

## 第貳章 文獻探討

本章的內容安排，分成五個章節，概述如下：

- 第一節 概念的內涵與結構：探討概念的意義、概念的特性與概念的結構（圓錐形模型），並進而說明概念的學習理論。
- 第二節 語言與概念的學習：說明語言的特徵、語意的獲得、以及語言與概念的發展之關係，與探討科學語言對科學學習的影響。
- 第三節 迷思概念：研究迷思概念的意義與迷思概念產生的原因，與日常用語對迷思概念的產生之關係，以及探討迷思概念的狀態，包括類似理論說與破碎知識說的不同觀點。
- 第四節 迷思概念的研究方法：包括訪談法、紙筆測驗法、概念圖法與字的聯想等研究方法，與使用這些方法的實例。
- 第五節 概念的改變：闡述概念改變的條件、內涵與概念改變的理論以及如何使迷思概念改變的教學方法。

### 第一節 概念的意義與結構

#### 壹、概念的定義

概念是一個抽象化的名詞，許多學者對概念持有不同的定義。行為學派的人，因為不太探討心智的活動，所以認為若有概念的存在，則可視概念為一群能產生某特定反應的相似刺激。認知學派的人則認為概念為一心智活動，是經由學習經驗而來，且隨著成長而修正，並希望能藉由概念來瞭解智慧、思考、解決問題的能力等較高層次的心智活動。例如：Bruner等（1956）認為概念是一群具有共同特性之事

物的統稱；Pella (1966) 認為概念是個人在同一類的物件或事件中，找出其共同的重要特徵，並利用此重要特徵去認識新事物，若符合此特徵，便將之歸為同一類，此共同重要特徵即為個人對此事物的概念；Lenneberg (1967) 認為概念是透過經驗的聯想，統整而成的，並可與已知的概念或相似的概念作比較；Pella (1975, 引自林振霖, 1993) 指出Hempel、Cronbach、Hunt與Klausmeier 等學者對「概念」的看法：Hempel (1971) 認為概念是學科知識結構的最基本元素，而可以用符號或文字來賦予概念的意義；Cronbach (1975) 認為一個概念是由一群事物中，具有共同因素的相似；Hunt (1975) 則認為一個概念是一種想法或一個意見，經由通則化所組成的心智圖像；Klausmeier (1974) 認為概念是一個有組織的資訊，它可使我們從相關的事物中區別出一個特定的事或物。

綜合以上看法，可知概念是人類思考和瞭解的工具，是學習的基本單位，而人類經由有意義的學習來獲得概念，並使我們因此能夠具有深入思考的能力。所以概念雖然是一個抽象的名詞，但卻是人類的文明藉以寄存，並藉以溝通之物。在學校的教學上，概念的建立與傳授，無疑的，佔著一個舉足輕重的地位。為了使我們的教學更成功，所以我們應該對概念本身及其與教學的關係做進一步的瞭解。

## 貳、概念的特性

概念具有三個主要特性，且缺一不可（黃台珠，1984）。

第一個特性是共同性（Regularity）。所謂共同性是指一個概念是在物體或事件中的分類規則，且具有能分辨何者屬於此分類範圍而何者為非的特性，並且不同的概念彼此之間存在著差異性與相關性。舉例而言，像是化學上的莫耳，其定義：一種數量單位，相當於12克的碳原子的數目，約為  $6 \times 10^{23}$  個。所以我們能分辨  $6 \times 10^{23}$  個雞蛋、18克的水分子數目，都是一莫耳；而  $9 \times 10^{21}$  個雞蛋、5克的水

分子數目，都不是一莫耳。且同為18克的水，其分子數目的概念不同於質量18克，也不同於體積18毫升的概念，彼此存在著差異性與相關性。

概念的第二個特性是符號化。為了讓人類彼此之間得以溝通，與個人的認知方便結構、統整，我們必須讓概念符號化。符號化主要是以語言的方式來達成，所以每一個成人的思想很少能不依賴語言來表達的。例如在19世紀初，能量這個概念與力量概念是分不開的。如「動能」當時被稱為「活力」、「位能」被稱為「張力」、「能量守恆」則被視為「力守恆」。直至19世紀50年代，「能量」一詞出現之後，大家才有較清晰的能量概念，而有別於力量概念（Harman，1982，龔少明譯）。

概念的第三個特性是由使用者來塑造，並非大自然來塑造。每個人都生存於文化當中，而概念是以該使用人的的文化語言，而非這個世界本身來加以分類、塑造。所以若是文化被毀滅，則依存於當中的概念將不復存在。例如從考古發現，古代的瑪雅文化裏，他們的神明形象很特別：長著像野象那樣的長獠牙，或長著像安徒生童話裏匹諾曹那樣的長鼻子，或臉上塗著代表腐爛、死亡的黑眼圈。而表徵這些神明的象形文字，通常抓住其頭像中，最突出的特點加以誇張、抽象（林大雄，1996）。這與現在大多數人對神明的概念大不相同，且隨著瑪雅文化的消失，這種「神明」的概念已不復見。

此三種概念特性可以歸納為：當人接觸到這世界上的各類事物及現象，試圖找出其共同性，並將此共同性符號化，利用語言作為人類溝通之用。有關概念與語言的關係詳述於本章的第二節。

### 參、概念的結構 - 圓錐形結構

很多學者曾提出概念的類型。例如Bruner等（1956）把概念分為連言概念（conjunctive concept）選言概念（disjunctive concept）

關聯概念 ( relational concept ) 三種類型； Barba & Rubba ( 1992 ) 將學習者的認知狀態分為陳述性 ( declarative )、程序性 ( procedural ) 以及關聯性 ( correlation ) 三種層次；而 Kausmier ( 1974 ) 的CLD理論，則將概念的學習分成連續的具體、辨認、類推、活用的四個階層。然而為了使概念更易於瞭解，Pines ( 1980 ) 提出了一個圓錐形的概念模型，來說明概念的結構，如下圖2-1-1。

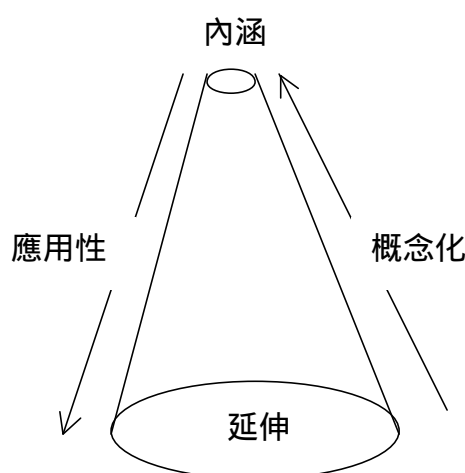


圖2-1-1 圓錐形的概念模型

在此圓錐形底部的圓形，稱為延伸 ( Extension )，為概念延伸的部份。例如以「狗」這個概念為例，所有的狗種，如博美、杜賓、聖伯納、拉布拉多、黃金獵犬等，都位於此延伸區的圓形內。而此圓錐形的頂端，稱為內涵 ( Intension )，為萃取出此概念的特質、共同性、或定義。例如什麼是狗？狗與貓或其他動物如何區分？牠的定義是什麼？這些特質、共同性、或定義即為概念的內涵部份。當我們由概念的延伸部份推至內涵部份，稱此過程為概念化 ( Conceptualization )，為一種歸納的方式，以在許多的事例之中發現其共通性。當我們由概念的內涵部份推致其延伸部份，稱為概念的應用性，為一種演繹的方式。此方式可將概念之規律性應用於事例之上，且常為教學時所採用。

