

從認知心理學探究教科書插圖設計 及其教學轉化

周珮儀

教科書主要包含文字與插圖，然而，以往教科書研究比較關注文字的研究，相對缺乏插圖的研究，特別是涵蓋教科書插圖設計、教學與學習的轉換情形的研究。因此，本研究基於認知心理學的訊息處理理論和認知負荷理論，透過個案觀察、訪談及文件分析，探討國中自然與生活科技教科書插圖設計，分析國中教師對這些插圖的評價和教學轉化情形，以及學生對它們的感受和學習評量表現。研究結果發現：從教科書書面課程、教師施教課程、學生施測課程到經驗課程相互影響，課程轉化正向發展，但系統性的轉化仍不足。因此本研究建議教科書圖文設計應檢視其是否符合認知原理原則；教師應發展促進學生圖文認知處理歷程的教學策略；學生應將插圖視為重要學習工具，發展圖文學習策略；書面課程和施測課程應重視其圖文形式的差異與轉化對學生圖文學習評量表現的影響。

關鍵詞：教科書、插圖、課程轉化、訊息處理理論、認知負荷理論

收件：2014年6月10日；修改：2014年11月11日；接受：2015年3月6日

Exploring Changes in the Design of Textbook Illustrations and Their Use in Teaching and Learning from a Cognitive Psychological Perspective

Pei-I Chou

Textbooks consist of text and illustrations, however textbook research tends to be concerned with text, rather than illustrations. To address this situation, the current study utilizes information processing theory and cognitive load theory to explore changes in the design of textbook illustrations and their use in teaching and learning. A case study was employed to collect and analyze data using observations, interviews, checklists, and document analysis. The findings show an interrelationship among the written curriculum, taught curriculum, tested curriculum and experiential curriculum and positive changes in the curriculum. However, there is still more space to reinforce a systematic transformation among different types of curricula; that could improve the quality of textbook design as well as the use of textbook illustrations in teaching and learning. As such, textbook designers should check over textbook illustrations carefully using cognitive process principles. Teachers should monitor the cognitive processes of students for illustration learning and develop appropriate teaching strategies to facilitate it. Students need to view illustrations as important learning tools and to learn how to decode them. Educators should align content and forms of illustrations in tested curriculum with those in written curriculum.

Keywords: textbook, illustration, curriculum transformation, information processing theory, cognitive load theory

Received: June 10, 2014; Revised: November 11, 2014; Accepted: March 6, 2015

壹、緒論

教科書主要包含文字與插圖。雖然插圖占教科書頁面比例與日俱增，但以往教科書研究都集中在文字而缺乏插圖研究，學校教學也偏重文字學習而忽略插圖學習，很少人研究用插圖來促進有意義的學習（汪曼穎、王林宇，2006；Mayer, 1993）。事實上，插圖對學生科學概念理解與學習很重要，除了傳統的裝飾性特質，還可引起動機、獲得資訊、解釋困難概念，擴展文字敘述、改善認知技能和過程（Latour, 1987; Lee, 2010; Lynch & Woolgar, 1990; Macdonald-Ross, 1979; Mikk, 2000）。在科學教科書的學習方面，學生透過插圖學到的科學知識單獨靠文字不一定能學到（Amettler & Pinto, 2002）。科學插圖可以描繪事物空間與視覺性質，顯示文字無法描述的複雜結構、多重關係和過程。科學概念常常牽涉到空間、線條、形狀和色彩的複雜比例和持續改變，在這些方面插圖的效果遠比文字好（Cook, 2008）；因此，本研究將以自然與生活科技教科書的插圖進行研究。

然而，許多教科書插圖設計不善，沒有重要的教學功能（Mayer, Steinhoff, Bower, & Mars, 1995），Mayer（1993）以一本教科書為例，其中85%以上插圖沒有清楚說明與內容的關聯。因此，插圖雖然有提升學習成效的潛力，但是如果設計和使用不當，也可能降低學習成效（林玉雯、黃台珠、劉嘉茹，2010）。

事實上，學生閱讀插圖經常產生困難（Amettler & Pinto, 2002），因為理解科學插圖必須具備特定技能和先備知識。許多教科書設計者往往假定學生已經有閱讀插圖的先備知識，但是他們實際上並不像教科書繪圖者完全瞭解插圖的背景概念。到了課堂，科學教師多半已經精熟閱讀插圖的技能，因此很容易忽略學生理解插圖的困難（Lowe, 1989）。教師若能充分了解學生學習歷程，並透過教學轉化教科書插圖，連結學生先

備知識和生活經驗，將會幫助學生對插圖的理解與詮釋（Roth, Pozzer-Ardenghi, & Han, 2005）。簡言之，插圖設計、教學、學習等諸多層面交互影響而亟待探究。

以往的教科書研究偏向教科書本身的內容分析，比較缺乏涵蓋教科書不同生命週期階段的研究，也缺乏教科書使用與教學和學習的互動和轉化的研究（周珮儀，2003，2005；Johnsen, 1993; Weinbrenner, 1992）。插圖學習研究多半在控制嚴謹的實驗室對少數簡單插圖的反映進行單一原則的測試，比較少在充滿多樣性的教學現場研究（林玉雯等人，2010；Cook, 2006）；研究對象以大學生為主，比較缺乏中、小學生與教師的研究；多半自行設計實驗教材，比較缺乏針對現行教科書插圖使用的研究；至於涵蓋教科書設計、教學、學習和評量的轉化研究更是缺乏。然而，實際教學現場的插圖使用是師生透過教科書互動的社會活動，教科書充滿眾多形式、功能與教學目標各異的插圖，而每個插圖又可能同時涉及多重設計原則；因此，實際教學現場的插圖使用遠比實驗室複雜，也牽涉到許多互動的因素。有鑑於此，本研究希望了解課堂教科書插圖使用情形。此外，相較具有更多先備知識和認知基模的大學生，中小學生屬於認知生手，對教科書插圖的學習更需要教師的引導和妥善設計，對其探究也更具教育意義；特別是國小自然與生活科技教科書插圖都以表徵實物的照片為主，在國中階段學生開始接觸更多解釋困難概念的抽象插圖，其認知理解的過程更值得探究。因此，本研究將從認知心理學的觀點探討國中自然與生活科技教科書插圖設計，分析國中教師對這些插圖的評價和使用它們進行教學的轉化情形，以及學生對它們的評價和在學習評量的相關表現。

貳、文獻探討

一、課程類型與課程轉化

課程是複雜多元的概念，從計畫的課程到實際的課程總是有很大差異，因為其中存在許多不同的課程類型（types of curriculum）。Goodlad 與 Associates（1979: 58-64）將課程分為五類：理想課程（ideological curriculum）是學者或教師對課程的觀點，它是理想的或可作為模範的。正式課程（formal curriculum）是經教育行政機關同意，藉選擇或命令方式由學校或教師採用者。知覺課程（perceived curriculum）是教師、家長或其他人心中知覺到的課程。運作課程（operational curriculum）是教室和學校可觀察到的實際課程。經驗課程（experiential curriculum）是學生實際經驗的課程。

Glatthorn、Boschee、Whitehead 與 Boschee（2012）將課程分為六類：建議課程（recommended curriculum）是個別學者、專業學會和改革團體建議的課程，也包括中央和地方政府等決策團體的教育規定，強調應然層面。書面課程（written curriculum）具調解（mediating）、標準化（standardizing）和控制（controlling）的功能，主要在確保教育系統達成目標；它透過課程指引指出課程的原則、要達成的一般目標、要精熟的特定目標和學習順序與活動。支持課程（supported curriculum）涉及支持和傳遞課程的資源，包括時間安排、人事安排和教科書與教材。施教課程（taught curriculum）是傳遞的課程，是觀察者看到教師所教的課程。施測課程（tested curriculum）是由各種測驗測得的成套學習成果。習得課程（learned curriculum）是學生從學校經驗結果產生價值、知覺和行為等所有的改變。

English（2000）及 English 與 Larson（1996）主張學校課程聚焦在三種課程：書面課程、施教課程與施測課程，這三種課程同時包含正式課程、非正式課程和潛在課程的成分，形成一個 3×3 矩陣；由於本研究

著重教科書轉化，因此聚焦其在正式課程的顯示：書面課程是計畫規範的課程，包括課程指引和教科書；施教課程是真實發生的課程，包括教師教學內容；施測課程是評量的課程，包括標準化測驗、教師自編測驗。

不同課程類型之間往往有差距，對教科書研究而言，這些差距形成的理論缺口亟需研究；因此，本研究從「課程轉化」(curriculum transformation)來探討這個問題。張芬芬、陳麗華與楊國揚(2010)認為：所謂「課程轉化」是指課程發展的層層步驟逐步轉型變化，從理想化為實作，抽象化為具體，宏觀化為微觀，單純化為複雜，上位概念化為下位概念，從而將課程理想化為具體可用的教學材料、化為教學現場教師的教學與學生的學習。從另一方面來看，課程轉化也是雙向互動的歷程，實作可以回饋理想的修正，具體孕育抽象的通則，複雜回歸單純要素的開展，微觀可以連結成宏觀的脈絡，上位概念紮根於下位概念。

