



智慧製造在臺灣機械產業的發展與應用

上博科技股份有限公司總經理 / 謝尚亨
精密機械研究發展中心 / 魏振隆博士

關鍵字：智慧製造、工業 4.0、工具機、虛實整合、智慧機械

摘要

台灣製造業接單型態常以代工製造（OEM）或設計與製造代工（ODM）為主，當新產品研發技術障礙降低再加上產品生命週期普遍縮短之後，企業必須以更快、更彈性的生產方式來滿足顧客的需求。特別是台灣機械業普遍面臨了製造成本不斷上升、人力資源匱乏、技術斷層等營運的挑戰。在工業 4.0 的潮流為製造業帶來了大量客製化的概念之後。如何透過軟、硬體的改善以及虛實整合的概念來應用有限的製造資源，轉型成更具彈性的生產模式，這就是機械業為什麼需要智慧製造系統的原因，也是產業未來競爭力之所在。

本文將介紹國內廠商如何應用資通訊技術整合機械加工專業知識，發展出一套智慧製造系統，協助機械業者將客戶需求到製造

現場，整個端到端所有流程，以工業互聯網串聯目前散落於工廠各處的資訊孤島，實現機械加工現場的機械聯網，作為產業進入智慧製造的基礎。

並以一家機械業者在模具製造流程導入此一智慧製造系統為例，結合工廠管理改善的合理化、標準化、數位化與整合化手法後，落實大量客製化的智慧製造轉型。使案例工廠在模具設計上降低了 80% 的模具設計時間以及縮短 72% 加工製造時間，整體運作效率達到提升 73% 的具體成效。

文末並探討未來在系統發展與優化改進需要注意的問題，諸如系統涵蓋規模、產業適用取捨、系統工具如何結合管理手法、資安與人才等議題。建議未來台灣應結合本身既有的製造經驗與資通訊技術優勢，布局雲端製造平台。把製造資料轉換成加值服務，



利用大數據技術發展創新應用，讓機械業與軟體系統業持續發展，形成能夠持續影響全球的新製造模式。

一、前言

台灣中部地區的中小型機械業者構成相當獨特的精密機械產業聚落，藉由群聚效應生產出許多物美價廉的各式機械設備與零組件。由於全球經濟景氣循環變動快速以及其他新興地區的產業漸漸成形，台灣的機械業者除了需要重視產品的「品質」、「價格」與「交期」等基本條件外，由於大多數的機械業者規模多屬中小型企業，在有限資源和生產能力的限制下，較難以快速回應大量的消費者需求。機械產業應該以朝向高附加價值或「大量客製化」的製造模式轉型，避開以大量生產壓低成本為競爭手法的紅海市場。

以機械加工中高附加價值的模具製造為例，由於消費性電子產品在市場不斷快速推陳出新的需求下，生產所需的精密模具，需要因應產品生命週期短、精度要求高及高度客製化的生產特性。模具製造相較於一般零件製造，又因所涉及的加工技術和程序較困難且複雜，經常造成工件報廢或無法掌握實際交期。

以模具製造常見的銑削加工為例：在設計階段，目前業者多已使用電腦輔助設計軟體（CAD），協助將產品開發構想進行具體化設計，產出製造所需要的工程資料與圖檔；接著採用電腦輔助工程軟體（CAE）來進行設計驗證與功能分析，將結果作為性能評估

或是不同設計方案的決策參考；接著將電子圖檔匯入電腦輔助製造軟體（CAM），產生供給 CNC 工具機加工用的加工程式；然後再根據不同的加工需求進行製程規劃與進行加工。

雖然所有作業都是靠電腦軟體與電腦數值控制設備來完成，早在 1973 年 Joseph Harrington Jr. 就提出「電腦整合製造」這樣一個名詞與觀念，但因軟硬體不相容以及系統整合難度太高，目前製造現場的生產設備、資訊、工件、流程和人的行為，在許多自動化設備的運作下，反而形成許多資訊孤島，數十年來工業界一直很難完整實現電腦整合製造。

二、文獻回顧

全球目前都在談「先進製造」、「智慧製造」，目的無非是希望藉由資通訊技術強化產業競爭力，因此各種產業都可能因為資訊技術的引入，引起新一波的產業革命，本節將對目前智慧製造相關議題進行分析、回顧，以了解智慧製造在機械產業目前的發展與應用。