此圓錐形的概念模型後來被批判存在幾個缺點。首先是此圓錐形

底部的圓形有明顯的界線，好像表示屬於此概念的例子與不屬於此概念的例子能被明顯的分開。事實上，在許多情況下，其實並不容易劃分。例如小朋友在看電視劇時常問，哪個是好人？哪個是壞人？但在一旁的爸媽往往無言以對，因為通常一齣戲裡的角色是很難歸類好人或壞人的。所以我認為圓錐形底部應像物理學上的「中心力場」<sup>註1</sup>一樣：愈靠近中心，這個概念相關的特性就愈強，即為愈典型的例子；相反的，愈靠近邊緣，概念相關的特性就愈弱。而且在邊緣上也沒有明顯的界線，它是模糊的，若概念愈是抽象及愈難以用言語來明確表達的概念，則此模糊地帶就會愈寬。其次的缺點是在圓錐形頂端的內涵部分。事實上，我們很難找出一個概念的明確定義，而且有時也很難將一些特例歸納於定義之內。例如上述的好人與壞人，就很難明確的定義，也很難將一些特例（人物角色）加以歸納。

#### 肆、概念的學習理論

由圓錐形的概念模型可闡明一些學者提出的學習理論。

例如Gagne（1974）主張由底而頂的學習理論：先具備底部的條件，再向上達成最終的概念學習目標。所以他認為課程的發展應是一種技能的分析與教學的計畫。但有人批評在實際教學中，一個複雜的概念評鑑，很難完成其技能的分析。而且通常在實際的教學中一些抽象概念必須先引入，再用例子去印證，才有較好的學習效果。況且是否存在最終的概念學習目標？若無，則將如何分析其組成概念？

與Gagne理論相反的，Bruner（1960）提出螺旋式的課程結構，是採用由頂而底部的學習方式：先分析整個學科的主要概念，並將同樣的概念一次又一次的在不同的學習階段中反覆出現。例如「光」這個概念，在國小、國中階段主要討論光的顏色、光的反射、折射等內

---

<sup>註1</sup>：中心力場：例如一個點電荷，會在其周圍空間建立一個電場，此電場的形式即為中心力場，在此電場中所有的帶電體，會受到指向該電荷或遠離該電荷之靜電力的作用。

容，到了高中階段則介紹光的波動現象，到大學階段再引入了光的粒子性與量子論，並用抽象的數學公式來表達這個概念。事實上沒有人能夠達到「光」概念的最終形式，即使是這個領域的佼佼者也不能達到，每個人只是在層次上有所不同而以。所以學生的概念會隨其智能的成長及經驗累積而一直更新修正，並使概念結構的延伸區範圍的包容性更大，模糊地帶也更清晰。

另外如Ausubel (1968) 所提的概念形成理論，則認為應先由下而上的歸納法，使原有的概念發生演化和修正，再由上而下演繹至模糊不清的邊界，使這些模糊不清的概念更加清晰。這個過程包含了他所說的含攝作用 (Subsumption)：為一種概念進化的過程。含攝作用分為附屬性的含攝作用 (Subordinate subsumption) 與統轄式的含攝作用 (Superordinate subsumption)。分述如下：

附屬性的含攝作用的意義是：新的資料是附屬於認知結構中概括性較高的層次上。即在此學習的過程中，新的概念加入時，不是簡單的容納，而是其本身及被包含的概念均被修正，以附屬於並改變原有的知識。此過程可表示為：

$$\begin{array}{ccccccc}
 A & + & a_1 & & A'a'_1 & + & a_2 & & A''a''_1a'_2 \\
 \text{(概念)} & & \text{(事實)} & & \text{(修正的概念)} & & \text{(事實)} & & \text{(修正的概念)}
 \end{array}$$

統轄式的含攝作用的意義是：二個獨立的概念經由一個更高層次的概念予以融合。例如愛因斯坦的相對論將質量與能量二個概念融合起來。此過程可表示為：

$$\begin{array}{ccc}
 AB & + & C \\
 \text{(A, B, C表概念)} & & 
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 ABC
 \end{array}$$

在實際教學研究中，Gilbert等 (1982) 也提出了類似的理論，將科學概念分成五種類型：

- 1、科學家的科學 ( Scientists' science 簡稱為 $S_{sc}$  )：為有事實依據的、邏輯的、結構的、協合的概念系統。
- 2、課程的科學 ( Curricular science 簡稱為 $S_{cr}$  )：課程設計者由科學領域中萃取再組織成教科書的科學。
- 3、教師的科學 ( Teacher's science 簡稱為 $S_t$  )：教師言行中的科學。
- 4、孩童的科學 ( Children's science 簡稱為 $S_{ch}$  )：在正式科學教學之前，即已發展出來了語言及其意義體系 ( 例如兒童想像為真的童話、動物對談等 )。
- 5、學生的科學 ( Student's science 簡稱為 $S_{st}$  )：課堂上教師與學生的交互作用，學生產生的科學。

以上五種類型的科學概念之間的關係及演進歷程如圖 2-1-2：

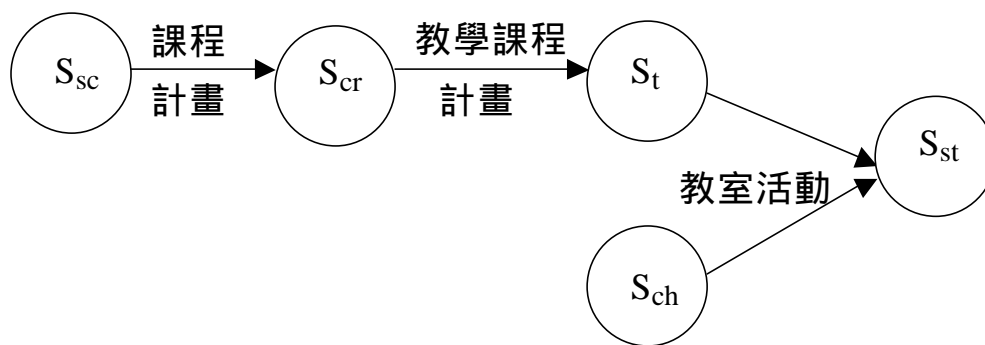


圖 2-1-2 學習科學概念的歷程圖

而研究結果顯示，學生學習的結果有下列幾種類型：

- 1、一致化科學結果 ( $S_{st}$  等於  $S_{sc}$ )：學習者獲得一致的科學想法，並且等於教育的目標，且學生的概念已能夠了解、認識並可與他生活的環境相結合。常被認為是最好的學習結果，但也是最難達成。
- 2、學生的科學未受干擾 ( $S_{st}$  等於  $S_{ch}$ )：有些學生儘管接受了教學之後，他們的觀點仍未改變。
- 3、兩種不同的觀點：學生有時會將課堂上的知識與本身原有的知識

相互隔離，藉以保護原有的知識。通常此類的學生在學習之後，會將原有的知識利用在真實的世界當中，然而教師的知識則只應用於學校課堂當中。

- 4、增強的結果：學生的先前概念在教學後，反而導致先前概念的增強。
- 5、混合的結果：在很多的例子裡，科學的概念被學生學習、了解和認識。然而，在這些想法之間的關係是各式各樣的，但學生只能學習到有限的數量。通常學生所學習的和他原先所擁有的想法是沒有整合，並且是相互衝突的。因此，學習的結果即是孩童的科學與教師的科學互相形成的混合物。

由以上可知，概念絕非是僅以全有或無的方式學習，而是一直不斷的演變和修正。每個人一生中藉由概念不斷的演變修正，我們對新的事物才有新的看法。而在演變的過程中，我們總是試圖使得延伸區的包容性更大，並使模糊地帶更清晰，且一直逼近但無法達到最終的概念學習目標。

