

# 科技創造力的意涵與教學（下）

李大偉、張玉山

（續33卷9期）

## 肆、科技創造力的教學策略

Gibney (2000b)指出，在1950到1960年代，Arthur Koestler, Abraham Maslow, Carl Rogers, John Arnold, William Gordon及其他心理學者大力提倡創造力研究及創造力教學的重要性，在工程教育的領域也獲得相當的重視。產業界不只要求工程師生產新奇的產品、製程、及系統，更要求其符合低成本、低污染、設計具有改變的彈性等。因此Adams強調，具創造力的工程師才是贏家(Creative engineers win in life)，老師們不只要教給學生必備的知識與技能，更應使學生習於高度不確定、以及沒有標準答案的情境。

Pollak(1994)在聯邦教育部的職業與成人教育處(Office of Vocational and Adult Education)等單位的資助下，發展了一套訓練課程，以培養製造業及服務業人士的創造性問題解決能力。其採用五階段的問題解決模式，茲說明如次：

1. 問題是什麼？
  - a. 我對情境瞭解哪些？寫出來！
  - b. 在此一情境中，我想達成的目標是什麼？
  - c. 我可以用哪些方式來界定問題

或陳述問題？

（如果問題太大的話，將它分成較小的問題，來加以解決）

2. 替代方案有哪些？
  - a. 問題的範圍到哪裏？
  - b. 在這樣的問題範圍中，可能的替代方案有哪些？
3. 每一種替代方案的利弊得失有哪些？
  - a. 每一種替代方案的優點有哪些？
  - b. 每一種替代方案的缺點有哪些？
  - c. 還須需要哪些額外的資訊，來評估替代方案？
4. 解決方案(對策)是什麼？
  - a. 我應該採行的對策為何？
  - b. 根據所選取的方案，我應採取那些行動步驟？
5. 我的對策所產生的效用如何？
  - a. 我評鑑的規準有那些
  - b. 哪些評鑑項目是必需的？

### 一、教學的構想

近兩年來，經濟部中央標準局先後舉辦了「第一屆全國學生創意比賽」（於民國八十六年）、及「第二屆全國學生創意比賽」（於民國八十七年），如果將該等比賽，也視為一種培養科技創造力的

「教學活動」，則該比賽對創造性的科技教學設計便具有啟發性的意義(張玉山，民 88b)。

(一)比賽方式(如表 1)

(二)評分標準

1. 國小組、國中組、高中職組：

- (1)創意 50%
- (2)表達方式 20%
- (3)視覺效果 20%
- (4)整體規劃 10%

2. 大專組

- (1)創意 500%
- (2)造形 20%
- (3)材料之應用 10%
- (4)實用性 10%
- (5)整體規劃 10%

(三)在教學設計上的啟示

在國小部份，86 年的主題為「你夢想中的玩具」，製作要求是繪製創意構思寫生圖。根據類推的方法，教師們也

表 1 比賽方式

組別	年度別	主 題	製 作 要 求
1. 國小組	86 年	你夢想中的玩具	1. 以四開(約 54 公分 x 39 公分)圖畫紙張繪製創意構思寫生圖。
	87 年	設計一張最酷的兒童床	1. 同上 2. 並於另頁稿紙書寫 150 字以內之創意說明
2. 國中組	86 年	理想的環保城市	1. 以四開(約 54 公分 x 39 公分)圖畫紙張繪製創意構思寫生圖。 2. 並於另頁稿紙書寫二五〇字以內之創意說明。
	87 年	利用槓桿原理設計一件有用之器具	同上
3. 高中職組	86 年	具前瞻性之能源開發及利用	1. 以對開(約 78 公分 x 54 公分)圖畫紙張繪製創意構思示意圖(得以立體圖、三視圖、組立圖、剖視圖等圖式表達，表達方式不拘)。 2. 於另頁稿紙書寫二五〇字以內之創意說明。
	87 年	未來理想之智慧型手工具	同上
4. 大專組	86 年	運用斜面或曲面之個人娛樂、運動器	1. 以對開(約 78 公分 x 54 公分)圖畫紙張繪製創意構思示意圖(得以立體圖、三視圖、組立圖、剖視圖等圖式表達，表達方式不拘)。 2. 並於另頁稿紙書寫二五〇字以內之創意說明。 3. 及製作該創意之立體模型(大小限於 32 公分 x 42 公分 x 58 公分以內，材料不拘，重量不超過十五公斤)一個。
	87 年	銀髮族娛樂或運動器材	1. 2. 同上 3. 重量限制改為十公斤，餘同上。 4. 及該立體模型照片或圖片(三 x 五吋)二張。

