

## 第二章 文獻探討

本研究旨在瞭解學童參與「Power Tech」其製作「蟲蟲危機」過程之創新歷程，並從中探討學童問題解決的方式。「Power Tech」競賽為以專題為導向、解決開放性問題的活動。希望藉由競賽活動的舉行，激發、培養學生的創造力及解決問題的能力，參賽學童必須發揮其創意與技能，提出構想進而製作成品參賽。本章將就創造力的探究、科技創造力、專題導向學習、問題解決以及相關研究進行討論，以界定本研究之方向。

### 第一節 創造力的探究

針對創造力的意義與內涵做探討，以界定本論文研究方向與可能研究範圍。

#### 壹、創造力的意義

「創造」的意義為何？韋氏大字典解釋「創造」(creativity)有「賦予存在」(to bring into existence)的意思，具「無中生有」(make out of nothing)或「首創」(for the first time)的性質。江新合、唐偉成(民 88)將「無中生有」定義為「觀念的轉換」，以「對問題的重新理解與建構」為主體；「首創」定義則為「學生自行建構出對他自己的認知體系而言是新的、原創性的，且具有適切性的概念。」

許多學者談到創造力各持不同的觀點，多以自己研究的相關主題做為定義準則，整理各學者對於創造力的定義，歸納創造力的涵義可從四個方面來看，即能力論、個人特質論、歷程論與結果論，茲根據此四個觀點將各學者的看法整理如(表 2-1-1)所示：

表 2-1-1 各學者所提出創造力的涵義

觀 點	學 者 及 年 代	主 要 內 容
能 力	Guilford(1986)(引自洪文東，民90)	包含敏覺力(Sensitivity)、流暢力(Fluency)、變通力(Flexibility)、獨創力(Originality)、精進力(Elaboration)等。
	Schirmacher & Robert(1988)(林麗真譯，民80)	一、從新的角度看待事物的能力。 二、突破或超越既定事實或資訊的能力。 三、反傳統性的思考能力。 四、產生獨特而具原創性事物的能力。 五、能組合看似不相關的事項而產生一件新事物的能力。
	鍾聖校(民79)	創造力是以一種不尋常的、獨特的想像力或眼光，有意向地將累積的知識和經驗，整體的大量反應，並以優異的技術，使創作品具有品質活動的能力。
	郭有邁(民81)	真正的創造力應該是立異、改造、與發明的能力，它應該與智力一樣，是人人皆有但在程度上又有個別差異的能力。
	Jane Piitro(1992)(陳昭儀、陳琦、張素華譯，民84)	創造力是製造新事物的能力。
	Sternberg & Willams(1996)	創造力是綜合(Synthetic ability)、分析(Analytic ability)、實際應用(Practical ability)三種能力的平衡。
個 人 特 質	陳昭儀(民85)	高創造者的人格特質多半傾向於正向的特質，如好奇心、專注力、有毅力、開放性、具冒險性、獨創性、變通性等。
	洪榮昭(民87)	有創造力的人通常是(一)有較廣泛的興趣；(二)具幽默感；(三)自信心較強；(四)反應敏捷；(五)對生涯障礙有挑戰勇氣；(六)態度較直率坦白。

表2-1-1 各學者所提出創造力的涵義(續)

觀 點	學 者 及 年 代	主 要 內 容
歷程	Wallas(1926)(引自梁家祺，民87)	個人創造性的心理歷程包括：準備期(preparation)、醞釀期(incubation)、豁朗期(illumination)、驗證期(verification)。
	Osborn(1966)(引自湯偉君、邱美虹，民88)	創造的歷程可分為五個階段：歸納事實、歸納問題、歸納點子、歸納解答、尋求可被接受的解答。
	Isenberg & Jalongo(1993)	創造力是一種思考和反應的過程，包括運用過去的經驗去處理回應刺激(物體、符號、思想概念、人和環境)，並產生至少一個獨特的連結關係。
結果	ksentmihalyi(1996)(杜明城譯，民89)	創造力是改變既有領域，或是將既有領域轉變成新領域的任何作為、理念、或產品。
	Amabile(1997)(引自鄭英耀，民89)	所謂創造力的表現即經過專家評定為有創意的反應或工作的「產出」(product)。
	陳李綢、郭妙雪(民87)	創造是根據一定的目的，運用所有已知的訊息，產生出某種新穎、獨特，有社會或個人價值的產品。
	詹志禹(1999)(引自蘇偉昭，民89)	從「變異與選擇」的演化觀點來看創造力，認為創造性產品的第一個必要特徵就是「新穎的變異」，第二個必要特徵則是「經得起某種選擇的壓力」。
	Mayer(1999)	創造力是指創造新奇與有用的成品。

資料來源：研究者整理

由(表 2-1-1)可看出，有關創造力的概念，中外學者眾說紛紜，但是近年來，創造力的定義已經逐漸轉為從多面相來探討，因此衍生出許多綜合性的說法，研究者進一步蒐集整理關於創造力綜合性的說明如(表 2-1-2)所示：

表 2-1-2 創造力之綜合涵義

觀 點	學者及年代	主 要 內 容
	Rhodes(1961)	創造力的 4P：創造者(person)、歷程(process)產品(product)、環境(place)。將創造看成一個包含創造者的「人格特質」、「心理歷程」、「創造的成品」、「創造者與環境互動」的整體。
	Williams(1980)(引自林幸台、王木榮，民83)	創造力可從認知和情意兩方面加以探討，前者指流暢、變通、獨創與精進，後者則包括冒險、挑戰、好奇和想像。
	Amabile(1996)	認為創造力是工作動機(working motivation)、該領域相關的知識能力(domain-relevant knowledge & abilities)、及創造性相關技巧(creativity-relevant skills)等項之聚合(confluence)。
綜合	Howe(1997)(引自梁家祺，民87)	從多重角度定義創造力：個人特質、創造性過程、學科知識、創造性產品、環境因素、創造性勸說溝通。
	Runco & Walberg(1998)	創造力應包含人格特質、知識、認知能力等層面，且教育、文化、社會、家庭背景等因素會影響創造力的發展。
	黃文彬(民88)	創造力是一種創新事物的能力或思考歷程，是在原有事物的基礎上，進行改造或重組，其產物具有新奇與價值，其表現具有流暢、變通、獨創、精進等特性。
	簡惠燕(民89)	個人在面臨問題時，將個人所有的一些觀念、材料透過思考加以連接組合，在問題解決歷程中表現出流暢、變通、獨創等特質與結果，並賦予事物新穎的意義所表現出的一種行為。

資料來源：研究者整理

綜合(表 2-1-1)和(表 2-1-2)各學者的意見，研究者認為創造力

不應只是著重於能力、個人、歷程或結果等任一方面給予定義，一個人有創造力的表現，是依靠其能力的發揮、個人特質的展現、創造歷程的努力付出的綜合表現，才能獲得心血結晶，享受創造的喜悅與成就感。並且創造的過程中可能受其個人的知識、經驗、動機、技能與環境等等的因素而影響到創造的結果。

## 貳、創造力的內涵

創造力之內涵亦如創造力之定義一樣，亦無法有完整明確之定義，基本上創造即是一種能力的表現。一般而言，創造力相關研究亦著重於人格特質(persons)、歷程(process)、產品(products)、環境因素(places)等四層面進行探究。以下針對相關概念說明如下：

### 一、人格特質(person)

此項主要在探討創造者具有什麼樣的人格特質，或者是探討創造力高的人與創造力低的人，在人格特質方面的差異情形。詹志禹(民 89)認為，比較具有創造性的人敏於歸納問題、勤於增加觀念的變異度、善於掌握領域中的批判性原則以及將外在環境中的選擇判準內化的人。整體而言，創造者在面對衝突或自我成長的過程中，展現其進取、自信、獨立等特有的人格特質，發揮積極的好奇、冒險、挑戰、想像的情意態度，以遊戲的心情操弄各種想法，將之轉換或加以結合的表現，即為創造，而創意的產生及實現者，即為創造者。

### 二、歷程(process)

此部分主要在探討創意產生於什麼樣的歷程。由於創造是一種心理、思考歷程，也就是說創造是將創造潛能變成具體顯現形式的一連串歷程(湯誌龍，民 88；毛連塹等，民 89)。基本上，創造之歷程，著重於假設與驗證之問題解決歷程。

Wallas(1926)曾對創造力發展的過程做出描述，他認為創造的

過程應包括四個階段，分別是準備期、醞釀期、豁朗期、驗證期。

以下茲就此四階段做簡短的說明：

### (一)準備期(preparation)

此階段必須要先歸納與瞭解所要解決之問題，而問題主要是由認知主體所設定之目標與相關條件自我、環境限制所構成(詹志禹，民 89)。進而蒐集相關資料，進行系統化整理，並初步著手進行問題解決。簡而言之，此階段為問題解決之準備階段。

### (二)醞釀期(incubation)

在問題解決之過程，遇到挫折在所難免，因此，問題先擱置，但潛意識仍然思考解決問題之策略。通常有創造性的突破往往出現在不是很積極解決問題的時期之後，如看電視、種花草、遊戲、甚至發呆，而不是很認真密集的思考一個問題之後而想出一個創造性的答案，所以有創造性的行為常常發生在醞釀期之後(吳玲玲譯，民 87)。Posner(1973)認為會產生這樣的現象，可能是因為人們在經歷醞釀期之後，可以較容易忘記疲憊的工作、壓力、或是不愉快的事物。

