

國小學童酸鹼概念改變教學之研究

黃萬居*、張萬居**

摘 要

本研究之目的旨在探討建構式概念改變教學對：(1)學童酸鹼概念之學習成效的影響；(2)學童酸鹼概念之本體樹的影響；(3)學童酸鹼概念架構的影響。研究對象為台北縣某國小五年級的學童，從中隨機挑選一個班(33 人)為實驗組，接受建構式概念改變教學，另一班為控制組(33 人)，接受一般教學，進行四週的實驗教學。在教學前和教學後，兩組學童均接受「三層次酸鹼概念問卷」的施測，依據其分數分成高、中、低三種程度，再分別自其中隨機抽取二位，共十二個學童在教學前及教學後均接受「半結構性晤談問卷」的晤談。另外，實驗組的六位學童再做概念圖的比較。研究結果發現：概念改變教學能提昇學童酸鹼概念的學習成效，而且可以發展出學童更豐富的物質本體樹，和建立新的 CBI 本體類別；此外，教學後學童具有更豐富的概念架構和微觀粒子的概念。

關鍵詞：本體樹、概念圖、概念改變、酸鹼概念

* 臺北市立教育大學科學教育研究所教授

** 臺北縣江翠國小教師

國小學童酸鹼概念改變教學之研究

黃萬居、張萬居

壹、前言

一、研究背景與重要性

近年來，許多學者開始以認知心理學的觀點來探討學生的學習，甚至已將學生的學習視為概念的改變，強調學生在學習過程中積極主動的角色（郭重吉，1988；Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982）。

從科學教育學習理論的發展來看，早期的科學教育重視行為主義學派的理論，行為學派的理論認為學習乃是環境的刺激引發人類行為上的反應，所強調的是學生行為的改變，但是六十年代隨著認知心理學派與人本心理學派的相繼興起，科學教育的學習理論已由行為主義學派轉至以認知的建構主義觀點來探討學生的科學學習。

在心理學的方面，Piaget 提出認知過程中的同化，即顯示了認知主體原先的見解、先前知識或早已存在的觀念，會對其認知作為有影響（楊龍立，2002）。由於建構主義的興起，1978 年 Novak 提出人本建構論(The Human Constructivist)，而也就從 Ausubel、Novak、Hanesian 的著作出版至今，這段時期科學教育開始投入更多的關注於有意義的學習、知識重建以及概念的改變。

過去二十多年來，對於學生科學概念領域裡的研究數量已有相當顯著地成長，現在國外部份則已經超過 3,000 多篇（Pfundt & Duit, 1994），國內也已達 400 多篇（郭重吉，2001）。

民國八十年開始國科會科教處也積極推動「國小自然科學概念發展研究」，鼓勵各師範學院教授參與此項基礎研究，其目的是希望建立我國學童的科學概念發展和概念形成等方面基本資料，以便將此研究成果回饋到科學教育的實務工作上，例如自然科學教材的編撰、師資的培育和教學方法的使用等方面（許榮富，1990）。民國八十八年十月，郭重吉和林福來召集「科學概念研究計畫」會議，規

劃各師範院校「教學碩士班」之資深優秀教師進行科學概念之研究。

從學生學習的觀點來看，如果學生對於某些自然現象，已經先具備了不正確的概念，這些概念不但不會在教學時修正過來，反而因此會對教材內容產生誤解，造成學習障礙（郭重吉，1990；Gilbert & Watts, 1985）。這些另有概念會使科學學習變得相當困難，當學生面對新的概念時，他們會以錯誤的方式來予以詮釋。最後，這些新的概念將會被忽略或是被錯誤地詮釋，更甚的是，這些另有概念也會與其他的概念形成群組的現象，如此的結果，亦將導致教師在教學上的困難。Hennessey(1991)也指出當教導學生新的概念時，由於很多學生具有另有概念，再加上本身對概念改變的抵抗，成為現在科學教育上最主要的問題所在。

而酸鹼是日常生活中常用的概念，八十二年版國小自然科學教科書中，由一年級到六年級有數冊提到與酸鹼相關的事物。課程設計是由日常生活中喝的果汁、佐菜的醋、肥皂水等，來體會水溶液有酸、鹼性質，並知道酸與鹼的一般特性，進而了解水污染與酸雨等（國立編譯館，1993）。而現行九年一貫課程中，「自然與生活科技」學習領域，對酸鹼概念的教學，從國小三年級開始，由實驗瞭解鹽類溶於水的酸、鹼性與酸、鹼性的操作型定義，並知道常用酸鹼溶液的特性，以瞭解它們在生活上的應用及如何區辨。進而能利用指示劑鑑別溶液的酸、鹼或中性，並能利用簡單材料製作指示劑，更能運用指示劑觀察酸、鹼性溶液混合的酸、鹼性變化情形，瞭解酸鹼中和概念（教育部，2003）。依據上述，化學酸鹼相關的概念在國小現行課程中占有極重要的比例，而過去研究又指出學童具有許多酸鹼相關的另有概念。因此，如何採用有效的教學模式去促使學童將酸鹼相關的另有概念轉變成正確的科學概念，是科學教育學家和自然與生活科技領域教師重要的議題。

二、研究目的

基於上述的研究背景與重要性，本研究的目的有三項：(1)探討概念改變教學對學童酸鹼概念之學習成效的影響；(2)探討概念改變教學對學童酸鹼概念之本體樹的影響；(3)探討概念改變教學對學童酸鹼概念架構的影響。

貳、文獻探討

一、建構主義理念與認知學習

十八世紀初哲學家 Vico 對知識的理解，被 von Glasersfeld (1996) 認為是建構主義的先驅者，因為 Vico 指出知識並非建立在客觀的事實上，是人們以過去的經驗所建構出來的。人們的經驗，決定每個人對事物的解讀，雖然這種知識論，與傳統的邏輯實證主義和客觀主義有著不同的差異，卻符合現今認知心理學的觀點與科學知識發展的事實。

從認知心理學的觀點來看，建構主義是奠基在下列兩個主要的原理(郭重吉，1992)：第一、知識並非被動地接受，而是由具有認知能力的個體所主動建構出來的。因此，教師無法把觀念灌輸到學生腦海之中，學生必須自己建構出對他們而言具有意義的觀念。第二、認知的功能是具有適應性的，其作用是把我們所經歷的事物加以組織，而不是去發現客觀存在的現實世界。所以建構主義的教學基本理念是希望教學能確實反映出「學生為中心的策略」、「注意學生的原有想法」、及「能使新舊概念達到一致的概念改變」，最後讓學生回顧並覺察其想法改變的過程，而達到協助學生建構意義的目的(熊召弟，1996)。因此，根據建構主義的觀點來實施教學時，教師不該使用傳統講述的方式，而應以學生的舊經驗為基礎，以日常生活經驗相關的事物來進行佈題的工作，一方面也可以鼓勵小組的合作學習，以達到社會建構的精神。張靜馨(1998)也提出有關建構主義教學的十項原則：(1)了解學生先備知識；(2)傾聽和應對每一個問題；(3)了解學生的原有概念；(4)問法要以引導學生思考為目的；(5)締造學生成功經驗；(6)適時獎勵；(7)欣賞學生的思考；(8)給學生有獨自奮鬥的歷程；(9)瞭解與熟練並重；(10)重視學生失敗經驗；本研究亦參考採用這十項原則進行教學。

二、概念改變的理論基礎

Piaget 的基模理論 (schema theory) 為科學概念的發展提供了描述的方法(湯清二，1993)。Piaget 認為學習個體在生活世界中，當面臨到新的經驗時，為了順應環境的要求，會形成「同化」與「調適」二種不同的心理改變(引自張春興，1991)，其中「調適」的觀點較接近於概念的改變(黃文俊，1994)。也可以說

「概念改變」的定義就是透過概念衝突的歷程去挑戰學生的原有概念，使其概念與科學家的觀點一致。而現今概念改變的理論很多，以下只針對與本研究主要相關的理論加以說明：

(一)CCM 的概念改變理論

Posner、Strike、Hewson 及 Gertzog 四人(1982)以 Kuhn(1962)的科學典範轉移及 Lakatos(1970)的研究綱領轉換類比在概念改變上，提出了概念改變模式(Conceptual Change Model,CCM)，他們認為概念改變的模式有兩種，一種為同化—即以現有概念來處理新現象；另一種則為調適--即現有概念不足以處理新現象及問題時，必須得對現有概念加以取代或重新整理，而發生根本上的概念改變。

他們認為科學家具有有一個中心的思想來組織他們的研究；同樣地，學生也具有一個中心的思想，而來組織他們的學習。當中心的思想需要修正時，概念改變就會發生。科學家與學生是相同的，都需要獲得新的知識與新的方式來看世界，在此方式的考慮下，根本的概念改變或調適是類比於 Kuhn 的科學革命。他們並提出了發生概念改變的四個條件：(1)學習者必須對現有的概念感到不滿意(dissatisfied)；(2)新的概念必須是可以理解的(intelligible)；(3)在剛開始時，新概念必須是合理的(plausible)；(4).新概念必須是豐富的(fruitful)。

