EJ51-1997-347

科學教育學刊
1997, 第五卷第三期， 347-390

教師對以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材的認識與抉擇

洪振方[1]　賴羿蓉[2]

[1] 國立高雄師範大學 科學教育研究所

[2] 國立臺灣師範大學 科學教育研究所博士班

（投稿日期：85 年 10 月 12 日，接受日期：86 年 1 月 22 日）

摘要：本研究旨在探討科學教師在面對二篇分別以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材時，教師對教材的認識、判斷、與抉擇。本研究選取 52 位中學科學教師做爲研究對象，並藉由分析相關文獻資料，及建立建構效度和內容效度，設計出二篇不同科學哲學觀的電化電池發展史教材，和有關科學探究模式、科學本質觀、與教材抉擇等三項研究工具。經由研究對象的特性、研究工具的設計、與研究者的研究理念等三者的交互作用，分析教師在閱讀過二篇分別以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材之後，對教材中蘊含之科學探究模式與科學本質觀的認識與判斷，以及對此二篇教材的抉擇和理由。研究結果發現，多數教師的科學探究模式與科學本質觀傾向邏輯實證主義或混合式的科學哲學觀，而融合了後邏輯實證主義科學哲學觀之電化電池發展史教材，對這些教師之科學探究模式與科學本質觀的重新認識與判斷，以及對二篇教材的抉擇，確實具有潛在的影響力，而此種影響力可能在潛移默化中改變了教師的科學教學活動。最後，本研究分別從師資培育、教學評量、及研究方法等三個方向，對研究發現與結論提出討論與建議，並據此提出進一步研究之待探討問題。

關鍵詞：師資培育、科學教學、科學探究、科學本質、科學史哲。

壹、緒言

一、研究背景與重要性

晚近已有許多文獻指出，科學史與科學哲學在科學教學的重要意義，若是在教材中融合科學史與科學哲學等方面的主題，除了可使學生認識科學的本質之外，更可讓學生瞭解科學發生了什麼變化、什麼時候變化、如何變化以及爲什麼變化，使得科學的學習對學生更具意義（郭重吉、許玫理，1993；趙金祁，1993，1994；許良榮、李田英，1995；洪振方，1997; Wandersee, 1985; Matthews, 1992, 1993; Carey & Smith, 1993; Sandra, 1994; Lakin & Wellington, 1994; Koulaidis, 1995）。Matthews (1992) 分析近年來有關科學史的研究，統整出科學史對科學教學的助益：㈠科學史能提高學生的學習動機並吸引學生的注意；㈡科學史能使教材內容更人性化；㈢藉由追蹤科學概念的發展與精緻化的過程，可使學生更能瞭解這些科學知識發展的過程；㈣從一些科學的歷史故事中，學生可學到合宜之科學本質；㈤科學史可讓學生知道科學是可能改變的，因而我們目前對科學的認識也是可能改變的；㈥科學進展的過程，往往是一種多元理論競爭的歷程；㈦科學史能使學生更能瞭解科學方法的多元性。因此，在科學教學的過程中，科學史扮演著重要的角色，藉由科學史的陳述，可使學生從科學進展的過程中瞭解科學家的探究過程，知覺到自己原有的素樸概念，並自行建構出合宜的科學概念等等。但若能論及蘊含在科學史背後之科學哲學觀，則將更能幫助學生認識到科學知識論與方法論的豐富內涵，並且藉由學習科學家的探究與思考的模式，而養成合宜之科學本質觀與科學素養。由此可知，若科學課程與科學教學能同時結合科學史與科學哲學，則必定能對學生學習合宜的科學探究模式、養成富批判性與創造性的科學思考有相當大的助益。

再者，從許多研究教師之科學本質觀的文獻中可以發現，教師對科學本質的瞭解及其對知識結構的概念是影響其教學品質的最主要因素之一 (Robinson, 1969; Brickhouse, 1989)。此外，科學教師所持有的科學本質觀對於激發學生有關批判思考、創造思考、與多元思考的能力，以及使學生瞭解科學進展的方式、引起學生進行科學探究的動機、與具備合宜的科學探究態度等等，將有相當程度的影響。然而，目前許多有關的研究多只探討教師的科學本質觀 (Pomeroy, 1993;

Carey & Smith, 1993; Sandra, 1994; Lakin & Wellington, 1994; Koulaidis, 1995)，而未更深入去瞭解科學教師的科學本質觀與科學教學活動之間的可能關係。並且大部份探討有關教師之科學本質觀的研究，大多是以脫離情境的方式來探討這方面的問題。但由 Lakatos (1970) 之「談科學哲學而不談歷史，則流於空洞；談科學史而不及於哲學，則失之盲目」的觀點可以發現，欲探究科學教師的科學本質觀，則研究設計必須同時從科學史與科學哲學這二方面切入，進行統合分析，使研究能在結合科學史的情境之下，分析探討科學教師的科學本質觀。

因此，本研究將結合科學史與科學哲學，從教師所持有的科學探究活動模式作爲研究的切入點，探討教師的科學本質觀與科學教學活動的互動情形。而之所以選擇教師所持有的科學探究活動模式作爲研究的切入點，乃是因爲教師所持有的科學探究活動模式能夠反映出其對科學發展歷程的認識，並且可實際表現與實踐於教師的科學教學活動中。再者，由於教師所持有之科學探究活動模式與科學本質觀，實均爲教師對科學進展的認識，前者爲教師對科學進展認識之外顯活動，後者爲教師對科學進展認識之內隱信念，所以經由剖析教師對科學探究活動的認識，不僅可以探究其內隱的科學本質信念，並可藉由教師對本研究所設計之二篇分別以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材的抉擇情形與理由中，更進一步的探討教師的科學探究模式、科學本質觀、以及對科學教學與科學學習的看法之間的互動情形。

在本研究中以電化電池發展史作爲研究素材，其主要原因是由於在國中理化課本 (1992) 第四册二十二章第三節「電池」此一單元中，將有關電化電池的發展史描述成是一種靜態的、單一理論的傳承：

> 十八世紀末，義大利醫生賈法尼 (Luigi Galvani, 1745-1827) 在偶然的機會，以黃銅製的解剖刀碰觸到放在鐵盤內的青蛙，發現青蛙立刻會產生抽搐。這現象引起義大利物理學家伏打 (Alessandro Volta, 1754-1827) 的興趣，繼續從事不同的實驗。例如在舌頭上放錫箔，舌頭下放銀幣或銀匙，一但這兩種不同的金屬接觸時會感到微微的酸疼。伏打認爲這是由於舌頭上的導電物質，使這兩種不同金屬間產生了電流。西元 1799 年伏打以含食鹽水的濕布夾在銀和鋅的圓形版中間，然後堆積成圓柱，利用導線連接最頂端的銀圓版和最底層的鋅圓版，製造出最早的一個電池，稱爲「伏打電池」。

然而實際上，伏打電池理論的發明，雖是起始於賈法尼在解剖青蛙時所發現之蛙腿異常抽動的偶發現象，但面對此一現象，賈法尼認爲使蛙腿抽動的主要原因是因爲動物電的關係，而伏打則認爲蛙腿之所以會抽動是因爲兩種不同的金屬和蛙腿內的液體接觸所引起的，並無所謂動物電的存在。因此，伏打與賈法尼就此展開一連串的爭論。由此段科學史中可以發現，科學是以動態的、多元理論競爭的模式進展，而且一個新的科學理論的誕生，往往是起始於一個偶發事件所引申出來的問題，且每每會在解決原來問題的過程中，又發現了另一個問題；而科學理論的誕生，往往是由於該理論能對所有的問題做出最佳解釋，且具有最強的說服力者。由此可見，課本在此一單元中所蘊含的科學本質觀與實際的科學本質觀，即科學是以動態的、多元理論競爭的模式進展，並不符合。在此，不得不讓人懷疑，長期使用此種教材的教師，其所擁有的科學本質觀是否會有所偏差？而長期學習此種教材的學生，眞的能養成批判思考、創造思考、多元思考、科學探究的動機與態度、以及瞭解實際的科學進展歷程嗎？

二、研究目的

基於上述研究理念，本研究旨在藉由設計二份分別融入邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀之電化電池發展史教材，探討科學教師閱讀過以不同科學哲學觀建構之電化電池發展史教材後，對二篇教材中所蘊含之科學探究模式及科學本質觀的認識與判斷，與對本研究所設計之二篇電化電池發展史教材的抉擇及其理由。並更進一步探究教師所持有之科學探究模式、科學本質觀與教材抉擇之間的互動關係，以便瞭解融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材，落實於教師的科學教學與學生的科學學習中的可能性，使本研究的研究結果能具有學術上與科學教學實務上的參考價值。

貳、文獻探討

一、教師的科學探究模式、科學本質觀與科學教學

大體而言，科學探究活動的過程可分爲科學發現的範圍與科學辯護的範圍。前者是科學家在產生新理論、新觀念時所發生的心理過程，全憑天才、靈感、想像和機遇性；而後者是指科學家產生新理論、新觀念之後，事實證據對它的支持

程度（張巨青、吳寅華， 1994 ）。在傳統的邏輯實證主義中，只探討科學辯護範圍所存在的邏輯而忽略科學發現的範圍，他們認爲科學發現的範圍是非邏輯的，是心理學或形而上學的研究範疇，只有科學辯護範圍才是科學的研究範疇，並認爲在科學辯護的範圍中，存在固定不變的科學方法，即歸納確證法。而反觀後邏輯實證主義，其主張在科學發展的進程中，科學發現的範圍與科學辯護的範圍二者是同等的重要，此外，更主張並不存在固定不變的科學方法。換言之，邏輯實證主義者所重視的是科學知識邏輯結構的靜態傳承，而後邏輯實證主義者所重視的則是科學知識中之動態多元理論的競爭。從圖 1 與圖 2 中所呈現之科學探究模式圖中可以發現，圖 1 將科學進展的過程視爲是一種始於觀察、不斷收集證據、進行實驗驗證的過程，此乃典型之傾向邏輯實證主義科學本質觀的科學探究模式，其強調科學探究活動是一種不斷進行實驗驗證以發展理論之理論傳承的靜態過程。而圖 2 則強調科學探究是一種發現問題與解決問題的循環過程，絕非僅

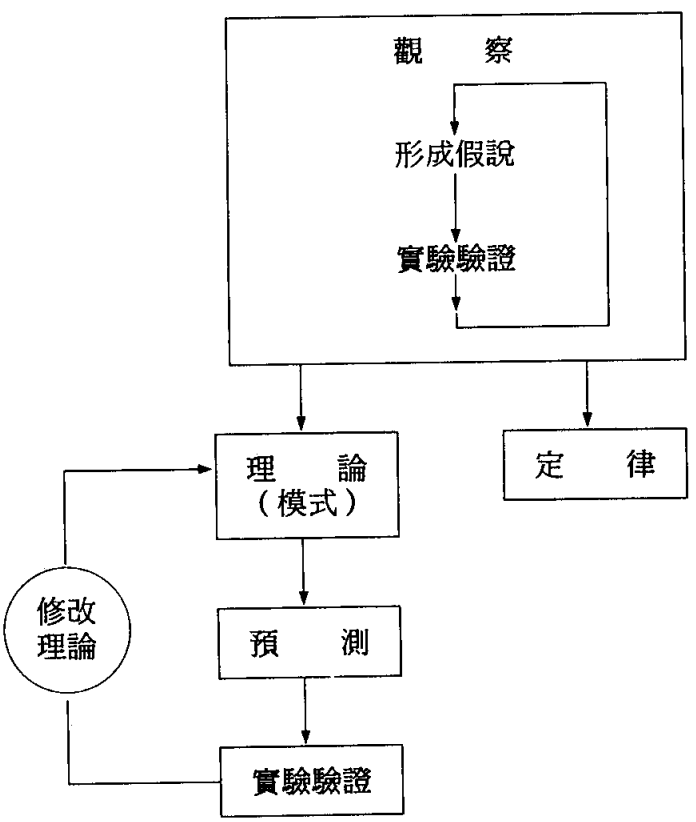


圖 1　傾向邏輯實證主義科學本質觀之科學探究模式（引自 Zumdahl, 1992 ）

是提出假說、進行實驗驗證、形成結論此一簡單的過程而已，並且在探究過程中，應常常將自己的實驗結果提出與他人討論，藉由不同人的批判之下，終於產生一個最能有效解決問題的理論；然而，一個新理論的誕生往往會伴隨著新問題的產生，因此，又開始另一個科學探究過程的循環。此一科學探究模式所呈現出的是動態之多元理論競爭與科學家之間的互動，此乃典型之傾向後邏輯實證主義科學本質觀的科學探究模式。

