
論證與科學教育的理論和實務

黃翎斐¹ 胡瑞萍^{2*}

¹ 臺北縣立鶯江國民中學

² 臺北縣立溪崑國民中學

壹、前言

在民主的社會中，有許多議題是需經由民眾彼此交換意見達成共識才可執行的。在此環境下，個人或是團體必須考量公認的道德倫理、大眾的福利以及個人利益，來做出最好的判斷，尤其在一些矛盾、具衝突性的議題更是如此。如：高山纜車的建造、狩獵活動的開放、或是複製人的製造等等與生活相關的議題，這些問題的答案會隨著個人立場、背景和環境不同而改變，並沒有任何科學上的法則或是專家能裁決出對大眾最好的方式，因此培養民眾擁有論證的能力，可根據現有的資訊和證據為基礎，作出正確的、對眾人有利的抉擇更形重要。

現今是個知識爆炸的時代，學生若單單只學習過去累積的知識是不夠的，因為現今既有的知識可能只是未來新知識的九牛一毛。近來由於建構論的興起，多數人已能接受每個學習者主動建構自己的知識架構與內容，而每個人所建構的知識會受到其先備知識內容和建構的方式影響。社

會建構理論更是各種建構論中廣為人知的，根據社會建構論的看法，科學是透過論證得到對現象的合理解釋，而學習科學的方法是以合作的方式（與有權威的資訊來源）透過知識的共同建構來得到有說服力的科學解釋，在這樣的理念之下，合適的教學取向是與學生商議經驗與解釋以說服他們現今接受的科學想法的價值。因此，許多科教學者開始關切如何在課室中能夠讓學生經由互動的方式，驗證或評鑑所學的知識 (Osborne, Erduran, etal, 2001; Kelly & Chen, 1998; Newton, Driver, etal, 1999)。

然而一些近期的教育政策報告，如 *Beyond 2000* 和 *Before it's too late* 認為教育環境在五十年間幾乎無任何的改變，教師仍是課室中教學的中心，並非學習的主體-學生 (Duschl & Osborne, 2002)。傳統的教學多半注重的是知識的記憶、背誦，學生所獲得是前人研究所得的舊知識和舊觀念，他們未深究科學知識的產生方式，並不知道科學家是如何觀察現象、產生假說、設計實驗、衡量證據、再提出合理的學說或理論，學生未接受任何探索知識的

* 為本文通訊作者

訓練(就算有也是少之又少),多半只能單向的接受資訊,未擁有自行尋求新知的技能,如:論證能力、科學思考以及推理能力等。因此,在現實生活中遭遇問題時,學生無法藉由這些能力來解決問題或是整合既有知識以作出最佳的判斷,更遑論從原有的舊知識再去延伸出其他的發現了。

現今科學教育的目標多強調培養具有科學素養的未來公民,而科學素養包含的內涵有:了解科學知識的本質、能適當應用科學概念及原理原則在所處的環境中、能運用科學過程來解決問題並作正確抉擇及拓展自己對環境的了解、對自己所處環境中各方面的交互作用應符合科學的價值標準以及了解並鑑賞科學與技術間的相互影響及其與社會的緊密關係等(郭鴻銘與沈青嵩, 1976)。在論證的活動中,學生能體會科學知識的暫時性與協商建構性的特質,也會運用科學過程技能來解決問題,對環境議題或是科學技術議題的論證,更能促進學生對環境與科學和技術的關係的了解。目前教育與改革主流的九年一貫的課程,其目標也強調培養學生十大基本能力,其中包括「表達、溝通與分享」以及「獨立思考與解決問題」的能力(九年一貫課程與教學網),論證活動正是培養這些能力的教學方式之一。

但研究顯示教師的教學方式多半仍以講述式為主,課室對話的主導權掌握在教師手中,對話以三段式的「提問-回答-

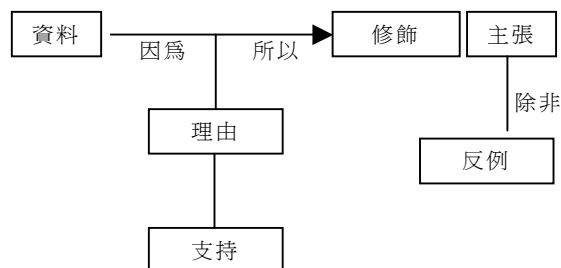
評鑑」為主,忽略了培養學生在科學上的批判力、對科學信念的論證和使用論證來澄清自身的概念和想法,因而錯失了讓學生在論證思考的過程中獲得更多對科學理解與認同的機會 (Newton, Driver, & Osborne, 1999)。要讓論證能力的培養落實到教學中,需要許多方面的配合,對此教師們可能會有一些疑問:該使用何種教材?教學該如何呈現?針對這些問題,本文首先介紹論證的定義與組成,讓讀者了解何謂論證及論證能力;接著,討論目前的研究中所呈現的,論證對科學學習的成效;再來,筆者會分享論證教學的實務,包括論證教材的設計與論證教學的進行;最後,就學生及教師在論證教學活動中可能面臨的困難及解決的方法提出建議,希望對教師進行論證活動的教學有所助益。

