

第五章 結論與建議

至此，我們可以瞭解Nersessian的困惑來自於學校裡對理論事物的介紹，都停留在隱喻事件的說明上。力成爲死去的隱喻，與日常語言脫節，也就是與生活經驗脫節。於是，成爲難以理解的事物。

本研究從關切學生面對科學理論事物時所處「難以理解」又「無可置疑」的學習窘境開始。從語言學和知識社會學的角度切入來處理這個學習困境。在理論探索上，把語言學和知識社會學的相關概念，諸如：技術性建構、合法化等，放置在科學學習的脈絡中重新加以詮釋，探索其科學學習上的意涵。在實徵研究上，檢視了迷思概念研究未能觀照到的層面上（包含日常意義的層面和語法層面）學生的學習狀況，同時試圖釐清漢語和教科書提供給學生談論力的語言資源。故而，本研究的成果既有對理論的耕耘，也有實徵研究的發現。

以下先摘要理論探索和實徵研究的發現，然後進行整合論述，最後針對課程、教學、師資培育、以及未來研究提供建議。

第一節 主要發現

一、理論探索的發現

研究目的 1 和 2，乃針對文獻進行理論評析而達成，屬於理論探索的發現。

（一）研究目的 1 的成果摘要

研究目的 1 爲探討將理論事物建構爲實在的語言基礎，並分析此語言基礎的科學概念學習意涵。爲了分析理論事物的建構方式，探索了 SFL、技術性建構、以及話語的內涵，所得結果摘述如下：

1. SFL 描寫語言功能的概念工具豐富，於漢語的科學教育之應用極具發展潛力

如文獻探討第一節所扼要說明的，此 SFL 雖然體系龐大，略顯複雜，但正因為如此，其所提供的概念工具才能完整地涵蓋語言使用的各個面向，從社會脈絡到語言詞彙語法層次。最重要的是，其概念工具所捕捉的是語言在實際使用情境中的功能，此理論取徑與教育研究極為契合。教育研究關切的是正是語言所要達到的功能，而非語言形式本身。而且，教育研究關心的是，在教育情境中，師生實際所面對的是和教學脈絡有密切關連的完整文本，而非單一的句子。這些也都是 SFL 理論建構所追求的目標。此外由於漢語形式不豐富，對漢語特徵的分析時亟需仰賴語義（即功能），不能單獨靠形式本身的特徵，這也和 SFL 的語言本質觀相符。

2. 技術性建構是連結科學術語和日常意義的理想型

技術性建構不僅在事件的層次把科學語言和日常意義連結起來，而且在詞的層次把科學術語和日常意義連結在一起。所謂日常意義就是生活經驗透過日常語言以一致式而構作的意義。經驗是流動的，無法成為解釋科學術語的基礎，這個詮釋的基礎是由日常語言所奠定的（圖 2-3-5）。忽略日常意義和科學知識的差別，將錯失機會以建立「有意義的學習」的學習理論。

3. 從話語的角度，可分析理論事物之語法性存在

對照 Foucault 的知識檔案學和批判語言學研究脈絡裡的「discourse」，在 SFL 的基礎上，本研究在詞彙語法層定義「話語」的理論意義（圖 2-2-8）。話語是特定社群中談論事物的詞彙語法慣例。據此，話語形構了事物的語法性存在。科學力的各種名稱已經宣示了它自身的存在，科學力話語則進而使科學力能出現在科學社群所談論的事件中，它作為語言事實存在於社會中，是支撐科學力存在的底層基礎。理論事物的話語是學校科學所欲建立的「正確」談論科學的規範。從這個角度來看，在科學學習過程中，學生勢將面對社會化的壓力。

4. 科學學習上知識結構重組的意涵需從技術性建構的觀點重新詮釋

技術性建構所指的知識結構重組是「在語言中重新建立起經驗的結構」，強調「在

語言中」以及「經驗的結構」。由於經驗必須透過語言才成為可理解的，因此知識必然是存在於語言之中。而知識不僅是作為成品存在於語言之中，在文本中還呈現了知識建構的過程。因此，「在語言中」有「透過語言」、「存在於語言中」以及「在文本中」三層意義。至於「經驗的結構」強調的是構作經驗的方式。科學語言以不同於日常語言的組織結構重新賦予經驗意義，其所建立的知識結構不單單是分類體系而已。

5. 技術性建構在進入科學理論學習前階段扮演促進觀點拓展的角色

從轉換理論視角的角度來看，技術性建構有兩個功能：引導注意力和分離化。在術語引介時，透過技術性建構，原來不是名詞表達的東西，最後都轉換為名詞(Halliday, 1998a)。一旦成為名詞，它就能居於主位，成為注意的焦點。此外，當理論事物成為語法上的物件後，它就能從原來的「物件—過程」關係中「分離」出來。當「重力」成為名詞，而能夠跟蘋果和地球分離開來的時候，它才有可能被方便地用來建構理論。所謂分離化是指科學術語從小句中剝離出來，可被獨立地談論。引導注意力是針對文本鋪陳而講的，分離化是針對該理論事物與物體間的關係而講的。

由於技術性建構引導注意力和分離化這兩個功能，使得轉換理論視角成為可能。當某個理論事物從技術事件中轉換到隱喻事件之後，它就被重新安排到另外一個描述者與被描述者的關係當中，從而開始建構「理論意義」。

