

以系統功能語言學探討學生對不同科學文本的 閱讀理解

陳世文 楊文金

國立臺灣師範大學科教所

摘要

本文以系統功能語言學 (SFL) 觀點，探討學生對不同科學文本的閱讀理解。文本有二：依 SFL 之技術性建構及語體組織設計的 SFL 文本 (ST) 及以國中科學文本為主的傳統文本 (CT)，分別供實驗組及對照組閱讀，並以先備知識測驗 (PKT) 及閱讀理解測驗 (RCT) 瞭解學生的先備知識及閱讀理解。研究分為二個實驗，實驗一分析二組學生的閱讀及作答 RCT 時間，實驗二則探討學生對文本的閱讀理解。

結果顯示實驗組的閱讀及作答時間明顯多於對照組，意味著 ST 使學生花費較多時間仔細閱讀及作答。整體而言，實驗組閱讀理解的表現較佳。此外，實驗組之低先備知識者在句義、推理及應用的表現明顯較佳，顯示 ST 結構似乎可促進學生的閱讀理解，對低先備知識者尤具助益。

關鍵字：系統功能語言學、科學文本、閱讀理解

壹、緒論

科學文本對學校科學的教與學扮演一個重要的角色，其角色的重要性在於它能提供某些教學的功能，Veel (1997) 即指出科學文本具有四項功能：做科學 (doing science)、科學性的解釋事件 (explaining events scientifically)、組織科學訊息 (organizing science information)、以及挑戰科學 (challenging science)。在此四項功能當中，科學性的解釋事件指的是科學文本需要提供日常現象或事件脈絡化的解釋或說明其後的科學知識，換言之，如何將一個日常事件透過科學語言有系統地建構成科學知識，以促進學生的閱讀理解是科學文本的一個主要特色。所以，為了有系統的組織科學知識，編輯科學文本所需要考慮的要素不只是單純地

引述日常的生活經驗或是事實，更需要考慮如何有結構將日常現象轉化為背後科學知識的過程，來促使讀者閱讀理解的提升。這也是編輯科學文本需要面臨的挑戰。

Halliday 和 Martin (1993) 指出某些科學文本的編者知覺到這種挑戰的存在，因此在編寫的過程中會盡量減少使用科學術語或是用口語形式來簡化對科學知識的描述，來避免學生可能產生的閱讀困難，這種文本使用的語言就是所謂的口說語言或是日常語言 (Unsworth, 2001)，這種語言易於瞭解及表達，使人們在互動時達到意義交流的目的。科學教科書使用日常語言來建構科學知識是否真的能夠避免學生產生閱讀困難尚待檢證，但是如此的編寫方式似乎忽略科學術語

的使用是科學文本的重要特色。我們經常可見科學文本透過技術性術語(technical terms)來描述或涵蓋自然現象及其背後的原理，若是將科學文本比喻成電影，那麼文本中的術語如同電影中的演員一樣，參與之演員在劇中扮演著一定的角色，若是單純地簡刪演員的數量，可能會造成電影情節的不連貫，欲使觀眾理解電影內容，注重故事劇情的脈絡發展也許比簡略或減少劇中的演員來得重要，同理，科學文本的術語經常具有其特定的科學意涵或定義，如果缺乏這些術語可能無法建構有系統的科學概念，反而使學童形成片面或零碎的科學知識，因此我們很難避免在科學教科書中使用技術性詞彙來介紹科學知識。但有趣的是，這些科學的技術性詞彙並不常在口說語言或日常語言中使用，學生在日常生活中較少接觸這些術語，也因此他們對於科學術語感到陌生。以下我們舉出一段現行國中科學文本的一段內容來看科學技術性術語的現象：

西元 1897 年，英國的科學家湯木生發現電中性的原子裡有帶負電的電子。而到二十世紀初時，他的學生拉塞福根據實驗結果提出原子模型，認為原子是電中性，由帶正電的原子核與核外帶負電的電子組成，電子受到原子核吸引，繞著原子核旋轉，就好像太陽系的行星繞著太陽運動般。(林英智，2003：14)

上述是開始介紹「原子」主題的文本內容，顯然地，這段文字出現不少技術性術語，如「電中性」、「正電」、「負電」、「原子」、「原子核」、「太陽系」及「行星」等，這些術語是日常語言中甚少出現的，如果使用到這些詞彙，也經常是在討論原子主題時才會出現在語言之中，進一步來看，這些詞彙可以依語言分為三類，第一類是「微觀詞彙」

(microscopic terms)，這些詞彙表徵的概念是微觀的，微觀的意義是指讀者無法直接觀察到這些概念所指涉的實體，如原子、原子核這類的概念，相反的，另一類是「鉅觀詞彙」(macroscopic terms)，這些詞彙所指涉的實體是相當鉅觀的，讀者同樣無法透過直接的觀察與操作來學習，如太陽系、行星，最後一類是「屬性詞彙」(attributive terms)，如正電、負電、電中性，這些詞彙用來描述微觀詞彙的性質，介紹「屬性」的概念較為抽象，因為它涉及事件起始與終止的抽象過程或是事物所存在的狀態，像這種概念已是不易理解，更何況上述文中的屬性詞彙所描述的還是微觀詞彙的屬性，電子是一個微觀的概念，而電子具有「帶正電」的屬性更為抽象。

科學文本經常出現這類抽象的詞彙，因為它們不像某些詞彙指涉的實體可以直接觀察，讀者自然對這些科學詞彙感到較為陌生。而另一個原因則是因為科學詞彙在科學領域中是被「包裝好的產品」(well-packed products)。它可以比喻成最終的產物或是包裝完整的禮品。如果我們去解析這些產物或是拆解這些禮品，可以進而得知其組成成份或內容物，同樣地，科學詞彙若加以解構，可以發現它是由其他的科學知識所組成，這些科學知識就是組成科學詞彙的成份，科學詞彙就是經過科學知識包裝的產物，因此被稱為「技術性詞彙」。對於科學教師或專家而言，解析這些產品成分或理解包裝過程中所蘊涵的科學知識或許不難，但是對於初接觸這些技術性詞彙的生手而言，當他們閱讀包含許多技術性詞彙的科學文本時，可能不易理解其涵意，或許也因如此，這些詞彙往往成為他們產生理解困難的主要來源(Halliday & Martin, 1993)。所以科學教科書的論述如果不易使學生瞭解詞彙產品的包裝過程，那

