

科學素養教育在澳門

——中學自然科學基本學力要求研制過程追述

魏 冰

[摘 要] 科學素養是當今國際科學教育研究領域的核心概念，也是很多國家和地區中小學科學課程的主旨目標。如何把這一科學教育理念在不同形式的課程文件中落實是一個值得研究的問題。結合參與研制澳門初中和高中階段自然科學基本學力要求的經驗，文章回顧了從科學素養的視角確定課程理念、課程目標和內容範疇的過程。最後，文章提出科學素養在課程文件中的落實和呈現需要綜合考慮本地現實需要、未來發展以及教學傳統等多方面因素。

[關鍵詞] 科學素養 基本學力要求 科學課程 課程改革

近年來，科學素養（scientific literacy）作為一種科學教育理念，出現在西方一些具有重要影響力的中小學科學課程改革文件中，如“2061計劃”和美國《國家科學教育標準》等；同時，在中國內地、香港、台灣等地的中小學科學課程改革文件中，也紛紛把科學素養列為核心目標。因應社會經濟文化的發展，澳門特別行政區政府教育暨青年局在2009年推出《共建優質教育 促進全人發展——澳門特別行政區非高等教育課程改革與發展藍圖》，標誌本澳非高等教育課程改革開始啟動。經過幾年的醞釀，教育暨青年局於2014年發佈第15/2014號行政法規《本地學制正規教育課程框架》（以下簡稱《課程框架》）。^①其中規定6個學習領域，每個領域包含若干“科目”，“基本學力要求”是科目課程的基本形式，根據這個《課程框架》制定初中和高中階段自然科學基本學力要求。作為一種特別的課程形式，“基本學力要求”如何體現科學素養的精神和內容？這是一個值得關注的問題。制定中學自然科學基本學力要求，是本澳科學教育發展史上的一件大事，筆者有幸作為項目負責人參與其中。本文追述上述兩個課程文件研制過程中的一些重要議題，對科學素養概念在基本學力要求中的界定和落實進行解釋和說明，以期對相關問題的研究及有效實施科學素養教育有所啟示。

作者簡介：魏冰，澳門大學教育學院副教授、研究生課程主任、博士生導師、科學教育博士。

^① 郭曉明：《核心素養和澳門非高等教育課程框架》，《澳門研究》（澳門）2016年第4期，第43—59頁。

一、科學素養教育的含義

綜觀國際科學教育發展現況，科學教育大眾化已是共同趨勢。科學技術已經滲入到現代社會生活的方方面面，每個人都必須具備基本的科學素養，對科學知識、科學方法、科學精神、科學與社會的關係等有基本的認識和瞭解，再在此基礎上對個人或社會問題作出適當的判斷和決策。以科學素養為主旨的教育被稱為科學素養教育。^①具體說來，科學素養教育在課程目標上強調既要滿足將來從事科學技術研究的少數學生的要求，也要滿足大多數將要成為普通公民的學生的要求。在課程內容上，不但要重視科學知識與方法的學習，也要關注與科學有關的個人和社會問題。科學素養作為一個專有名詞創建於1950年代，其基本含義是在現代社會中一個合格的公民對科學及其應用應該有基本的認識和瞭解。自1980年代以來，在科學大眾化的潮流下，很多學者對這個概念進行了詮釋和解釋。例如，美國學者Miller提出科學素養應包括三個基本成分：（1）科學的基本知識與概念；（2）科學的過程與方法；（3）科學、技術與社會之間的聯繫。^②一些學者在文獻綜述的基礎上提出一個具有科學素養的人需具有的基本素質：（1）理解科學觀念和科學本質；（2）擁有科學的思維習慣；（3）具備參與與科學有關的社會問題的基本知識；（4）欣賞並認同科學；（5）具備有關科學的益處和風險的知識；（6）能夠批判性地思考科學主張和科學發現。^③面對各種各樣關於科學素養高的界定，我們需要明確科學素養在科學課程發展中的基本性質。按照Bybee的說法，科學素養首先是一個課程改革的口號（slogan），引領着人們去努力；其次是一個比喻（metaphor），超越了英文literacy的字面含義（基本的讀、寫能力），表達一種面向基礎和大眾的改革傾向。^④為此，他建議從以下幾個方面理解這個名詞：第一，科學素養提倡的科學教育是普通教育而不是專業教育；第二，科學素養意味着同樣的教育標準適用於所有的學生；第三，科學素養闡釋了科學教育的不同重點；第四，科學素養代表着一種關於科學理解和科學能力的連續體；第五，科學素養包括多個維度；第六，科學素養包括科學與技術。在著名的科學教育改革方案“2061計劃”中，科學素養的範圍被定義在12個方面，內容涉及科學、技術、數學、社會、科學哲學和科學史等學科，可謂包羅萬象；^⑤在稍後出版的美國《國家科學教育標準》中，科學素養包括8個維度：（1）統一的科學概念和過程；（2）作為探究的科學；（3）物質科學；（4）生命科學；（5）地球與空間科學；（6）科學與技術；（7）科學的個人和社會視野；（8）科學的歷史與本質。^⑥顯然，科學素養的內容不只是傳統的學科內容，還包括這些內容在不同社會情境中的應用。加拿大學者Roberts認為學科內容及其應用情境是合法的，但具有潛在

