科學教育學刊
1997, 第五卷第一期， 23-58

EJ51-1997-23

STS 教師的專業成長

王澄霞
國立臺灣師範大學　化學系所

（投稿日期：85 年 9 月 3 日，接受日期：85 年 11 月 14 日）

摘要：要推動 STS 教育，教師必須清楚地了解 STS 哲學信念與教學目標，並且具有正確和熟練的 STS 教學專業能力。

本研究藉著開發 STS 模組並在眞實教學情境中，促使職前的化學教師甲和乙有機會審思自己對科學教學的信念與價值觀；在 STS 活動中，對科學教學的信念和價值觀產生矛盾，爲符合實際的教學需要，以教師／學習者／研究者之角色，不斷吸收新知，建構出較合宜的 STS 教學之見解和價值觀；並建構提升 STS 模式教學及評量等專業能力。本研究從甲、乙教師成長過程中發現 STS 教師需具有下列實際教學能力，教師能：㈠利用當地資源設計並使用能適合因對象而調整的 STS 模組。㈡促進生活情境中的整體性學習。㈢對不同學習能力及學習風格的學習者，使用適當的教學方法。㈣促進多層面思考之能力，並以學習者爲中心，以 STS 問題爲中心之建構學習。㈤準備適當的評量活動。㈥與學習者有效溝通，鼓勵學生時常發問。㈦細心監控學習過程，並調整教學策略及提供鷹架，如線索、提問或去除。㈧展示後設認知技能，以批判、倫理和世界觀，把學習活動連結到學習目標上。㈨促進合作學習互相觀摩，切磋而學習各方優點。㈩養育 STS 素養的心智習慣，即自律、批判性及創造性思考，並對 STS 議題自動參與探究之心智習慣。(十一)組織管理學習者，提昇有效學習。(十二)提供學習者對特定學習做自省、自我評鑑之機會。(十三)期望學習者達成高度成就，提供積極、正向的學習氣氛。(十四)自主學習之前，先給與引導性教學，安排適當學習內容和順序。(十五)以教師 / 學習者 / 研究者做自省及自律學習。

關鍵詞：科學／技學／社會，教師專業能力。

壹、引言

傳統的科學教學是以課程標準或教科書爲基礎訂定教學目標，再以教科書或習作簿爲準則來確認所要強調的主要概念，依著適當的程序提顯出主題，編寫教案，然後進行實際教學 (Ajeyalemi, 1993) 。學生被動地吸收來自教師及教科書中的資訊，幾乎沒有機會主動地搜尋可用資訊自立解決問題，致使多數學生不喜歡科學學科，完成學校教育後，許多人仍然無法參與處理以科技爲導向的當代社會問題，並導致很多國家的經濟衰退。科學的發展影響社會的結構，從遊牧到農業，到工業發展到高科技、資訊時代。社會上待解決的問題促使科學之發展更進一步突破，但使用科技成果，有時有不當行爲而產生負面影響，如臭氧層破壞，全球氣候激變等，這些問題關係到全人類的存亡。科學教育須要改革，培養公民具有 STS 素養，能應變、創新，去解決與科學有關的社會問題。科學、技學、社會三者相聯接的科學教育就是所謂之 STS(Science, Technology, and Society) 取向的科學教學。美國科學教師協會 (NSTA) 把 STS 定義爲「人類經驗情境中的教與學」(Teaching and learning of science in the context of human experience)(Yager, 1992) 。 STS 教育和傳統教育有明顯的不同 (Yager & Roy, 1993) 。

STS 教學模式就是建構主義的教學模式 (Yager, 1992) ，其認爲觀念和思考是無法包裝起來送給學生的。學生認爲值得學習的東西，才會主動、認眞地去學；如此所學的知識才是眞實有用，才會併入他們的認知結構中。多年來，課程專家試過統整各學科，但其效果不彰。由 STS 互動而產生之眞實生活上的問題，一定連結於環境、文化、社會及各種學科。透過解決這些問題，各學科自然會在學習者的心智結構中統整爲網狀結構，達到合科學習之理念。鷹架 (Scaffolds) 策略不只能有效地教導良好的結構性技能 (Wang & Horng, 1991; Wang & Tsai, 1994) ，還能輔助學生達到高階層的思考 (Rosenshine & Meister, 1992 ；王澄霞、蔡曉信， 1994) 。鷹架是教師、學生或其他人士提供的一種輔助，使學習者在他們現有的智能與預期的目標間隔中建立起橋樑。爲了規劃鷹架來引導及評量 STS 活動，作者整合 Sia (1986), Hines (1987), Waks (1992) 和 Marzano (1992) 之研究，提出五學習層次，當做「教」與「學」規劃之依據，引導活動達到學習目標（ 王澄霞， 1994 ）。此五學習層次分別是第一層次爲「覺醒」：對 STS 問題有正面態度及察覺；第二層次爲「理解」： STS 有關知識和

技能之獲得與統整；第三層次爲「提出方案」：提出解決問題或抉擇方案及其解釋；第四層次爲「行動」：執行有關 STS 方案的行動；第五層次爲「具有 STS 素養的個性」：具有自律、批判性、創造性思考的心智習慣，對 STS 問題能察覺、了解、統整成個人見解，提出方案及願意行動的個性。

STS 教師必須經營正向教室環境，使學生產生學習的興趣，將學生置於整個教學計畫較中心的位置，讓學生規劃自己的學習；時常問問題，以所提的問題當作學習活動的中心，好奇地探索，爲了所遇到的眞實世界問題尋找合理的解答，提出解釋，並證實所提的解釋和自然法則及社會公理相符合。教師必須注意學習者，如何從 STS 學習活動中，眞正建構其本身能使用的知能；能否進一步應用所學的知能在實際生活上的問題；能否了解問題的利弊；能否從合作學習中學到不同角色應該有不同的看法，並需由協調達成共識；能否由共識而做抉擇，並採取負責的行動去解決問題。學生是否從 STS 活動中察覺到，在現代社會中很多職業都和科技有關連，並能對這些職業產生興趣，自發地建構知能，爲自己將來的職業生涯積極做進一步準備。教師必須將 STS 的教學目標、價值觀、信念融入自身的觀念中，熟練基本概念和必要的專業技能，並且願意不靠教科書而能編寫適合自己學生的教材引導學習，評量其各種學習成就，如此才能培養出具有宏觀視野及能關懷鄉土的好公民（王澄霞， 1995 ）。

數理教師的教學常由其本身的信仰與理念所引導，而其所持信念則是由他們本身所受的教育模式、教師訓練、教學經驗等，逐漸累積建構而成。要推動 STS 教育，首先需要能帶動 STS 教學活動的教師。 STS 教師能用鷹架策略，促進學生自動尋找、探究 STS 問題，建構道德觀、價值觀、社會觀、世界觀及作抉擇、解決問題的能力。傳統的課程開發 RDDA (Research development diffusion adoption)（研究、發展、傳播、採用）模式，已被證實缺乏效率。 STS 教育的改革過程應由教育執行者及研究者共同參與，改革過程應鼓勵各教育階層的人參與。目標建立者與執行者、實行者與評鑑者的界限應去除 (Houstom, 1988; Hart, 1990) 。 STS 教師本身必須是研究者，也是課程開發的中心人物，不可像六〇年代的中心-周圍課程開發模式是專家（即中心）訂定課程目標並開發課程內容，然後由教師（即周圍）去實行。初步研究報告教師透過開發學習單元建構 STS 教學專業能力（王澄霞、蔡曉信， 1994 ）。本研究以詮釋研究法 (Erickson, 1986) 探究教師之觀點、價值觀、教學活動經驗，找出以建構主義教學的 STS 教

師之特徵。

貳、研究方法

本研究藉著開發 STS 模組並在眞實教學情境中，促使職前的化學教師有機會審思自己對 STS 問題的信念與價值觀；在 STS 活動中，對科學教學的信念和價值觀產生矛盾，爲符合實際的教學需要，以教師／學習者／研究者之角色，不斷吸收新知，建構出較合宜的 STS 教學之見解和價值觀；並建構提升教師之 STS 模式教、學及評量等專業能力。在此過程中作者與個案建立良好互動關係，盡量由教師的角度思考 STS 活動的教與學，以教師自己的話及反應，詳實的描述職前教師甲、乙的觀點及試著從個案的角度加以詮釋 STS 教學活動的經驗，而找出 STS 教師專業能力。詮釋研究法不單能幫助研究者瞭解以 STS 模式教學之教師的見解、價值觀和其專業能力之特徵，還能使研究者瞭解教師及教師瞭解他自己之成長過程，充實自己，建構專業能力而成爲更稱職的科學教師。

一、研究相關人員

本研究參與的人員包括一位主要研究者（此後稱爲作者），職前教師甲和乙（此後稱爲甲、乙），臺灣師大化學系二年級與某高中一年級學生。作者扮演著下列角色：㈠當做催化因子：給教師鼓勵、批判性之回饋，刺激老師／研究者針對問題及數據產生一些看法；㈡促進者：建立參考基準、共同語言及理論架構，鼓勵合作，提供啓發及支持，並負責規劃事宜；㈢行動研究之老師：提供操作原則，解釋理論基礎，提供機會進行自我反省，做抉擇及提供一系列的計畫、行動、觀察、反省、回應的具有連貫性的作業流程當做行動研究之模式；㈣過程之評論者：質詢及挑戰假設，鼓勵他人去做，透過不同角色謹愼思考、解釋以確定計畫及結論；㈤記錄員：做會議之記錄及回饋筆記並提供參考；㈥個人的支持性資源：扮演具有支持性及鼓勵性的角色，特別在參與者懷疑或感到疑惑時提供必要的協助，並在一些老師正常工作之中負起適當的責任，因而使他們參與其本來覺得不可能的活動；㈦資源者：尋找提供 STS 議題有關資料或與行動研究相關資料；㈧行動研究過程之探究者：不只以一位老師研究者身份記錄老師／學習者之發現及活動發展，並以實證探究行動以研究教師本身之成長、演化 (Pedretti & Hodson, 1995) 。甲、乙是教師／研究者，也是同儕合作學習者，是模組開發的

