

心理學與哲學在科學教育上的應用

——概念圖與V圖的理論、製作與應用

何寶珠

基隆市立成功國中

在教學上，教師常懷滿腔熱忱，極欲將所學傾囊授予學生。但是他們却時常遭到莫大的挫折，因為學生沒有將知識融會貫通，只能作片斷的記誦，既無法接受深層的知識，亦不能作一般的應用。然而讓學生能透徹理解教材、應用所學的知識、分析問題、綜合思考，以解決問題，難道是一個愚昧的夢想嗎？這個困擾教育界許久的問題，似乎不能以「學生不肯去學」或「教師不重教學法」來回答，而應回頭檢視問題的癥結所在，心理學與哲學在這方面給我們教師很大的幫助，茲將它們在科學教育上的一項應用——概念圖（Concept map）與V圖（Vee map）的理論、製作和應用分述於下：

一、理論基礎

在教學上，教師須分析知識的結構，配合學生的認知情形組織成合適的教材，以利學生的學習。所以教師、學生與知識形成密切的三角關係，教師與學生相互作用，達成知識意義的共享（shared meaning of knowledge），乃是教與學的至高境界。

著名教育心理學家奧斯貝（D.P. Ausubel）曾說：「假若要我將教育心理學縮減成爲一條法則，我一定要說影響學習最重要且唯一的因素是學習者所已經有的知識，教學上應確認這點並據此而施以教導。」他的學習理論對科學教育有相當重要的影響，其內容主要有下列幾點：

1. 有意義的學習（Meaningful Learning）

有意義的學習與一般記誦式的學習有所區別，前者是指學習者意識上的努力，以使新知識和已存在的舊概念達成關聯，而後者只是無規則的，逐字的將新知識放入認知結構中，但此兩者也並不是截然二分的，而是連續性的，其相對程度會依學習設備和學習

者的認知分化而有差別。

2. 統合 (Subsumption)

有意義學習的結果並不是知識的擴增，而是新知識和已存在的舊概念相互同化，進而改變學習者的認知結構，形成有層次、有系統的組織。起始概念是統合因子 (subsumer)，有意義的學習就是這些統合因子與新知識的統合過程，這過程包括：(1)新知識與相關概念的連結。(2)分化統整相關的概念而充實與加強原有的認知結構。

3. 遺忘的統合 (Obliterative Subsumption)

有意義的學習所獲得的知識雖比記誦式學習能保留較長時間，但遺忘仍會發生。可是這種遺忘只是一些細節概念的遺忘，其殘留概念仍有利於相關新知的學習。

4. 漸次分化 (Progressive Differentiation)

當新知識不斷的與舊概念統合，則概念間產生新的連結，使整個認知結構重新調整，更加充實、精緻和複雜。這個過程自兒童開始直到成人，此時新概念的進入不再是「獲得」，而是被「分化」。

5. 超屬的學習 (Superordinate Learning)

當新的例證不斷獲得，有時也產生超屬的概念，例如兒童學習了貓、狗、人等等，他會意會到這些動物的相同屬性，而形成「哺乳動物」的概念，如此就是超屬概念的學習。這種學習也發生於漸次分化的過程中，而使次屬的概念有了新的意義。

6. 統整的調和 (Integrative Reconciliation)

當超屬的學習發生時，有時概念會產生矛盾，例如肛門到底是屬於消化器官呢？還是屬於排泄器官呢？最後學生能分辨這是由不同的觀念出發，肛門排出消化後的食物渣滓，是跟消化有關，而排出廢物亦跟排泄有關。同時他們也了解不同的符號可以指相同的概念，而相同的符號有時也可以代表不同的概念。語言與文字不過是概念的符號而已，此時統整的調和在他的學習上變得更形重要。

從這些學習理論衍生而來，奧斯貝認為教材結構須呈階層式的，涵蓋性較大，較抽象的概念在上層，涵蓋性較小，較具體的概念在下層，以配合兒童的認知結構，才能達成有意義的學習，否則只是機械式的記誦，不能加以應用，也會很快的遺忘。

二、概念圖 (Concept map)

概念在有意義的學習上擔任一個重要的角色，所謂概念是事件或物體的屬性以符號

表示者，當人們尋出事物的規則性而用符號代替它時，就形成了概念。概念的內涵並非靜態的，隨著知識的增加，人們對概念的意義也會發生改變。當概念與其他概念連結時，它會成長和轉變，於是就形成命題（proposition）。例如天空與藍色是兩個不同的概念，當連結而成「天空是藍色的」就成為一個命題。當兒童隨著年齡的成長，他將了解天空充滿了空氣，而空氣是無色的，空氣中的粒子散射太陽光，才形成藍色的天空，如此「天空是藍色的」意義也發生了變化。