## 第二節 語言與概念的學習

語言是人類智能發展的重要表徵。語言的使用，使人們能快速的交換彼此的想法與訊息。而文字的產生更可使訊息廣為流通，並且因此劃破了時間、空間的限制，加大了人與人溝通的範圍。人們將語言文字化時，原來的語言所代表意義必須以簡短的幾個字來表示，所以每個字所擔負的意義往往非常沉重，因此必須對語文符號下定義，以便捕捉語言原本所要表達的意義（黃沛榮，1994）。因此語文的學習牽涉到兩個歷程：符號的意義化及符號表徵的抽象化。前者為學到賦予某種符號的特定意義，後者學到超越最初學習的特定意義，抽象並擴大而為概念（張春興 & 林清山，1989）。例如，當幼兒第一次看到



貓的時候，他看到的貓是特定的一隻貓，他學到了「貓」這個字的聲音。等以後他學到「貓」的字形和字義之後，他意識中的貓已抽象擴大，不再是原來那一隻特定的貓了。到此，他學到了「貓」這個字的概念。

## 壹、語文學習的特徵

語文通常包括兩類的系統符號：一類屬於聲音符號的口語，一類屬於形象符號的文字。在學習口語符號時，必須同時學到字音、字義、字序三件事。字音包括構成語言的單音與單音之組合兩部份，如國語中的單音即為聲母、韻母，而每個單字皆由聲母與韻母的組合而發音。字義為聲音與單字意義連結的歷程，亦為口語學習的主要歷程。字序為將每個單字以一定的順序排列形成約定成俗的語詞。而文字符號的學習方面，稱為字形的學習。基本上，在字形的學習之前，應已具備了字音、字義、字序三者合成的基礎。例如國小一、二年級的兒童，雖只能寫出極少的單字，但已能充分使用口語表達他們的意見。若字形與字音、字義、字序同時學習時，如以往國中生學習英語，雖已學到一些英文單字，但不能與日常生活語言活動配合，也不能用來表達意見，所以學到的英文字是孤立的，只是一點語文的知識而已(張春興 & 林清山，1989)。因此語文的學習主要是以人類自動的發出聲音為起點行為，而後使其聲音與某種意義相連結，即口語學習。再進一步與某種形象符號相連結，即文字學習。也就是說由聲音的意義化及由符號代替聲音與意義的抽象化，為人類語文學習的基本歷程。

## 貳、語意的獲得

語意是指語言的意義，其中包括字、詞、和句子表達的意義(黃瑞琴，1993)。早期行為學派的人認為：兒童以刺激連結的方式學習語言，以獲得語詞意義，即將文字符號或聲音與一件物體連結，藉由重複的刺激與增強後，以獲得語詞的意義。而認知學派的學者認為語

意為源自於言語（speech）的現象；但也有另一種說法，認為語意產生於想法（thought）。而 Vygotsky（1962）認為不能將言語與想法視為兩種不相關的個體。例如部分學者將原子論（現實生活世界由不可分割的物質最小單位所構成）應用於語言的分析，主要精神即在於對某事物不斷的分析，直到無可分析為止。如羅素與早期的維根斯坦即將句子拆為一個個的元素以解釋語文想法的性質。但後期的維根斯坦發現在詞所代表的事物中去找詞的意義，會犯了將詞的意義客觀事物化的錯誤。他認為一個詞的意義要看實際經驗中如何被使用，而不能在它所代表的事物中去找。透過對語言經驗研究也發現不同的詞語有不同的作用，而相同的詞語在不同的上下文中也有不同的作用，也就是說詞語具有複雜性與用法的多樣化。所以 Vygotsky 認為原子論的分析，只能解決一些現實的問題，而文字呈現的意義應為想法和語言的混合物。而且因為物體連結文字本身的音義通常是多重的，其意義隨著文化、時間及所處的情境而有所不同（Solomon, 1993a）。一個文字所代表的概念符號，可能因人們個別的需要，而將不同的概念或意義加諸在同一個文字上（Bell, 1985）。因此對一個學習者而言，若不明瞭所學到的文字與所要習得的情境概念做一正確的連結，則在望文生義下，解讀成了錯誤的意義了。

### 參、語言與概念的發展

每個人在語言發展過程中有其一定的程序，而發展過程中認知與語言的關係，各家學者有許多不同的看法：有人認為認知結構先於語言結構；或認為語言與認知在不同的發展層面上有特定的關聯性；或有些人強調某些認知能力是語言習得的先決條件但非充分條件。例如皮亞傑的理論認為語言是認知的符號系統，相信一個人必先有某些基本的認知能力才能發展出語言，即認知結構先於語言結構。但也有理論主張語言與認知在整體上並無關聯性，而是在不同發展層面有特定

的關聯性，稱之為部分對應（local homology）模式（Thal，1991）。另外在認知能力是語言習得的先決條件但非充分條件的理論上認為：語言發展需有定量的認知能力，但只有認知概念卻不足以發展整個語言，所以二者應為相輔相成的（Williams，1984）。雖然對於語言與概念的發展，有很多不同看法，但我們可以歸納由下面二種觀點，來看出語言與概念的發展關係：

#### 一、 由概念發展觀點詮釋語言與概念的發展

Vygotsky（1962）認為概念依性質可分為自發性概念（spontaneous concept）及科學性概念（scientific concept）。自發性概念來自於日常生活的經驗，不需教導就可獲得。科學性概念則須由分析、歸納、推理、演繹等過程而獲得，通常是透過學校正式教育來形成的。而概念的發展是由自發性概念至科學性概念，在轉變的過程中，語言符號則扮演中介者的角色。因我們常利用語言符號來組織思想，個人的心智也因在與他人溝通的語言符號下而開啟，進而將部分觀點內化為個人概念的一部份，於是概念就漸次的加以發展。如 Sartori（1977）於 *Guidelines for Concept Analysis* 一文中，提出了概念的澄清法，其所提的釐清方式猶如漏斗的篩選般，將最粗顯的概念慢慢的純化，為人所使用，而其所使用的方式與步驟為：

- （1）語意意涵（the semantic import）：此指自然的語言，並非正式化或是純化的語言，在其中，有許多的使用方法，並未有絕對的對錯或好壞之分別。
- （2）基本構成（the basic scheme）：此時思考語言中的語意是否清楚，及其與指涉物間之關係是否明確。
- （3）定義（defining）：此時思考定義的目的，其目的是否有指涉性（denotative）、精確性（precising）、操作性（operational）及實例性（ostensive）。

- (4) 避免語意不清 (ambiguity)、一字多義 (homonyms) 及一義多字 (synonyms) 的情況：必須注意主詞是否已定義、定義是否清楚、宣示性定義在論爭後是否不變，並且要排除一字多義的可能。
- (5) 組織意涵 (organizing the intension)：思考概念的基本意義，找出特質與組織特質之意義，以及建構概念之可能意義。
- (6) 排除非指涉性與含糊 (undenotativeness、vagueness)：在思概念的基本意義後，進一步的須排除模糊不清或是多餘的意涵，所以必須思考界定的原則，即建立界線、界定各種表示的分類、與決定概念和實例間的切斷點。
- (7) 抽象的層次及普遍性的概念 (ladder of abstraction and universal concepts)：建立抽象程度越高、指涉事物的程度越多的概念。
- (8) 概念重建 (the reconstruction of concepts)：重新思考對概念的需求及形塑的可能。
- (9) 形成概念 (forming the concept)：將能指 (connotation) 與所指 (denotation) 做出適切的結合。
- (10) 從語意範疇中選擇術語 (selecting the term within a semantic field)：以術語來代替概念的意涵，以確立對意涵的掌握。
- (11) 再概念化 (reconceptualization)：經由再純化及確立的過程，獲得令人滿意的概念意涵。
- (12) 思考謬誤 (fallacies) 存在的可能性，其來源包括：
1. 語言在使用時的謬誤 (the language-in-use fallacy)：指概念的使用必須放在正確的範疇及領域中使用，若不同的概念放在不同的領域範疇中使用，便會產生謬誤，因為其超出了該領域的使用性可能。
  2. 文章清晰度的謬誤 (the disambiguation-by-context fallacy)：指被解讀文章自身的清晰度決定了概念及意涵的可能性。

