

第貳章 文獻探討

本章旨在回顧與本研究相關的文獻及理論。全章共分五節：第一節為自我解釋，第二節是圖文學習之相關研究，第三節介紹認知負荷，第四節為概念改變，第五節則為生殖相關的迷思概念。

第一節 自我解釋

一、何謂自我解釋？

當人們閱讀一篇困難的文章時，可能會將已瞭解的部分用自己的話解釋給自己聽，以便連結那些未懂或難懂的部分。因此，自我解釋便是學習者在閱讀文章過程中，為澄清或補充句子的敘述所提出的推論，不論這些推論的大小、完整或正確與否，都算是自我解釋的一部份（Chi, deLeeuw, Chiu, & LaVancher, 1991; Chi & VanLehen, 1991；引自邱美虹，1994），而在進行自我解釋的同時，學習者仍須自我監控其理解程度為何，在根據先備知識及外得知識進行自我推論以克服理解上的問題（Chi, Bassok, Lewis, Reiman, & Glaser, 1989）。而 Neuman, Leibowitz, 和 Schwarz (2000)也認為自我解釋除了包含學習者在學習新知識所持有的推論外，也包含在問題解決的過程中學習者對問題的澄清以及在進行解題活動時所持的理由。Chi et al.,(1992，引自邱美虹，1994)則認為自我解釋是知識建構的一種學習策略，它能整合新舊知識或從先前出現的句子中與新知識整合而產生新的、有用的知識。

由上述文獻對自我解釋的定義來看，自我解釋可算是一種自發性的自我產出活動，這與教學者提供的解釋或說明大不相同。由於自我

解釋的進行，在學習者接觸新知識的過程中能自行加以內化，所以比外在所提供的學習內容更容易讓學習者吸收，此種學習效果可稱為學習的產出效益(**generation effect**)，也就是學習者自我產生的學習內容會比外在所提供的內容更容易吸收及記憶（**Hirsh-man & Bjorj,1988**；引自林育聖，2002）。另外，在 **Chi** 等人一系列的研究中亦可以發現他們所稱為的「自我解釋的效益」（**self-explanation effect**）也是如此，自我解釋除了能促進預先的理解外，它也算是一種主動建構的活動，而非被動的接受一些解釋或說明。再者，自我解釋還能將一些隱含的知識明顯化，以便能讓學習者檢驗或反思自己的學習過程。甚至可以此視作區分好的學習者和差的學習者的分野，或許有些自我解釋是錯誤的，但它們或許可以提供一些衝突情境，讓學習者面對它們而採取改進之策略。**VanLehn、 Jones 和 Chi (1992)**將 **Chi** 等人(1989)研究對象的口語資料加以重新分析，發現好的和差的學習者主要有下面 4 點不同：

- 1.好的學習者在解題過程中會產生較多的自我解釋。
- 2.好的學習者在學習範例的過程中會出現較為正確的自我監控陳述。
- 3.在問題解決的過程中，好的學習者比較不會一直參考範例。
- 4.他們對範例的參考會採取有目的的參考。

而這四點就稱之為「自我解釋效益」。

二、自我解釋的功能

Chi、deLeeuw、 Chiu 和 LaVancher(1994)認為學生在進行自我解釋活動的過程中，自我解釋的三個過程特徵，或許可以解釋它為什麼是一個特別有效的學習活動，這 3 個特徵分別是：

- 1.自我解釋是一個建構性活動：

此乃意謂著新的陳述性或程序性知識是被建構的。這麼說的原因是因為建構陳述性知識需直接由解釋的口語資料中所獲得，而建構程序性知識則可以其他非直接的方式來獲得，換句話說，自我解釋能促進發展一個循著規則作基礎的模式來解決問題，當這些規則被使用得很順暢，如此便可算是學習到一項程序性技能，對學習者而言，這樣的過程不是單單由直接地轉譯或是加快速度的教學就能達成的。舉例來說在物理學習上，自我解釋似乎提供了機會讓學習者們去建構規則，而隨後便能夠被使用來解決問題，在現行生物的研究中，自我解釋也提供了機會去建構知識的推理，使得學習者能夠回答更為複雜的問題。

2. 自我解釋鼓勵在已有知識下整合所學習的新知識：

人們通常會懷疑學生在未有完整領域知識時，他們是否能夠建構解釋。Chi 等人(1994)的研究結果顯示，至少有 30%的自我解釋是從整合舊有知識與新訊息所產生的。Chi 等人對此有一個可能的詮釋：當學生持續地閱讀教科書中的句子時，他們可能會產生不正確的解釋，雖然教科書所提供均是正確的訊息，但可能與學生已有的知識相互衝突，如此便會產生不正確的自我解釋。由於自我解釋雖然包含了舊有知識與新知識的整合，但在學習新的知識系統時，也有可能導致隨後的錯誤理解，而且相當難以改變。在此觀點下，Chi 等人認為雖然自我解釋是否能夠促進這些本體上不相容概念的理解依然是不清楚的。但至少在本體上相容的概念與系統，整合新訊息將可讓新訊息去修正最初有缺點的信念。

3 自我解釋是一種連續而且持續的零碎的過程：

自我解釋是連續的、進行的、零碎的，所以會導致部分性不完整的自我解釋產生，在此我們都已知道學習者會產生片斷和不完整的解釋。但是，藉由新的資訊的獲得，可以使其作進一步的修訂，以達到正確的概念或心智模式。

總結來說，自我解釋是一種創造或修改新知模式的過程，它能產生很多機會讓學習者觀察自己本身的心智結構和真實論述間的不同，藉由之間的概念衝突和辨異，縱使學習者只是說出微小的（通常是很小的推論）、區域性的（只關於一些正在閱讀的資訊）、片段、或是不一定相關且不一定正確的自我解釋（邱美虹，1996）都無妨，因為這些自我解釋的產生，都代表了學習者自行的產出，而非將教科書中的訊息照本宣科的一字不漏的記下來，如此在這樣的學習過程，學生已自行建構了屬於自己的知識系統，或許和正確的知識系統不盡相同，但當其發現其中相異之處時，也許正是學習者習得正確的科學概念之時。簡要的來說，自我解釋是新舊知識的整合的結果，或許會導致某一部份的知識不正確，然而產生不正確的自我解釋不一定會對學習有害，甚至可能提供學習經驗。因為，當學生有不正確的解釋後仍會繼續閱讀教材中接下來的內容，而在持續閱讀後，會呈現出正確的訊息；這也許會和不正確的自我解釋相反，如此就會產生了一個自我修正來消除衝突，也就是說學習會在爭論、僵局或和傳統衝突時產生，處在這樣的學習過程，故而自我解釋能幫助學生學習，而對於學習者，這樣的學習方式或許才為較有意義的學習。

三、自我解釋對學習的影響

Chi 等人(1989,1990,1991,1994)在一系列的研究中，以自我解釋作為研究主題，分別以不同科目的概念探討學習者使用自我解釋的學習策略後其學習成效為何。

最初，Chi 等人(1989)要求大學生以自我解釋的學習策略進行力學的範例學習，進而探討自我解釋對物理解題的影響。結果發現，好的解題者不僅能對範例的解題原理及步驟提供較多的評論外，同時也產生較多的自我解釋。相反地，差的解題者很少對自己說明範例中每一個不同的意義與關聯性；此外好的解題者能正確地判斷自己是否瞭解，然而差的解題者卻不然，再來好的解題者和差的解題者在使用範

例上迥然不同，不論是使用的方式或目的皆不盡相同。同時研究者們亦發現若能自動提出大量解釋的學生，其後測成績幾乎比那些產生少量解釋的學生好 2 倍。

之後 Chi 等人（1994）以生物課程中的心肺循環內容作為研究單元，把研究對象（八年級學生）分為 2 組，一組對教材內容進行自我解釋，另一組則只有大聲閱讀文本 2 次；由兩組的後測成績來看，高成就者比低成就者產生了較多自我解釋，此外自我解釋組的學習成效也比較好。從 Chi 等人對自我解釋一系列的研究中，可以發現學生學習成就與自我解釋的多寡成正比的相關，其中在閱讀過程中有作自我解釋的學生其學習成效較佳，最後高與中能力的學生都受益於“自我解釋”的學習策略（引自邱美虹，1994）。

除了 Chi 等人發現高、中能力的學生皆受益於“自我解釋”的學習策略以外，從邱美虹與陳英嫻（1995）的研究結果也可得到驗證。在對學生月相盈虧的研究中其指出，雖然採用「自我解釋」的學生表現較傳統學習者為佳，但只對高成就組的學生有效，因其產生的推論大都較為正確，故能形成較完整的心智模式。然而此法對低成就組的學生不見得有效，因低成就者缺乏學科相關知識，故多為不正確的推論，因而影響其對概念的理解。雖然不正確的推論有時亦可提供認知衝突的機會，但低成就組的學生通常後設認知的能力亦較弱，因此也無法產生如預期中自我解釋有助於學習的效果。

對於僅有高、中能力者受益於自我解釋的學習情形，McNamara (2004)以 SERT 訓練的方式，發現此法也可幫助低程度的閱讀者從中獲益，SERT 即為 Self-explanation Reading Training 的簡稱，這個訓練主要是教導如何閱讀文章以瞭解其內容為何及給予自我解釋的練習。在該研究中，研究對象共有 42 名，一半接受自我解釋的閱讀訓練，另一半則無，只有在閱讀時大聲的將教材內容念出來而已。兩組學生皆有 4 篇科學文章供其閱讀，之後一同閱讀有關細胞有絲分裂的文本並

皆作自我解釋並比較其理解測驗後的得分。結果發現接受訓練的學生不僅自我解釋的質較佳，在理解測驗的得分也較高，且由口語分析看來，自我解釋的閱讀訓練幫助了學習者去使用邏輯及領域相關的知識，而非領域特定的知識去瞭解教材內容。最重要的是這樣的訓練對低程度的閱讀者較有所助益，雖然只對教材相關的問題有較大的幫助，但因為這樣的訓練能幫助他們瞭解文章內容以成功地建構有意義的知識而使得他們對此文章較為融會貫通。相較之下，控制組的低程度閱讀者在理解測驗得分上，表現大大不如實驗組，因此 SERT 確實能幫助低程度的閱讀者。

此外，自我解釋的效益除了在年紀較大的學習者顯現以外，4-5 歲的孩子亦有相同效果，在 Pillow, Mash 及 Hill(2002)的研究中，研究對象為 90 名 4-5 歲的小孩子，男女皆有，當中接受自我解釋訓練的孩子們，Pillow 等人(2002)發現成就測驗得分多寡和自我解釋有效數目出現的頻率呈顯著正相關。而 Pillow 等人也在研究中發現不論孩童的認知監控是如何完成的，監控的促進就認知過程而言都可以提升知識的發展。而 Calin- Jageman 和 Ratner (2005)的研究，其研究對象為 27 名的幼稚園小朋友仍舊有相同的效果。由此可證實不論受試者年齡大小在學習過程中進行自我解釋皆確實可以增進學習的理解。

從以上研究觀之，自我解釋的有效性確實可由各學科得到驗證，如物理科(Chi et al., 1989)、數學科的問題解決(Renkl, 1997)乃至於生物科(Chi et al., 1994)、地球科學(邱美虹和陳英嫻，1995)等學科。Chi 等人(1989)提及的自我解釋效果在物理及機械領域上已得到驗證，而 Pirolli 和 Recker(1994)也發現在程式設計這個領域亦有相同的效果。此外除了以人為方式促發自我解釋外，也有些研究是以電腦環境促發受試者的自我解釋，如 Renkl(1997)的研究，便是將大一新生 36 位，透過電腦螢幕研讀有關機率運算的訓練範例，4 個幕（滑鼠按四次）為完整一題，每題均有時間紀錄。先施行前測，之後再教導機率原理，整個流程約 11.5 分，再來作範例，所有範例皆有固定時間，最

多只能花 25 分鐘，在此段期間需作放聲思考，隨即後測，共 15 題。從學生的表現來看，自我解釋並不是明顯的依靠學生們的先備知識，此點和 Chi 及 VanLehn (1991)相同，此外自我解釋造成較好的學習效果不會因時間受限與否而影響，由於在 Chi 等人的研究中，學習者的學習時間均無限定，因此 Renkl (1997)的研究中便將任務執行的時間加以控制，結果發現學習的效果依然可由自我解釋的數量加以預測。

再來 Aleven 和 Koedinger (2002)在研究中使用了 Cognitive tutor 這個軟體幫助學生在問題解決階段解釋他們自己的解題步驟，發現有解釋解題步驟的組別較未解釋的表現來得好，此外解釋較佳者在遷移題的表現也較好。為什麼會這樣呢？Aleven 和 Koedinger 認為藉由解釋，學生能獲得結合較佳的(better- intergrated)圖像及文字口語的敘述性知識，也可獲得較深層的程序性知識。而在此過程中，學生需集中較多的注意力對問題解決步驟提出適當的陳述，而口語的提示又能幫助學生們聚焦於圖像的特徵，故學生有較佳的表現。

國內的研究方面，林育聖（2002）主要是探討自我解釋以及先備知識對程式語言 IF 敘述學習成效的影響，研究樣本為普通高中二年級 117 位學生。在教學實驗中，依據不同的自我解釋學習活動分為自我解釋問題引導、自我解釋原則提示、與不實施自我解釋(為控制組)等三組；先備知識則依先備知識測驗分為高先備知識與低先備知識二組。控制組的學生以瀏覽教材的方式進行線上學習，學習系統不會要求或提醒學習者進行自我解釋。「自我解釋原則提示組」可利用學習系統的五項自我解釋原則將閱讀教材時產生的想法、心得或是疑問，記錄在實驗人員所提供的思考紀錄表中，而「自我解釋問題引導組」則可藉由回答學習系統所引導的問題逐步地將閱讀教材所產生的想法、心得或是疑問，記錄在思考紀錄表中。「自我解釋問題引導組」和「自我解釋原則提示組」兩組不同的是在於引導問題是針對各網頁內容並針對自我解釋原則設計而成，因此較自我解釋原則提示更加具體而明確。

研究結果發現：在程式設計問題上，「自我解釋問題引導組」顯著優於「自我解釋原則提示組」及控制組，高先備知識組顯著優於低先備知識組。在自我解釋數量上，「自我解釋問題引導組」顯著優於「自我解釋原則提示組」，先備知識對自我解釋數量沒有顯著影響。這點和 Renkl(1997)及 Chi 和 VanLehn(1991)相同；再來在學習態度方面，自我解釋問題引導組對自我解釋學習活動的接納程度以及對自我解釋學習活動學習成效的看法上，皆顯著高於自我解釋原則提示組；兩組對自我解釋學習活動難度的看法無顯著差異。

此外也有一些較間接的證據，包括 Webb (1989；引自 Chi et al., 1994)的發現，由 19 個有關於學數學和電子計算機科學的研究中發現，當學習者將自己所知傳遞給他人時，必須先思考如何將其以新面貌呈現與人，如使用他人能理解的詞彙以連結他人的先備知識使其了解，或是產生新的範例以求讓他人了解，最後 Webb 也發現產生解釋與個人的學習成就呈現正相關，反觀接受解釋的方式則否。此外 Russel 和 Kelley (1991；引自 Chi et al., 1994)也發現，在老師訓練教學設計時，若是能夠要求學生解釋他們發現到的概念或結果，會對他們瞭解教材內容有相當顯著的成效。

縱使許多研究者認為自我解釋對學習而言多有助益，但 Renkl(2002)認為自我解釋對於學生在學習上仍舊有其限制，限制的面向為以下三個方面：

- 1.正確性(Correctness)：自我解釋通常只有部分是正確的，甚至有些時候會全然錯誤，而此時有可能導致學習者建構了不正確的知識，嚴重的話更可能妨害日後的學習（Conati, 1999; Conati & VanLehn, 1999; 引自 Renkl, 2002）。
- 2.解決理解性的問題(Solving comprehension problems)：當學習者在面對新的知識時，常常會陷入理解的死胡同裡，讓他們無法靠自

已解決這類的問題。這時額外的協助使其了解是有其必要的。

3.理解與否的監控力(Comprehension monitoring)：學習者常常會有後設認知的問題，誤以為自己懂了，其實只是自以為了解的假象，隨之便草草帶過而無法達成有效的學習。

雖然上述所言，確為自我解釋的侷限之處，但 McNamara(2004)提出了一個疑問：在學習的過程中，錯誤可否完全避免呢？或者錯誤對學習的過程而言是必須的組成成分，傳統的學習導向很清楚的指出錯誤應該避免，但建構式的學習導向卻剛好相反，在之前提及 McNamara 的研究中，的確，從學習者的表現來看，不正確的複述教材內容對理解而言是負面的，但若是不正確的解釋卻已經使用了詳盡複雜的敘述(elaboration)或是用到了邏輯的推理，對理解而言都有正向加分的效果。簡言之，接受 SERT 訓練的學習者不正確使用邏輯的次數遠比控制組來得多，但就學習成效而言卻比較好。從這樣的結果顯示出若在處理問題的過程中，縱使有一些錯誤不見得會對理解有害，總括來說，錯誤就主動學習而言應為必要的一環。

