科學教育學刊
1998, 第六卷第二期， 169-189

EJ51-1998-169

STS 活動中共同創造以促進創造力之設計：水果電池

王澄霞　謝昭賢
國立臺灣師範大學化學系

（投稿日期：87 年 5 月 13 日，接受日期：87 年 6 月 1 日）

摘要：此研究之目的爲促進創造力而其設計由三個要素所構成：(1) 在小組學習及班級共享中，使用鷹架策略、創造性思考技法及以發問激發思考；(2) 設計 STS 探究實驗；(3) 以對話、討論、探究及實作爲中心的 STS 活動，共同創造。著者根據五層面二十二過程之創造力表現，評鑑學生之學習成就，並以行動研究找出：(a) 創造力表現之證據，並 (b) 評鑑此研究設計之有效性。

著者規劃酸雨媒體情境和矛盾、挑戰性問題，用以小組及班級合作學習。學生使用認知圖聯結孤立、零星的知識、技能及觀點，找出彼此之相互關聯，建構意義。擴散性思考技法（如腦力激盪）促使學生開放性、多層面思考。收斂性思考技法（如因果法）篩選、分析及精緻化所提出之意見，發展爲可行的構想。各小組確認 STS 探究題目、設計創造性探究實驗，並向全班提出報告、接受全班的挑戰和批判；個案小組答覆、辯論及修改設計。之後各小組執行所設計之探究實驗。各小組將其成果以壁報展示並由全班同學評鑑。整個過程由直接觀察、錄影記錄、小組學習歷程檔案與同儕評量收集資料。

本文以阿正及個案小組爲中心，分析詮釋其創造性思考過程，發現著者之研究設計能增進學生的創造力。個案小組之水果電池探究實驗設計由 (a) 獨創力，(b) 具體性，(c) 科學想法，(d) 實驗知能，(e) 吸引性，及 (f) 接受度等評鑑。同儕評定水果電池設計符合 (a)~(e) 之評鑑基準，但水果產地認定不易，水果電池實際應用之可能性不高，故接受度較差。個案小組接受大家的看法並反省，表示希望進一步探究。

關鍵詞：共同創造，創造性思考技法，鷹架策略， STS 探究實驗。

研究背景

科技隨著日新月異不斷的進展，增進人類生活福祉，主導了人類社會的變遷之外，同時也帶來了相當多的後遺症。例如，開發礦產而造成自然環境平衡失控，廣設工廠而造成環境污染。因此如何在經濟發展與環境保護兩者間取得均衡，是人類邁入二十一世紀前急需解決的議題之一。另一方面，塡鴨式、被動、接受方式的科學教育，產生許多教育問題，連帶地引發經濟、社會問題。由學生生活經驗切入；

以身邊問題爲中心之學習，即 STS (Science-Technology-Society) 學習是一種自發性學習，強調學生，應有自發性之學習空間，鼓勵、促進學生將課堂上所學的應用於生活情境中，自己規畫與同儕合作探索從事學習活動 (Yager, 1992; 王澄霞， 1995) 。美國科學教師協會把 STS 定義爲人在實際經驗中之科學「教」與「學」，通常稱爲「科學教育生活化」。我國國科會科教處規劃進行 STS 師資培育整合型計畫，已有初步研究成果：廣泛蒐集國小高年級學童有興趣的 STS 之問題或議題，並進行探究（連啓瑞和盧玉玲， 1997 ）；國小教師開發「辨認粉末」單元活動，探討對國小學生的解決問題能力的影響（黃萬居， 1997 ）；開發 STS 核化學模組以培育 STS 教師建構教學知能（蘇育任， 1997 ）；探討中學教師進行 STS 教學，所應具備之專業準備（陳文典， 1997 ）；開發適合中學生之 STS 教學模組（洪志明和鄭淑玲， 1997 ）；使用教學歷程檔案評鑑 STS 教師是否具有 STS 教學能力，引導教師改進教學，發展其專業能力，進而作爲檢定與任用教師之依據（王澄霞和謝昭賢， 1997a ）；應用畫認知圖以評量學生之學習成就（王澄霞和謝昭賢， 1997b ）；透過 STS 探究實驗設計，開發潛能，激發其創造力 (Wang, 1997) 等。 STS 最終之目的是人人能察覺，了解到 STS 議題之徵結所在，並凝聚共識提出解決方案而具體執行方案，且面臨阻礙時能夠不斷修正方案解決問題，養成自省、自律具有批判性及創造性思考之個性。

創造力之定義很多，有人把它看做一種過程，有人把它看做產品；個體創造產品時，其創造力就從潛在狀態轉化爲顯現狀態，由直覺（靈感）發展爲想法，進一步發展爲構想，並以創造成果的形式顯現。第一層次創造力，主要是指對本人來說是前所未有的，不涉及到社會價值。中小學生之創造作品都是第一層次創造力的表現。第二層次創造力，主要是指經過模仿或改革或發明，重新組織原有的知識和經驗而產生，具有某種社會價值之產品的能力。第三層次創造力，指經過長期的研究、反覆的探索所產的非凡之創造（董奇， 1995 ）。Brandt (1986) 指出：創造力是一種能運用及主導自己能力的個人途徑，而在過程中，具有創造力的人可以重新建構問題而非只是針對問題去找解決方法。發問可引出開始沒有考慮到的問題。愛因斯坦曾說：“問題的形成通常比它的解決來得重要。解決的方法也許只是一些數學或實驗技巧 (Getzels, 1975) ”。以一個新的角度從舊的問題中引發出新的問題及新的可能性，須要豐富的想像力，而能促成科學進步 (Getzels, 1975) 。再造性想像是根據語言或非語言的描繪（如圖形、圖解、符號等）在大腦中形成相應的新形象的心理過程，創造性想像是不依據現成的描述，而根據特定的目的和任務在大腦中獨立地創造出新形象的心理過程。再造性想像對經驗的理解十分重要。以音或色彩之連帶感覺和創造力有聯帶關係 (Daily, 1997) 。過去影像經過加工改造後創造出新的形象，因此創造性想像得以結合以往的經驗，在想像中形成新的構想。創造性之解答通常來自於創造性的問題，問題未成形前，不知要解決什麼問題。創造力是一種能提出高層次問題的能力 (Smilansky & Naftali, 1986) 。 Sternberg (1996) 強調創造力須運用三種能力： (1) 合成能力 (Synthetic ability): 合成已有知能而產生創造的能力； (2) 分析能力 (Analytic ability) ：分析、評估構想的能力； (3) 實踐能力 (Practical ability) ：將理論付諸實踐的能力。

有人認爲人與生俱來就有創造的本能，所以開發創造力是有可能的（比賀， 1996 ）。創造性思考的技巧被認爲是可以練習的 (Cronin, 1989) 。 Sternberg (1996) 描述 12 策略可以促進學生、教師、職員之創造力。在發展創造力過程中： (1) 提供具有創造力角色之典範； (2) 鼓勵對假設產生疑問；

(3) 允許犯錯誤；(4) 鼓勵去冒險通曉事理；(5) 讓學生尋找題目並設計方案，以學生自己設定的步驟解決問題並以口頭或書面報告；(6) 評鑑創造性研究計畫；(7) 獎勵創造性構想和產品；(8) 給與時間思考；(9) 寬容含糊；(10) 指出創造思考者常常面對的障礙；(11) 鼓勵積極努力成長，樂意改進；(12) 認識養育創造思考者所需要的環境。另外，比賀 (1996) 強調在活動過程中教師們應注意下列幾項原則：(1) 教師肯定創造性思考價值；(2) 讓學習者在刺激的環境下能敏感地思考；(3) 促進自立學習及操作的勇氣；(4) 引導學習者組織不同點子，並有系統地檢討；(5) 培養對新點子有寬容性；(6) 不強制固定形式；(7) 佈置具有創造性學習環境，促使衍生出點子；(8) 學習者肯定自己的創造性思考價值；(9) 同儕能互相鼓勵、尊敬不嘲笑別人的意見；(10) 教師在創造過程中適宜地提問，提供資訊；(11) 除去對創作的恐懼感；(12) 給予自動開始學習的勇氣，並給予評價；(13) 提供困難事件之情境激發創造性思考；(14) 足夠的準備活動和休息時間；(15) 鼓勵小組及班級學習；(16) 培養想要完全瞭解想法並習慣說出的勇氣；(17) 不要單純性批評，要能引伸思考的建設性批評；(18) 教師要增強在多領域中求取知識的勇氣；(19) 教師本身要培養具有冒險心；及 (20) 在培養創造力過程中，使學生具有：(a) 強好奇心；(b) 感性；(c) 強烈的正義感；(d) 自我肯定、自我表現力；(e) 強活動欲；(f) 集中力；(g) 柔軟性思考；(h) 強想像力；(i) 不屈不撓的精神；(j) 忍耐力；(k) 多樣化思考；(l) 靈感；(m) 客觀思考；(n) 接受批判的個性 (比賀，1996)。

