

最近酸鹼概念學生認知方式相關研究之探討

陳姍姍 方泰山

國立臺灣師範大學 化學研究所 化學系

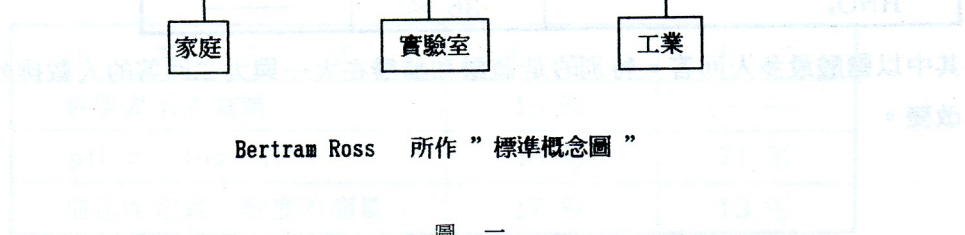
結 論

每年大學開學，教授常抱怨大一新生常有些錯誤的基本概念，或所謂先入為主概念（preconception）。爲了探究由國小、國中到高中等學生的化學概念知識及實驗過程技能的學習進展⁽¹⁾，環顧最近文獻有關酸鹼概念之研究，其中以法國 Cros et al. 於1986年研究大一新生⁽²⁾，1988年研究大二學生⁽³⁾及加拿大 Ross 於1991年研究高中生⁽⁴⁾等酸鹼概念而發表之研究報告，最能表現出在這方面的趨向。本文即將學生們在酸鹼概念相關的知識結構、類型及其關聯，以及如何做研究的方法加以解析，並摘其研究結果，提供教師資訊，以增進教師的教學效果並作爲學生學習進展的指引方向。

研究方法與過程

Cros et al. 選定酸鹼主題，先以大一新生爲研究對象，首先以無結構型晤談，讓學生於酸鹼主題上自由表達。樣本抽取四十人，使研究者確定研究範圍的廣度。其次爲半結構型晤談，樣本採用另五十人，用以決定問卷的題目。最後是以問卷測試二百人，用以確定在晤談回答中各不同概念的相關比例。後續的大二研究，將問卷的瑕疵部份加以修改，測試一百四十五位大二學生，而用以建立問卷的晤談不再重複。

Ross 以一小群高中生更深入地探討酸鹼概念，並以概念圖（concept map）作爲探索性的研討方式。藉由學生架構成的概念圖與課程衍生的標準概念圖比較，以分析學生的瞭解程度及迷思概念（misconception）所在。研究者先由當地教育部的化學課程指導方針建立標準概念圖，如圖一。利用此標準概念圖設計選擇題測試題目並作爲晤談參考資料及結果描述。設計的選擇題測試共二十五題，於圖一標準概念圖上所出現的數字即是表示選擇題的題號。樣本測試高三學生三十四人，測試結果作爲選擇參與晤談學生的一項根據，並作爲對學生酸鹼瞭解程度的定量參考資料。接著以當面晤談收集定性資料，選出代表化學成就高中低三階段的八位同學參與，晤談採取開放式自由回答



一 五

方式，討論的主題有四項：

- (1) 日常酸鹼現象：將常見的家用品歸類酸鹼性。
- (2) 酸鹼概念：按測試結果的難易順序，由易至難討論。
- (3) 對酸鹼的看法：要求學生簡單說明對酸鹼的瞭解程度並寫下對酸鹼可連想到的五個字或五句話。
- (4) 迷思概念：整理該生的定量定性資料，分析其概念。

每項主題內容表示在卡片上，學生需回答卡片上的問題，並鼓勵其寫出答案或化學方程式作輔助說明。最後是構成每位晤談學生的概念圖，先自標準概念圖移去缺失概念 (missing concept)，再以“*”表示迷思概念，即構成個人概念圖。

