

評介美國國家科學教育標準

魏明通

國立台灣師範大學化學系

前言

民國八十年代初期教育部先後公布我國中小學新課程標準。根據新課程標準所編的教材，國民小學自本(85)學年度開始逐年試用，國民中學部分從86學年度而高級中學部分從87學年度開始逐年試用並修訂，因此到廿一世紀開始時，我國中小學學生都接受新課程標準的薰陶與訓練，以迎接新世代的來臨。最近人人談論教育改革，高喊教育鬆綁而有人提出不必有課程標準的建議。國家級課程標準是不是必要？我們都知道美國的教育是最注重地方分權的，過去美國的中小學課程都是由州政府或地方教育委員會訂定。可是，很驚訝的發現，本(1996)年1月，美國經國家科學教師協會(*The National Science Teachers Association*)公布國家科學教育標準(*National Science Education Standard*)做為教育每一個美國人具有足夠的科學素養為目的國家標準。此外，歐盟國家，例如英國、荷蘭等亦先後公布國家標準。著者最近陸續獲得這些資料，因此先自美國國家科學教育標準開始做簡單的評介。

一、美國國家科學教育標準的結構

自從1993年4月，美國雷根總統在休士頓廣播提出「面臨危機的國家」之教育改革報告，要求全國配合，在科學教育方面，使所有的學生在數學、科學及技術領域紮實基礎。其後任的布希總統亦提出要加強科學教育，使美國學生的數學及科學學力在廿一世紀能夠達到世界的領先地位。」為了達成這目的，美國的科學家、教育學者、教師、各學會及政府官員共同努力的結果，產生美國國民所期待的科學教育的國家標準。他們相信各級學校依照國家標準施教時，將可達成恢復美國在國際上的領導地位。

美國國家科學教育標準分8章。第一章為緒論，第二章為原則簡介及名詞詮釋。主要的標準內容自第三章開始，分為六大領域。

(一)科學教學標準(*Standards for science teaching*)——第三章

(二)提升科學教師專業素質標準(*Standards for professional development for teachers of science*)——第四章

- (三)科學教育評量標準 (*Standards for assessment in science education*)——第五章
- (四)科學教育內容標準 (*Standards for science content*)——第六章
- (五)科學教育教學計畫標準 (*Standards for science education programs*)——第七章
- (六)科學教育制度標準 (*Standards for science education systems*)——第八章

雖然六個領域都很重要，惟這些國家科學教育標準是設計為不同的人以不同的方式閱讀執行的。例如，教師們可能先閱讀第三章的教學標準，第六章的科學內容及第七章的科學教學計畫標準，然後才進行專業素質標準、評量標準及科學教育制度標準的順序探究。對於教育行政官員，即以科學教育制度標準及科學教學標準為首要；大學教授即首先要理解科學教師專業素質標準及科學教學標準後，進一步閱讀其他標準。下面將各領域分別介紹。

二、科學教學的標準

科學教學標準敘述各年級的科學教師應瞭解並執行的事項，分為六個方面：

- (一)計畫以探究為基礎的科學教學計畫 (*The planning of inquiry-based science programs*)
- (二)指導並協助學生學習的行動 (*The action taken to guide and facilitate student learning*)
- (三)學生學習與教師施教的評鑑 (*The assessments made of teaching and student learning*)
- (四)建立可供學生學習科學的環境 (*The development of environments that enable students to learn science*)
- (五)創設科學學習人員的社區 (*The creation of communities of science learners*)
- (六)開發學校科學計畫 (*The planning and development of the school science program*)

說明：

有效的教學為科學教育的核心，因此美國國家科學教育標準將科學教學標準排在第一。好的教學教師們能夠創造良好的科學教學環境，使他們與其學生共同在一起工作、探究及學習科學。他們能夠不斷地擴展有關科學、科學教學的理論及實際上的知識。教師不但評量學生的學習成就並自我評鑑教學計畫及教法，他們與學生間能建立並維持強的相互關係並能因材施教。教師為科學學習社區的主要人員，為社區學習科學的推動者。科學教學標準特別強調公平性的重要，要使所有的學生都能夠完全參與並在科學教室中從事有意義的貢獻，教師與學校應根據每一學生的需要、經驗及背景，供給他們不相同而高品質的學習科學的機會。

三、提升科學教師專業素質的標準

專業素質標準呈現教師發展專業知識及技能的，分爲四個部分：

- (一)以探究過程學習科學內容 (*The learning of science content through inquiry*)
- (二)統整科學知識與學習科學、教育科學及學習者科學的知識 (*The integration of knowledge about science with knowledge about learning, pedagogy, and students*)
- (三)開發終生學習的理解與能力 (*The development of the understanding and ability for life-long learning*)
- (四)結合並從事於專業素質發展計畫 (*The coherence and integration of professional development programs*)