- 3.非精確性的謬誤 ( imprecision fallacy ): 避免精確的語言被不精確的語言所混亂，應認知到不精確語言的存在。
- 4.文學的謬誤 ( the literary fallacy ): 文學中的隱喻、比喻、抒情及寓言等，會使得語言產生模糊的認知。
- 5.專斷的謬誤 ( the arbitrariness fallacy ): 其指對於概念及語言的創造性使用，必須確定其用法，不可任意使用。
- 6.不成熟的封閉性謬誤 ( the premature closure fallacy ): 對於概念的發展與使用必須持開放的態度，不可使語言成為僵化的語言。
- 7.合法性的謬誤 ( the legislative fallacy ): 不可企圖將語言標準化或是僵化，而我們所企圖的只是去除語言的模糊及不清楚罷了。

由此可知合適的語言可幫助釐清概念，反之不合適的語言將是概念發展的陷阱與障礙。

## 二、以訊息處理觀點詮釋語言與概念的發展

語言與概念之間存在著一檢索的關係。當我們在解讀他人的語言時，會依據檢索引到相對應的概念，並加以組合而形成個人可以理解的意義。當接受的語言訊息愈多、愈有邏輯性，則相對應的概念就發展的愈完備。在教學上因教科書的文字、符號、語言，與觸及到學生心理相對應的概念位置，而產生字義辨認的歷程，即為教科書作者與學校教師應特別注意的部分。尤其是學生並未長期接觸科學課程，所以當在學習科學語詞時，學生所能檢索的語意有限。再加上一個中文字常包含有數種意義，導致學生在以日常用語等常用的字彙為資料庫時，常無法辨識哪些才是正確對應科學名詞的概念意義，進而產生了迷思概念。如 Isaak( 1972 )指出語言可分為邏輯語字( logical words )與描述語字 ( descriptive words )。而邏輯語字也被稱為結構語字 ( structural words )。描述語字則是從觀察而來，其中又分為：1.全稱

描述語字 ( universal descriptive words ) - 指所有具備某些特徵的事物，例如醣類；2. 個別描述語字 ( particular descriptive words ) - 指特定的事物，例如葡萄糖；3. 特性語字 ( character words ) - 即概念，例如糖。而一套邏輯語字可以構成一門科學，但科學內容所表明的卻是概念，而且是除了邏輯語字概念外的經驗性概念。所以特性語字是學習科學的要素。Isaak 又指出概念有經驗概念、習性概念及理論概念，這些概念都是具有經驗的意涵。作為科學性研究的概念，除了經驗的意涵要求外，其更期望具有系統意涵 ( systematic import )，使一概念與別的概念發生關係，產生作用，而不是孤立的觀念。

#### 肆、科學語言對學習科學概念的影響

##### 一、科學語言的特徵

語言在不同學門中，各有其字彙與形式上的獨特性，而科學學門的特徵即在於字彙的廣泛性和特殊性 ( Lynch et al. , 1979 )。科學語言為一專業的語言，其中科學專有名詞所代表的意義是由科學社群所主宰，藉由科學家的觀點來解釋和描述這個世界 ( Halliday , 1991 )。有別於一般溝通性的用語，科學語言的產生源自於科學家希望獲得同行的認同，所以要使用一些特殊文字，作為保持或增進其理論體系的適當工具，也是在這個知識領域討論中所必須使用的 ( Lynch et al. , 1979 )。例如當科學家第一次在科學期刊中發表研究結果時，會儘可能的呈現各種證據以支持自己的研究，此時所使用的是一種解釋、勸服的語言形式。而後此結果經由其他科學家的引用，語言的形式成為「A 認為這個現象可能是....」。當這種觀念或想法被更多數人使用，或進一步出現在教科書時，語言形式將更肯定，如：「物體在不受外力時，其運動必定是等速度運動」。所以科學語言的功能，在於呈現科學知識，另一方面為配合科學意義，亦創造了專業的字彙。因此科學中使用專業性和宣告性的語言方式，不同於於一般生活中的語言形

式，這也突顯科學知識與科學語言的專業與權威性( Barnett, 1992 )。

根據科學語言在科學教學上的使用方式，可將科學語言所扮演的角色分為兩大類：第一類是符號系統( labelling system )，第二類是解釋系統( interpretive system )( Sutton, 1992 )。分述如下：

- 1、符號系統：使用者將語言視為一描述、傳播科學概念的工具。當科學家有了些發現後，便以文字去描述此事實或現象，例如電壓、電流等。這些文字符號固定並有特定的意義，而其來源與意義是由科學社群建構和商議的結果。
- 2、解釋系統：使用者將語言視為解釋概念的工具。其文字本身的意義並不固定，而且因人而異，隨著情境有所不同。例如教師在解釋波長概念時有很多種解釋說法：一個波的長度、由波峰到相鄰波峰間的距離、由波谷到相鄰波谷間的距離、波在一個週期時間內所行進的距離...等。教師試圖以各種不同的方式來解釋同一個概念，此時語言的目的即是用以解釋概念。

## 二、科學語言對學習科學概念的障礙

1960年代起，就有學者注意到科學語言對學習者來說可能是一種障礙。發生障礙的來源有下列幾類：

- 1、科學語言為第二外來語：由於大部份的科學課程來自西方國家，而且科學專有名詞通常是以英語拼寫而成，在文化背景的差異下，使得以英語為外來語的學生對這些科學名詞的文字會有不同的認知與意義。例如 Lynch 等( 1985 )在印地安人文化及哲學觀點的研究上發現：gas 在 Hindi 語系的定義是“ an air-like fluid ”。這與英文的意義有相當的出入，所以 Hindi 語系的學生會將慣用的語意帶入科學學習之中，因而不易明確的分辨科學中 gas 與 fluid 的意義。
- 2、科學語意的混淆：科學教育中的溝通問題，正是起於教師和學生雖然使用同一個字，但是對該字卻有著各自不同的想法( Bell,

1981)。特別是科學專有名詞是以精簡的文字描述自然現象，所以往往因此而造成語意的混淆。例如生物課本有這樣的描述：「綠色植物能自行製造養分，但動物不能自行製造養分」，但有的學生認為「我們有手，可以自己種玉米，所以可以製造養分」。所以產生了語意上的混淆，而阻礙了概念的發展。

- 3、大量出現的科學專有名詞：在教學中，科學專有名詞出現的量與次數都很大，而教師在平時教學上也習慣以科學家的定義來講述這些名詞。致使學生在求快速的學習下，以為只學習科學字彙就已代表他們對科學的瞭解。因此反而忽略了概念的學習比專有名詞的記憶更重要，並使科學的學習流於背誦名詞的定義而非對概念的理解（Barnes，1976）。
- 4、去脈絡化的科學學習環境：脈絡（context）就是說話者察覺的情境，而脈絡效果（context effect）是指對一個字辨識的準確性會受到這一個字在句子中脈絡的影響，並且適當的脈絡可以提供有關的字義線索。Cazden（1988）認為教室使用的語言通常比起日常生活用語是較為去脈絡化的，尤其是科學教科書以簡單、權威的方式來描寫科學事實，最為嚴重。所以一些學生可能會因去脈絡化的科學學習環境，而將所學的知識錯誤連結到不同的脈絡之中，因此阻礙了這些學生科學概念的發展。