### (三)豁朗期(illumination)

此階段主要是獲得問題解決之策略，瞭解解決問題之關鍵點所在。創造力或是具創意或創見的答案常常是發生於突然之間，如音樂家在一剎那間突然產生了靈感，而譜出了一曲動人心弦的樂曲，或是數學家在百思不解甚至想放棄的瞬間，突然破解了方程式等。當一個人真正豁朗之後，將會有更多的想法、創見一一湧現，如湧泉一般滔滔不絕，正式進入問題解決之豁朗期；但我們不能就此說是因為醞釀導致了豁朗，因為有許多人大部分的時間都處於醞釀期中，卻不見得會因此而進入豁朗期，而得到問題解決策略。

#### (四)驗證期(verification)

此階段主要在驗證所獲得之解決策略，是否真正可行。因此，這個時期是要驗證是否真正具有創造力，檢視創造出來的產品、想法、方案是否具有創造力的表現；有些驗證只是在證明產品是否可用，但有些情況下的驗證必須花相當多的時間，甚至一輩子，反覆的測試(Solso, 1998)。此外，陳昭儀(民 85)歸納 22 位學者所提的創造歷程說，將創造分為，問題產生、尋求解決問題或困難的方法及作法、最佳處理方案的尋獲、評估及驗證、發表溝通與運用五大步驟。

#### 三、結果(product)

此定義是著重於創造的結果有哪些特性。創造結果的研究是一個相當重要的研究領域，它也是最近的研究趨勢。因為創造力的表現，唯有從創造的產品，才能夠具體表現出來(詹秀美,民 78)。所謂「產品」是指以某種形式存在的思考成果，它既可以是一種新概念、新構想、新理論…等無形的成果；也可以是一項實體的新產品等有形成果。然而，不論是有形的創造成果或無形的，都必需以具體的形式表達出來。產品與構想的是不同的，無論是具體的實物或構想皆要經過加工程序才能成為產品(Howe, 1997)。

#### 四、環境(place)

此定義是包含領域(domains)、場地(fields)、脈絡(contexts)。領域代表的是學術及文化方面，場地代表的是個人所圍繞的社會環境，脈絡代表的是社會及歷史的前後關係(Tardif & Sternberg, 1993)。影響人類行為的環境可分外部性(external)環境及內部性(internal)環境。內部環境包括個人生理、心理…等；外部環境包括家庭、學校、社會文化…等。良好的環境可以促進人類創造力的發展，而不良的環境則會抑制人類創造力的發展。所謂「環

境」，一般是指家庭環境、學校教育與社會文化等而言(董奇,民84)。

綜合以上，可知創造思考往往需要外界的刺激，在相關條件配合之下即可產生。創造思考主要由問題來產生，經過分析、處理、評估與反覆驗證後，才能完成創造的任務。整體而言，創造的歷程會因人、因事不同而異，並沒有特定的方式可言，但可以清楚明瞭的是創造的產生，必須先對問題深入瞭解，有明確的相關概念及認知後，繼而運用各種知識、經驗，在配合反覆的思考之後，發展問題解決的策略，最後驗證其有效性，予以付諸實施，這一連串心理、思考的連續運作，即為創造的歷程。

## 第二節 專題導向式學習

專題導向式學習(project-based learning, PBL)以下簡稱為專題學習，它源自於Dowey、Brunner & Karplus等學者的研究(Krajcik et al., 1999)。早在二十世紀初，美國學者William H. Kilpatrick便已大力倡導這樣的教學方法以促進動態的學習，鼓勵教師讓學習者自行選擇專題，俾使學習成為一種有目的的學習活動(Thomas, 2000)。

### 壹、專題導向式學習的意涵

專題是一種複雜的任務，它是根據挑戰的疑問或問題，經由學生的設計、問題的解決、決策的擬定或是研究，給予學生機會，在一段時間內自主的從事相關的工作，並且完成真實的產品或發表(Thomas, 2000)。

專題學習是具體發揮課程統整的一種學習方式，其目的在解決學習者不能活用知識之現象。為解決這項使得教學績效不彰的難題，其主要的做法是藉由知識或技能的專題，統整不同的學科領域，安排複雜的作業，設計出能增進學習動機、發展後設認知策略、以及合作學習的情境，使學習者不僅能學到解決問題的知識、能力，也能學到如



何應用知識(Blumenfeld, Soloway, Marx, Krajcik, Guzdial, & Palincsar, 1991)。PBL 的課程內涵是將相關的知識內容及學習經驗整合地組織在一起，以主題式的名稱為課程發展的主軸，使課程內的各項知識及經驗成份，以有意義的方式緊密地連結成一個整體，如(表 2-2-1)所示。

表 2-2-1 專題製作學習與傳統教學課程內涵比較

項目	傳統教學	專題製作學習
學生	被動接受給予的資訊	學生自我學習研究與修正
教師	教導式教學	引導、發現式教學
	教室管理	積極地探索活動
專業知識素養	傳授以知識為主的課程	傳授以思考為主的課程
課程內涵	廣度	深度
	片段、碎形的課程概念	統整各學科主題課程概念
	以傳授知識理解為主	以傳授知識應用為主
進行方式	復習	反思
	編序	合作學習
評估內容	事實保留率或概念理解	概念的發現與應用
		把概念變成好作品或表演
評估方式	測驗	學習檔案歷程

資料來源：Ann L. Brown(1992).

教學過程使用 PBL，強調以學生為中心、跨學科的、長期的學習活動所取代，並整合真實世界的議題和實踐。其主要的做法是藉由知識或技能的專題，統整不同的學科領域，安排適當的作業，設計出能增進學習動機、發展後設認知策略、以及合作學習的情境，使學習者不僅能學到解決問題的知識、能力，也能學到如何應用知識於實際情境，更能提供學生機會，讓他們針對自己興趣和問題，並決定如何去發現和解決問題(Blumenfeld, Soloway, Marx, Krajcik, Guzdial, &

Palincsar, 1991)。PBL 的意義有許多特質。學生經由提出和界定問題、觀念的辨證、收集與分析資料、獲得結論、與他人溝通想法和發現提出新問題、創造具體成果等程序，為重要問題提出解決之道 (Blumenfeld, Soloway, Marx, Krajcik, Guzdial, & Palincsar, 1991)。

## 貳、專題導向學習的元素

專題導向學習的焦點是學生自行設計調查研究來回答引導問題 (driving question) 的活動 (Marx, Blumenfeld, Krajcik & Soloway, 1997)。這些包含了學生問題解決和其他有意義的任務，及允許學生主動學習與建構他們的知識，充分的現實生活化並以學生為中心的產物。

Stacey(2005)將 Schroeder & Lester(1989)的解題教學分三種，說明如下：

1. 以問題解決的教學方式(傳授以解決專題問題脈絡之解題教學方式)。
2. 有關問題解決的教學方式(傳授以增進問題解決能力之啟發性解題教學方式)。
3. 透過問題解決向的教學方式(傳授以解決專題製作及操作練習的問題之解題教學方式)。

「Power Tech」科技創作是屬於第三種類型，期望通過專題創作，學生不僅在科學知識應用，也可啟發學生解決問題的策略。科技創作活動是屬於專題導向的學習活動。主要教學目標是培養學習者手腦並用的科技創作的素養、提昇學習者問題解決的能力、激發團隊合作的默契，符合科技活動的特性：強調「動手操作」的創意學習的活動。

科技素養並非只是「通曉」科技，而是強調「動手操作」實務層面的科技(Todd, 1990)，科技著重知行合一。學生不會落入一成不變

的學習模式，受限於舊有思考窠臼，而無法突破舊有的學習模式。PBL 呈現建構主義精神的四種要素(Blumenfeld et al., 1991; Blumenfeld Krajcik, Marx, & Soloway, 1994)：

1. 引導問題(driving question)。
2. 調查活動及專題作品(artifact)的發展。
3. 合作學習的方式。
4. 使用科技做為認知工具。

因此 PBL 是藉由引導問題(driving question)引發學習者學習的教學策略，學習者經由蒐集資料、分析資料、同儕討論、驗證的研究過程，最後完成作品(artifact)以回答引導問題。

#### 參、專題導向學習與科技創作

本研究主題之「Power Tech」競賽活動設計是採用當天團體製作、當天競賽來進行。整個活動流程包含作品的機能設計、造型設計、材料選擇、製作等等，皆由團隊小組規劃製作。參賽隊伍必須在規定時間內完成作品，如此學生可以運用其學校所學相關知識(含圖案設計、機構、材料等知識)發揮其分析與想像能力，並培養凡事「三思而後行」之規劃能力及不完成作品不罷休之貫徹力與團隊合作的習慣。

將「Power Tech」融入專題導向式學習的教學模式，以 PBL 的觀點，把活動焦點放在教育學童應用科學概念與原則(Berger, 1999)，研究將「Power Tech」專題學習特質做一比較，說明如下：

1. 專題導向學習是一種歷程：「Power Tech」是以專題工作為主，其他為輔的教學策略。
2. 強調學童應有的責任感與團隊精神：學生對自己與其他隊友有義務而且是大量給予自治的。
3. 包含真實的工作：「Power Tech」不管在教室裡和教室外，大

