

「國中生能源素養量表」之編製及信效度分析

李隆盛¹ 李懿芳² 潘瑛如^{3,*}

¹中臺科技大學 文教事業經營研究所

²國立臺灣師範大學 工業教育學系

³國立暨南國際大學 國際文教與比較教育學系

摘要

本研究目的在發展一份適用於我國國中生的能源素養量表，以評估國三(九年級)學生對於能源基本且必要之認知、態度與行為表現情形。研究者採用DeWaters等人編製的「中學生能源素養問卷」為藍本，和國中資深教師及能源領域專家共同研議及修訂後，經預試與正式施測程序確認題項內容的適切性。預試階段取樣九年級學生，共獲398份有效問卷，經探索性因素分析、信度分析及Rasch模式進行項目反應分析後，刪除配適不佳的題目；另外針對認知構面編製四個平行版本，以降低學生填答負荷。正式施測階段有效樣本數為1,242，分別進行驗證性因素分析及複核效化檢驗。結果顯示本研究發展之能源素養量表包含能源認知、態度與行為等三個構面，具有良好的信度與效度，題項精簡、有效，可作為評估國中生能源素養的適切工具，且認知構面有平行版本可供選採。

關鍵詞：能源素養、國中生、量表編製

壹、前言

從18世紀以來，煤、石油和天然氣等化石燃料大量開發與利用，大幅提升交通運輸、工業生產、經濟發展和生活條件等各層面的進步與發展；惟過度依賴化石燃料的結果，讓21世紀面臨能源耗竭和環境惡化的危機，因此改善現有能源效率、開發新能源和落實節能減碳，為本世紀全球公認的重大議題，亟待地球村的每個人共同參與(DeWaters & Powers, 2011; Yergin, 2011)。一位具備能源素養的公民，能經過深思熟慮做出負責任

且正確的能源決定、選擇與行動(DeWaters, Powers, & Graham, 2007)，對能源使用帶來正向的影響，是故許多先進國家已將提升全民能源素養列為優先推動的政策，並視其為因應能源危機的有效方式之一(Energy Literacy Advocates, 2009; Griffith, 2008)。

素養(literacy)是指人人均須具備的基本必要能力。綜觀國外評估能源知識及態度的相關研究，大多顯示民眾缺乏足夠的能源素養(Barrow & Morrissey, 1987; Gambro & Switzky, 1999; Holmes, 1978; Ritchie &

*通訊作者：潘瑛如

(投稿日期：民國104年4月10日，修訂日期：民國104年10月26日，接受日期：民國104年10月30日)

Steinbrink, 1984)。例如美國國家環境教育與訓練基金會(National Environmental Education & Training Foundation [NEETF], 2002)調查結果發現，大部分的美國民眾傾向於高估自己的能源知識，而事實上僅有12%的民眾通過能源知識基本測驗。DeWaters與Powers (2011)針對紐約州中學生進行的能源素養調查也指出，中學生對於能源相關知識與議題的認知程度相當低，與20年前的研究發現相差不遠(Barrow & Morrissey, 1987; Gambro & Switzky, 1999)，凸顯出長期以來能源教育的問題。另有研究提到，雖然近年來消費者日漸意識到再生能源的重要，但對於如何發電(Bittle, Rochkind, & Ott, 2009)及替代性能源等議題(DeWaters et al., 2007)仍感困惑，也對能源消耗及節電行動的成效有些誤解(Attari, DeKay, Davidson, & de Bruin, 2010)，例如認為隨手關燈比使用高效節能的電燈或電器，可節省更多的能源等，代表民眾容易高估看得見的電力照明，卻低估看不見的能源使用(Sovacool, 2009a)。Sovacool (2009b)即指出再生能源技術(例如太陽能、風能等)發展相對緩慢的原因，並非源自於科技因素，而是缺乏公眾普遍支持，及社會和教育上的障礙，包括缺乏足夠資訊、誤解化石燃料的成本及抗拒改變的心理趨向所致。Bittle等發現更直指國家面臨的各項能源挑戰之中，缺乏能源知識比經濟或技術等問題更為嚴峻。由此可知，提升大眾的能源素養水準已是刻不容緩的要務。

能源認知與價值觀的形塑主要在於學齡階段(Zografakis, Menegaki, & Tsagarakis, 2008)，因此世界各國紛紛投入能源教育計畫以提升學童能源素養為目標，如美國能源部提出多項能源教育政策，由聯邦及州政府教育主管機關積極推動，並於網站上提供相關的能源教學輔助資料供教師下載運用(US

Department of Energy, 2015)，如2012年出版之*Energy Literacy: Essential Principles and Fundamental Concepts for Energy Education*，詳細說明能源素養的概念與原則，提供各年齡層民眾學習能源知能的重要架構(US Department of Energy, 2012)；歐盟則推出歐洲智慧型能源(Intelligent Energy Europe)計畫，將能源教育列為重要項目之一，由會員國推出單一國家或跨國合作之能源教育計畫，如「智慧型能源使用學校計畫」(Schools for Intelligent Energy Use)即由荷蘭與其他八個會員國共同實施，透過教學方法的設計以提升技職學校學生節約能源與運用新能源於產品改善之能力(European Commission, 2015)；英國成立永續能源中心，發展一系列專為青少年設計的能源教育方案，促進地區節能服務，開拓人們對未來能源的新視野(Center for Sustainable Energy, 2015)。

長期以來，我國在能源教育推動上也是不遺餘力，1996年因應能源產業自由化及國際環保趨勢，核定「臺灣地區能源政策及執行措施」，明確標舉六大政策方針：穩定能源供應、提高能源效率、開放能源事業、重視環保安全、加強研究發展及推動教育宣導；其中，推動教育宣導內容包括普及各級學校能源教育，培養學生正確的能源觀念及節約能源習慣，以提高學生的能源素養(吳再益、黃釋緯，2004)；近期推動大規模的全國性能源教育計畫之一，為2009年由行政院跨部會提出的能源國家型計畫，其中「人才培育」即列為首要辦理的四大主軸之一(能源教育數位平台，2014)，再次顯示能源教育為國內重要的政策之一，其實施成效也格外受到矚目。

能源教育成效評估有賴具有信效度之能源素養評量工具。發展衡量能源素養的工具，除了可以掌握能源教育的辦理成效之外，亦可用來評估學生能源素養程度，做為引導能源素養課程發展與教學設計之參考。檢視國內過去推動之全國性能源科技教育計畫，多著重於能源教育活動推廣、教師能源教育專業增能或能源科技人才培育等項目，對於全國中小學生能源素養調查研究相對罕見，主要原因之一在於缺乏有效及可靠的測量工具。DeWaters, Qaqish, Graham與Powers (2013)即指出能源素養量表的構面、範圍及內容的適切性及合宜性極為重要，例如聚焦於課程具體目標的達成或消費者導向議題的問卷，將產生不同的調查結果。因此，選擇妥適的能源素養構面與題項為發展能源素養工具的關鍵所在。有鑑於此，本研究參酌DeWaters等(2007)的研究指出建構的「中學生能源素養量表」架構及內容，並邀集國內能源領域專家及國中資深教師共同修編能源素養量表，透過預試進行題項刪減及確認，並以正式調查結果驗證量表之信度與效度，建構有效且適用於我國國中階段的能源素養量表，作為評估國中生能源素養表現的工具，其結果可供學生瞭解個人能源素養的程度，並作為學校和相關單位改進能源教育方案及教學活動之實徵參據。

