

科技創新潛能的開發應是科技教育的重點

張玉山

國立台灣師範大學科技應用與人力資源發展學系副教授

國際科技教育學會(International Technology Education Association, ITEA)從今年二月開始,正式更名為「國際科技與工程教師學會」(The International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA),該學會的研發重點著重在科技、創新、設計、與工程。在該學會網頁中指出,科技教育是利用數學、科學及科技原理的問題導向學習。科技學習的特性包括設計、發展與利用科技系統;開放式的問題導向的設計活動;認知、操作與情意的學習策略;利用最新的資源,將科技知識與程序應用到真實世界中;個別工作與團隊工作並重的問題解決。換句話說,在原有的科技學習概念下,強調最新資源應用的科技實作中,以科技、創新、設計、與工程四個主軸組成的學習內涵,將建構一個完整的科技教育課程與教學。由此可見,創新能力的教學在科技教育中,始終佔有很大的份量。從科技人力的培育來看,科技教育和工程教育及技術教育有密不可分的關係,科技創新能力的培育則是其共通處之一。透過中小學科技教育的科技創新潛能啟發,到工程教育及技術教育階段的專業訓練,甚至到職場的工作中學習等,科技創新人力的培育才能有一貫的養成與訓練,也才能更有助於產業的科技創新,有助於國家競爭力的提升。

再從創造力的研究與教育觀點來看,創造思考能力雖有共通的部份,但是領域之間的差異還是相當大的。科技創新能力的展現,可以從發現問題到問題解決的各個階段中,發揮效用,正如科技問題與藝術問題、社會問題、科學問題等,有本質上的差異,所以,其他學科所習得的創造與創新能力,不一定能沿用到科技活動上面。

因此, 不管科技課程的內容是以技術、科技素養、或是工程原理為主要導向, 科技創新潛能的開發以及科技創新能力的培養, 應該是科技教學所不容忽視的重點。

從國際營隊活動中培養學生的國際觀與科技創新能力

—iSEE 科學營的個案研究

張美珍

國立科學工藝博物館科技教育組副研究員

壹、前言

e 化社會促使學生的學習更為多元，不只是知識內容來源的多樣化，也包含對不同文化的認識。其中關鍵因素之一是網路的連結大幅縮短原有實體空間產生的距離，人與人間的距離不再是用距離的尺度衡量，而是用網路的傳輸速度 MB/Sec 來計算。這些改變讓學生們可與其他國家的學生們有更多的互動與交流的機會，也促使教育單位與家長們期盼養成的下一代須具國際觀、更具科技素養，因而各式各樣的國際營隊應運而生，尤其是於寒暑假期間送往國外英語系國家學習的遊學團更受歡迎。

研究者應國際資優兒童協會韓國分會的邀請，著手策辦一個跨國的國際營隊活動，分別對韓國及台灣的中小學校招生。為了招收國外的學生，營隊活動的設計須有諸多考量，其中的因素可能包含課程與活動的吸引力、符合學生與家長們的期望以及不同國家學生學習的差異。企劃書完成後，歷時近二個月的招生、訪談、口試，共有來自韓國的 12 個中小學生、2 位美國（韓裔）的國小學生以及 31 台灣本地中小學生參加 6 天 5 夜的「iSEE International Science Winter Camp for the Gifted」國際科學營隊活動。這是國內首次由博物館主辦的國際科學營隊活動，整個策劃的歷程與執行的實務是全新的嘗試，研究者以此個案探討國際營隊辦理之實務，包含探討國際科學營隊活動應具備的內涵與特質，並透過問卷調查瞭解參與學生及家長的對營隊的期待與差異，最後提出此類專案式學習活動對於學生科技創新的啓發。

貳、文獻探討

一、e 化社會的專案式學習

一個 e 化的社會，也稱為網路化的社會，它代表的不仅是資訊技術與硬體發展上的進步，還包含了社會成員在資訊接收與處理的素養的提升（許清琦，曾淑芬，劉靜怡，吳鴻煦，2003）。在這樣一個世代成長的學童們，接觸到的學習資源就遠比工業時代的學生們更為多元，而應該習得的關鍵能力，也有極大的不同。因為知識的取得方式，已不再侷限於學校、家庭教育，更多的知識來源是透過層層密密的網路所連結建構起來的知識庫。而學習的方式，除了在原有課室內單一老師指導的學習方式外，自我探索、個性化、獨立的、專題學習等多樣化的學習方式(Barab, Hay, Barnett, & Keating, 2000; Barak & Dori, 2004)，都是 e 化社會的潮流。

因為資訊科技的發展將社會網絡擴大，網路串連集結，讓人們真的不用出門，就可以完成許多事，更可以不用上街遊行就可以集合小我的力量形成網路輿論的影響力，這也就最新的「宅時代」。根據台灣網路資訊中心的調查，12 至 15 歲學童平均每日上網時數超過一小時者，已超過六成六（約七十萬人），而 16 至 20 歲的青少年等更高，近四成青少年每天上網 3 小時以上(李雪莉, 2007)。事實上，21 世紀的孩子，已是不折不扣的「螢幕族」，他們活在有線電視、電玩、MTV、角色扮演等次文化、具有互動性的媒體世界裏(張漢宜, 2007)。

這樣的趨勢意味著學生們互動與交流頻率與習慣的改變，總體來看，e 化社會中學生們的學習在學習方式上、學習途徑、學習的內容、學習的環境與空間、與學習的溝通等均有極大改變，當然促進學習的工具與學習的評量方式也都要隨之改變。而專案式學習 (Project-based learning) 以建構學習理論為基礎，強調學習者並非只有接收資訊而已，而是「主動地」運用已知的知識去探索、解讀、創造進而建構他們的新知識(Solomon, 2003; Thomas, 2000)。專案的實施可以是角色的扮演、是跨國合作的、可以透過網路組織學習的網路，而且是動態與互動的，這些均符合 e 化社會中學生學習的特質。

二、國際科學營隊活動的特質

網路縮短了人與人之間的距離，同時學生們的世界觀已大為不同，這促使教育單位與家長們對於培養孩子的關鍵能力日益重視，其中在國際觀、國際化部份是中產階級以上的家庭所關注的。而所謂的關鍵能力包含了邁向國際的能力，其中需要有專業的知識力還有語言能力。Gardner (2006) 更提出培養心智上的五種未來能力：整合力、創意力、尊重力、學習力與道德力。其中整合力代表的是要能集合不同的見解，整合成為屬於自己的想

法；創意力則要能夠發現新的問題、觀察新的現象，並釐清其中的脈絡，從中得到新的體會，以迎向許多別人沒有經歷、或是過去自己沒有經驗的新挑戰；尊重力則指對人類社會的種種差異，能夠察覺、體會與包容；學習力的重點是在陌生環境中，許多狀況都是全新的，都能不斷重新學習；最後提出的道德力意指價值觀的問題，要能實踐身為一個公民應具有責任(張漢宜，2007)。

為了培養學生的國際競爭力，各式各樣的國際營隊應運而生，尤其是於寒暑假期間送往國外英語系國家學習的遊學團更受歡迎。研究者運用 Yahoo/奇摩搜尋，而且設定「台灣網頁優先」，以「2007 營隊」為關鍵字搜尋的結果有 439,110 個網頁；而以「2007 國際營隊」再搜尋，結果有 153,689 個；以「2007 科學營隊」搜尋則有 72,361 個網頁，最後以「2007 國際科學營隊」搜尋，還有 39,768 筆資料。另外，以 Google 搜尋「2007 國際科學營隊」所得網頁更多，高達 101,000 頁，當然其中有非常多重複的資料，但其量仍極為驚人，可見營隊活動的盛行，同時也反應出國內教育市場的需求。

從個別國際營隊活動的辦理方式來看，以寒暑假期間送往國外英語系國家學習的遊學團最多，在國內舉辦的國際科學營隊以坊間英文補習班與其他生態園區合作辦理的營隊為主，但雖名為國際營隊，其招募學生仍以台灣學生為主，真正有國外學生參與者很少。其中較具規模與知名度的是吳健雄學術基金會主辦的「亞洲科學營 (Asian Science Camp)」。這個營隊可謂得天獨厚，由亞洲兩位諾貝爾獎得主李遠哲院長與日本小柴昌俊教授 (Prof. Masatoshi Koshihira) 共同倡議創建的國際科學營隊，專門提供科學資優學生學習的機會，期望激發他們的潛力，協助學生發展獨立思考的能力 (吳健雄學術基金會，2007)。其營隊活動的內容規劃包含了大師的主題演講、與大師對談、圓桌會談以及創意海報設計與發表等，共安排 6 天 5 夜的活動。

雖然目前英文教學從國小開始紮根，但舉辦全英文環境的國際科學營隊仍頗具難度，從上述亞洲科學營的例子來看，隊如要項但要在國內，為了招收國外學生，營隊活動的設計須有諸多考量，其中的因素可能包含課程與活動的吸引力、符合學生與家長們的期望以及不同國家學生學習的差異。若從 e 化社會中學生應學習的關鍵能力來看，一個國際科學營隊應該具備有下列五個特質：

1. 明確的科學主題或專題學習
2. 國際化語文溝通的學習情境

3. 提供資源整合及合作學習的機會
4. 提供難題的解決與創意發展的平台
5. 透過短期的團體生活訓練學生互相尊重與自重的能力

參、 iSEE 活動現場

本研究以國立科學工藝博物館 2007 年舉辦之「The iSEE International Science Winter Camp for the Gifted」為個案，說明策辦一場國際科學營隊的相關實務，包含營隊活動主題的設計、工作與師資團隊的組成、小隊輔招募與訓練、課程安排、課餘活動安排、團隊競賽與專題發表與晚會活動的安排。

一、營隊的宗旨與定位

一個國際營隊活動的形成，最初的步驟應該是活動的宗旨與目標的訂定。決定了活動的主要目的後，則須想出一個響亮而吸引人的主題名稱，才能針對活動對象進行招生。iSEE 國際營隊的命名，就是從活動的宗旨與目的著手，而想出這個響亮有創意的名稱。其代表的意涵是：

1. The iSEE international Camp is designed for highly motivated and able students to expand their knowledge and experience in science through cognitive inquiries and hands-on activities.
2. The international program also provides students opportunities to learn cultural diversity and to cultivate their global vision.
3. Small “i” stands for I (myself), inquiry, imagination and inspiration.
4. “SEE” stands for Science through Exploring and Experiencing.

為了營造國際化的學習情境，最重要的是參與的對象，在與韓國資優教育學會多次討論後，決定由雙方個別招生，以國小五年級至國中二年級為限，分別招收 30 位學生。而營隊的主要特色為全英語教學、小組活動、專案式學習並具豐富的科學、科技課程內涵。

二、主題課程規劃

因為營隊具科學科技內涵，第二個步驟是確定課程主題。為了符合台韓兩地學生的需求，還有籌備期僅有兩個月的時間壓力，研究者運用博物館內既有的資源，分別為國小五年級、六年級以及國中生草擬提出三個活動課程主題，包含了航太主題、機器人以及材料科技等，並規劃以個別主題 20 人為一小班的形式進行。

師資團隊的組成與主題的確定有密切的牽動關係。因為籌備時間太過緊湊，必須以工博館既有的人力資源著手尋覓來自臨近各大學的專業教授協助授課，而教授的教學特質又必須是具親和力、幽默的而且願意跟中小學生們「玩」科學的，才有機會邀請加入師資團。

在確定各分組的主題課程後，課程表的排定與師資團隊的組成就必須分頭同時進行，以便配合教師的時間更動課程表。在將近一個月的連絡溝通洽談後，終於在 12 月初將課程表定案。營隊中活動的形式包含了：授課 (lectures)、工作坊 (workshops)、館外教學 (field trips) 以及專案式學習 (project based learning)，另外當然要需安排夜課活動與各式競賽，以促進學員們的溝通與合作學習。課程的時間安排均在上午二節課與下午兩節課，而夜間則安排團體遊戲、競賽準備與專案學習。

以下列出針對三組不同對象所設計的課程主題及內容：

For 5th Grade

Main Theme: “Wind Power and Aviation”

1/29(Mon)	1/30(Tue)	1/31(Wed)	2/01(Thur)	2/02(Fri)	2/03(Sat)
Creativity Training Program: Tops	Subject Classes: Wind Power	Power Generator of Wind	The Myths of Air and Fly – Treasure hunting	Field Trip to MMBA	Field Trip (Ken-Ting)
“Special Places” Project Activity	Crazy Scientist: Atmospheric pressure and Experiments	Air Cushion Cars	Air-Rocket	Lecture on ecological systems and Biodiversity	Special Places project Presentation
Group discussion	Group discussion	Group discussion	Group discussion	Sleep with Sharks	Farewell Party

For 6th Grade

Main Theme: "Robotics"

1/29(Mon)	1/30(Tue)	1/31(Wed)	2/01(Thur)	2/02(Fri)	2/03(Sat)
Creativity Training Program: Tops	Mechanics: gears, chains, and motors	Control System: Signal, command driven system	What's Robot?	Field Trip to MMBA	Field Trip (Ken-Ting)
"Special Places" Project	Build a simple machine	Build your own procedure machine	Design your own Robot	Lecture on ecological systems and Biodiversity	Special Places project Presentation
Group discussion	Group discussion	Group discussion	Group discussion	Sleep with Sharks	Farewell Party

For 7th - 8th Grade

Main Theme: "Materials Science"

1/29(Mon)	1/30(Tue)	1/31(Wed)	2/01(Thur)	2/02(Fri)	2/03(Sat)
Creativity Training Program: Tops	Low Temperature Physics	Super-conductor	Nano-technology	Field Trip to MMBA	Field Trip (Ken-Ting)
"Special Places" Project	Experiments of Low Temperature Physics	Conducting Polymers	Bio-technology	Lecture on ecological systems and Biodiversity	Special Places project Presentation
Group discussion	Group discussion	Group discussion	Group discussion	Sleep with Sharks	Farewell Party

三、專案學習的規劃

其中專案學習的活動規劃是此次營隊活動的一大特色，因為它將從學生報名後，還未進入營隊主題課程前便開始執行了！研究者邀請臺灣國際教育資源網學會的國際連絡人吳翠玲老師協助專案的策劃與推動。專案以「我心目中的桃花源（Special Places）」為主題，讓學生們有機會互相分享來自不同地方的環境、文化特色與生活習慣等等。其內容包含了三個階段：

Stage 1: Make Self-introduction online and exchange information before the trip. Pack your special thing in advance to share.

Stage 2: Share your special thing with your partners and collaborate with them to create your own “Special Place” Exhibit or Project during the camp.

Stage 3: Continue to communicate online for further contact. Celebrate the success of this camp to build up more human network.

