

# 美國新標準(New Standards)： 科學實作評量之內涵與範例介紹

邱美虹 湯偉君\*  
國立臺灣師範大學 科學教育研究所  
\*國立林口高級中學

## 摘要

本文旨在介紹美國「匹茲堡大學學習研究發展中心」與「教育及經濟國家中心」合作發展出有關「新標準」(New Standards)中科學實作評量之內涵與範例。並分就高中、國中及國小三階段所牽涉到的內容進行詳細的介紹。

關鍵詞：新標準、實作評量標準、科學

## 一、前言

教育改革在國內正如火如荼的展開，這樣的情形在國外以及鄰近亞洲各國亦不例外（如日本文部省，1998），隨著千禧年的到來各國紛紛進行課程改革，以培養學生在面對二十一世紀時所應具有的科學素養。邱美虹(2000)曾對美國一些研究機構所發展的課程標準加以評析，該文並介紹美國評量標準的制定與範例，本文的目的是將其中實作評量標準的內容加以說明。

在敘述評量標準的內涵之前，先就「新標準」中實作的標準與精神扼要說明如下(詳見邱美虹，2000)。所謂新標準實作評量系統包含了三個向度：(1)實作標準(performance standards)；(2)參照性測驗(reference examination，又名 on-demand examination)；(3)學習歷程檔案系統(portfolio system)。所謂實作標準是由專業組織團體所發展出來的標準，其中包含了兩個部份：(1)實作的描述(performance descriptions)和(2)學生的作業範例及評論(work sample and commentaries)。所謂實作描述，此部份用以描述出(a)學生應該知道些什麼？(b)不同階段（指小學、中學、和高中）的學生應用什麼樣的方式表現出其在科學領域中所學到的知識及技能。而至於學生的實作範例及有關此範例的評論：此部份用以呈現一些學生實作的範例，用來描繪出實作所應該達到的程度。而每一範例並附有教師的評論，以描述在該範例中所反映出的實作成果。這部份的設計主要是使標準更加明確，以供教師及相關人員參考。

新標準的設計精神是建立在美國國家科學教育標準(National Science Education Standards,

NSES) 的「內容標準」(Content standards)之上，而新標準中的實作標準就是根據 NSES 發展出來的內容標準而訂的，因此新標準中所指的實作標準可謂是「標準的標準」，因此，新標準的設定便需有所判準，以辨明實作之品質。其中所謂新標準的八項特點如下 (NCEE & University of Pittsburgh, 1998; 詳見邱美虹, 2000)。

- (一)標準的內容應建立在對所有學生的高標準要求上
- (二)標準應是嚴格且符合世界級的水準
- (三)必須是有用的，它的發展必須滿足每個國民、就業、及終生學習所需
- (四)標準必須是簡明扼要，以呈現在該領域中最重要的知識與技巧
- (五)標準應能在一限定的時間內完成
- (六)標準應該是可調適的，並允許彈性的存在
- (七)標準應該要足夠清楚且可資利用
- (八)標準能反映廣泛的共識

綜上所述，新標準的建立主要是提供國民所需、就業所需及終生學習所需的學習基礎，它的特色就是在於其具體、明確，及具可塑性、可行性等，同時其亦以邁向世界水準的學習標準為圭臬，考慮週到。

## 二、細談實作標準

首先得區別內容標準與實作標準不同之處。兩者的比較乃是根據國家教育目標委員會的一份報告「Promise to keep: Creating High Standard for American Students」(1993)而定，前者為「學生應該知道些什麼及能夠作些什麼？」，而後者則是「做得要多好才能叫做好？」。實作標準便是針對後者作為設計的目標。

這些實作標準直接建立在已達成共識的內容標準上，而這些內容標準則是由相關的專業組織所發展出來。如科學的實作標準參考了美國科學發展委員會(American Association for the Advancement Science, AAAS)於1993提出的科學素養基準(Project 2061)和國家科學教育標準草案研究委員會(National Research Council, NRC)於1995年提出的NSES。科學實作標準的實作描述中的三項：物質科學、生命科學、地球與太空，幾乎全盤來自NSES，例如新標準的國、高中的地球與太空實作描述分別比NSES多了「自然資源經營」一項。

## 三、科學學科的實作描述

科學學科的實作描述分成八個部份，分別是：

- (一)物質科學概念(physical science conception)：S1

- (二)生命科學概念 (life science conception) : S2
- (三)地球與太空科學概念(earth and space science conception) : S3
- (四)科學連結與應用 (scientific connection and application) : S4
- (五)科學思維 (scientific thinking) : S5
- (六)科學工具及技術 (scientific tools and technology) : S6
- (七)科學的溝通 (scientific communication) : S7
- (八)科學的探究 (scientific investigation) : S8

前四項 (S1、S2、S3、S4) 強調概念理解，後四項則拓展科學學習的目標，強調科學課程中除概念的理解外還有其他相關的素養需特別注意及強調。另前七項 (除 S8 分成三部份外) 皆分成「基本要求、範例」兩部份。以下各表分別說明學生在四年級 (國小版)、八年級 (國中版)、十年級 (高中版) 結束時，應該達到的科學實作表現(以下各表皆已獲得 NCEE 同意翻譯成中文)。

