第二章 文獻探討

第一節 迷思概念與其診斷方式

近二十年來，科學教育的研究發生重大的改變，在以建構主義的知識論與學習論為理論基礎下，強調概念與概念架構在人類有意義的建構知識上扮演重要的角色。Ausubel(1968)提出建構主義認為學習的主體是學習者本身，換言之，學習者不再只是被動接受知識或刺激，更是知識的「建構者」。

科學教育學者發現學生在特定領域學科的原有知識重要於一般認知能力與邏輯結構。因此，進行有意義的學習時，則該先了解學生的原有知識(prior knowledge)及其知識結構，並以此為基礎，接著再與新的資訊產生交互作用，如此新的資訊才能真正被學習。但學生的先有概念(preconception)有時候會與專家知識不同，這些相異的概念稱為「迷思概念」或「另有概念」(陳啟明、陳瓊森，1992；李賢哲、樊琳、張蘭友, 2005；Tsai & Chou, 2002; Chandrasegaran et al., 2007) 。而 Pfundt 和 Duit (1991；引自李賢哲等人，2005)指出許多迷思概念都很難改變，因為科學概念具有 5 種特質：(1)個人的(personal)；(2)固執的(persistent)；(3)強韌的(robust)；(4)一致的(consistent)；(5)穩定的(stable)。

邱美紅 (2000)指出在科學概念上的學習困難，其原因有下列四點：(1)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。因此，當學生進入教室時，帶著原有的知識，即迷思概念，則會使科學學習變得相當困難，當學生面對新的概念時，他們會以錯誤的方式來予以詮釋。最後，新的概念將會被忽略或被錯誤地詮釋，甚至這些迷思概念也會與其他概念形成另外的迷思概念，如此的結果

亦將增加教師在教學上的困難。

一、迷思概念的來源

迷思概念的來源可能是非常多面的。Sutton & West(1982)、Head(1986)、Blosser(1987)以及 Duit 和 Treagust(1995)等人曾提出產生迷思概念的幾種可能原因，綜合其看法可得以下十個迷思概念的來源：(1)與生俱來的，(2)從日常生活而來的，(3)從隱喻而來的，(4)從類比產生的，(5)來自同儕，(6)正式或非正式的教學，(7)字義的聯想、混淆、衝突或缺乏知識，(8)文化背景的差異，(9)來自傳播媒體的影響，(10)個人感知經驗(引自陳啟明、陳瓊森，1992；Chandrasegaran, Treagust & Mocerino, 2007)。

二、迷思概念的診斷方式

過去學者對於探究迷思概念的研究方法有概念圖法、訪談、以及半開放式二階層紙筆測驗。分別探討如下(引自陳美紀、梁季萍，2005；李賢哲、樊琳、張蘭友, 2005；Tresgust, 1989；Tsai & Chou, 2002)：

(一)概念圖法

概念圖最初是由 Novak 等人(1981)發展，主要是用來作為描述概念之間關係的表徵結構。透過概念圖可以用來診斷學生的學習架構是否完整，亦可以用於分析教材的整體架構與內容，更可以用於教學的實施。在概念圖中的概念(concept)與命題(proposition)，是指不同概念插入命題聯接，強調透過命題將既有的知識統整起來。另外，概念以階層的方式呈現，一般性、概括性的概念於上層，較特定、具體的概念排在下層，而最下層常是具體的範例。

(二)晤談法

晤談的種類分成事例或概念晤談、事件或情境晤談、示範—觀察—解釋晤談。事例晤談目的在引出學生對其使用「字」的真正意思；事件晤談著重在整體架構中引出學生的世界觀；示範—觀察—解釋晤談著重在探查學生在特殊情境中的概念組織，以及學生運用這些概念來演算、描述和解釋的現象(郭重吉，1989)。晤談依結構區分為三種，無結構性訪談、結構性訪談及半結構性訪談；其中半結構性訪問具備合理的客觀性且能使受訪者充分反映己見，適合用以蒐集學生不同想法(王文科，2000)。

(三)二階層選擇題紙筆測驗

Treagust(1988)發展出二階層選擇題紙筆測驗診斷迷思概念的評量方式。透過參考相關主題的文獻，了解學生在科學學習的問題，以及對學生做非結構式的訪談，更加了解學生如何思考；最後，結合文獻和訪談結果建立二階測驗的題目選項。

