

# 準工程課程發展與實驗教學之研究

A study of pre-engineering program development and Quasi-experimental design

黃進和、侯世光

## 摘 要

準工程課程 (pre-engineering program) 主要是介紹工程領域的相關知識，提供學生在工程與科技領域職涯探索的機會，以降低大學工程科系學生因興趣或能力不合而流失的比率，並藉此吸引更多高中畢業生升讀大學工程科系，滿足工程及科技產業的人力需求。美國高中準工程教育係透過專案的組織和計畫，已成功的在美國各高中實施，而且績效顯著。

本研究參照課程發展：分析、規劃、實施、評鑑 (APIE) 之步驟，並根據教育部公布之高中生活科技課程暫行綱要，以及美國「工程進路引導計畫」(Project Lead the Way, PLTW) 的高中工程進路課程 (Pathway to Engineering) 規劃，發展成我國高中準工程課程，再透過 3 校 12 班的準實驗設計，考驗本研究發展的準工程教學活動，是否有助於高中學生工程與科技領域之職涯探索？是否有助於吸引學生選擇就讀工程與科技科系？

研究結果，準工程教學活動發展出六個學習單元，包含：生活科技課程介紹、工程與科技、創新設計與製作 (一) 科徽設計、創新設計與製作 (二) 獎盃製作、創新設計與製作 (三) 太陽能模型賽車、工程與科技職涯探索等，共計 18 週 36 節課，可提供 1 學期 2 學分授課。教學實驗結果顯示，準工程學習有助於學生對工程與科技的職涯試探，且有助於吸引學生選讀工程與科技學程。此外，本研究提出生活科技結合工程教育、K-12 人才培育計畫等，發展中小學準工程課程的概念，提供未來科技教育發展的思考方向。

**關鍵字：**工程教育、準工程教育、高中生活科技

## 壹、前言

準工程課程 (pre-engineering program) 主要是做為銜接大學工程教育的準備課程，屬於探索性的 (exploratory)、預備性的 (preparatory) 性質，而非專業性或職業性的課程。依教育的對象可區分為兩種，一種是在大學或二年制社區學院實施，以大學工程科系或計畫升讀工程科系的學生為對象，提供工程基礎課程，作為轉銜專業工程課程之準備；另外一種準工程課程則是在中小學階段實施，提供工程概念性課程，協助選修此課程的學生瞭解工程原理、工程職類的現況與前景等，提供學生職涯試探的機會。本研究係以後者為範疇，以高中學生為對象，發展準工程課程並進行教學實驗，以進行下列目的之探討：

1. 探討準工程課程是否有助於協助高中學生工程與科技之職涯試探；
2. 探討準工程課程是否有助於吸引學生升讀大學工程與科技系。

## 貳、準工程提供學生職涯試探機會

工程與科技教育對於國家的經濟與科技發展至為重要，加強國民工程與科技教育，培養適應經濟社會變遷與科技快速發展的科技素養能力，以因應二十一世紀知識經濟的挑戰，並增強國家經濟競爭力，乃是世界各國政府及學者一致的共識 (ITEA, 1996; Clinton, 1997; NAE, 2001)。

根據過去二十年來美國政府及學術界研究發現，美國的工程教育面臨兩項問題：大學工程與工程科技系學生的流失率 (attrition rates) 高、女性及少數族群從事工程職類或就學工程與工程科技系的代表數不足。上述結果已造成美國工程及工程科技人才的供需不平衡，大學畢業人數不能滿足企業需求，人才短缺的現象嚴重 (Scarcella, 2004; Douglas, Iversen & Kalyandurg, 2004; Blais & Adelson, 1998)。造成美國大學工程及工程科技系學生高流失率或人才供需失衡的原因眾多，但高中階段的準備教育不足、沒有提供適當的探索課程，乃是其中的主要因素 (Shuman, et al, 2004; Shirley, 2004; University of Nevada, Reno, 2004；

