

第二章 文獻探討

本研究旨在探討依據4MAT系統設計課程在教授光合作用單元的成效，故本章將分四節來探討：第一節為光合作用概念的研究，第二節為光合作用的教學策略，第三節是學習風格的相關研究，第四節是4MAT系統的發展。

第一節 光合作用概念的研究

學童在進入教室前常持有不同於正確科學知識的先前概念，儘管接受科學理論的教學後，仍會因為生活經驗及觀點不同，結合不正確資訊，進而建構出不一樣的意義和概念。這些概念，因研究者的觀點、研究目的與研究領域的不同，而有不同術語，如迷思概念（misconception）、錯誤（mistake）、前科學概念（prescientific conception）、另有概念（alternative conceptions）、先前概念（prior conceptions）、另有架構（alternative frameworks）、另有想法（alternative ideas）...等多樣術語（吳麗娟，2002；林家平，2001）。在本文中，採用「迷思概念」的術語來表示學童不同於科學社群知識的概念。

形成迷思概念的原因一直是教育界的重要議題，教師若能瞭解產生迷思概念的原因，並針對概念設計課程，如此能有助於改正迷思概念，進而提升教學效能。產生迷思概念的來源非常廣泛，一般來說是由於學習者與周圍環境交互作用的關係。根據多位學者對形成迷思概念的看法，可歸納出幾項原因：受到日常生活經驗的影響，不同生活背景與文化所致，學童錯誤的推理，同儕間文化的影響，自身的信念，被接受的意見，受同儕的鼓勵，日常生活語言上的隱喻，正式或非正式的教學或教材，由類比所產生的混淆，來自天生的理念，受到原有迷思概念的影響，因學科知識背景不足而受事物特徵的影響，來自教師或親人的錯誤觀念，受到感官、注意力以及思考能力局限性的影響，以及解釋的心智模型的不同（吳麗娟，2002）。

由上述可知，產生迷思概念的原因相當多，而且不同科學概念的迷思概念也不相同。過去的研究顯示學生在學習光合作用方面有相當大的困難，容易產生

許多迷思概念，茲將介紹數篇研究光合作用概念的成果。

Lumpe 和 Staver (1995) 統整各家關於光合作用迷思概念之研究後，得出幾項主要迷思概念的想法，例如：植物的食物來源有水、土壤、空氣、礦物質和陽光，對「食物」有錯誤詮釋，光合作用是氣體交換的過程，光合作用可使植物保持綠色，光合作用是植物的呼吸作用，陽光的功能是使植物溫暖。

Simpson 和 Arnold (1982) 認為光合作用是抽象且複雜的概念，學生必須先對食物、氣體和能量的概念有所理解，才能進一步理解光合作用。他們發現學生隨著年齡的成長，對於「食物」的概念有所改變，界定食物與非食物的準則從「可以吃的」提升到「提供能量」。關於「氣體」的概念，大多數學生認為二氧化碳是氣體，但是經常混淆「碳」與「碳水化合物」，可能原因是來自相似名詞。

Eisen和Stavy (1992) 研究13至15 歲的學生理解光合作用的困難，他們認為造成學習困難的原因可分成心理與課程二方面。在心理方面，學生以原始的觀點來看待生物及無生物，將生物視作化學元素組成的個體，或是用化學名詞來描述生命現象對學生而言是相當困難的。學生知道許多關於光合作用的名詞，例如陽光、氧氣等，但是無法真正理解這些名詞的意義；另外，學生不易理解自營性的營養方式，難以接受動物需要仰賴植物生存的觀念。在課程方面，主要原因來自缺乏基礎知識，或持有不正確的概念，例如：缺乏對化學的基礎認知，缺少能量的相關知識，持有不正確的先前概念，所以當學生在將新知識與其原有概念整合時，便會產生不同於正確科學的概念（引自林家平，2001）。

莊嘉坤 (2001) 對國內中小學學生進行關於植物行光合作用概念研究，報告結果顯示國小、國中及高中等不同階段的學生皆有不少的迷思概念。在國小階段，學生的迷思概念主要包括光合作用的目的、產物、太陽能的功用，例如：認為植物養分來自土壤，陽光會提供植物營養，甚至是陽光讓葉綠素增加；經常混淆光合作用與呼吸作用，認為植物白天吸收二氧化碳，晚上吸收氧氣；葉綠素是光合作用的產物；認為植物行光合作用是為了製造氧氣以供動物呼吸；動物提供二氧化碳給植物利用。在國中階段，學生的迷思概念主要是光合作用的重要性、

反應過程，以及物質與能量間的關係，舉例來說，學生認為光合作用的重要性是在於釋放氧氣，卻忽略了製造養分以供植物本身利用；不瞭解物質與能量的差異認為太陽光是行光合作用所需要的物質。在高中階段，學生的迷思概念主要是能量的轉換、太陽能的功能，對於光反應與暗反應的詳細過程不甚清楚。

關於光合作用的迷思概念相當多，為了能將之與科學家持有的正確概念做比較，茲將正確概念及迷思概念整理成表2-1，本研究即針對正確概念進行研究，探討學生學習正確概念的情況。

