

國立政治大學「教育與心理研究」

2009年6月，32卷2期，頁27-55

國二學生科學思考表現之探討

謝甫佩^{*} 洪振方^{**}

摘 要

本研究透過探究活動了解不同情意反應與思考習性的受試者在科學思考時，情意反應、思考習性、創造思考與推理的表現，做為科學思考理論模式具體實例的說明，再以個案詮釋的結果與科學思考理論模式的比較，將科學思考理論模式具象化。本研究的受試者有171位國二學生，研究工具為情意反應量表、思考習性量表、科學推理測驗，以及科學創造思考測驗。再以集群分析選出代表不同集群的個案學生進行探究活動。結果顯示，高情意反應思考習性優的學生表現最好，低情意反應低思考習性的學生表現最不理想，也就是，個案詮釋的結果支持科學思考理論模式，並補充說明了規律性以外的個別差異。最後，根據研究結果提出科學教學、科學學習與後續研究的建議。

關鍵詞：科學思考、情意反應、思考習性、科學創造思考、科學推理

^{*} 謝甫佩：國立高雄師範大學科學教育研究所博士

^{**} 洪振方：國立高雄師範大學科學教育研究所副教授

電子郵件：sfp.sfp@msa.hinet.net

收件日期：2008.05.29；修改日期：2008.07.24；接受日期：2008.09.25

A Study of 8th Graders' Scientific Thinking

Fu-Pei Hsieh* Jeng-Fung Hung**

Abstract

In this study, we provide concrete evidence for scientific thinking model by the performance of students' affective response, thinking disposition, scientific creative thinking, and scientific reasoning during inquiry activity. For elaborating scientific thinking model, we compared the results of case studies with scientific thinking model. Instruments used include Affective Response Scale, Thinking Disposition Scale, Classroom Test of Scientific Reasoning, and Scientific Creative Thinking Test. We selected volunteers from different cluster. Results of case studies supported the scientific thinking model and provided concrete evidence and individual difference between the cases. Implications for teaching and learning of scientific thinking and future research were discussed.

Keywords: scientific thinking, affective response, thinking disposition, scientific creative thinking, scientific reasoning

* Fu-Pei Hsieh: Doctor, Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

** Jeng-Fung Hung: Associate Professor, Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

E-mail: sfp.sfp@msa.hinet.net

Manuscript received: 2008.05.29 Revised: 2008.07.24; Accepted: 2008.09.25

壹、研究動機、目的與問題

一、研究動機

Hsieh與Hung（2008a）根據科學家的思考特質，以情意反應、思考習性、創造思考和推理這四個影響科學思考的重要變項，建構國二學生科學思考理論模式。此模式顯示，情意反應是思考習性、創造思考與推理表現良好的預測變項；思考習性是創造思考與推理表現良好的預測變項。據此，研究者認為情意反應和思考習性表現較好的學生在科學思考時，其創造思考與推理的表現最好，而情意反應和思考習性表現較差的學生，其創造思考與推理的表現較不理想。

不過，張瓊、于祺明與劉文君（1994）認為，為現實系統確立數學模式需要歷經從具體到抽象和從抽象回歸至具體這兩個不同方向的思維過程，而個案詮釋可以賦予科學思考理論模式具體的意義。所以，研究者希望以個案詮釋提供科學思考理論模式具體的意義，以便了解不同情意反應與思考習性的受試者之間在科學思考的表現上有何異同，並從這樣的比較當中了解科學思考理論模式的限制。

最後，再整合科學思考理論模式和個案詮釋研究結果之間的共通性，對科學思考中情意反應、思考習性、創造

思考與推理之間的關係提出更深入的說明。

二、研究目的與問題

本研究旨在以個案詮釋說明情意反應和思考習性表現不同的學生在科學思考時，其情意反應、思考習性、創造思考與推理的表現，以及異同。再根據此結果與科學思考理論模式進行比較，將此理論模式具象化。因此，研究問題如下：

（一）不同集群的受試者進行科學思考時，情意反應、思考習性、科學創造思考與科學推理表現上的表現為何？

（二）不同集群的受試者進行科學思考時，情意反應、思考習性、科學創造思考與科學推理表現上有何異同？

（三）個案詮釋與科學思考理論模式之間是否有共通性？

貳、文獻探討

一、科學思考理論模式的意涵與重要性

許多學者認為（郭沂譯，1991；張家麟譯，2001）科學是人類在理解之間發生劇烈衝突時，透過思考與提出新的問題，產生幫助我們理解事物關係的創作，是一種思考與提出問題的過程。所以，科學思考是科學發展的動力，如果沒有科學思考，科學就無法進步，而新觀念、新問題、新理論，以及理解事

物之間的關係就是科學思考的產物。根據許多文獻（Dunbar & Fugelsang, 2005; Hu & Adey, 2002）可知，新觀念、新問題、新理論，就是創造思考；而理解事物之間的關係，就是推理。也就是說，科學思考所指的就是創造思考和推理。

不過，好的科學思考不只是推理和創造思考就足夠了。Hsieh與Hung（2008a）從科學家的思考特質發現，情意反應、思考習性、創造思考與推理是影響科學思考的重要因素，並據此建構科學思考理論模式（圖1）。所以，科學思考指的是個人在正向情意、期望、價值與成就動機等情意反應下，透過不同的科學情境所展現的思考行為與傾向，產生新觀念、新問題、新理論，以及理解事物之間的關係。

那麼，上述之科學思考理論模式有何重要性？

Dunbar與Fugelsang（2005）認為科學思考的研究在過去比較強調特定的推理方法，例如，歸納和演繹。從「思考和推理」的觀點來看，科學思考已經研究的部分有問題解決、類比推理、檢驗假設、概念改變、協同推理、歸納推理和演繹推理。但是關於科學思考的某些成分卻很少談到，如科學思考的動機、人格特質和社會因素。所以，關於科學思考不同因素之間的關係需要結合在一起，才能對科學思考提出一個全面

的描述。

據此可知，科學思考理論模式整合了過去的相關研究為理論基礎，並且擴充了既有的理論，如科學思考的情意反應、思考習性與創造思考，使得科學思考的探討不再局限於「思考和推理」的觀點來看相關技能。此外，了解這些變項之間可能的相互影響可以幫助我們了解或預測學生的思考行為，以及安排適當的課程。

二、情意反應、思考習性、科學創造思考與科學推理的相關研究

（一）情意反應、科學創造思考與科學推理的相關研究

情意與傳統學習動機合稱為情意反應（affective response），包括正向情意、期望、價值與成就動機。其中正向情意是指具有愉快的感受；期望是指對自己達成某個目標的一種預期；價值是指個人憑其主觀判斷目標的重要性與意義性；成就動機是指努力追求進步，以期達成目標的內在動力（吳青蓉，2002）。

那麼，情意反應在科學思考的歷程中是重要的嗎？McGrayne（1998）發現，女性科學家熱愛科學研究，因為科學使她們感到興奮和欣喜。Tirri與Koro-Ljungberg（2002）發現，成功的女性科學家對於學術成就會訂出實際可

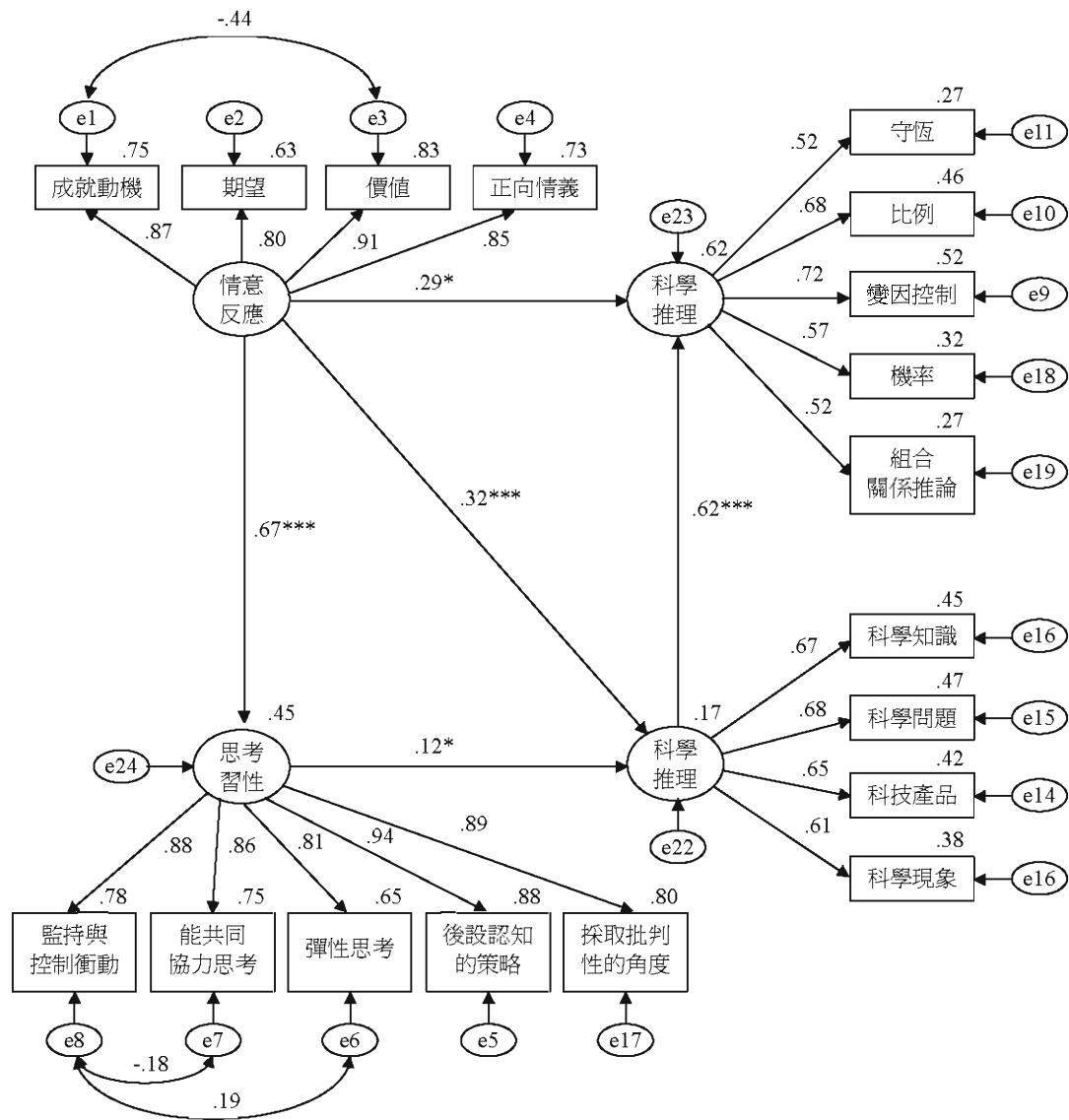


圖 1 科學思考理論模式圖

*** $p < .000$ * $p < .05$

資料來源：出自謝甫佩（2009：123）。

行的期望，在面對障礙時會用積極的態度和鼓勵性的回饋使自己專心，並且維持興趣。此外，Clarke（2002）發現，當科學家以創造的方式應用知識和專業技能時，期望、價值、態度、成就動機等情意因素常會和工作產出建立強烈的

