

國小學童參與科展的歷程、內在動機與 科技創造力成長的縱貫性分析

蕭佳純*

本研究分別以參加科展及未參加科展的學生為研究對象，目的在於了解經過相關科展訓練的參加科展學生，以及未有任何相關訓練的未參加科展學生，在經過四次長期追蹤調查之後的創造力成長歷程；除此之外，更進一步探討內在動機分別對兩組學生科技創造力發展的影響。樣本來源是國立臺灣科學教育館第 41 至 50 屆參展資料中選取自願參與的教師，透過教師尋找對應指導的學生，其中參展學生為 208 名，非參展學生為 871 名，使用的工具則為科技創造力測驗及內在動機量表。利用階層線性模式的成長模型分析後發現，有無參加科展學生的科技創造力在開始階段就呈現個別差異且成長趨勢呈現不同發展。其中有參加科展的學生為先下後上的發展趨勢，然無參加科展的學生則為先上後下的發展趨勢，而且參加科展訓練的學生科技創造力低於初始點。而在內在動機方面，有參加科展學生的內在動機對開始階段的創造力為正向影響，且對科技創造力的成長加速度有正向調節效果；反之，內在動機則對未參加科展的學生無任何影響。依據上述研究結果，本研究進一步提出相關建議。

關鍵詞：科學展覽、動機、創造力、階層線性模式、縱貫性分析

* 蕭佳純：國立臺南大學教育學系教授
chiachun@mail.nutn.edu.tw

The Longitudinal Analysis of Elementary School Pupils' Science Competition Experience, Intrinsic Motivation and Creativity Growth

Chia-Chun Hsiao*

Comparing students who have participated in Taiwan International Science Fair and those who have not, this study aims to understand the creativity development between the ones with creativity trainings for participating in the Fair and the ones who did not participate in science fair and did not receive any related trainings. Furthermore, this study intends to investigate the effects of intrinsic motivation on the development of creativity between the two groups. From National Taiwan Science Education Center, 208 student participants of the 41st-50th Fair and 871 non-participants were sampled through their teachers who voluntarily participated in this study. With growth model analysis in Hierarchical Linear Modeling, individual differences in scientific creativity between science fair participants and non-participants were found and its growth was developed distinctively. Students who participated in Taiwan International Science Fair presented downward development in scientific creativity and then upward, while the non-participants revealed upward then downward development. In regard to intrinsic motivation, science fair participants showed positive effects of Self-efficacy and Internal value on creativity, while their intrinsic motivation presents moderating effects on the rapid growth of creativity. Contrarily, intrinsic motivation did not appear to have any effects on non-participants. Based on the research outcomes, relevant suggestions are further proposed.

Keywords: *creativity, hierarchical linear modeling, longitudinal analysis, motivation, science fair*

* Chia-Chun Hsiao: Professor, Department of Education, National University of Tainan

國小學童參與科展的歷程、內在動機與 科技創造力成長的縱貫性分析

蕭佳純

壹、研究背景與重要性

近年來我國推動之教育改革政策，多以培養創造力為核心，在九年一貫課程之自然與生活科技學習領域課程中，強調「設計與製作」教學（教育部，2006），由創意的激發、表達、模型化、到具體成品的製作，力行「做中學」（hands-on activity），來實際培養學生的創造力，具體開發學生的潛能。此外，各國推動創造力的例子不勝枚舉，例如美、英、法、義、德、荷、加、澳、紐，以及新加坡、日本、韓國、中國大陸、香港等，這都顯示「創造力」已是世界先進國家不約而同所重視的目標，更是其教育發展的努力方向，二十一世紀也已進入了所謂的「創造力時代」（Creative Age）（Florida, 2004）。研究學生創造力，須要先釐清的關鍵問題就是「創造力是能被教導的嗎？」。幾十年來，許多針對創造力所做的研究（陳玉樹，2008；Benedek, Fink, & Neubauer, 2006；Garaigordobil, 2006），結果都支持「創造力是能加以發展」的假設，這個假設也構成了推動整個創造力教育的最重要前提假設，也就是所有人都有潛力能變得有創意、以及創造力可以是長達一生的歷程（Esquivel, 1995）。回顧文獻，有關創造力訓練的研究相當豐碩（江美惠，2005；陳玉樹，2008；Benedek et al., 2006；Garaigordobil, 2006；Hunsaker, 2005；Ma, 2006；Osburn & Mumford, 2006；Scott, Leritz, & Mumford, 2004a, 2004b），然上述這些研究都是以準實驗的研究設計來證實創造力訓練的成果，極缺乏長期觀察創造力的研究，即使是創造力的縱貫性研究也多缺乏對創造力訓練後的保存效果做進一步探討（Cramond, Matthews-Morgan, Bandalos, & Zuo, 2005；Wai, Lubinski, & Benbow, 2005），這正是本研究採取階層線性模式之成長模式，來檢驗學生科展訓練後保存效果的主要原因。基於上述理由，本研究以參加科展的學生為主要對象，透過四次長期追蹤調查，了解參加科展的學生其創造力在經過相關訓

練後相較於未參加科展的學生是否有明顯的變化。而所謂的科展經驗乃是指學生被徵選為參加科展的學生後，配合科展主題，結合教師教學情境的設計與問題的引導，導引學生從事科技創意與發揮創意的過程。

此外，相關研究也顯示，即使在教學環境上進行控制，創造力訓練仍舊可能無效（陳玉樹、胡夢鯨，2008），陳玉樹、周志偉（2009）認為創造力訓練成效不彰的原因有可能是忽略了個體在學習中的動機因素。所以，除了瞭解創造力的長期趨勢及接受創造力訓練後的變化外，本研究也想了解動機對創造力長期發展的影響。因為自 1950 年來，個人特質一直是學者研究創造力的重點之一，直到近幾年，它依然是許多創造力研究中的重要變項（吳明雄、許碧珊、張德正、張可立，2009；Amabile, 1996；Oldham & Cummings, 1996；Starko, 2000；Sternberg, 1996），其中尤以動機為甚。Amabile（1996）提出影響創造力的過程有社會環境、工作動機、領域相關技能與創造力相關過程，Sternberg 和 Lubart（1999）所提出的「創造力投資理論」，也確定動機是創造力的關鍵六大要素之一，所以本研究將探討學生的內在動機對創造力成長歷程的影響。

學生的創造力並非固定不變，隨著年齡增長與時間的發展，它們的成長歷程也會有變化。例如最近國外在創造力方面的縱貫研究（Daniel, 2007；Kim, Hon, & Crant, 2009；Wai et al., 2005）已經發現隨著年級或年齡的增長，創造力是隨之下降的，而創造性生產傾向於呈現出一條倒 J 型的曲線（Sternberg, 1999）。因此，若只是採橫斷面的研究或許無法深入瞭解創造力的成長歷程以及學生動機對創造力成長歷程的影響。雖然國外已有創造力縱貫性的實徵研究，相較之下國內仍相當缺乏。基於前述，探討學生創造力成長歷程中，未參加科展的學生創造力是否會隨著時間而改變是本研究的動機之一；而了解參加科展訓練後的學生其創造力發展趨勢則為本研究動機之二。最後，探討學生的動機是否會對創造力的成長歷程產生影響則為本研究的動機之三。因此，本研究採縱貫調查的方式，分析台灣學生的創造力隨著時間變化的情形，以及動機對創造力發展的影響。再者，目前討論學生創造力的研究多探討學生個人層次因素與創造力的關聯（蕭佳純，2011），但鮮少有研究以多層次分析角度綜合討論動機與時間成長因素對學生創造力的影響。根據國外創造力的縱貫研究結果（Choi, 2004），學童的個人層次因素可以調節其創造力隨著時間的發展而下降的趨勢，也就是說可能加劇或減緩創造力下降的情形，本研究的進行正可彌補此研究缺口。據此，本研究之研究目的如下：第一，了解一般（未參加科展）學生經過四次長期追蹤調查

的創造力發展趨勢；第二，了解參加科展學生在經過創造力訓練後，四次長期追蹤調查的創造力發展趨勢；第三，分別了解動機對一般（未參加科展）學生、參加科展學生長期創造力發展的影響。

貳、文獻探討與假設推導

一、創造力發展與相關縱貫性研究

過去針對科技領域創造力所提出的理論甚少，葉玉珠（2005）認為「科技創造力」乃個體在科技領域中，產生一具有原創性與價值性產品的歷程，也就是說創意展現乃是個體的知識與經驗、意向、技巧與環境互動的結果。所以葉玉珠（2005）認為，雖然科技創造力與一般創造力強調的重點有所不同，但其創造力與重要的影響因素應大同小異，因此本研究以下所做的討論仍是以一般創造力為主軸。國內外有關於科技創造力的討論還不多，科技創造力究竟是否會成長？目前仍相當缺乏相關文獻的討論，但若從創造力的發展歷程來看，就致力於創造力發展過程的研究而言，在創造力「個體發生學」(ontogenesis) 缺乏的考量下，對於創造力所獲得的研究啟示大都僅限於呈現影響創造力的因素 (Klein, Noe, & Wang, 2006; Mayer, 2008; Wang & Horng, 2002)。然而 Amabile (1996) 從實證研究的角度來看，有關成長模式的創造力縱貫研究並不多，後期研究者如 Cramond 等人 (2005)、Wai 等人 (2005) 則以縱貫性角度探討創造力的發展，因此關心創造力的成長過程有其重要性，但目前大多僅止於橫斷性資料收集，鮮少關注於時間因素對創造力的影響。創造力究竟是否會成長？Runco (1999) 提出創造力的發展來自於個體的成熟與生活經驗的獲取有關，或隨著發展階段的時間而呈現高峰與低谷的狀態。而 Gruber 和 Wallace (2001) 的「演化系統取向」(evolving systems approach) 模式更認同創造力會隨時間持續發展，並非瞬間剝現的，必須經年累月的學習與思考才能產出，同時還會受歷史脈絡、人際關係和專業團隊等交互作用影響。所以創造力乃是個人在完整認知與情感發展中隨時間持續發展的前提應可成立，而藉由縱貫研究以了解個體創造力的發展情況益顯重要。

