

# 英國科學教育研究之新方向

蘇育任

(國立台中師院數理教育  
系副教授)

## 摘要

英國中小學自然科學教師，近年來普遍對教育研究的價值與功能提出質疑，他們認為師資訓練課程中的教育科目，並非精確的科學，在許多方面都沒有清晰無疑的定論。教育研究對學校教師似乎只適合發表在學究的冷僻期刊上，和他們的實際教學毫不相干。

為了因應來自教師們的挑戰，英國科教界集合了教育學者、科學研究者及科學哲學家等，群策群力，嚐試找出合適的方法，期能針對教師的實際需要，使科教研究有所突破，行動研究法(action research)便是廣泛被採用的一種方法。

本文首先探討這一趨勢的衍生經過，了解這些學者的對談(discourse)，重新認識教育研究對科學教育的價值。為收觀摩之效，更描述兩個目前在英國推展極為出色的研究方案，細加探索，當能掌握英國科學教育研究之最新動態。

## 壹、前言

近年來，不管是在教育學術研討會中或是在教師進修的機構內，英國中小學的任教教師對教育研究普遍存有反感，常常提出質疑，因為他們認為這些研究對教師教學上的實際需要毫無幫助。換言之，他們認為教育研究鮮能提供教師實用的資訊以利於擬訂

教學策略，或有助於輔導學童之學習。目前儘管有關學習心理學的書籍汗牛充棟，且有關學習的研究也一直是教育學者的焦點，但教師們對這些研究結果往往具有排斥感，蓋因其若非過於偏向理論便是太過抽象，有些則使人感到太冗繁，難以理解。尤有甚者，凡經實驗設計嚴格控制所得結果，適合發表於研究期刊者，或許對學者或研究生有用，但對整天忙碌不已，且工作環境不盡理想的教師們，這些研究的吸引力委實有限。加以論文中所使用的語言、術語，更令教師們望之卻步。其實這些教師們的反應是十分自然合理的，他們的意見應當受到充分的重視，試想：絕大部份的教育研究，儘管以學生為受試者，以學校為環境，但仍算是一種「純研究」(pure research)，往往鮮能指出應如何運用到實際的教學上去。此外，許多教育研究者久已和中小學的教育脫節，無法真正領會老師們的感受，結果使得他們無法做些具有實用導向的研究，只好專往學術取向的專題研究發展，難怪對教學實際無所裨益。然而，教師的需要卻是更實用、更直接，任何研究必須有助於使其了解教學，了解學生，使其專業生涯得到幫助。在這片呼聲中，教育研究似乎必須更弦易轍，作全新改變以為因應，嚐試新方法，冀能針對教師的實際需要，並以教師可理解、願接受的方式來進行。

英國科學教育界的學者，為了因應時勢，糾合教育學者、科學家及科學哲學家，分別從各領域深入探討如何改善上述情況。他們認為問題癥結不只在教育研究者本身，也在於對人的看法必須有大幅度的改變才行(Fontana, 1983)。以前依據行為主義的教學，教師訂定標準，提供外在動機，進行教學並評量學生是否達到教學目標。但現今則認知心理學盛行，根據建構主義(Constructivism)，學生是有理性和創造性的個體，會主動地對其所居住的世界中各種現象，做出有意義的解釋(Herron, 1984)。他們重新對George Kelly所提倡的「個人構念心理學」(Personal Construct Psychology, PCP)加以深入理解，並審察其與教育的關聯，研究如何運用其原理作為兼具理論性與實用性的研究工具(Pope & Keen, 1981)。PCP的中心原



理是：「人類乃社會實體的建構者，社會實體存在於人的腦海中，而非孤立存於外在世界的客觀實體。……每個人都是個別的科學家(personal scientist)。」(Kelly, 1955)這種科學哲學的觀點，不但突顯了知識傳遞過程中師生互動關係的重要性，也改變了對科學知識與科學學習的傳統看法。

