

國小科技教育的重新檢視

張玉山

國立臺灣師範大學工業科技教育學系 副教授

在科技教育的理論研究與實務推動上，國小階段和國中階段有很大的差異。在理論建構與研究方面，如果從工藝教育與工業科技教育的根源來看，國中科技教育是從工藝教育演變而來，在小學階段則可以將勞作教育視為國小科技教育的前身。從國外許多教育家所提出的勞作教育思想中，可以發現勞作教育的功能包括認知學習的功能、生理成長的功能、經濟生活的功能、製程觀念學習的功能、美感設計學習的功能、人格教育的功能等。尤其在認知學習功能方面，誠如英國的培根(Bacon)所主張「勞作是一種廣義的觀察與實驗」，到福祿貝爾(Froebel)的「直觀和工作的密切結合」、杜威(Dewey)的「做中學」、拉伊(Lay)的「行動教育概念」，都說明了勞作活動最符合兒童的原始衝動及學習特性。甚至德國的干斯伯格(Gansberg)早在一百多年前就指出，理想的勞作課程內容應該包括手工、自然科學、以及創造心。如果以當前的科技課程內容來看，就是要有實作、科技素養、以及科技創造力。

在實際推動方面，美國的國小科技教育推動，有些學校有開設「科技」科目，但也有些是將科技學習以主題或單元的方式，融入於學習活動中。在 Carole Thomson 的研究中發現，美國的專家學者認為，國小科技教育應該加強實作活動的安排，在科技認識與瞭解方面，則不必太過強調。此外，在科技實作活動中，發展學生的智力、強化其他科目的學習、發展其問題解決策略、獲致真實事物的學習、發展動手實作能力、提供正面的支持性的學習氣氛，也是國小科技教育的重要功能。

反觀國內的九年一貫自然與生活課程中，中低年級安排較多「認識常見科技」、「瞭解科技發展」等課程內容，對工具材料的接觸，以及實作活動的安排甚少，兒童最需要的「設計與製作」卻從高年級才有正式的內容。這點與美國的現況或研究結果有很大的差別。但是從近年來國小科展的「生活應用類」展件中，不管在質或量的方面，可以發現國小兒童在科技創新的潛力相當驚人，如果能廣泛地開發國內兒童的科技創新興趣與潛能，相信對未來人力的創新能量開發與素

質提升，將有可觀的效果。

當我們從過去的歷史與理論，印證到當前的現況，我們發現國內國小的科技教育在理論建構與推動實務上，有值得稱羨的成就，也有需要檢討改進的地方。因此，本期的專題論述以國小科技教育理論與實務為核心，從教室裏的正式課程安排到博物館的兒童科技活動設計，希望透過學者專家獨到的分析與見解，供大家對國小科技教育更多的瞭解，也引起更多的關注。

歡迎你來動手－談科學博物館內國小科技教育的展示 與活動規劃

張美珍

國立科學工藝博物館科技教育組副研究員

壹、前言

科技教育的實施有許多種方式，但最吸引人且成效最佳的當然是動手做的活動。在學校的學習情境，無論是一般教室、實驗室、工藝教室或是校園中，學生們透過動手操作實際完成一項作品，其中的學習是明確可見的。但在科學或科技博物館中，科技教育的推展就有所不同了，尤其是針對博物館最大的觀眾群——國小學生，如何規劃設計一個良好學習情境，提供孩子們動手操作又能增進其科技素養的活動？這樣的課題與一般學校教育有許多不同的切入點！

博物館提供的教育情境，一般也稱為非制式教育環境，與學校的教學環境有極大不同。博物館常透過展示場景的營造、實物的展示加上提供動態的操作介面，邀請觀眾們進行探索式的學習。但這樣的安排或引導對於學生觀眾而言仍有其侷限，常見的是學生們走馬看花、轉動轉盤、按按鈕後就離開，未能針對展示的內涵深入參與加以理解或學習，因而總難看到「教育」的成效。因此博物館教育研究人員試圖透過活動的設計，除加強博物館展示教育的成效之外，也嘗試滿足觀眾們不同的學習胃口。

博物館推廣科技教育，在實施層面上有其限制，不若一般學校有固定的學生及連貫的課程，首先面對的問題是：博物館的教育活動如何吸引觀眾參加？而活動的設計如何促發觀眾產生學習行為，進而達到學習的成效？活動的設計勢必更須扣緊觀眾的學習興趣，與其舊經驗產生連結或衝突，才能使觀眾構築出新的經驗或知識。因而許多學者建議運用認知學習、建構學習、探索學習理論等基礎進行博物館活動設計(Black, 1990; Jeffery-Clay, 1997; Massey, 1994)，才能提升觀眾參觀學習的功效。本文以「歡迎你來動手」為題，述論博物館中針對國小學生科技教育的展示企劃的原則，以建構與認知學習理論為基礎提出活動規劃的方針，並提出幾個具體作法供參。

貳、科學博物館的教育活動

一、科學博物館的演進與教育功能的彰顯

科學博物館的演進有其脈絡可尋，隨著時代的變遷、工業與科技的發展，以及觀眾需求的增加持續變化。第一代的博物館以德國的慕尼黑博物館和美國史密森機構的博物館為代表，主要是陳列的科學與工業技術發展的成果，展示的目的在於彰顯科學科技的發展歷程。到了第二代科學博物館加入了參與式的展示形態，以美國的探索館、加拿大的安大略科學中心等最具代表，這樣的博物館又稱為科學中心 (Science Center)。他們提供了新的參觀經驗，讓觀眾可直接參與各式各樣的實驗，親手觸摸科學與科技發展的成果(餌取章男, 2001)。現今進入第三代，一個資訊科技活絡、社會資源的運用更為開放的年代，博物館提供的不僅是館內的展示，或運用淺顯易懂的方式舉辦各種活動傳達科學與科技發展的成果，更結合了社會資源在博物館外舉辦各種活動、運用資訊科技與網路連結，將服務與學習的機會直接送到觀眾手邊，一個可以提供全方位服務的新博物館年代！

從科學博物館的演進歷程來看，「觀眾」與「學習」是演進過程中推動改變的重要因素！在博物館的大場域中，無論在館內、館外，呈現的手法是真實的或虛擬的，透過大型展示、科學演示或科教活動，均為了促進觀眾們對於科學的理解與科技素養的培養。事實上，在科學、科技博物館或科學中心的教育推廣，實難區分科學教育或科技教育，活動的過程中，這個議題當然也不是觀眾所關切的。但博物館教育研究人員可以透過活動的設計，再加上學習情境的鋪陳安排，讓觀眾在參觀及參與活動的過程中，增進其科技素養，達到推展科技教育的目的。

博物館如何發揮其教育功能呢？每一位進入博物館的觀眾都帶著他們的個人特質、知識背景和個人的期望，如果他們所遭遇的事物與其價值觀或原有的觀念不合，或很不熟悉，就會造成其膽怯、害怕及不舒服的感覺。而這種的情境就關上了與博物館溝通的門。尤其當觀眾面對一個沒有太多解釋的展品，看來似乎太具爭議，或以太學術的型式呈現、太技術性的手法，都會退避三舍，遑論發生學習的行為。

博物館以不同的方式，提供了觀眾所曾經歷的真實學習經驗。例如透過情境的營造，可讓觀眾走進百年前的街道，觀察當時的生活景況；或進入太

空艙內，親自體驗一下擔任太空人的感覺，或親臨著名科學家的研究室，體會一下科學家專心從事研究時心情(Jeffery-Clay, 1997)。事實上，任何事情透過看、感覺、聽、碰觸、聞、或嚐一嚐，都對人們的世界觀有影響，甚至有一些是潛意識的，但仍能對真正的知覺想法造成影響。而博物館的教育功能便在觀眾們的觀賞、感覺、聽、聞或用手動一動中或多或少有所發揮。

另外，Bruner 所提出的探索學習 (discovery learning) 理論，對科學博物館的影響最巨，Bruner (1971)曾指出：「我們必須試著鼓勵孩子們自己去探索、發現。…這類探索的機會也同時督促他們自我回想以便確認與新學習與既有知識的連結。而這樣的自我探索(discovery)也是學習中最具價值的。」博物館平民化以來，便提供了觀眾極佳的探索園地，探索式的學習也成了博物館觀眾學習的重要特色。

透過設計良好的學習情境，觀眾可進行自我探索式的學習，無關年齡與性別，各取所需。當然，學習的多寡與個人學習模式 (pattern) 有很大的相關，而學習的成效也非短期可見，但從認知心理學的觀點來看，博物館的環境加上教育活動的輔助，觀眾確實可以有很好的學習經驗 (張美珍，民 89)。而現代科學博物館或科學中心的設計大多偏好以機械的展示將科技的本質置於觀眾面前。尤其是在科學中心內所營造機械式的展示其重點在於引發觀眾的興趣，而展示陳列的科技製品，主要的功用是促進觀眾思考，但引導觀眾思考的層面則有侷限。如能透過詩化或藝術化的方式來詮釋科技，而非單純從慣用的角度切入檢視其細節，這樣的展示詮釋可幫助觀眾們更直接切入科技的本質，也較能促使觀眾們思考當人類在塑造世界時應負的責任 (Walton, 2000)。這或許就是科學博物館肩負大眾科學教育的任務，在規劃設計展示與相關活動時須引以為規臬者。

二、 博物館教育活動的設計與定位

博物館辦理活動的目的為何？因為透過活動可以促進觀眾對於博物館的展品有較深入的理解，也就達到輔助觀眾學習的目標。但為何透過活動可使學習者達成學習目標呢？教育研究學者發現，許多學生並不如皮亞傑所指的在十一至十二歲時即發展出形式思考的能力，透過活動的執行，可以協助學生們儘早進入形式操作期 (段曉林譯，民 85)。透過真正操弄具體事物的經驗，學生們比較容易形成屬於他們自己主動操弄的方式。除此之外，透

過活動的進行，也能培養同儕間的社交技巧。年輕的學生可以學習新的溝通技巧，較年長的學生則可以在新的情境中演練已有的溝通技巧（谷瑞勉譯，民 88）。

從活動設計的意涵與其目的來看，無非是希望讓學習者從事較有意義的學習，既然活動是提供學生們建構知識較佳的途徑，活動的設計應如何進行呢？這應該是教育人員最為關心的議題。但至今教育學者尚未研究出最佳的活動設計方法，因為活動的執行因人、因時、因情境而異，很難提出所謂的最佳方式，充其量只能說是比較合適的方式。以下綜合文獻資料提出幾種活動設計的原則（黃鴻博、郭重吉，民 87；段曉林譯，民 85；楊龍立，民 86；游家政，民 87；張靜譽，民 85）：

1. 以問題為中心，讓學習者參與問題解決的活動。
2. 經營適當的情境，提供基本的引導，建構適合的鷹架。
3. 從貼近生活經驗的主題出發，讓學習有充分的機會與舊經驗進行連結。
4. 運用過程導向的活動設計，強調學習的動態過程而非最後的成果輸出。
5. 學習者是活動中的主角，應尊重其個別差異及個人意願。
6. 鼓勵合作學習，透過同儕社群的溝通互動可促成更多的思考及陪養溝通的技巧。
7. 提供統整式的學習主題，容易讓學習者建構完整的概念，而非片斷的學習。

若依循上述的活動設計原則，在博物館內的教育活動又當如何？不同於學校，博物館面對的是來來去去的觀眾，沒有年齡的限制，更沒有學經歷（先備知識）的要求，在這樣的情境下，活動的設計及定位是必須加以檢視的。哪一種型式的活動是博物館應該辦理的呢？那一種最容易促進觀眾學習呢？若從目前常見的博物館活動型態來看，其中包含了：解說導覽、講座、劇場演出、演示活動、動手做活動、競賽、研習、冬夏令營甚至電影欣賞等等，實難區別出何種較佳。因時、因地、因主題、因對象乃至於因經費的限制，而必須運用不同的活動型態，也因此沒有所謂的最佳或最差的類型。但從活動是促進學習的目的來看，博物館的活動設計必須定位在能促進觀眾學

習的功能上。

但學習的內容是什麼？過程如何掌握？博物館與學校最大的不同點在於沒有學科的分類，當然也沒有固定的教材內容，但博物館有的是各式主題的展示及蒐藏。展示中可能有上百年的機械，也可能只是一個小小的複製品，但必定有其希望傳達的意念，或許是科學的知識、科技的運用、科技與社會的關係，乃至從人文關懷的層面呈現科技的本質等等。因之，科學博物館提供的學習活動，應架構在展示欲傳達的理念上，它的內容必須呼應展示的內容，配合展示的脈絡，協助觀眾學習，如此才能真正發揮博物館的教育功能，建立博物館教育的特色。

參、科技博物館成爲科技教育活動的場域

博物館向來被視爲人類知識的寶庫，因爲具有豐富的蒐藏品，提供多樣化的展示與學習活動，其學習情境非一般學校環境可達到的，尤其是配合展示物件或展示主題所設計的教材教具，以及教育活動等等，仍可作爲教學之用，輔助學校教育之不足（張美珍、朱耀明，民 93）。科學性的博物館，有別於學校提供的科學教育，在科學博物館中的學情境中尤其具有多樣性與富彈性之設計（安奎，民 78）。張玉山（民 83）亦指出雖然一般教師曾修習有關教材編制等課程，但因由於本身上課時數偏高，且國內學校所能提供資源有限，造成發展教材與教學的困難，亦難以提升學生的科技創造力。因此，近年學生利用假期到校外參加研習課程的人數越來越多，而各社教機構也紛紛舉辦研習營或競賽活動，來補足學校教育的不足。

博物館中有那些科技教育活動呢？透過哪些方式或手段可以推展科技教育呢？服務的對象有哪些呢？以國內三所較大型的科學博物館爲例，推廣科學或科技教育的場域以建置於館內的「展示廳」爲主，另有「電影院」提供科學新知兼娛樂的影片欣賞，而「教育活動」則附屬於館內的展示場域內實施。以國立科學工藝博物館爲例，其教育活動的辦理，自 1997 年 11 月開館至 2007 年，從每年辦理 500 多個場次、服務超過 50,000 人次的規模，一直到 1,500 多個場次，服務已超過 30 萬人次。提供服務的場域，也從博物館內擴展至館外，除了館內的展示廳、研習教室、戶外廣場，活動場所已延伸至學校、偏遠原住民族地區、金門澎湖等離島地區等（張美珍，民 96）。可見得社會大眾對於博物館教育活動的需求

是與日俱增的。

能吸引觀眾持續參與活動的原因，除了活動主題內容吸引人之外，科技教育活動的設計也須求新求變，不只是內容多樣化，活動方式也力求生動活潑。以活動的類型加以分類，目前各博物館常推出的活動型式約可區分為下列六種：

1. 戶外展演活動：通常在博物館的戶外園區，活動的設計以同時可提供很多觀眾一起學習的方式為主，通常運用遊戲、戲劇表演、演示或大地遊戲等方式實施。
2. 動手做活動：配合展示的議題所辦理的動手做活動，主要為提供民眾除了展示廳參觀之外，較深入的學習機會。活動的特色在於「從做中學」，讓民眾在實際動手實驗或製作一個簡單成品的過程中，瞭解科學的意涵或科技的概念。
3. 研習課程：以較長時間的教育活動為主，提供三天以上的連續課程，讓民眾從事有系統、按步就班的學習，而能獲得較全面具深度的知識。
4. 講座活動：為一般民眾設計的科普活動，邀請專家或學者開講。而顧及人文關懷與文化素養的提昇，也有科技史、鄉土方面的講題。
5. 冬夏令營：主要提供學生們於寒暑假期間一個有趣的動手實驗的學習機會。學習內容的規劃與學校的課程並無直接的關係，包含了科學、藝術、科技及人文等主題，深受學生的喜愛。
6. 館外服務：提供偏遠地區學校與社區的活動，常結合社會資源運用當地學校及社區的人力辦理，活動的內容仍以博物館內的動手做或展演的活動內容為主。

當然活動的規劃與辦理常因各博物館的特色與主題而有所不同，但辦理教育活動的目的卻是相同的，都是為了提升全民的科學與科技素養！

肆、博物館內的國小科技教育

一、展示與國小課程的結合

「歡迎你來動手」是博物館中設置互動式展示的主要特色！從前文論及的建構論與探索學習理論來看，引導觀眾們動手操作展示品，能促進他們對展品的認識與學習。本文以國立科學工藝博物館 93 年 11 月新設的「科學開門探索廳」為例，述論科技教育如何在博物館的展廳內實踐。科學開門探索廳的展

示規劃係以生活科技為主體，從生活中的科技應用出發，發展出展示的概念架構；以科學中心的型態為骨幹，但也加入情境式的氣氛營造，闢建一個本土的科學與科技的互動展示廳。

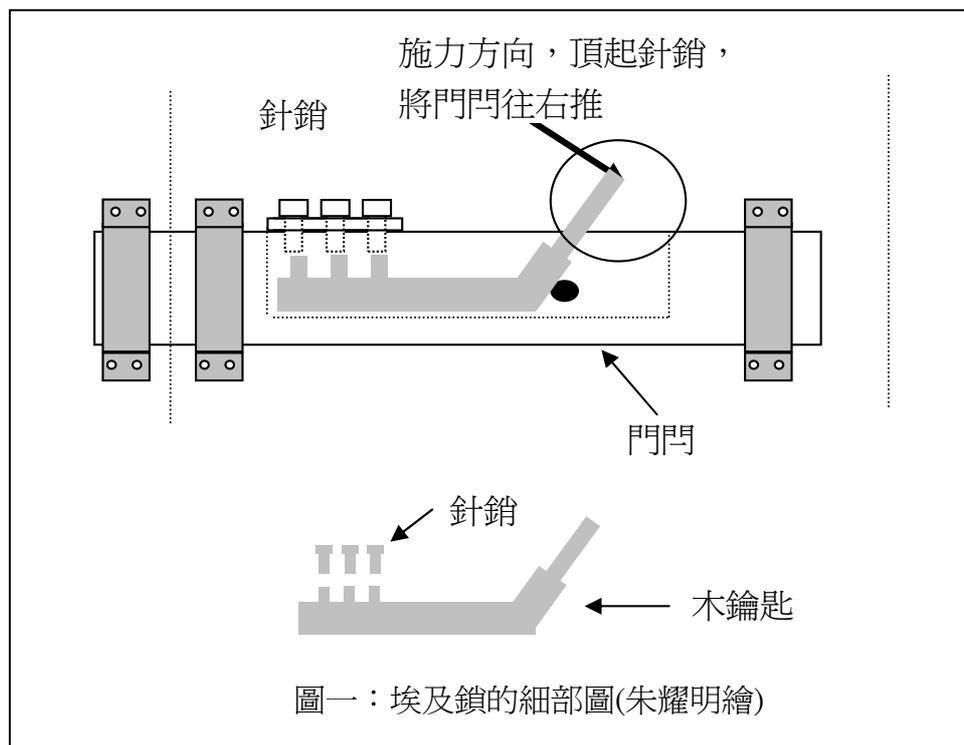
以展示廳入口第一個展示單元「智慧之鑰」的規劃設計為例，每個學生幾乎天天都會用到鑰匙。但對於鑰匙的設計、其中隱含的知識為何，鮮少出現在國小的生活科技課程中，而事實上這個展示單元呈現的概念、原理均與學校的「自然與生活科技」學習領域課程有關。可從表一看出「智慧之鑰」展示單元就涵括了材料、機械應用、科技文明與科技的創造等幾個向度的課程內容。

設計「智慧之鑰」展示單元最主要的目的在於展出人類最古老關於鎖的概念。埃及鎖是目前可考的最古老鎖具，它的設計，包括了門門與鑰匙，如圖一所示，門的內側運用門門的概念，但在門門上方設計了針銷盒，當門門推入門柱時，門門上的針銷會落下來卡住門門，於是門門就牢固的把門栓住，無法打開。如要打開門，則需要一根 L 形的木柄（也就是鑰匙），木柄上有固定排列的齒銷，這些齒銷的位置與門門上面的針銷位置一



「智慧之鑰」展示單元 何淑敏攝

樣，將木頭鑰匙放入門門的內部時，向下一壓可以頂起這些木製的針銷，就可將門門拉開，將門打開。



這個展示單元除了讓學生們自己動手操作，體驗古人的生活智慧，更學習槓桿原理在實際生活中的運用外，其實還可以提供學生們一系列實際的創意設計問題。例如使用鑰匙的目的是什麼？它的設計有那些要素？市面上可見的鑰匙有哪些？材料是什麼？鎖的方式為何？形狀有何不同？…這些問題都是生活科技中最活用的知識。若加入槓桿原理的運用的討論，還可以提出阿基米德的名言「只要給我一個站立的地方和支撐點，還有一根夠長的木棒，我就能移動地球。」讓學生們討論它的可行性。當然如果要繼續延伸，還可加入更多的生活科技運用的連結，例如扳手的設計，釘錘、輪軸、滑輪的運用等等，都是可以讓學生們共同討論。

除了「智慧之鑰」以外，展示廳內五十餘件的互動式展品，均有其欲傳達的科技概念及科學原理原則的展現。眾多展示提出的操作與實驗，都可在國小的課本中找到相似的點，但在博物館營造的擬真情境中，相信學生們會樂在探



