

模組化教學設備規劃-以科工館模組實驗室為例

*黃啓彥、**鄭竣玄

*台灣師大工業科技教育系科技教育組碩士

**台灣師大工業科技教育系科技教育組碩士

壹、前言

模組化教學起源於二次世界大戰期間，發展至今已有一段時間。在美國、德國等已有許多應用例子，如德國有慧塑(Fisher)或樂喜(Lasy)塑膠材質的積木，乃是典型的模組化教學設備。在美國則可以德州大學(Texas University)(1993)發展的科技系統教學活動(Technology System Laboratory Activities)為代表，其教學導引中有安排 43 個教學模組，每個模組教學單元包括：教師資源單(Instructor's resource sheet)和學生學習活動二部分。在國內，關於模組化教學應用在科技教育上，雖不乏理論上的研究，但在模組化教學的實施方面，少見有學校實際應用。探究其原因，主要是在於發展時期需要人力、物力甚多，以及缺乏設備廠商研發等原因(曾國鴻、江文鉅，1998)。

國立科學工藝博物館(以下簡稱科工館)，座落於南台灣的高雄市，是南台灣少數大型博物館之一。在科工館的組織架構中，特別成立科技教育組，專責科技教育活動規劃及執行等業務，其中並設置有模組實驗室，實驗室中現有 13 套模組設備，是一般學校難以設置的設備環境，亦可提供讓學校單位預約使用，並提供師資協助教學。對於科技教育模組化教學(The Modularization of Teaching)的推廣與實現，無疑是一大助力。因此，筆者特別對科工館科技教育中心科技教育組研究人員于瑞珍小姐、鄭建琪小姐等人進行訪談，藉以深入了解國內模組化教學設備發展情形。透過本文來介紹科工館的模組實驗室等設備內容，將可作為國內科技教育人員在擬定模組化教學計畫時的重要參考。

貳、模組化教學簡介

一、模組化教學介紹

模組化教學在二次世界大戰時就已經開始使用，所謂「模組」(module)是指「短程、完整的單元，此種單元可和其他單元聯結而完成較大的工作或達成較長

程的目的」(李隆盛, 1994)。而 Finch 和 Crunkilton 對「模組」所下的定義為：「一套教學套裝(或傳遞系統)，它包含一系列有計畫的操作學習設計，提供學生依其進度學習，以達成各種目標與需要」(引自林建仲、陳長振, 1998)。模組化教學可視為「單元教學」(unit instruction)的一種，所以它同樣包含一個完整的教學活動設計，其中必須列出教學目標、教材內容、進行的學習活動與教學評量等。模組化教學可視為利用模組單元，依照個人的學習進度，藉著每個模組間的聯結學習，達成教學目標的教學方法(施勳鈺, 1997)。也就是說，模組化教學除了設計完整的教學單元外，在目標與學習活動上也提供學習者個別選擇的機會，有助於促進個別化的適性教學。

二、模組化教學的實施

模組化教學在實施方面，通常是以二至三位學生為一組，依照模組單元設計的課程時間，讓學生分組進行多種模組單元的學習。

至於模組化教學的組成要素包括下列六項(林生傳, 1995)：

1. 單元概說(introduction)
2. 目標(objectives)
3. 前測(preassessment)
4. 達成目標的學習活動(enabling activities)
5. 後測(post-assessment)
6. 設計班級經營細節

施勳鈺(1997)曾提出模組化教學在實際推行上之建議：

1. 發展模組初期所需人力、物力甚多。
2. 在教師方面，教師意願、能力及再訓練等問題都需審慎評估。
3. 行政的配合度，對已成型的行政體系而言，要求他們改變，通常會有阻力產生。
4. 在模組設備方面若需由廠商配合發展，則需考慮廠商的配合發展意願。