表2-1 正確概念與迷思概念的比較（迷思概念整理自林家平，2001；賈本惠，2002；顏麗娟，2003）

| 正確概念 | 迷思概念 |
|--------------------------------------|------------------------------|
| 1.行光合作用的生物，需具有葉綠體或葉綠素。 | 1. 認為植物從環境中的水、土壤或肥料中獲得食物。 |
| 1-1行光合作用的場所在葉綠體。 | 2. 植物吃礦物質。 |
| 1-2植物具有葉綠體，可行光合作用來獲取養分。 | 3. 植物從泥土中獲得蛋白質。 |
| 1-3葉子是植物的營養器官，葉肉細胞具有葉綠體，是主要行光合作用的器官。 | 4. 人們放置食物或是肥料到泥土中，供植物食用。 |
| | 5. 葉子喝雨水及露水。 |
| | 6. 葉子捕捉陽光的溫暖，為植物保溫。 |
| | 7. 雨水進入葉子的洞裡。 |
| | 8. 葉子可以將陽光改變成食物。 |
| | 9. 葉子因為不能呼吸而改變顏色。 |
| | 10. 葉子可以儲存根部吸收的食物。 |
| 2. 行光合作用需要水及二氧化碳做為原料，主要產物是葡萄糖。 | 1. 光合作用就是植物吸收二氧化碳，並轉換成氧氣的過程。 |

2-1植物的根部從土壤中吸收水分。

2-2空氣中的二氧化碳經過氣孔進入植物體。

2-3主要產物是葡萄糖，過程中產生氧氣，釋放於空氣中。

2. 光合作用就是讓植物保持綠色。

3. 光合作用是植物將陽光和二氧化碳變為葉綠體。

4. 光合作用是製造能量的過程。

5. 水蒸氣在行光合作用時，進入植物體內。

6. 植物主要釋放二氧化碳。

7. 植物行光合作用時，從空氣中獲取氧氣。

8. 有東西在空氣中流動，使植物得以成長。

9. 沒有空氣，則食物不能被製造。

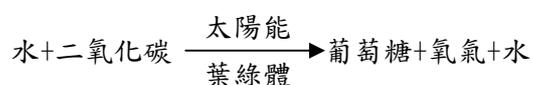
10. 以製造「氧氣」為主，而忽略是為自己製造養分。

3. 光合作用的過程包括光反應及暗反應

3-1光反應：需要在有光照時進行，葉綠素吸收光能，利用光能把水分解產生高能量分子和氧氣，所產生的氧氣由氣孔釋放到空氣中。

3-2暗反應：進行時，有無光照皆可；葉綠體中的酵素利用光反應所產生的能量，把二氧化碳轉換成葡萄糖和水。

3-3光合作用的總反應表示為：



3-4葡萄糖可進而轉換成其他養分及能量

1. 葉綠素是養分。

2. 葉綠素是植物的血液。

3. 植物直接由太陽將能量轉變成物質。

4. 行光合作用會直接製造蛋白質。

5. 植物將水改變為糖。

6. 氣體與製造食物無關。

7. 植物從泥土中獲得蛋白質。

形式，如蛋白質、脂質、蔗糖、澱粉。

4. 植物行呼吸作用及光合作用的比較。
- 4-1呼吸作用是將葡萄糖氧化以產生能量的過程，會釋放二氧化碳。
- 4-2光合作用是產生葡萄糖的過程，會釋放氧氣。
1. 植物只在夜間、沒有光的時候呼吸。
 2. 「呼吸作用」等同於「呼吸」。
 3. 光合作用是一種呼吸作用的形式。
 4. 植物在晚上行呼吸作用的過程與動物相同，但是在白天時，過程是相反的。
 5. 光合作用是植物的呼吸作用，人呼吸需要氧氣，植物則需要二氧化碳。
 6. 光合作用與呼吸作用是互補的，在白天進行光合作用，晚上進行呼吸作用。
-

第二節 光合作用的教學策略

關於光合作用的教學研究在國內外已有成果，研究對象為從五年級學生至大學生，研究結果發現，在所有年齡層中的大多數學生都有迷思概念，而且不同年齡層的學生，具有相似的迷思概念，可見學生要達成完全理解光合作用的過程是相當緩慢且困難的，以下將過去研究中，使用不同教學策略的成效及所遇到的困難做探討。

Barker 和Carr (1989) 對三種光合作用教學策略提出評論，第一種是「引導發現教學法」，藉由預先計畫好的經驗來引導學生學習概念，但是由於教師提供假的問題來詢問學童，使得教師容易忽略學生的迷思概念。第二種是「成分分析教學法」，是以科學史上發現光合作用的步驟進行，優點是能正確地反應出專

家概念，但是由於國小學童缺乏抽象概念的理解，對於粒子概念的認知不深，所以學童學習關於光合作用的化學反應，其學習成效不佳。第三種是「植物食物意義的教學法」，重點在於使學生瞭解光合作用對於食物的意義，故強調食物來源是植物自己體內所製造，而不若動物的食物來源需要依賴吃的方式進入體內，此法是立基於學生的先備概念，來說明植物和食物的意義，但是此法容易造成學生聯結「植物的製造食物」及「動物的吃食物」之間的關係，而忽略二者間的差異性（引自賈本惠，2002）。