部分時間都致力於與教室外的世界相關的事物，包含了真實的工作與產出有價值的產品。例如：本活動的作品蟲蟲危機、龍貓巴士、機器戰鼠…等及作品創新歷程記錄等。

4. 屬於建構學習：「Power Tech」學習強調符合建構主義的精神，它必須激起一連串的刺激議題或問題帶領學生自發性的合作學習去對重要主題做深度的探索並懂得尋求周遭的資源。
5. 具備經常性的回饋的機會：「Power Tech」呈現的方式有很多像學校的實驗報告、展覽、和同儕的作品競賽都提供學生直接從經驗中學習的機會。
6. 影響生活技能：「Power Tech」可以對學科為主的技能有重要的影響，但其實在於實質上教育的目的在於生活的技能、自我管理，群體過程、和問題解決的技能。

「Power Tech」為一套啟發學童創造思考及結合科技實作之競賽活動。藉由實際參與製作及競賽達到多元思考及問題解決能力的培養。具體而言，培養少年(國中小學生)在科技上知識力與思考力的成長以及建立我國未來在科技人才奠基實作的能力為目標。

### 第三節 科技創造力

#### 壹、科技創造力的意義與內涵

科技在二十世紀中扮演著舉足輕重的角色，且已與個人、社會、國家及全人類緊密相結。根據 Roth 對科技與科學的差異性，強調科學強調理論，追求自然世界的真理。科技講求務實，強調產品設計與製作。

#### 一、科技創造力的意義

洪榮昭(民 88)認為科技創作力的涵意簡單地說，科技創作的歷程，有模仿，有應用，有創新。科技創作之構面，以實作為核心，經由知識應用及點子發想，解決製作上的問題，促進創意作

品的完成。科技創作之展開包含研發過程、領域知識、點子發想手法、思維方式及團隊思考等。其研發過程包含設計者對於作品主題的設定作品構想的設計、技術分析、作品試作與改良以致於完成作品，過程中所運用之知識為核心領域及相關領域的知識所共同組成，而此知識可以透過文獻的探討、參與相關研討會、參觀他物、與人討論及自我思考等方式加以取得應用(Hong & Sheu, 1999)。

Roth(2001)認為科學和科技有兩個層面極為相似：

1. 科學和科技皆能在現象表徵及作品的建構及轉換上相互嚙合。
2. 科學或科技活動都能夠藉由相同的表現習慣(per formative idiom)所描述，如實作、對談比知識表徵更能吸引人。

Roth(2001)更提出，科學(science)與科技(technology)的差異，僅在符號(sign)與真實世界(world)之間強調各有不同而已，科學是從真實世界朝向符號化，而科技則是從符號(sign)到規劃成某樣真實的東西(world)。這樣形成的過程即是科技創造力的展現。進一步而言，科技創造力(technological creativity)是在科技活動中所展現出來的創造力，其與一般性的創造力有所區隔，科技創造力的內涵將不只是提出意念，更要有相關工具的操作與材料方面的處理，然後在機構上產生結果。

## 二、科技創造力的心理層次

Simpson(1966)將技能行為方式分為七個階層，第一層次是知覺(perception)，包括感官刺激的處理、知識的選擇與轉換。第二層次是準備(set)，包括心理、生理及情緒的準備狀態。第三層次是指導反應(guided response)，處理模倣和嘗試錯誤的學習。第四層次機械練習(mechanism)，是處理動作的技巧和熟練性。第五層次是複雜的外顯反應(complex covert response)，在養成習慣性技能之後，進而能有實作能力的表現，結合不同機械性動作，整合

成為一有系統的技能動作。第六層次是適應(adaptation)，除有實作能力外，適應含有不斷自我修正之涵意，面對內在或外在不同條件之情境下，技能所產生的不適性行為，可透過適應加以修正。第七層次為創作(origination)，其技能達精熟程度之後會提升至創造階段，其特徵為能力表現不同於以往型態，具有獨創性(Harrow, 1972)。

### 三、科技創造的創作過程

Kimbell(1994)認為科技創作是不斷的觀察與探索與測試。學童製作「蟲蟲危機」的過程是將團隊創意的設計付諸實行，學生於過程中會遭逢形形色色的問題，如產品的結構或功能未達預期的理想，或其結構性功能失效，學生須對相關因素造成的原因，加以分析、比較、組織、關聯、歸納、研判、推斷，以找出問題關鍵所在。

開放式解題是一個問題可以多種解法(solution)或答案(answer)(Conway, 1999)。科技創作是屬於一種開放式(open-ended)團隊任務(group task)這種任務是整合性問題，問題事實的認知(problem features)、操作技巧(Hmelo Silver, 2003, Wilksinson, et. at., 2002)及解決方式，以不斷地嘗試才能順利完成。

Dick(1995)指出創作一件成功的作品，須經由概念、判斷、和計劃等三個重要的步驟與問題。「概念化的問題」主要在找尋最好的點子及方法，以設計和發展作品；「判斷」則是要想出許多的可能替代方案，在形成構想之前，先給予批評，並且發揮心智功能，以達到特殊的構念和分析，決定作品的適用性；「計劃」則是要找出最好的方法並發展執行計劃，最後將概念轉變為成品。

畑村洋太郎(2000)提出說明科技創作進行並非呈現直線方式，而是依循螺旋觀念，不斷加以改良修正以達最後創新階段，

如(圖 2-3-1)所示，科技創作歷程從設計者在時間性與具體化兩向度中對機能的要求開始，評估作品所需要的機能，經過具體化的逐步實現滿足機能之各部機構，到達完整構造的結合。在科技創作過程中必須加以不斷改進，為了消除第一代作品的缺點，再次進行機能的評估，機構決定與設計到機構的再結合，如此不斷反覆，最後決定可用之構造，以達精進力的提升。

鄭廉銓(民 91)指出，學童的科技創作螺旋圖表現可分為兩種，整合型思考(同時考慮多方面的機制或因素)的隊伍其科技創作螺旋的圈數較少，單獨型思考(僅以單方面考慮)的隊伍其科技創作螺旋的圈數較多。另外，創作螺旋迴圈層較多，則表示其嘗試錯誤率較高。

為了解學童創新歷程的過程，本研究以學習檔案歷程的方式設計作品創新歷程記錄表，讓學童在科技創作的過程中，把所遭遇到的問題逐一記錄下來。

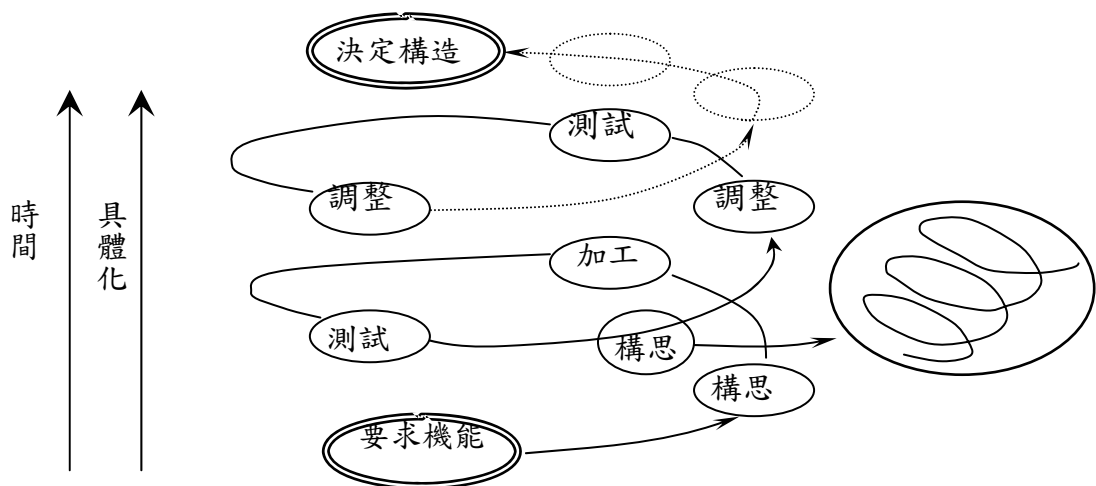


圖 2-3-1 科技創作螺旋

資料出處：畑村洋太郎(2000)。TRIZ 入門-思考法則。

## 貳、學習檔案歷程(portfolio)

所謂學習歷程檔案(portfolio)是指有系統有目的地去收集學生的作業或作品，藉由紀錄來呈現學生努力的過程和學生自我的成長，

收集的作品格式可以是文字的書面資料、聲音、影像、程式碼和圖畫等，端視應用在哪一種類課程的需要而定。學習歷程檔案所收集的紀錄也必須包含學生在這段學習過程中來自專家、同儕或是其他觀點回饋的意見，還有學生本身對自己的作品或作業的自我反省和修正(盧雪梅，民 90)。

應用學習檔案(portfolio)來分析學生的學習，主要目的是觀察及反應(reflect)、教與學的互動及相互的影響(Haynes, 1995)。學習檔案也可進一步提供晤談的參考或基礎(Darling- Hammond, & Snyder, 2000)，學習檔案除了收集書寫的作業，也可以用錄影帶來收集學習的證據( Zeichner, 1999)。基本上學習檔案可以：1. 檢視學習發展歷程；2. 可以提供佳作標準，做為他人他山之石可以攻錯之後參考；3. 提供多角度來增進想法(Darling- Hammond, & Snyder, 2000)。