建構論者雖然認爲知識必須由個人所建構的，但也可由社會建構 (Social construct)。因此教室內的學習除由個人建構，同時也經由同儕群體建構，所以教師應設法爲學生營造適宜的教學環境 (楊榮祥，1995)。在教師營造之環境中，學生間合作思考不只發表出自己的想法，且學會比較各人的經驗、觀點，整理較爲客觀的想法 (Driver. *et al.*, 1994)。學生處理資訊的心智過程和認知型式，稱爲認知偏好或認知取向是一種認知風格 (Witkin *et al.*, 1977)。將認知型式當作是個體組織和處理訊息的一種一致性的行爲類型，而相關研究 (楊坤原和鄭湧涇，1996) 提到學生之認知風格、認知策略與學習成就間有互動關係。

Wakefield (1992) 指出，找出問題所在及良好的表達出問題，通常對創造性探究有利；研究結論並指出，尋找出問題並能清楚敘述出來，與創造力是息息相關 (Getzels & Csikszentmihalyi, 1975; Mackworth, 1965)。一般而言，學生較喜歡藉由探究、操作、測試、提問、實驗及構想之創造性學習方式 (Torrance, 1963)。在探究活動中學習者須思考“在做什麼？”，“如果這樣做…將會如何？”。STS 問題是引發科學創造力的重要要素。同樣重要的是：相關因果問題和實際操作讓自己產生自己的問題，而不只是仰賴別人提供問題來學習。具有創造力、好奇心及疑問心的學生通常喜歡與人溝通 (Risi, 1982)。實驗中產生比傳統教育較多的問題，學生發問的比例較高。此外，在小群體中學生比較會問問題。腦力激盪活動、提出問題、鼓勵多層面思考及延緩評斷的教學方式可以促使創造力成長 (McComas, 1989)。教師應適時提問，營造有效溝通，創造力受尊敬、被鼓勵、範示及獎勵的氣氛及環境。STS 教室就是具有此氣氛之環境的好例子 (Penick, 1982)。Ogawa *et. al.* (1991) 比較日本和美國五年級學生的創造力之異同時，發現日、美兩國學生之流暢性沒有顯著差別，但美國學生之變通性比日本學生好。

研究 (Yager, Blunck & Ajam, 1991) 指出：STS 學習能有效地培育創造力，並指出以 STS 取向之教學模式比傳統的老師爲中心之教學方法促進、提高發問數目 2 倍以上，

但沒有詳細描述其教學法，或鷹架策略 (Penick & Yager, 1993)。著者之初步研究發現，以 STS 探究實驗設計爲中心之學習活動能促進學習者之創造力 (Wang, 1997)。

研究過程

一、研究目的

本研究經由著者營造酸雨情境，以創造性思考技法， STS 探究實驗設計，小組及班級合作學習產生師生、同儕互動，合作思考之學習環境，促發創造性思考，以開發學生之創造力。著者以行動研究探討學生之 STS 探究實驗設計：根據五層面二十二過程發展創造力表現及評量內涵分析詮釋阿正及其個案小組在活動中之創造性思考過程， (a) 找出創造力表現，並 (b) 評鑑此創造力開發模式之有效性。

二、研究設計

本研究根據“人人具有創造力，以創造性取向活動反覆練習即可促進其創造力” (Kitto, Lok, & Rudowicz, 1994) 之理念，規劃下列研究設計：

1. 在小組學習及班級共享中，使用鷹架策略、創造性思考技法及以發問激發思考，以開發學生之創造力。
2. 學生透過設計 STS 探究實驗發展其創造力。
3. 透過對話、討論、探究及實作爲中心的 STS 活動共同創造，以激發學生之創造力。

三、研究方法與步驟

㈠參與人員

本研究參與人員包括一位師資培育者／主要研究員、職前教師 / 研究員和師大化學系四年級學生含阿正小組計有 28 人，學生以 5 ~ 6 人分爲 5 個小組，個案小組由阿正、甲生、乙生、丙生、丁生組成而戊生、己生、庚生、辛生、壬生及癸生是其他組同學，以上名字皆爲代稱。這些學生以前未參與過 STS 活動。

㈡術語定義

本研究採用之術語定義如下：

1. 創造力：創造力的表現肇始於個體能夠思考、察覺問題之存在，明瞭所需要的和已瞭解的知識間之間隔，認出創造新產物及新表現的機會並願意把創意表現出來 (Feldhusen & Goh, 1995)。著者設計之五層面二十二過程之創造力表現內涵，可用以找出創造力表徵之依據（表 1 ）(Wang, 1997)。這裡的產物是指以某種形式存在的思考成果，它既可以是一種新概念、新構想、新理論，也可以是一項新技術、新工藝、新產品。
2. 認知風格：學習者在從事活動時，每個人以不同的方式來進行認知，所表現出來的特質即爲認知風格。認知風格或型態之分類方式很多，本研究採用認知風格包括三大類、七型之分類，用以分析不同認知風格者之對話、討論及探究，詮釋如何影響到創造性思考。第一類分爲兩型：整體性 (Whole) 思考者，由整體思考了解部份，及由與自己經驗有關事物進入整體性思考。通常對特定情境之原貌全部接受，對特定情境之刺激作反應，因此又稱爲場地依賴 (Field-depndent)。分析性 (Analytic) 思考者，指由部份來了解整體，傾向以分析性方式處理訊息。把情境中的各部份獨立的處理，以分析、組織結構化方式處理整個情境中之問題，因此又稱爲場地獨立 (Field-indepndent) (Witkin, Moore, Goodenough, & Cox, 1977)。第二類使用感覺器官分爲三型：視覺思考者，由寫或繪幫助他們了

表1：STS 探究實驗設計活動中之創造力表現及評鑑內涵

P1. 察覺議題：發現問題
(P1.1) 察覺議題及其問題
(P1.2) 確認欲作探究之問題

P2. 了解問題
(P2.1) 發現事實：觀察、尋找及分析相關資料
(P2.2) 由不同的觀點來看問題並重新定義
(P2.3) 以實驗測試解釋問題
(P2.4) 整理資訊以了解問題

P3. 設計方案：提出解決方法及其說明
(P3.1) 找出新的點子：使用開放式及發散式思考，例如填寫腦力激盪法、列舉法，找出具有創意的點子
(P3.2) 發現障礙
(P3.3) 轉換點子選擇其一成爲有用的設計
(P3.4) 設計STS探究實驗流程
(P3.5) 以相關的因素思考評量所設計的實驗
(P3.6) 辨認嚴謹及重要的標準或基準以達到發明之目的
(P3.7) 報告設計內容以供班級評量

P4. 執行實驗
(P4.1) 執行實驗
(P4.2) 持續不斷修正、琢磨流程或作品直到達成原先所設定的標準或基準
(P4.3) 考慮資源、成本、時間及空間

P5. 評鑑及自省
反省自評並展示成果以供他人評鑑：(P5.1)獨創力，(P5.2)具體性，(P5.3)科學想法，(P5.4)實驗知能，(P5.5)吸引性，及(P5.6)接受度。

解或記憶，以視覺方式整理資訊藉影像建立認知架構。聽覺思考者，由發言激發思考，聽和講能提高其記憶及了解，以出聲思考建立認知架構。動覺思考者，由動手促進思考，做過的經驗記得最牢，喜歡角色扮演由不同角色體驗、建立認知架構 (Barbe, 1985)。第三類態度方面分爲兩型：外向、群體思考者，喜歡發言懂得與周遭、人互動，群體合作促進學習建立認知架構。內向、個人思考者，安靜、需私人時間和空間，回答前需要時間處理想法和資訊，先看別人做之後才作，仔細思考後才開始行動 (Guild & Garger, 1985)。

㈢活動簡介

著者以酸雨污染環境之錄影媒體營造情境，引導促使學生思考。學生以小組及班級合作學習模式，經過以班級腦力激盪、卡式腦力激盪激發擴散性思考，後進行畫認知圖，及不同地點雨水樣本的酸度實驗等活動。各小組組員以樣本之酸度推測酸雨採樣地點之想法，展示在黑板上（卡式腦力激盪），向全班報告該雨水之採取地點及其理由。由此活動促進學生思考環境

污染之原因及其影響。班級討論活動後，各小組確認其探究問題後設計探究實驗。各小組輪流上台報告並帶動班級討論活動。阿正之個案小組向全班提出使用水果來偵測酸雨污染的構想，接受全班的挑戰和批判。個案小組答覆、討論、辯論後修改其構想。之後個案小組以合作學習進行探究實驗，在解決不同種類問題時使用“出聲思考”，並且採用腦力激盪、畫認知圖、卡式腦力激盪、類比思考、形態分析及探究流程設計等思考技法，並執行所設計的探究實驗。在實驗過程中不斷地分

