

我國明日科學教育政策的走向

黃季仁

行政院科技顧問組

壹、前言

時代的車輪，快速的不斷的向前奔馳，20世紀的旅程，不久就到達終點站，新世紀的明天，將會展現出一個日新而又新的風貌。明天不是今天的拷貝（copy），未來不是現在的重複。教育、科學教育，也將面臨著新的情況，遭遇著新的衝擊與新的挑戰。墨守成規的一成不變，恐怕派不上用場，革新創新的以變應變，應是未來的作法。

貳、明日科技發展的展望

明天將是一個科技的「新戰國時代」，此種科技的「生態環境」，與科學教育及其政策走向，密不可分。放眼現在，展望未來，科技發展的情勢，可能有如下者：

（一）由勞力密集走向技術密集：

時代由第一波的農業社會，以慢而長的步伐，走了兩、三千年，進入了第二波的工業社會，走了兩、三百年，現在邁向第三波的資訊社會。時代的波，一波連一波，形成一波未平一波又起的態勢。傳統的農業社會，靠個人或少數人勞力的投入，解決生活問題。熱能的發現，蒸氣機、內燃機，相繼發明，組織化的勞力運作，強化了人們「手」的功能，帶動了空前的「產業革命」。電腦的出現，再加「機」、「電」的整合，提高了人們「腦」的功能，促使高科技時代的來臨。產業界逐步的由勞力密集走向技術密集。前者是靠「流汗水」謀生，後者是靠「絞腦汁」生財。

（二）由資本財產走向智慧財產：

資本，是生產要素之一，具體的有形的金錢、設備……等等，為人所重視。科技情

勢變遷，智慧財產，取代了資本財產的重要性。因之，「智慧財產權」，為當今流行的新觀念，如：發明、專利、商標……等，均受到法律的保障。

(三) 由物質工業走向知識工業：

一般所謂的工業，是以「物質」為其主要中介物，通過生產線上的運作，生產出各式各樣的產品。未來的工業，有賴高科技的投入，以提高其產品品質與生產力，而高科技的實質內涵，是以「知識」扮演很重要的角色。

知識工業，尤其在「資訊化社會」中，更形重要。1950年至1970年代，是世界第一波資訊化時期。1980年代以來，則為第二波資訊化時期，由資訊處理技術與通訊技術的整合為一，亦即資訊、通訊工業，開始發展時期。第三波資訊化時期，將始自1990年代中期，是人工智慧技術的專家系統，被廣泛的應用在社會、工業、生活上的時代，在技術上將是資訊處理、通訊處理、知識處理融合為一的更高度化資訊的時代。

未來先進國家，將處於「後工業化」的階段，並邁向「後服務社會」的時代，亦即許多服務業，係知識、資訊相關的服務。勞力密集的服務，所佔比率，將相對的減少。資訊高度化，對經濟、工業、文化及社會的影響，將無法計量。21世紀社會，資訊化、軟體化的程度，更為增加，知識生產活動，將扮演更為重要角色，從事知識生產活動者，所佔比率，將高速的提高，形成以軟體開發為重點的所謂「知識化社會」。

(四) 由「生產方式」的改變走向「生存方式」的改變：

科技投入人類社會後，前一段時期，其影響最大而顯著的，就是「生產方式」的改變。現在，特別是未來的影響，尚不止於此。原有的思想方式、行為規範、意識型態、典章制度……等等，將在「第三波」或「第四波」的衝擊下，逐漸趨於式微，也就是人類「生存方式」，必須有所調整、革新，換句話說，必須以新的觀念、新的看法、新的作法，去適應此種科技時代的鉅變。

(五) 由「人與人爭」的社會走向「人與天爭」的社會：

傳統農業社會，技術不發達，生產力很低，物質缺乏，社會上的總財富，大致不變，「一家富、十里窮」，人際之間，你爭我奪，你死我活，是一個「人與人爭」的社會。科技時代，卻大大不同了。科技日新月異，生產力提高，通過科技的運作，可以無中生有，以少變多，化腐朽為神奇，變不可能為可能，財富可以增加，財富可以創造，這是一個「人與天爭」的社會。天者，大自然也。

(六) 科技研究工作組織化：

放眼天下，特別是先進國家，沒有不重視科技的，東鄰的日本，已將1980年訂定

爲其「科技立國年」。重視科技，隨之重視科技的研究。現在（未來），科技研究，出現一個令人注意的動向，那就是科技研究工作組織化。第二次世界大戰後，科技的研發，工業的創新，均趨於大型化，是大規模有組織有計畫的整合化的活動，太空科技的日新又新，就是一個最好的例證。