Scarcella, 2004)。

Super (1957) 將個人的職涯發展分為五個階段：成長期 (growth, 0-14 歲)、探索期 (exploration, 15-24 歲)、建立期 (establishment, 25-44 歲)、維持期 (maintenance, 45-65 歲)、衰退期 (decline, 65 歲以上)，高中生正處於探索期的階段。個人的職涯抉擇則受到家庭背景、個人特質、生活環境等因素影響，而個人的能力、興趣、需要等特質，也會因為進修學習、環境背景與時間等因素而產生轉變。因此，學校在學生職涯發展階段，應扮演更積極的協助者角色，協助學生進行職業興趣探索，為未來職涯方向做正確的抉擇。

美國許多學者研究證明，在中小學階段 (K-12) 的課程中融入工程概念，或提供準工程課程，讓學生在早期的教育中認識工程及科技發展的相關知識，有助於學生在決定生涯進路時，瞭解自己是否適合在工程或工程科技領域學習及就業，以作正確的選擇。此外，強調與生活週遭的科技或工程實務結合，以及動手做 (hands on) 的準工程課程也能吸引更多的學生選擇升學大學工程或工程科技系，並且因為有高中階段的準備教育而能夠在大學順利的學習，成功的通過大學教育 (Douglas, Iversen & Kalyandurg, 2004; Blais, 2004)。

我國教育部已注意到對中小學學生實施準工程教育的成果，因此自 2002 年首先在北區推動奈米科技 k-12 人才培育計畫，培養中小學奈米科技種子教師、發展奈米科技教材、教學活動、巡迴展示等。國科會也在 2006 年起推出兩屆 5 年的「高瞻計畫」，由高中教師主導課程規劃，大學教授協助及課程評估，將新興科技導入高中職課程中，以利學生提早接受新興科技知識學習，並培養科學探究的能力。此外，教育部 (2004) 在新公布的 95 年高中課程暫行綱要中已正式將「科技與工程」列入課程綱要中，作為高中生活科技課程進階選修科目之一。本研究之準工程課程乃是因應此趨勢發展，提供學生工程與科技職涯試探之機會。

## 參、準工程教學活動規劃與實驗設計

本文所發展的準工程教學活動，主要依據分析 (Analyze)、規劃 (Plan)、實施 (Implement) 和評鑑 (Evaluate)，簡稱 A-PIE 的課程發展程序，並且採用文獻探討與專家諮詢方式研擬而成。準工程教學活動由研究者研擬發展後，先後於國內外透過兩次國際科技教育研討會 (2005 年國際科技教育課程改革與發展研討會，ICCTE、2006 年亞太地區國際科技教育研討會，ICTE) 發表，蒐集與會專家學者之意見後修訂課程內容，最後經過四位工程與科技教育學者的審查與諮詢，以及一次專家會議討論後確認本課程。準工程教學活動之專家確認模式如圖 1 所示。

