要貢獻在於:一、採用師資培育三階段(職前、實習、在職)分析框架,系統性地梳理了臺灣當前國小科技師資培育所面臨的多層次、連貫性挑戰,超越了以往可能僅聚焦單一階段或問題的探討。二、整合多元證據提供實證

基礎。本研究特別藉由對國家課程文件及師資培育課程計畫進行系統性文件分析，從官方文件中獲取了有別於文獻探討的實證資料，為本研究的發現提供了紮實的依據。三、基於挑戰分析，提出了涵蓋職前、實習、在職及整體政策層面的具體轉型建議路徑，強調均衡發展資訊與生活科技、開發與落實整合性課程與教學法、深化課綱理念轉化與核心概念教學、強化跨階段與跨領域的合作與支持系統之重要性。此觀點不僅回應了國內108課綱的素養導向目標，亦與國際上強調整合性STEM／科技師資培育，需培養教師掌握全局而非僅專注單一領域的趨勢相呼應（Mintii, 2023; Shi et al., 2024）。本研究結果期能為臺灣國小科技師資培育的未來發展，提供系統性的反思參照與具體的改革方向。

本研究雖力求周延，然仍存有若干限制。首先，在研究方法上，主要採文獻探討與文件分析，未能納入對師資生、實習輔導教師、在職教師、師資培育者或行政人員的訪談或問卷調查，故未能呈現更深層次的個人觀點、實踐經驗與潛在影響因素。其次，在文件分析方面，大學師資培育課程計畫的分析主要基於各校公開之課程架構與科目表，可能未能完全反映課程的實際教學內容、深度與師生互動情形，且取樣的大學數量有限，推論至整體師資培育體系需持保留態度。再者，針對新增納入的教育實習階段之挑戰與建議，目前國內外直接相關的實證研究文獻相對較少，部分論述的實證支持強度仍待未來研究進一步強化。

基於本研究發現與限制，建議未來研究可朝以下方向深入：

一、深化實務探究：針對特定議題進行質性或混合研究，例如，透過個案研究深入瞭解不同師資培育大學科技整合課程的設計理念、實施歷程與師資生學習成效；或透過訪談、焦點團體等方式，探究國小實習輔導教師在指導科技教學時的實際困境與專業發展需求。

二、聚焦實習階段：發展並評估不同的國小教育實習階段科技教學輔導模式（如協同輔導、主題式實習、運用數位平台支持等）之可行性與成效。

三、評估在職模式：比較不同在職進修模式（如長期工作坊、PLC、線上課程）或教師社群運作方式（如跨校合作、同儕教練）對於提升教師科技整合教學知能與實踐意願的影響。

四、檢視政策影響：分析不同政策工具（如師資培育評鑑指標調整、專項經費補助、加註專長誘因）對師資培育機構課程改革意願與實際作為的影響程度。

五、拓展研究議題：探討如何更有效地將多元文化、在地知識或新興科技（如AI素養）融入國小科技師資培育課程，以及如何建立更有效的師資供需評估模型。

六、強化國際比較：借鑑 *International Technology Teacher Education in the Asia-Pacific Region* 專書（Lee & Lee, 2020）的基礎（詳見附錄，表1），針對特定國家的創新師資培育策略（如紐西蘭的探究式學習、美國的替代師資認證等）進行深入比較分析，探討其對臺灣改革的啟示與轉化應用之可行性。

改善國小科技師資培育是提升整體科技教育品質、培育未來國民素養的關鍵。唯有教育主管機關、師資培育機構、中小學現場與第一線教師四方共同協力，以前瞻性的視野與務實的策略，持續精進師資培育的各個環節，才能培育出具備全面科技素養與整合教學能力的優秀教師，真正落實課綱理念，為臺灣的永續發展奠定堅實基礎。

