

第五章 結論與建議

本研究以半結構式晤談的方式，以台北市區學習成就良好的國小一年級、國中一年級、高中一年級及研究所四個階層的學生為研究對象，探究其對於具有不同尺度特性的「晝夜變化」、「季節變化」、「地震」及「颱風」四個地球科學主題，所形成的心智模式、信念、預設與架構理論內容。第四章已經呈現本研究所得之結果，並進行相關的討論。從這些研究結果與討論，傳遞出什麼重要的訊息呢？本研究完成後，所帶來的科學教育上之意涵又是什麼呢？本章先簡陳研究結論，再就本研究的整體心得，提出研究者對於未來在科學學習、教學及研究方面的建議，希冀對於未來科學教育的提升貢獻棉薄之力。

第一節 結論

本研究的重心在於探究四個不同年齡層受試者對於四個不同尺度特性的地球科學主題所持有的心智模式、信念及預設，以及彼此之間的相關性。因此，此部分的結論呈現方式，也是依循心智模式、信念及預設的順序進行。根據本研究對於四個群體四個主題所具有的心智模式、信念及預設所進行的探究結果，以及上述的分析討論，提出下列幾點結論。

一、 心智模式類型、信念及預設內容分佈因主題而異

在心智模式部分，國小二年級學生對於晝夜變化所形成的心智模式為「綜合的心智模式」與「科學的心智模式」，其他三個主題則多停留在「初始的心智模式」與「綜合的心智模式」階段。而其他三個年齡層，在這四個主題的表現也呈現類似的分佈情形，前兩個主題多為科學的心智模式，後兩個主題則多為綜合的心智模式與科學的心智模式併陳的方式。這樣的研究結果顯示，對大部分的受試者而言，要正確解釋地震與颱風這兩個主題並不容易，即使是受過完整的科學訓練，也仍具有相當的難度。

在信念部分，由於受到預設與文化經驗影響程度不同，個體所形成的信念具有主題差異。此外，除了信念內容之外，上述討論也呈現出影響受試者信任程度的因素：年齡越小者對於權威人事物的信任感越強，年齡越長者則是對於科學定理與證據的信服度較大。

在預設部分，影響不同主題學習的預設向度略有不同。若以本研究的「晝夜變化」、「季節變化」、「地震」與「颱風」四個主題而言，「分類」、「因果」與「空間」三個共相組對於四個主題皆有極大的影響，「客體」對「晝夜變化」與「季

節變化」兩個主題影響較大，「關係」與「時間」兩個共相組對「颱風」主題影響較大，「主體」則對任一主題都沒有決定性的影響。

二、同一主題的心智模式類型、信念及預設內容具年齡差異

在心智模式部分，就國小二年級、國中一年級、高中一年級及研究所四個年齡層而言，整體表現以高中一年級及物理研究所的受試者為最佳，尤其是在後三個主題。高中一年級受試者在四個主題的表現普遍較其他三個年齡層的受試者好，持有科學的心智模式比例是四個階層中最高的。而研究所受試者則對於各個現象所涉及的物理機制有較佳的推理與解釋，在「晝夜變化」與「季節變化」這兩個主題表現則是所有受試者中最完整且最接近所謂的科學的說法；但是，對於「地震」與「颱風」的解釋則反倒不如高中一年級學生。此研究結果顯示，學校地球科學教育對於前兩個主題的教育成效之持續性較後兩個主題佳，且科學教育的薰陶有助於個體推理能力之增進；而後兩個主題因涉及複雜的機制演變，在破除預設與信念的限制之後，仍須清楚彼此間環環相扣的連鎖反應，方能形成科學的心智模式。

在信念部分，四個年齡層的晤談資料皆顯示出受到日常生活經驗的影響仍大，而此影響的深淺需視個體對於此主題的熟悉度以及相關經驗的多寡而定，而這些可能都和年齡具有高度相關；當年齡層越高，其經歷這些現象的經驗就越多，也接收到更多的相關訊息。此外，日常生活經驗或是家長、教師、大眾傳播媒體等權威人士物的影響，隨著年齡的增長，其影響的效果越小，而是科學理論、定理及證據扮演的影響力越大，個體會依其所具有的科學訓練知識，作為其信任與否的判斷依據；如果證據可以說服個體，則其可能也會推翻自身所經驗到的。

在預設部分，隨著年齡的增長，個體漸由主觀轉為客觀，由直觀知覺經驗轉為理論機制的影響，由具體絕對時空轉為相對抽象時空。此外，由於以較寬廣的角度看待各個主題，其預設內容上的一致性也越高。

