

## 工具機工業 4.0 專利趨勢分析

陳庭弘\*、楊耀瑜\*\*、董子儀\*\*\*

### 摘要

目前世界各國的許多產業都朝向工業 4.0 邁進，以德國在工業 4.0 的發展為例，德國以機器設備製造業為主體，前後延伸至整個價值鏈的虛實整合；美國則以加快工業生產物聯網軟體開發、製造業回歸為主；中國大陸則以「中國製造 2025」為政策，將製造大國轉型為技術強國，而工具機產業也在高度自動化需求之下帶入了此概念，並進行後續的研究，伴隨而來的即為各式各樣關於工業 4.0 應用於工具機方面的新技術出現，並申請專利保護；然而，專利制度是以授予專利權人於一定年限的排他權來換取發明人將原本保密之技術公開，使大眾可以做進一步的改良，避免重複研發的資源浪費，甚至可避免特定技術隨持有人過世而消失<sup>1</sup>，因此申請專利除了能保護自身權益外也能促進相關產業的發展。為了解工業 4.0 在工具機上的發展趨勢，本文針對工具機領域與工業 4.0 及相關專利進行分析，並深入研究工具機工業 4.0 專利的其中幾項技術進行延伸分析，研究工具機工業 4.0 專利技術目前的發展趨勢，供業界未來在產品研發或是專利申請之參考用。

關鍵字：工具機、工業 4.0、專利分析、專利申請、物聯網、大數據

\* 作者現任職於財團法人專利檢索中心。

本文相關論述僅為一般研究性之探討，不代表本局之意見。

<sup>1</sup> 齊豐潤、周雅，專利：科技圈的新「戰場」，你需要知道如何掌握好這把「利器」，<https://kknews.cc/tech/mgj8xqz.html>（最後瀏覽日：2017/08/10）。

## 壹、前言

全球工業曾歷經第一次工業革命，利用水力及蒸汽的力量作為動力源，突破了以往人力與獸力的限制；第二次工業革命：使用電力為大量生產提供動力，也讓機器生產機器的目標得以實現；第三次工業革命：使用電子裝置及資訊技術來校除人為影響，以增進工業製造的精準化、自動化。為因應全球工業提升生產效率、降低製造成本與增加產業附加價值的目標，各國政府協助產業轉型、驅動經濟成長，並宣告第四次工業革命時代來臨。以智慧工廠為核心，加上物聯網構成工業 4.0 之架構，智慧工廠可大規模生產差異化產品，生產設備間不但能藉物聯網相互溝通，更可透過大數據與雲端運算，進行自主管理與改善<sup>2</sup>。

主要國家工業 4.0 的發展狀況大致如下：（1）德國，其製造業技術優勢結合軟體與網路，以智慧工廠為精神，首先推出「工業 4.0」；（2）美國，美國政府提出的「再工業化」政策，吸引長期外移之製造業回流，並藉由網路經濟服務推動先進製造業；（3）日本，因應經濟長期不景氣與高齡化社會，日本政府提出「產品製造產業振興計畫」，利用發展機器人技術，提升產業生產效率並降低製造成本，增加產業附加價值，協助產業轉型，驅動經濟成長；（4）中國大陸，中國大陸政府實施製造強國戰略第一個十年的行動綱領「中國製造 2025」，發展主軸為實現資訊技術與製造技術深度融合的網路化、智慧化製造；（5）南韓，提出「製造業創新 3.0」計畫，透過資訊技術、軟體、物聯網等新興技術的整合，導入智能生產概念並實現智能工廠建置；（6）我國行政院推動「台灣生產力 4.0 發展方案」，主要策略即是結合國內智慧機械及資通訊的優勢，運用物聯網、智慧機器人及大數據分析等技術，再加上精實管理，促使我國相關產業邁入工業 4.0 階段<sup>3</sup>。

製造業要發展工業 4.0，精密機械設備是製造業中最重要元素，工具機產業又是精密機械設備中最具代表性的產業，發展智慧工具機，不但可以提供製造業者面對未來競爭，更可切入更高階的製造業，幫助我國產業升級轉型。

<sup>2</sup> 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）。

<sup>3</sup> 汪建南、馬雲龍，工業 4.0 的國際發展趨勢與台灣因應之道，國際金融參考資料，第六十九輯，頁 133-155。

本文擬就近十年<sup>4</sup>來工具機工業 4.0 之相關專利進行分析，先從專利申請數量做探討，繼而就相關之國際專利分類（International Patent Classification, IPC）的主目（main group），與 G05B19/00（程序控制系統）領域來進行分析，藉此評估全球工具機工業 4.0 相關專利之申請數量及其技術分布情形，提供有意研發與申請此領域技術專利的廠商在進入市場前參考。

## 貳、檢索範圍

本文以工具機（Machine Tool）與工業 4.0（Industry4.0）之重要技術詞彙及其衍生同義詞進行檢索，使用 LexisNexis PatentStrategies 作為檢索之資料庫，檢索的專利申請日區間為 2007 年 01 月 01 日至 2016 年 12 月 31 日，而檢索日期為 2017 年 07 月 31 日，共得到在美國、歐洲、世界智慧財產權組織、韓國、日本、中國大陸及我國等國家／地區公開的發明專利共計有 1513 筆，經人工資料判讀後進行初步篩選剔除不相關專利，留下 1350 筆（以下稱為工具機工業 4.0 相關專利案），以作為後續各項分析的資料來源。

## 參、工具機工業 4.0 相關專利案之申請數量

圖 1 為工具機工業 4.0 相關專利案之前 10 大專利被申請數量國家／區域的分析。如圖所示，工具機廠商在中國大陸申請的專利數量最多，其次是美國與日本。可見工具機工業 4.0 相關專利案的布局主要還是集中在世界前三大經濟體（分別為中國大陸、美國、日本）。我國專利申請數量位居第 6，於德國之後，根據主計總處統計之 2015 年世界主要工具機生產國總產值，我國排名全球第 7 位<sup>5</sup>，工具機產值與專利申請數量全球排名大致相同。

