

我國科學教育的回顧與展望

鄭湧涇

國立臺灣師範大學 生命科學系

摘要

科學教育的回顧除了可以用比較歷史敘事的方式，來列述當代具里程碑重要性的人、事、物外，也可以從各項革新事件的演進所蘊涵的理念，以及革新事件的教育和社會文化脈絡來剖析。本文試圖由後者的面向切入，就我國各階段科學教育的理念與其對國家社會需求的回應等加以探討，以期能「鑑往知今，展望未來」，而無意完整描繪我國科學教育歷史過程的整體形貌。

回顧我國近四十餘年來的科學教育改革，主軸無疑的是在課程的演變。綜觀自第二次世界大戰終戰迄今的科學課程興革，在課程的哲學基礎、設計理念和組織結構方面的主要變遷為：課程目標由國家需求導向演變為社會與個人需求導向，課程設計理念的演變由菁英教育趨向全民科學素養的培養，課程內容組織由學科知識結構導向演變為能力的培養導向。而在課程發展的政策方面，主要的改變則有：課程設計的依據由「課程標準」改為「課程綱要」，教科書之編審由「統編」改為「審定」。在課程發展的方式上，則由 1970 年代以前的主編或編輯小組主導的方式，演進到系統性的團隊實驗研究方式，至 1990 年代教科書編輯開放為審定制後，又回復

到編輯小組發展課程的型態。

縱觀我國四十餘年來的科學課程改革，大體而言，都是依循漸進演變的理念，以當代施行的課程為基礎進行課程理念與組織結構的演化，雖偶而或有比較創新性的課程實驗研究計畫主導了改革的步調，不過仍未脫離當代的教育與社會脈絡，因此課程的實施並未受到巨大的挑戰。現行的國民中小學九年一貫課程，不但在課程的哲學與設計理念上是一種創新性跳躍，在教師角色與教學理念上也是一種革命性的改變，因此施行之後，難免會對學生、教師、家長乃至社會產生極大衝擊。因而本文乃試著就九年一貫科學課程的性質加以討論，並提出未來課程發展的思維和展望。

關鍵詞：科學教育改革、科學課程、課程發展

一、前言

「科學教育」一詞大家都耳熟能詳，社會大眾對科學教育的實務（practice）也都各有看法和意見，不過假若仔細加以探究，大家在討論「科學教育」時，對於「科學教育」的意涵卻是人言人殊，因此，要深入討論科學教育相關議題及進行意見溝通時，首先便必須對「科學教育」一詞的

定義先取得共識，方不致失焦甚至發生討論熱烈卻是「牛頭不對馬嘴」的現象。一般而言，「科學教育」含有幾個不同的層面，例如：就對象而言，可以意指學前、中小學、大學乃至社會大眾的科學教育；就學科內容而言，狹義的科學教育範圍通常包括數學和科學（物理、化學、生物和地球科學），而廣義的科學教育則除數學與科學之外，尚包括了環境教育、資訊教育、技術教育、工程教育甚至醫學教育等；而就實務運作的層面言，則可包括政策、目標和理念、課程和教材、教學與學習、評量、師資教育，乃至全民科學素養的培養等。為凝聚討論的焦點，本文擬將「科學教育」的論述侷限在中小學校自然科學的科學教育，而暫不涉及數學及其他學科。

從分析過去科學教育改革（reform）的發展便可以瞭解，科學教育改革往往起因於國家和社會感受到教育或科學教育面臨危機，而科學教育的危機則多來自：（1）國家社會遭遇經濟或科技（指科學和技術）發展的瓶頸，對高素質科技和工程人才的需求日益殷切，（2）科學教育系統所提供的教育內涵，無法滿足國家社會因應科技發展和社會快速變遷而產生的新需求。而針對這個危機所發動的科學教育改革措施，又往往是由中小學科學課程及教育政策的變革著手，而忽略了：（1）課程其實只是達成教育目標的教育素材而已，不是教育的所有內涵；（2）教育政策的變革更需要落實在學校、社會及客觀教育環境的支持之下，才有成功的可能。不過終究在

我國最近半個世紀以來的科學教育改革歷史中，課程的改革還是主軸，因此，本文在回顧我國的科學教育改革過程並展望未來時，也就順理成章的，就暫以課程改革的演變為論述的核心了。

二、課程的定義與科學課程的類型

在回顧我國的科學課程改革之前，為期精準了解並適切應用相關的名詞，或許應該先將於論述課程演變時可能涉及的一些概念或名詞先略加說明，以方便討論。

首先應該加以界定的是「課程」的意涵，「課程」一般是指：「在學校和教師的規劃、設計、安排和指（輔）導之下，所提供的學習經驗」，惟不包括不是由學校所安排、設計的學習經驗，重點在必須是學校和教師所安排的學習與教學活動（Doll, 1979），而不在學習和教學活動發生的場所或地點。因此，教科書只是課程的一部分而不是全部。

一套完整的課程通常包括了下列組成要素，即：

- （1）課程的哲學理念和心理學基礎。
- （2）課程的長程、短程目標和教材目標。
- （3）教材內容：教科書、教師指引、活動紀錄簿、學習指引等。
- （4）教學策略、教學模式（models）。
- （5）學習表現評量。
- （6）教學輔助器材。
- （7）教學資源。
- （8）診斷及補救教學策略。
- （9）教師教學和學習注意事項。

(10) 預期之學習成果。

此外，科學課程可以依據其組織型態，分為幾種常見的類型，茲將這些常見的課程類型闡釋如下：

1. 科學內容知識導向 (content-oriented) 的課程

這種類型的課程重視學科的基本概念結構和知識內容的學習，注重科學的「產物」層面而較不注重科學的「過程」層面，強調科學知識的累積。教學旨在闡釋科學知識，強調高層認知技能及科學能力的培養，實驗活動多採「驗證式實驗」的設計。這種科學課程設計的型態似乎與科學的本質 (nature) 和科學的過程不盡相符。

2. 科學過程導向 (science process-oriented) 的課程

這種類型的課程強調科學就是探討，注重知識產生過程的教學及科學過程技能 (science process skills, SPS) 的培養。學習內容通常會包含科學概念知識、科學過程技能和科學態度等層面。科學教學活動和教材的組織比較注意考慮學生的心智能力和特性的發展狀況，也比較強調學習內容 (tasks) 的層次關係，有時，科學教學活動還可以融入實驗活動之中。實驗活動之設計則兼採科學探討與驗證式實驗的方式。

3. 科學/技術/社會 (science, technology and society, STS) 導向的課程

科學課程設計注重科學與技術和社會議題 (issues) 的相結合，並試圖以與社會、文化及日常生活有關的活動為核心來

組織教材。科學教學強調科學與技術對人類生活和社會文化發展的衝擊，故教材組織與學習活動設計注重生活化、人性化，實驗活動的內容與學生的生活經驗密切相關。

4. 學科中心 (subject-centered) 的課程

以學科概念知識內容之學習為中心，強調概念知識結構的完整性和嚴謹性，學科之間的分野非常清楚，各學科的課程獨立性高，缺乏學科間的統整，是較為傳統的學科概念為中心的科學課程設計方式。其特性是課程的概念組織取決於教材的本質及概念發展的邏輯，是比較強調科學知識內容學習的課程。