麼沒有理由相信學生能夠清楚地理解這些詞彙背後蘊涵的意義。

Halliday (2004) 指出技術性詞彙的包裝其實是一種透過文法重塑經驗的隱喻，而重塑或技術建構的過程則涉及到語法資源的運用。文法隱喻是以實例為起點，為了後續延展的話語而鋪陳，換言之，以文法隱喻包裝的科學知識是由日常經驗為起點，經過一連串語法資源的包裝所構作的。經過層層包裝的過程之後，科學知識不再是日常生活的經驗而已，而是轉換成一種隱喻的科學術語之角色出現。舉例來說，當科學文本要介紹「靜電」這個科學術語時，通常會與日常經驗作結合，從平常可觸及的生活經驗出發，例如：**當我們用毛皮摩擦塑膠尺時……**，「摩擦塑膠尺」就是一種日常可以觸及或經驗的動作，靜電這個概念從「塑膠尺」的經驗往下發展：**不同物體摩擦會產生電荷，有些物體中的電荷可在原子間自由移動，有些則否，不能自由移動的電荷稱之為靜電**，摩擦塑膠尺是可見的經驗，再往下包裝時，「電荷自由移動」是一個事件 (event)，這個事件便不再是具體的經驗事件，而是進入了抽象事件的層次。再往下構作的詞彙—「不能自由移動的電荷」—則是透過語法資源將它再包裝成一個物件 (Thing or Object)，最後包裝成「靜電」這個詞彙產品。所以，我們可以說技術性建構的過程是以生活經驗—「摩擦塑膠尺」為起點，經過文法的不斷包裝，最後引出「靜電」這個科學詞彙，這是一種科學知識脈絡化的過程。這種過程解構 (unpack) 科學概念的意涵，使讀者瞭解這些抽象詞彙的內容及提升閱讀理解。

本文以系統功能語言學 (Systemic Functional Linguistics, SFL) 來分析科學文本，即在強調科學文本中語言脈絡化的過程，由 Halliday 等人所發展的 SFL 主要在於

強調語言意義和措辭之間的關係，並注重情境脈絡對語言意義的重要性，換言之，當我們在使用語言時，必須考量「脈絡」，脈絡的意義包括四個要素：環境成份、對象、事件、目的，簡言之，語言使用是指在某個情境下告訴某人某些事，以表達某些意圖，因此語言所表達的意義會隨情境的不同而有所差異，也就是語言的意義依附著情境而變化。同理，科學文本的用意即在學習科學的情境之下，告訴學生有關科學事件背後的科學原理，因此科學文本的語言具有特定的情境脈絡，這種語言形式不同於日常生活用來交流互動的口說語言，Halliday 等人 (1993) 指出在教育的領域中，所有年紀的學生可能會發現科學文本難以閱讀，這種困難產生很大的原因在於語言的問題，若希望學生能有清楚的閱讀理解，那麼科學文本中語言如何組織是值得關心的問題，畢竟文本中的科學知識均是透過語言來描述，學生的閱讀理解可能與科學文本中語言如何組織有密切的關聯。

既然科學語言的組織值得重視，那麼該如何組織科學語言？Halliday 等人 (1993) 指出語彙文法 (lexicon grammar) 與文本話語 (text discourse) 是兩個主要方向，前者涉及如何透過語法與詞彙將科學知識建構到文本的句子之中，後者則涉及文本的組織成份及修辭結構 (rhetorical structure)。而此兩者又分別與技術性建構 (technicality construction) 與語體組織 (genre organization) 有關。換言之，分析科學文本中的語言組織可從技術性建構及語體組織著手，若依此觀點，技術性建構與語體組織可呈現科學文本語言的組織特性，那麼進一步可思考的是如果我們以此二者來組織科學文本中語言的論述，對學生的閱讀理解有什麼樣的影響？學生是否因此更容易瞭解其所陳述的科學知

識？這不僅是從事科學文本分析所需關注的議題，更應是思考如何編輯科學教科書來提升學生閱讀科學文本理解不容忽視之處。系統功能語言學（SFL）對於語言結構與特性的描述漸受重視，目前諸多領域以此作為研究理論去探討學童學習閱讀、教室話語、社會階級文化及性別研究等議題（Unsworth, 2000）。Halliday 等人（1993）、Veel（1997, 1998）、Unsworth（2000, 2001）、

Unsworth, Thomas & Bush（2004）亦利用 SFL 去分析科學文本與歷史文本的特性。在探討中文科學文本之研究，Yang & Hsu（2005）以及 Hsu & Yang（2005）等研究亦採用 SFL 理論來從事科學文本的分析。本研究使用 SFL 作為分析及科學文本設計的理論，來探討學生對於不同組織特性之科學文本的閱讀理解。以下將進一步介紹如何應用 SFL 來分析科學文本。

貳、理論背景

本研究利用系統功能語言學的觀點來分析科學文本語言的意義，因此在以下的討論中將介紹系統功能語言學的概念以及如何利用技術性建構及語體組織的理論來分析科學文本的語言組織，並且舉出一些例子來說明。

一、系統功能語言學的概念

系統功能語言學（SFL）是由 M.A.K Halliday 與 J.R. Martin 等人所發展（胡壯麟、朱永生、張德祿，1997），該理論指出語言的使用除了表達使用者的思想之外，同時也需考慮到不同情境下的差異，也就是語言與社會脈絡（Social Context）有密切的關係，因此使用語言的情境脈絡關繫著語言的形式與意義。

社會脈絡具有語場（Field）、語旨（Tenor）及語式（Mode）三種影響語言選擇的類型（Unsworth, 2001）。語場所指的是社會活動，指涉「正在發生的事」，這樣的社會活動當中，反應出參與者正在從事的過程。語旨所描述的是角色結構，指涉誰正在參與，說明參與者的本質、狀態以及角色，同時也指出參與者之間的角色關係，包括長期或是暫時的交互關係。語式所描述的是符號組織，指涉語言正在扮演什麼角色，說明參與者期

待語言對他們提供的符號組織、狀態與功能。這三種社會脈絡的類型分別對應語言的三種元功能：語場對應於語義中的概念功能（Ideational function），用來說明在真實世界發生了什麼事件；語旨對應於語義中的人際功能（Interpersonal function）功能，表示語言溝通中的角色、關係、態度等功能。而語式則對應於語義中的語篇功能（Textual function），表示語言訊息中的排列優先順序。這些關係之中，語言的概念、人際及文本等功能分別對應最外層的語場、語旨與語式等語域結構，表達不同的社會情境脈絡。如圖 1 所示，這些關係呈現了圈狀的層次發展，不同的層次中，語言的使用表達了不同的系統與功能。

語言具有社會交流的功能，在不同的使用層次中，扮演不同的意義角色。在科學教科書中語言的使用亦具有同樣的現象，從語法結構層次交織出不同的語意，提供讀者對各種科學概念的理解。同時也傳達作者所欲表達的目的。透過 SFL 理論，可以有效瞭解科學語言使用的系統架構與功能角色。

