

聯結於生活的化學實驗安全STS模組之開發

洪志明

國立臺灣師範大學化學系

本研究由職前化學教師的行動研究，採用鷹架，以問題為中心，合作學習法，開發實驗安全模組—「核能發電安全」、「火災」。此模式能使教師增進其學科教學能力。透過這種過程中，教師能：1. 審視自己對STS問題之信念與價值觀、思考在學校科學教育中如何安插實驗安全學習活動、藉著參與化學實驗安全模組的開發來消除對STS教學活動上的矛盾見解和價值觀及建構出較合宜的見解、價值觀以符合實際的教學需要。2. 增進：(1)學習如何學習與吸收新知識；(2)把行動研究當作教學研究的一部分。3. 發展實驗安全模組與化學實驗安全相關知能。

關鍵詞：STS模組開發 專業發展 鷹架 實驗安全

引言

化學實驗課程是學生學習化學探究活動、驗證化學理論、學習正確化學實驗操作方法及從事化學學術準備所必須從事的重要學習活動，但在進行此等活動中，常見意外事故不幸發生，或是學生身體有不適情形。而化學實驗是比較容易發生意外的教學活動。化學實驗室的藥品，當處理不當或隨便相混時會常會導致危險的發生，有些甚至會引起火災或發生爆炸，造成傷亡。學生根據教材所示之實驗步驟進行操作，雖然大部分均是順利完成，但是有時也會因一時的疏忽或實驗安全知識、資料不足，而偶有意外災害發生。由此顯示在化學實驗活動中，潛藏許多問題。因此教師與學生都要具有化學實驗安全的知識及完整實驗安全訓練；並在整個化學實驗課程內，對意外災害的發生及處理方法，都要有充分之應變能力，即要有足夠的化學實驗安全知能。學生在化學實驗過程中所學到的有關安全的知能，也要能應用於其日常生活之中，以防止意外傷害或災害的發生。

雖然化學實驗有許多潛藏的危險性，但不論國

內外，都很少對主修化學的學生或化學教師施以化學實驗安全課程的教育與訓練。Pesta 和 Kaufman (1986) 的調查研究發現美國 50 州中有資料的 26 州，無一州的教育當局曾經對化學教師施以實驗安全訓練。Ekpo (1980) 的研究結果顯示有 87% 的高中化學老師未曾受過正式的實驗安全訓練，僅靠大學實驗與教學經驗獲得。同時有 77% 受訪者認為安全課程對實驗有必要，83% 的教師希望把安全課程列入化學課中教授。美國一些大學，最近已開始在大學化學系，開設有關化學實驗安全的課程，讓大學部學生與研究生選修，也讓高中教師修習 (Dunkleberger & Snyder, 1985)。有的大學開設一學分的實驗安全課程 (Marsick & Thornton, 1988)，Simpson (1987) 曾經設計了一些有關化學安全的課程，其中的第一種課程強調基本的化學實驗安全概念。另一種課程則是復習第一種課程，同時提供較多社會性的議題，諸如輻射安全與危險分析，讓學生接受適切的化學知識，或給與學生必要的安全指導與解說，使學生具備健全的化學實驗安全概念，可以

減少意外事故的發生次數。實驗室良好的建築與設計、齊備的安全防護設施與器具，可以保障實驗者人身的安全，驗後廢棄物的正確處理，可以免於造成環境的污染。

NSTA 把 STS 定義為「人類經驗情景中的科學之學與教」(teaching and learning of science in the context of human experience) (Yager, 1992, ICASE)。STS 課程能幫助學生產生學習轉移和應用所學來解決問題。此種學習重點集中於生活中有關科技的論題和學生的問題，特別強調的是培養學生蒐集、分析和應用數據資料與解決問題的能力。Thier (1991) 表示「社會問題導向的科學教育將融入所有學校課程」。基於上述的理念與趨勢，在 1980 年代發展出結合科學、技術和社會(STS)的教育模式，而到了今天，在世界上的部分地區，此教育模式已開始付諸實施。STS 的教育理念已為處於現代以科學、技術為導向社會裏的公民，提供了一個新的學習內容和模式。STS 的學習目標包括培養下列各種能力：(1)作決定 (decision making)、(2)解決問題的能力 (problem solving capacity)、(3)批判和高層次的思考 (critical and high-level thinking)、(4)較高層次的認知技巧 (higher-order cognitive skills)、(5)創造力 (creativity)、(6)道德評價 (ethical considerations)、(7)價值澄清 (values' clarification)、(8)生涯規劃 (career awareness)、(9)社會觀 (social view)、(10)世界觀 (global view)。因此，所有的公民會了解科學、技術和社會間之交互關聯性，他們因而能理