可以將之變化設計為「我夢想中的便當盒」、「我夢想中的鉛筆盒」等。其製作方法也可以改為立體的構成，例如以養樂多空罐、香皂盒、其他小型盒狀物等，利用膠帶加以組合成為立體模型。

在國中部份，87年的主題為「利用槓桿原理設計的一件有用之器具」，教師們可以將之類推為「利用地心引力的原理設計一件有用的器具」。再者，本教學舉例是將「科學原理」應用於科技創新，根據「輸入、處理、產出」的科技泛用模式，除了「原理」的輸入之外，也可以將主題設定在時間、機具、材料、人力、資源等。例如「利用保特瓶設計一件有用的器具」。

此外，在科技思考模式中，除了「從輸入到產出」的順向思考，也可以反向為「從產出到輸入」，例如將教學主題設定為「帽子可以用別種材料來製造嗎？」。這一類的教學主題，與以往眾所熟知的「問題解決教學活動」甚為接近。總之，「從無到有」的教學設計模式

總是比較難以進行，科技教師可以將現有的、較有價值的教學活動，透過分析、組合、及類推的方式，加以變化成為自己的「創新教學活動」。因此，從86年及87年的「全國學生創意比賽」比賽辦法中，教師們可以試著填寫表2，填寫項目越多越好。

二、教學的方法

經由上述方法獲得教學構想或教學主題之後，教師尚可以進一步利用腦力激盪法、問題解決遊戲法、以及設計與製作等三種活動類型，建構成完整的教學計畫。

(一) 腦力激盪法

腦力激盪法旨在透過問答與討論的方式，激發學生對科技問題的敏感性、精進性、流暢性、獨特性、及變通性。由於開放性的問題，是刺激孩童擴散性思考的方法之一(盧素碧，民82)，因此，本教學法適用於增進學生對科技事物的敏感性，以及構想產生的精進性、流暢性、獨特性、及變通性。

表2 86年國小組「你夢想中的玩具」分析組合與類推

主題一	主題二	製作要求
A 夢想中(原)	A 玩具(原)	A 繪製創意構思圖(原)
B 理想中	B 餐盤	B 黏土模型
C 最好玩的	C 便當盒	C 紙材構成
D 最新奇的	D 鉛筆盒	D 回收資源構成
E .....	E .....	E .....
教學構想	1. 路徑「ABB」所得到的「用黏土製作夢想中的餐盤」。 2. 路徑「DCD」所得到的「用回收資源製作最新奇的便當盒」。 3. 4....	

### 1. 真實產品的觀察討論

教師舉出許多常用的產品，讓學生單獨思考或小組討論，指出「還有哪些不理想的地方」以及「怎樣才能更完美」。例如：

- (1)電話機：教師取出電話機，做出打電話、接電話的動作。請學生隨意說出電話機有沒有可以改善的地方，它的操作方式合不合理，需不需要擴充功能？
- (2)課桌椅：問學生，你坐在那裏，有沒有那裏覺得不順手的？你希望它具有那些額外的功能？

類似的提問方法，主題可以包括電燈、冷氣、原子筆、教室、黑板、微波爐、電腦、雨傘、鞋子、衣服等常用的科技產品。

### 2. 假設問題的討論

教師提出許多假設性的問題，讓學生做天馬行空的構思。這些問題可以是：

- (1)「假如」：假如你有一個機器人，你希望他可以為你做什麼？
- (2)「屬性列舉」：滑鼠的形狀、顏色、重量及其它的屬性為何？請一一列舉出來。
- (3)「替代」：如果沒有掃把，地板髒了怎麼辦？
- (4)「除了」：除了釘東西以外，「鐵錘」還可以用來作什麼？
- (5)「可能」：如果沒有地心引力，可能會發生什麼事？
- (6)「任意組合」：例如，將兩種