二、科學術語的技術性建構

瞭解科學文本中語言如何組織的重要特

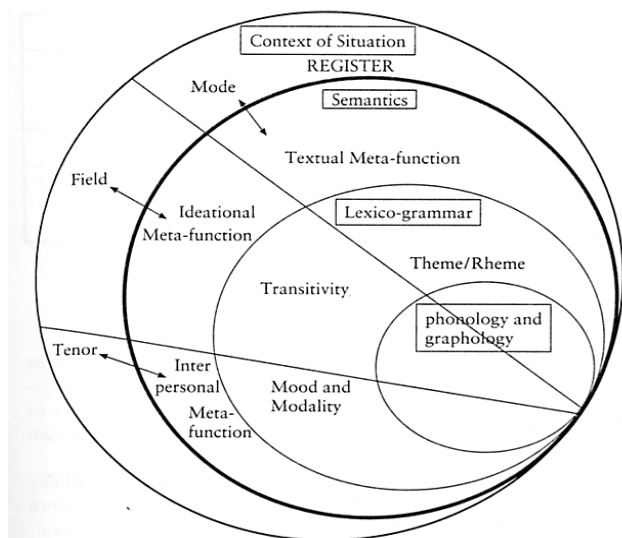


圖 1 語言與語域的關係

資料來源：引自 Unsworth (2001: 37)

徵是考慮「技術性建構」的過程，這個過程將日常經驗重新構作成科學文本中的技術性詞彙，換言之，它所涉及的是如何循序漸進地從「技術事件」(technical event)進化到「巨觀事件」(marco event)最後到「後設事件」(meta event)的形式，在語法上，仍由繁複的事件描述發展成簡約的術語形式，但在語意層次上卻是從具體朝抽象的方向發展，也就是簡約的術語形式中經常裝入許多抽象的科學訊息或意涵。Unsworth (2001) 指出科學語言的主要特徵即在於技術性的發展，也就是科學利用技術性詞彙來重新解釋生活，而這個過程涉及到一連串文法資源的使用，這是一種文法隱喻的表達方式。Halliday 等人 (1993) 認為文法隱喻對於語言中特定知識的建構是重要的，因為它具有定義及分類的功能，Martin (1993) 舉出一個國中科學文本的例子來說明文法隱喻的定義與分類功能。

As far as the ability to carry electricity is concerned, we can place most substances into one of two groups. The first group

contains materials with many electrons that are free to move. These materials are called conductors...

The second group contains materials with very few electrons that are free to move. These materials are called non-conductors...

There are a few materials, such as germanium and silicon, called semiconductors. Their ability to conduct electricity is intermediate between conductors and insulators. (Heffernan & Learmonth, 1983:212)

在這段內容中，可以發現科學語言透過文法隱喻的形式將物體“運載電子的能力分成導體、半導體以及非導體，並且分別說明了它們的定義，而這樣的語言表達形式在科學文本中是相當普見的。文法隱喻除了作為分類與定義的功能外，同時也是一項解釋文本的重要資源，使讀者瞭解文本推理鏈結的發展。Halliday 等人 (1993) 指出為了引導讀者理解文本的論述，科學文本必須結論上一步驟的論述，這個動作是一個“後續發展的跳板，將一系列的事件 (Event) 視為是“東西 (Thing)””，就好像是「參與者」的角色滑進後續的解釋之中。由文法隱喻的特徵來看，技術性建構的過程，除了具有分類與定義的功能外，它在組織科學知識上呈現了脈絡的解釋過程，由此也使讀者更加瞭解科學文本中語言組織的情形。

技術性建構的過程對於科學文本的分析是重要的，因為科學知識不外是一系列的分類與定義，在定義與分類的過程中，加入了對科學知識的解釋，因此它關繫的是讀者對於這些科學概念的理解。如果科學文本的語言在組織科學知識的過程中，簡略了技術性

建構的過程，可能造成語意解釋的不完整，而產生理解困難，舉現行國中科學文本（郭重吉，2003：25）的句子為例：

[小句 1] 在形態上，單子葉植物的根通常由許多細鬚狀的根所組成，

[小句 2] 稱為鬚根系。

這段文字是科學教科書介紹「植物構造」的內容，以二個小句（clause）來說明單子葉植物「根」構造的特徵及分類。[小句 1]所描述的是單子葉植物「根」的特徵，是一個描述具體現象的事件小句（event clause），但[小句 2]是說明單子葉植物「根」的分類（鬚根系/軸根系），是一個說明分類的物件小句（Thing or object clause），此小句出現了包裝好的技術性詞彙－「鬚根系」。直觀上看，從事件小句轉換成物件小句似乎是一個理想的語言包裝路徑，但是這種包裝路徑可能產生二種問題。第一、由技術性建構的層次來看，文本在說明單子葉植物的「根」時，其包裝路徑是從「技術事件」直接躍遷至「後設事件」，這顯示讀者需要跨越二層的語法位階，Halliday（2004）以文法隱喻的遷移來說明語言位階（status）與級列（rank）。語言位

階共分為五種語意成分（semantic elements），各有對應的語法類別（grammatical class）與語法功能（grammatical function），三者之間的對應關係如表 1 所示。

表 1 語言位階中的對應關係

語意成分 (semantic element)	語法類別 (grammatical class)	語法功能 (grammatical function)
關係元	連接詞	聯結
環境成分	介系詞/副詞	次過程
過程	動詞	事件
質性元	形容詞	修辭
實體成分	名詞	物件

語言的位階（status）與級列（rank）各有不同的遷移情形，這些遷移情形如圖 2 所示，圖中的左邊是較隱晦的語言型態，愈向右邊的方向，語言型態便愈具體與明確，並且是穩定且持久的，例如實體成分便較動詞來得穩定，例如漂落＋葉子的組合：「漂落下來的葉子」、「葉子正漂落下來」，前者是一種穩定的實體狀態，而後者則是一種暫時的過程現象，前者的存在狀態較後者來得穩定，但圖中由左而右的語意成分發展卻是由簡單逐趨複雜。

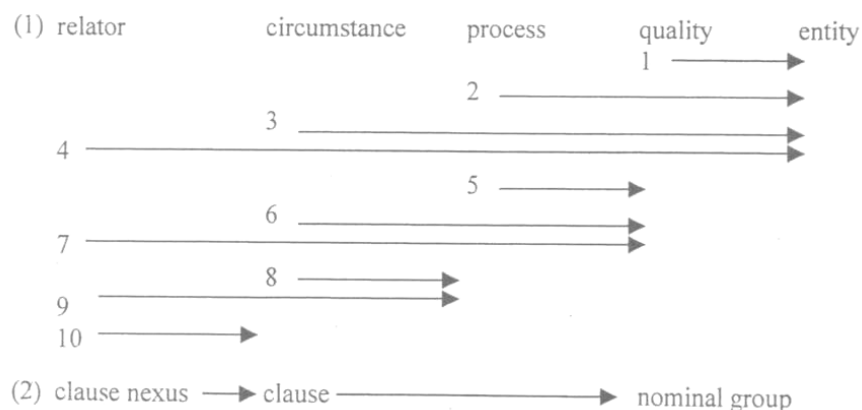


圖 2 文法隱喻位階與級列的遷移

資料來源：引自 Halliday(2004：42)

從文法隱喻的遷移來看，前述所提的二個小句中，第一個小句「**單子葉植物的根通常由許多細鬚狀的根所組成**」在語法功能上是指涉一事件的情形，對應的語意成分是「過程」，而第二個小句「**稱為鬚根系**」則是物件的語法功能，描述的是「實體」的語意成分，因此這樣的描述是路徑 2，也就是從過程跨越到實體位階，在位階上跨越愈大，不僅在語法類別的變化愈大，同時語意成分也就愈複雜，意味讀者需要跨越較大的理解位階。