連結。

綜合上述之相關研究可知，當個人對於科學活動具有正向情意與價值時，會訂出適當的期望，並且努力達成目標。所以，情意反應在科學思考的歷程中是重要的。

(二) 思考習性、科學創造思考與科學推理的相關研究

思考習性 (thinking disposition) 就是學生長期在不同的科學思考情境下所展現的持續性、堅持的思考行為與傾向 (Perkins & Tishman, 1998)。是許多的面向所綜合構成的，包括：堅持與控制衝動、共同協力思考、彈性思考、後設認知策略，以及採取批判性的角度。

那麼，思考習性在科學思考的歷程中是重要的嗎？Stanovich 與 West (1997) 發現，開放心胸的思考及考慮新證據和個人信念這兩種習性，可以解釋推理表現的差異。Venville、Adey、Larkin 與 Robertson (2003) 發現，學生具有思考問題解決、提出新想法、解釋做什麼，以及為建議辯護的習性，能夠表現解釋、論證想法和行動，接受新的想法與合作學習，並且對於解決問題能提出建議。此外，Hsieh 與 Hung (2008b) 的研究顯示，思考習性是推

理與創造思考良好的預測變項，並且可以有效地區分不同思考習性的學生在推理與創造思考方面的表現。

綜合上述之相關研究可知，當個人在科學思考情境下能展現出思考習性時，科學創造思考與科學推理的表現會比較好。所以，思考習性在科學思考的歷程中是重要的。

參、研究方法

一、研究設計

在科學概念的安排上，研究者將國內中、小學各版本的自然與生活科技領域教科書內容做比較，發現學生從三到九年級學到很多與「力」相關的科學概念 (表1)，依據此相關概念來設計探究活動將可顧及到所有層面的學生。雖然國中生一直到二年級才接觸理化課程，但是從國小課程中，就接觸到相關概念，例如，物體運動的快慢、摩擦力。

表 1 三到九年級與「力」相關的教材內容

年級	版本	主題	內容
三	南一	力的大小和方向	力有大小和方向性
四	翰林南一	多變的力測量力的大小	力的作用物體受力愈大，形狀和運動情形變化愈大
五	康軒	力與運動	力的作用、力的大小、物體運動的快慢 (速度)
六	南一翰林	巧妙的施力工具生活中的力	認識測量工具和力的測量力對物體的作用、力的測量、摩擦力
八	南一康軒	力與壓力常見的力	生活中的力、力的測量；摩擦力、壓力、浮力與應用非接觸力：萬有引力；接觸力：摩擦力 (動摩擦力、靜摩擦力)
九	南一康軒	力與運動力與運動	牛頓運動定律公式、圓周運動、萬有引力牛頓運動定律公式、力矩、槓桿、靜力平衡

二、探究活動簡介

研究者所設計的探究活動是「四

輪車探究活動」，此實驗情境如圖2所示：

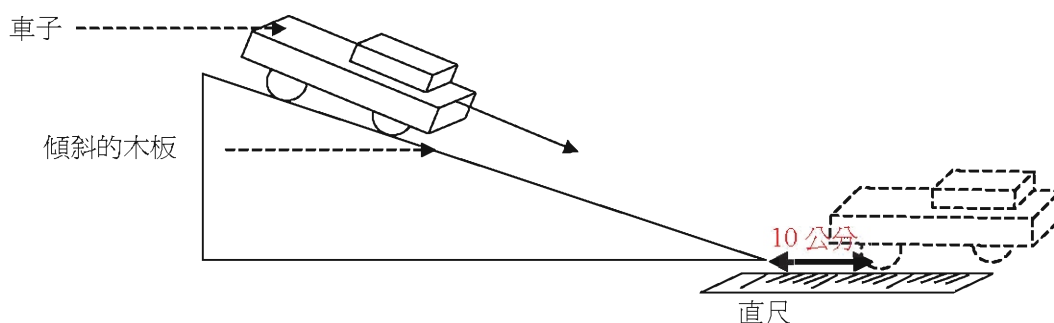


圖 2 四輪車探究活動情境說明圖

資料來源：出自謝甫佩（2009：106）。

共有兩個探究活動：活動一，車子從斜面頂端往下滑，必須停在斜面底下平面十公分處；活動二，經過上述的探討，你覺得還可以研究什麼問題？請將問題寫在「問題陳述」中。例如，斜面坡度對車子前進的距離有什麼影響？試著將你提出的問題做做看，並將「發現」寫下來！

活動一可以改變的變因有：摩擦力、速度、車子的重量、斜面的坡度、斜面材質、平面材質，所有的變因都是開放的。例如，學生可直接使用研究者所提供的斜面，亦可利用其他實驗器材，改變斜面的材質。在科學推理的安排上，是希望學生運用所學的科學概念，如摩擦力、速度，讓四輪車能停在斜面底下平面十公分處，並在實驗遇到困難時適時修改想法，以及實驗設計。

在科學創造思考的安排上，是希望學生在面對難以處理的科學問題或現象時，能結合或重組所學的科學概念，改變實驗器材的用途之後，找出多種新奇、有效的方法解決問題。

活動二則是從活動一的操作過程發現一些可以探討的問題，讓學生自行提出相關的科學問題，再設計實驗進行操作。在科學推理的安排上，是希望學生能找出變因，例如，斜面坡度、斜面材質，自行設計實驗、控制變因，並從實驗結果中了解兩個數量間的變化關係。Nickerson（1999）認為有創意的人擅長發現問題，發現問題和解決問題與科學的產生假設和檢驗假設是非常有關聯的。所以，在科學創造思考的安排上，是希望學生面對含糊不清的問題時，可以結合或重組所學的科學概念，

產生多種新奇、有效的問題及發現。

研究者認為此探究活動，能吻合 Mumford 與 Norris (1999) 認為需要創造思考的問題有三項共有的特徵：問題的結構鬆散且目標與程序是不明確的、問題狀況是新穎的、需要重新型塑過去的既有知識來產生新的想法與解決路徑。因為國二學生在開學之初才剛接觸理化課程，也沒有做過相同的實驗。為了不影響到個案學生真實的表現，在個案學生進行探究的過程中，研究者只有在一旁觀察個案學生的表現，沒有和個案互動，而晤談則是安排在各個活動結束後進行。此外，題目除了簡單的說明，所有變項的條件皆是開放的，能吻合結構鬆散，且目標與程序都是不明確的特徵，再加上受試者在小學皆學過「力」的相關概念，所以，能促使受試者重新組織過去既有的概念，用此活動來探討學生創造思考與科學推理的表現，是很適當的。

再者，研究者參考 Filipowicz (2006) 的設計，每一種實驗器材的使用沒有固定的方式，端視學生使用實驗器材解題的情形而定。若能夠使用研究者所提供的實驗器材達成研究目的就算成功，若使用實驗器材卻無法達成研究目的就算失敗。待學生無法以其他的變項來解題時，就進行晤談。在設計完這兩個活動之後，請同儕教師針對探究活動的編製理念提供意見，進行修改。在

修改完之後，請低、中、高不同學業成就的學生進行預試，並針對不適當的敘述進行修改，以使這個探究活動能符合所有的學生操作。待此活動修改完畢之後，再進行正式的施測。

三、研究對象之選取

本研究自高雄市、高雄縣分別選取大都會區大型學校及小都會區中型學校做為研究取樣的學校，計有 171 位研究對象。以班級為施測單位，每項測驗工具間隔一星期施測，以避免受試者因為寫了太多的測驗工具而感到厭倦。以下舉例說明各測驗工具的題項：

(一) 情意反應量表 (改編自吳青蓉, 2002)，全量表 $\alpha = .95$ ，分量表 $\alpha = .82 \sim .92$ ：第九題，我覺得自然與生活科技的學習是很有價值的。

(二) 思考習性量表 (洪振方、謝甫佩，付梓中)，全量表 $\alpha = .96$ ，分量表 $\alpha = .65 \sim .88$ ：第二題，探索科學問題時，不到適當時機我不會做出判斷。

(三) 科學創造思考測驗 (Hu & Adey, 2002)，全量表 $\alpha = .71$ ，評分者信度值為 $.89 \sim .99$ ：第五題，現在有一個遊戲，給了你一個正方形。如右圖的圖形，請使用任何可能的方法，將這個正方形分割成四個相等的部分，且此四部分形狀相同，請你畫出各種可能的切割方法。

(四) 科學推理測驗 (Lawson,

1995)，全量表 $\alpha = .83$ ；第六題，假設你想知道懸掛在線段末端的重物的重量是否會影響線段前後擺動所花的時間。你會使用在題項五當中的哪些線段？

為進一步了解觀察資料的性質，研究者以情意反應與思考習性進行集群分析。不過，由於分幾群是根據集群樹狀圖的結果及研究目的來定的，是相對性的，而不是絕對性的分群，所以，先說明集群分析的過程與結果。

首先，分別在集群樹狀圖重新量尺距離15、10、6.5三個地方做橫斷面切割，可將受試者分成三、四、五個集群，再根據此結果分別進行MANOVA。

結果發現，將受試者分成三個集群時 λ 值雖然達顯著，但卻不夠精確，因為分成四個集群時 λ 值也達顯著。而分成五個集群時 λ 值雖然達顯著，但事後比較卻發現這五個集群的情意反應與思考習性其實只有四個不同的等級。所以，將受試者區分成四個集群是比較適合的。

據此，將所有受試者分成四個集群，再依據各集群的得分情形，將集群一命名為「高情意反應思考習性優」群、集群二命名為「高情意反應高思考習性」群、集群三命名為「中情意反應中思考習性」群，而集群四則命名為「低情意反應低思考習性」群（圖3）。