(七) 科技研究的走向：

1. 就向「外」而言：耳目及機器之所及，可達太空深處千萬光年之遙。
2. 就向「內」而言：可窮究直徑不過千萬分之一公厘的核子、粒子。

科技的研發，真已達莊子天下篇所講的「至大無外」、「至小無內」的境界了。

綜上所述，一至三項，是就科技發展本身走向而言的；四、五項，是就科技發展影響面的走向而言的；至於六、七兩項，是就科技研究工作走向而言的。總括來說，這一切的一切，構成了現在、未來的「科技文化」，在歷史上是空前的煥發與壯觀，其勢有如「不盡長江滾滾來」。

叁、科學教育的剖析

科學教育與科技發展，有密不可分的關係，談完了科技發展的情勢，接著要對科學教育加以剖析。

(一) 科學教育的界定：

科學教育是什麼？分析言之：

1. 科學：

「科學」，是近代我國一個亮麗而常用的詞彙，由「洋務」、「西學」、而「賽先生」、「柯先生」，都與它或多或少有牽聯，如今，科學已成爲「顯學」，全球如此，我國也不例外。

科學是什麼？有人視之爲有組織的知識；有人視之爲系統化的理論；也有人視之爲一種精神、態度與方法；更有人視之爲一種文化（生活方式）。

假如從理念層次來看，科學是：客觀的、理性的、公開的、事實的、抽象的、普遍的、懷疑的、操作的、系統的、可以重現的、複製的。綜合的來說：科學是客觀的態度，邏輯理性的處理，程序的公開，根據事實而尊重事實，重通性通則，可推演而普遍，以懷疑而操作的過程，追求系統化的新知、真知，其結果是可以重現的、複製的。

2. 教育：

「教育」，應作何解，在這裡，試作新的詮釋。

教育是什麼？

(1) 教育是一種「歷程」，存在於施教者與受教者之間。

這二者之間是：

① 個人與個人之間。

② 個人與團體之間。

③ 團體與團體之間。

④ 上一代與下一代之間。

(2) 教育是一種「改變」的歷程。

(3) 教育是一種「行為」改變的歷程。

(4) 教育是一種行為「向上向善」改變的歷程。

(5) 總括來說，教育是一種行為「持續的」向上向善改變的歷程。

3. 科學教育：

科學教育是什麼？一般狹義的來說，它是：通過數學及自然學科（物理、化學、生物、地球科學……）等的教育性的歷程、活動、措施、安排與情境，促成受教者的行為，產生一種科學性、持續性的向上向善的改變。

前述的「教育性」、「科學性」，須作進一步的說明。

所謂教育性，是指「教」與「學」雙方的互動關係而言的；所謂科學性，是指教、學雙方互動關係的實質內涵而言的。其內涵有如下者：

(1) 科學知識：

知識是多元的，人是需要多元的知識，但在科技社會裡，最需要科學的知識。所謂「科學知識」，就其「性質」言，科學知識是有事實根據的知識；是經過處理的知識；是經過驗證的知識；是有條理有系統的知識。其次就其「功能」言，科學知識是有「解釋」的功能；是有「預測」功能；是有「控制」的功能。

(2) 科學精神：

科學精神，求真求實而已。求實之實有二：一為事實之實，談科學，一切要根據事實、尊重事實。一為實在之實，科學活動，要講實際、重實踐、求實效。至於求真之真亦有二：一為真理之真，科學研究或活動，重在求新知、真知，不在求用；一為真誠之真，說真話、做真事，不欺人，也不自欺。

(3) 科學態度：

① 客觀：一爲不自我中心，一爲不感情用事。

② 虛心：在心理層面上，具開闊的心理、開放的心理；在行爲層面上，是求新求精。前者是日新又新，不以現狀爲滿足；後者精益求精，力求進步而突破；在科學研究活動層面上，小心假設，虛心求證，資料不全或不確時，不作判斷，沒有充份證據時，不急於發表。