貳、論證的定義、論證能力的組成及論證在科學發展上的重要性

Toulmin 於『The uses of argument』一書中提出:「論證就像是個生物體」的想法,意指論證是由多個不同的元素所組成的,就好像生物體是由多個器官組成,且缺一不可 (Toulmin, 1958)。Toulmin 所發展的論點模式是最常被用來分析學生論證的組成和複雜度的理論,他在該書中為論證作了詳盡的分析及討論,說明組成論證的必要因素為何並清楚劃定其意義,而這個模型除了為科教學者提供了一分析課室

對話及研究論證的基礎，也可做為學生學習的啟發式評量，以支持學生學習。

Toulmin 認為一個完整的論證是由資料推論產生主張，他也明確定義出論證的各個組成因子（定義如下）及各因子間的關係（如圖一）：



圖一：Toulmin 的論證架構簡圖

資料(data)：可明確展現出主張的基礎，並支持、擁護主張。

主張(claim)：為一結論，進行論證的人試圖建立其價值或說服他人接受。

理由(warrant)：作為由資料推論至主張的步驟中驗證的其中一步，可能是規則、原理或是推論的依據。

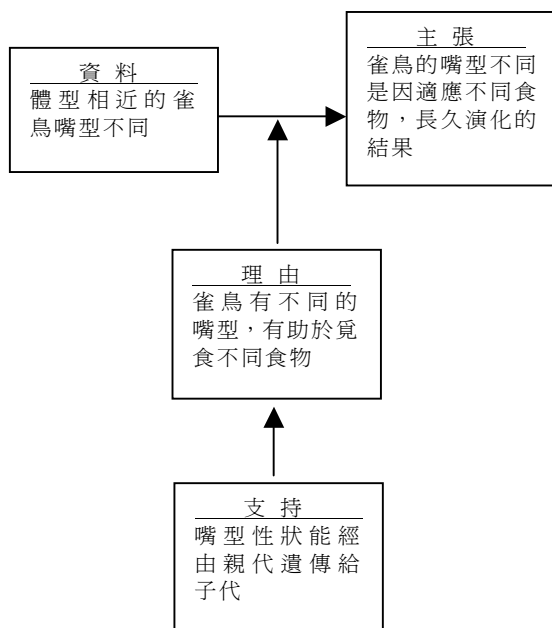
支持(backing)：為一般為人所接受的最基礎的假設，可用做證明理由是正當的。

修飾(qualifiers)：指出主張適用在何種情況，做為限制主張之用。

反例(rebuttal)：在一些特殊的情況下，主張並不成立。

Osborne 等人 (2001) 依 Toulmin 對論證的架構為基礎，提出進行論證需有主張(claim)，在主張的背後需有資料做為根

基，而主張通常依證據(evidence)提出，證據至少由資料(data)和理由(warrant)兩者組成；理由可讓與主張相關的資料提供一批判的信念，和支持資料連結到主張間的關聯。如：達爾文所提出的天擇說，起因是他乘小獵犬號遊歷之際於加拉巴哥群島所觀察到的現象--雀鳥因島上的食物種類不同，導致牠們的嘴型因競爭食物及適應環境產生性狀的篩選，使得後代的性狀特徵因而改變，造成不同雀鳥種間的歧異度，達爾文再依據這些收集而來的資料歸納出結論。若沒有這些雀鳥嘴形變異的資料做為基礎，再依其產生合理的推論進而提出主張，這嶄新的理論是不會被接受的。圖二以達爾文提出天擇說的論證過程為例說明論證的組成。



圖二：達爾文天擇說中的論證元素

在進行論證之際需使用到許多相關技能，如：評鑑另一說法、權衡不同的證據、詮釋主題及評估科學主張的可行性，這些都是在建構一科學論證時所必需具備的因子 (Driver, Newton, & Osborne, 2000)。Kuhn (1991) 以三個社會議題：“為何假釋的犯人再犯的機率很高？”“學生容易中輟的原因為何？”“什麼原因導致失業？”訪問不同年齡層的受訪者，並由訪談中所呈現的論證能力歸納分類。在此，將 Kuhn 所分類的論證能力列舉如下：

