

後設認知鷹架策略融入科學探究教學 之探討

葉辰楨¹ 王國華^{2*} 蔡明致³

¹臺北縣立三峽國民中學

²國立彰化師範大學科學教育研究所

³臺中市立居仁國民中學

* sukhua@cc.ncue.edu.tw

(投稿日期：2010.4.8；修正日期：2010.5.23，2010.6.14；接受日期：2010.7.30)

摘 要

本研究以合作式行動研究方式，邀請一位資深科學教師，共同發展融入後設認知鷹架策略之科學探究教學模式，並探討在國中階段實施的可行性。研究前後歷經3年，後設認知鷹架包括由AA Vee圖和概念圖所建立的結構性鷹架及動態性鷹架，依序融入於「科學競賽」、「科展作品評析」及「開放式探究」之三階段探究教學模式中。資料收集分析以質性研究方式進行。研究結果顯示，本研究發展的融入後設認知鷹架的三階段教學模式可逐步引導學生理解科學探究過程，並提升學生的後設認知能力。而由學生的學習表現，顯示結構式鷹架對於探究活動的「計畫」與「監控」有所助益；動態鷹架則扮演促進學習者反思的角色，展現較強的「自我評估」與「自我調節」功能。

關鍵字：AA Vee圖、後設認知鷹架策略、開放式探究、概念圖

壹、研究背景與目的

科學教育改革是許多國家共同的趨勢，隨著改革觀點的演進，人們更注意探究在科學教育所扮演的角色。探究取向的科學教育，特別重視問題解決能力，強調讓學生從探索的過程中主動學習，組織並建構自己的想法，思考問題，形成假設，尋求證據，透過這些過程，不但有助於培養學生思考與問題解決的能力，對科學概念的學習亦有所助益 (Tabak, Smith, Sandoval, & Reiser, 1996)。進行以探究為基礎的科學活動，學生不但獲得對科學概念的知識與理解，同時也理解科學家如何進行探索真實世界的活動，並發展出批判思考與推理等認知能力 (Olson & Loucks-Horsley, 2000)。在探究取向的科學教育蔚為主流的情況下，提升科學教師實施探究教學的能力，培養各階段學生具備科學探究能力，且能應用在真實情境中，已成為科學教育的重要目標與課題。

Anderson (2002) 指出：「科學的探究」是指科學家運用不同的方式去研究自然世界，並依據研究所得的證據，提出對自然世界的解釋，探究所強調的是「知道什麼」、「為何知道」以及「如何知道」等種種思考的過程。美國國家科學教育標準中所描述的「探究」呈現出多元面貌，包含了基本的及整合性的科學過程技能，同時也運用了批判及邏輯思考 (National Research Council [NRC], 2000)。如同我們所熟知，動手作及探究活動是科學教學的特色，對 hands-on 與 mind-on 不但應等同重視，更應透過教學活動發展二者之間的連結，此將能促使學習者的過程技能與思考能力同步成長。

開放式探究允許學生發展自己的問題，發展實驗設計進行研究，雖然對科學學習有正面的助益，但一些研究卻顯示推行開放式探究可能會遭遇到的困難，包括：教材內容不適合；教師不清楚科學探究的本質；學生的探究經驗與能力不足，以及難以評量學生的探究能力等等。Carillo、Lee 與 Rickey (2005) 曾指出，在探究過程中，需要引導學生如何思考，但這種鷹架在中學階段常常被忽略。

近來許多學者關注後設認知在成功的學習上所扮演的角色 (Anderson & Nashon, 2007; Georghiades, 2004; Kirby & Downs, 2007)。學生了解如何處理學習任務，運用種種策略以形成計畫，監控自我的進展，發現問題，完成任務的評估進步情形等，涵蓋種種後設認知與歷程，這些面向對學生進行開放式探究來說也極為重要。另外，由 Vygotsky 的「鷹架理論」(scaffolding)，可以透

過教學設計，提供暫時性的鷹架支持、動態評量及促進學生的反思，直到學生得以自我調節其學習 (Graham & Harris, 2000)。因此，學生如能在開放式探究過程中，獲得教師的鷹架支持，在學習上將較為順利。

綜合以上有關探究的研究，多數在探討探究教學對學生學習的效益及遭遇的困難，少有研究探討教師在學生進行探究過程，尤其是開放性探究，應該給予何種鷹架。本研究致力於發展一個融入後設認知鷹架策略的科學探究教學模式，透過長期的參與觀察及深入的分析，探討有效支持科學探究之鷹架策略，並呈現其對國中生科學探究歷程的影響，期能對國中進行開放性科學探究教學，提供實徵性的研究結果。

本研究之待答問題如下：

- 一、後設認知鷹架策略融入科學探究教學模式之實施與調整情形如何？
- 二、後設認知鷹架策略融入科學探究之教學模式對國中學生進行開放式探究的影響如何？

貳、文獻探討

一、科學探究與教學

美國國家科學教育標準 (National Science Education Standards; NSES) 指出，科學探究是指科學家運用種種方式探索真實世界，並基於所蒐集的證據提出解釋；探究也被認為是學生發展對科學概念的知識與理解，同時理解科學家如何探索真實世界的活動 (National Research Council, NRC, 1996)。科學學習著重解決真實的問題，以自然界的事物為中心，可據以進行實證性的研究。學習者提出並精鍊問題，設計並進行研究，收集、分析資料以發展對科學現象的解釋，描述結論、報告發現，學生還需瞭解證據和理論之間的關係，包括運用資料支持自己的主張，為主張辯論，學生必須考量所收集之證據的品質，並基於對科學證據的評價，參與公共的辯論 (Marx et al., 2004; Millar & Osborne, 1998; Olson & Loucks-Horsley, 2000)。

科學探究是多面向的活動，美國國家科學教育標準中涵蓋的探究，不僅重視從事探究的能力，更包含對探究的理解，以及如何經由探究產生科學知識；從科學史的角度來看，科學知識形成的過程，其實就是科學探究的過程。將探

究過程與科學內容整合至活動之中，透過觀察與操作發展新的理解，科學知識將更為加深（熊召弟，1996；NRC, 1996; NRC, 2000）。

然而，探究取向的教學可因教師提供不同的引導，呈現多樣化的面貌。其中開放式探究以學習者為主，由學習者主動發現問題，決定證據並選擇所要採納的證據，運用這些證據提出合理的、可與其它知識連結的解釋，進而形成邏輯的論證，以傳達其解釋，包含了基本的及統整的科學過程技能，同時也運用了批判及邏輯思考。探究過程中，學生經歷基本的與統整的過程技能，並將其同化與精鍊，發展為自己的認知、科學推理與科學探究能力（NRC, 2000; Wilson & Livingston, 1996）。

回顧過去實施探究教學的研究，大多以特定主題或單元的方式進行，獲致的學習成效包括：提升科學概念理解程度、探究活動前後科學本質觀點的改變、對探究活動正向的感受、實驗設計的能力以及問題解決能力等（王月春，2004；林淑靜，2006；侯香伶，2002；張俊彥、翁玉華，2000）。其中以質性研究深入探討開放式探究教學成效的研究，則大多以專題探究的社團活動或參與科學展覽活動的學生為對象，例如劉宏文與張惠博（2001）探討高中生科學社團之開放式探究活動中，學生提出的研究問題特質、學生對開放式探究活動環境的知覺等；陳榮祥與江新合（2006）發展 Vee 圖科學探究指導模式，指導五位國小五年級學童進行科學探究活動，並參加科學展覽。相關研究結果顯示：學生經由開放式探究獲得體驗的學習，不但對探究活動維持高度興趣，在實作能力、科學態度與創造性問題解決能力方面，都有顯著的提升（許素，2002；賴慶三、高汶旭，2004）。

但一些研究也顯示，推行開放式探究可能會遭遇到的困難，包括：教材內容不適合、時間與資源不足、教師的工作負荷與指導技巧不足、教師不清楚科學探究的本質、學生的探究經驗與能力不足、難以評量學生的探究能力等等（陳姿妙，2005；黃鴻博，2000；楊秀停，2003）。De Jong 與 Van Joolingen (1998) 回顧有關探究能力與理解的文獻，指出學生通常不熟悉假設的形式、無法指出變因以及變因間的關連性；一次改變太多變因，或不恰當的操控變因；無法基於資料的蒐集來陳述或修改假說；設計實驗時，傾向於尋求支持假說的資料；詮釋資料時，無論資料是否適切，都引用來支持其假說。國內相關研究也指出，學生普遍欠缺實驗設計與推理的高層次思考能力，而「根據結果推論並下結論」的能力也需要加強（魯俊賢、吳毓瑩，2007）。顯示學生進行探究活動，特別是開放式探究活動，亟需教師提供適切的教學模式引導以及鷹架的支持。

