

國立政治大學經濟學系

碩士學位論文

專利核心技術追趕之成功因素

-以太陽能電池專利為例

Success Factors in Technology Catch-up :

A Case of Solar Cell Technology



指導教授：李浩仲 博士

李文傑 博士

研究生：張育綸 撰

中華民國 一一零 年 七 月

摘要

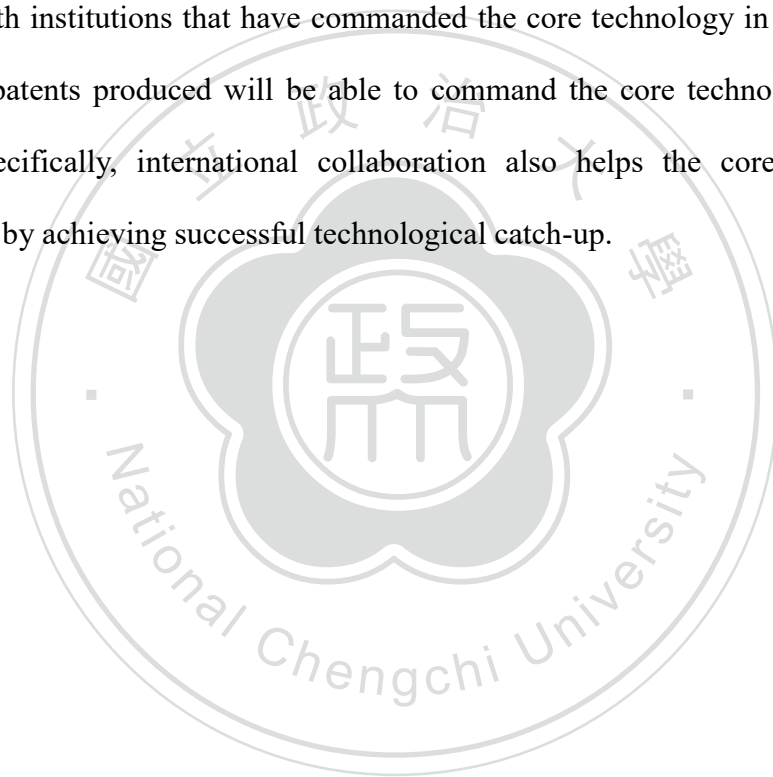
近年來因全球暖化，再生能源逐漸被各國重視，而再生能源中最富發展潛力的當屬太陽能，自 1980 年以來，世界各國紛紛投入大量資源進行研發、補貼等。其中，採取共同參與研發而產出合作專利被視為產業中技術追趕的重要手段之一。本研究利用 IncoPat 專利資料庫中的太陽能電池專利資料建構專利網路，且進一步找出核心專利的主要群集組成，試圖分析太陽能電池專利中核心技術的成功追趕因素，研究結果發現，若研發者選擇與過去就能掌握核心技術的機構進行合作研發，所產出的合作專利就越能掌握產業中的核心技術，且當研發廠商自身擁有一定的研發強度時，若採取跨國合作的策略進行研發，則越容易達成技術追趕。



關鍵字：技術追趕、專利網路、合作專利、太陽能電池

Abstract

In recent years, due to global warming, renewable energy has gradually been attached importance to various countries. Since 1980, countries around the world have invested a lot of resources in research and development of solar energy. This research investigates the technological catch-up strategy in the solar cell industry. The patents owned by solar cell firms are utilized to compute the main components formed in the patent citation networks of solar cell patents. We find that if the developer chooses to cooperate with institutions that have commanded the core technology in the past, the cooperative patents produced will be able to command the core technologies in the industry. Specifically, international collaboration also helps the core technology development by achieving successful technological catch-up.



Keywords: Technology catch-up 、 Patent networks 、 Cooperated patent 、 Solar cell

目錄

第一章 緒論.....	1
第一節 專利的重要性.....	1
第二節 專利研發.....	2
第三節 研究動機.....	4
第二章 文獻回顧.....	7
第一節 專利網路的建立.....	7
第二節 專利的創新與品質衡量.....	8
第三節 合作專利.....	10
第三章 研究方法.....	12
第一節 專利網路與中心性.....	12
第二節 尋找專利網路中的主要群集組成.....	17
第三節 研究假設與迴歸模型.....	19
第四章 資料.....	21
第一節 專利資料.....	21
第二節 資料敘述統計.....	22
第三節 廠商資料.....	31
第四節 資料處理流程.....	32
第五章 實證結果.....	33
第一節 專利的中心性.....	33
第二節 專利的主要群集組成.....	37
第三節 迴歸模型結果.....	41
第六章 結論與建議.....	46
參考文獻.....	47
附錄.....	50

表次

表 1-1 太陽能電池優劣勢比較.....	5
表 3-1 各個節點的 SPNP 權值.....	15
表 4-1 國家的專利擁有數量統計.....	24
表 4-2 申請人類別專利占比.....	26
表 4-3 廠商財務資料整理.....	31
表 5-1 專利的 AdjustPathC 基本統計量.....	34
表 5-2 合作專利的 AdjustPathC 基本統計量.....	35
表 5-3 分年份專利的及主要 Component 統計量.....	38
表 5-4 主要 Component 上的專數量依國家劃分統計.....	39
表 5-5 廠商迴歸結果.....	43
表 5-6 學校與機構迴歸結果.....	44

圖次

圖 3-1 利用 SPNP 法計算引用關係的權重	14
圖 3-2 利用引用關係權重找尋主要群集組成.....	18
圖 4-1 太陽能專利國家年分趨勢圖.....	23
圖 4-2 太陽能專利占比國家年分趨勢圖.....	25
圖 4-3 太陽能專利前十大機構專利數圖.....	27
圖 4-4 太陽能專利合作占比.....	28
圖 4-5 太陽能合作專利數趨勢圖.....	29
圖 4-6 與美國合作專利數趨勢圖.....	30
圖 4-7 資料整理流程圖.....	32
圖 5-1 合作與非合作專利加權 SPNP 指數.....	33
圖 5-2 合作與非合作專利調整路徑中心指數.....	36
圖 5-3 核心創新者依國家分圖.....	40

第一章 緒論

第一節 專利的重要性

專利是各國專利局核發給專利申請人或企業的一種無形資產，擁有某項專利代表其在專利保護的有效期間內，享有壟斷技術的權利，經濟學家梭羅也曾提到，若企業要迅速成長，或享有高獲利，就得利用技術落差來實現，而技術落差的保護就得使用專利權，此種先進優勢經由專利的保護後，讓後進者技術上難以超過，而後進者可以選擇以合作的策略進行技術追趕。擁有專利的數量經常被當作是企業在該產業中是否有競爭力的依據，也可以依據專利申請的數量來衡量一個產業發展與創新研發的趨勢。另外專利的申請數量也常被視為長期經濟發展的驅動引擎，因為專利代表著整體的創新能力，若將視野拉高至國家層面來看，一個國家擁有一定數量的高質量專利則可以代表國家的整體研發水準與競爭力。

擁有專利對於個人、企業以及國家是重要的，申請人利用專利來鞏固自己的研發的心血不被侵犯，享有其壟斷權；對於企業來講，企業可望用專利保護其核心技術，提升企業競爭力，或是藉由專利的技術轉移，收取權利金進而增加利潤，提升企業市場價值等等，所以專利的申請就好似技術障礙的形成，因此合作是繞過技術障礙的重要途徑。

縱使申請專利對於保護核心技術很重要，但是專利維持需要一定費用。¹因此企業該更重視專利品質與其所帶來的價值，而不是不斷追求專利數量，造成了許多無用的專利，根本不需要受到保護。另外當企業申請專利時，公司的研

¹ 以美國專利及商標局（The United States Patent and Trademark Office ; USPTO）來說，從申請、審查、公告、領證、維護等樣樣皆須收取 1000-4000 美元不等的專利費用。

發能力、專利的生命週期、產業的競爭程度、甚至市場的需求程度都是申請專利應該納入考量的點。所以擁有品質好的專利對於企業來說是重要的，在一個競爭激烈的產業中，專利是最好的保護傘，以在享有知識與核心技術的壟斷權下進行研發與商業活動。舉例而言，美商記憶體大廠美光 (Micron) 於 2017 年向台灣的晶圓代廠商聯華電子提出侵權訴訟，主要控告聯華電子協助中國的晉華集成電路公司，竊取美光公司 DRAM 的 32 奈米製程，後來判決聯華電子須賠償美光六千多萬美元，由此足見企業擁有專利的重要性。

專利除了是企業的保護傘，同時也可以是跟同業競爭對手搶占市場的利刃，是對企業資產價值的提升及張顯，企業透過專利的申請，讓消費者可以分產品差異，提高產品市佔率，提升企業價值等等，如此才能在競爭激烈的產業提高企業生存能力。

第二節 專利研發

我們在分析專利時，常常會以「產」、「官」、「學」等不同的角度來切入分析，這三群集分不開彼此，且關係密切，彼此互相依賴著；「產」指的是產業中的廠商與企業，正如上一節我們所分析，廠商期望透過好品質的專利，來增加利潤，試圖提高自己在市場上的競爭程度，產業能否良好的發展需奠定於厚實科基礎科技研發上，還有對於研發投入的資金、以及對於研發人才的培育、儲備等等，都是會影響研發能力的因素。「學」為學校或其他相同性質的科學研發機構，學校裡常常擁有最新穎的知識來源，這些知識可能也是產業創新的引擎，透過學校與產業的廠商之間的知識流動，來進行研發創新，也就是我們常講的「產學聯盟」；最後「官」指的是政府的研究單位，例如中央研究院等等，政府透過政策的制定、經費的供給以及對於研發的補貼還有研發之後的專利的保護等等，政府在扮演

「官」的腳色時，應該制定更多國家研發能力的政策與更加完善系統，提供產業堅實的後盾，並提供研發人員優良的研發環境，讓研發人員全心專注在創新，如此一來對於人才的累積、基礎研發能力的提升、整體產業的發展都是有正向的影響。

以台灣而言，從科技部研產業化平台可以得知，過去幾年政府就有許多輔導企業與學校推動產學合作、產學聯盟的措施。²並以大學為核心推動更多前瞻領域的研究，透過拉近廠商與學校之間的距離，讓知識流動更快，搭建起產學研究的合作平台，為產業提供人才與科學研發的動能，也能讓技術轉移變的更加可行，進而增加彼此合作的意願，讓學術界與產業界結合；學校機構將專業的知識具象化、而廠商將專利商品化；以達到知識外溢的效果，而不再只是兩個單獨的群集進行自己的研發，從而得到更好的研究結果。

在另一方面，廠商的專利行為包含專利訴訟、專利授權以及合作專利聯盟，其中專利聯盟指的是廠商之間的合作，目的為獲得更多研發資源、建立產業核心研發能力以得到更好的創新思維，並透過彼此的技術交流，從而得到更好的研發品質。綜觀言之，若站在執政者的立場來看，若能夠適時的提供企業與企業不管是國內、國外更多的合作機會與相關的研究補貼，並針對產業與研究機構提供實質性幫助，帶動整體研發環境進步，是國家經濟發展中所樂見的。

² 科技部成立研產業化平台的主旨為：「以大學為核心，聚焦前瞻領域搭建產學研合作平台與國際市場連結為產業提供人才與科研服務。」把學術、前瞻知識、專業技術帶入產業界，提升體的研發能量。

第三節 研究動機

近年來再生能源逐漸被能源市場所重視，各國政府以及許多企業對於綠能發電更加重視，以台灣政府的「五加二產業創新計畫」的政策來說，廣設再生能源，增加綠能發電就是產業創新計畫的一環。³經濟部也持續推動「(107-109 年)地面型太陽光電推動方案」。端看再生能源，目前最具競爭力，也最有發展潛力的就是太陽能發電，以台灣為例，政府規劃在 2025 年再生能源發電量占總發電量 20% 的願景中陸續推出「太陽光電 2 年推動計畫」、「綠能屋頂全民參與推動計畫」、「智慧電網總體規劃方案」、「新節電運動方案」等眾多政策方針，太陽能發電都參與其中。若以的發電量來看，在 2025 年以前再生能源發電總量要達 27GW（百萬瓩）以上，而其中太陽光電就占 20GW。⁴足見太陽能發電在再生能源中的重要性。再者太陽能發展產業發展較其他再生能源早，技術較其他再生能源成熟，在台灣也具備較完整的產業鏈與堅實的科學研發基礎，因此在眾多再生能源中，太陽能是比較適合台灣投入發展的。

