

---

# 從政策層面評述國際間科學教育的改革

郭重吉\*、張惠博\*\*

\*國立台東大學

\*\*國立彰化師範大學

## 摘要

科學教育的革新，須從理論、實務和政策的層面整體的加以考量，並注重國際間的改革趨勢和經驗。本文旨在從政策的層面評介美國、英國、澳洲，以及鄰近的日本、韓國、香港之科學教育的革新，從這些國家或地區在近十年內公佈的教育改革方案，檢視其有關科學教育政策的內涵，從而注意到國內推動科學教育可資借鏡之處，包括：科學教育政策改革應與社會發展需求相呼應，科學教育政策內涵的一貫性，配合科學教育政策的制定更宜有具體可行的行動計畫，注意政策制訂過程之嚴密性，政策制訂過程中亦宜慮及多元參與人文社會議題，以及要建立良好的評鑑與回饋機制。

## 一、前言

二十一世紀將是以「知識經濟」為主軸的資訊化社會，是一個藉由知識的產出、累積、傳播、與運用，為個人、為社會、為國家創造財富，而形成了有效應用天然資源的社會。兼以全球化的浪潮和科學/技術的快速發展，世界各國莫不積極規劃與推動另一波的教育改革。美國、英國、澳洲，以及鄰近的日本、韓國，在近年內，

先後公佈了全國性的教育改革方案(成露茜等，1996)。改革的內容因國情不同也顯現差異，但卻有一些基本的共識：

- (一) 長久以來以知識導向為主要的教育方針，無法因應日新月異快速的知識累積和替代，二十一世紀的人類必須具備不斷應變的基本能力。
- (二) 民主政治的發展取決於國民的素質，而國民素質提升後對國家教育的質量也會有更高的要求，因此義務教育的延長是必然的趨勢。
- (三) 現今各級教育對於目前及未來社會上各種職業所需的能力的教授和提供，必須予以釐清和解決。
- (四) 就個人而言，生活在二十一世紀的社會裡，無法僅依賴學校教育，每個人必須有不斷學習和自我成長的機會，以及利用這些機會的能力。
- (五) 真正的民主政治追求的是自主與公平，經濟競爭講求的效益與效率，在教育上如何在兩者間取得平衡，又能達到新的人力需求目標，提升人民生活品質，是國家政策必須解決的問題。

基於上述的認知，有些國家的最高教育決策層級對於核心問題的專注，已顯現和往昔不同的取向。例如英國教育部原來自 1992 年起，為因應就業市場競爭之需，即萌生教育和企業結合之理念，認定教育目標應配合市場就業需求，教育部遂因此改名為「教育暨就業部」(DfEE, Department for Education and Employment)，當時的部長布朗克(David Blunkett)即希望透過最佳之教育、訓練與工作機會，以促使英國社會與人民有能力面對二十一世紀的強烈挑戰與國際競爭(張明輝，1999)。而在 2001 年大選後，英國政府為營造一個更具包容性的社會，以及保持國際競爭的優勢，再次更名為教育暨技術部(DfES, Department for Education and Skills)，旨在為該國人民創造學習的機會，俾能開發個人潛能，進而在教育和技術水準上達到卓越的目的；另外，澳洲教育部原名為教育、訓練暨青少年事務部(DETYA, Department of Education, Training and Youth Affairs)，為了因應新世代的任務，也已於 2001 年 11 月改名為教育、科學暨訓練部(DEST, Department of Education, Science and Training)；2001 年 1 月，韓國教育部(Ministry of Education)升級至與副總理同級的地位，並改名為「教育及人力資源發展部」(Ministry of Education & Human Resources Development)。由這幾個國家最高教育當局重新正名，可以略窺其中央教育行政組織依改革趨勢而重組之態勢。

另外，1996 年美國研究委員會制定的科學教育標準，成為推動學校改革的依據；英國於 2000 年由 DTI( Department of Trade and Industry)所擬的” Excellence and opportunity: A science and innovation policy for the 21st century” (簡稱科學創新政策)，主要目的乃是要達到科學卓越並提供創新新機(The Secretary of State for Trade and Industry, 2000)。；澳洲也於 2001 年提出” Innovation Action Plan: Backing Australia’ s Ability” (創新行動計畫--厚植澳洲實力)，欲透過教育引發國民對創新的認知，並形成一種文化和普遍的態度(<http://www.innovation.gov.au/iap/policy>)；日本於 1996 年提出科學技術基本計畫，以及 2000 年提出 21 世紀教育改革計畫—彩虹計畫，前者以擴大研究發展及實現新研究發展體系為主軸，後者則強調發展個人才能、培養豐富的創造力；1999 年的韓國高等教育改革計畫(BK 21-Brain Korea 21)則致力培育研究創新的人才。這波蜂湧而來與研究、創新、科學、技術等相關的各國政策的推動，多少涉及與科學教育有關的層面。