二、後設認知與科學探究

當前教育改革的方向，反映出知識具有動態的及建構的本質，強調學生應發展的能力包括提問、批判性、系統性的思考，下決策、問題解決、形成在科學與其他學科之間得以轉移的基礎概念 (Leou, Abder, Riordan, & Zoller, 2006; Yager, 2000)。而科學探究活動訴求的探究能力，要求學生將觀察、推論、實驗等過程與科學知識緊密相連，運用科學推理與批判思考發展對科學的理解，利用證據與分析工具導出科學主張，能夠評量科學主張的強度與弱點，並對所形成的科學主張進行反思，掌握科學主張的發展與演變，顯示對於認知能力的強調超越了科學過程技能 (Hurd, 1998)，同時也重視學習者是否具備自我調節的學習能力，因此，越來越多的學者關注後設認知 (metacognition) 在成功的學習所扮演的角色。

Flavell (1981) 提出後設認知與認知監控模式，促使後設認知的概念成形，更開啟了相關研究的先河。後設認知是「思考如何思考」的過程，或指人們對自己認知歷程所擁有的知識 (Hacker, 1998)。涉及學習中對整個認知歷程的主動控制，包括如何處理學習任務、監控理解、在完成任務的過程中評估進步的情形等，廣泛運用於各領域的教學與研究。然而，相關學者所提出後設認知的內涵並不相同，較常被引用的是 Flavell (1981)、Brown (1987) 以及 Paris 與 Winograd (1990) 之後設認知模式。其中 Brown 將後設認知定義為學習者對自己認知系統的知識與控制，著重於後設認知的知識結構與認知結構間的關係；Flavell 的「認知監控的模式」則指出「認知目標」、「認知行動」、「後設認知知識」、「後設認知經驗」四者之間彼此互相影響，將四者視為整體，探討其間的互動關係。

Cross 與 Paris (1988) 認為後設認知是兒童在學習的過程中能對知識與思考進行控制的活動，其後設認知架構區分為「對於認知之自我評估知識 (self-appraised knowledge about cognition)」及「思考的自我管理 (self-management of one's thinking)」，前者包括對於自我持有的陳述性、程序性及條件性知識的評估，後者則是個體對認知活動的計畫、評估與調節 (Paris, Lipson, & Wixson, 1983)。相較於 Flavell 與 Brown 兩位學者的觀點，Paris 與 Winograd (1990) 之後設認知模式，在互動關係上延續 Flavell 理論的精神，闡述「對於認知之自我評估知識」與「思考的自我管理」的內涵及其間所呈現的

互動關係。所探討的後設認知向度與內涵，涵蓋開放式探究活動中學習者應學習並展現之「陳述性知識」、「程序性知識」與「條件性知識」，以及「計畫」、「自我評估」、「自我調節」等思考與行動歷程，因此作為本研究發展後設認知鷹架策略的依據。

當前科學教育強調的是後設認知思考技能與科學知識的結合，在科學概念的學習方面，顯示將後設認知思考融入科學內容中，所教導的概念可維持較長的時間，學生展現較為長久且重構的理解；運用自我評量的策略，有助於連結深入取向的學習、自我調節學習及後設認知技能，使得學習成效更為提升 (Georghiades, 2004; Kirby & Downs, 2007)。

然而，Keselman (2003) 的研究指出：青少年缺乏進行探究所需的認知與後設認知技能，對多變因的因果具有非典範的心智模型，運用軟體介入促進學生後設層次與執行層次的探究技能，學生對證據的注意力增加，對結果的預測更為熟練，比較多重變因做推論的能力得以提升、維持並轉移至其他任務，顯示認知技能與後設層次的理解對探究學習的重要性。

三、鷹架策略與科學探究

社會建構主義認為學習是個體發展能力，以便參與社群的活動，學習者在社群中和他人分享共同的知識、語言和價值觀。兒童獨力完成工作的能力，和在他人協助之下能夠完成的任務之間的落差，即為「潛在發展區」(zone of proximal development, ZPD)，是 Vygotsky 學說的中心概念之一，強調專家成人參與了孩童建構社會與認知學習的經驗，而源自其學習理念所提出的「鷹架理論」，則是指透過教學設計，協助學習者達到自我建構的教學策略。

基於潛在發展區的觀點，強調學習者的能力持續改變的過程，教學則著重暫時性的鷹架支持、動態評量及學習者的反思，維持學習者學習動機，直到學生得以自我調節其學習 (Graham & Harris, 2000)；鷹架同時包括反覆 (recursive) 與螺旋式 (spiral) 的學習，隨時可調整以適應學生個別的需求，且逐漸引導學生學習更複雜的知識或更高層次的認知策略 (Ellis, 1994)。

Paris 與 Paris (2001) 指出早期有關學習策略的「教學介入」重視方法的訓練，晚近則轉為強調「反省的 (reflective)」與「鷹架的 (scaffolded)」教學。Hogan 和 Pressley (1997) 提出的教學鷹架，蘊含了後設認知與自我調節的理

念，包括「選擇符合教學目標與學生需求的學習任務」、「提供彈性調整的指導過程」、「主動並敏銳地探查學習者潛在發展區及學習困難」、「適當的回饋引導學習者修正錯誤」等。

Ngeow 和 Kong (2001) 指出，學生面對以問題形成的學習任務，主要的困難包括「無法確認關鍵的主題」、「難以形成一致的研究設計」、「不知如何連結問題內容與先備知識」、「不熟悉探究歷程的各個階段」等等，若學生有適當的學習情境、能夠尋求的必要資源、知道如何共同合作，便可促進探究活動的進行。在問題導向的課室教學中，教師估量學生能力與將要解決的問題之間的差距，設計可提供足夠鷹架的教學活動，以彌補學生知識與技能的不足 (Wang, Bernas, & Eberhard, 2001)。Carillo、Lee 和 Rickey (2005) 也指出，在探究過程中，需要引導學生如何思考，但這種鷹架在中學階段常常被忽略。由柏克萊大學所發展的「模型－觀察－反省－解釋思考架構 (Model-Observe-Reflect-Explain Thinking Frame)」，引導學生像科學家一般的思考，包括引導式探究的支援，促進後設認知，並透過真實的科學探究來探索相關概念。

完整的科學探究歷程，其困難度及複雜度均比課室實驗活動高出甚多，引入適當的思考工具有其必要性。在眾多促進知識建構的學習策略當中，Gowin 所提出的 Vee 圖策略，能提供促進省思之批判思考技能 (critical thinking skills) 及發展探究主題相關之科學知識 (Novak & Gowin, 1984)，受到許多教學者及相關研究的採用，例如江新合與唐偉成 (1999) 便利用 Vee 圖結合認知衝突的發問策略，探討促進國小學生發展科學創造力的教學成效。

Gowin 所發展的 Vee 圖可用以表徵知識創作過程中的要素，左側代表「概念的／理論的」，是引導探究之知識的結構與價值；右側是「方法學的／步驟的」，是關於新知識的創作和價值的主張，不但涵蓋思考和實作的部份，同時強調理論在知識建構過程中扮演引導的角色 (Novak & Gowin, 1984)。然而，Gowin 的 Vee 圖發展當時是為了強化理論與方法之間的關聯性，藉以獲得知識與保留知識，做了相當多的理論性分類，涵蓋的專有名詞和基本結構的建立，即使採取不包括世界觀及哲學觀的簡化版本，對於初學者來說，仍有相當的困難度 (Åhlberg & Ahoranta, 2002; Mintzes & Novak, 1999)。

因而本研究採用 Åhlberg 和 Ahoranta (2002) 為小學生修改的 Vee 圖 (本研究簡稱為 AA Vee 圖)，作為學生進行開放式探究的引導。AA Vee 圖的左側是計畫性的步驟，右側是評估性的步驟，尖端則是計畫的完成步驟。並將 Gowin

的 Vee 圖步驟中的哲學觀 (Philosophies) 、原理 (Theories) 、原則 (Principles) 、構念 (Constructs) 簡化為原理基礎 (Theory basis) ；概念架構 (Conceptual structures) 則改編成概念基礎 (Conceptual basis) ，並強調方法學的基礎 (methodological basis) ，其呈現方式與說明符合開放式探究活動流程，且有助於初學者的理解，使學生在探究計畫的評估及科學寫作作品的評鑑兩方面，都能得到適切的引導 (圖 1) 。

在學習者的潛在發展區中，鷹架提供者提供的支持和學習者的互動回饋是經由彼此協商來決定，而教師和學生之間溝通的語言是促進學習者反思與認知的橋樑。有志於透過探究歷程促進學生學習的教師，在課室中鷹架學生的學習而不降低其主動性，近似教練角色，同時也扮演探究活動的參與者與學生分享知識建構的過程 (曾秋華, 2002; Polman & Pea, 2001) 。然而，具備不同能力的學習者需要不同層次的鷹架支援，亦顯示教師必須在「提供支援」與「維繫學習者主動性」之間求取平衡 (Crawford, 2000) ，參與並支持學習者的探究活動，視實際情況提供適度的鷹架支持，顯示有效的鷹架在探究教學中的重要性。