從科學發展的合理性而言，科學若要有所進展，則必須同時重視科學發現的範圍與科學辯護的範圍。由於科學發展的過程可說是科學家進行探究的整個過

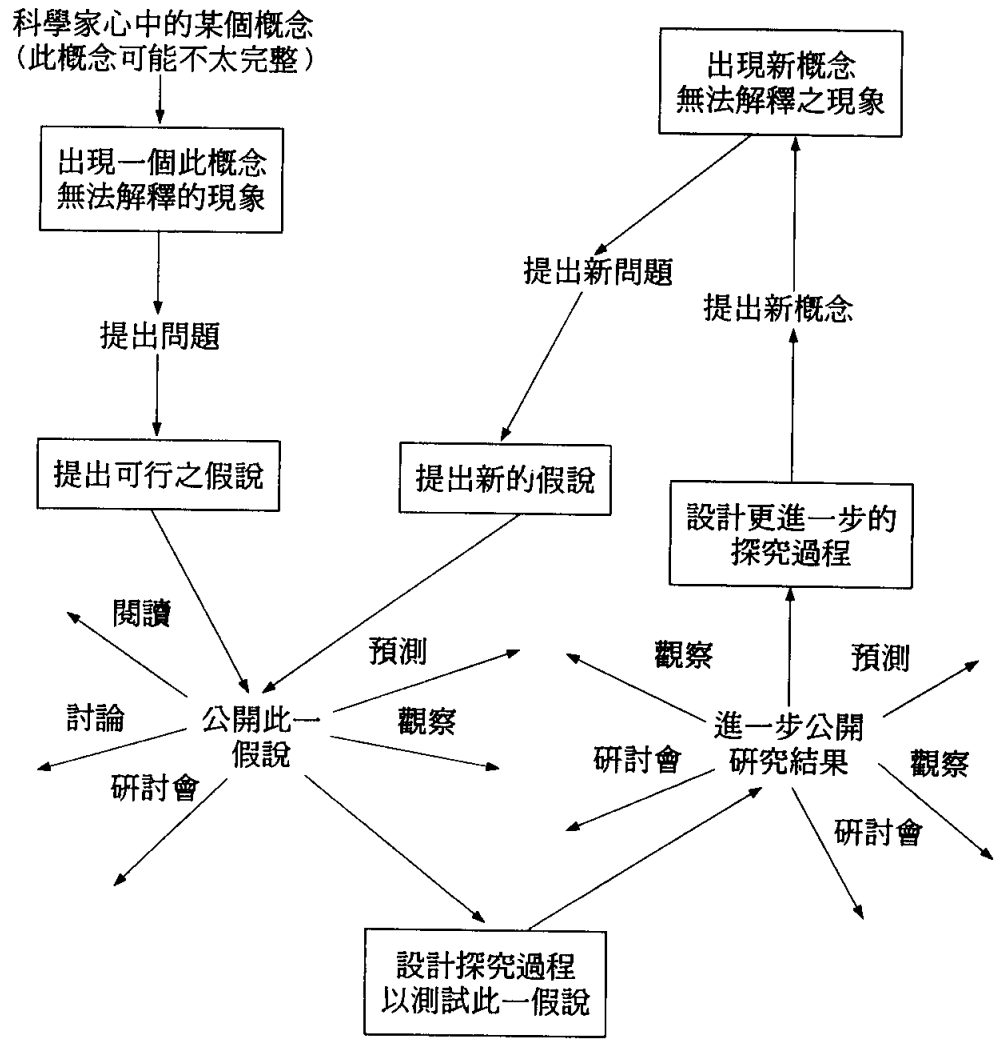


圖 2 傾向後邏輯實證主義科學本質觀之科學探究模式（引自 Hassard, 1992 ）

程，換言之，科學探究模式可說是科學發展的過程。而教師所持有之科學探究模式，實際上即是教師對科學發展的認識，此一認識是以外顯動態的方式表現於教師的科學教學活動中。另外，教師所持有之科學本質觀，亦是教師對科學發展的認識，但此一認識是以內隱靜態的方式成爲教師對科學的信念，也就是教師的科學本質觀。因此，教師所持有之科學探究活動模式與科學本質觀實是一體二面的。

由於科學教學是一種動態的活動過程，因此科學教師的教學與教師所持有之科學探究模式及科學本質觀有相當密切的關係，故教師是否能持有合宜之科學探究模式與科學本質觀實是非常值得探究的問題。 Duschl (1990) 指出，科學的探究不但包含科學知識的驗證，更包含了如何發現這些知識的過程；然而以往的科學課程及科學教學策略卻過分偏重於前者，亦即有關科學知識的教學目的是增加學生的知識以及教導學生如何驗證這些知識的正確性，但對於這些知識究竟是如何形成的問題，則被視爲不是重要的問題。 Duschl 認爲一個合理的科學課程應讓學生從科學史的角度瞭解目前我們所知道的科學知識是如何形成的，而非僅告訴學生什麼是正確的科學知識（引自郭重吉、許玫理， 1992 ）。故教師若能對科學探究活動的過程有合宜的認識，則教師將更能幫助學生培養具有合宜之科學本質觀與富批判性、創造性、多元性的科學思考，如此要比僅讓學生依照著教師所教授的知識做單方向的學習，跟著教材作食譜式實驗，與提昇學生的考試成績等重要許多。因此，在未來的師資培訓中，應重視讓職前教師能對科學本身與人類所處的發展史、科技間的互動關係有一整體的認識，以爲未來具全方位科學素養的教學活動儲備一批生力軍（邱美虹， 1994 ）。

二、科學史在科學教學的啓示

由上述的分析可知，結合科學史情境的科學教學，能使學生有效學習到科學知識、科學思考、及合宜的科學本質觀。然而，若分析目前國中理化教材，不難發現理化課本中常將科學理論以最終形式的方式呈現，即使有些單元提到了一些相關的科學史料，其所呈現的方式大多偏向邏輯實證主義的觀點；換言之，教科書中所強調的是科學史與科學理論的「邏輯重建」，而並非強調科學理論與方法的「歷史再現」。例如，在國中理化課本（ 1992 ）第二册十一章第七節「自由落體運動」單元中提到，伽利略爲了反駁十六世紀以前亞理士多德學派的觀點：

「從同一高度自由落下的物體，重物落下的速度比輕物爲快，所以重物較先落到地面。」因此在比薩斜塔上做了一個舉世聞名的實驗，證明物體落下的速度與物體的重量無關。但根據科學史料的考證，伽利略可能沒有做過這樣的實驗，或是這樣的實驗根本無法推翻亞理士多德學派的理論。由此可見，雖然目前有很多科學教育學者均主張將科學史融入自然科學課程中，且也有許多學者提出科學史對學生的學習、教師的教學有著相當大的影響，然而，在融合科學史於教材時，是否能將科學史以後邏輯實證主義的科學哲學觀編寫，亦即以「歷史再現」的方式呈現出來，使學生能浸淫在合宜的科學史情境中學習科學，著實需要再詳加斟酌考量。

針對此問題，本研究特地挑選國中理化課本第四册二十二章第三節「電池」此一單元，在經過文獻分析與探討之後，設計出一份蘊含後邏輯實證主義科學哲學觀的電化電池發展史教材。本研究之所以會選取這一單元的主要原因，乃是因爲在此單元中，課本將電化電池的發展史描寫成只要能作客觀觀察、進行相關實驗、累積實驗證據，最後再進行統整歸納，則一個新的科學理論終將誕生。課本將此部份的科學史以一種靜態之理論傳承的方式融入教材中，因而，長久使用此類教材的學生，將會具有類似邏輯實證主義的科學本質觀，誤以爲只要能具有客觀的態度及實驗的精神，並依循課本中所提的「科學方法」，即能發現新的科學理論並加以實驗驗證。

然而，誠如 Carey 與 Smith (1993) 所說的，我們希望讓學生瞭解，有關大自然規律的一些知識其實是一種成功猜測的結果，而不只是根據舊有的理論來形成假說並做實驗加以驗證的。因此，在本研究所設計的以後邏輯實證主義科學哲學觀編寫的電化電池發展史教材中，強調並無所謂的客觀觀察，觀察會受到個人主觀因素的影響，所以才會發生不同理論之間的相互爭論，而最後，最能有效解決問題的理論將脫穎而出，成爲衆人所接受的科學理論。在本教材中，將科學理論以一種多元理論競爭的動態過程呈現出來；因而，若學生能長久受此類教材的薰陶，則必能瞭解科學理論是一種大規模的智力建構，且不同的科學家對相同的現象或實驗結果會有不同的詮釋，因此，並無所謂絕對的客觀。例如，在整個電化電池發展史的過程中，電化電池理論剛被提出之時，並未被人們所接受，並且引發了賈法尼與伏打的一場科學論戰。然而伏打經過一連串的猜測、修正、與實驗，終於發明了可以產生穩定電流的電化電池，而使人們接受此一理論。在此段

科學史中可以讓學生學習到，在整個科學發展的進程上，並不僅僅是單純的發現問題及解決問題而已，每每會在解決原來問題的過程中，又發現了另一個問題。而科學理論的誕生，往往是由於該理論能對大多數的問題做出最佳解釋，且具有最強的說服力者。當然，一個科學理論形成之後，並不表示該理論即爲不變的眞理，這個理論往往會因新的現象的發現而被修改，甚至會被另一個新的理論所取代。由此可知，科學理論並無絕對的對與錯，因爲科學家們在面對同一現象時，往往會因爲所持的觀點不同而發展出不同的理論，賈法尼與伏打的論戰即是一個很好的例子。而從此段科學史中更可看出，科學理論並不是永恆不變的眞理，我們只能藉由不斷的批判並創造新的科學理論，使人類更能瞭解自然界的種種現象，並對其做出更加合理的解釋。因此，融合了後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材，可讓學生更瞭解批判思考、創造思考與多元思考在科學進展的重要性。

此外，目前的科學教育雖然一再地強調科學過程技能的重要性，主張讓學生從探究過程中，學習到科學本質並培養良好的科學態度。爲了達到此一目標，無論是在教學或教材的選用上，均愈來愈強調實驗與實做的重要性。然而這些科學課程卻無法提出爲何要以這些技能來建構科學知識的原因，學生也沒有質疑爲何要利用科學過程技能來探索、發展或計算，以便瞭解自然界的現象等問題。可見，科學方法及科學過程技能的教學，並沒有表現出實際科學探究模式的內容(Carey & Smith, 1993)。而造成此一問題的原因，乃是因爲以往的科學課程多採抽象而化約的方式設計，教師的教學與教科書的內容亦脫離眞實化的情境，使原本就抽象且不易瞭解的科學知識更難爲學生所接受。因此，科學教育學者在設計科學課程時，不但不應過度簡化科學課程的情境，更應維持科學學習的豐富性與複雜性，使得學生得以認識其間的關係和結構而形成意義（洪振方，1996）。所以科學教育學者在安排課程時，若能妥善運用科學史，將其以後邏輯實證主義科學哲學觀融入在教學過程中，則必能使學生在科學史的情境之下，學習到合宜的科學過程技能，瞭解科學知識建構的整個過程，並進而建立富批判力與創造力的科學探究模式和科學思考。

參、研究方法與過程

一、研究對象的選取

本研究的研究目的是要探討教師在閱讀過二篇分別以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材後，對教材的認識，以及對這二篇教材的所做的抉擇。因此，依照此一研究目的選取五十二位國中、高中自然科教師作爲研究的對象。本研究選擇這五十二位教師作爲研究對象的最主要原因有二，㈠這五十二位教師乃任職於台北、彰化、嘉義以至高雄等各縣市之各個不同的高中與國中，分佈範圍很廣，因此本研究的研究結果可在合理的範圍內做適當的推論與詮釋；㈡這五十二位教師的平均教學年資超過十年以上，藉此，可將本研究的結果推廣於在職進修教師教育的教材中，甚至還可推廣於未來師資培育的教材教法課程中。

二、研究工具的設計及信效度

在研究目的及相關文獻分析之規範下，本研究建立的研究工具包括三個部份：

㈠二篇不同科學哲學觀電化電池發展史教材的設計

本研究所設計之二篇電化電池發展史教材的標題爲『電池是如何發明的 (I) 』與『電池是如何發明的 (II) 』，這二篇教材分別以邏輯實證與後邏輯實證主義的科學哲學觀加以設計。『電池是如何發明的 (I) 』是參考自國中理化課本第四册二十二章第三節「電池」編寫成的，其所蘊含的科學本質觀是傾向邏輯實證主義的科學哲學觀。『電池是如何發明的 (II) 』則是參考自許多有關電化電池發展史的文獻（金觀濤、劉青峰， 1988 ；趙匡華， 1992 ；陳燕珍， 1995 ；梁衡， 1995 ； Conant, 1951 ）編寫成的，重點焦著於賈法尼與伏打對電的起源之爭論，並對此提供詮釋，以探討參與本研究的教師是否能認識到科學的進展不是如國中理化課本中所蘊含的那種靜態的、單一理論傳承的方式發展，而是以一種動態的、多元理論競爭的方式發展。這其中蘊含重要的科學本質觀，例如，可以讓我們瞭解到科學理論的建立並不完全是從實驗證據得來的，不同的科學家對同一證據會有不同的詮釋，得到不同的理論，因而對理論的創建與辯護，便是科學發

展中重要的部份。科學教師如果瞭解這些，將不會以標準答案的方式進行教學活動，而較會啓發學生的多元思考與批判思考。第二篇教材所蘊含的科學本質觀是傾向後邏輯實證主義的科學哲學觀。

爲確保這二篇教材中所蘊含的科學本質觀分別屬於邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀的特色，本研究選擇了二位科學教育的專家、二位科學家、及二位高中理化教師作爲建立建構效度 (Construct validity) 的對象。研究者將二篇電化電池發展史教材與問卷一起送給這些參與建構效度的對象，請他們在閱讀完本研究所設計之二篇分別以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀所建構之電化電池發展史教材之後，針對問卷中的問題，同時比對判斷二篇教材中所蘊含之科學本質觀。以下列出問卷中有關「科學知識發展的組型」的四個問題以供參考：

