

# 中國科技專家參與高中 科學教師培訓的實驗研究

霍益萍\*

## 摘要

「科教合作」是國際教育改革的潮流和趨勢。本文試圖以一個科技專家培訓高中科學教師以提高其指導學生開展研究性學習能力的實驗專案為例，展示中國中等教育改革的變化動向。本文首先用調查資料說明，世紀之初中國普通高中新課程中增設的內容「研究性學習」實施不力，教師普遍缺乏指導能力成為制約因素之一，接著闡述專案的設計思想與實施效果，分析科技專家從事教師培訓的優勢和困難。本文認為，「科教合作」是提升教師素養的有效方式，科技專家和科學教師之間有較大的專業差異，形成新的合作共同體需要由教育學者為仲介，建立新機制並構建了解、尊重、調整、學習的合作文化。

**關鍵詞：**中國中等教育改革、研究性學習、教師培訓、科教合作、科學教育

---

\*霍益萍，上海華東師範大學教育學系教授

電子郵件：yphuo@dedu.ecnu.edu.cn

來稿日期：2010年5月5日；修訂日期：2010年5月17日；採用日期：2010年6月7日

# **The Role of Scientists and Technicians in the Training of Science Teachers in Senior High School —— An Experimental Project of China**

Yi Ping Huo<sup>\*</sup>

## **Abstract**

The collaboration of scientists and science educators is becoming a trend in the international education reform. This article presents an experimental project of enhancing science teachers' capability by the participation of scientists and technicians. The fact that China didn't succeed in implementing the “project-based learning” in high school is seen in teachers' lack of capabilities of guiding students in research. To deal with this problem, the article designs the project of enlisting scientists and technicians as the trainers of science teacher. One finds that the collaboration of scientists-technicians and science educators is effective in improving teachers' capabilities.

**Keywords:** Secondary education reform in China, project-based learning, teacher training, science and education collaboration, science education

---

<sup>\*</sup> Yi Ping Huo, Professor, Department of Education Studies, East China Normal University

E-mail: yphuo@dedu.ecnu.edu.cn

Manuscript received: May 5, 2010; Modified: May 17, 2010; Accepted: June 7, 2010

## 壹、前言

中國於1922年正式設立的普通高中，在1995年後進入快速發展時期。世紀之交，面對國內外社會、經濟、文化變革的新形勢，中國政府加大普通高中課程和教學改革的力度。此次改革強調創新精神和實踐能力的培養，立足於奠定學生終身發展的知識和能力，是中國建國以來普通高中課程教學領域最深刻的改革。

2000年中國教育部規定在高中增加一門研究性學習（或稱基於問題的學習、專題研習、project-based learning、project learning）新課程。該課程作為全體高中學生的必修課，全年288課時，<sup>1</sup>平均每週3課時，是一種讓學生通過自己觀察和提出問題，通過與小組同學的共同協作，通過親自實驗和調查等活動蒐集和分析各種相關資訊，最後解決其問題的學習活動（中國教育部，2001）。它將科學家開展科學探究的過程引入學校教學過程，是培養學生批判思考能力、實踐能力和解決問題能力、激發其求知欲望和創造欲望的有效途徑。隨後，中國教育部在新頒布的普通高中課程改革方案中，再次規定：

研究性學習活動是每個學生的必修課程，3年共計15學分。設置研究性學習活動旨在引導學生關注社會、經濟、科技和生活中的問題，通過自主探究、親身實踐的過程綜合地運用已有知識和經驗解決問題，學會學習，培養學生的人文精神和科學素質。（中國教育部，2003：5）

研究性學習在普通高中開設後，受到了學生的熱烈歡迎。2002年一月天津實驗中學參加研究性學習課程學習的273名學生中，有97.2%的學生表示，即使高考不考研究性學習，他們也願意參加該課程的學習（薛靜堯、張英群、鐘國娟，2004）；但教師態度和學生完全相反。2001年三月河南一所高中的調查結果顯示：49%的教師反對開設這門課程（霍益萍，2001）。為什麼師生反差如此明顯？主要原因之一是中國高中教師比較擅長訓練學生掌握書本知識，而普遍缺乏指導學生開展科學探究的能力。要從單純地圍繞教材、教學參考資料和習題的釋惑解疑轉向指導學生開展基於問題的項目研究和學習，對高中教師來

<sup>1</sup>「課時」，指上課的單位時間。中國普通高中一般45分鐘為一課時，也有40分鐘或50分鐘為一課時。

說是個有相當難度的自我跨越，他們需要支援和幫助。

2002年中國國務院著手起草《全民科學素質行動計畫綱要》，強調未成年人科學素養在創新型國家發展戰略中的重要地位，明確提出：

建立科技界和教育界合作推動科學教育發展的有效機制，動員高等學校、科研院所的科技專家參與中小學科學課程教材建設、教學方法改革和科學教師培訓。（中國國務院，2006：15）

科技專家掌握並創造科學知識，以科學方法的應用為職業習慣，其工作本身就崇尚、分享並體現科學精神，從理論上說，他們應該是高中科學教師天然的、最好的合作夥伴。因此「科教合作」成為《全民科學素質行動計畫綱要》明確提出的一個理念和任務。但是，如何讓科技專家能在完全不同的領域中更好地發揮作用，還有很多問題尚待解決。本文擬就八年的實驗對此問題展開討論。