科學教育的革新，須從理論、實務和政策的層面整體的加以考量，健全而明確的科學教育政策，是推動科學教育、提升全民科學素養和培養優秀科技人才之依據。本文旨在從評介美國、英國、澳洲，以及鄰近的日本、韓國、香港之科學教育政策，從這些國家或地區在近十年內公佈的教育改革方案，檢視其有關科學教育政

策的內涵以發覺其可資借鏡之處。當然，各國國情不一，在地理、歷史、文化、社會、政經等各方面的人文背景以及科技水準，有很大的差異，其科學教育政策形成的環境、背景和過程，以及科教育政策如何付諸行動的機制，自然而然也會有所不同。由於篇幅的限制，這些背景在此無法逐一介紹，詳請參閱國科會專案報告（郭重吉與張惠博，2002）。

## 二、美英澳日等國之科學教育政策

爲了解世界各國近十年來科學教育政策的內涵，以做爲國內推動科學教育的參考，底下分別就美、英、澳、日、韓等國以及香港地區的科學教育政策簡要加以說明。

### （一）美國

九十年代美國科學教育政策之內涵深受科學教育標準 (National Science Education Standards) 所影響 (NRC, 1996)。訂定科學教育標準的動機在體認過去大部分的教學、課程和學生活動都與學生的日常生活無關，其實，科學理應在真實世界的情境下，由個人的好奇心引發問題、當前課題和疑問等。科學教育標準主要係在針對學生、教師訂定一些必須達成的目標。在學生方面的目標強調學生必須能：

1. 體驗認識和理解自然世界的豐富和興奮 (experience the richness and excitement of knowing about and understanding the natural world)

2. 利用適當的科學過程和原理進行個人決定 (use appropriate scientific processes and principles in making personal decisions)
3. 明智地從事有關科學和科技主題的公共對話和辯論 (engage intelligently in public discourses and debate about matters of scientific and technological concern)
4. 在職場上，利用科技素養的知識、理解和技能增加經濟生產力 (increase their economic productivity through the use of knowledge, understanding, and skills of the scientifically literate person in their careers)

在教師方面的目標則強調教師也必須要：

1. 少強調：視所有學生爲一體；緊跟著課程內容；只講述和示範傳遞科學知識；每單元末測驗學生背誦的事實資訊；支持競爭；自我獨力作業；
2. 多強調：瞭解和回應個別學生的興趣、經驗和需求；選擇性採用課程內容；引領學生主動從事廣泛的科學探究；提供學生進行科學討論和辨證的機會；持續性評量學生的理解程度；與學生分享學習的機會；支持上課合作、分享責任和尊重；與其他教師協同改善科學課程。

綜觀美國科學教育標準所描述的是對科學教育的一種願景、標語 (banner)、或是評量品質和價值的比較基礎，其內涵具有以下四項特色：

1. 迫切要求所有學生理解科學；
2. 對科學有擴充的定義；
3. 將教材內容、教學和評量的標準包括在單一文件中；
4. 由專業發展、學校和學區科學學程、以及科學教育系統等標準的訂定，顯示科學教育的系統化改革需求。

美國的科教政策，由於重視科技的發展、社會變遷與人類的需要，適時訂定符合學生需求的科教目標與內容。在實施的過程中，能充分運用五項策略：散播、詮釋、實踐、評鑑與修正等，推動以科學教育標準為基礎的改革。因此，美國研究委員會的科學教育標準，雖然屬於自發性，並未受到聯邦政府的監督，也未強制全國各州統一遵行，然而，卻被全美各學區普遍作為參考的藍本；同時，也被負責訂定和實施教育規範的州教育組織使用，作為推動學校改革的依據。

## （二）英國

英國政府為了營造一個更具包容性的社會，以及保持國際競爭的優勢，自 2001 年大選後，成立教育暨技術部 (DfES, Department for Education and Skills)，旨在為該國人民創造學習的機會，俾能開發個人潛能，進而在教育和技術水準上達到卓越的目的。其教育目標有三 (DfES, 2002)：

