

應用 ARCS、STS 及實驗學習理論 在國小科技學習之探討

張玉山

國立台灣師範大學工業科技教育系副教授

呂紹川

台北縣永和國中教師

摘要

爲使科技教育能向下紮根，培養學生「在動手實作中學習」的精神，本文的理論架構爲「以學生經驗爲基礎，拉依實驗學習爲理念核心，以 STS 教材組織模式，輔以 ARCS 強化學習歷程」，根據 STS 教學模式，利用電磁效應，設計一個創意造形，並進行創意編劇發表。由「引起注意、切身相關、建立信心、感到滿意」的 ARCS 模式，激發動機及創意，並在設計、製作、發表的過程中，探索社會、自然和科技三個領域概念間的關聯。活動設計並以台北市某國小六年級學生爲對象，進行試探性教學實驗，透過觀察的方式，瞭解其可行性以及學生的學習情形，希望更能貼近國小學生的科技學習本質與學習特性。教學實驗時間爲四節課，共 180 分鐘。

經分析後的主要研究發現包括：(1) 學生對科技實作的興趣相當高昂；(2) STS 的科技實作可以引起學生對科學探究的興趣；(3) 教師適時的實作協助，有助於建立學生的學習動機與成就感；(4) 學生會追求科技實作的成就感；(5) 學生對作品取材來自最近的生活經驗，並需要教師適度引導方向。根據研究結果，本研究針對國小科技教學提出建議，供相關教師參考。

關鍵字：小學科技教育、實作、拉依、STS 教學、ARCS 動機理論

壹、前言

德國實驗教育學家拉依 (August Lay, 1862-1926)，提出了實驗教育的概念，強調運用假設、實驗、應用三個不可分割的過程來進行教學；同時為改善傳統學校將課程過分切割，而造成缺乏系統的問題，拉依提出有機性課程的架構，將個人的、社會的、自然的教學內容做有系統的整合；本著經驗主義的精神，拉依更提出「行動」的教育，作為教育發展和人類幸福生活的橋接 (李化方，1969)。

拉依所提出的有機性課程，其目的是要打破傳統分科教學中，各科知識無法統整交流的問題。科學、科技與社會 (Science, Technology, and Society, STS) 的教學策略透過科技的使用，整合自然及社會領域概念，乃至於學習態度，都有許多正面的效果 (郭昭志，2006)，並且能促使學生將所學到的知識，應用於日常生活中 (黃秀萍，2006)。

為使科技教育能向下紮根，培養學生「在動手實作中學習」的精神，本教學活動根據 STS 教學模式，利用電磁效應，設計一個創意造形，並進行創意編劇發表。由「引起注意、切身相關、建立信心、感到滿意」的 ARCS (Attention、Relevance、Confidence、Satisfaction) 模式，激發動機及創意，並在設計、製作、發表的過程中，探索社會、自然和科技三個領域概念間的關聯。因此，本文的理論架構為「以學生經驗為基礎，拉依實驗學習為理念核心，以 STS 教材組織模式，輔以 ARCS 強化學習歷程」，如圖 1 所示，據以設計教學活動，再以台北市某國小六年級學生為對象，進行試探性教學實驗，並透過觀察的方式，瞭解其可行性以及學生的學習情形，希望更能貼近國小學生的科技學習本質與學習特性。教學實驗時間為四節課，共 180 分鐘，希望研究結果對國小生活科技教學有所助益。