(一)物質科學概念 (S1)

a、學生應能提出證據以證明其瞭解以下各點：

國小 至 4 年級	S1a 物體與材料 (materials) 的特性。如物體在形狀、大小、重量和顏色的相似性或相異性；材料與其他物質反應的能力；材料的不同狀態。 S1b 物體的位置及運動。例如如何藉著追蹤和計算不同時間物體的位置來描述物體的運動；如何藉震動物體而製造出聲音。 S1c 光、熱、電、磁。如熱、溫度的變異；光如何以直線前進直到其遇到物體或是電流如何運作的。
國中 至 8 年級	S1a 物質的特性及特性的轉變。如密度和沸點；化學反應；以及物質守恆。 S1b 力與運動。如慣性和平衡與不平衡力的淨作用。 S1c 能量的轉移。如能及熱的轉換；光、力學運動 (mechanical motion)、聲音；化學反應的本質。
高中 至 10 年 級	S1a 原子的結構。如原子的組成、核力、放射性。 S1b 物質的構造及特性。如元素及化合物；鍵結及分子的交互作用；相 (phase) 變的特性 (characteristics of phase changes)。 S1c 化學反應。如化學反應的生活實例；電子、質子、能量轉移；影響反應速率的因素如催化劑。 S1d 力與運動。如重力、電力；淨力(net forces)及磁力。 S1e 能量守恆及亂度 (disorder) 的增加。如動能及位能；能量的傳導、對流、輻射；隨機運動；壓力與熱的影響。 S1f 能量與物質的交互作用。如波、光的發散及吸收、傳導性。

b、一些能檢驗出學生是否瞭解物質科學概念的活動：

年段	符合標準	活 動
國小 至 4 年級	S1a	探究蘋果變褐色的過程以及加速或減慢此過程的因子。
	S1a、S4a	利用物體的物理特性如顏色、質地或硬度，把物體分類；改變分類以使其能包含新的物體；向其他同學解釋分類的法則。
	S1a、S2a、S2b、S2c	利用圖表來解釋冰融化、水沸騰以及蒸汽凝結的特性；描述這些特性形式如何影響環境以及生活於期間的生物體。
	S1b	利用先前對力和運動的觀察，來預測籃球在不同的拋擲狀態下的反彈形式。
	S1b、S2a	做出一樂器，以解釋其形狀與聲音之間的相關，並拿來與與生物體之構造與功能相比較。
	S1c	利用燃燒、摩擦、物體的混合來探究熱與摩擦力；解釋相似性與相異性。
	S1c、S3a	利用磁力的知識去預測什麼物質會相引、相斥、或是不被磁性物質所吸引，然後策畫執行一個實驗以驗證或駁斥原來的預測。
國中 至 8 年級	S1a	利用密度的概念去解釋為何有些東西能在水中浮起來？有些東西會沈下去？
	S1a	探究從金屬與液體介質組成的化學電池裡獲得電流，需要有哪些特質。
	S1a、S1c、S3a、S4b	藉著物質和能量守恆的概念去解釋再循環與再使用 (recycling and reusing) 的不同。
	S1b、S4d	利用力的概念去解釋腳踏車前後輪刹車的角色。
	S1b、S4d、S8c、A1a	製作一個老祖父時代的鐘，且解釋其如何運作。
	S1c、S4a、S4b、A1b	建立一個教室的能量帳目表 (audit)，並發展出一些步驟以減少浪費。
	S1c、S4a、S4b、S4c	利用一廣告所宣稱能過濾紫外光的太陽眼鏡，評估其廣告聲明及潛在優點。
高中 至 10 年 級	S1a、S1b、S1c、E3b	辯論有關使用核融合和核分裂作為能量來源的優缺點。
	S1a、S2c、S3a、S3b S3c、S3d	以一些放射性同位素的放射衰變的速度，去預估一假想化石的年代。
	S1a、S1b、S1c、S4e	研究週期表的歷史，舉一個元素，並能說出這元素所處位置的結構最能描述出元素的特性。
	S1c、S1e	決定餐桌蠟燭燃燒更久的方法。
	S1a、S1b、S1c、S1e S4d	解釋為何一都市局部地區有煙霧，而我們該如何解決此問題？
	S1d、S1e、S7d	做一個訊息錄影帶以描述出「瞭解了速度及加速度」會如何使人成為較好的駕駛者。
	S1c、S1d、S1e、S4a S4b	解釋電馬達及啟動器中電與磁的相關性。
	S1e、S7d	向學弟妹解釋溫度與熱的不同。
	S1e、S1f、S4b、S4d	比較各種可以在社區使用的發電方法的效率與耗能情形。
	S1f、S4b、S4d	贏得一個美國童子軍的能量獎章 (Energy Merit Badge)，並解釋其如何幫助你瞭解物質與能的交互作用。
	S1f、S4b	追蹤能量如何由 CD player 中的電力轉換成可被聽見的音樂。

(二)生命科學概念 (S2)

a、學生應能產生些證據以證明其瞭解以下各點：

國小 至 4 年級	S2a	生物體的特性。如生存和環境的支持；構造及功能間的關係；行為上的差異。
	S2b	生物體的生活史。如遺傳和環境如何決定生物體的特性；所有植物和動物皆有生活史。
	S2c	生物體與環境。如生態系下動物與植物的相依性 (interdependence)；族群及其對環境的影響。
	S2d	隨時間的改變。如可以指出生命體歷經漫長地質史而產生廣泛變異的演化和化石證據。
國中 至 8 年級	S2a	生命系統的構造與功能。如在細胞、組織、器官、系統、個體、生態系內構造與功能的互補本質。
	S2b	生殖與遺傳。如有性與無性生殖；基因和環境對於性狀表現的影響。
	S2c	調節與行為。如感覺與行為；面對環境刺激產生的反應。
	S2d	族群與生態系。如食物網中生產者、消費者、分解者所扮演的角色；資源與能量轉移對於族群的影響。
	S2e	生物體的演化、多樣性和適應。如共同的祖先，物種形成、適應、變異、絕滅。
高中 至 10 年 級	S2a	細胞。如細胞的構造及功能關係；調節及生化；能及光合作用。
	S2b	遺傳的分子基本理論。如 DNA、基因、染色體、突變。
	S2c	生物的演化。如種化、生物變異性、天擇以及生物的分類。
	S2d	生物體的互依性。如物質守恆；生態系中生物體間的合作和競爭；人類對環境的影響。
	S2e	生命系統中的物質、能量和組成。如能量與物質在不同層級結構中的流動情形；環境的限制因子
	S2f	生物體的行為。如神經系統的調節；行為的反應；人類學、社會學、心理學的連結。