中心人物，也是本研究個案。甲、乙接受過傳統教育，同時間進修碩士過程中，透過開發 STS 模組發展 STS 教師能力。甲、乙互相扮演下列角色：*1.*當做催化因子：互相給鼓勵、批判性之回饋，刺激同儕老師／研究者及本身針對問題及數據產生一些看法，並提供參考性觀點。*2.*促進者：鼓勵合作，提供啓發及支持。*3.*行動研究之老師：進行實作，自我反省，做抉擇及提供本身活動之回應。*4.*記錄員：做活動之記錄及回饋筆記並提供參考。同儕間、個案與作者間密切地合作研究，互補獲得最大的助益 (Gunstone *et al.* 1993)。

二、研究過程

本研究從民國 82 年 6 月進行到 84 年 5 月二年，甲、乙兩人有充份的時間接觸 STS 教學理念、學習理論、開發模組（甲：臭氧層破洞，乙：溫室效應），並對不同層次的學習者進行實際教學，兩次評鑑修改自己設計的模組。

㈠甲、乙實際參與開發 STS 模組，在眞實教學情境中學習，其過程如下：

*1.*研究開始前未接觸 STS 時，接受主要研究者的第一次正式晤談。

*2.*回顧評析 STS 教學有關研究文獻。

*3.*開發圖文資料庫：由現今諸多的社會問題中，以全球性主題，甲：臭氧層破洞；乙：溫室效應；蒐集全球及地域性相關資料，規畫資料庫的型式，建立書面資料庫。

*4.*設計議題有關之 STS 模組雛型。甲、乙使用當地資源設計模組，其設計過程爲⑴以化學領域之 STS 通識教育及師資培育課程架構爲思考依據（王澄霞， 1994 ； 1996)，規畫 STS 活動第一版。⑵甲、乙各對同儕教師進行微型教學後修改爲第二版。⑶甲、乙與作者晤談後修改爲雛型（第三版）。

*5.*使用雛型於實際教學（大二學生、高中學生）。

*6.*修改雛型成爲臭氧層破洞和溫室效應 STS 模組（第四版）。

㈡作者與甲、乙第二次正式晤談兩次正式晤談中間有多次非正式晤談。

㈢作者收集、分析研究有關資料。

㈣作者整理、歸納研究資料，找出 STS 教師特徵。

三、資料來源

本研究運用下列方式收集資料。

㈠晤談：作者與甲、乙建立良好的關係，兩次正式晤談（加以錄音）及多次非正式晤談，以便協助甲、乙發展 STS 教師專業能力。作者使用兩份建構學習相關問卷 (Taylor, P. CS., Fraser, J. F., & White, L. R. (1994): mathematic classroom learning environment survey student perceptions 和 The Iowa Chautauqua Program (1994), A scale for analyzing degree that constructvist learning is occurring) 當做半結構化晤談之依據，分別於活動前、後檢視甲、乙的教、學是否符合建構教學模式，並以作者所設計的 STS 師資培育課程架構（王澄霞， 1996 ）做爲鷹架檢視甲、乙之專業能力成長。

㈡活動的觀察及錄影（音）：直接觀察記錄甲、乙帶動之 STS 單元活動，輔以攝錄放影機、錄音機全程記錄活動情形。

㈢教學歷程檔案：包括 *1.* STS 活動設計第一、二版、雛型和修改後的模組（包括教學媒體）。此 STS 模組能以不同學習對象而調適活動單元。*2.*學生學習成就的評量資料（前、後測、活動中同儕評量、學生的認知圖譜）。*3.*甲、乙的教、學日記。*4.*甲、乙碩士畢業論文（林梅芬， 1995 ；劉奕昇， 1995 ）。

四、資料分析

㈠建立編碼：*1.*每卷錄影（音）帶逐字轉成原始資料。*2.*設立開放式編碼，寫出足以反應原始資料的短句或片語。*3.*編碼後反覆與原始資料對照，以修正編碼，使原始資料能確實地反應所代表的意義。

㈡將各項編碼，分類歸納成 STS 教師專業能力，用以呈現所分析的資料。

㈢*1.*由作者晤談；*2.*教學日記（此後簡稱日記）；*3.*直接觀察記錄下來的資料反覆與；*4.*錄影帶資料對照、分類歸納成 15 項 STS 教師專業能力。

㈣所提出的 STS 教師專業能力之效度與信度是由各項所收集的晤談、觀察、模組、日記、個案的畢業論文等資料間的三角校正和各參與研究者間的看法之相等性而得，作者盡量使用晤談中之甲、乙自己的話，日記中之看法，以

片語短句、或小品文反應原始資料，以保持客觀。

參、發現：STS 教師成長過程與其專業能力特徵

本研究以詮釋研究法，在 STS 問題爲中心的教學實況中探究甲、乙對建構主義之 STS 教學模式之見解與價值觀；甲、乙與學生、作者間之互動；觀察其專業能力成長以瞭解 STS 教師專業能力之特徵。本研究發現， STS 教師透過開發 STS 模組在眞實教學情境中成長，在其過程中發展 STS 專業能力。以建構主義教學的 STS 教師能：

一、利用當地資源，並使用能適合對象而調整的 STS 模組

透過尋找資料細心設計 STS 主題的教學活動模組，當作鷹架促進他人學習是一種眞實情境中學習。在其過程中，甲、乙教師能學到如何幫助他人學習而得到極佳的學習機會。模組包含投影片、錄影和電腦媒體作品。透過設計，學習到什麼，可由其所做的教學設計作品本身，及其作品之創作過程中評定外，還可用這些作品以供他人學習，是否有成效來評鑑（ Pearlman, 1991; Harel, 1991 ；王澄霞、蔡曉信， 1994 ）。

甲、乙所設計的模組都以數個單元構成。各單元均包括教學目標、情景設計、問題、所需時間、活動 / 教學策略及評量策略。教學策略包括媒體應用、設計師生間的互動、活動場地（教室）經營（如座位安排）、學習氣氛的營造等模組書面資料，投影及錄影作品。這些模組及活動實況、學習成就等結果都已經發表（王澄霞、林梅芬， 1994 ；王澄霞、劉奕昇， 1995 ）。甲、乙在晤談時都表示教材以單位和模組構成之優點。甲、乙表示：雖然各單元之間有其相關性，各單元均可獨立使用。

生手教師須從實作中學習，由模組設計之書面資料可看出。第一版模組教學策略敘述過長，教學目標不清楚，探究的問題不明確。教學策略停留在講課，提供知識，學生活動停留在“靜聽”。第二版模組已經以問題爲中心，但問題針對學科問題，多半是只有一個正確答案；教師提供學習內容，學生接受並記憶知識。第三版模組已經改爲促進思考、發問、探究問題，如：臭氧層破壞對農作物的生長有何影響？對氣象變異有何影響？乙在模組開發的過程中時常表示：

使用“講解模式教學法”比較容易，“不知道該如何做到以學生爲主

角，老師只輔助或引導學生自己學習？”。

做完活動後乙表示：

“開發模組很重要，模組就是錨或鷹架，用以引導學生當主角，自主自發去探究”。“設計模組後，才能使活動達到 STS 學習目標”。

在活動過程中，甲使用所設計的模組當作錨或鷹架引導高中生之活動（觀察），與大二學生互動、討論，運用各種適當的媒體與技術（從錄影帶抓圖、電腦繪圖、彩色投影片），共同開發學習情境及教學環境。甲做完 STS 教學活動後敘述如下心得（日記）：

“輔助角色並非工作比較輕鬆，必需花更多的時間與心血，事前設計好模組，才能做好一次 STS 活動”。

尚未做活動之前，在晤談時甲表示：

通常中小學學生不需要主動蒐集資料，因教師提供一切資料。

做完活動後，甲認爲：

學生蒐集、分析及整理資料是學習科學所必須具備的能力，必須鼓勵學生養成習慣，時常做，才能自主自發探究。

活動前晤談時乙表示：

學生功課太多沒有時間蒐集資料。

活動後乙表示：

“我總是鼓勵學生收集、整理並分析資訊內容，因爲現代是資訊時代，學生必須具備這些能力”。

在未做過活動前乙認爲：

“利用校外人力資源在教學上實際上很難做到”。

做了兩次活動之後，認爲：

“既然學生所探究的問題與當地的問題有關，有些在教科書上找不到答

案，教師不可能萬能，唯有藉助當地的人力資源，即請一些當地人士或行政人員來協助教學，促進學生學到最眞實、最有用的知識”。

二、促進生活情境中的整體性學習

STS 活動的最大特點是在生活實況中學習者能與社會互動，所學及所要解決的問題都與社會密切地關連，能培養對社會有貢獻，能負起責任的的公民。

所謂的情境中之學習是實際經驗中的學習。但有時做不到，因此需用模擬實況，扮演實況中之人物做眞實活動。身邊的社會環境中所出現的兩難議題，是學生通常感興趣、被吸引、認眞去探究的問題，因此能有效提高學生的學習效果。爲了達到情境學習，需要設計教學環境包括媒體，使學習活動變成更活潑，更有效。使學生參與活動的過程中領悟，知識本身只是學習的一個開端，能在眞實生活中應用知識才能成爲有用的公民。

乙剛開始設計 STS 活動時，對著許多教育名詞，具有迷失概念。乙問作者：

「設計情境」是不是設計教學用的投影片、幻燈片？「教學環境」與「學習情境」有什麼區別？

模組開發過程中，幾次與作者晤談後，才認知「情境學習」是實際經驗中的學習。乙在教、學日記中敘述：

“讓學生在眞實世界中眞實活動有時無法做到，因此常用故事或小品文模擬現實情況，使學生扮演故事中的角色，進入故事之實際情境中，做眞實活動。爲了學習情境常需要設計教學環境包括媒體使學習變成更活潑、有效。”