創造力究竟是如何發展？Torrance (1968) 發現學生的創造力於六歲後會開始逐漸下降，並在四年級時最為低落，然而在此之後其創造力表現則又會逐漸上升，故此

種現象又被稱為「四年級低谷 (fourth-grade slump)」，而此現象在後續研究中也獲得支持，如 Claxton、Pannells 和 Rhoads (2005) 以縱貫性研究來了解小學生創造力的發展情形，而在此研究中發現學生的創造力會於四年級時開始產生衰退，然而於九年級之青春期末又會開始成長。爾後於 Smith 和 Carlsson (1985, 1990) 研究中亦發現個體在成長階段中創造力會有所差異，因個體之創造力在十至十一歲時會達到第一次的高峰，但至十二歲時會出現下降情形，然至十二歲後的發展卻又開始逐漸上升，並於十六歲時達到第二次創造力表現之高峰。

而 Uszyńska-Jarmoc (2007) 採兩年縱貫性研究，在不影響原教學環境下進行施測，其研究結果卻顯示班級之間的差異不高，且創造力會隨年齡增長而下降。而也有研究 (Elliot & Trash, 2001; Shalley & Perry-Smith, 2001) 發現創造力可能會隨著年齡的增加而上升，因為從認知方面來說明可能會經由個體知識、經驗和能力隨著時間不斷地累積，使認知結構上產生量的增加與質的成熟，而有助於發展創造力，即國小學童的年級越高其認知發展越趨於完善，所累積的知識和經驗也較為豐富，因而可能有較佳的創造力。Michael、Samuel、Dawn、Katrina 和 Stephen (2007) 也認為創造力表現的年齡曲線，其上升的幅度受到後天訓練和生活經驗的影響，但認為之後下降的程度則主要是視其天生的才能而定。同樣的，有些研究 (Elliot & McGregor, 2001; Scott et al., 2004a, 2004b; Talarico & Rubin, 2007) 認為，年長的學童較能記住較多的訊息，這並非代表年長的學童有較好的記憶力，而是他們會運用策略輔助學習，透過不斷練習愈能夠順利地自發性使用較多先備知識經驗的組織策略與精緻化策略，其理解記憶將逐漸增加，而機械記憶也相對地減少，因而可能激發創造力 (Mayer & Johnson, 2010)。而低年級學童的記憶認知能力雖已較學齡前孩童進步，但仍缺乏自發性，需要成人從旁給予明確的引導指示，再隨著年齡增長，經驗增加，才能自發性地運用記憶策略，提升記憶效果 (Klein et al., 2006; Talarico & Rubin, 2007)，進而提升創造力。且由於創造力需將學習材料作有意義的處理，涉及既有的知識經驗，而對低年級學童而言較為困難，一般而言，低年級學童既不瞭解精緻化策略的功效，也不知道如何使用此一方法 (Mayer & Johnson, 2010)。

此外，也有些研究 (Burke & Hutchins, 2007; Fleith, 2000; Mayer & Johnson, 2010) 發現創造力的發展可能會隨著年齡的增加而下降，可能是因為學齡期兒童開始過團體生活，感受到團體壓力，有學習服從團體規範的需要，而逐漸去自我中心。因此從眾行為日益增加，為了享有齊頭式的安全感，逐漸減少冒險或是特立獨行的舉動。上述

這些研究顯示，創造力表現並非停留或固定於某個成長階段，反之會隨成長階段之不同而呈現動態的高低趨勢。個體的創造力表現乃是動態變化，與成長過程、經驗有關，在於不同成長階段會有不同的結果表現，且創造力於成長過程中並非維持直線成長或下降，反之個體之創造力表現會有高低起伏（Claxton et al., 2005）。此於更多的研究（Caro, McDonald, & Willms, 2009；Kharkhurin, 2009；Shalley & Perry-Smith, 2001；Ward, Thompson-Lake, Ely, & Kaminski, 2008）亦是獲得雷同結論。是故若要進一步瞭解隨時間改變的創造力變化情形便要從動態性發展取向著手，進以探討創造力發展的相關影響因素，並能從發展觀點（developmental approach）的探究中瞭解不同層次因素對於創造力發展的影響，以及比較不同因素影響下的創造力發展差異（Dresel, 2001；Scott et al., 2004b）。據此，本研究發展假設一：一般（未參加科展）學生的創造力會隨著年齡增長而呈現下降的發展趨勢。至於在科技創造力的評量工具部分，就目前創造力理論的發展而言，一個完善的創造力評估方法應兼顧個人因素以及環境因素，而且應該強調實際產品的產出。Mayer（1999）整理五十年來創造力的研究發現，大部分作者認為創造性產品必須具有兩大類的特徵：獨創性與有用性（或價值性）。如何將此二大指標以一個加權的總分來表示創造力也是發展創造力測驗應深思的問題。目前國內在學術期刊上有發表的科技創造力評量工具並不多，經本研究搜集後發現，僅有葉玉珠（2004）所編製科技創造力測驗，是以國小學童為對象，本研究將以此測驗為基礎來評量學生的科技創造力。

二、參加科展經驗對創造力發展的影響

國內有關於參加科展經驗對於創造力影響方面的研究相當缺乏，因此本研究從創造力訓練對創造力發展的影響開始討論起。相關實證研究（Cropley, 2001；Feldhusen & Clinkenbeard, 1986；Nickerson, 1999；Sternberg & Williams, 1996）證實創造力是可透過一些訓練而有所提升，如透過技巧演練、習題練習以及態度指導等等，使其思維突破既有心智模式，進而激發更多元、新奇的想法，精進其思考品質。Besançon 與 Lubart（2008）也進行兩年的實驗研究，比較傳統和創意的學習環境對創造力發展的影響，其研究結果顯示教學的介入對學童的創意表現為正向，又以創意教學法比起傳統教學法對於創造力的發展尤甚。再者，從訓練遷移的觀點來看，Baldwin 與 Ford（1988）指出訓練後個體所保留的學習成果，除非繼續使用或有其他因素介入，進而對效果的維持產生影響，否則個體所保留的學習效果將會陡降後回到接近訓練前的水準，呈現

二次曲線的下降趨勢。也就是說學生可能會因離開訓練場域後，漸失去習得記憶、參照脈絡和自主性學習而銳減，產生對訓練成效無法持續維持，致使失去創造力訓練的保留效果。

若從遺忘曲線及訓練遷移維持曲線的相關文獻（Cohen, Raudenbush, & Ball, 2003；Talarico & Rubin, 2007）中發現，時間對學習保留效果的維持情形有極大的影響，並指出在學習或訓練後若沒有其他對訓練效果維持有益的相關介入（intervention），學習的保留量隨著時間將降到約 30% 以下。亦即相關研究推估個體在接受創造力訓練後，其創造力會受到時間因素的影響而呈現曲線下降的趨勢（Scott et al., 2004a, 2004b；Wang & Horng, 2002）。於此，再度強調創造力縱貫研究的重要性，並且探討個體接受創造力訓練下的創造力發展歷程也有其必要性。

綜觀前述創造力訓練投入的相關研究，發現創造力課程多以短期訓練為主，研究方式多為準實驗前後測設計（Scott et al., 2004a, 2004b），研究結果多認同透過一段時間的訓練可提升創造思考能力，並應設法塑造一個有利發展及延續創造力的環境因素（Birdi, 2005；Kahai, Sosik, & Avolio, 2003；Wang, Chen, Horng, Huang, & Li, 2004）。但也有部分研究（Beghetto, 2006；Elliot & McGregor, 2001；Elliot, & Trash, 2001；Eris et al., 2010；Pintrich, 2000）對個體經過訓練後的遷移、維持效果不顯著，在某些領域與創造力成長曲線所對應出的變異成份仍具顯著，表示仍有其他可能影響創造力成長的因素尚未列入考量（Cohen et al., 2003；Elliot & McGregor, 2001；Harackiewicz, Barron, Tauer, Elliot, 2002；Talarico & Rubin, 2007），因此須利用長時間研究以進一步探求其因。

從上述可知，創造力可能隨著年齡有不同的發展趨勢，而創造力訓練也有其助益效果，卻鮮有研究討論創造力訓練後的維持效果。更何況，國內尚相當缺乏討論參加科展訓練對於創造力發展的影響極其之後的保存效果究竟為何？也就是說，此部分說明的是創造力訓練對於創造力發展具有正向提昇效益，但是本研究所討論的科展訓練是否也有此等效果？目前國小科展的訓練是開啟學生實事求是、凡事嚴謹的第一步，此主要是參與科學探究的過程。本研究從準備科展的訓練過程與創造力訓練過程的進行比較，以提升這方面的說服力。在一次台南市東光國小的資深科展教師的分享會中提到，訓練學生參加科展的課程內容可分為「提出架構、提出相關問題、問題分類、問題確定、實驗設計與動手操作」幾個步驟，基本上一個問題解決，又產生另外一個問題，就是學生創造力的展現了。對照葉玉珠（2006）所提出教導小學生創造力發展技巧階段來看，她認為

可分為：製造機會、探索事實、建構問題、產生主意、發展解決方法、建立接受等六階段。由這兩方面來看，科展的訓練過程與創造力訓練的過程是相仿的。而為了確保科展的訓練過程與創造力訓練過程相仿，本研究邀請參與的 78 位科展教師一起參加由台南市東光國小資深的績優科展教師所舉辦的科展研習營，以確認這 78 位科展教師的科展訓練過程有強調創造力發展的核心步驟。而在相關研究方面，目前國內並無針對參與科展學生的創造力進行討論，研究焦點多是科展教師與學生的互動及對學生所產生的影響，如鄭英耀、李育嘉、劉昆夏（2008）的研究即是。即便如此，研究者仍是嘗試從文化面向、教師教學面向以及學生動機面向來討論學生參加科展的經驗對於創造力發展的可能影響。如同上述所言，科展訓練與創造力訓練之間的關係是相當微妙的，雖然相仿，卻又不盡相同；從文化面向來看，在台灣，參加科展學生的準備過程可能是需要被訓練、練習、被期待甚至是被指派的，而為了達到科展競賽中的好名次，常常也是以教師為中心的教學，學生的內在動機在過程中甚至可能是被抑制的。如此的文化差異，卻是過去研究未觸及之處，也就是說，國外研究多證實創造力訓練可提升學生的創造力表現，但是與創造力訓練相仿的科展訓練是否也可以提升學生的創造力表現卻相當缺乏研究證實，由此可知，本研究的進行正可彌補此一研究缺口。是以，本研究以縱貫性研究來了解科展訓練的助益效果及保留維持軌跡，本研究發展假設二為：學生在經過科展訓練後的創造力發展將呈明顯的上升趨勢。

