

東海大學高階經營管理碩士在職專班(研究所)
碩士學位論文

3D列印技術對機械鈹金業發展影響之探討

Discussion on the Influence of 3D Printing Technology on the
Development of Mechanical Sheet Metal Industry



指導教授：曾俊堯 博士

研究生：王文義 撰

中華民國 108 年 1 月

謝 誌

會選擇東海EMBA作為就讀學校，也是因緣際會，因我們台中東南扶輪社，每個星期日早上都會到東海校園慢跑，也因此發現東海校園之美，聞名遐邇的路思義教堂，林蔭蒼翠的文理大道，視野開闊的東海牧場，美景處處於是決定到東海來就讀。

兩年前有幸得以進入東海大學高階經營管理碩士在職專班EMBA就讀，首先要感謝錄取我的八位口試委員教授，經過兩年多的努力後，終於如願完成碩士學位。能夠順利完成碩士學位，更要感謝指導教授曾俊堯博士的細心指導與建議，增強我的邏輯思考能力，使論文結構更趨完整，充份的給予個人研究發揮的空間，讓文義能夠順利的完成論文研究；再者，更要感謝賴其勛教授、金必煌教授與陳俊碩教授三位審議委員對學生的論文提出具體的建議與指正，使得本論文疏漏謬誤之處得以匡正，再次深表致謝之意。

兩年的修業期間，感恩老師們的教導啟發，同學間的友善互助情誼，增添許多溫馨美好的回憶，同時也感謝與我一起並肩寫論文的同學，文義 Leo、燕華、為展，雖然完成論文時間各自不同，日後相聚的時光也許有限，但一起努力過程的點點滴滴將是我們最美好的回憶，永留心中。

最後由衷地感謝老婆玉蘭與公司同仁的支持，讓我無後顧之憂，得以順利完成學業與論文。感謝、感恩。

王文義謹誌於

東海大學管理學院高階經營管理碩士在職專班(EMBA)

中華民國一百零八年一月

論文名稱：3D列印技術對機械鈹金業發展影響之探討

校所名稱：東海大學高階經營管理碩士在職專班（研究所）

畢業時間：2019年1月

研究生：王文義

指導教授：曾俊堯博士

論文摘要：

本文探討3D(three dimensional)列印技術已廣泛應用於人類生活中，且技術層面發展神速、日新月異，已廣泛應用於各種行業之中。3D列印技術將加速科技創新、原料進化、改變未來的工業，雖然目前它尚無法顛覆傳統製造業，但業界相信，傳統製造業將被慢慢改變與蠶食取代。目前台灣機械鈹金業競爭十分之激烈，機械鈹金業者如何在急速變化的競爭市場中保有競爭優勢，有賴運用現有資源、導入創新技術，提升高附加價值產品，開發關鍵成功技術。過去有關機械鈹金業的研究，只發現在經營績效與經營管理面之探討，鮮有探討創新技術導入之研究，本研究從產業發展趨勢觀點，探討3D列印技術對機械鈹金業發展的影響。

本研究的主要目的：一、探討3D列印技術對現行機械鈹金業技術是否具有替代性與互補性。二、利用科技接受模式探討機械鈹金業接受3D列印技術的可行性。本研究採個案研究法，針對S公司深入探討，研究結果發現3D列印技術短期無法替代現有技術但有互補的功能，長期會有取代的趨勢。另一方面根據科技接受模式分析結果，不論是知覺3D列印技術有用性、易用性，使用態度與使用意圖均持正面接受3D列印技術。因此，本研究認為3D列印技術對機械鈹金業發展有很大影響。

關鍵詞：3D列印技術、技術替代性、技術互補性、科技接受模式、機械鈹金業

Title of Thesis : Discussion on the Influence of 3D Printing Technology on the
Development of Mechanical Sheet Metal Industry

Name of Institute : Executive Master of Business Administration Program, Tunghai
University

Graduation Time : (01 / 2019)

Student Name : Wang ,Wen-Yi

Advisor Name : Dr. Tseng ,Chun-Yao

Abstract :

The 3D (three dimensional) printing technology is developing rapidly ,and it has been widely used in human life and various industries. 3D printing technology will accelerate technological innovation, raw material evolution, and change the development of the industry. Although it is still unable to replace the traditional manufacturing technology, it will development of traditional manufacturing induster. Taiwan's machinery and sheet metal industry must use existing resources, the introduction of innovative technologies, the promotion of high value-added products, in order to maintain a competitive advantage in the world. The research about mechanical sheet metal industry is only found in the discussion of business performance and management, there is little research on introducing innovative technology. This study explores whether 3D printing technology influecne the future development of the sheet metal industry

The two purposes of this study: First, to explore whether the current mechanical sheet metal technology will be substituted or complemented by 3D printing technology. Second, to demonstrate whether mechanical sheet metal industry will use the 3D technology based upon the technology acceptance mode(TAM) .This research adopts the case study method and in-depth discussion of S company. The research results show that 3D printing technology can not replace the existing technology in the short-term but has complementary functions, and there will be a tendency of technology sustitution in the long -term. On the other hand, according to the results of the technology acceptance model analysis, both the usefulness and ease of use of the perceived 3D printing technology, the attitude and the intention to use 3D technology are positively accepted by the S company. Therefore, this study believes that 3D printing technology has a great impact on the development of mechanical sheet metal industry.

Keywords: 3D printing technology, technology substitution, technology complement, technology acceptance model, mechanical sheet metal industry.

目次

頁次

第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究範圍	3
第四節 研究流程	4
第二章 文獻探討	6
第一節 3D 列印技術	6
第二節 機械鈹金業	16
第三節 技術替代性與互補性	24
第四節 科技接受模式	28
第三章 研究方法	33
第一節 研究架構	33
第二節 個案研究法	33
第三節 研究對象	36
第四節 個案研究的訪談大綱	39
第四章 個案分析與結果	42
第一節 目前機械鈹金業發展之風險	42
第二節 3D 列印技術對現有機械鈹金技術的替代性或互補性	43
第三節 機械鈹金業接受 3D 列印技術的可行性	46
第五章 結論與建議	54
第一節 結論	54
第二節 建議	56
參考文獻	61

表 次

	頁次
表 2-1 3D 列印主要公司營收	14
表 2-2 3D 列印優缺點與風險對策表	16
表 2-3 金屬製造業營運概況	21
表 2-4 臺灣機械產業值統計	22
表 2-5 機械鈑金優缺點與風險對策表	24
表 3-1 個案訪談名單	39
表 4-1 受訪者的意見彙整	51
表 5-1 傳統機械鈑金業技術與 3D 列印技術差異彙總	56
表 5-2 機械板金業的風險與對策表	59

圖 次

	頁次
圖 1-1 研究流程圖	4
圖 2-1 SGC 技術圖示	6
圖 2-2 3D 列印製作流程圖	8
圖 2-3 SLA 列印系統示意圖	9
圖 2-4 3D 列印 SLA 技術成型的燈	9
圖 2-5 SLS 列印系統示意圖	11
圖 2-6 FDM 列印系統示意圖	12
圖 2-7 3D 列印市場發展趨勢	13
圖 2-8 3D 列印產業雙雄在全球市占率	14
圖 2-9 機械鈹金應用範圍_機械產業	17
圖 2-10 機械鈹金應用範圍_電子產業	17
圖 2-11 機械鈹金應用範圍_家俱產業	18
圖 2-12 機械鈹金應用範圍_建築產業	18
圖 2-13 機械鈹金應用範圍_醫療產業	19
圖 2-14 1982~2016 年我國機械設備製造業生產值走勢	20
圖 2-15 技術生命週期曲線	26
圖 2-16 科技接受模式	30
圖 3-1 研究架構圖	33
圖 3-2 FO-3015NT 4,000W 之雷射設備	37
圖 3-3 NCT 沖孔機台 AC255NT	37
圖 3-4 HDS1303 折床	38
圖 3-5 S 公司組織架構圖	39
圖 4-1 本研究採用的科技接受模式	46

第一章 緒論

本章共分為三節，第一節 說明研究背景與動機；第二節 說明研究目的；第三節 說明本研究的流程。

第一節 研究背景與動機

台灣從美國援助時期夾著勞力密集且又是物美價廉的手工加工，席捲歐美市場。所以在經濟的活絡之後，政策鼓勵吸引民間投資，政府積極設立的加工區及各地的工業區，產業引進尖端生產設備，也隨著工業發展從農產品、生活必需品，轉向以工業生產為主的精密機器、周邊硬體配件的精密鈹金，多元的需求融合在骨架機座、封板外罩、零件配件、少量多樣挑戰鈹金產業新工法。傳統製造業生產過程需要大量資金開模，不僅有最低生產數量的限制，還須透過規模經濟的概念以量制價，並形成可觀的存貨成本。但3D(three dimensional)列印技術之誕生，可讓中小企業先有訂單再進行生產，免除存貨壓力，傳統工業生產為主的機器車床、銑床、火焰切割、刨床、磨床、電離子切割、水刀切割、鋸床、線切割、放電加工、雷射加工、衝壓成型、鑄造等，皆為減去製造法既浪費材料又增加加工成本。而3D列印技法其「堆疊製造」的加法製造特性也不會像傳統製造的「切割塑形」的減去製造法產生大量廢料。以現今講求環保製造法，3D列印更節省能源，最重要的是，在這個消費者至上的時代，未來客制化的商品將成為市場主流，而3D列印能以較低的成本，快速、有彈性地進行少量而多樣的產品製造。基於以上種種優勢，3D列印已成為當今企業營運模式及發展創新商品，不容忽視之關鍵技術。

機械板金業也屬於機械加工的一種，其作業方式是將各類金屬經雷射切割、NCT沖孔、折床折曲、焊接組立方式獲得設定之尺寸、形狀和機能的零件。於現今的二十一世紀所面對的是少量多樣的訂單，對顧客而言，有多種品項供選擇時，更希望採購到價格低、交期短、好品質的產品，只希望在需要時，購買需要的數量與品項，對製造廠商而言，減少製造品項，實施計劃性生產，或交期能做

某種程度的延長，更希望儘可能生產規格化的產品及大批量的生產方式，希望提高在庫量來應對，顧客的期望與生產工廠的立場恰恰相反，可說是存在著對立關係，由於產品生命週期變短，技術又不斷創新，所有的產業競爭規則都將被改寫。

3D列印是目前最熱門的議題，其是以3D模型數位檔案做基礎，以高分子或是其它能粘合材料製造，儼然已使全球掀起第三波工業革命之關鍵技術，甚至將顛覆傳統製造業。透過逐層列印的方式，直接構造三維結構，此製造方法具快速、便利和直觀等優點。相較於傳統製造業，3D列印技術能快速滿足用戶的個人需求，客製化訂製將成3D列印極其重要發展方向，而機械鈹金業面對少量多樣且多為客製化的訂單，是否更適合導入3D列印技術呢？

3D 列印經由電腦軟體繪製出 3D 藍圖，再經過層層堆疊成產品，是一種利用黏合材料進行逐層堆疊建構的加法製造技術，在短時間內製作出三維的立體模型，可以幫助工程師和發明家在短時間內製造出產品型，推出至今一直頗負盛名。早期因 3D 列印關鍵專利技術都掌握在美國 3D System 公司與德國 Electro Optic Systems (EOS) 兩大企業手中，當時 3D 列印機之體積龐大、價格高昂、成品也不夠精緻，問世初期並沒有迅速被廣泛的應用，3D 列印技術被廣泛應用，但乃受制於列印速度、製作精度等因素，及對大型產品製造成本較難降低，現階段尚無法完全替代傳統的減法製造法，實現工業化大規模生產。另一方面在未來相當漫長的期間中，此兩種生產方式是並存且互補的，而不是取而代之。此兩種技術的應用模式並不相同，互補才能創造價值。因此產生第一個研究動機就是 3D 列印技術對機械鈹金業的傳統製造技術是否具有替代或互補性之研究。

過去探討新技術的引進，很多研究利用科技接受模式來探討（蔡維庭，2018；許傳勇，2017；周君倚與璐洛，2014）TAM (Technology Acceptance Model Davis et al., 1989) 模式中首先探討影響新技術接受的主要外部因素那些，這些外部因素將會影響到使用者之個人信念(Belief) 包含「認知易用性」與「認知有用性」，接著影

響對於此新技術的「使用態度」與「使用意圖」，最後影響採取實際行動——「實際使用」3D 列印技術的可能性。因此引發本研究的另一研究動機，希望能藉由本研究可以探討機械鈹金業是否會接受 3D 列印技術以尋求找出未來技術發展的可行性為何？

第二節 研究目的

本研究歸納探討目前機械板金產業接受 3D 列印技術導入及運作模式上的困境，及探討鈹金業者對 3D 列印技術之了解程度、鈹金業目前對 3D 技術發展限制與其發展願景。故針對機械鈹金業者個案訪談(Case study)對於 3D 列印技術之認知與導入可行性。

本研究目的主要如下：

- 一、探討 3D 列印技術對現行機械鈹金業技術是否具有替代性或互補性。
- 二、利用科技接受模式探討機械鈹金業接受 3D 列印技術的可行性。

第三節 研究範圍

上述研究背景與動機、研究目的，因而本研究範圍之限定如下：

- 一、本研究對象以國內機械鈹金產業的 S 公司為個案，並無比較其他機械板金同業。
- 二、探討 3D 列印技術影響機械板金業的發展所涵蓋範圍相當廣，故本研究僅探討 3D 列印技術與機械鈹金業傳統技術之間的關係，以及機械板金業是否接受 3D 列印技術。

第四節 研究流程

本研究之研究流程共可分為五個步驟，如圖 1-1 所示。

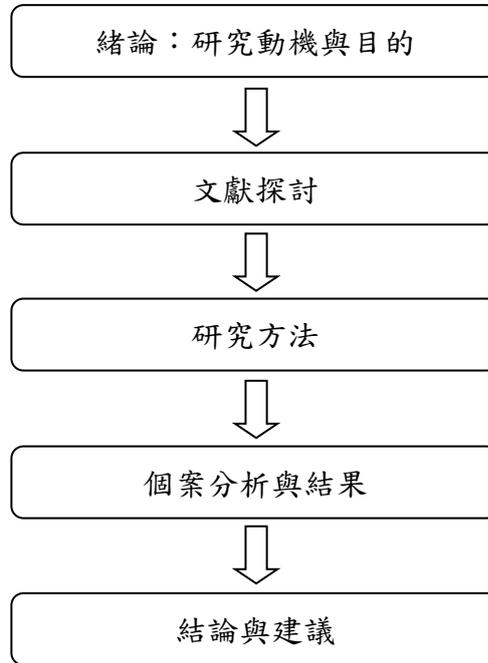


圖 1-1 研究流程圖

資料來源：本研究整理

一、緒論：研究動機與目的

闡明本研究背景與動機及研究目的。

二、文獻探討

分為 3D 列印技術、機械鈹金業、技術替代性及互補性、科技接收模式等四部份相關文獻之探討。

三、研究方法

本研究主要方法採取個案研究法，首先確定整個研究架構，接著針對研究對 S 公司作說明，最後介紹個案研究方法的應用以及訪談大綱。

四、個案分析與結果

以 S 公司的機械鈹金所面臨困境探討 3D 列印技術是否具有替代性以及互補性與機械鈹金業接受 3D 列印技術的可行性來分析比較。

五、結論與建議

本研究針對個案研究分析結果提出研究結論，並進一步提出實務上之建議與後續研究的建議。

第二章 文獻探討

本探討內容分為 3D 列印技術、機械鈹金業、技術替代性與互補性、科技接收模式等四部份相關文獻之探討。

第一節 3D 列印技術

3D 列印技術源起，噴膠成形技術於 1980 年代末，原由以色列 Cubital Ltd. 公司所開發，當時稱做 Solid Ground Curing（以下簡稱 SGC）技術，是 PolyJet 技的源頭。Cubital Ltd. 公司於 1990 年申請專利，並在 1994 年初取得 US5,287,435「專利」。而其專利權期限已經在 2011 年到期。該 SGC 技術詳載於 US 5,287,435 專利說明書，如圖 2-1 所示（林世強，2014）。