整份測驗試題中的每一道題目均包含兩個部份：第一階段是針對內容由題幹和幾個簡單的固定答案選項所組成，所欲測量之主題內容的命題知識；第二階段則是探索理由，提供第一部分選項之理由所組成。此類型的填答時間較短，資料分析也較容易，並可探究出理由敘述，兼具質性的晤談法和量化的測驗結果之優點。

針對二階層選擇題式診斷測驗的發展流程，Treagust(1988)將其分為三階段十步驟，簡述如下：

1. 定義內容階段

步驟一 確認命題敘述

步驟二 發展概念圖

步驟三 建構命題知識和概念圖之間的關聯

步驟四 效化內容

2. 獲得學生迷思概念的資料階段

步驟五 檢定相關文獻

步驟六 進行無結構式的學生訪談

步驟七 發展選擇題，內容選目包括自由回答部分

3.發展診斷測驗階段

步驟八 發展二階層選擇題式診斷測驗

步驟九 設計細目檢核架構表

步驟十 繼續不斷修訂

在上述的三種診斷方式，以概念圖與二階層選擇題紙筆測驗為研究者最常運用來診斷迷思概念的工具。但由於傳統教學受到時間的限制，概念圖相對地較少被教師使用，而在概念改變方面，Nersessian (1991)提到若沒有將概念圖複雜化，想要獲得學生微妙的改變情形是不容易的(劉俊庚，民 90)。運用二階層選擇題紙筆測驗分析學生迷思概念，相較於訪談或概念地圖更具有節省人力與時間的優勢 (Griffard & Wandersee, 2001; Chou &Tsai, 2002; Treagust & Chandrasegaran, 2007)。因此，本研究將發展線上二階層測驗來診斷學生在二極體單元的迷思概念。

三、電學的迷思概念

陳啟明和陳瓊森 (1992)收集了過去對於電路學迷思概念的相關研究，發現多半偏向臨床晤談與紙筆測驗的研究方式。由整理過去文獻所列的迷思概念發現，目前電學概念的研究可知，多數集中在基本電路的部份，推論基本電學對不同國家的各年齡層學生都是比較抽象而難以學習的單元，且在教學後所顯示的迷思概念仍很不容易進行概念轉變。大部分的迷思概念和”電流”概念有關係，顯示電流的概念是電學中的最多且最主要的迷思概念來源。

李賢哲等人 (2005)整理了國內外的科學教育相關研究，指出物理中的電學部分很重要，但也較難教或難學；另一方面以化學領域電化學的部份，屬於較無法直接觀察的抽象概念，也是學生感覺較難學習的概念之一。李賢哲等人探究國小高年級學童對電池所持有的想法或迷思概念類型，迷思概念的類型分為摩擦類型、容器類型、碰撞類型兩極同時發出電流類型、兩極兩種電流類型、順序推理類型、濾器類型；唯物假設類型、單一電極或電源類型、衝突電路類型；流遍類型、消耗類型和再生類型，這些迷思概念成因，以生活經驗與學校學習活動為主要來源。學生經過學校的課程教學後，多數的學生仍然對以教學過的內容一知半解，但這些迷思概念均是影響日後科學學習的關鍵因素，學校應該妥善安排課程。

第二節 概念改變理論與策略

Thomas Kuhn 在 1962 年出版了《Structure of Scientific Revolutions》一書，書中提出「概念改變」的理論與議題，改革了科學、哲學領域過去數十年以邏輯經驗論為主的局面(Thagard, 1992; 引自邱美虹，2000)。概念改變似乎成了科學教育學者相繼研究的主題，並提出相關的概念改變理論與概念改變策略。在第一節中也提到，迷思概念會影響學生的學習，導致老師教學上的困難，因此迷思概念必須被矯正。以下針對概念改變理論和概念改變策略做說明。

