

第壹章 緒論

在《從法拉第到愛因斯坦：科學理論中意義之建構》(Faraday to Einstein: Constructing Meaning in Scientific Theories)這本書開頭，Nersessian (1984) 分享了她的個人學習物理學的經驗。她在大學時對場這個概念感到困惑，於是問老師：「把某種東西叫做場是什麼意思？場是世界上的哪種東西？」老師說：「這不是物理學的問題，這屬於形上學的問題。」這個答案讓她覺得物理學不可理解。

在高中以上的科學教育中，力和場這類理論事物的存在不應當在沒有好的理由的情況下被接受。然而，和場一樣，關於「力是什麼？」物理教科書的定義表面上看來清楚明白，其實難以理解。「課本把力定義為一種能使物體改變運動狀態或使物體發生形變的作用。力是一種作用，什麼是作用？力到底是什麼？」「兩個物體沒有接觸，又可以彼此影響，這影響又是力造成的，力究竟是什麼東西？」於是，質疑最終指向力的存在，「真的有力存在嗎？」如果沒有好好回答「力是什麼？」，最終理應發生「力是否存在？」的懷疑。然而，如同Nersessian的老師一樣，在學校裡，師生一般都認為「力存在」無庸置疑。於是，力一方面「難以理解」，一方面又「無可置疑」。這個在科學學習上看來有些詭異的狀況到底是怎麼一回事？像力這樣的理論事物的存在是以何種方式被建構的？要如何對它們的「存在」進行分析？

對這個學習狀況的關切是本研究據以出發的研究動機。在接下來研究背景一節，將進一步指出理論事物學習上的難點所在，並在相關的研究下，進一步確立本研究之問題於形成時所依賴的理論背景。然後，據以發展出本研究的目的及問題。

第一節 研究背景

研究背景從三方面加以說明。其一是理論事物學習的特殊性，說明理論事物學

習困難之所在。其二是技術性建構 (technicality construction)，說明語言分析的必要性、系統功能語言學 (Systemic Functional Linguistics，以下簡稱為 SFL) 對理論事物建構的分析、以及該分析與認知心理學取向的研究不同之處。該理論指出從科學史、科學教科書和語言發展的證據可知，理想的建構理論事物的方式是所謂技術性建構。其三是實在的建構，此一小節承前關於技術性建構的討論，說明當前科學概念學習研究的不足，以及本研究切入問題的特殊之處。

一、理論事物學習之特殊性

力是物理學的重要術語。牛頓物理學進行因果解釋時，它扮演著核心的角色，同時它是牛頓物理學概念體系裡層次最高的範疇，應用範圍廣泛。基於這兩個重要理由，它是物理教學的重點。此概念雖然重要，但許多研究者和教師均指出此概念難以讓學生正確地瞭解 (Hart, 2002; Hellingman, 1989; Heywood & Parker, 2001; Watts & Zylbersztajn, 1981)。

若問高一學生：「力是什麼？」他們的答案有兩種典型(李哲迪 & 楊文金, 2003)：

- (1) 力就是使物體發生形變，或是改變運動狀態的，稱為力。
- (2) 力就是一種有方向、有大小，是能量的一種，可使物體發生運動的速度和形狀上的改變。

第一種，話講不完整，缺少類名 (29%)，例如：「力就是使物體運動狀態改變的。」第二種，對力做了錯誤的歸類 (65%)，例如：認為力是一種能量 (佔第二種的 51%)。在此學生要進行的是傳統邏輯學所稱的類差定義 (class-difference definition)，學生多半對力所產生的效應並不陌生，例如：他們知道力會使物體運動狀態改變、會產生形變，可是他們無法順利說出它的上位類別。在中文教科書裡一般使用「作用」作為類名來定義力，但如前所述，高達 94% 的學生無法正確地說出力的類名 (李哲迪 & 楊文金, 2003)。

首先，我們不能說學生不需要會說明力是什麼，只要會用就可以了。這是日常生活裡對待語言學習所持的態度。在日常生活中，我們能使用某個語詞就好了，並

不需要對這個詞加以解釋。在科學裡，我們會對術語下定義。給定義這件事就表明了科學裡我們對待術語的方式和日常生活裡對待生活用語的方式有所不同。其次，我們也不能說學生知道力是什麼，只是不會表達而已。因為如果物理學是可理解的，就不應該有那麼高比例的學生說不出口。所以，學生無法正確說出力的類名正表示了他們其實沒有正確地瞭解「力是什麼」。他們說不出類名，很可能是因為他們無法瞭解力。他們說錯了類名，表示他們對力有誤解。這些學生所佔比例之高顯示這當中存在著系統性的問題。

文獻指出學生確實會把力跟別的概念混淆在一起。例如：壓力、能量、動量、功、功率(Gamble, 1989; 劉俊庚, 2002)。Chi(1992; Chi, Slotta, & de Leeuw, 1994) 則認為跟別的許多概念一樣，學生會在本體範疇的層次將力錯誤地歸類為物質範疇。這些研究在在都顯示了力難以理解，甚至根本無法理解。