Aleven 和 Koedinger (2002)曾提過許多研究顯示自我解釋是一個有效的後設認知策略，可以幫助學習者對學習的教材發展較深入的瞭解，Chi 等人(1989)也提出自我解釋可有效地增進問題解決的技能。除了 Chi 等人的研究外，Pirolli 和 Recker (1994)，Ferguson-Hessler 和 de Jong (1990)以及 Nathan，Mertz 和 Ryan (1994)的例子，這些研究也都發現自我解釋的數目與問題解決的成功呈相關。簡而言之，自我解釋對學習的功效，確實是不容忽視的！

四、自我解釋的促進策略

在學習的過程中，不論是自行產出的自我解釋或是由外界所促發的，都可以使學習者的學習效果有所提升，此外學生除了可藉由人們

(Chi et al., 1994)或是電腦(林育聖, 2002; Aleven & Koedinger, 2002; Renkl, 1997)所促發的自我解釋而獲益外,自我解釋的技巧也是可以被教授的 (Bielaczyc, Pirolli 和 Brown, 1995)。因此研究人員爲了促使學習者產生自我解釋,而提出了一些方法以求減少學習者以自我解釋方式學習時所感到的困難度。以下即爲各研究者促進自我解釋的方式:

1. Chi 等人(1994)在生物循環系統的教學中,曾以 3 種不同的提示要求學生在閱讀的過程中進行解釋,詳述如下:

- (1) 閱讀教材前的提示:此提示以文字書寫的方式讓學習者瞭解,其必須將閱讀教材時的心得、想法、疑問、學習策略及文章隱含的意義說出來。
- (2) 教材提供的引導問題:引導問題置於每頁教材的最下方,當學習者將自行產出的自我解釋說出後,再根據這些問題整合剛才所學的內容加以回答。
- (3) 研究人員的從旁提示:學習者在自我解釋學習的過程中,有可能解釋不夠詳盡或者停了好長一段時間仍不發一語,此時研究人員會以口語的提示方式,要求其解釋得更爲詳盡或是督促其進行自我解釋。

2. Bielaczyc, Pirolli 和 Brown (1995):在進行自我解釋活動前,施以自我解釋策略的訓練,其將教材所呈現的方式分爲文本、範例、文本和範例三個類別,然後依各類別分別加以訓練:

- (1) 文本:當學習者看到文本的形式時,訓練他們去定義並且找出文本的主要概念,再來闡明概念與概念間的相互關係,這樣的訓練目的是希望能促進學習者對文本的理解程度。
- (2) 範例:當學習者看到教材以範例的形式呈現時,訓練學習者確定範例的架構爲何並且找出範例想表達的是什麼;這樣的訓練目的希望能幫助學習者熟悉範例特徵及潛在目的。
- (3) 文本和範例:當教材以文本和範例呈現時,訓練學習者將文本的

概念和範例作連結，訓練的目的也是希望能提昇學習者對範例的理解程度。

3. Renkl 和 Atkinson (2002)認為促進自我解釋的方式可分為 2 種：

- (1) 第一種是直接介入(direct intervention)：如 Renkl, Stark, Gruber, and Mandl(1998, 引自 Renkl and Atkinson,2002)就曾在其研究過程中，提供一小段的訓練，經此短時間的訓練後，在之後的學習階段可提升自我解釋的數量。
- (2) 第二種為間接介入(indirect intervention)：這種方式並不是採直接訓練的方式，而是將學習教材以結構化的方式呈現以促發學習者產生自我解釋，像提供工作範例便是一種。自我解釋可以提升學習成效，所以 Renkl 和 Atkinson 認為教材若能促使學生產生自我解釋才算是好的教材。

但 Renkl et al.,(1998)和 Stark(1999, 引自 Renkl and Atkinson,2002)皆提過自我解釋不論如何有效的提昇或訓練仍有其限制，如學習者完全依賴自我解釋學習，但有時他們可能提出錯誤的自我解釋而無法瞭解教材中那些是重要的部分。為此，Renkl 在 2001 年提出了一些準則，可以讓教材促發學習者在學習時產生自我解釋，指導解釋此時可算是有所幫助的，指導解釋可有效的支援學習者在知識的建構，所以此時對研究對象有趣的挑戰乃為如何在自我解釋的過程中與指導解釋結合，使兩者截長補短，促進學生的自我解釋，但指導解釋的表現方式仍需要注意一些要點，要點如下：

- 1.指導解釋(instructional explanation)需以學習者的需求優先考量。
- 2.指導解釋需以最簡單的形式寫成。
- 3.假如最簡單的指導解釋寫得不夠充分、漸進的（如更廣大範圍的）幫助是有其必要的。

Renkl 認為指導解釋需以低先備知識者的需求來設計，但為何要促進學習者頻繁使用指導解釋呢？Atkinson 和 Renkl (2001)認為它可以幫助學習者在對內容缺乏瞭解時收集到一些指示，另外還可以洞察由這些指導解釋的指示代表的意思為何？其實 Renkl 提到的指導解釋類似大學聯考時，試卷會提供的公式，讓這些公式引導受試者往正確的方向思考，如在 Renkl(2001)的研究中，教學單元為機率的計算，當該範例要算兩個獨立事件的機率時，便會出現 “ $P(A) + P(B) = P(A)*P(B)$ ” 的指導解釋去引導學習者。由於本研究的學習單元為生物科探討動植物的生殖概念，不似 Renkl(2001)的研究單元，故於本研究中不採取提供指導解釋的策略，改採 Chi 等人(1994)的 3 項促進方式。

五、自我解釋的編碼類型

當研究人員對受試者的口語資料要作自我解釋的編碼時，如何將其分類對研究而言是十分重要的，因為分類的類別及單位都會影響研究的結果，因此於下概述學者們編碼的方式及類型：

1. Bielaczyc, Pirolli 和 Brown (1995)：首先，Bielaczyc 等人先定義屬於自我解釋的敘述並非是讀範例或是教材內容的語句。有了這樣的共識後，便將學習者的口語資料分為以下幾個類別加以記錄：

(1) 領域陳述：表示學習者已明瞭該如何使用有關此領域的知識去解題或說明，如本研究是以程式設計作為教學單元，若學習者說出：「這個功能鍵可以大大的簡化。」或是「這個值將會隨著左側的列表值不同而有所更動。」等都是。

(2) 監控陳述：學習者能自行說出自己瞭解與否的句子均屬之。如：「我瞭解了！」或「這樣的說法對我來講比較容易瞭解。」

(3) 策略性陳述：學習者說出他要採取什麼樣的作法來幫助他自

已瞭解內容在說什麼。如：「我要先來看看我比較不懂的部分。」或是「等等，我先來瞭解一下這個範例在說什麼。」

(4) 學習活動陳述：學習者談及有關教材或是有關解題方面的任務。如：「如果它（教材）能先以這個範例作開頭就好了。」或「這個段落太長了！」

(5) 複述陳述：學習者自己將教材或範例內容再重複說一次。

(6) 不完整陳述：學習者沒有將句子說完也沒有繼續加以說明的均屬之。如：「而且它加了…」

2. Renkl (1997)的分類系統是改自於 Chi 等人(1989)，並加上微幅的調整，主要是希望能加廣 Chi 等人(1989)所提及的各類型之定義，其將自我解釋分為以下數類：

(1) 以理論為基礎的自我解釋 (Principle-based explanation)：此類型的自我解釋為受試者提及該領域的深層理論，在教材中並無出現，但受試者會自行和所知或以前所學加以整合。如本研究是以機率運算作為教學單元，當學習者說出：「這需要相乘，因為這 2 個事件是獨立的。」即是。

(2) 算符目標的自我解釋(Goal-operator explanation)：此類型的自我解釋為受試者清楚的提出該計算符號的運算目標或次目標為何。如：「藉由乘號，我們可以得到磁磚顏色和樣式瑕疵的機率。」此類別和 Chi 等人(1989)編碼「提及某一行為的目標或目的」相同。

(3) 預先的理解(Anticipative reasoning)：假如學習者能事先算出該題的正確答案，而沒有參閱範例的解法或有參閱範例，但在未完

全看完範例前就已經知道答案並正確說出則屬之。

- (4) 情境精緻的自我解釋(Elaboration of problem situation)：此類型的自我解釋為受試者精緻了所讀課文的情境，或是使用其他例子、參考其他資訊說明教材所提供的內容，如使用隱喻和類比的說法來解釋教材。如：「假設第一個皮球消氣了，那所有皮球的數目應該要減掉他。」此類別同 Chi 等人(1989) 編碼「精鍊或是擴大詳述某一行為的狀態」。
- (5) 注意連貫性的自我解釋(Noticing coherence)：此類型的自我解釋為受試者對於自己在講述教材的內容時，會注意到自己的陳述有無連貫性。如：「這和那個飛機題是屬於同一類型的題目。」
- (6) 負向監控的自我解釋(Monitoring-negative)：此類型的自我解釋為受試者表示不理解教材內容。如：「這段在講什麼我不知道。」
- (7) 正向監控的自我解釋(Monitoring-positive)：此類型的自我解釋為受試者表示他已理解教材內容。如：「這段我知道是什麼意思。」最後兩項的監控類別亦分別被使用於 Chi 等人(1989)的分類系統。

像 Ainsworth 及 Loizou(2003)的研究就採用上述的分類系統，但是由於該研究單元和問題解決較無關連，因此將第 3 類「預先的理解」予以剔除。第 2 類別稍加調整，變為「目標導向的自我解釋(Goal-driven explanation)」，Ainsworth 及 Loizou 對其定義為：此類型的自我解釋是當受試者提及某一行為或動作是有其目標或目的才予以進行的。如：血液被帶至肺，所以他才能氧化，再度充滿氧氣（該研究單元為心肺循環）。

最後要說明的是，對於自我解釋的斷句或是編碼，常需要花費很多時間整理，細究其因乃是因為「單位的大小」實在是沒有一個固定的準則（Renkl, 1997）。有時一個詞「瞭解」，也可被視為是一句，因為它的意思已充分讓研究人員瞭解到受試者懂了。而當受試者去說明某題的解法時，雖說有可能該句為很長的句子，但仍舊被視為是一個句子或一個單位，所以關於口語資料的分析，著實需要編碼者與協助研究的人員對碼作一詳實的檢驗，以求所有參與研究的人員對於碼的定義及單位有一定程度的認知。在 Bielaczyc 等人的分類系統，一致性為 83%；而在 Renkl 的研究中，其一致性則為 89.3%；Ainsworth 及 Loizou (2003)為 91%。

就學習者在自我解釋的表現情形上，Chi 等人(1989)就提到物理範例的學習效果可由自我解釋的質看出來。而且好的學習者多半能詳盡闡述應用的情境或計算符號的目的，此外也會多次提及有關此領域的概念(以理論為基礎的解釋)，也不會只知其一、不知其二，並會投入較多的時間學習。

就自我解釋的類型，Renkl(1997，引自 Renkl,2002)發現優秀的學習者自我解釋以兩種型態為主，一種是「以理論為基礎的自我解釋」，他們著重於算符的意義，但不常預先想下一步的解法。另外一種則是「預先的解釋」者，他們則和前一種相反，喜歡先預想下一個解題步驟是什麼，此外就自我解釋的類型來看，成功的學習者會比較傾向產生以原則或理論為基礎的解釋、目標導向的結合及預期的理解。若是學習不佳者也可分為兩群，一群是只有被動的參與解釋，另一種是只作了表面的解釋。第一種 Renkl 認為之所以會有不良的學習成效，導因於學習者只有低層次的自我解釋活動。第二種是學習者只花很少的時間在閱讀範例上，這點和 Chi 等人(1989)所提到的學習成效較差的學生都有相同的情形。

六、圖文與自我解釋

Aleven 及 Koedinger (2002) 曾提到若就問題解決這部份的研究來看，生手會倚賴圖形或圖表上的資訊進行幾何的問題解決，但他們僅有片段的視覺和文字的陳述性知識，而自我解釋於此時便可幫助這些學習者延伸文字的陳述性知識及整合視覺的圖像知識，所以自我解釋對多元表徵 (multi-representational) 的瞭解在實質上扮演了十分重要的角色。由於圖像的表徵保有了幾何和局部的資訊，而文字僅能和呈現之物表現一抽象關係 (Larkin & Simon, 1987; Schnotz, 2002)，換句話說，自我解釋除了可以幫助學習者整合圖像與文字上的知識外，圖形的表徵也可對抽象性知識的理解加以侷限，也就是提供了學習者在了解事實上較鮮明且生動的回應(feedback)。當然不光是在問題解決的研究上，就一般學科而言，在提供文字的教材中，有時會附上圖片，此時我們也可發現圖表或圖解也有著促進自我解釋的效果 (Cox, 1999)。

因此，擁有不同表徵和只有一種表徵的教材，在相互比較之下，包含多重表徵的教材不僅可引導學生擁有較為充分的瞭解(Cox, 1999)。更甚者，由於圖形的示現，學習者能藉由圖形了解字詞間抽象的含意。或許有時學生能藉由圖形在自我解釋時多有類比的情形產生，因此自我解釋的效果亦可藉由類比和他們所學的知識做一銜接的橋樑(VanLehn & Jones, 1993)。

在圖文與自我解釋的研究中，Ainsworth 及 Loizou(2003)發現圖形組的學生平均較文字組學生多擁有 4 個正確觀念，而文字組的學生雖然比圖形組學生說出較多的字，但主要都是重新將語詞替換再說一遍，因此自我解釋的數量則減少許多。此外 Ainsworth 及 Loizou 也發現產生較多自我解釋數量的學生在後測成績表現較佳，且兩者為顯著相關。從這樣的結果來看，圖形對學習者產生自我解釋來說可算有幫助、加分的效果。從該研究，可以發現若教材含有圖形的組別，表現

確實比沒含圖形的好，而且自我解釋的數量也比較多，但為何圖形能引導學生產生較多的自我解釋呢？研究者們認為原因有下列 3 項：

- 1.降低記憶的負擔及認知負荷：幫助學生瞭解整個情境的限制，降低了文字所描述的抽象性。
- 2.數幅的圖形鼓勵了學生做因果關係的解釋：可以讓學生產生心像（mental images）進而鼓勵學生整合成新的資訊。
- 3.情意的理由：給圖較易吸引學生學習進而想從圖中搜尋更多的資訊，因此促進了學生主動的學習。

縱使圖形的表徵比較能夠促使學生產生自我解釋，Ainsworth 和 Loizou 最後仍提到任何概念的陳述都少不了文字，所以該研究並非強調圖形具有所向無敵的功效，而是建議表徵應和所呈現的資訊結構相符，如此才能收事半功倍之效。

另外，Scaife 及 Rogers(1996)也提到圖形的表徵可由計算的簡便、表徵的再現、圖像的限制三方面來看其對學習者的助益：

- 1.計算的簡便：因為圖形外在呈現的表徵可以減少解決算式問題所需的認知負荷，例如 Larkin 和 Simon(1987)的研究中顯示，圖形表徵在尋找過程（search process）中是如何的有效率提供認知的增進（perceptual enhancement），反觀文字表徵通常在描述計算的過程中需耗費較高的認知負荷。
- 2.表徵的再現：意指圖形外在表徵的呈現能提供較多的資訊供學習者查知，因為其能將相同抽象的構造轉化為有效的意象呈現。如 Zhang 及 Norman (1994)河內塔的例子。

3.圖像的限制：對想要呈現的概念之推論（inference）有一定的限制範圍。Stenning 及 Oberlander(1995)提出文字僅能予人抽象性的描述，然而圖片卻不然，而也因此使圖片成為在學習目標明確（determinate）的問題時提供了較為有效的解決方法。

雖然一些學者認為圖形有助於學生產生較多的自我解釋，但是 Wilkin (1997)卻提出了相反的看法，其研究流程是先給予 10 位受試者前測，包含了 15 個問題，在於瞭解受試者對物理概念的先備知識。之後由研究者進行自我解釋的示範，然後讓學生練習，再開始教授簡單的物理運動力學概念，之後施以後測，後測共分為 10 題同型題（isomorphic questions）和 6 題遷移題，受試者均以口語回答，且邊回答邊畫出 2 維的運動力圖以避免在分析口語資料時所產生的模糊性（ambiguity），作者根據受試的結果將受試者分為低受益（low-benefit）和高受益（high-benefit）學習者 2 種，結果發現這 2 種學習者所產生的自我解釋數量相近，此外作者假設圖形的相似性會使得特徵的可辨識性被模糊掉，而低受益學習者會因為無法分辨相近的圖形特徵而無法由自我解釋中習得任何知識。從這樣的研究過程，Wilkin 認為圖表或圖解可能會抑制自我解釋的效果，因為自我解釋容易促發學生熟悉但錯誤的知識，此舉如同鼓勵學生產生不正確的自我解釋。再來研究者認為學習者在學習的過程中，不一定能由圖形的特徵來獲取新資訊，因為學習者可能會不加選擇的使用它們，而作者也由研究結果認為自我解釋的成效可能只限於極度侷限的學習環境。

六、小結

Pirolli 和 Recker(1994)在其研究結果中，發現了一個有趣的觀點：量多的自我解釋可能會變成重複的或轉移隱含於解題方法的核心概念，但這並不是說多餘的闡述或說明具有促進學習的功效。從許多文獻來看，引發自我解釋很明顯地可以提高學習以及許多一致性新知

