

互動式科學小故事對高中學生科學本質觀之影響

戰克勝

樹德科技大學通識教育學院助理教授

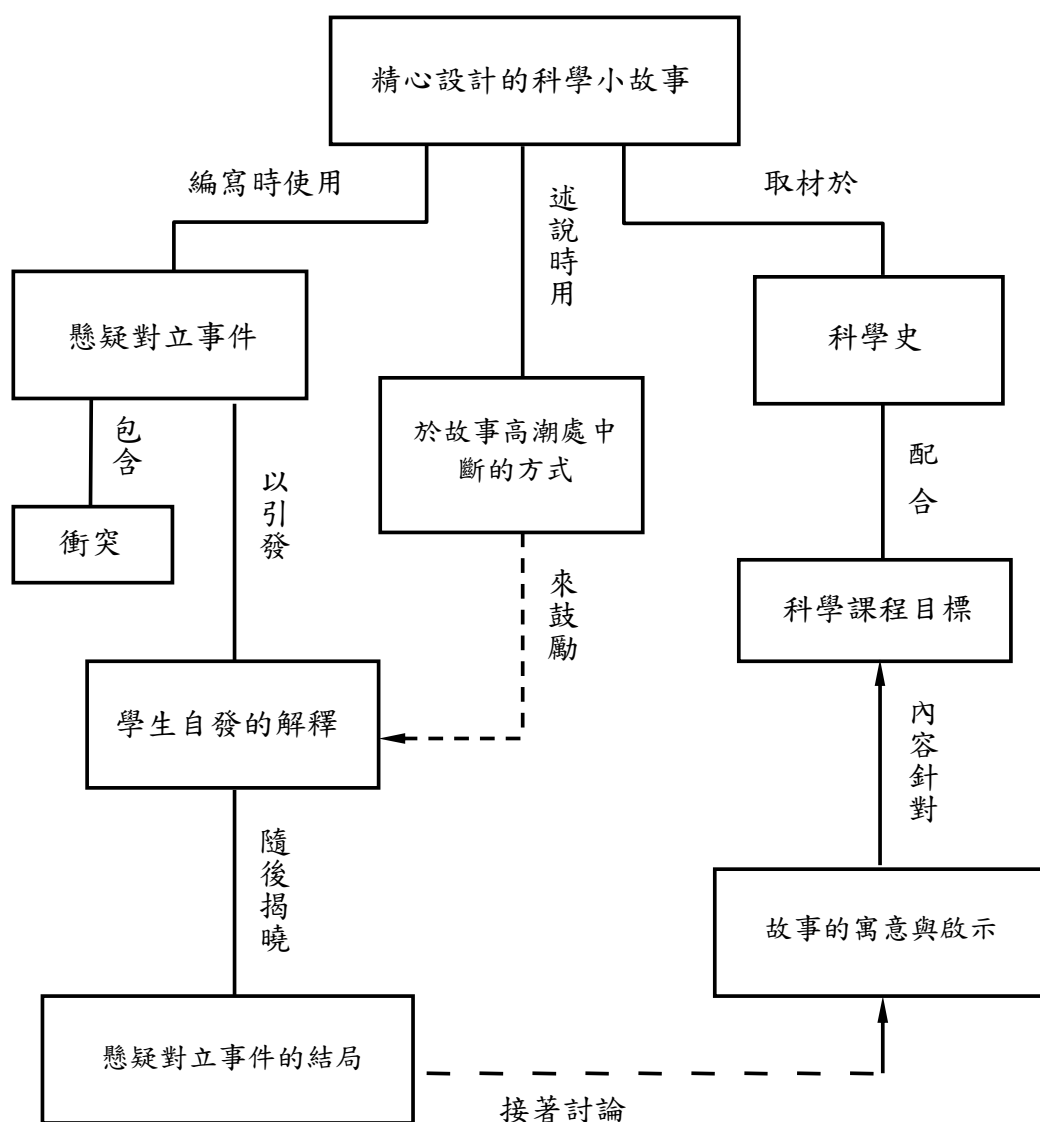
壹、研究背景

長久以來，協助所有學生認清科學本質一直都是臺灣及世界各國科學教育改革的核心訴求 (DES/Welsh Office, 1995; National Research Council, 1996; Rutherford & Ahlgren, 1990; 教育部, 2001)。雖然如此，歷年來相關研究卻持續顯示多數學生對科學本質仍欠缺基本的瞭解 (Lederman, 1992; Solomon, 1994; 靳知勤, 2002)。有鑑於此，國內外許多學者建議用科學史來幫助學生認清科學本質、進而提昇其科學素養 (Conant, 1951; Duschl, 1990; Klopfer, 1969; Matthews, 1994; Monk & Osborne, 1997; 巫俊明, 1997; 徐光台, 1995; 許良榮、李田英, 1995)，然而這些建議多半被忽視而未能對學校科學課程產生實際的影響。於是現行高中科學課程仍舊把科學史與科學本質相關內容當成課程的註解來處理 (Lemke, 1990)，未能給予其合理的篇幅與應有的重視；而課文裡僅有的少量科學史內容，也只是一些內容空洞且支離破碎的人名、日期及發現事蹟。此外，由於多數科學教師都必須在有限的時間內教完許多課程內容，許多人為了「趕進度」，只好專教課本內容，而任由學生各憑本事、自行設法「參透」科學本質的相關問題。

