



計畫編號：科專健全1070401

經濟部智慧財產局科技研究發展專案

專利檢索加值服務計畫

智慧工具機切削精度提升之專利布局分析

執行單位：財團法人專利檢索中心

中華民國107年11月

目 錄

目 錄	I
圖目錄	III
表目錄	IV
壹、 前言	1
一、 研究動機與目的	1
二、 工業 4.0 的起源	1
三、 各國及我國工業 4.0 的現況	3
(一) 德國工具機產業政策	3
(二) 美國工具機產業政策	4
(三) 歐盟&義大利工具機產業政策	6
(四) 日本工具機產業政策	6
(五) 韓國工具機產業政策	7
(六) 中國大陸工具機產業政策	9
(七) 我國工具機產業政策	10
貳、 技術探討、專利檢索及分析方法	12
一、 我國目前工具機出口及現況	12
二、 影響工具機精度	14
三、 如何補償工具機精度	15
(一) 感測裝置	16
(二) 學習	17
四、 專利檢索主題確認及分析方法	23
五、 專利分析圖	25
參、 工具機精度提升整體專利分析	26
一、 專利歷年申請趨勢	26
二、 專利歷年申請量對應被申請國家/區域趨勢	28
三、 各國國籍申請人/專利權人在各國布局的現況	29
四、 專利技術分類	31

五、 專利申請人分析.....	32
六、 企業研發能量及競爭力.....	34
七、 智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖.....	36
八、 台灣申請人於智慧工具機切削精度提升之功效矩陣圖分布.....	43
九、 智慧工具機切削精度提升核心專利.....	45
肆、 結論與建議.....	48
附錄：核心專利摘要表	51

圖目錄

圖 1	工業 4.0 發展史(PSC 整理).....	3
圖 2	建構智慧機械產業生態體系	11
圖 3	2016 年全球工具機出口排名前 10 名國(PSC 整理)	13
圖 4	台灣工具機之在全球市場定位(PSC 整理)	13
圖 5	影響工具機對工件表面及尺寸加工精度因子(PSC 整理)	15
圖 6	專利情報分析流程(PSC 整理).....	23
圖 7	專利歷年申請趨勢(PSC 整理).....	27
圖 8	專利被申請國家/區域(PSC 整理)	27
圖 9	專利被申請國家/區域(PSC 整理)	28
圖 10	各國申請人專利申請件數統計(PSC 整理)	29
圖 11	各國籍申請人/專利權人與專利被申請國家/區域分布統計(PSC 整理)	30
圖 12	IPC 技術領域分類(PSC 整理)	31
圖 13	申請人與專利件數(PSC 整理).....	33
圖 14	企業研發能量及競爭力(PSC 整理).....	35
圖 15	圖 14 之局部放大圖(PSC 整理).....	35
圖 16	智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖(PSC 整理)	41
圖 17	主要專利申請人功效矩陣圖(PSC 整理).....	42
圖 18	台灣申請人在智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖之分布現況(PSC 整理)	44
圖 19	智慧工具機切削精度提升核心專利(PSC 整理)	47

表目錄

表 1	工具機常見之量測物理量及其對應之感測裝置(PSC 整理)	16
表 2	改善手法代碼說明(PSC 整理)	39
表 3	欲解決問題說明(PSC 整理)	40
表 4	核心專利摘要表- US20150081084A1 (PSC 整理)	51
表 5	核心專利摘要表- US20160195389A1 (PSC 整理)	52
表 6	核心專利摘要表- US20090140684A1 (PSC 整理)	54
表 7	核心專利摘要表- CN101549468A (PSC 整理)	55
表 8	核心專利摘要表- CN101615022A (PSC 整理)	56
表 9	核心專利摘要表- US20100018069A1 (PSC 整理)	57
表 10	核心專利摘要表- CN101758418A (PSC 整理)	59
表 11	核心專利摘要表- CN101853013A (PSC 整理)	60
表 12	核心專利摘要表- CN101943896A (PSC 整理)	61
表 13	核心專利摘要表- CN101980091A (PSC 整理)	62
表 14	核心專利摘要表- CN102023613A (PSC 整理)	63
表 15	核心專利摘要表- CN102033508A (PSC 整理)	64
表 16	核心專利摘要表- CN102091972A (PSC 整理)	65
表 17	核心專利摘要表- CN102147600A (PSC 整理)	66
表 18	核心專利摘要表- CN102284888A (PSC 整理)	67
表 19	核心專利摘要表- CN102298358A (PSC 整理)	68
表 20	核心專利摘要表- CN103034169A (PSC 整理)	69
表 21	核心專利摘要表- JP2013171376A (PSC 整理)	70
表 22	核心專利摘要表- CN103537743A (PSC 整理)	71
表 23	核心專利摘要表- US20100101105A1 (PSC 整理)	72

壹、前言

一、研究動機與目的

德國政府於 2011 年提出工業 4.0 政策，其目地在於進一步提昇德國製造業之實力，而保持製造業領先的地位；於此之後，各國政府紛紛提出所屬工業 4.0 政策。一般而言，製造業興盛的國家其工具機產業也越興盛，可見工具機在國家的製造業上具有不可或缺地位，如德國、日本等國。台灣擁有完整工具機產業的上、中、下游，在靠著外銷輸出環境之下，成為全球機械出口產值前十大。然而，我國工具機產品的附加價值，如精度、穩定性等問題，在全球的定位中被認定為中階品質，在面對中國大陸業者工具機品質提升下，必須要提升工具機的產品的品質，使我國工具機能夠往上提升至高階產品。

因此我國政府提出 5+n 創新產業政策，期望藉由 5+n 創新產業政策其中之一的智慧機械，藉由整合智慧技術，使機械設備具備智慧化功能，如故障預測及精度補償等，提升我國機械產業由精密製造至智慧機械。有鑒於此，本計畫之目的期望藉由智慧工具機切削精度提升之專利布局趨勢，供台灣業界相關工具機切削精度提升之現況做一全方位之分析以及提供未來可發展重點方向之參考。

二、工業 4.0 的起源

從人類的工業技術發展歷史看來，自 18 世紀由英國發起以機器代替手工工具的時代，技術革命是技術發展史上的一次巨大革命，它開創了首次用機器代替人工，使得機器代替人類工作的工業思想開始成為工業發展的主流，迄今已有三次科技革命發生，現在正經歷第四次工業革命，如圖 1 所示。

全球工業曾歷經第一次工業革命，這場革命是以工作機械的誕生開始的，以 1765 年瓦特改良了蒸汽機，提供了更加便利的動力，使得蒸汽機作為動力機械而被廣泛使用，推動了機器的普及與發展，突破了以往人力與獸力的限制，從而開創了以機器代替勞動的工業時代，被稱為第一次工業革命。

第二次工業革命，起源於 19 世紀中末至 20 世紀初，於 1866 年德國人西門子發明了發電機，使用電力為大量生產提供動力，機器能夠提供足夠的動力，使得汽車、輪船、飛機等交通工具的發展快速，電器能夠被廣泛的使用，電氣工業迅速發展起來，世界由蒸汽時代進入電力時代，被稱為第二次工業革命。

第三次工業革命發生於 20 世紀中期，相對於第二次工業革命有了更大的變化，繼蒸汽技術和電力技術之後科技領域裡後的一次重大革新，不再局限於簡單機械，以使用電子裝置及資訊技術的發展和應用，開闢了資訊時代，將過去工業製造中重複性動作的製造過程都可以使用機器人代替，以增進工業製造的精準化、自動化。

第四次工業革命，又稱為工業 4.0，起源於 2011 年，由漢諾瓦工業博覽會提出¹。第四次工業革命著重於數位化智慧工廠，智慧工廠加上物聯網為構成工業 4.0 之架構為核心，以大量運用自動化機器人、物聯網、互聯網、銷售及生產大數據分析，由具有學習能力的機器人自動完成，將智慧工廠用以大規模生產差異化產品，而生產設備間不僅能藉由物聯網相互溝通，更可透過大數據與雲端運算，進行自我學

¹ Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution, VDI-Nachrichten, April 2011, <https://www.vdi-nachrichten.com/Management-Karriere/Bewerbung-Nie-aktuellen-Arbeitgeber-nennen> (last visited Mar. 19, 2018).

習與改善²。

隨著德國政府大力推動工業 4.0，各國政府也正積極推動國內製造業升級轉型政策，以協助產業轉型及經濟成長，促使了第四次工業革命時代來臨。

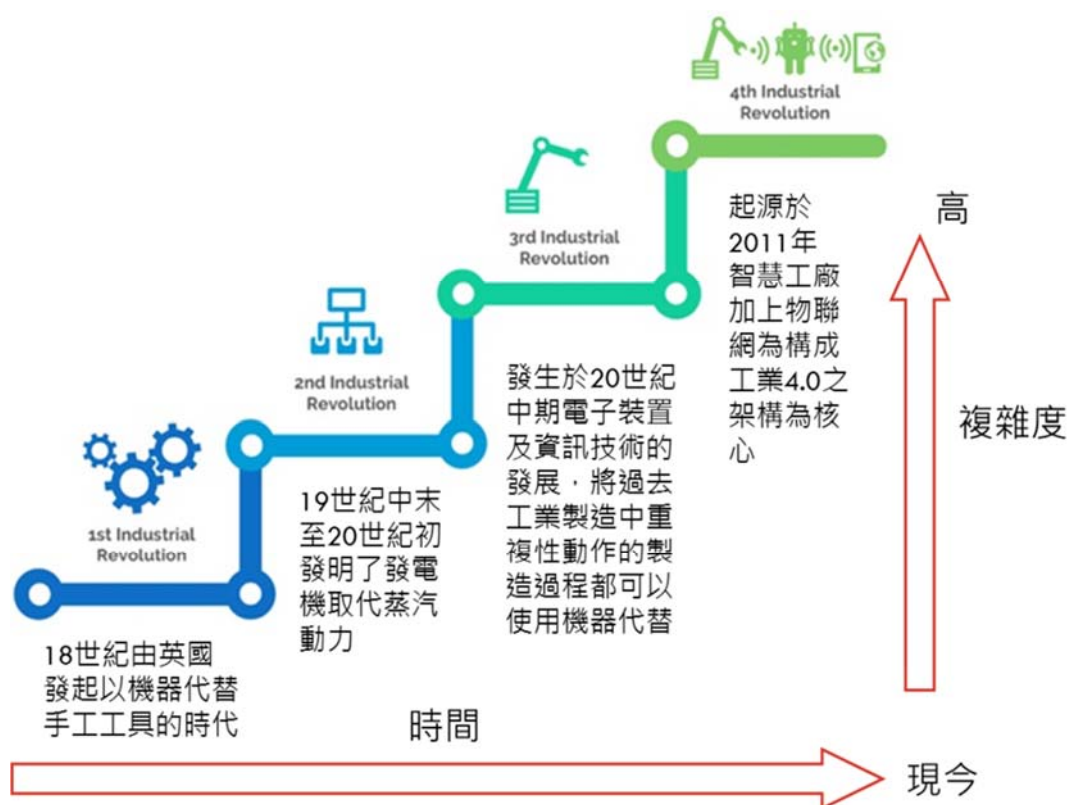


圖 1 工業 4.0 發展史(PSC 整理)

三、各國及我國工業 4.0 的現況

(一) 德國工具機產業政策

在德國方面，為面對製造技術的未來趨勢，德國政府在製造業的發展上，相當重視工具機產業於工業發展的戰略性地位。德

² 魏傳虔，工業 4.0 智慧工廠未來發展趨勢與商機，<http://www.teema.org.tw/download/doc/0003%5B20150414%5D.pdf>(最後瀏覽日：2017/08/10)。

國政府的工具機政策為在地製造，19 世紀時，德國政府提供工程技術人員至海外，向美國與英國學習先進的工具機技術，藉由不斷地實驗與改進，工具機產業的發展十分地快速³。

德國工具機產業的發展主流為汽車、火車等相關運輸設備等需求而延伸出的，德國為提供工具機產業能以設計、生產、銷售和服務的產業鏈的完整供應鏈，以進一步在全球產業發展取得領先地位。德國政府提出工業 4.0，以推動以智慧工廠為核心，建構以物聯網（Internet of Things, IoT）和網路服務，強化虛實整合系統（Cyber Physical System, CPS）技術，發展現有的工業相關的技術、銷售與產品體驗統合建立的智慧工廠。

工業 4.0 的推動結合產官學資源，德國政府 2012 年提出工業 4.0 跨部會、跨產業合作的高科技計畫，將工業 4.0 納入「2020 高科技戰略（High-Tech Strategy 2020 Action Plan）」的十大未來計畫，把工業確定為十大未來項目之一，預計投入 2 億歐元，目標在 2020 年完成製造業新生產模式的建置，以維持在全球製造領域的競爭優勢。其計畫核心在於整合虛實整合系統、物聯網以及網路服務，在物聯網架構下生產的智慧工廠，生產設備間能藉由物聯網相互溝通，使得生產設備、人員和各個工廠間高度互聯，可將生產設備、人員和各個工廠間高度互聯，並可自我學習與改善，將推動德國工具機的設計朝向智能工具機的方向前進。

（二）美國工具機產業政策

2008 年的全球金融海嘯，重創了美國景氣，為提振國內景

³ 經濟部國際貿易局 103 年度專案計畫研究報告，研析我國工具機與主要競爭國產業發展現況。

氣，創造美國國內經濟發展及解決失業問題，美國政府於 2009 年提出了重振美國製造業框架與復甦與再投資法案的計畫，更於 2010 年通過美國製造業促進法案及出口倍增計畫，以振興美國製造業。

2011 年 6 月，美國政府為強烈表達重振美國製造業的決心，宣布啟動先進製造夥伴計畫（Advance Manufacturing Partnership，AMP）。美國的 AMP 計畫，目的是將美國海外製造業遷移回美國本土，期望使製造業回流以帶動經濟成長。2013 年，設立國家製造創新網絡計畫（National Network of Manufacturing Institute，NNMI），結合產官學合作，做為人才培育中心，以縮短基礎研究與業界技術開發之間的差距，藉由製造業持續的創新與研究，創造經濟成長。

2014 年 10 月，美國總統執行辦公室與科技顧問委員會宣布了先進製造夥伴計畫 2.0（Advance Manufacturing Partnership 2.0，AMP 2.0），美國新版的 AMP 2.0，更著重於製造業資源的匯集，並透過組織角度設計、法治環境建構與商業化運用促進等方面提出具體方案⁴。

美國在兩份 AMP 計畫報告中，都提出了透過規劃先進製造夥伴計畫，加強先進製造業的布局，確保美國在製造業的競爭力，以藉此重新取得國際製造競爭力的領先地位。

⁴ 先進製造夥伴 2.0 - 資策會科技法律研究所，
<https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj9pa27vnZAhVFqJQKH80A8AQFggmMAA&url=https%3A%2F%2Fstli.iii.org.tw%2Fpdf.aspx%3Furl%3Dhttps%253A%252F%252Fstli.iii.org.tw%252Farticle-detail.aspx%253Ftp%253D5%2526i%253D3%2526d%253D7299%2526no%253D57%2526prn%253Dy&usg=AOvVaw2n6I2svl5RUw3XkSJPwF-S>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

（三）歐盟&義大利工具機產業政策

2008 年金融危機後，歐洲部分國家因國際借貸中大量負債並超過其自身清償能力，造成無力還債或者必須延期還債的現象，連串經濟危機和動盪中，引發了歐債危機。為了促進經濟和其他領域的增長，歐盟提出了利用科技創新促進就業與經濟發展的建議，2013 歐盟制定了科學技術計畫（Horizon 2020）。

科學技術計畫（Horizon 2020）預計從 2014 年至 2020 年的期間，針對卓越技術、創造產業領導企業及解決社會問題的三大目標藉由整合歐盟各國的科學研究資源，提高科學研究效率，促進科技創新，推動經濟增長以增加就業並化解債務，並持續地投入研發資源，力求產業技術創新。

在義大利方面，義大利為工具機的出口與製造的重點國家，義大利政府在製造業的政策上，為確保能夠在機械產業能達到全球領先的地位，則提供了機械產業的市場激勵政策，包含高科技設備的投資津貼及減稅等措施⁵。

（四）日本工具機產業政策

在日本方面，工具機產業的發展主流為汽車、家電等相關設備等需求而延伸出的，是支撐日本就業與貿易的核心產業。但日本社會由於受到少子化與高齡化的影響，使得日本工具機產業中，資深的技術人員退休後，年輕人不願投入工具機產業，使得工具機產業的人才逐漸減少。

日本政府為使得製造業持續發展，2013 年日本政府提出「日

⁵ 經濟部國際貿易局 104 年度專案計畫研究報告，工具機暨零組件整合行銷計畫。

本產業重振計畫」，目的在於透過設備和研發之促進投資來重振製造業，其方向在於國內製造機能的提升，增加出口目標市場，以及跳脫製造業的框架，配合產業環境變遷，培育創新能力及機械專業能力的人才。

由於德國率先推進「工業 4.0」計劃，日本產業界為爭取後來居上，2015 年日本法政大學教授西岡靖之發起了 IVI 聯盟（Industrial Value Chain Initiative），日本企業組成的 IVI 聯盟成員包括三菱電機、富士通、日產自動車和大隈等 30 家企業，為的是將智慧工廠的相關技術標準化，包含有四個重點，分別為工廠與工廠間互聯的通信技術、設備與設備互聯的通信技術、使用者與使用者間互聯的通信技術和產線與產線間互聯的通信技術。

日本政府在新的科學技術基本計劃中也加入了產官學聯合開發相關技術的內容，提供援助 IVI 聯盟^{6,7}。

雖然日本在自動化工廠與機器人開發在全球居於領先地位，但推動製定規格的國際標準化，並不占有優勢，工業 4.0 中的智慧工廠、物聯網的資料與資訊系統必須互相傳輸，製定標準化規格是相當重要的，為使得工業 4.0 能夠落實，標準化技術的推動，將是 IVI 聯盟發展的重點。

（五）韓國工具機產業政策

在韓國的經濟發展歷史上，韓國政府一直致力於推動韓國產業，製造業占據韓國經濟的重要地位，暨德國提出工業 4.0 及美

⁶ 同註 5。

⁷ 日本第二個「工業 4.0」聯盟，IVI 成立之觀察，<http://iknow.stpi.narl.org.tw/post/Read.aspx?PostID=11347>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

國製造業回流政策後，韓國目前也遇到了製造業衰退的狀況，認知到製造業正面臨轉型問題，為面對製造業的未來趨勢，韓國政府於 2013 年提出了以 Global vision 2020 為核心的產業發展戰略。

Global vision 2020 於工具機產業的目標在於 2020 年韓國工具機成為全球第四，在此計畫中，包含了增進國產工具機的競爭力、支持企業開發新機種、建立工具機專用商務網站及建立國家及工具機研發中心等措施。

韓國政府更於 2014 年 6 月提出製造業創新 3.0 的政策，目標是透過資訊技術、軟體技術、物聯網等技術的整合，導入智能生產概念，並大力發展無人機、智慧汽車、機器人、智慧可穿戴設備、智慧醫療等產業，計畫在 2020 年時實現 10000 個智慧工廠建置。

韓國政府也積極扶持和培育弱勢的中小企業，韓國政府將資助大型企業所產出的研究計畫，並分享給韓國的中小企業，以提攜中小企業。

韓國《製造業創新 3.0》策略與行動方案可分為製造業模式轉移與融合、強化特定產業的核心競爭力、強化製造業的創新與競爭力及擴展海外市場的四個主要策略。透過產業融合、產業創新、培育國內企業成長等策略，韓國政府期望能夠改善經濟體質及提升國內產業競爭力，以朝向跨產業融合發展⁸。

