

# 臺灣與美國工程及技術教育課程 之比較研究

**蕭錫錡** 正修科技大學企業管理系講座教授

**張仁家** 國立臺北科技大學技術及職業教育研究所教授（通訊作者）

**周保男** 國立臺南大學教育學系副教授

## 摘要

近年來，為因應社會經濟轉變，國內技職教育不斷進行改革，其中以專科學校改制及技術學院更名為科技大學最為明顯，但審視目前國內科技校院課程制定，課程內涵與普通大學所訂定的標準相差無異，其課程發展亦不能體現技職教育所倡議之務實致用的精神。本研究以工程領域為例，旨在探討臺灣及美國在工程及技術教育課程的差異性，在文獻探討上，以美國工程及技術教育發展概念為本研究的理論基礎；在研究方法上，採用 **Bereday** 四步驟比較分析模式，就不同分析點比較臺灣與美國在工程及技術教育的課程架構。本研究針對比較結果，發現臺灣工程領域的課程發展現況與美國之間有四大差異：一、課程內容缺乏明顯的規範與標準；二、工程及工程技術教育的課程只共用一個標準；三、缺乏工程技術教育的課程發展；四、工程及技術教育的數理及專業課程不因學制的不同而有明顯的區隔。最後，提出七點建議，作為我國未來科技校院課程改革之參考。

**關鍵詞：**工程及技術教育、工程教育、比較教育、科技校院、課程架構



# A Comparative Study of Engineering and Technology Curricula in Taiwan and USA

Hsi-Chi Hsiao

Chair Professor, Department of Business Administration, Cheng Shiu University

Jen-Chia Chang

Professor, Graduate Institute of Technological & Vocational Education, National Taipei University of Technology (Corresponding Author)

Pao-Nan Chou

Associate Professor, Department of Education, National University of Tainan

## Abstract

In recent years, due to dynamic changes of social and economic systems, technological and vocational education in Taiwan has been constantly undergoing reforms, of which the official changes in technological colleges to technological universities are obvious examples. However, by examining current curriculum planning at technological universities or colleges, curriculum content is not different from general universities. Furthermore, the curriculum development cannot exhibit the essence of technological and vocational education, namely, the importance of hands-on experiences and applied skills. By taking the engineering field as an example, this study aimed to explore the differences in curricula between engineering and technology education in Taiwan and the USA. In the literature review, the evolutionary conception of engineering and technology education in USA serves as theoretical foundation in this study. As a research method, this study adopts Bereday's four-step analysis model to compare the curriculum structure between engineering and technology education in Taiwan and the USA from different analytical perspectives. After the comparison with the USA, this study summarizes four differences that describe current curriculum development of engineering field in Taiwan. These are: (1) lack of significant curriculum norms and standards, (2) the curriculum of engineering and engineering technology education only shares the same standards, (3) lack of curriculum development in engineering technology education, (4) mathematics, sciences and professional courses without significant differences between different school systems on engineering and engineering technology education. Finally, this study proposed seven suggestions as references for future curriculum reforms at technological universities in Taiwan.

**Keywords:** engineering and technology education, engineering education, comparative education, technological college and university, curriculum structure



## 壹、研究背景

臺灣技職教育體系的人才培育一直與經濟發展息息相關，臺灣的經濟型態歷經農業密集、勞力密集到工業密集，近年來更邁向資訊密集，以因應知識經濟的需要。由於臺灣經濟體的轉變，企業人才需求已與早期社會大不相同，技職教育在其衝擊下不斷進行改革，尤其以專科學校改制技術學院及技術學院更名科技大學為最顯著的例子。但審視目前國內科技校院的課程發展，由於定位不明（李隆盛、賴春金，2007），其課程制定方向嚴然與普通大學所規劃的課程內容一致，在工程領域上，尤其明顯（蕭錫錡，2006）。在教育目標上，普通大學偏重學術研究取向，注重基礎理論的養成；科技校院則是偏重實務經驗，注重實用技能的養成，兩體系的走向實質上並不相同。

在美國的教育體系中，以工程領域來說，依產業需求，規劃有以培養研發人才為優先考量的工程教育（engineering education）及以培養實務應用（hands-on）人才為優先考量的工程技術教育（engineering technology education）與工業技術教育（industrial technology education）。為便於討論，本研究所指的工程及技術教育係為工程教育、工程技術教育及工業技術教育的統稱。而美國各州之大學教育為因應此項課程需求，也因此有不同的規劃方式，有的州以學校方式產生區別，有的州則以校內學院或學系加以區別，但均有考量此三類人才需求。以學校為區別最明顯的例子為加州，加州大學系統（University of California）為研究型導向大學，在工程學門上，只有開設工程教育課程；相對地，加州州立大學系統（California State University）為教學型導向大學，在工程學門上，除有些校區開設工程課程外，主要開設工程技術及工業技術課程（Seaman, 2005），兩個教育系統各自獨立發展，共同培育不同類型的人才。至於以校內學院或學系為區分的例子，則以印地安納州為例，普渡大學（Purdue University）同時設有工程學院（College of Engineering）及技術學院（College of Technology），培養這三類人才（Purdue University, 2009）。反觀國內，科技校院強調實務經驗的教育目標，但在工程學門上，科技校院常向普通大學看齊，課程規劃的走向並無太大差異（教育部，2014）。

科技校院以培養學生的實務技能為首要工作，其課程規劃應重於未來職場上所需的技術能力（黃能堂，2011）。若課程規劃忽略其原有的特質，過度仿照普

通大學的課程模式，技職體系下的畢業生在職場競爭上將毫無優勢，過往引以為豪的實務能力也不再存在，而產業人力需求的空隙也將無法填補。根據遠見雜誌委託人力銀行的調查，企業雇主最重視求職者的專業實務能力，擁有實務能力的畢業生往往可在求職過程中脫穎而出（林珮萱，2012）。因此，就企業徵才的觀點來看，目前科技校院所制定的課程標準確實有其修正的必要性。

基於上述所言，本研究以工程領域為例，探討臺灣與美國在工程及技術教育課程上的差異，期能由美國的課程發展經驗中獲得借鏡，作為我國科技校院課程發展的參考。本研究之目的詳述如下：

- （一）探討臺灣與美國在工程及技術教育課程實施現況；
- （二）比較臺灣與美國在工程及技術教育課程上的差異性；
- （三）根據比較結果，提出對科技校院課程定位未來改善的建議。

## 貳、理論基礎：美國工程及技術教育發展概念

### 一、歷史起源

1945 年前，在科技人力結構上，大略可分為科學家（scientist）、工程師（engineer）及熟練技工（skilled worker）等三個層次；至 1945 年後，由於工作職種增加、專業分工及部門化的管理觀念興起，使得原先的三種職類增加為科學家、工程師、技術員（technician）及熟練技工；至 1960 年代以後，科技人力又有新的結構，由原來四種職類變為科學家、工程師、工程技師（engineering technologist）或工業技師（industrial technologist）、技術員、技工等五種職類所組成，此現象的產生乃由於科學知識在第二次世界大戰顯著擴張，科學研究需較高理論基礎，也需要較高學位來擔任，因此科學家的工作領域在科技人力結構連續統（continuum）上往上移動，由於工程師應用數學與科學理論基礎從事工程設計與研發工作，也一併往科學家方向移動，造成工程師與技術員之間的空隙。此一工作領域轉變的結果，使科技人力結構必須有新的職種介入彌補，因此乃有偏向實務應用之工程技師或工業技師的出現（馬道行，1994；蕭錫錡，1999）。美國普渡大學即針對上述職類分別設置工程學程及技術學院，前者在於培養研究導向的工程師，後者主要培養實務導向的工程技師或應用導向的工業技師（Purdue University, 2009）。

目前科技部（前身為國科會）應用科學教育學門亦開始審視人才結構的問題，特於專題計畫徵求書中明列工程師與工程（業）技師的差異（科技部，2012）。

## 二、基本意涵

在字面意涵上，工程（engineering）的定義為：「應用科學原理使自然資源最佳地轉化為結構、機械、產品、系統和過程以造福人類的專門技術」（大英百科全書，2014）。美國工程師協會則將工程定義為：「能結合許多科學原理去設計及製作創新的產品」（ABET, 2013b）。一般而言，工程強調數學與自然科學的理論基礎，並將其科學原則運用於各種新問題的情境中（ABET, 2013b）。實踐工程行業的人以「工程師」著稱。