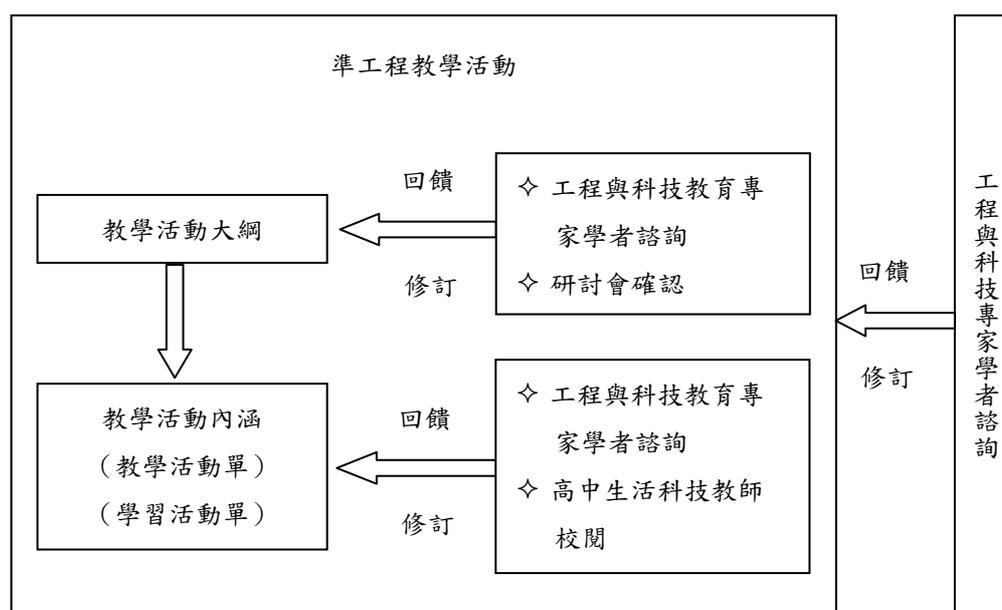


圖 1 準工程教學活動之專家確認模式

準工程教學活動內涵乃是根據教育部 2004 年頒布的后期中等教育共同核心課程「生活科技」課程指引，以及美國「工程進路引導計畫」(Project Lead the Way, PLTW) 的高中工程進路課程 (Pathway to Engineering) 規劃，教學活動設計的架構如圖 2 所示。

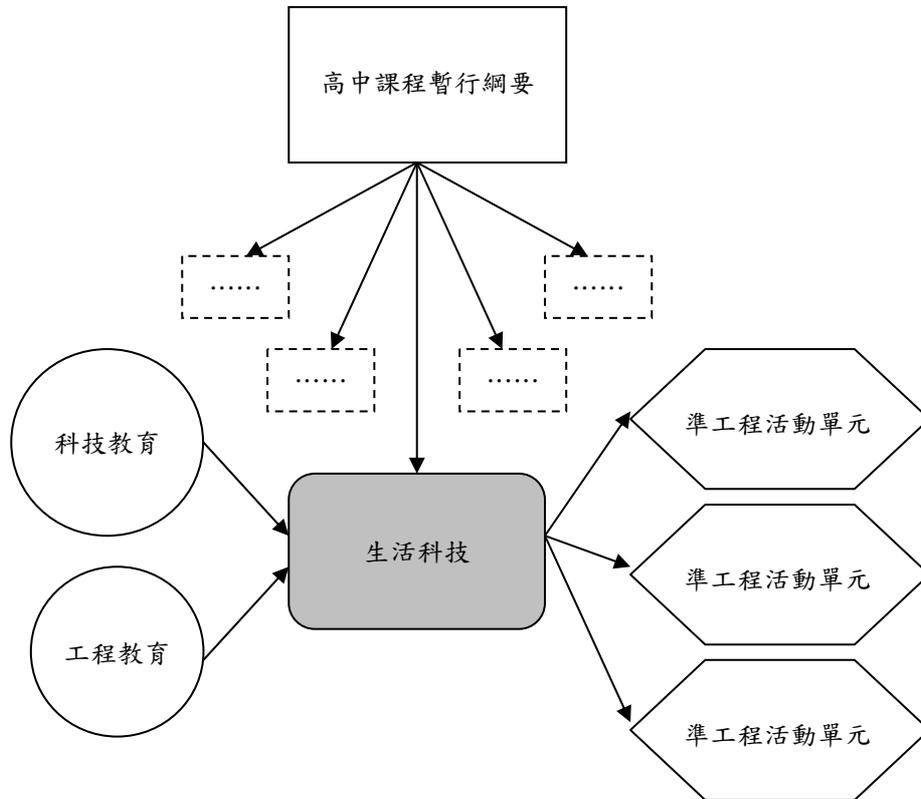


圖 2 準工程教學活動設計架構

教學實驗係以立意取樣，分別在北部、南部、東部各遴選一所高中進行教學實驗。教學實驗是由三所學校的生活科技老師擔任，三位教師均有碩士以上學歷，並在學校實際擔任生活科技教學。三位教師除了參與本研究課程發展工作外，教學實驗前也經過共同討論實驗的程序、教學活動、前後測實施與資料蒐集等。

實驗設計採不相等組前後測準實驗設計。實驗對象則由上述三位老師在自己任教的班級遴選出四班，再以隨機取樣抽選出兩班為實驗組、兩班為控制組，實驗組進行準工程教學，控制組未實施準工程教學，準實驗設計規劃如表 1 所示。合計三校共計 12 個班級 461 名學生參與準實驗研究，女生計 122 人，男生計 339 人。實驗組計有 224 名，控制組計 237 名。

表 1 不相等組前後測準實驗設計規劃表

	前測	實驗處理	後測
第一組 實驗組	$O_1$	X	$O_2$
第二組 實驗組		X	$O_3$
第三組 控制組	$O_4$		$O_5$
第四組 控制組			$O_6$

