

科學教育目標之探討與展望

許榮富

在探討科學教育的目標之前，首先要對科學的特性與內含有所了解。科學是造成人類文明的主要動力之一，而其影響與日愈盛：不但科學的產物直接改變了人類的生活型態，科學的思考模式更擴散到人類的各種活動之中。因此，人類的生活、思考模式、宇宙觀、甚至信仰都深受科學的影響。所以，欲了解科學教育的本質以及科學教育的目標，必須先對於科學的本質進行探討，進而對於科學與社會、科學與技學（Technology）、及科學、技學、社會三者的關係加以確認，才能較清晰的將科學教育的特性呈現出來。

基於以上的考慮，本文首先闡述科學的特性，說明科學的目的及其分類，並探討科學、技學與社會之互動關係；其次分析科學教育目標的演變；最後針對科學教育目標的發展，展望因應未來需要的科學教育的方向。

壹、科學是什麼？

科學（science）一詞源自拉丁文scientia，意為

科學教育目標之探討與展望

「知識」。因此，科學涉及了知識的內含、知識的發生以及知識的真偽等範疇。一般而言，科學是一累積且無休止的實驗觀察，進而形成觀念與學說。而概念與學說可為進一步的實驗結果予以修訂。科學是知識體及獲得知識的過程。以下即就知識體的內容說明科學的分類。

一、科學的分類

科學是一個名詞，究竟其範圍如何呢？在此呈現三種分類的方法，根據這些分類，可以進一步來定位科學教育的特性。

1. 純科學與應用科學：

首先要區分：

(1) 科學為一知識領域（或一組認知訓練）及；

(2) 科學的應用之間的差異。

一般常把科學分為純科學及應用科學二類。在純科學裏

又可分為：

(1) 形式科學、邏輯及數學等；及

(2) 事實的或經驗的科學。

後者可再分為(21)自然科學，包括物質科學、物理學、化學等等，以及生命科學和行為科學。例如生物學與心理學；及(22)社會科學，例如社會科學及經濟學等。而在應用科學的部份則包括技術性科學、醫學、農學等等。

事實上所謂的應用，係具有兩種層次的意義，一為應用形式科學於純科學或經驗科學。因為所有的經驗科學必須有其邏輯結構，這些結構通常都以數學的形式加以建構，這一層次的應用通常被認為是在建構一門純經驗科學時的必要要素。第二層意義可應用事實的科學到應用性的科學的這種應用。藉著這種應用，所以純的或經驗科學的發現便以落實各種社會及人類的福祉為目的，諸如建造大樓、建築高速公路及醫療保健等等。

2. 尋求定律或發現事實的科學：

諸如物理、化學等科學的目的，仍是在於發現宇宙共同的定律。這些定律在任何時刻都可適用，而不像地理學、歷史學及經濟學等，可能只能考慮到局部事件。後者通常只含涉及一些特例（特殊的事實）而非普通的定律，因此，這種「科學」與一般的尋求定律的科學有所區別。但是，若根據某些科學的判準來檢視上述的各個學科，它們可能會滿足科學的要求，因之，它們可以是科學學科。但另一方面，我們可以說並無所謂尋求定律或發現事實之科學的區別。它可視作是一種人為的判別。

3. 自然科學與社會科學：

與2.相關的另一個觀點，那就是自然科學為尋求定律的科學，而社會科學是發現事實的科學。但這種區分通常是根據學科的性質而定。

一般而論，2及3的區分判別是較不成熟的，而1的分類則廣為大眾接受。但是當我們對科學的本質詳細討論之後，對1的分類方式的合適性亦將需加以質疑，但究竟能否給各科學學科一合適的分類方法，這將是每一位讀者所要深思的。

對於科學知識之內含的分類，僅可作為了解科學的基本資料，而究竟何以需要科學，科學的目的是什麼呢？

二、科學的目的

科學的目的是什麼呢？由以上純（經驗）科學及應用科學的分野界說，可以看出科學目的的端倪，略述如下：

1. 應用科學的目的包括：

控制、規劃、技術的進步；利用自然的力量於實際的目的的等。

2. 純科學的目地可以分為二類：

(1) 從心智上的考量，純（經驗）科學的目的為知識的追求；真理的獲得（儘可能的逼近真理）；以及人類之智力來精確詮釋或預測自然現象的成就感等。當然，科學家也在名譽與回報的過程之中獲得至高的愉悅，但他們往往更熱衷於

