

以結構方程模式探討影響高中學生團隊參加創意競賽表現之因素

王裕宏¹ 劉佳儒¹ 張美珍^{2,*}

¹國立科學工藝博物館 科技教育組

²國立高雄師範大學 工業科技教育學系

摘要

為推動能源科技教育，教育部指導由博物館統籌規劃辦理「全國能源科技創意實作競賽」，提供一競賽平臺，讓學生以能源為主題進行創意實作，從中決選出具創意且具體實踐的作品。為探析影響高中學生團隊參加競賽表現的因素，本研究透過文獻分析發展影響創意競賽表現模式，以2014～2017年參加全國能源科技創意實作競賽的387名高中學生為調查對象，進行驗證性因素分析，建構高中學生團隊競賽表現模式，探討在表現模式中各影響因素間的關係。研究結果發現，研究模式適配度理想，適用高中學生團隊競賽表現模式；團隊組成對於競賽表現具有直接顯著的影響，是影響最大的構面因素；知識運用構面對於競賽表現沒有直接影響，參賽動機因素對於知識運用構面有直接影響效果，雖未能直接影響競賽表現，但透過團隊組成對競賽表現具有間接影響效果。本模式分析高中學生參加團隊競賽表現的影響因素，研究結果有助於學校在組織團隊參加比賽時考量學生參賽動機、團隊組成及知識運用對競賽表現的影響。研究另提出具體建議，供學校參加類似競賽活動時參考，如學生團隊的組成方式、學校提供知識運用面的支援等。

關鍵詞：科學博物館、能源科技、創意競賽

壹、前言

近年來高中升學的人學管道多元，學科知識表現已不是唯一的考量因素，尤其在108新課綱中新增科技領域課程，以培養科技素養為目標，強調透過動手實作培養學生學習設計思考的知能及利用運算思維與資訊科技有效解決生活的問題(國家教育研究院，2018)。生活情境導入的專題式活動可提升

學生自學能力，如以實作活動為主軸，可培養問題分析及解決能力；設計任務性活動，則能引導學生有效整合所學知識於日常生活中，藉以培養學生跨學科整合的能力(國家教育研究院，2019)。科技教育的推展機構不限於學校的制式教育環境中，各社教單位尤其是科學及科技類的博物館也多有著墨，從近十多年來教育部委託各大國立博物館成立

*通訊作者：張美珍，mchen0040@nkn.edu.tw

(投稿日期：民國108年3月13日，修訂日期：民國108年5月21日，接受日期：民國108年5月23日)

科學學習中心，或委託辦理各項的大型科技類競賽，都可看出科學博物館在科技教育推廣上的著力甚深。博物館教育推廣上沒有學科範疇的限制，較自由多元，Black (2012)建議科學博物館可規劃具跨學科探究的學習活動，培養學生具創造性問題解決、批判性思維、溝通和團隊合作等創新能力。博物館推廣教育的手法多元，除了傳統展示外也加入多元的學習模式，許多活動設計均能提供學生親自動手操作、探索學習，也可以透過競賽的辦理，提供學生不同於學校的學習(葉蓉樺，2007)。

因具大眾科學及科技教育推廣的責任且隸屬於教育部轄下，教育部常委託博物館辦理能源科技、自造與科技教育相關的競賽。本研究場域「全國能源科技創意實作競賽」即是由教育部指導，為推展能源科技教育所舉辦的大型競賽活動。在面臨能源短缺、氣候變遷、全球環境惡化與危機的世代，引導學生瞭解面對這些重大議題，並學習思考如何因應，是能源科技教育推廣的重點項目。目前108新課綱將能源教育列為議題課程，採融入各領域或於彈性課程中進行教學，而科學博物館在能源議題方面的推廣教育就有更多的發揮空間，可主動規劃設計能源議題相關活動進行推廣(張美珍、王裕宏、沈益承，2018)。「全國能源科技創意實作競賽」由科學博物館規劃設計，以全國高中學生為對象，期透過競賽活動的辦理，讓學生對能源科技主題有較深入的研究，同時訓練學生進行創新思考及實作的能力。學生須先組織團隊參賽，團隊參賽期間透過討論會議、團隊合作分工、提取所需的學理知識、運用創意思考等歷程，最後完成實作作品進行展示簡報，才完成整個參賽歷程。

在組隊到參賽的過程中，有哪些因素

影響團隊最終的競賽表現？過往國內對於探討競賽的成效大多針對單一構面因素進行研究，如參與競賽的動機(王裕宏、張美珍、朱耀明，2012；張志銘，1997；葉家良、張美珍、朱耀明、黃俊夫，2007)、傑出個人特質(洪榮昭、康鳳梅、林展立，2003)、團隊成員組成(胡宜中、邱永亮、蔣鵬，2017)、創作歷程(柳金佑、朱益賢，2010)等因素，較少納入多種構面探討影響競賽表現的因素。本研究彙集上述影響競賽表現的因素，以參賽動機、團隊組成及知識運用等3個因素為主，探討其對競賽表現的影響。因研究著重在團隊競賽，未針對個人特質進行探討，而採團隊的組成構面，但其中包含了成員才能的相關題項；另雖有研究顯示創作歷程對於競賽表現具影響力，但該向度以質性取向研究為宜，未列入本研究的影響因素構面中。據此，本研究以高中學生為對象，以創意實作競賽為主題，並考量高中學生參加競賽的特質，提出影響實作競賽作品之3個重要構面因素，包含參與競賽的動機，對於能源知識、作品製作技巧的知識運用及團隊的組成運作等，透過結構方程模式分析，探究高中學生團隊參與競賽各構面因素間之關係，並建構其理論模式，本研究目的羅列下列3點：

- 一、建構高中學生團隊競賽表現模式。
- 二、探討高中學生團隊在參賽動機、團隊組成、知識運用及競賽表現構面間之關係。
- 三、根據研究結果提出具體建議，供學校參加類似競賽活動時參考。

貳、文獻探討

一、實作活動的內涵與重要性

過去中小學教育偏重以升學為主的教學

策略，但面對全球化經濟局勢的快速改變，從事教育的工作者更應開始思考培養學生新技能，亦即在未來的世界裡「能力的教育」將勝過「學歷的教育」(陳劍涵，2015)。而能力的培養，除課堂上的知識探討，可透過實作活動讓學生學習運用學科知識內容並培養其解決問題能力(呂建億、林坤誼，2014)。實作活動亦是以學生為中心，教師可選擇特定主題進行教學，引導學生進行探索與討論，教師在其中協助學生主動面對問題、解析問題進而解決問題(李隆盛等，2013)。專題活動中，學生可透過團隊合作完成作品，教師再進行多元的成果評量，這樣的歷程可以讓學生與教師達到更好互動，也容易達成預期的學習效果(張珮珊、賴吉永、溫嫻純，2017；Ma, Tucker, Okudan Kremer, & Jackson, 2017)。

12年國民教育改革，讓臺灣教育體制有了很大的轉變，培養學生的科技素養為最重要的宗旨，並依其科技領域課程綱要精神與內容，學校課程應合適安排各年段的實作課程，並鼓勵學生動手實作體驗，且其相關教材的設計建議應強調操作的學習，除了強化實驗、操作與探索體驗過程中獲得的技能外，並能培養其歸納推理，發現、解決問題，以及自我學習的能力(國家教育研究院，2018)。另外，教育部更擬定推動創新自造教育計畫，陸續在大學、高中職及國中小發展自造及科技教育，顯現政府對於實作課程重視的決心。尤其是高中學生，學校常以專題製作活動作為教學媒介，讓學生以自我導向學習的過程，提升個人參與動機和興趣，累積其實作經驗，教師的角色則從傳遞知識轉變為促進學生學習(張芳瑜，2016)。

實作課程可以培養團隊合作技能和經驗，參與者可以體驗解決問題的過程和學

習領導能力，更能培養學生的競爭力(Kim, 2018)。透過參與競賽的學習是最直接培養實作能力的方式之一，學校若鼓勵學生參與實作競賽活動，學生可獲得參與競賽及學習分享的歷程，甚至得獎的成就，同時也豐富參與老師的教學案例與實作指導經驗，更可將活動的精神與目標融合在教學實務內，培育創思能力及技能(程安邦、周立強，2014)。Huang, Chiu與Hong (2016)曾針對684位參與實作競賽活動的中、小學生進行調查，研究結果發現，學生在解決問題的態度、知識的使用與思考技能之間具有正向且顯著的關係，顯示參與實作活動，有助提升學生的學習態度，並豐富其相關知識。因此，學校安排實作課程或以競賽的方式，訓練學生設計、思考，提升解決問題能力，並以完成實際作品或發表為最後的目標，必能培養具有競爭力的人才。