1. 能提出具因果關係的理論(Causal

theories)：能對一觀察到的現象提出因果的理論，並將之表達出來。Kuhn 在研究的過程中整理受試者針對現象所提出的理論解釋，根據其因果關係的多寡，將受試者的理論分為兩個類型：單一因果(Single cause)--指受訪者所提出的因果理論是屬於單一因子，並使用唯一的理由解釋所觀察的現象，以及多重因果(Multiple-cause theories)--指受訪者提出的因果理論可能來自不同的面向的成因。在與他人溝通意見或進行論證時，通常需擁有自身的主張和觀點，因此能對討論的現象或待解釋的議題，提出合乎邏輯理論是相當重要的。

2. 能提出可支持理論的證據(Evidence to support theories)：能夠使用正確、適當的證據來支持所提出的理論。個

體在為自己的觀點和主張尋求他人的認可時，通常會提出相關的證據來做為支持，而能讓人接受的證據必需能正確地描述因果關係，若未具備這樣的特徵，則理論無穩固的基礎，無法讓人信服。

3. 能以另有理論(Alternative theories)強化自身的理論：當面對他人提出異議，能查覺自身的理論疏漏為何，並提出曾經納入考慮或有其可能性的另一理論解釋或再作說明。在論辯的過程中，可能會有多樣的理論同時提出，而參與論證的人需解釋自身的理論與他人有何不同，及為何他選擇此理論而非另一理論的原因。

4. 能產生用來反駁的論點(Counterarguments)：當他人對自身的理論提出質疑時，能產生一反駁的論點來辯護或支持其原始論證所組成的證據。在論證的歷程會中常有不同的論點產生，當他人對你的理論提出質疑時，提出合理的論點來反駁，為捍衛自己的觀點是相當重要的。

5. 能針對他人的反駁(Rebuttal)再行反駁：對於他人所提出的反駁，提出反駁的論點或另一理論，卻又再次遭到反對，需能根據對方的意見再以自身的立場進行論證。在論辯的過程中，會出現反覆的意見交流，需在你來我往的唇槍舌戰中站穩自己的立場，找出對方的弱點，才是致勝的關鍵。

Kuhn 以晤談的方式讓受訪者根據現實生活中所遭遇的問題進行論證，由此整合後所提出來的論證能力理論，能在科學教育上做為教師在進行批判思考教學的一項指標，因將思考的技能具體化後，可提供一架構幫助教育工作者了解它的特徵及教育上的意義，使得教師更容易去關注學生思考的歷程或是學生如何操作其思考。另外 Kuhn 將論證能力歸納出後，也使得論證能力不單需在特殊的脈絡下討論，而可將之抽離出在一般情境下使用，以此論證能力定義為標準，才能切合學生學習到的能力是否能夠應用於真實世界(Kuhn, 1991)。

論證活動在科學發展上扮演重要的角色。一方面，論證是科學哲學的中心，近代的科學哲學觀認為知識的建構是涉及臆測的社會過程，知識主張被視為植基於論證的過程，而論證的功能在於建立科學家想像的猜測與可得的證據之間的連結。科學的關鍵活動是以可得的證據來評價臆測，而科學家的工作就是在決定哪一個猜測呈現對自然界特定現象最有說服力的解釋。再者，就制度面而言，論證是科學知識建立的必要過程，科學知識必須被各種科學機構核對過才能成為公眾知識，而理性的論證過程是這些制度實踐的基礎 (Newton et al., 1999)。Driver 等人便提出在科學知識建立的過程中，論證會發生在四個層次，首先，科學家對於實驗設計或是資料詮釋，會在自己的腦中進行思考論

證；其次，研究小組進行意見交流時，為了說服其他成員接受自己的觀點，也會有論證的發生；接下來，科學家將研究結果發表在研討會或是期刊上，必須透過論證來說服科學社群中的人接受；最後，當研究結果公佈在一般大眾的面前成為公眾知識時，科學家更需運用論證的技巧，來讓大眾接受新的科學知識 (Driver et al., 2000)。由上面的論述可以知道，論證活動確實在科學知識的發展上佔有舉足輕重的地位。

參、論證對科學學習的功效及相關研究

從科學學習的角度來看論證，學習科學就是對科學社群的語言和實務社會化的過程 (enculturation into science)。學習科學如同學習外國語言，都需要練習使用的機會，練習發表看法、練習發問、也要練習回答問題，而透過需要論證的活動，學生也會開始對科學的認識論基礎有所了解。再者，根據建構論的觀點，學習者主動的意義化過程是很重要的，而討論與論證活動對於發展學習者對概念的理解是很恰當的教學策略。最後，就通識教育面來說，社會科學議題的討論與決定也需要以論證作為工具。教育必須賦予學生對日常生活議題進行科學思考的能力，所以論證能力的培養是科學教育重要的面向之一 (Newton et al., 1999)。