5. 學生中心 (student-centered) 的課程

是與前者相對應之課程組織型態，課程之設計以學生活動為中心，教材選裁比較照顧到學生的學習興趣、需要及活動的方便性，也比較重視與問題解決有關的知識內容，注重知識之應用性，而不強調學科概念內容知識結構的完整性。主要的教學型態是以學生的活動為核心，經由活動將相關的科學知識統整起來。

三、我國科學課程改革的回顧

嚴謹而論，「科學教育」這門學科在西方先進各國的發展，自其濫觴迄今也不過百年。而我國科學教育的發展，較之先進各國則更稍晚了數十年，因此我國的科學教育發展歷史並不長，要「回顧」自然並不困難。比較困難的反而是在回顧「科學教育改革」時，在「改革」的界定與如

何回顧（用什麼面向來切入）兩方面，會遭遇一些論述上的難題。因為教育，尤其是制度和課程方面的更張和變革，在正常情況下，是循緩慢醞釀和逐漸演化（evolution）的方式進行，除非國家社會面臨特殊的需求或大環境的劇烈改變，通常不會有根本性的「革命（revolution）」，因此要回顧我國的科學教育「改革」，大概只能就在哲學基礎、理念和方法論等方面，有比較大更張的 1960 年代開始來討論。

有關我國科學教育和科學課程發展的回顧與展望方面，自 1980 年代後期以來，已有方炎明（1989）、毛松霖（1997）、魏明通（1997）等人的鴻文論著加以論述，這些論著在論述方法上多以歷史回顧的敘事方式，來列述科學教育（尤其是科學課程與教材）改革的過程。固然，在回顧我國的科學教育改革過程時，我們除了可以用比較歷史敘事的方式來列述當代具里程碑重要性的人、事、物之外，似乎也可以從各項階段性革新事件的演進背後所蘊涵的理念，以及革新事件的政治、教育和社會文化意義來剖析，以做為前瞻未來發展的基礎。本文即擬以這個面向來切入，試圖坐井窺天，就我國各階段科學教育改革背後所發展的理念與對國家社會需求的回應方式等簡要加以探討，以有別於以歷史敘述為論述主軸的諸多文獻。當然本文並無意也無法完整描繪我國科學教育改革歷史過程的整體形貌，唯一的期望的是：未來學者們在描繪我國的科學教育改革過程

（歷史）的時候，能多一個面向來考量參酌。

簡要而言，科學教育改革大體上可以分為：（1）課程（包括教材、教學與學習）的改革與發展，（2）科學學習評量的改革，與（3）科學教育學術研究的發展，三個主軸來討論。或許學者們覺得，師資教育的改革也是十餘年來科學教育改革的一件大事，也應該當做一個主軸來談，我的想法則是：科學師資教育的更張雖然也是整體科學教育改革的一樁大事，不過除了國科會主導的數學與科學師資教育研究外，其他方面的數學和科學師資教育改革，無論是制度上或是師資教育課程內涵上的興革，大體上都還是包含在整體師資教育制度及內涵的改革這個大框架之下來進行，因此，在討論科學教育改革的議題時通常都不單獨列出這一項來論述。

本文在回顧我國科學教育發展的歷史時，為了論述方便起見，擬將台灣自第二次世界大戰終戰以來迄今的約六十年，以非常主觀的方式粗略劃分為：（1）1970 年以前；（2）1970~1990 年；（3）1990~2000 年；（4）2000 年以後四個階段來討論。

（一）中小學科學課程的演替

有關我國科學課程改革的濫觴、演進和展望，近十餘年來已有許多前輩學者撰文加以論述，茲僅略舉文獻上涵蓋面較為廣泛、內容較為詳盡的一些論著臚列如下，以供讀者參考，本文將不再贅述。在

整體國民中小學的科學教育興革方面，方炎明（1989）曾就我國科學教育的奠基、科學課程標準的制訂以及各項科學教育發展計畫之推動等，做了詳盡周延的描述。毛松霖（1997）和陳梅生（1989）則就國民小學科學課程的發展和演變做了跨越時代的紀錄。此外，以中等學校科學課程之改革與演變為主軸之論述，則有魏明通（1989；1997）及楊榮祥（1989）等的鴻文。這些論著的著者均實際親身參與所述之科學課程發展計畫的規畫、執行以及各項興革方案之推動，因此行文之中頗有「現身說法」的味道，極具可讀性和啟發性，頗值得仔細品閱。

綜合而言，我國中小學科學課程的演替有下列幾項主要趨勢，茲分述如下：

1. 科學課程目標由國家需求導向演變為社會與個人需求導向。

影響課程設計的因素很多，在客觀環境方面，除了有國家教育相關法令與教育行政單位（國家和地方）頒布之教育政策的規範外，其他像全國性測驗（考試）的政策和制度、師資教育制度以及教科書編審委員會等，也都會影響了課程設計的實質內涵。

而在主觀因素方面，先進各國在考量科學課程的設計依據時，一般而言，主要會考慮下列四項因素：

- （1）學生的心理發展狀況，
- （2）社會與個人的需要，
- （3）學科的本質，
- （4）課程實施的可行性。

然而，我國由於國家政經、社會情況的特殊性，在 1970 年以前，政治與思想意識型態全面性的介入教育系統，科學課程的發展與制訂亦不例外，因而科學課程設計的主要依據是「反共抗俄」的基本國策，各科課程內容均必須以加強民族精神教育為重心。因此，科學教育旨在提高國民的知能，厚植戡亂建國的力量（方炎明，1989；魏明通，1997），此可以由 1968 年實施九年國民教育時所訂定之「國民中學的教育目標」在於：「繼續國民小學之基本教育，發展青年身心、陶冶公民道德，灌輸民族文化，培育科學精神，實施職業陶冶，充實生活知能，以養成忠勇愛國、德智體群均衡發展之健全國民，並奠定其就業或升學之基礎。」看出端倪。

1970 年以後，由於經濟的快速成長，社會逐漸開放，社會各界對培養具有基本科學知能和態度之專業人才的需求日益殷切，因而科學課程設計之依據逐漸轉向正軌。尤其自 1969 年開始，教育部科學教育指導委員會（科指會）正式負責中小學科學教育計畫之擬訂與推動工作後，乃揭示我國科學教育措施規劃的主要依據為（吳大猷，1979）：

- （1）國家的近程和遠程需要，
- （2）文化的現代和傳統特性，
- （3）科學的本質和特性成分，
- （4）學生的生理與心理狀況。

至 1990 年代後期，尤其是在教科書的編撰開放民間參與後，部頒之科學學科「課程綱要」的制訂逐漸注意到課程設計

應該要以先進國家早在 1980 年代初期就揭示之四大目標 (Harms & Yager, 1981), 為依據:

- (1) 滿足個人需求,
- (2) 解決當前的社會議題,
- (3) 幫助學生的生涯選擇,
- (4) 為升學做準備。

相對於過去的科學課程設計的理念, 這個階段的科學課程目標不但比較能照顧到滿足個人的需求, 並且比較能照顧到個人在整體社會活動中的角色準備, 是比較人性化、社會議題取向、具前瞻性的科學課程設計理念。

2.科學課程設計的依據由「課程標準」改為「課程綱要」;教科書之編審由「國編制」演變為「審定制」。

我國的科學課程改革主要是以「課程標準」的修訂為依歸, 大體而言, 「課程標準」大約每隔十年修訂一次。因此, 在 1990 年代中期以前, 經由大約十年一輪的「課程標準」修訂, 科學課程的目標、設計理念、教材組織和學習評量等就有一次比較顯著的演變。1990 年代的「九年一貫課程」或許可以算是一個例外。

雖然教育部在 1990 年代以後逐漸將各級學校的「課程標準」改稱「課程綱要」, 放鬆「課程標準」對教科書編輯的規範與限制, 並將教科書之編審由國編改為審定, 以呼應社會要求「教育鬆綁」的呼聲, 但是實質上, 對教科書教材內容的強制力顯然較為薄弱也較具彈性的「課程綱要」, 仍是各書商編撰教科書的唯一依據。

3.科學課程設計的理念由菁英教育趨向全民科學素養的培養。

在 1970 年以前, 知識 (尤其是科學知識) 是社會菁英的特權, 因此, 教育的主要目標是在培育社會菁英, 科學教育則旨在培養國家社會發展所需的科學家和工程師等科技、工程專才。因此, 中小學的科學課程傾向於學科本位, 學科之間也乏缺聯繫, 概念之組織和呈現也並未特別注重學習心理學基礎, 內容通常比較艱深, 強調學科內容知識的學習, 因而不太適合一般程度學生的學習, 學生往往因學習困難而失掉學習興趣。

1970 年以後, 九年國民教育的實施加上經濟的快速發展逐漸帶動社會的開放, 人民爭取接受更高階層教育的需求日益殷切, 科學教育目標乃逐漸由菁英教育轉向為全民教育, 而以培養全民的基本科學素養為導向。尤其是 1980 年代中期以後, 科學課程的設計轉為普通教育導向, 課程內容配合一般學生的學習能力, 以適合一般國民的學習為選裁依據。由於課程設計是以全體學生的學習為對象, 因此乃逐漸講求以學習心理學及認知發展的理論為基礎。此外, 為使學生對學習科學不致失去興趣, 課程設計不再特別強調知識結構的組織系統, 注意 STS 導向; 教材組織強調科學過程技能 (SPS) 的學習, 教材呈現也由教師中心轉為學生活動為中心的方式。

至 2000 年以後, 更將課程設計與學習內涵安排的主導權, 回歸到教師和學

校，提倡「學校本位的課程 (school-based curriculum)」(註 1)，強調教師可以因應學校的教育目標、教育理念和學生的需要，以學校的教育情境和資源為基礎，來規劃、設計課程，彈性選裁教材。自此，學校和教師成為課程的決策者，科學課程的發展轉而以學校為主體，學校及教師負有發展課程、選編教材、設計教學活動、評鑑課程及評量學生學習成就的權力和責任。教師可以因應學生、學校、地區的特性需求，就課程的內容加以選裁、組合、修訂或發展，教科書成為提供選裁的資源。

4.課程內容由學科知識結構導向轉變為能力的培養導向。

一般而言，科學課程可以因課程目標、哲學理念與概念知識組織的不同分為三種類型：

(1) 學科概念知識結構導向的課程

這類課程的設計理念注重學科知識結構和概念體系的邏輯性，課程的概念內容組織注重學科概念架構、概念發展邏輯以及概念系統的完整性。表現在教學上時，相對的比較注意學科概念學習的重要性，強調學科知識結構和概念內容導向的學習。我國在 1990 年代以前實施的中小學科學課程即為此類課程的典型。

(2) 科學相關議題導向的課程

課程設計注重與重要的科學、技術和社會 (STS) 議題相關之科學知識和科學過程技能等的統整學習和應用，強調科學的教學與學習應該與技術及社會議題相結合，而不宜僅注重學科概念內容之完整

性。STS 導向的課程即屬此類。

(3) 科學能力導向的課程

課程設計注重基本科學能力的培養，教材內容以能培養基本科學能力為取捨依據，而較不注重學科概念內容和架構的系統和完整性，是以科學能力的培養為導向的課程，而以科學能力的發展與具備為教學與學習的主要指標。

假若以這三種課程類型來檢視我國四十餘年來，中小學科學課程的哲學基礎、理念和基本架構的發展趨勢，似乎可以看出在 1990 年代以前實施的科學課程，或多或少都有比較傾向「學科知識結構導向」的成分。1990 年至 2000 年施行的科學課程則有試圖打破學科藩籬，而以重要科學概念或議題為核心進行課程統整的意圖，可謂略具「科學相關議題導向課程」的特性。而 2000 年以後正式施行的九年一貫科學課程，由其所揭櫫的核心主張：「以培養學生的基本能力為課程目標，取代僅偏重邏輯知識系統的獲得」來看，無疑的，應該是一個典型的「科學能力導向的課程」。

5.課程發展的方式由主編或編輯小組主導演進到系統性的課程實驗研究計畫，教科書編輯開放審定制後，又回復到編輯小組的型態。

在 1970 年代以前，科學課程發展的主要內涵是教科書的編撰，而教科書的編撰通常是由一個主編或幾個人組成的編輯小組來負責，主編或編輯小組少數幾個人的看法不但是課程的制訂者，同時也是課

程的詮釋者，課程的內涵或許可以符合學科的本質和特性，但是否能照顧到學生的心理發展狀況和社會與個人的需要則存疑。

至 1970 年代以降至 1990 年代後期，或許是受到先進國家（特別是美國）風起雲湧的科學課程改革計畫的啓發，國內也師法先進國家所謂「Alphabet-soup」科學課程」發展的理念，採取以團隊、實驗研究的方式來發展科學課程。國民小學科學課程的實驗研究是由當時之「台灣省國民學校教師研習會」（簡稱板橋教師研習會）負責執行，中等學校科學課程的實驗研究則由國立台灣師範大學的科學教育中心負責執行。這兩個機構在進行科學課程實驗研究的過程中，採括了先進各國發展科學課程的理念和方法，邀請了學科專家、教育（課程）學者、教育心理學者以及資深科學教師參與，這樣的團隊組合不但注意到課程的發展需要符合課程設計的基本理論以及理論與實務的結合，以提升課程的可行性，也照顧到課程設計及教材組織和安排需要有堅實的教育心理基礎，以提升課程對學生學習能力的適切性。由於國小的科學課程實驗研究計畫是在板橋教師研習會進行，發展出來的課程也頗符預期成效，因此學界乃有「板橋模式」之譽（陳梅生，1989）。