智地批判以科學和技術為導向的活動。這些能力使公民們能積極有意義地參與科技、社會問題之民主決定過程 (Yager, 1992; Zoller, 1991)。這些 STS 目標符合 Project Synthesis (Harms, 1977) 之科學教學目標，即(1)個人的需求；(2)幫助個人扮演社會公民的角色；(3)職業之認識；(4)升學預備。

STS 的特色是由學生主導學習活動，以身邊或社會問題為中心，從實作活動中建構相關的知能。而帶動這種學習的教師，本身必需是研究者，也是課程開發者，教師要能幫助學生發展 STS 學習活動，能善用社區資源，不依賴教科書，開發鷹架，協助學生找尋由科學、技術與社會互動產生的問題。STS 教師與傳統科學教師不同，他要能幫助學生建構多層面思考之能力，能考慮科技效益與環境品質之平衡，依價值、道德、倫理作出最適當的抉擇，從事探究活動以解決所遭遇到的問題，使學生成長為負責任的公民 (王澄霞, 1995)。

教師的教學常由其本身所持的信念所引導，此等信念是由其所受的教育、訓練、經驗等累積建構而形成的。要推動 STS 教學，首先要有能帶動 STS 活動的教師。STS 教育是全民的，著重於實際的生活層面上。生活上的安全訓練是學校教育的課題之一。有關安全方面的知能可由學生在化學實驗室的活動過程中培養出來，尤其是防火及藥品之安全方面。STS 教師必需具備此方面之知能，才能有效地推動化學領域的 STS 教學。

STS 教學之理論基礎

STS 認為學習是一種建構經驗的歷程，透過此歷程學習者將外在世界的知識遷移到他們自己的記憶中。學習者根據他們過去經驗及其互動過程而建構對外在世界的詮釋。學習者獲得概念的經驗對於其理解及應用概念的能力有重要的影響 (Duffy &

Jonassen, 1991)。

教學是一組展現細部結構的計畫工程 (Cunningham, 1991)，由生手到專家經過的過程，要讓學生學習如何學習，建構知識，信念及價值觀 (Duffy & Jonassen, 1991)。

研究目的

本研究的目的為：

1. 發展與生活相聯結的化學實驗安全STS模組（STS模組、評量工具、鄉土STS資源素材、媒體等）。
2. 訂出化學實驗安全領域之STS教師專業能力項目。
3. 透過職前化學教師開發STS模組：
 - (1)引導教師學習如何學習，並提升不斷吸收新知

的能力，增進其STS的理念。

- (2)提升教師開發、教導STS及評量學生STS學習成就之能力。
- (3)提升教師成為積極的科學教育研究者與推動者。
- (4)透過STS教師培育，刺激科學教育之革新，達成全民具有科學素養、社會觀及世界觀的目標。

研究理念

職前化學教師開發化學實驗安全STS模組，他們有機會：1.(1)審視自己對STS問題之信念與價值觀。(2)思考在學校化學教育中如何安插STS學習。(3)藉著參與STS模組的開發來修正對STS科學教育活動之矛盾見解和價值觀。(4)建構出較合宜的見解、價值觀以符合實際的教學需要。2.引導教師學習如何學習，並提昇不斷吸收新知的能力。3.提昇教師之教學及評量學生學習之能力。4.提昇教師成為積極的科學教育研究者 (science teacher as active researchers)。

本研究的理念為：1. STS導向的教育應該由教師及研究者共同參與，並以研究為基礎。2.科技導

向的現代公民的人文素養應藉由STS的相關議題來培養，此議題的活動應與科學概念、科學知識、科學過程技能、實驗技能及學習態度相結合以建構STS素養。3.學習需由真實情境中建構。因此在真實情境中建構教學的能力是成為專家教師的根基條件 (Anderson等, 1990)。教法和教學內容整合知識 (pedagogical content knowledge) 在真實情境中，隨著開發和教學STS模組而發展並持續成長。教學必須推動學習者的獨立自主 (Pearson & Fielding, 1991)。這些可以藉由結構性鷹架 (scaffolding) 策略來達成。

化學實驗安全STS模組之特徵與基本內容

(一)化學實驗安全STS學習模組具有下列特徵：

1. 採用身旁或社會上與生活相關之化學實驗安全主題，對學生具吸引力及衝擊性者。
2. 讓教師及學生積極主動的搜尋與生活相關的化學實驗安全資訊，且所搜尋的資訊能應用於解決實際生活所遇到的問題，如瓦斯爆炸與中毒等。
3. 激勵學生應對自己的學習負責。