期望透過這個專案學習的歷程，讓這個國際科學營隊加入多一點的文化氣息，包含對文化的互相認識、理解、分享與包容。

四、活動執行團隊的成立—小隊輔的招募與訓練

營隊活動的成功與否有一個關鍵因素：執行團隊的表現與戰鬥力！配合這個國際科學冬令營活動執行，活動執行團隊由研究者與 4 位博物館科技教育活動小組成員共同組成。在初次會議討論了工作小組分工後，便開始招募大學二、三年級學生，預定成立小隊輔導員團隊，以協助活動的執行。為此特別規劃發出「英雄帖」，廣招活潑、英語表達能力佳並略具科學性向的學生們。在極短的時間內共找來了 23 位學生，其中還包含了兩位高中同學。

為了讓學生們先凝聚共識、培養戰鬥情感，特別規劃二階段的教育訓練，除了提升具英語口語能力之學生科學活動興趣與帶領活動能力之外，同時期望儲備國際科學活動的輔助人力，以利工博館科教活動國際化的發展。為期兩天一夜的教育訓練的內容包含了：專案學習（Special Places）、瘋狂科學家的物理實驗、八套夜課行程、Field Trip 的解說、英文 Self-introduction 練習與錄影、團康活動的帶領與冬令營相關口令以及最後的小隊輔任務宣示。

五、課餘活動的安排與設計

營隊活動中培養學生團隊感情的重要安排就是課餘活動。在上述的主題課程結束後，必須安排適當的活動，讓學生們有機會深入認識自己的隊友、學習分工合作，並聚集團隊的能量。當然還須包含必要的休閒娛樂型團康活動。

爲了讓營隊的課餘也能快樂學習，並建立團隊情感，共安排了三大類課餘活動

1. 夜課與團康：讓孩子們有機會在課餘完成或消化課程中老師提供的新知，並與同學們或小隊輔共同討論，其中重要的一個項目是專案學習的分享與討論。而團康的部份也是由小隊輔帶領一同遊戲，以建立團隊默契爲主。
2. 競賽的安排：一個名爲「Journey of Water」的競賽主題，讓學生在兩個小時內互相討論、集體創作，並繪製海報進行口頭簡報。
3. 館外參觀行程：爲了讓營隊的行程較爲豐富，本次營隊特別安排了「與鯊魚共眠」的夜宿行程，加入了台灣海洋生態的解說與南台灣地形、地貌的特色介紹。

六、美麗動人的 Ending

在營隊活動的最後一天，必要安排的是團隊合作的成果展示，以及一個讓所有興會人員永難忘懷的晚會。專案學習「Special Places」的成果發表會就安排在週六的下午，邀請台灣的所有學生家長共同參與，除了讓家長們看看孩子們在一週內的學習成果外，也能看看其他國家學生的表達方式。

而最後晚會的主持人，則分爲二組，小隊輔與學生各組成雙人組穿插主持晚會的活動。爲了達到同樂的效果，夜課中的團康遊戲也一起邀請家長們再玩一次，而每個晚上練習的三首英文、中文與韓文的指定曲也在晚會中表演。中韓學生還個自主動上台颺歌，搏得台下家長們的熱烈掌聲。

晚會最感人之處不是表演的精采程度，而是學生們的投入與小隊輔們的賣力演出。一曲 **Hand in Hand** 以及六天活動的影片剪輯，讓家長們感動落淚，同時也激起學生們的離情，最後在大家相擁與話別聲中，列隊送走相聚六天的孩子們，爲營隊活動劃下完美的句點。

肆、 活動成果與問卷分析

本研究從上述研究探討提出國際科學營隊應具有的特質，加以分析 iSEE 科學營個案所具備的內涵與特質。另外從國內學生與家長的開放式問卷資料加以彙整分析，對照參與此次營隊的國內學生與家長們對於科學營隊活動的認知與期望。

一、iSEE 國際科學營的特質分析

從 iSEE 國際科學營的宗旨、目標加以檢視，這個活動所欲傳遞的科學教育理念是從探索與自我體驗的方式學習科學。而課程的主軸也非常明確，實施的方式多元，同時還提供了不同的專案學習方式，包含 Special Places 以及 Journey of Water 的競賽，都是引導學生們從事資源整合與合作學習。若從上述五個國際營隊活動的特質加以檢核（表一），iSEE 確實具備這五項特質，另外，還提供了多元文化體驗的學習。

表一：iSEE 營隊的特質檢核表

國際營隊應有的特質	iSEE 的特質
明確的科學／科技主題作為專題學習	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 分別為國小五年級、六年級以及國中生規劃了航太主題、機器人以及材料科學等主題課程。 ➢ 以 Special Places 以及 Journey of Water 兩個專題進行簡報與競賽。
國際化語文溝通的學習情境	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 以全英文的學習環境進行所有課程與活動，包含小隊輔與學生間的溝通 ➢ 學員來自韓國、美國與台灣，英文是惟一可互相溝通的語文。
提供資源整合及合作學習的機會	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 專案式學習包含「Special Places」以及「Journey of Water」均以團隊合作發表形式執行。
提供難題的解決與創意發展的平台	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 主題課程中包含了各式動手操作、問題解決與創意發展的內容。例如程序機械的製作、自行設計太陽能車等。
透過短期的團體生活訓練學生互相尊重與自重的能力	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 六天五夜的食宿安排儘量讓不同國籍的學生們同組並共宿，學習團體生活及互相尊重 ➢ 來自三個國家的學生共同學習，讓學生們有機會瞭解不同的文化與生活、飲食習慣，學習彼此瞭解與尊重。

事實上，若從策辦營隊的實務面加以討論，iSEE 營隊具有「戰鬥執行團隊」的特質，也就是隨機應變的能力極佳。每個成員均全程全心全力投入執行專案，共同解決問題。

二、家長與學生的觀點

另外從學生與家長的觀點檢視他們對於營隊活動的期待與要求。因問卷為開放性的問題，家長與學生問卷的第一題是針參加活動的預期收獲的提問。從表二可看出學生與家長的期望是不同的！從學生的觀點來看，有 23 位同學認為學習科學是參加這個營隊的期望，佔了 77%；而家長的部份對這項期望名列第二佔了 37%，與國際觀的培養相同，惟學生對於國際觀的培養不若家長重視，只有 7 位同學佔 23%。在人際關係的培養方面兩組就比較有共識，均佔了五成上下。其中有「自信並尊重他人」與「正向的學習態度」都不是學生們預期在營隊中會學習到的。

表二：家長與學生觀點的比較

預期收獲	家長的觀點		學生的觀點	
國際觀培養與文化交流	7	37%	7	23%
人際關係的培養	9	47%	16	53%
語言能力	5	26%	7	23%
科學與科技的認知學習	7	37%	23	77%
自信並尊重他人	5	26%	0	0%
正向的學習態度	3	17%	0	0%
體驗團體生活	5	26%	2	7%

另外，從學生在學校的學習經驗可看出有趣的現象，問卷中詢問學生最喜歡與最不喜歡的科目，以及最近曾做過的科學實驗。表三的統計數字可知近五成的學生喜歡自然與生活科技領域，但表四中同時也有近五成的學生在近期內從未做過科學實驗或參加科學競賽活動等。從學生個別填列的原因來看，只有 4 個喜歡自然類科的學生在近期內未做過實驗，但都表達喜歡動手操作實驗的意向。可見操作還是學生對營隊活動較高的期待。

表三：學生最喜歡的科目統計

學校最喜歡的科目	次數	百分比	排序
自然與生活科技	14	47%	1
體育	6	20%	2
英文	4	13%	3
國文	2	7%	4
電腦	2	7%	4
藝術與人文	2	7%	4
數學	1	3%	7
社會	1	3%	7
合計	32	107%	

備註: 有兩位學生填答兩種科目

表四：學生最近做過的科學實驗統計

最近曾做過的科學實驗或活動	次數	百分比	排序
沒做過	14	47%	1
參加競賽或科學展覽	2	7%	4
生物類	2	7%	4
理化類	7	23%	2
應用科技類(腳踏車,水火箭與機器人等)	4	13%	3
模型	1	3%	6
合計	30	100%	

家長的觀點是影響孩子是否報名參加的重要因素，從表二已看出兩者間的不同，但 19 位家長的觀點還是有些共通點，其中「國際觀培養與文化交流」是讓孩子參加 iSEE 的最重要因素，顯見家長們對於培養孩子的國際化確實非常重視，這也同時呼應了本文最初的立論：在 e 化社會中「國際觀」的培養是非常重要的。

表五：家長讓孩子參加 iSEE 的動機統計

讓孩子報名參加 iSEE 的動機	次數	百分比
國際觀培養與文化交流	11	58%
人際關係的培養	4	21%
語言能力	3	16%
學習科學	3	16%
自信並尊重他人	3	16%
體驗團體生活	1	5%
朋友推薦	1	5%

再從家長的觀點檢視營隊的特質與師資團隊應具備的能力，從表六與表七可看出家長們對於專業知識的要求佔了最高的比例，而在師資方面對於語言溝通的能力的要求也佔相同的比例（42%），顯見語言的學習也是家長對國際營隊的期待。另外，安全的學習環境則佔第二，也佔了近五成，也有 6 位家長具體表達希望孩子在 iSEE 團隊中可以快樂學習。所以相對的希望師資是風趣的、幽默的！

表六：家長認為國際營隊應具有的特質的統計

國際營隊應具有的特質	次數	百分比
專業的科學知識	10	53%
安全的學習環境	9	47%
學生可以快樂學習	6	32%
專業的規劃團隊與師資	4	21%
有趣具啟發與探索學習的特色	3	16%
須國際化且多元的	3	16%
語言的溝通表達	2	11%

表七：家長認為營隊中的教師應具有特質的統計

營隊中老師應具備的重要特質	次數	百分比
專業的科學知識	8	42%
風趣幽默	7	37%
語言與溝通能力	8	42%
細心耐心與安全關注	6	32%
具國際觀可多元接納	5	26%
熱情	4	21%
統整能力	2	11%
親和力	2	11%

伍、 結論與建議

現代學生面對的是全面 e 化的社會，因為科技與資訊的快速增長，未來他們所要從事的工作，可能是個全新的、在現今社會還尚未出現的行業，因而培養其具備面對未來社會的關鍵能力是刻不容緩的事。而關鍵能力為何？從上述文獻探討中，歸納出至少應該包含專業的知識力、語言能力以及 Gardner 所提出的五力（整合力、創意力、尊重力、學習力

與道德力)。本研究個案－iSEE 國際科學營隊活動的設計，即具備下列六大特質，不僅可培養參與學生的國際觀，更透過競賽與專案式學習，提供一個難題解決的創意發展平台，增進其科技創發能力：

1. 明確的科學與科技主題及專題學習
2. 國際化語文溝通的學習情境
3. 提供資源整合及合作學習的機會
4. 提供難題的解決與創意發展的平台
5. 透過短期的團體生活訓練學生互相尊重與自重的能力
6. 相互理解與尊重不同國家的多元文化

另外，針對家長與學生所進行的小型調查統計，發現兩者對於國際營隊活動的期望雖然有所不同，但仍有其共通之處。家長著重在國際觀的培養，學生則期待在營隊中有較多的科學探索與操作型的學習，而人際互動是兩者的共同期待。

在國內規劃執行一個國際營隊實為不易，本研究的實例分享與探討，期盼可作為未來相關館所或學術單位辦理國際營隊之參考。另外，本研究透過開放式問卷的問卷雖然僅收集了 19 位家長與 30 位學生的資料，但仍取得了豐富的一手資料。實值得進一步推展以本資料為基礎，發展出更具體明確的封閉式問卷，在未來相關營隊活動繼續研究，便收集較多的量化資料進行更細節的分析探討。

參考文獻

- Barab, S. A., Hay, K. E., Barnett, M., & Keating, T. (2000). Virtual solar system project: Building understanding through model building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (7), 719 - 756.
- Barak, M., & Dori, Y. J. (2004). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89 (1), 117 - 139.
- Solomon, G. (2003). Project-Based Learning: a Primer. *Technology and Learning*, 23(6), 20-28.
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning(Executive summary of dissertation).Retrieved Sept. 23, 2007, from <http://www.bie.org/files/researchreviewPBL.pdf>
- 吳健雄學術基金會(2007)。 2007亞洲科學營 (Asian Science Camp) 。 Retrieved Sept. 23, 2007, from http://www.wcs.org.tw/2007ASC/chinese/chi_intro.htm
- 李雪莉(2007)。 如何教育你家的小宅男小宅女？*天下雜誌* , 379 , 142-143。
- 張漢宜(2007)。 鍛練五力讓世界搶著要你。*天下雜誌* , 375 , 162-164。
- 許清琦、曾淑芬、劉靜怡、 吳鴻煦 (2003)。 公元二〇一〇年台灣網路化社會之發展策略。*國家政策季刊* , 2(1) , 71-89。

從百變塑膠特展規劃談運用博物館啟發學生 科技創造力的可能

曾瑞蓮

國立科學工藝博物館科技教育組助理研究員

壹、前言

Osborn (1953) 曾言「人類文明的歷史，主要為人類創造力的紀錄」，個體需要創造力來解決或處理日常事件，無論是在科學、藝術、產業上皆需要創造力來帶動進步。趨勢大師大前研一在訪台時，建議台灣必須要用新思維、高科技、高感官，發揮創造力與創新能力，以全新的視野及觀念，創造不同的產品和服務，才能抓住第四波「創新」的變革脫穎而出。

幾十年來，台灣靠著加工代工創造了亞洲四小龍之首的經濟奇蹟，現則面對開發中國家廉價勞力競爭的威脅，以及科技日新月異的發展，搶攻新市場關鍵在於科技與創造力，事實上培養全民的科技創新能力，提升臺灣的產業競爭力已是刻不容緩的需求。

鑒於全民創造力對國家產業競爭力的影響，教育部於民國九十一年元月公布「創造力教育白皮書」，目的在於實現「創造力國度」之願景。國內學者專家也紛紛進行創造力的研究，提出多元的論述。本文將從創造力與培養學生科技創新能力著眼，以國立科學工藝博物館「百變塑膠」特展規劃為例，探討運用博物館展示協助提升中小學生科技創新能力的可能。

貳、創造力的內涵

陳龍安（2000）認為創造力是指個體在支持的環境下，運用敏覺、流暢、變通、獨特、精進的技巧，經過思考，對事物提出獨特、原創性的意義，其結果需使自己和別人產生滿足。而葉玉珠（2000）彙整多位學者意見後，也提出：「創

造力是個體在特定的領域中，產生適當且具原創性與價值性的產品之歷程」，同時特別指出在創造的過程中，會包含認知、情意、技能的三方面的統整與有效應用；而創意表現是個體的知識與經驗、意向（態度、傾向、動機）、技巧或策略與環境互動的結果。運用 Amabile(1996)於「創造力的脈絡」一書所提出成份模式 (componential model)，來歸納條列創造產品誕生的基本要件相當明確，Amabile 認為至少包含四種基本成份：

- 1.領域相關技能(Domain-relevant skills)：實現創意所需之該領域的必備技能；
- 2.創造力相關技能(Creativity-relevant skills)：能激發創意的方法、策略與實現的技能；
- 3.工作動機(Task motivation)：支持個體運用前兩項技能以完成創意產品的動力；
- 4.社會環境(Social environment)：指社會的價值觀與審美觀等用以評估創意產品價值的指標。(引自李堅萍，2006)

其中，創造力的落實，需要領域相關的基礎實作技能為基礎，陳龍安(2006)認為創造力並非空中樓閣，必須有充實的知識經驗背景，由原有的基礎上加以擴展引伸。Weisberg (1986)以實驗的方式對受試者進行研究，也提出相同的看法。同時，Weisberg 認為創意可以發生在個體過去經驗和問題的交互作用上。(引自 Sternberg & Lubart, 1996)。對個體而言厚實的專業知識(或熟悉的領域範圍)與廣泛的經驗常識是創意發展的基石。

另外外在環境對創造力的影響也受到廣大的注意。Sternberg and Lubart (1996)認為創造力的表現受環境情境因素影響最為重大。張振華(2006)對五專學生在數學合作學習過程中的創意發展研究，也發現要設置適宜的教學情境，才能有效提昇學生的數學創造力。行為主義學派認為如果提供個體一個良好的創造思考環境，就可激發出個體的創造力，外在的環境對創意影響深遠。陳龍安 (2006)也提出創造力之發展以支持性的環境條件為第一優先，創造思考教學需提供支持性的教學氣氛、接納學生不同的意見、使用開放性的問題等。以上可知，營造適宜的教學環境才能使學生的創造力充分發揮。

參、科技創新能力

美國科技教育學家Frey (1989) 認為「科技」是人類的一種文化活動，並非抽象的概念或理論。其目的在「因應」人類需求（引自林人龍，2000）。科技領域有其創新的特殊性，但郭有遜（2001）指出不同領域的創造力表現都須有紮實的本科知識為基礎，但是創造力的產生還是依賴一個共通的創造力過程，意即各個領域在創造及問題解決的過程事實上是相似甚至是相同的。

針對科技創新的能力，李大偉、張玉山（2000）認為工具的操作、材料的處理是科技創造力最重要的內涵。李堅萍(2006)認為「實作性技能」為落實創意與創造力的必備條件；要落實科技創造力，就需要以實作性技能為基礎；而高科技創造力的產出成果，也一定需要以高科技領域的專業技能為基礎。

除此之外，張玉山、張育禎(2008)也對國小學童的科技創意教學提出具體做法，運用體驗式教學法，從學生自身經驗為學習起點，經過教師引導與討論活動後，衍生新的創意想法。思考的歷程包括類化、逆向、歸納與衍生四種思考模式，並且透過提問的方式來引導學生進行思索，用不同的角度來思考彙整後，才能衍生創新的概念。

總結而言，科技創造力與一般創造力不同之處，在於科技創造力包含「概念的形成」和「實作能力」兩部分，培養學生的科技創造力，重點在於學生能夠運用科技相關的知識與技能，從自身的經驗出發，透過引導、討論和思考得出獨特的概念與構想，並能運用工具操作、材料處理，以製作出實際成品（朱益賢，2006）。

肆、百變塑膠特展規劃

資源物品的回收再利用在台灣已經推廣多年，也有一定的績效，學校的美勞、工藝課程以及環保團體也多半教導、鼓勵大眾，運用生活中隨手可得的回收資源，進行一些手工藝的創作。在塑膠類回收製品的運用上，一般多利用基本切割剪裁與彩繪的手法，製成桌上適用的瓶罐或花器，非常實用且有趣，但鮮少在

塑膠材質的特性運用上著墨，也因此其再製品的樣貌和使用範疇有所侷限。

國立科學工藝博物館於 96 年 10 月至 12 月，在 CPM 親子教育聯盟的協助下，邀請日本 daily 塑料藝術大師當銀美奈子到館內來，展出他對塑膠回收材料的創意運用成果，同時進行種子教師培訓工作，期使本項具獨特性的環保材質運用做法，能有機會在國內生根發展。

在當銀老師的作品中，充分運用了熱塑性塑膠在加熱後能塑型、收縮的物理特性，配合獨創的裁剪技法與彩飾巧思，讓這些原本便宜常見的塑膠材料轉而成為珠寶與藝術品等級的作品。這種充分展現塑膠材料的特性來進行創作的手法在國內首見，而完美結合科技與藝術的呈現更令人讚嘆。

展示過程中，受到各年齡層觀眾的激賞，後續也有公民營單位多方的邀展，國際博物館協會 (ICOM) 主席參觀本展示時，停留時間許久且表示驚喜；西澳博物館群 Regional Manager Terence Patrick McClafferty 在觀賞過程中也表示出極高的興趣，要求館方提供相關樣品和書面、影像資料，以便回國介紹推廣。再再顯示本展示不僅符合觀眾的觀賞需求，同時也獲得博物館專業人士的正面評價。