識的理解，儘管是比較有給提示與未給提示者所產生的自我解釋數量；或是比較高度解釋者與低解釋者所學習的數量，每一種產生大量的自我解釋推論可以幫助學習。況且自我解釋也可以提高對教材的內容有深入的了解，高解釋能力者也可以回答比較複雜的問題(Chi et al., 1994)。當學生使用愈多自我解釋，理解就會越深入；所以，許多陳述性知識的學習不再只是已存在的知識的舉例說明，也不是知識的直接編譯。反之，學習是將已存在的知識與新的知識相結合來產生更新的知識，而這也是自我解釋的目的，當學習者產生自我解釋時可以促進知識整合，此時便能把新資訊整合到個人現有的知識裡。

過去自我解釋的研究顯示(Chi et al., 1989; 1990; 1991)，當在做範例時可以增進並獲得解題技巧；而 Chi 等人(1994)延伸這個發現，從本研究中顯示若學習者從說明的教材學習敘述性知識的內容時(生物科)，只要明確的引起因子，也是可以促進自我解釋的發生的。

而在自我解釋類型上，Renkl(1997)認為好的和較差的學習者相異之處就是好的學習者較常提及以理論為基礎的自我解釋，也慣於定義算符的目的為何，此外也慣於想出下一步的解題方法（預先的理解）而不像差的學習者只以查閱範例代替或是只能產生表面但不深入的自我解釋，在閱讀範例的時間平均來說也比好的學習者少。在 Chi 等人一系列的研究中也認為好的學習者在解題過程中會產生較多的自我解釋，並且也會在學習範例的過程中出現較為正確的自我監控陳述，當處於問題解決的過程中，好的學習者比較不會一直參考範例，並且範例的參考會採取有目的的參考。這些對於學習者而言就稱之為「自我解釋效益」。

最後研究者認為若能在教學新知識時，不論是陳述性的或是程序性的知識，都能利用到個人現有的知識整合新資訊，要求學生主動建構自己所學習到的，以促進新資訊的整合，如此一來才能讓學習真正的深入，有朝一日學生才能學以致用。

第二節 圖文學習之相關研究

一、圖文訊息的認知模式

(一) 雙元編碼論 (Dual coding theory)

Paivio(1971, 1986, 1991)認為人類的認知系統包含 2 個子系統，一為語文系統，二為非語文系統，也就是意象系統；前者負責了文字的處理和儲存，處理單位稱作語文元 (logogens)，偏向以個別的、序列的或語法的方式來處理文字訊息，而後者主要負責非語文的訊息，如視覺影像、嗅覺、聽覺等接收而來的訊息，它所反應的乃是整個物體或物體的一部份，而其處理單位為意象元 (imagens)。這兩個系統的功能是獨立的，但藉由參照性連結可以互相連接，因此有時一個系統的運作會引發另一個系統的運作，當然也可以只有其中一個系統在運作，或兩者平行的運作。

由於在此兩系統中的表徵是互相連接的，所以當我們要將某一物體與其名稱間的關係連結起來時，存於這兩個系統中的表徵便會相互連結，而使得個體能輕易地理解該物的性質及聯想起該物之名，兩大系統結構圖如下圖 2-2-1 所示，而兩大系統的連結方式主要有以下三種：

- 1.表徵性連結 (Representational Connection)：指個體接觸到外界刺激時，直接引起的表徵作用，如語文刺激進入記憶系統後，會被編為特定的語文碼而啟動相對應的語文表徵；同樣地，非語文刺激進入記憶系統後，也會被編為特定的意象碼而啟動相對應的意象表徵。
- 2.參照性連結 (Referential Connection)：語文系統及非語文系統之間的元素，藉由相互參照而產生連結，如語文可以激發意象，意象亦可能激發語意。此外，Paivio(1986)認為資訊若能以語文及非語文兩種形式編入長期記憶中，日後回憶的成效可大為增進。
- 3.關聯性連結 (Associative Connection)：指同一系統中，擁有相同屬性

的元素間所形成的連結關係。譬如我們可能會依物體的性質、型態、種類、特徵或其他分類原則，將互為關聯的元素組織在一起。

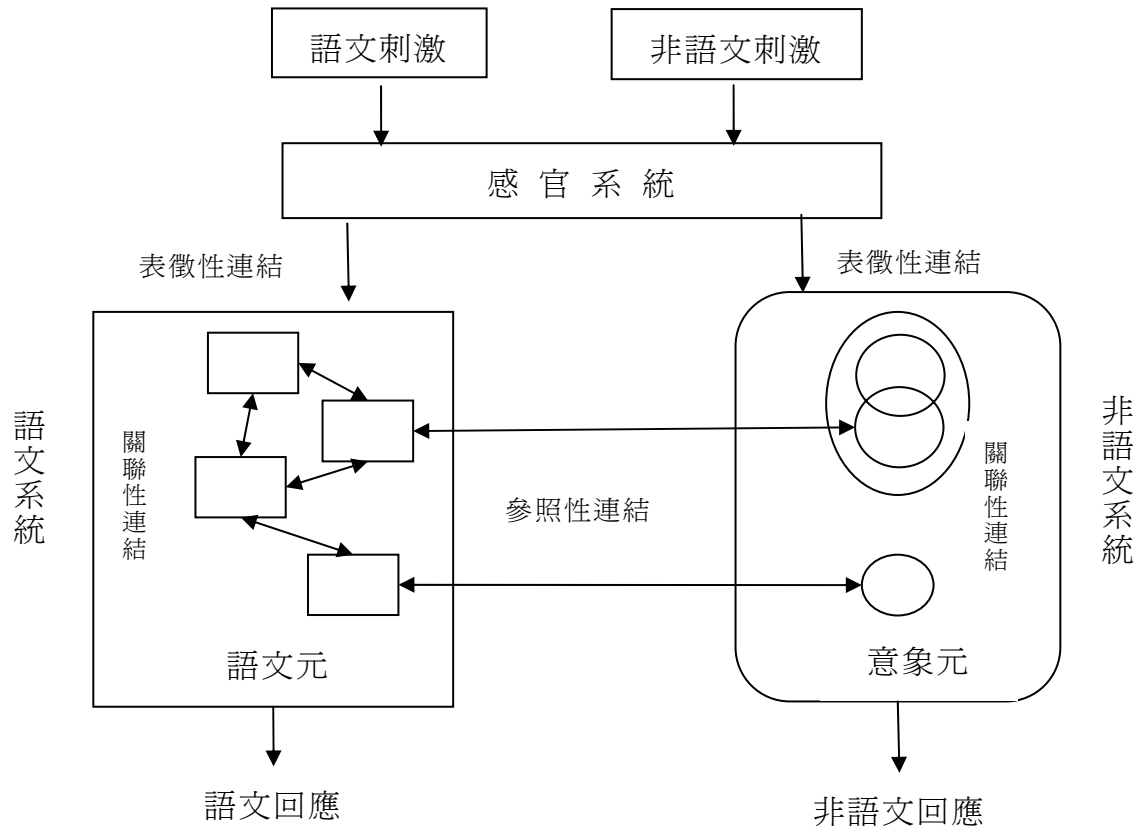


圖 2-2-1 雙元編碼論之系統結構圖（譯自 Paivio, 1986）

當一個概念同時儲存於兩種系統中，就叫做雙重編碼（Levie, 1987）。由於圖形較文字容易被雙重編碼，因此對於圖形的記憶及回憶上較文字為佳（Paivio, 1978；引自 Levie, 1987）。

（二）單元編碼論（Single coding theory）

由 Pylyshyn 於 1973 年提出，其反對有不同的表徵存在，認為不論從文本或圖形獲得的資訊都以抽象命題的方式被編碼，而後儲存於記憶系統中。心像也只是一個表面的特徵而已，在其內部應有一個更深層的單位（Kieras, 1978），而這個深層的單位便是抽象命題。當然單元編碼論並不是

反對心像的存在，只是認為每一個心像的背後，都存在了一個更抽象的命題，而它們便控制了對於此心像的抽取及回憶（Anderson, 1978；引自張欣怡，1997）。

到後來也有一些學者（Anderson, 1978；引自張欣怡，1997；Kieras, 1978；Pylyshyn, 1983）提出了關於上述兩者的中庸看法：他們認為可能有不同的模組處理不同的訊息表徵，但最後任何形式的資訊皆以命題的方式儲存。圖 2-2-2 便為三種圖文訊息處理理論之比較圖（Molitor et al.,1989；修改自許良榮，1996）。

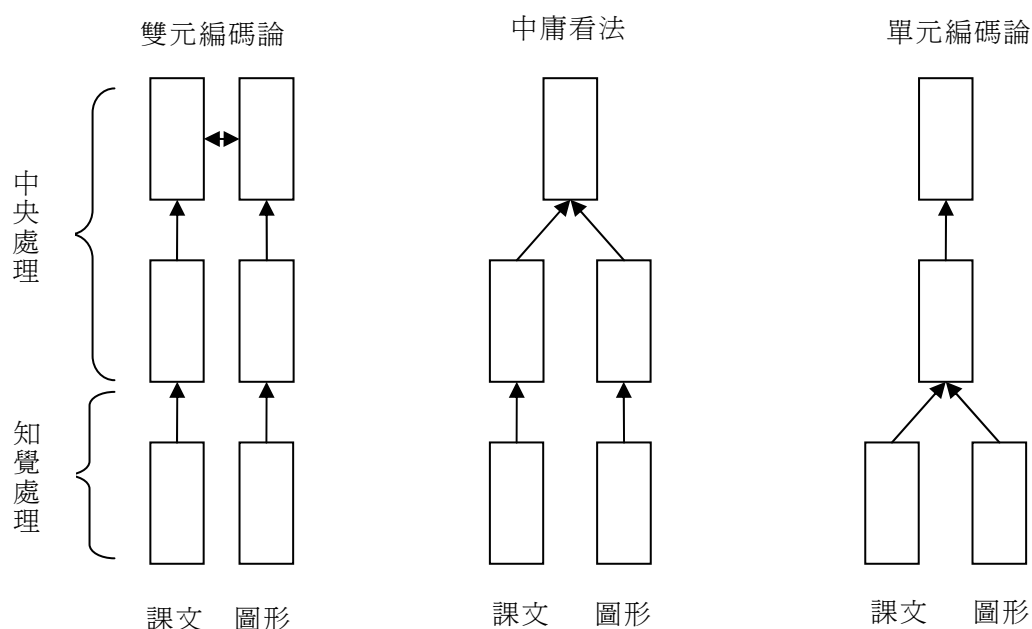


圖 2-2-2 三種圖文訊息處理理論：雙元編碼理論、中庸看法和單元編碼理論之比較圖（Molitor et al.,1989；修改自許良榮，1996）

（三）多媒體衍生學習理論（Generative theory of multimedia learning）

Mayer(1997)提出，將 Paivio 的雙元編碼論及 Wittrock 的衍生學習理論（Generative theory of learning）兩相結合。對學習者來說，多媒體的圖文訊息在學習者的學習過程中，需經過 3 個過程－選擇、組織、整合。例如讀

者從文章中選擇了相關的文字訊息，然後形成以文字表徵為基礎的資料庫，當然也可能一開始就選擇插圖，然後以圖像表徵為主的資料庫進行組織。總之，一旦選擇了資料庫，便開始在該工作記憶區組織資料庫，此階段便如同 Paivio 所稱的建立連結結構，Mayer 則稱為情境模式（situational modal，可分為語言模式及視覺模式）。再來，當學習者建立了情境模式後，最後則將 2 資料庫的訊息加以連結並整合，即 Paivio 所稱的建立參照性連結。最後這三個過程（選擇、組織及整合）都發生在工作記憶區內，因此皆受制於工作記憶區的容量，其多媒體衍生學習理論示意圖如下圖 2-2-3 所示。

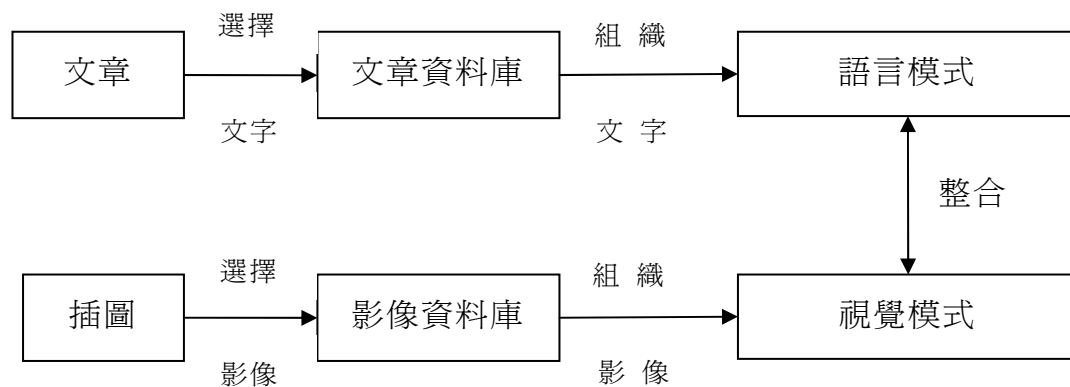


圖 2-2-3 多媒體衍生學習理論示意圖（譯自 Mayer, 1997）

（四）小結

對於圖文訊息的認知處理模式上，雙元編碼論認為代表文字的表徵與代表圖形的表徵各有不同，分別是語文元和意象元，這兩種內在表徵除了在本質上不同，處理訊息的方式也不同以外，乃至更上一層的結構也不同，但兩大系統可藉由參照性連結將位於不同系統的表徵加以連結。另外雙元編碼論也認為圖形的訊息處理較文字為快，原因乃為圖形較文字能被雙重編碼，因此有較好的效果，而單元編碼論則認為有意義的圖形才佔優勢，而此僅表示其在記憶系統中能有較佳的活化，但不論何種訊息進入，皆以抽象命題的形式儲存。但 Paivio(1986)對此看法則提出了反駁，因為 Paivio

認為內在的表徵具多模性(multimodal)，亦即在結構及功能上會有所改變，不論是否為相同或相異輸入、輸出的方式，不可能都以同樣的處理模式處理。

再來，對於上述兩者的中庸看法則是認為有不同的模組處理不同的訊息表徵，但最後任何形式的資訊皆以命題的方式儲存。最後由 Mayer 所提出的多媒體衍生學習理論的觀點來看圖文訊息的認知，其認為可藉由選擇、組織及整合的三個過程，完成關於圖文訊息的理解。下表 2-2-1 乃為四種圖文認知模式之綜合比較。

表 2-2-1 圖文訊息認知模式綜合比較

圖文認知模式	處理系統	處理單位	處理方式
雙元編碼論	語文系統 非語文（意象）系統	語文元 意象元	表徵性連結 參照性連結 關聯性連結
單元編碼論	單一系統	抽象命題	皆以抽象命題方式儲存
中庸看法	語文模組 非語文（意象）模組	抽象命題	皆以抽象命題方式儲存
多媒體衍生論	文字資料庫 影像資料庫	文字表徵 圖像表徵	選擇→組織→整合

二、圖形的功能

在現在的科學教科書中，正文之後伴隨圖形的情形是十分常見的（Holliday, 1975；引自 Holliday, 1977）。根據 Holliday（1977）對圖形的定義，其認為圖形乃是將正文中所描述的資訊簡化成一系列的符號並以科學的路徑或週期來呈現。而姚伊美和羅綸新（1994）則認為廣義的圖形可以包括一切以表格、圖畫、漫畫、符號及照片來表達的資訊均屬之；Szabo 和 Poohaky（1995；引自邱月玲，2002）認為圖形就是一個物件、觀念或過程，不是透過字母或數字呈現，而是能由眼睛去察覺的一種呈現方式。綜觀圖形在各家學者的定義之下皆有不同；但到底圖形在學習上，具有哪

些功能呢？

關於圖形的功能，Levin (1982)認為在學習上，圖形有五個主要功能，茲概述如下：

- 1.裝飾功能：圖片和教學內容無關聯，只為刺激買氣，吸引或維持學生注意力。
- 2.表徵功能：圖片內容和課文重疊，可將抽象的教學內容以圖形呈現。
- 3.組織功能：圖片將課文中鬆散部分加以組合，以結構性或步驟性圖形呈現，可提供教學內容中巨觀的訊息。
- 4.解釋功能：圖片以類推或比喻的圖解方式，解說不熟悉或難懂的概念。
- 5.移轉功能：將教學文字轉化為具體且易記的圖片形式以提高學習效果。

後來 Levin、Anglin 及 Carney(1987)收集了 150 篇有關於研究一般人理解圖形的文獻來作後設分析（meta-analysis），文獻中總共包含了 147 張不同的圖片，再針對這五種不同功能的圖形，比較其學習效果的平均有效程度，從中發現若依照學習效果而言，這五類不同功能的圖形之學習效果有效程度由上至下越來越高（表 2-2-2），意即裝飾功能的圖形效果最低（接近 0），而具移轉功能的圖形，學習效果最佳（約 1.37）。

表 2-2-2 各種圖形功能對學習的幫助程度

圖形功能	有效程度	學習效果
裝飾功能	~0	最少 ↓ 最多
表現功能	.50	
組織功能	.75	
解釋功能	.80	
移轉功能	1.37	

類似 Levin 的分法，還有 Reid(1990)的功能分類，他認為圖片可依功能性質分為三大項，第一項為「知覺性功能」的圖片：這類圖片有吸引、指導、引發動機等特性；第二項為「認知性功能」的圖片：如具有表徵、組