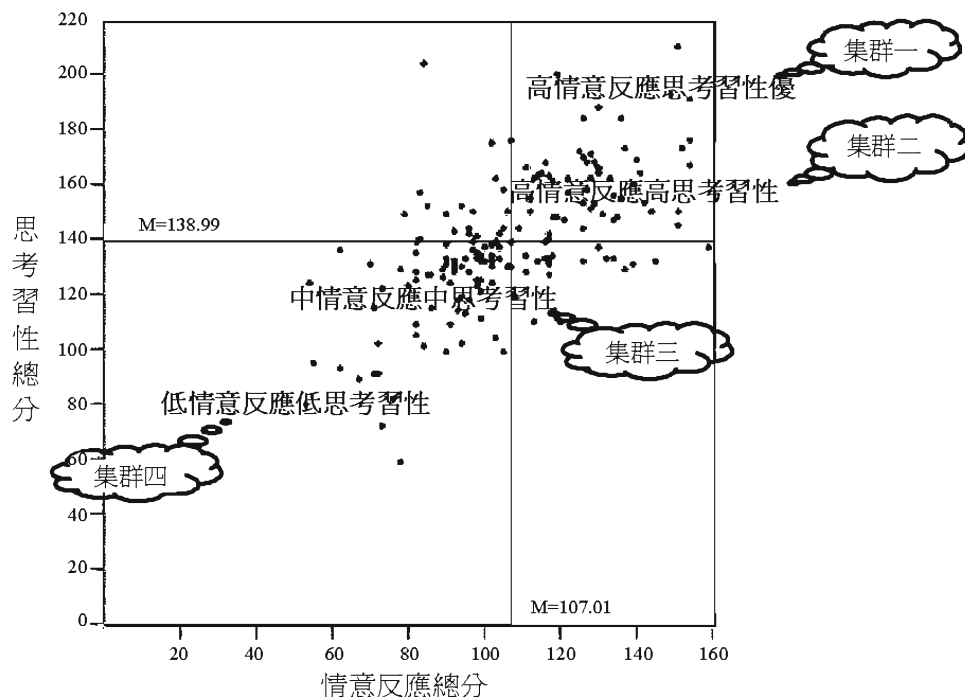


圖3 受試者在情意反應與思考習性的得分情形

資料來源：出自謝甫佩（2009：115）。

圖3顯示，這四個不同集群間的客體具有最大異質性，而相同的集群之客體具有最大的同質性。例如，集群一、二是高情意反應而思考習性不同的集群，集群一的受試者在思考習性的得分優於集群二的受試者。此外，從圖1的科學思考理論模式當中可知，情意反應是預測思考習性唯一的變項，當學生在情意反應的得分高時，思考習性的得分應該也是高的，所以，研判不會有高情意反應低思考習性的學生，或低情意反應高思考習性的學生。圖3也顯示出沒有受試者的情意反應與思考習性得分落

在第二、第三象限。

爲了避免個案學生在班上討論「四輪車探究活動」，進而影響其探究時的表現，所選的個案是來自不同班級的，且其情意反應與思考習性的得分必須能反應出該集群之特色，即個案學生的得分必須落在該集群的平均分數±標準差的範圍裡（表2）。例如：「高情意反應思考習性優」的個案學生其情意反應分數需落在 131.13 ± 22.86 的範圍，而思考習性的分數需落在 194.25 ± 9.54 的範圍。

表 2 各集群的情意反應與思考習性表現

	集群一 (N=8)		集群二 (N=70)		集群三 (N=83)		集群四 (N=10)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
情意反應	131.13	22.86	126.07	13.37	93.33	10.99	67.90	8.57
思考習性	194.25	9.54	152.36	14.40	128.84	12.96	85.40	12.55

據此判準，研究者選出四個具有代表性的學生，分別是學生10833，情意反應得分爲126、思考習性得分爲186，代表「高情意反應思考習性優」的學生；學生4733，情意反應得分爲118、思考習性得分爲140，代表「高情意反應高思考習性」的學生；學生10304，情意反應得分爲104、思考習性得分爲130，代表「中情意反應中思考習性」的學生；學生4107，情意反應得分爲72、思考習性得分爲91，代表「低情意反應低思考習性」的學生。

四、資料處理與分析

首先，將所蒐集的資料來源編予代號，再以日期作標記，例如，INST-961220，代表在96年12月20日的晤談內容；JR-961220，代表在96年12月20日的研究日誌內容；而CAR10833表示學生10833的四輪車探究活動單。

其次，將「質性資料編碼類別」分爲「情意反應」、「思考習性」、「科學創造思考」和「科學推理」四類。再根據各個測驗工具的測量模式將這些類別

細分為一些次類別（表3），以便提供個案詮釋較精確與深入的分析。接著，視此探究活動實際的需要，刪除沒有觀察到的次類別，例如，守恆、共同協力思考。而次類別代號的順序是方便編碼使用，若學生有負面的反應，則在代號前面加上R，例如，RAR1，表示為AR1負面的表現，也就是負面情意。

在資料蒐集完畢之後，再請一位擔任多年國中二年級自然與生活科技的

教師為同儕教師。研究者先向同儕教師說明編碼的類別與意義，接著請同儕教師針對學生10833的質性資料進行編碼，若研究者的編碼與同儕教師的編碼「不一致」，則針對該筆質性資料進行討論，以便達成共識。最後再針對所有的質性資料進行編碼，計算出「一致」的編碼在全部的編碼中所佔的比例，求得評分者信度為.95。

表 3 質性資料編碼類別

類別	次類別（代號）	舉例說明
情意反應AR	正向情意（AR1）	對於探究的結果與自身能力具有愉快的感受。
	期望（AR2）	對於自己設計的實驗是否成功的想法。
	價值（AR3）	憑其主觀判斷四輪車探究活動的重要性與意義性。
	成就動機（AR4）	希望把未完成的實驗或作業帶回家做（達成目標的內在動力）。
思考習性TD	堅持與控制衝動（TD1）	能努力堅持、撐到最後，毫不鬆懈；能慢慢來，三思而後行；頭腦冷靜、深思熟慮、小心謹慎。
	彈性思考（TD3）	能以另一種角度思考；想辦法改變觀點、創新，想出替代方法。
	後設認知策略（TD4）	能了解自己的思考模式；培養追求精確、準確和技巧的渴望；能組織思考、有計畫的解決問題。
	採取批判性的角度（TD5）	能發展求知詰問的態度，找出問題，並尋求解答；能根據解釋、解決方法和證據的優劣，及其與問題的相關性進行比較、判斷。
科學創造思考CT	科學知識（CT1）	以科學目的使用實驗器材時，所展現的獨創性及有效性。
	科學問題（CT2）	產生新問題、從新角度得到可能性的想像力，以及對科學問題的敏感度。
	科學現象（CT4）	對某現象的科學想像力與進行實驗的創造思考。
科學推理RE	比例（RE2）	能了解兩個數量間的變化關係。
	機率（RE3）	能以多次重複試驗後，了解事件出現的頻率。
	變因控制（RE4）	在做實驗時確認相關的變因，做操控運作。
	組合關係推論（RE5）	能由不同來源的資料，整理出整體性的看法；由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果關係。

肆、研究結果

一、個案學生在探究活動的情意反應、思考習性、科學創造思考與科學推理表現

首先，依據四位個案學生在「四輪車探究活動」中「活動一」和「活動二」的探究結果，以及研究者的研究日誌、訪談結果以流程圖表示，並且按照圖上的數字依序說明，以便提供科學思考理論模式具體的意義。如果流程圖上的數字加註（），例如：（11），表示此個案此行為的產生是由研究者詢問個案學生之後才引起的反應，並非個案學生自發性的科學思考表現。而圖上的英文代碼則是質性資料編碼的次類別（見表3），例如：TD1，表示「堅持與控制衝動」；AR1，表示「正向情意」。此外，以實線連結的變項來顯示科學思考理論模式所呈現的路徑，如「獨創地使用實驗器材」（創造思考）與「控制變因」（推理）之間是實線；而虛線連結的變項則表示科學思考理論模式沒有顯現出的關係，如「了解變項間的關係」（推理）與「符合期望」（情意反應）之間是實線。

（一）個案學生在活動一的表現

研究者發現，在科學推理方面，學生10833（圖4）能透過確認變因、控制變因解題（RE4），如摩擦力、速

度、斜面坡度，並了解斜面坡度與車子速度的關係，顯然學生能了解兩個數量間的變化關係（RE2）。

在科學創造思考方面，學生10833想到的方法可以分成三種不同的變因，如斜面坡度、增加摩擦力、車子的速度，並且該名學生可以自己說出這三種不同變因的名稱。此外，在增加摩擦力方面，該生除了改變斜面的摩擦力以外，還會試著改變平面的摩擦力，顯示該生以科學目的使用一個物件時，所展現的獨創性及有效性（CT1）。

在情意反應方面，學生10833認為此活動和自己所想的差不多，能符合他的期望（AR2）；另外，該生在探究的過程中一直認為此活動「簡單」、「有趣」，一直保持著對此探究活動的熱情（AR1），並且希望將實驗帶回家完成，顯示出努力追求進步，以期達成目標的內在動力（AR4）。

在思考習性方面，學生10833在設計實驗時，一次只改變一個變項，顯示學生能深思熟慮、小心謹慎（TD1）；此外，該生能確認其他不同的變項，找出其他解題的方法（TD3）；自行修正失敗的地方，達成實驗的目的，並且知道原因，顯示學生能明白自己的思考模式（TD4）。

研究者發現，在科學推理方面，學生4733（圖5）能透過確認變因、控制變因解題（RE4），如摩擦力、速

高情意反應思考習性優：學生 10833

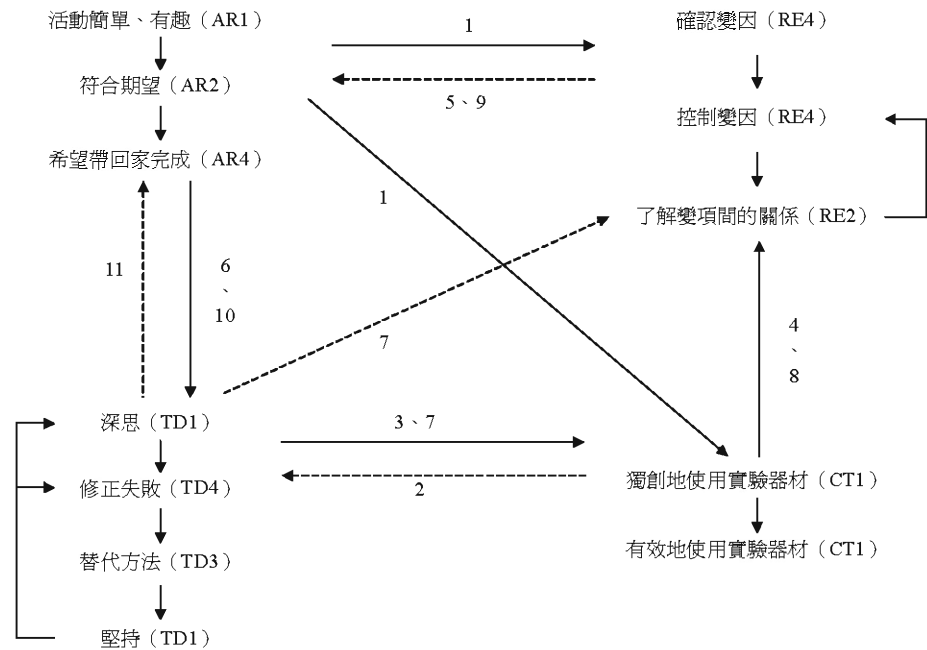


圖 4 「高情意反應思考習性優」的學生在活動一的表現

- 註：1.路徑1：將撲克牌直立，並在終點放砂紙（確認變因、獨創地使用實驗器材），結果車子停在平面二十幾公分的地方（CAR10833）。
 2.路徑2：學生想了一下（深思），知道砂紙的阻力不夠大，將撲克牌換成透明膠帶（修正失敗）（JR-960907）。
 3.路徑3：將膠帶平放（有效地使用實驗器材），降低斜面坡度（CAR10833）。
 4.路徑4：在末端放砂紙（控制變因），降低斜面的坡度，使車速變慢（了解變項之間的關係）（JR-960907）。
 5.路徑5：覺得活動簡單、有趣（CAR10833、INST-960921）。
 6.路徑6：將白紙折一折，攤開放在斜坡上，再將末端的砂紙移除（替代方法），結果車子卡住了（JR-960907）。
 7.路徑7：將白紙壓平一點（有效地使用實驗器材）（JR-960907）。
 8.路徑8：沒有增加其他的器材（控制變因），結果成功了（JR-960907）。
 9.路徑9：該生認為實驗設計與結果和自己所想的差不多（符合期望）（INST-960921）。
 10.路徑10：該生又繼續思考其他解題的方法（替代方法），例如：改變平面的摩擦力，並且重複步驟1～10，一直到探究時間結束（堅持）（JR-960907）。
 11.路徑11：當探究的時間結束時，該生主動詢問研究者：「可以帶回家寫嗎？」（希望帶回家完成）（INST-960921）。