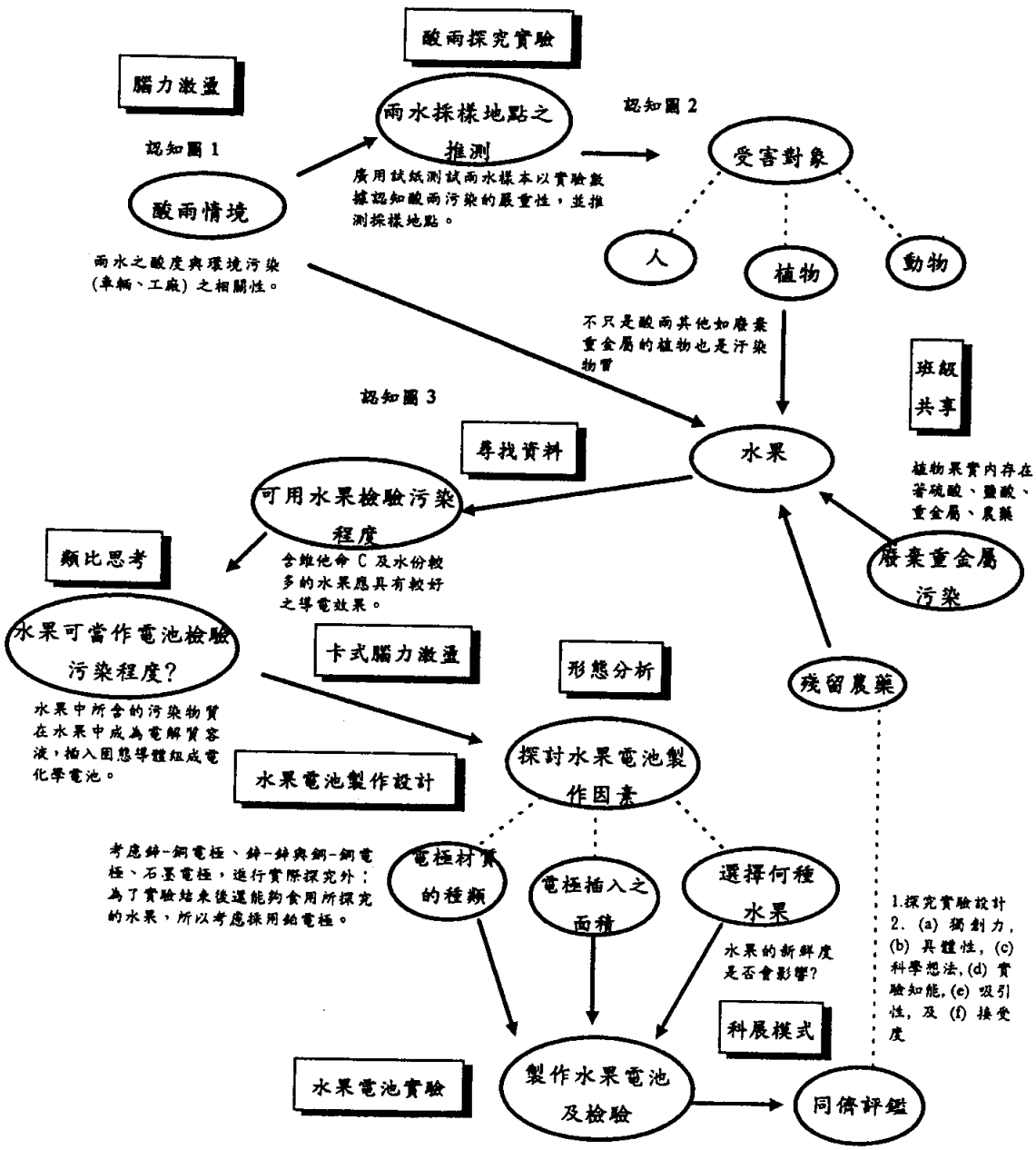


圖 1 ：阿正與個案小組活動及思考過程分析

析、試探、修改原設計，以製作水果電池並測量重金屬等產地污染物。其活動過程（圖 1 ）及成果以科展模式展示，並由全班同學評鑑之。

四、資料分析及討論：阿正及個案小組之創造性思考過程

著者以整個過程之直接觀察及錄影記錄資料、小組學習歷程檔案及同儕評鑑的資料分析找出學生之創造力表現，並探討經由此活動發展創造力之有效性。本文以五層面二十二過程之創造力表現及評鑑內涵（表 1 ），分析詮釋阿正及個案小組在活動中之創造性思考過程。著者爲了敘述方便設定一些代號，使用在資料分析及討論中，著者及個案小組所用的活動類型計有活動類型 n(n=1~19) ，至於在探究實驗活動過程中，個案小組及阿正之創造力表現 (Performance Indications, PI) （代號是 P1. 1 等）見表 1 ，在活動過程中，各種認知風格者之表現分析結果見表 2 ，風格證據 n(n =1~20) 爲代號。

活動開始時，著者使用酸雨主題之錄影媒體，營造酸雨情境促使學生腦力激盪（活動類型 1 ），並對酸雨 STS 活動產生興趣。同時使用挑戰性、矛盾言論（如雖然工業科技造福人類，卻排放形成酸雨之二氧化碳、硫氧化物、氮氧化物等毒害物質）促使他們腦力激盪引導進行開放性思考（活動類型 2 ）。在此過程中鼓勵學生盡可能寫出對酸雨的看法及其理由，並讓學生使用“出聲思考” 酸雨可能會對我們造成的各種影響及這些現象是否已經出現在我們周遭？各小組經過腦力激盪、討論（活動類型 3 ）之後，組員輪流代表小組對全班發表，使同儕共享（活動類型 4 ）小組之看法，並分享其他小組之不同經驗。阿正在活動日誌中寫出：

> 錄影媒體使我察覺酸雨污染相關問題，並思考其因果關係（視覺認知風格）（風格證據 1 ）。

顯示影像營造之情境能促進阿正察覺酸雨相關問題 (P1.1) 。阿正發表時提到酸雨危害自己或家人的經驗，全班分享其經驗。各小組報告之後，每個人以網狀圖畫出個人對“酸雨”之認知以下稱爲畫認知圖（活動類型 5 ）。在活動的過程中，學生隨時可以增補或刪除個人認知圖的內涵。阿正所畫之認知圖內涵包括：

> 工業、交通工具等造成酸雨污染物質；影響到環境土壤，不利農作物生長、景觀，有害人體健康。

阿正在活動中所畫認知圖（圖 2 、圖 3 、圖 4 ）中清楚地顯示： 1. 知道酸雨是什麼，認識其成因及影響； 2. 認知酸雨污染問題之因果關係； 3. 列出各角色的解決方案其具體內涵及其相互關係。這些事實顯示畫認知圖促使阿正由酸雨所產生的各種問題統整（分析性認知風格）（風格證據 2 ）酸雨相關事實及其問題 (P2.4) ，用以認知了解整體狀況 (P2.1) 。

著者引導各小組進行酸雨檢驗實驗（活動類型 6 ）推測酸雨樣本地點（活動類型 7 ）時，阿正和個案小組組員合作，使用廣用試紙測試不同地點（編號 1 、 2 、 3 、 4 共四個地點）之雨水樣本之酸度等活動時，經由雨水之酸度與周遭環境之密切關係推測酸雨採樣地點。在班級共享（活動類型 4 ）時，把酸度測試結果及其可能之周遭環境貼於大張白紙（卡式腦力激盪）（活動類型 8 ），展示在黑板上，並向全班報告（活動類型 9 ）其推測結果及理由。

阿正代表個案小組對全班報告時說出：

> 採樣地點，如汽機車、工廠較多、或溫泉、火山口附近，雨水酸度必高。可以使用石蕊試紙、廣用試紙測雨水之酸度而推測其採樣地點。

顯示酸雨檢驗實驗，同儕對話、討論促進阿正小組的預測及推理能力，並使阿正探索酸雨問題之背後成因 (P2.3) 。班級誘導阿正之小組確認欲作探究之問題，即探究各地點之酸雨程度 (P1.2) 。此時戊生提出：

