

以電腦輔助電表測量之科學過程技能學習的建構分析

*邱鴻麟 **連坤德 ***邱芳傑

*國立高雄師範大學化學研究所

**國立高雄師範大學物理研究所

***國立高雄師範大學科學教育研究所

摘要

本研究主要在嘗試利用電腦輔助學習(CAL)來進行電表測量技能的學習與訓練，並透過電腦程式之設計與課程的安排，以非循序性(nonsequential)的網狀Hypertext 結構來呈現電腦課程的內容。軟體程式設計完成後，接著以教學實驗和意見調查問卷來評鑑本課程軟體的適用性。研究結果顯示：實驗組與控制組的學生在電表測量技能的學習成效上並沒有顯著的差異，並且實驗組學生有無使用電表對照電腦學習在學習成效上也沒有顯著的差異，同時實驗組女生的學習成效更顯著優於控制組的女生。

關鍵詞：電腦輔助教學，科學過程技能，超文件

一、緒論

(一)研究背景與動機

廣義的科學，除了人類從經驗歸納的事實中所獲取的真理外，更包含了獲致真理的邏輯推理方法。因此，科學的意義並不只在於科學知識本身，更重要的是獲取科學知識的過程。1930年代，美國著名的教育學家杜威(J.Dewey)即大力呼籲科學方法和科學知識應當受到同樣的重視(Bybee, 1977)。自從1960年以來，強調科學探究過程與科學方法之「科學過程技能」的訓練就成為科學課程的主要目標之一(楊冠政, 民66; Hurd, 1969)，同時也是我國自然科學教育的重心所在(國民小學課程標準, 民64; 國民中學課程標準, 民74)。

由於研究者曾經參與高雄師範大學連坤德(民81)所主持之國科會研究計畫「高中生物理科測量及儀器使用技能之評量工具研究－電表部份」，研究中曾探討電學基本測量技能之組織因子及學生學習技能的狀況，發現了(1)各測量技能組織因子間，學生學習具有難易的層次關係，(2)學生在電表測量技能上有許多的錯誤概念。因此，研究者獲悉了學生在電表測量方面一些迷思的訊息，也體會到科學過程技能訓練在我國自然科學教育之實施中不夠落實，實有加以探討並研究的必要。

迄今，雖有許多科學課程十分強調讓學生親自動手操作，對訓練科學過程技能具有相當的重要性(如 EES, SCIS, SAPA)；可是也有研究指出，學生有無親

自動手操作對科學過程技能的學習，在成效上並沒有顯著的差異(Riley,1979)。因此，是否需要準備大量的儀器讓學生親自操作，且耗費較長的教學時間在訓練科學過程技能上，實成爲研究者相當質疑的課題。

電腦科技不斷的快速進展，現今電腦已經成爲解決教育問題一個不可或缺的輔助工具之一(Cannings & Brown,1986)；又有一些研究也指出，電腦輔助教學(CAI)與內文式的編序教學(PI)對於職前教師，在統整科學過程技能的訓練上具有相同的效果(Wesley et al,1985)。有鑑於此，本研究即嘗試將電腦輔助學習(CAL)融入科學過程技能的訓練中，利用電腦將電學測量儀表透過螢幕上的呈現，來進行電表測量技能的訓練，避免在傳統實驗室中，儀表因操作不當而損壞的缺失，並藉以探討此種教學方法之可行性。

當前科學哲學的主流之一—「建構主義」十分重視學生在學習科學的過程中對知識的主動建構(Cleminson,1990;Duschl, 1990)，同時研究也發現，對職前教師的訓練上，「自我學習」的方式比「教師指導」的方式，在統整科學過程技能的學習上更爲有效(Strawitz & Malone,1987)。因此本研究將嘗試以非循序性(nonsequential)的網狀 Hypertext (超文件)架構來設計電腦輔助學習(CAL) Learner Control 之 CAL 軟體，(Ross & Rakow, 1981)。此 Hypertext 之軟體將使學生能控制自我學習的步驟，並能任意從網狀的資料結構中隨時擷取自己所要的知識，以達到自我建構知識的目的。本研究之最後階段將進行教學實驗，並收集學生使用電腦課程軟體的意見，以探討此項學習的效果及適用性。

(二)研究問題與目的

1. 本研究之研究問題有三：(1)學生使用 Hypertext 之電腦輔助學習與實驗室慣用的學習方式，在電表測量技能學習的成效上是否有差異？(2)不同性別的學生在使用 Hypertext 之電腦輔助學習與實驗室慣用的學習方式，對於電表測量技能學習的成效是否有差異？(3)學生使用 Hypertext 之電腦輔助學習軟體進行電表測量技能學習時，有無使用電學測量儀表進行對照學習，在學習成效上是否有差異？
2. 根據研究問題可推論出本研究之研究虛無假設爲：(1)不同班級學生〈物一、化一〉中實驗組〈使用本電腦課程軟體學習〉與控制組〈實驗室慣用的學習方式〉，在電表測量技能後測成績上，無顯著差異。(2)不同性別學生〈男生、女生〉在實驗組與控制組間，於電表測量技能後測成績上，無顯著差異。(3)實驗組學生中，有無使用電學儀表對照電腦學習，在電表測量技能後測成績上，無顯著差異。
3. 本研究的主要目的有下列兩點：
 - (1) 以 Hypertext 的方式來設計一套電表測量技能訓練之電腦輔助學習(CAL)課程軟體。
 - (2) 探討運用本課程軟體學習之效果，並與慣用教學方式作一比較。

二、文獻探討

由於本研究乃在嘗試將科學過程技能中之電表測量技能內容，以 Hypertext 的網狀架構應用在 CAL 之教材設計上。因此，本章將從以下兩個方面來進行文獻探討：(一)Hypertext 在電腦輔助教學上的應用，(二)電腦輔助教學在科學過程技能訓練上的應用