三、內在動機對創造力發展歷程的影響

有學者（Gruber & Wallace, 2001；Mortagy & Boghikian-Whitby, 2010；Simonton, 2000；Walker, 2009）認為創造力是個體與環境互動所產生的結果，即除了個人的因素之外，家庭、學校，乃至整個社會文化脈絡都可能影響個體創造力的發展。在眾多對創造力的影響因素中，本研究討論的因素為學生個人層次的因素，其中尤以動機最被為廣泛討論。創造力動機的討論大致可分為個人及情境兩層面進行探討（Choi, 2004；Oldham & Gummings, 1996；Shally, Zhou, & Oldham, 2004）。在個人層面部份，主要探討個體持有何種動機可促進或抑制他的創造力表現。而從認知取向的觀點，動機又可分為內在動機與外在動機，所謂「內在動機」就是指基本上從事活動的動機是個體本身的原因（來自內心）。個體認為活動是有趣的、喜愛的、滿意的或對個人具有挑戰性的；它是著重於對工作本身的享受。而「外在動機」是指從事活動的動機基本上是為了迎合某些工作本身以外的目標，如獲得預期的酬賞、贏得競爭或符合某些要求，也就是著重

於外在酬賞、外在的承認與某人工作外在取向(Sternberg, 1999)。Ambrose 與 Kulik(2001)回顧超過 200 多個動機方面的研究，發現自 90 年代起，開始有研究嘗試連結動機與創造力，這些研究結果也發現在某種情境下可以促進內在動機與創造力。

內在動機與創造力關係的討論以 Amabile (1996) 為主要代表人物，她甚至認為個體只要缺乏主動性的內在動機，便難有創造力(李堅萍、游光昭、朱益賢，2009)。而 Csikszentmihalyi (1996) 也強調內在動機的重要，並且認為內在動機是促動個體從事創意行為與持續創意行為的重要動力。因為創意的歷程會有許多挫折、需要經歷長時間的努力、投注精力與資源，如果沒有強烈的內在動機，個體將很難持續從事創造的活動。國內學者如陳昭儀(2000)就曾以傑出科學家為對象，發現他們的創造歷程中高度的內在動機是重要的影響因素。詹志禹(2004)提出內在動機與興趣、問題發現的能力與思考取向、多元主義的價值觀與取向、內化判準的建構及優渥的環境機會等，均為利於創造發明的變項。整體而言，不論理論或實證研究皆顯示內在動機有利於創造力表現(林偉文，2006；洪素蘋、黃宏宇、林珊如，2008；Amabile, 1996；Moneta & Siu, 2002)。內在動機會以個別差異的型態存在於個體的動機體系當中，影響個體從事特定行為的驅力，尤其對於創造行為，更有相當重要的影響(林碧芳、邱皓政，2008)。此外，根據訓練遷移模式(Baldwin & Ford, 1988)與訓練遷移動機理論(Colquitt, LePine, & Noe, 2000)，個體的動機不同，除了會直接影響訓練效果(及學習保留量)外，亦會對維持軌跡產生影響。過去研究(Burke & Hutchins, 2007；Colquitt et al., 2000；Dresel, 2001；Klein et al., 2006)認為經過一段時間的經驗累積，和不同個體持有的動機是可以左右其學習保留與維持效果。然而上述研究多是單一時間點的橫斷性研究，而較缺乏以縱貫性的角度討論動機對創造力發展的影響。因此本研究採縱貫性分析長期觀察，學生在開始參加科展時的內在動機對於創造力初始狀態以及成長速率的影響。雖然內在動機也可能隨著時間變動，或者因為創造力訓練而增強了內在動機，但是本研究所強調的是，學生當初願意加入科展團隊的初始內在動機，所以仍是以初始的內在動機來衡量。據此，本研究的假設三為：學生內在動機對於創造力的成長軌跡具有正向效果及調節效果。至於在內在動機的衡量工具部分，基於 Amabile、Hill、Hennessey 以及 Tighe (1994) 所提出的一系列動機與創造力之間關連的理論基礎，本研究所使用的內在動機量表即以 Amabile 等人(1994)發展出的工作偏好量表(WPI, Work Preference Inventory)為基礎，復參考國內學者後續依據此量表所發展出的各種內在動機量表，將自行編製適用於國小學童的內在動機量表。

參、研究方法

一、研究對象

本研究之研究對象為國小五年級的學童（一年半後為六年級），取樣範圍限制在台灣本島地區的國小學童。取樣方式採取立意抽樣，研究者在國立臺灣科學教育館網頁所顯示的歷屆參展資料中，依第 41 屆至第 50 屆全國中小學科學參展名冊取得所有參展國小及科展老師資料。目前國內科展的參展形式多是由學校指派某些老師擔任指導老師，再由老師從自己任教的班級中來選取學生。首先，研究者致電國小教務處詢問是否願意給予協助，取得科展老師的聯絡方式，之後，懇請其協助發放及回收問卷。本研究針對 35 所學校發出問卷，針對參與科展之學生加以施測，並以 1:5 的比例設定同班的非參展學生為對照組，以目前國內小學班級平均人數約 20 多人、參展團隊 3~5 人來看，1:5 的比例應該可以將全班學生涵蓋成為受試者。若全班人數未達參展學生之五倍，則由全班學生進行填答，如果全班人數超過參展人數的 5 倍，則研究者採用與實驗組的性別比例方式來篩選對照組，但是在本研究中並未有此種情形發生，所以研究對象都是以全部學生為控制組。但是必須注意的是，實驗組與對照組兩組學生數目不對等，可能因為樣本數目差距過大而造成第一類型錯誤率偏高，此處需要讀者多加注意。

為提高回收的有效數量，研究者於問卷發放前先致電協助施測之老師，說明研究目的及填答方式，以降低填答者的疑慮。問卷回收情形如下：共有 35 所國小，78 名教師協助進行調查，而填答問卷共有 1079 名學生，其中有參展學生為 208 名，非參展學生為 871 名。但是這些學生如何被選為科展對象則不得而知，有可能是成績優異，亦或是資優生訓練的一部份，當然也有可能是教師主觀的認為較有創造力。但因為本研究並未針對智力部分作深入討論，所以僅就學業成就與性別部分來討論。本研究參展學生中男生有 104 位，女生也是 104 位；未參展學生中男生有 470 位，女生也是 401 位，經卡方分析後， $\chi^2=1.058$ ， $p=.304$ ，未達顯著水準，表示男女生在分佈上未有差異。而學業成績部分，本研究蒐集第一學期（即第一次調查）的學業平均成績，未參展學生的平均為 87.11 分；參展學生的平均為 92.75 分， $t=7.94$ ， $p<.001$ ，表示兩組學生在學業成績上已有顯著差異，所以後續分析在創造力的解釋上也需更加謹慎。也就

是說在未考量學業成績的影響之下，若是實驗組學生的創造力發展明顯高於對照組學生，這或許是科展訓練所產生的效應，但也有可能是因為學業成績較高的學生所產生的效果，所以在解讀相關研究結果時，必須注意本研究結果並未控制學業成績，因此兩個組別的差異亦有可能與學業表現有關聯。

補充說明的是，教師為了準備科展競賽，大約會在第一學期期末就選定學生，時間約是在 12 月至隔年 2 月，所以在蒐集資料（第一次）時學生尚未接受任何科展訓練，而在兩年期間，因為有科展教師的協助，因此並未有學生停止或退出科展訓練，但是考量到教師的教學，所以資料的蒐集在各教師間可能有二週至二個月的時間誤差，這也是本研究採用 HLM 分析的主因之一，在觀念上階層線性模式較富有對成長曲線作分析的精神，其並不需要對不相等的變異數及共變數進行調整。亦即，階層線性模式容許各次重複觀察保有彈性的共變數結構，而且能夠提供合適的方法對能影響該結構的因素作直接的假設考驗（Bryk & Raudenbush, 1992；Goldstein, 1995）。

二、研究程序

本研究採縱貫性調查，欲瞭解學生創造力的成長歷程，將一年半的研究期程分為參展前、參展過程中以及參展後，其中參展過程中將進行兩次調查，因此本研究共將進行四次調查，在第一年及第二年分別調查兩次。資料蒐集之細節如下：首先在調查時間上，第一波調查時間為 99 年 12 月至 100 年 2 月；第二波調查時間為 100 年 4 至 6 月；第三波調查時間為 100 年 10 至 12 月；第四波調查時間則為 101 年 4 至 6 月，所以第一次調查為開始訓練前，第二、三次調查為參展中，而第四次調查則為參展後。其中，調查參展後學生的創造力主要是要了解創造力訓練的遷移維持效果，希望了解參與科展的學生在經過創造力訓練後，即使競賽活動結束，其創造力是否仍可繼續發展下去，亦或是停止甚至下降。

三、研究工具

（一）內在動機量表

本研究所使用的內在動機量表為自編量表，乃是研究者參考 Amabile 等人（1994）發展出的作品偏好量表（WPI, Work Preference Inventory），以及邱皓政（2000）、蔡執仲、段曉林、靳知勤（2007）的動機量表為依據來進行編製，選擇這些參考量表的原

因在於，Amabile 等人（1994）所發展的工作偏好量表乃是根據創造力此一議題來編制「工作動機」，而後續研究者如邱皓政（2000）等人乃是進一步修改此量表以應用於學生創造力此一議題上，所以相當符合本身討論的主要依變項，學生創造力。作者初編量表的題目如：「我樂於接受對我而言是全新的經驗」、「問題越複雜，我越樂於嘗試去解決它」、「學習讓我覺得很有趣、很投入」、「我對自己的學習科目充滿著熱愛」。經 60 位學生預試樣本及探索性因素分析後，共抽取 1 個因素 8 題，累積解釋變異量為 77.36%。信度 Cronbach's α 值為.86，該因素就命名為內在動機，符合所謂「內在動機」就是指基本上從事活動的動機是個體本身的原因（來自內心），因為個體認為活動是有趣的、喜愛的、滿意的或是對於學習本身的享受。而正式樣本經驗證性因素分析後，卡方值為 1640.31， $p < .05$ 達顯著水準，RMSEA、GFI、AGFI、CFI、IFI 及 SRMR 分別為 .07、.94、.91、.96、.96、.04，組成信度為.81，結果顯示本量表的整體適配度尚佳。

