

寫作與科學學習

胡瑞萍 林陳涌

國立臺灣師範大學 生物學系

摘要

寫作是一個在學習過程中常用到的語言技能，經由寫作可將存在我們知識結構中的資訊，透過文字轉為具體的呈現。寫作即是將內在表徵具體化為外在表徵，且透過寫作可以幫助學生連結不同的概念表徵，因此，許多學者都肯定寫作在學習方面的功能。

本文將先介紹認知上的寫作歷程模式，使讀者有一些基礎的理論概念；接著再介紹寫作的組成元素，包含寫作的主题、寫作形式、目的、對象或讀者以及文本的製作方式等五個部分，使讀者在以寫作作為教學方法或進行研究時，有設計的思考方向；而現有的研究報告中對於寫作在科學教育上所扮演的功能主要有增進學生認知策略的使用、創造以學習者為中心的學習環境、作為師生間雙向溝通的媒介、增進學生的科學推理能力以及促進科學概念的發展等幾個方面；最後，說明教師在以寫作作為教學策略時應扮演作業設計者、目的說明者、寫作引導者、以及作業回饋和評鑑者的多重角色，並提出教師必須要面臨的挑戰，供教師參考。

關鍵詞：寫作、科學學習

壹、前言

“Because I write, I know where I stand. Writing provides a status of my thoughts, and forces me to grapple with what I know and what I don't know.”

---引用自 Santa & Havens (1991)，一位教師的話

“Act of writing is father to thought itself. Writing serves understanding first and communication second.”

--Howard (1988)

所謂「寫作 (Writing)」，是指「在石頭、紙張、木頭或其他適當的媒介上，形成文字以紀錄或溝通想法的行動或藝術」(Webster's Third new International Dictionary,

1971)。

寫作是一個我們一生都會用到的基本語言技能。在語言的運用中，聽與讀是一個輸入的過程，將外界的訊息刺激，經由耳朵與眼睛，進入我們的腦中；而說與寫則是一個輸出的過程，將存在我們知識結構中的資訊，經由口及手以說話或文字的方式呈現。在學校的學習過程中，寫作這個工具有多方面的應用，考試、寫報告、作實驗紀錄、寫研究計畫書……等等，都是一種寫作的形式。

在建構主義引領著科學教育的現代，學習強調的是學習者在腦中將輸入的資訊主動地意義化 (sense making) 的過程。在傳統的課室教學中，老師佔據了所有的輸出式的語言活動，主要是說及寫，經由這樣的過程，

教師腦中的知識是益發地有結構了，而教師也在這樣的過程中得以了解自己現有的知識狀態。但是，學生呢？他們只能坐在位置上，使用著唯一的語言功能——聽，有沒有聽進去是一回事，聽進去了以後是否有加以意義化又是一回事。在這樣教師為中心的教學模式裏，學生沒有主動的參與，只有在評量的壓力下被動地記憶一些片段的知識，而教師也無法真正從這樣的評量中看出學生腦袋瓜裏的知識結構及狀態，無從依據學生已有的基礎來設計並進行教學。

如何能讓學生有充分的空間表達想法、組織知識結構、將新的資訊與既有知識作連結，也讓老師有管道了解這些想法及學生腦袋裡的東西，並與學生進行對話呢？寫作提供了一個很好的媒介。寫作即是將內在表徵具體化為外在表徵（Emig, 1977），透過寫作可以幫助學生連結不同的概念表徵，如：物體的、圖像的、符號的、文字的……（劉祥通和周立勳, 1997），所以寫作可以讓學習者的思慮清晰，促進學生的解題及高階思考能力。

本文將先就認知上的寫作歷程模式作一番介紹，使讀者有一些基礎的理論概念；接著再介紹寫作的組成元素，使讀者在以寫作作為教學方法或進行研究時，有設計的思考方向；然後概述現有的研究報告中對於寫作者在科學教育上的功能的描述，最後，對老師以寫作作為教學策略提出老師應扮演的角色及教師所會面臨之挑戰的探討。

貳、寫作的歷程模式

一、階段模式(stage model of writing)

早期有關寫作過程的分析，許多學者提出不同的階段論觀點，這些觀點由兩階段到五階段不等。如 Elbow(1974)將寫作過程分成兩個主要階段:1.勾繪心中意念,2.將意念轉換成文字；而 Rohman(1965)則提出寫作的三階段模式:1.寫作前 2.寫作 3.改寫，他的模式曾廣泛應用於寫作教學；但 Britton(1978)則將寫作階段分為:1.預備 2.蘊釀 3.下筆為文。King(1978)的三階段主張為:1.寫作前 2.下筆為文 3.寫作後；Legum與 Krashen (1972)則主張寫作過程包含四個主要成份：1.形成概念 2.作計劃 3.下筆為文 4.修改；而 Draper(1979)則提出寫作的五階段模式:1.寫作前 2.構思 3.起草為文 4.再構思 5.修改(轉引自 Humes, 1983)。

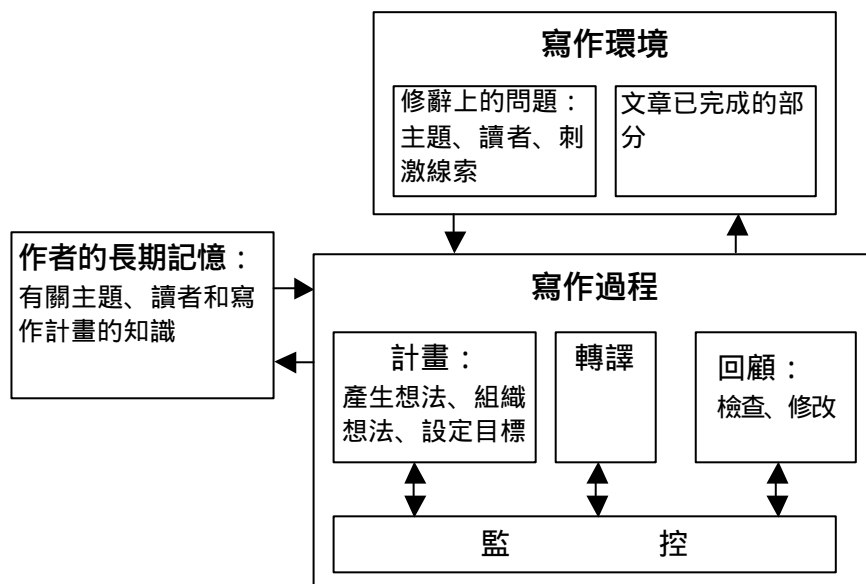
認知心理學家批評上述的階段模式過於簡化寫作的過程，對寫作各階段的描述只著眼於外表的「寫作活動」(activities)，而未深入寫作時的內在認知歷程。此外，這些模式似乎強調寫作為一直線進行的過程，忽略了在實際寫作過程中，各個階段的寫作行為可能會交織進行的事實(Flower & Hayes, 1981)。