1. 讓孩童一開始即接受最好的教育，以奠定未來學習的基礎。
2. 培養青少年具備充分的知識技能及個人

特質，以因應就業及生活的需要。

3. 鼓勵並給予成人學習的機會，以改善其技能並充實生活。

英國科學教育協會 (The Association for Science Education) 自 1995 年廣泛徵詢其會員有關跨越 2000 年後未來科學教育發展的意見，彙整成報告，其中將科學教育目的分成三個類別 (ASE, 1998)：

1. 科學與日常生活的關係

主要是要培養能夠充分參與科技社會、資訊無礙的公民 (informed citizens)，能夠了解科學概念和活動的本質，以及科學訴求的基礎；並透過對自然和物理世界的探索，經驗到其豐美和令人興奮的特質，進而發展人類的智慧與道德。

2. 科學的知識及瞭解

建立準則以篩選出的主要科學概念，組構成科學的核心內容。最好是具有全球性或個人重大意義者，或是能有實例佐證及實際應用者，由淺入深，可以使得學習者了解科學的意義何在。

3. 科學探究的方法

主要是要培養規劃、測量、和觀察的能力；收集資料並能加以組織；考量議題正確性的能力；可靠性和正當性的講求；從媒體、電子郵件、傳真，到現場發表等不同的報導方式中加以評估的能力。

每一類別所要達成的目標，因年紀的不同而有不同的重點。一般說來，所有的年齡層都應學習在面對生物、環境、及科學的應用時，具備動機、獨立、好奇、敏感、及社會責任；並發展探究、觀察、和

操作的技巧。對年齡稍大一些者，則應強調發展科學術語、了解主要科學概念；評估或使用證據作成決策或解決問題，並將科學、個人、社會和環境的議題及倫理的意涵納入考量；了解科學知識的假設性以及其利用理論和模型解釋的本質。

據研究顯示，英國中等學校(11-16 歲)的科學教育大多以培養未來科學家為取向，所教授的科學內容和理論背景並沒有回歸到科學素養的培養，絕大部分與日常生活的脈絡毫不相干，導致學生變成無能從事科學的未來公民，甚至阻卻一些能力較好者繼續從事科學研究的鬥志和熱誠。另外，由於考試領導教學以及食譜式的實驗教學，使得以考試為基礎的評量方式受到質疑。因此，The Royal Society 在回應下院科學與技術委員會所提出的有關科學教育的詢問時(The Royal Society, 2002)，特別呼籲科學應該成為 14-19 歲的核心課程，而且科學經驗應該著重學生與科學互動的品質，並建議如下幾點作為政府制定政策的參考：

1. 政府應特別表述科學為 21 世紀的重要學科，提供學校足夠的設備和技術。鼓勵學生透過與科學家的接觸獲取第一手的研究和實務上的經驗。
2. 應有受過良好訓練的科學技術專家提供學校有關技術方面的協助。
3. 政府應將中學應用科學課程班級人數減少至 20 人內，以方便從事實務性質的工作。
4. 培訓優良的師資，責其教學技巧和學科

知識與時俱進，以展現教師的專業判斷，例如採用另類的評量法等，贏取學生的信任。

5. 適量的提供學生高品質的生涯輔導。
6. 對於學生的評量在嚴緊和寬鬆之間應取得平衡，才能鼓勵學生繼續往前邁進。

從英國的科學和創新政策中，可以歸納出有關其科教政策的一些重要主張，包括要更重視研究，並將成果儘快轉換成產品和服務；要鼓勵更多的人從事科學，而且要讓科學普及至所有正式及非正式的教育系統中。英國政府特別強調科學為 21 世紀的重要學科，對於未來科學和技術的激烈變革，能夠提出相對應的科學教育發展的因應措施。在執行的相關策略上，則是以白皮書的方式加以推動，例如在其科學創新政策的白皮書中，即將有關科學教育政策的部分落實於政策白皮書中，並配合白皮書的內涵，分別制定行政措施據以施行。其十大方案中，以第一方案：更好的科學教育是針對學校教育方面；第二方案：加強科學的卓越是針對大學教育方面；第十方案：建立消費者信心則是針對大眾科學教育方面，涵蓋層面可謂十分周全。英國政府在每項方案的實施計畫中，也同時扮演投資者、推動者、及規範者的角色。