#### 一、檔案歷程的種類

學習檔案的內容可依其評量和使用目的而有不同的蒐集重點和組織結構，Henderson(1995)則分為五種類型：展示檔案(showcase portfolio)、紀錄檔案(documentation portfolio)、評鑑檔案(evaluation portfolio)、過程檔案(process portfolio)和綜合檔案(composite portfolio)。對各類檔案進行簡介，如(表 2-3-1)所示。



表 2-3-1 檔案歷程的種類

項 目	說 明
展示檔案	展示檔案呈現學生自己挑選出來的作品樣本，目的通常在於慶祝和分享成就。
紀錄檔案	紀錄檔案係定期挑選學生的在特定技能或學習領域的代表作品組成的，通常由老師和學生一起選擇，目的在觀察學生在時間線上的進步情形。
評鑑檔案	評鑑檔案係根據教學或評量目標設計檔案內容，要求學生根據規定內容選擇或製作項目而成的，通常應用在學習成果的評定和大規模評量上 (large scale assessments)，如學校績效評估、課程與教學的評鑑。
歷程檔案	歷程檔案呈現一個活動單元或專題研究所有的材料，目的在描述學習歷程的努力、進步和成就，或進行學習診斷。
綜合檔案	綜合檔案則兼具上述檔案類型的特點，在實際應用上較有彈性，然而因其兼顧數項使用目的，在實施上需花費較多的時間和精神，

資料來源：研究者參酌文獻整理

## 二、檔案歷程的特性

學習歷程檔案評量具有其優點與實施上的限制，茲綜合學者的看法(張美育，民 85；盧雪梅，民 90；鄒慧英，民 89；張振成，民 86；張基成和童宜慧民 89a；李坤崇，民 88)，歸納如(表 2-3-2)所示：

表 2-3-2 檔案歷程的特性

項 目	說 明
優點	<p>1.學習檔案是以學生為中心，能適應個別差異的評量方式，雖然學習目標是相同，但學生可以根據其能力、興趣和學習風格來展現其學習的成就。</p> <p>2.學習檔案呈現學生多元和豐富的學習歷程和結果，較能反映出學生學習的全貌。</p> <p>3.學習檔案評量強調學生的參與和自我評鑑，激勵學生為自己的學習負責。</p> <p>4.參與評量的人員可以多元化且相互溝通，除了教師、學生(檔案的主人)外，同儕、家長、校內師長都可以加入評量的行列。</p> <p>5.由於學習檔案評量是長期持續進行的，可以和教學目標和活動密切結合，而且學習檔案除了可以作為評量策略，也可作為教學策略。評量是教學的延伸，也是學生學習的一部份。</p>
缺點	<p>1.評分是學習檔案評量最大的問題，其計分耗費時間且困難，不易獲得高的評分者信度，因此，許多學者不鼓勵把學習檔案應用在大規模評量上。</p> <p>2.學習檔案評量在實施上需要投入相當多的時間和資源。</p> <p>3.學習檔案收集的樣本有限，若以收集的若干作品樣本來推論學生達到概括性學習目標的情況，其類推程度可能有限。</p>

資料來源：研究者整理

### 三、作品創新歷程記錄

作品創新歷程記錄是指學童參賽「Power Tech」競賽前，練習製作競賽項目時，將創作過程中把所遭遇到的問題，以檔案歷程的方式，記錄學童在零件加工與設計及機構組裝之問題解決的歷程。而在科技創作的過程中，學童於每一代作品製作時，按所需之材料、工具、機構設計、製作方法及歷程等規劃製作，由隊員及指導老師之間彼此初步討論出所有可能應用之點子及最後透過實作歸納出最有效、最佳

的點子。記錄表有助於學童知識的管理及當學童在科技創作的過程中遭遇到困境時能有效率地解決問題。

## 參、TRIZ 理論

Altshuller (1977)所提出的問題解決方法「Theory of inventive problem solving, TRIZ」。TRIZ 是解決問題的一種方法，其針對問題點的所在加以分析，再將矛盾分為物理矛盾與技術矛盾如(圖 2-2)所示。

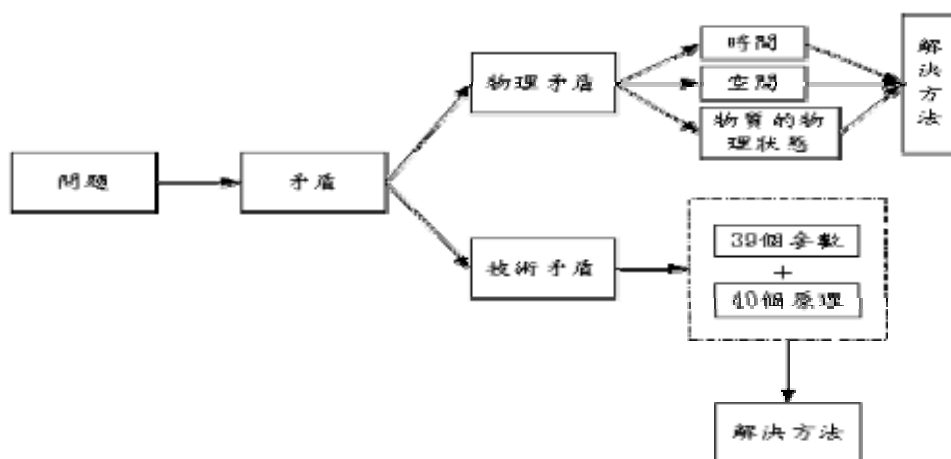


圖 2-3-2 TRIZ 概念流程圖

資料來源：<http://3q.creativity.edu.tw/teach/8/index.htm>

### 一、物理矛盾

指發明在某些情況之下，希望技術或發明之性能或參數之表現增加，但卻造成技術或發明的另一項性能或參數惡化。對於解決物理矛盾問題，Altshuller(1977)建議在此一狀況下採取分離法則，將欲解決的問題或系統參數，以空間、時間或尺度上的分離，來尋求解決方案。解決物理矛盾共有三個參數狀態：1.時間：例如眼鏡分為近視眼鏡及老花眼鏡兩種，當使用者看遠時，配戴近視眼鏡，而在看近時，則配戴老花眼鏡；2.空間：例如將在眼鏡空間上做分離，採用近視鏡片與老花鏡片；3.物質：例如鏡片採用自動調整焦距，以解決近視眼與老花眼同時存在之問題。

物理矛盾是 TRIZ 研究的主要問題之一。它是指為了實現某種功能，一個子系統或元件應具有一種特性，但同時出現了與該

特性相反的特性。物理矛盾的核心是指對一個物體或系統中的一個子系統有相反的、矛盾的要求。物理矛盾的兩種表現：1.一個子系統中有害性能降低的同時導致該子系統中有益性能的降低；2.一個子系統中有益性能增強的同時導致該子系統中有害性能的增強。

為了便於加速並降低加速時的油耗，汽車的底盤應有較小的重量，但為了保證高速行駛時汽車的安全，底盤又應有較大的重量，這種要求底盤同時具有大重量和小重量的情況，對於汽車底盤的設計來說就是物理矛盾，解決該矛盾是汽車底盤設計的關鍵。

物理矛盾的解決一直是 TRIZ 理論研究的重要內容。包含有矛盾特性的空間分離、矛盾特性的時間分離、通過物理作用及化學反應使物質從一種狀態過渡到另一種狀態解決原理。正確、科學地應用這些原理我們就可以逐步實現對物理矛盾的深入分析和標準化，最終實現物理矛盾的解決。

## 二、技術矛盾

乃指產業界在使用各種技術時，通常會遭遇到這樣的情況：「當我們想要改善系統中的某一方面時，系統卻在另一方面變差」。而 TRIZ 將此情境定義成「技術矛盾 — technical contradiction」，並試圖透過「消除」該矛盾的方式來找到突破性的解決方案。最簡單的技術系統是由兩元件所組成，而必須有一種能量從一元件作用到那一元件。當問題無法使用物理矛盾方式解決時，則採用技術矛盾的解決方法，其首要方法在於建立因果圖，如(圖 2-3-4 所示)，再藉由因果圖尋求解決方法，然而在解決方案中可能會遇到有所衝突，此時則將依循著 Altshuller (1977) 所提出的 39 個參數(詳參附錄二)及 40 個原理，詳參(附錄三)，找出解決矛盾的方法。