<sup>4</sup> 工具機產業導入工業 4.0 相關技術的概念大約 10 年，故以 2007~2016 年共 10 年作為本文分析的基礎區間。

<sup>5</sup> 趙曉慧，台灣工具機產值全球排名第 7 位 遜於陸日韓，<https://www.nownews.com/news/20161212/2336863>（最後瀏覽日：2017/08/10）。

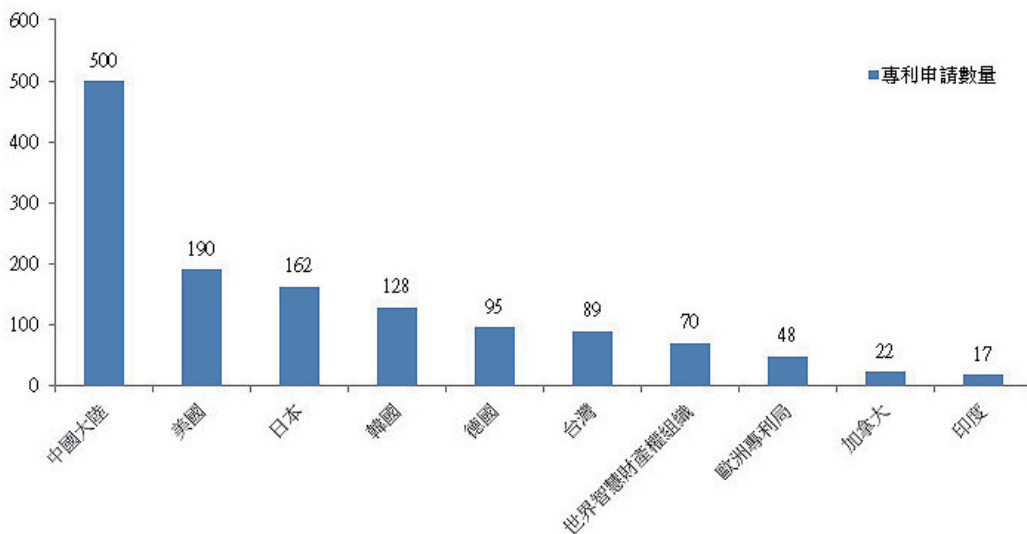


圖 1 工具機工業 4.0 相關專利案前 10 大專利被申請數量國家／區域分析

圖 2 為工具機工業 4.0 相關專利案有關申請年份的趨勢分析，自 2012 年開始全球每年工具機工業 4.0 相關的專利申請案量穩定成長，2015 年時申請案已超過 200 筆，其中，中國大陸專利申請案數量，從 2015 年開始超過全球申請案量的一半，可見中國大陸政府在 2015 年 3 月提及的「中國製造 2025」計畫，影響了各工具機廠商在世界的專利布局；韓國、日本政府雖也有推出工業 4.0 相關政策，但相對 2013 年，2014 年至 2015 年申請數量反而逐年減少，可能與製造工廠外移、研發期程等因素有關，另 2016 年的專利申請案因有部分案件仍未早期公開，無法進行統計，但以目前所呈現的數據觀之，2016 年的整體專利申請案量還是持續成長中，顯示工具機相關技術仍然持續受到關注與重視。

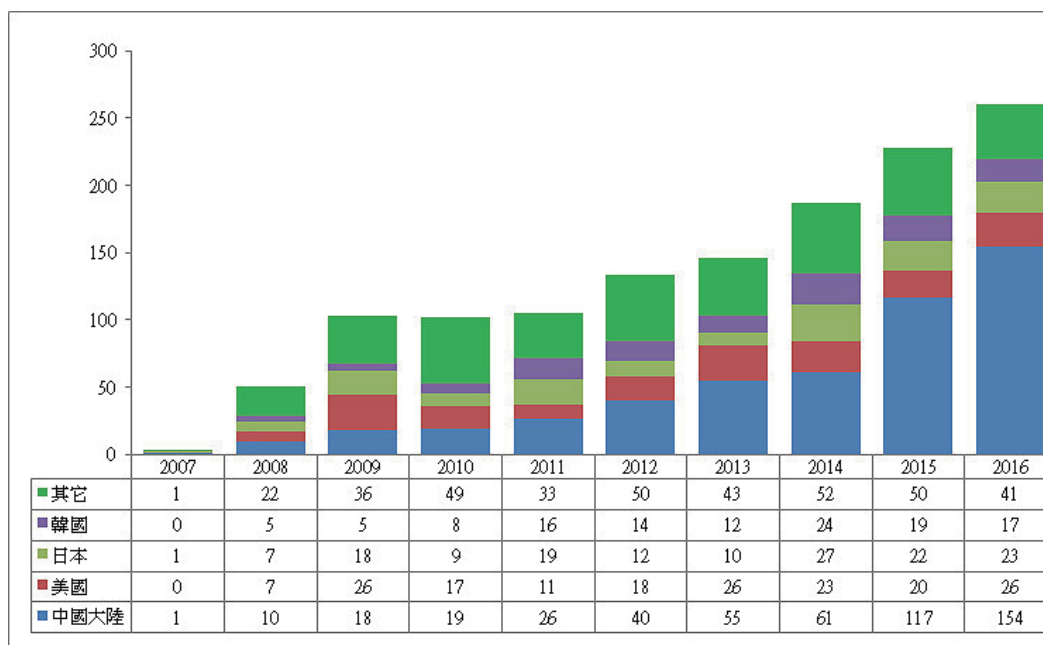


圖 2 工具機工業 4.0 相關專利案以各國專利申請數量之申請年份分析

## 肆、工具機工業 4.0 相關專利案之前 10 大 IPC 分析

圖 3 為工具機工業 4.0 相關專利案之前 10 大 IPC 分析（以主目為分析單位），其中工具機工業 4.0 相關專利案之前 10 大 IPC 占整體 39.7%，而前 10 大 IPC 以外之 IPC 以下稱為 OTHER（其它，60.2%），OTHER 之所以占如此多的比例，係因為目前工業 4.0 相關技術為各國的研發重點，申請人所研發之技術可能是一種結構或原理，也可能是一種方法，其運用的領域也各自不相同，導致 IPC 領域分布較廣，並且 OTHER 之中的每個 IPC 皆只有零星案件數。如圖所示主要的 IPC 依序為 G05B19/00（21.9%；程序控制系統）、G06F17/00（3.6%；數據計算方法或數據處理方法）、B23Q17/00（3.6%；工具機指示裝置或測量裝置）、B23Q15/00（2.1%；切削速度或位置之自動控制）等。G05B19/00 占有大部分的申請數量，可見程序控制系統為工具機工業 4.0 發展技術的重點。