織、解釋、移轉等功能圖片均屬之；再來第三項則為「教育性功能」的圖片：如強調補救性功能的圖片。

就圖形配置於課文來說，為何會對學習有所助益呢？Steiner (1999) 認為以圖形替代文章，對學習者而言具有重複的效果，再者圖形能將課文組織起來並讓難懂的文字變得較為淺顯，此外有些圖片亦具有轉化功能，便使得課文中重要的訊息易於突顯。Winn(1993)也提到在正文中搜尋資訊和圖形搜尋資訊有兩點不同：正文多半為好幾頁，但文中的圖形卻往往是單頁的，因此在圖形中搜尋資訊時不需反覆的翻閱；另外圖形往往可藉由不同的表徵項目，如畫像、符號、不同的排列方向或不同的版面配置而傳達大量資訊。所以圖形的呈現有 3 個目的：一能幫助文章中推論性表徵的形成，二是對閱讀過的資訊提供記憶的輔助，三則是提供文章中未呈現的新資訊(Hegarty & Just, 1993)。不僅如此，Glenberg 和 Lanston (1992) 以認知的角度來看圖形對學習的助益，其認為圖形可以協助管理「運作記憶」，亦即對於運作記憶再建構文字說明時，圖形的結構有助於對隱含於文章內的概念有「提示」作用，因此圖文合併所建立的表徵，將會比藉由純文字獲得的資訊更豐富、精緻，並有助於記憶與理解；而 Roth、Bowen 和 McGinn (1999) 也提及視覺圖像可以呈現數據、圖解抽象的概念、組織複雜的訊息，幫助新知識與舊知識的整合以促進訊息的保留，並能促成思考過程，發展問題解決；換言之，圖片能促進認知功能的發展。

雖然上述學者的研究 (Glenberg & Lanston, 1992; Hegarty & Just, 1993; Roth et al., 1999; Steiner, 1999; Winn, 1993) 均指出圖形有助於學習或理解，但有些學者也發現文字與圖形並呈的教材，對學習者而言並非一定有用，如 Holliday (1976; 引自 Winn, 1980) 發現若學生缺乏有效使用圖形的技巧，而其又相信文字中所獲得的資訊已足夠並相當有用，如此一來，便會使得學生們不論使用哪一種教材，學習效果皆同。更早之前的研究，如 Vernon(1950, 1951; 引自藍雅齡, 1998) 也發現在文字教材中加入了曲線圖形後，就學生或是成人的學習效果而言，有些人無法正確的使用圖形，尤其是教育程度低的受試者更為明顯。會產生這樣的研究結果，Holliday 等人(1977)對此現象便提出了解釋，他們認為讀者不喜歡使用不熟悉的圖形來回答問題，因為這樣對習得新知來說較為吃力，因此反而喜歡用最熟悉

的文字來進行學習，因為這樣的努力程度最低。當然課文與圖形對學習的影響，不只是不同訊息刺激的表面特性而已，而是圖、文所具備的認知功能以及學習者特性、作業性質甚或是學習情境皆有所相關(Salomon, 1989)，所以在探討圖、文配置究竟對學習者有所幫助之時，Salomon 所言的這些面向，我們皆應有所考量才能予以斷定是否有所助益。

三、圖形與文字搭配的研究

圖片是教育學者們準備資料、分析教材及解釋觀念或現象上時常使用的工具，它可能同時也是視聽媒體當中最常被應用在教學上的一種（姚伊美、羅綸新，1994）；由於在教材中呈現的圖片常伴隨著各種形式的文字，如圖片標題、圖片說明或是與圖片相關的課文(Fleming, 1987)，因此圖片和文字的關係就變得較為密切，從另外一個角度來看，當讀者在文章中尋找資訊時，必須從頭開始閱讀，直到找到可用的資訊後暫時存在記憶中再繼續閱讀，然後找到下一個資訊再記憶，如此循環下去直到所有想要的資訊全數找到與記憶完全為止，如此一來由文字搜尋資訊是費力且費時的；但是讀者在圖形中尋找資訊時，只要第一個有用的資訊被找到，就可以很容易發覺其他相關的資訊在附近的位置，因此不需太多的搜尋時間，而且不需先把資訊存在記憶中，所以圖形的搜尋相較於文字是省力又省時的(Larkin & Simon, 1987)。

在比較圖文並呈和只呈現文字的研究中(Anglin & Stevens, 1987，引自許良榮，1996；Holmes, 1987; Moore & Skinner, 1985; Winn, 1989)均可發現圖文並呈組表現較佳，不論是記憶效果、推論理解，甚至是整體的學習效果而言都比只用文字效果佳。Levie 和 Lentz(1982)並針對 1960 到 1980 年代的圖文整合研究進行回顧，透過 132 個圖文搭配效果的實驗比較，發現加入圖片的文章比沒有加入圖片的文章，可以提升約 0.55 個標準差的表現。

另外 Mayer、Bove、Bryman、Mars 及 Tapangco (1996)探討插圖和文字作為文章「摘要」工具的效果，該研究對象為低氣象知識的大學生，教學單元為「閃電的產生」之文章，在實驗一及實驗二的組別共有圖文摘要組

（閱讀五幅說明閃電發生程序的註解插圖，每幅插圖約有 10-15 字的說明標題和解釋）、摘要加文章組（加讀一篇 600 字文章）及全文組（僅讀一篇 600 字文章），從回憶效果上，圖文摘要組的表現優於摘要加文章組和全文組，而後兩者在表現上則沒有差別。另外在遷移問題的解決上，則發現圖文摘要組和摘要加文章組在遷移問題解答的數目上沒有顯著的差異，但均優於單獨閱讀全文組的受試者，成績約高出一倍。

從前兩個實驗結果似乎隱含了一個現象：文字說明的增加，似乎未必對讀者在教材所傳達的知識有更加助益的作用；因此研究者在實驗三中安排三種實驗處理：圖文摘要組（共約 50 字說明）、圖文摘要組再加 50 個文字的文字說明（共約 100 字說明），以及圖文摘要加上一個約 500 字的文章段落（共約 550 字說明）。實驗結果發現，在回憶訊息上，圖文摘要組優於 100 字說明組，後者又優於 550 字說明組。而在問題解決的遷移問題上，則是圖文摘要組與 100 字說明組一樣的，且兩者皆優於 550 字摘要組。

由 Mayer 等人（1996）的研究顯示，研究者認為有文字註解的插圖（annotated illustration）可以導引讀者注意文章的相關訊息，因此若讀者閱讀有文字註解的插圖，或註解插圖加上文章段落，均會比閱讀全文組的讀者在回憶重要訊息上來得更好。此外，圖文的搭配若能符合文字精簡、說明連貫及圖文對應（coordinated）的原則，則遠比增加文字的效果來得好。

由上述的研究顯示，圖文相互對應有助於學習者學習，因此圖文之間的關聯性高低，是否會對學習者在學習時造成不同的影響，亦值得研究者加以探討：如 Hayes 和 Readence (1983)就選取 4 種與圖片有不同相依程度的課文，分別為高度相依、中度相依、低度相依、完全無關 4 種。該研究考驗學生閱讀課文時學生回憶課文的結果。實驗結果顯示與圖片相依程度越高的課文，在呈現圖片的情況下回憶的命題數越多，並由此結論圖片有助於學生同化課文的內容。

謝琇玲（1996）採準實驗研究法針對國一學生研究教材中圖片類型（無圖片、簡單圖片、綱要圖片、不相關圖片）對學生閱讀學習的影響，發現利用簡單或綱要圖片組均顯著優於無圖片組，可見教材中的圖片對學習有

顯著差異；另外，研究結果也顯示對於低智商的學生而言，簡單或綱要圖片組均優於無圖片組和不相關圖片組，由此亦可知若教材中附有簡單且和教材內容相關的圖片不論學習程度為何的學生都會有所助益。

邱月玲（2002）的研究設計則以四種不同圖文配置文章—整合式圖文、對照式圖文、圖文不相關、純文字作為變項，研究對象為 475 位國小四年級生，教學單元為月相變化的概念，其中「整合式圖文」乃為圖片與文字同時呈現之文章，「對照式圖文」之設計則為先呈現文字敘述再將與內容相關之圖片呈現於後，而「圖文不相關」為先呈現文字敘述再呈現與內容不相關之圖片於後，至於「純文字」則是只有文字說明，但完全沒有圖片之文章。研究結果發現四篇不同的圖文配置文章對受試者在月相概念測驗上之閱讀學習成就有顯著差異，其中整合式圖文顯著優於純文字，對照式圖文顯著優於圖文不相關及純文字；但對照式和整合式圖文之間則無顯著差異。

Mayer 和 Gallini（1990）讓 96 個大學生閱讀關於煞車系統如何運作的操作手冊，並設計 4 種不同的操作手冊，結果顯示同時標示出系統構造名稱與運作步驟並顯示”開”或”關”的動態圖片能同時促進低先備知識的學生之概念回憶及創造性問題解決。

另外張欣怡（1997）的研究設計則是讓不同讀圖能力（高讀圖能力、低讀圖能力）的國中三年級學生分別閱讀三種不同的教材：僅有文字（版本一）、文字加表格（版本二）、以及文字加圖形（版本三），研究單元為地球科學的六個主題，分別為大氣的垂直結構、海底地形、海陸分佈、海陸風、山區降雨及雲的分類。研究結果發現：高能力學生在使用文字加圖形（版本三）之教材時，有最佳的學習成就及最短的反應時間，而低能力學生在使用文字加表格（版本二）之教材時，有最佳的學習成就及最短的反應時間。此外文字伴隨圖形的教材具有較佳的記憶保留效果。

從圖片和文字相關的程度不同而造成的學習效果來看，其程度高低確實會造成些許影響，由此 Mayer 和 Gallini（1990）提出有效促進科學文本理解的圖片應當包括 4 個條件：解釋性文字、敏銳的測驗、解釋性圖片及

缺乏先備經驗的學習者，此四者要互相配合才能達成有意義學習的教育目標。

再來，就不同學習能力的學習者來說，在閱讀圖文的方式也會有些許不同，例如 Hegarty 及 Just (1989)觀察學生閱讀文字與圖形並用的滑輪教材之眼球移動，發現當文字提供的資訊不完整時，高能力者會花較多的時間看圖，低能力者則相反；而另一個不顯著但有趣的發現是低能力者傾向對圖形作詳細的審視來建構他們的表徵。張新仁與邱上真（1992，引自張欣怡，1997）的研究中亦有指出在學習成就為高分組者，常以圖文交互參看的方式學習，而低分組的同學則以直線進行的模式學習；因為對低能力者而言，要從圖形當中一些不相干的資訊之中，確認出相關且重要的資訊是非常困難的事，必須從圖文當中整合資訊，選擇性定位再佐以集中注意力，以致於就算提供圖形，其表現也不如高能力者(Reid & Beveridge, 1990)。但無論如何，圖形還是能增加低能力者的成就，Mayer(1990)曾對力學系統知識的高能力者與低能力者的成就表現作研究，在三個實驗中受試者分別學習煞車系統圖形、幫浦圖形與發電機圖形。三個實驗中有 2 個實驗結果發現低能力者與高能力者在整體知識不同階層的回憶表現並無顯著差異。

插圖之所以能助於學習，其所具有的情意功能也算是功不可沒，其功能可以分為兩方面，一方面能提昇閱讀時的愉悅感，另一方面也可影響或加深讀者對文章內容的情緒和態度（Levie & Lentz, 1982），所以在一些研究之中（王亦欣，2003；邱月玲，2002；藍嘉淑，2000）皆可發現學習者表示比較喜歡以文字和圖片一起呈現的方式，或許圖片的難易感受因圖片複雜度或是學生個人而異，但學生在閱讀文本時，雖倚重課文甚於圖片，但依舊多對圖片抱持正面觀點，因此圖片除了幫助學習者形成推論性的表徵、提供記憶的輔助，以及提供文章中未呈現的新資訊外，情意方面的影響對學習者在學習而言也是具有相當的幫助的！

四、表格與文字搭配的研究

由於圖形的廣義定義包含了一切以表格、圖畫、漫畫、符號及照片來表達的資訊（姚伊美、羅綸新，1994），所以再探討了圖、文配置之後，便來加以探討表格和文字呈現的方式是否對學習也會造成影響？Waller(1981)

就曾提到圖像具有使我們所要搜尋的東西變得更為簡明的能力，而此稱為視覺的論證（visual argument）。由於圖像式的呈現（亦即非線性的呈現）比句型式的（線性）呈現在習得智識上來得容易些（Larkin & Simon, 1987），會有這樣的說法乃是因為非線性可以比線性的呈現方式更快速且更容易的傳遞要表達的資訊（Winn, 1990）。如學生能藉由快速的瀏覽表格即可摘錄（extract）出此段資訊的重點，學習者所花費的時間會比看敘述同樣事物的一大段的文字才能得到來得快，因此對於整合各概念來說，表格可讓學生需瞭解的概念獲取的更容易些，意即只需花費較少的心力即可得知（Winn, 1990）。

舉例來說 Robinson 和 Schraw (1994)、Robinson 及 Skinner (1996; 引自 Robinson & Eduardo Molina, 2002)比較了使用文字、提綱及表格三種不同表徵的差異，且發現在三種不同的表徵中，使用表格者在搜尋資訊找出答案所花的時間比文字組或提綱組來的少，且就錯誤率來看也是使用表格組表現最佳。由下表 2-2-3，我們可以發現正文和提綱只具一維（one-dimensional）的向度，正文因為是以序列的句子排列而成，故只能傳達一個事實；提綱雖然也是只有一維的面向，但因為其排列方式為層級式，故讀者除了能瞭解事實外，還可以理解概念內的關係，但是兩者皆只能循著單一路徑閱讀；而表格不但具有二維的面向，也因為以欄、列的形式呈現，故除了事實、概念內的關係外，甚至能傳達概念間的關係，因可經由由上至下或由左至右的閱讀方式而得。因此 Robinson 及 Schraw (1994)認為當文字和表格想要表達同一主題時，表格所具的效能較高，也較易讓學生瞭解到底教材想傳遞的概念是什麼。

表 2-2-3 正文、提綱、表格三種表徵之異同(譯自 Robinson & Schraw, 1994)

表徵形式	正文	提綱	表格
維度	一維	一維	二維
格式	句子的安排為序列的方式	將概念以及屬性以層級的方式呈現	將概念以及屬性以欄與列的方式呈現
傳達的訊息	事實	事實以及概念上的關係	事實、概念內以及概念間的關係

此外在張欣怡（1997）的研究中，發現高能力學生傾向在閱讀文字和表格時，兩者交錯進行，且讀文字和讀表格所花的時間相近，而低能力學生則慣以將表格略過，研究結果也發現低能力學生在使用文字加表格（版本二）之教材時，有最佳的學習成就及最短的反應時間。

當文字所傳遞的資訊可藉由附屬的圖片、表格或其他形式的配置讓文字所含的概念更加輕易的取得時，這樣的效果便稱之「附屬陳列效果（adjunct display effect）」，簡稱 ADE (Robinson, Katayama, & Fan, 1996)，因為在教材中於文字之外，不論添入圖片、表格、大綱或概念圖，對於理解文字欲傳達的資訊，都能夠較易被促發。所以不論是表格或圖片在課文中的配置或編排如何，當其對學習者之學習有所助益之時，我們皆應思考該如何將圖形和課文的並呈置於對學習者最有利的位置以幫助其更有利的學習。

五、小結

關於圖文訊息的處理模式，Molitor et al., (1989；引自許良榮，1996)認為如果單元編碼論成立，則圖文只影響知覺處理，對於學習的影響決定在呈現的方式；但若雙元編碼論成立，則學習者的個別差異、圖文呈現的方式都有重要的影響；但並非是說兩個編碼加在一起比單編碼好，而是插圖和文字之間可以產生強而有力的連結，才能輔助讀者建立文字性和視覺性的認知相關性，而產生觀念的學習（范懿文、陳彙芳，2000）。此外，神經心理學的研究顯示，當一個人受到文字刺激時，左腦內顯影較亮，但右腦也有部分顯影，所以只能說左腦較偏向文字訊息的處理，反之右腦則偏向處理圖像的訊息。但兩腦的功能是互補的，所以不能說是絕對(Carter, 1998，洪蘭譯，2001)；因此陳盈吉(2005)認為以神經心理學的證據似乎可支持雙元編碼理論的論調，也就是圖文的刺激主要在腦的不同區所處理，同時兩者也有溝通的可能，換言之，雙元編碼論及結合前者和衍生學習論的多媒體衍生論較似乎較能描述學習者在接受圖、文不同的訊息刺激時，可能的處理模式。

由於 Fleming 和 Levin(1978；引自 Flemin, 1987)指出學生普遍會被「一些東西」所吸引，所以一個優良的教學除了能在課堂上持續學生的注意力於重要的訊息上，也需避免學生因不重要的訊息而導致分心。由圖形的眾多功能來看，Fleming 和 Levin 認為圖片比文字更能抓住注意力，當然除了這項特點外，它也扮演了其他有助於學習的角色，例如解釋的角色 (explicative role)：能幫助讀者理解較難的文字資訊和保留的角色 (retentional role)來減低資訊被遺忘的可能性(Weidenmann, 1989; Ametller & Pinto, 2002；引自邱月玲，2002)。

