

第二章 文獻探討

第一節 建構主義與引導式發現學習

建構主義的起源甚早，可追溯到十八世紀康德（Immanuel Kant）的批判主義（Criticism），但在教育學界或心理學界，常將建構主義之起源歸結於皮亞傑（Piaget）及布魯納（Bruner）等人。

建構主義者（constructivist）對於學習者知識建構過程所採取的主張是：知識的建立是來自於學習者本身的先備知識（prior knowledge）與學習者在學習情境中互動交互影響下所產生的結果（Matthews, 1994; Yager, 1991）。建構主義學者們認為個體和外界環境互動過程中，會根據自己已有的知識來理解周遭的環境，所以個體知識的形成係主動建構而不是被動的接受。因此，教師應該提供一種有利於學生主動建構知識的環境，幫助學生能夠自我學習與成長。依此而言，建構教學可簡單視為教師提供學生主動建構知識的一種教學方法。

一般而言，大家對建構主義在教學應用上的共同認知是，以學習者的學習活動為中心，學生是知識與意義的詮釋者及問題的探究者，而教師的角色則是在設計學習情境，並引導學生建立知識，而不單只是將教師本身的知識傳輸給學生（甄曉蘭，民 86）。Bruner（1966）認為傳統行為主義者（behaviorist）的教學建立在直接觀察和外在控制的方式上，是無法發展學生有意義的學習，這種教學違反人

類學習的建構本質，故應採用以培養學生主動學習能力的教學法，如發現式教學法、問題解決教學法或合作學習為佳。

Bruner (1966) 認為學習是一種由學生主動參與處理訊息，並將訊息加以建構於內心的活動，因此教學必須配合著認知的發展，學生才能掌握學習材料間的結構與概念。他認為求知是一種過程而不是成果，因此他主張發現式學習 (Learning by discovery)。所謂發現式學習是指老師不直接告訴學生教材內容和原理原則，而是在特殊的教學情境中，讓學生自己去操弄教材或歸納重點而獲得知識。經由發現或創造的學習比較能夠提供學習者應用歸納與思考的能力，在學習的過程中建構自己的知識體系與內涵 (Bruner, 1986)。換言之，教學設計應由以老師為中心轉為以學生為中心，而不再是「老師教、學生學」的模式，應該提供學生實際操作演練的機會，使其從外界環境中，培養思考的能力。

Bruner (1986) 認為發現式教學法的主要優點有四：

1. 使學生更容易瞭解教材內容而產生有意義的學習，增進學生智能的潛在能力。
2. 可以幫助記憶，因為教材的細節已納入良好的結構之中。
3. 可以產生最大的學習遷移，因為學生在更瞭解概括性的模式或結構之後，就能有助於處理他所面臨的類似之新情境。
4. 可以使學生有機會「學習如何學習」，亦即學習的過程技能 (process skills)，強調學生要學習的是過程，而不是成果。

然而 Bruner 的發現式教學，只給予學生很少的引導，因此學者 Skinner 質疑

如此的教學過程中，學生真正的發現相當的少，各種的發現都極為耗費時間，因此，教師引導式的發現要比由學生自由發現更具成效（Skinner, 1968），Skinner 因此提倡引導發現式學習方式（Guided discovery learning）。所謂引導發現式學習方式是指教材以有系統的方式提示給學生，導引學生自行探究，讓學生主動於其中獲得相關領域的概念。在問題解決過程中，解題原則不全由學生自行發現，而是由老師適時提供啟發性的問題刺激學生思考或是暗示關於解題的策略，引導學生思考以發現解題原則。

第二節 課程軟體的發展

一、一般課程軟體的發展

建構主義強調的是知識的建立，而各種知識在本質上又並非全然相同，所以不能由媒體的觀點來談電腦輔助學習的設計，而必須回歸到各個學科學習的特性（錢正之，民 88）。一個課程軟體的開發如果沒有教學設計作為指導，這個製作的成品極有可能成為毫無價值的電腦程式（楊家興，民 84），所以在發展課程軟體時，教學設計和軟體的製作都是很重要的問題。

圖 2-1 所提的鏈結模型（Chain Model, Chien, 1998），就是由學科內涵出發來製作 CAL 教材的一種思考過程：

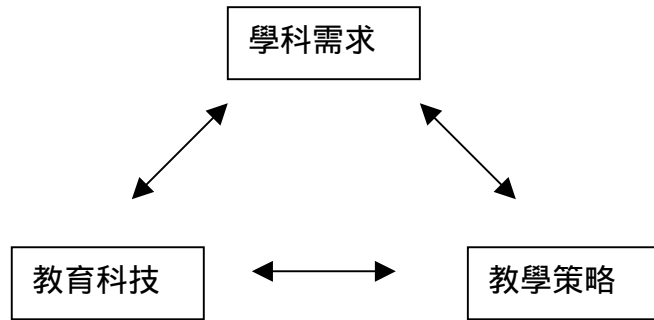


圖 2-1 鏈結模型：科技化教學設計的思考模式 (Chien, 1998)