爲了協助科學教師克服上述困難，改善現況，Wandersee (1990) 最近發展出一種新式教學法——「互動式科學小故事」(Interactive Historical Vignettes, 簡稱 IHVs)——使有心改革的老師能在現實環境的限制下，挪用少許上課時間將科學史與科學本質安全地「走私」到其日常教學中。顧名思義，「互動式科學小故事」是一些精心設計，合於史實，約十至十五分鐘的歷史小故事。故事內容多半描寫科學家生命中的某個重要事件或片段，這些精彩片段不但能清楚地展現科學的本質，同時也使學生得以深入了解相關科學概念的發展過程與歷史背景。

IHVs 乃 Wandersee 參照 Egan (1986) 的簡約故事模式 (simple story form) 發展而成。它靈活地運用：(1) 中斷故事進行 (interrupted story form) 來製造懸疑，激發學生的

好奇心與興趣；以及 (2) 二元對立 (binary opposites) 導致的衝突來誘導學生認真思考有關科學本質的議題。同時，它使用一種結合了講故事與課堂討論等兩種方法的教學技巧作為其傳達系統。如圖一所示，這個教學方法包括下列幾個主要步驟：故事進行到衝突高潮時立即中斷；先請學生預測後來的發展與結局；然後再揭曉故事的歷史結局；並在隨後的課堂討論中引導學生檢討修正他們對科學本質的看法。



圖一：互動式科學小故事創作及應用流程圖 (Wandersee, 1992).

近年來，Wandersee (1992) 與其研究團隊陸續將 IHVs 成功地融入美國的中小學以及大學通識科學課程 (Wandersee, 1992; Wandersee & Roach, 1998)。不久前，他的學生 Roach (1993) 更進一步以教學實驗證明 IHVs 確實能有效增進一般大學生對科學本質的瞭解。這些成功的案例顯示：若善加運用，IHVs 應該也可以幫助今日臺灣高中學生認清科學本質。然而，由於國內沒有相關的研究可供參考，其實際成效如何仍有待進一步實地研究與評量。

貳、研究目的

本研究的主要目的乃是以實驗檢測：將「互動式科學小故事」融入現行高一物理課程與教學是否能有效地增進學生對下列六項科學知識本質 (Rubba & Andersen, 1978) 的瞭解。

(1) 無關道德性 — Amoral

科學知識有許多用途，全靠人自行決定如何應用。因此，雖然科學知識的實際應用有善惡好壞之分，但科學知識本身卻無法如此區分。

(2) 創造性 — Creative

科學知識是人類智慧的結晶。研究科學所需的創意想像不亞於從事其他藝術、文學或音樂的創作。人類藉此所創造出來的科學知識清楚地體現了科學探究的創造性本質與內涵。

(3) 發展性 — Developmental

科學知識會隨著時間而發展與演變。由於所有的科學論證與實驗檢測都只能顯示它們「可能是」正確的，我們永遠無法藉此證實其為絕對的真理。過去被認為是理所當然的科學信念，可能隨著新証據的出現或文化思潮的改變而被重新評估。

(4) 簡潔性 — Parsimonious

科學知識力求簡明扼要。科學家設法於亂中求序，並嘗試以最簡潔的方式將其觀測與研究結果完整的表達出來，進而達到以簡馭繁的目標。

(5) 可驗性 — Testable

科學知識必須能用可靠的實驗或觀測結果來公開並反覆地檢驗。檢測結果的一致是

科學知識獲得科學家認可的必要條件，但不是充分條件。

(6) 統整性 — Unified

科學探究的終極目標是瞭解宇宙與大自然的全貌。各種不同專業領域的科學定律、理論與概念互相結合統整成一個完整且有系統的知識體系，使我們對大自然能有更為完整與全面性的瞭解。

參、理論基礎

眾所周知，今日臺灣高中物理教師要在現實環境限制下，成功地改變一般學生對科學的誤解，引導其認清科學的本質，是件相當困難且吃力不討好的事。有經驗的老師都知道：「互動式科學小故事」至少要符合下列二項條件才有可能順利完成上述艱巨的任務。首先，編寫 IHVs 所用的內容（例如：科學史）必須饒富科學哲理，發人深省，並且與現行課程緊密結合，以使學生能對其所學有更深刻而完整的瞭解；其次，相關內容必須以淺顯易懂的形式（例如：故事）呈現，以使所有學生都能全然體會感受其中的深意。有鑑於此，筆者特別針對 IHVs 是否滿足前述兩項成功要件作深入的探討，並藉此闡明其背後的理論基礎。