在科學概念學習上，力並不是特例。根據Gagne(1970)，一般日常用語中所謂的概念可分為：具體概念、定義的概念、規則、定律、原理、學說及複雜的程序等。日常生活裡的事物是具體概念，而科學理論事物多半不是具體概念，無法直接觀察，屬於定義的概念。學習這類科學概念的時候並不是透過經驗，在掌握共同可觀察的屬性後，進而獲得涵蓋範圍較廣的概念。例如：狗是涵蓋範圍比北京狗廣的概念。相對於北京狗，狗是「概括的」，我們無法觀察到「狗」，但是可以觀察到面前一隻「具體的狗」。狗和北京狗之間概括等級不同。但理論事物則是「抽象的」。若以力和摩擦力為例，摩擦力從一開始就是抽象的，在每個具體發生摩擦之處的摩擦力都是抽象的。說它抽象，是從兩方面來講的。其一，它無法直接觀察。其二，它是在特定理論下被製造出來的，基於理論解釋的需要而創造出來的，在學習時需要採取特定的觀點，才能「看到」它。這兩點是理論事物學習困難的特點。

要學生從具體情況，如：磁鐵靠近鐵釘，蘋果落下等，靠自己力量「看出或淬鍊出」像力這樣的理論事物，恐怕是不可能的任務。Kuhn(1970)指出術語的意義要放在特定理論整體下才能被理解。這是說理論提供了一個看待經驗的特殊視角。經驗在該特定的視角下被解析。學生既然不知道這個視角，自然無從靠自己產生科學

概念。如圖1-1-1，同一個經驗，日常語言將之解析為「蘋果被吸引」，但在Newton的理論裡則被解析為「蘋果受重力作用」。若沒有引導，學生將無法把「重力」從「蘋果落地」這個意識經驗裡構作出來。他不會知道在這個例子裡「重力」就是「吸引」。因此，從具體經驗到理論說明之間的轉換實在需要教師或教科書的引導。在物理學的學習上，這些不可觀察的理論事物有著共同的困難。

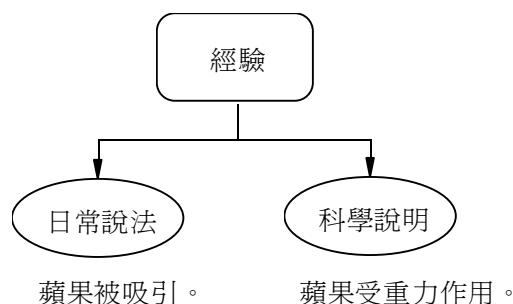


圖 1-1-1：經驗之解析

二、技術性建構

概念引介的探究可在兩種理論背景下進行：認知心理學和語言學。本研究屬於語言學這個研究脈絡。在Halliday所發展的系統功能語言學（Systemic Functional Linguistics，以下簡稱為SFL）下，學者對科學家的文章、科學教科書和兒童語言發展等三個面向進行語言分析，指出科學具有建構術語的特殊方式，稱為技術性建構 (Halliday, 1995, 1998a; Unsworth, 2001a; Wignell, Martin, & Eggins, 1993)。

在認知心理學的理論背景下，研究者關心的是概念的組成，以及形成概念的的心理機制。概念組成的研究能夠指出引介概念和評量概念學習時必須要考慮的因素。例如：Wisconsin的研究小組主張概念分析時，應當包含下列項目(引自Herron, Cantu, Ward, & Srinivasan, 1977)：定義、概念在分類體系中的位置、屬性（必要、重要、不相干屬性）、例子和反例、與其他概念所構成的原理原則。對概念形成機制的研究成果能指引教學活動的安排。在Piaget認知發展理論的影響下，Karplus(1977)所發展的學習環教學模式就是一例。

如前所述，抽象的理論事物在引介時有特殊的困難。在認知心理學這個研究脈

絡下，目前已發展出來用以引介抽象概念的教學策略有：CBI (Constraint-Based Interaction) 教學法、類比教學、概念衝突、科學史的認知分析教學等(邱美虹, 2000)。這些教學法都不考慮語言。之所以如此，原因可能有二：認知心理學的理论選擇是一個原因，認為日常語言的說法不適合科學學習，是科學學習的障礙，是另一個可能的原因。於是，在概念引介過程中語言扮演的角色沒有得到公平與恰當的理解。茲針對這兩種原因分析如下。

首先，受Piaget影響的研究一般都把語言當作是載體，純粹用來承載意義，因此語言不被分析，被放在研究的背景之中。這類研究進程即使不假設語言的意義是清晰的，語言意義的解讀也不是研究探討的主題。然而，Nunes(1999)認為對概念的分析要涉及三個面向：概念的性質、概念使用的情境以及用以思考和談論該概念的符號系統。Vygotsky(1986/1998)也指出，科學學習時「術語」先行，概念是後來才建立起來的。如果是這樣，那麼語言顯然有其重要的認知功能。而且，在實際的課文或教學情境裡，術語定義是在上下文中向學生鋪陳，如何連句成篇以達到教學目標，也是研究必須要考慮的面向。

其次，關於日常說法的問題，在此要指出的是，日常語言雖然不可避免地會與常識糾結在一起，從而造成迷思或概念回歸的現象，但它卻是進入科學世界不可缺少的門徑(楊文金, 1995)。根據Halliday(1995)，語言是解析經驗的理論。經驗要成為可理解的，得要靠日常語言。如前例，蘋果落地這個存在於意識流裡的經驗，對漢語使用者而言，得要靠「蘋果被吸引」這五個字才成為可理解的，否則經驗只是意識裡流動的印象，無法作為進一步思考的內容。這種透過語言使經驗成為有意義的過程Halliday特稱之為構作(construe)。這日常語言的習得是人自出生以後牙牙學語開始就在進行的第一階社會化過程。進入學校，開始學習科學時，一般科學教學都會從具體經驗的描述開始，然後把術語引介出來。這時用以解析經驗的語言就是日常語言。日常語言對科學語言進行詮釋，科學術語從而獲得日常意義(以日常語言構作經驗而產生的意義)。因此，日常語言事實上是科學術語和日常經驗產生連結的有效途徑(圖1-1-2)。它是使第二階社會化—習得科學語言—得以順利進行的基礎。