生活常用物品組裝在一起，會變怎樣？

### (二)問題解決遊戲

科技本身就是問題解決的過程與問題解決的產物。有趣的問題解決遊戲可以讓學生在機具材料的操弄中，充份發揮擴散思考與實地操作的聚斂思考中。

例如，給學生兩根玩具車軸、四個輪子、六根吸管、一個皮蛋，讓學生設法做出一台車子，可以載運皮蛋從兩公尺高的斜坡滑下，撞擊牆壁以後，皮蛋仍完好如初。在這樣的問題解決活動中，所要學習的是結構知識、汽車安全設計等，而多樣性的構想與奇特的構想與設計，則是學習表現的重點。類似的好玩有趣的問題解決教學活動可在網站 <http://sam.nhltc.edu.tw/tech-ed/問題解決.doc> 中找到。

### (三)設計與製作

設計與製作(Design and Making)向來是科技教育/工藝教育/勞作教育的教學重點。和以往按圖施工的作業製作比較起來，設計與製作是一個完整的創造性問題解決過程，它引導學生從問題的確認、情境的瞭解、任務目標確立、資源瞭解與搜集、發展構想、評鑑選擇構想、訂定工作計畫、執行、成果評鑑等過程，完整地執行一件設計與製作的專案(project)，尤其以英國的設計與科技(design & technology)為典型。

任教於 Kettering University 的 Kate Gibney(2000a)在美國工程教育學會(American Society for Engineering Education, ASEE)報告指出，Swersey 在工程設計教學方面(Introduction to Engineering Design, IED)較常用以啟發學

生創造力的七個步驟如下，與前述設計與製作的流程比較起來，大原則是相同的，只是其中步驟描述或有獨特的著重點：

1. 定義問題：跳脫制式的、顯而易見的方式，將問題加以定義。
2. 陳述目標：不管可行性如何，明確地陳述所欲達成的目標。除了傳統的條列式，還利用到樹狀圖、流程圖、概念圖等電腦軟體，將意念具體呈現。
3. 確立機能：針對產品所應具備的機能，以樹狀圖呈現，並將各機能，作進一步的細分。
4. 發展詳細說明：將前述的機能樹狀圖，作明確的、可操作的、可測量的詳細說明。
5. 產生多樣方案：想出多個方法，來達成同一個目標；或是從研發人員、製造人員、銷售人員、消費者等多個角色來思考問題。
6. 評鑑方案：訂定規準，評定方案的利弊。
7. 建造：將設計的裝置建造出來。

#### (一) 創思的方法

Alex Osborn(1953)指出，在真實生活情境中，運用創造思考的方法包括取代(substitute)、組合(combine)、調適(adapt)、放大(enlarge)、縮小(reduce)、除去(eliminate)、以及重排(rearrange)等七種(Barnes, 1993)。這七種方法非常適合於科技教育的設計與製作活動中。茲列舉實例說明如下：

1. 取代：替換既有的構想。例如，現有構想(實物)為「以三夾板製作組合玩具」，教師可以讓學生想

- 一想，有沒有其他的材料可以取代三夾板。結果發現，用壓克力(適於國中以上)、保麗龍、珍珠板(適於國小)來製作也可以。
2. 組合：將兩個以上的構想加以結合。例如，生活上有些東西各有它的功能，如果合在一起，就方便多了。老師要學生想一想，有哪些東西是可以合在一起的。例如，記事簿、連絡簿、重要名片簿等，都是每天要攜帶的東西，有時後會丟三落四的，忘記放進書包。學生可以製作一本「個人檔案簿」，內含前述三種資料與功能，於是每天只要帶這本檔案簿就可以了。
3. 調適：將構想的用途加以變更。例如，生活上有很多東西是可以作其他用途的，而且越是別人沒想到的，越是特別。空的養樂多空罐或是保特瓶加上一些簡單的材料(如竹筷子、鐵絲)，可以用來做什麼？花瓶、筆插、裝飾性造形、或……。
4. 放大：將外形加大或突顯其重要性。例如，生活上的東西，不一定是那麼小。想一想，東西放大之後，會變怎樣？鑰匙通常是小小的一根，學生可以製作一把像人一樣高的超大形的鑰匙。用報紙、鐵絲、漿糊等，塑造一隻超大昆蟲(如螞蟻、蜜蜂)，結果會怎樣？
5. 縮小：將外形所小或降低其重要性。例如，生活上有些本來就很大的東西，突然變小了，世界會變怎