乙帶高中生做活動時，以報紙的報導：溫室效應造成全球氣候變遷，溫度上昇，台灣跟著升溫”，“海平面上升與地層下陷使淹水情況變成嚴重，台灣海邊陸地即將部分消失的危機”；“嘉南海平面 60 年後若升一公尺，將有 67 個村里淹沒”；“人爲破壞自然環境，砍伐森林造成土壤流失”，“氣溫上升，乾旱情形嚴重使農業生產力下降，世界性糧食短缺”，“全球人口不斷成長，糧食需求壓力更形增加”；“汽車、工廠排出大量 CO_2 ”等，以營造學習情境，鼓勵學生處身生活在此實況中，思考有什麼問題？應該做些什麼？負起什麼責任和義

務？爲什麼？活動完後乙敘述：

> “扮演角色（模擬情境中之角色）能提升思考層面，以不同角度的思考，且能應用科學知識提出方案或採取行動。角色扮演時討論個人對社會能盡何種責任和義務，使學生變成主角，很有意義”。

作者也觀察到，扮演廠商角色者提出開發太陽能、汽車、熱水爐、發展及製造電動車、研發能取代石化燃料的能源用品等解決方案，引發學生的創造力。甲在日記中敘述：

> 角色扮演能使學生明白科技和各種職業生涯都有關聯。在“如何拯救有破洞的臭氧層？”的單元活動中，學生以不同的角色（環保署長、立法委員、廠商、專家、消費者）去思考問題的不同層面，瞭解不同的角色有不同角度及層面的觀點，且社會上各種職業與科學是相關聯的。透過角色扮演，學生有機會思考將來希望從事那種職業。高中生有的希望做立委，有的想做科學家，或環保官員。但大家覺得不容易做廠商，因須要本錢。有的擔心因科技發達快速，現在所學的和將來的職業所須的能力是否相符合。

甲以整體性問題，“臭氧層破壞後對人體及整個地球生態環境有什麼影響？”做爲探究主題引導高中生。甲使用㈠在外太空拍攝南極上空，明顯看出臭氧層破洞情形的圖片；㈡臭氧層遭破壞，紫外線直射地球的結果，人體內核酸和蛋白質變異，導致免疫系統受損，病原伺機影響人體，使人發病之錄影帶及㈢美國《時代雜誌》年度票選最佳風雲人物‘被捆綁的地球’的封面，以營造臭氧層破洞之學習情境，並以矛盾言論，例如：“ CFCs 是無毒、很穩定，很有用的有機化合物，能做爲冷媒、發泡劑、噴霧劑等，但因 CFCs 太穩定所以飄流到臭氧層造成破洞”，促使學生注意、覺醒到全人類岌岌可危的問題，並引導學生分析相關資料，確認各小組之探究子題：“臭氧層如何形成？”“臭氧層是什麼？有何功能？爲什麼？”；“臭氧層遭破壞的原因爲何？”；“臭氧層遭到破壞後的影響？”；“如何控制臭氧層破壞的原因？”；“何種新產品，才不會使臭氧層破壞？爲什麼？”；“有何取代物？”。甲與學習者互動、討論，運用各種適當的媒體以營造學習情境（劉奕昇， 1995 ： p61 ）。作者觀察到學生有正向積極的學習態度，舉手發問，表示意見。甲鼓勵大二學生自己營造學習情境。甲在活動

日記敘述：

> 大二學生大部份使用自己繪製的投影片或由我提供的彩色投影片等媒體，以營造學習情境。如臭氧層活動時，第三組將一些開放性問題寫在書面紙上貼於黑板如：“臭氧層破壞對人體有何影響？”將其答案遮住以提問促進同儕腦力激盪，在腦海中營造情景，並以獎勵來增強學生的思考；第五組以髮麗香、乒乓拍面、清潔劑的實物來營造學習情境，顯示日常生活中，我們有意無意地破壞臭氧層。

甲、乙都在晤談時表示，最好能讓學生實地探究，因營造情境很不容易，需要很多時間，且電腦等教育工學方面的能力要強。

三、對不同學習能力及學習風格的學習者，使用適當的教、學方法

建構主義認爲學習應是一種自主建構的過程，只有學習者自願自動積極的學習，才會有具體的效果，其實踐則教師將學生置於整個教學計畫之中心位置，針對不同學習能力及學習風格的學習者，運用適當的教、學方法，促進自發學習。由於學習者的不同，甲、乙所設計的各單元均可獨立使用，每個單元均詳細列出設計構想及學習策略，如此可依學習對象，彈性的選用單元及項目（王澄霞、劉奕昇， 1995 ；王澄霞、林梅芬， 1996 ；王澄霞、林梅芬， 1994 ）。甲在日記敘述：

> 鼓勵大二學生在探究特定子題過程中成爲該方面的專家，帶動其他同學學習，並設計自己和同儕最感興趣的學習方式，使用各種學習策略及評量策略來實施學習與評量。另一方面，鼓勵他們以一位職前教師而思考"最想以何種方式去教學與評量"。由於學習者大二學生將來當教師，鼓勵學習者以小組合作學習方式自己設計 STS 單元活動，以供同儕學習。

甲分別完成兩次 STS 活動之後，再與作者晤談。作者從下面事實看出甲關心學生，對不同能力的學生調整教學方法，發展不同層面的能力。甲表示：

> “高中 STS 活動設計與大二學生的活動設計不同，流程也不同（圖 1 ）。由於高一學生對化學的背景知識較不足，其學生又來自不同的班級彼此合作學習的程度較差。所以對雛型做一適當調整，使用益智活動

使同學打成一片，鼓勵「小組表演」促使高中生具體地表現較難理解的化學反應機構，是一種呈現抽象觀念的好策略；而「角色扮演」的優點是讓學習者（對高中、大二都適合）知道解決問題所需考慮的層面是很廣的，不同的角色有不同角度及層面的觀點，且因爲深入子題以不同角色反覆探討，產生高層次的思考，在角色扮演後進行交叉辯論，或角色互換使問題更清楚，得到更合理的解決”。

在晤談時，乙表示：

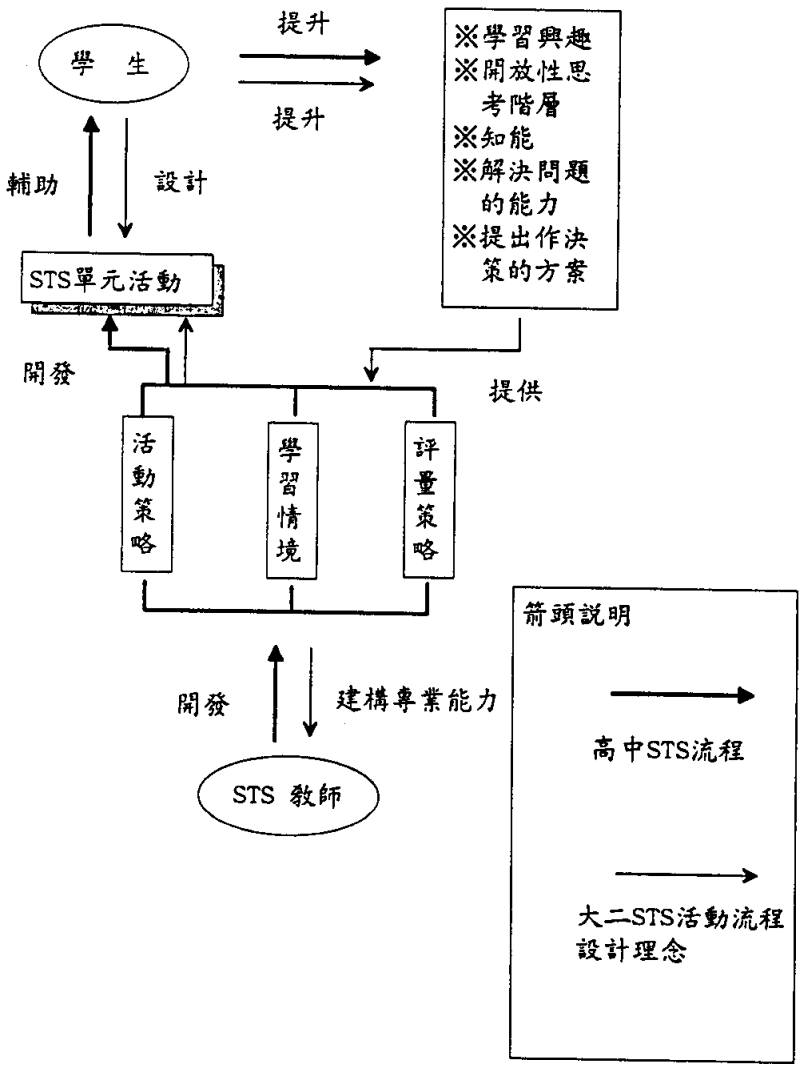


圖 1　大二和高中 STS 活動流程之差異

"以模組當錨或鷹架，對高中生，提供比大二學生多的媒體、線索等，並以提問方式，引導學生進入狀況後慢慢減少鷹架，使他們盡量自立、自主進行學習"。

乙也在日記敘述：

配合志在教書的師大背景，鼓勵大二學生討論安排多種教學策略如『角色扮演』、『班級討論』、『益智活動』、『認知圖』、『經驗分享』等"學生爲中心的合作學習"策略，希望培養學生個人主動思考，並以班級共同思考探究 STS 教師專業能力。

作者由活動中觀察發現到，在化學學科的上課時表現較好的同學，在 STS 模式學習，多半都表現地不錯，但不一定最好；反過來，學科分數較差的，有的表現地非常積極，提出具體方案和創造性建議，如吸收固定空氣中 CO_2 廢氣的創意構想，可見不同學習風格的人須用不同學習方式。

高中生、大二學生兩次 STS 活動之學習成就分析結果顯示（王澄霞、劉奕昇，1995；王澄霞、林梅芬，1996），這些教學策略能提昇學生的學習興趣、積極參與建構知識、分析、做決策和解決問題等能力及使學生擁有正確的社會觀、世界觀。