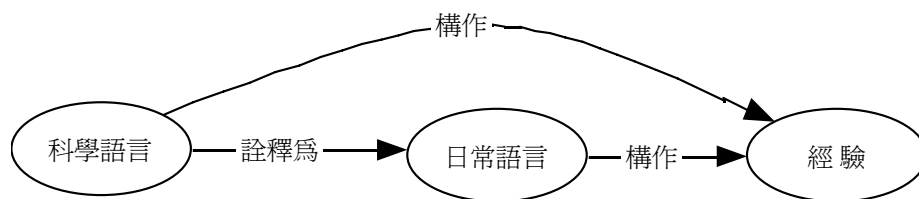


圖 1-1-2：日常語言和科學語言的關係

Halliday 進一步說明了，在文本鋪陳過程中科學術語和日常語言的關係。他指出科學文本建立術語的過程是透過一連串的「語法隱喻 (grammatical metaphor)」而完成的；透過這個過程，原來不是名詞表達的實在，最後都轉換為名詞(Halliday, 1998a)。以前例而言，「蘋果被吸引」這個日常說法，把吸引構作為動詞，但在一連串的文本鋪陳之後，就轉換為名詞—「重力」，也就是被名物化。一旦成為名詞，它就能夠成為注意的焦點，從而使得理論視角的轉換成為可能。

類似的想法也出現在Vygotsky那裡，Vygotsky指出語言能影響學生的注意力(Dixon-Krauss, 1996/2001, 頁19)。不過，由於Vygotsky的研究焦點放在單詞上，因此並沒有發展出分析文本的理論。

前述透過語法隱喻而建立術語的過程，也是重新構作經驗的過程。「蘋果被吸引」被重新構作為「蘋果受重力作用」。在原來的表達方式中，具體的物體（蘋果）以名詞表達，過程（吸引）以動詞表達。這種語法形式和經驗形式一致的表達方式稱為「技術事件」(technical events)。在後來的表達方式中，過程（吸引）改以名詞（重力）表達，成了語法上的物件（為了把重力和蘋果聯繫在一起，另外創造了一個過程—「作用」）。從過程到物件的這種語法轉換是語法隱喻的一種。事件中若有以語法隱喻的方式而產生的理論事物，這種事件稱為「隱喻事件」(metaphorical events)。技術事件和隱喻事件之間的轉換稱為「技術性建構」(Unsworth, 2001a)。

透過技術事件到隱喻事件的技術性建構，術語被建立起來。而由於這個過程是在文本中逐步展開的，如果在鋪陳過程中語詞間銜接良好，那麼讀者就能夠看出科學術語（隱喻式表達）和日常語言（一致式表達）之間的關係。以前例而言，就是瞭解到「重力就是吸引」。

這種建立術語的過程在兩點上不同於以認知理論為基礎的概念引介。首先，它直接訴諸科學術語和日常語言之間的關係。因此它不同於前述以Piaget理論為基礎的概念教學策略。其次，它所訴諸的日常概念是不可見的，例如：「吸引」。因此它也不同於具體概念的概念引介。

三、實在的建構

力是Newton建構出來的理論事物，無法直接觀察。其中超距力的想法，更是與當時流行的存有學不相容。以磁鐵對鐵的作用為例，Newton學派至少就要面對Aristotle學派、原子論和Descartes學派的挑戰 (Duhem, 1954)。科學哲學史顯示，唯有在Kant、Priestley、Hutton等人發展出新的存有學之後，「超距作用」才成為可理解的 (Herman, 1982; Laudan, 1978/1992, 頁72; Rosenberg, 2000/2004, 頁104)。在科學史上，當力成為可理解的時候，它的存在才不再受到懷疑。然而，學生無法瞭解力，卻認為「力存在」無庸置疑。

在難以理解的情況下，大家都是如何接受了力的存在呢？權威和誤解是兩種可能的答案。

關於權威，在學校和日常生活裡，教師、教科書、報紙、科學家等等都在談論這些理論事物，既然有他們的背書，理論事物的存在自然不容懷疑。然而，權威並非解釋的終點。權威一般會以合理的方式使理論事物合法化。這些合理的方式正是權威得以遂行的基礎。語言顯然是施行權威的重要資源。那麼語言是以何種方式讓權威達成其目的的呢？

關於誤解，學生對力的理解雖然錯誤，但主觀上他自認理解了，於是他能夠接受力的存在。這個理由看來似乎沒有什麼問題。例如Chi (1992; Chi et al., 1994)分析了學生對各種理論事物的歸類，指出學生會歸類錯誤，而且傾向於把過程範疇的事物歸類為物質範疇。學生會認為力具有物質的某些屬性，從而認為力是一種物質，而力的存在自然是無庸置疑。別的迷思概念研究亦可做類似的詮釋。例如：Palmer