除了少數例外，當今絕大多數學者都堅信“Philosophy of science without history of science is empty; history of science without philosophy of science is blind” (Lakatos, 1978, p. 102)。雖然不同學者對兩者到底如何互相影響各持不同看法；他們基本上都同意：科學史與科學哲學乃一體之兩面，兩者互為表裏，彼此相通，關係密不可分；並且也都承認科學史對了解科學的本質與其哲學基礎是不可或缺的。由此觀之，IHVs 採用科學史作為基本內容，並將其與現行課程結合，應能滿足前述第一項要求，使學生對科學的本質有更深一層的認識。

此外，如以下的討論所示，不論是從「建構主義」(constructivism) 或 Posner, Strike, Hewson, and Gertzog's (1982) 「概念轉變學習理論」(Conceptual Change Model of Learning, 簡稱 CCM) 的觀點來看，IHVs 採用的故事型式 (story form) 在理論上都應該能達成前述第二項要求，以最淺顯的方式幫助所有學生深入瞭解科學的本質。

建構主義認為：每個人的知識體系都是當事人將其現有知識，用對他而言最合理且有用的方式，自行重組建構完成的 (Magoon, 1977)。因為知識的建構乃個人與社會人群

彼此互動協議所致，建構主義將「學習」(learning) 視為：學習者透過個人經歷、體驗與人際社交，不斷地隨環境的改變而建構重組其知識體系的過程。IHVs 所用的簡約故事模式靈活運用 (1) 中斷故事進行 (interrupted story form) 及 (2) 二元對立 (binary opposites) 來誘導學生重新檢討建構自己對科學本質的認知，因此應可有效地轉化其對科學本質的誤解。

Posner 等人(1982) 以建構主義為基礎所發展出的 CCM 不僅視學習為一種發生在學習者概念生態系 (conceptual ecology) 中的概念轉變過程，同時也進一步指出：只有在下列條件成立時，學生才會認真考慮重新檢討修正其對科學本質的認知與想法。首先，學生要對自己原有的科學本質想法感到不滿。其次，必須有其他讓學生覺得更為合理 (intelligible) 且可行 (plausible) 的新概念可供選擇。此外，這個新概念必須比其原來的概念更為有用 (fruitful)。採用故事型式編寫的 IHVs 不但能協助學生發現自己對科學的誤解，進而對其原有概念產生不滿，同時也可引介其他較為合理、可行且更為有用的新概念，供學生參考選用。若使用得當，它應可促使多數高中學生摒棄其對科學本質所抱持的誤解，引發徹底的概念轉變，進而使其對科學的本質有更完整而深入的了解。

肆、研究方法

一、研究設計與對象

本研究的目的是以實驗檢測：將「互動式科學小故事」融入現行高一物理課程是否真能有效地增進學生對科學本質的瞭解。所用之教學實驗採前後測設計，歷時 12 週。實施對象為台北市某明星公立女子高級中學的兩班高一女學生；這兩個班級都是由同一個物理老師任教，各有 47 人，共計 94 名學生。其中任選一班為實驗組，接受結合現行課程與「互動式科學小故事」的改良式物理教學；另一班則為控制組，實施正常教學。

二、研究工具 — 科學知識本質量表 (附錄一)

本研究使用 Rubba and Andersen (1978) 所發展、筆者翻譯的中文版 Nature of Scientific Knowledge Scale (科學知識本質量表，簡稱 CNSKS) 評量學生對科學知識的「無關道德性」、「創造性」、「發展性」、「簡潔性」、「可驗性」及「統整性」等六項本質的瞭解。如表一所示，CNSKS 是一個包括六個分項量表的 Likert 量表；每個分項量表

各有 8 題 (包含 4 個正面敘述與 4 個反面敘述)，共計 48 題。

前述Nature of Scientific Knowledge Scale (NSKS) 的內容效度與建構效度均在工具發展的過程中獲得證實，其各分項量表的「內部均質性信度」(Cronbach α 係數) 的實測值則分別為0.76, 0.80, 0.74, 0.70, 0.77, 0.74 (Rubba & Andersen, 1978)。由於本研究所用的 CNSKS 經過五位精通中英文的科教學者審核後確認其為NSKS的忠實譯本，因此應具備與NSKS相同程度的效度。CNSKS 初稿經筆者於正式研究前一個學期，以就讀同校的141位高一女生為樣本，進行預試後測得其各分項量表的Cronbach α 係數分別為 0.78, 0.91, 0.47, 0.68, 0.73, 0.76。筆者將其稍作修訂後正式定稿，隨後在正式的研究中使用定稿後的 CNSKS，來評量受測學生的科學本質觀，測得表二所示的「內部均質性信度」(CNSKS 後測，N = 93)。

表一：CNSKS 各分項量表之正反面敘述分配表

分項量表	正面敘述	反面敘述
無關道德性	4, 5, 8, 48	7, 18, 21, 36
創造性	17, 20, 28, 32	1, 23, 34, 41
發展性	16, 26, 37, 42	25, 27, 31, 43
簡潔性	2, 6, 29, 46	14, 15, 39, 40
可驗性	12, 22, 38, 45	9, 11, 13, 33
統整性	3, 30, 35, 47	10, 19, 24, 44

