

認知負荷理論及其在教學上的啓示

黃巧琪

高雄師範大學教育學系課程與教學碩士班研究生

高雄市愛群國小教師

投稿日期：93.04.23

接受日期：93.10.14

摘要

認知負荷理論在認知心理學領域裡，日益受到重視，如能將此觀念應用於教學研究上，必能提昇教師教學的品質。故本文先藉由對認知負荷理論內涵的探討，及其相關研究的整理，發現在教學設計上，可能對學習造成影響的認知負荷來源有三種，因而，進一步提出在教學上的啓示，包括降低內在認知負荷、外在認知負荷，以及善加利用增生認知負荷，冀能提供教師進行教學時的參考，讓教學更有效率。

關鍵詞：認知負荷、心智負荷、教學

壹、前言

認知負荷理論是由澳洲學者 J. Sweller 將此觀念引進教育界的。他認為在學習過程中，一些和學習內容無關的訊息，會佔據「工作記憶」的空間，而產生認知的負荷，對學習產生負面影響，因此，也使得該理論在認知心理學的領域裡，逐漸受到重視。

但究竟認知負荷的內涵為何？及造成認知負荷的來源有哪些途徑？在教學設計上又有何啓示？鑒於此，本文擬對「認知負荷」的理論內涵、來源加以探討，明瞭其對學習的影響後，進而分析「認知負荷理論」對教學設計的啓示，希望能對老師的教學有所幫助，以提昇教學品質。

貳、認知負荷理論的內涵

一、認知負荷的定義

自從 Sweller 將「認知負荷」(cognitive load) 的概念，引入教育界後，近十年來，引起學界開始對其理論的討論與研究，以下將介紹幾位國內外學者對「認知負荷」的看法，以掌握其意涵：

(一) Sweller

Sweller (1988: 265) 曾指出，認知負荷與短期工作記憶內所能負荷的記憶單位數目有關。個體若將一大堆的項目儲存在短期記憶內的話，就容易形成「過度」的認知負荷。

(二) Jex

Jex (1988: 12) 認為認知負荷是學習者面對學習內容時，置身於一個相關脈絡中，欲表現符合適當任務的行為時，所意識到「任務要求」與「自身認知能力」之間，心智負荷差異的評估。

(三) Paas

Paas (1992: 429) 指出認知負荷是一種多向度的概念，它有兩種成份：一是心智負荷 (mental load)，二是心智努力 (mental effort)。若個體對於學習內容所知覺的困難度越大，或者在心智上越需要努力，則認知負荷就會越大。

(四) 黃克文

黃克文 (1996: 18) 指出認知負荷是學習者在接收、處理與運用訊息的過程中，因為訊息之內容 (數量、質量、脈絡等…)、學習環境、傳輸環境與互動方式等因素，超越了學習者所知覺的認知能力，在當時的「心理」或「生理」上引起了負擔、重擔、苦惱與憂慮，甚至失敗、挫折的後設概念。

(五) 宋曜廷

宋曜廷 (2000: 8-9) 認為認知負荷乃指在執行某種作業的過程中，因作業特性所需的認知能量 (capacities) 或認知資源 (resources) 而造成認知系統 (特別是運作記憶) 的負載狀態。

歸納以上學者的觀點可知，短期記憶的項目越多，認知負荷越大；任務要求與自身認知能力間差距越大，則認知負荷越大；在學習過程中，越需要付出較多的心智努力來學習時，認知負荷就越大。此外，在心智負荷與心智努力的負荷總量上，如果超出個體所能接收的範圍，而導致認知系統過度負載，將會造成心理或生理上的負面效應，進而影響學習的表現。