在這個階段，國小科學課程的發展和設計頗受外國幾個課程發展計畫包括 SAPA(Science - A Process Approach)、ESS (Elementary Science Study)、SCIS

(Science Curriculum Improvement Study) 等的影響；而國中科學課程的發展和設計也受 ISCS (Intermediate Science Curriculum Study)、ISCP (Interaction Science Curriculum Project) 等的啓示。在科學課程發展的內涵上可以看得出來，明顯有特別注意課程內容的設計與教學策略的應用不能沒有堅實的課程發展與學習理論為基礎的想法。

綜合而言，我國在這個階段的課程發展模式，雖然在課程發展的過程方面，的確頗有師法先進國家（尤其是美國）課程計畫的痕跡，不過在課程內容的設計方面卻也蘊含了試圖本土化的企圖，因此，我並不認為這是「引進」或「仿倣」先進國家的觀念和做法，而寧可認為是國內的學者們在受到啓示之後，衍生出的「英雄所見略同」。

自 1990 年代後期教育全面鬆綁 (deregulation)，教科書開放民間編輯出版之後，二十餘年來以實驗研究方式來發展課程的模式終於無法延續，多年來在實驗研究計畫中所培養的課程設計人才，多為各民間出版社所網羅，而成為民間版教科書的編撰主力。於是，持續二十餘年的以團隊、實驗研究方式來發展課程的型態又回歸到由一個小小「編輯小組」負責編撰的方式。雖然這個階段的課程發展型態似乎和 1970 年代以前一樣，都是有一個「教科書編輯小組」來編撰教科書，不過由於編輯人才多具有「團隊實驗研究課程發展模式」的經驗，因此實質上，課程內

容的設計除了注意到學科的本質之外，明顯的也比較注意是否符合課程設計的理論，是否有科學學習心理學的基礎，以及是否照顧到社會和文化的特性，因而也就還能符合學生與社會的需求。

在回顧我國科學課程發展的過程時，我常會思考，假若沒有過去那一段以「團隊實驗研究」方式來發展課程的經驗，1990年代後期教科書開放民間編輯時，或許就不可能有足夠的優質課程發展人才，而可能又是另一番面貌了。

(二) 中小學科學課程改革的趨勢

綜觀以上所述我國中小學科學課程興革的重點，似乎可以循著過去科學課程改革的軌跡，來探索一路走來，我們究竟有哪些成就 (accomplishment)？有哪些缺失？

在綜合性的回顧我國中小學科學課程改革的趨勢時，或許，可以將國民小學和中等學校的科學課程發展分開來描述，並以國小和國中科學課程的興革過程為例來闡述比較真切。因為科學課程的改革在1970年代是從國小科學課程的改革開始，隨後國中科學課程的改革活動才跟進。這一段科學課程改革的努力實質上也給我們帶來很多啟發，例如：這不但是我國第一次應用系統化的團隊實驗研究方式來發展新科學課程，同時也是第一次在課程發展的過程中，以發展學習理論為主軸，經由學習理論的檢驗再發展出科學教

學的理論和策略。為了方便整體透視這三十餘年來科學課程改革的軌跡，乃嘗試主觀的將國小和國中階段科學課程發展的回顧勉強劃分為：(1) 1970年以前；(2) 1970~1990年；(3) 1990~2000年；(4) 2000年以後四個階段，並大略檢視各階段影響科學教育改革的大環境(表1)，再試著由課程目標、課程理念、教學活動及學習評量等層面，分別檢視國小與國中科學課程的改革。茲將回顧之綜合性重點列述如下(表2；表3)。

至於高中的科學課程，由於受到升大學招生考試的影響，數十年來在課程目標、課程理念及教學方面，都是以升學準備為導向，教育內涵亦以修習升學的基本知能為目標，並未有顯著改變。比較形式性的變革是，以選修不同類組的主修科目進行實質上的專長分流，以及教科書的編輯由統編改為審定。

假若我們以比較宏觀的視野並將觀察的時間線拉長，來分析檢視過去三十餘年來中小學科學課程改革的脈絡，似乎可以約略抽取出下列幾項中小學科學課程發展的趨勢：

- (1)科學教育目標由培養科學、技術和工程專才轉變為培養全民的基本科學素養。
- (2)科學教育的理念由菁英教育轉向全民科學教育。
- (3)應用系統化的課程發展理念，以團隊、實驗研究的方式來發展新科學課程(約在1970~1990年間)。

表 1 我國中小學科學課程改革的趨勢

年代階段	課程改革重點	備註
1.終戰～1968	<ul style="list-style-type: none"> • 教育目標在培養健全國民及升學準備和職業訓練。 • 課程設計強調學科概念知識結構的嚴謹性。 • 學生的學習以概念知識為核心。 	<ul style="list-style-type: none"> • 注重民族精神教育。 • 科學教育是為政治和特定意識型態服務。
2.1968～1974	<ul style="list-style-type: none"> • 教育目標在培養健全的國民及升學準備和職業訓練。 • 課程設計與教學注重學習的心理學基礎。 • 課程內容強調科學過程和探討能力的培養。 	<ul style="list-style-type: none"> • 注重民族精神教育。 • 此一時期的科學課程發展深受 1960s 先進各國 "Alphabet soup" 科學課程的影響。 • 科學教育是為政治和特定意識型態服務。
3.1974～1990	<ul style="list-style-type: none"> • 國中改為國民教育，科學教育目標在培養基本科學素養。 • 科學課程隨部頒課程標準之修訂進行週期性的漸進改革。 • 以系統化的團隊實驗研究模式發展課程。 • 課程設計重視科學概念知識結構的完整性和嚴謹性。 • 課程內容與教學逐漸注入統整科學的理念。 	<ul style="list-style-type: none"> • 在國科會科學教育發展處的介入之下，學習評量的理念和實務產生顯著的革新。 • 科學教育為政治和特定意識型態服務的情形逐漸淡化。
4.1990～2000	<ul style="list-style-type: none"> • 科學課程之設計以培養基本科學素養為目標。 • 知識結構的學習與科學過程的培養並重，並注重「能力」^(註2)的培養。 • 統整科學的理念逐漸受到重視，並逐漸融入學校的科學課程與教學活動設計之中。 • 課程與教學趨向比較生活化、本土化、STS 取向。 	<ul style="list-style-type: none"> • 由於教育改革運動的風起雲湧，社會各界及教育界呼籲課程改革的呼聲甚響。 • 科學教育不再為政治和特定意識型態服務。 (地方與中央政府執政輪替的好處之一。)
5.2000 以後	<ul style="list-style-type: none"> • 科學教育目標在培養全民的基本科技素養^(註3)。 • 科學課程設計以培養基本「能力」為目標，重視學習領域的統整。 • 課程設計注重科學的本質及科學美學和科技倫理。 • 課程內容設計強調本土化、鄉土性，重視「學校本位課程」，強調多元和彈性。 • 教室內組合課程、模組課程(modular curriculum)、以 STS 理念為核心的課程等逐漸受到重視。 	<ul style="list-style-type: none"> • 課程與教學內涵之主導權回歸到學校及教師。 • 教育民主化運動興起，社會運動團體、專業團體(如教師會、各類學會、協會、各種權益促進會等)對教育決策的介入既深且廣，深深影響了國家的課程設計決策。