二、認知歷程模式(cognitive process mode)

在許多學者提出階段模式之後，不少國外認知心理學家開始從認知的觀點探討寫作的心理歷程。最常用的研究方法，是要求受試者在寫作時進行「放聲思考」(thinking aloud)，然後根據記錄下的內容，分析寫作者

在寫作時的心理歷程。其中，最常為人引用的是 Flower 與 Hayes(1981)所提出的寫作歷程模式，此模式對心理運作的解說也最詳

盡。Flower 和 Hayes(1981)所提出的寫作歷程模式，主要包含下列三個層面（如圖一）：



圖一 Flower & Hayes(1981;1983)所提出的寫作歷程模式

1.寫作環境

寫作者以外的其他與寫作相關的事物，包括：寫作主題、刺激線索、讀者對象、以及到目前為止所寫出的文章等。

2.作者的長期記憶

寫作者儲存在長期記憶內有關主題、讀者和寫作計畫的知識。作者所持有的字彙、語法、標點符號和寫作文體等方面的知識也儲存在此。

3.寫作歷程

根據此兩位學者的看法，寫作可大致可分解為「計畫（planning）」、「轉譯（translating）」和「回顧（reviewing）」三個主要歷程。

(1)「計畫」:此歷程主要在「設定目標」

「產生想法」和「組織想法」。「設定目標」是指根據寫作的目的和文章的對象，設定撰寫的方向和語法；至於「產生想法」和「組織想法」就是我們常說的「構思內容」和「文章佈局」。計劃可能發生於寫作之前，也可能持續發生於寫作過程中，甚至也可能在草稿完成後。

(2)「轉譯」:是指下筆為文，將所想到的文章內容及架構，落實為具體的文字。在這個過程中，個人的工作記憶能量將會擴展到極限，因為有許多工作需要同時考慮，如擬定的目標、擬定的計劃、內容的構思、已完成的內容、以及用字、遣詞、文法規則和文體結構等等。