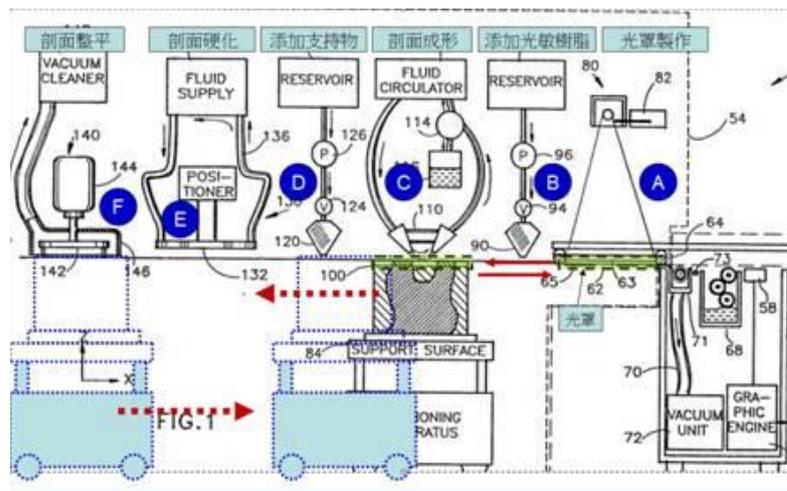


圖 2-1 SGC 技術圖示

資料來源：USPTO，1990

3D 列印技術之製程，首先應用電腦輔助設計軟體來進行產品之設計及 3D 建模，藉以引導 3D 列印機列印製造成型。細部分成以下幾個步驟：設計圖檔完成後再經過類似電腦斷層掃描再將切片成像的概念，每片切片包含產品的內外輪廓及造型，最後將這些切片輪廓轉換成 G-code 檔，3D 列印門檻其實不高，網路上有非常多觀看、建模軟體，甚至是販售平台，例如 Tinkercad（建模軟體）、Sketchfab（觀看軟體）、Cubify（建模軟體、販售平台）等等。其中最值得推薦 Thingiverse，一個匯集各地數位設計藍圖的分享平台，複

製或是改造出屬於自己的實體成品，創作者可以在平台上提供 3D 列印機讀取之 3D 數位檔案、及說明製作流程之 PDF 檔案，讓有興趣的人能夠一次滿足所有的相關資料。

3D 列印是將數位化的 3D 設計模型，以積層製造 (Additional manufacturing) 方式直接製造成形，也就是所謂的「加法製造」而因其逐層加工的工法和噴墨列印的技術原理相似，所以稱之為「列印機」。但 3D 列印則可不必受限於刀具的行程與機械驅動路徑，更能真實彈性地實現各式複雜設計的要求，相較於減法製造方法，利用刀具以直線進出的方式切削加工(Machining)，往往會在結構複雜處有設計上的死角而無法完成。(林志郎，2013)

CNC (Computer Numerical Control) 又稱電腦數值控制工具機，經由電腦編譯計算，將資訊傳達至驅動器以驅動數位馬達的過程，再將程式指令輸入數位控制系統之記憶體後且透過位移控制系統，用來切削加工設計的零件，是很明顯的「減法」製造法。而 3D 列印則是把工件的 3D 電腦模型轉換為 2D 的分層切片，將材料堆疊到成型的位置，再按照此分層之切片，重複著堆疊的動作直到工件成型，因此被稱為「加法」製造法。

由圖 2-2 之中不難發現，3D 列印技術比較傳統產業的製程簡略不少；大部分的傳統產業模具都必需經過磨床、鍛造、車床等...繁複製程。3D 列印使用「堆疊累積」之製程，就可輕易的製作出複雜外形，減少了對高技術塑型技師之需求，因而人力成本及時間上也較傳統來的精簡。另外；列印之材料可以選擇用塑膠粉末或合金粉末、液體、陶瓷、石膏粉、澱粉等，因而無論是骨頭、肉品、皮膚、牙齒、器官、汽車、腳踏車、房屋、槍械、家具等，3D 列印另一個優勢在於橫跨多種領域應用層面、列印的成品既刻可以使用，而不僅是快速之原型(Rapid Prototyping, RP)。從理論上只要跟據相關數據以及材料就可透過 3D 列印技術列印出來(林建翰，2014)。



圖 2-2 3D 列印製作流程圖

資料來源：PIDA，2013

自從 Charles W. Hull 於 1983 年發明 3D 列印以來，已經過了 35 年，所延伸出之技術琳瑯滿目。3D 列印機的售價不斷下降，且發展出了各種形式的快速打樣 (rapid prototyping) 技術，然而從自動化研磨技術到雷射切割，都很難以跳脫機器單價高的宿命，市場胃納很小，其大多僅存於高單價設計家具界或工業界。但隨著光電科技的進步以及數位模型的日新月異，以下舉例幾個較為主流之技術，探討其市場發展性以及優缺點。

一、3D 列印技術的種類

目前常見的 3D 列印成型技術有以下幾種：

(一) 光固化成型 (Stereo-lithography, SLA or SL)

SLA (見圖2-3) 大多採用紫外光雷射 (ultraviolet laser) 利用光投射裝置 (反射鏡以及角度調整器) 作為光源，在 高分子液體上利用雷射聚焦反應的光，讓單一層圖像的平面固化及成型，這種必須使用液態光活化樹脂的製造方法，一層一層地進行光固化過程須藉由雷射或紫外線光束來完成。接著將固化的圖像利用升降平台下降，且重複上述步驟直到物品製作成型。由於成型的精確度很高(可達到 0.05 ~ 0.15 毫米的精密度)，表面光滑度的成品及細緻度相當接近塑膠射出成型加工的製品(如圖2-4所示)。

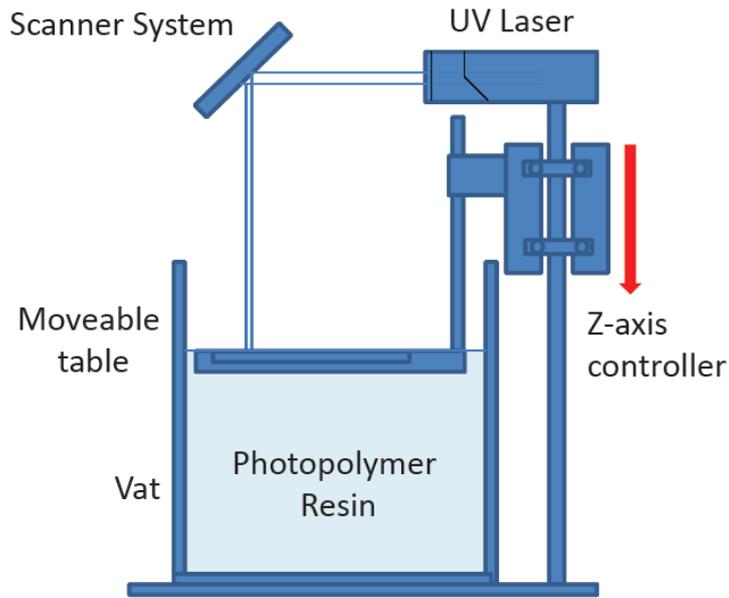


圖 2-3 SLA 列印系統示意圖

資料來源：PIDA，2013

此種製程的優點在於可製作較大型工件且製造速度快，缺點在於光活化樹脂過於昂貴之成本。由於雷射點聚焦面積小，SLA 成像精準，在 3D 列印占了相當重要的一席之地，目前約占 2/3 的全球市場。然而也因為雷射點聚焦小，所累進面積較小、成型速度比較慢（林鼎勝，2014）。



圖 2-4 3D 列印 SLA 技術成型的燈

資料來源：中國科技網—OF week·工控網·人民日報，2013

(二) 選擇性雷射燒結成型 (Selective Laser Sintering, SLS)

SLS (見圖2-5) 使用粉末來取代高分子液體，大致上與SLA相當類似。同樣以雷射掃描平面圖案的製程，待雷射將粉末單一層燒結熔合後，將固化的圖像利用升降平台下降，接著利用塗覆機(recoater)將粉末重新塗佈一次，且重複步驟直到物品製造成行。在欲成型的位置上利用高能量的雷射照射，使材料熔融聚合。由於SLS是熔合粉末成型，會產生不平整的外觀在燒結時，此種方法是將成型用的材料（通常是粉末或顆粒）鋪於平台上，而無法像SLA那樣的產生精細外觀，成品大多仍須經過手工拋光。在不同高度重複這個步驟之後，成品就可製作出。此種製程必須在一個充滿惰性氣體且精密控制氣壓的工作空間中完成，常見的材料有鈷鉻合金、鈦金屬、不銹鋼、鋁等。美國航空暨太空總署 (NASA) 製造引擎零件就曾利用這個方法，雖然是強度稍差的成品，但因為避免了焊接點上結構容易發生破壞的缺點省去焊接的手續，。SLS此方法是由德州大學奧斯汀分校卡爾·德克 (Carl Deckard) 與喬·比曼 (Joe Beaman) 兩位博士取得專利研發出來的，但今年 (2014年) 這項專利已超過保護期。自1980年代快速原型以及3D列印技術萌芽，這些年來不斷地突破創新其製程。目前3D列印仍處於少量客製化的商業模式，未來則可以朝高技术產品發展且量少價高的產品。以處理傳統技術不容易加工的產品且具有特殊形狀為主，雷射燒結方法是利用電腦控制雷射照射的位置，重複再鋪上另一層粉末繼續下一步的製程，經雷射照射後粉末會層層燒結黏著聚積成塊，直到產品成型。另外，此步驟相當費時，是其缺點，需維持粉末溫度在容易直接燒結的溫度，所以必須將粉末加熱到靠近熔點 (林鼎勝，2014)。

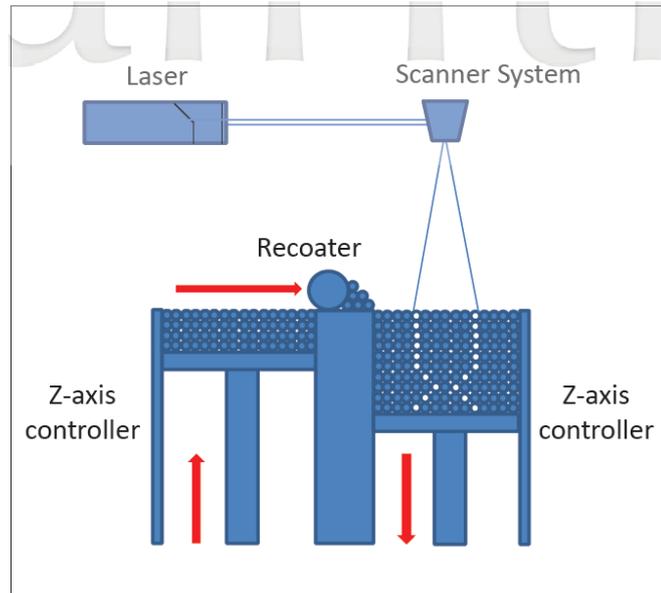


圖 2-5 SLS 3D 列印系統示意圖

資料來源：PIDA，2013

(三) 融熔擠製沉積成型 (Fused Deposition Modeling, FDM)

不同於前述兩種利用光固化與燒結的方式，FDM（見圖2-6）使用的是線狀的ABS、polycarbonate、PC-ABS、PPSF以及PLA……等材料，當經過材料條送料口(deliveryhead)時受熱熔融，接著應用電腦數值控制(computer numerical control, CNC)移動送料口，使材料熔融後形成一層很薄的平面圖案，且在製作完一層後下降z軸，接著重複上述步驟直到製程完成。目前市面上此一製程是最廣為流行的方法，3D列印一般平價機種大多採用此製程。一層一層地擠出熔融後的原料堆疊上去，類似蛋糕師傅把奶油在蛋糕上擠出各式花樣的製造方法，直到製作產品完成為止（林鼎勝，2014）。

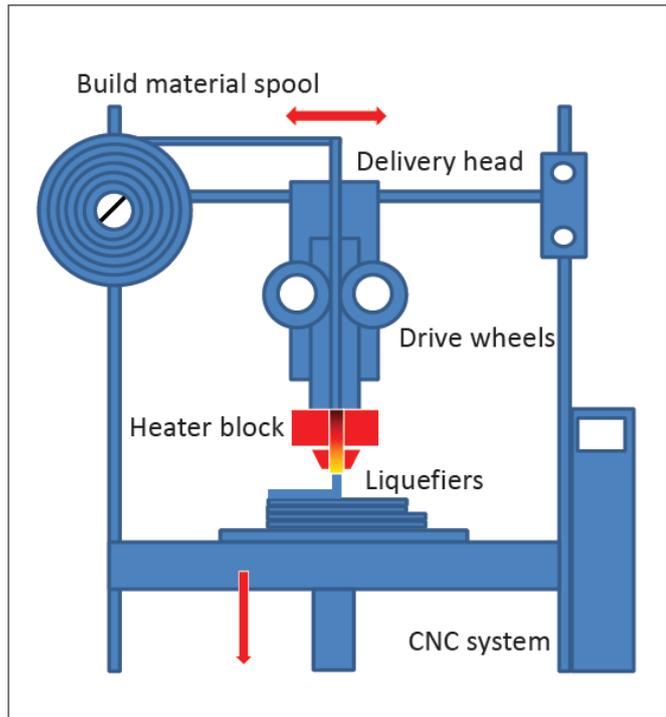


圖 2-6 FDM 列印系統示意圖

資料來源：PIDA，2013

除了以上之三種主流技術，其他尚包括固態底固化(solid ground curing, SGC)、疊層製造(laminated objective manufacturing, LOM)、3D 噴印成型(3D printing and plotting processing)等技術。應用和協作也都日趨多元，原料也從過去的三大主流塑膠、金屬、陶瓷，延伸開發更多不同的材質嘗試，但列印方式上仍僅止於單一線材的運用，亦即將原料融成線狀素材，堆疊成產品。一般認為列印方式上的研發與突破，若可同時多種不同材質列印，將是 3D 列印未來的發展重點。

二、3D 列印市場產值與競爭情況

最近3D列印產業正邁入蓬勃發展的時期，且後勢看俏。美國公布的數據顯示3D列印產業諮詢機構Wohlers Associates，中國市場現時雖偏小，但發展最快，假如沒意外，在三至五年內因中國的介入這個市場將會更加擴大，據估計中國市場

產值可成長至100億約在三年後，將成為世界3D列印的最大市場(林建翰,2014)。

2016 年全球 3D 列印繳出了漂亮的成績單，產值達 70 億美元，相較於 2015 年成長了 36.4%，如圖 2-7 所示。其中黃色代表產品，也許是因為 2016 年市場亮麗的表現所致，Wohlers 因此也調高 2020 年的市場預測，2015~2020 年平均成長率(Compound Annual Growth Rate; CAGR)約 31%。也許在不久的未來，3D 列印將對傳統製造業帶來轉型與顛覆性的革命契機。然而很多人覺得 3D 列印技術會終結製造業，但 Avi Reichental 反覺得這是一個契機，新技術可以讓年輕人更有發展，並且大量創造就業機會，而 3D 列印最大的特點就是沒有「做不到」這件事，且所有人都可以藉此技術變成專業的工匠和製造商（葉錦清、李昇翰，2014）。