（一）工業 4.0

「工業 4.0」是 2013 年德國政府提出以電腦化、數位化和智慧化來進行製造業革新的高科技計劃，號稱是自蒸汽動力導入產業以來第四次工業革命。而工業 4.0 的目標並不是單單創造新的工業技術，而是著重在將現有的相關技術、銷售方式與產品體驗統合起來，利用智慧型工廠，將商業流程及價值流程整合提供更有價值的產品或服務，其



表 1 工業 4.0 本質、五大要素、技術基礎和涵蓋範圍

工業 4.0 四個本質	基於網際網路、基於客製化服務、基於數據決策、基於高效節能
工業 4.0 五大要素	行動運算、社群網路、物聯網、大數據、分析與優化科技
技術基礎	虛實整合系統 (Cyber-Physical System, CPS)、物聯網 (Internet of Things, IoT)
涵蓋範圍	智慧機械、機器人、虛實整合、物聯網、大數據、精實管理

本質、要素、技術基礎和涵蓋範圍，如表 1 所示。

目前這樣的架構各界還在摸索，如果最終能建構出一個有感知意識的智慧型工業世界，營運端就可以透過分析各種巨量資料，利用電腦預測進行及時精準生產，調度現有資源直接生成一個充分滿足客戶的產品，降低多餘成本與浪費。

對於上述的第四次工業革命可以實現的時間，目前各方說法不一：德國電氣電子及資訊技術協會的會員中只有四分之一認為 2020 年前會有大規模的實施，且對於工業通訊標準、安全性和人員培訓等議題都面臨問題。德國最新的調查也認為，政府提出的工業 4.0 尚未實現，德國大多數國家平台以及解決方案已經停滯甚至終止，中小企業似乎也不太關心這個議題。研究還表明在一些互聯網應用領先的企業，他們的成功經驗或技術幾乎沒有應用在製造業，也沒有對實際生產系統提供價值創造的幫助，這些都是台灣產業在轉型時的借鏡與機會。

(二) 生產力 4.0 與智慧機械

當全世界都在探討影響未來製造業的工業 4.0 時，各國相繼推動了許多針對製造業提升的計畫，本節將整理台灣近年推動與智慧製造相關的政策，說明相關計畫的目的與做法。

「生產力 4.0 發展方案」主要是希望產業藉由導入網實融合與人機協同等關鍵自主技術，促進產業創新轉型並培育產業實務人才為核心目標。

與機械產業有關的項目，是將規劃與建構未來 10 年技術核心能耐，例如監控和遠程診斷服務、智慧控制器與關鍵元件技術、應用 IOT、Big Data 等技術研發智慧生產平臺、研發整線生產及整廠輸出；取得整線生產系統，智慧工廠、設計與製造一體化、遠端控管與排程、個人化服務設計、一指下單生產模式及協助產業結構轉型等創新技術。並藉此達成高值生產力、敏捷生產力與人性化生產力，創造網實通路整合商業服務來提升整體品質與效率。

「智慧機械產業」是 2016 年政府五大創新產業政策之一，目的是將精密機械升級為智慧機械。規劃以目前精密機械的推動成果及我國資通訊科技能量為基礎，導入智慧化相關技術，建構智慧機械產業新生態體系。使我國成為全球智慧機械研發製造基地及終端應用領域整體解決方案提供者，創造我國機械產業下一波成長新動能。

具體推動方向主要是以建立設備整機、零組件、機器人、物聯網、大數據、網宇實體系統 (CPS)、感測器等產業的「智慧機



械產業化」(智機產業化)。以及包含航太、半導體、電子資訊、金屬運具、機械設備業者的「產業智慧機械化」(產業智機化)兩大主軸，利用台灣既有電資通訊產業優勢加速產業供應鏈智能化與合理化。

至於何謂「智慧機械」?以CNC工具機為例，一部具有「智慧機械」特徵的工具機，其相關功能整理如下：

1. 智能化操作管理、模擬與調機：具有語音導航、稼動率管理、加工干涉模擬、自動化調機技術、CAD/CAM整合。
2. 智能化加工與切削：可進行削顫振控制、主軸變轉速控制、平滑化轉角控制、自動平衡、主動振動控制、熱變位控制、線上刀具磨耗監控等。
3. 智能化監控與安全防護：包含智慧螺桿預壓偵測、多軸防碰撞、主軸監控、線上檢測與刀具壽命管理、稼動率管理、生產履歷等。