⁸ 南韓版《工業 4.0》計畫觀察 <http://iknow.stpi.narl.org.tw/post/Read.aspx?PostID=10948>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

（六）中國大陸工具機產業政策

在智慧化的趨勢中，中國製造 2025 代表中國大陸主導的國家級製造業戰略，此計畫企圖讓中國大陸在先進製造中取得世界領先地位，透過採用最新技術並發展國內創新和研發能力，讓中國大陸製造業擺脫低成本勞動力的競爭，目的在於中國大陸打算與歐洲和北美的高附加價值製造業競爭。

中國大陸曾於 2011 年提出十二五規劃的五年計畫，包含有工業轉型升級等產業技術規劃。2015 年通過的中國製造 2025 計畫，有別於以往五年為期的時間限制，規劃年限擴展到 2025 年，這代表中國大陸開始注重於中長期規劃。

中國製造 2025 計畫以提高國家製造業創新能力、推進信息化與工業化深度融合、強化工業基礎能力、加強質量品牌建設、全面推行綠色製造、推動重點領域突破發展、深入先進位造業結構調整、積極發展服務型製造和生產性服務業、提高製造業國際化發展水平作為發展的九大任務。

10 大重點發展領域包括新一代信息技術創新產業、高檔數控工具機和機器人、航空航太裝備、海洋工程裝備及高技術船舶、軌道交通裝備、節能與新能源汽車、電力裝備、奈米高新材料、生物化學醫藥及高性能醫療器械及農業機械裝備⁹。預計在 2025 年，中國大陸將從製造大國晉身為製造強國。

⁹ 《中國製造 2025》重點推動領域觀察 <http://iknow.stpi.narl.org.tw/post/Read.aspx?PostID=10933>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

（七）我國工具機產業政策

因應全球邁入第四次工業革命，為配合我國情勢，經濟部規劃推動智慧機械產業推動方案，機械產業導入智慧化生產能量，建立符合市場需求的技術應用，推動策略包含「連結在地」、「連結未來」與「連結國際」3大部分，以達成智機產業化及產業智機化的願景。

台中地區的工具機產業聚落在工具機產業上占有優勢，為連結在地資源，跨部會整合中央與地方資源，期望推動中部地區產業優勢，建構智慧機械產業平台，並結合都市發展規劃及推動機械產業國際展覽場域，以打造智慧機械之都。

其次，推動航太、先進半導體、智慧運輸、綠色車輛、能源、智慧型人機協同及結合智慧機械產業應用等方案，開發高階控制器，建立工業物聯科技，面對製造技術的未來趨勢，圖 2 所示。

為將智慧機械產業與國際連結，推動產業與國際合作，目前已有每年舉辦台德論壇會議，規劃我國與德國就智慧機械領域簽署 MOU，促成雙方在智慧機械產業上的人才、技術與商機上的合作與交流，協助我國業者拓展歐洲市場並與國際連結。貿易局更推動機械買主聯盟，積極南向拓展新市場，並分別以整機與零組件的角度，推動相關的行銷方案。

為將臺灣從精密機械製造升級至智慧機械，智慧機械產業為總統五大創新產業政策之一，期望藉由整合智慧技術，使機械設備具備智慧化功能，如故障預測及精度補償等，建構智慧機械產

業的生態體系，以強化我國生產競爭力¹⁰。

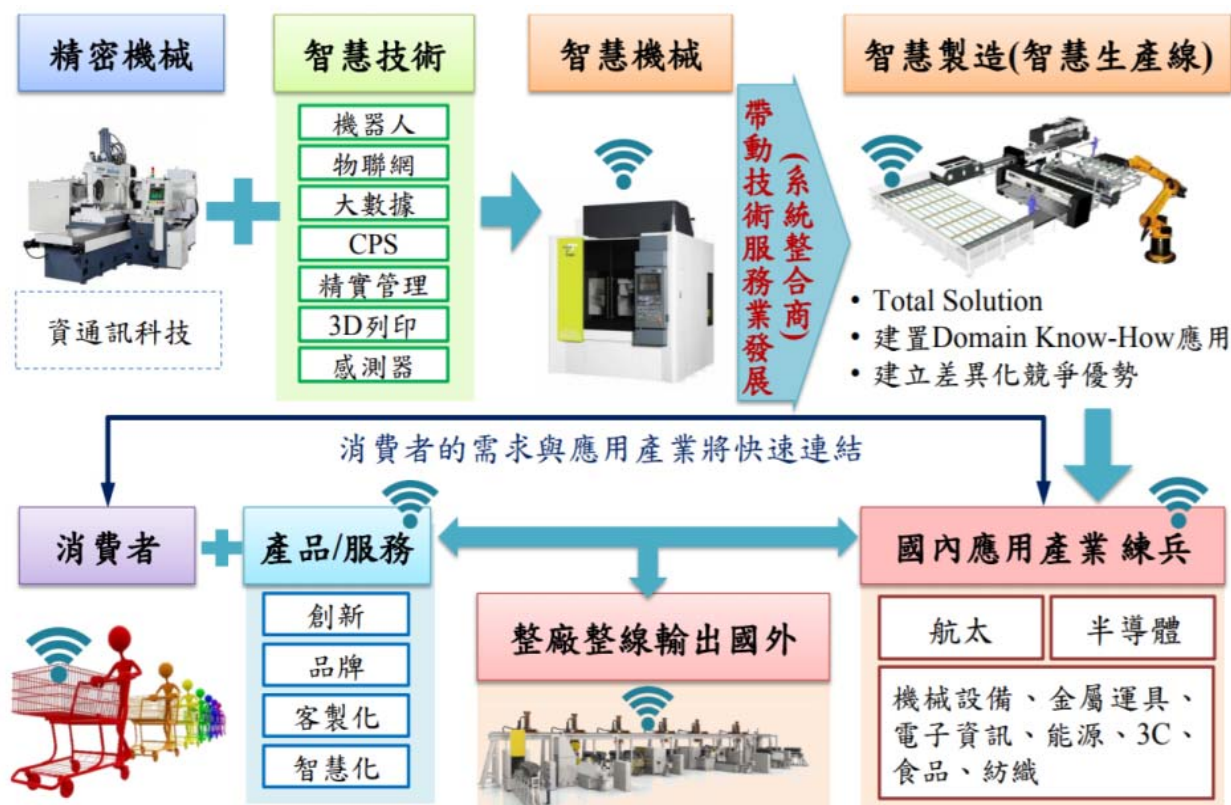


圖 2 建構智慧機械產業生態體系¹¹

¹⁰ 智慧機械產業推動方案規劃，https://www.ey.gov.tw/News_Content.aspx?n=4E506D8D07B5A38D&s=D98F7BAFB503B307&sms=16018955FD908208(最後瀏覽日：2018/03/19)。

¹¹ 同註 10。

貳、技術探討、專利檢索及分析方法

一、我國目前工具機出口及現況

依據財政部海關進出口貿易統計資料顯示，民國 104 年、105 年、106 年¹²間出口主要貨品分類中機械為我國出口排名第 5 名(民國 104 年金額為 21,516 百萬美元、民國 105 年金額為 21,149 百萬美元、民國 106 年金額為 25,565 百萬美元)；在其中，再區分至出口主要貨品項目主要為金屬加工工具機(民國 104 年金額為 3,205 百萬美元、民國 105 年金額為 2,894 百萬美元、民國 106 年金額為 3,340 百萬美元)，藉由臺灣機械工業同業工會統計台灣機械出口機種別，民國 104~106 年 11 月台灣出口工具機代表性產品^{13、14}的得知，第 1 名為綜合加工機，在 104 年、105、106 年 1~11 月(105、106 年資料未統計未完成)分別占金屬加工工具機出口總額為 1,114,434 千美元(約 35%)、1,062,949 千美元(約 36.7%)、1,089,945 千美元。

目前我國工具機為世界出口排名第 5¹⁵，如圖 3 所示，但我國工具機由於精度、穩定性的差異問題¹⁶，故使得歐洲、日本工具機之附加價值為我國工具機的 3~5 倍¹⁷，如圖 4 所示。

¹² 民國 104 年、105 年、106 年財政部海關進出口貿易統計資料。

¹³ 臺灣機械工業同業工會，2015~2016 年台灣出口工具機代表性產品，http://www.tami.org.tw/statistics/2016_machine.html(最後瀏覽日：2018/03/19)。

¹⁴ 臺灣機械工業同業工會，2017 年 11 月，出口前 10 名國家及台數統計分析表。

¹⁵ 財團法人工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心，2017 機械產業年鑑，2017/06，PSC 繪圖整理。

¹⁶ 吳馥馨，龔明鑫：推動 5+2 找到新動力，<https://money.udn.com/money/story/5649/3114828>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

¹⁷ 陳志明，「工具機技術現況與發展趨勢」投影片，工業技術研究院 2014/09/16，PSC 繪圖整理。

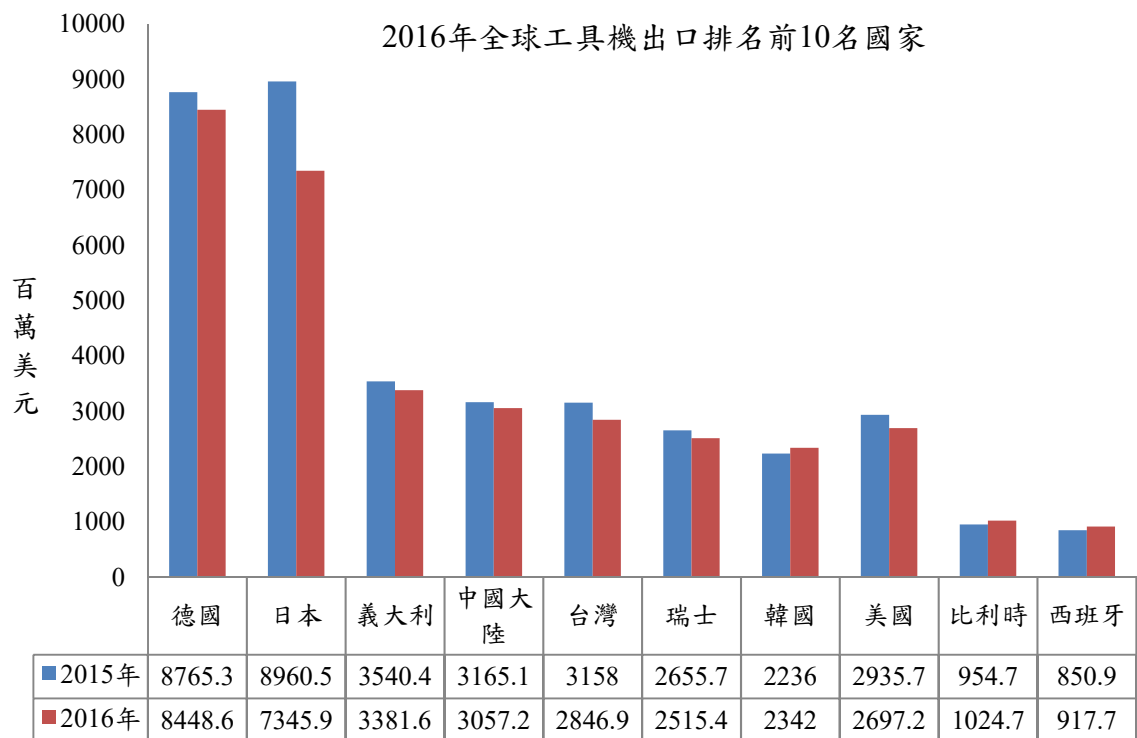


圖 3 2016 年全球工具機出口排名前 10 名國(PSC 整理)

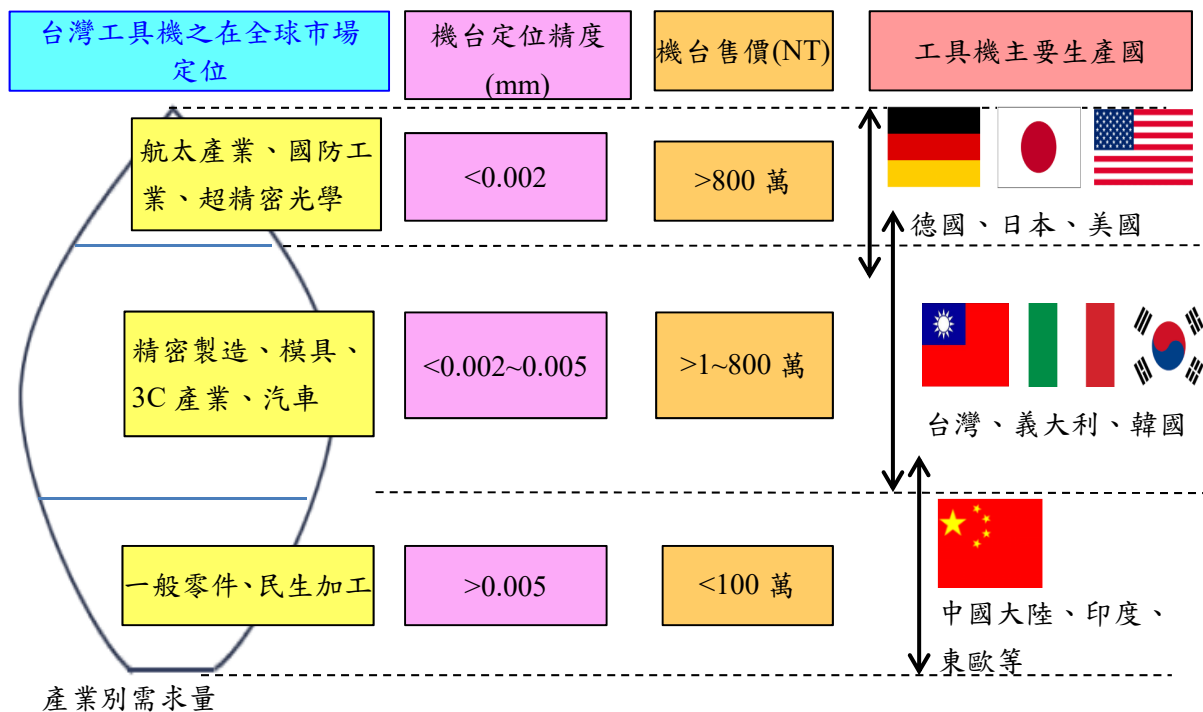


圖 4 台灣工具機之在全球市場定位(PSC 整理)

二、影響工具機精度

影響工具機精度主要可分為三種因素^{18、19、20}：

1. 工具機幾何誤差 (Geometric errors of machine tool)：

主要工具機機械結構上安裝誤差 (misalignments)、零件長期使用下所產生磨耗、螺桿背隙或是零件本身重量、外來載重 (load) 都會造成工具機機械結構偏差、變形。

2. 熱對工具機產生誤差 (Thermally-induced errors of a machine tool)：

由於機械結構幾何關係，會集中來自於驅動馬達 (drive motors)、主軸軸承 (spindle bearing) 的熱，產生溫度梯度沿著機械結構造成螺桿 (lead screw)、主軸，因熱產生膨脹造成機械結構變形，再者，工具機在切削的時候，在工件與刀具之間產生的摩擦熱造成刀具與工件產生磨耗跟熱膨脹。

3. 切削加工因素 (Cutting Process)：

銑削刀具之刀刃，因不連續切削，產生週期性的銑削力導致主軸、刀具及工件夾具間產生振動，是為顫振 (chattering)，而顫振的發生跟主軸、切削力大小及工具機之機械結構剛性有關。

以上三種因素幾乎決定工具機產品在市場上的價格與競爭，也影

¹⁸ M. A. Donmez et. all, "A general methodology for machine tool accuracy enhancement by error compensation", PRECISION ENGINEERING, VOL8, NO4 (1986).

¹⁹ 王焜潔等人，灰系統理論極容工智慧在 CNC 立式中心加工機熱誤差補償之應用，計量管理期刊，VOL2, NO2, PAGE207~218. 2005。

²⁰ 陳永潤等人，刀具材質對工具機切削穩定性之影響，技術學刊，VOL30, NO1, PAGE33-39. 2015。

響工具機對加工工件表面及尺寸精度，而前述這些因素有機會出現在工具機之工作平台、主軸、刀具、工具機整體，整理成圖 5 所示。

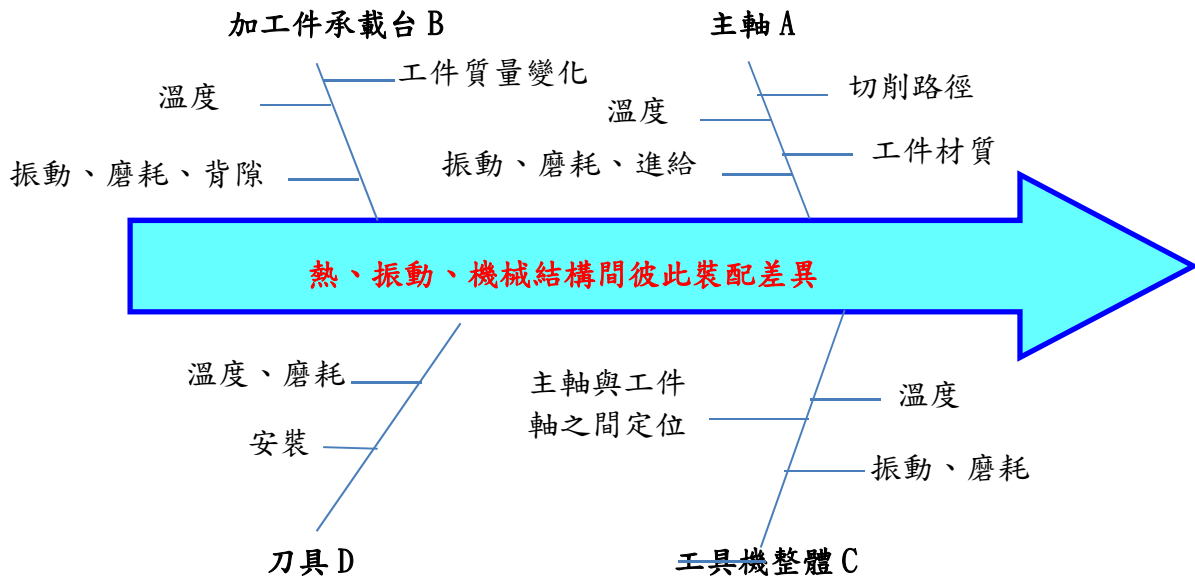


圖 5 影響工具機對工件表面及尺寸加工精度因子(PSC 整理)

三、如何補償工具機精度

如果把工具機當人來看²¹，控制器為人腦，驅動裝置為手或腳，感測裝置則為人的感官。當環境在變化時，感官會通知大腦使其作出決策去驅動手或腳作出相應的動作。故工具機在長時間作業下因為熱、振動等因素會對工具機產生誤差，進而影響其精度；要達到實時補償或修正需要藉由安裝在工具機上的感測裝置（sensor）感測來感測環境並通知控制器（controller）作決策，並由決策來驅動工具機的驅動裝置產生誤差補償或修正的動作，以達到精度改善。

²¹ 蔡孟勳，何謂智慧機械(工具機篇)，台灣機械月刊，2016 年 4 月。

(一) 感測裝置

工具機常見的感測物理量類型有溫度、位置、速度、視覺、聲音、加速度、負載、電流等。而為了為感測這些物理量的變化的情況，須使用感測裝置將其物理量的變化轉換為電能的訊息，將轉換後電能的訊息傳遞控制系統之裝置內。使用感測裝置前，應先考慮所測量的對象、需測量的範圍及測量的環境條件等因素選擇適合何種感測裝置。而工具機常見之量測物理量與所需對應之感測裝置整理成表 1 作為參考。

表1 工具機常見之量測物理量及其對應之感測裝置²²(PSC整理)