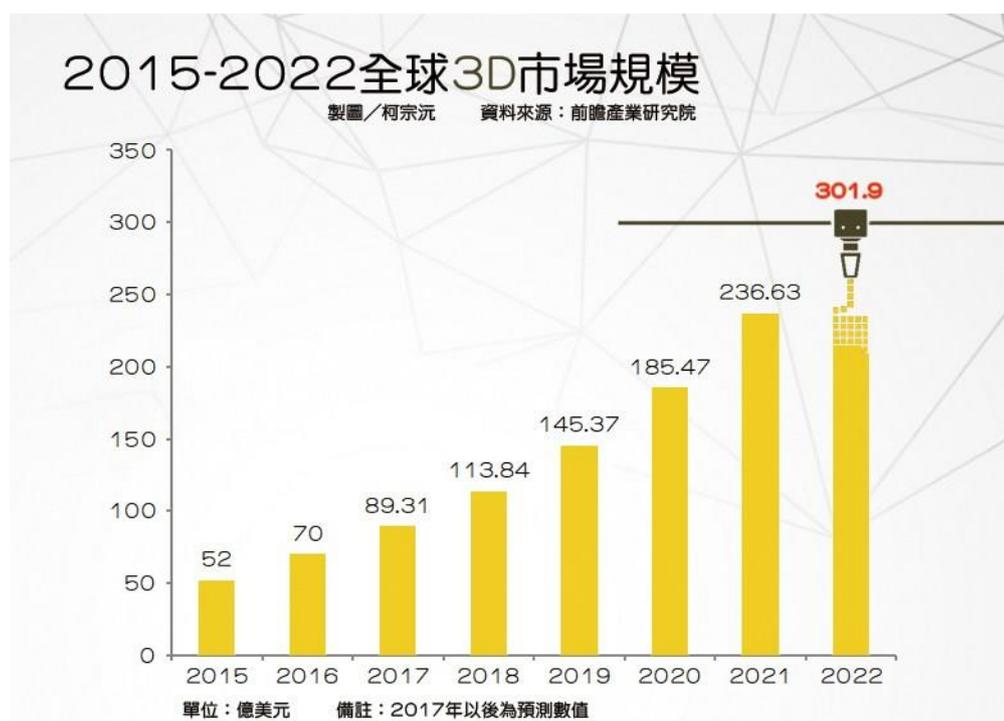


圖 2-7 3D 列印市場發展趨勢

資料來源：前瞻產業研究院，2017

另一方面根據Wohlers的最新統計報告，如果未來成長率漸漸的下降，那麼在2020年要達到300億美元的產值機會不大。根據市場近幾年的表現與對於產業的觀察，如果成長幅度下降，主要是因為產業雙雄(3D Systems與Stratasys)的營收成

長幅度已經不若從前，百分比分別都在個位數，甚至還有一家公司是下滑的。根據兩家領導廠商3D Systems與Stratasys在2015年的財報顯示，營收各別是6億6,600萬美元與6億9,600萬美元，與2014年營收相較，分別成長2%與下滑7%，如表2-1所示。而這兩家公司在2014年的成長率分別是27%與55%，2015年營收成長率已經開始疲乏。兩家公司在2014年的營收占全球產值的比重為34%，2015年比重已經下降到26%，顯示3D雙雄在產業的影響力已經開始下滑，由寡占市場往完全市場邁進，如圖2-8所示（葉錦清、李昇翰，2014）。

表 2-1 3D 列印主要公司營收

單位：百萬美元

公司	2013	2014	2015	'15/'14 成長率(%)
3D Systems	513	654	666	1.8%
Stratasys	415	750	696	-7.2%
EOS	145	209	320	53.0%
Arcam	24	42	71	70.0%

資料來源：各公司；工研院/IEK(2016)

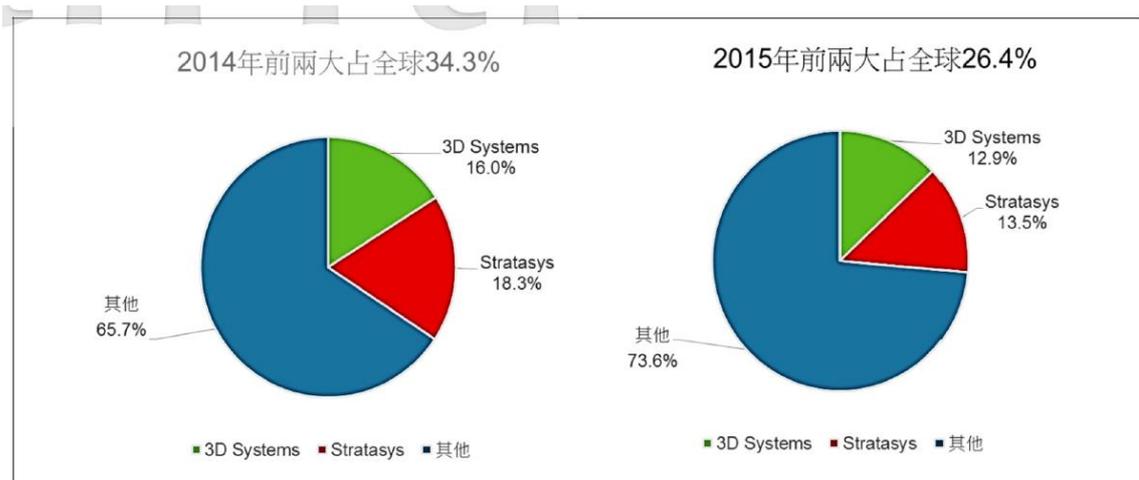


圖 2-8 3D 列印產業雙雄在全球市占率

資料來源：工研院IEK (2016)

三、3D 列印技術的優缺點與風險對策

有關 3D 列印技術的優點、缺點、風險與對策，如表 2-2 所示，說明如下：

(一)、3D 列印技術有其製作上的優點：

1. 3D 列印一層一層燒結堆疊上去，使用的是「加法製造」，將不受限於加工刀法限制。
2. 工件得以更複雜、更多樣的外型。
3. 適合小批量與客製化生產。

(二)、3D 列印技術亦有其製作技術上的缺點：

1. 工業等級使用上這項技術仍欠缺精度、強度。
2. 工業等級原材料和設備目前價格相當高昂。
3. 目前 3D 列印並不適合大批量生產。

(三)、3D 列印技術目前使用上亦有其風險：

1. 所使用的塑膠材料並非完全無毒害。
2. 做成需要高溫使用的餐具時，尚待驗證是否會釋放出有毒物質。
3. 現階段只部分金屬材料外，其餘材料的強度品質皆須提升。

(四)、3D 列印技術目前的對策：

1. 加強材料種類研發、提升金屬材料強度。
2. 開發無毒材料技術。
3. 研究新融溶技術加速成形速度。

表 2-2 3D 列印優缺點與風險對策表

優點	缺點	風險	對策
1. 3D 列印是加法製造。	1. 工業級技術欠缺強度和精度。	1. 塑膠材料非完全無毒害。	1. 加強材料種類研發、提升金屬材料強度，開發無毒材料技術
2. 堆疊技法，不受刀法加工限制。	2. 工業級設備、原材料較昂貴。	2. 除了金屬材料外，其餘材料強度有待提升。	2. 開發提升金屬粉末材料強度，研發新類型材料。
3. 工件的外型更多樣、更複雜。適合小批量、客製化生產。	3. 3D 列印目前不適合大批量生產。	3. 製作成形速度尚緩慢。	3. 研究新融溶技術加速成形速度。

資料來源：本研究整理

第二節 機械鈹金業

機械鈹金業也屬於機械加工之一種，其作業製程乃將各類金屬經雷射切割、NCT 沖孔、折床折曲、焊接組立方式獲得設定之尺寸、形狀和機能的組件。由於冷沖壓是具有生成率高織工藝、非常適合大批量生產、而雷射切割加工後再透過折床折曲、組合焊接可以少量多樣、彈性製造、客製化等優點，其成品包括建築設備方面：通風冷暖氣導管、空調系統、帷幕牆、金屬衛浴製品、採光罩、門窗、各項金屬建材，運輸方面：骨架、飛機機體、產業設備、汽車車體、船舶：如電控箱、儀器箱、機械骨架、金屬零組件、醫療設備、外罩鈹件、電子產業、電腦機殼……等，以及家庭用品、桌椅、保險櫃和辦公室方面的箱櫃、廚具……等。以中小企業為主體的台灣機械鈹金製造產業，應如何整合出高附加價值的產品與國際接軌（施雅容，2013）。

一、製品應用範圍

機械鈹金業製品應用範圍包刮：檢測設備、精密零件、半導體設備、醫療設

備、航太零件製程設備、電子機械零組件、電子機箱、裝潢建材、金屬建築帷幕牆、景觀建築、電腦週邊設備、各式電氣箱、開關箱、乾燥箱、機械外罩、冷卻箱、工具鐵箱、消防箱、研磨機、射出機、各式工作機械金屬零件.....等等（張允中，2007）如附圖 2-9 至 2-13。



圖 2-9 機械鈹金應用範圍_機械產業



圖 2-10 機械鈹金應用範圍_電子產業



圖 2-11 機械鈹金應用範圍_傢俱產業

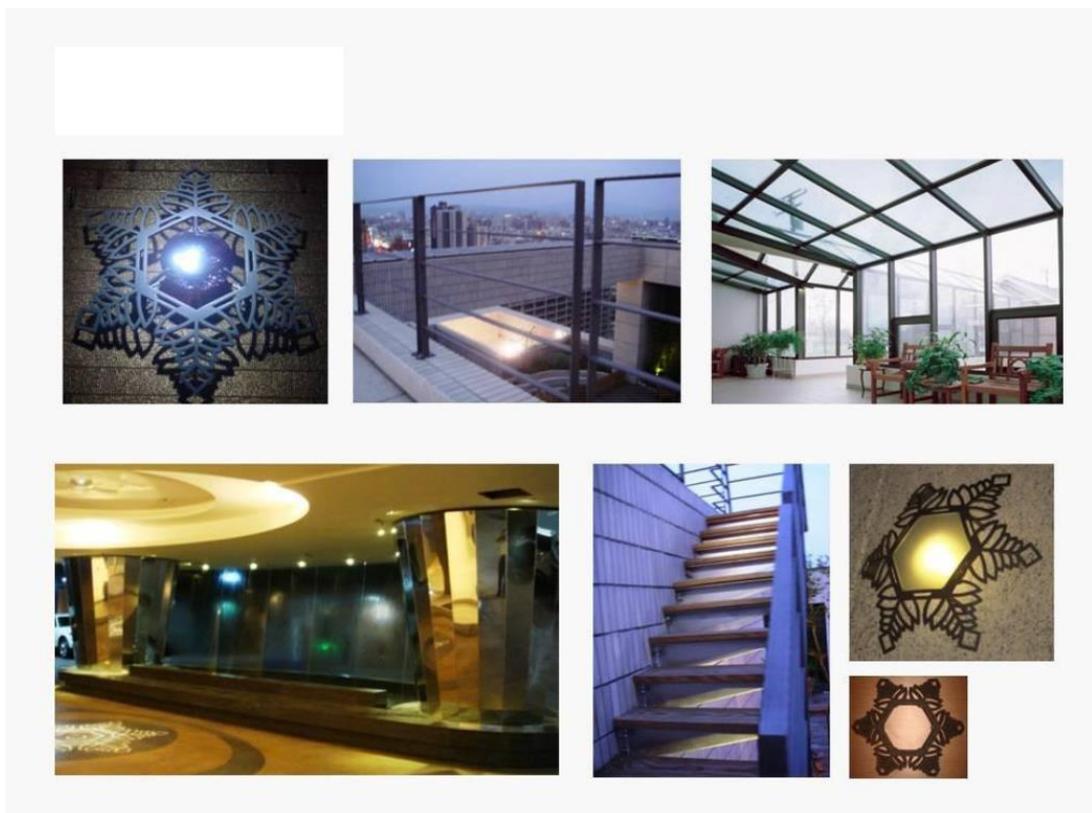


圖 2-12 機械鈹金應用範圍_建築產業



16

圖 2-13 機械鈹金應用範圍_醫療產業

二、產業產值與營業額比較

在傳統機械設備的領域裡，如車床、銑床、沖壓機械、綜合切削加工機械等，數十年來對台灣的經濟發展提供了很大的貢獻，機械鈹金扮演著關鍵性極為重要的角色。而雷射加工設備在近十餘年有如巨星般急速竄起，甚至已取代了很多傳統的沖壓與線切割等加工方式，對金屬加工的品质、產能、與精度都產生了革命性的提升。

台灣在過去幾十年依賴製造業開創了經濟奇蹟，所累積之知識與經驗、服務與創新，目前台灣鈹金業競爭仍十分激烈，加上中國大陸廠商低價競爭的威脅，因此，鈹金業如何運用現有資源整合高附加價值產品，發展創新技術，已成為鈹金製造業關鍵成功的經營策略。

鈹金業經營績效之影響，是以競爭形勢因素為最重要，其次為組織發展因素，如此結果意味著，鈹金業者對企業內部設計、生產、產品、行銷等各項價值鏈所呈現的總體價值，是鈹金業者重要的經營策略。洪啟川(2012) 研究亦歸納出鈹金業者之關鍵成功因素，包含：產品品質、人才培訓、準時交貨、創新研發能

力、研發成本、產品差異化、顧客創造價值、國際行銷能力等。

近幾年國內機械設備製造業之廠商家數皆維持在 15,000 家以上，且呈現逐年緩慢增加態勢，然而在生產值方面（請見圖 2-14），2007~2016 年我國機械設備製造業生產值年複合成長率為 -0.22%，相較於 2001~2007 年 10.35% 的高度成長不可同日而語，此乃受到需求面、供給面和干擾面等不同層面的影響所致。首先在需求層面，雖然 2010 年起全球經濟持續復甦，但復甦力道緩慢且脆弱。在供給層面，自德國提倡工業 4.0 後，機械設備進入新的應用領域，先進國家機械設備技術發展與我國的差距拉大，而中國則快速的追趕我們，我國所面臨的競爭威脅更加險峻；另外在干擾層面（匯率波動），自從安倍晉三日本首相上台後所實施的安倍經濟學，讓日圓匯率大幅貶值，而人民幣匯率則是走升，全球匯率波動自 2013 年以來明顯加劇，日圓匯率的貶值讓我國機械設備製造業的訂單流失，人民幣的升值則讓中國機械設備製造業者由出口轉向內銷，衝擊到我國機械設備產業在中國市場的發展（王忠慶，2017）。

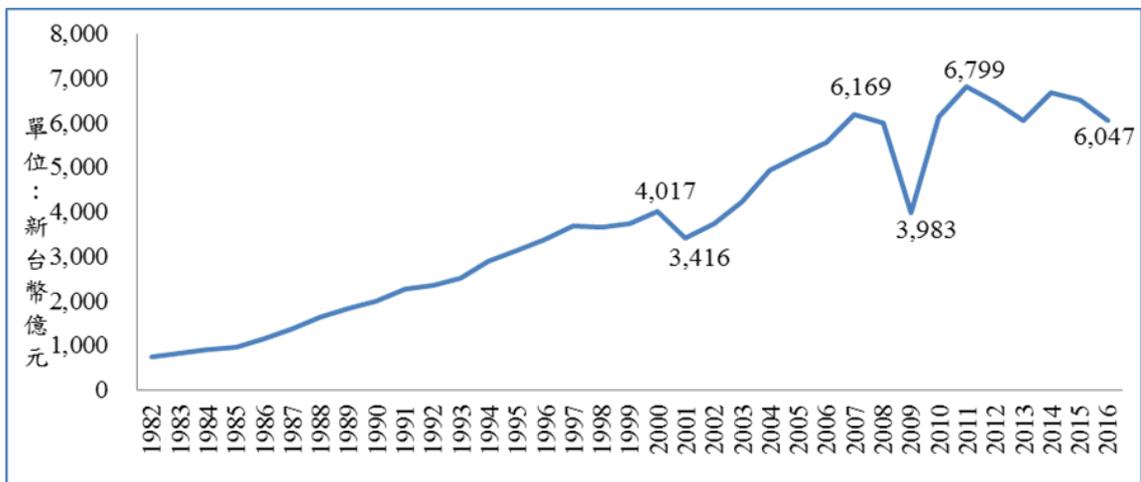


圖 2-14 1982~2016 年我國機械設備製造業生產值走勢

資料來源：台經院產經資料庫、經濟部工業生產統計磁帶資料（2017）

2017 年以來，我國機械設備製造業景氣開始回升（見表 2-3），主要因為美國經濟持續穩健成長，以及川普總統上任後推動基礎建設，此外中國也擴大進口採購，我國機械設備製造業因而受惠，然而美國採取了「反強