表二：CNSKS 各分項量表範例及其在本研究所測得的信度

分項量表	敘述範例	信度
無關道德性	科學知識的應用有善惡好壞之分，但科學知識本身卻不能如此區別。	0.78
創造性	科學知識是人類想像力的產物。	0.85
發展性	今日之科學定律、理論和概念可能隨著新証據的出現而需作改變。	0.62
簡潔性	科學界致力於將科學定律、理論和概念的數目減至最少。	0.52

可驗性	科學定律、理論和概念必須用可靠的觀測結果來作檢驗。	0.62
統整性	各類科學學科共同組成一套完整的知識體系。	0.77

三、研究程序與教材

本研究於上學期開學第三週開始對參與研究的兩班同學進行 CNSKS 前測，隨後即展開為期 12 週的教學實驗，並在教學實驗結束後立刻實施 CNSKS 後測。在實驗期間，任教老師根據當時進度，每週將一個與課程內容相關的 IHV (約 10~15 分鐘) 融入實驗組的物理教學中。12 週下來，總計用了下列 12 個由筆者配合課本內容、事先編寫好的 IHV 故事：

1. 漢姆荷茲與能量守恆定律
2. 侖福特與熱的本質
3. 焦耳與熱功當量之謎
4. 亞里斯多德和流浪之星
5. 托勒密、哥白尼、布拉與流浪之星
6. 加利略與慣性運動定律
7. 牛頓、萬有引力定律、和蘋果的故事
8. 火星之謎和克卜勒行星運動定律
9. 克卜勒的一生
10. 克卜勒和他的星星樂曲
11. 加利略和月亮的新衣 (教學設計、內容與使用說明詳見附錄二)
12. 夫瑞奈與光的本質

四、資料分析

本研究使用 SPSS 統計軟體分析受測學生的 CNSKS 前、後測成績，並以共變數分析 (ANCOVA) 檢測：在經過 12 週的 IHV 教學實驗後，受測學生對科學知識的「無關道德性」、「創造性」、「發展性」、「簡潔性」、「可驗性」及「統整性」等六項本質之看法是否有顯著的改變 ($\alpha = 0.01$)。

伍、研究結果與發現

如表三所示，在教學實驗開始前，參與本研究的兩班高一學生雖然和許多歐美國家的中小學生一樣，對科學知識的「創造性」本質多缺乏基本的認識，誤以為科學知識是被發現的 (Truth is out there.) 而不是人類用想像力創造出來的 (Irwin, 1997, 2000; Meichtry, 1992; Solomon, 1994)，但其對科學知識的「可驗性」以及其餘四項本質則都已經有相當程度的瞭解。經過 12 週的 IHV 教學實驗後，這些學生對於科學知識的「無關道德性」、「創造性」、「發展性」、「簡潔性」、「可驗性」與「統整性」等各項本質的看法皆分別發生了不同程度的改變。

表四中的共變數分析 (ANCOVA) 結果顯示，本研究所使用的一系列「互動式科學小故事」雖然顯著地改變了受測學生對科學知識的「創造性」與「可驗性」本質之看法，但是對其他四項科學本質的認知並未產生任何實質的影響。

表三：CNSKS 各分項量表前、後測結果統計表

分項量表	實驗組 (N=46)			控制組 (N=47)		
	前測	後測	調整過後測	前測	後測	調整過後測
無關道德性	29.00	30.52	30.37	28.38	29.81	29.95
創造性	21.35	24.52	24.42	20.77	20.32	20.42
發展性	28.37	28.93	28.72	27.66	27.40	27.62
簡潔性	27.50	27.39	27.56	28.32	28.49	28.32
可驗性	29.67	28.83	28.97	30.32	31.19	31.05
統整性	33.02	32.35	32.42	33.23	32.66	32.59

