

美國「國家科學教育標準」 之科學的歷史和本質的標準

洪振方

(高雄師範大學科學教育研究所)

一、前言

美國《國家科學教育標準》(National Science Education Standards, NRC, 1996)係集眾多學者的努力而成，其基本信念是：所有的學生都應該有也必須有機會使自己成為有良好的科學素養的人。這部標準所著眼的是這樣一種未來：每個美國人都深諳基本的科學觀念和基本的科學方法，因而都能生活得較為充實，工作得較有效率。《國家科學教育標準》的內容包括了科學教學標準、科學教師的專業進修標準、科學教育的評量標準、科學內容標準、科學教育綱要(program)標準、及科學教育系統標準等六個要素，並深刻剖析了每一個要素，以及闡述了這些要素之間的相互關聯。美國把科學教育植根於中小學課室之中這種根本上解決國民科學素養問題的做法，是很值得我們深思和借鑒的。在此，本文的旨趣在於介紹《國家科學教育標準》之“科學內容標準”中有關“科學的歷史與本質”的標準，至於其它部分，可以參閱該書。

二、科學的歷史和本質之標準

學生在學習科學的過程中，需要理解科學是它的歷史的反映，科學是一個處在不斷變化之中的事業。科學的歷史與本質之標準建議在學校的科學教學計劃中包括科學史的內容，借以闡明科學探究的不同面向、科學的人性面向、以及科學在各種文化的發展過程中的作用。表一介紹了這一標準在幼稚園至十二年級之不同年段中的概貌。

表一 科學的歷史與本質之標準

幼稚園至四年級	五至八年級	九至十二年級
科學是人類奮鬥的事業	科學是人類奮鬥的事業	科學是人類奮鬥的事業
	科學的本質	科學知識的本質
	科學的歷史	歷史的觀點

底下將就表一的三個年段之科學的歷史與本質的標準作一描述。

三、幼稚園至四年級之科學的歷史與本質的標準

通過幼稚園至四年級的各種活動，所有的學生應該培養出理解：科學是人類奮鬥的事業。

在幼稚園至四年級的開始階段，教師就該培養學生提出問題和探究世界的天生愛好。可以讓學生分組進行調查研究，首先提出問題，然後對問題的可能答案相互交流以獲得進步。對於低年級的學生來說，教師應該強調調查研究的經驗和對解釋的思考，不要過分強調科學術語和訊息的記憶。學生可以通過歷史學習一些科學探究方面的重要事務和著名人物，這些知識可以為後來將介紹的科學的歷史和本質方面的複雜概念奠定基礎。小學教師可以借助短篇故事、電影、影像、和其他例子介紹一些對科學作出貢獻的男士和女士（包括少數民族和殘疾人士）的有趣例子。要求學生通過這些故事理解科學家是如何工作的，注意他們提出的問題、他們採用的研究程序、和眾多個人對科學技術的貢獻。小學高年級的學生可以閱讀體現這一標準（科學是人類奮鬥的事業）的故事，並講述給其他的同學分享。

在此年段，支持「科學是人類奮鬥的事業」之標準的基本概念和原理包括：

（一）人類從事科學和技術的工作已有相當久的歷史。

（二）男士和女士同樣在科學和技術史上作出了各種貢獻。

（三）儘管人類（包括男士和女士）通過科學探究已經學習了許多關於自然世界中的物體、事件、和現象的知識，但是仍然有更多未知的領域等待人類去了解。科學探究永遠不會有終結。

（四）許多人選擇了科學作為自己的事業並且把他們的整個生命貢獻給科學研究。許多人從科學研究中獲得了極大的樂趣。

四、五年級至八年級之科學的歷史與本質的標準

通過五年級至八年級的各種活動，所有的學生應該培養出理解：科學是人類奮鬥的事業、科學的本質、和科學的歷史。

學生實際參與科學研究的經驗為理解科學探究的本質奠定了基礎，也為理解此標準所介紹的科學史奠定了基礎。歷史實例的介紹，可以幫助學生看到科學事業是富有哲理的，是社會性的活動，是充滿人性的。由此，學生能夠更準確理解科學探究和科學與社會之間的相互影響。

一般說來，科學教師不應該假設學生已經以現代或歷史的角度掌握了科學本質的準確概念。為了幫助學生理解科學的歷史和本質，科學教師可以運用學生調查研究的實際經驗、歷史案例研究、和生動的歷史圖文來進行教學。此標準的目的不是要編寫一個完整的科學史概論，而是要利用某些科學史事例幫助學生理解