(二) 研究目的 2 的成果摘要

研究目的 2 為探討將理論事物建構為實在的學習情境，並分析此學習情境與前述語言基礎的關係。茲將探討所得成果概述如下：

1. 理論事物合法化的內涵由客體化、意義化和合理化構成

技術性建構的目的在合法化，也就是以合理的方式說服人們接受理論事物是存在的。以 Berger 和 Luckmann(1966)的知識社會學、Saussure 的意義模型(Culler, 1993)和 Toulmin(1958)的論證架構為理論背景，本研究建立了理論事物合法化的分析架構。此架構乃由客體化（合法化的媒介）、意義化（合法化的目標）和合理化（合法

化的過程)三個面向所構成(圖 2-3-1)。

2. 理論事物的意義化包含指義和值義兩部份

理論事物對學生而言首先是記號的能指(signifier)，是個詞或測量結果而已。因此從記號學的角度來看，實在的建構也就是記號的意義化。根據 Saussure 的意義模型，意義化有指義和值義的意義化兩類。而值義的意義化根據語言的不同層面，又有兩種方式。一種是透過話語的差異而對照出意義，一種是透過技術性建構指出日常意義的差異，從而對照出意義(圖 2-3-3)。

3. 在學校科學中，論證透過特定體裁而鋪陳

學校科學中常見的四類體裁(做科學、科學解釋、組織科學和挑戰科學)分別完成不同的合法化任務。做科學和組織科學的體裁提供論據，屬於第一類合法化任務。科學解釋和組織科學的體裁提出無支柱的保證，屬於第二類合法化任務。挑戰科學的體裁提出有支柱的保證，屬於第三類合法化任務(表 2-3-3 及 2-3-4)。在科學教學中，通常先出現做科學體裁，然後是解釋及組織科學，最後是挑戰科學。從論證的角度來看，此發展是朝向提出的理由越來越複雜的方向進行的。

4. 在論證中，技術性建構出現在支柱

從論證的面向來看，由於科學解釋的慣例使然，所提出的保證應會是科學術語作為參與者的隱喻事件(例如：力造成形變)，技術性建構要在支柱中才會出現。即使是對定義性宣稱所提出的論證也是這樣。應再一次強調，論證是在文本中進行的。在實際的論證中，論證的各個元素可透過語言的各種資源來完成(例如：小句間詞彙的连接)，並非必然是由一個一個小句，明顯地表達出來。而揭露這些形成論證元素的語言資源則是詮釋性研究的任務。

5. 技術性建構是意義整合的過程

技術性建構所完成的意義整合可從兩個角度來分析：概念學習和「語言—社會」建構(圖 2-3-5)。從概念學習的角度來看，整合就是詮釋。技術事件是詮釋與理解隱喻事件的先設條件。技術性建構把技術事件和隱喻事件整合在一起。從「語言—

社會」建構的角度來看，技術性建構整合的是「具體物的話語」和「理論事物的話語」。技術性建構不僅建構了理論事物，還建構了描述理論事物的描述語。因此，整合不僅發生在理論事物上，還發生在描述語上。高層次的整合是運用語法隱喻和詞彙隱喻等語言學概念來解釋兩種話語間的轉換。於此同時，所發生的正是在學校教育中的社會化過程。若忽略技術性建構的學習，誤以為科學語言和日常語言的學習是相同的事，那麼學生在學習情境中將會與其經驗斷裂，所面對的就只剩下語言性事實（圖 2-3-6）。

二、實徵研究的發現

本研究實徵研究部份乃為達成研究目的3。基於目的1和2的探討，實徵研究探討的學習情境有二：語言性事實和合法化。針對語言性事實，探究教科書和學生的話語；針對合法化，探究教科書和學生所使用的語言策略。

針對研究目的3，有四個主要研究問題：一、科學力與常識力話語的差異為何？二、高中學生是否能識別科學力與常識力兩種話語？三、學生如何解讀課文將力合法化的語言策略？四、學生將力之測量合法化的語言策略為何？以下分別針對四個研究問題所衍生的研究成果加以摘述。

（一）研究一：科學力和常識力的話語

在語料庫調查研究中發現：漢語中存在科學力和常識力兩種話語。

常識力多參與領有類過程；常識力在數量和量變類過程上有較多詞彙隱喻；科學力多參與分類和命名類過程；科學力以「施」來構作施力者與力之間的關係，用「作用」來構作力與受力者之間的關係，用抗衡類過程來構作力與力之間的關係，這些都是科學力話語獨有的。常識力與科學力都很少出現在環境成分。科學力修飾的中心詞主要為向量的性質（大小和方向）以及與物體之間的因果關係（作用和影響）。這些差異體現了科學力的特殊性質、約定俗成的意義產製方式和科學學科特徵。

(二) 研究二：科學力和常識力話語之識別

在工具設計上，本研究建立了運用語料庫來設計凱利方格藉以探討語法結構的方法。在資料分析上，利用 FOCUS 分析、主成分分析、COMPARE 分析、合併方格主成分分析等技術，本研究發展出挖掘統計訊息的多種策略；這些分析的策略可供後續研究參考。