## 貳、「科教合作」的實踐與研究

### 一、科教合作的生動實踐

科研機構或科學家涉足基礎教育界課程和教學改革，最早始於二十世紀五〇年代初期的美國（Footlick, 1966）。1957年蘇聯人造衛星升空，更刺激美國社會各界人士對中小學科學教育問題的關注，引發了科學教育改革，其顯著標誌就是由科技界和教育界共同研發一系列中小學科學課程。自此，參與中小學科學教育改革成為美國科技界的一個主動行為（Footlick, 1966）。從八〇年代中期開始，面對國際競爭壓力和各種全球性問題，「公民素質」在綜合國力中的重要性被凸顯。1985年美國啟動的「2061計畫」（Project 2061）（美國科學促進會，1992）首次提出「科學素養」的概念，認為沒有科學素養的民眾，美好世界的前景是沒有指望的（中國科學技術協會譯，2001）。所謂科學素養，包括科學、數學和技術方面的知識和技能，科學的思維習慣，對自然科學的理解，科學素養對每個人的影響及其在社會中的作用（中國科學技術協會譯，2008）。當「科學」從原來定位為一個獨立的、有自成體系的內在結構和方法

乃至某種精神的學術領域，轉向更強調它與人類社會進步和學生個人發展的相關性時，科學教育邏輯也發生了變化：其目標從培養科學家轉向培養有科學素養的公民，科學家探索未知領域的方法被借鑑到教育界後，發展為「動手做」（hands-on）的科學教育模式，科技界支援教育界的力度也不斷加強。美國國家科學院前主席Bruce曾說道：

作為科學家的我們現如今正站在一個特殊的歷史階段，所有的需求都朝著同一個方向推進。因此，我們需要有真正的機會來為這個國家做非常重要的事情。這就要求科學界擺脫傳統束縛，齊心協力為那些在學校裡為我們的孩子教授科學的教育工作者們做出貢獻。當然，這還需要決策者的幫助，他們將通過聯邦支援鼓勵和加速這一科教合作的進程。（Bruce, 1994: 32）

美國「2061計畫」對世界產生了極大影響，各國紛紛推出各種「科教合作」的計畫。法國「動手做專案」（La main à la pâte）、中國科協的「做中學」專案（「做中學」科學教育專家組，2004；韋鈺，2007）、英國「教師——科學家網路」（Teacher scientist network）、印度的「國家天才研究計畫」（National talent search）、菲律賓「科技教育計畫」（A science and technology education plan, STEP）等，都是科技專家與中小學教師合作的範例。2004—2006年間聯合國教科文組織在拉丁美洲和加勒比地區、亞太地區、非洲地區和阿拉伯地區先後召開了4次題為「架起科學家和科學教育工作者之間的橋樑」的區域性研討會（UNESCO, 2004, 2005, 2006a, 2006b），對各國科技專家參與中小學的課程政策研製、課程大綱和教材編寫、教師培訓和學生的科學學習起了積極的推動作用。

## 二、「科教合作」的相關研究

「科教合作」共同促進中小學科學教育改革，已經成為近三十年國際教育改革的潮流和趨勢。相對於生動的實踐活動，理論界對此問題的討論卻不多。Morrow（2000）認為，以往很多科學家都訪問過學校，為教育和面向公共做科普宣傳。這種參與雖然重要，但僅發揮了科學家一小部分作用。科學家完全可以通過更廣泛更深入的參與方式來提高和改善科學教育。為此，Morrow（2000）提出一個分析框架：從倡議者、資源提供者和合作者等三個層面來描述科學家參與中小學科學教育的不同程度。相關研究表明（韋鈺，

2007, 2008; 霍益萍、王建軍, 2007; Caton, Brewer, & Brown, 2000; Dresner & Worley, 2006; Fortner, Corney, & Mayer, 2005; Kahle & Kronebusch, 2003; Von Secker & Lissitz, 1999), 與科學家合作是影響教師理解科學、科學學習和教學的有力方式, 最終會直接帶來學生科學素養的進步。所以科學家作為科學教育合作者角色, 尤其是在教師專業發展中, 已經日漸重要。因此, Loucks-Horsley、Love、Stiles、Mundry與Hewson (2003) 建議, 有品質的教師專業發展的原則之一, 是為教師提供與其他的專家(科學家)團體一起工作的機會。同樣有研究者認為(Dolan, Soots, Lemaux, Rhee, & Reiser, 2004), 科學家和教育工作者的合作可使雙方互利, 科學家在為K-12教育提供資源和專業知識的同時也能從中獲益, 例如提高教學技能, 與更廣泛的聽眾就研究進行溝通, 也學習教育理論。

研究證明中小學教師和科學家之間存有不同的文化(Carr, 2002; Don Duggan-Haas, Hedy, Brendan, Penny, Charles, & Jonh, 2000; Duggan-Haas, 1998; Turner, Miller, & Mitchell-Kernan, 2003)。例如, Duggan-Haas (1998) 從新教師由科學系統過渡到教師教育這一視角, 發現培養科技專家的科學系統之文化在很多方面與教師教育專業不同。科學系統之文化被描述為典型的教師中心, 以講座為基礎、競爭性強; 相反地, 教師教育文化體現在課堂上是以學生為中心, 以討論為基礎的合作性學習。看來一個專案的每個教學特徵(講座的使用, 合作學習, 教科書的使用和評估方法)在另一個專案中都被顛倒過來(Duggan-Haas, 1998)。Carr (2002) 通過一個文化差異模型, 分析科學家和教師合作的跨部門項目, 發現包括不同的學習方式等幾個顯著的差別: 在教師教育部門, 每個人都被視為一個合作學習者, 知識的獲得不僅通過個人努力, 而且是交流和對話的結果; 相對的, 在科學部門, 學習是由專家提供的知識同化。總的說來, 教師是在一個更加合作的文化中被培育的, 而科學家的文化則更為孤獨。