(一)Hypertext 在電腦輔助學習上之應用

根據 1960 年代 Ted Nelson 的說法，Hypertext 是指一種不連續呈現資料的方式，這種不連續的方式讓使用者可以輕易地在資訊間做跳換，或者透過連結對某一主題作更深入的探索。簡單來說，Hypertext 就是將某個主題之相關的知識或訊息以有組織、有層次性的架構來分成許多獨立的單位(unit)，並讓使用者可以任意地在這些獨立的資訊間搜尋自己所要的內容。因此，如果我們將各個獨立的訊息看成是知識庫中的許多節點，串接各個獨立節點間的連結就可以看成是一種鏈環，而 Hypertext 系統就是由這些節點和鏈環所構成的網狀結構。

對於將 Hypertext 的概念應用在電腦輔助學習的設計上，已有許多國內外學者做過相關的研究。Hypertext 用來作為發展 CAL 的媒介，主要的原因在於它能滿足「個別化」學習的教育目標，而 Hypertext CAL 則是要讓學習者能根據學習目標，在充分連結的知識庫中，由自己去組織學習的路徑，以彙整所需要的資料，而不必要固定地順著一些線性地教學模式來學習。Gray(1987)曾比較兩種不同形式之循序性 CAL 的教學成效，研究中發現在循序學習的過程中，電腦控制學習程序的成分愈高，學生愈容易迷失在學習的課程中。

但基本上，單純的 Hypertext 網狀系統只是一個被動的學習介面，並不符合有效學習需主動積極融入訊息與建構知識的要求，為解決這個問題，有些 HCAL(Hypertext Computer-assisted Learning)便在教學前先提供一個問題情境來促使學生由問題出發，主動地來搜尋知識以解決問題，以此來增進學習的效率。Will Reader 和 Nick Hammond(1994)則將概念圖(concept mapping)工具融入 HCAL 的設計中，企圖利用概念圖來增強學生主動建構這種圖形表徵的訊息。研究中發現這種使用概念圖工具的 HCAL 確實具有較高的學習成效。

雖然以往根據單一學習模式來進行結構化教學的電腦輔助教學，並無法滿足不同程度學生的需求；但是完全網狀的學習架構也相對地造成了學生在學習過程中的負擔。Marchionini(1988)也指出，Hypertext 系統雖然具有最個別化的特性，但是卻也需要學生不斷地下決定與評估的過程。因此 Kearsley(1988)特別強調，雖然 Hypertext 能讓學習者主動連結相關的概念，確實對學習者有一些好處；但學習者需要更高層次控制學習程序的能力，卻也可能造成學習過程中的紊亂，這在 Conklin(1987)的研究中就已曾觀察到這樣的現象。

國內學者李明淑(民 81)曾以「理想氣體動力論」為課程對師範學院學生施以 Hypertext 之電腦輔助教學，並與傳統的教學方式作一比較。研究結果發現以

HCAL 學習的學生比傳統教學方法學習的學生具有較高的學習成效，此結果在女生間達到顯著的差異，同時 HCAL 組內的女生成績也顯著優於男生。

由以上的文獻看來，將 Hypertext 的架構應用在電腦輔助學習的設計上，至今並沒有一個非常適切的方式，其成效也並不一致，因此值得我們再深入加以研究探討。

(二)CAL 在科學過程技能學習之應用研究

科學過程技能早已被認為是影響智能發展的重要因素(Tobin, 1986)，科學教育學者大多主張學習科學過程技能是科學教學的主要目標，也時常強調學習科學的過程在科學教學上的重要性。由於電腦輔助教學 CAI 已經在課堂與實驗室的科學教學活動中扮演了重要的輔助角色，因此電腦慢慢地變成科學教育上的重要裝備(Zietman & Hewson, 1986)。在缺乏時間與實驗設備的情況下，CAL 可以模擬真實的物體或現象，並將教學活動提昇到較高的認知階層。

如今，電腦也被廣泛地運用在物理、化學、數學、生物等科學的教育上，來作為教學的工具。我們由以下的研究可以看出 CAL 在科學過程技能訓練的有效及重要性。

1. Boblick(1972), Cavin 和 Lagowski(1978)和 Hughes (1974)都指出電腦模擬實驗(computer-simulated experiment)教學在科學過程技能的學習成效上顯著優於傳統的學習方法。
2. Wesley et al(1985)曾比較 CAI 與內文式的編序教學(PI)對職前教師的統整科學過程技能的學習成效，結果顯示兩者都具有相同的學習效果。
3. Choi 和 Gennaro(1987)的研究也指出，使用電腦模擬實驗的學習與親自進行實驗的學習方式，在學習成效上有相同的效果，同時男生保留學習的成效較女生為佳。
4. Geban Omer(1992)等人也曾以電腦模擬實驗室教學來與傳統的教學方法作比較。研究中也發現，電腦模擬的方式在科學過程技能的學習成效上，顯著地優於傳統的學習方式。
5. Lazarowitz 和 Huppert(1993)的研究也發現使用 CAL 來教學，在科學過程技能的學習成效上，比在課堂與實驗室學習，有更好的效果。
6. Schlenker 等人(1993)也曾以微電腦來進行科學過程技能的教學。George 和 Joseph(1994)也曾針對科學過程技能的訓練方面，以電腦輔助為主的實驗學習和合作學習方式的教學做比較。

(三)對於科學過程技能學習的意義

強調科學過程技能的訓練一開始是來自於「給他魚吃，不如教他如何釣魚」的理念，依此理念，科教學者著手歸納了科學家探究大自然所使用的共通性技能，期盼學生經由學習這些普適化的技能便能應用在各個領域的科學探究。但是新近學者由科學哲學及認知科學的角度來分析後得知，各個科學領域的概念