真理的探尋。從某些角度來說，科學家一如藝術家。

(2)從邏輯上來考量，純（經驗）科學的目的，在於能夠描述、解釋及預測。所謂描述包括對於觀察的敘述，形成對應於觀察世界的前題等。解釋則由觀察到的現象與自然的規律所組成，其間包括提出與解答「為什麼」；通常解釋可透過定律和理論而完成。而所謂的預測則與解釋有直接的關聯，它通常是導出一些尚未發生之事件的前題，藉著定律及理論而導出前題，如果這些前題經過檢驗後為真，便可對其理論及定律提供一次的證實。有時我們也會提到所謂的事後推測（retrodiction），其對象則為過去的事件，本質上，這也是推論的一種。

三、科學的判準

由科學知識的分類中可知並非所有的知識都是科學知識，即，並非所有的學科都是科學。那麼，科學究竟具有那些特性呢？有那些準則可用以分辨科學知識與非科學知識，區別科學理論與非科學理論呢？

在尋求此種準則之前，先讓我們看一個例子，以便可以深入的了解這些判準的實質意義。絕大部分的科學家及大眾都認為牛頓之萬有引力定律是科學的（即使需要加以修改），而星象學（占星術）則不是科學的。或許有些讀者並不贊同這種觀點。但究竟我們如何來判斷牛頓的理論與占星術的

差別呢？為了能有效的作判斷，此處提出一些較為人們接受的判準。

1. 互為主觀可試驗性（intersubjective testability）：

這是說，原則上科學可為任何人加以思辨與檢查，故應滿足互為主觀的條件，所以那些屬於個別的直觀將被摒除於科學之體。

2. 可靠性：

這是說，當我們對科學的理論或定律加以檢驗時，其結果要為真。至少，在合理的範圍內，我們有足夠的理由可以相信試驗的結果是真的。單是可試驗性是不夠的，科學的理論必須被證實為真。

3. 明確與精確性：

這是指在科學之中不能含有混淆及模稜兩可的理論或定律。科學概念必須是明確且清晰的，如此才能進行有效的度量。

4. 一致或系統性：

這是就科學理論的架構而言，科學的理論不是由一大堆互不相干的陳述句所組成的，當然其間也不能含有互相矛盾的陳述句。

5. 週延性：

這是指科學的目的在於加深加廣我們的知識，所以一良

好的科學理論應當具有大的含攝範圍，假如某理論較另一理論可解釋更多的現象，那麼其間就有優劣的差異了。

以下將以較為詳盡的方式，對上述的五個判準，再加以討論。

1. 互為主觀可試驗性：

(1) 可試驗性：

在科學中，我們會碰到各種不同的陳述句：描述的、定律的、理論的、解釋的句子等等，這些都是科學知識的「宣言」，各人必須知道是否可能有證據可以支持或駁斥這些知識的宣言，若這些命題無法加以試驗，則將不知道這些命題是真或是假，甚至連想建立判定其真假的方法都沒有。所以可試驗性為科學的第一要件。可試驗性的意義並不等於已試驗。

(2) 互為主觀：

「互為主觀」通常被認為是「客觀」的同義字。而「客觀性」則有許多意義：

① 若一種觀點或信念為客觀的，則這種觀點或信念不是來自幻覺或幻想。

② 若某事物為客觀的，則其不是心靈的一種狀態，而是真實存在於外在世界的事物。

③ 通常「客觀」是指沒有偏差，是公正的。

④ 「客觀性」亦指出可由他人加以檢驗的可能性，所

以諸如個人信仰、或個人之不可重複的經驗等都不是客觀的。

科學的客觀性當滿足上述四個步驟。

(3) 互為主觀的可試驗性：

一般都認為一命題若要是科學的，則必須滿足上述的第一個判準，有許多其他的判準的意義都與此判準相似。然在此必須注意的是，除非已經滿足這個判準，否則無法討論可靠性及精確性等判準的。

2. 可靠性：

科學不僅關心科學的假說是否可以客觀試驗而已，同時它還想知道那一個假說是真的，至少那一個假說較可能為真。所以便有了可靠性的這一個判準。第一項準則強調找出科學命題為真或假的可能性，而第二個準則強調試驗後的結果。若一命題是可靠的，則經過試驗之後，應當為真。由於命題為真為假，乃是經過證實（confirmation）的方法而得，所以在經驗科學中並不存在完全的驗證或絕對性。