b、一些能檢驗出學生是否瞭解生命科學概念的活動：

年段	符合標準	活 動
國小 至 4 年級	S2a、S1a、S3a、S3b	預測一個種在窗戶邊之密閉容器內的植物能活多久；需要那些關於植物和環境額外的訊息，以改進原有的預測。
	S2a、S2b、S2c、S7a S8b	完成一個四小時的動物照顧計畫，寫報告說明其生長和發育的情形，並在全國展覽會上展出 (country-wide fair)。
	S2b	做觀察和繪圖記錄，以顯示一動物及植物的生活史。
	S2a、S2b、S2c、S2d S1a、S4a	解釋個體的遺傳與環境間的差異，如花的顏色與騎腳踏車的能力，且描述出會影響這些特性的環境物理因素。
	S2a、S2c、S4b、S4d M4d、A1c	計畫出一個露營活動所需要的用品及工具，同時解釋此物的功能。
	S2a、S2b、S2c、S2d S1a、S4a、S4b	解釋生物體 (包括人或是其他生物) 如何在環境中引起改變，以及某些改變如何傷害其他生物體？
	S2c、S2d、S4a	不僅使用一種媒體，如模型、文章、繪圖或口頭解釋，以指出不同的生物體如何經由長時間的改變而去填補各種不同的功能 (niches)。
	S2a、S2c、S2d、S1a S3a、S3c、S4a	描述化石和當代生物的相似與差異，且解釋環境因子如何造成這種相似和差異？

美國新標準(New Standards)：科學實作評量之內涵與範例介紹

國中 至 8 年級	S2a、S4a、S4c	解釋一特定疾病（如感冒）對於生物體內部構造和其相關功能的影響。
	S2a、S2c	使用繪圖來說明一群細胞間、組織間、器官間的構造與功能相關。
	S2a、S1a、S3a、S3b	預測一個種在窗戶邊之密閉容器內的植物能活多久；需要那些關於植物和環境的額外訊息，以改進原有的預測。
	S2b、S4b	寫一個有關於「殘障人士如何學會克服遺傳所帶來的生理限制」的故事。
	S2b、S2e	解釋為何生物體有性生殖的子代絕不會和親代長得一模一樣。
	S2c、S2d、S2e、S4a	贏得一個美國男童軍研究鳥類的獎章(Bird Study Merit Badge)或完成一個美國女童軍植物文化計畫獎章(Plant Culture Project) 並解釋其如何幫助你瞭解動物行為、生態或調節。
	S2c	解釋打噴嚏、眼淚的生理現象或是人們在笑時會發生什麼事。
	S2d、S2e、S1c、S4b S4c、S4d、S4e	在現實環境中找出一惡性流行病；利用對食物網的瞭解，提供或測試一種不用毒物便能除去此惡性傳染病的方法。
	S2a、S2d、S2e、S4b S8a	策畫執行一個調查，以找出最適合在水耕系統中萌芽的種子。
	S2b、S2c、S4a、S5c	解釋一串能顯示狗與貓有著共同祖先的證據。
	S2b、S2c、S2d、S2e S4a	比較或對比某地生物存活的歷史情境由於適應特性的不同以及環境壓力或改變而使某地生物絕滅。
高中 至 10 年 級	S2a、S1c、S3a	製作一圖畫書以解釋一生產者如何經由整個生態系而將太陽能轉變成為化學能。
	S2a、S2b、S2c、S2f S1c	解釋細胞的功能是如何調節以使生物體能夠因應環境而反應，同時控制及整合生長與發育。
	S2a、S1a、S3a、S3b	預測一個種在窗戶邊之密閉容器內的植物能活多久；需要那些關於植物和環境額外的訊息，以改進原有的預測。
	S2b、S2c、S5c	製作一可運作的模型以說明生物體的性狀是如何由 DNA 和其次單元 (subunit) 所完成
	S2c、S2d、S7d	做一個「恐龍絕滅的各種可能原因」的辯論會錄影帶。
	S2b、S2c、S2d、S7d E3c	做一個故事畫版呈現給小朋友們看，以解釋為何 150 年前蛾體色以暗型居多，而現在以亮型居多。
	S2e、S1b	做一個幽默的旅行小冊來描述一個二氧化碳和一個氧分子，在生物圈的生命體與非生命體間移動的情形。
	S2d、S2e	獲得一個美國童子軍章(如環境科學獎章或生態獎章)，並解釋其如何幫助你瞭解生物體間的互依性。
	S2e	追蹤探索一個糖由買到的一刻起至完全消失的那刻止。
	S2c、S2d、S1c、S4b	發展一個再生計畫做為社區服務計畫的一部份，以描述生態系中物質和能量為有限限制性的。
	S2f	執行一個以不同種類的植物如何面對不同環境刺激而反應的觀察活動。
S2c、S2f、S4e	研究演化心理學 (evolutionary psychology) 的發展及最近的進展。	

(三)地球與太空科學概念 (S3)

a、學生應能產生些證據以證明其瞭解以下各點：

國小 至 4 年級	S3a	地球物質的特性。如水和大氣；岩石和土壤的性質，如質地、顏色、保水力。
	S3b	太空上的物體。如太陽、月亮、行星以及其他可被觀察和描述的物體；太陽的重要性在於提供存活所需的光、熱。
	S3c	地球與天空的改變。如因氣候、火山爆發、地震所引起的改變；太空上的物體移動的形式。
國中 至 8 年級	S3a	地球系統的構造。如板塊 (crustal plates) 和陸地形式；岩石、水循環；海洋、天氣、氣候。
	S3b	地球歷史。如包括侵蝕作用 (erosion) 和板塊移動的地球過程 (earth process)；歷經時間的改變和化石證據。
	S3c	在太陽系中的地球。如可預測在太陽系中的行星、月亮和其他星體的運動，包括日、年、月相、蝕 (eclipses)；太陽的角色視為地表現象的能量來源。
	S3d	自然資源的經營。
高中 至 10 年 級	S3a	地球系統的能量。如放射性衰變、重力、太陽能、對流、全球氣候的變遷。
	S3b	地質化學循環。如物質守恆、化學資源以及物質在化學保存者間的移動。
	S3c	地球系統的起源與演化。如地質時間、生命形式的年齡、生命的起源、太陽系的演化。
	S3d	宇宙的起源和演化。如大霹靂理論；星體和元素的形成；核反應。
	S3e	自然資源的經營。