將論證視為科學學習的中心元素具有兩個功能：一方面，論證活動可以作為

使學習者從事概念與知識論的協調的啟發 (heuristic) 工具，在論證的活動過程中，學生要像科學家一樣地衡量資料、提出想法、以及考量可能的解釋，這些活動都與科學家建構知識的過程相似，學生可以從論證活動的進行中，了解科學知識的建構與協商本質。另一方面，論證活動也可以呈現學生的科學思考與推理過程，教師可從這些學生呈現的資料中去了解學生對概念和理論的理解程度，作為形成性評量 (Osborne, Erduran, & Simon, 2004)。

Lawson 也認為，應用論證在課室中應該能達成兩個教學的目標，其一是若給予學生充分的時間和推理技能與回饋，可使學生獲得概念或是達成概念改變；另外，論證的實行也可讓學生發展使用論證的覺知和技能 (Lawson, 2003)。

運用論證在科學教育方面的研究正方興未艾，國外已經累積了相當的研究結果 (Jimenez-aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000; Newton et al., 1999; Zohar & Nemet, 2002)，而國內這一方面的研究也在增加之中 (林麗玲, 2003; 張淑女, 2004; 黃翎斐, 2005)。分析已經發表的研究結果，可將論證活動對科學學習的功效歸納成下列幾個方面：

一、幫助概念理解

論證在科學教育上的價值，可以從認知及社會兩方面來探討。由認知的觀點出發，學生在論證的過程中，必須在公開的環境下或自己的腦海中闡述自己的論點，可藉

此思考的過程再精緻化自己的概念，並發展邏輯推理的能力 (Duschl & Osborne, 2002; Kuhn, 1992; Osborne, Erduran, Simon, & Monk, 2001)；而從社會的觀點來看，學生在發生論證的過程中，與同儕社群互動，亦能增加多樣的社會經驗和表達語言及溝通的能力，使學生在科學課室中也能習得基本的社會技能－溝通與聆聽的能力。因此，了解與實施論證教學是科學教育中重要的一環。

Gallas 主張：討論問題是一種開放，可使科學探索更為豐富，並以語言為工具，可讓思考更具體化，藉由對談和論證來進行協商、討論，能從中看見科學概念的建構和變化。(Gallas, 1995)；讓學生經由課室中的科學對談分享他們的生活經驗，解釋自己所體會的科學用語，最後達到能夠完整的陳述科學概念，在這樣的過程中，學生能對科學知識有完整的體認及了解。事實上學生在進行科學學習的過程中，所獲得的新概念，必須經過一連串處理才可納入他的知識體系，這些處理包含了新概念與原有觀念和經驗的衝突、協調、印證及澄清。當學生進行與教師或同儕間的互動時，學生有機會將個人的生活經驗及新得到資訊，如：觀察到的現象或是曾聽聞的理論等，再做重覆的印證、詮釋，在與人論證、對談的同時，學生內在的思考同時也試圖對該主題提出理論、使用證據支持或是反駁等論證能力。換言之，若學生在概念學習時，教師能提供學生應用論證

能力的機會，學生將能藉此整合出自己的概念系統，將新的概念納入自己的概念系統中，如此才能真正的學習到新的知識、新的概念。

二、發展科學探究能力

在英國的課室中十分強調實驗，其中又以進行觀察最佔優勢，被實行的頻率最高(Driver, et al., 2000)。在國內的科學教育中，雖然也有實驗課程的安排，但學生所進行的多半是食譜式的實驗，為的是要印證一些課本上介紹的理論或現象，在進行實驗之前，結果大多是已經知道的。然而，在真實的科學研究中，最重要的是推論能力，在進行科學研究時，需考慮此實驗的目的，如何做較好的設計去解決問題，什麼方法可以得到值得信賴的數據，相同數據有無其他的解釋(Driver, et al., 2000)。可是，在我們的課堂中並不常有這樣的機會提供給學生進行辯證、討論實驗的可行性、實驗的目的及方法，甚至是當實驗結束後，學生多半未嘗試自行詮釋實驗收集所得的數據，因此實驗結果的陳述大多流於教師及課本、參考書的公式化說明，學生在此能參與的角色幾乎被埋沒了。因此，若在教學現場利用課程設計或教學策略，培養學生利用其論證能力進行實驗，對於其科學素養或科學過程技能相信都將會有所助益，且若能讓學生在實驗的操作中，重新驗證或是獲得科學概念，相信能對其科學學習有更深遠的影響。