### (三) 澳洲

1992 年澳洲新政府上任，由於前任政府遺留下龐大的財政赤字，加以通貨膨脹、利率和失業率居高不下可能引發財政

危機，促使政府改造運動的產生，連帶的也促使教育的改革，特別是在中小學的教育方面。而整個教育發展的趨勢自 90 年代初期以來，日趨重視就業與教育之間的關聯，政府政策特別注重迎合變遷的就業需求，以及具有生產力的勞動人力的要求；另外，還特別提倡終身學習的觀念，以便在科技社會中，每個人經由持續的學習，具備參與公共事務的知能。由於對 21 世紀知識經濟及資訊經濟時代來臨的警覺，澳洲高層當局爲了保持經濟的繁榮及提升生產力和就業率，不斷對產、官、學界及一般大眾提出創新(innovation)的呼籲。舉凡開發新專長、從研究中產出新點子、將之轉做爲商業用途等，都屬於創新的範疇，創新不僅指針對高科技工業，其他很多傳統產業未來也須創新，甚至學校教育和一般大眾，也都要有創新的思維及行動。

就澳洲的科學教育而言，當提到公眾對科學的覺知(science awareness)時，科學素養的重要性尤其被突顯出來。科學覺知在社群中之所以重要，主要有三個原因：

1. 一個具科學素養的社會可以彈性適應各種變遷，施以明智的決定。
2. 可鼓勵學生從事科學研究或選擇以科學爲業。
3. 可驅動經濟的成長，改善環境，提升社會的福祉。

那麼，何謂科學素養？Goodrum (2001) 指出科學素養應包含瞭解所處的周遭世界並感覺興趣；會參與有關科學方面的對談；對他人所提有關科學事物的主張抱持

懷疑及探究的態度；能夠分辨問題，導出具有論證基礎的結論；對於環境、人體的健康、人類的福祉，能夠作出明智的決定。而這些科學教育所欲達成的目標是植基於 MCEETYA(The Ministerial Council on Education, Employment, Training and Youth Affairs)1999 年 4 月在亞德雷(Adelaide)開會所形成的共識(<http://www.detya.gov.au/schools/adelaide>)，即亞德雷宣言—21 世紀國家教育終極目標，學校教育應協助每一位學生充分發展以下各項能力(張明輝，1999)：

1. 具有分析和解決問題的能力，與他人溝通、交換資訊、合作等能力。
2. 具有自信、樂觀、高度自尊的人格特質，以及培養能成功扮演未來在家庭、社區和職場角色的能力。
3. 具有倫理道德和社會正義的判斷能力、理性思考決策的能力、爲自己行爲負責的能力。
4. 了解澳洲政府運作體系和公民生活，且具有活力。
5. 具有就業相關技能和對工作世界的認識與了解；並對職業教育與訓練、繼續教育、就業和終身學習抱持積極的態度。
6. 具有使用新科技，特別是資訊和通訊科技的信心和創意；並且了解新科技對未來社會的影響。
7. 具有對自然生態環境的認識與關心，並具備生態持續發展的相關知識。
8. 具有建立健康生活型態的知識、技能和態度。

澳洲科教政策的探討是以其「創新行動計畫」及教育改革為討論基礎。教育改革伴隨著政府改造運動，而且主要是就整體的教育或針對教育制度方面加以變革及檢討。政府大力呼籲產官學界都必須創新，不僅高科技工業，傳統產業乃至學校教育和一般大眾，都要有創新的思維及行動。而且日益重視就業與教育之間的關聯性，主張學生應具備基本的讀寫數算能力，並持續終身學習，以便在知識社會和全球經濟中導向成功和滿意的工作。另外，澳洲政府藉由此計畫的推動，鼓勵經由各項措施強化新點子(ideas)的產出，以提升澳洲創新的能力；以及印證這些新點子的確實性，以加速其在商業上的應用。最重要的是，他們還特別注意培養國民適當的技能，並且透過教育引發其對創新的認知，形成全民一種文化和普遍的態度。為達到這些目標，澳洲政府分別在發展計畫中詳列具體的措施及預算，形成可以逐項採行的行動方案，並且重視績效責任。

#### (四) 日本

長久以來，由於升學考試的競爭、教育偏重記憶、學生厭惡上學、暴力事件及違法行為層出不窮；加以過分重視文憑、明星學校領導考試、考試領導教育，在在阻礙學生個性的發展。近年來，又因科學和技術無遠弗屆的影響力，更需充實相關知識，才能適應科技社會劇烈的變革，然而時下青少年的現實生活經驗卻越來越遠離科學和技術，使得日本一些有識之士憂

心不已。他們大聲疾呼改革科學教育，強化國人的科學觀念和思考。因此，最近的一次教育改革計畫--「彩虹計畫」特別強調，教育除了培養兒童本身學習的積極性和自主性，使之能適應社會的變化外，並應努力貫徹對基礎內容的指導，以及加強拓展學生個性的教育。