和Flanagan(1997)指出12與16歲的學生會認為在運動方向上有力作用，使物體持續向上運動的力來自一開始的作用。這些迷思想法正建構了力的存在。然而，以認知心理學為基礎的相關研究在語言學和社會學的觀照下有其不足之處，而此不足即為本研究的起點，以下進一步說明之。

根據認知心理學，各種迷思想法可用知識結構模型來表徵，一個概念的意義是由它和別的概念之間的關係來決定的；其意義存在於概念網絡之中(鄭昭明, 1993)。這個概念網絡也就是詞彙網絡。迷思想法也就是概念（詞彙）間連結錯誤。延續前述關於存在的論辯，根據這個模型，只要某個概念（詞彙）和別的概念（詞彙）有連結，無論是對是錯，只要有連結就表示該概念（詞彙）是存在的。

從知識社會學的角度來看，前述知識結構模型沒有區分在社會化的不同階段中所習得的語言的差異。人自出生後，即逐步習得日常語言，此為第一階社會化；進入學校，於第二階社會化時習得科學語言。日常語言對經驗的構作是第一階構作，科學語言為日常語言所詮釋，其對經驗的構作是第二階的（圖1-1-2）。前述知識結構模型忽略了「構作的階層」，以致於相關研究忽略了日常語言在科學學習中所扮演的功能，從而也就沒有區分「錯誤的理解」和「與生活經驗沒有連結的理解」。

在科學學習的相關研究中雖然會討論科學知識、迷思想法等與日常生活經驗的關係，但是分析的單位是事件或現象。相關研究僅注意到在這些較大的單位上科學學習與生活經驗的連結。然而，如前已經指出的，在單詞這個層次（如：「力」），學生往往無法指出其所指。例如：在「手推桌子」此一經驗中，指出「力就是推」。這就表示，在較小的構作經驗的單位上，這些科學語詞與「生活經驗」（也就是日常語言）失去連結。換句話說，「力」對他們而言很可能只是言語的堆砌，是意義空洞的實在（reality with hollow meaning），從而是「空洞的理解」。

從語言學的角度來看，前述知識結構模型沒有區分語言表現和詞彙語法之間的差異，以致於分析忽略了「語法性存在」。語言學指出在語言表達中間存在著詞彙語法的使用慣例 (Fromkin & Rodman, 1998)。社會構成論者指出人們對特定事物有特

定的談論方式(Burr, 1995)。在這兩個論點下，對於特定的理論事物應在詞彙語法層面上有特定的使用慣例。關於力，有特定的詞彙語法，關於能量也是一樣；談論科學的力有特定的詞彙語法，談論常識裡的力另有一套詞彙語法。學生在學習科學的過程中，在反覆地聽說讀寫中，默會地接受了各種理論事物的詞彙語法慣例。這些詞彙語法建構了理論事物的「語法性存在」。詞彙語法慣例和關於理論事物的知識是不同層面的事物。這個層面是迷思概念研究所沒有處理的。

此語法性存在是科學社群約定俗成的語言使用方式。由於缺少相關的研究，因此我們並不知道漢語中描述理論事物的詞彙語法是以何種方式建立起來的，我們也不知道學生在這個層面的學習狀態。而且，描述理論事物的詞彙語法慣例是溝通的基礎，沒有掌握這個層面的知識在構作經驗時，可能會造成溝通雙方的誤解，也會對相關科學問題的思考有所影響。對這個層次進行探討自有其教育意涵。

根據上述的分析可知，理論事物在三個層面上被建構：知識層面、日常意義層面、語法層面。日常意義層面涉及科學術語所對應的日常語言，語法層面涉及用以描述該理論事物的詞彙語法，這兩者合稱為實在建構的語言基礎。¹這是本研究擬切入問題的角度。在此要特別指出的是，學生對科學知識瞭解的正確與否並非不重要，只是在本研究中並非關切的焦點。

總結而言，目前認知心理學關於概念學習的研究，既沒有處理科學術語如何與日常經驗結合的問題（日常意義層面），也沒有處理在語法層次理論事物建構的問題（語法層面）。這兩個層面的分析可回應緒論一開始所指出的學習處境——面對理論事物，難以瞭解，卻又無可置疑。日常意義層面的分析可用以探討理論事物是否具有實質的意義，也就是「難以瞭解」的狀況是如何形成的。而語法層面的分析可用以探討理論事物的存在是否已被建立，也就是何以理論事物會被認為「無可置疑」。

¹ 由於透過日常語言和科學術語的關係所建構的不只是理論事物的存在本身而已，還賦予科學術語日常意義，因此涉及這個層面時，將以「實在的建構」來稱述。

第二節 研究目的與問題

理論事物「難以理解」又「無可置疑」是本研究一開始所注意到的學習問題，根據研究背景的說明，對此現象的進一步探討就轉變成為對語言基礎的提問。接下來，就將在前述研究背景下確立研究目的，並發展研究問題。

一、研究目的

承研究背景最後所指出的相關理論脈絡，本研究擬分別從理論和實徵研究兩方面，探討在漢語之中教科書和學生將力建構為實在的語言基礎，而所謂語言基礎的探究則包含日常意義以及語法兩個層面。茲將研究目的進一步說明如下：

- 目的1. 探討將理論事物建構為實在的語言基礎，並分析此語言基礎的科學概念學習意涵。
- 目的2. 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。
- 目的3. 基於研究目的 1 和 2，分析在漢語中力被教科書和學生建構為實在的方式。

