

SOIL 教學心法： 看見教學的另一種觀點

李俊儀

國立臺北大學師資培育中心副教授

陳明璋

國立陽明交通大學通識教育中心教授

摘要

本文以訊息處理理論為基礎，提出一個整合理論與實務的教學設計框架，此框架指出人類學習的四大認知階段：選取（*selection*）、組織（*organization*）、整合（*integration*）、學習（*learning*）（簡稱 SOIL 教學心法），從而引出教學該如何調整設計以順其自然的四大設計要素：明確、關聯、結構、脈絡。SOIL 教學心法從外在媒體（外在刺激）開始考量，藉由流暢感官記憶、工作記憶及長期記憶之間的通路，提升學生的有效學習。再運用四大設計要素，整合教學設計與認知歷程，關注學習者的認知負荷及訊息元素互動性的作用，達到擴增工作記憶的流量、提升觸發長期記憶的頻率、增加更多的嘗試與聯結，開啟學生學習的沉睡智慧。最後以「大唐三藏聖教序」為例，呈現 SOIL 教學心法的各種關鍵元素，說明教師如何引導學生從先備知識、選取/組織到整合/學習的思考歷程，更系統化地提供教師看見教學的另一種觀點。

關鍵詞：SOIL 教學心法、多媒體學習理論、教學設計、認知負荷理論

The SOIL Framework for Instructional Design: An Alternative Perspective on Teaching and Learning

Lee, Chun-Yi

Associate Professor, Center for Teacher Education, National Taipei University

Chen, Ming-Jang

Professor, Center for General Education, National Yang Ming Chiao Tung University

Abstract

Drawing on the information processing theory, this paper proposes a theory-based framework for instructional design. The framework identifies four cognitive processes of human learning, namely selection, organization, integration, and learning (SOIL), leading to four principles of instructional design and adaptation: clarity, association, structure, and context. To enhance effective learning, the SOIL framework starts with external media (external stimuli) by streamlining the pathways between sensory memory, working memory, and long-term memory. Next, the four design principles are used to integrate instructional design with spontaneous cognitive processes of learners, focusing on cognitive load and the interactive effects of information presented, so as to expand the flow of working memory, enhance the frequency of triggering long-term memory, increase experimentation and connections between ideas, and unlock learners' dormant intelligence. Finally, the Preface to the Sacred Teachings of Tripitaka of the Great Tang Dynasty is used as an example to illustrate the key elements of the SOIL framework and demonstrate how teachers can guide students through the thinking process from prior knowledge to selection/organization to integration/learning, thereby systematically providing teachers with an alternative perspective on teaching and learning.

Keywords: the SOIL framework; multimedia learning theory; instruction design; cognitive load theory

壹、前言

教學是教師引導學生達到教學目標的複雜歷程。當設計教學活動時，教師需要根據學生的需求和學習特點，選擇合適的教學工具、教學原則和教學方法，以提高學生的學習效果。其中，教學工具可以是傳統的教學資源如教科書、黑板、筆記等，也可以是現代的多媒體設備和網路資源；教學原則可以協助教師了解學習者的認知歷程和學習機制，進而制定適合的教學策略；教學方法則包括許多不同的教學策略和教學技巧，如問題解決、合作學習、探究學習等。

學生學習時，訊息須藉由感官接收，透過認知系統才能進入大腦，進行相關處理與儲存，並在新的情境進行提取應用（Mayer & Fiore, 2014; Lee, Lei, Chen, Tso & Chen, 2018）。因此，教師要協助學生學習，需要從三個面向來思考。第一個面向是教學工具，又稱之為「器」，也就是承載訊息或模擬情境的教學媒體，例如文字、語言、圖像和教具等可以提供表徵情境的媒介。第二個面向是教學原理，又稱之為「理」，教師必須對教學理論有深入的理解與運用，才能有效設計教學活動。第三個面向是教學方法，又稱之為「術」，教師需要能透視知識本質，選擇適合的教學方法或策略，有效提升學生的學習成效。

教師教學時，若能親近並妥善駕御「器」、「理」、「術」，以達到教學目標（見圖1），即具備了「友器」、「友理」、「友術」教學三友的基本素養，也就能掌握教學之「道」。教學三友中，「器」、「理」、「術」相互為用，均衡發展，偏頗不可，缺一不可。其中「器」與「術」是教師比較容易接觸到，也比較熟悉的，而「理」介於「器」與「術」之間，講的是認知，是大腦學習運作的機制，「理」不通則「器」與「術」就無法協調發揮應有的效果。探討認知系統，相關的理論包含認知神經科學、認知心理學、知覺心理學、認知負荷理論與多媒體學習認知理論等，其中認知神經科學、知覺心理學、認知心理學都是基礎理論，認知負荷理論（Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011）、多媒體學習認知理論（Mayer, 2009）則是學習應用相關理論。這麼多的教學與學習理論如何整合實踐於教學，對教學現場的老師來說是一件複雜且龐大的工程，也沒有心力去處理。因此，本文將根據認知負荷理論與多媒體學習認知理論，提出一個可以整合理論與實務的教學設計框架，提供教師進行教學時具體的指引與參考，此教學設計框架以學生學習的四大認知階段：選取(selection)、組織(organization)、整合(integration)、學習(learning)為基礎，簡稱為 SOIL 教學心法，進而引出教師教學的四大設計要素：明確

(clarity)、關聯(association)、結構(structure)、脈絡(context)。Heritatge、Kim、Vendlinski 與 Herman (2009) 的研究發現，一般教師大多能發現學生的學習困難，但是對於如何採取合適的教學行動來幫助學生，常是心有餘而力不足，最主要的原因就是「知其然而不知其所以然」，因此，我們期待 SOIL 教學心法是教師知其所以然的解決方案之一。接下來將介紹 SOIL 教學心法的理論基礎，針對 SOIL 教學心法的重要元素進行說明，然後提出 SOIL 教學心法的教學示例，最後進行本文的總結與相關建議。

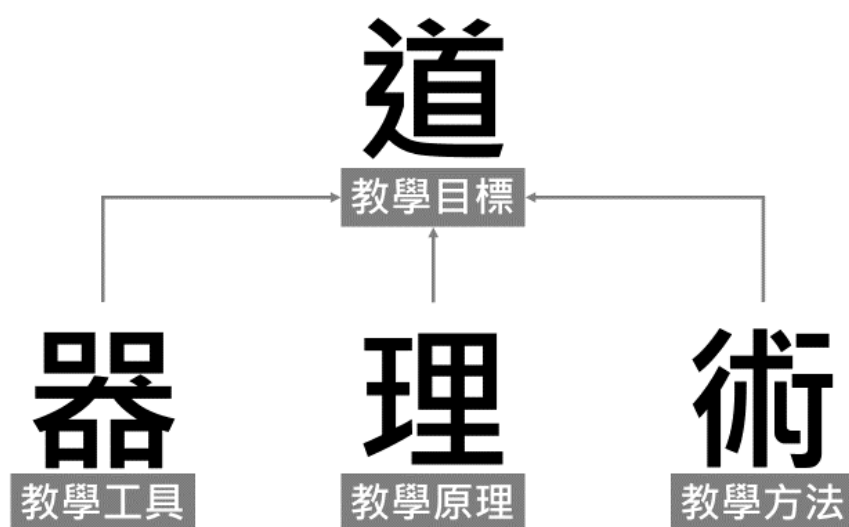


圖 1 教學三友

貳、SOIL 教學心法的理論基礎

SOIL 教學心法兼具認知與教學的理論，把教學中各個小概念視為對訊息處理的過程，因此以訊息處理理論 (Rumelhart & McClelland, 1986) 為基礎，主要應用認知負荷理論 (Sweller et al., 2011) 及多媒體學習認知理論 (Mayer, 2009) 的精髓，從學習的各個認知階段發展出教學的設計要素。以下分別說明多媒體學習認知理論與認知負荷理論的主要觀點。

