

## 第五章 結論與建議

本研究以高一學生為個案研究對象，探討學生具有的大氣運動與空污相關先備知識，並探討學生經由鷹架式建模課程的學習後，概念學習的狀況以及認知結構的改變情形。最後再根據研究結果，提出對課程與教學的建議。本章將針對本研究得到的結果提出討論與建議，分為「發現與結論」、「綜合討論」以及「建議與未來研究方向」三節分別說明。

### 第一節 發現與結論

本研究的發現分為學生的大氣運動與空污相關先備知識、學生的概念學習成就、學生概念認知結構的轉變、學生課程學習狀況以及課程內容概念分析等五個方面加以歸納。

#### 一、學生的大氣運動與空污相關先備知識

##### (一) 空污概念測驗前測結果

根據學生的空污概念前測得分平均，在概念分類項目中，以空氣污染源及其排放種類以及大氣運動與污染物擴散的概念得分較佳，而大氣垂直溫壓結構與大氣穩定度的概念得分則較差；另外在認知層次分類項目中，以知識層次的概念得分較佳，而理解層次與應用層次的概念得分則較差。可能的原因有兩個，一為空污相關議題在電視報導時常見到知識性的資訊，學生已有基本知識；二為學生在國中小的概念學習課程中，多是以記憶性的知識概念為主，理解與應用層次類型的概念練習則較少，而大氣垂直溫壓結構與大氣穩定度的相關概念主要是需運用量化、圖表等理解與應用層次的概念，因此學生在這部分的表現也較差。

##### (二) 探究測驗前測與前測晤談資料內容

根據學生的探究測驗前測與前測晤談資料所呈現的內容，發現學生所具有的

先備知識，大都是對日常生活相關的概念較清楚，例如空氣污染的來源與影響、天氣現象的描述等；但對於需經過學習及思考的科學概念，例如不同天氣系統的機制與影響、與氣象因子的關聯以及大氣的水平與垂直運動等，則仍會呈現模糊混淆或錯誤的理解。可能的原因可歸納為以下三點：

1. 學生學習新概念時，會簡化以日常生活中出現的現象與感官經驗來記憶與解釋。
2. 學生學習科學知識概念，容易只記憶名詞定義，卻沒有理解成因與影響。
3. 學生學習時，往往是零碎分散的記憶，沒有將相牽連的過程機制概念加以貫通理解。

因此，教師在設計課程內容時，應著重於協助學生統整科學知識並能加以靈活運用。

## 二、學生的概念學習成就

### (一) 學生的空污與大氣運動相關概念學習成就

學生在經過鷹架式建模課程的學習後，無論是全體學生 ( $t=4.75, p<0.01$ ) 或僅挑選個案學生 ( $t=4.21, p<0.01$ )，其概念測驗得分均有顯著的進步，顯示本課程可以幫助學生學習空污與大氣運動相關概念。

### (二) 不同類型概念的學習成就比較

將各概念分類項目的前後得分進行分析，發現依主要概念分類時，以大氣垂直溫壓結構與大氣穩定度的得分 ( $t=5.41, p<0.01$ ) 有顯著進步，依認知層次分類時，以應用層次的得分 ( $t=5.34, p<0.01$ ) 有顯著進步。顯示本課程可以針對學生先備概念中較弱的相關概念促進其學習。

## 三、學生概念認知結構的轉變

### (一) 課程前後認知結構三向度得分比較

學生在接受本鷹架式建模課程之後，認知結構的三個診測向度包含概念廣度 ( $t=3.32, p<0.01$ )、概念連結關係 ( $t=3.99, p<0.01$ ) 以及概念解釋模式 ( $t=4.22,$

$p < 0.01$ ) 的得分均有顯著的進步。顯示在課程結束後，學生的認知結構各向度均有所進步。

## (二) 課程前後有不同的認知結構改變類型

根據學生認知結構三向度的改變情形，可將 14 位個案學生分為三群：1. 明顯進步群；2. 些微進步群；3. 低分退步群。這三類型學生的認知結構改變情形分別敘述如下：