根據Eisen和Stavy（1992, 1993）的研究，由於學生學習光合作用的困難源自孩童缺乏化學、生物及物理方面的基礎知識，也缺乏抽象概念的理解能力，故在教學上應符合孩童直覺上的概念，這樣可以幫助學生接受科學性解釋進而建立邏輯觀念。因此，他們根據迷思概念設計科學課程，結果顯示所設計的課程可以更適合學生學習，也可能可以減少迷思概念的產生，而獲得更好的理解（引自賈本惠，2002）。

吳昭慶（2005）利用語詞定義與聯想問卷、晤談以及教室觀察的方式，探討國內屏東縣國一學生對生物運輸概念及相關語詞的學習情形。其研究結果顯示，講述教學只能讓學生產生記憶性的學習，並不足以使學生理解課程內容及科學語詞。

董美津（2005）探討運用光合作用科學史融入國中生物教學，其對學生學習成效的影響。結果顯示融入科學史教學對學生的學習成就並未有顯著的成效，但是可以幫助學生釐清概念，並能提高學生的學習態度，以及能讓學生理解科學成果是由許多科學家的實驗累積而來。

賈本惠（2002）針對國小學童採用Osborne和Freyberg（1985）四段式概念改變教學策略，首先從日常生活經驗著手，進行POE模式，藉以引出迷思概念，並嘗試以「概念卡通」（concept cartoon）呈現概念衝突情境，以科學史的故事作為輔佐加以引導，再實施合作學習及共同討論，最後呈現日常生活情境，驗證其概念的應用。結果顯示在教學後，概念圖的關係、階層、關鍵概念、總分平均都

顯著優於前測，且命題總數和正確命題數也都顯著優於前測，在光合作用產物和目的概念上也有顯著進步，所以可以證明此概念改變教學有顯著的成效。

陳嘉成（2001）發展動態評量AIMS模式，來探究國小學童光合作用概念發展。結果顯示低分組學童在此模式下，對於光合作用概念的認知，獲得較佳的學習成效，而且接受訪談的學童一致認為，此模式的提示系統確能幫助其對光合作用概念的認知，尤其是在以實驗結果釐清對植物的定義、氧氣與二氧化碳的地位與植物對光的利用等概念，成效更為明顯。

總結以上研究成果，光合作用概念的學習及改變是相當困難的，一般講述教學只能使少部分學生理解光合作用，而多位研究者依據不同理論、方法設計不同教學策略，學生的學習成就未必能全面提升或是有顯著進步，然而針對迷思概念進行教學設計，的確有助於概念釐清並減少迷思概念。

光合作用概念是如此的難以學習，或許在教學過程中，不能只考量概念的困難度，學生學習的方式也是教師在教學時應注意的要項。儘管教師具備口若懸河的口才，儘管上課時講解得口沫橫飛，若是遇到無法閱讀或不擅長聽講的學生，這樣的上課方式對他來說將會是多麼無趣，學習成效自然大打折扣。若教師能適時運用不同的教學策略，例如引導討論、以活動帶領學習、與日常生活經驗連結、以圖片或是影音方式呈現概念等，顧慮不同學習習慣或是不同學習風格的學生，教學效能可能才會有效提升。在下一節中，將介紹不同的學習風格理論與發展。

第三節 學習風格的相關研究

學習風格（Learning style）一詞的出現是在1970年代，早期源自實驗心理學上對認知風格的研究；而認知風格所探討的無法涵蓋個人在學習上的經驗，逐漸演變之後，才有學習風格一詞出現。

所謂學習風格是指個人處理資訊的習慣，亦即學習者在知覺、思考、問題解決和記憶方面的典型表現，換言之，資訊處理過程時，個人在感覺偏好、資訊編組及記憶保留等方面的特殊性質，以及不易改變的習慣（劉信雄，1992；

引自施賀建，2003）。Keefe（1988）認為學習風格是指學習者與其學習環境交互影響中，培養出一種相當穩定的反應方式，通常包括個人的認知風格、情意特徵與生理習慣等特性（引自簡綜男，1999）。換言之，學習風格是指學習者對學習過程的一種偏好方式，而學習風格的研究可以幫助瞭解學生在學習方式上的差異。

過去關於學習風格的研究繁多，由於每位學者觀點均不相同，至今仍無共同認定的定義，茲將各家對學習風格不同的定義整理如表2-3。

表2-3 學習風格的定義（引自施賀建，2003；簡綜男，1999）

| 研究者及年代 | 定義 |
|------------------------|---|
| Pask（1968） | 個人對某種學習策略的偏好。 |
| Kolb（1976b） | 學習者在「具體經驗」、「觀察和反應」、「形成抽象概念」、「行動後獲得新經驗」等四個學習階段當中的行為表現。 |
| Dunn & Dunn（1978） | 個人對物理、環境、社會和生理等各方面的刺激所產生的偏好方式。 |
| Bennett（1979） | 影響個體如何接受刺激、記憶、思考與解決問題的人格與心理特性。 |
| Gregorc（1979） | 學習者從遭遇的環境中學習，並調適一些特殊的行為，它能提供學習者的心智是如何運作的線索。 |
| Hunt（1979） | 學習者最有可能學習成功的教育條件或情境；學習情境旨為描述學生如何學習，而非學到什麼。 |
| NASSP（1979） | 學習者與其學習環境交互影響的知覺中，培養出一種具有相當穩定的反應方式，通常包括個人的認知型態、情意特徵與生理習慣之特性 |
| Renzulli & Smith（1979） | 學習者在特殊的學習活動以及與課程教材的交互作用過程中，所偏好的教學策略與學習方法。 |