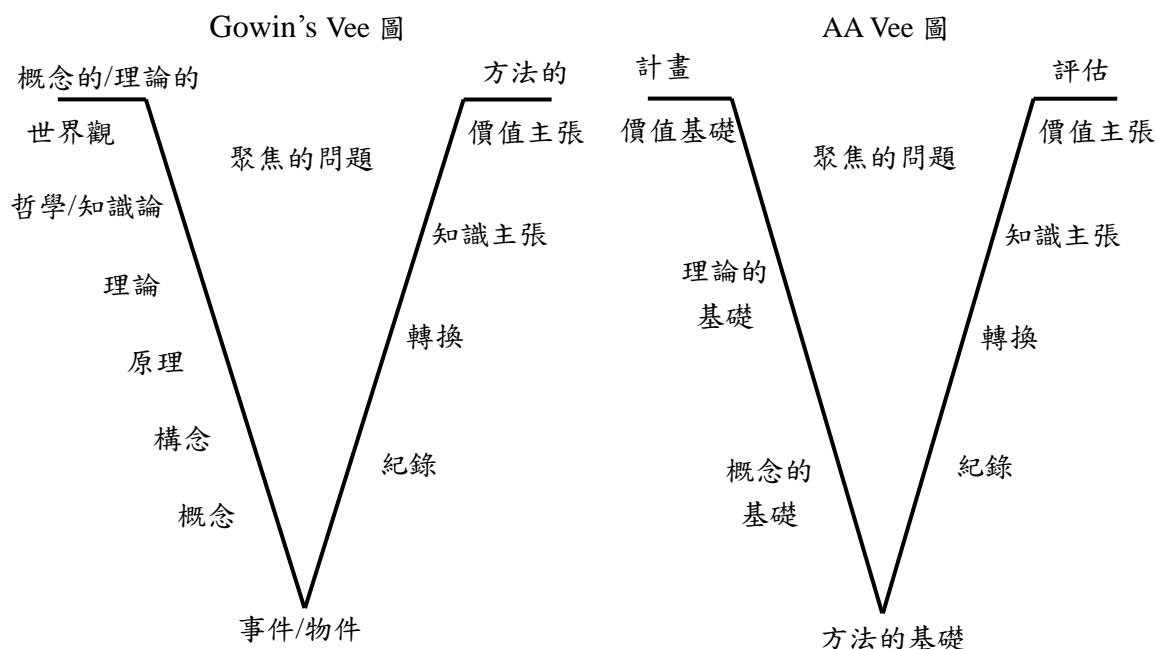


圖 1 Gowin 的 Vee 圖 (左) 與 AA Vee 圖 (右) 主要元素之比較 (Åhlberg & Ahoranta, 2002; Novak & Gowin, 1984)

參、研究方法

本研究之研究目的與研究問題，必須對科學探究教學過程深入觀察與分析，其本質屬於長期發展性、探究性、描繪性與詮釋性，因此以「質的研究法」進行（黃瑞琴，1991；Bogdan & Biklen, 1992）。以下說明本研究之研究情境與研究對象、研究流程、研究資料蒐集與分析。

一、研究情境與研究對象

本研究參與者包括一位合作教師、合作教師所任教之自然科學社團的學生及研究者本身。合作教師畢業於某國立師範大學生物學系及科學教育研究所數理教學碩士班。擔任生物科教學已有 20 年的經驗，並長期指導國中學生進行開放式探究活動，不但對於探究教學的重要性極有體會，更積極尋求適當的策略，以協助學生克服在開放式探究活動中遭遇的困難。

合作教師任教之學校位於中部都會區的大型國中，在自然科實驗室與電腦教室設備，都能提供進行開放式探究活動所需。研究進行的三年期間，每年大約都有 20~30 位國一及國二學生參與自然科學社團的科學探究活動，每週進行約 6 小時，參與的學生異質性甚高，具備的科學知識與探究能力也有很大的落差。本研究所呈現的學生學習成效，資料來自第三年參與研究的 24 位學生，這些學生家庭社經背景比例較高者依序為商(30.23%)、教(16.28%)、工(18.95%)和公(9.30%)。

二、研究流程

本研究採合作式行動研究，擬訂「融入後設認知鷹架策略」做為改進科學探究教學的方向，研究者參與合作教師的課程發展與實施，並進行資料蒐集與分析，協助合作教師針對國中生面臨之「不熟悉科學探究歷程」、「無法形成探究主題」、「背景知識不足」、「缺乏研究設計能力」以及「不會評估研究結果」等問題進行評估與反思，以提供改進教學的回饋。以下說明本研究採取之「後設認知鷹架策略」及「合作式行動研究流程」。

(一) 後設認知鷹架策略

本研究依據 Paris 與 Winograd (1990) 的後設認知架構發展鷹架策略，以引導學習者對於探究主題相關之陳述性、程序性及條件性知識，具備「自我評估的知識」，並對探究流程能夠執行「計畫」、「評估」與「調節」等「思考的自我管理」過程，以提升學生在科學探究歷程中的後設認知能力。在研究過程中，後設認知鷹架逐步修改調整，以適用於國中生的科學探究活動。本研究的鷹架策略包含「結構式鷹架」與「動態鷹架」，分別說明如下：

1. 結構式鷹架策略

本研究所稱之結構式鷹架，指在教學中固定提供之「AA Vee 圖」、「概念圖」兩種後設認知思考工具，引導學習者運用自己的先備知識、經驗與科學過程技能進行探究，並且能夠分析自己不足的部分，尋求適切的協助。

(1) AA Vee 圖

本研究採用 Åhlberg 和 Ahoranta (2002) 為國小學生所修改的 Vee 圖（簡稱 AA Vee 圖，如附錄），並配合探究活動流程加以修改，引導學習者兼顧真實情境的觀察及相關資料的搜尋，反覆比對觀察的現象與文獻的資料，使「觀察」、「提出問題」及「資料蒐集」螺旋式循環進行，促進研究問題的聚焦與澄清，逐漸發展為可探究的實驗設計。

(2) 概念圖

本研究以概念圖引導探究問題的概念發展與澄清，並呈現階段性結論，學生在 AA Vee 圖的步驟二與步驟六均須繪製概念圖。教師以對談方式引導小組列出關鍵詞，並依關鍵詞的屬性（屬於觀察到的現象、操縱變因或應變變因）呈現其階層性，連線所顯示的關連性則展現學習者對於主題分析及後續實驗設計的思考脈絡。

2. 動態鷹架策略

開放式探究活動中，各小組的進度與遭遇的問題各不相同，除了以結構式鷹架提供支持外，亦適時提供動態鷹架，以協助各小組解決因認知架構或實驗操作能力不足造成的困難。

(1) 與思考工具結合之批判式提問

合作教師依據小組的 AA Vee 圖與概念圖內容，運用批判式提問，了解各小組所需的協助。探究活動初期，教師的提問大多引導小組關注特定訊息，分

辨概念的屬性。隨著小組能力提升，探究任務逐漸明確，則朝向「比較異同」、「指出關連性」、「說明依循的原理原則」等方向提問，引導學習者展現更深入且統整的思考。

(2) 階段性自我評鑑

基於培養學習者發展自我評鑑及小組決策能力的目標，本研究延續 Mintzes 與 Novak (1999) 之 Vee 圖評分規準的精神，以 AA Vee 圖為架構，整合文獻中有關科學探究能力的內涵，以及後設認知向度的自我檢核項目，發展「階段性小組自評表」，運用方式更強調 Vee 圖兩側之對應，引導學習者的後設認知思考。

各小組於探究活動特定段落或遭遇瓶頸處分階段進行省思，促使學習者檢視探究歷程，達成自我監控與調節等後設認知行動。在開放式探究流程中，共分三次實施小組自評（各步驟詳見附件）：

- ① 變因分析後（步驟一、二），針對挑戰問題及變因分析之概念圖進行自評。
- ② 「假設—實驗設計—記錄」後（步驟三、四、五），檢視每一實驗設計，其操縱變因、控制變因、實驗步驟與實驗紀錄各部分是否一致。
- ③ 探究活動完成後（步驟六），針對每一探究流程及結果進行整體的評估與省思。

(二) 合作式行動研究流程

本研究以合作式行動研究方式進行三年，每一次的行動研究均為「教學模式發展—教學實施—教學後反思與修正」的循環：

1. 教學模式發展

研究者與合作教師討論可運用之教學策略，由合作教師規劃科學探究教學內容與實施方式，研究者則經由晤談了解合作教師之理念與想法，也針對教學活動設計尋求相關科教理論的支持，並提出建議。

2. 教學實施

合作教師實施教學活動，研究者以參與觀察者的身分進入教學情境，觀察合作教師的教學、師生的互動與小組的行動，以了解探究教學實施情形及各小組在科學探究活動中遭遇的困難、解決策略及學習的表現。

