

建構主義的認識論觀點及其在 科學教育上的意義

劉宏文
省立台中第二高級中學

摘要：認識論是傳統西方哲學對知識的主張及理論，大體上可區分為理性主義及經驗主義兩派。理性主義主張知識的本質及來源是生而具有的，人類有先天自明的知識，經由演繹法的推論而建立知識系統。而經驗主義者認為知識來自經驗與觀察；雖有若干理性知識存在，但理性基本上是一種能力而非知識，經驗主義者主要以歸納法建立了知識系統。16世紀義大利文藝復興運動興起之後，科學迅速發展，建基於科學方法上的知識大量累積，使人們體認到科學方法才是知識建立的根本。19世紀初，英國哲學家孔德等人提出實證主義的認識論觀點，將科學方法應用到所有經驗的世界，認為觀察、理論、實證是科學及一切知識的本質。

隨著科技的發展，新的科學理論不斷的提出與修正，對科學本質的看法也有所改變；以波普爾、拉卡脫斯及庫恩為代表的科學哲學家，從科學的本身及科學發展的歷史對科學的本質提出不同的看法。認為科學的本質不在實證，而在否認，科學不是最後的真理，而是科學社群共同的理念。

皮亞傑是20世紀對教育理論影響深遠的學者之一，他自認為是一個討論知識來源及成長的發生認識論者，他的心理發展階段論及概念生態的理論成為建構主義認識論的重要組成。

建構主義超越了傳統理性主義與經驗主義的認識論觀點，認為知識不是客觀的本有，而是主觀的認定。但理性也有其範圍，只承認個人經驗所能達到的實在。此外科學哲學的發展也豐富了建構主義的內涵。

基於建構主義對知識本質的看法及主動建構的特質，科學教育就必須注意到學生迷思概念的改變及科學概念的建立。教師只是知識的中介者，對學生認知結構的瞭解及體認知識建構的社會情境也是本文討論的內容。

關鍵字：認識論，建構主義，科學教育。

一、前言：

建構主義是西方近半個世紀以來新興起的一套認識論(epistemology)的主張。它試圖超越傳統西方哲學知識論的兩大派別，即理性主義與經驗主義的傳統觀念。並從主觀唯心主義和唯物主義的對立中折衷出獨立的見解(金觀濤，1992)。建構主義綜合了認識論、心理學、神經心理學及其它學科的大量研究；如發生認識論學者皮亞傑(Piaget 1896-1980)，物理學家薛丁格(Schrodinger)，教育學者Ernst Von Glasersfeld, 心理學家Paul Watzlawick，生物學家Humberto Maturana，物理學家Heinz von Foerster等人，對建構主義的理論與發展都有一定程度的貢獻(金觀濤，1992)。

建構主義作為一種知識建構的理論，經過數十年的發展，形成的理論派別紛雜多

端，但基本上可整理出兩大特質是彼此共有的：

- (1) 認識論的觀點：建構主義並不討論闡明知識的本質、來源、及知識的理論等西方傳統哲學知識論所爭論不休的問題；它僅討論知識如何被認知者主動建構，而不是被動接受的過程；換句話說建構主義著重的是 the way to knowing 或 a theory of knowing，而不是 theory of knowledge (Von Glasersfeld 1990)。所以有些學者認為建構主義對知識的觀點為後認識論者 (post epistemology) (Noddings 1990)。
- (2) 對實有 (reality) 的看法：建構主義不否認絕對實有 (absolute reality) 的存在，但要透過人的主觀認識才有意義。也就是在人的經驗世界中能體驗到的實有才是人所能瞭解的。所以本體論 (ontology) 意義的實有是客觀孤立的存在，這種真理 (truth) 是建構主義所無法把握到的。因此，建構主義認為不存在獨立於觀察者之外的客觀 (金觀濤，1992)。

近十多年來，國內外許多科學教育學者認為傳統教學所採用的模式—教師為中心、採用的教學策略—知識傳送、以及教科書所反應的科學本質，與建構主義對知識的看法有許多衝突之處 (張靜馨，1996B、郭重吉，1993B、林陳涌，1993)。本文試圖透過幾個主題，討論建構主義與科學教育的關係，希望能對國內目前中小學的科學教育有所助益與啟發，並期有拋磚引玉之效。

二、建構主義的認識論背景：

雖然建構主義學者多持後認識論的立場，但我們若能明白西方哲學傳統對知識的來源、理論、本質的看法，也就是從認識論的觀點，由歷史發展的角度去釐清建構主義與知識之間辯證的關係，我們或更能體會建構主義在科學教育上的意義。

認識論是哲學中一個很重要的部份，凡討論有關知識的來源、性質、效度、限制、條件、形式等問題，均為認識論的範圍 (高廣孚，1989)。傳統西方哲學將知識分為兩大類，即：(1) 邏輯學 (知識的形式)；(2) 知識論 (知識的本質)。廣義的知識論包含了邏輯學在內，而狹義的知識論即本文所指的認識論。

(1) 理性主義和經驗主義：

認識論的派別可粗略分為理性主義 (rationalism) 和經驗主義 (empiricism) 兩大派別 (孫振青，1994)。這兩大派別，對認識論範圍內知識的各種主題看法迥異，在整個歷史的發展中交互出現、辯駁、消長，直到今日仍在爭論中。以下比較此兩大派別在認識論各重要主題上不同的論點，以便從中探索建構主義的歷史淵源。