b、一些能檢驗出學生是否瞭解地球與太空科學概念的活動：

年段	符合標準	活 動
國小 至 4 年級	S3a、S1a、S2a、S2b S2c、S4a	調查泥土的性質如何影響一植物的生長。
	S3a、S1a	預測什麼物質因為其不同的物質科學特性而在不同的目的上各有其用，如用來建築或做為燃料來源
	S3b、S3c	持續數月觀察並記錄月亮的形狀，同時畫圖預測在下星期月亮的形狀會是如何？
	S3b、S3c	觀察一天不同時段物體的陰影的改變情形，同時調查這些改變的成因。
	S3a、S3b、S1a、S4a	寫一個故事來說明水滴經由地球大氣由湖到河流時，水滴與其間的物理環境發生了何事。
	S3b、S3c、S4a、M1a M1c、M1f、A1a	從氣象站收集訊息，使用這些資訊並且藉著天空中物體的移動、位置來解釋由秋天到冬天的改變模式。
國中 至 8 年級	S3a、S3b、S4a、S4c	解釋為何地震、火山爆發、海地板塊擴張具有相同的原因。
	S3a、S3c、S1a、S4a	寫一個故事來說明水滴經由地球大氣由湖到河流時，水滴與其間的物理環境發生了何事。
	S3a、S3b、S3c	贏得一個美國童子軍天文獎章(Astronomy Merit Badge)或完成一個有關地質文化計畫的美國女童軍章(Geology Culture Project)；並解釋其如何幫助你瞭解地球過程和構造、化石證據、太陽系。

	S3b、S3c、S2b、S2c S2d、S2e	製作一本故事書來向小朋友們解釋偶發的地表驟變如何影響地球的歷史，例如小行星或彗星的撞擊。
	S3c、S1b	預測搭電梯量體重時，磅秤機讀數可能的變化情形，檢驗你的預測，同時解釋為何你的預測是正確的（錯誤的）。
	S3c	利用重力的觀念解釋為何在月球會跳得比在地球時為高。
	S3d	辨識出遭到週期性水患的地區，評估其正面與負面的影響，並研究不同的方法來維持、減少、消除水患發生的可能性。
高中 至 10 年 級	S3a	做一個小冊子提供新訪客本社區的天氣指南，並說明在各情境下的可能天氣為何。
	S3a、S1d	解釋重力與能量間的相關。
	S3a、S3b、S4b	分析本區內可能發生天災的危機，並提供一些可行的方案以減輕災害。
	S3a、S1d、S2e	在一個旋轉台上種植種子，並解釋所觀察到的生長模式。
	S3c、S3b	策畫執行一個學校附近區域的地質研究；利用觀察及參考資料來描述此地區最可能的歷史。
	S3c、S3d、S2c	以圖表表示人類的出生、發展、死亡；比較地球或宇宙起源與演化的地質時間架構。
	S3c、S3d、S5f	與其他同學共同合作，組成一個專家討論小組（expert panel），描述導致大霹靂理論發展的歷史事件。
	S3d、S1a、S1b、S1c S1f、E2a	寫一篇研究報告以解釋星體如何由核反應製造出能量，以及這些產生能量的過程如何導致其他元素的形成。
	S3e	辨識出遭到週期性水患的地區，評估其正面與負面的影響，研究不同的方法來維持、減少、消除水患發生的可能性。

#### (四)科學連接與應用(S4)

a、學生應能產生些證據以證明其瞭解以下各點：

國小 至 4 年級	S4a	主要的想法及統整的概念（big idea and unifying conceptions）。如次序（order）及組織、模式（model）、形式（form）和功能；改變與恆定（constancy）；因果關係。
	S4b	設計的世界（the designed world）。如農業技術的發展；技術設計的可行性（viability）。
	S4c	個人的健康。如營養、藥物濫用、運動；細菌和毒性物質；個人及環境的安全。
	S4d	科學是人類努力的事業(human endeavor)。如在科學研究上的溝通、合作和提供不同的意見；推理、智能的誠信（intellectual honesty）、懷疑論（skepticism）的重要
國中 至 8 年級	S4a	主要的想法及統整的概念。如次序和組成、模式、形式和功能；改變與恆定；因果關係。
	S4b	設計的世界。如科學與技術的交互本質；農業技術的發展；技術設計的可行性。
	S4c	健康。如營養、運動、疾病；藥物與毒性物質的影響；個人與環境的安全；資源與環境的壓力。
	S4d	技術的衝擊。如得失（tradeoff）和限制因子；回饋；利益與風險；問題及



	解答。 S4e 科學的衝擊。如對歷史與當代的貢獻；科學與社會的交互作用。
高中 至 10 年 級	S4a 主要的想法及統整的概念。如次序和組成、模式、形式和功能；改變與恆定；因果關係。
	S4b 設計的世界。如科學與技術的交互關係；農業技術的發展；技術設計的合理性。
	S4c 健康。如營養、運動；疾病與傳染病；個人與環境的安全；資源、環境壓力、族群的成長。
	S4d 技術的衝擊。如得失和限制因子；回饋；利益與風險；問題及解答。
	S4e 科學的衝擊。如對歷史與當代的貢獻；科學與社會的交互作用。