一、多媒體學習認知理論

多媒體學習是指關於文字和圖像的學習 (Mayer, 2001, 2009)，有關處理文字和圖像的內容都可視為對訊息的認知處理。

Mayer（2001）根據雙通道（dual channels）、有限容量（limited capacity）及主動處理（active processing）等三項假設為其理論基礎，提出多媒體學習認知理論，用來說明人類認知系統如何分配與處理多媒體訊息。其中（1）雙通道假設是指人類處理訊息分成二種管道，一是聽覺口語（auditory sounds）的感官形式到口語表徵（verbal representation）；另一則是視覺圖像（visual images）的感官形式至圖像表徵（pictorial representation）。（2）有限容量假設是指人類每一個通道中，一次所能處理的訊息量有限；亦即工作記憶的視覺與圖像通道只能一次留住（hold）有限的影像、工作記憶的聽覺與口語通道只能一次留住有限的聲音。（3）主動處理是指人類藉由注意力主動的處理訊息（active processing）包含選取文字（selecting words）、選取圖像（selecting images）、組織文字（organizing words）、組織圖像（organizing images）及整合（integrating）等五個過程，形成一致的心理表徵，並與其他知識整合來進行主動學習。

因此，從多媒體學習的認知理論架構（Mayer, 2001）來看，多媒體學習的關鍵與正確的選取、有效的組織有密切的關係，其學習效率受學習者能否有效整合來自外在語文訊息和圖像訊息，並和長期記憶的先備知識結合，產生理解及有意義的知識之影響。

Maye（2009）提出了 12 個多媒體教學設計原則，這些原則根據訊息在學習過程中對外在認知處理（extraneous cognitive processing）、本質認知處理（essential cognitive processing）和衍生認知處理（generative cognitive processing）的影響，分為三種類型。其中，前五個原則：連貫原則（coherence principle）、信號原則（signaling principle）、重複原則（redundancy principle）、空間接近原則（spatial contiguity principle）和時間接近原則（temporal contiguity principle）是用來降低外在認知處理的負荷，而接下來的三個原則：分割原則（segmenting principle）、事先訓練原則（pre-training principle）和形式原則（modality principle）則用來管理本質認知處理的負荷。最後的四個原則：多媒體原則（multimedia principle）、個人化原則（personalization principle）、聲音原則（voice principle）和影像原則（image principle）用於增加衍生認知處理的負荷。因此，這些原則的應用可以有效地影響學習過程中的認知負荷，並且需要從不同的角度來考慮訊息的呈現方式，以提高教學的效果。

二、認知負荷理論

認知負荷理論屬於通用性的認知學習理論，以工作記憶容量有限、長期記憶容量無限、知識和技能是以基模（*schema*）的型態儲存於長期記憶中、基模運作自動化是基模建構的重要過程等四個基本假設為其理論的基礎（*Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998*）。根據 *Sweller*（1988）的定義，認知負荷（*cognitive load*）是將一特定任務加諸於學習者的認知系統時，所產生的負荷總量，也就是工作記憶的負荷總量。但因為工作記憶容量有限（*Cowan, 2001; van Merriënboer & Sweller, 2005*），因此衍生出內在認知負荷、外在認知負荷以及有效的認知負荷等三種認知負荷。*Sweller* 等人（2011）使用元素（*element*）與元素互動性（*element interactivity*）為基礎說明認知負荷與教學設計之間的關係。

認知負荷理論中的元素是指即將被學習者大腦處理（*to be processed*）以及已經被處理的（*has been processed*）的訊息稱為元素。由於媒體表徵承載知識元素及其交互關係，「媒體上的表徵」是外在表徵元素。這些外在表徵元素可以說就是即將被處理的元素。一般人會認為元素指的是單純的知識元素，然而在認知負荷理論中，媒體上承載知識的所有外在表徵形式也都是元素，比如空間位置、大小、色調、圖像、訊息的編排等，只要感官能接收，能影響萃取知識元素的訊息，都稱為即將被處理的元素。因此，元素組合依然是一個元素，也可以分割為更小的元素。元素的交互關係是一個知識的外在表徵。但當元素進入到工作記憶中，稱之為意元（*chunk*），可以觸發長期記憶裡的基模，經大腦賦予意義後將工作記憶中不同的小意元進行集組（*chunking*）成為大意元（*Gobet et al., 2001*），再與長期記憶裡的基模進行融合，形成更為複雜的基模。元素互動性則可以視為所需要處理訊息的複雜程度（*Sweller, 2010*），訊息的內容愈複雜，元素互動性則愈高。然而，除了訊息本身的複雜程度外，還有呈現訊息的方式以及其他幫助建構基模的外加訊息，它們都會造成概念整體呈現時的複雜程度，這三種不同來源的訊息所造成的認知負荷，在認知負荷理論中分別稱內在認知負荷（*intrinsic cognitive load*）、外在認知負荷（*extraneous cognitive load*）和增生認知負荷（*germane cognitive load*）。接下來我們從元素互動性的觀點來看這三種認知負荷的內涵：

（一）內在認知負荷

內在認知負荷主要受到教材本身中元素（elements）間相關聯的程度的影響，也就是受到教材本身難易程度的影響。當學習者面對內在元素互動性低的教材時，也就是難度較低的教材，不需要將大量的元素同時置於工作記憶中，便可運用較多工作記憶的空間做思考、理解，因此內在認知負荷較低。反之，當面對元素間相互關連程度較高的教材時，也就是難度較高的教材，學習者必須耗費較多的工作記憶，其內在認知負荷則相對的提高。

相同的（教材）學習內容對於擁有不同的先備經驗與知識基模的學習者，也是影響內在認知負荷的重要因素，對於有經驗的學習者來說，如能將外在訊息，也就是教材的外在元素與自動化的基模進行整合，合併多個教材元素成為一個大的基模進行處理，就可降低工作記憶的負荷，反之，低先備知識者缺少相關的基模，則所有訊息必須在工作記憶中單獨處理，則易有較高的認知負荷（van Merriënboer & Sweller, 2005）。