三、個體世界觀與科學主題尺度特性影響科學學習

個體本身所具有的世界觀，以及所欲學習的科學主題本身所隱含的尺度特性，影響個體所形成的對於此主題之預設內容。受到上述預設共相組預設，日常生活中的知覺經驗與文化語言，以及所習得的科學理論定理之影響，限制了個體對於外來訊息的接收與解讀，而形成不同的信念。這些因素對信念所造成的影響程度，因年齡的不同而有所差異。隨著年齡的增長，知覺經驗與文化語言的影響力下降，科學理論定理的影響力升高。接著，信念限制了個體對於現象的詮釋，而影響心智模式的形成。所以，對於個體的科學學習，預設與信念也是不可忽視的因素，應納入課程與教學設計的考量。將上述影響個體科學學習的因素關係，以圖 5-1.1 表示。

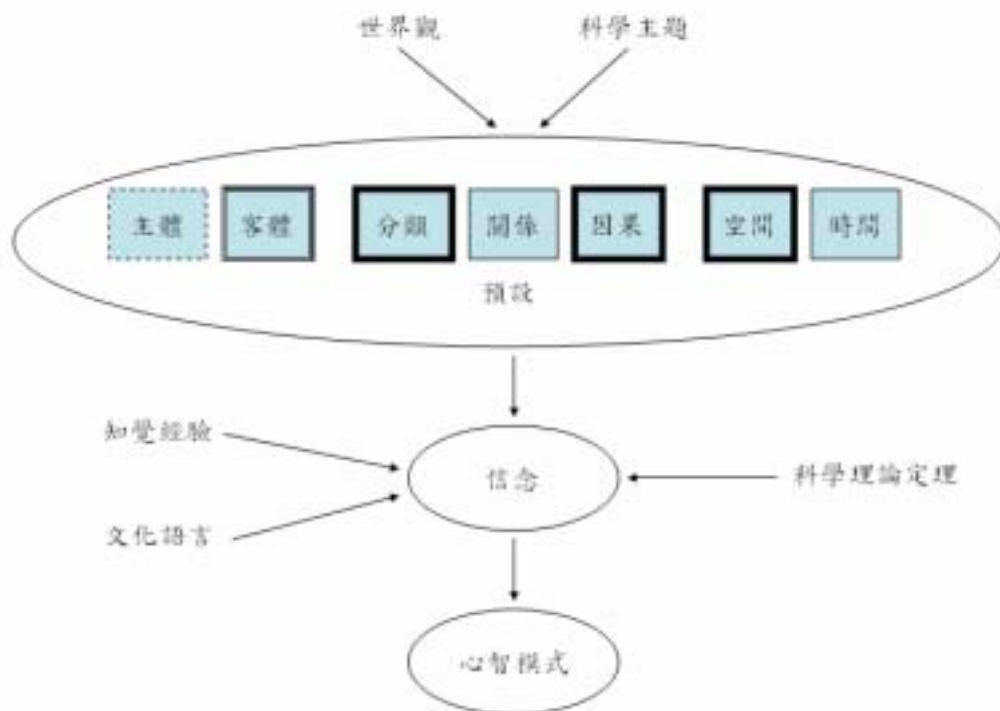


圖 5-1.1 預設、信念及心智模式之影響因素示意圖

第二節 建議

根據本研究對於國小二年級、國中一年級、高中一年級及研究所學生四個群體，在晝夜變化、季節變化、地震及颱風四個不同特性的地球科學主題，所具有的心智模式、信念及預設所進行的探究執行結果，得到了如上節所述的結論。除了研究結論之外，本研究的施行又有哪些部分值得未來的科學教育研究及教與學注意與參考的呢？本節茲就「科學概念的學習與教學」及「研究的設計與執行」兩個面向，分別提出下列幾點建議，作為本論文的結語。

一、科學概念的學習與教學方面

科學概念的學習與教學是近二十幾年來國內外科學教育研究的重心，部分研究者甚至認為所謂的學習就是概念改變。過往的研究文獻及統計資料皆顯示，對學生而言，與其他學科相較之下，科學相關科目的學習是比較不容易的。因此，此部分將就本研究所得之結果與心得，提出以下幾點建議。