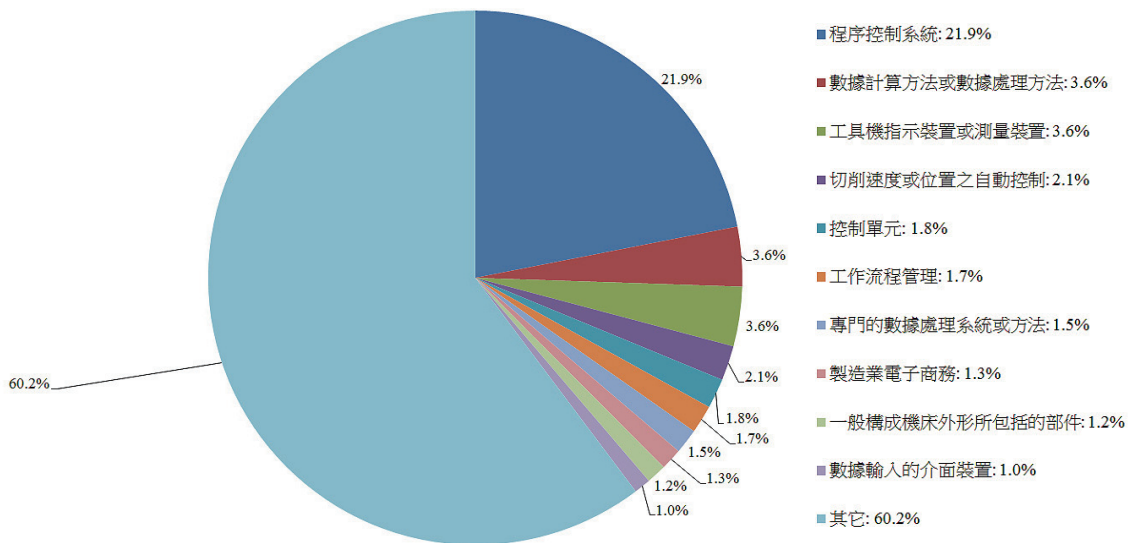


圖 3 工具機工業 4.0 相關專利案前 10 大 IPC 分析

圖 4 為工具機工業 4.0 相關專利案前 10 大 IPC 之申請年份的分析，X 軸為申請年份，Y 軸為 IPC，Z 軸為工具機工業 4.0 相關專利案數量，將近 10 年專利申請與前 10 大 IPC 彙整成三軸圖；G05B19/00 在此 10 年中都持續保持最多的專利申請數量，並不受景氣或技術循環的影響，可見程序控制系統始終為市場的主流技術，並未被恆值控制系統<sup>6</sup>、隨動控制系統<sup>7</sup>所取代；G06Q10/00（工作流程管理）、G06F9/00（控制單元）、G06F17/00、B23Q17/00 等技術也在 2013~2016 年間皆維持穩定的專利申請數量；而 G06Q50/00（專門的數據處理系統或方法）、G06Q30/00（製造業電子商務）與 B23Q15/00 在 2016 年目前公開資訊中無相關專利申請案，相較於先前年度明顯減少；在 G06F9/00 部分，雖然專利申請數量相對 G05B19/00 較少，但每年仍維持相對穩定的專利申請案量。

<sup>6</sup> 恆值控制系統：給定值不變，要求系統輸出量以一定的精度接近給定希望值的系統，如生產過程中的溫度、壓力、流量、液位高度、電動機轉速等自動控制系統屬於恆值系統。

