

工程設計融入高中科技教育的現況與省思

許棣遙

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系碩士生

一、前言

在科技日新月異的時代，科技的汰換率極高，因此現今的科技教育並不只是一味追求高科技的知識學習，而是著重於解決問題的過程，是故，解決問題的過程之教學便成為了科技教育的一大關鍵。

美國國家研究委員會將「工程設計」定義為一種實踐構想的歷程，其具有明確的目標導向，在規範與條件限制的侷限下，藉由反覆的歷程以達成明確的目標（NRC, 2009）。學生能透過工程設計的流程，將相關知識加以整合應用，以解決生活中的問題。因此工程設計便是使科技教育更加完整的潤滑劑。Wicklein（2006）就認為透過工程設計來組織科技教育的高中課程，能夠實現我們的科技素養教育目標。學生在國中學習完基礎的知識能力後，在高中便能透過工程訓練他們整合性的學習能力。本文的目的在於探討工程設計融入臺灣高中科技教育的實施現況及面臨的挑戰，並設想相對應的解決辦法，以實踐科技教育的教育理念。

二、實施現況

臺灣的教育政策已提出相關的教育改革，於 108 年推動的《十二年國民基本教育課程綱要國民中學暨普通型高級中等學校—科技領域》中就提及在高級中等學校教育階段應著重在工程設計，強調藉由工程設計的專題製作活動，提供學生跨學科知識整合的學習（如科學、科技、工程與數學），並藉此發展其在科技與工程領域的設計、創新、批判思考等高層次思考（教育部，2018）。由此可見，教育單位認為工程設計實施於高中的科技教育是轉型的重點要素，但針對政策改革後的相關配套措施，並無詳細的說明及規劃，因此，為了因應政策轉型，課程的調整及提供完善的師資培育便是首要之務。

然而許多研究及教學現場都逐漸提出相關的因應對策，例如姚經政與林呈彥（2016）設計以「乒乓球發射器」為媒介的工程取向教學活動，以及廖家現、范斯淳（2020）提出的「養雞場」課程，均為高中教學現場的教師提供了工程相關的課程案例。而張芳瑜（2016）也提出了四大課程規畫面向，來幫助工程設計專題的課程活動進行，分別是：(1)在教學議題上，選擇與生活相關或對生活產生影響的問題。(2)在內容知識上，課程需包含生活科技課程之重要學習內容。(3)在教學策略上，依據工程設計程序引導學生進行活動。(4)在活動安排上，讓學生藉由團隊合作來解決問題。以上的對策，皆使 108 課綱中所推動的科技教育有更良好的實施成效。

三、面臨的困境及改善方法

（一）師資問題

儘管政策已開始推動，在高中的教學現場中也有許多教師開發多樣化的工程取向課程來進行教學，但仍然有大多數的教師對於工程相關的課程實施及教學掌握度不高，並且缺乏實際的經驗，無法將理論與實務妥善連結，充分發揮教師學科教學知識（Pedagogical Content Knowledge）的專業知能。然而，教師是教育現場中課程實施的第一線實際執行者，因此，教師成為課程改革是否落實的主要關鍵。如教師對於工程課程的熟悉度不足，自然的學生學習成效較難達到預期目標。

為了改善此狀況，除了廣設研習，使在職的教師能夠快速跟上政策的腳步，另一方面在大學的師資培育中，不僅要積極的培養師資生工程相關的專業知識，也應培育這些未來的新血教師擁有良好引導學生思考及分析問題的基本能力，如教師能妥善的引導，對於學生的學習成效會產生極大的幫助。然而，學生在專題製作的過程中所面臨的工程問題涉及的層面多元，教師對於這方面的專業知識較顯不足，Strimel 與 Grubbs（2016）就建議職前教師除了完成教師證所需的教育學程及專門課程外，應該還需修習與工程專業的相關課程。因此，鼓勵師資生去修習機械、電氣、結構以及生物或醫學工程等專門課程，將有助於未來的教學，甚至系上也能考慮增設此類的選修課程來幫助學生學習更深入的專業知識。

（二）國高中的課程銜接

在國中的生活科技課中課程強調設計與製作，對於工程並無相關介紹或涉略，但高中卻以工程取向的專題製作活動為主軸。然而，工程的知識概念，常具多層次的架構，且真實情境下的工程問題，往往是複雜且非常規的，需要進行多方評估，對專業背景及設計經驗不足的學生而言，在知識獲取及建構上可能不足以應付工程問題的規模與需求（Mills, & Treagust, 2003）。

