

運用問題解決教學於製造科技教學活動中

章順慧

壹、前言

隨著社會型態由工業轉向科技，工藝課程也做了全面修訂，民國83年所公布的國民中學生活科技課程標準，即是將「工藝」正式更名為「生活科技」。現行的課程設計，詮釋了生活環境中技術的方法、發展、利用，以及其重要性，提出以傳播、製造、營建與運輸為人類的主要活動；基本上，課程內容已精確地訂出選擇與發展，但除非教師能提供正確的環境和機會給學生學習，否則將很難有效地傳遞這些教材內容（林人龍，民85）。製造科技是科技教育的學習主題之一；在過去的工藝課程中，製造相關活動所佔的比例相當高，但多以單位行業形式，例如：木工、金工、陶瓷工...等方式呈現，且較強調工具的使用、機具的操作與技能的熟悉（蔡錫濤，民84）。然而，誠如蔡錫濤所言：「生活科技教學雖然和工藝使用類似的設備與材料，但其課程內涵與理念卻有極大的差異，過去在工藝課中以作業或成品為導向的教學策略亦應加以調整。」可見，生活科技課程已不便再使用過去以「技能操作」或「成品導向」為主的教學方式，而應該有所更改。

目前所熟知運用於科技教育的教學策略包括：概念性學習途徑（conceptual learning approach）、科際整合途徑（interdisciplinary approach）、社會／文化途徑（social / culture approach）、問題解決途徑（problem solving approach）、科技系統整合途徑（integrating the systems of technology approach），以及工業詮釋途徑（interpretation of industrial approach）等。其中「問題解決途徑」是科技教育界現正流行的教學策略。事實上，問題解決原是一種過程，本屬於高層次的技巧或行為，然而目前不少教育學者已逐漸應用它作為教學方法之一（林建仲和陳長振譯，民84）。對科技教育而言，問題解決教學不僅可讓學生體認做中學，也具有培養心智思考技能的功用，真正符合杜威試驗主義所主張的「知行合一」的教育原則，同時亦具有科際整合與科技系統整合教學的功能（曾秋森，民84）。再者，在生活科技課程標準中，有關教學方法與教學細則內也曾明確提出：「教學活動的設計應以問題解決策略為中心，……」（教育部，民84）。由此可知，問題解決教學的運用已成爲生

活科技教學的重點，其目的是希望透過它培養學生問題解決之能力與所需的科技素養，以便適應未來的科技社會。

本文以下將分三方面來介紹，首先是針對問題解決教學進行探討，包含起源、意義、步驟、使用於科技教育之理由與功能等；繼而就製造科技教學活動進行探討，包含良好製造科技活動設計之理念、活動呈現方式等；最後則提出設計問題解決導向教學活動的建議與實施的注意事項，並舉例子來說明；筆者希望透過本文能對往後的生活科技教學有所幫助。

貳、問題解決教學之探討

問題解決教學之起源當推美國的哲學家兼教育學家杜威；杜威認為教育的目的是透過實踐的過程，使個體得到充分的發展；而所謂實踐的過程是基於實際的生活，以真實或模擬的問題（包括操作性的、知識性的、與道德性的問題）而嘗試解決的教學方式，以達成解決問題、滿足學生需求，進而能夠適應社會與改造社會（張玉山，民84；李大偉等，民87）。不過在深入瞭解問題解決教學之前，讓我們先來界定一下「問題」的含意。所謂「問題」，就字面上的解釋是有待解決的疑難；吳德邦等學者（吳德邦、吳順治，民78）則認為「問題」是個體或群體所遭遇到的一種需要解決的情況，而這種情況並沒有明顯的途徑獲得解決的辦法。另外，依科技教育概念架構（A Conceptual Framework for Technology Education）的定義，即是不確定性、疑問及困難的事情（曾秋森，民84）。

