科學教育學刊
2007, 第十五卷第六期, 627-646

Chinese Journal of Science Education
2007, 15(6), 627-646

科學教育應如何提升學生的科學素養 — 台灣學術精英的看法

靳知勤
台中教育大學　科學應用與推廣學系

（投稿日期：民國 95 年 12 月 12 日，修訂日期：96 年 11 月 1 日，接受日期：96 年 11 月 22 日）

摘要：本文採用精英訪談方式，針對台灣十二位學術精英從事深入訪談，藉以探討其對我國科學教育現況以及提升學生科學素養途徑的看法。本研究訪談所獲之資料經轉錄後，依據歸納分析法，一方面檢視逐字稿從事分析，並在過程中持續撰寫暫時性主張，且於分析歸納的進行過程中，修正改寫結論。綜合本研究之主張，台灣社會的教育環境中對實踐科學素養的有利與不利因素包括：(一)普遍充斥迷信而不理性的行為，不利於國民科學素養的提升；(二)在中西文化間，就探究自然事理中所具之基本假定及使用的方法有所差異，乃對科學學習產生了影響；(三)台灣學校教育普遍為升學考試而準備，以致學習多為片段性知識，缺乏過程技能、基本原理及情意目標之養成，乃使知識與日常生活脫節；(四)我國國人先天智力優良，且家長普遍注重子女教育，教師負責盡職，為提昇國民素質之有利因素。至於在提升國民與科學相關的知識與能力之道為：(一)科學教學要提供學生舉出另類答案的機會，藉由從事思考的歷程，培養其從事合理推理的能力；(二)科學教育需培養學生對科學的好奇、興趣、態度、以及人文價值觀；(三)科學教育應培養學生解決問題的能力，並強調探索與合作學習以及終身學習的重要性；(四)科學教育內容需協助學習者明瞭基本的科學現象、原理與理論，可藉實驗、動手操作及媒體教學，使得學習內涵具體化；(五)讓國民能從多元化的非制式教育途徑學習科學新知；能看得懂報紙上的相關新聞，能用口語將自己的想法表達清楚，讓跟他對話的人了解他的想法。文末，作者並對我國培養國民科學素養的相關社會文化因素做深入的省思與檢討。

關鍵詞：科學素養、科學教育、科學教育目標、精英訪談

壹、緒　言

當前全民科學素養的提升已成為各國科學教育的首要目標（教育部, 2003; 靳知勤 2002a, 2002b; AAAS, 1990; Bybee, 1997, p. 64; Cajas, 1999; Chin, 2005; Cross, 1999; Cross & Price, 1999; National Research Council, 1995）。而各國為達成此一目標，也分別從理論研究與實務推廣兩方面著手。惟科學素養本身為

一定義廣泛的構念，吾人在義理上能否歸納出明確的操作型定義，實足以影響科學教育的課程內涵與教學方法；更且在實踐科學素養的徑路上，亦須考量各國社會文化予以調整，方能適合所需達成目標。

基此，多年以來科學教育界無不首先關切科學素養之構念究竟若何，並透過義理的推論發展出解釋架構。依據素養最簡之基本意義觀之，則屬 Durant（1993）所指之：一個人所需知曉並用來與他人溝通的與科學相關知識。惟此種定義看似明確，但其所稱之知識與能力應達何等程度，則仍是眾說紛紜。為此，本研究乃開宗明義指出，於界定定義時，可詢以在我國社會中之科學教育應當如何提升學生的科學素養？則將使問題易於聚焦於作法，使之先跳脫國人所習以的重論理而輕實作的現象。循此，從而建構實踐科學素養的可行途徑，以策略與作法為答案，其結果將庶能符合建構操作型定義的要求，使得未來研究與實務兩方面均能有所依循。

本研究基於上述研究目的，乃試圖以調查法就適當對象從事資料蒐集。但在研究對象上，一方面固可選擇一般大眾，就其過往學習經驗及當前生活與工作現況之所需，對科學教育提供相關見解；然另一方面亦可針對與科學及科學教育領域有關之學術精英從事深入訪談，獲得專家的看法，以引領大眾與社會之省思，並前導未來發揮君子之德風行草偃的影響宏效。簡言之，本研究之目的乃在透過對台灣社會中之科學及科學教育學術精英的訪談，探討存在於我國社會中之科學教育究竟應當如何提升學生的科學素養。藉著作法的歸納與整理，對科學素養實踐的可行之道提出建議。

是以，本研究試圖解答的研究問題如下：

一、受訪的台灣學術精英認為我國社會中，有關達成科學素養目標之影響因素為何？

二、受訪的台灣學術精英對我國社會達成科學素養目標之可行途徑建議為何？

貳、文獻探討

一、科學素養 — 從社會、歷史與心理面向觀之

科學素養為一般民眾生存於當代科技社會中不可或缺之基本知識與能力，惟此構念實乃源自其字根—素養一詞。根據 Barton（1994）的定義，素養是一種社會活動，在不同的文化或是歷史階段，會有不同的素養面向產生；而素養不僅由巨觀的視野來觀察整個社會的需求，也可在不同的微小環境中看出其情境化的現象；素養也形成一個共通的符號系統，可供這群人進行溝通與分享；人們對於素養具有覺知、態度、及價值的判斷。這些態度與價值觀會引導我們的行動；素養具有歷史性，我們從幼年至確立個人素養的生活史中包含許多與素養相關事件（literacy event）。基此，作者指出科學素養可由社會、歷史及心理等三個面向予以析論：

(一)科學素養的社會面向

以現今社會中活動所與科學技術相涉的程度，科學素養勢必成為一項不可忽略的社會活動，人們在其生活中自然不可避免地需要具備科學素養以供運用。因為科學與人們的生活關係密切，固然有其共通的部分，也有涉及較為細緻情境的部分，所以當我們在形容一項與素養相關的事件時，勢必要描述這個事件所處的社會情境。如此，在以文字或語言符號描述相關事件時，乃須對社會文

化條件詳細說明，於是乃涉及一套符號系統，用於表達我們與科學相關事務的思考。以此，若是我們能對科技相關議題及價值有更深的瞭解，理應能幫助我們對於日常生活中的科學相關事務作更有效的決策。又這一套符號系統在與社會團體的其他個體間必須發生有效的互動與訊息的交換，而這些社會成員所須具備的基本科學素養，非僅只是從正式的學校教育所獲得，個人在日常生活中所經歷的事物實也扮演了相當重要的角色。而建立科學素養的起點絕非從學童入學之後方才開始，事實上，學童在入學前的家庭經驗與親子關係即已建構其基礎。是以，從社會的層次觀察，也激發我們思考如何營造妥適的社會情境以利科學素養形成的議題。

(二)科學素養的歷史面向

科學素養有其從歷史面向考察的意義，例如以個人的生活史而言，從兒童時期起即以其先前經驗為基礎，持續不斷的改變自己以從事學習。如此，呼應了美國國家科學教育標準（National Research Council, 1995, p. 21-22）中所提及之「科學素養隨著個人的年齡逐步發展，並非僅侷限於學齡階段，惟有關科學的價值與態度則若於學習之早期即已建立，將有助於做為成人時科學素養之塑成。」的觀點。另若從整體社會為單位加以觀察，一項與科學素養有關的事件循著社會變遷的腳步，其所被賦予的意義與價值也隨之調整。因此對整體社會而言，科學素養也具有其歷史面向。

(三)科學素養的心理面向

從心理層面予以觀察，由個人對於事物所從事的表徵方式，建立一套屬於自己的符號系統，方便個體對外界事物從事歸納與整理的工作。由於個人在發展的過程中，經歷不同的文化刺激，產生調適的作用，使個人得能更適應社會的生存。從教育的觀點來看，這就是所謂個人的學習歷程。至於以團體而言，社會成員間在日常生活所生的互動中，衍生出文化的變遷，也可說是與科學相關素養之社會心理演變的軌跡。