知識與科學過程技能實為科學探究活動中不可分割的成分，單單訓練學生普適化的過程技能並不足以在各種領域的學習情境下獲得轉移，因此科學過程技能的訓練除了在教學生如何釣魚外，更要訓練他們「在不同的地點、釣不同的魚，也要使用不同的魚竿與技巧」；職此之故，本研究探討學生在使用電表的學習情境中，利用電腦輔助學習是否能主動地形成測量技能，希望將學習情境限定在電表的領域知識中，來研究科學過程技能的組織因子，才能符合人類思考與學習的模式及落實科學過程技能的學習。

由以上的文獻可知，CAL 對於科學過程技能的訓練效果值得我們肯定，並應充分加以應用。但是 Shaw 和 Okey(1985)對六、七年級學生所施以的電腦輔助教學在科學過程技能的學習成效並不優於傳統的教學，因此，應用 CAL 來訓練科學過程技能仍然是需要我們繼續研究探討的。

三、研究方法

為探討本研究教材軟體之適用性及 CAL 輔助教學的成效，研究者所採用之研究方法是實驗研究法。作法是以教學實驗來比較實驗組及控制組在電表測量技能學習成效之差異性。

本研究之「教學成效」是指研究樣本在教學實驗所提供的學習環境中，由實驗組與控制組在「電表測量技能後測」成績上所表現的差異來評定；至於軟體的「適用性」則是指本教材軟體是否可以立即在真實的教學環境中，輔助慣用的實驗室教學來使用；對本研究來說，若本教材軟體具有教學成效（即實驗組之後測成績與控制組並無顯著差異），樣本學生又樂於使用（由意見調查問卷可知），本研究之電腦輔助學習課程軟體即可立即應用於往後的實際教學中。

(一)研究樣本

本研究基於課程、行政與設備的考量，選取高雄師範大學物理系(29 位)及化學系(28 位)一年級新生共 57 位做為本研究之樣本。為提高本實驗研究之內在效度(internal validity)，本研究採控制受試者間差異的方式來實施「實驗控制」與「統計控制」。

(二)研究工具

1.電腦輔助教材軟體

(1)教材內容設計：

本研究教材大綱之擬定係根據連坤德(民 79)所彙整測量技能之組織因子，其項目包括：1.確認觀察事或物的性質 2.定量的估計 3.符號零件意義的表達或讀出 4.確認測量工具 5.測量工具的操作 6.讀取數據 7.單位轉換 等七項。各組織因子與測量技能所對應之內涵，列於表 1：

表 1.測量組織因子與電表測量技能對照表

測量的組織因子	電表測量技能
確認觀察事或物的性質	知道要進行測量的是哪一個電學物理量。
符號、零件意義的表達或讀出。	知道電表上的符號意義及簡單電器元件所代表的符號與電路圖的表示。
定量的估計	進行測量前能先估計出待測物理量的概況。
測量工具的操作	知道如何操作電表進行測量(歸零、正負極端子、串並聯、儀表操控)。
讀取數據	能讀出測量結果(數字、單位)。
單位轉換	能將測量結果作不同單位間的轉換。
確認測量工具	知道要使用哪一個合適的儀器來進行正確的測量。

本研究中電表測量技能所含之教材內容有單刻度安培計、單刻度伏特計、雙刻度安培計、雙刻度伏特計、交流安培計、交流伏特計與三用電表等七種工具。為將教材以 Hypertext 的架構呈現，教材中將以各種工具在相應的組織因子下，使用的方法及知識為網路的節點，經由各節點之組合構成一個完全網狀的語意網路，讓使用者可以隨時擷取任何節點上的資料。本教材內容結構如下圖 1 所示：