學校的工程教育（engineering education）部門為培育工程師的主要機構，例如大學裡的電子工程系。工程教育的特點在於：學生的學術訓練必須從基礎科學打下基礎，特別是數學和物理學，然後再運用所學的知識於創新及問題解決上。簡單來說，工程教育注重基礎學科的養成，理論為主，本質傾向研發，以培養研發型人才為導向。從企業觀點來看，工程教育學門所培育的畢業生應為企業所需的研發（research & development）工程師，以研發新產品為重心（Seaman, 2005）。

在字面意涵上，工程技術（engineering technology，或稱工程科技）的定義為：「與工程類似，但主要以應用科學為基礎（非純理論科學），主要從事產品的製程及測試」（ABET, 2014）。美國的國家工程師協會則分析工程及工程技術學門的差異，定義為：「工程學門為注重理論性（theory-based）的理論科學，在課程上，偏重複雜的數學與科學科目；工程技術學門則為注重應用性（applied-based）的應用科學，在課程上，只在乎基礎的數學與科學科目，偏重學生的實務（hands-on）經驗」。實踐工程技術行業的人以「工程技師」著稱（NSPE, 2014）。

學校的工程技術教育（engineering technology education）部門為培育工程技師的主要機構，例如大學裡的電子工程技術系。工程技術的本質強調應用科學與實務能力，因此，工程技術教育的特點在於：學生的學術訓練以技術科學為主，學習科目著重工程技術的實習與實驗（蕭錫錡，1999）。工程技術教育著重學科的應用，實務經驗為主，以培養實務型人才為導向（IUPUI, 2012）。從企業觀點來看，工程技術教育的畢業生則是企業所需的製程（manufacturing）工程技師（即一般通稱之製程工程師），負責新產品製作流程的整合，常駐生產部門（Seaman,

2005)。

在字面意涵上，工業技術(industrial technology)的定義為：「與工程技術類似，注重應用科學，但與工程技術不同的是，工業技術強調能將管理科學與應用科學結合，並導入工業之中」(SLU, 2014)。美國工業技術協會則將工業技術定義為：「主要管理、操作及維護複雜的技術系統，與系統研發及製作並無關聯」(NAIT, 2015)，而實踐工業技術行業的人即稱為「工業技師」(industrial technologist)。

學校的工業技術教育(industrial technology education)為培育工業技師的主要機構，例如大學裡的電子技術系、工業技術系或該系的電子組。工業技術的本質強調實務管理能力，因此，技術教育的特點在於：學生須有廣泛的工程知識背景，並將其運用於產品管理中，像是產品的品質控管(NAIT, 2015)。從企業觀點來看，技術教育的畢業生則是企業所需的生產控管(production supervision)工業技師(即一般通稱之品管工程師)，主要負責新產品的管理及行銷(Smallwood, 2005)。

綜合上述，在工程領域上，美國相當重視人才分工的概念。以電子學門為例，人才培育機關就有電子工程系、電子工程技術系及電子技術系三種類別。不同類別培育出來的畢業生並沒有等級優劣之分，主要共同目標為：在同一領域的科技上互相分工合作，創造出更好的產品。以產品從研發到最後生產的製造流程來說，電子工程師負責研發新系統(新產品的構思、實驗室原型 prototype 產出)，電子工程技師負責將系統產品化(新產品的實作生產)，電子工業技師則負責控管生產系統，在一定的成本下確保產品的品質與交期(生產系統的管控)，三者缺一不可。雖然目前臺灣學術界並無像美國將工程職類細分化，但業界人才需求已有著此概念發展(但皆統稱為工程師)，以臺灣積體電路製造公司(台積電)為例，在人才招募上即有電子研發設計工程師、電子生產製造整合工程師(即上述電子工程技師)及電子品管工程師(即上述電子工業技師)之分(臺灣積體電路製造公司, 2014)。

## 參、研究方法

### 一、研究設計

本研究採用 Bereday (1964) 的比較教育研究法，深入探討臺灣及美國工程及技術教育課程的差異性。Bereday 認為，比較教育是以國家或文化區塊為研究變項，藉國家間教育制度的差異性進行比較，進而求取有意義的概念知識。本研究以臺灣及美國兩地區為研究變項，工程及技術教育課程為變項下的研究主群體，分析兩地區課程制度面的不同。

Bereday 的比較教育研究法為二層面與四步驟的分析模式，二層面為區域研究（area studies）及比較研究（comparative studies），每一層面下各含兩個構面，共組成四步驟的模式，四步驟分別為描述（descriptive phase）、解釋（explanatory phase）、並列（juxtaposition phase）及比較（comparison phase）之步驟（Bereday, 1964）。本研究將此二層面四步驟運用如下：

#### （一）區域研究層面

1. 描述階段：此階段的目的是在於針對研究主群體蒐集相關資料。本研究將焦點置於臺灣及美國兩地區，針對工程及技術教育課程，廣泛蒐集資料。資料主要來自：（1）工程及技術教育認證機構，（2）工程及技術教育相關培育機構，及（3）工程及技術教育相關期刊與研討會論文。

2. 解釋階段：此階段的目的是在於檢視所蒐集的教育資料，並針對所設定的因素面進行解釋。本研究分別從工程及技術教育課程認證、課程特色及課程內容三因素面，進行臺灣及美國兩區域的資料解釋。在課程內容中，以機械學門為例，分別列舉三所學校，解釋其課程架構的差別。

#### （二）比較研究層面

1. 並列階段：此階段主要任務在於設定比較點，以系統化的方式整理所欲分析的資料。本研究設定的比較點為：（1）人才培育比較，（2）課程目標比較，（3）課程認證比較，（4）數理課程比較，（5）專業課程比較，及（6）工程領域教育發展比較。針對此六點，將兩地區工程及技術教育課程做為並列性的項目，即資料的並置，以利後續的比較分析。

2. 比較階段：此階段為並列階段的延伸，藉由並列比較後所得的資訊，歸納

教育發展現況，並提出可行的解決方案。本研究針對並列階段的六點比較，歸納四點關於目前臺灣工程領域的課程發展現況與美國的偏差，並提出七點建議，作為我國科技校院工程領域課程未來改善之參考。

## 二、研究範圍與限制

### （一）分析焦點

本研究以美國工程及技術教育課程架構為基準，對照臺灣工程及技術教育的課程架構，雖然研究內容提及普通大學的工程教育，但主要焦點置於科技校院的工程技術教育，旨在藉由美國在工程及技術教育課程上的明確規範，對目前臺灣定位不明的科技校院提出課程上可行的改革方案。

### （二）名詞界定

Technology 一詞在臺灣的翻譯相當混淆，有譯為科技，亦有譯為技術。嚴格來說，科技一詞為科學與技術的簡稱，英文總稱為 Science and Technology，但技術的對應英文是 technique，technology 介於 science 和 technique 之間，所以也常和科技做中英對譯。以教育部技術及職業教育司（Department of Technological and Vocational Education）為例，國際上的技職教育英文大多用 technical and vocational education、vocational and technical education 或 career and technical education，即技術採 technical 而非 technological（教育部技職司，2015）。為求學術嚴謹性及配合技職教育特質，本研究將 Engineering and Technology Education 譯成「工程及技術教育」，而非工程及科技教育。

### （三）舉例範圍

因工程領域涵蓋許多學門，加上篇幅限制，為比較工程教育、工程技術教育及工業技術教育的課程架構，本研究僅以機械學門為例，作為了解此三種課程架構差異性的分析參考，其他學門如電機或電子，課程架構的差異亦如同機械領域。

### （四）分析範圍

本研究僅針對高等教育機構（含高等技職教育及普通高等教育）所制定的課程及理念進行評析，並未涉及產業界人才需求分析，研究內容所提的工程人才分類為美國教育概念，是否合乎目前臺灣不同產業的人才需求，尚有待後續實徵研究。

### （五）解釋限制

根據 Bereday 的四步驟比較分析模式，「解釋階段」需從各觀點解釋欲探討的教育現象。本研究僅從工程及技術教育課程認證、課程特色及課程架構三因素面切入解釋，並無從歷史、政治或經濟面等跟課程較無相關的觀點進行教育資料解釋。其次，本研究對於美國大學的課程僅透過網路搜尋的方式查找課程名稱及課程目標，無法確認該課程內容是否和臺灣的習慣用法一致，且本研究並不探討課程的授課內容。即本研究將臺灣與美國相同的課程名稱，將其視為相同的課程內容進行課程架構與學分數的比較。