第二，[小句 2]具有「零代詞」或「零主詞」的語法結構，也就是主詞被省略了，這種結構產生了語意解構上的不連貫，因為讀者無法精確瞭解[小句 2]的主詞為何？從二個小句的內容來解讀，「單子葉植物的根」似乎是[小句 2]的主詞，所以完整的句子是：單子葉植物的根稱為鬚根系，但是這句話是值得懷疑的，因為[小句 1]出現了“通常”一詞，這意味著單子葉植物的根並不全然是鬚根系，可能有少部份的單子葉植物的根是例外的，所以「單子葉植物的根」要作為[小句 2]的主詞顯然與[小句 1]的語意不符，另外一個可以作為[小句 2]的主詞是「細鬚狀的根」，但是細鬚狀的根應該稱為鬚根，而不是鬚根系。從這些論述來看，讀者很難確定[小句 2]的主詞究竟是什麼？自然也就不易明確理解鬚根系的意義。如果依技術性建構的過程，我們可以重新構作上述的文章來避免上述產生的問題：

[小句 A] 在形態上，單子葉植物的根通常呈細鬚狀， -- 「技術事件」

[小句 B] 細鬚狀的根叫做鬚根，

-- 「巨觀事件」

[小句 C] 鬚根形成的根系稱為鬚根系。

-- 「後設事件」

在重述的小句中，因加入巨觀事件的階段使小句數多增一句，但卻解決文法隱喻位階跨越與零代詞或零主詞的問題，從圖 2 來看，這種技術性建構的方式是從過程（Process）到質性元（Quality），再從質性元發展到實體成分（Entity），也就是從路徑 5 到路徑 1 的遷移，在語意成分上是逐步的延展，使語意的建構更趨連續與明確，由此可知技術性建構促進科學術語在語意建構上的精緻性，這種建構方式對於系統性地解釋科學術語是重要的，Unsworth（2001：139）舉了一個聲波的文本來說明這種重要性，以下是引述之文本內容：

下述的文本內容中共 15 個小句（clauses），每個小句呈現一個概念事件（ideational event）。從第 2 小句至第 6 小句，「推動或擠壓...空氣粒子」傳換成「被擠壓的空氣粒子」，再構作出「密部」這個技術性詞彙。同樣地，從第 7 小句到第 12 小句，「疏部」也透過同樣的過程被構作出來。在技術性建構的過程當中，聲波文本用文法隱喻（grammatical metaphors）來構築出此詞彙，如圖 3 所示，構築的過程是沿著「技術層次」、「巨觀層次」以及「後設層次」來建構，從“推動或擠壓空氣粒子”、“擠壓的空氣粒子”等技術層次，利用文法再構作成“密部”、“疏部”等巨觀層次，最後再變成“聲波”的後設層次。

(1) As the object moves to the right (2) it pushes or **compresses the air particles** next to it. (3) The **compressed air particles** push on the air particles to their right (4) and compress them. (5) As each air particle pushes on the next one to its right (6) the **compression** travels through the air. (7) When the vibrating object moves back to left (8) the air particles next to it are no longer being pushed (9) They spread out (10) or **are stretched apart**. (11) As a compression travels through the air (12) it is followed by **the stretching part of air particles** (13) because the vibrating object continually moves back and forth (14) **a series of compressions and stretchings of a air particles** is sent out from the object. (15) These **compressions and stretchings** make up a **sound wave**.

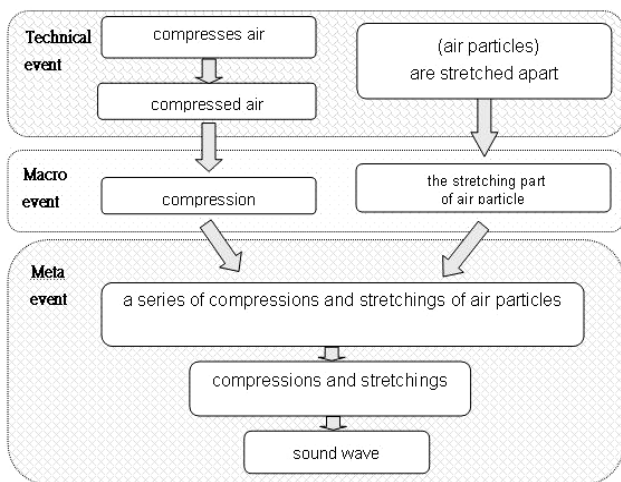


圖 3 「聲波」技術性建構的過程

技術性建構的序列發展是透過文法 (grammar) 的使用, 不斷往更高抽象層次來包裝, 這是一種不斷利用文法隱喻的包裝過程, 這樣的過程是有脈絡化的將科學知識包裝以介紹給讀者。因此, 若科學文本在介紹科學術語時, 能利用技術性建構的過程來說明詞彙的形成, 相信讀者可體認到一個科學詞彙在文本中是如何被包裝, 也才能在閱讀時更能去解構這種包裝的形式。

三、科學文本的語體組織

Unsworth (2001) 指出許多研究顯示不

同學科具有其特定的語言形式, 以體現不同的學科特徵。不同學科之的語言區別已從詞彙層次拓展到文法層次, 最後是整個文本的組織架構, 也就是所謂的語體組織。在不同學科之間雖然可能具有相似的體裁形式, 不過某些學科具有其特殊的語體組織, 例如科學文本中的程序重述 (procedural recount) 語體, 其目的在於依序及精確的說明科學活動的目的、步驟、方法與結果等, 科學文本中指導讀者如何從事科學實驗的實驗說明, 就是屬於程序重述的語體, 這與一般文學的語體形式並不相同。

Veel (1997) 指出科學文本具有教導如何做科學、科學性解釋現象、組織科學訊息及挑戰科學的功能。Unsworth (2001) 認為科學學科具有它們獨特的語言形式, 因此從詞彙的使用到整體文本的語體也應有所區別, 科學學科應該區別出屬於科學的語體, 而這些語體亦隨著科學文本的不同功能而有所差異, 也就是文本的不同功能可以透過不同的語體來呈現, 例如, 「程序」(procedure) 或「程序重述」(procedural recount) 可以用來體現「做科學」的功能, 「順序解釋」(sequential explanation)、「因果解釋」(causal explanation)、「理論解釋」(theoretical

explanation)、「因素解釋」(factorial explanation)、「結果解釋」(consequential explanation)以及「探索」(exploration)則可用來表現科學性的解釋科學事件或現象。而「描述報告」(descriptive report)以及「分類報告」(taxonomic report)則用來組織科學訊息,「闡述」(exposition)與「討論」(discussion)則是說服讀者依循某些思考途

