

第貳章 文獻探討

本研究藉由測驗-教學-再測驗的動態評量方式探討理想氣體動力論之建模教學對高一學生建構微觀氣體粒子運動心智模式的影響，因此分為以下四部份進行文獻探討，第一節為心智模式與模型，討論心智模式及模型的性質；第二節為概念改變，討論概念本體分類對概念改變的影響；第三節為學生氣體粒子概念，討論過去文獻中對學生氣體粒子迷思概念相關研究發現；第四節為動態評量，討論過去對動態評量相關研究。

第一節 心智模式與模型

一、心智模式

心智模式是個人內在的認知表徵，是個人用來解釋、描述、推理與預測現象的一種心智表徵，最早是由 Kenneth Craik (1943，引自 Gilbert & Boulter, 2000) 所提出。他在進行文化與行為科學的實徵研究時提出心智模式是一種特殊形式的心智表徵，個體經由所經歷的外在經驗建構內心的模式，此模式是一動態的表徵，個體可操弄此表徵來進行推理。Johnson-Laird (1983, 1989, 1999) 則認為心智模式代表對事物狀態的直接表徵或模擬，是一種抽象的類比表徵，此表徵影響人類對語言的理解與日常生活的推理，因此可視為一種工作模式 (working model)，是一種用來解釋和預測的模型。而 Vosniadou 與 Brewer (1992) 也對心智模式進行詮釋，認為心智模式的產生是為了回答問題並解決問題所產生的一種動態結構，而該結構受限於個體本身所具有的概念結構。學生在日常經驗中由現象的錯覺會產生不正確的心智模式，科學所呈現的是抽象模型中的關係和複雜性質，但學生以真實世界的及時現象來進行推理，這種素樸、簡單的知識的組織原則 Vosniadou 將之稱為素樸的架構理論 (naïve framework theory)，此理論架構包含了認識論與本體論的預設，學生會受此兩預設建立素樸理論架構，如圖 2-1-1 所示。

Norman (1983；引自何佳燕，2001) 認為心智模式具有以下六個特質：

1. 不完備的：人類對於現象所具有的心智模式通常是不完整的。
2. 有限的：人們在執行其心智模式時，能力是有嚴重限制的。
3. 不穩定的：一段時間沒有使用時，通常會忘記所使用的模型的細節。

4. 沒有固定的範疇：常會混淆類似的機制或是操作。
5. 不科學的：為了可以節省體力或是心力，人們常會使用迷信的模式。
6. 檢約的：人們寧願多做一些可以省去的行動，也不願多做心智模式上的規劃，以減少心智上的負荷與複雜度。

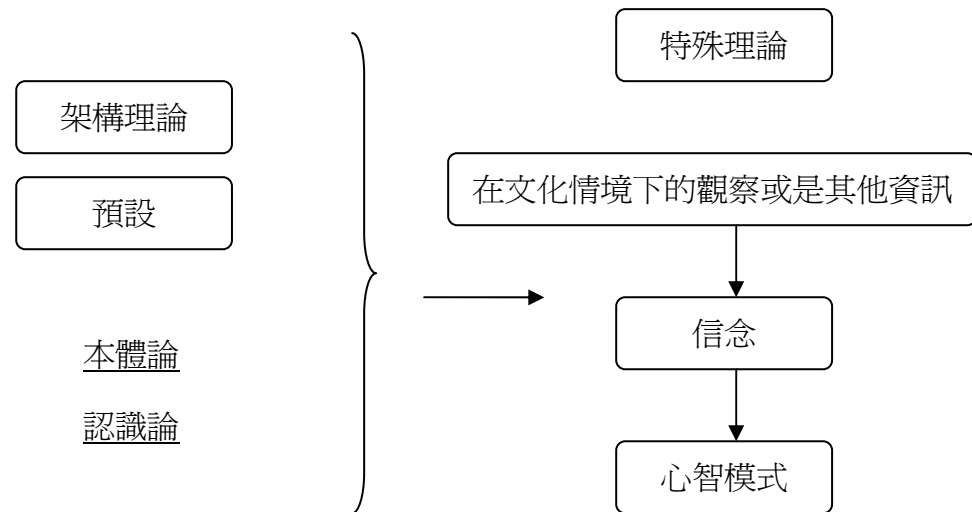


圖 2-1-1 Vosniadou(1994)架構理論

而心智模式包含四個組成：

1. 目標系統 (target system)：提供學習者學習或使用的系統。
2. 概念模式 (conceptual model)：由教師所整理出一個正確、完整且和科學知識相符合的表徵，可以用來傳遞或教導目標系統。
3. 學習者的心智模式 (mental model)：學習者與使用的目標系統交互作用後，對目標系統所產生的表徵系統。此表徵系統並非一開始就完全正確，經過多次與目標系統的互動過程中，為了運作的順利，心智模式會不斷地修正與精緻化。
4. 科學家心智模式的概念化 (scientists' conceptualization of a mental model)：科學家在個體進行心智模式運作時，對此內化的心智模式予以一概念化的一種模式。

就 Norman 上述所提的心智模式所具有的不完備特質，與 Vosniadou 的素樸理論架構以及 Strike 與 Poster (1992) 所提的心智模式類似，人們對於所經驗的心智模式通常是依直覺所形成的簡單心智模式，Harison 與 Treagust (1996) 也有相同看法。

在科學教育的課程設計中，可以透過由科學家的概念化的心智模式，以及瞭解學習者的心智模式，進而分析概念模式（conceptual model），以提供學習者最佳的學習目標系統，目的在使學習者與目標系統經交互作用建構出與概念系統最相似的心智模式。透過瞭解學生的心智模式，科學教師在介紹科學系統時可瞭解學生學生的學習困難，並發展最合適的教學模型（邱美虹和翁雪琴，1995；Stevens & Collins, 1980）。

心智模式在人類理解科學概念知識上是重要的，因為有許多現象不是人的肉眼可觀察到的，例如力對物體的作用，雖然有力存在，但我們無法直接觀察，因此需要利用心智模式來對自然現象進行瞭解，教師探究適當的心智模式，並將它實體化的呈現給學生，以促進學生的學習。

