

從認知負荷理論談學習障礙學生 之教學設計

丁儀馨

高雄市前金國小特教教師

摘要

認知負荷理論是以認知資源有限的觀點出發，強調工作記憶與長期記憶連結的過程，以及訊息處理與知識間的互動關係，並更進一步探討教學媒材的呈現與學習者本身特質間的交互作用。又在許多研究中發現，學習障礙者在整個認知歷程中因無法有效運用工作記憶，造成學習困難。因此，本文欲以認知負荷理論為基礎，探討認知負荷的意涵，並從認知負荷的效應中提出對學習障礙生之教學設計原則，期能帶給特教老師教學之參考。

中文關鍵詞：認知負荷、學習障礙、教學設計

英文關鍵詞：Cognitive load theory, learning disabilities, instructional design

壹、前言

在整個訊息處理的系統中，工作記憶負責訊息的短暫儲存和初步處理，是個重要的記憶機制。然而，工作記憶的容量有限，該如何處理大量繁雜的資訊呢？認知負荷理論 (Cognitive load theory) 便是從心理、生理與認知層面來探討工作與任務對執行者的影響及適合性，主張學習需符合學習者工作記憶容量的認知分配。

無論從生理層面探究（周世杰、張拉艷、楊娟、蔡太生，2006；馬穎等人，2009）

或測驗結果分析（李慧慧，2006），皆發現學習障礙者 (learning disabilities) 普遍存在工作記憶缺陷之問題；亦即學習障礙學生在認知歷程中無法有效運用工作記憶處理訊息。因此，希望透過「認知負荷理論」，了解認知負荷的來源與類型，藉由專家學者們所歸納的教學設計原則，針對學習障礙學生，提出有效的教學設計 (instructional design)。

貳、認知負荷的來源與類型

認知負荷指的是工作記憶負荷，其理

論基於訊息處理和工作記憶特性，假設工作記憶的容量有限，使個體在執行任務時，感受到心智負荷與心智努力的狀態。因此，須透過適當編碼和自動化歷程，將訊息以基模形式存放和提取於長期記憶中，以降低處理訊息時所產生的負荷（林明正，2006；唐劍嵐、周瑩，2008；陳蜜桃，2003）。

而認知負荷理論除了欲瞭解訊息處理的特性與過程，更致力於從學習者的學習歷程中分析，探討教學方法、教材設計對認知負荷所造成的影響，試圖提供降低及管理認知負荷的方法，以期促進有效學習（Artino, 2008; Merriënboer & Sweller, 2010）；以下先探討認知負荷的來源與類型，作為後續教學設計原則之參考。

一、認知負荷的來源

Marcus、Cooper 和 Sweller(1996)及陳蜜桃（2003）於探討認知負荷的教學研究中，描繪出在教學過程中，造成工作記憶負荷的主要來源有三，分別是學習者先備經驗、教材特性及教材組織，分述如下：

（一）學習者先備經驗

先備經驗的有無，是認知負荷的首要來源。當學習者能將新訊息自動融入既有基模，能夠降低工作記憶的負荷量，提高訊息處理效能；反之，若學習者缺乏基模，新訊息將會形成獨立單位，佔用較多工作記憶空間。而筆者在教學時亦發現，學習障礙學生因有識字、理解等問題，對閱讀產生排斥感，進而影響基模的建立；因而越高年級，閱讀越顯得吃力，呈現閱讀的「馬太效應」。

（二）教材的特性

教材內在要素互動性的高低，會影響學習者學習教材時產生的認知負荷。當教材內在要素關聯性較低，訊息不需參照其他資源便可被單獨處理，工作記憶就不必佔用大量空間整合訊息，產生認知負荷較低；反之，當教材內在要素關聯性較高，則可能形成較高的認知負荷。而學習障礙學生因學習困難，易產生習得無助感，因此，教材的難易程度更應審慎安排。筆者認為，教材難易程度應符合 Vygotsky 所提之「近側發展區」(Zone of Proximal Development, 簡稱 ZPD)，使學生能有信心的去解決每一道問題。