四、促進多層面思考之能力，並以學習者爲中心、以問題爲中心之建構學習

STS 教育理念認爲時下社會環境中所出現兩難的議題，是學生感興趣，想認眞去探究的問，自然能有效提高學生的學習效果。關於 STS 活動所探討的主題及子題的決定方式，乙在與 STS 活動之前後產生變化。乙第一次以大學生爲對象規劃活動時，與作者晤談，談到如決定主題及其子題的問題。在尚未開始活動時，乙說：

"欲探討議題的題目是應該由教師決定的"。"學生不太可能偶然發現問題吧！"。

做完兩次活動之後，乙對同樣的問題回答：

"學生常常發現問題並很有意願探究下去"。

由此可看出乙在 STS 活動期間及晤談當中，漸漸建構 STS 的教育理念，體會到學習是由學習者自己建構知識的觀念，了解學習者自己決定的題目，才是他們喜歡並且會投入探究的問題。乙並在日記中敘述：

> “但對第一次參與 STS 活動的學習者，可以用引導方式，讓學生對主題產生興趣，並由學習者自己決定欲探究的子題。「酸雨」這個子題，就是因爲高中生感興趣才被引導出來，學生很投入探究自己決定的問題”。

第一次活動過後，乙由於接觸 STS 教學已有一段時間，作者發現乙在第二次活動安排了『班級討論』、『經驗分享』等。乙在晤談時表示：

> 給高中生安排以“問題爲中心”，“學生爲中心”的合作學習策略，如班級討論和經驗分享之目的放在培養學生主動多層面思考及創造的能力。

活動前的晤談中發現甲對學生學習的看法爲：

> “學生喜歡老師講解科學知識，不太喜歡自己讀科學書”，“學生喜歡由老師決定如何學習科學”，“如果沒有老師指導，科學實驗就做不來”，“學生希望由自己的老師考他，不是由別人考他”。

甲以學生的問題爲中心，使用甲自己所設計的模組，第一次引導高中學生進行 STS 活動時，甲在日記中敘述：

> “使學生覺得自己是活動的主角，活動的目的是爲了解決由學生自己所提出的問題，如此才能吸引學生”。

活動後甲在晤談時表示：

> “我發現學生並不喜歡老師講科學，他們反而喜歡自己讀科學書籍”，“我認爲學生不喜歡由老師決定他們如何學習科學”，“科學實驗不一定要有老師指導才會成功”，“學生可以接受老師以外的人的評量”。

在第二次活動時，作者觀察到，學生提出問題時，甲並沒有馬上告訴學生答案，而以引導的方式幫助學生思考。例如針對“地球的臭氧層是如何形成呢？”之問題，甲先問：

> “你們認爲臭氧是由什麼東西構成的呢？”，學生沒有反應；甲又說“臭氧與什麼東西很相似，而且互爲同素異性體呢？”，學生便有反應並回答“氧”；甲又問“地球的氧如何產生呢？”，學生有人回答“植物行光合作用”；甲說“很好，那地球上的植物又從哪裡來？”。

甲在日記中敘述：

> 以提問方式把原始地球生命的演進都討論出來。總之，營造一個激勵多層面思考的自由氣氛，使學生感到能盡心自由貢獻各種意見及分析解釋，而不會害怕因推理錯誤而可能被懲罰的心理，才能把相關知能連接到學習者現有之認知架構。

認知圖譜被認爲用來呈現知識是相當有用的，並且能幫助學習者組織並了解新遇到之資訊（ Warfield, 1976; Novak & Gowin, 1984; Novak, 1990; Wandersee, 1990; Marzano, 1992）。它是一種圖解式的視覺圖形，將資訊概括化，並且以快速易讀的形式呈現重要的資訊。圖形的正確性和製圖者所收集到的資料及其所發現到的事實有關。除此之外，學習者的現有知識將會影響到他們對資訊的選擇與概括。乙在日記中敘述：

> 經過多次晤談（與作者），及自己不斷的思索，了解 STS 教育希望培養的是學生的批判性等高層次思考、創造、做抉擇及解決問題的能力，並不是教一些生活上的常識。鼓勵學生使用圖表組織資訊，可以促進學生思考，“是什麼問題？”“如何解決？”以引發創造性思考。學生常問，“不知如何整理資料？”，要使學生能整理資料，能把學生現有的知能和眞實生活問題聯結，達到學習轉移，我要鼓勵學生在活動前、後使用圖表組織法畫出“認知圖譜”，統整自身有關溫室效應的知識，促進高層次創造思考，幫助規劃做抉擇及解決問題的方案。

在“臭氧層如何形成？其有何功用？”單元中，甲把臭氧層形成的流程圖以空格的方式寫在一張紙上面，貼於黑板上，讓學生一起做腦力激盪填空格。在晤談時甲認爲：

> 流程圖是一種能幫助學生思考、把主題與相關科學概念連結在一起的有效教學方式。

甲又放映有錯誤的錄影帶，讓學生從中尋找錯誤，以促進學生使用本身現有知識。

五、準備適當的評量活動

STS 學習之評量方式注重眞實性評鑑 (Authentic assessment)，這種評量方式的特性如下 (McLellan, 1993)：㈠持續不斷進行觀察學生的學習表現，具有累積性；而不只是採階段性的評量方式，如一年一次，一個月一次或一週一次。㈡使用開放性的評量方式，而不只是讓學生去對特定的答案做判斷或選擇。㈢建立在多重的證據上，而不只是看學生的單一表現而已。㈣是以某種基準來評量學生的學習成就，而非比較學生間的差異，來看學生的學習成果。㈤教師可適時地調整及改變使用評量方式，而非一成不變。與眞實世界生活有關 STS 活動需選用開放性的評量方式來鼓勵學生去自我探究，並深入思考、理解、統整與解析資訊並做多重或整體看法。甲在活動前接受晤談時表示：

> “教學生如何應付考試比較重要”，“每一次考試裡不一定要有挑戰性應用題”，“我不做「可以看書」方式的考試”，“傳統筆試一定不能免”，“我認爲「帶回家考」不是個好方法，因無法掌握是否由學生本人親自作答”，“我在乎所得的分數甚於我所犯的錯誤”。

甲在日記中敘述：

> 「考試」是神聖的，筆試較公正，因此不可任意改變形式。在我們的社會大眾重視分數勝於一切，只講求熟練與答題速度，不重視開放性思考的問題及學習態度的評量。我不知道如何檢定各考題之學習層次。

甲由作者鷹架，實際參與開發 STS 單元活動而接觸不同形式的評量後，再接受第二次晤談時，甲表示他對考試的看法：

> “「筆試」只是評量的一種方式。評量之目的在於讓學生瞭解自己的學習成效，以助於進一步的學習，不應拘泥於任何一種方式”。“我要檢定每一個考題，到底評量哪一個學習層次”，“我認爲學習比考試重要，考試只是學習的一種形式”，“每一次考試裡應該要有開放性思考的問題”，“我同意「可以看書」方式的考試”，“學習評量不一定使用傳統的筆試”，“我認爲「帶回家考」並非不好”，“我在乎所犯的

錯誤甚於所得的分數”。

第一次晤談時乙表示：

評量一定是紙筆測驗，評量形式不外乎是以選擇題、是非題及問答題，以評量學生在學科知識方面的學習成果。

剛開始參與 STS 研究小組時，從乙設計的雛型書面資料可看出，乙是根據報章雜誌上所提及的溫室效應相關科學知識性問題設計學習成就的評量工具。所用的字句較生硬，例如「何謂溫室效應」、「二氧化碳在地球上的循環路徑爲何？」等問題，注重知識層面，引不起學生思考探究該問題的興趣。乙經過與作者的晤談之後修改，轉變成「爲什麼會產生溫室效應呢？」、「身爲地球村的一份子，面對此一全球性的問題，你能想到哪些方法來抑制溫室效應不平衡繼續擴大嗎？」等，在晤談時乙表示：

STS 教學是以問題爲中心的探究活動，多利用“？”及“爲什麼”來發問，促使開放性思考，使問題變成較生動。

從晤談和模組書面資料可看出，乙經過自己設計評量題目的過程中，建構設計評量工具方面的專業能力。

學習者畫認知圖譜不單促進他個人之思考，畫下來的認知圖譜可以讓教師用來分析、評量學生的認知結構，了解學生學習前後認知結構變化的情形。甲、乙分析學生的認知圖譜，用以評量學生的開放性思考階層及 STS 學習層次。思考階層是根據 McDaniel 的 1 － 5 分評分法（王澄霞、陳國華， 1994 ）評定。學生的 STS 學習層次分爲五個層次（王澄霞， 1993 ）：第一層次爲覺醒：喚起學生對論題的意識與正面的態度；第二層次爲理解：知識的獲得與統整；第三層次爲提出做抉擇或解決問題的方案及其理由；第四層次爲負起責任的行動；第五層次爲具有 STES 素養公民的心智習慣。在判斷學生到底達到哪個層次時，乙剛開始以爲，觀看學生所畫的認知圖譜，自行決定該學生達到那一思考階層及那一學習層次。經過與作者晤談之後，乙在日記中敘述：

了解需要接受訓練並由三位以上教師分別評量達 90% 以上的一致性，經討論獲得共識，如此的評量才具有效度。而這種判定學生開放性思考階層及學習層次的能力，也是需要以不同的實例，參與者一起由實作多

次練習才能建構此項教師專業能力，評量結果才具有信度。大學生在第一次使用圖表組織法，畫出認知圖譜以統整、分析及建構自己的知識時（前測）表現並不好；在後測時，學生由於有了前測的經驗，故能有效的將所學到有關溫室效應的知識做一番統整。高一學生在前、後測畫認知圖譜時，因事先使用幾個例子示範，因此學生便能將現有的和新學得的知識，以更有架構及系統化的方式表顯出來。