三、了解科學的知識論

學校中的科學多半被以實證論者的觀點描寫，用來驗證結論的證據未呈現出任何的爭議性，因此具有“相當正確的答案”的特性，且用來驗證結論的證據無任何的爭論性(Driver, et al., 2000)。但實際上科學理論的形成並不如此單純、唯一，在科學理論形成之際，它是可不斷被挑戰和提出質疑的，如：實驗的設計、對證據的詮釋、提出不同的理論假說等，科學家們的對談、爭論、辯證及衝突常能提供不同觀點的思維，在推論的過程中，提供了科學家機會去建構概念，包括展現和考慮證據的可行性、可信性，評鑑另有理論，解釋文本，產生論證和評估該概念的可能性(Kelly, Stephen, & Catherine, 1998)，這才是科學的核心。學生在進行論證的同時，可以體會到知識的產生過程及科學知識的本質，能更加貼近科學的核心。

在科學社群中，科學知識的形成需要經過科學社群的認可，而在認可的過程中，有不同的運作方式，如有研討會、科學期刊等等途徑讓科學家們能進行意見的交流、觀念的澄清和論辯。在課室中進行論證式的教學，可以讓學生體會知識形成的歷程，如同科學家運作的一般，每個人有提出個人想法的權利，所提出的想法必需經由該社群的評鑑，能否被接受，則取決於理論基礎的可信度和合理性，在課室中讓學生經歷這樣的過程，可以幫助他發

展論證的技能及與人溝通的信心，未來對生活中的議題，或是行使民主社會中公民的義務都有所幫助（Driver, et. al, 2000；Jimenez Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000）。

四、促進批判思考與科學思考能力的發展

在進行論證的同時，學生會在腦中同時對許多不同的主張，進行攻訐、衡量和辯證，這樣的過程中學生能對不同主張評斷是非，且根據提供的證據選擇出最佳的結論，這即是科學思考的一種（Kuhn, 1992）。此外，也能藉由進行論證的方式讓學生對科學的認知更加深入。多元化的溝通也是一種刺激思考的方式，學生在一開放的情境下進行論證，各人都能闡述自己的主張和想法，這樣的活動可以幫助學生練習對理論和資料的判斷，刺激學生提出解釋現象的理論或是提出反駁、質疑，這會有助學生進行批判式的思考。

肆、論證教材設計理論與實務

大多數的科學課室中，論證通常會成為教師一人的獨白，多半是單向的講述。由於學生缺乏科學知識的資源，因而無法提問去挑戰教師所聲稱的科學主張（Osborne, et al., 2001），形成了課室中的發言為教師所獨占的局面。想要提供學生機會參與論證，學習如何提出自己的論點、針對他人論點進行討論、或是促進批判性

思考能力以及發展本身的知識、信念及推理能力，就必須靠著設計良好的課程讓學生容易進入討論，或以小組討論的方式促使學生分享個人的主張。而教師在討論的進行中必須引導學生利用原本具有的論證技能進行討論，而且在討論的過程中不斷刺激學生運用其論證能力，以精鍊其論證能力的使用，並增進對科學知識的理解。

採用一個新的教學方法時，教師最前面臨到的問題就是教材的設計與進行教學時的技巧。以下就論證教材的設計理念與實例及教師在課室中進行教學時應注意的技巧進行探討，希望能提供教師進行論證教學的一些指引。

一、論證教材的特性

可用來讓學生進行論證的教材應具備哪些特性呢？Duschl 及 Osborne(2002)認為幫助學習者進行論證時，需兼顧兩個重要的因素：一是有效的情境，另一是適當的交談情境。

有效的情境是指被討論的現象或理論主題並非只有單一的解釋，而是具有多種可能的說明，如此才能引起有效的論證。此種情境不單單能引起學生討論科學理論，亦能成功地引發出他們的先存概念，再針對這些概念去進行修正或是延伸，如：植物體如何產生養分？是自己本身製造的，或是由土壤中吸收的？這樣的問題對許多剛接觸生物學的學生來說是相當衝突的事，因多半的孩童會以動物的角度出發來看植物體的一切，而日常生活的

經驗也會影響他們概念的形成。另外，進行論證的情境也可以用一些社會-科學議題（Socialscientific Issue）做為討論的主軸，因為這樣的議題通常沒有絕對正確的答案，如：需不需建設核四廠？若你從不同的角度-經濟、生態保育或環境污染-來看，這問題將會有不同的解答。在國外的相關研究也有以此類議題做不同面向的討論應用，如：科學應用(該不該進行複製人的研究)、問題導向的環境議題(住家附近的天然濕地，該不該因居民交通方便而開闢道路橫跨過濕地)，或是利用電腦軟體作為論證問題的媒介。