（三）教材的組織

教材組織若能依照學習材料的特性，考量學習者先備經驗，以適當的組織方式呈現，便能強化學習材料間的統整性，以降低認知負荷的產生；反之，當教材組織缺乏統整性，易產生認知負荷。尤其學習障礙學生因知覺或知覺動作協調能力有問題，或因訊息處理速度過慢，無法有效整合複雜的訊息，若閱讀教材毫無組織，勢必造成更大的閱讀困難。

從認知負荷的來源來看，教學者如欲幫助學習障礙者有效學習，在教學前須先了解學習者的認知型態及先備知識；在教材方面，教材內容須依其難易度增減，並作適當的呈現，才能使其達到學習成效。

二、認知負荷的類型

由認知負荷的來源可知，工作記憶的負荷會受到學習者的先備知識、學習任務內在本質或教材呈現方式及教學設計等因

素影響。依據認知負荷的不同來源，可以把認知負荷分為三類（林明正，2006；林宓雯，2007；陳蜜桃，2003；Paas, Renkle, & Sweller, 2003；Sweller, 2010）：

（一）內在認知負荷

影響內在認知負荷 (Intrinsic cognitive load) 主要有兩個因素：一是教材內在要素間的關聯程度，即受到教材難易程度的影響；二是學習者的專門知能、先備經驗。若學習者能將訊息與既有基模結合，可降低工作記憶的負荷；反之，當新訊息必須在工作記憶中單獨處理，則易造成認知負荷。因此，教師如欲幫助學習障礙學生降低內在認知負荷，在教學前，應先協助學生補充、複習先備知識；教材難易程度也應介於學生目前表現和實際能力可達到的範圍間。

（二）外在認知負荷

外在認知負荷 (Extraneous cognitive load) 的產生是受到教材設計、呈現方式或教學活動本身影響。因此，在教學活動中，教學者可藉由訊息的呈現、重組等來降低認知負荷，不過，只有當教材難度高時，外在認知負荷才具有決定性的影響。而 Brunner 所提倡之「螺旋式課程」亦強調教材結構的重要性，認為當教材中的「概念結構」與學習者的「認知結構」相符，便能有效降低外在認知負荷，學習才會產生意義。

（三）增生認知負荷

增生認知負荷 (Germane cognitive load) 指教學設計者提供額外的訊息，或安排符合需求的學習活動，看似增加學習

者的認知負荷，卻是促使學習者基模建構與自動化的一種認知努力 (cognitive effort)。因此，良好的教學設計能降低學生的外在認知負荷，也能同時增加學生的增生認知負荷。

認知負荷理論認為，內在認知負荷屬於教材及學習者之內在本質，教師在教學時應該思考的是，如何透過教材設計幫助學生學習。是故，教材設計與呈現是認知負荷主要的來源，若能有效降低及管理外在認知負荷，使工作記憶的運作達到最優化，便能促進學習；而在許多認知負荷的相關研究 (Merriënboer & Seller, 2010；Paas, Renkle, & Sweller, 2003; Sweller, 2010) 中，皆曾根據認知負荷的來源與類型提出教學設計原則，以作為教材設計之參考。

參、認知負荷的理論對學習障礙教學設計的啟示

在許多研究（李慧慧，2006；周世杰等人，2006；陳以青，2003）中發現學習障礙學生的工作記憶測驗分數顯著低於正常兒童；而馬穎等人（2009）以磁共振成像研究學習障礙學生的大腦，發現其前額葉激活強度低於正常兒童，推測這可能是造成他們在工作記憶的編碼、儲存、提取等過程中存在缺陷。在教學現場中也發現，學習障礙學生在書寫、理解方面有困難，且因知覺、知覺動作及訊息處理等問題，無法將學習材料快速且有效地分類、組織與整合，因此，身為教育工作者的我