展示規劃內容如下表列：

類別	說明	展示相片
光的藝術	保特瓶完成外型切割，利用蔓藤、羽毛剪等技法做造型，經熱處理後，再使用砂磨、噴漆和彩繪的方法進行修飾而完成。其透光特性，配合燈光的處理，更能顯示晶瑩剔透的質感。	

<p>材料與成品</p>	<p>展出原始材料和運用之作品進行連結。 運用雞蛋塑膠盒 (PET)、保特瓶(PET)、珍珠奶茶吸管(PP)、小吸管就能製作各種美麗又實用的作品</p>	
<p>宴會的佈置</p>	<p>繽紛多彩的大小吸管，以剪裁、編織的技法，巧妙運用其圓筒形式、皺摺部分與受刮後會捲曲的特性，製成宴會中畫龍點睛的小飾品，新穎又別緻，創造一個歡樂的吸管 party !</p>	
<p>裝飾品</p>	<p>美麗的白花羽毛頭飾是專為一名豎琴獨奏歌手所設計、蔓藤造型的花冠也是為知名歌星演唱會而設計的，各式各樣項鍊、胸花、頭飾，都是塑膠蛋盒所製成的。</p>	
<p>保特瓶藝術</p>	<p>一樣的保特瓶，透過不同的加工與彩飾手法，能呈現出不同的質感與型態，營造截然不同的風格。</p>	

玩具系列	<p>吸管造型藝術與浮沉子都不稀奇，加一點巧思，會搖擺的吸管造型玩具，能高速旋轉的浮沉子呢？各式各樣的造型，給玩具新的樂趣與生命。寶特瓶裁切剩餘的片狀物，也能製作瘋狂旋轉的風火輪喔！</p>	
童話與印象符號	<p>作品結合童話故事鋪陳，顯現整體的情境造景與故事內容，給予作品更多的感動。 「新吸管島」和「沙拉曼多的天使」，吸管恐龍里歐和白色噴火龍靜靜的訴說它們的故事 天使的羽翼：印象符號</p>	
塑膠的秘密	<p>觀看立體電影所用的偏振鏡片，能讓人發現塑膠的秘密喔！特定種類的塑膠材質，能改變光線偏振的行為，透過偏振片觀察時，就能顯現出色彩斑斕的炫麗景象。</p>	
製作影片	<p>「塑料 daily 藝術」 JPIF 製作</p>	

除了各式創意獨具的作品展示外，館方也規劃了系列的配合活動來提升展示效益，除現場導覽外，包含：

- 一、週二至週五上午進行幼教及國小團體接待活動。內容包括導覽、蛋盒花製作演示、熱縮片 DIY 動手做。透過本活動介紹各類塑膠的特性及回收再利用的過程，瞭解材料的物理特性及種類辨識，推廣材料科學。
- 二、假日針對現場參觀民眾及親子觀眾，辦理蛋盒花製作演示、熱縮片 DIY 動手做活動。

本特展之特色彙整如下：

- 一、 現場展出利用寶特瓶、塑膠蛋盒、透明餐盒、吸管等生活常見簡單材料，透過簡單工具與操作技巧，呈現出表現材質特性的精緻且富創造力的各式作品，引發參觀者好奇心與參與興趣，形成話題。
- 二、 大師級作品創意空間無限，觀眾在欣賞之餘顯現了擴展視野的驚喜，多變化的作品欣賞也激發了觀眾的想像，引起了探究如何製作以及還有什麼可能的討論。
- 三、 展示內容結合科學與藝術，除了塑膠材質的充分運用外，也結合了慣常使用的顏料種類和多元的彩飾技法，符合本館科技特性並貼近大眾生活，觀眾接受度高。
- 四、 展示參觀結果，使民眾對塑膠回收再利用的想法，產生不同以往的思維方式，除能倡導回收材料再利用的環保觀念外，也同時提升民眾在藝術、美學的涵養，由於作品所運用技法皆為觀眾所熟知的各種裁剪技術和裝飾方法，特別之處是在技巧與材料結合運用的巧思，故能激發觀眾豐沛的創造與想像能力和自己也來動手試試的興趣。
- 五、 開幕典禮現場佈置之剪綵綵帶、花柱、燈飾，開幕貴賓和工作人員從頭到腳的裝扮與紀念品，皆由受訓之種子教師和工作人員以塑膠回收材料精心製成。其中並運用本土廣泛運用的泡沫紅茶杯開發新的製品，典禮中並安排塑膠飾品走秀介紹、手工特製胸花現場摸彩活動，同時呈現工作人員的創意與製作能力，對觀眾更有引導創意思考及吸引動手嘗試的效果。
- 六、 現場導覽及服務人力特別訓練大專幼教科系女學生來擔任，具親和力且不厭其煩，在滿滿的笑容下有熱誠服務的態度，樂於和觀眾討論關於展品的種種製作程序和可能，除了清楚的作品解說外，致力於營造歡樂的、無壓力的環境氣氛，讓觀眾能主動的樂於參與 DIY 活動和製作演示。

伍、展示如何協助學生科技創造力的培養

博物館展示是一種資訊傳遞的方式，運用多重媒材，在特定的空間中，創造出促進學習的最佳情境，使參觀者得到感動與理解，進而發現問題並探索解答(吳淑華，2001)。學者 Hooper-Greenhill 認為，面對社會文化的發展與變革，博物館對學校的服務，應該轉變為提供教師教學資源和訓練。而博物館從業人員需能了解最適切的服務與資源為何，努力加強展示與教育內容和國定課程的配合。因此學校若能在正式教導課程之外，結合博物館資源，讓學生藉由實物的感動與多元感官的體驗進行學習，勢必能加深學習效果。

在啓發學生科技創新能力的議題上，誠如多位學者研究所得，工具的操作、

材料的處理是科技創造力最重要的基礎，需要奠基在學生原有的知識技術、經驗背景上，再予擴張延伸。而環境的影響力也佔有重要的地位，提供支持性的教學氣氛，開放、接納的場域情境，新的創意想法才能衍生而出。

針對「百變塑膠」特展內容進行分析，經過多年的環保回收資訊推廣，一般學童對於生活中常見的塑膠回收材料都能有一定程度的熟悉和了解，材料取得的門檻不高，在技術裁剪操作的技術層次上，對中小學生而言也不難；加熱運用小型瓦斯爐、熱風槍(可用烤箱取代)，鑽孔使用電烙鐵或拜拜用的線香，只要小心運用便不致發生危險。而表面彩繪使用大面積的噴漆、油漆筆、油性筆、壓克力顏料、玻璃彩繪透光顏料，局部裝飾使用的砂紙、指甲油、串珠材料、亮粉，大多為文具店可購得，操作技巧不會造成學童的困擾。產品的研發製作重點在於媒材結合運用的想法和創意的產品想像，以及製作的耐心和決心。

Gardner (1983) 認為影響創造力的要素之一為孩童與大師之間的關係，雖然這個理論主要用於探索資優兒童與大師的互動關係，但對一般人還是有一定的引導作用。欣賞博物館展出的大師創意作品，對於擴展思考範圍，從作品範例作類化思考會有很大的助益，同時可以刺激想像，引起學童的好奇，在對個人材料取得和技術操作有自信的狀況下，自然會產生仿效和創新的企圖，深一層探究如何製作(提出問題期待能解決問題)，更進一步嘗試新的表現方式或其他材質工具的結合實驗。

允許學習者對週遭環境自由表述的學習環境，有助於學習成效的提升(蕭瑞棠，2004)。經過良好設計的博物館展示所提供的，便是自由開放的知識建構、協議場地，友善的解說人員，開放式的提示問答，多角形便於多人同時操作觀察、引發討論的展示檯座設計，輕鬆自由參與，沒有答案對與錯的環境氛圍，提供了創意發想的支持環境，當然無法像課堂中能進行包括類化、逆向、歸納與衍生四種思考的完整歷程(張玉山、張育禎，2008)，但還是值得成為老師進行學生科技創新能力訓練的優質教學資源。

科技類博物館展示的特色和優勢有其一致性，但使用者的特質與行為卻會因社會環境、風氣的不同而有差異，這是博物館規劃者不得不面對的問題。總結「百變塑膠」特展在培養學生科技創造力目標上的規劃和配合，學校教師若能主動的了解博物館資源，將博物館精心為學童所規劃的展示和教育活動納入整體教學計畫中，對於學童創意視野的開闊和科技創造力的培育，應該能發揮一定的效益。

參考書目

朱益賢(2006)。從科技素養到科技創造力。生活科技教育月刊，39(8)，1-2。

林人龍(2000)。創意與實踐：在行動中思考—有關「生活科技」學習活動設計的想法與釋意。生活科技教育，33(9)，17-25。

李大偉、張玉山(2000)。科技創造力的意涵與教學(上)。生活科技教育，33(9)，9-16。

李堅萍(2006)。培育科技創造力應重視實作技能的教學與自我效能的激發。生活科技教育月刊，39(8)，p21-28。

吳淑華(民 90)。博物館展示淺論。科技博物，5(3)，5-14。

陳龍安(2000)。創意思考教學。台北：師大書苑有限公司。

陳龍安(2006)。創造思考教學的理論與實際(六版)。台北：心理出版社。

郭有遙(2001)。文藝創造心理學。台南：復文。

張玉山、張育禎(2008)。以體驗式提問引導國小學生創新設計—以「后羿射日」單元為例。生活科技教育月刊，41(7)，37-50。

張振華(2006)：五專學生在數學合作學習過程中的創意發展之研究。

<http://74.125.155.132/>，99年3月查詢。

葉玉珠(2000)。創造力發展的生態系統模式及其應用於科技與資訊領域之內涵分析。教育心理學報，32(1)，95-121。

Gardner, H. (1988). Creative lives and creative works: A synthetic scientific approach. In R. J. Sternberg (Ed.), *The Nature of creativity* (p.298-324). New York: Cambridge University Press.

Osborn, A. F.(1953). *Applied Imagination*. New York: Charles Scribner's Sons.

Sternberg, R. J., Lubart, T.I. (1995). *Defying the Crowd*. New York. Free Press.

博物館科技物件應用於科技創新教學之探析---

以印刷銅模為例

曾琪淑

國立科學工藝博物館助理研究員

壹、前言

科技發展日新月異，科技產品與人類生活息息相關，對社會與文化影響重大。現代人不僅止於需具備科技知識，會運用科技，還要不斷學習創新思考，才能與時俱進。科技教育的目的就是培養學生的科技素養，具有解決問題的能力，面對變化快速且多元的社會，能夠應用各種資源與方法，不斷創新前進。科技教學最大特點即是透過實際的「動手做」教學與練習活動，從活動中學習各式各樣的能力，激發創新思考潛能，因此科技活動是培養學生創新素養的最佳切入點。

科學博物館作為科技教育推展的另一場域，學者多認為是「非正式學習的環境」，豐富館藏與多元的展示構成其獨特的學習優勢。尤其是科技物件的典藏，這些典藏經過時間淘洗，具有很高的文化價值，反應當時代創造意義的珍寶，也可能代表科技重要發明、改良與研究成果的物件。博物館透過展示與教育活動方式，重新發掘這些物件的價值，可以讓學生有機會進行物件探索的學習。

在博物館界積極展現文物的文化創新價值之際，「舊即是新」不只是口號，而是值得研究者藉由科技物件的詮釋研究，將博物館藏品與科技教育宗旨連結，成為科技教學的重要資源，教導學生認識科技物的創新調適歷程，激發想像力，進而設計應用於現代生活。本文嘗試以印刷銅模藏品為例，先探討科技物件應用於科技活動如何激發科技創新思考，然後提出專題設計的活動教案，希望提供日後科技教學參考之用。

貳、科技物件在博物館教育的功能

博物館各項功能如展示、教育、典藏及研究，通常藉由「物件」與觀眾直接溝通，透過物件讓觀眾看到博物館所承載的目標，透過物件傳達給觀眾知性或感性的訊息。透過「物件」轉化模擬的教材教具，出現在各種相關活動中，吸引觀

眾參與學習，更是科學博物館發揮教育功能常用的方法。從科技物件的典藏角度來看，是怎麼樣的物件才能入藏博物館？才可以發揮這些功能呢？以國立科學工藝博物館（以下簡稱科工館）的典藏政策為例，一件文物入藏的標準必須是：

探討科技基本原理及發展沿革。

記錄科技對我國民生發展上的重大影響。

反省科技發展歷程，以促進大眾瞭解科技與社會之相互影響。

表彰或實證我國科技發展上的重要成就。

研究我國科技文化資產，並進而與國際相關領域間，交換研究、展示與教育之成果。

然而科技物件入藏博物館後，必須與博物館各相關領域的工作產生互動，進一步探索詮釋，方能再現其意義與特色。對博物館的教育推廣功能而言，目的是讓民眾接受科技新知、探討與科技相關的社會議題、反省科技帶來的社會問題，若是透過具體的科技物件觀察或使用，更能讓民眾因為經驗感知而印象深刻，進而達到科技教育的目的。科技物件的重要性在於考察此物件在人們生活中扮演的角色與意義，種種型塑科技物件存在與運作的必要條件、環境與過程。換言之，科技博物館進行科技物件的教育性探索時，重點就不僅於科技物件本身的物質性，更需進入相關的文化時空脈落中，並深入科技物件的生命史。（林崇熙，2005）

事實上，博物館教育的哲學基礎之一就是透過「實物」(objects)進行學習，此概念主要來自中世紀以後，Thomas Aquinas、Bacon、Comenius 等哲學家強調教育應以感官學習為起點發展理性的觀念(Hooper-Greenhill, 1994)。因此，博物館的教育特色是以實物的展出，透過觀眾的感官刺激達成學習的效果，進而讓學習者了解及欣賞實物在生活中所扮演的角色。科技物的探索與詮釋則是科技博物館的基礎工作，以作為發揮博物館教育的根據（柯尚彬、朱耀明，2009）。

Hooper-Greenhill(1994)提出六種對實物的探索策略，其中之一即是對物件的描述與詮釋。對「科技物」的描述包括二個層次，分別為(1)感官描述，主要描述物件的感官訊息及其基本資料。包括物件的外觀、重量、材質、大小、材料、表面

紋理、種類、數量、顏色、聲音、味道等物質條件；(2)意義與歷程的描述，主要描述物件意義與其應用的功能目的。包含科技物件的意義與價值、應用的方式與對象、製作的歷程、設計的歷程、及其發展的背景。這一層意義這就是上述所言，進入科技物件的文化時空中，探索科技物件本身的生命史及其背後的科技發展史。

參、科技物件與科技創新

博物館入藏的科技物件，若非是科技發展的重大發明，也一定在科技發展過程中有過重大影響，雖然已是「過去」，在當時必然極具創意，對學生的創新思考具有啟發意義，很適合作為科技活動的教材，所以探究物件的科技史，是博物館推展科技教育非常重要的一環。

在科技產品的發展史中，由於科技的發展涉及發明（invention）與創新（innovation），亦即，能透過專業知識、機具與材料的運用，進而研發出創新的科技產品（Mokyr,1990）。Peterson（2002）亦認為創造力和科技十分密切相關，因為許多日常生活中的創意產品在剛被發明時，都被認為是極具創意的。研究一件科技物件的發展，必然發現經過許多次的改良、創新及挑戰的過程。因此，透過貼近「真實生活」的科技史教學，對於啟發學生科技創造力是有助益的。（游光昭、林坤誼、洪國峰，2008）

認識科技物件，不僅可以讓我們看到科技的演變歷程，還可以學習適應科技、從創造發明的因素獲得啟發，讓學生從實物機構的探索中，體會一個科技問題面臨的各種創造思考，經由這樣的認知學習，不斷激發創新思維。九年一貫課程基本能力之「運用科技與研究」一項，其定義中提及：

就科技的認知能力而言，除了應由宏觀的角度來瞭解科技的演進歷史及其整體系統（包括範疇及運作方式）外，更須微觀地去瞭解科技在生活中之運用，且強調落實在生活層次上所需要的科技知識，.....以培養使用基本科技軟硬體（包含工具、機器、材料和產品）之技能，並發展個人創造思考的能力，利用

現有科技解決新的問題和情境，以達到改善其生活的目的。

可見培養學生科技創新能力是屬於科技史教育內涵的重要部分。因為學生創造思考能力並不是與生俱來的，科技創新能力是一連串的思考歷程，是可以教導的。據研究得知，學生創造力與問題解決能力的啟發與學習有密切關係，且此種能力是可由適當的教育與訓練的方式加以培養的（Torrance，1972；Guilford，1967）。若以能力取向來看學生的創造力 - 敏覺力、流暢力、變通力、獨創力以及精進力等，這些能力正可透過科技史教學讓學生有顯著的成長（程俊博、游光昭，2006）。

肆、科技物件應用於教學活動

科技活動作為一種探索性的實踐過程，具有科技性、實踐性和探索性的特點，其任務是探索未知，其最為突出的特徵就是創新，所以科技活動是培養學生創新素養的最佳切入點。未來科技發展的速度越來越快，需要不斷創新才能提升競爭力，而科技創新更需要具備創新能力的人才。創新人才必須具有三方面的素養：創新精神、創新能力和創新人格。三者密切相關，其中創新能力是核心。創新精神主要包括好奇心、探究興趣、求知欲、以及百折不撓的精神。這是進行創新的動力，也是培養創新能力的基礎。創新能力則包括創造想像力、創新思維、創造性地完成某種活動的能力；創新人格則對創新結果的最終實踐有重要影響（林人龍、黃進和、宗靜萍，2004）。