(一) 科學學習方面

1. 重視預設對於科學概念學習之影響

根據 Kearney 的世界觀模型（參見圖 2-2.3），世界觀是個體透過內在邏輯結構的動態平衡，以及從小到大不斷地與外在社會和自然環境的互動之下，逐漸型塑而成的；而在此世界觀的影響之下，個體產生了對於外在環境的投射系統。本研究結果也顯示，在不同主題中存在著某些常見的預設影響了個體對於周遭現象的解讀。例如在「晝夜變化」與「季節變化」兩個主題中，「分類」向度關於星體動靜性質的本體論預設，就是一個非常重要的因素；當個體能夠接受科學上的預設內涵，才可能產生相關的信念，並進而形成科學的心智模式。此外，本研究及其他研究結果也顯示，個體在「因果」向度的預設常具有和科學家不同的內涵，科學上傾向於以「機械論」的觀點作為因果關係的解釋，但是，個體卻可能具有不同的論點，尤其對於較小年齡層的學習者而言，「機械論」、「均衡論」、「目的論」、「互為因果」等都是可能的合理想法。

個體不僅不是一張白紙，更像是一個具有過濾機制的機器，以自身世界觀中的預設過濾了外界的刺激，選擇與處理進入自身概念體系中的訊息而造成個體對於經驗的不同解讀之信念，並進而影響其所形成的心智模式。教師應該注意三方面的預設：學生帶到課堂上的預設是什麼？教師自己本身的預設又是什麼？以及教科書所欲傳達的背後預設又是什麼？方能「知己知彼，

百戰百勝」，採取有效的教學設計與策略，促進學生科學學習的效果。而當學生的預設與欲學習的科學概念主題之預設相衝突時，教師必須面對解決的，不僅只停留在表層概念的修正，而是應該從學生的深層預設著手，設計合適的教學策略，從學生的預設出發，提供學生經驗不同預設內涵的情境，讓教學真正做到以學生的現況作為起始點，使其能順利地接受不同於己身的科學世界觀，減少學習過程中的內在衝突與不一致。

2. 學習態度特質的影響

根據本研究的結果，小學生對於自己的答案多充滿了信心，而隨著年齡的增長，此對自己的信心漸漸為理論知識取而代之，如有利用定理定律推導出與之前自己以的經驗或是論述內容相矛盾時，研究生比較傾向於更改為定理定律所推得的。上述情形是否為一個好的現象呢？研究者認為，此狀況極容易出現一個盲點：不相信自己所見所聞，而以科學定理為判準，變得對自己的日常經驗產生不信任；且如果是依據其深信不疑的理論推得的，甚至會據以推翻自己印象中的經驗。此轉變是因為「學而知不足」所造成的呢？抑或我們在求學過程中逐漸學會的呢？這樣的現象，值得深思。

其次，研究生回答問題時常使用後設認知策略，在晤談過程中，受試者不斷地對自己的回答或推理，進行審視與評判。運用較高的空間能力及抽象運思能力，對一些說法抱持著懷疑的態度，除非有強烈的理論依據方能說服自己。而相對之下，也顯示出其對於所謂的理論及科學觀察之深信不疑，只要是它是透過科學上合理的管道所推演或是儀器所得到的結果。

上述資料突顯出學習者在不同年齡階層的學習態度特質，也在未來教學設計中佔一席之地，必須納入考量以達到有效的學習成效。科學課程與教學，不只是科學概念的學習而已，其對個體的影響是全面的，包括了整體思維方式的型塑。如何根據各年齡階層的思考學習特質，進行合宜的教學，也是未來科學教育思索的重點。

(二) 科學教學方面

1. 強調非線性因果與線性因果特性之教學與學習

本研究四個主題中，「晝夜變化」與「季節變化」是屬於線性因果特性，而「地震」與「颱風」則是屬於非線性因果特性。根據本研究結果顯示，對學習者而言，非線性因果特性之科學主題較難學習，其原因之一在於個體受限於預設的限制；其肇因於此種複雜的因果型態，並不易直接從所經歷到的現象，進行單一步驟的推理解釋。相較之下，線性的因果型態，由於其「因」與「果」之間較為單純，只要個體瞭解其關鍵機制，即可以順利解讀此類的

現象；例如只要個體能夠具有「地球是可以自轉」的預設，晝夜變化的成因對個體而言，就不再是困擾。但是，在目前的教學中，似乎不見對於這兩種不同特性的因果型態，進行各自系統化的課程或是教學上的考量與設計，而多著重在概念知識層次的傳授。本研究結果提供我們另一個思考的方向，可以藉由科學主題因果型態之區分，再根據個別之需要，設計出有助於學生學習這些具有非線性因果特性科學主題的教學。此外，平日知覺經驗多屬於較為單純的線性因果型態，如何提供學生有機會探索較為多元的非線性因果型態，也是未來值得思索的課題。