對教科書而言，課程轉化發生於教科書發展與傳遞的過程，亦即發生於教科書不同生命週期階段的銜接處。雖然課程類型與課程轉化理論架構提出已有時日，但是由於涉及許多層面而研究複雜，目前從課程轉化觀點進行教科書實徵研究尚不多。張芬芬等人(2010)曾經對臺灣九年一貫課程從理想課程、官方課程到書面課程的課程轉化進行研究；本研究則以學校課程為焦點，以教科書插圖為主題，從教科書書面課程接續研究教師施教課程、學生施測課程和經驗課程，探討這些層面課程呈現與課程轉化情形。Glatthorn等人(2012)認為：書面課程、施教課程和施測課程共同組成意圖課程，含括學校系統有意傳遞給學生的整套學習經驗；而學生經驗課程雖然受意圖課程的影響，但也受潛在課程的影響；本研究聚焦意圖課程轉化情形，因此沒有涵蓋潛在課程部分。這些課程類型轉換層次並非嚴格地由上而下影響，而是彼此相互影響，而且不限相鄰層次的影響，相隔層次也會相互影響。

此外，上述課程類型的分類採取廣義觀點，包括課程、教學、學習和評量的層面，因此這種課程轉化實際上已經包含教師教學與學生學習

的轉化。對教科書研究而言，即是在探討教科書設計、教學與學習的轉化。

二、從認知心理學探究教科書插圖設計的理論基礎

教科書插圖的課程轉化涉及許多廣泛因素、議題與理論，本研究以學生對教科書插圖的認知為焦點，因此採取認知心理學的訊息處理理論和認知負荷理論為理論架構，這些理論經過許多實驗證實而提出教學設計原則；以下闡述其理論對教科書插圖設計、教學、學習的啟示。

（一）訊息處理理論

1970年代雙碼理論（dual coding theory）主張：人類認知系統包含語言和圖像系統。兩者看似平行但有關聯，當個體需要回憶訊息內容時，會自動檢索兩大系統相關符號，即「參照連結」（referential connection）（Paivio, 1986）。雙碼理論以實驗證實「圖優效果」（picture superiority effect），認為圖像刺激可以產生影像碼與語文碼，而文字刺激只能產生語文碼，加上影像碼會有比較強的記憶痕跡，因而形成「圖優效果」，特別是具體概念的學習更是如此（陳烜之，2006）。

Mayer（2001）提出多媒體學習認知理論（cognitive theory of multimedia learning），涵蓋從多媒體呈現、感官記憶、工作記憶和長期記憶的選擇、組織和整合的完整過程。一開始先呈現圖像和文字教材，再透過學習者感官讓圖像與文字進入認知處理系統；若訊息被注意，則部分被挑選進入工作記憶，挑選的圖像訊息進入圖像模式，文字訊息進入文字模式；再將輸入材料和原有先備知識連結整合。因此，語文和圖像同時呈現，有利選擇、組織、整合的認知處理程序，幫助學生對照兩者及建立連結（Moreno & Mayer, 2000）。

歸納多媒體學習認知理論的三個基礎假設，首先是圖文雙軌（dual channel assumption），訊息由感官記憶進入工作記憶時，文字形式訊息經

由耳朵和眼睛接收，以文字模式軌道處理；圖像形式訊息透過眼睛接收，以圖像模式軌道處理；其次為有限容量 (limited capacity assumption)，個體視覺或聽覺管道一次能處理的訊息量平均為 7 ± 2 個「組塊」 (chunk)，一個組塊代表一個工作記憶單位，每個組塊可包含一個以上的符碼或訊息。最後是主動處理 (active processing assumption)，個人透過選擇、組織、整合，主動建構和經驗一致的心智表徵，產生有意義的學習 (Mayer, 2001)。

因此，學生學習教科書圖文是主動處理而非被動接受的歷程，從教科書圖文注意並選擇相關訊息進入感官記憶，以雙重軌道在工作記憶組織訊息，再從長期記憶提取先備知識整合。若能透過圖文雙軌相輔相成，加強圖文對照，並注意不超過認知處理有限容量，將有助提升圖文學習成效。

(二) 認知負荷理論

認知負荷理論著眼於工作記憶和長期記憶間連結的訊息處理過程，認知負荷是指：將特定工作加諸個體認知系統產生的負荷量 (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998)，包括：外在認知負荷 (extraneous cognitive load) 是不同教材呈現與組織方式對學習者造成不同程度的認知負荷。內在認知負荷 (intrinsic cognitive load) 是教材內在要素關聯程度與學習者先備經驗多寡的交互影響。增生認知負荷 (germane cognitive load) 是藉由教材設計吸引學習者專注教材內容並建構基模，將知識儲存於長期記憶；增生認知負荷仍會增加認知負荷，必須注意不要超出負荷總量。Stull 與 Mayer (2007) 也提出學習包含三種認知處理歷程：外在處理 (extraneous processing) 是學習者從事與教學目標無關的認知歷程；例如：相對應文字與插圖編排於不同版面，或是多媒體動畫、講述及字幕同時顯示的多餘重複呈現，都會浪費額外認知負荷處理進行與教學目標無關的處理。內在處理 (essential/intrinsic processing) 是教材內在複雜度 (教材互動要素數量) 影響學習者認知處理過程；例如：高度複雜性的

句子牽涉到較多互動概念、低度複雜性句子則比較少。增生處理（generative/germane processing）是根據學習者動機與先備知識，組織教材並連結先備知識，進行更深度認知處理；例如：高學習遷移者會比低學習遷移者產生比較多的增生過程（DeLeeuw & Mayer, 2008）。

Marcus、Cooper 與 Sweller（1996）提出認知負荷與教學的關係：如果新訊息能與學生的先備經驗（即既有基模）整合，將可以降低他們的工作記憶負荷量，提升學習效能；反之，如果學生沒有先備經驗，新訊息成爲需要另外學習的內容，就會占用他們的工作記憶，降低他們對訊息的瞭解。如果教材的內在要素互動性高，學生的工作記憶必須同時處理這些互動，就會產生比較高的認知負荷；反之，如果教材的內在要素互動性比較低，學生的認知負荷也會比較低。加強教材組織可以統整學生的先備知識基模，降低教材內在要素的互動關聯，從而減低學生的認知負荷。

綜言之，近年認知負荷理論在教學設計的發展趨勢爲：降低外在認知負荷，管控內在認知負荷及增加有效認知負荷（Bannert, 2002; Clark, Nguyen, & Swell, 2006; Sweller et al., 1998）。這對教科書插圖設計的啓示爲：避免認知資源分散到無關教學目標的外在處理，審視教材內在要素從事必要的內在處理，以及透過教材組織去統整先備知識，發展基模以提升增生處理（Candler & Swell, 1991; Stull & Mayer, 2007）；根據上述，以下提出教科書插圖設計、教學與學習的原則。

三、教科書插圖設計、教學與學習的原則

Sweller 等人（1998）歸納認知負荷理論研究，提出教學設計應該注意以下原則：目標開放效應（goal-free effect）是指教材設計採取目標開放問題，讓學習者自由思考和多重表達思考，這會幫助他們建立基模，降低認知負荷。示例效應（worked example effect）是指教導程序性知識時，教師可適當呈現解題範例，建立解題基模，協助學生理解問題，減

少他們的認知負荷。完成問題效應（completion problem effect）是指因應學生學習程度不同，提供適當範例，但是要注意：範例與題目不要同時進入工作記憶而占去太多記憶空間。分心效應（split-attention effect）是指訊息呈現空間不一致會分散學生注意力，增加他們的認知負荷；相對地，相同內容文字和插圖整合，學生就可以不必浪費認知資源處理不同來源訊息。冗餘效應（redundancy effect）是指單獨呈現插圖或文字就能解釋內容，但是卻又同時呈現它們，反而會增加學生的認知負荷。形式效應（modality effect）是指如果以多重方式呈現不同來源訊息，可以分擔工作記憶的認知負荷量。變化效應（variability effect）是指變換不同方式呈現內容，這看似增加學生的認知負荷，但是卻可以幫助他們運用多元訊息處理管道，建立學習基模，由認知保留提升到學習遷移。

