
連接成分在科學教與學 研究與實務課題之必要性

廖斌吟* 楊文金

國立臺灣師範大學 科學教育研究所

摘 要

科學的教學和學習有賴語言傳遞與溝通，科學還藉由一種特殊的語言，科學語言來建構科學知識，掌握科學語言是科學學習成功與否之關鍵要素。然而科學教學往往關注於專業術語，卻忽略鏈結術語的詞彙，亦即連接成分的重要性。本文從科學知識建構和閱讀理解的觀點論述連接成分居中扮演不可或缺的角色，沒有了連接成分，便難以產生科學解釋和論證。再者連接成分對學習者的影響包括推理和語義理解兩面向。科學教學唯有意識到描述「關係」的詞彙選擇和語法之重要性和必要性，學習者方能對科學事件之間邏輯關係有清晰的判斷，對科學概念有更全面、完整的理解。

關鍵詞：科學語言、邏輯關係、連接成分、閱讀理解

壹、前言

眾所周知科學語言很難，是通往成功的科學學習上之一大阻礙(Wellington & Osborne, 2001)。那麼，關於科學教與學、理解科學文本的語言需求有哪些呢？多數研究認為最困難的因素即在科學專業術語(張筱莉、林陳涌，2001；Barrass, 1979; Brown, 2014; Fang, 2006; Nagy & Townsend, 2012; Wandersee, 1988)，它不僅是科學跟其他學科像是歷史、政治等在語言上最明顯的區分特徵，更是科學教師認為學生應該優先學習的重點 (Carrier, 2013; Marzano, 2004; Marzano, 2009;

Yager, 1983)。成為關注焦點所在的術語被稱之為「大詞」(big word) (Wellington & Osborne, 2001; Zwiers, 2008)。

但事實上，科學語言需求並非只有專業術語而已，只是其過於顯眼，導致我們忽略、視而未見其他的語言因素。美國師資培育協會 (American association of colleges for teacher education, 2011) 指出學術詞彙還包括了連接成分，諸如 and, but, because, therefore, however 等，都是構成學術語言的要件之一，但連接成分在科學教學和學習方面卻鮮少被提及。本文回顧科學教育所關注的科學語言需求，並指出忽略連接成分的學習需求將付出極大的代價。

* 為本文通訊作者

貳、未受重視的科學語言：串連詞彙概念的連接成分

科學文本充滿了許多用來體現邏輯關係的語言資源，包括動詞、名詞、連接成分，串接起許多科學概念、科學事件。最常見的邏輯關係的語言手段是連接成分。那麼，邏輯關係為何？連接成分又是什麼呢？

一、邏輯關係一般透過連接成分來體現

系統功能語言學者建議用三個層次分析科學文本，即文本體裁、連接關係與名物化過程 (Martin, 1992; Halliday, 1994)。系統功能語言學 (Systemic Functional Linguistics) 所謂的連接關係 (conjunctive relations)，即指邏輯關係 (logical relations)。在語言上藉由特定的詞彙和語法將兩個句子連接起來，這兩個句子則具有特定的連接關係，語言語法構作了意義，易言之兩命題、兩事件之間被賦予了語義聯繫，成為某種特定的邏輯關係。

Halliday 和 Hasan (1976) 將連接成分的語義分為四大基本關係：(1) 時序關係 (temporals)：兩句子依時間順序連接；(2) 因果關係 (causals)：兩句子之間是原因和結果的關係；(3) 轉折關係 (adversatives)：兩句子間的意義關係是相對的或者相反的；(4) 附加關係 (additives)：第二個句子替第一個句子增添新資訊、新細節。Unsworth (2001b) 則在四大基本關係上，提出更詳盡的分類，指出科學文本中所出現的連接關

係的種類共有 5 大類，分別是：時序、結果、比較、附加、位置，並進一步細分 13 種次類連接關係，參見表 1。

二、連接成分未受重視之原因

關於連接成分是什麼？若採用傳統語法上為詞彙所界定的詞性，可歸屬在「連接成分」下的詞性因不同語言系統而有所不同，此部份僅舉英語和漢語的例子。Halliday 和 Hasan (1976) 認為英語連接成分 (conjunctive adjuncts) 有三種：(1) 副詞，包括：1. 簡單的副詞 (並列連接詞)，例如：but, so, then。2. 複合副詞 -ly，如：accordingly, subsequently。3. there- 和 where- 的複合副詞，如：therefore, whereat。(2) 1. 其他複合副詞，如：nevertheless, instead, besides。2. 介詞短語，例如：on the contrary, as a result, in addition。(3) 有 that 或者其他參照語詞的介詞片語，(i) 任選的，例如：as a result of that, instead of that。(ii) 強制性的，例如：in spite of that, because of that。