於此應加以注意的是：

(1) 科學命題的可靠性是科學預測的基礎。

(2) 雖然有許多命題都是可試驗的，但只有某些可能是可靠的，不可靠的命題必須揚棄。

3. 明確與清晰性：

明確與清晰至少含有二重意義：

(1) 界定概念，去除混淆。

(2) 含有形成定律的意義。

例如「有X時造成Y疾病的可能性較沒有X時大」就比「X造成Y疾病的機率為·九一」不明確。

4. 一致性或系統性：

在科學之中所追尋的不僅是互相獨立的事件而已，而是在尋求結構化的事實。這種情形通常可以「假說演譯」(hypothetical deductive)的方法達成。這個方法包括：

(1) 從問題為出發點：

(2) 形成假說、定律、理論以含攝該問題或解決該問題；

(3) 從(2)導出觀察量；

(4) 檢驗該演繹的結果是否成立。

由此，我們可以看到科學的探究活動是一完整、統合的架構，不只是陳述句的堆集而已。

科學理論同時也應滿足一致性的要求，即其間不應含有互為矛盾的成份。至於何以要求一致性，其理甚明，無需贅述。

5. 週延性：

週延性亦有二種意義：

(1) 若一個理論具有較強的解釋能力(explanation power)，則該理論較為週延，因此，牛頓的萬有引力不

但可以解釋自由落體的現象，且能說明天體運行、潮汐等現象，所以較克卜勒行星運動定律週延。

(2) 所謂的「週延」也是指完整的知識體系而言，這並不是說週延性等於終極性(finality)。

我們不認為經驗科學具有時間的恒常性，而是說我們得隨時修正不足的理论，放棄不適用的理論。

綜合以上所趨，要判斷一個定律、假說、理論、或學科是否為科學，則可以用上述的五個判準加以檢查，若一學科不能滿足以上的判準，則為不科學的學科，至少也是非科學的學科。回至一開始的例子，牛頓的萬有引力可以通過上述的五個判準，而占星術不能，故牛頓理論為科學的理論，而占星學則不是。

有一點務必注意，在此所提出的判準並非所有的判準，讀者在檢視或區分科學與非科學之際，尤需仔細思考，而不必以此五項準則為唯一的判準。

四、科學的本質

從以上的分析中可以進一步的對於科學的特性加以探討。所謂科學的本質，從廣義的角度來說，包括以下五大類：科學的方法及目的；科學家的特性；科學的假設；科學過程；及科學與社會、技學之互動等。

1. 科學的方法及目的

系：
A. 科學是人類產生概念的活動，也是具有組織的知識體

B. 科學的目的為解釋自然現象和事件；

C. 科學方法數其他方法好的原因是由於科學方法的某些特性所致，不是由於技術的緣故；

D. 科學以數學作為精確而簡明之陳述關係的方法；

E. 科學的各種學科彼此互相關聯，互相倚賴；

F. 科學是一系列不斷的奮鬥，期能形成能通過各種考驗的理論；

G. 科學是沒有國界的，也不受語言的限制。

2. 科學家的特性：

A. 科學家的動機是想要了解物質的宇宙；

B. 科學家必須經過特殊的教育與訓練，其智力不必是高智商的；

C. 科學家具有以下的態度：客觀、反權威、開放的心態、質疑、樂於改變、慎下斷語、喜以實驗驗證、好奇、理性、謙遜、尊重學術等；

3. 科學的假設

A. 宇宙與自然界的各種現象都是實在的、一致的、且具因果關係的；

B. 科學的成果（產品）是超道德的、不重複的、滿足精簡性的、暫時性的、並且是機率性的。

4. 科學的過程

科學的過程包括觀察、分類、溝通、處理變數、測量、繪函數圖、推論、預測、確認問題、形成假說、設計探究實驗、資料處理及普通化等。科學過程、科學方法及目前科學教育學術研究所稱之科學過程技能之間有著明顯的不同。在此實有必要將此三者之異同予以澄清。

科學方法，顧名思義，是以方法學的觀點來說明科學的特質。由於科學具有高度的精確性，因此科學的方法（scientific method）已成為科學的特徵。這種方法的可適用性已由自然科學拓展到非物質（immaterial）學科。從知識論的觀點來說，它是獲取知識的方法，自從人類進入歷史時代以來，便有各種獲取知識的方法被提出，其中以培根的「新工具」是為科學方法的濫觴、科學方法學著重理論的探討，強調科學與非科學之間的差異，探討演繹、歸納、實驗等於科學活動中的角色及其限制，傾向於靜態的科學內含的解析，不涉及學習心理的層次。因此，在科學教育中，科學方法的可教育性低，不能直接用於科學教學。