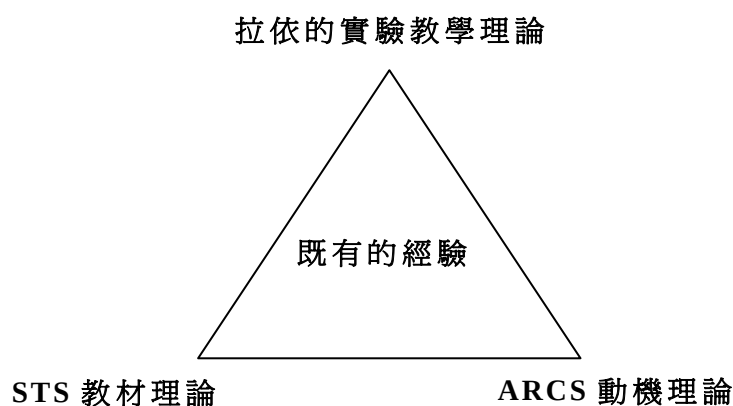


圖 1 本文的理論架構

貳、文獻探討

一、拉依的實驗教學

德國素來以高度的工藝技術著稱於世，從上個世紀以來，許多德國的教育學者陸續提出「動手做」的教育理念，其中拉依提出的實驗教育和行動學校的想法，不僅影響了德國，也對歐洲和俄國的教育，產生很大的影響（李化方，1969）。拉伊指出，舊教育學和新教育學（即實驗教育學）的主要區別，在於搜集經驗的方式和研究的方法不同。舊教育學以知覺、內省的觀察及對別人的觀察作根據，而實驗教育從筋肉運動、感覺想像、記憶、意志等心理和生理兩方面去研究兒童，憑藉廣泛的觀察、統計和實驗，來補充舊教育學研究方法的不足，使之日趨精密（劉建偉，2007）。

在實驗教育中，將教育分為「假設、實驗、應用」三個階段，假設階段是指從經驗中習得原理原則；實驗階段是在教室情境中，對假設的驗證；而應用階段則是將實驗結果加以運用，同時也是對實驗結果再一次的檢驗（李化方，1969）。行動學校則旨在改善傳統學校「主智」、「主靜」的教學方式。拉依設計的有機性課程中，將課程分為從觀察著手的「事實教學」，以及從表現著手的「形式教學」。學生的反應動作是按「感受（獲得刺激）→類化（或同化）→摹擬（表現）」三個步驟來進行。

從拉依所進行的教學實驗，使教育的研究不僅是經驗的累積，也是一種科學的結論（劉建偉，2007）。對科技教育來說，行動的概念，正好和今日科技教育「做中學」的概念相呼應；對科技教育而言，培養解決問題的能力，也是拉依「假設、實驗、應用」三步驟的具體呈現。拉依一再強調「行動」的意涵，並據以制定教學目標、教材、教學模式等，和當時主智教育有了明顯的區分，其做法亦可為今日科技教育提供一個新的思考方向。

二、STS 理論

STS 教學是指透過科技學習，探討社會議題，從而明瞭科學概念的教學模式。STS 是以生活上或社會上關心的議題出發，在探討議題的過程中，解決相關的問題，藉以培養或獲得解決問題的能力。因此 STS 的教學應是和生活或社會議題相關，有助於學生對舊經驗的重組和認知，也能藉此重拾學生對科學的好奇心，對科學能產生興趣（林顯輝，1991；引自鐘敏綺，2003；黃振裕，2004）。而在教學策略方面，STS 的教學在順序上應從社會議題開始，透過科技的運用，進而探索科學的原理，再回到科技、社會議題上（郭昭志，2006），如圖 2 所示。

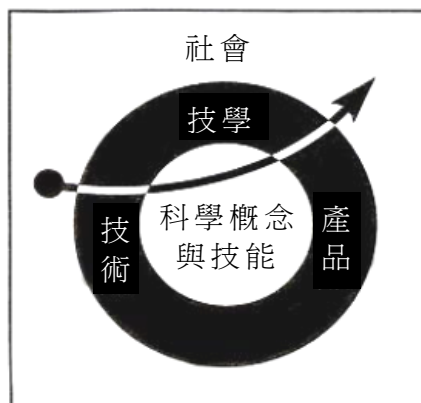


圖 2 STS 教學順序

許多的研究中指出 STS 教學對學生許多方面的表現都有效提升，包括：學生的分析資料、建構知識、開放思考、激發創造力、做決定和解決問題等（蔡擇文，2002；鐘敏綺，2003；黃振裕，2004）。在本次的教學活動中，也試著結合學生的生活經驗，讓學生經由創意製作一組會動的玩具作品，從而瞭解並複習電磁鐵的原理，並藉說故事的方式引導學生思考編