Johnson-Laird(1983)認為心智模式與概念間的關係是直接相關的，概念的形是由對聲音與視覺等感官覺知，透過概念階層單元的處理而產生，心智模式與概念的關係可由圖 2-1-2 表示（Kessler, Duwe, & Strohner, 1999；引自邱顯博，2002）。

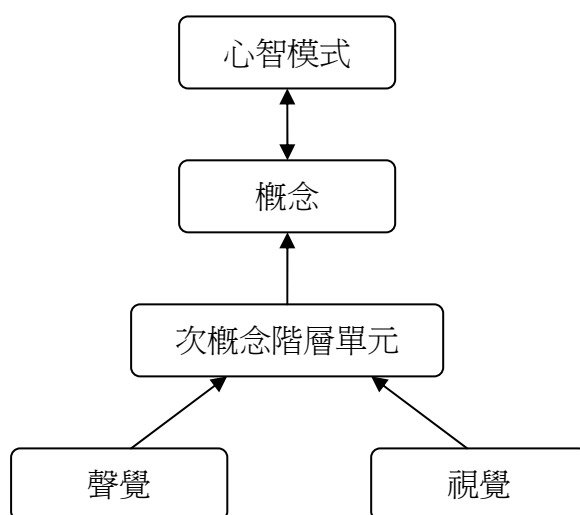


圖 2-1-2 Johnson-Laird(1983)心智模式理論心智模式與概念的

針對 Johnson-Laird 的想法，Kessler et al. (1999) 提出另一種說法，他認為概念與心智模式具備關連性，但並非直接相關，而是在概念與心智模式間具有一次概念動態單元（subconceptual dynamic unit），此一動態單元能擷取聲音與視覺訊息來處理以形成新概念，或依不同情境產生不同的心智模式，與概念是直接相關的，其理論如圖 2-1-3 所示（Kessler et al., 1999；引自引自邱顯博，2002）。

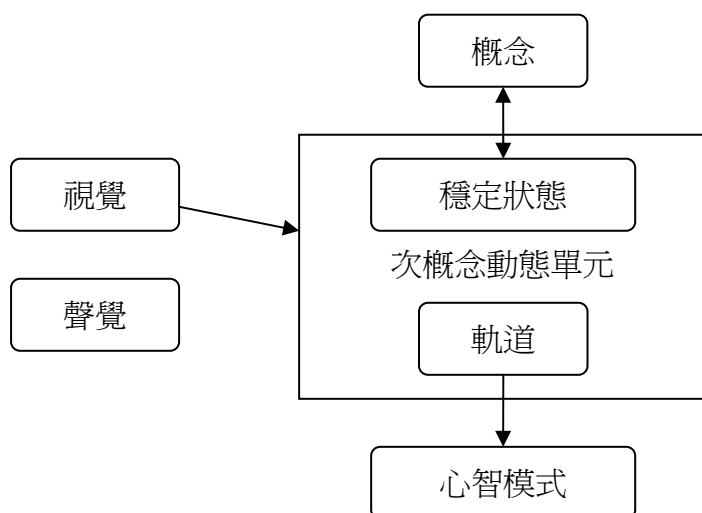


圖 2-1-3 Kessler et al.(1999)心智模式理論心智模式與概念的

Johnson-Laird 與 Kessler 的觀點並不完全相同，但兩派理論共同之處在於，兩者皆認為個體是透過視覺與聽覺兩種官能來產生對外在事物的知覺，也就是說，個體對於外在事物產生了語言文字的命題表徵或空間表徵，而利用所產生的心智模式來解決個體所遇到的問題，同時我們可以利用語言文字的命題表徵及空間表徵來進行心智模式的探究。

二、模型與建立模型

Gilbert, Boulter 與 Elmer (2000) 提出模型的種類：可分為心智模型 (mental model)、呈現模型 (expressed model)、一般模型 (consensus model) 與教學模型 (teaching model)。其中呈現模型是指外在表徵，是被個人或是某族群公開的模型，經常藉由使用一個或多個形式的表徵來提供他人做互動，任何心智模型與其心智模型相關的呈現模型之間的關係是複雜的，當人們進行思考以呈現其心智模型時，同時也會改變自己的心智模型。呈現的模型可以用來溝通，也可以用來推理 (Kindfield, 1993, 1994; Larkin, 1989; Larkin & Simon, 1987)。當不同族群在經過討論及實驗後，一致認為某呈現模型是有價值的，這種模型稱為一般模型。而教學模型則是用來具有幫助理解一般模型的功能，教學模型可由教師或學生發展。

教師可善用適當表徵的模型來呈現模型，例如文章中具有隱喻或對話的圖像、圖形或公式。當學生在使用教學模型來進行科學概念學習的過程中，可透過老師的指導利用口語、紙筆或教學模型進行交互作用，學生可能在整個教學過程中使用了許多的模型的表徵，而這些個特定的表徵可能會促進學生對於現象的某些面向的瞭解，進而有助於形成具有與現象相同屬性的心智模式。而心智模式也用來創造和瞭解呈現模型，兩者都會影響我們對現象的感官知覺呈現模型可以呈

現出心智模型以及我們對現象的部份選擇面向。現象、心智模型和呈現模型之間的關係如圖 2-1-4 所示。

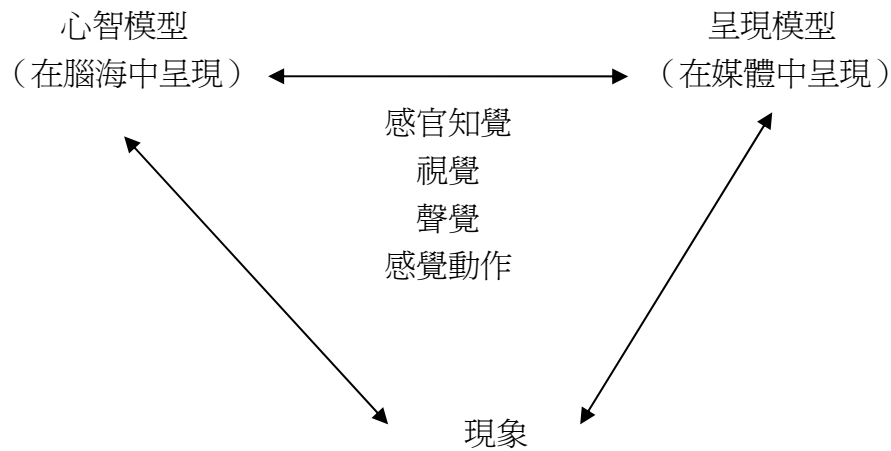


圖 2-1-4 現象、心智模型和呈現模型的交互作用 (Buckley & Boulter, 2000)