二、影響團隊實作競賽表現之因素

多項研究顯示，透過競賽對於學生的學習確實有積極且正向的影響，可促進學生學習，提升學生的學習動機(王裕宏、張美珍、劉佳儒，2014，2016；Burguillo, 2010; Cheng, Wu, Liao, & Chan, 2009; Yu & Liu, 2009)，而從另一個角度切入，參加競賽的動機能否影響學生的競賽表現呢？有學者指出，透過個人或團隊競爭的方式可提升參賽者追求目標的動機(Vandercruysse, Vandewaetere, Cornillie, & Clarebout, 2013)，不管是以學習為主的內在動機或是受到外在獎勵吸引的外在動機，都會影響競賽的表現 (Liang, Wang, Wang, & Xue, 2018; Tian & Wang, 2016)。

參賽對象的組成可分為個人競賽或團隊競賽，其中團隊競賽的團隊組成方式多元且成員來源也有很多不同的組合，Trischler,

Kristensson與Scott (2018)的研究指出，團隊的組成具多樣性，雖然成員背景之間可能有巨大差異，必須經過努力的協調或溝通，但也會將各種知識或是技能帶入團隊，提升競賽的表現。另有多項研究亦證實，團隊參賽比個人參賽的表現來的好，學校可以藉此來激勵學生學習，促進團隊中學生的創造力、團隊合作、溝通和設計等技能發展(Desai, Tippins, & Arbaugh, 2014; Pack, Avanzato, Ahlgren, & Verner, 2004; Romanello, 2005)。程安邦與周立強(2014)也指出學生實作競賽的價值，不僅在於學校內，也適用於未來進入職場後，對於企業、同事間的合作或競爭，亦必須擁有這方面的價值觀，且透過競賽的參與，能培養出好的團隊合作能力，刺激溝通提出有效的策略並執行方案，讓每個團隊成員都相信自己的貢獻是非常重要的，而且成員之間感受得到未來能夠與社會連結。

學生參與競賽活動，不僅可以增強學習成效，有時甚至比學校的制式學習更容易發揮出不同的創新及創意才能(Riley, 2011; Riley & Karnes, 2009)，尤其是實作型的競賽，因為透過實作競賽的歷程，學生們必須找尋相關知識並加以運用，且從競賽的規範中真正設計製作出一項作品出來，結果雖不像一般市售的商品，但創意構想的激發與歷程的學習才是最重要、最有價值之處(Christiaans, 2002; Christiaans & Venselaar, 2005)。Riley 與 Karnes進一步指出，競賽活動與學校課程其實是可以互相連結的，不管是透過短期或長期的競賽歷程，學生藉由參與競賽較易受到肯定並促進知識的學習與應用，亦容易受到同儕的協助、老師的指導及家長的鼓勵支持等，如新加坡、英國與日本等國家，固定會舉辦一些競賽，得獎的高中學生因此夠進入大學就讀。

團隊創意實作競賽具備上述所提的特質，包含了學生的學習及參與動機、團隊組成與合作，以及各項知識的整合運用等，本研究據以提出影響競賽表現的理論模型(圖1)，探討「參賽動機」、「團隊組成」與「知識運用」3項因素對於競賽表現的影響為何，其中參賽動機與團隊組成為團隊參加競賽的自主項目，為模型中的自變項，而知識運用及競賽表現為依變項，因知識運用與本競賽主題知識內涵相關，在理論架構中同時定為中介變項，並探討其中介的影響效果。以下分別針對3個因素加以分析並提出定義。

(一)參賽動機因素

競賽的動機通常可分為內在動機及外在動機因素(Collins & Amabile, 1999)，內在動機包含如個人對於活動的態度，像是純粹喜愛、有興趣而去參與；而外在動機則是具有外在目的行為，包含如得到獎賞、資源或滿足需求等(Collins & Amabile; Kreitler & Casakin, 2009)。這些動機的因素皆會影響競賽的表現，且可能是內在因素與外在因素夾雜在一起，但有可能大多以本身興趣、好玩、想挑戰自己等內在動機占主導地位(涂君

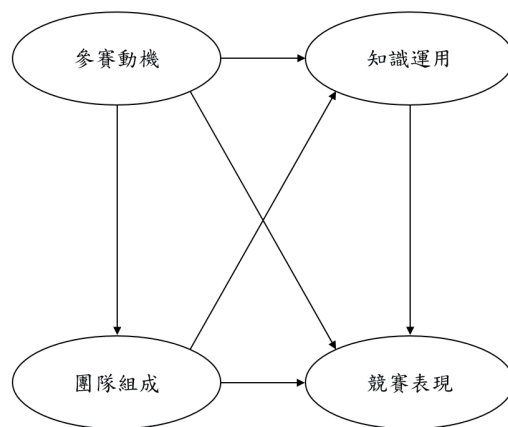


圖1：競賽表現理論模型

暉，2005)。另有研究證實較高的內在動機因素則會有較好的創意及競賽表現(Collins & Amabile; Tripathi, 1992)。Hong, O'Neil與Peng (2016)針對303位中國大陸的高中學生進行研究亦發現，具有較高內在動機的參與者，學校作品的表現在創意性、流暢性及靈活應用方面較好且所得分數皆較高。但Tripathi針對國中學生研究發現，在任務型的競賽過程中，具有較高的好奇心與探究興趣的學生，有比較好的作品表現，相反地，若只為了得到獎金或獎項而忽略了競賽真正內涵，最後會影響其表現，且可能與設定活動的目標相違。王裕宏等(2012)的研究亦發現，參與實作競賽的動機以學習更多知識與提升個人能力的內在動機為最高，以獲得獎金或榮譽之成就動機次之，而為了師長要求或增長自己的人際關係之親和動機為最低。高中學生的求學階段仍需面臨升學壓力，其社交圈有限，參賽時多數因為師長或同學的邀約參加比賽，因而在參賽動機中除了內在的學習動機、外在的成就動機外，亦將維持人際關係的親和動機一起加以探究，因此本研究將參賽動機構面區分為「學習動機」、「親和動機」及「成就動機」等3種類型，定義如下。

1.學習動機

競賽參與者對於競賽具有高度的興趣，期望參賽可獲得更多的知識及增長個人的能力。

2.親和動機

參與競賽可以維持自己的人際關係，包含達成師長的要求、同學團隊間的愉快相處，藉以透過良好的人際關係協助目標的達成。

3.成就動機

期望所完成的作品能獲肯定，並獲得競

賽較好的名次、獎金，甚至能幫助自己未來升學或就業等。

(二)團隊組成因素

團隊中成員組成確實可以影響團隊的創作過程及創造力的表現(Kurtzberg & Amabile, 2001)，但就個人與團隊相比，以對於問題解決的能力為例，團隊對於問題能夠較有深入的觀察及分析，以及有效率的執行任務等(Erbil & Dogan, 2012; McMahon, Ruggeri, Kämmer, & Katsikopoulos, 2016; Mumford, Feldman, Hein, & Nagao, 2001)。許多研究指出，團隊中具有的不同知識、技能和能力的成員，能帶給團隊較有獨特的想法與作為，亦成為提升團隊的創意或績效非常重要的因素(Pociask, Gross, & Shih, 2017)。如Curseu與Pluut (2013)以來自不同國家、性別及經驗背景的團隊大學生進行研究，發現這些背景差異很大的學生，整體團隊合作的氣氛非常重要，在團隊會議上若常發生衝突的行為，會影響其設計作品最後的表現；若組成的團隊有較優秀才能的學生，則可發揮關鍵的因素，適時提升作品的品質。Zhu與Chen (2016)針對研發設計團隊進行研究亦發現，若競賽團隊中具有領導能力的人才，與團隊的績效有顯著的正向關係，因為良好的領導人會鼓勵帶領團員進行創作且在參賽歷程中能解決問題，有益於創造力和創新。另外，Lovelace與Hunter (2013)研究發現，具有魅力的領導者，尤其在執行短期的創作任務中最有幫助，因其具有溝通能力及問題解決能力，讓團隊能夠追隨及服從。

對於求學階段的學生而言，則以學校或家庭兩者影響最大，尤其學校的教師適當的鼓勵或提供支援，將會影響學生在競賽的表現(Lee & Kemple, 2014; Ryan & Patrick,

2001)。Van Eck與Dempsey (2002)研究亦發現，僅透過競賽的方式最後可能無法達到促進學習，但是若有獲得教師的協助或支持，歷程中縱使沒有獲得任何獎項，但也會有其成效。Rubenstein, McCoach與Siegle (2013)以大學生參與創意實作任務為例，認為能提供足夠資源給學生的教師，學生最後完成的作品則具有較佳的成績，顯示得到外部資源的支持能夠影響其表現。因此，團隊的競賽過程中要共同創造團隊好的績效，需具有能力的團隊領導人及成員，過程中每個隊員皆應學習如何運用有效的溝通及尋求解決問題的能力，還需獲得良好的外在資源配合(Brophy, 2006; Marks, Zaccaro, & Mathieu, 2000)。