- ①知識來源：理性主義認為知識來自理性而不是經驗，懷疑一切由感覺而來的知識。一切知識，無須外求，均自先天觀念中演繹而出。自經驗中發生之知識缺乏普遍性和必然性，只有理性的知識才能默思萬物之真實，瞭解其必然之關係，認識其永恆的形式，此種直觀的、固有而清晰明白 (intrinsic clarity) 的知識才是真正的知識。數學，特別是歐氏幾何，被認為是理性知識的典範。經驗主義對知識來源的主張與理性主義正好相對，經驗主義認為任何形式的知識，不論分析的或綜合的知識不可能先天存在，或先驗的存在，即使數學的定理定義也是從許多經驗中抽象而得。知識有理性的成份，但理性本身不能產生知識，一切知識均從經驗中歸納而得 (高廣孚，1989)。
- ②知識的本質：理性主義者主張，人有先天的 (innate) 觀念，如上帝、因果律等觀念。而此先天觀念不從經驗而來，所以是先驗的 (a priori)，在誕生之前就已深植人心。人憑藉「理性之光」 (light of reason) 直接把握先天的觀念知識。先天知識本身層次分明，以演繹法為推論的依據，演繹出神與物理世界的存在。此外理性主義認為人類除了具有上述先天分析的知識外，也具有若干先天綜合的知識。經驗主義並不徹底否認先驗的知識，因為部份知識確實不需經驗，由後天理性的運作亦可能得到新知。但經驗主義反對先天綜合知識的存在，人雖然天生都有理性和理智，但理性是一種能力，並不是知識 (孫振青，1994)。
- ③知識的方法—歸納與演繹：理性主義認為有先天自明的知識真理存在，由這個大前提出發可以經三段論法演繹出許多小的命題，這些經演繹而得的小命題再成為另一個大前提；如此反覆推論，於是知識系統就得以建立，這就是演繹法 (deduction)。理性主義認為只有透過此種嚴密推論演繹而得的知識才是真理。所以數學，尤其是幾何學才是真正的知識。但經驗主義認為三段論法演繹而來的知識不超過大前提的範圍，並沒有真正「創造」出新的知識。演繹的結果已包含在大前提的命題之中，它至多僅能產生與大前提相關的一些零碎的知識片段而已。經驗主義主張歸納法 (induction) 才是知識建立的方法。我們累積了許多經驗的事實知識，歸納出我們未曾經驗過的知識，所以歸納推理是根據少數經驗事實而推得普遍結論的邏輯過程。理性主義批評歸納法推論而得的知識僅是一種概然的知識，而非必然的知識。而且歸納法如果是一種有效的邏輯過程，其有效性是導源於先天原理 (例如預設了大自然的齊一律)，而不是歸納的邏輯性 (黃慶明，1991)。
- (2)實證主義：

自文藝復興運動（14-16世紀）以後，西方社會呈現兩個巨大的改變。其一是對歐洲中世紀黑暗時期宗教與神學的揭露與批判；另外則是實驗自然科學的興起。哥白尼 (Copernicus 1564-1642) 於1520年發表天體運行論，宣稱"日心說"，推翻了屹立長達1300年之久的托勒密 (Ptolemy) "地心說"。伽利略 (Galileo 1564-1642) 是首先在科學中引入數學的科學家，他對慣性與落體運動的研究奠定了牛頓 (Newton 1642-1727) 第一、二運動定律的基礎。同時並因支持哥白尼的學說而囑嚙入獄。牛頓於1686年出版《自然哲學的數學原理》(Mathematical Principles of Natural Philosophy)一書，從此結束了亞里斯多德以來的科學觀。我們可以說近代自然科學的興起與快速發展是在牛頓力學理論確立之後；隨後細胞學說、能量守恆和轉換定律、生物進化論及其它重要的科學發現，使人們更能洞察人的認識活動本身客觀的、物質的基礎，揭示出知識發生發展的規律，發現了人的認識過程的內在祕密等等 (Rutherford and Ahlgren, 1989)。

基於自然科學無與倫比的成就，自然科學的研究方法以及建基於方法上的研究成果，累積而得的知識，造成了傳統知識論內涵的擴張與提昇；於是在19世紀40年代以孔德 (Comte)、穆勒 (Mill)、史賓賽 (Spencer) 為創始人和主要代表人物的實證主義 (positivism) 在西方成爲一種廣泛的思潮。實證主義是一個繼承了經驗主義傳統的流派，自稱爲自然科學發展的產物，要以自然科學的實證精神建立知識的典範。把哲學和科學以致於人的一切認識活動侷限於人的經驗所及的領域，即現象領域。後來的邏輯經驗主義 (Logical Empiricism) 除了延續實證主義的精神，還把數理邏輯的方法當作知識的方法，這種實證哲學的知識論成爲近代西方最大的流派。

實證哲學對知識的主要觀點如下：

- ①全部知識應以經驗爲基礎。
- ②否定認識經驗以外的實在(物質或精神)的可能性。
- ③強調人類知識的力量，強調運用實證科學改造自然和社會的可能性。
- ④以生物進化論的方法解釋自然界和社會的變動。
- ⑤提倡科學、進步和改革，但排斥革命，宣揚改良主義。(劉放桐，1991)

如果將上述實證主義的知識論化約成科學理論與科學證明的方式去討論，上述觀點就可簡併成下列兩點：

- ①認爲科學由觀察經驗開始。從觀察和實驗收集經驗事實，然後對事實加以分類和整理，再推論出定律與理論，也就是說觀察先於理論。

②認為理論的可靠基礎在於觀察和實驗的檢驗，凡是能被實驗或觀察檢驗的理論即是真理，或至少包含了真理（舒煒光，1994）。

(3)波普爾(Karl Poppr)的否証主義(falsifiability)：

1930年代，維也納科學哲學家波普爾由於受到愛因斯坦相對論的影響，對實證主義的主要觀點，科學知識的可證實性提出批評。認為理論的真正檢驗不在於實證而在於否証，試圖找出理論的弱點加以否証。一種不能為任何想像事件所否証的理論就不是科學的理論，因此科學理論的可否証性即預示了科學進步的可能性。否証論是波普爾哲學的中心論點，由此出發波普爾同時批判了實證論的歸納主義傾向，建立了科學發展的模式，以及重新討論觀察與理論的關係。