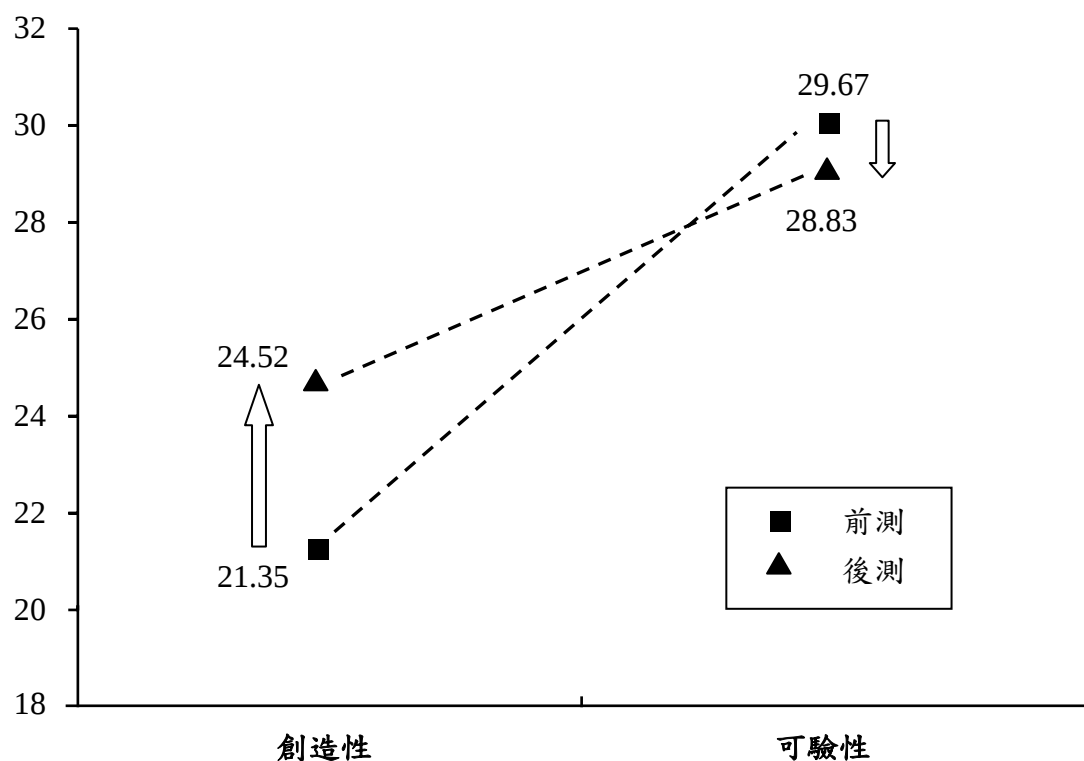
註：CNSKS 各分項量表滿分 40，最低 8 分；24 分則表示中立。

表四：CNSKS 各分項量表後測共變數分析結果 (以前測為共變量)

分項量表 / 變異來源	SS	df	MS	F	p
無關道德性					
Adjusted means	4.06	1	4.06	0.26	0.611
Adjusted error	1424.38	90	15.83		
創造性					
Adjusted means	371.31	1	371.37	15.47	0.000**
Adjusted error	2159.97	90	24.00		
發展性					
Adjusted means	28.01	1	28.01	3.26	0.074
Adjusted error	774.37	90	8.60		
簡潔性					
Adjusted means	13.13	1	13.13	1.56	0.215
Adjusted error	758.49	90	8.43		
可驗性					
Adjusted means	99.53	1	99.53	11.63	0.000**
Adjusted error	770.30	90	8.56		
統整性					
Adjusted means	0.64	1	0.64	0.08	0.773
Adjusted error	684.71	90	7.61		