表 2 我國國小科學課程改革的趨勢

	1970 年以前	1970~1990 年	1990~2000 年	2000 年以後
1.課程目標	• 國民教育及培養健全國民	• 培養全民的基本科學素養	• 培養全民的基本科學素養	• 培養基本能力及全民的科技素養
2.課程理念	• 注重科學概念知識的學習	• 強調科學過程技能的學習	• 科學知識和科學過程的學習並重 • 注重認知能力的培養，並融入環境教育的內涵	• 注重基本生活能力的培養 • 強調科學過程技能的學習
3.教學活動及策略	• 講述式教學 • 驗證式、食譜式實驗	• 比較探討式的教學及實驗活動	• 探討式教學兼採合作學習的理念 • 學生活動為中心的教學	• 教師及學校本位的課程及教學 • 學生活動為中心的探討式活動
4.學習評量	• 注重學習（學業）成就的總結性評量	• 注重學習（學業）成就的總結性評量 • 開始注意形成性評量	• 學習成就的總結性評量及形成性評量並重	• 注重基本能力的評量 • 強調多元評量

(4)科學課程的發展和課程標準或綱要所建議之教學策略均有學習心理學理論為基礎。

(5)科學教育的制度性改革尤其是教育鬆綁，使得課程設計與學習內涵的主導權由教育部轉到民間教科書編輯小組，更進而回歸到學校和老師。

(6)科學課程的組織結構由學科知識導向逐漸轉為科學過程導向，強調科學過程技能和探討技能的學習。

(7)科學教學的理念由學科概念結構導向轉變為科學/技術/社會（STS）取向，重視科學教學應與技術和社會議題相結合的理念。

(8)科學課程的本質由學科知識結構導向轉變為能力的培養導向。

(9)教學活動設計由教師中心轉變為比較學生活動為中心，小學自然尤其明顯。

(10)學習成果（outcomes）的評量由僅注重總結性評量轉變為逐漸重視形成性評量、基本能力的評量和多元評量。

（三）九年一貫科學課程現況與未來展望

在我國科學教育改革的各項措施中，最受社會注目、爭議也歷久不減的議題，無疑的當屬目前正在實施的九年一貫課程了。因此，在回顧過去科學教育改革

的過程時，或許可以就當前九年一貫科學課程的理念、爭議及利弊得失做一簡要的回顧，並試著以檢討的心情來批判當下科學課程改革的困境，以期能對未來科學課程改革的方向提出一些值得期待的展望。

就過去四十餘年來我國科學課程演化的脈絡言，九年一貫課程的發展與實施，不但是課程設計之哲學與理念上的一大創新性跳躍，同時，也是教師角色與教

學理念上的革命性改變，因此施行之後，會對學生、教師、家長乃至社會造成極大的衝擊因而導致適應困難乃屬必然。假若依據前述科學課程分類的三種類型來檢視九年一貫課程，我們將可了解，這個課程在實施之後會引起這麼大的「迴響」其實是可以理解的，因為，這是整體教育環境的結構性因素使然，而非學校或教師之罪。

表 3 我國國中科學課程改革的趨勢

	1970 年以前	1970~1990 年	1990~2000 年	2000 年以後
1.課程目標	<ul style="list-style-type: none"> • 培養健全國民 • 升學準備與職業訓練 • 培育科技人才 	<ul style="list-style-type: none"> • 國民教育及升學準備 • 培養全民的科學素養 • 培育科技人才 	<ul style="list-style-type: none"> • 培養全民的基本科學素養 • 培育科技人才 	<ul style="list-style-type: none"> • 培養基本能力及全民的科技素養
2.課程理念	<ul style="list-style-type: none"> • 注重科學概念知識的學習 	<ul style="list-style-type: none"> • 注重科學概念知識結構的學習 • 注意科學過程及生活化科學的學習 	<ul style="list-style-type: none"> • 科學知識和科學過程的學習並重 • 注重認知能力的培養 • 注意到統整科學及 STS 的理念 	<ul style="list-style-type: none"> • 注重基本生活能力的培養 • 強調科學過程技能的學習
3.教學活動及策略	<ul style="list-style-type: none"> • 講述式教學 • 驗證式實驗 	<ul style="list-style-type: none"> • 講述式教學 • 驗證式實驗 	<ul style="list-style-type: none"> • 講述式教學 • 驗證式實驗，惟也注意到生活化的實驗活動 • 教學注入 STS 理念 	<ul style="list-style-type: none"> • 學校本位的課程及教學 • 課程與學習內涵設計的主導權回歸老師和學校 • 學生活動為中心的教學
4.學習評量	<ul style="list-style-type: none"> • 注重學習成就的總結性評量 	<ul style="list-style-type: none"> • 注重學習成就的總結性評量 	<ul style="list-style-type: none"> • 注意學習成就的總結性評量及形成性評量並重 	<ul style="list-style-type: none"> • 注重基本能力的評量 • 強調多元評量

1.九年一貫科學課程的內涵重視科學的本質 (nature)。

過去四十餘年來，我國的科學課程標準、課程綱要及據以發展之科學課程，一直並未對「科學的本質」在課程設計中的重要性給予適當的重視，Science should be taught as "Science"; Science teaching should be consistent with what science is 的理念也未能受到教師的重視。九年一貫課程綱要則不但將科學的本質納入，同時亦注意到科學美學和科學倫理對科學學習的重要性。由於過去我國的師資教育並未特別重視科學的本質與科學教學的關連，因而，九年一貫課程所注重的科學的本質假若要落實到教室內的教學，對於教師和學生都是一項挑戰。

2.九年一貫課程是典型的「能力導向課程」。

九年一貫課程所揭櫫的基本理念與主張是（教育部，2002）：

- (1)課程鬆綁，以課程綱要取代課程標準。
- (2)以培養學生的基本能力為課程目標，取代偏重系統、邏輯知識的獲得。
- (3)強調國中小學習活動的連貫。
- (4)重視各類學習活動的統整。
- (5)以學習領域代替學科結構。
- (6)營建以學校為本位的教育環境，強調多元、彈性，取代全國一致化。

從這些主張可以看得出來，九年一貫課程是相當典型的「能力導向的課程」，「能力導向課程」在課程設計、學習內容（材

料）選裁及學習活動設計的考慮上，注重的是基本科學能力的培養，教學與學習都以科學能力的養成為主要目標，因此，是否能照顧到學科概念內容結構之系統性與完整性不是主要考量。