單純的探討獲得可靠之知識的方法是無法完全表達出科學的內含。如果就人類的科學活動的發展或從個別的科學活動的過程來詮釋科學，將有更廣的視野，前者傾向於科學史觀，如 *kuhn* 屬之。後者則傾向以動態的觀點，分析科學活動各組成成份，此點為科學過程的概念，對於科學教育的理

含有相當的啓示作用。但單純的科學過程在科學教學實務中仍無法直接應用，主要原因是科學過程的分析並未考慮人類學習的特性。

Gagne (1965) 認為學習具有階層性，此理論說明人類的學習具有循序漸進的特性。將此理論用於科學過程之內含的分析，便可依據學習的觀點來剖析科學的過程。個別之科學活動的過程是一種心智的過程 (intellectual process)，因此科學活動便可分解成不同之心智技能 (intellectual skills)，稱為科學過程技能。科學過程技能強調科學的動態性，強調科學活動之智力技能的成分，並考量學習的階層，故可適用於科學教學的實務中。它不但顧及科學方法的完整性，同時也考慮學習者的心智過程。因此每一項科學過程技能，在經過合適的分析之後，都因是學習者的心理建構 (mental constructs)，所以科學過程技能可以心理或教育測量來測量。

由以上的分析可知科學方法、科學過程、及科學過程技能三者分別有其理論的基礎及不同的目的。而科學過程技能同時考慮了方法學及心理學上的需求，不但滿足了科學教學的需求，同時也予科學方法之教學的測量建立其理論基礎，此可由 yeany (1984) 對於科學過程技能與邏輯思考能力之學習階層研究的結果獲得說明。

此外，對於假設 (assumption) 及形成假說 (form

ulating hypothesis) 之間的差異，亦應明辨，不宜誤用。

5. 科學與社會、技學的互動

A. 科學與社會的互動

- (1) 科學為改變社會的動力之一；
- (2) 社會以控制資源的方式來控制科學；
- (3) 在民主社會裏，欲有智慧地來決定科學的方向，則有賴社會大眾之科學的素養。

(4) 不管是否有科技上的改變，科學都可造成社會之根本的改變；

- (5) 科學使人類免於昔日的迷信；
- (6) 科學與技學已經給社會產生前所未有的社會問題；
- (7) 科學及技學是未來社會及經濟發展的要素；
- (8) 科學及技學有其極限；
- (9) 社會大眾都必須有良好的科學素養；
- (10) 科學知識對於社會所造造成的影響很大，無法事先預知；

(11) 科學的社會價值必須由社會予以理性的評析；

B. 科學與技學之互動

- (1) 技學應用科學所產生的概念來發展有用的技術及產品；
- (2) 由於技學上新產品的開發，使科學能有更佳的觀察和

測量工具，以促進其研究；

(3) 技學基於經濟因素而設計發展新產品，而科學的發展則為基於概念或智慧上的考量。

貳、科學教育的目標

從以上的分析中，可以知道科學學科的特性，同時也對於科學與技學、科學與社會三者之間的交互影響，有了些許的了解。然而，究竟科學教育的目標應該如何，這却是一個見仁見智的看法。有人認為既然是科學教育，就應該是科學學科的教育，而不應涉及其他的問題（Ron good 1983），而也有人認為科學教育不該只是單純的科學學科教育，應該將科學與其他學科及科學與人類生活之交互作用的關係一併列入考慮（Yager, 1983; Bybee, 1987; 1988）。要就其中選擇一個見解，實非易事。因此，首先筆者要由世界觀（World view）的角度，來剖析吾人所處之世界，然後再就二十世紀之社會與文化變遷的角度，來說明科學教育之目標應當如何適從。

一、世界觀

對於實證（reality）的見解，決定科學教育的領域（domain of science education）這種見解即為「

對世界的假說」（World hypothesis），世界的假說有六種：萬有靈論（animism）、神話論（mysticism）、形式主義（formism）、機械論（mechanism）、環境論（contextualism）及有機論（organism）（Pepper 1942）。

為了理性地審視產生知識的方法我們可以考慮關於萬有靈論及神話論的討論，因為這個世界假說沒有事實概念，所以我們只留下四個世界的假說：形式主義，機械論，環境論及有機論。