### 第三節 迷思概念

#### 壹、迷思概念的意義

傳統的科學教育主要依據知識的常識理論（common sense theory of knowledge）：認為人類的心靈如同一空洞的容器，當外界刺激通過我們的感官後，此種刺激可全然不變的儲存起來，所以教師所教的教材可一成不變的輸入到學童的腦海裏（Brown，1987）。然而在過去



三十年中，許多來自不同領域的研究者都發現：學童在接受正式的教育之前，已發展出他們自己對自然界的看法。換句話說，學童的心靈並非是被動的接受外來的刺激，而是如同科學家一樣，會對自然界的現象主動去建構意義。這些學生對自然現象的諸多想法中，有的與正統科學的概念有所不同。這些不同的概念，因研究者基於其理論觀點、研究方法的不同，有不同的名稱。如迷思概念（misconception）、另有概念（Alternative conception）、另有架構（Alternative framework）（郭重吉，1992）、先前概念（preconception）、自發概念（spontaneous conception）、自發推理（spontaneous reasoning）、直覺概念（intuitive conception）、非正式的知識（informal knowledge）等。而這些名詞所指的意義其實都相同：在學生在進入學校之前，經由日常生活經驗所建立起的概念中有些正確、有些則否，其中不正確的概念往往容易影響到學生日後的學習成就。本研究以調查學生所持有的這些不完整且自相矛盾的概念為主，因而使用「迷思概念」一詞。而迷思概念具有下列的特徵：

- 1、迷思概念並非僅存在於某特定科學領域，而是普遍存在於所有的自然學科裏（Driver，1984）。
- 2、迷思概念存在於不同國家的學童及各個年齡層中（Nussbaum，1985）。
- 3、迷思概念符合且導源於日常生活經驗（Clement，1982）。
- 4、以教師為中心的教學法，不易改變迷思概念（Carey，1986）。
- 5、學生發展出來的迷思概念，通常在科學史的發展上也有類似的先例發生（McCloskey，1983a）。

## 貳、迷思概念的來源

Duit & Treagust（1995）指出迷思概念的來源有下列幾個方面：

- 1、感官印象：日常生活中，接觸大自然的經驗都是概念的來源。

- 2、 日常用語：以前的理論（過去長時間被使用），會逐漸變成常識語言，這也是日常概念的主要來源之一。
- 3、 社會環境中的學習：日常生活中與朋友、父母與其他人的交往談話中，以及資訊媒體來源，學生拾取了零星的科學知識和另有概念。
- 4、 教學：由於老師或教科書提供錯誤資訊，或是教師對於本來正確的資訊做了錯誤的說明。

另外如黃萬居（1996）在一項對於國小教師酸鹼迷思概念的研究指出，國小教師酸鹼迷思概念的產生原因有六大類：1.由直覺而得。2.日常用語的混淆。3.過去錯誤的學習遷移。4.以偏蓋全。5.受到有關國小自然科學參考書籍的影響。6.缺少動手做實驗的習慣。劉俊庚（2002）也整理文獻歸納迷思概念可能產生的原因有：1.日常生活經驗。2.文化語言因素。3.社會因素。4.教師與教科書因素。5.利用因果理論、直覺來解釋迷思概念的產生。6.其他因素。

由上述得知，迷思概念的形成往往與日常生活經驗脫不了關係，無論是日常生活，幼時讀物，直覺思考或是同儕文化等，都是日常生活經驗的一部份。但是比較值得注意的是，即使是正式的教學活動，居然也是造成學生迷思概念的原因之一，所以在課程才設計及教學活動中，更該加強注意學生可能產生迷思概念的地方，並協助學生改變他們的迷思概念，達到正確的學習。

而以語言發展的觀點來看，在歷史上人類的語言是在可見到知覺的影響之下被發展，並且在很久以前就已經發展良好，因此很多語言的建構並未能符合現今的科學知識。在Solomon(1993b)的研究認為，學生的先前概念會受到其根深蒂固的文化所影響，而對於其反應回答產生的程序和認知都有重要的影響。而且，這些文化及語言的效應是無法被教學所消滅的。因為我們每天所使用的語言是導致直覺概念的

來源，而這些日常的語言一般人很少去理解，並且會限制於個人特殊的經驗來使用。所以日常的語言很多並未明確地定義，而導致與科學原理不一致的直覺概念的產生。反之，科學所建構的語言雖然源自於生活語言，但是都有明確的定義和語法的結構，因此可以清晰的描述自然現象（Osborne & Bell, 1983）。而有些學者認為學生對於科學術語的瞭解是相當的表面化，或認為語言的建構並未能符合現今的科學知識。因此，教師在平時的教學過程中，應特別地強調日常用語和科學語言之間的相異之處。

### 參、迷思概念的狀態

如同醫生診斷病人一樣，在下處方前要先瞭解病患的病情。所以要使教學更有效，教師有必要知道學生的迷思概念是處於何種狀態（status）。但對於迷思概念的狀態，卻有兩種不一樣的看法。一是認為迷思概念是以類似理論（theory）的方式展現出來（McCloskey, 1983b）。另一則認為迷思概念是由一些片段、破碎的知識組合而成（diSessa, 1988）。

支持McCloskey理論的人認為很多迷思概念具有一致性，且可形成另有概念架構。例如在物理發展史上，於中世紀時期人們對力與運動的解釋，普遍存在「純真的衝力理論」。其意思是指物體的運動是因有力量作用其上，且力量會儲存於物體內，當運動時力量不斷的消耗，直至力量殆盡，運動才會停止。所以說明雖由不同個體所發展出的純真理論卻非常具有一致性。而Carey（1985）在學童由泛靈論的主張轉換到正統生物知識的觀點之研究中，也呼應了McCloskey的看法。他認為：我們不能否認有人質疑不一致性的問題，但不一致性的問題並非是反駁學生持有另有概念架構的充分論點。

然而Yates et al.（1988）利用McCloskey等人所用的問題來進行研究，卻得到不同的結論。他們發現：1、大部分的受試者（87%）對

不同的問題，會作出不一致的反應。2、被晤談樣本的結果顯示易被呈現的情境所影響。3、當問題被些微修改後，受試者會做出不同的反應。所以他們認為學生的迷思概念在個體內和個體間是呈現高度的不一致性，而且學生對問題的反應會大受情境的影響。

diSessa以現象原始語（phenomenological primitives簡稱p-prims，即以直覺來描繪物理現象的字詞），說明物理生手在與自然環境的交互過程中，自己會從日常生活經驗中抽離未被加以分化的表象（representation），而建構很多的p-prims。這些p-prims常於後續的學習過程中被用來解決他們所遭逢的問題。由於p-prims是由一些未被分化（undifferentiate）的事件演化而來，所以可能被誤用。而diSessa（1988）也認為「純真的衝力理論」並未具有科學理論的特徵。因為在McCloskey的研究中只有約一半的受試者會利用「衝力理論」去解題，不符合科學理論上一般化（generalization）的特徵，而且類似像自由落體的自然現象一樣，是不需任何說明的。所以雖然有不少學生使用「衝力理論」，然而它絕對不具有科學上的理論所應具有的承諾性（commitment）和系統性（systematicity）之屬性，而應只是一堆鬆散但被強化的片段概念。

以上兩種較具抗衡性的觀點，Chang（1993）認為是雙方所持的立場不同所導致。McCloskey一派著重於一致性的性質，而diSessa一派著重在科學理論所應具有之基本要求。他並認為迷思概念並非全部都是片段的，也非全部具有理論的性質。好像一個線段，片段與理論若分別為於兩個端點，則學生的迷思概念則位於此線段中，看距哪個端點較近而已。