研究目的一乃是針對語言層面，研究目的二針對社會脈絡，也就是科學學習的情境。在研究背景的討論中，事實上已顯露出語言和社會脈絡是一體的兩面，需同時考量。從知識社會學切入科學學習時，看到社會化有兩個階層，同時也表示社會化的成果—語言—有兩類。從語言學切入時，看到語法層面，同時也表示這是中間有社群約定成俗的過程。因此，關於理論事物建構的分析，邏輯上必然要從這兩個面向進行探討。

針對研究目的 1，將先介紹系統功能語言學（簡稱為 SFL），並探討在本研究中運用 SFL 的適切性。然後，在 SFL 下，闡述前文提及的「日常意義層面的建構」和「語法層面的建構」，並探討技術性建構的科學概念學習意涵。

針對研究目的 2，將援引 Berger 和 Luckmann(1966)的知識社會學、Saussure (1973/1996)的意義理論和 Toulmin(1958)的論證架構，說明理論事物在學校教學情境

中如何以合理的方式說服學生接受，也就是從「合法化」的角度來分析理論事物的學習情境，最後在「合法化」的理論架構下探討技術性建構的意涵。

研究目的 1 和 2 將在文獻探討處理，從而更為細緻地發展本研究實徵研究所依據的概念架構。研究目的 3 將以實徵研究處理，研究問題即針對研究目的 3 而展開。

二、研究問題

實徵研究的問題將根據研究目的1和研究目的2所發展的概念架構進一步發展而展開。這部分在文獻探討後將有更為細緻的說明。於此，將先運用研究背景中所鋪陳的較為概括的概念架構，先對研究問題進行概要的說明。

從理論事物在科學史上被建立的過程來看，科學家在科學論文中引進術語的方式就是前已指出的技術性建構 (Halliday, 1993b, 1993c)。此時，科學家們會在文本中建立起科學術語和日常意義間的關連，建立起隱喻事件和技術事件間的連結。當該術語逐漸成為約定用語時，技術性建構過程就不再出現在文本中；此時，該術語成為理所當然之物，被直接使用。Halliday(1998b)稱此時的術語為死去的隱喻 (died metaphor)。此一科學史事實啟發了本研究對理論事物建構的研究。

科學家對術語的技術性建構建立起該術語的日常意義，正是科學家意圖以合理的方式說服讀者接受其對經驗的建構，這也就是Berger與Luckmann(1966)所指的合法化 (legitimation)。當術語成為社會中的現實時，在語言中會逐步形成描述該理論事物的詞彙語法慣例，該慣例在本研究中即以「話語 (discourse)」稱之(Burr, 1995)。這套話語現身於人前，在學習情境中構成「語言性事實」。²在此，合法化和語言性事實指的是語言使用的情境；技術性建構和話語指的是語言（研究概念架構如圖 1-2-1）。科學史的發展是從合法化到語言性事實，學習的進行過程則反之；學生先將理論事物視為當然存在之物，在接受為語言性事實的情況下運用之，然後才逐步以各種不同的方式將之合法化。

² 話語是語言層面的概念，話語所形成的是語言性事實（有別於語言表達的命題與事物的狀態相符這類的事實）。

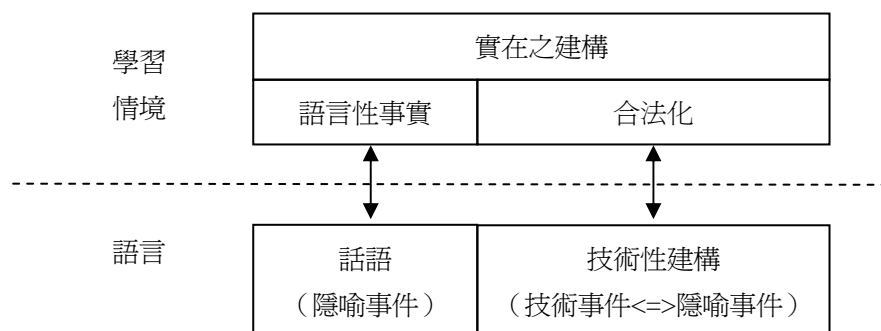


圖 1-2-1：研究之概念架構圖

根據圖 1-2-1，理論事物之建構從學習情境來看可分別就「語言性事實」與「合法化」來分析；從語言基礎來看，可從話語（語法層面）和技術性建構（日常意義層面）來分析。因此，實徵研究針對理論事物之建構，分別提出四個主要問題如下。問題 1 和 2 即針對「語言性事實—話語」而提問，問題 3 和 4 即針對「合法化—技術性建構」來提問。

- 問題 1：科學力與常識力話語的差異為何？
- 問題 2：高中學生是否能識別科學力與常識力兩種話語？
- 問題 3：學生如何解讀課文將力合法化的語言策略？
- 問題 4：學生將力之測量合法化的語言策略為何？

首先，在物理學中關於力應該存在著一套說它的話語，使我們認為有這樣一種特殊的東西真的存在。而且這套話語必須與別的事物的話語有所區別，如此才能顯現出科學裡的力是有別於其他事物的存在。為了分析漢語物理學裡力的話語之建構方式，必須以另一個相近範疇的事物與之對照。在漢語的日常語言裡另外有一群在常識裡以力為名的理論事物，例如：注意力、能力、想像力等等。因此，為了分析漢語裡科學力的話語，提出問題 1 如下：