Mayer（2004）也提出類似多媒體教材設計原則，包括：多媒體原則（multimedia principle）是指多媒體優於單一媒體，結合文字和插圖的學習成效優於只有文字。空間接近原則（spatial contiguity principle）是指概念相關的文字和插圖空間距離愈近愈好。時間接近原則（temporal contiguity principle）是指概念相關文字和插圖同時呈現的學習效果較好。一致性原則（coherence principle）是指排除有趣但無關的訊息能增進學習成效。形式原則（modality principle）是指結合插圖與講述的學習效果優於結合插圖與文字的效果，即語文訊息以口語表達優於視覺文字呈現，例如：動畫搭配配音的學習效果優於動畫搭配字幕。冗餘原則（redundancy principle）是指若插圖、講述及文字皆各自設計完整，不需互相參照，則結合插圖與講述的學習效果優於同時從插圖、講述與文字學習。因文字增加學生的視覺軌道的認知負荷，刪除文字之後他們的視覺軌道只需處理插圖，聽覺軌道只需處理講述，便可減少認知負荷。個別化原則（personalization principle）是指結合插圖與個別化講述的學習效果優於結合插圖與非個別化講述。Cook（2008）也根據認知負荷理論提出教學設計考量和運用原則如表 1。

表 1 認知負荷理論的教學設計考量和運用原則

教學設計考量	運用原則
視覺／語文形式的多重表徵在時間和空間上明顯連結	減少統整多重訊息來源的認知負荷
雙重模式的表徵通常優於單一模式	增進工作記憶能力
以解說代替書面形式的語文表徵	消除視覺注意的競爭力
呈現動態現象時動畫可能比較好	動畫經常複雜快速，處理訊息要更多認知資源
對新手而言，高度互動要素應分開呈現	降低工作記憶負荷，消除同時處理這些要素的需求
指導學習者主動建構對概念的理解	減少建構基模的認知負荷
避免多餘訊息，特別是有較多先備知識的學習者	避免使用認知資源多次處理訊息

資料來源：Cook（2008）。

Pozzer 與 Roth（2003）建議，教科書插圖應該以適當標題和主要文字連結，包含插圖物體的定義或現象的呈現，還要有足夠訊息，引導學生透過知覺去分析解釋插圖，並發現相關細節。主要文字要明確和插圖與標題連結，提供明確的索引參照。插圖的現象或物體第一次出現時，就要提到主要文字，幫助學生連結插圖和文字。使用多重照片呈現複雜現象改變的時間序列，比單張照片呈現更好；兩兩對照或提供物體特殊細部的放大圖，比單張照片效果更好。呈現某一現象或物體，應該和週遭背景對照，用中性背景（如：黑色）凸顯物體或現象以利辨認。

目前已經有許多研究運用上述原則發展實驗工具與教材，測試學生圖文學習表現。Mayer 等人（1995）依據多媒體教材設計原則發展「統整型手冊」和「分散型手冊」，前者的插圖和文字相鄰，插圖有簡短標題重複文字的因果關係，並且有符號重述文字的關鍵術語；後者的插圖和文字不相近，插圖沒有標題介紹和符號；結果發現缺乏先備知識的大學生使用統整型手冊之後提升了表現，但是先備知識豐富者卻沒有差異。Ollerenshaw、Aidman 與 Kidd（1997）比較使用多媒體和只有文字的

教學，發現使用多媒體能提升低能力大學生的理解分數，但對高能力學生卻沒有明顯差異。Hannus 與 Hyönä（1999）發現：插圖與文字內容相關，可以提升高能力國小學生的理解分數，但是低能力學生卻沒有提升；受試者的注意力都集中在文字，但是高能力學生會策略性搜尋插圖中符合文字內容的相關片段，而低能力學生卻不會搜尋。林玉雯等人（2010）研究發現：高分組大專學生學習插圖時傾向分析式，呈現完整循環辨識歷程，不斷在編碼和比較之間循環辨識；低分組傾向直覺式，偏向日常經驗的直覺，大都無法經歷圖文辨識的完整階段。劉嘉茹與侯依伶（2011）探究大學生理解科學圖文時眼球運動的差異，發現高先備知識者比低先備知識者注意插圖中的文字，更加強圖文對照和連結。張菀真與辜玉旻（2011）研究發現：高閱讀能力的國小學生利用先備知識去擴充解釋文章意涵，並運用插圖輔助理解自己不熟悉的概念，並注意插圖細節。低能力學生比較不會運用先前經驗主動建構對文章的理解，也比較不會尋找適配文字的插圖訊息，而且圖文對應不一致。

Canham 與 Hegarty（2010）指出：插圖能夠增進低能力學生的學習表現，但是他們容易對過多訊息束手無策，也只關注插圖片面訊息，教材若有非常明顯或有趣的額外訊息，會讓他們分心而妨礙理解。如果插圖結構太複雜，或需要高複雜度的技能才能處理，或無關任務的多餘訊息，都會影響他們的學習成果。插圖提供一種學習管道，雖然插圖輔以文字能夠提供雙重訊息處理軌道，擴展學習容量，但是解讀插圖需要高度複雜的技能，對學生未必比處理文字容易（Lowe, 1989）。

上述理論與教學設計原則有些與教科書內容設計比較有關，例如：多媒體原則指出通常結合文字和插圖的學習成效優於只有文字，但是如果學生已有相當先備知識，或是插圖與文字單獨呈現就能解釋內容，或是刪除插圖也沒有實質影響，插圖就會產生冗餘效應，這時刪除插圖反而可以避免浪費認知資源多次處理相同訊息。圖文設計掌握時間接近和空間接近原則，可以避免學生分散注意力而產生分心效應。插圖的品質

很重要，要有適當標題和主要文字連結，插圖的色彩、大小和符號標示也要能夠清楚呈現文字段落的關鍵術語或相關細節。另外，有些原則與插圖教學和學習比較有關，例如：形式原則指出教師講解插圖會比學生自行閱讀插圖與文字的效果好。目標開放效應指出教師採取目標開放問題讓學生自由思考和多重表達思考，將有助他們建立基模，降低認知負荷。示例效應指出教師適當呈現解題範例，可以幫助學生建立解題基模；個別化原則指出教師對插圖進行個別化講述，學生的學習成果會更好。教師應該針對學生不同的學習程度和先備經驗，指導他們如何解讀插圖。因此，本研究將從上述理論與教學設計原則設計研究工具，針對教科書的插圖檢視觀察個案的課程與教學轉化情形。

參、研究方法

一、研究方法與工具

(一) 教室觀察

本研究採非參與式觀察，希望在自然情境脈絡了解教科書圖文教學情形。該單元課程自 2009 年 9 月開始，為期三週，共八節課。全程將教師教學過程及學生學習狀況錄影，並轉成逐字稿，整理分析後與教師確認。

(二) 文件分析

本研究蒐集研究期間所有與單元課程相關資料加以分析，包括教學單元教科書、教師手冊、教師教學日誌、學生段考考卷等資料。

(三) 國民中學自然與生活科技教科書插圖教師評價檢核表

每次教學後，教師針對上課使用插圖整體感想撰寫教學日誌，並完

成「國民中學自然與生活科技教科書插圖教師評價檢核表」如表 2，一一檢核每張插圖特質。該表係依據文獻探討各項影響學生插圖學習的因素，包括：難度、熟悉度、插圖品質、插圖大小、插圖色彩、插圖冗餘性（刪除此圖的影響）及插圖講解程度（您會花時間講解這張插圖嗎？）等項目編製，並經 6 位國教輔導團自然與科技輔導員（皆具有科教碩士以上學位，並具有多年豐富教學經驗）審視與討論後修訂。

（四）學生訪談

因為相關文獻指出高低能力學生在插圖的學習表現可能有差異，所以本單元在教學完段考後，依照段考成績排序，分別訪談最高分算起 25% 高分組學生 10 位和從最低分算起 25% 低分組學生 10 位，採半結構式題目，學生翻閱教科書該單元插圖，回答對插圖特質的感受，大綱如下：

1. 這個單元插圖讓您印象最深刻的是哪些？它的內容在說什麼？
2. 這個單元老師花最多時間講解哪些插圖？為什麼？
3. 這個單元最難的插圖是哪些？為什麼？
4. 這個單元插圖有引起您的學習動機嗎？什麼樣的插圖會讓您更想學習？
5. 您學習這個單元時有對照插圖去理解課文內容嗎？請舉例說明。

表 2 國民中學自然與生活科技教科書插圖教師評價檢核表

插 圖 編 號	難度	<input type="checkbox"/> 易	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 難	
	熟悉度	<input type="checkbox"/> 高	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 低	
	插圖品質	<input type="checkbox"/> 良	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 可	<input type="checkbox"/> 劣
	插圖大小	<input type="checkbox"/> 適當	<input type="checkbox"/> 太小	<input type="checkbox"/> 太大	
	插圖色彩	<input type="checkbox"/> 適當	<input type="checkbox"/> 不清晰	<input type="checkbox"/> 太鮮豔	<input type="checkbox"/> 太單調
	刪除此插圖的影響	<input type="checkbox"/> 大	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 小	<input type="checkbox"/> 無
	您會花時間講解這張插圖嗎？	<input type="checkbox"/> 詳細	<input type="checkbox"/> 粗略	<input type="checkbox"/> 不會	