「金庫門」展示單元 何淑敏攝

索，樂於學習。

表一：展示單元與「自然與生活科技」學習領域課程的對照

單元名稱	展示內容概要	與課程內容對照要項
智慧之門	複製古老的埃及門及大型的木鑰，讓觀眾體驗早期人類使用門閂與鑰匙的智慧。主要介紹槓桿、連桿等簡單機械的運用	生活科技 411 材料 生活科技 412 機械應用 創造與文明 530 創造與製造 創造與文明 531 科技文明
金庫門	一個大型的金庫門，讓觀眾們自行操作，學習不用鑰匙的鎖，其設計原理為何。也可體驗螺桿與簡單機械的運用。	生活科技 411 材料 生活科技 412 機械應用 創造與文明 530 創造與製造 創造與文明 531 科技文明
摩擦牆	提供不同摩擦係數的材質表面，讓觀眾可登上牆面，站立在不同材質表面上，體驗不同的摩擦係數所產生的摩擦力。	改變與平衡 215 運動與力 生活科技 411 材料
風車	邀請觀眾扮演工程師，提供不同的葉片組合，讓觀眾改變扇葉的形狀、數量及迎風面的角度，實際檢驗風車可產生的發電量。	改變與平衡 215 運動與力 改變與平衡 217 能的形態與轉換 生活科技 412 機械應用



「摩擦牆」展示單元 何淑敏攝



「風車」展示單元 張美珍攝

展示與學校教具的設計有很大的不同，它需要從不同的面向思考，不斷的去想：觀眾、孩子們需要什麼？展示的呈現方式要如何安排才能有系統又吸引人？提醒觀眾如何操作展品，容不容易壞？科教內涵的呈現又該如何？科學

博物館內的展示廳是一個絕佳科技教育學習場域，學習必須從引起動機開始，在館內的學習是有趣的，孩子們願意嘗試，他們有動機學習，而學習歷程如果是愉快的，那麼學習就變得很容易了。

二、建構取向的博物館教育活動設計

從建構論所提出的九項學習原則中（林彩岫譯，民 86），可探尋出與博物館教育活動設計相關的原則，其中包含了六點：

1. 博物館的學習是由觀眾主動學習的。
2. 所有的動手做活動都應提供動腦的活動。
3. 引導學習者學習如何去學、當觀眾開始運用原理原則的時候，便開始瞭解組織原理原則的觀念。
4. 學習的方式設定需要顧及較多人可共同使用，讓觀眾可以討論及確定他們所喜歡的方式同時學習。
5. 觀眾的學習應與展示「掛勾」有所聯結，以幫助他們了解所欲傳達的訊息。提供觀眾不同的輸入點，使用種種感官模式、不同種類的刺激等，以吸引學習範圍更廣的學習者。
6. 可運用維高斯基「最接近的發展區」的理論設計合適的學習層次或提供較專精的同儕的協助，讓學習的成效更好。

上述學習原則是活動設計時很好導引，但建構學習是耗時的，因為建構學習中須進行的思考、溝通、討論及協商等都需要時間，而博物館內的觀眾來去自如，留在館內的時間有限，很難讓觀眾進行較深入的溝通與學習。學習有「累增」、「調適」及「重新建構」等三種形式，其中重新建構代表的是在反省、探索、比較與整合後，形成了適當的觀念架構。（黃賢楨編譯，民 84）透過興趣的刺激後，引導其進行反省，而對事物有較深層的認識，甚而推翻其原有的認知知識。這類的學習是比較複雜費心思的，因此必須透過某些誘因，才能讓人甘願學習。要讓觀眾願意花時間甘願學習，就是博物館建構取向活動設計時所需面對的最大挑戰！

三、博物館國小科技教育活動規劃與設計

架構在上述的理論基礎上，在科學博物館內如何為國小學童設計良好的科技教育活動？以下提出幾點建構取向活動設計原則，並輔以國小課程內容所設計的活動案例作為說明。

(一)、以問題為中心的活動設計

從科學博物館定位並發揮其教育特色著眼，在設計一個建構取向的教育活動時，須安排活動情境的營造。運用博物館內的展示單元選定一個主題後，可以採用問題為中心的方式設計活動。所謂的問題中心，意即拋出一個題目，可讓學生們可進行討論釐清迷思概念的問題。在整個活動中可圍繞著這個問題提出個人的想法、進行討論對話、尋找解決方案、實際進行製作測試，完成一個作品，而後再意見交換，最後可能是產生了新的構念，或是修正原有的概念。因為透過問題的解決，是建構學習極佳的途徑。舉例而言，一個配合潛望鏡的展示設計的「窺視高手」的活動，如果單純的只提供材料讓學生們依著步驟做出一個潛望鏡，學生們學習到的可能只是厚紙板的裁切，雙面膠的使用！若改以問題為中心的活動設計，首先可能要提問，潛望鏡是什麼？它有什麼功能？要達到這個功能該如何設計？可以用什麼材料？那一種施工方式比較安全簡單？…在一系列問題所構成的學習活動，學生們的學習就會有極大的不同，會動腦想還要動手做，較佳的學習成果應可預期。

(二)、營造合適的活動情境

為了讓觀眾能主動參與活動，情境的營造非常的重要。一座古老的留聲機擺在展場中，大概很少有人會主動前去探看它的結構，或想要瞭解它的發聲原理，但是如果加上那個四五十年代的流行音樂，必定吸引中年的成人觀眾駐足觀看，而這就是情境的營造的功效。

針對不同的對象，設計的情境當然會有些不同，在活動的設計上，極需考量主要觀眾的次文化或生活經驗，才能設計合胃口的情境出來。針對現在的小學學童在留聲機旁加上卡通的音樂，定會吸引他們駐足觀察：「那麼老的留聲機怎麼會有這種音樂呢？」也才能吸引他們繼續觀察留聲機的構造以及發聲的原理！

(三)、提供動手操弄或實驗的機會

提供動手操弄或實驗的機會是科學博物館教育中非常重要的特色，雖然皮亞傑認知心理學指出：人在十一至十二歲時即發展出形式思考的能力。但事實上對於個人不熟悉的領域，仍停留在具體運思期的階段，必須透過具體的實物，或實際的操弄才能真正內化，建立其自我的理解和意義。因此

在建構活動設計上應充份提供動手操作的機會。對於國小學童而言，動手操作的機會更是必要，在其先備知識有限的條件下，具體的操作與實驗，才能建構新的知識。

以放大鏡相機的成像為例，雖然課本上有各式圖說解釋關於放大鏡的焦點與成像的原理，但在實作測試一台自製的放大鏡相機後，學生們仍會驚呼：「相機的人是倒立的呢！」顯先實作的經驗對於概念的釐清非常有幫助。

(四)、學習策略的運用

依社會建構論的觀點來看，下列兩項學習策略是值得博物館人員充份運用的：成人—兒童互動學習策略以及合作學習策略。博物館很適合實施合作學習模式，因為到博物館參觀之非學校的團體多半是由不同年齡層的組合，具有不同的知識背景，經驗也不同。合作學習的策略即建立在這種異質性上去促進整個團體的學習。

合作學習的策略運用經驗時常出現在博物館內的營隊活動。來自不同學校知識背景不盡相同的學童們，被隨機分配在同一組，在小隊輔導員的帶領下，孩子們可互相支援，以達成小組的任務，為小隊取得較高的成績。

(五)、教育人員的角色定位

最後提出的是教育人員在建構取向活動中的角色定位。既然觀眾是建構學習中的主角，那麼教育人則是身兼導演與配角。他可以主導整齣戲（學習活動）的流程，但不可能代替主角演戲（學習）；他可以隨時出場協助串場，但不能搶了主角的風采！另外，他還需要具備耐性，空出足夠的時間容許學童們進行沈澱與思考，並能引導討論和協助整合，才能促成一個成功的建構活動。

以「奇妙的光」為主題的營隊活動，學生們學習自製一個 LED 手電筒。活動前段，講師會先來一小段戲，吸引學童們的注意，瞭解 LED 的運用與發展的歷程，並引導進行實作，完成手電筒的製作。但在進行光的混色活動時，教育人員則須退居幕後，孩子們必須自行討論，找好配對的組員，三人成一小組才有機會組合出各式各樣的色光！

柒、結語

科技素養如何養成？國小科技教育應如何實施？舉凡生活周遭可能接觸到的各種應用科技，不論是現代的或是古代的，傳統的或是尖端的科技，都是博物館辦理科技教育活動的學習內容。用廢棄的保特瓶製做成一支水火箭、體驗一下氫燃料電池的小火車、玩一玩且做一個 LED 的手電筒，乃至於探究高溫超導磁浮列車的神奇等等都是科技教育的內容。「歡迎你來動手」是博物館提供給小學生的特別口號！讓館內強調動手操作、歡迎學生主動參與的學習方式，提供給孩子們在無壓力無負擔的情境下學習。

科學博物館藉由良好的展示情境的營造，與建構式教育活動的實施，讓最大的觀眾群—國小學童們喜歡進博物館，更喜歡參加博物館內的科技研習活動。博物館推展的科技教育，最終的目的在於培養學童們從小開始對生活周遭環境的關心、瞭解科技、善用科技、珍惜各項資源，未來才能成爲一個聰明的科技消費者、環境維護者乃至於創造發明者。

參考資料

- 谷瑞勉譯(民 88). **鷹架兒童的學習－維高斯基與幼兒教育**，台北：心理出版社。
- 林彩岫譯(民 86). 建構主義者的博物館學習理論，**博物館學季刊**，11(4)，27-30。
- 段曉林譯(民 85). 科學活動、過程技巧和思考，載於熊召弟、王美芬、段曉林和熊同鑫譯，**科學學習心理學**，頁 301-320。臺北市：心理。
- 郭重吉(民 81). 從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進，**科學發展月刊**，20(5)，548-570。
- 張玉山(民 83)：國小科技素養教育在正式課程以外之推展策略。**國教園地**，50，58-65。
- 張美珍(民 89). 從認知心理學派觀點探析博物館內的學習，**科技博物**，4(4)，30-47。
- 張美珍、朱耀明(民 93) 九年一貫「自然與生活科技」領域課程活動方案的發展：以博物館爲學習的場域，**科技博物**，8(2)，15-27
- 張美珍(民 96). 歡樂學習·一路相隨--我們的科技教育活動. 載於曾琪淑主編, **科工十年** (頁 60-61). 高雄市：國立科學工藝博物館。
- 張靜譽(民 85). 建構教學：採用建構主義如何教學，**建構與教學**，7，1+4。
- 餌取章男(2002). 日本的科學理解推廣活動—以科學館爲例，論文發表於「新世

- 紀的對話：科學桂冠·科教願景」國際學術研討會，國立科學工藝博物館。
- 游家政(民 87). 建構主義取向課程設計的評析，**課程與教學**，1(3)，31-46+135
- 黃賢楨編譯(民 84). **心科技**.台北:時報文化.原著為:Norman, D. A.(1993). Things that make us smart.
- 黃鴻博、郭重吉(民 87). 在國民小學實施 STS 教育之合作行動研究，**科學教育**，9，35-53
- Black, L. A. (1990). *Applying learning theory in the development of a museum learning environment*. In *What research says about learning in science museum* (Vol. 2, 23-25.): ASTC.
- Bruner, J. S. (1971). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge: Harvard University Press.
- Jeffery-Clay, K. R. (1997). Constructivism in museums: How museums create meaningful learning environments. *Journal of Museum Education*, 23(1), 3-8.
- Massey, C. (1994). How cognitive scientists view science learning. In *What research says about learning in science museum* (Vol. 2, pp. 7-11): ASTC.
- Walton, R. (2000). Heidegger in the hand-on science and technology center: philosophical reflections on learning in informal settings. *Journal of Technology Education*, 12(1), 49-60.

博物館的兒童科技教育

曾瑞蓮

國立科學工藝博物館 助理研究員兼兒童科學園廳長

Hooper-Greenhill 在探討博物館教育的一些基本原則與課題時提出，任何一項教育性的節目，皆須使特定觀眾群感覺有趣和有意義，目標對象的成熟情形、興趣、注意力和教育程度，當地學校課程及授課內容，都是規劃者需了解且納入考慮的，才能提供參觀者更滿意的學習經驗 (劉和義譯，民 76)。輔助學校教育推廣是近代中外博物館的共同宗旨之一，論及博物館提供的兒童科技教育資源，就必須了解當前國小科技教育的內涵與重點，再依據兒童學習的特質與博物館展示的特性與優勢，說明科技博物館中兒童展示的規劃重點與實例，並對教師運用博物館為輔助學校科技教育資源的方法提出建言。

壹、兒童的科技教育

本文先以科技的實質概念來界定科技素養的範圍，對照九年一貫自然與生活科技學習領域能力要項，並配合科技教育執行的原則與重點，來進行國小階段科技教育的探討。

科技教育內涵

在討論科技教育的內容之前，科技的意涵應是值得參考的依據，朱耀明在 2004 年由眾多科技相關的陳述中，整理出六項科技的概念(朱耀明，2004a)：

- 一、 科技具有目的性：為了解決問題與滿足需求，科技因而產生；
- 二、 科技是創新的具體表現：美國科技教育學會(ITEA)認為科技是人類「創新」的行動；
- 三、 科技是資源整合的過程：在滿足需求與解決問題的過程中，需要統整各項資源，包含知識、人力、設備、材料、技術等；
- 四、 科技講求效率：如何能運用最少的資源達到最佳的效果，便是效益的表現；
- 五、 科技內容不斷更新與多樣性：不同的環境會有不同的需求，因此產生不同的科技，隨著時間生活環境的變化，科技的內容也不斷推陳出新；

- 六、 科技關係價值判斷：科技滿足人類的需求，自然有價值的導向作用。人類使用科技，同時科技也導引改變人類的生活，有關科技的價值判斷，更值得深切思考。

了解科技的特質後，始能對科技素養教育的範圍有了明確的界定，在民國九十年公佈施行的國民教育九年一貫課程中，清楚的提出了科技素養教育的重點在於教育一般國民具備適應科技社會生活中的各種事務的能力。意即具備且運用現代科技相關的知識、技術、資源與價值判斷，以便適應社會變遷、改善未來生活、解決相關問題、及規劃生涯發展的能力。而在自然與生活科技學習領域所培養之國民科學與科技素養，包含了八大能力要項，明白的顯示出教育的重點(教育部，2003)：

- 一、 過程技能：科學探究過程之心智運作能力的增進。
- 二、 科學與技術認知：科學概念與技術的培養訓練。
- 三、 科學本質：對科學本質之認識
- 四、 科技的發展：了解科技如何創新與發展的歷史與過程
- 五、 科學態度：處事求真求實、感受科學之美及喜愛探究等科學精神與態度
- 六、 思考智能：資訊統整、對事物能夠做推論與批判、解決問題等整合性的科學思維能力
- 七、 科學應用：應用科學探究方法、科學知識以處理問題的能力
- 八、 設計與製作：運用個人與團體合作的創意來製作科技的產品

科技教育的執行

陳文典教授(1999)針對課程的執行，提出一些原則性的建議：

- 一、 教材方面，以統整為原則，強調科技整合。
- 二、 主題選擇，應以日常生活上所常遭遇的問題為主，如此易於引發學習的興趣。
- 三、 教材結構方面，以「問題」為中心，運用「問題解決」活動來進行學習，在活動過程來獲取相關的知識和技能。
- 四、 教學實施方法上，以學生活動為主體來進行「做中學」的學習活動方式。
- 五、 教學目標多元化，學習不再限於科學知識和操作技能，應包括蒐集資料、規劃實驗、整理分析、歸納研判、推理應用能力以及科學、科技的運用對生活影響的體認等。

六、 強調教學及教材的生活化，以生活上的問題之解決過程作為學生學習的活動，藉此種學習養成解決問題的能力。

陳文典對課程執行的建議，開宗明義即為「統整」。對於國小階段的科技教育內容，Willian 建議較好的做法是融入現有的課程領域中，列出各科課程與科技認知有關的部分進行整合。Zaga 在 1988 年也提出小學科技教育在小學扮演的角色為支援各核心課程，於各學科間整合進行的活動。國內吳淑芬彙整諸多學者觀點後，也持有相同的看法(林雅玲、李大偉、林展立，2007)。事實上，中小學階段的兒童會同時在正式與非正式的學習環境中建構個人的知識，而在真實世界中所接觸獲得或形成的知識，經常會涉及多項學科，而藉由科際整合的課程方法，使學生能感受科技與其他學科間的緊密連結，才有辦法理解現代生活中的各領域相互交錯運用的的複雜狀況，也使學習更具體而有效益。

因應九年一貫課程改革，各種的教學方法和教學策略正方興未艾，STS (Science / Technology / Society) 運動在其中形成改革的潮流。科學與科技在近代科學研究蓬勃與科技急速發展下，早已存在一種共棲共生的關係，而社會的需求與文化特性對其發展方向又具有引導的作用，三者密不可分。STS教育目標在於培養具有科學素養的人，了解科學、技學與社會三者之間如何互相影響，並能將所學內容應用於日常生活的決策上。將這套教育理念落實到課程中，是要以現實世界中的議題或人們所關心的事情為起點，使學生學得科學知識、科學方法、科學態度、以及對社會的關心，進而對社會上的重大科技決策，具備評斷的能力並能提出個人見解 (蘇宏仁，1996)。

另外國際科技教育學會(International Technology Education Association , ITEA) 指出：「科技教育是應用數學、科學以及科技來解決實際的問題」。近年來融合數學分析、科學探究與科技設計的 MST(Mathematics / Science / Technology)形式的科技教學活動，也逐漸成為先進國家中小學普遍的科技教育推動方式。數學、科學、科技普遍存在於兒童的日常生活之中，MST 的教學方法著重在帶給學童跨學科領域的真實生活經驗(林人龍、游光昭，2005)。

不管是「做中學」或是強調「問題解決」的活動形式，其學習的重點皆在於過程能力的培養，而非執行的成果。1973 年英國學校課程和測驗委員會編定 SCISP 科學課程，其課程目標便定在應用科學過程來推展科學概念。而美國 SAPA 課程也認為實施科學教育的最好方法，即是利用探討的過程，以觀察為中心，由

基本過程拓展為統整過程(歐陽鍾仁編著, 1988)。科學過程之內涵與範疇以美國科學促進會(American Association for the Advancement Science; AAAS)所提出的最明確、具體且完整。將科學方法分成八個基本過程: 觀察、應用時空關係、分類、測量、應用數字、傳達、預測、推論, 與五個統合過程: 形成假設、控制變因、解釋資料、下操作型定義、實驗。過去我國國小科學課程亦參考之, 當作訓練科學方法的依據。基本過程出現於低、中年級, 而較複雜的統合過程則出現於高年級的教材。九年一貫自然與生活科技領域國小階段過程技能則包含: 觀察、比較與分類、組織與關連、歸納、研判與推斷、傳達六大項目, 在課程統整的前提下, 這些過程能力的培養也應成為科技素養教育的重點要項之一, 而納入活動的規劃設計中。

貳、現代科學博物館的特徵

從貴族的私人蒐藏庫, 到為平民開放具備蒐藏、展示、教育、研究功能的現代博物館, 社會、經濟、文化的變遷, 再再影響著博物館營運的目標與方向。英國博物館協會(MA)於西元1998年的新定義, 「博物館讓觀眾探索藏品以獲得啟發、學習與樂趣」, 標示出學習、啟發和樂趣在博物館的重要性。美國博物館協會(AAM)與國際博物館協會(ICOM)的認定中, 有無藏品已不是認定博物館的標準, 因此, 科學中心或是兒童博物館, 都納入博物館的範疇。提供社會大眾學習、休閒、娛樂已成為現代博物館的重要使命。

自二十世紀後半開始, 受到電腦發明、新科技發展與材料科學更新的衝擊, 博物館展示逐漸演變出不同的面貌。由於傳播科技的影響, 視覺刺激已成為人類日常溝通的主要媒介, 因此以科學博物館為首, 展示也不再侷限於實物呈現的感動訴求, 轉而以新科技與新觀點切入, 運用多元的情境塑造、互動學習及虛擬實境, 讓參觀博物館成為充滿驚奇與愉悅的享受, 帶給參觀者有如親臨其境般的感受, 同時也提供體現新一代科技的運用的機會。

Danilov 在 1984 年歸納出現代科學博物館有以下四種特色: (于瑞珍, 2002)

- 一、 大量投注於物理學、生命科學、工程學、數學、工業及健康教育等領域。另外由於環境議題的重要程度日益提高, 博物館也開始將環境訴求融入各主題中或單獨成為一個主題, 如國立科學工藝博物館(以下簡稱工博館)的災害防治展廳, 以及 97 年度即將開放的節能屋展示。

二、以當代科技為主要訴求。和傳統科技博物館注重人類科技成就與歷史文物的保存與展示不同，現代科學博物館重視現代科技甚至未來科技的傳播，日本未來館即具代表性，著重於太空科技、生物科技、機器人等展示議題。

三、以參與式、結構性的展示取代古老典藏品的展示。參與式或動手操作的展示為現代科學博物館所標榜，生氣盎然的科學中心甚至以無典藏品的面貌呈現，此點以美國探索館最具代表性。

四、以大眾化和教育為導向，兼具娛樂與啟發功能。現代科學博物館以一般大眾為對象，配合現代人的休閒需求，甚至以遊樂園為競爭對手，將休閒娛樂列為博物館的重要功能之一。

美國探索館館長歐本海默曾提到，博物館可能成為學習的良好場所，它可使觀眾將學習過的東西串聯整合在一起，提供直覺及親身經驗的環境促進觀眾的學習效能，並使進一步的學習變得更加輕鬆愉快（蕭瑞棠，2004）。向來博物館皆把輔助學校教育推廣視為重要的責任，也一直在努力著，但經濟的發展，帶動一般民眾對休閒娛樂的重視，為了迎合參觀群眾的需求，也為了營收生存的壓力，部分科學中心逐漸有淪為遊樂場的趨勢，偏好運用機械化互動展示來引發觀眾參觀興趣，以商業取向迎合觀眾對娛樂的需求為主，大量運用炫麗的科技表現手法，忽略掉展品的教育特質（范賢娟，2007），博物館專業人員還是應尋回自身的教育專業，對每項展品的設計規劃，投入更細緻的評估才可。