同時，研究結果也顯示，對於這些比較抽象無法全部經歷或是觀察的現象，教科書或是其他坊間書籍，以及傳播媒體及師長的說法，就成了主要的訊息來源。由於個體在日常生活經驗中，如果只靠個人的感官覺察，並無從判斷地震發生的機制、颱風的樣貌等等，也因此，在這些面向，對於其他管道所提供的相關資訊，採取比較接受的態度。當然，此並不意味著個體全盤接受外來的說法，仍必須符合個體內在既有的世界觀系統，才易納入此說法；否則，極可能產生融合個體既有知識體系與科學概念的變形體，也就是本文中之「綜合的心智模式」。

2. 利用大眾媒體進行潛移默化的科學概念教學

從世界觀模型的觀點，外在資源可以藉由修正社會及地理環境，進而修正個體的世界觀，此外在資源含括了所有一切有形與無形的形式，無論是實體的地理條件，或是社會中的制度、習俗等等，都可以型塑個體的世界觀。並不是只有在學校教室裡進行的才是科學教育，生活周遭處處可見科學教育的體現。隨著科技的發達，大眾傳播媒體也蓬勃發展，在今日如此普遍化的情形下，其不僅僅作為人們日常生活娛樂與消息的來源，也是人們資訊獲取的重要媒介。「水可以載舟，亦可以覆舟」，大眾傳播媒體是一個有效的訊息傳遞者，因其具有即時迅速隨處可見的便利性，卻也潛藏著誤導大眾對於科學現象瞭解的危險。因此，如何透過大眾傳播媒體進行有效的科學教育，愈形重要。

在第一個「晝夜變化」與第二個「季節變化」主題中，大眾傳播媒體對於科學學習的影響是比較正面的。為什麼呢？例如「地球的形狀」部分，隨處可見的藍色圓球狀地球空照圖、地球儀模型，以及充斥言談間之「地球是圓的」相關說法，甚至是「地球」本身的「球」字等等，都提供了在此氛圍中的人們地球是一圓球體的意涵。此外，在介紹日蝕或月蝕時，也常出現太陽、地球與月球的運行位置示意圖，或是一些相關用語的使用。這些豐富的資訊，提供了生活在此環境中的人們對於這些現象的瞭解。

那麼，對於第三個「地震」與第四個「颱風」主題而言，大眾傳播媒體的影響又是如何呢？是否也能發揮如前兩個主題的正面功能呢？除了本研究

外，國內外其他研究結果也顯示，大眾傳播媒體提供了大量的地震相關資訊，而其也可能是迷思概念、信念與預設的來源之一。此外，自從國內發生 921 集集大地震之後，媒體對於大大小小的地震，關注度與報導都較以往增加許多，此也可以解釋為何國小二年級學生對於地震相關專有名詞琅琅上口的原因。

另外，根據本研究結果顯示，受試者對於颱風的結構並不清楚，國中以下則多停留在平面的結構，認為颱風就像是電視氣象預報中的衛星雲圖一般，是一個平面的風或是雲，較無垂直立體結構的概念。幾乎要到高中以上，才開始形成較為完整的颱風概念；高中階層以後的受試者，多能繪製平面及垂直剖面圖，也就是具有颱風的立體結構概念，其所繪製的垂直剖面圖多類似於教科書上所提供的圖形。但是，幾乎所有階層受試者皆認為颱風就是如漩渦狀或是捲捲的「東西」，由此可以看出電視氣象報告中的平面衛星雲圖應是一深植於人心的印象。在此，提供一個颱風主題教學方式之思考，利用感染力強的大眾傳播媒體之氣象報告進行相關的教學是未來值得投注心力的方向。因此，在地球科學方面，尤其是如「颱風」或「地震」這一類與大眾生活密切相關的主題，既然禁絕不了傳播媒體的發送，為了避免其傳達錯誤的訊息，可以朝主動發佈新聞稿、演講、解說等方式努力，而不僅僅是被動地等待各家媒體的詢問才提供。往後應該多加利用這個有力的訊息傳播管道，在日常生活中逐步陶冶民眾的相關科學素養。