## 第四節 迷思概念的研究方法

中外學者在迷思概念的研究法上，主要有幾種不同的研究取

向,例如診斷性測驗( diagnostic test ) 臨床訪談法( clinical interviews ) 概念圖法、自由分類 ( free sorting ) 和畫圖法等。而且我們會發現有些研究者通常不會單獨使用一種方式,且認為使用不同的評量方法會引出知識的不同形式。例如概念圖在描述學生在教學之前已存在的基模相當具有成效;卡片的分類測驗則可以提供學生的概念組織的訊息;訪談與對話的轉譯則可用來反映當學生以現有的知識來詮釋新的觀察的過程和先前的知識。而不同測驗模式之間的差異能讓我們去確定迷思概念的來源,且測驗的方法會影響到結果的分佈情形。例如在對於水蒸氣的組成測驗裡,若是使用口頭方式的測驗,很少受試者會回答是由“氫氣與氧氣”所組成;但是在多重選擇題時,則有29%的學生會回答水蒸氣是由“氫氣與氧氣”所組成。所以在使用方法上應視實際情況加以判斷。

## 壹、訪談法 ( Interview )

此種研究方法是由皮亞傑 ( 1929 ) 首創,並且命名為“臨床的方法 ( clinical method )”。Osborne & Gilbert ( 1980 ) 認為訪談方式區分為兩種類型,分別是關於例子的訪談 ( interviews about instances ) 與關於事件的訪談 ( interviews about events )。使用訪談法的原因是因為它能夠比一般的紙筆測驗更深入瞭解學生的概念內容,進而瞭解不同階段學生的概念。而且學生的回答可能有研究者無法想到的差異存在,因此訪談法可使研究者來探索這些差異。

## 貳、紙筆測驗法

在紙筆測驗中,通常包含了問題與說明,如圖畫或是文字敘述。而學生作答部份則包括了正確答案和許多不正確的答案。因此紙筆測驗使用上,具有下列的優點存在:

- 1、易於執行與評分,因此在整個教室中特別容易使用。
- 2、結果亦可以比訪談在更簡短的時間內來予以分析。

- 3、可用在大量的受試者，因此可以做統計的評估，所以是學校教師與研究者特別喜愛的主要原因。
- 4、可當作教學前的測驗，而來診斷在課堂中的另有想法。

### 參、概念圖法

概念圖是藉由線段將相關的概念，以二維的圖形方式來表示概念的相關性，且有許多方式已經被利用來建構與研究。例如卡片的分類與重新排列（Champagne et al. 1978）、學生自由繪圖（Novak, 1977），與Novak（1983）和其他研究者所提出的概念對應（concept mapping）。一個概念圖包含了許多新的概念，並藉由命題來將先前已經學習過的概念整合至已存在的知識結構。因此，學習者對於概念瞭解的本質則可以從學生所繪出的概念圖來加以瞭解。

### 肆、字的聯想

另外有些學者則是利用字的聯想（word association）來探討學生的概念之間聯結的情形（Schaefer, 1979），雖然利用此方式所提供的訊息是有限的，但可協助研究者關於學生對於概念群組的概念組織的訊息。

由於大部份的學生都是透過與社會、文化和環境而自發地發展許多概念，所以學院式的內容並不適合於評量學生的知識或概念。因此有學者認為在研究方法上須注意：(1)應採取適合的內容來協助學生，避免在觀察學生與詮釋學生概念時發生遭到誤用的情形。(2)從學生所獲得的訊息只是一小部份而已，不可以偏概全。所以在研究時，可以由下列兩個方面來加以考慮：第一，研究者所命的題目、提供的情境或所說的話是否能有效地引出學生對研究主題的想法，學生以何種方式表達最能呈現他的想法；第二，對學生的反應研究者應如何分析、推論、與描述才能最接近學生的認知結構。

## 伍、各種研究法使用的實例

近幾年在世界各地研究各種迷思概念的成因的報告相當的多，而其中探究有關因為日常生活用語對迷思概念形成的相關研究有下面幾個實例：

### 一、Watts (1982) ，英國

- 1、研究對象：11~18歲。
- 2、研究法：訪談法。
- 3、分類：力的概念。
- 4、研究結果：
  - A. 重量與力區分：學生認為重量與力是相互分離兩個部份。
  - B. 力是屬於屬體：學生認為力是一個單獨的實體，而不是兩物體相互作用的結果。
  - C. 力必須藉由介質才會有作用：學生不瞭解超距力的存在，他們認為力必需藉由介質來傳播。
  - D. 力與壓力之區分：有些學生認為力即是壓力。

### 二、Arnold & Millar (1987)

- 1、研究對象：11~12歲
- 2、研究法：訪談法。
- 3、分類：簡單電路概念。
- 4、研究結果：

學生對於能量和電流會感到困惑，無法區分電、電流、電力和電能之間差異。

### 三、Shipstone et al. (1988) 英國,法國,荷蘭,瑞士,西德

- 1、研究對象：15-17歲
- 2、研究法：紙筆測驗 (是非,多重選擇題)。
- 3、分類：學生在電學概念的迷思概念。

#### 4、研究結果：

- A. 電流會消耗：學生認為整個電路中電流會消耗。
- B. 電流與電壓之區分：電壓與電流視為具有相同的性質，學生認為電壓與電流之間是無法區分。
- C. 電池的功用：電池會提供相同的電流，不論其所連接的方式為何。
- D. 學生在電學問題之解題模式：大部份的學生以順序的推理方式來解題，並且此推理方式與電池會提供相同的電流是有關係的。
- E. 各國學生在電學概念迷思概念之比較（文化因素）：在許多概念裡，各個國家之間回答的差異極小；而有些差異則是由於教學因素所造成。

#### 四、Whitelock (1991) ， 英國

- 1、研究對象：7~16 歲
- 2、研究法：紙筆測驗。
- 3、分類：力與運動概念。
- 4、研究結果：

“使用”和”支撐”是瞭解運動相當關鍵的概念，每件事都需要支撐，除了地板之外，假如支撐不夠的話，物體會落下。此外，除了落下外，物體都需要力的作用才會有運動的現象。此外對於是否具有生命性亦是瞭解運動必須考量的因素，特別是對於年輕的小朋友而言。

#### 伍、陳文典和劉德生 (1994) ， 台灣

- 1、研究對象：1~6 年級。
- 2、研究法：紙筆測驗。
- 3、分類：熱與溫度的概念。



4、 研究結果：

- A. 學生認為加熱物體若是「上昇溫度較多」，則「增加熱量比較多」，而且兩杯溫度相同的水相互混合，最後的溫度是溫度相加。
- B. 熱的傳播：熱是由熱量多往熱量少的地方傳。
- C. 熱的本質：學生認為熱是一種很輕的流體、熱具有重量。
- D. 熱脹冷縮的解釋：分子受熱會變大。

六、黃萬居(1994) ，台灣

- 1、 研究對象：5、6 年級。
- 2、 研究法：紙筆問卷、訪談法。
- 3、 分類：酸鹼中和概念。
- 4、 研究結果：
  - A. 認知發展的階層與酸鹼概念的理解之關係
  - B. 學童認知發展的階層與酸鹼概念的理解有關係
  - C. 學童對於酸鹼的迷思概念之產生，有1.日常生活經驗和觀察直覺而得；2.日常用語及文字的混淆；3.科學術語與兒童觀之結合；4.學校老師或父母親的誤導。