參、科學博物館展示與科技教育

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（引自吳淑華，2001）。早在1967年Kimche便認為，博物館這種提供實物學習與參與式展示，讓學生親身體驗的環境，對強調動手操作及實物介紹為主的科技教育而言，是極為重要的輔助資源（黃志燾、余鑑，2007）。

中小學學童是科學博物館的重要觀眾群，多數展示主題的內容規劃，雖以一般民眾為目標族群，但也會將學童的參觀需求當成重要的考量。展示是博物館與民眾連結的直接管道，我們可以從展示規劃製作的各種要素，包含主題選擇與內容規劃、環境規劃、展品設計和說明圖文撰述等方面，來了解其中含納的科技

教育特色。另外也提出兒童展示的規劃考量，更能對照出博物館在輔助兒童科技教育上的努力。

一、 主題選擇與內容規劃

近年來「觀眾導向」的博物館營運概念積極在推展著，博物館會經由目標對象的需求調查，來確認主題與內容的選擇，同時確保目標對象對展示的接受程度。在科學博物館中，除了配合博物館特性與蒐藏品的呈現外，一般民眾生活中及社會上關心的議題，往往也會形成重要的展示主題。目的是藉由觀眾所關心的事件、生活上的經歷，去除一般民眾對科技的距離感，引發參與的興趣。例如工博館的「居住與環境」、「食品工業」、「服裝與紡織」等生活化主題，以及國立自然科學博物館 95 年全新製作完成的「生、老、病、死」展示主題皆有相同的特性。

生活化的議題，必然是牽扯到多元面向與多方觀點，在主題選定後，展示內容規劃，往往會以擴散性的思考出發，從科學的、歷史的、科技的、藝術的、社會的與文化的各種角度進行探究，再予收斂為清楚的脈絡。不僅會和學科課程相關，且為跨課程的(cross-curricular)的整合呈現(Stapf, 1999)。為化解科技硬梆梆的傳統形象，博物館會期待融合文學或藝術的方式來詮釋科技，用感動來引導觀眾切入科技的本質，以便提醒觀眾思考人類在運用科技改變世界時應負的責任(張美珍, 2002)。

二、 環境塑造

杜威認為學校是一個經過設計的教學環境，學校需提供一個「簡化」的環境。學校應儘可能排除環境中無價值的事物，這些對現代博物館的環境規劃而言，也是重要的參考依據，博物館內所提供的與一般隨機的教育環境有很大的不同，它是經精確的設計而成的，唯學習產生的時機與社會互動狀況是隨機的，所以在環境的安排上需更加用心經營，以誘導觀眾學習的產生。

Vygotsky 認為學習與認知是一種社會文化現象，而個體思想的型式(thinking patterns)或心智技能(intellectual skills)並非自然生成，而是受到社會文化的經驗所塑造而成。這樣的認知主張，近幾年在博物館學習的運用上，也引發了特別的探討，鼓勵博物館在進行展示規劃設計時，關心到建築與展覽的安排能引起討論嗎？會激發觀眾去討論、分享與發現嗎(林彩岫譯, 1997)？使博物館不再只定位於知識呈現的地方，進而成為知識生成的所在。

情境的設計是情境教學理論中極為重要的一環，不分年齡，人對於不熟悉的領域，還是需要透過具象的實物，或實際的操弄才能將之內化，建立自我的理解和意義 (蔡秉宸、靳知勤，2004)。博物館往往耗費巨資在於展示情境的鋪陳，期待營造適合展示主題意象的氛圍，吸引觀眾參與或勾起觀眾記憶，使展示內容變得有魅力或可親近。

以工博館台灣工業史跡館為例，用真實比例複製的騰雲號火車頭矗立其中，果然給人有清末那種噴煙怪獸的感受，讓這段歷史記憶鮮活起來。60年代家庭即工廠的場景也搬入展場中，多少家長指著那個小小的客廳告訴小孩，從前奶奶就在這樣的家中做著小加工貼補家用，一幕景象清楚的交代了那個時代的生活點滴，勝過說明板上的千言萬語。

學習者常經由團體互動中進行知識的協議，建構出個人的知識。人們在共同的環境、事物上有共同的經歷與互動，即擁有共同的認知結構，才能互相溝通知識 (郭重吉，1992)。Bitgood 將促成觀眾互動列為展示設計的常用技巧，例如展座空間的安排是否為多角形，便利小團體的共同參與。因為參觀博物館主要是種社會活動，因此這種社會互動的發生應運用空間的安排與互動設施的處理來予以促成，特別是對有小孩同行的團體格外重要(李惠文譯，1997)。

三、 展品設計

引用 Ansbacher 的觀點(范賢娟，2007)，每個人的探索過程都是獨特的，這與個人的過去經驗和具備的過程技能有關，但環境在探索過程中可扮演重要的支援角色。對博物館而言，形形色色的觀眾其心智歷程無法預設和操控，但展品設計可以從增強觀眾理解所需要的支援著手，才能有效的提高觀眾參觀經驗品質。

建構主義的學習理論在現代科學博物館與兒童博物館運用已久，在展示設計上為重要的基礎理論。自從參與式展示(Participatory Exhibition)在世界各地蔚為風氣之後，這種動手做(Hands-on)、與展示互動的學習方式，也形成科學博物館的新趨勢。另外新科技的大量使用，也對博物館的展示型態產生極大的影響，以下分別討論之。

建構取向的展示設計

建構主義認為知識並非被動的接受，而是由個人主動建構而成。而建構的過程中所憑藉的是學習者的過去經驗，歷經不斷的同化與調適的歷

程，透過反思(reflection)與認知衝突而形成有意義的學習。

郭重吉(1992)引述 Weatley 的觀點，他提及知識的建構是一種主動的歷程，我們在嘗試與人溝通時，所表達的語言只能引起對方形成他個人的意義，同樣的話對不同的對象可會引發不同的意義。因此雖然教學者非常願意直接把觀念灌輸到學生腦中，但學生還是必須自行建構出個人的意義。認知是具有適應性的，它的功能在於整合個體過往經驗而形成組織，並非發現客觀存在的世界，我們只針對個人的經驗發展出適用的或可行的解釋，不是找到事實或真理。

在進行展示規劃時，其實並無法確認未來參與觀眾的知識背景與過去經驗，展示本身所能提供的，僅是規劃良好的嘗試、體驗工具，盡量從生活中出發，排除掉會引發錯誤概念的不必要包覆與為提高展示效果的「假」的手法，用真實的呈現來提供參與者第一手的體驗。或者觀眾限於個人背景經驗而暫時得到自以為是的迷思概念，但正確的呈現所引發的迷思概念，當未來某一天與觀眾的新習得的經驗相衝突時，調變的結果，通往真理的大門便容易敞開。

以工博館兒童科學園夢想號展廳飄浮球單元為例，單純使用一個空壓機與出風口蛇頸的裝置，觀眾按下開關後，氣流由出風口吹出，可使充氣塑膠球飄浮在出風口上端，轉動出風口角度，球會隨之偏移，目標是要將球投入距離約 1.5 米的高低球框之中。不同觀眾對本項展品會有不同的解讀，小朋友會認為是氣流衝出由下往上的力量把球撐在半空中。學過流體力學的學生會以氣流流速引發的壓力差來解釋為何球會被穩定的浮在半空中。有人會亂搖蛇頸故意讓球掉下來，有人把手伸在氣流出口擾亂氣流想看看球的高度是否下降或會掉落，各式各樣的行為嘗試會形成一種經驗，努力完成投籃動作更是一種獎勵，不管是原來舊經驗的增強，或是成為腦中的背景經驗留待日後學習相關知識時引發認知衝突或印證，都有助於學習者的認知建構。

參與式展品

實體展現是博物館異於其他教育機構的特別之處，博物館應將自己定位為提供參觀者豐富經驗的探索環境，讓觀眾藉由第一手的親身經歷，產生對個人心智有價值的意義。在進行展品規劃時，應對每個展示去發展

一套探索的過程，思考如何促成觀眾對展品的互動投入，以擴展觀眾的經驗內涵，提高參觀成果（范賢娟，2007）。

為能有效將學習策略應用於展示規劃上，Screven 認為在進行展品設計前，首先要將單元展示目標詳列出來，做為規劃設計的指導依據。此目標要素包含三方面：（引自朱耀明，2004b）

- 一、 希望觀眾參觀展示時，期望它使用的行為動詞，如摸摸看、聽聽看等。
- 二、 期望這些行為發生的條件，如：具吸引力的環境佈置、音效的引導。
- 三、 可接受參觀者的最起碼表現，如：觀察、動手操作等

以上可知，觀眾參觀行為的動態表現是展品學習效益是否彰顯的指標，這也是參與式展品的特色。憑藉著電腦、機構、模型和實驗器材與觀眾進行互動，使觀眾能由嘗試錯誤(Try and Error)與直接回饋中體會到發現的快樂，同時培養出個人解決問題的能力。其問題導向、運用觀察、探究、實驗的特色，與科學過程的內涵不謀而合，且科學過程的技巧可以普及到一般生活之中的特性(熊召弟等，1996)，更切合科技博物館提昇大眾科技應用能力的取向。

參與式展示的形式非常多元，以工博館夢想號展廳的飛球投籃單元為例，球從斜坡上滾落，歷經底部一個小拋物線的軌道，究竟能飛進前後配置的三個圓框中呢？還是掉落在外？這個操作的歷程，觀眾往往會多次的嘗試球的起始高度，高一些、低一些，漸漸的投進了一個圓框，接下來投進其他圓框所需的實驗時間便明顯變短，找出規律後，要當個神射手就不是困難的事。解決了一個難題，不分年齡老少，大家都成就感十足。

新科技的運用

科技的應用一直在情教學習理論中被廣泛的運用，在科學研究與科技運用中，有部分情境無法以真實的樣貌呈現出來，博物館中便能採用科技模擬的方式提供臨場般的情境。

西元 2000 年英國以世界矚目的超大型的博物館展示案來迎接千禧年的到來，標榜運用各類尖端科技的展示規劃，結果褒貶不一。新科技的運用，對展品是華麗的包裝，彌補了部分無法將實境或實品帶入博物館中的缺憾，但過度使用的結果，也會削弱博物館帶給觀眾的那種實物的感動。

現代生活中，充滿著傳媒聲光的刺激，博物館不能免俗的也藉助科技之力，以擴展展品的生動性與可看性。擴增實境技術的運用，讓觀眾可以不用配帶任何感應器，便能自在的與地面牆面投影的花、草、蟲、魚等互動，增添不少樂趣；電影中主角對著空氣指指點點，便能操控電腦進行資料搜尋處理，這種情節也可以在博物館中親身體驗；日本未來館著名的「地球環境即時監控球」，用數以千計的液晶板建置懸吊在半空中的大地球，即時表現出地表各地區的環境氣候狀況，高科技的呈現令人嘆為觀止。這些科技的運用，不僅只能吸引觀眾參與，增加互動樂趣。在讓觀眾能認識新科技、具備操作科技的技能、適應科技社會與體驗科技的應用上方面，也有其科技教育的價值存在。

四、說明圖文撰述

李如菁(2000)在工博館兒童科學園，運用現場觀察研究 78 例親子團體後，提出觀眾不喜歡閱讀說明圖板的結論，觀察對象中僅有 2 位成人短暫的閱讀說明圖板，其餘的成人與兒童對圖板皆缺乏閱讀興趣。長篇大論的說明圖文令人望而生畏，無從尋找自己需要的資訊，這並非運用鮮明的色彩或有趣的圖板造型便能吸引觀眾閱讀。

Ansbacher 也認為許多博物館具備實物的特色，且對展示呈現的趣味性極富自信，但在解說文字的處理卻用單純的知識傳遞方式來表達，是互相矛盾的。他認為解說文字要能引導觀眾從觀察到的現象中發現規則和關聯，提示民眾應該如何操作、如何觀察並應該觀察什麼、如何將操作結果和觀眾的生活和知識經驗相連結。事實上這種表達方式比原理原則的解說困難許多(范賢娟，2007)。

幸運的，在歐美專為兒童規劃的科學類博物館中，近幾年來不乏看到運用「LOOK」、「TRY」、「WHY」三段式的說明文撰述方式，來替互動式展示做最好的參觀指引。其中「LOOK」提示兒童觀察哪裡、觀察什麼；「TRY」引導正確的展品操作程序，再以「WHY」來進行生活應用面與科學原理的介紹與連結。影響所及，在工博館 93 年開放的科學開門探索廳與即將在 97 年底完工的兒童科學園第三期展廳，皆以此形式進行說明文字、圖說的撰述與編排，這些促成觀眾正向行為的圖說，提供觀眾自導學習、挑戰個人的提示，並給予親子團體或小組成員互動討論的合理參考依據。

五、 兒童展示

科學博物館在展示的呈現上，必然以彰顯科學(技)教育功能為訴求，但兒童觀眾由於生理與心理的需求與限制，在展示空間與預設行為的安排上，會有特殊的考量。一九六一年擔任波士頓兒童博物館館長 Michael Spock，是第一位將皮亞傑的認知理論於博物館中付諸行動者。強調展品與觀眾的互動，並將如何引發兒童興趣列為先決條件，把觀察、探究、尋找答案等基本發現學習方法，融入大眾日常生活議題中，來進行兒童博物館的展示設計。之後，全世界的兒童博物館便有了新的面貌(葉英晉，1998)。

許多教育學者都認為「遊戲是學習的途徑」，Bruner 認為遊戲可增加兒童對行為的選擇，而促進其對問題解決的能力。遊戲可以讓兒童預先經歷可能發生的事件，學習並形成經驗來協助提高對周圍事物的理解，並作為未來實際生活的準備(潘怡吟、王美芬，2003)。Semper 認為對科學教育而言，遊戲有助於觀察和實驗技巧的發展，提供獨立發現機會，新的構想也可以在遊戲中實驗(于瑞珍，2002)。所以大多數博物館為兒童設置的活動與展示，都會強調融入遊戲的成分與形式。

陳玫岑(2000)曾依據馬斯洛的「需求層次理論」，按照不同的需求層面，提出博物館兒童展示規劃的原則。在此我們也以需求層次為原則來進行探討，並與科技教育的學習原則進行對照。

在基本的生理需求層面，展示品台面、操作點、觀察點都需符合兒童的生理尺寸，便利操作。兒童是天生的科學家，喜好動手與操作，兒童展示的規劃一定要能將動手做的特性納入才會具備吸引力。而在安全需求方面，兒童的天性是活潑而不受拘束的，活動性大且體能協調性尚未發展完全，而博物館所提供的是一個能自主學習的場域，所以需特別注意到環境與設計細節的安全性，讓兒童的任何選擇都不會有危險的結果(Waterfall & Grusin, 1988)

在社會需求方面，展示的規劃需能提供親子或朋友間的社交互動機會，這同時也是博物館學習發生的要件之一。展示設計會運用情境造景和視聽效果來引發參觀動機並引起話題，而在手法上則會運用鼓勵親子或同儕互動討論的空間、情境與機構佈置，包含可同時容納多人的多角形展示台座或觀察空間，多人合作驅動的互動機構，期望能讓兒童在合作、互動的狀況下促成學習，解決難題並同時建構知識。工博館兒童科學園中「會說話的鸚鵡」展

品，現場可供多人一起輪流操作，聲音的回饋公開且直接，觀眾可直接互相比較效果，有效引發同行觀眾間的互動，明顯觀眾停留時間較長，操作興趣也較高（李如菁，2000）。

在自尊需求方面，展示的設計應使兒童有受尊重的感覺，包含操作的難度與說明文字容易理解程度，以及主題是否貼近兒童的生活或經驗等都是值得注意的。兒童的經驗與背景知識有限，需藉由藝術、人文的連結，運用各式互動與故事鋪陳手法使兒童對展示內容產生感動與理解。博物館中的學習以體驗、感受為主，沒有標準的成功定義與特定的進展程序，兒童可依據個人興趣與判斷，自由的參與展示或退出，在這樣的場域中，兒童較易表現出自信與獨立的行為。同時在無壓力下操作展示，用各種方式嘗試的結果，也易於引起同儕或同行人員的共鳴與仿效，建構討論的話題，從中得到個人的認同與價值感。以日本科學技術館鏡子的展示為例，人立於兩面落地大鏡子中間，移動兩面鏡子的相對角度，鏡子內個人的成像數量便會不同，當兩面鏡子接近成平行的狀況時，便有多重反射的效果，兒童會在其中運用肢體擺出各種姿勢，鏡面呈現的就如同電影上功夫大俠般的多重疊影，往往學童們各種模仿、討論的行為就會在此產生。

在自我實現方面，博物館中所提及的互動展示，不僅只於按鍵而已，設計良好的互動展示會保留操作、實驗和改變的機會，同時提供及時且適當的回饋，讓兒童在自發的狀況下，依據觀察結果嘗試各種假設與可能的解決方案，建構規則和關聯，來達到自己認為最佳的成果或最終的目的，得到勝任感與成就感。以常見的「有色的影子」展示為例，三原色光以不同角度投射至觀眾身上，背後的白色螢幕就會有色彩不同的三個影子出現，觀眾可以個別調整色光的強度或關掉，影子便會隨之變色，亮度也會改變。這是一個需要合作的展示，當兒童了解如何操作本展示後，往往也會停留許久，擺出各種 pose，成功的留下各種色彩的影子。

科技類博物館展示的特質和優勢有其一致性，但使用者的特質與行為卻會因社會環境的不同而有差異，文化的差異是博物館規劃者不得不面對的問題。東方文化注重「效能」，經常期待能依據標準程序來解決問題，不鼓勵兒童嘗試新的程序和做法；西方文化鼓勵質疑與創新，注重過程勝於目標的達

成。因此兒童的行為模式會有所差異(陳玫岑, 2000)。在台灣博物館中常可發現, 當有陌生人注視時, 很多兒童而會覺得不自在而放棄正在操作的展示, 而在有親友陪伴或同儕團體互動時, 舉止行為便會變得較主動而自在。因此營造鼓勵操作與適合小團體共享的環境塑造就變得非常重要。

肆、結語

科技因應人的需求而產生, 所以自然無法獨立於人所關懷的各種面向之外, 科技博物館在進行展示主題建構時, 往往會以歷史的、人文的、社會的與藝術的面向來進行連結和思索, 跨領域的整合結果, 使科技擺脫冷冰冰的樣貌, 提高觀眾的接受度。同樣的, 過去中小學學生也會因為這些科學與科技類知識獨立傳授並與生活脫節而接受度低, 經過特定主題進行跨學科的整合後, 「學習」有了用途與連結, 一下子變得具體起來了(曾瑞蓮, 2000)。兩個皆致力於提高學童科技素養的教育體系, 所欲傳達知識主題的關聯性直接, 同樣注重實物感受與動手操作的真實體驗, 以培養過程技能和解決問題能力為規劃重點, 在建構方式與目標可互相搭配的狀況下, 如何使博物館耗費鉅資構築的學習情境與有趣的互動展品, 能夠發揮輔助學校科技教學的最大效益, 便需要教師與博物館雙方的努力了。

愛因斯坦認為: 問題的表述往往比問題的解答更重要。解答所需要的可能只是一種數學或實驗的技巧而已, 但提出新問題、新的可能性, 或是從新的角度來思考舊問題, 需要的是創意的想像, 這才是科學的真正進展。一般老師在安排博物館參觀行程時, 總會期待館方能提供發展成熟的活動單供學生使用, 但其實允許學習者對週遭環境自由表述的學習環境, 最有助於學習成效的提升(引自蕭瑞棠, 2004)。現代博物館大多會在網站上公告相關學習資源供觀眾直接運用, 但日本未來館所提供的工作單非常值得推薦使用, 它所強調的是參觀紀錄, 內容包含三階段: 「厲害! 發現」聽完展品解說或參觀完展廳後, 學生紀錄個人覺得厲害的展品。「做對話, 總結!」紀錄與現場解說員的對話, 或因操作和觀察而產生的問題。「發表」依據自行紀錄的工作單內容與現場發現的問題探究, 進行三分鐘的心得簡報。這些過程皆在教師與現場人員的協助下進行。未來館相當鼓勵學生在完成參觀後, 回學校繼續進行延伸性的發展, 學生會將參觀成果做成海報或以發行報紙等方式紀錄、分享成果。

此種進行方式，需要教師全心的配合投入，科學博物館期待提供的是一個不同於學校的學習環境，它可以刺激想像力，使觀察力更敏銳，重新喚起或引發學童的好奇心，感受體驗探究的樂趣，有助於科技素養的成長。但這樣的期待需與觀眾的期待一致，才能發揮真實的效益。以參觀的學生團體來說，學生並非不了解校外教學會發生什麼事或應該發生什麼事，這些想法的來源當然與過去經歷有關，但也源自於老師的行前交代和態度。究竟博物館是一個教學資源寶庫，還是另一個寫作業抄答案的地方，還是大家休閒玩樂的場域？教師與學童對博物館形象的理解和認同，才是博物館教育功能是否彰顯的決定因素。結合科學博物館的努力和科技教師的參與，才能使博物館發揮該有的功效，達成輔助學校科技教育推廣的教育目標。