Gilbert, Boulter & Elmer(2000)和 Buckley & Boulter(2000) 提出模型分類的一個判准，他以兩個維度：表徵的方式和表徵的屬性來解釋模型。

在表徵的方式可分為以下幾類：

1. 具體的 (concrete)：指三度空間的實體模型，例如：一個塑膠的心臟模型。
2. 言語的 (verbal)：指被聽到或讀到的、描述的、解釋的、敘述的、辯論的、類比的、隱喻的模型，例如：心臟是一個幫浦。
3. 視覺的 (visual)：只可以看到的模型，例如：圖、動畫、模擬、影片，例如：對於月蝕歷程的描繪。
4. 數學的 (mathematical)：指式子、等式、模擬等等，例如：行星運動方程式。
5. 動作的 (gestural)：物體或部份的移動，例如：以學生互相繞來繞去表示太陽系模型。
6. 具體混合的 (concrete mixed)：附有視覺、言詞或數字的具體模型，例如：標有解釋標籤的太陽系儀。
7. 言詞混合的 (verbal mixed)：附有視覺或數字的文章，例如：附有一個相關心臟結構圖像的解釋文章。
8. 視覺混合的 (visual mixed)：附有言詞或數學的視覺模型，例如：附有註釋的心臟結構圖。
9. 數學混和的 (mathematical mixed)：附有言詞解釋的式子或等式，例如：一個附有文字說明的行星運動式子。
10. 動作混和的 (gestural mixed)：附有言詞解釋的言詞表徵，例如：學生

一邊座地球和月球的移動，一邊談論他們的移動。

在表徵的屬性方面，有以下幾點：

1. 量化 (quantitative) 或質化 (qualitative)：根據量化的關係來區分，表徵是以尺規、等式的精確描繪，或是質化的。
2. 動態 (dynamic) 或靜態 (static)：根據表徵在時間變化中的行為，例如圖 (靜態)，動畫 (動態)。
3. 決定的 (deterministic) 或隨機的 (stochastic)：根據表徵行為的可重製性來區分，當表徵是動態的，則此表徵的行為如果總是相同的稱為決定的，或是表徵的行為是隨機的且可改變稱為隨機的。

由以上的表徵方式或屬性，教師在課堂中可藉由各種不同方式及途徑呈現模型給學生，讓學生透過親自接觸、操作的具體模型，經由書本、黑板上的文字及圖形，讓學生由聽說的言詞或文章，或是透過多媒體的工具，以不同方式的呈現模型，配合各模型所適合的模型屬性，讓學生建立具有相同屬性的心智模型。

三、學生對模型的看法

Grosslight 等人 (1991) 透過晤談的方式將收集國高中學生與專家對模型的看法與瞭解程度，他將對模型的理解分為三種階層：

1. 階層一 Level 1: 將模型視為玩具或是實體的簡單複製品。
2. 階層二 Level 2: 學生瞭解模型的構成有明確清楚的目的，也瞭解建模者是有意識的透過模型達成某種目的。但主要仍是強調模型與實體的關連性而非模型所描繪的概念。
3. 階層三 Level 3: 此階層接近專家對模型的看法：
 - (1) 瞭解模型是為了發展或測試概念，並非是實體的複製。
 - (2) 建模者在建構模型中扮演主動的角色，評價模型的設計是否符合模型的目的。
 - (3) 在形成概念的過程中模型可以被運用來測試概念。

模型會隨著呈現的方式、效用與現象的關係而改變，或因教師或學習者而有不同的使用方法。一般教室中的學生很少瞭解他們正在建立或使用模型去解釋現象。他們將某種表徵視為課程的一部份，但通常很少討論模型的本質或功能 (Gilbert, 1991; Grosslight, Unger, Jay, & Smith, 1991)。學生需要更多使用模型作為知識工具的經驗，有更多使用提供與現象對照的模型的經驗，對模型在科學探究的角色有更多的討論 (Grosslight et al., 1991)。科學教室中的教學需要更加強調科學模型在科學領域的角色與目的 (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2002)，以幫助學生學習科學概念。

第二節 概念改變

一、概念改變的歷史發展

在科學教育中研究中，概念改變的理論由 1980 年代開始發展，直至 1990 年代初期，概念改變理論對於科學學習與教學領域的提升與改進，有本質上的貢獻（Duit & Treagust, 2003）。

Duit & Treagust（2003）整理概念改變的理論，包含以下的發展框架：

1. Piaget 認知發展論：Piaget 的理論是以生物學的角度出發，強調生物體生理發展程度與心裡發展程度之間的相對應關係，之後認心裡學者擷取其中的理論將之合併，成為概念改變的基礎。
2. 建構主義的觀點：藉由 Piaget 的理論中所提及的調適和順應，融合認知的觀點，提出個人知識建構的歷程，成為概念改變的一個環節。
3. Kuhn 的思想：由於 Kuhn「科學革命的結構」一書中，曾提及科學歷史的理論轉變，引發概念改變理論的興起。

雖然概念改變曾值基於建構主義的觀點，表面看起來似乎十分完善，但即使建構主義融入了社會建構主義及社會文化面向，仍還是有所限制，也因此概念改變的理論開始朝向多元面向的知識論趨勢，希望能完整合宜的呈現複雜的學習過程（Duit & Treagust, 2003）。