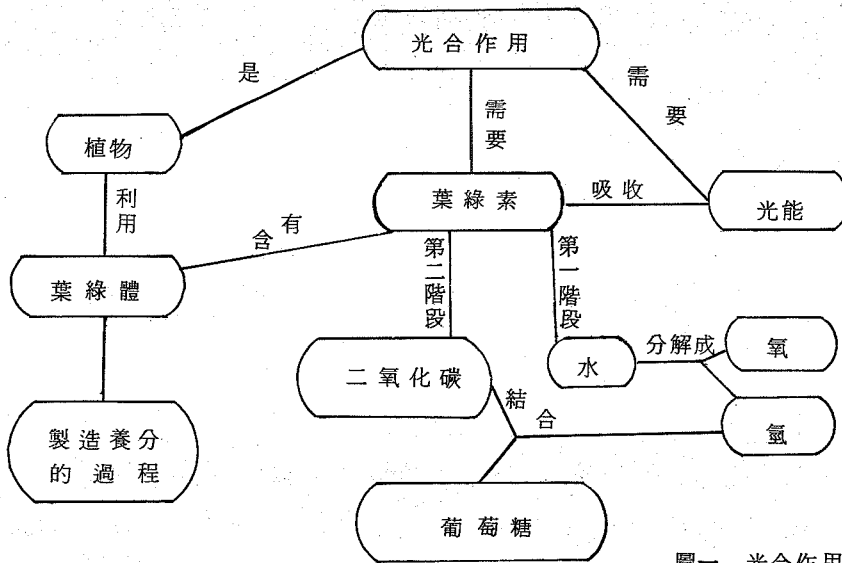
為了讓學生達成有意義的學習，Cornell 大學的 Novak 教授創立一種幫助學生組織概念的方法，他稱之為概念圖。製作概念圖的目的是用來說明概念的階層關係，因此必須先對知識作意義的澄清與統整，選出包含主要概念的字詞，然後將這些概念分類及組織，最後用線連接各概念，每一條線上並加上一個連接的字詞，使線兩端的概念成為通順的命題形式。

茲以國中生物第四章光合作用為例，說明如下：

課文內容：植物的綠色細胞中，含有葉綠體。葉綠體內有葉綠素，葉綠素可以攝取日光中的太陽能，利用這種能量，細胞便可以製造養分，其過程叫做光合作用。除了光和葉綠素以外，光合作用尚需要二氧化碳和水作為原料。光合作用的過程包含兩個階段。第一階段為藉葉綠素之助，利用太陽能將水分子分解為氫和氧。氧便釋放至空氣中，平日我們呼吸所需的氧，大部分都來自光合作用。葉綠素所攝取的另一部分能量則用來協助進行光合作用的第二階段，這些能量可以使來自水中的氫和細胞內的二氧化碳相結合，經過一連串的組合便形成葡萄糖。

製作過程：

1. 選出包含主要概念的字詞，如上文中文線部分。
2. 將這些字詞分類及組織起來，成為三組。
 - (一) 光合作用、植物、葉綠體、製造養分。
 - (二) 光合作用、葉綠素、光能。
 - (三) 水、氫、氧、二氧化碳、葡萄糖。
3. 用線連接各概念使成為命題。



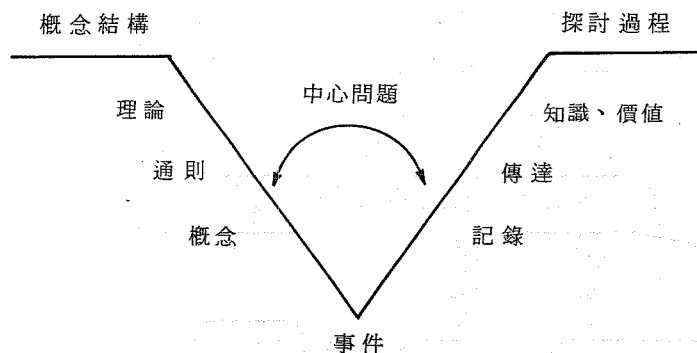
圖一 光合作用概念圖

三、知識的V圖 (Knowledge Vee)