參考文獻

- 王等元（2024）。十二年國教下終身學習教師專業發展資歷架構芻議。課程與教學，27（1），57-90。https://doi.org/10.6384/CIQ.202401_27(1).0003
- [Wang, D.-Y. (2024). A preliminary study on the qualification framework for lifelong learning teacher professional development under the 12-year basic education. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 27(1), 57-90. https://doi.org/10.6384/CIQ.202401_27(1).0003]
- 卯靜儒（2019）。你今天深度學習了嗎？：新課綱研習工作坊之教師學習經驗探究。教育研究月刊，305，52-74。https://doi.org/10.3966/168063602019090305004
- [Mao, J.-R. (2019). Have you engaged in deep learning today?: An inquiry into teachers' learning experiences in new curriculum guideline workshops. *Journal of Education Research*, 305, 52-74. https://doi.org/10.3966/168063602019090305004]
- 吳清山（2018）。素養導向教師教育內涵建構及實踐之研究。教育科學研究期刊，63（4），261-293。https://doi.org/10.6209/JORIES.201812_63(4).0009
- [Wu, C.-S. (2018). A study on the construction and practice of competence-based teacher education. *Journal of Research in Education Sciences*, 63(4), 261-293. https://doi.org/10.6209/JORIES.201812_63(4).0009]

- 吳礎嘉、林玄良（2022）。初探國小推動科技教育的困境及建議。《臺灣教育評論月刊》，**11**（11），56-61。
- [Wu, C.-C., & Lin, H.-L. (2022). A preliminary exploration of the difficulties and suggestions for promoting technology education in elementary schools. *Taiwan Educational Review Monthly*, *11*(11), 56-61.]
- 呂秀蓮（2019）。課綱為本課程設計經驗之研究：以國中教師為對象。《教育實踐與研究》，**32**（1），1-32。
- [Lu, H.-L. (2019). A study on the experience of curriculum-guideline-based course design: Targeting junior high school teachers. *Educational Practice and Research*, *32*(1), 1-32.]
- 林哲立（2024）。探究科技領域課程在實踐上的挑戰：文化歷史活動理論視角。《數位學習科技期刊》，**16**（1），31-55。https://doi.org/10.53106/2071260X2024011601002
- [Lin, C.-L. (2024). Exploring the challenges in the practice of technology domain curriculum: A cultural-historical activity theory perspective. *International Journal of Digital Learning Technology*, *16*(1), 31-55. https://doi.org/10.53106/2071260X2024011601002]
- 符碧真（2018）。素養導向國教新課綱的師資培育：國立臺灣大學「探究式—素養導向的師資培育」理想芻議。《教育科學研究期刊》，**63**（4），59-87。https://doi.org/10.6209/JORIES.201812_63(4).0003
- [Fu, P.-C. (2018). Competency-based teacher education for the new curriculum guidelines of national education: A preliminary proposal for “inquiry-based competency-oriented teacher education” at National Taiwan University. *Journal of Research in Education Sciences*, *63*(4), 59-87. https://doi.org/10.6209/JORIES.201812_63(4).0003]
- 符碧真、李冠穎（2023）。面對108新課綱的「探究與實作」：師資培育「雙實作」的教育實踐課程。《教育科學研究期刊》，**68**（3），239-273。https://doi.org/10.6209/JORIES.202309_68(3).0008
- [Fu, P.-C., & Li, K.-Y. (2023). Facing “inquiry and practice” in the 108 curriculum guidelines: An educational practice course of “dual practice” in teacher education. *Journal of Research in Education Sciences*, *68*(3), 239-273. https://doi.org/10.6209/JORIES.202309_68(3).0008]
- 國立臺中教育大學（2024）。國民小學教師師資職前教育課程科目及學分。https://tecs2020.ntcu.edu.tw/front/down/12345/123451/archive.php?ID=4b11a7fef91d6c5709d12c29a93d5ef4
- [National Taichung University of Education. (2024). *Curriculum subjects and credits for pre-service teacher education programs for elementary school teachers*. https://tecs2020.ntcu.