從模組書面資料可看出，甲以不同的評量策略進行活動前、活動中及活動後的學習評量（圖 2 ），如小組活動進行中使用同儕評量及參與度評量以鼓勵專注學習。參與度是由記錄學生的發言次數及發言內容與蒐集整理資料來評量。使用開放性問題來評量學習者的開放性思考，假如你是政府官員或是國際上有舉足輕重的人士，你將採取何種行動來使臭氧層免於被破壞？學科知識測驗評量相關知識學習成就，分析學生所畫的認知圖譜，評量學生思考階層和學習達成層次。

晤談時，甲、乙和參與的同學都認爲：同儕評量是相當好的評量方式，其優點爲：*1.*同儕間朝夕相處彼此較瞭解，其評量結果可作爲教師參考，使教師的評量，變成更客觀；*2.*大二活動之同儕評量的結果與小組的參與度呈現正相關；*3.*以學生爲進行評量的主角，有效地提升學生參與活動的注意力及思考階層；*4.*除了可以瞭解學生在活動中眞實的情況外，更可以從不同角度瞭解學生對有關主題的學習興趣、知能、開放性思考及解決問題的能力。

不論是高中（王澄霞、劉奕昇， 1995 ；王澄霞、林梅芬， 1994 ）或大二活動（王澄霞、劉奕昇， 1994 ；王澄霞、林梅芬， 1996 ），甲、乙都以不同且多種的評量策略對學生進行評量。 STS 活動的學習成就數據分析指出開放性思考評量的後測、學習層次評量與參與度呈現正相關，並指出“只以傳統的學科知識測驗較不能評量出學生的開放性思考，參與度等其他實際學習成就”。

六、與學習者有效溝通，鼓勵學生時常發問

建構學習之觀念爲：『知識並非是被動地接受而獲得，而是由具有認知能力的個體主動所建構出來的』。學習者的問題由身邊發展到區域、國家到全球。在尋找問題，探究、解決問題過程中，須要經常發問。

甲、乙在傳統教育中成長接受“有問必答”的教育方式。因此在第一次活動中，作者觀察到甲、乙常常直接回答學生。晤談時乙表示：

因爲怕學生「不懂」，所以直接回答了學生所提的問題。

乙缺乏給與學生充份的自行思考及尋找答案的時間，因此達不到建構學習理念的學習效果。在做第二次活動，作者發現乙遇到學生發問「爲什麼紫外線會穿越大氣層？」時，乙以反問該學生及讓其他同學提出個人看法。用此方式，乙讓

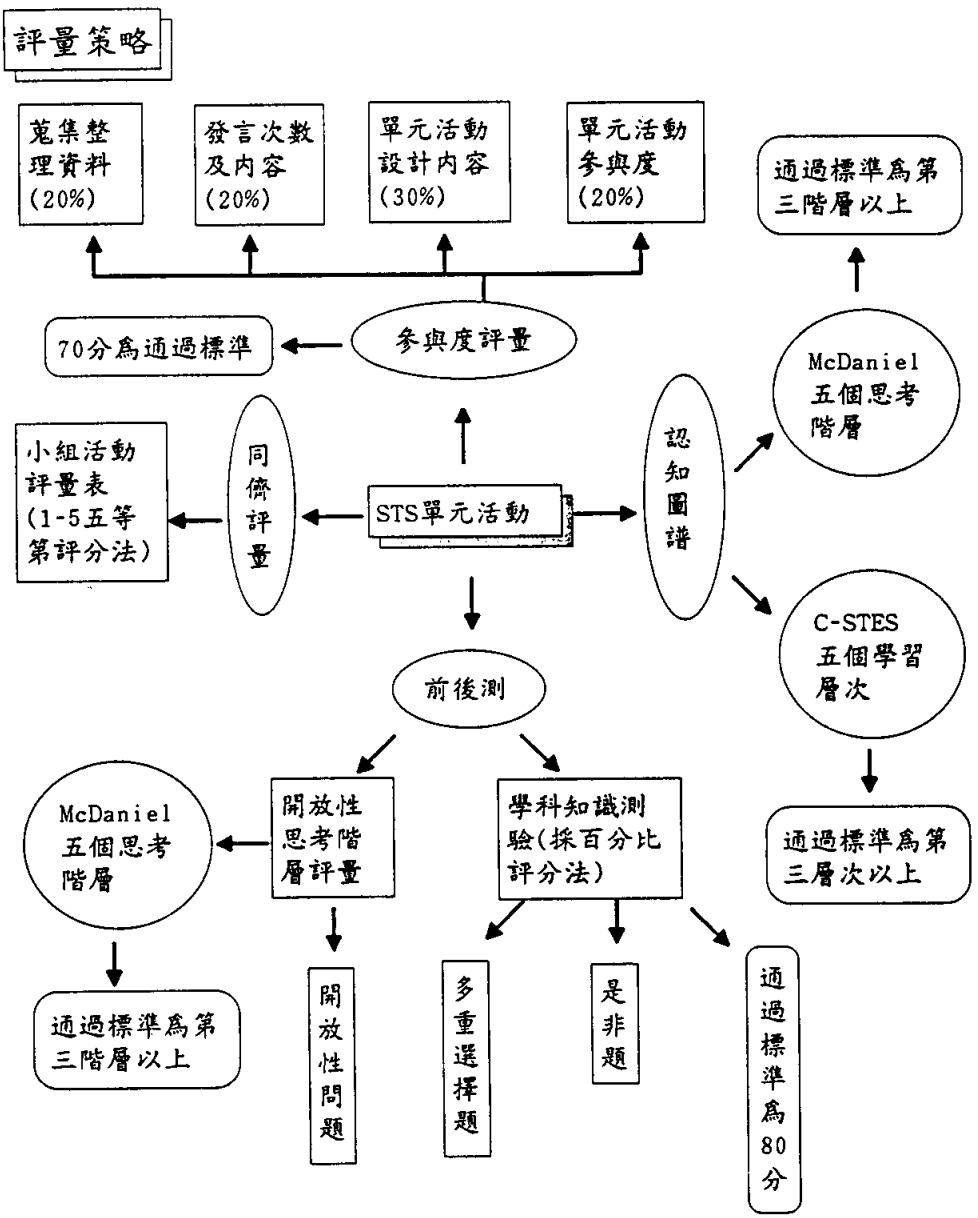


圖 2　STS 活動評量策略

學生自己思考問題，而不是將答案直接告訴學生，乙在晤談時表示：

“引導學生時常發問，自行探究問題，自己建構知能會使學習更具有意義”。

甲也在教學日記敘述：

以自己設計的模組當作鷹架進行整個單元活動，才有辦法經常與學習者互動，鼓勵學生問問題。

作者發現，甲以他自己設計的“提出問題共享”活動中，鼓勵高中學生整理分析資料，而將發掘出來或認爲重要的問題寫於黑板上，如“爲什麼臭氧會吸收紫外線？”“臭氧層破洞爲什麼發生在南極？”等，促使學生發現很多有意義的問題。乙第一次晤談時被問到“教師是否希望學生採取主動發問”時表示：

“只要學會教師所教的知識就已足夠，發問並不是那麼的重要”。

但乙做過一次活動之後，就已經有了很大的轉變，在晤談時表示：

學生幾乎總是在發問。

可見乙已能體會建構學習之理念：『知識並非是被動地接受而得的，而是由具有認知能力的個體主動所建構出來的』之理念。

七、細心監控學習過程、並調整教學策略，提供鷹架或去除

當學生在眞實世界中，在工作實況下之學習就是情境學習，此時學生便能夠學到課本上所無法學到的知識和技能。Brown, Collins 和 Duguid (1989) 提出將學生看成“學徒”，才是情境中的學習，而不是當做學科知識接受者或已計畫好的問題解決者。老師是學生在學習時的模範，也是指導學生如何改善行爲表現的指導者。進一步讓學生取代老師，學生在同學中成爲正在探究之主題中之特殊方面的專家；學生與學生之間互相教與學。“學徒和師父”的角色，便可以輪流由學生與學生來扮演，老師慢慢地退在幕後。在眞實的情境時老師和學生需不斷地監視和調整活動之進行才能使活動達到學習目標。剛參與 STS 教學研究時，乙在晤談時表示：

“鷹架就是教師視學生的須要所提供的一些學習上的科學知識”。

然而，經過與作者溝通之後，在日記敘述：

> 我了解到：“鷹架是他人提供的一種輔助，使學習者達到學習目標，不論教師、同學或者外界人士所給的指引、暗示、線索或提問，都可以當作鷹架”。

由於所給鷹架的不同，學生會獲得不同的學習成果或引起不同的學習態度。例如：學生自行設計活動時，教師或同學的一句問話、任何一個提示，都會影響其設計。例如：第二次活動時，探討“溫室效應的成因”的第一組，在活動前問乙，學生說：

> 「我們這一組活動，想要以益智遊戲“搶答”的方式促進對“溫室效應成因”的瞭解，但設計的題目中可不可以出現有關“溫室效應之影響”的題目？」，乙回答：「可以，但是盡量以自己的主題爲設計範圍。」

如此的回答會直接影響到學生之設計。後來乙在日記中反省，

> 應該回答“爲什麼需要「溫室效應之影響」的題目呢？”使學生思索其問題之意義，讓學生考慮要不要問此題目，由學生自己做抉擇。

透過整個開發溫室效應 STS 模組的過程中，乙領悟到並在日記中敘述：

> “設計時盡量考慮所有可能發生的問題，才能發揮適時給與鷹架與去除鷹架的技巧”。

在第二次活動時，作者觀察到乙已經能夠拿捏鷹架技巧，讓沒有“ STS 學習”經驗的高中生，自動自發地參與活動。學生發問時，乙常反問學生：

> “你說，爲什麼呢？”，“誰有好的構想呢？”