一、概念改變理論

(一)PSHG 理論

科學教育領域中，概念改變最先提出且最具影響力的理論即是 Posner, Strike, Hewson, & Gertzog (1982；引自邱美虹，2002)所提出的概念改變理論，又稱為 PSHG 模式。這概念改變策略是以 Kuhn、Toulmin 和 Lakatos 的認識論所發展的，並主張以 Piaget 的同化(assimilation)與調適(accommodation)觀點來看待概念改變。同化是指學生以既有的概念處理新現象；調適則發生在學生既有概念不足以解釋新現象時，必須置換或重組其中心概念，此為徹底的概念改變形成。由此可知概念改變並非一種自然發生的過程，往往必須經由認知衝突的形成才可達到概念改變的目的。因此，若希望學生概念改變須具備四種條件：

1.學習者必須對既有的概念感到不滿意(dissatisfaction)。

2.新概念必須是可以被學習者理解的(intelligible)。

3.新概念必須是合理的(plausible)。

4.新概念必須能解釋更豐富的(fruitful)。

符合上述四個條件在透過調適的過程，才能使概念重組，以達到概念改變的目的。而 Strike 與 Posner (1992; 引自林靜雯，民 88)體認到情感與和社會議題的重要性，強調「概念生態」的中心思想認為另有概念可能不只是原先既已存在的，也可能是教學過程的產物，所有概念生態包括了科學概念與迷思概念是以動態持續交互作用的發展。

(二)Chi 之本體論的概念改變理論

PSHG 模式是以認識論為基礎，從學生如何看待自己具有的知識出發；而 Chi 之本體論的概念改變，則研究學生如何看待外在的世界。

Chi (1992; 引自邱美虹，2000)從本體論(ontology)的角度來分析概念結構，指出所有的實體(entity)可分為三個類別(category)：物質(matter)、過程(process)和心智狀態(mental state)。「物質」泛指含有特定屬性(attributes)的東西；「過程」則指事件的發生，可概分為三大類(步驟、事件、以條件為主的交互作用)；「心智狀態」則指情意的概念。而 Chi 提出概念改變即指概念類別的轉換，可區分為兩種，本體類別內的概念改變(within ontological conceptual change，或簡稱為概念改變)和跨越本體類別間的概念改變(across conceptual change，或簡稱為根本的概念改變，radical conceptual change)。

當類別內的概念改變發生時，概念本身並不改變其原有的基本意義，所改變的是概念中心節點的樹狀脈絡中的位置，因此可視為概念的遷移或重組，而重組的原因則可能是因為概念屬性的增減，或特定屬性更為明顯所致。跨類別的根本概念改變乃指概念由原屬的類別轉移到另一個不相容的類別。

(三)Thagard 概念革命的觀點

Thagard(1992; 引自林靜雯，民 88)認為概念改變涉及實質上的概念系統的改變，

即種類關係(kind-relation)與部分關係(part-relation)的改變。所謂「種類關係」乃指概念樹中階層較上位的概念；而「部分關係」則指階層中較下位的概念概念改變便是種類關係與部分關係的變化。Thagard 藉由九個連續性的分類，了解科學史上一些繼續化概念改變過程的難易程度，如表 2-1。

表 2-1 Thagard 概念改變的階層

階　　層	特　　質	範　　例
1.增加新例子	瑣碎的	如遠處的小斑點是鯨魚
2.增加弱原則	強弱視其實用性	如鯨魚可在北冰洋裏發現
3.增加強原則	強弱視其實用性 (實用性指解題和解釋)	如鯨魚吃沙丁魚
4.增加新的部份關係 (part-relations)	分解	如鯨魚有脾臟
5.增加新的種類關係 (kind-relation)	利用上階關係來結合兩個概念	如海豚是鯨魚的一種
6.增加新概念	有助於科學知識的發展	如電學與磁學合成電磁學
7.瓦解部份種類的階層	放棄原有的辨別方式	如牛頓放棄亞里斯多德
8.藉由分枝跳躍(branch jumping)重組階層性	從一階層樹的分枝轉移到另一分枝	如哥白尼認為地球是行星之一，而非自成一類的觀點(日心說)
9.樹的轉變(tree switching)	改變已具有階層性的樹狀組織原理	如達爾文改變分類的意義

(資料來源：邱美虹，2000)