在漢語詞彙中，具有連接功能和表示前後語言單位之間的邏輯關係，包含連接詞和關聯副詞兩大類。常見的漢語連接詞有：和、跟、與、而且、以及、或、又。漢語連接詞又稱「繫詞」，如果依照連接詞連接分句之間的邏輯語義，則有九種連接詞：(1) 並列連接詞：和、跟、以及、並且。(2) 承接連接詞：然後、此外、接著。(3) 遞進連接詞：不但、甚至、何況。(4) 條件連接詞：除非、無論、只要。(5) 目的連接詞：

省得、以免、以便。(6)假設連接詞：如果、要是、否則。(7)轉折連接詞：然而、不過、但是。(8)因果連接詞：所以、因為、既然。(9)讓步連接詞：就算、固然、即使。關聯副詞這類副詞的功能在句子裡就像是連接詞一般，例如「並」、「倒」、「也」等 (李子瑄和曹逢甫，2009)。

表 1 連接關係的種類和示例

連接關係類別	連接關係次類別	例子
時序 temporal	同時 simultaneous	當音叉往外移動時，它會擠壓或壓縮周圍的空氣。
	接續 successive	當兩個物體形成熱平衡後，他們的溫度就相同了。
結果 consequential	方法 manner	藉由仔細觀察音叉，你可以看到它在來回振動。
	因果 consequence	因為帶電體接近，導體的正負電和會暫時分離。
	條件 condition	如果我們觀察音叉如何產生聲音，就能學會何謂聲音。
	排除 concession	真空無法傳播聲音，但是任何具有彈性的物體均能傳播聲音。
	目的 purpose	要產生聲音，振動是必要的。
比較 comparative	相似 similarity	同樣地，在太陽光垂直照射的地球表面是最亮的。
	重述 reformulation	當太陽光垂直照射地球表面時，也就是說，當太陽正在頭頂上時。
	例證 exemplification	正常情況下，假如死去的植物留在地表並接觸到空氣，它就會解體。例如：在雨林中所發生的現象。
	對照 contrast	較大的振動引起較大的聲音，相對而言，較小的振動引起柔和的聲音。
附加 additive	附加 addition	當它們掉落到地上，而且成為腐質土的一部份時...
位置 locative	位置 location	在太陽光垂直照射的地方，地球表面是最亮的

資料來源：整理自 Unsworth (2001b)和李哲迪(2006)。

三、連接成分未受重視之原因

由於著重科學專業術語，也就是強調「大詞」的情況之下，科學教師在教學時更加容易忽略了「小詞」(small word)(Zwiers, 2008)，換言之，看不到非科學專業術語的存在和它的意義。Zwiers 用鮮明的比喻說明大詞和小詞的特點，科學專業術語看作是「磚塊詞彙」(brick terms)，在文章中顯眼又獨特，而一般動詞、連接成分、介系詞等看作是「水泥詞彙」(mortar terms)，用處就是將磚塊(術語)相黏在一起，如「產生」、「因為」，它們是跨主題、跨學科存在。

相對於科學專業術語之類的「磚塊詞彙」研究數量而言，有關「水泥詞彙」學習的研究較為稀少。有些學者研究動詞對科學學習的影響(林文杰、楊文金，2008；沈彥宏、楊文金、廖斌吟，2014；陳世文，2007；楊文金，2007；蔡佩君，2009；藍偉瑩、楊文金，2010)，而連接成分的研究就更為稀少，國外研究例如 Gardner (1975) 和 Gardner, Schafe, Thein, & Watterson (1976) 調查澳洲中學生是否知道科學文本中的連接詞的意義，發現中學生不如預想了解連接成分的意思，感到十分難懂的詞至少有 75 個，像是 *conversely*、*moreover*、*as to*、*essentially*、*further*、*in practice*、*respectively* 等，可惜國內目前沒有類似的調查；國內研究是探究學生對科學論述中的「或」、「而」的邏輯語義理解，結果顯示學生難以區辨出「或」、「而」所具有的意思(廖斌吟、楊文金，2010；廖斌吟、楊

文金、沈彥宏，2014)，在科學文本研究則分析「或」和「or」的邏輯語義類型(蔣佳玲、楊文金、廖斌吟、史偉郁，2014；蔣佳玲，2016)，以及科學教師口語敘說中因果意涵的體現，包括「因為」、「所以」等(張凱萍、謝志偉、蔣佳玲，2012；蔣佳玲，2009；蔣佳玲，2013)。