說明：

提升教師專業素質標準的構想是，讓教師參與發展其專業地位的經驗。從職前訓練與繼續的教師專業實習的累積開始，使教師有機會與名師一起工作並回饋於其教學。教師得學習學生如何具有不同的興趣、能力與經驗於科學觀念的感覺，並怎麼做才能指導所有的學生。教師要學習並從事於科學教學的研究並經常與同事分享自己學習及研究的成果。

科學教育的革新需要科學教學的本質上改變，也就是教師專業素質的本質上改進。瞻望而熟練的教師需要有機會使他自己成長並成爲其他人成長的支持者，因此需提供理論與實務上的理解及能力之機會。專業素質發展的活動應明確及適當的與在學校的教師的工作結合在一起。如此方式，教師得知識、理解及能力以實現提升教師專業素的標準。

四、科學教育評量標準

科學教育評量標準提供判斷評量實務的基準，包括五個部分：

- (一)使評量與所設定的目標、內容一致 (*The consistency of assessments with the decisions they are designed to inform*)
- (二)評估學習科學的成就與機會 (*The assessment of both achievement and opportunity to learn science*)
- (三)檢討收集資料的專門品質與根據這些資料所採取的行動結果之配合性 (*The match between the technical quality of the data collected and the consequences of the*

actions taken on the basis of those data.)

(四)評量的實施為公正的 (*The fairness of assessment practices*)

(五)從學生的成就評量與其學習機會所做的推理是正確的 (*The soundness of inferences made from assessments about student achievement and opportunity to learn*)

說明：

評價是在科學教育系統中首要回饋機制。對學生來講，可回饋他們符合教學期望的程度；教師可知其學生學習多好；對政府官員可得到其政策執行程度的回饋。這些回饋進一步可促成政策的改變，指引教師提高專業素質，鼓勵學生改進對科學的理解。

以新的觀點來講，評量與學習為一硬幣的兩面。評量供給基準的操作型定義，以可測量的術語來定義教師應教而學生應學習的。進一步，評量變為更複雜而有變化的較高階層的技巧。除了查核學生記憶某訊息的一些項目外，新的評量探查學生的理解、推理及應用等能力——而這些技巧是由於探究過程發展的。

評量可採用各種不同方式進行，除通常使用的紙筆測驗外，評量可包括實作、學習歷程檔案、面談、研究報告、寫作論文等方式進行。這些需要適當發展，符合於學生所熟悉的內容並儘量不要有偏差。

評量亦需要測量學生學習科學的機會。這些評量可測量教師的專業知識，使用於教學科學的時間及學生所能獲得的資源。雖然比較困難，這些評量為科學教育評量標準中的一重要部分。

五、科學教育內容的標準

科學教育內容標準列出從幼稚園到十二年級學生應知道、理解並在自然科學中能夠做的教材大綱，分為八個範疇：

(一)統合科學中的概念與過程 (*Unifying concepts and processes in science*)

(二)科學為探究的, [K-4], [5-8], [9-12] (*Science as inquiry*)

(三)物質科學 [K-4], [5-8], [9-12] (*Physical science*)

(四)生命科學 [K-4], [5-8], [9-12] (*Life science*)

(五)地球及太空科學 [K-4], [5-8], [9-12] (*Earth and space science*)

(六)科學與技術 [K-4], [5-8], [9-12] (*Science and technology*)

(七)個人與社會觀點的科學 [K-4], [5-8], [9-12] (*Science in personal and social perspective*)

(八)科學史與科學本質 [K-4], [5-8], [9-12] (*History and nature of science*)

說明：

第一範疇為呈現於所有年級學生的，因為理解及聯合這些概念的能力需要透過學生的全部教育經驗來發展。其他的七個範疇則分散為k-4, 5-8及9-12年級中。

每一內容標準敘述供給這一階層的所有學生學習活動的結果，理解的內容及發展的確定能力。這些標準是以較廣的大綱方式呈現的，例如，太空中的物體、生物體的互相依賴，或科學知識的本質。大綱之後附有討論學生如何學習這些內容，可是這些討論是說明用的，不禁止的。相似地，每一標準結論的討論及在標準之下呈現的基本構想的指引，都是設計為說明標準之用而不是標準本身的一部分。