乙在日記中重述活動前設計模組之重要性。乙在日記敘述：

> 在模組設計時仔細地思考過所有問題，才能引導學生發問或反問學生。

乙從“不知鷹架是什麼？”成長到“能鷹架活動”之事實看出，這種能力是可以培養的。

八、展示後設認知技能，以批判性思考，從道德、倫理、社會、世界觀點把學習活動連結到 STS 學習目標上

科學教育時常停留在知識傳授之層面，使學生幾乎沒有機會主動搜尋資訊，自立解決科技導向的當代社會問題，達到 STS 學習目標（王澄霞 ，1993, 1995 ）。教師必須注意學習者是否眞正建構其本身能使用的知識，能否進一步以批判性思考把所學的知能實際應用在科技有關的倫理、社會、世界問題上。乙在 STS 活動前，第一次晤談時表示：

“在科學課堂裡，我不太可能提起爭議性的社會問題”。

完成兩次活動之後，在晤談時乙回答：

“我時常尋找現今的科技議題，並將其運用在科學活動上。受爭議的問題，可以使學生從不同的層面上去思考問題，同時考慮到道德、倫理、價值層面，可培養社會觀及世界觀，因此很重要”。

乙在日記敘述：

活動時，先使用「工業的發展，帶動文明的進步，但也帶來了全球性氣溫昇高，氣候激變」等議論，來引發學生對探究問題的學習興趣；其目的除了引導學生注意周遭問題，將課堂所學與實際生活情境連結外，最重要的，是希望學生能思考該問題的解決之道。爲了讓學生了解“抑制溫室效應之不平衡，不要讓它逐漸擴大”的重要性，引導學生以合作學習，共同討論提出解決之道。爲了達到此教學目的，我放一段錄影帶，其內容中提出多種抑制溫室效應擴大的方法，觀看錄影帶之後，鼓勵學生提出問題、批判各種抑制方法在我國執行的可行性，並鼓勵學生在角色扮演、辯論後，提出建議“在我國應採用的方案”。

作者觀察到乙在活動時，鼓勵學生假設自己是政府官員，而輪流對“如何改善 CO_2 循環之不平衡”問題提出解決策略。每一組依個人所提的策略互相批評、給與意見，經討論後，提出小組之方案；各小組輪流報告，接受全班的批判後，建立共識，達到全班認可的方案。乙彈性使用這些鷹架策略使學生在此過程中試著培養學生具有地球村公民之社會觀及世界觀，並培養能提出方案解決問題及作決策的能力。甲在高一學生之“臭氧層破洞”活動設計時與作者晤談而表示：

CFCs 類的有機化合物和“臭氧層破洞”很難讓高一學生瞭解。

甲與作者晤談後領悟出並在日記敘述：

高一學生不一定需要知道高深的化學反應機構 (Reaction mechanism) 。
高中生可負起責任做他能做的事而使臭氧層破洞不再惡化下去。

在班級活動時，甲引導學生討論“要不要購買以 CFCs 爲動力的噴霧式包裝產品”，然後以行動推動不購買噴霧式包裝產品。又由小組討論，發表替代噴霧式的產品包裝方式；有的學生提議用電蚊香，有人提議使用手推動方式等，以問題促進創造思考能力。

九、促進合作學習互相觀摩，切磋而學習各方優點

學習通常爲一種獨立性活動，所以不容易得到別人的支持及具有建設性的回饋來協助發展學習。合作學習可刺激互動，克服獨立作業之缺點。透過與他人交流可將其潛在的能力發揮貢獻出來，並將自己不自覺的缺點及盲點，在討論的過程中，得到別人的指點而發現，進一步加以改進。故合作學習可與其他同學及老師間建立開放性，批判性互動分享共同建設的學習環境，並相互提供支援。總括來說，由合作學習㈠可以認知其他人也有類似的問題；㈡有機會從不同的觀點來看事情或聽聞不同的爭論及理論；㈢學習及貢獻別人解決相同問題的方法；㈣在腦力激盪活動中互相支援及批判。 STS 活動強調“合作學習”，使學生經由合作學習不斷地成長，學習到心胸開闊、如何地待人處世及思考歸納與社會互動實況中的寶貴經驗。甲在日記中敘述：

大二學生在實際進行 STS 活動時，小組經由多次討論及活動準備與小組演練後，正式進行班級活動。他們在綜合檢討時，說出在此種實做行爲中，因設法幫助同儕學習而得到極佳的學習機會。

由於傳統教育，學生只需學習教科書上的知識，認爲只需將教科書上的內容讀熟就可以，故乙在晤談時表示：

“學生很少和其他同學一起設計和改良科學活動”。

大二學生活動時，鼓勵學生設計益智活動和角色扮演，引發學生合作學習，引發學生間互動、討論和協商而發展活動。甲在日記敘述：

在角色扮演活動時，因各角色間須要很多互動，產生了很多狀況，因此

在解決問題時更需要合作，需不斷的與其他同學或教師交換心得與意見，學生透過參與 STS 活動中逐漸體認「合作學習」的意義，積極參與小組合作學習，班級共享，以促進互動，互相學習對方優點。

十、養育 STS 素養的心智習慣；即自律、批判性及創造性思考並對 STS 議題自動參與探究之心智習慣

心智習慣需要細心規劃，在日常學習和生活中養育；在不同情境中重覆，使學習不只一次，以螺旋式發展，使學生成爲具有 STS 素養的心智習慣。

甲在日記中敘述：

透過活動鼓勵高中生時常思考“你我可以做那些事，使臭氧層破洞減小？ 爲什麼這樣做？有其他辦法嗎？這些辦法中那一個的益處最多而害處最少？”以養育心智習慣，即自律、批判性及創造性思考之習慣。如：那些是泡劑製成的塑膠產品？如何鼓勵大家不要買這些會讓臭氧層破洞的產品？思考發明 CFCs 的取代物等，進一步鼓勵學生經常觀察身邊事物，那些事物應該改進？爲什麼？等。

乙也在日記中敘述：

活動時讓高中生想一想過度之溫室效應，可能會對我們造成那些影響，而這些現象是否已經出現在我們週遭了呢？各組經過討論之後，輪流派代表進行班級活動分享其見解。如此可由合作學習中，了解每一個人都會無意中破壞溫室效應的正常運作，也都將是因溫室效應運作不正常而產生氣候激變的受害者，以這些活動提升學生對環保負起責任之意願。

作者觀察到，乙在活動時使用兩張投影片，其中一張描述一個靠近海邊的城市，在正常的溫室效應保護下氣候晴空萬里，另一張則是溫室效應太嚴重而引起海平面上升，淹沒了該城市後的情形。讓學生想像若是自己的家就處於這樣的環境中，將會是怎樣的一個樣子，聯想生爲現代人的我們對此問題，應盡那些義務與責任，參與做抉擇與解決問題，以建設美好的地球村。

十一、組織管理學習者，提昇有效學習

有效的管理學習與學生之學習成就呈現正相關，有效管理必須予先設計組織

並須讓學生瞭解其規律，大家一起遵守。因此學習活動能順利進行，達到有效學習。第一次參加的學生不太習慣 STS 模式的學習。爲了解決學生不敢主動提出自己觀點及沒有主動尋找問題答案的習慣，乙在日記中敘述：

> 讓大二學生知到他自己是主角，需對學習負責，鼓勵自行分組，以環繞桌椅的形式進行討論，並鼓勵學生自行收集資料。我只引導學生而不提供答案。活動進行之前，讓學生自行決定活動主題及流程，引導學生設計活動，使學生進行自己感興趣的活動，激發其潛能。活動中讓學生知道能動用的費用。讓學生自己規畫，盡量減少不必要的開支，鼓勵學生善加利用簡單的媒體、設備，妥善分配人力資源，達到最高的學習效率。在活動的過程中，細心觀察、評量學生的表現，鼓勵學生自我檢討是不是只在意結果，而忽略過程。教師不扮演知識傳授者的角色，而是讓學生本身成爲中心人物，使學生有參與感，教師只在學生有瓶頸或問題時，適時給予引導及鼓勵，以提昇學生之有效學習。

甲帶動高一活動，一則喚起學習者正視臭氧層的破壞，二則是給學習者演示 STS 學習之一種典範，其中包含以提問促進開放性思考問題之方法。甲隨時指導尋找資料的方式及提供資料，並鼓勵同學使用圖表組織法整理資料，以發展後設認知技能。甲、乙都鼓勵小組合作學習，由小組帶動全班學生參與活動，如益智活動、辯論等，如此慢慢由教師引導活動轉變爲由各小組帶動全班學生。甲、乙並使用同儕評量，促進參與度，提昇有效學習。

十二、提供學習者對特定學習做自省、自我評鑑之機會

自省、自我評鑑是自我自律學習的主要構成要項以達到有效學習 (Butler & Winne, 1995) 。甲、乙安排大二學生在活動設計後，進行活動之前，對全班同學報告其活動流程，根據班級其他同學之建議，設計者自我反省，並修改活動內容。甲、乙鼓勵大二學生在進行活動過程中隨時記錄，包括自己做筆記、寫活動日記、實況錄影，不斷自我檢討。活動結束後，回顧錄影帶內容並進行班級討論，設計者反省，思考如何修改並做口頭報告。甲、乙如此安排進行一系列設計、回應、修改含有計畫、行動、觀察、反省、回應等具有連慣性的作業流程使大二學生不斷自我評鑑、分析，在實際行動中達到專業能力成長的目的。大二學生最後再參照活動日記，修改模組後交出小組的教、學歷程檔案（包含個人的教

學日記）。

十三、期望學習者達成高度成就，提供積極、正向的學習氣氛

賦與學習者高度期望，培養積極、正向學習氣氛，對學習成效有正面影響(Marzano, 1992)。乙在日記敘述：

> 以益智活動串連其他單元活動，引起高中學生的興趣及鼓勵學習，肯定期望他們的學習成就，帶動學生漸爲主動，使合作學習及討論的情形轉至活潑。此策略的確有效地提升學生積極正向學習態度，促進開放性思考、建構知識及解決問題的能力。活動過程中，該校校長來參觀，肯定STS之學習模式，鼓勵關心學生，並對台灣師大去的師生們表示謝意，也增加不少學生的正向學習氣氛，提升學習成效。