4. 提供更多的機會激勵學生自我學習、自我成長，以發展高階思考、認知技能，養成探討能力、決斷能力及解決問題的能力。

5. 能具彈性的使用於不同情況，以配合學生的需要及適用資源的供給。

(二)STS模組所具備的基本內容有：

1. 情景：注入欲發展的化學實驗安全概念 / 原理 / 技能。

- 2.化學實驗安全概念 / 原理 / 技能能解釋、防範或應用在情景中的與化學有關日常生活上的安全問題。
- 3.活動方式和內容，如：資料處理、應用資訊及討論等。
- 4.評量資料和工具。

(二)教導方法—建構學習配合角色扮演 (role playing)、辯論活動 (debate)、討論 (disscussion)、作決策 (decision making)、模擬教學 (simulation)、小組研究 (small group work)、數據分析 (data analysis)、腦力激盪 (brain-storm)、分類 (classify) 及實地經驗 (field experience) 等教導策略。

研究方法與進行步驟

本研究採行動研究法與鷹架策略，開發聯結於生活的化學實驗安全 STS 模組。以職前（臺灣師大化學系學生）為對象。經由本研究設計之學習模組的實際活動中，探討化學實驗安全在日常生活及實驗領域之 STS 教師專業能力。進行步驟為：

- 1.由職前師資設計聯結於生活的 STS 化學實驗安全模組。即設定學習目標、開發學習單元模式、學習層次、模組設計模式、開發學習單元的評鑑模式、編製指引以便：(a)選擇代表性化學實驗安全議題和活動內容；(b)選擇教學與評量策略。

- 2.設計與開發 STS 單元活動中情境所需之教學媒體，如：投影片，錄影帶等。
- 3.使用開發之 STS 化學實驗安全模組，實際進行活動，並評量學生之學習結果。
- 4.由 STS 活動結果探討化學實驗安全模組雛型之適用性，修訂模組。
- 5.分析化學實驗安全 STS 模組活動記錄、錄影帶、錄音帶等資料，整理歸納出 STS 教師化學實驗安全領域之能力項目。

研究結果與討論

在今日我國的社會中，核能發電與火災一直是大家議論與注目的焦點。核四廠的興建，在各界引起廣汎的爭論，學生對此問題要有正確的認知，而本校化學系又開設有核子化學實驗與放射追蹤技術實驗課程，為培養職前化學教師對於輻射安全的認知，故選擇開發「核能發電安全」模組。另現今生活中，火災意外頻傳，化學實驗室又是容易發生火災的場所，故又選擇開發「火災」模組。

本研究已完成「核能發電安全」與「火災」兩個 STS 模組的開發，此二模組的活動大要如下：

(一)模組一 核能發電安全

活動一 什麼是核電？

活動項目

活動內容

- | | |
|---------|---|
| 1.口述引導 | 教師帶出核能發電問題 |
| 2.觀看錄影帶 | 民衆對核電的反應 |
| 3.前測 | 畫概念圖 |
| 4.藕斷絲連 | * 班級活動
* 分六組
* 在大海報上畫概念圖
* 擴充概念圖 |
| 5.觀看錄影帶 | 核電事故 |
| 6.確立問題 | 討論確定所要探討的問題 |
| 7.分組 | * 發電原理
* 核電安全
* 核廢料
* 核電事故
* 環境影響 |

	* 經濟效益		活動三 用火安全（防火）與防火材料
活動二 合作學習		活動項目 活動內容	活動項目 活動內容
活動項目		1. 分組報告 各組報告研討活動心得	1. 班級討論 * 實驗室用火安全
1. 分組報告	各組報告研討活動心得	2. 班級討論 針對各組報告的內容提出問題討論	* 居家及公共場所用火安全
2. 班級討論	針對各組報告的內容提出問題討論	3. 分配角色	2. 實作活動 防火材料知多少
3. 分配角色	問題討論		研究結果顯示STS化學教師能力，包含：(1)對STS有深入的認知，(2)能蒐集相關資料，(3)熟練應用各種教學模式，(4)具有豐富的化學知識與常識，(5)具有熟練基本化學實驗技能，(6)具有化學實驗安全的知能，(7)處理意外事件的應變能力，(8)良好的人際及社會關係。
活動三 角色扮演			在STS教學中，學生為學習活動的主角，教師通常扮演輔助者角色，但需花更多的時間與心血才能做好一次STS活動。研究結果顯示：(1)STS教學是以學生所感興趣或所關心的問題，自由地取材，或引導學生選定探究主題，並非有固定的教科書，教師必蒐集相關的資料，以瞭解該領域的知識；熟識各種學習策而適當地用於活動中；當學生偏離主題或學習環境太過吵雜時，能適時地加以控制。(2)教師透過開發STS「核能發電安全」與「火災」模組，並實際設計和參與STS活動，才能建構STS教師的STS理念、「教」、「學」方法與評量策略。在任何的STS學習活動中，皆不只用一單純的學習方法。(3)教師需設計類似真實世界的學習情境。(4)教師需開發情境學習的評量方式。由上可知教師需透過開發及親身參與STS單元活動，細心地檢討及修正每次活動的缺失，建構出STS信念、價值觀和教學專業能力。所以STS教學與傳統的教學有很大的不同，絕非傳統的師資培育方式所能竟其功，必須要有適當的STS活動設計與實際教學經驗方能奏效，也就是一味地對教師灌輸STS的理念，沒有實作的經驗，也是不會帶動STS探究活動。
(二) 模組二 火災			
活動一 合作學習（火災的可怕）			
活動項目	活動內容		
1. 觀看錄影帶	火災現場錄影帶		
2. 前測	火災及防火		
3. 班級討論	討論燃燒的條件		
4. 觀看錄影帶	* 火場逃生 * 火災受傷人員現身說法		
5. 班級討論	火的功用		
活動二 火災現場			
活動項目	活動內容		
1. 斧底抽薪	* 如何滅火（滅火原理）		
2. 滅火器	* 各種滅火器之原理與功能		
3. 後測			