然而從過去四十餘年來科學課程的回顧便可發現，過去的科學課程在本質上均屬典型的「學科概念知識結構導向的課程」，科學教師、學生、家長、學者們以及社會各界都已經習慣於這種以學科概念知識結構為核心的課程組織架構。可是忽然有一天，教師們在學識、能力、教學信念、心理上，以及學校的教學支援系統乃至整體教育環境的調適上，均尚未準備好的情況之下，就必須面對課程本質和理念上的劇烈變革（革命），當然是很難適應的。由於教師、學校、學生和家長所面對的不僅僅是教材知識內容及組織型態的改變而已，而是課程本質、設計理念和概念知識結構上的劇烈改變，因此，因為無法調適所蓄積的反彈力道當然是很強烈的。

3.教師對「能力」的界定與「能力指標」的詮釋遭遇困難。

九年一貫課程的另外一個問題是有關「什麼是能力」的議題，「能力」就字面上的意義言，大家似乎都很了解其涵義，不過假若以實務操作的層面來加以深究將可發現，其界定可謂人言人殊，使得在課程目標上所揭櫫之「能力」，對教師、學生、家長和社會各界而言均十分抽象，因而導致教師和學校在詮釋「能力指標」並將之

轉化為教學和學習內容（材料）以及評量目標時遭遇極大的困難，這也是當前九年一貫課程實施上，學校、教師和學生所遭遇的主要難題之一。

近年來，當我們在討論科學課程改革時往往可以聽到：「教育應該培養學生帶得走的能力，不要背不動的書包。」的呼聲，這個「觀念和想法」相信很少人不同意，不過如果加以仔細思量，我們就會發覺，其實這句話的背後蘊涵著相當複雜的邏輯思維。假若「背不動的書包」是在隱喻「沈重的概念知識」，則這句話似乎意味著科學課程的改革應該「強調能力的培養而不注重知識的學習」，但是，在現實實務的施行層面真的辦得到嗎？試想：沒有知識的學習如何培養能力？怎樣的教學和學習活動設計可以不必學習沈重的知識就可以培養應該養成的「能力」？

其次，從認知科學的意義來看，「認知」是一種感知（*perception*）、記憶、思考、推理（*reasoning*）、了解和解決問題的過程（*Satterly, 1990*）；再由建構論的理論來看，學習是在既有的概念知識之上建構的。因此，先存概念（*preconception*）是影響概念的同化和調適的關鍵因素，因而影響知識的接受和了解。由此引申，沒有先存知識為基礎的學習，學生既缺乏概念（*conception*），那哪來能力！是以，概念內容知識的學習是能力培養的基礎，其理至明。

4.理想與現實的妥協－兼談未來展望

就培育具有基本公民素養的國民而言，九年一貫課程的目標、理想以及創新性是不容置疑的，因此，問題便在理想與現實面的實務之間是否有妥協修正的可能。俗云「對症下藥」，對大部分的疾病而言，瞭解病因之後接下來要用藥治療就不難了，可是教育問題的矯正卻不太一樣，因為，教育問題牽涉的範圍既廣，複雜性也高，由課程教材的發展、教育相關人員的培訓，到整體教育環境的調整、社會情境的配合等，可謂不一而足。面對九年一貫課程實施上的困境，雖然在課程目標、理念和架構方面，修正的彈性十分有限，不過，「亡羊補牢」古有明訓，為期九年一貫課程的目標和理念能夠落實，展望未來，假若能夠在實務面提供一些彈性的思維，進行一些技術性的調整，對於「症狀」的減輕或許可以有些許助益。

(1)九年一貫課程的基本教育理念是「教學活動應以學生的學習為主體來設計」，在課程設計的理念上，非常契合「課程」的意涵。其次就「教育即生活」的層面來看，課程既然是學生學習的主要內涵，也就必須落實在生活上才有意義。因此，為使學校和教師所設計、安排的學習和教學活動能夠與學生的日常生活經驗相結合，使學習獲得的知能能夠自然而適切地應用到生活之中，學習活動的內涵（學習材料）便必須特別強調「以生活經驗為中心」。

(2)九年一貫課程雖是一種典型的「能力的培養導向」的課程，不過假若能夠在課

程實施的技術上，適切調整為「科學相關議題導向」的課程設計型態，或許可以大幅減輕教師、學生、家長和社會對於課程變革的不適應性。

- (3) 教師必須具備發展「學校本位課程」與「模組課程」的能力，以學生學習的需求與生活經驗（生活化）為基礎來設計學習活動。
- (4) 科學課程發展的回顧告訴我們，任何課程的改變都需要師資再教育的密切配合才可能成功，更何況是課程本質、理念和結構的劇烈改變，假若沒有長期的準備和縝密的師資培訓來配合，是不可能成功的。課程概念內容知識或組織型態的改變，可以用幾週的教師研習或進修來完成師資再教育，不過當課程的變革涉及教師教育理念的調適，以及教師學識和能力的重新培養時，明顯的就不是幾週的師資再教育可以竟其功的了。故未來師資再教育的成敗將是九年一貫課程能否達成課程所揭櫫之目標和理念的關鍵。
- (5) 提供誘因以加強師資之職前教育及在職教師之再教育，培養從事跨學科教學及適應「科學相關議題導向課程」與「能力的培養導向的課程」的學識和能力。
- (6) 設置任務導向之「科學課程研究小組」，針對現行課程實施上的困難和缺失，研議適當策略以修訂課程的目標和理念，強化教學支援體系，提供調整課程實施策略之建議。
- (7) 鼓勵大學、研究機構、學術性學會或在

國家層級成立常設性的科學課程研究機構，就課程的研發與實施進行永續性的研究。

四、結語與展望

回顧科學教育改革的目的不在緬懷歷史，而是在藉回顧的啟發來透視現況並前瞻未來，因此，本文在回顧科學教育改革的過程之後，特提出以下些許思維和展望，就當做是對我國科學教育改革的期許吧！

（一）科學教育目標之訂定

科學教育目標是形塑科學教育政策、發展課程教材、規劃教學與學習等措施的規範，其重要性不言可喻，因此，科學教育目標之訂定不但要能滿足社會和個人的需求，訂定的過程更應該要有系統化、專業性的機制，方足以確保其適切性、前瞻性和可行性。當我們用這個標準來檢驗我國科學教育目標制訂的過程時，不幸的，結果是很令人失望的。或許大家認為，培養全民的基本科學素養是現代科學教育的目標，已殆無疑問，目標不是十分明確嗎？其實，學者們、科學教師及社會大眾對於「科學素養」的內涵為何？應如何培養？等議題，卻一直欠缺適當的探討與討論，當然在討論課程內容之制訂時，就難免會各說各話了。