們必須思考：面對學習障礙學生無法有效運用工作記憶處理外界訊息，該如何設計教材，以幫助他們學習？有鑑於此，筆者參考認知負荷理論之相關研究 (Merriënboer & Sweller, 2010; Paas, Renkle, & Sweller, 2003; Sweller, 2010) 中所提出的教學設計原則，並結合自身的教學經驗，提供以下七點作為參考；由於上述相關研究中所提之七項教學設計原則，前五項主要針對教材設計提供正向作法，後兩項則是提醒教師設計教材時應注意的層面，是故筆者也依此順序羅列七項原則。

一、利用「目標開放原則」連結先備知識

「目標開放原則」(goal-free principle) 指提供學習者開放的目標，在沒有限制的狀況下，能自由聯想，使學習內容和內在基模產生連結，減少內在認知負荷。在教學現場中發現，閱讀理解有困難的學習障礙學生，若在閱讀前先呈現相關的圖片、照片、影片，透過表達想法或心智繪圖，協助學生聯結內在的知識結構與文章內容，學習成效會比直接閱讀文字好。

二、利用「範例精緻化原則」建立學習機模

「範例精緻化原則」(worked example principle) 即教師在教學時能提供適當例子，使學生對於問題的狀態和解題步驟能建構完整的基模，可以降低外在認知負荷。筆者發現，當學習障礙學生在解數學文字題時，除了無法理解題意外，還常算到一半便不知所措。因而，教師教學時若能從题目的情境分析，並呈現完整的解題

步驟，再協助學生歸納出解題原則，能讓學生對於問題解決的方式有全面性的瞭解，並進而能強化記憶，使其可以運用在相似的例題中。

三、利用「完成問題原則」提高學習動機

「完成問題原則」(completion principle) 指提供部分的問題，讓學習者自己完成。大部分學習障礙學生易因學習挫折，產生習得無助感，放棄學習。因此，教學設計須按照難易程度呈現問題，使學生在學習後，能主動解決未完成的問題，提高學習動機與成就感。

如筆者在教導照樣造句「(誰)在(地方)(做何事)。」的句型，會先呈現「(爸爸)在(公園)(_____)」，鼓勵孩子自由聯想，看看公園裡可以做什麼事情，並填入空格中，待熟練後，逐漸褪除提示，藉此增進信心，培養獨立造句的能力。

四、利用「型態原則」增加學習效果

工作記憶可同時處理形碼與聲碼兩種型態的訊息，「型態原則」(modality principle) 便是強調教學時可運不同的知覺體驗（如聽覺和視覺）取代單一型態的訊息呈現。

尤其常見學習障礙學生在單一管道之訊息處理有缺陷，筆者發現善用多媒體教材，以聲音和影像同時呈現的方式，取代文字和影像的同時出現，除了能減少視覺管道同時處理畫面和文字內容所帶來的認知負荷，亦能克服學習障礙學生之識字問題，進而增加學習成效。

五、利用「變化原則」促進學習遷移

「變化原則」(variability principle)指提供表面上具有相似特徵的任務，雖然變換不同的問題狀態與情境會造成更大的認知負荷，但學習者卻能不斷澄清概念，有助基模的建立與發展，促進增生認知負荷。筆者發現，在教數學「合併型」加法(例題一)，學生看到題目的陳述出現「總共」二字，便知道要使用加法運算；但對於改變型加法(例題二)卻常摸不著頭緒。因而可藉此告訴學生，改變行加法的題目中雖然沒有提到「總共」二字，但根據情境，可以得知最後總數量是增加的，要用加法解題，並協助學生歸納出加法是「最後總數量增加」的觀念。

例題一：小明有 25 元，爸爸有 30 元，兩個人總共多少錢？

例題二：小明有 25 元，爸爸又給 30 元，小明現在有多少錢？

六、避免「分散注意力原則」干擾學習效果

「分散注意力原則」(split attention principle)指當學習者面對多元的訊息來源，須將注意力分開，以獲得不同呈現來源的資訊，並花費心力將之整合，才能達到學習目的。學習障礙學生通常伴隨注意力缺陷，因此教學設計更應把不同呈現方式的訊息結合。