| | |
|----------------------------|---|
| Entwistle (1981) | 學習者在不同情境中，仍採用一致的學習策略的偏好或傾向。 |
| Butler (1982) | 學習風格顯現個體以何種最容易且最有效率的方式來瞭解自己、外界以及兩者之間關係的方法。 |
| Schemeck (1982) | 個體在不同學習情境中，慣用特殊學習策略的傾向。 |
| Keefe (1982) | 認知、情意、與生理方面的特質，做為學生如何對學習環境加以觀察、產生交互作用和反應的指標。 |
| Gager & Guild (1984) | 個體致力於一項學習任務時，經由其行為和人格的交互作用而表現出來的一種穩定且普遍的特徵。 |
| Canfield (1988) | 學生在學習環境中，對於班級氣氛、團體人際關係、動機因素、學科興趣，感覺輸入以及成功或失敗的預期。 |
| Mcdermott & Beitman (1984) | 學生在學習過程中所表現出來的獨特方式，它包括了可觀察到的問題解決策略、決策行為、遭遇學習情境限制時所做的反應，以及面對他人期望時所產生的回應 |
| 林生傳 (1985) | 學習風格乃個人所喜愛的學習方式，可代表個人如何接受刺激、記憶、思考與解決問題的一組人格與心理特性。 |
| 鄭美玲 (1986) | 個人於學習環境中，運用自己喜歡或擅長的策略、獨特行為、學習策略，進行學習的一種心理特性。 |
| 郭重吉 (1987) | 學生在教學過程中所表現出來的個人學習方式或作風。此種方式或作風是個人在影響學習成果的變因（包括個人與環境，或是認知、情意和社會的變因）以學習過程策略方面所表現出來的穩定特徵。 |
| 張春興 (1995) | 指學生在變化不定的環境中，從事學習活動時，經由其知覺、記憶、思惟等心理歷程，在外顯行為上表現出帶有個別差異的學習偏好。 |

由以上資料可知，不同的學習風格定義來自學者觀點的不同。吳百薰（1998）曾將中外學者對於學習風格的定義，按其定義取向以及年代先後順序加以整理，其中分為學習情境、行為模式、策略、情意和多元五個取向。屬於學習情境取向者有Hunt，屬於行為模式取向者有Kolb、Butler、McDermott & Beitman等人，屬於策略取向者有Pask、Gregoric、Entwistle、Schemeck等人提出，屬於情意取向者有Bennett、Canfield，屬於多元取向者有Dunn & Dunn、NASSP、Keefe、林生傳、郭重吉以及張春興等人。儘管各家學者定義的取向不同，但可發現到學習風格會受到個人、認知、情意、社會、內在與外在環境等多項因素影響，它可以表現出個人獨特的學習偏好，具有一致性及穩定性，在短時間內不因學習情境的改變而有影響，不因學習內容的不同而改變。

在眾多的學習風格理論中，最廣為被教育界使用的是David Kolb的學習風格，因其結合了Jung、Levin、Dewey、Piaget等人的理論，並有完整的統計數據支持其理論。Kolb（1976, 1984, 1985）認為學習的差異在於如何察覺（perceive）及如何處理訊息（process）兩個方面。在察覺方面，人們利用感受（sensing/feeling）或是思考（thinking）的方式來察覺外界的刺激。慣用「感受」來察覺事物的人，他們偏好具體經驗，通常憑直覺做判斷而不注重理性思考；相對的，慣用「思考」來察覺事物的人，他們偏好抽象概念，以邏輯理論來思索而非重視直覺感官。換言之，察覺方面包含「具體經驗」及「抽象概念」兩個層面。在處理訊息方面，人們利用觀察（watching）或是實作（doing）的方式來處理訊息。慣用「觀察」來處理訊息的人，偏好省思觀察，較著重被動而非主動，能多角度看待事情，並創造自我的見解；相對的，慣用「實作」來處理訊息的人，偏好主動實驗，重視實際運用而非被動觀察。換言之，處理訊息方面包含「省思觀察」及「主動實驗」兩個層面。

Kolb（1976a）藉由上述的「察覺」及「處理訊息」等兩方面形成兩個向度，意即利用「具體經驗/抽象概念」及「省思觀察/主動實驗」等向度構成四個象限的學習風格，稱之為發散者（Divergers）、同化者（Assimilators）、收斂者

