

化學概念學習之真實評量研究

許健將

國立中興大學教師專業發展研究所

副教授

摘要

本研究之目的旨在探討如何應用概念構圖於化學概念學習之上，並對概念構圖在學習評量上之應用，進行幾項議題之探討，包括：

- (一) 探討透過何種概念構圖模式能更真實有效的反應出學習者相關化學知識內涵與結構？
- (二) 探討運用概念構圖的教學與學習模式，是否能更有效的達到化學概念改變的目的？
- (三) 探討如何將其他教學或學習模式與概念構圖模式相結合，以期更有效地讓學習者達到化學概念改變的目的？

本研究之研究單元為有關「游離能」之相關化學概念，研究工具除概念構圖外，尚包括二段式選擇測驗，利用多元之研究工具，藉以發掘學習者之迷思概念進而發展更有效的教學模式以澄清其迷思概念。

國立中興大學 

National Chung Hsing University

關鍵詞：概念構圖、化學概念、迷思概念

收件日期：2009 年 11 月 12 日

修正日期：2009 年 12 月 18 日

壹、緒言

一、研究背景與動機

Novak(1984)教育理論的提出，可謂開啓了概念構圖之濫觴，而利用概念構圖進行學習評量，在平衡評量工具之預期客觀性與對學習者知識結構之敏感性上，似乎另闢了一扇巧門。也由於概念構圖具備這項潛能，教師若能應用於教學評量之上，或能達到以下兩項功能：首先，因概念構圖對於學習者的知識結構、學習內容的理解程度以及因遺漏某些重要內涵而產生誤判等具有較強之敏感度，因此其在診斷學習者之迷思概念的功能上有其優勢；再者，相較於傳統上較具主觀性評量工具而言，進行概念構圖評量時所需具備之相關技術，顯然簡單得多了。Yin 與其研究團隊認為運用不同的概念構圖技巧，學習者所呈現的知識結構並非“等價”(2005)，例如創造性聯結模式較適合進行形成性評量，而選擇聯結模式則較適合於總結性評量，這項研究結論也提醒了從事概念構圖研究的學者們應該注意的課題。此外，到底該採用何種效標概念圖才是最有效？是教師？專家？抑或是一群專家的共識圖？又概念構圖所呈現的表徵與分數是否真能代表學習者真正的知識結構？有任何的認知理論告訴我們採用何種概念構圖的技巧或策略是最可靠？

本研究除對概念構圖之效度議題進行探討外，也將針對學習者就某一相同概念之概念構圖評量得分與二段式選擇測驗得分之結果進行比較，藉以深入瞭解概念構圖其在評量學習者知識結構上所能扮演之角色與地位？

二、研究目的與待答問題

根據前述的研究背景與動機，以及概念構圖之理論依據—即知識是具有組織性且能夠用具結構性的表徵予以擷取出來(White & Gunstone, 1992)，本研究擬透過實徵性之研究，對於概念構圖如何在擷取學習者陳述性知識(declarative knowledge)或命題性知識(propositional knowledge)的工具性角色進行探討，主要研究目的包括：

- (一)概念構圖評量能真實有效地反應出學習者的知識結構？
- (二)概念構圖評量與二段式選擇測驗評量對詮釋學習者知識結構上之差異？

由於「游離能」對於有關原子結構、週期表排列順序及反應能量等相關概念提供了知識基礎，且「游離能」的概念也是高中生普遍在學習上較感困難的單元之一；因此，本研究擬針對高中化學教材中有關「游離能」之單元，根據上述二項研究目的，進行概念構圖評量，並就概念構圖評量在理解學習者的知識結構上所能扮演之角色與功能進行探討，主要研究問題如下：

- (一)運用概念構圖評量，在效度上能充分反應學習者有關「游離能」的知識結構？
- (二)探討概念構圖評量與二段式選擇測驗評量對詮釋學習者有關其「游離

能」知識結構上之相關性與異同？

貳、 文獻探討

一、概念構圖的特性

(一) 概念圖架構特性

概念圖於認知科學及科學教育的領域中，具有紮實的理論基礎(Pankratius, 1990)。所謂的概念圖，它是一種概要的圖式設計，將教材中的概念抽取出來，以一個核心概念為主軸，經由學習者本人的理解將所有相關概念組織起來。除了能呈現出線狀或樹枝狀的順序結構之外，主要表現出組織、階級層次明顯的概念架構。Novak 及 Gowin (1984)指出概念圖主要是以命題(propositions)的形式將概念間作有意義的連結。命題是指兩個或是更多的概念利用連接詞結合的句子。最簡單的命題是兩個概念用一個連接詞結合起來，如：「碳循環涉及呼吸作用」，其中「碳循環」和「呼吸作用」是概念，而「涉及」是連接詞。如上所述，概念圖主要在呈現隱藏在命題架構中的概念意義，而概念構圖者必須先確立關鍵概念，並將這些關鍵概念進行整合安排。Novak 和 Gowin (1984) 指出概念圖該是有階層性的，較一般性的、包含較廣的概念位於圖的上方；較專一的、包含較少的概念則位於圖的下方。同時構圖者必須以連結語(詞)說明概念與概念之間的關係，如此每一分支的概念都可由上連結到下，若分支之間有相近或相關的概念，亦可用橫向連結來表示。

像這種以學生為主角，來畫出教科書內容中主題概念及附屬概念之間關係，將可幫助教師和學生瞭解一些重要概念之間的連結，也可以清楚看出學生對某些主題的概念網路程度如何，同時提醒師生在學習單元中所必須注意的關鍵概念。

依 Novak(1995)指出概念圖具有下列幾項重要特性：

- 1.概念圖為組織及表現知識的工具，它包含概念(以橢圓和方形框住文字說明)、連結線(連結各概念)、連接詞(說明概念間之關聯)，概念則和連接詞構成命題(propositions)。
- 2.概念的呈現具有階層性，凡屬一般性質的、包含較少概念的皆放置於圖的下方。
- 3.概念圖包含橫向連結(Cross links)，可讓學習者知道不同概念間的關係。
- 4.概念圖包含例子(examples)，可以幫助學習者澄清對概念的意義。