在研究結果上，全體學生作答結果顯示學生能識別兩種話語；{施}、{作用}與{抵消}三種描述語是區別的主要成分。此結果確認的語料庫分析的結果。其他另有兩項發現，說明如下。

1. 話語的邊界模糊

在 72 個陳述中，35 %的陳述有爭議（認為這類陳述有意義和無意義的人數都達全體 1/3 以上）（表 4-2-1）。有爭議陳述顯示約定用法和語義擴展之間的張力。例如：{作用}可用於描述注意力，{儲存}可用於描述彈力等等。透過詞彙隱喻、語法隱喻、外延擴展等語義擴展方式，不同範疇的力可跨範疇共用相同的描述語。兩種話語並非截然劃分為二，雖有邊界，但有模糊之處。

2. 高三學生更接受約定用法

跟高一學生比較，高三學生除「儲存」一詞外，語言使用傾向約定用法（圖 4-2-5、4-2-6）。具體而言，高一和高三學生在重力、體力、{抵消}和{儲存}的理解上有顯著差異（表 4-2-2 至 4-2-8）。語言使用之差異可運用合併方格之主成分分析圖加以表徵（圖 4-2-7 至 4-2-11）。

(三) 研究三：課文合法化的語言策略及其解讀

研究三對課文和學生對課文的解讀進行分析，有三點主要發現。

1. 課文所完成合法化任務或屬事實層次，或未提供支柱

以三篇課文為個案進行的課文分析顯示：課文1採用因子解釋體裁，對因果保證未提供支柱，完成的是第二類合法化任務，課文2和3採用分類報告體裁，屬事實層次合法化任務。連接關係和名物化過程分析顯示課文1和課文3在技術事件和隱喻事

件之間並不銜接。從技術性建構的角度來看，「力的定義」與「力的種類」課文的問題主要有四。與學生晤談之結果與文本分析一致。

2. 課文中「力的作用」意義不清楚

課文1（「力的定義」）有下列問題：（1）「力的作用」被直接使用而作為巨集事件，前述各類現象與「力的作用」之間的因果關係不清楚。學生能指出力所造成的效果，但無法在技術事件中指認「力的作用」。（2）在「力的作用」這個名詞組中「作用」一詞有歧義：過程義、虛過程義和效果義。學生以效果義來解讀「這些現象都是由於力的作用所發生」此句中的「作用」。（3）運用對照句可澄清「作用」的兩種意義（過程義和效果義）。雖然如此，學生仍把力的定義句中的「作用」理解為效果義。

3. 課文中「接觸」的意義不清楚

課文3（「力的種類」）對接觸力與超距力的定義不當。該定義之關鍵在於「接觸」一詞的意義，但該詞意義並不被學生質疑，以致於課文3提供的定義實際上無法用來判斷超距力是否存在，但學生卻不自知。

（四）研究四：對力測量結果合法化之語言策略

研究四發現：學生的語言策略幾乎沒有出現技術事件和隱喻事件間的轉換。

在彈簧秤測量的情境中，對測量結果提出質疑，以使學生陷入合法性危機，學生在三類合法化任務中所使用的語言策略如下：（1）事實層次的合法化：提出操作程序及語言事實。操作程序以技術事件表達，語言事實是詞彙層面的，還未構成事件。（2）無支柱之保證的合法化：因果保證、平行個案保證、及創造出來的隱喻事件等。保證以隱喻事件表達。（3）有支柱之保證的合法化：對保證的因果關係進行拆解、將力還原為能量、將磁力還原為磁力線、說明磁力或力量生成之原因、提供保證之事例作說明。除對因果關係進行拆解涉及技術性建構外，其餘皆是以隱喻事件表達。

第二節 結論

理論事物的引介是科學學習的起點，是後續理論學習的基石。在這個重要的階段，科學教學理應給予學生好的理由來接受理論事物。如果科學是具有批判性的探究活動，那麼在高中以後的科學教學就應該合理地說明理論事物的建構過程。理論事物是科學家建構出來的，該事物需要特殊的理論視角才能被「看見」。如何協助學生「看見」理論事物？如何說明理論事物的建構過程？這些都是科學學習研究中亟待解決的問題。

過去的研究受認知心理學影響，重心放在知識結構或心理基模的研究中，忽略了語言的角色。然而，在學習過程中，語言不僅是傳遞思想的媒介，它事實上就是思想本身，去除語言，我們無從思考，甚且經驗乃藉由語言構作才成爲可理解的。基於這些認識，本研究從語言學的角度切入理論事物引介的研究領域。

針對研究目的 1，本研究考察了 SFL 此一普遍語言學理論，並指出此語言學理論不僅適用於描述漢語，而且該理論對語言的使用極具解釋能力，在科學教育領域中具應用之潛力。本研究中所運用的「技術性建構」和「話語」即在 SFL 的基礎上所發展出來的理論構念。應用 SFL 於漢語分析時應注意的限制與調整，已分別於文獻探討、研究方法和研究結果的分析中加以陳述，可供後續研究參考。

事實上，此理論不應只看做是語言學，而應視之爲記號學。亦即，它的相關理論構念可在調整後用來分析其他的記號，例如：圖像、動作、圖表、公式等(Kress & Van Leeuwen, 1996; O'Halloran, 2000)。如此，在科學學習過程中學生遭遇到的各種記號都可在 SFL 的基礎上進行探討。