量測之物理量	感測裝置
溫度	熱電耦、熱敏電阻、紅外線、電阻溫度感測器
位置	光學尺、編碼器、雷射干涉儀、PSD、LVDT、座標量測儀、循環測試儀、感光耦合元件、CMOS
速度	編碼器、雷射測速感測器
加速度	加速規、陀螺儀
聲音	可聽音、超音波感測器
振動	位置、速度、加速度、聲音等感測器
負載	荷重元、應變規
電流	電流感測器
扭力	扭力感測器

²² 陳響亮、陳奕伶、陳韻堯，基於微控制器之工具機訊號擷取裝置設計與實作，國立成功大學製造資訊與系統研究所論文，2013 年。

(二) 學習

1. 人工智慧、機器學習和深度學習

1950 年代，是人類期待利用電腦從資料學會一套技能，促使了人工智慧（Artificial Intelligence，AI）一詞的出現，人工智慧是指以人類製造出來的機器所表現出來的智慧。

1980 年代，機器學習（Machine learning）的時代崛起，機器學習是實現人工智慧的一種方式，不同於傳統的邏輯推理方法，機器學習理論主要是讓電腦能透過資料進行分析找出規律，自行學會一套技能的演算法，由於機器學習是從資料中學習，其中涉及機率及統計學等統計理論，藉由大量的資料輸入，獲得學習與判斷的能力。

為了使機器像人類一樣具有識別或預測新資料的能力，必須先將資料進行分類，才能將資料分析，再進行訓練與預測，因此機器學習必須包含有資料的獲取與分析、模型的選取以及預測未來。

深度學習(Deep learning)則是到 2010 年代才蓬勃發展，深度學習發展的前身為類神經網路（Neural Network），是一種用數學模型來模擬生物大腦的神經網路模型，但由於類神經網路需要多層的運算，複雜的計算量導致運算量過於龐大，CPU 無法快速運算，得不到研究者的青睞，2006 年 Geffory Hinton 提出限制玻爾茲曼機（Restricted Boltzmann Machines, RBM）模型才成功訓練多層神經網路，於是就把多層的神經網路重新命名為深度學習。

依據歷史的演進，依序發展了人工智慧、機器學習和深度學習，而三者差異在於，機器學習是實現人工智慧的途徑，深度學習則是實現機器學習的一種方式²³。為實現深度學習，以下針對類神經網路來做介紹。

2. 類神經網路

類神經網路（Neural Network）又稱神經網路（Neural Network，NN）或人工神經網路（Artificial Neural Network，ANN），是一種利用數學模型，加上電腦的快速運算能力，經過反覆的學習和驗證，讓機器有能力推斷出結果的一種人工智慧方法。

類神經網路的建構概念是源於使用大量相連的人工神經元模仿生物神經網路的結構，為了模仿生物神經網路，類神經網路把每一層神經元當作一組函數，當對第一層神經元輸入一組輸入值後，這個函數會經過運算，再輸出一組輸出值，輸出值會成為第二層神經元的輸入值，第二層神經元的輸出值，會再輸入下一層神經元，如此層層傳遞，直到最後一層輸出結果。

類神經網路的學習是採用監督式學習，當輸入資料給機器學習，機器會將輸入資料特徵向神經網路傳遞，經過各個神經元上的函數，輸出結果，計算輸出結果與真實情況的誤差，當預測與真實不一致，就會調整神經元上的函數的權重，經由不斷的調整和學習，使得輸出結果與真實值能達到相同

²³ Artificial intelligence Vs Machine learning Vs Deep learning，<https://www.favouriteblog.com/artificial-intelligence-vs-machine-learning-vs-deep-learning/>(last visited Mar. 19, 2018).

後，才固定神經網路中的權重，類神經網路的學習就得以完成。

類神經網路的結構複雜，整個神經網路高度的互相連接，即使輸入資料包含少許干擾，仍可以正確的運作，容錯率高。

類神經網路的應用可使用微處理器作為神經元，在將演算法置入類神經網路中，類神經網路就可以依據選定演算法的特性進行學習，並且自行調整神經元之間的權重，不斷地優化，直到符合目標²⁴。接下來就介紹幾個可以作為類神經網路演算法的控制方法。

3. 類神經網路演算法的控制方法

(1) 適應控制系統

適應控制系統（adaptive control systems），又稱自適應控制系統，是一種對系統參數變化具有適應能力的控制方法，適應控制系統通過不斷地測量系統的輸入、狀態、輸出或性能參數，以逐步逼近系統特性來控制。

一般的回饋控制系統具有一定跟隨系統參數改變的控制能力，但若系統參數發生較大變化時，回饋控制系統穩定性會下降，而適應控制系統的結構與回饋控制系統的差異在於，適應控制系統增加了一個適應控制回路，透過受控物的輸入輸出關係來辨識受控物和外部干擾的特性，

²⁴ 維基，人工神經網路，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E7%A5%9E%E7%BB%8F%E7%BD%91%E7%BB%9C>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

並根據辨識的結果校正控制，以適應環境特性的變化，雖然在一開始系統不一定會保持穩定，但經過一段時間模型會逐漸逼近系統特性，不斷更新控制器的參數來適應環境的變化，模型會變得越來越準確，調整到一個最佳的工作狀態，確保控制性能。

適應控制常應用於工具機領域，在工具機的加工上，透過檢測主軸的負載所採集到的信號與刀具和工件資料進行分析處理，於加工過程即時算出機床的進給速率，亦可隨著刀具的磨損，適應控制系統能夠依據即時的刀具磨損量，算出最佳的進給速率，進而保護保護刀具、機床、工件不受損害²⁵。

(2) 模糊控制系統

模糊控制(Fuzzy Control)是以模糊邏輯(Fuzzy Logic)為基礎，1965年由美國教授Lotfi Zadeh提出模糊邏輯理論，在西方並不受到重視，但在日本卻有廣泛的應用。

模糊邏輯建構於模仿人類語言的不確定性概念，對於知識和經驗的認知而推論出資料為模糊、不確定的概念，所轉化成的控制方法。相對於0與1的資料，模糊邏輯是將原本非零即一的資料轉化為0到1之間的數值，更較為接近人腦不確定性的概念判斷和推理思維，模糊控制即是利用這種不確定性的概念所得出的控制推論法則。

²⁵ 百度百科，適應控制系統，<https://baike.baidu.com/item/%E9%80%82%E5%BA%94%E6%8E%A7%E5%88%B6%E7%B3%BB%E7%BB%9F>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

不同於以往的二元邏輯觀念，模糊邏輯強調許多事實的結果並非傳統的二元邏輯，而是介於兩者之間，因此引入了隸屬函數的概念，在模糊邏輯中使用到的隸屬函數是 0 到 1 之間的數值，表示事件的真實程度。舉例來說，很熱、很快、很早等都是以語意為基礎，屬於經驗的認知所敘述出的模糊概念，並未明確界定出一個值來判斷何謂冷熱、快慢、早晚，假設天氣很熱是模糊集合，氣溫 35°C 的隸屬函數是 0.9，氣溫 25°C 的隸屬函數是 0.1。

模糊控制的推論方法，主要靠一系列的 if-then 規則，依據人類的經驗建立模糊規則庫，模糊規則庫可以包含有很多條的控制規則，相較於一般的回饋控制系統，回饋控制系統對於系統有明確的控制能力，但對於複雜的系統或難以精確描述的系統，由於變量太多，以至於不容易正確描述系統的動態，模糊控制不需要對被控物建立完整的數學模式，可用於簡化系統動態，以處理控制問題²⁶。

(3) 反覆式學習控制系統

反覆式學習控制 (Iterative Learning Control, ILC)，又稱為迭代學習控制，於 1978 年由 Uchiyama 所提出，但並未引起很大的迴響，直到 1984 年由 Arimoto 等人重新介紹了此控制法則，反覆式學習控制才開始受到人們的重視。

反覆式學習控制是反覆對一個相同軌跡進行控制輸入，經由重覆的操作系統去學習未知的資訊，調整下一次

²⁶ 維基，模糊控制，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A8%A1%E7%B3%8A%E6%8E%A7%E5%88%B6>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

控制修正的參數，將追蹤誤差收斂至小範圍內，得到良好的控制效果的方法。

反覆式學習控制是透過重複利用相同軌跡前幾次輸入得到的資訊，對誤差資訊修正控制輸入，而得出下一次軌跡的控制輸入，以達到控制目標的改善。與一般的回饋控制系統的差異在於，回饋控制系統雖然具有一定跟隨系統參數改變的控制能力，但需要精確的數學模型，而反覆式學習控制，不需要系統的精確數學模型，只需要較少的資訊，就可以不斷改善控制輸入，使系統輸出誤差收斂，以達到高精度的追蹤，因此可以處理不確定性高或複雜度高的動態系統²⁷。

反覆式學習控制對於重複運動性質或是週期性的干擾，都可以透過反覆運算修正，提高系統的跟蹤性能，因此常應用於運動控制領域，在機械製造中，工具機的加工過程需要切削路徑的追蹤控制，刀具切削的軌跡可不斷透過前幾次操作測得的誤差資訊，校正控制輸入使誤差收斂，直到輸出的軌跡追蹤上期望軌跡。

本段介紹了三種控制系統，皆適用於刀具軌跡追蹤，簡言之，適應控制系統適合環境有不穩定雜訊的狀況，但一開始系統可能會不穩定；反覆式學習控制系統則適用於不精確數學模型，但需要重複運動性質或雜訊為週期性的；模糊控制適合複雜的動態系統。

²⁷ 百度百科，反覆運算學習控制，<https://baike.baidu.com/item/%E8%BF%AD%E4%BB%A3%E5%AD%A6%E4%B9%A0%E6%8E%A7%E5%88%B6>(最後瀏覽日：2018/03/19)。

四、專利檢索主題確認及分析方法

專利情報分析流程可分為(1)研擬分析主題、(2)產出技術結構、(3)訂定檢索策略、(4)檢索專利文獻、(5)編修專利清單暨管理專利文獻、(6)篩選暨判讀相關專利、(7)製作分析報告及簡報等流程，如圖 6 所示。其中，

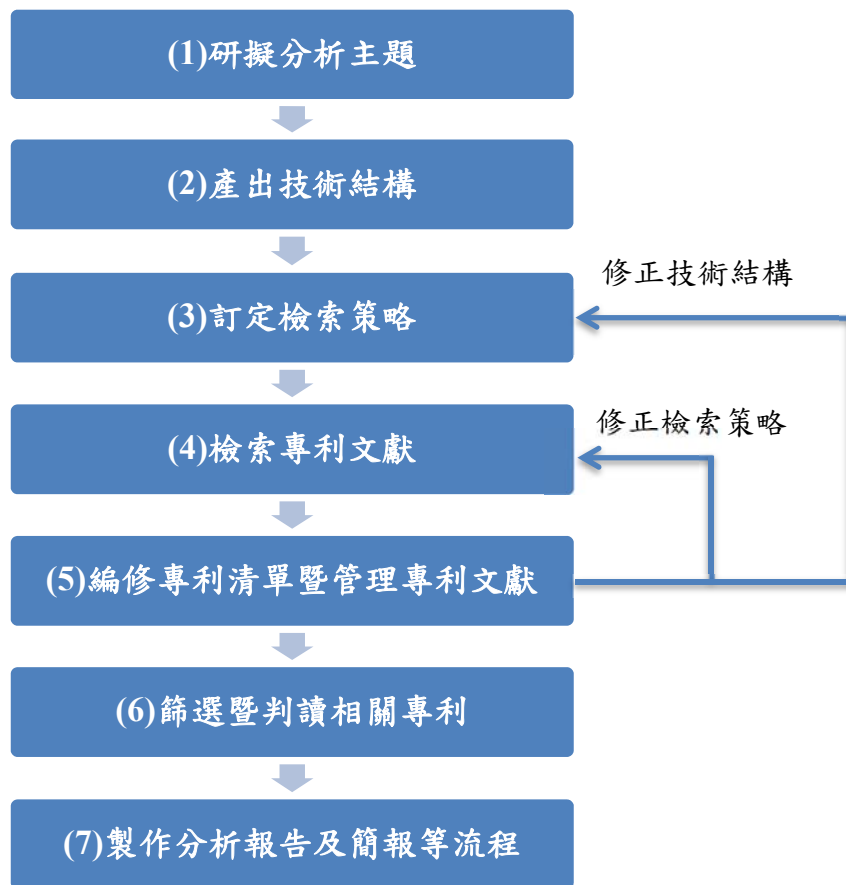


圖 6 專利情報分析流程(PSC 整理)

(1)研擬分析主題：從前述研究得知，我國為全球工具機出口排名第 5 名之國家，其中以綜合加工機為我國機械設備出口第 1 名、再者，我國工具機由於精度、穩定性的差異問題，故因此附加價值低於歐洲、日本之工具機附加價值，以及加上因應全球邁入第四次工業革命，為配合我國情勢，經濟部規劃推動智慧機械

產業推動方案²⁸，故本計畫將深入探討全球關於智慧工具機在五大專利局或地區（中國大陸、美國、日本、德國、歐盟、韓國）及台灣專利之布局趨勢。

(2)產出技術結構：將前階段收集到的相關技術資料加以整理，歸納出分析主題所產出之技術結構。

(3)訂定檢索策略：前階段的技術結構，擬定檢索關鍵字、國家及時間，透過各國專利局專利資料庫、商用專利資料庫進行初步檢索。必要時可依據初步檢索結果調整檢索式。本研究檢索策略：(A)關鍵字詞以「智慧」、「切削精度」及「工具機」²⁹衍生相關同義字，(B)工具機相關國際分類號（IPC）為 B23Q11/00、B23Q15/00、B23Q17/00、B23Q23/00、G05B11/00、G05B13/00、G05B0019/00、G06N03/00，(C)檢索資料庫：中華民國專利資訊檢索系統、Derwent Innovation，(D)檢索時間範圍：公開日/公告日 2008.01.01~2017.12.31，(E)檢索國家/地區以中國大陸、美國、日本、德國、歐盟、韓國及台灣之發明專利。

(4)檢索專利文獻：經上述檢索策略檢索後，相關專利申請數量 3,132 件，其中專利家族數量為 1,469 件，最後檢索時間為 2018.01.04。

(5)編修專利清單暨管理專利文獻。

²⁸ 經濟部，「五大產業創新研發計畫 智慧機械產業推動方案」投影片資料，105 年 7 月 21 日。因應全球邁入第四次工業革命，為配合我國情勢，經濟部規劃推動智慧機械產業推動方案，行政院於 105/7/21 召開第 3507 次院會中通過實施，其中包括智慧機械推動方案，於該會會議中定義何謂智機產業化及其範疇：(1)定義：智機即智慧機械，也就是整合各種智慧技術元素，使其具備故障預測、精度補償、自動參數設定與自動排程等智慧化功能，並具備提供 Total Solution 及建立差異化競爭優勢之功能；(2)範疇：包含建立設備整機、零組件、機器人、物聯網、大數據、網路與實體系統(Cyber-physical system, CPS)、感測器等產業。

²⁹ 本文工具機之定義為車、銑削等為主，不包含雷射、沖壓等加工機。

(6)篩選暨判讀相關專利：本報告經過人工閱讀篩選關於智慧工具機切削精度提升之專利數量為 1,147 件（本文後續將智慧工具機切削精度提升之專利簡稱工具機精度提升專利），其中包含 583 個專利家族。

(7)製作分析報告及簡報：藉由上述經過人工閱讀篩選工具機精度提升技術相關的專利申請數量 1,147 件，其中包含 583 個專利家族，製作後續專利分析圖。

五、專利分析圖

專利分析圖可分為管理圖及技術圖，其目的在於找出該技術領域中，主要技術領域以及相關競爭者，以及未來可能的潛在技術或是趨勢。管理圖是從每篇專利的首頁資訊所截取出來，內容包括國別、發明人、申請人、申請日（優先權）、國際分類號、公開號（公告號）、公開日（公告日）、摘要等。藉由上述資訊，歸納分析後，可以得到管理圖，該管理圖使對象為管理階層者。

技術圖則是偏重研發人員使用，透過選定的相關專利，經詳加研讀技術內容後歸納出該篇專利所欲解決的問題以及解決的手法，製作成問題-手法之功效矩陣圖，由該圖可以看出該技術領域的紅海區（技術密集區）或是藍海區。或是製作成核心專利圖，藉由該核心專利圖看出較重要技術專利、擁有者（申請人），推測出技術或應用未來趨勢。

參、工具機精度提升整體專利分析

一、專利歷年申請趨勢

智慧工具機切削精度提升相關專利從 2008 年開始一路上升，到 2011 年達到巔峰，之後開始逐年遞減，如圖 7 所示，由於 2016 年、2017 年還有部分案件尚未公開，於此先不予討論。在德國政府於 2011 年提出工業 4.0 政策之後，在當年的智慧工具機切削精度提升相關專利的申請量相較於前年 2010 年有大幅提升約 37.8%，表示工業 4.0 政策對智慧工具機切削精度提升有一定程度的影響。

但從另一方面來看，雖然申請的案件數在 2012 年開始遞減，以 2011 年做為分界（德國提出工業 4.0 政策），比較 2008~2010 年與 2012~2015 年之申請量，前者共計為 287 件，平均每年 95.6 件的申請量；後者之申請量共計為 525 件，平均每年 131.2 件的申請量，可以得知出來兩者之間的平均值差約為每年 35 件的申請量，表示智慧工具機切削精度提升相關專利申請量是趨於穩定的成長。

從專利被申請國家/區域，如圖 8 所示，相關專利集中在中國大陸(CN)、美國(US)、日本(JP)等國家，而中國大陸、美國、日本這三國被申請的專利數量占全部 89.6%；其中中國大陸就占約 51%，會有如此大的申請量的原因或許與中國大陸是目前第一大工具機的消費國所致。（依據 GARDNER 2016 年全球工具機消費國家排名顯示，中國大陸為第一名，工具機消費量約占全球的 30.8%）。

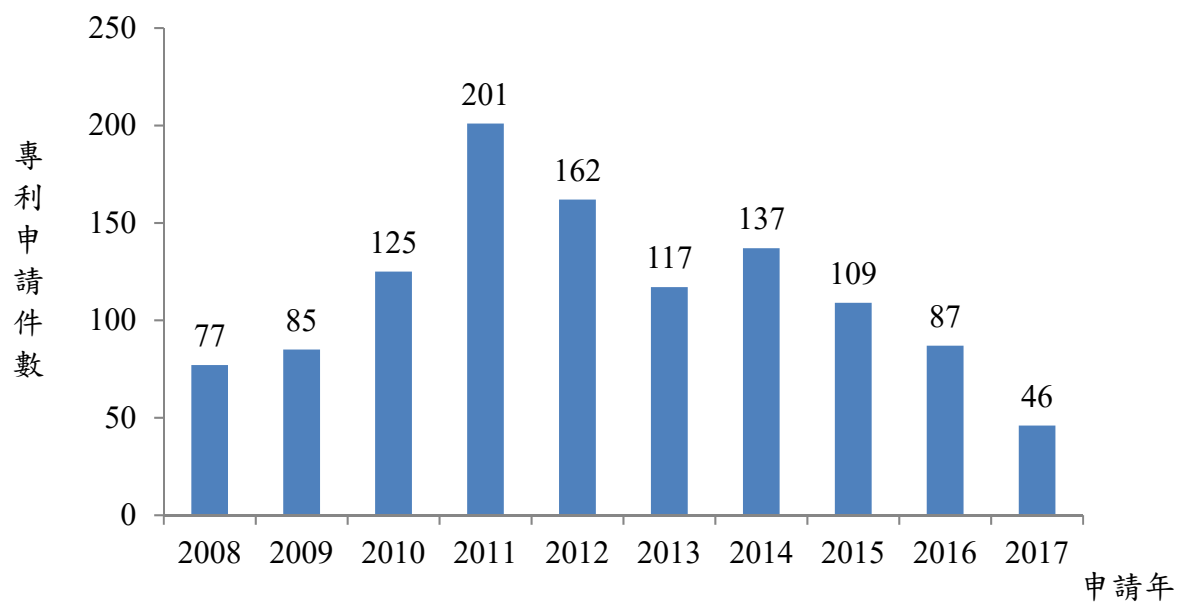


圖 7 專利歷年申請趨勢(PSC 整理)

