

以建構論為基礎的科學教育理念

曾志華

嘉義市興安國民小學教師

一、前言

長久以來，傳統的科學哲學基礎乃以實證論(positivism)或邏輯經驗主義為其主流，並且視知識和真理為絕對的、永恆的，與個體經驗分離而先天存在。換言之，知識或真理不僅可以「客觀的」觀察得到，也可以經由某一管道傳輸給學生，學生只需被動地接受或記憶即可。然科技文明雖在這種謹守客觀、理性和價值中立的科學哲學原則之下發展，卻也造就了今日有目共睹的繁榮景象，但學生所學與社會嚴重脫節的現象，不禁讓人懷疑傳統科學教育理念的成效，例如：Romberg & Carpenter(1986)在數學方面的研究，即發現利用灌輸的教學方式不但阻礙了學生的思考，並且也與學生學習成果低落有密切關聯。

隨著心理學界行為主義的沒落，認知學派在六十年代的崛起和發展，在此即將步入二十一世紀之際，科學教育的研究者開始省察過去科學哲學與意識型態宰制科學教育所產生的利弊得失，並且逐漸地改變了科學知識本體的看法，使得科學的真理已然具有人性參與的空間（趙金祁；許榮富；黃芳裕，民84），以人為本的教育理念也因此再度受到關注。建構主義(constructivism)所主張「知識乃是學習者主動建構」的精神則頗能符合科學教育界的需要，因而受到相當的重視，已儼然成為現今科學教育研究的主流(Nussbaum, 1989)。

究竟建構主義的涵義如何？在科學教育中的教學與學習的觀點如何？其對科學教育有什麼樣的啟示呢？以下我們將逐一探討。

二、建構主義的意義與特徵

近一、二十年來，建構主義在教育界頗為流行及廣受肯定，尤其在科學教育的領域裡，更逐漸形成科學教育全面革新的一股主要力量（郭重吉，民85）。建構主義雖不是一個新興的理念，但各方學者所關注研究的卻有些許差異，因此，有所謂激進建構主義(radical constructivism)、社會建構主義(social constructivism)、個人建構論…等（參見趙金祁；許榮富；黃芳裕，民84）等流派產生。究竟什麼是建構主義呢？其意義與特徵如何？在探討其對科學教育的影響之前實有必要加以釐清，茲分述如下：

（一）建構主義的意義

建構主義（或稱建構論），許多研究者指稱這是一種知識的理論(a theory of knowledge)（如：詹志禹，民85；Bodner, 1986），也有的學者認為是一種動態的認識理論(a theory of knowing)（如：von Glasersfeld, 1995），而Cobb (1988)也曾指出建構主義是一種學習的理論。若要深究其內涵，則Tobin和Tippins (1993)所認為：「建構主義是探討知識獲得歷程與知識的本質是什麼的一種信念的總稱。」除此之外，von Glasersfeld(1989)所提出有關建構主義的兩項基本主張則廣泛被引用即：a)知識並非被動地接受，而是被具有認知能力的個體所主動建構出來的；b)認知的功能在於能夠適應環境，以及將所經驗的世界加以組織，而不是去發現客觀存在的現實世界。

以上這些學者對建構主義的闡述雖眾說紛紜，但仍可看出建構主義與知識論的探討有密切的關聯，且對學習的歷程也有一番新的詮釋。因此，我們不難理解，建構主義乃是探討有關知識的獲得或知識本質的一種理論，認為知識的獲得必須是透過具有認知功能的個體對於外在的經驗世界主動地加以組織的。它不僅僅假設了個體具備了建構知識的能力，更認為知識必須是學習者主動建構的，且與學習者的經驗有密切關聯，知識因而被認為並不是與生俱來等待學習者的觀察或發現它的存在的。

（二）建構主義的特徵

建構主義的主要特徵在於其異於傳統的哲學觀點，Konold和Johnson(1991)曾指出，建構主義所主張「知識是主動建構的」觀點似乎能夠擺脫經驗主義與理性主義長期以來的爭執與循環主宰教育活動的窠臼(p. 3)。在教育哲學史上，建構主義在認識論方面所提出可供選擇的觀點(alternative views)乃最為凸出。我們從Pompa(1990)的研究中可以見到，建構論的始祖Giambattista Vico說明了科學的意義是人類歷史活動的產物，及永恆的真理為與時間有關的認知等理念，可以瞭解到「真理」的被認知與時空的脈絡有所關聯，世界上似乎難有抽離時空脈絡獨立存在的真理，相同的道理，科學知識的意義是透過人類創造的歷史活動而產生的，並非自然早已存在那兒的。是故，建構論的典範具有下列三點特徵（趙金祁；許榮富；黃芳裕，民84）：