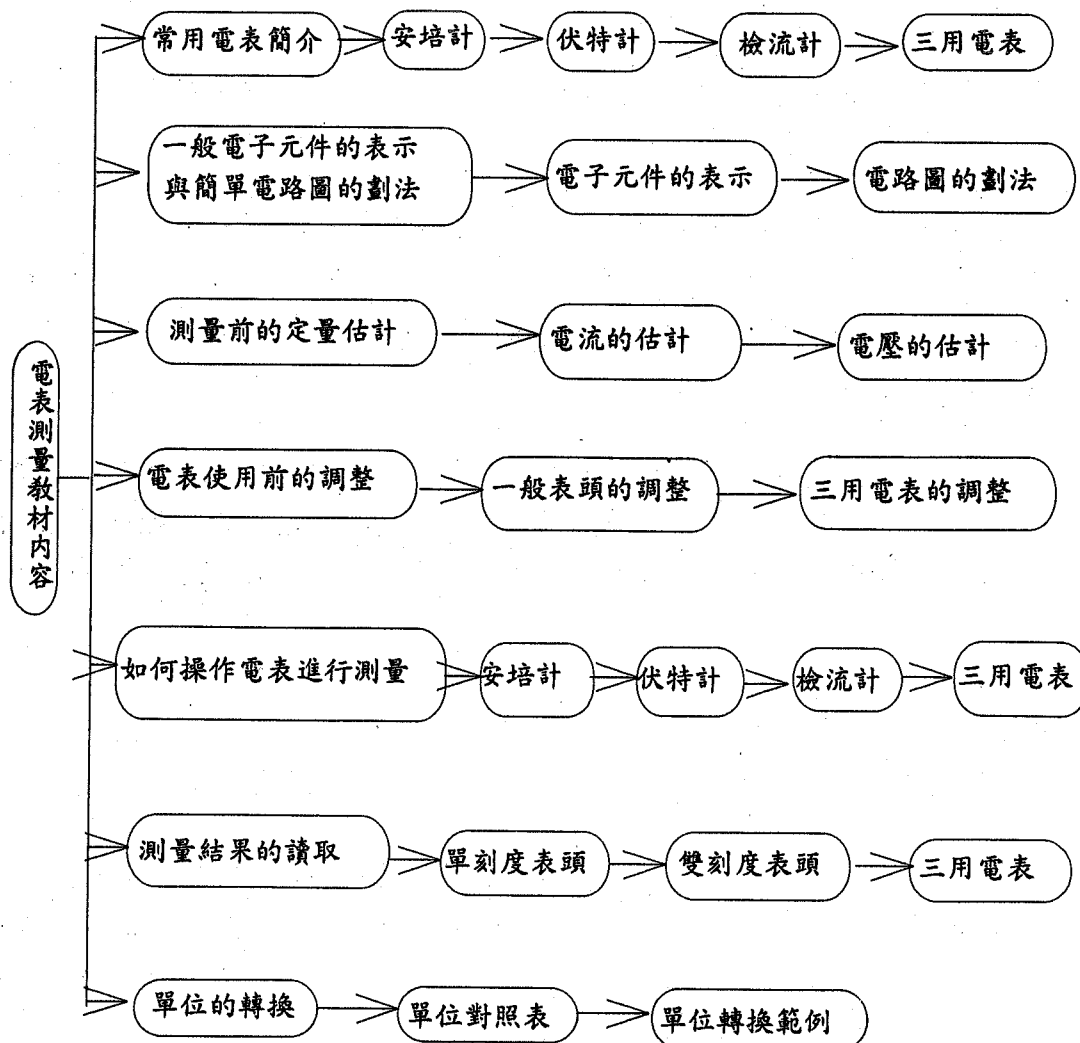


圖 1.教材內容結構圖

圖 1.教材內容結構圖

(2)電腦輔助教材軟體設計

本研究 HCAL (Hypertext Computer-Assisted Learning)課程軟體之教材內容係採結構化的設計方法，先依照各個節點教材的腳本，編寫各個節點獨立的教材軟體，再根據教材的結構組成 Hypertext 的語意網路。由於考慮讓使用者操作方便以及方便處理大量的圖形及影像，教材軟體選擇在 Windows 的視窗作業環境下工作，為使操作上顯得非常方便，可移動滑鼠(mouse)及控制滑鼠上的左右按鍵來掌握電腦程式的進行。

(3)電腦程式設計

本研究之課程軟體是以 Microsoft 公司所發行之 Visual Basic for Windows 3.0 專業版來進行設計。利用此套可以開發 Windows 作業環境下應用程式的高階語言，配合 Windows 之多工的特性，正好滿足本研究課程軟體設計的需求。

在軟體程式的設計上，為了展現 Hypertext 的課程架構，研究者以 Visual Basic 中的表格(Form)物件來呈現每一個資訊的節點，全部軟體程式共由約 90 個表格所構成，其中每個表格畫面主要分成三個部份，畫面上端顯示節點資訊的文字標題，中間部份則為資訊的主要內容，下端則為控制程式進行的命令按鍵。使用者可以利用滑鼠上左邊按鍵來控制資訊的呈現以及依序在這些一頁一頁的表格節點資訊中巡航。

另外為了讓使用者能任意地在知識節點間做跳換，研究者在每個表格中都設計讓使用者可以用滑鼠右邊按鍵即可叫出一個共同的表格視窗，視窗中利用 Visual Basic 中的 Outline 物件來建立一個類似 Windows 檔案管理員中的開展式樹形節點分佈表，此表包含本課程軟體所有節點的文字圖示，所以利用此共通的表格視窗即可迅速地到達任何一個節點中，此外滑鼠在螢幕上『游標』在不同意義的使用上，分別以不同的圖示來表示讓使用者容易分別；同時使用者也可以隨時叫出輔助說明以瞭解這些『游標』所代表的意義來進行操作。

(4)課程軟體的評鑑過程

本研究課程軟體之評估與修訂是採用專家效度的方式來進行，評鑑過程中將請學科專家、電腦輔助教學領域專家及真正進行教學工作的中學教師進行評估與修改。因此，本研究在課程軟體設計完成後，先請兩位對於本課程軟體有能力評鑑的物理博士針對軟體內容是否適切地表達電表測量技能及其涵蓋之組織因子進行評估。根據這兩位學科專家的評鑑意見進行修改以符合主題內容之需要。修改完成後，再請兩位 CAI 專家針對畫面配置、電腦操作、回饋、文字敘述等方面加以評估，由這兩位 CAI 領域專家的意見進行電腦畫面呈現、操作方式等方面的修整。修訂完成後，最後再讓兩位中學的物理教師對本電腦輔助課程軟體在電表測量技能之教學方式各方面作分析，彙整其意見後再進行最後之修改。

2.電表測量技能前、後測試題

1. 工具設計：

本研究工具係根據連坤德(民 82)所編製的「電表測量技能實作測驗」之題目加以改編，並另補充交流安培計、交流伏特計及三用電表等內容以建立本研究之「電表測量技能前、後測試測工具」，來配合大一樣本學生程度的需要。

連坤德之電表測量技能測驗原為一對一施測之實際操作測驗，但由於本研究樣本較多，無法同時進行一對一施測的實際操作測驗，故將實作測驗的內容增編修訂完成後，再以電腦螢幕來呈現實作測驗的內容，以便能真實地呈現電學儀表與實際電路的圖樣。實施測驗時則透過三槍投影機將電腦螢幕的內容投射到大螢幕上，使樣本學生能同時經由大螢幕的呈現，利用紙筆測驗的方式作答。另外前測、後測試題內容大致相似，但試題的編排、呈現方式以及數據大小則略有差異。

3. 實驗組之意見調查問卷

意見調查問卷的內容共分 21 題，第一題至第二十題皆為五等第量表，由學生就問卷所設計的問題之同意程度進行勾選。問卷的內容主要針對電腦操作、螢幕呈現、課程安排與學習興趣等項目進行評估，共有極同意、同意、沒意見、不同意、極不同意等五個選項。第二十一題則為開放性問題，針對學生使用電腦軟體後，對本軟體之優、缺點及建議等提出意見，以作為評鑑的參考。

(三) 研究設計

為了達成研究目的，本研究擬採用準實驗研究法(Quasi-experimental research)以比較教學實驗的成效，並以問卷來瞭解學生對電腦輔助學習的感受。在準實驗研究法中，樣本學生都是來自高師大理學院的大一新生，他們的聯考成績相當接近，而且教學實驗在大一上學期的期中即開始進行，因此學生的起點行為應無太大差異。