度、斜面坡度，並了解斜面坡度與車子速度的關係，顯然學生能了解兩個數量間的變化關係（RE2）。

在科學創造思考方面，學生4733想到的方法可以分成三種不同的變因，

如斜面坡度、增加摩擦力、車子的速度，並且該名學生可以自己說出這三種不同變因的名稱。此外，在增加摩擦力方面，該生除了改變斜面的摩擦力以外，還會試著改變平面的摩擦力，顯示

高情意反應高思考習性：學生 4733

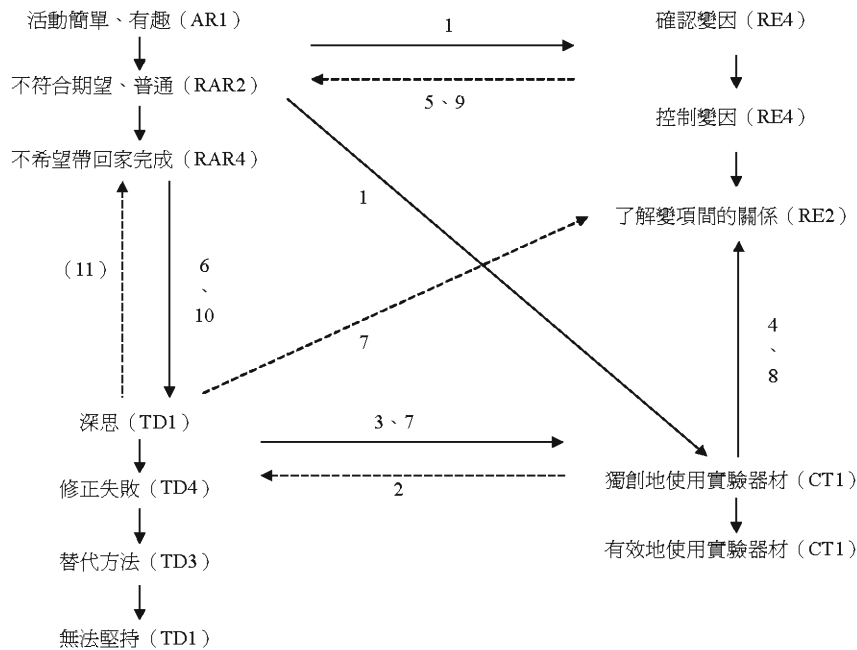


圖 5 「高情意反應高思考習性」的學生在活動一的表現

註：1. 路徑1：用四個積木基座疊起來，產生斜面，並將砂紙鋪在斜面上，再用尺在平面十公分的地方畫上記號，讓車子往下滑（確認變因、獨創地使用實驗器材），結果車子停在很遠的地方（CAR4733）。

2. 路徑2：學生想了一下（深思），知道砂紙的阻力不夠大，將四個積木基座換成撲克牌和膠帶（修正失敗）（JR-9601114）。

3. 路徑3：將撲克牌和膠帶平放（有效地使用實驗器材），降低斜面坡度（CAR4733）。

4. 路徑4：砂紙鋪在斜面上（控制變因），降低斜面的坡度，使車速變慢（了解變項之間的關係）（JR-9601114）。

5. 路徑5：覺得活動簡單、有趣（CAR4733）。

6. 路徑6：不改變斜面坡度，將斜面上的砂紙移除，換成有凹洞的四個積木基座（替代方法），結果車子卡住了（JR-9601114）。

7. 路徑7：將撲克牌的寬豎起來，增高斜面坡度，結果車子停在很遠的地方。接著，像之前那樣將撲克牌平放，增加便條紙一本，將斜面坡度增高一點（有效地使用實驗器材）（JR-9601114）。

8. 路徑8：沒有增加其他的器材（控制變因），結果成功了（JR-9601114）。

9. 路徑9：該生認為實驗設計與結果雖然和自己所想的差不多，但是要想出很多不同的方法，是很難的（不符合期望）（INST-961114）。

10. 路徑10：該生又繼續思考其他解題的方法（替代方法），例如：改變平面的摩擦力，並且重複步驟1~10，但是研究者發現探究時間尚未結束之前，該生操作實驗的速度漸漸慢下來，並且問研究者：「可以休息一下嗎？」（無法堅持）（JR-9601114）。

11. 路徑11：當探究的時間結束時，研究者問：「妳要帶回家寫嗎？」，該生則搖頭拒絕（不希望帶回家完成）（INST-961114）。

R：你不是覺得「有趣」？

學生4733：對啊！可是很累。

R：為什麼？

學生4733：因為要想出很多方法，頭都暈了，沒有想像中那麼簡單（INST-961114）。

該生以科學目的使用一個物件時，所展現的獨創性及有效性（CT1）。

在情意反應方面，學生4733認為活動一「有趣」（AR1），實驗容易操作，但要想出很多方法，不如想像中簡單，不符合她的期望（RAR2），頭都暈了，所以，不希望將實驗帶回家完成（RAR4）。

在思考習性方面，學生4733在設計實驗時，一次只改變一個變項，顯示學生能深思熟慮、小心謹慎（TD1）；自行修正失敗的地方，達成實驗的目的，並且知道原因，顯示學生能明白自己的思考模式（TD4）；此外，該生能找出其他解題的方法（TD3），但是，該生在想出五個方法之後，無法持續進行實驗，希望休息一下（RTD1）。

研究者發現，在科學推理方面，學生10304（圖6）能確認變因，如斜面材質和坡度，但是無法說出將吸管與便條紙放在斜面底下的原因，顯示學生做實驗時只控制部分變因（RRE4），了解部分變項之間的變化關係（RRE2）。

在科學創造思考方面，學生10304想到的方法可以分成兩種不同的變因，如斜面材質和傾斜角度，並且該名學生可以自己說出這兩種不同變因的名稱。此外，該生會將量角器改放在斜面的終點，使車子行進的速度改變，顯示該生以科學目的使用一個物件時，所展現的獨創性及有效性（CT1）。不過，由於

該生不了解吸管與便條紙放在斜面底的用途，所以，只能算是部分有效地使用實驗器材（RCT1）。

在情意反應方面，學生10304一開始認為活動一「簡單、有趣」（AR1），不過，實驗雖然容易操作，但是不容易成功，和自己原先想的不同（RAR2），後來認為活動的難易度為普通（RAR1）。此外，他擔心會影響到其他的功課，所以，不希望將實驗帶回家完成（RAR4）。

在思考習性方面，學生10304在設計實驗時，能獨創地使用實驗器材，但是只能部分有效地使用實驗器材（RTD1）；此外，該生能確認其他不同的變項，找出其他的解題方法（TD3），但是，該生在想出兩個方法之後，就停下來，無法持續進行實驗（RTD1）；自行修正失敗的地方，達成實驗的目的，並且知道原因，顯示學生能明白自己的思考模式（TD4）。

研究者發現，在科學推理方面，學生4107（圖7）無法透過確認變因、控制變因解題（RRE4），對於成功的原因都說「不知道！」或「老師沒看到才會成功！」，而且也無法了解斜面坡度與車子速度的關係（RRE2）。

在科學創造思考方面，學生4107想到的方法只能歸類為「斜面坡度」（RCT1），但是該名學生無法自己說出這個變因的名稱。

中情意反應中思考習性：學生 10304

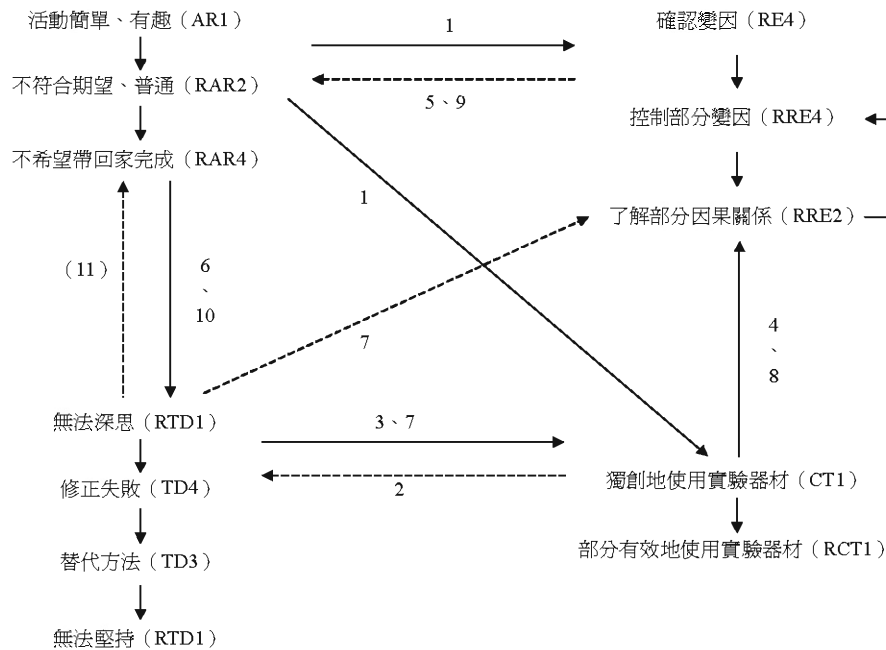


圖 6 「中情意反應中思考習性」的學生在活動一的表現

註：1. 路徑1：用撲克牌和兩個積木基座平放，將木板形成一個斜面，再把墊板放在斜面的終點（確認變因、獨創地使用實驗器材），結果車子停在平面二十幾公分的地方（CAR10304）。

