科技史與創造力之關係探討及其對科技教育的省思

萬文隆

摘　要

本研究分別探討科技史以及創造力的文獻，以解析二者的關係，首先，經由文獻分析，將科技史分成二個層面，一是物的構面，包括演化、文化，二是人的構面，包括知識、延續、選擇，其中的知識依賴個人智慧，延續則依賴集體智慧，創造力也分爲二個層面，一是物的構面，包括程序、產品，二是人的構面，包括個人、團隊、組織，並深入探討兩者關係；其次，經過分析討論後，科技史中的演化與文化合而爲一個構面，創造力中的程序與產品也合併爲一個面向；最後，進一步探討科技史及創造力對科技教育的省思爲，在個人特質方面包括著重適性探索、開發多元智慧、進行終身學習，團隊特質則是實施合作學習、團隊學習、批判思考，組織特質方面包括遵循創意程序、營造創意環境、正視科技倫理等。

關鍵詞：科技史、創造力、科技教育

The relation of technological history and creativity and the pondering over to technology education

Abstract

The purpose of this research is to probe into the literature research of technological history and creativity advancement, and then to analyze the relationship of these two subjects. First, the technological history was described from four aspects such as knowledge, continuity, evolving, and culture. Creativity was depicted including individual character, team character, procedure and products four phases. Using these four characters discuss in depth of technological history and creativity advancement. Second, after analyzing, the culture evolution and technological history integrated as an aspect; the procedure and products in creativity merge into one phase, therefore, the technological history and creativity advancement are reduced from four into three aspects. Finally, probing into the technological history and creativity in respect to the pondering over to technology education concluded as individual character, team character, procedure and products four important areas. Individual character includes teach students in accordance with their aptitude, develop plural intelligence, go on all the life learning emphatically in idiosyncrasy. Team character includes implementing cooperative learning, team learning, and critical thinking. Procedure and products include following the standard procedure, building environment to inspire invention and emphasizing technology ethics.

Keyword: technological history, creativity, technology education.

壹、緒　論

從技術產品的發展與演進史觀察，技術的發展演進包括發明與創新，展現出技術創造力(Mokyr,1990)，國際科技教育協會(International Technology Education Association, ITEA)從 1994 年進行「美國全民科技教育」 (Technology for All American, TfAA)專案，在 1996 年第一階段的報告「研習科技的哲理與結構」中，重新將科技定義為「人類行動性的創新，這種創新包括知識和程序的創造，而創造知識和程序的目的在於發展資訊、物質和生物系統，以解決與延伸人類的能力」。換言之，科技就是創新、改變或修正自然環境，以便滿足察覺人類的需要及需求，科技是人類為調適環境用以滿足需求與慾望。(ITEA, 1996、ITEA, 2002)，正如 NOKIA 以「科技始終來自於人性」做為全方位行銷的訴求，充分展現無論是學界或企業界多認為，科技與創新、創造力、人性需求有關連性。

依據 Basalla (1988)的觀點，科技史是專門研究人造物品的發明、生產、使用的一門學科。換言之，科技史就是人類內在心理及智力因素，及外在社會經濟文化等因素影響下，不斷的創新，造成了人造物的多樣性，依據經濟、生物需求、意識型態、軍事、時尚、生活觀感等因素來選擇適當的人造物。

本文主要是探討「科技史」與「創造力」兩部分的理論與文獻，透過分析比較，達成下列研究目的：探究科技史的構面與內涵，探究創造力的構面與內涵，探究科技史與創造力兩者之間的關係，透過科技史與創造力的關係並提出對科技教育的省思。

目前台灣的科技教育，在國小、國中為自然與生活科技，高中為生活科技，但是，台灣的生活科技非升學考科，在國中、高中一向被忽視，根據高中生活科技學科中心在 2008 最新調查顯示，台灣的國中生約有一半沒有落實生活科技。探討科技史與創造力的關係及對科技教育的省思，屬於科技教育的基礎研究，有助落實台灣的生活科技教育。

貳、名詞定義

一、創造力：創造力是指有新奇、價值的能力。

二、科技史：科技史指科技發展史，中國大陸稱爲技術史，台灣稱爲科技史。

三、科技教育：依 ITEA(1996)，科技教育是培養科技素養，以瞭解、使用、評鑑科技的能力。

參、科技教育

科技是處理人造世界的思維，是運用資源與知識來滿足人的需求與慾望，而在人造的科技世界中，所有的人造物都是先被設計再製作出來，爲滿足人類更高層及多樣化的需求，如果能體會科技史的演進與轉折，應有助創新科技產品，滿足人類的需求與慾望，更彰顯科技教育的價值。

本文探討科技教育，擬從該領域發展史上的三份重要文件，包括 Jackson's Mills Industrial Arts Curriculum Theory，A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective，ITEA 的 TfAA 及 TfA (Snyder, F. J. & Hales, A. J. (1981), Savage, E. & Sterry, L. (1990) , ITEA(1996, 2000, 2002))，來研析科技教育。

依據 Jackson Mill Ⅰ及 Jackson Mill Ⅱ，科技是運用資源、知識，以延伸人的能力，來滿足人類的需求及慾望，這兩份文件中，前者提出科技系統式，後者提出，「人類解決問題滿足需求後，又產生新的問題及新的需求，於是促成科技不斷的發展」的論點。到了 ITEA 發表 TAA(1996)指出，科技是人類行動的創新，更點明了，科技必須加入創造力，使得在輸入的資源、處理的過程及輸出的產品都能有創造力，讓科技有創作力，使得產品能創新。

根據上述科技的核心能力，是在科技系統模式的(I,P,O,F)各階段，具有輸入資源、選擇資源(包括材料、工具、能源等)，在處理端要能有良好的科技能力，包括解決問題能力、設計製作能力，及認知、技能、情意等科技素養，而在產品端能了解輸出可能是預期或非預期的產品，因此，在回饋端必須加以評估、控制，因此，科技的核心能力就包括資源處理及選擇的能力、科技解決問題、設計與製

作、評估、測試、控制、維修、排難解紛等核心能力。

美國工藝及科技教育發展史上，相當重要的三份報告書，Jackson’s Mills Industrial Arts Curriculum Theory，A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective，ITEA 的 TfAA 及 TfA。第一份在 1980 年代提出，第二份及第三份在 1990 年代提出，分別影響我國 1980 年代國小的美勞課程、國中及高中的生活科技課程，及 1990 年代，國小及國中的生活科技課程、高中的生活科技課程。先闡述我國近年生活科技發展及目標導向趨勢，接著分別說明這三報告書形成背景與內容重點，並分析對我國生活科技發展的影響。

我國生活科技課程發展及目標導向，如下表 1，我國的生活科技教育是在國小、國中、高中各階段實施，而我國的生活科技教育一向受到美國影響，在 50 年代左右，台灣師大設立的工業教育系工藝教育組，即是接受美國工藝教育援助而設立，此後，國內的工藝教育，乃至於 80 年代之後的生活科技課程，主要都是受到美國工藝到科技教育課程演變的影響，尤其是前述兩份文件，及後來在 1996 年代 ITEA 發佈的 TAA，都是美國科技教育課程影響我國生活科技課程的三份重要報告書。

表 1 我國近年生活科技課程發展及目標導向

年代	國小	國中	高中	目標導向
40	勞作	勞作	勞作	職業導向
50	勞作	工藝	工藝	
60	勞作	工藝	工藝	工業科技導向
70	美勞	工藝	工藝	
80	美勞	生活科技	生活科技	科技導向
90	自然與生活科技	自然與生活科技	生活科技 (與家政同一領域)	標準導向

一、Jackson’s Mills Industrial Arts Curriculum Theory

爲了消彌以「工業」、「工業科技」及「科技」爲知識體系的不同工藝教育理念的爭論，進而釐清科技教育的方向，在 1979-1981 年間，美國 21 位工藝教育學

者，針對工藝教育的基本理念與課程模式進行深入研討，提出 Jackson’s Mills Industrial Arts Curriculum Theory，整合相關理念，爲科技教育定新的里程碑。認爲文化演進的理由，是人類四個知識領域，科技、科學、人文、形式，與三個適應系統，意識型態、科技、社會，不斷互動。

該報告認爲工藝教育是研究「科技」與「工業」的有關問題，是一種普通教育的課程，在探討：

1. 科技的演進、運用與重要性
2. 工業的組織、人事、制度、技術、資源、產品
3. 科技與工業對於社會文化的影響與衝擊

科技是人類創造及使用工具、技術、資源與管理人造和自然環境的各種系統，以擴展潛能所做的努力而形成的知識體系

工業是社會經濟體制的一個部分，透過資源的運用，生產財貨或提供服務，以滿足個人及社會的慾望與需求。

工藝教育的目的爲：

1. 了解並欣賞社會與技術的演進及相互之間的關係
2. 建立科技如何改變環境，及可能帶給人類衝擊的正確信念
3. 培養適當運用工具、技術、資源及工業制度的態度與能力
4. 培養運用技術方法，爲目前及未來社會問題提供開創性的解決辦法，試探及培養生活在科技社會，扮演工作者、休閒及公民等角色所需人類潛能。