① 魏冰：《科學素養教育的理念與實踐：理科課程發展研究》，廣州：廣東高等教育出版社，2006年。

② J. D. Miller, “Scientific Literacy: For Effective Citizenship,” in R. E. Yager (ed.), *Science/Technology/Society as Reform in Science Education*, New York: Albany, 1996, pp. 185-204.

③ S. P. Norris, & L. M. Phillips, “How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy,” *Science Education*, Vol. 87, No. 2 (Mar 2003), pp. 224-240.

④ R. W. Bybee, “Towards an Understanding of Scientific Literacy,” in W. Graber & C. Bolte (eds.), *Scientific Literacy*, Kiel, Germany: Institute for Science Education (IPN), 1997, pp. 37-68.

⑤ *Project 2061—Science for all Americans*, Washington, DC: AAAS (American Association for the Advancement of Science).

⑥ NRC (National Research Council), *National Science Education Standards*, Washington, D. C.: The National Academies Press, 1996.

衝突的兩種課程資源，為此，他認為科學素養有必要分為科學素養I和科學素養II兩種視界——前者指向傳統的學科內容（知識與過程），後者指向學科內容的各種應用情境（社會應用）。^① 這個關於科學素養不同視界的劃分，為我們確立基本學力要求的內容範疇提供了一個重要的理論基礎。

二、中學自然科學基本學力要求的研制

（一）基本過程

在《本地學制正規教育課程框架》中，“科學與科技”是6個學習領域中的一個，初中和高中的“自然科學”分別屬於“科學與科技”中的一個“科目”，前者的最低學時是12,360分鐘，後者的最低學時是5,600分鐘。在教育暨青年局的統一協調下，初、高中自然基本學力分別以項目委託的形式交於澳門大學教育學院完成，筆者受教育學院的指派作為項目負責人統籌具體的研制任務。《初中教育階段自然科學基本學力要求》（簡稱“初中基力”）和《高中教育階段自然科學基本學力要求》（簡稱“高中基力”）的研制大致都經歷了隊伍組建、草擬計劃書、分頭撰寫、階段研討、解釋與說明等環節，分別始於2012和2013年內完成初稿，後來又經過多次修改，於2017年正式頒佈實施。多位來自內地、香港和台灣地區的科學教育專家作為研制人員或顧問參與初、高中科學基力的研制；同時，先後有十多位本地科學教師作為教師代表參與研制過程，負責向項目組提供本澳一線科學教學的基本情況。

初、高中科學基本學力要求的研制，在課程理念、課程目標、主題確立以及條目釐定主要基於四個方面的考慮。首先是本澳有關非高等教育的法律法規；其次是國際理科課程發展趨勢，即科學教育大眾化與科學素養教育的相關文獻；第三是《澳門中小學自然科學教育專項評鑒報告》；^②最後是關於本澳的社會分析，包括公民素養、社會產業以及中學畢業生的就業情況等。

