

第四章 實驗教學活動設計與實施

本章主要探討工程設計取向科技教育課程設計的理論基礎，以提供設計教學活動之依據，由此發展工程設計取向科技教育的教學內容與歷程檔案。

第一節 工程設計取向科技教育課程設計

蓋依 (Gay) 將課程設計定義為「編寫教學目標、內容、活動、評鑑程序的技術」(引自方崇雄, 1999)。1949 年泰勒 (Tyler) 提出「泰勒課程設計模式」(如圖 4-1-1), 其課程設計時須注意四個問題 (引自黃政傑, 1991):

- 一、學校應達成何種教育目的？
- 二、為達成這些教育目的，應提供何種學習經驗？
- 三、這些學習經驗應如何有效地組織起來？
- 四、如何確知教育目的達成與否？

惠勒 (Wheeler) 也曾於 1967 年提出另一種課程設計模式，惠勒的課程設計為循環式，即評鑑結果提供回饋於教學宗旨、目的、目標的建立 (如圖 4-1-2), 其步驟如下 (引自黃政傑, 1991):

- 一、宗旨、目的、目標。
- 二、選擇學習經驗。
- 三、選擇內容。
- 四、組織並統整學習經驗和內容。
- 五、評鑑。

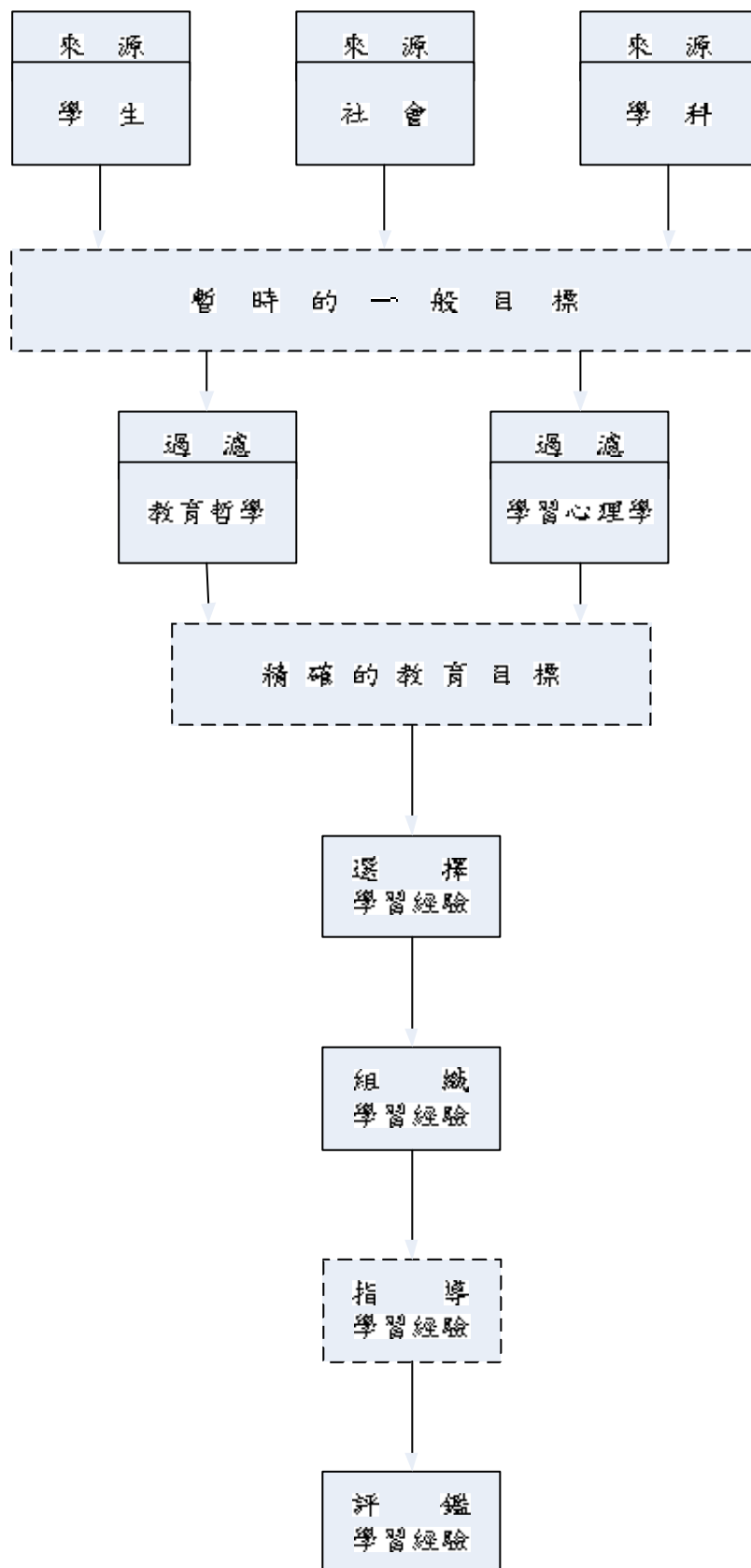


圖 4-1-1 泰勒的課程設計模式
資料來源：黃正傑，1991，頁 147。

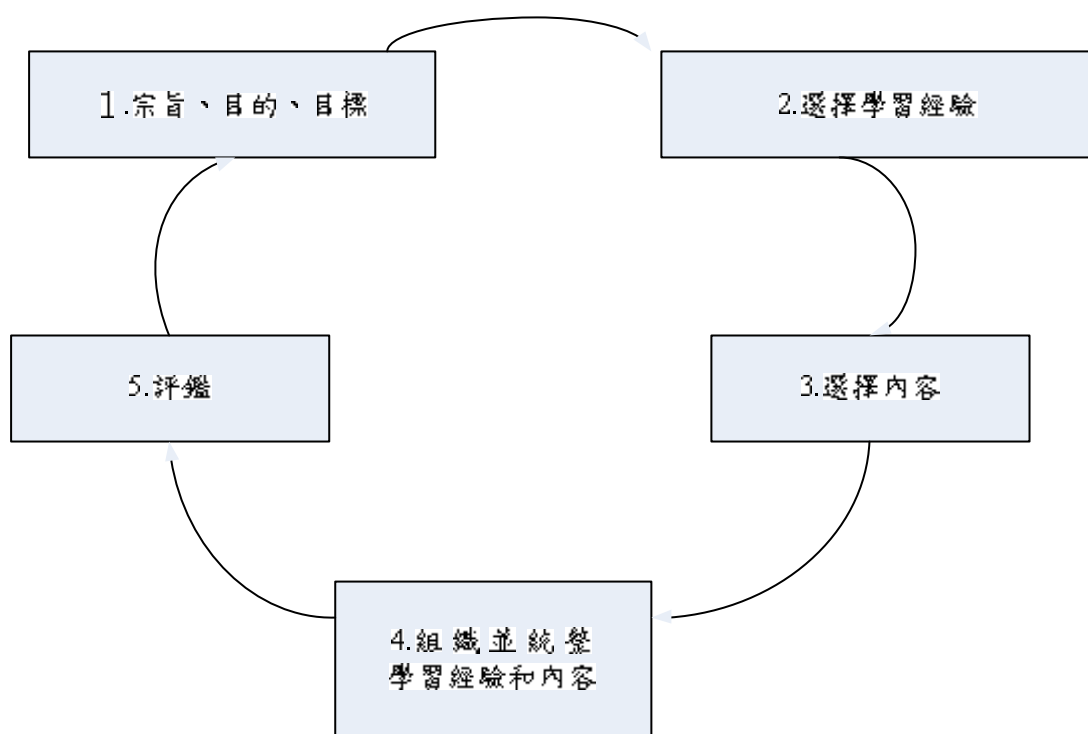


圖 4-1-2 惠勒的課程設計模式
資料來源：黃正傑，1991，頁 150

國內如方崇雄等人也提出課程設計的過程，可分成下列四個步驟：(一) 建立課程設計的基本理念；(二) 訂定教學目標；(三) 設計教學活動；(四) 擬定教學評鑑(如圖 4-1-3) (方崇雄，1999)。