（二）科技創造力測驗

因本研究乃是以參加科展的學生為主要研究對象，因此在創造力的討論上就直接選擇以科技創造力做為依變項。本研究所使用的科技創造力測驗係採葉玉珠（2004）所編製科技創造力測驗，此測驗包含二個分測驗為「字詞聯想」與「書包設計」。其中「字詞聯想」包含自然與生活科技領域中 24 個重要的基本元素名稱，測驗時間為十分鐘，其優點在於能以很短的測驗涵蓋大量的知識基礎，故學生在作答時必須以自然與生活科技領域的知識為基礎，並以合理的推論過程發揮其聯想力，針對元素間可能的組合想出各種產品，其思考過程是否合理，即所寫出產品與組合的元素必須有其存在的可能性，才可作為是否得分的篩選依據。另一個「書包設計」則是測量受試者能否將相關科學概念結合，並將測其視覺化與產品化的創造思考能力，此分測驗包含「書包繪圖」及「書包特色」，前者必須將所發明的書包畫出，並且必須為此書包命名，重點在於強調產品造型及將產品視覺化，測驗時間為十分鐘；後者則必須將所發明書包的特色以及欲擁有此特色必須要具備的東西或裝備寫出來，測驗時間為十分鐘。

而在評分方式上，「字詞聯想」和「書包設計」在評分時均必須先刪除不合理的答案。「字詞聯想」分測驗的評分指標包含流暢力、變通力、獨創力、精進力，流暢力的評分以有效答案個數為其得分；變通力評分則以全部有效答案所屬類別（24 類）

的個數為評分依據；獨創力評分則以答案出現的百分比為計分依據，每個答案百分比在 5% 以上者為 0 分，百分比在 2%-4.99% 者為 1 分，百分比在 1.99% 以下者為 2 分，所有答案獨創力加總即為獨創力分數；精進力評分依據為每個答案有效組成成分個數的加總。而「書包設計」分測驗的評分指標包含流暢力、變通力、獨創力、精進力、視覺造型五項，其中視覺造型評分依照所畫出書包的附加設備或裝飾，一種算一分以作為視覺造型的分數；其他流暢力、變通力、獨創力、精進力的評分方式與「字詞聯想」相同，唯變通力及獨創力評分依據類別及反應項目名稱有所不同。

再者，其「字詞聯想」分測驗總分是以流暢力、變通力、獨創力和精進力四項分數分別依常模轉換成 T 分數，再將上述四項 T 分數以各占 25 % 的比例相加，所得之加權 T 分數總和即為此分測驗的總分。「書包設計」分測驗總分是以流暢力、變通力、獨創力、精進力、視覺造型五項分數分別依常模轉換成 T 分數，再將上述五項 T 分數以各占 20 % 的比例相加，所得之加權 T 分數總和即為此分測驗的總分。最後，科技創造力測驗的總分即為二個分測驗的平均總分。另外，因為「科技創造力測驗」屬於開放式測驗，所以評分的訂定標準是採共識評量的方式，也就是所有答案的評分標準都是評分團隊討論後的共識。但是，每個分測驗都是由研究團隊中的三位修習過創造力理論的研究生進行評分。因此，在評分者信度的分析上，每個情境皆有三位評分者，三個情境的評分者信度 Kendall's ω 依序為 .98、.97、.98，p 值皆小於 .001，達顯著水準，具顯著相關，可之具有良好的評分者信度。再者，還必須注意的是，國內目前對於科技創注意的是，國內目前對於具有穩定信效度的科技創造力測驗並不多，研究者僅能在四次施測中重複使用此一測驗，但這極有可能因為重複測驗造成學生練習、成熟或疲累的效果，所以本研究僅能以增加控制組的方式來降低這可能干擾內部效度的因素。但須提醒的是，這僅能降低，並無法排除，所以在研究結果的分析上仍是應相當小心謹慎。

(三) 時間變項：

第一波調查時間：99 年 12 月至 100 年 2 月；第二波調查時間：100 年 4 至 6 月；第三波調查時間：100 年 10 至 12 月；第四波調查時間：101 年 4 至 6 月。本研究的時間變項取各組中點，並採 Raudenbush 與 Bryk (2002) 的建議將 π_{0ij} 定義為初始狀態，因此將時間以第一波調查時間進行平減 (centered)，平減後的年數分別為 0，0.42，0.92 及 1.33。

四、資料分析

本研究透過蒐集到四波問卷調查的資料，以階層線性模式進行兩層次的時間縱貫性多層次分析。HLM 乃是同時考量不同層次變數下，針對不同層次的變數採取獨立分析的作法，依照學者們（Raudenbush & Bryk, 2002）的建議，並考量本研究的假設型式，在跨層次分析模型驗證分析中，需逐次地檢驗以下三個不同模式，分別是虛無模型（null model）、非條件化成長模型（unconditional growth model）、條件化成長模型（conditional growth model）。本研究以固定樣本的追蹤資料進行多層次分析，使用 HLM6.0 版軟體進行兩層次階層線性模式的二次成長模型進行分析，以學生科技創造力的四次重複調查資料為層次一的結果變項，時間變項與時間變項的二次方為層次一的解釋變項，而學生的個體變項則為層次二的解釋變項，至於模式的設定則於各階段分析時說明。

肆、研究結果分析與討論

本研究為了比較有無參加科展學生科技創造力表現成長模式的差異，因此在分析上將參展的 208 位學生與未參展的 871 名學生分為兩個模式進行分析，在這之前，先列出兩組學生在四次調查中的創造力平均分數及標準差如表 1 以作為參考。以下茲就 HLM 分析步驟的虛無模式、非條件化成長模式及條件化成長模式分述之。

表1 創造力測驗之平均數與標準差

創造力	參展學生				未參展學生			
	一	二	三	四	一	二	三	四
平均數	53.00	52.54	50.40	53.69	49.27	49.44	49.90	49.27
標準差	7.31	7.61	10.21	9.16	6.96	6.82	8.07	6.95

一、虛無模式

在進行 HLM 成長模式分析前，首先需進行虛無模式，來檢測資料中來自個體間

的變異成份是否顯著，若為顯著，則表示組間的效果不容忽視，有必要進行階層線性模式的分析。本研究的虛無模式如下所示：

$$Y_{ti} = \pi_{oi} + e_{ti}$$

$$\pi_{oi} = \beta_{00} + \gamma_{oi}$$

其中 $i=1, \dots, n$ 為學生個體； Y_{ti} 為對個體 i 於第 t 年數所測量的創造力； π_{oi} 為截距，即個體 i 的創造力平均數； e_{ti} 為層次一的隨機誤差，假定其為獨立且服從於變異數為相同 σ^2 的常態分配； β_{00} 為學生創造力在四個時間點的總平均數； γ_{oi} 為隨機效果，即個人的獨有的誤差。

表 2 有無參加科展學生科技創造力表現虛無模式比較分析摘要表

固定效果	組別	有參加科展學生			沒有參加科展學生		
		係數	標準誤	t 值	係數	標準誤	t 值
創造力初始狀態 (π_{oi})							
截距 (β_{00})		51.92	0.43	119.98*	49.47	0.19	264.19*
隨機效果							
		變異數	χ^2	p	變異數	χ^2	p
初始狀況(r_{oi})		22.69	505.39	.000	20.78	2873.75	.000
層一誤差(e_{ti})		53.26			31.62		

* $p < .05$

虛無模式分析結果，在有參加科展學生部分，層次一（個體內）的變異量為 53.26，層次二（個體間）的變異量為 22.69 ($\chi^2=505.39, df=207, p < .05$)，均達顯著水準，滿足階層線性模式之成長模式分析依變項的個體內與個體間變異成份必須存在的要求。且經由計算的組內相關係數為 0.30，表示在有參展的學生科技創造力的全體變異量中，個體間的變異量約占 30%，而個體內重複測量的變異量約占 70%。而在沒有參加科展學生部分，層次一（個體內）的變異量為 31.62，層次二（個體間）的變異量為 20.78 ($\chi^2=2873.75, df=849, p < .05$)，均達顯著水準，也滿足階層線性模式之成長模式分析依變項的個體內與個體間變異成份必須存在的要求。且經由計算的組內相關係數為 0.40，表示在沒有參展學生科技創造力的全體變異量中，個體間的變異量約占 40%，而個體內重複測量的變異量約占 60%。由虛無模式分析得知，無論在有沒有參

加科展學生的科技創造力上，皆有相當高的變異成份存在於個體間。根據虛無模式的分析結果，本研究將進行成長模式的檢定。

二、非條件化成長模式

在了解學生創造力的初始狀態及成長趨勢前，本研究先進行非條件化線性成長（unconditional linear growth model）與非條件化二次式成長曲線（unconditional quadratic growth model）兩個模式的概似比考驗，也就是藉由兩個模型的離異數統計量進行比較。結果在有參加科展學生的線性成長模式的離異數為 4915.06，成長曲線模式的離異數為 4904.81，兩者的差為 10.25，這個差服從自由度為 4 的 χ^2 分配，其考驗結果達到顯著（ $p < .05$ ），表示模式的簡化也並不恰當，也就是說，兩種模式彼此之間是有差異的，在這種情形下，應採用較為複雜的模式。其次，在沒有參加科展學生的線性成長模式的離異數為 20246.66，成長曲線模式的離異數為 20217.83，兩者的差為 28.83，這個差服從自由度為 4 的 χ^2 分配，其考驗結果也達到顯著（ $p < .05$ ），表示模式的簡化並不恰當。因此，兩組的學生均採用二次曲線成長模式來檢定學生的創造力是否存在著不同的截距與斜率。本研究的無條件二次成長模式如下所示：

$$Y_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i} \text{時間}_{ti} + \pi_{2i} \text{時間}_{ti}^2 + e_{ti}$$

$$\pi_{0i} = \beta_{00} + \gamma_{0i}$$

$$\pi_{1i} = \beta_{10} + \gamma_{1i}$$

$$\pi_{2i} = \beta_{20} + \gamma_{2i}$$

其中， π_{0i} 為截距，即學生個體 i 的創造力的初始狀態；而 π_{2i} 為創造力的成長曲率， 時間_{ti} 為將個體 i 在第 t 波調查的時間，以減去第一波調查時間做為置中。 γ_{0i} 、 γ_{1i} 及 γ_{2i} 為層次二的隨機效果，假定每一 γ_{0i} 、 γ_{1i} 及 γ_{2i} 為獨立且常態的分配，其平均數為 0 且變異數為 τ_{00} 、 τ_{11} 及 τ_{22} 。非條件二次成長模式結果如表 3 所示， β_{10} 與 β_{20} 分別表示層次一時間項與學生科技創造力關係的估計參數，若其達顯著水準，表示時間可以預測科技創造力的成長趨勢。