Thompson (2003) 發現, 教育工作者對科學術語/概念的熟悉程度(如實驗設計, 資料分析, 以觀察或實驗為根據的研究, 問題解決方法, 驗證假設等)明顯高於科學家對於教育術語(如課堂管理, 動手做, 國家科學教育標準, 建構主義學習理論, 以探究為基礎的學習等)的熟悉程度。科學家對國家科學教育標準的內容更是知之甚少。有研究者對若干成功的「科教合作」項目提出總結, 認為其經驗主要是: 科學家能了解學校和教師的需要; 科學家和科學教師能相互尊重彼此的知識和技能; 比較成功的「合作模式」, 是先從個別



的科學家、個別的教師和少數學生開始，待營造了一個「共同體」之後再予擴大，吸收更多的教師和學生參加（Munn, Skinner, Conn, Horsema, & Gregory, 1999）。上述分析，對於思考科教合作中教師和科學家不同的專業文化有參考作用，但具體如何構建新的合作文化方面上還缺少實證研究。

### 三、實驗專案的設計

#### （一）研究性學習的實施現狀

中國教育部（2000，2004）對學校層面研究性學習的開設有以下基本規定：面向全體學生的必修課、獨立開設、貫穿高中3年、288課時或15學分。2004年和2008年七月，課題組利用開展教師培訓的機會，曾經先後兩次就普通高中「研究性學習」的開設現狀與問題，對參訓的高中科學教師進行問卷調查（如表1）。

表1 兩次調查的樣本抽取情況表

| 項目 \ 時間 | 2004年七月                  | 2008年八月                 |
|---------|--------------------------|-------------------------|
| 調查人數（人） | 662                      | 350                     |
| 調查學校（所） | 85（其中88%為省市重點中學）         | 86（其中85%為省市重點中學）        |
| 調查省份（省） | 25                       | 28                      |
| 任教學科    | 數學、物理、化學、生物、信息技術、地理等六門學科 | 數學、物理、化學、生物、信息技術、地理六個學科 |

除人數外，兩次調查的學校層次、覆蓋省份、教師任教的學科等總體上相差不大，其中有50%的學校兩次皆參與了是項調查。調查結果統計如表2—表8。

表2 教師在學校擔任過研究性學習指導教師的情況表

單位：%

| 年份   | 擔任過   | 從未擔任過 |
|------|-------|-------|
| 2004 | 71.34 | 28.66 |
| 2008 | 58.50 | 41.50 |

表3 學校研究性學習的開設方式表

單位：%

| 年份   | 獨立開設  | 結合學科開展 | 以興趣小組方式開展 | 其他方式 |
|------|-------|--------|-----------|------|
| 2004 | 34.57 | 22.31  | 38.71     | 4.41 |
| 2008 | 25.40 | 22.80  | 45.60     | 6.20 |

表4 學校研究性學習的開設年級表

單位：%

| 年份   | 所有年級開設 | 高一高二開設 | 高一開設  | 所有年級未開設 |
|------|--------|--------|-------|---------|
| 2004 | 14.48  | 66.26  | 17.57 | 1.69    |
| 2008 | 15.30  | 65.0   | 12.10 | 7.60    |

表5 學校對學生修習研究性學習的要求表

單位：%

| 年份   | 所有學生修習 | 大部分學生修習 | 小部分學生修習 | 所有學生不修習 |
|------|--------|---------|---------|---------|
| 2004 | 64.57  | 17.95   | 15.64   | 1.84    |
| 2008 | 59.49  | 15.87   | 20.96   | 3.68    |

表6 學校研究性學習的時間分配表

單位：%

| 年份   | 每週3課時 | 每週2課時 | 每週1課時 | 每月1—2課時 |
|------|-------|-------|-------|---------|
| 2004 | 12.84 | 33.49 | 41.90 | 11.77   |
| 2008 | 10.60 | 30.46 | 36.75 | 22.19   |

表7 教師認為開展研究性學習的主要困難表（選擇人數從多到少排列）

| 年份   | A    | B      | C      | D       | E      | F       |
|------|------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 2004 | 高考壓力 | 物質條件限制 | 教師素質偏低 | 家長不支持   | 學生能力有限 | 學校領導不重視 |
| 2008 | 高考壓力 | 物質條件限制 | 學生能力有限 | 學校領導不重視 | 教師素質偏低 | 家長不支持   |

表8 教師自我感覺最明顯的困難表（選擇人數從多到少排列）

| 年份   | A           | B          | C           | D           | E             | F            |
|------|-------------|------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| 2004 | 難以確定課題的研究價值 | 不了解研究的前沿動態 | 不知道如何確定課題   | 不知道如何設計研究方案 | 無力指導學生有效地蒐集資料 | 無力指導學生形成研究報告 |
| 2008 | 難以確定課題的研究價值 | 不了解研究的前沿動態 | 不知道如何設計研究方案 | 不知道如何確定課題   | 無力指導學生有效地蒐集資料 | 無力指導學生形成研究報告 |



上述調查資料顯示，儘管中國教育部要求開設研究性學習已經多年，但是中國仍有很多學校實際上並未認真執行教育部課程計畫，未嚴格按照學分和課時規定開設研究性學習，其原因在於制約學校開設研究性學習的困難包括教師的指導能力問題，延續數年並未得到根本性的解決。