3. 增進多重架構的彈性

不少受試者在晤談過程中，改變了原先的想法，而改以記憶中的科學概念取代原先自發的答案。當受試者一開始面對問題時，首先根據個人想法作為回答；爾後，如果時間充裕，或讓他們繼續思索相關的問題時（例如晝夜與季節這兩個涉及相似客體的主題），即可能喚起他們內在的科學想法。此研究結果意味著，受試者的內心存在著一套自己的想法，以及另外一套科學的想法，兩者之間並非全有或全無的情形，而比較像是優先順序的不同。此兩套並行的概念體系之存在，可以解釋為何本研究受試者可以在學校的科學學習上獲得不錯的學習成效。這種並存的情形，與 Keil 等所認為的多元架構理論相類似：Keil 等人認為成人與孩童的不同之處在於成人有多套的系統，且可以在不同系統中視情境的需要而自由轉換；但是，孩童則可能存在的系統較有限，且轉換之間不如成人來得有彈性與輕易(Gutheil, Vera & Keil, 1998)。因此，往後的科學教學必須思考如何有效增進學生使用多重架構的彈性，而非強加一套知識體系至個體身上。

（三）教科書的編撰

根據本研究結果，教科書用圖與用語對於個體的影響極大。在用圖部分，影響個體的想法。例如第一個晝夜變化主題中的地球形狀、第二個季節變化的四季時之日地位置關係、第三個地震主題的板塊地震分佈圖與第四個颱風主題的颱風結構圖等等，用圖的優劣可能利於學生的學習，但也可能造成學生的學習困擾，猶如雙面刃。尤其必須注意的是，如何以平面的圖片呈現出立體的空間感，都是未來教科書編撰必須思考的重點。

教科書用語部分，就台北都會區的小學二年級學生而言，專有名詞並不陌生。也許我們該重新思考，在學生大多熟悉這些專有名詞之下，是否仍有必要為了避免增加學生的負擔而刻意不介紹這些專有名詞呢？此外，本研究結果也顯示出一個值得注意的現象：他們對於這些專有名詞雖然熟悉，卻常常以自己的方式來解讀或是賦予這些詞彙不同於科學的意涵；這樣的情形意味著，我們似乎應該在更小的階段就介紹這些名詞的意涵以及造成這些現象的背後機制。也許有人認為太小的小孩子沒辦法了解這些原理機制，而只能停留在表面現象的觀察。然而，是否學校不教他們原理機制，他們就乖乖的只滿足於看到現象的觀察層次而不進一步思索其機制呢？相信大部分的人都有這樣的經驗，小孩子最常說的就是「為什麼」，即便你不告訴他，個體仍然以自己的方式嘗試說明「為什麼」，而在這個過程中，極容易形成綜合的心智模式，甚至堅定某些信念與預設的強度。所以，研究者認為，小學階段的科學教育，不應該只侷限於現象的觀察描述，而是可以提供更多關於機制的探索。否則，當他們已經形成根深柢固的預設，就較難藉由教學產生改變。依照皮亞傑的認知發展理論，小學二年級屬於具體操作期，需透過實物的操弄進行學習；但是，需藉由實物的操作跟能不能學習機制是兩回事。觀察是手段，而非最終目的，一樣可以透過具體操作的方式學習機制。舉例而言，學生在日常經驗中，最常接觸到的是由於距離的遠近而造成冷熱的不同。那麼，我們可以提供另外的知覺經驗，在此經驗中展示造成冷熱變化的其他機制。比如說，設計一個觀察活動，讓學生發現原來直射與斜射也會影響物體表面冷熱變化的不同；或者是，當距離很大時，距離上的小幅度變化對冷熱就沒有太大的影響等等。

此外，本研究中的國小二年級受試者和以往文獻中同年齡受試者的表現有很大的不同，異常優秀。雖然，因為本研究所選取的對象為台北市都會區學習成就良好的學生，或許比一般的學生表現來得好，但是，以目前的社會生活環境，資訊充斥於周遭，卻是不可諱言的事實。所以，不應再以往日的眼光看待現今這群生存於資訊爆炸時代的學生。藉由生活中的各種媒體——電視、網路、書籍（尤其是小百科之類的書籍）、報紙、安親班、才藝班等等，已經不可避免地極早就接觸了這些專有名詞。對於專有名詞的態度，不應是如以前一味地避免使用，而是應該將重心放在幫助他們更清楚這些專有名詞的意涵，而不是讓他們只停留在專有名詞的堆疊層次而已。

