

孔恩—哲學觀與我國科學教育的省思

張鳳琴

國立高雄師範大學科學教育研究所

前 言

1980 年代以後，科學教育的目標已普遍地轉變為全民科學素養的提昇。至於科學的素養究竟應該包含那一些特質雖然尚無一個定論，但是過去對科學素養的定義，都強調對科學本質與科學過程的了解以及科學態度的培養（鄭湧涇，1989；Meichtry，1993；O'Hearn，1976；AAAS，1989）。也就是有關科學知識如何建立、科學知識究竟是代表自然界的真理、或者僅是對自然界做有用的描述、科學知識的形式和意義是否會隨科學的進展而有所改變等等信念。

但是，自從 1960 年代以來，英美所發展自然科學課程，絕大多數缺乏科學哲學基礎，縱使有的話，其科學哲學觀點也是深受傳統的邏輯經驗主義的影響；把科學視為與價值判斷無關的經驗科學，強調線性的思考和探究的技能。雖然在此期間科學課程內容已從以往偏重科學知識的灌輸，轉移到兼顧科學過程技能（尤其是觀察的技能）的培養；但是它對科學方法的倚重，卻給科學方法帶來了一種扭曲和不當的形象（郭重吉，民 81）。此時期中一些科學哲學家所提出來有關科學知識的本質、科學方法的特徵、和科學知識的成長等等方面的一些新的觀點，並未受到發展新課程的科學家、教育家、心理學家和科學教育的專家學者之重視及採納。

孔恩（Kuhn）在 1962 年所出版“科學革命的結構”一書，被認為是對本世紀的科學哲學思想最具影響力的作品，因為以往的科學哲學總是由邏輯立場分析科學成就，重視經驗檢證的原理原則與重視形式化的知識理論（楊龍立 a，民 76）；但是孔恩以一種新的歷史分析的方式，採用了一種新的世界觀來闡述科學家在特定的時空中，進行探究自然的科學活動實況（Loving，1991）。他分析了科學革命應具備的要素，並透過這種分析透視了哲學思想與科學革命之間的關係，以及宗教、政治等因素對科學發展的影響（舒煒光，民 79），重視活生生的史實中所得到的理解，對科學作了一番新的描述，其所呈現的科學面貌與傳統的科學哲學大大地不同，普遍地受到科學家、哲學家與教育

家們的熱烈討論。

本文擬分為四節進行討論，首先針對 Kuhn 所描述的科學活動特質進行概述，第二節分述其本體觀 (ontology)、知識觀 (epistemology)、及其方法論 (methodology)，在第三節則敘述 Kuhn 的觀點在近代的科學哲學的位階，最後在第四節我想利用此機會，試圖利用 Kuhn 的哲學觀，對我國科學教育進行再一次的把脈工作。後生晚輩見解多所繁瑣而膚淺，但請前輩不吝賜教，不勝感荷。

第一節 孔恩的科學哲學思想概述

在“科學革命的結構”一書中，孔恩最希望闡明的是「典範」(paradigm)這個觀念，且其思想總是圍繞著典範而發展，因此對典範的概念有闡明的必要。Margaret Masterman (1966) 分析孔恩的書中的二十一種對典範的不同說明，將孔恩所欲表示的典範依其特徵分成三類，分別為：(一)形而上學典範：將典範視為一種形而上學的觀念或實體，而不是科學的觀念或實體，如：把典範當成一種神話、一種信念、一個標準、某種成功的形而上學思辨等等，(二)社會學典範：將典範視為一個普遍被認可的科學成就、一個公認的法律判決等。(三)人工典範：以更具體的方式把典範當成一本教科書或經典著作、實際的儀器設備、帶有解說色彩地作為一個類比等。因此，在孔恩的觀點中，典範不僅是儀器、理論和自我形而上的參與，從社會學的觀點來看典範，它是一套科學習慣，在科學活動的早期階段，當還沒有理論的時候，就已經存在著具體的、可描述的某種東西了。因此，孔恩認為典範應是先於理論的 (Margaret, 1966)。