徑去認同文本陳述的觀點,即體現「挑戰科學」的功能。其中而這些語體透過某些階段(stages)的組織來傳達其背後之使用目的,因此,當在編輯科學文本時,應依據不同的目的選擇合適的語體以呈現所欲表達的科學意涵。本文乃針對科學性解釋事件中的語體來組織文本主題的內容,其語體形式、社會目的以及階段如表 2 所示。

表 2 「科學性解釋事件」的語體

功 能	語 體	社會目的	階 段
事件的 科學解釋(Explaining events scientifically)	時序解釋 (Sequential explanation)	解釋事件的發生—通常是活動 的觀察次序	1.現象確認 2.解釋狀態的序列
	因果解釋 (Causal explanation)	解釋抽象與不易觀察的事件為 何發生	1.現象確認 2.解釋狀態的因果
	理論解釋 (Theoretical explanation)	介紹或說明理論原則或解釋非 直覺的事件	1.現象確認/理論陳述 2.解釋精緻
	因素解釋 (Factorial explanation)	解釋事件中一系列同時發生的 原因	1.現象確認 2.原因
	結果解釋 (Consequential explanation)	解釋事件中一系列同時發生的 效應	1.現象確認 2.效應
	探索(Exploration)	說明事件中二個或二個以上可 能的解釋	1.爭議 2.不同解釋

參、研究方法

一、研究設計

本研究主要進行二個實驗,實驗一主要瞭解學生在閱讀不同文本及填答閱讀理解測驗上的時間差異。Mallow (1991)指出學生閱讀科學文本的速度要與閱讀科學文章一樣的仔細與緩慢,因此,本研究假設讀者閱讀科學文本的速度應具有同樣情形,因為科學文本除了呈現科學訊息之外,亦需考慮如何促使讀者的閱讀理解,循此而論,讀者如欲產生較佳的閱讀理解,可能需要較長的閱讀時間,在後續填答試題時也可能較為仔細及謹慎,而使時間增加,實驗一即在驗證此假

設。實驗二是探討學生對不同結構的科學文本的閱讀理解。學生對 ST 與 CT 二個不同結構文本的閱讀理解有何不同?又,學生的閱讀理解可能與其先備知識有關,二個文本對於不同先備知識學生的閱讀理解有何關聯?這些是實驗二所探討的問題。

二、研究文本

研究中設計二個文本,一個是傳統文本(conventional text, CT),也就是國中階段的科學文本,該文本單元為「溫度與熱»,字數約計 1,660 個字;另一文本是 SFL 文本(SFL text, ST),它是根據技術性建構與語體組織

的理論來設計文本內容，字數約計有 1,390 個字，由表三可知，兩文本在設計上有相同子題，包括「前言」、「溫度」、「溫度與能量」、「熱量的定義」、「HMS Δ T 之的關係」以及「應用」等六個子題，不同的是 ST 比 CT 多出結論來總結前述的子題內容。

表 3 ST 與 CT 的文本子題

ST	CT
前言	前言
溫度	溫度
溫度與能量	溫度與能量
熱量的定義	熱量的定義
HMS Δ T 之間的關係	HMS Δ T 之間的關係
結論	—
應用	應用

(一) 文本的技術性建構

ST 以技術性建構的過程來構作出技術性詞彙的說明，以子題「溫度」中對溫度的

定義為例，它主要有 3 個小句所構成，如表四所示，每個小句依據 SFL 的理論將其分為主位(Theme)與述位(Rheme)。根據 Halliday 等人(1993)的說法，在主位所出現的詞彙，通常是我們所熟悉或日常使用的話語，在第一個小句中，主位「我們」被稱為“已知訊息(Given)”，而在述位的部份則可稱之為“未知訊息(New)”，並由「Given」朝「New」的方向延伸，而這已知訊息加上未知訊息提供了第 2 小句主位的開始，在文法隱喻的遷移上，分別將第 1 小句述位「天生感覺到」的過程及「寒冷與炎熱」的質性元轉變成第 2 小句主位「天生的感覺」與「冷和熱」的實體，然後再構作出新的訊息(New) - 「冷熱程度」，最後在第 3 小句的述位定義溫度，這種透過文法隱喻將動詞或形容詞轉變成名詞或名詞組的形式，是一種名物化(nominalization)的包裝過程。ST 提供了科學概念如何被包裝過程的說明，以幫助讀者解構「溫度」此詞彙背後的科學知識。

表 4 「溫度」定義的技術性建構

	Theme	Rheme	語意成分	技術性建構
小句 1	我們	天生就可 <u>感覺到</u> <u>寒冷與炎熱</u> ，	天生感覺到 (process) ↓ 寒冷與炎熱 (quality) ↓	技術事件
小句 2	人們以 <u>天生的感覺</u> 或是使用溫度計去比較「 <u>冷</u> 和 <u>熱</u> 」的過程	就是為了去釐清「冷熱程度」的意義，	天生的感覺 (entity) ↓ 冷與熱 (entity) ↓	巨觀事件
小句 3	這種「冷熱程度的物理量」	就稱為「溫度」。	冷熱程度(entity) ↓ 冷熱程度的(modifier) ↓ 溫度(entity)	後設事件

(二) 文本的語體組織設計

語體組織是指透過合適的語體來呈現子題內容，同時子題之間具有連貫關係。ST 以

“順序解釋”以及“因果解釋”的語體來構作「溫度」此子題，而對照文本 CT 則只以“順序解釋”語體來介紹溫度，兩者的差異顯示 ST 除了依序描述溫度概念如何發展的過程

之外，還解釋溫度計液柱高低與熱脹冷縮的因果關係。從溫度概念引入熱量概念的過程中，由於溫度可由溫度計上的刻度大小來表示，它從主觀的觸覺轉換成客觀的視覺數據，但熱量是一個抽象的概念，因此在溫度與熱量之間需要具有一個緩衝元素（buffer element），「溫度與能量」則扮演這樣的過渡角色，觸發讀者轉換成抽象的概念，ST 中溫度的變化與能量的傳遞相互聯結，以使讀者接續下一子題的學習，因此緩衝元素在於連貫子題之間語體的轉換，使文本的語體組織具有連貫性，然而 CT 則是描述水的沸騰現象作為觸發的題材。

在「熱量的定義」方面，因為熱量的概念涉及到不同物體之間溫度的高低以及能量的傳遞，而“結果解釋”的語體主要用在解釋事件背後的效應，因此 ST 採該語體來說明熱量的概念，而 CT 則是直接對熱量進行定

義。在「 $HMS\Delta T$ 之間的關係」方面，主要在說明物質種類、質量及溫度三者跟熱量之間的理論原理及關係，因此 ST 採取“理論解釋”與“因素解釋”的語體來呈現文本內容，而 CT 則是只解釋 HMST 這些抽象的交互關係為何發生，屬於“因果解釋”的體裁。另外 CT 並無進行結論而直接引入應用，但 ST 先對上述之子題進行結論，再針對相關之應用加以說明。兩文本的語體組織如表 2 所示。

另外，ST 以現象示例、蘊含序列（implication sequences）以及結語三個層次來組織文本的連貫性，第一、二層之間為重述連結（reformulation conjunction），第二、三層之間是結果連結（consequence conjunction），在子題之間的語體組織具有連貫的性質，而非獨立存在（Unsworth, 2001: 139）。