Posner 等人(1982)認為對於現存原有概念的不滿意可說是概念改變過程的中心，因為透過這一步驟，學生了解到唯有取代或重組舊概念，才能使其成功地接受其它新的知識概念，亦即是他們強調學生原有概念的地位必須降低，而在學生心目中的科學概念的地位必須提高，如此才會產生概念改變。

Posner 等人的概念改變模式(CCM)相當強調概念改變的合理性基礎，並以簡單的因果性推理來說明概念改變的機制，而這也是受到許多研究者所批評的部份之一。如 Hennessey(1991)、Lederman(1992)與 Pintrich(1993)皆批評 Posner 等人之 CCM 理論過度強調理性而忽略了其他諸如情意、社會、後設認知面向上的考量。由於所受批評甚大，故在 1993 年，Posner 等人就採取了 Toulmin (1972) 的概念生態(conceptual ecology)的觀點，對於原先的概念改變理論提出了些許的修正：

1. 當企圖描述學習者的概念生態，則更多、更廣的範圍需要考慮進來，並且包含關於科學與科學概念的異例、類比、隱喻。動機、目標、制度上和它們的社會來源亦需要來加以考慮。
2. 現行的科學概念和原有概念是屬於學習者的部份概念生態。因此，它們必

須被視為和其他元素有所互動。

3. 概念和另有概念能夠以不同表徵和不同程度的瞭解來存在。
4. 概念生態發展論的觀點是需要的。
5. 概念生態互動論的觀點也是需要的。

在這個修正的理論裡，他們強調了個體的知識結構與他們所存在環境之間的互動，即是強調了社會的情境也會影響學生的概念改變。

如果概念符合上述可理解、合理的、豐富的這三個條件的「程度」，謂之個體的概念「狀態 (status)」。若一概念能符合更多的條件，其狀態則位於較高層級。CCM 理論認為，沒有狀態伴隨改變，概念改變不可能發生，學習新概念意味此概念的狀態提昇（例如，學習者理解、接受，並認為這個概念是有用的）。當學習者看到一新概念與原有概念衝突（原有概念有較高層狀態），則學習者將無法接受新概念，直到原有概念的狀態下降，當學習者對原有概念不滿意時，學習才會發生。在決定概念狀態時，概念生態系扮演關鍵角色，因為概念生態系提供學習者決定「被給予的條件」是否符合的準則。

對於提昇特定概念狀態的教學活動是概念改變教學的一部份，這在一般教學中常出現。這些活動可能包含概念的表徵和發展、提供實例、應用於不同情境、給予不同方式的思考、連結其他概念等等。針對降低概念狀態層次的活動亦是概念改變教學的一部份。這包含探索概念不被接受的原因、考慮概念無法解釋的經驗、針對概念的不適當進行多方的思考。在活動中必須讓學生看到概念的不適用，當然概念狀態的提昇(status-raising)和概念狀態的下降(status-lowering)的活動可以同時進行。

概念生態的組成因子有異例(anomalies)、類比(analogies)、隱喻(metaphors)、範例(exemplars)、圖像(images)、過去的經驗(past experiences)、對知識的認同(epistemological commitments)、對真實世界的後設信念與概念(metaphysical beliefs)、情意領域(affective domain)、情緒因素以及其他知識等(Strike & Posner, 1992)。因此，當學童在接受或拒絕新概念時，學童的概念生態會影響其決定，此新概念必須與學童既有的概念生態發生連結，概念改變才有可能發生(黃萍翔，2001)。

(二)Chi 的本體論

Chi (1992) 以本體論的觀點分析概念結構，他將概念分為物質 (matter)、

過程 (process) 和心智 (mental) 類別。「物質類別」指特定屬性的事物，如紅色的太陽、有生命的東西...等等；「過程類別」指事件發生的序列性和因果關係，又分成步驟、事件和以條件為主的交互作用，其中以條件為主的交互作用即本研究所指的 CBI(Constraint-based Interaction)子類別；「心智類別」指的是情意的部分。這三種類別中存在不可共量性(incompatibility)，每一類別具有特殊的屬性，類別之間又具有階層性；所謂概念改變，指的是發生在概念內容的本體屬性，不同於原先的認知結構，我們會由原先的概念類別，重新置放於另一個概念類別上。

概念改變又可分為本體類別內的概念改變和跨本體類別間的概念改變。所謂類別內的概念改變，是指概念改變的發生是在於同一本體樹內概念上下的轉變，而不是跨越不同的本體樹。換言之，即為同一類別內的概念歸屬改變，這種改變可視為信念的修正(belief revision)。類別間的概念改變就是科學概念從一本體樹遷徙(migrate)到另一個本體樹，這種類別間的轉移才能稱為根本的概念改變。

而本體樹的三種類別在本質上是相互獨立的，如圖 2-1。

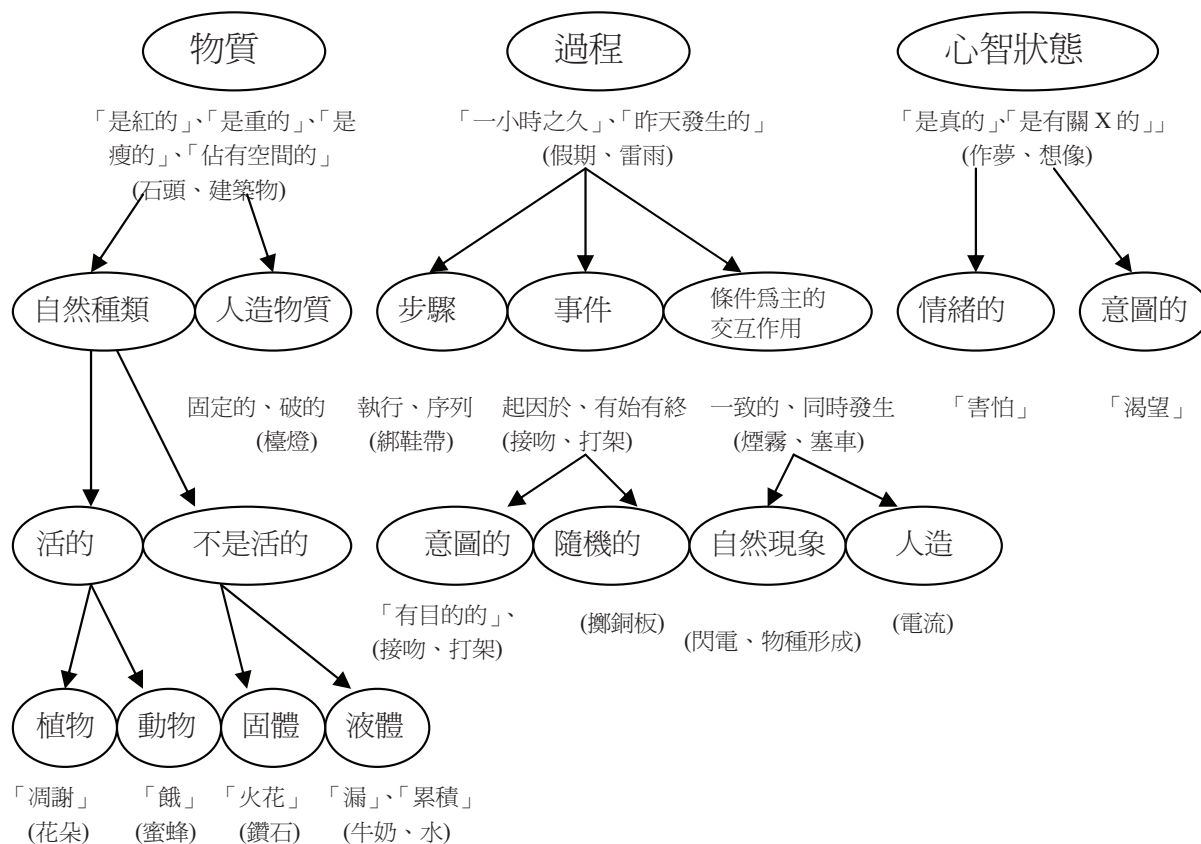


圖 2-1 本體樹的組織架構 (Chi, 1992; 1994 修正; 引自邱美虹, 2000)

在此理論之下的概念改變有以下特質：

1. 本體類別內的概念改變與本體類別間的概念改變，兩者改變的過程是不相同的。
2. 科學概念並非皆是強韌、不易改變的。如果概念的改變是類別內的轉變，則概念改變是容易的且較常發生的，如心肺循環、原子的結構等；若概念的改變是類別間的轉變，則概念改變是不容易的且較不常發生的，如力學、熱學、電學等。