①對歸納主義的批判：

- a. 全稱命題不能從單稱命題的堆積中推出。
- b. 作為歸納推理基礎的歸納原理無法得到證明。

②科學發展的模式：

- a. 科學開始於問題(P1)。
- b. 針對問題提出猜測和假設，即暫時性科學理論(TT)。
- c. 各種理論間相互競爭、批判和驗證，篩選出逼真度較高的新理論(EE)。
- d. 新理論被科學技術的發展所否証，出現新的問題(P2)。

圖示：P1 → TT → EE → P2.....(Popper, 1968)

③觀察與科學理論的關係：

由波普爾的圖示可看出，科學理論源自問題，理論形成之後才需要觀察與驗證、否証後再產生新的問題。所以波普爾認為所有的觀察都以理論為基礎，沒有不帶有理論的純粹觀察。為此波普爾以他有名的探照燈理論反駁實證論的空水桶理論，探照燈的比喻是指人們必須透過探照燈來取得視覺經驗，而不是直接與視覺經驗打交道。探照燈就是中介的理論，換句話說人們是透過理論去認識萬事萬物的。因此沒有純粹的經驗，所有的經驗都是有目的的、主觀的、帶有理論的觀察結果。這與實證主義所強調的空水桶理論，主張知識是客觀的反映，迥然不同。

(4)歷史主義學派的興起—庫恩(T.S. Kuhn)的典範論

波普爾及在其之前的實證論，雖然對科學的本質上彼此看法差異很大。但是在分析科學時皆是以科學事實的本身作為分析對象。而繼波普爾之後的庫恩則不同，庫恩是站在科學發展歷史的角度去分析科學知識。因此社會因素，科學家的心理因素，科

學社群的集體信念，都成為影響科學知識發展的因素。(Kuhn, 1970)

①庫恩的典範(paradigm)理論：

按照庫恩的說法，典範是一個科學社群共有的東西，也正由於他們掌握了共有的典範才組成了科學社群(Kuhn, 1970)。科學社群在一定典範(公認的知識和方法，已有的儀器設備)下進行科學活動，也就是在過去承繼下來的知識背景和科學傳統下進行創造，而不是隨心所欲進行任意的科學活動。

②科學發展的動態模式

科學社群共同活動的結果，科學的典範往往因新事實的出現不斷的完善或更迭，以及科學以外的社會因素相互影響的結果使科學呈現動態的發展。庫恩認為科學的發生或發展一般要經歷如下階段：

- a. 前科學時期：人類發展的早期，沒有科學社群，沒有共同的典範，各個學派相互爭論，各持己見，為尋找共同典範而努力。
- b. 常規科學時期：有了共同的典範，科學社群在此典範下共同工作，堅守典範，堅定不移以典範來解決科學問題。
- c. 科學危機時期：在常規科學時期，典範尚能吸收與同化許多反常現象，當反常愈積愈多，直達典範的核心，無法再行吸收及同化，科學即陷入極度不穩的危機時期。
- d. 科學革命時期：科學危機時期，部份富創造力批判力的科學家敢於提出新的典範以挑戰舊典範，一個有生命力的競爭典範漸成氣候，終至取代了舊典範。庫恩並提出新典範應合乎精確性、一致性、廣泛性、簡單性、和有效性的標準，此外庫恩還指出科學革命時期，科學家選擇典範的標準除了客觀的事實之外，尚包含有主觀的心理因素在內(Kuhn, 1970)。

③庫恩的典範結構與格式塔轉換(Gestalt inversion)：

格式塔(完形)心理學是1930年代發展出來的心理學派，它有兩個主要的特徵：(Anderson, 1990)

- a. 部份心理的總和不等於總體(完形)，有如一張圖畫是多種顏色的組合，但圖畫本身的意義絕對不是各種顏色的累積相加。
- b. 格式塔轉換：同一圖形展示給不同的人，往往看到的是不一樣的意義。

庫恩認為整個科學史就是遵循著從一個前科學時期→常規科學時期→反常和危機時期→科學革命時期→新的常規科學時期。如此週而復始向前推進和發展。庫恩

採用完形心理學派的觀點將典範類比成整體的知覺，整體知覺是個體感覺的總和，但有別於感覺的個別意義。因此同一事實的組合在不同的人看來就有不同的典範，即事實是原來的事實，但根據不同典範看到的事實卻不一樣了。換句話說，「不同典範的擁護者，他們在不同的世界裡從事各自的事業，……不同典範的科學家在不同的世界裡從事活動。他們從相同的方向，看相同的問題，而所取得的結果卻是不同的」(Kuhn, 1970)。所以科學家所認識的世界並不是客觀存在的世界。其內容是由科學家們的共同信念所約定的。典範變了，科學家所約定的世界也跟著改變了。

(5) 皮亞傑(Jean Piaget)的認知發展理論：

皮亞傑早年研究生物學，後來興趣轉移到兒童心理學的研究。他的心理學研究結合了生物學、數學、心理學、哲學的基礎，著重在兒童智力、認識、及思維發展的探討，再推展到一般的認識理論，提出了發生認識論(genetic epistemology)的觀點。皮亞傑認為兒童的認知發展經歷了四個階段：