這份報告書是美國工藝與科技教育學者，在 1980 年代提出，由許多專家學者，針對工藝教育擬聚共識，經過事前多次開會討論，成員包括美國工藝教育學會(AIA)等工藝領域專家，對當時各界工藝教育歧見，提出一個共識，訂出目標，以利各界推動工藝課程。

至於該份報告書的內容要點，除了訂出科技、工藝、工業等定義，將科技定義爲運用資源來滿足人類需求、以延伸人類的能力。

此外，也提出科技系統模式，如圖 1，該模式提出科技系統的運作，是透過輸入資源，經過科技處理的過程，得到成品，期間並有一個回饋控制系統。至於課程內涵方面，則提出以反映工業時代的製造、營建、傳播、運輸等領域。

該報告書對我近年生活科技課程發展的影響，主要是在 70 到 80 年代，對當時國中、高中發生影響，但對國小則影響較小。當時，我國的國中及高中的生活科技課程主要是製造、營建、傳播、運輸等課程，且科技系統模式也深深影響我國生活科技的課程。

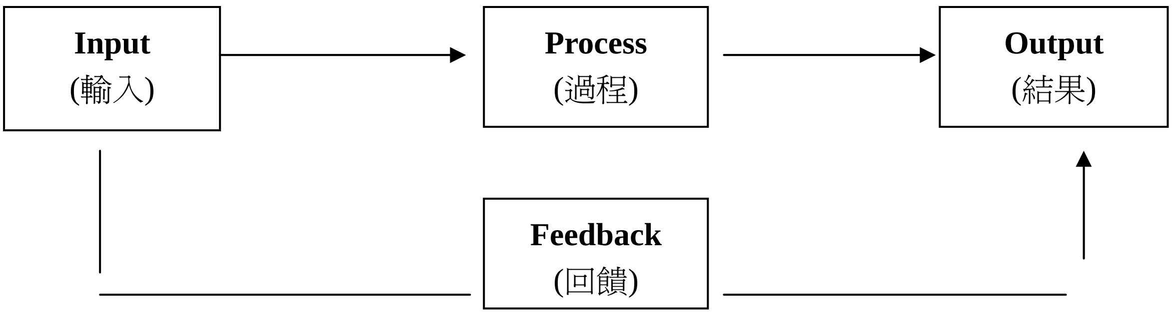

圖 1 科技系統解決問題模式

二、A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective

1980 年起，為有計畫探討科技教育，美國一些學者，每年定期召開一次「科技教育討論會」。Jackson’s Mills Industrial Arts Curriculum Theory 提出後，在科技教育理論的逐漸凝聚共識，美國工藝教育學會(AIAA)在 1985 年年會正式更名為國際科技教育會(ITEA)。

隨著科技教育理念日益普及與明確化，美國技術基金會(Technical Foundation American, 簡稱 TFA)認為有必要加以檢討修正，於是支助「國際科技教育會」(ITEA)、「美國職業學會」(AVA)及「科技教師教育委員會」(CTTE)三個學術團體共同邀集專家進行研究，由 25 位科技教育專家組成的研究小組，以 Delphi 的方法，經過三個階段的深入研討後，於是在 1990 提出 A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective，定義科技為，人類使用資源(包括人力、工具／機器、資訊、物質、能源、資本、時間)，來解決問題(現在未來，已知或不確定的)，以滿足人類需求與慾望的知識與方法。

該報告提出一個問題解決模式，如圖 2。當人們對特殊的環境時，常常會利用科技來達到應的目的，而科技的運用會產生結果，這種結果可能會產生新的科技知識，並對環境造成多方面的影響，同時也會產生另一些新問題，等待人們去解決或適應，所以科技的運用會改變人們的適應型態(包括意識型態的、科技的、社會的)，及知識領域(科技、科學、人文、形式)，此二者會互相影響，並刺激彼

此的改變與成長，如此生生不息。並且利用動態的「問題解決」科技概念，來建立科技教育的理論基礎，解決問題後又面臨新問題，形成科技發展。

這份報告書是在 1990 年代提出，由美國工藝及科技教育學界，繼 Jackson’s Mills I 後，再次集合專家智慧而得到的文件，此文件又被稱為 Jackson’s Mills II。

就在 1980 到 1990 年代，正由工藝轉為科技教育典範，而 AIA 也改為 ITEA，顯示正如學者 Waner 所言，工藝要反映科技文明，此時，定義的科技主要是，運用資源，以滿足人類的需求及慾望，逐步由工藝轉向科技教育時代。

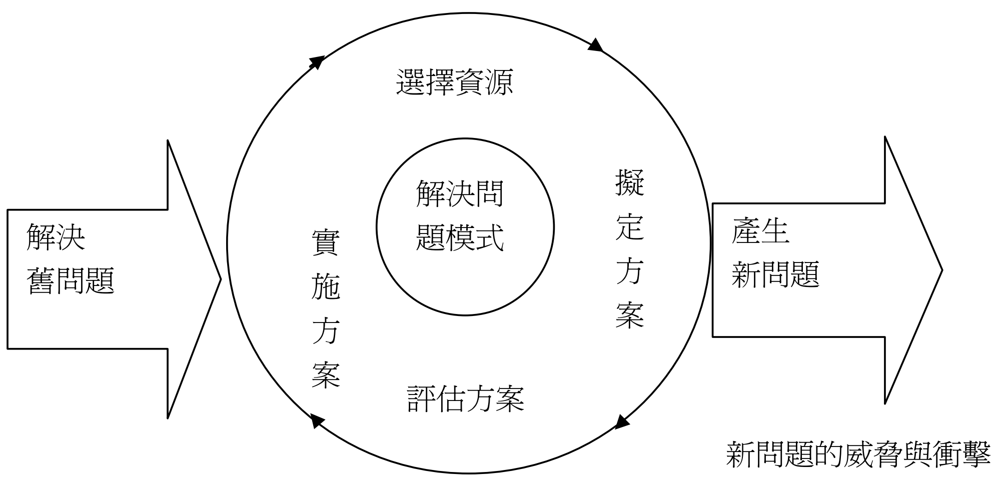

圖 2 解決問題模式

這個解決問題模式，反映了人類社會中，解決了舊有的問題之後，由於人類文明的進步，不斷會有新的問題衝擊產生，因此，形成一個循環，也促成了科技的發展。

至於這份報告書提出的課程架構為，生產(製造、營建)、傳播、運輸、生物科技等四大主軸，依年代而言，也影響我國 80 到 90 年代，生活科技九年一貫課程及高中生活科課程，並且在科技方法中，也著重在解決問題模式，作為生活科技學習活動的主軸。

三、ITEA 的 TfAA

依據 ITEA 所發佈 TfAA 中，科技的哲理與架構，如圖 3，科技的構面有三個，

知識、程序、系絡，其中的程序構面的科技素養內容，可以分設計與科技世界能力兩個構面，其中的設計可以再分爲設計的屬性及工程設計兩層。

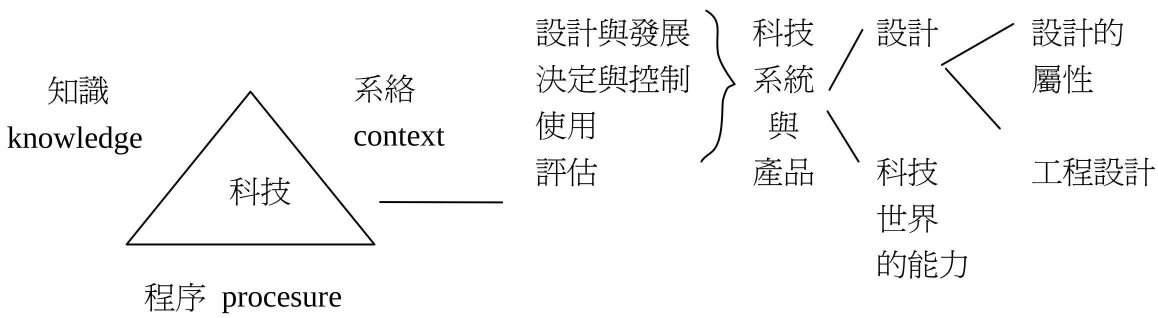

圖 3 科技的哲理與架構

由圖 3 顯示，設計是科技中一個相當重要的層面，而設計的屬性中指出的核心能力爲設計的原理、沒有完美設計，而工程設計指出運用數學與科學原理來建模等核心能力。

一般而言，設計是經過 Amible 所指稱的四個階段，即準備、醞釀、豁朗、驗證，即規劃設計、評估設計、實施設計、考核設計等階段，而設計的核心能力包括了解設計原理是以人爲中心，必須對機構、功能、材料、造型等深入瞭解，這些也是設計的核心能力。