至於科技教育問題的類型，Hatch（1988）曾將之劃分為高結構化（well-structured）、半結構化（semi-structured）與低結構化（ill-structured）三種。高結構化屬性之問題，其牽涉的範圍較窄，且通常只有一個正確的答案。例如：電壓伏特的算法、鑽盤速度的測法……等，這種類型的問題只需使用簡單的法則即可解出，因此對問題解決能力之發展並無太大幫助。半結構化屬性之問題可能有一個以上的答案，需要使用啓發式的方法來解決問題；其步驟為先讓學生瞭解問題，接著針對其促成因素進行分析，再由學生提出可能的解決方案，從中選出最適宜的並評估結果。例如：製作一個能讓生蛋從樓頂擲下並完好無缺的攜蛋裝置、製作一個具有保溫效果的容器……等。低結構化屬性之問題由於具有多種解答，故教師必須鼓勵學生多運用創造力問題解決技巧才能得出最佳解決方案。其步驟為先藉類推、隱喻等方式重新定義問題，利用輸入—輸入與型態分析（morphological analysis）進行問題分析，接著採腦力激盪、屬性列舉…等方法去產生構想，之後則針對構想評估並選擇，最後便是開始執行。例如：如何改善城市的通訊網路、如何使運輸更有效率……等。

瞭解問題的含意與類型後，接著便談到「問題解決」。所謂問題解決，它可視為為達成目標而運用的有效方法、策略與過程（李大偉等，民87）。Hatch（1988）也指出，問題解決是針對問題尋找可行之解決方案的過程。吳德邦等學者（吳德邦、吳順治，民78）認為，問題解決是運用個人舊有的經驗、知識與技

巧，來滿足未能解決之情境的要求。陳玫良（民 84）則從教學的角度出發來定義問題解決，即「學生能認清問題本身及相關的基本觀念外，更能找出它們之間的相關所在，進而達到問題被解決的目的」。

至於解題的步驟，由杜威所提出的五項步驟最具代表性，即：(1)問題產生(2)瞭解問題 提出假設(檢討假設(進行驗證等。它不僅是科學研究的重要思考模式，亦成為當前問題解決教學的主要來源（張玉山，民 84）。爾後亦有不少學者陸續提出問題解決的步驟，其中與科技教育相關的有：Hutchinson 於 1987 年為美國新澤西州科技教育委員會作的研究報告內所提出的「Design loop model」，它包含九大步驟，即：(1)情境的分析與調查(2)建構設計要點 資料收集(4)產生多種替代方案(選擇最佳方案(6)發展工作 原型製作 測試與評鑑 重新設計／完成等（如圖 1）（林人龍，民 85；李大偉等，民 87）；Borchers & Mack（1993）（引自林建仲、陳長振譯，民 84）提出的五項問題解決步驟，即：

(1)問題的陳述或定義(分析與研究 可能的解決方案(4)經由實驗、測試及檢查，選擇出最佳之方案(5)確認或評量最後的解決方案等。另外，科技教育概念架構中也曾提出六大步驟，即：(1)定義問題(2)發展多個解決方案 選擇一個解決方案(4)實施與評估(重新設計解決方案(6)解釋解決的方案等（曾秋森，民 84）。

基本上，教師在採用問題解決教學時，其身份是引導者、啟發者與支援者，在教學過程中藉著提出 Who、What、When、Where、Why、How 等系列問題，刺激學生進行更深入之思考。再者，問題解決教學應注重歷程的呈現（即如何進行問題解決）而非最後的成果（即得到正確的答案）；學生必須練習找出自己的問題解決歷程與楷模範例的問題解決歷程之關係，從實作經驗中體會解題歷程與策略，並從中思索與學習其訣竅，方能增進自身問題解決之能力（王春展，民 86），而這也是教師運用問題解決教學的最終目的。所以在基本的架構步驟之下，其中的次步驟若分的