- ①感覺運動期(0~2歲)
- ②前運思期(2~6、7歲)
- ③具體運思期(6、7~11、12歲)
- ④形式運思期(11、12~14, 15歲)(Piaget, 1970)

皮亞傑以認知內在結構的變化來說明認知階段的發展。認為內在結構的組織及再組織促進了認知階段的發展。發展的形成有嚴格的順序，前一階段的發展是後一階段的基礎和必要條件。所以各階段有其發展的特性，由簡入繁，由淺而深，由具體而抽象。整個發展的過程，連續中有其不連續性。後一發展階段融合了前一發展階段的特質而形成新的認知結構。皮亞傑認為影響認知發展各個階段間的動力有四個主要的因素：

- ①個體神經系統和內分泌系統的成熟。
- ②個體與外在物理環境的互動中所得的經驗。
- ③個體由社會環境，包括社會生活、文化教育、語言等所取得經驗與融合。
- ④認知平衡(Piaget, 1970)。

皮亞傑不但注意到認知發展過程的進化性，也注意到內(認知結構)外(個人、環境)因素交互作用造成的影響。他認為認知的過程基本上是一種類似生物適應(adaptation)的過程(Von Glasersfeld, 1995)。

適應可以通過兩種形式來完成：

- ①同化(assimilation)：當環境中所產生新的因素與原有的認知結構或基模相符合，就會被納入認知主體的結構中，使得原有的結構更加豐富完整。
- ②調適(accommodation)：當原有的認知結構無法同化新的事實，便會造成認知的干擾(perturbation)，原有的結構就會發生改變以適應新的事實。同化與調適都是為了達到平衡，當認知主體與環境間不能適應，就產生了不平衡，所以同化與調適的不斷交替互補就能達到新的平衡，進而促成新的認知階段的發展。

三、建構主義的認識論含意：

(1)建構主義與傳統理性主義與經驗主義的關係

范葛拉士費德(Von Glasersfeld)認為，建構主義本身並不偏向於理性主義或經驗主義對知識的看法，而是超越了傳統的知識觀(Von Glasersfeld, 1995)。例如建構主義對知識是否是真理就採取了前蘇格拉底時代(Pre-Socratics)懷疑論者(sceptics)的看法：對任何事物的真實性都持懷疑的觀點，認為世界上沒有確實的知識，只有主觀的意見，而無客觀的真理。普羅泰格拉斯(Protagoras 500BC)就曾說過：「人為萬物的權衡」(Man is the measure of all things)。所以他們只承認主觀的知識(Subjective opinion)而無客觀真理(objective truth)的存在。

此外，建構主義也界定了理性的界線，理性有其範圍，僅能按理性本身的規則行事，不能超越經驗以外的事實，關於形上學所指最後唯一的存在，理性是無法從經驗中建構而得。但建構主義並不排除先天的自明的知識，如終極存在、齊一律、因果律等。只是排除了理性中"通天"的成份，只承認個人經驗所能達到的實在，及由此推衍而出的"可行的"(Viable)的知識。

但這並不表示建構主義是以經驗的知識為基礎，即使在經驗主義的創始人休姆(Hume)及洛克(Locke)等人的著作中，也可找到反映論(reflection)的片斷(Von Glasersfeld 1995)。心靈所反映的外界知識是心理運作的結果，人們所知覺的實在，並不是經驗之前的實在。概念間的聯繫(connexion)包括相似性(Resemblance)、接近性(contiguity)及因果性(cause or effect)。都是由於人類心靈運作的結果。18世紀初義大利哲學家維柯(Giambattista Vico)，將知識分成兩大類，即理性的知識(rational knowledge)諸如科學知識、日常生活經驗或由經驗中抽象而出的理性知識。另一種知識稱為感性的智慧(poetic wisdom)，涵蓋所有經驗無法觸及的知識。他的認識論

觀點成爲建構主義認識論的重要來源之一(Von Glasersfeld, 1995)。

(2)波普爾否認論及庫恩典範論對建構主義的影響

波普爾對邏輯實證論的反省，提出「可否證性」才是科學理論檢驗的標準。並由科學發展的事實導出理論先於觀察的結論。庫恩則由歷史發展的觀點，以典範的更迭解釋科學革命的發生，並參考格式塔心理學派的主張，認爲典範代表的是科學社群對事實的不同反應與理解。綜上所述，本人將其歸納成下列幾項影響：

- ①客觀實在的真理，是人類經驗世界無法達到的；人類只能掌握到知識的可行性(Viability)而不是知識的眞理性(truth)。
- ②所有的觀察都由理論主導，沒有客觀且純粹獨立於主觀之外的觀察。也就是說知識的本質是無法客觀傳達的。
- ③所謂科學知識是科學家社群目前所公認的典範知識，知識的標準會因典範的更替而發生改變。

(3)皮亞傑發生認識論對建構主義的影響

皮亞傑被認爲是建構主義的先行者之一。他以初生嬰兒與外在環境的感官接觸，以及對物體永存經驗的發展，再輔以生物演化的觀念，還有社會、文化的互動影響，歸納出兒童認知發展的四個階段。他的理論成爲基本建構主義(Radical constructivism)的重要組成部份(Von Glasersfeld 1984)。

皮亞傑對建構主義的貢獻可總結成下列兩個部份：(Bettencourt 1994)