3. 教學後反思與修正

教學活動實施後，研究者與合作教師針對教學過程進行討論，研究者以提問、分享觀點等方式，協助合作教師發現問題、澄清想法、評估成效、調整鷹架策略等反思的歷程；合作教師則藉由研究者的觀察與訪談內容，反思教學上遭遇的問題與限制，對教學模式的發展與鷹架策略的調整形成想法，進而改變其教學行動。

三、資料蒐集與分析

本研究所收集之資料中，以 AA Vee 圖、小組自我評鑑、科學寫作作品、課室觀察錄影、合作教師晤談、小組晤談之錄音為主要分析資料，小組探究歷程檔案與現場觀察筆記則協助研究者了解情境脈絡，在資料的詮釋與推論時，作為三角校正的多元資料來源。

資料分析以小組科學探究活動的發展為主軸，根據「鷹架策略」、「後設認知」、「科學探究能力」等相關文獻的闡釋進行編碼，反覆檢視多元資料來源，分析並詮釋教師與學生在科學探究歷程中展現的想法、行動、反省及其間的互動性。

資料分析步驟如下：

- (一) 將蒐集到的課室互動口語資料詳實轉錄，再根據現場筆記、影帶、文本資料，撰寫成包括情境脈絡與事件關聯性之課室教學文本與小組探究歷程文本。
- (二) 研究者與合作教師仔細閱讀課室教學文本與小組探究歷程文本，針對本研究欲探討之「鷹架策略的發展與實施」、「科學探究歷程中之後設認知思考」等面向試行開放性編碼，持續分析過程中，不斷重新檢視已形成之編碼類別，視資料呈現的訊息決定合併或再分化。
- (三) 依據研究者的初步詮釋，持續了解研究對象（合作教師及學生）的想法以求澄清。
- (四) 針對研究的主要向度，同時檢視來自多個資料來源的初步分析，並以整體研究架構的角度，依各向度的關聯性決定撰寫主軸，以呈現本研究主張或研究發現。

由相關文獻分析，後設認知知識與認知知識的差別在於如何使用訊息，後設認知策略與認知策略可能是部份重疊的 (Livingston, 2003)。研究者面臨的挑戰在於如何區隔「認知」與「後設認知」，因此，研究者判斷所分析之資料段落時，將情境因素及該段落前後的探究活動流程均納入考量，以澄清並提升詮釋的可信度。

本研究編碼系統以小組為主體，依據「情境—行為」進行開放式編碼，涵蓋小組的認知活動及科學探究活動的行為描述，再依據每一項描述的內涵，分析其認知與後設認知向度。以表 1 呈現本研究所歸類之部份編碼項目。

本研究內文中，所引用之實徵性資料編碼方式說明如下：「RT：研究者與合作教師晤談」；「TS：合作教師與學生對談」；「RS：研究者與學生晤談」，晤談資料時間編碼為「西元年後兩碼-月-日」；「SV：小組自我評鑑」；「Vee：AA Vee 圖」，時間編碼則以「學年度-小組」呈現之。

表 1 本研究之認知/後設認知編碼架構

依據（發生情境）	認知/後設認知行為	向度	認知/ 後設認知
觀察的現象	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 分析關聯性 	陳述性知識	
假設	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 提出操縱變因的方式 ▪ 設計實驗步驟 	程序性知識	認知
物質或器材的特性	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 選擇適當的實驗材料 	條件性知識	
概念圖	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 擬訂探究活動的先後順序 	計畫	
實驗結果與假設不符	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 發現其他影響因素 ▪ 尋求其他原理原則的解釋 ▪ 改變實驗設計或裝置，然後重新操作 	評估—調節	後設認知

肆、研究發現與討論

本研究探討融入後設認知的鷹架策略，所營造的科學探究教學模式的特色，及其對國中生進行科學探究活動的影響。以下由「融入後設認知鷹架策略科學探究教學模式之試行」、「融入後設認知鷹架策略之三階段科學探究教學

模式的確立與實施」及「融入後設認知鷹架策略科學探究教學模式支持下學生的學習表現」三個部份，呈現研究發現。

一、「融入後設認知鷹架策略」之科學探究教學模式之試行

本研究之合作教師致力於指導國中生進行科學探究活動，並多次進行「提升國中生的科學探究能力」之行動研究，想要達成的目標包括：發展提升科學探究能力之融入後設認知鷹架策略之科學探究教學模式，以「引導學生理解科學探究流程」、「引導學生形成科學探究主題」及「在開放性科學探究活動中建立學生自我評估與自我調節的機制」，作為建立探究教學模式的主要考量。

經過三年的行動研究，合作教師的行動與轉變呈現三個循環歷程，在此三循環的調整過程中，合作教師與研究者共同分析教學實務中面臨的問題，思考解決策略，而由合作教師採取改進的行動，並對行動成效進行評估與反思（圖2）。

（一）引導學生理解科學探究流程之行動—科展寫作並引入思考工具與鷹架

科學探究教學，首要之務在於協助學習者建立「對科學探究流程的理解」。本研究在 Cycle I 的行動中，原本以科展寫作格式引導學習者進行科學探究流程，簡化版的 Gowin Vee 圖則作為幫助學生規劃實驗步驟的思考工具。

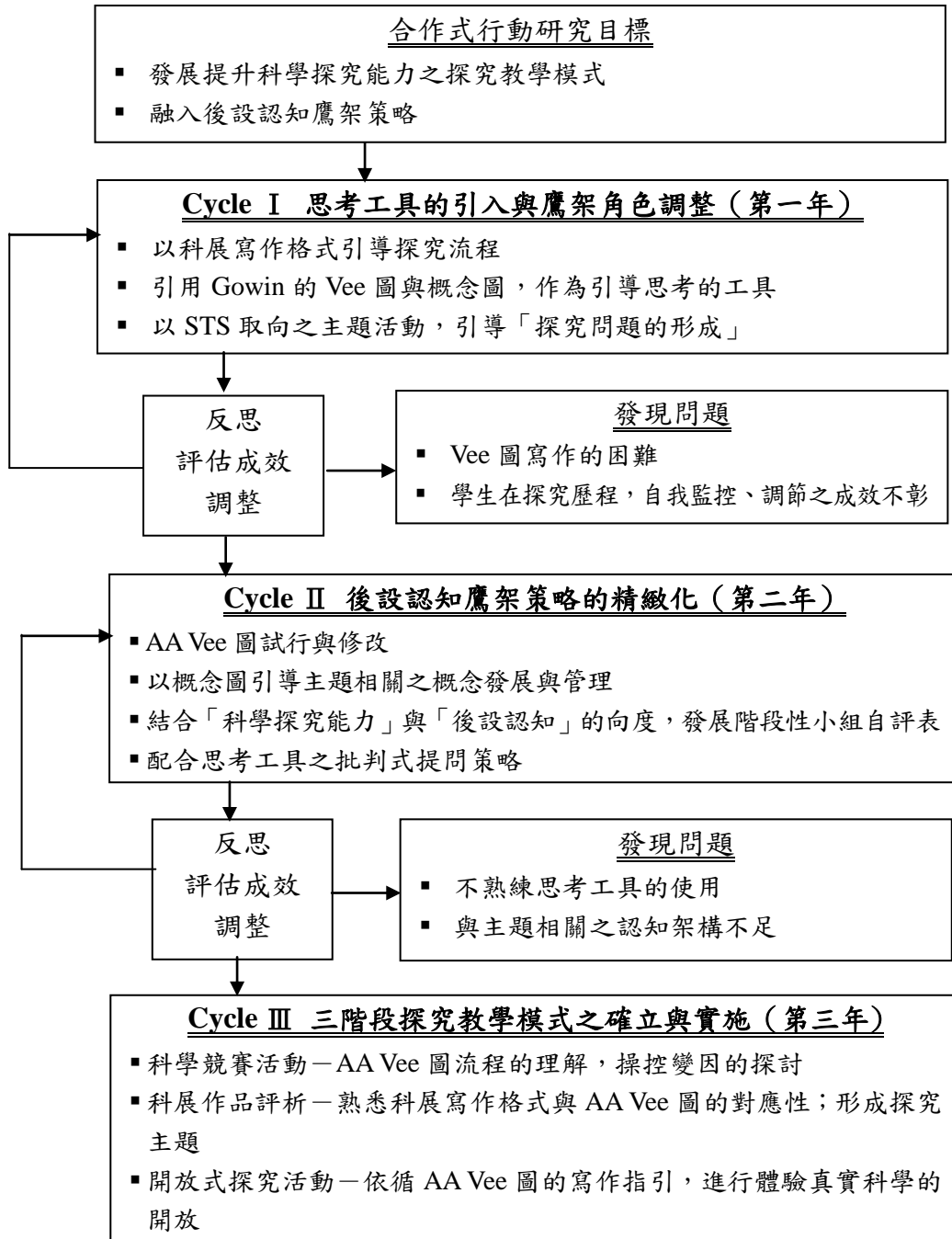


圖 2 本研究之科學探究教學模式之循環調整歷程

實施之後，發現學習者雖能套用科展寫作格式，但無法用以引導思考歷程，也無法協助指導老師發現小組的困難；而 Gowin 的 Vee 圖對初次接觸探究活動的國中生來說，也在書寫方面產生困難。經文獻探討，在 Cycle II 引用 AA Vee 圖作為結構性鷹架，並引導學生將探究活動由寫作格式線性的思考，轉變為圖像式、結構性的思考，希望學生也能依循此思考工具的脈絡進行科學探究活動。更於 Cycle III 三階段科學探究教學模式確立之後，引導學生藉由 AA Vee 圖的螺旋式實施，更熟悉科學探究的流程。