## 肆、資料描述與解釋：美國工程及技術教育課程

以下首先探討美國工程及技術教育課程內容並列舉部分的課程內容，其次，深入了解課程認證現況及課程特色，茲說明如下。

### 一、美國工程及技術教育課程內容

因美國在工程教育、工程技術教育及工業技術教育有其不同的認證機構，在課程的規劃上亦有所區別，由於篇幅限制，本研究僅分別列舉一所美國工程、工程技術及工業技術教育機構中之機械學門的必修課程，作為了解此三種課程內容差異性的分析參考。

#### （一）工程教育

本文以美國愛荷華大學（University of Iowa）為例，其必修課程內容如表 1 所示。從該表資料可發現，該系的數學課程共 16 學分，包括微積分、線性代數、微分方程及向量微積分等；物理與化學課程共 11 學分，以複雜的數學和科學課程建立學生的專業基礎。其次，在專業課程方面的總學分數為 62 學分，著重研發性及理論性知能的發展。

表 1 美國愛荷華大學機械工程系必修課程

| 科目名稱               | 學分 | 科目名稱         | 學分 |
|--------------------|----|--------------|----|
| 1. 工程數學 I- 單變數微積分  | 4  | 18. 變形物體力學   | 3  |
| 2. 工程數學 II- 多變數微積分 | 4  | 19. 可製造性設計   | 3  |
| 3. 工程數學 III- 線性代數  | 2  | 20. 流體力學     | 4  |
| 4. 工程數學 IV- 微分方程   | 3  | 21. 工程機率與統計學 | 3  |
| 5. 工程數學 V- 向量微積分   | 3  | 22. 電腦繪圖     | 2  |
| 6. 化學原理 I          | 4  | 23. 工程工具     | 2  |
| 7. 物理導論 I          | 4  | 24. 靜力學      | 3  |
| 8. 物理導論 II         | 3  | 25. 熱傳導      | 3  |
| 9. 基礎工程 I- 統計學     | 2  | 26. 機電系統     | 3  |
| 10. 基礎工程 II- 電路學   | 3  | 27. 能源系統設計   | 4  |
| 11. 基礎工程 III- 熱力學  | 3  | 28. 機械系統設計   | 4  |
| 12. 熱力學 II         | 3  | 29. 實驗工程     | 4  |
| 13. 工程問題解決 I       | 3  | 30. 專討：機械工程  | 0  |
| 14. 工程問題解決 II      | 3  | 31. 機械工程設計專題 | 3  |
| 15. 工程專討（大一）       | 1  | 32. 修辭學      | 4  |
| 16. 機械工程專討（大二）     | 0  | 33. 動力學      | 3  |
| 17. 材料科學           | 3  | 34. 計算機網路    | 2  |

資料來源：UIOWA（2014）。

## （二）工程技術教育

本文以美國印地安那 - 普渡大學（Indianan University-Purdue University at Indianapolis）為例，其必修課程內容如表 2 所示。從該表可知，該系的數學課程有 15 學分，包含三角函數、代數、微積分在技術的應用及應用統計學等，微積分強調在技術上的應用；物理與化學課程共 13 學分，包括物理及基礎化學課程；專業課程方面的總學分數為 65 學分。與工程教育相比，工程技術教育最大的差異在於數理課程，其數學課程注重以微積分解決問題，而非工程數學，而其物理與化學課程則屬於基礎應用性質。另外，仔細審視專業課程，機械技術工程除了傾向製程與實務應用方面外，專業理論課程亦偏向應用性質。

表 2 美國印地安那 - 普渡大學機械工程技術系必修課程

| 科目名稱             | 學分 | 科目名稱             | 學分 |
|------------------|----|------------------|----|
| 1. 代數與三角函數 I     | 3  | 19. 暖氣、通風與空調控制 I | 3  |
| 2. 微積分在技術上的應用 I  | 3  | 20. 技術行銷         | 3  |
| 3. 機械學應用         | 3  | 21. 熱動力          | 3  |
| 4. 材料學 I         | 3  | 22. 基礎鑄造         | 3  |
| 5. 製造程序 I        | 3  | 23. 汽車運動入門       | 3  |
| 6. 材料力學          | 4  | 24. 產品繪圖         | 3  |
| 7. 動力學           | 3  | 25. 材料學應用        | 4  |
| 8. 數值控制程式語言      | 3  | 26. 機械元件         | 3  |
| 9. 機械工程技術        | 3  | 27. 塑料概論         | 3  |
| 10. 電腦輔助機械設計     | 3  | 28. 電腦應用設計       | 3  |
| 11. 應用熱力學        | 3  | 29. 應用傳熱         | 3  |
| 12. CAD/CAM 機械設計 | 3  | 30. 配管和管道設計      | 3  |
| 13. 材料學 II       | 3  | 31. 熱力學與熱動力      | 4  |
| 14. 流體力學         | 3  | 32. 機械工程設計       | 3  |
| 15. 車輛動力學        | 3  | 33. 三維建模         | 3  |
| 16. 內燃機          | 3  | 34. 產學合作教育實踐 I-V | 5  |
| 17. 應用靜力學        | 3  | 35. 工作體驗 I-V     | 5  |
| 18. 產品設計規範       | 3  | 36. 就業實習 I-V     | 3  |

資料來源：IUPUI (2015a)。

### (三) 工業技術教育

本文舉列美國伊莉莎白市州立大學 (Elizabeth City State University) 機械與製造技術系必修課程為例，其課程規劃內容如表 3 所示。由該表資料可發現，該系的數學課程總學分數 9 學分，課程內容以先修微積分及基礎統計學、微積分為主；化學課程共 8 學分，以普通化學為主。在專業課程方面的總學分數為 56 學分，較偏重技術與管理領域。

表 3 美國伊莉莎白市州立大學機械與製造技術系必修課程

| 科目名稱          | 學分 | 科目名稱              | 學分 |
|---------------|----|-------------------|----|
| 1. 先修微積分      | 3  | 13. 電子機械控制        | 3  |
| 2. 基礎統計學      | 3  | 14. 類比電子學／實驗      | 4  |
| 3. 微積分        | 3  | 15. 普通心理學         | 3  |
| 4. 普通化學實驗 I   | 4  | 16. CAD 及實體模型     | 3  |
| 5. 普通化學實驗 II  | 4  | 17. 會計學 I         | 3  |
| 6. 技術製圖       | 3  | 18. 經濟學原理 I       | 3  |
| 7. 專題討論       | 1  | 19. 機械系統          | 3  |
| 8. 材料製程實驗     | 3  | 20. 成本評估          | 3  |
| 9. 電路學／實驗     | 3  | 21. 流體技術          | 3  |
| 10. 電腦科學 I    | 3  | 22. 工業工廠管理        | 3  |
| 11. 電腦輔助製造／實驗 | 3  | 23. 靜力學及材料力學 I／實驗 | 3  |
| 12. 自動化機器人／實驗 | 3  | 24. 機械設計          | 3  |

資料來源：ECSU（2015）。

綜合上述三種樣例學校課程可知，美國工程教育、工程技術教育及工業技術教育確實在課程內容上符合各自人力培育之定位目標。就數學科目而言，工程教育注重理論性的科學原理之教導，專業課程則以工程科學和工程設計為主，達到微分方程及向量微積分的層次；而工程技術教育及工業技術教育課程則以基礎應用為主，專業課程則以實務應用之產品製程為主，數學的層次則僅達到微積分，工業技術教育以品管及管理為目的，開設基礎統計學，並另開設工廠管理、成本評估等管理技術相關課程。

## 二、美國工程及技術教育課程認證

美國於 1932 年成立「工程與技術教育認證」（Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET）機構，主要負責規劃與執行高等教育組織的工程品質認證，其前身是「工程師專業發展委員會」（Engineers' Council for Professional Development, ECPD）。迄今此機構已認證美國大學中的 2,700 個工程與工程技術教育課程（ABET, 2013b）。