Sweller 等人（2011）指出一個特定教材的內在認知負荷是由元素互動性的程度來確定的。元素可以是一個概念或一個過程，而元素間的交互關係必須考量和其它元素間的關係，會增加學習者的工作記憶負荷。如果教學內容包含很多元素，這些元素必須在有限容量的工作記憶處理，這樣的教材是很難被學習者所理解。在學習者理解教學內容之前，這些大量的元素必須在有限容量的工作記憶中處理，甚至有一些元素必須和基模做結合。彼此有交互作用的元素可以被整合成圖像基模的方式呈現，認知負荷會減少，而且理解程度也會增加。在 Sweller 的研究中發現，圖可以建立明確的空間關係，而文字呈現必須學生在自己的心智上循序漸進去建立元素之間多重交互的關係，圖像的呈現很容易觸發空間的基模，並增加學習者的學習效率、降低認知負荷。

（二）外在認知負荷

外在認知負荷或稱為無效的認知負荷（ineffective cognitive load），主要受到教材或訊息的呈現方式和教材設計，或是教學活動本身的影響，與學習者的基模無關，是由教學者所造成外加的負荷，透過改進教學設計，如調整訊息呈現方式、設計組織結構等，可以降低外在認知負荷，使學習者更能有效地利用有限的工作記憶處理學習內容。因此，教材設計者應該致力於減少外在認知負荷，以提高學

習者的學習效果。目前許多教材設計都是以減少外在認知負荷為目的（Sweller, 2004）。

Beckmann（2010）的研究指出，如果元素互動性可以不改變所學內容而被減少，那負荷是外在認知負荷；如果元素互動性只有經由改變所學內容而被改變，那負荷是內在認知負荷。Sweller 等人（2011）指出哪些元素會構成內在或外在認知負荷是取決於需要學習的內容。例如，如果學習目標是要理解文本中的學習概念，則使用的「方言」可能構成外在認知負荷；如果學習目標是在學習一個地區使用的語言，「方言」對任務而言就是內在認知負荷（Schnotz & Kurschner, 2007）。因此，相同的訊息可能是一個內在或外在認知負荷，則須視所學內容而定。

（三）增生認知負荷

增生認知負荷又稱為有效認知負荷（effective cognitive load），藉由教學設計者提供額外的訊息給予學習者，或提供適當的教材或學習活動，來吸引學生專注在學習內容的認知過程。一個好的教學設計者須盡可能設計適合學習者的教材或學習活動來降低學生的外在認知負荷，釋放出工作記憶資源給有效認知負荷，如此才能促進學習。學生在學習的歷程，其整體的認知負荷量，不得超過工作記憶可利用的資源。只有在總認知負荷量（內在認知負荷與外在認知負荷之總和）未超出學習者的能力範圍時，適當的引入「有效認知負荷」，學習才有意義。

學生若內在認知負荷低（學生擁有相當知能與先備經驗、能力高），外在認知負荷高低（教材的難易程度）則顯得較不重要，教師可隨心安排教材呈現，而當學生內在認知負荷高時（學生能力較低、無先備知能），教師即需重視外在認知負荷（教材或教學活動）。當外在認知負荷降低時（更有效的教學設計），學習者才有能力利用教師所提供的有效認知負荷（藉由教學設計以吸引學生專注在學習內容的認知過程）。

Sweller 等人（2011）的研究中指出，如果內在認知負荷高（教材本身的元素交互性高），外在認知負荷低（教學活動設計得良好），讓學習者投入大量的工作記憶資源去處理教材的必要訊息，有效認知負荷將是高的，學習是更有效的。反之，如果外在認知負荷增加，而讓學習者使用工作記憶資源來處理外在的認知負荷元素，而不是教材知識的本質，那麼有效負荷會降低而阻礙學習。有效認知

負荷是由工作記憶資源（working memory resources）用於處理和內在認知負荷相關的元素互動性而組成。假如教學的歷程是有組織有效率的，就會讓工作記憶資源去處理內在認知負荷的元素互動性，有效認知負荷和學習成效就會增加。

參、SOIL 教學心法

Mayer（2009）提出多媒體學習認知理論，來說明人類進行多媒體學習時認知系統如何分配與處理多媒體訊息。其中在訊息處理的過程可分為三大階段：

（1）選取（selecting）：為了創造語文基底與圖像基底，學習者需先注意到多媒體中相關的語文與圖像。（2）組織（organizing）：學習者為了要創造一貫性的語文模式需建立語文間內在的連結，為了要創造一貫性的圖像模式也需建立圖像間內在的連結。（3）整合（integrating）：學習者需結合先備知識並在口語模式與圖像模式間建立外在的連結。但在選取、組織、整合的過程中，需考慮到學習者的認知負荷問題，Sweller 等人（2011）提出認知負荷有三種：內在認知負荷、外在認知負荷與有效認知負荷，並說明了元素互動性在三種認知負荷中所扮演的角色。內在認知負荷受到教材元素互動程度的影響，也就是受到教材本身難易程度的影響。外在認知負荷則受到教材或訊息的呈現方式的影響，教學者若能想辦法降低訊息呈現時的元素高度互動關係，則可降低外在認知負荷有利學生的學習。有效認知負荷則是藉由教學設計者提供額外的訊息給予學習者，或提供適當的教材或學習活動，來吸引學生專注在學習內容的認知過程。教學者提供的訊息可有助於學習者降低學習內容的高元素互動關係，就能產生有效認知負荷。

綜合上述，本文以認知負荷理論與多媒體學習認知理論為基礎，提出 SOIL 教學心法框架（如圖 2），做為教師發展教學訊息設計模式的參考鷹架（李俊儀、李佳蓉，2022），若從元素互動性的觀點來看，其中選取可對應到「辨認每一個元素」這個階段，組織與整合可對應到「理解元素互動關係」這個階段，而學習則可對應到「創造新的元素互動關係」這個階段，其中學習這個階段是指能創造新的基模，可以達到遷移的學習。教學設計需考量學習者之認知歷程，認知歷程有選取、組織、整合與學習四個階段，元素互動性分為外在的元素交互關係與內在的元素交互作用，元素交互關係指的是訊息如何設計以利學生的選取與組織，而元素交互作用（element interacting）指的是訊息如何有效的與基模進行連結，以達到整合與應用之目標。其中整合指的是與學生的先備經驗（長期記憶中的認知、情意、技能等相關基模或網絡）進行連結讓學生達到理解，然後進行多次不

同型式的複誦 (rehearsal)，讓基模精緻化與自動化，才能真正達到遷移與有效的學習。因此教學設計與認知歷程需互相配合，才能達到有效教學，其中有三個指標 (Chen et al., 2017; Lee & Chen, 2014) 需考量，(1) 明確/結構：指的是教學進行時需讓學生很容易捉到所要的訊息，也就是訊息有利學生的選取與組織。(2) 關聯/脈絡：讓訊息與學生的先備經驗產生元素交互作用，觸發學生的基模幫助整合與學習。(3) 引導提問：引導提問是從外在認知(例如:結構明確的呈現)協助學生思考與參與，進而影響其內在認知的過程(例如:連結學生先備經驗並協助他們建構學習脈絡)。因此，引導提問是將訊息傳遞從有感覺轉成有意義，並讓學生覺得有價值的歷程。以下就 SOIL 學習四大認知階段、SOIL 教學四大設計要素(明確/結構、關聯/脈絡)與 SOIL 引導提問分別進行說明。