## 貳、科學的本質與學習

科學研究與科學教育的共同目標，均致力於增加吾人對此世界中各物理現象的了解，而建立系統性的概念。目前盛行在英國科教界的觀念認為：學習科學的歷程必須和科學家真正從事科學研究的歷程力求一致。(Harlen, 1985)這也正是 Rosalin Driver 揭櫫的「Pupil as a scientist」概念(Driver, 1983)。

當科學家有了新發現或運用現有原理進行更廣泛的實驗時，科學概念亦隨著改變。為了解新的事物，科學家便運用現存的概念，並檢驗其在新的研究領域所能適用的程度。檢驗的結果可能證實目前的理論確實合用，且有助於了解新的情境或觀察結果，否則即須依據新的研究發現對該理論加以修正，甚或完全予以拒斥。以上乃從事科學研究的一般模式：經由實驗證據，確立、修正或拒斥科學理論。

根據上述科學研究的模式，Harlen(1985)提出了「學習科學的模式」(a model of learning science)強調教學設計必須配合學生的生活經驗與已學到的科學概念技能，模仿科學家做研究的歷程，對教材中的概念，「重新」予以探討研究，期望學習科學的歷程和科學家真正從事科學研究的歷程儘量一致。她認為學生經由動手做實驗(hands-on activity)，能夠建構屬於自己的科學概念，這樣的科學概念對其本身方有意義，因為這是他自己動手做所「發現」出來的。這種科學概念不再是科學家的，不再是大人的，也不再是老師灌輸的，而是自己的(ownership of the ideas)。

此一學習的模式涵括三個成份：①學習經驗（必須在學生所

能理解的範圍內且又需具有挑戰性），②既有概念(the existing ideas)及③過程技能（聯結與驗證的技能）。以上三者息息相關，作為重要的學習準則，方可設計出合宜的學習活動，配合學生已有的經驗、概念及技能，並可培養學生的過程技能，如此方能使學生增進其運用與驗證科學概念的方式。這樣的學習歷程，才能產生真正的科學知識與理解，也才能在日新月異的變遷下因應各種新的發現。這種學習歷程是日日新、苟日新，絕無止境的。誠如 Stephen Hawking(1988)所云：

任何自然科學的理論經常都是暫時性的(provisional)，就某方面的意義來看，它只不過是一個假設(hypothesis)：永遠無法加以證明。不管有再多次的實驗結果與某一理論完全符合，你永遠無法確定下一次的實驗結果絕不會和該理論相違。反之，只要你單單發現有一次實驗結果和該理論的預測不相符，則該理論就被推翻了。

今日一般人對科學的認識卻不是這樣子，反而誤認科學的本質是(Martin, 1972)：

- 客觀的(objective)
- 能產生最終極的真理(ultimate truth)
- 可證明事物
- 具有明確定義且為獨特之學科
- 有獨特的科學方法
- 完全不涉及任何價值判斷(value-free)

以上這種對科學本質的誤解，普遍存在於中小學自然科教師的心裏，他們對教育研究的苟責非難，莫不皆導源於這種誤解。

## 參、教育研究對科學教育的價值

那麼，從事科學教育的教師們，應當如何看待教育研究呢？教育研究對他們又有些什麼實質的幫助呢？首先，不妨思考一下科學研究和教育研究的主要相似點，例如：

1. 皆致力於更多了解人類的經驗：科學著重於了解物質世界並



將所得知識應用人類生活上；教育研究則重在了解有關教與學兩方面的原理、原則，以資應用。

2. 皆為人類社會的重要資產。
3. 均廣泛採用各種研究方法進行探究活動。
4. 均奠基於先前所發現的知識與概念上。
5. 所得知識均是暫時性的 (tentative)，經常會受新發現的證據考驗。
6. 皆會受到價值觀之左右。
7. 其研究發現能否被接納將視社會的接納程度而影響。(Harlen, 1991)

了解兩者的相似點，使我們可以肯定教育研究的價值，教育研究對人類的貢獻，一點兒也不亞於科學研究，它們都是人類社會重要的資產。但是這兩者之間仍有一些不同點，故我們絕不可用對自然科學研究的那種期待，要求教育研究也必須像科學研究一樣。比方說，嚴密的實驗控制在教育研究中鮮有可能，也並非絕對的要求。教育研究的這種限制，使我們更能體會 Stenhouse (1982) 為何將教育研究定義為：有系統的研究，並將結果公諸於世 (systematic enquiry made public)。