- 問題 1：科學力與常識力話語的差異為何？

問題 1 和 2 是一組關於話語的問題。問題 1 是要瞭解漢語中談論力的話語的建構方式，問題 2 是要瞭解在高中生群體中是否已經存在了談論科學力的話語。而問題 1 則是問題 2 的提問基礎。因為必須先對漢語中科學力的話語有所瞭解，才能瞭

解高中生群體是否已經存在了該話語。

科學力的話語和常識力的話語，兩種話語的差異必然存在於社會之中。那麼就高中生而言，經過國中階段的科學學習，科學力理應是有別於常識力的實在。因此，就有問題 2：

問題 2：高中學生是否能識別科學力與常識力兩種話語？

透過問題 1 和 2 的探討，我們將可瞭解在漢語和學生群體中，物理學裡的力是否果真具有語法性的存在。對學生而言，力一開始是以「力」這個名詞本身說明了它自己的存在，若問題 2 的答案是肯定的，那麼表示在高中生群體中已經進一步在詞彙語法層面上建立起它的存在。

在問題 1 和 2 的基礎上，我們進一步想瞭解，高中教科書是否藉由技術性建構而對力建立其實質的意義，學生是否藉由技術性建構而瞭解力實質的意義。所謂實質的意義就是指力和其日常意義間的連結已被建立，換句話說，就是在技術事件的陳述中能指出「力」所對應的日常語詞。

技術性建構的過程，從語言來看，是「在技術事件和隱喻事件之間轉換」（圖 1-2-1），從合法化的角度看，就是在「提出理由」來說明力存在。無論如何，教科書和學生都會採取語言策略以使他人或自己相信力真實存在，也就是將力合法化。為進行合法化，術語引介和測量活動是兩種常見的學習情境。針對這兩種學習情境分別提出問題 3 和 4：

問題 3：學生如何解讀課文將力合法化的語言策略？

問題 4：學生將力之測量合法化的語言策略為何？

針對術語引介，除了直接分析課文是否符合技術性建構的要求之外，還要從學生的角度來瞭解課文是否有效地進行了合法化，因此問題 3 乃從學生的角度提出。針對測量活動，學生將在測量情境中面對質疑，從而處於合法化危機中，本研究關心的是學生用以合法化的語言策略。進一步要回答的問題是「學生所運用的語言策

略是否運用了技術性建構？」「倘若並非如此，其策略又有哪些？」

從研究背景一路所鋪陳的主題是：透過技術性建構建立起隱喻事件和技術事件間的關係，科學知識才能與日常意義結合，從而產生實質的意義化。然而，技術性建構並不為當前科學教師所熟知，因此可以想見，無論是教科書或學生的論證都將看不到技術性建構。當然，此情況並不在指出教科書作者和學生是不理性的。相反，教科書作者和學生自有一套將力的存在合法化的方法。這方法是什麼？這是提出問題 3 和 4 所想要瞭解的。唯有在瞭解了目前的狀況之後，才有可能在進一步要提出教育建議時，採取恰當的切入方式。

進一步的研究問題將在文獻探討後展開，在研究方法一章的研究架構中說明之。

第三節 研究的重要性

轉向語言的角度看學習是當代學習理論的發展趨勢。

當代學習理論不再把學生的心智描寫成被動接受知識的白板，而認為學生在進教室前充滿著來自生活經驗與文化的許多想法，在教室中則積極主動地建構知識。Geelan(1997)將建構主義區分為六種類型（個人建構主義、基進建構主義、社會建構主義、社會構成論、批判建構主義、情境脈絡建構主義），並以二維架構分析之。這二維分別是「個人—社會」維度和「客觀—相對」維度（圖 1-3-1）。

屬於個人維度的建構主義（三及四象限），無論是客觀或相對，語言都不是探討的主要對象。語言被視為思想的載體。思想是研究的對象，分析文本的目的是要提取其中的思想，而不是要解釋文本的運作方式。屬於社會維度的建構主義（一和二象限），無論客觀與否，都重視語言在學習過程中扮演的角色，關注語言在情境脈絡中的使用方式。建構主義的發展（圖 1-3-1 箭頭所示）可以說是轉向語言的發展(Yore, Bisanz, & Hand, 2003)。