（二）課程理念

澳門第9/2006號法律《非高等教育制度綱要法》第四條中明確提出全面提升學生的“科學和人文素養”的總目標，這是本澳非高等教育的基本方向，也是各科目基本學力要求的立足點。如前所述，在科學教育領域，科學素養的教育理念與本澳的基本學力要求的含意和定位是完全吻合的。為此，我們把科學素養作為澳門中學自然科學基本學力要求的中心目標。從科學素養的文獻討論中，我們知道，科學素養教育面向全體學生，科學教育的內容強調學科之間的聯繫，突出科學與現代社會和學生日常生活的關聯，在教學方法方面強調科學探究和學生的自主學習。綜合上述考慮，為了實現科學素養教育的中心目標，我們確立了自然科學基本學力要求的三項“基本理念”，它們是：第一，立足學生個人發展，提高科學素養水平；第二，注意學科聯繫，理解科學、技術、社會與環境之間的關係；第三，宣導科學探究，注重教學方式的多樣化。在基本理念方面，初、高中基力的用詞略有差異，但基本意思是一致的。

① D. A. Roberts, “Scientific Literacy/Science Literacy,” in S. K. Abell & N. G. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2007, pp. 729-780.

② 魏冰、謝金枝、施達明、陳溢甯、阮邦球、李銘源：《澳門中小學自然科學教育專項評鑒報告》，澳門：澳門大學，2009年。

（三）課程目標

在課程理念和課程內容之間是課程目標。基於科學素養的理念，我們分別提出初中和高中基力的課程目標。初中基力的課程目標有7條，它們是：

- 保持並發展對自然現象的好奇心和求知欲，增強對科學學習的興趣和熱忱。
- 理解基本的科學知識，能用相關的科學概念和原理解釋一些常見的自然現象。
- 學會一些基本的科學方法和技能，引導他們解決一些與科學有關的實際問題。
- 認識科學探究的意義和基本過程，增進對科學探究的體驗，發展初步的探究能力。
- 逐步養成勤於思考、敢於質疑、嚴謹求實、樂於實踐、善於合作等科學精神。
- 瞭解科學、技術、社會、環境之間的關係，關注與科學有關的社會議題，使之初步形成主動參與社會問題討論的意識。
- 瞭解科學的本質，培養其應用科學的知識、方法和態度去看待和解決個人與社會問題的意識。^①

高中基力課程目標有5條，在內容和範圍方面與初中基本一致，但在要求程度上略有提高，它們是：

- 掌握一些基本的科學方法和技能，能夠解決一些與科學有關的實際問題。
- 理解科學探究的意義和基本過程，發展一定的探究能力。
- 養成理性、求真、開放、創新的科學精神。
- 理解科學、技術、社會、環境之間的關係，學會看待和分析與科學有關的社會議題。
- 理解科學的人文性，體會科學與人類進步和社會發展的密切關係，增強對科學本質的認識。^②

從課程目標涉及的範圍來看，包括認知、能力以及情意三個方面，涉及比較傳統的學習興趣、科學知識、科學方法和科學精神等，也包括科學技術社會環境的關係、科學本質等新內容。

（四）內容範疇

在基本學力要求內容的確定方面，我們力圖在傳統與變革、分科與綜合、現實與發展等幾個方面綜合考慮。具體說來，我們既考慮了國際科學教育發展的基本趨勢，也考慮了澳門初中科學教育的實際情況；既考慮了跨學科的議題（如科學探究、科學技術社會與環境），也考慮了分科教學的傳統和教師的教學習慣；既考慮了澳門現實的科學教學水平和條件，也考慮了未來的發展和需要。根據Roberts關於科學素養的兩個視界的劃分，我們認為初中應該以科學素養I為主，側重傳統的學科內容。因此，主題和範疇的選擇主要參照傳統四門學科（物理、化學、生物以及自然地理）的基本內容。按照國際慣例，物理和化學稱為“物質科學”、生物稱為“生命科學”，自然地理中的有關地球和太空的相關內容稱為“地球與太空科學”。傳統上，科學探究是一種教學方法，但為了突出科學探究的地位，參照國際及周邊地區的做法，我們把科學探究列為一個獨立的主題。基於上述考慮，我們確定了初中基力的四個主題，它們分別是：（1）“科學探究”；（2）“物質科學”；（3）“生命科學”；（4）“地球與太空科學”。四個主題分設12個範疇，

^① 第56/2017號社會文化司司長批示，《訂定初中教育階段的基本學力要求的具體內容》附件十，https://bo.io.gov.mo/bo/i/2017/26/despsasc_cn.asp#56。

^② 第55/2017號社會文化司司長批示，《訂定高中教育階段的基本學力要求的具體內容》附件十，https://bo.io.gov.mo/bo/i/2017/26/despsasc_cn.asp#55。