另外，模組化教學實施時，教師不易對學生進行評量、學生自主性問題也是影響教學實施成效的原因之一。

三、模組化教學設備

所謂「模組化教學設備」，實際上是源自於模組化教學的理念，它是由許多

教學/學習組件所構成，這些組件包含了廣泛的資源、媒體，以及學習所需的硬體和材料(章順慧，2002)。在國外有許多製造廠商可以提供學校套裝模組。就美國而言，教材製造商大力推銷適用於模組化教學的科技教室及其工作站，一個科技教室可能有 15 個教學模組或工作站，可同時提供 30 名學生進行科技學習活動（每一模組兩個人），每一個模組都含有視聽設備、書面型及操作用的教材、教具，而且常常借助電腦作為教學工具（李隆盛，1996）。就整體而言，科技教育模組化設備力求簡單、少量多樣、節省材料等原則。

運用模組化教學設備對科技教育的影響上，曾國鴻、江文鉅(1998)認為其對科技教育的幫助有：

1. 模組化的教學設備較省錢，
2. 增加設備的機動性，
3. 攜帶方便，
4. 安全可靠。

模組化教學是美國國中階段科技教育的主流之一，不僅符合科技教育目標中的問題解決與動手做活動，也能兼顧學生的個別化學習需求，強調以學生為中心，並能發揮小組合作精神。以上對於科技教育來說都是相當不錯的考量，但在實施上也確實有其困難之處，以致於國內少見有實施的例子，科工館的模組實驗室在設備、教學發展和應用上頗具顯著成效。

參、科工館模組實驗室簡介

科工館位於工業匯集的高雄地區，擔任展示科技原理與應用的教育角色。科工館的起源自民國六十八年，當時行政院頒行的十二項建設計畫，將興建博物館列為建設之一。而自民國七十五年開始籌備，七十八年開始興建，八十六年首度開放科技教育中心，並於八十七年全面對外開放展示廳。

在科工館的組織架構中，特別成立科技教育組，專責科技教育活動規劃及執行等業務。而科技教育中心更是南部地區的科技教育重心之一，其中設置有環保科技實驗室、綜合科技實驗室、傳播科技實驗室、生物科技實驗室、工藝實驗室、模組教學實驗室等六間專業教室。科技實驗室主要的使用對象是一般社會大眾，在其簡介上也特別提到能夠配合國、高中「生活科技」課程教學活動的需求。科技實驗室的設立不僅可以提供學校單位預約使用，以解決在一般學校中常遭遇到

的設備環境問題，並提供師資協助教學。對於科技教育的推廣與實現，無疑提供一大助力。

科工館的模組實驗室目前設置有空氣動力學設計模組、航太科技模組、機構科技模組、程序控制科技模組、CNC 製造科技模組、環境科技模組、廢棄物管理模組、工程結構模組、營建科技模組、替代能源模組、生物圈模組、雷射科技模組及通訊科技模組等十三套教學模組。已辦理各項研習活動(如炫風雕刻卡-CNC 與螺旋應用、空氣魔術師系列-空氣動力學應用及動力吉普車-機構科技模組應用等)並開放學員上機練習。

肆、 模組實驗室使用情形

目前模組實驗室的使用、維護及活動規劃主要都是由科技教育組的工作人員負責，經過訪談後，可歸納出目前模組實驗室目前的使用情形：

1. 使用對象

目前主要的使用對象多為高雄市的國中、小學生，以小團體為單位，以作科學展覽為主要目的。高中學生反而是少數使用者，通常都是使用電腦相關模組。另外則在假日舉辦其他企畫活動，提供社會大眾的參與。

2. 教學活動的開發

科技教育組副研究員于瑞珍博士表示，缺乏實務經驗的學術單位開發出來的教學活動在實施上常遭遇問題。所以，目前教學活動大多是科技教育組的工作人員所開發出來。科工館相當歡迎學術單位參與合作開發教學活動，過去曾與高師大物理系合作開發雷射模組教學活動（見圖一）、與高雄科技大學合作開發 CNC 模組教學活動等。若學校有考慮使用模組實驗室進行教學時，希望學校教師能從參與者的角色轉換成為協同開發者。



圖一 高師大物理系舉辦雷射模組教學活動之介紹海報

3. 模組推廣

科技教育組透過舉辦活動與研習努力推廣模組教學，但是學校往往在考慮到經費問題後，無法在學校內提供模組設備進行教學。瞭解使用學校需求之後，比較可行的方案就是讓教師自行設計模組化教學計畫，再透過模組實驗室設備配合進行教學活動。