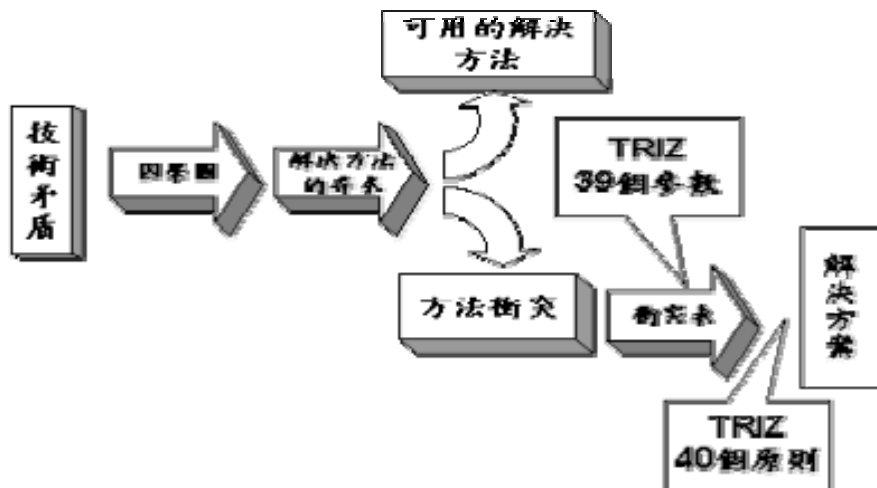


圖 2-3-4 解決技術矛盾流程圖

資料來源：<http://3q.creativity.edu.tw/teach/8/index.htm>

### 三、矛盾矩陣表(contradiction matrix)

工程師在解決工程問題時，經常會碰到系統矛盾的問題，即改善系統的某一工程特性時，卻造成系統另一工程特性的惡化。TRIZ 是由分析四十萬件以上的專利，歸納導出矛盾表(contradiction table)和四十個創新法則(40 inventive principles)，可以有效地幫助工程師解決工程系統矛盾的問題。這種解決問題的模式，需要先找出系統的矛盾特性，再對應到工程特性參數(39 engineering parameters)，接著利用矛盾表找出相關的創新法則來解決問題。

TRIZ 更進一步的將這些最常發生的衝突與衝突解決原則，組織成一張由 39 個改善參數與 39 個惡化參數所構成的矩陣表，在彼此衝突參數的交叉欄位裏，放上解決此類衝突最常使用的四項「發明原則」，這張矩陣圖表，就是 TRIZ 最著名的矛盾矩陣表，詳參(附件四)，如(表 2-3-3)所示。

表 2-3-3 矛盾矩陣表簡例

避免惡化的 參數	1.移動物體 的重量	2.移動物體 的重量	.....	39.生產力
欲改善 的參數				
1.移動物體 的重量				4,9,10,11
2.移動物體 的重量				14,23,18,9
.....				
39.生產力	36,8,15	12,21,6		

資料來源：Altshuller (1977).

通常矛盾的發生是在對系統某些工程特性作改善時才會出現，或假設對系統做某一工程特性的改善，而可以預知另一工程特性會惡化時，方可使用矛盾表來解決問題。分析歸納經常遇到技術矛盾的系統特徵共有 39 個，將其對應解決的法則，整理成矩陣的方式，提供一個快速簡單的方式，幫助你找到解決技術矛盾的法則，這個矩陣為 39x39 的矩陣，共有 1263 個元素，有關詳細之矛盾矩陣表列於附錄四，而(表 2-3-3)為矛盾矩陣表的簡圖。使用矛盾表時，先從矩陣之縱軸找出欲改善的參數，接著從矩陣之橫軸找出避免惡化的參數，對照到矛盾矩陣表中的元素，元素中的數字就是矛盾矩陣表建議解決此矛盾的創新發明法則，其流程如(圖 2-3-4)所示。

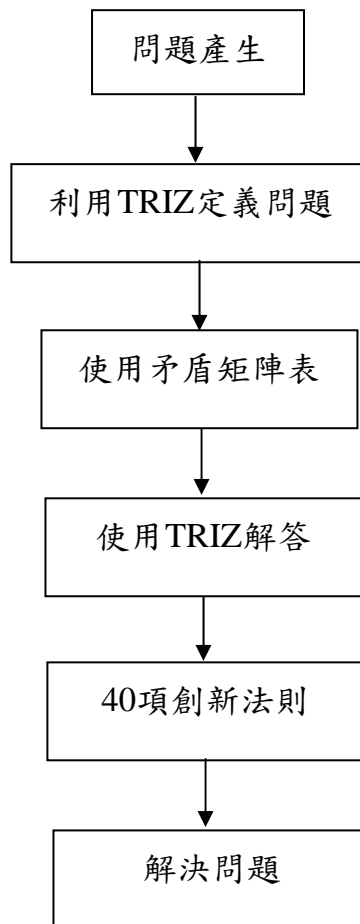


圖 2-3-4 矛盾矩陣問題解決流程

山田郁夫(2000)認為科技創作可根據 TRIZ 理論中技術矛盾或技術衝突(technical contradictions)的克服做為基本定義。技術矛盾是指一個作用同時產生有用及有害兩種效應，也可指有用效應的引入或有害效應的消除導致一個或幾個子系統變壞。技術矛盾常表現為一個系統中兩個子系統之間的矛盾，而且總是涉及到兩個基本參數：當其中一個得到改進時，另一個變得更差。技術矛盾代表一系統中兩個子系統間之衝突，其中包含三種型態：1.一個子系統中引入一種有用性能後，導致另一個子系統產生一種有害性能，或增強了已存在的有害性能；2.一種有害性能導致另一個子系統有用性能的變化；3.有用性能的增強或有害性能的降低使另一個子系統或系統變得更加複雜。

在實際使用中我們希望橋的承載力越大越好，為了獲得更大的承載力，可以讓橋變“粗”，即使用更多的材料建築橋梁，但橋

自身的重量太大將有可能超過橋的強度所允許的範圍，降低了橋的安全性。那麼，(橋的)強度和(橋自身的)重量之間就產生了一個技術矛盾，強度和重量就是該技術矛盾中的兩個基本參數。

在科技創作中，克服技術矛盾即是技術創新的表現。「Power Tech」在作品的創新上以機構創新、功能創新及造型創新三部份為主。例如：1.材料特性與機構功能上之矛盾現象：若使用冰棒棍為機構材料，其材料特性為輕薄、加工方便，但缺點為容易龜裂，強度不足，應如何截長補短，從材料改善或從加工技術能力上來改善製程缺點。2.機件連結方式(使用螺絲或膠合)及機構功能矛盾現象。在動力傳遞效能上，機件接合過緊造成過多動力損耗或無法傳動，過鬆亦會造成動力損耗及動力傳遞干擾，甚至脫落分離現象。3.造型設計與機構功能之技術矛盾現象。造型材料所增加之重量會影響效能，或造型大小會干擾動作。4.造型藝術設計及材料特性之限制，使用的顏料塗著(水性/油性顏料)與材料上接合性及美觀，要克服技術衝突需了解材料特性及相對應用之顏料為何等。

## 二、科技創造力的內涵

科學探究(science inquiry)是推論演算多元方法來研究世界的本質，並以證據來說明，而產生對科學概念的了解。在活動導向的探究(activity-driven inquiry)科學概念，是以 h&s-on 引發 minds-on 的體驗。進一步而言，在活動中，多元知識的應用來解決問題。藉即存知識(existing knowledge)不足或落差，就會設定適當的問題來收集知識或研究以產生知識(Lomash & Baron, 2003)。

洪榮昭(民 87)指出「對於科技創作，經常以對個人效益、社會及經濟效益來分析其貢獻程度論斷科技創作力的強弱。」若從技術的文脈性來看科技創作，應用別人的點子或想到從未來有的



點子，在科技創作上，可從知識性、假設驗證及實驗製作的技術來看科技創作力。科技創造力的內涵不只是多種意念的提出，更要有工具操作、材料的處理，與最後產品成果的出現(李大偉、張玉山，2000)。

### (一)客觀性的科技創造力

#### 1. 知識的既存性之有無：

是指在過去的文獻資料或作品/產品之有無。

#### 2. 假設容易性之易與不易：

是指容易聯想作假設的易或不易。通常愈不易假設，是領域差別愈大。如電子雞第一代比較不易。等第一代出來，衍生出第二代，第三代則比較容易，原創性高，假設驗證比較有突破性。

#### 3. 實驗製作經驗性之有無：

在發明或創作的實驗製作技術是否有別人或單位已經有做過或擁有。

### (二)主觀性的科技創造力

#### 1. 知識力：與讀書廣度、深度有關。

2. 思考力：與問題發現、解決或分析、批判、想像有關。

3. 實作力：與機件之分解、組立之準確度或效度，轉移到類似機件的分解組立能力有關。

#### 4. 行動力：坐而言不如起而行的啟動力

5. 貫徹力：將一件事做完或告一段落的心態。

#### 第四節 影響創造力發展之因素

影響創造力發展的因素有很多，根據創造力發展的相關文獻的討論大都指向「個人因素」及「環境因素」二個範疇等因素，本節將分別探討這二個影響因素與創造力的關係。

##### 壹、個人因素

人類頭腦具有無窮運作之能力，但多數人終其一生未能充分運用，因此，我們必須先瞭解是什麼原因阻礙大腦創造思考，進而謀求解決策略，以增進創造思考能力之發展。從許多研究中可歸納個人因素及環境因素影響創造力的發展(Amabile, 1988; Amabile et al., 1996; Oldham & Cummings, 1996)。因此，將影響創造力之因素歸納如下：

##### 一、個人動機

在個人創造動機方面 (Amabile, 1983)、(Sternberg & Lubart, 1991)均認為創造與個人的動機有關。Amabile (1983)特別強調內在動機有助於創造者進行創造活動。因此，創造的動機是影響創造力發展的重要因素，動機是想像力、創造力之原動力，能幫助創意的產生。

多位學者指出，影響創造力之動機主要包括：內在動機、外在動機及成就動機三項，內在動機是人類內在需求所引起之動機，例如：為創造而創造、為讀書而讀書，這就是內在動機；外在動機是指人類在外在環境下所產生之動機，例如：為了取悅他人、為了獲得獎勵所引起之動機；成就動機是人們在進行工作時會產生滿足感的一種動機(吳靜吉，民 78；董奇，民 84 湯志隆，民 88)。