(Convergers)、調適者 (Accommodators)，如圖2-3所示，每種學習風格有其特色與學習方式的偏好，茲將分述如下：

- 一、 發散者 (Divergers)：由具體經驗及省思觀察兩個層面構成，代表著他們偏好親身經驗與觀察來學習，他們具有創造力與想像力，擅長從不同角度觀察及處理訊息，能提出許多意見，較傾向以想像和感覺來解決問題。
- 二、 同化者 (Assimilators)：由抽象概念及省思觀察兩個層面構成，代表著他們偏好抽象思考及被動觀察來學習，擅長分析事物，特點在於歸納、推論及建立理論的能力，重視理論的邏輯性與精確性，較不在乎理論是否合乎事實。
- 三、 收斂者 (Convergers)：此類型與發散者相反，由抽象概念及主動實驗兩個層面構成，代表著他們偏好抽象思考及實際應用來學習，擅長解決只有一個正確答案的問題，專注於特殊情境中，並能應用理論於特定問題上。
- 四、 調適者 (Accommodators)：此類型與同化者相反，由具體經驗及主動實驗兩個層面構成，代表著他們偏好具體經驗及主動實驗，擅長計畫執行並推廣於新經驗中，當計畫不符合實際情境時，會捨棄既定計畫，勇於嘗試其他策略，並藉由嘗試錯誤的經驗中解決問題。

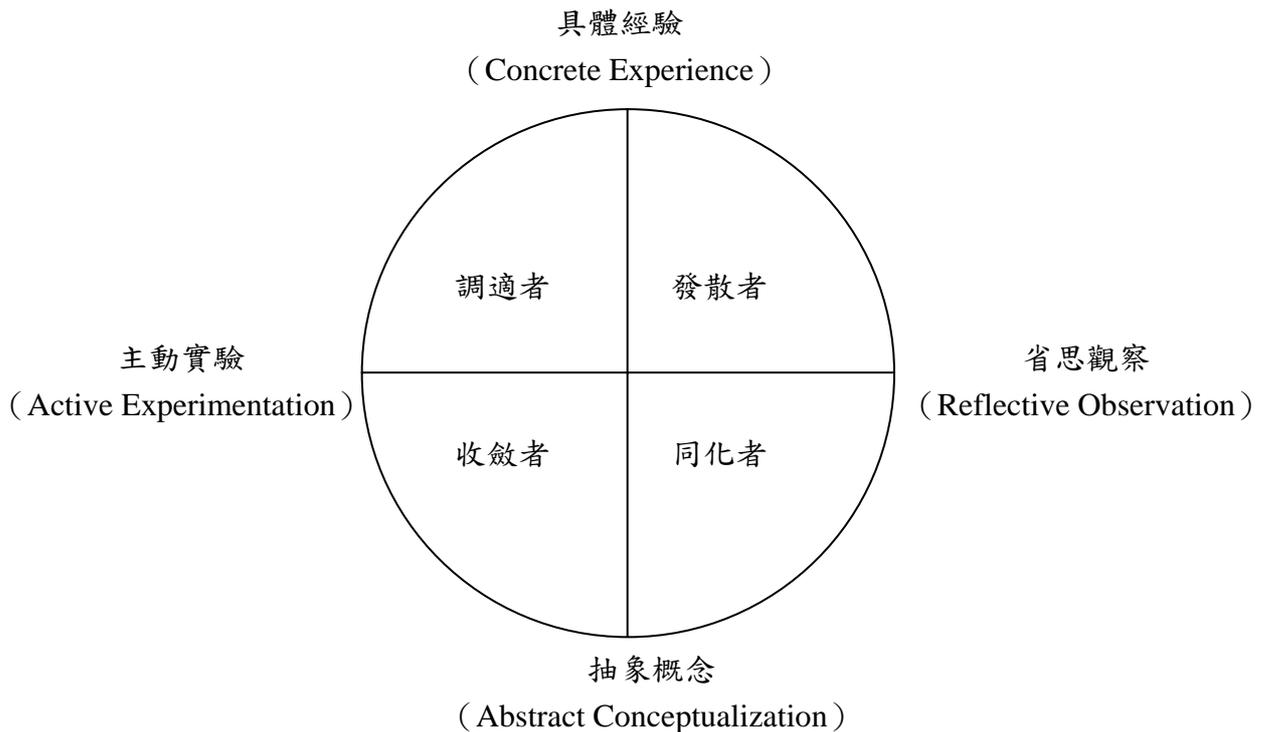


圖2-3 Kolb的學習風格

第四節 4MAT系統的發展

教師若能了解學生的學習差異並不僅止於智力，能體認到學生具有不同的學習風格，依其學習風格設計教學，增進個別化教學，對學生學習才會有所助益，4MAT系統便提供了這樣課程設計的理论基礎，4MAT是包含八個學習步驟的環狀系統。由Bernice McCarthy自1970年代起發展，立基於教育學、心理學、神經學及管理學等領域學者的理論，如David Kolb (1976, 1984, 1985)、Carl Jung (1923)、Jean Piaget (1970)、John Dewey (1958)、Joseph Bogen (1969, 1975)、Gabriele Rico (1983)、Betty Edwards (1979)，以及John Bradshaw和Norman Nettleton (1983) 等提供構成4MAT的重要概念 (McCarthy, 1990)。

David Kolb的四種學習風格為其主要理論基礎，但是McCarthy對學習風格的看法與Kolb稍有不同，因為她的重點在於課程設計上，著重於能讓每種學習風格的學生均能受益的課程活動。她將四種學習風格另外命名且定義其特色、學習方式的喜好，四種學習風格如圖2-4-1所示，茲將之詳述如下：