二、概念改變的理論

Chi（1992）由許多文獻中發現有些學生的概念在教學後容易改變，有些卻是有堅固、拒絕改變的特性。Chi 等人（1994）認為最困難的改變是涉及本體論類別的重新分類；他從本體論的角度指出，所有的實體可分為三類：物質（matter）、過程（process）和心智狀態（mental process）。所謂的物質指的是含有特定屬性的東西，例如：紅色的衣服、容器可用來裝東西等；過程是指事件發生，可能有序列性、因果關係或是機率問題，它反映出自己特定的屬性，可細分為步驟（procedure）、事件（event）與條件為主（Constrained-based Interaction, CBI）；至於心智狀態是指情意的部份，如情緒或傾向。Chi 的本體樹架構如圖 2-2-1 所示（Chi, 1992; 1994 修正; 引自邱美虹, 2000）。

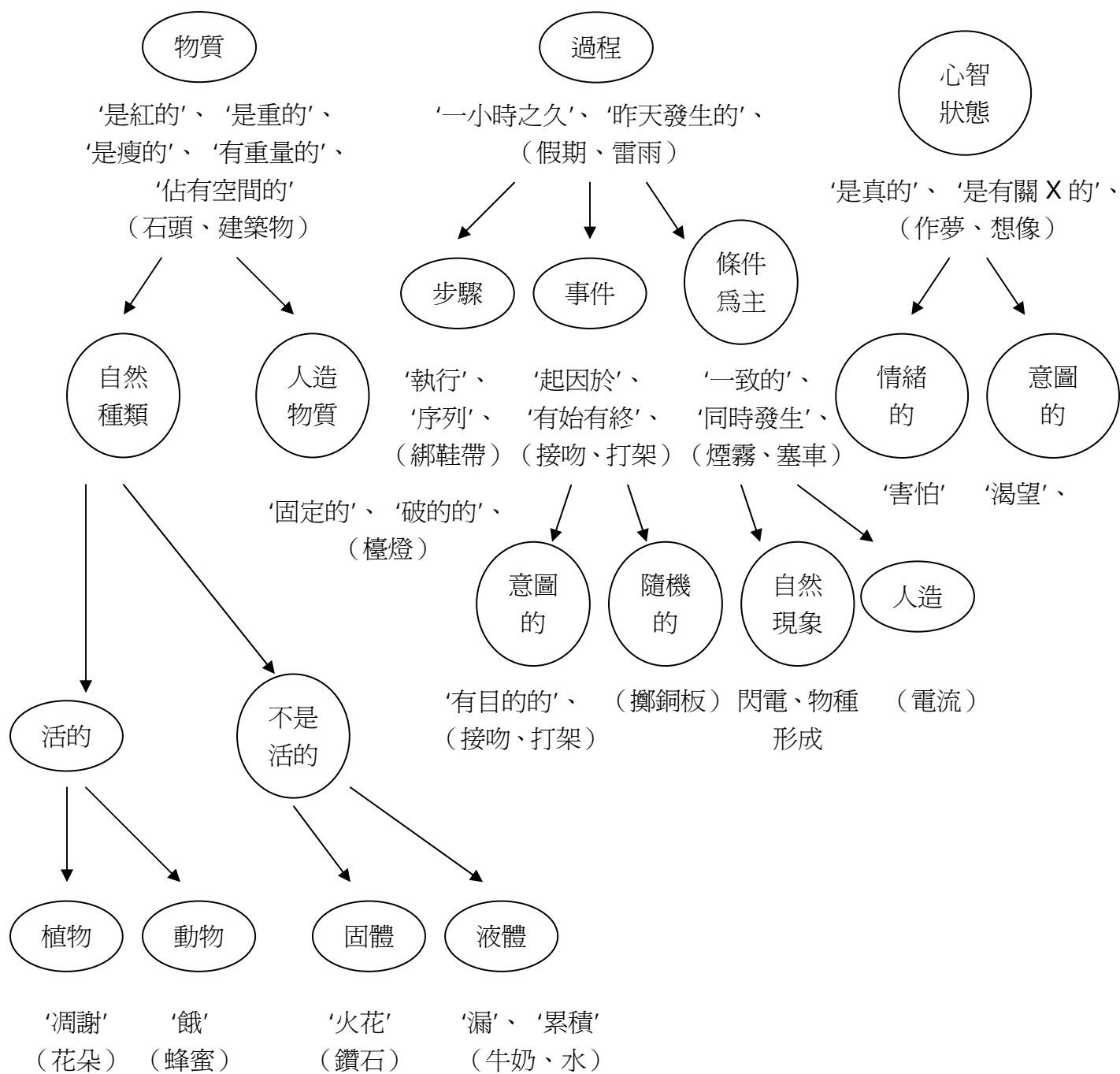


圖 2-2-1 本體樹的組織架構(引自邱美虹, 2000)

同時 Chi (1992) 指出概念改變應分為本體類別內的概念改變和跨越本體間的概念改變, 他認為概念改變作了如此的區分才有助於學生學習、發展對科學知識的瞭解。至於類別內的概念改變是指概念改變的發生是在同一本體樹上, 其概念上下的轉變; 換句話說, 就是同一類別內的概念互相的歸屬改變。而跨越本體間的概念改變則是科學概念由某本體樹遷移到另一個本體樹, 這種類別間的轉移可視為根本的概念改變, 但若只是本體樹中某一概念的改變還是無法視為根本的

改變。基本上，物質、過程和心智狀態在本質上是獨立的，他認為概念改變是一個概念被重新放置，即由一個類別放置到另一類別（Chi et al., 1994）；若概念改變牽涉到本體論類別內的改變，及概念本體樹的上下移動，就稱為「輕微的概念改變」；若概念改變的發生是屬於類別間的改變，就可以視為「根本的概念改變」。如圖 2-2-2 所示，若只是類別間的改變（a.b），概念本身並未改變其原來意義。因此中心的原點為改變，改變部份是概念中心樹狀脈絡的位置，稱之為概念的重組或遷徙；或跨越類別間的根本概念改變，則屬於概念中心部份改變，以不同形狀表示之。