第一篇文章	第二篇文章	無法決定
□	□	□ 1、哪一篇文章較能描述出科學知識是以理論傳承的方式進步的。
□	□	□ 4、哪一篇文章所呈現之科學理論的產生方式是屬於藉由不斷累積各種實驗及觀察的結果而形成的。
□	□	□ 11、哪一篇文章所描述之科學知識進步的過程是一種相互競爭理論間的論證過程。
□	□	□ 12、哪一篇文章所呈現之科學理論的產生方式是指從相互競爭的各種理論之中，脫穎出最完整且最具普適性者。

上述的四個問題，是發展自本研究之科學本質觀問卷中有關「科學知識發展的組型」的題目（詳見表 1），題 1 和 11 是衍生自表 1 中題 1 的前兩個選項，題 4 和 12 是衍生自表 1 中題 4 的前兩個選項。此份問卷的主要目的，在於提供這些參與建構效度的對象，判斷這兩篇電化電池發展史教材是否蘊含不同的科學哲學觀。

從表 2 中可以看出，無論是科學教育專家、科學家或是高中理化教師，其能夠區分二篇教材蘊含不同的科學本質觀的判斷率高達 90% 以上。

㈡科學探究模式及科學本質觀問卷的設計

1. 科學探究模式之開放式問卷的設計

爲瞭解教師在閱讀電化電池發展史教材之前對科學探究活動的認識與可能具有的科學本質觀，因此在教師閱讀二篇教材之前，先要求教師畫出其心中理想的科學探究模式，藉此先初步瞭解教師在未閱讀二篇教材之前可能具有的科學本質

表 1 ：科學本質觀問卷中屬於「科學知識發展的組型」的題目

Ⅲ、科學知識發展的組型（部份題目）

1. 由本篇教材可以發現，科學知識的進步（單選）
   - □ 是一種理論的傳承。
   - □ 是相互競爭理論之間的論證過程。
   - □ 無法判斷。

   你的答案是由文章中的哪一段看出來的？（可複選）

   □第一段 □第二段 □第三段 □第四段 □第五段
   □第六段 □第七段 □第八段 □第九段

4. 由本篇教材可以發現，科學理論的產生方式是（單選）
   - □ 經由不斷累積各種實驗及觀察的結果而形成的。
   - □ 從相互競爭的各種理論之中，脫穎而出最完整且最具普適性者。
   - □ 無法判斷。

   你的答案是由文章中的哪一段看出來的？（可複選）

   □第一段 □第二段 □第三段 □第四段 □第五段
   □第六段 □第七段 □第八段 □第九段

表 2 ：建構效度所選用之對象區分二篇教材中所蘊含之不同科學本質觀的判斷情形

教材 / 對象	區分二篇電化電池發展史教材蘊含不同的科學本質觀的判斷率
二位科學教育專家	96.87%
二位科學家	90.65%
二位高中理化教師	90.65%

觀及對科學探究活動的看法。當教師閱讀完教材之後，即刻要求教師畫出剛才所閱讀之電化電池發展史教材中呈現的科學探究模式，藉此瞭解教師在受到「教材」及「自身基模」二種因素的交互影響之下，對教材蘊含之科學探究模式的判斷情形。此外，在教師畫出教材蘊含之科學探究模式之後，讓教師作答科學本質觀的問卷，以便對教材中所蘊含之科學本質觀做一判斷，藉由教師作答的情形，可以更深入瞭解教師所判斷之科學探究模式及科學本質觀的內涵，以及其是否符合教材中所蘊含之科學探究模式及科學本質觀。

2.科學本質觀問卷的設計

本研究所設計之科學本質觀問卷的編製過程如下：

⑴分析現有文獻對「科學本質」的界定，將科學本質觀分爲五大項，即科學方法、觀察的本質、科學知識發展的組型、科學理論的地位、與科學知識的判別標準，並據此建立「科學本質」的題庫。

⑵根據文獻分析的資料，建立一雙向細目表，縱向爲科學本質的內容範圍，橫向爲邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀的比較（詳見表 3 ）。經過試題分析小組進行「內容分析」，確定每一主題所包含的內容，建立雙向細目表的內容效度。

⑶根據雙向細目表所擬訂之主題，由「科學本質」的題庫中，選出合適的題目。之後，再經由試題分析小組對所選試題進行分析與評估後，完成科學本質觀問卷的初步內容。

⑷進行預試，並經由與受試者訪談及試題分析小組的討論，修改不理想的試題，以提昇科學本質觀問卷的信度與效度。

⑸完成科學本質觀問卷。

科學本質觀問卷中五個相關主題的部份題目，除表 1 所列者外，尚可見於本文之「研究結果與討論」中。

在許多有關科學本質觀問卷的評判標準中，所採用的評分方式是要求受試者能答對一半以上的題目，或是得分能超過某一中間分數，則稱該位受試者具有合宜的科學本質觀（ Lederman, 1986 ，引自林陳涌， 1995 ）。在本研究中，亦是採取此種評判方式，即要求參與研究的教師在個別科學本質觀主題中，必須對一半以上的題目做出合宜之判斷，則方稱該位教師能夠對教材中所蘊含之此一科學本質觀做出合宜的判斷。此外，在評判教師對總體科學本質觀的判斷情形時，則

表 3 ：科學本質觀的雙向細目表

科學哲學觀 / 科學本質相關主題	邏輯實證主義	後邏輯實證主義
科學方法	有一固定的方法： ⑴歸納法、演繹法； ⑵強調以實驗驗證理論； ⑶強調理論結構的邏輯分析。	沒有固定的方法： ⑴由科學家社群決定； ⑵強調問題解決導向； ⑶強調批判性原則。
觀察的本質	具有絕對的客觀與理性： 觀察先於理論，強調客觀的觀察。	受個人主觀意識所影響： 理論先於觀察，強調觀察蘊含理論。
科學知識發展的組型	是以靜態的、單一理論傳承的方式，逐漸累積、演化而成的； ⑴非歷史導向； ⑵呈現單一最好的理論。	是以動態的、多元理論競爭的方式發展而成的： ⑴歷史導向； ⑵呈現多元理論的競爭。
科學理論的地位	是眞實世界的描述，是絕對的眞理，或是逼近眞理： ⑴始於觀察，是被發現的； ⑵邏輯結構最嚴謹者。	只是科學家的世界觀，是不是眞理並非理論的性質： ⑴始於問題，是被創造的； ⑵最能有效解決問題者。
科學知識的判別標準	有固定的標準，可以用客觀觀察和實驗加以檢驗或驗證的。	沒有固定的標準，不同科學家社群有不同的標準。

要求教師能同時對五個科學本質觀的主題均做出合宜之判斷；換言之，若教師能對某一篇教材中所蘊含之五個科學本質觀主題均做出合宜之判斷時，則方稱此位教師能夠完全合宜的判斷出該篇教材所蘊含之科學本質觀。

再者，本研究之研究設計強調，同時結合了「電化電池發展史教材的設計」與「科學本質觀問卷的設計」來進行研究。此一研究設計有二項重大特色，一爲在科學本質觀問卷中，每一題的作答除了包括對電化電池發展史教材蘊含之科學

本質觀的判斷之外，更在每一題的最後，請教師指出其所判斷之科學本質觀係蘊含在教材的哪些段落中（詳見表 1 ）。做此設計的主要目的是希望教師能在用心思考後作答，以提昇問卷的效度，並且研究者尚可依據教師對教材段落的判斷情形，深入的探討教師的科學本質觀傾向及受教材與自身基模影響的情形，以及藉此進一步瞭解其所繪之科學探究模式的實質含意。另一項重大特色，係在第二篇以後邏輯實證主義科學哲學觀所編寫的教材中，有關「科學方法」、「科學知識發展的組型」、「科學理論的地位」、與「科學知識的判別標準」四個主題是以文字外顯的方式敘述在第二篇教材中，而「觀察的本質」此一科學本質觀主題，則是以意義內隱而非文字外顯的方式蘊含在第二篇教材中。之所以做此種設計的主要目的，在於探討教師對於外顯的「科學方法」、「科學知識發展的組型」、「科學理論的地位」、與「科學知識的判別標準」等四個科學本質觀主題，是否能由融合了後邏輯實證主義科學哲學觀的電化電池發展史情境中合宜地判斷出來，而此種判斷是否能推及以內隱方式設計的「觀察的本質」之科學本質觀主題的判斷。

至於爲何會選擇「科學方法」、「科學知識發展的組型」、「科學理論的地位」、與「科學知識的判別標準」此四項主題作爲文字外顯的設計？及爲何會選擇「觀察的本質」此項主題作爲意義內隱的設計？其主要原因如下：一般科學教師的科學本質觀多傾向邏輯實證主義的科學哲學觀，而審視邏輯實證主義科學哲學觀的內涵，可推知「觀察的本質」、「科學理論的地位」、與「科學知識的判別標準」此三項主題所蘊含的內容爲邏輯實證主義科學哲學觀的基本立論（參考自 Nussbaum, 1989 ；張巨青、吳寅華， 1994 ），若以 Lakatos （ 1970) 的研究綱領來看，則可將其類比爲理論硬核的部份，是一般科學教師所持有之科學本質觀中較不易被觸及甚至改變的。而有關「科學方法」與「科學知識發展的組型」此二項主題的內涵，則可類比於理論硬核之外的保護帶，而與硬核中的科學本質觀主題相較之下，此二項主題是一般科學教師所持有之科學本質觀中較易被觸及甚至修改的。本研究設計即是將硬核部份之「科學理論的地位」、「科學知識的判別標準」與非硬核部份之「科學方法」、「科學知識發展的組型」等四項科學本質觀主題以文字外顯的方式呈現在第二篇電化電池發展史教材中，藉由此一設計方式，深入剖析此種外顯設計對硬核與保護帶中之科學本質觀所造成的影響。而在剖析硬核部份的科學本質觀時，如「觀察的本質」、「科學理論的地位」、

與「科學知識的判別標準」等，則可深入瞭解此種內隱與外顯的設計方式對硬核部份之科學本質觀的影響情形。在此一部份，之所以會選擇硬核中有關「觀察的本質」此一主題作爲內隱的設計，乃是因爲在邏輯實證主義中，觀察的本質所強調的是客觀的觀察及以實驗驗證理論等，這些觀點均是邏輯實證主義最基本的立論，亦是邏輯實證主義之硬核的核心部份，因此本研究特地挑此項科學本質觀作爲內隱部份的設計主題。本研究即是希望藉由此種研究設計的方式，更深入瞭解教師的科學本質觀受本研究所設計之融合後邏輯實證主義科學哲學觀之電化電池發展史教材的影響情形，並更進一步分析在本研究的研究設計之下，融合後邏輯實證主義科學哲學觀之電化電池發展史教材對不同科學本質觀主題的影響情形。以上即爲本研究設計之重大特色。

㈢教材抉擇之開放式問卷的設計

本研究參考國中理化課本的教學目標，即培養學生成爲能運用知識、富於創造性、具科學素養的國民，將本單元的教學目標分爲七點：⑴能呈現出合宜的科學探究模式；⑵使學生瞭解科學進展的方式；⑶能激發學生進行科學探究的動機；⑷能讓學生養成合宜的科學探究態度；⑸能激發學生的批判思考能力；⑹能激發學生的創造思考能力；⑺能激發學生的多元思考能力。根據上述七項教學目標分別編寫出七題開放式問卷，以便瞭解教師在閱讀過二篇分別以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀編寫的電化電池發展史教材後，判斷哪一篇教材較能達到上述的教學目標，並說明選擇該篇教材的理由。最後，也就是本問卷的第八題，請教師們判斷出一篇最合適作爲上課用的教材，並說明其做此判斷的理由。藉由這八題開放式問題，本研究除了可瞭解教師們對這二篇教材的看法，並可知道教師們對教材的認可程度，以便能作更進一步的分析與探討。

三、研究進行的程序

本研究進行的程序共分爲四大階段。首先，在教師尚未閱讀二篇教材之前，先要求教師畫出其心中認爲最理想的科學探究模式，此即爲第一階段中的工作。此時，要求教師交回其所畫的圖，並領取第二階段的文章與問卷。接著進入第二階段，讓教師閱讀一篇以邏輯實證主義科學哲學觀所編寫的電化電池發展史教材，並要求教師畫出此篇教材中所蘊含的科學探究模式，及作答科學本質問卷。當教師們完成此一階段之後，交回第一篇文章與第一份問卷，再領取第二份文章

與第二份問卷。接著進入第三階段，讓教師閱讀一篇以後邏輯實證主義科學哲學觀所編寫的電化電池發展史教材，並要求教師畫出此篇教材中所蘊含的科學探究模式，及作答科學本質問卷。當教師們完成此一階段之後，交回第二篇文章與第二份問卷，再一次領取第一篇與第二篇電化電池發展史文章與第三份問卷。接著進入最後一個階段，讓教師同時比對這二篇教材的內容，並依教材對教師教學或對學生學習的影響，對這二篇教材作一抉擇並敘述理由。藉由此種設計可以瞭解教師對融入電化電池發展史與後邏輯實證主義科學哲學觀的教材之認識與抉擇，並且可由教師抉擇的情形及其所陳述的各種理由，分析與探討將電化電池發展史與後邏輯實證主義科學哲學觀融入教材中可能產生之各種利弊得失。此外，更可藉由每一階段施測結果的相互比對，對資料分析結果做更合理的詮釋。從第一階段至第四階段的研究活動所需之時間爲二個小時。