依據 Basalla(1988)指出，科技的演進，是源於需求，創新、多樣性，而 Edgerton 也指出，科技演進的關健在於使用，在國中自然與生活科技中，科技過程技能的能力項目包括規劃、溝通、評估、控制、協調，顯示科技的進展，會扮隨著創新、發明，即科技創造力，生產出多樣化的產品，經過人類的選擇使用，才會形成現今人造世界。

因此，科技創造力，即是在科技發展中，隨著人類不斷的創新、發明，來滿足人類選擇、使用的需求。

在 ITEA 指出科技是人類行動的創新後，又接著發表 I3(Invention, Innovation, Inquire)及 TIDE(Technology, Innovation, Design, Engineering)，顯示出科技必須透過創造、發明、創新、探索、設計與工程等項目來維繫科技世界不斷的進步。

而學者指出(Amible)創造力的構面爲管理、態度、專精，屬於個人層面，而創新的構面爲本業專精、創造力專精，再加以態度，因此，科技創作的核心能力，除了包括能將材料、工具等資源轉化爲產品的技能之外，還包括上述的創造力、創新、工程及態度情意領域。

從美國的 Jackson’s Mills Industrial Arts Curriculum Theory，到 A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective，以至於 ITEA 所發佈 TAA，影響到我國國小到高中的生活科技課程，不過，隨美國發佈 TAA 文件，及英國體系課程也相當重視設計與製作，在國小到國中階段，設計與製作爲八大能力指標之一，在高中生活科技課程將創意設計製作的時間加大，以凸顯生活科技課程重視實作設計與製作的特色，表 2 彙整 Jackson Mill Ⅰ、Jackson Mill Ⅱ及 ITEA 的 TfAA 及 TfA，對我國生活科技課程的影響。

表 2　Jackson’s Mills Ⅰ、Ⅱ及 ITEA 的 TfAA 及 TfA 的內涵及對我國生活科技課程的影響

項目		Jackson’s Mills Industrial Arts Curriculum Theory	A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective	ITEA 的 TfAA 及 TfA
提出時間		1980	1990(又稱 Jackson’s Mills Ⅱ)	1990 ~ 2006
形成背景		對工藝、工業、科技等達成共識，專家學者集體智慧	反映工藝轉向科技 專家學者集體智慧	全美科技教育(TfAA) 全民科技教育(TfA)
內容重點	模式	科技系統模式	解決問題模式	科技環宇
	課程	製造、營建、 傳播、運輸	生產(製造、營建)、 傳播、運輸、生物科技	知識、程序、系絡
對我國生活科技課程影響		70 到 80 年代 影響我國國中到高中生活科技	80 到 90 年代 影響我國國小到高中生活科技課程	90 年代以後 強調設計、製作

而 Lewis(1999)認為，Savage and Sterry(1990)提出標準的解決問題模式，稱為科技方法(The standard problem solving model called "the technology method")，是 ITEA 認可的文件(in a work that had the imprimatur of ITEA)。Carty & Phelan(2006)指出，Savage and Sterry(1990, p. 21)提出概念架構模式(The conceptual model)顯示科技教育是從事一個做的活動(a doing activity)，而有別於應用科學(applied science)。

至於工藝教育與科技教育的關係，依據 Volk(1996)指出，兩者共同的部分包括工具(Tool)、材料(Materials)、活動(Activities)、過程(Processes)、目標(Objectives)、定義(Definitions)。

而 Foster(1994)指出，在 Jackson's Mills(1981)工藝教育界定為全面、綜合、廣泛的教育課程(a comprehensive educational program)，迄 AIAA(1985)將科技教育界定為全面、綜合、廣泛，以行動為基礎的教育課程(A comprehensive, action-based education program)。

顯示 Jackson's Mills Industrial Arts Curriculum Theory、A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective，以至於 ITEA 的 TfAA 及 TfA，三者都是全面、綜合、廣泛的教育課程，且都是從事一個做的活動(a doing activity)，具有的共同部分是工具(Tool)、材料(Materials)、活動(Activities)、過程(Processes)、目標(Objectives)等，且 A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective 所提出問題解決模式是一種科技方法，上述觀點，都深深影響台灣的生活科技課程，從工藝到科技教育，三者都重視實作，但 ITEA 的 TfAA 及 TfA 則更重視心智過程。

Jackson's Mills Industrial Arts Curriculum Theory，A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective 及 ITEA 的 TfAA 及 TfA，三份報告書，影響台灣生活科技教育是呈現延續性的，也就是第一份報告書所提的科技系統模式及製造、營建、傳播、運輸等四個課程架構，第二份所提問題解決模式及及生產、傳播、運輸、生物科技等課程架構，第三份所提的科技環宇及設計與製作的概念，對我國 80 年代以後的生活科技就產生延續性的影響。

不過，由於國中小與高中的學習條件不同，依據課程發展，統整、分化、專精，生涯發展為探索、覺知、試探等階段，在 Jackson's Mills Industrial Arts

Curriculum Theory 所提的科技系統模式，較屬於理論層面，國中小屬於科技素養教育，著重由實際動手操作，來培養科技的內涵，可能較不適用科技系統模式，如果要導入，也應在九年級再稍作簡介，高中屬於大學預備教育，到了高中，就可以全面引入科技系統模式，以科技系統模式來銜接大學的科技素養專精教育，但是 A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective 所提的解決問題模式，及 ITEA 的 TfAA 及 TfA 科技環宇及設計與製作的概念，較屬於兼具實務及理論導向，可以適用在小學及國中，以及後續的高中階段。

到了 ITEA 所發佈 TAA 之後，從科技是人類行動的創新後，又接著發表 I3(Invention, Innovation, Inquire)及 TIDE(Technology, Innovation, Design, Engineering)，凸顯科技教育的核心概念是，創造、發明、創新、探索、設計與工程，與科技史所強調，維繫科技世界不斷進步的因素包括需求、創新、多樣性等相呼應，目前這些 ITEA 與科技史所著重的要素，都是現今從小學、國中的自然與生活科技到高中生活科技課程內涵的核心要點。

肆、創造力與科技史的關係探討

本文進行創造力與科技史的探討，是經由文獻分析，將科技史分成二個層面，一是物的構面，包括演化、文化，二是人的構面，包括知識、延續、選擇，其中的知識依賴個人智慧，延續則依賴集體智慧，創造力也分爲二個層面，一是物的構面，包括程序、產品，二是人的構面，包括個人、團隊、組織，先談科技史的構面，再進行兩者之間的比較，探討兩者之間的關係。

一、科技史的探討

依據 Basalla (1988)的研究，科技史中反覆出現的三大主題包括，多樣性、需求與技術演化，多樣性指有史以來，人造物品種類繁多，是物質文明的一種必然現象，需求是人類因爲動機而去發明人造物，以滿足生命中的基本需求，需求是對多樣性存在的不正確、卻是之所以流行的解釋，技術演化指通過有機類比來解釋這些新式產品爲何出現及選擇機制，且不必藉助生命需求的概念就能解釋多樣性的特質。

蔡東鍾(2005)指出，科技的發展是由於人類利用過去所累積的知識以及經驗，思考如何改善生活週遭的環境，藉由不斷的研究、試驗與嘗試，發展出新的科技以具體改善生活的過程。本研究所稱的「科技史」，是指人類在所處的環境中，爲了得到較佳的生活，於發展科技過程中所發生的事實，這種事實包含巧妙用具的發明，問題解決方法的創新，與科技概念變化的。

Slaby(1973)指出，科技史以一種有意義的方式描述科技與其他力量對人類日常生活影響的經驗。ITEA(2000)指出，透過科技史的方法來學習科技，能夠讓學生對科技及在社會中所扮演的角色做出更可靠的決策。

劉君燦(1983)指出，科技史並非找尋一些已淘汰的理論、發現與發明，史料固然是史學的基礎，但絕代替不了史學，同樣科技史還要探討某些發現，發明是基於怎樣的自然觀才得到的，這些自然觀的流變如何，自然觀的流變對當時人類整體文化互動又如何，換句話說，科技史是要在整體文化史的角度下去探討的。

由 Basalla (1988)等人的論點，科技史可以歸納出二個層面，一是物的構面，包括演化、文化，二是人的構面，包括知識、延續、選擇，其中的知識依賴個人智慧，延續則依賴集體智慧。

(一)物的構面

1.演化

科技的基本單元就是人造物，假如用科技演化來解釋人造物的多樣性，我們必須展現人造物相互間的延續性，並且說明每一種人造物都不是唯一的，而是與先前已製造出的物品相關連。人造物的多樣性激勵我們尋求科技演化的熱情，且延續性是這種演化解釋的充分條件，一種演化理論如果無法顯示所談論對象世界的基本單元的連貫性，那這種演化理論就無法存在了。

2.文化

創新與文化方面。對生活在現代的歐美人士說，給予發明者承諾與報酬都是合理的行動，但在其他文化中，也有就像我們力求培植創新一樣，花費很大力氣

來詛咒創新。

西方人持續且有侵略性地，運用每一種可能的自然力量與資源，目的在於成為全球科技的領導者。在現代科學中，提供一個能了解自然世界的超級意義，將確保人類能徹底的征服自然。