表 2：創造力思考過程中之不同認知風格表現

個案	活動類型	活動中所呈現之認知表現	認知風格特徵
阿正	以錄影帶、投影片提供情境	在活動日誌中寫出：**錄影媒體使我察覺**酸雨污染相關問題，並**思考**其因果關係(風格證據 1) 。**(P1.1)**	視覺
	認知圖	在活動中所畫之認知圖顯示：1.知道酸雨是什麼，認識其成因及影響；2. 認知酸雨污染問題之因果關係；3.列出各角色的解決方案其具體內涵及其相互關係；4. 從檢驗雨水聯想到水果，再想到製成水果電池撿驗環境污染。這些**事實**顯示畫認知圖促使阿正**由酸雨所產生的各種問題統整**(風格證據 2)酸雨相關**事實及其問題**。(P2.1) (P2.4)	分析性
	實驗檢驗	向全班提出試紙以外之檢驗酸雨的方法(以蛋分置於雨水、醋、純水中**觀察**其浸蝕變化之方法來**測量**該地點的酸度)(風格證據 3) **(P2.3)**，並在日誌中寫出使用廣用試紙或雞蛋之**實驗檢驗活動**結果，雖能推測雨水採樣地點。但是可否能**研發更精密之檢測酸雨儀器**呢？(風格證據 4)	動覺
	班級討論	阿正小組報告並引導全班共同討論小組之設計時，阿正表示：因爲被污染的水果含有易於導電的**金屬離子**，因此由被汙染的水果所作的電池之**電流必然**會增加，可能檢測出該產地之汙染物 (風格證據 9) **(P5.3)**	分析性
	資料尋找	阿正能**與小組組員相互合作進行資料尋找，整理**歷年科展資料：由科展之水果電池相關作品發現，檸檬等較酸之水果能當作水果電池。水果中所含的電解質是導電的原因。含維他命 C 及水份較多的水果應具有較好之導電效果。所以要採用檸檬，不過小組討論決定也採用西瓜與蕃茄作爲對照用(風格證據 10) **(P5.3)**。	群體
	形態分析	阿正在水果電池之探究實驗設計之過程中，分析構成水果電池的相關因素， 在形態分析圖中列出：選用電極材質所組合之電極種類計有：銅-銅、銅-鋅、鋅-鋅、碳-探、鉑-鉑等電極；電極插入水果之面積計有：0.5cm^2、1.0cm^2、1.5cm^2、2.0cm^2、2.5cm^2 等組合因素；可以選擇水果之種類計有：檸檬、葡萄柚、橘子、西瓜、蕃茄、奇異果等各式水果電池組合 (風格證據 11)能**設計實驗以解決問題 (P3.4)**。	分析性
	班級討論	不過**鋅和銅跟水果產生之化學反應並不清楚**，因此阿正在**實驗**記錄中寫出(風格證據 16)：採用石墨當作電極，以求由水果本身產生之電位。顯示應有的**實驗知能(P5.4)**，能**設計(P3.4)**並**執行實驗(P4.1)**。	分析性
	同儕評鑑	阿正及個案小組**接受同儕評鑑及自評**後而阿正表示：我們接受大家的看法，水果電池實際應用的可能性需進一步研究(風格證據 20)。	群體

甲生	班級討論	甲生回應說出：假如被污染的植物含有易於導電的其他金屬離子，由此植物果實所作的電池的電位和電流必然會增加(風格證據 6)。	由經驗進入整體性
		甲生建議：應該考慮水果的體積較小和易取得的電極等因素(風格證據 12) (P4.3)。由於經驗考慮所採用的水果體積不大，所以將電極以相距 1cm 插入 (風格證據 14)	由經驗進入整體性
乙生	小組討論	小組自行討論時乙生說出：因爲水果電池產生的電流非常微弱及攜帶不方便，所以其取代一般電池的可能性幾乎沒有(風格證據 8)。	整體性
丙生		丙生提出：插入水果中之兩電極間之距離是否會影響電流大小 (風格證據 13)	分析性
丁生		丁生對於阿正所設計之探究實驗流程提出問題：水果擺放時間之長短是否造成水果成分的改變？是否影響導電度？(風格證據 15)	聽覺
己生	班級討論	己生在阿正引導班級討論時發言：不只是酸雨污染地域之植物被污染，其他地域之植物也會被污染 (風格證據 5)。顯示己生注意到不是由酸雨造成之其他環境污染。	由經驗進入整體性
庚生		庚生於班級討論中說出：製作水果電池以測酸雨污染之外，是否可當作市售電池。是否可以使用被污染水果製作成電池而應用於日常生活中(風格證據 7)。	由經驗進入整體性
辛生	全班同學評鑑	辛生提出建議：模擬重金屬離子均勻分布於水果內之現象，將整顆水果打成汁之後，測其產生之電流強度(P5.3) (風格證據 17)。	由經驗進入整體性
壬生		壬生表示，通常爲了防止病蟲害而對果樹噴灑農藥，所以提問：水果電池也可以測農藥污染程度嗎(風格證據 18)？	由經驗進入整體性
癸生		癸生提出：水果電池因水果產地認定不易，實際應用之可能性不高 (風格證據 19)	整體性