Pepper (1942) 將形式主義及機械論歸為一組，雖然他們並不相同，而環境論及有機論也歸為一組，也就是說，兩組間的差異遠比同組內各個成份間的差異為大，在抽象系統中，由於形式主義及機械論的見解，於是產生科學教育研究中的「定量」性的研究方法設計，而環境論及有機論的見解，則產生我們所謂的定性的科教研究設計。讓我們注意：第一組要求「量值的資料及數據」，然而第二組則要求性質的資料。一步說，第一組著重在於它的精確，第二組則在於它的廣度。以下（表一）概述其特性

表一 四種世界假說的某些特質

世界說	抽象假設	基本假設	某些重要目錄	獲得真理的過程	例子
形式主義	事物所採取什麼樣的型式？	相似性	——關係 ——常模	實例與理想模型之間的對應關係	生物分類學
機械論	不同的事物如何引發，連結，影響其他事物	機械	——時空的定置位置 ——決定論	決定邏輯規則的對應關係	牛頓機械觀
環境論	這個事件被定出因果關係？	位置	——素質 ——整合 ——直覺	直覺的解釋能達到何種滿意、有用的程度	某些心理分析論的分支，歷史自傳
有機論	事件如何適用於整體？	整合性	——矛盾 ——分裂 ——解釋經濟	整體感（絕對完整——絕對事實）	生態理論

形式主義是關於事物的形式，生物分類學是個很好的例子，在現代的科學教育研究中，形式主義者旨在探討學生的某些特質的相似性，例如皮亞傑的發生知識論等。

形式主義的思考往往掩蓋了機械論的思考，但是，當目標達到後（例如，認知發展得以落實），它的機制（mechanism）是什麼？我們所能控制的重要獨立變因是什麼？解答上述的問題，建立相似性程度和關係強度常需要大量的資料及數據，亦即，形式主義和機械論的思考不會只停留在

定性層次。

環境論爲集中在事件的前後因果關係的思考系統，根據這個世界假設，除非我們知道事件發生的因果關係，否則，我們對有關該事件的知識將有所不足，環境論者認爲光是知道事件的形式和機制是不夠的。實際上，兩種知識可能完全無關。此外，一個好的環境論的個案研究需要定性資料。

「有機論」爲第四個世界假設，它反映了抽象概念的完整背景。如同環境論，有機論有賴於定性資料，因爲該世界

假說的重點，是在將片斷的資料，整合成一個有機整體。至目前為止，在科學教育上，幾乎無有機論之研究的例子。

事實上，我們所處的世界是一直在變化之中的：我們都面對不可（確）知的未來，而今日的社會是開放的社會，給予人類廣闊的空間及自由度。因此，科學教育的領域自然而然地不應只局限在其學科的內容及特定的屬性而已。科學是人類的智力活動的產品，而科學家及工程師更是社會的一份子，他們同樣的享有相同的社會權利及社會義務。因此，筆者寧願將科學教育視為大環境之中的一環，是社會這個有機體中的一個有別於其他組織的組織，它仰賴社會，也對社會、大環境貢獻其影響力。所以，科學教育的內含不僅是科學學科，同時也應包括學、技學及社會的互動關係，此即STS的科學教育目標（請參考筆者與楊文金同撰之STS之研究方法設計及其內涵分析研究，中華民國第三屆科學教育學術研討會論文）。

二、科學教育目標的發展簡史

二次大戰以前，世界各國仍停留在農業社會，人類為求生存而付出大部分的時間與精力。因此，其文化的特質是安定性、階層性與傳統化（表二）。這種情形到1960年代有了變化，由於科學與科技文明的進步，使得先進國家步入科學科技性的社會，由於分工與組織化的結構，大量提高了物

質的生產，使人類不需汲汲於面臨生存的挑戰，而人類亦致力於物質的需要，80年代由於物質充斥，導致反科學的浪潮。80年後，更因資訊發達，進入後工業社會，人的需求已超越僅止於物質的追求，擴充到精神領域的探尋。社會與文化狀況的改變，明顯地改變了人的需求，當然，對於科學教育的理念也有所衝擊。然此衝擊究竟如何，則有待探討。