雖然工程取向的課程，能夠使學生進行整合式的學習，但面對如此大幅度提升的課程，對於大多數的學生可能會產生銜接不上或學習狀況不佳等問題。針對此狀況，學者對於如何構成適合高中生的工程設計挑戰，仍然有許多的意見不一致（Denson, & Lammi, 2014）。因此，高中工程相關之課程難易度以及國中工程課程的提前引導，便是我們需要討論的問題之一。筆者建議國三教師在課程設計上能多加利用專題活動，引導學生解決較為複雜且真實的問題；而高中一年級教師，則應循序漸進地融入工程相關概念，使學生能熟習工程設計導向的課程模式。

(三) 工程設計的流程造成學生學習問題

儘管工程對科技教育有顯而易見的幫助，但工程設計流程較為繁瑣，Hynes 等人（2011）指出，工程設計流程在高中的教學活動中，可分成九個步驟：(1)定義問題、(2)研究需求或問題、(3)發展解決方案、(4)選擇最佳方案、(5)製作原型、(6)測試與評估、(7)溝通方案、(8)再設計、(9)完成。在發展解決方案階段中，學生往往只會設想一種解決辦法，並以最直觀的解決方法來進行方案選擇，而其他的解決方案則以草率的態度來進行規劃，但如此一來，此階段促使學生分析思考的教育目的便容易失效。

而在測試與評估的階段中，也容易因為多次來回的分析測試中，消磨學生的學習耐心，因此，若教師將工程設計流程實施於教學活動中無妥善的規劃，學生將對於冗長的課程產生倦怠，以致降低其學習成效。Merrill 等（2008）研究指出，若要在科技教育的課程中融入工程概念，教師必須強化其引導學生將數學與科學知識應用於工程設計歷程的能力。因此，教師在教學活動過程中，須作適當的引導，幫助學生往正確的方向進行修正，避免學生在數次分析測試中降低學習熱忱，而課程也需要經過細膩及完善的安排，以達到工程設計的教育目的。

為了改善以上之情況，范斯淳（2020）提出了高中工程設計的學習進程架構，致力於幫助學生學習繁瑣的工程設計過程，其依據工程設計的四大關鍵能力分類，進而提出學習進程要項，內容如下：

1. 界定問題：(1)釐清背景與情境；(2)訂定主要目標蒐集資料；(3)確認限制；(4)設定標準；(5)拆解問題。
2. 預測分析：(1)設計實驗；(2)分析資料；(3)經驗遷移。
3. 建模：(1)建構模型；(2)運用模型；(3)評估模型；(4)修正模型。
4. 最佳化：(1)標準檢核；(2)系統性測試；(3)權衡決策。

由於學習進程為涵蓋核心概念及思考實踐的課程框架及學習目標，也可作為教學順序或評量發展（Stephens, Fonger, Strachota, Isler, Blanton, Knuth, & Gardiner, 2017）。因此筆者認為，教師可根據上述之學習進程進行課程之設計，針對學生各階段的學習目標，規劃適切的課程內容，讓學生階段性的學習，降低其學習無助感。

(四) 評量方式

學生在工程設計的學習成績評估是工程教育中的重要組成，對於工程計畫的

鑑定也至關重要（Davis, Gentili, Trevisan, & Calkins, 2002）。而余民寧（2002）也指出，透過教學評量活動，教師才能得知學生是否達成預期的教學目標、學生是否具備學習的起點行為或基本能力，以及教學活動的進行是否適當等訊息。由此可知，評量的好壞，會影響到教師判斷學生學習情況的標準，以及工程教育是否實施完整的評判依據。

然而，專題製作是個複雜且耗時的歷程，透過設計發想、預測分析及動手實作，來完成最終的成品以解決生活中的問題，因此，工程設計的評量除了評估專題設計的產品，同時也應針對學生知識應用及設計過程等更高層次面向進行評量（Davis, et al., 2002）。但目前較少有工程設計流程的教育評估量表等依據，能夠提供教師參考，導致許多現職教師對於工程的評分標準模糊。是故，制定相關的評估量表以供教師安排評量便是重要，除此之外，教師也可以透過多元的評量方式來進行評分，妥善的應用學習歷程檔案、實作評量、紙筆測驗，亦能使評量更加公平及完善。