綜合以上所述，概念圖對學習者而言，於以下兩狀況中有明顯的協助效果：首先是概念圖協助學習者清楚且能控制整個事件的認知過程；其次是概念圖協助學習者發展更完整的概念架構。

(二) 概念圖的製作方式與步驟

在建構概念圖的策略上，以 Novak 和 Gowin (1984)書中的建議最常被引用，學者們通常以其為基準，再配合研究上的需要進行改良，以下是概念圖製作的策略概要：

- 1.從教材或其他書面材料中選擇一、二個獨特涵義的段落。讓學生閱讀教材，挑選出關鍵概念，即使學生理解教材所必須具備的那些概念。而後將這些概念羅

列在黑板上或投影片上供學生辨別。同時，讓學生討論在課文中那些概念是最重要的、最廣泛的概念。

- 2.將最廣泛的概念置於一系列新的按等級排列的概念之首。將一般性和廣泛性為其次的概念依次排列，以此類推，直到所有的概念都按等級排列完畢。而如何分等級？對此學生的意見並不總是一致的，因為它暗示著理解課本的意思可以有一種以上的方法。
- 3.著手建構一個概念圖，將按等級排列的概念作為構造概念層次結構的指南。讓學生選擇一些合適的連接詞，來構成借助於概念圖上的線條顯示出來的命題。
- 4.在圖的概念叢集(concept clusters)之間，探究各種交叉連結(cross links)。讓學生一起選擇關於這些交叉連結的連接詞。
- 5.第一次完成的概念圖，絕大多數是不完整的；或者，相應一些關係比較密切的概念或概念叢集來說，有些概念叢集顯得稀稀落落。如果有必要，就應該重新形成概念圖。一個概念圖至少要重新製作一次，有時候還需要二、三次。
- 6.對已經形成的概念圖進行評分，指出可能的結構變化，這會完善概念圖的涵義，可能還會完善對概念圖評分。
- 7.由學生來選擇課本或其他材料的某一部分，由他們自己重複第 1 項到第 6 項。
- 8.由學生形成的概念圖可以呈現在黑板上或投影片上。在該圖製作者的解釋下「閱讀」該圖，使班上其他學生弄清楚內容講的是什麼？
- 9.讓學生根據他們在業餘上的愛好、娛樂或特殊興趣中產生的重要想法，形成一個概念圖。這些圖可以貼在教室的牆壁上，並且鼓勵學生非正式地討論這些圖。
- 10.在下一一次測驗中，將一、二個概念圖製作問題結合進去，以表明概念圖製作也是一種有效的評量方法，它要求嚴謹的思維，並且能圖示對學科內容的理解。

除了 Novak (1984) 書中的建議外，國內外一些學者也對建構概念圖提供建議，但大多也是基於 Novak 書中的建議外，然後根據自身研究需要，發展出適合的概念圖建構方式及步驟(余民寧，1997；陳嘉成，1998；全中平，1996；黃鴻博，1998；李秀娟，1998；陳李綢，1994；Briscoe，1991)。

透過上述文獻探討，研究者訂定概念圖之教學步驟如下：

- 1.選出課文中重要的概念(包含專有名詞和事件)，同時讓學生將概念作分類。
- 2.接著，定義概念階層，包含較廣的概念屬於較高的階層，同時將概念用線段做連結。
- 3.加入連接詞，利用連接詞使兩個概念形成有意義的句子。
- 4.依步驟 1.2.3；製作出概念草圖，包括了概念階層。
- 5.再增加交叉連結，將不同的概念連接起來，同時加入一些相關例子，讓概念圖更充實、完整。
- 6.教師重述概念圖的製作過程，學生填寫問卷。

二、概念圖的記分系統

(一) 概念圖的評量方式

我們在前面已經瞭解到概念構圖是一種達成有意義的學習方法，以這樣的方式來表達概念的組織和結構方式，不論在學習或教學上都頗受好評。正因為概念圖為一以圖示展現概念及其關係上特質的工具，故已經被許多研究者用作評量某一主題上，學習者對概念瞭解情形的一種方法(Beyerbach, 1988； Novak & Gowin, 1984)。

概念圖之所以能夠被量化計分，用來作為一種學習及教學上的有利工具，最主要的原因為概念構圖具有下列的基本假設(Stuart, 1987)：

1. 概念圖相當於思考的過程。
2. 概念圖可以用某種方式來計分，一般最常用來偵測不同學生間學習成就的差異，或以前、後測方式來偵測同一位學生前後不同學習時間的成就差異。
3. 畫出概念圖有助於學習者的理解和回憶。
4. 教師可以使用概念圖診斷出學生於某個主題上的表現優劣。
5. 所使用之分數評量，彼此之間是獨立的。

於上述假設的前提之下，有各式各樣的記分方式相繼被學者提出。而目前比較為一般研究者所接受的計分方式，仍然是由 Novak 和 Gowin (1984)之 Learning How To Learn 書中所提出的計分方式為藍本。

以下我們扼要敘述評分標準的四指標：

- (1)關係：指的是將兩個概念連結成一個命題的有效連結關係而言。在這當中所要注意的是，連結線和聯結說明必須要表達出這樣的聯結關係是有意義且有效的。評分時，每個有效且有意義的命題連結關係才給分，模糊、錯誤的連結關係則不予計分(但不扣分)。通常，一個有效且有意義的連結關係給一分。
- (2)階層：如前所述，概念圖的概念呈現是有階層性的，每一個附屬概念應比上一階層概念更具特殊性、更不一般化。評分時，只計算有意義的階層關係，分數的給予是上述有效連結關係的三到十倍的分數(因「有效連結關係」較「有效階層關係」多出甚多)，最後這三到十倍的取捨，視研究者目的來決定。若概念圖呈現出「不對稱」的情況，則以分支較多的那一個「架構」來計算有效階層個數。通常我們給每一個有效階層五分。
- (3)交叉連結：指概念圖中某一概念階層之部分和另一階層的部分概念間所呈現的有意義連結其間之關係必須是重要且有效的。相較於上述「有效階層關係」更能做為學生是否達到有意義學習之指標，也是學生創造力的表現。在評分上，一個有效的「交叉連結」其得分通常是「有效階層關係」的二至三倍。因此，每個重要且有效的交叉連結，給予十分；有效但無指出相關命題組成之交叉連結，給予二分。
- (4)舉例：指學習者能依據自己的理解，舉出特殊且具代表性的例子。值得注意的是，所舉的例子必須是學習者將知識統整後，以特定事件或物件作為例子才行(不得舉課本上的現成例子)。在評分上，學生所舉例若標出其概念間的關係，則所舉出的事件或物件的例子，每個給予一分。