二、研究設計與執行方面

雖然預設、信念與心智模式的研究並不是本研究所獨有的，但是，這是首次針對四個不同尺度特性的地球科學主題，並同時對國小二年級、國中一年級、高中一年級以及研究所四個階層受試者，以半結構個別晤談的方式進行全部 64 位受試者之研究。在此，研究者提供研究過程中所遭遇到的問題與心得，以提醒其他研究者未來進行類似研究時應特別注意的地方。

（一）研究對象

本研究從地域性與學習成就表現兩個向度限制受試者的選取，藉此控制受試者的同質性，而提供國小二年級、國中一年級、高中一年級及研究所四個不同階層受試者的比較基礎。研究結果顯示，單以這兩個向度作為受試者的篩選依據，仍無法完全確保此四個階段受試者的同質性。往後研究，如果能在條件允許的情形下，建議進行同一群受試者從小到大的經縱向長期研究，俾使能更清楚呈現同一群受試者在成長過程中，經過認知發展、學習與文化所產生的影響。

此外，本研究屬於初探性質的嘗試，同時受限於研究者本身的人力與物力，僅以立意取樣與便利取樣的方式選取受試者，而此種作法無可避免易產生樣本代表性的問題。未來進行相關的研究，在可能的範圍之內，應該挑選較大量的受試者，先進行初步的迷思概念紙筆測驗，再挑選具迷思概念的受試者進行深度訪談，以避免本研究所遇到之問題，研究結果也可以推論到更廣的範圍。

最後，因為本研究的受試者皆來自於同一文化且相似的生活環境，所以，研究結果僅能顯現出年齡不同所造成的差異。然而，誠如第二章研究文獻回顧所呈現的，不同的文化或人種的世界觀差異較大。因此，若能選擇不同文化及生活背景的受試者，則彼此間所具有的世界觀預設及信念之差異更能凸顯，此可作為未來研究的方向。

（二）研究工具

本研究在研究工具部分，作了一些嘗試。除了針對四個地球科學主題的預設與信念設計題目，也注意問題本身的不熟悉度。而根據前述的研究結果顯示，此作法有助於受試者內心真正想法之探究，提出下列兩點建議。

1. 針對科學主題設計預設與信念的題目

以往的研究文獻中，未針對特定科學主題的預設與信念向度設計題目對受試者進行檢測。科學教育方面的研究工具，著重於概念主題本身的心智模式，故其問題圍繞科學概念，預設與信念不是題目的重點；而世界觀方面的

研究，則傾向於以泛泛的生活態度或是對於自然的態度為重心，而鮮以某一特定科學主題為其預設與信念題目設計之焦點。因此，本研究為了能得到受試者對於特定地球科學主題所具有的信念與預設，將與每一主題相關的預設與信念之問題融入晤談之中，以確保能得到受試者對於此特定主題更為詳盡的相關訊息。本研究結果顯示，受試者在不同主題所具有的預設與信念並不完全相同，且其對於心智模式的影響狀況也存在著主題上的差異。所以，此設計有其必要性，值得未來相似研究作為參考。

2. 以不熟悉的問題施測

本研究所選取的「晝夜變化」、「季節變化」、「地震」與「颱風」四個主題，都是人們日常生活中非常容易經驗到的現象。對於此類熟悉現象的主題，如何避免受試者以記憶中的「標準答案」回答，而能探究到受試者個人內心的真正想法呢？本研究採用 Cobern 對於世界觀預設研究的建議，設計受試者不熟悉的問題，並加以擴展，以受試者未想過的問題訪談，達到本研究探究個體深植的概念系統之目的。此問題設計的重點在於從表面現象進行加深與加廣，以系列相關問題讓受試者進行深度思考，促使其以自己深植的想法回答問題；或是以一連串的「為什麼」類型的問題，繼續探究受試者的真正想法。在本研究的晤談過程中，受試者常不時說出「好問題」、「沒想過」等語詞，表達其對於晤談題目的感覺。根據這些受試者的口語回饋資料，顯示此次晤談題目之設計符合原先的設定，問題是受試者不熟悉或是未曾想過的陌生問題。經由此類型問題的訪談，受試者必須當場運作自己的內在思維來回答，而不是僅僅將記憶中的答案背誦出來。然而，如何確保每一個問題對於每一位受試者而言都是不熟悉的，卻不是一件容易的事。研究者建議，日後相關研究在問題設計方面，能夠進行更大範圍的預試與修正，以確保這些問題能夠發揮其最大的功能。