參考文獻

- 于瑞珍(2002)。科學博物館輔助學校科技教育教學資源之探討—以國立科學工藝博物館為例。科技博物，6(6)，4-18。
- 朱耀明(2004a)。科技教育與教育科技之關係。生活科技教育月刊，37(6)，2-8。
- 朱耀明(2004b)。九年一貫探索館展示廳自然與生活科技展示內涵之研究。國立科學工藝博物館 93 年委託研究計畫。
- 李惠文譯(1997)。有效展示的設計。博物館學季刊，11(2)，29-39。
- 李如菁(2000)。兒童觀眾和參與式展品互動之探討。科技博物，4(6)，46-60。
- 吳淑華(民 90)。博物館展示淺論。科技博物，5(3)，5-14。
- 林彩岫譯(民 86)。建構主義者的博物館學習理論。博物館學季刊，11(4)，27-30。
- 林雅玲、李大偉、林展立(2007)。科技教育的研究與展望—從教學設計的角度探討。生活科技教育月刊，40(8)，5-20。
- 林人龍、游光昭(2005)。水平整合的思考：以 MST 為導向的九年一貫生活科技課程設計。生活科技教育月刊，38(8)，24-41。
- 范賢娟(2007)。以經驗為基礎的博物館學習理論。博物館學季刊，21(1)，73-83。
- 高明瑞(1999)。觀眾參觀行為之研究。國立科學工藝博物館委託研究計畫。
- 陳玫岑(2000)。科學博物館的兒童尺度：人性因素探討。科技博物 4(6)，61-72。
- 陳文典(1999)。「自然與科技」學習領域課程。載於邁向課程新紀元 - 九年一貫課程研討會論文集。 http://www.trd.org.tw/dresource/NINE/4_1.htm

- 郭重吉(1992)。從建構主義觀點探討中小學數理教學的改進。科學發展月刊, 20(5), 548-570。
- 曾瑞蓮(2000)。從維高斯基的社會文化論壇博物館兒童探索空間之設置規劃。科技博物, 4(6), 18-30。
- 張美珍(2002)。從建構主義取向探討博物館教育活動的規劃設計。科技博物, 6(6), 19-30。
- 教育部(2003)。國民中小學九年一貫課程綱要：自然與科技領域。台北：教育部。
- 黃志燻、余鑑(2007)。科技教育的研究與展望---從教學環境的角度探討。生活科技教育月刊, 40(8), 25-44。
- 葉英晉(1998)。從「請勿動手」到「請你動手」 - 談兒童博物館的功能。歷史文物月刊, 8(4), 73-84。
- 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯(1996)。科學學習心理學。台北市：心理。
- 蔡秉宸、靳知勤(2004)。藉情境學習提升民眾科學素養：以科學博物館教育為例。博物館學季刊, 18(2), 129-137。
- 劉和義譯(民 76)。博物館教育的一些基本原則與課題。博物館學季刊, 1(3), 9-16。
- 潘怡吟、王美芬(2003)。遊戲型態教學對國小學生「自然與生活科技」學習之研究。臺北市立師範學院學報, 34, 157-172。
- 歐陽鍾仁編著(1988)。科學教育概念。台北市：五南。
- 蕭瑞棠(2004)。博物館環境：另一種學習理念初探。博物館學季刊, 18(1), 63-71。
- 蘇宏仁(1996)。科學課程模式—科學、技學、社會 (STS) 為導向的科學教育。科學教育月刊, 190, 2-11。
- 張玉山。科技創造力教學模式在國小「自然與生活科技」學習領域中的應用。
<http://140.122.91.41>
- Waterfall, M. & Grusin, S.(1988).Where ' s the Me in Museum. Virginia : Vandamere Press.
- Stapf, B. (1999). Developing education strategies and support materials for children. In H. Moffat, & V. Woollard (Eds.), Museum and Gallery Education: A manual of good practice (pp.42-55).London; The Stationary Office.

探討「自然與生活科技」的教學設計 - 以天燈為例

國立台東大學 美術產業學系講師

施能木

壹、前言

教育部宣布於九十學年度實施國民中小學九年一貫制新課程，課程是從個體發展、社會文與自然環境三個面向，提出七大學習領域，即是：語文、健康與體育、社會、藝術與人文、數學、自然與生活科技、綜合活動（教育部，民87）。此次教育改革是將現行課程中的「學習科目」都以「學習領域」的方式來替代，而學習領域的實施是以統整、合科教學為原則，換句話說，教師必須具備統合兩種以上教學的能力，方能勝任未來國教九年一貫課程的教學。

對國小教師而言，上述七大學習領域中的「自然與生活科技」，它是結合國小原有的「自然」學科，並加入「生活科技」的新學科，而整合成新的學習領域。或許現今國小教師對生活科技的教學仍屬陌生，因為它是一全新的教學領域，但「科技」在歐美國家的小學已經行之有年，而在此課程的重新檢討中，能將「生活科技」由現行國中的「生活科技」課程延深至小學階段，實為我國國民教育的一大進步之處。

然而，卻有學者對於「自然與科技」這樣的學習領域名稱有著不同的意見，他們認為科技是指科學的應用，「自然」的學習原就包含學問與應用，實不必特別提出「科技」一詞（任潔芳，民87），此種說法係對「科技」定義的認知不清所產生的誤解。其實，科技是「善用各種材料、機具、資源、知識和創意等，以有效解決人類實務問題，改善人與環境間的關係」的學門（施能木，民88）。換句話說，科技應是人們運用既得的知識，妥善的評估所使用的材料、機具、資源及創意，決定出最適當的方案，以解決所面臨的實務問題。在瞭解科技的意涵之後，本文將以「天燈的製作」為教學內容，以「科技教育者」的觀點，探討「自然與生活科技」教學活動的設計與實施。

貳、教材的分析

澳洲的「科技」學習領域中，係以「設計、製作與評估（即DMA）」、「資

訊」、「系統」等三個系絡來談科技的本質，其中「設計、製作與評估」教學的設計主要源自人們在工作世界中處理事物的方法與態度，即人們處理每項工作時，都會進行相關因素的分析與評估，然而決定出製作的方案以完成工作，最後再評估方案的優缺以作改進之參考。此種方式讓學習者於教學過程中養成工作世界中應有且正確的方法與態度，實值得我們加以效仿。因此，在以天燈製作為主題的教學中，我們必須進一步的分析「天燈」教學相關因素，以便切確的掌握教學每個關鍵步驟。

以天燈為主題的「自然與生活科技」教學，其所涉及的學科領域包含「科技」、「科學」兩個部份，因此教材的分析可以就這兩部份進行：

一、天燈製作的考量因素：

天燈的製作看似非常簡單，而實際而言，只要疏忽任何一個環節因素，都會導致天燈無法順利昇空。我們將根據天燈過程中先後的步驟去思考與分析其主要的注意事項，而天燈製作的四個重要因素如后所敘：

1.天燈造形的考量

除了材料選用的考量外，天燈的造形也需加以考量，因為不同造形的天燈其容積亦會有所不同。此時，學生必須考量何種造形會使其容積成為最大，他們可以透過數學的計算、實作與測試等方式來找出最大容積的天燈造形。

2.天燈材料的選用

我們大概都會知道天燈是以紙為主體，然而紙材的種類卻是非常繁多，並非每種紙材都可以作出成功的天燈。因此，單位紙質的重量、紙張的特性等因素是我們在選定紙材時必須謹慎考量。換句話說，在教學活動的過程中，我們必須提供學生有測試紙質的活動，以使他們能夠評選出最合適的紙材。

除了紙材的選用之外，一些相關的材料也必須一併加以考量，例如：黏貼材料、底部平衡的材料等，因為這些材料也會影響天燈製作的成功與否，所以也需讓學生有思考、測試這些材料的機會。

3.製作流程的最化佳

假若沒有仔細地去思考天燈的製作流程時，通常會使一個天燈的製作花費相當多時間且很沒有效率，同時也讓學生遭遇諸多挫折之處，使得預

定的學習成效大打折扣，因此在開始製作天燈之前，必須讓學生有機會去思考各個製作步驟與相關的細節，以規劃出一個可行且具效率的製作流程，以使整個製作過程時間得以精簡。

4.天燈施放的注意事項

在天燈製作完畢之後，接著必須考量施放的注意事項，因為這個部份看似非常簡單，但其也是檢驗天燈製作的成功與否的重要步驟，雖有一些論著敘述著天燈施放的方法與注意事項，假若依其敘述的步驟來施放天燈時，常會有意想不到失敗的事件發生，此時，我們必須讓學生有機會去檢討這些方法的缺失，再去尋求適當解決問題的方法，然後讓他們整理與歸納施放方法與注意事項，以便找出適當的結論。

二、天燈昇空原理的分析

天燈經過材料選用、規劃流程、實際製作與施放等過程後，雖然可讓學生獲得完整的科技知識與技能，但學生可能對天燈為何昇空？那些因素是影響順利昇空的科學原理？這些都是學生想知道的科學原理，因此有關天燈昇空原理，我們可探討出下列所敘的因素：

1.天燈昇空浮力的產生

天燈能夠昇空是個值得探討的問題？因為它涉及諸多的科學原理，如此可讓學生學得實務與理論結合的統整性知識。天燈能夠昇空主要是由於浮力的產生，當其所受的浮力大過其整體重量時便可順利昇空，而浮力的產生係由於天燈內空氣受熱後會使其密度變小，因密度差而產生浮力。因此，在探討天燈昇空的原理時，我們會談及空氣受熱膨脹（密度變小）的原因，以及浮力產生的相關原理。

2.計算天燈昇空的影響因素

天燈能否順利昇空與天燈重量、浮力兩項要素有著極重要的關係，換句話說，當天燈所受浮力大過天燈重量時即可昇空。天燈重量等於紙材的重量與天燈底部平衡機置的重量的總和，這部份是可以藉由實際稱重而得到結果，並且可將其記錄下來。然而，浮力的大小與天燈體積、熱源的供應（密度差）同樣有著極密切的關係，即浮力為天燈體積與受熱後密度差的乘積。換句話說，當天燈體積愈大時，其所受的浮力愈大；當熱源使天燈內空氣受熱愈多，則其與燈外空氣的密度差愈大時，其所受的浮力亦愈

大，同樣，此浮力可透過數學公式來計算出其大小。

經過上述教材的分析，我們大概可將「天燈」的相關主題作一適切的釐清，以便建構出整個教學活動的進行，即是以科技活動為主軸，藉學生有機會去瞭解天燈製作過程中每個重要因素的關鍵知識與技能，然後再以科學原理探討活動去探究其所以然的原因，因此可讓學生獲得完整的統整知識與技能。

參、教學的搜集與彙整

在進行教學的規劃時，為使教學活動內容充實且具可行性，我們必須從期刊論著、網路資源等多方面去蒐尋天燈相關的資料。期刊的資料大概有三篇：即劉得劭（民 84）所著的〈從傳統天燈工藝延伸至美勞教學之例〉、劉貴賢（民 85）所著的〈天燈教學活動設計〉、施能木（民 87）所著的〈從 STS 教學途徑來教導美勞活動 - 以天燈為例〉；而提供有關天燈資料的全球資訊網站可說是不少，我們可利用搜尋網站（Search engine site）來快速找到相關資料。藉由這些資料的搜集與彙整之後，我們可獲得下列有關天燈的相關教材：

一、天燈造形選定的評估

因熱空氣而升空的天燈，其上升時除受風力因素之影響外，天燈本身的造形亦是能否平穩升空的重要條件。因此，我們可進行燈體造形的評估測試，以決定天燈升空的最佳造形為何？我們可以用下敘步驟來進行尋求適當的天燈造形：

- 1.將學生區分為五或六人為一組，並且要求每個人以四張半的全開單光紙（或薄宣紙）為材料；
- 2.要求每人製作出不同造紙的天燈燈體（例如：正方體、梯形體等）；
- 3.於無風的狀況下，將瓦斯噴燈置於燈體的正下方，然後點燃噴燈以產生熱空氣；
- 4.當燈體內熱空氣達飽和狀況時，即鬆手並且觀察燈體是否平穩且垂直的升空？還是左右搖晃且傾斜而無法升空？；
- 5.請解釋燈體無法平衡升空的原因，並重複找出解決方案及作測試，一直到解決問題為止；
- 6.請將解決問題的歷程紀錄成書面資料，同時針對所得結果作分析。

經由上述燈體造形的測試過程，我們可發現：燈體是上寬下窄的造形且

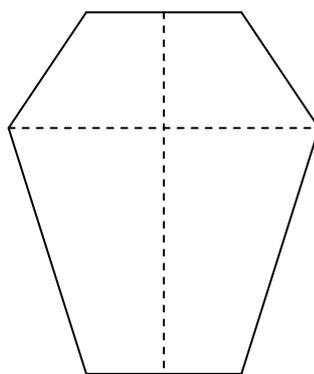
下端置有均衡重物者，其較容易昇空。其結果的分析可藉由觀察天燈、熱氣球的造形而得知，通常它們的最寬部份皆在其頂端且呈現球體形狀，這是為使其上端能夠有較多體積，來容納熱空氣以增加浮力；而其下端均放置具有重量的人或物（例如：加熱工具），加熱工具置於最下端的作用，除了使燈體內的空氣完全加熱之外，還有一個很重要的因素，就是藉著加熱工具的重量來保持天燈垂直上升時的平衡度，讓它不致於像放鬆的氣球一樣在空中翻滾。為何要使天燈保持平穩呢？主要有以下兩個考量因素：1.使天燈內的熱空氣不致散失、2.安全因素的考量。

二、天燈材料選用的評估

1.紙質材料選用的評估

我們都知道天燈的燈體其主要材料是「紙」，然而用何種紙質可使天燈順利昇空？這必須作紙質材料的評估試測工作，其實施的步驟如后：

(1)將學生區分為五或六人為一組，並指定各組選用綿紙、薄宣紙、麻將紙、牛皮紙、單光紙或其他紙質等材質中的一種為材料，以四張半的全開紙



張來製作類似鑽石形的燈體（如圖一所示）；

圖一

(2)經全體同學充分討論以決定所要評估的項目，並作為選用何種紙質優先順序的參考；

(3)再將瓦斯噴燈置於燈體正下方，然後點燃噴燈以產生熱空氣；

(4)請觀察該燈體是否有升空的現象？何種紙質的燈體其升空情形較明顯？

(5)經過上述(1)至(4)的步驟後，請將所得結果加以記錄與分析，並且說明其優缺處，以作為選擇紙質的參考依據。

經由上述燈體材料的測試過程，我們可發現：要使天燈符合「升空之機能要求」，天燈的重量是一個重要的考量因素，製作時必須使其天燈重量（即其所受重力）小於其所受的浮力，因此材料的選擇必須以「質量輕」為考量因素，因此棉紙、薄宣紙、單光紙皆是合適的材料來源；但再考量空氣的散失情形，棉紙、薄宣紙因紙質較粗糙且薄，在製作的過程中易產破洞而使空氣散失嚴重，因此，單光紙便成為最佳的材料來源。當然，除了紙質的材料之外，我們仍可思索其他不同的材料，然而其評估的方法亦可與上述的方法相同。

2.其他材料選用的評估

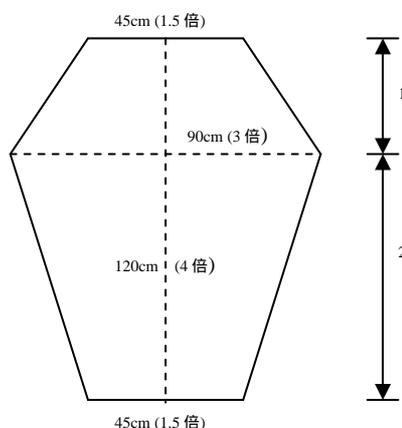
為使天燈能夠平穩的昇空，其底端開口的設計便是相當重要，因此在選擇材料時必須同時考量到「質輕」、「易施工」的特性。然而，竹材在削薄之後，仍具有相當的韌性與彈性，且在其加熱及施力加壓後，易使其彎曲為半圓形而具備有「易施工」的特性，同時其也符合「質重輕」的要求。當竹材與其他材料作比較，更易突顯其較優的特性，因此天燈開口的設計便以竹材為主。為固定該竹箴成為圓形，便以鐵絲來當支架進行支撐工作，但鐵絲有質量較重的特性，因此選用時必須考其適當的線徑數（18號較為適當），以免造成天燈總重量過重而無法升高的現象。當天燈材料選定之後，黏貼材料的選定便是相當重要，我們可用腦力激盪的方法列出可用的黏貼材料，然後類似上述 1.中的評估方法選出最佳的黏貼材料，通常我們會評選出「漿糊」做為天燈的黏貼材料。

三、天燈的製作程序

我們可將天燈製作視為一種物品的製造程序。換句話說，「製造程序」除了考量工具、資源的選用評估外，亦需妥善規劃整個物品生產的流程，以節省所需的人力、物力與時間。筆者曾經嘗試讓師院學生自由的黏貼天燈的燈體，並且與先讓學生思考整個黏貼程序後找最佳的方法作對照比較，結果發現前者所花費的時間卻是後者的二至四倍之久。雖然，嘗試錯誤亦學習過程的一種方法，然而教師卻必須懂得正確的天燈製作過程，以便在學生嘗試各種製作方法與步驟後，可給與學生經由共同討論、歸納的過程，以整理出較佳的天燈製作步驟，使他們有著較清楚的概念與技能。為提供教師於教學時的參考，筆者將經多次嘗試與修正的天燈製作步驟敘述如后（施能木，民

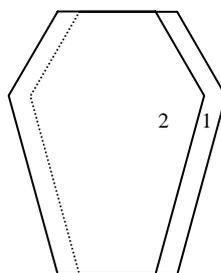
87) :

1. 先將四張矩形單光紙（或棉紙、薄宣紙）按照圖三所示的尺寸（或按原比例縮小尺寸）來畫線，並用美工刀切裁成圖三的形狀。



圖三

2. 將兩張切裁好的單光紙 1、2 以不攤開且平行錯開的形式，預留 1.5 - 2.0 公分的間隔（如圖四所示），並於單光紙 1 的間隔上均勻塗上漿糊，並順

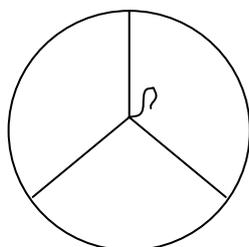


勢黏合於單光紙 2 上。

圖四

3. 把單光紙 2 未黏合的另一邊向右對折，並將單光紙 3 置於單光紙 2 之上，並且以步驟 2 的相同方式來黏合單光紙 2 與單光紙 3。
4. 重複步驟 3 的操作，將單光紙 3 與單光紙 4 黏合起來。
5. 然後，將整個未完成黏貼的燈體上下翻面，再將單光紙 1 與單光紙 4 未黏合的兩邊，以步驟 2 的相同方式黏合起來。
6. 將 47 公分×47 公分的單光紙依對角對折、對邊對折的方式折出「米」字形的折線，再將此張紙對折置於燈體頂端的上下兩邊，塗上漿糊以黏貼此兩邊，更換黏貼面以黏貼另兩邊。

- 7.於天燈外表四面繪製圖案，或書寫文字，但須注意水份不要太多以免造成天燈破裂。
- 8.將竹條削薄、加熱彎曲以作成與天燈底端開口大小的圓形（其圓周長為 $45 \times 4 = 180$ ，即天燈四個底邊長的總和），並且以膠帶固定之。然後，將圖周三等分，以鐵絲固定於竹篾內（如圖五所示）。



圖五

- 9.讓天燈底端開朝下並將竹篾置於天燈內部，在底端 4 公分部份塗上漿糊反折包住竹篾，如此完成天燈的製作工作。

四、天燈的施放

劉得劭（民 84）在「從傳統天燈工藝延伸至美勞教學之例」一文中曾說明天燈的施放步驟及注意事項，其內容敘述如后：

1.天燈的施放

- (1)將燃燒用金紙浸泡於煤油至飽和狀態。
- (2)兩人將天燈燈體撐開，由另一人將 12 張金紙插置於竹篾中央的鐵絲內，然後用火點燃金紙之四角。
- (3)燃料點燃後，將天燈底部移置地面，待天燈充氣至飽滿且有上升之感覺時即可鬆手以使天燈升空。

根據筆者實際天燈施放的經驗，為避免金紙燃燒時火焰過大而將天燈燒掉，我們可將金紙浸泡煤油後可將其對摺，然後再捲成「圓柱」（類似蛋捲的形狀），最後用鐵絲纏繞及綁住，點燃圓柱金紙的底部，如此可使火焰適中且燃燒均勻，如此天燈便可順利昇空。

2.注意事項

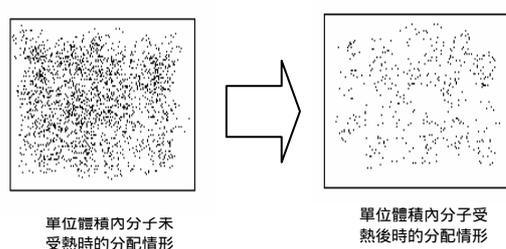
- (1)應在空曠且附近上空沒有電纜線等物的地方。
- (2)風力太大以及下雨時請避免施放，以避免升高時會產生失敗的現象。
- (3)應有教師或大人在場指導，勿使小孩單獨操作，同時準備滅火設備或裝有水的水桶。