## （二）研究性學習對教師的要求

研究性學習作為一種「問題解決」的學習方式，儘管最早可以在杜威教育理論找到思想淵源（Dewey, 1916），並在美國的教育改革中看到實踐模式，但是成為一種受到普遍推崇的教育改革新理念和目標卻是1980年代中期以後（Hurd, 1984）。它期望通過學生將某些學科概念和原則的學習置於「現實問題」的背景上，一方面為學生學習這些概念和原則提供意義背景，另一方面促成學生對「真實問題」的關注，培養他們參與解決現實問題的意識和能力。

對於教師來說，圍繞「知識掌握」的學習和圍繞「問題解決」的學習是兩種完全不同的教學方式。前者通常由課堂導入、概念講解、實驗驗證、課堂練習、教師糾錯、內容總結、課後作業和複習等環節組成。後者則要

引導學生能描述物體和事件，能提出問題，能做出解釋，能根據現有的科學知識對所作解釋加以檢驗，能把自己的看法和意思傳達給別人。（戢守志、金慶和、梁靜敏、張鐘、程永來譯，1999：2）

在研究性教學中，為了使學生處在一種能動的學習過程中，教師的作用主要為：激發學生的學習動機，引導學生學習自我調節學習過程；為學生提供各種資料和幫助（李其龍，2003）。面對這樣一種全新的課程，高中教師很自然地缺乏指導學生開展研究性學習的能力，而且這種能力的缺乏在中國仍相當普遍。這成為中國高中新課程改革推進過程中一個迫在眉睫必須解決的問題。

## （三）實驗方案設計

從2002年起，配合中國國務院《全民科學素質行動計畫綱要》的研製，中國科學技術協會青少年科技活動中心主動設立一個「科教合作」的專案，意在組織科技專家參與中小學的科學教育改革，霍益萍擔任該專案的執行組長，開始組織科技專家參與高中科學教師培訓的實驗與研究。隨後，該項目被列入中國國家「科學教育與培訓基礎工程實施方案」中（中國教育部，2007）。

針對高中教師的職業特點和新課改的實際需求，在實驗方案中提出如下設計理念（霍益萍、王建軍，2007）：

1.把培訓的重點放在提升教師指導學生開展研究性學習和科學探究活動的能力上。這是新課程實施以來教師普遍面臨最大的困難，也是中國現有的教師培訓機構難以幫助教師解決的問題，但卻是科學家們最擅長的強項。根據此一指導概念，第一輪培訓中整個培訓內容設計為五個模組（如表9）。

表9 高中科學教師培訓內容設計模組表

| 單元名稱        | 活動內容                                      |
|-------------|-------------------------------------------|
| 學科動態        | 介紹與中學科學教育相關的本學科發展態勢。                      |
| 如何選題        | 學習發現和提出問題，重點解決「問題的價值判斷」。                  |
| 如何撰寫開題報告    | 了解撰寫開題報告的目的和格式，重點解決「要研究的問題」和「技術路線設計」兩項問題。 |
| 如何撰寫科技論文    | 了解科技論文的格式，重點解決「資料討論」的寫作問題。                |
| 如何組織答辯和評價學生 | 學習答辯技巧和評價方法，重點在「答辯報告內容設計」。                |

資料來源：霍益萍、王建軍（2007）。

2.教師是個實踐工作者，所有的新教育理念不僅要解決「為什麼」、「是什麼」的問題，更要解決「怎麼做」的問題，真正落實到課堂上的實際操作。尤其考慮到教師能力提升既非一日之功，也不能端賴資訊輸入，從感知到掌握，從理解到內化需要一個實踐的週期和螺旋式上升的過程，因此該培訓設計為2年三輪：第一輪以教師面對面培訓為主；第二輪依靠網路，高中教師回到學校後，邊實踐邊通過網路向科學家請教；第三輪再一次面對面交流，以教師自我總結和專家當面指導為主。這種安排時間較長，但卻能使科學家和科學教師之間保持更深入和持久的聯繫、對話和交流。

3.1980年代以後，「參與」和「合作」成了教師教育改革的支柱性觀念，其核心是希望讓教師在教育改革中扮演更為重要和更為實質性的角色，把教師的學習視為一個「人與人之間的社會過程」，而不是簡單的「主體與客體間的認知過程」。根據上述觀念，整個培訓中全部採用主動參與、師生互動的活動方式，通過案例分析、小組討論、集體作業、個人報告、教師點評、情景模擬等多種方法來提高培訓的效果。

4.中國科協青少年科技中心從一些熱心青少年科學教育工作、有過指導青少年科技活動經歷的科技專家中選擇部分人員擔任培訓師資。

## 肆、實驗結果

2003年暑假，研究團隊首次組織北京、上海等地科研院所和高校的13位科技專家，分別為動物學、植物學、工程學、數學、物理、化學、信息技術、地球與空間科學、環境科學等9個學科，對中國31所高中的264名科學教師開展培訓。這次培訓的結果出乎意料的成功，得到教師們很高的評價。之後，從2003年到2009年，先後組織近千人次的科技專家，或面對面或網路線上，對中國28個省市自治區3,000多人次的中學科學教師開展培訓，其培訓結果都受到參訓教師的好評。

表10 中國2003—2009年第一輪培訓後參訓教師滿意率統計表

| 時間    | 培訓地區    | 培訓人數<br>(人) | 內容滿意率<br>(%) | 方式滿意率<br>(%) | 專家滿意率<br>(%) |
|-------|---------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 2003年 | 全國18個省市 | 264         | 95           | 96           | 98           |
| 2004年 | 全國28個省市 | 467         | 98           | 98           | 99           |
| 2005年 | 雲貴川豫桂五省 | 258         | 99           | 98           | 100          |
| 2006年 | 寧夏自治區   | 206         | 99           | 99           | 99           |
| 2008年 | 全國23個省市 | 369         | 99           | 99           | 100          |
| 2009年 | 四川省     | 181         | 96           | 97           | 100          |