(4) 科學頭腦：分析、綜合是也。

① 所謂「分析」：面臨著千頭萬緒的情況，經分析的處理，可使之有條不紊而條理化。

② 所謂「綜合」：面臨著東鱗西爪的情況，經綜合的處理，可使之以一貫之而系統化。

前者是由合而分，重在同中求異，可稱之爲「洞察力」；後者是由分而合，重在異中求同，可稱之爲「統合力」。

(5) 科學方法：

我們知道，科學之所以爲科學，不在研究題材，而在研究方法。因此，物理學是科學，占星學不是科學；化學是科學，鍊丹學不是科學；地理學是科學，堪輿學不是科學。其次科學的真諦，不重在結果，而在方法，有了正確、客觀、有效的方法，科學的結果，自會產出。

(二) 科學教育的目標：

科學教育爲什麼？換言之，它的目標何在？

1. 鋪路的作用：科學教育，是爲了科學各學門，養成專家學者，預爲鋪路。
2. 準備的作用：科學教育，提供將來從事職業性、技術性工作人員的基礎訓練。
3. 培養的作用：科學教育是：通過數理科「教」與「學」的歷程，培養具有科學素（修）養的健全國民。

前面的第一項，人數較少；第二項，人數比較多一點；至於第三項，才是科學教育的最大多數對象，也就是科學教育的基本任務與重點工作之所在。

(三) 科學教育的類別：

1. 教學的觀點：

從教學的觀點來看，所謂科學教育是：中、小學的自然、數、理等學科的一切教學活動，可稱之爲「教學式」的科學教育。

2. 研究的觀點：

從研究的觀點來看，有關中、小學的自然、數、理等科的課程、教材（學材）、教

法（學法）、教具（學具）、評量、師資培訓……各方面的研究發展工作，可稱之為「研發式」的科學教育。

3. 活動的觀點：

從活動的觀點來看：社會教育機構（如：科學教育館、社會教育館、文化中心……），舉辦之科學性、通俗性的展覽或其他活動，有助於一般民衆科學知識的增進，科學精神態度的養成者，可稱之為「社會式」的科學教育。

肆、我國明日科學教育政策的走向

從前面的敘述，我們除了對科學教育，有了輪廓式的了解外，更對明日科技發展情勢，獲得幾個要點：未來的科技發展層次提高，特別重視技術、智慧、知識；並由於科技發展的衝擊，促使人群社會的生存方式、工作方向，呈現出與從前極不相同的情況；至於科技研發工作，趨於組織化、大規模化；而其研究內涵，更走向尖端。統合起來看，這一切的一切，構成了世人「不能」抗拒，「不應」抗拒的「科技文化」的大潮流。

在此背景之下，我國明日科學教育政策，何去何從，是吾人當前的一大問題，也是當前的一大課題。

（一）科學教育政策的重心：

「世異則事異，事異則備變」（韓非語），研析衡明日情勢，我們認為未來我國科學教育政策，應圍繞下面三個重心而運行：

1. 藉科技發展之助力，來推動科學教育，充實科學教育，革新科學教育。
2. 強化科學教育，來促進科技再發展、再提升。
3. 通過各式的科學教育「網」（net work）的有效運作，促使「科技」與「人文」的緊密結合，建立起一套以「人」為本的新科技文化。

（二）科學教育政策的原則：

接著，在三個重心指引下，來談談科學教育政策走向的原則。

1. 整合性的原則：

（1）縱向的整合：將科學教育的目標、理想、新的觀念，融化於小學、國中、高中（職）、專校，以至於大學……之中，逐級的加廣、加深，整合起來而一以貫之。

其次，就「行政」的觀點，由中央級的教育部、國科會，到省（市）級的教育廳局，縣（市）級的教育局、各學校，雖各有其任務、職責，但對科學教育的運作，應作有

計畫的整合起來而成爲一個「有機體」，上下貫通，相輔相成。

(2) 橫向的整合：可分爲：

① 學科間的整合：有關科學教育的學科與學科間如：數學、物理、化學、生物、地球科學……之間，應相互配合而結合，構成一整體。

② 各式科學教育間的整合：前面已講過，科學教育，可分爲：教學式的科學教育，研發式的科學教育，社會式的科學教育。此三者，各有其工作重點，但其目標則一致，三者間應作相當程度的整合。比方說，研發式的科學教育，與教學式的科學教育，息息相關，互爲因果，互爲主從；至於教學式的科學教育，與社會式的科學教育，也有本末、體用的關係而不可分。是以三者應加以整合，提高其效率與品質。