- ①概念的適應與演化(adaptation in conceptions of evolution) 生物適應環境不是演化的目標，而是天擇的結果。凡是能適應環境限制的物種便能保存。知識也可作同樣的類比，認知主體的知識基模(schemes)能適應經驗的限制(constraints)，就被證明爲可行的(Viable)；否則就被淘汰。
- ②皮亞傑概念族群(Conceptual population)的相互依存。認知結構發展的四個階段，事實上就是概念族群(包含 Concepts、ideas、images、theories、schemes)的干擾與平衡不停的重組與再生。促成轉化的其中一個重要機制就是同化與調適。新知識必須融入原有知識族群的生態才能發生同化，當過多的干擾影響到族群間的平衡，無法通過經驗的限制，調適就開始發生，以達知識族群的再次平衡。

四、建構主義的演進及重要觀點的比較：

(1)皮亞傑與新皮亞傑學派

皮亞傑對兒童心理學的研究影響了20世紀下半葉的教育思潮，舉凡課程設計、教材內容、教學策略等無不根據其認知發展階段論加以綜合與設計(林清山譯，1991)。皮亞傑真正關心的主題是知識的本質及知識獲得的歷程，這也是認識論討論的範圍；所以皮亞傑不認為自己是教育學者或心理學者，他稱自己為發生認識論者。(Genetic epistemology)(Piaget，1970)。皮亞傑之後，以A.E. Lawson為代表的一些學者，以皮亞傑的研究為基礎，並將其研究領域拓展至數理認知能力範圍以外，包含語文、藝術、社會技能等認知階段的探討與比較。另外，在研究方法、評量工具方面也有所變化，以紙筆測驗代替晤談，擴大樣本的範圍，這批學者被稱為新皮亞傑學派(Neo-Piagetion)(Cobern，1993)。

(2)個人建構主義或基本建構主義(personal constructivism or radical constructivism)

基於新皮亞傑學派有關學生心理發展階段(mental stage)的研究對實際的教室教學助益不大，很難增進學生的學習效果；加以科學哲學研究的興起，Popper、Kuhn及Lakatos等人對哲學認識論及科學歷史、科學發展、科學本質的觀點都影響到科學教育的研究。科教學者除了探討學生、教師對科學本質的看法之外，並關注到學生特定科學概念的研究(如：運動、力、能量、天擇等)。學生的概念若與科學家的概念不符合就被稱為迷思概念(misconception)或另有概念(alternative conception)，學習就是一連串對迷思概念解構及正確科學概念建構的過程。學生在進入學校之前已有了對世界的看法(preknowledge)，美國學者David Ausubel(1963)即認為有意義的學習是新知識如何與舊經驗聯接。另外Novak(1977)與Driver and Easley(1978)分別在1977年及1978年發表了兩篇綜合概念研究的報告。1983~1987年間對學生迷思概念及另有概念的研究達到高峰，1991年NARST的年會也發表大量有關迷思概念及另有概念的文章，這些事實都支持了個人建構主義的基本主張：

①學習是學習者主動建構的過程。

②有意義的學習必須建基於舊有的經驗基礎(Kelly，1965)。

隨後在1980年代，Van Glaserfeld繼續建構主義的哲學研究，主張學習是個人意義的建構，與本體論的實在(reality)無關。經由建構而得的知識僅是對世界的一種解釋，因此是可行的(Viability)而不是最後的真理(truth)，Van Glaserfeld稱之為基本建構主義(Radical constructivism)。

基本建構主義深化了個人建構主義的內涵，認為知識是個人求知過程的產物，脫離了知的過程(個人知識意義的建構)知識就無意義了(Tobin 1993)。基本建構主義認

爲，如果有所謂"真理"或者本體論意義的"實存"(reality)，那一定是在人類經驗之前就已存在的；既然是一種"存在"(to exist)，就表示在時空中佔有位置；可是康德(Kant)卻認爲時空觀念是人類經驗的一種形式，不是超經驗的。所以真理一定是屬於經驗範疇內的東西，並沒有所謂先於經驗的真實存在；即使有，也不是我們凡人所能把握到的。我們根據經驗能預測某些現象，不表示我們已掌握了物理世界的原有形式，只能說是特定環境下的經驗產物而已(Von Glasersfeld, 1993)！

綜上所述，個人(基本)建構主義主張知識是不能傳達的，不論經由語言或文字，在傳達過程中都可能發生個人意義的轉化。學生無法如教師所預期的學會整套知識，只能自行建構、解釋、形塑有意義的知識結構，並據此成爲自己與外在世界聯繫的指標，預測自己的行爲，解釋外在的世界。

(3)情境(Contextual)建構主義或社會(Social)建構主義

雖然八十年代大量關於個人認知結構與概念改變的研究支持了個人(基本)建構主義的立場，事實上學生的迷思概念或另有想法卻不是輕易能夠改變的。根據posner et al.(1982)等人的看法，概念的改變要符合下列四個條件：

- ①Dissatisfaction：對自己先前概念的不滿意。
- ②Intelligible：新的概念是更明智的。
- ③Plausible：新概念似乎是有理的。
- ④Fruitful：新概念比舊概念更爲有效。

但West and Pines (1983)認爲概念改變的機制(mechanism)太過於理性化(rationalistic)。學生概念改變的發生不是單純的"合理性"就可解釋的，許多非理性的因素也要考慮在內。後來Posner修正了他原先的看法，提出概念生態結構(conceptual ecology structure)的觀點(Posner, 1985)。將影響概念改變的因素擴大成七大範疇：①異常現象(Anomalies)②類比與象徵(Analogies and metaphors)③範例與影像(Exemplars and images)④後來經驗(Post experience)⑤認識論的立場(Epistemological commitment)⑥形而上的信念(Metaphysical beliefs and concepts)⑦其他知識來源(Other knowledges)。這七大範疇構成了概念的生態平衡因素，也爲概念的適應發展提供了較爲廣泛的動因。