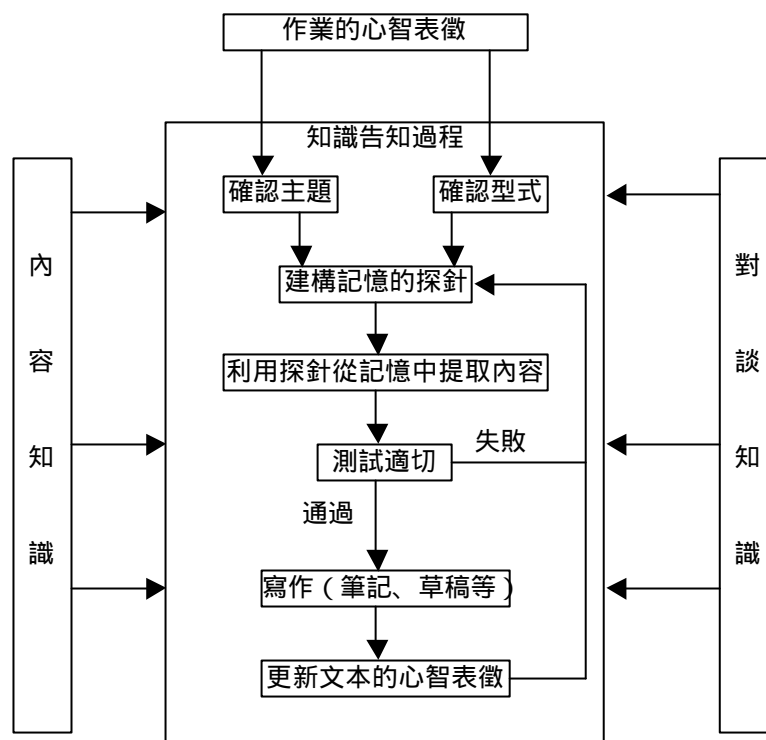
(3)「回顧」:該歷程在整個作文過程中扮

演著極為重要的角色，目的是在隨時「評價」寫出的內容，並且「修改」不滿意的地方。

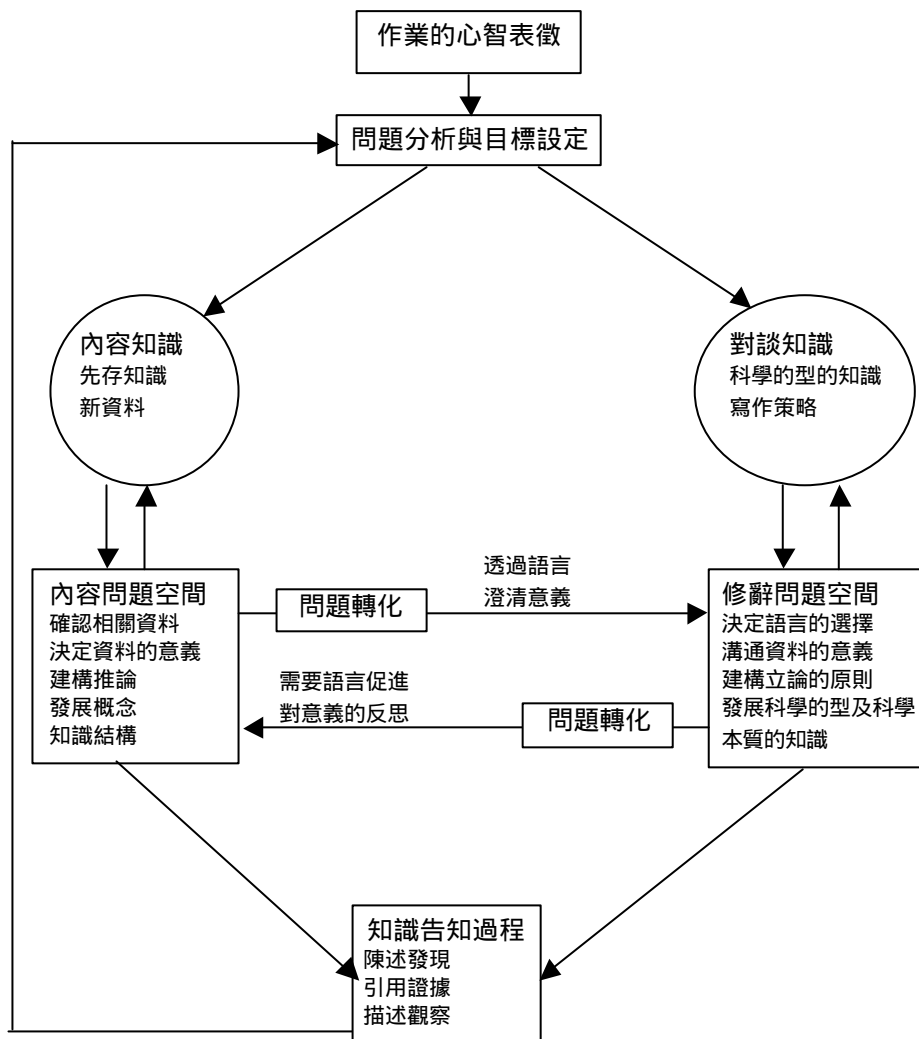
Flower 與 Hayes 認為：實際的寫作歷程並非依上述順序直線進行，而是三種活動隨時穿插交替進行。譬如說，有許多詳細內容的產生，可能是在邊寫邊想的過程中進行，而非在計畫階段就能完全確定；而修改可能發生於任何作文階段，有的是在計畫完成後立即作修正，有的是在寫作進行過程中邊寫邊改，有的則是初稿完成後才作修改。此外，有些人寫作可能逐段重複使用「計畫」、「寫作」和「回顧」等歷程，而有些人在修改階段，為了增加一段內容，另行計畫、起草和修改等。換言之，計畫、起草與修改均可能

持續發生於整個寫作歷程，同時沒有必然的先後順序。因此，又稱之為「循環模式」(recursive model) (張新仁, 1994)。

至於作者何時從寫作的某一個歷程轉換到另一個歷程，則是決定於個人的「認知監控」(cognitive monitoring)。當一個人有足夠的靈感時，便知道可以開始動筆了；而當他認為需要對文章作一番評估時，則會進入回顧的階段。認知監控的功能往往因人、因事而異，事實上，寫作者本身對整個寫作歷程的瞭解與監控，對寫作策略的選取、執行，以及對作品不當之處的辨認與修改，都和其「後設認知」(metacognition)的能力有關 (Englert & Raphael, 1988)。



圖二 Bereiter & Scardamalia (1987) 提出的「知識告知模型 (knowledge-telling model)」



圖三 Bereiter & Scardamalia (1987) 提出的「知識轉換模型 (knowledge-transforming model)」

三、知識告知模式與知識轉換模式

Bereiter 及 Scardamalia (1987) 在對寫作進行研究後，也提出了兩個關於寫作的心理歷程的理論模型，一個是「知識告知模型 (knowledge-telling model)」，另一個是「知識轉換模型 (knowledge-transforming model)」。

「知識告知模型」是對產生寫作的文本內容中的挑戰的一般回應，基本的過程包括寫作作業的心智表徵、對主題確認的產生以

及以這些主題的確認作為線索來透過延伸活化 (spreading activation) 的過程提取資訊 (如圖二) 寫作者會提取及寫下所有他所擁有的想法，直到這些想法用完了；同時，寫作者會利用對談知識的適當確認，來符合作業的需要。

因為在這樣的寫作過程中，十分依賴已建立的內容元素的連結及已可得的對談知識，因此，在此一過程中，並無新知識的產

生。在我國的教育中，傳統的紙筆測驗就是相當典型的知識告知過程，學生閱讀完題目，就在記憶（長期的或短期的）的資料庫中搜尋符合題目的解答，如果找到，就將其回答出來，如未找到，學生就只能猜測或放棄作答。不過，「知識告知模型」對於老師了解學生的先備概念以及學生覺知自己的知識狀態，仍具有相當的功用。

而當寫作者從事「知識轉換模型」的寫作時，他們會透過內容處理及對談處理的互動而增加知識的獲得。在內容空間（content space）中，寫作者會對知識及信念的問題進行考量，而在修辭空間（rhetorical space）中，寫作者會考量如何表達內容的問題。這兩個空間中任一空間的輸出會作為另一空間的輸入，因此關於語言及文法的選擇會重塑內容的意義，而解釋內容的努力也會引導寫作的進行，就是這樣的互動，刺激寫作者對於寫作的反思。整個元素之間的互動情形，可以用圖三來表示。

內容空間與修辭空間這樣的互動說明了為何寫作是科學學習一個重要的部分。在科學探究的情境下，內容空間由先存知識及新資料（包括一手的觀察及外來的二手資訊）所組成，在內容問題空間的運作包括對探究的問題的資料意義的反思，而在修辭空間的運作則包含對讀者意義的溝通及對寫作的文本的語言及文法的選擇的需求，這些都會促進作為證據的資料及知識主張的連結，因而形成有意義的推論。

在修辭問題空間的認知活動會刺激對資料意義的重新考量，寫作者會考慮：我有哪

些證據？我應該使用哪些邏輯主張？還有沒有別的解释？這些想法對我的讀者有何意義？這真的是資料所證明的嗎？在這樣反覆及動態的過程中，新知識就以對資料有意義的推論形式產生了。