之所以科學教學和科學教育研究上，相對忽視連接成分，緣由有三：第一，連接成分跨學科、跨主題出現，看似沒有學科領域的獨特性，因此看不到它們的存在而到忽略(Zwiers, 2008, p.22)；其次，是作者將讀懂文本的責任交付給讀者，像是受限於新聞版面的安排和每字每詞計費的情況下，作者就會刻意省略掉一些詞彙，包括連接成分，然後期望讀者自行填補，推論出句子完整的意思(Pinker, 1994)，或者是像 Traxler 和 Gernsbacher (1995) 指出，作者往往高估了讀者的背景知識，因此沒有留心地在文章中給予足夠多的話語標誌(discourse markers)，包括連接成分；其三、Nathan 和 Petrosino (2003) 提出所謂的專家盲點(expert blind spot)，身為專家已擁有豐富充足的學科領域知識，忘了過去身為初學者時學習科學知識的困難感受，因此容易跳過了初學者所需要的訊息(引自 Zwiers, 2008, p.70)。

連接成分淪為可有可無的角色，是由於作者、教師，甚至連讀者自己都認為在沒有連接成分的指示，讀者和學習者能夠自行推論，補足句義的缺空，毫無困難地理解文本的意思。可是，實證研究顯示為

否，讀者在補足句義、推論的歷程實有困難。

參、連接成分在閱讀理解中扮演的角色

科學的主體是解釋和論證，均仰賴邏輯關係。由於邏輯關係透過連接成分來體現，因此連接成分是形成解釋和論證語言的必要條件 (Wellington & Osborne, 2001)。換句話說，若沒有連接成分，則難以表達科學解釋和論證。

一、連接成分對推理的影響

邏輯學研究正確的推理形式的規則，判定給定的命題能否為有效論證，應該如何為結論提出足夠的理由來給予辯護或支持，達到健全的論證。

(一) 事件關係的推論

事件串受到說話人影響，而有相應的邏輯關係。舉例來說，未寫明連接成分的語句「煞車壞了，摔車了」蘊藏多種潛在邏輯關係的可能：有可能前句為因，「因為煞車壞了，所以摔車了」；有可能後句為因「之所以煞車壞了，是因為摔車了」；也有可能兩事件同時並列地發生，沒有因果關係，如「煞車壞了，而且摔車了」。

讀完最初的那句省略連接成分的語句後，能否辨別出哪一事件是因？哪一事件是果呢？那些被省略的又應該是哪些連接成分？未明示連接成分的文本，也就意味作者和說話人將讀

懂句子之間的語義之責交付予讀者和聽眾處理。

從上得知，作者如果明白標示原因/結果和前提/結論，讀者就可以明確得知原因結論是什麼，不必耗費心力猜測，邏輯關係的外顯標示對初學者來說十分有幫助，初學者也才能夠藉由語言來習得清晰的概念和科學事件之間的關係。此外，這些顯示前提和結論的話語標誌，大多是連接成分，像是「因為」(because)、「由於」(since)、「基於…理由」(for)等等，就指示著原因和前提；而「因此」(therefore)、「因而」(hence)、「據此而下結論」(consequently)、「所以」(so)等等，則經常用來顯示結果和結論。換言之，連接成分跟解釋關係密切 (Unsworth, 2001a)，連接成分影響事件關係的推論 (Gardner, Schafe, Thein, & Watterson, 1976; Wellington & Osborne, 2001)。

(二) 潛在語義詮釋的選擇

命題邏輯用符號表明精確的邏輯意涵，因此數個句子，或稱為數個命題之間的關係便可以用特殊的符號來表示，像是運算符「 \sim 」(否定號)表示「並非」、「 \vee 」(選言號)表示「或」的意思等 (莊文瑞譯，2004)。

- I. (A)這一個精子含有一個 X 染色體，或 (B)含有一個 Y 染色體。
- II. 確定「這一個精子含有一個 X 染色體」。

III. 因此，(B)這一個精子含有一個 Y 染色體。

邏輯還關心論證形式，即論證的邏輯結構，上述 I、II 和 II 語句為一種形式的論證，I、II 為前提，III 為結論。邏輯運算符「或」(V)通常含有兩種不同含義，一是排斥義(exclusive)，化為日常說法，可用「要嘛 A，要嘛 B」表達，斷言其中至少有一為真並且至少有一為假；另一種含義是兼容義(inclusive)，斷言 A 和 B 兩命題中至少有一為真。一個由排斥「或」作為主要連接詞的語句，所斷言的總是比兼容「或」的語句還要多(莊文瑞譯，2004)。

