

支持科學教育的視覺圖像文本設計

助理教授 陳嘉皇

崑山科技大學 教學發展中心

壹、前言

1960 年代的科學教育改革，強調的是「動手做科學」的觀點，這對學生學習科學概念來說，提供了嶄新的目標與方向。此改革持續迄今，對科學教育的發展影響甚重，但演變的過程卻產生了與其精神相悖離的效果，即「做科學」的步驟與源自一些步驟所衍生的概念之間有了分別，文本的呈現與科學本質之間似乎產生了落差(Fensham, 1992)。老師常認為探究的科學活動，只要經由動手做，就能達成學習科學的要求，甚至，認為孩童從教師設計的問題或抽離的情境，就可探索而獨自發現科學的原理與法則。這些原理或法則很多是教師透過其「經驗」，或是一定的「步驟」而可獲得證驗的材料，但畢竟只是複製歷史上科學家研究的二手資料結果而已。Magnusson 和 Palincsar 認為，教導科學應該當成是支持學生多元素養能力之科學探究的引導，這種教學，假設學習科學是由第一手和二手資料交互作用進行的探究(Magnusson & Palincsar, 2006)。第一手的研究，指的是對物理世界直接的探索，第二手的研究，則運用一些人採用第一手研究的方式，對物理世界已經處理或學過的方式的探索。第二手的研究是以學校採用教授的教科書文本做為基礎，在此研究與發展上，已被認為與教導科學當成是支持培育學生多元素養能力的探究取向發生了關聯，並集中在一種新奇與創新的描述形式之運用。

近年來，課程發展的趨勢，在於透過自然現象的觀察和探究，以及日常生活的導引，強調儘早可能介紹孩童科學的學習。課程組織的法則可藉由對學習者特質、其先備知識、興趣和需求、有關教師的科學概念和科學教學等研究而產生，不管如何，目的仍在於培養學童具備充分的科學素養，以對所欲探究的科學文本進行理解。圖像(images)是種空間事物具體表徵的關係，對於文本的理解而言，

已經變得越來越普遍，從許多觀點來看，它是科學學習的基礎。圖像對科學概念而言，不僅是重要的，而且還被認為對於協助將專家知識傳遞給學童而言，是有力的。透過科學文本明確之文法組織特質、術語(jargon)，形成情境界線的專門用語，以及透過屬於科學語言特徵的詞彙，而獲得的不同的隱含意義，都可以用來解釋學童為何會覺知與科學之間產生斷裂或孤立。我們常假設，視覺較語言可以傳遞更多的媒介，圖像可被用來貫穿科學溝通時一些語文模式所帶來的阻隔。此觀念認為，在傳遞觀念上圖像較語言更容易，因此在科學教育間更易普及化，對孩童概念的理解，更易使用孩童的繪畫以及繪畫的文本當成資料加以處理(Driver, Aquires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994)。因此，圖像在兒童閱讀的科學文本裡是不可欠缺的物件，它具有非常重要的功能。茲此，本文擬透過空間圖像功能的介紹，配合圖像結構之說明，導引圖像協助學童文本理解的目的，讓教師在科學教學的現場，掌握科學本質與科學教育的目的，培養學童更加堅實的科學素養能力。

貳、圖像的功能

現今學校科學的教科書、作業，顯示越來越常使用圖像和圖表作為資源，不像傳統的文本一樣只被語言主宰。在傳統的文本裡，主要的訊息通常都採用文字寫作的方式表達，圖像只提供描述的功能。時至今日，情況已有改變，在科學文本裡，寫作和圖像之間關係越來越複雜，彼此可以提供互補、比較、對照、詳述或是思考的功能。文本和圖像之間新的關係自此產生後，對圖像而言，傳統上只作為提供說明，和用來使文本更加活潑，現在則變成了文本之核心。圖像具有非常多的功能，Martins(2002)認為可以包括：