有研究歸納指出：提升研發能力必須靠體驗，透過動手做，讓學生有機會實際進行設計製作及操作練習，透過這種實踐活動才能真正提升創新能力；至於複雜度較高的科技產品流程的創新改良，則必須先從簡單的問題解決活動做起，日後才能舉一反三應用於類似情境。其它像是系統思考能力、溝通協調及合作態度也要透過各種教學活動才能培養（侯世光、劉冠賢，2009），再根據王光復（2007）之教學論述發現，科技研發能力確實可以增強學生日後面對科技問題之創造思考及問題解決能力；尤其設計與製造的教學活動，能充分體驗創新設計流程，及了解科技研發程序，因而能增強設計、應用、維護、實驗等科技能力，更能增進學

生對科技研發及控制的能力。

綜合以上所述，科技物件透過動手做專題製作的教學活動，能夠讓學生從了解物件印證舊知識，概念思考啟發相關連結後，應用設計再統合，「實物」學習是一種探索性的實踐活動，可以呈現一段完整的科技歷程，增強學習延伸效果，有助激發學生科技創新潛能。

科技博物館內施行的教育活動，乃是利用展示或蒐藏物件來促使學習，這種學習比較具體有形，重視思考的技巧，概念與問題的解決，強調探索而不是記憶。目的則在引發學習者對過去的問題意識，刺激他們去找尋自己的解答。要促成此種過程，對於科技文物的闡述就不是單純去解釋一個物件，而是從技術的社會結構角度來呈現，強調這項技術的社會實踐面，學習者才有可能去欣賞，進而了解這項技術的形式和功能。

以科技物件應用在教學活動上，從博物館教育的意義來看，一方面是實現自我，從「實物」的獨特經驗出發思考，鼓勵個人自由發揮潛能，因為每個人都是獨特的，具有開發創新的潛能；另一方面則是教導學生適應變遷，科技發展史是一段不斷變遷的歷史，有變動才有創新，藉由「實物」的探索適應創新的環境。

為了達到這項目的，設計教學活動時，必須使用特別的探索方法及教學工具，基於博物館典藏的安全性，對於應用於教學主題的科技物件要有所選擇。以下將以活版印刷銅模文物為例，先進行兩個層次的探索描述，然後據此設計印刷科技的動手做專題製作的教學活動，說明科技文物在科技教學上的應用，希望能提供日後教學參考之用。

伍、從印刷科技探討改良創新之教學活動

一、印刷銅模的探索與詮釋

從顧登堡為印製聖經開啟現代鉛活字印刷時代，歷經 16 世紀到 20 世紀，凸版鉛字印刷一直是印刷業的要角，影響深遠。數世紀以來，鉛字隨著印刷品的大量流佈，成了文明的象徵。現代印刷術是建立在前人發明技術而來，每一項技術的轉移，往往可看見前人技術的遺跡，發明其實是智慧的累積。活版印刷耗時耗

力的銅模及鉛活字鑄造，開啟了照相打字之路，因為就是將這些美麗的鉛字印出來後，利用另一種技術保留下來，變成方便銳利的照相打字字體。後來的平版印刷字體、數位出版電腦字體，嚴格溯源，仍然可看見鉛活字印刷字體的影子。科技發展一日千里的現代，電腦字體百花齊放，回顧印刷歷史上的關鍵文物—銅模，是否可以再度得到一些創新的啟發？

「風行」銅模

近年來引起廣泛重視的所謂正楷中文印刷活字，在字體的正統性討論中，「風行」上海字體重新站上舞台，扮演台灣活版印刷銅模歷史中一個重要角色。「風行銅模」是科工館的一項珍貴館藏品。「風行」字模，民 38 年來台後，因為筆劃與字形結構保留傳統，受到許多業者喜愛，曾經盛極一時。這批銅模的外觀古樸，細看其背後有一凹點，顯示為手搖鑄字機用；其一號鉛字側面有凹孔，內刻「風行」兩字，就是手搖機的模式設計，當時的大廠多有這樣明顯可供辨識的品牌印記。

「風行」字屬於大陸的源流，所鑄出來的鉛字，傳統、美觀與紮實為其標榜特色，不同於其他廠屬於日本字系統或少數台灣自行開發生產的字。當時有些大廠曾向風行買整批字作種字翻造銅模，台灣鑄字廠許多正楷活字銅模從此發展而來。這正是「風行銅模」在技術發展史上為何重要的關鍵。科工館典藏的風行銅模依號數大小分為新初號、初號、1-6 號，銅模總數計有 33737 個，應是台灣活版產業現存年代最久最完整的銅模，該物件的製造背景、材料、技術，有許多值得探討之處。

何謂銅模？

銅模是用銅質製成凹型正文文字的字模，稱為字母，是鑄造活字的工具。銅模必須配合鑄字機使用，也就是說活字是由銅模裝入鑄字機上製造出來的，鑄出的鉛字則是字面凸出的正方形柱狀體。活字凸出文字面的高度與銅模面凹入字模的深度相同，所以活字的字體大小粗細與銅模的深度必須密切配合，銅模的好壞與活字優劣有密切關係，欲求文字印刷優美，必須使用高度精密的銅模製作活

字，而且必須訂定共同適用的銅模規格，以求活字標準化。每一個銅模，依號數大小不同，長 32-40mm，寬 8-20mm，厚 6.5-8mm。銅模所使用的銅因為具有良好的導電性、導熱性、延展性，並容易與其他的金屬製成合金，而價格也較便宜，所以被廣泛的使用。銅模的製作是以銅質的材料，經由雕刻或電鍍的方法，製成凹型正文文字字模，按照字體大小區別，每個字各造一個字模。「風行銅模」屬於電鍍銅模，此方法是應用電解法，用銅和硫酸銅經過電流製作的字模銅殼，再坎入黃銅合金（60%銅加 40%鋅）軋製而成的銅模套上所製成。

從以下活版印刷製作的流程，可以清楚了解銅模的角色：



印刷的第一步就是製作銅模。接著將刻好的銅模置於鑄字機上，加熱溶鉛，製成鉛字。再依照印刷文字內容從鉛字架上挑選所需的鉛字，稱做檢字，於排版房裡進行排列固定，稱為組版。之後還要將排版好的鉛字版置於打樣機上，試印校正。打樣確認無誤後，即可進行印刷。最後將印刷成品最後進行修裁、訂裝成冊，即完成印刷工作。

銅模製造流程

台灣的鉛字製作技術源自中國大陸，部分引自日本技術的傳授。最關鍵的鑄造工具就是銅模，流程如：字體設計 鋅版製作 銅模製作。（徐成坤、曾啟雄，2002）

（一）字體設計

鉛活字的源頭，來自於基本字體的設計。在製作銅模之前必須向字體繪製師訂購所需要的字體，所謂的字體繪製師就是鉛活字的真正源頭。初期字體是繪製在空白的玻璃紙，先用鉛筆寫出骨架再以沾水筆進行勾邊，以製圖工具或徒手繪製，空白部分再進行填墨的工作。後期則繪製在藍色方眼格紋的描圖紙增加繪製的進度。「風行」銅模是依據清代進士所書寫的字體修飾而成，此為楷體鉛字字

形設計繪製的書寫依據。若與今日中文電腦字型開發歷程相較，「風行」銅模無疑扮演承先啟後之角色。

(二) 鋅版製作

將字體原稿置於翻拍機上定稿，製作陰陽片，曝光後將鋅版移至製版沖洗機，進行腐蝕與沖洗等步驟。鋅凹版上的字體為正字凹紋，雕刻銅模字母的前身，即是以鋅凹版作為雕刻探針走位的範本。

(三) 銅模製作

銅模外觀型式可分為：單字、連字、集體、活動銅模等四種。製作方法則分為：電鍍、雕刻、及沖壓銅模三種。雖然一般最常用的印刷銅模是個別獨立的單字銅模，但是遇到成本或便利的問題，產業的環境就充滿創造的可能，窮則變，變則通。連字銅模解決注音連積字的印刷；活動銅模的應用則節省柱體材料和空間的佔用，單字片狀的銅模，利用活動字套，使用於大字，裝卸自如。整片式的集體銅模則係適用 type 鑄字機，將欲鑄的字經調整到該銅模的準確位置即可生產。可看出當時民間產業對於技術、商機掌握之迅速，與適應環境的堅韌生命力。





銅模與鉛字的展示

二、銅模專題設計概念之教學活動

活動主題：銅模造型創新設計

學習目標：本活動設計以營隊集中學習方式進行。學生必須透過資料蒐集、討論、回饋，針對活版印刷銅模此一科技物件，分析其材質、技術發展、運作原理，以舊物件轉化為目的，進行創新應用的設計。

能力指標：8-3-0-1 能運用聯想、腦力激盪、概念圖等程序發展創意及表現自己對產品改變的想法。

8-3-0-2 利用多種思考的方法，思索變化事物的機能和形式。

8-3-0-3 認識並設計基本的造形。

8-4-0-2 利用口語、影像(如攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物表達創意與構想。

8-4-0-3 了解設計的可用資源與分析工作。

8-4-0-4 設計解決問題的步驟。

活動概說：活動單元的設計，主要透過博物館豐富多元的輔助資源，激發學生對印刷銅模此一科技物件的想像。現場以博物館相關藏品如

鉛活字、銅模、彫刻機、照相打字機等，鋪陳營造出一個字型開發的教學環境。同時藉著小組合作討論，讓學生體驗造字流程，參考現有的四種銅模造型，從功能面思考如何將新字型組合成新造型物，應用於現代生活中，從而激發創意表達的方式。

教學內容：1.活版印刷流程及銅模鑄字原理與技術演進介紹

2.字型設計概念

3.銅模造型應用概念簡圖繪製

4.科技產物的型態及構造型問題思考

5.創意與構想表達方式

材料設備：電腦、掃描機、繪圖工具材料、拓印材料

活動流程：1.解說銅模構造及鑄字原理後，以挑選過的銅模及鉛字的實物分配至各小組，分組進行資料蒐集、創意發想。

2. 拓印原來的銅模字體，掃描後修整或發展新字體設計描繪。

3.銅模造型功能介紹，各分組根據老師講解之設計原則，釐清問題及創新需求後，以該組設計的新字體參考銅模造型重新組合，賦予新功能。

4.分組討論審視新造型之優缺點及可行性，繪製概念圖。

5.進行創意分享，各組上台分享創意概念，分析新造型之功用價值並進行互評。評量要點包含設計製作過程中的合作分工情形、主題呈現、工作流程、方法、器材設備等。

參考文獻

- 王光復(2007)。以教學活動來取代講授,讓學生加深體驗去認識科技及控制科技。生活科技教育月刊, 40(4), 1-4。
- 林人龍、黃進和、宗靜萍(2004)。九年一貫科技素養教育課程教學設計與實施 - 以自然與生活科技領域「科技發展史」為例。生活科技教育月刊, 37(5), 14-38。
- 林崇熙(2005)。建構科技物件研究方法論研究報告。未出版。高雄:國立科學工藝博物館。
- 柯尚彬、朱耀明(2009)。科技物之探索與詮釋--鈴木機車FR70二行程國民車。生活科技教育月刊, 42(8), 56-76
- 侯世光、劉冠賢(2009)。增強科技創新研發能力的專題製作類教學活動。生活科技教育月刊, 42(4), 87-92。
- 徐成坤、曾啟雄(2002)。凸版印刷之鉛字製作研究。展望國際當代設計研討會論文集。台北:銘傳大學。
- 游光昭、林坤誼、洪國峰(2008)。科技教學的另類選擇:科技史的融入。生活科技教育月刊, 41(8), 42-43。
- 程俊博、游光昭(2006)。透過科技史教學培養學生創造力之研究。生活科技教育月刊, 39(5), 3-15。
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Hooper-Greenhill, E. (Ed.). (1994). *Museum education: The educational role of the museum*. New York: Routledge.
- Mokyr, J. (1990). *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. Oxford, New York, Toronto, and Melbourne: Oxford University Press.
- Peterson, R. E. (2002). Establishing the creative environment in technology education. *The Technology Teacher*, 61(4), 7-10.

Torrance, E. P. (1972). Can we teach children to think creatively? *Journal of Creative Behavior*, 6, 114-143.

燃料電池木車馬教具之開發與推廣

翁駿德

國立科學工藝博物館助理研究員

壹、前言

近年來，隨著環境議題愈來愈受到重視，「永續發展」已成爲全世界共同追求的發展願景。在此概念之下，人類的社會、經濟、環境各方面均需受到相當的重視，而其中環境議題之順位，已快速提昇，甚至成爲一切發展的指導原則。台灣身爲地球村一員，面臨全球化石能源枯竭、氣候暖化及變遷之危機，更由於國內工業及民生用品能源需求，絕大部分仰賴國外進口，在多種環境壓力之下，台灣正面臨較其他國家同等或更大能源供給、使用與環保壓力。

台灣地狹人稠、能源短缺，爲了解決能源危機與環境汙染，亟需積極的進行能源開發與技術提升，希望能夠催生出各種潔淨與經濟的新能源，而燃料電池就是其中一個重大的選項。

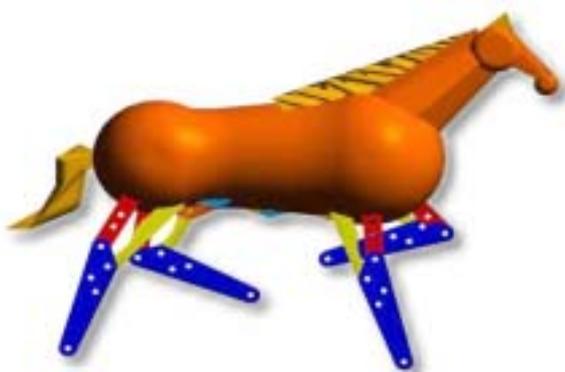
聯合國教科文組織近年來將環境教育重新定位爲永續發展教育，且在博物館研究中，亦將永續發展訂爲所有博物館工作人員必須具備的知識、態度與技能之要項。爲了讓我們的地球能永續經營，並擁有一個潔淨的地球，我們必須向下紮根，將節能減碳的意識落實在日常生活中。因此國立科學工藝博物館（以下簡稱工博館）希望能運用古代魯班木車馬機構的復原，並藉由現代科技燃料電池作爲動力的來源，呈現出傳統與現代，人文與科技結合，且具趣味及互動高的可載人式教具，進行節能減碳教育之推廣，進而落實減緩全球暖化之目的。

貳、木車馬教具之由來

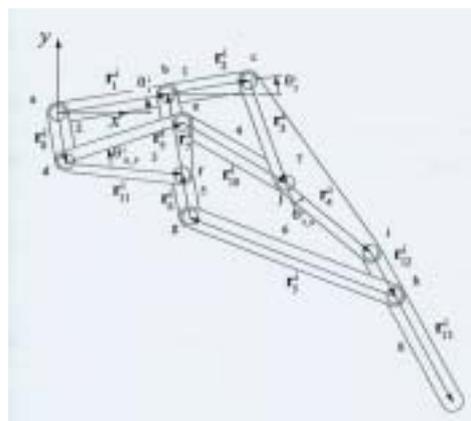
仿生機器動物的研究，爲近幾十年來國內外熱門的科目之一，大致上可以分爲兩大類：一爲使用電腦伺服控制來驅動；二爲利用純機械機構來達成。前者的優點爲能使機器動物做出各式各樣的動作，但缺點是價格昂貴、構造精密

、操作繁雜、設計不易；後者的優點則為構造簡單、利用少許的動力源便能作動、加工組裝容易，但缺點為只能進行單一或少數的動作，需要重新設計尺寸才能改變輸出的運動。

因此，本案構想擬以連桿機構的運動學為學理基礎，將國立成功大學中華古機械研究中心研究群之研發成果-八連桿木車馬，設計成大型可乘坐式的仿生機器馬，讓參觀民眾藉由乘坐之趣味互動中，能瞭解其物理原理，並同時與機械、生物、以及歷史相結合。



木車馬電腦模擬圖



木車馬單腿八連桿機構

(資料來源：<http://www.acmcf.org.tw/acmlab/newpage15.htm>)

一、魯班木車馬機械傳奇

根據歷史文獻記載，在王充所著之論衡·儒增篇中，有這麼一段記載：「…魯班巧亡其母也。言巧工，為母作木車馬，木人御者，機關備具，送母其上，一驅不還，遂失其母…」。

魯班為春秋戰國時期的木匠，根據這段記載，古中國時期應當有可能已經有能力能夠製作出「木車馬」這種仿生步行動物了，並且能夠

載人於有高度落差之斜坡上，利用重力驅使馬車自動向下行走。魯班在其發明當中，最令人稱奇的當屬能於路上自動行走的木車馬。魯班居住的地方在敦煌，附近大多是山丘，因此，木車馬利用本身的慣性與能量守恆原理在這種斜坡地形上自動往下走是可能的。