上述對於智慧機械的定義，已經涵蓋了從「單機智能化」、生產履歷與CAD/CAM整合的智慧製造。但是回到智慧機械的原點應該是機械本身，特別是台灣機器普遍存在可靠度與機器穩定性的問題，一部機器有再多的智慧化功能，如果從早到晚機器的狀態不能穩定，這些智慧化功能可能都是多餘的。

(三) 智慧製造與製造業服務化

德國在工業4.0所提出的未來「智慧工廠」情境是：工廠可垂直與工廠及企業管理流程形成網絡，透過網路與外部供應鏈結合，完成從訂單到交貨整個價值創造流程的連結與即時控制，降低存貨並避免必要的浪費，

增加資源應用效益及縮短客製化產品交貨時間。

國外也早有將CAD/PDM/ERP整合的作法在論文中提出。利用PDM和CAD系統的即時數據交換，加上來自機器設備上所採集的資料，就構成了製造上的資訊流。由於CAD/PDM/ERP的整合議題讓智慧製造的定義和做法，有別於自動化或是e化。特別是如何結合機械與軟體的專業，發展系統軟體來提升產業附加價值與國際競爭力，將是未來機械業高值化的發展方向。

相關研究也對製造現場作出預測：透過機聯網與遠端網路的布建將會形成製造業服務化的營運模式，生產者將可透過機器的失效預測以及設備故障診斷功能，提供進行製造決策的輔助或參考，此舉將會改變製造商的價值和工業大數據的分析與應用方式。此外，透過產生或收集的資訊，以大數據技術處理與應用後，未來將可回饋於產品設計與製造，或將這些資料發展成顧問輔導等加值服務，這些創新應用將是製造業升級成製造服務業的關鍵。

三、智慧製造系統的發展與應用

智慧製造是新工業革命的核心，數位化、網絡化等資通訊技術的應用更是其中的重要手段，而系統與製造技術的深度整合更是發展時不可或缺的。本節將藉由製造現場所遇到的問題，分別由軟、硬體架構、機聯網技術應用等部分，介紹一套國人發展的模具智慧製造系統，並透過實際案例的導入，說明目前系統功能與應用現況。



表 2 模具製造現場問題整理

流程	問題
專案管理	1. 多系統平台的操作，與頻繁的圖檔設計變更，導致整個流程中使用的數據無法即時。 2. 繁複的簽核流程、以及大量的紙本作業。
模具設計	1. 一般無標準化，需手動建模，數據無法回饋與再運用。 2. 以人工進行出圖等繁瑣工作，製作容易出錯，造成設計產出低下。
製程管理	1. 工法、CAM 與刀具選用需要仰賴師傅經驗。 2. 沒有實施切削模擬的安全與防呆機制，無法確認品質的一致性。
現場加工	1. 刀具的取用、安裝與壽命缺乏系統化管理且容易出錯。 2. 機台的實際加工狀態無法掌握，造成稼動率低下。

(一) 以業者的痛點作為系統發展的起點

精密機械加工不易達成「大量客製化」生產型態的原因，在於精密機械加工的每一項程序與方法，都衍生出各種不同的專業以及相關的輔助技術。

以精密模具的製造為例：一套模具往往需要外部的協力廠一起協助某些工序的加工，這對於原本就複雜的製造程序變得更加難以管理，常見的問題整理如表 2。

進一步以銑削加工現場在刀具使用上的製程管理問題為例：刀具需要根據加工的規劃結果，編製每道工序的刀具需求明細，刀具的領用、分發和廢舊刀具的處理，對現場刀具的使用訊息。而目前多數的作法仍是依靠現場資深師傅的經驗來判斷，使用者需要一套能將工廠所有的刀具資料加以整合的軟體工具，使刀具採購、刀具庫存、CAM 程式編程與加工成本管理等皆能運用統一的資料來提高作業效率。避免因各部門獨立管理而成為個別的資訊孤島，形成大量表單作業與重複人工輸入的浪費和失誤。

(二) 智慧製造系統發展與架構

不論是從整個產品的製造流程或是現場刀具管理的細節，使用者需要的智慧製造系統，應該是可以透過對製造任務的訊息管理，利用網際網路將製程及生產 Know-How 等製造要素關聯起來。對於系統內的「虛」、「實」元素或功能分類，詳如圖 1 所示，系統應該朝向讓加工者更方便快速地達成任務，減少人為失誤的方向來發展。

