

美國高中有機化學的學習——問題與期望

洪志明 黃芳裕 王澄霞
國立臺灣師範大學化學系

本文是根據對美國九十所高中的有機化學教學與學習活動所作的調查研究，以及研討傳統上高中有機化學的教學與學習，來分析現在學生的學習成果，並討論將來化學課程的方針。

在採用 CHEM Study 作為高中化學課程的基本教材以前，1961 年 Bishop 和 Gascoigne 對此方面所作的評論似乎最為中肯⁽¹⁾：「由於長期的忽略了有機化學……傳統上在學校裏並不教授這一章，至少在最近卅五年中，從未要求教師們去教任何關於有機化學的教材。因此，不論是教師或學生，很少人在中學階段有此方面之經驗。」在學校的教材中，對幾種簡單的碳化合物只作純敘述性的介紹，其學習結果的有效度，Meehan 和 Prosser 曾作了評論。他們相信⁽²⁾：「一般上有機化學課的學生，視有機化學為不相干且令人厭煩的事，只有在需要時以死背的方式去學習，將來還是避免去接觸它。」

從當時的化學課程大綱，也可看出對高中有機化學學習的缺點。中學化學課程就是將來學習高深化學的基礎。大學的化學教師們常以為，入學的新生，應已具備相當豐富的化學知識，但通

常這種期望是太高了，而且教授們對於中學生應如何發展更多觀念和推理的能力也沒有好的建議⁽³⁾。

CHEM Study 教材的設計要旨

有機化合物的學習設計，是要把先前已學過的原理，應用到碳元素上⁽⁴⁾。在有機化學概論這章中，強調的中心主題是化合物結構的重要性，而不是化學組成。用先前學過的概念於碳化學概論這一章的有：

烴的燃燒
酸和鹼——乙酸
共價鍵結
分子結構
雙鍵與同分異構物

用在 CHEM Study 中的這些概念，反映其對有機化學的中心學習目標，是碳化合物的結構，而不是要顯示複雜的有機化學知識。

教師們對於教材的有效度和在指導過程中所用教學法的意見，綜合如下：

1. 與其他主要的概念相比較，教科書中有機化學這章的陳述和範圍是不夠的。
2. 教科書中有機化學這章所提到的內容是足夠的，但介紹的順序不適當，教學時間顯然非常不足。
3. 教科書中主題的發展，和教師所採用之教學順序相類似，即用官能基、分子結構、相關性質的順序。
4. 教師們廣泛地利用 CHEM Study 中的兩部有機化學影片，以及學生的實際經驗和作業。

以教師的觀點看現行高中有機教材的成效

問卷中列有適合於高中有機化學教材的 55

個目標，由九十位教師填答。這些目標用學生行為的術語來敘寫，可代表現行有機化學教材的成效。要求教師表示經過現行的高中教材訓練後，學生獲得這些目標的可能性。問卷的式樣如下：

現行教材的目標——教師觀點

-
- 不可能
不太可能
未決定
可能
非常可能
-

(1) 能了解有機化學的範圍及有機化合物的用途和重要性與生活的關係。

(2) 了解古生物與石油形成的關係。

(3) 能說明由無機物可合成有機物，如光合作用。

(4) 從定性分析所得的元素組成，計算簡單有機化合物的實驗式和分子式。

(5) 由檢驗化合物的化學反應，能確定含簡單官能基的該化合物之結構。

對所得數據作了幾種分析，以把教師分組，指出各組的特性和它們不同之處。確定每一小組後，用區別分析的方法，決定各小組如何不同。

教師共區分成六組，此六組可用原始數據主要成分分析之後，所確認的七個因素來描述。這七個因素是：

因素1 CHEM Study 教材以概念為中心的特性

因素2 發展有機化合物應用於社會的認識

因素3 發展基本的實驗技巧

因素4 了解一些合於人類需求的特殊有機化合物之化學

因素5 認識簡單烴類的傳統製備法及性質

因素6 用反應機構說明化學反應的進行

因素7 了解有機化合物的一般本性及其來源

CHEM Study 對於有機化合物的研討方法是以概念為中心目標，各組教師對學生獲得此一目標都表示相當贊同。所有教師都覺得學生學過有機化學教材後，未能得到足夠的基本實驗技巧（如熔點與沸點的測定、部分蒸餾的操作等）。此種發現並不感意外，因為學生實驗指引中並不強調特殊實驗技巧的發展。傳統上由於入學的新生缺乏實驗技巧，大學教師對於大一實驗課的反應感到失望。

六組間最顯著的差異如下：

- * 使學生認識社會對某些特殊有機化合物的需要。
- * 用CHEM Study 參考資料 (resource materials)，更深入更廣泛地來處理以概念為中心的研討方式。
- * 以化學組成和分子結構來說明與人類日常生活相關的有機化合物之功用（如清潔劑、脂肪和蛋白質）。

各組間的主要差異，是在於每一組對高中有機化學教材在上述三方面所強調程度的不同。

第二組強調學生獲得有機化合物在人類物質需求上的特殊貢獻。第一、三、四組並不如此強調此一點。第一組和第三組強調要增加CHEM Study中的深度，並且包含更多簡單烴類的製備技巧和特性反應。第四組的教師主要強調學生在學過最低限度的CHEM Study 教材內容後，知道一些有機化合物在社會上的應用。第五組和第六組人數很少。值得注意的是第五組對全部的目標都相當地贊同，因此需要增加教材中有機化學部分的內容與教學時數。第六組與第三組的教師有相同的見解，並同意用CHEM Study 的研討方式，能使學生達成更多以概念為中心的目標。