令人高興的是，項目的實施為教師的成長搭建一個很好的平台，直接造就了一個數百人的優秀高中科學教師群體（霍益萍、周振平，2007）。他們回到學校以後上推校長，下帶學生，團結同事，影響家長，不僅能指導學生開展研究性學習和科技創新活動，在中國國內外各種科技創新比賽中摘金奪銀，而且積極按照高中新課程理念改革課堂教學，在學校發揮著極為重要的骨幹作用。

八年的實踐證明：為了使承擔科學教育的教師更加理解科學，為了使國家層面的課程教學改革方案真正得以實施，提升教師素質和能力最為關鍵。在科學教師培訓這個領域，科技專家應該而且有能力介入，他們擁有無法取代的實力和優勢。

## 伍、科技專家參與教師培訓的優勢和困難

科技專家在青少年和高中科學教師中有天然的感召力，他們能夠成為促進高中教師教育理念變革和支持教師專業成長的重要力量，其所依賴的正是其專業背景、實踐經驗、廣博學識和對科學的深刻理解。實驗證明，當科技專家進入高中科學教師的培訓領域以後，這種優勢非常明顯。

### 一、科技專家的優勢

#### （一）擁有寬廣而結構化的知識體系

科技專家對其專業知識結構有全面而準確的把握，對本學科研究前沿動態<sup>2</sup>有清晰了解，對本專業特有的思維方式和能力要求甚為熟悉，可以有效地打開高中教師的學術視野，對改善後者的知識結構和提高其專業素養有很大的引領作用。

#### （二）擁有豐富的課題研究經驗

科技專家對課題價值的迅速判斷力，對科學探究過程的熟悉度，對中學教師所提出的各種研究課題的快速理解力，在指導教師分析和解決問題方面所表現出來的有效應用策略和豐富的實踐經驗，讓高中教師由衷地佩服和折服，這使得教師心悅誠服地接受他們的意見，並渴望獲得更多的指導，從而調動起極大的學習熱情。

#### （三）特有的人格魅力

科技專家對科學的熱愛、在教學過程中所表現出來的嚴謹、求真、務實、一絲不苟的精神，讓教師們真正理解什麼是科學精神。他們的謙虛、執著、正直、誠信、平易近人，甘願奉獻、不計得失、願為後人當鋪路石等品質，令學員感動。很多教師一再提到，其與科技專家的零距離接觸，首先感動自己的是科技專家的人格和精神，這對教師加深對自己職業和自己工作的價值和意義的認識，無疑很有幫助。

科技專家參加高中科學教師培訓以後，帶給教師的是以往所不曾有過的新感受，對廣大科學教師學習熱情的催生和科學素養的引領起到了非常獨特和積極的作用。所以，高中教師非常願意接受科技專家的指導，並渴望與他們保持持續的對話交流和師生關係。

<sup>2</sup>「學科前沿動態」是指學科發展的新趨勢、新理論和新知識。

## 二、科技專家面臨的困難

然而，科技專家不是天生的教育家。科技專家介入教師培訓後，事實上走進了一個全新的領域。一方面他會遇到因為工作領域不同而造成的很多困難，另一方面他習慣於從自己熟悉的角度看問題，用自己中學時代的感受來理解幾十年後的科學教育。正如美國生物教師在職發展專案委員會所提醒的那樣，熱情而主動參與中小學科學教育改革的科技專家應努力避免如下一些常見的誤解：（一）因為科學家很了解自己的學科，所以也就自然地知道如何去教它；（二）因為科學家對某個內容很感興趣，所以科學教師也應該對它感興趣；（三）因為這些內容是「前沿的」，所以它們就應該被包含在學校課程中；（四）只要教師能理解科學內容，她們就會自動地教好，或開發出更好的教學材料；（五）只要告訴教師或學生正確的資訊，他們就會自然地獲得一種技能：等下次再遇到這些資訊時，他們能夠把它們識別出來（Committee on Biology Teacher Inservice Programs, 1996）。

上述提醒告訴我們，在「科學」和「科學教育」之間，存在著不小的距離。無論多麼著名的科技專家，一旦走進教育領域，都會面臨困難，都有一個再學習的過程。就本實驗來看，科技專家參加教師培訓以後，主要面臨以下三方面的困難：

### （一）不熟悉課程教學改革的背景、內容和要求

這些背景知識通常是組成一個完整的科學教育變革專案中不可少的部分。對於參與科學教師培訓項目的科技專家來說，如果擁有這些方面的知識，往往可以更好地「說服」科學教師接受和理解當前的科學教育改革。反之，科技專家就很難進入現實世界，尤其是現實的教育世界，理解自己正在從事的科學教師培訓工作的背景和價值。

### （二）不熟悉參與互動的教師培訓方式

科技專家一般擁有培養研究生的豐富經驗，有的長期在大學工作，對課堂教學也非常熟悉。就教學方式來說，前者基本上是一對一的培養指導，沒有時間的限制；後者通常是一人講、數十人一起聽的大課，不太需要考慮教學方法的問題。在科技專家的專業中，沒有那些在中小學非常強調的教學方法、教學藝術、教學環節等概念。實驗發現，實驗設計的培訓內容是科技專家熟悉的，但培訓方式卻是他們陌生的，它要求科技專家一個人面對一個班級，既有培訓時間的限制和進度的要求，又不能由科技專家一個人「滿堂灌」。於是科技專