（五）家長對於非學科的不重視

家長對於非傳統考試學科通常較不重視，因此可能會質疑此科目存在之必要，而工程專題的製作歷程，都須透過學習單或學習歷程檔案來確實記錄，以方便評量，但家長可能認為這些作業會造成學生的負擔，影響到基本學科的學習狀況。針對於此，我認為需要改善的是傳統的舊觀念及社會學習的風氣，在如此變化快速的時代，唯有讓孩子多元的去學習，加以整合學習到的知識及技能，使孩子擁有問題解決的能力，才能適應未來的社會，達到 108 課綱所呼籲的「成就每一位孩子—適性揚才、終身學習」的願景。

除此之外，教師與家長的連結也是一大重點，Deslandes, Barma 及 Morin（2015）就提及教師和家長間積極的關係是建立在相互信任和尊重的基礎上。因此，教師與家長間如能有良好的溝通互動，對於教學會有極大的幫助。

四、結論及未來發展

綜上所述，工程使高中的科技教育更加的完善，也使學生能夠更有系統化的進行學習，於科技領域新課綱中亦開始正式推動工程設計，除了以學生為中心的課程教學，更注重培養學生的多元能力，期許學生能將跨學科的知識進行整合。縱然工程的投入及新課綱的進步都是大家樂見的一大提升，但仍有許多的配套措施及實施問題待解決。工程不是一個科目，而是以整合式的學習，讓學生透過專題活動或真實事件去進行學習，以解決生活中真正會遇到的實際問題，並培養學生自主學習各項所需的專業知識。未來，工程設計在科技教育勢必成為不可或缺

之角色，工程設計的納入，能使科技教育的定位更加明確，科技教育將從原來的工藝階段逐漸往工程領域發展，或許某天工程教育真的可以完全取代高中的科技教育，但目前的當務之急，是要將前段所提及的缺口進行改善，以達到工程投入的教育目標。

參考文獻

- 余民寧（2002）。**教育測驗與評量：成就測驗與教學評量**。台北：心理。
- 姚經政、林呈彥（2016）。高中工程設計實作教學活動之設計與發展-以乒乓球發射器為例。**科技與人力教育季刊**，3(1)，12-31。
- 范斯淳(2020)。高中生工程設計關鍵能力指標與學習進程之建構、評估與教學研究。科技部補助專題研究計畫報告(編號: MOST 107-2511-H-017-004-MY2)，未出版。
- 張芳瑜（2016）。於高中實施工程設計專題製作活動課程設計之探討。**科技與人力教育季刊**，3(1)，5-11。
- 十二年國民基本教育課程綱要國民中學暨普通型高級中等學校-科技領域（2018）。取自：<https://cirn.moe.edu.tw/Upload/file/27547/66409.pdf>
- 廖家現、范斯淳（2020）。高中生活科技工程設計實作教學活動-以班級[養機場]為例。**工業科技教育學刊**，13，44-6。
- Denson, C. D., & Lammi, M. (2014). Building a Framework for Engineering Design Experiences in High School. *Journal of Technology Education*, 26(1), 75-87.
- Deslandes, R., Barma, S., & Morin, L. (2015). Understanding Complex Relationships between Teachers and Parents. *International Journal about Parents in Education*, 9(1).
- Davis, D. C., Gentili, K. L., Trevisan, M. S., & Calkins, D. E. (2002). Engineering design assessment processes and scoring scales for program improvement and accountability. *Journal of Engineering Education*, 91(2), 211-221.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM

courses. Retrieved from https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/165

- Mills, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering education – Is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*, 3(2), 2-16.
- Merrill, C., Custer, R. L., Daugherty, J., Westrick, M., & Zeng, Y. (2008). Delivering core engineering concepts to secondary level students. *Journal of Technology Education*, 20(1), 48-64.
- National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- Strimel, G., & Grubbs, M. E. (2016). Positioning technology and engineering education as a key force in STEM education. *Journal of Technology Education*, 27(2), 21-36.
- Stephens, A., Fonger, N., Strachota, S., Isler, I., Blanton, M., Knuth, E., & Gardiner, A. (2017). A learning progression for elementary students' functional thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, 19(3), 143-166.
- Wicklein, R. C. (2006). Five good reasons for engineering as the focus for technology education. *The Technology Teacher*, 65(7), 25.