T：從寫作格式可以看出探究活動的步驟，但是沒有辦法分析和操控變因，因為寫作格式不會要求分析變因；按照科展的格式來看，整個流程其實就是 Vee 圖的流程。例如結果是直接的實驗紀錄、感官的紀錄、測量的紀錄，討論是從這些紀錄裡面發現一些規律性，結論的話是提出新主張，如果按照 Vee 圖的階層來看就是這樣。(RT070512)

(二) 引導學生「形成科學探究主題」

引導國中生尋找及分析科學探究主題，是開放性探究活動中最難突破的一環。合作教師希望所發展的引導方式，在大班級的教學情境中也能實施。本研究在 Cycle I 的行動中，原本就以「STS 取向的主題活動」引導學生探究主題的形成，發現即使在人數較多的班級教學情境中，仍能有效引導學生形成探究主題。然而，學生對可探究的主題還是無法清楚確認，故在 Cycle III，本研究引導學生針對科展得獎作品進行觀摩和評析，以幫助學生提升形成可探究主題的能力。

1. STS 取向的探究主題發展

科學探究活動的目標之一，是培養問題解決的能力，取材自生活周遭的科學議題，或關注科學、科技發展方向的議題，是合作教師引導小組發展主題的重要方式。例如學生在校園中發現介殼蟲危害馬櫻丹的觀察活動、學校附近的溪流探勘活動，以及夏天因颱風經常造成自來水源濁度過高所引發的缺水問題，都成為主題發展活動的素材，藉以發展出 STS 取向的探究主題。

2. 由科展作品評析延伸出可探究之主題

在三階段科學探究教學模式中，學生藉由評析科展作品，對於作品的原理、研究設計有所瞭解，有的小組能夠針對作品不足之處提出新的探究方向，有的則以該作品為基礎，透過資料搜尋與研讀，使自己有興趣的主題逐漸具體化。

例如「直笛小組」便是基於對所分析之科展作品的結論有所質疑，進一步以原理探討與實驗設計的方式來提出新的見解。

S：我們對它的結論「陶笛開孔位置不影響音頻」有質疑。譬如說這兩個（兩個粗細不同的塑膠管）體積是一樣的，如果這是共鳴腔的話，代表音頻不會有很大的改變，但是我覺得它（音頻）會有差別。他們用共鳴腔去解釋，這個我還存疑。...最終目標是推翻他，要等得到數據才能確定。(TS-97G02-080220)

（三）在開放性科學探究活動中建立學生自我評估與自我調節的機制

在本研究實施過程，合作教師提及學生在進行科展等開放性探究面臨的問題，還包括「背景知識不足」、「缺乏研究設計能力」以及「不會評估研究結果」等等。因此，本研究在合作行動初期即探討文獻，並提出 Vee 圖與概念圖的鷹架策略，作為協助學生思考的工具，發展探究計畫及評估其可行性。並在接下來的 Cycle II 和 Cycle III 逐步精緻化。最後研究發現，以 AA Vee 圖及概念圖所建立的結構性鷹架，具有引導學生發展探究計畫及評估探究成效的功能。

1. 以 AA Vee 圖引導學生發展計畫並評估可行性

本研究在 Cycle I 即規劃利用 Gowin Vee 圖，作為引導學生思考的工具。後來發現學生的 Vee 圖寫作有困難，於 Cycle II 改採 AA Vee 圖，並配合探究流程修改，以引導學生藉由 AA Vee 圖理解科學探究流程。小組在此結構化的探究過程中，進行主題觀測、變因分析、提出假設、設計實驗及實驗結果的推論，具有引導小組進行「計畫」的功能。

AA Vee 圖的書寫，聚焦於探究主題相關之認知架構，進而設計實驗，學習者可同時檢視是否具備相關之陳述性知識與程序性知識，判斷計畫的可行性以及困難之所在，亦為具備「評估」功能之後設認知鷹架。

T：假設是一些物件和事件的連結，這種連結是他們觀察到的，是不是真的有關連，必須去驗證，所以是假設。有了假設才能設計實驗，AA Vee 圖底部這邊是方法，實驗設計就是實驗方法，實驗結果要和假設做對照，從 AA Vee 圖架構來看，是關連性跟結果，結果和假設的對照，然後作推論。(RT080109)

2. 以「概念圖」引導探究歷程的概念發展與澄清

本研究 Cycle I 的教學設計，引導各小組針對自己主題，提出「相關的概念」（包括事件及物件）及「可能影響的變因」，隨即進入實驗設計。但發現學習者無法判斷變因的屬性，無法對變因下操作型定義，也欠缺操控變因的概念，

導致各小組在「提出控制變因的方法」、「分析設計器材的屬性」、「檢視器材屬性的控制是否達成變因的控制」等方面遭遇困難，探究活動便難以持續。經討論之後，認為這是提供鷹架的重要關鍵點，因此在 Cycle II 即嘗試以概念圖引導學習者分析變因以釐清探究方向。

T：Vee 圖引進是為了要設計實驗，比較有流程性、階段性，首先遇到的是設計不出來，一分析發現他們沒辦法精確地控制變因，於是在變因分析必須加入工具，就是概念圖。Vee 圖顯現流程，但還不足以支援讓他在變因分析那裡的思考過程，這時候概念圖是比較方便有利的。
(RT071201)

另外，利用概念圖讓學生聚焦於探究主題相關之陳述性知識，協助學生提升對應具備陳述性知識的自我認知，更呈現變因與探究主體整體之關連性，用以協助學生探討相關變因，進而擬定探究活動順序，因此，概念圖也發揮了「計畫」與「評估」的後設認知鷹架之功能。

3. 與思考工具結合之批判式提問協助學生思考歷程

引用 AA Vee 圖及概念圖協助學生認識探究流程以及形成探究主題確有成效，然而進入開放式探究活動的各小組研究主題不同，能力異質，達成的探究層次不同，需要的協助也不同，對於教師是極大的挑戰。科學探究活動的目標，在於培養學習者高層次思考與自我調節的能力。因此，在合作教師引導學生發展探究活動、熟練思考工具的過程中，還必須配合 AA Vee 圖及概念圖運用批判式提問，協助學習者澄清想法。也使得 AA Vee 圖及概念圖由結構性鷹架的角色，得以呈現動態鷹架的彈性運用，並且在 Cycle II 和 Cycle III 逐漸精緻化。

在學生進行開放性探究活動初期，合作教師的提問大多引導小組關注特定訊息，分辨單一概念的屬性等等，有助於協助學習者澄清想法、問題聚焦。例如「大葉桃花心木小組」在探究初期，對於欲觀察之應變變因還沒有具體的概念，合作教師的批判式提問便著重於要求學習者釐清這些想法。

T：不同重心位置看到哪些現象？哪些現象受到重心的影響？

S1：旋轉角度

T：有好幾個角度，是哪一個角度？

S2：從側面到軸的角度

T：（拿種子示範）它這樣飛，你要量哪個角度？（學生指出來）那這個角度要怎麼描述？

(TS-97G03-090220)

隨著小組能力提升，探究任務逐漸明確，則朝向「比較異同」、「指出關連性」、「說明依循的原理原則」等方向提問，引導學習者展現更深入且統整的思考。例如「直笛小組」與合作教師的對談，便集中在探討「假設所依循的原理」。

S1：變因有孔的大小、面積、位置，還有管.....長度、體積，譬如說這兩個（拿起兩個粗細不同的塑膠管）體積是一樣的，以共鳴腔來講，音頻是一樣的，但是我覺得它（音頻）會有差別。因為它帶動氣體的話這個比較快，就開管來講，他可以馬上去補充，還是管的粗細不同，裡面氣壓也不同，所以這會流動快（細的），這會流動慢（粗的）。

T：所以氣壓的平衡速率是主要因素，那位置會不會影響頻率高低？

S1：會，因為他離氣切孔的距離不同，補充氣體的速率也不同。（TS-97G02-090213）

探究教學活動中，合作教師運用思考工具，引導學習者螺旋性循環進行觀察活動及問題形成，使問題逐漸聚焦至可探究程度，學習者運用思考工具的過程與記錄內容，亦促進教師發展系統化的批判式提問。