SOIL教學心法核心概念圖

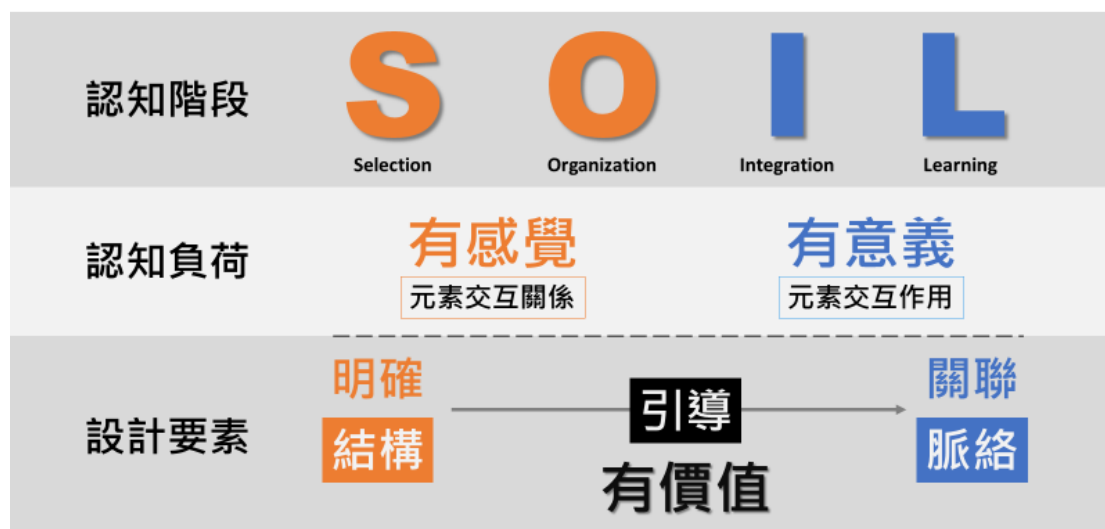


圖 2 SOIL 教學心法核心概念圖

一、SOIL 學習四大認知階段

學生學習時必定會經歷選取、組織、整合與學習四大認知歷程，其中「選取、組織」是「認」，即辨識訊息；「整合、學習」是「知」，即進行「知」的行為。「認」不完整，「知」的行為就變得複雜，教也變得複雜。「選取」是指透過感官尋找相關的元素，「組織」是指考慮元素交互關係，並將相關的元素（小意元）集組成為有意義的元素（大意元）。選取/組織時，刺激度強的、容易被處理的與習慣的元素會優先處理，當下處理的任務與先備知識（經驗）有相關時 (Lin & Huang, 2013; Rittle-Johnson et al., 2009)，或是能引起學生動機時 (Stipek, 1995)，

該任務也會被優先處理。「整合」是指元素與基模開始結合，並針對長期記憶中的基模進行初步的調整與修正。學習這裏指的是學習遷移（transfer），是長期記憶中不同層次基模的轉化，也就是基模的重構與創造（Rumelhart & Norman, 1978）。影響整合/學習的因素除了先備知識（經驗）外，選取組織若有障礙也會讓整合學習發生困難，另外教師對於知識的脈絡安排與引導提問也會是關鍵因素（Lee & Chen, 2015）。

SOIL 選取、組織、整合、學習四大認知階段，不是一條認知的路徑（path），而是一個有層次的認知網絡（見圖 3），由外在認知到內在認知，由低階逐步地到高階。當認知歷程往高階的層次推進時，由於訊息處理量較大，而工作記憶有限，往往需要回溯至低階的處理層次以滿足高階思維的需要，如思考、推理、複誦（rehearsal）等往往需要回溯低階層次以綜觀全局，特別是遇到困難的問題，回溯是無法避免的。選取/組織為低階層次的認知階段，能以先備知識完善基本的元素交互關係為目標，其所衍生的認知負荷比較是外在的認知負荷，以及較低的內在認知負荷；整合/學習為高層次的認知階段，所衍生的認知負荷比較是內在的認知負荷與有效認知負荷，由於高階層次的認知仍需要回溯低階處理，因此若低階認知層次的外在認知負荷高，高階層次的認知活動必受到相當的干擾。每個學習主題都是由先備知識逐步堆疊而成，學生先備知識是否完備攸關學習成效，在 SOIL 認知的歷程中，每一個階段都會受到先備知識的影響。因此，教師必須考慮先備知識的活化，並配合 SOIL 的各認知階段進行教學引導，才能協助學生進行有效學習。

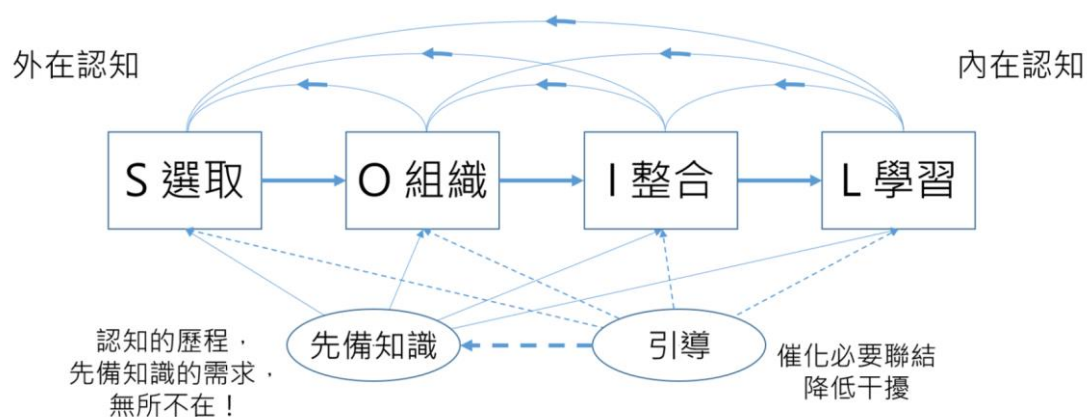


圖 3 SOIL 認知歷程說明

如果媒體呈現的訊息沒有適當的編排，為了萃取訊息，選取/組織的認知階段會產生較高的外在認知負荷，當進行整合/學習的認知階段時，很容易就會因外在認知負荷重，影響內在認知的進行，導致認知歷程緩慢；如果選取/組織的認知階段，訊息明確有結構，具備流暢的瀏覽空間，因外在認知負荷降低，加速整合/學習的進行。也就是說當要進行高階的認知時，如果低階層次的認知完備，則認知容易繼續往高階推進；若高階認知活動無法順利前行，往往觸發推敲嘗試的機制，重新回溯至低階層次的認知活動，那麼顯然需要消耗更多的認知資源。是以若選取組織的障礙大，需要消耗的認知資源多，資源會重新分配，那麼分散注意力的狀況就發生了，此時往往會中斷當下的思維。所以選取/組織有障礙時，會對學習造成連鎖的負面反應，弱化整個認知網絡聯結的強度，甚至無法完成基本的聯結。若選取/組織無障礙，則感官記憶有如擴增工作記憶，訊息可以快速的導入工作記憶，滿足高階層次的認知活動，提升學習成效。