如何才能測量酸雨對環境的危害有多大？如何以試紙以外實驗數據表示雨水之酸度呢？

阿正被激發並提出回應：

以蛋分置於雨水、醋、純水中觀察其浸蝕變化之方法來測量該地點的酸度（動覺認知風格）（風格證據 3 ）。

顯示阿正能思考以檢驗了解問題 (P2.3) 。阿正進一步說出：

使用廣用試紙或雞蛋之實驗檢驗活動結果，雖能推測雨水採樣地點。但是可能研發更精密之檢測酸雨儀器（動覺認知風格）（風格證據 4 ）。

顯示阿正考慮以實際探究解決問題。

班級討論（活動類型 10 ）促使阿正說出：

由檢驗植物，以測出酸雨對環境之影響程度。

己生在班級討論時發言：

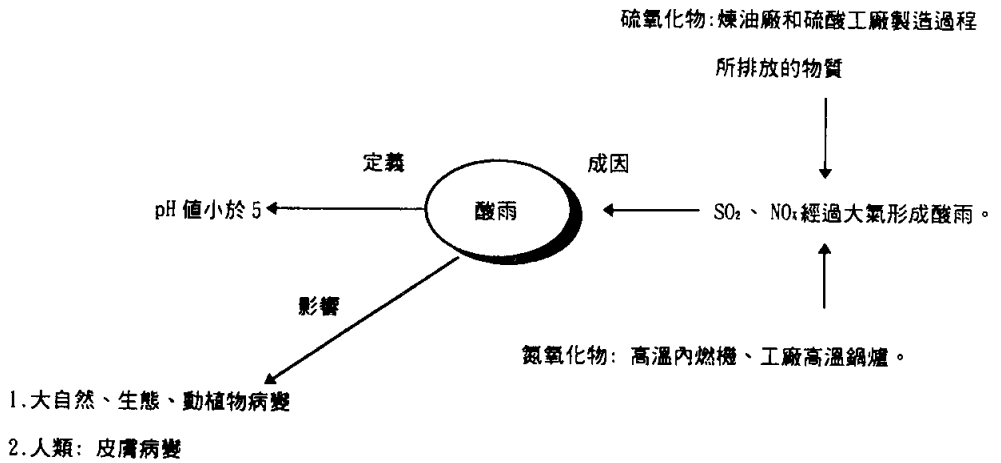


圖 2 ：阿正之認知圖 1

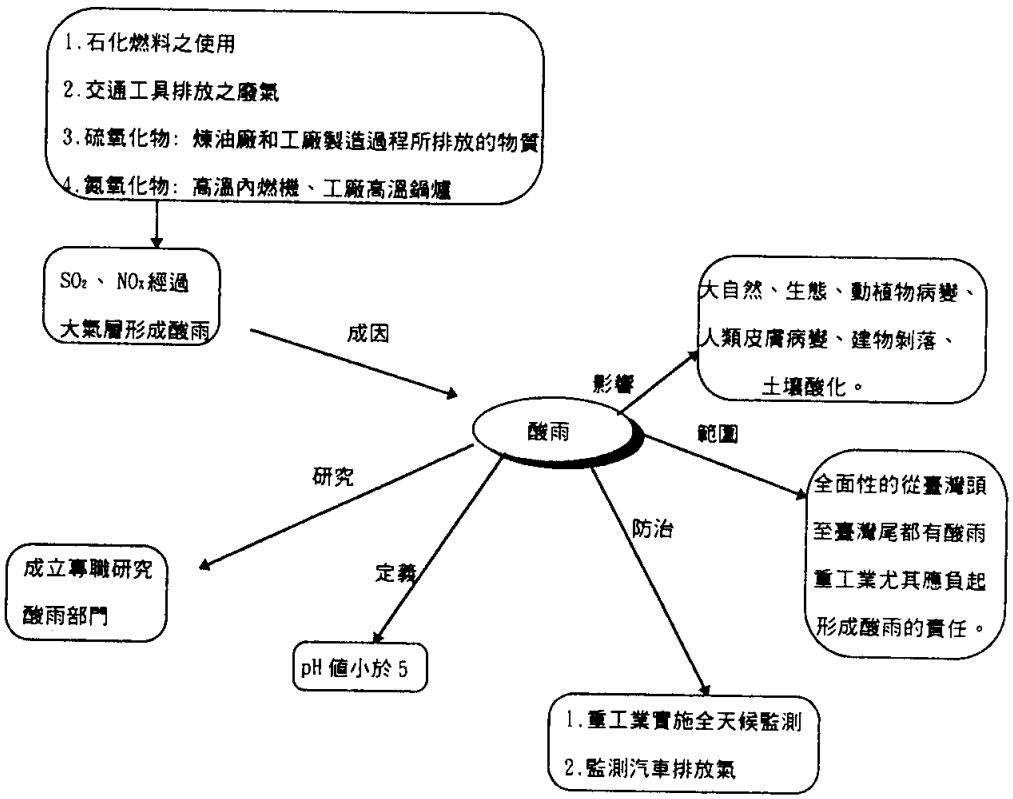


圖 3 ：阿正之認知圖 2

不只是酸雨污染地域之植物被污染，其他地域之植物也會被污染（整體性認知風格）（風格證據 5 ）。

顯示己生注意到環境污染不是只由酸雨造成。己生之發言讓個案小組甲生思考到沒有含在酸雨中而在土壤中之其他重金屬污染源，而其重

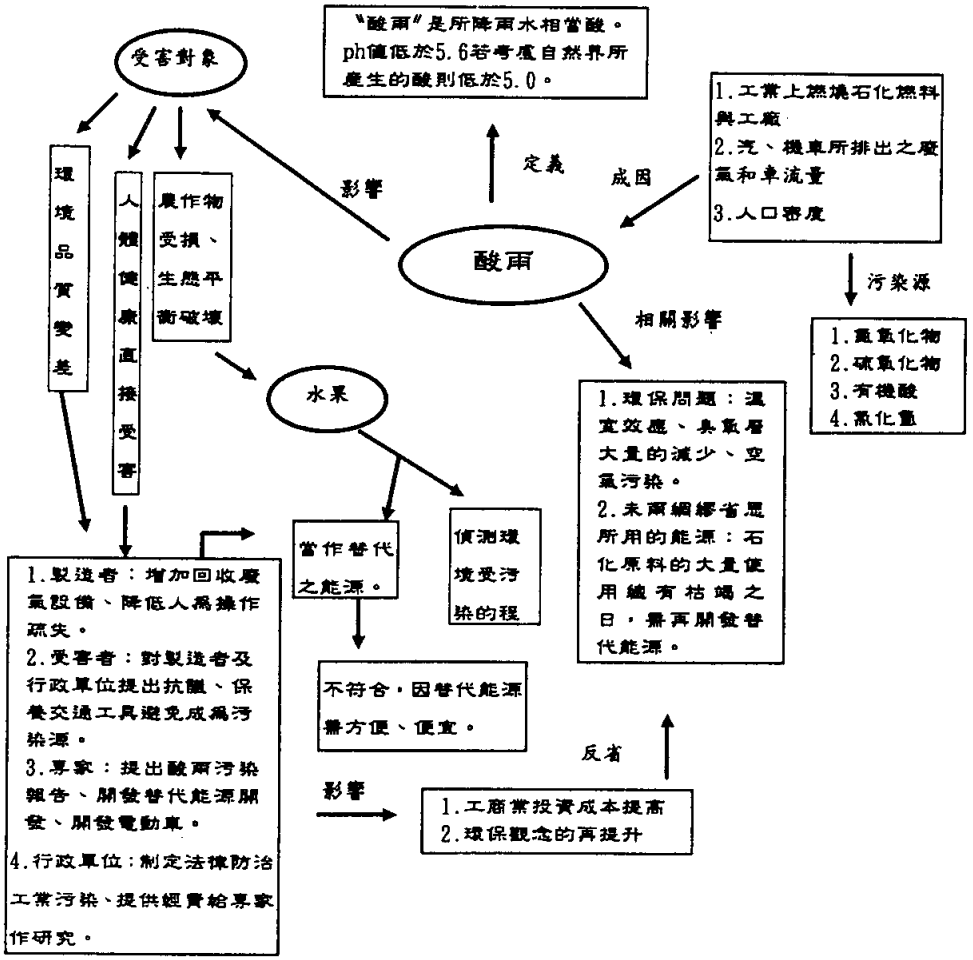


圖 4 ：阿正之認知圖 3

金屬離子可能被吸收到植物內部組織。因此被污染的植物內可能會存在著重金屬離子。甲生被促進回應：

> 假如被污染的植物含有易於導電的金屬離子，由此植物果實所作的電池的電位和電流必然會增加（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據6）。

阿正受到此對話之影響，類比思考到水果電池並合作思考測出的污染物，包括酸雨及其他環境污染源，顯示同儕互動激發阿正分析性思考延伸爲較整體性思考，想到整個環境污染問題(P3.1)，並促使阿正從不同方向看問題重新界定探究目的，即從被污染植物果實測量酸雨程度轉爲測試酸雨及其他廢棄金屬污染源。甲生之發言激發阿正思考以水果電池測試產地環境污染。阿正在班級討論中說出：

> 以水果電池可能檢測酸雨、產地重金屬污染，即測試特定地區環境之污染程度。

庚生於班級討論中提議：

> 製作水果電池以測酸雨污染之外，是否可當作市售電池。是否可以使用被污染水果製作成電池而應用於日常生

活中（由經驗進入整體性認知風格）（風格證據 7）？

阿正代表小組引導全班討論（活動類型 10）天馬行空的思考應用水果電池之可能性。實際觀察及實況錄影帶中看出，班級討論促進思考，討論水果電池取代一般的鋅錳乾電池、鹼性電池之可能性 (P2.2)。

討論時乙生回應：

> 因爲水果電池產生的電流非常微弱及攜帶不方便，所以其取代一般電池的可能性幾乎沒有（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 8）。

乙生之發言使小組思考到水果電池不太可能取代市售電池。阿正小組進一步從多種探究目標中，選擇其一即以水果電池檢驗水果產地之污染程度 (P3.3)。班級討論使阿正小組確認設計水果電池之探究實驗爲探究主題。

阿正表示：

> 因爲被污染的水果含有易於導電的金屬離子，因此由被汙染的水果所作的電池之電流必然會增加，可能檢測出該產地之汙染物（分析性認知風格）（風格證據 9）。

顯示阿正思考到經由水果電池之電流增加程度測出產地之污染源，即具有科學想法 (P5.3)。

個案小組以水果電池檢驗其產地污染源爲主題，進行尋找資料。阿正與其組員從各種資料中去尋找（活動類型 11）相關水果電池的研究，並發現在歷年科展有幾件水果電池的研究。阿正在活動日誌中敘述：

> 由科展之水果電池相關作品發現，檸檬等較酸之水果能當作水果電池。水果中所含的電解質是導電的原因 (P5.3)。含維他命 C 及水份較多的水果應具有較好之導電效果。所以要採用檸檬，不過小組討論決定也採用西瓜與蕃茄作爲對照用 (P5.3)。

顯示具有阿正能與小組組員相互合作進行資料尋找，整理歷年科展資料（群體認知風格）（風格證據 10）。個案小組進一步尋找臺灣地區出產的水果汁酸度、臺灣地域酸雨之酸性程度及臺灣地域重金屬污染情況等。分析這些資料 (P2.1) 促進阿正進一步了解要探究之問題 (P2.4)。

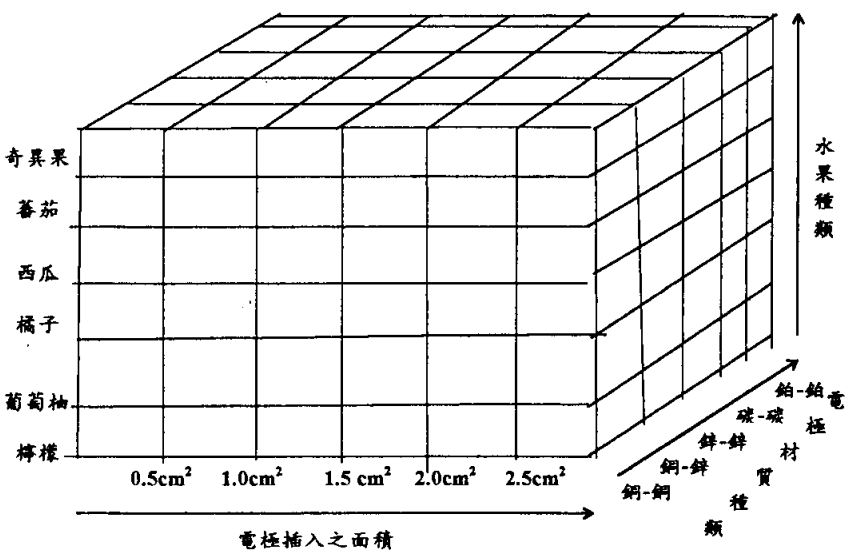


圖 5 ：水果電池之形態分析：阿正之小組

個案小組確定經由實驗探究製作（活動類型 12 ）水果電池，用以探究環境污染程度。阿正在水果電池活動日誌中敘述：

> 參考水果電池的相關資料設計實驗流程（活動類型 13 ）。

阿正在水果電池之探究實驗設計之過程中，分析構成水果電池的相關因素（形態分析）（活動類型 14 ）（圖 5 ），在形態分析圖中列出（分析性認知風格）（風格證據 11 ）：

> 選用電極材質所組合之電極種類計有：銅-銅、銅-鋅、鋅-鋅、碳-探、鉑-鉑等電極；電極插入水果之面積計有：0.5 cm^2 、1.0 cm^2 、1.5 cm^2 、2.0 cm^2 、2.5 cm^2 等組合因素；可以選擇水果之種類計有：檸檬、葡萄柚、橘子、西瓜、蕃茄、奇異果等各式水果電池組合。

表示阿正能設計實驗以解決問題 (P3.4) ，並發現：

> 不是所有的電極都適用。

顯示阿正發現障礙 (P3.2) 。小組合作思考而組員提出建議。

甲生建議：

> 應該考慮水果的體積較小和易取得的電極等因素（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 12 ）(P4.3) 。