貳、文獻探討

一、能源素養概念

「素養」是指像讀、寫、算之類的能力，是所有人都該具備的基本必要能力，涵蓋知識、技能與態度等面向(李隆盛，1999；蔡清田，2011；Cooper, 1993)。素養使人們能夠相互溝通並定義周圍世界的知識共享體，

不僅是一種理解事物的方式，更提供人們客觀地探索、評估及運用資訊之能力，以做出正確決定和行動(Hirsch, 1988)。DeWaters與Powers (2013)認為能源素養的概念應廣泛包括「科學素養」、「科技素養」和「環境素養」；所謂「科學素養」的意思，從早期強調科學構念等知識內涵，逐漸擴展至科學態度及科學探究、解決問題、分析、綜合、評鑑等較高層次的學習歷程；近期更延伸至科學與社會的整合關係，例如美國國家科學教師聯盟(National Science Teachers Association [NSTA], 1971)認為，具備科學素養者在與他人或環境互動時，能夠應用科學概念、技能與價值於日常生活的決策之中，並能體認到科學知識應用與社會連結的重要性；故廣義的科學素養應包括社會與政治之間交互關係、道德倫理及公民科學素養等概念，並能體認科學、科技對社會和政策選擇可能帶來的衝擊(Miller, 1983)。

其次，「科技素養」(technological literacy)的概念，根據國際科技教育學會(International Technology Education Association [ITEA], 2000)與國際教育科技學會(International Society for Technology in Education [ISTE], 2007)所發展的「科技教育標準」(standards for technology education)，係指使用、管理、分析、評估和瞭解科技系統、解決問題、溝通與參與社會的能力，此定義包含知識、能力與思考以及行動方法等三面向(Pearson & Young, 2002)。能源素養的另一個範疇「環境素養」(environmental literacy)依聯合國教科文組織(United Nations Educational Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 1989)的解釋，為所有人應具備的功能性基礎教育，提供個人處理與環境需求有關的基礎知識、技能與動機，以便對環

境的永續發展做出貢獻。DeWaters與Powers (2013)彙整有關環境教育及環境素養相關文獻，發現雖然學者們對於環境素養定義的看法不盡相同，但大致可以區分為認知(知識、瞭解、認知與解決問題技能)、情感(體認、態度、價值、控制中心、個人責任感)與行為(參與和行動技能)等三大構面。

綜上可知，科學、科技及環境素養均強調個人在對應環境需求時所具備的基礎知識、思維方式、技能與態度。據此，DeWaters與Powers (2013)統整相關概念，提出能源素養內涵架構，並將能力(認知技能、行動技能與價值)整合於素養構面，其中技能除了代表辨別與解決能源相關問題的能力之外，亦泛指批判性思考、作決定與解決問題能力。DeWaters與Powers主張具備能源素養的人，應包括下列特質：(一)對日常生活中如何使用能源有基本的理解；(二)瞭解能源生產和消費對環境及社會領域的影響；(三)體認個人、團體及企業能源相關的決定與行動對全球社會的影響；(四)瞭解節能減碳與發展替代性能源的需求；(五)致力於選擇、決定與採取反映能源發展與消耗的知識、態度及必備的技能。整體而言，能源素養不僅包含能源相關的知識、態度或價值觀，還包括行動及行為表現、批判性思考及解決問題能力等，使民眾有能力回應現實之能源問題，作出正確的決定與行動。

二、中學生能源素養評量工具的發展與構面

檢視多項評量中學生能源素養的測量工具發現，多數問卷的設計主要在配合特定的能源教育計畫，以評估辦理成效為主要目的(Energy Center of Wisconsin, 1999; National Energy Education Development Project, 2013;

National Environmental Education & Training Foundation [NEETF], 2002)。以威斯康辛州K-12能源教育計畫(Wisconsin K-12 Energy Education Program)為例，該能源教育中心發展的能源素養問卷，旨在瞭解教師依據中心提供的「能源教育概念架構及建議範疇與順序」(energy education conceptual framework and suggested scope and sequence)進行課程設計與教學活動後，學生在能源表現上的改變，故題項內容多以計畫著重的能源範圍為主(Energy Center of Wisconsin, 1999)。此類評量結果雖然也能提供大眾瞭解學生能源表現情形，惟因題項多局限於特定的能源教育計畫範疇，而非以不同階段的學生應具備的能源素養為出發點設計，恐無法完整呈現學生應具備之基本且必要的能源程度(DeWaters & Powers, 2011; Lee, Lee, Altschuld, & Pan, 2015)。

有鑑於此，DeWaters與Powers (2011)、DeWaters等(2013)近年來致力於建構適合評估中學生能源素養量表，並經過多次信、效度檢驗及實徵研究驗證，對於能源素養內涵的釐清與調查工具的發展貢獻良多。DeWaters等(2013)的研究指出建構「能源素養問卷」(Energy Literacy Questionnaire, ELQ)主要歷程包括下列步驟：(一)進行文獻探討：分析有關能源教育及能源素養知識、態度及行為之研究，界定能源素養概念及建立評量指標；(二)發展適合的問卷題庫：由六位具代表性的中學教師及大學能源教育學者組成專家小組，檢視現有的能源及環境相關問卷內容，篩選可用的題目並做必要的文字修改與更新；(三)進行二回合前導測試：一為題項前導測試(item pilot test)，據此選擇適切的問卷題目；一為工具前導測試(instrument pilot test)，以評估最後選擇題目的整體表現。結果顯示該問

卷具有信度，在內部一致性檢定上，各構面的Cronbach's α 值均在 .75至 .83之間；另外，運用不同年齡組(國中與高中生)比較、能力對照組比較、因素分析等方法驗證構念效度，也獲得相當程度的支持。

DeWaters等(2007)的能源素養量表包括認知、態度和行為三構面，各構面的題項係依據文獻分析所獲得之能源素養通盤特性(general characteristic)發展而來；在認知構面中，有八項認知特性(主題)，分別為：基礎科學知識、能源相關知識、能源使用對個人及社會的重要、美國及全球能源供需趨勢、能源發展與使用對社會的影響、能源發展與使用對環境的影響、個人與社會的決定對能源發展與使用的影響、及認知技能(DeWaters & Powers, 2013)，其範圍相當廣泛，從能源定義等與日常生活有關的基礎科學知識，到分析與評估能源議題等與認知歷程有關之認知技能均涵蓋其中，並融入與科學、科技及環境素養等相關要素。此外，在認知主題之下，進一步提出33項可供量測的指標，做為衡量學生表現的具體參照，例如在能源相關知識方面，學生應具備的認知表現指標包括：瞭解太陽為主要的能源來源、再生與非再生能源、能源供給與需求之間的關係、能源探勘、開發與使用、能源應用的限制等。

在能源態度構面部分，其內涵包括：關心全球能源議題、正向態度與信念、效能信念等三個主題及11項具體表現指標，例如在「關心全球能源議題」之下學生應有的態度表現包括：重視能源教育、體認能源問題的嚴重性、留意當前能源相關事件、關心能源與環境、經濟、科技發展、公民責任及個人選擇關係之討論等四個指標；這些指標內容的敘寫多具有彈性，以期適應不同學習情境、年齡及文化背景學生之差異。

行為構面的內涵和態度類似，在文字撰寫上也儘量維持開放彈性的解釋空間，以符應不同程度、文化、地域學生之差異。此構面共有五個主題，分為行為傾向和實際行動兩部分，前者包括願意節能、謹慎地作決定、支持能源相關的新改變等三個主題；後者則包括力行節能及鼓勵他人改變能源使用行為等；上述各主題下均羅列出細項的表現指標，共計八項(DeWaters & Powers, 2013)。各構面的主題內容詳表1。