由此可知，動機乃創造之關鍵因素，沒有動機就沒有創造可言，在三種動機之中又以內在動機較能主導創造思考。至於外在動機方面，Amabile(1988)經研究後歸納，外在動機必須強弱適

中，過強將阻礙創造能力之發展，太弱則會造成創造的活動欠缺增強，亦不利於創造。因此，創造力之培養與激發方面，必須誘發其內在動機，並利用增強法則，給予適度增強，如此，成果才能較為顯著。

## 二、個人的人格特質

由於創造活動是一產生新觀念、新事物之特殊性活動，因此，個人特質影響創造力之發展是近年來研究創造力學者們的一致看法(Amabile, 1988; Amabile et al., 1996; Oldham & Cummings, 1996)。至於創造者的人格特質方面，多數學者認為，高創造力者具有的個人特質包括：廣泛的興趣、能忍受曖昧情境、有冒險精神、具有敏銳的直覺、高度自我動機、高度的審美觀、標新立異、具有強烈自信心、多才多藝、喜歡不同意見、良好的社交能力、有較強的彈性應變能力、願意成長、富幽默感、獨立性強、願意克服困難、有被肯定的慾望及願意為被肯定而工作··等(Torrance, 1962; Amabile, 1988; Sternberg, 1988; Gardner, 1993 ; Oldham & Cummings, 1996 ; 郭有遜，民 83；董奇，民 84)。在許多研究者的心靈上，「創造力」與「問題解決」之間的關係是非常接近的。Guilford(1986)認為基本上這些術語是指相同的心理現象。Newell, Shaw & Simon(1962)就將「創造力」活動描述為一種特殊種類的問題解決活動，其特性是新奇的、非傳統的、持續的及不易形成的。Mumford(1997)也指出創造力創造思考是一種問題解決的形式；而 Feldhusen & Treffinger(1980)則將「創造力」和「問題解決」組合成單一的複雜概念，並認為實際上創造能力諸如流暢力、變通力、精進力和獨創力皆為問題解決時所必須的。

面對以上高創造力者之人格特質，可歸納其與以下幾種能力相關，分別說明如下(陳龍安，民 77；蔡惠京、吳曉紅，民 87；毛連塏等，民 89)：

### (一)想像力

人類的許多發明或設計很多源自於憑空的想像，豐富的想像力往往能使一個人有更豐富的靈感來從事創造活動，因此，想像便是創造之出發點。由此可知，一個人若富有豐富、活躍的想像力，其生命將會有源源不絕的創造。

### (二)記憶力

創造力除了需要豐富的想像力之外，往往也需要經驗與相關知識的支持，記憶力能將原有的訊息轉化為新的訊息，通過創造性思維產生新的組合，而得到創造的成果(蔡惠京、吳曉紅，民 87)。所以記憶力為影響個人創造力的重要因素之一。

### (三)注意力

生活周遭的許多事物都是我們耳熟能詳的，但大多數的人皆鮮少會對那些平淡無奇的事物產生注意力，一些歸納、發明就從手中溜走，實為可惜。我們可由以下二例說明，注意力與創造力之關連，一是地心引力的歸納：果樹上的蘋果熟了而掉到地上，大家都會認為是理所當然，但唯有牛頓會對他產生強烈的注意力，因而歸納了地心引力；二是浮力之歸納，一般人覺得洗澡就是把身體洗乾淨而已，鮮少人會對他特別注意，但阿基米德在洗澡的時候，因為注意力而歸納浮力，這些例子在在顯示注意力與創造力相關。注意力也可說成是觀察力，有較強觀察力的人，因為其對事物觀察的敏銳及細微，往往會有強的分析能力，相對的亦提升了想像力與記憶力，因此它亦是影響創造力的重要因素。

### (四)好奇心

當你的小孩一天到晚問你「為什麼？」的時候，千萬不要感到厭煩而阻止他，或是懷疑他有任何心理上的問題，因

為好奇心正是他具有創造力的表徵。幼兒的好奇心最為強烈，但隨著年齡的增長而逐漸減。此外，人們因為好奇心的驅使，而富有冒險精神，進而接觸新事物，創意往往就產生於此。

## 貳、環境因素

除前述之個人因素外，人隨著時間與空間的改變而處於不同的環境裡，創造力的發展便有所不同，因此，環境因素亦影響創造力之發展。就影響創造力之環境因素而言，又以家庭、學校與社會三者最為重要，以下茲就這三種環境因素分別說明如下：

### 一、家庭因素

家庭是一個人一生中最重要的活動場所，父母始終是影響孩子各項發展的關鍵人物，因此父母的教育程度、態度、管教方式、親子關係等對創造力之發展亦相形重要，因為人在幼兒時期幾乎所有的知識、情感都來自於父母，因此，不同型態的家庭與父母會對幼兒創造力發展產生深遠的影響。根據學者研究指出，家庭社經地位高者，創造力多半高於家庭社經地位低者；父母教育程度與子女創造力有顯著正相關；高創造力者其家庭和父母表現出民主和寬容的態度，父母與小孩關係密切(初正平，民 62；鄭金謀，民 65；俞國量，民 85)。此外，湯誌龍(民 88)歸納國內外學者之研究歸納：嚴格、專制、控制及冷漠的管教方式與創造歷程負相關，對創造力之發展有不良影響；獨立自主、自由探索、寬容型、鼓勵、溝通、開明、民主與創造力成正相關，對創造力發展較為有利。除以上各點之外，家庭硬體設施，如庭園的設計、房間佈置、裝潢，顏色的選配等都會對孩子造成影響，比如說，有兩間不同設計的房間，A房間的牆壁顏色是符合孩子所期待的，B房間是空白的，那麼，A房間小孩的創造力發展就有可

能高於B房間的小孩，因為A房間小孩在房間裡總是愉快的，心情是輕鬆的，相較之下，其創造力就較有可能被激發。

## 二、學校因素

對於個人人格塑造、道德養成及知識創造與累積，學校富有相當重要的使命。學生藉由書籍課本、教師知識的傳達及學校內環境的影響，對於個人創造力的發展亦有所不同。有一些研究指出，創造力隨年級的增加而下降；年級越高做出創意的東西機會將越少(Brown,1988)，因此，對於創造力的啟發應越早越好。此外，就教師特性而言，多數研究者認為，教師的創意行為、教師的教學態度以及教室氣氛良好與否均影響學生創造力之發展(湯誌龍，民 88)。就學校組織而言，組織氣氛亦影響個人創造力之發展，諸如：學校主管支持度高、學校資金與硬體設備充足、行政人員配合度高時，推動創造思考教學較為容易，學生就能在一個極適合創造的環境裡，發展創造思考能力。

然而，隨著工業迅速發展、科技日新月異，以及知識經濟時代的來臨，學校教育亦應符合時勢所需，美國約翰霍普金斯大學李遠川教授(民 89)指出，「在知識經濟時代，教育不僅要教學生學以致用，更應該教學生學以應變」，工研院光電所所長林耕華(民 89)亦說道：「知識經濟中最重要的不只是追求量產，更重視創意...，若無科技創新，就不會有發展」；因此，學校應教育學生、培養學生具有應變環境變遷的能力，進而能提升學生在環境中的創造力。

## 三、社會因素

社會與家庭和學校相比較，自然是大了許多，具有更多可能影響個人創造力發展的因子，諸如文化變遷、社會價值觀、宗教信仰、課外活動、經濟、建設、生活水準...等。俞國良(民 85)指出，個人的創造活動、創造力之發展與發揮必然受到科技環境、

學術環境、群體環境、自然環境和工作環境的影響與制約。此外，就企業層面予以探討時，Oldham & Cummings (1996)之研究歸納：當員工處於具複雜性及挑戰性的兩種工作情境中，並且相關主管人員抱持支持性態度時，員工最能創造富有創意之產品。

整體而言，知識是社會進步的主要來源之一，而知識乃創造力的條件，知識越豐富，思考越能多元化，創意因此而產生。就現階段而言，知識來源日益多元化，電腦網路、電子通訊技術發達，使知識的傳播無遠弗屆，影響大眾的思考能力，因而影響創造力之發展。我們能很明顯的看出，已開發國家，如美國、德國等，該國人民無論是教育或經濟各方面的創新都優於未開發國家，具有完善的社會環境與資源可供利用，讓人不必為生計而擔憂，同時又可獲得不同類型的社會知識與資訊，可增進人的思考力與想像力，更能激發人類的創造力。

## 第五節 問題解決的意義與內涵

創造本身就是一種思考的歷程，指意念萌生之前至形成概念的整個過程而言。也就是說創造是指將創造潛能轉變為具體顯現形成的一連串歷程。Davis(1986)認為創造的歷程是：創造者用來解決問題的一系列步驟或階段。並且在確定一個目的之後，將問題的形式轉換為個體可以了解的內在形式，並對問題呈現的訊息進行條件及限制的了解，使個體可以達成目的狀態的過程，這個過程就是問題解決。

### 壹、問題的意義

欲瞭解問題解決的意義，首先須定義何謂「問題」(problem)。一般而言，問題的定義是指「完成一個目標時所遇到的障礙」，因此問題解決是指個體利用已學過的知識、技能去滿足新情境需要，以獲得解答的過程(Sternberg, 1996)。