目前許多機械業者也都陸續導入 ERP、MES、PLM、PDM、CAD/CAM 和刀具管理等系統，但普遍上是沒有將 Domain knowledge 或是製程 Know-How 整合，同時也造成許多資訊孤島，資料無法重複使用時就必須依靠人工作業收集資料或重複人工輸入的作業，於是效率低下、失誤率高、安全性不足便成為製造現場一直困擾的問題。

整個智慧製造系統採三層模組架構：Front-End 負責接收使用者的資料輸入和結果顯示；Middleware 主要是透過伺服器運行製造執行系統 (MES)、資料庫或 PDM、PLM 等軟體橋接的作業；Back-End 包含監控軟體任務的管理軟體和用來和機器設備形

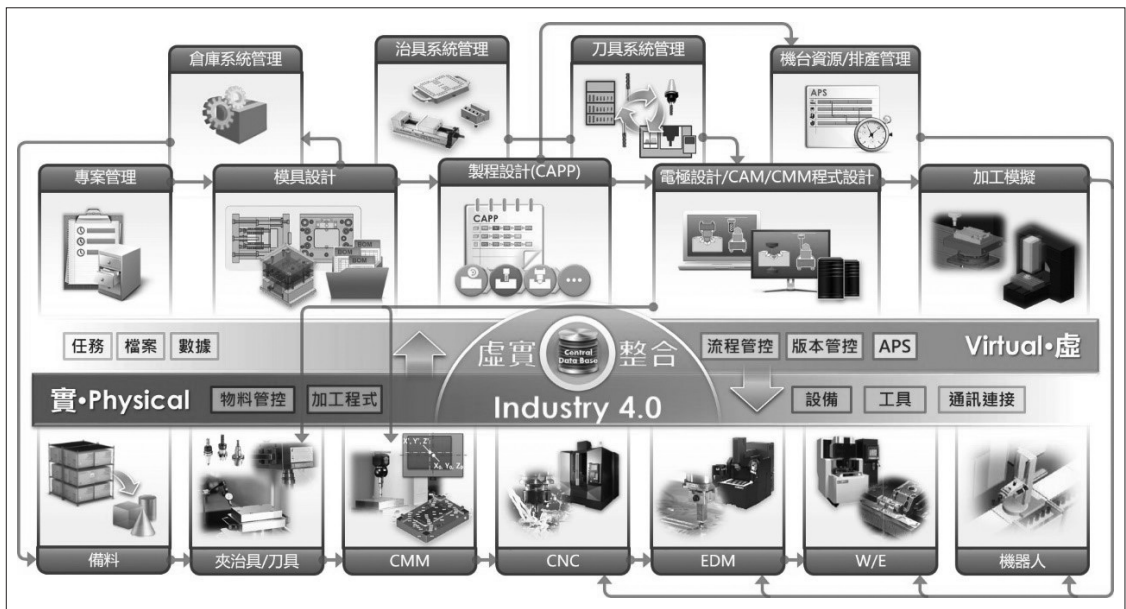


圖 1 機械加工的虛 - 實功能分類

成聯網的 ECS (Equipment Communications System)，如圖 2 所示。

由於機械加工現場不同種類設備和不同廠牌的機器之間需要形成機聯網，ECS 是利用不同廠商各自的通訊協定函式庫，例如 FANUC 的 FOCAS (FANUC Open CNC API Specifications) 或是 OPC UA 等函式庫進行功能開發，通過乙太網實現廠所有設備聯網的功能。

(三) 模具智慧製造解決方案

本節將依模具製造的流程，介紹上博科技所開發的模具智慧造系統幾個重要功能。整個系統所有模組說明，如圖 3 所示：

1. 專案管理

系統透過企業中央資料庫，對所有資訊、數據、檔案進行有序的版次管理；並由系統

流程引擎來觸發和管理模具開發任務。由任務搭載圖檔、資訊的方式來準確傳遞模具開發所需數據，從而確保資料的唯一性、正確性與及時性，如圖 4 所示。

2. 看板管理

一般在生產過程中的每一項工作狀況，都需要人工去追蹤、填寫生產報表，得到的數據不夠即時也不準確性。系統利用機台通訊技術與工作流的整合，提供各類即時的資料（運轉狀態、進度、負載、稼動率、品質、成本、開發歷程等），以階層式的架構經由看板管理功能來顯示工廠管理所需的各類訊息，提升管理效率。