ABET 一直是美國工程與工程技術教育課程品質保障的機制，也是其他國家工程與工程技術教育課程認證發展的標竿，目前已成為國際工程教育課程認證潮流的主要動力。ABET 的工程與工程技術教育課程係由兩個不同的委員會負責。工程認證委員會（Engineering Accreditation Commission, EAC）主要負責工程學門的認證（工程系別），技術認證委員會（Technology Accreditation Commission, TAC）則負責工程技術學門的認證（工程技術系別），兩者採不同的認證標準對學校進行認證及評鑑。根據 ABET（2013b）的統計資料，工程認證委員會已認證 2,078 個工程領域的大學學位課程，及 35 個工程領域的碩士學位課程；技術認證委員會認證計有 412 個工程技術領域的大學學位課程，及 314 個副學士學位課程。從 1932 年起迄今（2016），涵蓋了 29 個國家，超過 700 所大學院校，約有 3600 個學位課程通過認證。

另一個與美國工程與技術教育認證有關的是美國工業技術協會（National Association of Industrial Technology, NAIT）。該協會認證則以「技術」為名的系所，所認證的學制包括副學士、學士及碩士等三種學制，主要規範工業技術畢業生應具備技術或管理導向的專業能力。目前美國工業技術協會已認證 209 個學士學程，271 個副學士學程（NAIT, 2015）。本研究列舉若干美國經認證的工程教育、工程技術教育及工業技術教育的學程為例，該學程亦獲得 NAIT 的認證，如表 4 所示。從表中可知，以機械領域為例，同時設有機械工程系（學程）、機械工程技術系（學程）及機械技術系（學程）。其它領域也大都有相同之情況，同時設置有此三種學程。

表 4 經認證的美國工程教育、工程技術教育及工業技術教育若干學程

| 工程教育           | 工程技術教育           | 工業技術教育         |
|----------------|------------------|----------------|
| 1. 航太工程學程      | 1. 航太工程技術學程      | 1. 航太技術學程      |
| 2. 建築工程學程      | 2. 建築工程技術學程      | 2. 建築設計技術學程    |
| 3. 電子 / 電機工程學程 | 3. 電子 / 電機工程技術學程 | 3. 電子 / 電機技術學程 |
| 4. 機械工程學程      | 4. 機械工程技術學程      | 4. 機械技術學程      |
| 5. 土木工程學程      | 5. 土木工程技術學程      | 5. 土木施工技術學程    |
| 6. 營建工程學程      | 6. 營建工程技術學程      | 6. 營建技術學程      |

（續下頁）

表 4 經認證的美國工程教育、工程技術教育及工業技術教育若干學程  
(續)

| 工程教育       | 工程技術教育       | 工業技術教育        |
|------------|--------------|---------------|
| 7. 工業工程學程  | 7. 工業工程技術學程  | 7. 工業技術學程     |
| 8. 環境工程學程  | 8. 環境工程技術學程  | 8. 環境技術學程     |
| 9. 化學工程學程  | 9. 化學工程技術學程  | 9. 化學技術學程     |
| 10. 營建工程學程 | 10. 營建工程技術學程 | 10. 營造管理技術學程  |
| 11. 製造工程學程 | 11. 製造工程技術學程 | 11. 製造技術學程    |
| 12. 生物工程學程 | 12. 生物工程技術學程 | 12. 農業系統技術學程  |
| 13. 資訊工程學程 | 13. 資訊工程技術學程 | 13. 資訊及電腦技術學程 |

資料來源：取自 ABET (2012) & NAIT (2015)。

### 三、美國工程及技術教育課程認證特色

美國工程教育主要以「工程」為名的科系或學程，在認證上雖然並未明確規範修課的總學分數和通識的學分數，在數理課程方面，則規範大學數學和基礎科學（含實驗）課程，其內容配合系所需求，修課期限為一年；專業課程涵蓋工程科學及工程設計（理論研發為主），內容配合學習領域，修課期限為一年半（ABET, 2012）。

美國工程技術教育主要以「工程技術」為名的系所或學程，在認證上規範總學分數為 124 學分，通識課程涵蓋口語傳播、人文與社會科學等領域；在數理課程方面，規範數學課程應涵蓋代數、三角函數、微積分等課程（應用數學為主），基礎科學課程則涵蓋物理、化學及生活科學（含實驗）；技術領域專業課程（主要為產品製程開發）至少占總學分的三分之一。與工程教育相比，在課程上，工程技術教育另有建教合作（ABET, 2012）。

美國工業技術教育主要以「技術」為名，在認證上總學分數的最低門檻為 120 學分，其通識課程要求 18 至 36 學分，數理課程包括代數、三角函數、解析幾何、微積分、統計等（共 6 至 18 學分）及自然科學（共 6 至 18 學分），專業課程上，相當注重管理科學，除修習相關專業技術課程外，學生須修習 12-24 學分的管理課程。美國工程、工程技術及工業技術教育課程認證特色的比較如表 5 所示。

表 5 美國工程、工程技術及工業技術教育課程認證的特色比較表

| 內容   | 美國工程教育                                    | 美國工程技術教育                                                | 美國工業技術教育                                                               |
|------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 系科   | 「工程」為名                                    | 「工程技術」為名                                                | 「技術」為名                                                                 |
| 總學分數 | 未規範學分數                                    | 124                                                     | 120                                                                    |
| 通識課程 | 未詳細規範                                     | 口語傳播、人文與社會科學等。                                          | 人文學科、英文、歷史、經濟、社會學與表達能力等。<br>(共 18-36 學分)                               |
| 數理課程 | 大學數學(純理論數學)和基礎科學(含實驗)課程,其內容應適合學門的需要,為期一年。 | 1. 應用數學<br>代數、三角函數、微積分等。<br>2. 應用科學<br>物理、化學及生活科學(含實驗)。 | 1. 數學(6-18 學分)<br>代數、三角函數、解析幾何、微積分、統計等。<br>2. 自然科學(6-18 學分)<br>物理與化學等。 |
| 專業課程 | 包含工程科學和工程設計(理論研發為主),其內容應適合學生的學習領域,為期一年半。  | 技術領域專業課程(產品製程為主)至少占總畢業學分的 1/3,<br>約 41 學分               | 技術領域專業課程及管理科學相關課程<br>(管理 12-24 學分)<br>(技術專業 24-36 學分)                  |
| 產學合作 | 無                                         | 有規定                                                     | 無                                                                      |

資料來源：ABET (2012), NAIT (2015) & Seaman (2005)。

由上述認證特色的比較可發現，工程教育課程著重理論性知能的發展，以複雜的數學和科學課程建構學生的基礎，注重理論性的科學原理，使學生成為一名設計者；工程技術教育課程則以實務應用為目的，教導學生數學和科學等基礎課程，提供工程的基本觀念，教導學生如何應用他人的設計（NSPE, 2014）。工程技術教育的課程亦著重專業技術的示範與實驗，為使學生獲得工程技術上的應用實務經驗，通常與企業機構訂有建教合作計畫（蕭錫錡，1999）。在數理、通識及實務課程上，工業技術教育與工程技術教育的課程相當類似，但工業技術相當重視管理科學，其目的在於培養作業管理人才。

# 伍、資料並列：臺灣工程及技術教育課程

以下首先探討臺灣工程及技術教育課程內容並列舉部分課程，其次，深入了解工程及技術教育的課程認證現況及課程之特色，說明如下。

## 一、臺灣工程及技術教育課程內容

因目前臺灣的工程及技術教育皆朝向中華工程教育學會（Institute of Engineering Education Taiwan, IEET）認證發展，課程內容大同小異，加上篇幅限制，本文僅各列舉一所一般大學、科技校院及國立彰化師範大學之機械學門的必修課程，作為了解臺灣目前此三種教育課程內容差異性的分析參考。

### （一）工程教育（普通大學）

以國立交通大學機械工程學系必修課程為例，其課程規劃內容如表 6 所示。從該表資料可發現，該系的數學課程為 14 學分，包括微積分及工程數學；物理與化學課程共 14 學分，以複雜的數學和科學課程建立學生的專業基礎。其次，在專業課程方面的總學分數為 45 學分，與美國工程教育課程相同，著重研發性及理論性知能的發展（國立交通大學機械工程學系，2014）。

表 6 交通大學機械工程學系必修課程

| 科目名稱         | 科目名稱             |
|--------------|------------------|
| 1. 微積分       | 12. 電工學          |
| 2. 物理        | 13. 機動學          |
| 3. 工程數學      | 14. 流體力學         |
| 4. 化學        | 15. 應用力學（一）（二）   |
| 5. 圖學        | 16. 材料力學         |
| 6. 計算機程式     | 17. 機械工程實驗（一）（二） |
| 7. 熱力學（一）（二） | 18. 物理實驗         |
| 8. 機械設計原理    | 19. 化學實驗         |
| 9. 機械製造      | 20. 熱傳學          |
| 10. 工程材料     | 21. 工場實習         |
| 11. 電工實驗     | 22. 機械實作（一）（二）   |
| 合計 76 學分     |                  |