綜合以上所述，社會、心理與歷史這三個面向獨立檢視雖便於吾人思索，但三者間其實是相互依賴且難以仔細分割的。譬如說，科學素養中提供有效溝通的符號系統必須在社會中運作，且透過時間的演變持續的做修正。而社會中的價值發生改變，也影響科學素養事件的意義與價值，也對於個人對團體本身的認知產生導引的作用。這些過程都發生在歷史的進程中，非惟從個人自幼至老的發展歷史是如此，況且由過往推演至未來的歷史也如是。所以可說科學素養的社會歷史及心理等三面向之相互交織乃整合而為一個完整的科學素養概念。

二、對科學素養的界定 — 回歸基本知識與能力面向觀之

上述從社會、歷史與心理學做為基底試圖檢視科學素養，固然得窺其巨觀圖像，但因此等析論傾向廣泛理論之理解，值此以提昇全民科學素養為職志之際，若要落實到中小學科學課程及國民科學素養之實踐層次，以吾人身為科學教育社群之一份子，更應對此構念予以探析，並須聚焦在知識與能力養成的探討，藉此乃可進而尋求未來從事具體實踐之南針（Kyle, 1995）。本段將就此重點續予析論之。

科學素養一詞最早是由 Hurd（1958）提出，用來說明人們對科學的相關理解以及將其應用於社會經驗中的狀態。Hurd 在其所撰之《科學素養：對美國學校的意義》（Science Literacy: Its Meaning for American Schools）

一文中指出（引自 Penick, 1993, p. 115）：

科學教學不能再被視做是對精英的一項奢華的智識陶養；如果教育能做為文化的分享，於是科學勢必能在現代的中小學課程中，扮演重要的角色（p. 13）。在科學教育中，最主要的問題之一是如何縮小美國輝煌的科學成就與其社會大眾貧乏科學素養間的落差。（p. 14）科學想法與理論的成長，其對人類智識的貢獻，顯示在科學史的發展上。而此也是科學課程中的重要向度（p. 14）。

從以上 Hurd 的各項論述，吾人可歸納出科學素養的主要內涵包括：科學理解（understanding of science）、科學應用（application of science）、科學發展過程（growth of science ideas and theories）。

此後，科學教育社群又從教育研究與教學實務兩方面來界定科學素養的意義。在1960年代，Pella，O'Hearn 和 Gale（1966）在綜合整理100篇與科學素養有關的文獻後，指出一個具有科學素養的個體應具備以下六個向度的理解：

(一)科學與社會間的相互關係（interrelationships of science and society），

(二)科學家的研究倫理（ethics that control the scientist in his work），

(三)科學本質（nature of science），

(四)基本科學概念（basic concepts in science），

(五)科學與技術間的差異（differences between science and technology），

(六)科學和人文間的相互關係（interrelationships of science and the humanities）

又科學素養亦有以極簡潔的方式來說明之，如前文所述 Durant（1993）的定義所指：「一個人所需知曉並用來與他人溝通的與科學相關知識。」然而，在實務的操作上，對所指之科學知識須達何種程度，以及所謂從事溝通的能力均顯得不夠明確。於是在科學素養上，乃有學者思考應發展可以有效評量的指標。就此，Miller（1983, 1998）提出三因素架構（three-constituent framework），說明科學素養應包括三個向度：

(一)科學知識

(二)科學本質

(三)科學與技術對社會的影響

而近年之美國國家課程標準（National Research Council, 1995）中也指出：

科學教育包含對物質科學、生命科學、地球科學等領域學科內容的理解；同時，個人亦須理解科學的本質、科學社群的活動以及科學、社會與個人生活間的的角色。…是個人從事決策、參與公民及文化事務，以及經濟生產活動中所須具備的科學概念與過程之相關知識與理解。…意謂著一個人能夠發問、發現或決定問題的解答，這些問題起源於個人對於日常生活事物的好奇。具有科學素養的個人得能描述、解釋、及預測自然現象。他（她）能閱讀一般報章中與科學相關的報導；並能與他人就科學性的議題從事溝通，且獲致有效的結論。（p. 21-22）

從中也可歸納出中小學科學課程中所應涵蓋之重要向度為：物質科學、生命科學、地球科學等領域學科內容的理解，科學的本質，科學、社會與個人生活間的角色，科學過程技能，對科學的態度等。而我國在2003年所公佈的九年一貫課程綱要之自然與生活科技領域大綱中，亦明白的揭櫫科學素養做為我國科學教育的首要目標，而其分項目標則分別為：科學與技術認知、科學本質、科學態度、科學過程技能、科學應用、科學與技術發展、設計與製作、思考智能（教育部, 2003）。

綜合以上文獻，吾人可以明瞭科學素養在定義發展上由簡潔通泛轉趨於精緻具體的趨勢，也可窺知不同學者在定義科學素養時，所思考的共通面向何具。惟如本文初始

所指陳科學素養具有社會及歷史文化特性，在實踐共通目標的過程中，實有其依附於所屬社會之特別因素。而當前國際文獻中有關科學素養的探討，又以歐美先進國家之西方社會為主要對象，惟也有其他國家學者對於自己本國社會的科學素養內涵從事個別性的考察，究其目的乃為提供在其社會文化脈絡之下適切的指標和策略（BouJaoude, 2002; Hurd, 1998; Zembylas, 2002）。過去科學教育學者分別試圖從歷史沿革（DeBoer, 2000）、概念分析（Laugksch, 2000）以及未來發展（Hurd, 1998）等方向來從事科學素養內涵的探討。由此文獻考察的傾向，再度彰顯科學素養的概念非但具有時代演進的意義，且與社會的價值與生活文化的型態息息相關。是以，當吾人考量透過科學教育提升我國學生科學素養之道時，仍亟須兼顧基本核心理念與社會文化因素。本文乃以此為基調，針對台灣本地的科學學術精英，探討其對我國科學教育現況的看法，及對提升科學素養可行途徑之建議。

貳、研究方法

為達成研究目的，本研究以立意取樣的方式，選取在台灣社會中參與科學教育相關政策之學術精英或意見領袖，從事深入訪談。與社會中之其他成員相較，科學與科學教育學術精英一方面具備科學專業基礎，且對科學教育實務方向之擬定具有影響力，以其為對象蒐集意見，將可幫助吾人對我國科學教育的現況與提升途徑做更明確的建議。

如前所述，科學素養做為人類社會中一項重要活動，本研究以達成提升科學素養為標的，思考並發展一系列的訪談題目，以做為半結構式訪談的題綱。藉由學術精英人士對台灣社會中之科學素養現況及所遭逢的問題，進而對未來我國科學教育致力提升科學素養之道提出可行的建議。

據此，本研究之訪談題目包括：

一、您認為台灣的一般大眾在科學相關的認識方面，面臨的最大問題是甚麼？在台灣社會文化面向中有哪些因素會影響科學素養的達成？如何影響？

二、您認為在個人的特質中、家庭教育及學校教育中，有哪些因素對於個人科學素養的養成是重要的？

三、您認為中小學的科學教育應該養成學生哪些能力？

四、現行的教育途徑有哪些策略可以使國民提昇科學素養呢？

選取台灣社會學術精英為訪談對象，乃基於其對台灣科學教育政策制定之影響力，故訪談所得的意見將極具參考價值。為達成此目的，首要之務乃是尋得具有如是決策經驗與能力的精英人士。本研究乃先諮詢相關研究人員意見，並參考其它研究的選擇方式，訂定所謂台灣科學教育決策精英人士之標準，諸如：

一、為科學或科學教育界人士，

二、具備相當學術聲望，

三、擔任過科學教育政策制定之行政工作，

四、具備科學教育學術社團的主持工作，

五、針對科學教育政策發表過重要的建議，

六、為台灣社會公眾所認識。

研究者在確認選擇精英訪談對象的標準之後，乃與研究群擬定候選名單共計十七人。隨後一一聯繫，確認其受訪意願。經聯繫後，共有十二位精英應允接受訪談（表1）。這十二位受訪人士為理工領域專長。其中，五位屬物質科學領域，四位為應用科學領域，另三位則分屬生命科學、科技教育及心理學專長。其中一位物理專長人士，係以科學