(四)Vosniadou 以心智模式闡釋概念改變

Vosniadou(1994, 引自邱美紅，2000)認為概念改變是一種漸進的歷程，並應從豐富(enrichment)及修正(revision)兩個角度來探討。豐富是指學生對於所學的與既有的概念架構一致時，則學習並不難發生，只是使其知識更加豐富；而修正則是當學生所欲學習的內容與其原來的架構不一致或受限於特定理論時，則概念改變便不易發生。

二、概念改變策略

針對概念改變，以下提出三項教學策略與對教學的建議，作為改進教學、促進概念改變之參考(引自邱美虹，2002)。

(一)類比教學

在科學教育的研究中，Glynn 等人曾提出六步驟的類比教學模式：介紹目標概念、引導回憶類比概念、確認目標物與類比重要屬性、對應相似性、說明類比不適用處、提出結論。此教學模式相當具體，對教師在使用時容易遵循，但對於類比限制處的說明需更加強調。在使用類比時，應盡量在教學前對目標物與類比物之間的屬性與關係對應加以規劃與分析，教學中必須指出類比對應處與類比之限制，而教學後亦可利用學生自我產生的類比進行概念的評量。因此，類比教學絕不可信手拈來，否則會造成學生對概念產生不正確的想法或更多的學習困擾。

(二)預測—觀察—解釋(Prediction-Observation-Explanation, POE)教學策略

POE 教學策略是由 Champagne、Klopfer 和 Anderson (1980)提出的教學活動，此教學活動主要是教師讓學生對某一科學現象作出預測並提出理由，接著讓學生觀察現象，最後學生必須設法協調介於預測與觀察結果之間的衝突而教師應扮演著指引的角色。透過一系列預測、觀察、解釋 (Prediction-Observation-Explanation, POE) 的教學過程引發學生的學習動機，讓學生有更多發揮空間主動去建構自己的想法 (White & Gunstone, 1992)，且在教學過程中可以製造學生認知上的衝突，使其得以開啟概念改變之良好契機，進而幫助學生將原本的迷思概念，轉而建構為正確的科學家概念(Gunstone & Champagne, 1990; Liew & Treagust, 1998)。因此，POE 教學策略是讓學習者所預測的結果與觀察到的現象不一致時，學習者會發現自己既有概念不足以解釋目前的矛盾現象，因此願意改變既有概念去學習新的概念。

在使用此策略時，教師必須對概念的本質以及學生教學前所持有的先前概念有所了解，才得以設計適切的教學活動與內容，以促進有意義的學習。

(三)動態評量

動態評量最早是由 Feuerstein (1979)所提出，主要是去評量個體的表現在引導的情境中互動的結果，它提供「學生能學些什麼，而非他們已學會了什麼」的潛能發展指標，因此動態評量的特質在於了解學習的歷程及認知的改變。而動態評量可用來評量知識的建構過程，了解學生如何利用既有的知識去建構新的念，以及如何經由複雜的問題解決和現象互動而產生新的知識。

由本節探討的概念改變理論與策略，以最具影響力的 PSHG 模式可知概念改變並非一種自然發生的過程，必須經由認知衝突的形成才可達到概念改變的目的。從以上三個教學策略，POE 策略也是預期學習者所預測的結果與觀察的現象不一致時，學習者會發現自己既有概念不足以解釋目前的矛盾現象，進而改變既有概念去學習新的概念。因此接下來深入探討 POE 策略在教育上的應用。

三、POE 策略在教育上的應用

林嘉琦和黃台珠 (2005)應用 POE 策略探討國二學生在「溶解」單元的概念改變，發現 POE 策略可以刺激學生思考，並提升思考層次與學習成效。對低成就個案而言，更可促進他們的學習動機、增加主動思考的機會，提升學習成效。另外，從預測、觀察和解釋的概念連結情形，發現中、低成就個案在擴散運動部分還需要另外提供觀察條件才能達成有效地概念連結。

蔡嘉興和陳彥鳴 (2007)將 POE 策略融入實驗課中，並以團體方式進行，讓學生互相討論。研究中選取五個學生為個案，探討國二學生在電流概念上，透過 POE 策略對其

概念改變的情形。研究結果發現透過 POE 的活動，可將電流概念的「物質」面向具體化，已有效促進學生的概念改變；然而，在「能量」面向，較無法提供學生適合的經驗。由於能量面像是屬於微觀的，學生無法獲得直接的經驗，因此難以接受燈泡消耗了能量的概念。