由於DeWaters等(2007)所發展的能源素養問卷，已考量中學生應具備的能源知識、態度與行為程度，並經信度、效度檢驗，因此近年多項研究均以此問卷架構為基礎，做進一步的發展與探究(Chen, Huang, & Liu, 2013; Lee & Lee, 2013)。惟此問卷仍有些侷

表1：DeWaters等(2007)之能源素養問卷各構面主題

認知主題	態度主題	行為主題
1.基礎科學知識	1.關心全球能源議題	行為傾向
2.能源相關知識	2.正向態度與信念	1.願意節能
3.能源使用對個人/社會的重要	3.效能信念	2.謹慎地作決定
4.美國及全球能源供需趨勢		3.支持改變
5.能源發展/使用對社會的影響		實際行動
6.能源發展/使用對環境的影響		1.力行節能
7.個人與社會的決定對能源發展與使用的影響		2.鼓勵他人改變能源使用行為
8.認知技能		

限值得留意，例如在態度與行為構面採用自陳量表，受測者容易因主觀判斷或為了提供社會可接受性答案而失真；相較之下，認知構面比態度及行為等面向適合採用選擇反應題型，惟在評估高層次的認知表現(如分析、評鑑及創作等)上也有其限制，且有關能源事實知識(factual knowledge)的內涵，宜考量文化、年齡及地域等背景因素之不同進行調整。基於上述討論，本研究以DeWaters等發展之能源素養問卷架構及內容為基礎，配合我國社經文化背景，由研究者與國內能源領域學者專家及國中資深教師，共同修編適合臺灣國中生認知、態度與行為的題項，將原試題中與美國情境脈絡有關的題目，如美國能源供需現況與趨勢、暖氣使用行為等，改為我國能源主要來源及冷氣使用行為，並考量國內中學課程綱要進行題項內容與深度的調整，以期進一步發展適合評量臺灣國中生能源素養之工具，解決因不同社會與文化所產生的測量工具適用性問題。

參、研究設計與方法

本研究旨在建構有效、可靠且適用於我國九年級學生的能源素養量表。在量表發展方面，認知題項部分採用項目反應理論(Item Response Theory, IRT)進行試題分析，並進一步產出平行版本；態度與行為題目主要運用探索性因素分析及驗證性因素分析進行效度驗證。以下說明本研究的量表發展程序、研究對象、研究工具與分析方法。

一、量表發展程序

研究者首先透過文獻分析探究能源素養意涵，研析DeWaters等(2007)的研究指出發展的中學生能源素養架構及理論背景，並針對我國國中課程綱要和國內能源現況進行

分析，以對目前國內外有關能源素養內涵、問卷發展及國內中學能源教育課程有全盤性瞭解；量表編製歷程除了參酌DeWaters等發展的「中學生能源素養問卷」架構及內容之外，研究者也透過與三位參與能源科技教育之國中自然與科技資深教師、三位能源領域專家及測驗編製學者之討論，修編適合我國國中生之能源素養量表構面、題項及測量尺度，在預試前分別由一位國中教師及一位國小高年級教師針對量表所有題項進行文字潤飾，並經由三名九年級的國中生試填和回應，確認施測對象能夠完全理解量表題目的內涵。之後，經由預試進行題目刪減，發展量表題庫與複本，並透過正式施測確認能源素養量表之信效度。

二、研究對象

本研究對象為參與「教育部能源國家型科技人才培育計畫」之中學能源教育中心學校及夥伴學校之九年級學生。此計畫主要目的在推動節能減碳與能源基礎教育、深化能源科學教育等，以期有效達成節能減碳、提升生活素養及培育科技人才的目標，全國各縣市共有15個中小學推動中心(學校)及63所國中夥伴學校共同參與。本研究採預試及正式施測兩階段，針對能源科技教育推動中心內的國中學校進行量表調查，運用分層叢集抽樣方式選取代表學校，以全國北區、中區、南區及東區作為分層依據，先從各區選取一所能源科技教育推動中心學校，再從該區不同縣市中選取一所夥伴學校，共計抽取八所位於不同縣市的學校進行調查，以期樣本能儘量吻合全國參與能源科技教育計畫學校之分布情形。預試階段從每校抽取50名九年級學生(共400名)填寫量表；正式施測階段再從相同學校各選取約160名九年級學生參加正式

量表施測，共計1,280名，並將曾參與預試的學生排除在外，以避免重覆施測。

三、研究工具

本研究發展之國中生能源素養問卷內容包含認知、態度及行為等三構面。在認知方面，由於良好的能源知識為培養能源素養之重要基礎(DeWaters et al., 2007)，且須同時考量知識的深度、廣度與情境脈絡的適切性(DeWaters & Powers, 2013)，故本研究以DeWaters等的中學生能源素養問卷之認知主題為主，配合我國國中能源課程規劃及相關文獻分析結果，將認知構面區分為四大主題，分別為：基礎的科學與能源知識、能源來源與資源、能源發展與使用、及能源對社會環境的影響等(各構面的定義詳見表2)。此四大主題與DeWaters等所提出的內容大致相似(表1)，不同之處在於DeWaters等的主題分類較詳細(共八項)，而本研究人員與能源專家及國中資深教師多次討論後，認為目前我國國中課程綱要中有關能源課程內容組成(content organizer)並未具體列出。因此，本研究量表合併部分主題，使其包含較廣的意涵(如將原問卷的「基礎科學知識」、「能源相關知識」二個主題，合併為「基礎的科學與能源概念」)；另外，原問卷中一項有關美國

能源供需趨勢的主題，因其與本研究情境較不相符，故予以刪除。

俟各項主題確認後，由國中資深教師檢視DeWaters等(2007)的研究指出發展的問卷題項，以上述四個主題為核心篩選適合保留的題目、進行題項文字修編、或根據國中課程範圍及全國能源發展重點增訂新題目；例如刪除原問卷中與美國脈絡高度相關之題項(如美國再生能源來源、美國家庭平均一年內使用最多能源的電器設備等)，新增與我國情境及國中課程有關的題項(如臺灣目前最主要的電力來源、臺灣發電方式仰賴進口能源的運作情形等)。此外，在編製題項時，也考量到內容的難易程度，設定以中等難度題目為多數，簡單與困難的題目則分別占約20%至25%，並由國中資深教師依難、中、易三個程度，標示出各題項的難易程度，以檢視其分布情形。本研究為進一步確保量表的效度，請三位能源及測驗編製的學者專家協助檢視認知題目內容的適切性與正確性。最後，發展出48個認知題目，均為單選題，受測者需從四個選項中選出一個正確答案，答對可獲得一分，答錯不倒扣。認知部分四個主題之題項示例詳附錄。

態度構面則包括二個主題：關心全球能源議題及正向態度與價值觀，與DeWaters等

表2：認知、態度與行為構面中各主題之定義

構面	主題	定義
認知	1.基礎的科學與能源概念	瞭解能源定義、能源和電力單位及能量轉換等概念
	2.能源來源與資源	辨識初級能源、再生能源與非再生能源
	3.能源發展和使用	能意識到社會和家庭中能源使用的情形
	4.能源對社會環境的影響	瞭解能源開發與使用對環境與社會造成的影響
態度	1.關心全球能源議題	體認能源問題的嚴重性並關心相關議題
	2.正向態度與價值觀	調適生活方式以緩解能源問題
行為	1.力行節能	在日常生活中展現節能習慣
	2.鼓勵他人改變能源使用行為	鼓勵他人做出明智的能源決策和行動