表 1 中各符號代表的意義如下： $O_1$ ：第一組實驗組的前測； $O_2$ ：第一組實驗組的後測； $O_3$ ：第二組實驗組的後測； $O_4$ ：第一組控制組的前測； $O_5$ ：第一組控制組的後測； $O_6$ ：第二組控制組的後測；X：實驗組的實驗處理。

本研究的實驗處理變項為學生是否接受準工程教學活動，依變項則包含二種：

1. 學生對於工程與科技領域職涯探索的認知：主要包含大學工程與科技「學習內涵」、工程與科技領域的「工作環境」、自己在工程與科技領域的「學習能力」與「學習興趣」等的瞭解情形。以研究對象在輔導訪談中間卷填答的資料表示。
2. 學生在工程與科技的學程選擇：係以研究對象在預選學程時的選擇結果表示。

## 肆、結果與討論

### 一、準工程課程發展

本研究發展之準工程教學活動包含六個學習單元，可提供 1 學期 2 學分之生活科技科目授課，共計 18 週 36 節課。內涵包含：生活科技課程介紹、工程與科技、創新設計與製作（一）科徽設計、創新設計與製作（二）獎盃製作、創新設計與製作（三）太陽能模型賽車、工程與科技職涯探索等，各項教學活動再根據教學需要，發展出教學活動學習單或學習評量表。設計結果說明如後：

（一）教學目標：

1. 協助學生理解科技、工程及其對經濟、社會與環境的影響。
2. 發展學生創新設計、解決問題、團隊合作等工程與科技知能。
3. 培養學生對工程與工程科技正確的觀念與認知，進而在工程與工程科技職涯抉擇

時做正確的決定。

4. 吸引學生對工程與工程科技研究發展的興趣。

(二) 課程內涵：表 2 所示為本研究發展之準工程課程內涵。

表 2 準工程課程內涵

序號	單元名稱	時數	教學活動	備註
單元 1	生活科技課程介紹	2	1. 課程說明： 1-1 教學目標、教學活動、評量方式、作業內容、成績計算、教學要求等。 1-2 由學生自行分組，每 5-6 人為一組，全班分為 7-8 組。 2. 科技的本質： 2-1 介紹科技的意涵。 2-2 介紹科技的演進與發展。 2-3 說明科技的系統與方法。	教學計畫       學習活動單 1
單元 2	工程與科技	2	1. 科技與工程的關係： 1-1 介紹工程的意涵。 1-2 解釋工程與科技的原理。 1-3 介紹工程與科技的方法。 1-4 說明工程與科技的發展。 2. 工程、科技與生活的關係 2-1 說明工程、科技與生活的關係。 2-2 介紹工程與科技在生活上的應用。 3. 工程、科技發展的影響 3-1 探討工程與科技對生活、環境、社會與經濟的影響。 3-2 探討工程與科技發展的衝擊。	學習活動單 2

單元3	創新設計與製作（一） --科徽設計	8	<p>1. 圖文表達創意與構想的意義：</p> <p>1-1 解釋圖文傳播的意義。</p> <p>1-2 說明科徽設計活動的概念。</p> <p>2. 電腦繪圖的技巧</p> <p>2-1 介紹電腦繪圖軟體的介面與基本繪圖功能。</p> <p>2-2 練習幾何圖元基本操作。</p> <p>3. 電腦繪圖的技巧：</p> <p>3-1 介紹電腦繪圖軟體特殊繪圖功能。</p> <p>3-2 繪製規定之圖元。</p> <p>4. 綜合圖元繪製練習：</p> <p>5. 創新設計的意涵與方法</p> <p>5-1 說明創新與設計的目的。</p> <p>5-2 介紹創新與設計的方法與步驟。</p> <p>6. 設計規劃與實作</p> <p>6-1 說明設計構想。</p> <p>6-2 繪製設計構想草圖。</p> <p>6-3 繪製電腦基本設計圖。</p> <p>7. 設計規劃與實作</p> <p>7-1 修定與充實電腦設計圖。</p> <p>7-2 完成電腦設計圖。</p> <p>7-3 列印電腦設計圖。</p> <p>8. 作品評量：</p>	<p>學習活動單 3</p> <p>學習活動單 4</p> <p>練習作業 1</p> <p>學習活動單 5</p> <p>作品評量表 作業（一）</p>
單元4	創新設計與製作（二） --獎盃製作	8	<p>1. 獎盃設計介紹：</p> <p>1-1 說明活動概念。</p> <p>1-2 介紹獎盃的設計範例與製造方式。</p> <p>1-3 規定基本的獎盃製造方法。</p> <p>2. 製造方法介紹</p> <p>2-1 介紹基本手工具使用與鋸切、銼削、</p>	學習活動單 6