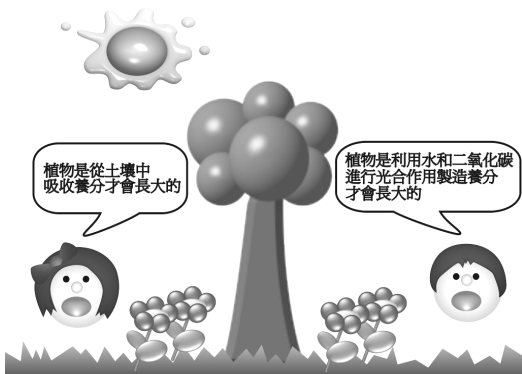
在適當的交談情境方面，進行論證前需給學生基本的交談規則，如：課堂秩序的維持、尊重每一個人的發言、發言必須針對主題、發言沒有對錯、要儘量表達自己的想法……等等，當基本規則建立了之後，學生才能在可以盡情暢所欲言的環境下討論。利用小組討論的方式協助學生進行論證，形成一小型的科學社群，再將討論結果對全班發表，讓學生能如同科學家一般，在科學社群中獲得共識。另外，教師的提問也需以開放、探究的方式引導學生進入論證，因教師與學生在課室的環境中，是處於不平衡的兩端，在專業知識上學生無法挑戰教師，若教師仍將問題的主導權都掌握在手的話，學生並無太多能參與的空間，因此要促使學生參與論證，應盡量使用學生為中心的教學活動和策略，而教師在進行交談中，需避免出現有遲疑、不確定的對話，才不會阻礙課室中論證的進行。

二、論證教材設計實務

Osborne 等學者((2004)訓練教師使用不同的論證策略帶領學生進行論證，發現學生經由一學期的論證教學與學習之後，論證的品質有所改善。在他們的文章中提出了一個「支持與促進科學教室中的論證教材之架構」，其中列出九項論證教材設計的參考架構，可作為教師在進行論證教材設計時的參考。茲將這個參考架構的內容與應用的例子詳述如下：

1. 陳述表：針對特定主題給學生一個相關科學概念的陳述表，請學生對每一個陳述表達同意或不同意的看法，並說出理由。例如：在進行光合作用的教學時，可將學生常具有的另有概念與正確的科學概念列成陳述表，請學生逐一討論贊成與否，並說明理由。
2. 概念圖：由研究文獻中找出學生作的概念圖，請學生討論其中的概念與連結是否正確，並說明理由與論點。例如：呈現研究文獻中學生所作的生殖單元概念圖，其中包含一些另有概念或在概念的連結上有一些缺漏或錯誤之處，這樣的概念圖就可以作為學生進行論證的教材。
3. 學生的實驗報告：給學生一份其他學生的實驗報告，而報告中缺乏某些訊息或含有可改進的資料，引發學生的反對，請學生說明可改進之處和理由。
4. 競爭理論—卡通：以卡通型式呈現兩個或兩個以上的競爭理論，請學生選

出他認為正確的理論，並說明理由。例如：以卡通型式表達出不同的人對植物需要的養分是來自土壤或是來自水和空氣的看法（如圖三），請同學討論他們各自支持誰的看法，並說明理由。



圖三：以卡通形式呈現競爭理論，讓學生進行論證

5. 競爭理論—故事：給學生一份報紙上報導的競爭理論的故事，請學生選出他認為正確的理論，並說明理由。例如：在談到地球上的生命起源時，可同時呈現生命是來自外太空以及生命是起源于地球上兩種不同的理論，讓學生進行討論。
6. 競爭理論—想法與證據：給學生一個科學現象，提供兩個或兩個以上的競爭解釋，同時提出一些可能支持或反駁理論的證據，請學生討論這些證據與理論之間的關係，並選擇一個認為正確的理論，說明理由。例如：在提到恐龍為何會滅絕的原因時，可提供學生多種不同的說法，如：小行星撞擊理論、大規模

海底火山爆發理論、繁殖受挫理論以及氣候驟變理論……等等，並說明支持和反駁這些理論的證據，讓學生討論他們比較相信哪一種理論，並說明理由。

7. 建構一個論點：給學生一個科學現象，提供數個解釋，請學生選擇一個認為正確的解釋，並說明理由。例如：請學生討論哪一個論點比較支持物質是由粒子所組成的，並說明理由，這些論點包括：注射針筒中的空氣可以被擠出來、純物質的結晶都有相同形狀、小水坑中的水不見了以及紙張可被撕成非常小的紙片（Duschl & Osborne, 2002）。
8. P-O-E（prediction-observation-explanation, 預測-觀察-解釋）：介紹一個現象或裝置，請學生預測會發生的事並說明理由，接著由教師進行示範或由學生動手操弄，然後觀察真正發生的現象或結果。若觀察到的現象或結果與學生預期不符，則請學生重新討論，並提出新的論點。例如：進行蠟燭在瓶中燃燒的實驗，請學生預測蠟燭熄滅之後，水位上升的狀況。若水位的上升高度與學生的預測不符，請學生解釋可能的原因（洪振方, 1994）。
9. 設計實驗：請學生分組設計實驗來測試一個假說，要詳細說明測量或觀察的變項及採取的步驟，並試著討論另外可行的實驗方法。例如：請學生提出會影響酵素作用的可能因素，並針對此因素對酵素作用的影響提出假說，接著進行實驗設計來驗證或推翻