(2007)的研究指出量表中態度構面的前二項主題相同；該量表另一主題(效能信念)題數僅有二題，且與正向態度與價值觀相近，經與專家學者討論後決定將題目併入處理，不另列主題。態度題目的建構與認知題項類似，係以DeWaters等發展之中學生能源素養態度題目為基礎，並考量我國情境脈的獨特性進行修編，例如原問卷中「美國應該要節約更多的能源」一題，修改為「臺灣應該要節約更多的能源」；最後產出17題，採Likert五點量尺計分，填答者依照同意程度，從非常同意、同意、普通、不同意、非常不同意等選項中勾選，分別給予5、4、3、2、1分，分數越高代表其越具有正向的能源態度。

行為構面題目的主題有二：力行節能及鼓勵他人改變能源使用行為，與DeWaters等(2007)量表該構面中有關「實際行動」部分的主題相同，相關題項亦在考量國內情境因素後進行修改或增刪，例如原問卷中「我很樂意鼓勵家人晚上把暖氣調小，以節省能源」一題，改為「我會建議把冷氣調在適當溫度，以節省能源」，以符合國人使用電器的習慣；並新增「我會建議少搭電梯，多走樓梯」、「我外出時會自備環保餐具，以減少資源浪費」等題目，以配合國內近年來倡導的節約能源與資源之行動方向；另外，原問卷行為構面裡另有與「行為傾向」有關的三個主題，惟在實際問卷中未能找到明確對應的題項，且其意涵(願意節能、謹慎地作決定、支持改變)與本問卷態度構面中的「正向態度與價值觀」主題相近，故本研究將「行為傾向」刪除，在行為構面上聚焦於「實際行動」有關的主題。本量表行為構面共有12題，採用五點量尺，選項包括：總是、常常、有時、很少、從未，分別給予5、4、3、2、1分，分數越高代表越具有積極的節能行為。

四、分析方法

本研究利用項目反應理論(IRT)進行認知構面的試題分析。IRT基本假設為單面向(unidimensionality)與局部獨立(local independence) (de Ayala, 2008; Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991)，單面向代表此測量工具僅在測量一種能力(ability)或潛在特質(latent trait)，實務上只要有一個最強勢(dominant)的因素主導測驗結果，即可視為單面向假設成立，該因素可代表此測量工具所欲測量的能力或潛在特質(Hambleton et al.)；局部獨立則表示在考量答題者的能力或潛在特質後，不同題目的回答結果間並無任何相關性存在(Hambleton et al.)。目前項目反應理論已被廣泛運用於試題分析並發展出數種不同的應用模式(余民寧，2009；Embretson & Reise, 2000)，本研究以單參數(one-parameter logistic)模式進行認知構面題項的項目反應分析(又稱Rasch模式)，估計試題難度與受測者的能力，其關係式如下：

$$\log\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) = \theta_i - b_j$$

其中個人能力為 θ_i ，試題難度為 b_j ， p_{ij} 為第 i 個人答對第 j 題的機率，故受測者答對某道題目的機率取決於其能力與該試題難度。本研究以Winsteps軟體進行項目反應分析，為了處理項目反應分析的尺度未定(scale indeterminacy)問題，該軟體將試題平均難度預設為0，並據此估計其他參數值。除了估計試題難度與受測者能力外，該軟體尚可提供測驗整體信度、試題與受測者配適度等訊息。

態度與行為構面題項採取探索性因素分析(Exploratory Factor Analysis, EFA)與驗

證性因素分析(Confirmatory Factor Analysis, CFA)，檢驗測量工具的信度、建構效度(construct validity)與維度(dimensionality)。首先以Cronbach's α 值檢驗各構面的內在信度，評估去除單一題項後的 α 值是否上升，若有則依序從上升最多的題項開始逐一剔除，直到構面整體 α 值高於去除單一題項後的 α 值為止，後續再以探索性因素分析驗證剩餘的所有題項，檢驗構面與研究假設之態度與行為構面的一致性，並刪除因素負荷量低於.5的題項(Hair, Black, Babin, Anderson, & Tatham, 2006)。再者，本研究將所有態度與行為題項進行探索性因素分析，以驗證結果確實呈現出態度與行為兩個主要構面，最後透過驗證性因素分析檢驗正式施測結果，並利用近似誤差均方根(Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA)、比較適配指標(Comparative Fit Index, CFI)及Tucker-Lewis指標(TLI)等標準確認量表題項的建構效度。

肆、研究結果與討論

本量表經預試及正式施測兩個階段檢驗問卷之信度與效度，研究結果與討論分述如下：

一、預試階段之信效度分析

本研究預試共發放400份問卷，回收398份，回收率99.50%。預試量表認知構面共計48題，項目反應分析結果顯示國中能源認知測驗部分之整體信度為.86，試題難度與受測者能力估計結果如圖1所示。就試題難度而言，平均難度為0，標準差為.97，試題分布範圍介於-1.90 ~ 1.96間，其中難度最高的題目(第18題)有21.61%的受測者答對該題，難度最低者(第14題)有87.94%答對；試題難度介於共同尺度一個標準差以內者計有32題

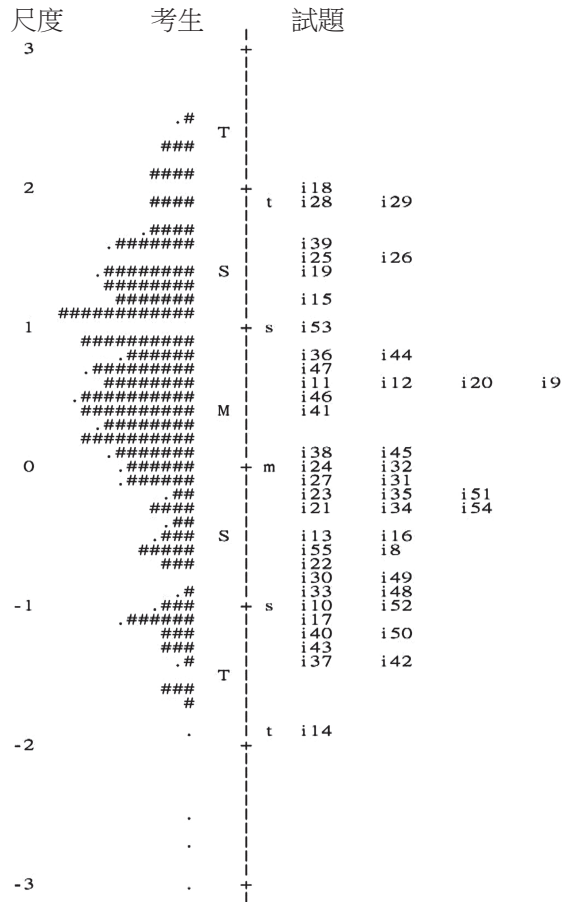


圖1：能源量表預試階段認知試題之難度估計結果

註：虛線代表共同尺度，數字為共同尺度單位；「#」代表2人，「.」代表1人；M、S、T分別代表平均考生能力、一倍標準差與二倍標準差相對於共同尺度的位置；m、s、t則分別代表平均試題難度、一倍標準差與二倍標準差相對於共同尺度的位置。

(66.67%)，介於兩個標準差以內的題項則有47題(97.92%)，僅有一題(18題)難度高於兩倍標準差，符合本研究對於量表難度維持於中等程度之設定。就受測者能力而言，受測者平均能力為0.43，標準差為1.00，其能力分布範圍介於-2.74 ~ 2.52間，其中能力最低者僅答對4題(正確率為8.51%)，最高者答對43題(91.49%)。