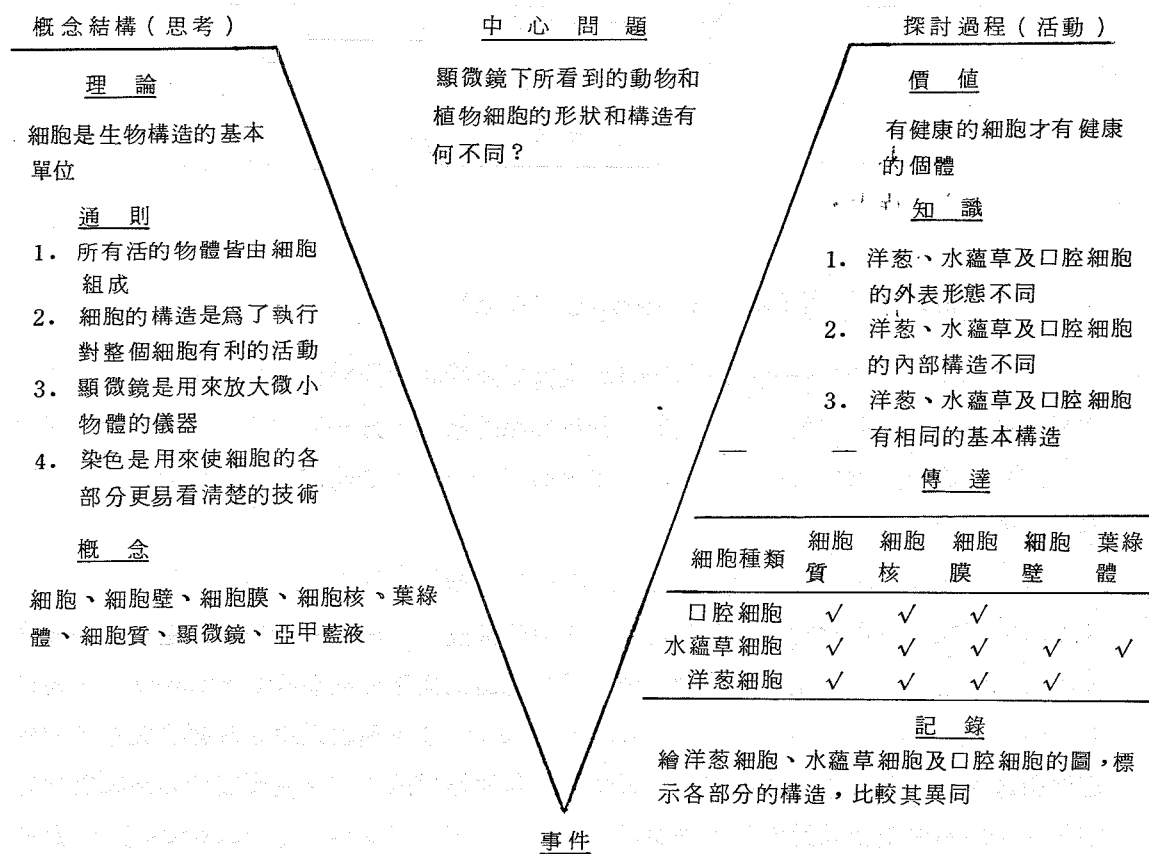
Cornell 大學的另一位教授 Gowin 從哲學認識論的觀點探討知識的本質，他認為知識的產生可由兩方面進行，一方面是分析知識的結構，另一方面是探討知識的形成過程。這兩方面都起源於所發生的事件 (event) 上，於是他使用「知識的V圖」以說明知識的內容。

圖二是知識V圖的模式，V的尖端是事件，它是指用以探討問題的器材及現象，是研究知識的焦點。所探討的中心問題置於V上方的架橋上，表示它是由研究過程通往概念理論必經的途徑。V的左臂是將知識依階層高低由上而下分成理論 (theory)、通則 (principles)、和主要概念 (key concepts)。理論是用來解釋研究結果的普遍性敘述。通則是指兩個或兩個以上觀念相關聯而形成的敘述。主要概念是指關鍵性的字詞。V的右臂是依探討過程由先而後，自下而上列出記錄事項 (records)、資料傳達 (transformation)、知識及價值 (value) 的宣告 (claims)。這些相當於實驗的方法、結果與結論。

圖三是知識V圖的一個範例，取自國中生物第三章——生物體的構造，在此圖中，簡明扼要地列出細胞的理論、通則、概念，以及探討細胞知識的方法與過程。



圖二 知識的V圖



圖三 細胞知識的V圖

四、概念圖與V圖在教學上的應用

建構概念圖/V圖幫助澄清不熟悉的觀念，此在教育上的應用是無可限量的，已經有許多論文提出應用概念圖/V圖的研究成果。這方面除了前述 Cornell 大學的 J.D.