王盈琪和王美芬 (2006)利用 POE 教學策略探討國小三年級學生在光的進行、光與視覺、光的反射以及光的折射所持有的迷思概念及其教學前後概念改變的情形。研究解果顯示接受 POE 教學策略後，學生在此四個概念表現上皆有明顯的進步，而大部分在教學前具有迷思概念的學生，透過 POE 教學後，可修正轉變至正確的科學概念。

因此，從這些研究中可知，POE 教學策略既可協助教師了解學生既有的概念，也能增進學生的概念改變，並促進學習成效。但 POE 並不能將所有的迷思概念都矯正，有研究提出在教學過程中，可以透過不同的角度讓學生觀察到更多面向，以促進教學。另外，蔡嘉興和陳彥鳴 (2007)提出電流中微觀的現象，如能量的耗損，由於此現象對於學生來說，並不能直接觀察得到，因此迷思概念依然存在。

第三節 視覺化教學

Paivio 在 1990 年提出雙碼理論 (Dual Coding Theory)，認為人對外在訊息的處理主要分為兩種符號系統，分別為語文系統(Verbal System)及非語文系統(Imagery System)。當知識以語言系統與非語言系統共同編碼時，比單獨的語言系統或單獨的非語言系統的編碼更容易儲存於記憶。而其中非語言系統涵蓋之意象碼(Image Code)，泛指一切靜態與動態之視覺化的訊息。以記憶保留的程度而言，由圖像在學習過程中可以提供另一途徑的編碼方式，學習者經由文字性刺激與視覺刺激，使資料在記憶中得以進行多方面的聯結，當相關訊息越多，則連帶的可提取的線索也越多，記憶便較為深刻。

林麗娟 (1996)提到視覺性的刺激(Visual Stimuli)往往是提供各類知識內容(尤其是科學或數理性知識)最直截了當，且最有效的傳達方式。由於透過圖像的呈現，使各知識內容得以具體的方式表達文字性敘述難以陳述的抽象概念、結構與關係。圖像的提供更可強化學習者觀察的能力，擴展學習者思考的層面。顧大維和陳琬如 (2007)認為視覺圖像不但較容易引起注意，也經常應用於輔助文字、促進記憶、或說明抽象概念，式教學上不可或缺的重要元素之一。Ainsworth (2006)指出當學習者學習複雜的概念時,視覺化的呈現方式可提供多重外在表徵,使學習者與其互動而達到認知層次的提升。

因此，視覺圖像對於概念的學習可提升學生的認知理解與記憶，尤其是運用在科學或數理學科的抽象概念中，可促進學生的概念學習成效，以及學生的心智圖像。

一、 電腦動畫

視覺圖像的表達方式有文字、靜態圖片及動態圖片，許多學者皆表示動態的呈現方式比靜態圖片或文字來的好。如莊雅茹 (1996)整理關於電腦動畫在學習成效上的相關

文獻，歸納得到幾個結果：(1) 針對符合動畫特質的知識內容(如電路電流)，動畫比靜態圖形有更好的教學效果。(2)動畫比靜態圖片更能幫助學習者掌握課程軟體中隱含的附隨知識，動態式互動環境對激發持續性的學習動機有顯著的效果。(3)動態+文字的學習效果優於靜態圖+文字，或是用文字說明。(4)動畫與其它媒體配合使用（如文字、聲音）學習效果最佳。謝進生 (1996)提出動畫對學生的認知結構上的影響：(1)動畫增強學生對事情的描述能力，而不用依靠一些教條式的文字符號結構。(2)動畫能同時發展學生對事情的印象及問題解決技巧的能力，而且對學生認知轉換的過程亦有幫助。(3)動畫可以提供一個更明確的影像給使用者，而降低其抽象思考的層次。

動畫是一連串靜態圖片或畫面，以非常快的速度連續顯示每張圖片或畫面有些微的不同因而產生動態的效果(莊雅茹，1996)。動畫本身具有三種特質：視覺(visualization)、動作(motion)和動作的軌跡(trajectory)。