第一類 (Type One) 為想像學習者 (Imaginative Learners)，簡稱想像者：想像者能察覺並整合具體經驗，以聆聽及分享意見的方式學習，他們對社群及人際有興趣。有時候，因為思考所有層面，所以難以做出決定。他們尋求明確的意義，發覺到學校太過瑣碎，無法與個人有興趣的議題相連結，他們會努力連結學校內容與本身所需。根據以上所述，想像者學習的重點在於所學知識與實際生活的連結，需要知道「為什麼 (WHY)？」。

第二類 (Type Two) 為分析學習者 (Analytic Learners)，簡稱分析者：分析者能察覺抽象資訊，能整合所觀察的結果為新知識，他們透過思考來學習，並需要知道專家的想法。他們重視連貫性思考，需要知道完整的細節，他們喜歡傳統教室並能發現吸引人的想法，有時候熱衷思考勝過人群，所以常顯得冷漠。他們擅長口語表達，渴望閱讀，認為學校很適合他們的需求。綜合以上所述，分析者的學習重點在於回答這個問題：「那是什麼 (WHAT)？」。

第三類 (Type Three) 為常識學習者 (Common Sense Learners)，簡稱常識者：常識者能察覺抽象資訊，能整合理論與實際情況，藉由試驗理論及應用常識來學習。他們是實用主義者，認為假如某些事物有用，就會去使用它。他們是實際問題解決者，厭惡被告知答案，重視策略性思考。他們喜歡操作實驗，因為他們需要瞭解事物如何運作；他們能切入事實核心。因為他們強烈需要解決實際問題，所以認為學校會使他們受挫，他們要知道所學到的知識如何馬上運用。據此，常識者學習重點在於理解「如何運作 (HOW DOES THIS WORK)？」

第四類 (Type Four) 為有活力的學習者 (Dynamic Learners)，簡稱活力者：活力者能察覺具體的資訊，透過經驗及嘗試錯誤來整合知識，熱衷新事物及喜好改變；他們經常在缺乏邏輯判斷時，也能做出正確結論。他們喜歡面臨挑戰，從多方面追求興趣，認為學校沈悶且太過制度化，嚴重受挫於學校組織。綜合以上所述，活力者的學習重點在於將所學應用於新經驗，並找到這個問題的答案：「假如這麼做，會如何 (WHAT IF)？」。

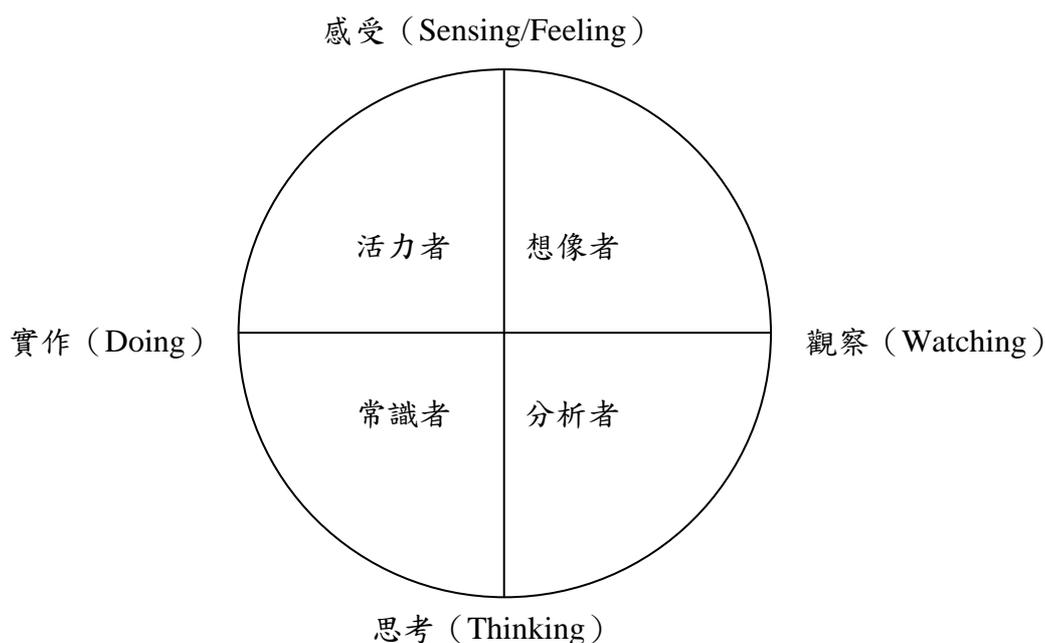


圖2-4-1 McCarthy的學習風格

另一個影響4MAT系統發展的主要論點是神經生理學，現今關於大腦的左右半腦的研究顯示兩邊半腦處理不同的資訊，以不同的方式解決問題。左半腦擅長於系統性處理，可從事件的片面性考量，採用分析及邏輯的策略解決問題。右半腦能全面性考量事情，直覺、觀念及信念是解決問題時的策略。兩邊半腦的功能都相同重要，研究發現有些個體在學習時會依賴左半腦或仰賴右半腦，或者是全腦學習（Bogen, 1969, 1975；引自McCarthy, 1990）。