Novak 和 D.B. Gowin 兩位教授之外，尚有 A.L. PINES (Sonoma State U.)，G.J. JOHANSEN (Cornell U.)，C.R. AULT, JR. (Lewis & Clark College)，J.D. LEHMAN，J.B. KAHLE (Purdu U.) C. CARTER (Stillman College) 等等曾提出有關的研究報告，綜述其應用有下列數項：

1. 教學演講的預備：

將教學內容歸納成概念圖 / V 圖，省時方便，各概念間又有脈絡可循，可以代替冗長的教案。

2. 課程設計

應用概念圖 / V 圖於課程設計或教科書的編寫，使課程內容更有組織和關聯。

3. 分組討論

進行團體討論式的教學時，沿著概念圖的發展，建立有系統的論題，使討論得以完備及有效的進行。

4. 實驗報告

訓練科學資優學生時，以 V 圖代替傳統的實驗報告，既簡明便利，又能從中了解學生的概念，這是值得一試的創新作法。

5. 讀書報告

在教學前可指定學生研讀課本中某些單元，教他們將內容作成概念圖，以檢視學生的了解程度，作為教學的參考。亦可在教學後，讓學生整理教學內容，或指定課外讀物的讀書報告。

6. 評量

以概念圖 / V 圖代替傳統的評量，可以製作一個評量標準，以學生概念的獲得及正確性作為給分的依據，以為一項評量的參考。

7. 電腦輔助教學

應用概念圖於電腦輔助教學上，以傳達完整的知識結構，建立各螢幕畫面的關聯性。

8. 個人進修

以概念圖 / V 圖記錄讀書心得，可獲得有意義的學習，又可供日後參考。

9. 課業複習

將教材單元綜合整理成概念圖 / V 圖，可以幫助學生複習課業內容。

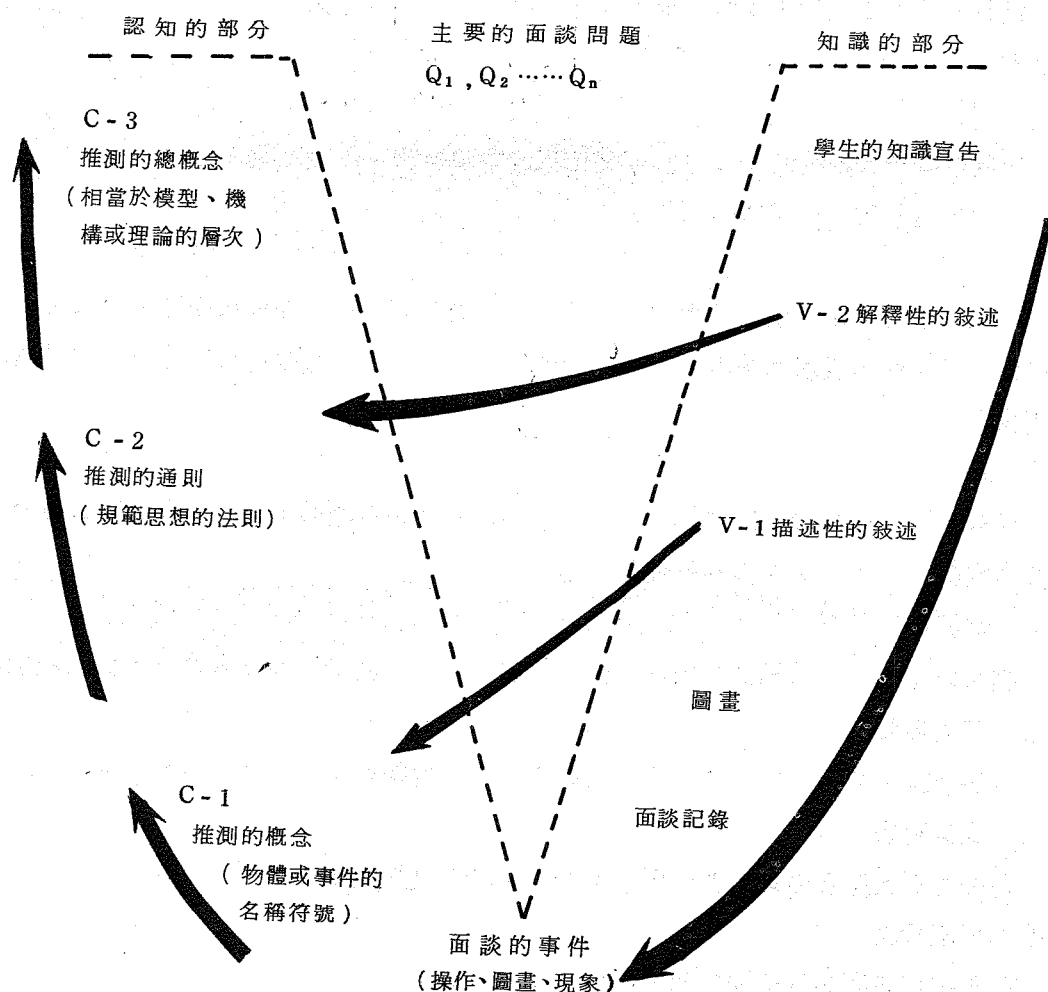
10. 面談分析

此為一項新開發的研究技術，詳述於下一部分。

五、面談的V圖 (Interview Vee)

了解兒童的認知結構，可以評估教學的成效，亦可以作為改進課程的參考。1920年代著名的瑞士心理學家皮亞傑 (Jean Piaget) 建立了一套有效的研究方法——面談 (interview)，以分析兒童認知能力的發展。Novak 等將這種方法引用到科學教育上，以推測兒童的科學概念。

通常作面談須要先有一個主題。為了保持原有記錄，面談過程通常作錄影及錄音。面談內容往往瑣碎與拉雜，須加以整理，在保持記錄完整的原則下，以最有效和簡短的方式呈現出來，Gowin的V圖提供了最好的方法。Novak 稱之為「將面談放在V上」 (Putting an Interview on Vee)，其模式如圖四。



圖四 面談V圖的模式

製作面談V圖的步驟如下：

1. 首先由專家根據主題設立一個知識結構的理想模式，將這模式層分為理論、通則，和主要概念等元素，以作為分析兒童概念的基準。
2. 將理想模式的各組成元素依其階層關係製成一個空白的骨架，放在V圖的左方。
3. 把面談的問題放在V圖上方的架橋上，而將有關面談內容的事件放在V圖的下端。
4. 從面談的記錄中，將兒童所說的話分成描述性（descriptive）和解釋性（explanatory）兩部分放在V圖右邊，形成V-1和V-2。
5. 從兒童的答話中篩選出包含主要概念的字詞，經組織、連接之後，形成C-1層次，放在V的左下方，作為兒童認知結構的基層。
6. 確認控制主要概念的通則，即找出規範兒童思想的一些命題與法則，形成C-2層次，將其列在C-1的上方，作為認知結構的第二層。
7. 選取理想模式中兒童所具有的元素，填入V骨架的空白部分，此目的在於了解兒童到底具有專家概念的那些部分。