1. 人類從其生活的意識型態中，給予外在世界意義。
2. 外在世界的實體(reality)是無法直接得到的，必須經由人們自己去建構。
3. 真理是多方觀點的，配合人類追求生存發展的需要，不斷的形成演變。

亦即，建構主義在哲學上假設了人能夠賦予世界意義的能動性、詮釋世界的主動性和知識的多元、交互主觀性(inter-subject)，因此，建構主義認為知識是一種創造，也是一種發明。科學教育即在此建構論的意義及特徵的影響之下，使得研究的方向重新省思科學知識的本質為何？注重學習者學習科學概念的先前知識(prior knowledge)、原始想法及經驗，並且開始注意到學習者內心對於外在世界的看法，也提醒了科學教育者反思傳統的教學方式以及課程的安排。

三、科學知識的本質

科學的知識一向被視為有邏輯系統的、相當精確的，且必須可以用一套客觀的方法加以驗證的才算是科學知識，這也就是所謂「客觀主義」(objectivism)的

基本看法。然而，建構主義的觀點，由於強調個體在認知的歷程當中的能動性和主動性，即個體能夠主動對自然的現象或科學知識加以詮釋，因此，許多持建構主義的科學教育學者基於這樣的立場，認為傳統的科學知識觀認為有一客觀的知識體存在於這個世界，它可以直接傳給學生，學生就是一個知識的接收者，因而形成了學生視上課所教學的知識是理所當然，只要接收能運用即可，並不需要太多的思考或去質疑挑戰它。這樣的科學教育根本無法讓學生體驗出科學知識的形成歷程，因此是較沒意義的學習，當然更無任何創造性可言(Millar, 1989)。

Driver等人(1994)也曾提到Brook及其同僚(1989)的研究，在探討四至十六歲兒童對空氣物理現象的理解時指出：4-6歲的孩童認為空氣只是一種氣流並非物質；到了7-8歲已經知道空氣是物質(stuff)但卻仍無重量概念。這種的研究結果暗示了兒童對世界的看法會隨著年齡的不同而有所差異，且隨著其所在文化環境的經驗和語言而發展。換言之，學童會在其年齡發展的層次上會以自己的語言和經驗來解釋他所看到的外在世界，他們自己也在建構自己的科學知識。所以，就知識建構的論點而言，科學的知識已然摻雜了個人的價值觀和看法，並且也驗證了孔恩(Kuhn)所說：科學知識的本質是具有多樣性的；只要合於邏輯和經驗的都是真理（張鳳琴，民83）。

總之，就客觀主義而言，科學的知識即是存在於自然世界的現象和事實，它有規律可循也可以預測，並且可以重複被驗證的。而建構論的觀點則認為，這些科學知識和概念並非是放諸四海皆準的通則，每個人都會以自己的視野和想法來看待所處的世界，科學家用他們所發明的定理、公式和符號來詮釋世界，學生則有另一套異於科學家的表徵方式，科學家和兒童都在建構自己的科學知識，雖然層次上有所不同，但是建構的歷程皆以自己的經驗為出發點卻是相同的。當然建構論所提出的主張並不是想要取代客觀主義的看法，只是在科學教育改革的歷程當中指引出另類的思考和啟發。至於建構主義的理念基礎之上，學生是如何理解科學概念的意義？科學教師如何能夠「促進」學生建構科學知識？以下我們將再針對應用建構主義在科學教育上的理念加以討論。

四、以建構論為基礎的科學教育理念

科學教育的目標不僅僅是讓學生學習到課本的知識以及拓展經驗而已，尤其重要者是期望學習者能以不同的方法來思考和解決問題，進而培養豐富的創造能力及適應環境的能力。以建構論為基礎的科學教育理念，除了視科學知識乃是由個人主動建構所產生之外，它也是經由科學社群對話(dialogue)、辯證形成共識的結果(Kuhn, 1970)。從許多贊同建構論者所經常提到的兩位著名的心理學家皮亞傑(piaget)和維高斯基(Vygotsky)對於人類認知心理發展的討論和研究（幸曼玲，民85；Steffe & Gale, 1995）及知識社會建構論（甄曉蘭，民84；Berger & Luckmann, 1966；Gergen, 1985）的衝擊，科學教育以建構主義為基礎的學習觀與教學理念似乎可以歸結如下數點：

（一）建構論的學習觀

1. 強調學者的經驗：視學習者在教學前對所要學習的材料已存在有許多先前的概念(prior concept)，所以學習者學習新的材料的時候並非是一張“白紙”，

存在於學習者腦海中的相關概念有多也有少，此即個別的差異，而新知識的學習則是構築在這存有個別差異的先前概念之上。

2. 注重以學習者為中心：如前述建構主義的認識論所言，知識並無法像貨物般直接傳輸給學生，因此，學習科學的概念必須由學生主動的參與整個學習歷程，再建構(reconstruction)自己的意義，傳統的老師「說」學生「聽」的學習方式已不復存在。