在 I、II 和 II 的論證，若將第一前提中的「或」字理解成排斥「或」，它是有效的論證。這時，排斥「或」所額外宣稱的意義，即「命題中至少一為假」不被省略掉，論證因而保持有效，得到結論「III 這一個精子含有一個 Y 染色體」。如果把論證的第一個前提中的「或」詮釋成兼容含義，那麼這個論證將是無效的，因為前提 I 還持有「這一個精子同時含有 X 染色體和 Y 染色體」的可能性，所以即便知道前提 II，仍然不會推導出最終結論。

邏輯和科學裡，都需要人們進行論證。論證無法排除連接成分的涉入，而使用到具有兩種邏輯語義的「或」時，讀者要詮釋前提語句的意思，對

連接成分的語義進行選擇，選擇的結果會影響論證有效與否。

除了「或」之外，雖然許多邏輯學書本，都直接把「而且」、「和」視為連言命題(林玉體，2008；陳波，2002；莊文瑞譯，2004)，似乎邏輯含義十分明確。但是關於「與/和」的邏輯語義，由國外學者的討論可知，Hertwig、Benz 和 Krauss (2008)指出‘and’有機會出現連言謬誤(conjunction fallacy)，也就是說自然語言‘and’不總是能夠不加思索地化為兩個集合的交集(intersection)(\wedge ，而且)。根據上下文，‘and’有時反而應該讀作聯集(union)的意思(V，或)。如此一來，自然語言的‘and’竟然表示的是聯集「或」這項邏輯意義。因此，一般日常交談中，英語讀者對同一個‘and’，以及漢語讀者對同一個「與/和」，同時存在著上述兩種詮釋，那麼交談者將會出現幾近相反的理解，影響溝通。

二、連接成分對語義理解的影響

(一) 連接成分的提示效果

有些學者探究連接成分對文本理解之影響。雖然連接成分的種類有限，不同的研究者所挑選的連接成分不盡相同，使用的文本單位大小也不一，像是語句、段落、真實文本等，研究結果所表明的效果也不盡相同。大致來說，較有一致的研究，顯示「轉折」

連接成分，像是 *yet*、*nevertheless*、*however*、*but*，它們能縮短對下一個語句的閱讀時間，然而「附加」連接成分像是 *moreover*、*furthermore*、*also*、*and*，則沒有提示讀者的效果，有無出現附加連接成分，其閱讀時間沒有顯著差異 (Murray, 1995)。如果故意用錯連接成分來連接前後兩句句子，則會造成閱讀時間加長 (Murray, 1997；引自詹益綾、柯華葳，2010)。

根據研究結果，Murray (1995)認為連接成分是通過縮限潛在的語義，而使得它們具有提示的效果，像是轉折連接成分的限制程度最高，讀者一讀到它則能明確又迅速的得知第二個句子是反義。然而附加連接成分 *moreover*、*furthermore*、*and* 有時可能表示並列，具有同時的關係，有時可能表示接續的關係，有時又可能要表示因果的關係，因此是否出現附加連接成分，不影響閱讀時間，它們縮限潛在的語義程度最小。

(二) 連接成分可促進語義選擇

連接成分一方面實現概念功能，表明了外在/物質世界裡兩事件之間的邏輯關係 (胡壯麟、朱永生、張德祿和李戰子，2005；Unsworth, 2001b)，另一方面連接成分也是組織文本結構的重要語言資源，其功用在標示相關文本段的結構的定位，例如前提、結論、反駁、條件等 (Gardner, Schafe, Thein, & Watterson, 1976; Halliday &

Hasan, 1976; 莊文瑞譯，2004)。這兩項語言上的功能，讓不同的文本段之間建立起語法上的關聯，產生文本的連貫性。

連貫的文本對於讀者來說，尤其是初學者而言，影響非常重大，能促進他們的閱讀理解 (Ainsworth & Burcham, 2007; McNamara, Louwerse, McCarthy, & Graesser, 2010; McNamara, Kintsch, Songer, & Kintsch, 1996)。例如有些研究顯示如果一個文本外顯使用了話語標記，像是 'because' (因為)、'this is the reason for' (這個理由是)、'in conclusion' (結論)等，有助於讀者去建立作者欲表達的文本連貫關係，在閱讀理解問題有較好的回答 (Degand & Sanders, 2002)、在確認作業中有較快速的回應 (Sanders & Noordman, 2000)。

肆、連接成分在科學教學之應用

科學領域中對語言的要求不像在日常中那樣彈性、寬容，必須清楚表達語義，另外邏輯關係的表達還受到較嚴格的規範，目的關係不同於因果關係，條件關係也不同於時序關係等。不過相比於日常語言，科學領域中所使用的連接成分較多樣化 (Schleppegrell, 2004)，有前述之附加連接成分、轉折連接成分、因果連接成分等。在科學的教與學中，師生雙方在邏輯推理方面的言談溝通，可能存在著誤解的疑慮，