本研究為求更有效地控制實驗的變因，除在物一與化一班中各以前測成績進行分組以盡量降低每班中實驗組與控制組的差異外，進一步以共變數的統計方法來消除前測成績差異的影響。另外教學主題、內容、教學時間、教師也是控制的變因之一。本研究主要的操縱變因為教學方法，實驗組以 HCAL 進行教學，控制組則以實驗室中慣用的教學方法進行教學。實驗研究之因變變因〈dependent variable〉為電表測量技能之後測成績。

研究中首先將大一物理系及化學系的學生分成四群，即物一實驗組(PHE)15 位、物一控制組(PHC)14 位、化一實驗組(CHE)14 位、化一控制組(CHC)14 位。研究設計之模式如下表 2 示；教學實驗研究實施的流程如下圖 2 示：

表 2 實驗研究設計模式表

組 別	班 級		實驗處理
	物 一(人)	化 一(人)	
實 驗 組	15	14	以HCAL進行電腦輔助學習
控 制 組	14	14	以實驗室慣用教學進行學習

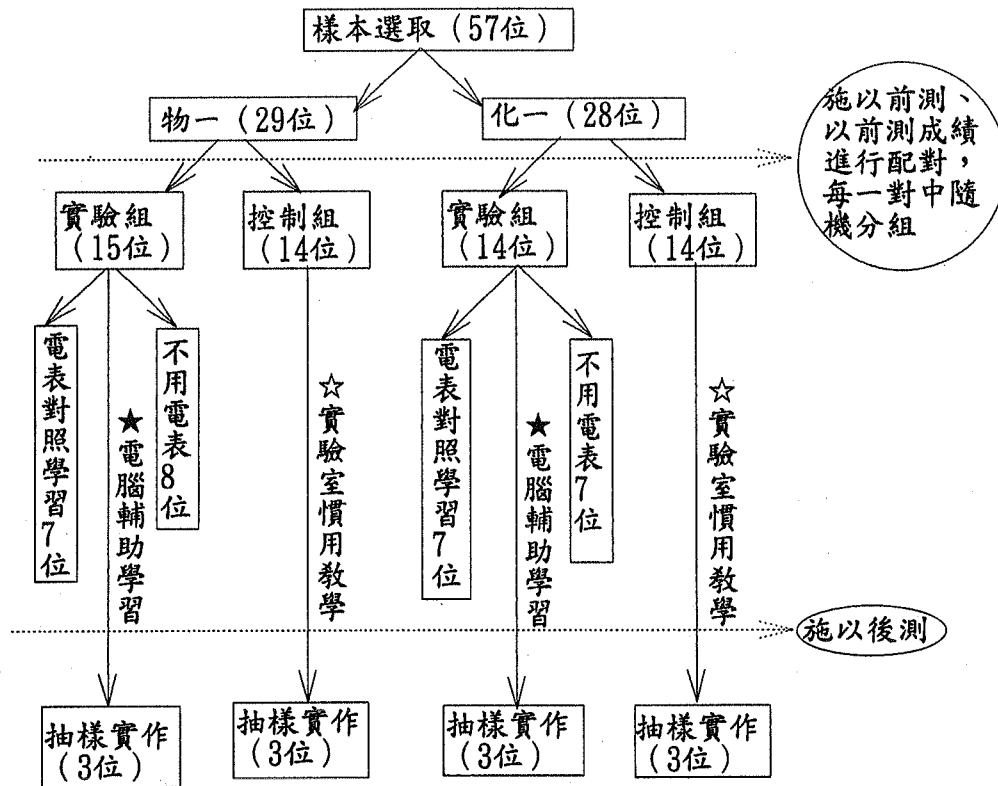


圖 2 教學實驗研究實施流程

四、結果與討論

(一)資料的呈現與分析

本研究根據研究目的與研究假設之需要而進行統計考驗，以下將依照統計分析之程序把結果分成如下二部份來討論：(一)假設考驗結果、(二)、問卷統計結果

1.假設考驗結果

(1)以前測為共變數，進行組別與班別間「電表測量技能後測」之二因子共變數分析，結果如表 3 所示。由表 3 可以得知，組別與班別間交互作用未達顯著差異水準(0.1927)，因此可以將組別與班別的資料個別處理分析。首先組別方面的統計處理如下：實驗組與控制組在「電表測量技能測驗」之前、後測成績統計如表 4 所示；以前測成績為共變數調整後之後測成績統計分析列於表 5。

表 3.組別與班別在「電表測量技能測驗」上之二因子共變數分析摘要表

變異來源	DF	SS	MS	F	P
組別(A)	1	74.836	74.836	2.57	0.1153
班別(B)	1	46.859	46.859	1.61	0.2106
交互作用(A*B)	1	50.814	50.814	1.74	0.1927
前測	1	637.775	637.775	21.86	0.0001
誤差(E)	52	1516.843	29.170		

表 4. 實驗組與控制組的「電表測量技能測驗」前測、後測成績之平均值、標準差

組別	人數	前測		後測	
		平均值	標準差	平均值	標準差
實驗組	29	41.241	12.930	72.551	6.505
控制組	28	41.714	12.011	70.464	6.076

表 5. 實驗組與控制組的「電表測量技能後測」成績以前測為共變數調整後之平均數、標準誤、P 值

組別	平均數	標準誤	P
實驗組	72.686	1.003	0.1153
控制組	70.393	1.020	

另外在班別方面的統計處理：物一與化一在「電表測量技能測驗」之前、後測成績統計如表 6 所示；以前測成績為共變數調整後之後測成績統計分析列於表 7。

表 6. 物一與化一的「電表測量技能測驗」前測、後測成績之平均值、標準差

組別	人數	前測		後測	
		平均值	標準差	平均值	標準差
物一	29	45.965	12.24	71.896	5.531
化一	28	36.821	10.866	71.142	7.147