但是太陽能發電也有其限制所在，例如陰天時供電不穩定、避不開先天的條件限制，還有晚上不能發電等等，以及功率轉換的問題，都是現階段發展過程中需克服的問題。以目前發展的重點來看，現階段仍以矽晶圓之太陽能電池為市場主流，占了整體產業的 80% 以上，技術也比較成熟，該技術開工面積大，近幾年產能也跟著提升，造成矽晶圓之電池的價格大幅度降低，尤其 2005 年後中國大陸靠著政府大額補貼，得以量大價低的競爭優勢，造成市場的失衡，依照工研院張佳文分析師的分析，現階段矽晶電池價格已從 2015 年平均每瓦發電成本 1.9

³ 政府以非核家園及綠能為能源政策主軸，積極推動台灣的能源轉型，並帶動綠能產業迅速發展，且訂出「強化能源安全」、「創新綠色經濟」與「促進環境永續」為能源政策的發展願景。

⁴ 經濟部能源局，《太陽光電計畫推動辦理情形》。

元美元，降至 0.7 美元，如此補貼也造成市場自 2010 年以來太陽能電池整體市場表現呈現供過於求，且矽晶圓電池不斷在技術部分研發精進，使得矽晶圓之太陽能電池技術的轉換效率表現仍較佳維持較高效能，自然也阻礙了各類型新技術之突破，因此市場上第二代薄膜型太陽能電池與第三代有機化合物型太陽能電池等新世代的技術發展趨緩。⁵

表 1-1 太陽能電池優劣勢比較

種類	優勢	劣勢	發展方向
矽晶圓太陽能電池	轉換效率較佳，且電池壽命長。	容易受到矽成本變動導致整體產業鏈價格飛漲。	仍為市場主流產品，增加開工面積。
薄膜型電太陽能電池	薄膜太陽能電池節省材料，價格較低廉。	轉換效率仍然相當低、進入市場較晚。	目前轉換效率為 6~8%，以提升轉換效率為目標。
有機化合物型太陽能電池	製造快速方便，不須大量投入。	商用產品轉換效率，則仍未有明顯之提升。	提升產品穩定性差和與增強轉換效率。

資料來源：產業價值鏈資訊平台與本研究整理

綜觀以上分析，可以發現現階段太陽能雖然無法替代其他主流的非再生能源產業，發電量也與非再生能源相距甚遠，而且尚有許多待解決的問題，甚至會面臨晚上不能發電的窘境，但在眾多替代能源產業中，太陽能發電仍是最具有發展潛力的重點產業之一，而開發太陽能電池的技術又是一項需要投入大量研發的產業，為此世界各國政府與企業近年紛紛投入，產業開始蓬勃發展，若從專利數量

⁵ 張佳文、林福銘，《單接合太陽能電池現況與堆疊型太陽能電池未來挑戰》。

來看，每年申請的太陽能專利從西元 2000 年的不到兩千筆，成長到西元 2010 年前後的超過一萬兩千筆，達到高峰，這前後十年左右的時間，太陽能相關的專利如雨後春筍般大量出現，從剛開始的美、日廠商領先到西元 2000 年後的百家爭鳴，再到 2005 年後中國在太陽能方面的崛起，在足以扭曲市場機制的巨額補貼與龐大的專利申請數字背後，我們更關心的是這些太陽能電池相關專利的品質，以及產出專利後的後續應用至商業價值，由上段分析，我們得知在太陽能電池在新一代技術上可能遇到了研發瓶頸，所以既有的廠商如何能更佳的配適手中的資源，制定創新的研發策略，以達成技術追趕，是本研究欲探討的。

眾所周知，自太陽能產業發展以來，美國與日本的廠商一直市產業中的領先者，而法國、德國與丹麥等歐洲各國與亞洲的韓國、台灣、中國等後起國，正努力追趕產業中的領先國，因此本研究想要探討在當前世界各國積極推動綠能發電的背景下，所產出的太陽能電池專利能否達成技術追趕的課題，技術追趕代表的是能否掌握現今主流技術，讓產出的專利能夠廣泛地被應用，提升產品商業化的可能，為此，本研究計算出太陽能電池專利的調整中心路徑指數，希望藉由此變數，提供更深入觀察太陽能電池專利重要性的依據，本研究更進一步建構出核心技术的主要群集組成，用以衡量專利是否更好地掌握產業中的主流技術。

本研究架構共分成六個章節，除本章介紹太陽能產業發展之外，第二章為文獻回顧，討論專利網路的建構原理與應用和產業合作研發等相關文獻；第三章為研究方法，先介紹建構專利網路的建構方法與專利網路中心性的衡量與核心專利所形成的群集最後是迴歸模型的設定；第四章描述資料蒐集與處理流程，其中，本文中專利資料的主要來源是 IncoPat 專利資料庫與 Compustat 資料庫，最後，第五章為專利在專利網路中的中心性衡量結果與核心專利的主要群集組成以及迴歸模型的實證結果與分析；最後在第六章提出本研究的結論與未來建議。

第二章 文獻回顧

本研究主要將研究重點放在專利的技術追趕，因此本文將回顧文獻中關於技術追趕者面對的挑戰以及可能採用的手段，其中包含：藉由政府的大量補貼，減少研發失敗的成本，提高創新的更多可能、透過採取合作為手段從中學習，提升自身研發能力達成追趕，而本研究聚焦於藉由合作從中學習來提升研發實力，以下文獻回顧將分成一、介紹專利網路如何形成及其應用，二、介紹專利的創新與其品質與中心性的衡量方法，三、介紹採取合作策略的優勢以及跨國合作對於提升技術追趕的可能。

第一節 專利網路的建立

Verspagen (2007) 在架構燃料電池的專利網路時，將專利想成一個個節點，並且透過專利之間的引用關係連線，並把專利之間的連線想成知識的傳遞，用一句話來形容就是：「每個創新專利都基於先前的知識，並且這些創新通常會擴展現有的知識。」很好的說明了架構專利網路的意義。建構專利網路的另一項好處是可以透過尋找較高的權重而找出多條的主要路徑 (Main Path)，透過主要路徑可以得知該產業的工程技術軌跡，Triulzi (2015) 就是透過找尋半導體產業的主要路徑，架構出技術軌跡，來討論半導體產業的技術追趕問題。另外 Verspagen (2007) 提到專利的引用較不受時間的限制，因此新的專利在任何時間點的進入網路都可能影響在網路中與舊專利的關係，利用專利的訊息來建構技術軌跡的優點是專利的引用關係明確，引用關係也不受限於時間，並且專利能提供一些新的技術訊息，因此利用專利建構網路時，可以用該專利的被引用次數來衡量該專利的品質與創新的程度，這樣做的好處是，不但可以篩選掉一些較無創新內涵的專利，也能夠篩掉較無商業價值的專利，Trajtenberg (1990) 就曾提到對於專利申請的重要

性而言，只有少數的專利能代表技術變革的過程及其經濟價值，因此找出技術含量高且被引用次數多的關鍵專利是重要的，另外 McGregor et al. (2019) 也透過相同的方法，將 CPC 分類碼 Y02 下的專利視為綠色專利，利用綠能專利進行專利網路分析，透過架構專利引用網路來找出綠能專利的技術變革的主要路徑，結果發現綠色專利相比於非綠色專利，更集中於主要路徑上，也就是相比於非綠能專利，綠能專利更會引用綠能專利，即綠能專利不會無中生有，若一國想要研發綠能專利，可以採取重點補貼綠能專利的政策，且綠能專利所找出的主要路徑數比原先預期的少，代表的是綠能專利的核心技術較其他非綠能專利的核心技術集中。

在架構專利網路完後，研究者可以透過專利之間的引用關係來計算出權重；Alstott et al. (2017) 提到專利網路是一個複雜的系統，其中的專利技術相互關聯，專利網絡的結構可以顯示核心的技術和專利申請人的特性，從專利網路中找出權重最大的路徑，就是整個專利網路中主流的技術，稱之為主要路徑。如此一來大致上可以知道該產業的核心技術所在，不過 Triulzi (2015) 有提到在計算專利之間的引用關係權重時，位於越靠近專利網路中間的專利常常會造成權重膨脹的問題，為了規避此問題，Triulzi (2015) 將專利網路中的所有專利，利用當年度所有公告的專利術進行加權平均，稱為調整中心路徑指數，如此一來就解決了專利網路中權重膨脹的問題，建構了一個可以衡量所有專利的中心性指標。

第二節 專利的創新與品質衡量

Aghion and Howitt (1990) 以專利競賽模型假設了熊彼得式的破壞創新，提出以破壞式創新而進行研發的模型，並發現有四種途徑會造成創新研發無效率，分別是“商業偷竊”、“跨期溢出”、“專有性”與“壟斷扭曲”。若研發被其他廠商佔用，在沒有補償先前的研發者下，以當前的基礎進行研究，稱為跨期外

溢效果。每個研發單位的創新都可以影響整個經濟體創新過程具隨機性，且每個創新時期的長度也是隨機的，並以兩個連續時期研究量之間的關係建模，而下一階段的預期研究量，通過兩種效應負面地影響當前階段的研究量，他們分別是：本期從研發中所得的預期收益為獲得下一期的壟斷租金的現值，而技術的壟斷時間為直到新的研發出現，所以壟斷租金的預期現值取決於下一個創新的研發成功機率。若預期下一個時期會進行更多研究而增加研發成功機率，就會阻礙這本期的研究量，第二種是單純探討工資與勞工均衡關係，無論是研發或生產的勞工薪資，若預期下期有更多的研發行為，勢必會增加勞工需求與提高工資，如此將造成下期的壟斷租金減少，壟斷租金減少會阻礙本期的研發。另外 Cohen et al. (2016) 則是提到某些企業會使用非營業實體(Nonpracticing entities, NPEs) 亦即不產生任何產品的企業為了加強智慧財產權而大量購買專利，等到有其他企業侵權時，積極發動專利訴訟以獲取賠償，如此一來變相拖垮了整個經濟體的創新，Cohen et al.(2016) 透過分析美國 2005 - 2015 年中所發生有關使用非營業實體進行控告專利侵權的案件中，結果顯示那些被控告侵權的企業與被控告之前相比，投資於研發的金額平均減少超過四分之一。

在衡量專利的品質時，常常會用專利之間的被引用次數，來衡量其創新品質，Schankerman and Pakes (1986) 就提出使用專利被引用次數來估算法國、英國與德國的專利權價值，並且隔幾年更新數據，對其專利進行品質調整，而 Schankerman and Lanjouw (2004) 則強調公司創新的技術與公司的市場價值會影響研發的專利品質，並且透過權利要求的數量、該專利的前引用、該專利的後引用以及該專利的家族數等四個獨立的指標來去衡量其專利品質，並且證明了使用這四種指標可以大大的減少專利質量的測量差異；若從研發部門層級來看，部門的研發能力與創新技術會正面影響產出的專利品質，特別是醫療保健與機械相關領域，然而市場價值對於專利影響的層面對製藥和其他健康領域的公司影響較大。

第三節 合作專利

專利的合作意味著彼此之間的知識交流，透過知識外溢效果來達成提升專利品質的效果，隨著許多研發廠商越來越國際化，跨國的研究量也日與俱增，許多行業甚至將國際化視為公司的重要戰略，Shaver and Penner-Hahn (2005) 指出廠商提倡國際化的研發有部分原因是為了獲得新的技能和新技术，以提升自己的研發能力，為了驗證這點，Shaver and Penner-Hahn (2005) 對日本的 65 間製藥公司進行迴歸分析，時間橫跨了 1980 至 1991 年，樣本中包含銷售額前 30 大的公司與樣本時間中 35 間新進的公司。並發現若現存公司有比較完善的基礎技術與基礎研發，則在進行跨國的研發合作後，更容易在未來擁有品質較高的藥品專利輸出，Shaver and Penner-Hahn (2005) 闡明國際之間的研發必須具備什麼條件下才能促進研發創新，也指出參與合作研發的企業之間若在研究能力有較高的互補性，其合作研發能產生更大的專利創新成果。

Szücs (2018) 則是將研究重點放在研發單位在收到政府貼補研發經費的情況下，是否能透過知識外溢效果來提升合作專利的品質與成功促進研發創新，並且加入了合作對象為企業或學校加以討論，並且使用大學排名來當作衡量的指標，學校機構與企業透過類似產學合作的方式研發。其結果顯示在收到來自政府貼補後的研發單位在專利的總產出數、專利的被引用總次數、專利被引用平均次數與專利的新穎性都有顯著的增加，而在考量與學校合作的專利結果顯示為學校的排名與產出的專利品質呈正相關且顯著，排名越高的大學所帶來的提升效果越明顯，所產出的合作專利品質也越好。

