

科學教育：對社會挑戰的回答

演講者：Dr. George L. Crockett

國立台灣教育學院科學教育系訪問教授

譯者：鄭湧涇

國立台灣師範大學生物學

本文是美國北科羅拉多大學(The University of Northern Colorado)科學教育學教授Dr. George L. Crockett應國立台灣教育學院科學教育學之聘，來我國擔任訪問研究教授期間，於民國七十年五月一日，在國立台灣師範大學理學院演講內容的摘譯，經徵得Dr. Crockett的同意，在本刊發表。Dr. Crockett專研「科學教育專題研究」，其演講精闢生動；由於譯者才疏學淺，譯文若有謬誤之處，應是譯者之失而應由譯者負責。

陳院長、各位同仁、北科大的校友們、各位同學：

今天本人非常高興能夠有機會來此與各位談一談，有關我個人對科學教育的一些感想，以及科學教育在我們的社會中，所扮演的角色。在進入今天的主題以前，我想先談談我對貴國的一些印象，或許這與今天的講題也有些許相關。雖然我到貴國只有短短兩個月，但是我對貴國的一切以及人民却已經留下了非常深刻的印象。在這段期間內，我曾經訪問了台北、台中、嘉義和台中港，也訪問了一些國民小學、國民中學和高中。每一次訪問，我所看到和感受到的，除了貴國人們誠摯的歡迎和友誼（對他們，我衷心感謝）之外，便是有遠見、有計劃的建設，以及高度工業化的景象。人們以卓越的眼光，釐訂目標，訂定

達成目標的計劃，然後更以無比的信心、耐心和毅力去完成它，使夢想成真。台中港的建設就是一個最佳例證。類似這種偉大的成就，需要人們的深謀遠慮和相當的工業成就，結合高超的科學和技術，方能達成；就科學的原則來說，它需要學有專長的專家以及大部分具有科學素養的人們，共同努力，方能辦到。而事實上，在一些先進國家，也尚有部分人民並未具備基本的科學素養。有一位科學教育家，曾經以一段話來說明人們對科學的依賴；我把它轉述下來，來強調科學素養對人們日常生活的重要。以下就是他的描述：

「大早，我在鬧鐘的嘟嘟聲中醒來，這只鬧鐘具有銅製的發條和純塑膠的外殼，它是電動的。而我家的電則是用銅質的電線從29公里外接過來的。我由溫暖的電氈下鑽出來，披上由65%聚合酯纖維與35%棉花織成的浴巾。

穿那塑膠拖鞋，走下鋪有尼龍地氈的樓梯，穿過聚乙烯石棉磁磚的廚房地板，開門讓正在伸懶腰的貓進來。我說：「早啊！貓兒，該吃早餐了！」我將暖氣調節鈕轉動了一下，仔細傾聽在地下室的暖氣爐啟動的響聲，我的暖氣爐的暖房容量是每小時150,000英熱單位，它是放置在地下室石灰水泥的地板上。我很高興這個暖氣爐今年冬天替我省了不少燃料油。

我打開電冰箱，取出一只罐裝橘子汁，將橘

子原汁倒入一個由碳酸鈉——石灰——砂等製成的玻璃瓶內，再加入三倍水。最近幾天，水中的氣好像多了些，味道不太好，我將空罐的上下蓋均拋進塑膠袋中，以便送到回收處理中心；然後再將中間包覆塑膠的紙製部分，丟進垃圾桶內。

我將貓的食物倒進貓的食盤中，貓的食物上的標籤註明：“由小麥、玉米、大豆、鉄質、小麥胚和魚肉等的碎渣組成，內含維生素和礦物質。蛋白質含量30%。保證可以使毛皮保持光澤。”

我再取出由含有大量不飽和脂肪酸的植物性油，經加氫作用製成的人造奶油，這種奶油中還加了些維生素A和D在裡面，然後烤了一片麵包，麵包內通常加了一些丙酸鈣以防腐。我打開瓦斯，在包覆了鐵氟龍（Teflon-Coated）的淺鍋上煎一個蛋，倒一杯脫脂牛奶。」