在寫作的過程中，對邏輯呈現、組織、概念的連結的需求，都會促進寫作者對科學深入的思考。

參、寫作作業（task）的元素

Rivard（1994）認為若要能有效地藉由寫作來促進科學學習，下列的因素是很重要的：（1）寫作作業對學習者的需求；（2）學習者對使用適當的寫作策略的監控認知知識；（3）寫作的情境（包括著重概念了解的學習環境）；（4）寫作的形式、主題的概念結構、以及課程目標的相互配合。若要作業能使學生達到最大的學習，則此種作業應需要學生去精緻化、對概念進行再加工、形成假說、解釋、綜合及說服別人，並藉此發展高階推理技能（Resnik & Klopfer, 1989）；學生必須能操弄新的知識（Langer & Applebee, 1987）；並且，要能使學生發展適當的監控認知技能（Durst, 1989）；而寫作不能只用來考試或重述重點，而應該用在某一主題的不同學習階段用來進行概念的發展（Ambron, 1987）。用在不同的主題或概念時，不同的寫作形式將會產生不同的學科-作業-主題的交互作用（Prain & Hand, 1995）。此外，學生也必須感受到作業是真實而且有意義的（Pearson & Fielding, 1991）。

依據上述的考量，Prain 與 Hand（1995）

提出一個「科學學習的寫作元素模型 (model of elements for writing for learning in science)」, 在這模型中呈現了不同的寫作作業及形式的需求、學科-作業-主題的交互作用、以及學生學習成果三者的相互關聯。模型中包含了五個面向的寫作元素, 分別是: 寫作的主题、寫作形式、目的、對象或讀者、以及文本的製作方式。

這五個元素就好像一把密碼鎖中的組合鑰匙 (如圖四), 每種不同的組合都會呈現不同的任務選擇和需求, 而有各種的方法來作有效的組合以促進學習。以下就略述各個元素, 以供教師進行寫作作業設計時思考的導引, 而教師也可將這些元素明白的告訴學生, 一方面供其作為寫作時的考量, 一方面也可用來與學生共同設計作業或讓學生自行設計作業。



圖四 Prain & Hand (1995) 提出的「科學學習的寫作元素模型」

(一)寫作的主题 (topics)

寫作的主题可以是主要概念 (key concept)、相關主题 (linking themes)、對事

實的了解 (factual understanding) 以及概念的應用 (apply concepts)。

(二)寫作的形式 (types or genres)

寫作的形式有許多的變化, 這些形式之間並非是絕對而不相干的, 許多形式會同時出現在同一篇文章中, 顯示形式的運用是相當彈性的。以下以生物科為例來舉例說明某些寫作形式:

1. 描述: 以寫故事的方式呈現關於某一過程或一系列事件的知識, 如: 染色體或血球的一生; 生物體相互依存的故事。
2. 遊記: 可用來描寫某一特殊地點, 如: 教到生態系時, 請學生想像到沙漠、森林或是海洋旅行時, 會看到的景象與生活其中的生物, 寫一篇遊記; 也可用來描寫某一過程或一系列事件, 如: 教到能量流動與物質循環時, 請學生為光子或碳原子寫一篇旅行記。
3. 導引或說明: 請學生為年幼的讀者重寫課文、設計象徵五大類脊椎動物的標誌、或是將實驗步驟寫成實驗導引。
4. 辯論或演說稿: 關於具有爭論性的議題, 可請學生擇一立場, 寫一篇說明立場的演說稿, 如: 環境的開發與利用、科學實驗的倫理問題、基因工程、或是能源問題。
5. 概念圖或心智圖: 常被用來作為了解學生的先備知識、學習時的知識狀態轉變、以及學習後的知識結構的工具。
6. 科學報告: 進行實驗或探究活動後, 請學生寫一完整的實驗報告, 包括: 目的、原理、過程、觀察記錄、推論、及討論, 可讓學生就整個活動再做一次回顧及整理;

也可呈現兩篇對某一現象的不同解釋的文章，請學生比較何者較有說服力；或是說出某人或某機構遭遇的問題，請學生提供解決方案（如：一個人懷疑自己的兒子是不是親生的，他該怎麼辦？）。

7. 製作小手冊：配合教學主題，請學生製作宣導手冊（如：維護生物多樣性宣導手冊）。
8. 日誌寫作：將學習的過程及思考記錄下來，可追蹤概念的發展及學習者的學習情況，亦可作為師生溝通的管道。

以上所述僅為寫作的形式中的一小部份，寫作的形式的設計是相當開放且需要創造力的，教師可自行設計任何形式的寫作，也可在適當的時候開放寫作的形式，讓學生自行設計，以發揮學生的創造力。

(三)寫作的目的

上述不同形式的寫作會對寫作者產生不同的需求，教師可加以利用以發展學生的概念，並引出學生的先存知識以促進學生對新概念的學習。要達成這樣的功能，教師必須將寫作作業的目的明白的告知學生。以下依教學（學習）前、中、後三個不同階段，將寫作的目的條列如下（Prain & Hand, 1996）：

1. 教學（學習）前：回顧學生現有的了解；提出假說（對可能的解釋作猜測）；呈現初步的想法或推理；設計一個計畫或行動。
2. 教學（學習）中：澄清、精緻化知識；找出了解；以自己的話重述想法；建立綱要、建構總覽；澄清資訊、提出主張或選擇立場；修正了解、重組及回顧知識；將新知識應用至不同情境；考量替代方案；說服

別人；測試自己或他人的解釋的有效性；詮釋資料或想法。

3. 教學（學習）後：呈現理解；將學習應用至新情境或問題；測驗學習成果；修正原始概念；設計解決方案。

(四)對象或讀者

在面對不同的讀者時，寫作者需要考量其需求及背景知識，這有助於學生澄清他們對某一主題的了解（Prain & Hand, 1996）。關於寫作的對象，有相當廣泛的選擇，學生可以寫給：自己、班上其他同學、年幼的學童、教師、別的學校的學生、父母、消費者、政治人物、機關團體……等等。

(五)文本的製造方式

這個元素分成兩個部分，一個是寫作者的組成，一個是呈現文本的媒介。在一個寫作的作業中，寫作者可以是個人、兩人一組、小團體、甚至全班。個人的寫作可促使個人重新檢視自我的認知結構，澄清自己的想法；而兩人以上的寫作則需共同合作者進行對話，彼此交換檢核對方的觀點，進一步經由協商說服的方式，達成共識，在這樣的過程中，合作的彼此可看見不同的想法，進一步思考想法的正確性，概念因而得以澄清。