Georghiou (1998) 提出了透過合作創新的兩大好處，他們分別為透過合作，研發者可以直接獲得更快速、質量更高的研究品質，來增加自己的研發實力。且透過合作，研發者可以獲得間接效益，例如可以提高聲譽來獲得研究資金，並且透過研究資金來增加研發利益與成效，也是技術追趕的方式之一，文中也提到了公司在跨國合作時，可能面臨不同地區的文化、種族風情不同所帶來的合作困難等等，造成無法明確清楚透過跨國合作所帶來的好處，因為全球化，廠商可以利用共低廉的原物料與人力，造成某些廠商不得被擠出競爭市場，如此就減少產品多樣化的可能，因此並不一定跨國合作就都是優點，也需考量其他面向。

本研究將藉由 Triulzi (2015)的方法建構出太陽能電池專利網路，並且透過專利網路進一步建構出主要專利的群集組成，藉由群集組成來找出太陽能產業的主流技術與核心創新者，並且定義技術追趕為專利是否出現在主要群集組成上，如果專利出現在當期的主要群集組成，代表廠商能夠更好的掌握產業中的核心技術，讓產出的專利能夠好的被其他廠商或研究機構應用，提升專利被收購、被轉讓的可能。因此本研究就定義技術追趕為廠商增加產出專利出現在主要群集組成上機率，並且加入 Shaver and Penner-Hahn (2005)的觀點探討是否自身的擁有基本的技術會影響跨國合作後的專利產出表現，並提供欲進行跨國合作研發的廠商提供研發策略。

傳統的技術追趕通常會以廠商、研究機構等為單位來去進行劃分，然而本研究與以往不同的是，本研究透過專利之間的引用關係來進行分析，進一步架構出主要群集組成，透過以專利為劃分，能夠更加清晰來去窺探太陽能電池專利技術的專利，技術追趕可以分為自行研發、專利收購與合作研發，本研究專注於以合作專利做為出發點，來去探討技術追趕所面對的課題，並試圖提供研發創新者創新時的參考依據。

第三章 研究方法

本研究藉由專利的引用關係建構出專利網路，並且利用前引用、後引用次數來計算出專利的網路中心性，藉以衡量該專利在網路中的重要性，並且藉由專利網路中的主要群集組成來區分出產業核心技術與核心的創新者，並結合研發者自身財務資料，期望能找出能影響研發者成功達成技術追趕的關鍵因子或研發策略。

第一節 專利網路與中心性

每一項專利在申請的時候，都需要填寫詳盡的引用關係，而各國專利庫的審查員在審查時，也會將其詳盡的登錄在專利的資料庫中，因此我們可以得知每一個專利的引用和被引用關係，並將其稱為專利的引用關係，因此本研究透過專利的引用關係，進一步建構專利引用網路，這些路徑可以代表知識的流動，也代表著知識的傳遞軌跡，找出單一專利在整體專利網路中的重要性，藉以衡量其專利的品質。

一、 建立專利網路

本研究根據 Batagelj (2003)、Verspagen (2007) 與 De Nooy 等人 (2005) 的方法來建構專利引用網路，首先，將所有現存的專利想成一個個節點 (Vertices)，並將所有節點的集合令為 U ，且將這些節點分成，起始點、終止點、中繼點與孤立點。起始點指的是若現存一專利，沒有引用其他專利，表示其創新的思維完全是由自己構想的，則稱為起始點；反之若一專利有引用其他專利，但是卻未被其他專利引用，表示目前專利市場上還沒有其他專利引用它，則稱為終止點；若一專利有引用其他專利，也被其他專利引用，則成為中繼點；最後，如果一專利沒

有引用其他專利也沒有被其他專利引用，稱為孤立點。

根據 Batagelj (2003) 的設定，將引用的關係定義為弧 (Arcs)。且專利申請有先後順序，專利的申請者不可能引用其申請完才完成的發明，所以專利的引用關係只會是單向的，我們將透過此引用關係 R 來建構專利引用關係的權重。

二、 衡量專利網路引用權重

為計算專利引用權重，本研究參考 Batagelj (2003) 和 De Nooy (2005) 等人中的搜尋路徑點對算法 (Search Path Node Pair, SPNP)，算出兩專利之間引用關係的權重。SPNP 的算法是計算每一個節點連接到其他任何節點的所有路徑上的次數。

以圖 3-1 說明 SPNP 法如何計算引文權重。圖 3-1 是一個簡單的網絡，共有 11 個節點 (Vertices) 以及 12 對弧 (Arcs) 和引文關係。在此網絡中，有 2 個起始點，例如圖 3-1 中的節點 A、節點 E；另外有 7 個中繼點分別為圖 3-1 中的節點 B、節點 C、節點 F、節點 H、節點 K、節點 L、節點 I；另外有 3 個終止點，為圖 3-1 中的節點 D、節點 G、節點 J。

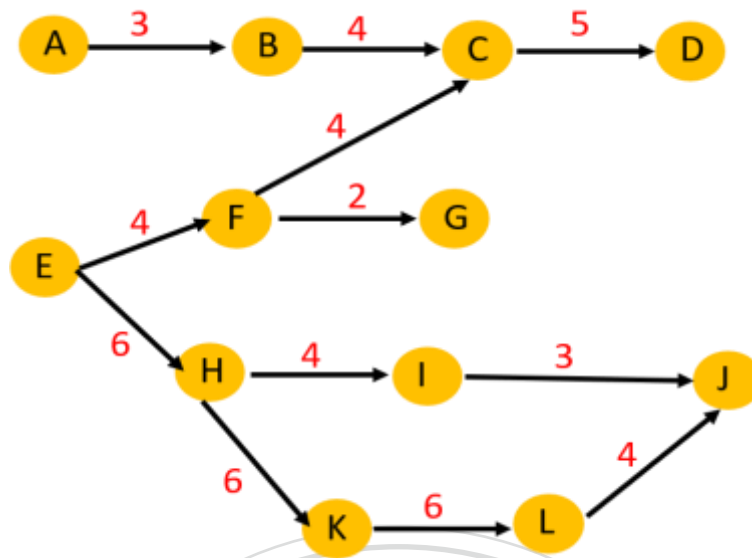


圖 3-1 利用 SPNP 法計算引用關係的權重

圖片來源：本研究自行繪製

接著透過上述的 SPNP 法來計算出每一個專利引用關係的權重，以節點 E 與節點 H 為例，如圖 3-1 所示，總共會有 6 種路徑經過節點 E 與節點 H 的專利引用關係，他們分別為 E-H 自己、E-H-K-L-J、E-H-K-L、E-H-K、E-H-I-J 及 E-H-I 等共 6 種路徑，故節點 E 與節點 H 的專利引用關係權重就為 6，另外也可以算出節點 B 與節點 C 的引用關係權重；通過中繼點 B 與節點 C 的所有可能路徑為 4 條，他們分別為 B-C 自己、B-C-D、A-B-C 與 A-B-C-D 共 4 條路徑，因此節點 B 與節點 C 的專利引用關係權重就為 4，按此要領就可以算出所有的專利引用關係權重，其結果如圖 3-1 所示。

三、 衡量專利網路中心路徑

至此我們也可以根據 Batagelj (2003) 的 SPNP 算法延伸至各節點，來計算出每一個節點的權重，以上圖 3-1 為例，經過節點 E 的路徑有 E、E-F-C-D、E-F-C、E-F、E-F-G、E-H-I-J、E-H-I、E-H、E-H-K-L-J、E-H-K-L 及 E-H-K 共 11 種，故 E 的權重就為 11。下表 3-1 為圖 3-1 所有節點的 SPNP 值。

表 3-1 各個節點的 SPNP 權值

節點	SPNP 權值
A	4
B	6
C	6
D	4
E	11
F	8
G	3
H	11
I	6
J	8
K	8
L	8

資料來源：本研究整理

從上表我們就立即得知，節點越靠近專利網路中間的節點 F、節點 K、節點 L 以及節點 H 將越傾向於獲得更高的 SPNP 權值，因為位於網路中間的專利，不但會引用前面的專利，後面也會有許多專利引用它，這樣會造成算出的 SPNP 值略微膨脹，並且經過時間的發展，專利的網路規模不斷擴大，再者隨著時間的經過，將會有越來越多專利會通過此路徑，這種情況會造成 SPNP 值更加膨脹，而讓研究者誤以為是此專利極為重要，為了避免 SPNP 值隨著整體網路時間進展而造成膨脹所帶來的誤差，Triulzi (2015) 就提出了經過除以加權處理過後的 SPNP 值。即將原始的 SPNP 值，除以當年公告專利的平均 SPNP 值，並將其稱為路徑中心指數(Path Centrality Index, PathC)

$$\text{Path}C_i = \frac{SPNP_i}{\frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} SPNP_i} \quad (1)$$

上式 $\text{Path}C_i$ 為專利 i 的路徑中心指數， $SPNP_i$ 為專利 i 的原始 SPNP 值， N_t 則為當年度所有公告核准的專利總數，Triulzi (2015) 根據此方法，在概念上消除時間所帶來的膨脹影響，而得到一個校正過後的指標。

上一段提到為了避免 SPNP 值隨著整體網路時間進展而造成膨脹，將原始的 SPNP 值除以當年度公告專利的平均 SPNP 值，但是不同的產業類別亦可能帶來 SPNP 值膨脹的速度不同，因此亦須考慮不同產業類別的子項目的膨脹速度不同所帶來的影響，因此本研究以國際專利分類號 IPC 來去細分不同產業類別的子項目所造成的差異。⁶將上一段所提出的路徑中心指數再除以不同 IPC 分

⁶ IPC 國際專利分類是根據西元 1971 年所簽訂的《國際專利分類斯特拉斯堡協定》而編製的，也是目前國際通用的專利文獻分類和檢索工具，IPC 共分為五個層級，分別為：部(Section)、大類(Class)、次類(Subclass)、主目(Main Group)、次目(Group)。

類的簡單算術平均數，並將其稱作調整路徑中心指數(AdjustPath Centrality Index, AdjustPathC)

$$\text{AdjustPath}C_i = \frac{SPNP_i}{\frac{1}{n_t} \sum_{k=1}^{n_{ik}} \left(\frac{1}{N_{tk}} \sum_{j=1}^{N_{tk}} SPNP_{jk} \right)} \quad (2)$$

上式中的 n_{ik} 為專利 i 所屬的分類號， n_t 是專利 i 所屬的分類號的加權平均數，透過此方式，不僅能避免因為時間所帶來的時間膨脹效果，也能更進一步避免不同產業類別子項目所帶來膨脹速度不同的問題，使得調整路徑中心指數可以在不同的專利之間衡量不同專利在網路中的中心性。⁷

第二節 尋找專利網路中的主要群集組成

在尋找主要組成群集 (Main Component) 時，首先要先從專利引用關係的權重開始篩選，選出在專利網路中較重要的引用路徑，以圖 3-2 為例，圖中共有 A 點與 E 點兩個起始點專利，若從 A 點出發，只能通往 B 點，B 點再接下去 C 點，依此類推找到 A-B-C-D 這樣一組的專利引用關係；若從起始點 E 出發，有 F 點與 H 點兩種路徑可以選擇，此時應選擇引用關係中權重較大者的 H，到 H 點專利後，依此步驟尋找權重要大的專利引用關係走，直至走到終止點的專利 J 為止，就可以找到 E-H-K-L-J 這樣一組重要的引用關係。

⁷ 專利的中心性是計算該專利的前引用次數與後引用次數的相乘，藉以判斷該專利在整個專利網路中的影響程度，專利的被引用次數用來衡量專利的影響程度，而透過調整中心路徑指數，概念上可以消除時間效果與分類號效果。