依上述計分原則，將每位學生所繪之概念圖分項計分後，再將各項計分相加，得到一個總分。此分數代表每位學生於概念學習後所學到該概念間關係結構的一項成績(也就是學習成就指標)。若總分越高，則表示該生的概念學習越好，同時對概念與概念間的關係理解的越明晰。有關 Novak 和 Gowin 計分方式可用以下的圖示來說明：

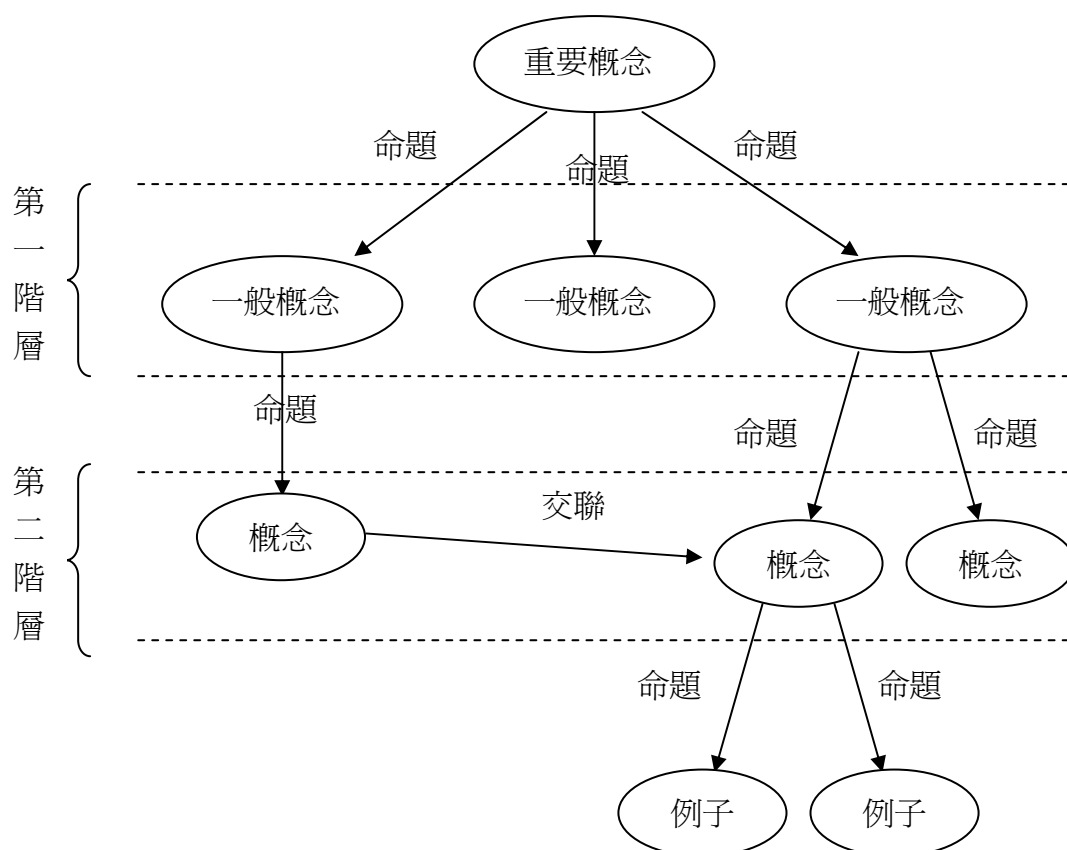


圖 1 概念圖階層

Stuart將Novak 的計分方式做了些許的修正：

1.分枝(branching)：當每一節點底下有分枝時，該節點即計算為1 分。
 廣泛到特指(general to specific)：當一個節點之概念較其分枝概念較其分枝概念廣泛性時，其計分方式如下：
 廣泛程度為0-10%，0分;11-29%，1分;30-49%，2分;50-69%，3分;70-89%，4分;90-100%，5分，事實上，這樣的判斷方式還是呈現了評分者相當的主觀性。

2.密切性(closed unit)：它意指各概念下間之統整性，當一分枝與另一分枝之關係顯現時，給予1 分之評定。

3.技術術語(technical terminology)：正確的專業術語使用比例程度，其計算方式為將所有正確節點概念除以所有概念的結果百分比，其給分方式則與前述廣泛到特指時之評分方式相同。

4.關係性(relationships)：當在每一節點間所呈現之關係正確時，給予1 分之評定，但若有重複者則不予以給分。

5.階層性(hierarchy)：這部份是根據所繪製的概念圖的階層數目來評定，每一正確的階層給予1分之評定，直到兩階層後之分枝如果持續呈線型狀態為止。Stuart 根據相關係數之統計分析指出，在概念構圖中之各個成分間的分數，事實上是傾向於獨立的，所以在運用時，可做為個別學習者或不同學習者間，在各不同成分學習成效之差異性的探討。這點主張與Novak 所宣稱，當概念構圖以總分方式來呈現時，會失去其信度上的意義，有異曲同工之妙。

無論是Novak 或是Stuart 的模式，其共同特徵即是直接採用學習者的概念構圖來計分。有別於此，則是採用所謂效標概念圖(criterion map)的另一種模式，即是將學習者的概念圖與專家概念圖進行比對，根據其重疊的程度來計分。這種計分方式的理論基礎，在於假定對任何一項學習領域都有其對映之理想組織結構。