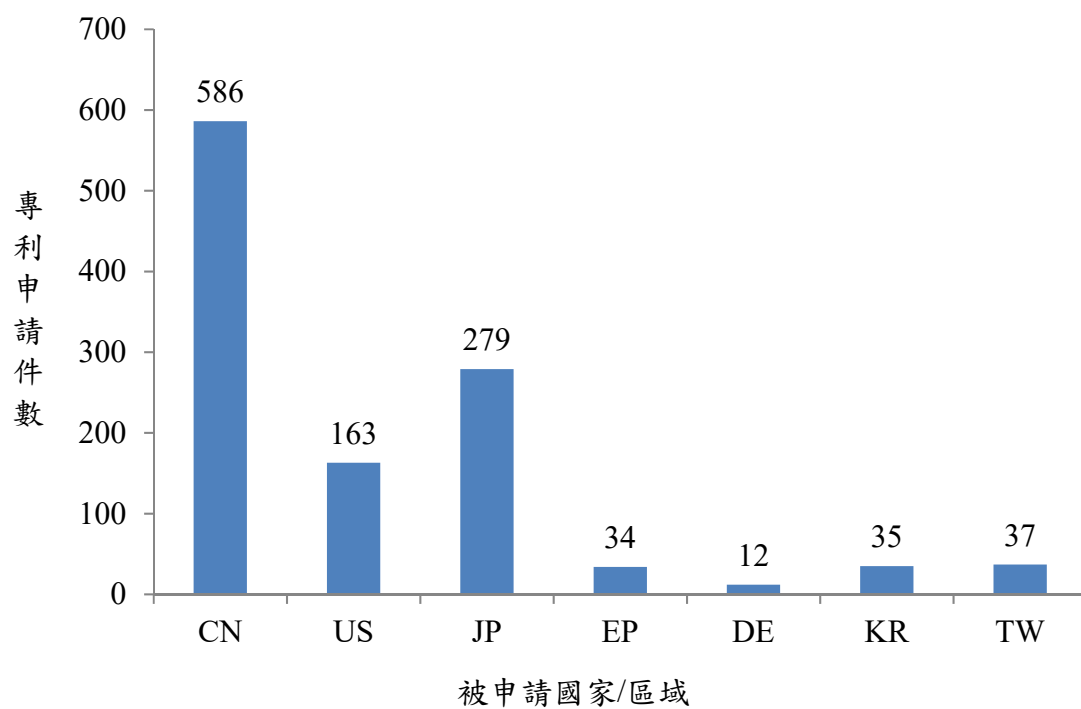


圖 8 專利被申請國家/區域(PSC 整理)

二、專利歷年申請量對應被申請國家/區域趨勢

圖 9 所示，各被申請國/區域關於智慧工具機切削精度提升相關專利，在 2011 年到達高峰；以 2011 年為分界，2012~2015 年在中國大陸、美國之整體專利案件申請量較 2008~2010 年整體專利案件申請量高。但其中，日本與其他國家/區域有些差異，日本在 2008~2010 年之申請量為 104 件，平均每年 34.6 件的申請量；而 2012~2015 年之申請量為 102 件，平均每年 25.5 件的申請量，可以得知兩者之間的平均值大約為每年 9.1 件的申請量，表示智慧工具機切削精度提升相關專利的申請量，在日本這個國家是降低的，是否有研發能量的轉移則需要繼續觀察。

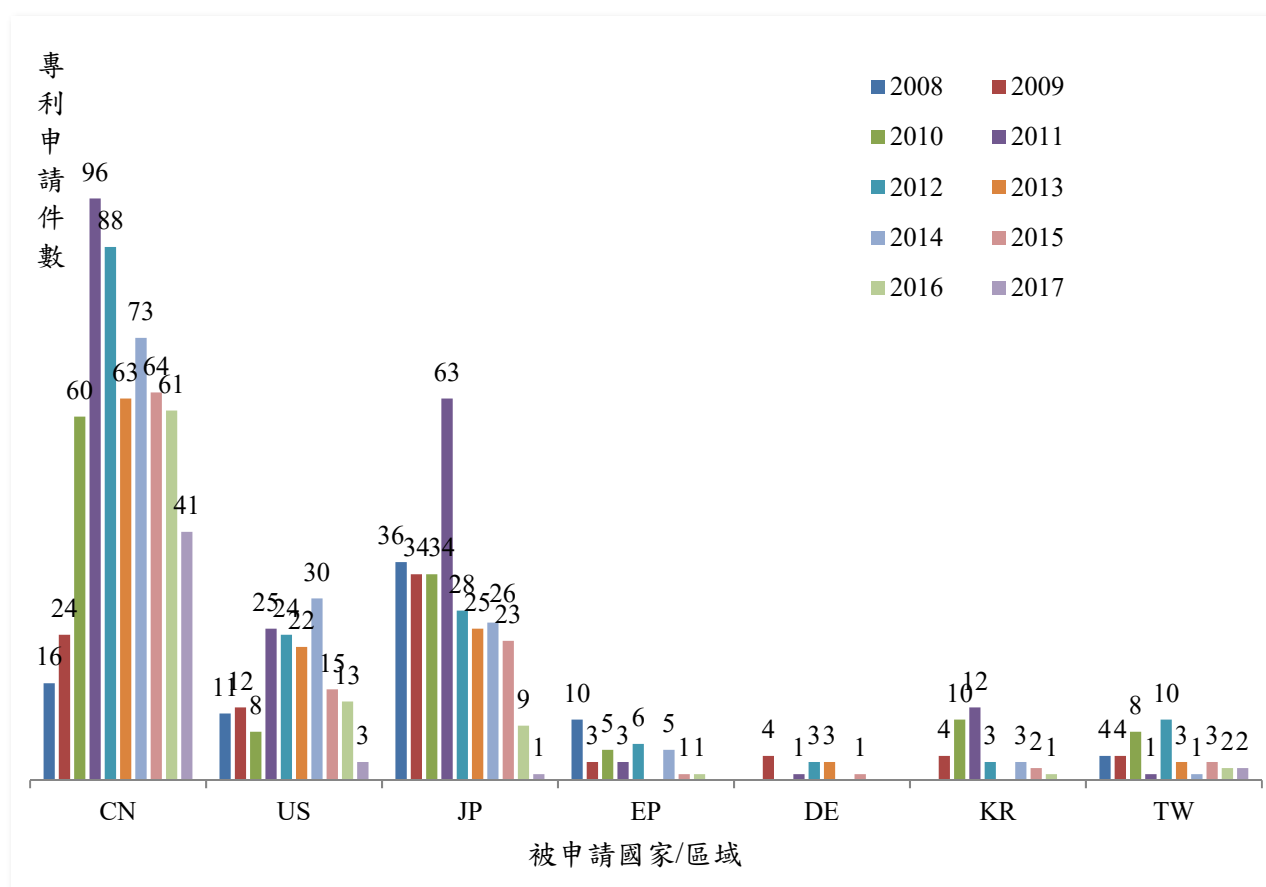


圖 9 專利被申請國家/區域(PSC 整理)

三、各國國籍申請人/專利權人在各國布局的現況

本節目的在於觀察各國國籍申請人/專利權人在各國布局的現況，如圖 10 所示，中國大陸申請人及日本申請人合計為 86.2%，這表示關於智慧工具機切削精度提升相關專利以日本與中國大陸申請人為主。

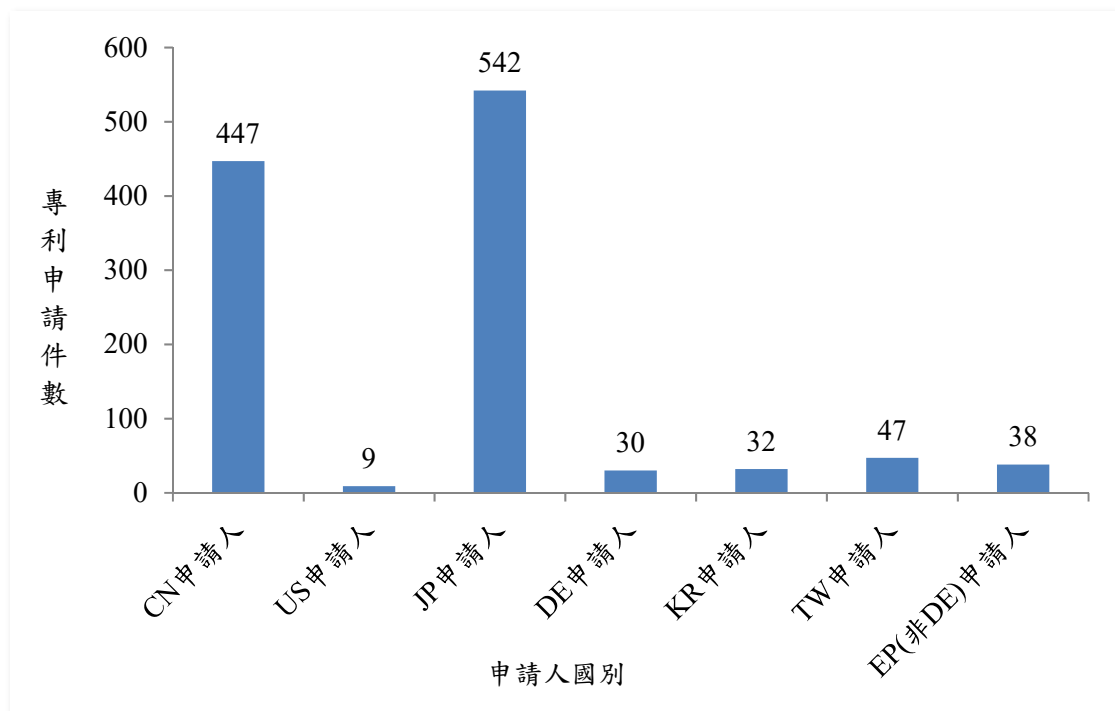


圖 10 各國申請人專利申請件數統計(PSC 整理)

分析申請人相關專利分布情況，如圖 11 所示，日本申請人在各國皆有布局為布局最廣，其中以日本國內為最多約 48.9%，其次美國為 23.1%，中國大陸第三為 18.8%，這可能為東亞地區為日本第一的外銷市場，而北美地區是為第二³⁰。

在前述提及中國大陸目前擁有最多被申請專利數量，但從圖 11 得知中國大陸雖然是擁有最多被申請專利量，並從國籍申請人/專利

³⁰ Japan Machine Tool Builders' Association, <http://www.jmtba.or.jp/english/wp-content/uploads/10-11-2017.pdf> (last visited Apr. 25, 2018)

權人的結構來看，中國大陸國籍申請人仍占多數（99.3%），也可以顯示出中國大陸國籍申請人很少國外布局，這或許是中國大陸為目前工具機最大消費國，或許可能是中國大陸政府專利資助辦法之緣故³¹。

另外，台灣國籍申請人主要申請為台灣、中國大陸以及美國為主，其中，台灣國籍申請人在台灣申請占 57.4%、在中國大陸申請占 29.8%、在美國申請占 10.6%，可見台灣國籍申請人較看重的市場為中國大陸及美國的市場，這或許為兩者分別占我國機械出口第一位及第二位³²之緣故。

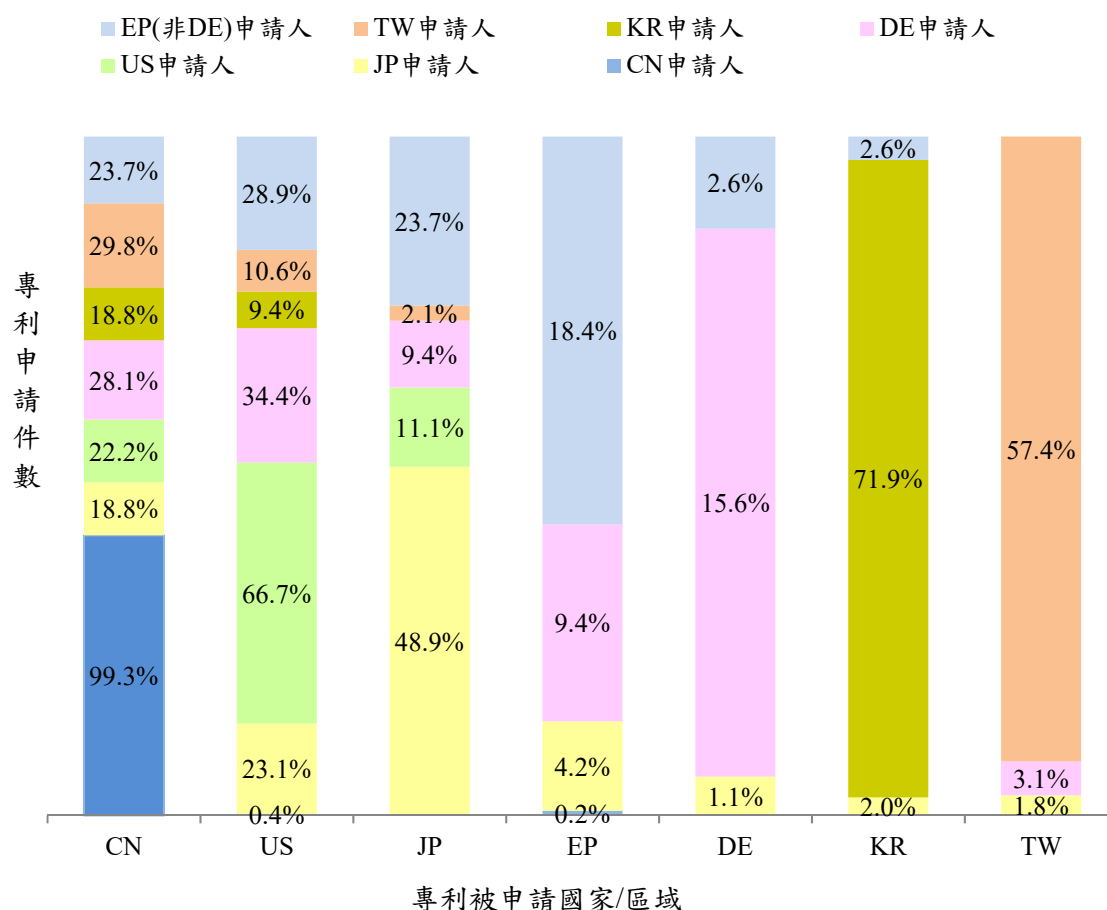


圖 11 各國籍申請人/專利權人與專利被申請國家/區域分布統計(PSC 整理)

³¹ 上海市專利資助辦法，<http://www.sipa.gov.cn/zscqj/xxgkml/20180920/8415.html>(最後瀏覽日:2018/10/11)。

³² 臺灣機械工業同業公會、2017 年 1~12 月台灣機械出口國家別統計分析表
http://www.tami.org.tw/statistics/taiwan_ind_201712.pdf(最後瀏覽日:2018/04/25)。

四、專利技術分類

將智慧工具機切削精度提升相關專利，依據技術領域分類，主要分布國際專利分類（International Patent Classification, IPC）主目中的 G05B 19/00（程序控制系統）、B23Q 15/00（刀具或工件之進給運動，切削速度或位置之自動控制與調整）、B23Q 17/00（機床上之指示或測量裝置），前三大 IPC 主目約占整體次數的 70.3%，其中以 G05B 19/00 為最多 44%，如圖 12 所示，由此可以推測工具機精度提升之相關專利應會跟工具機的程序控制器有極大的關係、其次為刀具或加工件進給運動控制以及工具機上的測量或感測裝置，圖 12 所示。

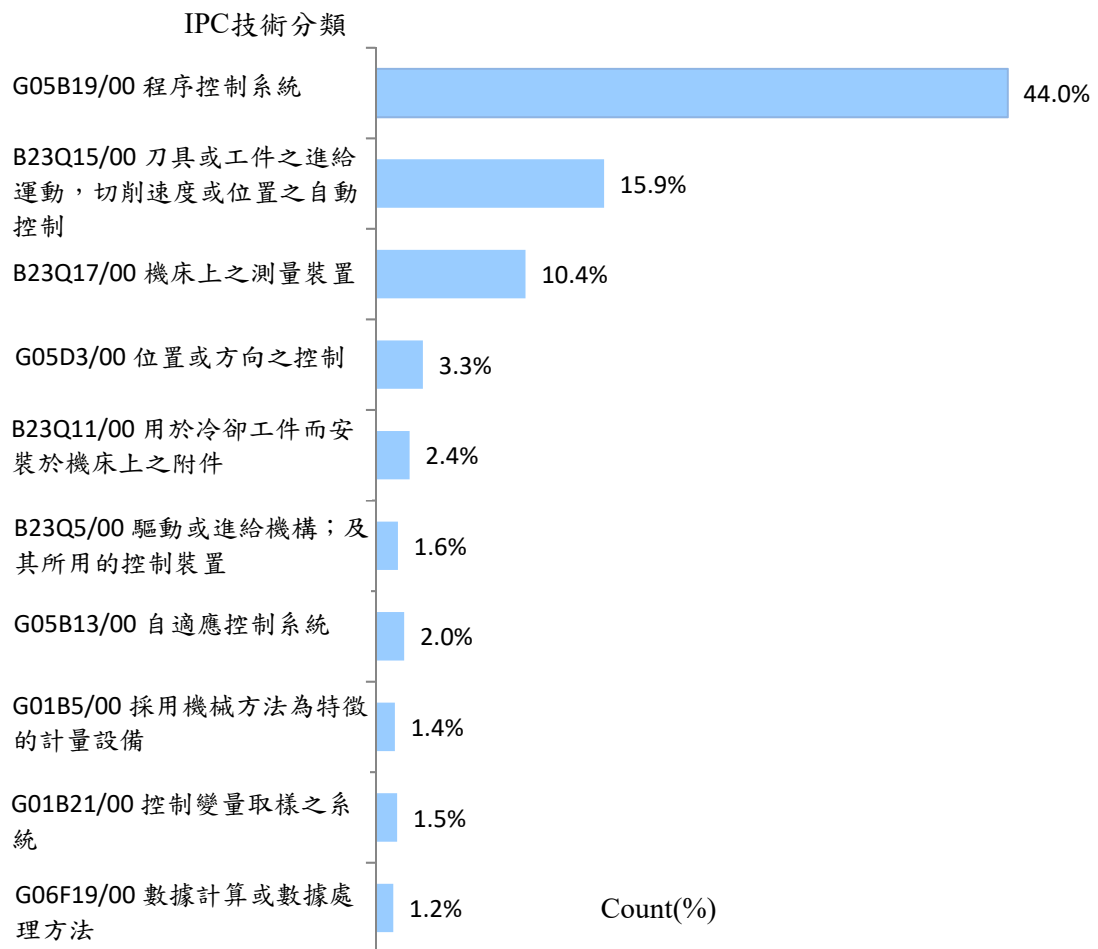


圖 12 IPC 技術領域分類(PSC 整理)

五、專利申請人分析

智慧工具機切削精度提升相關專利前十大申請人，以日商發那科（FANUC）為第一，共累積 190 件、第二為日商牧野工具製作所（MAKINO）、日商大隈（Okuma）並列，皆為 41 件、第三為日商兄弟工業（Brother）為 40 件、第四位為日商三菱重工、第五位為中國大陸中國科學院瀋陽計算技術研究所、中國大陸大連理工大學並列，接下來依序為中國大陸華中科技大學、日商 DMG MORI（森精機）、中國大陸西安交通大學、台灣財團法人工業技術研究院、日商捷太格特（JTEKT）、英商雷尼紹（Renishaw）則為並列第十，如圖 13 所示。