劇，上台發表成果，來整合科技實作、科學原理、及社會文化課題的學習。

三、ARCS 動機理論

過去教學設計較少關注學習者的學習動機，教材若無法引起學習者的興趣或專注，學習的效果將會大打折扣，ARCS 動機理論於是應運而生（林邵珍，2003）。ARCS 分別是四個要素的英文縮寫：Attention（引起注意）、Relevance（切身相關）、Confidence（建立信心）、及 Satisfaction（獲得滿足）（Keller, 1984）。該模式並非要刻意獨立成爲一個教學模式，而是要與其他理論相互融合與應用（Kruse, 2002）。

Keller 認爲 ARCS 動機設計模式適用於所有年紀的學習者，在四個要素中，「引起注意」的目的在喚起學生的經驗，從學生的興趣和好奇心開始，並利用各種教學策略使學生能保持興趣；「切身相關」是指人們對於任務性的學習，往往傾向結合與本身已熟悉與了解的知識（林思伶，引自吳亭儀，2007），連結起學生的舊經驗，讓學生在熟悉的情境下學習，有助於引起學習動機；「建立信心」是保持學習動機的關鍵，Keller 曾指出，工作太難或太簡單都有礙於學習動機的保持，教師提供難度適中的工作，並適時給予協助，有助於學生信心的維持；不論是利用外在、內在的誘因和增強，讓學生獲得滿足是動機能繼續下去的重要因素。

ARCS 動機理論能提供教學策略一個可依循的框架，Keller 亦認爲努力才是動機的依變項，而不是一般研究所認爲：行爲表現爲動機的依變項（張靜儀，2005）。對國小學生的科技學習來說，不論是科技的實作本質，或是國小學生「做中學」與「具體運思」學習特性，主動操弄始終是努力與學習成效的主要影響因素。因此在本次活動設計中，利用 ARCS 的理論，做爲教案編製的依據，善用「引起注意、切身相關、建立成就感與信心、內外在增強」等原則，讓學生在學習的過程中能體認，學習過程才是學習的重點。

參、教學活動設計

在本教學活動設計中，依循 ARCS 動機理論，以說故事的方式引起學

生的注意，引導學生利用學習單，編寫出以自身經驗為基礎的小故事，輔以成品示範、教師協助，增加學生製作所需道具的信心，最後藉著作品應用、故事發表及教師、同學的回饋，讓學生得到滿足。本教學活動各教學重點與三大理論的對應關係如表 1 所示。教學活動的設計如下：

表 1 三大理論在活動設計中的應用

理論種類	理論重點	應用情形
拉依實驗教育	假設	學生已學過的電磁鐵原理
	實驗	利用繞漆包線做電磁鐵吸引指南針，並觀察變化
	應用	應用電磁鐵通電和不通電時，對永久磁鐵的吸引和排斥製做作品
STS 理論	科學	電磁鐵的原理
	科技	設計、製作及測試作品
	社會	從生活中的事例聯想啄木鳥的動作和其他動作之關聯；故事與編劇在發表中的應用
ARCS 動機理論	注意	利用說故事的方式引起注意
	關連	利用學習單引導學生對相似動作的聯想
	信心	教師提供協助，讓學生能獨力完成作品
	滿足	藉由作品呈現和操作，以及教師給予糖果獎勵等刺激，使學生感到成就和滿足

一、活動名稱：啄木鳥

二、活動目標：

- 1.讓學生熟悉各種簡單工具的使用。
- 2.讓學生認識電磁鐵的應用和槓桿原理。
- 3.培養學生創意的聯想能力。

三、活動對象說明：

台北市一所國小六年級學生。該校設備完善，有專門教室及工作桌可供活動進行。

四、活動所需時間：4 節課（每節 40 分鐘）

五、活動地點：美勞教室

六、活動程序：

- 1.利用小故事引起學生的注意力。
- 2.以啄木鳥啄樹木的動作，配合學習單，引導學生在生活中相關動作的聯想。
- 3.運用學習單複習自然課學習過的電磁鐵原理。
- 4.說明電磁鐵在本作品中的應用，並指導學生繞漆包線，完成作品主體的部分。(製作過程之簡圖如附錄三)
- 5.協助學生以西卡紙製作自編故事所需的造型。
- 6.進行故事及造型評分。並以教師準備之獎品，強化學生學習成就感。