- 6.課本插圖會幫助您將所學與以往經驗結合，或是將課本學到的應用到日常生活嗎？請舉例說明。
- 7.這個單元哪些插圖刪除對學習也沒有影響？為什麼？
- 8.整體而言，課本插圖對您的學習有沒有幫助？為什麼？

(五) 教師訪談

根據文件分析、教室觀察、學生訪談、教科書插圖檢核表等資料，進一步比對各項資料後與個案教師進行訪談與討論，大綱如下：

1. 這個單元您花最多時間講解哪些插圖？為什麼？
2. 這個單元最難的插圖是哪些？為什麼？
3. 這個單元插圖有提高學生學習動機或是讓他們分心到不重要的內容嗎？插圖要如何調整才會讓學生更想學習？
4. 您教這個單元課文內容時，常常對照插圖講解課文內容嗎？現有圖文關係是否適當，要如何修正？
5. 課本插圖有助學生將所學內容與以往經驗結合，或將課本學到的應用到日常生活嗎？請舉例說明。
6. 這個單元哪些插圖刪除對學習也沒有影響？為什麼？
7. 整體而言，您對這個單元插圖品質有何評價？需要做什麼增刪調整？為什麼？
8. 課本插圖對您的教學有沒有幫助？為什麼？

二、研究可信度

本研究採自然主義觀點，雖然不同情境的研究結果不會相同，但是如果研究報告真實正確呈現想要描述、解釋或建立理論的現象特徵，基於證據下判斷，就有「可信度」(credibility) (Eisner, 1991; Ritchie & Lewis, 2003)。Glesne (1999) 提出質性研究常用的八項提升可信度檢證程序，單一研究並不一定用到所有程序，本研究運用其中四項：(一) 長期參

與：時間是獲取值得信賴資料的主要因素。研究者與個案教師合作已兩年，花時間投入研究現場、訪談，並與受訪者建立良好關係，彼此對人格特質、教學觀點和教材已經相當熟悉，可以避免研究者在場造成失真，取得可信資料。(二) 三角交叉檢視：本研究蒐集多項資料名稱與編碼如表 3，透過多項管道比較和交叉檢核不同時間、不同研究工具獲得資訊的一致性，確認資料的解釋，檢驗建立的結論，以獲得最大真實度。(三) 成員確認：教學與觀察影帶過程及訪談錄音資料轉成逐字稿，如果有不明白師生意圖之處，隨時請其語言澄清並確認。研究結果召開討論會，請教師確認其意義。(四) 深度描述：研究歷程與場景全程錄影，並盡量詳實描述，幫助讀者身歷其境。

三、研究對象選擇與情境介紹

本研究採立意抽樣，選擇能提供深度 (in depth) 和豐富內涵訊息 (information-richness) 的個案 (胡幼慧, 2008)。個案教師為某國立大學地科系學士、海洋地質及化學所碩士，與研究者有 2 年科技部專案合作經驗，國中教學年資 18 年，同時擔任高雄市國民教育輔導團自然與生活科技領域輔導員，也參與翰林本教科書教材發展工作，他的教學經驗和專業背景比一般自然科教師更豐富，可提供豐富資訊或是深入現象的機轉。

本研究觀察學校是高雄市工業區大型國中，班級數一年級 17 班、二年級 19 班、三年級 21 班，共 57 個班級。學生人數一年級 655 人、二年級 739 人、三年級 765 人，共 2,159 人。學校近年致力推動創造力計畫，發展科學教育，學生科學競賽亦有佳績。個案班級為國中三年級，程度為常態分配。該班共 41 位學生，依該單元自然段考地科成績排序，訪談了高分組 (前 25%) 及低分組 (後 25%) 各 10 位學生。

表 3 研究資料綜合性編碼

項目	資料名稱	編碼
1	課本插圖	F，如：F1，課本插圖編號 1
2	教科書插圖教師評鑑檢核表	ET，如：F1-ET，教師對 F1 的評價
3	教師教學日誌	TJ，如：TJ-980911，98 年 9 月 11 日教師的教學日誌
4	高、低分組學生訪談日期： 98 年 10 月 2 日	QH：QL，如：QH1，高分組第一位學生訪談；QL1，低分組第一位學生訪談
5	課堂觀察（每次兩節課）日期： 98 年 9 月 4 日、98 年 9 月 11 日、 98 年 9 月 18 日、98 年 9 月 19 日	O，如：OF1-980911，98 年 9 月 11 日課堂觀察 F1
6	段考評量	試題序號：高、低分組學生（H/L）編號
7	個案教師訪談 日期：99 年 4 月 22 日	IT，如：IT-990422，99 年 4 月 22 日教師訪談

肆、結果與討論

一、書面課程

以下先整體概述本單元的插圖，再聚焦施測課程、經驗課程和施教課程中學生和教師覺得困難的特殊插圖詳細描述，作為了解書面課程與其它課程的連結轉化的基礎。

本分析單元為 98 學年度翰林版地球科學進階本國三上學期第一章「地表作用與岩石之美」，本單元的插圖與文字分布面積相近。這是空間概念的單元，單元共 34 張圖，岩石和地表寫實照片占 84%，只有 F25、F26、F27、F29 和 F34 是彩色繪圖，F33 為黑白線畫。彩色繪圖中，F27 和 F34 是化石形成與地層比對插圖，可能因為年代久遠沒有照片，故以模擬寫實的繪圖呈現，F34 圖中沒有文字，F27 圖中只有序號；F25、F26 和 F29 是抽象的概念示意圖，圖中都有箭頭或線條指出各概念或要素間

的關係；這 3 張插圖是本研究焦點，從後續分析，我們可以得知它們分別在學生和教師的知覺及施測課程（評量）方面是最困難的插圖，它們也凸顯了在三類課程中的挑戰。

F25（如圖 1）標題為「侵蝕基準面與河流剖面示意圖」，圖中文字標示有「暫時侵蝕基準面」與「最終侵蝕基準面」；相關正文標題為「侵蝕基準面」，這個段落以文字說明「暫時侵蝕基準面」與「最終侵蝕基準面」兩個概念，本段並有「補充資料」的文字框隔開正文，其中內文說明「河道平衡」概念部分，以在下游挖取砂石，河水會侵蝕上游填補來舉例說明之。

F26（如圖 2）標題為「地質事件發生先後順序示意圖」，包含 6 個小圖，此圖相關文字在背面的 18 頁，從圖文對照顯示其文字並沒有清楚對應說明此 6 小圖：

首先，沉積岩在不受其他外力作用的情況下，是呈現接近水平的狀態，而且下層的岩層較上層先沉積下來，所以年代較老。因此，由地層的重疊順序即可判斷地層生成的先後，以了解地層生成的相對年代。（史家瑩，2009：18）

當岩層受地殼變動影響後，可能會產生彎曲的褶皺、斷層（下一章有詳細的介紹）或岩漿侵入等地質事件，通常新發生的地質事件會影響舊的地質事件。如果岩層與岩層間出現一侵蝕面，則表示該地層曾經位於海平面之上。另外，若該地層有沉積岩與火成岩時，在侵蝕作用之後，較突出的岩石通常為較堅硬的火成岩。（史家瑩，2009：18）

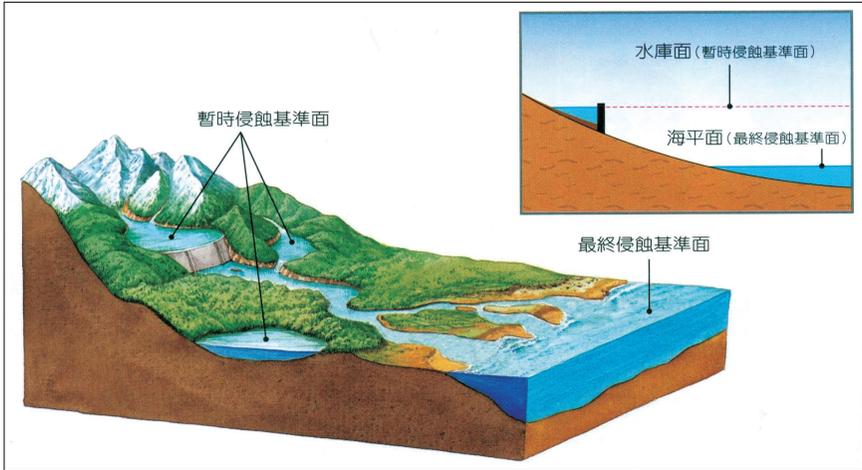


圖 1 侵蝕基準面與河流剖面示意圖 (F25)