科學探究、科學知識的本質、和科學與社會之間的相互影響。

在此年段，支持「科學是人類奮鬥的事業」之標準的基本概念和原理包括：

（一）具有各種社會和民族背景的男士和女士懷著不同的興趣、才能、特性、和動機參與科學、工程、和諸如優生保健等有關領域的活動。某些科學家以團隊的方式工作，某些科學家獨自奮鬥地工作，但是所有的科學家都必須與他人進行廣泛的交流。

（二）科學隨著研究領域和探究類型等因素的不同而需要不同的能力。科學在很大程度上是一種人類奮鬥的事業，而科學工作依賴於人類的一些基本素質，例如推理、洞察力、幹勁、技能、和創造力，此外還有科學的心智習慣，例如對知識的誠實、對歧義性的容忍、懷疑的態度、和對新觀念的開放胸懷。

在此年段，支持「科學的本質」之標準的基本概念和原理包括：

（一）科學家通過觀察、實驗、理論模型、和數學模型來建構和檢驗對自然世界的解釋。儘管所有的科學觀念都不是最終真理，而且原則上要接受變更和改進，但是科學上的多數主要觀念已經經過了大量的實驗和觀察的確認。這些觀念在未來似乎不可能發生重大變化。僅當科學家們遇到與已有的解釋不一致的新的實驗證據時，他們才可能改變有關自然世界的觀念。

（二）在活躍的研究領域，在缺乏大量實驗性或觀察性證據和了解的領域，科學家們對所研究的證據或理論作出不同的解釋是一種正常現象。不同的科學家可能會公佈不同的實驗結果或者從同樣的數據中得出不同的結論。在理想的情況下，科學家們會承認這種分歧並且努力尋找能夠消除這一分歧的證據。

（三）對科學研究成果、實驗、觀察、理論模型、和科學家所提出的解釋進行評價，是科學探究的一部分。評價包括審查實驗過程、檢驗證據、找出錯誤推理、指出那些超出證據支持能力的過度推論，以及對同樣的觀察結果提出另外的解釋。儘管科學家們可能會在現象的解釋、數據的解釋、或者對立理論的價值等方面出現不同意見，但是他們無疑會贊同這樣一個觀點，即提出問題、對批判作出回答、和公開交流是科學過程的一個組成部分。隨著科學知識的進步，最終可以通過科學家之間的相互切磋來消除主要的分歧。

在此年段，支持「科學的歷史」之標準的基本概念和原理包括：

（一）許多個人對科學傳統作出了貢獻。研習其中的某些重要人物可以進一步理解科學探究、科學是人類奮鬥的事業、科學的本質、及科學與社會之間的相互關係。

（二）以歷史的觀點看來，科學是不同文化背景的不同個人的實踐活動。縱觀諸多民族的歷史就可以發現，那些成就卓越的科學家和工程師都被看成是對該

民族的文化作出最傑出貢獻的人。

（三）跟隨科學史的足跡可以發現，科學創新人物要打破當時被普遍接受的觀念，而得出我們今天認為理所當然的結論，是多麼的困難。

五、九年級至十二年級之科學的歷史與本質的標準

通過九年級至十二年級的各種活動，所有的學生應該培養出理解：科學是人類奮鬥的事業、科學知識的本質、和歷史的觀點。

《國家科學教育標準》借助歷史從各個角度詳細闡述了科學探究、科學的本質、和從不同歷史和文化視角所見的科學。有關“科學的歷史與本質”的標準與美國科學促進協會（American Association for the Advancement of Science）制定的《科學素養的衡量基準》（Benchmarks for Science Literacy, 1993）中的“科學的本質和歷史事例”是完全一致的。由於此標準的目的是讓學生逐步了解科學對人類的價值、科學知識的本質、和社會中的科學事業，而不是著重對歷史的廣泛了解，因此科學教師可以吸收其他歷史實例，以在教學過程中因應不同的興趣、議題、學科和文化的需要，

有關運用科學史教導學生認識科學本質的研究報告為數不多。但是學習科學史可以幫助學生改善他們對科學的一般理解。教師應該敏銳地意識到，學生在步入歷史研究時缺乏必要的知識，以及缺乏對時間、持續時間、和先後相繼關係等的洞察力。高中學生對於理解歷史人物的觀點可能會有一定的困難；例如，學生們可能會把歷史人物看成是比較差勁的，因為這些人不懂我們現今已懂得的科學觀念；學生們的這種看法似乎是持有一種“惠格式的觀點”（Whiggish perspective）。