肆、研究結果與討論

教師在參與過本研究所設計之研究活動，即閱讀二篇分別以邏輯實證主義科學哲學觀與後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材之後，必須對教材中所蘊含之科學探究模式與科學本質觀做判斷，並對二篇教材進行教材抉擇。研究者則採用認知心理學的基模理論及 Kintsch (1977) 的閱讀理解模式，對教師所做的判斷與教材抉擇的情形加以剖析詮釋。

一、教師之科學探究模式初始基模

本研究經由統整分析教師所繪出的科學探究模式圖之後，可將科學探究模式圖大約分成三大類，一爲傾向邏輯實證主義科學本質觀的科學探究模式圖；二爲傾向後邏輯實證主義科學本質觀的科學探究模式圖；三爲混合式，即同時具有傾向邏輯實證主義與後邏輯實證主義科學本質觀的科學探究模式圖。在對教師的科學探究模式圖加以分析時，除了根據上述三個類型的特徵作爲分類依據之外，並同時比對教師對教材中所蘊含之科學本質觀的判斷情形，及參考教師在教材抉擇問卷中所提及的科學本質觀點，以便能從各種不同的證據來確認教師所繪之科學探究模式圖的內涵；如圖 3 和圖 4 所示。

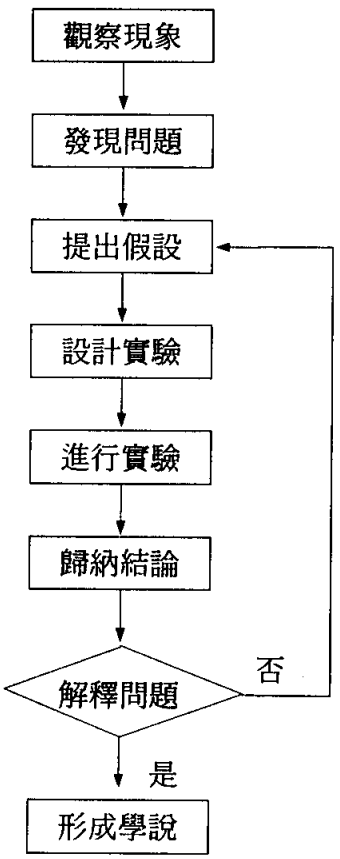
傾向邏輯實證主義科學本質觀的科學探究活動模式	此模式所具備之特徵（整理自教師的科學本質觀問卷）
	1.觀察先於理論，強調客觀的觀察。 2.靜態的單一理論傳承。 3.強調以實驗驗證理論。 4.是眞實世界的描述，是絕對的眞理或是逼近眞理。

圖 3　編號 13FTPJ14 教師之傾向邏輯實證主義科學本質觀的科學探究模式圖

由表 4 中可發現，就所有參與本研究的教師而言，初始科學探究模式具有混合式科學本質觀之模式 M 及具有邏輯實證主義科學本質觀之模式 A 的教師所佔的比例較多，分別爲 53.85% 與 38.46% ，而初始科學探究模式傾向後邏輯實證主義科學本質觀之模式 B 的教師爲最少，僅佔總參與研究教師的 7.69% 。

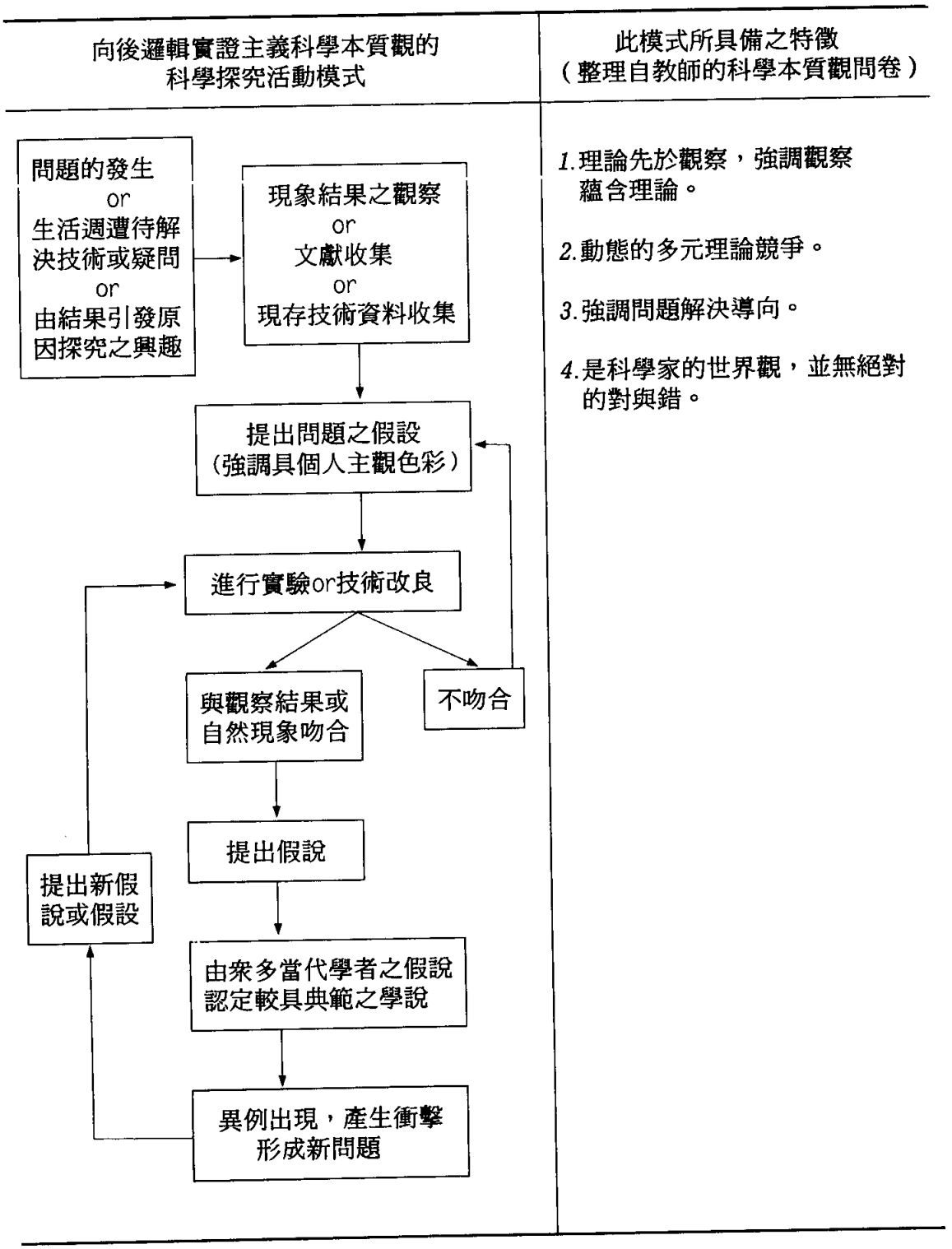


圖 4　編號 51MTCJ14 教師之傾向後邏輯實證主義科學本質觀的科學探究模式圖

表 4 ：教師之初始科學探究活動模式圖的分佈情形

類型 / 分佈	教師之初始科學探究模式圖的類型		
	模式A	模式B	模式M
人數	20人	4人	28人
百分比	38.46%	7.69%	53.85%

二、教師對二篇教材蘊含之科學探究模式的判斷

在本研究所設計的二篇電化電池發展史教材中，第一篇教材是融合了邏輯實證主義科學哲學觀與電化電池發展史的教材，第二篇教材是融合了後邏輯實證主義科學哲學觀與電化電池發展史的教材，二篇教材所呈現的科學哲學觀情境可說是完全不同。再者，從表 4 的資料分析中可知，參與本研究的教師之初始科學探究模式絕大多數不是屬於後邏輯實證主義科學本質觀，因此，當教師對較符合其初始科學探究模式之第一篇教材的科學探究活動情境做過判斷之後，是否能隨著教材中科學哲學觀情境的轉換，而對較不符合其初始科學探究模式之第二篇教材的科學探究活動情境做出完全合宜之判斷？若能者，則稱此種判斷爲「完全合宜之判斷」；若僅能對第二篇教材中所蘊含之科學探究活動情境做出部份合宜之判斷者，則稱此種判斷爲「部份合宜之判斷」；若無法對第二篇教材中所蘊含之科學探究活動情境做出完全合宜或部份合宜之判斷者，則稱此種判斷爲「完全不合宜之判斷」。

例如圖 5 中，編號 26FUCJ15 教師針對第一篇教材所繪出之科學探究模式圖傾向邏輯實證主義科學本質觀的模式 A ，而隨著教材中科學哲學觀情境的轉換，對第二篇教材中所蘊含之科學探究模式的判斷爲傾向後邏輯實證主義科學本質觀的模式 B 。據此，本研究判斷此位個案教師能夠隨著教材中科學哲學觀情境的轉換而對第二篇教材所蘊含之科學探究模式做出完全合宜的判斷。又如圖 6 中，編號 07MTPH14 教師針對第一篇教材所繪出之科學探究模式圖傾向邏輯實證主義科學本質觀的模式 A ，而隨著教材中科學哲學觀情境的轉換，對第二篇教材所蘊含之科學探究模式的判斷仍爲傾向邏輯實證主義科學本質觀的模式 A 。

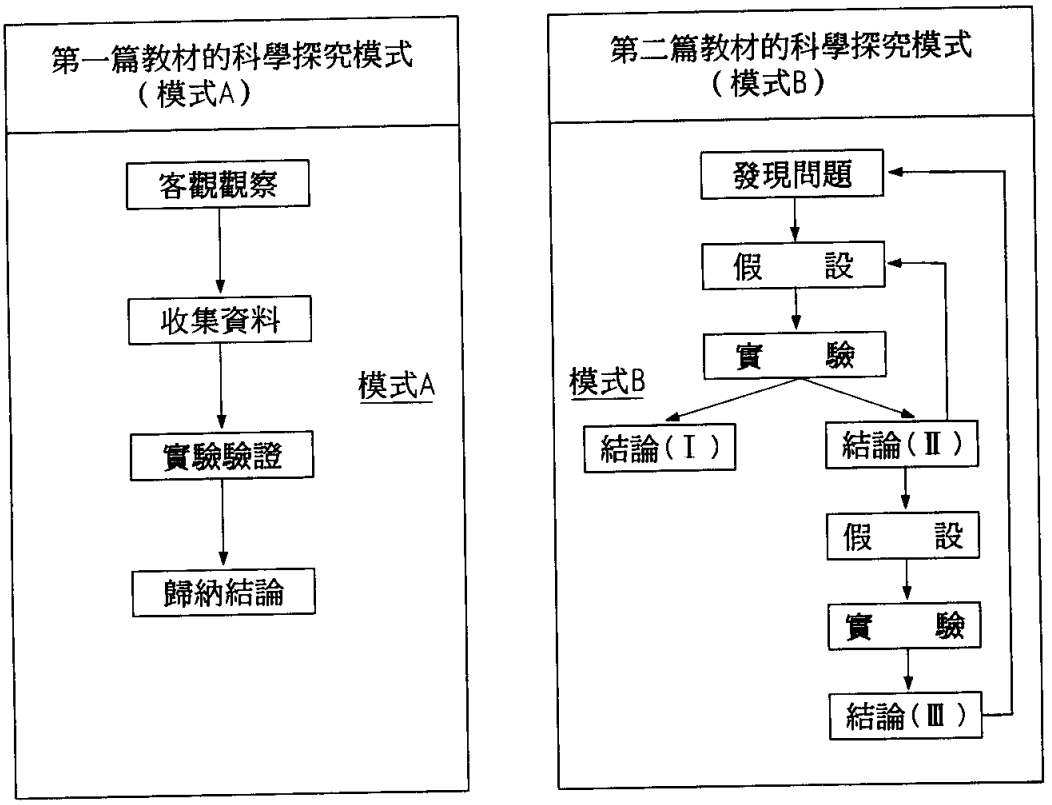


圖 5　編號 26FUCJ15 教師對二篇教材中所蘊含之科學探究活動模式的判斷

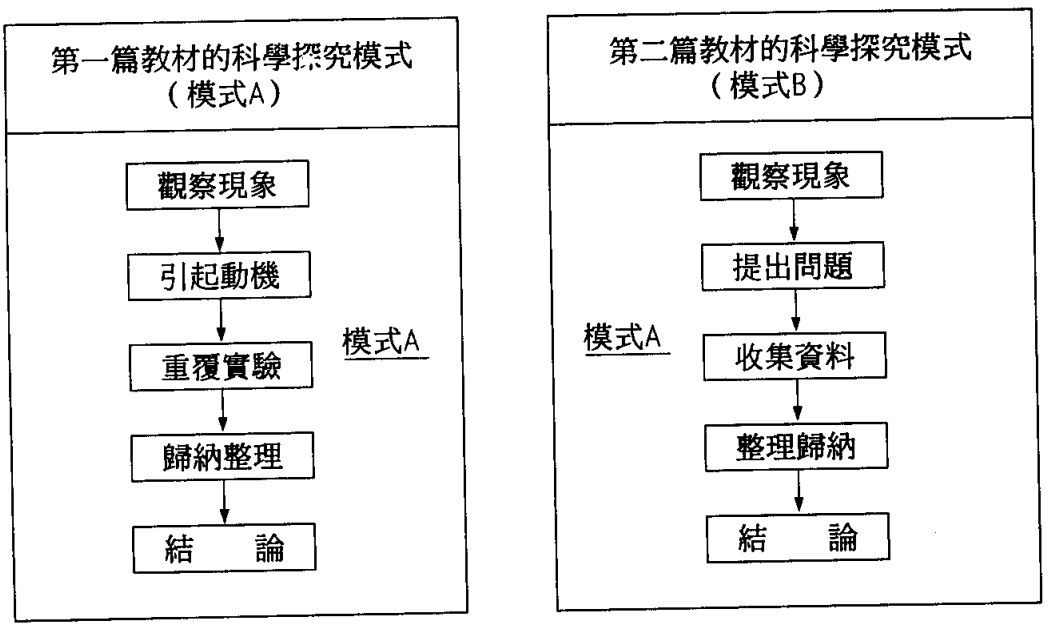


圖 6　編號 07MTPH14 教師對二篇教材中所蘊含之科學探究活動模式的判斷

表 5 ：教師隨著二篇教材中科學哲學觀情境的轉換而對第二篇教材蘊含之後邏輯實證主義科學哲學觀的科學探究活動所做出之判斷

隨著科學哲學觀情境的轉換對第二篇教材蘊含之科學探究活動的判斷	第一篇教材（模式A） → 第二篇教材（模式）	人 數	百分比	合 計
完全合宜之判斷	模式A → 模式M	11人	21.15%	28.84%
	模式B → 模式B	4人	7.69%	
部份合宜之判斷	模式A → 模式M	28人	53.85%	59.62%
	模式M → 模式M	3人	5.77%	
完全不合宜之判斷	模式A → 模式M	6人	11.54%	11.54%
	模式A → 模式A	0人	0	
合 計		52人	100%	