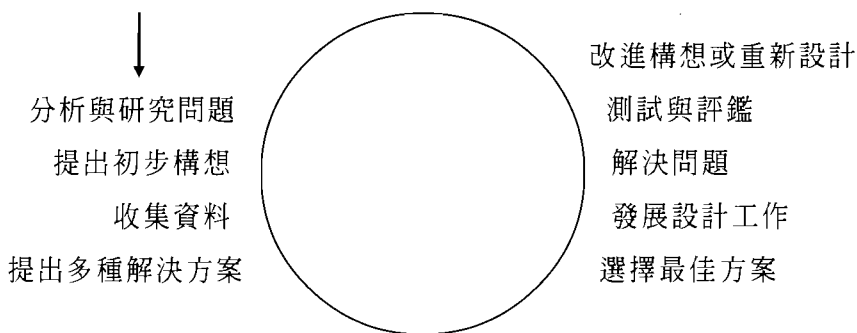


圖 1 Hutchinson 提出的 Design loop model

資料來源：引自李大偉等，民 87，頁 34。

越細，對學生學習越有助益；因為強調步驟的結果，將使他們養成思考的習慣，並能融入日常生活中（陳玫良，民84）。

運用問題解決教學傳遞科技概念之模式，已成為目前推展科技教育的主要教學型態之一；其實早在工藝教育時期，其目標便包含了問題解決能力之培養，這從1981年「傑克森坊工藝課程理論」(Jackson's Mill Industrial Arts Curriculum Theory)提出的「發展創造性的問題解決能力」即可看出（李大偉等，民87）。而游光昭（民82）研究1966~90年的美國工藝／科技教育課程文獻也發現，其目標內均含有培養問題解決的能力（如表1）。DeLuca（1992）（引自林人龍，民85）曾在研究中指出：「問題解決與科技發展有許多共通之處；在科技教育中安排問題解決活動最大的價值在使學生直接面對生活情境中的真實問題，以獲得未來所需的一些適應技能；和傳統以技藝為中心的教學方式比較，所不同的是，問題解決活動提供學生建立與評估設計，以及獲得知識搜尋、處

理和應用的機會」。因此，包括Waetjen、Lavoie、Winek與Borchers等幾位美國科技教育學者均指出，在中學的科技教育課程中運用問題解決教學主要是基於以下三點理由（林人龍，民85）：

- 一、問題解決給予學生一種手段或方法來建立了解與接受技術發明的氣氛（climate）。換言之，學生若瞭解了一項新的技術與知識，便能以一個新而獨特的方式用於解決其他的技術問題。
- 二、問題解決是一種必要的高層次思考技能，技術性的問題解決方法可使學生利用過去既有的知識，並結合新的知識，運用同化與評估的技能去解決。
- 三、問題解決教學能幫助學生應用許多已發現的豐富資訊。

由此可見，科技教育中的問題解決教學，對學生問題解決與批判思考等能力均大有助益；若再根據教育學者Bloom等人將人類認知領域層次區分成六層，由低而高依序為知識、理解、應

表1 美國工藝／科技教育課程及其教學目標

課程名稱	具有「培養問題解決能力」的教學目標
Schmitt & Pelley Study(1966)	○
IA Standards Project(1980)	○
Jackson's Mill(IACT)(1981)	○
Technology Education : A Perspective on Implementation(1985)	○
Technology Education Curriculum K-12, Virginia(1988)	○
A Conceptual Framework for Technology Education(1990)	○

資料來源：游光昭，民82，頁10。

用、分析、綜合、評鑑來看，Anderson (1989) 認為融入問題解決教學的科技教育對較高層次的分析、綜合與評鑑等認知能力之發展是十分有幫助的（如表 2）。

參、製造科技教學活動之探討

製造科技通常被定義為「將原料轉變為有用物品的程序」（蔡錫濤，民 83；Wright,1993；Kalparkjian,1992）（引自蔡錫濤，民 84）。根據此定義可看出，日常生活中許多物品都與製造科技息息相關，換言之，它們都是製造科技下的產物；人類生活與製造科技的關係由此可見一斑。因此，在科技教育的四大領域中，製造科技擁有舉足輕重的地位，它與傳播、營建、運輸等科技各自佔有一席之地。在過去的工藝教學，「製造」可說是多數工藝教師的最愛，一方面是由於工藝是以「單元行業」形式來規劃整體課程，例如：金工、木工.....等，使得與製造有關之活動所佔的比例亦相對地提高；再者也是它比較容易進行教學，