第三種策略則是結合了概念圖成份與效標概念圖的模式。Novak 和Gowin(1984)增加了第五項規則到他們原來的計分系統中。他們提出將效標概念圖也以其原來之四項規則來計分，再將學習者的概念圖得分除以效標概念圖之分數，利用得到的比例再加以判定。有些學習者甚至可以繪出比效標概念圖還完整的圖示，因而有超越100%的成績。

回顧文獻，有關概念圖的計分系統的採用模式，仍多以Novak 和Gowin(1984)的模式或其改良型為主，但這種評分系統主要面臨問題，就是到底該採用何項效標概念圖是最有效的？是教師？專家？抑或是一群專家的共識圖呢？此外，概念構圖所呈現的表徵與分數是否真能代表學習者真正的認知結構？而且目前也沒有任何的認知理論告訴我們採用何種概念構圖的技巧或策略是最可靠的？這些研究結論也提醒了進行概念構圖研究的學者們應特別注意的議題。

三、概念構圖在心理計量上之性質

概念構圖在教學上的使用遠超過其在評量上之運用，也因為如此，概念構圖在伴隨解釋學習者知識結構時，其效度與信度的問題卻經常被忽略了。

(一)效度：

一項重要的議題就是概念構圖是否能充分反應出學習者的知識結構，也就是所謂構念效度的問題，其中包括同時效度(concurrent validity) 輻合效度(convergent validity) 與區別效度(discriminant validity)。Anderson (1995)指出學習者的成就測驗與概念構圖的得分有高的相關性；但有些學者的研究結果認為概念構圖與多重選擇測驗是在進行不同層面的評量(Novak & Johansen, 1983)。此外，有關內容效度(content validity)的部分，即對各概念圖與其所要評量的主題內容是否一致進行檢視，也僅少數的研究有經由專家判定的過程。(例如Anderson & Huang, 1989)。此外，Ruiz-Primo et al.(2001)曾針對構念效度，指出下列數項需格外注意的議題：

1. 相關概念是否能代表本內容領域？
2. 概念構圖是否足以闡釋本內容領域？
3. 不同概念構圖技巧間的互換程度有多高？
4. 何種計分系統最能反應學習者的知識結構？

5.概念構圖之分數與其他成就測驗之間相關程度如何？

6.概念構圖之評分方式與科技改革之理念是否一致？

(二)信度：

信度意指給予學習者在概念構圖評分上的一致性,幾項有關概念構圖的信度問題值得提出來探討:例如,評分者是否能保持評分信度?學習者的分數在短時間內能否保持穩定?分數能否真正反應出學習者對該學習內涵的知識結構?相關的研究報告均呈現出有高的評分者信度與一致性(例如:Kinchin, 2000; Klein et al., 2001)。然而對於這些結果仍需要小心地解釋,因為在有些研究中計分系統只計算了概念構圖中的某些要素(例如:節點的數目);有些則僅計算部分的概念圖內容,因此研究結果的信度指數事實上和其所選擇計分的方式有密切的相關性。有關於概念構圖的信度有下列二項問題要特別留意(Rye & Rubba, 2002)：

1.評分者的評分可保持信度嗎？

2.學習者是否在沒有特別指導下,在不同的狀況中,仍能繪製出類似的概念圖？

四、概念圖在教學和學習上的應用

從文獻中不難看出國內、外對概念圖的研究極為豐富,研究對象自幼稚園學童至研究生,國外案例如 Stice 和 Marine (1986)對幼稚園至國小四年級的學童進行概念圖教學,並發現此教學策略能有效提昇低成就學生的學習效果;Hallowell(1985)則是以六年級及七年級的學生作為研究對象,以概念圖的方式教導實驗組學生學習生命科學,結果發現實驗組的學生在成就測驗上的表現優於對照組。Heinze-Fry 及 Novak (1990)研究大學生在生物學領域中利用概念圖學習和傳統學習之差異,結果發現利用概念圖學習的學生學習成就較高。Wallace 和 Mintzes (1990)表示概念圖是容易被吸收的,而且還可以同時教很多學生。Okebukola (1992)將奈及利亞大學生分成三組,其中有兩組參加六個月的概念圖訓練。研究結果發現,概念圖訓練有助於提昇學生問題解決能力、後設認知能力及合作學習能力。Edmondson(1995)運用此教學策略在醫學課程,發現對個案演練及創造性的課程非常有幫助。

國內探究概念圖研究的案例如:羅廷瑛(2001)曾針對國小一年級學生分別施以「概念圖教學法」和「傳統式教學法」後,比較其於「自然科學成就測驗」的得分,顯示前者的同學成績略勝一籌;之後又將「概念圖教學組」學生於教學前後得分上差異作比對,同樣顯示有顯著的增加。陳嘉成(1988)曾以合作學習式概念圖為教學法來實施教學,結果顯示合作式概念圖組的學習成效優於個別學習式概念圖組,而個別學習式概念圖組學習效果又比傳統教學效果來的好。湯清二(1993)曾以晤談方式配合概念圖,探討國小、國中及高中三階段學生對於生物細胞概念發展過程,並探究學生細胞迷思概念的類型,作為分析概念形成及教師改善教學與評量之依據。

岳美群、蔡長添(1993)以概念圖為研究方式,分析舊版(1989年版)生物教科

書中環境相關概念，建立環境概念圖，並以此分析架構編製試卷，對高中一、二、三年級學生進行評量，來瞭解高中學生生物科環境教材的學習成果及狀況。

張子超、楊冠政(1987)應用概念圖及多向度量尺法，研究國中一年級和高中一年級學生環境知識的概念結構，呈現國、高中生對水、空氣及地球村等環境議題認知的概念結構，及他們的環境概念結構發展之比較與分析。

黃達三等(1998)曾以概念圖為工具，分析國中生物教材中神經系統單元於正確性、適切性、本土性、易讀性和生活化等五大特性進行分析，提供國中生物教師分析教材之參考。王薊茹(1994)曾比較概念圖教學與慣用教學於國中生物上冊第五、六章教學之成效，藉概念圖教學後教師及學生的問卷反應以探討概念圖教學於國中生物教學之意義及可行性。