當然圖片之所以被廣泛地使用在各教育階段或各學科領域，是因為圖片被認為是明瞭學科內容有效的方法，不論在學校的學習或是學術研究中，圖片主要是以輔助文字的附屬物之型態呈現 (Lown, 1989；引自 Gobert & Clement, 1999)，但 Gobert 和 Clement (1999)建議把圖片當作推理與模型建構的重要工具，而不是如傳統一貫的教學，只把圖片當作是科學概念的輔助物而已；Weidenman 在 1989 年也提出相同觀點，其認為一般研究著重於圖形對於課文或學習者的影響，把圖形當成是課文的附屬品，也就是只關心課文所傳達的訊息是否因圖形而有所增損，這樣子的心態，對於圖片是否有助於學習而言是較為不公的，因為除了這一點之外，學習者在閱讀課文與圖形時的態度並非完全一樣，Weidenmann 就曾指出學習者對於圖形的訊息經常採驚鴻一瞥即得全面性的印象，而對於課文中文字的訊息則經過心智的語意處理，所以學習者經常沒有仔細注意圖形的訊息，也就是通常都會低估了從圖形傳遞是何訊息的現象。

但從學生閱讀理解的研究中，Chambliss (1994)認為圖、表除了可以將文字內容意義化外，圖片與文字的編排也是需要注意的，如果安排適當，便可以幫助讀者輕易理解文字內容。像 Alessi 和 Trollip (1985)對教學圖片之設計與選擇就作了些許建議，若就圖片的呈現內容應避免過於詳細，因為太詳細會讓記憶過於負荷，並讓學生因不知聚焦何處而感困惑。在圖片與文字來說，也有一些有效使用的條件：如學習的材料與圖片之間應呈現關聯性，或是學習的任務取向以記憶為主，而非理解等高層次活動；再來圖片內含的訊息與文章相似，皆富含資訊或概念；圖片中訊息的量不能多過於學習者能力所能負荷的量以及圖形的結構要能發揮效用，比如形狀

要明確、顏色和其他的特徵能夠吸引學習者並引導其注意力。像上述這樣的編寫原則便可讓一般程度與低程度的學習者較為有效的學習了(Reid, 1990b)！在本研究中，圖形（包括表格）與文字的編排皆放置於不同頁面，除了希望瞭解圖形和表格對學習的助益之外，也希望藉由不同頁面的配置發現學習成效的不同，是否與閱讀不同表徵的順序及次數有關。

由於圖片（包括表格）在課文中所扮演的功能和角色，因其不同的類型而有所不同，同樣的，在學習者學習之時，由於個人先備知識、學習特質、任務需求、學習環境等的不同，在在都會影響學習者在學習時的效果，因此不論圖片對學習者的助益是多或寡，我們重視的應該都是如何讓學習者在學習的過程中將圖片的效益發揮極至，以幫助其學習，使其能於學習之路上走得更加平順與簡易。

第三節 認知負荷

「認知負荷」的理論源自歐美的人體工學與人因科學等領域，從心理、生理、認知等層面，來探討工作與任務對執行者的影響及適合性（黃克文，1996）。最早應用於軍事訓練及各種企業上，稱為心智的工作負荷（mental work load），並作為任務、工作與操作系統設計上的參考指標，盡量減少任務與工作對執行者的心智負荷，以增加執行時的績效。1980 年代，於澳洲新南威爾斯大學教育學院的 Sweller (1988) 從中引用而提出了「認知負荷理論」（cognitive load theory, CLT），其中指出教學設計對學習者認知負荷的影響，以及認知負荷與教學效果的關係後，便引起了眾多學者及教育者的注意，由於認知負荷是由認知過程的角度出發，故研究者先就認知的過程作一介紹。

一、認知的過程

首先在認知負荷的理論中，就學習者的認知過程而言，其認知架構可分為在學習過程中「工作記憶」、「長期記憶」及「短期記憶」3 種不同的角色（Sweller, vanMerriënboer, & Paas, 1998）：首先，當外界刺激不論是經由視覺、聽覺、嗅覺、或味覺而來的訊息，通常在 3 秒內便會加以收錄，但並非是所有的訊息均能如此，其中會經由刺激本身的特性和個體主觀的生理狀態來決定（鄭昭明，1996），之後經過感官之辨識、編碼等處理後，便能將此訊息加以保留約 30 秒，此階段則為「短期記憶」（張春興，1991），倘若這段期間並無加以處理或覆誦，便很容易將之遺忘，記憶便隨之消失。再來就「工作記憶」而言，它主要的功用是將收錄而來的訊息加以組織、建構、比較及處理，當資訊的交互作用越發複雜，則其處理量便益發減少，所以工作記憶本身處理的單位是有限制的，其容量為 7 ± 2 的單位（Miller, 1956），如果超過「工作記憶」的運作範圍，那學習將無法發生。之後，之後當「短期記憶」的訊息經過資訊編碼後便到「長期記憶」裡加以儲存。所謂「長期記憶」，其容量與時間本身是不受限制的，而且其保存的訊息亦能長期存在，故又稱為「永久記憶區」；而在「長期記憶區」裡有「基模」，它能引導新訊息的接受和舊訊息的提取，並且藉由記憶檢索來減少工作記

憶區的負荷。這樣一來，基模便可視為一中央執行者，它的作用就是將「工作記憶」處理過後的訊息和知識加以組織起來。此外，基模可自動建構並重複使用，基模組織後的訊息及知識的儲存，便能大大的減低工作記憶的負擔。事實上，「長期記憶」會改變工作記憶的特性。「長期記憶」擁有認知基模，人類專技則來自於基模內儲存的知識，而非「長期記憶」中將各元素間組織過的理解，而其在複雜度及自動化上是有不同程度之分的。當然工作記憶區從長期記憶中提取資訊時並無限制 (Ericsson & Kinstsch, 1995; Sweller, 2003, 2004；引自 vanMerrienboer & Sweller, 2005)。如專業棋士能將各個單獨棋子的擺放位置，在心裡以簡單的心像發展出複雜的基模，使其置於絕佳的位置。因此，專業棋士能在最短的時間由長期記憶區提取而決定最佳的棋路，因而有較好的表現。再如，餐廳的基模為例，它可能包含了食物、產品的價格與服務人員位在何處、餐廳的外觀建築與其內部桌椅配置情形，或是其他複雜的事項等等。這些零碎的訊息，都可以經由基模將複雜的要素彼此相連而變成基模，因此每當我們想去餐廳時，便能輕易的想像出餐廳的大致情形，而減少工作記憶區的負荷。

二、 認知負荷理論

(一) 認知負荷的定義與來源

根據 Paas 和 vanMerrienboer (1994)，其認為認知負荷是一種多向度的概念，當執行一個任務時，在學習者認知系統上的負荷均屬之，而其主要為工作記憶的負荷。而構成認知負荷的原因乃是學習者的心智努力程度和覺知的內容困難度。但認知負荷的來源為何呢？Paas 和 vanMerrienboer (1994)認為其乃是一個多向度的架構，包括了因果要素及評估要素：

- 1.因果要素：概括來說是造成認知負荷的原因，它含有三項，分別為：任務/環境的特性、學習者的特性、任務/環境與學習者間的交互作用，茲介紹如下：
 - (1)任務/環境的特性：含任務結構、任務熟悉度、時間壓力、噪音、溫度等，以上為容易變動的因子。
 - (2)學習者的特性：學習者的認知能力、認知型態、先備知識等，皆屬於

較為不易變動的因子。

(3)任務/環境與學習者間的交互作用：如績效、動機、激勵等因子。

2.評估要素，乃是認知負荷導致的結果，分別如下：

- (1)心智負荷：由工作需求或環境需求所造成
- (2)心智努力：個體為了完成任務，所付出的能力或資源。Paas(1992)認為心智努力可由量表測量得出，以作為認知負荷的指標，幫忙反映出績效達成時所付出的認知成本及教材的有效性。
- (3)表現績效：綜合上述 3 個因果要素呈現的反應。

但在教學過程中，Marcus，Cooper 和 Sweller（1996）則指出，影響認知負荷的三個因素分別如下：

- 1.學習者的先備經驗：學習者能否瞭解學習內容或和訊息量是否超出運作記憶所能負荷相關，若能將新的訊息和先備經驗加以整合，必能降低工作記憶的負荷。因此先備經驗的有無，可說是認知負荷的首要來源。
- 2.教材的特性：教材的內在要素間相互關聯的程度乃為形成認知負荷的另一個原因，當內在要素間相互關聯低時，學習者不需參照其他訊息來源即可輕易的瞭解教材內容；反之，若內在要素間相互關聯高，則學習者在學習時必然將較多的要素同時置入記憶區來思考，如此一來便造成了較高的認知負荷而阻礙學習。
- 3.教材的組織：因應不同訊息的特性，應以適當的方式呈現，若呈現方式不當將造成無謂的認知負荷。如圖形應多利用空間關係的呈現；文字則適合以序列方式(serial connection)來處理。

大體來說，認知負荷的來源或影響認知負荷的因素皆和學習者的先備經驗、學習內容的呈現方式，及兩者的交互作用過程相關。不論是教學或是日常生活的事物，均需要藉由長期記憶中的基模將舊訊息提取而出才能減少自身在學習時的認知負荷，而此即為學習者的先備知識或經驗，當然教材中的呈現方式或所需處理事件的難度高低也攸關著學習者在學習時所感知到的認知負荷，當關聯性低時，需要耗費較多的認知資源才能了解或

完成任務，反之，則毋須耗費太多認知資源即能達成目標。

（二）認知負荷的類型

Sweller et al.,(1998)將認知負荷的類型分成三類：內在認知負荷、外在認知負荷及增生認知負荷。「內在認知負荷」乃由教材本身造成，當教材要素與要素間相互關連性低，學習者就不需將各要素同時置入工作記憶區，即能瞭解各要素，內在認知負荷並無法藉教學設計而有所改變，唯有將教材的內在要素間相互關聯性簡化，才能降低內在認知負荷（Paas, Renkl, & Sweller, 2003）。再來，「外在認知負荷」是由教材呈現方式、教材設計、教學活動本身造成，倘若教材未顧及到訊息的結構和學習者的認知架構，就會導致外在的認知負荷(Paas et al., 2003a)。而「增生認知負荷」則有益學習，因為它能促進基模建構及自動化，而且它也比较像外在認知負荷而非內在認知負荷，此外它受教學設計者的影響，教師藉由教學設計吸引學生注意，增加學生在學習時的負荷感，但是卻可輔助基模的建構和自動化。

Paas et al.,（2003a）對這三類型的認知負荷，作一簡單的結論：「內在認知負荷」是基本的認知負荷，它無法經由教學設計來降低，然而可經由基模的獲得和自動化來降低，降低內在認知負荷就可降低整體認知負荷；「外在認知負荷」則可藉由有效的教學設計有所降低；而「增生認知負荷」則可以促進基模之形成。

（三）認知負荷的教材設計原則

針對上述認知負荷的來源、影響認知負荷的因素及其認知負荷的類型，Sweller 等人(1998)根據認知負荷理論提出了教材的設計原則，對於教材（圖形與文字）的配置及編排主要有 3 項，茲介紹如下：

- 1.分散注意力效果（split-attention effect）：學習者面對多重訊息的來源，當他們必須加以整合參照才能達到學習目的時，若將這些訊息安排在不同位置，則學習者需將注意力分散至各處，此時便會增加認知負荷而減低學習效果。Mousavi、Low 和 Sweller (1995) 認為當相同內容以整合方式

呈現時，會比分離方式為佳，因為後者需要花費心力將不同的資訊來源整合後才能有效獲得資訊，因而增加工作記憶區的負荷量。也有研究(eg., Chandler & Sweller, 1996; Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1998; Yeung et al., 1997)顯示若資訊以實際整合方式呈現，將可去除分散注意力效果，而增進工作記憶的使用量。

2. 冗餘效果 (redundancy effect)：學習者面對多重訊息來源時，當這些訊息明確，可以獨自呈現卻放在一起時，會造成大量訊息需同時進入工作記憶中，導致記憶過度負荷，減低學習成效。Bobis, Sweller, & Cooper(1993)以摺紙測驗作為主題，以圖文不同配置的方式作為變數來測量小學生的速度及正確度，發現若圖形本身已含足夠訊息，讀圖組的同學不論在速度或正確度上皆優於文字組或文字加圖組。

3. 模態效果 (modality effect)：若以不同知覺型態，而非以單一型態同時呈現訊息時，可減低短期記憶負荷，提升學習成效。從 Mousavi et al.,(1995)的研究可以發現視覺和聽覺的工作記憶區有些部分是獨立的，在研究中供予文字+圖形的那一組的認知負荷會比提供文字+旁白的組別為高，原因乃是文字和圖形皆為視覺模態，但文字和旁白，分別為視覺模態及聽覺模態；故此，若所有的資訊來源均以視覺方式呈現，視覺的工作記憶區便顯得有些負擔過重，反之，若將其中一種資訊的來源轉為聽覺，則認知負荷將會降低。

Chandler & Sweller(1991)為了了解分散注意力效果及冗餘效果，一共進行五個實驗，在實驗一，以電子工廠的學徒作為受試者，結果發現圖文合併組較圖文分離組的表現來得好，研究者們認為圖文分離組的形式需要相互參照才能瞭解內容的敘述，而分開放置的情形導致耗費不必要的認知資源，因此增加了認知負荷，即所謂的分散注意力效果；而實驗二及實驗三也發現若圖形和文字不需要合併時，縱使加以合併亦無所用，另外受試者在學習時，會比較注意對自身較為重要的訊息，反而忽略文字部分的敘述。而實驗四則以 20 名工廠工人為對象，共採圖文合併組、圖文分離組及讀圖組三種形式，結果發現讀圖組的表現最佳，但圖文分離組卻沒有優於圖文合併組，這樣的結果支持了冗餘效果，即多餘的訊息不利學習，需將之移

除才能有較佳的學習成效。最後實驗五是以 30 名 9 年級學生為對象，一樣採圖文合併組、圖文分離組及讀圖組三種形式，但研究單元為血液循環，且於圖示中特地充分標明足夠的文字解說和符號標示，此舉已可提供完整的訊息。所得結果如同實驗四，讀圖組表現最佳，但圖文合併組、圖文分離組的成績並無顯著差異。Chandler 和 Sweller 認為實驗五算是再度驗證實驗四的結果。

所以圖形和文字整合恰當與否，會影響學習者在學習時的認知負荷，若圖文需相互參照才能理解，需採整合方式才能減低負荷，增進學習效果，若不需參照，宜採分離格式，以免產生冗餘效果。

（四）認知負荷的測量

認知負荷的測量在認知負荷的部分是佔有舉足輕重的地位的，最先 Wierwille 與 Eggemeier 在 1993 年的資料中便提及認知負荷的測量，大致可分為三種測量方法：

- 1.主觀測量法：藉由學習者自行感知在學習的過程中心智努力及心智負荷的程度，通常以量表方式測量。
- 2.生理測量法：假定認知負荷會反映在生理反應上，如測量，呼吸、血壓及體溫調節，如當認知負荷提升時會有血壓降低的情形（Aasman, Mulder, & Mulder, 1987; Mulder, 1988, 1992）。或是測量學習者的心跳速率變化、腦部活動（任務引發的腦）、眼睛活動（如眨眼的次數、瞳孔的收縮）等。
- 3.任務和績效測量法：藉由任務的困難度及學習者的學習成效來推論學習者的心智努力程度，如：學習成績、學習速度、錯誤率等。

再來 Pass(1992)曾使用自我評定的方式，以三個面向（練習表現、遷移表現及認知負荷）來測量受試者在學習基礎統計的算數平均值、中數及眾數時，三種不同教材的呈現方式：傳統法、工作範例法及完成策略法（即

僅提供完成一半的範例給學生) 對其認知負荷的差異, 結果發現受試者對這三種教材呈現方式之評定確有明顯的差別, 由此可知此評定量尺可以敏感反應不同程度的心智努力知覺。Paas, van Merrienboer 與 Adam (1994) 將 Pass(1992)及 Paas 與 van Merrienboer (1994) 的評定資料作進一步的信度分析, 其量表乃修正自 Bratfisch, Borg 和 Dornic (1972) 測量任務困難度的量表, 共分 9 個尺度, 1 為非常非常簡單~9 為非常非常困難。並和生理反應測量法比較。Paas, van Merrienboer 與 Adam (1994)將 Pass (1992)的 28 個關於認知負荷的評定題目進行信度分析, 得到 α 值為 0.90; 而對 Paas 與 van merrienboer (1994) 關於認知負荷的 6 個題目一樣進行信度分析, α 值則為 0.82; 此外將 Paas 與 van merrienboer (1994) 的研究中, 受試者在解題時心電圖變化的資料作為心理負荷的指標, 發現其心跳速率反應在不同解題階段並無明顯差異, 不同時段重複測試的結果, 重測信度也不高。因此 Paas 等人認為以評定量尺法作為測量認知負荷的方法, 在信度、敏感度和實用性上都較其他方法可行。再來, Hendy, Hamilton & Landry (1993)曾提到測量認知負荷的量表, 其量尺本身的特性不論是單一或多重向度、量尺的大小、或文字說明呈現方式等因素, 並不會影響評定的效果。另外 Gellevij、van der Merij、deJong 和 Pieters (2002)比較學生利用多模態及單模態學習成效及認知負荷的差異也採用 Paas 等人 (1994) 的測量方式, 結果和 Paas 等人的研究一致, 顯示其量表測量的結果可互為佐證, 以提高研究的可信度。

過去的研究顯示 (Paas et al., 1994; Sweller et al., 1998; Gimino, 2002) 主觀測量法對測量較小的認知負荷較為靈敏並具有信度、效度及不受干擾的特性, 反觀生理測量法只對測量相對較大的認知負荷差異較靈敏, 而且測量的儀器設備亦需花費較高的研究成本, 相較之下測量認知負荷, 主觀測量法較為經濟且實用, 因此眾多研究皆採此法測量之。