因為製造教學活動最符合傳統工藝教學的「講解—示範—練習」三部曲。以十分常見的座椅製作為例，教師可能一開始先說明作業主題，接著便發放材料，繼而講解工作程序並加以示範，最後則由學生開始進行製作.....。不過，當工藝教育轉型為科技教育時，原先強調技能操作與成品的教學也跟著改變，取而代之的是更注重概念的獲得和問題解決過程的呈現，至於熟練的技能與最後成品（如椅子、書架....等）反而不再是製造科技教學活動的最終目的。

蔡錫濤（民 84）指出，良好的教學活動要能有效地幫助學生學習所要教導學科的適切內涵，製造科技教學活動也是如此。目前科技教育界常用的製造科技系統架構（如圖 2）是教師教學時依循的根據之一；而其中，各個部分又包含了一些必要的要素。例如：投入部分包含人力資源、知識、材料、能源、廠房設施、資金、時間等七項要素；生產程序部分包括取得資源、轉化資源、生產產品等三項，這當中，生產產品所用的加

表 2 問題解決教學與認知領域層次、學習者行為之關係

認知領域層次	認知領域層次	認知領域層次
1.知識	講述、背誦、讀、看	資訊
2.理解	講述、示範	累積
3.應用	示範、日常的問題解決 (routine problem solving)	
-----	高層次技能 -----	
4.分析	個別或團體的問題解決	
5.綜合	個別或團體的問題解決	問題解決
6.評鑑	研討、研究	與批判思考

學生行為

資料來源：Anderson, 1989, pp. 4。

工方法又分鑄造、成形、切削、接合組裝、調質與塗裝等六種。至於管理程序部分包括研究發展、生產管理、財務管理、銷售管理、工業關係等五項要素；

最後的產出部分包含產品、廢料、垃圾、污染源等四項（蔡錫濤，民82）。依照上述的說明，製造科技之內涵便可用圖3來表示。

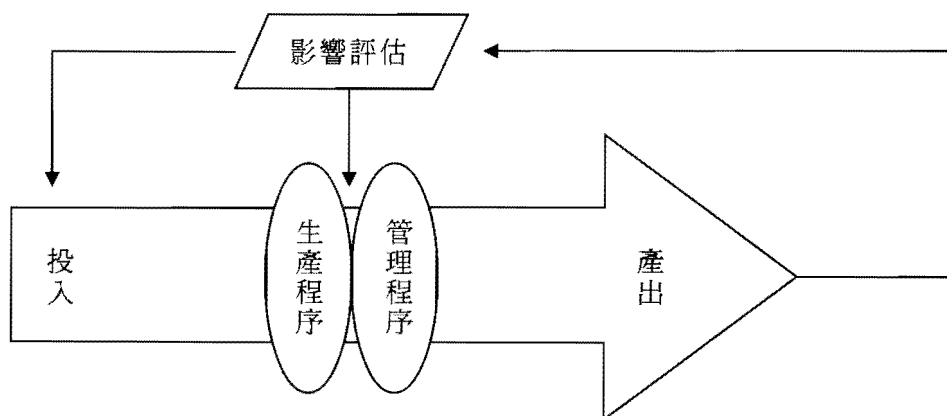
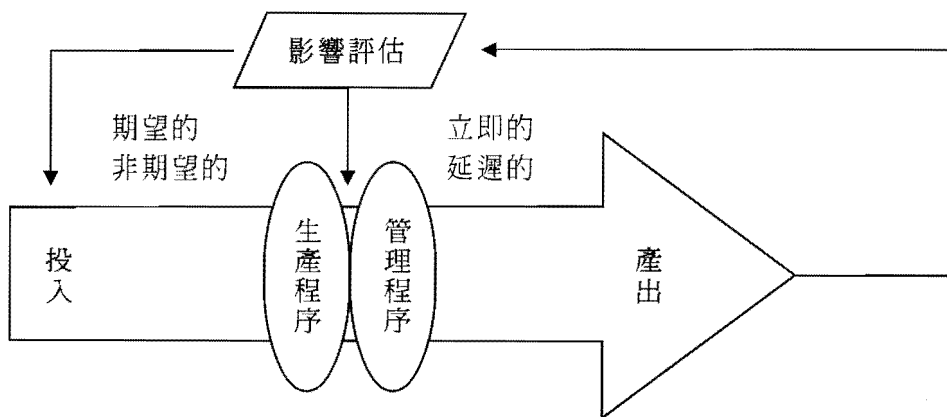