值得注意的是，前十大發明人中日本公司申請人占了 7 個名次（發那科、牧野、大隈、兄弟、三菱重工、DMG MORI、捷太格特）約占申請件數總量的 33.4%，這可能表示在智慧工具機切削精度提升研究大部分以日本公司為主導。中國大陸申請人占了 4 個（中國科學院瀋陽計算技術研究所、大連理工大學、華中科技大學、西安交通大學），約占件數總量 9%，這可能表示中國大陸在智慧工具機切削精度提升研究以學研單位為主，英國一個（雷尼紹）、台灣為工業技術研究院其排名為第九位，其值約占件數總量的 1.6%，表示在台灣在智慧工具機切削精度提升研究以學研單位為主。此外，還有其他公司、學研單位、個人申請人，但因為每個單位申請件數不多，故合併統計之。

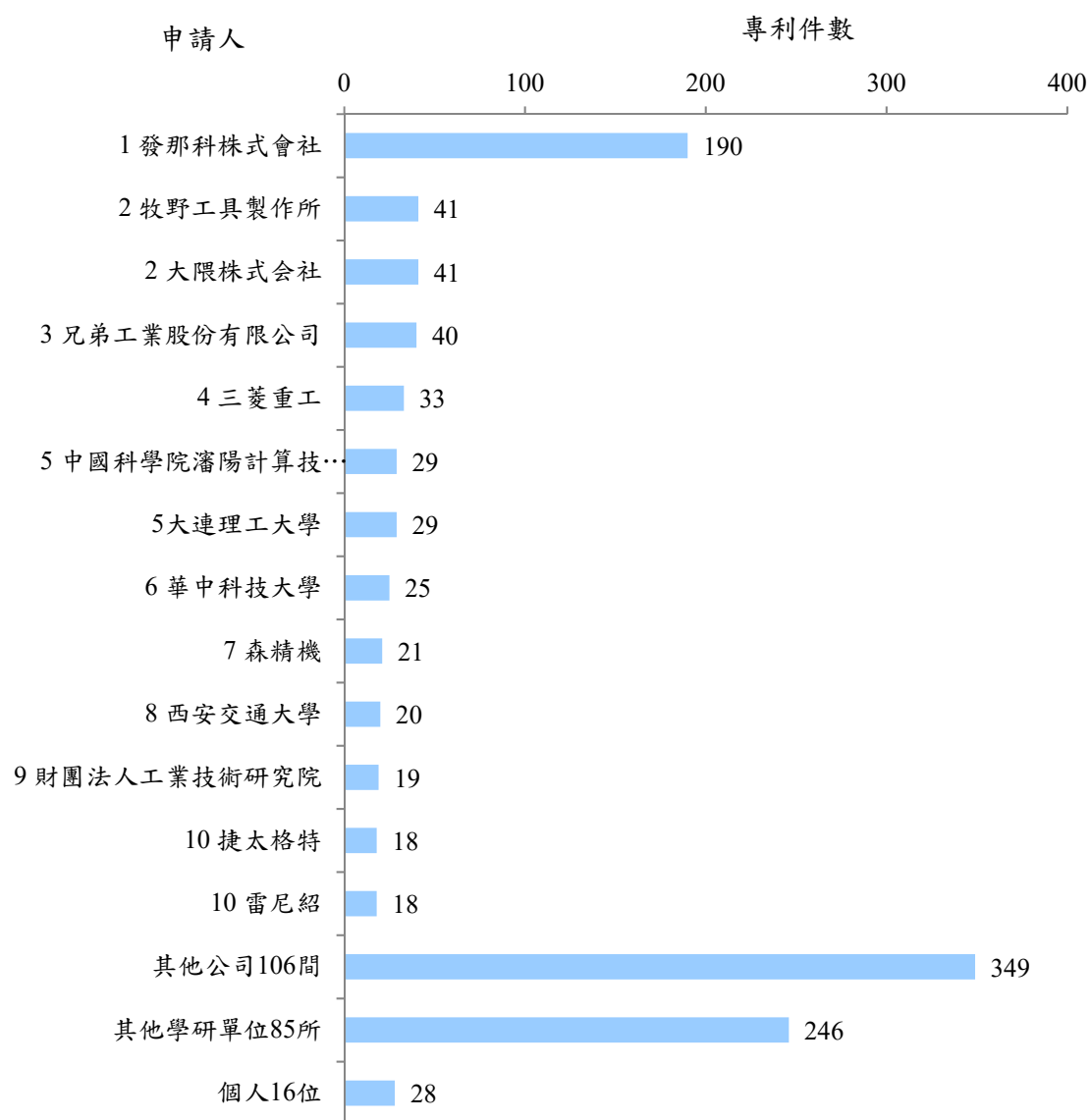


圖 13 申請人與專利件數(PSC 整理)

六、企業研發能量及競爭力

企業研發能量及競爭力，如圖 14、15 所示，在縱軸代表被引證次數，被引證次數越高，表示該專利申請人在研發技術上領先或創新能量高。橫軸代表專利申請數量，申請專利數量越高，表示專利申請人投入研發能量越高。將統計對象之被引證次數與專利申請數量分別以中位數統計，作為座標的界限（被引證次數之中位數為 61、專利申請數量之中位數為 29），如此可將座標分成四個象限。第一象限、第二象限、第三象限、第四象限。因此，位於第一象限之專利申請人具有較多的被引證次數與專利申請數量，故表示具有較高的技術研發能量，以及較高的技術創新程度，推測為該技術所屬領域的領導者。亦即為，位於第一象限的發那科、大隈、牧野工具製作所等企業具有較高的技術研發能量，以及較高的技術創新程度。

再者，圖 15 為圖 14 之局部放大圖，位於第二象限有華中科技大學與雷尼紹，雖然較高的技術創新程度，但相關的專利申請件數並不多，低於 29 件。位於第四象限的兄弟工業雖然已有一定的數量的布局，唯被引證次數較少，低於 61 次，導致於技術創新程度相對較低。第三象限有西安交通大學、捷太格特、DMG MORI、財團法人工業技術研究院，因為其較低的被引證次數與專利申請數量導致位於該象限者技術研發能量以及技術創新程度均偏低。

需注意的是，中國科學院瀋陽計算技術研究所（專利申請數量 29、被引證次數 73）與三菱重工（專利申請數量 33、被引證次數 61）與大連理工大學（專利申請數量 29、被引證次數 31）剛好位於座標的界限上，後續需觀察中國科學院瀋陽計算技術研究所、三菱重工是

否會到有機會到第一象限成為該技術所屬領域的領導者。

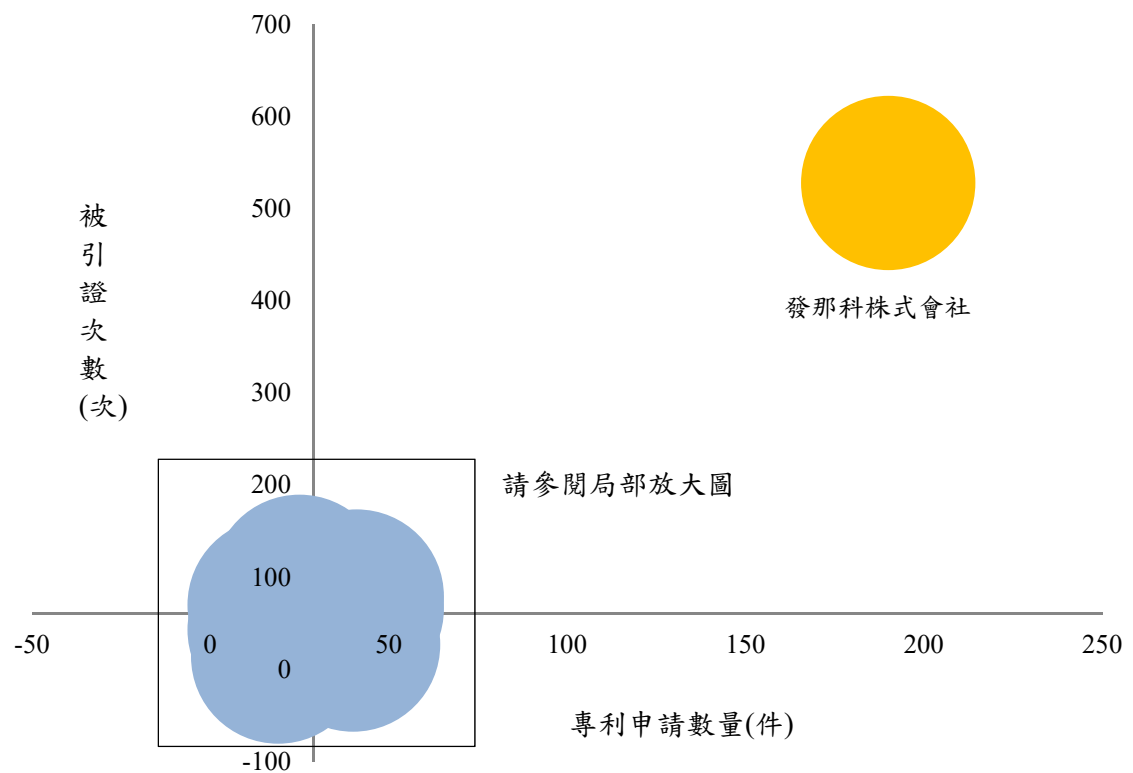


圖 14 企業研發能量及競爭力(PSC 整理)

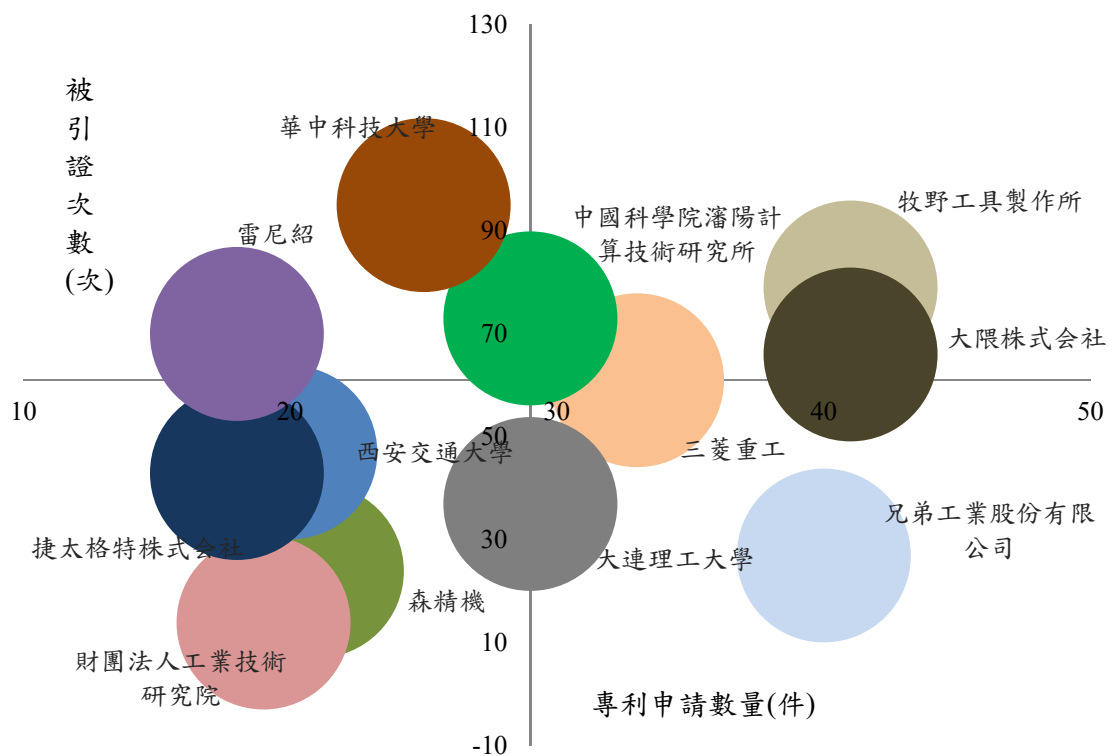


圖 15 圖 14 之局部放大圖(PSC 整理)

七、智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖

圖 16 為智慧工具機切削精度提升相關專利之功效矩陣圖，表 2、3 則為改善手法代碼及欲解決問題說明。從圖 16 中，可觀察最多的申請人所欲解決的問題，第一名出現在「工具機多軸聯動 C4」為 209 筆、第二名在於「主軸切削路徑 A3」為 147 筆、並列第三則為「工具機因為溫度影響 C1」及「工具機主軸與工件之間定位 C3」各為 52 筆、第四為「主軸之振動、磨耗、進給 A2」共計 38 筆、第五為「工具機之振動、磨耗 C2」共計 22 筆。

從所欲解決的問題出現在「工具機多軸聯動 C4」，這或許表示工具機目前走向或未來的需求是朝向具備多軸功能之工具機，所謂多軸意思指除了傳統 X、Y、Z 三軸還可能增加了 A、B 或 C 軸作為旋轉或擺動，或者是同時具有 A、B、C 三軸，形成多軸工具機。

為了「工具機多軸聯動 C4」定位問題，解決方式主要有 3 種，分別為「控制器的控制修正，誤差補償 V.1」、「輪廓軌跡規劃 XI」、「加減速規劃和刀具姿態 XI.1」，其中以「控制器的控制修正，誤差補償 V.1」為主，占 87 筆，該目的在於利用控制器控制工具機之軸偏移的修正控制。第二位為「輪廓軌跡規劃 XI」有 54 筆，其目的工具機進給軸與工件軸之間運動輪廓軌跡規劃，第三則為「加減速規劃和刀具姿態 XI.1」有 27 筆，該目的則為利用軸加減速規劃和刀具姿態使工件表面平滑。

第二名改善「主軸切削路徑 A3」問題，解決方式主要有 4 種，「刀位點的生成 VII.1」、「刀位點的插補 VII.2」、「位置回饋控制 VIII」、「調整加減速度 VIII.2」；其中，以「刀位點的插補 VII.2」為主，占 47

筆，該目的在於利用刀具位置點的插補法，藉由當前切削點與下一切削點之間新增一切削點，使得每一控制切削點更為接近，使得主軸切削路徑更加平滑。第二位為「位置回饋控制 VIII」有 28 筆，該目的為點對點的位置回饋控制，修正主軸切削路徑逼近最佳路徑。第三位為「刀位點的生成 VII.1」有 27 筆，該目的藉由刀位點曲面建構以建立主軸切削路徑。最後，則為「調整加減速度 VIII.2」有 26 筆，該目的藉由調整加減速度改善主軸在切削過程中，遇切削路徑轉折處時，所造成工件表面轉折處的粗糙問題。

分析所欲解決問題第三名「工具機因溫度影響 C1」及「工具機主軸與工件之間定位 C3」；其中，解決「工具機因溫度影響 C1」方法主要為利用「溫度與熱位移量關係的建立熱誤差模型 I」有 20 筆，其目的在於利用建立溫度與熱位移量關係之熱補償函數來補正各軸因熱所造成之熱位移。另外，為了解決熱誤差，用以建立熱誤差模型的數學模型合併共計 21 筆（「建立誤差模型 II」、「神經網路模型、貝葉斯模型、斯特克貝裡模型 II.1」、「以回歸分析建立模型 II.2」、「以有限元素法建立模型 II.3」）。工具機主軸與工件之間定位(C3)問題則是以感測器量測定位(X.1)手法處置，其手法利用探針、探頭等感測裝置量測主軸與工件軸之間位置後定位。

分析所欲解決問題第四名為「主軸之振動、磨耗、進給 A2」，方法主要有建立「穩態極限圖 VI」、「控制器的控制修正，系統穩定 V.2」。其中，該建立「穩態極限圖 VI」為 13 筆，目的在於利用測定主軸條件，建立穩態極限圖，以調整主軸轉速到穩定範圍，降低主軸震動問題。「控制器的控制修正，系統穩定 V.2」為 11 筆，目的在於解決伺服馬達與控制器控制訊號不同步，產生的系統不穩定問題。

所欲解決問題第五位為「工具機之振動、磨耗 C2」，解決手法主要「建立誤差模型 II」方法，有 10 筆，其目的在於利用建立數學誤差模型來補償工具機之磨耗。此外，圖 16 中可得知大部分的申請人，將研發能量投入在「工具機整體 C」為 335 筆，占矩陣圖 57.4%、其次為「主軸 A」為 208 筆，占矩陣圖 41.3%，故這兩大主體後續可作為研發方向觀察的參考。

為進一步分析主要專利申請人功效矩陣，請參閱圖 17，該分析之目的在於觀察主要專利申請人所欲解決問題，發那科主要為「工具機多軸聯動 C4」，牧野主要為「工具機多軸聯動 C4」、大隈主要為「工具機多軸聯動 C4」，兄弟工業主要為「工具機因溫度影響 C1」、「主軸切削路徑 A3」，三菱重工主要為「主軸切削路徑 A3」，中國科學院瀋陽計算技術研究所主要為「主軸切削路徑 A3」、「工具機多軸聯動 C4」，大連理工大學主要為「工具機多軸聯動 C4」。值得注意，大部分主要專利申請人所欲解決問題放在「工具機多軸聯動 C4」上，與其他專利申請人所欲解決問題具有一致性，表示解決「工具機多軸聯動 C4」問題對於工具機切削精度提升有重要的關聯性。

表 2 改善手法代碼說明(PSC 整理)

代碼	手法	代碼	手法
I	溫度與熱位移量關係的熱補償函數的建立	VI	建立穩態極限圖
II	建立誤差模型	VII.1	刀位點的生成
II.1	神經網路模型、貝葉斯模型、斯特克貝裡模型	VII.2	刀位點的插補
II.2	回歸分析建立模型	VIII	位置回饋控制
II.3	以有限元素法建立模型	VIII.1	調整刀具姿態
III	建立預測模型	VIII.2	調整加減速度
III.1	以類神經網路為學習訓練模型	IX	背隙補正
III.2	其他訓練學習模型	X.1	感測器量測定位
IV.	保持恆定溫度下加工	X.2	影像辨識定位
V.1	控制器的控制修正，誤差補償	XI	輪廓軌跡規劃
V.2	控制器的控制修正，系統穩定	XI.1	加減速規劃和刀具姿態
		XII	其他

表 3 欲解決問題說明(PSC 整理)

應用領域	代碼	欲解決問題
主軸 A	A1	溫度影響
	A2	振動、磨耗、進給
	A3	切削路徑
	A4	工件材質
加工件承載台 B	B1	溫度影響
	B2	振動、磨耗、背隙
	B3	工件質量變化
工具機整體 C	C1	溫度影響
	C2	振動、磨耗
	C3	主軸與工件軸之間定位
	C4	多軸聯動
刀具 D	D1	溫度、磨耗
	D2	安裝