3. 模具設計

傳統手動設計模具需要大量建模工作，遇到設計變更時操作複雜度更大，所以模具

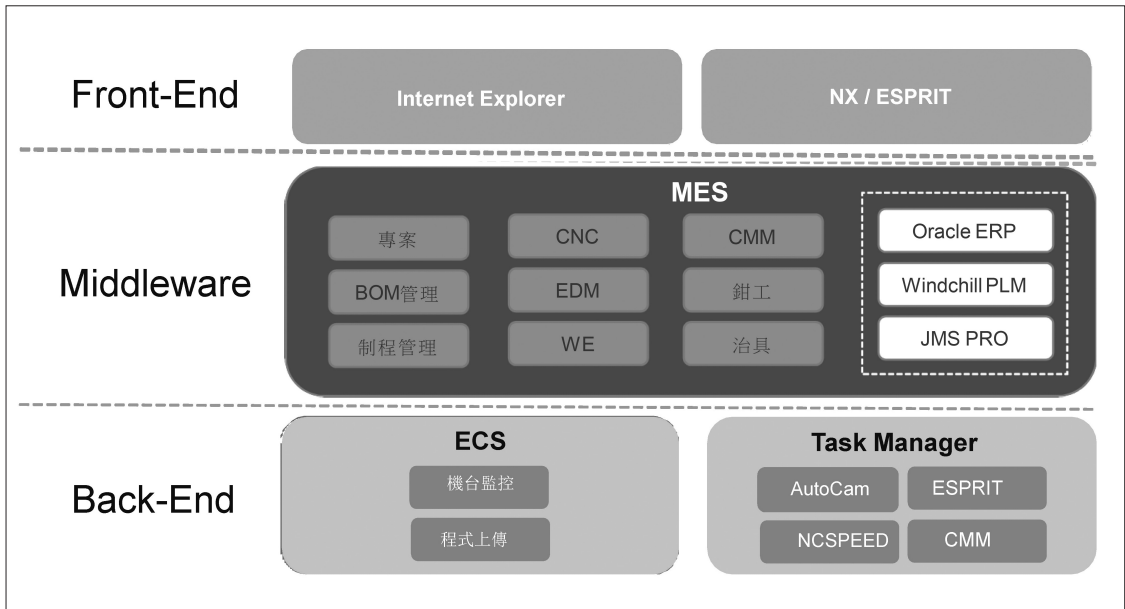


圖 2 智慧製造系統模組架構圖

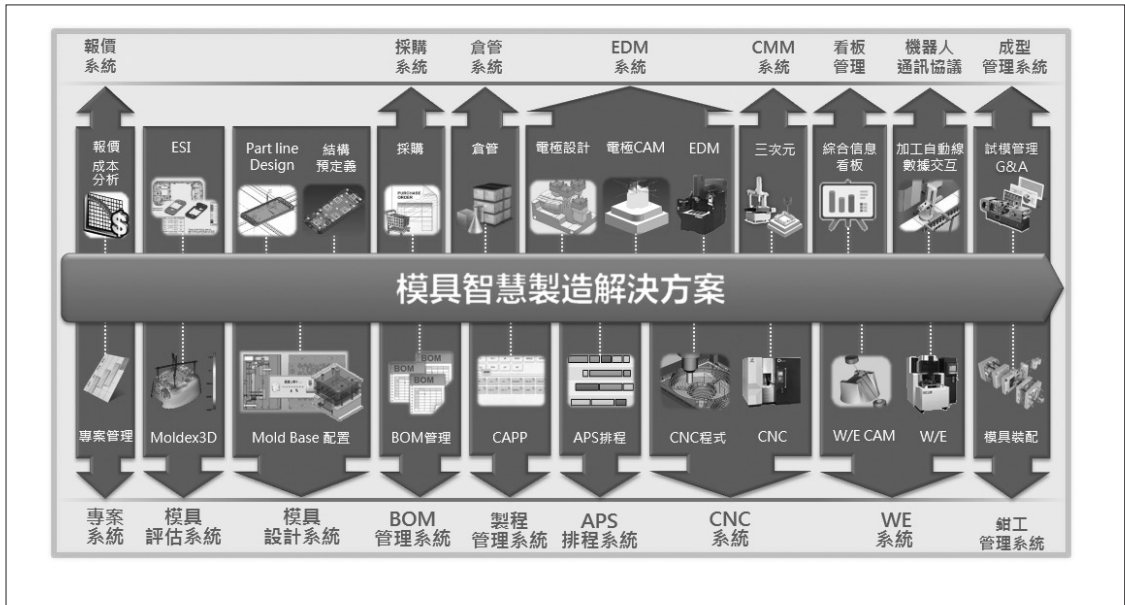


圖 3 模具智慧製造解決方案

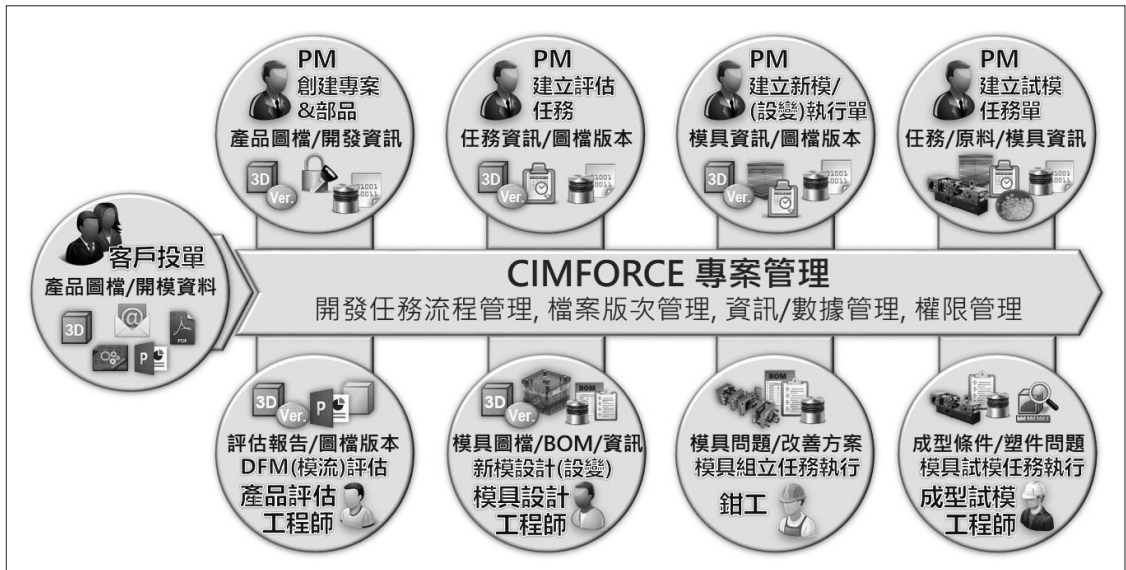


圖 4 專案管理系統概念

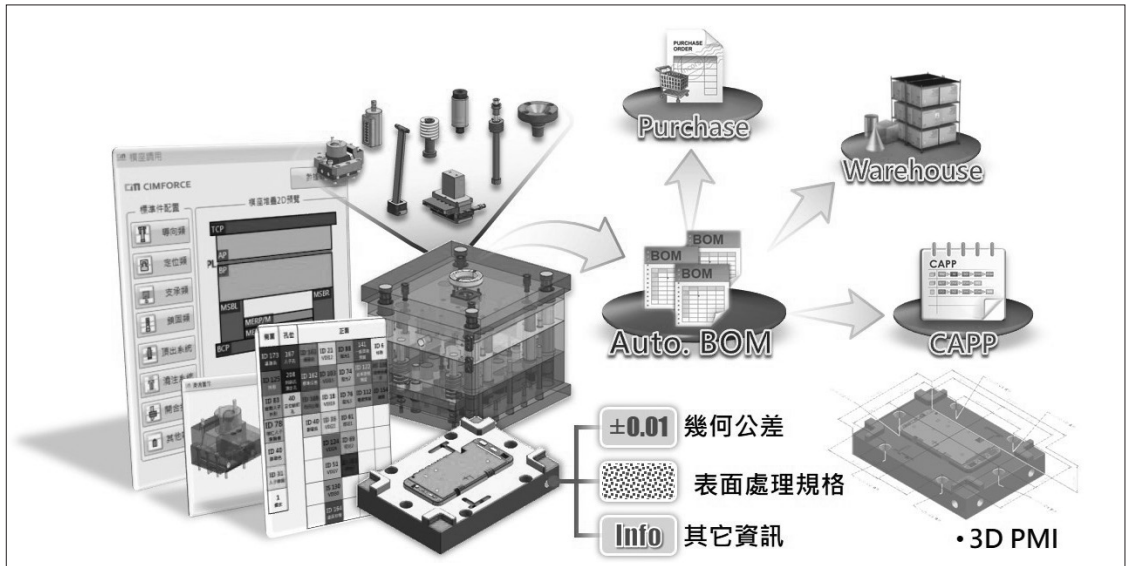


圖 5 模具設計解決方案

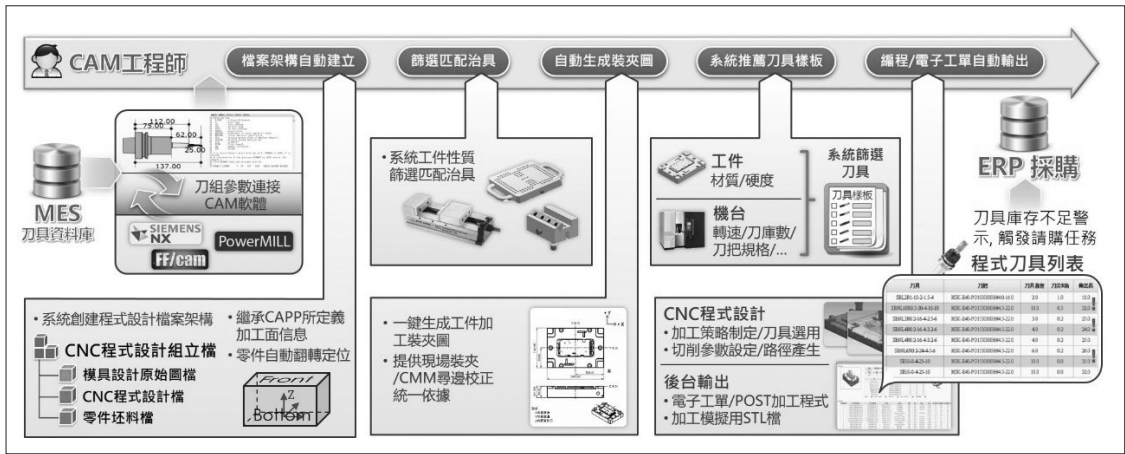


圖 6 CNC-CAM 解決方案

設計需花費大量的時間。系統結合 CAD 的二次開發功能，建立 3D 零件庫及模座庫，採用定義配置的方式進行設計作業，有效提升設計效率並減少人為失誤；系統使用 3D 模型來同時表達公差及表面要求，讓設計週期大幅縮短、加工資訊傳遞更加容易。