七、活動材料：活動所需材料如表 2 所示。

表 2 活動相關材料

名稱	規格	數量
漆包線	600 mm	1 組
電池	3 號	1 顆
電池盒	3 號單顆電池用	1 個
西卡紙	B4	1 張
紙杯		1 個
砂紙	1000 號	1 片

八、使用工具：

尖嘴鉗、斜口鉗、剪刀、雙面膠、直尺、彩色筆、著色用具。

九、評量方法：

- 1.造型設計：50%。評分重點為造形是否活潑、有美感。
 - (1) 學生互評：25%
 - (2) 老師評分：25%
- 2.故事內容陳述：50%。評分重點為內容是否生動活潑、具創新性。
 - (1) 學生評分：25%
 - (2) 老師評分：25%

肆、發現及反思

一、發現

在本教學活動設計中，學生能依自己編製的故事內容，做出作品。下圖為部份學生的作品及製作過程。經本次教學活動的參與觀察，有以下發現，如圖 3 所示。

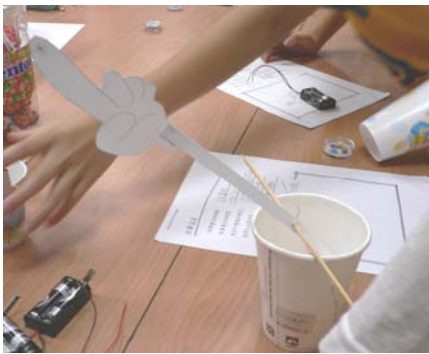
	教師的啄木鳥示範作品		學生聯想拿菜刀砍劈的動作之作品
	學生製作拿香拜拜的動作作品		
	教師適時的引導和協助，可以讓學生保持動機，圖為手按門鈴的動作作品		

圖 3 學生作品及製作過程

（一）學生對科技實作的興趣相當高昂

研究者在教學過程中發現，學生對聽講的興趣較低落，而對操作的部份反應熱烈。當講述電磁鐵的原理時，有學生會不耐煩的問「又要講課喔？」。而在利用繞好的漆包線通電去吸引指南針的部份，學生皆試得不亦樂乎，有學生會提出「還是繞電磁鐵來吸東西比較好玩。」顯見學生對實作中的學習，較感興趣。根據學者的研究，透過實作學習科學，可促進學生主動學習，建立學習信心與興趣，更符合建構學習的理論（The ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education, 2008）。

（二）STS 的科技實作可以引起學生對科學探究的興趣

根據觀察，學生了解電磁鐵的原理後，在製作時會主動對裝置的目的提出問題，例如：在杯底下安置永久磁鐵的目的是為了和電磁鐵相吸引或排斥，但是在完成作品的主體後，有學生會問「底下的磁鐵要做什麼用？」、「磁鐵的正反會有不一樣嗎？」顯示 STS 的理論不僅能將學習和生活經驗結合，更能有效引起學生對科學的好奇以及探究的興趣。

（三）教師適時的協助，有助於建立學生的學習動機與成就感

在教學中，有學生在紙杯上開孔而無法將孔對齊。當教師適時示範以尺做記號再予開孔後，他便能順利將作品固定在預定的位置上，同時也開心地繼續他的實作。後來，研究者的位置從講台移至小組的桌子邊，更能適時提供必要的協助，讓學生的製作更加順利。

此外，雖然學生對自己天馬行空的聯想覺得好玩，並想要製作，但有部分學生仍需教師主動發掘並協助，例如：作品畫不出來、漆包線無法固定等。學生在有困難時會放下手邊工作開始聊天，而教師主動幫忙解決問題，會適時將學生注意力拉回，並能使學生保持學習動機。這點和 ARCS 理論（Keller, 1984、1999；Paas et al., 2005）及心理學研究結果相符（張文哲譯，2006），學習成就感有助於學習動機的建立，而教師也應提供經常的、立即的回饋，方能使學生持續努力用功。