- edu.tw/front/down/12345/123451/archive.php?ID=4b11a7fe91d6c5709d12c29a93d5ef4]
國立臺北教育大學（2024）。國民小學教師師資職前教育課程科目及學分表。https://ote.ntue.edu.tw/p/405-1008-11397,c1052.php?Lang=zh-tw
- [National Taipei University of Education. (2024). *Curriculum subjects and credits table for pre-service teacher education programs for elementary school teachers*. https://ote.ntue.edu.tw/p/405-1008-11397,c1052.php?Lang=zh-tw]
- 國家教育研究院（2019）。議題融入說明手冊。https://cirn.moe.edu.tw/WebContent/index.aspx?sid=11&mid=7318
- [National Academy for Educational Research. (2019). *Issues integration handbook for the 12-year basic education curriculum guidelines for elementary, junior high, and general senior high schools*. https://cirn.moe.edu.tw/WebContent/index.aspx?sid=11&mid=7318]
- 國家教育研究院（2020）。國民小學科技教育及資訊教育課程發展參考說明。https://www.naer.edu.tw/PageDoc/Detail?fid=15&id=280
- [National Academy for Educational Research. (2020). *Reference description for the curriculum development of technology education and information education in elementary schools*. https://www.naer.edu.tw/PageDoc/Detail?fid=15&id=280]
- 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。https://cirn.moe.edu.tw/WebContent/index.aspx?sid=11&mid=12502
- [Ministry of Education. (2014). *General guidelines of the 12-year basic education curriculum*. https://cirn.moe.edu.tw/WebContent/index.aspx?sid=11&mid=12502]
- 教育部（2022）。國民小學教師加註各領域專長專門課程架構表實施要點。https://edu.law.moe.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL000491
- [Ministry of Education. (2022). *Implementation directions for the specialized curriculum framework for elementary school teachers to add subject specializations*. https://edu.law.moe.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL000491]
- 陳順利（2024）。108新課綱前導協作計畫核心學校發展學校本位課程展化學習歷程的個案分析。《學校行政》，154，216-276。https://doi.org/10.6423/HHHC.202411_(154).0009
- [Chen, S.-L. (2024). A case study on the development of school-based curriculum and expanding learning portfolios in a core school under the pilot collaborative program for the 12-year basic curriculum guidelines. *School Administrators*, 154, 216-276. https://doi.org/10.6423/HHHC.202411_(154).0009]
- 陳斐卿（2023）。從教師與出版業者之關係看十二年國民基本教育課程綱要下教師學

- 習的轉變。教科書研究，16（1），79-166。https://doi.org/10.6481/JTR.202304_16(1).03
- [Chen, F.-C. (2023). The translation of teacher learning under the curriculum guidelines of 12-year basic education in Taiwan: A relational view towards teachers and textbook publishers. *Journal of Textbook Research*, 16(1), 79-116. https://doi.org/10.6481/JTR.202304_16(1).03]
- 陳慧蓉、李玲惠（2021）。南向政策下之跨境教師專業發展的需求評估：以五所馬來西亞華文獨立中學為例。教育科學研究期刊，66（3），107-159。https://doi.org/10.6209/JORIES.202109_66(3).0004
- [Chen, H.-J., & Li, L.-H. (2021). Needs assessment of cross-border teachers' professional development under the southbound policy: Case study of five Malaysian-Chinese independent secondary schools. *Journal of Research in Education Sciences*, 66(3), 107-159. https://doi.org/10.6209/JORIES.202109_66(3).0004]
- 黃振豐（2018）。透過磨課師為教師專業發展創造新途徑。教育研究與發展期刊，14（1），35-72。https://doi.org/10.3966/181665042018031401002
- [Huang, C.-F. (2018). Creating new pathways for teacher professional development through MOOCs. *Journal of Educational Research and Development*, 14(1), 35-72. https://doi.org/10.3966/181665042018031401002]
- 黃嘉莉、謝傳崇（2022）。為何教師專業發展活動不有效？TALIS 2018臺灣國中教師調查結果之羅吉斯驗證。教育科學研究期刊，67（1），1-32。https://doi.org/10.6209/JORIES.202203_67(1).0001
- [Huang, C.-L., & Hsieh, C.-C. (2022). Why are teacher professional development activities not effective? Logistic regression validation of TALIS 2018 Taiwan junior high school teacher survey results. *Journal of Research in Education Sciences*, 67(1), 1-32. https://doi.org/10.6209/JORIES.202203_67(1).0001]
- 楊詩弘、方羿臻、陳震宇（2024）。技術型高中構造與施工法課程實施現況與課題之研究。建築學報，127，67-90。
- [Yang, S.-H., Fang, Y.-Z., & Chen, C.-Y. (2024). A study on the implementation status and issues of construction and building methods courses in technical senior high schools. *Journal of Architecture*, 127, 67-90.]
- 溫嘉榮、施文玲、鄧朱雅（2005）。運用同儕教練與合作學習於導入數位化教學的師資培訓之研究。教育學刊，25，103-126。https://doi.org/10.6450/ER.200512.0103