配合動畫的特性，莊雅茹(1996)指出最適合用動畫來展示的五種課程內容或知識屬性，如下：

1.程序性的動作

2.不易實際觀察到的現象或知識

3.需要觀察在某一段時間內變化的知識

4.模擬複雜系統各元件間的相互關係

5.符合動畫特質的抽象觀念

因此，透過電腦動畫的方式呈現科學現象變化的過程，以及一些不容易觀察或抽象的知識、概念，可以輔助學習者建立自己的圖像思考，提供學習者更強而有力的學習與知覺經驗。所以教師可以善用科技，為學生建構一個具有主動認知的環境，搭起學習的鷹架(謝哲仁，2002)。

整體而言，透過電腦動畫是一個相當有潛力與價值的教學媒體，但動畫若缺乏設計考量會模糊教學重點。因此莊雅茹 (1996)提出在設計動畫呈現時，可輔助動畫訊息的設計技巧：1.利用動態符號(如移動的箭頭)、閃爍的狀態、對比的色彩等引導技巧來強調動畫中的重點訊息。2.動畫開始前提供學習者有關動畫中的重要訊息的相關說明與指導。3.動畫結束後保留一小段時間，讓學習者有充分的機會複習與吸收剛才動畫所呈現的教學內容。4.允許學習者可以選擇額外的展示或重演，或是另外的文字說明。

二、 電腦視覺化教學在教育上的應用

透過電腦視覺化或動畫應用在教育上，不只是在教學中提升學生的學習興趣，增進學習速度，也可以加快學生回憶其知識的時間(謝進生，1996)。因此，下列列舉目前國內外對於電腦視覺化或動畫教學的相關研究。

Williamson 和 Abraham (1995)以大學生為研究對象，探討有無電腦動畫對學生在學習化學反應、粒子特性、以及潛在的概念(如壓力、分子間作用力)等概念學習的影響，發現接受電腦動畫展現分子特性的實驗組在學習成效上優於沒有接受動畫的控制組。而 Sanger 和 Greenbowe (1997)透過電腦動畫展示電化學中電池的分子概念，分析學生是否有「認為電子在水溶液中流動」的迷思概念，結果顯示看過電腦動畫的學生較少有迷思概念。

由於磁場是一個抽象且複雜的空間概念，因此李婉芬、林志明和唐文華(2007)利用 3D 電腦動畫發展出一套磁場的立體空間模型，藉以協助學生在磁場概念的學習，並建立學生正確的磁場空間概念，避免迷思概念的發生。由成就測驗的結果顯示，透過此空間模型的實驗組在磁場空間與形狀的問題中高達九成的學生完全答對，但控制組卻不到

一半的學生完全答對。另外，透過問卷調查，多數學生也認同 3D 電腦動畫模擬可以引發他們的學習興趣，並對於磁場空間概念的學習具有正面的效果。

De Jong & Van Joolingen (1998) 研究指出對物質微觀世界的抽象概念，以電腦動畫的方式將抽象概念具體視覺呈現給學習者，可幫助學習者跨越真實世界與抽象知識的概念鴻溝，如化學的分子、原子與離子的行為。

Ainsworth (2006)認為視覺化可以幫助學習者在學習複雜的概念，進而達到認知層次上的提升。

Sanger 等人 (2001)在擴散與滲透過程的課程中，運用視覺動態的方式教學可以比使用靜態圖片的學習有更少的迷思概念。但是視覺動態的呈現也產生了其他的迷思概念，例如學生產生「為什麼這些粒子不會停下來」或「相信粒子停下來後會沉殿在溶液底部」…等等的迷思概念。

Colaso 等人 (2002)探討文字與視覺化呈現對資料結構教學的影響，發現只有單一運用文字教學並不能滿足學習者的需求，而單獨使用視覺化呈現也可能在知識上的理解有隔閡。若將文字與視覺圖像結合的教學方式可以引起學生的學習動機、促進學習者的學習成效，並使概念能進入到長期記憶中。

由本節可知，電腦視覺化與動畫對於概念學習的研究已經廣泛運用在科學與數學領域。而從文獻可知，電腦動畫在學習成效上有正面、亦有負面的效果。因此，本研究欲透過電腦動畫來輔助學生在電子學二極體的迷思概念，並加入適當的教學策略，以改善電腦動畫，增進學生在迷思概念的學習成效。