此外，呈現文本的媒介可以是海報、電腦、表演、標誌模型、或傳統的紙本。多樣化的呈現媒介可以讓學生有更大的空間去發揮創意，依其最能表達想法的方式，去呈現經由認知運作後所產生的文本資料。

肆、寫作在科學教育上的功能

「寫作」在教學上是個很有力的工具，

它穿越了學習只是事實的記憶和表面的了解的外殼，進入了學習真正的核心（Santa & Havens, 1991）。在寫作的過程中，我們試圖去描述或解釋，如果我們能夠向自己及他人清楚地描述或解釋一個現象或一個概念，那麼，我們才能說自己真正擁有這個新的知識。因此，由個人的觀點來看，寫作是一個意義化的過程。此外，寫作提供了一個練習我們關於某個主題所擁有的背景知識、主動學習、組織、以及後設認知（metacognition）的途徑。

依據建構主義的教學觀點，學習是學習者主動地在既有的知識基礎上，將新進來的資料意義化的過程，而教師在教學上應該掌握的一個要點，就是找出學生的先存知識（preconception），並依此設計教學，使學生能達到真正有效的概念發展（concept development）（郭重吉, 1992）。寫作可以讓學生呈現自己對某一主題所具有的背景知識，藉由在教學前的寫作，學生可對該主題作一思考，明白自己學習前所擁有的知識，老師也可藉由檢閱學生的寫作，了解學生的先備概念；在教學中的寫作，促使學生監控自我的學習，對學習內容深入思考並提出問題，老師也可由此了解學生的學習歷程；而教學後寫作，可讓學生檢視並組織自己所學的，將知識系統化或階層化，納入認知基模的大架構中，教師也可藉此對此一教學單元作反思，改進教學不足之處。

根據以往的研究（Langer, 1986; Durst, 1989; Santa & Havens, 1991; Langer & Applebee, 1987; Keys, 1994; Fellows, 1994），寫作

對於科學學習的幫助至少可歸納為下列幾類：

一、增進學生認知策略的使用

學生在接受訊息的過程中，經過注意、編碼(Encoding)、轉換(Transforming)、儲存(Storing)等的認知過程，將訊息納入既有的認知結構中，在這樣的過程中會運用一些策略來加以計畫和控制，使訊息能夠有效地獲得、處理、儲存以及檢索，這些策略就稱為「認知策略」（Kirby, 1984）。

認知策略不僅是指一般的學習習慣和方法，也是指學習者使用的訊息處理方式、對學習目標的設定、了解因應學習事件的不同而調整策略的使用等思考能力，所以，一般認知策略包含「認知過程的策略」與「監控認知策略」兩部份（李秀玉, 1998）。

認知策略可定義為：學習者用以幫助其獲得以及保持訊息和知識的認知過程的控制，其涵蓋的內容如下（楊坤原, 1996; Weinstein & Mayer, 1986）：（一）認知過程的策略--此部份包含了認知過程中的注意、記憶與理解策略等。學習始於學習者對訊息的注意，因此，學生能否持續注意到重要的訊息是影響訊息進入學習過程的重要關鍵。記憶策略對訊息的儲存過程，以及能否有效的提取訊息有很大的影響，過去的研究指出，記憶策略可進一步分為反覆演練、精緻化及理解三部份（楊坤原, 1996; Weinstein & Mayer, 1986）。而理解策略是用以幫助解決閱讀問題的認知過程策略，理解的正確與否會影響記憶的結果，只有建構成功，成為有意義的理解的訊息，才能進入長期記憶中。（二）後設

認知策略(Metacognition)是指學習者對自身「認知的認知」,即對自己的知識與自我認知過程的了解及認識,也具備監視與使用的能力(鄭昭明,1989; Flavell,1981; Short & Weissberg-Benchell,1989),影響了整體認知過程的運作。學者們(Flavell,1981; Weinstein & Mayer,1986)大致將後設認知分成兩部份:(1)後設認知知識(Metacognitive knowledge):指學習者對自己、作業以及策略運用的知識,如:對自我能力與理解程度的了解;(2)後設認知經驗(Metacognitive experience):指學習者對認知過程執行監控的過程,包含計畫的訂定和檢測、修正以及評鑑學習成效等。

就上述的認知過程的策略與後設認知策略來看,學習的成功與否受到策略的運用多寡與運用是否得宜影響很大。Langer(1986)針對67名8-14歲的學生所進行的個案研究顯示,學生在寫作時,會更加地知覺到認知策略的使用、修辭結構、以及背景知識。

在寫作的過程中,學生會對學習材料施予更多注意;並且,在寫作時,學生必須從認知基模中提取既有的知識,與新輸入的資訊進行統整及再思考(rethinking),這樣的過程,就會促使知識的精緻化;此外,為了呈現所知使人明白,學生也會試著組織知識,使其呈現更為有條理。而讓學生在閱讀文本後寫下摘要、提出問題、對某些現象提出解釋、或預測某個實驗的結果,這些活動都可以促進學生對理解策略的運用。

就後設認知策略而言,藉由了解自己從事寫作時的策略運用和心智狀態,加上對成

功地完成作品的策略選擇,寫作可使學生發展適當的自我監控或後設認知的技能(Durst,1989)。

二、創造以學習者為中心的學習環境

根據APA(American Psychological Association)在1997年提出的一份學習者中心的心理原則(Learner-Centered Psychological Principles)指出,以學習者為中心的學習必須符合下列四大範疇14項的心理原則:

(一)認知與監控認知因子

- 1.學習過程的本質:關於學科知識的學習,在學習者有意的從資訊及經驗中建構意義的過程中,會達到最大的成效。
- 2.學習過程的目標:成功的學習者,在經過時間、支持、及學習的引導下,能創造意義,並統合知識的表徵。
- 3.知識建構:成功的學習者能將新資訊與既有的知識作有意義的連結。
- 4.策略性思考:成功的學習者能創造並使用思考和推理的策略來達成複雜的學習目標。
- 5.關於思考的思考:利用高層的選擇及監控心智運作的策略來促進創造性及批判性思考。
- 6.學習的情境:學習受環境因子(包括:文化、科技、及教育的施行)的影響。