二、「融入後設認知鷹架策略之三階段科學探究教學模式」的確立與實施方式

研究第三年，本研究整合先前 Cycle I 與 Cycle II 試行的教學活動，確立了「三階段科學探究教學模式」，依序為「科學競賽活動」、「科展作品評析」、「開放式探究活動」，並在各階段教學實施融入相關之鷹架策略來指導學生（圖 3）。各階段教學目標分別說明如下：

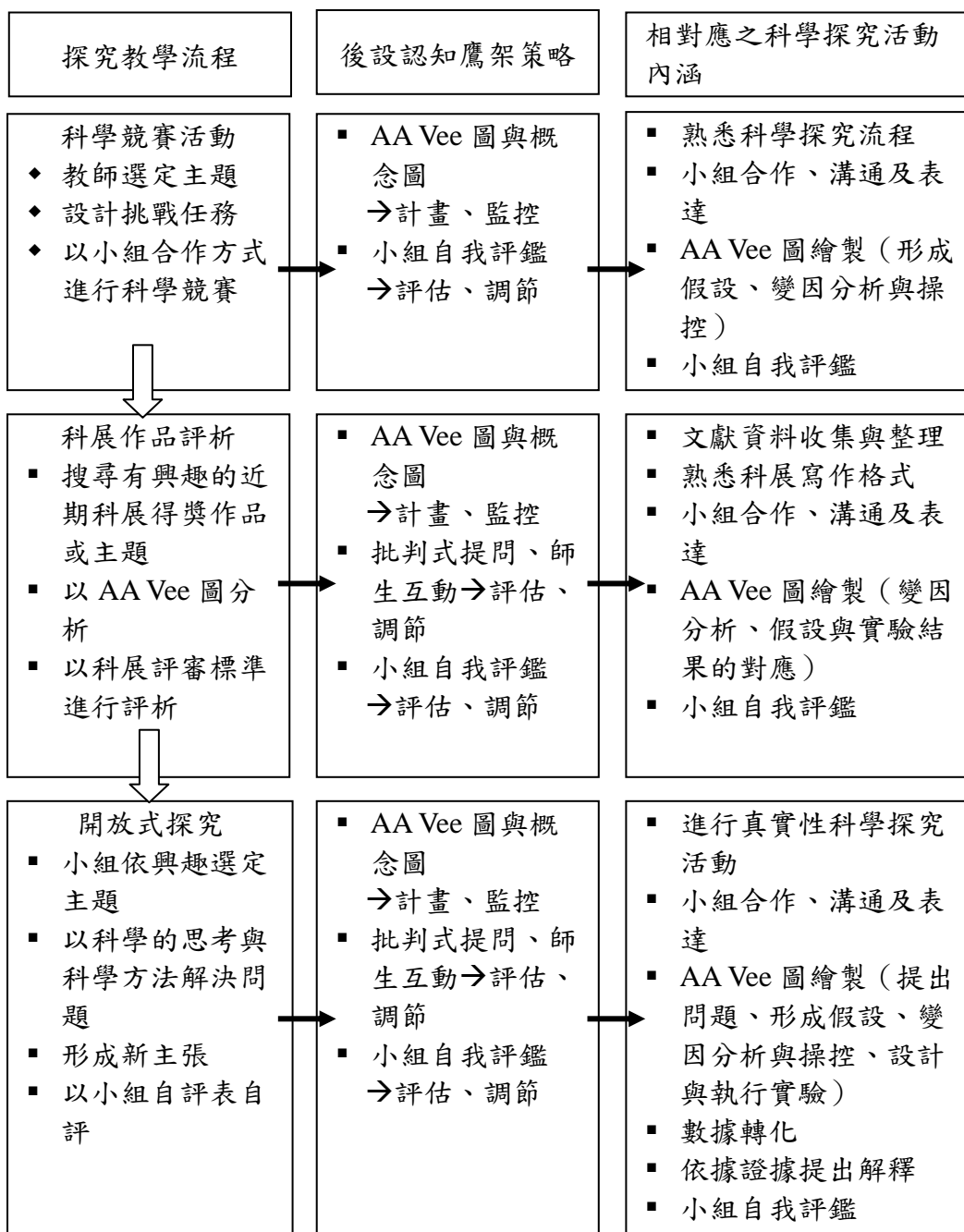


圖 3 三階段科學探究教學模式及後設認知鷹架策略

(一) 科學競賽活動

為了達成讓學生熟悉科學探究流程，促進小組合作及自我評鑑與熟練 AA Vee 圖與概念圖思考工具的使用。教師可以設計具有小組挑戰性之科學競賽活動，藉由實作、觀察、操作、競賽來進行，此階段以 AA Vee 圖作為鷹架，讓學生進行對探究流程的理解以及操控變因的探討。

(二) 科展作品評析

目標在引導學生瞭解文獻資料蒐集整理與熟悉科展寫作格式。教師可以要求各小組在最近五年之全國科展得獎作品中，選擇有興趣的作品，以 AA Vee 圖與概念圖分析作品內容，針對全國科展的六項評審原則評析其優缺點。藉由此評析過程與教師的批判性提問，引導學生熟悉科展寫作格式與 AA Vee 圖的對應性，以及該主題是否具「可發展性」。

(三) 開放式探究活動

目標在協助學生進行真實性科學探究活動，如科展。教師可要求小組延續先前分析的科展作品，提出新的挑戰問題，也可依據興趣或所蒐集的資料選取主題，進一步發展可進行探究的主題。本階段引導學習者藉由觀察活動、先備知識、生活經驗或圖書資料等進行比對，形成可探究的問題，繼而依循 AA Vee 圖的寫作指引，運用階段性計畫與修正模式，進行體驗真實科學的開放式科學探究活動。

三、「融入後設認知鷹架策略」科學探究教學模式支持下之學生的學習表現

本研究依據 Paris 與 Winograd (1990) 的後設認知架構發展鷹架策略，並以此架構做為分析學生表現的架構，由第三年參與研究的學生，在開放式探究活動的學習表現，顯示本研究所發展的「融入後設認知鷹架策略」之三階段科學探究教學模式，確能逐步引導學生理解科學探究過程，並提升學生的後設認知能力。

以下針對「學習者對科學探究活動的計畫與監控能力提升」及「科學探究歷程中的自我評估與調節能力的提升」兩方面，呈現國中生的後設認知活動對其科學探究歷程的影響。

(一) 學習者對科學探究活動的「計畫」與「監控」能力提升

運用概念圖檢視相關變因形成假設，據以發展探究計畫

運用概念圖的分析，學習者得以檢視整體相關概念，去除無關的變項，並將概念發展為可操作的變項，隨著概念圖中關連性的確認，經常可以引出新的方向，並發展探究計畫。合作教師以「毛根競走小組」(97G06)的概念圖(圖4)為例，說明概念圖的計畫與監控機制，以及新的探究方向產出的過程：

T：實線的部分是已經確認的，要從中找出研究發展方向。虛線部分是計畫要做的，但是做的過程會一直調整。先去細分變因，發現一些新的連結，聚焦在可探究的變因，歸納出一些主因之後，就可以再往外延伸，例如這個主題，找出來哪些構造可以改，就可以應用。所以實驗的過程是檢驗整個概念架構要往哪個方向發展。(RT090203)

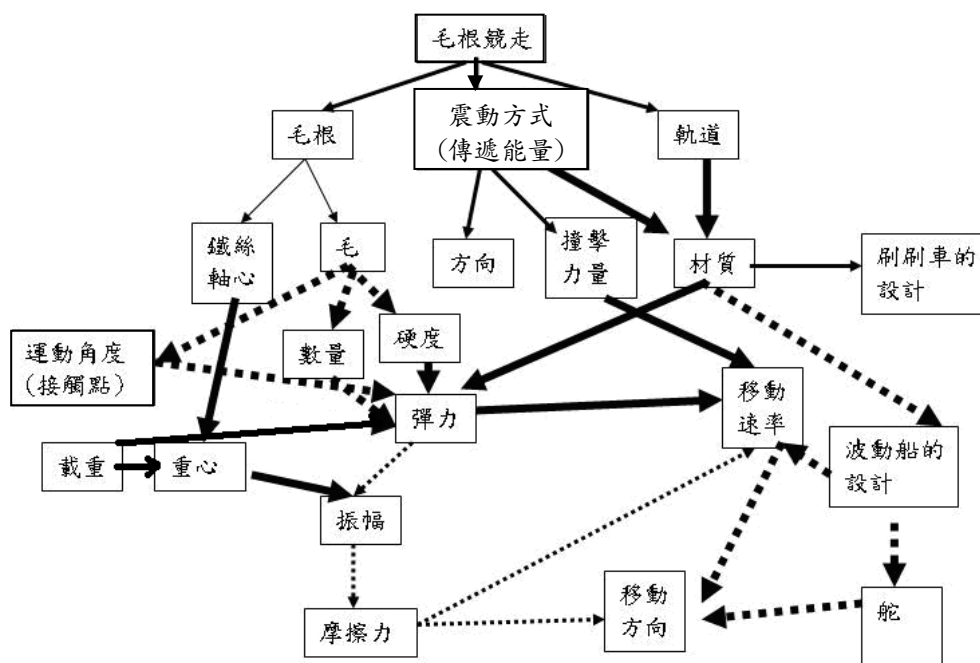


圖4 「毛根競走小組」概念圖

(實線代表已確定之關連性，虛線是預計以實驗方式判斷之關連性；由同一關鍵詞延伸之線條，以粗細不同代表探究活動的先後順序，例如震動方向，先探討方向與撞擊力量的影響，再進行材質部分的實驗)