表 1：受訪科學及科學教育學者精英基本資料

編號	年齡	受訪時現職	專長	重要經歷
01	64	大學校長	物理	國科會諮詢委員、系主任、科學刊物發行人、學術社團負責人
02	60	大學教務長	大氣科學	國科會諮詢委員、九年一貫課程發展委員、學術社團負責人、教務長
03	55	科技學院教授	科技教育	國科會諮詢委員、九年一貫課程發展委員、學術社團負責人
04	62	理學院教授	化學	國科會諮詢委員、九年一貫課程發展委員、學術社團負責人
05	65	社教機構首長	生命科學	科學研究機構副首長、學術社團負責人
06	61	工學院教授	資訊工程	大學校長、學術講座、學術社團負責人
07	67	科學類基金會執行長	化學	國科會諮詢委員、系主任、九年一貫課程發展委員、學術社團負責人
08	58	研究所所長	物理	國科會諮詢委員、大學校長、九年一貫課程發展委員、學術社團負責人、國科會處級首長
09	52	理學院教授	化學	部會首長、大學校長
10	58	理學院教授	心理	國家講座、學術社團負責人
11	58	大學校長	大氣科學	國科會諮詢委員、大學校長、
12	58	大學校長	電機工程	大學校長、教育部司處級首長

教育作為學術發展的領域。六位曾任或現任大學校長，一位曾任國立科學教育社教機構首長。一位曾任科學政策規劃部會首長，二位曾任推動科學教育或科技教育之官員，三位曾任科學或科技教育相關社團之主持人，一位獲國家學術講座之榮譽。十二位專家中有七位擔任過國科會科學教育發展處的諮詢委員，有五位參與九年一貫課程自然與生活科技領域的發展委員。每位專家都曾擔任科學學術行政工作或科學教育相關學術社團負責人，在科學研究及科學教育推廣工作兩方面均獲所屬學術社群及社會所肯定，長年對台灣社會科學教育的政策制定與實務推廣參與甚多，並時常發表相關論述，對於決策的形成及大眾對科學教育的認知均有深刻的影響。

研究者與上述專家聯繫獲其首肯後，擇期進行約一至一個半小時的訪談。完成訪談後，所得的錄音資料轉錄為逐字稿。這些訪談的內容並由參與研究的人員閱讀，依據質性資料分析的方式，研究者首先閱讀第一份訪談資料，予以編碼，並歸納出主要成分，找出這份訪談轉錄稿中的暫時性結論（primitive assertion）。隨後逐一閱讀每一份訪談資料，從下一份資料中找出與前一份相同意見的資料，以及在前一份中不曾出現過的新論點，以此為依據，一一的確認或修正先前所撰寫的暫時性結論。這些暫時性結論形成的過程並與其他研究人員一同討論、修改並確認之，以此獲致最後本研究所撰寫的研究主張（assertions），並增進本研究主張的可靠度（Erickson, 1986）。

參、研究發現

一、台灣教育環境的現況

(一)台灣社會上普遍充斥迷信而不理性的行為，不利於國民科學素養的提升

從訪談內容中可以歸納得知，台灣社會

中的行為處事普遍充斥著不符合邏輯的現象（02）；缺乏科學精神與態度（03, 06, 11）；尤其是媒體中的靈異節目所播放的迷信與不理性現象（02, 03, 06, 08, 09, 11, 12），更推波助瀾使國人的思考與科學推理背道而行。於是這種社會風氣更使台灣民眾對科學議題的關心度不彰（01），民眾缺乏閱讀習慣（02, 04）；凡此的社會風氣均被視為不利於國人科學素養提升的因素。

比方說一位在大學擔任學術行政要職的科學精英（02）特別指出科學教育對一個人從事思考的價值，然而台灣社會所呈現出的現象卻與科學精神大相逕庭：

處理事情很多都不合科學邏輯，科學有時候是很清楚的，講究是非對錯的，那這是都沒有啊，是非對錯都不見了...所以說，這個社會中的現象是很不科學的。...舉個例子來講說，現在社會上媒體在傳播的東西，大部分是不科學的，那科學的東西他是不傳播的，你可以看到，是科學的他沒有興趣傳播，不科學的他才傳播。（02）

從上述訪談中，他特別強調國內媒體中對於不理性事物的大加渲染與報導，令他感慨的是媒體有興趣捕風捉影的是不科學的話題，而符合科學理性的反而不做報導。對這些所反映出的國人心向，另一位學者也有如下的表示：

我認為整個國家的學校教育中沒有強調科學的精神，還是有很多比方說迷信的事情，要看靈異的節目，這些都是我所擔心的。（06）

然而這種社會風氣究竟如何而生呢？一位學者認為不同的社會顯現出不同的價值觀，有的社會就會傾向於對科學知識的熱切追求，他舉出鄰國日本為例說明台灣與日本閱讀風氣有所差別，沒有普遍的閱讀風氣與習慣，科學理性的養成自然不彰。

有的社會就是學習的人比較多。比方說日本人工作的時候就讀書了。就是現在台灣所不具有的。台灣目前社會風氣很壞。（04）

台灣社會所顯現的科學理性基礎不足，國人缺乏閱讀習慣，喜歡捕風捉影談論靈異現象，尤以近年大眾媒體隨著台灣政治解嚴與社會風氣大開，但所獵捕報導的對象卻為沒有科學根據從事推理的靈異現象，以及無關公眾利益的個人隱私，台灣民眾的科學精神在這些條件下乃無從建立。

(二)在中西文化間，就探究自然事理中所具之基本假定及使用的方法有所差異，乃對科學學習產生了影響

受訪的學者也提到多項與東西方社會之間所顯現出的文化異同，對於教育的影響。比方說，有兩位學者（01, 05）指出我國傳統上重視思想、輕忽實作，由於有知難行易的傳統信念，以致知識份子普遍傾向玄想，在我國歷史上的「格物致知」乃是在思辨哲學層次的問題，而輕忽在實踐中所能產生的知識。一位大學校長（01）以國人攻讀物理學博士為例，說明影響選擇理論物理與實驗物理為專業領域的背景因素：

早期像我那個年代，很多人出國去學物理，去學理論，為什麼?常常覺得讀書人動腦高過於動手，而讀理論物理是要動腦，而實驗物理是要注重動手，所以我那些同學很多選擇的通通是理論物理。（01）

這位校長又繼續說道，在後來的一些學物理的人投入實驗物理。可是傳統士大夫的動腦不動手的觀念卻影響了社會對於學術的評價：

後來慢慢觀念改變了，有些人去學實驗物理，那有沒有關係，當然有關係，這為什麼呢，我們中國人講說動腦的高一等，勞碌階級才動手，這也就是為什麼我們科學發展比較慢的原因，太注重玄想。（01）

一位以科學哲學見長的學者也指出，在西方大學教育中，不論是以自然科學或人文

社會為主修的對象，都必然會將「知識論」與「方法論」做為他們必修的課程。反觀我國的通識教育雖然提供包羅萬象的各類知識，但是卻沒有機會讓學生去思考知識的本質以及知識是如何產生的。

在西方整個培養一個人才的過程裡面，他們把知識論、方法論當做必修課。知識論就是在人的各種不同歷史階段我們怎麼理解知識，知識怎麼來的、怎麼創造的、怎麼檢證的。這個東西在我們搞通識教育的時候都不見啦，我們現在通識教育變成普通常識教育，現在很多大學都是人家不開的課通通塞到通識教育裡面去，什麼寶石學、理財學喔，都納進去了。於是我們在培養一個學生的時候，整個視野缺少了最重要那一塊。（10）

他又繼續解釋導致這個現象的原因在於東西方文明發展偏重的項目不同，西方文明中所發展出的許多概念與方法，在東方是不曾經歷過的。在下列的訪談內容中，他建議我們社會應該對於文化中缺乏探討實在的現象深加反省：

你也不能怪他，那是一個歷史理性的問題。要改變這個問題，你要考慮他是個文明衝突的問題，這是西方基督教文明的東西，不是我們的。有很多來自西方的概念在我們的語言裡面，是沒有的。我剛剛講那個 reality 翻成中文是實在，另有一個 fact 是事實，這兩個我們都分辨不出來。你要注意這個東西喔！在他的文化裡面非常重要，但我們兩個概念在中文上卻分不清楚；所以喔，怎麼樣去反省這個問題，我覺得是非常需要我們去思考的。（10）