（錄自Robert L. Wolke 著「科學對社會的衝擊」）

這個人甚至還沒開始吃早餐，就已經接觸了30種以上的科技產物了。因此，我們的生活與科學或科學的成果有極其密切的關係存在。每當我看到人們聚集在一起，示威反對核能發電廠的興建時，便相當的悲憤，因為，事實上他們之中很少人真正了解所謂的原子能。在美國，到目前為止大約有120座核能發電廠在運轉之中，只有3座曾經有過毛病。這項事實和安全記錄，曾經讓去年秋天選修我的「科學教育」課的學生驚愕了一陣，其中有些人還參加過示威，他們對一些核子物理的基本知識也至為驚異。我曾經用一張卡通的對話來告訴他們，在這張卡通裡，一位老核子工程師對一位年青的核子工程師說：「與其咒詛黑暗，不如使一座核能發電廠運轉。」假若社會的目標是提供足夠的電力，則在新而便宜的可能能源，像太陽能等，成功地開發出來以前，繼續維持與興建核能發電廠是必須的。一般來說，

社會，就像去年秋天我的那一班學生一樣，尚缺乏必須的科學素養，大多數人通常分不清楚科學與技術，也弄不清楚技術上的問題和科學的關係。許多人認為，所有的或大部分的科學進展應該停頓下來，直到我們克服了污染，都市的萎頓以及其他人類社會的挫折，像武器競賽的潛在危機和稀有材料的枯竭等，這些建議帶來兩個基本的問題：

(1)我們是不是真的要退回到以前人類「對環境依賴較少」的世界呢？

(2)此外，假如我們真想如此做，是否可能？

我們可以套用科羅拉多大學圖書館門後的一句諺言來透視這些問題，這句諺言是「任何一個只認識他自己時代的人只不過是一個嬰孩」。現在，讓我們就130年來，影響社會的一些代表性改變來探討科學與社會問題的關係，這將有助於我們瞭解人類社會的過去和現況，進而推想將來的可能發展。

就微生物學來說，在1856年，巴斯德（Pasteur）本來想要解決酒變酸的問題，但是他的研究成果——巴斯德殺菌法（Pasteurization），不但解決了酒的問題，而且，更用來處理牛奶，可以使牛奶不致引起疾病。十年後，李斯特（Joseph Lister）利用石炭酸做為手術室的消毒劑，在此方法發展出來以前，由於缺乏有效的消毒技術，病人常易感染，因此死亡率很高。爾後，柯霍（Koch）和其同僚的研究，更戰勝了霍亂、昏睡病（Sleeping sickness）和白喉，並發展出診斷這些疾病的方法。在廿世紀初，瘧疾和黃熱病也被控制住了。至1932年，德國的化學家杜瑪克（Domagk）發現了磺胺藥劑（Sulfa drugs）和1940年代，奇妙的盤尼西林發現後，許多令人難以相信的藥劑便不斷被發現，於是，小兒麻痺症、麻疹、流行性感冒以及其他他可怕的病痛便被控制了。可是，雖然我們不再

擔心像天花和白喉等可怕的疾病，但是，今天我們仍然深受癌症、心臟病和老化等的威脅。

在通訊方面的進展亦然，在 1850 年代，由美國中部的密蘇里州 (Missouri) 寄一封信，經由驛馬車的遞送，到舊金山需時 3 到 4 星期；假若事情緊急，利用快馬遞送，仍舊需時 10 或 11 天。電報發明以後，類似這種通訊，費時只需幾秒。在 125 年後的今天，利用無線電波和人造衛星，在全世界的任何兩個地方均可立即通話，而且同時在同一波段之下，還可容納數百對通話。在上一週的中國郵報有一則廣告，內容謂 Telex 也已經過時了，…… Rifax 600s Racimile 可在一分鐘之內傳送國際訊息，包括圖表等，這要比 Telex 快了大約五倍。記得在 1950 年代，我曾經和我的家人開玩笑說，假若電視是彩色的，我便買一架；短短幾年之內，我的玩笑便讓我花了不少錢，因為電視不但出現彩色，而且還可經由人造衛星轉播世界各地的節目了。

在 1850 年，最好的「計算機」是人，當然，在中國是人加上算盤。爲了說明人的計算速度，讓我引用一下英國桑可士 (William Shanks) 爵士的故事。桑可士爵士想要知道到底“ π ”是不是有理數，也就是說，圓周除以直徑可不可以除盡；他以循環除法來計算，結果用了 20 年才算到小數第 629 位。在 1949 年，第一架電子計算機“ENIAC”則只用 72 小時就算到小數第 10,000 位。而在桑可士爵士的計算中，小數第 458 位弄錯了，也就是說，他最後 5 年的計算都是與一些已經錯誤的數字爲伍。

後來的電子計算機，可以在 3 分鐘之內，計算到小數第 10,000 位；而現在的電子計算機的速度則更爲驚人。IBM 公司有一段影片可以說明這個事實，在這段影片裡所描述的電子計算機的速度還算是慢的。影片上是：一杯咖啡不小心打翻了，咖啡由桌上流到地面上。接下來是一段註