因此，概念的改變，意含著新知識的建構，不是僅來自教師或科學家的誇大其辭(boast)，而是來自同儕間觀點與意義的相互討論與交換(interchange)(Solomon 1987)。學生的科學知識鮮少來自邏輯的過程，社會因素與文化背景往往主導著知識

的汲取與建構。人類學家 Clifford Geertz 說的好"人是一種懸掛在自己編織的意義之網內的動物，文化即是這張網，人掛在網上不是如實驗科學般去尋找規則，而是一個尋找意義的解釋者....."(Greetz, 1973)。學生心目中的世界觀，對世界的想法 (presupposition)，例如一般常識、迷思概念、另有概念往往與課堂內教授的知識有差距，與學生的文化背景有所衝突，科學有如外國語的學習，相對於母語是第二文化。所以文化情境包含兩個生態系統：①個人概念生態系統②社會及物質環境的生態系統。這兩個生態系統交互作用，意義才能建構，真正的學習才能發生(Cobern 1991)。

綜合上述建構主義的發展方向，國內學者張靜譽(1996)將其內容歸結成建構主義的三大原理：

- ①知識是認知個體主動的建構，不是被動的接受或吸收；
- ②認知功能在適應，是用來組織經驗的世界，不是用來發現本體的現實；
- ③知識是個人與旁人經由磋商與和解的社會建構；

上述三大原理涵蓋了建構主義的主要內容，亦顯示出建構主義在近20年來的發展方向，並以社會建構彌補個人建構主義在內容及教學意涵上的不足。

五、建構主義在科學教育上的應用：

雖然一個發展完備且完全符合建構主義理論的教學模式迄今仍未出現，但國內外仍有許多學者在實用及理論方面作了許多探討(郭重吉, 1992B; 李暉, 1993; 范毓娟, 1995)。本文不擬在此介紹概念學習和概念改變的教學模式及策略，而僅就符合建構主義的教學觀提出幾個思考的方向與個人的反省。

(1)對認知結構的瞭解

①訊息處理模式(Information Processing Model)：

訊息處理模式是認知心理學對知識如何表徵及內化的過程，類比成電腦對資料處理的模式，所提出的理論說明。最大的特色是將人的記憶分成短期工作記憶 (working memory) 及長期記憶 (long-term memory)。短期記憶的性質類似工作檯 (Working shelf)，每次處理的資訊非常有限，大約只有七個單元 (unit)。因此，如何在教學上節省短期記憶的空間 (capacity)，是教師在教學時一個反省的重點。長期記憶是訊息的永久儲存地。根據 Gagne(1993) 的說法，在長期記憶中的知識訊息不會自動消失 (decay)，只是沒有適當的提取 (retrieval) 管道，因此，如何將訊息意義化 (meaning base)，或將知識做特別的處理，如精緻化 (elaboration) 及組織化

(Organization)，皆有助於訊息的活化(activation)，利於訊息的提取。

②知識的表徵

Anderson(1990)將人類的知識歸結成兩大類：a. 陳述性知識(declarative knowledge)；b. 程序性知識(procedural knowledge)。茲分別簡述如下：

a. 陳述性知識：

是關於"是什麼"的知識(Something is the case)。比較偏向於靜態(static)，獲取(acquisition)的速度較快，易被修飾(modifiability)等是其特色。陳述性知識的單元是一些簡單的命題(proposition)或者以命題網絡(network)的方式呈現。此外，影像(image)、基模(schema)、線性順序(linear-ordering)等也是陳述性知識在長期記憶中的表徵。

對知識的精緻化及組織化的處理皆有助於知識的獲得及提取。精緻化即是將知識作一些特別的加工(addition)，有助於命題網絡的建立。提供了另有管道(alternative path)及有意義的知識。因為知識登錄的多樣性(Encoding variability)與時空間隔的影響(spacing effect)，皆是精緻化的過程，對於學習與記憶的改善提供了思考及反省的空間。所以國小、國中階段的學生就應讓其多體驗自然界的多樣性，去感知四季的變化，累積生活與物質世界的體驗，建構不同型式及意義的知識，為日後更高階段的學習立下基礎。

b. 程序性知識：

程序性知識屬於動態(dynamic)的知識，是說明如何作的知識(How to do something)。程序性知識又可分為一般領域(domain general)知識及特定領域(domain specific)知識。程序性知識是以產出(production)的形式在短期記憶中運作，經過認知階段的努力之後，程序性知識就可被自動化(automated)，快速、正確，不必經過有意識的處理。所以一些基本技能(basic skill)如九九乘法、四則運算、閱讀能力等的訓練，若達到自動化的要求，就節省了短期記憶的工作空間，餘出的空間就更能執行需要高度控制(controlled)高階發展的程序性知識。

(2)概念改變的教學

誠如Gardner(1991)在"超越教化的心靈"一書中指出(陳瓊森譯，1995)，大部分學生在學習科學知識時，總是一知半解，未能將知識真正內化到個人的知識結構中，即使是大學本科系學生也是一樣。學生離開學校後，原有的迷思概念、另有想法

或不符合科學概念的思考方式，往往壓制學校習得的正規的科學知識，Gardner稱之為未經理解的學習(learning without understanding)。因此學生的先前概念往往影響到科學概念的學習。Posner及他的同事於是提出了概念改變的四個條件(如前所述)，並於1985年提出概念生態結構的觀念，對先前的概念改變作了修正(Posner, et al. 1985)。隨著科學哲學對科學本質的探究及社會心理學的研究(Toulmin 1972, Solomon 1987)，發現概念的學習不僅僅是個人意義的建構，因為知識是文化的一部份，是知識群體所共有，個人認知結構不可避免的需與社會、文化的脈絡交錯連接。在這種情境之下的學習才能共享知識的價值與目的，才能真正達到概念改變的目的——理解的學習。