勢美元」和「匯率操縱國判定」，匯率波動成為我國機械設備製造業的隱形殺手，根據以外銷為主的機械業者的財報來看，2017年以來業者的營收已明顯回升，但獲利方面卻因匯兌損失而呈現衰退甚至虧損局面（王忠慶，2017）。

表 2-3 金屬製造業營運概況

營業額 (千元)				
項目別		基本金屬製造業	金屬製品製造業	機械設備製造業
2016年	3季	270,520,676	262,467,259	246,743,250
	4季	304,634,998	292,336,733	247,305,388
2017年	1季	313,344,115	271,300,074	235,161,988
	2季	305,912,710	288,110,985	264,585,692
	3季	316,860,285	305,011,353	269,096,400
	4季	324,727,409	318,447,911	278,919,139
2018年	1季	339,182,721.6	288,464,835.17	250,740,242.93
	2季	356,625,361.56	318,900,317.51	308,793,634.83

資料來源：經濟部統計處「工業生產統計」本研究整理

我國機械產業具備群聚優勢，緊密串連著上中下游，且衛星體系健全形成，再藉由業界長期所累積的製造技術，加上綿密網路及分工的協力，讓我國產品具備不可取代性，已發展成具有高信價比與高度出口導向的產業類型，在全球瞬息萬變的大環境局勢中仍能穩定發展。尤其在臺灣素有機械產業大本營之稱的中部地區，位居全球密度最高的精密機械聚落，單位面積產值第一，而木工機與工具機等重要次產業，在外銷出口相當出色的表現更是令全球驚豔，對全球製造業產生重要之影響力體系，更有美譽「大肚山下的黃金縱谷」之稱（台灣就業通，2017）。

2017年臺灣全年機械產業產值為新臺幣 9,750 億元(請見表 2-4)，較 2016 年

成長 7.1%。主因是 2016 年底開始歐洲主要工業經濟體景氣復甦，加上中國大陸產業升級擴大自動化及新設備需求，使臺灣在高科技設備和金屬加工工具機這兩大次產業產值成長明顯。2017 年臺灣機械次產業除了產業機械、其他機械和金屬模具較 2016 年衰退之外，其餘如高科技設備、金屬加工工具機、機械傳動元件、流體機械的產值分別較 2016 年增加 29.6%、14.3%、32.5%與 10.0%(莊滢芯,2018)

表 2-4 臺灣機械產業值統計

單位：新臺幣百萬元

	17Q1	17Q2	17Q3	17Q4	2016	2017
金屬加工工具機	29,328	33,997	37,487	37,635	121,128	138,447
高科技設備	37,208	40,831	42,155	47,855	129,706	168,049
產業機械	38,403	44,413	46,400	46,085	187,262	175,301
輸送與搬運機械	12,150	12,299	12,023	12,047	46,152	48,519
機械傳動元件	13,215	14,927	17,229	17,841	47,699	63,212
流體機械	17,330	18,908	21,061	19,617	69,896	76,916
建築工程機械	172	354	264	379	982	1169
農業機械	1,586	1,565	1,956	1,714	6,769	6,821
其他機械	54,709	60,044	64,034	65,564	246,262	244,351
機械設備合計	204,101	227,338	242,609	248,737	855,856	922,785
金屬模具	12,100	12,900	14,000	13,200	54,610	52,200
機械合計	216,201	240,238	256,609	261,937	910,466	974,985

資料來源：工研院 IEK (2018/05)

三、技術優缺點分析及所面臨之風險與對策

有關機械板金業傳統技術的優點、缺點、風險與對策，如表 2-5 所示，說明如下：

(一)、傳統機械鈹金製造技術的優點：

- 1.適合大批量製造生產、具有生成率高。
- 2.雷射切割後，再透過折曲、銲接、組合，可以客製化、小批量彈性製造等優點。
- 3.機械鈹金工作隨著科學與工業的進步，亦趨向於自動化、精密化的製造與發展。

(二)、機械鈹金它還是有其缺點：

- 1.機械鈹金機器成本較高。
- 2.機械鈹金工件的訂單，不論數量多寡，都需要經過重複的相同工序。
- 3.精密化之機械板金與工業 4.0 之自動化設備，費用高昂，動則數億元之譜。

(三)、機械鈹金也有其風險：

- 1.設計或製程一旦有失誤，損失慘重。
- 2.必須將工件前期準備加工的工作重複一遍。
- 3.設備成本高昂，回收緩慢。

(四)、避免以上之缺點與風險就要提出有效之對策，例如：

- 1.大批量製作之前，應先打樣試做樣品。
- 2.藉由機械鈹金網路數據管理功能的架構，減少工件工序錯誤。
- 3.製造商應考慮設備成本高昂問題，在規格製定前將此問題解決，讓設備的實用性增高。

表 2-5 機械鈹金優缺點與風險對策表

優點	缺點	風險	對策
1. 適合大批量生產、生成率高。	1. 機器成本較高	1. 設計或製程有失誤，損失慘重。	1. 大批量製作，先打樣試做樣品。
2. 雷射切割後、折曲、銲接、組合及小量、客製化彈性製造	2. 機械鈹金訂單，數量不論多寡，需經相同的工序。	2. 工件加工的前期準備工作須重複一遍，增加失誤風險。	2. 藉由網路架構的數據管理功能，減少錯誤工序。
3. 精密化、自動化的製造。	3. 精密化與工業 4.0 之自動化設備，成本高。	3. 設備成本高，回收緩慢。	3. 製造商應考慮設備成本高問題，規格製定時解決此問題，增高設備的實用性。

資料來源：本研究整理

第三節 技術替代性與互補性

技術融合 (Technology Convergence; Technology Fusion) 既是工業技術及信息技術之融合，推動技術創新，產生新的技術。例如；電子技術和機械技術所融合產生的機械電子技術，電腦控制技術和工業融合產生的工業控制技術(MBA 智庫百科, 2017)。自從 1985 年日本提出技術融合之概念，既可看出技術之融合是技術發展的趨勢，到現在美國又提出融合技術之概念，將會給人類發展帶來莫大的社會、個人和歷史意義。(趙俊傑、黃軍英, 2003) 技術融合源自新技術和技術改變的出現，主要驅動力包括規則瓦解(Deregulation)、集成技術就是增加的產品綁定機會和將多個產品整合成系統。D.T.Lei 由發生的形式上將技術融合區分為技術替代(Technology Substitution)與技術互補(Technology Complementarity)兩類。

一、技術替代性

在技術替代上成本效益是一項重要的考量因素，是否投資該項技術將依據其競爭力來做決定，如圖2-15所示，技術發展過程是經由技術生命週期(Technology Life Cycle)中的三個階段：(一)新發明階段，稱為萌芽期，(二)技術發展階段，稱為成長期，及(三)技術成熟階段。將技術績效當作縱軸，時間當作橫軸，它所顯現出的結果就如同是一個S的形狀，就稱為S曲線。影響力是根據技術在S曲線的地位。當技術是在萌芽期或發展階段，而且未被證實對未來競爭力有影響時，此技術將被視為「新興技術」，假使對此新興技術感到興趣的公司應對其進行管控之工作，以希望能掌握此技術之最新發展概況；而當此技術繼續發展且被證實對未來之競爭基礎能產生影響時，此技術被稱做為「控速技術」，對此控制技術有興趣之公司應對其進行選擇性投資的工作，以期望此技術成為未來之重要技術。

技術發展過程會依循一個階級模式演變，從應用研究、試驗發展與示範推廣。應用研究階段主要是為了獲取科學新知識，而非直接為了商業目的，可視為一種長時間累積知識的過程，另外其資源投入通常並不會產生即時性的效益，主要重心放在科學研究。試驗發展階段通常以具有一個特別的實際目標，且改良相關要素，並考慮到技術對於公司整體的影響，重心包含了科學與工程兩部分。示範推廣階段是將已經成熟的技術藉由市場推廣、改善技術績效參數與促進創新等，使技術普及至產業或消費大眾。

當此技術發展到對成本、績效、品質與附加價值……等，有強大影響力時，將對製程上或產品使公司取得競爭優勢，此時此技術就被稱為「主要技術」，公司應在此技術上有系統地加強其優勢。當技術漸漸成熟後，此技術將轉變成為公司之「基本技術」，成為產業內公司發展必備之技術，當公司從成熟的基本技術得到利益之時，也必須準備選擇性地拋棄一些技術，避免過時且老化的技術反而造成公司財務上的負擔（李昇翰，2003）。

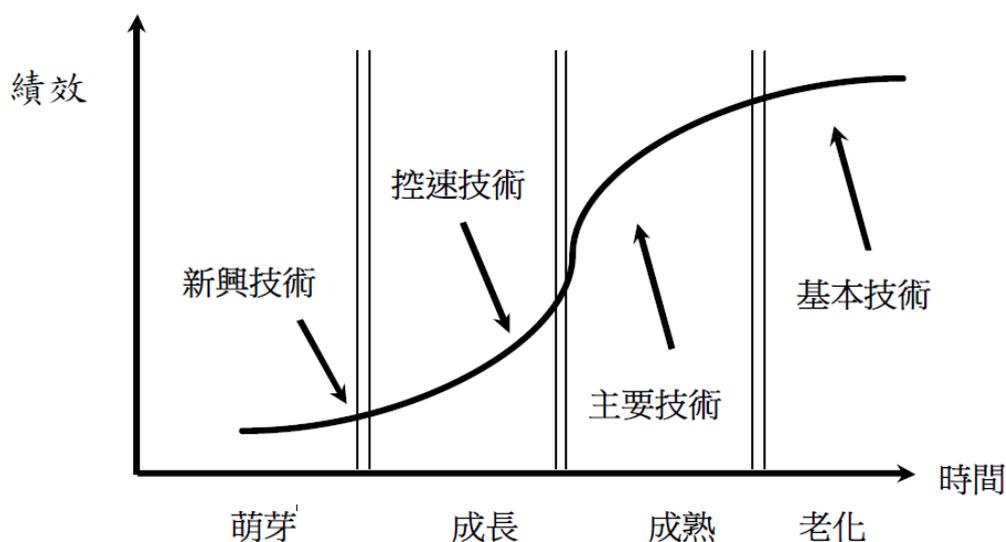


圖 2-15 技術生命週期曲線

資料來源：Khalil,2000。

在選擇技術替代的工作上，需要先評估技術的現況，而S曲線即是目前評估技術替代或替換的風險所採用的重要方式。其可顯示技術在技術曲線上之技術特性，並指出其發展潛力。此外，技術取代需要考慮的因素包括有目前技術競爭潛力、改善技術之基礎、替代風險、優勢與劣勢、技術環境、與資源分配等。

二、技術互補性

使用技術集成(technology integration)來描述創新中所包含的多種技術的互補協作現象。S.Greenstain 等提出類似分類，當創新產品與當前產品相比的屬性類似但具有更高信價比時，從而為技術融合奠定了基礎，大多數情況下從其他產業的技術突破中獲取技術替代所依賴的創新，進而引發許多個獨立產業之間技術集合之冗餘及當前產業領域企業核心競爭力、價值鏈的破壞，它們之間具有穩定的互換性，最終形成產業融合。另外多個產品通過技術互補而形成大型平臺或系統，達到縮減用戶的成本、提高生產率、提高便利性和豐富產品特徵之目的，但技術互補之重要作用，不僅在於從組合中實現更高層次的集成功能以及價值增生，而在於它更促進了多種技術的協同演進，一旦集成產品的性價比達到客戶接受度的

臨界值，研發公司開始從許多種產品視角去學習新的技術方法和流程，用以發展集成產品，它既可能完成對相關獨立產品的替代。（陳亮、張志強、尚瑋姣，2013）

三、技術替代性與技術互補性之相關文獻

每當一個新的或是績效更好的技術出現之時，人們從初期接觸、瞭解到接受必須經過一段時間，而技術之成長速度於新發明階段會較為緩慢，而在新技術能力逐漸被人們接受的過程之中，都必須經過一段混亂且震盪的不穩定期，原舊有技術將被淘汰或被取代而消失。由過去之文獻可以發現技術替代性的軌跡，例如：藍偉庭(2003)結合情境分析與技術替代模型探討台灣用戶光纖網路用戶數發展之研究，探討「寬頻」不只是在於高速上網，最重要的是豐富網路內容變化，透過寬頻的頻寬，將使網路從過去單純的文字、圖片，轉變成動態的影像、與語音內容。未來Internet 服務更將趨向多媒體發展，現有的寬頻網路連接技術如DSL 與Cable Modem的頻寬在無法滿足上網客戶的需求下，現有的寬頻技術勢必走向被光纖網路所取代。

李榮林(1999)國際貿易與直接投資的替代性與互補性：研究指出對外直接投資及國際貿易是商品和生產要素在於國際間流動之結果，兩者之間具有十分密切的關聯性。直接投資與國際貿易之間的替代過程及互補機制，並闡明其對正確制定利用外資政策的實際意義。直接投資和國際貿易既存在互補關係且又存在替代關係，依賴于資本流動的部門結構和其他因素。

由過去的文獻可以發現技術互補性之重要性，例如：Pfeffer and Salancik(1978)的資源依賴理論(Resource Dependence Theory; PDT)中指出廠商與外部環境之間相互依賴的重要性。Mueller(1962)的研究指出知識的外部來源對產品和製程的創新是重要的。因此廠商需要藉助外部的資源或技術，以回應因外部環境改變而帶來之衝擊。由於外部的環境不斷變化，會對廠商之經營模式造成衝擊，而資源依賴理論主要是在論述（一）廠商是該如何獲取生存所需之資源，（二）廠商該如何降低環境中之不確定因性。因此，廠商就會與外部組織建立關係，尋求本身所需要

的互補性技術，以獲取其生存所需之技術，並且降低環境中之不確定性。

對於技術的知識相關性Larsson and Finkelstein's (1999)，給予了較完整之基本定義：（一）技術相似性：係指兩家廠商，在某一種程度上，它解決技術問題之方法集中在較為狹義的、相同的領域。（二）技術互補性：係指兩家廠商，在較為廣義的領域中，是會將其知識分享出來。而在比較狹義之領域上，它解決技術問題的方法不相同。

Dymsza (1988) 指出互補性技術是指在合作夥伴之間，所提供由其他合作夥伴認定的具有獨特性之技術。Tanriverdi and Venkatraman (2005) 認為其定義為：透過將不同價值鏈之活動併入相同價值鏈內，從而獲得互補性資產。Dyer and Singh(1998) 表示，合作夥伴間彼此具有獨特之技術，其聯結可產生比單一組織更多之利潤。Sarker et al. (2001); Huang et al. (2009)；Hill and Hellriegel (1994);等認為互補性技術係指在合作上之夥伴能提供技術將更有利於本身技術提升的程度，且有價值而獨特之技術。