綜合以上團隊組成對其競賽表現的探討，團隊間具有良好的溝通及相處，成員中有特殊能力及領導人協助解決問題，確實可以提升其表現，而受到外在環境的支持及資源，可以促進其學習及提升團隊整體表現成效。故本研究參考王裕宏等(2014)的研究對於團隊組成構面的分類，將高中學生競賽的團隊組成構面區分為「成員才能」、「團隊溝通」及「外部支援」等3種因素，相關定義如下。

1.成員才能

團隊中具有相關特殊才能，可以協助問題的解決及創意的發揮。

2.團隊溝通

團隊成員間良好的溝通與相處，可以提升團隊的凝聚力，共同朝相同的目標進行。

3.外部支援

家庭或學校的支持，營造良好的環境，可以激勵成員的參與，促進創造力的發展。

(三)知識運用因素

善於運用領域的知識，已被證明對創意作品的表現非常重要(Chiang, Hsu, & Shih, 2017)，創意的作品發想歷程皆是從收集或調查資料開始，再經由資料的篩選與過濾，透過實作實踐其作品，而這些流程最重要的就是知識的學習及運用，需要哪些知識的支持才有利於創作？而哪些知識可以協助管理問題並解決問題？什麼樣的知識內涵可以影響其設計的結果？Amabile (1983)提出工作動機、創造力思考及專業領域等3個核心要素會影響創意作品的產出。而這3個核心要素交叉運用而生，運用適當的知識結合這些核心要素則是達成任務目標的重要因素，這些知識可分為具有設計領域的基礎知識或專業知識，另外還需要有非專業領域的探索性過程知識。其中過程知識則與產出的創意有很高的相關性(Christiaans & Venselaar, 2005)。陳玫伶(2007)針對設計領域的大學生進行研究亦發現，領域基本知識與設計知識同時運用，可提升問題的解答跟創造作品的產生，但未必與創造力有關，必須搭配適當的過程知識學習，才有助於創造力的提升。

競賽可以是一個重要的驗證平臺，用以檢驗及掌握學生們的知識程度(Yue, Cai, Yu, He, & Jin, 2017)。為了驗證知識與創意設計的關係，Christiaans與Venselaar (2005)針對大學一年級的工業設計學生透過「實作」的策略，隨機挑選20位學生經過第一年的設計知識訓練，經過研究後發現作品的創造力與過程知識有明顯的顯著性，亦即具有創意設計的作品就須要有較多過程知識，學生的設計知識及過程知識會隨著時間而增加。王裕宏等(2014)的研究針對大學生參與科學博物館所舉辦的創意實作競賽進行研究也發現，參賽學生整體的知識運用對於競賽作品的表現具

有顯著及直接正向的影響，亦即若要提升競賽作品，需要運用包含競賽所需的知識，如主辦單位規定的主題知識、製作模型需選用的合適工具、材料等技術知識、運用電腦繪圖等所需的設計知識，以及歷程中如何解決問題的過程知識等。

中、小學生參與競賽確實可以激勵創意的作品產出，但學校不太容易獨立出創造力或專門應付競賽的課程，即便獨立出相關課程，也未必能夠發生學習遷移的效益，參與競賽只是媒介(林偉文，2011)，學生必須要有足夠的先備知識，然後從旁適時的協助解決問題藉以引導讓他們發掘下一個新的問題，才能使得競賽活動的效益能夠有效提升(McCade, 1990)。因此，針對中、小學生，學校的老師或父母應多鼓勵學生參與校外之實作競賽，除有可能是本身興趣、想挑戰自己或是對升學就業的幫助等因素，更重要的是參加比賽的附加價值可以從中藉由參賽來體驗親自動手實做的過程，以驗證課堂上所學。

為探究學生參與競賽活動的過程中如何運用各種知識，透過團隊合作的創意構思，最終將其設計的構想實現製出成品的過程。故本研究參考王裕宏等(2014)的研究對於知識運用構面的分類，將高中學生競賽團隊知識運用構面區分為「能源知識」、「技術知識」、「設計知識」及「過程知識」等4種因素，相關定義如下。

1.能源知識

本研究以能源科技為主題，包含能夠提升認識各種重要能源科技、研發能源科技的重要性、如何選用不同能源的特性融入競賽作品中。

2.技術知識

包含材料選用(模型、容器)、工具選用(製作工具、電腦軟硬體)及製作工法的運用(美工刀的工法、鋸子的工法)等知識。

3.設計知識

包含設計方法、設計技能的知識、2D或3D設計圖、動作流程圖、審美學等專業的領域。

4.過程知識

整體競賽歷程中解決問題的過程知識，包含實驗測試、尋求解決問題的方法、模型決策的因素考量。

參、研究方法

一、研究對象與流程

「全國能源科技創意實作競賽」為研究場域，此競賽活動的設計強調成果與過程並重的理念，以主動參與、發表及實作等取向方式。參賽學生報名後可參加主辦單位安排的能源知識相關課程，內容包含主題演講，歷屆得獎作品分享。之後須撰寫創意企劃書參加初賽，每件作品至少由2位評審委員評審。參賽企劃書經初賽審查後約有15%的作品可進入決賽，進入決賽的隊伍，必須完成實作的作品或模型，並帶至科學博物館公開展示，介紹其作品理念、創意特色及運作功能等。

研究分為2個階段進行，第一階段為預備時期，研究者因職務之便，承辦全國能源科技創意實作競賽，於2012年就開始著手相關文獻探討影響競賽表現之因素，以作為本研究之立論根據。第二階段著重於模式之建構，根據文獻所探討之影響競賽因素及模式雛型進行實徵資料驗證，且以量化研究為

主，先針對參加競賽活動之高中學生進行預試，修正後發展成正式問卷量表，並以2014～2017年期間進入競賽活動決賽階段之高中學生為取樣對象，於決賽現場發放問卷，經統計共發放412份，回收有效樣本數為387份，有效回收率約為94%。

二、資料收集與分析

本研究的主要目的為建構出影響創意實作競賽表現因素的模式，依其理論基礎，參考過往之研究建構出理論模型，並透過量化研究的方式，發展量表問卷題項，以利後續驗證其適配度情形，以下為資料蒐集與分析說明。

(一)競賽表現模式發展

本研究提出影響競賽表現的理論模型，探討「參賽動機」、「團隊組成」與「知識運用」3項因素對於競賽表現的影響。建構之理論模式圖中共包含參賽動機、團隊組成、知識運用與競賽表現4個潛在變項，其中參賽動機與團隊組成為潛在自變項，知識運用及競賽表現為潛在依變項，而知識運用在整體

理論架構中擔任中介變項，所以參賽動機及團隊組成藉由知識運用中介指向競賽表現，其競賽表現模式如圖2所示，本研究依此架構發展出調查問卷，以進一步調查實徵資料的模式適配情形。

(二)量表預試分析

本研究問卷量表設計共包含參賽動機、團隊組成、知識運用及競賽表現等4大構面，其中參賽動機之構面係採用王裕宏等(2012)研究所衡量的3個主要因素，共計15個題項，包含學習動機(5題)、親和動機(5題)及成就動機(5題)，用以探討受測學生參與競賽的各項動機因素。另外，採用王裕宏等(2014)研究所建構的競賽表現模式部分量表，共計40個題項，包含團隊組成(15題)、知識運用(20題)及競賽表現(5題)等3個構面，用以探討如成員中的互動、角色、任務及組成背景等團隊特質，而透過博物館教育人員所規範的能源知識應用範圍與競賽流程，以及歷程中所需的基本技術、創意思考應用、設計製作等知識運用，對於學生創作力的提升是否具備某些關鍵性的影響。在競賽表現的量表構面方