綜觀近二十幾年來，探討以概念圖為教學或學習工具成效的相關研究為數相當可觀，其應用的範圍，除了 Novak (1983) 本人最早應用於科學教育外，亦擴充到課程設計、社會學科等，其應用之廣範泛與影響之深遠，恐非 Novak 在發展概念圖之初始料未及。

參、研究設計與步驟

一、研究樣本:

本研究樣本屬立意取樣，係取樣自台中縣某縣立高中高三自然組某班級，班級人數43人，其中隨機抽樣3位學生作為預試樣本，對整個評量計分過程進行預試，其研究結果將作為本實驗設計之改進依據。其餘40位學生採隨機分配之方式等分為二組，分別進行三項實驗研究，且將針對此40位學生之研究結果進行質性與量化分析。

二、相關「游離能」概念素材之選取

研究者根據南一版之高中物質科學化學篇中，有關「游離能」之相關概念，將其全數列出，做為本研究之藍本。再以「德懷術」(Delphi Technique)分別由五位資深化學教師、二位化學學科專家與一位化學教育專家，對有關「游離能」之核心與先備概念(表1)予以分析確認，並完成效標概念圖之繪製。



表 1 有關「游離能」之核心與先備概念清單

核心概念	先備概念
1. 游離能	1. 原子
2. 核電荷	2. 正電荷
3. 自發反應	3. 原子核
4. 軌域	4. 電中性
5. 價電子數	5. 質子
6. 電子組態	6. 中子
7. 活潑金屬	7. 電子
8. 週期表	8. 陽離子
9. 原子半徑	9. 斥力
10. 基態	10. 引力
11. 氣態原子	
12. 遮蔽效應	

本研究設計之進行，有兩份概念組合清單，以下列方式產生：兩份概念組合清單(清單A 與清單B)中均分別包含10個概念，其中每份清單中均有4個共同的控制概念(分別是游離能、核電荷、電子與斥力)，另外6個概念則是由其餘18個概念(包括核心概念與先備概念)以隨機選取方式組合而成，如表2所示。

表 2 進行三項實驗操作時之概念清單

清單 A	清單 B
1. 原子核	1. 原子半徑
2. 游離能	2. 游離能
3. 電子	3. 電子
4. 斥力	4. 斥力
5. 週期表	5. 質子
6. 電子組態	6. 核電荷
7. 軌域	7. 價電子數
8. 核電荷	8. 遮蔽效應
9. 引力	9. 軌域
10. 電中性	10. 原子

三、研究設計

本研究進行之兩組學生，將採隨機分配之方式，每組20名，分別對兩項不同內涵內容之概念組合(清單A與清單B)進行概念構圖實驗。

本研究係採 2×3 混合設計，其中包含一項組間因子，即兩種不同之概念清單發

放順序；以及一項組內因子，即在不同條件內涵下進行之概念構圖。

組間因子：

順序1：第一組學生將先進行清單A之概念構圖，再進行清單B的概念構圖。

順序2：第二組學生則先進行清單B之概念構圖，再進行清單A之概念構圖。

組內因子：

每組學生都將分別進行完成下列三項實驗研究：

1. 第一次概念構圖的繪製時，並不提供相關概念，由學生就其本身對「游離能」概念之相關認知自行繪製概念圖,時間約20分鐘。
2. 第二次概念構圖時，學生依據第一次所發給的概念清單進行繪製，時間約20分鐘。
3. 第三次概念構圖時，學生依據第二次所發給的概念清單進行繪製，時間約20分鐘。

四、研究工具

本研究之研究工具包括計分系統、計分標準與二段式選擇測驗，分述如下：

(一)計分系統：

本研究之計分系統著眼於學生之概念構圖中：

1. 概念圖之要素，主要是在於命題與節點部分是否切中「游離能」之相關概念。
2. 概念圖之學科內容效度

本項內容效度之計分系統將由兩位化學教師、研究者以及一位化學教授，就概念清單中之20個概念所繪製而成的效標概念圖(criterion map)為標準進行各項計分。此外還包括建立一項平方矩陣之命題評量標準檢核表，如附件一所示，藉以檢驗學生之概念構圖與教師、學科專家與研究者本身所建構之概念圖是否具有實質之連結。

(二)計分標準：

1. 概念圖之要素：

命題之效度是根據命題評量標準檢核表，如表3所示，進行五等第評分(由無效的0分至極佳之4分)。至於有關於節點(概念)之效度，則端視這些概念是否涵蘊於22個有關於「游離能」之核心與先備概念之中。

表 3 命題的品質判定表

品質	界定
極佳(4)	命題完整且精準，對概念間之關係有深刻的理解 例:將基態之氣態原子移去核外聯繫最弱的電子所需之最低能量。
佳(3)	命題完整，對概念間之關係有正確的理解 例:將氣態原子移去核外電子所需之最低能量。

普通(2)	命題不完整，對兩概念間之關係僅部份理解 例:移去核外電子所需之最低能量。
不佳(1)	命題雖有效，但對概念間之關係理解模糊 例:引力大，游離能大
無效(0)	錯誤命題 例:原子半徑大，游離能大

2. 概念圖之學科內容效度:三種分數需進行評量，其評量表如附件二所示。

(1) 全部命題效度分數: 即每位學生在其「游離能」概念圖中所有命題經評量計算所得到之分數總和。

(2) 有效命題分數(congruence score):即每位學生在其「游離能」概念圖中之有效命題佔效標概念圖之所有命題數之比例。

(3) 特點分數(saliency score): 即每位學生在其「游離能」概念圖中之有效命題佔該學生所繪製之概念圖中所有命題數之比例。

(三) 二段式選擇測驗

本研究所使用之有關「游離能」概念之二段式選擇測驗，係採用由Tan(2008)所領軍之研究團隊，為進行一項跨國性(包括英國、美國、紐西蘭、西班牙、新加坡與中國大陸)高中與大一學生有關「游離能」概念之比較研究，所設計完成之包含10題問項之二段式診斷性測驗(見附件三)，施測後所得結果將與概念構圖之得分結果進行比較分析，藉以探討二者對於解釋學習者在有關「游離能」之陳述性知識(declarative knowledge)上之相關性。