### 1. 明顯進步群

學生在課程前所具的概念數少且多為日常概念，概念連結關係較多錯誤，偏向以直觀敘述的現象模式來解釋概念，而在完成課程後，概念數明顯增加且多為科學概念，概念連結關係正確且連結多次基模間的概念，並轉化為運用比較和量化的科學模式來解釋概念。

### 2. 些微進步群

學生的前後表現為中等以上。學生在課程後所具的概念數略微增加，而比較前後的概念連結關係沒有明顯的改變，概念解釋模式則由直觀敘述的現象模式轉變為綜合比較或量化的科學模式。

### 3. 低分退步群

學生在課程後所具的概念數減少或課程前後的概念數得分均低，概念連結關係得分退步或偏低，概念解釋模式由直觀敘述的現象模式轉變為直觀與比較的模式，但尚未運用量化的概念來解釋。此類型的學生佔極少數。

整體而言，學生在課程後的概念廣度增加，並且就主要概念的類型來看，日常生活概念出現的次數減少，科學理論概念數增加；學生的概念連結關係多由單次基模內的概念連結轉變為二或三次基模間的概念連結，而課程前許多學生的概念連結關係錯誤數量較多，也會重複出現相同類型的概念連結（例如重複出現 A1-B2），課程後錯誤減少且會運用多種不同類型的概念連結；最後，學生的概念解釋模式明顯由直觀敘述現象模式轉變為綜合敘述、比較與量化的科學模式。

#### 四、學生課程學習狀況

##### (一) 不同類型學生的學習單填寫內容相異

不同認知結構改變類型的學生，其活動學習單填寫內容所運用的主要概念頻率不同。

###### 1. 明顯進步群

此群學生的課程學習單填寫狀況佳，三個次基模的主要概念包含天氣狀況(A1)~位置(C3)均有運用到，且次數較多。

###### 2. 些微進步群

此群學生的課程學習單填寫狀況也良好，三個次基模的主要概念均使用到，但總體而言，前後認知結構表現較佳的學生，其學習單填寫狀況較佳。

###### 3. 低分退步群

此群學生的課程學習單填寫狀況較差，雖然使用的概念也涵蓋三個次基模，但次數明顯較少，並且非每個主要概念均有運用到。

##### (二) 不同類型學生的鷹架與認知投入策略使用頻率相異

不同認知結構改變類型的學生，於課程中鷹架與認知投入的使用頻率不同。

###### 1. 明顯進步群

此類型學生使用的鷹架與認知投入策略次數明顯較多，無論是教室對話(包括教師指導、回答教師提問、個人與小組發表)、同儕互動(組內討論、組間討論)以及認知投入策略(反思學習狀況、探討相異原因、尋求外在資源)的使用狀況均佳。

###### 2. 些微進步群

此類型學生使用的鷹架方式在教室對話以及同儕互動的次數仍偏多，但在認知投入策略的使用次數則偏低。

###### 3. 低分退步群

此類型學生使用的鷹架與認知投入策略次數明顯較少，無論是教室對話、同儕互動以及認知投入的使用狀況均差。尤其是教室對話與認知投入的策略次數極

低，偶有進行組內討論的同儕互動。

## 五、課程內容概念分析

檢視課程中各活動的內容設計，活動一至活動六的主要概念數設計由少至多，且各次基模內的主要概念以科學概念為學習重點。活動一到三的內容知識學習課程，主要著重於氣象條件與污染源特性的相關概念，活動四到六的設計除了氣象條件與污染源特性外，更加入了地理條件的相關概念之應用，但可發現在地理條件此次基模中所包含的主要概念，關於地形（地勢高低、海陸交界等）的課程內容設計較少。而在概念連結關係上，除了活動一為單一基模連結外，其餘活動二至六均以雙次基模或三次基模間的概念連結為主。