家需要改變原來熟悉的研究生培養方式或大學教學模式，扮演「培訓師」角色，努力提高在教學方法的應用、課堂氣氛的調動、臨場活動的組織、課堂教學的隨機應變、平等的人際溝通、清晰準確的語言表達、多媒體技術運用和資訊處理、即興的經驗總結和概括等多方面能力。

### （三）對中學科學教師的角色特點和需求不了解

中學教師不是科技專家所熟悉的教育對象。中學教師接受培訓，一方面是為了學會做科學研究的方法，另一方面是為了回學校以後能夠指導學生開展科技創新的專案研究。這一特定的角色，使科技專家面對的是「運動員」和「教練員」的雙重訓練任務。作為「運動員」，科技專家重點在告訴他怎麼做；但面對「教練員」，科技專家不能只是簡單地作是非判斷和下達操作命令，而必須把自己畢生積累的科研指導經驗，把這種感性的、經驗的東西上升到理性的、規範的層面，成為能夠傳遞的資訊和知識，用最通俗、最有效的方式傳遞給教師。這對科技專家是很大的挑戰，需要他們做一番艱苦的概括提煉工作。

本文實驗證明，科學家進入教師培訓領域以後，在顯現職業優勢的同時，也表現出因職業原因而造成的對教育和教師的陌生感和距離感，包括對中小學科學教育中某些問題的不理解，甚至「誤解」。因此「科教合作」過程，既是一個科學界支持幫助教育界的過程，也是一個科技專家不斷學習、了解、轉變和適應教育發展的過程。對於科技專家來說，他們需要在增加教育元素以後，才能為科學教師提供更好的科學養料。

## 陸、構建合作共同體

為了讓科技專家清楚地意識到自己介入高中科學教師培訓活動後的劣勢和困難，儘快將自己原來的知識和經驗轉換成符合中學科學教育和中學教師要求的內容，在進入教師培訓現場後能成為「內行」發揮特有的作用，因此在科技專家和高中科學教師之間需要有一個仲介，以便為科技專家揚長避短提供必要的準備和鋪墊。這個仲介就是教育學者。

### 一、教育學者是不可缺少的仲介



我們在實驗中組織一些有教育專業學科背景的學者參與到科技專家的合作。經過分析，科技專家面臨的困難可以分成三類，分別用不同的方式予以解決。第一類屬於科技專家對教育改革背景和相關資訊不了解。這類問題比較容易處理，主要通過培訓前提供文字材料或舉辦講座、介紹教育改革情況、回答科技專家的問題等方式來解決。第二類屬於科技專家對培訓對象和培訓方式不熟悉。我們常常採用培訓前的工作坊、集體備課、組織科學教師與科技專家座談、每天培訓以後組織科技專家相互交流和討論等方式來解決。第三類表現為科技專家不懂得教育界習以為常的專業術語以及這些術語要表達的概念和要求，如「研究性學習」、「頭腦風暴」、「參與互動」等。事實表明，這是阻礙科技專家進入教育領域的最大困難，也是教育學者發揮「仲介」作用的核心所在。在這類困難面前，單純的介紹和相互交流顯然作用不大，需要教育學者針對科技專家的思維特點和工作習慣，把抽象的教育專業術語和教師培訓的理念變成非常容易理解的操作流程，讓科技專家很清晰地知道自己要做什麼，怎麼做和為什麼要這樣做。為此，本文為科技專家制訂一份涵蓋培訓各個模組的「教學建議」（參見附錄）。有了此份「教學建議」，科技專家很快理解培訓的意圖。到了培訓現場以後，所有擔任培訓教師的科技專家，不管年長的還是年輕的都認真接受了挑戰，努力調整和改變自己來適應新的教學要求，其中絕大部分科技專家最後都成為深受科學教師歡迎的培訓師。一些專家感到，根據「教學建議」實施教學效果就是不一樣，明確表示願意參與中小學科學教育改革還非得與教育學者合作才能做得更好。

## 二、建立新機制和良好的合作文化是關鍵所在

作者在實驗中有以下體認：第一，在科學和教育兩個不同領域間建立合作關係，本質上不是個人行為，而是一項涉及構建跨部門協作新機制的工程，涉及到政策因素，如國家層面的規定；環境因素，如各相關團體合作的歷史；成員特徵，如相互尊重、理解和信任；過程和結構，如多層次的參與、公開和頻繁的交流；目的，如共同願景；資源，如充足的資金、人員、材料和時間等許多具體問題，包含極為豐富的內容。第二，「科教合作」至少涉及科技專家、教育學者、科學教師等三個群體：此三方有著密切的聯動關係，除了彼此了解和尊重以外，更需要每一方都做出相應的調整並相互學習。實驗中可以看到，科技專家需要教育學者的幫助，才能走進陌生的教育領域並為科學教師提供有效的指導；科技教師則在培訓過程中，向教育學者傳遞著有關教師教育的需求

和真實資訊，豐富著他們的思維和專業知識；教育學者則要把科技教師傳遞過來的資訊，化為適切的可操作的教育元素，轉而提供給科技專家。在這個合作共同體中，三方缺一不可，鏈結他們的關鍵是「了解、尊重、調整、學習」這八個字，是一種良好的合作文化的營造。