樣呢。老師告訴學生，你就是魔術師，可以將東西變小，而最想變的是什麼？也許可以用紙黏土做一個掌上型的跑車、用鐵絲折一輛小型腳踏車、用黏土造一個縮小板的科學園區。

6. 除去：除去部份。例如，生活上的東西，不一定都要這樣。想一想，在很多東西上面，去除一些部份會變怎樣？例如能不能將門把從門上拿掉、將腳踏車的腳踏板拆掉、將電腦的主機殼拿掉.....。於是學生可以設計一些沒有門把的門、沒有踏板的腳踏車、沒有主機殼的電腦造形等。
7. 重排：改變秩序或倒轉。例如，生活中的東西，都有一定的秩序嗎？想一想，哪些是有一定位置或秩序的。但是，誰說冰箱的冷凍室一定要在上面？誰說汽車的駕駛座一定要在左前方？想一想，生活中一些「固定位置」或「固定順序」的事物，如果加以改變呢，會變怎樣？於是學生可能會設計出很特別的房子、車子或其他器物。

## (二) 創思的對象

前述為設計與製作活動中，可以採用的創思方法或改變的方法。除此之外，創造性的設計與製作活動，尚需要考量改變的對象。換句話說，就是要將改變的方法或創思的方法，加諸所要改變的素材上面。張玉山(民88a)曾以我國發明專利案例為對象，進行質性分析結果，將各專利發明的特點加以歸納得到如圖1所示的分析架構。

利用前述「自由路徑方法」，將創思

的方法與創思的對象作自由的任意組合，便可以得到共計  $7 \times 4 \times 3 = 84$  種創新的構想，如圖2所示。

## 伍、結語

在美國國際科技教育學會(ITEA)所發展的全美科技教育專案(Technology for All American)中，第一句大標題就揭示，科技是人類行動的創新(Technology is human innovation in action)。創造與創新是科技發展的原動力，也是全球科技教育所要追求的極致目標。

在臺灣，基於過去三十年的經濟奇蹟，晶圓代工曾經為臺灣爭取許多的外匯。但是，面對二十一世紀的知識經濟時代、e世代、I世代等快速發展的時期，以及第三世界與開發中國家的廉價勞力競爭，國人急切需要發展全民的科技創造力，必須盡速脫離勞力密集的加工業，轉型為知識密集、技術密集的高科技產業。

再以個人需求的角來看，面對變遷迅速的社會，個人必須具備高度的適應能力，才能適應社會中職業、休閒、及一般生活的需要，並且才有可能進一步開創新社會。這些都需要科技創造力才能辦到。

以前我們的老師並沒有激發我們太多的創造力，並不代表我們不必激發下一代創造力。也許激發學生科技創造力並不容易，但是，只要我們相信這是值得的，我們終將可以做到。

## 參考文獻

- Barnes, R.(1993). *Art, design and topic work 8-13*. London: Routledge.