另一則是學習者可能因此產生不合理的推理和無效的論證。因此科學文本和科學教師必須明示語義詮釋，使學生得以辨明科學事件之間的邏輯關係，理解科學解釋和論證，充分掌握科學概念。

一、選擇適當的連接成分清楚表達語義

某些連接成分具有多重潛在的語義，由國外研究得知，像是 'and' (與/和) 不具有認知提示的效果(Murray, 1995)，況且 'and' 雖然總是讀做連言，表示交集、「而且」的意思，有時卻要讀做選言，表示聯集、「或」的意思 (Hertwig, Benz, & Krauss, 2008)，因而推理上會發生謬誤的可能。對此不可不慎加看待。以漢語科學文本中所用的「或」為例，科學專業術語「生殖細胞」涵括的部份內容為「在人類，男的性染色體為 XY，男性可以產生兩種精子，一種具有 X 染色體，另一種具有 Y 染色體 (此段為作者改寫)」。科學教科書的課文如此寫道 (廖斌吟、楊文金, 2010):

「父親產生的精子含有一個 X 或一個 Y 染色體」

含有「或」的複句，稱之為選言命題 (disjunction)。選言命題還分為兼容 (inclusive) 選言和排斥 (exclusive) 選言兩類 (林玉體, 2008; 陳波, 2002)，前者為各個選項中可以選擇多項，後者指出各個選項中只能選出一項 (陳波, 2004; 莊文瑞譯, 2004)。換句話說，這一句科學論述，

可以把它讀成兼容義，即「父親產生的精子可能只含有一個 X 染色體，可能只含有一個 Y 染色體，也可能同時含有 X 和 Y 染色體」，可是這樣的詮釋是正確的嗎？另外，這一句論述還能讀成排斥義，即「父親產生的精子要麼含有一個 X 染色體，要麼含有一個 Y 染色體，不會同時含有 X 和 Y 染色體」，這樣的詮釋才符合正確的科學概念。

廖斌吟、楊文金 (2010) 指出，中學生無法辨明「父親產生的精子含有一個 X 或一個 Y 染色體」中的「或」的邏輯語義，對此感到困擾。學生對於「蜈蚣不屬於昆蟲或甲殼類」、「雄性生物所產生的配子，叫作精細胞或精子」中的「或」則同時持有兩種以上的語義詮釋。

「或」(or)、「與/和」(and) 是最常用的兩個基本連接詞 (Halliday & Hasan, 1976)。雖然它們最基本，但是它們所蘊含的邏輯語義出乎意料的複雜又多元，如漢語「或」至少具有 5 種邏輯語義：排斥義、兼容義、兼有義、等同義和所有義 (蔣佳玲、楊文金、廖斌吟、史偉郁, 2014)。如果作者了解這個潛在的多重語義所引發的學習困難，那麼作者先行在文本端，有意識地選擇合適的詞彙和語法，將令人誤解的連接成分以其他較明確的語言資源取代，像是否定句裡的「或」是兼有義，那麼「蜈蚣不屬於昆蟲或甲殼類」則可以寫成「蜈蚣既不屬於昆蟲，也不屬於甲殼類」，將語句邏輯 $\sim(A \vee B)$ 轉換成 $\sim A \wedge \sim B$ 。大大降低了科學文本識讀的難度，助於閱讀科學教科書的初學者從中學習科學知識和邏輯

關係，也習得正確的邏輯語義關係的語言表述。

二、示範釋讀連接成分的邏輯語義

作者可以先行改寫了某些令人困擾的連接成分，選用外顯明確的邏輯關係的語言資源。在科學課室中教師能設計明示語義詮釋的教學活動，示範釋讀科學文本中連接成分的邏輯語義，提出多種可能又合理的語義詮釋，透過學生參與討論，鼓勵學生發展運用適切識讀策略，了解如何尋找解歧的線索。

例如分辨「上弦月」跟「下弦月」的異同，在國小自然與生活科技領域課本出現之圖說：

剛升起的或將落下的上弦月和下弦月，若是只看外形不易分辨。(施惠，2008，頁 23)

該句子中同時連用了兩個連接成分「或」與「和」應如何解讀？「或」、「和」在此是什麼意思？而且連接成分「或」前後所接的語詞向後要如何分配，以及連接成分「和」前後所接的語詞向前要如何分配？如果把兩種月相「上弦月」和「下弦月」，依據「升起」、「落下」兩種狀態，分別組合解讀，那麼就有「升起的上弦月」、「升起的下弦月」、「落下的上弦月」、以及「落下的下弦月」，月亮的外形不易區分到底是在哪種情況下不易區分呢？何種詮釋會是正確的？何種詮釋會比較精確呢？