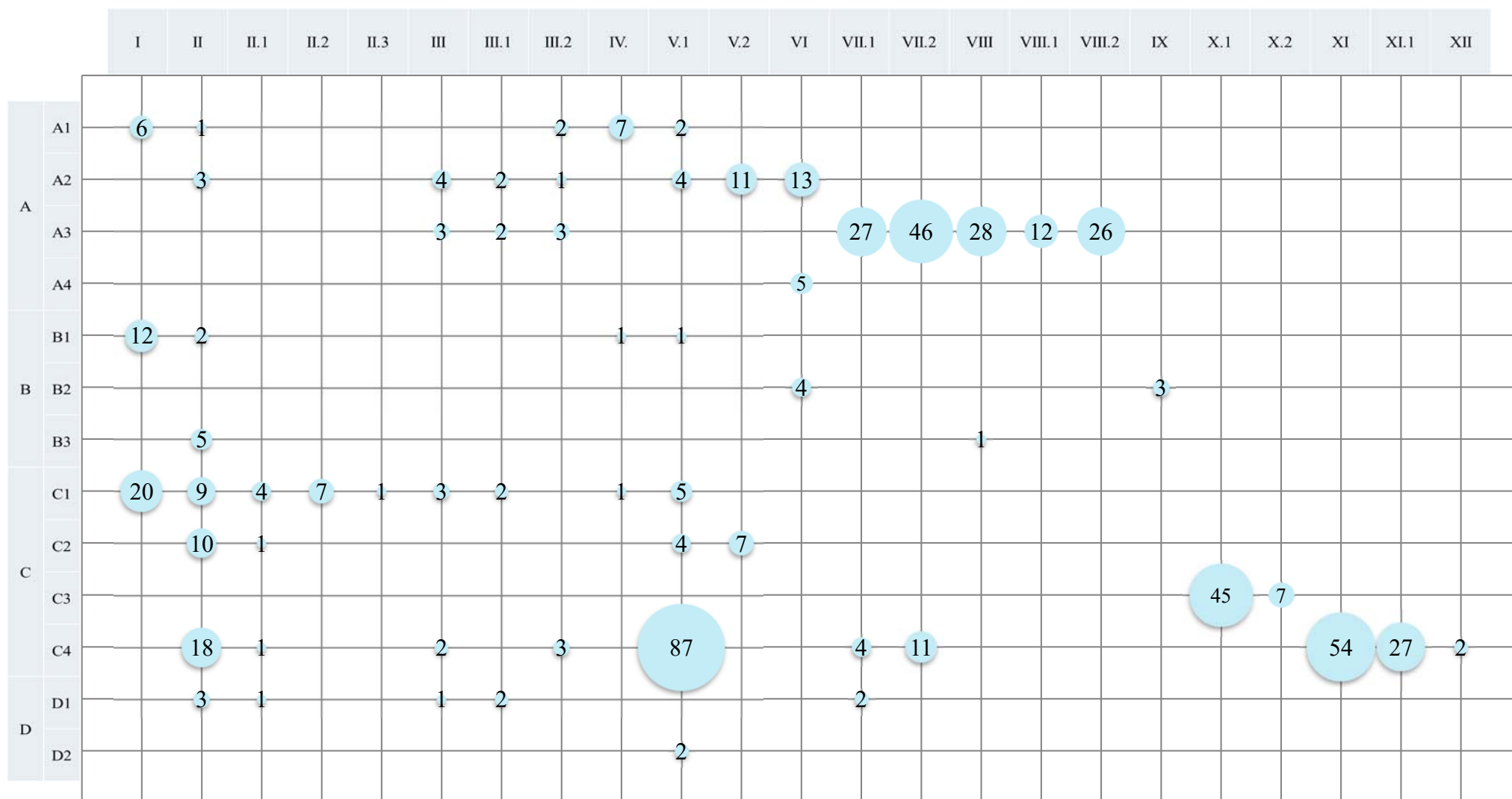


圖 16 智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖(PSC 整理)

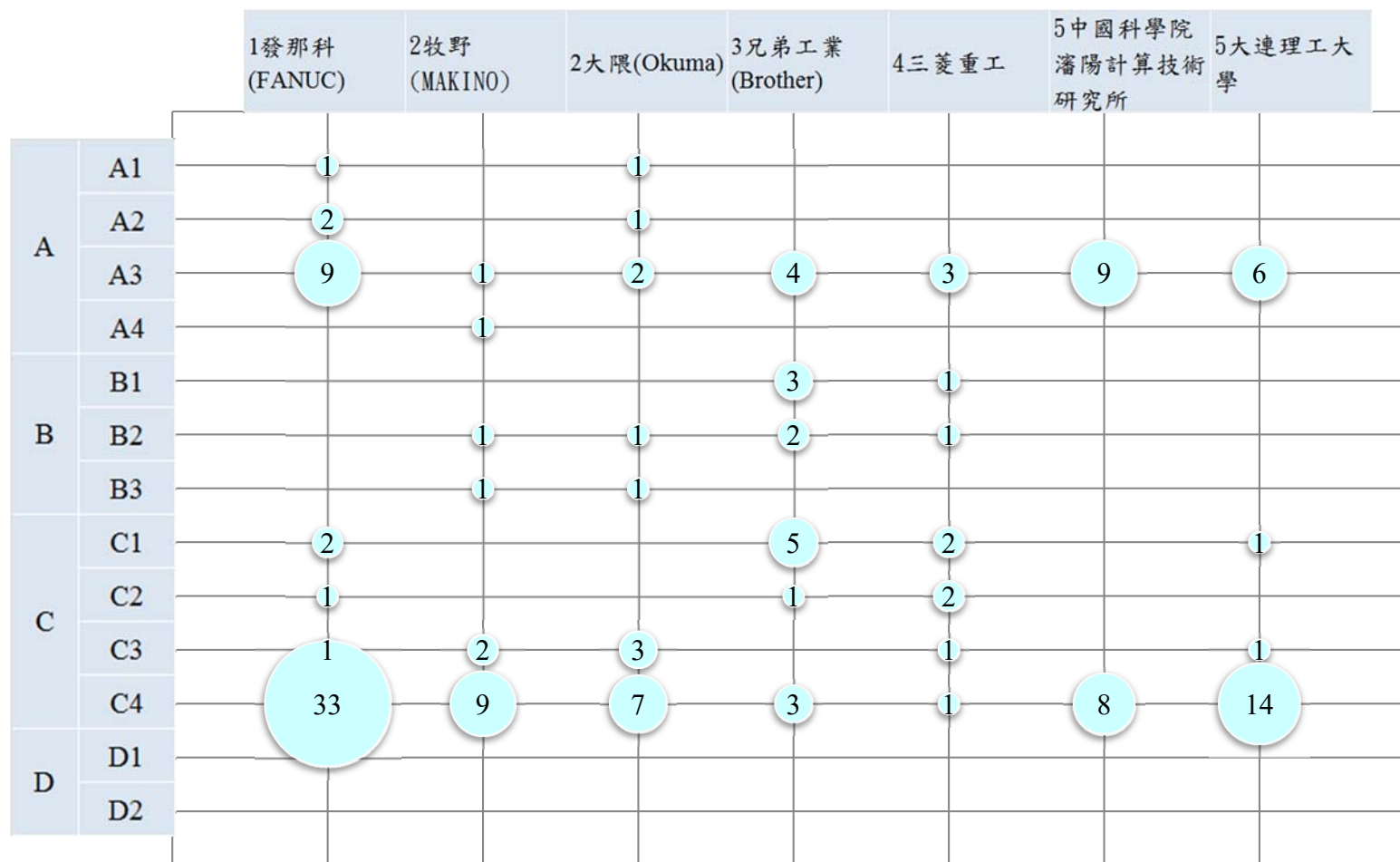


圖 17 主要專利申請人功效矩陣圖(PSC 整理)

八、台灣申請人於智慧工具機切削精度提升之功效矩陣圖分布

圖 18 顯示台灣申請人（深藍色圓點處，在深藍色圓點下方為件數）在智慧工具機切削精度提升相關專利的分布情況，台灣申請人申請量為 36 筆占整體總量的 6.2%。圖 18 中觀察最多的台灣申請人所欲解決的問題出現在「工具機多軸聯動 C4」為 9 筆、「工具機因為溫度影響 C1」、「工具機主軸與工件之間定位 C3」及「主軸切削路徑 A3」，三者皆為 5 筆並列第二。第三位為「主軸溫度影響 A1」、「主軸之振動、磨耗、進給 A2」皆為 3 筆。

此外，圖 18 中可得知大部分的台灣申請人，將研發能量投入在「工具機整體 C」為 20 筆，占台灣申請案的 55.5%、其次為「主軸 A」為 12 筆，占台灣申請案的 33.3%，故台灣申請人研發方向與上述第八節所述之最多申請人所欲解決問題是一致的（「工具機整體 C」、「主軸 A」），只是台灣申請人申請案件的量能是不足的。

雖然案件量是不足的，但台灣申請人，前五大所欲解決問題皆有著墨（第一位為「多軸聯動 C4」、第二位為「主軸切削路徑 A3」、並列第三位為「工具機因為溫度影響 C1」及「工具機主軸與工件之間定位 C3」、第四位為「主軸之振動、磨耗、進給 A2」、第五位為「工具機之振動 C2」），其中，申請能量最集中為第一位「多軸聯動 C4」中藉由「控制器的控制修正，誤差補償 V.1」為主，占 5 筆；以及，第三位「工具機主軸與工件之間定位 C3」藉由則是以「感測器量測定位 X.1」手法處置，占 5 筆，上述兩者，占台灣申請人申請案件量 27.7%。

此外，從申請人中觀察得知，台灣在智慧工具機切削精度提升以工研院為主（在件數之下有紅色虛線者），占 19 筆；反觀，台灣廠商申請人在專利布局上並不多。

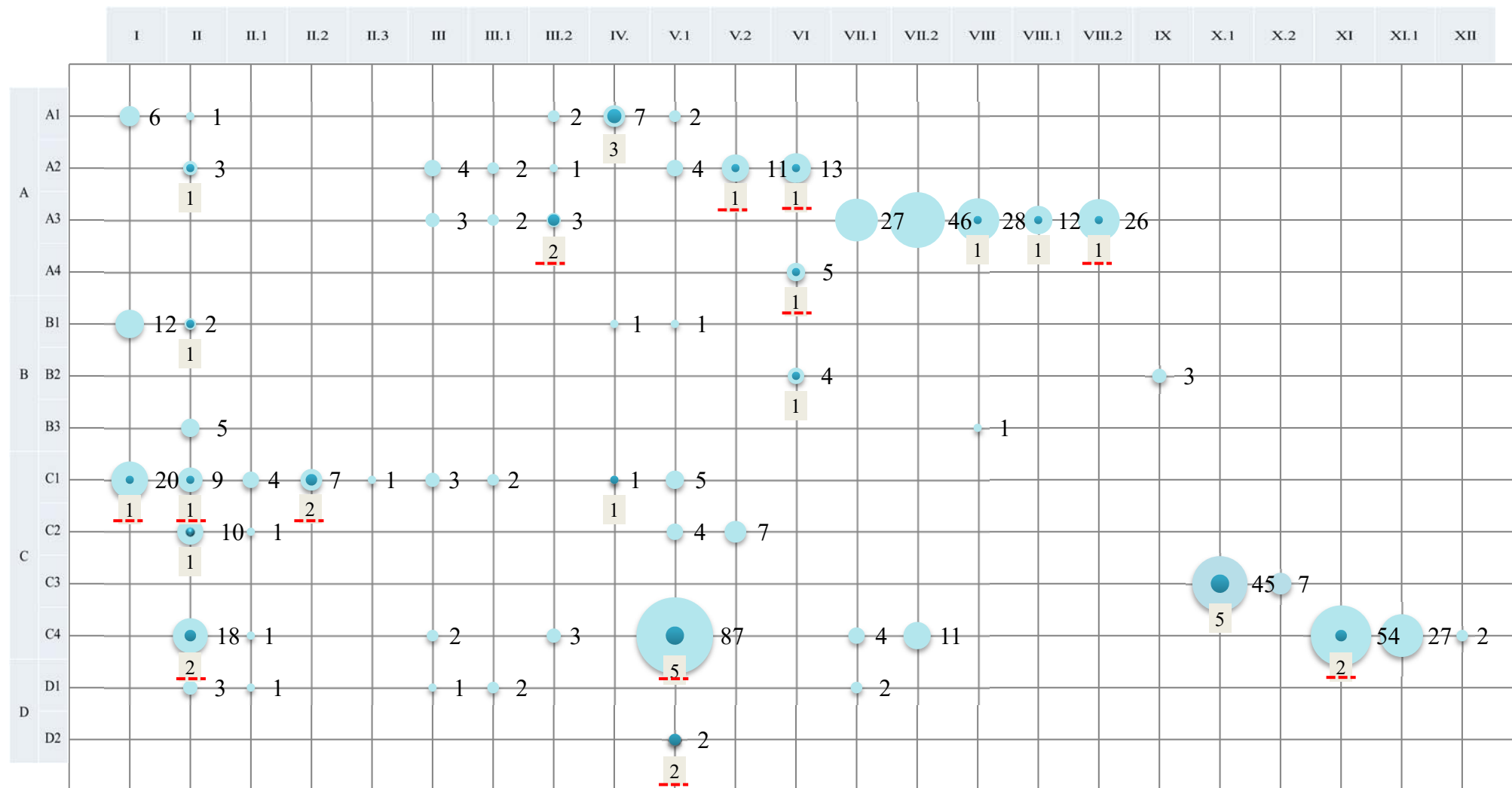


圖 18 台灣申請人在智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖之分布現況(PSC 整理)

九、智慧工具機切削精度提升核心專利

核心專利可以認為是關鍵技術加上優良的申請專利範圍保護，藉由專利被引用次數來輔助判斷。如果一件專利被引用次數較高，那麼該專利的重要性亦較高，亦可能是該技術領域中的核心專利；由於專利公開時間越久，受到引用的次數將會增加。若一件專利剛公開不久，就被專利審查官或是其他公司之專利所引用，即初步判斷該專利具有較高的重要性。故藉由圖 19 所示，縱軸表示專利每年平均被專利審查官或他專利引用的次數，橫軸表示專利的公開年或公告年，藉由同時考量被引用次數及公開時間長短兩種因素，來初步判斷工具機切削精度提升之核心專利。

在每年平均被引用次數排名前 20 名的專利中，以 US20090140684A1（2009 年公告，共被引用 33 次，每年平均被引用 3.3 次，屬於解決「多軸聯動 C4」問題）排名第一；CN102023613A（2011 年公開，共被引用 25 次，每年平均被引用 3.1 次，屬於解決「切削路徑 A3」問題）排名第二；排名第三有兩件分別為 CN101980091A（2011 年公開，共被引用 23 次，每年平均被引用 2.9 次，屬於解決「多軸聯動 C4」問題）以及 CN102091972A（2011 年公開，共被引用 23 次，每年平均被引用 2.9 次，屬於解決「溫度、磨耗 D1」問題）；排名第四有三件 CN101853013A（2010 年公開，共被引用 25 次，每年平均被引用 2.8 次，屬於解決「切削路徑 A3」問題）、CN102284888A（2011 年公開，共被引用 22 次，每年平均被引用 2.8 次，屬於解決「振動、磨耗、進給 A2」問題）以及 US20150081084A1（2015 年公開，共被引用 11 次，每年平均被引用 2.8 次，屬於解決

「多軸聯動 C4」問題)；排名第五有三件分別為 CN101549468A (2009 年公開，共被引用 27 次，每年平均被引用 2.7 次，屬於解決「溫度、磨耗 D1」問題)、JP2013171376A (2013 年公開，共被引用 16 次，每年平均被引用 2.7 次，屬於解決「切削路徑 A3」問題) 以及 US20160195389A1 (2016 年公開，共被引用 8 次，每年平均被引用 2.7 次，屬於解決「主軸與工件軸之間定位 C3」問題)。核心專利摘要請參閱本報告附錄。

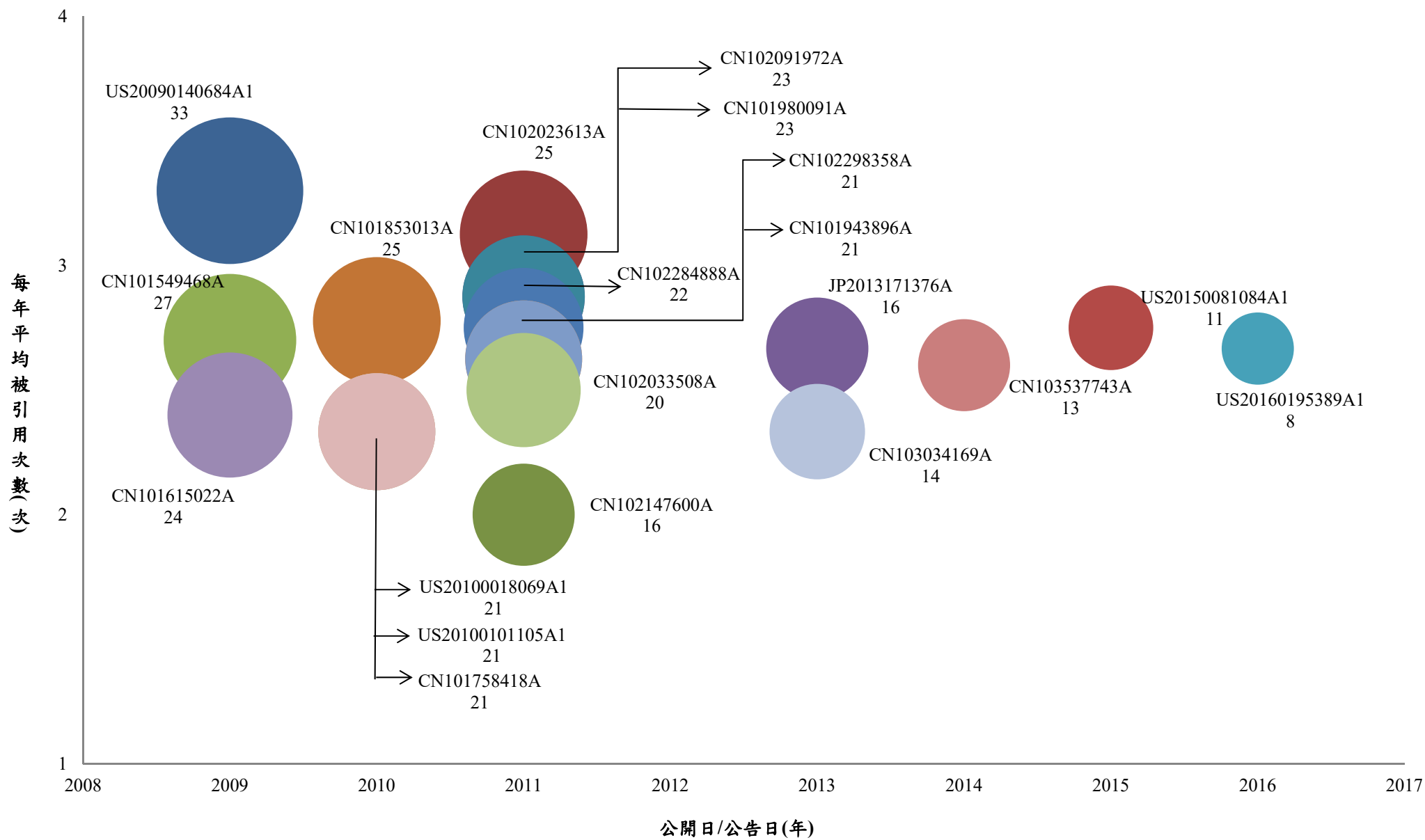


圖 19 智慧工具機切削精度提升核心專利(PSC 整理)

肆、結論與建議

智慧工具機切削精度提升相關專利於 2011 年達到巔峰，表示工業 4.0 政策對智慧工具機切削精度有一定程度的影響。

但從另一方面來看，雖然申請的案件數在 2012 年開始遞減，以 2011 年做為分界（德國提出工業 4.0 政策），比較 2008~2010 年與 2012~2015 年之申請量，前者共計為 287 件，平均每年 95.6 件的申請量；後者之申請量共計為 525 件，平均每年 131.2 件的申請量，可以得知兩者之間的平均值差約為每年 35 件的申請量，表示智慧工具機切削精度提升相關專利申請量是趨於穩定的成長。