- [Wen, C.-J., Shih, W.-L., & Teng, C.-Y. (2005). A study of applying peer coaching and cooperative learning to teacher training for introducing digital teaching. *Educational Review*, 25, 103-126. <https://doi.org/10.6450/ER.200512.0103>]
- 鄭博真 (2012)。我國大學教師專業發展之現況、困境與展望。教育研究與發展期刊，8 (1)，61-92。 [https://doi.org/10.6925/SCJ.201203_8\(1\).0003](https://doi.org/10.6925/SCJ.201203_8(1).0003)
- [Cheng, P.-C. (2012). The current status, predicaments, and prospects of university teacher professional development in Taiwan. *Journal of Educational Research and Development*, 8(1), 61-92. [https://doi.org/10.6925/SCJ.201203_8\(1\).0003](https://doi.org/10.6925/SCJ.201203_8(1).0003)]
- Akiba, M., Murata, A., Howard, C. C., & Wilkinson, B. (2019). Lesson study design features for supporting collaborative teacher learning. *Teaching and Teacher Education*, 77, 352-365. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.10.012>
- Al Salami, M. K., Makela, C. J., & de Miranda, M. A. (2017). Assessing changes in teachers' attitudes toward interdisciplinary STEM teaching. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 63-88. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9341-0>
- Albion, P. R., Tondeur, J., Forkosh-Baruch, A., & Peeraer, J. (2015). Teachers' professional development for ICT integration: Towards a reciprocal relationship between research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 655-673. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9401-9>
- Andreasen, J. K., Tømte, C. E., Bergan, I., & Kovac, V. B. (2022). Professional digital competence in initial teacher education: An examination of differences in two cohorts of pre-service teachers. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 17(1), 61-74. <https://doi.org/10.18261/njdl.17.1.5>
- Antonietti, C., Cattaneo, A., & Amenduni, F. (2022). Can teachers' digital competence influence technology acceptance in vocational education?. *Computers in Human Behavior*, 132, 107266. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107266>
- Artacho, E. G., Martínez, T. S., Ortega Martín, J. L., Marín Marín, J. A., & García, G. G. (2020). Teacher training in lifelong learning-the importance of digital competence in the encouragement of teaching innovation. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7), 2852. <https://doi.org/10.3390/su12072852>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Buchanan, R., Scott, J. A., Pease-Alvarez, L., & Clark, M. (2022). Common ground is not

- enough: The situated and dynamic process of collaboration in a multiagency teacher professional development project. *Teaching and Teacher Education*, 117, 103764. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103764>
- Cantabrana, J. L. L., Rodríguez, M. U., & Cervera, M. G. (2019). Assessing teacher digital competence: The construction of an instrument for measuring the knowledge of pre-service teachers. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(1), 73-78. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.1.370>
- Celik, I. (2023). Towards intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, 138, 107468. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology and Society*, 16(2), 31-51.
- Chen, R. J. (2010). Investigating models for preservice teachers' use of technology to support student-centered learning. *Computers and Education*, 55(1), 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.11.015>
- Cheng, M. M. H., & Li, D. D. Y. (2020). Implementing practitioner research as a teacher professional development strategy in an Asia-Pacific context. *Journal of Education for Teaching*, 46(1), 55-70. <https://doi.org/10.1080/02607476.2019.1708627>
- Claro, M., Castro-Grau, C., Ochoa, J. M., Hinostriza, J. E., & Cabello, P. (2024). Systematic review of quantitative research on digital competences of in-service school teachers. *Computers and Education*, 215, 105030. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105030>
- Farjon, D., Smits, A., & Voogt, J. (2019). Technology integration of pre-service teachers explained by attitudes and beliefs, competency, access, and experience. *Computers and Education*, 130, 81-93. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.010>
- Fox-Turnbull, W., & Reinsfield, E. (2020). Technology teacher education in New Zealand. In L.-S. Lee & Y.-F. Lee (Eds.), *International technology teacher education in the Asia-Pacific Region* (pp. 213-262). Central Taiwan University of Science and Technology; K-12 Education Administration, Ministry of Education, Taiwan.
- Fraille, M. N., Peñalva-Vélez, A., & Lacambra, A. M. M. (2018). Development of digital competence in secondary education teachers' training. *Education Sciences*, 8(3), 104. <https://doi.org/10.3390/educsci8030104>
- Hairon, S., & Tan, C. (2017). Professional learning communities in Singapore and Shanghai:

- Implications for teacher collaboration. *Compare*, 47(1), 91-104. <https://doi.org/10.1080/03057925.2016.1153408>
- Henriksen, D., Mishra, P., & Fisser, P. (2016). Infusing creativity and technology in 21st century education: A systemic view for change. *Educational Technology and Society*, 19(3), 27-37.
- Instefjord, E. J., & Munthe, E. (2017). Educating digitally competent teachers: A study of integration of professional digital competence in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 67, 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.05.016>
- Kale, U., & Goh, D. (2014). Teaching style, ICT experience and teachers' attitudes toward teaching with Web 2.0. *Education and Information Technologies*, 19(1), 41-60. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9210-3>
- Kelley, T. R., Knowles, J. G., Holland, J. D., & Han, J. (2020). Increasing high school teachers self-efficacy for integrated STEM instruction through a collaborative community of practice. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00211-w>
- Kiemer, K., Gröschner, A., Pehmer, A. K., & Seidel, T. (2015). Effects of a classroom discourse intervention on teachers' practice and students' motivation to learn mathematics and science. *Learning and Instruction*, 35, 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.10.003>
- Koh, J. H. L., & Chai, C. S. (2014). Teacher clusters and their perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) development through ICT lesson design. *Computers and Education*, 70, 222-232. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.08.017>
- Koh, J. H. L., & Chai, C. S. (2016). Seven design frames that teachers use when considering technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers and Education*, 102, 244-257. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.003>
- Ku, C.-J., & Lin, K.-Y. (2020). Technology teacher education in Taiwan. In L.-S. Lee & Y.-F. Lee (Eds.), *International technology teacher education in the Asia-Pacific Region* (pp. 263-307). Central Taiwan University of Science and Technology; K-12 Education Administration, Ministry of Education, Taiwan.
- Lee, L.-S., & Lee, Y.-F. (2020). *International technology teacher education in the Asia-Pacific Region*. Central Taiwan University of Science and Technology; K-12 Education Administration, Ministry of Education, Taiwan. https://www.researchgate.net/publication/353548850_International_Technology_Teacher_Education_in_the_Asia-

Pacific_Region

- Lertdechapat, K., & Faikhamta, C. (2021). Enhancing pedagogical content knowledge for STEM teaching of teacher candidates through lesson study. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 10(4), 331-347. <https://doi.org/10.1108/IJLLS-03-2021-0020>
- Liao, Y. C., Ottenbreit-Leftwich, A., Glazewski, K., & Karlin, M. (2021). Coaching to support teacher technology integration in elementary classrooms: A multiple case study. *Teaching and Teacher Education*, 104, 103384. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103384>
- Litowitz, L. S., & Egresitz, J. C. (2020). Technology teacher education in the United States of America. In L.-S. Lee & Y.-F. Lee (Eds.), *International technology teacher education in the Asia-Pacific Region* (pp. 309-348). Central Taiwan University of Science and Technology; K-12 Education Administration, Ministry of Education, Taiwan.
- Louis, V. N., & King, N. S. (2022). Emancipating STEM education through abolitionist teaching: A research-practice partnership to support virtual microteaching experiences. *Journal of Science Teacher Education*, 33(2), 206-226. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.2012957>
- Martinovic, D., & Zhang, Z. (2012). Situating ICT in the teacher education program: Overcoming challenges, fulfilling expectations. *Teaching and Teacher Education*, 28(3), 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.12.001>
- Meyer, A., Kleinknecht, M., & Richter, D. (2023). What makes online professional development effective? The effect of quality characteristics on teachers' satisfaction and changes in their professional practices. *Computers and Education*, 200, 104805. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104805>
- Ming Cheung, W., & Yee Wong, W. (2014). Does Lesson Study work?: A systematic review on the effects of Lesson Study and Learning Study on teachers and students. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 3(2), 137-149. <https://doi.org/10.1108/IJLLS-05-2013-0024>
- Mintii, M. M. (2023). STEM education and personnel training: Systematic review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2611(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2611/1/012025>
- Miquel, E., & Duran, D. (2017). Peer learning network: Implementing and sustaining cooperative learning by teacher collaboration. *Journal of Education for Teaching*, 43(3), 349-360. <https://doi.org/10.1080/02607476.2017.1319509>