有鑒於年輕人是未來科學和技術的負載者和鑑賞者，因此科學教育必須要培養這些未來的人力資源對科學具廣泛的興趣。目前已知，一些在科學技術上有相當成就的人，都早在小學階段即引發對科學的興趣，然而，日本國立教育研究所最近的研究卻指出，隨著年級的升高，日本學生對於科學的興趣也越來越降低。另外，1999年日本青年研究院針對日、韓、美、中的國高中生調查其「21世紀的夢想」，發現日本青年只有現在沒有未來，已無夢想，而且失去了工業社會原有的勤勞努力的觀念。因此讓年輕人了解自己在科技社會中所處的地位，對科技懷抱夢想，擴展其挑戰的意志力，是當前日本科學教育最重要的任務(Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 2001)。

在中小學階段需特別重視讓學生能充分自由思考，並且透過動手操作的方式使學生具備豐富的科學觀念，進而以科學的方式思考並看待事物。因此，舊有的、單向式的知識傳授必須轉而培養學生自己學習自己思考的能力，以及創造的能力等(Central Council for Education, 1996)。據此，新課程研究(Courses of Study)設計了

一門名為「生活環境研究」課程，利用活動的方式讓學生獲得具體的經驗，已在小學低年級推出，後來進而擴展成為國中的選修課程。高中的科學教育則給予學生更大的彈性，不僅強調動手作(hands-on)的學習經驗，還讓學生朝解決問題的途徑去學習。新課程研究為此也另外設計了十三個主題，其中還包括「整合科學」，主要就是要培養學生的科學觀念和思考(scientific perception and thinking)，亦即科學的素養(scientific literacy)。由於課程總時數的減縮，科學課亦然，因此，教師教學的方法就要重新檢討。從以前知識的傳授轉而讓學生獨立的學習，並且能夠自主從事探索的活動。雖然日本教育部重新修訂了科學教育的設備標準，有系統的設置及改善實驗設備，但其最終目的還是希望學生能與自然多多接觸，透過實驗和觀察培養解決問題的技能，發展科學素養(Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 1997)。

而在大學教育方面，日本大學的基本角色則在培養及教育有助於社會發展的負責人才，並從事在民間企業較難以承受的具高風險的基礎性及獨創性研究，以便為全人類社會的發展創造基礎知識。因此，以應用為目的的學術研究為科學技術提供基礎，乃成為大學研究人員的重要使命，推行學術研究也成為日本對未來的重要投資。

日本的科學教育政策散見於 1996 年所提之科學技術基本計畫及最近的一次教

育改革計畫--「彩虹計畫」內。前者強調培養並確保研究人員及研究支援者；充實學校教育的理科教育、技術教育；提供青少年親近科學技術的多樣化機會；以及增進有關科學技術的理解及喚起關心。後者則特別強調，教育除了培養兒童本身學習的積極性和自主性，使之能適應社會的變化外，並應努力貫徹對基礎內容的指導，以及加強拓展學生個性的教育；另外，還要培養國民深厚的人文素養，發展個人才能並培養豐富的創造力。

#### (五) 韓國

教育與國家政策密切結合是韓國政府施政的特色。依循政策的走向，教育系統也隨即回應，因此，快速的經濟成長，也加速教育發展的腳步。但也有人認為是因為教育的成功，韓國的經濟才得以擴張。總之，像這樣經濟和教育發展相連結的關係，可以從韓國政府自 1962 年以來所推動一連串的經濟發展五年計畫，以及伴隨而來的教育政策的規劃，窺知端倪(Ministry of Education & Human Resources Development, 2001)。

韓國政府充分體認到 21 世紀以知識為基礎的全球競爭態勢，必須有高品質的教育為底，方能建構一個成功的社會。高品質的教育則端賴優良的師資，因此，90 年代開始密集的教育改革首先針對教師和教師養成教育方面著手。1998 年新政府上任後，重要施政項目之一，即是將物料取向的生產經濟轉型為知識經濟，並提出教

育發展五年計畫。因此，當「新教育國家」(the New Education State)被韓國政府列為優先的施政重點之一時，教育的改革不再只是矯正缺失而已，而是要求快速的轉型至以知識為基礎的經濟型態，並以在教育方面做為世界的領導者自許，強調以更多的創意和創新為目標。