據此，本研究判斷此位個案教師不能夠隨著教材中科學哲學觀情境的轉換，而對第二篇教材中所蘊含之科學探究模式做出合宜的判斷。

從表 5 中可知，就所有參與研究的教師而言，有 28.84% 的教師能夠隨著二篇教材中科學哲學觀情境的轉換而對第二篇教材所蘊含之科學探究活動做出完全合宜之判斷，有 59.62% 的教師做出部份合宜之判斷，有 11.54% 的教師則做出完全不合宜之判斷。

綜合表 4 及表 5 的分析結果製成圖 7 。由圖 7 中可發現，教師在未閱讀本研究所設計的二篇教材之前，有 38.46% 的教師所持有之初始科學探究模式爲傾向邏輯實證主義科學本質觀的模式 A ，僅有少數 7.69% 的教師持有傾向後邏輯實證主義科學本質觀的模式 B 。在參與本研究的研究活動之後，能隨著二篇教材中科學哲學觀情境的轉換，而判斷出第二篇教材中所蘊含後邏輯實證主義科學哲學觀之科學探究活動的教師已提昇到 28.84% ，而無法對第二篇教材中蘊含之科學探究活動做出合宜判斷的教師，僅佔參與本研究教師總人數的 11.54% 。換言

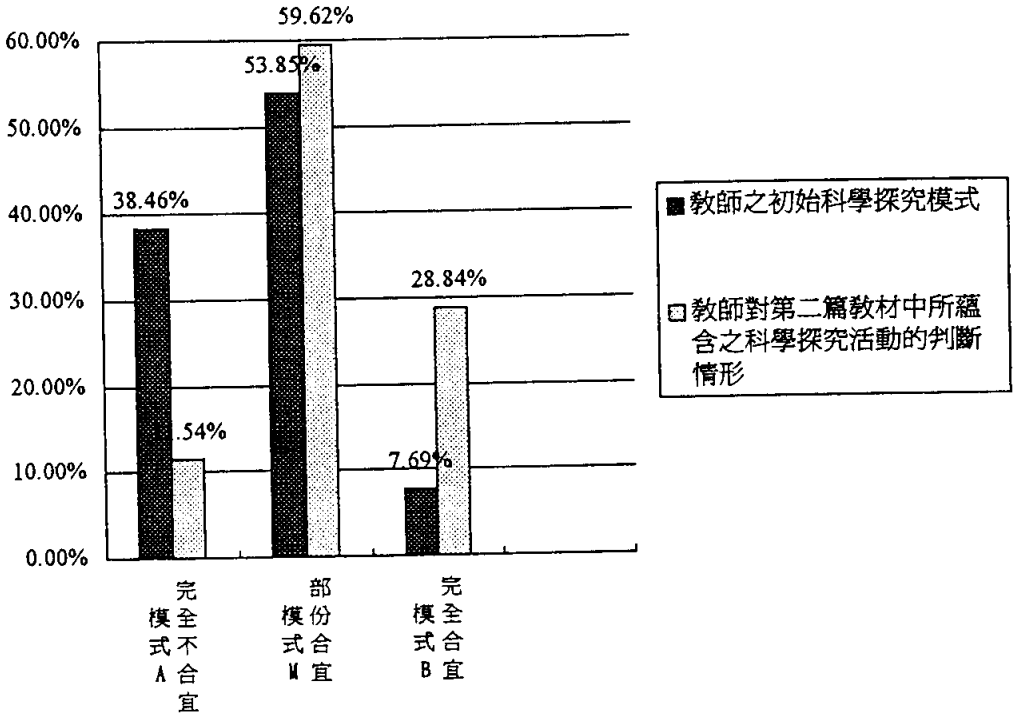


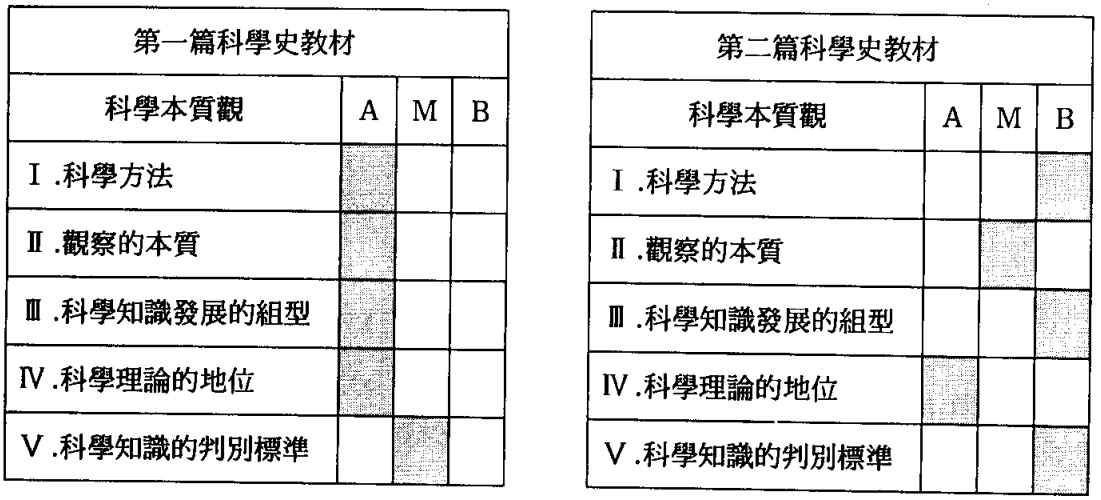
圖 7　教師之初始科學探究模式分佈百分比與隨著科學哲學觀情境的轉換對第二篇教材所蘊含科學探究活動的判斷分佈百分比之比較

之，科學教師在經過本研究的研究活動之後，有多數初始科學探究模式傾向邏輯實證主義科學本質觀之模式 A 的教師，在面對蘊含後邏輯實證主義科學哲學觀的第二篇教材時，亦能對其中的科學探究活動做出合宜的判斷。

由此可推知，本研究所設計之第二篇融合了後邏輯實證主義科學哲學觀的電化電池發展史教材，對於參與本研究的教師而言已產生了一些影響，至於到底有什麼樣的影響，則將在下面繼續討論。

三、教師對二篇教材蘊含之科學本質觀的判斷

教師在閱讀完以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀所建構之電化電池發展史教材後，需分別對二篇教材中所蘊含之科學本質觀加以判斷並作答科學本質觀問卷。在圖 8 中，編號 25FTCJ10 的教師，在閱讀第一篇教材之後，大體上能對第一篇教材中所蘊含的科學本質觀做出合宜的判斷；例如在第一篇教材中，除了對有關「科學知識的判別標準」此項科學本質觀的判斷，傾向混合式的科學本



第一篇科學史教材			
科學本質觀	A	M	B
Ⅰ.科學方法	■		
Ⅱ.觀察的本質	■		
Ⅲ.科學知識發展的組型	■		
Ⅳ.科學理論的地位	■		
Ⅴ.科學知識的判別標準		■	

第二篇科學史教材			
科學本質觀	A	M	B
Ⅰ.科學方法			■
Ⅱ.觀察的本質		■	
Ⅲ.科學知識發展的組型			■
Ⅳ.科學理論的地位	■		
Ⅴ.科學知識的判別標準			■

圖 8 編號 25FTCJ10 的教師對二篇教材中所蘊含之科學本質觀的判斷情形

質觀之外，其它各項的科學本質觀的判斷，則均傾向邏輯實證主義的科學本質觀。而此位個案教師卻未能對第二篇教材中所蘊含之科學本質觀做出合宜的判斷，例如在閱讀過第二篇教材之後，有關「觀察的本質」此項科學本質觀的判斷是傾向混合式的科學本質觀，而有關「科學理論的地位」此項科學本質觀的判斷，則是傾向邏輯實證主義的科學本質觀，至於有關「科學方法」、「科學知識發展的組型」、「科學知識的判別標準」這三項科學本質觀的判斷，則是傾向後邏輯實證主義的科學本質觀。

在舉例剖析過個案教師對二篇以不同科學哲學觀建構之電化電池發展史教材中所蘊含之科學本質觀的判斷情形之後，以下將更進一步分析比較教師在科學方法、觀察的本質、科學知識發展的組型、科學理論的地位、及科學知識的判別標準等科學本質觀主題中的判斷情形。

在表 6 中，所謂的「符合教材所蘊含之科學本質觀的百分比」指的是教師在閱讀完該教材之後，回答科學本質的問卷時，能合宜的判斷出該篇教材所蘊含之科學本質觀，並適當的選出該科學本質觀出現在教材中的段落者。從表 6 可知，有 65.38% 的教師在看完第一篇教材之後，能對第一篇教材中所蘊含的總體科學本質觀做出合宜的判斷；然而，相較之下，能對第二篇教材中所蘊含的總體科學本質觀做出合宜判斷的教師所佔的百分比，則明顯的減少了很多，只剩下 19.23 %。從 Kintsch (1979) 所提出之閱讀理解模式觀之，對大部份教師原有的科學本

表 6 ：教師對二篇教材中所蘊含之科學本質觀的判斷情形

教師對教材所蘊含科學本質觀的判斷 / 科學本質觀的主題	第一篇教材* 符合教材所蘊含之科學本質觀百分比	第二篇教材* 符合教材所蘊含之科學本質觀百分比
Ⅰ、科學方法	92.31%	92.31%
Ⅱ、觀察的本質	86.54%	25.00%
Ⅲ、科學知識發展的組型	92.31%	94.23%
Ⅳ、科學理論的地位	88.46%	59.62%
Ⅴ、科學知識的判別標準	80.77%	63.46%
總體科學本質觀的判斷情形	65.38%	19.23%

*第一篇教材是指蘊含邏輯實證主義哲學觀的電化電池發展史教材
第二篇教材是指蘊含後邏輯實證主義哲學觀的電化電池發展史教材

質觀基模而言，顯然第一篇教材中所蘊含之科學本質觀是較爲熟悉且易理解的；換言之，大部份教師所具有之初始科學本質觀的基模是傾向於邏輯實證主義的科學本質觀。在表 4 中曾提及，初始科學探究模式傾向邏輯實證主義科學本質觀的教師，佔參與本研究教師總人數的 38.46% ，而初始科學探究模式傾向後邏輯實證主義科學本質觀的教師，則僅佔參與本研究教師總人數的 7.69% ，由此可見，先前對教師之初始科學探究模式的分析結果與本小節對教師之初始科學本質觀基模的分析結果，二者的趨勢頗爲吻合。

由上述的分析可知，對參與本研究的教師而言，判斷第二篇電化電池發展史教材所蘊含的科學本質觀，要比判斷第一篇教材所蘊含的科學本質觀難了許多。而之所以造成此一現象的可能原因有二，一係因爲就所有參與本研究的教師而言，初始科學探究模式傾向邏輯實證主義及混合式科學本質觀者，即模式 A 與模式 M ，分別佔了總人數的 38.46% 及 53.85% ，而初始科學探究模式傾向後邏輯實證主義科學本質觀者，即模式 B ，僅佔總人數的 7.69% 。因此，對具有模

式 A 或模式 M 的教師而言，第一篇以邏輯實證主義科學哲學觀所編寫的教材：較易啓動這些教師原有傾向邏輯實證主義科學本質觀的基模而產生閱讀理解，因此在作答科學本質觀問卷時，亦較能判斷出第一篇教材中所蘊含的科學本質觀。而在面對第二篇以後邏輯實證主義科學哲學觀編寫的教材時，則可能受原有的科學本質觀基模的影響，使得在閱讀第二篇時，較難合宜的判斷出教材中所蘊含的科學本質觀。二係由於第一篇教材乃是根據目前的國中理化課本而編寫的，因此，教師們在閱讀時更是倍感熟悉，故較易引發相關的基模而對第一篇教材中所蘊含的科學本質觀做出判斷。