解：

在咖啡流到地面上的半秒鐘時間裡，一具大型磁盤式電子計算機將可以：

(1) 把 2,000 張支票登記到 300 個不同的銀行戶頭內。

(2) 檢視 100 個病人的心電圖，提醒醫生注意可能發生的情況。

(3) 閱畢 3,000 次測驗的 150,000 個答案，並且評鑑每一試題的效度，以及

(4) 計算出一家公司千餘位員工的薪水數。

今天的電子計算機，做一次計算所需的時間通常僅需 10^{-9} 秒；有些比較快的電子計算機甚至可以在 10^{-12} 秒便完成一次計算。而人腦——世上最奇妙的「計算機」——則需時甚久方能完成一次計算。

就外形上來看，新發展的電子計算機是愈來愈小。在 1945 年和 1946 年發展的“ENIAC”是一個龐然大物，大約有 30.5 公尺長，3 公尺高，1 公尺寬，內含 18,000 個真空管，70,000 個電阻器，10,000 個電容器和 6,000 具開關。它的大小與我在去年一月促成美國北科羅拉多大學學年中會議所裝設的“蘋果 II 號”電子計算機比較起來，真是大巫見小巫。“蘋果 II 號”是由一個 35 公分見方的盒子和另一個內含小型電視檢視器的箱子所組成，這樣的組合可以使用數種程式語言，包含 Basic，Fortran 和 Pascal 等來運作，價格也很便宜，約僅需 1,000 元美金便可購置一套。

就交通的發展來說，在 19 世紀，人們不外乎依賴徒步、騎馬或船等三種交通工具；瓦特 (Watt) “發明” (應該是“改良”) 蒸汽機之後，鐵路乃成爲另一種重要的交通工具。至 19 世紀末葉，內燃機的發明，汽車、飛機相繼問世了，人類終於達到飛到空中的夢想。今天，利用噴射機，在短短不到兩天的時間內，便可遊歷世界

各地；而超音速噴射機則更可以於二天之內環繞世界。在 20 世紀末葉，人類更以前所未聞的速度，進入太空。有一個與交通工具的發展有關的插曲，各位可能有興趣知道；在馬車發明之後，英國人責備它說，它應該對人們道德的淪喪負責，因為有了它，人們便可通宵跳舞，然後睡著回家了。有人更認為，有了馬車，人們由於缺乏足夠的徒步運動，而使得肌肉愈來愈孱弱了。似乎，今天世界上的不幸都要怪科學和技術的發展似的。

在瞭解了上述四個領域在最近 130 年來的巨大改變之後，我要再度問一個在我高中畢業時，曾經問過我自己的問題，那就是：“在科學界還有那些事情值得探討呢？是不是科學家們已經解決了所有的問題了？”讓我們再回過頭來看看剛剛我們所討論的四個領域的問題，或許可以一瞥我們的未來！

在微生物學方面，由於電子顯微鏡的發明，終於揭開了次顯微的世界。這方面的挑戰包括感冒、慢性病和癌症等的治療；老化的原因為何？能否使之滯緩或停止？天生的疾病是否可能在嬰孩出生之前，利用遺傳工程的技術使之恢復正常？人類是否可能無性生殖？遺傳工程的技術是否能夠改造人？假若可以，那麼這個人應該像什麼？人類的心智如何發揮功能？

下面是一樁真實的故事。有一位名叫湯瑪士（Thomas）的工程師，他常會生氣得要將人拋撞到牆上。他後來求助於醫生，醫生用電極刺激他的大腦的各部份，找到一處會使他勃然大怒的地方，然後用雷射破壞該處的組織，終於治好他的毛病。

記憶是如何產生的？快樂中樞如何發出快樂的感覺？科學家們正積極的試圖揭開記憶的輸入和輸出的機制。

在交通方面，我們只要看羅傑士（Buck

Rogers）40 年前所寫的科學幻想，而今已經成真，便可瞭解其進步和發展。哥倫比亞號（Columbia）太空梭上的太空實驗室（Space station），將可使人類能夠在太空中進行各項科學實驗和建造太空船。在太空實驗室中建造太空船放進太空，將要比由地面上發射經濟得多。前些日子，我曾經在中國郵報上看到，氫氣可以做為汽油引擎的新燃料的消息，這個新技術可能在價格上和安全性上均可以和石油一爭長短，而且技術上並不十分複雜。