<sup>7</sup> 隨動控制系統：給定值按未知時間函數變化，要求輸出跟隨給定值的變化，如跟隨衛星的雷達天線系統。

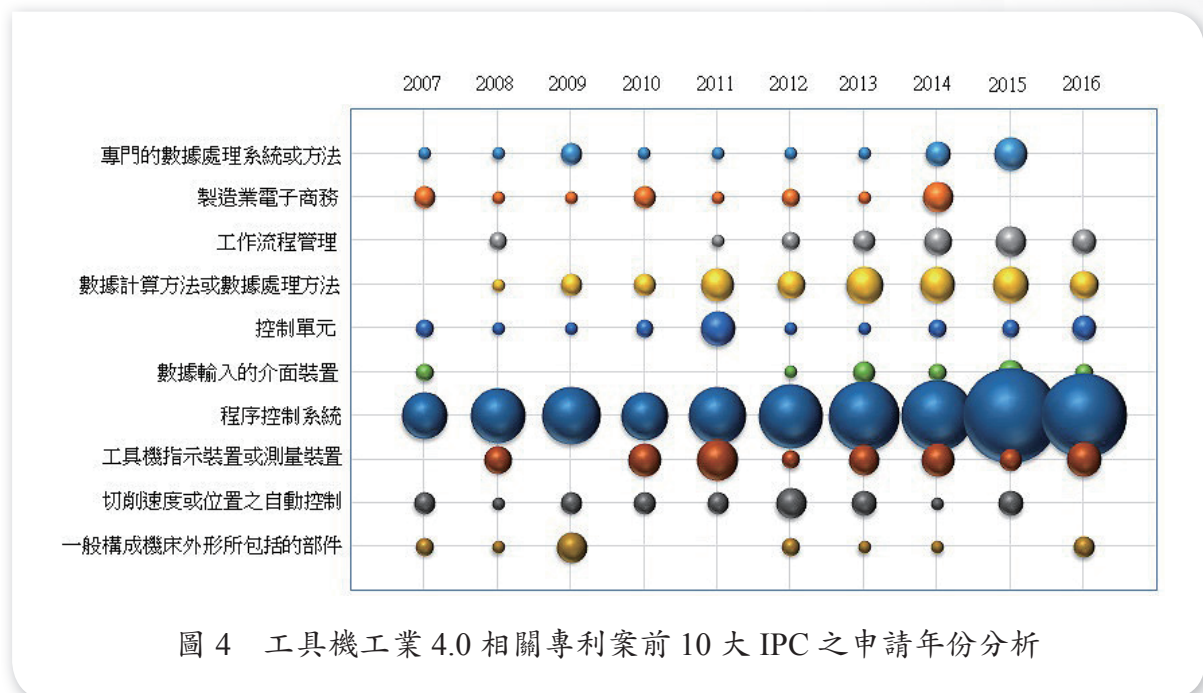


圖 4 工具機工業 4.0 相關專利案前 10 大 IPC 之申請年份分析

圖 5 為工具機工業 4.0 相關專利案以 IPC 前 10 大專利被申請國家（區域或組織）專利申請數量分析，X 軸為前 10 大專利被申請國家（區域或組織），Y 軸為前 10 大 IPC，Z 軸為工具機工業 4.0 相關專利案數量，將前 10 大專利被申請國家（區域或組織）、工業 4.0 相關專利申請數量與前 10 大 IPC 彙整如三軸圖；中國大陸在前 10 大 IPC 都有為數不少的公開專利；日本明顯在 G05B19/00 公開專利數量最多，B23Q17/00 核准專利數量居第二，B23Q15/00 則居第三；在我國 G05B19/00 同樣也是公開專利數量最多之技術領域。

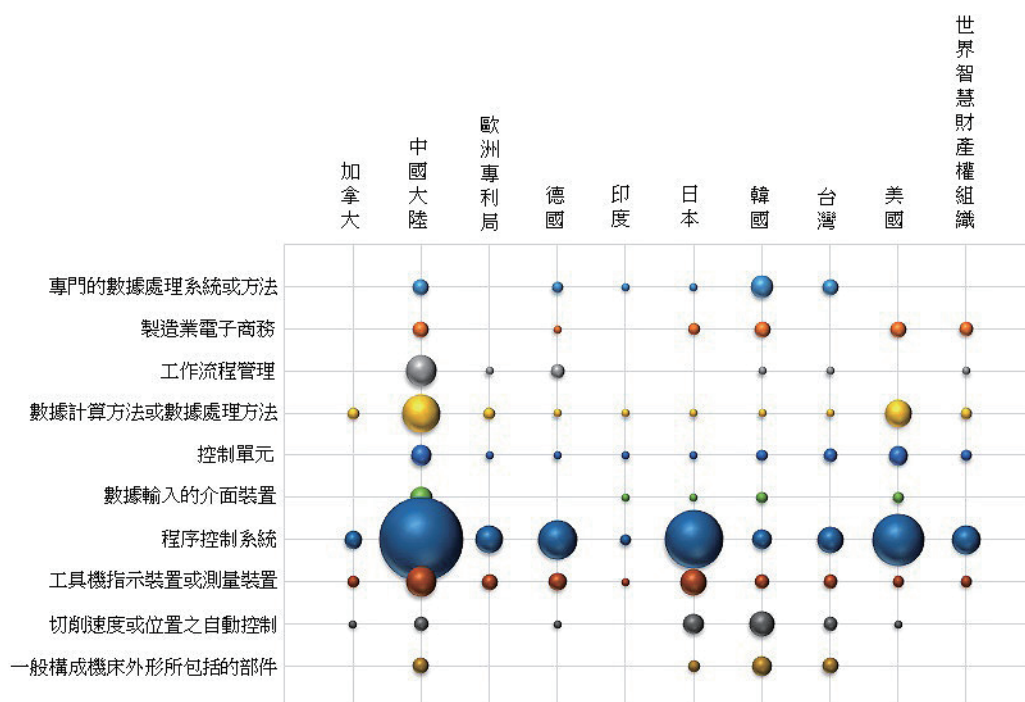


圖 5 工具機工業 4.0 相關專利案前 10 大專利被申請國申請數量分析

進一步探究我國廠商在國內申請專利的技術內容，在 G05B19/00 的技術領域中，包括可與不同型號加工機控制器同時連線之方法的相關技術，其電腦系統具有整合執行模組及可與整合執行模組互動之使用者介面，整合執行模組中有多組可分別與不同型號之控制器溝通之應用程式介面，使整合執行模組可與各應用程式介面所對應的控制器同時連線，整合執行模組又與遠端連線模組相連結，遠端連線模組可將由整合執行模組所擷取之資訊傳送至遠端伺服器中，遠端伺服器主動透過網路發送加工機的狀態與警報簡訊至使用者端，這是強調整合既有不同型號工具機在工業 4.0 雲端上的應用。

在 G06F9/00 領域中，係運動控制核心的多工處理器的相關技術，多工處理器的封裝基板包含：中央處理單元，負責解析相關運動及控制資料；運動控制單元，受程序執行以控制運動參數，並驅動裝置的動作；邏輯控制單元，執行程序中的邏輯控制參數；網路單元，處理網路通訊的運算來做即時資料互通。將多工



處理器應用在 PC-Based 之運動控制系統，使我國廠商具有低成本、模組化設計、增加系統彈性、降低維修困難度等優點。

可見我國研究機構與國內廠商在 G05B19/00、G06F9/00 兩個技術領域，還是具有一定的研發能力，並也逐步朝向智慧機械以及工業 4.0 的技術層面邁進，迎合市場的需求，亦拓展了我國工具機的技術地位。

## 伍、工具機工業 4.0 相關專利案在 G05B19/00 技術領域之分析

工具機工業 4.0 的技術研究種類繁多，本節以工具機工業 4.0 相關專利案申請量，在各國與我國申請最多的 G05B19/00 技術領域作為分析對象，共計有 304 筆之相關專利案，經人工篩選後剩下 274 筆，討論其專利申請概況，並提供市場新進廠商初期評估之用。