3. 製造衝突的學習情境：學習的發生在於解決認知的衝突(cognitive conflict)或不平衡(disequibration)時基模所做的改變(Driver et al., 1994)，於是個人的學習被視為現有的概念與新經驗的交互作用的成果，並非只是新概念的堆疊(Millar, 1989)。

4. 尊重個人意見或原始想法：科學知識已有人類價值參與的空間，不再是絕對的價值中立，學生的科學概念可反映出學生在這社會大環境下所形成的理念（許榮富；黃芳裕，民84），基此，科學知識的學習必須與學生的生活社群有關，且必須是社群成員互動協調所形成的共識才具意義。

5. 注重互動的學習方式：科學的學習必須透過對話、溝通的方式，大家提出不同看法以刺激個體反省思考，在交互質疑辯證的過程中，以各種不同的方法解決問題，澄清所生的疑慮，並且逐漸形成能夠在科學社群中互動的正式的科學知識。

（二）建構論的教學觀

1. 從學習者的經驗出發：教師在教導科學知識之前應認真考慮學習者先前的（原有的）知識背景，以及現有的認知概念，亦即呈現的教學內容應在學生可能的建構區（甯自強，民82）範圍之內，與學生的經驗緊密結合才能引發學習者有意義的學習。因為新的知識必須依靠學生原有的知識才能穩固地成為學生知識的一部分（郭重吉，民81）。

2. 角色的調整：教師在教學的歷程當中已不再是一個知識的提供者，而是一個「協助者」，適時給予學生機會由學生自己去組合(combine)、批判(criticize)和澄清(clarify)新、舊知識的差異，進而再搭建起自己新的認知。

3. 佈置良好的學習情境：教師是學習環境的建構者(Millar, 1989)，以建構論為取向的教學應注重調整現有的教學材料、佈置適當的問題情境，製造學習者在認知上的衝突以引起學習者的反省及思考出解決問題的門徑，並非只是照本宣科而已。

4. 鼓勵學習者反省和思考：科學課程教材的安排雖無法兼顧多樣性的個別差異，但建構論取向所提供的教學則希望學習者能將昔日一直被視為理所當然的知識，例如：課本的知識，能夠再加以思考。教學時則提供較適合學生經驗背景的教材次序以促使學習者對學習對象有建設性的理解(Millar, 1989)。

5. 重視合作的學習方式：建構論的教學方式乃是異於傳統以教師或教材為主的教學，而是整個教學活動乃藉著師生、同儕充分的溝通互動、辯證協調、澄清以及再建構的過程以導引學習者非正式的先前概念更接近正式的科學想法，雖然整個教學的歷程可能必須花費相當多的時間讓學習者自己去建構知識，但卻是值得嘗試的。

綜上所述，建構論的教與學乃是基於人類的知識是經由自己的先前知識和自己的概念。經驗所構成的(Simon, 1995)，學習者必須自己透過主動的、互動的方式學習新的知識，教師不再是以自己的看法及課本現有的知識來直接教給學生，而是植基於學生的經驗世界的教學。而目前建構論本身並無一套固定的教學模式或教學方法，它只是一個認知和學習知識的理念（李暉，民82；Pirie & Kieren, 1992）。因此，將建構論應用於教學可視為一種反省的工具而不是一種教學模式（范毓娟、郭重吉，民84）。建構論的教學活動，老師和學生一樣同時在建構自己的知識，在整個學習脈絡中，教師必隨著教學情境的變化改變自己的知識和教學方式以因應學生學習，因此師生之間的感情、心智的學習活動彼此交融著，兩者的知識皆不斷的在此歷程中成長。是故，以建構論為基礎的科學教育教師本身除了是教學者之外，也是一位學習者(Driver et al., 1994; Millar, 1989; Simon, 1995; Tobin & Tippins, 1993)，這與我國教育傳統上所說的「教學相長」的理念正不謀而合。

五、建構主義對科學教育的啟示

目前我國教育領域裡，普遍存在著建構主義的影子，特別在科學教育界中更是明顯（趙金祁、許榮富、黃芳裕，民84）。科學教育可說是科技發展的根本，而科技發展的成果更是深深地影響著整個社會與我們的生活息息相關。為迎接這即將到來的第廿一世紀，未來的科學教育的發展應如何才能更上一層樓呢？建構主義的理念所帶來的下列四點啟示似乎值得大家參考：