（四）學生會追求科技實作的成就感

在作品評比時，學生會因為自己付出的程度而給自己成績，當研究者利用所準備的糖果分給學生時，有學生會因為自己的表現不佳，而拒絕接受。例如：研究者對未完成作品的學生說「可惜妳沒能完成，但是很盡力了，所以給妳三根棒棒糖。」該生卻回答「我沒有做完，不要拿那麼多。」顯示行動教育理念對學生的品格養成有正面的影響，學生可以在製作過程中感受到自己努力的程度，而不是以老師的分數當作表現的依據。當學生的內在動機被激起後，外在獎賞就變得不是那麼重要。當學生開始喜歡該活動並有成功經驗時，則給學生的外在獎賞就應該淡出(張文哲譯，2006)。

（五）學生對作品取材來自最近的生活經驗，並需要教師適度引導方向

學生在學校的時間很長，在構想激發階段，學生對教師所引導的相關生活經驗，例如鐵錘釘釘子、拿香拜拜等動作，不甚感興趣，而有自己的想法，例如：甲生提出做「老師打學生」，乙生也提出做「考不好被爸爸打」的意見。約一半學生的作品聯想是老師打學生、或是製作捉弄老師的裝置。雖然學生的聯想很不恰當，但反映出學生取材的方式傾向於最接近的生活經驗。除了顯示教師和學生生活經驗與關心的課題不同，也表現了教師引導的重要性，教師必須將不適宜的聯想予以剔除，並協助學生從更正面的角度發掘其他的生活經驗。

二、反思

除了以上針對三大理論（拉伊實驗教學理論、STS 理論、ARCS 理論）的相關觀察，本研究在教學過程中，尚發現有以下值得反思之處：

（一）學生的創造思考能力及設計表達能力有待加強

在設計製作的過程中，學生最常出現的狀況是不知道該如何下手，或是對心中所設想之概念，無法具體的表達出來。例如甲生想要製作按門鈴的作品，可是無法將手的姿勢按照心中想法畫出來。另一現象是有同學首先舉出例子後，其餘同學便開始模仿。這一方面顯示了小學六年級學生的生活經驗和設計表達能力仍需要培養，一方面也顯示學生對既有答案全然接受而不願多思考。

（二）學習單的使用應格外注意

爲使活動能順利、有系統地進行，研究者根據三大理論及 5W（When、Where、What、Why、How）的原則編寫學習單，讓學生能依照引導，從自己的故事中做出可動之成品。

在發下學習單的同時，學生已在驚呼「又是學習單！」、「學習單寫都寫煩了！」等抱怨，造成學生完成學習單的動機不高。對於引導問題的填寫，不少學生回應是「老師不如你直接告訴我，我來寫」、「我不會，我不知道要寫什麼」。雖然最後學生皆完成學習單，但學生對於以學習單引導創意思考的方式，接受情況並不好。

在學習單的設計中，需要學生畫出欲製作的成品設計圖，少部份的學生繪圖能力不佳，需要教師特別的鼓勵及幫助；而觀察電磁鐵部份之學習單，雖然學生已在自然課學習過電磁鐵的課程，儘管內容不同，但學生填寫的反應仍然不佳。教師在編製學習單時，除了應考慮別科是否有學過相關知識，也可以考慮以配合題、選擇題代替填充或問答題，以降低學生的負擔。

（三）提供適當的外在誘因有助秩序管理

秩序問題仍然是影響活動進行最大的重點，學生很容易因爲其他干擾而分心，例如：和別人說話、受到別組同學的干擾等。研究者以糖果當作代幣，做爲外在誘因，代幣制度的優點是強化效果直接且容易控制。

外在誘因的使用雖然有可能對學生的學習動機產生反效果，但當作業或學習活動不是十分有趣時，外在誘因可以有效提升學生的學習動機（張文哲譯，2006）。由於教學活動實施時，學生已接近畢業，所以無法以加分的方式，使學生投入活動之中，故研究者以發給學生糖果數量多寡的方式，讓學生以手中的糖果贈予表現較好的同學，做同儕間的互評，效果很好。

