

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。



活動銅模



科工館館藏風行銅模



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，思索變理事物的機能和形式。

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構性問題思考

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.