4. 模組設備說明

在開館之初，科技教育中心有針對模組實驗室舉辦教師研習，也對各個模組開設一般適合於學生的課程：

(1) 替代能源模組（如圖二）

功能

- 本實驗主要目的在協助學習者瞭解替代能源的來源，以及提供電能及熱能的應用與潛力。
- 經由敘述性影片及生動的圖片，呈現替代能源及所可能帶來的社會、經濟及環境的衝擊。
- 在多媒體教材中展現替代能源的運用，包括太陽能、水力、風力及地熱等能源。
- 動手做活動中學習者可設計、製作、測試太陽能收集板，以瞭解替代能源取代電能及熱能的可行性，並學習藉由多功能測量器以測量單片太陽電池實驗板的電壓、產生的熱能，及串連及平行的結構。

設備

- 替代能源光碟片。
- 軟體及安裝磁片。
- 實作所需之手工具與材料。
- 太陽能電池實驗板。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

學習目標

- 瞭解相關之替代能源與其應用。
- 探討並測量太陽能電池之電壓及電流輸出。

- 估算使用太陽能電池科技所能產生的電力。
- 學習設計、建造及測試平版型太陽能收集器。

學習活動

- 替代能源概論。
- 太陽能之應用。
- 太陽能電池之電壓與電流輸出。
- 太陽能電池之串聯與並聯連接。
- 計算功率與增加太陽能電池的功率輸出。
- 歷史與演進。
- 開放式科技作業計畫。



圖二 替代能源模組設備

(2) 廢棄物管理模組

功能

- 本模組旨在使學習者瞭解廢棄物的管理包括固體、液體及危險性廢棄物，同時也是現代社會面臨的重要問題。
- 在互動式多媒體教材中包括廢棄物處理的模擬程序，藉由發現及探索的活動，學習者認識廢水處理與人類社會的健康息息相關。
- 在動手做活動中，學習者利用科學儀器試驗自來水採樣，以應證應用科學的概念。

設備

- 廢棄物管理光碟片。
- 軟體，安裝磁碟片。

- 水質分析測試用工具與材料。
- 實作工具與材料。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

學習目標

- 瞭解廢棄物管理對人類社會未來的重大影響。
- 學習實際之廢棄物管理與測試水的清澈度及含氮量。
- 學習各種處理污水的方法及其優缺點。
- 學習設計污水處理廠與規格之訂定。

介紹廢棄物種類，設計廢物利用教學活動。

(3) 航太科技模組

功能

- 本實驗主要目的在協助學習者探索航太飛行的歷史、發展與科技，以及如何改變人類對空間及時間的認知。
- 藉由航太運輸多媒體光碟、互動式按鈕及生動有趣的動化解說飛行原理。航太科技對人類生活的正、負面影響可遍及商業旅行、噪音及空氣污染、土地使用、個人舒適及安全。
- 動手做活動透過尺寸、形狀不同的機翼組合成簡單的飛機模型，可使學習者瞭解空氣浮動原理及對於飛機構造的影響，並利用數學觀念計算浮動與拖曳的比例及對於飛行測試結果的關連性。

設備

- 航太運輸光碟片。
- 軟體，安裝磁碟片。
- 手工具與材料。
- 滑翔機發射台(glider launcher)，如圖三。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

學習目標

- 瞭解空中運輸如何改變人類對距離的認知。

- 瞭解揚升力(lift)與拖曳力應用於飛機設計的問題。
- 學習機翼形狀與飛行特性的關係。
- 學習設計、建造及測試滑翔機。



圖三 滑翔機發射台

(4) 機構科技模組

功能

- 本實驗以電腦介面操控不同的現代機械設備，使學習者了解齒輪箱、滑輪、槓桿、棘齒輪、馬達、交換機、輪軸等機械設備的發展，及其在日常生活中的廣泛運用。
- 動手做活動透過設計、製作一組電腦操控機械模型，使學習者瞭解機械性的線性、來回、旋轉及擺盪的運動、機械承受力等特性及其對環境的衝擊。