資料來源：國立交通大學機械工程學系（2014）

## （二）工程技術教育（科技校院）

以高雄第一科技大學的機械工程技術系必修課程為例，其課程規劃內容如表 7 所示。從該表資料可知，該系的數學課程共 15 學分，包含微積分及工程數學；物理課程共 4 學分；專業課程方面的總學分數為 65 學分。另外，仔細審視專業課程，該系課程雖已傾向製程與實務應用方面，但專業基礎課程仍偏向理論性，且未開設建教合作相關課程（國立高雄第一科技大學，2015）。

表 7 高雄第一科技大學機械與自動化工程系必修課程（分為三組）

| 精密機械組      |    |               |    |
|------------|----|---------------|----|
| 科目名稱       | 學分 | 科目名稱          | 學分 |
| 物理（一）（二）   | 6  | 機械製造          | 3  |
| 物理實習       | 1  | 材料力學          | 3  |
| 機械英文       | 0  | 電路學           | 3  |
| 化學         | 3  | 精密量測原理與實習     | 3  |
| 工程材料       | 3  | 動力學           | 3  |
| 微積分（一）（二）  | 6  | 熱力學           | 3  |
| 機械與自動化工程概論 | 0  | 應用電子學         | 2  |
| 材料實驗       | 1  | 電子電路實習        | 1  |
| 工程實作實習     | 1  | 順序控制與實習       | 3  |
| 工程統計與應用    | 3  | 機構分析與實習       | 3  |
| 電腦程式語言應用   | 2  | 流體力學與實習       | 3  |
| 靜力學        | 3  | 機械設計與實習（一）（二） | 6  |
| 工程數學（一）（二） | 6  | 電腦輔助實體繪圖      | 2  |
| 共計 73 學分   |    |               |    |
| 智慧自動化組     |    |               |    |
| 物理（一）（二）   | 6  | 電腦程式語言應用      | 2  |
| 物理實習       | 1  | 電路學           | 3  |
| 機械英文       | 0  | 精密量測原理與實習     | 3  |
| 工程材料       | 3  | 熱力學           | 3  |
| 微積分（一）（二）  | 6  | 電子電路實習        | 1  |

（續下頁）

表 7 高雄第一科技大學機械與自動化工程系必修課程(分為三組)(續)

| 智慧自動化組        |    |            |    |
|---------------|----|------------|----|
| 科目名稱          | 學分 | 科目名稱       | 學分 |
| 工程實作實習        | 1  | 順序控制與實習    | 3  |
| 機械與自動化工程概論    | 0  | 機構分析與實習    | 3  |
| 工程統計與應用       | 3  | 電子學        | 3  |
| 工程力學(一)(二)    | 6  | 材料力學       | 3  |
| 工程數學(一)(二)    | 6  | 機械製造       | 3  |
| 機械設計與實習(一)(二) | 6  | 微電腦控制與實習   | 2  |
| 自動控制與實習       | 3  | 電腦輔助實體繪圖   | 2  |
| 數位電路與實習       | 2  |            |    |
| 共計 74 學分      |    |            |    |
| 雙軌班           |    |            |    |
| 微積分(一)(二)     | 6  | 工程力學       | 3  |
| 物理            | 3  | 電腦輔助製圖     | 1  |
| 物理實習          | 1  | 工程數學(一)(二) | 6  |
| 工程圖學          | 3  | 材料力學       | 3  |
| 電機學           | 3  | 精密量測       | 3  |
| 程式設計          | 3  | 電子學        | 2  |
| 電子電路實習        | 1  | 自動化概論      | 3  |
| 機械設計          | 3  | 機構學        | 3  |
| 單晶片原理與應用      | 3  | 機電整合       | 3  |
| 氣壓學           | 2  | 氣壓學實習      | 1  |
| 製程規劃          | 3  |            |    |
| 共計 62 學分      |    |            |    |

資料來源：國立高雄第一科技大學機械與自動化工程系(2015)。

### (三) 工業技術教育

以國立彰化師範大學的工業教育及技術系(機械製造組)必修課程為例,其課程規劃內容如表 8 所示。由該表資料可發現,該系的數學課程總學分數 9 學分,包括微積分及工程數學;物理課程共 3 學分;在專業課程方面的總學分數為 70 學

分，偏重技術與管理領域（國立彰化師範大學工業教育與技術學系，2015）。

綜合上述資料可知，比較普通大學與科技校院的工程領域課程內容，數理課程皆涵蓋微積分、工程數學及物理相關課程，二體系的課程大致相同；專業課程方面，科技校院除包括製程導向課程外，專業基礎課程（如物理、微積分、程式設計等）卻仍相當理論性而非應用性，且並未開設建教合作課程。在工業技術教育方面，要求的課程與工程教育及工程技術教育相差不大，最主要的差異在於導入管理科學的課程，例如工業管理及生產管理等。

表 8 國立彰化師範大學工業教育及技術系共同必修課程

| 科目名稱         | 學分 | 科目名稱             | 學分 |
|--------------|----|------------------|----|
| 1. 微積分（一）（二） | 6  | 8. 專業技術能力測驗      | 1  |
| 2. 普通物理      | 3  | 9. 技術及職業教育概論     | 2  |
| 3. 計算機概論     | 2  | 10. 控制系統（一）      | 3  |
| 4. 程式設計      | 3  | 11. 品質管理         | 3  |
| 5. 工程數學（一）   | 3  | 12. 產學合作技術研修     | 3  |
| 6. 應用英語（一）   | 2  | 13. 產品開發研修（一）（二） | 4  |
| 7. 工業管理      | 3  | 14. 專業技術能力測驗方法研究 | 1  |
| 共計 40 學分     |    |                  |    |

資料來源：國立彰化師範大學工業教育與技術學系（2015）。

## 二、臺灣工程及技術教育課程認證

近年來，為保證教育品質，提升國際競爭力，臺灣的工程及技術教育發展出一套與國際接軌的品質管制系統——工程及工程技術教育認證，此項認證事務由中華工程教育學會（Institute of Engineering Education Taiwan, IEET）負責。IEET 於 2007 年成為華盛頓協定（Washington Accord）的正式會員（目前共 12 會員國，5 個準會員國），換言之，凡通過此認證的大學院系，其畢業生即被認可已完成工程專業所需之基礎教育，且為會員國間所承認（中華工程教育學會，2014a）。目前臺灣國內只有唯一的 IEET 工程認證機構，並無像美國有 NAIT 機構，可認證工業技術教育學門。根據中華工程教育學會（2014b）的統計資料，截至 2014 年

3月26日為止，目前國內 IEET 認證的項目包括：EAC：工程教育認證、CAC：資訊教育認證、TAC：技術教育認證、AAC：建築教育認證等四種。國內已通過 IEET 認證系所共計有 78 個學校 478 個系所，其中普通大學有 34 所學校，科技校院有 44 所學校（中華工程教育學會，2014b）。

### 三、臺灣工程及技術教育課程特色

臺灣的工程教育為普通大學的重要學習領域之一，系別以「學」系著稱，例如，電子工程學系，招收對象為一般高中學生，其課程傾向理論科學，注重基礎學科的養成，以培育各類工程師為目標。但因課程內容偏於理論，近幾年有學者提出工程教育的課程也應仿照工程技術教育的能力本位模式，加強學生專業實務能力（李家同，2008）。由於受制臺灣《大學法》的規範，工程相關科系規定學生的畢業最低總學分為 128 學分，然而，因目前許多工程科系均朝 IEET 課程認證發展，在不違背大學法下，其課程內容則依 IEET 規範辦理。在課程規劃上，IEET 規定工程科系的數學及基礎科學課程至少占最低畢業學分之四分之一以上，工程專業課程則須占八分之三以上，但並無規範通識課程（中華工程教育學會，2013）。以聯合大學電子工程學系為例，畢業最低總學分為 136，其中數學及基礎科學課程規劃 38 學分（含選修），工程專業課程規劃 69 學分（含選修）。