至於第三種測量方法--任務和績效測量法, 可以包括 2 個次系統, 一個為主要任務的測量, 其植基於任務的表現好壞與否, 第二個則為次要任務的執行方式, 其亦關係到主要任務的表現優劣 (Paas, Touvinen, Tabbers., & Van Gerven, 2003), 因此在這樣的情形下, 次要任務的執行方式則被假定為可反映出由主要任務所引發的認知負荷, 一般而言次要任務包括較為

簡單的行為，如從打字表現的好壞可由完成時間、正確率、錯誤次數來決定，這三項就為次要任務的表現，雖然次要任務的表現乃為一高度敏感及信度高的測量方式，但是它幾乎很少適用於認知負荷理論的研究中，主要原因是次要任務的表現很容易受主要任務的干擾，尤其當主要任務是十分複雜的時候，認知資源已受限之時（Van Gerven, Paas, van Merriënboer, & Schmidt, 2002c，引自 Paas et al., 2003b）。

另外尚有其他學者 Brunken, Plass 和 Leutner(2003)認為可從 2 個向度來評估認知負荷：客觀性及因果關係。客觀性包括了主觀的和客觀的 2 個層面，如主觀的自陳、客觀的行為觀察或績效等；而因果關係則包括直接的和間接的 2 個層面，乃由測量所觀察到的現象及感興趣的實際特性之關係類型加以區分，如可用神經影像測量法測量腦部的活動情形以分析任務的績效如何。

當然在認知負荷理論中，認知負荷的測量技術應成為重要的議題，如此才能使得認知負荷的理論更為精進(Mayer & Moreno, 2003)。但是 Paas et al., (2003b) 提到現今認知負荷理論主要的區別分別為內在認知負荷、外在認知負荷及增生認知負荷，但卻無法使用上述任何一種測量方法單獨的將三種認知負荷區分開來，換言之，我們只知道三者總和的認知負荷，這樣的情形是十分值得研究者們注意的。在本研究中，測量認知負荷的方式選定以量表的方式測量，除了它較靈敏並具有信度外，亦有不受干擾的特性，相較於生理測量法、任務/績效測量法的限制性較大，故採此法測量之。

三、小結

認知負荷理論的中心思想其實就是始因於工作記憶的有限，因此便需在教材的設計及編制上融入此項考量，再來更重要的是在學習的過程 中所獲得的知識和技能是為了基模的建立及自動化（Paas et al., 2003b），van-Merriënboer 等人(2002, 2003)的研究更認為一個好的教學設計，不應只包括促進基模的建立，更應進一步的促進基模對某一任務在各種情況下的自動化。

最後，認知負荷理論經過了全球研究者的實際研究發展與擴展，目前已被認為是教學設計過程中重要的考量因素。所以，認知負荷理論已成為研究認知歷程和教學設計的一個重要理論架構(Paas et al., 2003a)。

由於本研究主要為探知不同圖文表徵的配置，對於受試者的認知負荷之影響為何，故在實驗教材中，圖、格、文的選置都有將之前提及的設計原則考量進去，例如將非文字的表徵置於文之鄰頁，方便受試者在讀文後立即觀看，避免將多重訊息置於一頁，以致大量訊息同時進入工作記憶而造成記憶過度負荷；圖片和表格也盡量分開，不會讓受試者在看圖時又受到表格的干擾。

第四節 概念改變

我們都知道學童在進入教室前，心中對於很多科學現象都已經有了自己的一套解釋，他們並非一張白紙，只要老師教授什麼概念，便能依樣畫葫蘆的吸收；也因為如此，學生原本根深蒂固的想法有可能和正確的科學觀點相互排斥而阻礙了正確科學知識的學習。而在 1987 年 Anderson 和 Smith 也指出學生原本素樸的想法，通常也稱之另有概念或迷思概念，這些概念通常是穩定的（stable）、強韌的（robust）、或拒絕教授的（resistant to instruction）。基於上述原因，使得許多學者紛紛開始以不同的面向和角度切入，試圖提出如何才能使學生的概念發生轉變，因此從 1970 年代之後，許多研究者便投入了概念改變研究的領域。如 Posner, Strike, Hewson 和 Gertzog(1982)的 CCM 模式，以「知識論」為主要面向的 Chi 之概念本體論，Vosniadou 採「預設」與「信念」為主的認知架構論，Thagard 的概念階層，以及 Tyson、Venville、Harrison 和 Treagust (1997)由探討概念改變多重向度及動態歷程為主的論述。

一、Posner 等人的概念改變理論

Posner 等人(1982)的 CCM 模式，可算是概念改變研究的濫觴。他們從學習的觀點出發，認為學習乃為一連串的概念改變過程，要知道學生是如何學習的，必須由學生學習的過程中得知，而學習並非只是添加新的片段訊息而已，而是透過同化與調適讓新、舊概念產生交互作用，而同化與調適也就是概念改變，其實同化（assimilation）即是學習者利用現有的概念處理新的訊息並未重新將新概念和舊概念重新組織，所以此種方式並未使原有的知識產生重大的變化。而調適（accommodation）則是學習者本身會自動將其原來的想法作一整理及組織，以彌補學習者現有的觀念不足來解釋新訊息，這樣便算是根本的概念改變，從這裡便顯而易見的可以看出調適在概念改變的難易度來說是屬於較難的。

為此，調適若要發生，Posner 等人認為尚須 4 個條件：

- 1.不滿意 (dissatisfied)：學習者唯有在原有的概念覺得不滿足的情況下，才會想要進行概念改變。
- 2.可理解的 (intelligible)：新的概念對於學習者而言，必須是能理解的，否則無法進行概念改變。
- 3.合理的 (plausible)：新的概念必須具有能夠解決學習者原先的問題的能力，且亦必須具有成真的可能性。
- 4.豐富的 (fruitful)：新概念不僅能解決現存的問題，甚至可作為未來探索的途徑及擴張的潛力。

Posner 等人 (1982) 認為唯有對現存概念的不滿意，學習者才會設法進行概念改變，透過此一步驟以降低學生心目中的迷思概念層級，提升科學正確概念的地位。由於一提出，便受到很大的批評與質疑，所以 1993 年 Posner 等人後來亦稍加修正，加入了 Toulmin(1972)概念生態的觀念，使得後期的 CCM 模式也強調個體的知識結構會與存在的環境互動，而各個概念間是以動態持續交互作用的方式發展。

二、Chi 的本體論

Chi (1992) 提到，從許多的文獻研究指出有些概念在經過學習之後很容易的就能改變，但是並非每個概念都能輕易的改變，反而還具有強韌、拒絕改變的特性，例如：物理中力學、電學的概念。為此 Chi 等人 (1994) 認為最困難的改變乃是涉及知識本體類別的重新分類。而就她們的理論，認為世界上所有的實體皆屬 3 項主要的知識本體：物質 (matter)、過程 (process) 及心智狀態 (mental state) (Chi,1992)，敘述於下：

- (一)物質：指的是含有特定屬性的東西，如紅色的太陽、建築物是佔有空間的。
- (二)過程：一個事件的發生，是有序列性、有因果關係的、或是機率的問題，但它會反映出自己的屬性，如一小時之久的雨；
- (三)心智狀態：則是指情意的部分，如情緒的、意圖的。

在這三個本體類別下，各自有著次類別，如物質底下可分為自然種類、人造物質；過程下有步驟、事件、限制條件為主的交互作用；心智狀態則分情緒的和意圖的。這 3 種類別分別皆具有各自特殊的屬性，且皆為不可共量，但同一類別的屬性則具有共享的性質。換句話說，若概念改變於同一類別的情形下發生，則較易產生概念改變，因其於同類別中的性質相近；反之，若需涉及到不同類別間的概念改變，則概念改變較為困難（Chi et.al.,1994）。所以依照概念在本體樹跨越的情形，可分為本體類別內的概念改變（within ontological conceptual change）及跨越本體類別的概念改變（across ontological conceptual change），於下分別論述：

1. 本體類別內的概念改變：

基本上，三大本體類別是各自獨立的，當發生概念改變時，是在同一本體樹做上下的移動，而非跨越不同的本體樹。這種轉變只是將其所含的概念屬性做增減，僅屬於輕微的概念改變（weak conceptual change）或信念的修正（belief revision）而已。概念改變一般而言，多屬於此類，許多學習的情形，大都是信念上小幅的修正，而且多發生於學習者在缺乏知識及缺乏練習時所造成。例如：學生擁有了鯨魚是魚這樣的想法，當透過教學或年齡漸長，增加了對鯨魚的瞭解，學生自然就能將鯨魚與哺乳類的特徵相連，進而知道鯨魚為哺乳類，而非魚類。

2. 跨越本體類別的概念改變：

當科學概念從一個本體樹遷移到另一個本體樹時，此種類別間的轉移，則可視為根本的概念改變（radical conceptual change），這種情形對於學習者而言，通常較難發生，例如 Chi 指出大部分學生多傾向將熱、光、電、力學置於物質的本體樹下，但科學專家則視為電流為過程類別，故此當要進行跨越本體間的概念改變，是非常困難的。

而 Chi (1992) 認為要進行跨越本體類別的概念改變，需要如下的 3 個歷程：首先，學習者經由獲得的過程學習到新的本體分類的方式，若讓學習者自行去發現，對他們而言是十分困難的；再來也是經由獲得的過程，

學習到本體類別中個別概念的意義；最後的步驟即為重新將概念分類到新的類別中，而這樣可能需透過 3 種方式：

- 1.學習者主動放棄原有的概念定義，並以一個新的意義去取代。
- 2.允許新舊概念並存，而其出現的時機端視情境不同而有所不同。
- 3.透過教學等方式，加強學習者新概念的意義而放棄舊有概念定義。

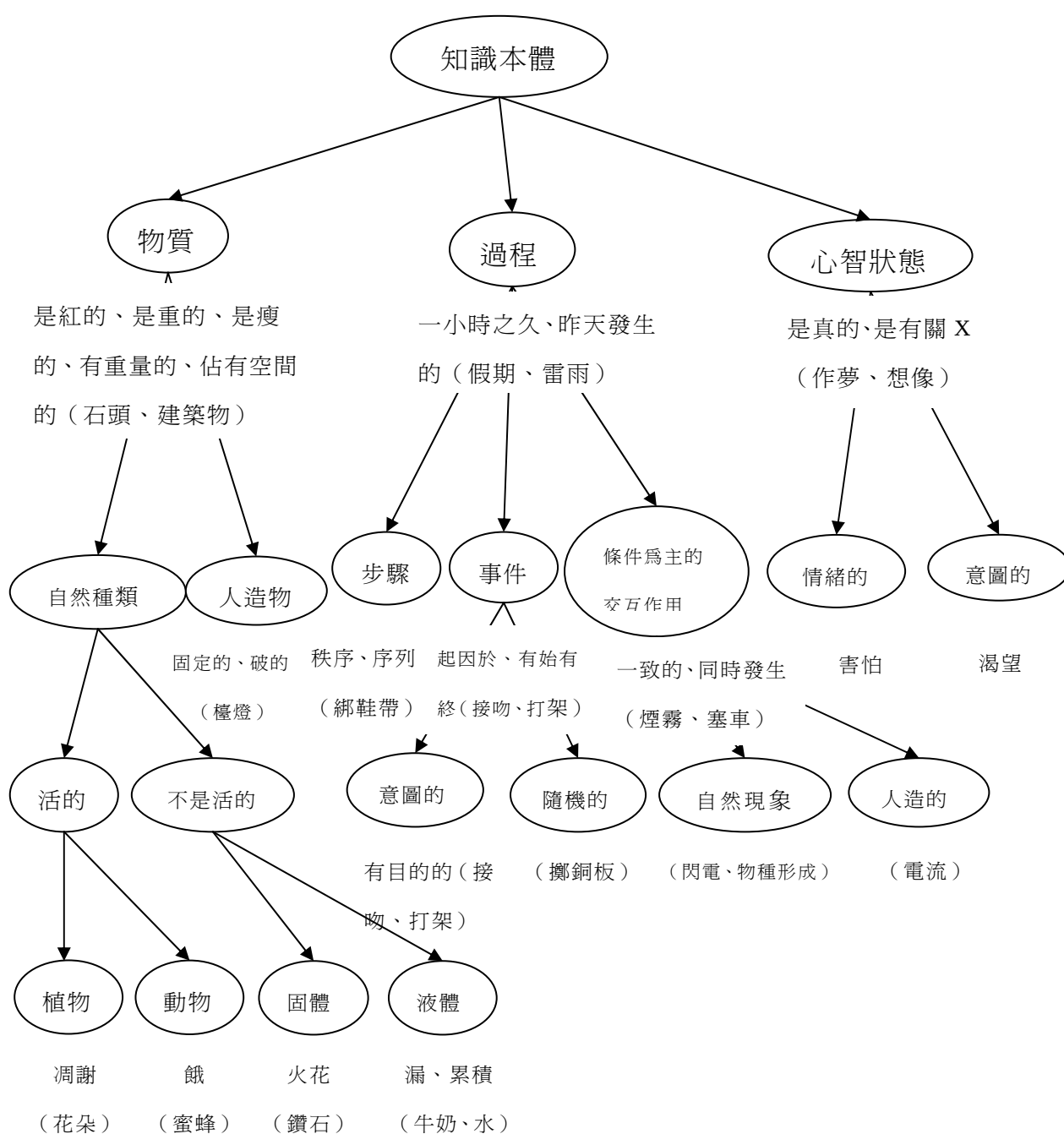


圖 2-4-1 知識本體的 3 大類別（引自邱美虹，2000）

從圖中，每一類別之下又可再分次類別，如此層次的關係便構成了概念的本體樹架構，所以所有的概念都有其歸屬的類別，而概念的改變便是在本體樹中的移動或跨越本體樹中的移動。因此，就改變程度而言，因而有了難易的不同。

三、Vosniadou 的認知架構理論

Vosniadou (1994)以學習者對於地球形狀、日夜循環、熱和力等四個概念的心智模式，提出了架構理論（framework theory）和特定理論（specific theory），並以其架構來探討概念改變的本質。首先，她認為知識架構並不是由許多小概念經由相似性連結而成，而是先形成一個大架構，再慢慢的填入新知識。所以學生的信念乃是受制於本體論和認識論的預設（presupposition），而這些預設是深植於素樸的架構理論（naïve framework theory）之中，它主要是從兒童早期日常的生活經驗而來，經由學習或將該經驗不斷重複驗證，因而產生了特定理論的「信念(belief)」。而特定理論通常包含了一組描述物體性質或行為的相關命題（proposition）或信念，它會藉由個體自行的觀察或是所處文化的脈絡之下而形成，但特定理論是在架構理論之下，如圖 2-2-2。也因此架構理論的修正要比特定理論的修正來得困難許多。

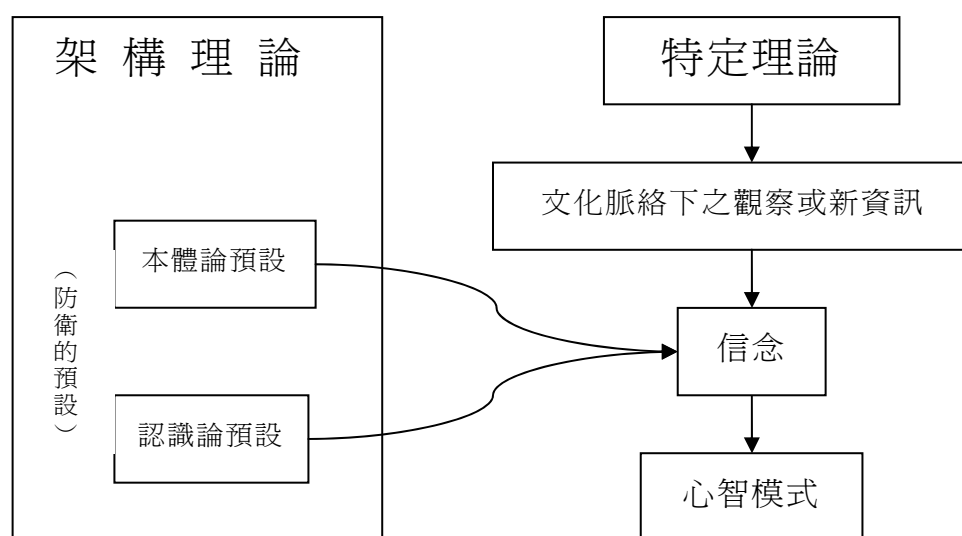


圖 2-4-2 Vosniadou (1994) 的架構理論

因為當特定理論中的某一個信念被架構理論的預設所限制住，學習者便很難產生概念改變，因此架構理論相較於特定理論，就變成了一個龐大的操控系統，它使得學習者可把所觀察到的現象以日常生活的經驗解釋時，也就會變成學生無法自我察覺預設和信念的相互限制，便會妨礙學生對於正確科學概念的學習(Vosniadou & Ioannides, 1998)。

另外在特定理論的信念之下尚有心智模式，Vosniadou 以此來描述學習者的心智表徵，這一點是和其他概念改變的理論較為不同的地方，他認為個體受到架構理論的預設限制與自身文化脈絡的觀察，先形成了初始的心智模式（initial mental model），之後可能從學校教學或媒體獲得的訊息，自行組織與整理，便形成了綜合的心智模式（synthetic mental model），而學校的科學教育有可能更正學生們的綜合心智模式而形成科學的心智模式（scientific mental model）。此一過程便為概念改變，而 Vosniadou 認為概念改變的形式有以下兩種：