圖2 製造科技的系統架構。
資料來源：蔡錫濤，民84，頁19。



人力資源	取得資源	研究發展	產品
知識	轉化資源	生產管理	廢料
材料	生產產品	財務管理	垃圾
能源		銷售管理	污染源
廠房設施		工業關係	
資金			
時間			

圖3 製造科技系統之內涵。
資料來源：蔡錫濤，民82，頁4。

事實上，由於整個製造科技系統之架構與內涵相當龐大，而且當中牽涉到的專業知識也很多，若要全部都納入教學活動內，可能國中三年都教不完；在此種情形下，教師不妨抽取某些部分為主軸來進行設計，例如圖 4 便是以加工方法、材料和管理要項為主軸的製造科技教學設計矩陣。在實際教學時，教師可參考此矩陣選擇不同的學習內容來建構活動：由圖 4 中可看出，此三軸矩陣各自有若干個子項，當教師在選擇時，可單選亦可多選。例如：想讓學生瞭解金屬的加工方法，並在成品完成過程中學到相關的管理知識；若時間充裕，可選擇鑄造、成形、切削……等方法，加上設計研發、生產管理、銷售管理……等要項，建構出一個較大的教學活動。但若時間有限，也可只選擇單一加工方法，加上單一管理要項來建構其教學活動，端視教師如何運用而已。不過要特別注意的是，所設計的教學活動應盡量從日常生活中尋找素材，亦即活動內容要能彰顯出生活化的特性，如此才容易讓學生將課堂學習到的抽象知識應用於實際生活中（蔡錫濤，民 84）。

選定學習內容後，跟著便是設計教學活動：基本上，活動的呈現方式除成品製作外，觀察、參觀、實驗、測試、模擬……等都可以交互運用。例如：實地去參觀當地的製造企業，瞭解其產品的生產流程、對某項材料進行測試、運用電腦模擬製造……等。蔡錫濤（民 84）指出，良好的製造科技教學活動應該能讓學生有機會親自操作、經歷、扮演或執行某一角色或活動，亦即以活動為導向，讓學生間接習得製造科技的知識、

態度與技能。此外，活動結束後最好能有一具體成果呈現，這樣會讓學生較有滿足感；當然此成果不限於成品（如椅子、書架……等），其他如書面報告、錄音帶、錄影帶……等都可以。

肆、問題解決教學與製造科技教學活動

前面曾提到，科技教育的教學重心在培養學生問題解決的能力而非技能性之練習，尤其是製造科技教學，稍一不慎便容易流於單純的成品製作以及手工工具操作，故教師在設計活動與教學時宜特別注意。然而該如何設計問題解決導向的教學活動呢？Johnson（1987）（引自方崇雄，民 87）曾對此提出一些相關