G05B19/00 專利 10 大專利申請人之統計，如圖 6 所示，以發那科（FANUC Ltd.，世界第一大控制器大廠）的數量最多，占 12%，德馬吉森精機（DMG MORI CO., Ltd.，德、日合作的全球最大的切削工具機製造商）居次，占 6.9%，三菱電機（Mitsubishi Electric Corporation，日本第二大 CNC 控制器大廠）居第三，占 3.3%，可見發那科投入在這個領域的專利布局，大幅領先其他競爭對手。

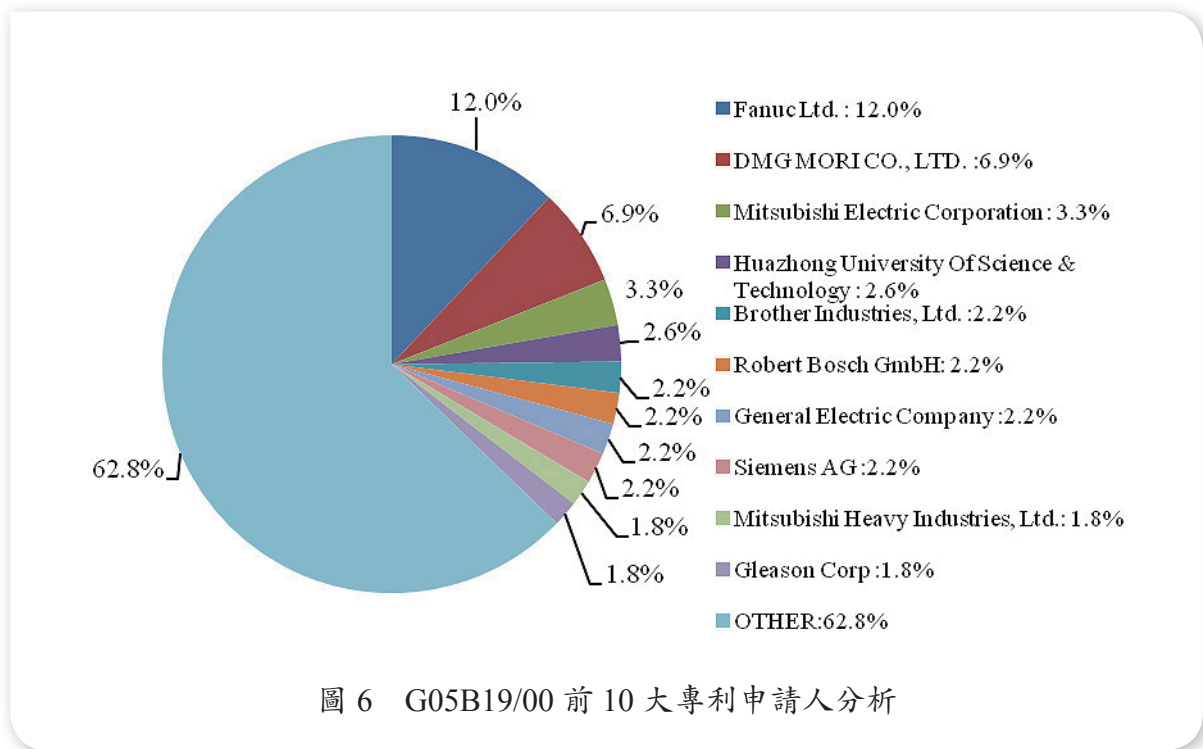


圖 7 為 G05B19/00 技術領域重點的分析，專利數量最多的是有關工件製造 (Work Piece) 的技術，其次是數值控制設備 (Numerical Control Devices) 相關的技術，專利數量居第三的是即時控制 (Real Time) 技術，由此可知工具機工業 4.0 在程序控制系統方面技術的開發，以工件製造上的研究最為熱門；其次是運用數值指令操控工具機動作的技術；另外，即時控制方面，藉由加工資料即時採集，再對工具機作快速回應的技術也有相當數量的專利申請。

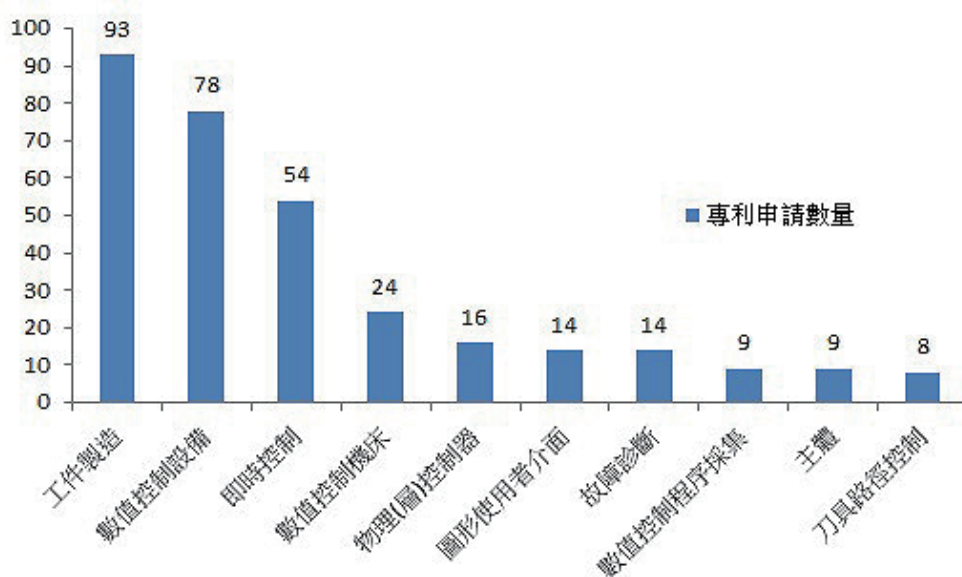


圖 7 G05B19/00 技術領域重點分析

圖 8 為 G05B19/00 之關聯技術的重點分析，工件製造相關專利的主要技術重點在：數值控制 (Numerical Control) 與操作參數，工件相關參數的調整 (Operating parameter)。數值控制設備相關專利的主要技術重點在：通訊界面 (Communication Interface) 與控制應用 (Control applications) 的數值控制裝置；即時控制相關專利的主要技術重點在：遠端控制器 (Remote controller) 與生產線 (Production Line) 的即時偵測與控制。