參考文獻

- 王澄霞 (1995). STS活動中之「學」與「教」，科學教育學刊，第三卷第一期，第 115-137 頁。
- Anderson, R. C., Armbruster, B. B. & Roe, M. (1990). "Improving the Education of Reading Teachers." *Daedalus*. 119(2), 187-209.
- Cunningham, D. J. (1991). Assessing constructions and constructing assessments. *Educational Technology*. May. 13-17.
- Duffy, T. M. and Jonassen, D. H. (1991), Constructivism : New implications for instructional technology. *Educational Technology*. May. 7-12.
- Dunkleberger, G. E. & Snyder, S. (1985). Safety in the classroom: *A model for elementary teachers*. The Iowa State University Press.
- Ekpo, J. U. J. (1980). *A survey of chemistry laboratory safety practices in selected high schools of Alabama and a proposed chemistry laboratory safety*. Doctor dissertation. The University of Alabama. (University Microfilms No. 8100567).
- Erickson, F. (1986). Qualitative research on teaching. In M.C. Wittrock, Ed., *Handbook of Reading Research*, Vol.2, edited by R. Barr, M.L.Kamil, P.Mosenthal, and P. D. Person, pp.815-860. New York: Longmarson.
- Harms, N. C. (1977). (A proposal *Project synthesis: An interpretative consolidation of research identifying needs in natural science education*. (A proposal prepared for the National Science Foundation). University of Colorado. Boulder, Co.
- Marsick, D. J. & Thornton, S. F. (1988). Science teacher safety survey. *Journal of Chemical Education*. 65 (5), A448-449.
- Pesta, S. & Kaufman J. A. (1986). Laboratory safety in academic institution. *Journal of Chemical Education*, 63(10), A242-247.
- Simpson, K. A. (1987). Safety course for chemical technologists. *Journal of Chemical Education*. 64(1). A6-14.
- Pearson, P. D. & Fielding, L. (1991). "Comprehension instruction". *Hand-book of Reading Research*, Vol. 2, edited by R. Barr, M. L. Kamil, P. Mosenthal, and P. D. Person, pp. 815-860. New York: Longmarson.
- Thier, H. (1991). 2001. *Science Scope*, 14(4), 14-16.
- Waks, L. (1992). The responsibility spiral: A curriculum framework for STS education. *Theory into Practice*, Vol.XXI, No.1, p16.
- Yager, R. E. (1992). The science/technology/society as reform. *ICASE Yearbook*, 2-8.
- Yager, R. E. (1992). What we did not learn from the 60s about science curriculum reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 906.
- Zoller, U. (1991). Teacher's beliefs and view on selected science/technology/society topic: A probe into STS literacy versus indoctrination. *Science Teacher Education*, 75(5), 541-542.

收稿日期：86年5月2日
修正日期：86年10月7日
接受日期：86年10月9日

Development of STS Module Linking Laboratory Safety to Life

Jhy-Ming Horng

Department of Chemistry
National Taiwan Normal University

Abstract

Two chemistry laboratory safety STS modules were developed during action research on teacher enhancement through instructional resaearch, using scaffolded, problem-centered, cooperative learning. In the process they: (a)construct more appropriate beliefs, values, and science teaching practices by (i) examining their beliefs and values about responsible citizen actions concerning STS issues, (ii) confronting inconsistencies in their beliefs and values about STS action as a science education goal, and (iii) finding a place of laboratory safety in school science education; (b) promoted abilities in (i) learning how to learn and absorb new knowledge, and (ii) doing instructional research as a part of active research; and (c) developed laboratory safety module and related chemistry laboratory knowledge and abilities..

Keywords: STS module development professional development scaffold laboratory safety