此外，由表 6 中還可看出，教師在對第二篇電化電池發展史教材中所蘊含之科學本質觀加以判斷時，僅能對蘊含在第二篇教材中有關「科學方法」與「科學知識發展的組型」這二類科學本質觀做出較合適的判斷，均達到 90% 以上，而對第二篇教材中所蘊含之「觀察的本質」、「科學理論的地位」、及「科學知識的判別標準」等科學本質觀的判斷並不理想，特別是有關「觀察的本質」這一主題，能對其做出合適判斷的教師僅佔 25% 。關於此點，可從此三項科學本質觀主題在第二篇教材中所呈現之主要內涵，及其在科學本質問卷中相關問題的內涵加以探討。

在第二篇教材中，有關「觀察的本質」此一主題的內涵，主要是強調科學理論的提出乃是始於科學家的靈感及想像力，且觀察是蘊含理論的，其在科學本質觀問卷中的例題如下：

3. 由本篇教材可以發現，科學家在解釋同一個實驗所獲得的數據時

☐ 會因所持的觀點不同而得到不同的結論。

☐ 只要能以公正客觀的方式進行實驗，則即使是不同的人，亦能觀察到相同的現象，得到相同的結論。

註1：上述之「觀察的本質」例題中，標有底線的部份爲傾向後邏輯實證主義科學本質觀者。

註2：以下所列舉之例題，標有底線的部份，亦是傾向後邏輯實證主義科學本質觀者。

上述之「觀察的本質」此項科學本質觀，其有關邏輯實證主義科學哲學觀的內涵強調的是絕對的客觀，並認爲科學理論是經由科學家以公正客觀的方式進行觀察及實驗後所產生的，此一內涵是屬於邏輯實證主義科學哲學觀理論硬核部份的基本立論，也可以說是核心部份。再加上有關「觀察的本質」此項科學本質觀主題在第二篇電化電池發展史教材中，是以意義內隱的方式呈現，較不易直接從第二篇教材的文字敘述中判斷出來，而是必需經由教師在閱讀過教材之後，對教

材的內容進行推論，才能對第二篇教材所蘊含之後邏輯實證主義科學本質觀有關「觀察的本質」做出合適的判斷。但由於參與本研究之教師，其所具有之科學本質觀的原有基模大多是傾向邏輯實證主義科學本質觀與混合式的科學本質觀，只有少數的教師其科學本質觀是傾向後邏輯實證主義的科學本質觀，故而對多數參與本研究的教師而言，雖然在閱讀過第二篇以後邏輯實證主義的科學哲學觀編寫的教材之後，仍然難以做出合適的推論與判斷。

在第二篇教材中，有關「科學理論的地位」此一主題的主要內涵，是強調科學理論僅是科學家的世界觀，是不是眞理並非理論的性質，並主張科學探究活動乃是始於問題，理論是被創造出來的，而最後脫穎而出的則是最能有效解決問題的理論。其在科學本質觀問卷中的例題如下：

5.由本篇教材可以發現，科學理論在剛開始被提出時，是由
- ☐ 科學家的靈感和想像力所創造出來的。
- ☐ 科學家進行觀察及實驗後所產生的。

在第二篇教材中，有關「科學知識的判別標準」此一主題的主要內涵，則是強調科學知識並沒有一定的判別標準，不同的科學家社群會有不同的標準。換言之，即使面對相同的實驗結果，不同的科學家對此一結果亦會有不同的詮釋。此項主題在科學本質觀問卷中的例題如下：

8.由本篇教材可以發現，一個科學理論是否成立、是否能被接受
- ☐ 可以經由客觀的觀察及實驗證據的多寡來判斷。
- ☐ 並沒有一定的評判標準，因爲不同專業背景的科學家會有不同的評判標準。

上述之「科學理論的地位」與「科學知識的判別標準」此二項科學本質觀主題，在邏輯實證主義科學哲學觀的主要內涵，係強調進行客觀觀察、收集資料、累積實驗證據以逼近眞理，並且還強調，即使是不同的人，亦能經由客觀的觀察與實驗證據的確證度來判斷科學理論是否成立。此部份亦是邏輯實證主義科學哲學觀的理論硬核，因此對原有基模傾向邏輯實證主義科學本質觀的多數教師而言，較不容易對第二篇教材所蘊含之後邏輯實證主義科學本質觀有關「科學理論的地位」與「科學知識的判別標準」做出合適的判斷。然而，由於此二項科學本質觀主題乃是以文字外顯的方式敘述於第二篇教材中，因此，相對於以意義內隱方式呈現於第二篇教材中之「觀察的本質」此項科學本質觀主題，「科學理論的地位」與「科學知識的判別標準」等二項科學本質觀主題要較容易從第二篇教材

中被判斷出來。

在第二篇教材中所蘊含之有關「科學方法」的科學本質觀主題，主要是強調科學探究活動是一種問題解決導向的歷程，並且沒有一種固定不變的科學方法規範科學的進展。在本研究中，有關此一主題所涉及的主要內涵及例題內容如下：

7.由本篇教材可以發現，科學方法大體而言
- ☐ 有一定的模式，即「客觀觀察」、「收集資料」、「實驗驗證」、「歸納結論」。
- ☐ 沒有一定的模式，僅是在發現問題與解決問題之間，不斷的循環罷了。

而在第二篇教材中所蘊含之有關「科學知識發展的組型」的科學本質觀主題，則主要是強調科學知識是以一種動態的、多元理論競爭的方式發展而成的，並不是以單一理論傳承的方式在進展的。在本研究中，有關此一主題所涉及的主要內涵及例題內容如下：

4.由本篇教材可以發現，科學理論的產生方式是
- ☐ 經由不斷累積各種實驗及觀察的結果而形成的。
- ☐ 從相互競爭的各種理論之中，脫穎出最完整且最具普適性者。

從上述有關「科學方法」與「科學知識發展的組型」此二科學本質觀主題的內涵可以發現，此二項科學本質觀主題的內涵相對於「觀察的本質」、「科學理論的地位」、與「科學知識的判別標準」等，是較傾向非理論硬核的部份，再加上本研究是以文字外顯的方式將此二項科學本質觀主題敘述於第二篇教材之中，因此，雖然原有基模傾向邏輯實證主義科學本質觀的教師，亦能對蘊含後邏輯實證主義科學哲學觀之第二篇教材中有關「科學方法」與「科學知識發展的組型」等科學本質觀主題做出較合適的判斷。由此可見，第二篇教材中所呈現之後邏輯實證主義科學哲學觀的電化電池發展史內容，對教師有關「科學方法」與「科學知識發展的組型」等科學本質觀主題的判斷確實有其影響力。然而，此種影響力卻未能充分擴及有關理論硬核部份之判斷，此即第二篇教材中同樣以文字外顯方式呈現之「科學理論的地位」與「科學知識的判別標準」等科學本質觀主題的判斷，更不用說是以意義內隱方式蘊含在第二篇教材之「觀察的本質」此項理論硬核中的主題。

由此一分析結果可以推知，參與本研究的教師之所以對有關「觀察的本質」、「科學理論的地位」、與「科學知識的判別標準」等科學本質觀主題，較不能從蘊含後邏輯實證主義科學哲學觀的第二篇教材做出合適的判斷，除了因爲此三項

主題的內涵是涉及邏輯實證主義科學哲學觀的理論硬核部份，且有關「觀察的本質」此項科學本質觀主題更是以意義內隱的方式蘊含在第二篇教材等因素外，尚可能是因爲在我國的科學教育環境中，教師過去所接受的科學課程與目前所教授的科學課程，均是以傾向邏輯實證主義科學哲學觀的方式來編寫的。因此，教師在長期使用這些教材之後，自然會受到教材中所呈現的科學本質觀所影響，而認爲觀察是具有絕對的客觀與理性，科學理論是由觀察與實驗而產生的，科學理論乃是對眞實世界的描述，是絕對的眞理，以及對科學知識而言，有一客觀且標準的評判標準；此種影響是非常深遠而且不易改變的。由於此種絕對的客觀與眞理的想法已深深植入教師的心中，因此使得教師即使在閱讀完本研究所設計的第二篇蘊含後邏輯實證主義科學哲學觀之電化電池發展史教材後，多數教師仍然無法對「觀察的本質」、「科學理論的地位」、與「科學知識的判別標準」等科學本質觀主題做出合適的判斷。

而教師對第二篇教材中之有關「科學方法」與「科學知識發展的組型」等科學本質觀主題，能做出合適判斷的比例相當高，其主要原因乃是由於第二篇教材是在敘述賈法尼提出動物電與伏打提出電池理論之間的種種論證及競爭過程，其所呈現出的「科學方法」與「科學知識發展的組型」因而比其他的科學本質觀主題，如「科學理論的地位」、「觀察的本質」等更易領悟得到。因此，教師們可以由科學家在科學活動中的一舉一動及一言一行，瞭解到「科學方法」與「科學知識發展的組型」等科學本質觀主題的內涵到底是什麼。由此可見，運用融合後邏輯實證主義科學哲學觀的電化電池發展史教材以呈現實際的科學探究活動情境，不僅可以讓教師體驗到科學方法的意義，更能讓教師認識到科學理論是以動態多元理論競爭的方式發展而成的。

綜上所述，若能將此種融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材普及於目前的科學課程中，則不僅教師能藉由長期使用此種教材而逐漸改變其原本不合宜的科學本質觀，且學生更能藉由此種教材的學習，培養出合宜的科學本質觀、科學探究態度、及富批判性與創造性的科學思考。換言之，若能將融合了後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材普及於科學課程中，則即使在短時間之內看不出教師與學生之科學本質觀有大幅度的轉變，例如，參與本研究的教師在第二篇教材中僅能對非理論硬核部份之「科學方法」與「科學知識發展的組型」等科學本質觀主題做出合適的判斷，但卻無法對理論硬核部份之「觀察的本質」、

「科學理論的地位」、與「科學知識的判別標準」等科學本質觀主題做出合適的判斷，但若能長期使用這一類的教材，則必能在潛移默化中逐漸改變教師與學生的科學本質觀，並使教師與學生能具有更合適的科學探究模式以從事科學的教學與學習。

四、教師對二篇電化電池發展史教材的抉擇

由表 7 中可知，參與本研究之 90% 以上的教師能認識第二篇教材對幫助學生瞭解科學進展的方式、引起學生進行科學探究的動機、培養學生合宜的科學探究態度、激發學生的批判思考能力、創造思考能力、多元思考能力等等均有所助益，他們提出的理由見於表 8 。

表 7 ：教師在教材抉擇問卷中的作答情形

教材抉擇問卷的題目內容	選擇 第一篇教材	選擇 第二篇教材	選擇 無法決定	合 計
1.哪一份教材的呈現方式比較能夠表現出科學探究的模式？	2人 (3.85%)	49人 (94.23%)	1人 (1.92%)	52人 (100%)
2.哪一份教材的呈現方式比較能夠讓學生瞭解科學進展的方式？	1人 (1.92%)	50人 (96.15%)	1人 (1.92%)	52人 (100%)
3.哪一份教材的呈現方式比較能夠引起學生進行科學探究的動機？	2人 (3.85%)	49人 (94.23%)	1人 (1.92%)	52人 (100%)
4.哪一份教材的呈現方式比較能夠讓學生養成正確的科學探究態度？	2人 (3.85%)	48人 (92.30%)	2人 (3.85%)	52人 (100%)
5.哪一份教材的呈現方式比較能夠激發學生的批判思考能力？	1人 (1.92%)	50人 (96.16%)	1人 (1.92%)	52人 (100%)
6.哪一份教材的呈現方式比較能夠激發學生的創造思考能力？	1人 (1.92%)	47人 (90.38%)	4人 (7.70%)	52人 (100%)
7.哪一份教材的呈現方式比較能夠激發學生的多元思考能力？	3人 (5.78%)	48人 (92.30%)	1人 (1.92%)	52人 (100%)

表 8 ：教師選擇第二篇融合後邏輯實證主義科學哲學觀與電化電池發展史教材的理由及人次

教材抉擇問卷的題目內容	選擇第二篇教材的理由	人次
1.哪一份教材的呈現方式比較能夠表現出科學探究的模式？	1.利用科學史的敘述，呈現出完整之科學探究活動動的實際情境，較具吸引力，也較易引起學生的學習動機。	34
	2.科學探究活動是一種不斷的受衝擊、不斷的實驗、不斷的修正的歷程。	12
	3.呈現出由實驗結果推論結論之重要性，即同樣情境的實驗結果，可以有不同方式的推論。	7
	4.偶發事件、靈感與想像力在科學探究中所扮演重要角色，因此科學活動會受到研究者之主觀意識的影響。	2
2.哪一份教材的呈現方式比較夠讓學生瞭解科學進展的方式？	1.以生動活潑的方式呈現出眞實的科學探究活動，讓學生能瞭解科學進展的方式。	38
	2.呈現出多元理論競爭的過程，使學生能由各個層面去進行思考並解決問題。	8
	3.讓學生明白科學往往是起始於靈感，且科學理論的誕生並僅由簡易的實驗即可形成的，更非一蹴可及的。	6
	4.可讓學生瞭解科學理論是不斷的尋求更合理客觀的論證，且無絕對的對與錯的。	5
3.哪一份教材的呈現方式比較能夠引起學生進行科學探究的動機？	1.利用生動有趣且易瞭解的歷史故事，呈現出眞實的科學探究活動，以引起學生進行科學探究的動機。	27
	2.具挑戰性，能激起學生的好奇心與不服輸的心態，而願意進行科學探究以得到更新更不同的發現。	12
	3.能培養學生的質疑精神，讓學生體會到科學知識往往起源於日常生活中的一些現象。	8
	4.讓學生明白科學往往是起始於靈感，且科學理論的誕生並非一蹴可及的。	2