讓自然來服務滿足人們需要的話題，在十七、十八世紀受到好評與探討。直到十九世紀，這個概念被廣泛地接受，且被簡化成一個詞語，即征服自然。在科技運用到淋漓盡致時，以控制並征服自然的這一個觀念，直到二十世紀上半葉都還沒有受到挑戰。它的真實性在一九六零年代受到環保運動領袖的質疑，爭論點在於它無情地征服自然，此舉不只是在毒害我們所處的環境，且消耗無法再生的資源，這都是在從事一些不道德的行為。

(二)人的構面

1.知識

Basalla (1988)研究指出，發明活動的重要因素，有一項是智力因素，其中最重要的是知識，知識分為科技傳播、科學傳播二部分，科技傳播又分為帝國主義、移民、實際知識、環境影響等項目。且有部分人認為發明有賴個人英雄式的知識與智慧。

在科技發展的傳統處理方式中，創新開始於找尋人類製造者，以及長期探索生活的必需品將導致人造物的多樣性。另外，我將尋找遊戲的人，引導他們進入創新的話題，將考慮遊戲者如何當作一個科技創新的來源。許多論者在討論科技創新的話題時，承認遊戲的重要性，並且評論從發明的遊戲中得到樂趣，這還不包括考慮到任何可能帶來的經濟與社會利益。發明者從解決他們所遭遇的難題、克服在他們面前的挑戰、運用智力來對付自然與人類的競爭中贏得遊戲的勝利，並且從中得到滿足。

由於 ITEA 中的 TfAA 課程的知識、程序、系絡，是由 Jackson’s Mills Industrial Arts Curriculum Theory，及 A Conceptual Framework for Technology Education: A

Historical Perspective 逐漸演進，而且是以科技及科學為基礎，因此與科技史的演化中的知識的科技傳播、科學傳播，有關連性。

2.延續

有一大部分區隔的人認為技術演變是不連續性的，且是依賴個別天才英雄人物勞動的傑作，例如愛迪生、享利福特等人都是單獨依賴雙手發明獨一無二的機器與設施，以組成現代技術。但是，從一些延續性的實例包括石器、軋棉機、蒸汽機與內燃機、電動機、電晶體、帶刺鐵絲、書寫機等，這些物品的發明，都能駁斥創新發明是少數天才的技術性革新，應該是先有開端，後續再有其他人接著研發、改良，才能創造出成品。

假如演化中的變革是必然的，則新產品一定會以某種方式在具有延續性的同類中，找到自身存在的理由。這些發明家，多半是在既有的物品中，逐漸改進、改良，才能完成創舉。

3.選擇

因為技術創新過剩，創新與需求之間不能完全配合，必然會發生「選擇」的過程，有一些創新被吸收為另一種文化，有些創新則被拒絕在文化之外。那些被選擇的就會被複製，加入人造物的行列，成為新人造物變異的領先物品。選擇的因素包括外在的政治、軍事，及社會文化等因素，及內在的生理及心理因素。

而選擇與科技教育中核心概念中的創造、發明、創新、探索、設計、工程，在面臨評估整體製作時的最佳化，也有很大的關連性，因為設計、製作的各個階段，都必須選擇。

二、創造力與科技史關係探討

(一)創造力的層面

一般論及創造思考的歷程與程序，Wallas (1926)曾提出四個階段的程序，準備期(preparation)、醞釀期(incubation)、豁朗期(illumination)、驗證期(verification)等。主要是指創造思考的整個程序，必是先有一些前置性的工

作，及一定的流程，依序爲收集資料並且調適本身的經驗、思考可能方案、了解問題關鍵、實施並檢驗，後來的學者所提創造力發展歷程或階段，大多數與四個階段相去不遠。

另外，有關創新過程方面，依據 Luecke R.(2003)觀點，創新的過程包括，激發點子、確認機會、評估點子、發展、商業化，如下圖 4：

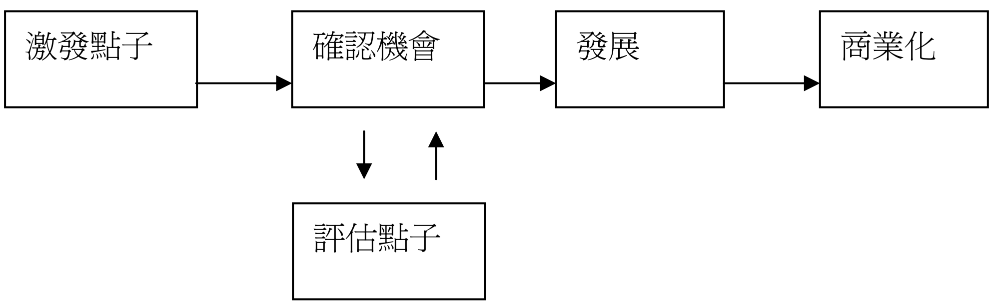

圖 4　Luecke R. (2003)創新的過程圖

Guilford (1950)將創造力定義爲一種能力，並界定個人創造思考的架構包含流暢性、彈性、新奇性、統整力、分析力、重新組織與重新定義、複雜性、以及精細性。Csikszentmihalyi (1988)指出任何創意皆會受到三個力量的影響：環境、專業知識以及個人。環境係指影響選擇具價值的創造性產出之社會制度系統；專業知識則是指可以將新想法或形式進一步發展的知識基礎與文化；而個人則是指能在創造性的環境下，將專業知識加以調整的個人。

綜上所述，創造力起於準備、醞釀，有一定邏輯程序，而創新的程序也是經由激發點子，進而尋解決問題程序而進行，除了重視心理層面外，也應著重物理環境，這兩者是不可偏廢的。尤其是在確認目標後，選擇方案的過程，創造力更與科技史有異曲同工之妙。

除了創造力的內外在觀點外，創造力還與產品有關。Mayer (1999)曾指出，許多學者都認同，創造力涉及新而有用的產品，包括觀念與具體物品。Hong (1997)提出技術創造思考架構，可分爲創新與特徵、創新與材料、創新與機構等三方面。

有關產品創造力，Findlay 和 Lumsden (1998)指出，創造力是逐漸演進的，有創造力的產品與個人是透過突變過程所演化而來的。Sternberg, Kaufman, 和 Pretz (2002)分析指出，創造力的貢獻與推動力模型相似，創造力的種類包括複製、重新定義、向前增加、整合融合、重新創始等。

Csikszentmihalyi (1996)指稱，創造力是一種行動、觀點、或是產品，改變他們既存的現狀、或是改變既存的領域進入一個新的領域。Perkins (1981/1988)指出，創造力是人們以某種個人的態度，並且運用機智，經過選擇、計劃、摘取等過程，屬於無可避免的發明。Skinner (1971)分析指出，創造力是在演化期間自然選擇的結果。Feldman (1982,1988,1994)指稱，創造力是一種洞察力的發展改變成爲新穎的創新產品。Sternberg (1999)指出，以下列七種方式來促進創造力成果，包括(１)既有觀念複製，(２)重新定義，(３)向前增加，(４)進一步向前增加，(５)重新界定方向，(６)重新建構與重新界定方向，(７)再創新。

創造力在產品觀點方面，技術創造思考架構，可以分爲創新與特徵、創新與材料、創新與機構等三方面。創造力涉及新而有用的產品，其中包括觀念與具體物品，且創造力是逐漸演進的，有創造力的產品與個人是透過突變過程所演化而來的，而創造力的貢獻與推動力模型相似，創造力的種類包括複製、重新定義、向前增加、整合融合、重新創始，創造力是個人用以產生嶄新或新奇的產品和構想的能力；是不同觀點之嶄新構想的貢獻過程；是個人自由自在地對問題、情境、事件做不同角度之審視。

由上述討論，顯示創造力在物的構面包括程序與產品，在人的構面則分爲個人、團隊、組織。以下論述，在創造力的程序與產品的架構下，依創造力與個人特質、創造力與團隊特質、創造力與組織特質等三個構面進行研討。

(二)、創造力與科技史

1.創造力個人特質與科技史

依據 Amabile (1997)的創造因素理論，對個人而言，創造力是由三種成分才

能產生功用，一是專門技能(Expertise)、二是動機(Motivation)、三是創造性思考(Creative Thinking Skill)等。專門技能指知識、技術、程序與智慧，動機特別指固有的、內在的動機，是一種更直接影響工作環境的動機。內在的情緒能解決手邊的問題，比外在動機如給予金錢，更能具有創造力。創造性思考決定一個彈性及有想像力的人如何去解決問題。

根據毛連塭等 (2001)引自 Gowan (1972)從理性創造力到非理性創造力之間形成一連續體如圖 5。顯示創造力與人格特質中理性的、及非理性的項目都有關，包括認知的、開放、自我實現、前意識作用，以及存在的、幻覺的等。