圖 4-1-3 方崇雄提出課程設計之程序
資料來源：方崇雄，1999，頁 55。

綜上所述，課程設計的過程需包含有教學目標、教學內容或活動（需考慮學生之前的學習經驗）、教學評鑑三項步驟，茲分述如下：

一、工程設計取向科技教育教學目標

科技教育隨著社會發展，大致上可分成工藝教育、工業科技教育、科技教育三個階段，每個階段都有不同的教學目標。工藝教育的主要目標為讓學生了解工業文明、試探工作機會，發覺學生對工業技術的興趣、培養工業社會中日常生活所需的知識技能等。工藝教育內涵有製圖與識圖、木工、金工、電工、電子工、陶瓷、印刷等；科技教育主要目標為培養學生日常生活中所需的科技素養、問題解決的能力，科技教育內涵分傳播科技、製造科技、營建科技、運輸科技與能源與動力科技等。

美國國際科技教育學會（ITEA）在國科會及航太總署的贊助下，已於 2000 年完成科技內容標準（Technology Content Standard），其內容標準呈現 K-12 年級學生要成為科技素養的人，所應知道的知能（李隆盛、賴春金，2002）。科技素養標準（Standards for Technological Literacy，簡稱 STL）之第九項學習標準為工程設計（Engineering Design），明確指出工程設計便是工程的基礎。

因此，美國紐約州中小學的數學、科學與科技（Mathematic Science Technology，簡稱 MST）科技教育課程標準一為工程設計（Engineering Design）及標準五為科技工程設計（Technology Engineering Design），便是

期望學生可以使用數學分析，科學詢問，工程設計，尋找問題的答案並且發展解決方法，另外並於 9-12 年級開設的工程原理選修課程來培養工程概念。麻塞諸塞州更是在 2001 年 5 月提出 K-10 年級的科學、科技/工程教育課程。我國公佈的九年一貫分段能力指標【4-4-1-3 了解科學、技術與工程的關係】，和最近後期中等教育共同核心課程「生活科技」課程指引，都可以發現科技教育與工程概念結合的相關內容。

從上述課程中，可以發現工程設計取向科技教育的教學目標有：

- (一) 科技教育與工程設計概念結合的課程可以培養科技素養。
- (二) 科技教育和工程設計概念結合的課程可以培養多項工程概念。
- (三) 科技教育和工程概念結合的課程可以運用工程設計步驟來解決問題等。
- (四) 科技教育和工程設計概念結合的課程可以用標準導向課程設計的模式。其中所謂的『標準』，李隆盛將它定義為：是被重視且可用以做品質判斷的敘述，標準取向課程發展 (Standard-Based Curriculum Development, 簡稱 SBCD) 已經成為世界潮流之一，美國已經有 49 州採行 SBCD，通常是由專業學會發展學科領域，如科技的全國層次內容標準 (Content Standard)，州政府再參考全國的內

容標準自行發展標準或據以發展課程指引 (Curriculum Guide) 或課程綱領 (Curriculum Framework) , 學區再據以發展課程計畫 (Course of Study) , 基層學校再據以發展教學活動 , 各層級的課程文件 (Alignment) 講求對準 (李隆盛 , 2002) 。 如圖 4-1-4 所示 :