筆者在教學現場中發現，當文章中的語詞與解釋是分開的(圖 1)，學生須花心力參照與整合，但若與內文放在一起(圖 2)，則可立即對照與吸收訊息；此外，在多媒體教材設計，影像與解說的旁白同時

出現，能使學習障礙學生有效率的獲取訊息，降低認知負荷。

朝辭白帝彩雲間，
千里江陵一日還^{註 1}。
兩岸猿聲啼不住^{註 2}，
輕舟已過萬重山。

註 1：回來

註 2：叫個不停

圖 1 未經整合之訊息，學習者須分散注意力來整合訊息。

朝辭白帝彩雲間，
千里江陵一日還。
兩岸猿聲啼不住，
輕舟已過萬重山。
回來
叫個不停

圖 2 經過整合之訊息，學習者可立即對照、吸收訊息。

七、避免「重複原則」影響學習成效

「重複原則」(redundancy principle)指當學習者面對多元的訊息來源，且這些訊息本身不須相互參照即可理解，便能獨立呈現(如圖 3)。

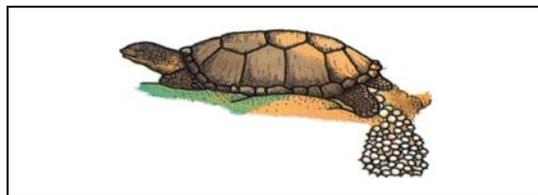


圖 3 由圖片便可看出是一隻母龜在沙灘上產卵，不須加入額外的文字解說。

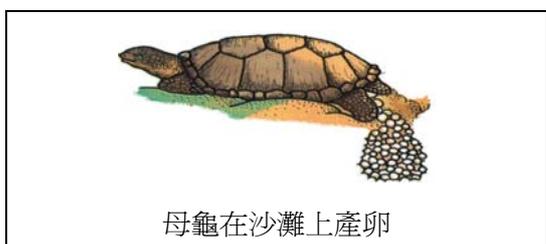


圖 4 若加入文字解說反形成干擾，學生
便須花額外心力整合訊息。

圖片來源：吳惠潔等人（1994）。

若將這些訊息安排在同一個時間、空間（如圖 4），迫使學習者去建立其中的關

聯，反而會花費額外的心力。筆者在進行多媒體教學時，也發現學生對於「圖 4」的反應時間比「圖 3」稍多。因此，教材設計應避免過多無關的圖片、影像和聲音，以免干擾學習障礙學生的學習，增加工作記憶的過度負荷。

茲將以上所提之認知負荷教學設計原則及其定義，考量學習障礙學生之學習特質，提出教學設計方式，整理如下表 1。

表 1 認知負荷理論對學習障礙學生之教學設計

教學設計原則	定 義	教學設計方式
目標開放原則 (goal-free principle)	提供開放性目標之任務取 替傳統、制式化的學習任務	對於閱讀理解有困難的學習障礙學生，教師可以在閱讀前先呈現相關的圖片、照片，協助連結先備知識或生活經驗
範例精緻化原則 (worked example principle)	提供完整的解決方式讓學 習者學習	針對學習障礙學生暫存記憶之缺陷，解數學題時，可從提意分析，並呈現完整的解題步驟，再歸納出解題原則
完成問題原則 (completion principle)	提供部分的問題讓學習者 自己完成	對於書寫、理解有困難之學習障礙學生，教導照樣造句時，教師可依其程度，完成部分空格，而其他空格則由學生自己完成
型態原則 (modality principle)	運用不同知覺體驗(如聽覺 和視覺)取代單一型態的訊 息呈現	對於識字困難的學習障礙學生在閱讀圖表時，應提供語音解說，以取代文字說明所增加視覺處理之負荷
變化原則 (variability principle)	提供表面上具有相似特徵 的任務，雖然亦造成混淆， 但學習者能從中不斷澄清 概念，有助於基模發展	對於理解和類化有困難之學習障礙學生，教數學加法時，除了提供「合併型」題型，亦可透過「改變型」之題型建構加法的概念