近十年來，科學素養的討論與研究逐漸轉向語言層面(Norris & Phillips, 2003; Yore et al., 2003)。可以說，科學教育研究者所注意到的正是記號層面。在 SFL 的基礎上，分析的目的不在揭示邏輯結構，而在解釋記號如何發揮其功能。這是 SFL 與傳統記號學和認知心理學在根本上不同之處，也是此理論對科學學習能提供不同的見解之處。

在研究目的 1 之下，本研究從知識結構重組和觀點拓展兩個角度探討了技術性建構在科學學習下的意涵。在語言使用與科學學習交互檢視後，「重組知識結構」的意義得到了擴展，而技術性建構放在學習科學所需的觀點轉換的脈絡下，則有了「引導注意」和「分離化」等學習上的意涵。此一探討不僅有利於將語言學理論引入科學教育領域，也有助於科學學習理論的拓展。

構成技術性建構的核心是語法隱喻，語法隱喻是極具有解釋力的理論構念。在此構念下，可進一步探索語言記號之外，圖像的、影像的、甚至數學的記號，是不是也存在記號內技術事件和隱喻事件的劃分？例如：在圖像表徵中，照片是比較接近於技術事件的，若以幾何圖示（如箭頭）來表達，那就比較接近隱喻事件了。如此在不同符號系統中若都存在技術性建構，那麼「這些系統間有無差異？」就是接下來可探究的問題。這些問題旨在揭示符號運作的本質，科學學習中充斥著各種符號的運作，能說明這些運作方式的學習理論方能周全地說明學習的現象。

針對研究目的 2，本研究嘗試從合法化的角度切入理論事物的學習，所建立的分析架構將知識社會學、記號學、論證研究和技術性建構整合在一起，可以全面地探討理論事物建構的問題。在知識社會學的基礎上，理論事物的建構透過客體化、意義化、合理化等概念被描述為社會化的過程。在這個社會化的過程中，理論事物的建構作為第二階社會化，而與學習日常語言的第一階社會化於是有所區別。在記號學的基礎上，結合話語和技術性建構的分析，理論事物建構的目標—意義化—得以確立。在論證研究的基礎上，結合學校科學體裁和技術性建構的分析則顯示了理論事物的學習和科學語言的學習是一體的兩面。

話語此一理論構念是本研究結合社會構成論和 SFL 所發展出來的。運用此一構念，在技術性建構遂行其意義整合功能的分析上，本研究拓展了原先技術性建構的意涵，將之擴大到話語的建構上。從而技術性建構不僅在建立科學術語與其日常意義的連結，也包含理論事物的話語中描述語的建構。此一擴充的理論模型可作為後續研究的基礎。

研究目的 3 實徵研究的成果使學生的學習困境得以有更為豐富的瞭解。科學力

的話語在研究中的高中學生群體中已經形成，此語法性存在學生已在潛移默化中接受了。可是，另一方面，無論是教科書或學生都沒有運用技術性建構來進行術語引介或論證。這就表示，教科書沒有把日常經驗意義與科學術語聯繫起來，學生的表現也顯示他們無法瞭解力之所指。對學生而言，「力」是個空洞的存在。此一研究結果突顯了目前教學與學習的困境，亟需未來的教學研究謀求解決之道。

在研究方法上，本研究結合語料庫的分析結果來設計凱利方格，此設計凱利方格的方式是一項創新，運用此調查方法來探討語法結構和力的語言使用也是一項創新。在凱利方格的調查研究、語料庫的內容分析、和課文及學生回答的文本分析中，漢語運用語言資源產製意義的方式是本研究意圖加以詮釋的主題。在理論事物的建構這個科學學習課題上，本研究的成果有助於對科學漢語有較為深入的瞭解。

第三節 教育意涵

基於前述理論和實徵研究上對科學學習所產生的理解，以及對科學教育實務的關懷，此節對本研究的教育意涵，分課程、教學、師資培育三部份加以陳述。

一、課程目標：以語言使用為本的科學素養

本研究既以語言為切入概念學習的角度，特別是以技術性建構作為引介理論事物的理想型，故而此一科學學習的觀點必然要在課程的實踐中尋求自我的定位。此小節擬運用本研究的成果進一步發展 Wallace (2004)所提的科學素養研究模型。

從語言使用的角度，Wallace (2004)所提的科學素養研究模型（圖 5-3-1）有三個基本構念：如實性（authenticity）、多元體裁（multi discourse）和第三空間（Third Space）。所謂如實性指的是當學生以對他個人有意義的方式在使用科學語言時，他就處在如實的溝通中，此一狀態即如實性。多元體裁即為達成不同目的的各種文本結構，同時存在於科學教室中。第三空間是意義空間，但這個意義既不屬於你，也