科技校院之教育目標為實務應用取向，因應國內產業發展的需求，以培育各方面的工程技術人才為目標。顯然地，工程技術教育為臺灣科技校院的重要學習領域之一，臺灣科技校院工程領域相關系所初期亦以工程技術系為系名，例如，電子工程技術系，但在 1997 年後則改以「工程」為系名，例如，電子工程系，招收對象為高職畢業生。在課程規範方面，在不違背《大學法》規定下（128 學分最低限制），工程技術相關系所能自主規劃課程內容，但教育部採用外在激勵的方式（亦即獎補助款），希望各系能由業界人士及專業團體共同參與課程制定，並採系科本位課程發展模式發展課程（教育部，2013）。然而，在現實層面上，科技校院工程技術系在 1997 年從工程技術系改名為工程系後，造成現今定位更加模糊（教育部，2009），加上工程技術相關系所參與 IEET 認證（中華工程教育學會，2013），在課程規劃上，譬如專業與數理課程的學分數，皆與普通大學相同，未有差異。

與美國工業技術學門相比較，嚴格來說，目前臺灣只有國立彰化師範大學的

工業教育與技術學系朝美國的工業技術教育課程模式發展，該系原是以培養職校師資為主，但自 90 學年度起共分為二個學程：「工業技術學程」與「工業教育與訓練學程」，招收機械類及電機類的高職畢業生。自 95 學年度起再轉型為二個技術學程，分別為：「自動控制技術學程」及「精密製造技術學程」，同樣招收電機類及機械類高職畢業生為主，畢業後授予工學學士學位，教育學程採外加選修方式辦理。因此，轉型後的技術學程特色為學生於大三暑假必須參加 2.5 個月之產學合作技術研修（校外實習），並於畢業前鼓勵學生取得乙級技術士相關證照，使理論與技術能落實並契合業界用人需求。加上少子女化影響，師資需求減少，該系畢業生投入業界居多。該系的課程結構與工程教育及工程技術教育非常類似，最大差別為工業技術課程導入許多關於管理科學的科目，例如：品質管理。但因臺灣沒有類似美國 NAIT 的組織，目前並沒有針對此學門的課程進行認證，課程內容只有遵照大學法 128 學分的規定，工程專業及基礎學科課程則由系裡自主規劃。

## 陸、資料比較：臺灣與美國工程及技術教育之比較分析

本研究探討臺灣與美國工程及技術教育課程內容、課程認證及課程特色後，進行兩國工程及技術教育的比較分析。

### 一、人才培育之比較分析

在工程學門上，美國教育相當注重人才分工的概念，以人才培育的觀點來看，就有工程師、工程技師及工業技師三種分別，各類別具有獨特的工作職責，三者互不衝突。在教育機構上，不同定位的大學或院系則是朝培育不同的人才目標發展，例如，教學型大學以培育工程技師及工業技師為主，研究型大學以培育工程師為主。反觀國內，在工程學門上，普通大學及科技校院多以培育工程師為主要目標，僅有寥寥少數涉及工程技師或工業技師的培養，頗值得我們深思。

### 二、課程目標之比較分析

從教育目標的觀點，我國目前大部分科技校院皆強調技術與實務，在培育人才方面，著重實務應用取向，在課程的規劃與設計上，應偏重實務技術；而一般

大學則著重培養研發人才，為學生奠定深厚的研發學理基礎，因此在課程的規劃上，較偏重理論基礎。比較美國工程與技術教育課程，其教育目標相當明確，可從系名稱及課程內容區別其主要差異。反觀我國一般大學與科技校院的教育目標在教育部規劃的理念層次固然明確，但在各科技校院並未反映此理念於課程內容上。此外，科技校院並未有以工業技術為教育目標者。

### 三、課程認證之比較分析

美國 ABET 對於工程教育與工程技術教育課程有兩個不同的認證委員會，有其不同的認證規範，其中以「工程」為名的科系其認證單位為工程認證委員會，以「工程技術」為名的則屬於技術認證委員會。但綜觀我國工程及技術教育的認證機構，則是以相同的教育認證規範進行一般大學與科技校院工程及技術教育領域相關課程的認證，然而科技校院的教育目標偏重實務導向的教育，與一般大學的教育目標應有所區隔。另外，目前國內並無類似美國的 NAIT 機構，提供工業技術學門的課程認證。

### 四、數理課程之比較分析

比較美國工程及技術教育數學課程，最大的差異則是應用數學來解決問題的層次與情境，工程教育學門的學生須修習微積分課程外，亦非常重視工程數學，相對地，工程技術教育及工業技術教育的學生則只須修習基礎微積分及應用微積分課程，這種差異的原因乃因研發部門常是解決概念性問題，而工作現場則是解決實務問題（Seaman, 2005）。數學課程之減少通常轉移至加強實務課程之開設。進一步比較我國一般大學、科技校院及彰化師大工業教育與技術學系的數學課程內涵，三者數學課程的規劃上，並無明顯之差異。另外，在基礎科學方面，美國工程技術教育及工業技術教育課程相當重視應用性，而非工程教育所強調的理論性，但比較我國一般大學及科技校院的基礎科學科目，課程規劃相當一致，亦皆相當注重理論性。

### 五、專業課程之比較分析

仔細審視美國在工程及技術教育課程的規劃，可發現專業課程與系制定的目標相當一致。工程教育學門的目標在於培育各類研發工程人才，因此，專業課程

為研發導向（理論為主）；工程技術學門在於培育各類實務製程人才，專業課程為應用導向（實務為主）；工業技術學門在於培育各類工程管理人才，專業課程除基本技術課程外，則涵蓋許多管理科學的課程（兼具技術與管理導向）。反觀國內，在專業課程發展上，科技校院除開設製程實務課程外，專業基礎課程卻仍相當理論性而非應用性。雖然國內的工業技術教育學門已有開設數門管理相關的課程，但與美國相比，管理課程總數仍稍偏低。

## 六、工程領域教育發展之比較分析

在工程領域上，美國規劃三種不同類別的系別，以機械學門為例，則有機械工程、機械工程技術及機械技術系，從三者的系名稱則可判別其教育目標的差異性。反觀國內，在工程領域上並沒有規劃不同類別的系別，比較普通大學及科技校院的工程學門，其系名稱相當混淆，只有「學」系的差異，無法區別何者是工程教育或工程技術教育的培育機構。再者，國內並沒有發展工業技術學門，目前只有國立彰化師範大學單獨科系培育其相關人才。

## 柒、比較後啟示：結論與建議

從美國工程及技術教育課程的推動情形，可以發現美國對於工程及技術教育的課程規劃上有諸多經驗值得我國科技校院作為學習與借鏡之處。綜合前述的討論與分析，本研究根據臺灣與美國工程及技術教育課程認證、課程特色及課程內容等方面，提出本研究的結論與建議。

### 一、結論

根據前述討論，本研究結論經比較後可歸納四點關於目前臺灣的工程領域教育發展的差異，同時，本研究針對這些差異提出若干省思。

#### （一）工程及技術教育課程內容缺乏明顯的規範與標準

在工程領域上，我國一般大學與科技校院的數理領域課程及專業課程內容尚缺乏明顯的特色區分，比較一般大學與科技校院的教育目標，一般大學的教育目標偏重研發取向，科技校院偏重實務應用，雖然目標不同，但課程設計與教學內容卻相當一致。反觀美國高等教育體制，工程及技術教育的課程目標非常明確，

在課程規劃方面，有清楚的規範與標準。為提升臺灣工程及技術教育的品質，我國在擬定課程發展時，應參酌美國工程學門的發展經驗，訂定各具特色的課程規範，進而達到與國際接軌及整合產業需求的目標。

## （二）工程教育及工程技術教育的課程只共用一個標準

目前臺灣的工程及工程技術教育認證制度，主要認證對象為工程（學）系的一般大學與工程系的科技校院，此兩種教育體系皆有不同的教育目標、教育內容、課程規劃、學生來源等，但皆由 IEET 機構進行認證的工作。反觀美國的認證標準，雖然工程教育及工程技術教育的相關科系皆為 ABET 組織所認證，但其組織卻有二個不同委員會採不同標準進行評鑑，針對科系屬性做不同的認證。有鑑於此，國內在推動工程教育與技術教育認證的同時，確實應當學習美國的經驗，參考美國在工程及技術教育課程上的相關制度，建立不同的標準以對不同定位的學校及系所（理論研發導向或實務應用導向）進行認證，以提升工程科系的課程發展品質。所幸，中華工程教育學會（IEET）於 100 學年度起推動技術教育認證（以下簡稱 TAC 認證），希望藉由過去執行工程教育認證（EAC）的經驗，為國內技術教育的品質發展把關，因此，確實有些科技校院已朝申請 TAC 認證的方向做努力（劉曼君，2011）。