- Miyakawa, H. (2020). Technology teacher education in Japan. In L.-S. Lee & Y.-F. Lee (Eds.), *International technology teacher education in the Asia-Pacific Region* (pp. 141-178). Central Taiwan University of Science and Technology; K-12 Education Administration, Ministry of Education, Taiwan.
- Molina, E., Fatima, S. F., Ho, A. D., Melo, C., Wilichowski, T. M., & Pushparatnam, A. (2020). Measuring the quality of teaching practices in primary schools: Assessing the validity of the Teach observation tool in Punjab, Pakistan. *Teaching and Teacher Education, 96*, 103171. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103171>
- Nordgren, K., Kristiansson, M., Liljekvist, Y., & Bergh, D. (2021). Collegial collaboration when planning and preparing lessons: A large-scale study exploring the conditions and infrastructure for teachers' professional development. *Teaching and Teacher Education, 108*, 103513. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103513>
- Postholm, M. B. (2012). Teachers' professional development: A theoretical review. *Educational Research, 54*(4), 405-429. <https://doi.org/10.1080/00131881.2012.734725>
- Pour-Khorshid, F. (2018). Cultivating sacred spaces: a racial affinity group approach to support critical educators of color. *Teaching Education, 29*(4), 318-329. <https://doi.org/10.1080/10476210.2018.1512092>
- Prestridge, S. (2019). Categorising teachers' use of social media for their professional learning: A self-generating professional learning paradigm. *Computers and Education, 129*, 143-158. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.003>
- Puddicombe, C., & Williams, P. J. (2020). Technology teacher education in Australia. In L.-S. Lee & Y.-F. Lee (Eds.), *International technology teacher education in the Asia-Pacific Region* (pp. 1-46). Central Taiwan University of Science and Technology; K-12 Education Administration, Ministry of Education, Taiwan.
- Reiso lu, İ., & Çebi, A. (2020). How can the digital competences of pre-service teachers be developed? Examining a case study through the lens of DigComp and DigCompEdu. *Computers and Education, 156*, 103940. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103940>
- Richter, E., Carpenter, J. P., Meyer, A., & Richter, D. (2022). Instagram as a platform for teacher collaboration and digital social support. *Computers and Education, 190*, 104624. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104624>
- Robutti, O., Cusi, A., Clark-Wilson, A., Jaworski, B., Chapman, O., Esteley, C., Goos, M., Isoda, M., & Joubert, M. (2016). ICME international survey on teachers working and learning