設備

- Intellecta MITE 介面板。
- Intellecta MITE 安裝軟體。
- 串列電纜附轉接器。
- 碟形熱敏電阻器。
- 光敏電阻器。
- 電位器。
- 機件儲存箱。

學習目標

- 瞭解機構科技的發展與應用。

- 學習製作簡單的機構。
- 學習利用電腦控制機構。
- 學習複雜機構模型製作與控制。

(5) 程序控制科技模組

功能

- 本模組旨在使學習者瞭解程序控制科技的發展與應用。
- 動手做活動過夠過建構、操作程序控制模型，培養學習者解決問題能力、創造思考能力、建構及表達能力。
- 程序控制模組包括轉盤、構台附磁力起重機、分類輸送帶，本實驗可使教學及學習者更具主動、自我導向的精神。

設備

- Intellecta 資料擷取/程序控制軟體。
- 程序模擬模式：轉盤、構台、分類輸送帶。
- Intellecta 介面程序控制面板。
- 所有連接電纜。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

學習目標

- 瞭解程序控制科技的發展與應用。
- 學習程序控制軟體的操作。
- 學習建構並控制程序控制模型。
- 熟習並創新程序控制策略。

(6) 雷射科技模組

功能

- 本實驗旨在協助學習者瞭解雷射的實驗及其應用，從光纖和影像掃瞄控制到量測的應用；並可示範雷射的強度、反射、散射效應，使學習者瞭解雷射的原理（如圖四）。

設備

- 氦氖雷射。
- 透鏡組。

- 平板玻璃分光器。
- 光纖套件。
- 雷射解調器。
- 雷射輸出監視器。
- 雷射光板。
- 雷射攝影顯像套件。
- inflatable 雷射攝影平台。
- 雷射模組套件。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

學習目標

- 瞭解何謂雷射與雷射光的重要性。
- 瞭解雷射科技的應用。
- 學習製作簡單的雷射量測儀器。
- 學習以雷射完成全像攝影。

讓學生瞭解如何利用雷射來測量距離、用光纖傳導聲音，也讓學生學習到光學等等的原理。



圖四 雷射科技模組

(7) CNC 模組

功能

- 本模組實驗目的在利用三軸 CNC 加工處理系統，使學習者瞭解 CAD/CAM 的發展與應用。
- 動手做活動利用這套動性模組，學習者可利用雕刻的程序製造

招牌及名牌，將電腦輔助繪圖轉換成電腦輔助製造成品，該程序可使學習者瞭解加工處理系統的操作。

設備

- CNC 銑床具電源供給及控制器，如圖五。
- CNC 軟體。
- 銑床工具套組。
- 成品材料套組。
- 雕刻軟體。
- 並列通信電纜。
- 彈性課表學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊(含學前及學後測驗)。

學習目標

- 瞭解 CAD/CAM 製造科技的發展與應用。
- 學習操作 CNC 銑床。
- 學習使用雕刻軟體實際應用於雕刻作業。



圖五 CNC 銑床

(8) 工程結構模組

功能

- 本模組旨在透過多媒體教材的介紹使學習者瞭解建築物的設計及建造技術。
- 經由電腦設計軟體，學習者可進一步瞭解建築物的美學及複雜結構，教材中並探討水壩建築對人類、經濟及環境所造成的

正、負面的影響。

- 動手做活動藉由電腦輔助繪圖輔助軟體進行橋樑的設計並分析其成果，學習者可瞭解建築設計的概念。

設備

- 工程結構光碟片。
- 軟體，安裝磁碟片。
- 橋樑建造軟體。
- 橋樑測試固定物。
- 實作材料。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

學習目標

- 學習設計及建造大型結構物的相關知識。
- 學習如何使用電腦軟體於橋樑的設計與測試。
- 改良現有橋樑設計，使用軟體設計並測試自己的橋樑使符合規格要求。

(9) 生物圈模組

功能

- 本模組旨在使學習者經由全球性的角度探討人類與生物圈互動所可能導致的長期影響。
- 互動式多媒體教材呈現人類是如何利用及濫用我們的生物圈。
- 動手做活動中，學習者可經由電腦操作控制學習農作物的收成。

設備

- 生物圈光碟片。
- 軟體，安裝磁碟片。
- 實驗材料與工具。
- 海洋收穫機套組。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