二、復原發展歷程

國立成功大學機械系顏鴻森教授帶領其研究群，與新疆工學院王渝教授合作，根據史書上的記載，以當代的工藝技術水準，並利用現代機械設計的理論，成功的復原了具有文獻資料上所記載之功能的木車馬。在多年來不斷的嘗試與系統化的研究之下，在單腿不同桿數：四連桿、六連桿以及八連桿的設計之下，以八連桿組的表現最為優越。同時該研究團隊也以現代精密之工具機製作出桌上型可行走之八連桿木車馬，該教具可在斜坡上如史書記載般，不靠任何動力很順利往下行走。



桌上型八連桿木車馬

參、燃料電池原理

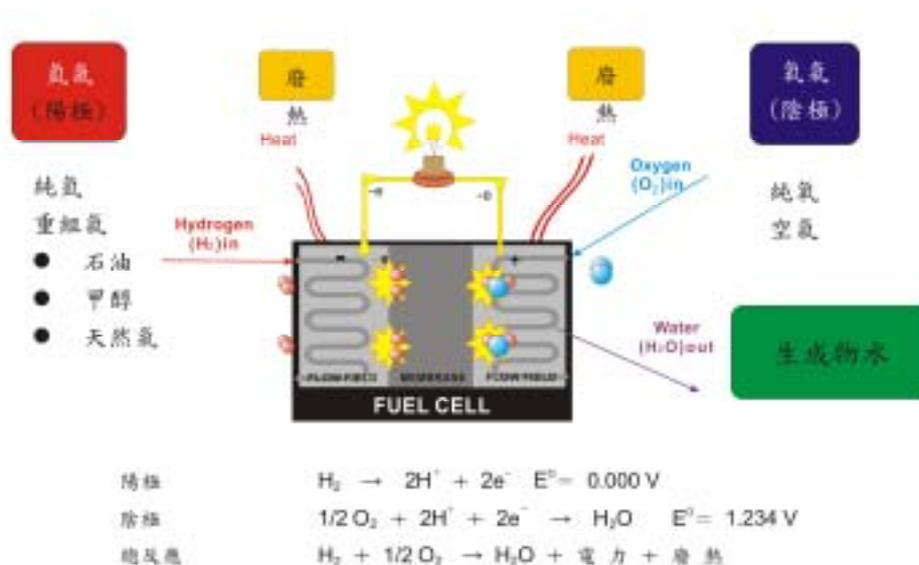
一、燃料電池的由來

在國中自然課程中，我們學習到；藉由通入直流電電解水製得氫氣與氧氣。反之也可藉氫氣與氧氣化合，反應生成水的過程中，將氫氣與氧氣結合，將化學能轉換成電能予以輸出。燃料電池的起源可追溯到 1838 年 Schonbein 發現燃料電池電化學效應，1839 年，英國威廉葛洛夫 (William Grove) 爵士建立燃料電池的發電實驗裝置，進而發明燃料電池 (史乃鑑，2008)。

二、燃料電池發電原理

以質子交換膜燃料電池為例，燃料電池的作用原理以氫為燃料，經過與氧的電化學反應後，不需經過燃燒反應即可將燃料的化學能轉為電能，是一種直接式的能量轉換器，發電效率高，最終的副產品只有熱能與純水。

燃料電池與一般電池最大不同之處，在於一般電池的反應物存放在電池內，而燃料電池的燃料則是從外面輸送進去的，只要一直供應反應物，燃料電池即具有持續發電功能。與一般電池相似的地方，則是兩者的裝置都有陰（正）、陽（負）兩個電極與電解質，燃料電池中陽極的氫氣失去電子產生氫離子，經由電解質移動到陰極與氧氣及流回的電子產生化學反應形成水。此外反應若要在室溫下進行，電極中還須有催化劑，加速氧化還原反應的進行。



質子交換膜燃料電池簡單結構及電化學反應

三、燃料電池特點

一般來說燃料電池有以下的特點：

- (1) 高效率：電能的轉換效率在 40~60%，如加上反應熱能有效回收，效率可達 90% 以上。
- (2) 低噪音：燃料電池無燃燒反應、無大型或高速運轉機件，僅空氣壓縮或進氣風扇機運轉聲音。
- (3) 低污染：燃料電池以氫氣為燃料，不排放二氧化碳。且燃料電池發電不經過燃燒，所以不排放硫的氧化物 (SO_x) 與氮的氧化物 (NO_x)。
- (4) 多料源：天然氣、石油、煤炭等氣化產物，或是沼氣、酒精、甲醇等只要含氫物質都可作為燃料。
- (5) 多用途：燃料電池發電規模具有彈性，可以應用在可攜式電力、車輛電力、

分散型電廠、及集中型電廠等。

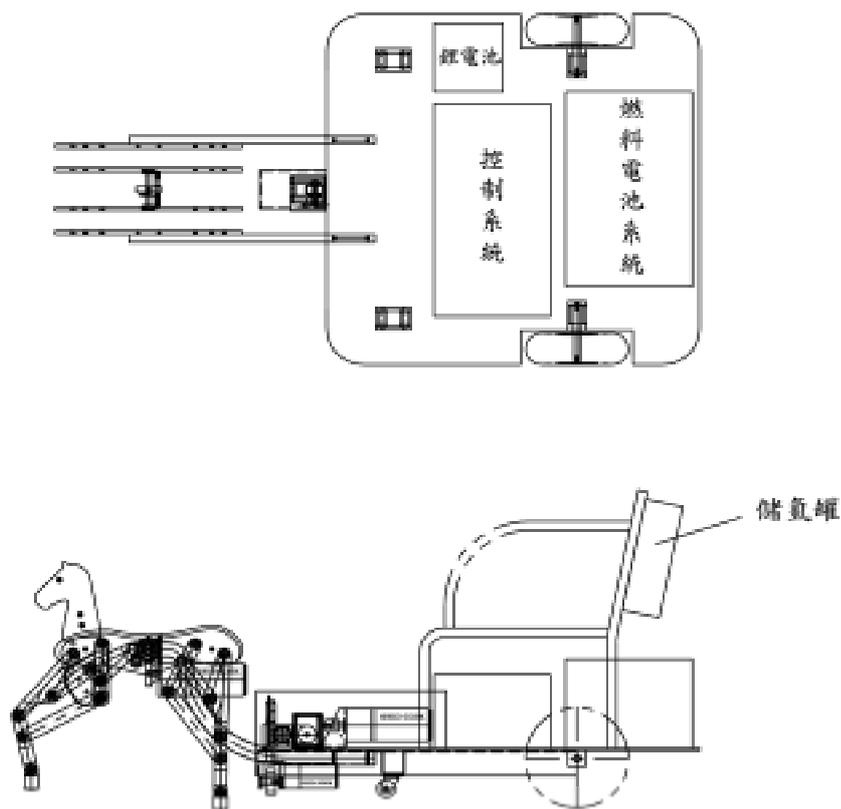
肆、燃料電池木車馬設計及製作

工博館所製作的魯班木車馬之復原設計，因需要長期在館內作展演教學用，故材料採用金屬製作，若依其歷史年代追溯，則在當代應當是以木材為其製作材料。由於木料容易腐壞，所以這項古中國的重要機械發明—木車馬可能因此而就此失傳。最初設計之時，是以最小推力為其設計條件，故工博館所展示的木車馬不需要太大的動力驅動，即可達到載人前進的目的。



工博館第一代可載人鉛酸電池木車馬

工博館第一代可載人式木車馬製作時，係以木車馬復原之機構型式為主要展演重點，突顯連桿運作在機械構造中之重要性，因此採最簡單且最容易取得之鉛酸蓄電池為動力來源。而由於鉛酸電池在耗損後本身將成為污染源，因此尋求替代動力源且為潔淨之能源，是本案最大之目標，因此最適合使用在交通工具，且最具未來性之質子交換膜燃料電池，自然成為第二代可載人式木車馬動力源之首選。質子交換膜燃料電池又稱為高分子電解質燃料電池 (PEMFC) 或固態高分子電解質燃料電池 (SPEFC)。由質子交換膜、陰極和陽極所組成的套件稱之為膜電極組 (MEA)，質子交換膜為一傳導質子 (H^+) 的高分子膜，在多家商業化產品中，目前以杜邦公司的Nafion產品最為大家接受。陰極和陽極材料皆以鉑金屬為主要觸媒，將鉑微粒分布在具導電性與高表面積的碳黑載體上。近年來拜奈米科技進步，可將幾奈米的鉑鍍在碳黑或碳粉上，不但大幅降低鉑金屬的使用量，且大幅提升輸出電能之轉換密度。



工博館第二代可載人燃料電池木車馬設計圖

伍、燃料電池木車馬推廣活動

工博館燃料電池木車馬於 98 年初製作完成後，即投入節能減碳系列活動之推廣行列。由於本教具可載人，與觀眾互動性高，演示效果顯著，且具傳統與現代科具結合之教育意義，因此相當受到觀眾之喜好，也每每成為活動之焦點，例如 98 年度資訊展教育部展區，即以木車馬為行銷重點；同時讓民眾試乘活動，也是節能減碳推廣系列活動之最佳賣點。



燃料電池木車馬為 98 年度資訊展教育部展區重點展品

由於燃料電池木車馬之車身機構及動力源燃料電池設備皆為國人所製作，因此推廣的同時，不僅是扶持我國先進科技之發展，也是在考驗著國內廠家在科技產品上之實用性及耐用性。



燃料電池木車馬在台北國立科學教育館展演



燃料電池木車馬在高雄工博館展演

參考文獻

<http://www.acmcf.org.tw/acmlab/newpage15.htm>

史乃鑑（2008）。節能減碳－永續台灣環境科教活動教材開發及教具建構之研究報告。

中國大陸科技館的科技創新與挑戰

黃俊夫

國立科學工藝博物館 蒐藏研究組副研究員兼主任

壹、前言

中國大陸在改革開放後（約 1980 年後），除經濟面的改革開放外，開始重視公眾科學素養的提昇。由於中國人口眾多，教育基礎設施落後，人民平均受教育水準較低，因此公眾的整體科學素養水準比較低。此外，中國目前是一個經濟社會發展不均衡的國家，公眾的科學素養存在很大的城鄉差距、地區差距、職業差距。為了解公眾的科學素養狀況，中國科學技術協會在原國家科委的支援下，於 1992 年、1994 年和 1996 年，進行了三次全國範圍內的“中國公眾科學素養調查”。2001 年，經國家統計局批准，中國科協在全國建立了“中國公眾科學素養觀測網”，並於 2001 年和 2003 年成功地進行了第四次和第五次“中國公眾科學素養調查”。調查內容包括中國公眾科學素養狀況、獲取科技資訊的管道、對科技資訊感興趣的程度，以及對科學技術事業的態度。

在此僅敘述 2003 年中國公眾科學素養調查的結果：中國公民的科學素養狀況值為 1.98%，比 2001 年的 1.4% 增長了約 0.6 個百分點，比 1996 年的 0.2% 提高了約 1.8 個百分點。具體來看，中國公眾對「科學術語」的了解程度為 12.5%，對「科學觀點」的理解達到了 30%，對「科學方法」的理解程度為 8%，對「科學與社會」之間關係的理解達到了 46.7%。這一結果，與歐盟原 15 國、日本和美國在 2001 年進行的公眾對科學技術的理解和科學技術態度的調查結果相比，差距非常明顯。另外，從對於不同群體公眾具備科學素養的比較中發現：中國公眾科學素養發展不平衡，在不同性別、年齡、文化程度、職業、城鄉、地區、收入群體之間存在差距。尤其是在城鄉公眾之間，科學素養水準差距很大。

貳、科普立法、管理及場館設施

2002 年中國政府頒布了「中華人民共和國科學技術普及法」，這是世界上首部「科普法」，「科普法」中明確規定了中國科學技術協會（簡稱中國科協）組

織是科普工作主力軍的地位，它擔負著科普工作的組織和實施的任務。在中國科協機關設立了科學技術普及部，主管科協系統的科普工作。中國科協所屬 167 個全國性學會，其中 138 個成立了科普工作委員會。在 22 個直屬事業單位中，中國科學技術館、科學普及出版社、中國科普研究所等從事科普事業的有 14 個。全國已建縣級以上科協 2881 個，學會 65482 個，企業科協 10674 個，大專院校科協 328 個，街道科協 4191 個，鄉鎮科協、科普協會 32511 個。科協機構已經形成從中央到地方有系統的最完善的科普組織。

科普場館和設施是面向社會公眾進行科普宣傳和教育的重要場所。截止到 2009 年，中國大陸地區共有科學技術博物館 700 多座，包括科技館（280 個）、綜合性自然博物館、自然保護區建立的博物館、專業性自然史博物館、專業性技術博物館（農業、航空、航太、郵電、鐵路、中醫藥、煤炭、軍事等）、水族館。

1. 科學技術館（簡稱科技館）

科學技術館是指綜合性科學普及場所，其主要功能是：展覽教育、培訓教育、實驗教育。以下為具代表性科技館。

中國科學技術館是大陸第一個科技館，一期工程 2 萬平方米在 1988 年建成向社會開放；1999 年時 2 萬平方米的二期工程竣工，於千年之交時向社會正式開放。中國科學技術館二期工程新展廳的展示內容著重反映了新世紀科技發展的趨勢，反映中國國民經濟發展的重大領域，主要包括：航空與航太、生命科學、環境科學、資訊技術、能源與交通、材料與製造技術以及基礎科學等各學科不同領域展品 300 餘項，還有中國古代科技成就展品約 400 項。之後於 2009 年，有一座建築面積約 12 萬平方米的中國科技館新館矗立在奧林匹克公園內，更加現代化的設施將使之進入世界三大科技館之列。

上海市科技館是地方政府投入建立的大型科普活動場所。2001 年 10 月在中國上海召開的亞太經合組織（APEC）第九次領導人非正式會議，就在上海科技館舉行。

另外在廣東省花費 19 億人民幣，於 2008 年開放的廣東科技館是目前世界上最大展覽面積的科技館。

位於山東省海爾科技館是中國第一家由企業出資興建的現代化科技館，創建於 1998 年並於 1999 年正式對外納客。海爾科技館是以企業文化為依託，融科技、文化、旅遊、娛樂為一體的大型現代化展館。

未來中國各省約還有百來座科技館將建設，可見中國大陸非常重視科技建國，並視為文明城市必需走的道路。

2. 專業自然博物館

目前，中國大陸建有專業性自然史博物館 115 座，其中包括恐龍等生物博物館 30 座、天文館 15 座、地質館 70 座。

常州中華恐龍園應用的先進技術堪稱中國自然博物館之典範。恐龍園運用情景營造手段，以飛濺的瀑布、冷峭的山岩、無水的海洋、茂密的叢林、洪荒的洞窟等，再現中生代特有的生存環境。化石陳列運用互不雷同的手法，通過高科技手段和聲光電的運用，結合影視成像、卡通動畫、恐龍翻模、網路遊戲以及各類科技製作等，使中華恐龍館突破了傳統博物館的觀念，成為具有震撼力的，集博物、科普、觀賞、遊樂、參與為一體的現代新型恐龍博物館。

中華恐龍館內設有五個主廳和六個輔助廳。全館總面積 2 萬平方米以上，館體穹頂最高處達 36 米。各廳通過邏輯路線，有分有合，互為關聯。以生物演變史作為設計背景，重點突出恐龍從生存、繁衍、演化直至毀滅的構思主線，揭示了生命與環境相互依存，人類必須保護生態、保護環境的深刻主題。

3. 科普教育基地

利用已有的科技活動資源，在一定程度上向公眾開放，也是中國科普設施的重要組成部分。1996 年，國家科學技術委員會和中國科學院確定了第一批對公眾開放的科普教育試點基地，包括中國科學院物理研究所、化學研究所、植物研究所、古脊椎動物研究所與古人類研究所、電腦研究中心。

4. 科普大篷車、科普列車

“科普大篷車”是中國科學技術協會根據中國科普工作發展要求而研製生產的，目的在於向偏遠地區開展科學技術普及宣傳、科學技術諮詢，舉辦科普展覽。科普大篷車具有車載科學技術普及展品展示教育、展板宣傳教育、科學技術影視片播放教育、贈送科學技術普及資料書籍、流動科學技術普及宣傳舞臺等五項功能，被譽為“流動的科學技術館”。

科普大篷車于 2001 年 1 月投入使用，在中國中西部地區廣大農村開展了大量科普活動，受到了農村居民的熱烈歡迎。2002 年，“科普大篷車”在全國 17 個省、市、區行駛，在各地舉辦了約 10 萬場科普報告和講座，聽眾數千萬人次。

2002 年，中國又推出了面向西部地區和老、少、邊、窮地區的“科普列車”，主要開展科普展覽、報告會、講座、農業技術諮詢、醫療技術培訓、致富經驗傳授、科普電影放映等活動。

2002 年 5 月以“傳播科學文明，服務老區人民”為主題的科普列車從北京出發，沿京九（北京—香港九龍）鐵路在河北、河南、湖北、江西四省的 14 個縣市開展宣傳服務活動。2002 年 10 月，以“傳播科學文明，促進西部開發”為主題的科普列車則從北京駛向西北，為內蒙古、寧夏、甘肅等 3 個省、區鐵路沿線 9 個縣（旗、市）的各族人民提供服務。所到之處，廣受歡迎。