事實上，另一位曾經主持國家科學政策制定的受訪者也點出中西文明間，在信仰觀上的基本差異，以及看待自然界中萬物的態度有所不同。

那我們中國人也許可惜了，也許跟八股文也有關了，也許跟我們從來不認為神是我們人能夠了解的，我們中國人的神好像都是有一些他自己的意念。那國外是把神，人格化了，祂具有人性；比如說不好好學習、學習態度不好、沒有創造力、偷懶這些人性，可是他還有一個跟人相通的神性或是理性。因為從古以來大家都在談理性，而他們認為理性是可以被人跟神 share 的、共享的，所以他們一路的在追尋這些東西，也就是試著了解那種萬物的秩序、萬物的造物這個東西，他是這樣子發展的，但我們中國人缺這個。（09）

他指出因為西方基督教文明認為神是可以了解的，把神人格化，所以人可以了解神的特性，祂是可以解釋的，是可以用語言來描述的。在這個過程中，人可以透過理性去了解神所創造的，於是引申出許多探究後的成果，但是在中國的歷史上卻缺乏這一個部分。

以上三個引述分別從中國人對理論探究的基本價值、方法學的陶養以及存乎於世界的知識本質等三方面，指出中西看待探究知識的信念間的差異。這個差異非但影響我國知識份子在發展新知時所選擇的取徑，而在學校科學教學上，排擠實作與探究學習歷程所需的時間，乃導致過程技能和科學本質的學習成效不彰。有關受訪學者們對這部分的改進之道，將在下文中有更多的說明。

(三)台灣學校教育普遍為升學考試而準備，以致學習多為片段性知識，缺乏過程技能、基本原理及情意目標之養成，乃使知識與日常生活脫節

有九位受訪者（01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 11）指出台灣民眾對於學習普遍習於以準備考試為目的，故而對在學學生而言乃關心考試成績，學習者沒有時間去從事推理思考及透過體驗去學習，教學者也無暇採取這種教學策略，只要給學生一個標準答案，能夠應付考試獲得好的成績就夠了（07）。

我覺得台灣過去的科學教育因為重視知識、

重視考試這樣學習，沒有真正回到科學素養概念的東西，就是說科學的本質，科學的態度這方面的培養是空掉了，因為重視考試嘛，知識性的、記憶性的考完就結束了。(02)

我們的焦點是放在學生的考試成績，而不見得是學生比較長期（的學習目標），學校畢業之後，未來所需要的所謂的科學素養，所謂的基本能力等等，這一方面，看起來是很多老師比較沒有那麼長遠的眼光，多半都是針對入學考試。(08)

因此有受訪者（03, 04）乃指特別強調我們的社會太過於功利導向，以致對學習只講求眼前的目的，而無從培養興趣：

學校的學習非常功利，為了考試為了升學，這樣的小孩不容易培養學習的興趣，真正的學習興趣。真正的學習興趣不是這樣來的。(04)

正因為台灣社會顯現出這般的社會價值及其營造出來的教育環境，讓學生有所有知識都存在於教科書中的迷思（08），而學校中所教的內容又與日常生活脫節（08），科學教育更成為菁英教育，讀科學成為進入好學校的必要條件（02, 11），致使原本在學校中需在過程中方能建構的科學本質觀和過程技能，因為應付升學考試而被剝奪（02, 08）。

我們的教科書、學校教育等等，給學生一個錯誤的印象，以為所有的知識都在課本裡面，只要課本裡的題目會解，所有物理，所有化學就都會解，把科學看成是一種既成的，這種觀念其實是沒有辦法給學生有所了解，畢竟科學所知道的是有限，科學的知識、發現，都是不斷在進展、修正、突破等等。(08)

很多人，包括我自己，我們以前學校所學到的科學知識常是和生活的應用脫離關係....很多人在處理自己的健康、休閒或是職業上相關的問題時，就比較不會利用相關科學知識，倒是相信廣告或人家講的，這時常會做出錯誤的判斷或決策，搞不好到頭來還危害自己的健康，所以這一方面的問題值得注意。(08)

除了前述科學教育偏重知識學習，在家庭中因父母期望孩子全心準備考試，不讓他們參與家庭和社會性服務活動，以致人際溝通技能無從培養，個人在情意面向的學習付諸闕如：

台灣的家庭，基本上小孩子的生活體驗被剝奪掉，生活體驗是一種教育，也就是家庭教育很重要的一部份不見了，台灣的家庭是望子成龍望女成鳳，這樣的理想是有，但方法不對，只注重考試成績.... 沒有機會養成自律的能力、主動的能力、積極的能力、幫助別人的能力，因為小孩子在家裡被寵的結果就變成自我中心，這樣子人格被扭曲了，就不會去想到別人、關懷別人，這個其實也都很重要啊。(02)

因台灣社會對教育所設定的價值與目的，乃使家庭及學校都無法真正落實耗時較久且須按部就班的學習歷程，是以除上述對學習者個人所產生的影響外，另有三位學者更進一步將這些過於注重功利的教育取向，導引至社會層面來思考。例如其中一位學者就直陳我國不喜研發，而靠直接用他人現成的成果：

做事情及推廣所用的方法是滿短線的，就是直接撿外國現成的（04）

這個現象其實反映在我國社會中之生活物件的仿冒，以及智慧財產的盜用上，不勝枚舉。另有一位學者認為學生從學習中不能體驗科學教育最基本的過程技能與本質，他說：

我國的科學教育就不太重視這最基本的事物（06）。

尤其是我國中華文化中有關事物的探究偏重於哲理面向的玄想，而不重視實證，長久以來我國知識份子對於義理的基本論證的重視，高過對以證據做為理論建構的基礎。因此科學教學乃因循科學知識的陳述，而忽

視動手做與實驗設計的學習機會。

我所擔心的。因為我們國家仍然有一種感覺科學是為了要服務我們的經濟發展，可是常常大家不了解，有的時候我們會有瓶頸，出在我們的基礎上面是不夠的；不太注重所謂最基礎的東西，所以我們有的時候在科學上面表現的不好，不是因為沒有創意，而是因為其實我們的物理、數學、化學的基礎是比不上人家。(06)

這些學者非但關心科學教育不能真正落實，對學習者所帶來的負面影響，更且進一步省思我國社會因教育問題所導致的諸多弊病。就此，一位擔任九年一貫課程規劃的召集人指出其實學習是不一定需要設定目標的，我們的教育過於強調達成一個特定的目標，乃導致學生過於功利，學習的成效將侷限在狹窄的範圍。因此他乃強調讓學生學習回歸最初始的為知識之旨趣而學習的根本：

我覺得最好的學習是沒有目的的學習，我們太講究目的了。我自己的經驗，對學習產生興趣常是沒有目的的！(04)

(四)我國國人先天智力優良，且家長普遍注重子女教育，教師負責盡職，為提昇國民素質之有利因素

前述三項主張呈現我國社會對知識所持的態度、價值及其所引申出的行為。至於我國社會提供科學教育哪些優勢呢？就此，有三位受訪者（05, 06, 08）提到國人的智力優良，有利於科學學習。又在社會信念方面，八位學者認為國人普遍重視教育，尤其是家長對於子女教育的投入甚多，教師也極盡職，這些都是藉由科學教育提升全民科學素養的有利因素(01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08)。

普遍說來，絕大多數的父母親都很關心自己小孩子的求學、未來就業的問題、學習上的問題等等。儘管他也許對詳細的內容並不是那麼了解，但好歹那份關心，普遍說來，還是可以明顯注意到。(08)

家長期待孩子有成就，但相對的給小孩子太高的期望和過多的壓力（02）

這個重視教育的態度源自於中國人傳統上「望子成龍、望女成鳳」以及「學而優則仕」的觀念，中華文化中歷時一千三百年之久的科舉八股取士，對中國人的學習目標影響甚鉅。這個傳統一方面使得家長普遍注重孩子的教育。這位學者也指出老師對於整體社會對於教育的關切，報以認真從事、專心付出的教學態度：