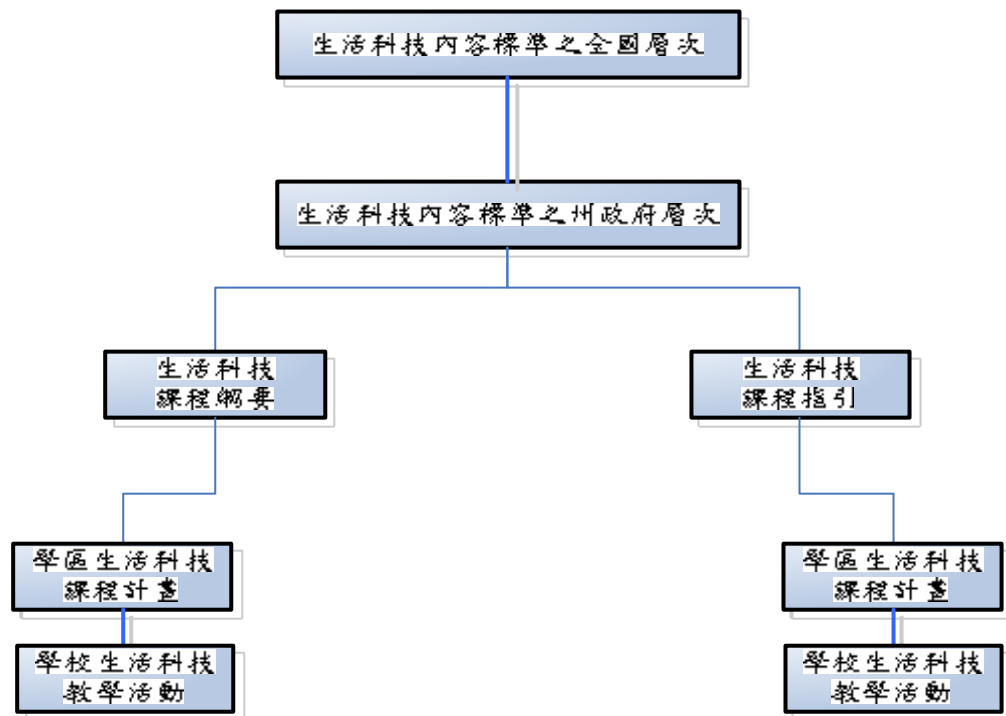


圖 4-1-4 美國生活科技標準導向課程各層級分工圖

二、工程設計取向科技教育教學活動

黃政傑提出學習活動可以引導學生與學習環境產生交互作用，以達成教育目的 (黃政傑 , 1991) 。 1982 年巴恩斯 (Barnes) 亦提出設計教學活動須注意以下九個原則 (引自黃政傑 , 1991) :

- (一) 符合學生的能力與知識。
- (二) 依照學校教育目標價值以及適當的程序原

則。

- (三) 基於先決概念和技能的分析。
- (四) 採用逐漸增加知識的學習模式。
- (五) 提供配合學習目標的練習活動。
- (六) 學習活動應有變化。
- (七) 提供討論和寫作的機會以促進反省和吸收。
- (八) 給與學生應付特例的機會。
- (九) 由熟悉的情境引導致不熟悉的情境。

方崇雄指出科技教育教學活動的設計，旨在幫助學生透過活動的歷程，發展科技相關的知識、技能與態度（方崇雄，1999）。1990年 Todd 曾提出科技教育教學活動的選擇原則如下（引自方崇雄，1999）：

- (一) 所選擇的活動能夠吸引學生的興趣與個別參與。
- (二) 能夠包含真實的科技情境，在情境中經由學生的互動發現答案。
- (三) 所選擇的活動必須能夠發展主要的科技概念與技能，以幫助學生獲得運用科技時所需的洞察力。
- (四) 除非活動中包含一種科技的概念，否則不應該加以選擇。
- (五) 科技活動不應該只為了好玩，必須能提供科技概念的方向與方法。
- (六) 發展能轉換學習結果的活動。

1987 年 Johnson 為了提升學生問題解決的能力，針對科技教學活動設計提出下列建議(引自方崇雄, 1999):

- (一) 計畫學生不熟悉的活動。
- (二) 計畫學生能力範圍內的活動。
- (三) 提供學生多種類型的問題，確保活動呈現問題而非只是技能的練習。
- (四) 教導學生問題解決的策略與解決問題的整體計畫。
- (五) 利用開放性的設備與作業問題，使學生體驗如何定義與解決問題。
- (六) 在嘗試最後答案前，要學生運用腦力激盪法，發展出多種解決方案。
- (七) 主動及開放地鼓勵學生改革與提出創新的觀念與解答。
- (八) 教師在學生解決問題時，不要太早介入；使學生有機會試驗各種解決問題的技巧。
- (九) 提供學生引導性的問題，已提高學生的興趣與參與程度。
- (十) 集中教學於高層次的思考技能，如分析、綜合與評鑑。
- (十一) 提供足夠的時間來討論、練習與評鑑。
- (十二) 在問題解決後，要求學生在評鑑問題解決的過程，思考有效果及更有效率的方法。