肆、結果與討論

在回答本研究問題前，先就研究方法設計加以探討，即概念樣本分發的順序(清單A和清單B)會影響概念圖的分數？根據 2x3混合設計結果顯示，在 $\alpha=.05$ 下無論是順序(s), 概念樣本(cs)或交互關係(sxcs)均無顯著差異($F_s=.64, F_{cs}=.33, F_{sxcs}=.18$)，因此，本研究之後續討論可打破兩組界限，將其結果討論一併呈現。

一、概念構圖效度分析

學習者概念構圖之學科內容效度，是針對三種分數進行評量，即全部命題效度、有效命題分數與特點分數，表4 顯示各組在三種條件下之各項分數與標準差。

表4 各組及各條件下命題效度，有效性與特點之平均數(Mean)和標準差(SD)

	無概念		清單A		清單B	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
命題效度	32.07	(7.14)	33.82	(8.54)	32.01	(6.90)
有效性	a		.28	(.11)	.27	(.08)
特點	.49	(.24)	.48	(.25)	.52	(.21)

a. 由於沒有效標概念圖故不計算有效性。

為檢驗兩種模式—即無概念提示及概念清單發放對於學習者在命題效度平均分數與特點平均分數在三種條件下之差異性，進行兩次Hotelling's T^2 檢驗，結果顯示無論對命題效度平均值($T^2=.9567;p>.05$)或是特點平均值($T^2=2.4547;p>.05$)均無顯著差異性，因此由統計意義角度言之，不同概念提示對於學習者知識結構的影響不顯著。

為檢驗兩種概念清單(清單A與清單B)對於學習者在命題效度平均分數、有效性平均分數與特點平均分數在三種條件下之差異性，進行三次的Hotelling's T^2 檢驗，結果顯示無論對命題效度平均分數($T^2=1.3457;p>.05$)、有效性平均分數($T^2=.8921;p>.05$)或是特點平均分數($T^2=3.4467;p>.05$)均無顯著差異性，根據統計結果，研究者推論是否是在選擇概念清單的過程中已將概念間之關係形成某種一致性的連結，此點值得繼續深入探討。

二、概念構圖與二段式測驗之比較分析

將所有學生樣本在概念構圖得分與二段式診斷測驗得分，以 Pearson 積差相關來檢視兩者之間的相關性，結果如表 5 所示。

表5 概念構圖得分與二段式測驗結果之相關性

	無概念	清單A	清單B
命題效度	.58	.64	.63
有效性	a	.66	.55
特點	.45	.60	.50

數據顯示，所有相關係數均呈現正值且具有中等強度之相關性，因此研究者推論概念構圖與二段式選擇測驗在評量學習者知識結構方法上或許有重疊之處，然有關於學習者的知識結構內涵仍受到許多其他潛在變項(例如：學習者的自我概念、自我效能或自我調節等)的影響，有關影響學習者知識結構之潛在變項或可由結構方程模型理論繼續探討之。

伍、結論：

本研究除對有關概念構圖之效度進行瞭解外，也對學習者在「游離能」之概念構圖評量得分與二段式選擇測驗得分之結果進行比較，藉以探討概念構圖與二段式選擇測驗在評量學習者知識結構其在工具性意義上之異同？

本研究結果有以下幾項暫時性之發現：

1. 學習者以不同概念構圖技巧可以反應出類似的知識結構。
2. 學習者的概念構圖分數不會因所提示概念之改變而有太大改變，據此初步推論學習者之知識結構應有其固定性。
3. 由概念構圖得分與二段式診斷測驗得分之相關性結果推論，概念構圖應具備做為評量學習者知識結構工具之潛能。

此外，在研究過程發現，學習者事實上可以在很短的時間內就學會概念構圖的技巧，若從擬以概念構圖進行大規模評量的角度上來看，其在此點上所顯現的意義反而是更加重要的。

參考文獻

一、中文部份

- 王薊茹(1994)。概念圖教學在國中生物學習之成效。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 全中平(1996)。國民小學五年級生對學習力與運動概念之分析研究。《臺北師院學報》，9，405-426。
- 余民寧(1997)。有意義的學習-概念構圖之研究。台北：商鼎文化出版。
- 李秀娟(1998)。不同教學策略對國中生學習生物的影響。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 岳美群、蔡長添(1994)。高中生物科環境教材概念分析與學生學習成果評量之研究。《科學教育》，4，83-131
- 陳李綱(1994)。如何學策略訓練與社會工作經驗對大學生概念建構、V字捷思歷程、後設認知與學習表現的影響。《教育心理學報》，27，81-103。
- 陳嘉成(1998)。合作學習式概念構圖在國小自然科教學之成效研究。《教育與心理研究》，21，107-128。
- 黃達三(1998)。概念分析與水資源教育。全國愛水教材教法研討會會議資料集，1-12。
- 黃鴻博(1998)。概念構圖在自然科教學上的運用。《國教輔導》，38(1)，13-18。
- 湯清二(1993)。我國學生生物細胞概念發展研究---迷思概念之晤談與概念圖。《彰化師範大學學報》，4，141-170。
- 張子超、楊冠政(1997)。學生環境知識概念結構發展的研究。《師大學報：科學教育類》，42，31-48。
- 羅廷瑛(2001)。「概念構圖教學課程」對國小一年級學生自然科學學習表現影響之研究。《教育資料與研究》，38，29-35。

二、英文部分

- Anderson, T.H., Huang, Shang-cheng Chiu. (1989). On using concept maps to assess the comprehension effects of reading expository text. *Technical Report No.483*.
- Anderson, J.R. (1995). *Cognitive Psychology and Its Implication*. New York: Freeman and Company.
- Beyerbach, B.A. (1988). Developing a technical vocabulary on teacher planning: preservice teachers concept maps. *Teaching and Teacher Education*, 4(4), 337-347.
- Briscoe, C. (1991). Meaningful learning in college biology through concept mapping. *The American Biology Teacher*, 53(4), 214-219.
- Edmonson, K.M. (1995) Concept mapping for development of medical curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(7), 777-793.
- Hallowell, A.C. (1985). *Learning theory applied to the development and evaluation of*