表 3 有無參加科展學生科技創造力表現非條件化二次成長模式比較分析摘要表

固定效果	組別	有參加科展學生			沒有參加科展學生		
		係數	標準誤	t 值	係數	標準誤	t 值
創造力初始狀態(π_{0i})							
截距(β_{00})		53.12	0.51	105.14*	49.19	0.25	197.97*
平均成長率(π_{1i})							
截距(β_{10})		-6.19	1.95	-3.18*	1.72	0.73	2.36*
平均加速度(π_{2i})							
截距(β_{20})		3.95	1.46	2.70*	-1.32	0.51	-2.58*
隨機效果	變異數	χ^2	p	變異數	χ^2	p	
初始狀況(r_{0i})	7.77	203.71	.042	24.98	1289.88	.000	
成長率(r_{1i})	81.19	199.95	.064	80.98	768.96	.463	
加速度(r_{2i})	25.06	203.99	.043	23.21	975.42	.031	
層一誤差(e_{1i})	48.07			27.86			

* $p < .05$

首先在有參加科展學生部分的固定效果中，學生科技創造力在起始狀態 β_{00} 為 53.12；平均成長率 β_{10} 為 -6.19，成長加速度 β_{20} 為 3.95，均達顯著水準；而且 β_{10} 為負號，而 β_{20} 為正號，代表開口向上，有參展的學生科技創造力呈現先下後上的趨勢。另外，在隨機效果部份，測量個人成長曲線參數 (γ_{0i} 、 γ_{1i} 和 γ_{2i}) 變異情形的估計值分別為：截距項變異量 $\tau_{00}=7.77$ ($\chi^2=203.71, p<.05$) 達顯著水準；平均成長率變異量 $\tau_{11}=81.19$ ($\chi^2=199.95, p>.05$) 未達顯著水準；成長加速度變異量 $\tau_{22}=25.06$ ($\chi^2=203.99, p<.05$) 達顯著水準。結果顯示個別學生間的科技創造力存在不同成長曲率，成長曲線可能受到其他變項的調節，故可進一步進行曲率調節效果的檢定。再者，比較虛無模式與非條件二次成長模式可知，在有參展學生的科技創造力層次一時間變項所解釋的變異數比例為 9.75%，即引進時間變數可以減少第一層誤差項的變異數達 9.75% 的程度。一般來說，在某一特定年齡上的成長曲率是成長率模型對年齡的一階導數，例如對有參展的學生而言，在第二波調查時，平均成長曲率是平均每年降低 2.87 單位的科技創造力。此一研究結果與過去研究大不相同，大抵來說，過去研究推估個體在接受創造力訓練後，其創造力會受到時間因素的影響而呈現曲線下降的趨勢 (Scott et al., 2004a, 2004b；

Wang & Horng, 2002)。然而本研究結果顯示，參加科展學生的創造力成長軌跡呈現先下後上的趨勢，對照調查時間來看，學生在剛加入科展訓練時的創造力是呈現下降的，約莫在第二、三次調查時，創造力才會逐漸上升。並且在科展參展結束後，科技創造力的維持軌跡並未驟降，反而在參展結束後的二、三個月內還是呈現逐漸上升的趨勢。而這其中代表的意涵是，所謂的維持曲線究竟是在多久的時間後會下降，這其中的時間點其實相當缺乏詳細的探討。這與過去學者對於遺忘曲線以及訓練遷移維持曲線的研究也不盡相同 (Cohen et al., 2003; Talarico & Rubin, 2007)。

而在沒有參加科展學生部分的固定效果中，學生科技創造力在起始狀態 β_{00} 為 49.19；平均成長率 β_{10} 為 1.72，成長加速度 β_{20} 為 -1.32，均達顯著水準；而且 β_{10} 為正號，而 β_{20} 為負號，代表開口向下，沒有參展的學生科技創造力呈現先上後下的趨勢。另外，在隨機效果部份，測量個人成長曲線參數 (γ_{0i} 、 γ_{1i} 和 γ_{2i}) 變異情形的估計值分別為：截距項變異量 $\tau_{00}=24.98$ ($\chi^2=1289.88, p<.05$) 達顯著水準；平均成長率變異量 $\tau_{11}=80.98$ ($\chi^2=768.96, p>.05$)，成長加速度變異量 $\tau_{22}=23.21$ ($\chi^2=975.42, p<.05$)，其中截距及成長加速度兩者均達顯著水準。結果顯示代表個別學生間的科技創造力在初始狀態及成長加速度即存在有顯著差異，但是在成長速度並無存在顯著差異。再者，比較虛無模式與非條件二次成長模式可知，在沒有參展學生的科技創造力層次一時間變項所解釋的變異數比例為 11.89%，即引進時間變數可以減少第一層誤差項的變異數達 11.89% 的程度。與過去研究比較可知，一般學生創造力呈現先上後下的發展趨勢，與 Smith 和 Carlsson (1985, 1990) 研究中亦發現個體在成長階段中創造力會有所差異，因個體之創造力在十至十一歲時會達到第一次的高峰，但至十二歲時會出現下降情形的論述相同，也就是說，本研究結果較支持 Caro 等人 (2009)、Kharkhurin (2009)、Shalley 與 Perry-Smith (2001) 以及 Ward 等人 (2008) 的研究結果。換句話說，若無參加任何創造力訓練時，創造力於成長過程中並非維持直線成長或下降，反之個體之創造力表現會有高低起伏；而在本研究中，大致上是呈現先上後下的成長軌跡。綜合以上分析結果顯示，尚未參加競賽前，有參加科展的學生在創造力的表現上確實高於沒有參加的學生。而在成長速率方面，學生的創造力呈現二次成長曲線趨勢，在有參展學生的成長模式中，曲線開口向上，代表成長趨勢先下後上；另外在沒有參加科展的學生，其成長曲線開口向下，代表成長趨勢先上後下。除了兩組學生的成長趨勢不同之外，需注意的是，參加科展訓練之學生的科技創造力在四波的發展後會低於初始點，且參展後有提升的趨勢。究其可能原因是否如同本研究於文獻探討時

所論述的，在台灣，參加科展學生的準備過程可能是需要被訓練、練習、被期待甚至是被指派的，而為了達到科展競賽中的好名次，常常也是以教師為中心的教學，學生創造力在過程中甚至可能是被抑制的不得而知，但這個現象卻是值得國內實務及學術專家多加注意與討論。研究至此，本研究的假設一獲得支持，但假設二的結果卻不盡相同。

三、條件化成長模式

(一) 截距預測模式

本研究分析之條件化成長模式中的截距預測模式如下所示，其中， β_{0i} 為不同程度內在動機學生的科技創造力在初始狀態的差異。

$$Y_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i} \text{時間}_{ti} + \pi_{2i} \text{時間}_{ti}^2 + e_{ti}$$

$$\pi_{0i} = \beta_{00} + \beta_{01} \text{內在動機}_i + \gamma_{0i}$$

$$\pi_{1i} = \beta_{10} + \gamma_{1i}$$

$$\pi_{2i} = \beta_{20} + \gamma_{2i}$$

表 4 有無參加科展學生科技創造力表現之截距預測模式比較分析摘要表

固定效果	有參加科展學生			沒有參加科展學生		
	係數	標準誤	t 值	係數	標準誤	t 值
創造力初始狀態(π_{0i})						
截距(β_{00})	53.13	0.50	106.01*	49.19	0.25	198.47*
內在動機(β_{01})	1.55	0.57	2.71*	0.49	0.31	1.58
平均成長率(π_{1i})						
截距(β_{10})	-6.07	1.95	-3.11*	1.71	0.73	2.34*
平均加速度(π_{2i})						
截距(β_{20})	3.82	1.47	2.60*	-1.30	0.51	-2.54*
隨機效果	變異數	χ^2	p	變異數	χ^2	p
初始狀況(r_{0i})	7.42	191.17	.107	24.79	1281.74	.000
成長率(r_{1i})	77.05	199.60	.066	80.99	768.56	.467
加速度(r_{2i})	23.33	203.58	.045	23.28	775.07	.402
層一誤差(e_{ti})	48.07			27.88		

* $p < .05$

經條件化成長模式中的截距預測模式分析，結果如表 4 所示，在有參加科展學生部分的固定效果中， β_{01} 達顯著，並且為正號，亦即學生內在動機愈高，其科技創造力在初始狀態（小學五年級時）就愈高。其次，在沒有參加科展學生部分的固定效果中， β_{01} 未達顯著，亦即沒有參加科展學生的科技創造力在初始狀態並不會被其內在動機所影響。而在隨機效果中，沒有參加科展學生的科技創造力（ $\tau_{00}=24.79, \chi^2=1281.74, p<.05$ ）相對應的變異數成分仍然顯著，表示仍有其他個體層次變數可預測截距變項而未被考慮到。

（二）斜率預測模式

本研究分析之條件化成長模式中的斜率預測模式如下所示，其中， β_{21} 為不同程度內在動機學生的科技創造力在成長曲率的差異。

$$\begin{aligned}
 Y_{it} &= \pi_{0i} + \pi_{1i} \text{時間}_{it} + \pi_{2i} \text{時間}_{it}^2 + e_{it} \\
 \pi_{0i} &= \beta_{00} + \beta_{01} \text{內在動機}_i + \gamma_{0i} \\
 \pi_{1i} &= \beta_{10} + \gamma_{1i} \\
 \pi_{2i} &= \beta_{20} + \beta_{21} \text{內在動機}_i + \gamma_{2i}
 \end{aligned}$$