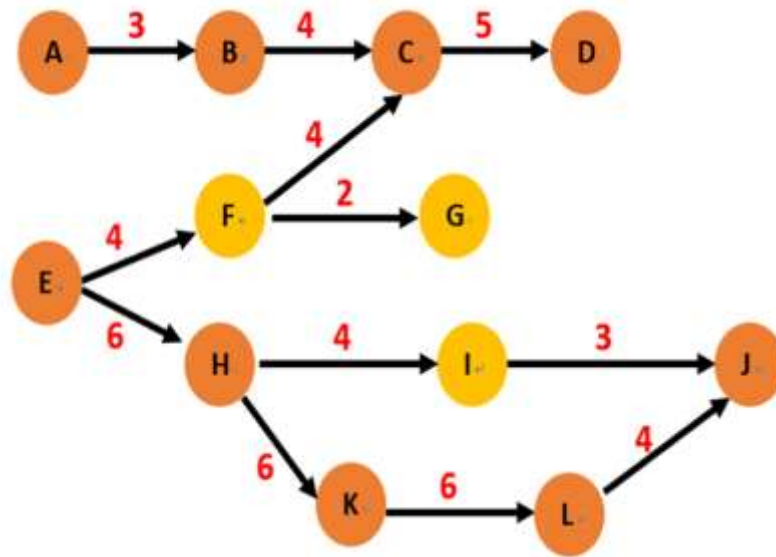


圖 3-2 利用引用關係權重找尋主要群集組成

圖片來源：本研究自行繪製

由圖 3-2 可以得知，每一個有被其他專利引用的節點都會走到終止點，而這些走的路徑可以代表專利之間知識的傳遞。⁸將所有從起始點到終止點的專利引用關係取出，並將其稱為群集組成 (Component)，Component 中的專利是相互關聯的，通過專利引用關係的路徑來關聯，所以研究者可以透過觀察 Component 的變化來觀察產業的脈動，每一組 Component 可能有一至多個專利，例如今有個孤立點專利，尚未被其他專利引用，而依據定義，該孤立點專利仍為一個 Component，只是該 Component 中只有自己一個專利。以圖 3-2 為例，E-H-K-L-J 的這樣一組專利引用關係，就是一個 Component，同理 A-B-C-D 也為一 Component，假設今天有 N 個專利，則可能形成小於或等於 N 個 Component。並且將所有 Component 中擁有最多專利數量的 Component 稱作主要群集組成 (Main Component)，以圖 3-2 為例 E-H-K-L-J 這樣一組 Component 擁有 5 個專利，而 A-B-C-D 這組 Component 中只有四個專利，因此 E-H-K-L-J 為專利網路中的主要 Component。

⁸ Triulzi (2015) 認為專利之間的引用關係可以被解釋為含有技術知識的傳遞，且技術知識的傳遞可以引領產業中技術的變革。

第三節 研究假設與迴歸模型

本研究以架構專利網路進而找出網路中的主要群集組成，並將出現在主要群集組成上的專利是為掌握了產業之中的主流核心技術，將其稱作核心專利，若研發者能掌握更多核心專利，則為本研究所定義的技術追趕。太陽能產業之中的追趕者(如台灣、中國、韓國等廠商)應如何制定追趕策略而增加掌握核心技術的機率，已達成技術追趕是本研究關心的，因此有以下假設：

研究假設 1：若研發者選擇與過去就能掌握核心技術的企業或機構合作，則產出的合作專利越能掌握產業中的核心技術，藉以達成技術追趕。

另外 Shaver and Penner-Hahn (2005) 指出廠商可以藉由跨國際的研發，來獲得新的技能和新技术，以提升自己的研發能力，因此本研究進一步假設：

研究假設 2：若研究假設 1 成立，此時研發者選擇與國外的廠商或機構進行合作，則會增加研究假設 1 的力度，而增加掌握產業中核心技術的機率。

因此在迴歸式中，再另外加入專利 i 是否為國際合作專利的虛擬變數 $International_{kt}$ ，期望藉由此虛擬變數來探討研發者選擇跨國合作時的研發表現。

為深入探討各國的技術追趕者們應如何制定研發策略來追趕太陽能電池產業中的領先者們，本研究將建立以下 Logit 迴歸模型：

*Component*_{ijkt}

$$\begin{aligned} &= \beta_0 + \beta_1 * Cooperation_{ikt} + \beta_2 \\ &* Coor_Precomponent_{ikt} + \beta_3 * \ln(PatentStock_{jt-1}) \\ &+ \beta_4 * Leverage_{jt} + \beta_5 * \ln(employees_{jt}) \\ &+ \beta_6 * \ln(Cash_{jt}) + \beta_7 * RD\ Instensity_{jt} \\ &+ \mu_t + \varphi_j + \varepsilon_i \quad (3) \end{aligned}$$

*Component*_{ijkt} 為廠商 *j* 的專利 *i* 是否出現在 *t* 期的主要群集組成上，是的話為 1 反之為 0，*Cooperation*_{ikt} 為專利 *i* 是否為合作專利，所謂的合作專利指的是專利 *i* 若有兩位申請人，則可以稱為合作專利，採取合作策略時，若與具備一定研發能力的機構合作，有可能會提升自己的研發能力，*Pre_Component*_{ikt} 是指與過去就能掌握產業主流技術的核心創新者 *k* 進行合作，若專利 *i* 為合作專利且合作對象 *k* 是過去的核心創新者，則 *Pre_Component*_{ikt} 為 1 反之為 0，預期為 β_2 正。

*PatentStock*_{jt-1} 指的是廠商 *j* 的太陽能電池專利資本存量，申請專利也需一定費用，若廠商 *j* 有較多的太陽能電池資本存量越多說明該廠商可能對於太陽能產業有著較深的資本投入，或者過去就從事相關的研發。

*Leverage*_{jt} 代表專利 *i* 的申請人廠商 *j* 的財務槓桿比率，*RD Instensity*_{jt} 為廠商 *j* 的研發密集度， $\ln(employees_{jt})$ 為廠商 *j* 的員工人數取對數， $\ln(Cash_{jt})$ 為廠商 *j* 手上所持有的現金，用以衡量廠商的資金使用狀況與研發投資傾向， μ_t 控制專利申請年的特性，而 φ_j 為專利申請國的特性。

第四章 資料

第一節 專利資料

本研究所取得的專利資料來源為由北京合享智慧科技有限公司所提供的專利資料庫 IncoPat，其資料庫中收錄了全球各國的專利局所公告的專利資料，截至 2020 年底，該專利資料庫共收納了超過一億四千萬筆專利，且數據可靠、會定時更新，每條專利訊息都經過嚴格的對比測試，因此不存在隨便登錄的專利訊息，並且本研究參考由財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心所編制的由樊晉源、林品華等研究員於 2015 年出品的「太陽能電池產業技術與標準初探」中所整理出太陽能電池相關的 CPC 分類代碼，由 H01L315 (太陽能電池的電極技術)與 Y02E102 (染料敏化太陽能電池技術)的兩個領域最多也最集中，另外設定申請日為 1980 年至 2018 年，主要原因為 1970 年代發生了石油危機，讓世界各國察覺到替代能源的重要性，各國政府與研發單位也開始積極的投入尋找替代能源的工作；由於太陽光是取之不盡，用之不竭的天然能源，所以成為當時替代能中發展最具競爭力，也是當時最有發展潛力的，1970 年代後期，人們對於太陽能的轉換效率有了更好的掌握後，太陽能產業才開始以第一代的矽晶圓電池蓬勃發展。⁹而一個創新的技術從發明出來到可商品化，是需要經過漫長的時間積累，且專利從申請、審查、複查、登錄資料，通常都會有二至三年的延遲，因此本研究的樣本取樣時間就從西元 1980 年開始至 2018 年底；並且從中選出由美國專利及商標局 (United States Patent and Trademark Office, USPTO) 所核發的太陽能專利，共計 132755 筆專利，並且從中刪除申請人為空白與申請人國別的欄位共 25 個，最終樣本採納共計 132730 筆專利。

⁹ 樊晉源、林品華、張書豪、洪文琪、陳曉郁等人在《太陽能電池產業技術與標準初探》中提到，矽晶圓之太陽能電池發展有發電範圍廣，且轉換效率高，模組使用年限長的優勢。

第二節 資料敘述統計

本研究所使用美國專利局所核發的太陽能專利資料共計 132730 筆，若以國家層級來看，申請人來自 132 個不同國家，圖 4-1 呈現了從 1980 年至 2018 年底為止，太陽能專利申請且經過美國專利局所核准的專利數量前十大國家，從圖中我們可以得知從 1980 年開始，太陽能專利的核准數量，以美國最先開始成長，美國作為擁有世界最頂尖的研發科學能力，與尖端的研發人員知識水準，且擁有第一代矽晶圓之太陽能電池的完整產業鏈，因此發展較其他國家早，太陽能專利的核准量也較其他國家多，在產業具有研發的領導優勢。¹⁰另一個發展較早的專利大國是日本；日本自第二次世界大戰戰敗以來，一方面接受來自美國的技術與金源，一方面國家政策大力提升自身基礎研發能力，再者日本也是半導體晶圓的技術領先國，對於發展第一代矽晶圓的太陽能電池具有先天優勢，同時日本也是目前擁有最多染料敏化的太陽能電池技術的專利，對於整體再生能源發展為亞洲國家中最早。¹¹另外看台灣，台灣的廠商在太陽能產業之發展也具有很大的優勢，雖然發展較晚，但是技術發展成熟，太陽能產業是台灣再生能源產業中最受矚目的，主要因為產業鏈完整，台灣作為科技島，擁有完整的半導體產業鏈，對於的發展矽晶圓太陽能電池佔有優勢且非常適合。¹²再者台灣地狹人稠，夏季的尖峰用電相當可觀，雖現階段發電主要仍以火力為主，但近年來環保意識抬頭，加

¹⁰ 工業技術研究院，方端言在《美國再生能源發展現況及展望—風力及太陽能發電將為主流》中提到，美國在太陽能發電方面掌握領先技術，造成成本下降及轉換效率提升，極具產業競爭力，且美國聯邦政府提供太陽能投資稅收抵減至 2024 年，所以預估未來太陽能發電的成本會持續下降。美國在 2018 年至 2021 年間，風力和太陽能發電裝置量將增加 72 GW。

¹¹ 樊晉源、林品華、張書豪、洪文琪、陳曉郁等人在《太陽能電池產業技術與標準初探》中提到，日本的電子元件生產公司 Fujikura，致力於不同技術之電子元件生產，公司在 2012 年開發出高效低光的染料敏化太陽能電池，其轉換效率可到達 18%。此技術 Fujikura 已申請專利。

¹² 王啟秀、孔祥科、左玉婷《全球能源產業趨勢研究—以台灣太陽能光電產業為例》中提到，台灣太陽能產業發展初期時，上游的矽原料製造廠，多由半導體矽晶圓廠商所投入，而台灣在半導體領域擁有豐富的製造管理經驗，因此很容易就可以轉進太陽能電池矽晶片的生產。

上各國政府政策指向永續經營、提高綠能發電量，因此可以發現至 2005 年以後，台灣所申請且核准的太陽能專利逐年成長。



圖 4-1 太陽能專利國家年分趨勢圖

資料來源：IncoPat 及本研究整理

各國的太陽能專利申請量，從 2005 年至 2013 年前後可說是成長的黃金時期，一來是因為各國政府祭出大量補貼政策，一來也是因為轉換技術趨於可以掌握，從圖 4-1 可以發現至 2013 年以後大多數國家的專利申請數開始減少，創新研發數減緩，轉而開始降低現有的太陽能矽晶圓電池技術的成本為策略，推測市場趨勢而造成世界大多數國家除了中國與韓國外，所申請的太陽能專利數逐年減少。

另外可以從表 4-1 得到不同國家的總專利數的基本統計量，表 4-1 列出了前八大國家不分年份，向美國專利局申請並且核准核發的太陽能專利，可以發現擁有最多專利的是美國，擁有超過五萬六千筆的太陽能專利，亞洲國家則是以日本最多，日本的太陽能板製造商在國際市場名列前茅，其中包含耳熟能詳的松下

(Panasonic)、夏普 (SHARP) 與京瓷 (Kyocera)，美國與日本是太陽能產業的領先國家，若將太陽能的產業鏈拆成上中下游來看，大致上可以分成上游的矽晶圓、矽晶片等材料，中游的太陽能電池、太陽能電池模組與下游太陽能發電設備、太陽能板等發電系統；而台灣的部分雖然起步得較歐美日晚，可是台灣擁有較為完整的太陽能電池產業鏈，且近年來政府也積極推動綠能發電，台灣擁有超過五千筆太陽能電池專利，在所有國家中排名第五。¹³排名第六的是近年來急起直追的中國，中國在政府在《中共中央關於制定國民經濟和社會發展第十二個五年規劃的建議》在對新能源產業的描述中明確：“加快太陽能熱利用技術推廣應用，開拓多元化的太陽能光伏光熱發電市場。”並且透過政府補貼來提升太陽能發電的力度與研發的專利數。¹⁴至於第七與第八分別為丹麥與法國，兩者在擁有專利的表示是差不多的，皆擁有 3000 筆以上，專利數量排名第九與第十的分別為英國與加拿大，分別擁有 2333 個與 1646 個，但礙於篇幅未將這兩國在表 4-1 中列出。