參、中國大陸科技館科技創新與挑戰

由上述內容可知「科技館」在大陸各類科普推動場域設施中佔有極重要的地位，大陸「科技館」依照國際博物館組織（ICOM）定義應該是叫「科學中心（Science Center）」，因為他們僅從事科學技術展示及教育，並不從事蒐藏保存業務。因科技館本質上大多是由基礎科學原理、原則出發來發展出展示與教育；或是闡揚中國從古至今的科學發明成就的展示與教育；或是從日常生活中的科技出發來進行展示與教育；亦或是從現階段的新（高）科技來進行展示與教育。由於出發點的局限，所以只能從展示手法或利用多媒體技術作出不一樣呈現的展示與教育。

以中國大陸三大科技館 - 中國科技館、上海科技館及廣東科學中心來看，常設展示方面內涵皆包括上述幾類展示概念，不同處僅是常設展示的名稱不同或歸類組合不同而已。此三大科技館中有一項特殊的地方是，上海科技館有不少展示與自然史博物館類似，那是因為上海科技館的前身為上海自然博物館，現在已變成上海科技館的分館，且上海科技館有在從事蒐藏化石、動植物標本的相關業務。這也可以說是上海科技館與其他科技館不同之處。

在這三大科技館的科普教育活動方面，大多是配合展示內涵來規劃活動，所呈現的方式不外乎科學表演、科普演講、開放式實驗室活動、科普旅遊、科普活動到家、、、，由於展示內涵的局限，所以這些活動說起來是大同小異。

未來中國大陸幾年內還有約百座科技館將建設，在展示內涵除了既有的思考面向外，如何以創新的思維來同中求異，這將考驗各個籌設館中人員的智慧。

國立科學工藝博物館（簡稱工博館）在 2010 年元月 25-30 日邀請大陸科技館專家李象益教授來台訪問，李象益教授現任國際博物館協會（ICOM）執行局執行委員、中國自然科學博物館協會名譽理事長、中國科學技術協會全國委員會委員、北京市人民政府顧問團顧問等職務，他曾任中國科學技術館（副）館長共 16 年（1985-2000），一手籌劃中國科學技術館一、二期的建設及新館建立，並曾任中國科學技術協會普及工作部部長（1991-1995），負責推動全中國科學普及教育及設施建設。

李象益教授訪台期間在工博館進行「2010 海峽兩岸科技博物館交流：科技創新與合作」座談會，在演講中指出：在中國開始實施開放改革以來，「科普法」「全民科學素質行動計畫綱要」相繼的公佈實施後，大陸科技館（科學中心 Science Center）有大幅度增加，如中國科技館、上海科技館、、、一直到 2008 年開館的廣東科技館（目前為世界最大的科技館）；另外大陸中央在評定一個城市是否為「文明城市」的三大指標建設為：科技館、博物館、圖書館。因為有這些因素，所以造成未來在大陸各地還要再建約百所科技館。在未來大陸各省份所建設出的科技館要如何各具不同特色？還是蓋出百來間大同小異的科技館？正考驗著大陸各個主管單位，這也是李象益教授所擔心的問題，也是他此次來台參訪的核心「科技創新與合作」。

目前大陸科技館在展示理念上正思量作創新改變，如

- 對兒童展示的理念上從早期的「透過動手操作，激發兒童對科學的興趣」，轉變為「強調孩子與家長間的互動，鼓勵兒童主動探索，培養孩子對科學好奇」；
- 在對基礎科學原理原則的展示理念上由早期的「依照綜合技術分類型式來設置展品」轉變為「透過故事情節及情境或一組展品來展現人類重要的探索與發現過程，也就是強調以過程教育來深化科學思想與科學方法」；
- 在展現中國古代科學技術發明方面的理念上從早期的「展現中國古代發明的科技成就」轉變為「特別展現出中國古代科學觀念、科學思想、科學方

法及科學文化，並展現中國古代科學技術發明對當時社會、民眾所產生的影響」；

- 在科技與日常生活的展示理念上由早期「展現生活中不同領域的不同科學技術」轉變為「展現科技發展對人類社會產生巨大深遠影響(正面與負面)，並展現出科技發展過程中以人為本的理念」；
- 現階段新(高)科技展示理念由早期「展現現階段的新(高)科技對未來的光明面」轉變為「展現新(高)科技解決當前問題後，是否會產生新問題的不確定變數，並提出『適當科技』的概念思考」

簡言之，目前大陸科技館建設正邁向高峰期，在各地方積極籌建，而中國當局也注意到此現象，特別關注三個面向：「加強新館建設的前期研究」、「關於創新理念與設計方法」、「全面提升科技館社會價值」。在各個科技館所呈現出展示及教育方向上也朝下面幾項創新作法：

- 培養創造性思維
- 注重過程教育：由科學發展歷程，來發掘科學家的科學思想、科學方法
- 推進 STS (Science Technology and Society 科學、技術與社會) 教育
- 學科邊緣化設計手法
- 重視科技成果轉換
- 推進展示形式、技術及表現手法的創新

兩岸科技館交流首次於 2000 年 3 月在工博館舉辦，當時任中國科技館館長的李象益教授率領大陸地區 7 個科技館副館長來台進行交流，2010 年又聽到李教授在工博館談大陸科技館發展，發現大陸地區科技館發展蓬勃、迅速，但相對的也遭遇到困境與挑戰，要再如何突破難關將有賴兩岸專家合作交流，創新思維、理論及技術，將兩岸科技館事業登上高峰。



2010 年元月 25-30 日大陸科技館專家李象益教授來台訪問

談樂高組件導入科技創新教學活動設計

施能木

國立臺東大學美術產業學系副教授兼系主任

壹、前言

隨著資訊科技產業從企業主機（Mainframe）時代、個人電腦（Personal Computer）時代、網際網路（Internet）時代，演進至內容（Content）時代，內容時代即是以「知識經濟」為主軸的資訊社會。知識經濟體系是一個以知識生產與傳播、運用以成為國家財富累積的主要經濟體系，其所指涉的知識是包括人類迄今為止所創造、累積的全部知識，其中最重要的部分是科學技術、經營管理和行為科學的知識（羅於陵，2001）。因此，知識經濟體系所著重的是知識創新的重要性，也就是利用既有知識加以創新，產生全新且高附加價值的商品，以獲取知識創新的高效能。結合「創意」與「技術」以達成商品化的歷程，即是所謂「技術創新」，它是國家創新動力體系與知識經濟間重要的樞紐。然而，效率與速度在知識的價值具有其關鍵性的地位，因為知識的轉化速率和轉化周期的長短，決定一個國家經濟發展速度與社會財富累積的倍數。知識透過技術創新而產生新能量，並且進一步轉化成生產力，以產生出新製程、新設備、新產品，創造出知識的附加價值及使用效率，使企業在市場中具備對的競爭優勢。同時，隨著資訊技術的應用，使得科學研究的生產力有長足的進步。這也就是：由於現代科學與電腦運用能力的結合，使得人們在技術創新可以多樣化與急遽發展。然而，教育仍是一切創新歷程的基礎，它必須更有活力與創新的能力，如此社會的教育水準日益提高，資訊日漸豐富，人民直接擁有的權力愈來愈多，國家的競爭力同時可提昇。

再者，在全球化的趨勢下，世界各國均在尋求國家競爭力的最佳利基，且競爭的核心內涵已由傳統的「體力」競賽轉為「腦力」競賽。換言之，新世紀的國力競賽就是以品質、創意與速度為主的競爭，而非傳統價格與數量的競賽。因此，政府因應此創新競爭的潮流中，便提出「知識經濟」、「科技矽島」

等政策走向，其目的在於確保台灣經濟領先的優勢地位。然而，在知識與創新能力的加速提昇卻是有賴於各級學校教育階段的養成，有鑑於此，政府致力於教育改革而推動「創新教學九年一貫課程」，期以整體提升國民之素質及國家競爭力。而現今的國民中小學積極推動的「創新教學九年一貫課程」，其主要精神在於以學生為主體，以生活經驗為重心，培養學生具備現代國民所需的基本能力，也就是：1.瞭解自我與發展潛能；2.欣賞、表現與創新；3.生涯規劃與終身學習；4.表達、溝通與分享；5.尊重、關懷與團隊合作；6.文化學習與國際瞭解；7.規劃、組織與實踐；8.運用科技與資訊；9.主動探索與研究；10.獨立思考與解決問題等十項基本能力。其中七至十項的基本能力係與知識的「科技創新」有關，透過這些基本能力的養成，可讓學生獲得較佳的創意發展與問題解決的能力，因而提昇國家整體的競爭力。因此，本文試從知識創新的意涵、教育是創新的動力、樂高組件的特性、創新教學的設計等方面，探討樂高組件導入科技創新的教學設計。

貳、知識創新的意涵

根據經濟合作與發展組織（OECD）的定義，「知識經濟」是指「以知識資源的擁有、配置、產生和使用，為最重要生產因素的經濟型態」。OECD 將知識經濟中「知識」分為四類（曾銘深，1998）：

- 1.有關事實的知識（Know-what）；
- 2.知道為什麼的知識（know-why）；
- 3.知道如何去做的知識（know-how）；
- 4.知道誰擁有所需要的知識（know-who）。

上述各類知識中，知道一些事實的知識（know-what）和知道為什麼的知識（know-why）具有公共財的特質，可由書本、文獻、資料庫取得。資訊科技的發展，則是為滿足更有效蒐、整理、傳播此兩類知識的需要，透過資訊科技與通訊網路架構的建置，可以加速此兩類知識的流通。Know-how 的知識又可稱為「技能知識」，係指作某事的技術和能力；它也是一種「內在知識」（tacit knowledge），亦即是們由經驗、認知和學習所獲知的重要知識，內在知識並沒有被寫下來或記錄起來供人使用，它只存於個人的記憶中。在經濟體系內為鼓勵個人或企業利用 know-what 和 know-why 的知識，以發明可以增進整體社會

福祉的 know-how 創新知識。

根據上述的說法，我們可以將知識區分為兩種：即內在知識與外在知識。換句話說，內在知識是只能意會的知識，外在知識則是言辭可說明的知識。外在知識比內在知識容易傳播，但是較不豐富有趣。通常內在無法明言的知識只在可以向大眾傳播時才有價值，它必須被轉化成明確、可傳播的形式：即深刻的理解要能被解釋與說明，心得訣竅要寫成作業程序。但從無法明言轉化成清楚的說明，許多重要的細微關鍵點可能會流失。當人們接收到已轉化的明確知識時，就必須反過來再將它轉化成資訊的知識，並且吸收以成為個人的知識，如此才能應用到生活上，而這樣的知識即又被轉變成內在知識。

然而，創意通常是在內在的知識轉變成外在的知識、再轉變回去的過程中出現。無法明言的知識是透過學徒從旁觀察師父學來的，是一種人際互動的社會化過程，例如日本公司的員工大多透過人際關係學習知識。再者，產品是知識實際表現的形式，產品的價值 - 即使不是全部也是大部份 - 在其內含的知識。

人類有分配、儲存與取用智慧的能力，將智力放在文字與環境中的工具，腦筋就有更多空間從事更複雜的工作：思索、選擇、決定、分析與學習，這便是人類知識創新的根源。同樣，不論人類所潛存的內在知識，或已傳播的外在知識皆是技術創新的原動力，亦可使知識經濟具有爆炸性的發展。所有的學科領域，無論是科學、藝術與商業，知識分享與創造是創新的中心，而創新是創新財富的驅動力，這不是抽象的過程，它需要人類採取主動。資訊可以大量傳輸，不需要任何理解或產生任何知識；知識卻無法傳輸，只能透過理解的過程，或是透過以資訊為基礎，解釋與判斷資訊而吸收。

參、教育是創新的動力

美、日、德等大國長期經濟成表率，主要來自其本國的研究發展，而開發中國家長期經濟成長率，主要來自各國人民學習新技術的能力（也就是人力資本）技術移轉及技術傳遞。這也就是說受教育程度較高的勞動力，可以提高實質資本報酬率，使得技術與資本具有互補性。再者，創新過程通常通是科學家或受高等教育的工程人員所完成。因此，教育則提供勞動力運用創新的基本能力，加快技術擴散效果，也使得開發中國家有參與創新的機會（李仁芳，

1998)。

資訊與通訊的普及，是推動教育與科學結合最主要的力量。電腦普及之後，從科學研究到銷售保險，各種資訊都可以蒐集、分析、取得與再利用。因此，新的網路形態教育制度，比較能配合現代的目標，在設計上是為了願意投資在自我學習的人，而不是全國性的強制教育。

日本與德國是很傑出的知識經濟體，他們的教育制度培養出訓練有素的工人，能在公司裡和諧工作，不斷改善品質與生產力，弱點是擅長漸進式的創新，較少激進式創新。德國與日本是漸進式的創新者，加州則是激進知識創造文化的代表。過去十年，由於鼓勵激進的自由思考，加州出現許多新行業與新公司。加州的法律鼓勵多樣化與實驗，缺點就是糟透了的基本教育制度，在美國各州的績效排名很差。加州的基本教育制度缺乏效率，只好用外來的人才彌補。我們可從上述事例瞭解：教育的重點不應該是灌輸知識，而是發展能力：基本的語文與數學能力，對他人負責的行為能力，以及培養創造與合作的能力。最重要的，也是傳統教育做得最差的，就是培養對學習的興趣與能力。如此，便可使教育成為促進技術創新的根本與動力（林秀英，1998）。

肆、樂高組件的特性

LEGO Mindstorms（機器人組合）是樂高公司與麻省理工學院經過十五年的研發工作，於1998年秋季在英國及美國開始正式上市發售。由它的命名「Mindstorms」可看出樂高公司及麻省理工學院對該項產品的信心，他們相信孩童經由玩這套產品，能夠對其認知與學習引發一場強烈的心智激盪。台灣在1999年的元月份也引進此產品，也是第一個發行該產品的非英系語系國家。這套產品包括圖形化控制軟體（Robolab）教案、紅外線程式傳輸器（IC, Infrared Transmitter）、可程式控制積木（RCX, computer based programmable brick 或稱 Intelligent brick）及各類型的零件組。

LEGO Mindstorms RIS 2.0 計有 141 種零組件，716 個零件（如附錄一），這些零件組包含：齒輪、軸、連接管、輪胎、積木等；還有一些智慧的輸入、輸出裝置。輸入裝置有光源感應器、觸控感應器及溫度感應器；輸出裝置有馬達及燈泡等。這些輸出、入裝置與可程式控制積木搭配後，可以依據程式的指定及輸入裝置所傳回的數值，做一些控制的動作，例如：使用者可以在軟體上

設計程式，當光源的降到某一程度時，馬達就開始運作。依其功能大致可區分為下列七種類別：

- 1.基本組件：此類零組件包括平板、投擲臂、橫桿、有孔積木、積木等，此類積木主要功能在於組裝機器人時，以作為組裝主體結構的零組件。
- 2.連接組件：此類零組件包括插銷、連接器。插銷用於連結橫桿與橫桿、橫桿與投擲臂，以形成穩固 LEGO 結構。連接器用於連結軸與軸、軸與橫桿，如此可延伸軸的結構。
- 3.傳動組件：此類零組件包括齒輪、滑輪與皮帶、軸、軸襯。齒輪包括一般齒輪、冠狀齒輪、雙面斜齒輪、斜齒輪、離合齒輪、直齒條、蝸桿、差速器等，它們功能主要在於傳送動力、改變力傳送方向、改變機械速度等。滑輪、皮帶的功能是與齒輪非常類似，只是滑輪與皮帶之間可能會打滑，但優點在於滑輪尺寸不受限制且皮帶具有彈性，以至於在軸位置的安排提供靈活運用。軸、軸襯是用於將齒輪、滑輪、輪等零組件固定於橫桿之上，而形成穩定的機械傳動結構。
- 4.車輪組件：此類零組件包括各類輪圈、輪胎、履帶等。此類零組件可組合出各種類型的車輪，用於機器人移動時使用。
- 5.動力組件：此類零組件包括 9V 馬達、連接線等。此類零組件透過連接線以連接到 RCX (提供電力)，以產生動力而驅動「傳動機構」，使機器人移動及動作。
- 6.感測組件：此類零組件包括觸控感測器、測光感測器、連接線等。觸控感測器用於感測機器人相關結構的碰觸訊號，以啟動機器人後續的動作。測光感測器用於測量光的強度(包括可見光和紅外光)，藉由判斷光的強度程度而啟動機器人後續的動作。
- 7.控制組件：此類零組件包括 RCX、IR 傳輸器等。RCX (Robotic Command Explorer) 是 LEGO Mindstorms 組件之大腦，在 RCX 上有六個端子：上面三個端子(1、2、3)是輸入端，用於連接感應器；下面三個端子(A、B、C)是輸出端，用於連接馬達和其他輸出設備。RCX 上具有液晶顯示器，可顯示有用的訊息。同時，有四個控制按鈕，及一個可播放音樂的內置喇叭和一個紅外線通信埠。撰寫在個人電腦裡的程式，必須透過 IR 傳輸器將程式傳送到 RCX，如此便可控制機器人的動作。