(3)教師的角色

①知識的中介者(mediator)

學生來到學校之前，並不如實證論者所認為的心智的白板(blank slates)，可以任由教師塗上任何期望的色彩。即使是國小一年級的小朋友，也已有了個人生活背景下的特定世界觀(world view)。根據Vygotsky(1962)的看法，科學知識可分成學生自發性(Spontaneous)知識及學校教授的科學概念知識。一個人若未經學校教育，那麼他的科學概念知識很可能僅停滯在個人特定環境及文化背景下對自然界原始的瞭解。例如Gardner(1991)就曾談到非洲某原始部落的酋長，是整個部落的領袖及精神支柱，他的世界觀與五歲兒童的世界觀差異不大。同樣的，在學校學習科學概念之事實，雖然可能比自發性的知識容易建立；但教學若忽略了學生先前知識，新概念與學生原有知識基模無法作有意義的聯接(related)，新觀念只是一些零碎的片段，學生步出校門之後，這些孤立未經意義化聯繫的知識，極易被原有素樸(naive)的世界觀所取代。就這個角度而言，教師在教學過程中，應該是一個知識的中介者(mediator)，而不是傳授者(Tobin 1993)。

②問題為中心的教學法及合作學習

問題為中心的教學法是以社會建構主義為理論基礎，經由問題、小組、分享的方式，透過問題及教室情境的雙環互動(PCDC)，再輔以問題設計、對談引導、教室文化的創造等活動來促進有效的教學(張靜馨, 1995)。合作學習(Cooperative learning)是以分組的方式，及小組成員間的角色扮演、相互教學、成果發表等活動，以達到社會技能(social skills)的培養，及學科知識主動建構的有效學習(李佳玲、陳瓊森, 1995)。這兩種教學法皆從建構主義認識論的角度、以及學生認知結

構的觀點，對傳統教學法提出深刻的反省，提出理論與實踐上的實徵研究。

六、結論：

從西方哲學二千多年來對知識的本質、來源、方法所採取不同認識論觀點上的演變，到14世紀文藝復興時期，近代科學的興起與發展蔚為知識的主流，對人類文明產生巨大的衝擊，並遞衍出邏輯實證論等哲學思潮。這期間對科學教育的影響至為深遠。例如客觀真理獨立存在，因果關係是機械式線性的，整體是部份的總和，科學方法是唯一獲得知識的有效方法，知識可以被精準的傳授等，這種觀點主宰了過去數十年來的科學教育。近年來建構主義的理論，在國內科教學者如趙金祁(1993, 1995)，郭重吉(1992B)、許榮富(1994)、黃芳裕(1996)等的引述及評析上，著墨甚多。諸如科學本質的探討，概念改變的教學，課程設計與發展，師資培育等都在上述文獻中反映出建構主義的理論特色。值此教育改革呼聲響徹雲霄之際，本文試圖從認識論的角度，對建構主義的內容與歷史發展作一扼要的說明與評述。並以此為主軸討論了近年來科教領域在科學概念的發展與學習機制的研究成果，以此與建構主義的主張相互對照、分析、期望能將建構主義對知識的觀點反映到中小學的科學教育，為國內的教育改革盡棉薄之力。限於本人學力有限，疏漏之處，在所難免，並請不吝指教。

七、參考文獻：

1. 李暉、郭重吉(1993)。國中理化教師試行建構主義教學之個案研究。國立彰化師大碩士論文。
2. 李佳玲、陳瓊森(1995)。國中理化試行合作學習教學之研究。國立彰化師大碩士論文。
3. 金觀濤(1992)。人的哲學—論科學理性的基礎。臺北：商務印書館。
4. 林清山譯(R.E. Mayer 著)(1991)。教育心理學—認知取向。臺北：遠流出版社。
5. 林陳涌(1995)。從經驗證據和科學理論之間的關係來探討自然科實驗教學的意義。科教月刊，184，2-16。
6. 柯怡君、張靜馨(1994)。以問題為中心的教學策略在資優班與普通班實施之比較。國立彰化師大碩士論文。
7. 范毓娟、郭重吉(1994)。在國中理化課程中試行建構主義教學之個案研究。國立彰化師大碩士論文。

8. 郭重吉(1992A)。從科學哲學的觀點探討科學教育的過去與未來。國立彰化師大學報 第二期。
9. 郭重吉(1992B)。從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。科學發展月刊，25 (5)，548-570。
10. 張靜馨(1995)。問題中心教學在國中發展之經過、效果及可行性之探討。139-164。
11. 張靜馨(1996A)。何謂建構主義。建構與教學，3，彰化師大科教中心。
12. 張靜馨(1996B)。傳統教學有何不妥。建構與教學，4，彰化師大科教中心。
13. 張靜馨(1994)。不會讓學生打瞌睡的教學策略。菁莪月刊，20，2-17。
14. 陳瓊森、汪益譯(H. Gardner 著)(1995)。超越教化的心靈。臺北：遠流出版社。
15. 許榮富、黃芳裕(1994)。從科學知識組織建構的理念詮釋學生力概念的心智表徵。中華民國第十屆科學教育學術研討會論文彙論。
16. 趙金祁、許榮富、黃芳裕(1993)。科學哲學對科學知識組成之主張及其演變。科教月刊，161，4-17。
17. 趙金祁、許榮富、黃芳裕(1993)。建構論在科學教育研究的典範類型與應用(一)－建構論的典範與分析。科教月刊，180，2-16。
18. 黃芳裕(1996)。建構論在科學教育研究的典範類型與應用(二)－當今科學哲學對建構論的評析。科教月刊，188，2-14。
19. 孫振青(1994)。知識論。臺北：五南出版社。
20. 高廣孚(1989)。哲學概論。臺北：五南出版社。
21. 黃慶明(1991)。知識論講義。臺北：鵝湖出版社。
22. 舒煒光(1994)。科學哲學導論。臺北：五南出版社。
23. 劉放桐(1991)。現代西方哲學。上海：人民出版社。
24. Anderson, J.R.(1990). Cognitive psychology and Its Implications. New York: W. H. Freeman and Company.
25. Ausubel, D.P.(1963). The psychology of Meaningful Verbal Learning. New York: Grune & Strutton.
26. Bettencourt, A.(1993). The Construction of Knowledge: A Radical Constructivist View. In Tobin, K.(Ed.): The Practice of Constructivism in Science Education. AAAS Press.
27. Cobern, W.W.(1993). Contextual constructivism: The Impact of Culture on the