表 5 ST 與 CT 的語體組織結構

層次	子題	文本	
		ST	CT
現象示例	前言	現象例舉 現象確認	現象例舉 現象確認
蘊含序列	溫度	時序解釋 因果解釋	時序解釋
	溫度與能量	觸發	現象描述
	熱量的定義	結果解釋	直接定義
	$HMS\Delta T$ 之間的關係	理論解釋 因素解釋	因果解釋
結語	結論	結述	—
	應用	日常應用	日常應用

三、測驗設計

本研究設計二份測驗工具，分別是：先備知識測驗（Prior Knowledge Test, PKT）：此測驗是針對「溫度與熱」的單元來設計，目的是為了瞭解學生在先備知識上的差異，並區分出不同先備知識的組別來探討先備知

識因素在閱讀理解的影響，測驗主要內容為小學階段關於溫度與熱的概念，包括 19 題是非題與 3 題開放式問題，預試結果的 α 值為 0.74。

另一是閱讀理解測驗（Reading Comprehension Test, RCT）：此測驗設計採 SFL 理論中技術性建構及語體組織的觀點及

Yore 和 Denning (1989) 的研究，前者強調科學字彙定義與意義演化的組織過程，Yore 等人則認為可從「詞彙」、「句義」、「推論」及「應用」四個向度來瞭解學生對文本的閱讀理解，詞彙是指對專有詞彙意義的理解；句義是指對溫度與熱兩變數間基本觀念的認知；推論是指理解自變項與應變項的推論關係；應用是指變項之間關係的應用。因此，此測驗依據這些向度來設計試題，以有效診斷學生的閱讀理解，此測驗試題共計 20 題，包括 12 題選擇題及 8 題二階層式試題，測驗預試的 α 值為 0.80。

四、研究樣本

研究選取 97 位國二學生，其中 28 位學生參與實驗一，他們隨機被分為實驗組與對照組，在實驗一當中，ST 與 CT 分別呈現在電腦螢幕上供兩組學生閱讀，供二組學生閱讀，閱讀完畢之後，同樣在電腦上作答 RCT 測驗，透過電腦程式，學生的閱讀時間與填答時間可以精確的被記錄下來。另外，69 位學生參與實驗二，同樣隨機分為實驗組與對照組來閱讀 ST 及 CT。學生在閱讀文本前先接受 PKT 與 RCT 的測驗，以瞭解其先備知識及實驗前的閱讀表現。在學生讀完文本後約 15 分鐘，再進行一次 RCT 測驗，以瞭解其後測表現。

肆、研究發現

一、閱讀與作答時間

實驗一中，兩組學生在閱讀及作答時間的結果如圖四所示，結果顯示兩組學生所花的閱讀時間並不相同，對照組學生平均花費 316.69 秒的時間來讀 CT，而實驗組學生則平均花費 473.27 秒的時間來閱讀 ST，兩組在閱讀時間上相差 156.58 秒。進一步分析發現，兩組所花的閱讀時間有顯著的差異 ($T=2.90, p=.008<.05$)，換言之，學生明顯花費較多時間來閱讀 ST。同樣地，學生在閱讀完文本後，作答 RCT 所花時間也不相同，對照組平均為 804.31 秒，實驗組則為 1005.03 秒，兩組相差 200.72 秒。而且二組的作答時間也有顯著差異 ($t=2.123, p=0.043<.05$)。

如果進一步考慮文本的詞彙密度，ST 文本的內容詞(以名詞作為內容詞)為 215 個，總文本句數為 36 句，因此每句的詞彙密度為 5.97；而 CT 文本的內容詞有 254 個，總文本句數為 37 句，每句詞彙密度為 6.86。如依常

理推論，學生在閱讀詞彙密度較高的文本時，通常會花費較多的時間來消化這些詞彙的意義，因此從詞彙密度來看，閱讀 CT 的時間應該比閱讀 ST 的時間來得多，然而實驗結果，卻是閱讀 ST 所花的時間較長。此結果顯示雖然 CT 的字數以及詞彙密度均多於 ST，但是顯然地，ST 卻使學生願意花費較多時間在閱讀文本及作答問題上，似乎意味著 ST 的文本結構較吸引學生仔細地閱讀，而且也投入更多時間來思考 RCT 測驗的問題。

二、整體閱讀理解表現

實驗二主要在瞭解學生整體的閱讀理解，結果顯示實驗組與對照組在 RCT 測驗的平均得分分別為 10.42 及 8.68，以 RCT 的前測表現作為共變，進行單因子共變數考驗，得知兩組的閱讀理解有顯著的差異 ($p=.032<.05$)。進一步分析不同先備知識學生的理解表現發現，實驗組中，高、中、低

先備知識學生的得分分別為 11.18, 10.19 及 11.05，三者之間未達顯著差異 ($F=.166$, $P=.848>.05$)。另一方面，對照組三群學生的得分各為 12.21、7.50 及 6.25，這三者之間即有顯著差異 ($F=3.616$, $p=0.038<.05$)。在對照組的事後比較中發現 (表六)，高先備知識者表現明顯優於中、低先備知識者。

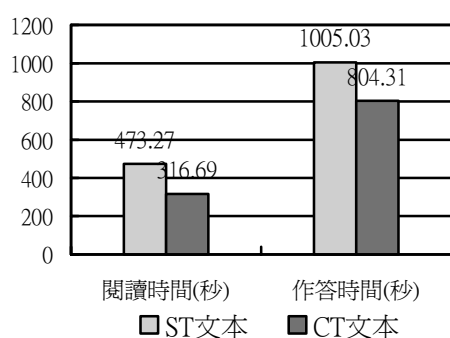


圖 4 閱讀時間與作答時間的差異

表 6 閱讀 CT 學生之事後比較

先備知識	平均值差異	標準差	顯著性	
高	中*	2.52	1.13	.032
	低*	2.55	1.05	.020
中	高*	-2.52	1.13	.032
	低	0.02	1.07	.982
低	高*	-2.55	1.05	.020
	中	-0.02	1.07	.982

從圖五的分析結果來看，相較於對照組而言，實驗組學生具有較佳的閱讀理解，這意味著 ST 的文本結構有助於學生的閱讀理解。另外，高先備知識的學生對於兩文本的理解表現相近 (12.21 與 11.18)，但是隨著先備知識的降低，兩文本之間的得分差異愈來愈大，這顯示閱讀 ST 的學生比閱讀 CT 的學生能獲得更好的閱讀理解，其中 ST 對低先備知識者的理解表現有顯著的助益。