學習目標

- 瞭解生物圈的管理問題。
- 瞭解人口成長與食物生產對科技的長期衝擊。
- 學習以電子控制遙控作物的收穫。
- 學習使用無人海洋收穫機在海床作物場，以最短的時間獲得最高的作物收穫量。

(10)營建科技模組

 功能

- 本模組旨在透過互動式多媒體的教材，介紹建築技術、新建材、美學及能源效能。
- 敘述式影片說明工業、土木、及住宅建築，學習者可進一步探討建築對於社會、環境及經濟所可能造成的衝擊。
- 動手做活動則可經由電腦輔助設計瞭解工業標準及電腦繪圖的操作，包括空間設計、儲存及列印功能等。

 設備

- 結構光碟片。
- 軟體，安裝磁碟片。
- 實作材料。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

 學習目標

- 學習由住宅設計及建造之科技衝擊探討新材料、營建技術與能源效率設計。
- 學習電腦輔助設計(CAD)軟體的基本操作，如執行程式、改變比例、儲存檔案及使用符號庫等。
- 設計並完成一套廠造房屋用的模化牆(modular wall)系統。

(11)通訊科技模組

 功能

- 本模組實驗旨在使學習者瞭解基礎的通訊原理與應用。
- 動手做活動中學習者可實際操作無線電通訊器材。

- 設備
 - 無線電通訊器材。
 - 通訊器材操作手冊。
- 學習目標
 - 結合實驗電路及模組，提供初學者完整基礎通訊相關的實驗課程。
 - 具系統架構之實驗內容，更能增加學習之效果。
 - 採用 144MHz 無線半多工傳輸方式。

發展摩斯電碼活動。

(12)環境科技模組

- 功能
 - 藉由環境觀測實驗協助學習者瞭解氧、土壤、水、噪音及光線等因素如何影響人類生活與大環境的關係。
 - 在動手做活動中，大量運用電腦及資料記錄器，使學習者將資料正確的紀錄、繪圖及追蹤，實驗中的儀器皆用來輔助各項環境觀測如溫濕度、水質、水和空氣污染、土質、酸雨、紫外線等的進行，以啓發學習者對於自然生態環境的關注。
- 設備
 - Intellecta 資料擷取軟體。
 - Intellecta 資料記錄器。
 - 環境實驗套組。
 - 溫度測量用之熱敏電阻。
 - 酸鹼測量用之 PH 探針。
 - 光線傳輸測量用之色度計。
 - 聲音測量用之聲級計。
 - 濕度感測器。
 - 燒杯、燒瓶與配合實驗項目之試藥。
 - 簡單氨試驗用之化學藥品。
 - 測量溶氧量與大氣含氧量之氧氣計。

- 學習目標

- 瞭解環境與生態的關係。
- 學習各種環境感測器特性與資料記錄器使用。
- 使用各種感測器及資料記錄器做周遭環境之監測。
- 學習測試與分析水樣本。
- 學習測試與分析土壤樣本。

(13)空氣動力學模組

功能

- 藉由風洞(wind tunnel) (如圖六)。實驗認識車、船、飛機、建築物和橋樑的氣流(aerodynamic)設計原理。
- 透過專屬設計、存放於光碟中的多媒體教材，以瞭解這些設計原理在經濟、社會、環境方面的影響。
- 設計完成的動手作活動，可設計、製作、測試空氣動力車殼，協助學習者激發興趣。
- 實驗中的資料擷取軟體及自動繪圖功能加強學習者瞭解氣流揚升、拖曳、層流及擾流及漩渦狀流動的觀念。

設備

- 風洞
- 資料擷取軟體。
- 空氣動力學設計光碟片。
- 建造工具與材料。
- 學生手冊(8-12 小時)。
- 教師手冊。

學習目標

- 瞭解空氣動力設計原理對車、船、建築物、橋樑及飛機產品與構造的影響。
- 探討這些設計之經濟的、社會的及環境的衝擊。
- 經由實作學習揚升、拖曳、層流及擾流的概念。
- 學習設計、建造及測試人力車的空氣動力車殼。