我們絕大部份的老師應該都算滿盡本份的，對學生的教導等等，絕大部份的老師都算很敬業。(08)

所以反映在學校的教育上乃一絲不苟，比方說我國的高中教育一向講究紮實，一位大學校長指出其嚴格程度要更勝過美國：

我們的高中的科學教育其實是比美國要好的很多，這一點是絕對不能放棄，只有該加強下去。(06)

但是另一位社會教育機構的首長也說道，我國學生很勤勞，但是用在勤於讀書，但卻疏於動手操作，長於理論，卻不善於設計，所以聰明才智乃發揮於理論建構上。

我們的弱點就是動手做，不太會做，我們…我們做 theoretical 做理論方面的東西，東方人是比較聰明怎樣，因為我剛剛講過東方人很會思想、很會思考啊，東方人很會讀書，東方人很勤勞。(05)

另一位校長也提到，我國學生的智力與勤學對於形成想法應有幫助，但在思考方面若是能加強訓練則將更有幫助。

多多少少，我想事實上是對於要形成科學上比較直覺，富有想像，有啟發性的這種東西，應該是有幫助，但這種整體的想像，在科學方面應該要很嚴密的解析推理等等，相互搭配才能夠有更大的進展。(08)

綜言之，學者們普遍認為我國國民的素

質佳，學生勤於學習，更且家長注重教育，這些都有助於學校科學教育的推展。但因前項所言之考試制度所影響學生學習流於目標導向，卻也導致學習歷程中為在短期間囫圇吞棗達成速成的目的，以致在台灣社會中欲將需經歷較長時間方能養成的學習效果難以紮根成長。

二、如何提升我國學生的科學素養

(一)科學教學要提供學生舉出另類答案的機會；藉由從事思考的歷程，培養其從事合理推理的能力

在前段中述及台灣當前教育所面臨的問題中，多位學者指出以通過入學考試做為科學學習的首要目標，以致台灣社會普遍重視考試成績，而忽視經由學習過程方能培養的能力。學者們並憂心學習過於短視與功利導向將不利國家社會的發展。就此弊病，絕大多數的受訪學者（N = 10）（01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 12）乃建議在學校的科學教育中必須提供學生另類思考的機會。他們認為藉此可以培養學生創意思考的能力。

最重要的是學生應該有某一種的自由，你不能給他一定的模式，在國外就是給你一個題目，即使你這答案不對，沒有關係，老師會考慮你思考的過程，這思考的過程、他講法，他每一步都有他的邏輯在。（01）

由於這些學者都是留學西方獲得博士學位的精英之士，對於我國長久以來的教育體制與美式教育風格的差異知之甚詳，是以乃以獲得解答的過程比較中西教育的不同。

（在西方教育中）這條路走不通，我可不可以走另外一條呢？他常常會做這樣，這就是一種科學訓練的方法。這不是科學所獨有，但當然從科學的訓練中，如果訓練得宜那麼可以把人的這個能力特別的發達，特別的讓他成長，讓他培養出來。（02）

這位學者也就看待獲得答案的方式，提出他的建議：

若要培養學生能夠思考，你不要在小孩子問你時，就一直告訴他說怎樣怎樣，我常常講說現在的小孩子沒有創意的原因，就是大人太親切還是怎麼樣，他一問樣樣都告訴他。我常說如果小孩子有時間夠你訓練他，對或不對要讓他自己去摸索。直接給他一個標準答案是讓他應付考試嘛，父母親要告訴他、引導他，怎麼樣去解決這個問題，讓他去思考，這個是很重要的。能夠有合理的思考，就是說讓他能夠合理的推理。對於一些未知的東西，他能夠有一種合理的思考方式，才能夠解決問題。（02）

針對科學學習與日常生活之間的關係，一位學者指出學生應從科學過程中，體驗實事求是的科學精神與態度，並從每一個推理的步驟中，建立理性思考的習慣與能力。

學生未來不管他們從事什麼樣的工作，科學跟他自己的生涯發展會有相當的關係；所以要養成科學的態度，對於一個事情用理性的態度去思考。所謂的科學就是真而後行，這是科學的態度，很多事情要先講究證據，然後再去相信這個結果，那麼蠻多事情我們應該用這種態度去處理的。（02）

然而，學校在建構如是的科學學習環境時，學者也指出容忍不同思考方式的重要性：

我們要提供一個安全的教學環境，提供一個安全的，讓小孩子覺得沒有壓力的，這樣子，小孩子才勇於思考，勇於行動，勇於發覺不同的問題。（02）

顯然的，過去只注重考試成績以致不重思考歷程的教學方式，是學者專家們所不樂見的。他們特別針對思考知能的養成，提出教學上的可行策略及所應持守的態度，例如：科學教師在教學時要提供學生思考的機會，讓學生能知曉所學的知識是如何建構而來；基此，教師或父母在回答學童的問題時，

應該多引導思考，而非直接告訴他們答案；除了以上和教學態度與方法有關的建議之外，學者們也認為教師若能營造一個安全的學習環境，對於學童進行思考歷程，並提出另類的解答方式會有所幫助。這些都是台灣中小學教育中所缺少的，而學者們乃大力呼籲教師與父母應開拓這樣的視野，並提供可以發展思考能力的學習環境。

(二)科學教育需培養學生對科學的好奇（01, 02, 04, 06, 07, 09）、興趣（01, 02, 09, 12）、態度（01, 02, 09, 11, 12）、以及人文價值觀（01, 02, 03, 04, 06, 09, 11, 12）

受訪者十分重視科學教育情意面向目標的達成。這些被指出來的情意目標包括：對科學的好奇心、對科學的興趣、對科學的態度、以及科學的人文價值觀等。分別舉下列的訪談內容為例，說明學者對這些目標達成之重要性的觀點：

1.對科學問題的興趣與好奇

我覺得國小喔，其實主要讓他有興趣，讓他有興趣想多接觸，讓他的好奇心一直維持著，讓他發現問題，比解決問題更重要..... 解決問題不只是一種，所以呢，讓兒童去發覺問題，他有發覺問題的喜悅。（02）

讓他對科學的興趣，不斷會追求，至少他會關心，在他一生中間他會關心一些科學，主要科學的發生，會欣賞科學，認為科學是人類文明的一部份。會學到科學的方法跟科學的態度。（01）

2.關心科學相關事務

於關係個人本身跟人群健康的福祉，以及永續發展的議題，要有關心，並且有能力作明智決定。（11）

3.從尊敬自然培養人文精神與價值觀

自然界很多的現象是非常難懂，就是從宗教的眼光來看你應該就能知道，所謂敬畏，就是要敬畏大自然，它本身就是一個非常難懂的一個東西。美國人尤其認為我們是一個現代化的人你就要對為什麼下雪、為什麼下雨、為什麼有颱風、為什麼有這個要來了解。（06）

注重人文教育的培養；人文的教育，就是對人的一種尊重與關懷。事實上，知識經濟的時代如果國民沒有具有人文素養、對倫理沒有一定尊重的話，知識經濟是無法推動的。（01）

但學生不能只有科學的素養，他沒有其他的人文或歷史的素養，不懂歷史、不懂宗教是不行的，怎麼樣在這個當中找到一個和諧，我自己覺得是最要緊的一件事情。（12）

從以上的例子，顯示學者們認為科學學習能夠提供個人在與自然事物或現象互動中，發現問題，並就問題從事思考與探究，終致獲得解答的經驗歷程。在此過程中得到問題探究與解答的喜悅，以此最終之喜悅得以支持學童最初始的好奇，久之乃能培養個人對於科學的正向態度。但在另一方面，學者也認為藉由與科學相關事務的學習及互動，可以提升個人對於自然事務的關切程度，也能透過觀察自然現象的規律及比較可變與不可變的面向，體會自然界的偉大且是不可超越的，讓人學習謙卑的態度，並將之應用在人與人之間的相處上，以扭轉中國人長久持守的「人定勝天」的信念，而轉向人與天和的基本態度。