在單面向假設檢驗方面，本研究符合 Slocum-Gori與Zumbo (2011)提出因素分析第一與第二特徵值比值應超過三倍的標準。此外，標準化殘差分析顯示試題反應部分可解釋27.10%的總變異量，依Reckase (1979)提出的主構面需達總變異量20%以上之建議，可判定本研究試題反應所需之單面向假設成立。此外，認知部分題目的殘差相關分析顯示，所有試題間的殘差相關係數均在 .40以下，遠小於Linacre (2009)建議的 .70，表示題目間有明顯之局部相關存在。Wright, Linacre, Gustafson與Martin-Löf (1994)認為加權均方指數(infit mean square)介於 .80 ~ 1.20之間為個別試題配適度可接受的範圍，故本研究依此標準逐次剔除配適度最差之題目，並反覆進行項目反應分析以刪除配適不佳之試題，直到所有保留題目之加權均方指數均在指定範圍內，共計刪除6題配適度不佳之題項(依序為第50、48、43、37、40、9題)，刪題後認知部分測驗題共有42題，整體試題信度為 .84。

值得注意的是，在預試階段受測學生普遍反應認知題項數量過多，以致測驗時間過長衍生施測困擾與疲乏，故本研究決定在維持測驗信度高於 .70的前提之下發展複本，適度減少認知題項以利正式施測。依 Spearman Brown信度預測公式估算，題數多於20題方能確保測驗信度達 .70以上(Nunnally & Bernstein, 1994)，且根據Kolen與Brennan (2004)建議，在對部分題目不同的數份試題

共同進行項目反應分析時，共同題目的數目應達全部題目的五分之一以上。綜合上述指標，本研究參考項目反應分析結果、國中資深教師及能源專家的建議，從認知構面42個題項中，依難度低、中、高分別選取四題(共計12題)為共同題項，再將剩餘題項依難度平均分配為四份量表(A、B、C、D卷)，並隨機選取二題重複分派於量表中，建構出四份題項數量相同(各20題)且平均難度、信度及標準差相當之複本(如表3)；在選擇各複本題項時，除了考慮試題難度之外，亦同時檢視是否包含能源認知構面的主題，以期完整涵蓋能源的重要知識。經單因子變異數分析檢驗，各複本之平均試題難度間無顯著差異存在($F = .006, p = .999$)，故正式施測時採用不同認知版本之量表評估受測者能源認知的表現，以期有效節省測驗所需之時間與人力。

預試量表中態度及行為構面題項分別有17及12題，本研究先以內部一致性進行題項篩選，發現態度構面中有五題刪除後的 α 值高於整體 α 值，故依序逐一刪除，剩餘12題態度構面的整體 α 值為 .94。行為構面的題項則未出現上述情形，故全數保留，整體 α 值為 .91。再者，本研究以探索性因素分析評估刪題後態度與行為題項的維度，發現以變異最大法(varimax)旋轉後可區分出兩大構面，結果與本量表定義的態度和行為兩大構面一致，各題項之因素負荷量均達 .50以上(如表4)，合計解釋58%的總變異量，符合Pett, Lackey與Sullivan (2003)與Hair, Anderson,

表3：能源素養認知構面平行量表之測驗信度、平均難度及標準差

平行版本	題數	測驗信度	平均難度	標準差
A卷	20	.72	-.04	1.01
B卷	20	.72	-.01	1.04
C卷	20	.74	-.03	1.08
D卷	20	.70	.00	1.07

表4：態度及行為構面探索性因素分析結果

題號	題目	態度	行為
A1	臺灣應該要節約更多的能源	.78	.16
A2	各類產品應該標示出是否為再生材料或環保材料所製成	.82	.17
A3	政府應該要限制耗油量過高的車輛在道路行駛	.63	.29
A4	我們應該使用更多的再生能源(如：風能、太陽能等)	.77	.17
A5	發展再生能源科技比開發化石燃料(如石油、天然氣、煤等)還要重要	.63	.12
A7	因為地球資源有限，我會告訴親朋好友節約能源的重要性	.77	.29
A8	能源教育對每個學生來說，應該是很重要的課程	.80	.28
A9	如果我知道該如何做的話，我會節省能源	.78	.28
A12	我們應該瞭解設備正確的使用方式，以節約能源	.80	.23
A14	我相信透過適切的選擇和行動(如搭乘大眾運輸工具或隨手關燈)，有助於解決能源問題	.79	.27
A15	我相信透過與他人同心協力(如勸導朋友節水、省電)，有助於解決能源問題	.76	.24
A17	科技產品應該標示出能源效率比	.72	.28
B1	我會節省用水	.37	.66
B2	我外出時會利用走路或騎腳踏車的方式	.29	.58
B3	我會隨手關燈	.48	.50
B4	我會將沒有使用的電器插頭拔掉	.22	.66
B5	電腦閒置時，我會把它關機	.20	.59
B6	我會為節約能源而減少購物	.15	.74
B7	我會建議把冷氣調在適當溫度，以節省能源	.40	.66
B8	我會建議買高效能的節能產品(例如省電燈泡等)取代耗能產品	.38	.59
B9	我會建議少搭電梯，多走樓梯	.28	.73
B10	我會建議定期清洗燈具及電扇，以維持使用效率	.15	.77
B11	我會建議家人外出時，儘量搭乘大眾交通工具，減少自行開車前往	.11	.77
B12	我外出時會自備環保餐具，以減少資源浪費	.06	.70

Tatham與Black (1995)的研究指出提出解釋變異量在50 ~ 60%間屬於可接受範圍之建議。此外，本研究也進一步檢視各題項的交叉負荷(cross loading)情形，依據Boudreau, Gefen與Straub (2001)的研究指出與Hair等發現建議：交叉負荷量大於.40之題目可考慮刪除，綜觀所有題目僅有「我會隨手關燈」此一題項未達標準，惟此題題意明確且為重要之節能行為，故決定保留至正式施測，再以驗證性因素分析檢驗適配情形。綜合上述分析結果，本研究將態度與行為兩構面各12題納入正式

施測量表，由於題數適中，故未再分版。

二、正式施測之信效度分析

本研究在正式施測階段進行認知複本IRT分析、能源科技教育計畫參與學校學生能源認知常模建構、態度與行為題項驗證性因素分析及複核效化驗證等，以期掌握問卷的整體品質。各項分析結果與討論，詳述如下：

正式施測發放1,280份量表，回收1,242份(回收率97.03%)。認知構面的四個版本由各校隨機分派給學生填答，填答人數分別為

312、310、312與308人。由於Rasch模式可透過共同题目的連結將所有採用不同量表之項目反應結果合併分析，故本研究以Rasch模式進行正式施測認知試題難度與受測者能力分析，發現試題平均難度設為0，標準差為1.01，試題難度範圍介於-2.61 ~ 2.57間，單因子變異數分析檢定結果顯示四份複本的平均難度無顯著差異存在($p = .98$)，整體信度為.75；受測者平均能力為0.55，標準差為1.26，其能力範圍介於-5.02 ~ 4.83間，受測者能源素養與試題難度的分布如圖2所示。標準化殘差分析顯示試題反應部分可解釋32.4%的總變異量，代表正式施測試題反應亦符合單面向假設的要求。此外，為瞭解四個認知版本是否符合測驗複本的要求，分別繪製測驗資訊曲線(圖3)，結果顯示所有資訊曲線的分布相當接近，故本研究編製之四個版本達到複本測驗之要求(Adema, 1992)。