表8：（續）

教材抉擇問卷的題目內容	選擇第二篇教材的理由	人次
4.哪一份教材的呈現方式比較能夠讓學生養成正確的科學探究態度？	1.以生動活潑的方式呈現出賈法尼與伏打之間的論證過程，讓學生學習到科學探究是多元理論競爭的歷程。	21
	2.讓學生學習到應隨時抱持著懷疑的態度，並鍥而不捨的進行研究。	20
	3.較符合建構主義的教學方式，呈現出修正錯誤與多元理論競爭的特色，使學生能跳脫直線思考，而敢於嘗試新假設、新實驗。	8
	4.應再加入實驗內容，讓學生有例可循。	1
5.哪一份教材的呈現方式比較能夠激發學生的批判思考能力？	1.呈現出理論之間的相互批判論證，讓學生學習到並無絕對的眞理。	25
	2.內容呈現出多方面的觀點，即對相同的實驗結果卻有不同的解釋，藉此可讓學生有思考、比較批判的空間，並激發學生的批判力。	22
	3.呈現出完整之科學探究活動，較易引起學生興趣。	4
	4.培養學生在日常生活中以小觀大的科學態度。	1
6.哪一份教材的呈現方式比較能夠激發學生的創造思考能力？	1.呈現出較完整的科學探究活動過程，使學生能從賈法尼、伏打的競爭過程中，受到激勵並仿效之。	27
	2.呈現出同一現象而有不同的解釋，啓發學生對問題解釋的能力。	15
	3.質疑他人的結論、提出自己的想法，此一過程即是創造思考的途徑之一。	6
	4.有較大的空間讓學生進行思考與比較。	4
7.哪一份教材的呈現方式比較能夠激發學生的多元思考能力？	1.呈現出對同一現象，不同科學家會有不同的觀點，藉此讓學生在面對問題時，能從不同的角度去思考。	37
	2.從賈法尼、伏打的競爭過程中，學生較能受到激勵並模效之。	8
	3.內容生動活潑，較易引起學生的興趣。	4
	4.讓學生有較多的機會思考。	1

從表 9 可以發現，有 67.3% 的教師願意使用第二篇教材作爲上課用的教材。由此可見，在經過本研究的研究設計與研究活動之後，有超過半數的教師願意採用第二篇教材作爲上課用之教材，且大多認爲第二篇融合後邏輯實證主義科學哲學觀與電化電池發展史的教材，對於科學教學與科學學習均有相當的助益。然而，比較表 6 與表 7 的分析則將發現，雖然參與本研究之 90% 以上的教師能判斷出第二篇教材對科學教學與科學學習有較大的助益，但眞正願意採用第二篇教材作爲上課用教材的教師，卻很明顯的降低爲 67.31% 。若深入探討這些教師在問卷中所敘述的理由時，則可發現，教師們選擇第一篇教材（佔 11.54% ）或是無法決定該用哪一篇教材（佔 21.15% ）作爲上課用的原因，不外乎是認爲上課時間原本即已不足，而第二篇教材的內容又較爲冗長，且由於目前的教育制度乃是考試取向，因此，即使第二篇教材雖然較爲生動活潑，較能引起學生的學習動機，且能藉由科學探究活動情境的呈現，讓學生能在情境中學習到合宜的科學探究模式與科學思考，然而，由於時間及考試等因素，因此不適合選擇第二篇教材作爲上課用的教材。

教師此種將學科知識的傳授視爲比培養學生科學素養重要的想法是否合適？實是一個非常值得探討的問題。就目前最引人注目之 Project 2061 與 STS 等課程改革計畫中，都嘗試著解決學校知識與生活經驗脫節的問題，在這些課程改革計畫中均強調學校不應只傳授給學生學科知識，應同時培養學生成爲具有良好科學素養的公民。然而在現今的教育系統中，學校課程內容與社會考試制度要求的是立竿見影的成效，評量的方式也以記憶性、缺乏推理的試題爲主，因此誤導學生以爲科學就是一種背誦事實的科學（邱美虹， 1994 ）。而在此種教育系統與課程內容之下，教師們亦不得不強調學科知識的傳授，期望學生能在學業成績上有好的表現，以利其繼續升學。因此，即使教師能夠判斷出第二篇教材中所蘊含

表 9 ：教師教材抉擇的情形

選擇第一篇教材		選擇第二篇教材		無法決定		合　計	
人　數	百分比	人　數	百分比	人　數	百分比	人　數	百分比
6人	11.54%	35人	67.31%	11人	21.15%	52人	100%

之科學探究模式及科學本質觀，並認爲第二篇教材所蘊含之科學探究模式及科學本質觀確實能對培養學生具備合宜的科學探究模式與科學思考有相當的助益，然而，礙於目前的教育及聯考制度，則只好選擇第一篇蘊含邏輯實證主義科學哲學觀的電化電池發展史教材。

以上即爲有關教師教材抉擇的分析情形，至於教師的教材抉擇與其初始科學探究模式及對教材中所蘊含之科學探究模式的判斷情形之間的關係將於下一小節中再加以討論。

五、教師對科學探究模式的判斷與教材抉擇的關係

㈠教師的初始科學探究模式與教材抉擇之間的關係

從表 10 中可以發現，初始科學探究模式爲模式 A 的教師，在經過本研究的研究活動之後，有 60% 的教師選擇第二篇教材；初始科學探究模式爲模式 M 的教師，在經過本研究的研究活動之後，有 71.43% 的教師選擇第二篇教材；而初始科學探究模式爲模式 B 的教師，在經過本研究的研究活動之後，四位教師均願意選擇第二篇教材作爲上課用的教材。換言之，初始科學探究模式傾向邏輯實證主義科學本質觀之模式 A 的教師，或是傾向混合式科學本質觀之模式 M 的教師，雖然其所持有之科學探究模式與第二篇教材中所蘊含傾向後邏輯實證主義科學哲學觀之科學探究模式並不相同，然而，從教師之教材抉擇問卷中可以發現，當教師以科學教學與科學學習的觀點來認識與判斷這二篇教材，則多數認爲第二

表 10 ：教師之初始科學探究模式與教材抉擇間的關係

初始科學探究模式	教材抉擇情形			
	第一篇教材	第二篇教材	無法決定	合 計
模 式 A	4人 (20%)	12人 (60%)	4人 (20%)	20人 (100%)
模 式 M	2人 (7.14%)	20人 (71.43%)	6人 (21.43%)	28人 (100%)
模 式 B	0人	4人 (100%)	0人	4人 (100%)

篇教材中對於讓學生學習到合宜的科學探究模式，養成富批判性、創造性與多元性的科學思考確實有相當的助益，而願意採用第二篇融合後邏輯實證主義科學哲學觀與電化電池發展史的教材作爲上課用之教材。

此外，在表 10 中可發現，有 4 位初始科學探究模式爲模式 A 的教師選擇第一篇教材作爲上課用之教材， 4 位教師選擇無法決定；而有 2 位初始科學探究模式爲模式 M 的教師選擇第一篇教材作爲上課用之教材， 6 位教師選擇無法決定。若再進一步探討上述 16 位教師的理由時可以發現，此 16 位教師之所以選擇第一篇教材或者無法決定，乃是由於考試、時間、以及認爲第二篇教材中缺乏實驗單元等因素。雖然，這 16 位教師亦認爲第二篇教材對培養學生合宜的科學探究模式與科學思考有相當的助益，然而由於現實因素的考慮，因此選擇第一篇教材作爲上課用之教材或是無法決定。

總而言之，從表 10 的分析可以知道，對參與本研究的教師而言，融合了後邏輯實證主義科學哲學觀與電化電池發展史的教材，對初始科學探究模式爲模式 A 或模式 M 的教師，在其教材抉擇的歷程中，確實具有其潛在的影響力，而此種影響力可能在潛移默化中，根本的改變了教師的科學教學活動及科學本質觀。

㈡教師在二篇教材中對科學探究模式的判斷與教材抉擇之間的關係

從表 11 中可知，能隨著教材的科學哲學觀情境轉換而對第二篇教材中所蘊含之科學探究模式做出完全合宜之判斷的教師，其在教材抉擇時，願意採用第二篇教材作爲上課用教材的教師佔 73.34% ，無法決定者佔 20% ，而欲採用第一篇教材作爲上課用教材的教師僅有一位。隨著教材的科學哲學觀情境轉換而對第二篇教材中所蘊含之科學探究模式做出部份合宜之判斷的教師，其在教材抉擇時，願意採用第二篇教材作爲上課用教材的教師佔 64.51% ，無法決定者佔 19.36 % ，而欲採用第一篇教材作爲上課用教材的教師則佔 16.13% 。無法隨著教材的科學哲學觀情境轉換而對第二篇教材中所蘊含之科學探究模式做出合宜之判斷的教師，其在教材抉擇時，有 83.33% 的教師均願意採用第二篇教材作爲上課用教材，僅有一位教師無法決定該使用哪一份教材。若再進一步探討教師教材抉擇的理由可以發現，之所以會選擇第一篇教材或是無法決定該用哪一篇教材作爲上課用教材的教師，其教材抉擇的理由均不外乎是怕上課時間不夠，或是怕影響學生的考試成績等等。

就隨著教材之科學哲學觀情境轉換而對第二篇教材中所蘊含之科學探究模式

表 11 ：教師對第二篇教材中所蘊含之科學探究模式的判斷與教材抉擇間的關係

隨著二篇教材蘊含之科學哲學學觀情境轉換對第二篇教材蘊含之科學探究模式的判斷		教材抉擇的情形			
		第一篇教材	第二篇教材	無法決定	合　計
完全合宜之判斷	A ⟶ B	1人(6.66%)	7人(46.67%)	3人(20.00%)	15人
	M ⟶ B	0人	4人(26.67%)	0人	(100%)
部份合宜之判斷	A ⟶ M	5人(16.13%)	18人(58.06%)	5人(16.13%)	31人
	M ⟶ M	0人	2人(6.45%)	1人(3.23%)	(100%)
完全不合宜之判斷	A ⟶ A				6人(100%)

僅能做出部份合宜判斷或完全不合宜之判斷的教師而言，其中大多數的教師均願意採用第二篇教材作爲上課用之教材，分析其選擇的原因可以發現，此類教師大多認爲第二篇教材較爲生動有趣，較能引起學生的學習動機，而且，第二篇教材中所呈現的科學探究過程較能讓學生學習到合宜之科學探究模式，並讓學生能藉由見習科學家進行之科學探究活動的歷程中，養成批判性、創造性與多元性的科學思考等等。換言之，此種融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材設計，對隨著教材之科學哲學觀情境轉換而對第二篇教材所蘊含之科學探究模式僅能做出部份合宜或完全不合宜判斷的教師，確實有其潛在的影響力，而此種影響力則是促使教師科學教學活動與科學本質觀發生改變的契機。

此外，由之前的分析可以發現，無論教師對教材之科學探究模式在判斷上是屬於哪一種類型，都有一些教師選擇了第一篇教材或者無法決定該用哪一篇教材作爲上課用之教材，而這些教師做此一抉擇的理由大多是怕上課時間不夠，或是怕影響學生的考試成績等等。因此，在有關融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材設計上，應如何配合這些教師的需求，則是未來設計此類教材時應考量的重點。

伍、結論與建議

綜合本研究之研究結果，分別從師資培育、教學評量、與研究方法等三個方向，對本研究的發現與結論提出討論與建議，並據此提出進一步研究之待探討的問題。

一、在師資培育方面

在目前的科學教育中，如何讓科學教學能結合情境，讓學生能在實際的情境中學習科學一直是個頗受關切的主題。近年來，由於科學哲學觀點的演變和認知心理學的發展，使得建構主義的理念在科學教育中日益受到重視（郭重吉，1993），而許多與建構主義的理念相符合之教學法亦逐漸成爲科學教育的主流。然而，以往的科學課程多採抽象而化約的方式設計，而教學的內容更是脫離情境，使得學生對科學的學習難以建構意義，更無法將所學的知識轉移到其他情境之中（洪振方，1996）。因此，若能將此種融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材推廣至課程內容設計中，再配合建構主義的教學法，則此種融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史情境的教學法，是培養學生具備合宜的科學本質觀、富有批判性與創造性的科學思考、及建構有意義的科學知識等之可能的途徑。

因此，在未來的師資培訓之有關教材教法的課程中，應強調有關此種融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材設計與教學，以使職前教師在從事教學工作之前，能夠瞭解此種融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材對科學教學與科學學習所能產生的各種助益，並進而對有關此類教材的設計方式與教學法有所瞭解。而對在職教師，更應趁其進修時，藉由此種融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史之教材的設計，使教師們對科學探究模式、科學本質觀有更合宜的認識。如此一來，當教師在從事教學工作時，必能以更合宜之科學探究模式與科學本質觀，以建構論的教學法，進行融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史之教材的教學，使學生能在結合科學史哲之情境下，學習科學並養成合宜的科學探究模式、科學本質觀與多元化的科學思考。