五、天燈升空的原理

天燈的製作其原理與熱氣球相同，都是利用空氣受熱膨脹上升，而將其燈體帶動升空，為何會造成這種現象的產生呢？我們現在就探討其升空的科學原理：

1. 空氣為何受熱會膨脹？

「熱」就是氣體分子運動時所需具有的「能」，當分子運動要愈快時，其所需要的「能」就必須愈多。換句話說，當我們把一種氣體加熱時，它裡面的分子會因吸收較多的能，而使得彼此間的運動愈快，因此分子間的



距離就會愈來愈大，相對地氣體的體積就會愈來愈大，而產生所謂「膨脹」的現象。

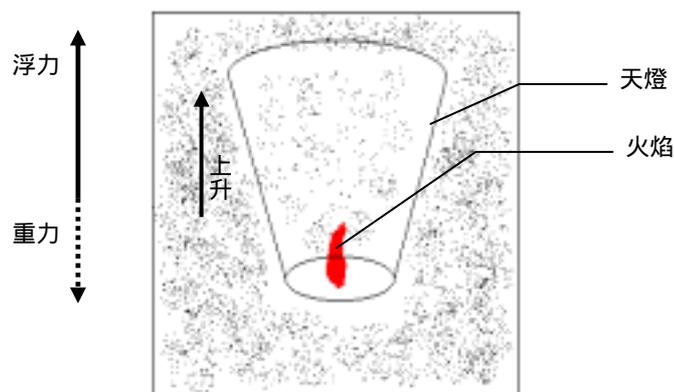
圖六

因此，同單位體積的空氣在受熱後，其密度會變小（如圖六說明）。

2. 熱空氣是如何將天燈升空呢？

天燈能夠升空其所應用到的科學原理是利用「阿基米德原理」。它的原理說明如后：當某種物體浸在某液體中時，其密度大於液體密度時會下沉，而其密度小於液體密度會上浮。同時，物體的重量會比浸入前為輕，而它減輕的重量就等於該物體所排開的液體重，此便是其所受的「浮力」。

天燈內熱空氣的密度比外面冷空氣的密度小，因此根據阿基米德原理的應用，它會獲得一「浮力」作為其上升的動力，當此浮力大於天燈燈體的重力時，其便可順利升空（如圖七）。當天燈持續升空時，高空的溫度較低，使得高空的空氣密度會變大，假若天燈仍有熱源的支持，則天燈所受浮力會變大，而讓天燈加快升空的速度。



圖七 天燈內外空氣分子數的比較

(冷空氣較重，所以不會進入天燈內)

3.究竟需要多大的浮力，才能使天燈升空呢？

一般來說，一公升空氣在攝氏 27 度時的重量為 1.2077 公克，但加熱到攝氏 80 度時的重量卻是 1.05 公克（洪惠蓀，民 70）。我們以一個容積為 1000 公升的天燈為例，其內部全是每公升重 1.2077 公克的室溫下空氣，此時空氣的總重量為：

$$1.2077 \times 1000 = 1207.7 \text{ 公克} \quad (\text{A}) \text{式}$$

當我們將天燈內的空氣加熱至攝氏 80 度時，則此時的空氣總重量為：

$$1.05 \times 1000 = 1050 \text{ 公克} \quad (\text{B}) \text{式}$$

由(A)、(B)兩式的差可知空氣所產生的浮力為 157.7 公克，因此只要製作天燈的材料其總重量小於 157.7 公克，就可使天燈順利昇空。

換句話說，我們可以利用上述的「數學運算」程序，精準地計算出天燈的容積與其重量的大小，並比較出其浮力與重力的關係，以作為預估天燈能否升空的重要依據。當然，當天燈容積愈大時，其所產生的浮力就會愈大，如此天燈就會更容易升空。

肆、教學策略的運用

教學策略是教學活動進行的方針，教師可依其教學理念選用合適的教學策略，以使其教學活動得以順利進行，並且達成既定的教學目標，所以教學策略的選用會關係到教學成效。我們將進一步談及一些教學策略以供應用，其內容如后所述：

一、科技教育的教學策略

由於科技本身就是善用各種材料、機具、資源、知識和創意等以解決人類實務問題的學門 (discipline) (李隆盛, 民 86), 因此, 科技教育的主要任務在充實學生的科技素養, 以解決現在和未來的各種實務問題, 所以問題解決乃成為科技和科技教育的目的與內容 (intent and content)。為強化學生創造思考的能力和知識、技能、態度三者的均衡發展, 實有必要將強調「從做中學」的概念改為強調「以思考為核心的從做中學」(learning by doing with thinking in core) 的概念 (李隆盛, 民 75)。因此, 我們在設計科技教學活動時必須注意下列事項: 1. 著重學生的參與經驗 (participatory experience), 2. 力求機具簡單、材料儉省, 3. 鼓勵學生創造思考 (李隆盛, 民 83)。總之, 科技教育課程是要充實學生日常生活所需的科技素養, 能善用知識、創意、機具和材料等資源, 探索科技及科技所衍生的問題, 以因應科技社會生活上的需要, 因此在教學上強調採取問題解決的教學策略, 並重視科際整合 (interdiscipline) 的縱橫連繫。

Kemp 與 Schwaller (1988) 認為科技教育的教學途徑 (approach) 與展示系統 (delivery system) 間有著非常密切的關係 (如表一所示), 在表的左側是教學途徑, 而上端則是展示系統。當科技教師在決定教學策略時, 他必須選擇表中的一個或多個方格, 例如: 教學途徑是概念學習, 其展示系統可是「正式的講述與示範」, 但也可以是其他的展示系統的結合使用。至於教師如何正確地選擇展示系統, 端視科技的型態、目標、概念、可運用設備、及學生的學習層次等因素而定。

表一：科技教學策略的選擇表

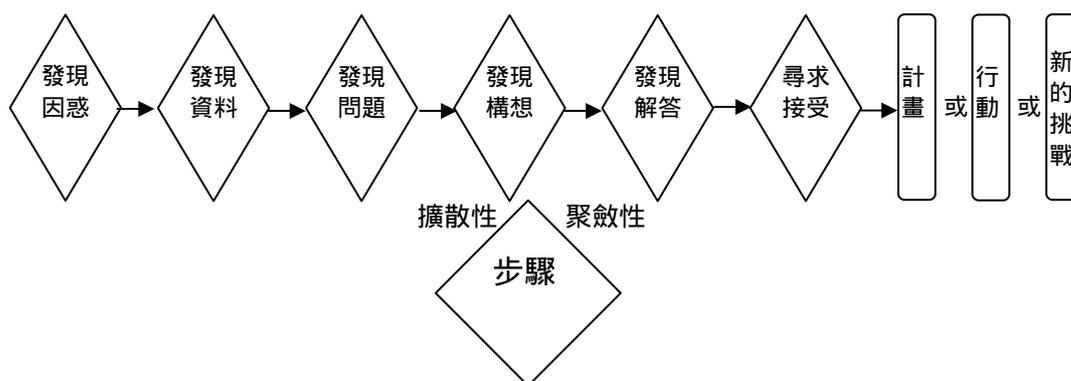
展示系統 教學途徑	正式的講 述與示範	合作團體的 互動技術	發現、探究與 實驗	遊戲與模擬
概念學習途徑				
科際整合途徑				
社會文化途徑				
解決問題途徑				
科技系統整合途徑				
工業詮釋途徑				

就科技教學而言, 教師應了解各種教學策略的經營與運用, 而對解決問題策略的運作更熟悉明瞭, 而在教學上應結合數學、自然科學、社會科學所

學的知能，教材避免分項分目的單獨使用，並且相關的圖書館教學媒體應多充實，使評量呈現多樣化，達到教學評量的真正目的。

二、創造性解決問題的教學策略

創造性思考是指個人能夠產生對本身具有價值的新構想和新領悟的思考。雖然同樣的構想已經被其他人想過，或者這些構想並不被認為有價值，但是只要人們能夠想得出來，而且也能滿足他們的需要與欲望，這樣仍然是具有創造性的（呂勝瑛、翁淑緣，民 80）。有關創造性思考的界定，依基爾福（J. P. Guilford, 1977）的智力結構模式而論，主要涵蓋：運作（心智的功能，包括認知、記憶、評價、聚斂性思考及擴散性思考）、內容（心智運作的材料，包括圖形、符號、語意、行為）及產品（資料處理的結果，包括單位、類別、關係、系統、轉換、應用）為智力結構的三個分析向度（王振德，民 86；毛連塏，民 86；郭有遙，民 83）。而帕尼斯（S. J. Parnes, 1967）針對創造性思考亦提出創造性問題解決模式（creative problem solving）（如圖八所示）。



圖八：創造性問題解決模式（引自陳龍安，民 87，67 頁）

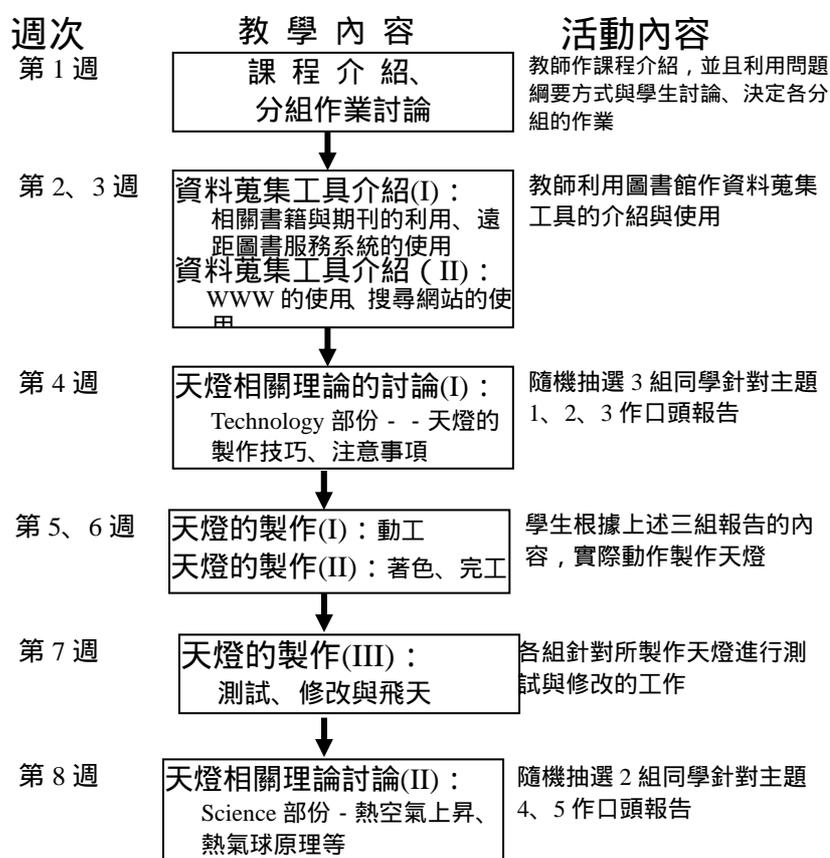
由圖八可以瞭解創造性問題解決的過程中的五個步驟，圖中的菱形表示每個步驟中嘗試用不同的處理方式時，再產生擴散性思考（divergent thinking）和聚斂性的思考（convergent thinking）。奧斯朋（A. F. Osborn, 1963）亦提出腦力激盪術（brain storming）強調利用集體思考的方式，使思想互激盪，發生連鎖反應，以引導出創造性的思考（陳龍安，民 87）。依小組成員對事物所提出的廣泛構想，再評估其合理性與可行性，以決定其是否暫時保留、修改、放棄或決定採用。

伍、教學規劃與評量方式

一、教學規劃

科技是「善用各種材料、機具、資源、知識和創意等，以有效解決人類實務問題，改善人與環境間的關係」的學門，而科技教育是在學校提供一個學習科技的認知、程序、應用及態度的學程，讓學生從實做導向的教學活動中培養所需的科技素養及問題解決的能力，進而了解科技對人、社會、文化的影響層面。因此，我們在設計科技教學活動時，必須考量到科技教育「做中學」、「問題解決」的特性。然而，因應國教九年一貫課程的改革，科技與自然科學統整成「自然與生活科技」的學習領域，因此在設計教學活動方案時必須自然科學與科技合科教學的方式，如此的教學活動方能提供學生一個完整且整合的知識。

根據上述科技教學活動的設計理念，以及先前所作的教材分析、教材蒐集與彙整、教學策略的選用等部份後，我們接著可進行各個教學單元實施順序的安排與規劃。大致而言，我們可以獲得如圖九的教學活動實施流程圖，如此可使用整體教學活動的輪廓得以明確及完整。



圖九 天燈教學活動實施流程圖

二、評量方式

教育部（民 87）所公佈的「國民教育階段九年一貫課程總綱綱要」中曾論及評量方式應採取多元化方式實施，兼重形成性和總結性的評量。然而，以往傳統的學習評量大都採用標準化紙筆式測驗或教師自編的課堂測驗，但為因應九年一貫課程的改革，評量方式實有必要趨於注意彈性的、變通的、多元化的評量（簡茂發，民 88），而「實作評量（Performance Assessment）」、「卷宗評量（Portfolio Assessment）」正符合上述評量方式的要求。

實作評量是根據建構主義所發展的評量方式，其主要概念起源於情境認知（situated cognition）理論和認知學徒制的學習理念，而評量的方法可包含紙筆作業、問卷、檢核表、報告、教師觀察、晤談、問答討論、實際操作、演示、問題解決和群體合作計畫等等（蘇義翔，民 87）。同樣地，實作評量除著重於將所學所知表現在具體的成果以及應用過程上之外，它也著重高層次能力，如思考、分析、組合、判斷，表達能力的啟發，以及思考過程和邏輯推演的程序的考量。實作評量正可符合科技教學的特性，以評量出學生真正的學習成效。

目前國內對於「Portfolio Assessment」還沒有統一的譯詞，但一些學者們（吳清山、林天祐，民 86；吳毓瑩，民 87；鄭麗玉，民 87）較常以「卷宗評量」表示之，但也有學者們（張振成，民 86；簡茂發，民 88）以「檔案評量」表示之。卷宗評量係指學生經由教師的指導，以有系統的方式來收集作品，並將其置於資料夾內，最後再由教師根據一些標準予以評量，以了解學生的學習過程與狀況（吳清山、林天祐，民 86）。陳啟明（民 88）認為：卷宗評量的最大特點之一便是「重視過程學習和學生參與的評量方式」，而此特點也正是目前的傳統評量所欠缺的，因此往後傳統評量應可朝向此方向來加以改進、發展。然而，卷宗評量必須配合評量要點（Rubric）的方式來進行評量，如此可使評量更趨於完善。

基於以上所論述的論點，我們將配合實作評量、卷宗評量的理念設計相關的教學單（如附錄所示），並且於教學之初跟學生們討論相關的內容，以決定出最適切的學習與評量方式，如此可真實地評量出學生的學習成效，使教學活動能夠完整地呈現與實施，同時設計的過程皆能切合九年一貫課程各項設計的要義。

陸、結語

自然與科技可說是一體的兩面且相互衍生，假若僅教導學生自然的知識與技能，如此似乎缺乏與實際生活經驗相關連的驗證機會；但僅教導學生科技的知識與技能，似乎會產生「知其然，而不知所以然」的現象。因此，唯有藉由合科、統整的方式教導「自然與生活科技」的知識與技能，讓學生透過實際的探索與操作活動，獲得日常生活解決問題的能力，並且能清楚的瞭解其科學原理與科技程序。總之，「自然與生活科技」的合科教學可讓學童獲得整合性知識與技能，且教學內容能與其生活經驗相結合，以培養其問題解決的能力，使得學生在未來的科技社會中，不僅是科技的使用者外，亦能成為科技問題的解決專家。所以，本文乃在提供中小學教師一個落實「自然與生活科技」教學設計的範例，讓中小學教師能有例可依循且能設計更多的教學活動方案，以使得「自然與生活科技」教學得以落實。

參考書目

- 陳啟明(民 88)：另類的教學評量--「卷宗評量」。教育實習輔導，5(1)，78-84。
- 吳毓瑩(民 87)：我看、我畫、我說、我演、我想、我是誰呀？- 卷宗評量之概念、理論、與應用。教育資料與研究，20，13-17。
- 吳清山、林天祐(民 86)：卷宗評量。教育資料與研究，15，19。
- 鄭麗玉(民 87)：教學評量的改革。教師之友，40(1)，23-33。
- 蘇義翔(民 87)：實作評量的理論與啟示。測驗與輔導，149，3099-3102。
- 張振成(民 86)：教學評量的新趨勢：實作評量與檔案評量。中等教育，48(6)，90-94。
- 簡茂發(民 88)：多元化評量之理念與方法。教師天地，99，11-17。
- 教育部(民 87)：國民教育階段九年一貫課程總綱要。台北市，教育部。
- 劉得劭(民 84)：從傳統天燈工藝延伸至美勞教學之例。國民教育，35(5/6)，44-49。
- 任潔芳(民 88)：生活何處無素材？。康軒教育雜誌，35，8-13。
- 施能木(民 88)：淺談九年一貫課程中「自然與科技」教學的落實。國教之聲，32(3)，40-46。
- 施能木(民 87)：以 STS 教學途徑來教導美勞教學活動 - 以天燈製作為例。國教輔導，37(6)，10-14。

- 劉貴賢(民 85)：天燈教學活動設計。中學工藝教育，29(3)，30-33。
- 李隆盛(民 75)：我國國中階段工藝課程發展之探討。中學工藝教育，19(5)，2-10。
- 李隆盛(民 83)：“Technology”的中文名字是「科技」。中學工藝教育月刊，27(1)，1。
- 李隆盛(民 86)：用空與落實 - 設計與實作並重。中學工藝教育，36(6)，1。
- 呂勝瑛、翁淑緣(民 80)：創造與人生。台北市：遠流。
- 郭有適(民 83)：創造性的問題解決法。台北市：心理。
- 王振德(民 86)：創造力三面模式評介 - 兼論創造力的本質與研究取向。資優教育，64，1-5。
- 陳龍安(民 87)：創造思考教學的理論與實際。台北市：心理。
- 洪惠蓀(民 70)：航空模型製作圖解。台北市：五洲。
- Kemps, W. H. & Schwaller, A. E. (1988). Instructional strategies for technology education. CA : Council on Technology Teacher Education.

附錄 - 學習卷宗的範例

自然與生活科技的學習卷宗

天燈的研究



班級：

姓名：

學習單 1：確認學習主題

一、確認學習的內容

1.我所要完成的老師指定作業是什麼內容？

2.完成老師指定的作業，我可利用的那些資源且其限制又是什麼？

(1)時間：

(2)材料：

(3)評量標準：

二、資料的蒐集與分析

1.我所蒐集到有關天燈的資料有那些？

編號	資料項目（名稱）	選取原因	資料類型

2.我還可以蒐集到其他有關天燈的模型或報導資訊？

3.我還需要蒐集其他的資料嗎？ 不需要 需要

如果需要的話，會是那方面的資料呢？

三、在這個單元中，我學到那些知識與技能？它對我後續學習是否有幫助？

學習單 2：天燈造形的評估測試

一、燈體造形的測試

天燈燈體能夠順利昇空，其牽涉的因素相當廣泛，造形是一個重要的因素，請以單光紙（或薄宣紙）為材料進行下列測試：

- 1.請各以四張半的全開紙紙，製作出五種不同造形的紙袋；
- 2.再將瓦斯噴燈置於紙袋正下方，然後點燃噴燈以產生熱氣；
- 3.請觀察該紙袋是否有升空的現象？何種造形的紙袋其升空情形較明顯？
- 4.經過上述 1、2、3 的步驟後，請將所得結果記錄於表一內。

表一：天燈紙質測試結果的評估表

造形	升空的狀況	比序

註：比序係指紙袋升空明顯程度，1 代表最佳，而 5 代表最差。

- 5.你能否說出升空較明顯紙袋的特徵？請將你的結果記錄在下面空白處：

二、燈體平衡問題的解決

- 1.當我們在作一的測試時，在燈體內熱空氣達飽和狀況時，就立即鬆手並觀察燈體是否平穩且垂直的升空？還是左右搖晃且傾斜而無法升空？請說明你的觀察：
- 2.請與組內同學討論紙袋無法平衡升空的原因，並且寫下你們討論出的原因：

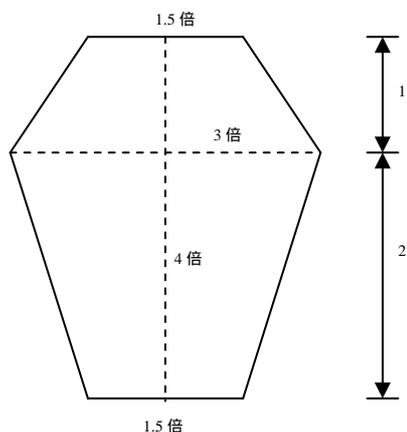
找出解決方法及重覆作測試一直到解決問題為止。請寫下你們最後所用的方法：

- 三、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

學習單 3：天燈紙材的評估測試

一、紙測的測試

我們都知道天燈的燈體其主要材料是「紙」，然而用何種紙質可使天燈順利



昇空？這必須作紙質材料的評估試測工作，其實施的步驟如后：

- 1.請小組中每位同學個別挑選綿紙、薄宣紙、麻將紙、牛皮紙、單光紙或其他紙質等材質中的一種為材料，以四張半的全開紙張來製作鑽石形的紙袋(如圖所示)；
- 2.經全體同學充分討論以決定所要評估的項目，並作為選用何種紙質優先順序的參考（依序填入表內）；
- 3.再將瓦斯噴燈置於紙袋正下方，然後點燃噴燈以產生熱空氣；
- 4.請觀察該燈體是否有升空的現象？何種紙質的紙袋其升空情形較明顯？
- 5.經過上述 1、2、3、4 的步驟後，請將所得結果記錄於表內。

表一：天燈紙質測試結果的評估表

評估標準 與結果	評 估 標 準					升空狀況	紙袋重量	比序
	1.	2.	3.	4.	5.			
材料								

註：比序係指紙袋升空明顯程度，1 代表最佳，而 5 代表最差。

6.請你找出可以升空的紙袋，並寫下紙材的名稱：

7.你能否找出這些可升空紙袋的重量，並且歸納出在那個重量以下的紙材可作為天燈的材料，並寫下你所作的結論：

8.請重新再檢視表中的內容，看看是否有與你所結論有所違背的紙材？寫下該紙材的名稱：

9.請找出為何該紙材無法明顯升空的原因，寫下你解決該問題的方法：

請寫下你所找出的原因：

二、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

學習單 4：天燈黏貼材料的評估測試

一、黏貼材料測試

- 1.當天燈材料選定之後，黏貼材料的選定便是相當重要，請以腦力激盪的方法列出可用的黏貼材料，請寫下你們所選出的黏貼材料：
- 2.請經過充分討論以選定一種可行的評估標準？以便選出最佳的黏貼材料；
- 3.請藉由實際動手貼黏棉紙（或單光紙）來獲得結果，並將所得的結果填入表內。

表三：天燈黏貼材料測試結果的評估表

評估標準 與結果 材料	評 估 標 準					黏貼牢固程度	比序
	1.	2.	3.	4.	5.		