1. 科學教育應培養學生應有的科學態度和涵養，例如：不迷信權威、積極主動地探究真象和批判的精神，以及培養學生邏輯思考與創造的能力。
2. 科學教育的教材不應只是陳列科學家歷年來所發現的結果，應從歷史的角度來看科學發展整個形成的過程，以及科學與日常生活之間的關係。
3. 科學教育工作者的素養應從科學史及科學的哲學基礎培養起，使其瞭解到科學的活動乃是具有人性價值的活動，科學也是人類社會的一部分並非只是自然現象的反照而已。
4. 當今科學教育的重整，除了從科學哲學的本質討論做起外，更應結合人文、社會與藝術等領域共同運作，給予人類感性的價值空間全面提昇國民生活品質以邁向未來新的21 世紀。

科學教育的問題極為複雜，建構主義雖不是解決教育問題的萬靈藥，但這種「另類的」觀點，作為思考、反省、規劃教育革新的參考的確具有極大的潛力（Tobin, 1993），建構主義在科學教育上不僅協助了科學教育工作者反省過去只注重記憶課本知識的傳統教學，也幫助了學習者不再盲目的接受現成的知識，培養反省、批判思考的精神以及解決問題（problem solving）能力，它正為著科學教育的發展開創出另一片沃土。

參考文獻

李暉（民82）。國中理化教師試行建構主義教學之個案研究。國立彰化師範大學

科學教育研究所碩士論文。

幸曼玲主編（民85）。皮亞傑與維高斯基的對話。台北市：台北市立師範學院兒童發展中心。

范毓娟、郭重吉（民84）。在國中理化課程中試行建構主義教學之個案研究。科學教育，6期，頁69-87。國立彰化師範大學科學教育研究所。

楊榮祥（民84）。建構論STS和實際教學－西澳的實驗學校－例一。科學教育月刊，176期，頁4-17。

許榮富、黃芳裕（民84）。當今科學概念發展研究賦予科學學習的新意義。科學教育月刊，178期，頁2-13。

張鳳琴（民83）。孔恩－哲學觀與我國科學教育的省思。科學教育月刊，175期，頁8-16。

郭重吉（民81）。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，20卷5期，頁548-570。

郭重吉（民85）。科學哲學的省思。教育研究雙月刊，49期，頁16-24。

趙金祁、許榮富、黃芳裕（民84）：建構論在科學教育研究的典範類型與應用（一）。科學教育月刊，180期，頁2-16。

趙金祁、許榮富、黃芳裕（民83）：當今通識教育理念賦予科學教育的新功能。科學教育月刊，171期，頁2-11。

甯自強（民82）。「建構式教學法的教學觀」～由根本建構主義的觀點來看。國教學報，5期，頁33-41。

甄曉蘭（民84）。合作行動研究－進行教育研究的另一種方式。嘉義師範學院學報，9期，頁298-318。

詹志禹（民85）。認識與知識：建構論VS. 接受觀。教育研究雙月刊，49期，頁25-38。

Berger, P. L., & Luckmann, T. (1966). *The social construction of reality*. Garden City, NY: Doubleday.

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.

Brook, A., Driver, R., & Hind, D. (1989). *Progression in science: The development of pupils' understanding of physical characteristics of air across the age range 5-16 years*. Centre for Studies in Sciences and Mathematics Education, University of Leeds, United Kingdom.

Cobb, P. (1988). The tension between theories of learning and instruction in mathematics education. *Education psychologist*, 23, 87-103.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scoti, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.

Gergen, K. J. (1985). The social constructionist movement in modern psy-

- chology. *American Psychologist*, 40(3), 266-275.
- Konold, C. & Johnson, D. K. (1991). Philosophical and psychological aspects of constructivism. In L. P. Steffe (Ed.), *Epistemological foundations of mathematical experience* (PP. 1-13). New York: Springer-Verlag.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. (2nd ed.) Chicago: University of Chicago Press.
- Millar, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, 11(5), 87-596.
- Nussbuaum, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11(5), 530-554.
- Pirie, S., & Kieren, T. (1992). Creating constructivist environments and constructing creative mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 23(5), 505-528.
- Pompa, L. (1990). *Vico: A study of the new science*. Camberidge: Cambridge University Press.
- Romberg. T. A. & Carpenter, T. P. (1986). Research on teaching and learning mathematics: two disciplines of scientific enquiry. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 605-629), New York: Macmillan.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145.
- Steffe, L. P., & Gale, J. (Eds.) (1995). *Constructivism in education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tobin, K. (1993). *The practice of constructivism in science education*. Washington, DC: AAAS Press.
- Tobin, K., & Tippins, D. (1993). Constructivism as a referent for teaching and learning. In K., Tobin (Ed.). *The practice of constructivism in science education* (Preface: ix-xvi), Washington, DC: AAAS.
- von Glasersfeld, E. (1989). Constructivism in education. In T. Husen, & N. Postlethwaite (Eds.). *The international encyclopedia of education. Supplementary Vol. 1*, pp.162-163. New York: Pergamon.
- von Glasersfeld, E. (1995). A constructivist approach to teaching. In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.). *Constructivism in Education* (pp.3-15). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.