二、SOIL 教學四大設計要素

若要流暢學生學習的四大認知歷程，教師的教學需要降低外在認知負荷，然後再想辦法提升有效的認知負荷，為了達到此目的，SOIL 教學心法框架提出明確、結構、關聯、脈絡等四大教學設計要素，教學訊息若能明確有結構，「認」無障礙，則可降低外在認知負荷；教學安排若能適時引導學生建立關聯與學習脈絡，才能有效進行「知」的行為，提升有效認知負荷。「認知」這兩個字可以說就是 SOIL 的真正意涵。其中明確/結構稱為「溝通性」，關聯/脈絡稱為「連結性」（程芷萱、陳明璋、李俊儀，2017; Chen et al., 2017）。我們可利用此框架統整不同學派的教學設計理論並連結到教學實務（李俊儀、李佳蓉，2022），提供老師們課程與教學設計的參考。

學習的認知歷程是複雜的，往往是由一連串 SOIL 的認知歷程所組合而成，用以連結各種不同形式的概念，彼此之間可能直接相關，也可能間接相關，其元素交互關係連結參照的過程，相當依賴媒體的視覺表徵是否明確有結構，也需要與長期記憶的基模建立關聯，進而在脈絡中觸發元素交互作用，讓知識的理解變得更容易。為了管理內在認知負荷、降低外在的認知負荷、提升有效認知負荷，訊息處理理論的學者，如 Sweller 與 Mayer 為代表，依不同情境，提出無數的教學設計原則和效應，究其根本，主要可以歸納為四大要素：（1）明確：教師應盡量排除外在的認知干擾，讓學生能有效的辨識個別元素。（2）結構：在明確的

前提之下，教師能運用媒體特性建立元素交互關係，讓學生能掌握訊息之間的邏輯架構。(3) 關聯：教師能透過引導，讓學生感受元素之間的交互作用，並主動思考，進而連結新的元素交互作用。(4) 脈絡：為了協助學生理解核心概念，教師從引起動機、維持注意到喚起行動的有序安排。此安排是一個貫穿全程的引導，讓學生能將結構所蘊含的元素交互關係，主動的與基模產生元素交互作用，進而轉化為相關的思維，協助學生理解與遷移該學習主題（李俊儀、李佳蓉，2022）。

具體來說，在明確/結構的部份可以利用概念圖表框架（見圖 4），根據相關關係、演變關係或階層關係，將知識進行結構化處理，當然複雜的知識結構有可能會結合好幾種不同的圖表，只要能讓知識結構被看到，就能有效降低外在認知負荷，讓更多的認知資源可以用來處理內在認知負荷。

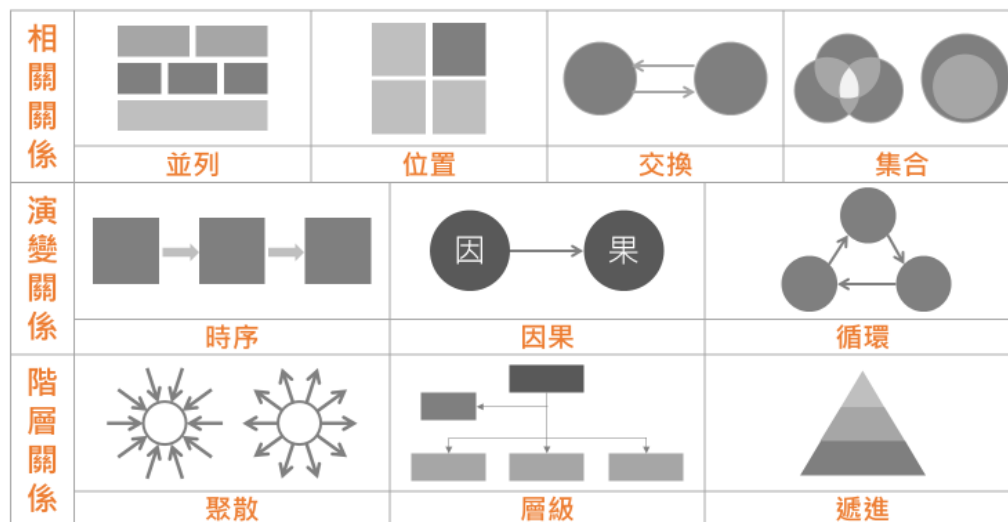


圖 4 三大類型的概念圖表

而關聯/脈絡的部份則可搭配不同的教學法或教學策略進行引起動機、維持注意與喚起行動的有序安排。常見的基本教學法有（1）講述演示法：教師透過簡明、生動的口語向學生系統地傳授知識，協助學生習得新知識的方法。雖然教學容易進行，但只有教師單向傳授，與學生互動性低。（2）問答對話法：教師有目的、有系統的提出問題，引導學生思考對話，並習得新知識的方法。雖然教師的提問能提高互動性，但能參與對話的學生有限。（3）小組討論法：藉由學生的小組討論，進行歸納、整理、發表，協助學生習得新知識的方法。可讓每個學生都參與討論，互動性高，但教師需有引導整合能力。（4）實作演練法：學生透過

實作或體驗針對所學的知識進行練習、應用並習得新知識的方法。可讓學生將所學真正發揮出來，但老師需有訂定評分規準與評估的能力。

例如某個概念只要舉個例子或比喻學生就能理解，那就使用講述演示法；若那個概念需要提出關鍵問題讓學生思考才能理解，那就使用問答對話法；若該概念非常重要一定要所有人都參與討論與表達才能有效果，那就使用小組討論法；若此概念一定要設計實作活動，學生才有可能學的會，那就使用實作演練法。也就是說，教學法沒有高低之分，只有使用時機的問題（Lalley & Miller, 2007）。一個好的老師應該視教學目的與使用時機，運用四大基本教學法之組合，調整上課的動、靜、快、慢等節奏，維持學生注意力，促進學生的學習（李俊儀、李佳蓉，2022）。

三、SOIL 引導提問

凡能提升元素交互作用建立關聯，並促進學生思考的方法，都是引導，因此所有的教學法都可以視為一種引導。適當的引導提問可以讓學生的思維聚焦於當下，而不至於過度發散，讓學生能適性思考，同時也讓認知資源適當的發揮作用（Lee & Chen, 2015; Lin, Hmelo, Kinzer & Secules, 1999）。引導提問若要成功，需考量學生在學習脈絡下的認知層次（Davis & Linn, 2000），若引導的層次常常混亂，學生的學習將無所適從，無法完善其 SOIL 認知歷程，而導致學習成效不佳。

引導提問的認知層次按照認知歷程大致上可以分為三個階段（見圖 5）：「先備知識」、「選取/組織」與「整合/學習」。以下分別說明：

（一）先備知識的引導提問

先備知識已經被認為是影響學習重要的元素之一（Lee & Chen, 2014）。相關研究發現教學時，先備知識會影響教師、學生與教材之間的互動（Lin & Huang, 2013; Rittle-Johnson et al., 2009）。因此引導提問的第一個階段需要先探索學生的先備知識，並考量學習動機等相關因素，再配合後續要探討的主題進行引導提問的設計與鋪陳。