因此阿正在設計時記錄於實驗簿及活動日誌中決定：

> 電極插入水果之深度為 1 cm 、寬 0.5 cm ，因有兩面接觸面，所以電極表面積為 1 cm^2 。

顯示阿正考慮到實際操作之方便因素而決定電極之規格以解決問題 (P3.5) 阿正進行探究實驗設計時，丙生提出：

> 插入水果中之兩電極間之距離是否會影響電流大小（分析性認知風格）（風格證據 13 ）？

顯示丙生能考量實驗設計之遺漏之處。丙生之發言提醒阿正在線路裝設草圖中，考量插入水果中兩電極之距離對電流產生之影響。

阿正在活動日誌中寫出：

> 由於經驗考慮所採用的水果體積不大，所以將電極以相距 1 cm 插入（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 14 ）。

顯示同儕發問及形態分析轉換阿正以水果電池檢驗水果產地之污染程度之創意點子為有用的設計 (P3.3) 。

丁生對於阿正所設計之探究實驗流程提出問題：

> 水果擺放時間之長短是否造成水果成分的改變？是否影響導電度？

丁生之發問（聽覺認知風格)(風格證據 15) ，使阿正發現另一障礙：水果擺放時間 (P3.2) 。個案小組考慮使用從樹上取下之水果。阿正小組歸納小組及全班之建議設計 STS 探究實驗流程 (P3.4) （活動類型 12 ）顯示小組及班級合作學習助益設計探究實驗。

阿正之小組進一步執行探究實驗（活動類型 15 ）。阿正在活動日誌中提到：

> 由實驗結果看出，能以實驗數據表示特定污染源 (P3.6) 。

並且由實驗結果看出，電極插入水果之表面積之大小會影響電流之大小。阿正在實驗簿中敘述：

> 水果採用檸檬，電極選用鋅-銅電極，當電極表面積變大時其電流增大。

阿正建議先取用鋅-銅電極進行實驗。在探究過程中，個案小組組員持續琢磨分析實驗流程，而在活動日誌記錄著：

> 為了避免鋅-銅電極本身之電位差，於是改選鋅-鋅與銅-銅電極。

不過鋅和銅跟水果產生之化學反應並不清楚，因此阿正在實驗記錄中寫出（分析性認知風

格）（風格證據 16 ）：

> 採用石墨當作電極，以求由水果本身產生之電位。

顯示個案小組組員具有應有的實驗知能 (P5.4)，能設計 (P3.4) 並執行實驗 (P4.1) 。另外阿正在活動日誌中記錄：

> 裝設水果電池線路過程中，除了將先前所考慮鋅-銅電極、鋅-鋅與銅-銅電極、石墨電極進行實際探究外，也考慮採用鉑電極。

這些事實顯示個案小組不斷地探討實驗條件，改進實驗流程直到原先所設定之目標 (P4.2)，即以水果電池檢驗水果產地之污染程度。在活動日誌記錄著：

> 無污染之水果電池產生的電流非常微弱，含有重金屬時電流增大，因此可以使用水果電池測污染程度。

最後阿正小組提出書面報告（活動類型 16 ）及自評（活動類型 17 ），把水果電池探究成果以科展模式（活動類型 18 ） 展示，由全班同學評鑑之（活動類型 19 ）(P3.7)。同儕對“水果電池能測量其產地之污染程度”之獨創性 (P5.1) 表示肯定，並因個案小組實際作出水果電池，因此評定其具有具體性 (P5.2) 。由常見之水果作出並能檢驗產地污染，因此同儕表示相當有興趣並評定其具有吸引性 (P5.5) 。成品評鑑過程中，辛生提出建議：

> 模擬重金屬離子均勻分布於水果內之現象，將整顆水果打成汁之後測其產生之電流強度 (P5.3)（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 17 ）。

壬生表示，通常爲了防止病蟲害而對果樹噴灑農藥，所以提問：

> 水果電池也可以測農藥污染程度嗎（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 18 ）？

壬生從整個污染問題思考，開發另一種污染物之探究問題。

癸生提出：

> 水果電池因水果產地認定不易，實際應用之可能性不高（整體性認知風格）（風格證據 19 ）。

因此接受程度不高 (P5.6) 。阿正及個案小組接受同儕評鑑及自省（活動類型 19） 之後，阿正表示：

> 我們接受大家的看法，水果電池實際應用的可能性需進一步研究（群體認知風格）（風格證據 20 ）。

顯示阿正之小組能自我反省且表示希望進一步探究，以提高水果電池之接受度。

發　現

著者分析、詮釋上述阿正及個案小組之創造性思考過程資料，而得下列發現：

㈠在小組學習及班級共享中，使用鷹架策略、創造性思考技法及以發問激發思考，能開發學生之創造力。

著者規劃（圖 1 ）以酸雨污染環境之錄影媒體，營造社會議題之情境，佈置具有創造性學習環境，使用挑戰性、矛盾言論（如雖然工業科技造福人類，卻排放形成酸雨之二氧化碳、硫氧化物、氮氧化物等毒害物質），安排 19 種活動促使不同認知風格者發揮認知特徵，互動共同思考，激發解決問題之點子。錄影媒體使阿正察覺到酸雨污染相關問題，並思考其因果關係 (P1.1)，且腦力激盪使學生進行開放性及創造性思考。在此過程中，著者鼓勵學生盡可能寫出對酸雨的看法及說明其理由（認知圖 1 ），讓學生使用“出聲思考”酸雨可能會對我們造成的各種影響及這些現象是否已經出現在我們周遭？並使同儕互相鼓勵、尊敬不嘲笑別人的意見。

各小組經過腦力激盪、討論之後，組員輪流代表小組對全班發表小組之看法。著者由上述所安排之活動，促使阿正小組確認以測試酸雨對環境污染程度爲探究問題(P1.2)。各小組分享其他小組之不同經驗後進行畫認知圖 2。之後著者引導各小組進行酸雨探究實驗，推測酸雨採樣地點。這些活動促使阿正小組由酸雨環境污染探究問題，延伸到探究整個環境污染問題(P2.1)。在班級分享時，讓各小組把酸雨測試結果及其可能之周遭環境因素貼於大張白紙（卡式腦力激盪），展示在黑板上，並向全班報告其推測雨水採樣地點之結果及理由，促使阿正思考以檢驗了解雨水酸度問題，使用廣用試紙或雞蛋之實驗探究活動（認知圖 3）。經過這些活動學生尋找並設定題目 (P2.3)。阿正代表小組引導全班討論時，由合作思考想到水果電池取代一般的鋅錳乾電池、鹼性電池之可能性 (P2.2)。班級討論使阿正小組確認設計水果電池之探究實驗爲探究之主題。資料尋找活動促使阿正小組整理歷年科展資料、臺灣地區水果汁之酸度、酸雨之資料，了解酸雨相關問題 (P2.4)。經過上述活動促使阿正小組，尋找出 STS 探究題目，並從多種探究目標中，選擇其一，即酸雨、重金屬污染等產地污染程度之測量，確定以水果電池檢驗生產地之污染程度，設計水果電池之探究實驗 (P3.1)。形態分析使阿正小組找出組合水果電池之各種相關因素，而發現障礙，考慮到實際操作之方便因素而決定電極之規格以解決問題。著者鼓勵各小組進一步執行探究實驗。在探究過程中，各小組組員持續分析琢磨實驗流程，不斷地探討實驗條件，改進實驗流程直到原先所設定之目標。最後著者要求各小組提出書面報告及自評，個案小組把水果電池探究成果以科展模式展示，由全班同學評鑑之。著者經由上述活動，營造共同創造的學習環境，發現能激發學習者之創造力如下。

㈡阿正及個案小組透過 STS 探究實驗設計能發展創造力

酸雨污染情境、腦力激盪、畫認知圖、出聲思考、酸雨測試實驗、推測酸雨採樣地點，促使阿正小組決定酸雨環境爲污染探究題目，班級共享讓探究題目延伸到整個產地之環境污染問題。阿正小組尋找整理歷年科展資料、地區資料，了解酸雨相關問題，促使阿正小組從多種探究目標中，選擇其一：確定以水果電池檢驗生產地之污染程度，以類比思考設計水果電池之探究實驗。進行設計時，阿正小組發現障礙：(1) 不是所有的電極都適合，(2) 水果擺放的時間長短是否會造成水果成分的改變，及 (3) 攜帶方便等障礙 (P3.2)；阿正小組爲了避免鋅-銅電極本身之電位差，於是改選鋅-鋅與銅-銅電極，實際測量原產地污染程度 (P4.3)；阿正小組考慮到水果的體積較小和易取得的電極等實際因素，因此採用新鮮水果；在裝設水果電池線路過程中，除了以先前所考慮之鋅-銅電極、鋅-鋅與銅-銅電極、石墨電極，進行實際探究外，也考慮鉑電極。顯示個案小組組員具有應有的實驗知能 (P5.4)。阿正小組由同儕發問、形態分析及討論而決定電極插入水果中之面積和距離，使想法變成有用的設計 (P3.3)；阿正小組歸納組員及全班之建議修改 STS 探究實驗流程 (P3.4)；實際進行水果電池實驗，製作水果電池，測驗重金屬污染源，顯示個案小組能設計 (P3.4) 並執行實驗 (P4.1)。阿正及個案小組能對話反省持續不斷琢磨、修正流程及作品直到達成原先所設定的標準或基準 (P4.2)，阿正及個案小組並自省思考，以相關的因素評量所設計的實驗，阿正小組把水果電池探究成果，以科展壁報之模式由師生評鑑