結果與討論

法國的大一大二研究成果予以綜合比較，特針對問答題討論：

(一) 定義“酸”？

回 答 方 式	大 一	大 二
描述性定義 ($\text{pH} < 7$)	23 %	5 %
布忍斯特定義	47 %	82 %
阿瑞尼士定義	14 %	——

學生的回答在描述性定義減少而布忍斯特定義遽增，可見學生概念已較科學化。

(二) 寫出三種酸的化學式？

回 答 方 式	大 一	大 二
HCl	93 %	86 %
H_2SO_4	61 %	67 %
CH_3COOH	56 %	69 %
HNO_3	36 %	——

其中以鹽酸最多人回答。特別的是硫酸和醋酸在大一與大二回答的人數排列次序改變。

(三) 定義“鹼”？

回 答 方 式	大 一	大 二
描述性定義 ($\text{pH} > 7$)	23 %	5 %
布忍斯特定義	47 %	63 %
阿瑞尼士定義	14 %	25 %

學生的回答在描述性定義方面減少，但較科學化概念的布忍斯特定義進步的狀態不如酸。而阿瑞尼士定義在法國大一課程已不再教授，但所佔的人數不減反增，可見予人的印象深刻。

(四) 寫出三種鹼的化學式？

大一學生有 43 % 無法舉出三種鹼，大二學生亦有 41 %，可見學生對鹼的表現較酸差。研究者歸納原因有二：

1. 語言因素：酸的命名總以“酸”字為前導詞，如：acid nitrique，但鹼命名却從未以“鹼”字當前導詞。
2. 教師較注意酸的教授勝於鹼。

回 答 方 式	大 一	大 二
NaOH	90 %	第 一
NH ₃	46 %	第 三
CH ₃ COO ⁻	25 %	第 四
KOH	15 %	59 % (第二)
H ₂ O	9 %	第 五

阿瑞尼士定義對學生的影響可由放出 OH⁻ 的鹼，最常被提到而看出，如：NaOH。

而不含 OH⁻ 的鹼，提到的比例較少，如：CH₃COO⁻，H₂O。

(五) pH 的定義？

回 答 方 式	大 一	大 二
數學表示式寫錯	15 %	——
$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$	48 %	71 %
描述性定義 (酸度的測量)	17 %	13 %

學生回答描述性定義的改變不多，但 pH 值的數學表示較前為精熟。

(六) 將鹼溶液加入酸溶液，發生什麼現象？

1. 中和。
2. 溫度改變。
3. pH 值減少。
4. pH 值增加。
5. 產生 pH = 7 的溶液。

(以 1 至 3 的量數，表示不確定至非常確定，指出作答的信心度。)

在大一研究中，研究者事後認為 1、5 小題題意不清，不作討論。並在大二研究中，修正後改列他題。

其中第 2 小題溫度改變，學生回答的不同比例為：

回 答	大 一	大 二
對	41 %	47 %
(非常確定)	28 %	12 %
錯	46 %	31 %

研究者認為回答此題，學生需注意實驗結果。但為了經濟、安全的考慮，一般學生實驗都操作稀釋溶液，故酸鹼中和放熱造成溫度少量變化的現象不易被觀察到。因此，研究者建議法國大學課程宜從濃酸、濃鹼的反應驗證中和放熱，不但效果明顯，並可使學生瞭解內含的危險性。

在第 3、4 小題 pH 值的變化部份，大一學生正確作答：pH 值增加的人數佔 84 %，非常確定自己答案的佔 76 %，而答錯的僅佔 10 %，未作答的佔 6 %。針對酸鹼中和放熱問題，後續的大二研究增列一題有關於弱酸和強鹼的反應。結果，大二生不知道者佔 23 %，答放熱者佔 39 %，有 38 % 認為沒有變化。可能是學生認為弱酸的表現無法和強酸比較，造成有關弱酸和強鹼的放熱問題更難為學生所理解。

(七) 強酸和弱酸有何不同？

在此題，大一與大二的回答沒有明顯差異。

(八) 指出可飲用溶液的 pH 範圍？

大一生認為可飲用的溶液 pH = 7 者佔 100 %，而 pH = 5 ~ 9 的溶液可飲用者佔 75 %。後續的大二研究題目經修改後，願意喝 pH = 6 之溶液的大二生佔 50 %。事實上，如檸檬汁、可口可樂的 pH 值約 2.5，橘子汁的 pH 值約 3.8，可見學生的科學概念並未與日常生活有效連接。