Lorenzoni and Lipparini (1999) 認為組織跨越組織界限結合外部知識的能力影響組織的成長和創新，假如組織想要增加創新能力就必須整合外部知識。Chung et al. (2000)， Dyer and Singh (1998)與 Sarker et al. (2001) 等研究中指出，互補性技術是組織間競爭優勢建立之決定因素。Villalonga and McGahan (2005) 發現當廠商的夥伴或目標擁有的技術資源極高時，該廠商大多選擇以併購之方式取得資源。Bierly and Chakrabarti (1996) 認為外部學習將會因學習而增加新產品之開發能力，是創新過程最主要之驅動因素。

第四節 科技接受模式

科技接受模式(Technology Acceptance Model：TAM)，主要是用以解釋和預測使用者對新技術之接受程度。其發展脈絡源於Davis et al (1989) 引用了社會心理學領域之中，用來預測個人態度與行為意向之理論，稱為理性行為理論(Theory of

reasoned action：TRA)。也是過去在新技術領域被使用最廣泛之理論，主要被用來預測使用者接受新科技之程度。此模型提供了一個理論基礎，用以瞭解外部因素對使用者內部的信念、態度及意圖之影響，進而影響科技使用之情形，此種模型能夠普遍應用於預測或解釋新科技使用之影響因素。對使用者而言，新科技接受可能隱含兩種情境：第一種、既使用者接受新科技之前並無使用舊科技的情形；第二種、既使用者接受新科技之前已有使用舊科技的情形。TAM 研究分為四個時期：（梁定澎，2018）

一、導入期

（一）比較 TAM 與 TRA。

（二）將 TAM 研究在各種科技、長期研究及不同的研究情境，以驗證 TAM 是否過於簡易。

二、確認期

開始驗證 TAM 原始量表。

三、擴展期

探索新變數與原本 TAM 構面的關係，並尋找知覺有用性及其外部變數。

四、精緻期

彙整過去結果開發下一代 TAM，解決過去研究所浮現的限制。

科技接受模型以知覺有用性和知覺易用性、使用者態度、使用意圖和實際使用的論述架構。科技接受模式主要針對使用者新科技接受度進行探討。本研究的目的旨在針對科技的接受情境與科技的轉換情境進行分析與比較，並發展出科技轉換模式。主張知覺有用性與知覺易用性會影響使用科技之態度，進而影響具體的行為表現，也主張人對資訊科技的使用受其行為意圖所影響。本研究進一步以科技轉換模式驗證後，顯見科技轉換模式對於新舊科技轉換能提供一定解釋，亦發現新舊科技因素會對使用者新一舊科技轉換造成影響。本研究期望此成果將有

助於科技轉換模式的建立，並對使用者的科技轉換現象提供更多的理解與詮釋（李國璋，2016）。

科技接受模式包括了外部變數、知覺構面、使用態度、使用意圖與實際使用等幾個構面，用以預測或解釋新科技使用之影響因素。此科技接受模式主張：外部因素會影響使用者之個人信念(Beliefs)，此信念會影響使用者之態度(Attitudes)與意願(Intentions)，進而影響到新技術使用之情形，而其核心價值是提供一個具一般性之理論基礎，用來解釋或預測新技術使用之情況，同時分析影響使用者接受的各種因素。如圖 2-17 所示，說明如下：

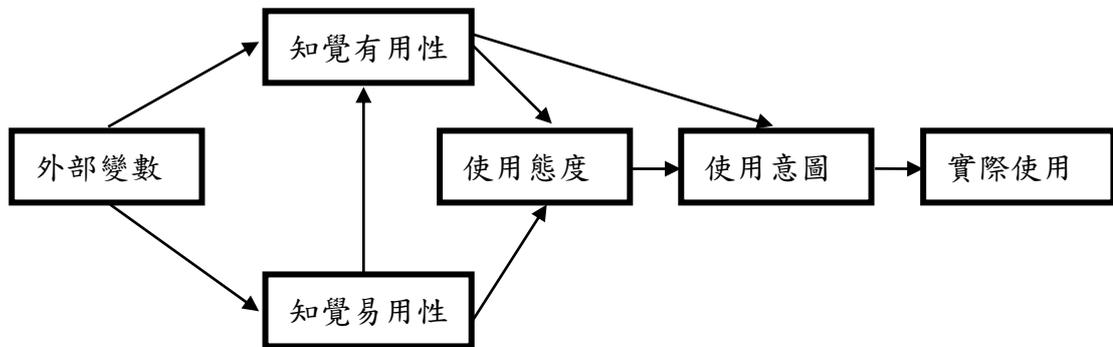


圖 2-16 科技接受模式

資料來源: Davis, et al. (1989)

- 一、 **外部變數 (External Variables):**學者(Davis et al., 1989)指出使用者認知有用性與認知易用性，還會受到許多外部因素干擾而受影響，例如：政策支持與否、新技術使用軟體方便性與否、使用者本身學習程度等內在特質都將影響到使用者之認知感受。

- 二、 **知覺有用性 (Perceived Usefulness):**學者(Davis et al., 1989)指出當使用者使用某項創新技術時，讓使用者的潛在心裡主觀認知使用新的創新技術時可以有效改善目前的工作時間或有效率的提高其工作表現，就表示該創新技術能帶給使用者更高之有用性程度，會促成使用者大幅提高使用此

創新技術的使用態度，其連帶促進其使用該創新技術的使用意圖就會相對增加。（張彥淳，2006）的研究中驗證了使用者在使用新技術時，其「知覺有用性」會對於使用者是否採用新技術之態度有顯著而正向影響。

三、 知覺易用性 (Perceived Ease of Use):學者(Davis et al., 1989)並指出使用者主觀的認知，認為學習創新技術的操作過程中，使用者所感受到創新技術所給予的學習操作回饋。換言之，當使用者個人主觀覺得創新技術越容易使用時，相對的也會對於該創新技術越有信心，也會有正向的態度願意去嘗試使用該創新技術系統，使用意圖也會趨向正向。反之，創新技術讓使用者越難學習要如何使用，就會驅使使用者不願意去嘗試和不想去使用的意圖，變成負向循環。另外學者(Pavlou, 2003) 研究指出使用者對於創新技術「知覺易用性」及「知覺有用性」所回饋的感受會正向影響使用者對於其面對創新技術的「使用態度」。

四、 使用態度 (Attitude Toward Using):學者(Davis et al., 1989)指出當使用者對於使用創新技術後所獲得的個人主觀之知覺有用性及知覺易用性的個人主觀感受後，使用者個人就其個人的感受會影響後續對於創新技術的使用者態度，進而影響使用者個人採用創新技術之意圖（使用態度＝認知有用＋認知易用）。另外，學者(Taylor & Todd, 1995) 表示使用者態度為當使用者使用創新技術後，會產生有利或不利的個人主觀感受，當使用者感受到創新技術所給予的有用性越高時，而其主觀感受同時會遭受到認知有用性及認知易用性之影響，對於創新技術的使用態度就會趨於正向態度。

五、 使用意圖 (Behavioral Intention to Use):學者(Davis et al., 1989) 指出創新技術的使用與否取決於使用者的使用意圖，而其使用意圖又遭受到使用者個人對於創新技術的認知因素與態度而有所影響，使用者的態度與認知愈正向，另外，學者(Taylor & Todd, 1995) 並指出使用意圖為使用者未來對於使用該創新技術的意願程度，也是代表使用者在其主觀意識下接納

該創新技術的可能性。使用者個人對於創新技術的使用意圖就愈強烈。

六、實際使用 (Actual System Use):既使用者在前面變數的影響之後所採取之實際行動。

過去TAM的相關實證研究應用到的案例如：許傳勇(2017)研究以延伸科技接受模式探討消費者使用行動支付意圖，歐勁麟(2012)研究以科技接受模式探討智慧型手機購買意願—以iPhone手機為例，周君倚、陸洛(2014)以科技接受模式探討數位學習系統使用態度—以成長需求為調節變項……等。

第三章 研究方法

第一節 研究架構

本研究首先針對目前機械鈹金業發展的風險進行評估，接著將探討 3D 列印技術對機械鈹金業的影響是技術替代性或互補性？過去很多研究在探討新技術的導入時，利用科技接受模式(蔡維庭，2018；許傳勇，2017；周君倚與璐洛，2014)，因此本研究在探討機械鈹金接受 3D 列印技術之可行性，應用科技接受模式以探討知覺 3D 列印技術的有用及知覺易用性，使用者態度、使用意圖和實際使用之分析架構，如圖 3-1 所示。

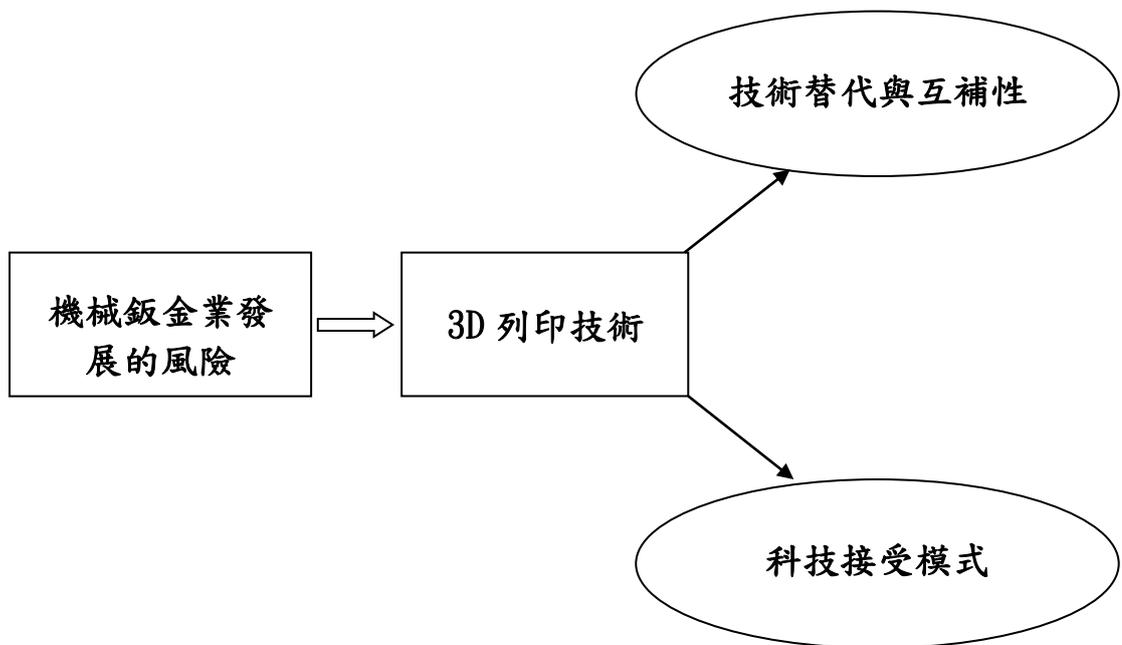


圖 3-1 研究架構圖

第二節 個案研究法

個案研究對於深入探討一個個案在特定的情境脈絡之下的活動性質，希望去了解其中的複雜性及獨特性。研究者通常注重在於了解過程而不是結果，因而研究者較注重整體的觀點，瞭解事件的情境脈絡或現象而不只是特殊的變項（林佩

璇, 2000)。我們可以明確的說個案研究就是一種策略的研究，選擇單一個案，應用各種方法來研究，如觀察法、訪談法、調查法、實驗法等，利用此來蒐集完整之資料，掌握整體的深入分析真相、情境脈絡與意義、解釋導因、改善或解決其中之方法（邱憶惠 1999），也就是個案研究能夠協助研究者釐清特定之真實情況，達成通盤而整體的了解。

Kaplan(1992)並指出相較整體對於其他方法，個案研究對研究對象比較深入了解，透過實務運作實際了解企業管理之方式，比較容易找到落差之原因並縮小差距、增加學術界對於實務問題之瞭解。相較於一般的數量性質、統計性質之研究方法來說，個案研究法具有以下之優缺點：

一、優點

（一）深度性：

個案研究可以針對少數事件的複雜現象、情況，得到個案更詳細且更豐富之資料，因而此研究更具深度。

（二）動態性：

個案研究可以針對時間性來分析，也將實際的因果關係及複雜情況一起納入，所以更具有動態性。

二、缺點

（一）缺乏普遍性：

茲因樣本數太少，並無法呈現反映整體之現象。

（二）缺乏客觀性：

因個案資料並非量化的東西，而且研究者與受訪者可能有其主觀之看法，致以影響研究之客觀性。

個案研究之研究設計需要考慮以下五項要素(Yin, 1984)：

1. 研究問題

個案研究的問題，採用五個 W 方式(who、what、where、how、why)，並提供重要性線索，而就一般情形，個案研究就是應用於如何(how)及為什麼(why)之問題，確定研究之問題性質乃是個案研究最基本之任務。

2. 研究命題

研究每一個命題，在於引導入於研究範圍內，並且留意方向及內容，此一命題，不僅反應學理上重要之爭議問題，並且顯示研究者尋找相關證據之處，否則均要蒐集任何事務恐無可能。

3. 分析單位

就是界定「個案」的問題，傳統的個案研究，有可能以一個人做為分析單位，蒐集相關此人之資料；數個類似的個人或個案，就可構成許多種個案設計；個案也可能是某一件實在體或事件。

4. 連結命題與資料

根據事先確定之命題，然後再以資料佐證。在這些做法中最適合被個案研究使用的為「組型匹配(pattern-matching)」的觀念，此種作法雖有多種，但沒有一種能精確地描述所分派之處理條件以及受試者，也就是將資料及命題結合成關係的一種方法。

5. 解釋研究發現之規準

最少需要有兩個對立的問題，然後再依據不同的組型資料加以解釋較為完善。但假如構成全體的每一分子都能夠給予分類或分別的研究，則有助於全體之瞭解，總之；個案研究方法並非是一種認識或瞭解全體的研究方法。

本研究分析係採用訪談之方式來進行，其目的是想更進一步深入去了解 3D 列印技術對機械鈹金業的影響及其他相關的資訊來源，因為機械鈹金業本身就不像一般的消費性產品，使用的對象是相關製品的製造商，以避免在一般的問卷答案

裡找不到適合的受訪者來回答，進而錯失更多時紀寶貴的想法，也希望在訪談中能得到不同技術部門對 3D 列印導入機械鈹金業更深入的探討。

本研究以設計好的個案訪談內容進行實際訪談，將其訪談過程內容紀錄進行分析假設性問題的可能性，以機械鈹金S公司既有的從業幹部訪談內容做為此次研究資料收集的依據。主要探討3D列印技術對機械鈹金業的替代與互補性，以及採用「科技接受模式」探討機械鈹金業接受3D列印技術的可行性。

第三節 研究對象

案例 S 公司是機械鈹金製造業自 1985 年設立以來，一直專注於印刷機械與包裝機械之製造，其產品涵蓋印刷烘乾箱、控制箱、安全護蓋、機台結構。S 公司為國內從事印刷烘箱技術研發製造的專業鈹金廠，所開發獨特技術可應用於印刷機械、包裝機械及周邊產品領域，尤其在於印刷烘箱風量的均勻控制技術已超越日本等級，讓印刷設備生產速度 1 分鐘可達 400 米。該公司得以面對多次國內外及機械產業的不景氣衝擊，且能安然度過，除了有賴於公司全體同仁的努力付出外，公司及早導入 ERP 的生管系統，讓製程得以掌控，並且添購 FO-3015NT 4000W 的雷射設備(圖 3-2)，更換新型 NCT 沖孔機台 AC255NT(圖 3-3)，並引進更先進之 HDS1303 折床(圖 3-4)，使公司之加工速度、加工精密度以及急件的處理速度大幅提升，進而公司競爭力也因而大增。