分別是“科學探究理解”、“科學探究能力”、“生活中的各類物質”、“物質屬性和結構”、“物質的運動和相互作用”、“能量和能源”、“生物體的結構”、“生物的生命活動”、“人體與健康”、“生態與進化”、“我們的地球”以及“宇宙的構成”。

對於高中基本學力範圍的確定，我們起初的考慮也是在科學探究、物質科學、生命科學和地球與太空科學四方面，但比初中的要求還要高一些。但是，在澳門，高中自然科學課程在各學校並不統一。有的學校只開始物理、化學、生物其中的一門或兩門，有的學校在高一就開始文理分班，非理科生不再開設科學課程。^①顯然，從學科知識的角度來界定高中自然科學基本學力要求是不現實的。根據Roberts的科學素養II的定義（即強調科學所應用的各種情境），我們決定淡化學科內容，突出跨學科主題，選擇以下四個主題作為高中基本學力的內容範疇，它們是：（1）“科學探究”；（2）“科學史和科學本質”；（3）“環境和資源”；（4）“近現代科技”。毋庸置疑，這些主題也會涉及到某些學科知識，因此對於必要的學科內容也並不回避。初、高中自然科學基本學力要求中的主題與範疇列於表1。

表1 初、高中自然科學基本學力的主題和範疇

初中		高中
科學探究	科學探究理解	科學探究
	科學探究能力	
物質科學	生活中的各類物質	科學史和科學本質
	物質屬性和結構	
	物質的運動和相互作用	
	能量和能源	
生命科學	生物體的結構	環境和資源
	生物的生命活動	
	人體與健康	
	生態與進化	
地球與太空科學	我們的地球	近現代科技
	宇宙的構成	
條目數量	122	42

三、主題與範疇的選擇與確定

（一）關於科學探究

我們認為，科學探究是科學工作者用來研究自然界並利用所獲得的事實和證據進行科學解釋的科學活動；同時，科學探究也是學生建構科學認知、增進科學素養的一種學習方式。科學課程中的科學探究，是指學生在教師指導下，以提高科學素養為目的、採用類似科學家的探究過程所進行的學習活動。基本學力要求將科學探究作為一個主題單列，是希望學生改變傳統單一的學習方式，能主動地獲取科學知識，體驗科學探究的過程與方法，形成一定的科學探究能力和培養創新精神。這一主題包括科學探究的理解以及具備科學探究的能力，它們既是學生將來繼續學習科

^① 魏冰、謝金枝、施達明、陳溢甯、阮邦球、李銘源：《澳門中小學自然科學教育專項評鑑報告》，澳門：澳門大學，2009年。

學課程從事科學研究所必需的，也是他們將來作為一般社會公民在有效地分析和使用科學信息、參與有關科學的社會問題討論或決策時所必備的。在初中，本主題從“科學探究理解”和“科學探究能力”兩個範疇提出了13項基本學力要求，涉及科學本質、科學技能和科學方法等內容。沿用這一思路，高中的科學探究主題共涉及10個條目，在要求程度上略高於初中。

（二）關於學科內容

如前所述，只有初中基本學力要求明確涉及學科內容，包括物質科學、生命科學、地球與太空科學。“物質科學”包括“生活中的各類物質”、“物質屬性和結構”、“物質的運動和相互作用”、“能量和能源”4個範疇，共88個條目。內容涉及物理和化學兩個學科，其中44條涉及物理，44條涉及化學。在傳統物理化學課程基礎上，我們刪除了一些難度較大的知識點，例如力的合成與分解、虎克定律、加速和自由落體運動、牛頓定律、靜電感應與庫侖定律、同位素、流體的壓強與流速的關係、電導體在磁場中受力、內能、感應電流，增加了瞭解本澳空氣品質、能源使用等方面的學習要求。生命科學是自然科學中既古老又年輕的一個研究領域，在20世紀得到了快速發展，成為自然科學發展最迅速的學科，產生了許多新思想、新成果和新技術。初中基力將“生命科學”主題劃分為“生物體的結構”、“生物的生命活動”、“人體與健康”、“生態與進化”4個範疇，共計52個條目。考慮本澳的實際情況，學習目標層次要求總體上略低於中國內地的初中科學課程標準，同時增加了少量諸如“概述本澳的生態環境及其保護措施”、“關注本澳的常見疾病”等本土化的學習要求。地球與太空科學主題內容涉及地球科學和太空科學兩個部分，是自然科學的重要組成部分，對於培養學生的價值觀和人生觀起着不可替代的作用。長期以來，在初中物理、化學、生物分別開設的分科課程體制下，這部分內容一般屬於地理學科的教學範圍之內，而且內容較為單薄。考慮到這部分內容對於全面提高初中生的科學素養的重要性，經過與《社會與人文基本學力要求》的協調與溝通，在初中科學基力中選擇“我們的地球”和“宇宙的組成”兩個範疇，共21個條目。同時，也考慮到本澳的大部分學校在初中實行分科教學，長期以來地球與太空科學部分屬於薄弱內容，因此，這部分內容與相鄰地區的同類課程的同類內容相比，涵蓋面較少，要求也較低。