b、一些能檢驗出學生是否瞭解科學的連接與應用概念的活動：

年段	符合標準	活 動
國小 至 4 年級	S4a、S4b、S1a、S3a	策畫執行一個實驗來決定何種品牌的紙巾最好，要從形式、功能、因果、耗費和個人偏好來看，同時撰寫一段強調出實驗發現的廣告詞。
	S4b、S4d、S1a、S1b S1c	贏得一個美國童子軍工程獎章或一個做巧克力餅的美國女童軍章並解釋你所建立的模式。
	S4c、S3c	解釋為何人們在料理食物時一定要洗手。
	S4c、S2b、M8a、A1b	提供一些食物攝取的建議，讓同學在學校自動販賣機前能做出有益於健康的選擇。
	S4b、S4c、S2a	做一個太陽能烹調器，同時解釋何種食物在所能達到的溫度範圍下，能（或不能）安全的被烹調。
	S4d	與一個你對他工作有興趣的人物晤談，同時寫份報告解釋科學如何幫助此人去完成工作。
國中 至 8 年級	S4a、S4d、S2c	製作一個小冊子給一個在北美各處旅遊的競賽隊伍，以幫助他們在位於與平常受訓地點不同的海拔高度時能調適過來。同時解釋為何這些調整是有必要的
	S4b、S4d	發展一個計畫來調整學校的火警系統以符合殘障學生的需求。
	S4b、S4d、S1a	分析一個自動製冰機，並以水的固液態性質的差異性來解釋此機器是如何設計出來的。
	S4b、S4c、S4d、S4e S2d	辨識出一農業地區的寄生蟲，比較化學性與生物性害蟲控制法的風險及利益。
	S4c、S2c	做一假說解釋為何冬季人們較易罹患感冒，同時討論防止疾病擴散的方法。
	S4c、S3a、A1b	調查地區的水質標準，同時寫一個有關校園內或校園周圍水質的報告書給學校當局。
高中 至 10 年 級	S4a、S4b、S4c、S2a	作一個電腦控制的機器人手臂，可以模擬人類手掌及上臂的形狀與功能。
	S4a、S4b、S4c、S4d S1a、S2d、S2e、A1b	與其他同學合作以科學理論為基礎寫出一篇文章，討論與學校、社區有關的環境問題的系統性解決方案。
	S4b、S4c、S1a、A1b	提出一些調整方案：可使滑雪板、腳踏車或其他類似的東西等、、、，更快、更安全、更便宜。

	S4c、S4d	執行一個對學校自助餐廳的研究，內容包括食物的儲存與製備、營養價值、學生喜愛的食物，並對如何改進作一些建議。
	S4b、S4d、S4e、E3b	辯論有關最近發展出的某一技術革新所產生的正面或負面的影響。
	S4b、S4c、S4d、S4e	贏得一個有關食物、纖維、農場等的美國女童軍獎章且做一個海報以顯示出自己對農業及技術的瞭解。

(五)科學思維 (S5)

a、學生要能利用深思熟慮的質問 (thoughtful questioning) 和推理策略、常識、前面所提的

4 個標準 (S1-S4) 的概念理解以及適當的方法來探索自然世界。相關描述如下表所述：

國小 至 4 年級	S5a 問出有關自然現象、物體和生物體、事件與發現等等的問題。 S5b 利用前面所提的 4 個標準 (S1-S4) 的概念來解釋各種的觀察和現象。 S5c 利用證據來建構解釋；確認一個公正的測試。 S5d 利用相關的經驗、觀察和知識來評估不同的觀點；區別事實與意見的異同。 S5e 找出問題、籌畫及執行解決之道；評估正確性、設計和調查的結果。 S5f 個別行動及團隊工作來收集並分享資訊及想法。
國中 至 8 年級	S5a 架構問題以區別出因果關係；找出或控制實驗以及非實驗 (non-experimental) 研究設置(settings)的變數。 S5b 利用前面所提的 4 個標準 (S1-S4) 的概念去解釋各種的觀察與現象。 S5c 利用可信任來源的證據來發展出敘述、解釋及模式。 S5d 提出、辨認、分析、思考、評論另有解釋；分辨事實與意見的異同。 S5e 找出問題、籌畫及執行解決之道；評估精確性、設計和調查的結果。 S5f 個別行動及團隊工作來收集並分享資訊及想法。
高中 至 10 年級	S5a 架構問題以區別出因果關係；找出或控制實驗以及非實驗研究設置的變數。 S5b 利用前面所提的 4 個標準 (S1-S4) 的概念去解釋各種的觀察與現象。 S5c 利用可信任來源的證據來發展出敘述、解釋及模式；基於額外的數據或邏輯上的論點來做適當的調適與改進。 S5d 提出、辨認、分析、思考、評論另有解釋；分辨事實與意見的異同。 S5e 找出問題、籌畫及執行解決之道；評估精確性、設計和調查的結果。 S5f 個別行動及團隊工作來收集並分享資訊及想法。

b、一些能檢驗出學生有無科學思維的活動：

年段	符合標準	活 動
國小 至 4 年級	S5a、S5b、S5c、S5e	評斷一新產品的宣傳內容，描述需用來看清此宣傳是否誇大所需的證據與問題，策畫執行一個實驗以查驗這些想法，同時評估結論的精確性。
	S5a、S5b、S5c、S5d S5f、S2a、S2b、S2c	與其他人共同合作來檢驗一平方公里大小範圍，因最近的建築公事而導致的動、植物相及環境的改變。解釋這些觀察，同時對此微生態系的未來做出預測。
	S5b、S5c、S5c、S5e	利用一調查所得之數據去做出推測，同時策畫執行一新的調查。

	S5a、S5b、S5c、S5d S3a	對最近報紙或雜誌所刊載的主題做出摘要，如聖嬰現象。利用多管道來源資訊去評估文章內容的正確性，且把所有相關的想法整合起來，寫一篇此文章的修改版。
國中 至 8 年級	S5a、S5b、S5c、S5d S5e、S5f、S2a	檢驗兩個學弟妹的植物生長實驗，提出得到更多訊息的方法。
	S5a、S5b、S5c、S5d S5e	對於消費者雜誌報導的所謂「最佳商品」，其所宣傳的功效，檢驗看看是否有科學證據支持
	S5a、S5b、S5c、S5d S5e、S5f、S2a、S2c	與其他同學合作調查影響水生植物製造氧氣的一些變數，如營養、光線、容器的顏色。
	S5b、S5c、S5d、S5e S2c、S4c	評估減肥藥廣告的聲明、潛在風險和價值。
高中 至 10 年 級	S5a、S5b、S5c、S5d	評估類固醇的藥品聲明以及使用後的潛在得失，應用科學證據去報導一位運動員的個案研究。
	S5a、S5b、S5c	預測一個種在窗戶邊密閉容器內潮濕泥土上的植物能活多久。要說出若要有較佳的預測，則需要什麼額外的訊息
	S5b、S5c、S5d	比較一些常見品牌麥片的營養價值。
	S5b、S5c、S5d、S2c S2d	比較有關恐龍絕滅的諸多理論與其一系列證據。
	S5c、S5d、S1b、S1c S2a、S2b、S4d	解釋 DNA 測試的推論過程，並以此看其是否可作為重大審判時的證據。