二、認知負荷論對認知架構的基本假定

認知負荷論有一些基本假定，要點如下 (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998)：

- (一) 工作記憶容量是有限的，因此若需一次處理多個訊息，則容易造成認知負荷過重。此外，若待處理的訊息其本身內部要素 (elements) 互動性很強，要互相

參照才能了解，則更耗費短期記憶容量，因而產生更大的認知負荷，造成學習困難。

- (二) 個體的長期記憶本身沒有容量的限制，它所儲存無盡的知識內容，是專家和生手差別的主要來源。在面對問題情境時，專家可以在長期記憶中迅速的檢索出對應之策，而新手則需要在短期記憶中進行推理搜尋，耗費許多精力。
- (三) 長期記憶的知識與技能是以基模 (schema) 形式儲存的。由簡單到複雜，粗略到精緻的基模建構過程。基模在長期記憶中可以發揮組織和儲存知識的功能，而在工作記憶中則可發揮降低記憶負荷的功能，因此當學生具有豐富的知識，即是豐富的基模網路時，將有助於理解和記憶學習的材料。
- (四) 訊息都是透過控制式 (controlled) 或自動化 (automatic) 來處理。控制式的處理發生在意識層面，佔用許多工作記憶的空間，而自動化的處理較少為意識所監控，佔用極少工作記憶的空間。例如：背九九乘法表不只要準確，而且要自動化，才能有助乘除計算，甚至解答更複雜的應用問題。因此，基模自動化是基模建構過程中重要步驟。

參、認知負荷的來源

Sweller 等人 (1998) 認為教學設計要使個體達到「基模的建構」與「自動化」，都需要藉助工作記憶的處理，因此訊息在工作記憶處理時的難易度，便成為認知負荷理論所關心的焦點。以教學設計的角度來說，認知負荷的來源有三 (Sweller et al., 1998)：

一、內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)

內在認知負荷主要受到材料要素 (elements) 間關連程度的影響，此種負荷是材料本身特性造成的，例如：教材本身的難度或複雜度，因此不易由教學設計來改變。當學習者面對要素關連性低的教材時，不需將大量的要素同時置入工作記憶中，就可對各要素有所了解，因此內在認知負荷較低。但當面對要素關連性高的教材時，則需要將大量的要素同時在工作記憶中運作，而造成較高的內在認知負荷。

學習者的先備經驗則是造成內在認知負荷的另一個重要因素。學習者若能將訊息與自動化的基模結合，將可降低工作記憶的負荷。但假如沒有基模存在，所有訊息就必須在工作記憶中獨自建構，則產生較高的認知負荷。因此，適當的認知基模可以降低內在的認知負荷。

二、外在認知負荷 (extraneous cognitive load)

外在認知負荷主要是受到教材的設計和呈現方式，或教學活動本身的影響。教材呈現方式不同，對訊息接收者而言就會有不同程度的負荷，此種負荷是外加的，可以藉由教學中訊息的呈現、訊息的組織等方面的設計而降低，例如：利用地圖介紹地理環境比起只是單純使用課本敘述來的有效，可見外在認知負荷是可以改進的，因此，被視為是認知負荷研究的重點之一。

三、增生認知負荷 (germane cognitive load)

增生認知負荷主要受教學設計者的影響。指在降低外在認知負荷之後，刻意以教學活動的設計，適當的教材呈現方式，來吸引學生專注於學習內容的認知過程，而達到基模建構的一種認知努力 (cognitive effort)，可見增生認知負荷雖會增加學習者的負荷感，卻可輔助基模的建構。然而，只有在總認知負荷量（內在認知負荷與外在認知負荷的總和）未超出學習者的負荷範圍時，適當引入「增生認知負荷」才有意義。例如：設計未完成的數學問題，引導學生進行解題，此過程即增加了「增生認知負荷」，用以協助學生建構數學的基模。

綜合上述三種認知負荷來源可知，增生認知負荷很像外在認知負荷，但外在認知負荷會干擾學習，而增生認知負荷卻會提昇學習效果。當內在認知負荷較低時，學習者很容易就了解教材，或訊息能與基模自動化整合，那就無須考慮藉由教學設計來降低外在認知負荷；但當內在認知負荷較高時，則要透由教學設計來降低外在認知負荷，並運用增生認知負荷來建構學習新內容所需的基模，幫助學習者在有限工作記憶中處理訊息。

肆、認知負荷理論對教學的啟示

研究認知負荷的目的，在於減少學習過程中過多的認知負荷，才能維持一定的學習效果。如前所述，認知負荷對學習的影響來源有三種，自然在教學上就不容忽視。故本節將針對形成認知負荷來源的三類，分別探討對教學的啟示。