註：比序係指黏貼牢固程度，1 代表最佳，而 5 代表最差。

- 4.你會選用那種黏貼材料？原因何在？請寫下你的看法：

二、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

學習單 5：天燈黏貼程序的選用

一、天燈黏貼程序的找尋

天燈黏貼是個複雜的程序，假若沒有找出一個可行的方法會很費時。因此，請你與小組同學們討論出有效率的黏貼程序。

- 1.請列出你們所討論的黏貼程序，再利用 A4 紙張按比例裁出適當大小，並且依據你們的方法黏貼看看，以決定出它是可行。如此，以找出可行的黏貼程序。請寫下你們找出的黏貼程序（以繪圖說明）：

- 2.這樣的方法真得很有效率？還是有其他更具效率的方法？請寫下你的看法：

二、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

學習單 6：天燈升空的原理

一、天燈升空的原理

天燈昇空的原理與熱氣球相同，都是利用空氣受熱膨脹後產生浮力，而將其燈體帶動昇空，為何會造成這種現象的產生呢？我們實有必要探討其昇空的科學原理，因此請查閱科學百科全書、科學原理的相關書籍或電腦網路等資源，回答下敘所列之問題並註明資料的出處：

1.空氣為何受熱會膨脹？其科學原理為何？

2.天燈內的空氣受熱後如何產生浮力？其應用的科學原理為何？

3.究竟需要多大的浮力，才能使天燈昇空呢？

4.施放天燈的活動為何通常是在山谷的冬天（農曆正月十五日）舉行？

二、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

國小創造性問題解決教學應用—以吸管滑翔機為例

林孟逸

國立高雄師範大學工教所暑期教師在職專班

摘要

在我們生活的週遭，常常會面臨到許多的問題，如何透過創造思考來解決這些問題，不但是未來的科技教育的趨勢，也是九年一貫自然與生活科技課程目標之一。本教學活動，採用創造性問題解決模式(CPS)，除闡述創造性思考教學的概念、策略與問題解決能力的涵義之外，並試舉「吸管滑翔機」教學活動設計來說明創造性思考教學與問題解決能力在國民小學科技教育中之應用，希望能在學生心智成長過程中，增進獨立思考、解決問題的能力，並激發及開展潛能。

關鍵詞：CPS、吸管滑翔機、創造性問題解決模式

壹、前言

人類之所以能夠主宰地球萬物，乃因善於運用各種機具、材料、方法、知識加上各種解決問題的技巧，與無限的創意思考，因此科技方能不斷演進及更新，文明也不斷的向前邁進。近幾十年來，科技文明、知識創新的腳步更是一日千里，面對這樣一個講求知識經濟、快速變遷的時代，不論是創造思考、批判思考或問題解決之能力，皆是未來世界公民的重要基礎能力。因此，學校教育要能從教學中透過思考、討論來培養學生創造思考、解決問題的能力(林美嬌，2005)。而教育部九年一貫生活科技的教育目標也指向讓學生學會如何去進行探究活動：學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判，也培養出批判、創造等各種能力。特別是以實驗或實地觀察的方式去進行學習，使我們獲得處理事務、解決問題的能力。也了解到探究過程中，細心、耐心與切實的重要性。本教學活動設計除闡述創造性思考教學的概念及策略與問題解決能力的涵義之外，並試舉「吸管滑翔機」教學活動設計來說明創造性思考教學與問題解決能力在國民小學科技教育中之應用，以提供教師教學之參考。

貳、創造性問題解決 (Creative Problem Solving, CPS)

創造性問題解決(簡稱 CPS)最早是 Osborn 和 Parnes 在 1950 至 60 年代率先提出,爾後由 Treffinger、Isakn 等人修訂。Osborn 受到 Wallas 創造過程四階段說的影響,於 1953 年提出出創造過程的七個階段:問題說明、準備、分析、假說、醞釀、綜合、驗證。1966 年 Osborn 的同事 Parnes 提出較為清楚的 CPS 描述:發現事實、發現問題、激發想法、發現解答、尋求接受,其最大的特色是每一個階段都先進行發散思考,以免遺漏任何可能的答案,再進行收斂思考,以從諸多可能解答中找出最佳者(引自湯偉君、邱美虹,1999)。Treffinger 和 Isaksen 在多年的實務運用經驗之後,將 Parnes 之 CPS 模式修改如下(毛連塏,1988):

- 1、發現困惑:從事實中分析已知的線索。
- 2、發現事實:蒐集資料、客觀的觀察並探究事實。
- 3、發現問題:從各種觀點思索可能的問題,漸漸縮小範圍到主要問題並擬定主計畫與次計畫。
- 4、發現點子:使用腦力激盪擴散思考以產生多種解決方法
- 5、尋求解答:發展評估的準則客觀評估各種解決方法。

1987 年 Treffinger 和 Isaksen 把 CPS 六個階段組合成三個成分六階段,這六個階段具體的步驟為(引自王美芬、熊召弟,2005):

一、了解問題(understanding the Problem),包含了下列三個階段:

- (一)察覺狀況:確認並選取問題,在未明朗的事實情境下,找出困境的問題。
- (二)尋求資訊:採用6W策略(who、what、where、when、why、how)進行相關資訊的搜集,找出重要的事實、想法、相關事物和議題。
- (三)澄清問題:發現、確認特定的目標或問題,儘量先激盪出各種可能的問題,再選擇一個最具有挑戰性與興趣或最有可能被處理的問題。

二、激發想法(generation of idea):

「尋求想法」:可盡量想出各種主意、方法,無論多麼怪異皆可,勿立即做評判,最後檢視、選擇一個較適宜的方法。

三、行動計畫(planning of action):

(一)「尋求解法」:首先發展出一套評鑑的標準,去評估前一階段所選擇

的方法，評估後選出較適宜的方法。

(二)「尋求接納」：接受所決定的方法，發展出行動計畫。要考慮可能幫助計畫進行的各種因素，再擬定一個可行的行動計畫。

他們強調，在 CPS 每一階段的展開及結束之前，個體主要的思考方式分別是發散思考和收斂思考，發散思考的運用規則是「延緩判斷」(deferred judgment)，收斂思考的運用規則是「肯定判斷」(affirmative judgment)，這二條規則是貫串整個 CPS 的根本規則(ground rule)，掌握這二條規則，即掌握 CPS 的精髓(洪振方，無日期)。

1994年以後CPS朝向非線性之循環模式發展(如圖一)，在其中，並強調在執行過程要能時時評價任務及計畫之可行，Howe及湯君偉研究非線性CPS，指出其特性(引自洪振方，無日期)：

- 一、利用多階段方式循序達到創意解題之目的。
- 二、每一階段都使用收斂思考(批判思考)和發散思考(創造思考)。
- 三、每一階段皆始於發散思考，再行收斂思考；後者在於評價、澄清、及聚焦前者生成之結果，並為下一階段思考的內容作準備。
- 四、可適用於小組也可適用於個人解題。
- 五、可以只使用局部的階段。
- 六、各階段不必依固定程序進行。
- 七、各步驟不必依線性程序進行，可以螺旋式的交互呈現。

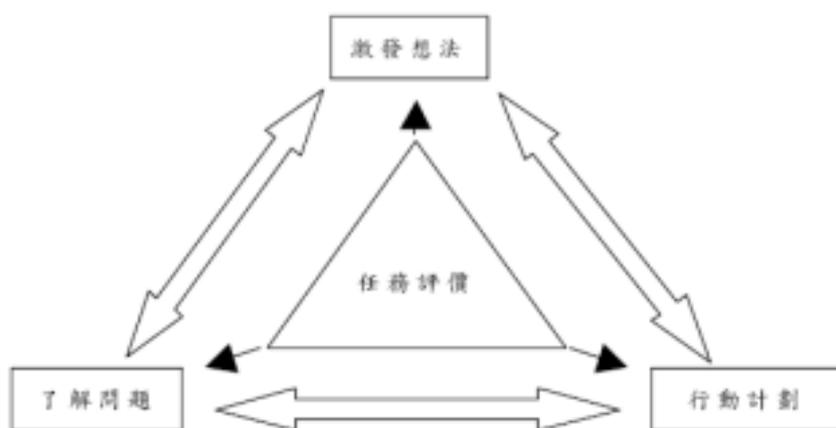


圖1 Treffinger,Isaksen,Dorval之CPS非線性模式

資料來源：引自「探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探」，洪振方，無日期。

CPS自Osborn和Parnes提出後，經歷了六個階段的發展歷程，下表為各版本CPS的概要整理，注重在各模式的圖像表徵及基本原理上。

表 1 CPS 六個階段的發展歷程

主要版本	時間	促成改版的歷程	改版結果
一	1942-1967	需要一個明確的創造過程	CPS 最初的模式和初級指導手冊及激發點子的工具
二	1963-1988	需要一個有效教學課程去深思熟慮發展創造的天賦	創造研究計劃(Creative Studies Project)及出版CPS教學教法
三	1981-1986	當學習和應用CPS，需要去滿足(address)各人的差異和情境(situation)爭議	加入發現困惑(Mess-Finding)階段，包括明確指出問題解決者個人方向、發生的環境、任務的重要概念。
四	1987-1992	顧及CPS 各種情境及特殊的應用，包括不同情境背景、複雜的創造性機會和挑戰	發展和分群組成三個主要 CPS 過程成份(component)
五	1990-1994	需要去回應認知科學和文體論的(stylistic)差異	中立描述CPS 及介紹任務的評估
六	1994以後	需要從評估任務產生有系統的方法及設計一個過程	整合人、內容、想要的結果，成為CPS的架構，平易近人的語言去描述系統

資料來源：引自「實施創造性問題解決融入國小自然與生活科技領域教學之行動研究」，吳麗珍，2005。

其實，創造性問題解決的歷程因人而異，並沒有一個固定的模式，但創造的發生必須對於問題有關的各項事實有明確的概念及認知，繼而應用各種心智能力去發展對問題的解決方案，最後發現及驗證有效的方案，並付諸實施(陳龍安，1984)。

參、創造性問題解決教學策略

在 CPS 教學上有兩個基本假設，每個人都有某種程度的創造力，也都可以經由教育來增加，一個人若沒有知識則不能創造，知識在創造力培育中非常重要。老師能夠教導創造行為，必須要建立自由表達的環境，鼓勵幽默，要求思考的質和量(洪文東，2000)。每個人一生中會遇到許多不同的困惑與瓶頸，具備創

造思考的人，便能夠在許多天馬行空的創意中，找出解決之道，而這種基本能力必須從小培養起，如此方能適應未來競爭的時代。

1998 年 Treffinger 和 Feldhusen 提出的多種思考教學模式來學習和運用 CPS。有三個普通面向是要考慮的：教學的環境、後設認知(如監控調整你的思考)、個人特色(如興趣等)。三個教學重要的面向：基本訓練(foundation)、逼真的任務(realistic task)、真實生活機會及挑戰(real life opportunities & challenges)。這三個面向是彈性非螺旋式、非規律次序的使用(吳麗珍，2005)。

就「基本訓練」而言，包括了擴散思考，收斂思考的學習，學習者必須經常使用這兩種思考方式，為各種事件找出適合的解決方案，擴散思考可以將想像力天馬行空的發揮，而收斂思考則必須將擴散思考所得的各種想法加以分析其優缺點，並決定出明確可行的方案。

「逼真任務」為基本訓練的延伸，目的是加強人們練習運用 CPS 以面對真實生活問題所需要的方法、策略。它往往被設計成中小學生覺得是有趣的、可參與的和可被接受的「虛擬問題」，這些問題不一定與學習者有直接相關，透過這些「問題」的練習，將使其對 CPS 的應用(三成分六階段、擴散聚斂思考)更加熟悉，最重要的是培養成功運用 CPS 的能力和信心。Treffinger 於 2000 年出版「創造性問題解決的練習集」(Practice Problem for Creativ problem solving)收集了 50 題練習題，就是「逼真任務」的例子(吳麗珍，2005)。

CPS 最終的目標是要達成「真實生活機會及挑戰」，讓學習者能在真實生活中靈活運 CPS 的方法，正確的解決各種與自己相關問題，建立解決問題的自信心。

肆、創意思考工具

自從 Osborn 發明世上第一種創造思考工具—腦力激盪法以來，有關工具有數百種之多(吳麗珍，2005)。潘裕豐(2006)參考多位學者的研究，將創意思考工具分為「使流暢的思考方法」、「變通的思考」、「獨創的思考方法」和「精密的思考方法」，筆者將這些策略整理於表二，供讀者參考，並簡述本教學設計所用之「腦力激盪術」及「心智繪圖法」。

表 2 創意思考工具

創意思考策略	提出者或發源地	技巧簡述	
流暢的思考方法	腦力激盪法	Osborn	以集體擴散性思考的方式，產生大量的想法
	自由聯想法	Parnes	以個人的知識經驗為基礎，運用聯想技巧，由一事物聯想到另一事物，重新建立事物間新且有意義的架構系統。
	心智圖法	Tony	採用圖誌式的概念，用線條、圖形、符號、顏色、文字、數字等各樣方式，將意念和訊息快速地用上述各種方式摘要下來，並成爲一幅心智圖。
	列舉法	Crawford	利用事物或問題的某一特性一一舉出，再針對列出的項目一一提出改進的方法。
	六頂思考帽	deBono	將思考明確化、簡單化，以六頂不同顏色帽子來扮演六個思考者的角色，轉意圖爲表現。
變通的想法	要因分析法(魚骨圖法)	石川馨	決定評價的特性，依照一級、二級原因等，完成魚骨圖
	卡片法	人川喜田二郎	將所採納的問題，利用思考單元化，單元思考卡片化，卡片群島化三個原則來組成腦力激盪後的問題解決法。
	型態分析法	Zwicky、Allen	以結構的分析爲基礎，使用組合技術，來產生更多的新觀念。
	檢核表技術	Osborn、SCAMPER、張立信	從一個與問題或題旨有關的列表上來旁敲側擊，尋找線索以獲得觀念的方法。
獨創的思考法	分合法	Gordon	利用隱喻(metaphor)或類推(analogy)的方式，幫助團體討論時能有效分析問題並產生各種不同的觀點。
精密的思考法	結合6W 和曼陀羅思考技法	印度	結合 6W(What、Why、Who、Where、When、How) 和曼陀羅思考技法

態度思考的技法	冥想技法	春山茂雄	集中注意力，以增強記憶力，及創造力。
	演劇型法		經由演劇的練習，小集團的演出，培養對事對人的感受力與直覺能力，有助於創意的擴散與集中精神於事物身上。
	角色扮演法		經由角色扮演的的方式瞭解思考的多元性、體認每個人有時會因為價值觀或環境而產生思考的障礙，而無法做較周延的思考。

資料來源：整理自「為何及如何做創意教學」，潘裕豐，2006。

一、腦力激盪法(Brainstorming, BS)：

「腦力激盪」法，是由 Osborn，是為了解決企業所面臨的危機，召集所有員工共同想辦法解決，目的在找出新的出路，這種方法有別於傳統討論法，係指在團體中經由集思廣益提供各種意見，用以解決問題的一種方式，又稱「集思廣益」法。

使用時必須遵守四個原則：1.確定問題後即鼓勵團體中的所有成員，在無壓力的氣氛下自由運轉思考，提供異想天開的意見，甚至荒誕不經的創新想法或點子都受歡迎，以突破傳統的桎梏；2.儘量運用「組合」和「修改」的方式，利用別人的靈感，激發新的構想，數量愈多愈好；3.任何意見無論是否切題中肯，暫時均予以接納並作紀錄，在意見未窮盡之前，不對任何意見予以評價；4.俟所有意見齊備後，再從所有意見中選擇、擴充、修改而後眾議公決，選出最佳的意見(陳寶山，2005)。

由此可知，腦力激盪法是集合大眾擴散思考的方式，產生最多的點子，再經批判性收斂思考，選出最佳的方式，這是一個十分有效率的創意思考方式，俗話說三個臭皮匠勝過一個諸葛亮，道理就在這裡。

二、心智圖法(Mind Map)：

心智圖法由Parnes於1967首先提出，是一種刺激擴散思考及幫助整合思想與訊息的方法，也可說是一種觀念圖像化的思考策略。此方法主要採用圖誌式的概念，用線條、圖形、符號、顏色、文字、數字等各樣方式，將意念和訊息快速地用上述各種方式摘要下來，並成爲一幅心智圖(潘裕豐，2006)。

心智繪圖的特性(魏靜雯，2004)：

- (一) 心智繪圖是由中心向四周分支擴散，愈靠近中心的概念屬於愈重要的概念。
- (二) 心智繪圖在概念叢集(cluster)與概念叢集間可透過橫向連結(cross link)加以連結。
- (三) 心智繪圖沒有聯繫詞，只有概念，能讓學生以更精準的辭彙做跳躍式思考。。
- (四) 心智繪圖以文字及弧線呈現，而且強調符號、色彩，且有大量的圖像，能刺激學生的擴散思考能力。

心智繪圖的繪圖方式為：

- (一)把主題擺在中央。
- (二)向外擴張分枝，近中央的分枝較粗，相關的主題可用箭號連結。
- (三)使用「概念關鍵字」表達各分枝的內容：心智繪圖目的是要把握事實的精粹，方便記憶，所以不要把完整的句子寫在分枝上。
- (四)使用符號、顏色、文字、圖畫和其他形象表達內容，圖象愈生動活潑愈好。

除了使用紙筆來畫心智繪圖外，目前市面及網路上有許多心智繪圖軟體如 MindManager X5、Mindman 等，都可以讓使用者輕鬆的增減、修改；另外台北縣 K12 數位學校(<http://tpc.k12.edu.tw/1001214772/mindman.htm>)則有 Mindman 心智繪圖軟體的使用錄影檔，讓初學習者很快入門。

K12 數位學校是由國立中山大學資訊管理學系陳年興教授，接受教育部卓越計畫的支持而開設。其平台採用雙元模式，以兩個方向同步進行：一個是促進教師專業成長，除了開設結構性的課程以提供教師進修外，也建立教師相互分享與成長的學習群體；另一個方向為讓教師修習課程後，能夠將平日的教學活動與數位學校結合，將學生帶入 K12 數位學校來進行教學，以真正落實資訊融入學科教學的理想。台北縣數位學校網址為 <http://tpc.k12.edu.tw/>，讀者可到該網去挖寶，相信可以有許多的收穫。

伍、教學活動設計

一、教學理論依據：

本單元設計依據 Treffinger 等人於 1994 年提出的非線性 CPS 模式及教學策略，配合 Osborn 提出的「腦力激盪法」技巧與「心智繪圖」輔助工具，以期激發學習者的創造靈感及系統的問題解決能力。一方面培養學生的科技素養與知能，另一方面增進學習者未來的生活調適能力。