(二)動機及情意因子

- 1.動機及情意對學習的影響:學習者學到些什麼以及學到多少,會受到動機的影響,而學習的動機則會受到個人的情意狀態、信念、興趣和目標、以

及思考的習慣的影響。

2. 學習的內在動機：學習者的創造力、高階思考、及好奇的天性都會促成學習的動機。新鮮的及困難的、與個人相關的、和提供個人選擇與控制的作業都會激發內在的動機。

3. 動機對努力的影響：複雜知識及技能的獲得需要學習者長期的努力和引導式練習，如果學習者缺乏動機，要學習者付出這些努力是不可能的。

(三)發展及社會因子

1. 發展影響學習：隨著個人的發展，會有不同的學習機會和限制。學習在身將學習者的體、心智、情意及社會的發展都納入考量時，會最為有效。

2. 社會對學習的影響：學習受社會互動、人際關係、以及與他人的互動影響。

(四)個別差異因子

1. 學習的個別差異：學習者受到先前經驗及遺傳的影響，具有不同的學習策略、方法、及能力。

2. 學習與多樣性：學習在將學習者的語言、文化、及社會背景差異納入考量時，最為有效。

3. 標準與評量：設定適當程度及具有挑戰性的評量標準，並在學習的過程中（包括：診斷性、過程性、及成果性評量）評量學習者，是學習過程中的要素之一。

由上述學習者中心的學習心理學來看，寫作的方法可以符合多項的學習心理學原

則。關於認知及監控認知的部分，已在上文討論過。在動機及情意的部分，寫作可以激發學生的學習動機，並且由於寫作的過程學生投入的心力，學生對學習的情意面也會受到活化，在 Santa 與 Havens (1991, p.124) 的研究中，學生關於寫作對其學習上的影響有這麼一段回應：

因為我在學習前想過，所以我對於關於花的學習更有興趣，我很驚訝我在學習前就知道這麼多關於花的知識，寫作幫助我寫下我所知道的，它使我對於學習更為好奇，因為我想知道我所知道的對不對。

此外，適當的設計寫作作業，可以引導學生高階思考能力、問題解決能力、以及批判性思考能力的發展。並且，如果寫作的進行是團體式的或是作業的分享是小組進行的，在與同學的互動中，都會刺激學習者對學習的進行與主動參與。在寫作的內容上，來自不同文化、性別、社會背景的人，都可以盡情的寫出自己的想法，與同學交流，每個人的差異性與學習者的多樣性都可受到尊重。

三、作為師生間雙向溝通的媒介

在教室中，一位教師通常要面對三十多位的學生，這些學生來自不同的成長和學習背景，因此，他們腦海中帶到教室裡的先存知識也各不相同。此外，即使聽同樣一位老師上課，不同的學生所捕捉到的訊息和組織知識的方式也各不相同。依據建構主義的想法，教師應當去了解學生這些不同的想法，並據此設計教學，以引導學生在既有的知識基礎上建構起新的知識，或將新的訊息與既

有的知識架構作聯結。然而，在教學進度與人數的壓力之下，想讓每個學生都有機會充分地與老師溝通想法，有實際上的限制和困難。

對學生而言，他們在接受到課堂上師生互動所傳遞的訊息後，也會對這些訊息進行意義化，產生自己的理解。這樣的理解到底是不是與教師所要傳遞的科學概念一致呢？學生們也需要有媒介來和教師溝通學習後所產生的想法，以便即時了解自己的認知狀態、修正不符合科學概念的想法或是提出疑惑不明之處請教老師，依據老師的回饋進行後續的知識建構和理解。

在這樣的情況下，寫作就是一個很好的師生溝通管道，尤其是學習日誌或是報告的寫作，就常被老師作為與學生進行雙向溝通的工具。Etkina(2000)認為除非教師知道學生的想法，否則沒有辦法真正地進行教學；而教師如果要學生理解基本的概念，那麼就需要知道在每次上課後，學生的腦袋瓜子裡發生了什麼變化。日誌或報告的寫作可幫助教師了解學生學習上的困難及他們對教師所教的材料的想法，使學生的想法變的可見，提供教師進行課程設計和安排的依據。

四、增進學生的科學推理能力

科學推理技能是科學家在解決問題的環境中常用的認知過程，需要使用到基本技能，如：預測、觀察、測量及推論；也要用到統整技能，如：作圖、形成假說、推論資料及形成模型（Padilla, Okey, & Gerrard, 1984）。同樣地，寫作在面對行文（composition）的問題解決環境時，也要用

到各種推理過程，特別是組織、評鑑和綜合（Langer & Applebee, 1987）。因為科學寫作是強調宣稱之間的聯結、保證以及證據的一種立論形式，所以學生從事報告寫作可促進用來支持報告行文的推理技能（Keys, 1994）。

Keys(1994)在國中的物理課教學中，讓學生兩人一組進行合作式的實驗報告撰寫，並設計了撰寫報告的綱要提示，作為學生使用相關推理技能的鷹架，且促進小組中同儕間的意見交流。經過4、5個月的課程，學生共寫了十篇實驗報告，分析結果，發現學生在下列科學推理技能方面有所增進：(1)進行教科書摘要時，學生由一開始只是將書上的話照抄，慢慢進步到會將書上的句子改寫或進一步解釋，甚至有些學生能自創語言來描述文本中的內容；(2)學生在對實驗結果進行預測時，多會主動提及自己已具有的先存知識，以此為基礎進行預測；(3)學生利用觀察、資料及其他相關資訊作為支持，以形成科學模型的能力增加；(4)學生在應用解釋(比較/對比的推理技能)的外顯度及清晰度方面明顯地有進步。上述的研究說明，經由適當的作業設計，輔以師生間的討論互動，可以使學生在這樣的鷹架效應中，增進對科學推理技能的使用。

五、促進科學概念的發展

學生在進入教室學習之前，會因為生活經驗、語言、文化或者是過去學習經驗的影響，而帶有許多與科學概念不一致的先存概念。在科學教學上，教師所要達成的一個重要任務，就是要適當的設計教學，引導學生