(三)其他學者的看法

Vosniadou (1991) 將學童的心智模式 (mental model) 分爲三種模式：(1) 現象模式 (phenomenal model)、(2) 同化模式 (assimilatory model)、(3) 科學模式 (scientific model) (引自邱美虹, 2000)。所謂「現象模式」指一種直觀、一種經驗的想法，如學童深信太陽是繞著地球運行的。所謂「同化模式」指一方面保有自己直觀的想法，一方面又保有科學概念的想法，發展出兩種概念共存的模式，如學童常常認爲我們住的地球是平面的，又可以說出地球在太空中是圓形的。所謂「科學模式」是指科學家的概念。

Vosniadou (1991) 認爲學童的認知先有一個大的知識架構，經過學習新知識之後，才慢慢地形成概念並結合在架構中，稱之質樸的架構理論 (naïve framework)。另有概念的產生是因爲受到架構理論的限制，而無法成爲特殊理論，以地球形狀的概念爲例，學童的架構理論的預設是屬於物理知識的，但是學童的特殊理論卻是來自於日常生活經驗，所以當學童的地球形狀想法與其架構理論的預設互相衝突時，就會產生另有概念了。

據此，她認爲概念改變是一種漸進的過程，並且可以分爲兩種方式：豐富 (enrich) 與修正 (revision)。所謂「豐富」指學童將新概念同化到舊有概念中，而「修正」指原有的特殊理論、預設或信念的改變。

Carey (1985) 認爲學童大多數都擁有一種「似理論般 (theory-like)」的概念結構，這些概念結構常常會受到某一知識的累積而逐漸產生新概念，如專家特質的獲得 (acquisition of expertise) 就是輕微的概念改變，而典範轉變 (paradigm shift) 就是根本的概念改變。

(四)Tyson 等人的多重向度觀點

最近十餘年來，科學教育之研究由於受到知識論及建構主義的影響，對於學

童如何學習科學概念有了更深一層的認識。綜合各類學者對概念改變模型的解釋，從學習者的各個面向加以詮釋，於是 Tyson 等人（1997）提出了多重向度架構的觀點來看概念的改變，如圖 2-2。

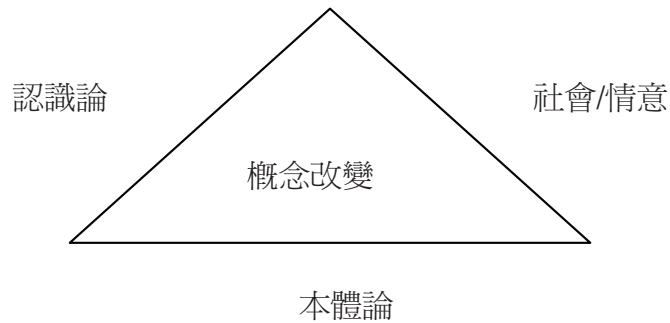


圖 2-2 概念改變需考量之三個向度示意圖（Tyson et al., 1997）

在此方式之下，學生以概念的地位（Posner et al., 1982）、架構理論及心智模型觀點（Vosniadou, 1994）、概念的本體論類別（Chi et al., 1994）或是動機與情境的因素（Pintrich et al., 1993），在概念改變時都需要予以考量。這個架構主要是從知識論（epistemology）、本體論（ontology）與社會/情意（social/affective）三個向度來詮釋學習者的概念改變（引自陳振威，1999）。

綜合以上的理論基礎，本研究所採用的觀點主要依循 Posner 等人（1982）CCM 的理念來進行概念改變的教學活動，另外參考 Chi（1994）的本體論，在教學時引導學生科學的概念本質，並且從半結構性晤談的述詞來分析學生的概念類別，融入到概念改變的教學之中。但是只從這兩個向度來促進學生的概念改變是不夠的，因此本研究希望加入動機、情境因素，例如：用科學小故事來引起學習興趣、設計有趣的科學實驗、促進全班討論的氣氛…等，來培養一個讓學生覺得有趣、學生與教師之間互動較多、以合作為目標的教室氣氛，藉此營造一個教學情境，促使學生有更多概念改變的動機。

三、概念改變的教學策略

Driver 與 Oldham（1986）提出教學需要考慮三個重要的因素：（1）學生原有的想法；（2）學生主動建構的知識論；（3）學習是概念上發生改變。Driver 與 Oldham 認為教師必須使學生產生概念衝突，然後協助學生去發現自己的原有概念和澄清

新舊概念之間的差異，進而使學生再建構自己的概念，因此，當學生被引導到看見自己的問題時，他們才會想辦法去改變這不平衡的情況。

Driver 與 Oldham 由上述擬出建構教學模式（constructivist teaching sequence），這是以 Posner et al.（1982）所提出概念改變模式（conceptual change model, C.C.M）為理論基礎發展而來的。主要目的是藉由安排真實的情境，讓學生產生概念上的衝突，並經由討論、澄清，進而建構出新的概念，而改變之前另有的概念，其教學模式如圖 2-3：

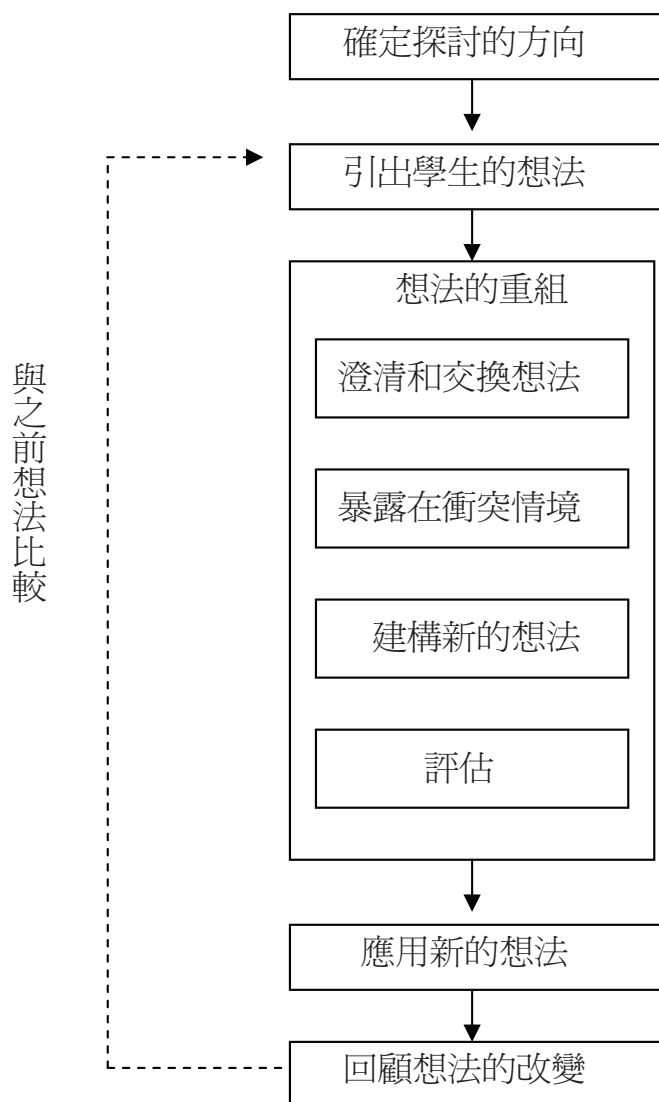


圖 2-3 建構教學模式 (Driver & Oldham, 1986)

(一)確定探討的方向

Driver 與 Oldham (1986) 教學模式在「確定探討的方向」階段，直接告知學童此概念的特質並且向學童解釋、直接告訴學童概念屬於何種本體類別等，使學童的概念發生增加、刪除、區辨、歸納等變化，這樣過程是爲了使學童的概念在 CBI 中發生變化，而不是在原有的概念中產生概念改變。使學童重新學習新的本體類別特質，並且學習個別概念特質，也就是向學童解釋新概念的特質並且說明清楚新概念的現象。

(二)引出學生的想法

Driver 與 Oldham (1986) 教學模式在「引出」階段，由老師幫助學童引出他們自己的想法，一開始可以從一個問題作爲準備，並且給予學童時間思考，並且將這些想法寫下來，或是要求學童對於某一情境進行預測，預測其可能發生的情形，並且說出理由來支持自己答案，最後畫出概念圖。

(三)學生想法的重組

Driver 與 Oldham (1986) 教學模式在「學生想法的重組」階段，包括：

1. 澄清和交換

學生的想法可以透過小組討論的教學法去比較想法的差異、解釋自己的想法，達到交換與澄清，漸漸地，學童開始建構自己的想法，語彙上的使用也愈來愈「清晰明確」，另有概念也會透過彼此的討論被察覺，察覺到自己的想法與科學家的概念衝突，使學童自發性的產生意見上衝突，目的是讓學童體認有其他想法的存在，並檢討自己的想法。