- 1.導引(orientation)的功能，亦即指示能被呈現的內容。
- 2.動機(motivation)的功能，或是抓取讀者的注意力、興趣或是好奇心。
- 3.顯示事物如何處理。
- 4.說明某一觀念或論證。
- 5.透過已經組織好的個案之展現而顯示樣式。

- 6.將一般知識與特殊的例證相關聯。
- 7.將宏觀的描述轉移至微觀的描述。
- 8.建立真實世界與抽象的科學之間的關係。

這些功能和物件它們之間變化的關係(如圖1所示)，伴隨課程組織的法則，可以幫助說明呈現在當今教科書裡廣泛不同的圖像類型。圖像所具備的一些功能可以實踐教學的目標，一些則與科學知識本身有特殊的關係。有許多的功能可以利用視覺化加以理解，這些可能性包括：定義、例證、樣式或符號，即便科學的文化傾向喜好將知識的表達透過語言介紹一些概念，視覺化對於理解還是很重要的。另一個層面則包含圖像的修辭運用，圖像可以視為是修辭的結構，亦即當成是可辨識的文本特徵，可與文本組織產生較大的樣式關聯，形成科學文本裡的一些功能，這些功能包括：傳遞科學本質和科學活動的圖像，建構科學知識和論述的權威性，協助建構和改變主體性。最特別的是，將圖像所帶來的潛力視為是學習的輔助，已經透過廣泛的研究建立和組合起來。舉例來說，從認知科學領域研究的結果顯示，圖像較其相對的語文更具有可記憶性(Mayer, 2002, 2004)，另一項重要的發現顯示，從文本附加的圖像說明可以提升學習。教育的研究者也提供了圖像在學校科學文本的分析，透過對一些教科書和教室實務的分析，討論圖像在科學教導與學習上所扮演的角色(Filippatou & Pumfrey, 1996)。

Kress和van Leeuwen (1996)主張視覺溝通，類似於人類其它溝通的系統，而要反映意義如何產生，需有三個基本的要求：即觀念構成(ideational)、人際關係(interpersonal)和文本的後設功能(textual metafunctions)，這些抽象的功能需有表徵性的系統（如圖2所示）才能展現。

- 1.圖像能夠呈現所經驗之世界的現象和歷程，以致於能夠建立表徵系統和真實世界觀點之間的象徵性關係（藉由其特殊的複雜符號加以定義）。
- 2.圖像能夠安排主體在不同的社會交互作用結構，並能說明參與者在溝通行動之間的社會的關係。
- 3.圖像能促進文本要素之間、以及文本和情境之間統整的關係(Halliday, 1985)。



圖1 圖像具有許多功能,可以導引、刺激學童對物理現象的觀察、歸納,建立現象之間的關係。

引自《大地地理雜誌》(1995, 2: 33)

科學文本中的圖像會影響學童閱讀的重點及方向,是提供理解與說明的線索,所以每位學童都應懂得閱讀圖像,理解其中所隱藏的意涵與關係,並能加以歸納探討其中的結構意義,配合文字產出有意義之解釋說明,而建構出科學的理論和規則。圖像是學習的輔助,與文本附加的說明配合可以提升學習,所以此科學素養對科學概念的探究而言,扮演了重要的角色。

參、圖像的結構

Kress和van Leeuwen認同強調以圖像裡頭的結構組織,去描述在某一圖像裡,不同結構要素如何組合成為有意義之整體的描述(Kress & van Leeuwen, 1996)。他們將表徵的結構加以分類為敘事或概念兩種:

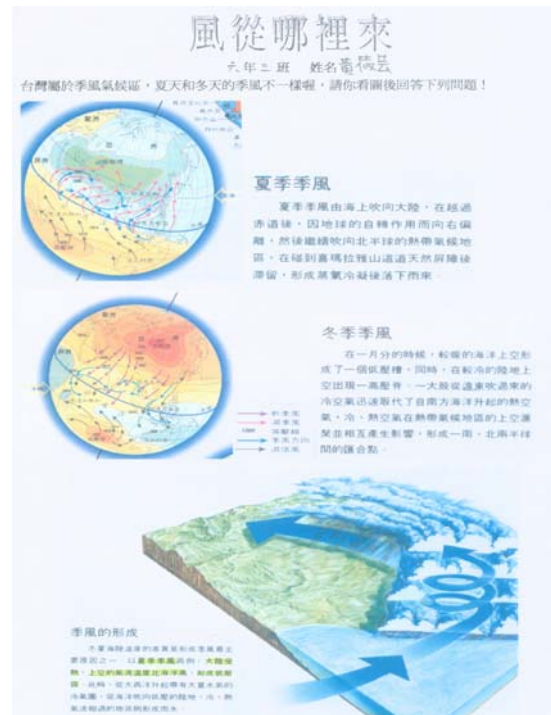


圖2 風的由來可藉由箭頭、顏色及情境之交互作用,統整圖像中相關要素,而明白之間關係。

一.敘述性的結構

敘事性結構的表徵類似於轉化的關係，敘述性的圖像告訴我們故事伴隨時間所發生的歷程和行動，像是冰塊融化或是兩物體相對運動等。敘述性的歷程可以透過圖畫的顯示或是藉由箭號的圖塊連結，或是帶有暗示的順序特徵的形式而被理解（如圖2所示）。

二.概念性的結構

概念性結構的表徵描述了參與者之間參數的關係，它的結構包含三類：即類別的(classificatory)結構、分析的(analytical)結構、以及象徵的(symbolic)結構(Martins, 2002)（如圖1所示）。

1. 類別的結構：擁有相同屬性的類屬組織會採取一種相同大小或類型的對稱性之圖像排列，這種結構可以允許我們對相同類屬之間的異同做比較和對照，類別也能做為理解參與者之間階層的關係，分類學即是一種分類歷程的展現。當要做為一種「上層的項目」，分類即可公開(overt)，也就是較一般性的概念，彼此之間被視為具有關聯，那麼就可加以呈現；但是它們也可以隱密的(covert)，當每一個集合裡的成員各自擁有相同的地位時，以及上層的項目僅能藉由觀察者對集合中的每一個成員所知覺的相似性和差異性進行推論時。類別的結構通常採取靜態的序列呈現參與者有關其關係的狀態或排序。流程圖(flow charts)和網絡圖形也是一種類別的結構，但是它們更具有彈性和動態性。對科學而言，類別是非常重要的，尤其是近年來有關課程計畫的活動，像是觀察、記錄資料、分類排序、發現樣式等，皆會透過這種方式以說明逐漸增加的重要屬性。分類圖像在科學中的例證包括消費－生產的柱狀圖、演化樹、以及分享共同特徵的材料集合。
2. 分析的結構與參與者透過部分－整體關係的表達有關，分析的結構包含了兩種的參與者：傳送者(carrier)，屬於整體的部分，以及其他的「屬性擁有者」(possessive attributes)，屬於部分的部分。「部分」可以在圖像空間的內、外清楚的加以辨認和描述，自然的表徵，像圖片從分析的目的而言，使用陰影或灰色的陰影只是用來幫助辨認「部分」，所有的這些要求一種客觀的(impersonal)、不受影響的檢驗(detached-scrutiny)，分析的圖像是種

典型的科學文本，可以將物理世界的事物，透過廣泛的使用一種抽象的、理想的、表徵的模型圖，加以描述其間部分與整體的關係及其發展的脈絡。科學文本裡最常看到的例證就是地圖、生物組織的掛圖等等。

3. 象徵的歷程所關心的是參與者是什麼？或代表什麼？象徵的過程通常包含了一個傳送者，代表者是從關係中、象徵的屬性和呈現此意義本身的參與者所建立的，舉例來說，透過燈光和顏色的運用，可以指出或使它們的大小被誇大。