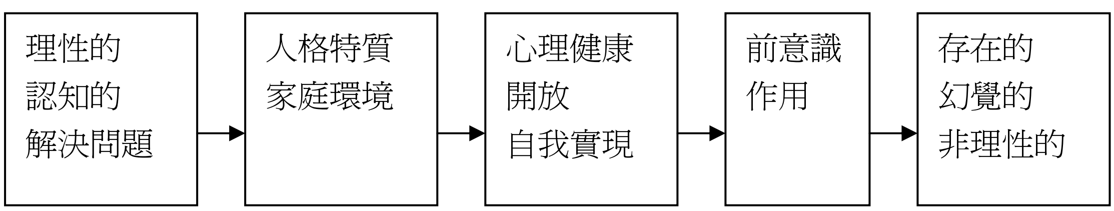

圖 5 理性與非理性創造力形成連續體

顯示創造力並非無中生有地出現，而是知識、技能以及動機三者間適當的互動得以產生，且創造力與理性、非理性等人格特質的因素有關。Guilford (1950) 認為外在環境會影響個人的知識基礎，而個人的知識基礎對於創造力的產出具有直接的影響。將創造力定義為一種能力，並界定個人創造思考的架構包含流暢性、彈性、新奇性、統整力、分析力、重新組織與重新定義、複雜性、及精細性。

不過，一般人對創造力總是有似是而非的看法，Luecke R. (2003)指出，創造力的迷思計有，(１)愈聰明的人，愈有創造力。其實，智力只是與創造力相關的特質之一，只要是智商在相當適中的門檻，即一百二十以上，則知智力與創造力就沒有相關。(２)年輕人比老年人更具有創造力，事實上，年齡對創造力潛能，並非一個清楚的指標。(３)創造力只是為肯冒很大風險的少數人，其實，只要是肯冒可計算的風險且有能力以非傳統的方式去想，就能在創造力扮演一個角色。

(４)創造力是一項單獨的行動，事實上，在全球許多重要發明，是經由人們團隊合作及互補的技術。(５)人們無法管理創造力，其實，管理者能開創出讓創造力更容易發生的條件。

在 Basalla (1988)的技術演進史一書中明確指出，發明活動的重要因素，其中有一項就是智力因素，最重要的就是知識。人類不論是創造出任何物品，都是先經由構思後，才得以完成。人類也從從發明的遊戲中得到樂趣，透過遊戲融入本身的智慧，以遊戲的新奇性來吸引人，經過重新組織與重新定義，並且發揮統整力、分析力等，兼顧複雜性、及精細性，創作發明出新事物。另外，由科技史觀點，發明者解決難題，運用知識來對付自然與人類的競爭中贏得遊戲的勝利，並且從中得到滿足，且是任何社會、階層的人都能有創造發明的潛能。

綜合上述，顯示任何人任何學生都會有他本身的能力與特質，並沒有說，智商比較高的學生一定具有較高的創造力，而智商比較低者的創造力就低，而是天生我才必有用，就看教師如何去引導與促進這些學生的創造力因子。

2.創造力團隊特質與科技史

創造力與團隊的關係，始於腦力激盪(Osborn，1957)，腦力激盪的過程中，鼓勵團隊成員不必顧慮意見的品質，儘可能提出個人觀點。(Parnes & Meadow，1959)。而許多團隊創造力是運用腦力激盪等方式，來激發團體產生出新的想法。正如 Hill & Johns(2004)指出，群體盲思(group thinking)主要是受到一致化的壓力，導致組織避免提出相反意見、避免質疑有缺點的論點，改善策品質的方法包括採取魔鬼代言(devil’s advocacy)、辯證法(dialectic inquiry)，這兩種方法有助於改善群體思考，可將重要資訊帶進決策機制，促使企業決策合理且基於全盤考量。

依據 Paulus (2000)的研究，在團隊創意產生方面，社會與認知因素與高創造力相關，如圖 6 所示。其中的社會激勵方面，能藉由增加個人績效的責任來提高團隊的激勵，當個人與其他人或比較團體，以一個在上位目標作比較，具創新機構，能注意不同質性者之間的互補性，不同的型態的激勵能孕育出團隊高創造力。

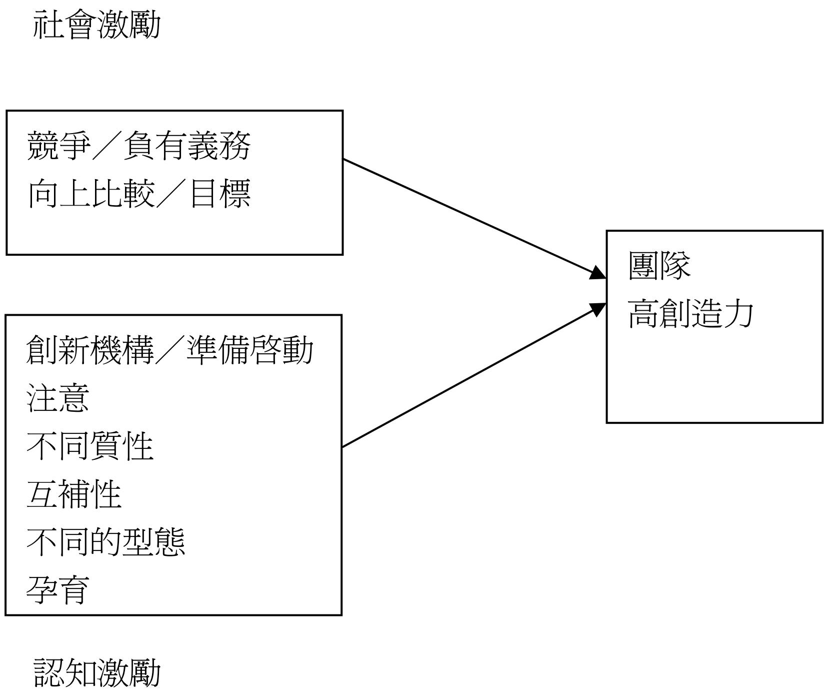

圖 6　在團隊創意產生方面社會及認知因素與高創造

依據科技史中的描述，包括石器、軋棉機、蒸汽機與內燃機、電動機、電晶體、愛迪生明系統、帶刺鐵絲、書寫機等的發明，都是持續改進、演化而得，也就是說。先有一個開端，再將該物品修正，不過，更重要的是，都是彙整眾人的智慧，站在別人已建構的成就上，再往上更進一步。歷史上，有許多產品都是由集眾人力量而完成偉人的成就，例如中國的萬里長城、埃及的金字塔、馬拿馬運河等，就連美俄的太空競賽，也是在政府的支持下，集舉國之精英，才能完成壯舉，這些無非不是集眾人的創造力，才能完成歷史之成就。這與團隊創造力是集合許多異質成員的團體智慧，頗有相通之處。

綜合上述，團隊之間的衝突、合作，經由異質、不同的思考方式，有助提出更多樣化的點子，尤其是成員之間若能進行合作，經由相互之間的激勵、研討、辯論，在不斷的溝通、修正後，往往能有更豐富的成果，因此，教師在進行評量時，也應從歷程中來考評，兼重歷程與結果，才不會陷入過份著重結果的迷失。

3.創造力組織層面與科技史

Basalla (1988)的研究認爲，在選擇的過程中，是假設選擇的執行者是主動、

有生產力的個體、能夠選擇、修改需要以建構一個他們適合生存的物質世界。這些選擇者並不是代表所有的社會群體，且他們也沒有必須要關切大眾的福利。他們可以決定在那種競爭時，所選擇的創新事物是否應該被複製，而且被納入社會文化之中。不過，他們能憑自由意志去決定那一種競爭的創新人造物應該被複製，並且納入人類文化之中。這些技術演進的過程，也是經由準備期間的試探各種人類的需求，再以個人內在智慧、經驗，外在現有的產品，並且在各種物品中，選擇一些適合留存者，基本上，選擇的過程，也與創造力的程序、創新產品的流程相似。

科技史產品演進的例子，包括鎚子、軋棉機、電動機、電力照明系統、以鎚子爲例子，簡單的鎚子就因爲功能的不同，而有各式各樣不同的外型與材質的鎚子，所以人造物的多樣性是物質文明的一種必然現象，鎚子這項科技產品也是創造力的展現。

科技有正反效應，部分文化中對創新者給予詛咒。雖然掌控自然、創新、進步這三項在文藝復興時期，在激勵技術變革時發揮作用。而西方人不顧一切地想利用自然資源，以成爲全球的技術領袖。但二十世紀人們征服自然的想法，受到環保運動者質疑。部分環保運動領袖質疑，創新發明、征服自然，不但在毒害我們所處的環境，且消耗無法再生的資源，是在從事一些不道德的行爲。產品也正如兩面刃，如果正當使用，能發揮功效，一旦誤用，則會造成人類社會很大的傷害，例如歷次的世界人戰造成人類巨大的浩劫。另外，依據華覺民(2004)主編的中國科技史認爲，中國朝代科技歷經長時期的文化與特質累積，所有這些社會人文因素，對中國科技的發生、發展與演變，都有著重要、正面或反面的影響與制約作用。