資料來源：史家瑩 (2009：16)。

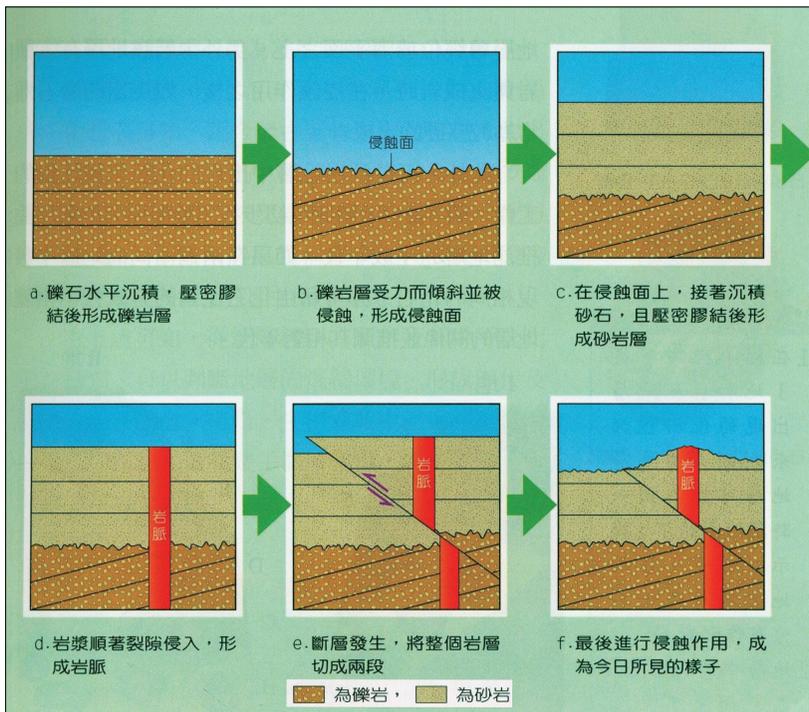


圖 2 地質事件發生先後順序示意圖 (F26)

資料來源：史家瑩 (2009：17)。

F29 岩石循環圖（如圖 3）放在補充資料，文字框標題為「岩石循環」，但是插圖本身並沒有標題與編號和主要文字連結。F29 說明三大岩類與沉積物等四個概念之間的岩石循環關係和地質作用，在整個單元是相當重要而特殊的插圖。它屬於結合課本主要概念和知識結構的解釋性插圖。如同 Mayer（1993）所言，解釋性插圖不只描述要素之間的關係，還解釋系統如何運作。它可以幫助學生統整第一節三大岩類和第二節地質作用的重要概念而形成基模。然而，F29 安排在課本第一節，而課本要到第二節才說明風化、侵蝕、搬運、沉積等地質作用，並沒有說明插圖上的壓密、膠結、變質、熔融、凝固等概念，以及這些概念的關係。圖上有 7 個箭頭標示岩石循環過程，然而文字段落並沒有清楚對應說明四個概念和 7 個箭頭的關係。

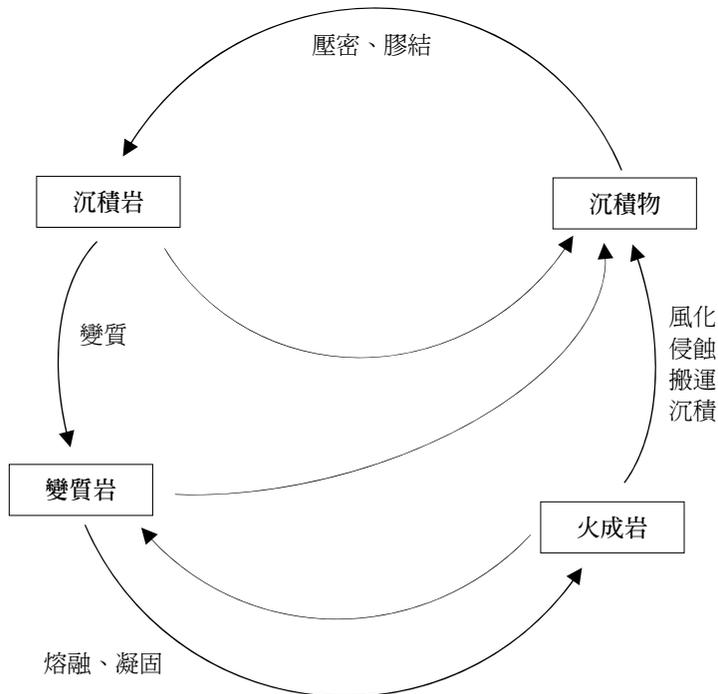


圖 3 岩石循環圖（F29）

資料來源：史家瑩（2009：8）。

二、施教課程

無論與書面課程符合程度如何，施教課程的產生都涉及一連串複雜因素，其中重要因素包括教師的思考、計畫和決定，代表教師經過思考判斷協調各方因素，找出對特定班級和教師最佳的方案（Glatthorn et al., 2012）。

整體而言（詳表 4），教師認為這個單元插圖對學生不太熟悉，較大問題是不夠清晰，還有若干插圖的品質與色彩不佳或插圖太小，無法適當呈現文字提到的岩石特徵。

本單元的岩石圖片共同特色就是很難區分特徵，除了是學生生活經驗外，圖片本身也不能彰顯岩石的差異，所以功能不彰，反而不如礦物照片拍攝得宜，特徵比較顯著，所以原則上最好藉助標本來教學，否則岩石圖片助益極小。（TJ-980911）

教師認為該單元插圖偏容易，有 17 張圖比較簡單，16 張圖中等難度，只有 1 張圖（F29）是困難的，而且課本並沒有完整呈現這個單元該具備的完整知識：

本單元教材內容失之過簡，沒有常用的地質時間表，F26、F27 的地質事件排序圖片過於簡單，但相信學生接受或理解這些圖片難度不算高。然而上述 F26、F27 確實是本章節最重要的核心概念之一。本單元受限於教科書編纂的要求，或是篇幅所限，並沒有完整呈現此單元該具備的完整知識，老師也必須做進一步整合歸納，才能有利教學及學生學習。（TJ-980919）

教師擁有學科專業背景及豐富先備經驗，往往認為國中教科書插圖偏簡單。然而，專家認為無關的認知負荷，對生手而言，卻可能是必要的認知負荷（Cook, 2006）。

表 4 教師評量國民中學自然與生活科技教科書插圖之檢核表

難度	易	F1、F2、F4、F5、F6、F7、F8、F9、F10、F13、F14、F15、F16、F19、F21、F30、F31	17	50.00%
	中	F3、F28、F11、F12、F17、F18、F20、F22、F23、F24、 F25 、 F26 、F27、F32、F33、F34	16	47.06%
	難	F29	1	2.94%
熟悉度	高	F1、F10、F16、F21	4	11.76%
	中	F3、F4、F5、F6、F7、F8、F28、F9、F12、F13、F14、F15、F18、F19、F20、 F25 、 F26 、F27、F30、F31、F33、F34	22	64.71%
	低	F2、F11、F17、F22、F23、F24、 F29 、F32	8	23.53%
插圖品質	良	F28、F19、F21、 F25 、 F26 、F27、F32、F33	8	23.53%
	中	F1、F2、F3、F4、F5、F6、F8、F10、F12、F13、F14、F16、F18、F20、 F29 、F30、F34	17	50.00%
	可	F9、F15、F22	3	8.82%
	劣	F7、F11、F17、F23、F24、F31	6	17.65%
插圖大小	適當	F1、F3、F4、F5、F6、F28、F11、F12、F13、F14、F15、F16、F17、F18、F19、F20、F21、F22、F23、F24、 F25 、 F26 、F27、F30、F32、F33、F34	27	79.41%
	太小	F2、F7、F8、F9、F10、 F29 、F31	7	20.59%
	太大		0	0.00%
插圖色彩	適當	F1、F3、F4、F5、F8、F28、F12、F13、F18、F19、F21、 F25 、 F26 、F27、 F29 、F32、F33、F34	18	52.94%
	不清晰	F2、F6、F7、F9、F10、F11、F14、F15、F16、F17、F20、F22、F23、F24、F30、F31	16	47.06%
	太鮮豔		0	0.00%
	太單調		0	0.00%
刪除此插圖影響	大	F1、F28、F9、F18、F21、 F25 、 F26 、F27、 F29 、F32、F33、F34	12	35.29%
	中	F2、F3、F4、F5、F6、F8、F11、F12、F13、F14、F15、F16、F17、F20、F22、F23、F24、F30、F31	19	55.88%
	小	F7、F10、F19	3	8.82%
	無		0	0.00%

(續)

表 4 教師評量國民中學自然與生活科技教科書插圖之檢核表 (續)

您會花時間講解這張插圖嗎？	詳細	F11、F18、F21、F23、 F25 、 F26 、F27、 F29 、F31、F33、F34	11	32.35%
	粗略	F1、F2、F3、F4、F5、F6、F7、F8、F28、F9、F10、F12、F13、F14、F15、F16、F17、F19、F20、F22、F24、F30、F32	23	67.65%
	不會		0	0.00%