六、科學教育教學計畫標準

科學教育教學計畫標準敘述設計及執行高品質的學校科學計畫所需要的條件。焦點放在六個方面：

- (一)科學教學計畫與其他學科標準橫的連繫及學年間縱的連繫 (*The consistency of the science program with other standards and across grade levels*)
- (二)在不同科學課程所有的內容標準，應適切發展，具有興趣，與學生生活密切關連，以探究過程為中心組織並與學校其他學科密切連繫 (*The inclusion of all content standards in a variety of curricula that are developmentally appropriate, interesting, relevant to student's lives, organized around inquiry, and connected with other school subjects.*)
- (三)科學教育計畫與數學教育的協調 (*Coordination of the science program with mathematics education*)
- (四)對所有學生準備適切而足夠的資源 (*The provision of appropriate and sufficient resources to all students*)
- (五)對所有的學生準備平等的機會學習科學教育標準 (*The provision of equitable opportunities for all students to learn the standards*)
- (六)發展社區能夠鼓勵，支持及支援教師 (*The development of communities that encourage, support, and sustain teachers*)

說明：

計畫標準論及學校及地區階層中，有關學生學習科學與教師教科學機會的問題。前

三個標準引導負責設計，開發，選擇與採用計畫的個人及團體——包括教師、課程負責人、行政人員、出版者與學校委員會所用。後三個標準敘明假設科學計畫為全體學生供給適當機會學習科學時，所需要的狀況。此計畫標準討論為所有年級全體學生供給綜合性及協調性經驗而設計及實施的方案。這些可用許多方式進行，因為計畫標準不會指令科學計畫的順序、組織或架構。

七、科學教育制度標準

科學教育制度標準包括判斷實行所有科學教育制度的基準。他們認為有七個方面：

- (一)影響科學教育教學、專業發展、評量、教學內容及計畫標準與政策的相合性 (*The congruency of policies that influence science education with the teaching, professional development, assessment, content, and program standards*)
- (二)科學教育政策在國家、州、地方的機構、研究機關及組織內外的互相協調 (*The coordination of science education policies within and across agencies, institutions, and organizations*)
- (三)繼續維持科學教育政策 (*The continuity of science education policies over time*)
- (四)科學教育政策的公平具體表現 (*The equity embodied in science education policies*)
- (五)政策對科學教育的可能未預料到的效應 (*The possible unanticipated effects of policies on science education*)
- (六)個人對於科學教育描繪於國家標準新視野所負的責任 (*The responsibility of individuals to achieve the new vision of science education portrayed in the standards*)

說明：

美國的學校為包括學校地區，州政府學校制度及國家教育制度等組織系統的一部分。學校也是社區的一份子，包括能夠影響科學教育的組織即大學校院、自然中心、公園、博物館、研究所、社區機構及各種媒體。

雖然學校是公共教育的中心設施，推廣系統的所有部門都具有改進科學素養的責任。例如，通常州政府階層所決定的功能，包括學校科學課程的內容，科學計畫的特性，科學教育的實際及評量的實行等。這些政策必須與國家標準所敘明的科學教育遠景前後一致，並要理解整個的遠景。

今日，在美國有不同部門的教育系統時常以互相矛盾方式工作，結果不但浪費時間金錢而且互相抵觸。只要大多數個人及組織能夠共享一共同的視野時，美國朝野都能期

望達成卓越的科學教育。

八、討論

(一)我國的中小學課程標準分為國民小學、國民中學及高級中學課程標準三大部。這次美國國家科學教育標準以科學教育為主題，通常不分學校階層。只在科學教育內容標準卻分別以 $k-4$ (幼稚園至小學4年的5年間)， $5-8$ (5年級到8年級)， $9-12$ (相當於國中3年級到高中3年) 的三階段來敘述。雖然美國的學制隨州而不同，有的州小學5年，初中3年，高中4年；有的州與我們一樣，小學6年，初中3年，高中3年；美國著名的2061計畫“科學素養的里程碑”一書則採各科學素養的項目以 $K-2, 3-5, 6-8, 9-12$ 的順序安排，由這些可看到美國的高級中學將改為4年制的傾向。美國的幼稚園教育似乎已落實到全國，因此在各科學課程計畫如2061計畫，*SAPA, ESS* 等都由 K 開始，這點我國因幼稚園尚未列於義務教育中，因此國民小學課程標準未包括幼稚園的課程。幼稚園教育應不應列入義務教育中，或義務教育年齡的降低到幼稚園大班兒童的年齡，是今後我們努力研討的課題之一。

(二)我國的中小學課程標準無論是小學、國中或高中，都分為課程標準總綱與各科課程標準兩大部分。總綱部分分為：1. 目標，2. 科目與節數，3. 實施通則等3部門。各科課程標準即分為：1. 各學科教學目標，2. 時間分配，3. 教材綱要，4. 實施方法等4大項。