在設計變更的作業上：透過系統即時凍結零件製程，避免因加工暫停不及時而造成損失，圖檔版次管理與變更說明，將詳盡的設變資訊及時、準確的傳遞給需要的作業人員，如圖 5 所示。

4. 電腦輔助製程規劃 (CAPP, Computer Aided Process Planning)

CAPP 透過零件特徵的資料自動將工件區分工段輸出 3D 輕量化圖檔、孔表圖等，讓不同工段的負責人員能清楚的瞭解所負責的區域與加工要求。同時透過對零件加工基準的統一設定，讓後製程都遵循同一基準值來進行加工和量測。

CAPP 系統的任務檔案管理會依照模具的設計版本、製程版本、工序、程式等數據進行管理，避免設變與複製模需要重複編寫 CNC 程式的問題。在零件製程發佈後系統自

動觸發後續相關的同步工程，從而大幅減少人工作業量並提升編程效率與準確性。

5. 先進排程與規劃 (APS, Advanced Planning and Scheduling)

CAPP 功能對製程細部安排後，利用 CAD/CAM 軟體對加工時間的預測與機器實際加工時間進行相互比對，來提高加工時間預估的準確性。系統可將廠內各工段的機台依機型、加工精度建立群組及保養計畫等功能，便於生產資源的調度管理。並依照工件優先度、交期、製程工站先後順序之資訊，結合生產資源與預估工時進行智能規劃，提供合理的生產計劃排程結果。

6. CNC 銑削加工

進行 CNC 銑削編程時，系統可提供夾治具、刀具與切削參數設定功能；完成編程後系統將根據機台控制器型號進行程式後處理並輸出電子工單，如圖 6 所示。並執行加工程式的切削模擬，避免發生過切、撞機、留料等問題的發生。

刀具管理功能可將刀具相關的尺寸及切



圖 7 EDM 加工管理解決方案

削壽命、加工參數、切削材質、公差等等訊息輸入到系統中，透過系統讓所有作業使用的刀具資料一致，避免發生數據錯誤。為了讓現場各機台刀庫上的刀具與系統內各機台刀庫訊息同步化與一致化，系統具備虛擬刀庫功能。現場人員只需按系統建議，將所需刀具掛入對應的刀倉、刀號，即可快速、安全的完成刀具設定。操作人員無論是否使用治具、機內或機外校正，只要選擇工件編號、設定好座標，掛好刀、上傳程式，系統即可開始加工。