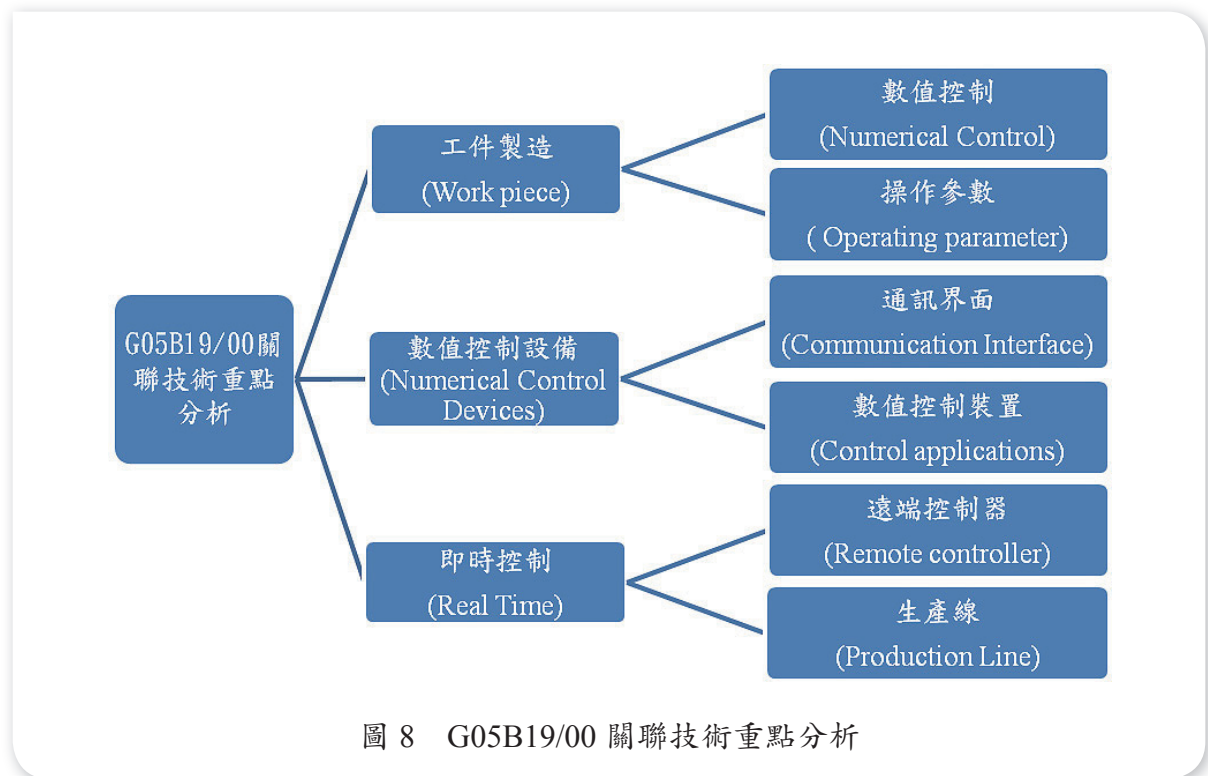


圖 8 G05B19/00 關聯技術重點分析

圖 9 為 G05B19/00 領域技術重點之專利申請人的分析，由發那科在數值控制設備領域的申請案最多，因其為全球第一大數值控制設備大廠，各大工具機廠皆將發那科控制設備當作主要首選配備；除了工件製造 (Work piece) 外，發那科在數值程式取得 (NC program Acquisition) 的研發也多有所著墨，控制設備需經由程式輸入來操作工具機的動作，因此程式的擷取亦為其研究的重要課題。發那科於 2013 年日本國際工具機展覽會 (27th JIMTOF) 陸續發表可共用內部伺服驅動器與馬達的 CNC 控制器，其內建更多智慧自動化功能與辦公室電腦連結的人機介面新平台，加入虛實整合策略 (Cyber-physical system)<sup>8</sup>，接著在 2016 年日本國際工具機展覽會 (28th JIMTOF)，發那科發表針對工廠自動化 (Factory Automation) 與物聯網 (Internet of Things, IOT) 系統，該系統稱為「發那科智慧末端連接與驅動系統 (FANUC Intelligent Edge Link and Drive system, FIELD system)」，該發那科智慧末端連接與驅動系統，分為二個階層，末端層 (Edge

<sup>8</sup> 陳念舜，工具機微軟名副其實 發那科漸進工業 4.0，<https://www.ctimes.com.tw/DispArt-tw.asp?O=HK03MAU8XOUARASTD6> (最後瀏覽日：2017/08/10)。

layer)、霧層 (Fog layer)，該末端層會藉由 MT-LINKi 軟體連接工具機、機械人、程式控制器 (PLC)、馬達，或是控制他廠的生產機械，再經由與生產機械上感測裝置連接，可蒐集生產線上的零件資訊或生產狀態，並上傳到霧層，藉由在霧層的人工智慧分析末端層所傳送的訊息，例如以零停機 (Zero downtime) 為例，該零停機為發那科與思科系統公司 (Cisco) 發展的一種回饋控制軟體，該軟體存在於思科系統公司的雲端，其可藉由遠端監控的方式，監看機器人上感測裝置所回傳之資訊，由人工智慧分析機器人的現況，避免不必要的停機或維修，造成生產的損失；此外，該發那科智慧末端連接與驅動系統不限用於單一工廠，而是多個工廠可一起連接作為資訊共享。並且於 2017 年歐洲工具機大展 (2017 EMO)，發那科主題依然著眼於工業物聯網與人工智慧相關技術，由上述展覽得知，發那科有工業 4.0 的概念約在 2013 年開始，正式進入工具機的工業 4.0 或 IOT 的時間點約在 2016 年，而在這基礎之上，發那科除了強調工業 4.0 外，目前也積極的布局人工智慧應用於工業化上的發展<sup>9</sup>。