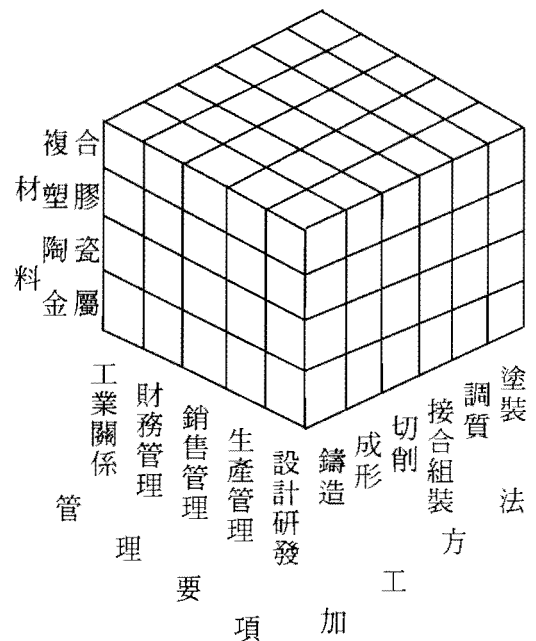


圖 4 製造科技教學設計矩陣
資料來源：蔡錫濤，民 84，頁 20。

建議：

- 一、設計學生不熟悉的活動。
- 二、設計學生能力範圍內的活動。
- 三、提供學生多種類型的問題，確保活動能呈現問題而非只是技能的練習。
- 四、教導各種問題解決的策略與解決問題的整體計畫。
- 五、利用開放性的設備及作業問題，使學生體驗定義及解決問題。
- 六、在嘗試最後答案前，要學生腦力激盪出各種解答。
- 七、主動及開放地鼓勵改革及創造性觀念和解答。
- 八、教師在學生解決問題時不要太早介入。
- 九、提供學生引導性的問題以促進學生的興趣和參與。
- 十、集中教學於高層次的思考技能，例如：分析、綜合、評鑑等。
- 十一、提供足夠時間來討論、練習與評鑑問題，以及解決問題的策略。
- 十二、在問題解決後，要求學生在評鑑解決問題過程中考慮更有效率及效果的方法。

筆者認為，上述這些建議對教師實際在設計製造科技教學活動具有相當的參考價值；以「座椅製作」來說，相信不少教師乍聽到此作業名稱可能以為與原先的工藝教學沒有兩樣；但黃能堂（民87）指出，相同的作業名稱可能是傳統工藝課程的教學主題與活動，也可以是完全符合科技教育概念的教學活動與過程，差別只在於教師所運用的教學策略。傳統的工藝教學，教師可能針對此作業一座椅製作略加

說明後，便發放材料讓學生進行製作，最後大家所呈現出的是「一模一樣」的作品。在製作的過程中，學生被要求重視技能操作，而教師評分的依據也常以最後成品為主；雖然亦有採取所謂的「過程性評量」，不過多半是針對學生的技術操作能力。事實上，這種教學模式對培養學生問題解決的能力並無實質幫助；因為整個過程很少讓學生運用思考去解決某個問題，他們不過是按圖施工製作出某項物品而已！

然而，「問題解決教學」便不同了；在進行製作之前，教師即可透過發問的方式，讓學生思考所製作的座椅必須考慮的要項，使其進一步瞭解問題重點所在。例如：有關使用者的身高、體重、年齡可協助考慮有關尺寸、材質、造型、結構……等相關因素；使用場所之相關要點（戶外或戶內、固定或攜帶……等）可協助考慮有關材質、重量、接合方式與表面塗裝……等相關因素。藉由此問題引導過程，讓學生思考現實情境中設計與製作座椅有關的因素，進而設計出符合條件的座椅（黃能堂，民87）。學生在此階段還必須自行蒐集相關資料並分析，以便進行設計；爾後再從設計好的座椅工作圖中，決定出最佳的方案，接著才進行製作。再者，製作過程中遇到的困難或問題，學生除了記錄下來外，還必須盡量想辦法解決；當然，若真的是學生能力無法解決的，教師亦必須適時伸出援手幫助他們。因此整個過程中教師所扮演的角色，不再是主導者，而是之前所說的啟發者、引導者與支援者，「學生」才是此教學活動的主角。

