

# 高中科技教育融入工程設計的重要性與課程規劃建議

陳柔君

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

受到社會經濟環境對人才的需求影響，美國提出 21 世紀須具備的能力，包括批判性思維、溝通能力、團隊合作、創造與創新（Partnership for 21st Century Skills, 2019）。為了提升人民的競爭力進行教育改革，將跨領域的整合式教育落實於各階段學校，其中的一門科目為工程教育，目的之一為鼓勵學生就讀工程相關科系，並從事相關職業，提高美國工程師的比例（America Competes Act, 2007）。我國則是在十二年國教新課綱中，將工程相關的學習內容加進高中科技領域的生活科技課程中，以工程設計為主的專題教學，希望提升學生整合知識與探究思考的能力，並學習工程導向的設計與製作（教育部，2018）。然而，新的學習內容增加教師教學的挑戰與學生學習方式的轉變，課程內容的規劃與教師教學方式皆須有所調整，得以符合新課綱中學生的學習目標。本篇旨在探討美國 K-12 工程教育委員會提出之三個通用原則與工程設計教育所培育之能力，將其與我國高中工程設計學習內容及學習表現對照，提出高中融入工程設計教育的重要性與課程規劃建議。

## 二、本文

### （一）科技教育融入工程設計的重要性

工程教育主要為應用數學與科學原理進行教學，而工程設計為工程教育中可以做為解決實務問題所應用的方法。Wicklein（2006）提出將工程教育帶入 K-12 進行教學的五個理由是：(1)工程設計比技術教育更容易被理解和重視；(2)工程設計將技術教育提升至較高的學術水平；(3)工程設計為課程提供架構；(4)工程設計能整合數學、科學與技術；(5)工程為學生提供職業選擇。基於這五個理由，支持工程設計與技術教育結合，透過工程設計讓技術教育的價值提升，同時達到推展工程教育的目標。經過審查現有的相關課程、計畫與研究，美國 K-12 工程教育委員會確立 K-12 工程教育的四個目標：(1)培養工程素養；(2)通過整合 STEM 領域中的概念和實踐來提高數學及科學成就；(3)作為大學與未來職業的預備；(4)為少部分學生，就讀高等教育的工程課程做準備（NASEM, 2020）。在 K-12 階段實施的工程教育並非是將學生視如工程師，而是培養學生具備工程相關概念，能夠與實際生活做連結，並成為 21 世紀所需人才。

根據美國 K-12 工程教育委員會提出的三個工程教育通用原則：(1)K-12 工程教育應強調工程設計；(2)K-12 工程教育應納入重要教學內容，發展數學、科學

與技術的知能；(3)K-12 工程教育應促進工程心智習慣（Katehi, Pearson, & Feder, 2009）。Grubbs 與 Huffman（2018）將其繪製成三個工程素養維度，分別為：(1) 工程思維：學生應具備的工程思考習慣；(2) 工程技能：學生應實踐的技術及能力；(3) 工程知識：學生應學習的知識。以這三個工程素養維度為框架，規劃學生在學習工程下的目標與表現，可以提升學生對工程的基本概念與培養學生在執行工程活動下應具備的思維習慣。我國工程教育相關課程實施於高中階段，同樣著重於工程設計，提升學生整合應用相關學科知識的能力。

Grubbs 與 Huffman（2018）將多篇文獻中所提及對工程素養三個維度的想法整理成以下表 1，可得知學生在經過工程教育後，應具備的能力為何，且同時為教師規劃教學活動時應思考讓學生學習到的目標。

表 1 Grubbs 等（2018）三個工程素養維度內容想法

工程知識	工程技能	工程思維習慣
工程設計是一個解決問題或實現目標的方法	限制條件下設計	系統化思考
科技是人類文化的基本象徵	使用工具和材料	創造性思維
工程學	工程識圖與製圖	溝通協調
STEM 整合應用	開發物理模型或原型	積極樂觀
工程標準和規範	研究與調查	最佳化
工程與社會	技術寫作	重複循環
	數學推理與計算	互動合作
	專案管理	道德倫理考量
		執行功能

資料來源：作者根據 Grubbs 等提出的三個工程素養維度內容自行整理。

我國高中生活科技必修課程及加深加廣選修課所規劃的「工程設計專題」課程，皆是以專題製作為主的實作活動。除了培養學生具備科技素養外，專題課程整合應用跨領域知識，工程設計流程訓練學生解決問題，再加上團隊合作增加彼此有效溝通互動的機會，上述皆與批判性思考、團隊合作、創造性抽象思維等 21 世紀重要能力相關。將我國高中階段的學習表現與三個維度做整理得出表 2，可看出學習表現的內容與三個工程素養是有相對應的，透過工程設計課程，我國高中學生應具有以下工程素養與能力。

表 2 我國高中階段的學習表現與三個工程素養維度

學習表現	工程知識	工程技能	工程思維習慣
透過工程設計流程體會工程的本質	工程設計是一個解決問題或實現目標的方法		系統化思考 最佳化 重複循環
工程設計與實作	1. 工程設計是一個解決問題或實現目標的方法 2. STEM 整合應用	1. 限制條件下設計 2. 使用工具和材料 3. 工程識圖與製圖 4. 開發物理模型或原型	1. 創造性思維 2. 溝通協調