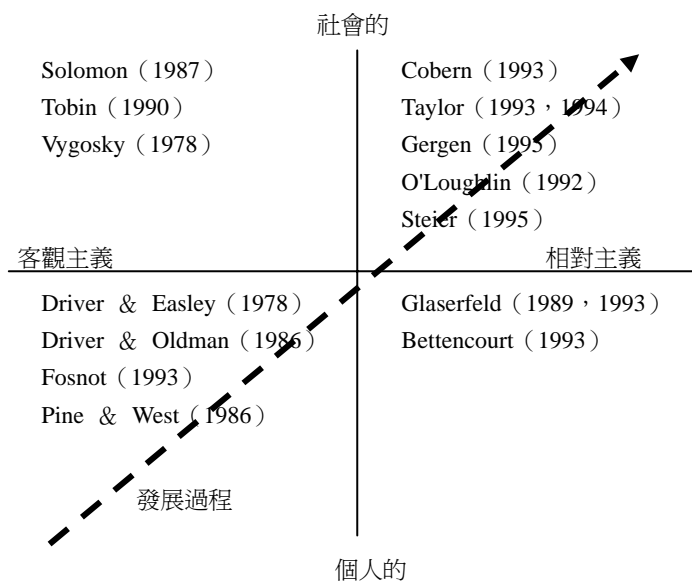


圖 1-3-1：建構主義的發展

在科學學習中至少要遭遇到三種常見的語言障礙：數學語言、科學語言、日常用語。Galileo 說：「不管是誰想要讀一本書，他必須先知道撰寫這本書的語言。」這本書叫做「自然」。Galileo 所指的語言是數學，而數學要透過日常語言來詮釋，以使得數學符號獲得經驗的意義，否則這本書就成為充滿神秘符號的魔咒反而造成學生的困擾。此外，一般的印象是科學中充滿了難解的術語。Halliday(1993c)更指出科學中使用的語言不同於日常用語，不僅詞彙不同，語法也不同。最後，研究顯示學生對學校科學脈絡裡使用的許多日常用語也存在著誤解(Wellington & Osborne, 2001)。這些都使得學生經過學校科學之後，得到的印象反而是「自然是神秘的」，「自然是只有專家才能理解的」。

本研究意圖從語言層面來探討理論事物之建構，最終希望能克服科學術語的學習困難。關於漢語的科學語言相關知識目前所知並不多，多半是默會的，需要研究投入。就此目的與所採取的進程而言，本研究的重要性彰顯在下列面向上：

首先，過去的研究實際上並沒有處理「科學概念與生活經驗沒有連結」這個問題。過去概念學習的研究僅及於隱喻事件，本研究則把焦點放在科學術語與日常語言所解析的經驗意義之間的連結上，也就是，隱喻事件和技術事件間的關係上。因此本研究可豐富科學學習的研究。更重要的是，本研究意在協助學生有意義地學習，

因此研究成果對協助學生主動與持續地學習科學能有所貢獻。

其二，在語言層面，本研究關切的焦點之一是話語。透過有系統地比較科學力和常識力兩種存在於漢語中的話語，所得到的差異具有社會文化上的意涵，有助於我們瞭解在漢語特定文化中，這些話語的建構方式。

其三，對語言理論的探討是本研究的目的之一。將SFL應用於科學文本分析，特別是漢語的分析上，可為教育研究開創新的研究領域。特別是，SFL提供了豐富的概念工具可使研究者用來描述語言和情境脈絡，此有助於研究者在科學教育領域中產生新的觀點。

其四、運用知識社會學來分析學習情境是本研究的目的之一。從社會學的角度來思考知識的建構，能對科學學習的本質產生有別於認知心理學的多元觀點。

其五，論證是合法化的一部份。一般對論證多半是從認知心理學或修辭學的角度來思考。從技術性建構和合法化的角度來看論證，可對論證過程產生新的詮釋。

其六，對課文概念引介所做的批判分析，將有助於改善科學課文的編寫。同時，也可為批判閱讀的教學提供有價值的洞見，從而落實主動學習與科學素養之培養。

最後，Halliday(1993c)主張在日常英語和科學英語之間除了詞彙的差異之外，還有語法的差異，可算是兩種方言。本研究分析語言使用所獲得的結果可對科學漢語的描寫有所貢獻。由於存在著科學漢語，而科學語言的學習勢必是與科學學習同時進行的，因此在科學教學中，科學教師不能把語言的學習當作是語文教師的責任。本研究將有助於科學教師與研究者對漢語有更為自覺的瞭解。

第四節 研究範圍

日常語言的研究範圍限定在中央研究院平衡語料庫的語料蒐集範圍上。科學語言的研究在語料調查部分以國中《生活與科技》康軒版（共六冊）為語料蒐集範圍。

學生閱讀的課文選自高一《基礎物理》龍騰版(1999)「接觸力與超距力」一節和翰林版(2004)「力的種類」一節（附錄四）。

學生參與的測量情境限制在下列三種：(1) 手拉桌子，測量手與桌子之間的交互作用；(2) 磁鐵互斥，測量兩磁鐵間的交互作用；(3) 兩人手互拉，測量兩手之間的交互作用。

接受語詞用法問卷（附錄一）調查之學生為 72 名，分別來自台北市某高中高一及高三學生各一班共 62 名，以及其他台北縣市五所高中高一學生 10 名。

接受訪談的學生均為高一，來自台北縣市五所高中，13 名男生，2 名女生，共 15 名。

第五節 名詞釋義

研究問題中涉及的理論構念有常識力、科學力、力類詞、話語、技術事件、隱喻事件、技術性建構、合法化、語言策略等，本節對這些構念之意義加以限定如下。

一、常識力、科學力與力類詞

力類詞就是以「力」結尾的普通名詞，如：注意力、體力、彈力、重力等。以「力類詞」稱之，取其「以力為類名」的意思。力類詞分為兩類：科學力與常識力。科學力指的是物理學裡的各種力，如：摩擦力、重力等。常識力指力類詞中非科學力者；即日常語言中所涉及的各種力。一般而言，日常用語中這類詞所指的力並非物理學意義的力，例如：注意力。

漢語的構詞方式使得以力結尾的普通名詞都有「某種力」的意涵，這使得常識

力與科學力的意義相鄰，有造成誤解的可能性，因此選擇此類詞作為分析對象。此外，根據 Saussure 的記號學理論，一個記號的意義乃是透過它與系統裡別的記號對照而產生的，也就是透過「不是什麼」而獲得該記號的意義。故而，本研究將科學力與常識力對照，試圖透過比較而對科學力的詞彙語法慣例有所瞭解。