（三）關於科學史和科學本質

科學史和科學本質都是科學素養中的重要主題，兩者之間有着非常緊密的聯繫。學習科學史可以使學生知道學科知識和方法的來龍去脈，幫助學生理解科學本質，加強對科學人文性的認識。鑑於科學史和科學本質之間的緊密聯繫，我們在確定內容範疇時將它們合併為一個主題。在初中，與科學技術史有關的內容有10個條目，它們分散於物質科學、生命科學和地球與太空科學之中，例如，“B-3-3簡要說明電磁波的應用及其對人類生活和社會發展的影響”、“C-1-3利用細胞的發現說明觀察工具在認識生命世界中的作用”。在高中，科學史和科學本質是一個獨立的主題，共有13個條目，大致可分為兩類。第一類僅包括科學本質的內容，有3條，內容涉及科學與技術的區別和聯繫（B-1）、科學觀念受社會和歷史背景的影響（B-2），以及科學的進化性和革命性（B-3）。我們認為這3個條目對於高中生來說是重要的，同時，由於它們在很多科學史的內容中都能體現，因此沒有和學科內容結合在一起。第二類條目綜合了科學史和科學本質的內容。在這些條目中，首先希望學生瞭解科學發展過程中一些比較重要的史實——涉及化學史的包括B-4至B-6，涉及物理史的包括B-7至B-9，涉及生物的包括B-10至B-13，B-15涉及天文史和地理史。以這些科學史為基礎，大部分條目中加入了科學本質的內容，具體包括科學家對世界可知的信念

(B-4)、創造和想像在科學發展中的作用(B-5)、模型的科學價值及其局限(B-6)、實驗方法在科學發展中的重要性(B-7)、理論和規律在科學發展中的不同作用(B-8)、科學發現的主要特點(B-10)、實驗技術在科學研究中的重要作用(B-11)、科學發展與文化及宗教等的關係(B-12)。

(四) 關於環境和資源

在現代社會，科學與技術已經滲透到了社會和個人生活的方方面面，瞭解科學、技術與社會之間的關係(science, technology and society, 英文簡稱STS)已經成為現代公民參與社會生活必須具備的基本素質。一般說來，科學對人類社會發展的影響是積極的、正面的。但是，科學和技術發展所帶來的一些負面影響日益受到人們的關注，其中最受關注的也是與日常生活關係最為密切的環境和資源問題。這個議題直接關係到人類社會的可持續發展，因此成為目前討論科學與社會關係的一個焦點。近年來，為了進一步突出環境教育在科學教育中的地位，有學者對STS進行了拓展，突出環境(environment)的元素，英文簡稱STSE。這一做法很快就在很多國家得到認同，在多數最新制訂的課程標準或教學大綱裏都有STSE的主題。簡單來說，科學、技術、社會與環境指的是科學技術和人類社會，以及人類賴以生存的生態環境相互之間的複雜關係，既包括科學技術在人類物質文明和精神文明發展過程中所起到的積極作用，也包括科學技術的發展所帶來的社會和環境的問題，同時還涵蓋了社會與環境對科學技術發展的影響。在初中，與環境和資源有關的內容包括以下14個條目，分散於各個學科範疇之中，例如，B-1-25簡要說明酸雨的成因及其對環境的影響；C-4-9描述人口過度增長給環境帶來的嚴重後果。高中基力把“環境和資源”單列成一個主題，以突出這一部分的重要性。本主題包括9個條目，都與學科內容結合在一起，C-1至C-3有關化學，C-3和C-4有關物理，C-6至C-9與生物和地理的關係較大。