			<p>2-3 觀賞太陽能動力汽車教學影片。</p> <p>3. 汽車原理：</p> <p>3-1 介紹汽車動力來源。</p> <p>3-2 介紹汽車傳動機構。</p> <p>3-3 說明太陽能動力汽車的傳動方式。</p> <p>4. 太陽能動力汽車模型設計</p> <p>4-1 說明設計構想</p> <p>4-2 繪製設計構想草圖。</p> <p>4-3 計算動力大小與行進速度。</p> <p>4-4 修訂設計圖</p> <p>5. 組裝汽車模型：</p> <p>5-1 討論組裝的方法。</p> <p>5-2 確定小組任務與分工。</p> <p>6. 測試與修訂</p> <p>6-1 測試汽車模型動力大小與行進速度。</p> <p>6-2 修訂汽車模型結構。</p> <p>7. 競賽</p> <p>7-1 測試汽車模型的動力。</p> <p>7-2 測試汽車模型的行進速度。</p> <p>8. 作品評量：</p>	<p>學習活動單 10</p> <p>學習活動單 11</p> <p>作品說明表 作業(三)</p>
單元 6	工程與科技 職涯探索	8	<p>1. 工程與科技的範疇：</p> <p>2. 小組討論</p> <p>2-1 探討大學工程與科技科系。</p> <p>2-2 探討工程與科技的工作世界。</p> <p>2-3 探討我喜歡的工程與科技科系。</p> <p>3. 電機工程</p> <p>3-1 介紹學習內涵。</p>	學習活動單 12

單元 6	工程與科技 職涯探索	8	<p>3-2 介紹現有大學相關系科。</p> <p>3-3 說明未來發展前景。</p> <p>4. 電子工程</p> <p>4-1 介紹學習內涵。</p> <p>4-2 介紹現有大學相關系科。</p> <p>4-3 說明未來發展前景。</p> <p>5. 參觀電機、電子實習工場</p> <p>6. 土木與建築工程</p> <p>6-1 介紹學習內涵。</p> <p>6-2 介紹現有大學相關系科。</p> <p>6-3 說明未來發展前景。</p> <p>7. 機械工程</p> <p>7-1 介紹學習內涵。</p> <p>7-2 介紹現有大學相關系科。</p> <p>7-3 說明未來發展前景。</p> <p>8. 參觀建築、機械實習工場</p> <p>9. 化學與環境工程</p> <p>9-1 介紹學習內涵。</p> <p>9-2 介紹現有大學相關系科。</p> <p>9-3 說明未來發展前景。</p> <p>10. 動力機械工程</p> <p>10-1 介紹學習內涵。</p> <p>10-2 介紹現有大學相關系科。</p> <p>10-3 說明未來發展前景。</p>	
------	---------------	---	---	--

上述教學活動包含每個學習單元的活動設計，項目包括：單元教學活動名稱、教學對象、教學時數、教學目標、活動概說、主要概念、所需工具設備與材料、教學活動程序、重要知能、評鑑要點、學習活動單、評鑑表等。教學方法主要是以活動、實作方式進行，除部份時間由教師講授與示範外，教學活動尚包含學生討論、報告、練習與實作、作業分享、作品鑑賞、教學節目影片欣賞等，學生實作、練習、討論等學習活動至少應佔五分之三以上。

## 二、工程與科技職涯探索

準工程教學活動是否能提供學生職涯探索的問題，本研究於準工程教學活動結束前，以「輔導訪談」面對面的方式與學生溝通，並以自編「工程與科技領域職涯探索」問卷，分別針對學習興趣、學習能力、學習內涵與工作環境等項目進行考驗。研究假設驗證結果如下：