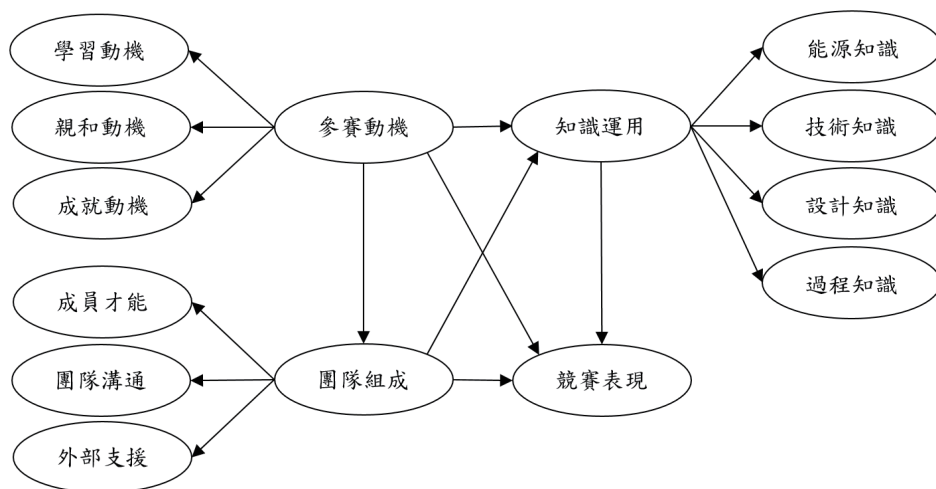


圖2：高中學生團隊參加實作競賽表現模式圖

面，則以參賽者作品的自評為主，指其參與競賽後，個人覺得團隊設計製作的作品具有獨創性(含新奇)或有價值(含適用性、應用潛能)等創意特質，上述所有題項的衡量均採李克特(Likert)七點量表(1 = 非常不同意；7 = 非常同意)。

本研究採用SPSS for Windows 22.0版本軟體(IBM Corp., 2013)進行項目分析、因素分析及信度分析等量表檢驗，並於科學博物館辦理全國能源科技創意實作競賽決賽活動時進行問卷預試調查，針對高中學生發出預試問卷140份，填答回收140份，有效回收率達100%，符合預試分析之樣本數要求。在項目分析中，以「極端組檢驗法」及「同質性檢驗法」作為題項篩選之依據。刪題標準採吳明隆與涂金堂(2005)的建議標準，以極端組檢驗法查看決斷值(即 r 值)3以下或未達.001顯著水準者，相關係數未達.40以上，且顯著水準未達.001之試題；另內部一致性考驗則查驗刪題後可使量表總分的Cronbach's α 係數提高之試題，經檢驗後符合標準予以保留。因素分析及信度分析經檢驗後，計刪除參賽動機構面5題、團隊組成構面5題、知識運用構面6題、競賽表現構面1題，刪題後之因素負荷量介於.460 ~ .898，各構面Cronbach's α 係數值介於.893 ~ .940。在整體預試量表，其因素負荷量達可接受標準，而在整體信度分析中，Cronbach's α 係數值符合Nunnally與Bernstein (1994)建議信度應高於.70的標準，量表預試信度頗佳，皆為可接受之範圍。

肆、研究結果與討論

一、量表信效度檢驗

本研究採用Amos for Windows 22.0版軟體(Arbuckle, 2013)，檢驗測量模式與變項間

之信效度，以驗證性因素分析(Confirmatory Factor Analysis, CFA)衡量構面的「組合信度」(Composite Reliability, CR)、「收斂效度」和「區別效度」，並參考Fornell與Larcker (1981)、Hair, Black, Babin與Anderson (2009)等建議的標準，所有因素負荷量大於.70且須達顯著水準；潛在變項的CR值要大於.70；平均變異萃取量(Average Variance Extracted, AVE)要大於.50。結果顯示，各構面之因素負荷量值介於.66 ~ .96之間，其中只有1個題項因素負荷量為.66接近.70的標準，餘皆高於.70且達顯著水準(各構面題項詳見附錄)，構面間之CR值介於.806 ~ .931之間(皆大於.70)，具有良好的CR，而AVE值介於.512 ~ .771之間，皆達.50以上的標準，顯示量表具有良好的收斂效度。

在區別效度方面，本研究採用Capron (1999)評估區別效度的標準，當每一個構面的AVE平方根大於各構面間的相關係數，即支持區別效度的標準，由表1得知，各構面的AVE平方根介於.72 ~ .88之間，均大於各構面間的相關係數，此分析結果顯示各構面皆滿足判斷準則，顯示量表具有區別效度。

二、研究對象分析

經表2分析，參賽學生在性別方面，以男性居多約占84%，顯現男性學生對於能源議題較感興趣；在年級方面，則為三年級最多，約占59%，其原因可能與目前教育部推動的「大學多元入學方案」有關，希望藉由多元的升學管道與擇才指標，適度引導學生依其興趣、能力與性向選擇有利的管道升學，因高三學生即將面臨另一個升學階段，如藉此競賽經驗爭取優勝，亦可作為後續升學助益；在團隊組成方面，同一個學校組成的團隊為最多，約占91%；在同班級的統計

表1：構面平均數、標準差及相關係數分析表

影響因素	學習動機	親和動機	成就動機	成員才能	團隊溝通	外部支援	能源知識	技術知識	設計知識	過程知識	競賽表現
學習動機	(.88)										
親和動機	.61**	(.85)									
成就動機	.47**	.53**	(.75)								
成員才能	.52**	.64**	.64**	(.73)							
團隊溝通	.60**	.66**	.58**	.72**	(.87)						
外部支援	.52**	.61**	.66**	.59**	.63**	(.72)					
能源知識	.73**	.63**	.54**	.62**	.69**	.62**	(.87)				
技術知識	.62**	.62**	.49**	.62**	.58**	.52**	.71**	(.82)			
設計知識	.56**	.66**	.53**	.66**	.59**	.56**	.61**	.71**	(.81)		
過程知識	.67**	.59**	.53**	.62**	.61**	.57**	.74**	.79**	.73**	(.84)	
競賽表現	.53**	.51**	.55**	.64**	.70**	.54**	.63**	.61**	.51**	.68**	(.88)
平均數	6.37	5.84	6.02	5.97	6.23	5.88	6.42	6.27	5.95	6.26	6.42
標準差	0.92	1.26	1.13	1.15	1.00	1.39	0.86	0.96	1.24	0.99	0.91

註：對角線之值為潛在變項之平均變異萃取量之平方根。^{**} $p < .01$ 。

上則占有55%，顯見生活圈以同一學校較易組成一個團隊，但為求多樣化及對競賽所需的專長，團隊也尋求不同班級的組合。另外，團隊成員具有參與競賽、社團擔任幹部經驗的學生分別為78%及96%，可見此競賽吸引具有活動或競賽經驗豐富的學生參與。

三、模型適配度檢驗

結構方程模型是路徑分析的擴展，主要是協助研究者從理論上的觀點，進一步建立潛在變項(構面)之間的關係，因此包含了潛在變項的測量模型及潛在變項之間關係的結構模型。本研究模型包含有3個二階構面(參賽動機、團隊組成與知識運用)，及1個一階構面(競賽表現)，共有37個測量指標，經初始模型分析後由於初始模式圖並未理想適配，繼續進行模式的修正，刪除「參賽動機→競賽表現」、「團隊組成→知識運用」及「知識運用→競賽表現」3個不顯著($p > .05$)之構面關係，其餘構面間兩兩互相均呈現顯著的影響，刪除後之潛在變項間迴歸係數值如表3

表2：問卷受試對象之基本資料分析表

對象(N = 387)	人數	百分比(%)
性別		
男	327	84
女	60	16
年級		
一年級	21	5
二年級	136	35
三年級	230	59
團隊組成		
同校	354	91
同年級	303	78
同班級	212	55
競賽經驗	301	78
幹部經驗	370	96

所示，並進一步檢視修正指標(Modification Index, MI)值是否有過大，依張偉豪(2011)建議MI最好小於50，若大於100則必須進行修正，經檢查MI值介於4.12 ~ 53.99之間，其中只有一項指數為53.99，餘皆符合小於50之標準，為維持模型之完整性，所有變項皆保留，因此修正後之結構方程模式圖，如圖3所示。

表3：潛在變項間迴歸係數估計值彙整表

構面	非標準化估計值	標準誤(SE)	CR(t值)
參賽動機→知識運用	1.563	.150	10.446***
參賽動機→團隊組成	1.640	.181	9.045***
團隊組成→成員才能	0.883	.077	11.406***
團隊組成→團隊溝通	0.831	.071	11.651***
團隊組成→外部支援	1.000	—	—
知識運用→技術知識	0.859	.057	15.106***
知識運用→設計知識	1.000	—	—
團隊組成→競賽表現	0.719	.065	11.027***
參賽動機→學習動機	1.125	.103	10.937***
參賽動機→親和動機	1.092	.128	8.506***
參賽動機→成就動機	1.000	—	—
知識運用→過程知識	0.882	.063	14.043***
知識運用→能源知識	0.751	.050	14.905***