二、工具及材料：

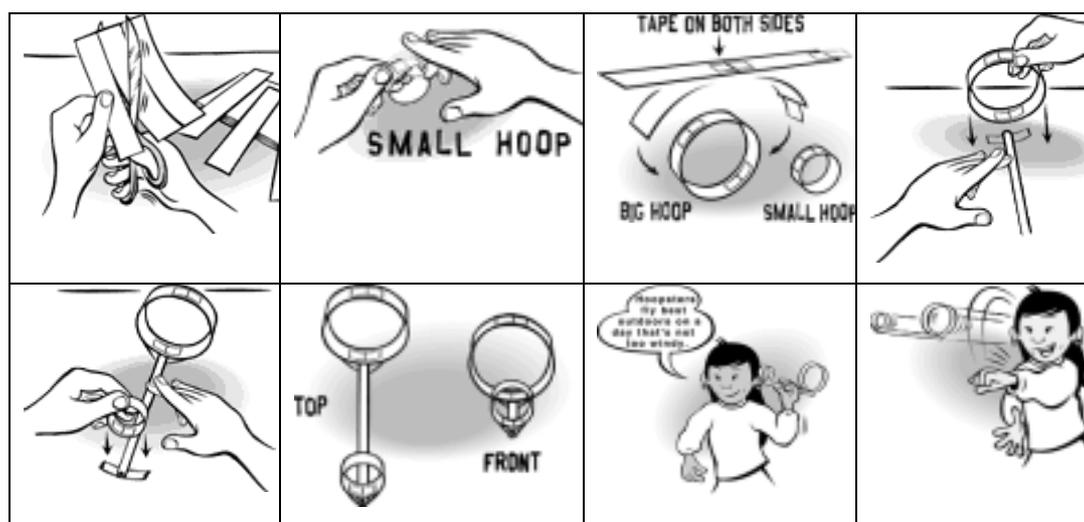
表 3 工具及材料

名稱	規格	單位	數量	備註
吸管	一般吸管	枝	5	
影印紙	A4	張	3	儘量使用廢紙
膠帶	小	卷	1	
剪刀		枝	1	

三、製作方式：

- (一)將影印紙剪成 3 長條。
- (二)將其中兩條以膠帶接黏成大圈圈、另一條黏接成小圈圈。
- (三)將大圈圈和小圈圈由膠帶黏貼處，黏貼在吸管前後兩端，即可完成滑翔機的組合工作。

圖 2 吸管滑翔機製作流程圖



資料來源：2007年8月26日，取自

http://www.exploratorium.edu/science_explorer/hoopster.html。

四、教學活動流程

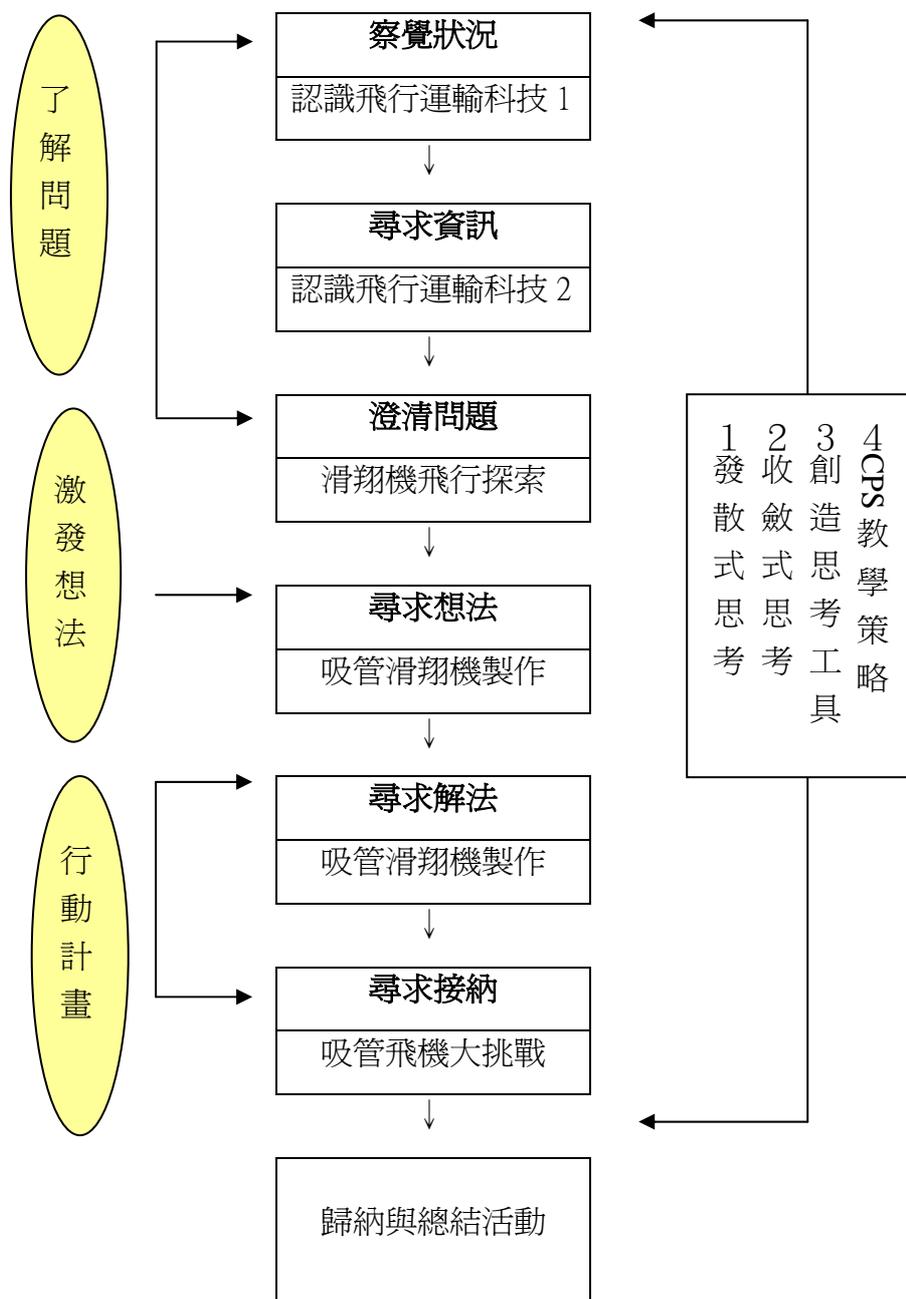


圖 3 會飛的圈圈—吸管滑翔機教學活動流程

四、教學活動設計

表 4 教學活動設計

教學主題	會飛的圈圈—吸管滑翔機				
學習對象	國小中高年級	學習領域	自然與生活科技		
評量方式	發表、觀察、實作	學習時間	8 節		
學習目標	(一)培養發現問題，探索原因的興趣與熱忱，並養成主動學習的習慣。 (二)藉由控制實驗的變因，學習科技的探究方法和基本知能，並能應用所學於當前和未來的生活。 (三)藉由分組活動，培養與人溝通表達、團隊合作及和諧相處的能力。 (四)活動採用再生資源，培養愛護環境、珍惜資源的態度。 (五)藉由活動了解飛行科技史，以察覺和試探人與科技的互動關係。				
相對應能力指標文字敘述	【自然生活科技】 1-3-3-1 實驗時，確認相關的變因，做操控運作。 1-3-5-4 願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣 1-3-5-5 傾聽別人的報告，並做適當的回應 2-4-8-7 使用網際網路蒐集資料傳遞訊息。 2-4-8-9 認識水、陸及空中的各種交通工具。 6-3-2-3 面對問題時，能做多方思考，提出解決方法。 【資訊教育】 2-2-2 了解電腦教室(或教室電腦)的使用規範；熟悉視窗環境軟體的操作、磁碟工具程式的使用、電腦檔案的管理、以及電腦輔助教學應用軟體的操作等。 4-2-2 了解網路使用規範。 4-2-3 會網路基本操作(包括BBS,e-mail,www、ftp)。 5-3-1 能找到合適的網站資源、圖書館資源，會檔案傳輸。				
活動主題	(教學階段) 階段目標	教學活動	節數	教學資源	1.CPS 教學策略 2.創思策略
認識飛行運輸科技	(一) (察覺狀況) 能練習運用腦力激盪方式，解決老師所設定的問題。	1.教師展示達文西的飛行器圖片，並請學生思索達文西為何要如此設計 (發散思考) 。 2.進行分組，並討論達文西飛行器和現代飛機相同處。 3.小組發表討論的結果。 (收斂思考)	1	1.達文西飛行器圖片。 2.現代飛機圖片	1.基本訓練 逼真任務 2.腦力激盪
	(二) (尋求資訊) 能藉由上網搜尋方式了解飛行運輸工具的發展	1.教師教導學生上網搜尋資料的技巧。 2.讓學生發揮創意，發表可以收集到飛行運輸發展資料的地方或來源，可以用比賽的方式看誰蒐集到	1	1.網際網路 2.學習單一	1.基本訓練

	史	的資料最多、最特別。 (發散式思考) 3. 請各組將資料匯整，並做報告。 (收斂式思考)			
滑翔機飛行探索	(三) (澄清問題) 能透過影片觀察澄清滑翔機飛行的原理	1.教師播放滑翔機與老鷹在空中盤旋的影片，請學生仔細觀察。 2.請學生觀察後提出滑翔機與老鷹能停留在空中的條件，並將想法繪製成心智繪圖。 (發散式思考) 3.請各組將組員的想法彙整，並報告各組的結論。 (收斂式思考)	1	1.老鷹飛型與滑翔機影片 2.學習單二	1.基本訓練 2.腦力激盪 3.心智繪圖
吸管滑翔機製作	(四) (尋求想法) 能將滑翔機飛行的原理應於於製作上	1.教師將吸管滑翔機材料發下，並指導滑翔機的製作方式。 3.請小組思考如何將上節課所討論之滑翔機飛行原理應用於自己的滑翔機，並繪製心智圖。 (發散式思考) 2.請學生將討論彙整，並應用於自己製作吸管滑翔機？ (收斂式思考)	2	1.吸管滑翔機製作材料(如表3) 2.學習單三	1.基本訓練 2.腦力激盪
吸管飛機試飛	(五) (尋求解法) 能依據原理與試飛情形做適當修正	1.請小組將製作好之吸管滑翔機拿到空曠處試飛。 2.小組依照飛行距離討論修改方式。 (發散式思考) 3.小組將討論結果彙整，並依彙整資料修正滑翔機元件。 (收斂式思考)	1	1.學習單四	1.基本訓練、真實生活機會及挑戰 2.腦力激盪
吸管飛機大挑戰	(六) (尋求接納) 能欣賞並參考別組作品的優點，並能將發表比賽心得	1.教師召集各組進行比賽，比賽共進行三回合，以三次平均距離為最後得分。 2.各組每進行一回合比賽，立即討論別組的優缺點，作為修正的依據。 (發散式思考) 3.將討論結果應用於滑翔機的修正上，並準備下一回合之比賽。 (收斂式思考)	1	1.學習單五	1.生活機會及挑戰 2.腦力激盪

	歸納與總結活動	各組將比賽後的心得及心智繪圖記在學習單中。 ◎學習單六、七	1		
--	---------	----------------------------------	---	--	--

五、教學注意事項

- (一)進行教學時，教師不宜直接宣示教學目標內容，應激發學生創造思考能力，讓學生多加練習發散式及聚斂式的思考方式，以小組合作的腦力激盪方式，提出不同的見解與創意來解決問題。
- (二)運用小組「腦力激盪術」來引導學生思考吸管滑翔機飛行的原理，透過擴散思考，在短時間內提出大量的構想(氣流的影響、拋射力的影響、機翼特性的影響等)，在活動進行當中，教師應鼓勵並支持學生有不同創造力的想法，並且提醒學生對於他人的意見一定要「延緩判斷」(Deffered judgement)，讓個人創意能達到最大的激發，避免抹煞掉他人發表創意的空間。
- (三)指導學生將「腦力激盪術」所激盪出來的構想，繪成爲「心智繪圖」，在組織心智繪圖的過程中，有很多不同的方法可以呈現同一個概念，但是沒有一個正確答案。
- (四)在學生製作與測試吸管滑翔機的過程當中，要以學生爲本位，教師只是整個活動的顧問，而非主導者。盡量不要直接告訴他應該怎麼做，而是使用腦力激盪及透過心智繪圖修正，來思考如何解決所面臨的問題。
- (五)在學生遇到瓶頸時，教師應視情況施出援手，從旁點出學生問題的癥結，並鼓勵其繼續思考。
- (六)教師在從事吸管滑翔機製作說明時，應速度適中、脈絡清楚，且提供學生不同角度的觀察，對於如何完成動作技能的各項細節與要項之敘說，要簡明，不可長篇大論。

六、教師評量

生活科技的教育目標爲培養學生的科技素養，增進學生在未來科技社會中價值判斷和適應的能力，不同於以往以工業知識、技能爲主的工藝課程目標。要達成使學生具備完整的科技素養目標，除了在課程內容和教學活動要有所改進之外，教學評量也是不可忽視的一環。

而評量主要目的在於了解學生學習實況，以做爲改進教學、促進學習的參

考。九年一貫課程揭櫫的教育目標是十大基本能力及八大科學和科技素養的學習，以適應未來的科技社會。所以評量要注重認知、技能、情意三個向度，採用多元評量的方式。爲了因應多元評量及打破紙本測驗是唯一成績的迷思，教師應多以等第取代分數(王美芬、熊召弟，2005)。表五爲此活動之評量表，本表列有九年一貫所注重的認知、技能、情意、思考，被評來源也是多元的。

表 5 吸管滑翔機活動教師評量表

活動單元		班級			
座號		姓名			
小組成員					
	等第	優	佳	普通	加油
認知	對飛行科技史的認知				
	充分了解飛行的原理				
技能	能熟悉吸管滑翔機的製作方式				
	能正確使用工具				
	能控制實驗的變因。				
	學習時態度認真				
情意	與同學合作情形				
	蒐集資料與口頭報告表現				
	能欣賞並指出他人作品的優點				
	心智繪圖思考表現情形				
思考	能在本活動中運用創造性問題解決方式				
教師評語					
家長回饋					

陸、結語

牛頓說：「我之所以能看得遠，是因為站在巨人的肩膀上。」透過創造性問題解決的教學，讓學生不但能創造知識、活用知識並可具備「帶著走」的能力，這正是現代科技社會所需要的。本教學活動主要的目的就在培養這種能力，並讓學生能在課堂中充分體會手腦並用的樂趣，這就是科技素養的一部分。

台灣是個海島，天然資源極爲有限，培養優質的人力資源，成爲國家未來希望的唯一的方向；而具備創造思考解決問題的能力，更是優質人力的首要條件。

受到升學主義的影響，目前國內的生活科技教育正面臨種種的問題，諸如科技尚未廣為大眾了解、科技教育得到的支持不多、科技教育被視為從屬科目…等(李隆盛，2005)。要解決如此的問題，最根本的辦法即讓社會大眾從小便能接受優質科技教育，才會了解並轉而支持科技教育，期盼所有教師都能成為學生腳下的肩膀，為我們的下一代的未來盡一分心力。

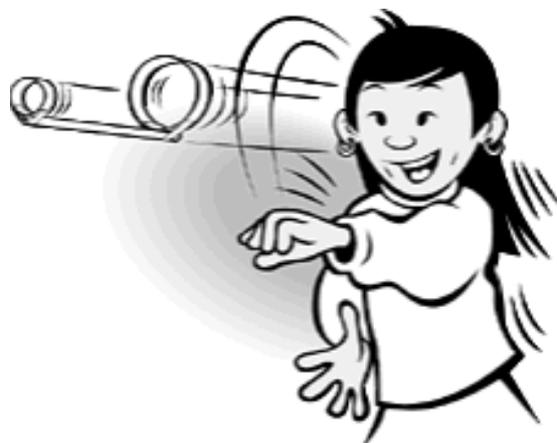
參考文獻

- 王美芬、熊召弟(2005)。國小階段自然與生活科技教材教法。台北：心理出版社。
- 毛連塏(1988)。創造思考和學校教育。台北市創造思考教學研究專輯(一)。台北：台北市政府教育局。
- 吳麗珍(2005)。實施創造性問題解決融入國小自然與生活科技領域教學之行動研究。國立台中教育大學自然科學教育研究所碩士論文，未出版，台中市。
- 李隆盛(2005)。生活科技概論。台北：心理。
- 林美嬌(2005)。創造性問題解決教學在國小生活科技之應用。生活科技教育月刊，38(3)，62-79。
- 洪文東(2000)：從問題解決的過程培養學生的科學創造力。屏師科學教育，11，52-62。
- 洪振方(無日期)。探究式教學的歷史回顧與創造性。2008年2月29日，取自 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/nstsc/pdf/book6/12.pdf>
- 陳龍安(1984)。創造思考教學對國小資優班與普通班學生創造思考能力之影響。國立台灣師範大學輔導研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 陳寶山(2005)。學校行政理念與實踐。台北：冠學出版社。
- 湯偉君、邱美虹(1999)。創造性問題解決模式的沿革與應用。科學教育月刊，223，2-20。
- 潘裕豐(2006)。為何及如何做創意教學。生活科技教育月刊。39(2)，38-55。
- 魏靜雯(2004)。心智繪圖與摘要教學對國小五年級學生閱讀理解與摘要能力之影響。國立台灣師範大學教育心理與輔導學研究所碩士論文，未出版，台北市。

附錄 1 學生活動學習手冊

生活科技活動報告

—吸管滑翔機—



班級：____年____班____號

組員：_____

日期：_____

壹、作品樣式：

- 一、 利用吸管與紙環，做出吸管滑翔機，並找出能飛行最遠的方式。
- 二、 紙環直徑、寬度、數目、大小、與吸管黏貼的方向等可以自行調整。
- 三、 吸管有一般吸管及波霸吸管，可自由選擇，長度可自行剪裁調整。

貳、比賽規則：各組完成所有測試後，依序定點投擲，以直線距離遠者優勝。

參、學習單資料：

一、請小朋友將網路上搜集到有關飛行科技史的相關資料及飛行原理記錄在下表中，記得註明資料來源。

	
* 資料來源：	
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

二、你認為影響滑翔機與老鷹能滑翔在天際的因素有哪些？請將這些因素繪成心智圖。



三、依據小組所討論滑翔機飛行的條件，你認為影響吸管滑翔機飛行距離的相關條件有哪些（如紙圈的寬度、吸管長度等）？請小組應用腦力激盪方式繪製心智圖。



四、吸管滑翔機測試紀錄表(次數不限，紙張不足可向老師索取)

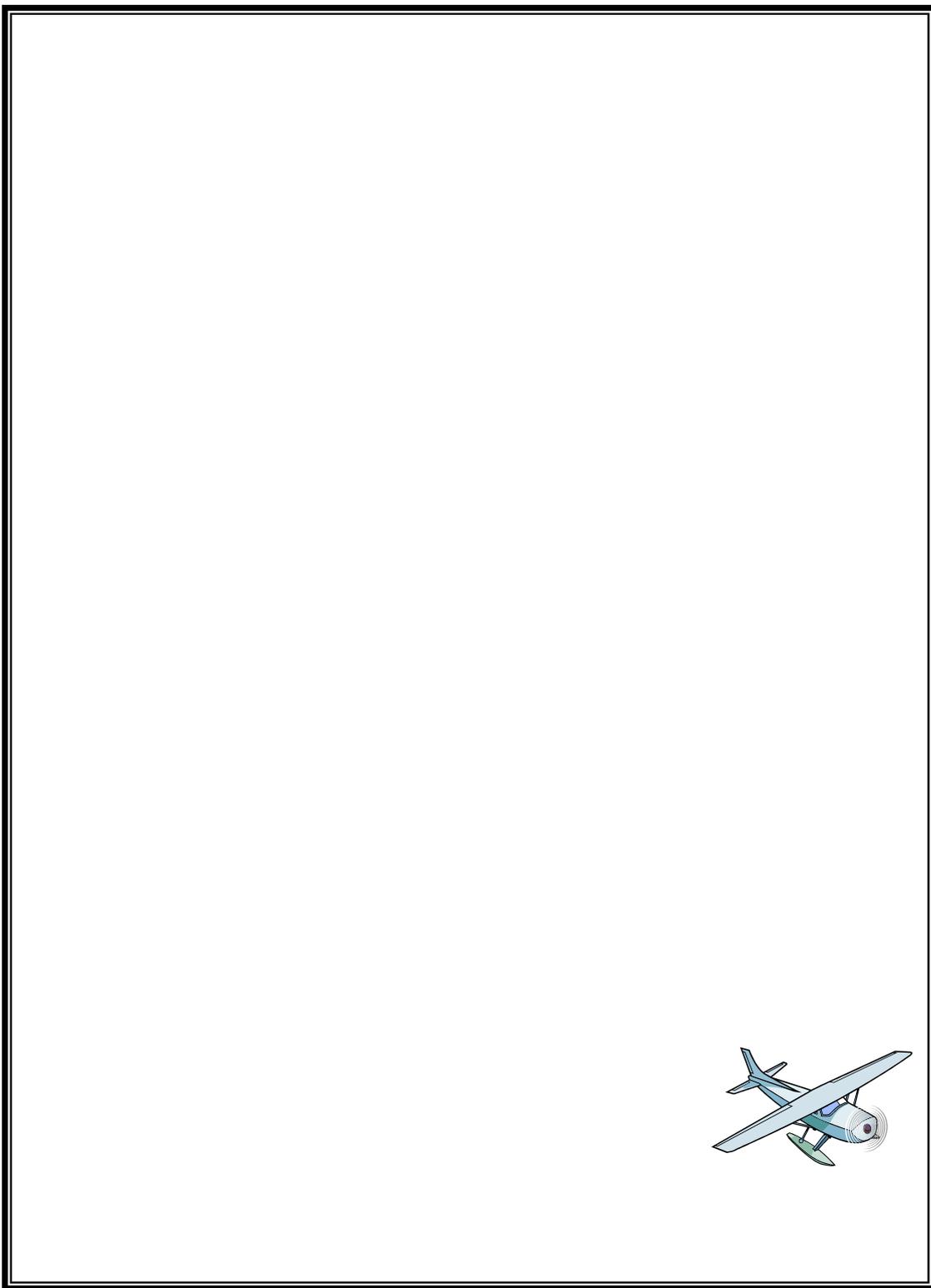
*第一次測試

動 作	文 字 說 明
預定之做法	
為何想如此作	
測試結果	
測試結果與預期 想像的差別	
為何有如此差別	
修正策略	

*第二次測試

動 作	文 字 說 明
測試結果	
測試結果與預期 想像的差別	
為何有如此差別	
修正策略	

六、經過本次的比賽，請再次繪製影響「吸管滑翔機」飛行距離之概念圖。



控制技術應用於資源回收分類裝置之研製

翁永進^{1*}、翁錦龍²、翁永春²、陳宏毅²、陳志嘉³、鄧佳茜⁴

^{1*}開南大學通識教育中心 專技助理教授

²開南商工實驗研究組 專任教師

³高雄師範大學工業科技教育學系 博士候選人

⁴高雄師範大學工業科技教育學系 博士生

摘要

本研究『資源回收分類裝製置』係提供一種分類裝置及其操作方法，用以對一置入物體進行分類。該分類裝置至少包含一殼體、一托盤、一感應模組以及一控制模組，其中，該殼體內係包含複數個承載空間；該托盤係置放於該複數個承載空間的上方，其內分成複數個區段，每一區段係對應每一承載空間；該感應模組係用以對該置入物體進行感應，以產生一感應信號；而該控制模組則用以接收該感應信號，並根據該感應信號控制該複數個區段其中之一的開啟。藉由本發明分類裝置及其操作方法，一物體置入該分類裝置中會按照該物體的性質而自動進行分類[1-3]。