- Learning and Teaching of Science. In Tobin, K.(Ed.): The Practice of Constructivism in Science Education. AAAS Press.
28. Driver, R., and J. Easley(1978). Pupils and Paradigms: A Rivew of Liteature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
 29. Gagne, E.D., Yekovich, C.W. & Yekovich, F.R.(1993). *The Cognitive Psychology of School Learning* (2nd ed.). New York: Harper Collins College Publishers.
 30. Greetz, C.(1973). *The Interpretation of Culture*. New York: Basic Books.
 31. Kelly, G.A.(1965). *The Psychology of Personal Constructs* (V.1 & 2). New York: Norton.
 32. Kuhn, T.S.(1970). *The Structure of Scientific Revolution* (2nd ed.). Chicago: The University of Chicago Press.
 33. Novak, J.D.(1977). *A Theory of Education*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.
 34. Noddings, N.(1990). Constructivism in Mathematics Education. In R. Davis, C. Maher & N. Noddings (Eds.), *Constructivist Views on the Teaching and Learning of Mathematics* Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics.
 35. Piaget, J.(1970). *Genetic Epistemology*. New York: Columbia University Press.
 36. Popper, K.P.(1968). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Harper & Row, publishers, Inc.
 37. Posner, G.J. & Strike, K.A.(1985). A Conceptual Change View of Learning and Understanding. In West & Pines (Ed.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*. London: Academic Press, Inc.
 38. Posner, G.J., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66, 211-227.
 39. Rutherford, F.J. & Ahlgren, A. (1989). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.
 40. Solomon, J.(1987). Social Influence of the Construction of Pupils Understanding of Science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
 41. Tobin, K.(1993). Constructivism as A Referent for Teaching and Learning. In

- Tobin, K. (Ed.): *The Practice of Constructivism in Science Education*. AAAS Press.
42. Toulmin, S.(1972). *Human Understanding*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
43. Von Glasersfeld, E.(1984). *An Introduction to Radical Constructivism*. In Watzlawick, P.(Ed.). *The Invented Reality*. New York: Norton, 17-40.
44. Von Glasersfeld, E. (1995). *Radical Constructivism: A way of Knowing and Learning*. London: The Falmer Press. Taylor & Faands Inc.
45. Von Glasersfeld, E. (1993). *Question and Answers About Radical Constructivism*. In Tobin, K. (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*. AAAS Press.
46. Vygotsky, L.S.(1962). *Thought and Language*. Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
47. West, L.H.T. and A.L. Pines(1983). *How Rational is Rationality*. *Science Education*, 67(1), 37-39.

The Epistemological Perspective of Constructivism and Its Implication in Science Education

Hong-Wen Liou

Taiwan Provincial Tachung Second Senior High School

Abstract

Of the western philosophies, epistemology is the traditional assertion and theory of knowledge which on the whole can be divided into two schools: rationalism and empiricism. The rationalists claim that the essence and resource of knowledge are innate.

With the intrinsic clarity, humanbeings set up the knowledge system by deduction. However, the empiricists believe that knowledge results from experience and observation. In spite of some of the rational knowledge, the rational basically is not so

much a kind of knowledge as a kind of competence. As a result, the empiricists set up a knowledge system by induction.

After the Renaissance in the 16th century, with the rapid improvement of science, the knowledge based on scientific method was enormously accumulated, which made people sense that scientific method is the key to forming knowledge. In the early 19th century, Comte(et al), the English philosopher, who believed the essence of knowledge, including science, are observation, theories and verification, brought up the epistemologic perspective of positivism, and applied scientific methods to everything in the experiencing world.

On the other hand, the scientific philosophers, Poper, Lakatos and Kuhn, from the angles of science itself and the history of scientific development, proposed different viewpoints. They thought that the scientific essence lies not in verification but in falsification. Science is not the ultimate truth but the common beliefs of the scientific community.

Piaget, one of the most influential scholars on the educational theories in the 20th century, believed himself a genetic epistemologist discussing the origin and development of knowledge. His theory on mental stage and conceptual ecology has become the important components of constructivism.

Constructivism has surpassed the traditional rationalism and empiricism in terms of epistemology. It proposed that knowledge is not objective reality but subjective identification. However, the rational has its own scope which simply claims the reality that personal experience can come up to. Besides, the development of scientific philosophy enriches the content of constructivism.

As a result of the characters of constructivism, scientific education should pay attention to the changes of students' misconceptions and the establishment of scientific concept. Teachers are no more than mediators of knowledge. The recognition of students cognitive structure and the social context on constructivism are also one of the main topic of this article.

Key words: epistemology, constructivism, science education.