綜合以上結果，Cros et al. 認為法國大一、大二生的知識多為定性且形式化，

欠缺具體現象的概念作用，如：實驗與實用部份，使得學生無法應用這些科學概念至日常生活中，故建議課程中的實用部份應包括純化學以外的問題。

加拿大 Ross 對三十四位高中生測驗相關酸鹼概念二十五題⁽⁴⁾，學生得分分佈範圍為 7 ~ 19，平均值 = 14.32，標準差 = 2.96，信度 $KR_{20} = 0.454$ 。所有的題目皆出自標準概念圖，故可確定具有內容效度。由成績顯示，對學生而言難度最高的是離子，依次為鹼、中和、酸、pH 值、日常生活現象。特別的是鹼的難度高於酸，正可支持前述法國大一、大二研究。

研究者利用選擇題測試之定量資料和晤談結果之定性資料決定了參與晤談學生的個人概念圖。以兩位學生 Ishmael 和 Letty 作代表說明。

Ishmael 個案討論

該生選擇題答對十三題，屬於中等程度。但晤談的結果甚佳，其個人概念圖幾近於標準概念圖，如圖二。除了五項迷思概念外，僅中和概念不完整。

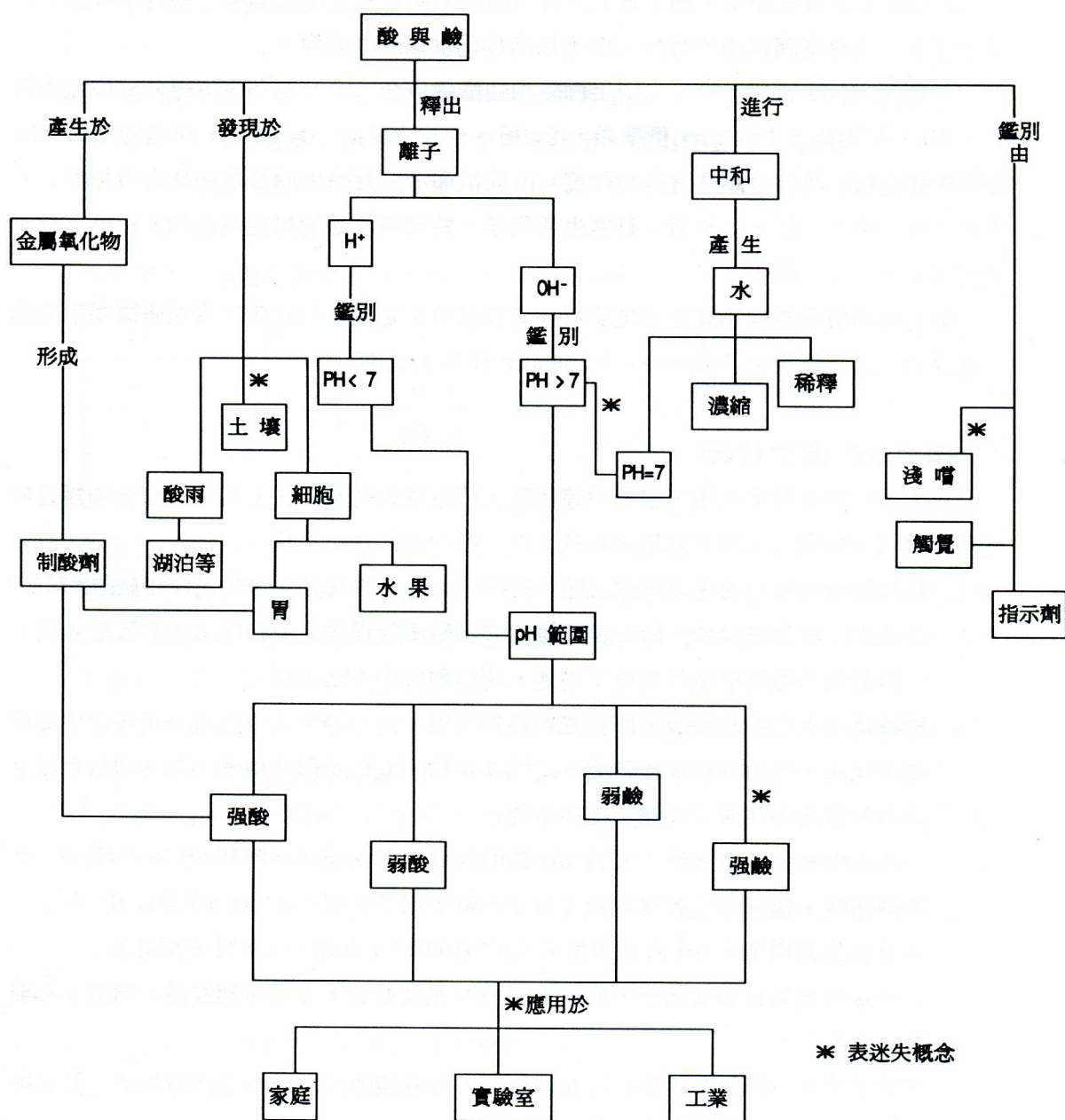
- (一) 日常酸鹼現象：選擇題測試五題答對四題，並可將常見之家用物品作正確酸鹼歸類。會應用日常化學知識，如：瞭解鹼性的制酸劑對胃酸之中和作用，熟悉電池酸，但對於酸雨的瞭解僅限於簡單描述，認為酸雨中不含硝酸。
- (二) 酸鹼概念：在中和部份，測驗五題答對三題。於晤談中，可完成一正確之中和反應方程式，可是却從未提到鹽。詢問其產物 KCl 是何？他亦不知。故假定該生的中和概念中缺失了“鹽”這些產物。