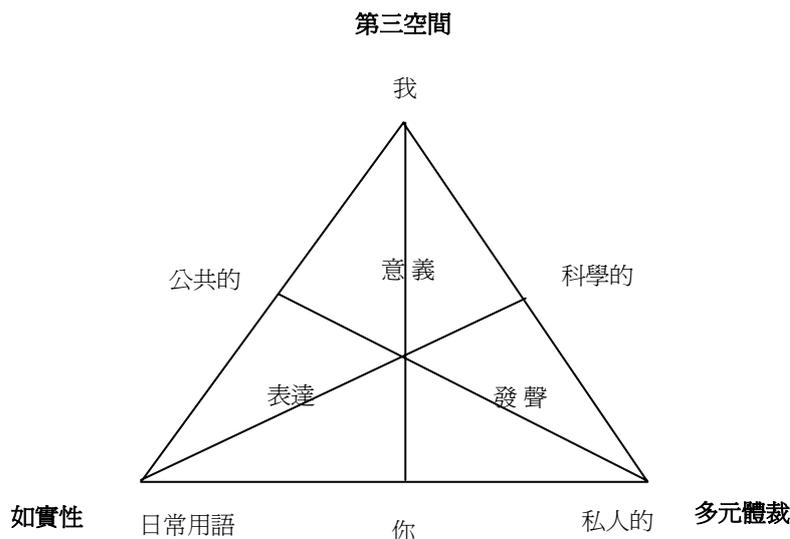


圖 5-3-1：Wallace 科學素養與語言使用之研究模型

不屬於我，而是參與溝通的雙方協商出來的意義。科學學習後的改變則由每一個面向上從三角形頂點到對邊的連續變化來表達。如實性的變化就是以對個人有意義的方式使用日常語言到使用科學語言的變化。這個變化意味著逐步地整合科學的詞彙、句法、語法的功能成分等等。多元體裁的變化就是從個人式體裁（如：猜想、提問）到公共式體裁（如：根據證據說話的科學體裁）的改變。第三空間的變化指的是對現象的個人解釋到科學解釋之間的變化。

技術性建構是表達的變換，屬於如實性這個面向。如本研究已指出的，從日常語言到科學語言有三個層面應予區分：知識層面、語法層面和日常意義層面。如此，本研究在技術性建構與意義整合的關係一節所建立的分析架構即可整合在這個科學素養的模型之內。

此外，本研究在論證與學校科學體裁的討論則屬於此一模型「多元體裁」此一面向。在該節關於「知識路徑」的討論可作為此面向進一步發展的線索。

最後，在研究結果「科學力話語的辨識」一節對描述語的歧義所做的討論則屬於「第三空間」這個面向。該研究成果顯示話語間界限是模糊的，此正意味著語詞的意義需要在使用中不斷地協商，而語詞的歧義也顯示在協商中澄清意義的重要性。

二、教學策略：以探索語言使用為策略

根據前述研究成果，科學學習和科學語言學習是一體的兩面，因此科學教學的策略即可從帶領學生探索語言使用的角度來思考。以下從「用語言製造認知衝突」、「建立術語打包與拆解的模式」、「釋放創造力探索意義的產製」等三方面加以討論。

(一) 用語言製造認知失調

本研究顯示：對力、接觸力這些理論事物，學生沒有批判就接受了。例如：他們無法說出「力就是拉、吸引等」，對超距力，他們不會追問「接觸」的意涵。學生覺得沒有問題，也就不會有好奇。在科學教學過程中，沒有學習動機的學生就成為教室裡的客人。

從Piaget的認知理論出發，學者多半採取製造認知衝突的方式，以便把問題交給學生(Dekkers & Thijs, 1998; Gorsky & Finegold, 1994; Scott, Asoko, & Driver, 1991)。根據Piaget(1958)，概念改變的必要過程是製造概念衝突。因為概念衝突會使認知個體內在產生認知失衡，於是該個體便會尋求方法以重新回到平衡狀態。

一般製造認知衝突的方式是透過動手做的活動或提供反例的說明，不過，不一定要這樣做。本研究利用一組對照的句子，一樣可以製造衝突（見第四章第三節）。這組句子如下：

說法一：力造成兩物體相互作用。

例如：磁力造成兩磁性物體互相吸引。

說法二：力就是兩物體間的相互作用。

例如：磁力就是兩磁性物體間的吸引。

在訪談中，學生為了釐清句子間的差異，一樣興致勃勃。因此，透過語言來製造認知衝突是可能的，一樣可把學生的注意力引向教學的目標。

學生若無法瞭解「力是什麼」，又認為「力存在」。那麼，「力存在」就是師生間「共謀的假象」。在本研究所分析的課文以及學生的訪談語料中，都存在著各種形塑假象的語言，這些語言上的障礙都極為適合用來作為製造概念衝突的教學素材。

(二) 建立術語打包與拆解的模式

技術性建構是科學活動中建構理論事物的過程，簡單地說，就是命名的過程。在科學教學過程中，教師若能以學生能理解的語言加以說明，使學生有意識地注意到課文中打包與拆解的過程，將有助於學生理解科學課文，並將科學術語與日常意義連結。