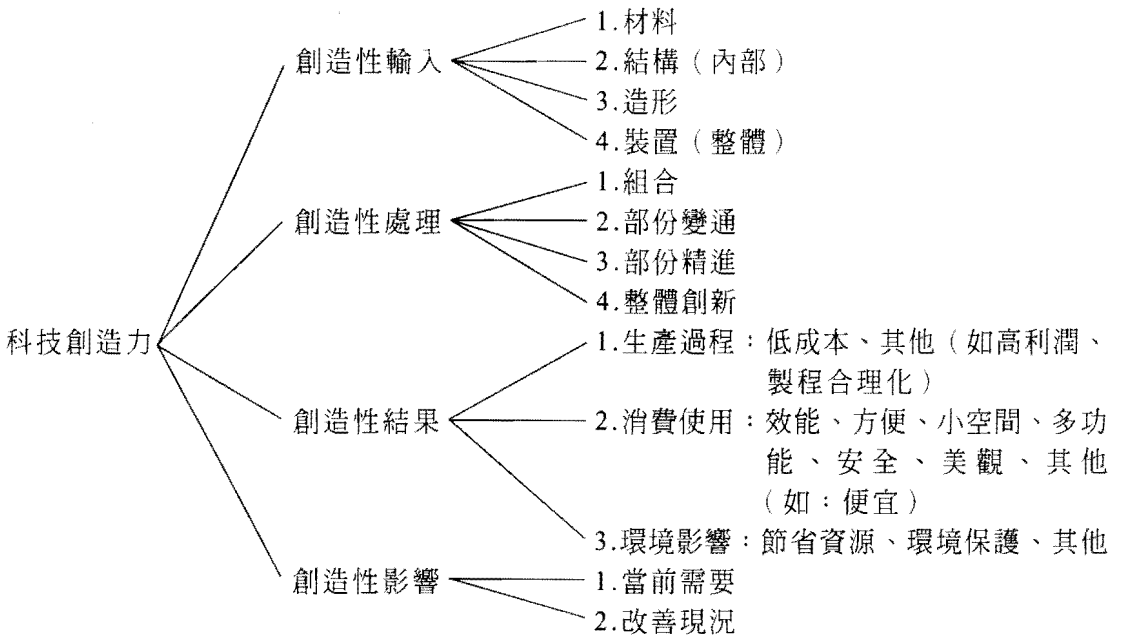


圖 1 科技創造之整體分析架構

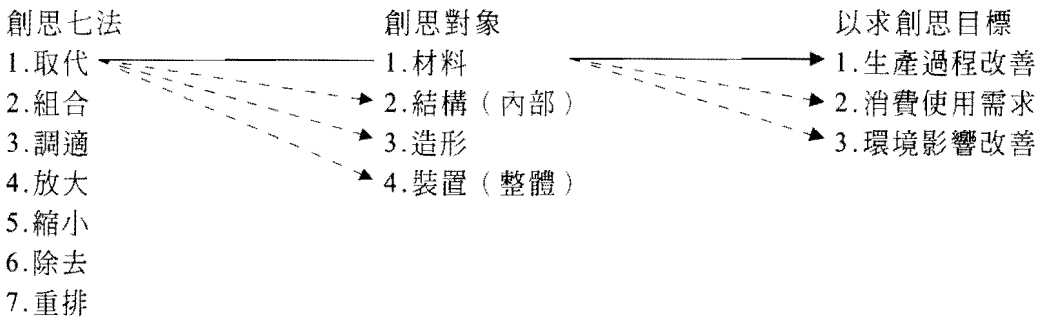


圖 2 設計與製作的自由組合創思法

Bennis, W., & Nanus, B. (1985). Leaders: The strategies for taking charge. New York: Harper and Row.

Christine, H. (2000). Thinking about critical and creative thinking. Available <http://www.soe.ntu.edu.sg:8000/react/1997/2/1.html>

Danielson, M. A., & Mitchell, N. (1995). Creative problem solving: a comparison of techniques. Paper presented at the Annual Meeting of the Central States Communication Association (Indianapolis, IN, April 1995). (ERIC Document Reproduction Service No.