(二) 探究歷程中的「自我評估」與「自我調節」能力提升

1. 對相關主題之認知架構的評估與調節

評估並提升自己對相關知識的理解

開放式探究所運用的概念與過程技能，許多都超越課室教學的範疇，學習者必須擴展相關的認知架構，才能對所探究的主題有更深入的分析，並將這些知識運用在推論或實驗設計中。例如「直笛小組」在分析相關原理的過程中，評估自己尚需加強的學理依據。

S：最早我們不知道有那麼多理論在裡面，我們沒有用那些理論去討論的時候，我們的想法聽起來是可行的，但是用理論去分析的時候，發現兩個（理論和假設）會有不符合的情況。

R：你們怎麼會用「粒子說」、「波動說」這些理論去解釋笛子發聲的這些現象？

S：本來就用這些理論解釋，但是我們要研究的是一些比較難釐清的數據，做出來之後，我們需要那些理論去做佐證，我們用理論去看，如果是相符合的，就有更強的東西可以說我們做的是對的，如果兩個完全矛盾的話，可能我們討論的方向是錯的；目前最難懂的是波動力學，我們之前都用粒子學。(RS-97G02-090220)

而「史特林引擎小組」則透過資料搜尋，瞭解各種史特林引擎的構造及其原理之後，能夠依據構造及器材的可行性去訂定自己要發展的引擎類型，並運用所瞭解的各種引擎所使用的材料能夠達到的功能，運用在自己的設計上，顯示該小組成員能夠依據主題相關的陳述性、程序性知識，選擇適當的設計與器材，展現具有的條件性知識。

S：一開始蠻困難的，因為他的構造蠻複雜，中間一大段時間是原理不清楚，網路上資料解釋都是片斷的東西，沒有連貫起來，所以要自己去理解，因為構造說得很含糊，還有種類也很多，通常是動手作之後才理解。

R：你瞭解這麼多種引擎，最後選擇這一型來設計改進的主要原因是？

S：器材，還有原理簡單，比較好懂，其他種類，我是參考他們的構造，像有一種就是用氣球作冷卻，可以用在設計上。(RS-97G01-090227)

2. 對科學探究歷程的評估與調節

由AA Vee圖的分析與反思，引發新的探究活動

探究活動所獲得的實驗結果，除了數據之外，還包括特殊現象之文字紀錄，這些文字紀錄，為實驗數據提供另一個面向的支持，有些則透過關聯性的比對，出現新的變因，引發下一輪的探究活動，這些過程展現了AA Vee圖的評估功能。例如劍蘭小組依據實驗的結果與推論，形成了新假設。

- 觀察紀錄：觀察各組實驗半開花苞的情形，發現許多雄蕊均已成熟且掉落大量花粉，但蒸餾水或雪碧中的花，通常花瓣完全展開時，花藥才出現微小裂縫，再經過一天左右，才有花粉大量掉落的現象。
- 研究推論：檸檬酸鈉溶液似乎有促進雄蕊成熟的功能，是否雄蕊過早成熟，會抑制花瓣的開展。對照過氧化氫酶活性檢測的實驗結果，發現雄、雌蕊在不同時期有不同的呼吸率。
- 新的假設：我們想進一步了解摘除雄蕊或雌蕊是否有助於花期的延長。(Vee-97G04)

依據所遭遇的困難，分析原因並調整作法，以達到變因的控制

參與本研究的學習者，大多數是初次進行開放式探究的活動，即使已分析出相關變因，往往在實際操作之後，才能發現問題所在，調整實驗裝置或實驗步驟，對相關的變因作更好的操控。例如「毛根競走小組」在實驗過程中，發現原本的裝置未控制好控制變因，而加以調整。

S：數量的話，少的要補紙黏土，讓兩個的重量一致。這個毛比較多，重量比較重，昨天沒有加黏土，毛比較多，又比較重，就會變成兩個變因，會有重量和毛的數量的影響。沒有加黏土的時候，這個(數量較多)移動還是比較快，但是兩個比較靠近一點。(RS-97G06-090204)

伍、結論與建議

發展學生科學探究能力及實施有效探究式教學，已成為目前科學教育的重要目標與課題。本研究旨在以合作式行動研究方式，發展一個「融入後設認知鷹架策略」之科學探究教學模式，並探討在國中階段實施的可行性。經過三個循環的試行與調整後，發現這個科學探究教學模式，透過反覆(recursive)與螺旋式(spiral)的鷹架策略運用(Ellis, 1994)，可逐步引導學生理解科學探究過程，並提升學生的後設認知能力。顯示此「融入後設認知鷹架策略」之科學探究教學模式，在國中實施是可行的。以下將對本研究之發現，歸納以下結論：

一、「融入後設認知鷹架策略」之科學探究教學模式之實施在國中階段實施的可行性

推行探究教學可能會遭遇很多困難（黃鴻博，2000；楊秀停，2003；De Jong & Van Joolingen, 1998），其中很重要的一是學生往往缺乏探究的經驗和能力；Ngeow 和 Kong (2001) 也指出，學生面對以問題形成的學習任務，主要的困難包括「無法確認關鍵的主題」、「難以形成一致的研究設計」、「不知如何連結問題內容與先備知識」、「不熟悉探究歷程的各個階段」等等。顯示國中生進行開放式探究活動，在認知架構和過程技能兩方面，亟需教師提供適切的教學模式引導以及鷹架的支持，然而 Carillo、Lee 與 Rickey (2005) 卻指出，這種鷹架在中學階段常常被忽略。

本研究在經過三個循環的行動研究之後，針對進行開放式探究學生所需要的能力，發展「以 AA Vee 圖與概念圖為思考工具的後設認知鷹架策略」，將其融入於包括「科學競賽」、「科學作品評析」、和「開放式科學探究」三階段的科學探究模式，並以小組合作方式進行。三階段的科學探究可以「引導學生理解科學探究流程」、「引導學生形成科學探究主題」及經驗真實的探究。然而在開放性科學探究活動中，要提升學習成效，必須建立學生自我評估與自我調節的機制，來強化學生對自己認知架構及過程技能的掌握，因此須配合後設認知鷹架才能達成。

本研究發展以 AA Vee 圖與概念圖為思考工具的後設認知鷹架策略，學生在此鷹架支持與自我評估、反省的學習歷程中，其科學探究能力與後設認知能力都逐步成長，顯示此「融入後設認知鷹架策略之三階段科學探究教學模式」的實施是可行的。而本研究的發現，也為國中階段發展自我調節 (self-regulation) 之科學探究教學與學習，提供實徵性的研究結果。

二、「融入後設認知鷹架策略」之科學探究教學模式支持下學生的表現

本研究發展之「後設認知的鷹架策略」包含結構式鷹架與動態鷹架。其中「結構式鷹架」屬於圖像思考工具，AA Vee 圖與概念圖在結構化的探究過程

中，協助學生發展「計畫」、「監控」的後設認知能力。而透過 AA Vee 圖與概念圖之寫作，學生可同時檢視是否具備相關之陳述性知識與程序性知識，判斷計畫的可行性以及困難之所在，亦為具備「評估」功能之後設認知鷹架。而動態鷹架則是將思考工具與批判式提問配合，藉由學生小組在 AA Vee 圖與概念圖上的回應，指導教師則可迅速判斷學生的困難，適時提供必要的協助。例如以 AA Vee 圖結合階段性小組自評，有助於問題聚焦與決策過程；而概念圖結合階段性小組自評，協助學生確認變因之間的關連性，甚至指引出新的探究方向。

本研究後設認知鷹架策略的運用方式，符合 Hogan 和 Pressley (1997) 建議之「提供彈性調整的指導過程」、「主動探查學生潛在發展區及學習困難」及「適當的回饋引導學生修正錯誤」等鷹架特徵。而實施之後，確實發現結構式鷹架對於學生在探究活動的「計畫」與「監控」有所助益；而動態鷹架對學生的「自我評估」與「自我調節」有所提升。