一般中小學的科學教育大體上是在培養下列三項能力，即：

- (1) 基本能力：讀、寫、算。

- (2)專業的能力：就業之知識和技能。
- (3)生活的能力：科學教學融入技術和社會的情境，並確保所有的學生都能夠習得他們所需的科學內容與技能。

1980年代，美國科學教育「綜合研究（Project Synthesis）」（註4）提出之科學教育的四個目標群組為（Harms & Yager, 1981）：

- (1)滿足個人的需求，
- (2)解決當前的社會議題，
- (3)幫助生涯覺知（awareness）及選擇，
- (4)為升學做準備。

美國科學教師協會（National Science Teacher Association, NSTA）的課程研究委員會（Committee on Curriculum Studies）在1990年代所揭示之中小學科學教育目標是：

- (1)學習如何學習、如何解決問題和如何獲取新知識。
- (2)使用理性過程。
- (3)培養基本技能。
- (4)發展心智技能和職業能力。
- (5)探索新經驗中的價值。
- (6)了解概念和概括推論（generalizations）。
- (7)學習在生物圈中和諧的生活。

另外，AAAS（American Association for the Advancement of Science）推動的Project 2061（註5）計畫，在科學教育目標的制訂機制方面，頗具啟發性而很值得吾人省思。Project 2061首先確定計畫的理念為（AAAS, 1985）：

- (1)每一位孩童都應該接受科學、數學和技

術的基本教育，使其能夠過有趣、有生產性的生活。

- (2)由於科技的進步至為快速，因此基本教育內涵的改變也非常劇烈。
- (3)學校教育對於培養生活在未來高科技社會的公民具有決定性的影響。
- (4)假若希望未來所有的美國人都具有基本科學素養的話，則由幼稚園至高中的教育系統需要做全面性的改革。
- (5)要完成科學、數學和技術教育的系統改革，必須採取的第一步是先取得「科學素養」究竟為何的共識。

接著則將科學教育改革計畫分成三個階段（phases），以嚴謹的系統和機制分別探討：（1）科學素養的內容為何？（2）各階段學生各應具備哪些知識和技能？（3）這些期望的科學素養如何達成？

俗云「他山之石可以攻錯」，先進各國當代的重要科學教育發展計畫所訂定之科學教育目標以及制訂科學教育目標的做法，一定可以提供我們一些省思。

在回顧我國科學教育改革的過程之後，我們應該審慎思考的是，究竟先進國家科學教育改革方案（像Project 2061）的做法，可以帶給我們什麼啟示？我們可以學到什麼？或許我們需要的是：建立一套嚴謹的機制來訂定符合社會期待且具有前瞻性的科學教育目標。我的省思是：

- 1.我國當前的科學教育目標是否能滿足國家、社會和國民個人的需求，且兼具前瞻性和可行性？

2.我國的社會、文化和國家所期望的科學教育目標為何？科學教育目標的訂定是否考慮到我國的國情與世界的潮流？

3.我們有沒有一套嚴謹、公開且可以信賴的機制來訂定科學教育目標？

在省思如何建立這個機制的時候，或許，我們可以先試著思考：

- (1)我們期望在 2020 年時，中小學生應具備之科學素養的內涵為何？
- (2)依據前述科學素養的內涵，各年級的中小學生應具備的科學概念知識和技能為何？
- (3)上述科學素養的內涵要如何達成？

(二) 科學課程的發展

科學課程是發展而來，因此課程發展應該採漸進的演化，而不宜以革命新建的方式來改變。因為，課程發展（改革）涉及的不僅是課程教材的改變而已，還牽涉到師資教育（職前和在職教育）、教師資格檢定、教學設備的充實及更新、評量制度的更迭，甚至教師人力的重新配置等的配套問題。

為期課程的演變能兼具延續性和前瞻性，展望未來我國科學課程改革趨勢，就課程的發展與演變而言，下列幾項思維和考慮的因素應該是值得期待的。

1.科學課程的發展需要有前瞻的目標，也需要堅實的哲學基礎與基本理念做為課程設計的依據，俾據以設定各年段學生應具備之知識和技能，以及達成課程理

念的過程。

科學課程設計應逐漸重視是否能反映當代課程綱要所揭櫫之課程目標與基本理念。例如：發展課程之前，我們必須先瞭解究竟我們期望 2020 年的中小學各年級學生，應具備什麼樣的科學素養？並取得社會共識，俾做為課程發展的基礎。

2.科學課程設計除考量科學知識的結構和特性外，其他亦應詳加考慮的因素包括：

- (1)科學課程設計是否照顧到科學的本質？
- (2)科學課程設計是否有適當的學習心理學或學習理論為依據？
- (3)科學課程內涵的設計是要「科學知識內容導向」或「科學過程導向」或「STS 的理念」導向或「能力的培養導向」？

3.科學課程的發展趨向多元化。

科學課程設計雖趨向多元化，但仍以教育部頒布之課程綱要為依歸，課程綱要的內容將繼續以學生為課程設計之主體，並重視以生活經驗為中心，以培養現代國民所必須具備之基本能力（科學素養）。以學生為主體其實就是「以學生活動為中心」；以生活經驗為中心其實就是以 STS 的理念規劃學習內容（材料）和學習活動。

4.科學課程發展需要長期的投資，趨向市場取向。

聘一群教授、教師花一兩年時間來制訂「課程標準」，做為編製課程的「標準」是不可能具有前瞻性、永續性的課程理念的，這種未經實驗研究的課程，其適切性和可行性都難免會受到挑戰。此外，課程的表徵型式和學習內容（材料）的選裁將以市場需求為取向，因而呈現多元化的競爭形態。

5. 科學課程設計以教師的課程自主和教學裁量權為選裁依據，並反映學生、學校甚至社會和社區的期望。

課程設計及教學裁量權回歸到學校和教師已經是不可避免的趨勢，因此學校本位課程的理念將繼續成為課程設計的主流。

6. 教室內組合課程、課程模組將成為學校本位課程發展的主軸。

課程設計需要充分考量並適應地區及個別學生的能力和需求，因此，期望書商編一套適合各校適用的課程是不切實際的奢望，教師或學校自行、自主發展一套適合自己學生使用的課程（教材）將是不可避免的趨勢。

7. 在教育鬆綁之後，課程改革應是政府、學校、教師以及民間科學社群共同的責任。

教師團體（協會）、各學科的學會、科學教育學會等必須要有對科學教育的興革擔負一些責任的觀念，例如：發展

科學課程、研究學生基本能力指標、促進教師專業成長等，而不是僅止於批判和建言而已。

8. 科學教師必須具備課程發展、教材編製、學習活動設計等基本能力。

教師在面對學校本位課程的時代，必須具備發展課程、選裁編製教材、設計學習活動的能力，因此，師資教育的內涵也必須有所更張，而能提供養成這些能力的機會。

9. 教師的專業成長（進修）將是教師自己、學校和政府的共同責任。

科學知識（如生物技術）、學習心理學（如認知學習理論、建構論）、學習科技的快速進展，教師的終身學習（再教育、專業成長）將成為常態。

（三）尚不成熟的省思

1. 教育專業決策的扭曲和污染必須有適當的反思。

「家長團體」或各種「權益促進會」等社會團體在與民主和利益相關的公眾決策中，實質參與影響決策的制訂是合理的，不過在執行「專業決策」的課程總綱、課程綱要等的制訂以及課程審議等委員會中，是否宜於納入為正式委員？會不會造成專業決策的扭曲或污染？都很值得再慎思。