田耐青(1999)認為：LEGO Mindstorms 可讓學習者在課堂上使用到高層次認知技巧，例如：設計程式、創造模型、分析錯誤之所在、思考如何修改及評鑑自己與他人的成品、進行二度及三度空間的轉換(看圖示組合模型)等。換句話說，學習者可藉由具體操作 LEGO Mindstorms 的積木組件建立模型，然後透過程式設計賦予模型動作，經過不斷的修正與改進以尋求最佳方案，進而學習創造、問題解決的能力，這可說 LEGO Mindstorms 的學習環境更適合於科技創新的學習環境。

伍、創新教學的設計

「創意發展」是一種創造、創新的歷程，通常優秀作品是高度創意發展歷程的具體展現結果。陳龍安(1998)認為：創造力是指個體在支持的環境下結合敏覺、流暢、變通、獨創、精進的特性，透過思考的歷程，對於事物產生分歧性觀點，賦予事物獨特新穎的意義，其結果不但使自己也使別人獲得滿足。由上述內容可知當提及「創意發展」一詞時，一定會相關聯想到創新、創造力的表現。

在創新教學的設計過程中，我們可運用下列各種啟發創造思考的策略，使教學更生動活潑，有助於培養學生創造思考的能力(陳龍安，1998)：

1. 解凍或暖身。
2. 提供創造的線索。
3. 鼓勵與讚美。
4. 腦力激盪。
5. 屬性列舉法。
6. 形態分析法。
7. 六 W 檢討法。
8. 單字詞聯想。
9. 分合法。
10. 目錄檢查法。
11. 自由聯想技術。
12. 檢核表技術。
13. 六六討論法。
14. 六三五默寫式激盪法。
15. 創造十二談。

利用 LEGO Mindstorms RIS 2.0 組件導入科技創新教學活動設計時，除需要瞭解前述「LEGO Mindstorms RIS 2.0」零組件特性與功能、「ROBOLAB 軟體」的使用與程式撰寫等知識與技能外，整體學習過程最主要的流程在於：學童們必須將教師所指定的待解決問題加以定義與釐清，然後再透過腦力激盪方

式將創意發展出來，再經過機器人的設計與組裝、撰寫程式與下載到 RCX、測試機器人、改良機器人的設計、向他人展示完成的機器人等流程。透過不斷地改良以累積 know-how 的內在知識，透過向他展示及說明的同時，讓創新的知識得以傳播而有價值。

因此，有關樂高組件導入科技創新教學設計的設計流程大致可區分為七個階段（如圖 1 所示）：1.定義問題；2.腦力激盪以產生創意；3.設計與組裝；4.撰寫 ROBOLAB 程式；5.下載 ROBOLAB 程式到 RCX；6.測試機器人的設計；7.向他人展示完成機器人。其中階段 3-6 是一個改良的循環，必須透不斷的修正與測試的過程，讓所設計的作品達成既定的目標，同時解決預設的問題而達成知識的創新。

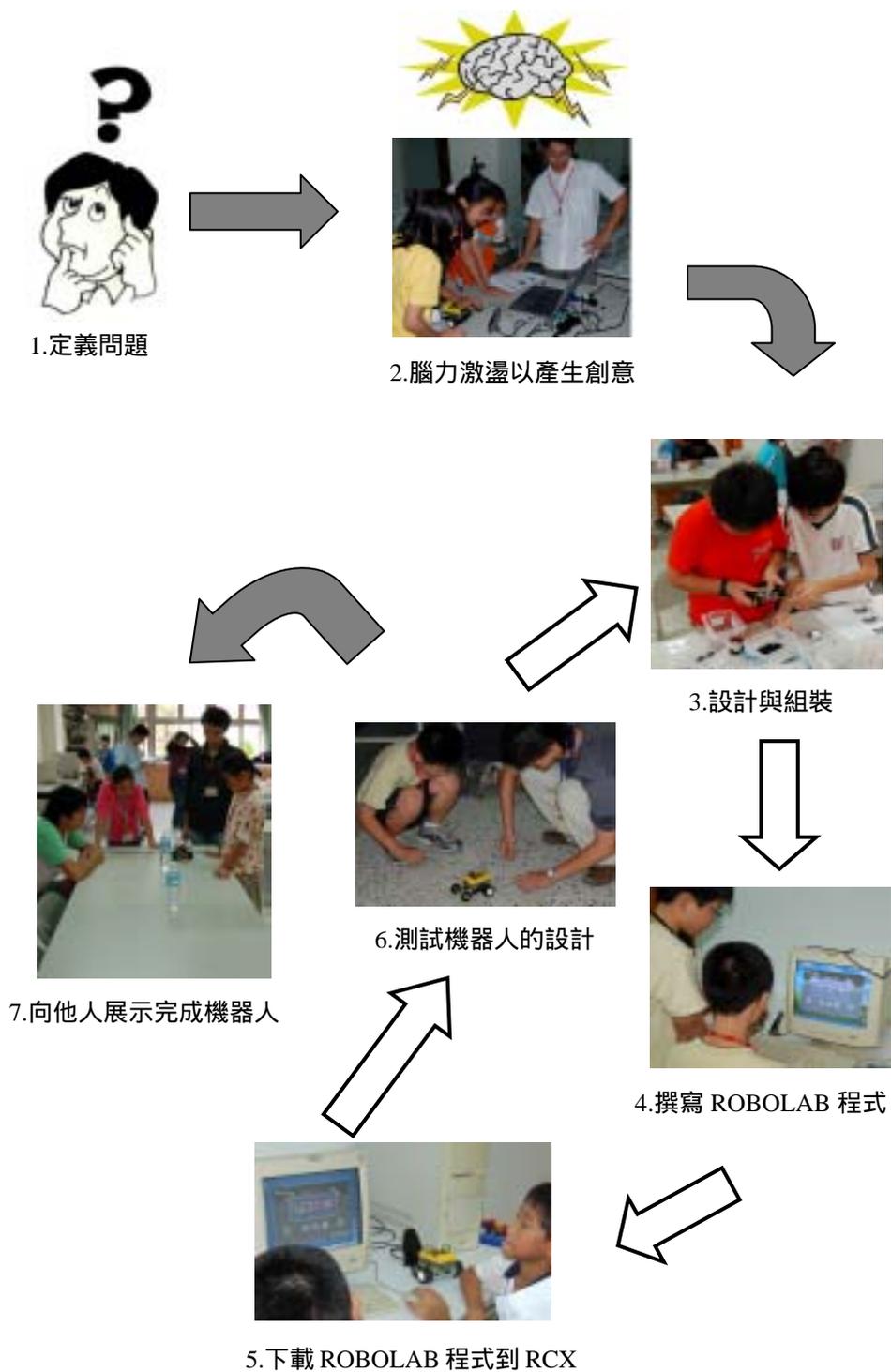


圖 1 樂高組件導入科技創新教學設計的流程

陸、結語

創新 (innovation) 可說是一系列生產知識、利用知識和擴散知識的過程，著名的經濟學家熊彼得 (Schumpeter) 即將「創新」視為一種創造性的破壞 (creative destruction)，他認為不斷的創新，乃是維持經濟成長的關鍵所在。創新是知識經濟創造財富的主要過程，尤其是將構想轉變成產品。現代經濟的真正資產來自人腦的概念、知識、技術、才華與創意，而不是來自土地。然而，樂高組件可以提供科技創新的教學環境，讓學童盡情地將知識加以創新、內化，使得教育成為一切創新歷程的基礎與動力。

參考書目

- 田耐青 (1999), 由「電腦樂高」談新世紀的學習：一個「科技支援之建構學習環境」實例。教學科技與媒體, 44, 24-35。
- 李仁芳(民 88)：打造台灣的創新競爭力 - 孕育技術創新的組織平台。能力雜誌, , 108-111。
- 林秀英(民 87)：建構國家創新系統新概念。台灣經濟研究月刊, 21(11), 19-31。
- 陳龍安(1998)：創造思考教學的理論與實際。臺北市：心理。
- 曾銘深(1998)：知識經濟體系下的新思維。台灣經濟研究月刊, 21(11), 13-18。
- 羅於陵 (2001)。國家創新體系：向知識經濟轉化。台北市：國家實驗研究院科學資料中心。

附錄一

樂高 Mindstorms RIS 2.0 零件清單



能源科技學習活動之探討－太陽爐

*林姿華、**陳馨雯、***蘇全屏

*國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士班研究生

**國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士班研究生

***高雄市立小港高中教師

壹、前言

近年來油價居高不下，世界各國於是都傾全力研究節省能源及開發新能源，太陽能即為再生能源的新寵兒。能源也將會是下一個世紀人類爭相爭取的重要資源，有鑒於此，從高中階段就讓學生能夠深入地去了解能源的意義、種類及如何節約能源變得相對重要許多。尤其台灣地區天然能源缺乏，既沒有蘊藏足以開發的石油、天然氣，也沒有大量的煤礦，甚至連風力、水力、潮汐等天然發電的來源也非常困乏，絕大多數的能源還是需仰賴進口。所以，如何開發使用太陽能，以及高中教育來推展能源教育，訓練學生從了解能源做起、進而培養學生養成節約能源的習慣，將是未來能源教育的一大課題。

貳、教學活動設計

- 一、 單元名稱：太陽爐製作
- 二、 教學對象：國二學生
- 三、 教學先備知識：對能量轉換、光學有基礎的認識
- 四、 教學時數：八節課
- 五、 教學目標：
 - 1.認識熱能的傳導、對流、輻射。
 - 2.培養學生面對問題主動探索，並利用科學的方法實施驗證。
 - 3.培養學生與人溝通表達、團隊合作及和諧相處的能力。
 - 4.引導學生從生活中去觀察太陽能、並利用製作太陽爐收集太陽能源。
 - 5.引導學生如何操控太陽爐，使其發揮最大的效能。

六、課程綱要對照：核心課程：

- 三-2-5 瞭解能源之類別、開發、應用與動力裝置之安裝、原理及與生活的關係。
- 四-2-1 利用文字、圖表、工程圖、電腦繪圖或其他方式，清楚的表達創意與構想，並且能實際安排完整的製作程序。
- 四-2-2 能夠將創意、構想與設計以實作呈現。

進階課程：

- 五-1-1 探討能源與動力和生活的關係。
- 五-2-1 探究能源的形式、開發、轉換、儲存、應用及未來發展等主題。
- 五-5-2 能夠將創意、構想與設計以實作呈現。

七、教學程序：

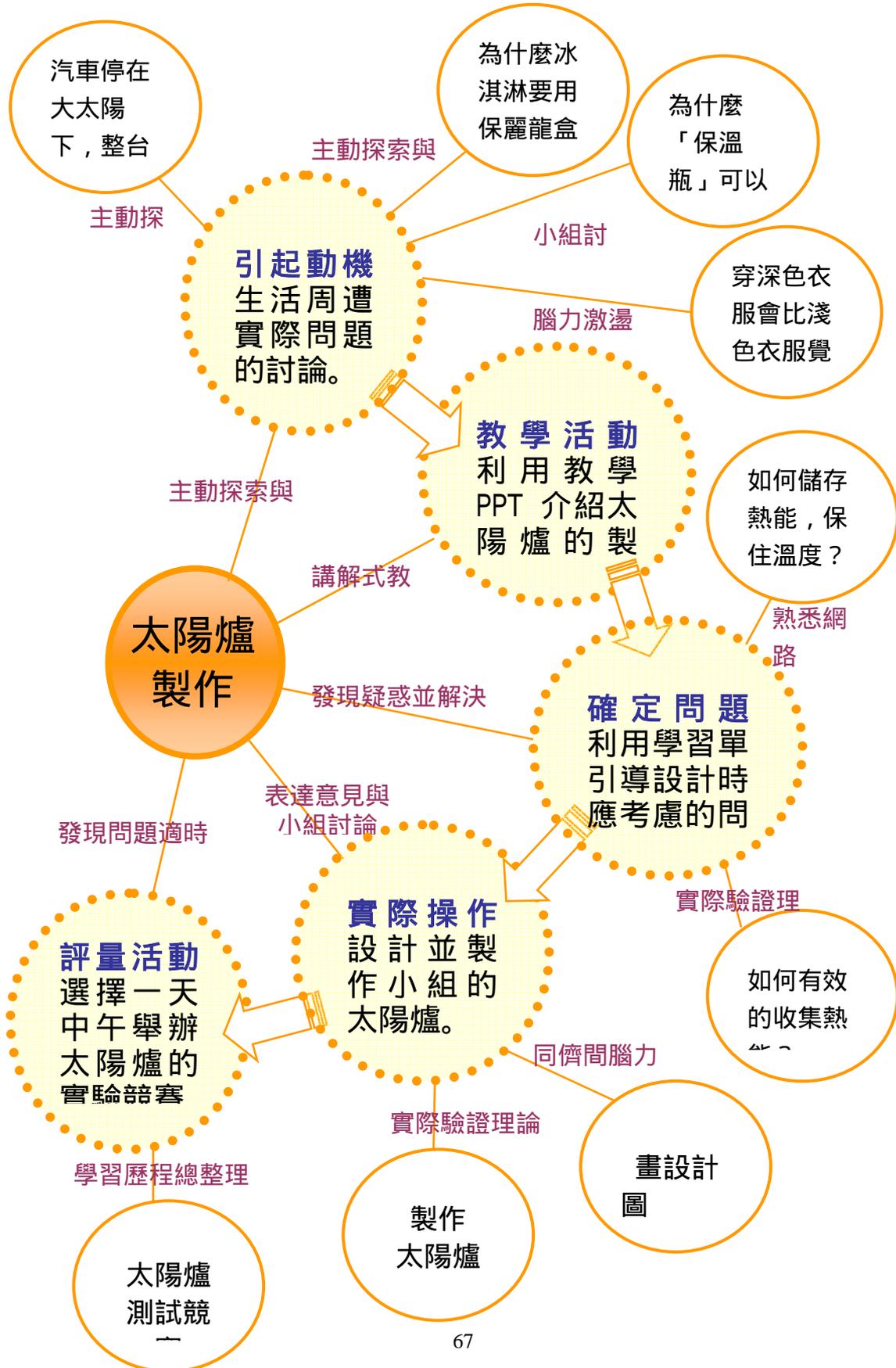
- 1.引起動機：利用日常生活中熱能傳導的實際問題，請學生發表意見。
- 2.確定問題：詢問學生如何收集大量熱能？並且有效儲存？
- 3.導入主題：詢問學生是否瞭解知道什麼是「太陽爐」？
- 4.呈現主題：介紹太陽爐的專題製作。
- 5.導入活動：將學生分組，並由各組設計並製作一個太陽爐。
- 6.呈現活動：依照學生各組自行設計之太陽爐進行製作，並針對測試結果進行改良。
- 7.評量活動：選擇一天中午舉辦太陽爐的實驗競賽。
- 8.教師講評：針對各組表現作總結，給予學生適時的回饋。

八、評量方式：

- 1.檔案評量：以學生在寫作學習單上的表現及收集與整理資料的情形評量。
- 2.實作評量：針對學生在活動實作上的表現情形、努力過程與最後成果。
- 3.學生自評：學生在自評過程中的內省與改進情形。

九、教材架構圖

『太陽爐製作』教材架構圖



參、教學流程

教學流程

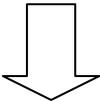
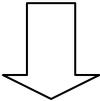
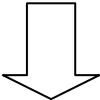
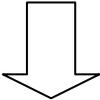
活動階段	教學活動	時間	評量要點	注意事項
課前準備活動	1.教師製作多媒體簡報。 2.確定教學媒體器材可以正常操作。	第一節		1.將教學媒體架設好。 2.學生先預習上課進度。
引起動機	透過下列生活中常見的問題，引導學生思考： 1.夏天汽車停在大太陽底下，沒多久整台車就會像烤箱一樣？ 2.從大賣場買冰淇淋回家，為什麼要用保力龍盒子裝著？ 3.保溫瓶為什麼可以保溫？ 4.夏天穿深色系的衣服會比穿淡色系的衣服覺得熱？		1.學生發言的秩序及創意。	1.複習學生在理化課所學的知識，並利用生活中的經驗說明。 2.鼓勵學生天馬行空想法，如此才能激盪出各種創意。
教學活動	1.利用教學 PPT 介紹太陽爐的種類與製作過程。 2.利用 PPT 及學習單說明這次太陽爐設計的各種限制。 2.發下學習單。 3.藉由學習單，與學生討論如何設計一個有效能的太陽爐。		1.學生發言的秩序及師生互動情形。	1.事先將單槍投影機、電腦準備好。 2.針對太陽爐的種類與製作過程詳加說明。 3.用問答法，隨時與學生保持互動。 4.注意學生上課情形。
結束活動	1.說明下一節課活動主旨「設計並製作太陽爐」		1.注意學生討論時的秩	1.請學生回去收集相關資料。