(三)科學教育應培養學生解決問題的能力，並強調探索與合作學習以及終身學習的重要性

正如先前所述台灣社會中之科學教育與日常生活的事物脫節，學生在學校學習科學僅是為了應付考試所需的片段知識，而未能培養生活中所需的基本能力，諸如解決日常生活中的問題，或是做人所需具備的基本態度與精神。有八位學者（01, 02, 03, 05, 07, 08, 09, 12）對於學生記誦知識而不去思考知識如何產生，以及自己主動去建構知識，乃指

出培養問題解決能力的重要性。以一位曾任科學教育政策規劃部門首長的受訪者而言，他認為除了學校所學習的知識外，更應讓學生具備「如何學習的能力」。他表示藉著懂得如何從周圍可能的資訊來源去蒐集資料，並加以彙整理解，是獲得新知及解決生活中隨時可能遭遇到的問題的有效方法。

重要的恐怕不是說只是在學校裡教很多東西學很多東西，重要的是他學習的能力。他要能夠從報章雜誌上，從相關的媒體去吸取新知，甚至於養成一個能力，就是如果碰到相關的議題，或是感興趣，或是和生活密切相關，他可以設法去搜尋資料，知道相關的資料去哪裡找，甚至於像在 NSTA 比較早期他們強調是這方面的科學素養，怎樣知道這些資訊到哪裡找、怎麼去找、找到之後去做分析、做判斷、做整理等等。以致於在做決定的時候，可以比較理性的方式來做參考，而不是人云亦云或是迷信等等。(08)

從他的談話中可以得知，蒐集資料、彙整資料、分析資料、以至於做成決策乃形成一個人的解決問題的過程。他認為經由這個能力的養成，可以讓人所做的決策是基於證據與理性的，可以免除我國社會所普遍瀰漫迷信的積弊。他接著強調學校提供知識給學生之外，也應該培養學生獲得知識的能力。

就知識這一方面來講，不光光只是知識本身，也包含怎樣去獲得這些相關的資訊，怎樣加以分析加以處理加以應用等等。這樣的能力往後應是很重要。當然和前面相關的就是說，你去做決定去解決問題，在很多情況之下學生常會碰到這些問題。所以學校的教育，在這方面應該對學生有某種程度的幫助。(08)

而另一位教授也提到學校培養學生的過程技能，也應將之擴充至資料蒐集乃至形成決策之問題解決能力上。

可以抓到一些訊息，information catch 的能力很重要，所以我認為我們這時候科技的活動不一定只有透過我們這種什麼實驗而已，抓訊息的能力，那也是科技的素養。可以搜集資訊，搜集一大堆但沒有辦法 catch 的能力，那也沒有用。所以，這方面的能力，我是覺得是我們現代人沒有去培養，我是覺得如果有，他以後看到問題、發現問題、解決問題的能力才會強。(03)

然以個人從事問題解決所發生的效益畢竟有限，在尋求問題解決能力養成時，有半數的受訪學者（01, 02, 04, 05, 09, 11）提到現代社會所遭遇的問題型態並非僅靠個人一已之力就可解決，經常是需透過團隊合作方能竟功。是以，他們乃建議科學教育中應該要結合合作學習的機制，讓學童體驗在小組合作中，學習共同解決問題的技能。

需要跟別人合作，在所有科學工作上要如此，即使將來不從事科學的工作，跟別人合作的能力也是需要的。(11)

我們回顧過去五十年來，一些重要的發明、發現，或重要的企業發展，大概都是群策群力、是很多人分工合作所得到的結果。像我們最近常常談到的資訊科技、生命科學、基因工程，還有太空的研究等等，這所動員的人，都是上千上萬的，都是分工合作、團隊的精神；大的企業也是一樣，除了需要許多人在不同的崗位上努力之外，也要注重和其他人的合作。另外一個是非常重要的，就是一種整合、統整的能力。九年一貫國教的精神，基本上來講就是強調縱的連繫、橫的整合，這是非常重要的一件事。整合是非常重要的。(01)

正因為人一生之中所遭遇到的環境及其問題會經常改變，乃突顯養成問題解決能力的重要性；又因社會問題常牽涉廣大的人群與多種因素，也使得人際間結合成工作團隊共同解決問題有其迫切必要；然社會時時變遷，若是固持僵化、不能與時俱進推陳出新，則前述問題解決的目標也將無法達成。基於此一理由，更有高達十位學者（01, 02, 04, 05,

06, 07, 08, 09, 11, 12）建議學校應培養學生具備終生學習的能力。

要終身學習，沒完沒了的學習。青少年如果沒有養成學習的習慣，大概後面就比較難了。（04）

終身教育的一個目標，它必須建構一個國民的知識，剛剛談到國民的知識，我覺得台灣的教育其實很發達，但是國民的科學教育素養是有相當多的問題。（12）

綜合以上所述之問題解決能力、合作學習能力以及終身學習能力三者，其目的旨在持續確保一個人做為學習者能與環境做有效互動並適存於社會。根據學者們的觀點，中小學中之科學教育目標必須由提供知識以應付升學考試，轉而支持學習個體建立終生學習的觀念與能力，使其終其一生能夠妥適解決個人或是所屬團體所面臨的問題。就此，科學教育應呈現給學生了解科學的本質及與社會間互動的特性，以彌補靜止的知識型態所呈現之科學教學的不足。

(四)科學教育內容需協助學習者明瞭基本的科學現象、原理與理論，可藉實驗、動手操作及媒體教學，使得學習內涵具體化

前述有關學者們指陳台灣中小學的科學教學偏重知識的學習，教師在進行教學中的呈現方式多為講述法，且學生為了在考試中能得到高分，以致偏賴精熟式的學習策略。他們乃建議需注意科學學習過程中之技能與情意目標的達成。其中要鼓勵學生思考知能的發展，但是學者們（01, 02, 03, 06, 07, 09）也提醒教師在讓學生進行另類想法時，也要注意學生是否已有基本科學知識與原理的理解。換言之，學者認為科學的推理是要建立在一個前人已經建構的知識理論基礎之上，而非天馬行空不著邊際的胡思亂想。

你的批判是建立在知識的基礎上，他有他的方法，你有你自己的一套。（11）

我們倒是有的時候其實是不太注重所謂最基礎的東西，所以我們有的時候在科學上面表現的不好，不是因為沒有創意，而是因為其實我們的物理、數學、化學的基礎是比不上人家（06）

這位學者指出當我們的基礎知識不足時，即使有創意，也無法累積良好的研究成果。

我們一定要知道人類的創意建築於知識之上，這件事很少人講，大概只有我一個人講。就是你沒有學問就不要來講什麼創意。沒有學問的話，這些東西有好奇心，我不承認這是有意義的。（06）

基於這個論點，他認為台灣的中學科學教科書介紹科學概念時都太過艱深，難的原因在於教科書中需要交代的概念太多，以致篇幅所限，介紹單一個概念時所能分配到的字數就必須精簡。於是他乃建議只要介紹最重要的基本概念，且將之說明的清楚易懂就好了。以下是他的說法：

之前我對 DNA 是一竅不通的，後來我去翻中學教科書，我發現是最難懂的。中學的教科書簡直是三言兩語就交代過去了，我才曉得要學生知道的東西太多，所以我就想應該將教科書重寫，所有故事要寫的越多越好，要用輕鬆的語氣來講，不在於要講的深，而在乎基本的道理要講清楚。比方說牛頓到底是怎樣想出萬有引力定律的，不能再講蘋果掉到他頭上，而是應該講他看過多少了論文及天行運行最後想出來的。所以很希望大家能夠接受我的建議，我們的中小學教科書要完全重寫，寫的非常有趣，把這些偉大科學家的故事、照片等等。全部都寫進書裡面，那麼這個使得大家對科學有興趣。（06）

其實在他強調中小學科學教育要將基本知識理論介紹清楚的同時，也反映出將科學家如何建構出這個理論過程中所經歷的事件，而這些科學家小故事能夠讓學生了解科學的本質。而科學家在建構知識理論過程

中，用來檢測假說的設計實驗並動手操作，尤其是國人所缺少的特質。

我們整個國家的國民動腦的能力超過美國人，動手做的能力不如他們。如何培養，絕對有待加強。我們應該要知道如何讓學生動手做，而且時間要花的非常之長在動手做實驗這個方面，這個應該要在未來的教育政策上強調這一點。（06）