經條件化成長模式中的斜率預測模式分析，結果如表 5 所示。在成長曲率的調節效果部份，僅有參加科展的學生，其內在動機對於學生科技創造力的成長曲率具有顯著影響。換言之，內在動機中僅對有參加科展學生的創造力之成長曲率具有調節效果。而在隨機效果中，有參加科展的學生的科技創造力（ $\tau_{22}=23.62, \chi^2=201.20, p<.05$ ）相對應的變異數成分仍然顯著，表示仍有其他個體層次變數可預測成長曲率變項而未被考慮到。除此之外，有參加科展的學生科技創造力的初始狀態參數 π_{0i} 的殘差變異量從 7.77 減少到 7.31，表示初始狀態的參數變異數有 5.92% 由內在動機所解釋。由以上分析可知，內在動機所能削減科技創造力成長速率的變異數成份並不高。換言之，表示僅對有參加科展的學生，其科技創造力的初始狀態及成長速率有極少的變異與內在動機有關。

由以上分析可知，本研究所討論的內在動機對於有參加科展的學生之創造力的初始狀態（指的是小學五年級時）為正向影響。且內在動機越高，則創造力的成長速率也越高。若對照過去研究來看，本研究與過去研究不同之處在於，過去研究如林偉文（2006）、洪素蘋等人（2008）、Amabile（1996）以及 Moneta 與 Siu（2002）大多是

以單一時間點的橫斷性研究，而本研究是以縱貫性研究的四次資料蒐集來證實內在動機對於創造力初始狀態與成長速率的影響。但這樣的影響僅止於有參加科展的學生，若是針對無參加科展的學生，本研究發現內在動機對科技創造力是無任何影響的，這樣的結果與過去研究也大不相同，至此，假設三僅獲得部分支持。

表 5 有無參加科展學生科技創造力表現斜率預測模式比較分析摘要表

組別	有參加科展學生			沒有參加科展學生		
	係數	標準誤	t 值	係數	標準誤	t 值
固定效果						
創造力初始狀態(π_{0i})						
截距(β_{00})	53.14	0.50	105.99*	49.19	0.25	198.50*
內在動機(β_{01})	1.51	0.74	2.06*	0.64	0.38	1.68
平均成長率(π_{1i})						
截距(β_{10})	-6.11	1.95	-3.13*	1.69	0.73	2.32*
平均加速度(π_{2i})						
截距(β_{20})	3.87	1.48	2.62*	-1.29	0.51	-2.51*
內在動機(β_{21})	5.09	1.92	2.65*	-0.66	0.78	-0.85
隨機效果						
初始狀況(r_{0i})	變異數	χ^2	p	變異數	χ^2	p
	7.31	189.11	.127	24.78	1278.18	.000
成長率(r_{1i})	77.77	198.20	.061	81.36	766.68	.456
加速度(r_{2i})	23.62	201.20	.041	23.39	773.50	.388
層一誤差(e_{1i})	48.39			27.93		

* $p < .05$

伍、結論與建議

一、結論

(一) 有無參加科展學生科技創造力的初始狀態（在小學五年級時）呈現個別差異且成長趨勢呈現不同發展

在比較有無參展學生的兩個成長模式中，發現學生科技創造力在第一波調查是有

顯著差異存在的，由兩個模型的 β_{00} 係數觀察之，有參展學生的係數為 53.12，而無參展的學生為 49.19，沒有參加科展的學生低於有參加科展的學生，也就是說，本研究對象是以參與科展的學生以及沒參加的一般同學，結果顯示在學校教師的選才上，尚未參加競賽前，有參加科展的學生在創造力的表現上確實高於沒有參加的學生。而在成長速率方面，學生的創造力呈現二次成長曲線趨勢，在有參展學生的成長模式中，曲線開口向上，代表成長趨勢先下後上；另外在沒有參加科展的學生，其成長曲線開口向下，代表成長趨勢先上後下。在時間的影響下，有無參加科展學生的創造力呈現不同的成長趨勢，結果顯示出一般沒有參加科展的學生，就如國外在創造力方面的縱貫研究結果（Daniel, 2007；Kim et al., 2009；Wai et al., 2005），發現隨著年級或年齡的增長，其創造力是隨之下降的相符；另外，有參加科展的學生在參賽培訓的過程中，包括參賽前、中及後的創造力呈現不同的成長趨勢，換言之，學生的創造力不但隨著時間的發展而改變，更會受到其他的因素會影響其成長歷程的變化。若進一步根據分析報告中所提供的兩組學生成長模式參數估計值，兩組之成長模式圖如圖 1。圖中的縱軸因為是 T 分數，所以並未從 0 開始，而橫軸的單位為年（因為調查資料是以年而單位），乘以 12 即為月單位。從圖中可以看出科展經驗發生變化的期間，例如在 0.4 年（4.8 個月）時，參加科展的學生科技創造力開始上升，而未參加科展的學生則開始下降，約莫是一個學期的時間。兩組之成長模式圖顯然有些不同，但更值得注意的是有參加科展學生（g1）在整個研究期間，其創造力都低於起始點，而沒有參加科展學生（g2）在整個研究期間，其創造力大致都在起始點附近。換句話說，參加科展的學生在經過科展的課程訓練之後，其創造力獲得提升此一結論是相當值得討論的。由此一數據來看，參加科展的學生其創造力在四次的測量後，事實上是不增反減，若進一步探討原因，是不是有可能因為參加科展學生所受訓的內容多是教師規劃好的，反而限制了創造力的發展；亦或是因為學生要代表學校參加科展所產生的壓力而阻礙了創造力的發展，當然，也有可能是因為科技創造力發展的前提在於堅實的基礎專業訓練上。換言之，一些科展學生的徵選條件有可能是選擇學業成績優良的學生，這些學生的初始創造力或者對於科展的興趣為何不得而知，但若在一剛開始不具備基礎專業的訓練下，其初期創造力的發展呈現下降的情形就有可能發生了。以上皆為本研究針對研究結果的討論，其真正原因究竟如何，則有待未來進一步研究以佐證。

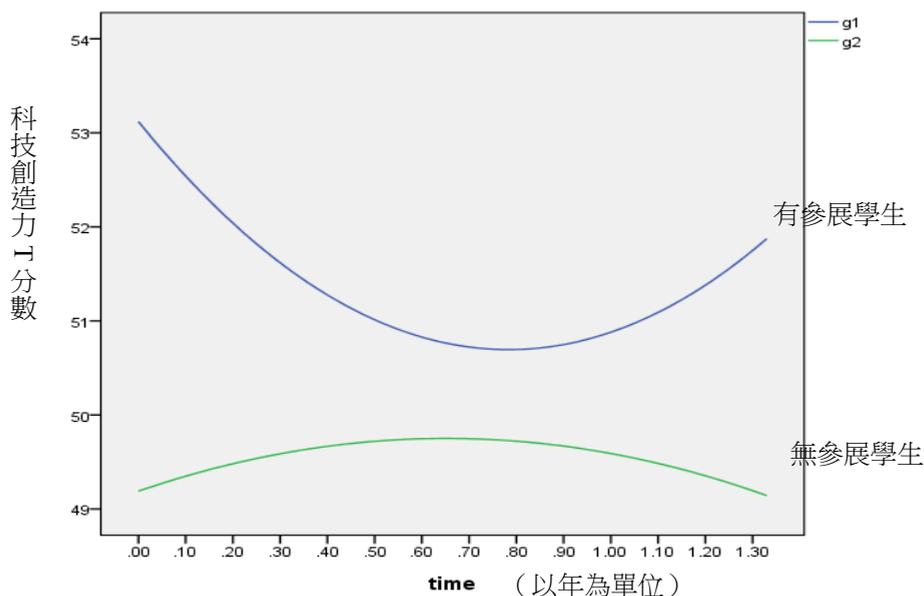


圖 1 創造力成長歷程圖

整體而言，創造力訓練的保存維持效果不如過往研究認為的為下降趨勢，反而在本研究中，在參展結束後的二、三個月內，創造力仍是維持持續上升的趨勢。也就是說，過去研究並未針對訓練後的多少時間後創造力會開始下降有清楚的論述，而大多僅是籠統的說明保存維持效果為下降的趨勢，但到底是多久會下降？是一結束後就下降嗎？至少在本研究中認為，在結束後的兩三個月內還是呈現上升的趨勢。所以，後續研究者或許可以再延長訓練結束後的資料蒐集時間與次數，以一窺科展訓練的保存維持效果之下降時間點究竟為何。

(二) 僅有參加科展學生的內在動機對科技創造力的初始狀態（在小學五年級時）有直接影響

內在動機對科技創造力的直接影響效果部分，除了對有參加科展學生的科技創造力的初始狀態有直接顯著的影響外，其餘沒有參加科展學生的內在動機，並無顯著的影響存在。也就是說，第一波調查時的創造力測驗分數，對於準備要參加科展的學生

而言，其內在動機越高，其科技創造力的表現越好。然而，對於沒有參展的學生則均無顯著的影響，這是與過去研究大不相同之處。究其原因，可能在於本研究在後測時，並未對學生的內在動機進行測量，僅蒐集前測資料來代表學生的動機，因此無法得知是否因為訓練課程的設計而引發學生對於內在動機的變化，致使研究假設呈現不顯著的狀況。

(三) 有參加科展的學生內在動機對科技創造力訓練的保存維持效果有調節效果

本研究根據動機理論主張學生會因為動機的不同，而調節個體在接受創造力訓練後的保存維持成長情形。不過，統計檢定僅支持有參加科展的學生而言，其內在動機對科技創造力在隨時間變化的過程中具有顯著的調節效果，且趨勢隨內在動機的增加而加速遞增。此外，雖然內在動機對於未參加科展學生的保存維持效果的調節效果不盡理想，但在二次成長曲線所對應的變異成分仍呈現顯著的狀態，表示仍有其他調節因素未被考慮到，此則有待未來進一步探究。也就是說，本研究並未完全呼應動機理論與相關研究的說法，僅內在動機可以調節參展學生的創造力遷移維持軌跡。也就是說，若學生的內在動機越高，則他的科技創造力成長加速度也會越快，但這樣的解釋僅限於有參加科展的學生。