這樣的釋讀示範，將會對科學初學者

有極大的益處，一方面學會識讀策略，以便讀懂科學內容領域的文本，一方面學會如何清楚表達邏輯關係。另外在科學寫作方面，Patterson (2001)研究顯示將科學寫作的教學結構化，並指示學生在寫作中加入連接成分，有助於學生寫出解釋，突破理解與寫作的困境。綜合而言，科學教師示範釋讀連接成分的邏輯語義歷程，學習者學習如何清楚表達邏輯關係的語言陳述之識讀策略有助於獨立閱讀科學文本。

三、利用手勢、肢體和改述強調連接成分

不只是作者高估讀者，未細心在文本中留下語言線索、學科內容豐富又充足的教師有著專家盲點，跳過了初學者需要的訊息之外，其實就連讀者本身也以為有無連接成分不影響閱讀理解，可是實際閱讀理解成果卻有差異。Degand, Lefèvre, & Bestgen (1999)操弄了有無連接成分的文本並請讀者自陳理解的程度和預測自己的答題率，結果發現不管讀哪一種文本，讀者自陳理解的程度和答題率的預測會是一樣的，可是在讀完文本後的閱讀理解問題的回答方面，顯示讀含有連接成分文本的回答其實比讀不含連接成分文本還要好。因此，科學課室中教師需要刻意地將連接成分強調出來，使學習者能明顯發現和感受到連接成分的存在。

Zwiers (2014)提出課室教學時，教師可以採用的方法，也就是用手勢和肢體強調出連接成分。例如說到了轉折連接成分，

可以把手臂從左邊揮動到右邊；說到了論證裡的前提，或說是理由、支持的證據，則把結論比做一張桌子，桌子的桌腳是支撐結論的證據，桌腳則由強調教師的雙腳做類比。科學教師當然也要給予學生回應問題的機會和時間，當教師問出「為什麼」的問題時，要等待學生回答。若學生的回答相當簡短，則教師要改述學生的回應，以完整的句子來表示，從中讓學生學到完整的解釋的說法該是如何。

不過，有些研究指出科學教師的口語敘說中，用了同一連接成分，但是其實蘊含不同的意義，例如「所以」，有時是因果關係的「所以」，有時是作為發語詞的「所以」，有可能學生會「聽不懂」。如果學生聽到那麼多的「所以」，也無法從課堂脈絡中清楚判定是否具有因果關係，這就產生困擾和混淆。教師需要清楚知道教和學上的語言需求，為了使教學更有成效，科學教師要提昇自己對於連接成分的邏輯語義的區辨和敏感度，才能在口語敘說時，以清楚、明確的方式表達應存在／不應存在的因果關係（張凱萍、謝志偉、蔣佳玲，2012；蔣佳玲，2009；蔣佳玲，2013）。或者科學教師能發明屬於發語詞「所以」的手勢，以區別具有因果關係的「所以」的手勢，透過其他種方式給予區別的線索。

伍、結語

由此可知，連接成分在建構科學知識時扮演關鍵角色。由於連接成分跟解釋和論證的關係密切，若沒有連接成分，

難以表達解釋和論證中所含有的事件間的邏輯關係。科學語言除了科學專業術語之外，仍然是透過一連串科學事件的關聯，以及邏輯推演所構作出的最終成品。若僅了解科學專業術語的定義，而沒有關注這個科學詞彙是鑲嵌在什麼樣的推理的話語之內，沒有釐清事件之間的邏輯關係，這樣的科學學習將有所缺失、不完整。因此，科學教師教會學習者如何識讀連接成分的語義對科學學習是具有重大的意義。

基於連接成分是建構科學知識的關鍵角色，體現了科學解釋和論證所仰賴的邏輯關係，因此，本文主張連接成分有必要列為科學教學和學習的課題，為了達到有效的教和學的實務，則必須先進行相關的研究，對科學中的連接成分所蘊含的邏輯關係和引起的閱讀困難了解得更多、更深入。

參考文獻

- 李子瑄和曹逢甫 (2009)：《漢語語言學》。臺北縣新店市：正中。
- 李哲迪 (2006)：《高中物理教科書與學生關於力的話語與合法化的語言策略》。國立臺灣師範大學科學教育所博士論文，未出版，臺北市。
- 沈彥宏、楊文金、廖斌吟 (2014)：《九年級資優生對「類屬-組成」論述的語意理解-以「原子的構造」文本為例》。發表於中華民國第二十九屆科學教育學術研討會。臺北：國立臺灣師範大學。
- 林文杰、楊文金 (2008)：《高一學生對物理文本過程詞隱含之連接關係的理解》。《物理教育學刊》，9(1)，1-18。
- 林玉體 (2008)：《邏輯入門》。臺北市：文景。