在指示劑和 pH 值部份，有關 pH 值的題目全錯。要求他解釋 pH 值和 H^+ 及 OH^- 的關係時，他回答「若得到較多質子，較少電子，則 OH^- 的 pH 值較 H^+ 低」。可見該生混淆了，pH 值應與離子（ H^+ 和 OH^- ）有關，而非質子和電子。

在酸鹼的強弱和濃度部份，他具有足夠的濃度概念，並能區別強酸（鹽酸）和弱酸（醋酸）。

在離子部份，測試有關離子的五題全錯，由晤談中發現他知道何謂離子，但却無法將離子概念和標準概念圖的其他概念連接。

- (三) 對酸鹼的看法：他認為「酸含有 H^+ ，嚐起來具苦味，在皮膚上有刺痛感，具腐蝕性，澄清，無色。」對酸可連接到「刺激味，液體，可中和鹼， H^+ 」。而對鹼可連接到「pH 值， OH^- ，滑滑的」。



|shmae| 的概念圖

二 三

(四) 迷思概念：

1. 鹽酸和氫氧化鈉中和時產生氣體。
2. 酸與鎂「混合」時，氫從酸中被取代出來。
3. 因強酸比弱酸含有較多的氫鍵，故自強酸中可取代出較多的氫。
4. 酸嚐起來有苦、辣味。
5. 凡具有強烈刺激味的物質就是酸。

Letty 個案討論

該生選擇題共答對九題，是八位晤談學生中最低分者，為低等程度，其概念圖如圖三。

(一) 日常酸鹼現象：五題僅答對二題。當被要求歸類物質酸鹼性時，她將所有的食物（包括水果）皆歸為鹼性。描述制酸劑是指不會和酸作用的物質，亦不瞭解酸雨的形成。

(二) 酸鹼概念：在中和部份的題目答對二題。在晤談中，給她酸鹼反應物，可說出水是其中一項中和產物，但無法說出另項產物是鹽。

在酸鹼的強弱及濃度部份，雖然她知道鹽酸是強酸，但却不認為醋酸是弱酸，並堅持醋酸的反應雖然較慢，但仍是強酸。

在 pH 值部份，相關的題目全錯。詢問有關 pH 值的問題三次，答案都是不知道，亦無法舉出 $\text{pH} = 7$ 的例證。

有關離子部份，答對二題。她知道於水中、酸中可發現 H^+ ，但認為含有 OH^- 的物質仍是酸，不可能是鹼。

(三) 對酸鹼的看法：她較瞭解酸甚於鹼。對酸的概念是「很強，會灼傷，化學藥品，是液體或氣體。」而對酸的連想亦用了類同的字彙來描述。在鹼的方面，她無法說出一些鹼的名稱，對鹼的連想僅寫出「液體、溶液」。