表 4-1 國家的專利擁有數量統計

國家	美國	日本	德國	韓國	台灣	中國	丹麥	法國
專利數	56714	24218	10422	10360	5478	4226	3139	3138

資料來源：IncoPat 及本研究整理

¹³ 台灣 2016 年通過「5+2」創新產業之一的「綠能科技產業創新方案」，以國內綠色需求為基礎，引進國內外大型投資，帶動綠能科技及產業躍升，另外「前瞻基礎建設計畫」也規劃能源轉型，轉往至再生能源，並期望台灣打造為綠能產業發展的重要據點，且在 5 至 10 年內在全球的綠能產業中占有一席之地。

¹⁴ 中國廠商以其低成本的勞動力與中國政府提供豐沛的融資補貼與租稅抵減等優勢，占全球太陽能市場近七成的比重，且得利於其自身龐大的市場規模，中國的內需市場也是全球最大的太陽能市場。

從圖 4-2 可以看出從 1980 年至 2018 年底的太陽能專利擁有量的國家占比，從起初美國幾近獨占，部分原因是因為太早期 USPTO 中較無跨國申請的資料，推測早期研發者較傾向在研發者本身國家的專利局申請，會到另一國家的專利局申請，主因為想要搶占該國市場，所以需要該國專利權的保護。¹⁵而從圖 4-2 發現日本在 1980 年代前葉就開始迅速成長，是當時市場中專利占比成長最多的國家，另外德國在西元 2000 年以前也有每年近百分之八左右的市場占比，這個趨勢直到 2000 年以後其他各國開始崛起，讓本來處於產業領先地位的美國與日本的佔有率開始下滑，就日本而言，從 2000 年開始的專利占比就開始下滑，而美國則是到 2010 年後才開始明顯下滑，2010 年後取而代之的是韓國、台灣、中國等亞洲國家的專利占比開始逐年成長，市場呈現多國競爭的趨勢，不再有一國擁有市場的核心領導力。

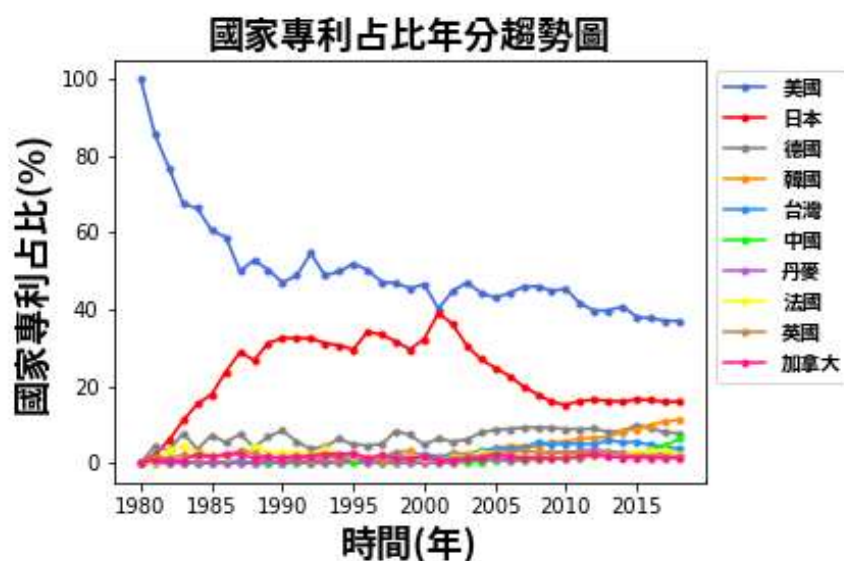


圖 4-2 太陽能專利占比國家年分趨勢圖

資料來源：IncoPat 及本研究整理

¹⁵ 專利權之申請與保護皆為「屬地主義」，即在 A 國所申請的專利，僅於 A 國範圍內受到保護，因此如果 B 企業欲積極拓展海外事業，則必須先至他國申請專利，才能受到他國在專利權的完整保護。

表 4-2 列出不同類別申請人所申請的專利，本研究將其分為四種，分別為廠商、學校、研究機構、個人及其他，本研究在進行申請人分類時，若遇到複數申請人跨單位層級時，例如：廠商與個人或廠商與機構。則優先將其視為以廠商為申請人¹⁶，而歸類到廠商層級，另外若申請人為無法辨別者，將其歸納至其他項，另外在計算合作專利時，本研究將申請人個數倒數為權重計算，如此得到加權過後的合作專利占比。¹⁷

表 4-2 申請人類別專利占比

專利局	專利類別	廠商	學校	研究機構	個人與其他
USPTO	非合作	58.14%	3.60%	3.53%	22.30%
	合作	2.76%	0.29%	0.17%	9.23%

資料來源：IncoPat 及本研究整理

從表 4-2 可以發現，以廠商為申請單位的專利數量最多，占比也最高，加總合作與非合作約占所有專利超過 60%，另外學校與研究機構的占比分別為 3.89% 與 3.7%，相比於廠商與研究機構，學校的合作比例是比較高的，另外個人及其他的占比約為 31.53%，可以發現學校、個人及其他這兩分類的申請人合作申請的比例較高。

¹⁶ 本研究將跨單位合作專利中若有廠商，則優先視為以廠商為申請單位，原因為本研究認為太陽能電池產業有進入門檻，廠商與個人中的個人有可能為廠商的研發人員，然而真實情況無從得知，為了規避此狀況，申請人中若有廠商，則會將廠商視為申請人。

¹⁷ 例如有一合作專利，有 2 位申請人與 1 學校，則個人的權重就為 3 分之 2，而學校的權重為 3 分之 1，如此得到加權過後的權重在後再計算合作專利的申請人類型占比。

若將太陽能專利以申請人拆開來看，結果如圖 4-3 所呈現，擁有最多專利數的廠商機構是奇異；奇異公司是美國的跨國綜合企業，經營產業包括電子工業、能源、運輸等等，在本研究中擁有 3230 個太陽能電池專利，另外丹麥的維斯塔斯是全球再生能源的大廠，主要從事風力發電的銷售、安裝、設計、製造等等也擁有多項太陽能電池專利，至於排名第四與第五的都是三星集團下的子公司，由於目前市場上還是以矽晶圓的太陽能電池為主流，所以不難想像電子大廠如三星 (SAMSUNG)、樂金 (LG) 等會有較高的專利量，另外專利數最多的前十大機構的排名中也有日本廠商索尼 (SONY) 與佳能 (Canon) 的位置。前 50 大專利機構多為日本與美國還有韓國的廠商，前十大機構所擁有的專利數約占所有專利的 8.23 %。

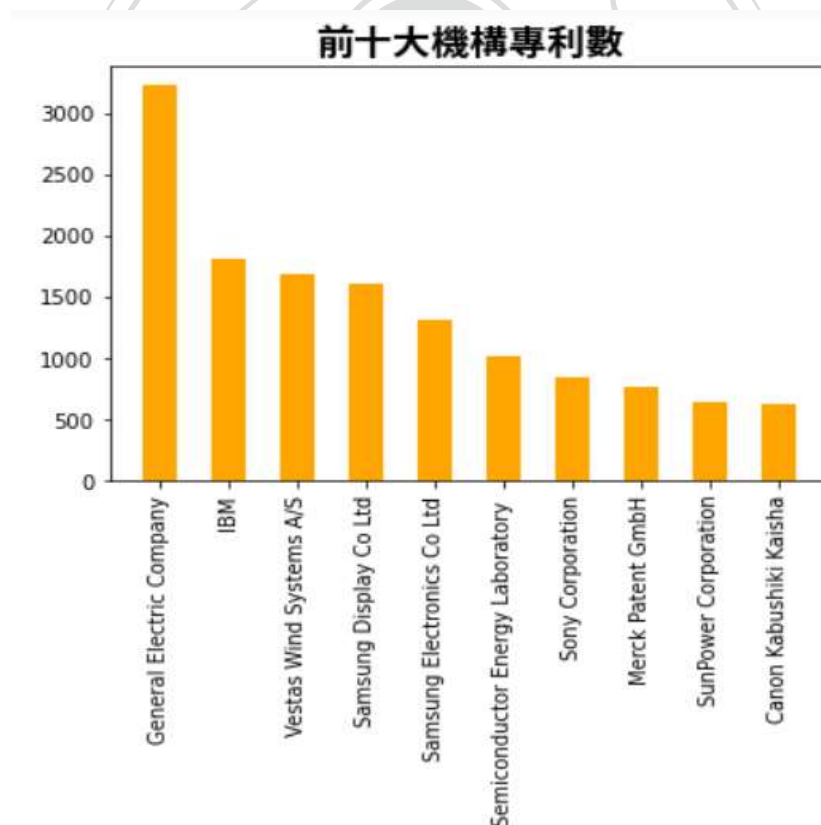


圖 4-3 太陽能專利前十大機構專利數圖

資料來源：IncoPat 及本研究自行繪製

本研究所使用美國專利局的太陽能專利資料共計 132730 筆，從專利申請人的欄位可以發現，一個專利可以同時擁有複數個專利申請人，依據此現象，另外 IncoPat 資料庫在審核專利時，對於每一個欄位都經過嚴格的對比測試，因此不存在共同申請人在毫無貢獻的情況下就被列為共同申請人的情況，因此本研究以複數申請人定義其專利為合作專利。¹⁸用此定義分析，專利資料中共有 16831 筆合作專利，合作專利占比約為 12.7%，若廠商之間共同進行研發，參與研發的廠商們之間能否產出更好合作專利品質以達成技術追趕的目的，是我們所關心的，若廠商之間自行研發的成果較共同研發的成果較佳，則廠商之間是否就沒有共同研發的誘因？因此我們將在之後進行更詳細的合作專利分析。

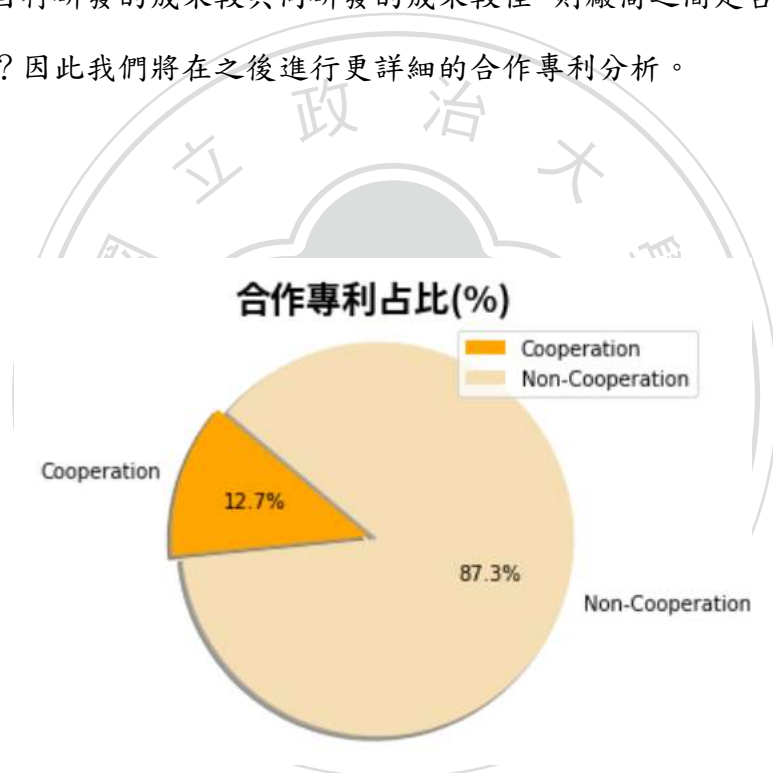


圖 4-4 太陽能專利合作占比

資料來源：本研究自行繪製

¹⁸ 本研究的樣本中共有 16831 筆專利擁有複數申請人，其中 2 位申請人的有 9726 筆，是合作專利中筆數最多的，另外申請人最多數的專利共有 24 位申請人。

若看各國合作專利的趨勢圖，如圖 4-5 所示，大部分的趨勢是 1980 至 2000 年左右，合作專利的數量較少，僅有美國、日本與韓國有合作專利的申請，以美國而言，至 1995 年才開始有較多的合作專利的出現，合作專利數在 2011 年達到高峰，共有 763 筆合作專利，而隔年下降為 628 筆。而日本則是在 2000 年以後合作專利數有較為高的成長，從 2002 年開始至 2018 年，每年都有超過 100 筆的合作專利申請成功，台灣則是從 2000 以後才比較多合作專利的申請，且在 2012 與 2013 兩年皆有超過 100 件以上的合作專利，至於其他國家則是從 2005 年開始才有比較多的合作專利出現，整體的趨勢是合作專利從 2005 年到 2013 年為申請的高峰，過了 2013 年後除了中國與法國的合作專利數量仍增加外，大部分的國家都開始衰退，我們也可以從跨國合作專利的申請數量來衡量各個國家每年的合作傾向。