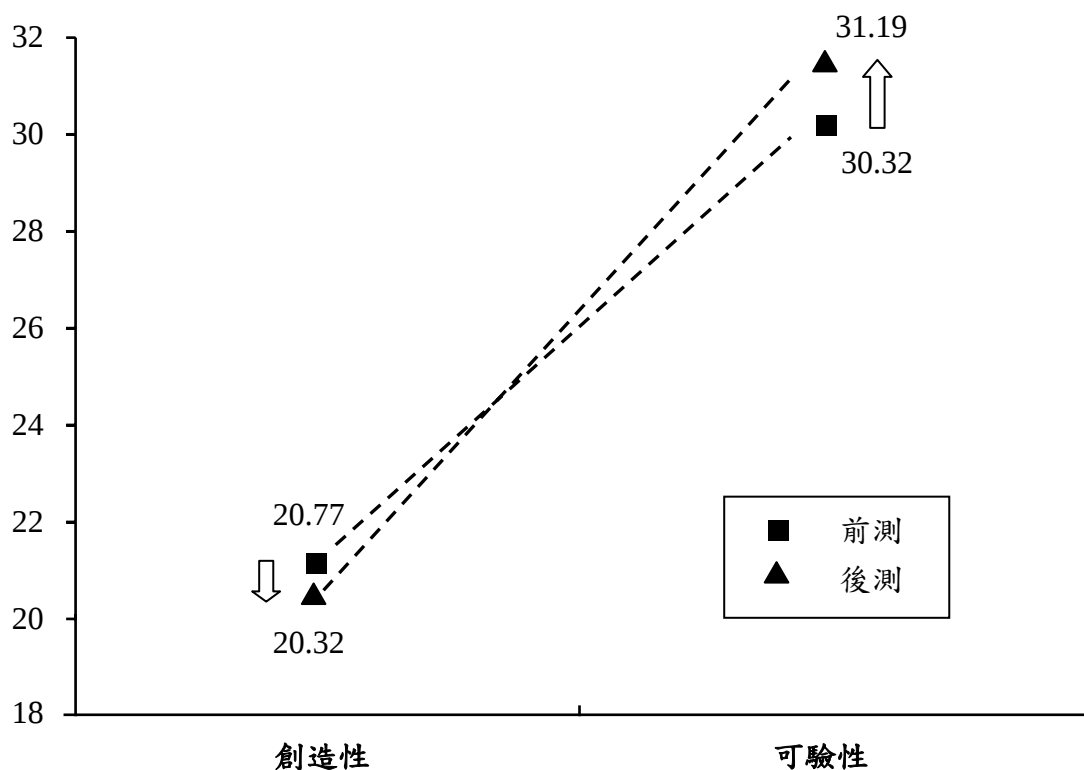
**p < 0.01

進一步分析顯示，IHVs 不但大舉提昇了實驗組學生對科學知識的「創造性」本質之瞭解 (21.35 → 24.52)，同時也稍微減弱了他們對於科學知識的「可驗性」本質的堅定信仰 (29.67 → 28.83)。由於前者顯示「創造性」科學本質概念在學生的概念生態系中所占的「地位」大舉提升 (圖二)，而後者則反映「可驗性」科學本質概念的「地位」略為下降 (圖二)，IHVs 顯然成功地使許多學生對科學本質的想法發生一種非對稱的雙向概念轉變。這種轉變一方面逆轉了學生原本對科學的「創造性」本質所持的否定看法；另一方面也同時略微削減了他們對科學的「可驗性」本質所抱的強烈信仰。許多學生因而不受其原有想法的蒙蔽，而能清楚看到隱藏在科學「可驗性」背後的「創造性」本質。整體看來，IHVs 所引發的這種雙效合一的概念轉變相當成功地將學生對科學知識的「創造性」與「可驗性」本質之「誤解」轉化成更深刻而完整的了解。



圖二：創造性與可驗性科學本質概念在實驗組學生概念生態系的互動關係

除了上述的結果之外，本研究也「意外地」發現：在實驗組與控制組學生的概念生態系中，「創造性」科學本質概念與「可驗性」科學本質概念之間似乎都存有一種耐人尋味的負面關連 (negative inter-connection)，並且展現出像翹翹板一樣的互動消長關係 (請參閱圖二與圖三)。雖然 Rubba and Andersen (1978) 認為兩者毫無衝突，對參與本研究的許多學生而言，他們卻似乎是兩個互相牽制、難以共存的敵對概念；以致於其中一個概念的「地位」(status) 若上升，另一個概念的「地位」必隨之降低，且反之亦然。至於這個有趣現象的成因為何，則有待進一步的深入研究。



圖三：創造性與可驗性科學本質概念在控制組學生概念生態系的互動關係

陸、結論與建議

本研究的教學實驗結果顯示：IHVs 使受測學生的科學本質觀發生一種非對稱的雙向概念轉變；這種轉變不僅逆轉了學生原本對科學「創造性」本質的否定看法，同時也略微削減了他們對科學「可驗性」本質的強烈信仰。從 Posner 等人 (1982) 的「概念轉變學習理論」(CCM) 的觀點來看，這個現象顯示：在學生的概念生態系中，「無關道德性」、「創造性」、「發展性」、「簡潔性」、「可驗性」與「統整性」等六個科學本質概念並非各自獨立、互不相干的個體，而是一群彼此相連、關係錯綜複雜且會互相影響的互動團體。因此，如果某一個科學本質概念在學生概念生態系中的地位 (status) 發生改變，一些與其密切相關的科學本質概念也會隨之改變。在本研究中，IHVs 在促使「創造性」科學本質概念的地位大幅向上提昇的同時，亦連帶地導致與其密切相關的「可驗性」科學本質概念的地位略為下滑 (圖二)，進而造成前述的非對稱雙向概念轉變。

雖然以上的分析清楚顯示：造成前述雙向概念轉變的關鍵原因乃是在受測學生的概念生態系中，「創造性」與「可驗性」科學本質概念之間有一種像翹翹板一樣、互相牽制的負面關連（圖二與圖三），但它卻無法解釋這兩個概念為何會有如此的關係。因此，筆者計劃在後續的研究中設法釐清導致這個「翹翹板現象」的關鍵成因，並據此研發測試適當的教材與教學因應策略。

此外，從圖二與圖三可知：即使我們將「創造性」科學本質概念的地位大幅提升，也只會使「可驗性」科學本質概念從原來的高位略微向下修正；然而，我們只要小幅提升「可驗性」科學本質概念的地位，就會讓原本地位就過低的「創造性」科學本質概念繼續向下沉淪。因此，如果現行高中科學教育仍舊一味地強調科學知識的可驗性，必將會進一步深化學生對科學創造性本質根深柢固的誤解，使其更無法同時看到科學的創造性與可驗性本質（圖三）。在此狀況下，我們唯有將當前高中科學課程與教學的重點轉移到科學的創造性本質，才能協助學生扭轉其對科學創造性本質所持的誤解，同時重新檢討調整其對科學可驗性本質的看法（圖二），進而使他們對科學知識的可驗性與創造性本質，都能夠有更為深入且完整的瞭解。