孔恩在書中並且提到“典範”應包括普適化的符號法則 (symbolic generalization)、模型 (model) 和範例 (exemplar) 三個元素 (趙金祁等 a, 民 82)。「普適化的符號法則」是由一群科學社群在遵守邏輯的技術下，毫無爭論的表示出欲呈現的意義，組成學科矩陣內的型式表現。而「模型」則是在科學社群的研究領域內，組成思維的基礎而引導出不同的詮釋結果，使得科學知識的主體觀 (ontology) 呈現出人類價值的參與，科學知識不再被視為價值中立的外在物質世界。「範例」是指面對問題所獲得的答案，也是一般科學的教科書中裡常使用的科學知識組成。

某一個理論一旦真正成為典範之後，在這個領域的所有活動都會以典範為依據，包括：決定科學家應該研究的問題、解決問題的方法、科學家所收集到的數據等。「典範是一個成熟的科學社群在某一段時間內所接納的研究方法、問題的領域、及標準答案的源頭活水。」(王道還，民 74)。換句話說：科學知識組成的背後，存在有一個典範

的權威支配，去提供對外在世界的公理系統（axiom）和自我的省察（reflection）等組成的世界觀、一般現象的感受（perspective）、解析外在世界的複雜現象的途徑和合理化的過程。另外一項很重要的特質是，在這個領域的工作者不能對典範提出質疑，而且必須遵守它所有的規範，這種型態的科學活動孔恩稱之為「常態科學」（normal science）。在常態科學的活動不僅不預期新的事物的發現，更不鼓勵新理論的發明。遵守同一典範的人群 Kuhn 稱為「科學社群」（scientific community），科學社群決定了他們所要共同遵守的典範，如果有人無法接受這個典範便無法成為這個科學社群的一員；如果一個人他找不到一個可以信服的典範時，他便無法從事科學活動，成不了科學家，因為科學家在放棄一個典範的同時，必然接受另一個典範。也就是孔恩所說「常態科學是一個單一的、且統一的企業，這個企業的成立不僅要靠全部典範的支持，而且任一個典範的失效都會導致它的崩潰」（王道還，民74）。

常態科學的研究活動，使科學知識的發展呈現出階段性與連續性（舒煒光，民79），科學家們在典範的嚴密規定下，集中目光仔細而深入地研究自然界的某一局部，使透過科學研究擴充典範的應用範圍，並提高其精確性而逐步完善該典範，因此常態科學可說具有「累積」和「繼承」兩大特色。在此階段的科學是一種解謎、收集事實的活動；而所謂的經驗是由人類經由科學社群共同遵守的威權典範所規約而成的抽象法則，這種法則並不存在有絕對的權威，真理成為不能終究的方向。

由於典範對於事實和現象有解釋和預測的功能，如果常態科學階段的科學家所收集到的事實，有出現典範的解釋或預測之外者稱為「異象」。「典範越精確、涵概面越廣，則它就越能提供偵測到異常現象的機會」（王道還，民74）。但是因為典範的理論體系、規則與權威，會使典範的理論被調整，直到異象成為理所當然為止，這也是常態科學傳統強固地抗拒變遷的本質。可是當有越來越多典範無法說明的「異象」出現，而科學家們也察覺到這些異象的存在，分辨並了解異常現象是同一個逐步發展著的過程，最後還發生典範的範疇與程序的變遷時，也就是舊有的典範進入危機的時候。

「危機」（crisis）的意義就在於更換工具的時機已經到來。「危機能解放傳統的束縛、供應新的資料，使基本的典範變遷得以完成」，科學家對危機的反應是漸漸地採取新的研究方法，並會不斷地構思出各色的理論，但往往純屬臆測或不夠精確，畢竟從覺察到典範崩潰開始到新典範的出現，有一段相當長的時間。在這種時候必須有較原來舊理論更能解釋這些異常現象的新理論出現，這種新舊典範的更替就是 Kuhn 所稱的「科學革命」。