在此年段，支持「科學是人類奮鬥的事業」之標準的基本概念和原理包括：

（一）許多個人和團隊已經並且繼續對科學事業作出貢獻。從事科學和工程可以簡單到一個人從事現場研究，也可以複雜到數百人共同研究一個重大科學課題或技術問題。無論把科學作為一個事業還是作為一項愛好，都同樣是激動人心的，知識上也將獲益匪淺。

（二）科學家有科學家的倫理傳統。科學家看重同行評議，誠實地報告自己的研究方法和研究成果，並且把工作成果公佈於眾。儘管也會出現違反這種規範的情況，但是對此負有責任的科學家會受到同行的指責。

（三）科學家會受到社會、文化、個人信仰、以及世界觀的影響。科學不能脫離社會，科學是社會的一部分。

在此年段，支持「科學知識的本質」之標準的基本概念和原理包括：

（一）科學有別於其他認知方式和其他知識體系，它採用實徵標準、邏輯論證、和懷疑精神，因為科學家的任務是努力以最好的方式解釋自然世界。

（二）科學解釋必須滿足一定的標準。首先而且最重要的是，它們必須與實驗證據和以觀察自然中所獲得的證據一致，而且在可能的條件下必須對所研究的系統作出精確的預測。它們還應該符合邏輯、尊重證據法則、公開接受批判、報告所採用的方法和過程、並且將知識公開。根據神話、個人信念、宗教價值、神秘的靈感、迷信、或權威來解釋自然世界的變化，對個人來說也許是有用的，對社會來說也許也是適用的，但是它們都不屬於科學。

（三）由於所有的科學觀念均依賴於實驗和觀察的確認，所以從原則上而言，當出現新的證據時，一切科學知識都可能發生變化。能量守恆定律或運動定律等科學核心觀念已經經過了廣泛的確認，因此在它們被檢驗過的那些領域中似乎不容易發生變化。在那些數據尚不完整或理解尚不充分的領域，例如人類演化的細節或全球溫度上升等問題，新的證據一旦出現很可能會導致現有觀念的變化或當前衝突的解決。在訊息依然是片斷的情況下，科學觀念的不完整是一種正常的現象，不過這也正是取得重大突破的機會之所在。

在此年段，支持「歷史的觀點」之標準的基本概念和原理包括：

（一）在歷史上，各式各樣的文化都對科學知識和技術發明作出了貢獻。近代科學起源於數百年前的歐洲且發展神速。在過去的二百年間，科學對西方和非西方文化的工業化作出了巨大的貢獻。然而，其他非歐洲文化也發展出科學觀念，也通過技術解決了人類的許多問題。

（二）通常，科學中的變革是作為對現有知識的微小修改而發生的。科學和工程的日常工作，導致了我們對世界的理解與滿足人類需要和抱負的能力獲得逐漸的進步。通過研究個別的科學家、研究他們的日常工作、和他們在自己的研究領域推動科學知識進步的努力，可以學到許多關於科學內部運作和科學本質的知識。

（三）偶爾也會有對科學和社會具有長遠影響的科學和技術進步的出現。這類進步的例子包括：哥白尼革命、牛頓力學、相對論、地質年代表、板塊理論、原子理論、核物理學、生物演化論、種源理論、工業革命、分子生物學、訊息與通訊、量子理論、星系世界（島宇宙）、及醫學與保健技術等。

（四）科學解釋的歷史觀點說明，科學知識如何隨時間的進展而發生變化，而且幾乎總是建立在先前知識的基礎上。

六、結語

學校的科學要反映作為當代科學實踐之特點的理性傳統與文化傳統。學生們要獲得有關科學與自然世界的豐富知識，就必須熟悉科學探究的手段、使用證據的規則、形成問題的方式、和提出解釋的方法。因此，使學生認清科學的性質也應是對學生進行科學教育的一個組成部分。在其中，應該讓學生了解科學是認知

自然世界的一種路徑，其基本特點是以實徵為判別尺度，以邏輯作為論證的武器，以懷疑作為審視的出發點。此外，亦應加深學生對什麼樣的東西是科學、什麼樣的東西不是科學、科學能夠做什麼、科學不能做什麼、以及科學如何在文化中起作用這一系列問題的認識。對此的課室實踐，教師在選編教材時，可融入科學發現過程的歷史事例，使學生得以藉助科學發現過程之了解，體認科學的本質及科學探究的方法、態度、和精神。

參考文獻

1. American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
2. National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.