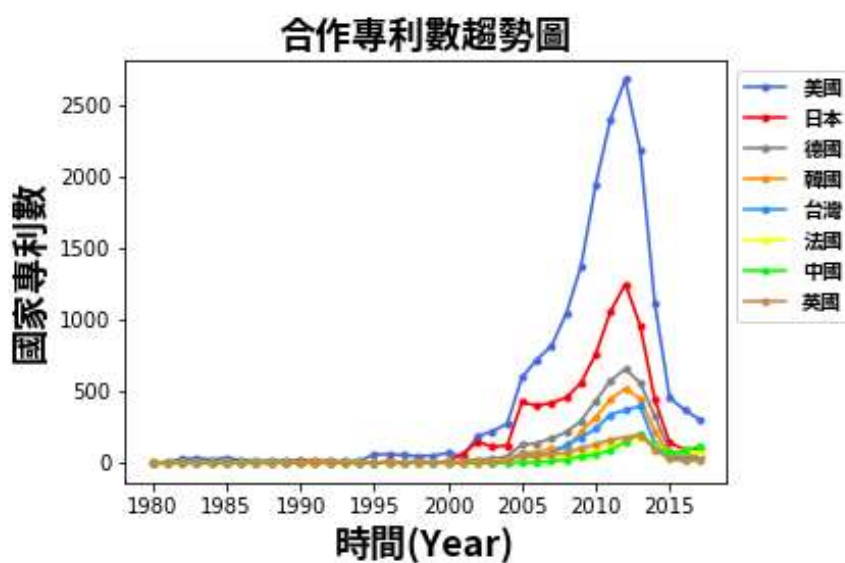


圖 4-5 太陽能合作專利數趨勢圖

資料來源：IncoPat 及本研究自行繪製

若追趕者想採取合作的方式追趕，則與技術領先的國家合作是最適當的選擇，圖 4-6 為各國與美國合作的專利趨勢圖，為防止畫面過於混雜，本研究只畫出合作專利中與美國合作的前六名，由於我們可以從圖 4-5 得知從申請的趨勢來看美國與日本是太陽能專利的產業領先者，跟其他國家相比也早有合作專利，從圖 4-5 發現美國從 1995 年就開始有合作專利出現，而日本則是到 2000 年才開始有合作專利的申請，一個有趣的問題是，國家之間是否能夠過合作來吸取新知，因此我們將各國的合作專利拆開來看，看他們與產業領先者美國合作的傾向，從圖 4-6 可以得知從 2005 年後日本跟美國的合作專利數量是有成長的，至 2015 年合作專利達到最高，另一個與美國有較高的合作關係國是德國，從上圖中可以發現從 2008 年以後，德國與美國兩國的合作專利有明顯的提升，到 2013 年達到最高，也是當年度所有國家中最高的。

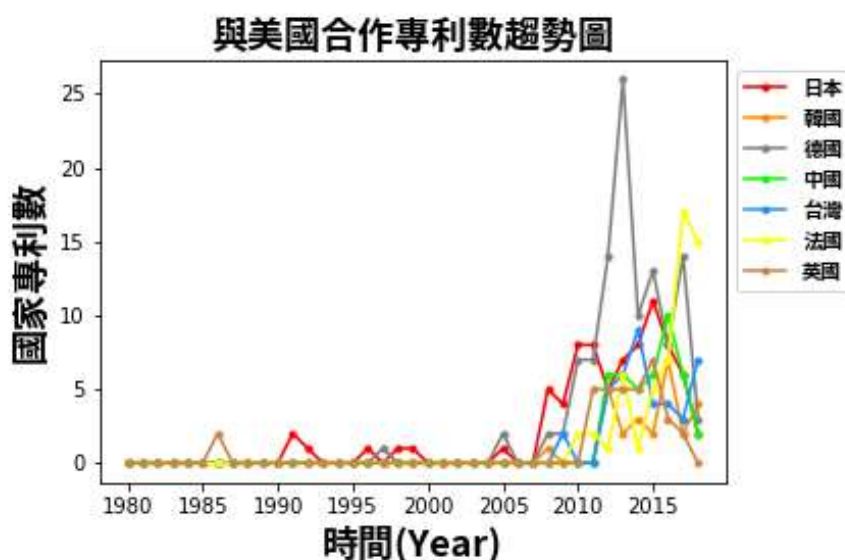


圖 4-6 與美國合作專利數趨勢圖

資料來源：IncoPat 及本研究自行繪製

第三節 廠商資料

本研究所使用的廠商資料是來自 Compustat 財務資料庫，Compustat 是一個全面的財務資料庫，收錄超過 130 多個國家的公司的營運及財務狀況資料，本研究的財務資料年份橫跨西元 1980-2018 年，共計 246 間廠商，透過控制廠商的財務資料與廠商的規模大小，本研究可以更好的衡量能影響廠商的研發能力的關鍵，以表 4-3 說明本研究所用的公司財務資料，以及各項財務比率的計算方式。

表 4-3 廠商財務資料整理

項次 / 說明	COMPUSTAT	備註
總資產	Total Assets	
稅後淨利 / 損	Net Income (Loss)	
研發支出	R&D Expense	
普通股股東權益	Common Equity	
持有現金	Cash	
員工人數	Employees	衡量廠商規模
財務槓桿比率	Leverage Ratio	$\frac{\text{流動負債} + \text{非流動負債}}{\text{股東權益總額}}$
研發強度	RD Intensity	$\frac{\text{研發支出}}{\text{總資產}}$

資料來源：Compustat 及本研究整理

第四節 資料處理流程

本研究的處理資料流如圖 4-7 所示：

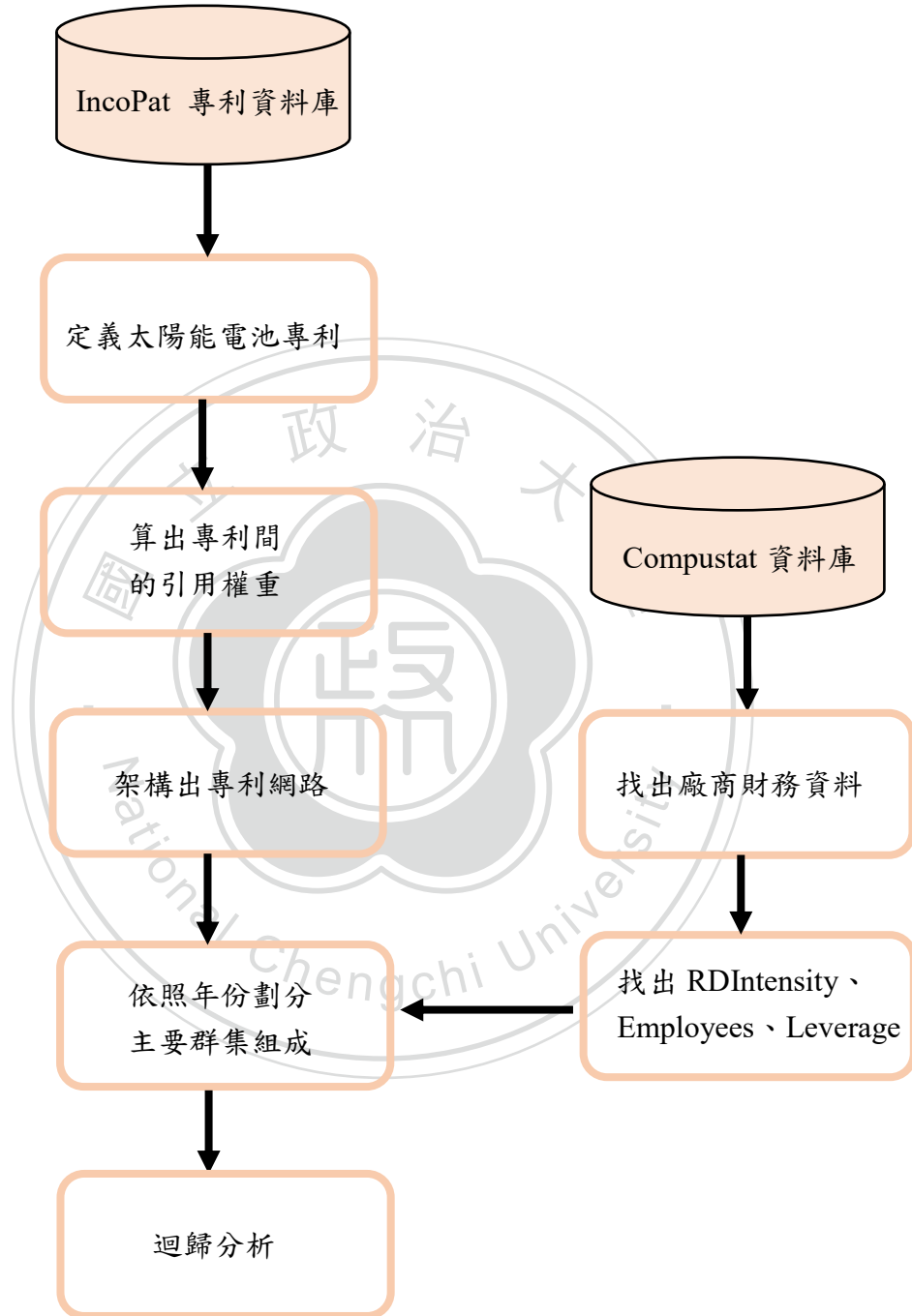


圖 4-7 資料整理流程圖

圖片來源：本研究整理

第五章 實證結果

第一節 專利的中心性

本章節首先算出專利申請日為西元 1980 年至 2018 年的路徑中心指數 (PathC)，如圖 5-1 所示在大部分的時間裡合作專利的表現是不如非合作專利的，但是在特定的少數年份中，合作專利的路徑中心指數是超過非合作專利的路徑中心指數的，其原因為某些特定年度的合作專利數較少，若當年度的某合作專利的路徑中心指數較高，則可能造成當年度平均路徑中心指數也偏高，另外路徑中心指數也未考慮到不同的技術項目，可能會造成利用不同技術的專利的 SPNP 值，隨著時間經過，膨脹速度不同的問題，衡量專利品質需要有一個不同技術類別也能共同比較的指標，因此我們將接續提出更適切衡量專利品質的指標。

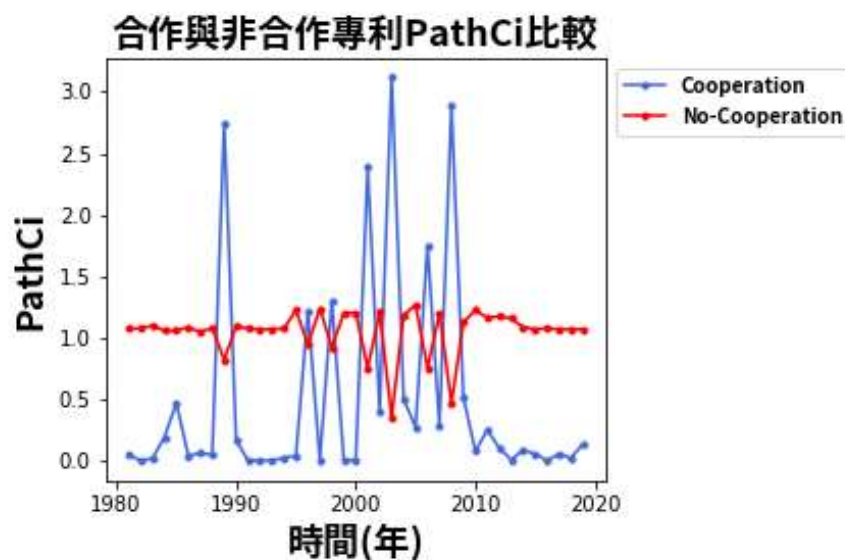


圖 5-1 合作與非合作專利加權 SPNP 指數

資料來源：本研究自行繪製

由上述的路徑中心指數可以得知，再計算專利的網路中心性時，若只考慮時間所造成的影響，而忽略不同技術所帶來的影響，可能會得較不精確的結果，因此本研究透過第三章所提出的方法，算出專利申請日為西元 1980 年至 2018 年的調整路徑中心指數，由於在計算調整路徑中心指數時需要用到每一個專利的 IPC 分類號，而每一個專利可能對應著多個 IPC 的分類號，因此本研究以分類號數量的倒數做為加權平均，而在計算調整路徑中心指數時樣本中有 34 個專利遺失了 IPC 分類碼。¹⁹遺失率約為 0.025%，其遺失率相當小，對於研究結果所造成的影響不大，因此在計算調整路徑中心指數時將其從樣本中移除，得到的專利調整路徑中心指數(AdjustPathC)，結果如下：