(六) 科學工具及技術 (S6)

a、學生能夠利用科學工具及技術來觀察、收集和分析資料，以有效率的完成工作。也就是說，學生要能具備以下的能力。

國小 至 4 年級	S6a	使用工具及技術來收集數據並延伸個人的感官，如利用直尺、電腦、天平、溫度計、碼錶、放大鏡、顯微鏡等。
	S6b	利用數學標準 4 (M4) 的概念及技術，來收集及分析資料。如平均數、資料呈現 (data display)、作圖、變異數 (variability)、取樣等。
	S6c	由多管道來源獲取資訊。如實驗和印刷及非印刷品。
國中 至 8 年級	S6a	利用工具及技術 (如傳統的實驗儀器、錄影機、電腦輔助儀器) 來直接、間接、遠距地觀察並測量物體、生物體及現象。
	S6b	以各種不同的型式來記錄並儲存數據。如錄音帶、錄影帶、資料庫。
	S6c	利用數學標準 4 (M4) 的概念及技術，來收集及分析資料。如算術平均數、中位數、重數、機率與信度以及適當的資料呈現等。
	S6d	由多管道來源獲取資訊。如印刷品、網路、電腦資料庫以及實驗。
	S6e	找出數據誤差的來源。如觀察者及取樣的誤差。
高中 至 10 年 級	S6a	利用工具及技術 (如傳統的實驗儀器、錄影機、電腦輔助儀器) 來直接、間接、遠距地觀察和衡量物體、生物體及現象，要適當的考量其精確度和準確性。
	S6b	以各種不同的型式來記錄並儲存數據，如錄音帶、錄影帶、資料庫。
	S6c	利用數學標準 4 (M4) 的概念及技術，來收集及分析資料。如算術平均數、中位數、重數、機率與信度以及適當的資料呈現等。
	S6d	由多管道來源獲取資訊。如印刷品、網路、電腦資料庫以及實驗。
	S6e	找出並減少數據誤差的來源。如觀察者及取樣的誤差。

b、一些能檢驗出學生是否有使用科學工具和技術能力的活動：

年段	符合標準	活 動
國小 至 4 年級	S6c、S3a、S3c、S5c	根據美國地質調查 (geological survey) 收集資訊，且利用此資訊去找出自己所住的村莊或是州郡的地殼移動的趨勢。
	S6b、S2c、S4b	策畫執行一個調查，研究學生在家庭使用電力及瓦斯的情形，比較不同學生間的使用狀況，同時選擇適當的方法來展示研究所得的數據。
	S6c	利用電傳 (telecommunications) 比較自己和其他學校學生類似調查的結果。
	S6c、S4c	利用電子資料庫來找出一自助餐廳內食物的營養價值。同時將之與其他小吃店食物的營養價值做比較。
國中 至 8 年級	S6a、S1a、S4b、S5a	利用微電腦 (microcomputer based) 調查比較碳酸飲料在不同容器時，失去氣泡的速度快慢有何不同。
	S6a、S2d	完成一個美國女童軍的動物觀察計畫 (Animal Observation Project)，並教導其他同學要如何進行野外觀察。
	S6c、S6d、S2d	策畫執行一研究計畫，以比較學校附近鳥類的實際分佈與該地區野外指引所指出的有何不同，同時看看局部地區的分佈與整個地區的分佈相不相同。
	S6d、S3a	由不同的資訊來源比較局部地區氣候資訊的準確性及合時性。
	S6d、S1a、S3a	和不同州或國家的學生交換有關酸雨的資料。若數據不同，則要指出原因。
	S6d、S3c、S4c	利用電子資料庫來收集最新的有關太空旅行對身體健康的影響。
高中 至 10 年 級	S6a、S2a、S4d、S4e S5c、S7b	與其他同儕合作重複一些歷史上著名的實驗，例如使當代瞭解光合作用的實驗。利用可取得的工具或技術去比較差異。
	S6d、S3a、S4a、S5c	評估颶風或熱帶暴風持續期間，氣象報告預估訊息的準確度和時間差。
	S6d	利用網路取得正在快速遞變的最新科學主題訊息。
	S6d、S1d、S5c	使用電腦介面去計算測量物體的速度。
	S6d	利用電傳和其他州有相似調查研究的學生，比較研究的結果。
	S6d、S3a、S5c、S7d	贏得一個美國童子軍方位獎章 (Orienteering Merit Badge)，且教導其他學生當迷路時該做些什麼。

(七)科學的溝通 (S7)

a、學生藉利用精確的數據、圖表或其他適當的能轉變科學上概念理解深度的媒體，來清楚的描述自然世界，以顯示其有效的科學溝通能力。易言之，學生要能具備以下的能力。

國小 至 4 年級	S7a	以多種方式 (如數字、表格、圖表、繪圖、藝術作品、技術性和有創意的寫作) 來重現數據和結果。
	S7b	利用事實以支持結論。
	S7c	以適合聽眾及自己目的的方式進行溝通

	S7d 評論文字或是口頭報告，並用數據來化解爭議。
國中 至 8 年級	S7a 以多種方式（如數字、表格、圖表；繪圖、圖表和藝術作品、技術性和有創意的寫作）來重現數據和結果。
	S7b 利用所得之證據來提出看法（如來自自己或他人實驗的數據）。
	S7c 評論已出版的成品。
	S7d 向其他同學解釋一個科學概念或步驟。
	S7e 眾及目的的方式溝通。如寫一些他人能依循的指導手冊；評論手寫或口頭的解釋；使用數據來化解爭議。
高中 至 10 年級	S7a （如數字、表格、圖表、繪圖、藝術作品、技術性和有創意的寫作）來重現數據和結果。選擇最有效率的方法來改寫科學訊息。
	S7b 利用所得之證據來倡議，如自己實驗所得的數據或他人所做出的數據。
	S7c 評論已出版的物件，包括大眾讀物和學術期刊。
	S7d 向其他同學解釋一個科學概念或步驟。
	S7e 以適合聽眾及你的目的的方式溝通。如寫一些他人能依循的指導手冊；評論手寫或口頭的解釋；使用數據來化解爭議。