（二）選取/組織的引導提問

為避免訊息的萃取不完整，或為了流暢在高階認知階段時回溯的效率，此一階段的引導提問主要聚焦在教材最核心的概念與重點，應配合維持注意等相關教學策略，進行引導提問設計。這個階段引導的主要目的是「溝通」，教師需要先解構教學內容，再依邏輯架構進行重構，教材的呈現需具有結構，降低視覺搜尋的負擔，呈現訊息之間的關係，再搭配口語引導，讓學生容易找到相關的訊息。這個階段的引導提問比較強調讓學生先就事實、具體、客觀的資料進行較為低階的認知處理，以做為後續高階認知處理的基礎。

（三）整合/學習的引導提問

此一階段的引導是主要是協助學生，開啟較高層次的學習思維，例如：應用、分析、評估或創造等（Anderson & Krathwohl, 2001），並進行針對知識進行總結與喚起行動的相關收斂。此階段的引導提問主要是聚焦在概念、抽象與主觀的高階認知處理。透過脈絡安排，引發期待與想像，讓學生能主動探索、觸發基模並連結相關的元素，以協助完備學習的認知歷程。



圖 5 引導的認知歷程

引導提問的三大階段並不是一條認知的路徑，而是一個有層次的認知網絡，也就是老師有可能在進行選取/組織的引導時，發現學生的先備知識不完備，因而再轉向先備知識的提問，同理，老師也有可能在進行整合/學習引導時，發現

學生的低階認知處理不完備，因而再轉向選取/組織的提問。引導提問雖然也會有階段回溯的現象，但大方向仍然是依據脈絡的安排，協助學生從先備知識、選取/組織到整合/學習的思考歷程。

肆、教學示例

綜觀學生的學習，需要經過 SOIL 的認知歷程，而教師則需要從「結構」、「脈絡」與「引導」去下功夫。這聽起來有些抽象，接下來我們以師生對話的方式，來模擬上課的情形，以大唐三藏聖教序的《集王聖教序碑》為例（見圖 6），讓學生體驗到「結構的威力」，並說明 SOIL 教學心法的重要元素。

師：各位同學，我們今天要來談談教學時，結構的重要性。每一次談結構，一定要講到「大唐三藏聖教序」這個經典例子。有沒有同學以前曾經聽過大唐聖教序的，請舉手？

生：（通常舉手的人非常少，若有人舉手，會詢問他們怎麼會知道，一般來說跟學習「書法」有關。）

師：太好了，知道的人不太多。但聖教序非常有名，只要是書法家就一定要寫這個帖子。為什麼這帖子會這麼有名？我先來簡單介紹一下聖教序的背景。有一個非常有名的人叫玄奘大師，他到印度取經回來後，有一個人幫他寫了序，這個帖子上有他的名字（見圖 6），你們猜他叫什麼？

生：王羲之（大部份的學生會說王羲之）。

師：嗯，這個答案是標準錯誤，答案是右上角的那個皇帝。

生：唐太宗。

師：是的，唐太宗為玄奘大師寫完序後，大家都覺得寫得太好了，因此想刻個碑來紀念紀念，所以就找來全中國最厲害的書法家，就是王羲之。有沒有同學覺得這故事，好像哪裏怪怪的？

生：朝代好像怪怪的？

師：是的，有人還記得王羲之是哪一個朝代的？帖子上有喔。

生：晉朝人。

師：是的，王羲之死後 200 年才到唐太宗這個年代。因此弘福寺有個高僧，叫做「懷仁」，從王羲之書跡遺墨中集字，歷時二十餘年，於咸亨三年（公元 672 年）刻成此碑，稱為《唐集右軍聖教序並記》，或《懷仁集王羲之書聖教序》，以下簡稱為「聖教序」。

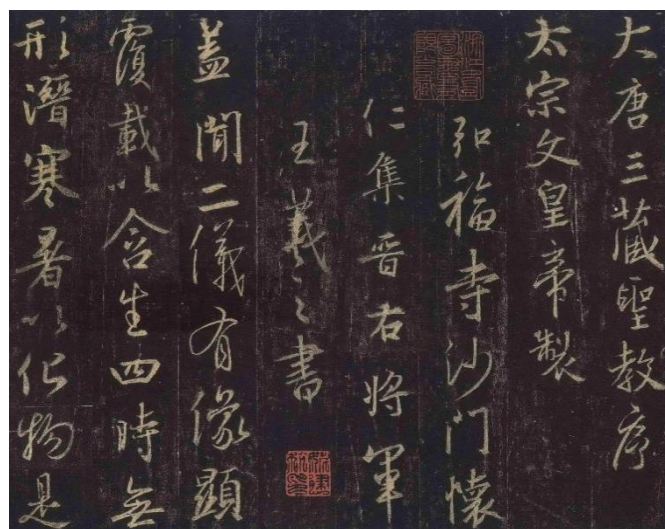


圖 6 大唐聖教序的碑文

師：你們知道嗎？唐太宗在一千三百多年前，就告訴我們教學該怎麼做了？不相信我來唸一次給你聽，你看看可不可以聽的懂？（老師唸圖 7 的文字一遍）。

大唐三藏聖教序

蓋聞二儀有像，顯覆載以含生；四時無形，潛寒暑以化物。是以窺天鑒地，庸愚皆識其端；明陰洞陽，賢哲罕窮其數。然而天地苞乎陰陽而易識者，以其有像也；陰陽處乎天地而難窮者，以其無形也。故知像顯可征，雖愚不惑；形潛莫睹，在智猶迷。

圖 7 大唐三藏聖教序循序版

師：唸完了，有沒有人已經感動到流眼淚了？

生：（沉默，大部份的學生都看不懂）。

師：看不懂，對不對？跟我一樣，其實我也看不懂。你們相信嗎？等一下 5 分鐘過後，我幾乎不用怎麼翻譯，我只要做簡單的區塊化與結構化，再問幾個簡單的問題，你就可以自己看的懂，而且還可以翻譯給我聽喔。

生：（驚訝狀，覺得不太可能）。

師：接下來我們來看這個版本（見圖 8）。這時我們的眼睛看到的東西已經不同了，不相信我來問你們幾個問題？大家有看到「蓋聞」、「是以」、「然而」、「故知」嗎？請問這些是什麼意思？給大家提示一下，跟作文有關。

大唐三藏聖教序

蓋聞
二儀 有像，顯 覆載 以 含生；
四時 無形，潛 寒暑 以 化物。
是以
窺天 鑑地，庸愚 皆識 其 端；
明陰 洞陽，賢哲 罕窮 其 數。
然而
天地 苞乎 陰陽 而 易識 者，以其 有像 也；
陰陽 處乎 天地 而 難窮 者，以其 無形 也。
故知
像顯 可徵，雖愚 不惑；
形潛 莫睹，在智 猶迷。