2. 路徑2：學生看到實驗結果與自己想的不同就愣住了，後來，他將一卷透明膠帶、一本便條紙和兩根吸管放在斜面下方（無法深思），不過，他知道墊板太滑，為減緩車速，他將墊板拿掉（修正失敗）（JR-961109）。

3. 路徑3：在斜面的中間放量角器，改變斜面材質，結果車子停在平面十幾公分的地方。接著，該生將量角器放在斜面的末端（部分有效地使用實驗器材）（CAR10304）。

4. 路徑4：斜面坡度沒有改變，便條紙和吸管繼續放在斜面下方（控制部分變因），結果車子經過量角器時，車速變慢，停在平面十公分處（了解部分變項之間的關係）（JR-961109），但是，該生無法說出為何要將吸管與便條紙放在斜面底下，也不知道活動一的科學原理（INST-961116）。

5. 路徑5：覺得活動有趣（CAR10304）。

6. 路徑6：將撲克牌和兩個積木基座移除，改成透明膠帶，再將砂紙的光滑面放在斜面的終點（替代方法），便條紙和吸管則是繼續放在斜面下方，結果车子在平面十公分之前停下來（JR-961109）。

7. 路徑7：將撲克牌平放在透明膠帶上，增高斜面的坡度（部分有效地使用實驗器材）（JR-961109）。

8. 路徑8：沒有增加其他的器材（控制變因），結果成功了（JR-961109）。

9. 路徑9：該生認為實驗操作與結果不像自己原先所想的那樣簡單（不符合期望）（INST-961116）。

10. 路徑10：一直到探究時間結束，該生就無法再想出其他解題的方法（無法堅持）（JR-961109）。

11. 路徑11：當探究的時間結束時，研究者問：「妳要帶回家寫嗎？」，該生則搖頭拒絕（不希望帶回家完成）（INST-961116）。

R：你不是覺得「有趣」？

學生4733：對啊！可是不容易成功，要花很多時間（才成功）（JR-961109）。

在情意反應方面，學生4107一開始認為實驗容易操作，覺得有趣，但

是，失敗好幾次之後就開始對此實驗感到懷疑（RAR2）。後來在幾次嘗試錯

低情意反應低思考習性：學生 4107

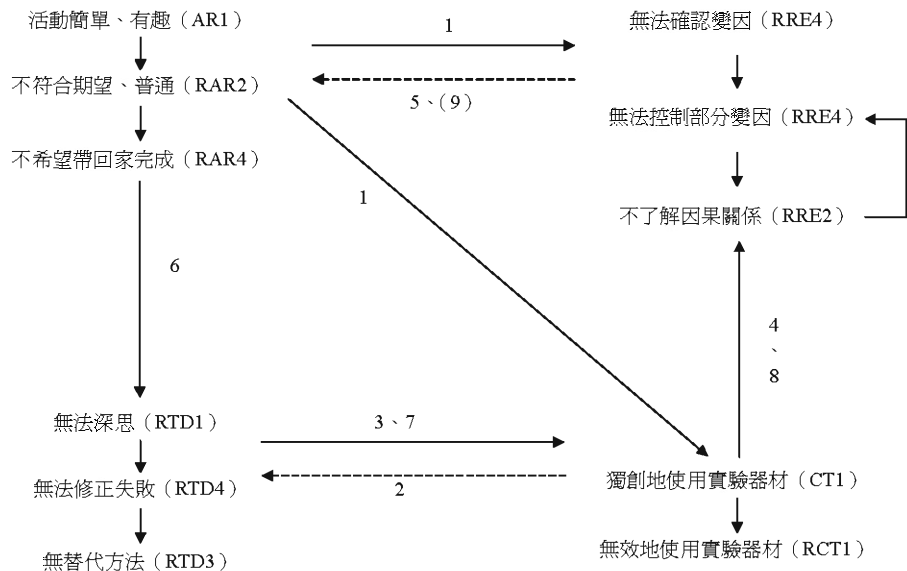


圖 7 「低情意反應低思考習性」的學生在活動一的表現

- 註：1.路徑1：將短木板直立，形成一個斜面，並且用右手扶著短木板（無法確認變因、獨創地使用實驗器材），結果車子一下子就衝到很遠的地方（CAR4107）。
- 2.路徑2：該生很快地將車子拾起，放在斜面上重複剛才的實驗操作（無法深思、無法修正失敗）（JR-960912）。
- 3.路徑3：沒有改變實驗設計（無效地使用實驗器材）（CAR4107）。
- 4.路徑4：該生用右手扶著短木板，左手拿著車子，斜面搖晃不穩（無法控制變因），結果車子還是一下子就衝到很遠的地方（無法了解變項之間的關係）（JR-960912）。
- 5.路徑5：覺得活動普通、有趣（CAR4107、INST-960926）。
- 6.路徑6：大約失敗十次後（沒有替代方法）。
- 7.路徑7：該生將短木板移除，用螺絲起子豎起更高的斜面，此斜面也是搖晃不穩。該生用右手扶著螺絲起子，左手拿著車子，讓車子從斜面上往下滑，結果都沒有成功（無效地使用實驗器材）（JR-960912）。
- 8.路徑8：該生不知道要降低坡度或增加摩擦力，使車速減緩（無法了解變項之間的關係），大約重複十次後，實驗都沒有成功（JR-960912）。
- 9.路徑9：該生認為實驗操作簡單，但是實驗結果和自己所想的差很多，幾次失敗之後便自言自語的抱怨起來：「這樣要用到什麼時候才會成功？」過了一會兒，他又問研究者：「老師您試過嗎？真的會成功嗎？」。（不符合期望）（INST-960926）。當探究的時間結束時，研究者問：「你要帶回家寫嗎？」，該生則搖頭拒絕（不希望帶回家完成）（INST-960926）。
- R：你不是覺得「有趣」？
- 學生4107：對啊！可是我不想帶回去做。
- R：為什麼？
- 學生4107：我不知道帶回家做會不會成功？

誤下，降低坡度，實驗成功了才覺得有趣，這時該生覺得活動並沒有想像中容易（RAR1），不過，他認為此實驗帶

回家做可能不會成功，所以，不希望將實驗帶回家完成（RAR4）。

在思考習性方面，學生4107每次

在實驗結果與自己的假設不同時，就無法深思熟慮（RTD1），還是重複一樣的實驗設計，無法修正失敗（RTD4）。此外，除了坡度以外，他就找不出其他的解決方法（RTD3）。

（二）個案學生在活動二的表現

研究者發現，在科學推理方面，學生10833（圖8）能運用所學到的科學概念，如地心引力、摩擦力，透過確認變因解題（RE4），了解因果關係（RE2），並且從實驗結果當中歸納出一些發現（RE5）。

在科學創造思考方面，學生10833能運用所學到的科學概念自行想出一些研究問題（CT2）。此外，該生所探討的自變項共有「斜面材質」、「斜面坡度」與「車子的重量」三項，並且有效地、獨創地使用實驗器材（CT1）。

在情意反應方面，學生10833認為此活動「簡單」、「有趣」（AR1），符合自己的期望（AR2）。

在思考習性方面，學生10833會從活動一的實驗操作想到一些相關的科學概念（TD1），再以這些科學概念提出研究問題、設計實驗（TD4），而在研究問題結束之後又能從另一種角度思考，以其他變項提出不同的研究問題（TD3）。

研究者發現，在科學推理方面，學生4733（圖9）能運用所學到的科學概念，如地心引力、摩擦力，透過控制

變因解題（RE4），了解變項間的關係（RE2），並且從實驗結果當中歸納出一些發現（RE5）。

在科學創造思考方面，學生4733能運用所學到的科學概念自行想出一些研究問題（CT2）。而且，該生所探討的依變項共有「車子前進的距離」和「車速」兩項，並且有效地、獨創地使用實驗器材（CT1）。

在情意反應方面，學生4733一開始認為活動二簡單、有趣（AR1），符合自己的期望（AR2）。不過，探討了幾個研究問題之後，該生認為還要再想出不同的科學原理和變因，讓他感到頭暈，並不簡單，所以認為活動二有趣，但是難易程度為「普通」（RAR1）。

在思考習性方面，學生4733可以從活動一的實驗操作想到一些科學概念（TD1），再以這些科學概念提出研究問題、設計實驗（TD4），而在研究問題結束之後又能從另一種角度思考，以其他變項提出不同的研究問題（TD3）。

研究者發現，在科學推理方面，學生10304（圖10）能運用的科學概念比高情意反應思考習性優和高情意反應高思考習性的個案學生少，例如，摩擦力。不過，該生能透過確認變因解題（RE4），了解部分因果關係（RRE2），並且從實驗結果當中歸納出一些發現（RE5）。