(四) 迷思概念：

1. 所有的酸，都是強酸。
2. 酸不能嚐。
3. 會灼傷的物質就是酸。
4. 酸都有毒性。
5. 水果是鹼性。

三
圖

在其它參與晤談的學生中，有五人誤將氨水和漂白水歸類為酸，而測試最高分的同學認為土壤不可能是酸性，因為沒有生物可長在酸裏。大部份的同學無法解釋化學方程式所提供的訊息，亦不清楚金屬的活性順序。故研究者認為高中生仍保有日常生活經驗所造成的迷思概念，無法與正確的科學概念連接。可能需要更多的教學時間，才能有助於學生瞭解科學概念，特別是如：離子、pH 值等問題。

結 論

研究方法是整個研究設計的重心，亦是成功的要訣所在。所謂「工欲善其事，必先利其器」，故本文特將上述三篇研究報告中，提出其所採用的研究方法與其結果。

(一) 晤談法：依據不同的目的選擇不同的類型方法。

1. 無結構型晤談：用以挖掘有關研究問題不同層面的廣泛意見，以便對問題作深入瞭解。晤談的情境是開放的，問題可隨機引發，過程具有很高的彈性與自由。適用於研究初期，協助研究者確定欲研究的問題⁽⁵⁾。
2. 結構型晤談：用以收集普遍性意見，希望被晤談者的反應是可比較出差異，並可分類，以便答案可加以標準化。晤談內容與程序和問題，事先均標準化。適用於研究後期，可考驗假設⁽⁵⁾。
3. 臨床晤談：用以瞭解被晤談者的問題、情況，常以測驗的結果作輔助工具，兼具有診斷及治療的功能⁽⁵⁾。

(二) 問卷測驗：乃最常用來驗證假設及分析結果的方法。在決定問卷測驗的內容方面，可利用晤談法決定測驗內容的主題，關於選擇題的題幹及選項亦可參考晤談過程中所提供的訊息。另一決定測驗內容的方法是以概念為中心來命題，自課程中抽取有意義且重要的主概念構成概念圖來協助命題。在編製試題時，可將單元中的概念融會貫通，並且連接相關概念，不致流於片斷知識的評量，確定評量的效度。

(三) 概念構圖：概念圖具有階層性，對於一般性、概括性的概念在圖的上端；而較精細、較狹隘的概念在圖的下端，以表達概念架構的變化。同時，在兩個或多個概念間用有意義的連接語連接，以顯示概念間的關係。對於不同區域的兩個概念間之關係可以交叉連接表示。為了使概念更具價值，可對概念給予確切的例證說明。概念圖可由教師或學生構圖。由教師建構概念圖，可建立完整的課程架構，有助於老師有效教學及設計命題。而由學生建構的概念圖，可加以比較並計算得分。一方面可探究學生已有的知識，並顯示其迷思概念；另一方面可作為教師評量學

生的工具，呈現學生教學前後的差異，評測其知識架構的改變⁽⁶⁾。

晤談法、問卷測驗與概念構圖，在研究與建立科學概念的發展與學習進展 - 指標時，是一套相當完整的哲學與建構方法，

參考資料

1. 方泰山，民 80 年，“科學教育指標之研究：化學學習進展指標(I)”，國科會研究報告。
2. Cros, D., Maurice, M., Amouroux, R., Chastrette, M., Leber, J. and Fayol, M. (1986). Conceptions of first-year university students of the constituents of matter and the notions of acids and bases. European Journal of Science Education, 8 (3), 305-313.
3. Cros, D., Chastrette, M. and Fayol, M. (1988). Conceptions of second-year university students of some fundamental notions in chemistry. International Journal of Science Education, 10 (3), 331-336.
4. Ross, B. and Munby, M. (1991). Concept mapping and misconceptions: a study of high-school students' understandings of acids and bases. International Journal of Science Education, 13 (1), 11-23. 詳見 Ross, 碩士論文，加拿大 Queen's 大學，Kingston, Ontario, April, 1989 年，內有評量工具。
5. 蔡保田等著，民 78 年，“教育研究法”，復文圖書出版社，頁 126-141。
6. 方泰山，廖煥熙，民 80 年，“由命題的頭腦體操論化學概念分析”，科學教育月刊，(139)，頁 2～8。