註：分析單元為 98 學年度翰林版地球科學進階本國三上學期第一章「地表作用與岩石之美」，共 34 張圖，岩石和地表寫實照片占 84%，另有 F25、F26、F27、F29、F34 為彩色繪圖，F33 為黑白線畫。

教師認為 F29 較困難，學生不熟悉，他會詳細講解，刪除的影響較大，插圖的品質中等，色彩適當，但是他希望插圖能夠再放大；課堂觀察和相關教學日誌如下：

岩石循環，事實上這三大岩類，彼此之間會變來變去喔，比如說沉積物變成沉積岩，埋在地底下或火成岩埋在地底下，會造成變質岩，變質岩會被風化變成一些屑屑顆粒，變成沉積物之後，又變成沉積岩，所以這三大岩類基本上是可以透過自然界的循環，然後反覆的出現。
(OF29-980911)

三大岩類重要性及難度比礦物要來得大……至於岩石循環圖倒還不錯，如果能放大些尤佳。因為牽動到後續單元教學，所以會多所著墨，陳述多一點，甚至超出課本所提及的內容。(TJ-980911)

雖然教師對 F29 的講解精簡扼要地幫學生解說四個概念和箭頭演變的關係，減輕學生圖文對照的負荷，但由於實際教學時間並不長，學生對 F29 並沒有特別反應和印象，不覺得困難，也沒有特別興趣和生活連結，沒有感受教師花比較多時間講解這個圖。就此差異訪談教師，其表示岩石循環以後高中會再上，而這個插圖出現的風化、侵蝕等地質作用，都是在之後課文才開始說明。

岩石循環，應該這麼講，我不覺得是國中重點，它常有補充資料，有的很重要是會考的，可是有的又真的是補充資料。(IT-990422)

教師覺得教科書插圖安排不適當，雖然隱含一些重要概念，但是沒有與內文連貫及承接。

插圖沒辦法跟內文順理成章的接過去，只好用補充教材去寫，有些補充教材可能有一些核心概念的部分，因為教科書不像參考書第一點、第二點……連不上去的就丟到補充教材裡面……。(IT-990422)

換言之，教師覺得教材組織缺乏連貫性與統整性而增加學習難度。這種安排可能使學生缺乏相關先備知識去理解插圖，而且圖文內容不一致，也可能讓學生自行閱讀時花費更多的心智資源，來比對和檢索圖文的相同或差異。

限於上課時間有限而課本插圖眾多，教師對多數照片只有粗略講解，而把教學時間花在詳細講解占課本少數的繪圖（詳表 4），以減少這種抽象插圖對學生學習的難度。教師上課詳細講解的插圖，即使不是教師認為困難的插圖，也多半會讓學生印象比較深刻。例如：F26 插圖要素互動性高，學生需注意每個個別要素，再理解其互動。如同 Mayer（2004）所言：透過教師口頭解說並理解插圖，可避免文字與插圖競爭視覺工作記憶，減輕認知負荷。

雖然 F26 不是學生可親眼所見，與生活經驗沒什麼關係，但是學生訪談顯示教師的講解讓他們對這個圖印象深刻。表 4 顯示教師會詳細講述 F26，但判定難度只有中等，教學日誌認為「F26 重要但圖片卻過於簡單」（TJ-980919）。後續針對學生回應訪談教師，他的省思如下：

F26 大概是有思考難度的，上課老師會花時間講述，也就是說，我們本來就會幫學生聚焦，花時間講提醒他們；我在講這個圖，我會講得比較複雜，我會利用一些板書去引導他們，去做這些思考推理，在教這個單元的時候，我覺得教科書這個圖是不足的。(IT-990422)

教師的教學指導可以幫助學生主動建構對概念的理解 (Cook, 2008)；然而個案教師感受到學生解讀插圖的困難時，如同汪曼穎與王林宇 (2006) 所言，傾向加上一些要素，以各種更複雜方式補充與講解，而不是澄清插圖的各種象徵符號和其中意義不明確的地方，或是教導學生讀取與運用插圖的能力。教室觀察顯示：如同一般國中課堂常見景象，教師傾向大班教學講授，較少運用「個別化原則」因應不同程度學生個別需求。教師認真地想要教很多內容給學生，無暇顧及學生內在圖文處理的認知過程和認知負荷，常以為教很多遍或考很多遍學生就應該會。正如 Sanchez (2009) 所言，教師常誤以為學生能自動理解插圖，事實上學生未必具備插圖思考、解釋與理解的先備經驗。

三、施測課程

本研究分析個案班級 98 學年度第一學期第一次自然段考成績，該單元占整份考卷 30%，共 15 題封閉型單選題，題目難度 (P) 與鑑別度 (D) 如表 5。

整體試題偏向容易，因為沒有 F26 及 F29 概念相關試題，故以學生答錯最多的第 50 題 (如圖 4) 進行分析。該題是線條繪圖，難度 0.61，鑑別度 0.33。該題是 F25 和課本補充資料的概念。表 4 顯示教師認為 F25 插圖品質良好，插圖大小與色彩也適當，難度為中等，教師會詳細講解，有重要性不應刪除。針對較多學生答錯第 50 題的情況訪談教師，他說：

表 5 自然段考地球科學試題難度與鑑別度

題號	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50*
P	0.67	0.94	0.78	0.89	1.00	0.94	1.00	0.89	0.78	0.94	0.89	0.78	1.00	1.00	0.61
D	0.22	0.11	0.44	0.22	0.00	0.11	0.00	0.22	0.44	0.11	0.22	0.00	0.00	0.00	0.33

註： $P = \frac{P_H + P_L}{2}$ ； $D = P_H - P_L$ ； P_H ：高分組答對百分比、 P_L ：低分組答對百分比。

這是比較偏複雜的圖片，嚴格上這個題目考不只一次，它考的無非就是流水會把高的地方挖去補低的地方，在壩體的下面挖洞的，它就會把上游的砂石掏空來補這個洞，所以會影響這個洞上游的壩體，……。

(IT-990422)

學生表示 F25 幫助他們加強圖文對照，理解課文的內容和加強印象。QH6：「侵蝕基準與河流剖面圖讓我對最終侵蝕基準面和暫時侵蝕基準面印象深刻」；QH7：「圖文對照可以明白河流的最終侵蝕」；QH8：「課文中的暫時侵蝕基準面，都必須看圖片示意，才能明白其中道理」；QH9：「圖片清楚，對照文字可以讓人了解兩個侵蝕基準面的差異」。

然而，他們加強印象的是插圖標題與標示和正文「侵蝕基準面」的概念，而非考題「河道平衡」的概念，後者只放在補充教材的文字框；此外，兩個插圖主要文字不同，F25 是「侵蝕基準面」，第 50 題是「山脈、水庫、人工壩、海平面」，索引參照不一致。從認知處理過程來看，課本和試題圖文訊息的參照連結不一致，可能會使學生概念不清楚而答錯 (Bowen & Roth, 2005; Paivio, 1986)。

個別來看，第 50 題學生需連結課本文字與 F25，統整文字表徵與插圖表徵 (Moreno & Mayer, 2000)，把課本彩色概念示意圖轉換為色彩和空間感截然不同的黑白線畫。整體而言，課本多為具體寫實的彩色照片，但是學習評量可能因為印刷成本，大都以黑白線條繪畫為主。低分

第 50 題：若在 A、B 兩處分別挖取砂石，則何處較易危及人工壩體的壩體安全？
(A) A 處 (B) B 處

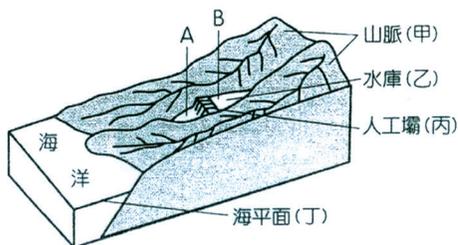


圖 4 考卷第 50 題圖文

組學生喜歡課本具體彩色照片，但卻難以轉換和正確回答學習評量中抽象的黑白線畫試題。如同 Cook (2006) 所言：新手常依賴一種熟悉或簡單的表徵，不會運用多重表徵和轉換不同表徵，即使他們嘗試去連結不同表徵，也常只注意到表面特質的連結，不會注意到潛在的相關特質。

四、經驗課程

國中學生在國三才開始學習地球科學，地球科學有許多概念規模太大，無法透過直接知覺來獲得 (Subramaniam & Padalkar, 2009)，個案教師也認為這個單元許多插圖是學生不熟悉的 (詳表 4)。當學生無法透過直接經驗獲得地球科學的抽象概念，插圖就成為他們理解的重要工具。QH5：「配合著課本的圖片較能理解」；QL4：「配合實際資料和圖片，能更快速理解課文」。