高情意反應思考習性優：學生 10833

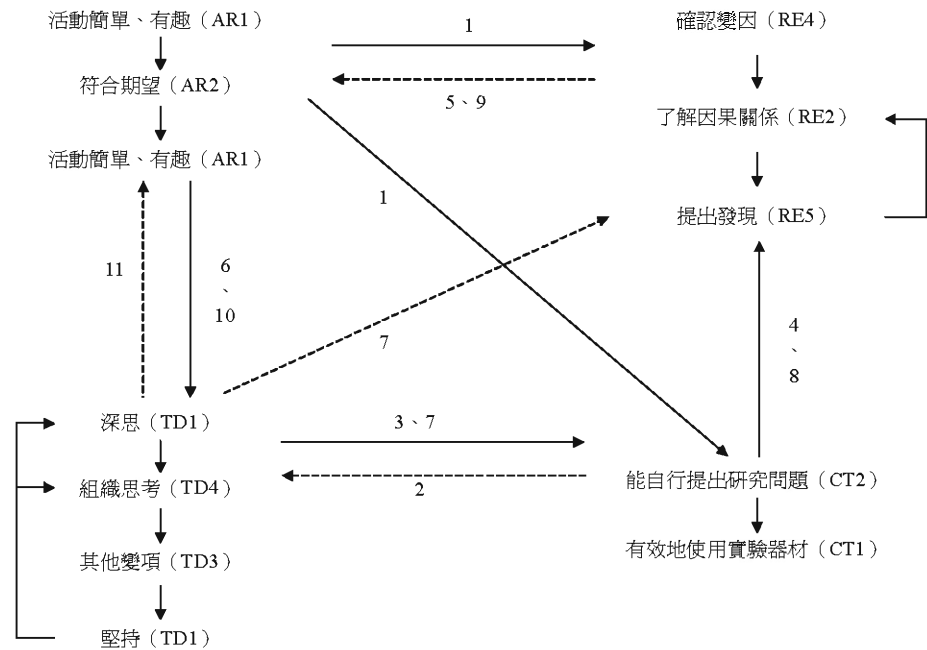


圖 8 「高情意反應思考習性優」的學生在活動二的表現

- 註：1.路徑1：在斜面上鋪上不同材質（確認變因），觀察車子行走距離是否不同（能自行提出研究問題）（JR-961005）。
- 2.路徑2：因為每個物品的摩擦力不同，改變斜面的材質，車子行走的距離會受到影響（深思、組織思考）（CAR10833）。
- 3.路徑3：將木板的傾斜角度固定，在斜面上鋪上不同材質，例如，砂紙、墊板，會影響車速和行走的距離（有效地使用實驗器材）（JR-961005）。
- 4.路徑4：發現一，斜面上有鋪砂紙，汽車滑動的距離比較短，而沒有鋪砂紙，汽車滑動的距離比較遠；發現二，斜面上有鋪砂紙，汽車速度比較慢，而沒有鋪砂紙，汽車速度比較快（了解因果關係，並提出發現）（CAR10833）。
- 5.路徑5：覺得活動簡單、有趣（CAR10833、INST-961005）。
- 6.路徑6：斜面坡度（其他變項），因為地心引力可以使車子往下滑，而不同的坡度就有不同的地心引力，會影響車子行走距離（CAR10833）。
- 7.路徑7：用不同的實驗器材增高斜面的坡度，例如，撲克牌、積木基座、透明膠帶（確認變因、有效地使用實驗器材），觀察車子行走距離是否不同（提出研究問題）（CAR10833）。
- 8.路徑8：發現一，斜面角度愈大，汽車滑動的距離比較遠，而角度愈小，汽車滑動的距離比較近；發現二，斜面角度愈大，汽車速度比較快，而角度愈小，汽車速度比較慢（了解因果關係，並提出發現）（CAR10833）。
- 9.路徑9：該生認為實驗設計與結果和自己所想的差不多（符合期望）（INST-961005）。
- 10.路徑10：該生又繼續提出其他研究問題（其他變項），例如，改變車子的重量對於車子行走距離的影響，並且重複步驟1~10，一直到探究時間結束（堅持）（JR-961005）。
- 11.路徑11：當探究的時間結束時，該生依舊覺得活動簡單、有趣（CAR10833、INST-961005）。

在科學創造思考方面，學生10304能運用所學到的科學概念自行想出一些

研究問題（CT2）。不過，該生只能有效地使用部分的實驗器材（RCT1）。

高情意反應高思考習性：學生 4733

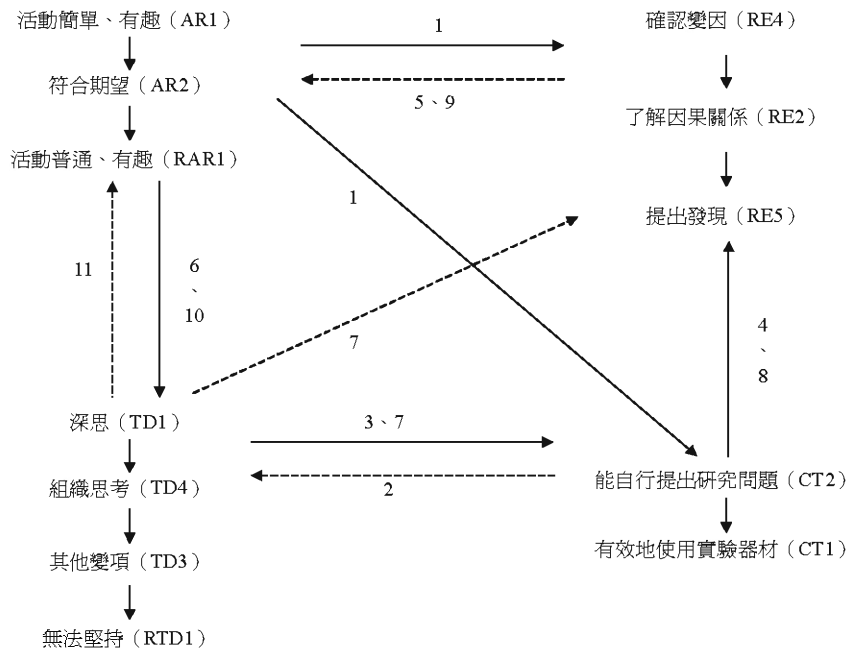


圖 9 「高情意反應高思考習性」的學生在活動二的表現

註：1.路徑1：在木板鋪上長度不同的砂紙（確認變因），觀察車速有什麼不同（能自行提出研究問題）（CAR4733）。

2.路徑2：因為砂紙有摩擦力，鋪得愈長，車子跑得愈慢（深思、組織思考）（CAR4733）。

3.路徑3：固定其他的變項，在斜面上鋪上不同長度的砂紙（有效地使用實驗器材）（JR-961121）。

4.路徑4：發現一，砂紙鋪得愈長，車子跑得愈慢，而鋪得愈短，車子跑得愈快；發現二，砂紙鋪得愈長，車子很快就停了，而鋪得愈短，車子可以跑遠一點（了解因果關係，並提出發現）（CAR4733）。

5.路徑5：覺得活動簡單、有趣（CAR4733、INST-961128）。

6.路徑6：木板上的凹洞（其他變項），因為凹洞愈多，摩擦力愈大（CAR4733）。

學生4733：我要觀察的項目可以一樣嗎？

R：怎麼說？

學生4733：因為我覺得這兩個問題很像。

（第一個問題：砂紙鋪在木板上的長度對車速的影響是否不同；第二個問題：木板上凹洞愈多，對車速的影響是否不同？）

R：嗯，那你想寫什麼呢？

學生4733：想不出來，好像就只有車子前進的距離和車速這兩個。（JR-961121）

7.路徑7：在斜面上放上長度不同的積木基座（確認變因、有效地使用實驗器材），觀察車速有何不同（提出研究問題）（JR-961121）。

8.路徑8：發現凹洞愈多，摩擦力愈大，車子的速度愈慢（了解因果關係，並提出發現）（CAR4733）。

9.路徑9：該生認為實驗設計與結果和自己所想的差不多（符合期望）（INST-961128）。

10.路徑10：該生又繼續提出其他的研究問題（其他變項），並設計實驗，例如，改變施力大小，觀察車子前進的距離，並且重複步驟1~10。不過，探究時間還沒結束，他就停下來休息了（無法堅持）（JR-961121）。

學生4733：（學生想了很久之後……）對了，我可以用槓桿原理！

R：怎麼說？

學生4733：把撲克牌的套子當支點，在另一邊放不同重量的撲克牌。（該生一面說，一面做，發現放上不同重量的撲克牌，車子都跑得很快……）好像不適合用在這個問題上，這是用來探討施力大小的……頭

好暈，我想休息了。(JR-961121)

11. 路徑11：當探究的時間結束時，該生覺得活動二雖然有趣，但是這個活動並不簡單 (INST-961128)。

中情意反應中思考習性：學生 10304

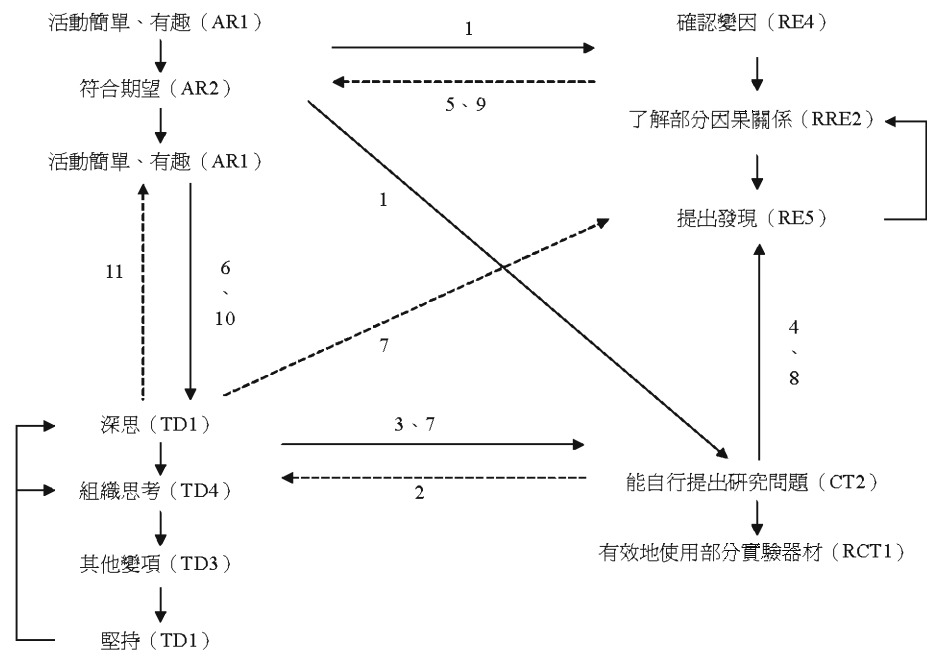


圖 10 「中情意反應中思考習性」的學生在活動二的表現

- 註：1. 路徑1：不同斜面的坡度（確認變因）對車子行走的距離有什麼影響（能自行提出研究問題）（CAR10304）。
2. 路徑2：斜面的坡度不同，對車子行走的距離有什麼影響（深思、組織思考）（CAR10304）。
3. 路徑3：把撲克牌直立或橫放（有效地使用實驗器材）（CAR10304）。
4. 路徑4：發現：斜面坡度愈高，車子行走的距離愈遠；斜面坡度愈低，車子行走的距離愈近（了解因果關係，並提出發現）（CAR10304）。
5. 路徑5：覺得活動簡單、有趣（CAR10304、INST-961130）。
6. 路徑6：在斜面鋪上不同材質（其他變項）（JR-961123）。
7. 路徑7：斜面材質不同（確認變因），例如，在斜面鋪上短木板和墊板，觀察車子行走距離是否不同（提出研究問題、有效地使用部分實驗器材）（JR-961123）。
8. 路徑8：發現斜面鋪上墊板，汽車行走的距離比較遠，而鋪上短木板，汽車滑動的距離比較近（了解因果關係，並提出發現）（CAR10304）。（研究者補充說明：學生應該要設計鋪上墊板與沒鋪上墊板兩種情境來比較，因為短木板與斜面的材質相同，鋪上短木板與沒有鋪上的情境是一樣的。但是，短木板有0.4公分的厚度，當四輪車從短木板的末端進入斜面時，接觸面間就形成了凹陷的坑洞，會減緩車子的速度，進而影響車子行走的距離）
9. 路徑9：該生認為實驗設計與結果和自己所想的差不多（符合期望）（INST-961130）。
10. 路徑10：該生又繼續提出其他研究問題（其他變項），例如，不同斜面材質對於車子速度的影響，並且重複步驟1~10，一直到探究時間結束（堅持）（CAR10304）。
11. 路徑11：當探究的時間結束時，該生覺得活動二比活動一容易，但是這個活動也沒有那麼簡單（INST-961130）。

在情意反應方面，學生10304一開始認為活動二簡單、有趣（AR1），符合自己的期望（AR2）。不過，該生認為研究問題實在不容易想出來，所以認為活動二有趣，但是難易程度由「簡單」轉為「普通」（RAR1）。