是故工程設計取向科技教育的教學活動設計時，須考量下列事項：

- (一) 學生的興趣。
- (二) 學生的能力。
- (三) 教學活動內容要模擬或符合真實情境。
- (四) 教學活動內容包含認知、技能、情意三部分。
- (五) 教學活動所需的設備、機具等硬體。
- (六) 教學活動所需的時間。

三、工程設計取向科技教育教學活動教學評鑑

黃光雄將評鑑定義為：「是指有系統的評估某一對象的價值或優缺點。評鑑活動是一種涉及好壞的價值判斷，並指向優點或缺點的確認，藉以提供改進的方向與積極回饋的複雜工作」(黃光雄、蔡清田，1999)。就教育領域而言，黃炳煌提出評鑑是判斷學習經驗是否已經達到預期教育目標的歷程；評鑑也涉及了辨別課程設計的優缺點(黃光雄、蔡清田，1999)。就評鑑的目的，黃政傑提出下列七項(黃政傑，1991)：

- (一) 需求評估。
- (二) 缺點診斷。
- (三) 課程修訂。
- (四) 課程比較。
- (五) 課程方案的選擇。
- (六) 目標達成程度的了解。
- (七) 績效判斷。

從以上論述中可發覺，教學評鑑對於課程設計是不可或缺的一環，因此就課程發展的課程 (curriculum) 教學 (instruction) 和評鑑 (assessment) 三者所形成的 CIA 關係如圖 4-1-5 (李隆盛，1999)：

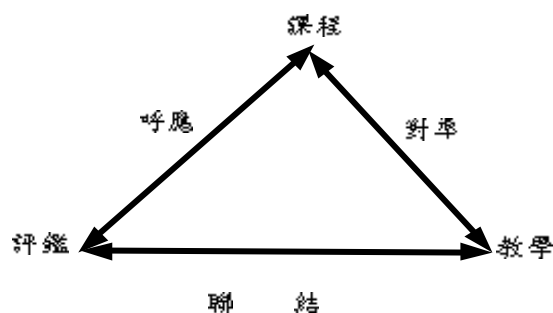


圖 4-1-5 課程、教學與評鑑的關聯
資料來源：李隆盛，1999，頁 2。

就科技教育領域而言，其課程、教學和評鑑的品質標準如表 4-1-1 所示 (李隆盛，1999)：

表 4-1-1 課程、教學和評鑑的品質標準

課程	教學	評鑑
1. 明示兼重及統整概念性和程序性能力。	1. 強調學生主動及有意義的學習。	1. 涵蓋學生知識、技能、態度等層面。
2. 明訂學生須達致的能力表現類別與層次。	2. 學習經驗對準學習目標。	2. 包括學生個人及團隊表現。
3. 內容由能力標準導出。	3. 重視較高層次能力的培養。	3. 有變通方案及回饋程序。
4. 內容正確。	4. 適合不同學習型態的學生。	4. 注重行為表現及真實評鑑。
5. 內容合時宜。	5. 包括個別與團隊學習。	5. 檢測學生進展情形。
6. 內容組織要素正確。	6. 發展學生聽、說、讀、寫等功能性素養。	
7. 內容目標符合學生需求。	7. 提供學生應用所學的機會。	
8. 內容符合學生興趣。		
9. 內容觀照學生生涯發展和公民素養。		
10. 內容無偏見。		

參考資料：李隆盛，1999，頁 2。

適當的教學評量需與教學緊密的連結並跟課程互相呼應。因此要達到工程設計取向科技教育的課程目標，需將學習標準、課程內容及活動與課程評量相互聯結。1998年 Grounlund 便提出評量應與教學密切連結，並提出實施評量的指導原則如下（引自蔣秋萍，1999）：

- （一）應確認課程目標。
- （二）使用多元化評量方法。
- （三）與教學相聯結蒐集充分的學生行為樣本。
- （四）對每一名學生都要公平。
- （五）建立特定的評量效標，將學習的優缺情形回饋給學生。
- （六）兼顧質與量的評分方法程序。

1998年 Blythe 也歸納出教師應掌握的評量原則有以下四點（引自蔣秋萍，1999）：

- （一）評量應為持續的歷程，課程進行的當中隨時同步進行評量。
- （二）應將學習應達到的標準清楚地確立，並且公開與學生討論，必要時依學生表現情況將標準加以修正。
- （三）提供更多機會將評量結果回饋給學生，使其能改進學習表現。
- （四）教師和學生都應參與評量學生學習的進步情形。