本單元 84% 插圖是照片，大量美麗的彩色風景照片 (例如：F24 和 F32) 有助吸引學生學習動機。QL4：「平常看不到的自然景觀較能引起興趣，簡單且容易理解的圖會讓我更想學習」；QL6：「很美麗的景物照片」；QL7：「美、壯觀或是奇形怪狀的風景」。

然而，學生認為很多插圖都有重複，例如：「化石那些 (QH6)」，可以刪除。有些太常見而沒必要，例如：「圖 1-21 為鵝卵石，大家都看過了 (QL10)」，也可以刪除；這些插圖的冗餘效應反而增加學生的認知負荷。

學生感到困難的插圖集中在繪圖而非照片。多數學生覺得 F26 最困難，然而教師認為 F26 在插圖品質、大小和色彩都適切良好，難度和熟悉度中等，也有相當重要性並仔細講解。

F26 包含 6 個演變流程小圖，每個小圖各涵蓋侵蝕、風化、沉積，或是火山、地震及板塊運動等概念，光看插圖很難將這些新概念組合與統整，學生必須先個別處理 6 個小圖，這 6 個小圖又有順序性，理解相當複雜，內在認知負荷很大。學生認為 F26 涵蓋概念比較複雜，使其無

法分辨整體演變過程。QH2：「這個圖要透過邏輯思考，如果思考無法理解就很難解題」；QH3 及 QH10：「地層演變的先後順序相當複雜」；QL2 及 QL6：「容易不清楚地層演變的先後順序」。

此外，F26 和相關文字出現在正面、背面不同兩頁，不合乎 Mayer（2004）的「空間接近原則」，教室觀察發現教師講解 F26 時，學生必須不斷前後翻閱對照圖文（OF26-980919），增加外在認知負荷。課文並沒有逐一說明 6 個插圖，並且圖文內容不盡一致，對照困難，學生認知資源花在協調圖文訊息的搜尋與對照過程，產生「分散注意效應」（Sweller et al., 1998）。如同 Cook（2008）所言，對認知新手而言，高度互動的要素應該分開呈現，以降低工作記憶負荷，避免學生狹隘的知覺管道塞滿有待知覺緩衝的訊息，無法進行後續訊息處理歷程和連結先備知識，因而無法吸收教材（Mayer, 2001; Miller, 1956）。

雖然高、低分組學生都喜歡美麗的風景照片，但是只有高分組學生對困難插圖和抽象的概念示意圖（F25、F26 與 F27）有較高學習動機，想探究這些插圖背後的原理原則。QH8：「想了解岩脈是如何入侵、為何地型會崎嶇、板塊錯動」。低分組只對簡單寫實的照片有學習動機；教師的解釋是：「低分組就是很直截了當的圖片輸入，然後看到就是一個表徵的狀況，例如沙漠這樣」（IT-990422）。

從訊息處理歷程來看，本研究與相關研究對高、低分組學生的研究發現類似，高分組學生對插圖學習難度的判斷比較能掌握有用訊息（Schnotz, Picard, & Hron, 1993），多針對不熟悉的概念進行插圖閱讀，注意插圖細節和插圖中的文字，加強圖文對照和連結，對內在認知負荷的掌握也較精確。相對地，低分組學生的心智模式侷限於感官記憶，只看插圖表面特質，沒有想要進一步組織內在特質和整合不同表徵，詮釋插圖的深度意義（林玉雯等人，2010；張苑貞、辜玉旻，2011；劉嘉茹、侯依伶，2011；Cook, 2006; Kozma, 2003）。

伍、結論與建議

一、結論

本研究以認知心理學的訊息處理理論和認知負荷理論為理論架構，探討國中自然與生活科技教科書插圖設計，分析國中教師對這些插圖的評價和使用它們進行教學的轉化情形，以及學生對它們的感受和在學習評量的相關表現，結論如下：

- (一) 書面課程：課本照片能引發學生學習動機和興趣，但少數概念示意圖內在要素過多或互動過於複雜，圖文一致性或教材組織整合欠佳。

從書面課程而言，本單元有許多照片能引發學生學習動機和興趣，充實他們不熟悉的經驗，有助理解地球科學抽象概念；但是由於插圖太多，上課時間有限，教師教學將講解重點放在少數困難的概念示意圖，因此照片可補充教師講解不足。然而，從另一方面來看，對師生而言，不見得每張照片都有實質的教學功能，必要照片應該清楚呈現概念特質，不必要照片可以精簡，降低學生學習的外在認知負荷。少數概念示意圖因為涵蓋較多複雜概念，教科書設計者沒有仔細檢視插圖內在要素是否太多、太複雜、圖文一致性和教材組織整合性是否良好，也沒有仔細考量學生認知負荷和先備知識，從而影響後續教師教學和學生學習的轉化。

- (二) 施教課程：教師講解能彌補課本插圖訊息不完整或圖文不一致，對學生的經驗課程和施測課程有幫助，但缺乏指導學生主動解讀與運用插圖。

從施教課程而言，本個案教師有豐富地球科學教學經驗和專業背景，對教科書插圖也能一一講解，把插圖和文字都視為重要教學工具，

兼顧圖文雙軌學習，在有限時間幫助學生從眾多書面課程篩選重點。他對插圖的講解加深學生的印象，提升對學生對插圖的理解與學習表現，也能彌補原本課本有些插圖訊息不夠完整或圖文不一致。雖然教師講解對學生經驗課程和施測課程有幫助，但是問題出現在少數困難的概念示意圖，因為教師已精熟閱讀插圖技能，往往誤以為插圖是一種簡單的材料，學生只要看了就能自動理解，而忽略了要透過外在的教導與提供線索，讓學生發展讀取與運用插圖能力。

（三）施測課程：施測表現大致良好，但是圖文題往往需要圖文整合或不同類型插圖轉換才能解題，各課程類型的插圖形式和重點不一致可能影響施測表現。

從施測課程而言，大致上，這個單元書面課程概念明確，教師施教也能清楚傳達和補充書面課程不清楚之處，因此學生評量整體與個別題項表現還不錯。然而，施測課程與書面、施教和經驗課程不一致可能影響學生表現。教科書插圖大都以彩色寫實照片為主，但是學校評量多數是缺乏立體感的黑白線條繪圖，學生從書面課程到施測課程要多一層理解轉化。若干師生覺得重要或困難的插圖及其相關概念沒有出現在學習評量，顯示評量取材並沒有均衡涵蓋文字和插圖重點。學生回答評量圖文題往往需要圖文整合或不同類型插圖轉換才能解題；若是原本教科書概念示意圖的圖文整合不佳，或是教師講解沒有充分引導學生的圖文處理內在歷程，都可能影響學生的圖文題表現。

（四）經驗課程：教科書插圖能充實學生的經驗課程，但是學生對抽象複雜的插圖和課程設計者與教師認知不一定相同，在「各自解讀」的情況下，造成三方對不同課程類型認知與理解上的差距。

掌握學生的經驗課程可以知道他們對書面課程或施教課程的投入和滿意程度與意圖課程的符合程度（Erickson & Pinnegar, 2010）。本單元教科書充滿美麗的彩色照片，對於缺乏地球科學先備知識和具體知覺經

驗的國中生而言，有助吸引學習動機、興趣和情感投入，讓學生在無法親身經歷的情況下透過插圖了解地球科學的抽象概念。然而，學生處理抽象複雜的插圖時，容易和課程設計者與教師產生不同認知，學生不像教科書繪圖者瞭解教科書插圖的背景知識，也不見得具備教師視為理所當然的插圖閱讀策略；當概念示意圖設計沒有掌握插圖設計認知處理原則，教師沒有掌握學生處理複雜插圖的內在認知歷程，在「各自解讀」的情況下，容易造成三方對不同課程類型認知與理解上的差距。

綜合上述，本研究發現：從教科書書面課程、教師施教課程、學生施測課程到經驗課程相互影響；每一種課程類型都與其他課程類型有關聯，課程轉化正向發展；但是如果提升各種課程類型一致性，必須強化其系統性的轉化。本研究發現在轉化過程容易出現問題的是少數抽象的概念示意圖，然而它們對科學概念的學習又很重要，因為它們是解釋困難概念、深化認知處理的重要工具，可以呈現文字無法描述的複雜概念、多重關係和過程。概念示意圖不像照片可以表徵一目了然的表面特質，而需要學生更深層的內在認知處理歷程，應該妥善設計與教學，使其在不超過學生的認知負荷總量內提升其增生認知負荷。

二、建議

因此，針對它們在教科書編輯設計、教師教學和學生學習的部分提出以下建議：

- (一) 教科書編輯設計應一一檢視插圖是否符合認知心理學插圖設計原則，妥善因應學生認知處理歷程和教師教學歷程的轉化。

認知心理學已經提出許多插圖設計原理原則，可以供教科書編輯設計參考。以本研究的插圖為例，教科書編輯設計應該避免如 F26 包含過多要素，或同時呈現高度互動的要素，消除同時處理這些要素的負荷，管控學生認知的有限容量。圖文呈現的時間空間應緊鄰，特別是如 F26