在思考習性方面，學生10304可以從活動一的實驗操作想到一些科學概念（TD1），再以這些科學概念提出研究問題、設計實驗（TD4），而在研究問題結束之後又能從另一種角度思考，以其他變項提出不同的研究問題（TD3）。

研究者發現，在科學推理方面，學生4107（圖11）無法運用所學到的科學概念解題（RRE4），也不了解因果關係（RRE2），只能從實驗結果歸納出部分發現（RRE5）。

在科學創造思考方面，學生4107無法提出其他的研究問題（RCT2）。

在情意反應方面，學生4107認為活動二「無趣」、「困難」（RAR1），和她想的不一樣（RAR2），所以在探討完例題之後，還是認為活動二「無趣」、「困難」（RAR1）。

在思考習性方面，學生4107認為活動二的例題就像活動一一樣，無法了解這兩個研究問題的不同（RTD1），也無法以科學概念提出研究問題、設計實驗（RTD4），而在探究例題結束之後也無法從另一種角度思考，提出不同的研

究問題（RTD3）。

二、個案學生情意反應、思考習性、創造思考與推理的異同

綜合活動一、二的觀察，發現不同集群的個案學生在科學思考時情意反應、思考習性、創造思考與推理的異同如下。

在情意反應方面，「高情意反應思考習性優」群的學生表現很穩定，認為活動一、二「有趣」、「簡單」，對自己的想法或提出的研究問題很有自信，並且希望將實驗帶回家完成；其他三類的學生雖然一開始認為這兩個探究活動有趣、簡單，但是在遇到實驗失敗時就認為此探究活動沒有想像中容易，在情意反應的轉變比較大，並且在研究者的詢問下發現，這三位個案都不希望將探究活動帶回家完成。另外，「低情意反應低思考習性」的學生一開始認為活動二很困難、無趣，但是當研究者請該生先以活動二的例題進行探究時，該生很快的像活動一那樣的做實驗。研究者發現，該生雖然在兩個活動的實驗操作上是差不多的，但是在情意反應上的表現卻差很多，因為該生認為活動一容易、有趣，很快的就拿起實驗器材做實驗。可見，此集群的學生在進行科學思考時，容易受到情意反應的影響，當其認為活動困難、無趣時就不知道接下來該

低情意反應低思考習性：學生 4107

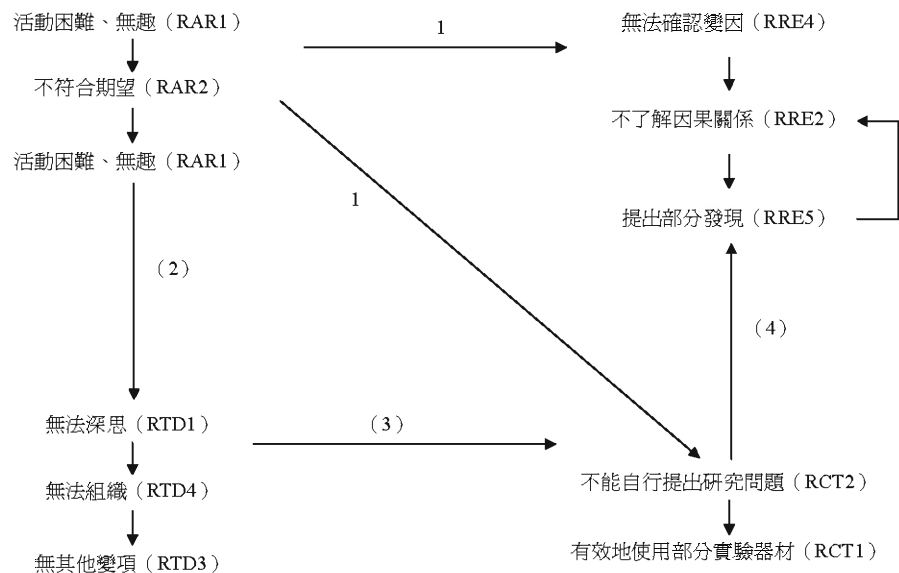


圖 11 「低情意反應低思考習性」的學生在活動二的表現

- 註：1.路徑1：該生覺得活動很困難、無趣。她無法想出任何變因（無法確認變因），也無法自己提出研究問題（不能自行提出研究問題），她覺得活動二和她預期的情況差很多（RAR2）（CAR4107）、（JR-961017）。（補充說明：研究者希望能確定該生是真的提不出研究問題，所以請該生先以活動二的例題進行探究。）
- 2.路徑2：學生很快的拿起積木基座產生斜面，像探究活動一那樣，將車子從斜面上往下滑（無法深思、無法組織）（JR-961017）。
- 3.路徑3：該生除了使用積木基座以外，就沒有再使用其他的實驗器材（有效地使用部分實驗器材）（CAR10833）。
- 4.路徑4：該生無法說明斜面坡度對車子前進的距離有什麼影響（例題的研究問題）（不了解因果關係）。不過，她可以提出部分的發現：斜面比較高，車子就會動；斜面比較低，車子就不會動（CAR4107）（提出部分發現）。然而，當此問題探究完之後，該生還是無法提出相關的研究問題（JR-961017）。

如何進行實驗。

在思考習性方面，「高情意反應思考習性優」群的學生，在設計實驗時，一次只改變一個變項，有疑問時能提出，並且能從活動的實驗操作想到科學概念、提出研究問題、設計實驗；「高情意反應高思考習性」群的學生擁有的科學概念和各方面的表現不亞於「高情意反應思考習性優」群的學生，但是該生在活動一和活動二的探究時間結束之

前就表示要休息了；「中情意反應中思考習性」群的學生，在設計實驗時，能控制部分變項，但是對於自己為什麼在實驗過程中使用某些無關的實驗器材則表示不清楚；「低情意反應低思考習性」群的學生無法深思，在實驗好幾次失敗後，試圖詢問研究者來得到答案。

在科學創造思考方面，「高情意反應思考習性優」和「高情意反應高思考習性」的學生都能以有效且獨特的方式

使用實驗器材，並且用科學概念提出較多的研究問題。不過，「高情意反應高思考習性」的學生雖然知道自己所提的第一個問題和第二個問題很像（CAR4733），卻沒有像「高情意反應思考習性優」的學生用上位概念（*superordinate concept*）來描述研究問題，例如，他可以將自己所提的兩題研究問題改成「斜面的材質會影響車速嗎？」，就可以避免提出很像的研究問題，不過該生並沒有察覺要這麼做。而「中情意反應中思考習性」的學生，雖然也能用科學概念提出不同的研究問題，但是該生在設計實驗時會將一些不相干的實驗器材放在斜面底下，並且認為一定要放，實驗才會成功；「低情意反應低思考習性」群的學生，對於實驗器材的使用方式較固定，而且實驗設計不會考慮到其他的變項，例如，斜面材質，對於研究結果也只能提出單一的發現，並且無法提出其他的研究問題。

在科學推理方面，「高情意反應思考習性優」和「高情意反應高思考習性」的學生，所想到的科學概念比較多，他們根據所想到的科學概念再透過控制變因解題，了解因果關係，並歸納出一些發現；「中情意反應中思考習性」的學生所想到的科學概念比較少，只能有效地控制部分的變因，了解部分的因果關係，並歸納出部分發現；而「低情意反應低思考習性」的學生在活

動一與活動二都不知道相關的科學概念，也無法了解因果關係。

綜合上述個案詮釋的比較可知，「高情意反應思考習性優」的學生在科學思考時，其情意反應、思考習性、創造思考與推理的表現最好，其次是「高情意反應高思考習性」的學生，第三則是「中情意反應中思考習性」的學生，而「低情意反應低思考習性」的學生表現最不理想，此部分與科學思考模式預測相符。而從上述的分析發現不同集群的個案學生在科學思考時情意反應、思考習性、創造思考與推理之關係有一些相同之處，也有一些相異之處，茲將這些異同以圖12來表示。

圖12顯示，當學生面對感到有趣、簡單的問題情境時，會從「確定變因」著手，並且獨創地使用實驗器材來進行實驗，或是「提出科學問題」。而在「四輪車探究活動」中，由於學生往往無法一下子就達成研究目的，使得他們必須重新選擇實驗器材來設計實驗，在這個過程中，他們會透過深思（控制衝動）、修正錯誤與組織思考（後設認知策略），進而「獨創且有效地使用實驗器材」（創造思考），修正失敗，進行「關係推論」（推理），了解因果關係。此外，在學生想出一個解決方法或研究問題之後，還需要透過「彈性思考」才能想出其他的解題方法，或是研究問題。

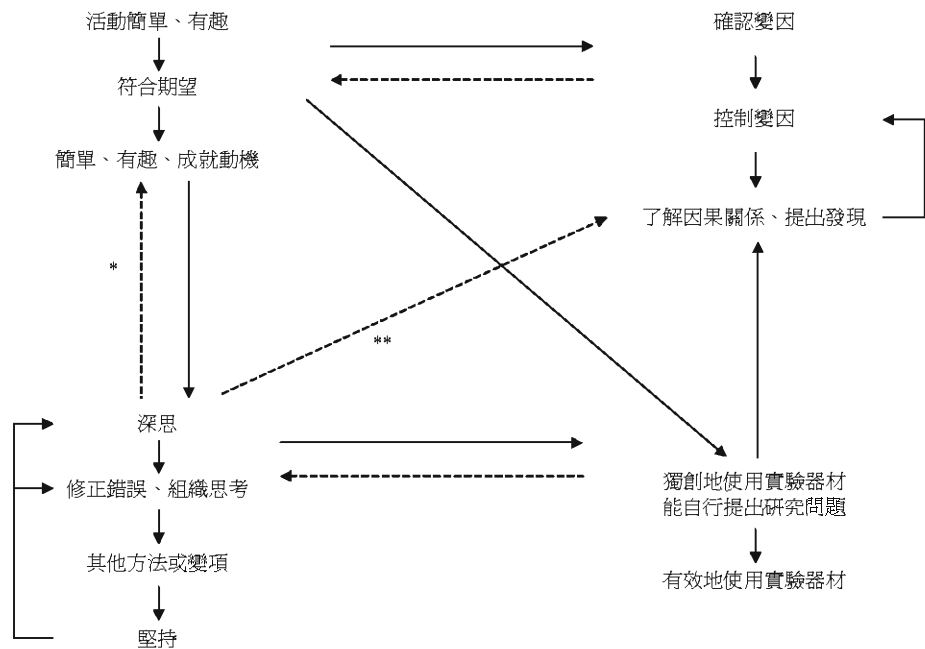


圖 12 科學思考時情意反應、思考習性、創造思考與推理之關係

*表示只有高情意反應思考習性優的學生在兩個活動中都有呈現的關係。

**表示低情意反應低思考習性的學生在科學思考時未呈現出來的關係。

雖然從四個個案在探究活動中的表現能發現相同之處，然而圖12中顯示，只有「高情意反應思考習性優」的學生在活動一和活動二之中都有呈現「堅持與控制衝動」的思考習性和「簡單」、「有趣」、「成就動機」的正向情意關係，顯示思考習性表現最好的學生能夠持續其正向情意，其他三位學生則是在幾次修正失敗，或者提出新的研究問題的過程中認為學習活動與「期望」不符，而改變原先的「正向情意」，並且經由研究者的詢問後確認這三名個案都不希望再繼續進行探究活動。此外，「低情意反應低思考習性」的學生在科學思考時未呈現出「堅持與控制衝動」