## 柒、由實驗透視中國普通高中教育改革新動向

第一，本實驗前後歷時8年，正逢中國普通高中迅速發展之時。2002年中國高中階段粗入學率僅為42.8%，到2008年已高達74%（中國教育部，2009）。入學人數的增加要求普通高中從菁英轉向大眾，為所有學生的成長著想，這是中國中等教育前所未有的歷史性轉型（霍益萍，2009）。由此，中國科學教育的重心正從單純地幫助學生考上大學轉向讓每位學生具有在現代社會生存和創造的科學素養。一些有助於培養學生創新精神和實踐能力的課程，如研究性學習、通用技術、社區服務和社會實踐等，就成為普通高中學生的必修課，成為新一輪課改的核心內容。

第二，由於受高考制度、社會轉型、城鄉二元結構和傳統文化等因素的制約，中國普通高中改革非常艱難。研究性學習多年推行不力即是一例。但是中國政府正在努力通過各種辦法推動改革，從提高教師素質入手，從改變課程教學入手，配合實驗性、示範性高中建設等措施，試圖從根本上改變普通高中以往「讀書一應考」的人才培養模式。

第三，中國普通高中在改革機制上發生著一個有益的變化。過去學校單打獨鬥的局面正在慢慢發生變化。中國科協、高等學校和其他具有相對穩定性的專業組織已經開始主動與教育界合作並給予支持，並在教育改革中扮演更重要的角色。一個「科技與教育合作、大學與中學牽手、校內與校外結合」的新格局初露端倪。

第四，當前普通高中改革融入了很多國際教育改革的理念和經驗，中國開始在全球化的背景下思考自己的教育問題。這種教育改革的開闊視野和主動開放向國外同行學習借鑑的積極心態，前所未有。

上述變革都是中國普通高中教育改革中帶有根本性質的轉型，儘管剛剛緩

慢地開始，但值得期待。

## 附錄一

### 如何選題模組的教學建議

#### 一、教學目標

- (一) 學習怎樣組織學生發現可研究的問題。
- (二) 了解選題的標準及其具體內涵。
- (三) 學習怎樣對選題進行價值判斷。

#### 二、教學形式

頭腦風暴、案例分析、個人作業、小組討論、大組彙報、教師點評和總結。

#### 三、教學時間：一天。

附錄表1 教學內容和步驟建議表

| 教學環節             | 活動內容                                                                                                         | 目的                                           | 材料準備                     |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| 第一環節頭腦風暴         | 問題：中學生在選題方面遇到的最大困難是什麼？組織全體學員自由發言。                                                                            | 創造一種寬鬆環境，引導學員投入培訓。                           | 白紙，將學員意見全部寫上。            |
| 第二環節小組作業         | 1.教師演示一個從問題情景、研究範圍、研究內容到研究問題逐步細化的案例。<br>2.教師給全班指定一個研究範圍，學員分組畫「概念圖」（腦圖），盡可能展開發散性思維。<br>3.各組在完成概念圖的基礎上，確定5個選題。 | 讓學員了解可以通過畫「概念圖」的方法，啟發中學生發散性思維，並從中找到自己感興趣的問題。 | 一個從問題情景到具體研究課題產生的全過程的案例。 |
| 第三環節全班討論教師點評     | 1.教師組織全班討論各組選題。<br>2.教師對各組意見進行點評，並在此基礎上總結「選題標準」及其具體內涵。<br>3.教師另外列出5位中學生選題，讓學員分組討論去，評判其優劣，並說明理由。              | 學員通過模擬和參與，從具體到抽象，完成對「選題標準」的了解和接受過程。          | 5位中學生選題。《選題標準》。          |
| 第四環節小組彙報全班討論教師點評 | 1.小組輪流彙報他們的討論意見。<br>2.教師組織全班討論，讓學員充分討論。<br>3.教師逐一對5位學生選題進行點評，其中要注意點評如何將抽象的「選題標準」運用到對具體题目的判斷上。                | 學員通過對課題的討論，進一步明確和體會「選題標準」及其具體內涵。             | 對5位個學生選題的思考意見。           |
| 第五環節個人練習         | 布置作業：選擇一個選題，讓學員上網查新，並對題目做修改。                                                                                 | 繼續強化和鞏固學到的知識。                                | 一個較開放和有討論空間的選題。          |

資料來源：霍益萍、王建軍（2007）。

## 參考文獻

- 「做中學」科學教育專家組（2004）。「**做中學**」在中國。北京市：教育科學。
- 中國科學技術協會（譯）（2001）。美國科學促進會著。**面向全體美國人的科學**（Science for all Americans）。北京市：科學普及。
- 中國科學技術協會（譯）（2008）。美國科學促進會著。**科學素養的導航圖**（Atlas of science literacy）。北京市：科學普及。
- 中國國務院（2006）。**全民科學素質行動計畫綱要（2006-2010-2020）**。北京市：新華社。
- 中國教育部（2000）。《**全日制普通高級中學課程計畫（實驗修訂稿）**》。北京市：作者。
- 中國教育部（2001）。**普通高中「研究性學習」實施指南（試行）**。北京市：作者。
- 中國教育部（2003）。**普通高中課程方案（實驗）**。北京市：作者。
- 中國教育部（2007）。**科學教育與培訓基礎工程實施方案**。北京市：作者。
- 中國教育部發展規劃司（2009）。**2008全國教育事業發展簡明統計分析**。
- 李其龍、張可創（2003）。**研究性學習國際視野**。上海市：上海教育。
- 美國科學促進會（1992）。**普及科學——美國2061計畫**。北京市：人民教育。
- 韋鈺（2007，11月）。**七年「做中學」科學教育實驗給我們的啟示**。論文發表於全國政協教科文衛體委員會、國務院婦兒工委辦公室、教育部、衛生部、全國婦聯和中國科協主辦之「早期兒童發展高層論壇」，北京市。
- 韋鈺（2008，10月）。**七年「做中學」科學教育實驗的啟示**。論文發表於教育部基礎教育一司和中國科協青少年科技中心主辦之「全國『做中學』科學教育研討會」，上海市。
- 戢守志、金慶和、梁靜敏、張鐘、程永來（譯）（1999）。**美國國家研究理事會著。美國國家科學教育標準**（National science education standards）。北京市：科學技術文獻。
- 霍益萍（2001）。**研究性學習：實驗與探索**。南寧市：廣西教育。
- 霍益萍（2009）。**試論我國普通高中轉型發展中的幾個根本問題。教育理論與實踐**，3，34-37。