- 施惠(主編) (2008)：《**國小自然與生活科技(第三冊)**》。臺南：南一。
- 胡壯麟、朱永生、張德祿和李戰子 (2005)：《**系統功能語言學概論**》。北京：北京大學出版社。
- 張凱萍、謝志偉、蔣佳玲 (2012)：《**國小教師科學說明中的因果句型-以一位國小教師為例**》。發表於中華民國第二十八屆科學教育學術研討會。臺北：臺北教育大學。
- 張筱莉、林陳涌 (2001)：學童眼中的科學專有名詞。《**科學教育學刊**》，9 (3)，219-234。
- 莊文瑞 (譯) (2004)：P. Tidman & H. Kahane 著。《**邏輯與哲學 (Logic and philosophy: A modern introduction)**》。臺北市：雙葉書廊。(原著出版年：1999)
- 陳世文 (2007)：《**科學文本之級位分體論述與師生對其語意理解之研究**》。國立臺灣師範大學科學教育所博士論文，未出版，臺北市。
- 陳波 (2002)：《**邏輯學是什麼？**》。台北市：五南。
- 楊文金 (2007)：學生對「類屬-組成」論述的語意理解-以「血液」文本為例。《**科學教育學刊**》，15(2)，195-214。
- 詹益綾、柯華葳 (2010)：由眼動資料探討連接詞在閱讀歷程中扮演的角色。《**教育心理學報**》，42(2)，297-316。
- 廖斌吟、楊文金 (2010)：七年級學生對「或」在日常與科學情境的語義理解。發表於中華民國第二十六屆科學教育學術研討會。花蓮：國立東華大學。
- 廖斌吟、楊文金、沈彥宏 (2014)：六年級學生對科學文本中「而」的邏輯語義理解。發表於中華民國第二十九屆科學教育學術研討會。臺北：國立臺灣師範大學。
- 蔡佩君 (2009)：《**師生對教科書中使用「產生」表述概念關係論述之語意理解研究**》。國立臺灣師範大學科學教育所碩士論文，未出版，臺北市。
- 蔣佳玲 (2009)：除了「因為... 所以...」之外：國中理化教師口語敘說中因果意涵的體現。發表於中華民國第二十五屆科學教育學術研討會。臺北：臺灣師大。
- 蔣佳玲 (2013)：「因為慣性所以水離開你的手」-國中理化教師話語中的因果關係。發表於中華民國第二十九屆科學教育學術研討會。彰化：彰化師範大學。
- 蔣佳玲 (2016)：科學文本中英語「or」與漢語「或」的語義類型之比較-以《**觀念物理**》為例。《**教育實踐與研究**》，29(2)，33-64。
- 蔣佳玲、楊文金、廖斌吟、史偉郁 (2014)：國小科學文本「或」的邏輯語義分析。《**教科書研究**》，7(1)，1-30。
- 藍偉瑩、楊文金 (2010)：「級位分體」論述過程詞的使用對教學的意涵。發表於中華民國第二十六屆科學教育學術研討會。花蓮：國立東華大學。
- Ainsworth, S., & Burcham, S. (2007). The impact of text coherence on learning by self-explanation. *Learning and Instruction*, 17(3), 286-303.
- American Association of Colleges for Teacher Education. (2011). *Teacher performance assessment consortium*. Retrieved October 4, 2014, from <http://aacte.org/index.php?/Programs/Teacher-Performance-Assessment-Consortium-TPAC/teacher-performance-assessmentconsortium.html>
- Barrass, R. (1979). Vocabulary for introducing courses in biology: necessary, unnecessary and misleading terms. *Journal of Biological Education*, 13(3), 179-191.
- Brown, A. O. (2014). Lexical access, knowledge transfer and meaningful learning of scientific terminology via an etymological approach. *International Journal of Biology Education*, 3(2), 1-12.
- Carrier, S. J. (2013). Elementary preservice teachers' science vocabulary: Knowledge and application. *Journal of Science Teacher Education*, 24(2), 405-425.
- Degand, L., & Sanders, T. (2002). The impact of relational markers on expository text comprehension in L1