表 7. 物一與化一的「電表測量技能後測」成績以前測為共變數調整後之平均數、標準誤、P 值

組別	平均數	標準誤	P
物一	70.562	1.042	0.2106
化一	72.517	1.062	

由表 3 可知，實驗組與控制組學生在「電表測量技能後測」成績上並未達顯著差異水準($P=0.1153$)，因此可以接受虛無假設(一)，即樣本學生使用「電腦輔助課程軟體學習」與「實驗室慣用學習的方式」，在電表測量技能的學習成就上並無顯著差異。另外由表 3 也可得知，物一與化一學生在「電表測量技能後測」成績上也未達顯著差異水準($P=0.2106$)。

(2)以前測為共變數，進行組別與性別間「電表測量技能後測」之二因子共變數分析，結果如表 8 所示：由表 8 可知，組別與性別間交互作用，達顯著差異水準(0.0503)，因此必須進行事後考驗。各個組別與性別之交叉統計分組在「電表測量技能測驗」之前測、後測成績統計分析如表 9 所示；而以前測為共變數調整後之後測成績統計分析則列於表 10。接著進行事後考驗的結果如表 11 所示：

表 8. 組別與性別在「電表測量技能測驗」上之二因子共變數分析摘要表

變異來源	DF	SS	MS	F	P
組別(A)	1	126.585	126.585	4.43	0.0420
性別(B)	1	5.008	5.008	0.18	0.6773
交互作用(A*B)	1	112.029	112.029	3.92	0.0503
前測	1	577.565	577.565	20.20	0.0001
誤差(E)	52	1486.896	28.594		

表 9. 各個組別與性別之統計交叉分組在「電表測量技能測驗」前測、後測成績之平均值、標準差

組別	人數	前測		後測	
		平均值	標準差	平均值	標準差
實驗組男生	18	42.833	14.900	71.555	7.022
實驗組女生	11	38.636	8.868	74.181	5.473
控制組男生	21	42.904	12.628	71.380	6.045
控制組女生	7	38.142	9.889	67.714	5.707

表 10. 各個組別與性別之統計交叉分組的「電表測量技能後測」成績經過前測共變數調整後之平均數、標準誤

組別	平均數	標準誤
實驗組男生	71.197	1.262
實驗組女生	74.928	1.620
控制組男生	71.004	1.169
控制組女生	68.590	2.030

表 11. 組別與性別在「電表測量技能測驗」之事後考驗結果分析摘要表

組別	實驗組男生	實驗組女生	控制組男生	控制組女生
實驗組男生	*	0.0761	0.9108	0.2820
實驗組女生		*	0.0558	0.0176★
控制組男生			*	0.3093
控制組女生				*

(★表示達顯著差異)

由表 11 可知，實驗組的女生與控制組的女生在「電表測量技能後測」成績上，達顯著差異水準($P=0.0176$)，因此拒絕虛無假設(二)，即實驗組的女生在後測成績表現上顯著優於控制組的女生，所以使用本研究之電腦輔助課程軟體學習的女生，在電表測量技能學習成就上，顯著優於使用慣用實驗室學習方式學習的女生。另外由後測成績的統計結果也可看出，實驗組女生的後測平均成績(74.92)也比實驗組的男生(71.19)高，但未達顯著差異水準($P=0.0761$)，另外男生在實驗組與控制組間的後測成績並沒有顯著差異。雖然一般我們認為女生對於此類實際操作技能之學習成效較男生差，實際上其原因可能來自於大多數女性學生對於這些科學儀器多半存有恐懼感，在不

熟習的情況下有較大的距離感而不敢主動的操弄儀表，但在利用電腦輔助教學來學習此類課程的情境下祛除了那一份距離與恐懼感，不用害怕會觸電或者把電表燒壞，同時又多了幾分新鮮感所帶來的鼓舞作用，因此在學習成效上大幅提昇，甚至超過男生的學習成就，這也說明了女生對於此類操作技能的學習能力與男生並無二致；另外對男生來說，在先天上對於科學儀器較沒有所謂的恐懼或距離感，也較能主動地操弄儀表而不怕觸電或燒壞電表，因此無論是使用電腦輔助教學或慣用的實驗室教學，都有一定的學習成效，兩者沒有較大的差異。

- (3) 首先以 T-test 統計考驗，檢驗實驗組內有無使用電學儀表對照電腦學習之兩組，在「電表測量技能測驗」前測成績上是否有差異，結果顯示這兩組之前測成績並未達到顯著差異水準($F=0.021$ 、 $P=0.885$)，因此這兩組在前測成績上並沒有差異，可以接受這兩組的分組方式。

實驗組內有無使用電學儀表對照電腦學習之兩組在「電表測量技能測驗」之前測、後測成績統計如表 12 所示：

表 12. 實驗組內有無使用電表對照學習之兩組在「電表測量技能測驗」之前、後測成績統計分析表

組別	人數	前 測		後 測	
		平均數	標準差	平均數	標準差
使用電表	14	38.857	12.865	70.785	7.095
沒用電表	15	43.466	13.027	74.200	5.647

以前測為共變數，有無使用電表之兩組為因子，進行實驗組內有無使用電學儀表對照電腦學習之兩組間，「電表測量技能後測」之單因子共變數分析，結果如表 13 所示；經前測共變數調整後之後測成績統計分析列於表 14。

表 13. 實驗組內有無使用電表對照學習在「電表測量技能測驗」上之單因子共變數分析摘要表

變異來源	DF	SS	MS	F	P
前測	1	329.381	329.381	11.10	0.0026
有無使用電表	1	33.007	33.007	1.11	0.3012
誤差	26	771.375	29.668		