- 霍益萍、王建軍（2007）。**科教合作——高中科學教師培訓新探索**。北京市：科學普及。
- 霍益萍、周振平（2007）。**在專案研究中和學生一起成長——十位教師及其學生的成長日記**。北京市：科學普及。
- 霍益萍、查爾明、陳百堯（2002）。**讓教師走進研究性學習**。南寧市：廣西教育。
- 薛靜堯、張英群、鐘國娟（2004）。**研究性學習與學生發展**。南寧市：廣西教育。
- 鐘啟泉、崔允漭、張華（2001）。**為了中華民族的復興 為了每位學生的發展《基礎教育課程改革綱要（試行）》解讀**。上海市：華東師範大學。
- Bruce, M. A. (1994). Scientists as science educators. *Perspectives, Spring*, 29-32.
- Carr, K. (2002). Building bridges and crossing borders: Using service learning to overcome cultural barriers to collaboration between science and education departments. *School Science & Mathematics*, 102(6), 285-298.
- Caton, E., Brewer, C., & Brown, F. (2000). Building teacher-scientist partnerships: Teaching about energy through inquiry. *School Science & Mathematics*, 100(1), 7-15.
- Chennell, F. (1998). The teacher scientist network. *Current Biology*, 8(16), 547.
- Committee on Biology Teacher Inservice Programs (1996). *The role of scientists in the professional development of science teachers*. Washington, DC: National Academy Press.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education*. NY: Houghton Mifflin.
- Dolan, E. L., Soots, B. E., Lemaux, P. G., Rhee, S. Y., & Reiser, L. (2004). Strategies for avoiding reinventing the precollege education and outreach wheel. *Genetics*, 166, 1601-1609.
- Duggan-Haas, D., Moscovisi, H., McNulty, B., Penny, J., Gilmer, C. J., & Eick, J. W. (2000). *Symbiosis on campus: Collaborations of scientists and science educators*, U.S. Department of Education. (ERIC: ED476615)
- Dresner, M., & Worley, E. (2006). Teacher research experiences, partnerships with scientists, and teacher networks sustaining factors from professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 17(1), 1-14.
- Duggan-Haas, D. (1998, April). *Two programs, two cultures: The dichotomy of*

- science teacher preparation*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.
- Footlick, J. K. (1966). *The revolution in learning*. In J. A. Battle & R. L. Shannon (Eds.), *The New Idea in Education* (pp. 29-33). NY: Harper & Row.
- Fortner, R. W., Corney, J. R., & Mayer, V. J. (2005). *Growth in student achievement as an outcome of inservice environmental education using Standards-based infusion materials*. Preparing Effective Environmental Educators, NAAEE Monograph 2. Washington, DC: NAAEE.
- Hurd, P. D. (1984). *Reforming science education: The search for a new vision*. Occasional Paper 33. Washington, DC: Council for Basic Education.
- Loucks-Horsley, S., Love, N., Stiles, K. E., Mundry, S. E., & Hewson, P. W. (2003). *Designing professional development for teachers of science and mathematics* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Morrow, C. A. (2000). *The diversity of roles for scientists in K—14 education and public outreach*. Retrieved June 8, 2010, from [http://www.spacescience.org/education/papers/Roles\\_M.pdf](http://www.spacescience.org/education/papers/Roles_M.pdf)
- Munn, M., Skinner, P. O., Conn, L., Horsema, H. G., & Gregory, P. (1999). The involvement of genome researchers in high school science education. *Genome Research*, 9(7), 597-607.
- Turner, J. L., Miller, M., & Mitchell-Kernan C. (2002). Disciplinary cultures and graduate education. *Emergences*, 12(1), 47-70.
- Tanner, K. D., Chatman, L., & Allen, D. (2003). Approaches to biology teaching and learning: Science teaching and learning across the school-university divide-Cultivating conversations through scientist-teacher partnerships. *Cell Biology Education*, 2(4), 195-201.
- Thompson, S. L. (2003, January). *Development of a framework to measure science teachers' inquiry perceptions and practices*. Paper presented at the annual meetings of the Association of the Education of Teachers of Science. St. Louis.
- UNESCO (2004). *Regional workshop on bridging the gap between scientists and science educators in Asia and the Pacific final report*. Unpublished manuscript, Shanghai, China.

- UNESCO (2005). *Proceedings from the regional workshop on bridging the gap between scientists and science educators*. Unpublished manuscript, Maseru, Lesotho.
- UNESCO (2006a). *Regional workshop on bridging the gap between scientists and science educators in the Arab States final report*. Unpublished manuscript, Cairo, Egypt.
- UNESCO (2006b). *Latin America and the Caribbean regional workshop on "bridging the gap between scientists and science educators"*. Unpublished manuscript, Lima, Peru.
- Von Secker, C. E., & Lissitz, R. W. (1999). Estimating the impact of instructional practices on student achievement in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1110-1126.