韓國基本科學教育課程，可溯自學前幼稚園時，以引發孩童對周遭自然環境的好奇和興趣的方式，發展其基本思考力與創意解決問題的能力為開端。小學科學教育則是藉由喚起孩童對自然現象的好奇和興趣，發展創意解決問題的能力，並讓其獲得基本的搜尋方法和科學知識；國中科學教育是藉由基本的探索方法和科學知識，將學生導向科學的生活；高中的科學教育則是藉著對科學知識和探索方法的了解，幫助學生對自然形成正確的概念。整體來說，韓國科學課程的教授著重以學生為中心的探究活動。自 1997 年，韓國政府開始實施六年學校 ICT(Information and Communication Technologies)計畫，充分提供學校硬體設備，連結網路系統，研發教學軟體，施予教師相關在職訓練等。現在，韓國的校園內已隨處可見運用 ICT 於科學課程的教學方式。

除了學校內的科學教育外，韓國各地另有 15 所科學教育館(Science Education Institutes)，負責展示教學用的材料和設備、訓練科學實驗教師、指導學生科學實驗、發展學習用的材料及教材等。此外，全國境內還分布 180 所科學教育資訊中

心，收集有可資利用的相關教育資料。為了充分發揮教育的服務功能，有九個地方的教育局，對於偏遠地區還特別組成「行動科學教育小組」，將科學教育送上門。學生也可藉由網際網路，比以前更快速查詢到科學的資訊。另外，韓國政府鑒於資訊化的社會是以高科技為基礎，國家亟須在科學技術上尋求獨立。因此及早培養科學資優生，施以特殊的訓練課程，是非常重要的。遂於 1983 年率先成立 Kyonggi 科學高中，現在已擴增至十六所。每班不超過 30 人，畢業後可繼續至韓國科學技術學院就讀。除了韓國科學技術學院外，還有其他三所大學也為資優生提供特別的課程及入學優惠，如免試入學、不打分數也沒有作業、可快速升級、讓資優生管理科學教育館等，唯一的義務是博士論文必須發表在世界知名的期刊上。

在高等教育階段，科學與技術結合的科學技術教育，成為高度工業化社會最搶手的專業。21 世紀對高科技人才需求甚殷，高等教育學府由於肩負培養高級人力的重責大任，吸引優秀學生攻讀科學和技術成為大學招生的首要重點，例如提供獎學金、給予海外深造的優先權等。從 2001 年 1 月，韓國教育部(Ministry of Education)升級至與副總理同級的地位，並改名為「教育及人力資源發展部」(Ministry of Education & Human Resources Development)可窺知，教育與人力資源發展相結合，致力培養國民能面對以資訊和知識為基礎的社會的挑戰，成為地球村一

個具有建設性的成員，將是韓國未來科學教育的主流。

### （六）香港

二十世紀末兩年，面對亞洲動盪的經濟情勢，香港也面臨史上最大的挑戰。經濟成長一下子縮減了 5%，失業率破紀錄的攀升至 6.3%，財產市值暴跌 50%。促使香港政府加深經濟的危機感，而認知到經濟多樣化的重要性，且必須鼓勵高科技高附加價值產業的發展；同時，爲了要能回應未來世界的挑戰，政府當局更要培養這一代年輕人所應具備的能力，例如資訊科技、終身學習、創造力等，將是未來新的世紀在教育上的需求。當然，爲了要達到這些目標，教育制度也必須有足夠的彈性和空間，容許學校和教師的各種創新措施，才能呼應社會的需求(Wong, 2000)。

誠如教育統籌委員會在其改革建議的引言所提的，世界各地正經歷著根本性的轉變，香港亦不例外。全球一體化以及以知識爲本的社會發展趨勢，對香港構成不少挑戰，也提供不少機遇。在新時代的社會環境中，應變、創新、分析、判斷、自學、溝通、組織、及與人合作等能力，已成爲每個人應付生活與工作上需要所必須具備的條件。面對這些社會的轉變，教育制度亦必須作出相應的改革，讓學生更全面的發展多方面的潛能，以便在新世紀中創造豐富的人生。

香港的科學教育是透過小學及中學階段的一系列科目進行的，這些科目課程

預期的目的，是要幫助學生認識其週遭的事物；發展客觀、具批判性的觀察能力；發展解決問題的能力及科學思維；明瞭科學與現實世界的關係，以及科學對轉變中的社會的重要性；以及掌握運用科學語言進行溝通的技能。因此，透過科學教育所欲培養的有關協作能力、溝通能力、創造力、批判性思考能力、運用資訊科技能力、運算能力、解決問題能力、自我管理能力及研習能力等，都是有助於終身學習的共通能力。