1. 豐富化（enrichment）：

即是把新的概念加入舊有的理論架構裡，此為最簡單的概念改變形式，Vosniadou（1992）的研究中曾指出大多數的小學生在閱讀完有關月球的科學課程，都能夠瞭解到月球上有隕石坑的事實；所以當概念的內容與既存的知識內容相一致時，學生便很容易接受了新知識。

2. 修正（revision）：

當現有的信念或預先的想法和現存的資訊不一致時，則必須進行修正。如原先有的學生會認為太空人上月球，不需要攜帶空氣和水，因為月球和地球一樣，但是當教學之後，學生瞭解到月球並不若地球一般。

四、Thagard 概念革命的觀點

1992 年 Thagard 認為概念系統乃是由種類階層和部分階層的概念組

合，且藉由規則相互連結。當一個概念系統或規則，被另一個新的組織系統所取代，即稱為概念革命，也就是種類關係與部份關係的改變，當然新的理論概念通常是經由概念組合的機制所產生，而概念乃是藉由一組同義字及種類、部分和反義關係組織而成的系統呈現。種類階層和部分階層是語彙組織的基礎，而階級便由他們而生。概念系統提供了概念與概念間相互懸掛的骨架，而種類階級和部分階級則提供概念系統的結構。

在邱美虹等人（2003）所譯的概念革命中裡（譯自 Thagard, 1992），Thagard 概念改變的機制共有 9 種階層（見下表）。首先，前 3 種只考慮到信念的改變，包括了增加或是刪減信念。其中第一種僅是涉及瑣碎的改變概念的結構，並無大幅更動；而第二、第三種則是涉及不同強度的實用性；第四種形式的改變則發生在新的概念被發現時，因此便會隨之產生新的部分而改變了概念的階層；而第五種形式的改變則是增加一個上階關係以結合兩個概念，第六種則是新概念的產生，第七種則是涉及瓦解部分的種類階層而建立起新的階層關係。第八種，就涉及到分枝跳躍，是將一個概念由一個樹狀分支，移到另一個分支上。第九種形式則是樹的轉變，必須要做類別階層性或部分階層性根本的改變。總之分類一到分類三可被解釋成簡單的信念修正，但是分類四到九則不能，因為他們涉及概念的階層，分支跳躍和概念樹的轉換，甚難在零碎的基礎上實現。而信念的修正則包括了信念的增加和刪除，而概念改變則遠超過信念修正，因其包括了概念的加入、刪除、重組和概念階層本質的重新定義，此外 Thagard 也認為在概念改變中較少見到分支跳躍和概念樹的轉換，因此兩者多半伴隨科學革命而來。

所以科學革命就 Thagard 的觀點來看，其認為包括了 2 個系統的轉變，一為概念系統，二為命題系統；而前者又由種類及部分階層所構成，後者則涉及到事件的融貫性，命題之間最重要的關係便是涉及解釋和反駁（*explanation and contradiction*），而命題系統主要是由解釋融貫性的關係所結構而成的。但不論如何，科學革命在 Thagard 認為都是為了使新概念具有更大的解釋性，也就是新命題使用於新概念之時擁有更廣大的解釋融貫性（如下圖 2-4-3）。

表 2-4-1 Thagard(1992)概念革命理論的階層、特質與範例(引自邱美虹，2000)

階層	特質	範例
1.增加新範例	瑣碎的	如遠處的小斑點是鯨魚
2.增加弱原則	強弱視其實用性	如鯨魚可在北冰洋裡發現
3.增加強原則	強弱視其實用性	如海豚是鯨魚的一種
4.增加新的部分關係	分解	如鯨魚有脾臟
5.增加新的種類關係	利用上階關係來結合兩個概念	如海豚是鯨魚的一種
6.增加新概念	有助於科學知識的發展	如電學和磁學合成電磁學
7.瓦解部分種類的階層	放棄原有的辨別方式	如牛頓放棄亞裏斯多德的觀點
8.藉由分枝跳躍(branch jumping)重組階層性	從一階層樹的分支轉移到另一分支	如哥白尼認為地球應是行星之一而非自成一類的觀點(日心說)
9.樹的轉變(tree switching)	改變已具有階層性的樹狀組織原理	如達爾文改變分類的意義

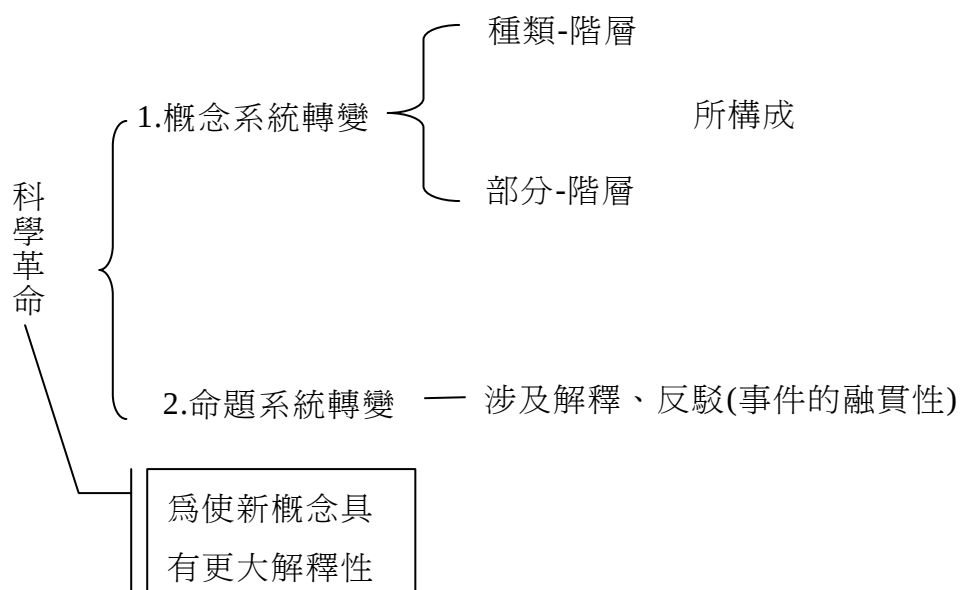


圖 2-4-3 科學革命概念組織圖

五、概念改變的多重面向

綜觀上述幾位學者觀點，可以發現多以認知取向為主，因此有些學者提到也應從學習者的學習動機、情意與社會等後設認知面向加以探討。因此 Tyson 等人 (1997) 提出多重向度的觀點來看概念改變，並藉由三角形的邊來表徵概念改變所涵括的不同向度，如圖 4-1-10。從圖中可以看到本體論、認識論和社會/情感的觀點分別在三角形的各邊，從教學和學習的立場來看，這 3 個向度皆為互相影響的，譬如從本體論的觀點，便是檢驗學生如何理解關於事物的本質、認識論的觀點則是探究學生如何理解關於此事物的知識，最後社會/情境的觀點乃是檢視學習者概念改變所需的情境。

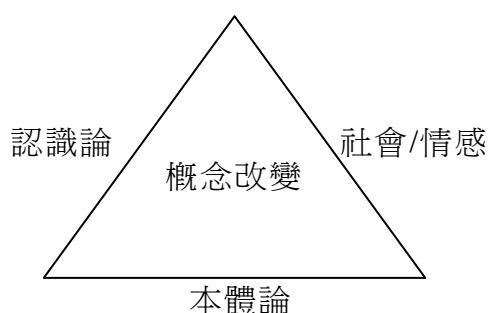


圖 2-4-4 概念改變的三大向度(引自 Tyson 等人，1997)

這樣的想法源自於 Tyson 等人 (1997) 認為由不同面向來探究科學概念的概念改變，似乎無法觸及到概念改變的全貌，因此他們提出了概念改變的多重向度，而在概念建構的過程中，Tyson 等人亦認為概念改變是為一動態的歷程(如圖 4-1-5)。

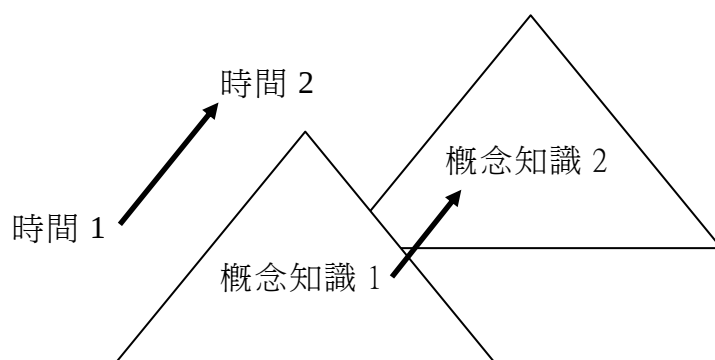


圖 2-4-5 概念改變之動態歷程(引自 Tyson 等人，1997)

除了 Tyson 等人認為概念改變須從多重向度探討外，尚有 Georgiads (2000)，其結合了概念改變與後設認知的研究，認為概念改變可分為四個向度，分別為知識論的背景，後設覺知、知識遷移及概念改變的持久性等，而真正的概念改變即為這四個向度的交集部分。

六、小結

不論是從 Posner 等人(1982)的 CCM 模式、Chi 的概念本體論、Vosniadou 以「預設」與「信念」為主的認知架構論，Thagard 的概念革命，或是 Tyson 等人 (1997)以概念改變多重向度及動態歷程為主的論述。尚有其他學者如 Hewson(1983)提出的概念獲得與取代、如 Carey(1985) 以認知心理學為出發面向所提出的概念增加等。

就概念改變的各家學說而言，Tyson 等人(1997)針對概念改變的各理論分析之後，認為基本上可將其分為概念增加與概念修正，因此提出概念改變的二分法觀點，茲闡述於下(如下圖 2-4-6)

(一)概念的增加:

概念改變中最簡單的改變來自於概念知識簡單的增加但是不涉及概念的重建(Carey, 1985)，也就是在知識結構中僅僅只是加入新概念而不改變原有的認知結構。例如: Vosniadou(1992, 1994)認為概念的豐富化。

(二)概念的修正:

概念改變不僅僅只是概念的增加，同時也包含了概念知識的重組與結構上的改變，這稱為概念的修正，依照修正程度可再分為弱修正與強修正。

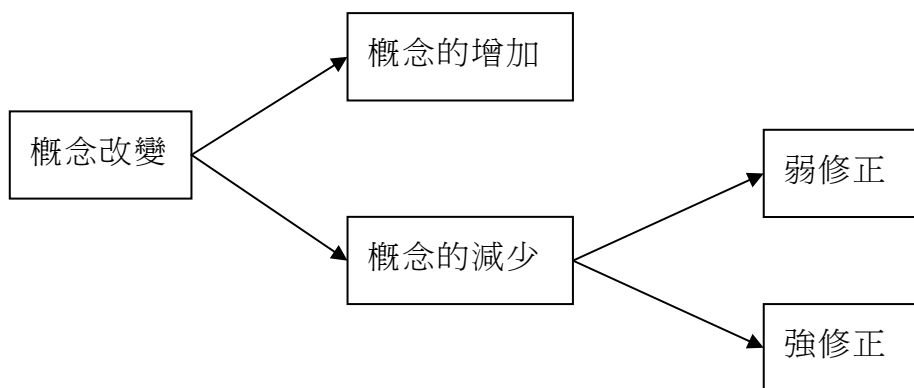


圖 2-4-6 概念改變的二分法觀點

從各家概念改變的角度來看，許多學習的情形，大都是信念上小幅的修正，而且多發生在學習者缺乏正確知識時所造成，例如：學生擁有了鯨魚是魚這樣的想法，當透過教學或年齡漸長，增加了對鯨魚的瞭解，學生自然就能將鯨魚與哺乳類的特徵相連，進而知道鯨魚為哺乳類，而非魚類，這就概念的變動而言僅為小幅的更動，但當學習者每天感官所見、所感和科學概念有極大的出入時，而科學現象有時又太為抽象，學習者只能由教師所言的加以自行想像，故而要達到根本的概念改變是非常的困難的。

第五節 生殖相關迷思概念

一、植物生殖相關迷思概念

彭文貴（2002）指出在小學生學習的生物課程中，小學生特別喜愛觀察種子的發芽和葉子的成長，隨著年級的增長，學習的課題擴大到校園植物。這些事物皆為兒童周遭的事物，因而對其充滿了好奇心，但學童因為缺乏正確的訊息來源或是理論、知識，或者缺乏仔細的觀察能力，因而對植物的內容之學習便會產生一些迷思和錯誤的概念，但吳璧純（1997，1998；引自彭文貴，2002）探究低、中年級在生活中科學問題中發現，生物類別中以「生物的構造和功能」、「影響生長的因素」及「生命現象」三個類別最多。其中學生對植物生殖概念最有興趣的提問：為什麼樹會長葉子/結果子/開花？為什麼花有花蜜？為什麼植物有根莖葉？為什麼有植物？整體而言，在植物生長現象上，學生比較關心的問題是樹、花、果實、種子等看得到的器官。

在植物分類來說，從蒐集的文獻看出年齡越低的孩童越不會將植物視為生物。如最早的研究應該算是從 1929 年 Piaget 的研究開始。他以訪談的方式深入探討兒童的想法，發現兒童常把無生命的物體解釋成有生命的物體，尤其是以會動的東西當作是生物，Piaget 稱此為「泛靈論」。Piaget 提出與年紀有關的四階段學說構思。第一階段（4~5 歲）的兒童認為一切有活動或有用處的東西，都是有生命的物體。第二階段（6~7 歲）的兒童認為能移動是生命的象徵。第三階段（8~10 歲）的兒童則認為自發運動的物體才是有生命的物體。第四階段（11 歲以後）的兒童是將生命鎖定在植物和動物上的特徵，此時才能確認動、植物是生物。由 Piaget 的研究發現，孩子需發展到第四階段「形式運思期」，才會認為植物具有生命是活的（引自王美芬，1993）。

而 Wax 和 Stavy（1987）以紙筆測驗與晤談的方式，針對以色列 6-15 歲的學生加以研究。發現不論是鄉下或都市的小孩，對於動、植物的界定，在六歲時皆能正確分類。對於非生物的界定，在 6-10 歲時有 80% 回答正確且概念清楚，10-15 歲的學童正確率更提高至 90%，對於植物的界定，6-11 歲的孩子當中僅有 30-60% 能明確分辨植物是生物。12-15 歲的孩子雖然答錯的較少，但正

確率仍未達 80%。可見孩子在植物的界定上，較非生物的界定與動物的界定來得慢，其中的原因是在於語言上的問題，因為從字意的描述上，不容易發現植物是生物。Stavy 及 Wax (1992, 引自王美芬, 1998) 的研究發現，由於宗教的關係，以色列四年級以下的學生近乎半數，不認為植物是生物，因為在猶太教聖經的創世紀說：「地上的動物、天上飛的飛鳥、地上爬的都是有生命的，我把地上的綠草給他們當作食物。」所以在國外許多研究中，可以發現許多學童並不知植物是生物。

另外從 Richards 和 Siegler(1984)的研究發現，兒童約在 8-9 歲，約有 80 % 的兒童才能判斷植物是生物，它是活的具有生命，而 Stephan(1985)的研究則發現，到了 11 歲的兒童，認為常見的花、樹木會長大，才會認為他們是生物。Carey(1985)由自己的研究也發現兒童需到 10 歲左右，才能判斷植物是生物、是活的。

Bell(1985)則針對紐西蘭的學生進行植物概念的研究，其研究發現和 Stead (1980)相似，他們均發現學生對於植物的階層並不十分瞭解，在生物概念下，將植物、樹、雜草、蔬菜視為同一位階，所以學生對植物的界定，並不十分清楚、完整。再來 Tull(1991)以德州 9 位不同社經背景與學習成就的學生為研究對象，以瞭解學生對光合作用、植物繁殖以及對花和葉子的看法。從研究結果得知，學生對於植物的葉與製造食物的功能、花與繁殖的關係並不十分清楚，所以多數學生認為體型小的、綠色的草本植物，如：青草、爬藤、有花、綠葉及軟質莖的植物。雖然學生對植物的分類基模和植物學家不同但 Tull 卻發現學生的分類能力仍比門外漢來得強。當然也有些學者對國內的原住民學生進行植物的分類研究，如 Chen 及 Ku (1999) 將原住民學生對於植物的分類標準，細分為植物種類、植物構造、植物生理學、有意義的植物屬性（包括：生命特徵、棲息地、栽培需要、可食性、可用性、非生命屬性等五類）。

此外令人訝異的是 Brumby 曾於 1982 年以大學一年級學生為實驗對象，研究其對於生命的概念，發現大學生判斷一個物體是否為生物時，仍多以「會不會運動」作為判斷準則，而不會以「能否生殖」作為判斷條件，也不會用科學實驗驗證的方式來判斷該物體是否為生物。

從上面的文獻得知，在 10～11 歲之前的孩童對於植物是生物這項概念並不十分瞭解，不瞭解的原因有的是因為宗教經典之故，有的則是因為其外在顯現的形象是靜止不動的，有的則是因為從字意的描述上無法得知其為生物，所以在缺乏正確的資訊、理論下，憑藉著零碎的觀察力，無法作深入的瞭解及探討，因而有這樣的迷思概念，等到年紀漸長，因為所知漸多，才慢慢知道植物為生物這個概念。但從以上文獻可以發現，不論年紀大小，仍慣以「能否運動」作為是否為生物的分類指標，對於「能否生殖」此項重要的分類指標，反而不是那麼舉足輕重了。