- through collaboration: June 2016. *ZDM– Mathematics Education*, 48(5), 651-690. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0797-5>
- Saikkonen, L., & Kaarakainen, M. T. (2021). Multivariate analysis of teachers' digital information skills– The importance of available resources. *Computers and Education*, 168, 104206. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104206>
- Schindler, A. K., Seidel, T., Böheim, R., Knogler, M., Weil, M., Alles, M., & Gröschner, A. (2021). Acknowledging teachers' individual starting conditions and zones of development in the course of professional development. *Teaching and Teacher Education*, 100, 103281. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103281>
- Shi, X., Zhao, B., Li, N., Lian, W., & Li, G. (2024). A summary research of the current status, hot spots and trends in STEM education: Visual analysis based on relevant literature published in CNKI database. *Communications in Computer and Information Science*, 1899, 122-139. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9499-1_11
- Shively, K., Hitchens, C., & Hitchens, N. (2021). Teaching severe weather: Examining teacher candidates' early field experience in a makerspace environment. *Journal of Education*, 201(3), 198-209. <https://doi.org/10.1177/0022057420908061>
- Spiteri, M., & Chang Rundgren, S. N. (2020). Literature review on the factors affecting primary teachers' use of digital technology. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(1), 115-128. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9376-x>
- Tømte, C., Enochsson, A. B., Buskqvist, U., & Kårstein, A. (2015). Educating online student teachers to master professional digital competence: The TPACK-framework goes online. *Computers and Education*, 84, 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.01.005>
- Tondeur, J., Forkosh-Baruch, A., Prestridge, S., Albion, P., & Edirisinghe, S. (2016). Responding to challenges in teacher professional development for ICT integration in education. *Educational Technology and Society*, 19(3), 110-120.
- Top, E., Baser, D., Akkus, R., Akayoglu, S., & Gurer, M. D. (2021). Secondary school teachers' preferences in the process of individual technology mentoring. *Computers and Education*, 160, 104030. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104030>
- Wan, K.-K., Leung, A. W.-Y., & Wong, A. K.-L. (2020). Technology teacher education in Hong Kong. In L.-S. Lee & Y.-F. Lee (Eds.), *International technology teacher education in the Asia-Pacific Region* (pp. 89-140). Central Taiwan University of Science and Technology; K-12 Education Administration, Ministry of Education, Taiwan.

- Winch, C., Oancea, A., & Orchard, J. (2015). The contribution of educational research to teachers' professional learning: philosophical understandings. *Oxford Review of Education*, 41(2), 202-216. <https://doi.org/10.1080/03054985.2015.1017406>
- Yadav, A., Stephenson, C., & Hong, H. (2017). Computational thinking for teacher education. *Communications of the ACM*, 60(4), 55-62. <https://doi.org/10.1145/2994591>

附錄 亞太地區科技師資培育比較摘要

表1

亞太地區特定國家／地區科技師資培育脈絡、挑戰與創新策略比較

國家／地區	科技教育 (TE) 脈絡重點	科技師資培育 (TTE) 主要挑戰	科技師資培育 (TTE) 創新策略
澳洲 (AU)	<ul style="list-style-type: none"> - 國家課程框架：含設計與科技、數位科技 - K-8 強制：國小階段有明確課程 - 重點：設計思考、運算思維、動手實作 	<ul style="list-style-type: none"> - 師資嚴重短缺：跨領域教學普遍 - 大學課程不足：提供 TTE 課程的大學少 - 課程內容爭議：偏重操作技能 vs. 認知技能 - STEM 定義混淆： 	<ul style="list-style-type: none"> - 建議提供獎學金吸引人才 - 強調現代教學法（非僅傳統工藝） - 國家師資標準 (AITSL) 提供依據
中國 (CN)	<ul style="list-style-type: none"> - 多元實施：融入式 (IPA、科學 T&E) 與分科式 (IT、GT) 並存 - 年段差異：1-9 年級重設計製作，10-12 年級重理論實踐整合 - 目標：提升全民科技素養 	<ul style="list-style-type: none"> - 學科地位較低：相較於主科 - TTE 供給不足：大學課程與在職進修均不足 - 生源缺乏：願意接受 TTE 的學生少 	<ul style="list-style-type: none"> - 全球在地化：學習國際經驗並結合國情 - 引進國際人才 - 建立教研員網絡 - 提升科技文化氛圍
香港 (HK)	<ul style="list-style-type: none"> - TEKLA 框架：含 6 大知識背景 (含 ICT、D&T、HE 等) - 實施挑戰：2017 課綱過度強調知識內容，忽略實作 - STEM 引入：衝擊原有學科定位與教學 	<ul style="list-style-type: none"> - D&T 師培實作不足：大學缺乏工坊設施 - 資源限制：大學 TTE 項目資源少 - 學科定位不明：STEM 衝擊下 ICT/D&T 角色模糊 	<ul style="list-style-type: none"> - 推廣 ICT 特色教學 (程式、ML) - 呼籲釐清 STEM 目標 - 建議 D&T 實務教學執照

(續下頁)