一、降低內在認知負荷

（一）學生方面

1. 充實相關的先備知識與經驗：

黃克文（1996）指出認知負荷有「個別性」，即是同一件任務或學習歷程之認知負荷，對能力高的學習者來說，不會造成影響，但對能力低者而言，可能造成很大的心智負擔，而影響學習成效。因此，為了降低內在認知負荷，應充實學生相關的先備知識，培養相關的專門知能，才能提高教學效果。

2. 培養並提昇學生自身處理認知負荷的能力：

教學過程，認知負荷是無可避免的。個體本其內在條件上，如記憶、概念、策略去面對外在條件，互動過程中，才產生認知負荷（黃克文，1996），但個體對認知負荷來源的操控或改善，將可降低個體的認知負荷（黃柏勳，2003）。因此，協助學生了解本身的認知結構，採用適當認知策略輔助學習，培養後設認知、自我調整等能力，來提昇學生管理自身認知負荷的能力。

（二）教材內在結構特性，由簡單到複雜

教材內在要素相互關連性低時，學生較易了解內容且能獨立學習，就不會產生認知負荷；內在要素相互關連性較高時，學生無法單獨了解每一要素，而必須將所有要素間的相互關係同時考慮，才能理解，如此便造成內在認知負荷（Paas, Renkl, & Sweller, 2003）。

因此，教材整體結構的編寫，應由簡單到複雜，循序漸進，建立概念彼此間的聯結關係，使新概念與原有的認知結構之間作有效聯結，以降低內在認知負荷，提高學生學習的表現和動機。

二、降低外在認知負荷

（一）教材呈現方面

1. 鷹架呈現方式的適當性：

學習者一開始接觸到新的學習內容時，如果沒有足夠基模可提供的話，便會產生較高的內在認知負荷，佔據較多工作記憶的空間，此時就該透過適當的鷹架協助，以降低外在認知負荷，並有效建構新的基模。而學習任務的困難度不同，就會提供不同程度高低的鷹架模式來幫助學習。

一般而言，最初大都會給予學習者相當大的支持（support），像是示例（worked-out examples）模式，學習者可以專注於問題狀態與相關解題步驟的聯結，促使學習者從解題範例中，建立基模。接著，可轉為中度的支持，例如完成任務（completion tasks）模式，就是讓學習者仔細閱讀相關的提示協助後，能主動解決未完成部分的問題。隨著基模的建立，可將鷹架的協助，循序漸進的褪去，最後，學習者有足夠的能力，獨立完成整個問題。

2. 鷹架訊息呈現時間的適切性：

Van Merriënboer 等人（2003）指出，訊息呈現給學生的時間點，也是造成認知負荷的重要關鍵，要是呈現訊息的時間點不適當，就會增加學生無謂的認知負荷。此外，教學過程中，因學習內容性質不同，使得提供學生所需訊息的時機，也會有所不同，一為支持性訊息（supportive information），一為程序性訊息（procedural information）。

當學習內容傾向認知層面內在複雜性較高時，就要提供「支持性訊息」，事先建構認知基模於學生長期記憶中，之後，在進行學習時，基模就能夠進入工作記憶中，有效的處理並構建新的資訊。

但當學習概念傾向技能層面複雜性較低時，則提供「程序性訊息」，唯有學生在學習有需要時，才適時於工作記憶中，提供精確外部訊息，直接一步步的指導，並不事先教導，而是將資訊在實際學習當中，以整合方式呈現，防止產生「分散注意力效應」（split-attention effect），而當學生已有足夠的相關知識時，則程序性訊息也要逐漸去除，避免造成「重複效應」（redundancy effect）。

可見，教材訊息呈現的方式和呈現的時間適切性與否，關乎外在認知負荷的產生。

（二）教學活動策略方面

1. 運用電腦多媒體教學，應考慮學習者的認知負荷：

隨著資訊科技的進步，使得教學活動開始以多媒體方式呈現，透過電腦生動活潑的多樣化功能，的確可增進學生學習的動機，但卻不可忽視認知負荷產生的可能性。如果教學軟體的內容組織設計不當，或是過於繁多的媒體資訊呈現，都會造成