表 14. 實驗組內有無使用電表對照學習的「電表測量技能後測」成績經前測共變數調整後之平均數、標準誤、P 值

組 別	平均數	標準誤	P
使用電表	71.428	1.468	0.3012
沒用電表	73.599	1.417	

由表 13 可知，實驗組內有無使用電表對照學習，在「電表測量技能測驗」之後測成績上並未達顯著差異水準($P=0.3012$)，因此可以接受虛無假設(三)，

即使用本研究之電腦輔助課程軟體學習時，有無使用電學測量儀表對照學習，在電表測量技能的學習成效上，並沒有顯著差異。

3.問卷統計結果

由問卷統計結果得知，學生對本研究之電腦輔助學習軟體幾乎多持正面肯定態度。約有 86% (25 人)的同學表示課程一開始立即吸引他們的注意力(第一題)；約 94% (27 人)的同學表示課程開始不久即發現自己很喜歡繼續學下去(第二題)；88% (26 人)的同學認為本電腦輔助學習軟體的操作簡便容易(第七題)；另外有 84% (24 人)的同學回答電腦畫面安排順序妥當，可讓他們按部就班的學習(第十五題)；同時也有 76% (22 人)的同學對這套電腦輔助學習軟體感到滿意。本問卷之內部一致性 α 值達 0.93。

意見調查問卷第二十一題為開放性的試題，其目的要讓學生表達使用本課程軟體學習後的感想與建議。研究者將學生填答的結果歸納整理如下：

- (1)能實地操作，並能馬上看到自己的答案對或錯，感覺非常有意思，與以往只聽老師講解或自己看課本更有趣。
- (2)利用電腦學習，可配合自己的學習速度，較易真正瞭解所學習的課程，不致因教學速度過快或過慢，減低學習興趣。
- (3)利用電腦學習可以有效學習所要學習的內容，內容深入淺出，非常實用。
- (4)很輕鬆、有趣、明瞭，能配合個人進度，很方便就能學到東西。
- (5)圖形逼真，能讓我們學習更快，可時時回顧已看過的畫面，增加記憶，比較不會睡覺。
- (6)是一個全新的經驗，很有創意的學習，很不錯，很滿意，希望有多次的機會。
- (7)它可使我瞭解獨立自主及獨立思考的好處，不會產生口誤，也很方便，但使用時最好有實物對照使用。

由以上的歸納整理可知，學生均能融入本課程軟體的學習中，同時亦有學生表示希望往後能多多利用電腦輔助學習來進行其它課程的教學，顯示學生大多對於電腦輔助教學存有相當大的興趣，同時希望能常接觸；另外亦有同學表示在電腦模擬的過程中最好也能有實物配合操弄，也說明了有相當比例的同學還是比較習慣於實際操弄儀表來進行學習。

二、結果的討論

討論(一)：實驗組與控制組在學習成就上無顯著差異

由假設考驗 1.的結果可知，使用本研究發展之 Hypertext CAL 課程軟體學習的實驗組學生，與在實驗室以慣用實驗操作方法學習的控制組學生，對於電表測量技能的學習成效上，並無顯著的差異。因此本研究所開發的電腦輔助學習課程軟體與以往在實驗室慣用的學習方式一樣，都能達到相同的學習效果。

其實研究者並無意證明使用本電腦軟體學習將能取代一般實驗教室慣用的教學，然而由結果看來，本研究之電腦課程軟體確實能扮演好「輔助」學習角色的功能，同時較之一般的教學更毫不遜色，而且更具有個別化的特色，能配合學生學習的進度，也不會因不當的練習操作而損壞電學儀表。

Wesley et al(1985)的研究結果指出，使用電腦輔助學習(CAL)與內文式的編序教學(PI)對於職前教師在統整科學過程技能的學習上，具有相同的效果。這與本研究所探討的結果有相同的旨趣，都說明了使用電腦來進行科學過程技能的教學是可行的。Riley(1979)的研究也指出，以實做探討的方式學習與教師示範實驗的方式，在科學過程技能的學習成效上，沒有顯著的差異。這也說明了利用電腦來呈現教學課程內容進行輔助教學，而不用經由實際操作訓練，在學習科學過程技能上之可行性。

討論(二)：女生使用本 HCAL 具有較高的學習成效

由假設考驗 2.的結果可知，使用本研究之課程軟體學習的實驗組女生，與在實驗室以慣用實驗操作方法學習的控制組女生，在電表測量技能的學習成效上有顯著的差異，實驗組的女生在學習成效上顯著優於控制組的女生。因此，就性別而論，女生在使用本研究之電腦輔助課程軟體學習時具有更顯著的學習成效。

事實上，由後測成績的統計分析可以看出，實驗組的女生(後測成績平均 74.92)也比實驗組的男生(後測成績平均 71.19)學習成效高，雖然未達到本研究所定 0.05 的顯著水準，但 P 值高達 0.0761，這個結果值得討論。另外男生在實驗組與控制組間的表現則沒有差異。

本研究的這項結果與國內學者李明淑(民 81)以化學氣體動力論為課程內容，對師院生施以 Hypertext 的 CAI 教學與一般慣用教學法，來比較其教學成效的結果相當一致。本研究也是以 Hypertext 的架構來設計課程，同時研究樣本也是師範學校的學生，因此，師範學校的女學生在面對新的學習方式時，為何表現較積極的學習態度，因而具有較高的學習成效，這個現象值得進一步深入探討研究。

另外 Reuven Lazarowitz 和 Jehuda Huppert(1993)在以 CAL 來進行科學過程技能的教學研究中也得到類似的結論，以 CAL 學習之學生與在實驗室學習的學生，其學習成效在性別間並沒有顯著的差異，但 CAL 組的女生在學習成效上卻顯著優於在實驗室學習的女生。

討論(三)：HCAL 組有無電表對照學習在成效上無差異

由假設考驗 3. 的結果可知，使用本研究之電腦輔助課程軟體進行學習時，有無使用電學測量儀表對照學習在學習成效上並無顯著的差異。這也說明了本電腦軟體具有完全輔助學習的功能，不需要再藉助實際的儀表來增強學習的結果。