科學典範的變遷具有「革命」的特質，依我之見，孔恩所謂的革命具有三重意義：

- (一)因為危機時期，百家學說爭鳴，各依據學說觀點的合理性相互競爭，最後由科學社群決定出一個最能解決疑難的理論觀點取得尊位，這個過程在本質上與政治革命相似。
- (二)典範的變遷也是科學家們世界觀的改變，科學家持著截然不同的看法對待原有的理論與方法，使用一種新的方式來透視先前的謎題中的各個部份。
- (三)新舊典範具有不可共量性（*incommensurable*），亦即其對科學的定義與標準、科學語言與問題結構都不一樣，所以知識具有非累積、非直線式成長的特質。

第二節 本體論、認識論與方法論

科學哲學所探討的領域不外科學知識的本體是什麼（本體論）、科學知識是如何形成的（認識論）、與利用何種方法得到科學知識（方法論）三大主題。孔恩在這三方面的見解如何呢？

孔恩所認為的科學知識的本體是具有多樣性的，「只要合於邏輯和經驗的都是真理」。主體會因社團所持有的公認法則不同而不同，一群人所共同接受的行為法則、思考法則或判斷接受與否的基礎，會組成知識的內在權威，而成為整個科學社群的共識。因此並沒有對與錯（趙金祁 a，民 81）。

認識論方面，孔恩認為科學理論的改變為非理性的，知識的標準不在於其真偽，而是其所依賴的倫常法則所形成的典範權威。當典範價值被接受，整個族群視典範為組成知識的共同基礎，知識的組織必須遵從這些規則，一切的修正、探討也是遵守這些規則而成為“正規”。正因為這種“非理性”的基礎使得理論間為一種不能相互比較的不可共量的組織，現象的詮釋為一種相對性。他提出三大主張支持其非理性的改變的看法（趙金祁等人，民 82）：(1)邏輯的不能勝任（*logical incompetence*）：真理的存在不能只限於邏輯的考慮。(2)理論間的不能比較（*incomparable*）：不同的世界觀裡，彼此間的假設不同所以不能比較。(3)不可共量性（*incommensurable*）：不同的世界觀裡，彼此的標準不一樣故無法比較。

方法學方面，孔恩的認為科學的研究沒有一套絕對且永久適用的「科學方法」，因為典範的變遷會徹底地改變舊典範的儀器設計、應用、製作以及操作等要素。典範會決定該時期的研究模式，他主張理論建構假設，重視理論的形成和考驗的過程裡的「倫常法則」，並把考驗的結果視為理論的延伸而不是真偽的區分。