的概念朝向科學概念發展。

依據 Posner 等人在 1982 年所提出的概念改變模式，若要概念改變能夠發生，首先，學生必須要對自己所持有的概念覺得不滿足 (dissatisfied)，在運用本身的知識於問題解決的情境中時，會產生不完整會衝突的情況；其次，新的概念必須要是可理解的 (intelligible)、合理的 (plausible) 以及豐富的 (fruitful)，學生對於科學概念的學習和應用，若能符合上述條件，則新概念在學生心中的狀態 (status) 就會超越學生本身的既有概念，而達到概念發展的結果。

Rivard(1994)也認為寫作作業可鼓勵學生反思個人的理論、調和理論與各種證據以及考量個人的想法在生活世界的應用，在這樣的認知運作過程中，概念便可充分發展。Fellows(1994)以寫作為工具來評量及了解概念改變，參與的學生以寫作來表達想法、與同儕分享並且進行反思，結果顯示學生在概念的組織性及複雜性上有大幅的進步。Fellows 認為這樣的改變是因為寫作需要學生使用與建構新知識相似的過程，而學生在寫作時會反思自己已知的，也會統整新的概念與既有的概念，更會測試新概念在解釋現象上是否更有力，這種種的認知活動都會促使概念發展的產生。

利用寫作為工具，設計主題引發學生對自己先存概念的提取和應用，可以讓學生覺知自己的概念狀態，並且，處在寫作的問題解決情境之中時，也能增進學生對知識間的聯結和邏輯性的省思，從而發現既有概念無法有效應用的困境，在心理上產生不滿足

感。在教導新概念後，讓學生在從事寫作的活動中，嘗試以新概念來產生合理及連貫的敘述和推理，從中理解新概念，並體認新概念的合理性和豐富性，對於概念發展的達成，有莫大的助益。

伍、在寫作的活動中教師所應扮演的角色及面臨的挑戰

在實施寫作的教學策略時，教師應扮演作業設計者、目的說明者、寫作引導者、以及作業回饋和評鑑者的多重角色。

若要寫作活動能達成既定的效果，則寫作的作業必須經過審慎的設計，不可流於只是記憶性知識的背誦，而是要讓學生能在寫作的過程中，充分思考自己對該主題已知的知識，重新進行組織、統整和比較，並且有機會將新習得的知識統整到既有的架構中，產生結構性的知識。老師可利用前面所介紹的「科學學習寫作元素模型」，將構成寫作的五個元素排列組合，設計出能讓學生進行思考的寫作作業，也讓老師能藉此了解學生的認知狀態。

其次，學生對寫作目的的理解也會影響其運用的寫作形式、過程及產生的作品 (Langer, 1986)，教師在交代寫作作業時，必須將目的與學生溝通清楚，學生才能掌握寫作作業真正的意義。此外，學生在開始面對寫作作業時，難免有不知如何下筆的困擾，此時，教師應扮演寫作引導者的角色，可利用全班討論引出一些想法，作為寫作的素材；也可進行分組討論，藉由同儕互動來減低學生對寫作的焦慮；此外，適時地對學生

進行特定寫作形式（如：正式的科學報告、實驗室報告……等）的教學，也可幫助學生掌握寫作的技巧和應注意的標準，進而更能完整的組織和呈現所想。

最後，教師不辭辛勞地給予學生回饋是支持學生繼續寫作的最大動力來源，而學生在寫作中呈現的想法和認知狀態也可作為教師教學的依據，這樣的雙向互動，才能發揮寫作最大的功能。

傳統的教室中其實也不乏寫作的活動，然而多數是考試和制式報告的寫作，缺乏讓學生可以自由發揮和思考的寫作形式。若要能有效地將寫作融入教學中，作為學生進行學習的有效工具，則教師必須要面臨下列數項挑戰（陳慧娟, 1998）：

一、教師的概念改變

首先，教師必須要改變對教學的看法，不要再將學生視為被動的知識接受者，而應多讓學生進行認知運作思考的活動，從中去整理自己的知識結構，經由連貫、統整、比較以及應用等知識的操弄，從而建立一套對概念深入而完整的認識。學生才是學習發生的中心，教師應扮演設計教學和引導的角色，幫助學生主動的建構知識。

此外，教師也不應將傳統考試的成績視為評量寫作活動成效的唯一依據，寫作的認知歷程所產生的成效多是整體性的知識，若以一般的考試來衡量其功用，可能不易與傳統教學法作區分，而導致教師認為寫作的教學方法與傳統教學並無差異。教師應多給學生表達想法的機會，看看學生在整體知識方面的成長，也多注意寫作的教學方法在引發

學生對科學的興趣方面的改變。

二、寫作是一種後設認知能力的訓練，無法立竿見影

後設認知能力是一種需要長時間練習才能慢慢內化的認知能力，若要經由短時間的寫作活動就建立學生此種能力，是無法達成的。寫作是一種自我監控理解、計畫、編碼與回顧的活動，而良好的寫作作業可製造機會發展學生省思、分析、或陳述等後設認知技能(劉祥通和周立勳, 1997)。寫作要能有效促進科學學習，處理的時間一定要長，讓教師與學生都能習慣寫作活動的運作模式，並充分投入之後，其效果才能顯現。

三、師資培育過程中缺乏將寫作活動融入各科課程的訓練

無論是職前教師準備或科學教師在職進修課程中，忽略寫作型態與技巧的教導(最常見的，也僅限於撰寫正式的實驗報告)，一直未受到應有的重視。Pearce & Davison(1988)進行高中科學寫作的現況調查研究，共有 31 位老師志願參與。調查的內容包括一系列結構式的訪談，並且檢驗老師的教學計畫，以及學生作品。結果發現，老師們多以機械及背誦的方式使用寫作策略，而約有 64% 的老師在課堂中使用少於三種形式的寫作活動。換句話說，寫作不常發生在科學教室，即使發生，也多是傳統而未經設計的教學策略。

四、正確的寫作目的與教學信念，是寫作成功促進學習的關鍵

Rosaen(1990)的研究發現，大部分老師及學生認為寫作的目的是「知識告知」(knowledge-telling)，或藉以做為評定成績的

工具，而非發展較新或更好的理解。在此不當的理念下，教師對於寫作作品的回饋和評鑑勢必流於知識正確與否的判斷，而忽略學生在認知上的成長，這樣的互動模式會使學生視寫作為畏途，不願意投入心力去進行運思。