2. 課程的合科與分科議題需要有明確的決

策機制來決定。

科學知識的學習就學習者的年齡、心智發展的連續性以及知識的結構和本質而言，由合科至分科是合理的，唯究竟在哪一個階段(年級)分科比較合適？分科到什麼程度？都需要有學術研究的支持，更需要有學理和專業的依據。學者專家之間的看法不盡相同可以理解，也可以經由學理論辯獲得澄清與共識。但絕對不應該是由一個包括對於教育學術和實務以及學科知識內容都不夠專業的「委員會」(社會團體、家長、學生、行政人員也在內)來決定。

3. 教育改革的決策者在布張誘人的目標和理想推動教改時，應即備好良好的煞車機制及替代方案。

教育改革就像一只大輪，啓動雖難，不過一旦啓動，煞車也難，課程的改革也不例外。近十餘年來，社會各界催促進行教育改革的呼聲可謂響徹雲霄，決策者在這股沛然莫之能禦的浪潮推動之下，於是啓動了各項教育改革措施。改革措施推動之初，在幾近完美目標和美麗願景的包裝之下，社會大眾均充滿了美好的憧憬和期待，因而無不鼓掌叫好。不過在社會力的催促之下匆促發動的改革，往往缺乏周延的準備、縝密的構思和充分的配套，因此施行之後問題便一一浮現。在未備好適當的煞車機制和替代方案之下，因而陷入兩難的困境，一代學子就在惶惶不可終日之中

學習。因此，教育改革的決策者在布張誘人的目標和理想，振臂急呼推動課程改革時，千萬不能只沈醉在支持「發動改革巨輪」的掌聲中，而要戒慎恐懼的先備好良好的煞車機制以及替代方案，以備必要時還有機會煞車和替代。

五、參考文獻

- 方炎明 (1989)。近四十年來我國國民中小學之科學教育。**教育資料集刊**，14 輯，pp.15-39。國立教育資料館。
- 毛松霖 (1997)。國小自然科課程的回顧與展望。**趙教授金祁榮退學術研討會論文集：我國科學教育的回顧與前瞻**，pp. 65-78。國立台灣師範大學科學教育研究所。
- 吳大猷 (1979)。教育部科學教育指導委員會簡介。**科學教育月刊**，31, 6-7。
- 教育部 (2002)。**國民中小學九年一貫課程綱要(草案)**。教育部。
- 陳梅生 (1989)。我國小學自然、數學兩課程實驗研究。**教育資料集刊**，14 輯，pp.109-133。國立教育資料館。
- 楊榮祥 (1989)。近二十年來我國國民中學自然科學課程之發展。**教育資料集刊**，14 輯，pp.135-156。國立教育資料館。
- 魏明通 (1989)。近二十年來我國高級中學自然科學課程之發展。**教育資料集刊**，14 輯，pp.195-208。國立教育資料館。
- 魏明通 (1997)。我國初、高中科學課程之

演變。趙教授金祁榮退學術研討會
論文集：我國科學教育的回顧與前
瞻，pp. 35-63。國立台灣師範大學
科學教育研究所。

AAAS. (1985). *Science for All Americans*.
Project 2061, AAAS, Oxford
University Press. New York.

Cole, N.S. (1990). Conceptions of
educational achievement.
Educational Researcher, 19(3), 2-7.

Doll, R.C. (1979). *Curriculum Improvement:
Decision Making and Process*, 4th
Ed. Allyn and Bacon, Inc., Boston.

Harms, N.C., & Yager, R.E., (1981). *What
Research Says to the Science
Teacher*. Vol. 3. NSTA, Washington,
D.C.

Satterly, D.J. (1990). Cognitive style. In
Walberg, H.J., & Haertel, G.D.
(Eds.). *The International
Encyclopedia of Educational
Evaluation*. Pp. 524-526, Pergamon
Press.

附註：

註 1：「學校本位課程 (school-based
curriculum)」的定義是：依據學校
的教育目標、教育理念和學生的需
要，以學校的教育情境和資源為基
礎，所規劃、設計和實施的課程之
謂。故課程的發展是以學校為主
體，學校及教師具有發展課程、選

編教材、設計教學活動、評鑑課程
成效及評量學生學習成就的權
力和責任。

註 2：「能力 (ability)」和「學習成就
(achievement)」是兩個與學習成果
有關的名詞，大家都耳熟能詳，不
過對於其定義卻人言人殊。一般
人常將兩者混用而視為同義字，
不過在學習成果評量的領域裡，
「能力」和「學習成就」是可以區
別的。在本文中，「學習成就」指
學生經由教師之教學所習得之知
識、技能和態度等，而「能力」則
是指不能很快就教會 (instructable)，
需要經過長時間的了解、涵育才
能得到之知識、技能和態度等。依
據 Cole (1990) 的闡釋，「學習成
就」係指學生於接受教育的過程
中，所習得之知識、概念、能力以
及高層思考技能等的成就，至少包
含了：知識和技能兩項成分。知
識包含了「事實」和「進階知識
(advanced knowledge)」，技能包
含了「基本技能」和「高層思考技
能 (higher-order thinking skills)」。
具體而言，「事實」指學生所習
得之事實資訊、概念和原理原則等，
「基本技能」則指學生在社會生活
的過程中，為人處事所需的讀、寫、
算等基本的技能。而「進階知識」
指對於學科知識的真正了解以及專
業應用等；「高層思考技能」指推
理技能、解

決問題能力和批判思考能力等。

註 3：「科技」一詞為「科學與技術」之簡稱。

註 4：綜合研究(Project Synthesis)是美國 NSF 在 1976~1981 補助的科學教育研究計畫，目的在以三項 NSF 支持之科學教育現況研究及 1977 年的 NAEP(National Assessment of Educational Progress)資料為基礎，檢討科學教育改革的成效，並探討科學教育現況和理想之間的落差，以研擬改進之方。計畫分為三個階段進行，第一階段(Phase 1)先設定未來展望(perspective)，明確定出科學教育的期望狀況(desired state)，第二階段(Phase 2)則是在瞭解現況，以揭露科學教育的實際狀

況(actual state)；第三階段(Phase 3)則比較期望狀況與實際狀況之間的落差(discrepancies)，並提出建議，以消除落差。

註 5：Project 2061：是由 American Association for the Advancement of Science (AAAS)於 1985 提出的科學教育改革計畫，旨在改革科學、數學和技術教育，取名下一次哈雷慧星(Comet Halley)再次接近地球之年代--- 2061 年--- 為名。其基本理念是：“ Instead of teaching more content, schools need to focus on what is essential to scientific literacy and teach it more effectively.”