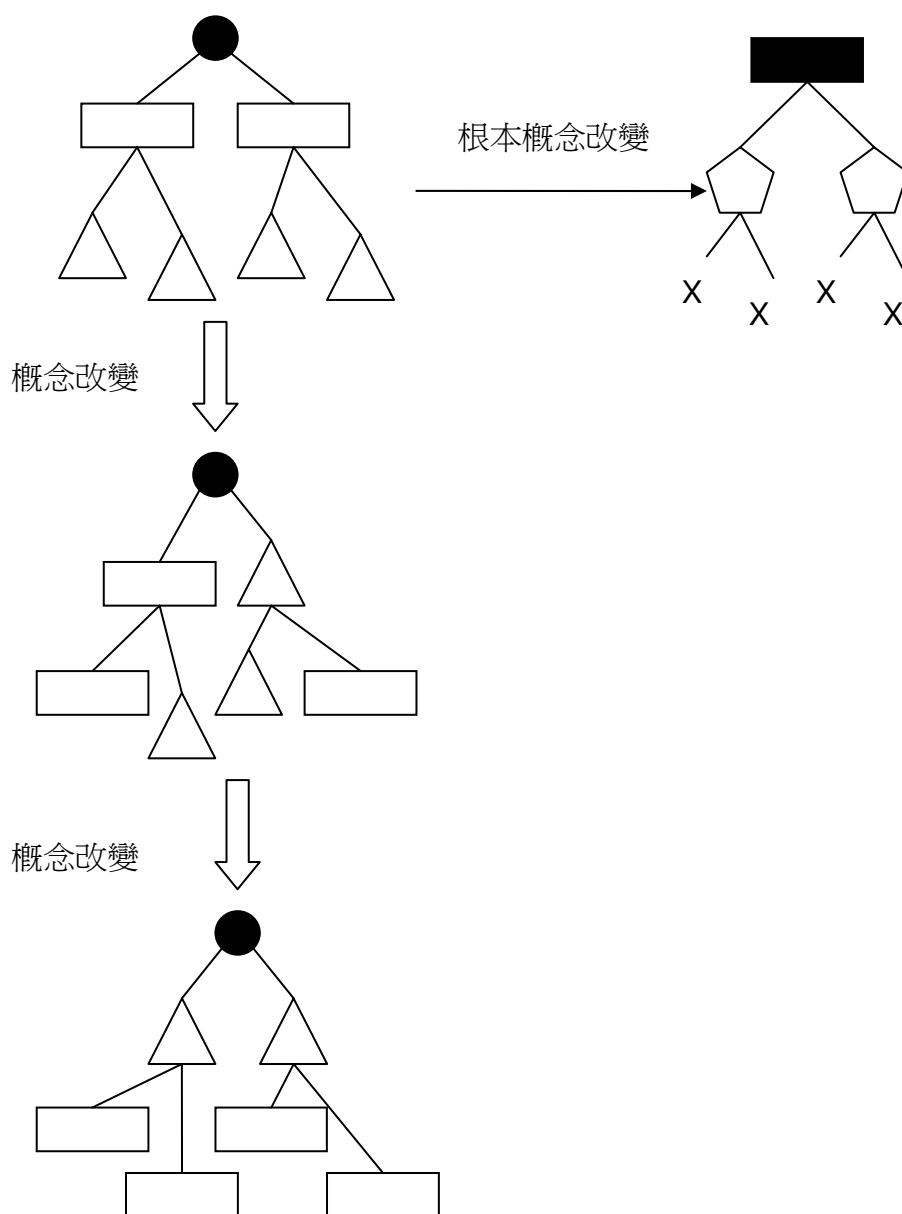


圖 2-2-2 輕微或根本概念改變之區分(引自邱美虹，2000)

基本上，一般所謂的概念改變發生都屬於前者，後者較少發生，Chi (1994) 在文中提及哈維的血液循環系統改變、學生認為鯨魚不是魚等皆屬於輕微的概念改變；而一些物理概念如電流則需要根本的改變。由於其需要跨越本體樹的類別間概念改變，故在許多科學教育文獻中均指出要達到根本的概念改變是困難的。

1997 之後 Chi 與其研究伙伴陸續修改其本體樹架構，著重於過程本體的分類，Chi 等人 (Chi, 1997; Ferrari & Chi, 1998) 將 CBI 以平衡過程 (EP) 取代，並說明 Event 與 EP 之分別，如表 2-2-1 所示，各有六項特徵。

表 2-2-1 Event 與 EP 之屬性特質 (Slotta et al., 1995; Slotta & Chi, 1996; Chi, 1997, 1998; Ferrari & Chi, 1998; 引自陳盈吉, 2004)

事件屬性 Event	屬性說明	平衡過程屬性 Equilibration	屬性說明
明顯的行動 Distinct Actions	對個體而言，每個個體所受到的影響因素是不相同的	一致的行動 Uniform Actions	對個體而言，每個個體受到的影響因素是相同的
有界線的 Bounded (begins and ends)	事件有開始與結束；事件本身是不可逆進行的	無界線的 Unbounded (ongoing)	過程可能有開始，可是沒有結束
可終止的 Terminates	每個個體並非持續運動，運動一段時間可以停止，可以忽然中斷再繼續進行	持續不停運動的 Continuous	每個個體都是持續不停運動，不會停止的
有先後次序的 Sequential	不能同時進行，一定是有一方先進行之後另一方才可進行	同時的 Simultance	沒有先後次序的，個體是同時運動的
因果的 Causal	有因果關係，有因的存在才有果的發生	隨機的 Random	並非直接的因果關係，產生的原因完全是個體隨機運動的結果
非淨效應 目的導向的 Goal-Directed	發展的方向朝一個固定的方向進行，個體會朝向同一方向運動	淨效應 非目的的 Net Effect	發展的方向並不一定是朝一個固定的方向，而是所有個體運動總和所呈現的一個方向

2002 年 Chi 與 Roscoe (2002) 再次將過程屬性分類為因果過程 (Casual process) 與突現過程 (Emergent Processes)，取代原有的 Event 與 CBI。其中因果過程的屬性為明顯的、有次序的、彼此依賴的、有終點的與全面相關或是有意圖的行動，突現過程屬性為一致的、同時的、彼此獨立的、持續的與局或或去中心化的行動。