二、建議

(一) 對創造力教育推動實務的建議

創造力是能被教導的嗎？在本研究分別對有無參加科展競賽學生進行一年半的創造力表現追蹤的結果，發現有參加科展競賽的學生，在參展的前、中、後，其成長趨勢與沒參展的一般學生顯著的不同，足見學生的創造力並非天生不變的，是可以後天被培養、發展、教導與訓練的。本研究發現學生科技創造力隨時間降低的成長趨勢，所以建議在學校的課程發展與設計中，應加強融入創造力相關的教學與課程。而在保存維持軌跡上，要有效提升學生的創造力，除了採行創造力訓練外，訓練後也應積極地以其他相關的介入活動，以維持創造力學習成效。此外，本研究發現有參加科展競賽的學生的內在動機與其科技創造力表現之間存在著顯著關係，這些同學可能因為剛開始的內在動機就較強，對於參加科展認為是有趣的、喜愛的、或對個人具有挑戰性

的，所以創造力表現也會比較好。依此建議教師在教學過程中，可以適時的增加活動的挑戰性及活潑性，可以有助於引起學生的內在動機，培養學生創造力表現。所以，在校內教師教學時，應將創造力訓練融入其他課程之中，藉由融通的教學方式，將創造力課程所教授的創造力概念、創意技法以及相關創意教學技巧融入教師的課程中，以期學生能維持其接受創造力訓練後的保留水準。需注意的是，國內科展的訓練課程多有以教師教學為中心的引導趨勢，如此一來，極有可能扼殺了科展學生的內在動機。因此，建議教師在科展的訓練過程中多多提供學生自由發揮的機會，鼓勵學生勇於提出自己的想法，如此才能真正提升學生的科技創造力發展。

最後，本研究發現，學生的內在動機對有參加科展學生的初始科技創造力表現以及後續的科技創造力成長速率具有正面的影響效果，換言之，若欲提升參加科展學生的科技創造力表現，可從提升學生的內在動機開始著手。對於科技創造力的影響來說，仍是以本身興趣、好玩、想挑戰自己等內在動機佔主導地位，其他外在的因素（如得到分數獎勵、獎品鼓勵等）對參加科展的同學們來說，較像是附加價值，或只是輔助原因。所以幫助科展學生發揮最大創造潛能的方法，就是讓學生做他們喜歡做的事情，教師可以將這樣的方法用在教室裡，讓學生為自己或小組選擇計畫主題。或是將課程內容設計的有趣、好玩，甚至有一些挑戰性，而非僅僅是以分數鼓勵、給予學生小禮物等外在誘因。再者，教師在教學過程中也應提供學生可討論與發表的學習環境，並給予適當的回饋與鼓勵。對於困難的自然觀念或內容應引導學生逐步去探索並嘗試讓學生運用舊經驗去解釋新的知識，漸漸地培養學生對學習的喜愛與信心。當學生肯定自己的能力，相信自己是有能力面對人生任何挑戰，必能增進創造力的展現。除此之外，從本研究結果來看，參加科展的學生在一剛開始時的創造力是呈現下降的趨勢，因此建議科展的指導老師，在徵選學生之後，應給予學生一段熱身期，讓學生充分了解科展內涵，甚至在一段緩衝時間中給予學生基礎專業訓練，引起學生對於科展的興趣，方可降低初期科技創造力下降的現象。

（二）對未來研究的建議

本研究以縱貫性的調查來蒐集學生科技創造力的資料，並且以多層次的方法來加以分析，試圖彌補在目前國內外創造力相關研究中的缺口，研究結果同時也發現尚有其他不同層次的變項會影響學生創造力表現並未被本研究考量到，建議未來研究可以加入更多不同層次的影響因素。再者，如本研究所言，創造力訓練的遷移維持效果呈

現下降的趨勢，但在本研究的實證結果後卻是在訓練結束後的二、三個月內仍是維持上升的趨勢，也就是說，究竟多長的時間會開始下降不得而知。因此建議後續研究者可延長訓練結束後的資料蒐集時間與次數，以確實釐清創造力訓練的發展歷程。第三，本研究因選取志願參與的教師及其學生為研究對象，所以並無法做到隨機選取研究對象，自然對於學生個人的可能干擾因素例如社經地位、智商等亦無法控制，甚至每位老師對於參展學生的訓練方式也不盡相同，這是本研究一個重要的研究限制。更重要的是，因為學生並非隨機指派，雖然教師是利用課餘針對參展學生進行科展訓練，但是同位教師在上課時面對所有學生，並無法清楚釐清教師教學所造成的干擾效果。所以，針對本研究結果的解釋，理應更加小心。甚至建議後續研究者可以將教師的相關因素例如教學風格等，列為層次三的因素加入本研究模型之中。因此，針對學生無法隨機指派方式所造成的影響，本研究建議後續研究者可以透過類似創造力訓練營的方式，進行樣本的隨機分派，以控制可能因為樣本特性破降低究內部效度，導致研究結果的偏誤。甚至針對教師的創造力訓練方式，也可能針對教師辦理一個工作坊，使得每位學生所接受到的創造力訓練方式能趨於一致，降低研究結果的偏誤。最後，本研究在四個時間點施測科技創造力，以進行成長歷程的研究。然科技創造力量表並無四套複本可以使用，四次都使用同一套量表，是否會有練習以及疲勞的效果，在本研究是很難區分出來的。所以學生科技創造力的成長現象是否有可能肇因於練習以及疲勞的結果不得而知，這將是本研究最重要的限制與問題所在。所以本研究在研究結果的解釋相當謹慎，但仍是建議未來研究者在討論創造力的長期追蹤調查時可以尋找或使用不同複本的創造力測驗，以解決本研究疑慮。

誌 謝

本文為行政院科技部補助專題研究計畫（計畫編號：NSC99-2410-H-024-021-MY2）之研究成果。此外，針對本文內容提出諸多建議與指正的審查委員、編輯委員以及執行編輯等，作者於此一併提出感謝之意。因為有您們的寶貴建議及對學術研究的付出，將使作者及許多教育後學更加成長，謹此致謝。

參考文獻

- 江美惠 (2005)。創造性問題解決教學方案對資優學生創造力及問題解決能力影響之研究。**資優教育研究**，5 (2)，83-106。
- 吳明雄、許碧珊、張德正、張可立 (2009)。高職高技術創造力學生團隊之創造歷程。**教育與心理研究**，32 (2)，1-25。
- 李堅萍、游光昭、朱益賢 (2009)。國中科技教育運用 Teresa M. Amabile 工作動機原則與自我效能激發策略之研究。**新竹教育大學教育學報**，25 (2)，129-159。
- 邱皓政 (2000)。工作動機的內生性與外生性：台灣與美國大學生工作動機取向的計量研究。**應用心理研究**，7，221-252。
- 林偉文 (2006)。學校創意守門人對創意教學與創造力培育態度與教師創意教學之關係。**教育學刊**，27，69-92
- 林碧芳、邱皓政 (2008)。創意教學自我效能感量表之編制與相關研究。**教育研究與發展期刊**，4 (1)，141-169。
- 洪素蘋、黃宏宇、林珊如 (2008)。重要他人回饋影響創意生活經驗？以模式競爭方式檢驗創意自我效能與創意動機的中介效果。**教育心理學報**，90，303-322。
- 教育部 (2006)。**九年一貫課程綱要**。中華民國 95 年 3 月 27 日台國 (二) 字第 0950030367C 號令修正。台北：教育部。
- 陳玉樹 (2008)。創造力訓練課程成效分析：準 Solomon 四組設計。**課程與教學**，11 (4)，187-212。
- 陳玉樹、周志偉 (2009)。目標導向對創造力訓練效果之影響：HLM 成長模式分析。**課程與教學季刊**，12 (2)，19-46。
- 陳玉樹、胡夢鯨 (2008)。任務動機與組織創新氣候對成人教師創意教學表現之影響：階層線性模式分析。**教育心理學報**，40 (2)，179-198。
- 陳昭儀 (2000)。傑出理化科學家之人格特質及創造歷程之研究。**師大學報：科學教育類**，45 (1)，27-45。
- 葉玉珠 (2004)。「科技創造力測驗」的發展與常模的建立。**測驗學刊**，51 (2)，127-162。
- 葉玉珠 (2005)。**科技創造力測驗指導手冊**。台北：心理。
- 葉玉珠 (2006)。**創造力教學-過去、現在與未來**。台北：心理。
- 鄭英耀、李育嘉、劉昆夏 (2008)。科展績優教師教學行為與學童創造力、問題解決能力之關係。**教育與心理研究**，31 (1)，1-30。

- 蔡執仲、段曉林、靳知勤（2007）。巢狀探究模式對國二學生理化學學習動機影響之探討。**科學教育學刊**，**15**（2），119-144。
- 蕭佳純（2011）。學生創造力影響因素之研究：三層次分析架構。**特殊教育學報**，**33**，151-178。
- 詹志禹（2004）。台灣發明家的內在動機、思考取向及環境機會—演化論的觀點。**教育與心理研究**，**27**（4），775-806。
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: Update to the social psychology of creativity*. Boulder, CO: Westview.
- Amabile, T. M., Hill K. G., Hennessey B. A., & Tighe E. M. (1994). The work preference inventory: Assessing intrinsic and extrinsic motivational orientations. *Journal of Personality and Social Psychology*, *66*(5), 950-967.
- Ambrose, M. L., & Kulik, C. T. (2001). Old friends, new faces: Motivation research in the 1990s. *Journal of Management*, *25*(3), 251-292.
- Baldwin, T. T., & Ford, K. J. (1988). Transfer of training: A review and directions for future research. *Personnel Psychology*, *41*, 63-105
- Beghetto, R. A. (2006). Creative self-efficacy: Correlates in middle and secondary students. *Creativity Research Journal*, *18*(4), 447-457.
- Benedek, M., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2006). Enhancement of ideational fluency by means of computer-based training. *Creativity Research Journal*, *18*(3), 317-328.
- Besançon, M., & Lubart, T. (2008). Differences in the development of creative competencies in children schooled in diverse learning environments. *Learning and Individual Differences*, *18*(4), 38-389.
- Birdi, K. S. (2005). No Idea? Evaluating the effectiveness of creativity training. *Journal of European Industrial Training*, *29*(2), 102-111.
- Bryk, A. S., & Raudenbush, S.W. (1992). *Hierarchical linear models in social and behavioral research: Applications and data analysis methods* (1st ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Burke, L. A., & Hutchins, H. M. (2007). Training transfer: An integrative literature review. *Human Resource Management Review*, *6*(3), 263-296.
- Caro, D. H., McDonald, J. T., & Willms, J. D. (2009). Socio-economic status and academic achievement trajectories from childhood to adolescence. *Journal of Education*, *32*(3), 558-590.