註：CR：組合信度。*** $p < .001$ 。

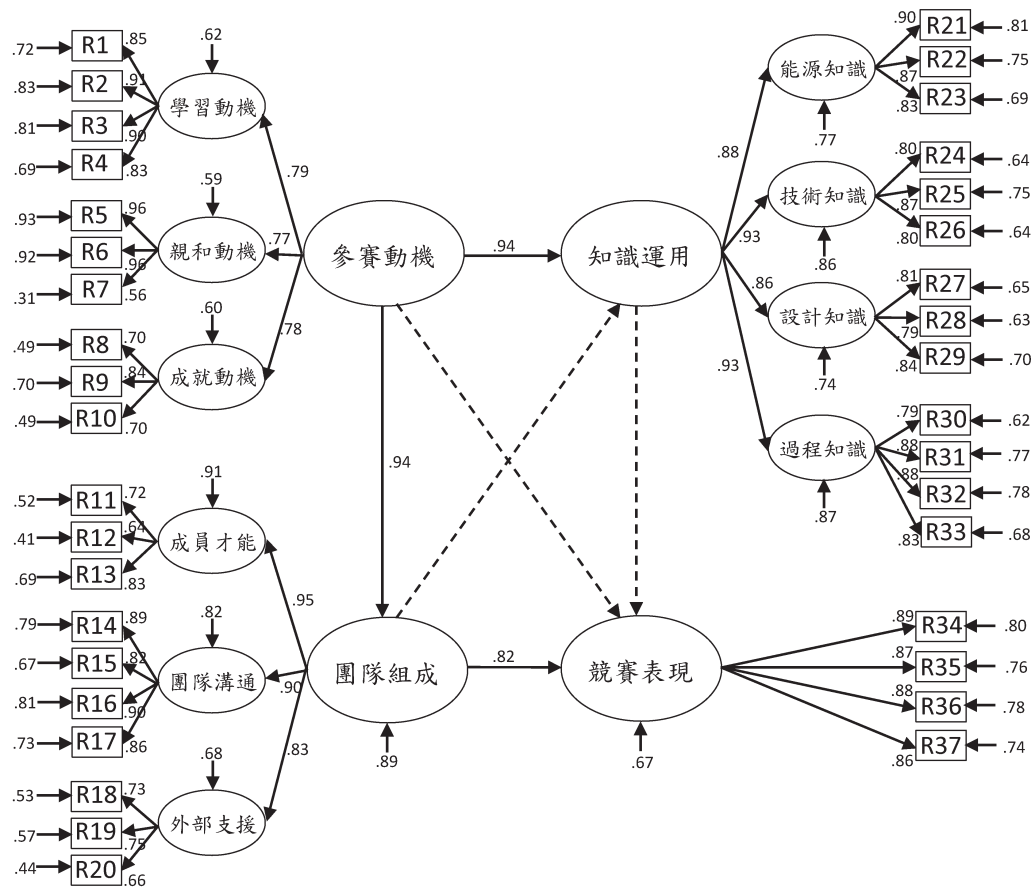


圖3：修正後之高中學生團隊實作競賽表現之模式圖

整體模式適配度是在評鑑整個模式與觀察資料的適配程度，根據Hair等(2009)的建議，整體適配度考驗應至少包含絕對適配度、增值適配度與簡約適配度3方面的評鑑。本研究所提的理論模式與觀察資料適配度的卡方值($\chi^2 = 1,872.824, p < .001$)達.05的顯著水準，亦即本研究所提出的模式與觀察資料不適配，但通常卡方值會隨著樣本數波動，當樣本數過大時，卡方值自然就越大(張偉豪，2011)。因此，為檢視是否樣本數太大造成之適配度不佳，本研究採用Bollen與Stine (1992)建議矯正其 p 值，並進一步修正適配指標。

表4為修正後的模式適配度檢核摘要表，首先利用絕對適配度指標：適配度指標(Goodness of Fit Index, GFI)、調整之適配度指標(Adjusted Goodness of Fit Index, AGFI)、近似均方根誤差(Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA)、標準化均方根殘差值(Standardized Root Mean Square Residual,

SRMR)等來評鑑理論模式與觀察資料的適配度，其中SRMR指數為標準化模型整體殘差值，其值越小越好，若小於.05則為良好適配，從結構模式的檢定結果發現，本研究所得之SRMR值為.062，雖然大於.05的嚴格標準，但小於.08，仍視為可接受適配，表示理論模式與觀察資料具有不錯的適配度。另外，GFI與AGFI指標分別為.910及.900，皆接近.90的標準，顯示本研究的理論模式能解釋極高的變異量。在增值適配度指標：標準適配度指標(Normed Fit Index, NFI)、相對適配指標(Relative Fit Index, RFI)、成長適配指標(Incremental Fit Index, IFI)、非規範適配指標(Non Normed Fit Index, NNFI)、比較性適配指標(Comparative Fit Index, CFI)方面，5項與基準模式比較而得的適配度指標NFI、RFI、IFI、NNFI、CFI值依序為.910、.910、.960、.950、.960，皆大於.90的標準，顯示本研究所建構的競賽表

表4：修正後結構模式適配度檢定分析摘要表

適配度	適配度標準或臨界值	檢定結果	適配判斷
χ^2	愈小愈好	1,143.430	
χ^2/df	< 3.00	1.860	是
GFI	> .90以上	.910	是
AGFI	> .90以上	.900	是
RMSEA	< .08	.050	是
SRMR	< .50	.062	否
NFI	> .90以上	.910	是
RFI	> .90以上	.910	是
IFI	> .90以上	.960	是
NNFI	> .90以上	.950	是
CFI	> .90以上	.960	是
PNFI	> .50以上	.790	是
PGFI	> .50以上	.680	是
PCFI	> .50以上	.830	是

註： χ^2 ：卡方值； χ^2/df ：卡方自由度比；GFI：適配度指標；AGFI：調整之適配度指標；RMSEA：近似均方根誤差；SRMR：標準化均方根殘差值；NFI：標準適配度指標；RFI：相對適配指標；IFI：成長適配指標；NNFI：非規範適配指標；CFI：比較性適配指標；PNFI：精簡規範適配度指標；PGFI：精簡適配度指標；PCFI：精簡比較適配度指標。

現模式與觀察資料的整體適配度大致上達到理想標準。另外，簡約適配度指標：精簡規範適配度指標(Parsimonious Normed Fit Index, PNFI)、精簡適配度指標(Parsimonious Goodness Fit Index, PGFI)、精簡比較適配度指標(Parsimonious Comparative Fit Index, PCFI)即在評估理論模式的精簡程度，以PNFI、PGFI、PCFI值為簡約適配度指標，本研究所得值依序為.790、.680、.830，皆大於.50的標準，顯示本研究建構的理論模式應是一個精簡模式。

綜合上述分析，本研究以結構方程式驗證其模式適配度，由於初始模式並未理想適配，繼續執行模式之修正後，針對競賽表現模式，刪除參賽動機與競賽表現、團隊組成與知識運用、知識運用與競賽表現構面間相關係數不佳之3條路徑，顯現在競賽歷程中，高中學生可能先備知識不足或具升學壓力，團隊成員較無法發揮各種知識的運用、刺激或導引，影響在競賽的表現上。最後，本研究建構的競賽表現模式在整體適配度的考驗上，除了 χ^2 值因樣本數較大而達顯著外，其他各項指標都顯示出理論模式與觀察資料有相當理想的適配度，這些結果都一致顯示建構出的競賽表現模式應可用來解釋實際的觀察資料。

四、模式潛在變項間的效果

根據理論架構圖(圖2)，參賽動機假定可

以對知識運用、團隊組成及競賽表現有直接效果。但從表5彙整表中可看出，參賽動機對知識運用(效果值為.936)及團隊組成(效果值為.942)有直接效果且達顯著，即高中學生的參賽動機越強，則反映在學生的知識運用越好，以及團隊組成中溝通相處或所獲得的相關資源則越好；但參賽動機則無法直接反映在競賽表現上，顯現參賽動機強或弱，與競賽表現無直接關聯性。而在本研究建構的模式中，假定知識運用及團隊組成對競賽表現有直接效果，結果顯示只有團隊組成對競賽表現有直接效果(效果值為.817)且達顯著，即團隊成員間有良好的溝通及協調，或得到較多的資源，會反映在競賽成績的表現；但競賽歷程中，知識運用的程度高低，似乎無法直接影響競賽的表現。而在間接效果方面，模式中只有參賽動機透過團隊組成對於競賽表現有間接效果(效果值為.769)，即參賽動機可以透過團隊組成間接影響競賽表現。由以上的效果分析中可發現，對於高中學生參與競賽表現而言，影響最大的因素構面為團隊組成，不但對於競賽表現具有直接效果，其次為參賽動機因素，亦可透過團隊組成而間接影響。