基於社會建構觀點，本研究發展的探究教學模式自真實生活情境的現象或主題導入，提升學生參與程度，更藉由後設認知鷹架的引導，共同的觀察活動，引導學習者發展觀察、記錄、討論與發表能力，當反覆進行觀察活動與問題澄清，可使問題逐漸聚焦至可探究程度。根據以上的結論，本研究的融入鷹架策略的三階段科學探究模式，可作為有意帶領學生進行開放性探究活動的參考。不過，這種教學模式是否適用於所有地區的國中學生和老師？可能影響成效的因素為何？以及如何評量這種探究模式的具體成效，評量目標和步驟為何？仍有待進一步的研究來釐清與解答。

參考文獻

- 王月春 (2004)。科學史融入理化教學促進學生科學探究能力之研究。國立高雄師範大學化學系碩士論文，未出版，高雄市。
- 江新合、唐偉成 (1999)。開發科學創造力的 V-MAP 教學策略實徵研究。科學教育學刊，7 (4)，367-391。
- 林淑靜 (2006)。國中自然與生活科技領域實施開放式探究教學之研究—以「磁與電流」單元為例。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化市。

- 侯香伶 (2002)。科學探究活動中的科學本質面貌對國一生科學本質觀之影響。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化市。
- 張俊彥、翁玉華 (2000)。我國高一學生的問題解決能力與其科學過程技能之相關性研究。科學教育學刊，8 (1)，35-55。
- 陳姿妙 (2005)。利用探究式教學提升七年級學生科學學習成效之行動研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化市。
- 陳榮祥、江新合 (2006)。V 圖式科學探究指導模式之開發與測試。臺中教育大學學報：數理科技類，20 (2)，69-98。
- 許素 (2002)。培育國小高年級學童科學探究能力：製作科學展覽的經驗與反省。教育資料與研究，48，24-30。
- 郭靜芳 (1997)。國小資優生後設認知與推理思考能力相關之研究。國立嘉義師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，嘉義縣。
- 曾秋華 (2002)。利用建構式教學於國小自然科操作實驗之行動研究：以「電磁鐵與電動機」為例。科學教育研究與發展季刊，29，17-32。
- 黃瑞琴 (1991)。質的教育研究法。臺北市：心理出版社。
- 黃鴻博 (2000)。兒童科學探究活動遭遇問題的探討。國立臺中師院學報，14，389-409。
- 楊秀婷 (2003)。以合作式行動研究協助國小自然科教師實施探究式教學。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化市。
- 熊召弟 (1996)。臺北公立高中 (高一) 學生科學過程技能和邏輯思考能力之探討研究。臺北師院學報，9，545-578。
- 劉宏文、張惠博 (2001)。高中學生進行開放式探究活動之個案研究—問題的形成與解決。科學教育學刊，9 (2)，169-196。
- 魯俊賢、吳毓瑩 (2007)。過程技能之二階段實作評量：規劃、實踐與效益探究。科學教育學刊，15 (2)，215-239。
- 賴慶三、高汶旭 (2004)。國小專題本位科學展覽活動教學之研究。臺北市立師範學院學報，35 (2)，259-284。
- Åhlberg, M., & Ahoranta, V. (2002). Two improved educational theory based tools to monitor and promote quality of geographical education and learning. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 11(2), 119-137.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.

- Anderson, D., & Nashon, S. (2007). Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. *Science Education*, 91(2), 298-320.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1992). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods (2nd ed.)*. Boston: Allyn and Bason.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carillo, L., Lee, C., & Rickey, D. (2005). Enhancing science teaching by doing more: A framework to guide chemistry students' thinking in the laboratory. *Science Teacher*, 72(7), 60-65.
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
- Cross, D. R., & Paris, S. G. (1988). Development and instructional analyses of children's metacognition and reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 80, 131-142.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- Ellis, R. (1994). *The study of second language acquisition*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Flavell, J. H. (1981). Cognitive monitoring. In W. P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills*. New York: Academic Press.
- Georghiades, P. (2004). Making pupils' conception of electricity more durable by means of situated metacognition. *International Journal of Science Education*, 26(1), 85-99.
- Graham, S., & Harris, K. R. (2000). The role of self-regulation and transcription skills in writing and writing development. *Educational Psychologist*, 35(1), 3-12.
- Hacker, D. J. (1998). Metacognition: Definitions and empirical foundations. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 1-24). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Hogan, K., & Pressley, M. (1997). Scaffolding scientific competencies within classroom communities of inquiry. In K. Hogan & M. Pressley (Eds.), *Scaffolding students learning: Instructional approaches & issues* (pp. 74-107). Cambridge: Brookline Books.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416.
- Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), 898-921.
- Kirby, N. F., & Downs, C. T. (2007). Self-assessment and the disadvantages students: Potential for encouraging self-regulated learning. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 32, 475-494.
- Leou, M., Abder, P., Riordan, M., & Zoller, U. (2006). Using HOCS learning as a pathway to promote science teachers' metacognitive development. *Research in Science Education*, 36(1-2), 69-84.
- Livingston, J. A. (2003). *Metacognition: An overview*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 472273)
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063-1080.
- Millar, R., & Osborne, J. F. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London.
- Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1999). Assessing science understanding: The epistemological vee diagram. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding: A human constructivist view* (pp.42-71). San Diego: Elsevier Academic Press.
- Ngeow, K., & Kong, Y. S. (2001). *Learning to learn: Preparing teachers and students for problem-based learning*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 457524)
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge, NY: Cambridge University Press.
- Olson, S., & Loucks-Horsley, S. (Eds.). (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards : A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academies Press.
- Paris, S. G., Lipson, M. Y., & Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary educational psychology*, 8, 293-316.
- Paris, S. G., & Paris, A. H. (2001). Classroom application of research on self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 36(2), 89-101.
- Paris, S. G., & Winograd, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. In B. F. Jones & L. Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (pp. 15-51). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Polman, J. L., & Pea, R. D. (2001). Transformative communication as a cultural tool for guiding inquiry science. *Science Education*, 85(2), 223-238.
- Tabak, I., Smith, B. K., Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (1996). Combining general and domain-specific strategic support for biological inquiry. In C. Frasson, G. Gauthier, & A. Lesgold (Eds.), *Intelligent tutoring systems: Third International Conference, ITS '96* (pp. 288-296). Montreal: Springer-Verlag.
- Wang, X., Bernas, R., & Eberhard, P. (2001). Effects of teachers verbal and non-verbal scaffolding on everyday classroom performance of students with down syndrome. *International Journal of Early Years Education*, 9(1), 71-80.
- Wilson, J., & Livingston, S. (1996). Process skills enhancement in the STS classroom. In R. E. Yager (Ed.), *Science/ Technology/ Society as reform in science education* (pp.59-69). Albany, NY: State University of New York Press.
- Yager, R. E. (2000). A vision for what science education should be like for the first 25 years of a new millennium. *School Science and Mathematics*, 100(6), 327-341.

附錄：小組 AA Vee 圖

分析 步驟 說明	1.請先觀察活動過程，列出影響因素與現象。 2.以箭頭連接影響因素與現象 3.提出關連性的假設。 4.根據假設計設計實驗及驗證假設 5.獲得實驗結果。 6.根據實驗結果，畫出概念關係圖。		
活動主題： 觀察活動： 挑戰問題：			
2.研究動機（對問題的認識）		6.討論及結論(概念關係圖)	
影響因素	受影響的現象		
3.研究目的（形成假設）		5.實驗結果（1）	
假設 1			
假設 2			
假設 3			
4.實驗方法（實驗設計）			
假設 1			
假設 2			
假設 3			

An Investigation into the Integration of Metacognitive Scaffolding Strategies with an Instruction Model for Scientific Inquiry

Chen-Jane Yeh¹ Kuo-Hua Wang^{2*} Ming-Chih Tsai³

¹Taipei County Sansia Junior High School

²Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education

³Taichung Municipal Chu Jen Junior High School

*sukhua@cc.ncue.edu.tw

Abstract

This study collectively developed, with collaborating teachers, an instructional model for scientific inquiry, which integrated with metacognitive scaffolding strategies, and explored its applicability in junior high schools. This study lasted for three years. Its metacognitive scaffoldings include structural and dynamic scaffoldings established with AA Vee map and concept map, which were then integrated in an instructional model of “three-staged scientific inquiry”, which consists of “science competition”, “critiques on science fairs”, and “open-ended science inquiry”. Qualitative methods were employed in data collection and analysis. The results show that, the three-staged scientific inquiry can gradually guide students’ understanding to the process of scientific inquiry, and can enhance their metacognitive abilities. Besides, it is shown in learners’ performances that structural scaffolding is helpful to the “planning” and “monitoring” of inquiry activities. Dynamic scaffolding primarily promotes learners’ introspection and reflection, and showed stronger “self- evaluation” and “self-regulation”.

Keywords: AA Vee map, metacognitive scaffolding strategies, open-ended inquiry, concept map