此一假說，並在實驗進行完畢資料蒐集結束之後，針對所蒐集到的數據所呈現的意義進行討論，最後進一步檢討整個實驗設計與進行過程。

除上述可作為論證教材設計的架構之外，在科學教育中，社會-科學議題(socioscientific issue)因為能營造一個與生活相關的科學學習情境及培養學生的科學素養，逐漸在科學課程教材上及科學教育的研究上扮演一重要的角色。社會-科學議題是開放的、非結構的以及有爭議的，需應用非形式推理來釐清，它多半有多種可能的解決方案，端看你用何種觀點切入(Sadler, & Zeidler, 2005)。在針對此類複雜問題進行協商及論辯時，即需應用到論證來尋求共識。對於論證的研究即有許多是以社會-科學議題做為進入討論的「引信」，如：Zohar 與 Nemet (2002)在他們的研究中，就提供一個兩難的情境--父母帶有纖維瘤的隱性遺傳因子，他們該不該懷孕產下後代？藉著這樣的問題讓學生討論目前生物倫理所遭遇的問題，亦可讓他們根據之前學習的遺傳學概念來提出建議，並說服他人接受自己的意見。研究結果發現學生對遺傳學的認知更為深入。

伍、教師及學生可能面臨的困難與因應之道

以論證為中心的教學活動與傳統的講述式教學有非常大的不同，這是一種以學生為中心的教學方式，在教學活動進行的過程中，教師必須有效的安排學習活動

與內容、鼓勵學生發表意見提出主張、適時引導活動進行的方向、以及將活動做最後的統整；而學生則必須提出自己的想法主張、與同學進行討論溝通、甚至在全班討論時說服大家接受自己的觀點。以上這些要素，都是活動可以順利進行並達到成效的關鍵因素。

習慣了被動的接受老師所傳遞的科學知識，加上對論證的不熟悉，學生進行論證時可能會出現下列的困難(Driver et al., 2000)：

1. 效度的問題：若學生相信前提，就算證據與前提相反，還是會堅稱其信念，學生無法因證據不支持前提，而排除他自己原有的想法。
2. 認知結構的幼稚概念：學生有實證偏誤，對其認為不對的證據並不給予同等的注意，因此學生只會將注意力放在少數的證據上，無法對所有證據做通盤的考量。
3. 論證中的完全信賴效應：學生較能接受與自己信念相符的論證，但對於相衝突的會顯得較無能力解釋。
4. 不適當的證據舉例：學生不能舉出適當的證據即跨入結論，或是所舉出的證據缺乏相關性，而學生也可能未全然的了解他所認可的證據。
5. 改變論證和證據的呈現方式：會自行詮釋證據的意義，加入多餘的主張，做非必要的推論。

接著談到教師在進行論證教學時所會面臨的困難。在 Newton 等學者 (1999)

以焦點團體晤談法及個別晤談法得到的資料中指出，限制教師進行學生論證式教學的因子有外在的因素與內在的因素兩個部分。外在的限制主要來自教學時間的不足、太多的課程內容以及評量方式的限制；而內在的限制主要是教師本身對於此種教學方式的調適，包括了經營討論方面所面臨的困難（包括技巧、教材與自信）以及教師的科學觀影響對討論的意義的看法。此外，學生對科學學習的觀點（他們可能認為科學都有一套標準答案，所以只要記憶而不需要討論），也會影響整個教學方法是否能順利進行。這些因素同樣也是台灣的科學教師在進行論證式教學法的嘗試時，常會面臨到的問題。

論證基本上是一個介於兩人到多人之間的對話歷程 (Duschl & Osborne, 2002)，而科學論證的過程更為特化，它必須由團體中的個人根據證據作出鑑定、解釋、預測或是形成理論，因此學生在進行科學論證的歷程中，能幫助他們了解知識本質及內容、模擬科學家創造形成新知識的工作，但該如何讓課室中的論證順利進行是許多教育工作者深覺無以著力之處。那麼，如何使課室中的論證活動順利進行呢？