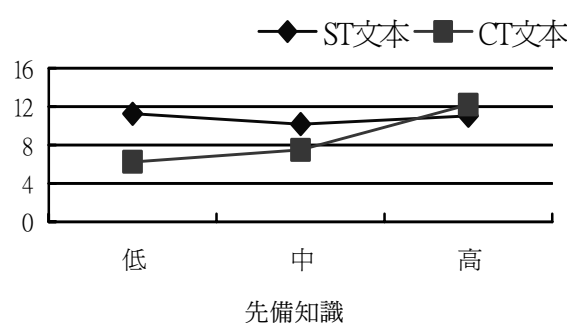


圖 5 不同先備知識之兩組學生的閱讀

三、學生各理解向度的分析

閱讀理解測驗設計了詞彙、句義、推論及應用等四項向度來探討學生的閱讀理解，排列愈後面的向度代表愈高層次的閱讀理解技能。結果發現兩組學生在推理解與應用理解向度獲得之平均分數較低，在詞彙與句義理解向度的平均分數較高，可見無論是閱讀 ST 的學生或閱讀 CT 的學生，對推理與應用等較高層次的閱讀理解感到困難。四項向度中，兩組學生在詞彙向度的理解表現並無顯著差異 ($F=.254$, $p=6.16>.05$)，但是除了詞彙理解的向度之外，兩組學生在句義 ($F=6.098$, $p=0.16<.05$)、推理 ($F=5.704$, $p=.02<.05$) 以及應用 ($F=5.897$, $p=.018<.05$) 等向度的理解表現均有顯著的差異，此結果顯示實驗組在高層次之理解表現明顯優於對照組。

圖六至圖九呈現兩組學生在四個理解向度的表現，分析組內表現發現：實驗組的高、中、低先備知識者在各個向度的表現相近，並無太大的落差，在對照組方面，學生在每個向度的理解表現似乎隨著先備知識的遞減而下降。這顯示 ST 的文本結構有助於不同先備知識者在各個向度獲得不錯的理解表現，而 CT 的文本結構則未產生同樣的作用。分析組間的表現發現：除了詞彙向度外，兩

組的低先備知識者在其他三個向度的表現均有顯著的差異，換言之，對於分別閱讀 ST 與 CT 的低先備知識學生來說，後者在句義、推理及應用都有較好的閱讀理解，可見相較於 CT 而言，ST 的文本結構提供低先備知識者較佳的理解效果，尤其是句義、推理以及應用等向度。

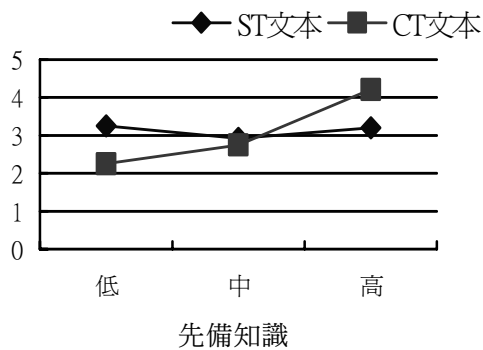


圖 6 詞彙理解向度的比較

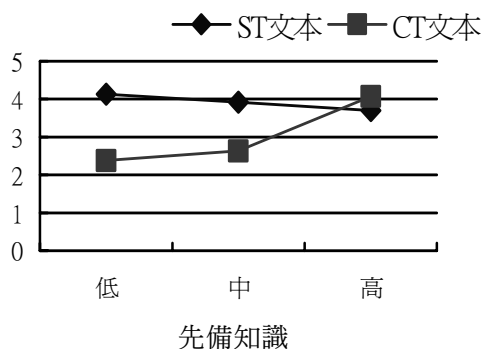


圖 7 字義解向度的比較

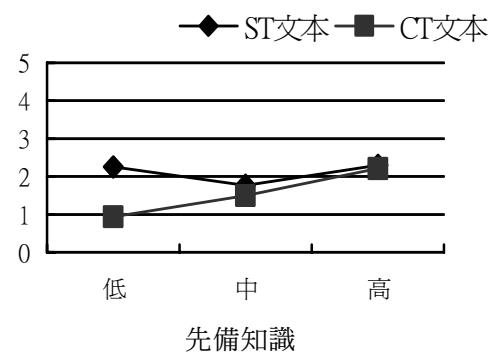


圖 8 推論理解向度的比較

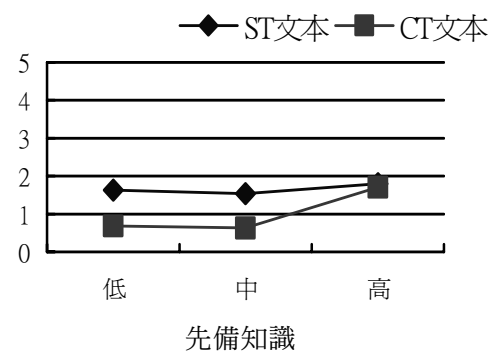


圖 9 應用理解向度的比較

伍、結論與討論

在科學文本的研究中，我們常見到的是探討文本內容涉及到哪些科學主題或知識，而對這些主題及知識進行比較，這樣的文本內容比較所呈現的結果通常是一種統計資訊，告訴我們哪些文本有什麼樣的科學主題或內容。如果回到語言的觀點來看，所有的科學文本的內容都是透過語言所建構的，換言之，科學文本所要介紹的科學主題或科學

概念，必然需要透過科學語言來呈現，也因此學生能否有效瞭解科學文本中的科學知識或概念，與科學語言如何描述有很大的關係。這可以說科學文本中科學語言的使用可能影響著學生的理解情形。如同前面所述，不同於日常生活中的口說語言，科學語言的一個主題特色在於科學術語的使用，這些術語是架構整個科學知識學習所不可或缺的要

角，但同時，這些術語經常是精緻的包裝產物，是經過層層訊息包裝的過程而產生的，某個術語被包裹完成，到了下一個步驟，可能又變成只是另外一個科學術語的訊息成份，更何況一個文本的內容所涉及的不僅是術語的介紹而已，還得注意到這些術語之間交互關係的鋪陳，因此，我們如何解讀科學文本語言組織的特色，甚至如何設計科學語言以促使學生的閱讀理解，是分析科學文本不容忽略的重點。

我們常說科學文本對於科學的教與學具有其重要性，然而應該怎麼樣編輯文本內容使像學生這種生手能夠理解應該是值得特別關心的，本文採取 SFL 理論的觀點來分析科學文本的語言，並從技術性建構的過程說明科學術語是如何從技術事件、巨觀事件至後設事件的層次逐步的被構作而出，透過這樣的過程，也使讀者瞭解如何解構被包裝好的技術性詞彙中的訊息成份，同時配合適於科學性解釋事件或現象的語體組織，來鋪陳這些術語在文本中彼此之間的交互關係。相對於傳統的科學文本，我們透過 SFL 的觀點來設計科學文本，試圖比較學生對二種不同文本結構的理解情形。

從研究結果可以發現：第一、ST 的字數較 CT 少，詞彙密度也較 CT 少，一般而言，應該花費較少的時間即可閱讀完畢，然而實驗組學生卻顯然花費較多時間來閱讀文本，這似乎意味 ST 能促使學生願意花費時間來閱讀，而閱讀時間較長可能與 ST 的文本結構有關，因為 ST 的設計結構強調科學術語包裝以及這些術語組織上的脈絡連貫，可能使得學生在閱讀時花費較長的時間進行精緻的推理思考。一個連貫性不佳的文本，學生在剛開始閱讀時，可能會推敲內容的語意脈絡，但時間一久，反而可能會因理解困難而逐漸失去閱讀的耐心，我們很難相信學生願