的思考習性和「確認變項」、「控制變因」之間的關係，顯示思考習性表現最不理想的學生無法根據實驗的變因來進行實驗，更無法了解因果關係。

三、個案詮釋與科學思考理論模式之間的共通性

從上述結果可知，個案在科學思考時，情意反應、思考習性、創造思考與推理四個變項中有九個不同層面的表現，即「正向情意」、「期望」、「成就動機」、「堅持與控制衝動」、「後設認知策略」、「彈性思考」、「關係推論」、「控制變因」，以及「創造思考」。而這九個層面的關係如圖13所示，說明如下。

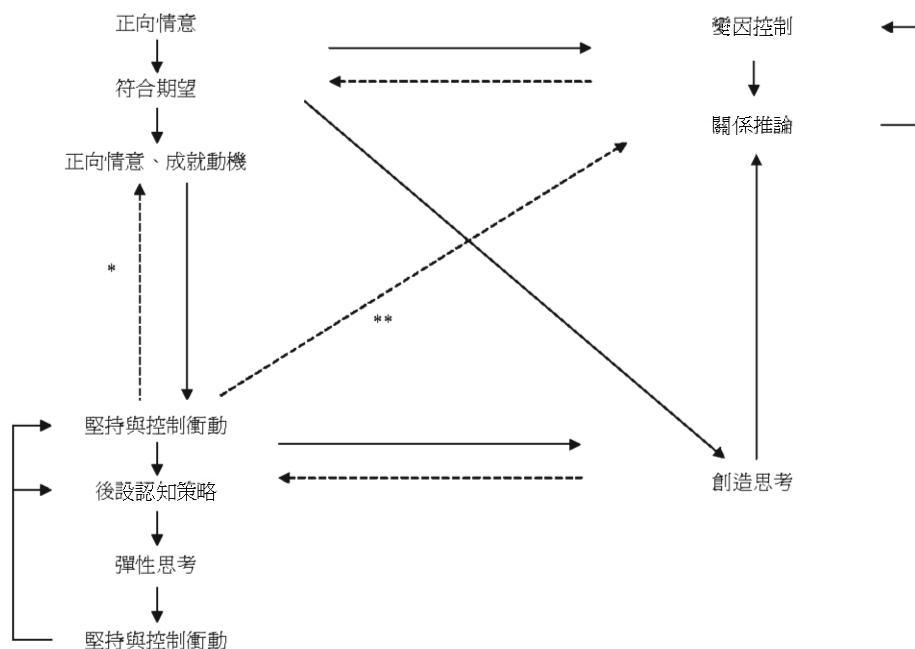


圖 13 個案詮釋與科學思考理論模式之間的共通性

*表示只有高情意反應思考習性優的學生在兩個活動中都有呈現的關係。

**表示低情意反應低思考習性的學生在科學思考時未呈現出來的關係。

首先，學生在進行探究活動時，是從自己對學習活動的「正向情意」開始，如果他們覺得活動有趣、簡單，就會進一步「確定變因」、「獨創且有效地使用實驗器材」，或是「提出科學問題」；如果他們覺得活動無趣、困難，就無法「確定變因」、「獨創且有效地使用實驗器材」，或是「提出研究問題」。在「四輪車探究活動」中，由於學生往往無法一下子就達成研究目的，使得他們必須重新選擇實驗器材來設計實驗，在這個過程中，他們需要透過「堅持與控制衝動」與「後設認知策略」才能「獨創且有效地使用實驗器材」，修正失敗，進行「關係推論」，了解因果關

係；如果學生無法透過「堅持與控制衝動」、「後設認知策略」，往往不能「獨創且有效地使用實驗器材」，不但會一再地失敗，也無法修正失敗，更無法了解因果關係。此外，在學生想出一個解決方法或研究問題之後，還需要「彈性思考」才能想出其他的解題方法，或是研究問題。如果學生在幾次修正失敗的過程中認為學習活動與「期望」不符，就無法「堅持與控制衝動」，而且也會改變「正向情意」與「成就動機」，不希望再繼續進行探究活動。

此結果呼應了 Collins 與 Amabile (1999) 的觀點，即個人視工作為有趣的活動時，會聚焦於工作本身的挑戰與

享受。所以，讓人們做喜歡做的事，可以幫助他們發揮最大的潛能。不過，如果遭遇困難時，對於工作所投入的熱忱有時也會衰退。

綜上所述，學生在科學思考時，情意反應、思考習性、創造思考與推理之關係不是獨立運作，而是交互循環運作的，而且當科學思考進行到最後一個階段時，會從最後一個階段再回到第一個階段，並且再重新開始循環。因此，科學思考理論模式與個案詮釋的整合對於學生在科學思考時，情意反應、思考習性、創造思考與推理之關係可以提出合理的解釋。

伍、研究結論與建議

一、研究結論

個案詮釋的結果顯示，「高情意反應思考習性優」和「高情意反應高思考習性」的學生執行實驗的能力較佳，而且能解釋數據，進而得到一些發現。不過，「高情意反應高思考習性」的學生缺乏「堅持與控制衝動」的思考習性，在推理與創造思考的表現還是沒有「高情意反應思考習性優」的學生好；「中情意反應中思考習性」的學生在控制變因和執行實驗方面的表現就沒有那麼好；而「低情意反應低思考習性」的學生無法控制變因，而執行實驗的方式也比較固定。

據此可知，個案詮釋支持科學思

考理論模式，並給予具體的經驗意涵，也補充說明了規律性以外的個別差異。而科學思考理論模式與個案詮釋的整合可以用來說明學生在科學思考時，情意反應、思考習性、創造思考與推理之關係。

二、研究建議

以下將針對科學教學、科學學習與後續研究三個方向，對研究的發現與結論提出建議。

(一)科學教學

教師可以運用本研究的結果規劃有利於學生發展科學思考的教學活動。例如，「高情意反應思考習性優」群的學生在情意反應和思考習性方面的表現很穩定，展現出強烈的成就動機。所以，可以安排這一類的學生進行具有挑戰性的活動。至於其他三類的學生，會因為要想出更多的解決方法或不同變項的研究問題，而改變原先的情意反應，無法持續進行探究。所以，針對這三類學生就應安排與他們能力相當的活動，以維持學生正向的情意反應，而且也要在教學當中適時地培養學生良好的思考習性。

(二)科學學習

從研究結果可知，如果只是對教學或學習活動感到「有趣」是不夠的，因為缺乏深思、堅持（堅持與控制衝動）、替代方法（彈性思考）、修正失敗

和組織思考（後設認知）等思考習性做為中介變項，就會影響其創造思考與推理的表現。而當創造思考與推理的表現不佳時，又會改變原先的期望，進而影響情意反應。

因此，學生必須先培養正向情意，如興趣、熱情，並且建立適當的期望、價值與成就動機。此外，還必須結合堅持與控制衝動、彈性思考與後設認知策略的思考習性，才会有較佳的科學創造思考與科學推理表現。

(三)後續研究

雖然本研究以探究活動的情境來提供科學思考理論模式具體的意義，並將此模式具象化。然而，許多科學的學習活動也涉及科學思考，如概念學習、科學論證和科學寫作。因此，研究者認為在後續的研究上，我們還可以將此理論模式運用在這些學習上，使科學思考理論模式更臻完善。

參考文獻

- 吳青蓉（2002）。英語學習歷程模式之驗證暨「主題建構式語言學習策略」對國中生英語學習表現影響之研究。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文，未出版，臺北市。
- 洪振方、謝甫佩（審查中）。科學思考習性量表的編製與測量模式之驗證。測驗學刊。
- 郭沂（譯）（1991）。A. Einstein, & L. Infeld 著。物理學的進化（The Evolution of Physics）。臺北市：水牛。
- 張家麟（譯）（2001）。K. R. Hoover, & T. Donovan 著。社會科學方法論的思維（The elements of social scientific thinking (6th ed)）。臺北縣：韋伯文化。
- 張瓊、于祺明、劉文君（1994）。科學理論模型的建構。臺北市：淑馨。
- 謝甫佩（2009）。科學思考中情意反應、思考習性、創造思考和推理之關係：多元模式的評價與個案分析。國立高雄師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，高雄市。
- Clarke, T. E. (2002). Unique Features of an R&D Work Environment and Research Scientists and Engineers. *Knowledge, Technology & Policy*, 15(3), 58-69.
- Collins, M. A., & Amabile, T. M. (1999). Motivation and creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity*. (pp. 297-312). New York: Cambridge University Press.
- Dunbar, K., & Fugelsang, J. (2005). Scientific thinking and reasoning. In K. J. Holyoak & R. Morrison (Eds.), *Cambridge Handbook of Thinking & Reasoning* (pp. 705-726). New York: Cambridge University Press.
- Filipowicz, A. (2006). From positive affect to creativity: The surprising role of surprise. *Creativity Research Journal*, 18(2), 141-152.
- Hsieh, F. P., & Hung, J. F. (2008a, August). *Impact of affective response on science thinking model*. Paper presented at the International Conference on Motivation (ICM), Turku, Finland.
- Hsieh, F. P., & Hung, J. F. (2008b, February). *Thinking dispositional view on scientific reasoning and scientific creativity*

- performance*. Paper presented at the Conference of Asian Science Education (CASE), Kaohsiung, Taiwan.
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-404.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth.
- McGrayne, S. B. (1998). *Nobel prize women in science* (2nd ed). Washington, DC: Joseph Henry Press.
- Mumford, M. D., & Norris, D. G. (1999). Heuristics. In M. A. Runco & S. R. Pritzker (Eds.), *Encyclopedia of creativity* (pp. 807-813). San Diego, CA: Academic Press.
- Nickerson, R. S. (1999). Enhancing creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 392-430). New York: Cambridge University Press.
- Perkins, D. N., & Tishman, S. (1998, December). *Dispositional aspects of intelligence*. Paper presented at the College of Education, Arizona State University, Tempe.
- Stanovich, K. E., & West, R. F. (1997). Reasoning independently of prior belief and individual differences in actively open-minded thinking. *Journal of Educational Psychology*, 89(2), 342-357.
- Tirri, K., & Koro-Ljungberg, M. (2002). Critical incidents in the lives of gifted female finnish scientists. *Journal of Secondary Gifted Education*, 13(4), 151-163.
- Venville, G., Adey, P., Larkin, S., & Robertson, A. (2003). Fostering thinking through science in the early years of schooling. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1313-1331.