(五) 關於近現代科技

科學與技術已經滲透到了人類生活的各個方面，與我們的日常活動密切相關。現代科技是聯繫科學與社會生活的重要紐帶，通常也是學生最感興趣的內容。適當地讓學生瞭解近現代科技，可以提高學生學習科學的興趣與動機，同時也能讓他們體會科學、技術與社會的相互關係。由於最新的科技一般都涉及較複雜的科學知識，基本學力要求中相關的內容不多，要求也不高。在初中，考慮到學生的知識水平和學習能力，只有6個相關條目。到了高中階段，學生的知識和能力有了較大發展，他們接觸現代科技的機會也在增加，因此相關條目有所增加，共有10個條目。其中，2個有關化學(D-1至D-2)，5個有關物理(D-3至D-7)，3個有關生物(D-8至D-10)。

結語

在回顧澳門初、高中自然科學基本學力研制過程的基礎上，本文重點討論了科學素養在課程文件中的落實。基於兩個科學課程文件的研制經驗，筆者提出幾點想法，希望對研究科學素養在課程文件中的落實以及有效實施科學素養教育有所裨益：

第一，關於科學素養理念與課程形式。我們知道，科學素養表達的是一種科學大眾化的教育理念，如何在課程中落實是個問題。課程是由人“制造”的，在不同層次制造的主體不同，使用的話語也不同。按照Deng的說法，“課程制造”在不同層次上可以分為“機構課程”、“項目課

程”和“課堂課程”三種話語。^①在本文中，提高全體學生的科學素養是由本澳社會經濟文化發展狀態和國際科學課程發展的趨勢決定的，也是本澳《非高等教育制度綱要法》所規定的，是本澳科學教育的中心目標，屬於“機構”話語。“基本學力要求”是一種特別的課程形式，包括課程理念、課程目標、課程範疇和具體條目。科學素養在其中的呈現是一種“項目”的話語表達，需要由宏觀到微觀，由課程理念到具體條目逐步落實。

第二，關於科學素養在不同教育階段的具體落實。相關文獻告訴我們，科學素養在教育內容上反映的是綜合成分，既包括學科內容，也包括學科內容所蘊含的各種社會文化意義。^②從學習進階來說，前者是後者的基礎。本澳的初中階段屬於義務教育，學生的共同性強，這就決定了在初中應該側重科學素養I，讓學生學習更多的學科內容。相對而言，高中學生差異性大（有的學習理科、有的學習文科或商科），“基本學力要求”和科學素養教育都是面向全體學生，當然應該包括文科和商科學生在內，因此，在高中應該側重科學素養II。

第三，關於全球化和本地化的關係。像其他學科課程一樣，一個國家或地區的自然科學課程的發展也受到國際影響和本地訴求的制約。^③澳門是一個國際化城市，也是中華人民共和國的一個特別行政區，其發展不可能不受到來自國際和中國內地的影響。但是，澳門在教育制度、教育傳統和社會文化方面又有自己鮮明的特點，這就使得澳門的自然科學課程有別於其他國家或地區。再者，“基本學力要求”這種課程形式本身就是獨特的，它既不是“課程標準”也不是“課程框架”；科學素養的概念也是社會建構的，^④每一個社會對公民的科學素養的要求是不同的，就是對同一個社會在不同發展階段而言，其科學素養的要求也是不同的。因此，在本澳的自然科學基本學力要求中落實科學素養，不得不兼顧本地的現實需要、未來發展以及教學傳統等多方面因素。

[責任編輯 陳超敏]

① Z. Deng, “Scientific Literacy: Content and Curriculum Making,” in C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P. Wickman, G. Erickson, A. MacKinnon (eds.), *Exploring the Landscape of Scientific Literacy*, London: Routledge, 2011, pp. 45-56.

② D. A. Roberts, “Scientific Literacy/Science Literacy,” in S. K. Abell & N. G. Lederman (eds.), *Handbook of Research On Science Education*, Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum, 2007, pp. 729-780.

③ 魏冰：《中學理科課程發展：三十年的回顧與反思》，《中國教育學刊》（北京）2008年第11期，5—8頁。

④ R. C. Laugksch, “Scientific Literacy: A Conceptual Overview,” *Science Education*, Vol. 84, No. 1 (2000), pp. 71-94.