除此之外，本研究依據正式施測的答題情形，建立能源科技推動中心與夥伴學校九年級學生之能源認知表現常模，並將項目反應分析之得分標準化，以便於資料分析與解釋。結果顯示當受測者答對半數題目(10題)時對應的PR值為30，其能力相當於試題平均難度(0)；答對13題時其PR值為50，所對應的標準化T分數亦為50，則相當於考生平均能力；答對18題以上可對應PR值95以上(PR值、Rasch模式能力估計值、標準化分數與答對題數對照表如表5所示)。此常模對照表可根據答對題數有效對照出受測者在能源認知常模尺度的相對位置，也可快速掌握受測班級、學校或地區的能源認知程度，為一便利、客觀且有效的能源素養參照工具，其結果除可用來評估能源科技教育辦理學校學生的能源素養程度和計畫辦理績效之外，亦可做為能源教育課程發展和教學設計的參據。

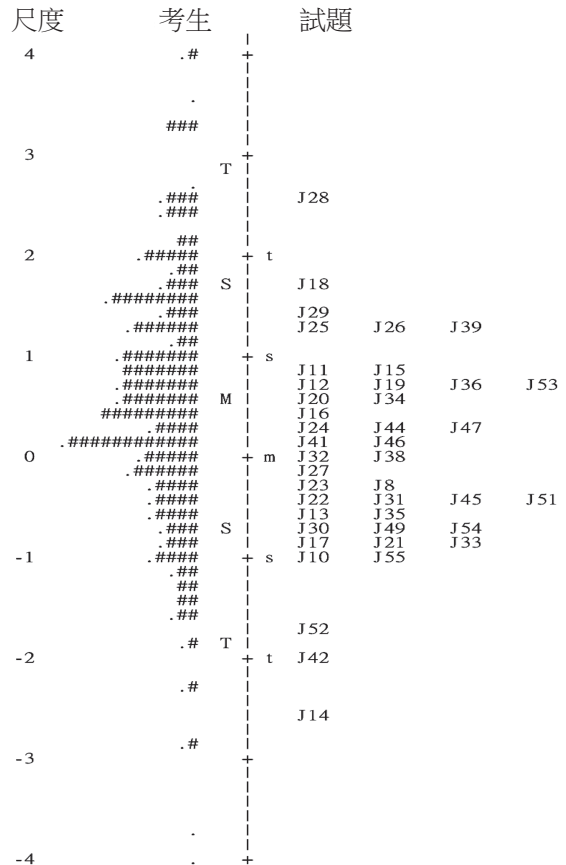


圖2：正式施測能源量表認知部分試題難度估計結果
 註：虛線代表共同尺度，數字為共同尺度單位；
 「#」代表8人，「.»代表1~7人；M、S、T分別代表平均考生能力、一倍標準差與二倍標準差相對於共同尺度的位置；m、s、t則分別代表平均試題難度、一倍標準差與二倍標準差相對於共同尺度的位置。

此外，本研究以驗證性因素分析驗證態度及行為構面之建構效度，發現態度與行為構面間的相關係數為.53；態度構面中所有題項之標準化因素負荷量介於.57 ~ .84之間；行為構面所有題項之標準化因素負荷量介於.48 ~ .72之間，由於題項的因素負荷量皆大於.40，且檢定結果非常顯著(所有 p 值均 $< .001$)，表示研究結果支持正式施測之能源素養量表態度及行為構面之量表向度(scale

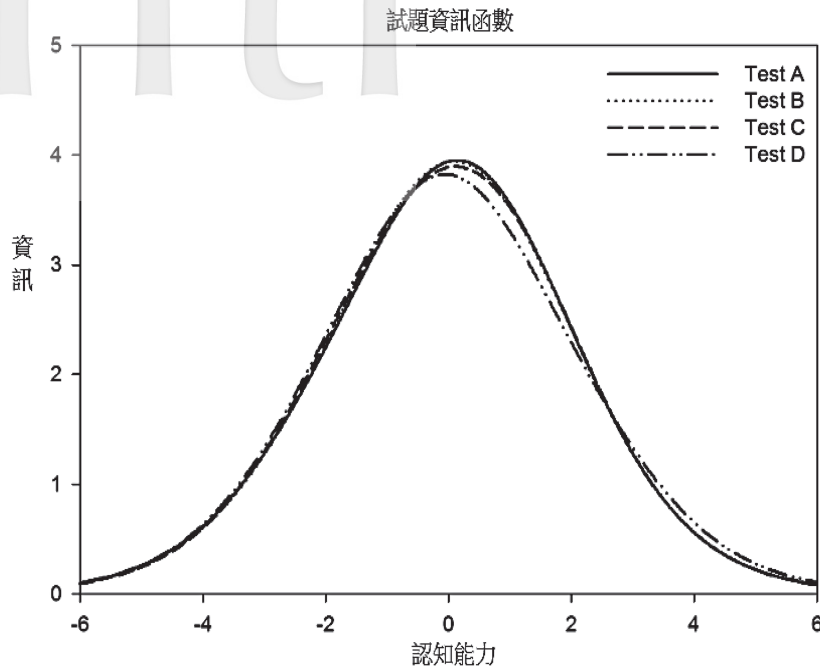


圖3：四個複本測驗資訊分布曲線圖

表5：能源認知表現常模之PR值、Rasch能力估計值、標準化分數與答對題數對照表

PR值	Rasch能力估計值	標準化T分數	答對題數
10	-0.96	38	7
20	-0.43	42	9
30	-0.06	45	10
40	0.21	47	11
50	0.60	50	13
60	0.88	53	14
70	1.19	55	15
80	1.57	58	16
90	2.01	62	17
95	2.52	66	18
99	3.52	74	19

dimensionality)與聚合效度(convergent validity) (Ford, MacCallum, & Tait, 1986)。再者，態度及行為構面之驗證性因素分析模式顯示RMSEA為 .06、CFI為 .92、TLI為 .90，顯見本研究理論模式與正式施測之結果配適良好 (Byrne, 2010)。

最後，為驗證模式對不同樣本的預測效度，本研究進行複核效化(cross-validation)檢驗。為避免統計檢定力不一的影響，以正式施測階段受測人數相同(各312人)的二所學校分別為校正與效度樣本，並採用二種不同的複核效化檢定方法進行分析。首先採用嚴謹

的複製策略，將校正樣本模式分析所估得之全部參數值都設定在效度樣本模式中，並評估其適配指標，結果顯示所得之RMSEA = .05 (< .08)、CFI = .91 (> .90)、PNFI = .75 (> .50)、normed chi square = 2.5 (< 3)，各主要適配指標皆通過括號內所示的門檻值，意謂校正樣本估計出的模式參數對效度樣本資料的適配程度依然良好，可知本研究之假設模式具跨樣本推論性。其次進一步檢定寬鬆及嚴謹策略間MFF卡方值的差異，所謂寬鬆的複製策略即以校正樣本模式對效度樣本進行參數的自由估計，再比較其與嚴謹複製策略的卡方值差異，在考慮自由度改變的前提下是否達顯著水準，以此判定模式的穩定性(黃芳銘，2007)。分析結果顯示，兩者間MFF卡方值差異量為13.27、自由度的差異量為22、 p 值為.93(未達顯著水準.05)，可證模式在不同樣本間的穩定性與預測效度良好。