## 第二節 綜合討論

本節將藉由本研究的發現，針對學生的大氣運動與空污相關先備知識、學生的概念學習成就與認知結構改變、鷹架式建模課程的適切性三個方面進行討論。

### 一、學生的大氣運動與空污相關先備知識

學生在進入教學情境學習新的知識概念之前，即具有的相關先備知識、成就水準或具備之能力即學生的起點行為。美國教育心理學者葛雷瑟（R.Glaser）提出基本教學模式（The General Model of Instruction, GMI）（黃光雄, 1993），如圖 5-2.1，可將教學設計的要素都包括在內。由於學生的起點行為不同，必須採取不同的教學策略及方法，因此本研究在課程進行之前，首先對學生實施前測，以確定學生的大氣運動與空污相關先備知識之成熟度與預備度。

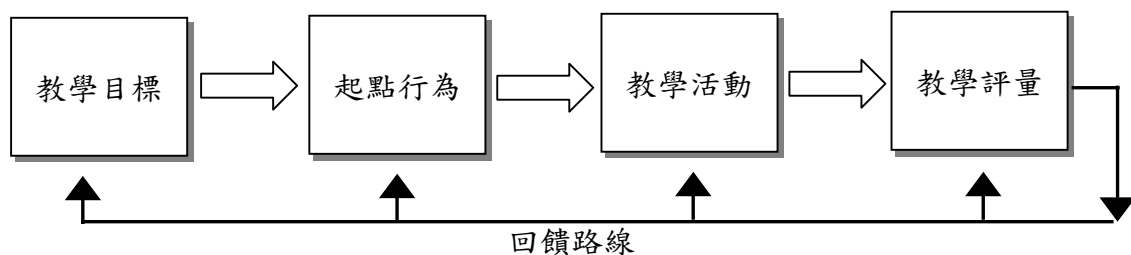


圖 5-2.1 基本教學模式（GMI）

學生雖然在國中小階段即學習過空氣品質、天氣現象與大氣運動等概念，但根據學生的概念前測成績、探究前測以及前晤談內容，發現學生對於空氣污染來源與影響、天氣現象以及常見的天氣系統等名詞定義具有較佳的理解，但是若要搭配運用大氣垂直溫壓結構以及大氣運動來說明天氣現象的成因與天氣系統的過程機制，學生則多呈現混淆或有錯誤的理解。

可能的原因大致歸納為兩點，一為不同類型的概念獲得方式不同，概念可分為具體直接概念與抽象間接概念，空氣品質與汙染、天氣現象等概念多屬於由感官對外在世界經驗後而得，較具體且直接；而大氣垂直溫壓結構、大氣運動等概念屬於由數個概念再抽象化之後得到的間接概念，「抽象」的意思其實就是「離外在世界實際經驗更遠」(Skemp, 1987)。因此學生學習這些概念時，對於具體直接的概念較有深刻體認，較感興趣去了解也就更容易進入長期記憶區，而抽象間接的概念則需要耗費更多的腦力以理解，常常於學習後似懂非懂又因在現實生活中極少接觸與回想，而容易產生混淆錯誤甚至不復記憶。二為學生概念學習的認知層次較低階，依據 Bloom (1956) 將行為目標的認知層次分為六個階段：知識、理解、應用、分析、綜合以及評鑑(判斷)，學生往往僅運用到低階的認知層次來學習新的概念，對於記憶性知識的概念類型例如分類、名詞定義等精熟度較高，而需理解的概念例如背後成因、過程機制等未必能真正深入全盤的理解，學生對於越高階認知層次之概念精熟度也就越差。應是因為學生在國中小的課程中，被教授的多是以背誦記憶性的知識為主，認知層次高階的概念練習則較少，因此最常出現的學習方式是死背而又不求甚解。

## 二、學生的概念學習成就與認知結構改變

整體而言，學生在課程結束後概念測驗得分有顯著的進步，尤其是認知層次中應用的概念具顯著進步，顯示本鷹架式建模課程可以幫助學生運用高階認知層次來學習大氣運動與空污相關概念。另外，也發現學生的大氣垂直溫壓結構、大氣運動機制以及大氣穩定度等概念有顯著的進步，由於這些概念較複雜，需要組