- (一) 本研究的準工程教學活動，並未有效協助學生瞭解自己對於工程與科技領域的「學習興趣」：學生認為生活科技能夠協助他們探索工程與科技領域的學習興趣，只占 8.0%，控制組與實驗組各占 6.9%及 9.1%，控制組與實驗組的百分比同質性考驗未達顯著。
- (二) 本研究的準工程教學活動，在協助學生瞭解自己對於工程與科技領域的「學習能力」，並不顯著：學生認為生活科技能夠協助他們探索工程與科技領域學習能力的占 9.9%，控制組與實驗組分別占 8.3%及 11.5%，百分比同質性考驗結果未達顯著。
- (三) 本研究之準工程教學活動，能夠協助學生瞭解工程與科技領域的「學習內涵」：在本研究中有 95 位（占 34.7%）學生認為生活科技能夠協助他們瞭解大學工程與科技領域的學習內涵，控制組與實驗組分別占 21.1%及 49.2%，百分比同質性考驗達顯著差異。
- (四) 本研究之準工程教學活動，能夠協助學生瞭解工程與科技領域的「工作環境」：有 69 位（占 26.2%）學生認為生活科技能夠協助他們瞭解工程與科技領域的工作環境，控制組與實驗組各占 6.7%及 46.9%，百分比同質性考驗達顯著差異。

綜合以上四項考驗，對於工程與科技職涯探索，大多數學生認為提供準工程學習的生活科技，沒有讓他們更加瞭解自己是否對工程與科技有學習興趣，也沒有讓他們了解是否具有工程與科技的學習能力。然而，生活科技能夠讓他們瞭解大學工程與科技的學習內涵，以及工程與科技領域的工作環境。

### 三、工程與科技的學程選擇

本研究欲探討所研擬的準工程教學活動是否能夠吸引高中學生選擇工程與科技學程，根據研究設計，在準工程教學前先調查實驗組及控制組的學程選擇，最後在準工程教學結束後，再以學校所調查的學程選擇作為後測結果。調查資料分為三個組別：自然組、工程與科技組、社會組，然後以 SPSS10.0 統計軟體進行統計分析。

經以卡方 ( $\chi^2$ ) 百分比同質性考驗，統計實驗組與控制組學生前測學程選擇的相關性，結果有顯著的不同 ( $\chi^2 = 13.888$ ,  $df=2$ ，大於臨界值  $\chi^2_{.95(2)} = 5.991$ )，再以同時信賴區間考驗實驗組與控制組在工程與科技組的選擇是否有差異，結果  $-0.44 < \phi < -0.24$ )，顯示在準工程教學前，實驗組學生選擇工程與科技學程的百分比小於控制組學生。

再者，經以卡方 ( $\chi^2$ ) 百分比同質性考驗，統計實驗組與控制組學生後測學程選擇的相關性，結果有顯著的不同 ( $\chi^2 = 37.317$ ,  $df=2$ ，大於臨界值  $\chi^2_{.95(2)} = 5.991$ )，再以同時信賴區間考驗實驗組與控制組在工程與科技組的選擇是否有差異，結果  $0.052 < \phi < 0.70$ )，顯示在準工程教學之後，實驗組學生選擇工程與科技學程的百分比大於控制組學生。

綜合以上考驗結果，實驗組學生在準工程教學前，選擇工程與科技組的百分比小於控制組學生，然而在準工程教學之後，選擇工程與科技組的百分比大於控制組。綜合以上的統計分析，有比較充分的條件顯示在工程與科技學程選擇方面，應拒絕虛無假設，換言之，高中學生接受準工程教學活動與否，對於工程與科技學程的選擇有顯著相關。

## 伍、結論

### 一、準工程學習有助於學生對工程與科技的職涯試探

本研究以學習興趣、學習能力、學習內涵與工作環境等項目作為工程與科技職涯探索的內涵，探討準工程教學活動是否有助於學生職涯探索。結果多數學生認為提供準工程學習的生活科技，能夠讓他們瞭解大學工程與科技的學習內涵，以及工程與科技領域的工作環境，協助他們對工程與科技的職涯試探。然而，準工程課程沒有讓他們更加瞭解自己是否對工程