其實，本研究是透過電腦螢幕來呈現電學儀表的真實影像，由本研究的結

其實，本研究是透過電腦螢幕來呈現電學儀表的真實影像，由本研究的結果看來，利用這種實物的動態或靜態影像來呈現實驗的內容，對科學技能的學習確實有很大的幫助。而現今電腦多媒體的技術相當發達，如能妥善地將其應用在現今的實驗或技能的教學上，讓學生能一對一地透過電腦來操做實驗，並從螢幕中得到真實景象的回饋。這不失為解決現今中學實驗教室中普遍存在無法讓學生自己獨力操作實驗的限制，同時有相當學習成效的一個好方法，也能避免實驗儀器經不當使用而損壞。

五、結論

結論(一)：本研究 HCAL 具有實際的應用價值

本研究之 HCAL 課程軟體的教學成效，與實驗室慣用的教學方式不相上下，因此本軟體確實能達到輔助學習的效果。由於 HCAL 更具有個別化及不受時空限制的優點，因此在適當的情況下實可取代慣用的實驗室教學。

結論(二)：女生使用 HCAL 學習具有較高的學習成效

女生在使用本研究之 HCAL 課程軟體進行學習時，比在實驗室中學習具有更高的學習成效，同時成績也和一樣以 HCAL 學習的男生高。

結論(三)：本研究 HCAL 軟體具有獨立的學習效果

由第四章之結果及討論(三)可知，使用本研究之 HCAL 課程軟體進行學習並不需要再使用電學儀表來對照學習，此課程軟體本身即具有完全輔助學習的效果。

參考文獻

1. 李明淑， **Hypertext** 在化學教育上的應用，中華民國第八屆科學教育學術研討會論文彙編， 1992。
2. 郭重吉，國中物理電腦輔助教學教材軟體設計與評鑑之研究－總報告國科會報告， NSC 74-0111-S018-03， 1986。
3. 連坤德，高中生物理科測量及儀器使用技能之評量工具研究－電表部份，國科會報告， NSC 82-0111-S-017-005， 1993。
4. 楊冠政，各國科學教育發展趨勢，科學教育月刊， 6， 1977。
5. Boblick, J.M., Writing chemical formulas: A comparison of computer assisted instruction with tradition teaching techniques, *Science Education*, 56(2), 221-225., 1972.
6. Bybee, J.S., The new transformation of science education, *Science Education*, 61(1), 85-97, 1977.
7. Cavin, C.S., & Lagowski, J.J., Effects of computer simulated or laboratory experiments and student aptitude on achievement and time in a college general chemistry laboratory course, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 145-160, 1978.
8. Cleminson, A., Establishing an Epistemological Base for Science Teaching in the Light of Contemporary Notions of the Nature of Science and of How Children Learn Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445, 1990.
9. Conklin, J., Hypertexts: An introduction and survey, *Computer*, 20(9), 17-41,

- 1987.
10. Franklin, Carl., Hypertext defined and applied, *Online*, 13(3), 37-49, 1989.
 11. Geban, O., & Askar, P., Effects of Computer Simulations and Problem-Solving Approaches on High School Students, *Journal of Educational Research*, 86(1), 5-10, 1992.
 12. Gray, S.H., The effect of sequence control on computer assisted learning, *Journal of Computer-Based Instruction*, 14(2), 54-56, 1987.
 13. Hurd, P.D., Scientific enlightenment for an age of science, *The Science Teacher*, 37(1), 13-35, 1970.
 14. Kearsley, G., Authoring considerations for hypertext, *Educational Technology*, 28(11), 21-24, 1988.
 15. Lazarowitz, R., & Huppert, J., Science Process Skills of 10th-Grade Biology Students in a Computer-Assisted Learning Setting, *Journal of Research on Computing in Education*, 25(3), 366-82, 1993.
 16. Marchionini, G., Hypermedia and learning: Freedom and chaos, *Education Technology*, 28(11), 8-12, 1988.
 17. O'Brien, G., & Peter, J., Effect of Four Instructional Strategies on Integrated Science Process Skills Achievement of Preservice Elementary Teachers Having Different Cognitive Levels, *Journal of Elementary Science Education*, 6(1), 30-35, 1994.
 18. Reader, W., & Hammond, N., Computer-Based Tools to Support Learning from Hypertext: Concept Mapping Tools and Beyond, *Computers and Education*, 22(2), 99-106, 1994.
 19. Riley, J., The influence of hands-on science process training on preservice teacher's acquisition of process skills and attitude toward science and science teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 16(5), pp373-384, 1979.
 20. Ross, S.M., & Rakow, E.A., Learner Control versus Program Control as Adaptive Strategies for Selection of Instructional Support on Math Rules, *Journal of Educational Psychology*, 73, 745-753, 1981.
 21. Schlenker, R.M., In the Swing, *Science Activities*, 30(2), 22-27, 1993.
 22. Soon Choi, B., & Gennaro, E., The effectiveness of using computer simulated experiments on junior high students' understanding of the volume displacement concept, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(6), 539-552, 1987.
 23. Strawitz, B.M., & Malone, M.R., Preservice teachers' acquisition and retention of integrated science process skills: A comparison of teacher-directed and self-instructional strategies, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(1), 53-60, 1987.
 24. Tobin, K., Student task involvement and achievement in Process-oriented science activities, *Science Education*, 70(1), 61-72, 1986.
 25. Tripp, Steven D., & Roby, Warren., Orientation and Disorientation in a Hypertext Lexicon, *Journal of Computer-Based Instruction*, 17(4), 120-124, 1990.
 26. Wesley, B.E., Krockover, G.H. & Devit, A., The effects of computer-assisted instruction and locus of control upon preservice elementary teacher's acquisition of the integrated science process skills, *Journal of Research in Science Teaching*, 22(8), pp687-697, 1985.
 27. Zietman, A.L., & Hewson, P.W., Effect of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies science learning, *Journal of Research in Science Teaching*, 23(11), 27-39, 1986.