關鍵字：機電整合、自動分類、資源回收、感測器

壹、前言

隨著人類生活逐步邁入現代化與都市化，所衍生的垃圾問題是每一個現代化都市所需迫切解決的環保問題。然而，在人口過度集中的都市中，非常不易找到廣大的土地來透過掩埋的方式進行垃圾處理。因此，在大量人口集中的情況下，所產生的大量垃圾大多只能藉由燃燒的方式進行處理。

然而，透過焚化的方式來進行垃圾處理，必須進行有效的配套方式，才能使垃圾焚化作業在更安全、更友善的環境下操作。尤其在人口過度集中，對於垃圾問題就猶如鬼魅纏身一般的文明都市中，每日所產生的垃圾已經不是放一把火全部燒掉就能完全解決；因為燃燒之後伴隨而來的廢氣排放及灰渣掩埋等問題，都有可能對這個都市中的每一個人造成嚴重的影響。因此，在實行垃圾燃燒政策之前，實施垃圾分類制度是確保垃圾焚化政策成功與否的重要關鍵[4]。

隨著教育的普及以及環保意識的逐漸抬頭，現今的一般大眾均已能清楚知道，垃圾分類對於垃圾焚燒作業的重要性。而政府單位亦不斷宣導或甚至強制要求民眾實施垃圾分類。尤其是在過度文明的都市之中，每日所產生的大量垃圾之禮，超過半數以上的垃圾是可以再回收使用而不需進入焚化爐加以焚燒及掩埋的。因此，如果可以將這些不須或不可燃燒的資源垃圾分類回收之後，不僅可以促進資源的有效再利用，對於延長焚化爐壽命、減少有毒或臭味燃燒廢氣的排放，都有正面的助益[5]。

貳、環保、製作方法及系統說明探討

一、垃圾分類問題探討

(一) 目前面臨嚴重的問題

人類生活當中會製造出各種類型的垃圾，當各種不同類型垃圾全部混成一堆，會造成環保局工作人員的分類麻煩，而不同類型垃圾堆積如山，工作人員看了也不想去做分類之步驟，如此一來，就是一把火把垃圾全部燒毀，從此得知，可再利用之類型垃圾也被一併燒毀，而燃燒各種不同類型垃圾之有毒氣體，有害人類身體健康，這些都是嚴重的問題。

(二) 其它因素

在生活當中，所有的垃圾都要丟入不同類型垃圾桶當中，因此有些人覺得麻煩而全部丟入一般垃圾裡，或是有些人趕時間時，而隨便丟入一個垃圾桶裡，或是年紀較小的小朋友，還不懂得分類也會隨便丟入一個垃圾桶中，以上這些問題都是造成無法做好垃圾分類的問題。

二、製作原理及零配件

(一) 分類控制系統探討

本研究須考量之控制系統部份包含有三大項目，分別是

- 1.各種不同類型的垃圾有不同的材質；
- 2.感應器感應各種類型垃圾的材質；
- 3.不同類型的垃圾經過程是判斷來作決定

其次，本資源回收分類裝製置之製作零配件，詳如表一所列。

表一 資源回收分類裝製置之製作零配件

零件	規格	件數
<外殼>壓克力	10*600*600	4
<門>鋁門	2*370*255	2
斜方齒輪	D18	2
T 型壓克力	10*30*30	1
軸	D6	1
分類盤	10*250*160	1
L 型固定器	N	6
大螺帽	M5	8
小螺帽	M3	34
活動葉片	N	4
斜板	5*152*300	3
魔鬼氈	N	4
大螺絲	M5	38
小螺絲	M3	32
圓棒	D47 H34	1
馬達	24V	2
磁性感應器	N	1
紅線感性器	N	1
極限開關	N	5

(二) 系統設定功能

本裝置利用各種感應器來感應各種不同類型的垃圾，而各個感應器接收到訊息時，會把訊息傳送到微電腦當中作判斷，同時利用PLC程式來作判斷。主要系統判斷流程圖、感應器感應作動流程圖，如圖1、圖2所示。



圖1 系統判斷流程圖、感應器感應作動流程圖

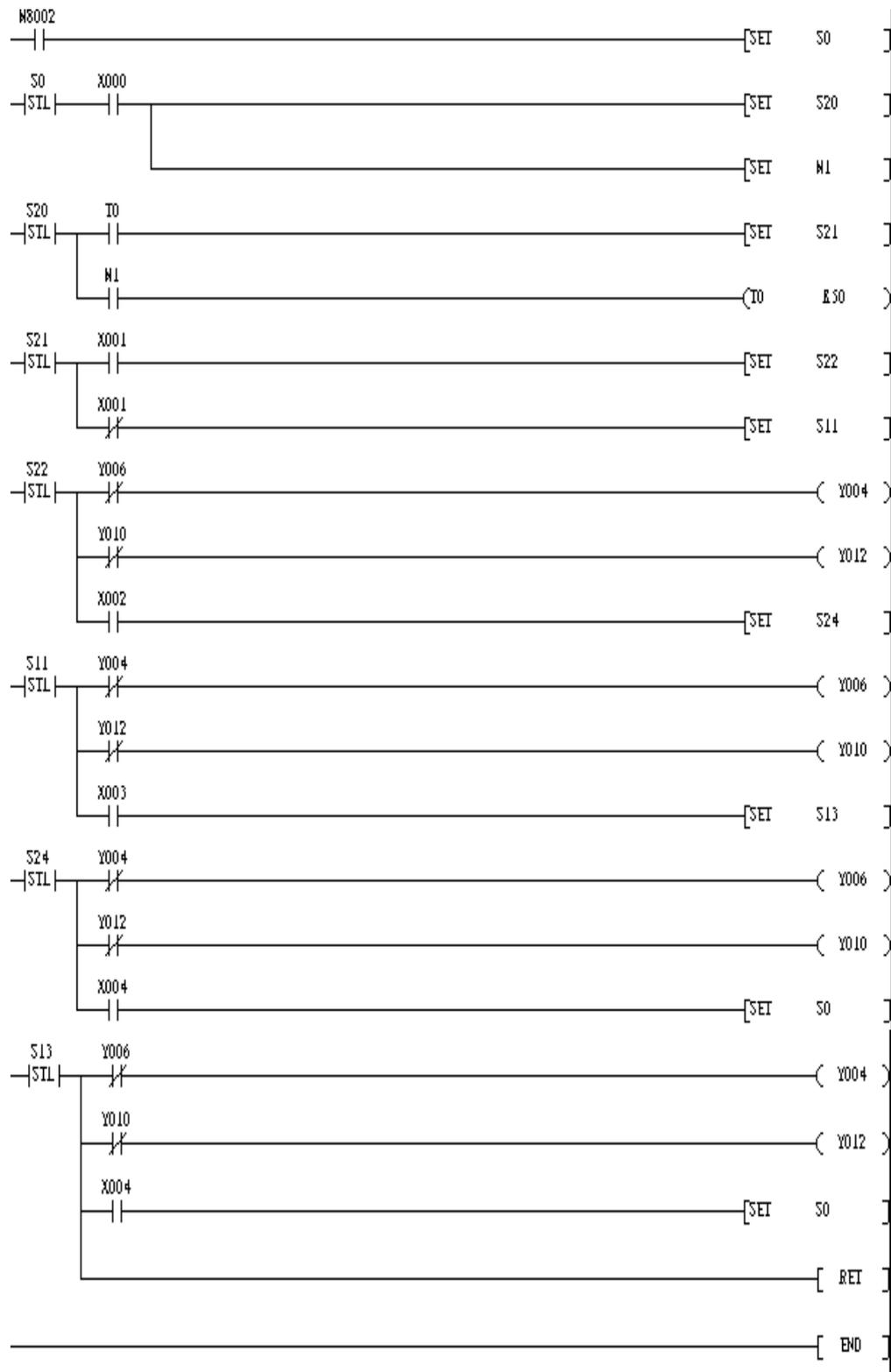


圖2 感應器感應作動流程圖

三、作動說明：

(一) 金屬類作動流程

當M8002啟動之後，此時啟動了SET S0，SET S0啟動時X0感應是否有物體掉入，當有東西掉入時，SET S20和SET M1一起啟動，當SET S20啟動之後，M1常開和T0常開啟動SET S21，而M1這時開始延遲5秒(T0 K50)判斷材質，判斷結果是金屬，X1常閉就會啟動，X1接著啟動SET S11，此時SET S11就會啟動馬達(Y004、Y012)，這時會互鎖馬達(Y006、Y010)，所以馬達就會向左轉動，碰到極限開關X3，此時啟動了SET S13，SET S13啟動後，馬達(Y006、Y010)，就會把馬達轉回原位，此時(Y004、Y012)也會互鎖，馬達轉正碰到極限開關X4，此時啟動了SET S0，這時程式結束重新啟動程式。

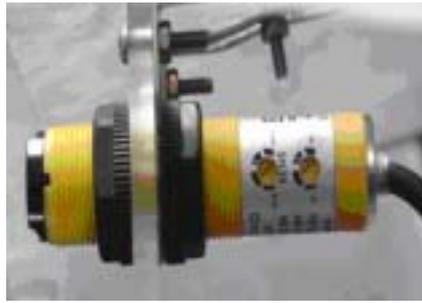
(二) 非金屬類作動流程

當M8002啟動之後，此時啟動了SET S0，SET S0啟動時X0感應是否有物體掉入，當有東西掉入時，SET S20和SET M1一起啟動，當SET S20啟動之後，M1常開和T0常開啟動SET S21，而M1這時開始延遲5秒(T0 K50)判斷材質，判斷結果是非金屬，X1常開就會啟動，X1接著啟動SET S22，此時SET S22就會啟動馬達(Y006、Y010)，這時會互鎖馬達(Y004、Y012)，所以馬達就會向右轉動，碰到極限開關X2，此時啟動了SET S24，SET S24啟動後，馬達(Y004、Y012)，就會把馬達轉回原位，此時(Y006、Y010)也會互鎖，馬達轉正碰到極限開關X4，此時啟動了SET S0，這時程式結束重新啟動程式。M8002為一電源供應器、X0為一紅外線感應器、X2為右極限開關、X3為左極限開關、X4為中間極限開關。

參、結果與討論

自動分類資源回收桶係提供一種分類裝置及操作方法，該分類裝置至少包含：1. 殼體、2.托盤、3.感應模組、4.控制模組，如圖3所示。

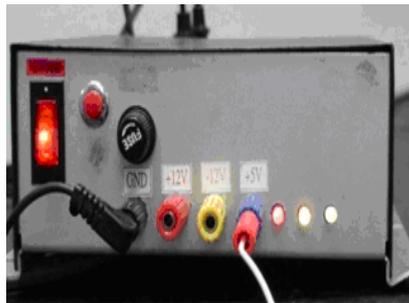
分類裝置中該殼體內包含複數個承載空間；該托盤置放於該數個承載空間的上方，其內分成數個區段，每一區段係對應每一承載空間；該感應模組係用以對該置入物體進行感應，以產生一感應信號；而該控制模組則用以接收該感應信號，並根據該感應信號控制該數個區段其中之一的開啟，此外本研究利用PLC控制作為自動分類之結構程式。



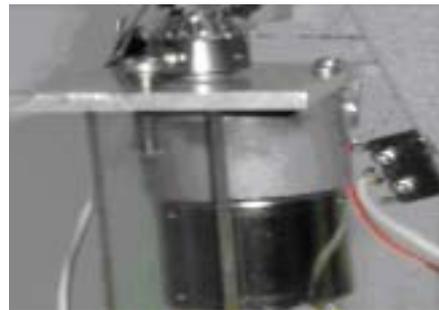
(a)



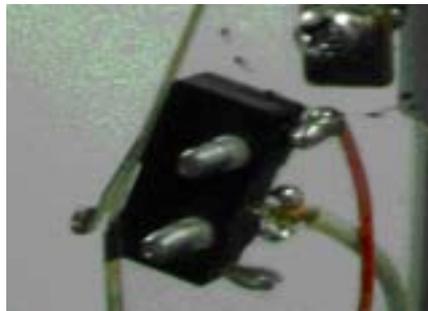
(b)



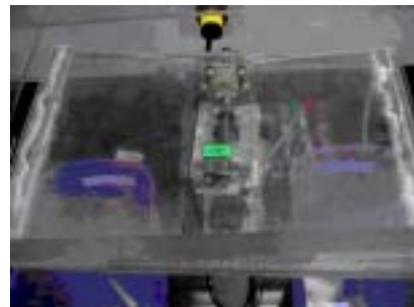
(c)



(d)



(e)



(f)



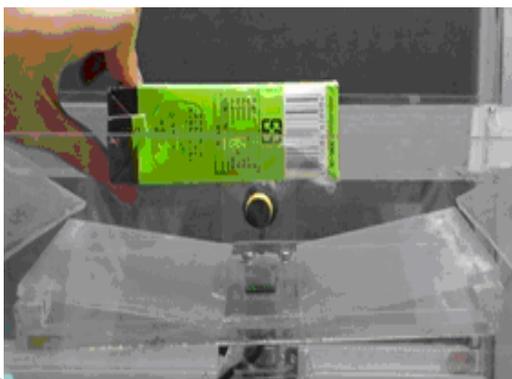
(g)

圖 3 系統結構元件(a)紅外線感應器(b)PLC 可程式控制器(c) 電源供應器 (d) 馬達 (e) 極限開關 (f) 版子 (g) 斜方齒輪

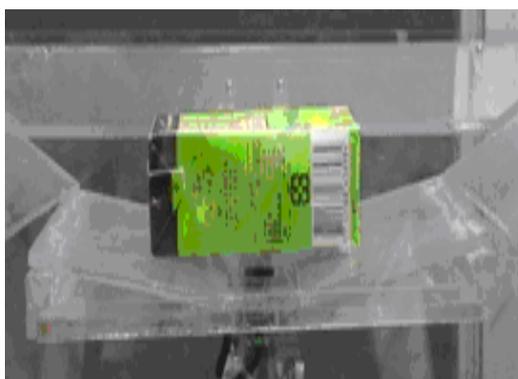
本研究將可提供以下效用，如下要點：

- 一 不需人工分類，縮短分類時間。
- 二 不會造成任何分類的問題。
- 三 減少分類麻煩。
- 四 有效提高資源回收的效率。
- 五 自動判別類別，不會有分錯類的問題。實際操作之作動圖 (圖 4)：

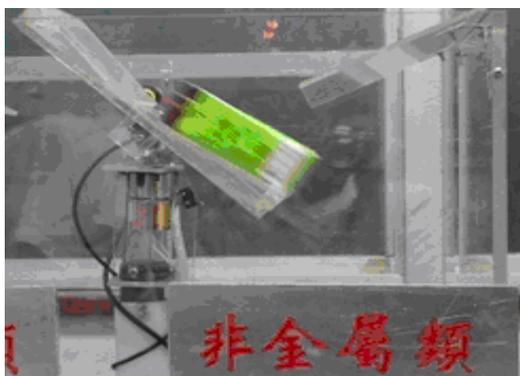
Step1.



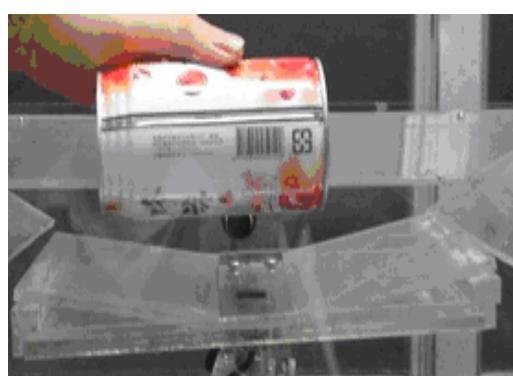
Step2.



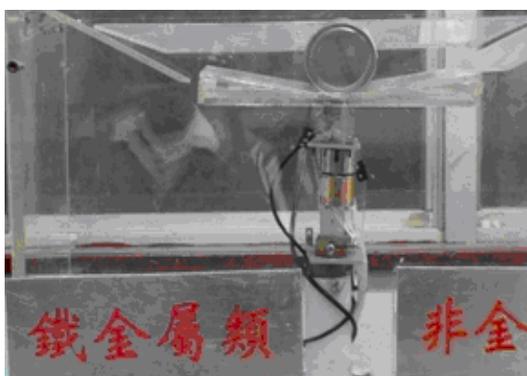
Step3.



Step4.



Step5.



Step6.

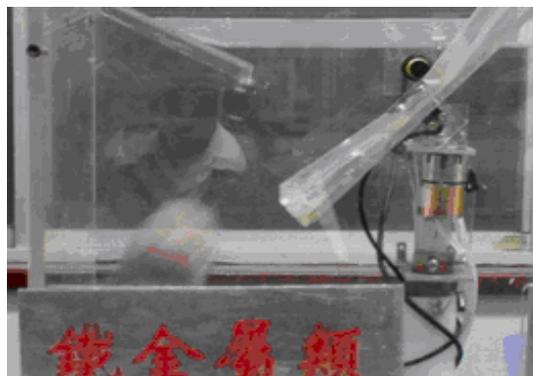


圖 4 分類實際操作之作動圖

以上，本研究之主要目的在於可將資源回收物品做自動分類，改善垃圾分類問題，讓一般大眾更簡便地進行資源垃圾與可燃垃圾的分類，為地球的環保盡一份心力。

肆、結論

本系統經實驗驗證後確實可以達到研究的目的，而本系統是將各類型垃圾的自動分類做一個整合，在綠色與永續的前提下堪稱實用與便傑，未來有意繼續修正與發展之研究單位，本團隊整理以下建議及方向以提供相關參考：

(1)針對系統增加至八到十六類型之判斷

目前分成四類可能已無法滿足時下實際的情況，所以未來本研究團隊將朝向所有垃圾的類型作研究。

(2)針對多種類型垃圾結合為一體之問題：

實驗當中發現丟入多重性的垃圾無法徹底的分類，因此我們正在研究多重性複合垃圾的分類方法。

(3)針對垃圾當中含有水分之問題：

垃圾當中含有水分如果直接丟入垃圾桶當中，久了一定發臭，因此我們正在研究如何排水、廚餘之問題。

(4)針對連續丟入垃圾桶之問題：

實驗中發現，連續置入多樣垃圾情況下，系統並無法迅速有效的進行判斷，因此未來研究此連續垃圾的問題有其必要性。

參考文獻

1. 行政院環境保護署，中華民國環境保護統計年報，2003年。
2. 李康文，垃圾費隨量徵收之文明進化觀點：台灣經驗，海峽兩岸環境保護研討會，2004年。
3. Satty, T. L., Risk-Its Priority and Probability: The Analytic Hierarchy Process, Risk Analysis, 7(2), 159-172, 1986.
4. Zahedi, F., The Analytic Hierarchy Process- A Survey of the Method and its Applications, Interfaces, 16(4), 96-108, 1986.
5. 臺中縣環保局，台中縣一般廢棄物清除處理費徵收技術及作業方式規劃期末報告，2004。

科技教育網站介紹

洪國峰

臺灣師大工業科技教育系博士生

一、中華工程教育學會(Institute of Engineering Education, Taiwan, R.O.C. , 簡稱 IEET)

其設立宗旨主要推廣工程及科技教育(或稱工程教育), 培育專業人才, 服務社會, 促進國家經濟發展, 受到教育部及各大專院校對於提昇國內工程教育品質的重視, 希望藉由學會的工作平台積極推動國內工程教育認證工作。

最終, 期望能和國內中小學科技教育及技職教育做串聯, 積極推動全民科技素養, 並為國家造就更多工程及科技人才。

在中華工程教育學會網站上, 提供許多相關資訊, 有興趣可參考其網站內容
網址 : <http://www.ieet.org.tw/>

二、臺灣 STS 虛擬社群 (Science ,Technology and Society , 簡稱 STS)

當政府領導者提出以「科技人文島」做為國家發展的願景與藍圖時, 整個社會都在揣想半導體、影像、生物、醫學等科技, 將帶給我們一個什麼樣的「美麗新世界」呢? 但是, 由科技所引發之社會、文化變遷已成為現代社會的關鍵公共議題時, 對於科技的歷史、文化、以及其對社會的衝擊, 我們所擁有的卻近乎是一個知識的真空地帶。

在臺灣 STS 虛擬社群網站上, 提供許多不同層面的討論議題, 有興趣可參考其網站內容。

網址 : <http://sts.nthu.edu.tw/>