相關被申請專利集中在中國大陸、美國、日本等國家，其中，中國大陸、美國、日本這三國所被申請的專利數量占全部 89.6%；中國大陸就占 51%，會有如此大的申請量的原因或許與中國大陸是目前第一大工具機的消費國所致。進一步分析各國國籍申請人在各國所分布情況，日本申請人在各國皆有布局為布局最廣，其中，以日本國內為最多 48.9%，其次美國為 23.1%，中國大陸第三為 18.8%，這可能為東亞地區為日本第一的外銷市場，而北美地區是為第二³³。雖然中國大陸是擁有最多被申請專利量，但國籍申請人/專利權人的結構來看，還是中國大陸國籍申請人居多占 99.3%；此外，也可以顯示出中國大陸國籍申請人很少國外布局，這或許是因為中國大陸為目前工具機最大消費國，也可能是中國大陸政府專利資助辦法之緣故。另外，台灣國籍申請人主要申請為台灣、中國大陸以及美國為主，其中，台灣為 57.4%、中國大陸 29.8%、美國為 10.6%，可見台灣國籍申請人較看重

³³ 同註 30。

的市場為中國大陸及美國的市場，這或許為兩者分別占我國機械出口第一位及第二位³⁴之緣故。

將智慧工具機切削精度提升相關專利，依據技術領域分類，主要分布國際專利分類（International Patent Classification, IPC）主目中的 G05B 19/00（程序控制系統）為最多占 44%，由此可以推測工具機切削精度提升相關專利應會跟工具機的程序控制器有極大的關係、其次則為刀具或加工件進給運動控制以及工具機上的測量或感測裝置。

分析工具機切削精度提升相關專利前十大申請人，以日商發那科（FANUC）為第一，共累積 190 件，台灣財團法人工業技術研究院則為第十。值得注意的是，前十大發明人中日本公司申請人占了 7 個名次占申請件數總量的 33.4%，這可能表示在智慧工具機切削精度提升研究大部分以日本公司為主導。反觀，台灣與中國大陸申請人在智慧工具機切削精度提升研究以學研單位為主。進一步由企業研發能量及競爭力得知，智慧工具機切削精度提升研究以日商發那科為主，該發那科公司以申請專利數量 190 件，累積被引證次數達 528 次，遠遠領先其他幾位專利申請人為該技術所屬領域的領導者。

由功效矩陣圖得知目前關於智慧工具機切削精度提升相關專利所欲解決的問題出現在「多軸聯動 C4」為 209 件、「切削路徑 A3」為 147 件，這兩大所欲解決的問題占了專利總申請量的 61.6%，亦表示幾乎有一半的專利都是在提出解決這上述兩個問題的手法，表示上面兩者為智慧工具機切削精度提升相關專利的紅海區³⁵，而對照台灣籍

³⁴ 同註 32。

³⁵ 紅海區指專利競爭較多區域。

申請人在智慧工具機切削精度提升相關專利功效矩陣圖分布現況，得知台灣相關業者也在「多軸聯動 C4」、「切削路徑 A3」有所著墨，表示台灣工具機相關業者有跟上目前現況趨勢，但主要研發能量還是集中在工研院。

但從另一方面觀察得知，由於台灣相關業者的產品可能落在上述的紅海區，應注意避免侵犯到日本相關業者之專利（前十大發明人日本公司申請人占了 7 個名次占申請件數總量的 33.4%）。

藉由核心專利的分析得知在智慧工具機切削精度提升相關專利中較為重要的技術有「多軸聯動 C4」占 7 件，而多軸聯動成為重要技術的原因，可能與目前加工件表面形狀越來越複雜，以及對加工成品尺寸精確度要求越來越高有關，如發動機的葉片。為了滿足複雜的加工件表面同時也能達到精度需求導致五軸或多軸工具機的興起，但同時也增加多軸聯動的困難度，解決「多軸聯動 C4」相關的核心專利亦從 2009 年、2011 年、2014 年與 2015 年都不斷的出現，但是改善手法與過去採用了不同的方式，早期主要以「切削路徑 A3」中的「位置回饋控制 VIII」、「調整刀具姿態 VIII.1」及「調整加減速度 VIII.2」為主要的控制方法，而近期為達到更高的切削精度、更複雜的加工件表面形狀，而導入了「多軸聯動 C4」的觀念進行控制，而其中的規劃更可由功效矩陣圖得知，輪廓軌跡規劃、加減速規劃和刀具姿態為目前的主要發展，藉由先前核心專利的分析可以推測未來解決「多軸聯動 C4」問題可能採用「輪廓軌跡規劃 XI」、「加減速規劃和刀具姿態 XI.1」方法為主，目前雖為智慧工具機切削精度提升相關專利的藍海區³⁶，未來有機會成為紅海區，值得台灣業者作為參考。

³⁶ 藍海區指專利競爭較少區域。

附錄：核心專利摘要表

表 4 核心專利摘要表- US20150081084A1 (PSC 整理)

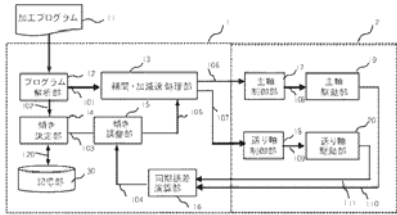
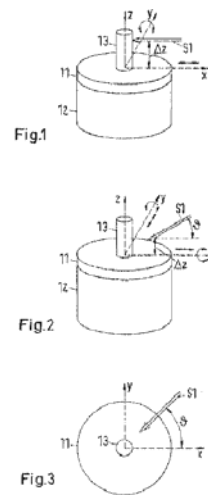
專利號碼	US20150081084A1	申請日	2014-10-21
專利名稱	NUMERICAL CONTROL DEVICE	優先權日	2012-06-05
		公開日	2015-03-19
IPC	G05B 19/402 G05B 19/402		
發明人	Nishiwaki Kenji, Chiyoda-ku Arata Shuichi, Chiyoda-ku Sato Tomonori, Chiyoda-ku		
申請人	MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION		
專利家族	CN104380218A CN104380218B JP2013183082A1 JP05152443B1 TW201351077A TWI489235B US9513619B2 WO2013183082A1		
技術	XI.1 加減速規劃和刀具姿態	功效	C4 多軸聯動
摘要	代表圖		
In order to enable tapping to be performed precisely and with an appropriate machining time irrespective of the diameter of a tapping tool, a configuration of the present invention includes: a program analysis unit (12) that analyzes a loaded machining program and extracts thread-related information in tapping; a gradient determination unit (14) that determines acceleration regarding movement velocity of the main spindle or the feed shaft on the basis of the thread-related information obtained by the program analysis unit (12); and an interpolation and acceleration/deceleration processing unit (13) that generates a movement command for the main spindle and the feed shaft using the acceleration determined by the gradient determination unit (14). In addition, the gradient determination unit (14) varies the acceleration during acceleration/deceleration of the main spindle or the feed shaft in accordance with the diameter of a tapping tool.			

表 5 核心專利摘要表- US20160195389A1 (PSC 整理)

專利號碼	US20160195389A1	申請日	2016-03-17
專利名稱	REDUCTION OF ERRORS OF A ROTATING DEVICE USED DURING THE DETERMINATION OF COORDINATES OF A WORKPIECE OR DURING THE MACHINING OF A WORKPIECE	優先權日	2013-09-26
		公開日	2016-07-07
IPC	G01B 21/04		
發明人	SAGEMUELLER Rainer, FACHSENFELD SEITZ Dominik, SCHWAEBISCH GMUEND HELD Tobias, NOERDLINGEN		
申請人	ZEISS IND MESSTECHNIK GMBH		
專利家族	CN105723182A DE102013219389A1 EP3049758A1 EP3049758B1 WO2015044210A1		
技術	X.1 感測器量測定位	功效	C3 主軸與工件軸之間定位
摘要		代表圖	
The invention relates to a method for reducing errors in a rotating device during the determination of coordinates of a workpiece or during the machining of a workpiece, the rotating device permitting rotational motion of the workpiece about a rotational axis of the rotating device during the determination of the co-ordinates or during the machining of the workpiece. Said method comprises the following steps: a) a first workpiece is positioned on the rotating device; b) a co-ordinate measuring device for measuring co-ordinates of a surface of the first workpiece is positioned at a first circumferential position with respect to the circumferential direction of the rotational axis; c) the first workpiece is rotated about the rotational axis by the rotating device whilst a first course of the surface of the first workpiece, which revolves around the rotational axis as a result of the rotation of said first workpiece, is measured by the measuring device at the first circumferential position, such that corresponding first measuring signals of the first course are		 Fig.1 Fig.2 Fig.3	

generated; d) the measuring device is positioned at a second circumferential position with respect to the circumferential direction of the rotational axis, said second position differing from the first circumferential position; e) the first workpiece is rotated about the rotational axis by the rotational device whilst a second course of the surface of the first workpiece, which revolves around the rotational axis as a result of the rotation of said first workpiece, is measured by the measuring device at the second circumferential position, such that corresponding second measuring signals of the second course are generated; f) optionally, steps d) and e) are repeated at least once, such that corresponding additional measuring signals of the additional courses are generated; g) the first, second and the optionally additional measuring signals are used as a starting point, from which redundant surface information and error information contained in said signals are separated out from one another, the redundant surface information relating to the surface of the first workpiece revolving around the rotational axis and the error information relating to errors in the rotating device resulting from deviations between actual positions and actual orientations of the rotational axis on one hand and respective corresponding ideal positions and ideal orientations of the rotational axis on the other hand.	
--	--

表 6 核心專利摘要表- US20090140684A1 (PSC 整理)

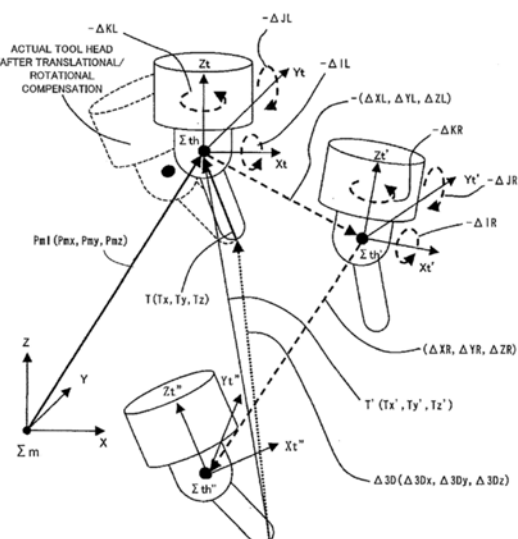
專利號碼	US20090140684A1	申請日	2008-10-27
專利名稱	NUMERICAL CONTROLLER FOR CONTROLLING A FIVE-AXIS MACHINING APPARATUS	優先權日	2007-11-30
		公開日	2009-06-04
IPC	G05B 19/404		
發明人	Otsuki, Toshiaki Yamaguchi, Takehiro		
申請人	FANUC Ltd.		
專利家族	EP2065771A2 CN101446819A JP2009151756A JP04327894B2 US7969111B2 EP2065771 A3 CN101446819B EP2065771B1		
技術	V.1 控制器的控制修正，誤差補償	功效	C4 多軸聯動
摘要	代表圖		
本發明公開了一種基於雙目視覺的人機互動式機械手控制系統和控制方法，它由以下四部分組成：即時圖像採集裝置、鐳射引導裝置、可程式設計的控制器以及驅動裝置；所述的可程式設計控制器由雙目立體視覺模組、三維坐標系變換模組、逆向反解機械手關節角模組和控制模組組成。採用提取即時圖像採集裝置雙目圖像中的色彩特徵作為控制機械手的信號源，通過雙目立體視覺系統和三維坐標系轉換計算得出視野即時圖像中紅色特徵鐳射點的三維資訊，來控制機械手進行人機互動式的跟蹤目標的操作。本發明可非常有效地對運動中的目標物體進行即時跟蹤抓取，應用領域十分寬廣，如智慧上假肢、排爆機器人、助老助殘機械手等等。			

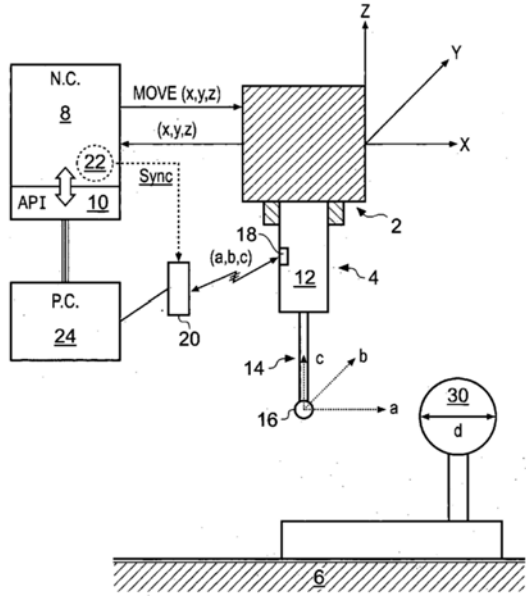
表 7 核心專利摘要表- CN101549468A (PSC 整理)

專利號碼	CN101549468A		申請日	2009-04-24
專利名稱	基於影像的刀具在線檢測與補償系統及方法 基於影像的刀具在線檢測與補償系統及方法		優先權日	-
			公開日	2009-10-07
IPC	B23Q 15/16 B23Q 17/09 B23Q 17/20 B23Q 17/24 G05B 19/404			
發明人	王晨升;常紅星			
申請人	北京郵電大學			
專利家族	-			
技術	II 建立誤差模型	功效	D1 溫度、磨耗	
摘要		代表圖		
本發明公開了一種基於影像的刀具在線檢測與補償方法，用於在線檢測機床上的刀具磨損量並基於磨損量進行補償，包括以下步驟：布置攝像裝置，且通過該攝像裝置攝取設置在機床上的刀具的影像；對所攝取的刀具的影像進行校正；提取刀具的特徵；通過所述攝像裝置參數標定，將刀具的特徵轉換為刀具的實際尺寸；將刀具的實際尺寸與預設的刀具尺寸進行比較，生成補償信號；以及將所述補償信號供給至機床控制器，並利用機床控制器來驅動伺服電機補償刀具磨損所產生的偏差。		<pre>graph TD subgraph Computer [计算机] A[图像采集卡] --> B[图像处理] B --> C[刀具特征提取] C --> D[实际尺寸提取] D --> E[生成补偿信号] F[摄像头标定参数] --> D G[设定刀具尺寸] --> E end A --- H[CCD 摄像头] H --- I[刀具] I --- J[刀架] J --- K[伺服电机] K --- L[机床控制器] E --> L</pre>		

表 8 核心專利摘要表- CN101615022A (PSC 整理)

專利號碼	CN101615022A	申請日	2009-12-30
專利名稱	基於曲面重構的三軸數控機床刀具的半徑補償方法	優先權日	-
		公開日	2009-12-30
IPC	G05B 19/404		
發明人	韓麗;高小山;李洪波;張立先		
申請人	中國科學院數學與系統科學研究院		
專利家族	CN101615022B		
技術	VII 建立誤差模型.1	功效	D1 溫度、磨耗
摘要	代表圖		
一種基於曲面重構的三軸數控機床刀具半徑的補償方法，是基於截平面法生成刀具路徑，即把刀位軌跡規劃在一組相互平行的平面上，再經後置處理生成有補償參數的數控加工程序；具體方法是：先分析數控加工程序中的 G01 代碼，提取所有刀位點，實現刀位點所在加工曲面的快速重構後，分別計算刀位點所在曲面上的每個刀位點的單位法矢量，再將每個刀位點的單位法矢量作為刀具半徑補償矢量保存在該刀位點的 G01 代碼中，構成擴展的 G01 代碼；當刀具半徑改變時，通過擴展的 G01 代碼中的刀位點與半徑補償矢量計算切觸點坐標，並根據變化的刀具半徑生成新的刀位點，實現三軸數控加工過程中刀具半徑的實時補償；解決了因丟失加工曲面幾何信息、不能在線補償刀具的難題。		<pre> graph TD A[标准数控加工程序文件 (G01代码)] --> B[计算刀位点的三角形邻域 网格, 重建刀位点的拓扑关系] B --> C[计算加工曲面上每个切触点的刀具 半径补偿矢量, 生成扩展的G01代码] C --> D[根据扩展的G01代码进行刀具半径补偿] </pre> 空間刀具半徑補償	

表 9 核心專利摘要表- US20100018069A1 (PSC 整理)

專利號碼	US20100018069A1	申請日	2009-07-24
專利名稱	CALIBRATION METHOD AND APPARATUS CALIBRATION METHOD AND APPARATUS	優先權日	2007-02-22
		公開日	2010-01-28
IPC	G01B 05/004 G01B 05/00		
發明人	Ould, John Charles Sutherland, Alexander Tennant		
申請人	RENISHAW PLC,WOTTON-UNDER-EDGE		
專利家族	WO2008102109A1 EP2115387A1 CN101622513A JP2010519533A US7866056B2 EP2447665A1 CN101622513B EP2115387B1 CN103822603A JP2016048262A JP05905189B2 JP2016075697A		
技術	X.1 感測器量測定位	功效	C3 主軸與工件軸之間定位
摘要	代表圖		
A method is described for calibrating apparatus comprising a measurement probe (4) mounted on a machine, such as a machine tool. The machine is arranged to capture machine position data (x, y, z;70;80) indicative of the position of the measurement probe and the measurement probe is arranged to capture probe data (a, b, c;72;82) indicative of the position of a surface relative to the measurement probe (4). The measurement probe (4) may be an analogue or scanning probe having a deflectable stylus (14). The first step of the method involves moving the measurement probe (4) at a known speed relative to an artefact (30;40, 42) whilst capturing probe data (a, b, c;72;82) and machine position data (x, y, z;70;80). In particular, the measurement probe (4) is moved along a path that enables probe data (a, b, c;72;82) to be captured that is indicative of the position of two or more points on the surface of the artefact relative to the measurement probe (4). A second step of the method comprises analysing the machine position data (x, y, z;70;80) and the probe data (a, b, c;72;82) and determining from that			

data the relative delay in capturing probe data and machine position data (i.e. the so-called system delay).	
--	--

表 10 核心專利摘要表- CN101758418A (PSC 整理)

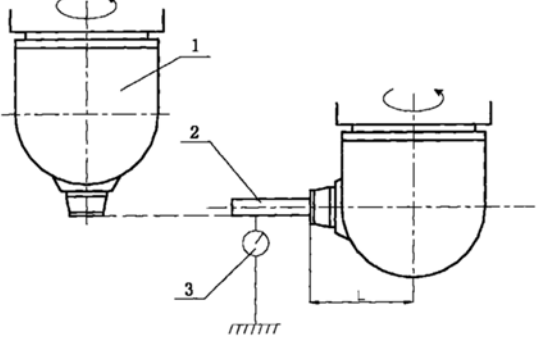
專利號碼	CN101758418A	申請日	2009-12-14
專利名稱	一種五軸聯動龍門銑床加工精度的調校方法	優先權日	-
		公開日	2010-06-30
IPC	B23Q 11/00 B23Q 17/00 G01B 05/00		
發明人	趙忠民;曲改玉;張衛		
申請人	濟南二機床集團有限公司		
專利家族	CN101758418B		
技術	V.1 控制器的控制修正，誤差補償	功效	C4 多軸聯動
摘要	代表圖		
本發明公開了一種五軸聯動龍門銑床加工精度的調校方法。本方案在試切前對機床的各軸機械精度、位置精度，以及機床的加工參數進行預調整，使得機床的調校效率大大提高。			

表 11 核心專利摘要表- CN101853013A (PSC 整理)