許多學者認為創造力和問題解決之間有很密切的關係，Newell, Shaw & Simon(1962)提出創意活動就是問題解決的活動，Feldhusen & Treffinger(1986)則認為創造力中的流暢力、變通力、獨創力..等是問題解決過程中不可缺少的能力(Nickerson, 1999)。

研究者將各學者對於問題(problem)的看法整理如(表 2-5-1)：



表 2-5-1 問題的定義

學者及年代	問題的定義
Chi&Glaser (1985)	問題就是在某種情況下，必須尋找一些方法才能達成的目標。
Skinner (1957)	「問題」是指沒有辦法立即獲得解題的刺激。
D'Zurilla & Goldfried (1971)	「問題」是指一個人為了要在他所處的環境中有效發揮其功能時所必須面對的一個特定的情境，或是一組相關的情境；一個情境之所以被認為是有問題的，是因為當個體面對此一情境時，無法立即找出有效可行的反應以資應付所致。
Smith (1991)	問題就是一個需要分析和推理才能獲得目標(解答)的作業。一個問題的解決有賴於對該問題領域的知識有真正的了解為基礎，而不是僅靠知覺的辨識、回憶訊息、模仿或演算法(algorithm)就能成事。一個作業是否成為問題，其實並非由作業本身的困難度或複雜度來決定，而是視解題者之能力來決定之。
佐藤允一 (1991)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、已經發生的問題----發生型</li> <li>2、精益求精的問題----探索型</li> <li>3、今後何去何從的問題----設定型</li> </ol>

資料出處：研究者整理

根據以上各學者對於問題(problem)的定義，研究者歸納問題的前題除了遭遇到問題的同時，本身就要具備對該問題領域的知識有真正的了解為基礎，才能對於問題有所正確的了解，並且才可決定問題的可能解決方案(solution)。

## 貳、問題解決的定義

在確定一個目的之後，將問題的形式轉換為個體可以了解的內在形式，並對問題呈現的訊息進行條件及限制的了解，使個體可以達成目的狀態的過程，這個過程就是問題解決。研究者將各學者對於問題解決(problem solving)的看法整理如(表 2-5-2)所示：

表 2-5-2 問題解決的定義

學者與年代	問題解決的定義
Gagney (1977)	「問題解決」可以視為是一種過程，學習者歸納可以將以前學過的規則加以組合，應用到解決一個無先例的問題上。
Krulik & Rudnick (1980)	「問題解決」指個體利用已學過的知識、技能，去滿足新情境的需要，以獲致解答的過程。
王萬清 (民76)	「問題解決」是有目標的思考過程，其目標可能是完成一篇文章、一道謎語、拼圖、數學題、棋局或日常生活中的難題。
Hatch (1988)	「問題解決」是一種過程，是一種對問題尋求合理且適當解決方案的過程。
佐藤允一 (1991)	「問題解決」是藉由個別目標(target)的達成，使最後的終極目標(goal)達成。
翁玉華 (民87)	「問題解決」是個人運用先前知識、技能和理解去滿足新情境的需要，並重組他所擁有的資訊，發展出新方法，以獲得解答的過程。

資料出處：研究者整理

問題的存在表示產生一種特定的情境：在此情境之中，個人或群體產生某種企圖完成、達到或擁有的目標狀態，此目標狀態與當前狀態存在著差異；個人或群體須建構某動行動來消除此種差異，但此行動並非存在於當前狀態之下(林奕宏，民 98)。問題解決之後，便要針對問題的狀況來尋求解答，這就是問題解決(problem solving)。

### 參、問題解決歷程

問題解決是一種過程，亦是一種相當複雜的心理運作歷程。有許多學者將問題解決的過程具體化與明確化，成為一連串的步驟或流程圖，普遍稱之為「問題解決方式」或「問題解決步驟」。以下將各學者提出不同的問題解決步驟或方式整理，如(表 2-5-3)所示：

表 2-5-3 問題解決的步驟或方式

學者及年代	問題解決步驟或模式									
Dewey(1910)	<p>列舉問題解決的五大步驟，以說明個人解決問題的心理歷程：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遭遇問題：對事物的情感產生認知上的疑惑或困難。</li> <li>2. 界定問題：從困惑的情境中辨識出問題。</li> <li>3. 發展假設：依據問題的狀況，事先提出解決問題的可能方法。</li> <li>4. 驗證假設：將所提出的解題方案逐一檢驗，探究其是否可行。</li> <li>5. 應用：將構思的解題方案，應用在實際的情境上，以求解決問題。</li> </ol>									
Rossman (1931)	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">1. 遭遇困難</td> <td style="width: 33%;">2. 找出問題</td> <td style="width: 33%;">3. 蒐集資料</td> </tr> <tr> <td>4. 提出假設</td> <td>5. 驗證假設</td> <td>6. 形成新觀念</td> </tr> <tr> <td colspan="3">7. 驗證新觀念</td> </tr> </table>	1. 遭遇困難	2. 找出問題	3. 蒐集資料	4. 提出假設	5. 驗證假設	6. 形成新觀念	7. 驗證新觀念		
1. 遭遇困難	2. 找出問題	3. 蒐集資料								
4. 提出假設	5. 驗證假設	6. 形成新觀念								
7. 驗證新觀念										
Polya(1945)	<p>解決問題的過程可分成四階段：</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. 瞭解問題</td> <td style="width: 50%;">2. 擬訂計畫</td> </tr> <tr> <td>3. 實行計畫</td> <td>4. 回顧解答</td> </tr> </table>	1. 瞭解問題	2. 擬訂計畫	3. 實行計畫	4. 回顧解答					
1. 瞭解問題	2. 擬訂計畫									
3. 實行計畫	4. 回顧解答									
Parnes(1967)	<p>創造性問題解決模式(creative problem-solving, CPS)主要強調以創造性思考的方式進行問題解決的過程，其中分為：發現困境(mess-finding)、發現事實(fact-finding)、發現問題(problem-finding)、發現觀念(idea-finding)、發現解答(solution-finding)、尋求接受(acceptance-finding)等六個步驟。</p>									
Glass & Holyoak (1986)	<p>解決問題過程的四步驟：形成問題表徵、建立解題計畫、重新形成問題表徵與執行計畫並檢查結果等項。</p>									
Hayes(1989)	<p>解決問題的順序依次為歸納問題、問題表徵、計畫解題方法、實行解題計畫和評鑑答案。</p>									
King(1991)	<p>發展出探究式(inquiry-based)的步驟來解決問題。這些問題解決有三個步驟：1. 規劃；2. 執行；3. 執行，而三個步驟中，個人的認知或後設認知的能力會影響探索的成效。</p>									
Mayer(1992)	<p>解決問題過程分為問題表徵與解決問題兩個主要階段。問題表徵包括問題的轉譯(problem translation)與問題的統整(problem integration)；解決問題包括解題計劃和監控與執行解題二者。</p>									

表 2-5-3 問題解決的步驟或方式(續)

學者及年代	問題解決步驟或模式
張春興(民85)	認為問題解決是指個人在面對問題之時，綜合運用知識技能以期達到解決目的思維活動歷程。將問題解決的心理歷程歸納為下列五點：1.發覺問題存在；2.了解問題性質；3.蒐集相關訊息；4.問題解決行動；5.事後檢討評價。
洪榮昭(1998)	認為就問題解決的基本方式而言，問題解決的主要歷程包括有：歸納問題、問題原因分析、根據問題做可能的對策、驗證對策、綜合概念整理或新問題衍生等則（如圖3-1所示）。
木村惠次、江崎通修(1998)	將問題解決的步驟分為問題假設、檢證、評價、具體化的意義決定、執行和實後評估等六個步驟。
Ellen(1999)	<p>工程問題解決循環：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.仔細看問題。</li> <li>2.重新定義問題，去除成見。</li> <li>3.認清壓力，列出解決方法清單。</li> <li>4.腦力激盪產生替代方案(使用矩陣法)。</li> <li>5.選擇最有可能的替代方案，嘗試去做。</li> <li>6.回顧原來的問題陳述，看是否已經解決問題。</li> </ol>
Jackie(1999)	<p>問題解決反應單：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.瞭解：對於這個問題，我曾如何做？曾在何時看過類似的問題？</li> <li>2.計畫：可行的方法為何？</li> <li>3.執行：我該做什麼？會發生什麼？</li> <li>4.評量：最佳的方法是什麼？當我再一次遇到類似的問題時，我會如何？</li> </ol>

資料出處：研究者整理

問題解決的歷程牽涉到相當複雜的心理運作歷程，因此如(表 2-5-3)許多學者針對問題解決歷程提出不同的問題解決歷程。本研究依據洪榮昭(民 87)對於問題解決的主要歷程七個步驟說明，來釐清作品創新歷程記錄之問題解決歷程，如(圖 2-5-1)所示：

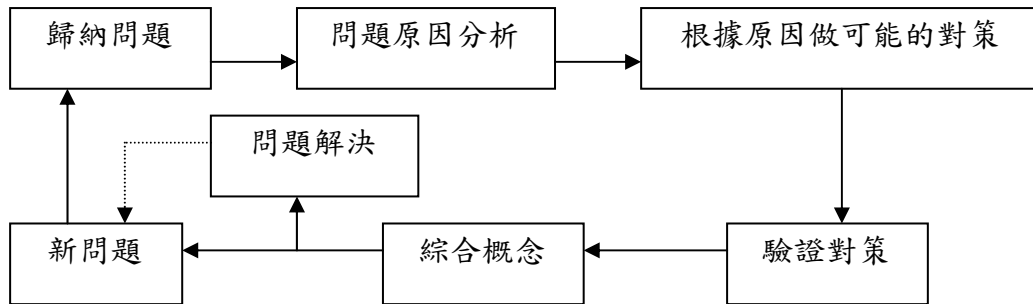


圖 2-5-1 問題解決歷程的基本架構

資料來源：洪榮昭(民 87)