③ 基本科學與應用科學間的整合：基本科學與應用科學的關係，就像魚和水的關係一樣。基本科學就像「水」，應用科學就像「魚」，有水不一定有魚，無水卻一定無魚。二者不可偏重偏輕，通過科學教育的課程、教材的安排，適材的（教材）、適時的（大、中、小學）、適量的加以妥善的整合。

④ 科技（學）與人文間的整合：所謂「人文」，是指文、史、哲、藝、道德……等綜合的統稱，可以說是人生精神生活的範疇。至於「科技」（學），亦屬廣義的人文內涵之一部份。二者表面上，分而爲二，實則二而一。人文爲體，科技爲用，以人文來指引科技發展的方向，以科技來作爲人文發揚的工具，使彼此間整合起來，相得益彰。

2. 前瞻性的原則：

現代的科技社會，與傳統的農業社會，最大不同之處，就是「變」。農業社會，就幅度言，變得小；就數量言，變得少；就速度言，變得慢。其變遷模式，是循環式的變，由春夏而秋冬，週而復始，生活在其中的人們，不覺其有變。現代科技社會則是：高速度的變，加速的變，其變遷模式是螺旋式的變，絕不走回頭路，甚至正確的描述是：「倒立的」螺旋式的變，不僅不走回頭路，而是它變遷的幅度、衝擊度，越來越大，越來越強，一直持續的往前走。新的事物、新的情境、新的理論、新的問題，層出不窮。

在這樣情況下，科學教育，就「不能」也「不應」的膠柱鼓瑟，固執老一套而不變了。科學教育政策的研定，應具前瞻性，肯定過去的成就，面對當前的問題，迎接明天的挑戰。明天的社會，「啓後」比「承先」來得重要，「開來」比「繼往」來得切適。我們要知道，所謂「承先」，並不是一定要完全走老路，所謂「繼往」，是「接著做」，而不是「照著做」。

3. 國際性的原則：

由於科技發展的一日千里，世界越來越小，形成「地球村」新觀念的出現，資訊、知識不斷的爆炸，而且是超越空間的限制，快速的擴散與交流。科學是無國界的，我們似應具國際性的眼光，博採他國好的新的理論、教材、看法與作法，加以選擇的引進，消化而同化，構成我國明日的科學教育政策。

伍、我國明日科學教育政策的落實

政策不是口號，政策是要通過行政工作的「生產線」的運作而逐步實現的。我們認為，所謂「落實」，應是：目標的制度化，理想、觀念的行動化，這樣才是真正的政策，而非「虛無縹緲」式的說說而已。

(一) 目標的制度化：

科學教育的目標，前面已介紹過，它有「鋪路」、「準備」、「培養」等三項，如何使其落實，那就要靠制度的持久運作，方能達成。

所謂「目標的制度化」，其意是：通過制度的建立與運作，使目標得以順利的、有效的、逐步的具體化。制度的好處，是在：「人存政舉，人亡而政不息」，可以持續的運行下去，政策是國家的政策，不是屬於某某個人的政策，制度建立後，政策不會因人事異動或其他變因而停滯或變質。

制度是因應主、客觀情勢的需要而建立的，茲就目前想到的，作建議性的提出：

1. 教育部與國科會的分工合作：

教育部與國科會，是我國科學教育的「火車頭」，均屬站在國家層次，來領導、推動全國性科學教育的機關。原則上，教育部是偏重「行政性」的科學教育；國科會是偏重「研發性」的科學教育。二者是應密切的分工合作，共謀科學教育的革新與進步。下面以舉例方式來說明：

(1) 科學教育理論方面：

教育部負責：科學教育政策的擬定；中長程科學教育發展計畫的規劃、推動、執行；各國科學教育的比較研究；各級學校科學教育角色的分析研究。

國科會負責：科學教育哲學基礎的研究；科學教育心理學基礎的研究；科學教育與國家科技政策配合問題的研究。

(2) 科學教育有關課程教材方面：

教育部負責：數理科課程教材研究改進及輔導實施；爲了適應學習者的個別差異，不同的科學課程教材的研究與編印；各國中小學課程教材的比較分析研究。

國科會負責：建立數理科課程發展所需的基本資料的研究（如：數理科概念發展結構的研究；國民基本科學素養的調查研究；新科技對科學教育影響的研究……等），數理科教育的變遷與發展的研究；學習者數理科概念發展與推理力的研究；數理科學習對各種科學能力培養之關聯性的研究。