專利號碼	CN101853013A	申請日	2009-04-01
專利名稱	一種用於數控機床高速加工的加減速控制方法	優先權日	-
		公開日	2009-04-01
IPC	G05B 19/416		
發明人	林汧;盖荣丽;郭锐锋;于东;胡毅		
申請人	中國科學院瀋陽計算技術研究所有限公司		
專利家族	CN101853013B		
技術	VIII.2 調整加減速度	功效	A3 切削路徑
摘要	代表圖		
本發明公開一種用於數控機床高速加工的加減速控制方法，包括以下步驟：加減速控制參數初始化；計算當前待規劃運動段的總長度；如果不對當前運動段的進給速度作修調操作，則判斷是否是第一次對該運動段進行加減速控制；如是，則利用當前待規劃運動段的總長度、加減速控制的起始速度、終止速度及數控系統的插補週期計算加減速控制加速、勻速及減速階段的步數和三次函數的相關參數，並置插補週期計數為1；如果加減速控制具有勻速階段，則計算濾波前速度輸入滑動平均濾波器進行濾波，得到當前插補週期的速度規劃值；對當前插補週期計數更新，作為下一個插補週期計數。應用本發明方法得到的加速度曲線平滑性好，對機械系統造成的衝擊小，且靈活性好。			

表 12 核心專利摘要表- CN101943896A (PSC 整理)

專利號碼	CN101943896A	申請日	2010-07-16
專利名稱	數控機床誤差的軌跡再生補償方法	優先權日	-
		公開日	2011-01-12
IPC	G05B 19/404 B23Q 23/00		
發明人	傅建中;賀永;姚鑫驊;沈宏垚;陳子辰		
申請人	浙江大學		
專利家族	CN101943896B		
技術	II 建立誤差模型	功效	C2 振動、磨耗
摘要	代表圖		
本發明公開了一種數控機床誤差的軌跡再生補償方法。首先，在機床上布置溫度傳感器，對機床的幾何誤差及熱誤差進行測量，然後建立機床誤差模型；其次，誤差補償控制器將待加工的數控軌跡進行離散，並讀取溫度傳感器的數據；再次，誤差補償控制器將離散後的節點坐標及溫度數據代入機床誤差模型中獲得該坐標所對應的誤差，然後將該誤差疊加到該節點的坐標上，並根據修正後的坐標點重構出數控軌跡；最後，誤差補償控制器將重構後的軌跡送入數控系統進行加工，從而實現數控機床誤差的補償。和其他補償方法相比，本發明具有靈活方便，適應性強，不需要改動數控系統等優點。		<pre> graph TD subgraph "误差补偿控制器" direction TB A[加工轨迹] --> B[轨迹离散] B --> C[误差模型] C --> D[轨迹重构] end E[机床本体] --> F[温度采集] F --> C D --> G[数控系统] G --> E </pre>	

表 13 核心專利摘要表- CN101980091A (PSC 整理)

專利號碼	CN101980091A		申請日	2010-08-23	
專利名稱	雙轉台五軸聯動數控加工旋轉刀具中心點補償方法		優先權日	-	
			公開日	2011-02-23	
IPC	G05B 19/404				
發明人	曹建福;周鵬;吳凡;樊瑞				
申請人	西安交通大學蘇州研究院				
專利家族	CN101980091B				
技術	XI 輪廓軌跡規劃		功效	C4 多軸聯動	
摘要			代表圖		
本發明公開了一種雙轉台五軸聯動數控加工旋轉刀具中心點補償方法，其特徵在於所述方法包括當雙轉台五軸聯動數控系統進行空間複雜曲面加工時的刀位軌跡為直線時，通過直線插補進行離散逼近刀具中心點運動軌跡，並啟動 RTCP 模塊，所述 RTCP 模塊通過先獲得法平面補償向量再進行投影獲得中心點補償向量和輸出位移量，通過輸入數軸中心距參數，實現雙轉台五軸聯動數控系統加工中非線性運動誤差的補償。該方法能夠很好的抑制非線性運動誤差，提高數控加工裝備的運行效率，使數控裝備能進行高精度、高效率加工，可明顯提高零件的加工質量，在機械製造領域有很好的應用前景。			<pre>graph TD Start([開始]) --> Read[讀取加工代碼并判斷程序段加工類型] Read --> IsStraight{軌跡是否為直線?} IsStraight -- 是 --> IsRapid{是否為快速移動?} IsRapid -- 是 --> Rapid[G00快速移動] Rapid --> BaReg1[將代碼加工代碼放入二級寄存器BaReg] IsRapid -- 否 --> G01[直線插補G01] G01 --> IsRTCP{是否啟用RTCP功能?} IsRTCP -- 是 --> GetParam[獲取旋轉中心距參數] GetParam --> BuildBuffer[建立代碼缓冲区，製碼程序段起點、終點坐標，進行RTCP旋轉補償計算] BuildBuffer --> StoreBaReg[將包含旋轉終止坐標的運動指令存入代碼缓冲区，並進行譯碼，存入二級寄存器BaReg] StoreBaReg --> PreProcess[進行前置處理，將加工代碼放入底層寄存器AaReg] IsRTCP -- 否 --> Arc[G02/G03圆弧插補] Arc --> IsPlane{是否為平面運動?} IsPlane -- 是 --> ArcComp[圆弧插補] ArcComp --> BaReg2[將代碼加工代碼放入二級寄存器BaReg] IsPlane -- 否 --> End([結束]) BaReg1 --> End BaReg2 --> End PreProcess --> End</pre>		

表 14 核心專利摘要表- CN102023613A (PSC 整理)

專利號碼	CN102023613A	申請日	2010-12-29
專利名稱	一種五軸聯動數控加工後置處理器及其處理方法	優先權日	-
		公開日	2011-04-20
IPC	G05B 19/404		
發明人	唐青春;賴玉活;李鈺藝;吳漢夫;何俊;金剛;陳其兵;杜武勝;房學明;黃艷;唐軍;李勇;梁蔓安;李芳華;於霞		
申請人	廣西工學院		
專利家族			
技術	VII.2 刀位點的插補	功效	A3 切削路徑
摘要	代表圖		
一種五軸聯動數控加工後置處理器及其處理方法，涉及一種數控加工程序的後置處理器及處理方法，處理器包括用於處理由工件形狀特徵及加工工序生成刀位源文件的計算機程序軟件，程序軟件包括按以下功能模塊：文件管理功能模塊、刀具管理功能模塊、後置處理功能模塊、NC 文件修改功能模塊、G 代碼仿真功能模塊、NC 文件傳輸功能模塊、坐標系偏移功能模塊、誤差補償功能模塊、速度修正功能模塊、編程方式功能模塊、抬刀和編程起點功能模塊。處理方法包括文件設置、刀具設置、編程方式處理、機床運動參數數據處理、對刀具動態切削速度數據處理、輸出 G 代碼文件等步驟。本發明可實現加工動態速度及速度補償、非線性誤差補償、G 代碼五軸聯動的模擬仿真。		<pre> graph TD S1[文件設置 S1] -- "刀位源文件" --> S2[刀具設置 S2] S2 --> S3[編程方式處理 S3] S3 --> S4[機床運動參數數據處理 S4] S4 --> S5[刀具動態切削速度數據處理 S5] S5 --> S6[輸出G代碼文件 S6] S6 --> S7[NC文件修改 S7] S7 --> S8[G代碼仿真 S8] S8 -- "NC文件不合格" --> S4 S8 --> S9[NC文件傳輸 S9] </pre>	

表 15 核心專利摘要表- CN102033508A (PSC 整理)

專利號碼	CN102033508A	申請日	2010-12-01
專利名稱	提高直接驅動 XY 平台輪廓加工精度方法	優先權日	-
		公開日	2011-04-27
IPC	G05B 19/19		
發明人	王麗梅;李兵;孫宜標;劉春芳;趙希梅		
申請人	瀋陽工業大學		
專利家族	CN102033508B		
技術	V.1 控制器的控制修正，誤差補償	功效	C4 多軸聯動
摘要	代表圖		
提高直接驅動 XY 平台輪廓加工精度方法，具體包括：直接驅動 XY 平台的給定輸入信號為位置參考指令，XY 平台各單軸的速度、位置輸出信號以及位置跟踪誤差經過實時輪廓誤差估計器後，得到精確地輪廓誤差，然後送入實時輪廓誤差補償器，使輪廓誤差減小趨近於零；在單軸上，將 XY 軸的位置誤差送入 IP 控制器，將得到的控制量與實時輪廓誤差補償器輸出量疊加為一個新的控制信號送入被控對象；被控對象的輸出為實際輸出的速度信號，經過積分器後，所得的信號即為實際的位置信號。本發明的目的在於提供一種用實時輪廓誤差補償法和 IP 控制來提高直接驅動 XY 平台輪廓加工精度的方法。			

表 16 核心專利摘要表- CN102091972A (PSC 整理)

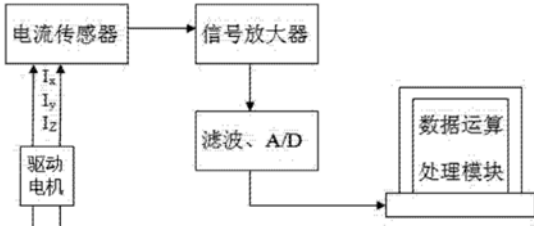
專利號碼	CN102091972A	申請日	2010-12-28
專利名稱	一種數控機床刀具磨損監測方法	優先權日	-
		公開日	2011-06-15
IPC	B23Q 17/09		
發明人	李斌;劉紅奇;毛新勇;丁玉發;彭芳瑜;毛寬民		
申請人	華中科技大學		
專利家族	CN102091972B		
技術	III.1 以類神經網路為學習訓練模型	功效	D1 溫度、磨耗
摘要	代表圖		
本發明屬於數控機床刀具磨損測量領域，為一種數控機床刀具磨損監測方法。數控機床的伺服驅動電機電流信號能反映隨著刀具磨損導致切削負荷的變化；對採集的伺服驅動電流信號進行分析處理；利用小波包分解技術對信號在頻域內進行分解，得出信號在各個頻域段內的時頻域特徵，自動選擇與刀具磨損強相關的多個特徵；通過神經網絡對刀具磨損過程進行學習，得出刀具磨損規律；反過來，實時獲取刀具的磨損特徵，與學習所得的刀具磨損規律進行匹配，來待監測刀具磨損狀態。本發明突破了已有刀具磨損監測方法無法實現在線實時監測難題，實現利用數控機床伺服驅動本身的信號，易實現與數控系統的集成，降低監測成本並保證監測精度。		 <pre> graph LR Motor[驱动电机] --> Sensor[电流传感器] Sensor -- "Ix, Iy, Iz" --> Amplifier[信号放大器] Amplifier --> Filter[滤波、A/D] Filter --> Module[数据运算处理模块] </pre>	

表 17 核心專利摘要表- CN102147600A (PSC 整理)

專利號碼	CN102147600A	申請日	2011-04-30
專利名稱	實時生成曲率連續路徑的數控插補系統	優先權日	-
		公開日	2011-08-10
IPC	G05B 19/19		
發明人	王宇晗;畢慶貞;金永喬		
申請人	上海交通大學		
專利家族	CN102147600B		
技術	VII.2 刀位點的插補	功效	A3 切削路徑
摘要	代表圖		
一種機械數控加工技術領域的實時生成曲率連續路徑的數控插補系統，包括：人機交互界面模塊、譯碼模塊、插補模塊、位置控制模塊，其中：人機交互界面模塊選擇好加工文件將文件名傳遞給譯碼模塊，再由譯碼模塊提取機床各軸的位置信息，並傳輸到插補模塊，然後將每兩個相鄰線段的銜接點用曲率連續的 Bezier 曲線過渡，生成曲率連續的刀具路徑，生成的曲率連續路徑與原路徑的最大偏差值小於設定的誤差值，再進行速度規劃和 Bezier 插補，最後將插補點輸出到位置控制模塊。本發明全部過程計算效率高，編程實現簡單，可應用於高速高精的數控機床。		<pre> graph TD subgraph HMI [人机交互界面模块] HMI_NFO[NC文件操作单元] HMI_PS[参数设置单元] HMI_GD[图形显示单元] end subgraph TM [译码模块] TM_NF[NC文件装入单元] TM_CW[坐标信息及工艺信息提取单元] end subgraph IM [插补模块] IM_CSPG[曲率连续路径生成单元] IM_MDC[机床动力学特性计算单元] IM_VP[速度规划单元] IM_IP[插补单元] end subgraph PCM [位置控制模块] end HMI_NFO --> TM_NF TM_CW --> IM_CSPG IM_CSPG --> IM_MDC IM_MDC --> IM_VP IM_VP --> IM_IP IM_IP <--> PCM HMI_PS <--> IM HMI_GD <--> IM </pre>	

表 18 核心專利摘要表- CN102284888A (PSC 整理)

專利號碼	CN102284888A	申請日	2011-02-25
專利名稱	一種數控機床車削穩定性在線監測方法	優先權日	-
		公開日	2011-12-21
IPC	B23Q 17/12 B23Q 05/54		
發明人	劉紅奇;李斌;陳青海;毛新勇;彭芳瑜;唐小琦;毛寬民;賀鬆平		
申請人	華中科技大學		
專利家族	CN102284888B		
技術	III.2 其他訓練學習模型	功效	A2 振動、磨耗、進給
摘要	代表圖		
本發明提出了一種數控機床車削穩定性監測的方法，涉及監測技術領域。由於伺服系統性能的不斷提高，其響應速度、敏感性等也不斷提高，因此，在切削過程中機床的狀態可以在驅動電機的電流上得到反映。本發明中，通過各種信號處理方法提取電流信號的多個特徵值，建立特徵狀態向量作為數學模型的輸入，再通過數學模型的分析計算，輸出機床的切削狀態。該發明中由於電流信號抗干擾性強、易於採集、使用輔助工具少等特點，相對於目前的諸多監測方法其操作具有簡單易行、監測效果好等優點，更容易實現對加工狀態的在線監測，有效保證了加工安全和產品質量。		<pre> graph TD A[各切削状态样本电流数字信号] --> C[预处理 选择提取特征向量方法] B[监测系统的电流数字信号] --> C C --> D[模型训练 CDHMM结构选择 CDHMM参数估计] D -- "已训练CDHMMs" --> E[识别诊断 似然概率计算] </pre>	

表 19 核心專利摘要表- CN102298358A (PSC 整理)

專利號碼	CN102298358A	申請日	2011-04-30
專利名稱	五軸數控加工雙 NURBS 刀具軌跡速度規劃方法	優先權日	-
		公開日	2011-12-28
IPC	G05B 19/41		
發明人	王宇晗;馮景春;石璟		
申請人	上海交通大學		
專利家族	CN102298358B		
技術	XI.1 加減速規劃和刀具姿態	功效	C4 多軸聯動
摘要	代表圖		
一種數控機床技術領域的五軸數控加工雙 NURBS 刀具軌跡速度規劃方法。包括如下步驟：一，建立面向雙 NURBS 曲線刀具軌跡路徑插補的綜合約束，綜合各項約束，求解刀具在運動過程中的最大速度與加速度，建立機床插補過程中的綜合約束空間；二，基於窗口掃描的雙向速度規劃，以當前速度為基礎，在可行速度域內從窗口起點處向窗口末端正向掃描，獲取當前週期的進給速度。本發明保證在滿足機床伺服能力與加工性能要求下以最快速度完成加工軌跡，實現高質量高效的加工過程。			

表 20 核心專利摘要表- CN103034169A (PSC 整理)

專利號碼	CN103034169A	申請日	2012-12-26
專利名稱	一種數控機床熱誤差建模與補償的方法	優先權日	-
		公開日	2013-04-10
IPC	G05B 19/404 B23Q 17/00		
發明人	高峰;張成新;李艷;武鵬飛;趙柏涵		
申請人	西安理工大學		
專利家族	CN103034169B		
技術	I 溫度與熱位移量關係的熱補償函數的建立	功效	C1 溫度影響
摘要	代表圖		
本發明公開了一種數控機床熱誤差建模與補償的方法，步驟包括：步驟 1、採用紅外成像儀尋找機床發熱點，利用紅外成像儀顯示的機床每部分發熱紅外圖像，找到每個發熱區域溫度最高區域，並在每個發熱區域的溫度最高位置布置溫度傳感器；步驟 2、先通過實驗測量熱源處溫度作為輸入信號和機床的熱變形量作為輸出信號，然後採用反捲積的方法得到系統脈衝響應模型；步驟 3、補償時依次輸入溫度變化序列和對應的機床脈衝響應模型進行卷積，即得到機床的熱誤差預測值。本發明的方法，尋求最佳測溫點簡單快捷；採用反捲積方法，建模精度高；採用脈衝響應模型，可移植性好；反應速度快，完全能夠滿足機床補償的實時性要求。			

表 21 核心專利摘要表- JP2013171376A (PSC 整理)

專利號碼	JP2013171376A	申請日	2012-02-20
專利名稱	NUMERICAL CONTROLLER WITH MACHINING CURVE CREATING FUNCTION	優先權日	2012-02-20
		公開日	2013-09-02
IPC	G05B 19/4103		
發明人	OTSUKI TOSHIAKI		
申請人	FANUC Ltd.		
專利家族	DE102013002516A1 US20130218323A1 JP05326015B2 CN103257614A CN103257614B DE102013002516B4 US9268323B2		
技術	VII.1 刀位點的生成	功效	A3 切削路徑
摘要	代表圖		
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a numerical controller with machining curve creation function that performs machining by creating a cubic curve (a segment curve) corresponding to as many command points as possible, connecting a plurality of cubic curves (segment curves), creating a machining curve that is a curve for machining, interpolating the machining curve, and driving drive axes to the interpolated positions. SOLUTION: A command reading/analyzing unit 2 reads commands of a machining program and activates a machining curve creating unit 4. The machining curve creating unit 4 activates a segment curve creating unit 6, creates a single segment curve as a machining curve, and sets the segment curve to interpolation data. The segment curve (a part of the machining curve) set to the interpolation data is interpolated by the interpolating unit 8, and the respective drive axes (X, Y, and Z axes servos 10, 12, and 14) are driven to the interpolated positions. The creation of such segment curves, the setting of the segment curves to interpolation data, and the interpolation process thereof are repetitively and consecutively executed.		<pre> graph LR 2[2 指令読取り解析部] --> 4[4 加工曲線作成部] 2 --> 8[8 補間部] 4 --> 6[6 区分曲線作成部] 8 --> 10[10 X軸サーボ] 8 --> 12[12 Y軸サーボ] 8 --> 14[14 Z軸サーボ] </pre>	

表 22 核心專利摘要表- CN103537743A (PSC 整理)

專利號碼	CN103537743A	申請日	2013-10-05
專利名稱	多軸曲面數控加工複雜曲面零件的方法	優先權日	-
		公開日	2014-01-29
IPC	B23C 03/00 B23Q 15/14		
發明人	黃杰		
申請人	成都泛華航空儀表電器有限公司		
專利家族	CN103537743B		
技術	XI 輪廓軌跡規劃	功效	C4 多軸聯動
摘要	代表圖 本發明公開了一種多軸曲面數控加工複雜曲面零件的方法，利用本方法可使刀具軸心依照構成曲面的經緯法線方向同時調整傾斜角度產生刀具路徑，能夠提高加工效率和零件表面光潔度。本發明可以通過下述技術方案予以實現：零件固於五軸機床迴轉中心；根據曲率變化和曲面法線方向，按照加工路徑重構曲面，通過調整平底立銑刀刀軸前傾角及側傾角來控制刀具軸線矢量的空間變化，使刀具在五軸連續切削中始終保持刀尖參與曲面切削；在程序編制中採用曲面投影加工方式，使銑刀跟隨曲面的曲率變化進行多軸聯動銑削加工，設置刀具軸線近似與刀具路徑法向方向重合的較小前傾角 α，側傾角度設為 0，保持刀具軸線垂直於加工路徑方向，生成五軸聯動加工數控程序。		