不過，在師資培育的過程中，建立科學教師合宜的科學探究模式及科學本質觀並非一蹴可幾，例如，從本研究結果可知，融合後邏輯實證主義科學哲學觀與

電化電池發展史的第二篇教材，其中以文字外顯方式呈現於教材中之「科學方法」與「科學知識發展的組型」等科學本質觀主題，確實對教師的科學本質觀有其影響力，然而此種影響力卻未能充分擴及第二篇教材中同樣以文字外顯方式所呈現之「科學理論的地位」與「科學知識的判別標準」等涉及邏輯實證主義科學哲學觀之理論硬核部份的判斷，更不用說以意義內隱方式蘊含在第二篇教材中之「觀察的本質」此項涉及邏輯實證主義科學哲學觀之理論硬核核心部份的判斷。因此，如何在科學師資培育的課程中，安排適當的學習情境，讓職前或在職教師有機會去主動建構合宜的科學探究模式及科學本質觀，即是未來有關科學師資培育課程研究的重要問題。從本研究的結果，研究者建議在未來的師資培育課程中，應先從「科學方法」與「科學知識發展的組型」等科學本質觀主題培養教師具有合宜的科學本質觀著手，並進而影響教師之有關「科學理論的地位」、「科學知識的判別標準」、與「觀察的本質」等科學本質觀主題，使教師能逐漸建構出合宜的科學探究模式及科學本質觀。

二、在教學評量方面

從本研究之研究結果中可以發現，有 19.23% 的教師即使已能認識與判斷出第二篇以後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材，對培養學生具備合宜的科學探究模式與科學本質觀，以及培養學生富批判性與創造性的科學思考等均有相當大的助益，然而由於必需兼顧學生的考試成績，因而才選擇第一篇以邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材，或是無法決定該用哪一篇教材作爲上課用教材。造成此一現象的主要原因乃是由於目前的教育所採用的評量方式是屬於學習成就的評量，即評量的重點在於瞭解教學的有效程度及教學目標是否達成，而忽略了評量的功能是在改進學習者在實際情境中運用知識的能力（洪振方， 1996 ）。換言之，傳統的評量方式常導致學生只追求成績，不管自己是否學到概念，同時也忽略了追求眞正瞭解教學內容以及培養高階思考、解題及創造力等等。因此，爲了使教師除了能認識此種融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材對科學教學與科學學習的助益之外，並能有更高的意願使用此類教材作爲上課用的教材，則如何改變目前的評量方式將是一重要的研究問題。

Guba 和 Lincoln （ 1989 ）在其著述中曾指出，現今評量的趨勢是基於建構

主義的理念，整個評量過程是將非理性的發現過程與理性的證實過程融合爲一。在評量的過程中，個人從不同的觀點分別提出不同的意見，然後經由重複不斷的溝通、協商，使得在此項評量所涉及的所有關係人均能獲得共識，達成彼此間的共同建構。亦即，建構式的評量過程強調學生和教師在評量內容上具有相同的決定權，且評量進行的過程也不是由上往下式的、絕對的、和單方面的進行方式，而是以一種不斷互動、關係不斷重新建構，以協商達成共識的過程（張文華、郭重吉， 1995 ）。

由此可見，評量的重點目標應在於改進、更新教學，而非僅在於論斷學生的學習成果而已。因而發展出一種能夠讓教師瞭解學生科學學習的進展情形，以及讓學生瞭解自己在科學思考與使用科學知識能力上的成長之評量方法，實是一件非常重要的工作。也唯有藉著此種評量方法與工具的建立，方能讓教師在科學教學的過程與學生在科學學習的過程中，均能更加重視有關科學思考與科學本質的培養，而不再僅是一味的重視科學知識的學業成績，以使融合後邏輯實證主義科學哲學觀與科學史的教材設計，能發揮其在科學教學與科學學習上的功效。

三、在研究方法方面

本研究乃是以 Popper 的否證論爲分界點，將科學哲學分成邏輯實證主義與後邏輯實證主義二大派典，並分析統整邏輯實證主義與後邏輯實證主義中各個學派所主張之科學哲學觀的特色，以作爲本研究的理論基礎。其中，邏輯實證主義科學哲學觀之最大特色爲強調有絕對的客觀與理性，觀察是先於理論的，認爲科學知識的發展是以一種靜態的、單一理論傳承的方式逐漸累積而成，並強調應以實驗驗證的方法驗證科學理論，使其成爲絕對的眞理或是逼近眞理。而後邏輯實證主義科學哲學觀之最大特色在於強調觀察是蘊含理論的，受個人主觀意識所影響，認爲科學知識的發展是以一種動態的、多元理論競爭的方式發展而成，且強調並無固定的科學方法與評判標準，科學知識僅是科學家的世界觀，是不是眞理並非理論的性質。本研究僅是依據上述之有關邏輯實證主義與後邏輯實證主義之科學哲學觀的主要特色，分別設計出第一篇以邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材與第二篇以後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材，以探究教師的科學探究模式、科學本質觀、以及瞭解此種教材設計對教師之有關科學教學與科學學習的認識與教材抉擇。

然而，無論是在邏輯實證主義派典或是後邏輯實證主義派典中，都存在有各種學派，而每一個學派所主張之知識論與方法論都或多或少有所不同。以後邏輯實證主義派典來說，其典型的代表人物爲 Popper 、 Kuhn 、 Lakatos 、 Loudan 及 Toulmin 等人，而每一位學者之有關科學哲學的主張雖然有某些共同的特性，然而若就細部的理論主張而言，則將會發現不同的學者之間其實存在著相當大的差異性。例如 Popper (1963) 強調實驗的邏輯，即經由試圖去否證假說而來試驗假說，他主張個人的知識與科學的知識均基於此相同的機制而發展。而 Kuhn (1970) 、 Lakatos (1970) 、 Laudan (1977) 及 Tolumin (1972) 等學者，則不以必要的邏輯過程來考量科學理論的變遷。換言之， Popper 主張有一固定不變的科學方法，即否證法，然其他學者則認爲並無一固定不變的科學方法，科學探究的過程是一種問題解決導向，所強調的是批判性原則。若再就科學變遷的觀點來看， Kuhn (1970) 強調科學發展皆由革命而來，這種發展是以常態科學爲背景，而對典範質疑、革命的結果，換言之，科學變遷是一種典範的轉移，是革命的。相反的， Popper (1963) 、 Lakatos (1970) 、 Laudan (1977) 、 Toulmin(1972) 等人則主張科學理論的改變是演化的，科學的進展就類似於生物的適應歷程（洪振方， 1994 ）。由此可知，即使是同屬於後邏輯實證主義學派的學者，其在某些觀點上亦會有相當大的出入。至於到底哪一派學說所主張的科學哲學觀點較爲合適？不同學者所主張的科學哲學觀點融入科學史教材之後，是否會對科學教學與科學學習產生不同的影響？哪一種影響對教師的教學與學生的學習會有較大的助益等等問題，都是需要再做更進一步的研究與探討。

最後，本文強調，從文獻上可以發現，科學史哲在中學科學教學、通識教育、及師資培育等不同教育目標的達成上均可能具有某些積極的功能，但我們認爲此種功能是否能夠彰顯，在實踐的方法上有許多關鍵的地方待進一步的研究。尤其科學史哲在中學科學教學、通識教育、及師資培育中具有不同的認識內涵與實踐意義，此導致融合科學史哲於三者的方式、廣度、與深度均有所不同。再者，科學史哲融入教學中，並非是提昇科學教育品質的一帖萬靈丹，然而不可否認地，科學史哲融入教學中所具有的功能，是以往中學科學教學、通識教育、及師資培育中較爲欠缺而卻相當重要的部份。值得大家的重視。另外，對於初學者的科學學習而言，科學史哲所扮演的角色必須很小心處理。如何轉換科學史哲的素材融合於教材中，或者作爲輔助教材，以有助於而非反滯礙初學者的科學學

習，將是重要的課題，此有待學者專家多方面的研究與探討；此部份的研究是國科會科教處八十六年度研究計畫推薦的研究重點之一。關於「如何轉換科學史哲的素材融合於教材中，或者作爲輔助教材，以有助於而非反滯礙初學者的科學學習」之研討，則已超出本研究的研究目的與範疇。

參考資料：

1. 邱美虹（ 1994 ）：科學課程革新－評介 Project 2061, SS&C, STS 理念。《科學教育月刊》，第 174 期， 2-14 。
2. 林陳涌（ 1995 ）：《高中學生對科學本質瞭解之研究》。國科會專題研究計畫成果報告，計畫編號： NSC84-2511-S-003-083 。
3. 金觀濤、劉青峰（ 1989 ）：《創造與反思》。台北：風雲時代出版社。
4. 洪振方（ 1994 ）：《從孔恩的異例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（未出版）。
5. 洪振方（ 1996 ）：認知與建構。《八十五年度「科學教育學門--資源整合規畫修訂」研究報告》。行政院國家科學委員會， 4-6 。
6. 洪振方（ 1997 ）：科學史融入科學教學之探討。《高雄師大學報》，第八期， 237-250 。
7. 梁衡（ 1995 ）：《數理化通俗演義》。新竹：理藝出版社。
8. 許良榮、李田英（ 1995 ）：科學史在科學教學的角色與功能。《科學教育月刊》，第 179 期， 15-27 。
9. 許玫理、郭重吉（ 1992 ）：從科學哲學觀的演變探討科學教育的過去與未來。《彰師大學報》，第三期， 531-560 。
10. 許玫理、郭重吉（ 1993 ）：我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究。《科學教育》，第四期， 183-236 。
11. 張文華、郭重吉（ 1995 ）：科教革新中評量理念的重建。《教育研究雙月刊》，第 45 期， 23-30 。
12. 張巨青、吳寅華（ 1995 ）：《邏輯與歷史----現代科學方法論的嬗變》。台北：淑馨出版社。
13. 趙金祁（ 1993 ）：科學理念衝擊下科學教育再出發芻議。《科學教育月刊》， 158 期， 2-16 。

14. 趙金祁（ 1994 ）：《科學與人文平衡研究規劃協調計畫》。國科會專題研究計畫成果報告，計畫編號：NSC 83-0111-S003-017 。
15. 趙匡華（ 1992 ）：《化學通史（上）》。新竹：凡異出版社。
16. Brickhouse, N. W. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: Case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education, 11*(4), 437-449.
17. conant, J. B. (1951). *Science and common sense*, Yale University Press, New Haven and London.
18. Carey, S. & Smith, C. (1993). On understanding the nature of science knowledge. *Educational Pcychologist, 28*(3), 235-251.
19. Duschl, R. A. (1990). Restructuring science education : the importance of theories and their development. New York : teachers college, Columbia University.
20. Hassard, J. (1992). *Mids on science : Middle and secondary school methods.* New York : Harper Collins Publishers Inc.
21. Kintsch, W. (1977). On comprehending stories. In M. A. Just & P. A. Carpenter(Eds.), *Cognitive process in comprehension.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.
22. Kintsch, W. (1979). On comprehension. *ERIC, ED173749.*
23. Koulaidis, V. (1995). Science teachers' philosophical assumptions : How well do we understand them?. *International journal of science education, 17*(3), 273-283.
24. Kuhn, T. S. (1970). Logic of discovery or psychology of research? In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*, 1-24. London: Cambridge University Press.
25. Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programs. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*, 91-196. London: Cambridge University Press.
26. Lakin, S. & Wellington, F. (1994). Who will teach the 'nature of science'? : Teachers' views of science and their implications for science

education. *International Journal of Science Education, 16*(2), 175-190.

27. Laudan, L. (1977). *Progress and its problems: Toward a theory of scientific growth.* Berkeley: University of California Press.
28. Matthews, M. R. (1992). History, Philosophy, and Science Teaching: The presenrt rapprochement. *Science & Education*, 1, 11-47.
29. Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching : The role of history and philosophy of science.* New York : Routledge.
30. Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change : Philosophical perspectives. *International Journal of Science Education, 11*(5), 530-540.
31. Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science : Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers, *Science Education, 77*(3), 261-278.
32. Popper, K. (1963). *Conjectures and refutations.* London: Hutchinson.
33. Sandra K. A. & Deborah C. S. (1994). What is science? Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International journal of science education*, 16(4), 475-487.
34. Toulmin, S. (1972). *Human understanding: The collective use and evolution of concepts.* Princeton, NJ : Princeton University Press.
35. Zumdahl, S. S. (1992). *Chemical principles*, 6-8. D. C. Heath and Company.

Teachers' Understanding and Selection on Two Teaching Materials Incorporated with the History of Voltaic Cell Constructed from the Views of Positivism and Postpositivism

Jeng-Fung Hung[1] Yi-Rung Lai[2]

[1]Graduate Institute of Science education, National Kaohsiung Normal University
[2]Graduate Institute of Science education, National Taiwan Normal University

The purpose of this study was to analyze science teachers' understanding, judgement, and selection on two teaching materials incorporated with history of Voltaic-cell constructed from different philosophical views. The subjects were 52 high schools science teachers. Two teaching materials were designed which incorporated with history of Voltaic cell in either a positivistic or post-positivistic views of science. Three questionnaires designed to assess teachers' perspectives of scientific inquiry, the nature of science, and selection to these two teaching materials were developed. The construct and content validities of the teaching materials and questionnaires were examined. After subjects read the two teaching materials and answered three questionnaires, interviews probed into teachers' understanding and judgement of scientific inquiry and nature of science included in their selection of these two teaching materials. The results of this study showed, most of teachers tended to view scientific inquiry and the nature of science from a positivistic view or mixed positivistic/ postpositivistic view. The teaching material incorporating the history of Voltaic cell from the view of postpsitivism appeared to influence teachers' reconstruction of their understanding about scientific inquiry and the nature of science, and therefore upon their selection of teaching materials.

Key words: Teacher education, Science instruction, Scientific inquiry, Nature of science, History and Philosophy of science.