合多重概念才能理解，或是需應用分析圖表與數據後進行判斷，若單讓學生死記，則學習成效將不佳。本課程即設計生活化的情境及實驗，配合空氣流動、大氣穩定度動畫以及高雄中油煙囪排放影片，引起其興趣及增進理解，在學習單的設計搭配空污建模軟體讓學生多使用圖表分析判斷，訓練學生讀圖與比對資料的能力，的確讓學生在課堂學習後有較深入的理解，也能應用其所學完成學習任務。其中值得注意的是，大氣穩定度概念於活動二及活動三課程學習後，學生的課堂反應以及學習單的填寫狀況均佳，但於全部課程結束後進行後晤談，卻發現要求學生依據圖表判斷大氣穩定度的狀況時，大多數學生仍有部分混淆的理解與判斷，可能是因為活動二、三學習完大氣穩定度的相關概念後，活動四~七對於大氣穩定度的判定與應用則較少，僅讓學生模擬不同大氣穩定度狀態對污染物濃度的影響，因此學生缺乏足夠的前後呼應的練習以強理解及加深印象。

學生的概念認知結構三向度得分，於課程結束後也有顯著的進步，並搭配分析個案學生的前後基模-概念圖，整體而言在概念廣度此向度中，學生的概念數有增加，且由日常概念轉變為較多的科學概念，但值得注意的是，無論是哪一群認知結構改變類型的學生，其地形概念運用的次數極少。而檢視課程內容的設計時，也發現影響空氣品質的因素中，對地形的影響與應用之說明即較少。另外在概念連結關係向度中，由單次基模內的概念連結轉變為多次基模間的概念連結；概念解釋模式則由直觀敘述的現象模式轉變為綜合比較及量化的科學模式。這個結果與我們的期望相符，因為本課程設計時即將影響空氣品質的變因系統化為三群，包括氣象場、污染源特性以及地理條件，亦即影響空氣品質的三個次基模，並提供學生課程內容以及軟體模擬的鷹架，讓學生能夠正確地運用及連結不同次基模間的概念，另外也讓學生能藉由數據輸入與圖表呈現進行比較與量化的科學性思考。

而我們也藉由個案學生的學習狀況後發現每個學生的認知結構進步及改變情形不同，因此分為三大群，分別為明顯進步群、些微進步群以及低分退步群。搭配分析個案學生的學習單填寫內容、學習認知投入（engagement）以及鷹架使

用情形，可以發現越融入學習情境，課堂參與度高以及師生、同儕互動越積極的學生，其認知結構改變情形即越有正向的進步。由此可知，可依據認知結構的改變情形做為學習成效的評量。而值得注意的是，學生具有較多自省學習狀況、探究與他人想法相異原因以及主動尋求具價值外在資源等認知投入的後設認知行為時，其認知結構進步情形最佳。亦即若學生使用深度的認知投入策略較多、有較多的心理投入，則概念之間可以創造較多的連結，對概念也獲得較多的理解(黃雅鈴, 2004)。因此，如何運用適當的教學策略監控學生的學習狀況，促進學生課堂參與度及學習投入，並於課程中設計學習任務加強其自我反思的能力，則是科學課程發展需要加以重視的問題。

### 三、鷹架式建模課程的適切性

從課堂錄音、錄影、操作測錄與學習單填寫等活動紀錄顯示，以及研究進行過程中發現的事實現象，分別討論如下：

#### (一) 教師與同儕提供的鷹架

就課程中教師提供的鷹架來說，期望一開始先由教師引導及課程內容提供學生較多的支持與鷹架，當學習活動持續下去，學生能內化後呈現較多自主性的控制時，教師的反應就從明確的指導轉變成模糊的暗示及建議，最後，學生能夠在沒有任何幫助之下獨自完成其學習活動。亦即符合教師支持學生學習所扮演的鷹架角色，包括的三個要點 (Dixon-Krauss, 1996)：

1. 當學生彼此合作建立知覺、了解和能力的橋樑時，教師仲介或擴充他們的學習，藉著社會互動為學生提供支援。
2. 教師的仲介角色是有彈性的，所說所做應要視學生實際參與學生活動所給的回饋而定。
3. 教師應注意學生所需要支持的量，支援範圍可以從非常明確的指導 (explicit directives) 到模糊的暗示 (vague hints)。