綜合以上所述，McCarthy（1987）認為教師在設計課程時，應考慮每位學生的學習風格，讓不同學習風格的學生提供不同的學習機會，並同時顧慮仰賴左半腦的學習者及仰賴右半腦的學習者或是全腦學習者。基於此，她提出一個八個學習步驟的環狀系統，這個系統提供教師作為設計課程的參考依據，系統中每兩個步驟適合一種學習風格，而這兩個步驟又分別利於左右半腦的運作，八個步驟的內容詳述如下，4MAT模式如圖2-4-2所示：

- （一）創造經驗（適合第一類及右腦學習者）：創造新經驗或連結學生的生活經驗。
- （二）反映分析經驗（適合第一類及左腦學習者）：分析之前創造的經驗。
- （三）整合反映分析為概念（適合第二類及右腦學習者）：以某種方式讓學生「想

像」或「看到」要學習的內容，是一個轉折過程。

- (四) 概念發展 (適合第二類及左腦學習者)：教師講述概念及技能。
- (五) 實作指定項目 (適合第三類及右腦學習者)：動手操作所學的概念。
- (六) 實作推展項目 (適合第三類及左腦學習者)：將所學推廣至更新更複雜的活動。
- (七) 分析實用程度 (適合第四類及右腦學習者)：學生能分析實用性及相關性，確定他們所學到的內容。
- (八) 推廣至新的複雜經驗 (適合第四類及左腦學習者)：學生能應用所學於實際生活及推廣至新經驗。

完成一次環狀4MAT系統後，學生會經過感受、體驗、觀察、反省、思考、提出見解、形成概念、檢驗理論與實驗等階段，最後評估及整合他們所學到的內容，並應用所學至新情境中。教師們可以利用4MAT系統來提高教學策略的多樣化，並讓不同類型學生獲得學習機會，這是4MAT系統最重要的目的。

關於4MAT系統的實務研究已有不少成果，Scott (1994) 的文獻回顧分析中，提及數位學者研究的成果，內容包括教師的參與情形與學生的學習成效，如以下所述。Lieberman (1986) 在Boston進行大規模4MAT課程研究，結果發現教師普遍認同4MAT的哲學論點及方式；然而，他們不願意耗費時間編寫4MAT教學計畫，他們認為在4MAT教學的經驗中，已經充分體認「創造經驗」及「反映分析經驗」步驟的重要性，至於其他教學步驟則無須耗費時間設計。Lacey (1986) 提及三所引進4MAT的學校，其學校教師在經過4MAT的訓練後能夠有系統地編寫4MAT課程計畫。Ault (1986) 的研究以大學生為對象，雖未評量認知方面的成果差異；然而，她提出證據說明，使用4MAT於課程後，學生的態度優於過去教學時的表現，且達顯著差異，而教師對於教學的滿意度較高。Wilkerson和White (1988) 以某個科學教學單元為例，比較4MAT及傳統講述法的成效，結果發現在屬於知識、比較、應用與分析方面的測驗部分，4MAT教學組的成效顯著優於傳統教學組，而且4MAT教學組學生持有正面積極的學習態度。