Gamble(1989)曾建議可將力定義為：「力是推或拉。」也就是用「推或拉」來取代「作用」。這樣做的目的是要賦予「力」日常意義，但是否直接加以定義，就能達到教學效果呢？此建議或許能有某種成效，因為「推或拉」比「作用」更接近日常用語，比較容易把力和日常意義聯繫在一起。但是，在這樣的使用下，「推或拉」不再是兩物體物理上的接觸（物質過程），「推或拉」的外延被擴大了，不再是原來的「推或拉」了，例如：兩磁鐵間沒有接觸的吸引也是「拉」。因此，Gamble改變定義的策略若要成功，需滿足兩個條件：1. 「推或拉」的意義要被擴大，2. 在術語引介時，要透過「推或拉」把「力」跟具體事件中兩物體的「過程」（如：擠、壓等）聯繫在一起；要指出擠、壓等也就是「推或拉」，所以也就是「力」。換句話說，僅靠定義還是不夠的，引介術語時，勢必需要運用實際的各種例子，這些例子會以技術事件來表達，於是，還是需要在文本鋪陳中進行技術性建構，最後形成術語。

雖然教師可以針對每個科學理論事物一一展示技術性建構的過程，但學生終究要自行面對科學文本，因此使學生瞭解技術性建構的模式還是有其必要。

技術性建構核心的語言操作是語法隱喻，而事實上，語法隱喻並非科學語言所特有的現象。在日常語言中，一樣存在。例如：從「注意」到「注意力」。科學教師可運用日常語言來向學生展示語法隱喻的變換，以及對應的技術事件和隱喻事件。透過熟知的語言現象以使學生瞭解從技術事件到隱喻事件的「打包」和從引愈是見到技術事件的「拆解」。此一轉換模式的建立將有利於學生「進入」科學文本。

此一轉換模式之建立也正是技術性建構意義整合模型（圖 2-3-5）中學校科學社會化要介入之處。

(三) 釋放創造力探索意義的產製

各種話語是我們產製意義的資源。這些資源一方面有其約定的意義，於是保證它們可用來溝通，另一方面它們的意義並不是固定的，能透過語義擴展而產製新意義。由於意義不固定，於是語言預留了創造的空間，而這也是需要商談的原因。

Hart(2002)在力的教學活動中，請學生舉例說明早上上學這段時間發生了什麼事，而在這當中哪些與「力」有關。在討論中，卻發現學生無法區分日常語言裡的「force」和科學語言裡的「force」。在英語裡，「I forced my eyes open」，也使用「force」。她所設計的活動原來是為了使學生能連結舊經驗，以產生有意義的學習，這也是一般教師的意圖。但從學生的討論中，她卻對學習有了新的瞭解。從而她主張教師不能把「力」的意義當作是不證自明的，也不能簡單地把力定義為「推或拉」，而應該在教學活動中針對力這類關鍵術語的意義與使用方式進行仔細的討論。

從這樣的思考入手，Hart(2002)設計了一系列的教學活動。她從日常生活中使用「力」的方式開始，引導學生把他們的各種說法暴露出來。隨後，她向學生介紹力的定義，教學生畫力圖，並提供一系列問題情境讓學生在多樣的情境中使用「力」這個詞。這些問題情境包含平衡與不平衡的情況、地面支撐力（平衡的情況）、摩擦力（隱藏著的施力者）等等。在教學過程中，她提供「力」的定義檢核表輔助學生學習，但她指出僅僅給定義是不夠的，需要在互動和商談中發展語言。

學生的個別差異一方面是創造的源頭，一方面由於可能與社會慣例相左，因此存在著創造性的張力。在第二階社會化的過程中，存在著兩種創造性的張力。其一來自學生的文化差異，其二來自於學生在運用語言產製意義時所發揮的創意。在社會化的脈絡中，我們希望最後能使學生學會社會中的慣例，換句話說，也就是要統一說法。然而，學生的文化背景不同，這使得學生所使用的日常語言是有差異的。這個差異存在於對科學語言進行詮釋與建構的先設條件之中。這是張力來源之一。此外，當學生在建構技術事件和隱喻事件之間的關係時（圖 2-3-5），這個詮釋與建構的過程存在著源於創造的變異。這是張力來源之二。

學生是文化代理人。他帶著文化藉由語言提供的不同版本的話語來到科學教

室，不自覺地受到語言的約束。這些話語影響了他的學習。學生無力對話語進行自我檢視。這樣的檢視唯有透過與他人的互動與比較，才可能發生。察覺到差異，這或可稱之為「文化震撼」。教室應該是友善的學習環境，如此才能使不同的版本的話語得以揭露，而產生「文化震撼」的機會。

這些張力帶來變異，但也正是創意的來源。因為在遇到新的經驗，或者要以不同的方式重新構作經驗時，我們正是在運用現有的語言資源在創造意義。因此，在學校中，學生也應該有機會能經歷這個過程。從創造力發展的角度來看，語言學習是處在約定用法和語義擴展的張力之中，在教學中應該給學生機會發揮他們產製意義、擴展語義的創造力，而不要太快地進行傳統教學考試的社會化過程。

三、師資培育：能同時進行科學語言教學的科學教師

在科學素養的要素中指出語言的重要性，這是相關研究與論述的發展趨勢。Cazden(1988/1998)論述了科學學習如何具體地存在於師生的言談裡。Wellington 和 Osborne(2001, 頁 2-8)指出：「科學語言的學習即使不是科學教育唯一的主要部分，也是主要部分之一。」Norris 和 Phillips(2003)主張在科學活動中運用語言的能力是科學素養的基礎要素。