此外，蔣秋萍也提出三項生活科技學習評量的準則（蔣秋萍，1999）：

- （一）內容應涵蓋認知、情意、技能三方面。
- （二）形式有預備性、形成性和總結評量。
- （三）評量方式有問答、演式、操作、測驗、作業及活動報告等。

方崇雄則提出科技素養教育的教學評鑑可分成下列三個向度（方崇雄，1999）。科技教師可以根據此三個向度，發展適當的評量工具或表格，做好教學評鑑的工作

- （一）個人成長的評鑑：評量學生在領導、團隊合作、獨立工作的能力、努力程度與認知程度的表現。
- （二）過程評鑑：評量學生在學習過程中的貢獻程度。
- （三）成果評鑑：評量學生學習成果的達成程度。

許多科技教育先進的國家如美國，普遍會採取多元化的評量，如實作評量（Performance Assessment）、學習歷程檔案評量（Portfolio Assessment）、或其他變通的評量（Alternative Assessment）方式。如美國紐約州教育局所推動的 MST 科技教育課程，其中規劃的評量模式之評量項目如表 4-1-2 所示：

表 4-1-2 紐約州政府教育局 MST 科技教育課程評量模式建議之評量項目

傳統式評量	變通性評量	
是非題	完成題	技能檢核表
多重選擇題	簡答題	實作測驗
配合題	問答題	科技教室實務
改錯題	書面報告	作業計畫
	實驗紀錄	會議
	觀察	學習歷程紀錄
	討論	自評量表
	晤談	同儕評分表

參考資料：蔣秋萍，1999，頁 20。

美國紐約州的工程原理課程的評量原則，主要可分為以下幾項（New York State Education Department，1995）：

- （一）為多元評量方式進行，例如用紙、筆測驗來評量某些工程重要概念。
- （二）採用學習歷程檔案來紀錄。
- （三）透過學生或小組與老師討論的情形等方式。

綜上所述，發展工程設計取向的科技教育課程評量，可參考以下注意事項：

- （一）採多元化評量，如教學歷程檔案、實作評量等。
- （二）評量者可以包含學生自評和教師評鑑。

- (三) 評量教師、學生與小組上課討論情形。
- (四) 評量工程認知的紙筆測驗。
- (五) 評量學生模型設計與製作過程。
- (六) 評量學生模型設計與製作成果。
- (七) 評量學生模型修改後的成果。

第二節 工程設計取向科技教育之教學活動設計

- 壹、活動名稱：人造彩虹 - 斜張橋設計與製作。
- 貳、教學對象：國中三年級。
- 參、教學時數：14 節（隔週兩節，七週）。
- 肆、教學目標：透過本單元使學生能學習到下列目標：
 - 一、瞭解橋梁的種類、建構材料、演進及發展趨勢。
 - 二、認識橋梁的形式和結構體。
 - 三、認識斜張橋的種類、結構及相關知識。
 - 四、培養資料蒐集分析及分享知識的能力。
 - 五、學習團隊合作的精神。
 - 六、正確使用機具、材料、設備等，並注意工作安全。
 - 七、透過工程設計的步驟來培養解決問題的能力與工程概念。
 - 八、檢討設計與製作過程，並提出重新設計的方案。

伍、教學活動概要

本教學活動乃以分組的方式促進學生建立分組合作的習慣、態度與觀念，並藉由工程設計取向教學策略中增進學生對斜張橋的認識並培養學生設計與製作的能力與創意。

相信每位同學都聽過四大文明國家：埃及、中國、印度與西亞，在這每一國家中其源頭都發軔於河流，因此也有人稱為「大河文化」。當人們想要渡過河流時，便開始興建各式各樣的橋梁。橋梁工程演變至今依結構可區分為樑式橋、拱橋與懸索橋三種，其中懸索橋又可分為吊橋與斜張橋兩類。