2. 暴露在衝突的情境

以問答、實驗及觀察現象爲主，或是教師可以舉出異例，充當一個媒介物，促使學童察覺到自己的想法和真正觀察到現象之間的差異，藉著此種過程，引起學童產生認知衝突。

3. 建構新的想法

如讓學童去回顧自己一開始的想法、同學們彼此討論的想法、科學家的概念，這個方式可以幫助學童去注意到這其中的差異，並且願意去改變自己的想法而接受科學家的概念。去了解有些概念是符合科學家的概念，有些是和經驗相違背的、有些是和實驗活動不同的或者是和自己想法不同的，進而建構出正確的概念，目

的是讓學童修正、擴充或取代原有的想法。

4. 評估

引入異例之後，老師應該鼓勵學童去尋找答案來解釋異例的現象，以同化或調適原有概念，進而接受科學家的概念。或是教師可以要求學童評估同學的想法以及科學家的想法，並找出兩者之間的不同與相同的部分。或是經過「建構新的想法」後，使學童能夠主動地放棄他原有的概念，而接受新的概念。

(四)應用新的想法

Driver 與 Oldham (1986) 教學模式在「應用新的想法」階段中，老師可以藉由一致性與強化新意義的活動來取代舊有的概念，此新的概念會經由學習的活動中被不斷地強化，同時，教師必須加以解釋來幫助學童強化新的概念。新概念藉由學童去試驗而擴大新概念的範圍，達到增強和維持新概念的效果，也就是使學童重新將新概念分類到正確的本體類別，目的是讓學童利用熟悉以及新奇的情境來增強新建構的想法。

(五)回顧想法的改變

Driver 與 Oldham (1986) 教學模式在「回顧想法的改變」階段，以後設認知法為主，如讓學童去回顧自己一開始的想法、同學們彼此討論的想法、科學家的概念。或是使學童從事後設認知活動畫出概念圖，來幫助學童對自己的認知過程與認知結果，產生自我監控、自我評鑑以及自我修正的情形。

以下將國內、外應用此教學策略之相關研究分別呈現如下：

1. 在國內部分：廖雯玲 (1999) 在國小的「地球運轉」單元、郭金美 (1999) 在國小「光直進、反射及折射」單元、陳清河 (2001) 在國小「族群與群落」單元、廖經宏 (2002) 在國小「光學」單元，都曾以此教學模式進行教學，皆獲得良好的成效。只有盧莉敏、王國華 (1998) 依據 Driver 與 Oldham (1986) 的理論基礎，研究設計以五個國中班級施行概念改變教學策略 (實驗組)，三個班級實施傳統講述教學 (對照組)，研究結果發現：概念改變教學成效未如預期顯著。
2. 在國外方面，Hand 與 Treagust (1991) 以 10 年級學生為研究對象，以 Driver 與 Oldham (1986) 教學模式進行實驗教學，並經由內容評量及過程評量，研究結果顯示 Driver 與 Oldham 教學模式的學習效果較好。

參、研究方法

以下主要分別就研究設計、研究對象、研究工具、研究程序、資料蒐集與分析加以詳述。

一、研究設計

本研究是採質、量兼具的研究方法，主要透過「三層次酸鹼概念問卷」進行前測、後測及半結構性晤談的述詞分析、概念圖分析，以瞭解學童酸鹼概念改變教學策略的學習成效、本體樹的影響及概念架構改變的情形。

二、研究對象

本研究之教學研究樣本的選自台北縣板橋市某公立國小，在量性研究部分，以方便取樣的方式從五年級十三個班級中選取二個班級做為研究對象，再以隨機分派的方式分成實驗組與控制組，分別接受建構式概念改變教學與一般教學，在教學前一週，以兩班之「三層次酸鹼概念問卷（前測）」得分進行單因子變異數分析，以確保兩組起始點行為的相等，並且了解學童的另有概念，提供教師作為教學參考。接著進行不同教學模式的教學，教學時間共四週。最後，在教學後一週實施「三層次酸鹼概念問卷（後測）」。

在質性研究部分，選取二個班級學童「三層次酸鹼概念問卷（前測）」成績的平均數分成低、中、高三種程度，然後分別自其中隨機抽取二位，總共選取 12 位學童在教學後實施半結構性方式晤談，並將其晤談的內容做述詞分析。另外實驗組的 6 位學童，再做教學前、後概念圖的比較，來分析整個概念架構改變的情形。

三、研究工具

(一)三層次酸鹼概念問卷

本問卷參考黃萬居酸鹼概念研究小組所編制的「二層次酸鹼概念問卷」（1994），原問卷採用 Two-tier 的問答方式，問卷的發展是參考 Novak 和 Gowin（1984）的概念構圖（concept maps）作法，並在問卷中加入第三層的理由來源部分，修訂成「三層次酸鹼概念問卷」，以探討學生另有概念的成因來源，以做為教

學設計上的參考。此問卷在初步定案之時，已請國小老師審視其可讀性，將疑義部分修正，再找國小學童試做並修改。

(二)半結構性晤談問卷

問卷的題目內容參考研究者所蒐集到的文獻、國小一到六年級自然教科書中所提到的酸鹼概念、及黃萬居在 1994 年所做「酸鹼概念問卷」的內容編製而成，共有「酸鹼指示劑」、「水溶液的酸鹼性質」、「酸鹼中和」、「酸雨」四個單元，來探討學童的酸鹼概念。

(三)述詞分析的類別屬性對照表

參考 Chi, Slotta 與 deLeeuw (1994)；Ferrari 與 Chi (1998) 發展之述詞分析方法，針對本研究修改而成，如表 3-1、表 3-2、表 3-3。就學童在「半結構性晤談問卷」中的每一段話，逐一分析其屬性，找出學童述詞使用的情形，來了解學童酸鹼相關概念之本體樹與其概念改變類型。

表 3-1 物質類別屬性說明與舉例

代碼	物質屬性	屬性說明	述詞範例	舉例
Bk	阻擋 (block)	物質可以互相碰撞、反彈、阻擋	碰撞、撞擊、跳回	酸性粒子和鹼性粒子會互相碰撞
Cn	具有 (contain)	物質可以包含其他次物質或具有某些屬性	含有、具有、保有、儲存	酸性水溶液含有酸性粒子、酸鹼都具有毒性
Mo	移動(move)	物質可以由甲地移動到乙地	去、前往、來、留下、流經	酸性粒子在水溶液裡自由的跑來跑去
Re	休息(rest)	物質是停留或位在某處	停留、位於、停止	酸性粒子在水溶液裡停在一個地方
Cs	消耗 (consume)	物質可以被消耗掉的	耗盡、用完、排去	酸用完了
Qt	數量 (quantity)	物質的數量是會改變的	全部、最多、很多、一樣多、一些、有一點、沒有	裡面全部都是酸、酸和鹼一樣多、酸比較少、鹼很多、一點點酸、酸剩下很少、酸和鹼都沒有了
Co	增加顏色 (color add)	物質具有顏色而且可以改變	就像用有色顏料上色	酸的顏色是粉紅色，鹼是藍色的、中性水溶液的顏色是淡淡的
Ac	累積 (accumulate)	物質可以累積或加成	累積、另外加上	酸性加上中性水溶液，酸性粒子會變多，所以是酸性
Ea	等量 (equivalent amounts)	物質是可以平均分配到各個空間的	平均分配、均勻分布	酸性粒子是均勻分布在水溶液中

表 3-2 事件類別屬性說明與舉例

代碼	事件屬性	屬性說明	舉例
Da	明顯的行動 (distinct actions)	對個體而言，每個個體所受影響的因素都不相同	酸鹼中和的過程中，酸性粒子會往一個方向進行而鹼性粒子往另一個方向進行
Bd	有界線的 (bounded)	事件本身是有起點和終點的，當事件到達終點時，所有的行動都會跟著停止	酸鹼中和到最後，所有反應就停止了
Tm	終止的 (terminates)	事件可以突然中斷停止，然後再繼續進行	酸鹼中和的過程中，反應可以突然中斷停止
Sq	序列性的 (sequential)	不能同時進行的，一定是其中一邊先進行，之後另一邊才能進行	酸鹼中和的過程中，酸性和鹼性粒子是一個對一個有先後順序的反應
Ca	因果關係的 (causal)	有因果的關係，有因的存在，才有果的產生	因為酸性(鹼性)粒子要去尋找鹼性(酸性)粒子結合，所以才會產生酸鹼中和
Gd	目的導向的 (goal-directed)	所有個體發展的方向朝一個固定的方向進行	酸鹼中和的過程中，水溶液的性質朝向變成中性的方向進行