較大型的插圖，要特別注意是否將圖文印在正反兩頁而造成分心效應。教科書也要確實檢視圖文整合，諸如 F26 和 F29 都會讓學生花費額外認知資源，比對處理圖文不同來源訊息的異同。教材組織應連結學生先備知識，引導其建立基模，順利進入更深度的認知處理歷程；避免如 F29 出現學生尚未具備的先備知識；F29 具有重要性，不應放在補充教材，而應該重新編寫使其統整在正文並加上明確標題。

(二) 教師應重視學生圖文學習可能產生的困難，發展統整圖文雙軌的教學策略，指導學生主動解讀與運用圖文。

本個案中教師並沒有察覺學生圖文學習的困難，在講解學生覺得困難的 F26 時，沒有一一引導學生解讀各個小圖的內容和關係或對照圖文，還覺得它太簡單，而加上更複雜的補充講解。因此，教師應該重視學生圖文學習可能產生的困難，也要因應學生的先備經驗、圖文處理過程和學習能力的不同，給予不同指導，提供適當解題範例，協助學生發展圖文題解題策略。此外，教師應該加強學習評量的圖文題與課本圖文內容的關連，避免如 F26 和 F29 的概念沒有出現在評量，或是 F25 雖然在課本中具有圖文一致性，但是在評量中卻用類似這個圖去測量補充教材的其他概念。

(三) 學生應該將插圖視為重要的學習工具，發展圖文學習策略，掌控圖文認知處理的內在歷程。

學生的圖文解讀不是被動接受而必須主動處理，教師宜指導學生掌握自我內在的圖文訊息處理歷程，發展圖文選擇、組織和整合的方法與策略；特別是低分組學生往往偏向日常經驗直覺，缺乏先備經驗，圖文對應不佳，比較不會搜尋和插圖適配的文字，需要教師更多的學習指導和提供更多練習機會。當學習複雜的概念示意圖時，像是 F25、F26 及 F29，應該先檢視插圖中包含的要素，再分析它們的關係，連結相關文字，結合先備經驗以建立統整的基模。

最後提出對未來研究的建議，本研究採自然主義蒐集教學現場資料，推論範圍限於個案本身，建議未來可根據教科書插圖設計、教學與學習的原則，發展具體的評鑑指標，擴大樣本，對各層面課程進行評鑑，比較分析其課程轉化情形。

參考文獻

- 史家瑩（主編）（2009）。國民中學地球科學進階版。臺南市：翰林。
- 汪曼穎、王林宇（2006）。注意力分配對圖像登錄之影響及其在教學上的應用方向。*教育心理學報*，**38**（1），67-83。
- 周珮儀（2003）。教科書研究的現況分析與趨勢展望。載於中華民國課程與教學學會（主編），*教科書之選擇與評鑑*（頁 178-207）。高雄市：復文。
- 周珮儀（2005）。我國教科書研究的分析：1979-2004。*課程與教學季刊*，**8**（4），91-116。
- 林玉雯、黃台珠、劉嘉茹（2010）。課室學習專注力之研究——量表發展與分析應用。*科學教育學刊*，**18**（2），107-129。
- 胡幼慧（2008）。質性研究：理論、方法及本土女性研究實例。臺北市：巨流。
- 張芬芬、陳麗華、楊國揚（2010）。臺灣九年一貫課程轉化之議題與因應。*教科書研究*，**3**（1），1-40。
- 張苑真、辜玉旻（2011）。國小高、低閱讀能力學童圖文閱讀的理解策略。*臺北市立教育大學學報*，**42**（2），93-122。
- 陳烜之（2006）。*認知心理學*。臺北市：五南。
- 劉嘉茹、侯依伶（2011）。以眼動追蹤技術探討先備知識對科學圖形理解的影響。*教育心理學報*，**43**，24-46。
- Amettler, J., & Pinto, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, *24*(3), 285-312.
- Bannert, M. (2002). Managing cognitive load: Recent trends in cognitive load theory. *Learning and Instruction*, *12*, 139-146.
- Bowen, G. M., & Roth, W.-M. (2005). Data and graph interpretation practices among preservice science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(10), 1063-1088.
- Candler, P., & Swell, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, *8*(4), 293-332.
- Canham, M., & Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on

- comprehension of complex graphics. *Learning and Instruction*, 20, 155-166.
- Clark, R. C., Nguyen, F., & Swell, J. (2006). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons.
- Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, 90(6), 1073-1091.
- Cook, M. P. (2008). Students' comprehension of science concepts depicted in textbook illustrations. *Electronic Journal of Science Education*, 12(1), 39-54.
- DeLeeuw, K. E., & Mayer, R. E. (2008). A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous, and germane load. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 223-234.
- Eisner, E. W. (1991). *The enlightened eye: Qualitative inquiry and the educational practice*. New York, NY: Macmillan.
- English, F. W. (2000). *Deciding what to teach and test: Developing, aligning, and auditing the curriculum*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- English, F. W., & Larson, R. L. (1996). *Curriculum management for educational and social service organizations* (2nd ed.). Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- Erickson, L., & Pinnegar, S. (2010). Experienced curriculum. In C. Kridel (Ed.), *Encyclopedia of curriculum studies* (pp. 362-363). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Glatthorn, A. A., Boschee, F., Whitehead, B. M., & Boschee, B. F. (2012). *Curriculum leadership: Strategies for development and implementation* (3rd ed.). Los Angeles, CA: SAGE.
- Glesne, C. (1999). *Becoming qualitative researchers: An introduction* (2nd ed.). New York, NY: Longman.
- Goodlad, J. I., & Associates. (1979). *Curriculum inquiry*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Hannus, H., & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low-and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24, 95-123.
- Johnsen, E. B. (1993). *Textbooks in the kaleidoscope: A critical survey of literature and research on educational texts* (L. Sivesind, Trans.). Oslo, Norway: Scandinavian University Press. (Original work published 1993)
- Kozma, R. B. (2003). Technology and classroom practices: An international study. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(1), 1-14.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lee, V. R. (2010). Adaptations and continuities in the use and design of visual representations in US middle school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1099-1126.
- Lowe, R. (1989). *Scientific diagrams: How well can students read them? What research says to the science and mathematics teacher* (Vol. 3). Perth, Australia: Key Centre for School Science and Mathematics, Curtin University of Technology.
- Lynch, M., & Woolgar, S. (1990). *Representation in scientific practice*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Macdonald-Ross, M. (1979). Scientific diagrams and the generation of plausible hypotheses: An essay in the history of ideas. *Instructional Science*, 8, 223-234.
- Marcus, N., Cooper, M., & Sweller, J. (1996). Understanding instructions. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 49-63.
- Mayer, R. E. (1993). Commentary comprehension of graphics in texts: An overview. *Learning and Instruction*, 3, 239-245.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2004). Designing multimedia technology that supports human learning. In M. Rabinowitz, F. C. Blumberg, & F. T. Everson (Eds.), *The design of instruction and evaluation: Affordances of using media and technology* (pp. 33-49). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G., & Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustration to foster meaningful learning of science text. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 31-43.
- Mikk, J. (2000). *Textbook: Research and writing*. Frankfurt am Main, Germany: Peter Lang.
- Miller, G. A. (1956). The magic number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). Engaging students in active learning: The case for personalized multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 92(4), 724-733.
- Ollerenshaw, A., Aidman, E., & Kidd, G. (1997). Is an illustration always worth ten thousand words? Effects of prior knowledge, learning style and multimedia illustrations on text comprehension. *International Journal of Instructional Media*, 24(3), 227-238.
- Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Pozzer, L. L., & Roth, W. M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089-1114.
- Ritchie, J., & Lewis, J. (2003). *Qualitative research practice: A guide for social science students and researchers*. London, UK: SAGE.
- Roth, W. M., Pozzer-Ardenghi, L., & Han, J. Y. (2005). *Critical graphicacy: Understanding visual representation practices in school science*. Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Sanchez, E. (2009). Innovative teaching/learning with geotechnologies in secondary education. In A. Tatnall & A. Jones (Eds.), *Education and technology for a better world* (pp. 65-74). Boston, MA: Springer.
- Schnotz, W., Picard, E., & Hron, A. (1993). How do successful and unsuccessful learners use texts and graphics? *Learning and Instruction*, 3, 181-199.
- Stull, A. T., & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 808-820.

- Subramaniam, K., & Padalkar, S. (2009). Visualisation and reasoning in explaining the phase of the moon. *International Journal of Science Education*, 31(3), 395-417.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251- 296.
- Weinbrenner, P. (1992). Methodologies of textbook analysis used to date. In H. Bourdillon (Ed.), *History and social studies-methodologies of textbook analysis* (pp. 21-34). Berwyn, PA: Swets & Zeitlinger.