Chi (2005) 於 2005 年所發表之最新本體樹架構再將過程屬性區分為直接過程 (Direct Processes) 與突現過程 (Emergent Processes) 取代原有的 Event 與 CBI 分類。Chi 將本體屬性分為組成分子層次的交互作用與內在層次的關係討論，直接因果過程表示其系統中組成份子的屬性是是可區分的、受限制的 連續的、彼此依靠的、暫時的；而突現因果的組成份子屬性是一致的、不受限的、同時發生的、彼此獨立的、持續的。詳細屬性如表 2-2-2 示。Chi 並舉例說明學生對擴散現象的迷思概念來自於巨觀層次與微觀層次的誤解，在巨觀層次擴散現象是有方向的，液體濃度與液體的流動是有因果關係的，由濃度高至濃度低；但在微觀層次而言，每一個分子都是相同的，分子持續的朝隨機方向運動，如此分子的微觀運動造成了巨觀現象的突現，而這也是造成學生迷思概念的來源，如果學生無法理解突現現象，便無法理解分子的巨觀現象與微觀運動的關係。

表 2-2-2 直接過程與突現過程分類屬性 (Chi, 2005)

	直接過程	突現過程
組成分子層次的交互作用 (Component Level Interactions)	可區分的	一致的
	受限制的	不受限的
	連續的	同時發生的
	彼此依靠的	彼此獨立的
	暫時的	持續的
內在層次的關係 (Inter-Level Relationship)	組成分子的子群或類別	全部分子或集合
	直接的	非直接的
	相關的	不相交的
	不同的狀態	相同狀態
	全面性目標或有意圖的	局部目標或是非意圖的

本研究之研究主題氣體動力論探討氣體粒子的巨觀現象，例如壓力、體積與溫度等概念，而影響氣體巨觀現象的因素是氣體的微觀行為，氣體的壓力來源是氣體粒子彼此碰撞造成的突現過程，氣體溫度與氣體中的個體，也就是氣體粒子的運動有關，因此學生必須瞭解微觀的氣體粒子運動才可瞭解巨觀的概念。

第三節 學生氣體粒子概念研究

一、粒子模型概念研究

研究結果顯示，對許多學生而言，粒子是非常困難的概念（Novik & Nassusbaum, 1981; Nassusbaum & Novick, 1982）。Novick & Nassusbaum (1978) 的研究也指出，有相當大比例的學生無法瞭解粒子模型的重要意義。粒子概念之所以難以學習的原因有下列幾點（郭重吉，陳錦章，張惠博，1985）：

（一）內容抽象且概念層次高

根據皮亞傑的認知結構階層理論，人的思考是由具體而抽象的轉變歷程，他並將認知發展分為四個階段：

1. 感覺動作期：出生至二歲。發展特徵為肢體動作的協調；前表像、前語言的思維；物體恆常性。
2. 前操作期：二至七歲。發展特徵為前邏輯的思維；夠過語言及符號表像再現動作的能力；象徵功能；自我中心；不可逆性；注意力窄化。
3. 具體操作期：七至十二歲。發展特徵為邏輯思維；具體層面操作；保留概念；可逆性運作。
4. 形式運思期：十二歲之後。發展特徵為邏輯思維；抽象運作層面；運用假設進行系統化演繹推理能力。

由上述認知發展來看，皮亞傑認為十一、二歲的青少年已進入形式運思期，但多位學者（Nordland et al., 1974; Renner & Stafford, 1972）認為學生大部分停滯在具體操作期，對抽象層面運作能力有限。

（二）無法將粒子概念與其他相關科學概念作結合

Millar (1990) 指出，一般在課堂教室中所教的粒子理論幾乎是無用的，粒子理論不應只在單一課程單元中教授，相反的應橫跨在一般的科學課程中教授，如此才能將與科學概念作連貫。因為粒子概念是抽象的，且隱藏於相關科學現象後的真正機制是微觀的，是無法以巨觀方式觀察的，因此要學生主動將兩者連貫是有其困難的。

（三）無法將現象與理論作一連貫

學生需要對某一類的問題有一貫性的模式，而非單獨對個別問題進行理解與解題，但相反的，學生會對同一類問題發展出不相關的不同表徵（di Sessa, 1998; Eylon & Linn, 1988），學生會將原本相同的問題結構視為相異的，但事實上這些是可以整合的。

二、學生氣體粒子模型研究

(一) 物質連續性與粒子性

Novick & Nussbaum (1978, 1981) 針對氣體粒子模型整理出學生的想法：

1. 氣體是由不可見的粒子所組成的。
2. 氣體粒子均勻分佈空氣中。
3. 氣體粒子保持持續的運動，並非藉著任何外力來推動。
4. 溫度會引起氣體粒子運動狀態的變化。
5. 存在於氣體粒子之間的間隙是真空。
6. 液化可以視為粒子間距的變化。
7. 當兩物質反應產生第三物質，是原本兩物質結合的結果。

此研究是學生對於氣體粒子模型概念研究的開始。

(二) 氣體粒子分佈

Benson 等人 (1993) 研究小學至大學化學系學生 1089 人以畫圖方式調查學生對氣體的概念，發現有下列幾種看法：

1. 物質是連續的而非粒子性的。
2. 學生對於氣體活動認為類似一般液體的流動及分佈。
3. 氣體粒子間的空隙很小或呈堆積狀態。
4. 氣體粒子在瓶中有中心分佈、周圍分佈、向上分佈和向下分佈的四種情形。

(三) 波以耳定律與氣體壓力的研究

de Berg (1992) 對 125 名 17 至 18 歲學生以 POE 研究波以耳定律，發現學生答案可分為以下三類：

1. 密閉系統內的氣體特性不同於開放的大氣特性。
2. 塞子的作用是防止水流動。
3. 使用壓力差平衡的概念解釋。學生認為密閉系統中的氣體沒有壓力，或是認為封閉氣體就像真空一樣；有些學生忽略系統外的大氣壓力，只考慮系統內的壓力變化情形。

de Berg (1995) 對 17 至 18 歲學生進行紙筆測驗發現：

1. 學生無法瞭解氣體被壓縮時質量不會變。
2. 為考慮大氣壓力對系統的影響，認為密閉系統內沒有氣壓，只有被擠壓時才有壓力。

(四) 將巨觀現象歸因成微觀粒子的性質

Anderson (1986) 提到許多學生將微觀的原子世界視為巨觀現象世界的一部份，那些可以應用在巨觀世界的現象，他們認為也可以用在微觀世界，卻不能區分微觀世界和巨觀世界的性質不同。