第三節 孔恩在近代科學哲學思想的位階

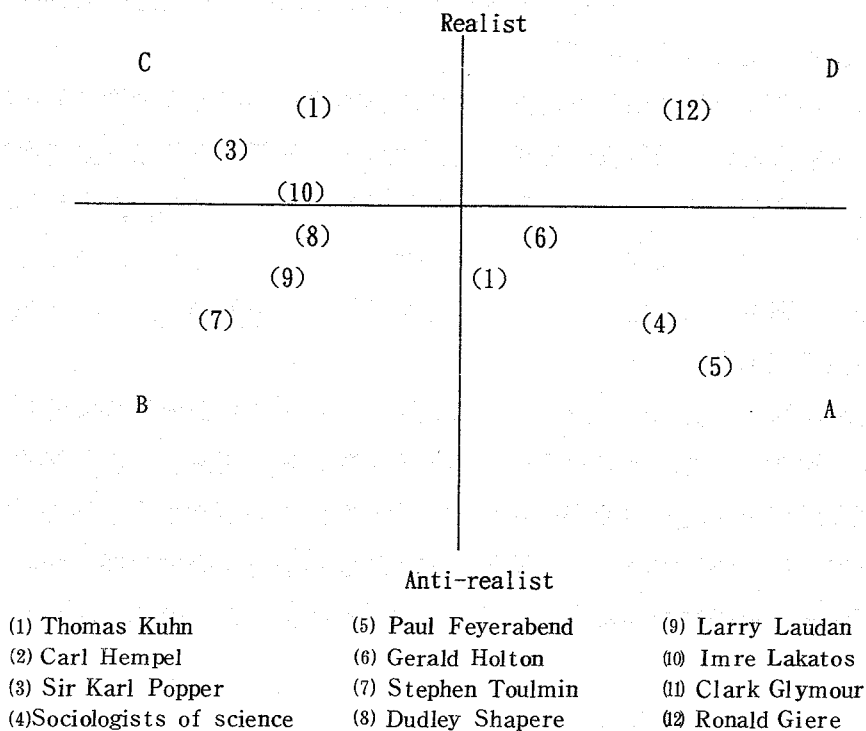
Giere (1987) 認為在科學哲學的觀點上有關表徵的問題可以分成科學實在主義 (scientific realism) 和反實在主義 (anti-realism) 兩大類。科學實在主義認為當一個理論被接受時，此理論的大部份成份被視為是外在世界的代表；而反實在主義的觀點則認為理論之所以被接受是由於其具有解決問題的效能、或是非常有限的表徵，例如：只是對某些特定現象的觀察。而在理論判斷方面，Giere 把利用合乎理性的原理作為評判理論的根據的觀點稱為理性主義 (rationalism)，而把理論的選擇是經由個人和團體協商達成決定的觀點稱為自然主義 (naturalism)。由此兩個向度可以獲致四個可能的科學哲學觀點如表(-)。而 Giere 本人所採取的觀點則是屬於自然實在主義 (natural realism)。

表(-) 科學哲學的分類 (見郭重吉，民 81)

	實在主義 (realist)	反實在主義 (anti-realist)
理性的 (rational)		
自然的 (natural)		

Loving (1989) 認為每位科學哲學家的主張並非截然地可分為實在—反實在、理性—自然這種極端的對比，而是程度上的差異不同而已。因此他試著將十二位可代表近代科學哲學主張的哲學家的觀點置於以 X 軸和 Y 軸所形成的四個象限中，X 軸代表判斷學說的標準是理性—自然主義，Y 軸代表學說之所以享有統治性地位的原因是其接近真理的實在主義，或是視其解釋實驗結果、或解決問題的能力即反實在主義如圖(-)。而孔恩的思想認為學說的判準是一種實際的理性 (practical rationality)，牽涉到許多社會和心理（也就是自然的）因素；而且他的思想更接近反實在主義，因此他被置於 Y 軸的中點以下 (Loving, 1991)。他認為科學學說的價值只在一些特殊的領域 (context) 中，在此領域內學說只是拿來運用得較好罷了；而與其是否接近真理或者較好無關。

孔恩對科學知識發展的動態過程的重視勝過其邏輯結構，反對知識以累積的方式增長 (王道還，民 74)，並且特別強調觀察和理論之間緊密、不可避免的糾纏，理論的目的是解釋所觀察的現象，而不是經由觀察、歸納所得到的結果。基於這些主張，孔恩在科學知識的學習方面也被認為是建構主義的一員。



X 軸 = 學說價值的判斷 (theory's value)

Y 軸 = 學說的真實性 (theory's truth)

圖(一) 科學學說的價值判斷與真實性 (見 Loving, 1991)

許多科學教育的學者指出建構主義的哲學觀點對於科學知識成長的描述，和認知科學的角度對於孩童在自然科學方面的學習的了解，就知識論的觀點而言是彼此一致，兩者都強調知識是由科學家或者孩童所建構出來的，而知識的地位是暫時性的，它會不斷的修正和成長。