表 3-3 CBI 類別屬性說明與舉例

代碼	CBI 屬性	屬性說明	舉例
Ua	一致的行動 (uniform actions)	對個體而言，每個個體所受影響的因素都相同	酸鹼中和的過程中，酸性和鹼性粒子都是同樣一種的隨機運動
Ub	無界線的 (unbounded)	反應可能有起點，但是沒有終點	酸鹼中和到最後，反應還是繼續在進行的
Ct	持續不斷的 (continuous)	CBI 本身是一直持續的進行。平衡不可以突然中斷停止，然後再繼續進行	酸鹼中和的過程中，反應是不可以突然中斷停止的
St	同時發生的 (simultaneous)	能同時進行的，其中一邊進行，另一邊也能進行	酸鹼中和的過程中，所有酸性和鹼性的粒子都同時一起反應的
Rd	隨機的 (random)	並非有因果的關係，產生的原因完全是隨機的結果	水溶液中酸性和鹼性粒子隨機的運動、碰撞，產生了酸鹼中和的結果
Ne	淨效應 (net effect)	發展的方向不一定朝一個固定的方向進行，而是所有個體的總和，所顯現出的一個方向	酸鹼中和是酸性和鹼性粒子不斷隨機的運動、碰撞，最後變成中性水溶液的過程

(四)概念圖的教學設計

研究者主要參考 Novak 與 Gowin (1984)的概念構圖三到七年級的教學步驟，設計教學流程，及概念圖練習用之短文，以作為學童在酸鹼概念單元裡繪製概念圖之先備能力。

(五)建構式概念改變教學的教學設計

本研究採 Driver 與 Oldham (1986) 的建構教學模式，由研究者與現任兩位國小自然科專任教師共同進行編製。內容包括學童先前另有概念的診斷、進行概念改變的教學、概念改變教學後的評量，並結合電腦動畫介紹微觀的概念及播放動態的過程。教學流程分成「確定探討的方向」、「引出學生的想法」、「學生想法的重組」、「應用新的想法」、「回顧想法的改變」五個步驟。

本教學設計的效度採用專家效度，在擬定建構式概念改變教學的教學設計初稿時，延請指導教授就教學設計之整體架構作修正。內容部分請兩位國小自然科專任教師與試教學童就教學設計之教學目標、教學步驟、教學活動、教學時間等，共經過四次修正。而為了確認實驗組的教師教學是否符合建構主義的精神，本研究自行發展一份「建構式概念改變教學檢核表」，在每次教學後由研究者與一位自然專任教師互相討論，來檢核是否達到本研究教學之要求。

四、研究程序

研究流程分為準備階段、實驗階段、完成階段三個階段，活動安排分別說明如下：

- (一)準備階段：首先擬定研究主題，然後蒐集與閱讀相關文獻、國小教科書，並且撰寫研究計畫。接著，蒐集與編製教學所需的研究工具包括：三層次酸鹼概念問卷、半結構式晤談問卷、概念圖教學設計、實驗組建構式概念改變教學設計、控制組一般教學模式設計、建構式概念改變教學檢核表。最後選定研究樣本，以台北縣某公立國小五年級方便取樣抽取二班，任選一班為實驗組接受建構式概念改變教學，另一班作為控制組接受一般教學。
- (二)實驗階段：1、教學前一週，學童接受「三層次酸鹼概念問卷」前測，並選取晤談 12 位受試學童。2、教學中，實驗組接受建構式概念改變教學，控制組接受一般教學，教學時間共四週。3、教學後一週，實驗組與控制組

學童接受「三層次酸鹼概念問卷」，並晤談 12 位受試學童。

(三)完成階段：整理資料，撰寫研究結果與討論、結論與建議。

五、資料蒐集與分析

本研究所收集的資料來源分為兩大部分，在量性資料部分：分別於實驗教學活動前、後，對學童施測「三層次酸鹼概念問卷」，答案前二階段都答對才給 1 分，滿分為 20 分。將獲得的資料使用統計軟體 SPSS10.0 版進行共變數分析，來比較兩組學童在接受建構式概念改變教學模式與一般教學模式的學習成效。在質性資料部分：「半結構性晤談問卷」晤談後的資料經研究者轉錄，以述詞分析法深入瞭解學生的概念本質類別，並請另一位自然科專任教師同時進行檢視，以提高述詞分析結果的信度。另外，將實驗組的六位學童在教學前與教學後所畫出的「概念圖」分別作一比較，藉此來分析學童在教學前、後概念改變的情形。

肆、結果與討論

本節共分成三個部分，第一部分為接受不同教學模式對學童酸鹼概念之學習成效的影響；其次為接受不同教學模式對學童酸鹼概念之本體樹的影響；最後是概念改變教學模式對學童酸鹼概念架構的影響，以下便分別呈現並討論之。

一、接受不同教學模式對學童酸鹼概念之學習成效的影響

(一)兩組學童「三層次酸鹼概念問卷」前、後測得分之結果

實驗組與控制組各 33 位學童，均在教學前一週實施「三層次酸鹼概念問卷」的前測，教學結束後一週實施後測，如表 4-1 為兩組學童前、後測得分之平均數、標準差與調整後平均數。

表 4-1 兩組學童在「三層次酸鹼概念問卷」前、後測得分之結果

處 理	實 驗 組 (N=33 人)		控 制 組 (N=33 人)	
	平均數	標準差	平均數	標準差
前測分數	2.69	1.64	2.87	1.36
後測分數	11.30	4.63	7.84	3.70
調整後平均數	11.32		7.79	

從表 4-1 中，發現兩組學童「三層次酸鹼概念問卷」之後測平均數皆比前測平均數為高，實驗組學童之後測平均數亦比控制組高。而在兩組學童「三層次酸鹼概念問卷」的調整後平均數，發現在經過實驗處理後，實驗組的調整後平均數得分 11.32 高於控制組的 7.79。但為探討是否達顯著差異，研究者進行共變數分析。

(二)兩組學童「三層次酸鹼概念問卷」的組內迴歸係數同質性考驗

在進行共變數分析之前，應先進行組內迴歸係數同質性考驗，其考驗結果如表 4-2 所示。

表 4-2 兩組學童在「三層次酸鹼概念問卷」之迴歸係數考驗摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性
組 間	11.462	1	11.462	.664	.418
誤 差	1070.686	62	17.629		

* $p < .05$

由表 4-2 組內迴歸係數同質性考驗結果，發現迴歸係數並無顯著差異(F 值 = .664, $p = .418 > .05$)，表示兩組迴歸線的斜率相同，符合共變數迴歸係數同質性假定，亦即實驗處理與前測得分無交互作用存在，可繼續進行共變數分析。

(三)兩組學童「三層次酸鹼概念問卷」的共變數分析

統計分析以教學模式為自變項，「三層次酸鹼概念問卷」的前測得分為共變項，後測得分為依變項，進行共變數分析(Analysis of Covariance, ANCOVA)，以 $p = .05$ 為顯著水準，進行統計考驗。經共變數分析的結果如表 4-3，其 F 值為 12.082, $P = .001 < .05$ ，表示實驗組與控制組的「三層次酸鹼概念問卷」得分有顯著差異。換句話說，經過酸鹼概念改變教學之後，在學習成效上實驗組的學童高於控制組的學童，並達到統計上之顯著差異。

表 4-3 兩組學童在「三層次酸鹼概念問卷」之共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性
組 間	207.535	1	207.535	12.082*	.001
誤 差	1082.148	63	17.177		

* $p < .05$

由上可知，本研究的結果為接受不同教學模式之後，兩組學童在酸鹼相關概念之學習成效有顯著差異，且接受建構式概念改變教學的學習得分高於一般教學模式的學習得分。這項的研究結果顯示建構式概念改變教學可以顯著提昇學童的學習成效，與廖雯玲（1999）、郭金美（1999）、陳清河（2001）、廖經宏（2002）及 Hand 與 Treagust（1991）的研究結果一致。

其中的原因，研究者認為可以從整體的教學設計來分析，例如：本研究的教學設計即是採用符合建構主義理念的 Driver 與 Oldham 教學模式來進行教學，強調「知識是認知個體主動的建構」。從確定探討的方向、引出學童的想法、學童想法的重組、應用新的想法及回顧想法的改變五個步驟，都是以學童為主體。並從學童生活中的經驗開始，來引起學童的學習動機。

本研究在教學設計上依據不滿意、可理解、合理的、豐富的四個條件，儘量營造學童認知衝突的情境，讓學童感到自己的先備概念不足以解釋現有現象，進而想要去改變自己的想法，來符合科學家的想法。

在教學設計中也透過畫概念圖的方式提供學習者與同儕之間的討論、溝通、分享和辯論的機會，澄清並糾正自己的觀點與看法，並且可以獲知同儕的想法與思考方式，建立起共同的想法或共識，增進同儕間情感的交流與互動關係。讓正面的情意態度伴隨認知結構改變同時產生，更增進學習的效果。

另外，本教學設計在教學活動單元開始時，以電腦動畫方式來介紹酸鹼概念的微觀世界，取代學童巨觀的觀察，在概念建構上學童能以微觀的方式來思考，所學的酸鹼相關概念較為完整而有架構，有助於學童概念的建構。