每次課程標準修訂時，爭執最多而討論最多的是科目與節數。每一學科都要求增加該科每週教學節數。在課程標準中份量佔最多的是各學科的教材綱要。各科教材綱要不但分領域、項目、內容，而且規定那些大綱應在那一年級那一學期教學等細節。

美國國家科學教育標準卻以很多不同於傳統的課程標準方式呈現。他們以有效的教學為科學教育的核心理念，設科學教育標準、提升科學教師專業素質的標準及科學教育評量標準等各方面來提高教師素質、教學及評量的品質，這一點我們的課程標準中敘述的不多，今後似乎可加強的這方面的資料以充實我們的課程標準。

美國國家科學教育標準不強調科目與節數，教材綱要只是提應學習的大綱並不分年級亦不指定教學時數，這些完全由各校視實際情形自由設定，例如， $5-8$ (即國中階段) 科學教育內容標準為：

1. 科學概念與過程的一體化

(1) 體系，秩序，組織

- (2)證據，模型，說明
- (3)變化，守恒，測量
- (4)進化與機能
- (5)形態與機能
- 2. 探究的過程
 - (1)進行科學探究的能力
 - (2)關於探究科學的理解
- 3. 物質科學
 - (1)物質的性質與其變化
 - (2)力與運動
 - (3)能量的變換
- 4. 生命科學
 - (1)生物體的構造與其功能
 - (2)生殖與遺傳
 - (3)調節與反應
 - (4)群落與生態系
 - (5)多樣性與生物的適應
- 5. 地球與太空科學
 - (1)地球的構造
 - (2)地球的歷史
 - (3)太陽系中的地球
- 6. 科學與技術
 - (1)以技術的構想能力
 - (2)理解有關科學與技術
- 7. 從個人與社會觀點的科學
 - (1)個人的健康
 - (2)人口，資源，環境
 - (3)自然災害
 - (4)根據冒險與利益的分析所做的價值判斷
 - (5)科學—技術—社會 (STS) 的相關

8. 科學的本質與科學史

- (1) 科學為人類努力的成果
- (2) 科學的本質
- (3) 科學史

在美國國中階段的科學教育內容標準只是上面那麼單純。因為美國國中教科書沒有國定本或審定本，因此各書商都可以根據這些內容標準而發揮並編纂獨特的教科書為學校選用。惟內容標準尚附列下列兩項做為編纂教科書時的依據：

1. 應強調的項目

- (1) 理解科學概念，養成探究科學的能力。
- (2) 學習個人與社會的關係，從科學的本質、科學史的文脈等學習探究、技術及科學的內容。
- (3) 根據各種所有的觀點統合科學的內容。
- (4) 學習最低限的基礎科學概念。
- (5) 以探究活動為教育的策略，使學生都能體會其能力。

2. 不太強調的項目

- (1) 了解科學的事實。
- (2) 只為自己而學習科學的內容。
- (3) 將科學知識與過程分開。
- (4) 採取多數的科學論題。
- (5) 以一定定型的順序來進行探究的過程。

因此美國國家科學教育內容標準有足夠的彈性，未來我國的課程標準的學科與節數、教學大綱與教學年級亦考慮讓各校有自由調整的餘地時，或許更會落實於學生。

(三) 美國國家科學教育標準設置科學教育教學計畫標準敘明設計及執行一高品質學校科學計畫所需要的條件，並設置科學教育制度標準規範執行科學教育各系統的基準。這兩項標準在傳統的課程標準未曾出現而值得參考的。

九、結論

1996年初美國公布國家科學教育標準是劃時代的一大事而引起全球科學教育界的注目。正如，他們說，受全體美國人的繼續支持，美國國家科學教師協會動員很多人力與數年時間來完成這很大而有意義的國家科學教育標準。他們亦同意根據地區、個人、

學校、社區的各別差異以不同途徑來改進，進步的不同速率及不同的最後強調點等。可是此國家標準的共同視野即希望慎重而遲緩的隨歲月而移動，導致改進為普遍而耐久的國家標準。美國雖然很自由，講彈性，惟對國家標準的共同視野卻不希望變的太快。雖然這是美國教育史上第一次出現的國家教育標準，可見，值得我們參考的地方相當多。

參考文獻

1. 美國國家科學教育標準雖然由 *National Academy of Science* 出版，惟可用 *internet* 取得，*address* 為 <http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/overview.html>
2. AAAS, (1993) *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, Oxford University Press, New York
3. 教育部 (82年9月) 國民小學課程標準 教育部編印
4. 教育部 (83年10月) 國民中學課程標準 教育部編印
5. 教育部 (84年10月) 高級中學課程標準 教育部編印