## （三）缺乏工程技術教育的課程發展

在美國的工程學門上，工程教育、工程技術教育及工業技術教育雖為各自發展的領域，但三者息息相關，缺一不可。反觀國內，在教育目標上，不僅工程技術教育出現定位不明的問題外，尚缺乏工業技術教育的發展。目前國內的技專校院皆無工業技術相關科系，僅有國立彰化師範大學培育工業技術的人才，此舉嚴重影響企業人才供需機制。此外，在課程認證上，美國有 ABET 機構認證工程教育及工業技術教育相關科系，NAIT 認證工業技術教育科系。反觀國內，目前並沒有相關機構規範工業技術學門的課程，對工業技術教育的品質發展確實有其傷害性。基於此，國內除應成立 NAIT 類似機構外，也須重新審視技專校院的教育發展目標，在改革工程技術教育的同時，另增設工業技術相關學門，以增進工程領域的完整性（工程教育、工程技術教育及工業技術教育）。

## （四）工程及技術教育的數理及專業課程不因學制不同而有明顯的區隔

比較美國工程及技術教育學門的差異，工程學門的數理課程領域的必修學分數明顯高於工程技術及工業技術教育學門，工程學門以複雜的數學系統（工程數

學)建立學生完整的邏輯推理能力,專業課程著重概念性的發展(理論研發導向);工程技術學門則建立學生數學(微積分為主)和自然科學(基礎物理與化學)的基礎能力,專業課程以實務應用為目標(實務製程導向)。反觀國內一般大學與科技校院的課程內容,不論是數理課程或是專業課程,一般大學與科技校院在課程規劃上並沒有明顯的差異,不因不同學制而有所區別,而最主要的差異僅以工程「學」系及工程系為名。此種現象造成科技校院學生學習的重大負擔,且實務能力的養成也不足。

## 二、建議

根據上述結論,本研究提出以下建議作為我國科技校院工程領域課程未來改善之參考:

### (一) 工程及技術教育的課程目標應明確化

美國課程設計專家 Dick, Carey, L. 和 Carey, J. (Dick, Carey, L., & Carey, J., 2005) 指出,在課程制定上,課程發展目標須夠明確,因目標與課程內容息息相關,一旦目標錯置,課程內容將與原先預想的方向背道而馳。在目前的工程技術教育上,各科技校院課程發展目標皆不明確,遊走在模糊地帶,看不出其特色所在。以印地安那-普渡大學的生物醫學工程技術系為例,其系網頁即比較生物醫學工程系與生物醫學工程技術系的不同,且在課程發展與學生畢業出路上詳加解釋,系的教育目標一清二楚(IUPUI, 2015b)。簡單來說,該系將生物醫學工程系的畢業生定位成工程師(engineer),生物醫學工程技術系的畢業生則為工程技師(engineering technologist)。反觀國內,科技校院的工程科系皆將畢業學生定位成工程師,其課程發展目標並無朝工程技師邁進,此舉的後果將造成企業無法找到適當的人才填補工程技師的職位,這也是當前國內中級技術人力過剩,而高級與基層技術人力缺乏的主因。社會本是分工的結構,各企業組織需要不同專業素養的人才,工程教育學門創立時早已將學生定位成工程師,工程技術教育學門不應仿效,須修正目前的課程發展方向,朝工程技師領域邁進,以明確化的方針定位課程內容,走出獨具特色的一片天。

### (二) 學校的工程及技術教育應定位分明

在產品創造上,需工程、工程技術及工業技術三學門的人才互相合作,方能成功開發高科技產物。以美國工程領域為例,三學門的規劃走向相當清楚,互

不衝突，人才分工直接對應到企業人才需求（工程師、工程技師及工業技師）。反觀國內，工程技術教育過度向工程教育靠攏，逐漸失去本身的定位價值，在工業技術學門，更是嚴重缺乏培育系所。我國普通大學的工程教育、科技大學的工程技術教育、技術學院的工業技術教育在高等教育的劃分應是涇渭分明，各自扮演不同的角色與功能。以工業類為例，工程教育以培養研發工程師為主，工程技術教育培養製程工程師為主，技術教育則以培養維修工程師、品管工程師、測試工程師、銷售工程師等為主（張仁家，2015）。因此，臺灣未來的工程技術教育走向應偏離工程教育，強調學生的實用技能，以工程技師為發展目標，修訂出符合實務為主、理論為輔的課程。此外，在改革工程技術教育的同時，亦應考量工業技術學門的重要性，課程走向並非一定要走向工程技術教育（系以工程技術為名），亦可朝美國工業技術教育的發展模式，將系所定位成「技術」為名，如電子技術系，如此方能使技術教育多元化。並建立類似美國 NAIT 認證機構，以確保其教學品質。

### （三）工程技術教育的數學課程應修訂

在課程發展上，美國的工程技術教育數學課程科目皆比工程教育所規劃來的少，其原因在於工程技術並不需要複雜的數學基礎解決工程概念問題。以本文所探討的機械工程技術系為例，數學課程只有涵蓋微積分。反觀國內，科技校院學生所修習的數學課程皆與一般大學相同，除重視微積分課程外，也強調工程數學。在教育目標上，工程技術教育係以實務技能為導向，因此，其數學課程學分應向下修訂，剔除理論性質的工程數學，加重與專業學科有關的專業實務應用課程。

### （四）工程技術教育的數理基礎學科應改為應用性質

以數學科目來說，目前科技校院的工程學生所修習內容皆與一般大學頗為相近。反觀美國，工程教育及工程技術教育兩體系劃分的相當清楚，工程教育學生必須修習純理論的數學；工程技術教育學生則是修習應用數學。以微積分為例，工程教育學生須懂得如何解題及運算流程，工程技術教育學生則是須曉得如何將微積分應用在專業科目上，如將微積分方程式應用在電子電路學上。因此，工程技術教育的基礎學科應朝「應用」層面發展，著重在將學科理論帶入專業領域，並非將基礎學科與專業領域脫節，其他物理化學等理論課程亦相同。

### （五）工程技術教育的專業學科應與工作職能相配合

以美國為例，工程教育與工程技術教育所開設的專業學科相當不同，前者為

「研發」導向，後者則為「製程」導向。簡單來說，研發主要重心為開發新產品，須常駐研發單位，與產品生產流程無直接關係；相對地，製程主要方向為將研發單位所設計的新構思產品化，須常駐生產部門，掌控產品生產流程。以本文所探討的美國機械工程技術系為例，專業基礎學科強調應用性，另外專業課程並涵蓋許多關於製程實務的技術，例如，生產流程及建教合作等相關的課程。因此，在發展工程技術教育的專業課程時，應同時考慮工作職能，方能與企業接軌。過度仿照工程教育課程只會讓工程技術教育的本質更加模糊，對於學生實務學習並無益處。

#### （六）工程技術教育的基礎學科應考量學生基本能力

目前工程技術教育的基礎學科幾乎仿照工程教育的課程模式來制定，此舉對科技校院學生的受教權益有嚴重影響。舉例來說，工程技術教育招收的對象為高職畢業生，在高職體系下，基礎學科如數學以應用於工程為主，課程內容並不會涵蓋艱深的數學演算，然而，一旦高職畢業生進入科技校院工程技術教育領域，其所修習的基礎學科並不是為他們量身訂做，而與工程教育相同，學習銜接上必定會有落差。因此，在課程發展上，工程技術教育的基礎學科除要「應用」化外，亦要能考量學生的基本能力，如此方能強化教學品質。

#### （七）工程技術教育的專業學科應更加實用化

工程技術教育的專業學科一味傾向工程教育的課程模式有其危險性，因課程偏於理論化，根本無法落實科技校院所在推動的「實務為主，理論為輔」的教育目標，更甚者，學生畢業後亦無所謂的「實務專長」。因此，工程技術教育的專業學科應與工程教育有所區隔，須更加強調「實用化」，課程的成果即以學生的實作來表達，非以傳統的紙本考試來驗證。美國建構實用主義（Constructionism）學者 Kafai（2006）指出，從做中學（learning by doing）是最能應用所學的知識。所以，強調以「應用為主」的工程技術教育應更加著重學生的實作能力。