綜合以上所述，本研究之建構式概念改變教學能營造一個促進學童概念改變的整體情境，所以在酸鹼概念的學習成效上，實驗組和控制組達到顯著差異。換句話說，也就是本研究之建構式概念改變教學能顯著提昇學童酸鹼概念的學習成效。

二、接受不同教學模式對學童酸鹼概念之本體樹的影響

爲了進一步瞭解接受不同教學模式對學童酸鹼相關念之本體樹是否有差異，本研究參考 Chi, Slotta, and deLeeuw(1994)；Ferrary and Chi (1998)的述詞分析法，分析實驗組與控制組 12 位學童的「半結構性晤談問卷」的述詞使用情形，來說明學童酸鹼相關概念之本體樹，並進行統計考驗。

(一)接受不同教學模式，學童酸鹼概念之本體樹的整體結果

爲了瞭解接受不同教學模式之後，學童酸鹼概念述詞使用次數及百分比的情形，研究者將 12 位學童「半結構式晤談問卷」在物質述詞、事件述詞及在 CBI 述詞可能出現的屬性，以述詞百分比的方式呈現，例如要計算物質述詞出現之百分比，即將物質述詞出現的次數除以全部述詞的總次數，如表 4-4。

表 4-4 學童「半結構性晤談問卷」的述詞次數與述詞百分比

		物質述詞	事件述詞	CBI 述詞	合計
實驗組	述詞次數	92	5	9	106
	述詞百分比	86.8%	4.7%	8.5%	100%
控制組	述詞次數	46	8	0	54
	述詞百分比	85.2%	14.8%	0	100%

(二)學童「半結構性晤談問卷」的述詞使用次數的顯著性考驗

爲了比較兩組 12 位學童「半結構性晤談問卷」的述詞使用次數是否有差異，研究者以曼-惠特尼檢定(Mann-Whitney U T test)，其檢定結果如表 4-5，由表中可知：(1)接受建構式概念改變教學的學童在物質述詞的使用次數顯著多於接受一般教學模式的學童。(2)接受建構式概念改變教學的學童在事件述詞的使用次數與接受一般教學模式的學童無顯著差異。(3)接受建構式概念改變教學的學童在 CBI 述詞的使用次數顯著多於接受一般教學模式的學童。

表 4-5 學童「半結構性晤談問卷」述詞使用的次數的曼-惠特尼檢定之摘要表

	組 別	人 數	Mean Rank	Sum of Rank	Mann-Whitney U
物質述詞	實驗組	6	9.17	55	2.0*
	控制組	6	3.83	23	
事件述詞	實驗組	6	5.67	34	13.0
	控制組	6	7.33	44	
CBI 述詞	實驗組	6	9.50	57	0.0*
	控制組	6	3.50	21	

* p<.05

(三)接受不同教學模式，學童酸鹼概念之本體樹的逐題分析討論

在「半結構性晤談問卷」第一題「水溶液酸鹼性」的述詞使用的情形，實驗組 6 位學童與控制組 6 位學童都傾向使用物質述詞來描述水溶液酸性與鹼性的概念，如表 4-6。第二題「水溶液的毒性和導電性質」實驗組 6 位學童與控制組 6 位學童都傾向使用物質述詞來判斷水溶液的毒性和導電性的概念如表 4-7，以及第四題「酸雨」的概念，實驗組 6 位學童與控制組 6 位學童都傾向使用物質述詞來描述水溶液酸性與鹼性的概念如表 4-8。

綜合上述，不管是實驗組和控制組均以物質述詞來描述酸鹼的相關概念，而且都沒有出現事件述詞或是 CBI 述詞，這表示學童的概念改變都是屬於在物質本體類別內的概念改變，研究者認為這可能是因為這些題目的概念本質都是屬於物質類別，所以在學童的晤談中就只有物質述詞出現。

表 4-6 學童「半結構性晤談問卷」第一題物質述詞使用的情形(%)

	物 質 述 詞									
	阻檔	具有	移動	休息	消耗	數量	增色	累積	等量	侵蝕
實驗組	0	8.70	0	0	0	1.09	4.35	0	0	2.17
控制組	0	0	0	0	0	0	6.52	0	0	4.35

表 4-7 學童「半結構性晤談問卷」第二題物質述詞使用的情形(%)

	物 質 述 詞									
	阻檔	具有	移動	休息	消耗	數量	增色	累積	等量	侵蝕
實驗組	0	11.96	0	0	0	1.09	0	0	0	1.09
控制組	0	15.22	0	0	0	4.35	0	0	0	6.52

表 4-8 學童「半結構性晤談問卷」第四題物質述詞使用的情形(%)

	物 質 述 詞									
	阻檔	具有	移動	休息	消耗	數量	增色	累積	等量	侵蝕
實驗組	1.09	4.35	0	0	0	0	0	0	0	4.35
控制組	0	4.35	0	0	0	0	0	0	0	4.35

另外，在第三題「酸鹼中和」單元的概念中，實驗組 6 位學童與控制組 6 位學童都傾向使用物質述詞及事件述詞來描述酸鹼中和的定義，及不同性質水溶液混合之後的酸鹼性質為何的概念。實驗組的學童在教學後具有 CBI 子類別的概念，控制組在教學後沒有 CBI 子類別的概念，而且大部分是屬於事件子類別的概念，如表 4-9、表 4-10、表 4-11。換句話說，接受本研究之建構式概念改變教學的學童，教學後在「酸鹼中和」的單元中能具有較正確的動態平衡概念。

表 4-9 學童「半結構性晤談問卷」第三題物質述詞使用的情形(%)

	物 質 述 詞									
	阻檔	具有	移動	休息	消耗	數量	增色	累積	等量	侵蝕
實驗組	6.52	4.35	2.17	1.09	7.61	25.00	0	7.61	1.09	4.35
控制組	0	0	0	0	0	36.96	2.17	8.70	2.17	8.70

表 4-10 學童「半結構性晤談問卷」第三題事件述詞使用的情形(%)

	事件述詞					
	明顯的行動	有界線的	終止的	序列性的	因果關係的	目的導向的
實驗組	20.00	80.00	0	0	0	0
控制組	25.00	62.50	0	0	12.50	0

表 4-11 學童「半結構性晤談問卷」第三題 CBI 述詞使用的情形(%)

	CBI 述詞					
	一致的行動	無界線的	持續不斷的	同時發生的	隨機的	淨效應
實驗組	11.11	0	22.22	33.33	33.33	0
控制組	0	0	0	0	0	0

從 12 位學童晤談的內容來看，兩組學童在「酸鹼中和」單元中的都傾向認為酸性和鹼性水溶液混合到最後反應就會停止了，表示在國小階段學童不易具有「酸鹼中和到最後，反應還是繼續在進行」這個科學概念。

整體來看，接受建構式概念改變教學的學童之本體樹在 CBI 部分有明顯的有顯著的提昇，在面對酸鹼中和問題時，實驗組的學生較多人以粒子觀點回答問題，而且具有正確的科學概念。接受一般教學的學生，其概念的本質並未產生顯著增加，而且在晤談都以巨觀觀點來描述。

三、概念改變教學模式對學童酸鹼概念架構的影響

為瞭解接受概念改變教學對學童酸鹼相關概念之概念架構的影響，本研究主要根據實驗組 6 位學童在四次酸鹼概念改變教學單元中，教學前及教學後所繪之概念圖來作一分析比較，並與該單元酸鹼專家概念圖作一對照，若對部分學童之概念圖有疑慮之處，則給予機會請該學童再澄清及說明。另外，以學童「三層次酸鹼概念問卷」前測及說明、教學前「半結構性晤談問卷」的記錄來作為輔助參考，來避免概念圖無法完全反映學童概念學習的情況。研究者並以此結果進行研究問題的探討。

(一)接受概念改變教學，實驗組學童酸鹼概念之概念圖結果

1. 酸鹼指示劑單元：

本單元主要是想讓學童能運用紫色高麗菜和石蕊試紙來分辨水溶液的性質，並且進一步的對酸性、鹼性及中性水溶液下操作型定義。在教學開始時先播放電腦動畫，將鹽溶於水的巨觀現象與微觀粒子的畫面同時呈現，想讓學童從巨觀的水溶液現象中帶入微觀的粒子概念，以便往後其他單元的學習。

在概念改變方面學童在教學前認為「中性是沒顏色的」，經過教學後學童改以指示劑來判斷。

在概念成長方面學童在教學後的概念圖增加了使用其他的酸鹼指示劑來判斷水溶液的酸鹼性質，而且對於酸鹼指示劑的變色時機的認知十分正確，在概念圖上也不再以感官或外觀上來判別。教學後整個概念圖架構接近專家的概念圖，在教學前有 6 個符合科學概念的命題聯結，在教學後則有 18 個，顯示學童在經過教學已有較完整的概念架構而且比較豐富，可看出學童在概念成長上有顯著的進步。