學者們指出動手做的重要性乃在於其能提供第一手的經驗，在親身經歷中體會想法與實際現況之間的落差，於是乃可調整對於現象的解釋，或是設計另一項實驗來檢驗自己的想法。他們認為透過動手做可以讓原本是抽象的觀念具體化，學生更容易理解科學的想法。另一位以創造力為研究領域的學者有如下的說法：

提到槓桿他就會去想，他車子在坐的時候，他有什麼槓桿，齒輪齒為什麼他要這樣做，他就會更進一步去了解。我們經常沒有讓他先經歷 experience，就講了一大堆滿 experience，很痛苦。他變得很抽象，他沒有辦法一步一步去解析他，經過動手以後，他有一系列 process，有過程性而不是片斷的，整個進去那個我們的 working memory，所以小孩子為什麼聽不懂齒輪齒的觀念，因為對他來講是抽象的？你沒有把他細節讓他摸過，他摸的時候是依細節去了解。（10）

非但是前述建議的科學教科書要融入科學家從事研究時所經歷的小故事，讓學生能夠體會情境，在進行教學時要讓學生能有動手做的機會以經歷並歷練科學過程技能，而即使是教師藉講述法教學時，也須輔以多媒體教材的方式，將抽象的科學概念轉化成具體易懂的形式介紹給學生。

這種方式多用所謂多媒體的教材，甚至生物等等都是我們了解，那就應該是好的，我們的教學應該要大量的使用所謂多媒體的教學，這是我一再的強調，尤其物理、數學、化學等一定要大量的使用這種。（06）

(五)讓國民能從多元化的非制式教育途徑學習科學新知；能看得懂報紙上的相關新聞，能用口語將自己的想法表達清楚，讓跟他對話的人了解他的想法

除了以上學校中的科學教育所需擔負的國民科學素養養成任務之外，受訪者也表達了透過非正式科學教育途徑推展科學教育的重要性。

在訪談中，有四位提到可以推動科學教育的單位及組織（04, 05, 07, 09）。第一類為社教機構，被提及做為例子的單位包括圖書館、博物館（04, 07, 09）、科學教育館、動物園、兒童育樂中心（04）。第二類為具政策制定功能的組織，例如教育研究院（05）及國科會（04）。此外，學者提到相關機構或組織可以舉辦科學活動（04, 05, 07, 09）提升國民科學素養，項目包括科學園遊會（04）、夏令營（05）、科學演講（07）、全民科學週（04, 09）、科學展覽（04）等。並建議博物館應發展本土的材料，以利國人科學素養的提升（04, 05, 07）。在社區大學開一些有趣、易懂、具有啟發性的課程（01, 02, 03, 11）；針對老年人也應加強其科學素養，如此才能使其日常生活不致為迷信所桎梏（03）。而也有四位指出贊助科學刊物的出版的重要性（01, 04, 05, 06），對於那些致力於推廣科學文化事業的人士也要與以獎勵制度（05, 06）。

然而在日常最易獲得資訊的媒體方面，也有五位（03, 04, 07, 08, 09）提及。在具體做法上，學者建議可以將實驗過程數位化，放置在網站上供民眾點閱瀏覽。而目前所推動的國家數位典藏計畫將博物館資源數位化就是一項能夠讓民眾很便利的獲得科學相關資訊的做法，值得繼續推動與發展。

在本研究中，有五位學者（01, 05, 07, 08,

09）提到有效溝通與理解日常生活中之科學相關事務，做為一般大眾最基本的科學素養的定義。例如以下兩位受訪者指出一般民眾「看得懂報紙」是必須要具備的能力：

他們要會看報，很多人拿起報紙看到有關科學，一看就跳過去，他不看，比方說，有什麼重大的發現，或者是發現了一個新的東西，或者是什麼樣一個，比方說放了一個人造衛星，這個人造衛星是一個很特別的，比方說裡面有這個，太空望遠鏡，有這個東西，他不看，醫學上有一個重大的發現，他沒有關心，或是如基因重組，像這類的新聞，到底會產生什麼重要的影響，他都不看。（01）

報紙出來你能夠看得懂，大概要具備這種能力。講起來報紙是大眾媒體最普遍的，那報社也會想說現在是新的知識，可能人家都不知道，它就會有註解，那註解看的懂，這樣就是國民；國民應該看懂報紙，看懂報紙是很重要的，所以報紙都會出現的這個知識應該要具備。（07）

另一位社會教育機構的首長也認為國民培養出能夠就科學性議題進行溝通的重要性。如果能夠將自己與科學相關事務的想法說清楚，就能稱做具有科學素養。

說清楚，講明白，遇到一些事情，它能夠用口語說明白，講清楚，讓跟他對話的人了解他的想法，從把他自己的思想，他的看法，他的認識能夠表達清楚這個就及格了。（05）

肆、省思與建議

十二位受訪的學者都曾對台灣科學教育在不同的面向奉獻過心力，譬如擔任國家科學教育政策的制定者、科學教育課程的規畫召集人、科學教育社團的主持人、大眾科學教育機構的負責人以及大學理工學系的傑出教授及大學校長等職務。且每位受訪者在國內公共論壇中極為活躍，經常參加與科學教育相關的研討會發表評論，以及在報章中提出個人對於科學教育政策的觀點，而其個人的教學、研究與科學教育政策制定與推廣亦極相關，他們的訪談意見對於台灣省思當前科學教育問題及科學素養養成極具參考價值。以下謹根據本研究訪談結果，就我國社會之現況下，提出有關提升學生科學素養之建議：

一、改良考試命題方式，使具創意，為導正教學落實科學素養之一方

從所歸納出的重點可以發現，學者們認為我國社會長年注重紙筆式的考試方式，尤其是入學考試的命題對於引導教師教學及學生學習的影響尤大，使得學習偏重記憶與精熟。在此種情況下，我國的中小學教育無從教導學生過程技能。基於此一發現，本研究建議在我國社會升學考試行之多年，入學測驗不可取代的情況下，宜朝改良試題方向思考，並使命題多具創意，以利教學突破記誦的窠臼。

據此，Lunetta 和 Lederman（1999）曾就台灣科學教育的改革發表專論，文中也提及考試在台灣教育體系中扮演驅動的角色（Driving role），對於台灣教育的方向具有極大的影響力。長久以來，學校師生傾全力以精熟學習準備升學考試，但這兩位學者卻認為考試也可以成為台灣教育改革中的一個有利因素。換言之，考試可以扮演整合的角色，只要考試出題能夠力求創意與變化，不再如先前試題偏重於記憶，反而以能促進學生思考的試題，使得學生的推理能力、創意思考及應用能力得以檢測出來。在我國社會久被詬病的考試制度，在西方學者的眼中反而是一項可以將九年一貫科學教育課程標準（教育部, 2003）付諸實現的一個管道。然而，發展能夠有效測驗學生多元能力的試題需要

培育評量人才，不僅在中央教育行政部門要設立專責的考試中心，結合測驗專家發展試題外，也要藉師資培育及教師研習培養教師具備符合當代評量思潮的理念與能力。以我國社會對於考試依賴至深的情況之下，也唯有思考如何運用考試為實踐科學素養的途徑之一，則前述精英學者所建議之培養推理能力、問題解決能力、動手做以及基本科學知識等方才有著力的空間。

二、規劃提供學生發展思考智能的學習歷程

受訪之學術精英多強調培養思考智能的重要性，然而他們也憂心於我國文化中長久所倚賴的考試方式，一方面雖使父母普遍重視子女教育，且老師亦認真教學，但另方面求知的目的在參加競試，求取功名。如前文所述，長久以來，以背誦方式熟悉所學內容，然卻不求甚解。使得我國雖號稱進入科技文明國家之列，但在學校中只注重學習最終的知識型態，而不以知識如何而形成的過程為學習的重點，以致學生習於記憶知識，離開學校後做為一個社會人士乃普遍缺乏理性思考的習慣與能力。為了導正此一沉痾，本文建議在科學教學的設計上，採取發展性的探究式課程，讓學生能夠體驗動手操作與探究，思考蘊含於學習歷程中的道理（know-why）與方法（know-how）。