第四節 我國科學教育的再省思

目前我國科學教育的風氣業已形成，尤其是民國七十二年將國科會科學教育組擴大編制為科學教育發展處，以及幾所師範院校紛紛成立科學教育研究所之後，開始科學教育理論的基礎研究與落實本土化的學術研究，科學教育方才可以說開始了往下紮根的工作(趙金祁等人，民78)。國外教育界最近陸續地展開一連串新的教育改革措施，國內在課程標準的修訂，高中和大學入學考試的改進，師資培育的管道多元化等等方向也努力地在研擬可行之辦法，期望改革之後的教育品質能比過去好，這些改革對國內科學教育的推展勢必產生極大的影響(郭重吉，民81)。在改革之際，我們極須審慎地思考，科

學教育的目標何在？教科書是否合適地反應科學的本質？教師應具備怎樣的知能？我們的學生對科學的本質是否有正確的認識？

孔恩在其書中多處提及科學教育的觀點，他認為科學和一般人對創造性的科學活動的看法，常常是來自於科學教科書的權威，但是教科書是常態科學延續下去的教學工具之一，只重當前的典範內涵，忽視科學動態成長的過程，常「刻意地傳達當代科學語言的詞彙與語法、問題的結構與標準」。「早期科學家所研究的問題、所遵守的規範，都被刻劃成與最近在理論與方法的革命後的產物完全相同」（王道還，民74）。難怪科學大體看來像一個累積的事業。

科學教育在科學革命的過程中扮演著極為重要的角色，它幫助典範權威的建立，但累積式的科學知識觀，使受教者會誤認科學知識的絕對客觀，輕易服膺於知識的權威之中，阻礙其思想的廣度。況且接受科學教育的學生不管將來是否從事科學研究，皆應在科學精神的涵養、科學態度的建立、以及科學方法的鍛鍊上有健全的發展。因此開放的心靈與獨立思考是不可或缺的要素。科學教育應兼具科學性、教育性與藝術性（楊龍立，民76）。

孔恩的哲學觀對我國的科學教育有許多的啓示：

（一）目前的科學教育仍舊留在「真理只有一個」的階段，可以很容易地區分真偽的二分絕對論中；但從孔恩的哲學觀來看，科學知識的主體應該是多樣性的，不應該是絕對單一的，而且必須是配合模型而有不同的表現方式。因此學生會使用規則和學生了解科學知識是不同的；學生個人對科學的了解不同，產生科學知識的組成就會不同，雖然其結構不同於教科書之結構，但不該視為一種錯誤，以防止科學的學習僅是遵守規則的模仿，進而更應鼓勵學生進行較高層次的學習，例如：科學模型的解釋形成假說的能力，驗證假說的實驗設計等能力的培養，而科學教師則迫切需要嚐試改變自己的觀念、態度和教學風格。

（二）許多科學教育學者在分析現行的中學教科書之後，也發現這些教科書中絕大的篇幅都是在介紹科學概念和原理，很少提及科學的本質或是科學知識是如何形成如何確立的、或者是有關科學觀念的發展歷史、科學史中呈現人類心智上的奮鬥掙扎的特色、或是科學在學生日常生活中的應用等問題（郭重吉，民81）。Chiappetta（1991）認為具有完整科學素養的科學課程應包含科學的知識、探討的過程、思考的方式，以及科學、技術與社會的交互關係等四個部份。我國的制度又是統一課程，所以在課程編輯上，如何朝此方向努力就更形重要了。也就是科學的內涵是有許多層次的表現，不該只是技術性，應該重視內在的

深層結構，以奠定學生使用倫常法則和形成世界觀的基礎。過於強調歸納主義的科學方法的教育，往往低估了創造力所佔的地位，使得學生對科學家們產生了扭曲的形象。

(三) 許多科學教育學者的研究均指出，教師若能對科學史或者科學哲學多一些認識，可以使教學增色不少。學生將可從科學史中了解科學知識發生了那些變化、什麼時候變化，以及為什麼變化。且若是在教材中編入這方面的主題，可使科學的活動表現人性化的一面，使學生體會到科學是人類社會的活動，也是文化的一部份，進而使得科學的學習對個人更具意義。因此有關師資養成的教育中，如何規劃學習這方面素養的課程，實在值得深思。