教育研究使我們了解教學和學習的基本原理，以及人類的知識概念怎樣獲得，儘管它並非十全十美，但對於有效地教導學生仍有助益；今日之教育研究則進一步幫助自然科教師，藉著充分了解一科學活動的來龍去脈，認識科學概念是怎樣形成的，方能有效地把該學科教好。科學教育的潮流變成「參與科學活動」，透過親手操作，學生建構了自己的科學概念。不獨如此，英國科教界也運用這種原理，鼓勵教師「親手作研究」，教師們成為研究者，在實際教學中去探討科學教學的種種問題。綜合上述，教育研究的新方向，在研究人的行為，一方面探討如何組織適宜兒童學習能力的教材，採用適合兒童概念形成的教法，並以系統的科學方法來評量其學習結果；一方面則由受過科學教育的中小學教師，親自參與研究，探討科學教學的種種問題。

## 肆、科學教育研究的新方向—兩個例子

(一) 科教行動研究方案(The Science Teaching Action Research Project)

本研究是英格蘭中部利物蒲大學的 Russell 和 Harlen 兩位教授主持，旨在培養學生的過程技能。採用行動研究(action research)，使教師經由實際操作的經驗，自己先真正掌握了科學的原理原則，進而希望他們在教學時，能把這些自己建構的實際經驗，傳承到學生身上，使學生也能產生這種「真正掌握科學原理原則」的經驗。研究的目標在找出幫助國小教師如何教導、鼓勵並培養學生使用科學過程技能。所要培養的過程技能依定義可分八個範疇(Russell & Harlen,1990)：

觀察(observation)

解釋數據(尋找規律性，預測)

提出可觀測的研究問題

提出研究假設

計劃研究步驟

測量

記錄

批判性反省

本研究方案分三個階段進行：

1. 蒐集基線數據—首先針對八類過程技能，利用教室觀察法，配合紙筆測驗和實際操作等方法，對學生施與成就評量，然後送交參與研究的五十位老師作為參考。
2. 確定教學目標—教師依據先前的觀察，並衡諸本身在課堂教學的實際情況，確立研究開始後，本身教學中擬變化且可能實現的目標。
3. 集思廣益—每一位教師將自己所欲改變的目標說出來並由相互討論中，截長補短，予以改良修正。共同設計評量表及觀察表，評量後相互比較，以作為教師教學的回饋，並



判斷是否達成所欲的教學目標。在最後這一階段，每一位教師必須與另一位教師合作，並將自己發現有效的教學策略傳遞給這位伙伴。

在整個方案進行中，學生成就評量與教室觀察乃用來提供起始的數據，且不時用來當作教師的反饋，因以上的資料較其個人的感覺更為客觀，可作為決定的依據。本研究方案成果豐碩，可概述如下(Russell & Harlen, 1990)：

1. 總計有五十位教師參與這項行動研究，他們十分了解自己教學的角色在於幫助學生培養科學過程技能。
2. 他們實際參與研究教學的整個經驗，彙整出版成三本書，可正式提供其他教師參考，並且在其學區內經由較非正式的座談與溝通，促進了研究成果的推廣。
3. 參與研究的學童，大大增加了學習的機會與成就。
4. 就地方教育當局而言，轄區內的教師對科學教學更具信心，且樂於協助其他同仁。

#### (二)科學過程與概念之探究方案(SPACE)

本研究方案係由Schilling, Hargreaves及Harlen等人(1990)合作主持，其目標在經由過程技能來培養科學概念，探討學童之科學概念，並以其作為學習之起點。許多研究業已證實兒童本身對其周遭環境中的事物，皆有一套自己的想法，並據之以解釋自然界中所發現的事物(參見SPACE reports, 1990)。