b、一些能檢驗出學生是否有科學溝通能力的活動：

年段	符合標準	活 動
國小 至 4 年級	S7a、S7c、S2c	寫一篇有創意的故事給弟弟妹妹，解釋關於食物鏈的概念。
	S7a、S2a、S4b	做一個小冊子或是圖表，以和他人溝通有效的飲食及健康習慣。
	S7c、S4d	與其他同學合作製作一個短劇，描繪出重要科學發現中的系列事件或特質。
	S7a、S6b、S4b、M7A1b	依據教室或全校垃圾處理的數據量寫出一報告（內有圖、表），以指出再回收容器的最適量及配置。
國中 至 8 年級	S7a、S4b、S5c、S6a	贏取一個美國童子軍章(Drafting Merit Badge)。
	S7b、S1a、S4b、S4c、S5d	寫一篇有關護髮產品的廣告，要解釋其運作的化學理論。
	S7c、S1a、S2c、S3a、S4b、S5d、S6d	分析並演講有關有毒化學品提案的表決（a ballot initiative on toxic chemicals）。
	S7c、S2c、S4c、S5d	評論「今日美國」內一篇有關年幼時吃太多熱狗，成人時會白血病的報導。
	S7c、S5d、S6d	寫一篇「貝克曼世界」（Beakman's world）美國電視劇本文獻探討。
S7d、S2a、S2c、S4c、S5c	製作一個生動的影帶來描述白血球如何保護身體免於受外來物質的侵襲。	
高中 至 10 年級	S7a、S7b、S2c、S4d、S5a	分析一個 關於地區性瀕危物種提案的表決。
	S7c	在時代雜誌中，評論一篇與你所學過的內容相關的文章。
	S7c、S2d、S4c、S5c	製作一錄影帶，用簡單的話語介紹病毒如何侵犯人體。
	S7d、S2d、S3e、S4d、E3c	為一地區不同時間空氣品質的改變，做一個口頭報告。
	S7d、S4b、S5c	贏得設計和製造模型的美國童子軍獎章，並解釋什麼成分可以組成一個有效的模型。
	S7e、S4c、S5c、S5d、S6d	為一個感冒藥的產品寫廣告詞，以解釋其功能。

(八)科學的調查

1.基本要求：學生需完成由下列探索方式而來的計畫以展現其科學的能力，包括每一年至少一個完整的調查、橫跨國小、國中、高中(依不同年段)之各科間、整合標準 1 至 7 (S1-S7) 一些面相的調查且都要有下列四種形式：

國小 至 4 年級	S8a 一個實驗，也就是進行一個公正的測試。 S8b 一個系統性的調查。如田野研究。 S8c 一個設計。如建立一模式或是科學的裝置 (apparatus)。 S8d 利用印刷品和電子資訊的非實驗之研究。如利用期刊、影帶或電腦進行的研究。
國中 至 8 年級	S8a 控制的實驗 (controlled experiment)。 S8b 田野工作。 S8c 設計。 S8d 二手研究 (secondary research)。如利用別人的數據進行的研究。
高中 至 10 年 級	S8a 控制的實驗。 S8b 田野工作。 S8c 設計。 S8d 二手研究。

a、一個單一的計畫必須由多種探究方法組成。而一個完整的探究過程可包括以下各點：

國小 至 4 年級	<ul style="list-style-type: none"> <li>●可利用可取得的資訊進行研究的問題。</li> <li>●程序上必須符合安全、人性以及倫理原則，同時要尊重隱私及個人權益。</li> <li>●要用各層級人們該有的技術便能夠驗證和分析的方式，來收集及記錄數據。</li> <li>●以合適於脈絡 (context) 的方式來重現數據及結果。</li> <li>●要基於證據來做出宣告、決定與結論。</li> <li>●要對他人的助益或引用的參考文獻提出公開的感謝。</li> <li>●所做出的結果，必須要能與聽眾適當的溝通。</li> <li>●對自己的結論以及同儕或其他人來的諮議，要有反應及答辯。</li> </ul>
國中 至 8 年級	同國小
高中 至 10 年 級	同國小

b、一些能檢驗出學生是否有科學探究能力的活動：

年段	符合標準	活 動
國小 至 4 年級	S8a、S8c	設計、製作、施放風箏；調整設計使它能飛得更高、更易操作或是有其他的用途。
	S8b、S2a	調查長在步道旁的植物為何會和校園其他地方的植物不同。
	S8c、S4b	設計並建造一個 Rube Goldberg 裝置，並解釋如何改變設計使得它運作得更順暢。

	S8d、S4c	研究一特定的疾病，比較區域性和全國性的風險因子，且製作一訊息手冊來說明與此疾病相關的特性及危害。
	S8d、S2b	製作一系列的繪圖記錄，並解釋學校附近的野外植物消長的情形。
	S8d、S2c、S6c	和一個同伴，共同選擇附近區域的一種瀕危動、植物並從參考書籍、雜誌、影帶中收集資訊，辯論此植物（或動物）是否該保存之或任由其絕滅。
國中 至 8 年級	S8a、S1a、S8d、S4d	從相對效率、花費、環境衝擊等觀點去分析一些除冰機（de-icers）。
	S8a、S8c、S4c	從健康及美學的觀點，研究一些不同的烹調雞肉的方法。
	S8b、S1a、S3a	策畫執行一個野外調查，研究社區公墓裡紀念碑隨著時間而衰敗的情形。
	S8b、S2d、S3a	選一溪流，使用之來標示生物棲地，及水質隨著時間改變的情形。
	S8c、S1a、S1b	利用力、運動、重力和加速度的概念，設計一個保護生蛋的裝置，測試其從一樓高處摔下時，蛋是否會碎裂。
	S8d、S3a	研究上個世紀，區域性氣候的變動情形。
高中 至 10 年 級	S8a、S1c、S2a、S4c	探究一般家用清潔劑抑制細菌生長的效果。
	S8b、S3a、S4c	策畫執行一個研究，調查氣喘與天氣的相關性。
	S8b、S8d、S3c、S6d	策畫執行學校附近一區域的地質研究，利用觀察和參考物件來描述出該地區最有可能的地質歷史。
	S8c	比較不同廠牌運動鞋的設計，評估各種運動鞋因應不同需求的設計模式。
	S8c、S1f	策畫執行一調查，以判斷立體音響喇叭的形狀是否會影響音質。
	S8d、S2c、S5c、S6c	研究一地區或州郡中一個物種的分佈，同時討論其瀕臨絕滅的可能性。