與科技有學習興趣，也沒有讓他們了解是否具有工程與科技的學習能力。此結果可能的原因是準工程教學實驗只有一學期，每週只有 2 小時課程，試探時間不足的緣故。

## 二、準工程學習有助於吸引學生選讀工程與科技學程

實驗組學生在準工程教學前，選擇工程與科技組的百分比小於控制組學生，然而在準工程教學之後，選擇工程與科技組的百分比大於控制組。結果顯示，高中學生在接受準工程教學活動後，有助於吸引學生選擇工程與科技學程。

## 陸、結語

美國國科會工程部助理主任 John Brighton 在工程教育學會 (ASEE) 2004 年主辦的中小學 (K-12) 工程推廣教育領導人員工作坊中提到：「沒有人應該要一直等到高中畢業以後才去探索工程知識，早期對工程的探索將可幫助高中學生在課程選擇上作最佳的決定」(引自 Douglas, Iversen & Kalyandurg, 2004, p4)。在本研究中準工程教學提供學生工程與科技職涯試探機會，同時也吸引高中學生未來升學選擇工程與科技學程，對於工程與科技產業的人才培育，甚至國家經濟發展，將有極大的幫助。

過去工程教育都是在大學階段實施，科技教育則是在中小學階段實施，準工程教育的發展，同時提供工程教育往下紮根的機會，以及科技教育向上銜接大學教育發展的進路。未來，科技教育應和工程教育密切合作，配合我國 K-12 人才培育計畫、國科會「高瞻計畫」等，發展中小學準工程教育，提供中小學生工程與科技學習與試探之機會。

## 參考文獻

教育部 (2004)，普通高級中學課程暫行綱要。臺北：作者。

Blais, R. R.(2004). Engineering Concepts in Technology Education- including Principles of Engineering courses and Project Lead the Way (PLTW)- History, Status, Trend, Advantages, Limitations. 2004.10.28. Retrieved form <http://www.Oswego.edu/~>

[waite/PLTWByDAgostino.doc](#)

- Blais, R. R. & Adelson, G. I. (1998). Partnerships in Education: Project Lead the Way Models a Program for Changing Technology Education. *Tech Directions*, 58(4), 40-43.
- Clinton (1997). President Clinton's Call to Action for American Education in the 21st Century—Technological Literacy. 2004.9.13. Retrieved from <http://www.ed.gov/updates/PresEDPlan/part11.html>
- Douglas, Iversen, & Kalyandurg(2004), Engineering in the K-12 Classroom--An Analysis of Current Practices & Guidelines for the Future. A Production of the ASEE EngineeringK12 Center, 2004.10.28. Retrieved from [http://www.engineeringk12.org/Engineering\\_in\\_the\\_K-12\\_Classroom.pdf](http://www.engineeringk12.org/Engineering_in_the_K-12_Classroom.pdf)
- International Technology Education Association, ITEA. (1996). *Technology for All Americans : A rationale and structure for the study of technology. Technology for All Americans Project (TfAAP)*. VA:ITEA
- National Academy of Engineering, NAE. (2001). *Technically Speaking— Why all Americans need to know more about technology*. Washington, D.C.
- Shirley, Donna (2004). Educating the Engineer of the Future. 2004.10.28. Retrieved from <http://www.eweek.org/site/News/Features/dshirley.shtml>
- Shuman, L. J., Delaney, C., Wolfe, H., Scalise, A. & Mary Besterfield-Sacre (2004). Engineering Attrition: Student Characteristics and Educational Initiatives. 2004.11.3. Retrieved from [http://www.engr.pitt.edu/~ec2000/grant\\_papers/Shuman+ASEE-99.PDF](http://www.engr.pitt.edu/~ec2000/grant_papers/Shuman+ASEE-99.PDF)
- Super, D.E.(1957). *The Psychology of Careers*. New York: Harper & Row.
- Scarella, J.A. (2004). Pre-Engineering Education: Justification for its Inclusion in the TE Curriculum. *Technology Education Division Report. Techniques (ACTE)* 79(5).
- University of Nevada, Reno, NRU (2004). Engineering and Technology Literacy for High School Science and Math Teachers. 2004.11.3. Retrieved from <http://engr.unr.edu/~engr491/>