(3) 科學教學環境方面：

教育部負責：數理科教學方法實驗研究及推廣；數學及科學教學媒體製作及推廣；科學教學儀器設備的充實及資料提供；數理科師資人力結構的調查及培訓。

國科會負責：數理科各種教學法原理的研究；數理科教學媒體製作原理的研究；數理科電腦輔助教學的基礎研究；數理科教學基本能力的調查研究；整合的科學教育研究模式的建立與推動。

所謂「整合的科學教育」，是要結合學科專家，認知心理學家、課程設計專家、社會學家、在職科學教師，及其他有關專家，一起來從事科學教育的研究發展工作。

以上所說的是「舉例」性質，其他有關科學教育應辦的事很多很多，可依此類推。

2. 強化科學教育中心

我國近二十幾年來，中小學的科學教育工作，可算是真正的步入了「計畫式」的階段。板橋國民學校教師研習會科教研究小組，師範大學理學院的科學教育中心，分別的對小學、國中、高中等的自然、數學、物理、化學、生物、地球科學的課程設計、教材編輯、教具研製、評量工具的編印……等，均有卓越的績效。

很可惜的是：兩單位均屬臨時性的任務編組，非「正規部隊」，雖然做得不錯，可暫而不可常，總覺得運作起來，有些困難之處。

我們的建議是：該研究單位「正規化」、「制度化」，使其成爲我國明日科學教育發展的 think tank（集思庫或智庫）。

(1) 中小學的科學教育研究，合而爲一，俾收「縱的整合」之效，仍附設於師大理學院。

(2) 人員編制方面：擴大該中心的員額編制，視實際需要而聘用。中心除少部份事務支援人員外，另設基本的研究員、副研究員、助理研究員……若干名，由師大延聘教授、副教授、講師……等擔任之，一方面在大學負責一部份教學工作，另一方面大部份時間，在中心從事科學教育有關研究活動。研究人員與教授……之間，可相互交流，

如此，待遇、地位、福利等等，均不受影響。還有：在中心的研究論文或成就，亦可准其作「升等」之用。

如有大型的研究計畫，亦應准其採「開放醫院式」的約聘校外人員與中心基本研究人力，共同參與，解決問題。

(3) 經費方面：原則上，應由政府大力支援，使其不虞匱乏，開拓一個順利的研究環境、設備、書刊、資訊網路等，視需要而增購與建立。每年度准其寬列預算，納入年度預算中，一切照工作計畫進行。

(4) 任務方面：

① 科學教育政策的三個「重心」，三個「原則」的掌握與實際運作。

這裡邊牽涉很多層面，需要運用個人的、集體的腦力、智慧、經驗、持續的去蒐集資料、整理資料、選擇資料、研究資料，才能逐步的落實。

② 中小學科學教育有關課程、教材、教法、教具、評量……等等的革新研究。

③ 中小學科學教學方面的輔導。

④ 中小學科學教育有關的疑難問題的處理與解決。

⑤ 其他……。

這樣「中心」的建立，可為科學教育形成「權能劃分」的制度。以「能」去充實「權」的內涵，以「權」去擴大「能」的影響，換言之，行政機關如教育部、國科會……等有「權」，作政策性的指揮領導；至於政策如何貫徹推行的一些有關「技術層面」問題，交由有「能」的中心去負責深入研究。如此的權能劃分而權能密切配合，當可為我國明日科學教育開拓一個新的境界。

3. 革新師資培訓：

培訓科教的師資，是在科學教育運行中，扮演十分重要的角色。「事在人為」，「得人者昌」，是我國昔日的人事哲學，在今天科教園地裡，更有新義。

科教師資的培訓，有兩個層次，其一為中小學科教「師資」的培訓；另一為中小學科教「師資的師資」的培訓。前者由教育部（廳局）負責；後者由國科會負責。

科教師資培訓的問題有：「量」的問題，是屬於供、需如何配合的一面；其次「質」的問題，是屬師資素質優劣的一面。二者，均須作「計畫性」的規劃。我們認為：計畫性固然重要，持續的不斷的計畫性更重要，而持續的不斷的計畫性，有賴於「制度」的建立，方能持之以恆的運作下去。

下面是我們的建議：

(1) 均衡的制度：所謂「均衡」是：

- ① 就地區而言：北、中、南、東各區，均應照顧。
- ② 就學校而言：中、小學，都應注意。
- ③ 就學科而言：自然、數學、物理、化學、生物、地球科學……等，不可偏重偏輕。
- ④ 就學科內涵而言：每一科學的學科，都有：課程、教材、教法、教具、評量、資優生的輔導等問題，在師資培訓時，均應兼籌並顧。