最後，再來談談電子計算機。就在幾年以前，當電子計算機對我們的社會來說，還十分新奇的時候，IBM 公司曾經研究用電子計算機來翻譯書的可能性，結果 IBM 公司認為這事不太可能。後來，幾個大學和學院繼續研究，其中最有所成就的，首推揚百翰大學（Brigham Young University）。現在已經可以利用電子計算機來“讀”一本書，經翻譯後，以新的語言印出來了，當然這項發展尚在萌芽階段，而且目前仍只限於翻譯英文為西班牙文。或者，你會以為英文翻譯為中文或中文翻譯為英文是不可能的事，但是，就我所知，正在進行的計劃中，已經包括了日文、意大利文、德文等，或者現在中文也在進行了也說不定呢！

目前，在這方面的最新構想是，利用電子計算機將某人的演講，翻譯成具有正確音調的各種語言，而仍能維持原演講人的語音。這個研究假若成功將有很大的貢獻，例如：一位在聯合國演講的人，只要對著接在電子計算機上的麥克風演講，電子計算機便可分析其演講內容，然後綜合成各種不同語言，傳送出去；各國代表便可以由耳機上聽到以本國語言傳送過來的演講。像這樣的系統假若貴大學也有一套的話，那麼我只要對著麥克風大講英文，而你們便可由擴音機中聽到我的“中文”演講了。

今天，科學的進展是否已經足夠滿足了社會的需求？我們是不是可以停止科學的進步了呢？不，不能！在美國奧勒岡州立大學的圖書館有一句標語：“好學方能博學”(He knows enough who knows to learn)。

假若以這句話做為科學教育的主題的話，我們將可明確揭示課程設計的三項要素：

(1)研究科學發展史——這一項已經實現了。

(2)科學針對現代的問題和挑戰。

(3)照顧將來社會的需要，將來的任何決定將以既有的科學事實為依據，而非想像。

我們的學生是否接受了兼顧上述三項要素的科學教育？我們是否能幫助學生解決當前和將來的問題？或者我們是否過分強調了科學的發展史？我們的學校是否採用了各種新的技術，像電子計算機、錄影帶等，以提供日益增加的學習份量和愈來愈大的挑戰？我們是否已經讓我們的學生明白“好學方能博學”了呢？我們的學生是否已經學會驗證事實或面對爭論呢？他們是否能夠明白與其咒詛黑暗不如趕緊使核能發電廠運轉；也就是說他們是否明白，與其讓人們陷於饑餓，不如製造和使用肥料；與其讓人們死于瘧疾、昏睡病等疾病，不如使用殺蟲劑。他們是否理解寧可將科學和技術用來造福人類，而不要用於戰爭；寧可積極研究癌症、心臟病和其他“未知疾病”的起因，而不要人們無謂感染或死亡。

愛因斯坦 (Albert Einstein) 曾經說：「訂定目標是社會的責任。」，下面是他的一本書——Out of My Later Years——內的一段話：

“人類社會的科學和技術將會為人類帶來甚麼，端視人類的目標而定，只要有目標存在

，科學方法便可幫助我們去認識它使之實現科學並不能提供目標，只有社會才能。”

愛因斯坦這句話意指，具有基本科學素養的社會以及一部分受過特別科學方法訓練的人們，是面對現在和將來社會的問題所必需的。因此，給予學生具有挑戰性的實驗和對科學的深切體認是我們科學教育家的責任。

我知道目前在中華民國正大力推展科學教育，我也大致瀏覽了貴國剛發展的國中新科學課程和新地球科學課程，我認為這些課程將是提供貴國人民基本的科學素養，以及造就貴國需要的科學家和專家以面對今天社會的挑戰的良好開始。諸位身為科學教育家，只要能面對和解決下列挑戰，定可有助於貴國科學教育的加速發展。

(1)培養學生，終其一生均能保持旺盛的求知慾。

(2)教導學生在學習時，應有求其深入了解之心。

(3)鼓勵學生多瞭解其他不同時代和不同文化的一切事物，以拓展其知識領域。

(4)幫助學生理解，惟有了解科學，才能解決社會所面對的問題。

(5)訓練學生熟練下列科學過程技能：

(a)認識問題。

(b)設計解決這些問題的方法。

(c)蒐集資料，根據資料釐訂適當有效的結論。

(d)再根據這些結論做成決定。

面對這些挑戰，是增進中華民國、美國乃至世界的福祉最“基本”的條件，所謂「基本」，我的意思是指「絕對必需，不可或缺」。最後，讓大家共同努力，使這個世界更適合我們的居住。

□