- Choi, J. N. (2004). Individual and contextual predictors of creativity performance: The mediating role of psychological processes. *Creativity Research Journal, 16*(2), 187-199.
- Claxton, A. F., Pannells, T. C., & Rhoads, P. A. (2005). Developmental trends in the creativity of school-age children. *Creativity Research Journal, 17*(4), 327-335.
- Cohen, D., Raudenbush, S., & Ball, D. (2003). Resources, instruction, and research. *Educational Evaluation and Policy Analysis, 25*(2), 1-24.
- Colquitt, J. A., LePine, J. A., & Noe, R. A. (2000). Toward an integrative theory of training motivation: A meta-analytic path analysis of 20 years of research. *Journal of Applied Psychology, 85*(5), 678-707.
- Cramond, B., Matthews-Morgan, J., Bandalos, D., & Zuo, L. (2005). A report on the 40-Year follow-up of the Torrance test of creative thinking: Alive and well in the new millennium. *Gifted Child Quarterly, 49*(4), 283-291.
- Cropley, A. J. (2001). Creativity in education: Producing effective novelty. *Report Review, 21*(4), 253-260.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the psychological discovery and invention*. New York, NY: HarperCollins.
- Daniel, M. (2007). Can creativity be improved by an attention-broadening training program? An exploratory study focusing on team sports. *Creativity Research Journal, 19*(2-3), 281-291.
- Dresel, M. (2001). A longitudinal study of Dweck's motivation-process-model in the classroom. *Psychologische Beiträge, 43*(1), 129-152.
- Elliot, A. J., & McGregor, H. A. (2001). A 2x2 achievement goal framework. *Journal of Personality and Social Psychology, 80*(3), 501-519.
- Elliot, A. J., & Trash, T. M. (2001). Achievement goals and the hierarchical model of achievement motivation. *Educational Psychology Review, 12*, 139-156.
- Eris, O., Chachra, D., Chen, C., Sheppard, S., Ludlow, L., Rosca, C., Bailey, T., & Toye, G. (2010). Outcomes of a longitudinal administration of the persistence in engineering survey. *Journal of Engineering Education, 99*(4), 371-395.
- Esquivel, M. (1995). Teacher behaviors that foster creativity. *Educational Psychology Review, 7*(2), 185-202.
- Feldhusen, J. F., & Clinkenbeard, P. R. (1986). Creativity instructional materials: A review

- of research. *Journal of Creative Behavior*, 20, 153-182.
- Fleith, D. S. (2000). Teacher and student perceptions of creativity in the classroom environment. *Report Review*, 22(3), 148-153.
- Florida, R. (2004). Americas looming creativity crisis. *Harvard business review*, 37, 122-134.
- Garaigordobil, M. (2006). Intervention in creativity with children aged 10 and 11 years: Impact of a play program on verbal and graphic-figural creativity. *Creativity Research Journal*, 18(3), 329-345.
- Goldstein, H. (1995). *Multilevel statistical models* (3rd ed.). New York, NY: Halstead Press.
- Gruber, H. E., & Wallace, D. B. (2001). Creative work: The case of Charles Darwin. *American Psychologist*, 61(4), 346-349.
- Harackiewicz, J. M., Barron, K. E., Tauer, J. M., & Elliot, A. J. (2002). Predicting success in college: A longitudinal study of achievement goals and ability measures as predictor interest and performance from freshman year through graduation. *Journal of Education Psychology*, 94(3), 562-575.
- Hunsaker, S. L. (2005). Outcomes of creativity training programs. *The Gifted Child Quarterly*, 49(4), 292-299.
- Kahai, S. S., Sosik, J. J., & Avolio, B. J. (2003). Effects of leadership style, anonymity, and rewards on creativity-relevant processes and outcomes in an electronic meeting system context. *Leadership Quarterly*, 14(4), 499-524.
- Kharkhurin, A. V. (2009). The role of Bilingualism in creative performance on divergent thinking and invented Alien creatures tests. *Journal of Behavior*, 43, 59 -71.
- Kim, T. Y., Hon, A. H. Y., & Crant, J. M. (2009). Proactive personality, employee creativity, and newcomer outcomes: A longitudinal study. *J Bus Psychol*, 24, 93-103.
- Klein, H. J., Noe, R. A., & Wang, C. (2006). Motivation to learn and course outcomes: The impact of delivery mode, learning goal orientation, and perceived barriers and enablers. *Personnel Psychology*, 59, 665-702.
- Ma, H. (2006). A synthetic analysis of the effectiveness of single components and packages in creativity training programs. *Creativity Research Journal*, 18(4), 435-446.
- Mayer, R. E. (1999). Fifty years of creativity research. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp.449-460). New York, NY: Cambridge University Press.

- Mayer, R. E. (2008). Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *American Psychologist*, *63*(8), 760-769.
- Mayer, R. E., & Johnson, C. I. (2010). Adding instructional features that promote learning in a game-like environment. *Journal of Educational Computing Research*, *42*, 241-265.
- Michael, D. M., Samuel, T. H., Dawn, L. E., Katrina, E. B., & Stephen, T. (2007). Developing leaders for creative efforts: A domain-based approach to leadership development. *Human Resource Management Review*, *17*(4), 402-417.
- Moneta, G. B., & Siu, C. M. Y. (2002). Trait intrinsic and extrinsic motivations, academic performance, and creativity in Hong Kong college students. *Journal of College Student Development*, *43*, 664-683.
- Mortagy, Y., & Boghikian-Whitby, S. (2010). A longitudinal comparative study of student perceptions in online education. *Journal of E-Learning and Learning Object*, *6*, 23-44.
- Nickerson, R. S. (1999). Enhancing creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp.392-430). New York, NY: Cambridge University Press.
- Oldham, G. R., & Cummings, A. (1996). Employee creativity: Personal and contextual factors at work. *Academy of Management Journal*, *39*(3), 607-634.
- Osburn, H. K., & Mumford, M. D. (2006). Creativity and Planning: Training interventions to develop creative problem-solving skills. *Creativity Research Journal*, *18*(2), 173-190.
- Pintrich, P. R. (2000). Multiple goals, multiple pathways: The role of goal orientation in learning and achievement. *Journal of Educational Psychology*, *92*, 544-555.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage.
- Runco, M. A. (1999). A longitudinal study of exceptional giftedness and creativity. *Creativity Research Journal*, *12*, 161-164.
- Scott, G., Leritz, L. E., & Mumford, M. D. (2004a). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. *Creativity Research Journal*, *16*(4), 361-388.
- Scott, G., Leritz, L. E., & Mumford, M. D. (2004b). Types of creativity training: Approaches and their effectiveness. *Journal of Creative Behavior*, *38*, 149-179.
- Shalley, C. E., & Perry-Smith, J. E. (2001). Effects of social-psychological factors on creative performance: The role of informational and controlling expected evaluation

- and modeling experience. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 84, 1-22.
- Shally, C. E., Zhou, J., & Oldham, G. R. (2004). The effects of personal and contextual characteristics on creativity: Where should we go from here? *Journal of Management*, 30, 933-958.
- Simonton, D. K. (2000). Creativity: Cognitive, personal, developmental, and social aspects. *American Psychologist*, 55(1), 151-158.
- Smith, G. J., & Carlsson, I. M. (1985). Creativity in middle and late school years. *International Journal of Behavioral Development*, 8, 329-343.
- Smith, G. J., & Carlsson, I. M. (1990). *The creative process: A functional model based on empirical studies from early childhood to middle age*. Madison, CT: International Universities Press.
- Starko, A. J. (2000). *Creativity in the classroom: School in the curious delight*. New York, NY: LEA.
- Sternberg, R. J. (1996). *Successful intelligence*. New York, NY: Basic Books.
- Sternberg, R. J. (1999). Successful intelligence: A broader view of who is smart in school and in life. *International Schools Journal*, XVII, 19-31.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 3-15). New York, NY: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J., & Williams, W. M. (1996). *How to develop student creativity*. Alexandria, VA: Supervision and Curriculum Development.
- Talarico, J. M., & Rubin, D. C. (2007). Flashbulb memories are special after all: In phenomenology, not accuracy. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 557-578.
- Torrance, E. P. (1968). A longitudinal examination of the fourth grade slump in creativity. *Gifted Child Quarterly*, 12, 195-199.
- Uszyńska-Jarmoc, J. (2007). Self-esteem and different forms of thinking in seven and nine year olds. *Early Child Development and Care*, 177(4), 337-348.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2005). Creativity and occupational accomplishments among intellectually precocious youths: An age 13 to 33 longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 97(3), 484-492.
- Walker, C. J. (2009). *A longitudinal study on the psychological well-being of college*

- students*. New York, NJ: Cambridge University Press.
- Wang, C. W., Chen, M., Horng, R. W., Huang, C. Y., & Li, H. P. (2004). Case studies of implementation of Web-based group decision support system and creativity training in organizations. *Taiwan Management Journal*, 4(3), 357-378.
- Wang, C. W., & Horng, R. Y. (2002). The effects of creative problem solving training on creativity, cognitive type and R&D performance. *R & D Management*, 29(3), 247-254.
- Ward, J., Thompson-Lake, D., Ely, R., & Kaminski, F. (2008). Synaesthesia, creativity and art: What is the link? *Journal of Psychology*, 99, 127-141.

投稿收件日：2014 年 3 月 4 日

接受日：2014 年 12 月 2 日