(2) 三明治式培訓制度：

所謂「三明治式」培訓制度，就是：師資養成教育——工作——進修——工作——再進修……，這樣的模式。更重要的是要建立起一個良好的制度，鼓勵教師們，自願的投入，樂意的參與，欲罷不能，樂在其中。師資的素質，不斷的提昇，科學教育的水準，自然就隨之而提高了。

從社會學的觀點來看，科學教育應擔負起明日科技社會設計的責任，隨之，科學教師應成為明日科技社會的設計者，變動的控制者，計畫的執行者。因此，科學教師培訓的加強，科學教師培訓制度的建立，更是重要中的重要了。

(二) 理想、觀念行動化：

新的時代，促使我國科教應有新的理想與新的觀念，但不能停止在理想、觀念層次上，更重要的是要將理想、觀念行動化，換言之，應通過科學教育「教」與「學」的歷程，將其落實在學習者的身上，始有教育的意義與價值。

願意在此，提出幾點看法，供科教同行同志參考：

1. 學習自動化：

(1) 興趣

科學教師不僅教以「科學知識」，還應培養其「學習興趣」。學習的歷程是長程的，甚至是終身的，在明日科技社會裡，知識具高度的新陳代謝性，一方面知識在不斷的成長，一方面又在持續的衰退，知識是「教」不完的，教師應設法培養其學習興趣，增強其求知動機，不僅教以「應該學」，還應教以「樂於學」。應該學是「成人本位」，樂於學是「學生本位」，教師最好使二者合而為一，那就是：學生樂於學的，也是他應該學的；他應該學的，也是他樂於學的。

(2) 方法

科學教師不僅教以「科學知識」，還應教以學習、求知的「方法」。知識固然重要

，但不應長期的停止在傳授知識的層次上，是應在「教」與「學」的過程中，指導學生求知、學習的方法。學習者如能懂得方法，還能運用、多用、善用、樂用學習方法的話，即可：

- ① 獲得知識：有了方法，隨時隨地可從各種不同的學習管道而獲得知識。
- ② 選擇知識：學海無涯，有了方法，可選擇所需要的知識。
- ③ 處理知識：有了方法，可使知識條理化、系統化。
- ④ 驗證知識：通過方法的檢驗與求證，可提高知識的可信度與可用度。
- ⑤ 精鍊知識：運用方法，可提高知識的層次。
- ⑥ 組織知識：運用方法，可使知識「一以貫之」。
- ⑦ 創造知識：運用方法，可使知識再生新知。

在明日科技社會裡，教師不僅是科學知識的傳授者，更重要的是學習，求知方法的指導者；學生不僅是科學知識的接收者，更重要的是學習、求知方法的運用者。

在知識、資訊爆炸的明天，科學教育工作者怎麼辦？我們認為：興趣的培養與提升，方法的指導與運用，是科學教育領域中，重要的重要，根本的根本。興趣是學習之源，方法是求知之鑰，有了興趣，就會願學、樂學；有了方法，就可善學、能學。學習者既能且願，在學習歷程中，自會樂在其中。欲罷不能；在學習品質效果上，自會蒸蒸日上，事半功倍。「學習自動化」的理想，就可落實了。

2 學習高層化：

(1) 能力

科學教師不僅教以「科學知識」，還應輔導學生將知識轉化成爲「能力」。知識是什麼？知識是靜態的認知，具體的說，它是：經驗的獲得、事實的了解、資料的儲存。至於能力是：動態的作爲，它表現在解決問題、適應環境的實際層面上。能力的內涵，少不了知識，但知識與能力二者之間，不能畫等號，有知識不一定有能力。「轉化」的過程，應是「知」與「行」合一，「學」與「思」並重。教師不僅教以如何去「知」，還應教以如何去「行」；不僅教以如何去「學」，還應教以如何去「思」。

(2) 智慧

科學教師不僅教以「科學知識」，還應輔導學生將知識提升成爲「智慧」。知識是經驗、事實、資料（材料）、工具；智慧是運用資料、工具……等，形成一種高層次的、綜合的看法與做法。有了智慧，可以看得遠、看得大、看得高、看得深、看得全，隨之即可有超越、卓越的做法。至於「提升」的途徑，應通過「融」、「會」、「貫」、「通」的心路歷程，教師不僅教以如何去「接收」、「儲存」知識，還應教以如何去「