上述的思考流程包括幾個問題，可以讓我們在發展課程軟體的時候，有一遵循的思考方向：

1. 教學的需求在哪裡？
2. 什麼樣的教學策略能幫助學生達到這些目標，或是解決學生的學習問題？
3. 教學內容的哪些部分需要靠著科技才能有效率的呈現？
4. 哪些教學策略使用教育科技較容易實現？

另外，設計一套教學媒體，應注意如何呈現畫面，提供學生具體、清晰的觀念，才能幫助學生達到最有效的學習，以下幾點為多媒體訊息的認知設計原則

(Mayer, 1999)：

1. 學習者接收文字與相關的圖片比單獨使用文字好
2. 圖文排列接近會比彼此分開好
3. 圖文同時呈現比分別呈現好
4. 使用聽覺的說明會比文字的說明好

5. 減少多餘的資訊對學習比較好
6. 不論視覺或語言的資訊以小單元呈現比較好
7. 將外來無關的資訊降到最低
8. 低先備知識者及高空間能力者的學習效果較佳

設計一個課程軟體時，必須針對電腦這個教學媒體的特性來做教學設計，而且不能只考慮軟體的設計而忽略了教學功能的重要性。學者 Wager 及 Gange (1988) 提出九個經常被用來作為討論電腦輔助教學之教學策略的理論架構，他們認為這九項工作是一個成功的課程軟體所必備之要素：

1. 獲得注意 (gaining attention)
2. 使學習者明瞭課程目標 (informing the learner of the lesson objectives)
3. 刺激回憶先前所學之知識 (stimulating recall of prior learning)
4. 以不同的方式來呈現刺激 (presenting stimuli with distinctive features)
5. 提供學習的指引 (providing learning guidance)
6. 誘出表現 (eliciting performance)
7. 提供回饋 (providing feedback)
8. 評估表現 (assessing performance)
9. 加強記憶的保留及學習的轉移 (enhancing retention and learning transfer)

學者邱貴發（民 80）亦將電腦輔助教學軟體的發展歷程分成以下四個階段：

1. 分析階段：著重於嚴謹的分析教材的結構及教材的教學邏輯順序，期能勾劃出教材的體系架構。
2. 設計階段：著重於完成兩件事，其一是完成鉅細靡遺的教學流程圖（instructional flowchart）；另一件事則是完成一本具有教學意義的教學腳本（instructional script）。
3. 編碼階段：著重於程式設計或某些工具軟體應用之技巧。
4. 應用階段：著重於如何把已經發展完成的電腦輔助教學軟體，應用在實際的教學情境中。

以上所探討的皆為發展一般電腦輔助教學軟體的原則，由於讓學生動手做實驗的電腦模擬軟體亦為電腦輔助教學軟體的一種，因此以上原則對於發展實驗化課程軟體有很高的參考價值。

二、實驗化課程軟體之發展模式

實驗化課程軟體系統通常被用來作為課堂知識的補強，學生由課堂上的聽講，學習課程主題的相關知識，實驗軟體只是用來幫助學生加強了解相關的重要觀念。張炯祥（民 85）將實驗化課程軟體之特性歸納如下：

1. 實驗課程軟體的使用時間有一定的限制，通常為二至三小時。

2. 實驗課程軟體的主要目的乃是為了單元知識的補強，所以必須和單元內容緊密配合。
3. 學生在從事電腦實驗活動之前，必須對整個實驗軟體所涵蓋之課程內容有初步的瞭解。也就是說，課程軟體內所呈現的觀念對學生而言並非全然陌生的。
4. 實驗活動係於教師之督導下進行。
5. 實驗軟體將與實驗手冊或工作單搭配使用。

由上述實驗化課程軟體之特性可知，實驗軟體並無須包含一般電腦輔助教學軟體中必須提供的有關一個主題的完整知識。在 Gange 所提出之九個學習事項中，獲得注意(gaining attention)和使學習者明瞭課程目標(informing the learner of the lesson objectives)兩項屬於課堂上講授的部分，不是實驗軟體的重點。而刺激回憶先前所學知識(stimulating recall of prior learning)對於學習一項從未教授過的知識才比較重要，而實驗化課程軟體的內容並非在實驗之前完全沒有學過，所以刺激回憶先前所學知識也不是很重要。對於封閉式實驗之結構性以及隨時有教師可提供指引之特性亦使得提供學習指引(providing learning guidance)並非很必要。誘出表現(eliciting performance)及評估表現(assessing performance)兩項工作，以傳統的方式處理即可，並非課程軟體的重點。所以封閉式實驗軟體主要有三個重點：以不同的方式來呈現刺激、提供回饋及加強記憶的保留及學習的轉移。因此，封閉式實驗軟體實為電腦輔助教學軟體的單純化型式（張炯祥，民 85）。

為了能讓學生順利地使用本軟體，本研究參考張炯祥（民 85）所提出的實驗化課程軟體介面設計原則來發展本軟體：

1. 介面簡單

因為學生操作實驗軟體的時間有限，因此操作介面要簡單，避免學生花費太多時間來學習、熟悉軟體，或是因操作介面困難而降低學習意願，影響了對於課程知識本身的學習。當學生發現學習使用某個課程軟體是困難的，他們便不想去使用了（Wilcocks & Sanders, 1994）。本軟體的操作以按鈕為主，輸入數據也都相當簡單容易，讓學生能輕鬆完成學習單上的工作。