這些分析的類別允許我們去表現、討論以及製造圖像中參與者之間明確的關係。因此，透過檢驗表徵的結構，它們可以幫助我們瞭解表徵之間的前景關係，和與之相關的概念領域。在分析的結構裡，所謂的「部分」元素所獲得的意義關係到其在整體中的功能和關係，敘述提供了分析歷程的機會，這對學童建構科學實體意義，製造了一項非常重要的工具，對科學教師而言，它也提供了談論學生經由所製造的圖像所需的資源。這些基本的類別也可以組合產生更複雜、聰明的結構，例如食物鏈，箭頭顯示了能量和事物在整個鎖鍊中的流程，在垂直軸上組織何者是消費者？何者是生產者？這些圖像可被視為是敘述文內的類別，類似於實體所包含的行為樣式，並允許此行為採用不同的類別組織它們的關係。

另外，也可以將象徵與分析的分類結構加以組合，允許我們透過對另一類型細胞的比較，而對某一細胞類型內的不同功能結構加以辨認，例如可將動、植物的細胞放在一起加以辨認、比較，此即變成分析的圖像，此種文本可直接指出何者相似，何者具有完全不同的圖像。此種比較透過在同一頁數中的語言和圖像之交互作用可以顯得更有效果。

圖像結構的分析可以幫助吾人理解圖像所代表與呈現的意義，亦可幫助我們理解如何透過它引導學童科學素養的培養，透過這種結構的分析，亦可讓我們瞭解教科書中的科學文本，如何與教室中師生所擁有的科學概念進行交互作用，而呈現其對科學本質理解的狀況。

肆、圖像如何協助文本的理解

根據Kress、Ogborn、Martins等人（1998）的研究發現，學生對於參與的活動會顯示出不同的層次，從訪談的學生中發現一共同的閱讀樣式，稱做「不受約束的瀏覽」(uncommitted browsing)，學生最初的評論，以及他們所看到的內容，大多是對圖像推論其有多美，和是否有看到這些圖像。從這些基本的反應加以判斷，學生參與這些材料的第一個形式，是透過一種感情的管道而發生，它們談論視覺成分是以看的順眼和有吸引力為主。顏色的運用、不同視覺資源組合、文本和圖像當成推論特徵數量之間的平衡，具有顏色的事物通常是為了使圖片更加好看，使得圖像可以看見(Kress, Ogborn & Martins, 1998)。一些例證顯示，「不受約束的瀏覽」會發展成更具有批判的分析，因此，圖像可被想成作為傳遞訊息之企圖性圖表的操弄資源。

爲了要能成功的當成協助的資源，圖像必須要滿足兩項標準：可記憶的，並且能夠與讀者自我知覺的閱讀能力相配對。標題的有無、顏色的飽和狀態，以及連接圖像和文本之箭頭與線條的數目，也會被學生用來當成圖像和比較的項目(Kress, Ogborn & Martins, 1998)。訪談的資料也顯示圖像並未被想成是孤立的實體，而是與其它片段的文本有關，更普遍的說，是與片段的知識有關聯。關於此情境而言，圖像具有兩項重要的功能：

- 1.能強調一些對照的重點。
- 2.能說明之前所給予的理論資料。

廣泛地說，學生嘗試去感知這些圖像，必需伴隨兩種主要操作的層面以理解文本中的意義：

1. 第一個層面必須要處理經驗的知識，將之投射到圖像的閱讀，此知識反射出其每天生活的文化和其教室裡的文化兩者的要素，在這樣的結果下，圖片是在一種期待的背景下被閱讀的。模式、視覺隱喻以及類比的關係可以連結和說明，以致於能透過理論實體進行解釋，並且形塑學生對這些圖像的閱讀。因此，教室裡所從事的活動的一些觀點和圖像裡，有一些要素需要學童事先加以辨認。另外，對這些圖像的閱讀而言，可能產生而當成一

種證明，這個可能性需依賴顯示在材料事件上的意義。

2. 第二層面則與知覺和建立在內在與外在文本兩者層次的關係有關，學生很容易就知覺大規模文本裡之樣式的連續性，事實是，在書裡的內容具有一種強調文本的統整，這是種概念最終可以整合成爲基礎。學生對給予之圖像的描述常常是整體的，而且是與其先前看過的圖像閱讀有所關聯的。