由於技術人力的培養，所涉及的因素既多且廣，本研究試圖從工程技術教育課程規劃的視角進行臺灣與美國之比較，因此，後續研究可從臺灣科技校院的定位與發展再進一步研究，或是參照勞動部於 2014 年針對各行業的職能所制定的職能基準，探究在不同學制所應培養的人力定位等。

## 參考文獻

- 大英百科全書(2014)。工程(engineering)的定義。取自 <http://global.britannica.com/technology/engineering>
- 大學法施行細則。大學法(2014)。取自 <http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=H0030028>
- 中華工程教育學會(2013)。工程教育認證規範。取自 <http://www.ieet.org.tw/InfoT.aspx?n=stdEAC>
- 中華工程教育學會(2014a)。中華工程學會簡介。取自 <http://www.ieet.org.tw/Info.aspx?n=whatisac>
- 中華工程教育學會(2014b)。通過認證系所。取自 <http://www.ieet.org.tw/search/searchList.aspx>
- 李家同(2008, 3月10日)。台工教評估出爐 李家同籲重實務。大紀元, 取自 <http://www.epochtimes.com/b5/8/3/10/n2039966.htm>
- 李隆盛、賴春金(2007)。技職教育現況及其未來發展。國家菁英季刊, 3(1), 35-46。
- 林珮萱(2012)。大學聲望調查 找到心中最佳大學。遠見雜誌。取自 [http://www.gvm.com.tw/Boardcontent\\_19612.html](http://www.gvm.com.tw/Boardcontent_19612.html)
- 科技部(2012)。國科會科教處 102 年度專題研究計畫徵求書。取自 [https://www.most.gov.tw/sci/ch/detail?article\\_uid=93338214-7fbd-49af-ab18-0b063e696bbc&menu\\_id=2b1505b5-0697-11e5-9a55-b8ac6f2d65c0&content\\_type=P&view\\_mode=listView](https://www.most.gov.tw/sci/ch/detail?article_uid=93338214-7fbd-49af-ab18-0b063e696bbc&menu_id=2b1505b5-0697-11e5-9a55-b8ac6f2d65c0&content_type=P&view_mode=listView)
- 科技部前瞻及應用科技司(2015)。95 年度「科學教育」研究計畫邀請書。取自 [https://www.most.gov.tw/pla/ch/detail?article\\_uid=5cb94610-b177-44df-9984-d2381dc37f21&menu\\_id=ecd74667-aade-4e76-a599-0f6a7c66778e&content\\_type=P&view\\_mode=gridView](https://www.most.gov.tw/pla/ch/detail?article_uid=5cb94610-b177-44df-9984-d2381dc37f21&menu_id=ecd74667-aade-4e76-a599-0f6a7c66778e&content_type=P&view_mode=gridView)
- 馬道行(1994)。從科學及工程領域看我國技職教育體系之形成與其理論基礎。科學發展, 22(2), 134-142。
- 國立交通大學機械工程學系(2014)。大學部課程資料。取自 [http://www.me.nctu.edu.tw/course1/super\\_pages.php?ID=page2](http://www.me.nctu.edu.tw/course1/super_pages.php?ID=page2)

- 國立高雄第一科技大學機械與自動化工程系（2015）。課程結構規劃表。取自 <http://www1.mae.nkfust.edu.tw/files/11-1019-453.php>
- 國立彰化師範大學工業教育與技術系（2015）。課務資訊課程架構。取自 <http://ie.ncue.edu.tw/downs/archive.php?class=103>
- 教育部（2009）。技職教育再造方案：培育優質專業人力。取自 <https://goo.gl/pHclvM>
- 教育部（2013）。教育部推動技專校院建立系科本位課程發展機制參考原則。取自 <http://aa.web.hsc.edu.tw/ezfiles/1/1001/img/28/204467523.pdf>
- 教育部（2014）。技職校院課程資源網。取自 <http://course-tvc.yuntech.edu.tw/Web/Default.aspx>
- 教育部技職司（2015）。業務簡介。取自 <http://depart.moe.edu.tw/ED2300/cp.aspx?n=8800FBB577A795C7&s=CA60F31A88AF3736>
- 張仁家（2015）。為技職教育正名與定位（上）。取自 <http://www.tvet3.info/vocational-education-rectification-of-name-position1/>
- 黃能堂（2011）。我國技職教育之變革及其影響因素分析。載於國家教育研究院（主編），**我國百年教育回顧與展望**（頁 53-66）。臺北市：國家教育研究院。
- 臺灣積體電路製造公司（2014）。職務對照。取自 [http://www.tsmc.com/chinese/careers/job\\_matching.htm](http://www.tsmc.com/chinese/careers/job_matching.htm)
- 劉曼君（2011）。IEET 技術教育認證。評鑑雙月刊，34。取自 <http://epaper.heeact.edu.tw/archive/2011/11/01/5065.aspx>
- 蕭錫錡（1999）。技職教育與職業訓練的理念與實務。臺北市：師大書苑。
- 蕭錫錡（2006）。美國工業技術學門認可制度對我國技職校院評鑑的啟示。評鑑雙月刊，3。取自 <http://epaper.heeact.edu.tw/archive/2006/10/18/66.aspx>
- ABET (2012). *Criteria for accrediting engineering programs-effective for evaluations during the 2011-2012 accreditation cycles*. Baltimore, MD: Author.
- ABET (2013a). *ABET history*. Retrieved from <http://www.abet.org/history.shtml>
- ABET (2013b). *More than 75 years of quality assurance in technical education*. Retrieved from <http://www.abet.org/about-abet/history/>
- ABET (2014). *Definition of engineering technology*. Retrieved from <http://www.abet.org/accredit-tation/new-to-accreditation/engineering-vs-engineering-technology/>
- Bereday, G. (1964). *Comparative method in education*. New York, NY: Holt, Rinebart

and Winston.

Dick, W., Carey, L., & Carey, J. (2005). *Systematic design for instruction (6th ed.)*. New York, NY: Allyn & Bacon.

ECSU (2015). *Program assessment and continuous improvement plan for the engineering technology program at Elizabeth City State University*. Retrieved from <http://www.ecsu.edu/documents/technology/engTechProgramAssessmentPlan.pdf>

IUPUI (2012). *School of Engineering and Technology*. Retrieved from <http://www.engr.iupui.edu/>

IUPUI (2015b). *Biomedical engineering*. Retrieved from <http://www.engr.iupui.edu/departments/bme/undergrad/bsbme/index.php>

IUPUI (2015a). *Mechanical engineering technology courses*. Retrieved from [http://www.engr.iupui.edu/departments/ent/undergrad/met/\\_documents/bs\\_met\\_plan.pdf](http://www.engr.iupui.edu/departments/ent/undergrad/met/_documents/bs_met_plan.pdf)

Kafai, Y. B. (2006). *Constructionism*. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp.35-46). New York, NY: Cambridge University Press.

NAIT (2015). *Engineering Technology*. Retrieved from <http://www.nait.ca/97117.htm?searchType=combined&PCSubject=Engineering%20Technologies>

NSPE (2014). *Engineering technology*. Retrieved from <http://www.nspe.org/resources/issues-and-advocacy/take-action/issue-briefs/engineering-technology>

Purdue University (2009). *Academics*. Retrieved from <http://www.gradschool.purdue.edu/programs/academic.cfm>

Seaman, V. (2005, 12). *Engineering technology and industrial technology programs: The California master plan*. Paper presented at the International Conference on Engineering and Technology Education, Cheng Shiu University, Kaohsiung, Taiwan.

SLU (2014). *Bachelor of Science in Industrial Technology*. Retrieved from [http://www.southeastern.edu/acad\\_research/depts/cs\\_it/undergrad\\_degree/it/index.html](http://www.southeastern.edu/acad_research/depts/cs_it/undergrad_degree/it/index.html)

Smallwood, J. (2005, 12). *Accreditation for an industrial technology program*. Paper presented at the International Conference on Engineering and Technology Education, Cheng Shiu University, Kaohsiung, Taiwan.

UIOWA (2014). *2013-2014 Mechanical engineering*. Retrieved from <http://www.engineering.uiowa.edu/sites/default/files/mie/March%2014%20ME%20Curriculum.pdf>