參考文獻

- 巫俊明 (1997)：歷史導向物理課程對學生科學本質的了解、科學態度、及物理學科成績之影響。*物理教育*, 1(1), 64-84。
- 徐光台 (1995)：從科學史的觀點來看通識教育中科學教育與人文教育的會通問題。*通識教育季刊*, 2(2), 1-21。
- 教育部 (2001)：**國民教育九年一貫課程綱要**。台北：教育部。
- 許良榮、李田英 (1995)：科學史在的科學教學的角色與功能。*科學教育月刊*, 179, 15-27。
- 靳知勤 (2002)：效化「基本科學素養」問卷。*科學教育學刊*, 10(3), 287-308。
- Conant, J. B. (1951). *Science and common sense*. New Haven: Yale University Press.
- DES/Welsh Office (1995). *Science in the national curriculum*. London: HMSO.
- Duschl R. A. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their*

- development*. New York: Teachers College Press.
- Egan, K. (1986). *Teaching as story telling*. Chicago: University of Chicago Press.
- Irwin (1997). Theories of burning: A case study using a historical perspective. *School Science Review*, 78(1), 31-38.
- Irwin (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.
- Klopfer, L. E. (1969). The teaching of science and the history of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 87-95.
- Lakatos, I. (1978). History of science and its rational reconstructions. In J. Worrall & G. Currie (Eds.), *The methodology of scientific research programs* (pp. 102-138). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Magoon, A. J. (1977). Constructivist approaches in educational research. *Review of Educational Research*, 47(4), 651-693.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Roach, L. E. (1993). *Use of the history of science in a nonscience majors course: Does it affect students' understanding of the nature of science?* Unpublished doctoral dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge.
- Rubba, P., & Andersen, H. (1978). Development of an instrument to assess secondary students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), 449-458.
- Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Solomon, J. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16, 361-373.
- Wandersee, J. H. (1990). On the value and use of the history of science in teaching today's science: Constructing historical vignettes. In D. E. Herget (Ed.), *More history and philosophy of science in science teaching* (pp. 277-283). Tallahassee, FL: Department of Philosophy, Florida State University.
- Wandersee, J. H. (1992). The historicity of cognition: Implications for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 423-434.
- Wandersee, J. H., & Roach, L. H. (1998). Interactive historical vignettes. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View* (pp. 281-306). San Diego, CA: Academic Press.

附錄一：科學知識本質量表 (CNSKS)

1. 科學的定律、理論和概念不是人類想像創造出來的。
2. 科學知識之陳述力求簡潔。
3. 生物、化學及物理上的定律、理論和概念是互相關連的。
4. 科學知識在實際上的應用有善惡好壞之分，但科學知識本身卻不能如此區別。
5. 評斷科學知識的善惡好壞是不恰當的。
6. 如果兩個科學理論都能同樣圓滿地解釋科學家的觀測結果，則較簡單的理論會被選用。
7. 有些科學知識是好的，有些則是壞的。
8. 即使一科學理論在實際上的應用獲得好評，我們也不應據此評斷此科學理論本身的好壞。
9. 科學知識不必是能夠用實驗測試驗證的。
10. 生物、化學及物理上的定律、理論和概念彼此無關。
11. 實驗測試結果彼此之間的一致不是科學知識獲得認可的必要條件。
12. 若其他研究者在類似狀況下都能順利地檢測到支持某項科學知識的實驗證據，則此科學知識將獲得認可。
13. 科學知識的實驗證據不必公開讓大眾檢驗。
14. 科學定律、理論和概念之陳述不力求簡潔。
15. 科學界致力於將科學定律、理論和概念的數目增至最多。
16. 目前廣受科學界認可的科學知識仍然可能含有錯誤。
17. 科學知識是科學家創造出來的，而不是被發現的。
18. 道德判斷可加諸於科學知識之上。
19. 生物、化學及物理上的定律、理論和概念是不互相關連的。
20. 科學的定律、理論和概念是人類想像創造出來的。
21. 對科學知識本身以及其實際應用作道德上的評斷是有意義的。
22. 科學知識的實驗證據必須能夠重複。
23. 科學知識不是人類想像出來的，而是被發現的。
24. 各領域的科學定律、理論和概念之間的相互關連，對科學的解釋及預測能力沒有助益。
25. 科學知識的真確性是無庸置疑的。

26. 今日之科學定律、理論和概念可能隨著新証據的出現而需作改變。
27. 目前廣受科學界認可的科學知識都是完全正確無誤的。
28. 科學理論和藝術品一樣，兩者都是人類運用想像力創造出來的。
29. 科學界致力於將科學定律、理論和概念的數目減至最少。
30. 各領域的科學知識共同構成一套完整的知識體系。
31. 科學信念不會隨時間而改變。
32. 科學知識是人類想像力的產物，而不是被發現的。
33. 科學知識的實驗證據不必能夠重複。
34. 科學知識不是科學家創造出來的，而是被發現的。
35. 生物、化學和物理是類似的知識。
36. 若一科學知識的實際應用廣受惡評，則此科學知識本身亦應被視為壞的。
37. 科學知識可能須作檢討和改變。
38. 科學定律、理論和概念是用可靠的觀測結果來作檢驗。
39. 如果兩個科學理論都能同樣圓滿地解釋科學家的觀測結果，則較複雜的理論會被選用。
40. 科學知識的適用範圍局限於特定現象，而非涵蓋廣泛。
41. 科學理論是被發現的，而非人創造出來的。
42. 我們應根據當時的歷史背景去評斷那些現已淘汰而過去曾一度廣受支持的科學信念。
43. 科學知識是不會改變的。
44. 生物、化學和物理是不同種類的知識。
45. 實驗測試結果彼此之間的一致是科學知識被接受的必要條件。
46. 科學知識的適用範圍廣泛，而非局限於特定現象。
47. 生物、化學及物理上的定律、理論和概念彼此環環相扣。
48. 我們不應對科學知識作善惡好壞的評斷。