近年來，許多學者將興趣投注在發展圖像設計的研究基礎法則上，其所提出的學習認知理論允許我們對圖像的表徵，產出可測量的設計法則，以促進學生的理解，並藉由解題轉換的測驗而被評估(Mayer, 2004)。這些法則如表 1 所示：

表 1 針對圖像詮釋設計的研究基礎法則

-
- 1.多媒體法則(multimedia principle)：學生可從講述和圖像的組合中，較單獨講述的學習能夠更深入理解。
 - 2.短暫的鄰近法則(temporal contiguity principle)：學生在回應同時而非連續性出現的圖像和講述的部分時，能更深入的學習。
 - 3.統整法則(coherence principle)：當外在的文字、圖像和聲音被排除而非融入時，學生能更深入的學習。
 - 4.模組法則(modality principle)：學生從圖像及講述的組合中，較從圖像和文本中學習更能深入理解。
 - 5.殘餘法則(redundancy principle)：學生從圖像及講述的組合中，較單獨從圖像、講述和在文本學習更能深入理解。
 - 6.個人化法則(personalization principle)：學生從圖像及個人講述的組合中，較從圖像及非個人的講述學習中更能深入理解。
-

資料來源： 引自 Mayer, 2004: 41

上述圖像設計的法則將主體、文本與科學概念的學習構築成一整合的關係，透過主體的知識、經驗與文化、社會情境彼此交互作用，賦予了文本的意義，此種意義即是科學教育目標所欲追求之科學概念，因此，對圖像閱讀、解釋與和命題內容建立關係，是項重要的科學素養能力，教師在進行科學教學或是設計探究

作業時不能予以輕忽、偏廢。

伍、結語

一種有意義及重要的圖像，需在其能真實的應用於學習活動顯現出力量時，才能發現其價值與重要性。大多數科學教室裡的作業，事實上是直接採用圖像灌輸知識，不管如何，教室裡的作業，需要幾個圖像模式採取組合的方式持續變化，藉由現象與其表徵之間的連結建構意義而激發，才能對現象的說明和重複意義的描述加以驗證。圖像是傳遞訊息的操作資源，因與真實和應用的學習活動交互作用而產生不同的認知層次表現，這些表現正可以提供我們對學生科學素養能力發展的判斷，本文即欲從此角度建立教師對學生科學素養之另類想法，即語文和圖像都是理解科學文本不可或缺的能力，將學生之科學能力表現建立起一整體連續的發展實體，協助教師有效的針對學童能力提供必要的支援，讓學童透過語文和圖像的整合，能正確有效的閱讀、推論、理解及解釋科學文本中呈現的問題。

參考文獻

Driver, R., Aquires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*. London: Routledge.

Fensham, P. J. (1992). Science and technology. In P. W. Jackson (Ed.), *Handbook of research on curriculum* (pp. 789-829). New York Macmillan.

Filippatou, D., Pumfrey, P. (1996). Pictures, titles, reading accuracy and reading comprehension: A research review (1973-95). *Educational Research*, 38, 259-291.

Kress, G., Ogborn, J., & Martins, I. (1998). A satellite view of language: Some lessons from science classroom. *Language Awareness*, 7, 69-89.

Kress, G., & van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: The grammar of visual design*. London: Routledge.

- Magnusson, s. J., & Palincsar, A. S. (2006) . The application of theory to the design of innovative texts supporting science instruction. In M. A. Constanas, & R. J. Sternberg (Eds.) , *Translating theory and research into educational practice: Developments in content domains, large-scale reform, and intellectual capacity* (pp. 31-51) . Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martins, I. (2002) . Visual imagery in school science texts. In J. Otero, J. A. Leon, & A. C. Graesser(Eds.) , *The psychology of science text comprehension*(pp. 73-90) . Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mayer, R. E. (2002) . Multimedia learning. In B. H. Ross (Ed.) , *The psychology of learning and motivation* (Vol, 41, pp. 85-139) . San Diego, CA: Academic 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, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996) . *Explaining science in the classroom*. London: Open University Press.