2. 具有一致性

本軟體共六個單元，在這六個單元中的操作按鈕配置、名稱，皆盡量安排一致，讓學生很容易熟悉操作本軟體。

3. 按鈕提示功能

為了避免學生在操作軟體的過程中，因為一時疏忽，而不知已輸入多少 clock，最後導致操作軟體與學習單的步驟無法配合，無法觀察電路信號的變化。所以當滑鼠經過按鈕上方時，會有提示文字出現，幫助學習者確認當按下按鈕時會有何動作。

4. 以動態方式呈現信號的變化

在分析順序邏輯同步電路的過程，當時脈信號輸入的時候，每一正反器的輸出會隨著目前輸入和上一輸出狀態而改變，因此以動態方式呈現信號的變

化，可以讓學習者確實觀察，進而理解、分析及歸納。

第三節 引導式發現學習與實驗化課程軟體

整理建構主義學者對於人類認知心理發展的討論和研究，以引導式發現學習理論為出發點的教學理念可以歸納如下（朱秀勇，民 89）：

1. 強調學習者的經驗

認為學習者在教學前對所要學習的內容，已存在許多先備概念（prior concept），學習者並非對所欲學習的內容完全沒有認知。希望學習者能將原本視為理所當然的知識，能夠再加以思考。

2. 以學習者為中心

學習不再像傳統教學方式以老師為中心，老師教、學生學的模式，學習科學概念必須由學生主動的參與整個學習過程，再建構自己的知識，老師只是從旁給予引導。

3. 製造衝突的學習情境

學習的發生在於解決先備知識與新認知的衝突，個人的學習被視為現有的概念與新經驗的交互作用的成果，並非只是新概念的累積。

4. 注重互動的學習方式

在教學過程中強調學生與學生、學生與情境以及學生與老師的互動關係，讓

學生主動參與。學習必須透過溝通的方式，大家提出不同的看法以刺激個體反省思考，在交互質疑辯證的過程中，以各種不同的方法解決問題，澄清疑慮，並且逐漸形成正確的知識。

為了將上述引導式發現學習理論的教學理念融入到實驗化課程軟體的設計，在設計本研究的電腦輔助學習軟體時，參照下列原則：

1. 以電腦模擬真實電路，能讓學生反覆輸入不同的輸入信號，測試電路特性，驗證上課所學理論。例如，在 BCD 計數器單元中，可讓學生設定 $R_{0(1)}$ 、 $R_{0(2)}$ 、 $R_{9(1)}$ 、 $R_{9(2)}$ 輸入，並觀察輸出端 $Q_D Q_C Q_B Q_A$ 信號的變化，多次測試之後，歸納結果，驗證上課所學理論。
2. 將電路動作原理視覺化，學生不僅可得到相對於不同輸入信號的輸出結果，更可看到電路信號變化的抽象過程，讓學生觀察以從中建構知識，並與原有概念做交互的作用。透過視覺化的物體來類比抽象的概念，更能真實的表現出此概念的真正意涵 (Lanzing and Stanchev, 1994)。例如，在 JK 同步計數器單元中，CLK 信號以動態方式同時送入正反器的 CLK 輸入端，接著輸出信號的流動過程也詳細的呈現，讓學生以視覺化的方式觀察電路信號變化的抽象過程。
3. 在學習單的使用上，設計問題來引導學生探索、歸納，不直接給學生答案，而是讓學生在教材的引導之下，一步一步建構正確的知識。例如，在 JK 同步計數器單元學習單步驟 4 中，先提示觀察重點為輸入信號從何而來，並先指

- 出 J_A 輸入端信號由 \overline{C} 輸出而來，其布林代數可記為 $J_A = \overline{C}$ ，接著讓學生觀察寫出 K_A 、 J_B 、 K_B 、 J_C 、 K_C 的布林代數。另外，如步驟 8、9 中，提示利用布林代數式子 $J_A = \overline{C}$ 說明為何 J_A 的值為 0 或 1，讓學生經由觀察表（一）回答 J_A 、 K_A 、 J_B 、 K_B 、 J_C 、 K_C 的值與 A、B、C 的值有何關係，由此來獲得正確的知識。
- 讓學生根據先備知識提出假設和預期結果，透過實際操作軟體來驗證並解決預期結果與實際結果間的衝突。軟體設計要讓學生有適度的思考空間，以便學生有探索及發現相關知識的機會。例如，在 JK 正反器基本特性測試單元中，經由操作軟體讓學生測試正反器的每一種輸入狀況，並將所得的表（一）歸納出簡化的真值表（表二），而不只是直接讓學生記憶真值表。
 - 在學習的過程中，多讓學生動手操作，設計問題導引學生，多讓學生思考，以便探索新知，在操作的過程中增加學習者之間以及學生與老師之間的互動關係。