表 5-1 專利的 AdjustPathC 基本統計量

最小值	下四分位數	平均數	上四分位數	最大值	變異數	專利數
0	0	0.428	0.065	654.731	16.390	132696

資料來源：本研究整理

調整中心路徑指數的概念是將每個專利的 SPNP 值，除以當年度所公告的所有專利的 SPNP 值的加總，再除以各項技術子分類的權值，如此處理會造成調整路徑中心指數的分母相當大，因此可以發現我們所計算出的調整路徑中心指數大部分的值都相當小，甚至趨近於零；整體平均數為 0.428，而最大值約為 655，分布相當廣。根據三章研究方法中所描述的，專利的公開年分越接近整體網路的中間，則所計算出的調整路徑中心指數有比較大的趨勢，而使用調整路徑中心指數除了概念上可以去除時間的趨勢，同時也去除了不同 IPC 分類號所造成膨脹速度不同的影響，進而得到一個較為公正，且可以對所有專利進行比較的指標。

¹⁹ 樣本中，有 34 個專利在 IncoPat 資料庫 IPC 分類碼的欄位中是空白的，因此將其移除。

接著我們將合作專利的專利調整路徑中心指數(AdjustPathC)單獨拆開來看。

²⁰ 合作專利的調整路徑中心指數結果如下：

表 5-2 合作專利的 AdjustPathC 基本統計量

最小值	下四分位數	平均數	上四分位數	最大值	變異數	專利數
0	0	0.426	0.088	322.073	10.984	16829

資料來源：本研究整理

從表 5-2 可以發現合作專利調整路徑中心指數的平均數與整體專利的調整路徑中心指數的平均數相距甚小，且合作專利調整路徑中心指數的變異數較整體專利調整路徑中心指數的變異數小，而合作專利調整路徑中心指數的上四分位數為 0.088，比所有專利的上四分位數稍大，不過兩者差異並不大。

本研究以太陽能電池專利的前引用、後引用數與專利當年度所有公告的專利的調整中心路徑指數來計算出調整中心路徑指數，藉由此變數來衡量個別專利在整體專利網路中的影響力，若調整中心路徑指數越大，則代表該專利在網路中有越大的影響力。

²⁰ 在 16831 筆合作專利中，有 2 個 IPC 分類碼的欄位中是空白的，將其移除，因此計算調整路徑中心指數時合作專利共有 16829 筆專利。

圖 5-2 將合作與非合作專利的調整路徑中心指數按時間分別畫出，可以發現，合作與非合作專利的調整路徑中心指數互有交錯，並不存在任一方比較好的情況，若看西元 1985 年以後至西元 2000 年的這一段時間，除了少數年份中合作專利的加權平均調整路徑中心指數較慘澹外，可以發現合作專利的加權平均調整路徑中心指數大部分時間是超過非合作專利的，而西元 2000 年以後呈現合作專利與非合作專利的加權平均調整路徑中心指數皆成長的情況，到了西元 2007 與西元 2008 年合作專利又超過非合作專利，之後兩者互有高低，但是過了西元 2011 年以後，兩者的趨勢都是往下的，推測其可能的原因為市場現存技術趨於成熟且可掌握，開始轉以價低現有技術的成本與產品價格為經營策略，不再有西元 2010 年以前的研發動力與創新趨勢，如此造成合作專利與非合作專利兩者的加權平均調整路徑中心指數呈現下滑趨勢。

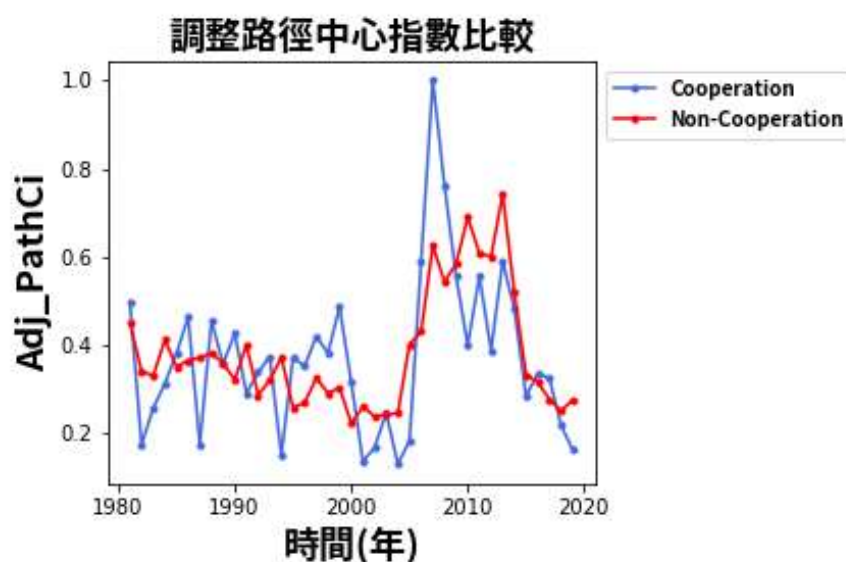


圖 5-2 合作與非合作專利調整路徑中心指數

資料來源：本研究自行繪製

第二節 專利的主要群集組成

本研究對專利網路中的主要 Component 進行分析，並將擁有最多專利的 Component 稱為主要 Component。並且以年份劃分成西元 1980-2000、西元 1980-2005、西元 1980-2010、西元 1980-2015 以及西元 1980-2018 等分割樣本討論之。

²¹我們可以從出現在主要 Component 上的專利來窺探產業發展的趨勢與現存的主流技術，將出現在主要 Component 上的專利稱為核心專利；並且以專利出現在主要 Component 為劃分創新者種類的依據，若今存在一專利未曾出現在上一個切割年份的主要 Component 上而出現在當期時段的主要 Component 上，則稱為新加入創新者；反之若今存在一專利存在於當期主要 Component，而且也存在於上一個切割年份的主要 Component 上的創新者，則稱其為既有創新者，最後若今存在一專利出現在上一個切割年份的主要 Component 上，而卻不在當期時段的主要 Component 上，則稱為退出創新者，另外本研究定義核心創新者為當期主要 Component 上的申請人且擁有專利數等於 10 個或超過 10 個以上的專利，將其視為擁有市場主流的技術，是研發過程中的核心，因此將其稱為核心創新者。

²¹ 如此一來，可以觀察到隨著時間的推進，太陽能產業中主流技術的變化，如果過去某一技術衍生出了未來市場的主流技術，就可以透過主要 Component 上相同的專利觀察到。

表 5-3 分年份專利的及主要 Component 統計量

類別 / 時間	1980-2000	1980-2005	1980-2010	1980-2015	1980-2018
專利總數	9478	16438	33956	81412	132697
申請人數	4697	10132	21013	39556	46968
主要 COMPONENT 上專利數	4843	7615	12675	22980	40175
主要 COMPONENT 專利數占比 (%)	51.09	46.33	37.32	28.27	30.26
主要 COMPONENT 上專利的申請人數	2802	5365	9736	15687	21822
核心創新者	71	105	162	294	543
新加入創新者	71	36	58	142	260
既有創新者	-	71	105	162	294
退出創新者	-	2	1	10	11

資料來源：本研究整理

主要 Component 的結果如表 5-3 所示，可以發現隨時間的累積，在主要 Component 上的專利數與專利的申請人數越多，本研究定義核心創新者為在主要 Component 上且擁有超過十個以上的專利申請人，從表 5-3 發現不同時間的主要 Component 中，除了西元 1980-2015 與西元 1980-2018 這兩組中退出的創新者超過 10 個之外，其餘年份退出的創新者數甚少，分別只有 2 與 1 個創新者退出，這表示創新者一旦擁有核心技術，即使經過時間的推進，也不會失去在產業的核心競爭力，另外由主要 Component 上專利數占所有專利的比例比來看，可以發現從西元 1980-2000 年這組超過 50% 的比例逐年下滑，隨時間的推進，到 1980-2015 年這組樣本比例只剩 28.27%，這可能代表著隨時間的經過，對於太陽能電

池方面的技術不再單一化，而是技術方面開始有更多元的發展，讓主要 Component 上的專利數占比下降，但是從西元 1980-2015 到西元 1980-2018 這兩組樣本之間可以發現，位於主要 Component 上的專利數占比又開始上升，西元 1980-2018 這組的主要 Component 上的專利數共有 40175 個，占比約為所有專利數的 30.26%，較前一個分割年份的樣本之占比有所提升。

表 5-4 主要 Component 上的專數量依國家劃分統計

時間 / 國別	美國	日本	德國	韓國	台灣	中國	丹麥	法國
1980-2000	3359	1245	283	43	28	2	11	121
1980-2005	4963	2291	504	105	73	5	44	180
1980-2010	8748	3424	1072	330	274	42	163	261
1980-2015	15326	5549	2238	1158	838	238	631	541
1980-2018	19451	7076	3201	2204	1267	661	932	813

資料來源：本研究整理

從表 5-4 可以清楚發現隨時間的推進，出現在主要 Component 上的專利擁有國，可以發現從西元 1980-2000 這組樣本中美國與日本就一直擁有最多主要 Component 上的專利，代表著他們是產業的領先者，掌握著太陽能電池的核心專利，另外隨著時間的推進，起初產業剛開始發展時法國是領先許多國家的，在西元 1980-2000 這組樣本中，法國所擁有的核心專利甚至排名第四，但是隨著時間的推進，法國所擁有的核心專利數被許多後起的追趕國家如台灣、中國超過，

而南韓則是一直居於第三名，另外中國是成長最多的國家，從「十一五」政策開始大力推動綠能發電，導致中國在太陽能、風能等新能源產業迅速的發展，不只產業規模不斷擴大，產業層次也快速提升，到後續推出一系列的補貼措施，大幅提升了產業的競爭能力，從西元 1980-2000 年只有 2 筆的核心專利到西元 1980-2018 年的 661 筆，是所有國家中成長最多的。

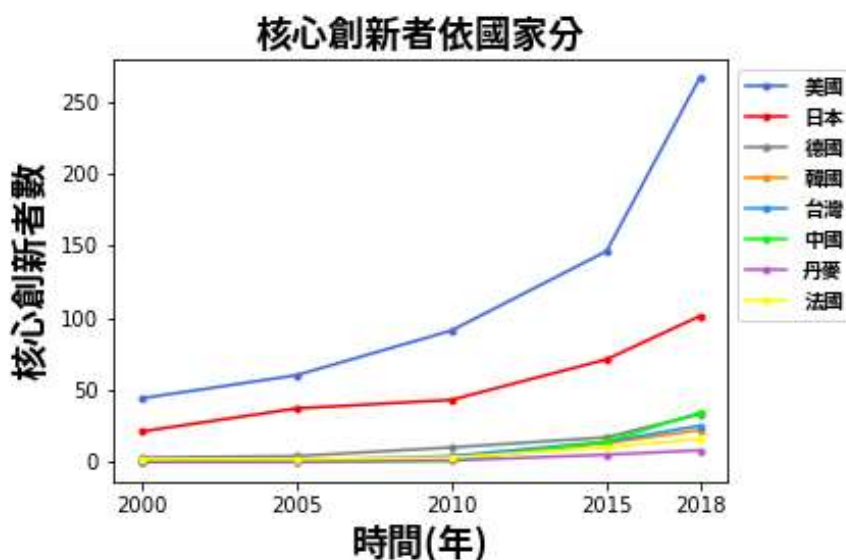


圖 5-3 核心創新者依國家分圖

資料來源：本研究自行繪製

圖 5-3 為各國的核心創新者數量，以 2000 年來說美國擁有最多核心創新者，有 44 位，其次是日本的 21 位，至於德國有 3 位、法國 2 位，而韓國、台灣、中國與丹麥都是沒有核心創新者的。中國至西元 2010 年以前都沒有核心創新者，卻在 2010 年以後開始快速增加，到西元 2018 年為止已經有 34 位核心創新者，超過台灣的 25 位。從圖 5-3 可以清楚地發現，美國與日本在核心創新者的人數上大幅領先其他國家，尤其美國在 2015 年之後還能保持研發能量繼續成長，再次說明美國與日本一直是產業中的領先者。