另外，同儕討論的確能幫助學生學習，因為學生遇到其他小組成員發表的不



同觀點時，會進行回應與思考，進而重新思索本身概念的正確性。Vygotsky 曾說過學生高層次思考的產生，不只是內化教師教給他們的概念而已，相反的，學生會與其現存的知識連結，考慮新的想法，建構他們自己的知識基礎，並且將這些想法清楚的呈現。而當其他人回應這些想法時，就會思考與比較自己的想法有何不同。在學生發展較高層次的思考時，這個透過社會互動而發展的過程是持續進行。

但我們發現課程進行時，在小組討論的過程中如果學生本身對某概念的理解錯誤，又碰到其他組員與自己的想法相同，則討論的過程會讓誤解的概念固化。或是位居領導者的學生將其錯誤的想法教導給其他組員，學生可能就直接吸取他人的錯誤想法。而本課程的實施狀況為提供學生許多小組討論的機會，但礙於時間的關係，小組討論的結果並非每組均有發表，若小組未將問題提出，則無法得到教師及時的正向引導與回饋。因此如何及時發現學生的困惑與誤解以給予引導，又能避免給予過多的提示，以免學生對教師產生依賴而喪失了同儕討論與自我學習的意義，也是值得思考的問題。

## （二）學生課程資源的使用

本課程進行時提供各組學生（3~4 人）一台電腦使用，主要因為活動內容設計需運用電腦及網路以完成學習任務，但是每個活動使用電腦的狀況不同，活動一至活動三主要的學習目標為內容知識的學習，較多時間是由教師講解課程內容，偶有學習單的問題是需上網搜尋網路資源或操作動畫，而活動四至活動七主要的學習目標為程序知識的練習，需要操作線上空污建模軟體來進行活動內容，因此才是使用電腦較多的階段。根據課程活動紀錄發現，雖然活動一到三較不常使用到電腦，但是有些組別的學生對於教師提問或課程內容有疑惑時，會主動上網尋求有用資源。然而，因為每組只有一台電腦，通常會由一人負責操作，其餘組員則抄寫答案；甚至有組別進行小組討論時，學生會囿圖完成學習任務後，即上網瀏覽非課程相關的網頁。活動一至活動七均有上述狀況發生。另外，活動四到七使用線上空污建模軟體時，常常發生無線網路過慢、等候時間過久以導致學

生喪失學習興趣。

本課程並於科學園設置線上課程網頁，除了可供學生下載所有活動教材與資源外，也設立討論區讓學生提問與討論，另有作業區供學生上載學習單以及回答課前問題。討論區的設立能夠讓學生透過網際網路表達自己的想法，讓學習者有參與感，提升學習者的興趣（林奇賢, 1998）。學生可利用討論區的功能於課堂中或每週活動結束後隨時隨地進行討論與提問，而各活動課程進行前會由教師於作業區寫下與課程相關的課前問題，讓學生進行腦力激盪及課程情境的暖身。於課程結束後統計發現，使用課程資源頻率較高的學生，亦多為學習投入狀況佳的學生，其認知結構進步情形也較佳。

### 第三節 建議與未來研究方向

本研究對於鷹架式建模課程設計與教學過程，以及未來研究方向提出以下建議與檢討。

#### 一、對於課程與教學的建議

##### （一）課程內容設計

##### 1. 依據學生起點行為個別化設計

設計課程前應先了解學生所具備的起點行為，不只是利用認知結構或評量來探查學生的先備知識與成就水準，課程中可能運用到的相關能力也需了解，才能針對學生成熟度與預備度較差的部份加強設計，以產生有意義的學習。例如本課程需要應用整理數據資料、內插換算、圖表判讀、垂直與水平剖面轉換等的能力，每個學生所具備的能力程度不同。教師雖然於課堂上統一講解，但學生的起點行為與吸收度都不同，很可能仍無法完全理解。若可以設計說明小動畫或影片，讓學生有疑惑時隨時參考說明，將可增進其學習成效。