斜張橋 (Cable-Stayed Bridge) 緣起自懸索橋，懸索橋發展甚早，至少有三千年的歷史，最早的斜張橋概念可追溯至 17 世紀初威尼斯人 Verantius 利用斜拉鍊條局部支撐的橋梁，在當時已吸引工程師的注意。現在斜張橋除了扮演橋梁的功能外，其多變的造型也常常吸引人們的興趣，因此不管國內或國外都有許多斜張橋的建築，國內如大直橋、南二高橋等，國外如於 1994 年在法國完工的 Normandy Bridge 為主跨徑長達 856 公尺、日本於 1999 年完成了主跨徑長達 890 公尺的 Tatara Bridge 等。

陸、所需設備、工具與材料

此教學活動所需的教學資源可分成教師於教學前須準備的教學資源與器材、學生實作所需的工具與材料，如表 4-2-1、4-2-2 與 4-2-3 所示：

表 4-2-1 教師於教學前須準備的教學資源與器材

名稱	數量	備註
單槍投影機或投影機	1台	建議，依學校現有情況擇一
筆記型電腦	1台	
教學資料：橋梁模型、圖片、剪報、書籍等		
學習歷程檔案		

表 4-2-2 學生實作所需的工具

名稱	規格	數量	備註
線鋸機	桌上型	每組一台	教師準備
鑽孔機	桌上型	每組一台	教師準備
熱熔槍		每組一把	教師準備

表 4-2-3 學生實作所需的材料

名稱	規格	數量	備註
木條	3cm x8cm	自行決定	各組自行準備
木板		自行決定	各組自行準備
線或繩索		若干	各組自行準備
白膠		若干	各組自行準備
熱熔膠		若干	各組自行準備

柒、教學活動程序：如表 4-2-4 所示。

表 4-2-4 教學活動程序表

節數	教師活動	學生活動	教具器材
0	<p>【課前準備】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 閱讀並準備教學的相關資料與圖片。 2. 蒐集有關橋梁的資料，並製成圖片、投影片等。 3. 準備教學相關器材如投影機、單槍投影機等。 	<p>【課前準備】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 閱讀斜張橋教學內容。 2. 蒐集與橋梁或斜張橋相關之資料與圖片。 3. 實施分組 	自編斜張橋教材。
1-3	<p>【引起動機】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請同學想想橋梁的重要性。 2. 請同學想想日常生活中常見到的橋梁。 3. 介紹橋梁的種類。 4. 播放自製斜張橋影片。 5. 介紹斜張橋的結構。 6. 介紹本次活動主題【斜張橋的設計與製作】，並規定評鑑標準與條件限制。 	專心聽講	<ol style="list-style-type: none"> 1. 單槍投影機與筆記型電腦。 2. 自編斜張橋教材與影片。 3. 學習歷程檔案（一）、（二）。
4-5	<ol style="list-style-type: none"> 1. 引導學生進行分析斜張橋相關問題。 2. 要學生確認老師所提之問題。 3. 請學生擬定資料收集計劃（課後收集）。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 專心聽講，並提出相關問題。 2. 分組討論。 3. 分組作業：蒐集有關斜張橋的資料與可利用的資源如木材、黏著劑等。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 單槍投影機與筆記型電腦。 2. 斜張橋的模型。 3. 學習歷程檔案（三）、（四）。
6	<ol style="list-style-type: none"> 1. 引導學生分析斜張橋資料（簡報收集成果）。 2. 引導學生發展多種斜張橋設計方 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小組就所蒐集的資料進行分析。 2. 繪製多種設計方案 - 斜張橋的草圖。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 斜張橋的模型。 2. 學習歷程檔案（四）、（五）、（六）。

	案與選擇最佳設計方案。	3. 事先考量評鑑標準與條件限制後，選擇最佳設計方案。	
7-8	1. 引導學生開發斜張橋設計工作。 2. 引導學生提出製作步驟計畫。	1. 安排製作流程。 2. 完成斜張橋設計方案的基本資料。 3. 繪製最佳設計方案的草圖（需標示尺寸、材料等）。	1. 斜張橋的模型。 2. 學習歷程檔案（七）、（八）。
9-12	1. 準備實作所需之工具與機具。 2. 解決學生實作上技術問題與安全狀況。	製作斜張橋原型。	1. 桌上型工具如線鋸機、鑽孔機、砂輪機等。 2. 手工具如鋸子、砂紙等。
13-14	1. 教師評鑑。 2. 引導學生提出斜張橋重新設計的方案。	1. 測量斜張橋本身的重量。 2. 測試斜張橋可以承受的重量。 3. 上台發表。 4. 提出重新設計斜張橋的基本資料。	學習歷程檔案（九）、（十）。