圖六 風洞

伍、參與科工館進行模組化教學的建議

科工館科技教育組對模組實驗室的使用提出以下建議：

一、鼓勵科技教育人員投入

科技教育中心當初爲了科技教育推廣而設置，模組實驗室提供現成的機器設備與場地，也希望能吸引具有科技教育背景的相關人員投入活動規劃與教學設計。

二、教師主動參與活動設計

科技教育組雖然有現成的模組化教學活動，但是真正要設計出適合學生的教學活動，仍需要教師的參與配合。將模組實驗室視爲工具，根據學生需求設計教學活動，才能真正符合模組化教學的精神。

三、國內廠商配合研發

模組實驗室的模組設備都是國外進口的，使用者介面包括使用手冊、機器面版、電腦軟體都是英文版，在國內只能夠過代理商進口，缺乏有經驗的開發廠商，因此價格總是無法壓低，若能與學術單位合作開發較具有教學價值的模組，相信對模組化教學的推廣將有莫大的助益。

陸、結論

Loveland (1999)認爲教師或學校欲設置模組化科技教學設備時，有四種方式可供參考：

1. 購買完整的模組套件
2. 依現有設備選購課程計畫

3. 使用廠商模組搭配教師課程
4. 自行研發

在美國因實施科技教育模組化教學由來已久，使得學校教師在選擇教學模組時，可以直接從廠商提供的目錄選取適合者，所以設備問題不會對教師產生困擾。但考量國內缺乏模組供應商的環境下，只能放棄第一種方式。國內目前只有教科書編輯廠商，而無提供完整課程計畫之供應商，是以能應用於實際環境者只有後兩者。Gloeckner 和 Adamsom(1996)認為第四種方式是最有效的方式，能讓教師充分發揮專業知識來滿足教室中個別學生的學習需求。

第三種方式的使用廠商模組搭配教師課程，也有三個重點必須注意(Loveland,1999)：

1. 教師課程設計將受限於有限的模組設備。
2. 只能使用模組所限定的材料。
3. 教師需要事先練習。

我國科技教育模組化教學由於受限於缺乏業界配合的環境下，多數自行開發的教學模組往往缺乏某些科技領域（如營建科技等）或停留在模擬的層次。若能配合科工館的教學模組使用，可以讓教師在編輯模組化教學計畫時能有更多的考量，例如利用空氣動力學設計模組中的風洞實驗機，可以來規劃一個滑翔機模組化教學計畫等等。而且模組實驗室所設置的是完整的模組套件，除了具備學習活動中所有可能使用到的機器設備之外，並附有詳盡的使用手冊、教學檔案及教學評量。科工館科技教育組提供此一豐富的教學資源，也提供便利的使用辦法，期望能與各級學校科技教育人員合作以促進國內科技教育模組化教學的推廣。

參考文獻

- 李隆盛 (1994)。工藝教材教法新趨勢：模組化的課程設計與解決問題的教學策略。載於李隆盛 (主編)，*科技與職業教育的課題*(頁 317-341)。台北：師大書苑。
- 李隆盛 (1996)。國中生活科技的教學活動與設備規劃。中學工藝教育，29(4)，2~10。
- 林生傳 (1995)。新教學理論與策略：自由開放社會中的個別化教學與後個別化教學。台北：五南。
- Fecik, J. T. (1994/1995). Teaching Methods in Technology Education.
- 林建仲、陳長振(譯)。科技教育的教學方法。中學工藝教育，28(6)，13-19。
- 施勳鈺 (1997)。生活科技課程模組化教學之探討。中學工藝教育，30(7)，16-20。
- 章順慧 (2002)。國小科技教育課程運用模組化教學與設備之初探。國教新知，48(3)，39-44。
- 曾國鴻、江文鉅 (1998)。生活科技模組教學與設備。中學工藝教育，31(4)，16-25。
- Gloekner, G., & Adamsom, G. (1996). Modular technology education. *The Technology Teacher*, 56(1),16-21.
- Loveland, T. (1999). Adapting modular curriculum in the classroom. *The Technology Teacher*, 58(8), 10-15.
- Texas Univ. (1993). *Technology systems laboratory activities*.