二、話語

話語指的是特定語場中用以建構事物的特定詞彙語法資源。在約定俗成的規則下，談論特定事物時存在著特定的方式，這些方式就形成了一套關於該事物的「話語」。以「某物施力」這樣的陳述為例。把「力」摒除後，小句中剩下的部份稱為「描述語 (describer)」，如下：

[某物] 施 ____ 。

其中的 [某物] 是可替換的，例如：可替換為「地球」。相對於描述語，「力」就是被描述者 (a described)。對物理學的力而言，只有特定的描述語才適合描述，從而形成可接受的陳述。一組這樣的陳述就定義為關於物理學的力的「話語」。

本研究透過語詞用法問卷(附錄一)和 SFL 的及物系統(參見第 2-1-3 節和 3-2-4 節)來分析科學力和常識力的話語。

三、技術事件、隱喻事件與技術性建構

根據 SFL，以過程語詞為核心的表達單位稱為小句 (2-1-3 節)。我們的意識經驗被小句切割為一個個的事件；或者說，小句將經驗構作為事件。在各種事件 (小句) 中，語法形式和經驗形式一致 (如：名詞表達具體的物體，動詞表達過程等等) 而且有理論事物參與其中的事件稱為技術事件。例如：「地球吸引蘋果。」「吸引」是過程，而且就是理論事物「重力」，因此該事件 (小句) 就是技術事件。在科學中，理論事物的語法形式往往與經驗形式不一致，如：性質和過程等理論事物 (例：能量、力等) 原應該以形容詞、助動詞或動詞等形式表達 (如：能量是「能夠」，力是

「拉」)，現在卻以名詞表達，成為語法上的物件並作為參與者參與在事件之中，這種轉換稱為語法隱喻。這時理論事物的語法形式與經驗形式不一致，而理論事物所參與的事件（小句）即稱為隱喻事件。

技術性建構就是在文本中建立起技術事件和隱喻事件間關係的過程。技術性建構的三個要素是技術事件、隱喻事件、以及技術事件和隱喻事件間在語言各層面的各種轉換。例如：在詞的層面，有名物化的變換，亦即理論事物無論其原來應該是形容詞、動詞或助動詞，最後皆以名詞形式出現。

意識經驗需要日常語言加以解析才具有意義，而科學語言中常見的隱喻事件則需要技術事件來詮釋才能被理解。技術性建構把隱喻事件和技術事件的關係建立起來，是建構理論事物的理想型。在本研究實徵研究部分，即以之作為分析課文與學生口語資料的評估標準。

四、合法化

理論事物的合法化包含三個層面：客體化、意義化和合理化。客體是合法化的媒介。意義化是合法化的目標。合理化是合法化的過程。本研究分析兩種客體，課文所引介的術語，以及學生運用彈簧秤所測得的測量結果。這兩種客體分別由課文和學生加以意義化，使之免於合法性危機。其運用語言以進行合理化的方式是研究所欲分析的對象—即語言策略。

客體化指看不見的理论事物透過某種具體形式而成為眾人皆可獲取的客體。例如：透過語言符號、透過測量結果等等。

意義化就是指出客體化的記號有所指，或指出該記號與其他記號有所別。³一個用以客體化理論事物的記號若無法證成其意義，該事物也就處於合法性危機之中。課文在引介力時，目的在指出「力」這個術語有所指。在彈簧秤測量活動後，學生面對研究者所提的問題（附錄五：測量活動半結構式問卷）時，必須提出論證，以

³ 根據 Saussure(1973/1996)的區分，運用有所指所產生的意義稱為指義（signification），運用有所別（即差異）而產生的意義稱為值義（value）。

說明測量結果的意義。術語和測量結果皆可視為是記號。無論教科書或學生，所提解釋的目的都在說明理論事物的記號是有意義的。

合理化就是提供理由，就是論證的過程。根據 Toulmin(1958)的論證架構，課文和學生的回答所完成的合法化任務可分為三類：事實的說明（無保證）、提出無支柱的保證、提出有支柱的保證。

五、語言策略

語言策略指課文和學生在論證過程中運用語言資源的方式。在本研究中，此一分析將對照於技術性建構來進行（3-4-4 節）。

語言策略的第一層分析要說明的是在論證過程中有無運用技術事件、隱喻事件、以及技術事件與隱喻事件間的轉換（包含從技術事件到隱喻事件的建構，或從隱喻事件到技術事件的拆解）；此三者是技術性建構的基本元素（2-2-2 節）。對技術事件和隱喻事件間轉換的分析重點放在名物化過程上，所處理的是 SFL 理論架構中語篇語義層的詞彙銜接和詞彙語法層及物系統和主位系統的分析（對 SFL 的說明詳見 2-1 節，分析的範例詳見 2-2-1 節對聲音文本的解析）。

第二層的分析針對連接關係，考察推理方式如何透過連接關係來達成。這些連接關係包括時空關係、因果關係、轉折關係和增補關係等（表 3-4-2）。

對書面文本，還可進行第三層次體裁的分析（2-3-3、3-4-5 節）。所謂體裁指的是文本的鋪陳結構。根據 Veel (1997)，學校科學中常出現的體裁可分為四大類 12 小類（表 2-3-3）。

本研究對課文從體裁、連接關係和名物化過程三個層次來分析，對學生的回答則把焦點放在名物化過程這個層次。