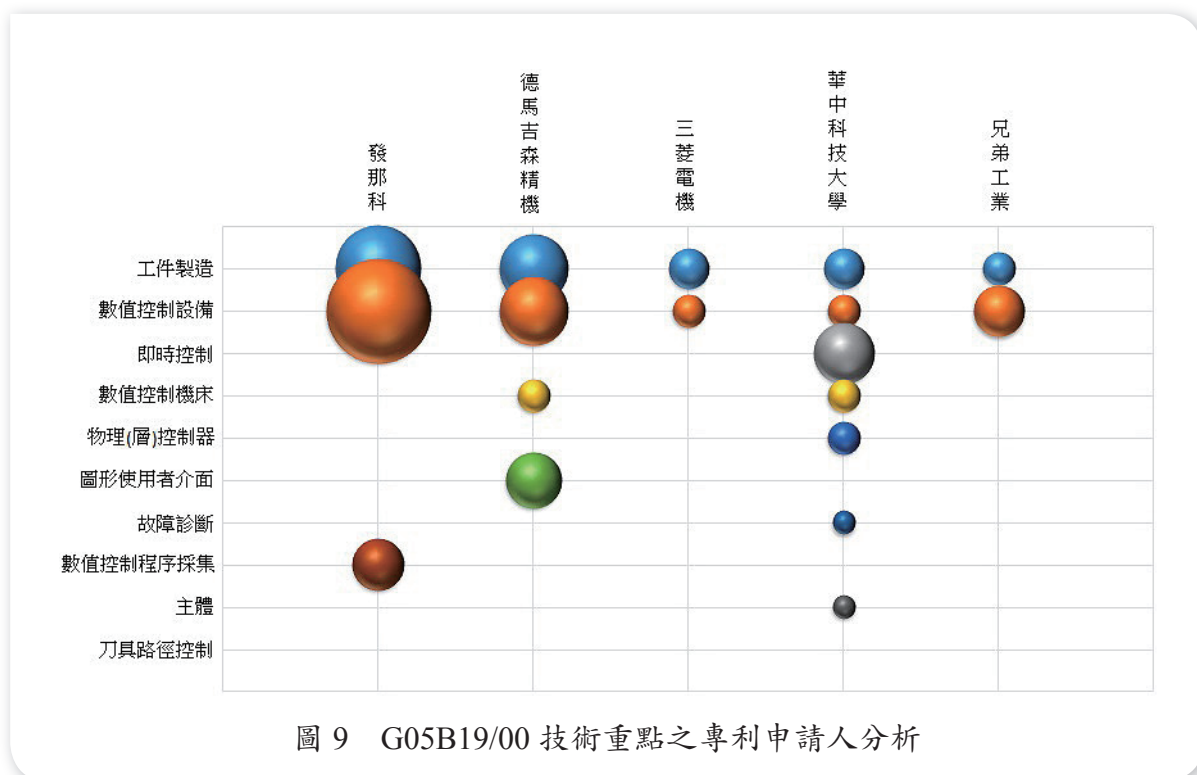
如圖 9 所示，世界知名工具機大廠德馬吉森精機因有自有品牌的工具機與控制設備，因此在工件製造與數值控制設備都有投入技術研發與專利申請，申請的方式較為全面，以確保技術來源無虞，不會因核心技術掌握在別人手上，而失去競爭力。在廣受矚目德國的工業 4.0 中，工具機也開始積極活用物聯網。以軸承零件開始的舍弗勒以及工具機製造的德馬吉森精機兩家公司，以融入工具機的工業 4.0 為目標，積極推動「工具機 4.0 (Machine Tool 4.0)」計畫，這是融入了工具機數位化，以及智慧化的計畫。舍弗勒於德馬吉森精機的工具機上安裝了 60 個感應器，如此一來，可以取得工具機運轉數據，以往無法實行的運轉監視、預知保全、提升品質等都得以實現。舍弗勒公司與德馬吉森精機透過「工具機 4.0」所得到的實績，發展出製程數位化的解決方案，並且已經準備好的數據池 (Data Pool)，用以儲存舍弗勒製品所產生的數據，也就是雲端服務「舍弗勒雲端 (SCHAEFFLER-Cloud)」，除了可以實現數位化工具機間的溝通之外，往後亦可實現大數據的收集以及分析<sup>10</sup>。

<sup>9</sup> FANUC Ltd. 'Highlights of FIELD system Corner', <http://fanuc.co.jp/en/JIMTOF2016/field.html> (最後瀏覽日：2017/08/10)。

<sup>10</sup> 崔海川、葉秀玲，舍弗勒集團與 DMG 森精機共同描繪的工具機 4.0，[www.tami.org.tw/wisdom\\_machine/wisdom\\_machine-718-1.pdf](http://www.tami.org.tw/wisdom_machine/wisdom_machine-718-1.pdf) (最後瀏覽日：2017/08/10)。

如圖 9 所示，三菱電機在數值控制設備與工件製造上都有所申請，因其為日本控制設備大廠，面對全球化競爭與確保研發成果獲得保護，對此領域申請相關專利保護也是必須進行的工作之一。三菱電機所推出的「e-F@ctory」生產製造的概念。