伍、結論與建議

一份有效且可靠的中學生能源素養量表必須具備以下的條件(DeWaters et al., 2013)：一、滿足教育測量及調查方法的內部一致性標準；二、適合中學生程度；三、方便、適用於課堂實施且採用客觀及有效的評分技術；和四、緊密連結能源素養定義的關鍵基準。本研究之國中生能源素養量表，係根據前述嚴謹的量表發展程序編製，並經信度與效度檢驗分析，符合DeWaters等(2007)提出的各項條件，不僅具有一定的可靠度、有效性，且試題長度及施測方式均易於課堂施測與評分，能客觀評估我國中學生的能源素養程度。根據上述研究結果，本研究歸納結論與建議如下：

一、結論

(一)「國中生能源素養量表」信效度良好，適用於我國國中學生

本研究將能源素養區分為能源認知、態度與行為三個構面，各構面題項經過一系列審題、命題、調整、試答及刪題等過程，並經由能源專家及資深國中教師反覆確認內容的正確性，且符合國中生應具備之能源素養範疇，為一份適用於我國情境脈絡之能源素養評估工具。本量表在預試階段刪除少數適配度較低的題目，再經正式施測進行項目反應理論分析、探索性及驗證性因素分析及複核效化驗證，相關數據均顯示量表之信效度表現良好，無需再進行題項之調整，此結果與研究者預期相近，因本量表發展係奠基於DeWaters等(2007)的努力之上，再經過縝密的題項編製歷程，故量表題項在適度的調整下即能滿足信效度之要求。

(二)複本題項具信效度，且能提高施測效率及可行性

研究者在維持可接受的信度前提下，應用項目反應分析結果重新編排認知題項，保留關鍵與適切的題目，建構出較精簡、能涵蓋能源知識重要概念且難度相當之四份複本，IRT及變異量分析結果均支持複本之信度與效度。由於認知複本題項減少半數以上，除了能夠減輕受測者負擔、節省施測時間及提升量表使用之便利性外，更可保留適配良好的題項，利於未來反覆施測之用。

(三)能源認知常模具參照性，能有效掌握學生的相對表現水準

本研究參照正式施測的答題結果，建立能源科技推動學校九年級學生能源素養認知常模，受測者可透過正確答題數快速對照

出其在常模中的相對表現，以供學生瞭解個人能源認知表現程度在團體中的相對位置，且能做為辦理學校掌握全校學生能源學習成效之參據，並進一步提供教師、學校推動計畫人員及政府相關單位未來規劃能源教育計畫、課程發展及教學活動設計的重要參考資料。

二、建議

(一)發展能源素養題庫、持續更新題項並建構適性測驗平臺

能源議題的重要性與日俱增，且相關知識發展迅速，因此評估能源素養之題目亦應與時俱進。未來有必要建立能源素養題庫，可利用目前編製的題項為基礎，參考項目反應分析結果，持續檢視題目的適切性，並發展各種深度及類型的能源知識題目擴充題庫規模，以利能源素養量表之選取、設計及應用，避免題目因重複施測而失去鑑別度；在實務應用上亦可利用試題分析所得參數建構電腦適性測驗題庫和測驗網站，可因施測對象能源素養程度之差異給予適合的題項與數量，以期提供一個方便、有效的能源素養測驗平臺，提升能源素養評估測驗之效率。

(二)建構全國國中學生能源素養認知常模

政府多年以來積極推動能源教育，除了鼓勵能源教育融入中小學各領域教學活動之外(教育部，2002)，也提出國家型能源科技人才培育計畫，以期提升大專能源科技專業教育水準及強化K-12年級的能源基礎教育。

惟在致力推動各項計畫之際，缺乏具效力之學生能源素養現況做為計畫需求評估或績效評核之參據，實屬可惜。未來宜儘速進行全國國中生能源素養調查，以全面掌握我國學生的能源素養程度。而本研究所發展的能源素養量表即可提供相關調查使用，進一步擴大調查對象至全國國中學生，並可參考本研究發展能源科技推動學校認知表現常模的方法，建構全國國中學生能源素養常模，以提供學生、教師及相關計畫推動人員更多有關能源素養表現的重要資訊。

(三)進行縱貫性研究，追蹤能源素養變化情形

適時與持續性的評估有助於瞭解學生能源素養的長期發展情形。本問卷之設計是以橫斷性研究進行國中生能源素養調查為主要目標，礙於研究限制無法進行素養程度變化趨勢之調查與分析。建議未來研究可利用本研究發展之能源素養量表為基礎，進行必要的題項調整，做為縱貫性研究之調查工具，以瞭解我國國中學生能源教育的中程及長程執行成效，及整體學生能源素養的增長情形。

誌謝

本研究受科技部「高職教科書節能減碳內容分析與節能減碳增能課程行動研究」計畫(NSC 102-3113-S-003-005)及教育部「能源國家型科技人才培育計畫-K12人才培育子計畫」補助，謹誌謝忱。

參考文獻

1. 余民寧(2009)。試題反應理論(IRT)及其應用。臺北市：心理。
2. 吳再益、黃釋緯(2004)。政府能源政策之制定及執行成效探討。國家政策季刊，3(2)，51-78。

3. 李隆盛(1999)。科技與職業教育的展望。臺北市：師大書苑。
4. 能源教育數位平台(2014)。教育部能源國家型科技人才培育計畫。查詢日期：2015年8月10日，檢自<http://www.energyedu.tw/>。
5. 教育部(2002)。加強中小學推動能源教育實施計畫。臺北市：作者。
6. 黃芳銘(2007)。結構方程模式：理論與應用(五版)。臺北市：五南。
7. 蔡清田(2011)。素養：課程改革的DNA。臺北市：高等教育。
8. Adema, J. J. (1992). Methods and models for the construction of weakly parallel tests. *Applied Psychological Measurement*, 16(1), 53-63.
9. Attari, S. Z., DeKay, M. L., Davidson, C. I., & de Bruin, W. B. (2010). Public perceptions of energy consumption and savings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(37), 16054-16059.
10. Barrow, L. H., & Morrissey, J. T. (1987). Ninth-grade students' attitudes toward energy: A comparison between Maine and New Brunswick. *The Journal of Environmental Education*, 18(3), 15-21.
11. Bittle, S., Rochkind, J., & Ott, A. (2009). *The energy learning curve: Coming from different points, the public sees similar solutions*. San Francisco, CA: Public Agenda.
12. Boudreau, M.-C., Gefen, D., & Straub, D. W. (2001). Validation in information systems research: A state-of-the-art assessment. *Mis Quarterly*, 25(1), 1-16.
13. Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming*. New York: Routledge.
14. Center for Sustainable Energy. (2015). *Education*. Retrived August 10, 2015, from <https://www.cse.org.uk/topics/education>
15. Chen, K. L., Huang, S. H., & Liu, S. Y. (2013). Devising a framework for energy education in Taiwan using the analytic hierarchy process. *Energy Policy*, 55, 396-403.
16. Cooper, J. D. (1993). *Literacy: Helping children construct meaning*. New York: Houghton Mifflin.
17. de Ayala, R. (2008). *The theory and practice of item response theory*. New York: Guilford Press.
18. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy*, 39(3), 1699-1710.
19. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2013). Establishing measurement criteria for an energy literacy questionnaire. *The Journal of Environmental Education*, 44(1), 38-55.
20. DeWaters, J. E., Powers, S. E., & Graham, M. (2007, June). *Developing an energy literacy scale*. Paper presented at the 2007 ASEE Annual Conference and Exposition. Honolulu, HI.