	2.說明學習單內容及之後活動方式。		序。	
活動階段	教學活動	時間	評量要點	注意事項
引起動機	1.詢問學生學習單製作的情形？ 2.複習太陽爐設計的條件限制。	第二節	1.學生發言的秩序及創意。	1.鼓勵學生天馬行空想法，激盪出各種創意。
教學活動	1.指導各組學生進行設計。 2.利用學習單複習這次太陽爐設計各種限制。 3.指導各組進行太陽爐實際製作的過程。		1.學生發言的秩序及師生互動情形。	指導學生需注意： 1.符合條件限制嗎？ 2.設計是否有創意？ 3.能在時間內製作完成嗎？ 4.所需的材料方便取得嗎？
結束活動	1.說明下一節課活動主旨「製作太陽爐」。 2.請學生自行分配工作內容。 3.下次上課攜帶所需要製作的材料。			1.請學生回去收集相關資料。
活動階段	教學活動	時間	評量要點	注意事項
引起動機	1.詢問學生太陽爐設計的情形？ 2.複習太陽爐設計的條件限制。	第三節	1.學生發言的秩序及創意。	1.鼓勵學生天馬行空想法，激盪出各種創意。
教學活動	1.指導各組學生進行實際製作。		1.學生製作時的秩序及小組互動情形。	指導學生需注意： 1.小組分工情形？ 2.使用危險工具的安全性。

<p>結 束 活 動</p>	<p>1.說明下一節課活動主旨「太陽爐測試」。 2.請學生利用時間將尚未完成的工作完成。 3.下次上課攜帶太陽爐進行測試。</p>			<p>3.遇到製作上的瓶頸時，適時協助解決學生的問題。 4.多鼓勵學生，維持其製作動機。 1.請學生回去收集相關資料。</p>
<p>活 動 階 段</p>	<p>教 學 活 動</p>	<p>時 間</p>	<p>評 量 要 點</p>	<p>注 意 事 項</p>
<p>引 起 動 機</p>	<p>1.詢問學生太陽爐製作的情形？ 2.觀察每組的優缺點，並提出。</p>	<p>第 四 ~ 六 節</p>	<p>1.學生發言的秩序及創意。</p>	<p>1.鼓勵學生，讚揚各組的優點。</p>
<p>教 學 活 動</p>	<p>1.指導各組學生進行實際製作。 2.請同學在製作的同時，觀察其他組別的優缺點，並改進自己組的缺點。</p>		<p>1.依評分表實施評分</p>	
<p>活 動 階 段</p>	<p>教 學 活 動</p>	<p>時 間</p>	<p>評 量 要 點</p>	<p>注 意 事 項</p>
<p>引 起 動 機</p>	<p>1.各組進度狀況。 2.下節課將開始比賽。</p>	<p>第 七 節</p>		
<p>教 學</p>	<p>1.指導學生最後修正太陽爐。</p>		<p>1.依評分表實</p>	

活動	2.學生能瞭解並說明自己組太陽爐的優點。		施評分	
結束活動	1.學生準備下節課各組太陽爐的設計源由。			
活動階段	教 學 活 動	時 間	評 量 要 點	注 意 事 項
評 量 活 動	1.帶領學生至空曠地點放置太陽爐進行測試。 2.請學生發表這次太陽爐製作的心得並說明該組的設計源由。 3.對於這次活動的過程進行講評。 4.利用等待沸騰的時間，針對各組的造型進行評分。	第 八 節	1.依評分表實施評分。	1.注意學生不要離開視線亂跑。 2.測量溫度時，注意不要燙傷。
結 束 活 動	1.對於這次活動進行講評，並對表現優良的小組進行表揚。 2.請學生檢討小組的表現，討論如何使小組的太陽爐更有效率？			
後 續 活 動	1.辦理全校性的太陽爐競賽，讓不同班級學生相互觀摩。			1.配合學校行事曆。

肆、小組競賽流程表

<p>規畫時間</p>	<p>一、規畫時間</p> <p>老師說明製作太陽爐這項作品所需要的步驟，包含提出初步構想、進行資料蒐集、選擇最佳方案、資料分析與設計討論、小組工作責任分配、問題解決與討論、成果評鑑、改進檢討，學生小組擬定各階段所需的時間。</p>
	<p>二、提出初步構想</p> <p>學生分配好組別後，各組初步描述對太陽爐的基本構思，有了初步的想法才有辦法進行下一個蒐集資料的動作。老師可以提供一些想法及圖片讓學生有方向去思考，以集思廣益的方式要學生不斷地提供新意見，甚至以腦力激盪的方式想出更多的點子。</p>
<p>提出初步構想</p>	<p>三、進行資料蒐集</p> <p>有了初步的構想之後，小組成員開始進行資料的收集，將收集來的資料進行分析，討論初步構想的可行性是否高。請每組學生構思兩種以上不同的設計方案，讓學生了解有選擇才能選出最好的。</p>
	<p>四、選擇最佳方案</p> <p>每組至少構思有兩種以上的不同設計方案，讓學生在眾多方案中選出最好的方案。要學生選出最好的方案，究竟什麼才是最好，老師要列出一些標準來幫助學生做抉擇，學生在構想討論的過程中，偶而會有天馬行空的想法，這些都可提出來做為討論再修改的意見。</p>
<p>進行資料蒐集</p>	
	
<p>選擇最佳方案</p>	
	

伍、太陽爐的製作原理

一、太陽爐的原理

所謂太陽爐是將射達地表附近的太陽光線的放射能，盡可能有效率的集合起來。集中在狹小面積上而得到高溫的光學系統，稱之為太陽爐。因此在光學系統上共同的問題就是製作一個有高度能集中放射率的光學系統，同時要留意太陽的變化位置，才能使太陽爐發揮最大的功效。除此之外太陽能具可再生與環保的優點，但有氣候條件與能量密度低等的限制，然而只要適當地利用光學的反射及折射定律便能很容易收集光熱。除了收集光熱能之外，便要考慮如何將熱能加以儲存利用，亦即保溫的設計。保溫的概念即防止熱能從傳導、對流、輻射三個方式散失。太陽爐的製作重點在於一方面能有效率的收集熱能，另一方面是把收集來的熱能加以保存，同時藉由製作太陽爐的活動讓學生們重視能源這項課題。

二、太陽爐設計構造

筆者自行繪製太陽爐的剖面構造圖，請參考圖 5-1。太陽爐內的主要構造及功能則以表格的方式說明之。

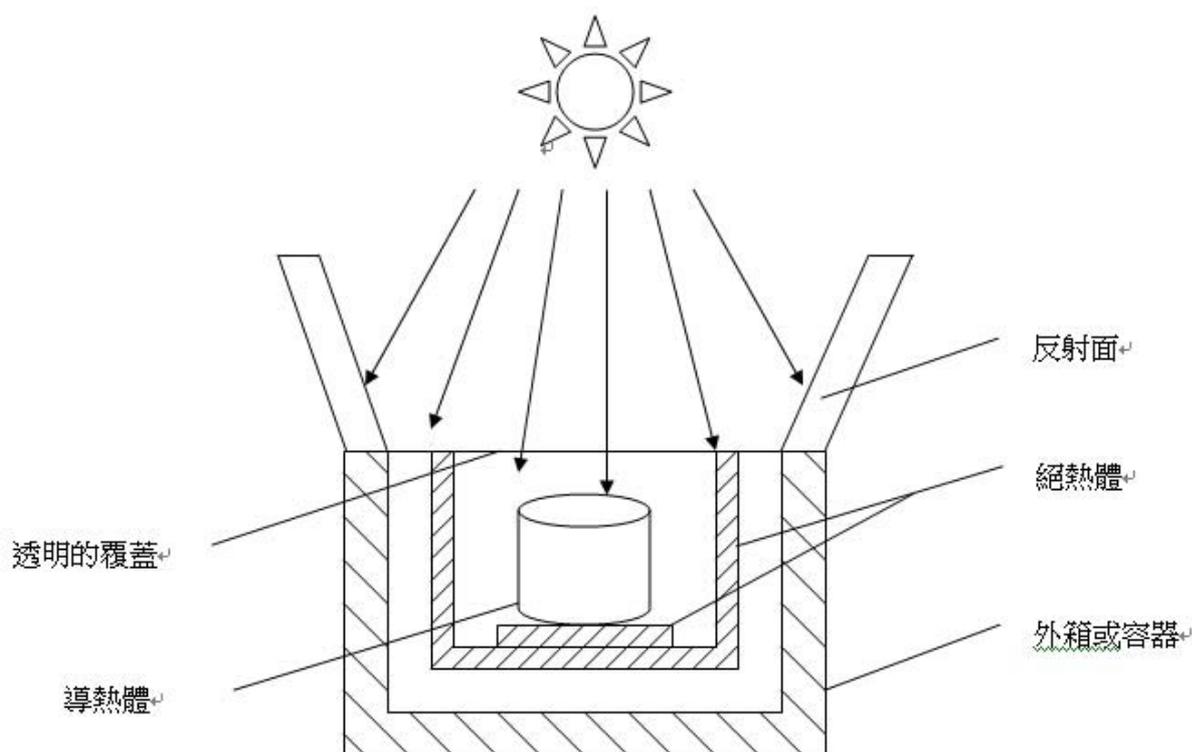


圖 5-1 太陽爐參考範例剖面圖

構造名稱	功能
外箱或容器	它可以固定並保護其他組件，以免受天候的影響而損壞，例如：廢棄紙箱、鍋蓋等。在教學上可採用回收紙箱，既方便又環保，容器的內層中央則放置受熱體。
反射面	分主反射面與次反射面。其中，次反射面為內層的四周壁面。當太陽爐放置於日光之下時，光線除了直射至受熱體外，也經由反射面的反射而加熱受熱體。反射面的材質與大小決定光熱的輸入量。可利用鋁箔紙、廢棄的光碟片、光面鏡、鏡子等替代。
絕熱體	通常安置於底部與側面，以求最小的熱損失，使得導熱性差的材料，用以隔絕太陽爐內的熱能不使其散失。可利用廢報紙、廢布料、紙板和木料等易取得的熱絕緣材料。

<p>透明的覆蓋</p>	<p>透明覆蓋太陽爐的目的是能穿透輻射能的材料，可以使光線能透過去加熱受熱體，保持爐內溫度的功能，因溫度上升所造成的熱流能經過鍋蓋有效的阻隔而進行二次加熱並保持太陽爐內部的溫度。鍋蓋覆蓋材料的透光度會影響光線加熱的效果，厚薄度會影響熱傳導。可利用一張紙或者是玻璃板、塑膠板、保鮮膜等容易取得的材料。</p>
<p>受熱體</p>	<p>受熱體須由熱傳導良好的材料製成如鐵、鋁，這些金屬所製成的鐵罐或鋁罐等，可將受外表塗成黑色以幫助吸收光熱。可利用鐵罐、便當盒等。</p>

陸、教學成果展示

筆者將實際教學時之學生作品測試與展示情形拍攝後，呈現如圖 1-圖 12 所示。



圖 1 小組太陽爐測試



圖 2 充分利用反光面吸收太陽能



圖 3 小組太陽爐測試



圖 4 以炒菜鍋做爲集熱面板，十分有創意



圖 5 小組太陽爐測試



圖 6 利用紙盒收藏方便，節省空間



圖 7 小組太陽爐測試

圖 8 廢紙箱做成太陽爐，達到環保資源再利用



圖 9 太陽爐內塞滿鋁箔紙、外面再加上黑布保溫

圖 10 五角形太陽爐設計



圖 11 最後在測試太陽爐溫度時，請同學戴上手套避免高溫燙傷



圖 12 小組成員進行太陽爐組裝工作

柒、結語

太陽爐是集中太陽光線，藉由日光照射而得到高溫的裝置，它具有可再生利用、潔淨安全、取得容易等各項優點。比上其它的能源，太陽能的取得只要將裝置擺滿地面，人人都可以捕捉太陽能，但事實上卻稱不上是充分的利用太陽能，多數設計太陽能的裝置會被認為是觀賞用途居多，在實用效能上卻有許多需要改進的空間。

太陽能與空氣、海水同樣是地球到處都有的資源，人們認定石油、煤炭、天然氣、鈾才是使用最便利的資源，主要是太陽能製作的成本問題仍然是現今面對的困境，但我們必須認真利用太陽能源，在成本上或技術上都要有更大的突破才行，因為化石燃料有限、核能發電也有許多污染環境的問題，雖然太陽能在利用上還有許多未開發或需要克服的問題，但只要找出適合太陽能的利用方法，再加上政府積極推動利誘，給予財政上的補助或稅制上的各項優惠，有朝一日，化石燃料資源耗盡，太陽能的成本或許會變成合理。

參考書目

黃文雄(1978)。太陽能之應用及理論。臺北市：協志。

日本太陽能協會（1987）。太陽能。台北市：科技圖書。

徐氏基金會（1980）。太陽能之應用。台北市：科學圖書大庫。

蔡秉修。太陽爐設計與製作。生活科技教育月刊，第 36 卷，4 期。

谷下市松撰；賴耿陽譯（1981）。太陽能基礎與應用。台南市：復漢。

大原儀撰；黃鼎昌譯(1976)。太陽能的利用。臺北市：華聯。

太陽爐資料庫 <http://solarcooking.org>

<附錄一>太陽爐製作教師評分表

活動名稱：太陽爐製作

組別：_____ 組員座號：_____ 日期：_____

項目	內容	評量內容	評量方式	配分比例	得分
條件限制 65%	1、太陽爐體的材料以紙箱為主，隔熱材料是否環保	視材料環保性加分	5%		
	2、反射材料是否使用違規材料	使用違規材料則扣分	5%		
	3、體積小於 9000 cm ³	超過 9000 cm ³ 則依序扣分	5%		
	4、反射面積小於 1500 cm ²	超過 1500 cm ² 則依序扣分	5%		
	5、製作成本少於 200 元	超過製作成本則依序扣分	5%		
	6、重量少於 2 公斤	超過重量則依序扣分	5%		
	7、加熱室溫 100 cc 的水，在 1 小時內將水加至沸騰	依沸騰順序遞減分數	30%		
	8、能依日照方向調整反射面並固定	能調整反射面並能固定者為最佳	5%		
整體表現 35%	1、學習單的製作	視資料蒐集程度加分	5%		
	2、設計圖的表達	設計圖是否完整、清楚	5%		
	3、太陽爐的設計創意	視裝飾的創意程度加分	10%		
	4、學習態度	視學生平時表現加分	5%		
	5、反省、檢討能力	依據測試結果提出的修正	10%		
合	計	總	成	績	100%

<附錄二>太陽爐製作學生自我評鑑表

活動名稱：太陽爐製作

組別：_____ 組員座號：_____ 日期：_____

評分項目		評分表【得分欄打√】				
		劣 2 分	尚可 4 分	可 6 分	優 8 分	特優 10 分
學科知識	對於製作太陽爐之前資料的蒐集完整性	<input type="checkbox"/>				
	針對測試結果進行改進情形	<input type="checkbox"/>				
	太陽爐製作精細程度	<input type="checkbox"/>				
作品自評	太陽爐的效能	<input type="checkbox"/>				
	太陽爐的外觀	<input type="checkbox"/>				
	製作整體金額是否超過預算	<input type="checkbox"/>				
	太陽爐材料是否兼顧環保原則	<input type="checkbox"/>				
	小組內的分工情形	<input type="checkbox"/>				
情意方面	投注於此次活動的心力	<input type="checkbox"/>				
	上課時的秩序	<input type="checkbox"/>				
合計得分						
我覺得這次班上那個小組所製作的太陽爐最棒？為什麼？						

<附錄三>太陽爐 學習單 II

太陽爐的製作

二年____班 第____組

各位同學：上一堂課已經介紹完太陽爐的製作了，今天你們小組內互相討論要做一個怎樣與眾不同的『太陽爐』，並將討論出來的結果記錄在這張學習單裡面。

一、請將你們小組的太陽爐設計圖畫出來。

二、你們預計會使用到的材料，請列出來：

器 材 名 稱	數 量	花 費 金 額	器 材 名 稱	數 量	花 費 金 額

三、老師將從下列幾項來評量各組的表現，每一項各佔 25 分，共 100 分。而各組小組則從下列各項進行自我評量：

分享：	評 量 項 目	太陽爐造型	花 費 金 額	材 料 環 保	分 工 情 形
	小 組 自 評				
	老 師				

科技應用與人力資源發展系與德國Oldenburg大學物理系 簽訂MOU

洪國峰

臺灣師大科技應用與人力資源發展學系博士生

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系，於 99 年 3 月 3 日下午與德國 Oldenburg 大學物理系簽訂合作備忘錄，使雙方在平等互惠的原則之下，進行研究與學術之交流合作。

德國 Oldenburg 大學位於德國北方臨近北海，是一所擁有悠久歷史的大學，他不僅具備雄厚的科技背景，也非常重視師資的培養。所以 Oldenburg 大學已多次派員造訪臺灣師範大學科技學院，進行學術上的交流。此次 Oldenburg 大學物理系 Dr.Gert Reich 來訪，深入的了解臺灣師範大學在科技師資培育方面的課程及實習，感到非常地驚喜，並表示迫不及待與臺灣師範大學盡快簽訂合作備忘錄，讓兩邊的學生進行交流，進而在學術上彼此提升。

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系游光昭主任表示，臺灣師範大學與德國 Oldenburg 大學在學術上的交流已多年，今天是針對交換學生的部份，正式簽訂合作備忘錄，而這也只是一個開始，爾後還有許多合作的機會。而目前系上也開始計畫，要將部分的課程以全英語授課的方式進行，不僅方便未來德國來台的交換學生，也讓同學們可以更快速的與國際接軌與世界連結。