## 2. 設計學習任務培養後設認知能力

本課程的全部進行時間約歷經八週，課程內容環環相扣，尤其是活動一至活動三的內容知識是後面活動的奠基，但在活動四到七的上課過程中，學生往往只想趕快完成學習任務，沒有回頭瀏覽並整合先前的課程內容。因此可以安排學習任務讓學生「折返學習」，培養學生後設認知的知識與經驗（董家苕, 2001）。另外，也可設計學習任務讓學生自省學習狀況、探究與他人想法相異原因以及主動尋求具價值外在資源，加強其自我反思的後設認知能力，即能增進學生的學習成效。

### （二）教學進行流程

#### 1. 運用適當的教學策略

學生的課堂參與度及學習投入對學習成效有很大的影響，教師若能運用適當的教學策略監控學生的學習狀況，了解其背後的原因，並鼓勵與激發學生的學習興趣，讓學生能積極投入課程學習，則學生的學習成效必定能大大的提升。

另外，教師應在課程中及時發現學生的困惑與誤解以給予正向回饋與引導，但要避免給予過多提示，運用適當的教學策略以有效發揮師生互動、同儕討論以及自主學習的功效。

#### 2. 診斷測驗的實施

研究結果發現學生學習完主要概念後，若能由教師提問引導學生學習以及各組分享學習單的填寫內容，可能會有不錯的學習成效。在後測及後晤談時發現學生對某些概念仍有錯誤或混淆的理解，可能是學生完成學習單後，沒有透過提問或討論修正，甚至有些是直接抄寫同組成員的學習單答案，造成部分學生依舊對概念有模糊的認知。因此應該在概念學習後立即實施診斷測驗，了解學生對於概念是否真正理解後，再進行加強與指導。

#### 3. 教學設備與資源的擴充

由於學校場地與設備的限制，本課程在地科教室內進行，每組僅提供一台電腦使用，當學習任務要求學生進行網路資源的搜尋甚至活動四至七須運用線上模

擬軟體完成課程內容，常可發現一人操作、他人抄寫的狀況，或有時因為學生操作不到電腦，而有開始聊天或睡覺的情形發生。雖然每人使用一台電腦並不能保證每個學生都能認真的進行課程，但若搭配螢幕監控程式，當發現學生沒有進行課程相關的活動時則及時制止，應能增進每個學生運用電腦的學習成效。

另外，本課程設計的空污建模軟體為網路版，亦即需要上網後才能使用此軟體及資料庫，若網路太慢或網路中斷，造成等候時間太久則會影響學生的學習興趣，未來可能增加設計成單機版以解決這些突發狀況。

## 二、未來研究方向

### (一) 探討學習者所具備的不同特質於本課程的學習成效之差異

本研究針對學生測驗成就及認知結構等學習成效於課程前後的差異，僅探討學習投入以及師生互動造成的影響，但是影響學生學習成效的因素有很多，包括性別差異、學生讀圖表、資料統整等的的能力、使用電腦的態度、學習習慣等等，這些不同特質對學生學習的影響，有待進一步的研究分析。

### (二) 探討教與學溝通流程的各面向

學生認知結構的形成會受到教與學溝通流程各面向的影響，本研究僅探討學生的認知結構前後改變情形，並佐以探討課程設計的內容結構以及學生對學習的態度之影響。但教師本身所具備的認知結構、教師對教學的態度以及教師口語表達出的內容結構所造成的影響，也是未來需探討的面向。

### (三) 探討地球科學中各領域的科學概念結構

本研究嘗試將空污與大氣運動相關科學概念以基模-概念圖的結構方式呈現，可幫助較複雜的基模概念階層系統化，而地球科學各領域中有許多複雜連結的科學概念，單用以往概念圖的方式呈現恐會過於繁雜，未來可嘗試以基模-概念圖的方式探討其他科學概念的結構，對於教師了解教學內容的結構以及學生所具的概念認知結構皆有助益。