解決機構與結構、機電整合與控制等工程問題	工程學	數學推理與計算	
評估、反思工程與社會互動關係	工程與社會		道德倫理考量
理解科技、工程、科學及數學的互動關係	STEM 整合應用		
資源整合、計畫管理、有效溝通與團隊合作的能力		專案管理	1.溝通協調 2.互動合作
善用科技知能、創造思考，以及解決問題的能力	STEM 整合應用		1.創造性思維 2.執行功能
工程設計與進行探究實驗、分析與解釋數據的能力	1.工程設計是一個解決問題或實現目標的方法 2.STEM 整合應用	1.研究與調查 2.數學推理與計算	
正確的科技觀念和態度，及對科技研究與發展的興趣	工程與社會		積極樂觀

資料來源：作者根據我國高中階段的學習表現與三個工程素養維度內容自行整理。

從表 1 和表 2 的比較可得出，我國高中生經過工程設計學習培養的能力與 Grubbs 與 Huffman (2018) 將多篇文獻中所提及對工程素養三個維度的想法有所對應，符合國際趨勢，而我國高中工程設計課程要能培養學生這些能力，需要相對的課程內容。

## (二) 科技教育融入工程設計課程的現況與建議

目前高中科技教育融入工程設計學習已實施四年左右，教學現場仍存在一些問題，以下針對目前科技教育融入工程設計的現況提出課程規劃建議。

### 1. 教師專業能力不同

生活科技教師有本科系畢業或他系畢業再加科專業等，教師的專業不同，導致學生有純學習理論知識，也有僅實作課程，無理論教學，缺少知識與技能的整合。可以增加教師參加教師研習的意願，讓教師重視工程設計課程與培養工程設計課程規劃的能力，也可以透過協作教學，讓不同領域的教師共同規劃課程，如：物理科、資訊科技科等。

## 2. 學生先備知識不同

學生的先備知識不同容易產生教師教學上的困難，可以安排學生分組活動，讓學生針對課程活動相互討論，補充彼此對於課程活動的相關知識。根據 Atman 等人（2013）研究指出，在工程設計過程中，界定需求與蒐集資料相當重要，國中階段的設計製作流程是讓學生透過失敗學習經驗，但工程設計目標則在避免失敗。因此，工程設計教育的課程安排中，讓學生有充分時間進行問題與需求的界定及相關資料蒐集，為學習重點之一。

## 3. 工程設計未落實在教學中

以工程設計為主的專題課程為培養學生以工程師的思考程序解決問題，但教師往往已經為學生規劃好所有製作流程，缺少讓學生思考及創造解決方法的機會。讓學生在進行工程設計的過程中可以加強以下要點：(1)在深入研究設計細節之前，先充分確定問題的範圍；(2)在問題界定期間及在整個設計過程中，適時收集設計所需的資訊；(3)明白問題解決的重要影響因素。教師與其評論學生成果的優劣，不如讓多種設計（解決方法）存在，並藉由討論以引導學生思考，讓學生得以建立學習經驗，且能以不同從業者角度進行想像設計。

## 三、結語

我國高中生活科技課程將工程設計融入教學，培養學生具備工程思維習慣、工程知識與技能，學會將工程概念運用於解決問題上，工程設計融入科技教育帶給學生不僅是學術上知識的積累、將知識統整轉化應用的機會，也培養學生自主學習能力。除了以工程設計流程規劃教學內容外，預測分析也是工程設計相當重要的一個步驟，透過數學與科學的原理、知識，計算分析其可行性以便之後選擇最適當的解決方案。經工程設計學習後學生能提升識別需求及影響方案成功的因素，同時透過工程設計流程訓練學生系統化的思考，在分析預測階段提升批判性思維，上述能夠讓學生學習到的能力，皆為 21 世紀人才所需具備的。

課程的規劃為目前現職教師在推動工程設計的挑戰之一，而學習表現中提到讓學生理解工程本質、探究分析並解決工程問題等，基於工程思維找尋解決方案、處理工程問題，從工程師專業角度進行思考，確定問題的範圍、蒐集所需資料及關注重要因素為工程設計時首要著重的步驟。工程設計流程為一個循環的過程，當測試結果不符合需求，則需進行評估並修正，讓學生在此重複循環的過程不會產生疲勞厭倦的最好方式，即是讓他們避免失敗。若在資料蒐集與預測分析部分讓學生進行充分的探討與準備，而教師也適時引導學生往正確的方向思考，即可減少在測試時遇到的失敗機率。若要培養學生具備工程思維習慣，工程設計過程

則要讓學生進行以上流程，除了增加學生對工程設計的認知，不再是設計製作流程的試誤學習，也可減少學生過程中可能會失敗的因素。

### 參考文獻

- 教育部（2018）。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。取自 <https://cirn.moe.edu.tw/Upload/file/27547/66409>。
- *America Competes Act* (2007). Public Law 110 – 69 (Aug. 9 2007). Retrieved from <https://www.congress.gov/110/plaws/publ69/PLAW-110publ69.pdf>
- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2013). Engineering Design Processes: A Comparison of Students and Expert Practitioners. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 359-379. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2007.tb00945.x>
- Grubbs, M. E., Strimel, G. J., & Huffman, T. (2018). Engineering Education: A Clear Content Base for Standards. *Technology and Engineering Teacher*, 77(7), 32-38.
- Katehi, L., Pearson, G., Feder, M. (2009). *Engineering in K–12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12635>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2020). *Building Capacity for Teaching Engineering in K-12 Education*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25612>
- Partnership for 21st Century Skills. (2019). *Framework for 21st century learning*. Retrieved from <http://www.battelleforkids.org/learning-hub/learning-hub-item/framework-for-21st-centurylearning>
- Wicklein, R. C. (2006). Five good reasons for engineering as the focus for technology education. *The Technology Teacher*, 65(7), 25-29.