本研究小組計劃人和任課教師合作，確認一些教學策略對日常課堂上的實際教學有益。在實際教學時，學生欲習得一科學概念，必須先使其身歷其境(或操作、或觀測)，例如在一項研究中，欲探測學生在“蒸發”(evaporation)這一單元中，如何了解水蒸發時發生什麼現象，則必須讓學生親自觀察下列諸現象；水從地上的泥坑中消失，濕衣服乾燥……等。在這一個“經驗”的階段中，學生必須使用文字或圖形，將所發生的現象詳細記錄下來，然後全組整理出一個共同的報告，在全班共同討論時，提出報告。這些活動都只不過是

平常課堂活動之一部分，但在受過訓練參與研究的教師心中，這些活動卻可提供作為了解每個學生概念發展的好工具。

參與本研究計劃的教師們，皆因其親身的經驗而起了一種極大的改變，更可貴的是他們認為並非外在的人或事物，促使他們改變，而是因著本身的參與，他們從實際的教學研究中，獲得了真正的學問，這些知識是不假外鑠的，而是他們自身發現的，真正成為他們自身的一部分。

以上所舉二例，僅為犖犖大者，全英各地有關類似的研究方案正方興未艾，蔚成風氣。此研究方式係以實際教學為基礎(classroom-based)，教師成為研究者，可提高參與感及成就感，教育研究與教學活動亦可密切配合。尤其可貴的是，它更成為科學教師在職進修最有效的一種方式，在每日的教學與研究中，潛移默化，提昇其科學教育之智能。特別值得推許的是在這波風潮中，科教學者均能熱心參與，不憚其煩地參與各種研究設計與討論，提供適切幫助，由於科教學者與教師們密切合作，方能產生良好而有用的研究成果。

### 伍、結論

長久以來，對一般教師而言，教育研究是毫不相關、遙不可及的東西，是發表在冷僻的期刊上卻和教學完全脫節的知識。但最近則大有改變，教師們正大力參與研究（不拘是在職進修，進修更高學歷或者是個人為提昇專業的學術研討會等），正因如此，他們在日新月異的變遷中，得以充分運用他人所發表的研究成果。也藉著親身參與研究，學校教師們可針對學校效能、課程分化等學校中所遇到的難題，一一研究以求解決。行動研究對政策制訂與各階層的教學均有實際而深遠的影響。

在瞬息萬變之今日世界中，發展科學教育實乃刻不容緩之務，對學校中之科學教學，更需深切留意，蓋失之毫厘，則謬以千里也！今日教育之進步神速，吾等必須廣泛蒐集資訊，他山之石可



以攻錯，由英國科教研究發展之動態，反省國內之教學現況，或有所裨益也。

## 伍、參考資料

- Driver, R. and Erickson, G. (1983). Theories in action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, Vol.10, pp.37-60.
- Fontana, D. (1983). New perspectives on classroom learning. *British Educational Research Journal*, 9 (2), pp.167-171.
- Harlen, W. (1985). *Teaching and Learning Primary Science*. London: Paul, Chapman Publishing.
- Harlen, W. (1991). Research in the service of science teachers. Paper presented at the ASE meeting, Aberdeen.
- Hawking, S.W. (1988). *A Brief history of time*, London: Bantam Press.
- Herron, J.D. (1984). Using research in chemical education to improve my teaching. *Journal of Chemical Education*, 61 (10), pp.850-854.
- Kelly, G.A. (1955). *The Psychology of Personal Constructs*. New York: Norton.
- Martin, M. (1972). *Concepts of science education: A philosophical view*. Glenview, IL: Scott, Foresman and Co.
- Murphy, R.J. and Torrance, H. (eds.) (1982), *Evaluating Education: issues and methods*. London: Haeper and Row.
- Pope, M.L. & Keen, T.R. (1981). *Personal construct psychology and education*. London: Academic Press.
- Russell, T. and Harlen, W. (1990). *Assessing children in the primary classroom: Practical Tasks*. London: Paul Chapman Publishing.
- Schilling, M, Hargreaves, L., & Harlen, W. (1990). *Assessing children in the primary classroom: Written Tasks*. London: Paul Chapman Publishing.
- SPACE reports (1990), *Evaporation and Condensation*. Liverpool: University Press.