第三節 迴歸模型結果

一、 資料說明

本研究的迴歸樣本是透過 IncoPat 專利資料庫與 Compustat 資料庫的財務資料進行精準比對。²²由於 Compustat 資料庫內所詳載的財務資料皆是以該廠商國別的幣別進行刊登，因此本研究以 Penn world table 資料庫內所提供的年利率進行幣別換算，並以美元為標準，時間橫跨西元 1980-2018 年，且 Compustat 資料庫中北美以外的上市公司並沒有西元 1987 年以前的財務資料，因此將專利申請廠商中沒有財務資料者予以移除，另外也將專利的申請人大於兩位以上的專利予以排除，因為若專利申請人數目過大，無法明確定義出與核心創新者或非核心創新者進行合作；最終樣本共有 15640 筆專利與 246 家廠商，而這 15640 筆專利中，申請的廠商分別來自 19 個不同的國家。

²² 本研究的精準比對是以專利申請人對上 Compustat 的廠商名稱，兩者名稱皆須一致才納入樣本，如此一來可以減少誤植名稱相似廠商的財務資料。

二、 廠商迴歸結果

表 5-5 為模型迴歸結果，第一欄控制申請年份效果估計之，而專利的申請廠商可能存在相同廠商，因此第二欄為以 Clustered Standard Errors 方式估計之，可以發現若廠商採取合作方式進行研發，則對於提升掌握主流技術的效果是負向且顯著，但若與過去就掌握產業主流技術的核心創新廠商進行合作研發，且廠商自身若具備一定資本存量，對於增加自身掌握主流技術的機率都是呈現正值且具統計顯著，這個迴歸結果支持了本研究的第一個假設；另外廠商自身的研發強度也正向且顯著的影響廠商是否成功掌握主流技術，而達成技術追趕；第三欄為加入跨國專利的虛擬變數，且控制不同申請國效果，可以發現進行國際之間的合作案對於廠商研發能力也是呈現正值且具統計顯著，且 *Coor_Precomponent* 係數較第二欄增加，表示在某程度上滿足本研究的第二假設，第四欄則是增加跨國專利與廠商自身研發強度的交乘項，呈現正向且顯著，代表當廠商在具備一定研發強度且願意進行跨國合作時，可以增加自身研發技術，與 Shaver、Penner-Hahn (2005) 所提到：「若公司有比較完善的基礎技術與基礎研發，則在進行跨國的研發合作後，更容易在未來擁有品質較高的專利輸出。」的結論相似，透過合作研發以達成技術追趕。

表 5-5 廠商迴歸結果

	<i>Model 1</i>	<i>Model 2</i>	<i>Model 3</i>	<i>Model 4</i>
<i>Cooperation</i>	-0.766*** (0.148)	-0.766*** (0.221)	-0.785*** (0.233)	-0.785*** (0.233)
<i>Coor_Precomponent</i>	0.688*** (0.179)	0.688** (0.297)	0.776** (0.358)	0.775** (0.358)
<i>Ln(PatentStock)</i>	0.030** (0.015)	0.0302 (0.033)	0.034 (0.042)	0.034 (0.042)
<i>Leverage</i>	-0.016 (0.015)	-0.016 (0.016)	0.003 (0.014)	0.003 (0.014)
<i>Ln(employees)</i>	0.033** (0.0168)	0.033 (0.038)	0.054 (0.037)	0.053 (0.037)
<i>RD Intensity</i>	0.840** (0.422)	0.840 (1.007)	-0.287 (1.3523)	-0.339 (1.377)
<i>International</i>			2.611*** (0.507)	2.101*** (0.561)
<i>International * RD Intensity</i>				9.160** (4.665)
<i>Constant</i>	1.042 (0.663)	1.042*** (0.326)	1.153** (0.491)	1.143** (0.491)
<i>專利申請年 μ_t</i>	yes	yes	yes	yes
<i>專利申請國 φ_j</i>	no	no	yes	yes
<i>Observations</i>	15640	15640	15572	15572
<i>Clustered SE</i>	no	yes	yes	yes
<i>Pseudo R-squared</i>	0.049	0.049	0.054	0.054

三、 學校與研究機構迴歸結果

學術界與研究機構往往被認為是新穎知識的源頭，然而廠商不同的是，廠商比較關注專利的商品化或專利授權的權利金，而許多學校與科學研究機構拿的是政府的金費進行研究，此種情況下可能會使創新研發者不那麼在意核心技術掌握的方式，因此將學校與研究機構單獨提出討論，其結果如表 5-6 所示：

表 5-6 學校與機構迴歸結果

	<i>Model 5</i>	<i>Model 6</i>
<i>Cooperation</i>	0.240*** (0.084)	0.240*** (0.084)
<i>Coor_Precomponent</i>	0.128* (0.07)	0.127* (0.07)
<i>International</i>	2.729*** (1.045)	2.616*** (0.982)
<i>International*</i> <i>Coor_Precomponent</i>		0.374 (0.853)
<i>Constant</i>	0.629 (0.935)	0.629 (0.935)
專利申請年 μ_t	yes	yes
專利申請國 φ_j	yes	yes
<i>Observations</i>	9330	9330
<i>Clustered SE</i>	yes	yes
<i>Pseudo R-squared</i>	0.053	0.053

* p<0.10 , ** p<0.05 , *** p<0.01

表 5-6 為排除廠商後，學校與研究機構的迴歸結果，可以發現與廠商不同的是，若學校與科學研究機構選擇採取合作的策略，可以增加掌握核心技術的機率，推測原因可能為學校和科研機構在選擇合作對象進行研究時，較能選到相同研究領域的研發夥伴，也可能是廠商進行合作創新時，因為廠商產出的商品數眾多，較難對應到該公司在各專業領域中的表現，因此廠商難以分辨合作對象的優劣；另外也可以從另產品的消費端來去檢視，廠商選擇合作研發後，所產出的產品最終在市場還是互相競爭的，所以採取合作的策略，並不一定可以增加掌握核心技術的機率；若研發者選擇跨國合作則對於掌握核心技術的機率呈現正向且顯著，因此推斷跨國合作的策略對於學校與科研機構也是創新研發中的重要手段之一。另外第二欄加入 International 與 Coor_Precomponent 的交乘項，從結果上來看雖未顯著，但其方向為正向，說明若研發者選擇與不同國家的核心創新者進行合作，可以正向的影響自身研發能力。

從國際之間的角度來看，學術界常常透過舉辦跨國研討會，來提升國際學術界之交流與科技水準甚至國際學術地位，期望透過此種方式對於創新研發產生正向發展的效果，期許透過接收新穎的知識轉化為做為長期經濟發展的引擎，另外以研究機構來說，跨國合作研究代表研發人員們試圖透過跨地圖的異地合作來提昇競爭力與創新研發能量，從表 5-6 的分析結果顯示，此種方式的確可以提升研發者在產業中的研發能力，以長遠來看，不管是研發廠商、學校與科學研究機構都能透過跨國合作來提升自身掌握核心技術的能力，因此從某種面相來說，跨國合作研究也是作為成功達成技術追趕的方式之一。

第六章 結論與建議

本研究透過太陽能電池專利的前引用、後引用數計算出調整中心路徑指數，提供了一種衡量專利重要性的指標，也建構出專利網路來找出太陽能產業的主流核心技術，並且透過控制研發廠商自身的財務資料，試圖找尋出能影響掌握核心技術的關鍵因素，以達成技術追趕。

根據研究結果顯示，若廠商選擇與過去就擁有產業核心技術的核心研發者進行合作研發，則可以正向提升自己掌握主流技術的機率，且廠商自身的專利資本存量與研發強度也會正向影響自身研發能力，同時，若選擇跨國合作也可以增加研發能力，但是不同國家間不論是語言、文化與國情背景或經營理念都可能存在很大的差異，需經過深思熟慮，廠商在跨國合作案中可能面臨取捨問題，這些都是本研究未納入考慮的。

另外若看學校與研究機構部分，可以發現其結果與上述相符，若研發者為學校或研究機構，選擇與核心創新者進行合作研發，或是選擇跨國合作，可對自身研究能力產生正向影響，能增加掌握主流技術的能力，而達成技術追趕。

總結來說，本研究提供當廠商或其他研發者以合作為技術追趕手段的一些參考依據，讓研發者能更好的制定出追趕策略，且發現合作有優缺點，並不是合作就一定可以從中得利。本研究僅以太陽能電池專利當作切入點來窺探太陽能產業，在現實上仍有許多未考量的點，例如：子、母公司合作、產學合作、研發人員租賃等等，同時樣本中有許多廠商並未上市上櫃，而無法收集到健全的財務資料，造成本研究樣本僅有 246 家廠商的財務資料，另外子母公司之間的財務資料關係，都是未來可以更深入進行研究探討的。

參考文獻

中文文獻

- 方端言，(2019)。美國再生能源發展現況及展望—風力及太陽能發電將為主流，台北：工業技術研究院綠色與環境研究所。
- 王啟秀、孔祥科、左玉婷，(2008)。全球能源產業趨勢研究—以台灣太陽能光電產業為例，中華管理評論國際學報，第十一卷第三期，37。
- 科技部前瞻及應用科技司，五大科技產業創新研發計畫—綠能科技產業推動方案，2016年。擷取日期：2021年5月28日，網址：
<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvMC85NzMzL2ZhYThhZDBhLTkxMGYtNDcwOS04OWVjLWNmM2RjZWZhNDM2Yi5wZGY%3d&n=56eR5oqA6YOo44CM57ag6IO956eR5oqA55Si5qWt5o6o5YuV5pa55qGI44CN6Zmi5pyD57Ch5aCxKDEwNTEwMjcpLnBkZg%3d%3d&icon=..pdf>。
- 張書豪、樊晉源、林品華、洪文琪、陳曉郁，(2015)。太陽能電池產業技術與標準初探，臺北：財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心。
- 張佳文、林福銘，(2017)。單接合太陽能電池現況與堆疊型太陽能電池未來挑戰，臺北：工業技術研究院綠色與環境研究所。
- 產業價值鏈資訊平台，太陽能產業鏈簡介，臺北：臺灣證券交易所，
擷取日期：2021年5月28日，
網址：https://ic.tpex.org.tw/introduce.php?ic=&stk_code=。
- 經濟部能源局，《太陽光電計畫推動辦理情形》，臺北：經濟部，擷取日期：2021年5月28日，

網址：

<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/b0c971403ddd40ae8da5b1dbf401fca4>。

經濟部能源局，「綠能屋頂全民參與」推動方案，臺北：經濟部，2019年。擷

取日期：2021年5月28日，網址：

<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/e9cb7d49-3982-4f9d-8cfe-8f7096df3acc>。

經濟部能源局，智慧電網總體規劃，臺北：經濟部，2021年。

擷取日期：2021年5月28日，網址：

https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu_id=9922m。

英文文獻

- Alstott, J., Triulzi, G., Yan B. & Luo, J. (2017). Mapping technology space by normalizing patent networks. *Scientometrics* 110, 443–479.
- Aghion, Philippe & Peter Hewitt (1990). A Model of Growth through Creative Destruction, *Econometrica*, 60, 2 (Much), 323–351.
- Cohen, L., Gurun, U. G., & Kominers, S. D. (2016). The growing problem of patent trolling. *Science*, 352(April 29): 521–522.
- Foster-McGregor, N., Nomaler O. & Verspagen B. (2019). Measuring the creation and adoption of new technologies using trade and patent data, Background paper prepared for UNIDO's Industrial Development Report 2020, The Future of Industrialisation, to be published by UNIDO and UNU-MERIT.
- Georghiou, L. (1998). Global cooperation in research. *Research Policy* 27, 611–662.

- Lanjouw, J. & Schankerman, M. (2004). Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators, *The Economic Journal*, Volume 114, Issue 495, Pages 441–465.
- Penner-Hahn, J. & Shaver, J.M. (2005). Does International Research and Development Increase Patent Output? An Analysis of Japanese Pharmaceutical Firms. *Strategic Management Journal* 26(2):121–140.
- Schankerman, M. & Pakes, A. (1986). Estimates of the value of patent rights in European countries during the post-1950 period. *Economic Journal* 96: 1052–1077.
- Szücs, F. (2018). Research subsidies, industry–university cooperation and innovation. *Research Policy*, 47(7), 1256-1266.
- Triulzi, G. (2015). Looking for the right path: technology dynamics, inventive strategies and catching-up in the semiconductor industry. In: Maastricht University (Ph.D.thesis).
- Trajtenberg & Manuel (1990). A penny for your quotes : Patent citations and the value of information. *Rand Journal of Economics*, 21: 172-187.
- Verspagen, B. (2007). Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research, *Advances in Complex Systems*, Vol. 10 (1), pp. 93-115.

附錄

專利檢索式

IncoPat 檢索式	時間	檢索結果
((((CPC=(H01L31 OR Y02E10))) AND (PD=[19800101 TO 2018 1231])) AND (PNC=("US")))	申請日 1980/01/01-2018/12/31	共計 132755 筆專利 刪除空白後共 132730 筆