至於評鑑，則是注重思考過程或是學習歷程的呈現，所以學生的記錄是很重要的。例如：設計圖的表現、過程中問題出現與解決的紀錄……等；此外，成品的評分也可就其當初所設定的條件是否達到來給分。例如：座椅原設計是給身高 180 公分、體重 90 公斤以內的人乘坐，或是攜帶型可於戶外使用的……等。是故，最後大家所設計出的座椅都是不一樣的，因為每個人當初思考的路線就不同，當然結果的發展也不會相同。從上述這個實例可發現，問題解決教學比傳統工藝教學更能刺激學生思考；事實上，早期的製造教學活動最為人詬病的便是學生只懂得依樣畫葫蘆，缺乏創造思考能力，如今運用問題解決教學，相信將能改進此一缺點。

不過李隆盛（民 85）也指出，教師在設計問題解決的教學活動時，不能驟然給予沒有運用創造思考經驗的學生低結構化的問題；一般來說，先從半結構化甚至高結構化著手是值得推薦的。綜合上述所言，教師在運用問題解決教學於製造科技教學活動時，應特別注意以下兩點（曾秋森，民 84；張玉山，民 84）：

一、問題的決定與價值

實施問題解決教學第一個問題，便是問題應該由誰決定？教師？學生？還是雙方一起決定。通常的作法是由教師決定，當然也可視學生程度雙方一起來決定（曾秋森，民 84）。再者，問題的價值也不容忽視。由於科技的基本過程是「輸入、處理、輸出」，所以好的問題應包含這幾個項目。其中，所謂的輸入可視為問題的範圍；換言之，它應該以製造科技為主。在處理程序上，應包含製造科技之概念與問題解決技能，在輸出方面需要有多種方案可供選擇，而最後還應有回饋的行為（如圖 5）。此外，就問題的類型而言，可先選擇半結構化屬性之問題，訓練學生熟悉問題解決的步驟，再以低結構化屬性問題進行教學，讓學生有發揮的空間。一般來說，不同類型的問題可讓學生學習到不同的能力，所以安排教學活動時宜盡量涵蓋（陳攻良，民 84）。

二、適當的教學評鑑

評鑑的功用爲了瞭解教師教學成效與學生學習效果，不同教學方式所採取的評鑑方法自然不盡相同。問題解決教學是希望培養學生問題解決與批判思考的能力，是故 Hatch（1988）認爲評鑑問

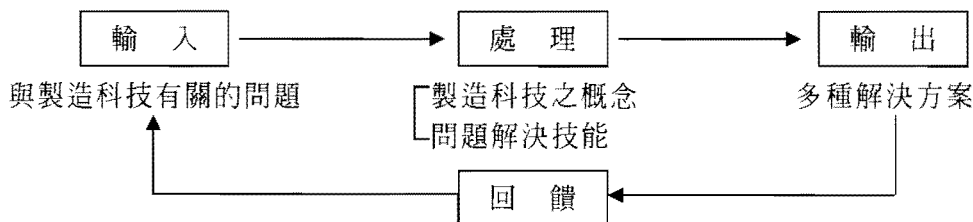


圖 5 選擇好問題之模式。

資料來源：修自 Hatch, 1988, pp. 95。

題解決教學是否有效，可從學生的三方面表現來評量，即個人的成長（personal growth）、過程的評鑑（process evaluation）與產出的評鑑（product evaluation），其細目如表3所示。早期工藝在評鑑製造教學活動成果時，常以學生所作的成品為分數之依據：對於一些過程努力，但最後成品不見得很好的學生來說不是很公平。問題解決教學注重的是整個過程的呈現，雖然最後也有具體成果出現，但那已不是最重要的，教師要評鑑的是學生在過程中的表現，至於成果只佔一小部分分數而已。因此，學生大可不必為了呈現「最完美」