固然科技產品經由不斷改良與創新，呈現日新月異的面貌，尤其是在人類求新、求好的特質激勵下，持續的改進原產品，再加上科技進步，新奇的產品層出不窮，科技教師也應一直進修新科技，才能走在科技的前端，帶動科技向前邁進。

此外，科技帶爲人類帶來便利，也帶來負面的效應，尤其資訊科技、及生物科技衍生的科技倫理等議題，科技教育應教導如何取利避害，達到改善生活的目的。

伍、創造力與科技史的進一步分析

如上述科技史的二個構面，一是物的構面，包括演化、文化，二是人的構面，包括知識、延續、選擇，人的構面中，知識依賴個人智慧，延續則依賴集體智慧，物的構面中，演化與文化之間的關係密切，基於演化的過程中涉及使用，使用又與當時的文化考量有密切相關，因此，以下分析科技史時，將演化與文化整併爲一個項目，科技史構面中，物的構面爲演化與文化，人的構面爲知識、延續、選擇。

創造力二個構面中，一是物的構面，包括程序、產品，二是人的構面，包括個人、團隊、組織，在物的構面，在談及創造力程序與科技史、創造力產品與科技史時，都涉及創新、重新定義，也就是依據原先存在物品的完全創新，或是逐漸的改進，而產品在製造過程中，也很重視程序，以及完全創新或漸進式創新，因此，將創造力物的構面整併爲程序與產品，人的構面則爲個人、團隊、組織。

以下，將從創造力程序與產品下的，個人、團隊、組織等三個層面，與科技史演化與文化下的，知識、延續、選擇三個層面，在創造力與科技史之間，分別以三個構面來探討對科技教育的啓示，如表 3：

表 3 創造力與科技史進階關係表

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">創造力
科技史 關係</td><td colspan="3">程序與產品</td></tr>
<tr><td>個人</td><td>團隊</td><td>組織</td></tr>
<tr><td rowspan="3">演化與文化</td><td>知識</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>延續</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>選擇</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

陸、創造力與科技史關係對科技教育省思

如前所述，科技是在人造世界中，運用資源與知識來滿足人的需求與慾望，爲滿足人類更高層及多樣化的需求，體會科技史的演進與轉折，有助精進科技教育，而科技教育發展史上的三份重要文件，Jackson’s Mills Industrial Arts Curriculum Theory，A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective，ITEA 的 TfAA 及 TfA，與創造力、科技史都呈現息息相關。

本研究從科技史的三個構面，在物的知識、延續、選擇，及創造力的三個層面，個人、團隊、組織，分析對科技教育的啓示。

爲了精簡分析的流程，本文以科技史爲主軸，在演化與文化的架構下，從知識、延續、選擇等三個構面爲基準，就每一個構面，分別探討與創造力在程序與產品的架構下，個人、團隊、組織的關係，再分析推導出對科技教育的啓示。

一、科技史在知識方面

(一)針對個人激發出創造力，要依賴「適性探索」

科技史在知識層面，認爲發明活動來智力、遊戲，甚至於個人極聰慧、英雄式的發明者，主要是強調個人的成就；創造力則強調，每個人智慧各不相同，有的人是聽覺型，有人是視覺型，有人智力佳，有人體力好，也有人音樂強，而在科技史、及創造力的過程中，每一種人都佔有一席之地，身爲教師，應該正視學生擁有不同特長的狀況，設法啓發不同學生的能耐。

創造力的個人特質方面，不論實務及理論都是強調，不論任何年齡、聰明才智，每個人都有自己的觀點，都能發揮創造力。由科技史的個人智力來看，要促使每個人都能展現出創造力，勢必要依賴學校老師能因材施教，由探索中順利激發出個人的創造力。

尤其是在科技教育中，是以操弄實做爲主，特色是除了必須耗費較多的時間外，每一位同學的先天資質不同，領悟力也不同，對實做的感受及能力更是各不相同，科技老師可能要比別的科目更要採取「因材施教」，才易讓學生體會實做

爲主的科技教育，但也必須著重「探索」、「反覆嘗試」、「知識引用」的歷程，逐漸累積知識。

(二)針對團隊激發出創造力，要依賴「合作學習」

科技史在知識方面，雖然講求個人發揮個人特質、因材施教，認爲個人是成就的主因，但是，創造力在團隊特質部分更是講求異質成員以激發出更佳的點子，才能開創出有成績，表面上看，兩者之間似乎有矛盾之處，前者科技史重視的是個人的部分，後者創造力著重的則在於團隊的腦力激盪。不過，如果更深一層去探究，則可以得知，透過小組之間的異質思考，即小組中的個體、個人，每一個人都貢獻自己的智慧，就能產生出更豐碩的成果，也符合二十一世紀，科技整合，注重合作及團隊研發的特質。

在科技教育的領域中，目的在於教導科技素養的概念，並且要在動手做中注入心智活動，在這麼有限的教學時間內，如果能採取合作學習的方式，藉由異質個體成員的運作，在前測評量、自行收集資料、分享、教學、後測評量等方式之下，更容易達到科技素養的成效。

(三)針對組織激發創造力，應重視「創意程序」

創造力在知識依賴個人智慧方面，著重的是個人能力，而創造力在組織方面，則是強調創造力的層次、階段步驟等，也就是創造力需根基在一定的基礎上，有先備的知識，才能激發出創造力。創造力強調理性與非理性創造力形成連續體，且創造力並非無中生有，是在知識、技能與動機三者之間適當的互動，也就是說，即使像創造力這種高層次的心智活動，也是可以培養的，也是可以激發的，前提之一是依照一定的步驟及程序。

中西文化有相當大的差異，國父孫中山先生曾說，中國人是一盤散沙，顯示中國人重視個人主義，比較喜歡要小聰明，不像西方人比較重視團隊程序，遵守紀律，因此，科技史依賴個人智慧的構面，及創造力在程序與產品的層面，以個人而言，就應該強調特定作業流程、遵守創意程序，才能奠基於基本能力上，進

步從事創造力。

科技教育是著重實際操作的學科，無論以具體事物爲對象或是以抽象的事物爲標的，都必須依循特定的流程來按表操課，因此，也必須特別重視創意程序，有基礎部分與個別差異部分，才能順利的達到科技教育的教學目標。

二、科技史在延續方面

(一)針對個人激發出創造力，要依賴「多元智慧」

科技史在知識層面，認爲發明活動來智力、遊戲，甚至於個人極聰慧、英雄式的發明者，而創造力在個人特質的觀點認爲每個人有特色，且有多元的面向，因此，在科技教育方面除了個別能力外，更應重視多元智慧。

每個人智慧各不相同，有的人是聽覺型，有人是視覺型，有人智力佳，有人體力好，也有人音樂強，而在科技史、及創造力的過程中，每一種人都佔有一席之地，身爲教師，應該正視學生擁有不同特長的狀況，設法啓發不同學生的能耐。

在技術演化史中，沒有任何兩種產品是相同的，正如同世界上人類沒有兩個人會是一模一樣的，因此，教師對每一位學生，必須視爲最珍貴的資產，以精心規劃出適合個人的教材、教法，進行因勢利導、因才施教。

而創造力的文獻也指出，任何一個人、任何智力者，都會有不同形式的創造力，基於每個人的個別能力迴異，著重實作的科技教育，在教導思考推理的過程中，應設計出適應不同學生學習型態，營造出個人及團隊學習的氣氛，讓每一位學生都有發揮機會，並且展現出對社會的貢獻。

在科技教育中，主要是設法透過設計專題、實作的方法，以生活週遭的題材，來喚起每個學生的興趣本能，再以學習歷程檔案、科技學習活動等資料，從最源頭的思考、設計階段，就能開發同學的多元智慧，激發他們的本能。

(二)針對團隊激發出創造力，要依靠「團隊學習」

由於科技日新月異，無論是軟硬體的產品都突飛猛進，身爲第一線的科技教師，一定要持續進修，並且組成學習團隊，根據萬文隆(2004)指出，除了應組合

成學習型社群外，也可以從台北市生活科技輔導團員的團隊習運作方式學到經驗。由實體與虛擬情境的主動積極互動，改善國內生活科技社群普遍存在的不夠積極、主動的缺失。國內生活科技領域相關的教師、家長等人士，應以生活科技輔導團的團隊學習方式的行動學習、討論群、遊戲模擬、角色扮演等爲基準，尤其是學習核心的討論群，在討論的過程中，集合大家的智慧，藉由導向正向衝突及腦力激盪，激發出解決問題的點子。最重要的是效法輔導團及時回應、分享的主動積極精神。結合大家的智慧、行動力，讓教師與科技教育一同成長，符合時代需要。

科技教育講究完成實做操弄，可以是自己完成成品，也可以是同組學生一起完成作品，無論是個人或團隊，同學之間都會有很多溝通，都可以從個人學習、組織學習、進而團隊學習，並且由單圈學習、雙圈學習到持續不斷的再學習，在與團隊互動溝通中成長。