- and L2. *Reading and Writing*, 15(7-8), 739-757.
- Degand, L., Lefèvre, N., & Bestgen, Y. (1999). The impact of connectives and anaphoric expressions on expository discourse comprehension. *Document Design*, 1(1), 39-51.
- Fang, Z. (2006). The language demands of science reading in middle school. *International Journal of Science Education*, 28(5), 491-520.
- Gardner, P. L. (1975). Logical connectives in science: A preliminary report. *Research in Science Education*, 5(1), 161-175.
- Gardner, P. L., Schafe, L., Thein, U. M., & Watterson, R. (1976). Logical connectives in science: Some preliminary findings. *Research in Science Education*, 6(1), 97-108.
- Halliday, M. A. K. (1994). *An introduction to functional grammar* (2nd Ed.). London: Edward Arnold.
- Halliday, M. K., and Hasan, R. (1976). *Cohesion in English*. London: Longman.
- Hertwig, R., Benz, B., & Krauss, S. (2008). The conjunction fallacy and the many meanings of "and". *Cognition*, 108(3), 740-753.
- Martin, J. R. (1992). *English text: System and structure*. Philadelphia: John Benjamins Pub.
- Marzano, R. J. (2004). *Building background knowledge for academic achievement: Research on what works in schools*. Alexandria, VA: ASCD.
- Marzano, R. J. (2009). The art and science of teaching: Six steps to better vocabulary instruction. *Educational Leadership*, 67(1), 84-85.
- McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14(1), 1-43.
- McNamara, D. S., Louwse, M. M., McCarthy, P. M., & Graesser, A. C. (2010). Coh-Metrix: Capturing linguistic features of cohesion. *Discourse Processes*, 47(4), 292-330.
- Murray, J. D. (1995). Logical connectives and local coherence. In R. F. Lorch, Jr. & E. J. O'Brien (Eds.), *Sources of Coherence in Reading* (pp. 107-125). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Murray, J. D. (1997). Connectives and narrative text: The role of continuity. *Memory and Cognition*, 25(2), 227-236.
- Nagy, W., & Townsend, D. (2012). Words as tools: Learning academic vocabulary as language acquisition. *Reading Research Quarterly*, 47(1), 91-108.
- Nathan, M. J., & Petrosino, A. (2003). Expert blind spot among preservice teachers. *American educational research journal*, 40(4), 905-928.
- Patterson, E. W. (2001). Structuring the composition process in scientific writing. *International journal of science education*, 23(1), 1-16.
- Pinker, S. (1994). *The language instinct: The new science of language and mind*. UK: Penguin.
- Sanders, T. J., & Noordman, L. G. (2000). The role of coherence relations and their linguistic markers in text processing. *Discourse Processes*, 29(1), 37-60.
- Schleppegrell, M. (2004). *The language of schooling: A functional linguistics perspective*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Traxler, M.J., & Gernsbacher, M.A. (1995). Improving coherence in written communication. In M.A. Gernsbacher & T. Givón (Eds.), *Coherence in spontaneous text* (pp.215-238). Amsterdam: Benjamins.
- Unsworth, L. (2001a). Evaluating the language of different types of explanations in junior high school science texts. *International Journal of Science Education*, 23(6), 585-609.
- Unsworth, L. (2001b). *Teaching multiliteracies across the curriculum: Changing contexts of text and image in classroom practice*. Buckingham: Open University Press.
- Wandersee, J. H. (1988). The terminology

- problem in biology education: A reconnaissance. *The American Biology Teacher*, 50(2), 97-100.
- Wellington, J. J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Open University Press.
- Yager, R. E. (1983). The importance of terminology in teaching K-12 science. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 577-588.
- Zwiers, J. (2008). *Building academic language: Essential practices for content classrooms*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Zwiers, J. (2014). *Building academic language: Essential practices for meeting common core standards across disciplines, grades 5-12*. San Francisco, California : Jossey-Bass.

投稿日期：106 年 04 月 07 日

接受日期：106 年 06 月 01 日

The necessity of ‘conjunction’ for science education research and practical topics

Pin-Yin Liao* and Wen-Gin Yang

Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Abstract

The teaching and learning of science always rely on delivery and communication through language. It is the key factor to affect the success of science learning if the science language is able to generate the science knowledge. However, when talking about the teaching of science, we usually prefer the terminologies to the importance of conjunctions- that connects the terminologies. This study claims that the conjunction plays an indispensable role from the viewpoint of the construction of science knowledge. Without the conjunction, it would become more difficult to generate science explanation and argument. Moreover, the uses of conjunction have effect on learners’ to make plausible inferences and their semantic comprehension. Only when being aware of the importance and the necessity of the selection of words and the grammar of describing the relations, the science learners can have the clearer judgments of the logics between different science events and the more complete understanding.

Keywords: science language, logical relation, conjunction, reading comprehension

* corresponding author