伍、結論與建議

本研究以創意實作競賽為研究主題，透過文獻資料分析並考量高中學生參加競賽的特質，提出以參賽動機為潛在自變項，而以

表5：模式標準化總效果、直接效果及間接效果彙整表

潛在自變項	潛在依變項	直接效果	間接效果	總效果
參賽動機	知識運用	.936	—	.936
	團隊組成	.942	—	.942
	競賽表現	—	.769	.769
團隊組成	競賽表現	.817	—	.817

註：「—」表示無該效果。

團隊組成、知識運用及競賽表現為潛在依變項的模式，透過結構方程模式分析，探究高中學生團隊參與競賽各構面因素間之關係，並建構其理論模式圖。以下依據實證統計分析結果提出2項結論，並針對學校帶領學生參加比賽及未來研究提出建議，同時提出本研究在取樣、資料取得及推論上的相關限制。

一、結論

(一)本研究模式適配度理想，適用高中學生團隊競賽表現模式，其中參賽動機、團隊組成對競賽表現分別具有間接影響及直接影響效果

本競賽表現模式假定參賽動機對於團隊組成及競賽表現皆有直接影響關係，經實徵研究結果修正模式，修正後的競賽表現模式可用來解釋實際的觀察資料。資料分析結果顯示參賽動機雖然對於團隊組成有直接效果，但對於競賽的表現無直接性的影響，而透過團隊組成則對競賽表現具間接的影響效果。這項結果與過去的研究認為較高的內在動機因素則會有較好的創意及競賽表現略有不同(Collins & Amabile, 1999; Tripathi, 1992)，相較之其他研究，本研究動機構面所採用的向度不同，因參賽動機因素中包含3個向度，具主題性且內涵較多元，其對競賽表現雖無直接效果，但若同時探討其團隊組成的影響，或可驗證作者在動機構面中加入親和動機的考量，高中學生參加競賽確實有別於大學生或其他組成的團隊比賽。另外，高中學生的升學壓力也是必要的考量，本研究對象三年級的高中學生居多(約占59%)，取得參賽的證明確實有助於提出升學相關資料，競賽結果若有助於升學，高中學生較容易受到鼓勵，展現較強的歷程學習動機甚至獲得獎項的企圖心，而動機愈強期望高對自己作品的表現相對會以較嚴格的尺度檢驗。

團隊組成對於競賽表現具有直接且顯著之關係，且是影響最大的構面因素，團隊組成的構面中，包含了團隊中組員的才能、溝通及透過外部支援能力等因素，這些因素可以直接影響在競賽作品的表現中，本研究分析結果和Zhu與Chen (2016)、Lovelace與Hunter (2013)等團隊的研究結果相符，主要是團隊成員間若有良好溝通及協調，進而可能達到團隊共識，最後競賽的成績則會有較佳表現，而成員中具有比賽經驗、領導能力或創意思考的學生，更可發揮關鍵的因素。另外，針對求學階段的學生而言，Ryan與Patrick (2001)認為以學校或家庭兩者影響最大，尤其學校的教師適當的鼓勵或提供支援(Rubenstein et al., 2013)能夠增進競賽的表現，本研究的結果亦支持此一論點。

(二)高中學生的參賽動機對於其知識運用具有直接影響效果，但透過知識運用作為中介變項對競賽表現無顯著影響

針對參賽動機與知識運用構面間的關係，研究結果發現，參賽動機可以直接且顯著的影響知識運用程度，這項結果與McCade (1990)的研究相近，參賽學生的動機越強烈，學生能獲得較多資源，更主動學習與運用各項知識。而參賽動機3個向度中的學習動機，其對知識運用構面也應有一定的影響，如學生參加比賽願意主動蒐集及運用與競賽主題相關的知識，從學生在量表知識運用的構面可看出，在能源知識、技術知識、設計知識甚至過程知識均有不錯的表現，諸如能夠適當的運用相關能源知識於作品中，製作或設計參賽作品模型時，知道如何選擇合適的工具或材料，甚至運用電腦軟體或圖表來表達作品的運作功能等。

本研究原預期在知識運用構面對於競賽表現應有影響，但經實證資料分析卻無直接

影響。能源科技教育未列於高中的領域課程中，且目前高中學生仍難免受學科考試的影響，學校課程中較少以動手做或是專題製作的活動，在知識的整合運用上仍少有經驗，無法探知什麼知識可以被獲取及運用，或是什麼樣的知識內涵可以影響其設計的結果。如同林偉文(2011)的研究指出，學校即便提供了應付競賽的相關活動及協助，也未必能夠立即產生學習遷移的效益。本研究收集的資訊展現其結果，但無法明確解釋其原因，未來或可透過質性的訪談資料進一步分析，釐清原因，對於學校帶領學生參加比賽必有助益。

二、建議

(一)對學校及高中參賽團隊的建議

在團隊組成中，對學生而言，外在的環境以學校及家庭影響最大，經文獻探討得知若受到學校或家庭的支持，可激勵競賽的參與程度，有助營造參加競賽的氛圍，甚至更進一步影響最後得獎與否，本研究也證明團隊組成是影響競賽表現的最重要因素，研究亦得知知識運用構面因素無法直接影響競賽表現，這部分可從知識運用量表分析，如「製作模型時，我會利用圖表來表達模型的各部位功能」、「製作模型時，我會考慮模型的外觀造型及色彩」、「製作模型時，我能夠畫出模型的動作流程圖」等有關設計知識的平均得分偏低(介於5.92 ~ 5.98間)獲得證實。因此，建議學校應多鼓勵學生利用課餘時間參加校外單位所舉辦的競賽活動外，亦可運用團隊競賽結合教學策略，針對高中學生開設有關能源科技知識、實作技巧，甚至學習運用電腦軟體或圖表來表達作品的運作功能等課程，以補足相關知識能力不足之部分。參賽期間學校更應協助提供各項支援，

讓學生透過參賽的歷程，學習如何利用團隊的力量結合學校的學習成效或資源，讓思考更加靈活且能以高成效的知識運用完成創意作品。

(二)對於未來研究的建議

本研究結果顯示，參賽動機、團隊組成及知識運用對於競賽表現具有直接或間接的影響效果存在，尤其在團隊組成的因素扮演重要的角色，學生在學校的相互扶持及互動溝通發揮了作用，思考未來在衡量其競賽表現的成效時，建議可納入參賽學生間的質性訪談資料，更深入探究如團隊的才能、學校或家庭的支援，或是團隊的溝通方式等，其中哪一方面具有較關鍵的重要因素；另外，亦可針對帶隊的教師進行訪談研究，探究學校是否會針對參賽學生提供相關資源，如傳授能源知識、提供教室或實驗設備、製作模型時所需工具、材料及專業知識諮詢等，進一步分析學生的知識背景與競賽表現的關係等。

而針對競賽表現潛在變項構面量表部分，本次所建構的模式中以一階潛在變項構面呈現，雖然競賽表現構面的整體題項包含作品的獨創性或有價值性等與競賽表現有關之子因素，建議未來可增加次項目進行深入探討，如可再分成作品的創意性及作品的應用性等潛在構面子因素。

三、研究限制

本研究主要探析影響創意競賽表現的因素並建構模式，惟影響高中學生競賽表現的因素多元，本研究採量化研究取向，在影響因素擇選上仍有限制，如參賽者個人特質及創作歷程等較適合質性取向的探究，未列入影響因素中。另外，在競賽表現上採用參賽

者作品的自評，雖採七點量表，但每位學生的感受程度不同，在資料取得上也有局限，均不宜過度推論。

在研究對象上，本研究以參與全國能源科技創意實作競賽決賽的高中學生進行調查，雖然學生來自北、中、南等地區，但取樣上仍有局限，無法推論至所有高中學生。因競賽以「能源科技」的主題，研究結果可