(三)針對組織激發創造力，應重視「創意環境」

科技史在演化方面，是以漸進變化及人爲選擇爲兩大主軸，而創造力在程序部分，則是除了定訂出一定的創意發展過程外，對創意外在環境也相當重視，因此，對科技教育的啓示是在學習進程中，應依循一定標準流程，也要適時的提供活潑的創意環境。

在科技史創造的過程中，只有符合人類需求、透過選擇後才會留存下來，而一些產品也是在演化過程中，不斷的透過評估、測試等過程，才會進行商業化，人類才能享受到價廉物美的產品。爲了符合人類社會需要，科技教育無論在課程、教學、師資、評鑑等方面，也必須與時俱進，儘可能去探究一些人類需求的新產品，並且分析內外在因素包括心理智力、社會文化等層面，以這些產品內容爲教材做一些後續的教學設計。

在人類爲中心的社會中，科技始終是以服務人類爲主，因此，科技教育除了現行從物品實作中，由創意思考中解決問題外，更應該跳脫硬體部分，也著重軟

體的人性層面，例如由馬斯洛所提的人類需求層次包括生理需要、安全需要、歸屬和愛的需要、尊重的需要、自我實現需要等，科技教育應分別從這幾個層面考量，以更能滿足不同的需求。

良好的內外在環境對創造力有幫助，但是，科技教育一向比較重視產品軟硬體的實作，比較缺乏營造創造思考教學的環境，而該環境構面包括外在的物理環境，及內在的心理環境等。要營造良好的創造思考環境，應著重的層面，計有所在空間環境的佈置，例如溫度、濕度、燈光、空氣，以及在視覺、味覺、聽覺、觸覺、整體感受等，這些也是現行科技教育較不重視的部分。另外，內在環境方面，則應能帶動創造思考的開放氣氛，不干預教學互動的情境。

三、科技史在選擇方面

(一)針對個人激發出創造力，要依賴「終身學習」

科技史探討文化層面時，不只是討論正面效應，也相當重視負面的影響，並且試圖進一步尋求化解負面衝擊，而創造力在產品方面，則是重視創新特徵、材料、機構等三層面，不但是既有產品複製改良，更要著重創新，基於新科技產品日新月異，因此，對科技教育的啓示是應隨時運用科技互動，且教師應不斷進修，以跟上並超前科技的水準。

基於科技日新月異，科技產品持續推陳出新，身爲科技教育教師，一定要有勇於嚐試新科技、新事物。即使產品在剛推出之際，將會有一段的行銷推廣期，不但是價格較貴，且還要花費一段相當長的時間去摸索，才能針對該項科技產品運用自如。

針對科技教育演進的過程，是由工藝到科技教育，外界部分人士指稱，科技含蓋的範圍相當廣泛，科技教育不可能包括所有科技產品，因此，是否科技教育名稱過於誇大。其實，科技教育固然主要是以科技素養教育爲主體，教師對尖端科技也應留意，一有新科技產品問世，也應儘量懂得如何操控，讓科技教育能名實相符，當然，這必須依賴科技教師不斷的進修，才能獲取科技新知。

根據 Wheeler(2002)的研究，創造出個人網頁必須結合三個關鍵領域，包括社會互動、問題解決及創造力認知等，這種結合能讓他們與外來參與者互動，提供文本為基礎的溝通、發展出進一步的興趣，以及多元溝通的能力。特色在於透過互動，能持續不斷的改進本身的技術、發現新的溝通方式等，有助於創造力認知及解決問題，如圖 7 資訊與溝通科技模式對應的創造力行動。科技教育者應善用資訊科技，透過網路際網路，積極與社會互動，以增強創造思考認知、解決問題。

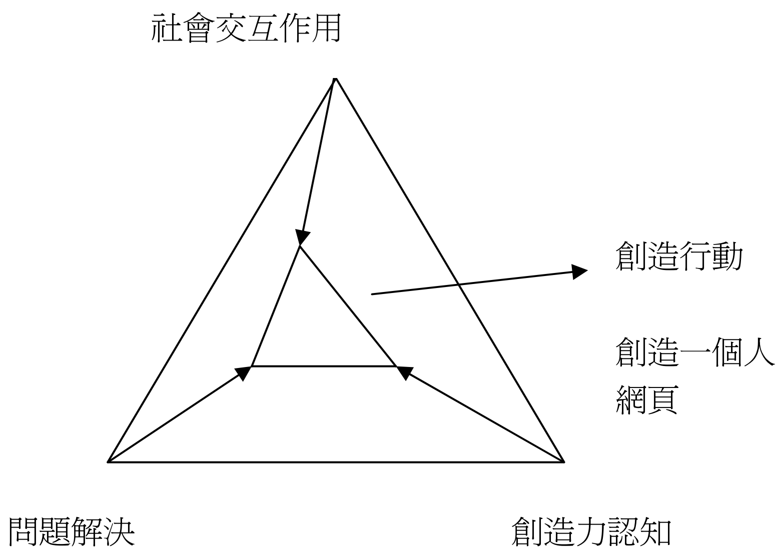

圖 7 資訊與溝通科技模式對應的創造力行動

(二)針對團隊激發出創造力，要依靠「批判思考」

批判思考的過程是指透過反省、啓蒙、解放、溝通、重建，經由這個程序，以一個事物的各種不同層面，來檢視該事物的真實性。批判思考能力，在學校實施，是要求學生針對一個議題，收集正、反等各個面向資料，再以這些資料作為自己判斷的基礎，做為下決策的依據。

創造思考的過程，從醞釀期到實施期，其中最重要的過程，是選擇、與作決策的過程，這與科技史發展過程中在創新後，是經過選擇後才能留存，其中的選擇也是一項重要的因素。

選擇，尤其是作決策、或決定，這是我國學生比較欠缺的部分，主要是從小

多半受到父母安排，尤其是在大學前的學習階段更是多數依賴父母，凡事靠父母師長指引作決策，這是我國學生缺乏作決策能力的主要原因。

在科技教育教學中，不但是要在設計與製作專題中，學會如何完成一項成品的過程，更必須要在科技與社會的議題中，學會如何針對與切身相關的公共議題下判斷、作決策。

(三)針對組織激發創造力，應重視「科技倫理」

爲了滿足讓人類活得更好的需求，必須重視科技倫理。依據百科全書的定議，倫理就是行爲與道德規範，隨著科技進步，倫理在科技上所佔比重也上昇。爲了防止科技誤用，必須培養學生的科技素養，能正確的評價、使用科技。

無論是在台灣或是國外，層出不窮的科技倫理議題，包括科技戰爭、環境保護、天然災害、公共安全、兩性平權、科技人倫等。尤其是在這幾年，全球各地陸續發生了慘烈的戰爭、恐怖攻擊、SARS、大地震、風災土石流等，以及最近的南亞海嘯引發地區極大傷亡。另外，隨科技進展，複製羊等已聞世，以未來科技也可能會有複製人產生。這些科技對人類造成正、反兩極的衝擊，都應該從科技教育來深入探討。

這些議題，有些天然災難是因爲人類過度以自我爲中心，而未重視環境保護所導致，包括工業汚染、海洋汚染、戰爭造成生態的永久迫害等，如果在還沒有發生這些迫害事件之前，就從科技教育有關科技與人文、社會、文化的議題著手，就能防止災害發生，則勢必能防範於未然。

有關科技進步甚至於製造複製人一事，則涉及的層面包括人倫、公平等議題。主要的問題計有，只有極端聰明的科學家、付得起複製人費用的大富豪、擁有權勢者才可能有控制複製人的能耐。尤有甚者，更可能造成複製人反過來控制人類的不可收拾局面。因此，這些尖端科技倫理議題，也必須在科技教育中適度的教授，讓同學對這些議題能有人文的關懷。

綜上所述，從科技史、科技教育史、及創造力的文獻對科技教育的啓示包括

下列各項，科技教育應重視多元智慧開發、重視個別能力、評量多元化、團隊學習、從人類需求端出發、重視人性層面、營造創造思考教學的內外在環境、教學生如何作決策、重視科技倫理、科技教師不斷進修發展、運用科技互動，如下表 4 所示：

表 4 創造力與科技史關係對科技教育啓示

創造力 關係 / 科技史		程序與產品		
		個人	團隊	組織
演化與文化	知識	適性探索	合作學習	創意程序
	延續	多元智慧	團隊學習	創意環境
	選擇	終身學習	批判思考	科技倫理

柒、結論與建議

由 Basalla (1988)科技史的演進觀點，主要著重在多樣性、需求、技術演化，其中的多樣性來自於創新，創新的因素包括心理、智力、社會、文化等，需求受選擇等影響，選擇與生物、經濟、意識型態、軍事、時尚、以及目前對好生活的觀感等相關，技術演化則是漸進式而非英雄突發式。