寫作若要成為有效的學習溝通及概念成長的工具，則需要充分的學習情境的配合(學習動機、教師角色、學習社群.....)，否則促進學習的理想無法充分達成。此外，現今中小學教師的教學負擔已十分沉重，寫作活動又需要教師費心的設計作又和給予學生回饋，因此，教師必須對以新的教學策略來改進教學具備信心，願意再投入多一點的心力，如此，寫作在學習上的成效才能充分發揮。

參考文獻

- 鄭昭明 (1989)：認知與語言的基礎研究-教學心理的歷程分析。科學發展月刊,17(1),21-38.
- 郭重吉 (1992)：從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。科學發展月刊,20(5),548-570.
- 張新仁 (1994)：寫作的心理歷程。教育文粹, 23, 112-153.
- 楊坤原 (1996)：高一學生認知風格、認知策略、遺傳學知識與遺傳學解題之研究。台北市：國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文 (未出版)。
- 周立勳、劉祥通(1997)：數學寫作活動--國小數學教學的溝通工具。國民教育研究學

報,3,239-262.

- 李秀玉 (1998)：國中一年級學生認知偏好、認知策略與生物科學思考能力之研究。台北市：國立台灣師範大學生物研究所碩士論文 (未出版)。
- 陳慧娟 (1998)：科學寫作-有效促進概念改變的教學策略。中等教育, 49(6), 123-131.
- American Psychological Association (APA) (1997). Learner-centered psychological principles: a framework for school redesign and reform. <http://www.apa.org/ed/lcp.html>
- Ambron, J. (1987). Writing to improve learning in biology. *Journal of Colledge Science Teaching*, 16, 263-266.
- Bereiter & Scardamalia (1987). *The Psychology of Written Composition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Britton, J. (1978). The composing process and the functions of writing. In C.R. Cooper, & L. Odell (Eds.), *Research on composing: Points of departure*. Urbana, III: National Council of Teachers of English.
- Durst, R.K.(1989). Monitoring processes in analytic and summary writing. *Written Composition*, 6, 340-363.
- Elbow, P. (1971). *Writing Without Teachers*. N.Y.: Oxford University Press.
- Emig, J. (1977). Writing as a mode of learning. *College Composition & Communication*, 28, 122-128.

- Englert, C. S., & Raphael, T. E. (1988). Constructing well-formed prose: Process, structure, and metacognitive knowledge. *Exceptional Children*, 54, 513-520.
- Etkina, E. (2000). Weekly reports: A two-way feedback tool. *Science Education*, 84, 594-605.
- Fellows, N. J. (1994). A window into thinking: Using student writing to understand conceptual change in science learning. *Journal of Research in Science Education*, 31(9), 985-1001.
- Flavell, J.H. (1981). Cognitive monitoring. In W. P. Dickson(Ed.), *Children's Oral Communication Skills*. New York: Academic Press.
- Flower, L., & Hays, J.R. (1981). A cognitive process of writing. *College Composition and Communication*, 32, 365-387.
- Howard, V.A.(1988).Thinking on paper:A philosopher's look at writing. In V.A. Howard(Ed.), *Varieties of Thinking: Essays from Havard's Philosophy of Education Research Center*. New York: Routledge, Chapman & Hall.
- Humes, A. (1983). Putting writing research into practice. *The Elementary School Journal*, 84, 3-17.
- Keys, C. W. (1994). The development of scientific reasoning skills in conjunction with collaborative writing assignments: An interpretive study of six ninth-grade students. *Journal of Research in Science Education*, 31(9), 1003-1022.
- King, M. L. (1978). Research in composition: A need for theory. *Research in Teaching of English*, 12, 193-210.
- Kirby, J.R. (1984). Strategies and processes. In J.R. Kirby(Ed.), *Cognitive Strategies and Educational Performance*. Florida: Academic Press.
- Langer, J.A. (1986). *Children Reading and Writing: Structures and Strategies*. Norwood, N.J: Ablex.
- Langer, J.A. & Applebee, A. (1987). *How Writing Shapes Thinking: a Study of Teaching and Learning*. Urbana, IL: National Council of Tchers of Eglsh.
- Legum, S. E., & Krashen, S.D. (1972). Conceptual framework for the design of a composition program. ED 108239.
- Osborne, R.J. & Wittrock, M.C. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67(4), 480-508.
- Padilla, M. J., Okey, J. R., & Gerrard, K. (1984). The effects of instruction on integrated science process skill achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 277-287.
- Prain, V. & Hand, B. (1995). *Teaching and Learning in Science: the Constructivist Classroom*. Harcourt Brace, Sydney.
- Prain, V. & Hand, B. (1996). *Writing for learning in secondary science: Rethinking*

- practice. *Teaching & Teacher Education*, 12(6), 609-626.
- Pearson, P. & Fielding, L. (1991). Comprehension instruction. In Barr, R., Kamil, M.L., Mosenthal, P.B., & Pearson, P.D. (Eds.), *Handbook of Reading Research*. New York: Longman.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Resnik, L.B. & Klopfer, L.E. (Eds.) (1989). *Towards the Thinking Curriculum: Current Cognitive Research*. Alexandria, VA: Association for Supervision of Curriculum Development.
- Rivard, L.P. (1994). A review of writing to learn in science: implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 969-983.
- Rohman, D. G. (1965). Prewriting, the stage of discovery in the writing process. *College Composition and Communication*, 16, 106-122.
- Santa, C.M. & Havens, L.T. (1991). Learning through writing. In Santa, C.M. & Alvermann, D.E. (Ed.), *Science Learning: Processes and Applications*. Newark, International Reading Association.
- Schmeck, R.R. (1988). Individual differences and learning strategies. In C.E. Weinstein, E.T. Goetz, & P.A. Alexander (Eds.), *Learning and Study Strategies: Issues in Assessment, Instruction, and Evaluation*.
- Short, E.J. & Weissberg-Benchell, J.A. (1989). The triple alliance for learning: cognition, metacognition, and motivation. In C.B. McCormick, G.E. Miller, & M. Pressley (Eds.), *Cognitive Strategy Research: from Basic Research to Educational Applications*. New York: Springer-Verlag Inc.
- Weinstein, C.E. & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In M.C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (3rd ed.). New York: Macmillan Publishing company.