甲引導進行益智遊戲活動鼓勵各組比賽，學生爲了爭取小組的榮譽，小組合作學習及討論的態度積極，尤其最後的“知識之旅”更把學生學習的氣氛帶到最高點。

在晤談時甲表示：

> 學生表示很喜歡此種組合小組合作學習和小組間之比賽的上課方式，使我感到非常欣慰。

十四、自主學習之前，先給與引導性教學，安排適當學習內容和順序

學生爲處理問題所須最基本的新概念和技能，在建構論的學習方式也可以直接地教，然後引導學生應用到不同情境中。讓學生解析新情景中之工作目的和項目，並組合已學過的基本技能來處理此新問題；然後鼓勵學生應用所學的到生活面上使學習變成有意義（王澄霞，1995）。甲在晤談時表示：

> 遇到較難理解的化學觀念或化學反應，我直接教導學生，但重點放在學生能否將這些知識應用於眞實社會或其它的例子。例如“爲什麼氟氯烷會破壞臭氧層呢？”，此化學反應對高一學生來說較困難，甲則直接詳細地教導學生。但破壞臭氧層的元兇並不只有氟氯烷，還有一氧化氮等，其他化合物由同學以所學的化學知能加以應用及說明。甲說明噴射劑爲什麼使用 CFCs，以圖片及實物清楚地說明及示範，再由學生說明其它成品爲什麼使用 CFCs。

高中學生測量酸雨之酸度時只用石蕊試紙，在班級討論時引出問題“使用石蕊試紙測定帶有深顏色的酸性水溶液時該如何判定？”，因酸性溶液的顏色影響石蕊試紙之顏色，使它不容易判定，因此乙示範如何使用酸鹼測定儀器後讓學生自己操作，並用以測量帶有顏色之酸性水溶液。乙在晤談時表示：

> “依建構學習理念，學習必須由學習者自己建構知識，故理論上，不論是決定主題或子題，皆應該由學生自己決定，但在學生尚未習慣如此主動自發的學習方法之前，或在學生尚未產生興趣之前，藉由社會上所發生的爭議性議題，引發學生探究該主題的學習動機。由教師先引導討論，使學習者主動決定探究主題，再經教師引導，使學生決定子題，給學生機會逐漸自立學習”。

乙之見解，由下述乙之學習內容和順序之安排可見證。乙設計模擬眞實的情境讓高一學生找出現今的環境問題，讓學生發現問題已經從區域性範疇提昇到全球性層面，然後帶出關於溫室效應的矛盾議題及挑戰性問題，引出經溫室效應之不平衡而產生之全球性社會問題，激發學生的關心及學習興趣。然後使用一張投影片內容爲溫室效應與全球的關係，引導學生由投影片中的情境引出與溫室效應主題有關的科學概念。鼓勵學生使用圖表組織法促進統整現有背景知識；再者由學生提出的科學概念可知道學生對溫室效應主題的了解程度，再放一段錄影帶說明溫室效應的成因與其所帶給人類及大自然之影響。學生經小組討論後對於錄影帶的內容提出個人意見、看法及問題，以小組進行討論後舉辦班級辯論，藉此探討出此問題之負面影響，提出解決此問題的方案及其理由。乙在晤談中也說明安排活動順序之理由：

> 爲了更深入的引導高中生探討產生溫室效應的原因，使用兩張投影片作爲情境引導，其中之一爲大自然界中二氧化碳濃度歷年來的增加情形；另一張則呈現 1885 年以來溫度的上升趨勢。希望學生能比較、分析及聯想出“溫室效應”的擴大乃源於社會科技的產物，讓學生領悟到科技的產物若無適當的處理，將導致大自然生態的破壞，由此過程將社會議題導入相關的科技問題。適時鼓勵做統整相關知識促進學生思考剛學到的和以前所學的知識有何關聯，有效的幫助學生建構知識。

甲、乙在 STS 活動前，實施前測，包括選擇及開放性思考問題。甲在晤談

時表示：

> 由前測可瞭解學生之背景知識及其思考階層，作爲決定教學策略之參考依據。經過小組討論之後，各組輪流指派同學上臺，在黑板上以合作學習的方式共同完成有關主題之認知圖。如此學生可將先前所提出的相關科學概念和技術及社會問題，重新做一番歸納、統整及分析，以做提出方案之依據。

大二學生經過整個單元的活動及評量之後，進一步產生很多疑問及無法解決的問題，學生再自行分組、分派問題，蒐集及研讀資料，然後將資料分析整理，並再次的統整及歸納探究更高層次的相關問題。甲在晤談時表示：

> 整個學習活動順序之安排相當的重要。若沒有先前引導學生思考“臭氧層如何形成？”及“爲什麼遭破壞？”，就不可能探討“如何拯救破洞的臭氧層？”問題，其學習成就一定不高，整個學習活動的效果便大打折扣。

甲、乙在活動之前給大二學生演示 STS 學習之一些典範，其中包含使用教學媒體營造學習情境、如何以提問引導開放性思考學習及評量方式、如何以圖表組織法當做思考及評量工具等，使大二學生能使用在自己設計的活動中。

十五、以教師／學習者／研究者做自省及自律學習

乙透過開發溫室效應 STS 教學模組，並不斷反省及檢視自身教學行爲的改變，努力建構 STS 教師應具備的專業能力。從晤談中可見乙之努力和轉變：

活動前：

> 身爲科學教師，我有時會說不出“我不知道”，因爲覺得有些“拉不下臉來”，“我不是很樂意和其他教師討論科教問題，而且很少和別的教師一起做科學活動”，“我很少使用自我評量來改良教學”，“我想不太可能請行政人員參與我的科學教學”。

二次活動後：

> “我常常充實自己未知的知識”，當學生問而我不能回答時，我也肯說出“我不知道，但是我們一起學習”，“我喜歡和其他教師討論教學問

題，而且希望和別的教師一起設法改良我的科學活動，我也很願意使用其他教師開發的教學模組”，“我常使用眞實評量方法，並讓學生自我評量，安排學生間互相同儕評量”，“當我在課堂上嘗試新的構想時，我想會請行政人員支持”。

STS 專業教師必須超出教科書或課程指導的界限。這種變化可從作者和乙的晤談中看出。活動前，乙表示：

“在科學課堂裡，我不太可能提起爭議性的問題”，“我不太可能尋找現今科技議題並使用於科學教學上”，“我很少讓學生設計實驗而試驗自己的問題”。

完成兩次活動之後，乙表示：

“我幾乎總是尋找現今議題並使用於科學教學”，“我常常讓學生決定要花多少時間在一個活動上”。

乙在未做活動之前，由於傳統教育只需教學生教科書上的知識，認爲教師只需將教科書上的內容讀熟就可以將學生教好，故在晤談時表示：

“我很少和其他教師一起設法改良我的科學活動”。

第一次活動時，對於如何引發學生之學習動機，如何提問都發生困難，因此在日記敘述：

強烈的認爲與其他教師切磋經驗是非常需要的。

乙和作者晤談時表示：

“在職教師應該時常參加研習會，如此才能夠把科學課教得更好”，“邀請大學、企業、社會的科學家來幫助科學教學是很有意義”。

在第二次學生活動，因高中生須要比大二學生較多鷹架策略，產生了更多狀況，因此乙表示：

如果活動之前已吸收其他專家的教學經驗，則在解決學生所提問題時將更能得心應手，並認爲「 STS 教師專業能力的培養，需不斷的與其他教師或專家交換心得與意見」。透過參與 STS 活動中逐漸體認「學生

為中心」和「合作學習」的意義。因此在學生的 STS 活動時，也鼓勵學生進行小組合作學習，班級共享，以促進互動，互相學習對方優點。

甲、乙時常以教師／學習者／研究者的角色對特定教學做自省及自律學習，同時經由同儕合作學習繼續成長為更稱職的科學教師。

肆、結論

教育為國家興衰之本，社會隆替之基，教育的成敗，繫於師資的良窳。因此培育師資、樹立師表，以達到「良師興國」的崇高理想，實為重要的課題。如果教師相信考試成績為唯一教學目標，我們又如何能期望教師會栽培具有 STS 科學素養的未來公民？如果科學教師對自己所任教的學科，不具有應有學科專門知能，也不具有教學專業知識，怎能啓發學生思考，如何培養學生的「高層次思考能力」？如何能運用科技和社會互動之議題以培養學生的 STS 素養？因此教師是教育成敗的關鍵人物。

要推動 STS 教育，教師必須清楚地了解 STS 信念與教學目標，並且具有正確和熟練的 STS 教學專業能力。本研究藉著開發 STS 模組並在眞實教學情境中，促使職前的化學教師甲和乙有機會審思自己對科學教學的信念與價值觀；在 STS 活動中，對科學教學的看法和價值觀產生矛盾，為符合實際的教學需要，以教師 / 學習者 / 研究者之角色，不斷吸收新知，建構出較合宜的 STS 教學之見解和價值觀；並建構提升 STS 模式教學及評量等專業能力。甲、乙在 STS 教學中，經常自省、自我評鑑：㈠是否以學生為學習活動的主角，教師只扮演輔助者角色。㈡是不是類似眞實或世界的學習情境。㈢是否學生所感興趣或所關心的問題。㈣當學生偏離主題或學習環境太過吵雜時，是否適時地加以控制。㈤是否逐漸去除鷹架。㈥是否讓學生清楚表達、反應及自我評估。㈦是否使用多種的學習方法。㈧整個學習活動順序的安排是否妥當。㈨是否使用情境中學習的評量方式等。

本研究從甲、乙教師成長過程中發現 STS 教師需具有下列專業能力。STS 教師能：㈠利用當地資源設計並能使用適合對象而調整的 STS 模組；㈡促進生活情境中的整體性學習；㈢對不同學習能力及學習風格的學習者使用適當的教學方法；㈣促進多層面思考之能力並以學習者為中心，以問題為中心之建構學習；