- ED 386-776).
- De Bono, E. (1995). Serious creativity: using the power of lateral thinking to create new ideas. London: Harper Collins.
- DeSiano, M. & DeSiano, S. (1995). Thinking, creativity, and artificial intelligence. Paper presented at the Annual Meeting of the Art Education of New Jersey (New Jersey, 1995) and at the Annual Meeting of the New York City Art Teachers Association (New York, NY, 1995). (ERIC Document Reproduction Service No. ED 411-196).
- Fidura, F. G.(2000). Problem solving & creativity. Available <http://onesun.cc.geneseo.edu/~intd225/cpprbslv.html>.
- Gibney, K. (2000a). Awakening creativity --How engineering educators help students unlock their creative potential. Available <http://www.asee.org/pubs/html/creativity.htm>
- Gibney, K. (2000b). A creative student think tank. Available <http://www.asee.org/pubs/html/creativity2.htm>
- Grupas, A. (1990). Creative problem-solving. Paper presented at the Annual Meeting of the Missouri Association of Community and Junior Colleges (November 15-17, 1990). (ERIC Document Reproduction Service No. ED 343-813)
- Guilford, J.P. (1986). Creative talents: their nature, uses and development. Buffalo, N.Y.:Bearly.
- Hegedus, D. M., & Rasmussen, R. V. (1986). Task effectiveness and interaction process of a modified nominal group technique in solving an evaluation problem. Journal of Management, 12, 545-560.
- Herrmann, N. (1990). The creative brain. Lake Lure, NC: Brain Books.
- Isaksen, S.G. (1987). Introduction: An orientation to the frontiers of creativity research. In S.G. Isaksen (Ed.), Frontiers of creativity research: Beyond the basics (pp. 1-26). Buffalo, NY: Bearly Limited.
- Keeney, R. L. (1993). Creativity in MS/OR: value-focused thinking-creativity directed toward decision making. Interfaces, 23, 62-67.
- Labarre, P. (1994). The creative revolution. Industry Week(may), 12-19.
- Mau, R. Y. (1997). The role of assessment in developing creativity. Available <http://www.soe.ntu.edu.sg:8000/react/1997/2/7.html>.
- Moo S. N. (2000). Teacher dispositions and classroom environments which support the teaching of creative and critical thinking skills. Available <http://www.soe.ntu.edu.sg:8000/react/1997/2/2.html>
- Osborn, A.F. (1953). Applied imagination: principles and procedures of creative problem-solving. New York: Scribners.
- Perkins, D.N. (1984). Creativity by design. Educational Leadership, 42(1), 18-24.

- Pollak, A.(1994). Problem solving. Trenton, N.J.:Mercer County Community College. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 368-973).
- Puccio ,G. J.(2000). Why study creativity? (An earlier version of this article appeared first appeared in Creativity & Innovation Yearbook, Vol. 2, 1989) Available [http://www.buffalostate.edu/~creatnt/puccio\\_article.html](http://www.buffalostate.edu/~creatnt/puccio_article.html)
- Putnam, J. & Burke, J.B. (1992). Organizing and managing classroom learning communities. NY: McGraw-Hill, Inc.
- Redelingshuys, C. (1997). A model for the measurement of creativity. Part I-Relating Expertise, Quality and Creative Effort. (Internet)
- Roussalov V.M. and Poltavseva L.I. (1997). The temperament as a prerequisite of creative abilities. Neuroscience and Behavioral Physiology. Plenum Publishing Corporation.
- Stanish, B. & Fberle, B. (1997). Be a problem-Solver: A resource book for teaching creative problem-solving. Waco, TX: Prufrock Press.
- Strickland, A. & Coulson,L.T. (2000). Principles of creativity: guides for your work and your life. Available [http://www.thinksmart.com/articles/MP\\_3-4-1.html](http://www.thinksmart.com/articles/MP_3-4-1.html)
- The National Center for Creativity, Inc. (2000). Three areas to think about creativity. Available <http://www.creativesparks.org/NCCICreativity.html>
- Torrance, E.P. (1995). Why fly? Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Van Gundy, A. (1987). Organizational creativity and innovation. In S.G. Isaksen (Ed.), Frontiers of creativity research: Beyond the basics (pp. 358-379). Buffalo, NY: Bearly Limited.
- Vehar, J. (2000). Innovative space exploration: designing your optimal creative environment. Available <http://www.thinksmart.com/articles/idealenvironment.html>.
- 國科會科資中心(民 89), 政府研究計畫基本資料檔。見 <http://www.stic.gov.tw/ddb/index.html>
- 張玉山(民 88a), 從我國專利發明實例分析科技創造力內涵之研究, 發表於台東師院: 國際科技教育整合思考研討會, 載於國際科技教育整合思考研討會—論文發表論文集, 166-181。
- 張玉山(民 88b), 創造性科技教學設計, 發表於台東師院:國際科技教育整合思考研討會, 載於國際科技教育整合思考研討會—教材設計範例, 11-17。
- 張玉山(民 89), 問題解決教學活動。見 <http://sam.nhltc.edu.tw/tech-ed/問題解決.doc>
- 盧素碧(民 82), 幼兒的發展與輔導。台北: 文景。
- (作者: 李大偉為台灣師大工技系教授兼教務長, 張玉山為花蓮師院美勞系副教授)