總而言之，大部分的教師了解到他們在學校中教學活動，包括CHEM Study 所含之內容目標。大約有70 %顯示，擴大這些目標至包含學

生了解有機化合物對社會的貢獻，或對某些與人生有關的特殊化合物之學習，剩下之 30 % 學習目標強調學習更深的概念。

學生對CHEM Study 教材目標的學習成就之測量結果

把含有三十個項目的問卷，給 180 位大學理科新生填答。此測試的困難程度，是應用 Whitfield 和 Newall⁽⁵⁾ 所述的四類認知能力來決定。問卷中對於每一認知能力的問題比例如下：

認知類別	比 例
知識	10.0 %
理解	30.0 %
應用	56.7 %
更高層次	3.3 %

所測得 180 位大學理科新生的學習成就為：平均分數 (mean score) = 12.0，標準差 = 3.5。

此測驗項目的分析結果，顯示有十一個問題的難度指數為 0.30。與此相關的內容為：

同分異構現象

聚合作用

命名與相關的官能基

官能基的互變

實作技術

反應機構

大部分學生能夠深入了解的內容有：

有機化合物的天然來源

實驗式和分子式的測定

碳原子的鍵結能力

同系物的特性

總而言之，學生的學習成就是令人感到失望的。此成就的標準與教師所期望的結果並不一致。教師們用“結構與性質間的關係”來討論有機化合物時，大部分是敘述一些事實，較少去推論

其原理。此做法似乎與 CHEM Study 的設計精神相違，且也受到高中有機化學教學時數的限制。其最終結果，學生只不過是零碎且不連貫地了解到一些有機化合物結構和性質間的關係。

對高中有機化學教材的期望

問卷中也曾問化學教師們，對於現行高中有機化學教材中的 55 個目標，期望作那些更改。把收回的九十份問卷，依照先前的統計方法處理，可將教師分成六組。第一組最顯著的特色是強調，希望在將來的教材中，包括巨分子化學在生化方面的應用，與人類日常生活有機化合物的用途以及它們對社會所帶來的影響。加上 CHEM Study 中以概念為中心的目標和包含發展特別技巧的實驗教材是他們所希望的。

強調科學對社會的影響，並不是第一組獨有的看法。所有各組對此目標都相當重視，這方面是 CHEM Study 所欠缺的，並且證明教師們現在感覺到需要引入合適的教材，使它直接與學生的環境相配合。

第四組和其他組顯然不同的地方，是更強調 CHEM Study 教材中，對於認知能力的獲得，用反應機構，來說明和推測有機化合物之活性。應用先前學過的知識，以解釋相關有機化合物的化學行為。

第三組並不強調以概念為中心的教材之認知能力的獲得，他們認為需要設計以實驗為中心的課程，但也把已學過的有機化合物知識，應用到社會上。他們認為，用化學知識來解釋所觀察到的。對人們有用的特殊化合物之性質，是所期望的將來課程之目標。

一般說來，都希望擴大傳統上以主題為中心的有機化學，各組也都同意需要增進學生學習化學的興趣和促進他們對化學和化學家的積極態

度。假如這些一般目標均已達成，新有機化學的教學和學習的方向，須包含兩方面：了解現代化學對社會的責任和評價，與其用途的重要性和影響。意見最為分歧的是有機化學基本內容的深度及有機化學是否有時需要先離開本題，加入適量合於社會需求的教材。

結 語

假如要使高中有機化學的學習成功，並且考慮學生人數增加引起的不同需求，有機化學的教學與學習方法，必須要大幅修改。現行教學方法的結果，只有少數的學生達成教學目標。這些教學結果，好像是教師受到CHEM Study或其他類似教材，過於強調純以概念為中心的研討方法之影響。

教師們期望將來能擴大高中化學教材的內容。他們了解到合適的有機化學教材，必須要含有概念和對社會的重要性兩方面，並且二者之間要有連繫。即有機化合物擔當一個獨特的角色，作為自然科學和人文科學鴻溝間的橋樑。

事實上，沒有一本教科書的內容能同時適用於各種需求的學生。將來要學理科的學生，需要多了解概念如何發展與其學理結構；要學文科的學生，則只需要知道一些基本原理及其在人類生活上的應用即可。我國現行高中化學教材，就是依照此一原則分成自然科組和社會科組兩套教材。目前國內正在進行的高中科學課程改進計畫，是希望用選科代替分組，對於不同意願的學生，經過高一基礎科學的訓練後，可以自己的興趣和需要，選修科學課程中不同的科目與不同程度的內容，而與本文所提到的一些期望相符合。

參考資料

1. Bishop, M., and Gascoigne, R.M.,
"Approach to Chemistry," Holstead Press, Sydney, 1961, p. 183.
 2. Meehan, A. O., and Prosser, R. J.,
Australian Science Teachers' Journal,
19, 3, 17, (1973).
 3. Holliday, A. K., and Hughes, W.J.,
Chemistry in Britain, 7, 208 (1971).
 4. McClellan, A.G., (Editor),
"Teachers' Guide — Chemistry: An
Experimental Science," W.H. Freeman,
San Francisco, 1963, p. 587.
 5. Whitfield, R.C., and Newall, A.B.,
"Multiple Choice Tests for Advanced
Level Chemistry," Longmans, London,
1971, p. 5.
- (取材自 Beasley, W., J. Chem. Ed., Vol. 57, 807 (1980).)