作為其他競賽的參考，但因主題不同是否能完全適用，仍須謹慎，不宜過度擴用。

誌謝

本研究受教育部「能源科技競賽及計畫成果展示計畫」經費補助，並經審查委員提供寶貴意見，對本文裨益良多，在此特致謝忱。

參考文獻

1. 王裕宏、張美珍、朱耀明(2012)。大學生參與博物館科技競賽的參賽動機之研究。**科技博物**，**16**(2)，25-44。
2. 王裕宏、張美珍、劉佳儒(2014)。大學生團隊創意競賽表現模式之驗證性分析。**科技博物**，**18**(4)，21-54。
3. 王裕宏、張美珍、劉佳儒(2016)。大學生團隊參與創意實作競賽之參賽動機及競賽成效評估分析。**工業科技教育學刊**，**8**，1-11。
4. 吳明隆、涂金堂(2005)。**SPSS與統計應用分析**。臺北市：五南。
5. 呂建億、林坤誼(2014)。績優高中生活科技教師實作教學表徵之研究。**中等教育**，**65**(4)，14-31。
6. 李隆盛、吳正己、游光昭、周麗端、葉家棟、盧秋珍等(2013)。「十二年國民基本教育領域綱要內容前導研究」整合型研究子計畫九——十二年國民基本教育生活與科技領域綱要內容之前導研究(NAER-102-06-A-1-02-09-1-18)。臺北市：國家教育研究院。
7. 林偉文(2011)。創意教學與創造力的培育——以「設計思考」為例。**教育資料與研究**，**100**，53-74。
8. 胡宜中、邱永亮、蔣鵬(2017)。結合決策實驗室法與網路程序分析法評估烘焙師傅於國際競賽獲獎之關鍵因素。**觀光休閒學報**，**23**(1)，101-127。
9. 柳金佑、朱益賢(2010)。國中生與高中生在班級科技競賽中之參賽表現與問題解決能力差異之研究。**臺東大學教育學報**，**21**(1)，31-55。
10. 洪榮昭、康鳳梅、林展立(2003)。傑出科技創作學童創造特質分析——以機器人競賽為例。**師大學報：科學教育類**，**48**(2)，239-254。
11. 涂君曄(2005)。內外動機、創造力工作環境與創造力之相關研究——以第八屆創思設計與製作競賽之參賽學生為例。未出版之碩士論文，國立中央大學學習與教學研究所，桃園縣。
12. 張志銘(1997)。中學階段學生參與田徑運動競賽動機之研究——以中華民國臺灣省彰化

縣為例。體育學報，22，375-386。

13. 張芳瑜(2016)。於高中實工程設計專題製作活動課程設計之探討。科技與人力教育季刊，3(1)，5-11。
14. 張美珍、王裕宏、沈益丞(2018)。科學博物館能源教育活動對於國小學童能源知識與態度影響。高雄師大學報，44，19-41。
15. 張珮珊、賴吉永、溫嫻純(2017)。科學探究與實作課程的發展、實施與評量：以實驗室中的科學論證為核心之研究。科學教育學刊，25(4)，355-389。
16. 張偉豪(2011)。SEM論文寫作不求人。高雄市：三星統計。
17. 陳玫伶(2007)。知識於創意設計中的角色。未出版之碩士論文，國立臺北科技大學創新設計研究所，臺北市。
18. 陳劍涵(2015)。翻轉教育2.0導讀。國家教育研究院教育脈動電子期刊，1，190-195。
19. 國家教育研究院(2018年9月20日)。十二年國民基本教育課程綱要國民中學暨普通型高級中等學校——科技領域。查詢日期：2019年4月25日，檢自http://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/52/pta_18529_8438379_60115.pdf。
20. 國家教育研究院(2019年1月)。十二年國民基本教育課程綱要——國民中學暨普通型高級中等學校——科技領域課程手冊。查詢日期：2019年4月25日，檢自<https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/img/67/224701854.pdf>。
21. 程安邦、周立強(2014)。參與實作競賽的教育價值。生物機電工程學報，4(1)，1-12。
22. 葉家良、張美珍、朱耀明、黃俊夫(2007)。高中學生參與科技競賽的動機及其與競賽成績之相關性研究。科技博物，11(1-2)，5-29。
23. 葉蓉樺(2007)。高中生動手作研習架構發展與初探：以國立自然科學博物館「高中生史特林引擎模型組裝研習」為例。科學教育月刊，303，2-16。
24. Amabile, T. M. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45(2), 357-376.
25. Arbuckle, J. L. (2013). Amos (Version 22.0) [Computer software]. Chicago, IL: IBM SPSS.
26. Black, G. (2012). *Transforming museums in the twenty-first century*. London: Routledge.
27. Bollen, K. A., & Stine, R. A. (1992). Bootstrapping goodness-of-fit measures in structural equation models. *Sociological Methods & Research*, 21(2), 205-229.
28. Brophy, D. R. (2006). A comparison of individual and group efforts to creatively solve contrasting types of problems. *Creativity Research Journal*, 18(3), 293-315.
29. Burguillo, J. C. (2010). Using game theory and competition-based learning to stimulate student motivation and performance. *Computers & Education*, 55(2), 566-575.
30. Capron, L. (1999). The long-term performance of horizontal acquisitions. *Strategic Management Journal*, 20(11), 987-1018.

31. Cheng, H. N. H., Wu, W. M. C., Liao, C. C. Y., & Chan, T.-W. (2009). Equal opportunity tactic: Redesigning and applying competition games in classrooms. *Computers & Education*, 53(3), 866-876.
32. Chiang, Y.-H., Hsu, C.-C., & Shih, H.-A. (2017). Extroversion personality, domain knowledge, and the creativity of new product development engineers. *Creativity Research Journal*, 29(4), 387-396.
33. Christiaans, H. H. C. M. (2002). Creativity as a design criterion. *Creativity Research Journal*, 14(1), 41-54.
34. Christiaans, H. H. C. M., & Venselaar, K. (2005). Creativity in design engineering and the role of knowledge: Modelling the expert. *International Journal of Technology and Design Education*, 15(3), 217-236.
35. Collins, M. A., & Amabile, T. M. (1999). Motivation and creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 297-312). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
36. Curseu, P. L., & Pluut, H. (2013). Student groups as learning entities: The effect of group diversity and teamwork quality on groups' cognitive complexity. *Studies in Higher Education*, 38(1), 87-103.
37. Desai, A., Tippins, M., & Arbaugh, J. B. (2014). Learning through collaboration and competition: Incorporating problem-based learning and competition-based learning in a capstone course. *Organization Management Journal*, 11(4), 258-271.
38. Erbil, L., & Dogan, D. F. (2012). Collaboration within student design teams participating in architectural design competitions. *Design and Technology Education*, 17(3), 70-77.
39. Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Structural equation models with unobservable variables and measurement error: Algebra and statistics. *Journal of Marketing Research*, 18(3), 382-388.
40. Hair, J. F., Jr., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2009). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
41. Hong, E., O'Neil, H. F., Jr., & Peng, Y. (2016). Effects of explicit instructions, metacognition, and motivation on creative performance. *Creativity Research Journal*, 28(1), 33-45.
42. Huang, N.-T. N., Chiu, L.-J., & Hong, J.-C. (2016). Relationship among students' problem-solving attitude, perceived value, behavioral attitude, and intention to participate in a science and technology contest. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(8), 1419-1435.
43. IBM Corp. (2013). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 22.0) [Computer software]. Armonk, NY: Author.
44. Kim, M.-S. (2018). A web-based system to build teams for project-based learning courses: An industrial engineering case. *Global Journal of Engineering Education*, 20(2), 91-99.

45. Kreitler, S., & Casakin, H. (2009). Motivation for creativity in design students. *Creativity Research Journal*, 21(2-3), 282-293.
46. Kurtzberg, T. R., & Amabile, T. M. (2001). From guilford to creative synergy: Opening the black box of team-level creativity. *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 285-294.
47. Lee, I. R., & Kemple, K. (2014). Preservice teachers' personality traits and engagement in creative activities as predictors of their support for children's creativity. *Creativity Research Journal*, 26(1), 82-94.
48. Liang, H., Wang, M.-M., Wang, J.-J., & Xue, Y. (2018). How intrinsic motivation and extrinsic incentives affect task effort in crowdsourcing contests: A mediated moderation model. *Computers in Human Behavior*, 81, 168-176.
49. Lovelace, J. B., & Hunter, S. T. (2013). Charismatic, ideological, and pragmatic leaders' influence on subordinate creative performance across the creative process. *Creativity Research Journal*, 25(1), 59-74.
50. Ma, J., Tucker, C. S., Okudan Kremer, G. E., & Jackson, K. L. (2017). Exposure to digital and hands-on delivery modes in engineering design education and their impact on task completion efficiency. *Journal of Integrated Design and Process Science*, 21(2), 61-78.
51. Marks, M. A., Zaccaro, S. J., & Mathieu, J. E. (2000). Performance implications of leader briefings and team-interaction training for team adaptation to novel environments. *Journal of Applied Psychology*, 85(6), 971-986.
52. McCade, J. (1990). Problem solving: Much more than just design. *Journal of Technology Education*, 2(1), 1-13.
53. McMahon, K., Ruggeri, A., Kämmer, J. E., & Katsikopoulos, K. V. (2016). Beyond idea generation: The power of groups in developing ideas. *Creativity Research Journal*, 28(3), 247-257.
54. Mumford, M. D., Feldman, J. M., Hein, M. B., & Nagao, D. J. (2001). Tradeoffs between ideas and structure: Individual versus group performance in creative problem solving. *The Journal of Creative Behavior*, 35(1), 1-23.
55. Nunnally, J. C., Jr., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
56. Pack, D. J., Avanzato, R., Ahlgren, D. J., & Verner, I. M. (2004). Fire-fighting mobile robotics and interdisciplinary design-comparative perspectives. *IEEE Transactions on Education*, 47(3), 369-376.
57. Pociask, S., Gross, D., & Shih, M.-Y. (2017). Does team formation impact student performance, effort and attitudes in a college course employing collaborative learning? *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 17(3), 19-33.
58. Riley, T. L. (2011). Competitions for showcasing innovative and creative talents. *Gifted and*

Talented International, 26(1), 63-70.