表二 二十世紀之社會變遷與文化背景

年 代	1945	1955	1965	1975	1985
社會性質	農業社會	科學技術社會		後工業化社會	
文化狀況	• 安定化	• 巨大化		• 專門化	
	• 階層化	• 組織化		• 個性化	
	• 固定化	• 劃一化		• 多樣化	
	• 傳統化	• 分工化		• 國際化	
人的需求	生存需求	物質需求		精神需求	

（修改自村重和，民76）

科學教育的改革運動，起始於美國爲了因應蘇聯之人造衛星所造成的衝擊的一連串運動之一。因此1960年代之科學教育目標在國家安全的需求及1960年代之文化狀況與人的需求之下，以培育更多的科學家 and 工程師爲目的。表三中可以看出當時之科學教育目標的導向。而於1980年代以後，社會的背景已進入後工業化社會，人的需求也由物質的需求轉變爲精神層面的追求，因此，1980年代之科學教育目標

表三 一九六〇年代及一九八〇年代之科學教育目標比較

一九六〇年代	一九八〇年代
1. 要求培養更多的科學家及工程師，來解決問題。 2. 課程設計符合過去之科學學科的目標。 知識的獲得仍是十分重要的。 3. 科學教學是爲了獲得進一步的知識與解釋。 科學教育的目的在培育未來的科學家。 4. 科學和科學教育是以現在和剛消逝的過去爲導向。 5. 科學教育集中於認知技能的發展。 6. 科學是摒除價值性 (value free)，是一種經驗科學 7. 科學要求線性思考、強調探究技能。 8. 科學教學目標是內在的不同的學科領域。	需解決根源於科學和科技的現今的社會問題。(例如：能源危機、核子恐懼、遺傳工程等)。 急切需要認識現今的社會問題，知識的重要性在於它對於解決社會問題有所助益。 科學和科技被認爲是增進社會進步的手段。 科學教育的目的在培育未來的公民。 科學和科學教育是以未來爲導向，培養解決未來社會問題衝擊的能力。 科學教育不應只集中在認知技能，應同時強調倫理、道德、美學的了解。 今日的科學是充滿價值性 (value laden)，應具道德、倫理的層面。 科學應考慮系統思考、強調下決定 (decision making) 能力。 科學教學目標應以科學、科技與社會互動爲導向。

標也有了不同的風貌，而其特色就在於對STS的主題的強調。

我國除了強調科學家、工程師的培養之外，到了民國六十年代也對於科學素養 (Scientific literacy) 的科學教育逐漸重視。所謂的科學素養，其內含如下：

1. 具有科學素養者了解科學知識的本質。
2. 具有科學素養者能確實應用適當的科學概念、原理、

原則及理論於他所處的環境中。

3. 具有科學素養者能運用科學過程以解決問題，作正確抉擇及拓展自己對環境的了解。

4. 具有科學素養者對自己所處環境中各方面的交互作用，能符合科學的價值標準。

5. 具有科學素養者應了解並鑑賞科學與技術的領域，它們兩者之間互為影響的關係及其與社會各方面的緊密關係。

6. 具有科學素養者，由於他的科學教育涵養，對環境培養出一種更寬宏，更滿足更激奮的觀點，並在他有生之年繼續培養此種涵養。

7. 具有科學素養者，在科學與技術方面，繼續不斷地發展出無數的操作技巧。(郭鴻銘，沈青嵩民六十五)

然而，以上七項僅止於摒除價值性之科學的教育，而許榮富(民，七十五)亦提出科學素養的內容，包括：(1)科學知識的本質；(2)科學知識的概念；(3)科學過程技能；(4)科學態度；(5)科學相關層面；及(6)科學應用相關層面等六大項。此科學素養之分類已涉及部份STS之互動關係。因此，若考慮STS的互動關係，則「STS素養」至少包含以下各項：

1. 科學及技術對社會的影響：(1) The technocratic & democratic views on socioscientific decision making；(2) 科學的社會責任；(3) 科學及技術對於解

決社會問題的角色。

2. 社會對技術及科學的影響：(1) 大眾對科學方向的影響；(2) 政府控制科學。

3. 科學及技術(1)科學及技術的相依；(2)科學及科技的差異及關係，

4. 科學知識的特性：(1)科學模型的本質；(2)分類結構(classification schemes)的本質；(3)科學知識的暫時性；(4)科學方法獲取知識的本質；(5)科學知識的社會本質；(6)產生科學知識之主要的動機。

5. 科學家的特性：(1)科學家的人類特質；(2)性別與科學的關係；(3)科學家的誠實及客觀性(Akeinhead 1987)。除此之外，尚需考慮：(1)政策及科學；(2)科學政策；(3)技術。