國家／地區	科技教育 (TE) 脈絡重點	科技師資培育 (TTE) 主要挑戰	科技師資培育 (TTE) 創新策略
日本 (JP)	<ul style="list-style-type: none"> - 國中必修：科技・家庭科 - 高中選修：情報科 (資訊) - 教學：傳統上重視實作專案 	<ul style="list-style-type: none"> - 大學TTE課程／師資不足：尤其涵蓋廣度 - 大學整併壓力：影響區域師資培育 - 合格師資不足：部分學校由非專業教師授課 - 在職進修仰賴教師自發性 	<ul style="list-style-type: none"> - 學會組織 (JSTE) 扮演重要角色 - 教師能力認證考試 (JSTE辦理) - 能源科技作品競賽 - 結合永續發展 (ESD/SDGs) 的教學活動
韓國 (KR)	<ul style="list-style-type: none"> - 國小融入：實科 (含TE、HE、農業) - 國中必修：科技、家庭 - 高中選修：科技、家庭 - 目標：培養科技能力 (問題解決、系統設計、應用) 	<ul style="list-style-type: none"> - TTE課程與證照要求脫節 - 合格TTE師資不足：工程背景者多，缺教育視野 - TTE課程數量／名額不足 	<ul style="list-style-type: none"> - 國家課程引導TTE內容 - 完整的師培體系 (職前+在職) - 高競爭性的教師甄選
紐西蘭 (NZ)	<ul style="list-style-type: none"> - 學習領域：科技 (設計介入) - 三大面向：科技實踐、科技本質、科技知識 - 五大範疇：含材料、加工、數位、DVC、運算思維 - 教學理念：社會文化、建構主義、探究式學習、重視毛利文化 	<ul style="list-style-type: none"> - 對TE哲學理解不足 - 學科地位受歷史影響偏低 - TTE時間／設施有限 - 教師難以轉變教學觀：科技本位vs.學生中心 - 讀寫算優先政策，邊緣化TE 	<ul style="list-style-type: none"> - 重視探究式學習與真實情境 - PTTT師培框架 - Mātanga計畫：線上專業學習社群 - 運用「知識基金」(Funds of Knowledge) 教學法
臺灣 (TW)	<ul style="list-style-type: none"> - 學習領域：科技 (含資訊科技IT+生活科技LT) - 國中必修，高中必修+選修 	<ul style="list-style-type: none"> - 師資數量不足 - 專業品質不一：師資培育管道多元 - 新興科技衝擊TTE課程內容更新壓力 	<ul style="list-style-type: none"> - 創客運動 (Maker Movement) 推動 - 成立區域科技中心 - 推動STEM/STEAM教育

(續下頁)

國家／地區	科技教育 (TE) 脈絡重點	科技師資培育 (TTE) 主要挑戰	科技師資培育 (TTE) 創新策略
	<ul style="list-style-type: none"> - 重點：運算思維 (IT) + 設計思考 (LT) - 目標：培養科技素養與高階思考 		<ul style="list-style-type: none"> - 機器人教育與競賽
美國 (US)	<ul style="list-style-type: none"> - 州級權責：課程差異大 - 實施：多為中學選修，小學漸增融入式 STEM - 重點：T&E (工程) 影響力增加、重視動手做、問題解決 - 標準：SfTL/STEL 提供指引 	<ul style="list-style-type: none"> - TTE課程招生下降 - 師資短缺 - 師資性別／族裔不均 	<ul style="list-style-type: none"> - 強調從做中學 (Learning by Doing) - 重視科技素養 (Technological Literacy) - 發展多元師資認證途徑 (如透過副修+考試)
比較分析 (Lee & Lee)	<ul style="list-style-type: none"> - TE在初中階段普遍為必修 - 共同目標：科技素養 - 內容取徑多元：D&T (澳紐港)、T&E (美日韓臺)、勞動科技(中) - TTE學歷要求多為學士 	<ul style="list-style-type: none"> - 共同挑戰：師資短缺、TTE課程不足、學科地位低 	<ul style="list-style-type: none"> - 各國依據自身挑戰發展不同創新策略 (見各國欄位)

註：本表內容參考整理自Lee與Lee (2020) 之專書各章節。