圖 3-2 FO-3015NT 4,000W 之雷射設備



圖 3-3 NCT 沖孔機台 AC255NT



圖 3-4 HDS1303 折床

S 公司的核心價值以「堅持品質、服務至上、客戶第一」為中心主軸，企業文化以強調誠信、專業、負責為根本，因公司主要產品都是客製化，必需依各客戶之機械結構設計各種不同造型、規格之產品，故品質之要求相形重要，不容存有些許瑕疵；而售後服務品質更是其所堅持，自覺將服務工作做在顧客提出要求之前，因此獲得所有客戶的支持與肯定，也因此使公司業績能更加擴大、更加穩定。

但當前台灣各種行業，面臨勞工短缺，職場缺乏年輕輩的投入，老員工逐漸凋零，此行業屬技術密集且加工流程繁複，更需長期培養技術與經驗，也將面臨技術斷層之隱憂。而 3D 列印技術是將數位化的 3D 設計模型，以積層製造 (additional manufacturing) 方式直接製造成形，並藉設計軟體由電腦輔助進行產品設計作 3D 之建模，完成之後設計圖檔再經過類似電腦斷層掃描，切片成像之概念，將立體圖檔切片，每片切片均包含產品的內外輪廓造型，最後將這些切片輪廓轉換成為 G-code 檔，藉以控制 3D 列印機列印製造成型。借由此種簡化製程技術或許可以替代機械鈹金業繁複的加工製程，及人才短缺之窘境。

S 公司的組織架構圖如圖 3-5 所示，本研究邀請之訪談對象為機械鈹金產業 S 公司有鈹金製造經驗、技術或有研發設計能力的主管及資深從業人員。

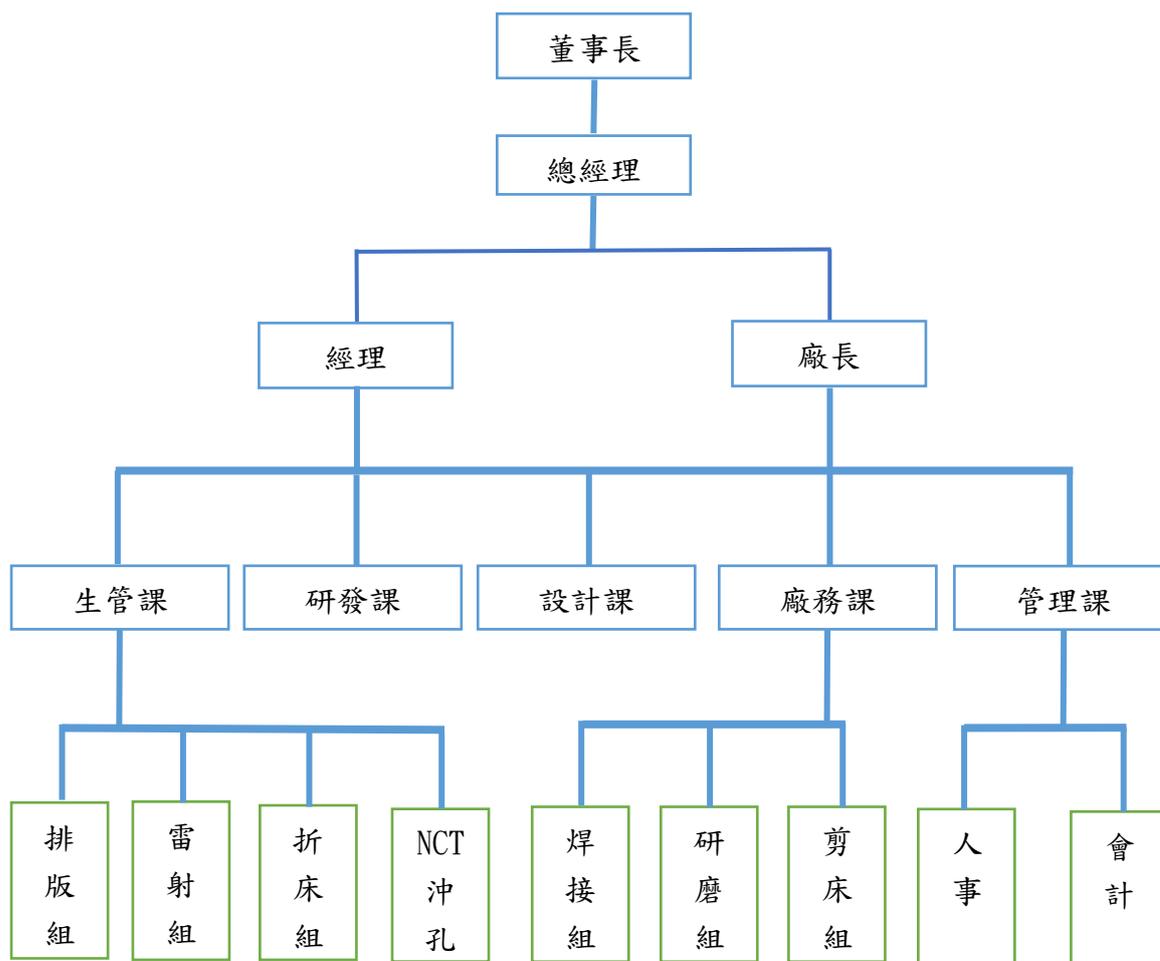


圖 3-5 S 公司組織架構圖

資料來源：本研究整理

表 3-1 個案訪談名單

服務單位	姓名	訪談日期
研發課、廠務課	A主管、B主管	107/08/23
折床組、設計課、焊接組	C主管、D主管、E主管	107/09/15

資料來源：本研究整理

第四節 個案研究的訪談大綱

除了運用技術替代與互補及科技接受模式分析建構離型外，本研究並針對此一領域之專家進行訪談與討論，針對「目前機械鈹金業發展之風險」及「3D列印技術對現有機械鈹金業替代性或互補性」及「機械鈹金業接受3D列印技術的可行

性」三大方向進行討論。

將其結果歸納整合至討論中。討論之議題如下所示：

一、臺灣目前機械鈹金業發展之風險

從外部因素：人才取得不易、兩岸政治因素及市場需求明顯降低，全球景氣低迷，加上我國GDP成長不如預期，以及中國大陸廠商低價競爭的威脅。

如你所知企業外部有著什麼樣的因素，會影響公司發展 3D 列印呢？例如：跟其他產業的競爭、跟其他國家的競爭、臺灣目前的政治因素、世界市場趨勢……等。若就臺灣鈹金產業而言又有什麼樣的不同呢？

內部因素：公司規模、經濟規模、人員素養、相關設備、內部生產流程。

就您覺得，跟同業的競爭、跟其他國家的競爭、臺灣目前的政治因素、世界市場趨勢……等。就目前臺灣鈹金產業而言又有什麼樣的困難呢？

二、3D列印技術對機械鈹金業的替代或互補之評估

可否分享就您對 3D 列印以及其對鈹金業提供技術變革的了解？對於 3D 列印可帶來之優勢及機會是否足夠了解？你認為 3D 列印技術與傳統機械鈹金業技術，是否具有技術替代與只是互補的關係？請從短期與長期來看是否有差異？

三、接受3D列印技術的可行性

以3D列印技術之「材料使用層面」、「技術應用層面」、「使用技術設備管理」、「發展可行性」整理出機械鈹金業接受3D 列印導入的可行性進行討論，並加以修正。請問你認為3D列印技術應用到機械板金業有用嗎？你認為3D列印技術容易使用嗎？你對於公司導入3D列印技術的態度為何？如果公司導入3D列印技術，你會很有意願去學習使用此技術嗎？

四、其他

就您個人觀感而言，S公司對於導入3D列印是否可能具有什麼樣的障礙或

困難，如：公司成員的資訊素質、市場發展趨勢...等，以致於3D列印技術發展受限？目前公司內部生產流程該具備何條件方可適合發展3D列印？例如：製造、材料、模具等.....怎麼樣的配置？若就臺灣市場整體而言又是如何呢？

您覺得目前臺灣機械鈹金業界是否適合引進3D 列印技術並運作？例如該具備何種程度的經濟規模、公司規模、人員素養、相關設備...等條件才適合進行3D 列印的發展？

第四章 個案分析與結果

本研究針對機械鈹金產業S公司個案之主管進行訪談，對於「目前機械鈹金業發展之風險」及「3D列印技術對機械鈹金業替代或互補之評估」及機械鈹金業接受「接受3D列印技術的可行性」三大方向進行討論。

根據以上專家的訪談意見歸納整理條列如下所示：

第一節 目前機械鈹金業發展之風險

一、A 主管

目前在全球高齡化與少子化的趨勢浪潮之下，全球各國都將面臨嚴重缺工的衝擊，且大學體系沒有實作教育，缺乏以往高職建教合作技能培訓實做教育，造成各種技術的人才荒與可能形成技術斷層的危機。現在我們傳統製造業要找尋新進員工，非常困難，尤其是現場需勞力付出的工作，最近就連坐辦公室吹冷氣的工作如繪圖人員、行政人員等，都很難找到員工。

二、C 主管

機械鈹金製程繁雜，人才技術養成時間太長。傳統鈹金工序繁雜，須經設計、繪圖、排版、雷射、NCT 沖孔，折曲、焊接、研磨等工法，才能完成製品，且大部分為客製化產品。

三、D 主管

機械鈹金設備單價成本十分昂貴，一台動則數千萬元，且設備保養、維修費用太高，投入新血變少，須改自動化因應，設備款式進化更新太快、增加鉅額成本，成本回收會變慢。

四、B 主管

基本上一定是跟國外的廠商競爭，臺灣的市場對全世界來說相對較小。缺點是進入門檻比較不高，出口有關稅跟運費的成本負擔，價錢會相對拉高，以及對

岸紅色產業鏈的發展，各個國家有零關稅的優勢。先進國家已經有在這方面的技術發展，以世界區域的發展來講，面對國外的競爭，臺灣的技術需要再提升加強。

五、C主管

目前台灣與中國大陸的政治關係緊張，而中國大陸又是台灣最大的貿易夥伴國，此因素也會影響到台灣機械市場發展之不穩定性。(台灣機械產品 2018 年 1~11 月出口主要市場，中國大陸排名第 1 位，出口值高達 73 億 9,530 萬美元，佔所有出口值的 29.6%，比較上年同期成長約 4.9%。目前工具機出口正在面臨更複雜之國際競爭，並且更面臨日元大幅貶值超過約 35% 左右，都將會影響國際的買家對台灣之下單意願，(台灣機械同業公會，2018)。

六、E主管

一個最大障礙是臺灣市場太小了，臺灣廠商要投資更多資金才有發展之可能，有許多的投資客會使用對岸的便宜機種，也會威脅到臺灣市場發展。

根據上述個案公司主管訪談結果，目前機械鈹金業主要發展的風險，可以歸納為以下五項風險：

1. 少子化趨勢造成人工短缺。
2. 技術人才養成時間過長。
3. 機械鈹金設備昂貴，需大量資金投入。
4. 機械業出口以大陸為主，受兩岸政治經濟關係影響甚大。
5. 機械鈹金多為客製化產品。

第二節 3D 列印技術對現有機械鈹金技術的替代性或互補性

本研究針對 3D 列印技術對機械鈹金業技術之影響，由於 3D 列印技術也不斷有所突破，而這些不同材料的 3D 列印機也開始導入到各產業當中，滿足各界對於這項技術的需求。可使用的材料已從細沙、塑料、橡膠發展到金屬粉末，而金屬材質應用到機械鈹金業的範圍更廣。本研究使用技術替代或互補模式，用此種

模式探討3D 列印技術導入機械鈹金業之技術替代性發展情況，3D 列印技術以目前技術發展幾乎都無法完全取代機械板金的原有技術，反倒是有互補作用而各自占有其利基市場。

一、 E 主管

3D 列印幫製造者省去傳統工藝模具開發設計與製作等工序，可以斷定「3D 列印」是屬於破壞式的創新技術，大幅縮短產品設計週期，簡化了製造流程，節省建構成本。但仍受限於製造精度、列印速度等等因素，而將來更可能會以事務機型態進入一般家庭，讓人人都能成為設計家，都能享用這項技術，加深文化的底蘊。3D 列印技術應用範圍非常廣泛，目前並無法完全取代傳統的減法製造法，目前尚無法實現大量生產之工業化需求。但我認為在未來相當漫長的一段時間之內，這兩種生產方式的關係是並存、互補，還無法取而代之。

二、 B 主管

3D 列印近年來的發展非常迅速，快速成形、在精密金屬工業領域中，且精密製造之可行性變得愈來愈高，不僅列印機器價格大幅下降，企業更可以透過3D 列印技術大幅度降低製造及研發與創新之成本，甚至將會革新各種產品之供應鏈模式，藉由3D 列印製造零件所需的時間和成本遠比傳統生產製作方法還低，應可取代現有機械鈹金技術，且列印技術的堆疊製作方式可以製作出更多不規則形狀的零件，而品質、耐久度以及精密度皆更高，材質也變得更加輕巧。

3D 列印技術可以取代以往要開模的步驟，能大量製造，因為這個方便性能及時做更新與實驗，更適合客製化，簡單開模與實驗，對開發產品非常方便。

三、 C 主管

3D 列印發展的困難，在印製前要先使用3D 列印的軟體繪製才能順利製作3D 列印圖檔，且目前市場尚無法普及化，培育人才甚難，前端製作的人才培育需要花三年以上的培訓時間，短時間3D 列印技術難以取代現有技術。

目前招募員工不易，折床是非常費勞力的工作，目前小工件已可透過 3D 列印來製作，如此也可降低對折床之依賴。折床折曲，常遇死角、干涉等問題而無法折曲，而 3D 列印並無此問題，部分零件透過 3D 列印技術製造，應該走向分工，產品模組化、標準化、單一化；有可能會對機械板金製造業帶來轉型與革命。

四、 A主管

3D 列印只須經 3D 圖繪製，不但簡化工序，且無死角、難折曲之問題，輸出列印既是成品。原本操作雷射、折床機台之員工轉換操作 3D 列印機，相對更簡單易學，技術替代性不成問題，應無轉換之困擾。因應未來人力短缺問題，公司已初步規劃引進不同材質 3D 列印機，如一些安全護蓋無耐熱問題，可改用朔膠材料製作。3D 列印技術帶來的優勢，可以在初步打樣上可以取得較快速的生產與較便宜成本的優勢，或是能給正在開發新產品的公司能更有效率的幫助。3D 列印技術應該是一種與既有技術互補的技術，而並非可立即取代大量生產的殺手級應用。

五、 D主管

以雷射燒結 (Selective Laser Sintering, SLS) 工法的 3D 列印機，對於金屬粉末及朔膠原料加工製程，較為適合機械板金製作採用。

儘管 3D 列印技術應用範圍廣泛，「減法」及「加法」兩種生產方式將並存、互補，而不是被取代的；仍會受制於製造精度、列印速度等因素，所以 3D 列印技術對機械板金業技術替代性在現階段應無法完全取代，但其價值絕對有互補作用是可以確定的。

根據上述個案公司主管訪談結果，本研究就短期與長期兩方面敘述如下：

一、短期：部分技術替代與互補

- (一) 3D 列印並非可立即取代大量生產的技術，應該是一種與既有技術互補的技術。本研究認為在機械板金業中 3D 列印技術會取代現有技術的為一

般的安全護蓋、車床件、銑床件;但是在流線型外觀的鈹金件與單元結構件上面是技術互補的。

(二) 3D 列印技術受制於製造精度、列印速度等因素，減法及加法兩種生產方式將並存、互補，而不是被取代的，其價值絕對有互補作用。尤其是需高強度的主結構、機架、超大型結構件等，目前 3D 列印技術是無法取代的