七、Bar & Galili (1994) ， 以色列

- 1、 研究對象：5~14 歲。
- 2、 研究法：臨床訪談、紙筆測驗(開放問題、多重選擇題)。
- 3、 分類：蒸發的概念。
- 4、 研究結果：

蒸發概念與認知發展之相關。學生的蒸發概念是與認知發展具有相關性存在，並將學生的回答分為下列四種類別：

- A. 水消失不見了。
- B. 水被地板所吸收了。
- C. 水蒸發意謂著現在看不見了，轉變到另一個位置。
- D. 水改變成水蒸氣，是看不見的小水滴。

#### 八、Enderstein & Spargo (1996) ，南非

- 1、 研究對象：4~9 年級。
- 2、 研究法：紙筆測驗 (多重選擇題)。
- 3、 分類：力與運動概念。
- 4、 研究結果：

學生在力與運動的迷思概念與文化之差異。對於大部份學生而言，他們均認為物體在其運動方向有一個力的作用，並且研究地區不同，亦有相似的結果。重力存在的認識是基於狀況而定，並且研究地區的不同，結果有些差異存在。作圓周運動的物體具有一個向外的力作用。

#### 九、Galili & Kaplan (1996) ，美國

- 1、 研究對象：11-12年級、大學生。
- 2、 研究法：紙筆測驗 (開放與多重選擇題)。
- 3、 分類：重量的概念。
- 4、 研究結果：
  - A. 重量沒有改變是因為仍然在大氣壓力之下。
  - B. 重量沒有改變是因為仍然在地球的吸引力作用之下。
  - C. 學生認為外在作用力會影響重量，如浮力在地球的中心位置，重量是0，因為沒有任何吸引力。
  - D. 由於額外力的作用（浮力），所以重量會減少、
  - E. 在運動中的物體，其重量會減少。
  - F. 重量並不是重力，重量即是質量。

## 十、全中平(1996) , 臺灣

- 1、 研究對象：5年級。
- 2、 研究法：概念構圖。
- 3、 分類：力的概念。
- 4、 研究結果：
  - A. 學生在未學習「力與運動」單元前，超過一半的學生不認為「力」與「運動」是相關的。教學之後，仍有40%的學生無法將此兩個概念連接在一起在前測結果裡，約1/3的學生以「推拉的力量」代表力。
  - B. 學生的迷思概念部份平衡力不會使物體運動，產生靜止；磁力在定距離才會產生；物體僅有往下運動才有地心引力。

## 十一、Blanco & Prieto (1997) , 葡萄牙

- 1、 研究對象：12-18歲。
- 2、 研究法：紙筆測驗（畫圖或書寫）。
- 3、 分類：溶解度的概念。
- 4、 研究結果：
  - A.不論什麼樣的情況下，鹽均不會溶解(缺乏溶解的概念)。
  - B.攪拌或是增加溫度是對於鹽在水中短暫溶解的首要因素。
  - C.攪拌或是增加溫度是對於鹽在水中溶解的首要因素。
  - D.攪拌或是增加溫度不是對於鹽在水中溶解的首要因素。
  - E.鹽溶於水之後不見了，主要是鹽蒸發了。
  - F.鹽溶於水之後會分裂，或是與水反應。
  - G.學生對於影響溶解因素的想法是難以改變的：學生對於攪拌或是溫度不斷地改變水中的鹽的想法是拒絕改變。

## 十二、張敬宜 (1997) , 臺灣

- 1、 研究對象：5~6年級。
- 2、 研究法：紙筆測驗（開放式,多重選擇題）、半結構訪談法。

- 3、分類：蒸發概念、沸騰概念。
- 4、研究結果：

學生對於蒸發概念的另有概念，主要可分為二大類，主要是與太陽和空氣有關（水被太陽晒乾了，水被太陽吸走了；水被空氣蒸發了，水被空氣吸走了）。學生認為沸騰水產生的氣泡組成是：空氣(44.1%)、氧氣(4.9%)、二氧化碳(4.2%)

### 十三、Palmer (2001) ，澳洲

- 1、研究對象：6和10年級。
- 2、研究法：訪談法。
- 3、分類：力與運動、重力的概念法。
- 4、研究結果：
  - A. 重力作用在正在落下的物體。
  - B. 重力並沒有作用在垂直向上方向的物體。
  - C. 重力向下作用在靜止物體。
  - D. 重力並未作用在靜止的物體上。
  - E. 重力並未作用在落下的物體上。

由以上各項研究中顯示迷思概念的研究法較偏向質性方面的研究，因為每個個人的迷思概念都不盡相同，而且迷思概念的種類非常的多。我們也可發現不同的文化背景有時是影響迷思概念的重要因素，但相反的，有些迷思概念卻幾乎不受到不同國家、文化背景的影響。

## 第五節 概念的改變

### 壹、概念改變的條件與內涵：

概念的改變普遍被認為是困難的，原因是因為概念具有以下幾個

特點：1.概念會受到個人經驗的影響、2.概念本身是抽象的、3.概念本身是複雜的、4.概念本身是微觀的。有關於概念改變的理論，較為大家熟之的是 Posner, Strike, Hewson 和 Gertzogl (1982) 所提出的概念改變模式 (conceptual change model), 表示概念改變需四個條件為：

1. 學習者必須對現有的概念感到不滿意 (dissatisfaction)。
2. 新的概念必須可以是被理解的 (intelligible)。
3. 新的概念必須是合理的 (plausible)。
4. 新的概念必須是更有效果的 (fruitful)。

Roth (1991) 也提出類似的理論：當學生個人的概念與實驗證據相比是不足夠、不完整或不一致時；而且科學性的解釋可作為一個更具說服力且合理的取代物，如此概念改變才可能發生。

Rumelhart 和 Norman (1981) 認為概念改變有三種型態：增加 (accretion)、調整 (tuning)、重建 (restructuring)。「增加」為在既有知識模組中以不改變先前的架構而增加知識；「調整」則為修改既有知識模組，使其執行較為順暢、有效；而「重建」即為知識重組的過程，以獲得更深層的理解與頓悟。另外有學者指出概念改變有三個層次：1.信念修正 (belief revision) - 指所相信的事實改變；2.理論改變 (theory change) - 指在整體知識結構上的改變；3.概念改變 - 指在組成信念結構中基本概念的改變。

## 貳、其他概念改變的理論

### 一、Chi 的本體論

Chi (1992) 認為概念改變應分為本體類別內的概念改變 (within ontological conceptual change) 與跨越本體類別間的概念改變 (across ontological conceptual change)。依據他的理論，把所有實體 (entity) 分成三個類別：物質 (matter)、過程 (process) 和心智狀態 (mental

state)。「物質」指含特定屬性的東西，如綠色植物、金屬元素；「過程」指事件的發生，有序列性、因果關係，如烏雲密佈而下雨、水加熱而溫度上升；「心智狀態」指情意的部分，如害怕老鼠、蛇。而本體類別內的概念改變，乃是概念的改變只在同一類別中調整連結位置，並藉由增加 (addition) 刪除 (deletion) 普遍性 (generalization) 和區分 (discrimination) 的過程進行概念的重組，而屬於本體認知結構上局部的變化。如鯨魚常被誤認為魚類，但經由對鯨魚的瞭解，使既有的知識表徵逐漸與哺乳類的特性連結，則鯨魚是魚類的概念改變成了哺乳類。因魚類和哺乳類的概念同屬於「物質」類別，所以這個改變是本體類別內的概念改變。至於跨越本體類別間的概念改變則屬於根本的概念改變，常發生於物理學的概念。如力、電、熱和溫度，這些概念在初學者的觀點中屬於「物質」的本體類別，而忽略了這些概念牽涉到粒子的交互作用，應屬於「過程」類別。所以學生很難瞭解科學概念的原因並非這些概念是複雜的、抽象的、或是動態的，而是學生原本的概念與所學的科學概念屬於不同的本體類別，而產生兩者不能相容的現象。因此在進行概念研究時，檢視概念的屬性和本質是有其必要性的。