(P3.7)。全班同學以獨創性、具體性、科學想法、實驗技術、吸引性、接受度等，評鑑阿正之小組之水果電池 (P3.5)；同儕評鑑結果得知阿正小組之設計具有 (P5.1) 獨創力：阿正小組之水果電池可以檢驗水果產地之污染程度；(P5.2) 具體性：阿正小組實際作出水果電池；(P5.3) 科學想法：阿正思考到只要含有導電物質之水果都能製作電池，及以電極種類、電極距離與水果種類作爲製作電池之相關因素；(P5.4) 實驗技術：阿正小組採用石墨當作電極，以求由水果本身產生之電位等；(P5.5) 吸引性：阿正小組由日常所見之水果作出電池並能檢驗污染源；(P5.6) 接受度：全班同學討論之後，認爲實際應用時，不易認定產地，因此不太實用，並且攜帶不方便，故接受度不高。

㈢以對話、討論、探究及實作爲中心的 STS 活動共同創造能激發創造力

本活動過程中之不同認知風格表現（表 2）在同儕互動時，能促使不同認知風格互補發揮最大學習效果。著者營造之情境及 STS 活動 (1 ～ 9) 促使阿正小組確認欲作探究之問題，即以實驗檢驗各地點之酸雨程度 (P1.2)。此時戊生提出：如何以試紙以外實驗數據表示雨水酸度之問題。阿正被激發並提出回應：以蛋分置於雨水、醋、純水中觀察其浸蝕變化之方法來測量該地點的酸度（動覺認知風格）（風格證據 3），以檢驗了解問題 (P2.3) 並表示要研發更精密之檢測酸雨儀器（動覺認知風格）（風格證據 4）。同儕己生在班級討論時發言：不只是有著酸雨污染地域之植物被污染，其他地域之植物也會被污染（整體性認知風格）（風格證據 5）。己生之發言讓個案小組甲生思考到沒有含在酸雨中而在土壤中之其他重金屬污染源，而其重金屬離子可能被吸收到植物內部組織。因此，由此植物果實所作的電池的電位和電流必然會增加（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 6），阿正受到此對話之影響，思考到由水果電池測出的不只是酸雨，而是包括其他環境污染源，顯示同儕互動激發阿正分析性思考延伸爲較整體性思考，想到整個環境污染問題 (P2.1)。也就是傾向整體性思考之同儕促使，較分析性思考之阿正從不同方向看問題重新界定探究目的，由原來的酸雨延伸從整個環境污染看問題。即由自己經驗有關事物思考，察覺到酸雨以外還可能有其他污染源。同儕庚生另外提出水果是否可取代市售電池時（由經驗進入整體性認知風格）（風格證據 7），個案小組之乙生回應水果電池產生的電流非常微弱及攜帶的不便性（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 8）。這些對話使阿正小組以水果電池檢測酸雨及檢測重金屬離子對於水果產地環境之污染程度（分析性認知風格）（風格證據 9）。阿正與小組組員合作進行資料尋找由科展之水果電池相關作品發現，檸檬等較酸之水果能當作水果電池等資料（群體認知風格）（風格證據 10）。阿正使用形態分析圖而列出：選用電極材質，決定電極組合種類；插入水果裡之電極面積因素；水果種類（分析性認知風格）（風格證據 11）以設計實驗解決問題 (P3.4)。經甲生建議：考慮水果的體積較小和易取得的電極等因素（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 12）(P4.3)，促使阿正考慮到實際操作之方便因素而決定電極之規格以解決問題 (P3.5)。同儕丙生在實驗探究設計時，提出插入水果中之兩電極間之距離是否會影響電流大小（分析性認知風格）（風格證據 13）。因此阿正畫線路裝設草圖時，考慮所採用的水果體積不大，所以將電極以相距 1 cm 插入（由經驗進入思考）（風格證據

14），顯示同儕發問及形態分析轉換阿正以水果電池檢驗水果產地之污染程度之創意點子爲有用的設計 (P3.3)。另外同組丁生提出水果擺放的時間長短是否會改變水果成分而影響導電度（聽覺認知風格）（風格證據 15），成品評鑑過程中，別組辛生對阿正之小組建議：因重金屬離子可能均勻分布於水果內，因此將整顆水果打成汁攪拌之後測由重金屬產生之電流（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 17）(P5.3)。而別組壬生則建議：水果電池也可以測農藥污染程度（由經驗進入整體性思考之認知風格）（風格證據 18）。而別組癸生則提出：水果電池因水果產地認定不易，實際應用之可能性不高（整體性認知風格）（風格證據 19）(P5.6)。阿正及個案小組接受同儕評鑑而表示，接受大家的看法並自我反省，表示希望進一步探究，以提高水果電池之接受度（群體認知風格）（風格證據 20）。本研究發現以對話、討論、探究及實作爲中心的 STS 活動過程中，經由合作學習，具有不同認知風格特徵之同儕彼此互動，刺激伸張阿正之分析性思考爲較整體性思考，而不至有見樹不見林之憾。由此看出同儕間不論是以贊同或批判之立場發言，能擴張個人之認知風格，而由群體思考產生全方位學習效果激發創造力。

結論與建議

本研究結果發現以 STS 探究實驗設計爲中心之三要素彈性互動，能促進學習者之創造力。著者以規劃之酸雨情境（錄影媒體），鷹架引導學生以不同之活動類型；透過 STS 探究實驗設計進行小組、班級合作學習；促使不同認知風格之學生彼此互動、互相影響，擴張個體較弱之認知偏好，以合作思考產生全方位學習效果，共同創造，激發其創造力。這些學習情境促進整體性認知風格之學習者建構、認知議題之概觀，和了解關鍵問題及由經驗進入整體性思考，及使得視覺認知風格之學習者以視覺方式獲得資訊藉影像建立其認知架構。著者引導的班級討論促使整體性和分析性認知風格之學習者，經由腦力激盪，擴張自己的認知，使聽覺、外向認知風格者發揮其認知特徵。畫認知圖促進探究解決問題中的相關要素以整體呈現認知內涵，進而了解整體問題；分析性學習風格者，由部份或次層問題思考細節、清楚條列認知內涵，統整而了解整體問題。由整體看部份和由部份看整體的兩種認知風格互補，而發揮了最大的學習效果。認知圖促使視覺認知風格者以寫或繪幫助他們了解或記憶，把學過的概念、命題和新資訊組織成爲大的概念架構。而動覺認知風格者經過在黑板或大張紙上，動手合作畫認知圖促進思考；亦提供內向、個人認知風格者發表意見前，處理資訊和想法所需之時間。卡式腦力激盪、形態分析、班級共享：促進整體性、分析性認知風格者互動關心周邊的人、事；察覺社會問題，促進整體性認知風格者以生活問題爲中心建構產生學習意義；促使分析、場地獨立認知風格者組合各種想法，且在探究過程，專注在各步驟可改善之處；幫助內向、個人認知風格者有機會先看別人做，使得聽覺認知風格者發揮以聽和講之方式提高了解，由發言激發思考、由出聲思考建構認知架構。角色扮演促使動覺認知風格之學習者由不同角色體驗；且促使外向、群體認知風格者與周遭、人、事互動、以群體合作共同創造，激發創造力。

聯結於生活的建構學習方式，不僅是發現式學習（不提供資訊），也可以是講述式學習（傳統的），但探討的內容、過程及目標，必須超越所提供資訊，而能使用所學的知能於生活問題上。若不把新資訊與學習者已有的認知結構相聯結，再經同化、調適，將學得的知識和技能組建爲網狀的認知架構，則無法達成有

效學習轉移；學習流爲表面工夫，其消失也迅速。遇到新情境時，若能將已有不同領域的知能，與新資訊聯、統整並重組，以成爲新認知架構，用於解決情境中之複雜問題易產生創造力；如此學習始產生意義。學生應具備下列能力：(1) 適用於一般情境之基本技能；(2) 與新情境直接關連之知識；(3) 後設認知技能；(4) 合理推論；(5) 監控情況、調整解決方法之能力；(6) 溝通表達能力；(7) 能做倫理、道德及價值判斷；(8) 理解環境和地球社會間的相互依存關係；(9) 整體性思考 (holistic thinking)；及 (10) 創造思考。爲了營造學習環境促進創造力發展，除去學習阻害是必要的。去除只從老師接受知識之學習文化，讓學習者體驗創造性活動，去體驗創造的樂趣，去發覺其本身也具有創造力。即讓學習者去察覺身邊的科技、社會及個人相關問題，而能把問題具體化以不同層次思考陳述問題 (Reiter-Palmon, 1997)，且以價值觀、社會觀、世界觀思考問題，從事探究活動，作抉擇，解決問題之中發展其創造力。尋找整理資料、腦力激盪、畫認知圖、類比思考、形態分析、設計自己的實驗、角色扮演、辨論等小組及班級合作學習，不僅能增進學生解決問題之能力，亦能促進流暢性、變通性、獨創性、具體性思考。教師們必須提供學生經驗之機會並給予他們心智自由，安全感及足夠時間去自動發掘問題、試著解決問題、決定行動過程及接受挑戰。若學習者覺得他們的問題有可能被忽略、被催促或是被認爲很可笑，他們便不會再發問。倉促的評判對於創造力之啓發是有負面影響的，因此科展之評審專家應三思。著者建議教育界同仁時常交換意見，如何營造學習情境，及使用不同活動類型、思考技法，透過 STS 探究實驗設計，促使學生解決身邊的問題，激發其創造潛能共同創造。我們更需要檢討教育制度、社會、家長教師本身之價值觀等，對激發未來公民之創造潛能的正負面因素，進一步建立良好教與學環境，促進國家進步、社會繁榮。