意投注時間來閱讀這樣的文本。因為 ST 注重語意發展的連貫性，學生要形成較具系統性的認知或許需要較多的時間來達成。同樣地，當學生的閱讀理解較為深入，他們可能更加謹慎地來回答測驗中的問題，而造成測驗作答的時間也較長。再者，二組在閱讀理解的整體表現上，可以看出閱讀 ST 的學生有較佳的閱讀理解，尤其是對中、低先備知識的學生來說，對 ST 的閱讀理解是明顯優於對 CT 的閱讀理解，其因可能是因 ST 提供學生更多有關概念建構的細部過程，因此使中、低先備知識者有較佳的理解表現。

如果從閱讀理解的各向度來看，實驗組與對照組中的高先備知識者在詞彙、句義、推理及應用等向度的理解表現並無顯著的不同，但是到了中先備知識者的理解表現便開始出現差距，最後低先備知識者在各向度中的差異變大，尤其是句義、推理及應用上，閱讀 ST 的學生均有較佳的理解。高先備知識者在各向度的閱讀理解差異不大，可能是因為本身具有豐富的先備知識及較佳解讀能力，即使面對 CT 時亦不會產生理解困難，但是低先備知識者本身之先備知識較為匱乏，對於語意的解讀能力亦較不理解，然而實驗組學生在句義、推理及應用等向度的表現卻明顯優於對照組的表現，這顯示了 ST 對於較缺乏先備知識的學生而言，提供了更有效之閱讀理解的幫助。McNamara & Kintsch (1996) 指出具有較高連貫性的文本比低連貫性的文本更能使低先備知識的學生去建構較佳的情境理解，也許可用於解釋本研究所得的結果。

本文描述了 ST 與 CT 二種不同科學文本結構的設計，以及學生對此二文本的閱讀理解。ST 主要依據 SFL 理論的技術性建構及語體組織來設計，強調文本語意的連貫性質，促使學童的閱讀理解。從研究結果看來，將

SFL 理論中對於文本如何透過語言組織及鋪陳的觀點融入科學文本語言的分析似乎是一個可行之道，也許這需要更多的研究來檢證，但是這也突顯出從科學語言的角度來分析科學文本以及學生的閱讀理解，似乎是重要而且值得研究的方向。

參考文獻

- 林英智 (主編) (2003)。國民中學自然與生活科技第四冊。台北：康軒文教事業股份有限公司。
- 胡壯麟、朱永生、張德祿 (1997)。系統功能語法概論。湖南：教育出版社。
- 郭重吉 (主編) (2003)。國民中學自然與生活科技第二冊。台南：南一書局。
- Halliday, M. A. K. (2004). *The language of science*. London and New York: Continuum.
- Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. London: The Falmer Press.
- Heffernan, D., & Learmonth, M. (1983). *The world of science-Book 4*. Melbourne: Longman Cheshire.
- Hsu, P. L., & Yang, W. G. (2005). *A Systemic Functional Linguistics Perspective of The Effect of Text And Image Integration on Pupils' Reading Comprehension: An Example of "Moon Phase"*. Paper presented at the Reading and Writing in Science and Mathematics International Conference, Taiwan, Changhua.
- Mallow (1991). Reading Science. *Journal of Reading*, 34, 324-338.
- Martin, J. R. (1993). Technology, bureaucracy and schooling: discourse resources and control. *Dynamics*, 6(1), 84-130.
- McNamara, D. S., & Kintsch, W. (1996). Learning from text: Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse Processes*, 22, 247-287.
- Unsworth, L. (2000). *Researching language in schools and communities: SFL perspectives*. London and Washington [D.C.]: Cassell.
- Unsworth, L. (2001). *Teaching multiliteracies across the curriculum: Changing contexts of text and image in classroom practice*. Buckingham: Open University Press.
- Unsworth, L., Thomas, A., & Bush, R. (2004). The role of images and image-text relations in group 'Basic Skills Tests' of literacy for children in the primary school years. *Australian Journal of Language & Literacy*, 27(1), 46-66.
- Veel, R. (1997). Learning how to mean-scientifically speaking. Apprenticeship into scientific discourse in secondary school. In F. Christie & J. R. Martin(Eds.), *Genres and institutions : social process in the workplace and school*. London: Cassell.
- Veel, R. (1998). The greening of school science: Ecogenesis in secondary classrooms. In Martin, J. R., & Veel, R. (Eds.), *Reading science: Critical and functional perspectives on discourses of science* (pp. 114-151). London and New York: Routledge.
- Yang, W. G., & Hsu, P. L. (2005). *Text and Image Integration and Reading Comprehension: A Systemic Functional Linguistics Perspective of "Moon Phase"*. Paper presented in the European Science Education Research Association conference, Barcelona, Spain.
- Yore, L. D., & Denning, D. (1989). *Implementing change in secondary science reading and textbook usage: A desired image, a current profile and a plan for change*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching conference, San Francisco, CA.

誌謝

本文承國家科學委員會專案 (NSC 94-2511-S-003-004 及 NSC 93-2511-S-003-030) 補助，特此誌謝

作者簡介

陳世文，國立臺灣師範大學科教所，碩士生

Shih-Wen Chen is a Graduate student of Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan. E-mail: s9003003@yahoo.com.tw

楊文金，國立臺灣師範大學科教所，副教授

Wen-Jin Yang is an Associate Professor of Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.

收稿日期：95.05.03

修正日期：95.08.23

接受日期：95.08.24

The Impact of a Systemic Functional Linguistics-Based Science Text and a Conventional Science Text on Students' Reading Comprehension

Shih-Wen Chen

Wen-Gin Yang

Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Abstract

The purpose of this study was to explore the effects of different science texts on students' reading comprehension, as analyzed from the perspective of Systemic Functional Linguistics (SFL). Two texts were designed that the SFL text (ST) was designed by the theory of technicality construction and genre organization in SFL for the ST group, and the Conventional Text (CT) was the standard secondary school text for the CT group. Prior Knowledge Test (PKT) and the Reading Comprehension Test (RCT), the instruments, were designed to probe the students' prior knowledge and reading comprehension. There were two experiments. The first analyzed the speed of reading and answering RCT for both groups, while the second compared the reading comprehension level in the two groups.

According to the results, students in the ST group spent a significantly longer reading and answering time on the RCT, which implied that much more effort was needed by them to read and answer this test carefully. Additionally, the reading comprehension in the ST group was better than that in the CT group. Furthermore, the performance of the low prior knowledge students in the ST group was significantly better than that in the CT group in terms of the literacy, inference, and application. These results implied that the ST could facilitate the students' reading comprehension, especially for those low prior knowledge students.

Keywords: Systemic Functional Linguistics, science text, reading comprehension