此外，香港教育統籌委員會(教統會)於 2000 年 9 月發表的「香港教育制度改革建議」中，提出在高中課程添加「綜合科學及科技」的新科目(教育統籌委員會, 2000)。將各種知識與日常生活實例，以及科學理論與科技應用，緊密的連結在一起，俾便學生對科學及科技在現代世界中的作用，建立全面的看法。而學生從該科目所獲得的知識及能力，有助其應付世界不斷變化所帶來的挑戰，爲未來的工作及生活做好準備；對科學發現及科技發展的影響及衝擊的了解，也能幫助他們對未來科學及科技世界的變化，作出理性的判斷與決定。

科學是科技知識架構的一部分，科學爲培養學生科技能力奠定基礎；科技是科學的應用，科技使學生覺得科學更有趣，而且與他們的關係更密切。透過科學教育可以推動科技教育，反之，透過科技教育也可以推動科學教育。香港政府鑒於過去十多年來，通訊和資訊科技的應用日益普

及，發展一日千里，對社會乃至人們日常生活，都帶來重大影響。資訊科技的應用，不僅革新了全球公營和私營機構的運作模式，更突破了教與學的傳統界限，正為學校教育帶來迅速且巨大的轉變。因此，香港教育統籌局於 1998 年提出一份題為「應用資訊科技發展優質教育：五年策略—1998/99-2002/03 年度」的諮詢文件，進而制定推行資訊科技教育的策略(香港教育統籌局, 1998)。除了培養學生的資訊科技素養外，並讓學生掌握處理資訊的能力(尋找、評估、組織和表達)，學得高層次思維的技巧，進而能終生學習。

### 三、結語

由於科學與科技在當今人類社會與個人生活中扮演舉足輕重的地位，近年來一些先進國家或亞洲鄰近地區，如美國、英國、澳洲、日本、韓國、香港等，均陸續推動一些科學教育政策上的革新。從上述這些國家科學教育政策內容和形成歷程，有以下幾方面足為我國之借鏡者：

#### 1.科學教育政策改革呼應社會發展需求

各國科學教育政策與改革的動向，固然各有其不同的社會文化與教育背景，但是前瞻當前科技與社會發展的趨勢，諸如知識社會中「創新」能力之重視與科技社會中科學教育對象的全民化、課程內容與教學方法與生活相結合，以及培養學生學習科學興趣與終生學習能力等各國則相當一致。然各國科學教育政策也分別針對國

內特殊之情境與需求，選擇重點推動，如英國調整傳統中學以培養未來科學家取向之科學教育，日本則著重配合整體教育改革做出因應；新加坡則重視本身為狹小島國，在資源有限狀況之下，以資訊與思考創新能力培養為其政策推動之重點。

#### 2.政策內涵一貫性

科學教育政策的內涵必須通盤考慮所涉及的複雜因素，並保持各種組成要素間政策的一致性，以「美國國家科學教育標準」為例，其內容包括科學教育的教學、教師專業發展、課程內容、評量到整個教育系統的革新整合等，並且一再強調各重要成分間的一致性。日本科學教育政策的革新密切配合整體教育改革的步調實施，透過立法(科學技術基本法)、學習指導綱領的訂定及國家施政計畫，來整合相關的資源執行的一致性。政策的一致性，也包括整合不同領域、機構與行政層級間政策的一致性與相互統合，以確保政策的落實執行與資源的有效配置。

#### 3.有具體可行的行動計畫

科學教育政策之實踐有賴於具體可行的行動計畫，以整合相關機構、人員與資源投入政策方案的具體實踐，以美國執行「project 2061」所衍生的執行行動計畫，「科學教育改革藍圖」(Blueprints for Reform)而言，其內涵就涵蓋三個部分：執行基礎(探討科學教育平等議題與追求途徑、教育政策、經費與資源、學術研究

成果等基礎)、學校的情境(包括學校的組織、課程連結、器材與科技、評量)及支持的結構(教師教育、高等教育、家庭與社區、工商企業界)。在 AAAS 並逐年追蹤檢視行動計畫的具體執行狀況。

#### 4. 政策制訂過程之嚴密性與周延

各國在科學教育政策擬定上均有相當嚴密的程序，以英國為例，其特別訂定一些提供有關政策制訂過程中專家建言的程序準則，以作為政府決策時參考之用。其他國家在科學政策制訂過程中，皆有相當嚴密的研究調查、專業團體參與、舉辦公聽會與大眾意見諮詢的程序，也透過這些程序使得政策得以周延，並由此一過程中凝聚全民共識，有利於計畫未來的執行。

#### 5. 多元參與人文社會議題

科學教育政策的制訂除了教育行政主管、專家的參與外，在民主化的潮流下，各種相關專業協會團體、民間機構、企業界、民意代表與社區家長的意見，透過專業意見諮詢、舉辦公聽會、政策草案公告、提供建言管道等，將相關意見納入政策決策的過程。近年來參與科學政策擬定關注層面，已逐漸從專注在傳統科學教育課程、目標、教學評量等問題，擴及人文社會議題，諸如科學教育中種族、性別、區域、階層公平性的問題。