- an educational program about seabirds*. M.S. Thesis University, Ithaca, New York.
- Heinze-Fry, J.A., & Novak, J.D. (1990). Concept mapping brings long-term movement toward meaningful learning. *Science Education*, 74(4), 461-472.
- Kinchin, I.M. (2000). Using concept maps to reveal understanding: A two-tier analysis. *School Science Review*, 81, 41-46.
- Klein, D.C.D., Chung, G.K.W.K., Osmundson, E., Herl, H.E., & O'Neil, H.F. (2001). *Examining the validity of knowledge mapping as a measure of elementary students' scientific understanding*. Los Angeles: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST)
- Novak, J.D., Gowin, D.B., & Johansen, G.T. (1983). The use of concept mapping and vee mapping with junior high school science student. *Science Education*, Vol. 67(5). 625-645.
- Novak, J.D., & Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Novak, J.D. (1995) Concept mapping: strategy for organizing knowledge. In Glynn, S.M., & Duit, R., (Eds.), *Learning science in the schools: Research Reforming Practice*. 229-245.
- Okebukola, M. (1992) Can good concept mapper be good problem solvers in science. *Research in Science & Technological Education*, 10, 2, 153-170.
- Pankratius, W.J. (1990). Building an organized knowledge base: Concept mapping and achievement in secondary school physics. *Journal of Science Teaching*, 27(4), 315-353.
- Rye, J.A., & Rubba, P.A. (2002). Scoring concept maps: An expert map-based scheme weighted for relationships. *School science and mathematics*, 102, 33-44.
- Ruiz-Primo, M.A., Shavelson, R.J., Li, M., Schultz, S.E. (2001). On the validity of cognitive interpretations of scores from alternative concept-mapping techniques. *Educational Assessment*, 7, 99-141.
- Stice, C.F., & Alvarez, M.C. (1986). *Hierarchical concept mapping: Young children learning how to learn*. Eric Reproduction Service No. N, (ED 274946)
- Stuart, H.A. (1987). Should concept maps be scored numerically? *European Journal of Science Education*, 7, 73-81.
- Suen, H. K., Sonak, B., Zimmaro, D., & Roberts, D. M. (1997,). Concept map as scaffolding for authentic assessment. *Psychological Reports*. 81(3), 734.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. New York: Falmer Press.
- Wallace, J.D., & Mintzes J.J. (1990). The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27(10), 1033-1052. *science and technology education*. Pergamon Press. Oxford.

Yin, Y., Vandide, J., Ruiz-Primo, M.A., Ayla, C.C., Shavelson, R.T. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in science Teaching*, 42(2), 166-184.



附件一 相關概念關係矩陣

	原子	電中性	原子核	游離能	軌域	斥力	引力	活潑金屬	半填滿	全填滿	...	電子組態	空軌域
原子	X	1	M* 2	3	M 4	5	M 6	M 7	8	9	...	18	M 19
電中性		X	20	21	M 22	23	24	25	M 26	M 27	...	36	37
原子核			X	38	39	40	41	M 42	M 43	M 44	...	53	54
游離能				X	55	56	M 57	M 58	59	60	...	69	M 70
軌域					X	71	M 72	73	74	75	...	84	85
斥力						X	86	87	88	89	...	98	99
引力							X	100	M 101	M 102	...	111	M 112
活潑金屬								X	113	M 114	...	123	124
半填滿									X	M 125	...	134	135
全填滿										X	...	144	145
...										
電子組態												X	190
空軌域													X

*M 代表基本知能命題

附件二 概念清單 A 之計分系統範例

姓名 _____ 編號 _____

日期 _____ 評分者 _____

基本知能			可能命題			些微可能命題			無效命題		
#R	CS	SS	#R	CS	SS	#R	CS	SS	#R	CS	SS
1	4		9	4		8	4		13	4	
6	4		24	4		11	4		29	4	
7	4		25	4		12	4		31	4	
17	4		35	4		30	4		106	4	
26	4		100	4		105	4		139	4	
27	4		110	4		128	4		156	4	
101	4		113	4		133	4		cs:有效命題分數 ss:切合重點分數 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">概念清單</div> 原子核 _____ 游離能 _____ 核電荷 _____ 自發性 _____ 軌域 _____ 斥力 _____ 引力 _____ 電子 _____ 半填滿 _____ 電子組態 _____		
102	4		116	4		138	4				
104	4		122	4		155	4				
114	4		127	4		160	4				
117	4		129	4		167	4				
118	4		137	4		173	4				
125	4										
143	4										
163	4										

評語： _____

其它概念： _____

國立中興大學
 National Chung Hsing University

概念數目： _____

有效命題數： _____

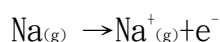
命題數： _____

總 M + 總 P + 總 LL + 總 U 總分

附件三 游離能二段式選擇測驗試題

問題 1 至 10，請根據以下的命題作答：

鈉原子游離成鈉離子之半反應如下：



1. 當鈉原子最外層的電子由鈉原子中去除形成鈉離子(Na^+)後，將不會再和電子結合成鈉原子。

(A)正確(B)錯誤(C)不知道

理由：

- (1)鈉具強正電性，所以只能失去電子。
- (2) Na^+ 具有穩定的鈍氣電子組態，所以不會再獲得電子而失去其穩定性。
- (3)具正電荷的 Na^+ 離子，可以吸引帶負電核之電子。

2. 當鈉原子失去一個電子後，原子核對該失去電子的引力，將重新分配給環繞於鈉離子(Na^+)周圍之電子。

(A)正確(B)錯誤(C)不知道

理由：

- (1)電子與原子核間之吸引力是取決於原子核中之質子數目，與電子距離原子核的距離。而非取決於多少電子數目，雖然電子間是互相排斥的。(而且電子彼此間還有遮蔽的效應)
- (2)當電子離開時會同時將原子核對其的引力帶走。
- (3)由於原子核內的質子數不變，但少了一個電子被吸引，因此剩下的十個電子將獲得較大的引力。