21. DeWaters, J. E., Qaqish, B., Graham, M., & Powers, S. E. (2013). Designing an energy literacy questionnaire for middle and high school youth. *The Journal of Environmental Education*, 44(1), 56-78.
22. Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Item response theory for psychologists*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
23. Energy Center of Wisconsin. (1999). *K-12 energy education program baseline study: An evaluation of teacher practices and student and parent learning*. Retrieved June 2, 2012, from <http://www.ecw.org/ecwresults/188-1.pdf>
24. Energy Literacy Advocates. (2009). *Energy literacy advocates*. Retrieved June 2, 2012, from www.energyliteracy.org
25. European Commission. (2015). *Schools for intelligent energy use*. Retrieved August 10, 2015, from <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/sieu>
26. Ford, J. K., MacCallum, R. C., & Tait, M. (1986). The application of exploratory factor analysis in applied psychology: A critical review and analysis. *Personnel Psychology*, 39(2), 291-314.
27. Gambro, J. S., & Switzky, H. N. (1999). Variables associated with American high school students' knowledge of environmental issues related to energy and pollution. *The Journal of Environmental Education*, 30(2), 15-22.
28. Griffith, S. (2008, March). *Energy literacy*. Paper presented at the O'Reilly Emerging Technology Conference. San Diego, CA.
29. Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1995). *Multivariate data analysis with readings*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
30. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
31. Hambleton, R. K., Swaminathan, H., & Rogers, H. J. (1991). *Fundamentals of item response theory*. Newbury Park, CA: Sage.
32. Hirsch, E. D., Jr. (1988). *Critical literacy: What every American needs to know*. New York: Vintage.
33. Holmes, B. (1978). *Energy: Knowledge and attitudes: A national assessment of energy awareness among young adults*. Washington, DC: Department of Health, Education, and Welfare, Education Division, National Center for Education Statistics.
34. International Society for Technology in Education. (2007). *National educational technology standards*. Arlington, VA: Author.
35. International Technology Education Association. (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA: Author.

36. Kolen, M. J., & Brennan, R. L. (2004). *Test equating, scaling, and linking : Methods and practices*. New York: Springer.
37. Lee, L. S., & Lee, K. C. (2013). A framework for energy literacy outcomes and energy education seed teachers' performance. *Energy Education Science and Technology Part B -- Social and Educational Studies*, 5(3), 415-432.
38. Lee, L. S., Lee, Y. F., Altschuld, J. W., & Pan, Y. J. (2015). Energy literacy: Evaluating knowledge, affect, and behavior of students in Taiwan. *Energy Policy*, 76, 98-106.
39. Linacre, J. M. (2009). *A user's guide to WINSTEPS*. Chicago, IL: winsteps.com.
40. Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29-48.
41. National Energy Education Development Project. (2013). *Secondary energy poll: Blueprint for success*. Retrieved August 10, 2015, from <http://www.need.org/Files/curriculum/guides/SecondaryEnergyPoll.pdf>
42. National Environmental Education & Training Foundation. (2002). *Americans' low "energy IQ: " A risk to our energy future*. Washington, DC: Author.
43. National Science Teachers Association. (1971). NSTA position statement on school science education for the 70's. *The Science Teacher*, 38, 46-51.
44. Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
45. Pearson, G., & Young, A. T. (2002). *Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology*. Washington, DC: National Academies Press.
46. Pett, M. A., Lackey, N. R., & Sullivan, J. J. (2003). *Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
47. Reckase, M. D. (1979). Unifactor latent trait models applied to multifactor tests: Results and implications. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 4(3), 207-230.
48. Ritchie, C. A., & Steinbrink, J. E. (1984). Knowledge, attitude, and the energy ethic. *Social Education*, 48(2), 149-152.
49. Slocum-Gori, S. L., & Zumbo, B. D. (2011). Assessing the unidimensionality of psychological scales: Using multiple criteria from factor analysis. *Social Indicators Research*, 102(3), 443-461.
50. Sovacool, B. K. (2009a). The cultural barriers to renewable energy and energy efficiency in the United States. *Technology in Society*, 31(4), 365-373.
51. Sovacool, B. K. (2009b). Rejecting renewables: The socio-technical impediments to renewable electricity in the United States. *Energy Policy*, 37(11), 4500-4513.
52. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. (1989). Environmental literacy for all. *Connect*, 14(2), 1.

53. US Department of Energy. (2012). *Energy literacy: Essential principles and fundamental concepts for energy education*. Retrived June 2, 2014, from http://www1.eere.energy.gov/education/energy_literacy.html
54. US Department of Energy. (2015). *Education homepage*. Retrived August 10, 2015, from <http://energy.gov/eere/education/education-homepage>
55. Wisconsin K-12 Energy Education Program. (2013). *A rationale for energy education*. Retrieved June 2, 2014, from <http://www.uwsp.edu/cnr-ap/KEEP/Pages/About/Rationale.aspx>
56. Wright, B. D., Linacre, J. M., Gustafson, J.- E., & Martin- Löf, P. (1994). Reasonable mean-square fit values. *Rasch Measurement Transactions*, 8(3), 370.
57. Yergin, D. (2011). *The quest: Energy, security, and the remaking of the modern world*. New York: Penguin Press.
58. Zografakis, N., Menegaki, A. N., & Tsagarakis, K. P. (2008). Effective education for energy efficiency. *Energy Policy*, 36(8), 3226-3232.

附錄

認知構面各主題之題項示例

主題	題項示例
1.基礎的科學與能源概念	太陽能主要是應用下列那一種能量轉換？ ① 光能轉變成電能 ② 光能轉變成力學能 ③ 熱能轉變成光能 ④ 聲能轉變成電能
2.能源來源與資源	下列何者不是再生能源？ ① 太陽能 ② 生質能(例如：木材、廢棄物、植物、酒精燃料等) ③ 煤 ④ 水力
3.能源發展和使用	下列有關家庭對能源使用之敘述，何者不能節能減碳？ ① 盡量選用節能家電 ② 盡量開車、騎機車以爭取寶貴的時間 ③ 裝設太陽能熱水器 ④ 使用冷氣時，溫度調在26度
4.能源對社會環境的影響	請問下列何者最能達成大幅降低耗能，減少二氧化碳等溫室氣體排放的目標？ ① 積極發展替代能源 ② 使用更多的核能發電，讓電價更便宜 ③ 為開採更多的原油，砍伐更多的樹木 ④ 興建更新一代的煉油廠

The Development and Validation of an Energy Literacy Inventory for Junior High School Students

Lung-Sheng Lee¹, Yi-Fang Lee² and Ying-Ju Pan^{3,*}

¹Graduate Institute of Cultural and Educational Management,
Central Taiwan University of Science and Technology

²Department of Industrial Education, National Taiwan Normal University

³Department of International and Comparative Education, National Chi Nan University

Abstract

This study aimed to develop an energy literacy inventory for junior high school students to assess 9th graders' performance on fundamental and necessary energy knowledge, affect, and behavior. Based on the energy literacy questionnaires developed by DeWaters and her colleagues, this inventory was drafted and revised by the research team as well as senior teachers at junior high schools and experts panel. A pilot test was conducted to remove unfitted items. For the formal assessment, a sample of 1,242 9th graders was selected. Their responses were used to verify the reliability and validity. Rasch analysis was conducted to examine the item response in the cognitive domain and both exploratory and confirmatory factor analyses were employed to validate the items in the affect and behavior domains. The results showed that the instrument reached high reliability and validity. Four parallel cognitive versions with less items were developed that shortened the inventory successfully. Overall, the Energy Literacy Inventory was shown to be an appropriate instrument to assess junior high school students' energy literacy and it also provided different versions of cognitive items for use.

Key words: Energy Literacy, Junior High School Student, Inventory Development

* Corresponding author: Ying-Ju Pan