至於植物繁殖的部分在文獻蒐集的過程中，有關植物繁殖的迷思概念，一般來說較少提及，通常多半集中於花、果實、種子等基本構造，至於植物如何繁殖下一代則很少探究。另外對於植物生殖概念的探討，多著重於了解學生對於植物生殖之營養獲得及生殖器官的認識，而有關植物生長變化的研究則較少。

首先從國外方面來看，Okeke 和 Wood-Robinson(1980)以奈及利亞 16-18 歲的 120 名學生為樣本，研究學生有關生長、生殖和運輸的概念。研究結果發現學生們一致認為植物不會進行有性生殖，但是超過半數的學生皆無法解釋有性生殖和無性生殖在演化上的意義。另外 Wood-Robinson(1994)整理前人有關「遺傳和演化」的概念發現，中學生普遍認為植物不會進行有性生殖。

再來，國內的植物生殖研究，從林曉雯(2003)研究發現四年級以上的學生對於植物的生活史，會呈現線性的發展，而沒有一代傳給一代的循環概念。而其以「開花植物的生長與發育」為主體，針對國小四、六、國一及高一學生進行晤談，發現只有 20~30%的小學生，能說出開花植物生活史各階段正確的變化順序，但是生活史之變化皆以線性描述來說明，沒有代代相傳的循環概念。至於開花植物，學生較容易認為他們是胎生植物，因為他會開花、結果，繁衍下一代。

王美芬（1992）的研究則發現花的功能在不同的年齡有著不同的認知，如一年級不知道花和昆蟲間的關係，只知道花的顏色很美可以吸引昆蟲，到了二年級已經知道花長得美是為了吸引昆蟲，而三年級已經知道花粉，卻不知道花粉的作用，對花的主要功能，學生也只是停留在為了吸引昆蟲，而不知他是植

物行有性生殖的主要器官。在四、五、六年級的研究中，發現學生在學習植物的生殖單元中，學生均能回答植物之根莖葉和種子繁殖之相關問題。另外，王美芬（1996）曾建議將種子繁殖的單元，由六年級提早至中年級學習，以配合植物各部位構造和功能的學習。

顏麗娟（2003）則採取質量並重的方法，研究對象為台北市的三、四、五、六年級學生，約男女各半共 362 名，先利用紙筆測驗進行量性分析，再從測驗結果中遴選晤談對象，每年級男、女各 3 人進行半結構式晤談。從晤談中發現有關植物生殖的迷思概念有：

1. 以植物繁殖方式而言：較低年級的學生多數都認為是以「種子」繁殖，直到高年級才會逐漸加入以根、莖、葉不同的繁殖方式。
2. 在植物根、莖、葉、花的基本構造上，概念大都相當清楚，其中以「葉」最為清楚，而「花」較不完整，以功能而言，「根、莖」的概念較正確，「葉」的功能比較模糊。
3. 學生判定植物的準則，先以外表構造「根、莖、葉」，其次是「不能移動」、「種在泥土裡」，再者是「會生長」、「會繁殖」，隨著年級增加才會逐漸加入植物會進行「光合作用」、「有細胞壁」等特質。

在植物萌芽方面，潘文福（1997）利用四個萌芽的過程輔以文字說明，請六年級學生排列出萌芽的順序，發現只有 54% 的學生能正確排列其順序，約有半數學生對於種子萌芽的變化是混淆不清的，而潘文福推測其可能原因，是因為學生平常沒有特別留意種子萌芽的變化過程。吳青香（2003）利用兩段式診斷問卷對嘉義縣市共 781 位高年級學生，探究學生的植物繁殖概念之迷思概念，發現學生認為種子萌芽時，種子胚中的器官發育的順序會倒置，如胚芽會先於胚根發育生長。

再來關於果實和種子之間的關係，Yip（1997）針對中學生訪談有關蘋果果實的概念，發現學生蘋果果肉可食且含有豐富的養分，種子堅硬但不可食，而種子發芽的養分來源，大部分的學生無法回答或只能回答養分來自果實，這些概念主要是來自學生日常生活的經驗和課本的圖片等所傳遞的片面訊息和傳統的教學方法而得。

總括來說，學生對植物的用語、意義及界定方式，多受到日常生活的影響，當然部分由教科書而來，雖然教科書中引用了大量的科學術語及抽象的概念名詞，但卻無法真正讓學生原本對植物的概念和書中的科學概念相互連結，故而無法形成有意義的學習（Tull, 1991）。而這樣的發現不僅僅只有 Tull（1991）的研究，Wax 和 Stavy（1987）亦發現相同結果。由廖進德（2002）發現國小學童生殖迷思概念的來源可分為下列 8 點：

1. 生活經驗而來：忽略個別性或特殊性的觀察。
2. 同儕間的學習。
3. 望文生義的錯誤學習。
4. 舊經驗的不當「同化」。
5. 眼見為憑的認知判斷。
6. 教學總結時，未做明確的定義。
7. 將一般性的概念，不當類推到特殊性概念。
8. 兩個相似的概念發生不當的連結。

從上述這些迷思概念的來源可知，當教師於教學之時，不但需要明確告知更應小心引導，避免其將不當的舊經驗或是錯誤的訊息和課本中的概念結合，如此一來似是而非，將來更容易積非成是了！

二、動物生殖相關迷思概念

在早期的研究中，動物生殖的部分多隸屬於動物分類的研究中，其多半將其視為動物分類的一個屬性，但由許多研究文獻均指出「生殖」此一屬性往往最少被提及，有時甚至是被忽略的概念，因其並非像動物的外型、叫聲那般易於觀察，有時甚至得在特定的季節才能看到；當然，能作為學生在學習動物分類的屬性不只有生殖一項，舉凡新陳代謝、生長、感應及運動等動、植物皆具有的生物特徵皆屬之，但就學生對動物分類的直觀想法來說，確實是較少被提及的。

如 Bell(1981)的研究顯示，10~15 歲的紐西蘭學生中，有一半以上對動物分

類的直觀想法是以「棲息地」作為分類準則，除此之外還有「腳數」、「體型大小」、「體被皮毛」、「聲音」等，從這些想法，我們可以了解到學生易從外在最直接的外觀環境，或是接觸到的外型特徵來對動物進行分類。而 Trowbridge 和 Mintzes (1988)同樣探討學生對動物的分類能力，受試者分別來自小學、中學、大學共 468 個樣本，他們以 1985 年的研究為基礎來設計晤談問題，發現學生對動物的想法仍然十分侷限，且存有相當多的另有概念，尤其在學生自由陳述的過程中，小學生能自己想到生殖者更是幾乎為 0，隨著年齡增長雖有提高，但仍舊寥寥可數。此外，Braund(1991, 1998)利用圖片進行分類任務，來瞭解學生對動物分類的想法，結果發現學生們的概念受限於他們經驗的不完整，容易產生過度或不足的推論，也就是說容易以直覺的想法產生分類的觀點；但是由一些少數民族孩童的正確分類中，也可看出生活中的實際經驗對概念的形成確實有所助益，如城市的學生，五年級便能提出生殖這項特性，但到了八年級與十年級則是鄉村的學生提出較多，這樣的研究結果推測可能與其生活經驗相關。熊召弟、陳業勇、林益興和楊婷喬（2001）曾利用半結構式問卷，輔以圖片、簡報等方式進行個別晤談，由研究結果得到：對學生來說，生殖的意義，部分較偏向異生源論的觀點；另外生殖是生物的特徵之一，年齡較大的學生才會以呼吸和生殖方式的不同來為動物下定義。

從上面的研究看來，不論中、外就動物分類而言，學生確實易由外在居住環境、動物本身特徵等特性來作分類，由於年齡之故，越小的孩童便越不容易以「生殖」這項特性來作分類，此外陳世輝（1995）也曾對山地國小的學生進行「生物」概念的研究，從研究中歸納出兒童在生物的分類思考上有四種：生物、非生物、動物、植物。而在「生物」及「生命」的屬性上，尤以運動及生長最為普遍，從生物學分類的角度而言，生殖既為生命現象的重要特徵，且為物種得以延續之關鍵，在動物分類學上亦有一定的意義，但學生在一般分類時卻不常用「生殖」作為分類準則，是否因為學生本身對動物的概念建立並不完全，抑或是對動物生殖類型的相關資訊不夠，導致學生在動物分類時無法將相關概念加以連結，以致學生在學習生殖作為動物分類的準則時，才易發生困難，箇中緣由值得深入探討。

八十年代初，國內學者施惠（1993，1996）首先針對國小學生動物生殖類型作為主要的研究主題，研究方法是以開放式問卷、臨床晤談等過程進行，結

果發現學生在三種生殖類型：卵生、胎生、卵胎生中，以卵胎生所存有的迷思概念最為嚴重，依晤談結果發現原因大致為：（1）對生活資訊的誤解；（2）教師傳遞錯誤的訊息，由這 2 點可發現迷思概念形成的原因，與社教媒體、學校課程及教學方式等三者關係十分密切，因此教材內容、教學策略、科學方法及教材的設計都是形成迷思概念的因素；而在其構造功能方面的迷思概念有以下數點：

1. 胎盤部分：認為胎盤是「包覆並保護寶寶」、「本身是營養體供給胚胎養料」；
2. 羊水可「供給胚胎營養」；胎盤是「保護胚胎」；
3. 臍帶部分：臍帶「可供給胚胎營養」「雞蛋裡靠臍帶來輸送養分」、「一端在母親臍帶上，一端在寶寶肚臍上」、「一端在母親胃上，一端在寶寶肚臍上」、或是「一端在母親食道上，一端在寶寶肚臍上」；
4. 卵是「一捏就會爆開來，黏黏滑滑的」、「在體內的蛋」、「沒有硬殼的」；蛋是「有硬殼的、不容易捏碎」、「在體外的卵」等看法。

此外經由概念圖與圖卡分類所測的結果發現：大多數學生會將動物生殖的過程誤解為動物成長的過程；而且學生只能以一種標準進行分類，例如以出生型態或是胚胎營養來源，而學生對胚胎在母體內或卵（蛋）內的發育情形也是不甚了解。

對於生殖類型，從各研究中發現，學生確實存有許多迷思概念，如 Kreidler 和 Kreidler（1966）的研究中即發現幼童心中認為胎兒的生命起源主要有「從媽媽吃的食物而來」、「本來就在媽媽肚子裡」、「被媽媽吞下去」等想法，對於「從哪裡生出來？」的想法則有從肚子剪開、性器、肚臍等，而對父親扮演的角色，多為幫忙取出胎兒、餵食等被動的地位，此點與皮亞傑自然階段先承認母親才認定父親的說法甚為相符。對皮亞傑研究結果之支持，尚有 Bernstein & Cowan (1975)的研究，尤其結果觀之，學生的生殖概念在前運思期之時會認為「寶寶一直存在媽媽肚子裡」或「上帝、醫生送來的」，到了具體運思期則能理解生理過程卻無法說明發生原因，最後至形式運思期則可說明完整的理論。

陳業勇(2001)主要探討國小學生對「動物生殖」的概念及想法，研究工具採用晤談方式收集初步資料後，再由研究者發展成二階層試題作為概念的診斷測驗，研究樣本為台灣地區四至六年級學生共 1298 位，所得之迷思概念如下：

- 1.學生對「生殖」的理解常與「生長」混淆，將種植物經驗，直接類化至「動物」，隨著年齡增長，便傾向以「交配」詮釋「生殖」，更將其視為一種行為而非過程，且多有性的聯想。
- 2.部分學生仍存有前運思期之人為化觀點，與「以人為中心」之觀點，誤以為「生命起源」來自母體肚子，甚至認為「神創造生命」或「生命可以自然產生」，不必經由生殖的過程。
- 3.學生對「動物生殖」方式的熟悉度，依次為胎生、卵生、卵胎生，在胚胎營養供應方面，學生易將胎生類化到其他生殖方式，認為卵生、卵胎生亦由母體供給營養，傳入卵內給胎兒。
- 4.多數學生對「生殖」概念的理解相當狹隘，認為必須經由精卵結合的有性生殖才算生殖，因而對無性生殖產生許多迷思概念，包括「不交配但仍可生殖的動物」、或是「無生殖能力的動物」等。

林怡君在 1998 年利用二階段問卷及概念圖針對五年級學生，探討學生對動物生殖的迷思概念，發現僅有二成學生在概念學習上，符合教學目標；一成左右學童的概念符合專家概念，學生迷思概念的成因，可能是因為對動物過度擬人化，或是斷章取義詮釋新學得的概念而成。熊召弟、陳業勇、林益興和楊婷喬（2001）則利用半結構式問卷，輔以圖片、簡報等方式進行個別晤談，從晤談得知學生對生殖的認知有：交配、生蛋、產生後代、由母體長出來、個數越來越多等五項原則。而國小學生以「生殖」作分類時，則是以「卵生、胎生、卵胎生」作為基準，而非如國中生以「有性生殖、無性生殖」或「體內受精、體外受精」為基準。此外也發現學童對「生殖」此項議題，回答時容易引起一些緊張的情緒，難以輕鬆的應答，在研究的過程中，有關「交配」或「生殖」的題目會有些抗力，推測可能會影響結果。這點和陳業勇（2001）的研究結果頗為類似。學生們因為處於對「性」似懂非懂的年紀，而其又和「生殖」概念

相關，對於小學生而言，易將兩者聯想在一起並加以結合，故有些學童會排斥回答此類問題或是不好意思作答。

Driver、Squires、Rushworth 和 Wood-Robinson (1994)在 *Making Sense of Secondary Science* 一書中，根據前人研究，指出學生對於「生物生殖」所持有的多種另有概念，如：有性生殖必經過交配；雄性動物一定比雌性大且強壯；有性生殖會產生較強壯的子代、無性生殖會產生較弱小的子代；雌雄同體等同於無性生殖。

Okeke 和 Wood-Robinson(1980)以奈及利亞 16-18 歲的 120 名學生為樣本，研究學生有關生長、生殖和運輸的概念。研究者主要針對七個主要概念進行研究：1.生殖的重要性；2.生殖的方式與子代的差異；3.受精作用；4.受精方式與生活環境間的關係；5.體細胞和配子的染色體數目不同及其原因；6.哺乳動物的胚胎與親代的關係；7.人類第二性徵的發育與內分泌調控。研究者以晤談方式收集、分析學生概念，並制訂評分標準，依學生回答的正確性和完整性從 1-5 分加以評定，發現學生在第 5 個概念的表現最差，最好的則是第 7 個概念，而且發現 40%以上的學生無法區分生殖與交配行為。

在 Goldman 和 Goldman (1982)的跨國研究中，就曾提到學生會受到來自宗教、政治等各不同領域的資訊影響，建構出自己對生殖的詮釋和神話般的想法，各國學生雖因文化、環境等外在因素不同而表現有所差異，但其概念發展呈現之階段性並無二致。

綜合上述文獻資料所示，許多研究結果皆顯示學生在學習有關生殖的概念上，其困難點是來自於不完整或不正確的生殖概念導致而成，從中也可發現生殖概念的形和生活環境、民情、宗教、所處地區確有十分密切的關係。而有關卵生、胎生和卵胎生相關的迷思概念，列於下表為施惠（1993）之研究結果及研究者將其他研究者之研究結果綜合而成所提出總括的迷思概念。

表 2-5-1 學生對於「動物生殖」之迷思概念列表

	卵生	胎生	卵胎生
新生命的 初生來源	神創造生命(Bernstein & Cowan,1975)		
	被媽媽吞下、從媽媽肚臍、性器剪開而來(Kreitler 和 Kreitler,1966)		
	蛋黃、蛋白、胎盤 (施惠,1993、1996)	胎盤、子宮、胚盤 (同左)	卵、蛋黃、胎盤 (同左)
出生型態	是直接生寶寶而不是生蛋的	生蛋的 生卵的 生蛋出來後破殼而 出生變成小寶寶	生蛋的 生卵的 又生蛋又生小寶寶
胚胎營養來源	胚胎吸收母體血液中的養料 胚胎吸收臍帶中養料 胚胎吸收胎盤中養料 蛋殼或蛋殼內膜供給 胚胎營養 胚盤供給胚胎營養 蛋白供給胚胎營養 (未列蛋黃) 胚胎吸收卵和卵殼中的養料 成熟個體所賴以維生的食物 胚胎呼吸空氣就得養料	胚胎吸收胎盤本身的營養 胚胎吸收母體裡的食物後自行製造養料 胚胎吸收子宮的營養 胚胎吸收空氣中養料 胚胎吸媽媽的奶 胚胎吸蛋黃的養分 胚胎吸收臍帶的養分 羊水提供胚胎養分	胚胎吸收母體血液中的養分 胎盤提供胚胎養分 臍帶供胚胎養分 胚胎先吸收卵中的營養，再吸收母體營養 胚胎吸收受精卵的養料 胚胎吸收空氣的養料
舉例	大肚魚、老鼠、海馬 狗	雞、鴨嘴獸	雞、鴨、青蛙、鴨嘴獸、 鯨魚、毛毛蟲、

*出生型態、胚胎營養來源、舉例等欄係整理自林怡君(1998)、施惠(1993, 1996)、陳業勇(2001)及熊召弟等人(2001)。