3. 鈉原子 $\text{Na}_{(g)}$ 比鈉離子 Na^+ 與自由電子都穩定。

(A)正確(B)錯誤(C)不知道

理由：

- (1)鈉原子 $\text{Na}_{(g)}$ 為中性，且鈉原子 $\text{Na}_{(g)}$ 游離成鈉離子 $\text{Na}^+_{(g)}$ 需要能量。
- (2)就原子核對每個電子的平均吸引力而言，鈉離子 $\text{Na}^+_{(g)}$ 大於鈉原子 $\text{Na}_{(g)}$ 。
- (3)鈉離子 $\text{Na}^+_{(g)}$ 有一空殼層可由其他原子填補電子而成為化合物。
- (4)鈉離子 $\text{Na}^+_{(g)}$ 的最外層達到穩定的鈍氣電子組態。

4. 由鈉離子再游離一個電子所需的能量(即第二游離能)，遠大於由鈉原子游離成鈉離子 $\text{Na}^+_{(g)}$ (即第一游離能)。

(A)正確(B)錯誤(C)不知道

理由：

- (1)除去第二個電子時將破壞鈉離子 Na^+ 的穩定八隅體結構。

(2) 鈉離子中以同樣數目的質子，卻吸引較少一個電子，因此其它電子所受的引力較大。

(3) 第二個電子的位置較接近原子核。

(4) 第二個電子是由成對的 2P 軌域移除，它受到了在同一軌域中另一個電子的斥力。

5. 鈉、鎂、鋁均位於第三週期，請比較鈉($1S^2 2S^2 2P^6 3S^1$)與鎂($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2$)之第一游離能。

(A) 鈉大於鎂 (B) 鈉小於鎂 (C) 不知道。

理由：

(1) 鎂具有全填滿之 3S 次殼層故較穩定。

(2) 鈉失去一個電子可獲得較穩定的八隅體結構。

(3) 鎂因核電荷數增加之效應大於 3S 軌域中成對電子的斥力。

(4) 鎂之 3S 軌域成對電子之斥力大於核電荷數增加所生之之效應。

(5) 鎂的 3S 軌域電子較鈉的 3S 軌域電子更遠離原子核。

6. 比較鎂($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2$)與鋁($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^1$)之第一游離能。

(A) 鎂大於鋁 (B) 鎂小於鋁 (C) 不知道。

理由：

(1) 除去一個電子將破壞鎂原子全填滿之 3S 軌域次殼層之穩定性。

(2) 鋁之 3P 電子較鎂之 3S 電子更遠離原子核。

(3) 鋁原子核電荷增加之效應大於最外殼層電子間之斥力。

(4) 鋁原子核電荷增加之效應小於最外殼層電子間之斥力。

(5) 鎂在 3S 軌域因成對電子間有斥力，而鋁在 3P 為不成對電子。

7. 比較鈉($1S^2 2S^2 2P^6 3S^1$)與鋁($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^1$)之第一游離能。

(A) 鈉大於鋁 (B) 鈉小於鋁 (C) 不知道。

理由：

(1) 鋁失去一個電子將具有全填滿之 3S 次殼層。

(2) 鈉失去一個電子會成為穩定的八隅體結構。

(3) 鋁原子的 3P 電子較鈉原子的 3S 電子有較高的遮蔽效應。

(4) 鋁原子的 3P 電子較鈉原子的 3S 電子更遠離原子核。

(5) 鋁原子之核電荷增加效應大於其 3S 電子對 3P 電子的遮蔽效應。

8. 矽、磷、硫位於第三週期，比較矽($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^2$)與磷($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^3$)之第一游離能。

(A) 矽大於磷 (B) 矽小於磷 (C) 不知道。

理由：

- (1) 矽的電子數較少，因此其 3P 電子的遮蔽效應較小。
- (2) 磷的 3P 次殼層電子為全填滿，因此較穩定。
- (3) 相較於矽，磷的 3P 電子較遠離原子核。
- (4) 磷因核電荷增加的效應大於其 3P 電子的排斥力。

9. 比較磷($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^3$)與硫($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^4$)之第一游離能。

- (A) 磷大於硫 (B) 磷小於硫 (C) 不知道。

理由：

- (1) 對硫而言，需較多能量來克服 3P 成對電子間的引力。
- (2) 硫的 3P 電子較磷更遠離原子核。
- (3) 磷的 3P 電子為全填滿，所以較穩定。
- (4) 硫因核電荷增加之效應大於 3P 電子間的斥力。
- (5) 硫因核電荷增加之效應小於 3P 電子間的斥力。

10. 比較矽($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^2$)與硫($1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^4$)之第一游離能。

- (A) 矽大於硫 (B) 矽小於硫 (C) 不知道。

理由：

- (1) 硫失去一個電子可達到 3P 次殼層電子全填滿的狀態。
- (2) 相較於矽，硫的 3P 電子較遠離原子核。
- (3) 硫的核電荷增加效應大於 3P 電子間的斥力。
- (4) 硫的核電荷增加效應小於 3P 電子間的斥力。

A Study of the Authentic Assessment in Learning Chemistry

Jen Jang Sheu

Institute of Professional Development for Educators

Associate Professor

Abstract

The aim of this study is to explore how infusing concept mapping techniques into learning chemistry concepts, and also to discuss issues related as followings:

- (I) To investigate by which way the concept mapping techniques could more efficiently reflect the intrinsic chemistry knowledge and structure owned by students?
- (II) To explore whether concept mapping techniques could efficiently achieve the end of concept change.
- (III) To find which way combined with the concept mapping techniques could more achieve the end of concept change.

The “ionization energy” was the topic to be discussed in this study. There include a two-tier multiple selection test as the research tool, concept mapping techniques besides, to dig out and clarify students’ misconceptions.



Keywords: Concept Mapping, Chemistry Concept, Misconceptions