簡言之，STS的主題應涵蓋以下之三大類：(1)獲取與個人、社會及文化相關之科學與科技的知識；(2)獲得知識之探究的技能；(3)STS互動之充滿價值性的主題，置言之廣義的科學素養，應涵蓋知識之獲取、獲取知識之技能及價值等三大類。

叁、科學教育的目標及其展望

科學教育的目標，一如其他的教育，其目標是多重的，

而其中有些目標是純屬科學教育的：

- (1) 科學可強化學習者之智力的發展；
- (2) 單純的知道或了解科學知識是不夠的，爲了能有有效的應用科學知識於生活，必須同時知悉科學的各種技能；
- (3) 科學著重其動態的一面，學生應被鼓勵對科學的知識、原理、定律提出檢證；
- (4) 即使只有少數的學生會成爲科學家，但與科學相關的素養是明日之公民必要的素養。

(5) 科學領域是全人類之智力結晶的一部分；

從以上的特性及第一、二節中之所述，爲了不使科學與「非科學」成爲二種不可互容的「二文化」，明日的國民對於科學的素養是不可或缺的。另一方面，科學文明是造成人類有史以來生活環境劇變的主因，而其衝擊更是方興未艾；故予以充滿價值、倫理 (value laden) 的科學教育，要比強調科學之超道德 (amoral) 的科學教育更能適合明日之所需。再者，科學的風氣雖然是普遍取向 (universalism)，然而，科學教育却應是本文化的（許、楊，民七十七）所以我國科學教育的目標，必須參考我國特殊的文化背景來擬定。但是至目前爲止，如何整合固有文化與西方之科學，一直未見有較爲深入的探討與分析，此爲擬定科學教育目標時所不可不正視者。

總之，科學教育的目標，應當含括以下四個主題，即：

(1) 個體的需求

科學教育的目標必須因應個別差異及個別的需求，以期令每一位學生都能依其所需，發揮其潛力。另一方面，科學教育必須考慮社會的因素，所以，

(2) 社會的需求

此點在本文前面部分已經有詳細的討論。由於科學、科技與社會三者之間存在強烈的互動關係，例如環保、污染、民生物質、國家安全等，都必須仰賴此三者之系統性的相輔相成，所以科學教育的領域應該含攝社會的議題。

(3) 學術的考慮

科學的目的在於了解宇宙、預測未來、控制人類的生涯環境，這些都是開放性的問題，需要在學術上有著持續的研究，所以培育學術的基礎，自然是科學教育的目標之一。

(4) 事業教育及準備

這是科學、科技及社會互動中的一個重要的考量方向。基本上，社會需要有不斷的經濟活動與充沛的人力資源，如何養成科學從業人員，以維持（擴展）社會之生產能力，亦爲科學教育目標之一。

綜合本文所述，筆者認爲以下數則急待我國科學教育學者予以釐清：

1. STS 之科學教育爲一充滿價值性 (value laden) 的科學教育領域，因此，諸如環保問題等之「價值與價錢

（value or price）」的教育，如何落實於我國各級科學教育之中，是亟待研究的主题。

2. 制定一彈性而又能充要滿足我國現況及未來觀之STS科學教育觀的科學教育目標及內涵，在STS新目標下，制定R.O.C.之STS的政策。

3. 探討我國之文化及社會的特質，以尋求固有文化與科學、科技的結合點（entry point），例如，分析中國人的「面子」個性，尊師重道傳統美德，對於科學教學中，教師特性及師生互動關係的影響，以確實了解我國科學教學的特質（國內的科學教學特質）。