## 二、Thagard 的概念改變理論

Thagard(1992)以科學史例來解釋概念的改變。他認為概念改變包含了部分相關性(part-relation)及種類相關性(kind-relation)的改變，並指出概念改變有九個階層：1.增加新例子、2.增加弱原則、3.增加強原則、4.增加新的部分關係、5.增加新的種類關係、6.增加新概念、7.瓦解部分種類的階層、8.分枝跳躍、9.樹遷移。這九個階層中，Thagard(1992)認為其中增加新例子、增加弱原則、增加強原則為「弱的概念改變」，增加新的部分關係、增加新的種類關係、增加新概念、瓦解部分種類的階層為「強的概念改變」，而分枝跳躍、樹遷移為「根本的概念改變」。例如：達爾文的演化論的提出，在人類歷史上的概

念改變層次中，包括了減少「上帝創造所有物種」的概念而增加了「天擇」的新概念；而從原來的神創造人與其他生物（包括動物），進而跳躍至人是動物的一種，屬於分枝跳躍的概念改變；至於將宗教中所堅守的神創論，轉換為人其實是動物的其中一種且為演化而來，則為樹轉換的部分。所以一整個概念系列的改變，可能包含著不同的概念改變類型。Thagard(1992)也認為新舊理論的概念改變過程有四種可能性：合併(incorporate)、含攝覆蓋(sublate)、取代(supplant)與忽視不理(disregard)。依照他的分析，例如：拉瓦錫的氧化論、達爾文的演化論、地質上的板塊學說、哥白尼的地心說、牛頓的重力說屬於「取代」；愛因斯坦的相對論、量子論與認知學派屬於「含攝覆蓋」。其中「取代」是將舊的理論完全摒棄，以新理論取代之，「含攝覆蓋」是丟棄舊概念再重新組織，甚至在舊理論中加入新假說，成功的納入新的理論中（引自邱美虹，2000）。

### 參、迷思概念的改變方法

若迷思概念具有類似理論之狀態時，則欲修正或替代這些概念時，典範轉移的歷程將無法避免（Kuhn，1962），這在教學上是很困難且艱鉅的。但若迷思概念是片段而非理論性質時，Chang（1993）認為老師可以將同樣性質的問題置於不同的情境中，然後鼓勵學生考慮在不同情境中的推理過程是否具有一致性。若他建議我們對改變學生概念有較樂觀的看法時，教師可採取下列的方法：

- 1、 激勵學生對問題說出明確的看法。
- 2、 促使學生的迷思概念與科學概念相互遭逢
- 3、 找出學生迷思概念的來源。
- 4、 解釋迷思概念與科學概念的差異性及二者之應用範圍。

實際的教學上，有些學者提出下列的教學方法，以改變學生的迷思概念：

## 一、搭橋類比法 ( bridge analogy )

Oppenheimer ( 1956 ) 曾說過：除非我們立於熟悉的舊有基礎上，我們無法處理新奇的事情；除非我們已有對該事物應是如何( ought to be ) 的看法，我們對某些事情無法有驚奇或錯愕之感。這種歷程事實上就是一種類比的作用。在科學教育上，類比推理之教學方式已被應用甚久，且常被認為是將新訊息統整融入知識系統的有效方法 ( Clement , 1987 )。

Clement ( 1987 ) 在研究中指出，中學生有 76 % 的學生認為桌子不可能對靜置於其上方的書本產生一向上的作用力。但這些學生中有 96 % 的學生相信用手壓一直立的彈簧時，彈簧可對手產生一向上的作用力。因此 Clement 設計了搭橋類比的教學策略，來促進學生概念的改變。搭橋類比法所使用的步驟如下：

### 第一步驟：找尋概念錨 ( conceptual anchor )

概念錨是直覺上看起來可被瞭解的正確事件。教學上可藉概念錨當作是一引領學達到待教目標的媒介。例如此例的概念錨為：用手壓一直立的彈簧時，彈簧可對手產生一向上的作用力。但於此階段，仍存有很多學生無法將概念錨的情境與教學「目標」( target ) 相互類比。

### 第二步驟：搭橋 ( bridging )

為了使概念錨與教學目標產生一類比作用，所以需要找尋一居於此二者之間的情境來充當橋樑使二者銜接起來。這種歷程稱為搭橋 ( bridging )。如此例的橋樑可為：將書置於具有彈性的長橫板上。

由以上可知教師能藉：定錨 搭橋 目標，以此連續類比的教學策略引領學生作一有效的邏輯轉移。Clement 在他的研究中指出，這種策略是幫助學生學習科學概念的有效途徑，若能輔以蘇格拉底式對話法，則效果將更顯著。



## 二、異例法 ( discrepant event or anomaly )

異例 ( anomalies ) 的使用主要是為了誘發學生產生概念衝突。例如當學生認為等速率運動與等速度運動相同時，教師可以用等速率圓周運動的例子來說明二者的不同。Nussbaum & Novick ( 1982 ) 認為異例法的教學程序可分成三個階段：

### 第 1 階段：製造暴露事件 ( creation of exposing event )

此階段的意思是呈現一「工作」( task ) 給學生，並要求學生對此工作說出他們的想法及其背後的理由。老師以採取中立但幫助學生引出他們自己觀念的立場。

### 第 2 階段：引入異例 ( introduction of an anomaly )

異例的作用為當作是一媒介物，以促使學生察覺個人的概念與觀察到的現象彼此之差異，並藉由此種歷程引發學生產生認知衝突。

### 第 3 階段：調適期 ( accommodation )

當認知衝突發生後，老師應鼓勵學生尋找答案來解釋異例，以便調整原先之迷思概念，進而接受正統的科學知識。

綜合而言異例法與類比法的不同在於類比法著重舉例做為學習概念目標的橋樑，而異例法著重舉例來製造學生的概念衝突，所以兩者舉例的目的不相同。例如前述 Clement ( 1987 ) 研究的例子：學生認為桌子不可能對靜置於其上方的書本產生一向上的作用力。若使用異例法，則可問學生：若沒有桌子，書本會不會掉下來？桌子扮演什麼角色？所以若這二種方法能交互運用，再輔以蘇格拉底式對話法，則應較能引發學生概念的改變 ( 張川木，1995 & 1996 )。

## 三、蘇格拉底式對話法 ( socratic dialogue )

蘇格拉底式對話的教學重點在於師生間之對話歷程。在此師生對話過程中，學生被迫對某問題進行推理活動。其目的在訓練學生察覺

其推理歷程之不一定性，以便幫助他重建原有的知識結構（Collins，1977）。此種教學策略可分三階段進行：引出澄清概念（eliciting and clarifying ideas）、示範解釋情境（demonstrating an explaining situations）、概念遭逢和調適（ideational confrontation and accommodation）。分述如下：

在引出澄清概念階段，使學生對某一情境預測其可能發生的情形，並能明確的說出理由來支持其預測答案，同時也在接受他人的質疑時能防禦自己的觀點。如此可使學生自己更瞭解自己的想法。緊接著進入示範解釋情境階段：教師示範正在討論的情境，並用相關的知識解釋其該情境的背後原理。最後在概念遭逢和調適階段中，教師要求學生比較他們自己的想法及專家的想法，並找出兩者間的差異和相似性。如此可幫助學生察覺他們自己的概念之不準確和不一致性，進而學習到正統的概念。