科學教師面對此一趨勢應注意到在科學教學中「科學語言」存在於不同的層面。這些層面包含：學生的言談、教師自己的言談、教師對語法的掌握、以及教師希望學生對語法的掌握等四個層面。前兩者是談論科學過程中所發生的實際言語，後兩者是後設地對語言的瞭解，所謂語法也就是描述語言的理論。

關於第一和第二個科學語言的層面，學生處於社會化的過程，其談論科學的方式需要得到教師同情的理解，例如：各種看似迷思概念的表達可能只是他運用語言資源創造意義的表現。教師談科學的方式事實上也與科學家不同，至少教師需要向學生解釋科學語言的意義，特別是在引介術語時，要進行技術性建構，這些都是科學家所不需要考慮的。

關於學習活動中的科學言談，最容易忽視語言的教學活動就是動手做，此時教師往往只注意到提供學生具體經驗，而忽略了語言的功能。在本研究的測量活動中，這些高學習成就的學生面對測量結果而無法清楚說明的窘況確認了體驗還是需要語言才能成為可理解的 (Osborne, 2002; Sutton, 1992)。科學教師可安排活動讓學生產生經驗，但經驗還需語言來構作才能成為有意義的，能進一步被解析，否則經驗只能處於迷霧之中。

關於第一和第二個科學語言的層面，教師和學生對語法的掌握程度自然也不相同。教師除了要掌握科學漢語的語法外，還要發展出教學策略來幫助學生學會一套「初階」科學漢語語法。

論及語言的學習，Vygotsky 和 Halliday 都主張，不僅要會使用語言，還要有意識地覺察語言的使用 (Dixon-Krauss, 1996/2001, 頁 191; Wells, 1994)。要在教學上能對學生說明科學語言之使用，教師自己先要有語言學理論來闡述科學語言。由於 SFL 的應用，使得此一研究工作成為可能。《談論科學》(Talking Science) (Lemke, 1990)、《書寫科學》(Writing Science) (Halliday & Martin, 1993)和《閱讀科學》(Reading Science) (Martin & Veal, 1998) 等就是在 SFL 理論下進行揭示科學語言運作方式的工作。

本研究中課文的文本分析顯示：科學文本需要被批判地閱讀，不能被當作事實來閱讀。國中教師Margaret在教學中安排了循序漸進的文本為學生的經驗搭起鷹架，並在教學中運用SFL來描述所使用的科學語言(Unsworth, 1999)。她向學生說明文本的體裁結構、連接詞的使用、句中出現的過程詞等等。學生掌握了分析的方法，在考試時他們甚至能夠用以解構試題文本。學生對生殖科技發展了高層次的技術理解，而且對時下關於該主題的閱讀材料能批判地進行評價。在澳洲的課程改革裡，這並非個例。要能夠做到這樣，教師必須要有能力描述語言，而且要使用恰當的語言學知識。傳統的形式語言學所提供的語法知識無法滿足這樣的需求。

要能夠批判地對自我和他人的言談進行語言的分析需要接受基本的語言學訓練。因此，在師資培育的課程中，應該要有課程介紹科學文本中的科學語言特徵、

不同情境中的體裁、在課堂中進行科學語言教學的策略等等。使教師能運用 SFL 的基本概念進行文本分析。作為漢語的使用者，教師更應對科學漢語有深入的瞭解，如此方能有意識地與人溝通。

第四節 研究建議

理論探索的未來方向在結論一節已述及，此處針對實徵研究部分對合法化語言策略和話語的可能研究方向加以闡述。在合法化語言策略部分，針對因果關係的構作方式加以討論。在話語方面，分別針對理論事物及其描述語的未來研究方向加以說明。

一、因果關係的構作

課文的分析（表 3-4-7）指出在力的三種語義成分中，除了「力的效果」之外，課文建構較佳的語義是「因果關係」，「作用」的語義建構得最差。從學生對定義的回憶也可看出，他們並不知道「作用」所指為何，但很清楚地指出因果關係是力的定義的一部份。由此可知學生對力的瞭解是空洞的，而因果關係則是學生在使用「力」時所緊抓的語義。

由於學生對力的瞭解是空洞的，在這種情況下，在根據學生的回答從「力」的「知識」推論到「力」的「所指」的時候，要很小心。例如：當學生說：「物體運動需要力」時，這是「隱喻事件的符號操作」。在隱喻事件中「需要」的意義事實上是不清楚的。因為力是什麼並不清楚，從而也就不知道什麼叫做「需要力」？怎麼個需要法？學生並沒有說明。學生這樣說的原因可能並不是他把「力」當作是某種類似能量或衝量的東西，或把「力」類比於人的力氣。很可能他只是要「套用」「需要」這樣的因果動詞。因為他知道「力是一種原因」，在「物體運動」和「力」之間需要抓一個詞來當作動詞，因而選用了「需要」，他未必對「力」有什麼樣的「概念」。

在學生的回答中常常出現因果小句，如：

重力造成重量

磁力使它們產生排斥的作用

力不一定是一定要看得見啊，是一種能量的轉換之類的，所產生的一種...