科學探索是一種一步步的將提問與互換而產生解題方式、答案。而且可衍生更多問題(Rescher, 1982)，也因而建構學生的 conditional 知識、procedural 知識、及領域理論知識(main encharactive knowledge)(Alex&er & Judy, 1998)探究式的互動，教師或同儕必須提出能激發能力不足者思考(thought-provoking)及如何在適當時機及以適當方式來說明(King, 1994)。Graesses & Person(1994)將刺激學生深度思考與說明的方式分成各種型態：

1. 解釋性問題：要求學生說明符號、特徵及事件的意義、功能及結構；
2. 前因性問題(causal antecedent question)：要求學生回答目前狀況是何種原因造成；
3. 結果性問題(causal consequence question)：要求學生預測目前的處理，會造成何種結果；
4. 期待性問題(expectation question)：為何特別事件真的發生或未發生；
5. 增能性問題(enablement question)：要求學生對著活動歷程或事件的主體、客體，交互作用以 mapping 來說明(Hmelo & Day, 1999)。

利用作品創新歷程記錄表的目的是在學童進行科技創作的製作過程中把遭遇到的問題記錄下來，此有助於學童把問題釐清。思考對於問題的分析之後，提出解決問題的對策及解決技術衝突問題，在整體功能設計及競賽策略考量下，如何解決技術衝突所造成的不良影響，最後希望達成理想結果。而最後理想結果具有四個特性。1. 消除原系統缺點；2. 保留原系統優點；3. 不會使系統複雜化；4. 不導入新的缺點。

## 第六節 科技創新歷程相關研究之探討

### 壹、相關研究探討

張玉成(民 77)提出創造思考是人類特具之心智能力，超越認知、記憶層次，是知、情、意共同作用的結果。在運作過程中，常須突破成規，超越習慣，以求新求變，冒險探究精神，去精思觀念或解決問題，其行為表現出敏覺(敏)、流暢(多)、變通(變)、獨特(奇)、精進(美)等特質。它能在個人、家庭、學校、社會文化等環境支持或刺激條件下，針對某項特定目標，於連續的創造歷程中，以不同型式作品呈現出具有流暢、變通、獨特、開放、精進、冒險、好奇、想像、挑戰等創造特質(林幸台及王木榮，民 83)。

Wakefield(1992)則說明創造思考係面對任何情況，以自己的方式去找出問題，並且解決問題的反應；Boden(1992)在定義「創造」一詞為各種不同領域(例如：音樂、雕刻、舞蹈、化學…等)、不同層次(可以是：普及的、深奧的、有選擇性的)的思考型態之結構概念，這些概念的組合、探索以及轉換。

郭有通(民 83)認為創造是個體將一種或多種心智運用到內在與外在材料上，以產生某種獨特而具人生或文化價值的產品。從心智運用到產品的產生需要經過準備、證驗、創作、公佈(發表)等過程。所以，創造並不是一種單一的活動，而是一連串的過程。

柯怡君及張靜馨(民 84)以國中數學資優班及普通班為研究對象，探討「以解決問題為中心」教學策略在資優班及普通班實施時，教師可能遭遇的問題、解決問題的策略及學生需求為何，發現教師教學的難題在缺乏教學資源、學校重視考試成績，教師不易選擇適當的問題任務；在學生方面，兩個班級對問題的難易度及呈現方式有不同的需要，普通班喜好 S 型分組、組間競爭、表達能力較弱、不好分享；資優班則傾向尋找能合作的對象分組、喜好難題、不好競爭、較能表達並與他人分享。故教師在不同性質班級實施「以解決問題為中心」

教學時，須隨時調整教學實施方式，以滿足學生不同的需要。

林展立(民 89)在「傑出科技創作學童創造特質之研究」的研究中是以十五位傑出科技創作學童及其家長為研究對象，經由學童團隊、個人及其家長、指導老師的深度訪談，並以三角校正進行個案研究分析，藉以探討傑出科技創作學童之個人特質、創造環境及創造歷程的傾向及情況。研究結論提出：

一、創造者個人特質：

傑出科技創作學童的創造性人格特質包括：好奇的、有自信的、好勝的、負責的、隨機應變、愛創新的、善用時間等七項。

二、多元智能傾向：

傑出科技創作學童在多元智能部分以肢體-動覺智能及人際智能為高傾向、音樂智能及語文智能為低傾向。

三、創造環境：

家長管教方式多屬民主式、家庭成員興趣的都偏重於靜態方面。

四、學校學習經驗：

學童在學校最拿手的科目以體育 > 自然 > 藝能科 > 國文 > 數學 > 美術 > 音樂。

五、問題解決模式：

(一)材料本質問題：強硬度 > 耐磨性 > 耐熱性 > 著色性；(二)零件加工問題：材料接合性 > 製作精密性 > 材料切割性 > 表面加工性；(三)機能特性問題：摩擦力 > 抓地力 > 重心設計 > 攻擊性 > 防衛力。

游詩蒂(民 91)在「兒童創造性問題解決歷程及影響因素之研究—以科學創意競賽活動為例」的研究中，獲得以下成果：

一、科學創意競賽活動中，影響兒童創造性問題解決的因素：

(一)競賽提供的訊息可能影響兒童對競賽任務的思考

方向。

(二)兒童創作點子來自於：競賽提供的訊息、書籍、網路搜尋、他人意見、組員的經驗、電視媒體、生活中的事物與觀摩等。

(三)影響兒童評估選擇點子與作品構想轉變的原因為：以完成作品參賽為前提、競賽任務的訴求、材料、時間、父母、兒童對創意的認知、製作問題、競賽的觀摩與學習等。

## 二、參賽學童創作過程中可能遭遇的問題與解決策略：

(一)缺乏共同時間討論：解決方式包括利用課餘時間討論、分工各自回家製作、以電話相互聯絡討論等。

(二)材料的獲得：解決方式可能為找尋替代品或放棄。

(三)組員間的衝突：解決方式可能為投票、各自為政、溝通與讓步。

(四)製作問題：解決方式為改變構想、試做、尋求幫助、忽略問題和找尋替代方案等。

(五)面對失敗與心理調適：組員間的相互激勵與家長、師長的支持可幫助學童重拾信心與創作興致。

鄭廉鐙(民 91)在「傑出科技創作學童創新歷程之研究」的研究中，從 2001 全國少年科技創作競賽中挑選 3 隊傑出表現的科技創作團隊為研究對象，透過作品創新歷程記錄、及訪談學童、指導老師及家長三方面的資料進行整理歸納分析傑出科技創作學童創新歷程的困境與突破提出：

### 一、情意成長：

傑出科技創作學童的情意成長包含發問力、自信力、貫徹力、合作力、挑戰性、精進力、尊重心及開放性等八項。



## 二、製作要點：

包括組裝步驟的效率化、創作品的運動流暢及平穩性、機能運動流暢、扭力/速度的搭配恰當、摩擦力的強化、重心之平穩性及攻防性之操作方便。

## 三、「零件加工與應用」：

選擇材料的適當性、選擇運用工具的純熟性、工法的熟練。

綜合上列學者所述，說明個體在一個情境之中，為了達成特定的目的，進行個體所擁有及的知識、經驗與資源之統整，透過有形或無形的方式一再的解決問題，此種問題解決的歷程即是創造力的展現。

## 貳、綜合討論

經由以上之文獻探討，分析各專家學者的意見，得到以下結論：

### 一、創造力

雖然對於創造力的定義尚未統一，但學者們大致上都同意創造力包含四個 P，即為創造者人格特質(personality)、創造過程(process)、創造環境(press)及創造產品(product)。

### 二、問題解決

科技創作的目的在促進創新，在創作之初必須先尋找資源，在經過問題的產生、分析原因後確定問題點，以進行對策假設及可行性分析，而在實施最佳方案後，檢討問題是否已經解決、並且沒有其他的併發症，最終的結果再進行內化。然而，每個過程中，都必須不斷的蒐集資源及點子擷取，當知識及技術的水準達到某種程度時，即可在該領域進行創新的活動。

### 三、科技創造力

科技創造力的培育日益受到重視，由於相關學者的努力，一般性的創造力發展方式之研究目前已有些許成果，仍然還有許多相關的研究不斷地在進行中，但對於於特定的領域，並不宜於直

接使用一般性的結論。

根據洪榮昭(民 89)所提出科技創作需包含的要項「樣式、機能結構、材料」，本研究依據上述理論，首先，從學童作品創新歷程記錄與文獻探討來淬取一些資訊概念，從中摘要出研究樣本之科技創新歷程「樣式、機能結構、材料」的特色，選定於 2004 年舉辦之「Power Tech」參與作品創新歷程記錄競賽獲得第一等第之學童為研究對象，再透過分辨、詮釋的過程，最後是評估採用除與指導教授討論之外，並參考文獻，進行修正與評估，使研究工具達到週延，且契合研究目的。