的效果，而拼命進行某些技術上的加工，該注重的應是解決問題的這段過程。

伍、結語

問題解決能力是今後科技教育發展的重點之一，教師應改變原來傳統的工藝教學方式，以融入問題解決之教學模式讓學生學習問題解決的能力；藉著引導學生進行思考、作決策來使學生學習如何自行解決周遭所遇到的問題。換言之，問題解決教學可讓學生從實際生活體驗出發，探索人類之需求與問題，並運用機具、材料、資源等來謀求解決之

表3 問題解決教學之評鑑細目表

-
- 一、個人的成長：學生所表現出來的程度
 - * 領導
 - * 團隊合作
 - * 獨力作業的能力
 - * 努力的成果
 - * 認知上的瞭解
 - 二、過程的評鑑：學生在過程中的貢獻程度
 - * 善用時間並遵守時間限制
 - * 構想的探究
 - * 收集資源
 - * 運用問題解決之技能
 - * 構想的執行
 - 三、產出的評鑑：學生在此活動的產出程度
 - * 正確的技術（technically accurate）
 - * 配合設計的標準
（consistent with design criteria）
 - * 與背景知識有關的筆記
（documented regarding background）
 - * 與程序有關的筆記
（documented regarding procedures）
 - * 創新的解決方案
-

資料來源：Hatch, 1988, pp. 94。

道。然而，目前問題解決教學在生活科技上還屬推展階段，原因是多數教師已習於往日的工藝教法，即「講解、示範、練習」；對學生而言，實難養成其問題解決與批判思考之能力。因此建議在職生活科技教師，不妨多參與相關進修與研習，瞭解問題解決教學之內涵與方法，方能確實運用於生活科技課程中。另一方面，也要多設計有關問題解決導向的教學活動，使學生瞭解科技系統的教學為何，以擺脫往昔工藝教學的陰影，如此將能逐漸扭轉學生的學習觀念與習慣，進而提高在生活科技課程中實施問題解決的教學法。

參考文獻

- 王春展(民86)，專家與生手間問題解決能力的差異及其在教學上的啓示。教育研究資訊，5(2)，80~92。
- 方崇雄(民87)，設計問題解決導向的生活科技教學活動。中學工藝教育，31(5)，1。
- 李大偉等(民87)，問題導向的技學素養教學策略研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫，計畫編號：NSC 87-2511-S-003-054。
- 李隆盛(民85)，科技與職業教育的課題。台北：師大書苑。
- 吳德邦和吳順治編譯(民78)，解題導向的數學教學策略。台北：五南。
- 林人龍(民85)，革新國中工藝教學—「生活科技」。技術與職業教育雙月刊，33，55~59。
- 林建仲和陳長振譯(Dr. John T. Fecik 撰)(民84)，科技教育的教學方法。中學工藝教育，28(6)，13~20。
- 張玉山(民84)，問題解決教學活動之理論與實例。中學工藝教育，28(8)，23~32。
- 陳玫良(民84)，「生活科技」新課程中的解決問題策略。中學工藝教育，28(9)，10~18。
- 教育部(民84)，國民中學課程標準。台北：正中。
- 黃能堂(民87)，由教學的過程著手。中學工藝教育，31(6)，1。
- 曾秋森(民84)，問題解決教學法在科技教育的角色與功能之探討。中學工藝教育，28(8)，17~22。
- 游光昭(民82)，工藝／科技教學的基本精神—問題解決法。中學工藝教育，26(1)，8~12。
- 蔡錫濤(民82)，製造科技系統之內涵。中學工藝教育，26(10)，2~8。
- 蔡錫濤(民84)，製造科技教學活動設計的理論與實際。中等教育，46(3)，18~21。
- Anderson, L. D.(1989). Problem solving in technology education. The Technology Teacher, 49(1), 3-7.
- Hatch, L.(1988). Problem solving approach. In W. H. Kemp & A. E. Schwaller, (Eds.) Instructional strategies for technology education, The 37th yearbook of the Council on Technology Teacher Education(pp.87~98). Peoria, IL : Glencoe Division, Macmillan/McGraw-Hill.
- (作者為台灣師大工技系碩士班研究生)