謝　辭

著者感謝行政院國家科學委員會對本研究的補助 (NSC-87-2511-S-003-055)。

參考文獻

1. 王澄霞（1995）：STS 活動中之「學」與「教」。**科學教育學刊**，**3**(1)，115-137。
2. 王澄霞和謝昭賢（1997a）：以教與學歷程檔案評量 STS 教師的專業能力及其成長。**科學教育學刊**，**5**(2)，137-165。
3. 王澄霞和謝昭賢（1997b）：以認知圖評量“酸雨” STS 教學的學習成就。**師大學報（科學教育類）**，**42**（革新版），13-29。
4. 比賀、佑典（1996）。**以教師的指導訓練促進創造性發展**。論文發表於中日技術人力創意發展研習會。台北市：國立台灣師範大學。
5. 陳文典（1997）：STS 教學教師所需之專業準備。**科學教育學刊**，**5**(2)，167-189。
6. 洪志明和鄭淑玲（1997）：開發植物色素 STS 實驗活動單元。論文發表於中華民國 STS 科學教育研討會，5 月 3 日。台北市：國立台灣師範大學。
7. 連啓瑞和盧玉玲（1997）：國小高年級學童對物質類感興趣問題的分析與運用。**科教學刊**，**5**(2)，191-218。
8. 黃萬居（1997）：國小教師開發「辨認粉末」單元活動之研究。論文發表於中華民國第一屆化學教育學術研討會。台北市：國立台灣師範大學。
9. 楊坤原和鄭湧涇（1996）：高一學生認知風格、認知策略與遺傳學學習成就的關係。**科教學刊**，**4**(2)，135-159。
10. 楊榮祥（1995）：建構論 STS 和實際教學——西澳的實驗學校一例，**師大科教月刊**，**176**，4-17。
11. 董奇（1995）：兒童創造力發展心理。

Chapter 1: pp.1-17 。台北市：五南圖書出版公司。
12. 蘇育任（ 1997 ）：運用模組開發活動培育 STS 教師之可行性研究。**科學教育學刊，5** (2), 245-266 。
13. Brandt, R. S. (1986). On creativity and thinking skills: A conversation with David Perkins. *Educational Leadership, 43*, 12-18.
14. Barbe, W. B. (1985). *Growing Up Learning: The Keys to Your Child's Potential*. Washington, D. C.: Acropolis Books, Ltd.
15. Cronin, L. L. (1989). Creativity in the science classroom. *The Science Teacher, 56*(2), 34-36.
16. Dailey, A., Martindale, C. & Borkum, J. (1997). Creativity, Synesthesia, and Physiognomic Perception. *Creativity Research Journal, 10*(1), 1-8.
17. Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., and Scoti, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher, 23*(7), 5-12.
18. Feldhusen, J. F. & Goh, B. E. (1995). Assessing and accessing creativity. *Creativity Research Journal, 8*(3), 231-247.
19. Getzels, J. W., & Csikszentmihalyi, M. (1975). *From problem solving to problem finding*. In I. A. Taylor & J. W. Getzels (Eds.), Perspectives in creativity (pp.221-246). Chicago, IL: Aldine Publishers.
20. Guild, P. B., Garger, S. (1985). *Marching to Different Drummers. Alexandria*, Va.: Association for Surpervision and Curriculum Development.
21. Harms, N. C. (1977). *Project synthesis: An interpretative consolidation of research identifying needs in natural science education*. (A proposal prepared of the National Science Foundation). Boulder, Co.: University of Colorado.
22. Kitto, J., Lok, D., & Rudowicz, E. (1994). Measuring creative thinking: An activity-based approach. *Creativity Research Journal, 7*(1), 59-69.
23. Mackworth, N. H. (1965). Originality. *The American Psychologist*, 20, 51-66.
24. McComas, W. F. (1989). Sparking creative thinking with S/T/S education: The results of the 1987-88 Chautauqua workshops. *Chautauqua Notes, 4*(8), 1-2.
25. Ogawa, M., Kuehn-Ebert, C., and Devito, A. (1991) . Differences in Creative Thinking between Japanese and American Fifth Grade Children. *Bull. Fac. Educ.*, Ibaraki Univ. (Edu. Sci.) 40: p53-59.
26. Penick, J. E. (1982). *Developing Creativity as a Result of Science Instruction. What Research Says to the Science Teacher. (Vol. 4)* Washington DC: National Science Teachers Association.
27. Penick, J. E. & Yager, R. E. (1993). Student growth in creative skills in middle school science. *Science Educator, 2*(1): p.21-27.
28. Reiter-Palmon, R., Mumford, M. D., O'Connor Boes, J. & Runco, M. A. (1997). Problem Construction and Creativity: The Role of Ability, Cue Consistency, and Active Processing. *Creativity Research Journal, 10*(1), 9-23.
29. Risi, M. (1982). *Macroscole: A holistic approach to science teaching*. A discussion paper, D-82/2. Science Council of Canada, Ottawa.
30. Smilansky, J., & Naftali, H. (1986). Inventors versus problem solvers: An empirical investigation. *J. of Creative Behavior, 20*(3), 183-201.
31. Sternberg, R. J. (1996). Investing in

Creativity: Many Happy Returns. *Educational Leadership.* Dec.1995/ Jan.1996: p80-84.

32. Torrance, E. P. (1963). Toward the more humane education of gifted children. *Gifted Child Quarterly, 7,* 135-145.
33. Wakefield, J. F. (1992). *Creative thinking: Problem solving skills and the arts orientation.* Norwood, NJ: Ablex Publishing Co.
34. Wang, C. H. (1997). Cultivating the Capabilities of Teachers in Developing Student Creativity: Designing an STS Exploratory Experiment. *Proceedings of National Science Council, Part D, 7* (4), 1-10.
35. Witkin, H. A., Moore, C. A., Goodenough, D. R., and Cox, P. W. (1977). "Field-Dependent and Field-Independent Cognitive Styles and Their Educational Implications." *Review of Educational Research, 47,* 1, 1-64.
36. Yager, R. E., Blunck, S. M. & Ajam, M. (Eds) (1991). *The Iowa Assessment Package for Eva;iatopmom Five Domains of Science Education*: The University of Iowa. Science Education Center, Iowa City, IA.
37. Yager, R. E. (1992). *The constructivist learning model: A must for STS classrooms. ICASE, 14-17.*

A Design To Promote Creativity Through Cooperative Creation In STS Activities: Fruit Battery

Cheng-Hsia Wang and Chao-Hsien Hsieh

Department of Chemistry, National Taiwan Normal University

Abstract

This research design is to promote creativity and consists of three components: (1) scaffolding strategies, thought provoking questions, and creative thinking skills in small group learning and class sharing; (2) designing STS exploratory experiments; and (3) cooperative creation with dialogue, discussion, and exploration using hands-on, inquiry-based STS activities. Five-phases with 22 processes associated with creativity were used as dynamic guidelines for evaluating learning outcomes. Action research was used to: (1) find evidence of creativity performances; and (2) evaluate effectiveness of the design for promoting creativity.

Video-based acid rain context with paradoxical and challenging questions were designed and used for small group and class cooperative learning. Cognitive maps were used to facilitate students' construction of meaning, connections drawn among isolated bits of knowledge, skills, values, and views to help them see the interconnections among them. Divergent thinking skills (e.g., brain storming) were used to promote open-ended, multiple dimensional thinking. Convergent thinking skills (e.g., cause-effect method) were used to screen, analyze, and refine suggested opinions to develop successful ideas. Each small student group identified and designed a creative exploratory experiment and presented it to the class for challenge and criticism. The lead group defended, debated, and revised its design. Then each group performed the designed activities. The results were displayed as posters and evaluated by the class. The whole process was videotaped. Data from direct observation, video-taped records, portfolios, and peer assessments were collected and analyzed.

In this study, creative thinking processes of Achen and his small group were interpreted and the author's design was found to significantly improve students' creativity. The case group's design "Fruit Battery" was evaluated for (a) originality, (b) tangibility, (c) scientific thinking, (d) scientific skills, (e) dramatic value, and (f) acceptability. The class ruled that the design meets criteria (a) through (e), but origin of the fruit is difficult to be identified so fruit battery is unlikely to be of practical use, therefore, it is less acceptable. The case group accepted evaluation with reflection and expressed that further investigation will be made.

Key Words: Cooperative creation, creative thinking skills, scaffolding strategies, STS exploratory experiment