8. 總結各通則與概念，歸納成一個總概念（conception label），形成C-3層次放在V圖的左上方，以代表控制兒童思考的關鍵所在。此相當於模型、機構、或理論的層次。
9. 將有關聯的概念與通則用線連接起來。

面談的V圖用來整理面談的結果，以分析兒童的概念，如從化石中去拼湊出古代的生物一般。這是一項有趣且有效的研究方法，它為科學教育的研究開拓了一條了解兒童認知結構的途徑。

六、參考文獻

1. Ault, C.R. Jr., Novak, J.D., Gowin, D. B. (1988). Constructing Vee maps for clinical interviews on energy concepts. *Science Education*, 72(4). 515-545.
2. Ault, C.R. Jr., Novak, J. D., Gowin, D.B., (1984). Constructing Vee maps for clinical interviews on molecule concepts. *Science Education*, 68(4), 441-462.

3. Ault, C.R. Jr., (1985). Concept mapping as a study strategy in earth science education. *Journal of College Science Teaching*, 15(1), 38-44.
4. Novak, J.D., Gowin, D.B., Johansen, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge Vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67(5), 625-645.
5. Novak, J. D. (1982). Two aspects of meaningful problem solving in science. *Science Education*, 66(2), 731-749.
6. Novak, J. D. (1977b). An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education. *Science Education*, 61(4), 453-477.
7. Novak, J. D. (1979b). The reception learning paradigm. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(6), 481-488.
8. Novak, J. D. (1981). Applying learning psychology and philosophy of science to biology teaching. *The American Biology Teacher*, 43(1), 12-20.
9. Lehman, J.D. Carter, C. Kahle, J.B. (1985). Concept mapping, Vee mapping, and achievement: results of a field study with black high school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 663-673.