## 五、結論

當國內教育界正為教育改革總動員，同時忙於為九年一貫教育及其內的課程標準和核心能力訂定作規畫時，美國「新標準」的提出，誠可以給我們諸多的參考。

首先，國內目前的課程標準，幾乎只對概念的層次與發展上有詳盡的敘述，而對於學生除知識外的其他能力，常只有大尺度的定義或抽象的敘述，如「培養學生溝通的能力」，至於要培養到何種程度？要如何評量？並未清楚標明，使得編書者無所適從，更使得基層教師較難掌握這些非知識能力之教導。雖然九年一貫課程綱要（草案）對於實作部分略有說明，但對於課程內涵、學生實際表現的具體目標，以及其之間連結的敘述，都仍有不足之處。「新標準」對於學生所應培養的能力不僅有「明文記載」，也佐以不少能描述出學生瞭解或做到與否的實例，使欲進行學生學習評量的教師以及編寫教科書者能有所遵循與實際範例之參考。國內應可朝此方向建立配合新課程目標的評量指標。

其次，「新標準」不僅考量學生應有的實作標準，同時也針對評量方式提出建議，例如短時間可完成的參考測驗以及長時期可用的檔案系統。雖然多元評量方式的推動仍有待更多的努力，但它已提供了我們一些啓示，在教育環境的不斷變革中，不能單從教材上來考量，評量方式的改革應與課程規劃相互呼應才是。

另外，「新標準」不僅描述了學生在各年段應有的實作標準，同時也針對標準如何制訂提出了準則，說明出「新標準」的制訂，並非僅憑主事者的個人好惡，而是有一定的依循，即所謂「標準的標準」。我們也期許正為國家下一代制訂九年一貫課程標準或未來研發評量標準者，是在一定的準繩下（如適合國民需要、簡明而切中要點、具有廣泛的共識基礎等）制訂出標準。

最後，值得我們深思的是，「新標準」的其中一項準則是「標準的內容應建立在對所有學生高標準的要求下」，亦即「作得要多好才能叫做好」。這或許是美國教育界深覺其中小學教育原先對學生的要求過於寬鬆，使學生學習不夠紮實，最後導致學生水準低落，因此而改弦易轍喊出如此的口號。反觀國內，目前教育改革者常認為我們給學生的東西太多，導致其無法全盤吸收，甚至對學習產生抗拒。換成另類思考，或許我們給下一代的不是太多，只是給的東西不對。或許課程重點不該僅在強調概念的學習，應轉而強調能力的培養（例如「新標準」中科學成就標準的 4、5、6、7、8 項）。教育改革的前提應仍朝向高水準、高品質的教育水平，畢竟學生潛力無窮，而國家的資源來自人力。

科學評量的目的是在改進教學，而教學的目的是在促進有意義的學習，要診斷學習是否發生，就必須有具體的指標供教學與評量之用。本論文介紹美國新評量標準的指標與進行的方式，其具體作法實有助於國內進行評量指標之參考，唯其中有些活動內容與概念主題之適切性，宜再參考國內課程綱要做適當的修正。

最後，本文以 Wilson 和 Daviss（1994；引自蕭昭君譯，1997）在 *Redesigning Education* 一書中，引用華盛頓大學物理教育小組召集人 McDermott 對評量的觀點作為結束：「課程發展一應當接受有關學生學習到什麼，可以做些什麼的知識所引導，而非受制他們應當知道什麼、以及應當會做什麼的假設。」。因此，作者認為在教育改革中需仰賴新的、有效的評量工具，使新的測驗方法有效的進行學習過程與結果的診斷與評估，並進而提供課程發展所需的資訊，以及改善評量者的信念與能力，以使教育改革達到目的。

## 六、致謝

感謝國科會經費補助本文第一作者於 1998 年出國進修，本文部份資料於訪問期間由新標準數學與科學評量部份計劃主持人 Dr. L. Resnick & Dr. Elizabeth Stage 提供，同時感謝她



們及 NCEE New Standards 同意作者使用其科學部分的評量內容及翻譯科學部分的內容，特此致謝。

## 七、參考文獻

- 1.邱美虹(2000)：評介美國評量新標準。科學實作部份。科學教育月刊，228，2-15。
- 2.魏明通(1997)：評介美國國家科學教育標準。科學教育月刊，196，23-32。
- 3.AAAS (1993), *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*. Oxford University Press, New York.
- 4.National Center on Education and the Economy and the University of Pittsburgh (1997, 1998). *New Standards: Performance Standards: Volume 1 Elementary School*. National Center on Education and the Economy and the University of Pittsburgh.
- 5.National Center on Education and the Economy and the University of Pittsburgh (1997, 1998). *New Standards: Performance Standards: Volume 2 Middle School*. National Center on Education and the Economy and the University of Pittsburgh.
- 6.National Center on Education and the Economy and the University of Pittsburgh (1997, 1998). *New Standards: Performance Standards: Volume 3 High School*. National Center on Education and the Economy and the University of Pittsburgh.
- 7.National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. National Academy Press, Washington, DC.
- 8.The National Science Teachers Association (1993). *Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science, Volume 1: The Content Core (A guide for curriculum designers)*. NSTA: Washington, DC.
- 9.University of California (1998). *New Standards Science Reference Exam Release Package*. University of California, Office of the President.
- 10.Wilson, K. G. & Daviss, B. (1994). *Redesigning Education*. 蕭昭君譯(1997)，《全是贏家的學校—借鏡美國教改藍圖》，台北：天下文化出版公司。