4. 評估科學及科技倫理與我國傳統道德或人性觀的異同，以落實我國固有之文化於科學、科技教育之中，確立本土化的科學教育，建立適用於國內之科學課程、教材。

5. 評估我國現行之各級課程與教材（包括科學學科及其他學科如文化基本教材、國文、社會等），涉及STS之各項主題的成份，以審視STS教育的現況。

6. 加強對本國之各種科學社團的社會性研究，將有助於進一步釐清我國科學教育領域內含的效果。

7. 在STS新科學教育目標之下，其內含之各主題宜予深入探討。而新的科學教育領域，本質上為一整觀性（wholeness）的科教理念。

參考資料

1. Aikenhead, G.S., "High School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society I. Methods and Issues in Monitoring Student Views." *Science Education*, Vol. 71, No. 2, pp.145-162, 1987.
2. Aikenhead, G.S., "High School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society II. Characteristics and Limitations of Science Knowledge." *Science Education*, Vol. 71, No. 4, pp.459-488, 1987.
3. Bybee, R. W., "Science Education and the Science-Technology-Society (S-T-S) Theme." *Science Education*, Vol. 71, No. 5, pp.657-684, 1987.
4. Bybee, R.W., "The Sisyphen Question in Science Education: What Should the Scientifically and Technologically Literate Person Know, Value, and Do-as a Citizen?" 1985 Yearbook of the National Science Teachers Association, 1988.
5. Easley, J.A. Jr., "Naturalistic Case Studies Exploring Social-Cognitive Mechanisms, and Some Methodological Issues in Research on Problems of Teachers." *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 19, No. 3, pp. 191-203, 1982.
6. Fleck, L., "Genesis and Development of a Scientific Fact." T. J. Trenn and R. K. Merton (eds.), trans. F. Bradley and T. J. Trenn. Chicago: The University of Chicago Press, 1979.
7. Fleming, R.W., "High School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society II. The Interaction among Science, Technology and Society." *Science Education*, Vol. 71, No. 2, pp. 163-186, 1987.
8. Finson, K.D., L.G. Enochs, "Student attitudes toward Science-Technology-Society Resulting from visitation to a Science-Technology Museum." *Journal of Research in Science Education*, Vol. 24, No.7, pp.593-609, 1987.

- 9 Good, R., J.D. Herron, A.E. Lawson, J.W. Renner, "The Domain of Science Education," *Science Education* Vol. 69, No. 2, Pp.138-141, 1985.
- 10 Hofstein, A., R.E. Yager, "Societal Issues as Organizers for Science Education in the '80s," *School Science and Mathematics*, Vol. 82, No. 7, November 1982.
- 11 Kline, S.J., "What is Technology?" *Bulletin of Science, Technology, and Society*, pp.215-218, 1985.
- 12 Kuhn, T.S., "The Structure of Scientific Revolutions," *The University of Chicago Press*, 1970.
- 13 Merton, R.K., "The Sociology of Science: Theoretical and empirical investigations," *New York: The Free Press*, 1973.
- 14 Mulkey, L.H., "Social Class and Grade Level Variations in Science Textbook Contents: Consequences for the Socialization of Scientists and for recruitment to Scientific Careers," *Ph.D. Dissertation, Columbia Univ.* 1985.
- 15 Mulkey, L.H., "The Use of a Sociological Perspective in the development of a Science Textbook Evaluation Instrument," *Science Education*, Vol. 71, No. 4, Pp.511-522, 1987.
- 16 Pacey, A., "The Culture of Technology," *Cambridge, Mass: MIT Press*, 1983.
- 17 Roberts, D.A., "The Place of Qualitative Research in Science Education," *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 19, No. 4, Pp.277-292, 1982.
- 18 Ryan, A.G., "High School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society IV. The Characteristics of Scientists," *Science Education*, Vol. 71, No. 4, Pp. 489-510, 1987.
- 19 Smith, M.L., "Benefits of Naturalistic Methods in Research in Science Education," *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 19, No. 8, Pp.827-838, 1982.
- 20 Yager, R.E., "Defining the Discipline of Science Education," *Science Education*, Vol. 68, No. 1, Pp. 35-37, 1984.
- 21 Yager, R.E., "In Defense of Defining Science Education as the Science/Society Interface," *Science Education*, Vol. 69, No. 2, Pp.143-144, 1985.
- 22 Yager, R.E., J.E. Penick, "Resolving the Crisis in Science Education: Understanding before Resolution," *Science Education*, Vol. 71, No. 1, Pp.49-55, 1987.
- 23 許榮富、楊文全，民國七十七年STS之研究方法設計及其內涵為折研究，中華民國第三屆科學教育學術研討會論文，國立台灣師範大學。
- 24 許榮富、楊文金，民七十八，IRT及其對科學過程技能測量影響分析研究，中華民國第四屆科學教育學術研討論文，國立台灣師範大學。
- 25 郭鴻銘、沈青嵩，民六十五，科學素養之涵義，科教月刊，創刊號，P 9。

【作者簡介】

許榮富先生，台灣省嘉義市人，美國賓州州立大學科學教育哲學博士，現任國立台灣師範大學物理研究所所長暨系主任。