(五) 粒子模型迷思概念

1. 洪振方 (1987) 探討學生對空氣體積與壓力之粒子模型概念與推理能力相關研究，發現以下迷思概念類型：

(1) 在密閉容器中氣體體積之粒子模型迷思概念：

- i. 氣體的體積是指粒子本身的體積。
- ii. 氣體粒子的體積是指可以活動的空隙，但不包括粒子本身的空間。
- iii. 誤用公式定律：
 - a. $PV=k$ 。學生以為抽掉部份空氣後，空氣壓力會變小，因此空氣的體積會增加，或者個別粒子的體積會膨脹。
 - b. $PV=nRT$ 。學生誤以為同溫同壓時，氣體體積與分子數成正比；當粒子數減少，空氣體積就會減少。
 - c. $V=M/D$ 。學生誤以為體積和密度成反比，所以抽氣時密度會變小，空氣體機會增加。

這些大都是因為不瞭解公式的運用是具有先決條件性，而一味的視為非條件性的定理。

(2) 在密閉容器中氣體壓力之粒子模型迷思概念：

- i. 氣體壓力是粒子間的相互擠壓所造成的。
- ii. 氣體壓力是因為粒子的堆積佔據了空間。
- iii. 許多學生傾向於靜態的粒子模型，認為當沒有外力時，空氣粒子及靜止不動，或是因為粒子間有巨大的引力作用，能彼此緊密地維繫而不改變粒子分佈的位置。因此，當空氣受外壓而體積縮小時，學生會認為是空氣粒子本身的收縮，空氣受熱膨脹時，會以為是粒子本身受熱膨脹。這些學生會認為氣體壓力的產生是因為氣體粒子充滿空間，而不是氣體粒子運動相互碰撞的力量。

2. 史嘉章 (2002) 以二階層試題探討國高中生氣體迷思概念，發現學生多以巨觀的現象來解釋粒子加熱時的運動情形。學生的氣體壓力迷思概念主要有以下幾項：

- (1) 氣體粒子體積較大者所造成的擠壓情形較嚴重，故壓力大。
- (2) 活性較大的氣體其運動平均速度較快故其撞擊力大，產生的壓

力較大。

(3) 分子量較大的氣體粒子壓力較大。

國中生對理想氣體方程式 $PV=nRT$ 的概念應用表現優於高中生，因國中生單純接受概念未加以思考過程，高中生會自發性產生許多過程性想法（擠壓）干擾正確概念，反而產生迷思概念。

3. 陳盈吉（2004）以類比進行氣體粒子概念的教學，發現學生對於氣體模型具有以下錯誤的心智模式：

- (1) 活塞運動施壓模式：學生認為壓力是因為活塞擴張或壓縮容器體積而來的。
- (2) 氣體粒子擠壓：學生感覺壓力是來自粒子的擠壓，粒子越多越擠壓力越大。
- (3) 氣體粒子互相碰撞模式：學生感覺壓力來自粒子的互相碰撞，粒子運動速度快或粒子較大顆則壓力大。
- (4) 混和模式：學生在不同情境中會有不同心智模式去解釋回答情境下的問題。

4. 邱美虹（2005）台灣地區中小學生化學概念之心智模式與成因之研究 (I) — 子計畫二：台灣地區中學生「原子／分子／粒子、化學平衡、酸鹼鹽」結案報告中，以二階層試題探究國中與高中學生粒子迷思概念，發現學生在氣體粒子行為解釋上有以下分類：

- (1) 氣體粒子體積概念：大部分學生對容器體積擴大或壓縮後粒子體積不變持有正確的科學模式，只有少部份學生認為容器壓縮後氣體壓力變大使得粒子體積受擠壓而變小。但如果牽涉熱的概念，則學生會對粒子體積大小出現迷思概念，多數學生認為粒子體積受熱膨脹的迷思概念。
- (2) 氣體壓力概念：學生對氣體壓力錯誤類型包括重量模式（重量大壓力大）、體積模式（體積大壓擠程度大因此壓力大）、運動速率模式（速率快壓力大）。學生不瞭解氣體壓力的來源是因為氣體分子碰撞器壁而產生壓力，因此對氣體壓力的迷思概念多以擠壓解釋，本研究也發現學生會以重量解釋壓力來源，因此學生無法對密閉容器內的氣體壓力大小產生正確的解釋。
- (3) 氣體分佈概念：將不同種類的氣體粒子放在水平與垂直在容器中，討論其氣體分佈情形，結果發現學生會使用輕在上重在下的重量模式解釋氣體分佈。表示在教學過程中並無微觀的教學使學生產生概念改變，學生無法用隨機的觀念解釋粒子分佈。

- (4) 氣體平均運動速度概念：
- i、比較氫氣與氮氣的運動速度兩種不同氣體運動速度時，學生持有正確科學概念比例高中為 38.64%，國中為 16.75%。最多的錯誤類型為誤以為溫度、壓力相同時運動速度相同，並未考慮不同種類氣體分子量不同的影響。可發現學生對影響粒子運動速度的因素並不瞭解。
 - ii、學生對影響氣體粒子運動速度的因素有不同的解釋，部份學生認為碰撞可使氣體獲得動能，當粒子活動空間變小，碰撞機會增多，能量會增多因此平均速度會變大，但另一類想法則有相反的推論，認為碰撞機會變大則氣體不易移動；當粒子活動空間變大時，有一類學生認為碰撞機會變小不易獲得碰撞能量減少，因此速度減少，另一類想法則認為活動空間大較自由因此速度大。
 - iii、而持有粒子運動速度與溫度有關的正確概念學生人數比例高中生與國中大至相同，持有正確概念人數比例不超過 40%。