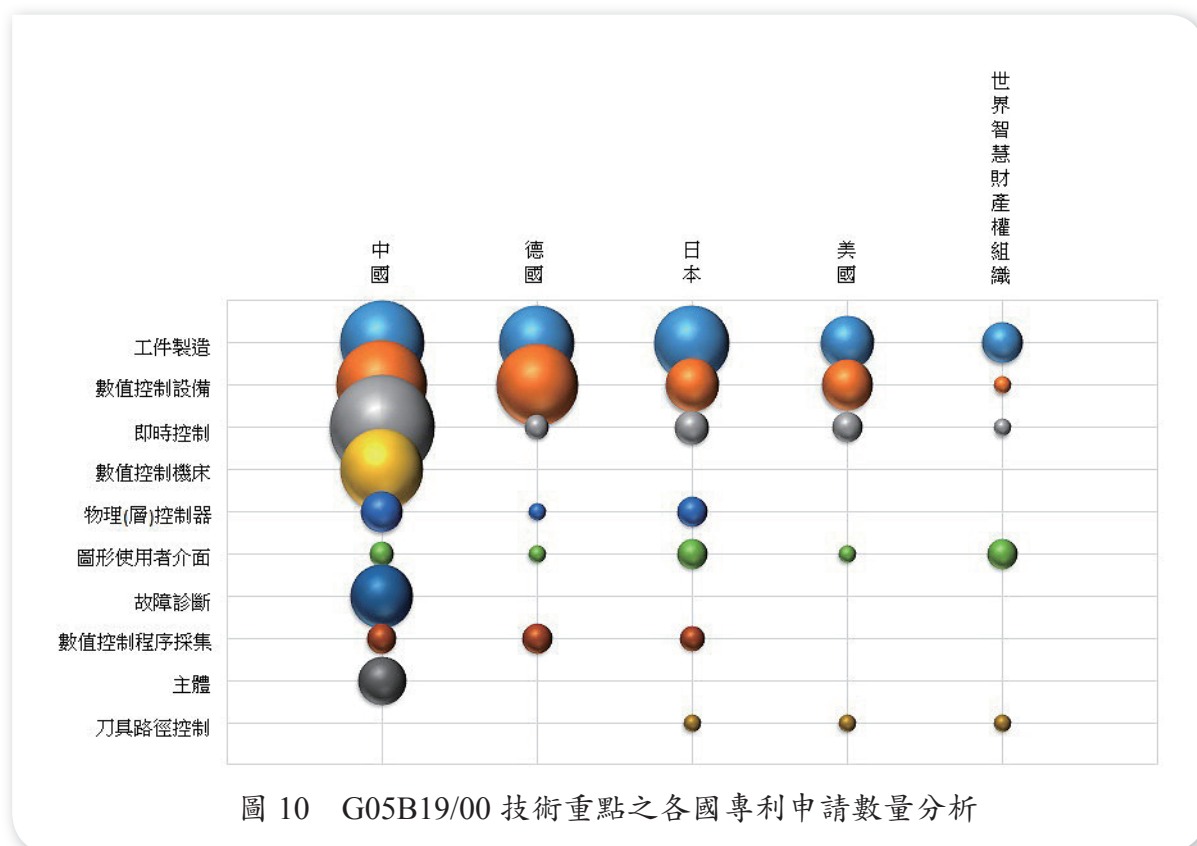
其概念是由工廠自動化（Factory Automation）生產端，包含 CNC 控制器、PLC 控制器與感測器，基於開放網路 CC-link IE<sup>11</sup> 現場匯流排協定作相互的溝通；資訊科技（Information Technology）端，包含從工程鏈、產品設計、工序設計、生產製造、銷售、物流與服務都經由雲端與大數據作運算與決策；邊緣計算（Edge computing）端，包含藉由三菱 i 控制器與製造執行系統（Manufacturing Execution System, MES）作數據整理與執行。運用工廠自動化、資訊科技的合作以及數據情報化，可提升生產效率、提高品質、節能、加強安全性與資訊保密，這是三菱電機在程序控制系統產品上的應用。



<sup>11</sup> CC-Link，<https://zh.wikipedia.org/wiki/CC-Link>（最後瀏覽日：2017/08/10）。

圖 10 為 G05B19/00 之技術重點對各國專利申請數量的分析，由圖 10 所示，中國大陸在各個技術重點都有申請專利，可見中國大陸在 G05B19/00 的技術重點技術申請較為全面，且各專利申請人把中國大陸當作世界工廠以及看好其市場前景，大量申請各式各樣的相關專利，如故障診斷（Fault Diagnosis）與工具機數值控制狀態等。

而日本、美國與德國在三個技術 Work Piece、Numerical Control Devices、Real Time 申請的數量比較平均，皆為三國專利申請的重點，如果新進廠商現在想要切入此三個技術重點的市場，競爭性相對較高，將面臨相似產品品牌、價格與專利技術的挑戰。



## 陸、結語

行政院推動「台灣生產力 4.0 發展方案」，主要策略即是結合國內智慧機械及資通訊的優勢，運用物聯網、智慧機器人及大數據分析等技術，再加上精實管理，促使我國相關產業邁入工業 4.0 階段<sup>12</sup>，而我國工具機產業大多群聚在台中，多具備良好的技術與研發能力，業者若有任何的創新發想，可方便地找到相關的生產或製造業者，但我國過去的工具機都是以中價位市場為主，如果想要發展到精密檢測、精密製造、航太、國防工業，尤其日後政府推行的國機國造與國艦國造等計畫，均需要發展具智能化之高級機種，故我國工具機廠商必須進行轉型，如此才可以提升面對未來全球化競爭的優勢，將來還可以切入更高階的製造業。根據本文分析結果可以提供工具機廠商布局工業 4.0 相關技術的參考。

2014 至 2016 年來工具機工業 4.0 相關專利在 G06F9/00、G06Q10/00、G06F3/00（數據輸入的介面裝置）、G06F17/00、B23Q17/00 等技術領域布局相對積極，亦值得業界關注後續發展。

外國或本國人在我國申請 G06Q30/00 與 G06F3/00 此二技術領域專利的數量不多，因此假若專利權人僅在國內發展此二種領域技術並申請專利，侵權風險較低。但假如欲到國外申請此領域相關專利，則須做好檢索與情報調查，避免有侵權行為。

工具機工業 4.0 相關專利案之申請主要集中在中國大陸、美國、日本與韓國。其中，中國大陸專利案之申請量在 2015 年開始超過全球總量一半以上，很明顯地，中國大陸具有大量與工具機工業 4.0 相關技術之專利，若我國廠商此時在中國大陸進入該技術領域，必須承受較高的專利訴訟或技術阻卻之風險。

最後，若要進行技術合作或技術開發，都必須藉由精準的專利檢索，以了解相關技術在各國的專利技術趨勢與布局動向，積極跟上工具機工業 4.0 主流技術，並且投入研發資源，開發其他更具創新的應用技術，同時做好專利布局，未來我國廠商才有機會與國際大廠進行專利交互授權、縮短研發能力差距，有效競逐工具機工業 4.0 各式各樣應用市場商機。

<sup>12</sup> 同註 3。