#### 6. 評鑑與回饋機制

計畫執行成效的評鑑與回饋修正機

制的建立，是確保政策能有效執行的關鍵，也是各國科學教育政策中相當重要的一環，有明確的政策執行行動方案與成效評估指標與回饋機制是其關鍵。以英國為例，其實施計畫中不僅要標示每一方案的出處，並詳列運作的機制、時間表和目的，以及執行各項方案的主要負責人電話及 Email 帳號，原則上，進度的執行是由其直接管控，但是仍定期受到部內科學小組成員的監督及審查。

近年來，國內科學教育改革亦在教改聲中，隨著「九年一貫課程」改革的實施而產生大幅的改變，但這方面的改革是否能借鏡國外的經驗，善用嶄新的學習工具與學習原理，是否足以克服已往面臨的困難，改正過去的缺失，進而達成預期的目標，乃是我們邁向 21 世紀時必須注意之課題。在國科會與教育部的合作之下，教育部已於九十二年九月二十五日公佈「科學教育白皮書」(<http://www.nsc.gov.tw/sci/Discuss/科學教育白皮書.doc>)，確定我國科學教育目標是使每位國民能夠樂於學習科學並了解科學之用，喜歡科學之奇，欣賞科學之美，期望在過往的教育基礎上，制定我國未來科學教育的計畫方案，並對執行成果予以考核。整體來說，白皮書針對學校科學課程、教學與評量，學校科學師資培育、大眾科學教育推動、科學教育中的人文關懷、科學教育學術研究，都提出基本策略與具體策略方案，例如規劃中小學科學教育教學教師分級制度與建立專業證照制度，建立科學教師定期進修與定期

換證制度，並規定五年內針對某些主題完成進修時數，以符合換證要求。我們期望經由「科學教育白皮書」的頒布與施行，並參考國際間科學教育改革的經驗，在國內能建構一個良好的科學教育政策與環境，來促成各項科學教育改進措施，使「科學教育白皮書」所揭示的目標得以實踐，我國的科學教育也將得以全面提昇。

### 參考資料

- 成露茜與羊憶蓉(1996):邁向二十一世紀新新教育。教改叢刊,BA25。
- 香港教育統籌局(1998):與時並進:善用資訊科技學習五年策略(1998/99-2002/03),諮詢文件及報告。  
[http://www.info.gov.hk/emb/public/it\\_5.html](http://www.info.gov.hk/emb/public/it_5.html)。
- 郭重吉與張惠博(2002):科學教育政策之探討。國科會專題研究成果報告。
- 教育統籌委員會(2000):終身學習、全人發展。香港教育制度改革建議。  
<http://www.e-c.edu.hk/reform>。
- 張明輝(1999):英語系國家公元兩千年教育政策的發展趨勢。輯於中華民國比較教育學會主編:新世紀的教育挑戰與各國因應策略,209-244。
- Association for Science Education(1998).Education in science.  
<http://www.ase.org.uk/publish/jnews/eis>.
- Central Council for Education(1996). The model for Japanese education in the perspective of the 21st century.  
<http://www.monbu.go.jp/special-en/00000001>.
- Department for Education and Skills(2002). Education and skills: Delivering results- A strategy to 2006.  
<http://www.dfes.gov.uk>.
- Goodrum, D. (2001). The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools.  
<http://www.detya.gov.au/schools/publications/2001>.
- Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (1997). Japanese government policies in education, science, sports and culture 1997- Scientific research: Opening the door to the future. <http://www.wp.mext.go.jp/eky>.
- Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (2001). Annual report on the promotion of science and technology 2001-Creativity of Japans science and technology.  
<http://www.wp.mext.go.jp/eky>.
- Ministry of Education & Human Resources Development (2001). Education for the future.  
<http://www.moe.go.kr/english/mproject/mpro1-2.html>.  
<http://www.uw.dispatch.com>.
- National Research Council (1996). National science education standards. Washington (DC): National academy press.
- The Secretary of State for Trade and Industry (2000). Excellence and opportunity: A science and innovation policy for the 21st century. The Stationery Office Limited, the U. K.
- Wong, J. W. P. (2000). Meeting the education needs of Hong Kong in the new millennium, Speech by Mr. Joseph W P Wong, GBS, JP Secretary for Education and Manpower International Congress for School Effectiveness and Improvement..