㈤準備適當的評量活動；㈥與學習者有效溝通，鼓勵學生時常發問；㈦細心監控學習過程並調整教學策略提供鷹架（如線索，提問）或去除；㈧展示後設認知技能，以批判、倫理和世界觀，把學習活動連結到學習目標上；㈨促進合作學習互相觀摩，切磋而學習各方優點；㈩培養心智習慣，即自律、批判性及創造性思考之習慣；㈠組織管理學習者，提昇有效學習；㈡提供學習者對特定學習做自省、自我評鑑之機會；㈢期望學習者達成高度成就，提供積極、正向的學習氣氛；㈣自主學習之前，先給與引導性教學，安排適當學習內容和順序；㈤教師 / 學習者做自省及自律學習。

愛荷華 STS 教員訓練計畫 (Yager, 1993, p51) 觀看了超過 100 個在教室中的直接教學及超過 50 卷的同一教師之兩班教學錄影帶後歸納出來的 STS 教師特徵是：⑴老師爲達到共同目標以教師群之一員作業。⑵老師們超出教科書或課程指引的界限；他們極少爲所用的觀念及活動下定義。⑶老師不斷地在校內、其他州、全國各地尋覓能連結的老師們。⑷老師們和學生們伸入社會中取得資訊，專家，想法和教材。⑸老師們視自我爲學習者及對學生在學習上的促進者與合作者。⑹他們時常努力地尋找可幫助促進教學的資訊，並且思考如何去擴展他們想法，及分享他們的理念。⑺老師們尋找在職援助，尋覓如何成長與進步。

作者發現愛荷華計畫之 STS 教師沒有在 STS 活動前，事先開發完整的模組當做錨或鷹架策略之依據。其理由，可能是美國的科學教師和學生習慣於自己找資料，自己學習，因此比較容易進行 STS 模式教學，不須做完整的準備工作。愛荷華計畫之 STS 教師不斷地尋找其他教學方式，伸入社會中取得專家、工商界等援助。我們的社會風氣，使得教師很難獲得如此協助。愛荷華計畫只條列其 STS 教師之特徵，但沒有提供證據用以支持，因此很難與本研究做進一步的比較。

本研究成果能做爲科學教師師資培育者及科學教師教學之參考，進一步做爲建立 STS 教師之專業能力檢定基準之依據。

伍、謝辭

本人承蒙國家科學委員會資助得以執行 STS 專題研究計畫 (NSC-86-2511-S-003-011) 特此致謝。

參考文獻

1. 王澄霞（ 1993 ）：《設計大學 STS 化學通識教育的架構》。計畫報告，計畫編號： NSC 83-0111-s-003-013 。
2. 王澄霞、蔡曉信（ 1994 ）：以腳架策略開發 STS 專業能力的模式。《師大學報》， *39* ， 429-454 。
3. 王澄霞、林梅芬（ 1994 ）：開發溫室效應 STS 單元。《中華民國第十屆科學教育研討會論文彙編》， 37-68 ，國科會。
4. 王澄霞、劉奕昇（ 1994 ）：臭氧層破洞 STS 單元活動：大二學生。《中華民國第十屆科學教育學術研討會論文彙編》， 1-35 ，國科會。
5. 王澄霞（ 1995 ）： STS 活動中之『學』與『教』。《科學教育學刊》， 3 (1) ， 115-137 。
6. 林梅芬（ 1995 ）：《透過開發溫室效應 STS 模組發展 STS 教師專業能力》。國立臺灣師範大學化學研究所碩士論文，台北。
7. 劉奕昇（ 1995 ）：《透過開發臭氧層破洞模組發展 STS 教師專業能力》。國立臺灣師範大學化學研究所碩士論文，台北。
8. 王澄霞、劉奕昇（ 1995 ）：開發臭氧層破洞 STS 單元。《師大學報》， 40 ， 331-364 。
9. 王澄霞（ 1996 ）：化學領域之 STS 師資培育課程架構。《化學》， 54(2) ， 103-114 。
10. 王澄霞（ 1996 ）：代表性 STS 活動類型分析。《一九九六年物理教育學術研討會論文彙編》，物理教育學會。
11. 王澄霞、林梅芬（ 1996 ）：學生自作之 STS 活動：溫室效應。《第一屆數理教學及師資培育學術研討會論文彙編》， 45-63 ，國立彰化師範大學，彰化。
12. Ajeyalemi, D. A. (1993). Teacher Strategies used by Exemplary STS teachers. In R. E. Yager (Ed.), *The Science, Technology, Society Movement*, 7, pp.49-52, Wasbingeon, D.C: National Science Teachers Association.
13. Butler, D. L. & Winne, P. H. (1995). Feedback and Self-Regulated Learn-

ing: A Theoretical Synthesis. Review of Educational Research, *65*(3), 245-281.

14. Erickson, F. (1986). Qulitative research on teaching. In M. C. Wittrock, Ed. *Hand-book Of Research on Teaching* (3rd ed.). New York: Macmillan.
15. Gunstone, R. F., Slattery, M., Baird, J. R., & Northfield, J. R. (1993). A case study exploration of development in preservice science teachers. *Science Education*, *77*(1), 47-73.
16. Hart, E. P. & Robottom, I. M. (1990). The science-technology-society movement in science education: A critique of the reform process. *Journal of research in science teaching. 27*(6), 575-588.
17. Harel, I. (1991). Children as designers. Norwood, NJ: Ablex.
18. Hilary, M. (1993). Evaluation in a Situated Learning Environment. *Education Technology*, *33*(3), 39-45.
19. Hines, J., Hungerford, H. & Tomer, A. (1987). Analysis and synthesis and of research on responsible environmental behavior: A meta-analysis. *Journal of Environmental Education*, *18*(2), 1-8.
20. Houstom, W. R. (1988). Reflecting on reflection in teacher education. In H. C. Waxman & H. J. Frieberg, Eds., *Image of reflection of teacher education.* Reston, VA: Association of Teacher Edncation.
21. Marzano, R. J. (1992). Teaching with Dimension of learning. Alexandra, VA: Association for Supervision and Curriculum.
22. McLellan, H. (1993).Evaluation in a situated learning environment. *Education Technology*, (3), 39-45.
23. Novak, J. D. (1990). Concept Mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, *27*(10), 937-949.
24. Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn.* Cambridge: Cambridge University Press.
25. Pearlman, R. (1991). Restructuring with technology: A tour of schools where it's happening. *Technology and Learning*, 30-37.
26. Pedretti, E. & Hodson, D. (1995). From Rhetoric to Action-Implementing

STS Education through Action Reeseaarch. *J. of Research in Science Teaching, 32*, 463-486.

27. Rosenshine, B. & Meister, C. (1992). The Use of Scaffolds for Teaching Higher-Level Cognitive Strategies. *Educational Leadership*, 26-33.
28. Sia, A., Hungerford, H. & Tomera, A. (1986). Selected predictors of responsible environmental behavior:An analysis. *Journal of Enviromental Education, 17*(2), 31-40.
29. Waks. L. J. (1992). The responsibility Spiral: A curriculum framework for STS education. *Theory into Practice, 31*(1), 13-19.
30. Wandersee, J. H. (1990). Concept mapping and the cartography of cognition. *Journal of Research in Science Teaching. 27*(10), 923-936.
31. Wang, C. H. & Horng, J. M. (1991). A design for implementing mastery learning on sublimation, a chemistry experimental technique. *Proceedings of the NSC*, Part D, *1*(2), 31-41.
32. Wang, C. H. & Tsai, H. H. (1994). Promoting open-ended thinking on the STS topic "Detergent". *Proceeding of the NSC*, Part D, *3*(1) ,37-47.
33. Warfield, J. D. (1976). *Societal System.* pp.204-284. John Wiley & Sons, New York.
34. Yager, R. E. (1992). What we did not learn from the 60s about science curriculum reform. *Journal of Reseaarch in Science Teaaching, 29*(8), 905-910.
35. Yager, R. E. (1992). The contructivist learning model: A must for STS classrooms. pp14-17, *ICASE Yearbook.*
36. Yager, R. E. & Roy, R. (1993). STS: Most pervasive and most radical of reform approaches to science education. In R. E. Yager (Ed.), *What research says to science teacher, 7*, 7-13. Washington, DC: National Science Teachers Association.

STS Teacher Development

Cheng-Hsia Wang

Department of Chemistry, National Taiwan Normal University

Abstract

In pursuing the STS education, the teachers must clearly understand the STS belief and teaching goals, and be willing to adopt appropriate STS teaching strategies.

In this study, the preservice teachers A and B, used STS modules development and real teaching contexts, to examine their believes and values abot science teaching, and to confront inconsistencies in their beliefes and values about science education. In the study it was found that STS teachers are able to:

1. Utilize local resources to design and use appropriate STS modules having high degree of self-modification;
2. Promote situated learning in suthentic holistic context;
3. Exhibit enthusiasm toward students and teaching and be able to provide instruction appropriate for capabilities and learning styles of students;
4. Promote multi-dimensional thinking ability, and problem-centered, constructivist learning;
5. Prepare appropriate evaluation activities;
6. Communicate effectively with students and encourage them to ask questions;
7. Monitor learning progress closely and adjust teaching strategies such as scaffolding cuing, questioning, and fading;
8. Demonstrate metacognitive skills and sensitivity in relating to learning goals with critical, ethical, and world views;

9. Promote cooperative learning including mutual stimulation and recognizing good points of others;
10. Cultivate students' STS habits of mind (i.e., self-regulation, critical thinking, and creative thinking and readiness to act on STS issues);
11. Organize students for effective learning;
12. Provide students with specific evaluation feedback.
13. Expect learners to achieve well and provide active and positive learning climate;
14. Use guided instruction (i.e. teach when they are ready and arrange learning in proper sequence before independent practice); and
15. Act as teacher/learner/researcher through feedback and self-regulated learning strategies.

Key words: STS teacher's characteristics, professional ability.