三、小結

綜合以上氣體粒子概念相關研究可知，學生對氣體粒子存有許多迷思概念，學生對微觀的氣體粒子行為不瞭解，沒有正確的氣體粒子運動模型，對於氣體壓力的來源大多持有錯誤的解釋模型，例如誤以為壓力是因為氣體粒子互相擠壓或因為氣體粒子互相碰撞，學生也很少持有氣體粒子隨機運動與隨機分佈的概念，因此要幫助學生學習氣體動力論必須幫助學生建立微觀的氣體粒子運動模型，瞭解氣體的微觀行為才能對巨觀的現象做出正確的推理。

第四節 動態評量

動態評量是指教師以「測驗—介入—再測驗」的形式進行評量，主要意涵有兩項，一是著重學習歷程或認知改變的評量，另一是在評量過程中，進行教學評量者與被評量者之間的關係是互動的。以下介紹動態評量的意義、理論基礎與模式。

一、動態評量的意義

動態評量的意義是指教師以「測驗—介入—再測驗」的形式進行評量 (Lidz, 1991)，在學生的學習歷程中進行持續性的評量，藉此瞭解教師的教學介入與學生的認知發展之關係，「動態」一詞是相對於傳統靜態的評量形式所提出，主要意涵有兩項，一是著重學習歷程或認知改變的評量，另一是在評量過程中，進行教學評量者與被評量者之間的關係是互動的。

二、動態評量的理論基礎

動態評量最早是由 Vygotsky (1978, 引自劉家成, 2003) 所提出的近側發展區 (Zone of proximal development, ZPD) 衍伸而出的概念，Vygotsky 所指的近側發展區是指學生解決問題的能力層級與經過專家或同儕指導後所能達到的發展潛能之間的差距，一般的測驗通常著重「結果」，但動態評量中教師在教學前要先瞭解學生的認知發展，且要經過不同的情境及教學方式，與學生產生互動，促使學生學習，激發其潛能。Vygotsky 認為語言是學生思維的方法，學童個體之間的心理層面之自我中心語言是引導與他人溝通的工具；另一個體之內的心裡層面乃是引導自己將工作困難時予以口語化 (Alfassi, 1991; Pick & Gippenreitwe, 1994; 引自周天賜, 1998)。如此的過程及是內化的概念，衍伸近側發展區的概念。

三、動態評量的模式

動態評量的模式發展至今主要有以下六種模式：（一）學習潛能評量模式；（二）學習潛能評量設計模式；（三）測驗極限評量模式；（四）漸進提示的評量模式；（五）心裡計量取向的動態評量模式與（六）連續評量模式（以下整理自林素微，2002 與劉家成，2003）。

（一）學習潛能評量模式（Learning Potential Assessment, LPA）

此模式以測驗－訓練－測驗的模式進行，主要是由 Budoff (1974) 針對可教育性智能不足學童所設計，該理論假設智力或能力可因訓練或學習而進步，評量目的在於找出被誤判為智能障礙兒童與在特殊班中能在是當課程與教學中獲益的兒童。評量方式採用非語文的工作方式，強調在施測過程的訓練，透過標準化教學的方式介入，但此評量仍著重學習結果的評量。

（二）學習潛能評量設計模式（the Learning Potential Assessment Device, LPAD）

Feuerstein (1979) 針對因缺發中介經驗造成認知缺陷的現象所設計，該理論假設結構認知的可塑性，認為媒介式學習是認知發展的基礎，其評量目的在找出個體的認知功能缺陷，並評量學童對教學的反應度，所需訓練類型與數量以求改進。透過認知圖來建構評量作業，採取非標準化的臨床介入，針對特定學童給予直接有效的介入處方。

（三）測驗極限評量模式（Testing the Limits Assment）

Carlson & Wiedl (1978, 1879) 針對學習困難兒童，利用智能與人格因素解釋訓練中個體訊息處理的差異，直接將介入安排在測驗的情境過程中。以標準化的介入，透過口語化及回饋等施測情境使個體有較高能力的表現。

（四）漸進提示的評量模式（Gratuated Promoting Assessment）

此模式採 Vygotsky (1978) 近側發展區觀點，強調以標準化的介入內容建立量化的資料，是由 Campione & Brown (Brown & French, 1979; Campione, Brown & Ferrara, 1982; 引自 Jitendra & Kameenui, 1994) 針對學習失敗高危險的學童，發展對學習能力有效的評量方式。以工作分析詳細安排標準化、固定的暗示或提

示介入，期望對學習的估計與遷移的表現有較正確的評估。

(五) 心理計量取向的動態評量模式 (Psychometric Approach)

Emberston (1987) 強調認知能力的可變性，並可透過訓練加以改變，目的在發展適當的心理計量模式來測量認知改變，並提供特定能力較佳的估計，以空間推理測驗為題材，夠過前測—訓練—後測的程序，以標準化方式介入，讓受試者經由具體操作處理空間技巧問題。

(六) 連續評量模式 (a Continuum of Assessment)

此模式結合學習潛能評量設計模式與漸進提示評量發展而成，Vye, Burns & Bransford (1987) 針對智力低落的兒童，夠過有效的中介學習，促成其認知發展。其介入方式採用標準化與臨床介入兩者合用。

四、小結

整題而言，動態評量透過「測驗—介入—再測驗」的方式進行評量，目的在於為了使教學與評量產生連結，可以用來評量知識建構的過程，瞭解學生如何在複雜問題情境中利用現有知識解決問題，並建構新的概念，有學者指出動態評量是探究概念改變的適當方法 (Magnusson et al., 1997; 引自邱美虹, 2000)，本研究參考 Campione 等人漸進提示評量方式，以標準化介入方式，透過相同的教材進行一對一教學，並在教學前、教學過程中與教學後進行個別晤談及測驗，以「測驗—介入—再測驗」的反覆進行模式，瞭解學生在教學前、教學過程中及教學後對氣體粒子概念的認知情況，藉此瞭解學生對氣體粒子運動心智模式的轉變情形。