消化」、「整合」知識。

明日的科技發展，將更趨向於技術、智慧、知識的密集與結晶。資訊科技、自動化科技投入社會後，人們從事純體力性工作的重要性，將是「行情看跌」，從事智慧性工作的重要性，將是「行情看漲」，而且是不斷的在漲。科學教育，何去何從？吾人似應有所選擇了。

綜上所述，知識轉化成爲能力，知識提升成爲智慧，可使知識昇華而促進學習高層化。

3. 學習團隊化：

科學教師不僅教以如何「獨學」，還應教以如何「共學」。明天的科技社會，是一個「群」的社會，特別需要群策群力，單打獨鬥個人英雄式的表演，已成過去。獨學，固然有其價值，共學方式，更爲重要。學習者應在教師的指導下，爲了共同的學習目標，共同的去作有計畫的學習，共同的去觀察、參與、收集資料、實驗研討，從各種不同的觀點、角度，去共學、共思、共行，並共享其所獲致共同的結論或結果。如此，智育與群育兼顧，還可免於獨斷、偏斷、盲斷。中國傳統教育，力主「博學」，明日的科技社會，獨學式的博學，已嫌不夠，應代之以共學式的博學。

有了共學的習慣，共學的態度，才能有效的快樂的生活在未來「會診」時代裡。人群明天面對著各種問題，是需要通過集體智慧、集體創作，而獲得解決，會診式的作法，即應運而生。共同的遠景，共同來創造；共同的資源，共同來開發；共同的難題，共同來解決；共同的成果，共同來分享。

4. 科教人性化：

21 世紀的時代，轉眼即到，我們應積極推行科學教育，我們更應倡導：由「知識中心」的科學教育，走向「人性中心」的科學教育。科學教育，不僅是知識教學，更重要的是價值教學，通過科學教學的歷程，不僅訓練學生成爲「有用之人」，更重要的是要陶冶學生成爲「有福之人」。

茲以技職工程教育（就廣義言，技職工程教育，亦爲科學教育）爲例來說：

明日的技職工程教育，應是：

- (1) 不僅教以如何去做，還應教以如何去思。
- (2) 不僅教以方法，還應教以其意義。
- (3) 不僅教以知識，還應教以理想。
- (4) 不僅教以工程可行性的重要，還應教以工程背後的後果及影響。

(5) 不僅教以「物」為對象，還應教以「人」為目的。

(6) 不僅教以「如何謀生」(how to make living)，還應教以「如何生活」(how to live)。

印度已故哲人甘地，他認為「沒有人性的科學」，是世界七大危機之一。大科學家愛因斯坦 (Albert Einstein) 曾對美國加州理工學院學生會演講說：「單是學會了實用科學，增加人類的福祉，還是不夠。關心人類和人類未來的命運，是一切科技發展的主要目標。這樣才能使我們創造出來的東西，能造福人類而不至貽禍人類，你們在弄圖表和方程式的時候，千萬不要忘記這點。」

哲人的醒世名言，暮鼓晨鐘，這是高層次科學（技）教育的指導方針，值得吾人三思而深思。

陸、結 語

時代在變，環境在變，潮流也在變，明日的世紀，將是一個多變而日新的局面。去年（77年）2月1日，召開第六次全國教育會議，其主題是：「為邁向21世紀高度開發國家，策定長程教育計畫」，教育為因應21世紀的需求，須作長程計畫，當然，科學教育，也不例外。因之，明日科學教育政策的走向，亦應預為考量。

今日是科技發展的時代，明天更是科技高度發展的時代，科學教育，與科技發展，息息相關。我們認為明日科學教育政策的重心，應是：藉科技發展之助力，來推動、充實、革新科學教育；強化科學教育來促進科技再發展、再提升；通過科學教育網有效運作，促使科技與人文，緊密的結合。同時其原則是：整合性、前瞻性、國際性。並通過目標的制度化、理想、觀念的行動化，使科學教育政策落實而不落空。

科技是「工具」，人纔是「目的」，一方面經由科學教育政策的研定，一方面再加上科學教學的實際運作，去掌握科技發展的正確方向，充分發揮科技的「工具性」，達成人的「目的性」，「正德」與「利用厚生」，即可兼籌並顧。

如此，21世紀腳步聲的接近，才是吾人所企盼的新時代的來臨。