本質上，權力關係存在於教師與學生之間，因此當教師企圖傳遞自己認可的科學世界觀時，實際上學生在這種情境下能發言的機會是相當少的，因此當學生-學生間的互動被允許及鼓勵時，可以觀察到學

生的表現是與面對老師時截然不同的 (Duschl & Osborne, 2002)。安排一個適合學生進行口語對話的環境是不容易的，而教師也需要一些教學上策略去刺激學生願意開口發言，使論證持續進行而不偏離方向，Eichinger, Anderson, Palincsar 和 David (1991, 引自 Duschl & Osborne, 2002) 發現論證要順利進行必須要有良好的課室文化配合，課室文化由責任的民主標準、容忍度及建構論證所依據的理論及證據的科學標準共同組成的，換句話說，教師在進行論證式教學時，需將所有的規範制定完成，包含了發言的順序及人選、學生是否能接納與自己相左的意見及教學內容所蘊涵的科學概念。Cohen (1994, 引自 Duschl & Osborne, 2002) 也指出課室的交談在沒有任何規範或是太多規範下都會使交談的發展表現不佳，他也發現在教學任務設計上，需提供適合小組討論的主題，若任務只可供個人發揮，將會抹殺小組間的交談，則論證無法產生。因此一個適當的交談環境是相當重要的。

Zohar 和 Nemet (2002) 也認為進行論證教學時，應注意下列幾個重要的因子：教導學生一個好的論證的組成因子與結構的知識、透過寫作來促進論證技巧、教授關於論證的後設認知知識以及使用真實生活的問題情境。整體來說，促進課室中的論證需要注意的事項包括：事先的計畫（包括教師對教材的規劃及學生的資料蒐集）、營造適切的對談情境（討論時應先放

開對錯，而以概念呈現與交流為主要目的)、適當的時間安排以及建立明確的團體討論流程 (Newton et. al, 1999)。

陸、結語

在今日以培養學生成為具有科學素養的公民為目標的科學教育情境中，論證教學有其不可忽視的重要性。在論證式教學的學習過程中，學生可以透過對科學語言的使用來增進對概念的了解與使用，經由實驗的設計和對資料的詮釋促進科學方法的使用，或透過對環境和科技議題的爭辯來增加對科學與社會的關係的認識，更可以體會科學知識具有的暫時性和社會建構等特質。雖然論證教材的設計和討論環境的維持需要耗費老師相當的心力，而學生在進行論證活動時也會有許多的障礙，但是只要教師能費心的安排適當的教材，並在活動進行過程中給予學生適時的引導和鼓勵，相信老師與學生必能在這樣的活動當中獲益良多。

參考文獻

- 郭鴻銘與沈青嵩(1976)：科學素養之涵義。科學教育月刊，創刊號，9-16。
- 洪振方(1994)：從孔恩異例的認知與論證探討科學知識的重建。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- 許郁君(2002)：科學對談對國中生概念轉變的探討。國立高雄師範大學化學研究所碩士論文。
- 林麗玲(2003)：後現代課程理念下設計溝通論證之教學研究---以國中演化單元為例。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 張淑女(2004)：從認識論的觀點探究大學生論證思考之能力與模式。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- 黃翎斐(2005)：教學策略對論證的影響。國立台灣師範大學生命科學研究所碩士論文。
- 九年一貫課程與教學網：
<http://teach.eje.edu.tw/9CC/brief/brief3.php>。
- Driver R., Newton P. & Osborne J.(2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classroom. *Science education*, 84, 287-312.
- Duschl R.A. & Osborne J. (2002). Supporting and Prompting Argumentation discourse in science education. *Studies in science education* 38, 39-72.
- Erduran S., Simon S., & Osborne J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Hogan K.& Fisherkeller J.(2000). Dialogue as Data: Assessing Students' Scientific reasoning with interactive protocols. *Assessing Science understand*. Academic press.
- Jimenez-aleixandre M. P., Rodriguez A. B. & Duschl R.(1999). "Doing the lesson" or "doing science": argument in high school genetics. *Science Education*, 84, 757-792.
- Kuhn D. (1991). The skills of argument. New York: Cambridge University Press.
- Kuhn D. (1992). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science education*, 77, 319-337.
- Kelly G. F., Stephen Druker & Catherine Chen (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20, 849-871.

- Lawson A. E. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International journal of science education*, 25, 1387-1408.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Osborne J., Erduran S., Simon S. & Monk M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School science review*, 82, 63-70.
- Osborne J., Erduran S., & Simon S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 82, 63-70.
- Sadler T. D. & Zeidler D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89: 71-93.
- Toulmin S.E. (1958). The uses of argument. London: Cambridge University Press.
- Zohar A. & Nemet F. (2002). Forstering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of research in science teaching*, 39, 35-62.