(四) 目前社會上有關科學方面的議題越來越多，教師是否有能力對這些問題引領學生作批判性的思考，勢必將成為重要的專業能力之一。若是希望教師有此能力，則知識論的基礎是缺少不了的。孔恩是哲學思想恰可提供我們，除了邏輯實證式的思考方式之外的另一項思考的抉擇。

(五) 以往的科學課程對於學生及社會的關係、價值判斷多不重視，而今各國科學課程發展中逐漸感受到，由科學史中讓學生理解科學知識成長的個人主觀因素與社會因素，藉此可以引發學生對科學知識的理解與欣賞。Duschl (1990) 認為一個合理的科學課程實應讓學生從科學史的角度來了解我們所知道的科學知識究係如何形成，而不是只告訴學生什麼是正確的科學知識。

(六) 孔恩的理論已顯示科學的發展本身受制於許多非理性的因素：研究者的主觀、價值判斷，某一時期的優勢理論、信仰，當代的學術取向，科學的進步顯示科學知識並不是最終的真理，因此我們不必迷信科學，信賴科學是萬能的，最後落入科學主義的獨斷（楊龍立，民 76）。學生若能理解這些非理性因素的存在，對於他們在未來的生活面對與科學有關的抉擇時，能扮演好公民的角色，而免於成為科學的奴隸。

(七) 科學教育的發展應該有合適的科學哲學的基礎，從諸多可能的科學哲學的觀點中，經過分析、辯論和評估，從其中選擇比較適用的觀點做為理論依據，截長補短、相輔相成，並不斷地加以評估和檢討。這在科學教育目標的訂定、科學課程和教材的發展、自然科學的教學與評量、科學師資的培育、以及教育的研究等等各方面，應該都要有類似的考量，例如發展新課程和教材以符合建構主義的理念，改進教學和評量的方法，以達成協助學生概念上的改變，加強科學師資培育計劃，增加科學教師對科學本質的了解等等。

參考文獻

1. 王道還等譯(民74)，科學革命的結構，台北，允晨文化實業股份有限公司。
2. 周寄中譯(民81)，批判與知識的增長，桂冠圖書公司。
3. 郭重吉、許玫理(民81)，從科學哲學的演變探討科學教育的過去與未來，彰化師範大學學報第三期，531～561。
4. 舒煒光、邱仁宗(民79)，當代西方科學哲學評述，水牛出版社。
5. 楊龍立(a)(民76)，孔恩典範論對科學教育的啓示，國教世紀，22(6)。
6. 楊龍立(b)(民76)，孔恩典範論對科學教育的啓示，國教世紀，23(2)。
7. 趙金祁、李田英、楊文金(民78)，中華民國科學教育發展實況與展望，科學教育月刊，第116期：2～28。
8. 趙金祁、許榮富、黃芳裕(民81)，科學哲學對科學知識主體主張的演變，科學教育月刊，第154期：2～18。
9. 趙金祁、許榮富、黃芳裕(民82)，科學哲學對組成科學知識之主張及其演變，科學教育月刊，第161期：2～18。
10. 鄭湧涇、周雪美、張麗珠(民78)，職前與在職生物教師對科學的本質的了解，中華民國第四屆科學教育學術研討會論文彙編，國科會。
11. Loving, C.C.(1991). The scientific theory profile: A philosophy of science model for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 823-838.
12. Chiappetta, E. L.(1991). A quantitative analysis of high school chemistry textbooks for scientific literacy themes and expository learning aids. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 939-952.
13. Meichtry, Y.(1993). The impact of science curricula on student views about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 429-443.