工作記憶過度負荷，而模糊了原先所要學習的課程目標，造成學習反效果。因此，除了學生要先具有充分的資訊先備知識、技巧與能力外，教學軟體在內容設計上，更要符合邏輯性、結構性，最重要是能夠將教學內容，透過電腦多媒體做適當的傳達，以幫助學生有效的記憶，同時也要指導學生如何在浩瀚的網路世界裡，善用適切的關鍵詞組，使之快速正確尋找到想要的資源，如此一來，才能真正發揮資訊融入各領域教學的成效。

2. 多元創新教學以不會造成學習者過度認知負荷為原則：

九十學年度正式實施九年一貫課程，強調教學創新，來面對課程改革的需求，因此，結合多元的教學型態，已蔚為風潮。但在實際進行多元教學方法時，仍需考量學生可能會感受到的心智負荷狀態，和有限工作記憶的限制。因此，老師應採用多元而適配的教學方式，即是結合不同的教學與學習理論、原理、策略等，並同時考慮對教學目標、教學對象、教材性質相互間的適配性，如此才可避免因教學設計或活動的呈現不當，所造成的外在認知負荷，也才能發揮多元創新教學真正的價值。

三、善加利用增生認知負荷

（一）妥當規劃教學設計，協助學生認知基模的建構

長期記憶中的內容，是以基模的型態儲存的，基模除了在長期記憶中具有組織和儲存知識的功能外，也可降低工作記憶的負荷（陳密桃，2003）。由此可見，基模的建構對學習的重要性。因此，老師可透過適當的教學設計，先降低外在認知負荷，使工作記憶運作的空間增加，此時便可適當引入「增生認知負荷」的輔助，使學生對學習內容能夠作深入的處理，以建構學習所需的基模，而有助於對新內容的理解，使新舊經驗作有意義的結合，降低內在認知負荷，提高學習的效果。

（二）妥善提供作業的挑戰性，吸引學生投入學習

老師在教學歷程中，先讓學生對學習內容的脈絡有個整體概括了解，具備所須的知識資訊後，再就其中主要的概念，透過「增生認知負荷」的協助，從事學習，進而擴展學生的認知能力，獲得知識的基模。例如：呈現適當難度的題目，原則上是比學生目前認知程度高一級，但是解答所需的規則大致相同，學生便可依據提煉出的原則來思考解決問題，此認知過程雖會增加學生的負荷感，但適度的挑戰，卻可激發起學生投入於內容學習的動機，並在工作記憶中積極參與處理，且將學習內容編碼到長期記憶，而有助於新基模的建構。因此老師進行教學設計時，應能善加運用「增生認知負荷」所帶來的影響與價值。

伍、結語

近年來，認知負荷理論已逐漸在認知心理學領域裡，扮演起重要的角色。其理論架構主要探討的是，有限工作記憶容量，和長期記憶中基模的建構與自動化，使教師在教學設計時，對於學生的認知歷程有一番新的啟示。

由於認知負荷在學習中是不可避免的，因此，教師在教學設計時，應考量教材

結構與學生的認知架構等內在因素，更不可忽視於教學活動中，可能會造成學生心智過度負荷等外在因素，讓整個教學歷程，不會超出學生可負荷的範圍，才能提高教學效果。由此可見，認知負荷理論的研究，對於課程與教學，有其重要的影響性，如能將認知負荷的觀點實際應用於教學上，學習者必能有效處理訊息，增加學習績效。

參考文獻

- 宋曜廷（2000）。先前知識文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文，未出版，台北市。
- 陳密桃（2003）。認知負荷理論在教學上的應用。載於國立高雄師範大學舉辦之「九年一貫課程改革與教學實務的對話研討會」論文集，（頁 199-207），高雄市。
- 黃克文（1996）。認知負荷與個人特質及學習成就之關聯。國立台北師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 黃柏勳（2003）。認知上的瓶頸－認知負荷理論。教育資料與研究雙月刊，55，71-78。
- Jex, H. R. (1988). Measuring mental working: Problems, progress and promises. In P. A. Hancock & N. M. Meshkati, (Eds). *Human mental workload* (pp.5-40). Amsterdam North-Holland: Elsevier.
- Paas, F. G. W. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84, 429-434.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-285.
- Van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P.A., & Kester, L. (2003). Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 5-13.