三、發展與生活實踐結合，並能培養問題解決能力的科學學習歷程

本研究中，另一項為學術精英所詬病的我國社會陋習，當屬一般國民日常生活中捕風捉影、人云亦云而不以理性行事的的風氣。受訪精英也指出：因學校學習中過於重視片段知識的獲得，以致向來也極被我國社會重視的生活教育，倍受排擠，功能不彰。然而此等在中、小學校中做為課程一部分的「環境教育」、「生命教育」、「性別教育」、「人權教育」、「公民教育」等均著重學習者個人的實踐，包含科學教育的各科課程都能予以融入，成為教學內涵，但在其評量上卻首重真實的體悟與踐履，並無法以知識性的考試做為評量的依據。且科學教育之實踐目標中亦有如科學本質、科學精神、科學態度、科學價值以及理解科學、技術、社會間的關係等面向，屬於情意和行動實踐層次，都有賴科學教育與日常生活中的問題相互連結，使學生能在經歷實際問題的解決過程中，予以完整建構。是以，本文建議採取與學生生活經驗相連結的探究式學習過程，使學生練習所需的技能與主動操作，體驗實驗驗證的歷程，於過程中蒐集資料並提出證據，與同儕合作從事科學討論，檢驗自己及他人的想法，以解決所從事之探究問題，實應成為我國科學教育中之重要一環。

四、未來在學術研究及實務推廣兩個面向，均亟需加強對國際科學教育趨勢及中西文化異同之探討與理解，加強彼此交流，以截長補短發展適合我國社會所需之科學課程

中華社會自隋朝首開科舉制度後迄至清朝末年，共歷時一千三百餘年。期間倚賴考試制度取士，首重公平。然而考試科目及出題方向均營造出僵化固持的現象，反而禁錮了知識份子的思想空間。若非西方思潮東來，新的文化與做法提供我國深切反省文化傳統中的長處與缺失，尤其是源自西方的科學文明讓我國社會衝擊尤大，由於我國並未經歷過西方科學發展的脈絡，當科學與技術在我國應用與發展時，實有不能體會內蘊本質與文化的落差，以致實踐中只見皮毛，而

未能掌握精神。這樣的景況也連帶影響學校基本之科學教育目標的實踐。然而我們應當如何補足這個落差呢？Carter（2005）為文指出：全球化的科學教育改革已然成型，各國之間及各教育機構應加強對話，以增進彼此之間的了解，俾使科學教育改革的實踐能在彼此觀摩與省思中掌握精髓。這個觀點對於我國接觸西學，但長久卻流於「橘越淮為枳」窘境，應有所啟發（靳知勤, 2003）。本研究中受訪的台灣學術精英均成長於台灣本土，而後負笈西方社會獲得博士學位返國服務，在人生歷程中檢視中西社會在教育上的異同，提供建言，可曰某一種型式之跨文化對話的媒介。然而隨著國際交流與競爭態勢的日益蓬勃，讓中華社會的科學教育能一方面透過與國際社群的對話，從事跨文化之比較研究，以了解我國科學發展不足之處；但在另一方面，在國內社群亦應形成對話機制，透過研究社群之研討使國內的科學家、科教學者、教育行政人員以及科學教師間共同找尋符合我國社會文化脈絡之下，所可實踐的科學教育改革策略。

伍、致　謝

本研究係由行政院國家科學委員會經費補助（NSC 90-2511-S-029-001），並經審稿委員悉心斧正，在此特致謝忱。

陸、參考文獻

1. 教育部（2003）：**國民中小學九年一貫課程綱要**。台北市：教育部。
2. 靳知勤（2002a）：「有素養」或「無素養」？--解讀非科學主修大學生對三項全球性環境問題之敘述表徵。 **科學教育學刊**, **10**(1), 59-86.
3. 靳知勤（2002b）：效化「基本科學素養問卷」。**科學教育學刊**, **10**(3), 287-308.
4. 靳知勤（2003）：**科學博物館教育解說之形式與內涵**。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告：東海大學教育學程中心（NSC 92-2511-S-029-001）。
5. AAAS (1990). *Project 2061. Science for All American*. New York: Oxford University Press.
6. Barton, D. (1994). Literacy: An introduction to the ecology of written language. Cambridge, MA: Blackwell.
7. BouJaoude, S. (2002) Balance of scientific literacy themes in science curricula: the case of Lebanon. *International Journal of Science Education, 24*(2), 139-156.
8. Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy-From purposes to practices*. Portsmouth, NH, USA: Heinemann.
9. Cajas, F. (1999). Public understanding of science: using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education, 21*(7), 765-773.
10. Carter, L. (2005). Globalisation and science education — Rethinking science education reforms. *Science Education, 42*, 561-580.
11. Chin, C. C. (2005). First-year pre-service teachers in Taiwan — Do they enter pre-service program with satisfactory scientific literacy and attitudes toward science. *International Journal of Science Education, 27*(13), 1549-1570.
12. Cross, R. T. (1999). The public understanding of science: Implication for education. *International Journal of Science Education, 21*(7), 699-702.
13. Cross, R. T., & Price, R. F. (1999). The responsibility of science and the public understanding of science. *International Journal of Science Education, 21*(7), 775-785.

14. DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 582-601.
15. Durant, J. R. (1993). *What is scientific literacy?* In J. R. Durant, & J. Gregory (Eds.), Science and Culture in Europe (pp. 129-137). London: Science Museum.
16. Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. D. Wittrock(Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed.) (pp. 119-161). New York: Macmillan.
17. Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership, 16*(1), 13-16, 52.
18. Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education, 82*, 407-416.
19. Kyle, W. C. (1995). Scientific literacy: How many lost generations can we afford? *Journal of Research in Science Teaching, 32*(9), 895-896.
20. Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education, 84*, 71-94.
21. Lunetta, V. N. & Lederman, N. G. (1999). Reform of science education in Taiwan: Contexts, opportunities, and concerns. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (D), 8*(3), 121-131.
22. Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus, 112*(2), 29-48.
23. Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science, 7*, 203-223.
24. National Research Council (1995). *National Science Education Standards*. Alexandria, Virginia: National Academic Press.
25. Penick, J. E. (1993). *Scientific Literacy: An Annotated Bibliography*. Paris, France: The International Council of Associations for Science Education.
26. Pella, M. O., O'Hearn, G. T., & Gale, C. W. (1966). Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching, 4*, 199-208.
27. Zembylas, M. (2002). The global, the local, and the science curriculum: A struggle for balance in Cyprus. *International Journal of Science Education, 24*(5), 499-520.

A Reflection on the Science Education of Taiwan — The Voice from the Elites in Taiwan

Chi-Chin Chin

Department of Science Application and Dissemination, Taichung University

Abstract

International science education community has oriented the attention to the impact of socio-cultural factors on the effectiveness of science learning. However, such efforts have seldom done in Taiwanese society. Therefore, this study used interview methods to collect data from 12 elites about their views of the contemporary educational environment and the strategies to enhancing the scientific literacy in Taiwanese society. The findings show that elites claimed Taiwanese people to be superstitious and irrational; the different way to see the nature from the western world also plays as one of the factors to influence science education. Since science education in school has served for the preparation for the entrance examination, students memorized the factual knowledge instead of the useful learning skills in their daily life context. However, elites especially mentioned the intelligence of local people and the social values in education were the strengths in promoting science education. According elites opinions, five suggestions were summarized for enhancing the scientific literacy in Taiwan through creating learning atmosphere for (1) inducing alternative thinking framework, (2) motivating their curiosity, positive attitudes, and value in science learning, (3) nurturing the problem-solving, co-operative, and life-long learning abilities, (4) facilitating students understand the basic scientific principles and theories by means of experiments, hands-on activities, and multi-media, and (5) communicating their own scientific thoughts clearly based on the information from informal education channels. In the last, the author retrospects on the discrepancy of sociocultural factors between western and Taiwanese society and proposes the suggestions for future science education in Taiwan.

Key words: Scientific Literacy, Goals of Science Education, Science Education, Elite Interview