圖 8 大唐三藏聖教序結構版

生：起、承、轉、合（大多數學生都會猜對）。

師：太棒了。如果我講「二儀」，你的眼睛會看哪裏（見圖 8）？

生：「有像」、「四時」（有人回答「有像」，有人回答「四時」）。

師：這時你的眼睛可以往右看，也可以往下看，已經是二維的狀態（前一個版本只能由左至右看，是一維的狀態）。其實想要看的懂這一段也不會太難，你有沒有發現這都在講「看的到」跟「看不到」（見圖 9）。

大唐三藏聖教序

蓋聞
 二儀 有像，顯 覆載 以 含生；
 四時 無形，潛 寒暑 以 化物。
 是以
 窺天 鑑地，庸愚 皆識 其 端；
 明陰 洞陽，賢哲 罕窮 其 數。
 然而
 天地 苞乎 陰陽 而 易識 者，以其 有像 也；
 陰陽 處乎 天地 而 難窮 者，以其 無形 也。
 故知
 像顯 可徵，雖愚 不惑；
 形潛 莫睹，在智 猶迷。

圖 9 大唐三藏聖教序結構版關鍵字提示

師：奇數句，二儀、窺天鑑地、天地、像顯可徵，都在講看的到；偶數句，四時，明陰洞陽，陰陽、形潛莫睹，都在講看不到。現在我們只要看奇數句就好，二儀是什麼意思？只要知道，大概就可以看的懂這一段了。讓你們猜猜看，二儀是指「天地」？還是「陰陽」？

生：陰陽、天地（大概有一半的學生會猜陰陽，有一半的學生會猜天地）。

師：我們從邏輯的角度來看一下，陰陽是在奇數句還是偶數句？

生：偶數句。

師：那二儀是在奇數句還是偶數句？

生：奇數句。

師：所以二儀是指什麼？

生：天地。

師：太好了，答對了。那陰陽在這裏是什麼意思呢？我大概解釋一下，陰陽有一點像溫度，溫度看不到，但會有差異，就產生四季，也就是四時。

師：那接下來我就把奇數句唸過去一次，你們試試可不可以看的懂？二儀（天地）有像，顯覆載以含生。覆載跟什麼有關？

生：天地（若學生猜不出來，可以做天覆地載的動作來進行提示）。

師：太好了，那我唸過去了。窺天鑑地庸愚皆識其端，看的到。天地苞乎陰陽而易識者，以其有像也，看的到。像顯可徵是看的到？還是看不到？

生：看的到。

師：那雖愚不惑是什麼意思？你們自己翻譯看看。

生：因為看的到，所以再怎麼笨的人也有弄清楚的時候（一般來說，都會有學生翻譯正確）。

師：那形潛莫睹是看的到還是看不到？

生：看不到。

師：那在智猶迷是什麼意思？有沒有人要試試看。

生：因為看不到，所以再怎麼聰明的人也有困惑的時刻（幾乎大部份的學生都可以答對）。

師：太棒了。唐太宗對於教學真正的開示其實就是最後這兩句：像顯可徵、雖愚不惑；形潛莫睹、在智猶迷。這告訴我們教學就是要想辦法讓學生看的到，如果看不到會發生什麼事？再怎麼聰明的人也會變成白痴。如果讓他們看到了，那再怎麼白痴的人，也有成為天才的時刻。讓我們重新再來體驗這兩個不同的版本。

師：如果是這版本（見圖 7），我如果講「蓋聞」，你可以看到「是以」、「然而」、「故知」嗎？

生：看不到。

師：對，所以這個叫什麼？

生：（沉默）。

師：這就叫做「在智猶迷」。那這個版本（見圖 8）叫什麼？

生：雖愚不惑。

師：哇，太強了。你們可以用文言文跟我對話了。雖然唐太宗告訴我們像顯可徵、形潛莫睹（見圖 10），但根據我們團隊二十幾年來的研究與教學現場觀察的結果，並非如此。我們發現目前教學的狀況是「像顯莫睹」，你們相信嗎（見圖 11）？

生：（笑，大部份的學生會覺得幽默）。

師：我們希望你們可以做到「形潛可徵」（見圖 12）。

生：（微笑）。

師：什麼叫形潛可徵呢？這是當老師一個非常高的境界。容我解釋一下，就是原來學生看不見，透過你的引導後，讓他們看見了。不管是看見他們的愛情、看見他們的生活、看見他們的學業都好，看你是哪一科老師。也就是你啟發了他們，你用你的生命影響了他們的生命，這一影響有可能就是一輩子。你們說這境界高不高？

生：（點頭）。

師：我們師培中心外面掛了四個大字，就叫「形潛可徵」（見圖 13）。如果你有親戚朋友經過，你可以跟他們解釋一下。他們一定會覺得你很有文學素養。

生：（微笑點頭）。

師：大家有沒有發現，剛剛有結構的版本跟沒有結構的版本，在閱讀理解上差異很大。因此在教學上應該要重視結構的安排，結構在教學上是非常有威力的武器。

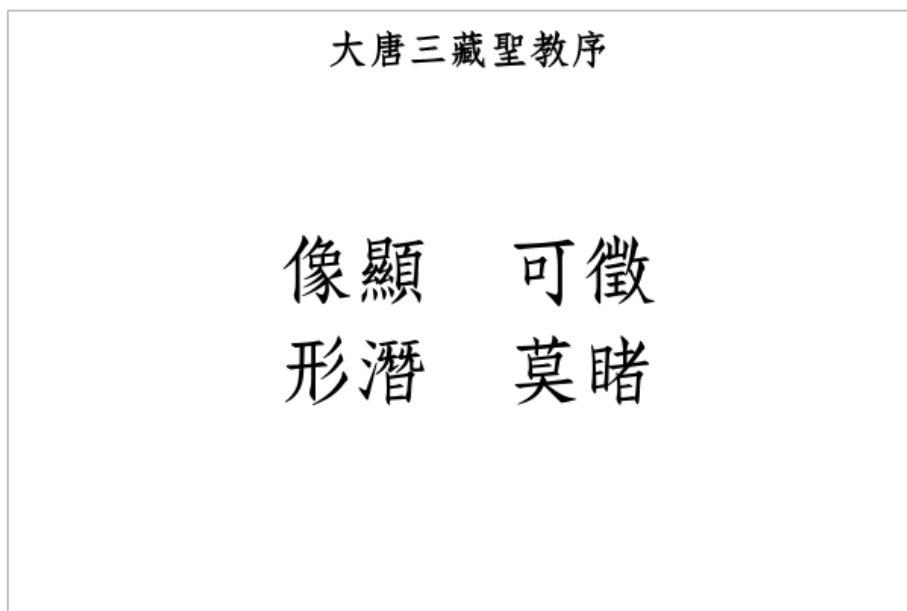


圖 10 聖教序結論



圖 11 聖教序對應教學現況



圖 12 聖教序給我們的啟發



圖 13 國立臺北大學師資培育中心「形潛可徵」之墨寶

從聖教序的例子，我們可以發現，使用結構版的聖教序，學生的選取/組織變得明確而容易，因此可以把比較多的認知資源用在整合/學習的思考上 (Huynh Cong & Kerzel, 2021)。而老師在教學脈絡上的安排，以「學生沒聽過聖教序，但聖教序卻是每個書法家必寫的帖子」，讓學生產生好奇，引起他們的動機，並開始介紹聖教序的背景。再利用沒有結構與有結構版本的對比，讓學生維持注意，最後以「形潛可徵」進行喚起行動之收斂，呼應結構的重要性。教師在進行引導提問時，也是扣住脈絡，從較為具體的先備知識、選取/組織等層次（文義的理解），慢慢提升到較為抽象的整合/學習層次（文學與教學的連結）。