附錄二：加利略與月亮的新衣

文藝復興時期義大利科學家加利略 (Galileo Galilei, 1564-1642) 生在一個大多數人都崇信亞里斯多德學說的時代，因此，與他同時代的哲學家與天文學家大多堅信亞里斯多德學說中『地球是宇宙的中心，所有天上的星體 (包括月亮在內) 都是表面光滑、完美無瑕的圓球體』的說法，並且認為任何與這個顯而易見的“真理”相抵觸的科學理論一定是錯的。加利略雖然懷疑亞里斯多德這個說法的真確性，但他也沒有具體的證據可反駁它。

直到西元1609年，在加利略將自製的望遠鏡指向天空觀測月亮、太陽和其他行星後，事情開始有突破性的發展。藉由望遠鏡，加利略發現：『月亮表面不像亞里斯多德說的那樣光滑平整完美無瑕，而是像地球一樣表面粗糙凹凸不平，有高山也有深谷』。加利略自認這個望遠鏡觀測結果清楚地證明了亞里斯多德的月表光滑論是與事實不符的謬論，並希望用此科學證據說服當時其他哲學家與天文學家放棄他們對亞里斯多德學說的迷信。

然而，令加利略失望的是，當時大多數哲學家與天文學家不但完全不為所動，而且拒絕承認其望遠鏡觀測結果在科學上的價值和可信度。有些人指出，因為玻璃鏡片會改變光線的路徑，加利略觀測到“看起來似乎”崎嶇不平的月表是被望遠鏡扭曲所造成的假象。有些人則認為，即使望遠鏡能真確的呈現地球上的景物，沒有人能確定它是否能用來同樣準確地觀測天上遙遠的星體。

當時有一個加利略的忠實反對者 (Colombe) 雖然承認月球表面的確“看似”崎嶇不平，但仍然堅持月表其實是如亞里斯多德所說的一般光滑平坦。他辯稱因為有一層光滑透明、望遠鏡觀測不到的球殼覆蓋在月表高山深谷之上的最外層，所以月球表面雖然實際上是如亞里斯多德所說的一般光滑平坦，在望遠鏡中卻“看似”崎嶇不平。

故事說到這裡，暫停下來問學生們問題。提問時，先廣納百言接受各種答案，暫時不評判學生的回答是否正確。建議老師提出的問題如下：

※在這個故事中，亞里斯多德學派的哲學家 and 加利略對於用望遠鏡觀測月亮所得結果的態度與詮釋有何不同？

※對相同的科學觀測結果和證據，為什麼他們會提出完全不同的解釋，得到完全不同的結論？

※你認為僅從科學實驗觀測結果，科學家就能歸納得到「唯一正確」的科學理論嗎？為什麼？

※你認為科學家為了解釋科學觀測結果所提出的科學理論是他們在大自然中「尋覓發現」的，還是他們自己「想像創造」出來的？為什麼？

※在這個故事裡，加利略和其反對者 (Colombe) 對加利略的望遠鏡觀測結果提出兩種完全不同卻都「似乎合理」的解釋，你認為我們該如何決定誰的理論是對的？他們可能同時都對嗎？為什麼？

※如果你是加利略，你會如何回應你的反對者 (Colombe) 所提出的這個「透明球殼論」？為什麼？

現在，在學生的殷切期盼下，正式揭曉前述最後一個問題的答案.....

加利略稱讚此自圓其說的解釋非常有創意，並欣然同意接受這個回答。但為了公平起見，加利略要求對方也允許他假設月亮的透明外殼其實比他先前所言更為粗糙，且上面佈滿了透明的高山和深谷，其高度比他之前用望遠鏡所見更高十倍。他接著說：『這是個非常美且很有創意的假說，它唯一的缺點是我們永遠無法驗證其真確與否。誰會看不出這只是一個為了自圓其說而虛構出的說詞？照這種說法，我們可以把覆蓋在地球上最高山峰之外的大氣層也定義成地球的一部分，然後說地球是光滑平整的圓球體！』

故事到此結束，教師可藉由下列問題引導學生重新檢討修正自己原來對科學本質的看法：

※你贊成加利略對其反對者所作以上的批評〔即：它唯一的缺點是我們永遠無法驗證其真確與否〕嗎？為什麼？

※關於科學本質，你認為這個故事告訴我們什麼？