這個紅色磁鐵可以讓，可以藉由磁力，然後，給這個彈簧秤多大的力量

這些小句建立了力與別的事物之間的關係，表面上看來是因果關係，因為學生使用了「造成」、「使」、「產生」、「藉由」等等這些說法。但是否真的是在構作因果關係？或其實只是在構作一種「這些事物彼此有關」的網絡？其意義究竟為何，需要進一步加以探究。

以「力造成兩物之間的作用。」這個小句為例。在這個小句裡有三個有因果意涵的詞彙：「力」、「造成」、「作用」。訪談中發現：「力」被理解為原因，而「作用」則被理解為效果；「作用」原來有的因果過程的語義則被排擠掉了（第四章第三節）。在這個句子裡「造成」就不應被理解為「外部（真實世界）」的因果關係，否則力就不知是何物了。

在物理學裡面涉及因果關係的事物大約可分為兩類。一類是有因果意涵的理論事物本身，例如：力、功、熱。另一類是沒有被建構為理論事物的事件間的因果關係。關於前者，除需要瞭解其技術性建構的過程外，還需要瞭解它們如何透過漢語在推論過程中發揮功能。關於後者，其藉由漢語而構作在文本中的方式則需要有系統地加以瞭解。

Klaassen 和 Lijnse(1996)指出某些概念改變策略之所以有效，乃是因為他們要求學生在活動中澄清了語言的使用。同理，要瞭解學生的迷思概念，一樣要澄清學生的語言使用。

二、理論事物之建構

關於科學學習中理論事物建構的相關研究，於此提出兩點建議。其一是關於理論事物的定義，其二是關於學生學習理論事物的方式。

關於理論事物的定義，可能產生的困惑是：既然要讓學生知道「力是推或拉」(Gamble, 1989)，那麼直接把力這樣加以定義，問題不就解決了嗎？然而，技術性建構並不是說「力就是推或拉」。技術性建構中所指的「推或拉」是在具體的事件中的「推或拉」，例如：「手推桌子」的「推」，而不是抽象的「推或拉」。技術性建構是在具體的事件中的拆解。

一旦力被定義為「推或拉」的時候，「推或拉」已經不再是分類階層的最底層了。這事實上是分類體系的重建，推或拉從原來較低層的類別被拉到較高的階層。在這個過程中，學生會如何運用漢語資源來重建這個分類階層，這是可在後續研究中加以進一步分析的。

其次，關於學生學習理論事物的方式，在研究中發現：受訪學生都是學習成就較高的，但無法進行技術性建構。那麼他們是如何取得其學習成就的呢？

同樣採取 SFL（記號學）的研究策略，其可能的原因是他們另有一套記號運作的方式。亦即，他們可能主要透過數學運作，然後數學直接和測量結果連結，跳過自然語言的詮釋這一層。如果此一猜想成立，那麼對理論事物之建構的研究就需要把研究的範圍擴大到數學符號、測量、以及兩者之間的關聯等等這些面向上。

三、描述語的產製

力這類理論事物既然從技術事件中被分離出來，成為語法上的物件，當它們要重新回到言談之中時，就必須要再度被放入事件中，此時需要「創造」描述語來描述它們。此一創造的工作若非創造新詞，就自然是取自日常語言。此描述語的產製方式值得進一步加以探究。

日常語言中存在的常識力，一樣有「創造描述語」的需要。對體力、注意力等等這些力，我們似乎有較多直接的體驗，於是關於它們的描述好像是「自然的」，這些描述的詞彙其意義似乎是固定的。例如：我們會說「『付出』注意力」。注意力透過語綴「力」，被刻意地歸類為力的一種，它指的是能力。跟科學力一樣，它也是語

法上的物件。它本來是動詞「注意」被轉換成名詞「注意力」。它可以被「付出」，這是「實行」的另一種說法。但是在此把注意力當作像是金錢一樣，可以在付出之後實現其價值。「付出」的意義在這個使用中已經有所不同，其意義的外延被擴充到抽象的這類事物上。

同樣，當「作用」、「施」、「抵消」等詞彙借用在科學力時，其意義也有轉變。例如：「作用」其實已經是虛化的過程，不再是原來的過程義了。因此也不會有Touger (1991) 論辯的「力作用在物體上」會有「『作用』『作用』在物體上」的問題。

從別的意義範疇借用語彙的過程可能會引起別的問題。例如：「地球對物體有引力。」此時，領有的「有」用在科學力上，結果會造成學生誤以為引力是地球所擁有的。因此，似乎某些意義面向是不能跨範疇借用語詞的。這些不能跨範疇借用的語詞是否有共同的特徵？需要進一步的探討。

此外，某些語詞能擴展，或容易擴展，而某些語詞不容易，其原因也需要瞭解。例如：用「作用」來描述「注意力」（「注意力作用在某人上。」）就比用來描述「創造力」（「創造力作用在某人上。」）要容易被接受。

在學習科學知識的過程中，學生面對許多科學術語，這些科學術語透過語言取得了客體的地位。學生必須運用這些客體重新構作他自己的經驗，重新建構一個世界。事實上在他所要建構的世界中，參與其中的語詞不只科學術語是新的，其中許多原本熟悉的語詞也都有了新的意義，它們其實是新的客體。

關於學習的理論，需要把詞義及其使用方式作為影響學習的因素考慮在內。學習原本就是不斷地產製意義的過程。如果從這個角度來看學習，對語詞意義的相關研究就應加以重視。