伍、結論

工作記憶是感官記憶與大腦皮質之間的訊息交換中心，承接感官記憶所帶來的訊息以及來自大腦皮質的基模，經過整合，再送回長期記憶。由於工作記憶容量有限，因此造成學生學習最大的困難與障礙。雖然我們無法擴充工作記憶的「容量」，但可以擴增工作記憶的「流量」來促進學生學習。如果感官記憶裡的訊息明確而有結構，就能快速地進入工作記憶，連結長期記憶中的相關基模，感官記憶此時的作用猶如工作記憶的輔助記憶；由於外在訊息進入工作記憶的流量增加，相對的將觸發更多的基模參與整合，單位時間內的意元集組的速度自然

就提升，短時間也可以進行多次的複誦，促進思考與學習，喚醒學生沉睡的智慧。

教師的教學想進步，需有反思覺察能力，才有可能進行後續的修正，然而大部份老師的反思覺察都是局部的、零碎的，而且缺乏系統。為了協助學生擴充工作記憶、喚起沉睡智慧，SOIL 教學心法提供教師一套教學的後設反思覺察系統，我們要能先從外在的元素交互關係，處理 S（選取）O（組織），做到訊息明確、組成結構；再從內在的元素交互作用，做到 I（整合），然後發生 L（學習），讓有結構的訊息，進一步關聯，協助學生建構脈絡，這需要靠老師有層次的引導，才能讓所有訊息「形潛可徵」。SOIL 雖然是學生學習的四大認知階段，但對教師來說，SOIL 分別代表了 S（博觀）而 O（約取）、I（厚積）而 L（薄發）的教學素養。就以終為始的課程設計來說（Wiggins, & McTighe, 2005），SOIL 中的 S 代表了教學方法（選取策略），O 代表了教學活動（組織行動），I 代表了教學評量（整合證據），而 L 代表教學目標（學習成果），但課程設計的順序則是從 L（教學目標）的設定開始，再考量 I（教學評量）的設計，然後進行 O（教學活動）的安排，最後再思考應該要配合什麼 S（教學方法）以提升學生的學習成效。

綜上所述，我們提供老師看見教學的另一種觀點，利用 SOIL 教學心法框架，進行課程與教學設計，讓學生在 SO 的部份「有感覺」，在 IL 的部份「有意義」，最後透過引導讓學生覺得這堂課「有價值」。也就是在教學展演的部份，教師必需考慮利用區塊化與結構化降低元素交互關係（李俊儀、李佳蓉，2022），使得訊息的選取與組織變得容易，然後根據脈絡進行步驟化，配合口語引導與學生的先備知識/經驗做連結，促進元素交互作用，觸發學生的基模以利後續的整合與學習（Lee et al., 2018），最後達到開啟學生沉睡的智慧，進而提升教師的教學成效。因此，我們建議教師在教學實踐中，可以思考如何運用 SOIL 教學心法框架，適當的選擇「器」、「理」、「術」以達成教學目標並掌握教學之「道」。

參考文獻

- 程芷萱、陳明璋、李俊儀（2017）。以習慣領域與認知負荷理論探討排版模式對學生文言文閱讀的影響。*習慣領域期刊*，8（1），69-87。
- 李俊儀、李佳蓉（2022）。師資生教學專業素養之培力與實踐-以教學簡報設計與實作課程為例。*中等教育季刊*，73（3），28-54。

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (Complete Edition). New York: Longman.
- Beckmann, J. F. (2010). Taming a beast of burden – On some issues with the conceptualisation and operationalisation of cognitive load. *Learning and Instruction, 20*(3), 250-264.
- Chen, M. J., Lee, C. Y., Lei, K. H., Tso, T. Y., & Lin, S. L. (2017). Multimedia instruction presented by integrated context enhances understanding of compass-and-straightedge construction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 13*(7), 3735-3752.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences, 24*(1), 87-185.
- Davis, E. A., & Linn, M. (2000). Scaffolding students' knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education, 22*(8), 819-837.
- Gobet, F., Lane, P. C. R., Croker, S., Cheng, P. C. H., Jones, G., Oliver, I., & Pine, J. M. (2001). Chunking mechanisms in human learning. *Trends in Cognitive Sciences, 5*, 236-243.
- Heritage, M., Kim, J., Vendliniski, T., & Herman, J. (2009). From evidence to action: A seamless process in formative assessment? *Educational Measurement: Issues and Practice, 28*(3), 24-31.
- Huynh Cong, S., & Kerzel, D. (2021). Allocation of resources in working memory: Theoretical and empirical implications for visual search. *Psychonomic Bulletin & Review, 28*, 1093-1111.
- Lalley, J. P. & Miller, R. H. (2007). The learning pyramid: Does it point teachers in the right direction? *Education, 128*, 64-79.
- Lee, C. Y., & Chen, M. J. (2014). The impacts of virtual manipulatives and prior knowledge on geometry learning performance in junior high school. *Journal of Educational Computing Research, 50*(2), 179-201.
- Lee, C. Y., & Chen, M. J. (2015). Effects of Polya questioning instruction for geometry reasoning in junior high school. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 11*(6), 1547-1561.
- Lee, C. Y., Lei, K. H., Chen, M. J., Tso, T. Y., & Chen, Y. P. (2018). Enhancing understanding through the use of structured representations. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 14*(5), 1875-1886.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York, Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York, Cambridge University Press.

- Mayer, R. E., & Fiore, L. (2014). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd ed., pp. 279-315). Cambridge University Press.
- Lin, X., Hmelo, C., Kinzer, C. K. & Secules, T. J. (1999). Designing technology to support reflection. *Educational Technology Research and Development*, 47, 43-62.
- Lin, Y. C., & Huang, Y. M. (2013). A fuzzy-based knowledge diagnostic model with multiple attribute evaluation. *Educational Technology & Society*, 16(2), 119-136.
- Rittle-Johnson, B., Durkin, K., & Star, J. R. (2009). The importance of prior knowledge when comparing examples: Influences on conceptual and procedural knowledge of equation solving. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 836-852.
- Rumelhart, D. E., & Norman, D. A. (1978). Accretion, tuning, and restructuring: Three modes of learning. In J. W. Cotton & R. Klatzky (Eds.), *Semantic Factors in Cognition* (pp. 37-53). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rumelhart, D., & McClelland, J. (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Schnotz, W., & Kurschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19, 469-508.
- Stipek, D. (1995). Effects of different instructional approaches on young children's achievement and motivation. *Child Development*, 66(1), 209-223.
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32, 9-31.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 123-138.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.
- van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17, 147-177.
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (Expanded 2nd ed.). Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.