二、長期：有可能替代現有技術

(一) 3D 列印在製作上無死角、干涉等問題。

(二) 3D 列印技術可以取代以往要去工廠開模，更適合客製化，簡單開模與實驗。

(三) 3D 列印技術在不久的未來，將會對傳統製造業帶來轉型與顛覆性的革命契機。

第三節 機械鈹金業接受 3D 列印技術的可行性

本研究採用的科技接受模式，如圖 4-1 所示，說明如下，受訪者的意見彙整如

圖 4-1 所示

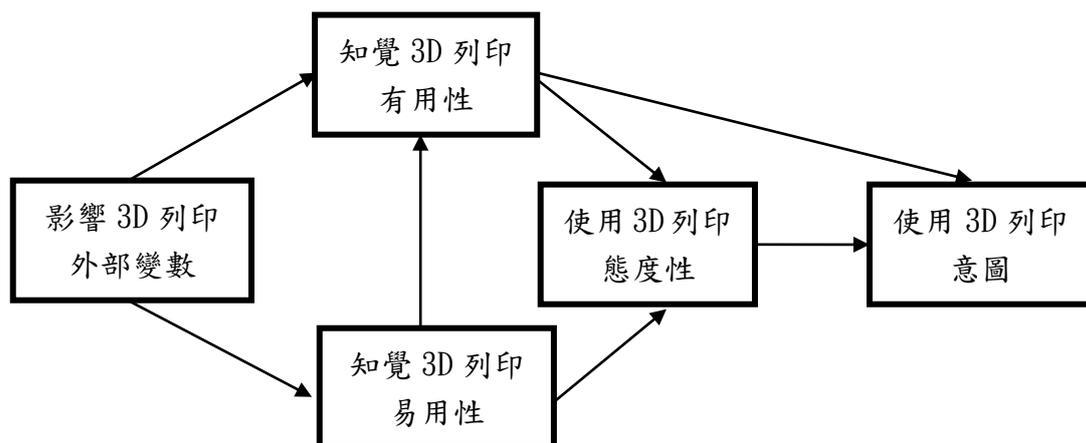


圖 4-1 本研究採用的科技接受模式

一、影響3D列印技術的外部變數

(一) B主管

就臺灣機械板金市場整體而言，大批量訂單已是中國的天下，台灣反而適合發展精緻而客製化、少量而多樣的市場，而3D列印正符合此市場趨勢。我們S公司本來就是做機械板金，在於生產機械板金的方面所有零組件都是自己生產製作，比起其他公司是從外部引進零組件，精準度會比其他公司好，對於整個市場來講就是以自己能掌控的零件而言是佔優勢的。如導入3D列印技術可以省略許多道工序節省人力，或許正是解決人員短缺的另一條出路。

(二) C主管

大型工件的折曲還是有其必要性，薄且大型物件透過折曲成型更增加強度，3D 列印技術固然有其優點，但對大型物件之列印以目前之技術尚屬不足且昂貴，而折床算是較費勞力的工作，目前招募員工不易，小工件或可透過 3D 列印來製作，也可降低對折床之依賴。3D 列印機台操作較為簡單，學習時間亦較快，較無技術轉移困難因素。至於材料方面應該是朔膠料列印機與金屬粉末列印機同時購進開發使用。

(三) D主管

3D 列印技術降低工業設計門檻，在未來客制化及個性化之商品將更為流行，3D 列印技術與教育基本教學，客製化及可以立即修正的好處，可以帶來的優勢與機會。目前引進的 FDM 技術溶劑沉澱技術，塑膠的線融化，一層一層堆積成成品。3D 列印的技術很多，持續使用這個技術比較著重在可以使用更多的支撐材質，可以發展更多元的素材。

根據上述個案公司主管訪談結果，本研究歸納主要影響機械板金業採用

3D 列印技術的外部變數有以下四項：

- 1.大批量訂單已是中國的天下，台灣反而適合發展精緻而客製化、少量而多樣的市場。而 3D 列印正符合此市場趨勢。
2. 3D 列印技術降低工業設計之門檻，未來客制化及個性化之商品將更為流行。
- 3.人員短缺，導入 3D 列印技術可以省略多道工序節省人力。
4. 3D 列印機台操作較為簡單，學習時間亦較快，較無技術轉移困難因素。

二、知覺3D列印易用性

(一) A主管

3D 列印使複雜的外形以堆疊累積的製程可輕易的製作出來，因而人力成本以及時間上也較傳統來的精簡。減少了機械鈹金業對高技术組立成型技師之依賴及需求。

(二) D主管

3D 列印的技術比起傳統產業的製造過程簡略很多。鈹金機械機台如雷射機、NCT 沖孔機、折床機台操作困難，培訓期長，價格高昂，而 3D 列印機台操作簡單，價格成本亦較機械鈹金機台為低。

根據上述個案公司主管訪談結果，本研究歸納主要影響 3D 列印技術的易用性有以下三項：

1. 3D 列印使複雜的外形以「堆、疊累積」的製程可輕易的製作出來。
2. 減少了機械鈹金業對高技术組立成型技師的依賴及需求。
3. 3D 列印機台操作簡單，價格成本亦較機械鈹金機台為低。

三、知覺3D列印有用性

(一) B主管

3D 列印技術的誕生，可以讓中小企業先取得訂單再進行生產，

免除了存貨壓力，而其「堆、疊製造」的技術特性也不會像傳統製造的「切、割、折、形」產生大量廢料，更符合當今推行的環保生產。

(二) E主管

3D列印能以較低的費用，更快速、更有彈性地進行少量而多樣的產品製造。基於此諸多優勢，3D列印已成為許多企業發展創新商品與營運模式之時程，不容忽視的關鍵科技。

(三) D主管

以英國為例，其政府已經將3D列印技術課題列入5歲幼兒教育的課程之中。且在世界多國都已啟動數位化產業的趨勢之下，我國政府機關應當更確切的了解到3D列印之重要性，應該增加台灣下個世代軟實力的能量，並且大力的推動數位化之基礎教育，才能有機會以此為根基跳脫代工之宿命。

根據上述個案公司主管訪談結果，本研究歸納有關影響3D列印技術的有用性有以下三項：

1. 3D列印技術的誕生，可以讓中小企業先取得訂單再進行生產。
2. 「加法生產」更符合推行中的環保生產。
3. 3D列印能以較低的費用，更快速、更有彈性地進行少量而多樣的產品製造。

四、使用3D列印的態度

(一) A主管

3D 列印比較偏向機械業，對於歸納於3D 列印比較曖昧，此技術並不偏向印刷業。因其應用非常廣泛所以難以定義是屬哪個領

域，3D列印技術能應用到的產業甚廣，以中小企業為主體的台灣機械鈹金製造產業，其產值將會迅速擴張。不難預期在各界紛紛投入資金之下，英、美經濟大國傾全力推動3D列印技術，我國則有由工研院團隊負責的雷射光谷計畫，且該如何產出高附加價值之產品與接軌國際供應鏈，才是一項重要之課題。可以預期3D列印技術將對產業發展帶來無限的創新發展。

(二) B主管

3D列印技術已跳脫傳統製造業必須倚賴規模經濟之思維，基本上公司規模不用太大，主要機器取得方便也便宜，有許多機械鈹金工廠，將會引進機器幫客人生產。主要是人員要具備有3D 列印的操作技術，及對網路資訊高度的素養。

(三) D主管

透過3D列印技術製程簡化之優點，而3D列印技術相較於傳統產業的製造工序簡略不少，操作3D列印機，相對更簡單易學。

(四) A主管

普遍印象3D列印技術是萬能的，似乎是什麼東西都能做出來，至於金屬與一些特殊材料則需要更高端的機器才能做出來。3D 列印普及化不過就這三四年的事情，對我們設計端來說，如果再添加新的機器就要再一次的熟悉摸索，就像電腦一樣，大量使用三、四年就要更換升級，所以必須要特別注意這個部分的變數。

根據上述個案公司主管訪談結果，本研究歸納主要影響 3D 列印技術的使用態度有以下四項：

1. 3D 列印比較偏向機械業。
2. 3D 列印技術基本上公司規模不用太大，主要機器取得方便也便宜。
3. 3D 列印技術將對產業發展帶來無限的創新發展。
4. 3D 列印技術似乎是什麼東西都能做出來。

五、使用3D列印的意圖

(一) B主管

大多數的機械板金產業都需經過繁複工序如：雷射、NCT沖床、剪床、折床、焊接組立、研磨等.....，但3D列印科技並不需且3D列印技術使用[堆、疊累積]之製程既可輕易的製作出複雜的外形，也減少了對高技術組立成型技師的依賴，因而人力成本以及時間上也較傳統來的精簡，使用3D列印的意圖更加明確。

(二) D主管

第一要先溝通，我們使用的技術是高端技術，要先考慮到設計層面；第二、3D 列印通常以兩個方式進行，一是掃描，二是設計師建模。一的壞處是有些角度掃描會出現破面，二的好處是在角度超過六十度時會需要支柱，設計師會彌補需要的部分。

根據上述個案公司主管訪談結果，本研究歸納主要影響 3D 列印技術的使用意圖有以下兩項：

1. 3D 列印技術將複雜的外形利用[堆、疊累積]之製程既可輕易的製作出來。具有強烈使用意圖。
2. 人力成本及時間上也比傳統來的精簡，使用 3D 列印的意圖更加明確。具有強烈使用意圖。

表 4-1 受訪者的意見彙整

受訪者	訪談意見
A 主管	1. 3D 列印比較偏向機械業，3D列印可應用到的產業甚廣，以中小企業為主體的台灣機械板金製造產業，各界紛紛投注資金之下，英、美經濟大國傾全力推動3D列印技術，我國則有由工研院團隊負責的雷射光谷計畫，可以預期3D列印技術將對產業發展帶來無限的創新發展。

	<p>2. 普遍印象3D列印技術是萬能的，至於金屬與一些特殊材料需要高端的機器才能做出來。3D 列印普及化不過就這三四年的事情，對我們設計端來說，就像電腦一樣，大量使用三、四年就要更換升級，所以必須要特別注意這個部分的變數。</p> <p>3. 3D列印技術將複雜的外形利用[堆、疊累積]之製程既可輕易的製作出來，人力成本以及時間上也比傳統來的精簡。減少了機械鈹金業對高技術組立成型技師的依賴。</p>
B 主管	<p>1. 就臺灣機械板金市場整體而言，大批量訂單已是中國的天 下，台灣反而適合發展精緻而客製化、少量而多樣的市 場，而3D列印正符合此市場趨勢。對於整個市場來講就是 以自己能掌控的零件而言是佔優勢的。如導入3D列印技術 可以省多道工序節省人力，正是解決人員短缺的另一條出 路。</p> <p>2. 3D列印技術的誕生，讓中小企業先取得訂單再進行生產， 免存貨壓力，而其「堆、疊製造」的技術特性不會像傳統 製造的「切、割、折、形」產生大量廢料，更符合當今推 行的環保生產。</p> <p>3. 3D列印技術已經跳脫傳統製造業必需倚賴規模經濟之思 維，基本上公司規模不用太大，主要機器取得方便也便宜， 許多機械鈹金工廠，將引進機器幫客人生產。主要是人員 要具備有3D 列印的操作技術，及對網路資訊高度的素養。</p> <p>4. 大多數的機械板金產業都需經過繁複工序如：雷射、NCT 沖床、剪床、折床、焊接組立、研磨等.....，而3D列印技 術將複雜的外形利用[堆、疊累積]之製程既可輕易的製作出 來，減少對高技術組合成型技師的依賴，人力成本及時間 上較傳統來的精簡，使用3D列印的意圖更加明確。</p>
C 主管	<p>1. 大型工件的折曲還是有其必要性，薄且大型物件透個折曲 成型更增加強度，3D 列印技術固然有其優點，但對大型物</p>

	<p>件之列印以目前之技術尚屬不足且昂貴，小工件或可透過3D 列印來製作，也可降低對折床之依賴。3D 列印機台操作較為簡單，學習時間亦較快，較無技術轉移困難因素。至於材料方面應該是朔膠料列印機與金屬粉末列印機同時購進開發使用。</p>
D 主管	<ol style="list-style-type: none"> 1. 3D 列印技術降低工業設計門檻，未來客制化、個性化之商品將更為流行，客製化及可以立即修正的好處，可以帶來的優勢與機會。3D 列印的技術很多，持續使用這個技術比較著重在可以使用更多的支撐材質，可以發展更多元的素材。 2. 3D 列印的技術相較於傳統產業的製造工序簡略很多。鈹金機械機台如雷射機、NCT 沖孔機、折床機台操作困難，培訓期長，價格高昂，而 3D 列印機台操作簡單，價格成本亦較機械鈹金機台為低。 3. 第一要先溝通，我們使用的技術是高端技術，要先考慮到設計層面；第二、3D 列印通常以兩個方式進行，一是掃描，二是設計師建模。一的壞處是有些角度掃描會出現破面，二的好處是在角度超過六十度時會需要支柱，設計師會彌補需要的部分。
E 主管	<ol style="list-style-type: none"> 1. 3D 列印能以較低的費用，更快速、更有彈性地進行少量而多樣的產品製造。3D 列印已成為許多企業發展創新商品與營運模式之時程，不容忽視的關鍵科技。

資料來源：本研究整理

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究歸納傳統機械鈹金業技術與 3D 列印技術的差異，請見表 5-1 所示。根據個案分析結果，發現機械鈹金業接受 3D 列印導入之影響，所獲得結論，如以下說明：

一、目前機械鈹金業發展之風險

根據研究結果，發現有以下四項風險：

- (一) 人才取得不易。
- (二) 兩岸政治經濟因素及中國大陸廠商低價競爭的威脅。
- (三) 市場需求明顯降低，全球景氣低迷，加上我國GDP成長不如預期。
- (四) 機械鈹金設備昂貴，機械鈹金多為客製化產品，需大量資金投入。

二、3D 列印技術對現有機械鈹金業替代性或互補性

根據上述研究結果，本研究分為短期與長期兩方面結論如下：

(一) 短期

為部分技術替代與互補，3D 列印並非可立即取代大量生產的技術，應該是一種與既有技術互補的技術。3D 列印技術受制於製造精度、列印速度等因素，減法及加法兩種生產方式將並存、互補，並不是被取代的，而其價值絕對有互補作用。

(二) 長期

有可能替代現有技術，3D 列印在製作上無死角、干涉等問題。3D 列印技術可以取代以往要去工廠開模，更適合客製化，簡單開模與實驗，製程簡化列印既是成品。

三、機械鈹金業接受3D列印技術的可行性

本研究採用科技接受模式，研究結果如下：

(一) 影響3D列印的外部因素

1. 大批量訂單已是中國的天下，台灣反而適合發展精緻而客製化、少量而多樣的市場，而3D列印正符合此市場趨勢。
2. 3D列印的技術進步神速，可預期3D列印技術在未來的產業應用前景。
3. 3D列印技術之應用並非完美無瑕，3D列印目前除了部分金屬材料之強度尚可，其餘材料的強度皆須加強提升。

(二) 知道3D列印技術具有易用性

1. 3D列印使複雜的外形利用「堆，疊累積」的製程可輕易的製作出來。
2. 3D列印機器價格大幅下降，甚至革新各種產品的供應鏈模式。
3. 在精密金屬工業領域中，藉由3D列印製造零件所需的時間和成本遠比傳統生產製作方法還低。
4. 操作3D列印機，相對更簡單易學，應無技術轉換之困擾。

(三) 知道3D列印具有有用性

1. 3D 列印在製作上無死角、干涉等問題。
2. 3D 列印技術可以取代以往要開模，更適合客製化，簡單開模與實驗。
3. 3D 列印技術在未來，會對傳統製造業帶來轉型與顛覆性的革命契機。

(四) 使用3D列印技術具有正面態度與使用意圖

1. 3D列印技術降低工業設計門檻，未來客制化、個性化之商品將更為流行。
2. 台灣目前應該要專注於跟上3D列印的潮流，不應該只聚焦於3D列印是否能取代傳統製造技術，而快速發展3D列印達到降低成本、升級產業的效果。
3. 導入3D列印技術可以省略多道工序節省人力。