2. 水溶液性質單元

本單元主要是想讓學童能利用感官或推理初步判斷水溶液的性質，並且瞭解水溶液是否具有毒性或導電性。在教學開始時先介紹酸性、鹼性、中性水溶液的本質，並且舉出日常生活中的例子來讓學童瞭解水溶液的性質。

在概念改變方面，學童在教學前認為「所有中性水溶液都可以導電」，但是在教學後的概念圖中學童改為中性不一定可以導電。比較前後兩張概念圖的差異，研究者再進一步的確認學童的概念情況。學童在教學後的概念圖中也沒有再出現用感官(例如：聞起來香香的、聞起來沒味道)來判斷水溶液的酸鹼性，表示學童不再只憑感官的直覺來推理，而會以實驗的方式來驗證。另外，學童在教學前認為「肥皂水是中性，因為中性的物質才不會傷害皮膚、衣料」。經過教學後學童認為肥皂是鹼性。

在概念成長方面，學童在教學後的概念圖在酸性、鹼性水溶液的舉例變多，而且增加了酸性、鹼性水溶液是否有毒要看水溶液的濃度而定。教學後整個概念圖架構豐富許多，在教學前有 11 個符合科學概念的命題聯結，在教學後則有 20 個，顯示學童在經過教學在概念成長上有顯著的進步。

3. 酸鹼中和單元

本單元主要是想讓學童瞭解不同水溶液混合後的性質，並且進一步能舉出日常生活中運用酸性溶液和鹼性溶液中和的例子。在教學開始時先介紹酸鹼中和的

本質並播放電腦動畫，然後從生活中的酸鹼中和應用的例子引出學生的舊經驗。

在概念改變方面，學童在教學前認為「酸性加入鹼性會變成中性」，但是在教學後的概念圖中學童改為酸性加入鹼性可能會變成中性，表示學童後來改變了想法。

在概念成長方面，學童在教學後的概念圖增加了酸鹼中和的例子，而且將粒子的概念融入在概念圖中。教學後整個概念圖架構接近專家的概念圖，顯示學童在經過教學後已有較完整的概念架構。在教學前有 5 個符合科學概念的命題聯結，在教學後則有 12 個，可看出學童在概念成長上有顯著的進步。

4. 酸雨單元

本單元主要是想讓學童瞭解酸雨的性質及形成原因，並且進一步探討酸雨對我們生活所造成的影響。在教學開始時先介紹酸雨的本質，並且從生活中一個酸性會腐蝕物體的例子引出學生的舊經驗。

在概念改變方面，學童在教學前認為「酸雨會使人掉頭髮」，經過教學後學童改成不一定會掉頭髮，因為科學家尚未證實。

在概念成長方面，可以發現學童的概念圖增加了一些新的概念，例如：「防治酸雨可以裝廢氣處理機」。另外，因為本次單元在上課前先請學童回去搜尋酸雨的資料來討論發表，所以可看到學童將自己查到的資料，例如：「酸雨的下雨機率是七成五左右」，也畫在概念圖中。整體的概念圖來看，教學後的概念圖架構接近專家的概念圖，顯示學童在經過教學已有較完整的概念架構。在教學前有 5 個符合科學概念的命題聯結，在教學後則有 9 個，整個概念架構上比較豐富，可看出學童在概念成長上有所進步。

(二)接受概念改變教學，實驗組學童酸鹼概念之概念圖綜合討論

1. 概念改變教學可以促進學童的概念改變

實驗組學童在經過了概念改變教學之後，對於酸鹼概念架構的改變部分，每個學生都有程度不同的產生概念改變。例如：學童 EHG 捨棄了「中性都可以導電」的另有概念，接受了科學概念，並且可以舉出其它中性水溶液不能導電的例子。因此，透過建構式概念改變教學策略的實施，學生在經歷過教學步驟後，確實可以來促進學童的概念改變。

2. 有些另有概念不易診斷

余民寧(2002)指出有些另有概念不容易從學生在紙筆測驗中答對題數的多寡

看出，也不太容易僅從晤談中得知，例如：學童 EMG 認為「中性是沒顏色的」，這個另有概念並未出現在問卷或晤談中，所以必須配合其他方法例如：概念圖才能適當的診斷出來。而概念圖中的這些聯結不僅可以反映出學童的思考方式及其知識表徵，更可以被診斷出何種聯結關係是錯誤的、有缺陷的或欠缺的，以幫助教師或研究者能夠適時提出補救措施或預防治療的策略。

3. 學童的另有概念有些難以改變

從許多學童教學前後所畫的概念圖 我們了解到學童有些另有概念經過教學活動，可以獲得改變而趨向專家概念，但是有些受日常生活經驗或他人影響較深的另有概念，例如：「水溶液是否具有毒性」，或是「酸雨是否會使人掉頭髮」，雖然經過有計畫的教學改變，仍難改變學生的想法。從概念本體樹來看，這些另有概念都是屬於物質的類別，雖然是看起來很簡單，卻也很難改變。

4. 邏輯思考上的不合理推論，導致另有概念的生成

因為學生本身有一些邏輯思考上的缺陷，所以導致一些另有概念的生成，例如：學童 ELG 認為「酸性溶液加入鹼性溶液就會想到酸鹼中和」，受字義的影響而不再考慮酸鹼的強弱便認為酸加鹼必然會中和。

5. 教學後學童有更豐富的概念架構，並具有微觀粒子的概念

經過教學，實驗組的學童的概念架構更豐富了，也能舉出更多的例子，表示學童經過教學能夠自己建構自己的知識，雖然所繪的概念圖並不一定都符合專家概念圖，但是經過教學前、後的概念圖來比較，大部分學童都有很顯著的進步，而且具有粒子的微觀概念。

伍、結論與建議

一、結論

本研究之目的旨在探討建構式概念改變教學對：(1)學童酸鹼概念之學習成效的影響；(2)學童酸鹼概念之本體樹的影響；(3)學童酸鹼概念架構的影響。根據研究結果，茲就本研究之結論分成下列幾點：

(一)建構式概念改變教學能提昇學童酸鹼概念的學習成效

在學習成效的研究結果顯示，實驗組學童在三層次酸鹼概念問卷的得分顯著高於控制組學童($F=12.082$ ， $p<.05$)。換句話說，以建構式概念改變教學能提昇學童酸鹼相關概念的學習成效。

(二) 建構式概念改變教學可以發展出學童更豐富的物質本體樹，又建立了新的 CBI 本體類別

「半結構性晤談問卷」述詞的使用情形，整體上，實驗組學童使用述詞的情形比控制組正確。(1)接受建構式概念改變教學的學童在「半結構性晤談問卷」物質述詞的使用次數較接受一般教學模式的學童高($U=2.0$ ， $p<.05$)。(2)接受建構式概念改變教學的學童在「半結構性晤談問卷」事件述詞的使用次數與接受一般教學模式的學童無顯著差異。(3)接受建構式概念改變教學的學童在「半結構性晤談問卷」物質 CBI 述詞的使用次數較接受一般教學模式的學童高($U=0$ ， $p<.05$)。上述研究結果顯示，本研究之建構式概念改變教學能幫助學童學習正確的酸鹼概念之本體樹。

(三) 教學後學童有更豐富的概念架構，並具有微觀粒子的概念

接受建構式概念改變教學的 6 位學童在概念圖的表現上：(1)教學後比教學前具有更豐富的概念架構，並且有微觀粒子的概念。(2)教學後的概念圖可看出學童概念的轉變十分明顯。

(四) 有些概念與生活經驗相連結，要產生概念改變是困難的

研究者發現的學童的酸鹼相關概念會受到日常生活經驗的影響，例如：學童認為「生活中大部分的水溶液都有毒，所以水溶液都具有毒性」。另外，「淋到酸雨是否會掉頭髮」，也因為受到自己的生活經驗或家人、朋友的影響，學童的概念很難轉變成正確的科學概念。

二、建議

研究者根據整個研究設計、實驗處理、研究結果與討論、結論，綜合檢討後提出數項建議，茲分述如下。

(一) 對課程設計上的建議

1. 課程編寫應將學童另有概念融入其中

酸鹼概念雖然在日常生活常見到，但是也常產生另有概念，從事課程設計編

寫時，應將學童的另有概念的類型和另有概念產生的成因融入相關的課程中，並在教師教學指引中詳加敘述，以協助教學者釐清自身概念並防範於未然，避免因爲教師本身錯誤的言詞或教學造成學童另有概念的產生。

2、加強學童在邏輯思考與批判思考方面的訓練

本研究中發現學童的許多另有概念都是由於學童本身的思考方式不合理，或是對他人所給的訊息缺乏判斷能力，所以造成另有概念的產生。建議未來在課程設計時，能多融入邏輯思考與批判思考的訓練，讓學童能以更科學嚴謹的思考來學習新的概念，將可減少另有概念的產生。