創造力的文獻方面，在人格特質方面著重流暢性、彈性、新奇性、統整力、分析力、重新組織與重新定義、複雜性、精細性、內在動機、直覺、審美觀、模糊容忍度、風險容忍度、堅持度、自信心、激發點子、確認機會、評估點子、發展、商業化；在產品演化方面著重漸進式的演進，以現有產品、觀點爲基礎向前推動，加以複製、重新定義、向前增加、整合融合、重新創始，認爲創造力是一種行動、觀點、或是產品，改變他們既存的現狀、或是改變既存的領域進入一個新的領域，是人們以某種個人的態度，運用機智，經過選擇、計劃、摘取等過程，創造力是在演化期間自然選擇的結果。

創造力可分以爲幾個派別研究方向：一是創造性思考者的創造性思考者的創造性人格特質與行爲特質，二是團隊創造力的研究，三是創造思考的過程，創造性工作互動、產品的環境脈絡。強調創造力除了內在個人特質外，還與外在環境互動，尤其是創造力也是漸進式的演化，透過規劃、選擇，創造力是一種行動、觀點、或是產品，改變他們既存的現狀、或是改變既存的領域進入一個新的領域。這與 Basalla (1988)所提出，科技史演進過程中，受到內外在因素衝擊，才以創造力創新出許多供選擇的人造物的觀點，有異曲同工之妙。另外，從科技產品的演進與創造力有關的特質，凸顯出科技史演進與創造力相互之間的關連性。

科技教育的課程與教學，採用單元、獨立性較高的單元所組成的模組教學、主題式、方案法、合作學習法等，著重學生與老師共同參與，同時增進認知、技能、情意三方面，並且以學習歷程檔案、科技學習活動等，做爲教學的依據，並且配合形成式評量，從結構式、聚焦式教學，轉爲開放式教學，也就一開始不給學生明確的結構，偏重於創造性的設計與製作。

另外，教師則不只是總結式評量，更應在過程中以多元方式來持續評量。由ITEA(2002)所訂定的評量方法包括，溝通晤談、學習歷程檔案、專題、產品、研討、反省、科技概念活動圖等，另外，一般創意思考的評量方法，比較偏重過程，而非結果。目前科技教育界較常用的評量方法是實作，以形成式評量爲主，不過，還無法跳脫以師生爲主體的評量，其實，可以參考企業界常用的三百六十度評量，概念是除了教師評量、自我評量、同儕評量外，還可以考量適度的參照本校科技教育教師、本校其他科目教師、外校科技教育教師、外校其他科目教師、外校學生、教材供應商等，以擴大評量來源，增加評量的客觀公平性。

即使科技教育著重活潑、生動、啓發式的教學，重視師生溝通互動，不過，科技教育仍比較缺乏科技史，及創造力本質所強調對人文的關懷、對創意環境的塑造、對個體特質的重視、批判思考與選擇決策、終身繼續學習等。

本文先由一些科技史與創造力文獻的探討，科技史在演化與文假架構下，由

知識、延續性、演化及文化三個層面，再與創造力在程序與產品架構下的三個面向包括個人、團隊、組織等三個面向來比較兩者的關係，並且分析對科技教育的啓示。

在分析科技史與創造力之間的關連性外，並且分別就個人特質、團隊特質、組織特質等三個面向，提出對科教育界啓示，包括科技教育應重視適性探索、合作學習、創意程序、多元智慧、團隊學習、創意環境、終身學習、批判思考、科技倫理等。

本研究只在描述、分析、比較科技史與創造力之間的關係，並研析對科技教育的啓示，屬於探索性、先導性、質性的研究，建議後續還可以做更多的研究，或是更多質化，或量化的研究，以進一步探索兩者關係，及對教育的啓發。

參考文獻

毛連塭 (2000)：緒論。載於毛連塭、郭有遹、陳龍安、林幸台著：創造力研究，2-53。台北：心理出版社。

華覺民(2004)。中國科技史。台北：五南書局。

萬文隆(2004)。台北市生活科技輔導員團隊學習之研究。高師大主辦 2004 國際科技教育課程改革與發展研討會。2004 年 11 月 5-7 日。

劉君燦(1983)。科技史與文化。台北：華世出版社。

蔡東鍾(2005)。科技史導向教材對國小學生科技素養影響之研究。台師大未出版博士論文。

Amabile, T. M. (1997). *Entrepreneurial creativity through motivational synergy*. Journal of creativity behavior, 31(1), 18-26.

Basalla, G. (1988). *The Evolution of Technology.* New York: Cambridge University Press.

Carty & Phelan (2006). The Nature and Provision of Technology Education in Ireland. Journal of Technology Education, Vol. 18 No. 1, Fall 2006.

Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity*. New York: HarperCollins.

Findlay, C., & Lumsden, C. (1998). *The Creative Mind*. London: Academic Press.

Feldman, D. H. (1982). *A developmental framework for research with gifted children.In D. Feldman(Ed.),* New directions for child development: Developmental approaches to giftedness and creativity(pp. 31-46). San Francisco: Jossey- Bss.

Feldman D. H. (1988). *Dreams, insights, and transformations. In R. J. Sternberg(Ed.), The nature of creativity* (pp. 271-279). New York: Cambridge.

Feldman D. H., Csikszentmihalyi, M., & Gardener, H. (1994). *Changing the world: A framework for the study of creativity.* Westport, CT: Praeger.

Foster(1994). Technology Education: AKA Industrial Arts. Journal of Technology Education, Vol. 5 No. 2, Spring 1994.

Gowan (1972). *Development of the creative individual.* San Diego: Robert R. Knapp.

Guilford J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454.

Hong, J. C. (1997). *An explorative analysis of technological creativity*. Paper presented At the International Conference on Creativity Development in Technical Education and Training, Taipei, Taiwan, R. O. C.

International Technology Education Association. (ITEA). (1996). *Technology for All Americans: A Rationale and Structure for the Study of Technology.* Reston, VA: International Technology Education Association.

International Technology Education Association. (ITEA). (2000). *Standards for Technological literacy: Content for the study of technology.* Reston, VA: International Technology Education Association.

International Technology Education Association (2002). *What Is Technology.* Reston, VA:International Technology Education Association.

Hill, Charles W. L. & Jones, Gareth R. (2004). *Strategic Management Theory: an integrated approach* 6ed. Boston, MA: Houghton Mifflin Company.

Kurtzberg, T. R. & Amabile, T.M., 2001, From Guilford to Creative Synergy: Opening the Black Box of Team-Level Creativity. *Creativity Research of Journal*, 13-3, 285-294.

Lewis (1999). Research in Technology Education Some Area of Need. Journal of Technology Education, Vol. 10 No. 2, Spring 1999.

Luecke, R. (2003). *Managing Creativity Innovation*. Harvard Business Essentials. HBS Press.

Mokyr, J. (1990). *The lever of riches: Technological creativity and economic progress.* Oxford: Oxford University Press.

Mayer, E. R. (1999). *Fifty years of creativity research*. In Sternberg, R. J. (Eds)(1999). Handbook of Creativity . NY. Cambridge. pp. 449-460.

Osborn, A.F. (1957). *Applied imagination* (1st ed.). New York: Scribner's.

Parnes, S. J., & Meadow, A. (1959). *Effect of "Brainstorming" Instructions on Creative Problem-solving by Trained and Untrained Subjects.* Journal of Educational Psychology, 50, 171-176.

Paulus, Paul B. (2000). *Group, Teams, and Creativity: The Creative Potential of Idea-generating Groups.* Applied Psychology: An International Review, 2000, 49 (*2*), 237-262.

Perkins, D. (1981). *The mind's best work.* Boston: Harvard University Press.

Perkins, D. (1988). The possibility of invention. In R. J. Sternberg (Ed.), The nature of creativity(pp. 362-386). New York: Cambridge.

Skinner, .B. F. (1971). *Beyond freedom and dignity.* New York: Knopf.

Slaby, S. M. (1973). *What should we ask of the history of technology?* In G.

Bugliarello & D. B. Doner (Eds.), The history and philosophy of technology. Urbana Chicago London, IL: University of Illinois Press.

Snyder, F. J. & Hales, A. J. (1981). *Jackson's Mill Industrial Arts Curriculum Theory. Restion, VA: International Technology Education.*

Savage, E. & Sterry, L. (1990). A Conceptual Framework for Technology Education. Reston, VA: International Technology Education Association.

Sternberg, R. J., Kaufman, J. C., & Pretz, J. (2002). *The creativity conundrum: A Prop ulsion model of kinds of creative contributions*. Phiadelphia: Psychology Press.

Sternberg, R. J. (1999). *A propulsion model of types of creative contributions*, Review of General Psychology, 3(2), 83-100.

Volk (1996). Industrial Arts Revisited: A Examination of the Subject's Continued Strength, Relevance and Value. Journal of Technology Education, Vol. 8 No. 1, Fall 1996.

Wallas, G. (1926). *The Art of Thought.* New York: Harcourt-Brace.

Wheeler S., Waite S.J. & Bromfield C. (2002). *Promoting creative thinking through the use of ICT.* Journal of Computer Assisted Learning (2002).18, 367-378