伍、建議

在本教學活動中，以拉依的實驗教學理論為理念，STS 理論為策略，以 ARCS 動機理論強化教學過程，設計教學活動，並在實地教學中印證了行動教學對學生有益；而 STS 理論的應用，讓學生在生活議題中，發現科技和科學對日常生活的影響，啟發更深度的思考；ARCS 理論架構讓學生對實際操作、實驗測試等活動，產生更高的興趣，並能在活動進行中，維持良好的學習動機。以下對本次教學活動之結果提出建議，供作參考：

- 一、除了給予學生引導，對於設計製作的過程，可以事先準備好插畫的書籍或圖片做為學生繪圖參考；也可以多利用報章雜誌的剪貼、實物直接的使用等方式，使學生更能自由聯想，發揮創意。同時，也暫時舒緩設計表現能力欠缺的困境。
- 二、學生對操作實驗的部分，或是可動的部份課程表現較好，而成品雖然也是可動的，但是由於動作幅度不大，視覺效果有限，反而影響學生對成品興趣，因此在活動編製時，應考慮動作較明顯的作品，並多給予學生實際測試與改進的機會。
- 三、教學時間應延長至六或八節課，使學生在更充分的時間下，能熟悉製作的重點及工具的使用。除了上台發表作品的形式外，評量的方式也可更多元，甚至和學生討論那些條件是應得到鼓勵，而那些因素是不好的，讓學生更瞭解評量的重點。

參考文獻

- 吳亭儀（2007）。以ARCS動機模式實施高職國文科教學之行動研究。東華大學碩士論文。
- 李化方（1969）。歐美勞作教育思想史。台北：台灣商務。
- 林邵珍（2003）。運用ARCS動機設計模式之生活科技教學。生活科技教育，36(4)，52-59。

- 張文哲譯（2006）。**教育心理學**。台北：學富。
- 張靜儀（2005）。國小自然科教學個案研究－以ARCS動機模式解析。**科學教育學刊**，13(2)，191-216。
- 郭昭志（2006）。以沙塵暴為主題之STS教學對六年級學生環境認知及態度之研究。台北教育大學碩士論文。
- 黃秀萍（2006）。科技活動設計－以STS理論運用於氣墊車教學活動設計。**網路社會學通訊期刊**，57。
- 黃振裕（2004）。STS教學策略融入國中生活科技課程之研究-以「運輸科技」為例。彰化師範大學碩士論文。
- 劉建偉（2007）。教育學：教育研究方法重點權威解析。2008/9/19取自 <http://learning.sohu.com/20070112/n247577641.shtml>
- 蔡擇文（2002）。國小五年級自然科融入STS教學對學生學習態度、批判思考與科技創造力之影響。中山大學碩士論文。
- 鐘敏綺（2003）。應用STS教學於國小自然與生活科技領域之研究。中原大學碩士論文。
- Keller, J. M. (1999). *Handbook of human performance technology (2nd ed.)*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Keller, J.M. (1984). Use of the ARCS model of motivation in teacher training. In K.E. Shaw (Ed.), *Aspects of educational technology XVII: Staff development and career updating*. New York: Nichols.
- Kruse, K. (2002). *The magic of learner motivation: The ARCS Model*. Retrieved September 19, 2008 from http://www.e-learningguru.com/articles/art3_5.htm
- Paas, F., Tuovinen, J. E., van Merriënboer, J. J. G., & Darabi, A. A. (2005). A motivational perspective on the relation between mental effort and performance: optimizing learner involvement in instruction. *ETR&D*, 53(3),

25-34. Retrieved September 19, 2008 from
http://institute.nsta.org/scipack_research/motivational_perspective_relation_mentaleffort_performance_etrd3.pdf

The ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education. (2008). *Perspectives of hands-on science teaching: Questions and answers*. Retrieved September 19, 2008 from
<http://www.ncrel.org/sdrs/areas/issues/content/cntareas/science/eric/eric-1.htm>.

附錄（請參考電子全文版）

- 一、教學流程
- 二、學習單
- 三、製作簡圖