59. Riley, T. L., & Karnes, F. A. (2009). Competitions. In B. Kerr (Ed.), *Encyclopedia of giftedness, creativity, and talent* (pp. 165-168). Thousand Oaks, CA: Sage.
60. Romanello, T. (2005). Collaborative competition? A great way to teach and motivate. *The Physics Teacher*, 43(2), 76-78.
61. Rubenstein, L. D., McCoach, D. B., & Siegle, D. (2013). Teaching for creativity scales: An instrument to examine teachers' perceptions of factors that allow for the teaching of creativity. *Creativity Research Journal*, 25(3), 324-334.
62. Ryan, A. M., & Patrick, H. (2001). The classroom social environment and changes in adolescents' motivation and engagement during middle school. *American Educational Research Journal*, 38(2), 437-460.
63. Tian, J., & Wang, L. (2016). Impact of design elements on performance in online innovation contests: Contest sequence as a moderator. *International Journal of Services Technology and Management*, 22(6), 315-330.
64. Tripathi, K. N. (1992). Competition and intrinsic motivation. *The Journal of Social Psychology*, 132(6), 709-715.
65. Trischler, J., Kristensson, P., & Scott, D. (2018). Team diversity and its management in a co-design team. *Journal of Service Management*, 29(1), 120-145.
66. Van Eck, R., & Dempsey, J. (2002). The effect of competition and contextualized advisement on the transfer of mathematics skills in a computer-based instructional simulation game. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 23-41.
67. Vandercruysse, S., Vandewaetere, M., Cornillie, F., & Clarebout, G. (2013). Competition and students' perceptions in a game-based language learning environment. *Educational Technology Research and Development*, 61(6), 927-950.
68. Yu, F.-Y., & Liu, Y.-H. (2009). Creating a psychologically safe online space for a student-generated questions learning activity via different identity revelation modes. *British Journal of Educational Technology*, 40(6), 1109-1123.
69. Yue, H., Cai, K., Yu, Y., He, Y., & Jin, Y. (2017). Investigation and analysis of college students' cognition in science and technology competitions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(7), 146-157.
70. Zhu, Y.-Q., & Chen, H.-G. (2016). Empowering leadership in R&D teams: A closer look at its components, process, and outcomes. *R&D Management*, 46(4), 726-735.

附錄

問卷題目內容	平均數	因素負荷量	t值
學習動機(CR = .903; AVE = .701)			
我參加競賽是為了學習能源科技的相關知識。	6.32	.85	23.77***
我參加競賽是為了學習從構想到完成作品的創作歷程。	6.35	.91	27.72***
我參加競賽是為了學習面對問題、分析問題、與解決問題的知能。	6.44	.90	—
我參加競賽是為了體驗團隊合作學習的方式。	6.38	.83	22.61***
親合動機(CR = .847; AVE = .661)			
我希望藉由參加競賽活動結交更多的朋友。	5.85	.96	12.65***
我希望參加競賽活動可以擴展自己的人際關係。	5.92	.96	12.63***
對我來說，和同學愉快相處比把事情完成重要。	5.76	.56	—
成就動機(CR = .806; AVE = .582)			
我有強烈獲得名次的企圖。	5.88	.70	12.10***
為了學校的榮譽，我會努力爭取名次。	5.91	.84	13.62***
參加競賽活動，有助於我未來升學或就業。	6.25	.70	—
成員才能(CR = .852; AVE = .659)			
我的團隊的隊長很有領導能力。	6.06	.72	15.35***
我的團隊的成員比賽經驗豐富。	5.71	.64	13.24***
我的團隊成員都很有創意。	6.12	.83	—
團隊溝通(CR = .901; AVE = .695)			
我的團隊成員的意見會得到充分的討論。	6.23	.89	26.02***
我的團隊成員的意見很容易達成共識。	6.04	.82	21.98***
我的團隊成員常常進行溝通協調。	6.25	.90	—
團隊會議時，我們會互相尊重成員提出的意見。	6.41	.86	24.06***
外部支援(CR = .759; AVE = .512)			
學校的老師會協助我的團隊解決遭遇到的問題。	6.18	.73	11.59***
學校會提供器材與設備，協助我的團隊製作參賽作品。	5.91	.75	11.86***
具參賽經驗的學長姐可以協助我的團隊解決問題。	5.55	.66	—
能源知識(CR = .865; AVE = .684)			
參與競賽活動後，我對於能源科技有進一步的認識。	6.40	.90	—
參與競賽活動後，我知道能源種類不同其使用效率不同。	6.42	.87	23.71***
參與競賽活動後，我知道如何有效的運用我們選用的能源。	6.44	.83	21.80***
技術知識(CR = .891; AVE = .733)			
製作模型時，我會隨時紀錄其創作的過程。	6.10	.80	19.23***
製作模型時，我會選用合適的材料(如木頭、壓克力等)。	6.29	.87	—
製作模型時，我會選用合適的工具(如鋸子、美工刀、熱熔槍等)。	6.41	.80	19.14***
設計知識(CR = .874; AVE = .700)			
製作模型時，我會利用圖表來表達模型的各部位功能。	5.95	.81	—
製作模型時，我會考慮模型的外觀造型及色彩。	5.92	.79	16.68***
製作模型時，我能夠畫出模型的動作流程圖。	5.98	.84	17.86***

問卷題目內容	平均數	因素負荷量	t值
過程知識(CR = .873; AVE = .697)			
製作模型過程中，我會詳細估算製作所需的費用。	6.10	.79	—
製作模型過程中，我會努力尋找資料以達到作品的創意。	6.29	.88	19.62***
製作模型過程中，我重複實驗測試模型的功能。	6.31	.88	19.80***
為製作較完美的模型參賽，我會進行一代代的改進。	6.35	.83	18.16***
競賽表現(CR = .931; AVE = .771)			
我的團隊完成的作品，我認為非常具有創意。	6.35	.89	—
我的團隊完成的作品，我認為很符合生活所需。	6.38	.87	24.60***
我的團隊完成的作品，我認為未來具有發展潛能。	6.51	.88	25.16***
整體而言，我對團隊完成的作品感到滿意。	6.45	.86	23.99***

註：CR：組合信度；AVE：平均變異萃取量。*** $p < .001$ 。

Study on the Factors Affecting the Team Performance of Senior High School Students in the Creative Contest by Using Structure Equation Modeling

Yu-Hung Wang¹, Jia-Ru Liou¹ and Mei-Chen Chang^{2,*}

¹Division of Technology Education, National Science and Technology Museum

²Department of Industrial Technology Education, National Kaohsiung Normal University

Abstract

To promote energy technology education, the “National Energy Technology Creative Contest” was co-sponsored by the Ministry of Education and the Science Museums, with the aim to provide a competitive platform that could allow students to implement creative projects based on the theme of energy. This study explored the influencing factors that affect the performance of senior high students participating in the contest. Based on literature review, this study developed a contest performance model, and treated the senior high school students ($N = 387$) participating in the National Energy Technology Creative Contest from 2014 to 2017 as subjects. The confirmatory factor analysis was used to evaluate the contest performance model and explore the influencing factors in the model. Results of this study revealed: 1. the research model had good model fit to the data collected from the student participants; 2. the team composition dimension had a direct and significant influence on the contest performance and was the most influential of the assessed dimensions; 3. the knowledge application dimension had no direct influence on team performance; 4. motivation factors had direct influence on the knowledge application dimension. Although students’ motivation did not directly affect team performance, it had a mediating effect on team performance through team composition. The proposed model analyzed the influencing factors that affected the team performance of senior high students participating in the contest. The results of this study may be of interest to high schools in evaluating the influence of motivation, team composition, and knowledge application on team performance when organizing teams. Several suggestions are put forward for reference to schools on team contest, including team composition and support from school on knowledge application from schools.

Key words: Science Museum, Energy Technology, Creative Contests

* Corresponding author: Mei-Chen Chang, mchen0040@nknku.edu.tw