（續下表）

教學設計原則	定 義	教學設計方式
分散注意力原則 (split attention principle)	學習者面對多元的訊息來源，須將注意力分開，以獲得不同呈現來源的資訊，並花費心力將其整合起來，才能達到學習目的	對於理解困難及注意力缺陷之學習障礙學生，國語詞彙的解釋呈現在該語詞旁邊的效果比分開呈現還要好
重複原則 (redundancy principle)	學習者面對多元的訊息來源，且這些訊息本身不需要相互參照即可理解，便可獨立呈現	學習障礙學生無法有效運用工作記憶資源，因此，當圖片已能清楚說明完整訊息，便不再額外提供相同的文字和語音解說

綜上所述，教師在進行教學設計時，可以鼓勵學生藉由開放性的發問與回答，連結生活經驗與先備知識；教材設計應由簡而難，依序呈現；此外，利用不同的知覺表徵系統（如聽覺和視覺），將訊息作有效的整合，可協助基模的建構與強化，並進入長期記憶區中存放。如此，便能幫助學習障礙學生有效管理工作記憶之運作，降低認知負荷及克服學習焦慮，使其對學習有加分的效果。

肆、結語

認知負荷理論是現在認知心理學的研究成果中提出的一種教學設計理論，認為記憶、思考、學習和問題解決間保持高度的一致性；這種理論把工作記憶的限制性看成學習主要的障礙，認為透過教材設計，建構學習者之學習基模及讓基模運作自動化，以降低內、外在認知負荷水平。在特殊教育領域中，由於學習障礙學生無

法有效運用工作記憶處理訊息，且囿於單一管道之訊息處理缺陷，因此，教師若能透過認知負荷理論，了解人類的運思過程，善用七大教學設計原則，發展合適的教材及教學方式，便能有助於學習障礙學生降低認知負荷，提高學習興趣，甚而增進學習成效，對學習障礙學生而言，可說是一大福音！

參考文獻

- 吳惠潔等人（1994）。綠蠟龜回來了。小牛頓兒童科學園地，128，8。
- 李慧慧（2006）。國小閱讀理解困難學生先備知識、詞彙量、工作記憶、推論能力與閱讀理解之關係（未出版碩士論文）。國立台南大學特殊教育學系，台南市。
- 周世杰、楊娟、張拉艷、蔡太生（2006）。工作記憶、執行功能、加工速度與數學障礙兒童推理和心算能力的關係。

- 中國臨床心理學雜誌，14（6），574-577。
- 林明正（2006）。認知負荷理論與教學。台灣教育，641，41-43。
- 林宥雯（2007）。以認知負荷理論探討國小社會教科書課文內容編排方式對國小高年級學童閱讀理解表現之影響（未出版碩士論文）。高雄師範大學教育學系，高雄市。
- 馬穎、余毅震、潘初、楊寧、王禮桂和吳漢榮（2009）。學習障礙兒童工作記憶功能的磁共振研究。中國學校衛生期刊，30（2），124-126。
- 陳以青（2003）。學習障礙兒童在工作記憶表現之探討（未出版碩士論文）。國立中正大學心理學研究所，嘉義縣。
- 陳蜜桃（2003）。認知負荷理論及其對教學的啓示。國立高雄師範大學教育學系教育學刊，21，29-51。
- Artino, A.R., Jr. (2008). Cognitive load theory and the role of learner experience: An abbreviated review for educational practitioners. *AACE Journal*, 16(4), 425-439.
- Jeroen J C van Merriënboer & John Sweller (2010). Cognitive load theory in health professional education : design principles and strategies. *Medical Education*, 44, 85-93.
- Marcus, N., Cooper, M., & Sweller, J. (1996). Understanding instruction. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 49-63.
- Paas, F., Renkle, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Sweller (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educ Psychol Rev*, 22, 123-138.