捌、教學活動敘述

一、待解決問題：設計與製作一座木製斜張橋。

二、時間：七週。

三、評鑑標準：

（一）斜張橋本身的重量（靜載重）越輕越好。

（二）斜張橋承受的活載重，越重越好。

（三）斜張橋總長至少要大於 100 公分。

（四）成本要最少。

（五）斜張橋造型有創意。

玖、 教學評鑑

此教學活動的評鑑內容包含了認知、技能與情意三部份，評鑑方式可分成學習歷程檔案、日常評鑑及作品評鑑(如附錄三、四、六)。

一、 日常評鑑

- (一) 學生自評：分為參與程度、貢獻程度兩項，每次下課前五分鐘，由小組成員自我評鑑。
- (二) 學生互評：分為參與程度、貢獻程度兩項，每次下課前五分鐘，由小組組長對組員進行評鑑。
- (三) 教師評鑑：每次下課前五分鐘，由老師評鑑組長的參與及貢獻程度。

二、 作品評鑑

- (一) 小組互評：由各小組在作品發表測試後，分別針對成品美觀、造型及橋梁承重情形四項。
- (二) 老師評鑑：以本教學活動的評鑑標準為依據，進行成品測試與評鑑。

壹拾、 實驗教材

本研究將橋梁的演變、橋梁的力學原理、橋梁種類、斜張橋演變、種類、結構與設計等內容編製成實驗教材(如附錄二)，實驗組與控制組使用相同的教材。

壹拾壹、 學習歷程檔案設計

本研究實驗組的學習歷程檔案是參考工程設計取向教學策略之步驟設計，控制組的學習歷程檔案則是採用問題解決

取向教學策略之步驟設計，兩組的學習歷程檔案皆與實驗教材緊密配合，詳細內容如附錄三、四所示。

壹拾貳、 參考資料

一、 圖書部分：

1. 石朝雄 (1987), 結構學 (上)。台北市：五南圖書。
2. 茅以升等 (1987), 中國橋樑史話。台北市：明文書局。
3. 唐寰澄 (1994), 橋梁美的哲學。台北市：明文書局。
4. 唐寰澄 (1987), 橋梁建築藝術。台北市：明文書局。
5. 黃夢平 (1988), 橋梁建築。台北市：明文書局。
6. 蔡俊鏡 (2003), 橋梁-築橋亦築夢。台北市：科技圖書。
7. 蔡俊鏡 (1999), 斜張橋。台北市：科技圖書。

二、 網路資源

1. 921 集集大地震公路重要橋梁復建設計與施工。
民國 94 年 2 月 10 日取自
http://www2.thb.gov.tw/pub_book/169.htm。
2. 土木 C 博士。民國 94 年 2 月 9 日取自
<http://cae.ce.ntu.edu.tw/doctor/music/index.html>。
3. 生活科學--何謂風洞？民國 94 年 2 月 9 日取自
<http://www.bud.org.tw/answer/9905/990583.htm>。
4. 國立中央大學橋梁工程研究中心。民國 94 年 2 月 9 日
取自 <http://www.cber.ncu.edu.tw/>。
5. 教育部學習加油站。民國 94 年 2 月 9 日取自

http://content.edu.tw/junior/phy_chem/ty_lk/std/content/force/cph16/cphg51.htm。

6. 斜張橋形式與力學。民國 94 年 2 月 9 日取自

<http://www.twce.org.tw/02099/Cable.doc>。

7. 橋梁工程基礎。民國 94 年 2 月 10 日取自

<http://www.cv.ncu.edu.tw/Civil/cber/BrgEng/BasicBE.html>。

8. 橋梁資料庫。民國 94 年 2 月 10 日取自

<http://www.cv.ncu.edu.tw/Civil/cber/Bridges/Bridges.html>。