4. 3D列印機台操作較為簡單，學習時間亦較快，技術轉移也較無困難。

表 5-1 傳統機械鈹金業技術與 3D 列印技術差異彙總

機械鈹金業	3D 列印
大量製造，以量制價	小量生產，成本均一
規格化	客製化
產品設計受限於模具	比較自由發揮
企業選擇低廉勞力地區設廠	企業可在各個市場在地設廠
減法製造	加法製造
實體製造	數位製造
勞力密集	腦力密集
設計與成品可能有很大差異	成品即時生產，隨時回應市場需求

資料來源：本研究整理

第二節 建議

一、實務方面的建議

根據本研究結果整理出機械鈹金業面臨可能之風險與相對應之對策，歸納如表 5-2 所示，說明如下：

- (一) 技術人才逐漸老化凋零之風險，我國現在正面臨雙重之挑戰就業人口縮減及國際競爭，須盡速有效的調整產業結構。本研究提出相對應之對策為敦請中央政府協調教育部，充分檢討教育制度失衡現況，改變現今之人人必須具備大學學歷之錯誤觀念，恢復重視高職教育、建教合作之技能培養，增加高工之機械板金科系，以培養新一代人才，使社會上各階層人才達到適才適用，以利國家整體人才之充分利用。

- (二) 機械板金製程繁雜，人才技術養成時間太長，這反而可以透過 3D 列印技術製程簡化之優點，3D 列印之技術相較於傳統產業的製程簡略不少，大多數的機械板金產業都需經過雷射、NCT 沖床、剪床、折床、焊接組立、研磨等繁複工作，而 3D 列印科技並不需要如此，此外，3D 列印另一個優勢在於應用之層面橫跨多種領域、列印成品既可以馬上使用，而不僅是快速原型(Rapid Prototyping, RP)。而且 3D 列印技術使複雜的外形利用「堆、疊累積」之製程既可輕易的製作出來，減少了對高技術組合技師的依賴，因而人力成本以及時間上也比傳統製造法來的精簡。列印之材料更能選用石膏粉、合金粉末、陶瓷、塑膠粉末或液體、澱粉等。
- (三) 機械板金業需要大量資金備料，有最低生產數量的限制，須規模經濟的概念以量制價，且形成可觀的存貨成本，相對應之對策：3D 列印技術的誕生，可以讓中小企業先取得訂單再進行生產，免除了存貨壓力，而其「堆疊製造」的技術特性也不會像傳統製造的「切、割、折、形」產生大量廢料。更重要的是，在這個消費者當道的年代，未來市場主流將以客制化的商品為特點，而 3D 列印就能以較低的費用，更快速、更有彈性地進行少量而多樣的產品製造。基於諸多優勢，3D 列印已嚴然成為許多企業發展創新商品與營運模式之時程，不容忽視的關鍵科技。
- (四) 機械板金設備單價成本十分昂貴，一台動則數千萬元，且設備保養、維修費用太高，相對應之對策：3D 列印近年來的發展非常迅速，且不僅列印機器價格大幅度下降，精密製造、快速成形的可行性更變得愈來愈高。企業更可以透過 3D 列印大幅度降低創新成本及製造研發經費，且革新各種產品之供應鏈型態。
- (五) 投入新血變少，須改自動化，設備款式更新太快、增加鉅額成本，且成本回收變慢。相對應之對策：這是最大挑戰，近年來因少子化與教育大學化使新人投入各製造產業的人數，急速下降；已嚴重到產生技術斷層的地步，如今各行業只能逐漸提升製造技術，導入工業 3.0、工業 4.0 來簡

化製程，導入自動化設備，實行部分更改為自動化製程，以因應人才短缺的窘境。

- (六) 多為客製化產品，少量多樣不利於自動化製程之建置，相對應之對策：這又是一大難題，因大批量訂單幾乎都移往中國大陸或海外，在台灣的廠商幾乎都面臨相同難題，少量多樣的訂單、不符規模經濟的大批量生產模式，因此也不利於自動化生產線的建置，所以應該走向分工，產品模組化、標準化、單一化；部分零件透過 3D 列印技術製造。始能大量製造以利走向自動化，減少對人員的需求，例如汽車零件工業。
- (七) 機械業出口以大陸為主，受兩岸政治經濟關係影響甚大，相對應之對策：目前台灣與中國大陸的政治關係緊張，而中國大陸又是台灣最大的貿易夥伴國，此因素會影響到台灣機械市場發展之不穩定性。（台灣機械產品 2018 年 1~11 月出口主要市場，中國大陸排名第 1 位，出口值更高達 73 億 9,530 萬美元，佔所有出口值的 29.6%，相較上年同期成長約 4.9%。目前工具機出口更面臨較複雜的國際競爭，且又面臨日元大幅度貶值超過約 35% 左右，更將影響國際之買家對台灣的下單意願。（台灣機械同業公會，2018））。我們除了改善兩岸經貿關係以外，配合政府南向政策，爭取與東協各國簽署經濟貿易協，也就是朝向分散市場才能保有穩定的發展。

表 5-2 機械板金業的風險與對策表

	可能之風險	相對應之對策
可能之風險與建議的改善對策	技術人才逐漸老化凋零	請教育部，恢復重視高職教育、建教合作之技能培養，增加高工之機械板金科系。
	機械板金製程繁雜，人才技術養成時間太長	3D列印之技術相較於傳統產業的製程省略不少，3D列印技術使複雜的外形利用「堆、疊累積」的製程既可輕易的製作出來。
	機械板金業需大量資金，最低生產量、規模經濟、以量制價，及龐大的存貨成本	3D列印技術，讓企業先取得訂單再進行生產，「堆、疊製造」的技術不會像傳統製造的「切、割、折、形」產生大量廢料。以客制化的商品為特點，而 3D 列印以較低的費用，更快速、更有彈性地進行少量而多樣的產品製造。
	機械板金設備昂貴，動則數千萬元，保養、維修費用太高	3D 列印發展迅速，機器價格大幅度下降，精密製造及快速成形的可行性也愈來愈高。企業透過 3D 列印大幅度降低創新成本及製造研發費用，更革新產品之供應鏈型態。
	投入新血少，須改自動化，設備更新快、增加鉅額成本，成本回收變慢。	因少子化與教育大學化使新人投入各製造產業的人數，急速下降；提升製造技術，導入工業 3.0、工業 4.0 簡化製程，導入自動化設備，部分實行自動化製程，解結人才短缺的困境。
	客製化，少量多樣不利於自動化製程建置	大批量訂單移往中國大陸或海外，在台灣的廠商都面臨相同難題，少量多樣的訂單、不符規模經濟的大批量生產模式，應該朝分工、模組化、標準化、單一化；部分零件 3D 列印技術製造。減少對人員的需求；例如汽車零件工業。
	出口集中以大陸為主，受兩岸政治經濟影響大	中國大陸目前是台灣最大的貿易夥伴國，兩岸政治關係緊張，影響台灣機械市場發展之不穩定性。 須配合發展南向政策，爭取與東協各國簽署經濟貿易協定，朝向分散市場，以穩定機械板金業的發展。

資料來源：本研究整理

二、後續研究建議

- (一)、本研究系採質性分析的個案研究，只針對一家企業進行訪談，所以可能難以完整涵蓋整個機械鈑金產業接受 3D 列印技術導入之探討與分析結果。建議後續研究可以比較同產業不同公司進行研究，使所獲得的論點更完整。
- (二)、本研究屬於質化研究，在結論上可能只針對一個個案做出推論。建議後續的研究者可採用量化的研究方法，透過大量研究樣本，以探討出研究的因果關係，以及比較與本研究的質化分析結果是否吻合。
- (三)、有關 3D 列印技術替代或互補性，建議後續研究可透過專利分析來了解 3D 列印技術與現有技術的關係，以確立 3D 列印技術是屬技術替代或互補性。

參考文獻

一、中文部分

1. MBA 智庫百科(2018)
<https://wiki.mbalib.com/https://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E8%BE%B9%E9%99%85%E6%8A%80%E6%9C%AF%E6%9B%BF%E4%BB%A3%E7%8E%87>
2. 中國科技網(2013) , OF week · 工控網 · 人民日報。
<https://gongkong.ofweek.com/>。
3. 王忠慶(2017) ,我國機械設備製造業動向解析,今日合庫,第516期,頁20-54。
4. 台灣就業通(2017) ,智慧機械產業現況與趨勢。
5. 李正賢(2008) ,「應用 WiMAX 技術在企業創新服務之研究」,東海大學企業管理學系高階企業經營碩士在職專班碩士論文。
6. 李昇翰(2003) ,「產業能源技術替代評估之研究—以鋼鐵業為例」,國立成功大學資源工程研究所碩士論文。
7. 李國璋(2016) ,科技接受或轉換?科技轉換模式的初探與驗證,電子商務學報,18卷第2期,頁183-223。
8. 李榮林(1999) ,「國際貿易與直接投資的替代性與互補性」,南開大學國際經濟研究所,天津 300071。
9. 周君倚、陸洛(2014) ,以科技接受模式探討數位學習系統使用態度—以成長需求為調節變項,資訊管理學報,第二十一卷,第一期,83-106。
10. 林世強(2014) ,專利情報由專利來了解3D列印技術—PolyJet,光連雙月刊,2014年11月,頁53-57。
11. 林志郎(2013) ,微系統技術專題:以雷射直寫製造技術為基礎的3D微列印,科儀新知,第35卷第3期,頁5-13。
12. 林佩璇(2000) ,個案研究及其在教育研究上的應用,質的研究方法,頁239-262 ,麗文文化。
13. 林建翰(2014) ,透視3D列印狂潮的走向,光連雙月刊第109期,頁24-27。
14. 林鼎勝(2014) ,3D列印的發展現況,科學發展,503 期,頁32-37。

15. 邱憶惠(1999)，個案研究：質化取向，國立高雄師範大學教育系教育研究，第七期，頁113-127。
16. 施雅容(2013)，「機械鈹金產業應用豐田生產之實證研究」，國立勤益科技大學光機電產業研發碩士專班碩士論文。
17. 洪啟川(2012)，「板金業者經營策略分析與發展-以C公司為例」，崑山科技大學企業管理研究所碩士論文。
18. 洪新原，梁定澎與張嘉銘(2005)，科技接受模式之彙總研究，資訊管理學報，第12卷第4期，頁211-234。
19. 張允中(2007)，「金屬製品業年鑑」，金屬工業研究發展中心。
20. 張彥淳(2006)，「影響消費者採用行動付款因素之研究」，中央大學資訊管理學系碩士在職專班學位論文。
21. 張郁婕(2013)，「水平併購與研發技術互補性對產業結構之影響」，東海大學國際經營與貿易研究所碩士論文。
22. 莊滢芯(2018)，2018 機械產業年鑑。
23. 許傳勇(2017)，「以延伸科技接受模式探討消費者使用行動支付意圖」，東吳大學企業管理學系碩士論文。
24. 陳亮、張志強、尚瑋姣(2013)，基於閉頻繁項集挖掘的技術演化研究方法，圖書情報工作，第57卷第19期，頁107-111。
25. 陳亮、張志強與尚瑋姣(2013)，技術融合研究進展分析[J]情報雜誌，第32卷第10期，頁99~105。
26. 黃于珊(2010)，「以科技接受模式探討青少年之線上購買行為」，淡江大學管理科學研究所碩士班碩士論文。
27. 葉錦清、李昇翰(2014)，3D 列印(積層製造)技術與市場發展趨勢分析，材料世界網 materialsnet.com.tw。
28. 趙俊傑、黃軍英(2003)，應科技發展趨勢積極推動技術融合，中國科技論壇。
29. 歐勁麟(2012)，以科技接受模式探討智慧型手機購買之行為意圖-以iPhone手機為例，國立高雄應用科技大學企業管理系碩士在職專班碩士論文。
30. 蔡維庭(2018)，「應用科技接受模式於金融消費者使用行動支付之研究」，國

立臺南大學數位學習科技學系碩士在職專班碩士論文。

31. 羅裕睿、吳芳怡、林宛儒、林奕均、王紀雯(2016) , 3D 列印技術之困難與需求, 國立臺灣藝術大學圖文傳播藝術學報, 頁151 – 174。

二、英文部分

1. Bierly, P. and Chakrabarti, A. (1996), Generic knowledge strategies in the US pharmaceutical industry, Strategic management journal, Vol.17, No.S2, pp.123-135.
2. Cha, K.Y., Chung, H.M., Lim, J.M., Lo, J.J., Han. S.Y., Choi, H.D., Yoon, T.K. (2000), Freezing immature oocytes, Molecular and Cellular Endocrinology, Vol. 169, No.1-2, pp.43-47.
3. Davis, F.D. (1989), Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology, MIS Quarterly, Vol. 13, No. 3, pp. 319-340。
4. Dyer, J.H. and Singh, H. (1998), The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage, Academy of management review, Vol.23, No. 4, pp.660-679.
5. Dymysza, D.J. (1988), The Human Resource Challenge of International Joint Ventures.
6. Davis, F.D., Bagozzi, R. and Warshaw, P.R. (1989), User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models, Management Science, Vol.35, No.8, pp.982-1003.
7. Hill, R.C. and Hellriegel, D. (1994), Critical Contingencies in Joint Venture Management: Some Lessons from Managers, Organization Science, Vol. 5, No.4, pp.594-607.
8. Huang, D.W., Sherman, B.T., Zheng, X., Zheng, X., Yang, J., Imamichi, T., Stephens, R., Lempicki, R.A. (2009), Extracting biological meaning from large gene lists with DAVID, Curr Protoc Bioinformatics, Chapter 13.

9. Kaplan, S.E. and Kaplan, S.E. (1992), An examination of the association between organizational design factors and the use of accounting information for managerial performance evaluation, *Journal of Management Accounting Research*, Vol. 4. pp.116-130.
10. Khalil, T. (2000). *Management of Technology: The Key to Competitiveness and Wealth Creation*, McGraw Hill, New York.
11. Larsson, R. and Finkelstein, S. (1999), Integrating Strategic, Organizational, and Human Resource Perspectives on Mergers and Acquisitions: A Case Survey of Synergy Realization, *Organization Science*, Vol.10, pp.1-26.
12. Lorenzoni, G. and Lipparini, A. (1999), The leveraging of interfirm relationships as a distinctive organizational capability: a longitudinal study, *Strategic Management Journal*, Vol. 20, No. 4, pp. 317-338.
13. Mueller, P., Rudin, D.O., Tien, H.T. and Wescott, W.C. (1962), Reconstitution of cell membrane structure in vitro and its transformation into an excitable system, *Nature*, Vol.194, pp.979-980.
14. Pavlou, P.A. (2003), Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model, *International journal of electronic commerce*, Vol. 59, No.4, pp.69-103.
15. Salancik, G.R. and Pfeffer, J. (1978), A social information processing approach to job attitudes and task design, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 23, No. 2, pp. 224-25
16. Sarkar, M.B., Echambadi, Cavusgil, S.T. and Aulakh, P.S. (2001), The influence of complementarity, compatibility, and relationship capital on alliance performance, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 29, pp.358.
17. Rothwell, W.J. (2001), *Organization Development Fundamentals: Managing Strategic Change*.
18. Tanriverdi, H. and Venkatraman, N. (2005), Knowledge Relatedness and the Performance of Multibusiness Firms, *Strategic Management Journal*, Vol. 26, No.2, pp.97-119 .

19. Taylor, S. and Todd, P.A. (1995), Understanding information technology usage: A test of competing models, *Information systems research*, Vol. 6, No. 2, pp.144-176.
20. Villalonga, B. and McGahan, A.M. (2005), The choice among acquisitions, alliances, and divestitures, *Strategic management journal*, Vol. 26, No.13, pp.1183-1208.