3、結合電腦動畫介紹微觀的概念，播放動態過程

概念改變的教學中，若能加入介紹概念本質及微觀粒子的概念，又採用學童有興趣的電腦動畫，將可較一般教學法獲得更好的教學成效。另外，在國小即給予學童正確的概念本質，如此可銜接國中的理化教材，避免另有概念在國小階段就已經產生，造成未來學習上的困難。

(二)對教學實施上的建議

1、引出學童說出不同的想法並適時進行修正，以減少另有概念產生

教師在教學時應鼓勵學童說出明確的想法，給予學童思考及討論的機會，使學童的另有概念與科學概念相互遭遇並且衝突，讓學童個人的概念架構受到考驗，待學童討論完畢，或是實驗驗證完畢，爲避免概念的誤解或一知半解，教師宜作一概念的統整，討論並解釋現象與原因，來修正學童的另有概念，減少造成另有概念的產生。

2、小組討論合作學習，並進行另有概念的澄清或建構新概念

教學活動利用小組討論進行，不但可以營造學習有利的情境，並且可以引發學童的概念衝突，藉此釐清學童另有概念，來建構正確的科學概念。在教學時教師不應把重點放在概念的記憶上，而應多鼓勵學童參與小組討論，使學童與同儕之間達成共識，藉由同儕的相互討論、互動，來進行另有概念的澄清或建構新的概念。

3、在教學後可再提供學童回饋的訊息，以利學童的概念修正

在教學後，教師將學童的個人概念圖批改完成，發回給學童知道(即提供回饋訊息)，更可以促使學童爲自己的概念圖答案作重新的思考，或明瞭自己的另有概

念所在，以方便學童針對自己概念上的缺失或不合理之處進行改進，這樣更能促進有意義的學習。

(三)對未來相關研究之建議

1、概念診斷要多向度，並加入其他評量工具

有些另有概念不容易從學童在紙筆測驗中答對題數的多寡看出，也不太容易僅從晤談中得知，所以必須配合其他方法，例如使用概念圖才能適當的診斷出來，建議未來研究可從多向度的工具來作學童另有概念的診斷。

2. 概念學習成效與概念本體樹的關連性之研究

研究過程中，研究者發現學童的概念本質會影響其概念學習的成效，雖然已有一些文獻結合這二部分做相關性的研究，但是數量成果不多。建議在未來的後續研究上，除了可以繼續進行教學策略對概念學習成效的影響外，也可以結合學童的概念本體樹，探討二者之間的關連性與影響，以提供教學者更多向度的資料。

3. 探討其他變項對建構式概念改變教學成效的影響

概念改變的教學或學習成效，是否也因為學習者的能力程度或某種特質的不同而有所影響。換句話說，具有不同的學習策略、認知風格、先備知識或人格特質的學童，其概念改變的成效是否也有所不同，建議未來可繼續往這方面做更細緻的探索研究。

參考文獻

- 王美芬(1992)：我國五、六年級學生有關月亮錯誤概念的診斷及補救教學策略的應用。
 台北市立師範學院學報，23，357-380。
- 余民寧(1997)：有意義的學習-概念構圖之研究。台北市：商鼎文化出版社。
- 余淑君(2002)：以動態評量探究國小五年級學童酸鹼概念的概念改變機制。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 邱美虹(2000)：概念改變研究的省思與啓示。科學教育學刊，8(1)，1-34。
- 邱美虹(2002)：台灣地區中學生「粒子與化學平衡」概念之心智模式與成因之研究(II)。國科會專題研究計畫成果報告 (NSC91-2522-S-003-020)。
- 邱喚文(2001)：利用概念圖探究國中三年級學生「酸與鹼」的概念學習。國立臺北師範

學院數理教育研究所碩士論文。

姚錦棟 (2002)：我國中學生酸鹼鹽迷思概念和心智模式之研究。國立台北師範大學科學教育研究所碩士論文。

陳振威(1999)：學生概念生態組成因子之研究－以密度/浮沈概念為例。國立花蓮師範學院科學教育研究所碩士論文。

陳景期(2003)：以人本建構教學策略探究國小五年級學童水溶液酸鹼概念之概念改變機制。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。

陳義勳 (2002)：國小階段迷思概念二階層診斷之研究。第十八屆科學教育學術研討會。

黃滄翔 (2001) 概念改變的教學模式。中等教育，52(1)，164-173。

黃萬居 (1993)：國小學生的概念圖和自然科學學習成就之研究。台北市立師範學院學報，24期，頁 47-66。

黃萬居 (1994)：國小高年級學生的認知階層與酸鹼概念之研究。台北市立師範學院學報，25期，頁 13-5。

黃萬居(2003)：台灣地區國小學生酸鹼迷思概念類型和成因之研究(IV)。國科會專題研究計畫成果報告 (NSC92-2522-S-133-007)。

賈本惠 (2002)：國小五年級學童光合作用概念改變教學策略之研究。屏東師範學院數理教育研究所碩士論文。

廖雯玲 (1999)：建構主義取向教學法對國小六年級學生在「地球運動」單元學習之影響。國立台南師範學院國民教育研究所碩士論文。

廖經宏 (2002)：建構取向教學模式對國小學童光學相關概念之影響。國立花蓮師範學院科學教育研究所碩士論文。

趙素敏 (2003)：國小學童酸鹼迷思概念類型與成因之研究。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。

劉俊庚 (2001)：迷思概念與概念改變教學策略之文獻分析－以概念構圖和後設分析模式探討其意涵與影響。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文。

盧莉敏、王國華 (1998)：國中生物科施行概念改變教學策略之研究。第十四屆科學教育研討會論文集編，417-421。

Ault, C. R., Novak, J. D., & Gowin, B. (1988). Constructing Vee Maps for Clinical Interview on Energy Concepts. *Science Education*, 72(4), 515-545.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Grune and Stratton.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: examples

- from learning and discovery in science. In R. Giere (ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science*, 129-186. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M.T.H., & Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Ferrari, M. & Chi, M. T. H. (1998). The Natural of Naïve Explanations of Natural Selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1231-1256.
- Hennessey, M.G. (1991). *Analysis of conceptual change and status change in sixth-graders' concepts of force and motion*. Unpublished Dissertation. University of Wisconsin-Madison.
- Novak, J., & Gowin, D. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge
- Pfundt, H., & Duit, R. (1994). *Students' alternative frameworks and science education*. Kiel, Germany: Institute for Science Education.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-200.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Slotta, J. D., Chi, M. T. H. & Joram, E. (1995). Assessing Students' Misclassifications of Physics Concepts: An Ontological Basis for Conceptual Change. *Cognition and Instruction*, 13(3), 373-400.
- Toulmin, S. (1972). *Human Understanding: Vol. I*. Oxford: Oxford University Press.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387-404.

A study of the Conceptual Change Instruction on Elementary students' Acid and Base concepts

Wanchu Huang^{*}, Wanchu Chang^{**}

Abstract

This study aimed to investigate the influences of constructivist instruction model on students' learning on acid and base concepts. It was conducted to achieve three purposes : (1) to investigate the influences of the conceptual change instruction on students' learning achievement on acid and base concepts ; (2) to investigate influences of the conceptual change instruction on students' ontology tree on acid and base concepts ; (3) to investigate the influences of the conceptual change instruction on students' conceptual frameworks on acid and base concepts.

The sample students, who were the fifth graders of an Elementary School in Taipei. They were assigned randomly to one experimental group and one control group. The experimental group (33 students) was treated with constructivist instruction model while the control group (33 students) was treated with general instruction model. The duration of treatment was four weeks periods.

Before and after the treatment, students of both groups were administered an "Three- tier Questionnaire of Acid and Base Concepts (TQABC)". In addition, students of both groups were divided into three levels, namely high, medium, and low based on their pretest scores of TQABC , and two students were selected from each level of both groups for interview of " Half-interview Questionnaire (HIQ)" before and after the treatment. Further more, discussions were conducted with experimental groups of six students' concep maps.

* Professor, Graduate Institute of Science Education, Taipei Municipal University of Education

** Teacher, Chiang-Tzu Elementary School, Taipei County

Data analyses included : (1) a one-way ANCOVA to examine the influences of students' posttest scores on TQABC between two groups, (2) a Mann-Whitney U-test to examine the usage of students' verbal frequencies collected from HIQ on acid and base concepts, and (3) concept maps were analyzed to explore the students' conceptual frameworks.

The results as follows:

1. Average score on TQABC of the experimental group's was significant higher than the control group's ($F=12.082$, $p < .05$).
2. (1) Matter verbal frequencies on HIQ of the experimental group's was significant more than the control group's ($U=2.0$, $p < .05$) ; (2)CBI verbal frequencies of the experimental group's was significant more than the control group's ($U=0$, $p < .05$).
3. The result on concept maps for the six students of the experimental group treated with constructivist instructional model: (1) The students' conceptual frameworks were enriched than before instruction, and hled microscopic concepts. (2) The students' concept change obviously after instruction.

Key words: ontology, concept maps, conceptual change, acid and base concepts