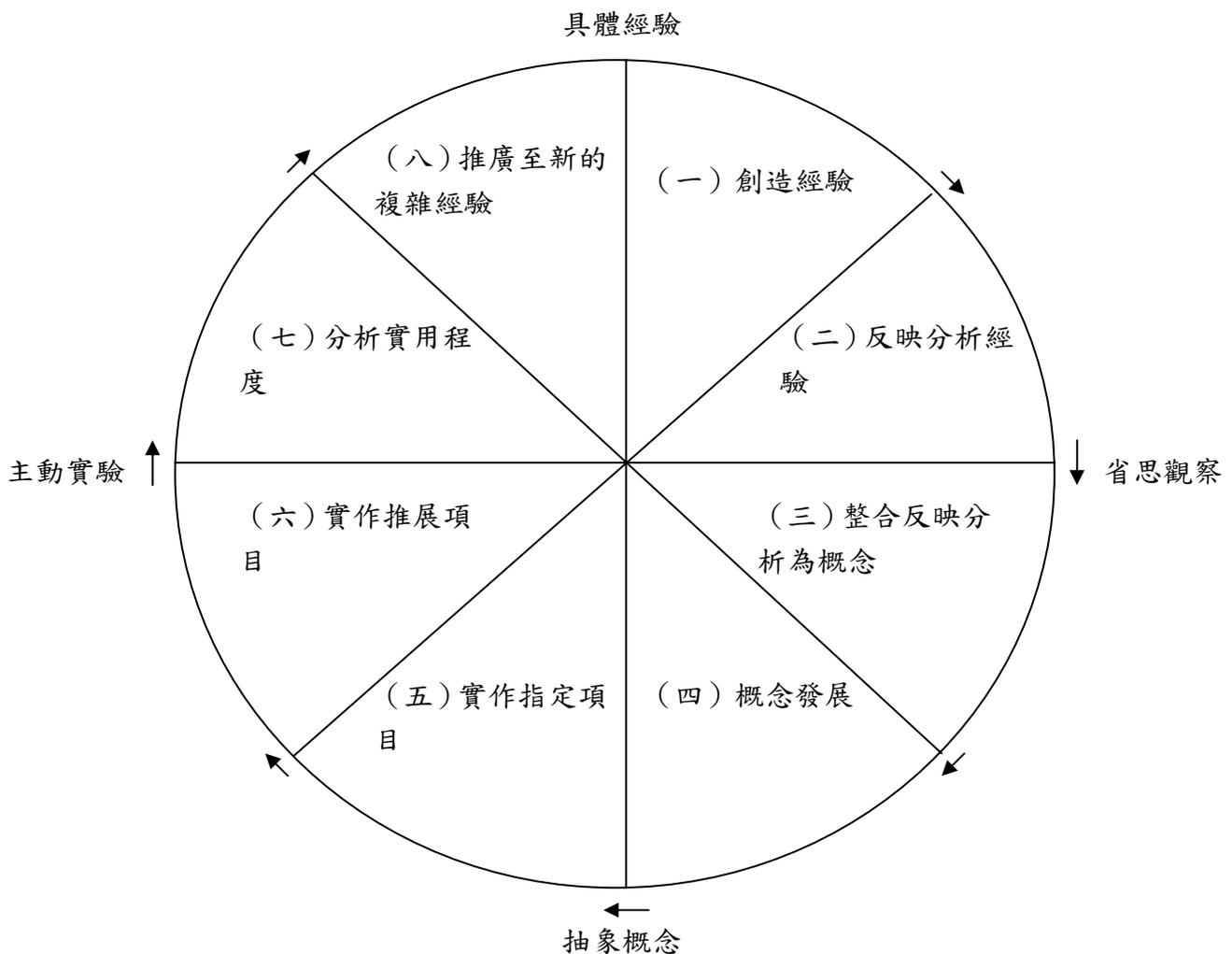


圖2-4-2 4MAT系統的教學步驟

Bowers (1987) 以六年級資優生的3小時物理課程為例，教學內容是牛頓第一運動定律。將學生分成兩組，分別使用4MAT課程及傳統課程，在成就測驗的結果上，顯示35題知識測驗項下未達顯著差異，在25題批判性思考測驗中達顯著差異，整體60題測驗中達顯著差異，在6題關於該單元的科學態度測驗中達顯著差異，在4題關於一般科學態度測驗中達顯著差異。這表示接受4MAT課程的學生，其學習成效及科學態度優於傳統課程的學生，且達顯著差異；另外，接受4MAT課程的學生在批判性思考測驗的表現上，亦優於使用傳統課程的學生，且達顯著差異（引自Scott，1994；羅永昇，2002）。

Dwyer (1993) 運用4MAT系統設計許多關於演講的教學課程，結果發現能

提升學生的興趣，學習表現比過去學生的表現佳。Anderson與Green（2000）使用4MAT模式於市場教育課程，結果發現可以提高學生的成功機會，當有多樣化的教學方式被運用時，學生能獲得更好的表現機會。

中國大陸學者蔡享翰（2005）曾與國內屏東某技術學院合作，探討4MAT課程用於國內學生的效果，研究對象為技術學院大一護理課的學生，分為傳統講述課程組與4MAT課程組，比較兩組的學習成效，結果顯示4MAT課程組的學生在學習及長程記憶的效果皆比傳統講述課程組的學生表現傑出，且達顯著差異。

李瑞芳（2006）在探討4MAT系統教學法幫助國中學生英文閱讀能力的研究報告中，顯示4MAT教學法確實可以幫助學習者有策略地閱讀文章並回答與文章相關的問題，有較多第一類學習者能找出文章細節，並有助於第三類及第四類學習者找出文章主旨，且第四類學習者在推論文意、發揮創造力及思考力等方面均有顯著進步。

林郁如（2006）以行動研究的方式，探討利用4MAT教學模組來提昇國小四年級不同學習風格學生在自然與生活與科技課程上學習動機的成效，其學習風格是以Herrmann（1991）理論為依據，根據4MAT自行設計教學模組，教學課程共有三次循環，每個循環為一個教學單元。研究方法除了量化分析結果外，研究者針對四位學習動機低落的學生進行深入觀察。研究結果顯示4MAT教學能提昇不同學習風格學生之科學學習動機。

綜合以上研究所述，4MAT對教師而言，是一種設計課程的工具，是一種教學模式，也是一種學習理論，教師們認同4MAT的哲學理論，也能依據4MAT來設計教學課程與編寫教案。關於運用4MAT於物理課程、護理課程、英語課程、科學教育和市場教育...等研究中，可發現到4MAT能提供不同學習風格學生的學習機會，有助於其學習成效、提升科學態度以及提高學習動機。換言之，雖然使用4MAT課程未必能使學生的學習成就均達顯著效益，但至少能讓學生接觸不同的學習情境，例如能將知識與既有的生活經驗作聯結、能與同儕討論分享、能有動手實作的機會、能運用所習得的概念知識於新經驗中、也能聆聽老師講述正確

的科學知識，這些課程活動具有多樣性，而在一般以講述為主的教學方式下，學生僅能以聽講的方式學習，兩者間的教學方式是大相逕庭。