7. 放電加工（EDM）

EDM 解決方案主要分成電極設計、電極加工與放電作業三個部份。

電極設計透過 3D CAD 模型獲取投影面積、接觸面積、深度等等資訊，配合選擇放電面的類型 / 搖擺方式 / 電極材質 / 放電間隙 / 電極數量 / 面粗度 / 電極加工製程選擇等訊息後，上傳資料即可完成電極設計工作。

電極加工是透過系統自動通知備料與銑削加工任務，CNC 加工段接收材料後，現場即可進行相關電極加工，加工後的電極測量與偏差值直接上傳系統，同時產生量測報告，相關偏差可自動補正到放電程式中。

放電加工時現場人員只要依照系統步驟及提示執行，系統自動產生放電程式並上傳控制器進行放電加工，如圖 7 所示。

8. 線切割製程（W/E, WEDM）

線切割解決方案是結合 CAD 軟體進行二次開發，自動進行 3D 曲面及線割加工的孔洞判別，系統依照幾何形狀產生穿線孔、起割點位置。並配合機型、精度要求、線徑，自動匹配加工條件與切割參數，輸出加工程式與電子工單。現場操作僅需將材料或工件在機內固定後進行機上尋邊，選擇加工對象與座標系即可進行加工，如圖 8 所示。

9. 三次元自動量測（CMM）

系統提供了量測程式自動編程與自動量測兩大功能。

自動編程：系統依工件檔案自動偵測需量測的工位、形狀、尺寸、精度要求等，自動匹配測針、排布量測點等，進行模擬後自動生成量測程式。

自動量測：工件上機後自動載入坐標補正值和量測程式，系統依工件精度要求比對量測值，自動判斷工位尺寸允收或拒收並產出量測報告，如圖 9 所示。



圖 8 線切割編程與加工解決方案



圖 9 三次元自動量測方案



表 3 模組功能與內容說明

模組項目	內容
專案數據管理模組	單一化系統平台操作 集中化資料管理 系統化任務管理 專案資訊看板
模具設計標準化模組	PET瓶模設計標準化 模具設計參數化、自動化與無紙化
加工製程管理模組	BOM管理 3D製程設計(製程設計輔助工具應用) 工件製程數位化管理
製造執行系統管理模組	模組化刀具管理 模組化夾治具管理 CNC-CAM樣板管理 CNC銑床程式設計與模擬 CNC銑床加工任務管理

(四) 機械產業應用案例

由於案例公司（或稱 C 公司）的營運面對國際上的競爭開始朝向「製造業服務化」的策略做轉型，規劃提供給客戶「一站式購足」的 PET 瓶生產方案中除了吹瓶機，也需要包含配套的 PET 瓶模。

由於模具在製造上所涉及的加工技術和程序較多，加工的精度要求也較高。模具的製造成本與品質一直以來都依賴於師傅的經驗與技術，由於少子化的社會趨勢，目前模具專業人員招募困難，年輕人從業意願低落。C 公司希望能透過製造系統的導入，把資深員工的經驗與技術留在公司內部中。

C 公司初期導入的主要模組為：專案數據管理、模具設計標準化，加工製程管理與製造執行系統管理等四個模組，各模組相關功能說明請參考表 3。

四、機械業導入智慧製造系統之效益

C 公司透過導入模具智慧製造系統，在不增加設備與人力的前提下，實現了資源利

用最大化並降低對於人力與經驗的依靠，總結後有以下的改善成果與效益：

- (一) 透過模具設計參數化與標準化，圖面繪製的時間由原來需要 20 小時縮短到 4 小時。
- (二) 系統可將設計資料自動產生材料表及電子工單，減少人工作業與錯誤發生，全數位化的聯網作業環境，減少原本各單位對檔案、資料維護與備份的作業。
- (三) 模具設計完成後的 CAD 資料透過無紙化作業方式，免去先前以人工逐一進行圖紙資料轉檔與列印等重複性的作業，完成各部門所需圖面的發行作業僅需 30 分鐘。有效減少企業對空間與紙張的需求，亦省去後續圖面維護與版本管理的作業成本。
- (四) 整合 CAD/CAM 作業，讓模具在設計階段時即可同步評估製作此模具的可行性，節省修改及設計變更的作業時間。原先模具部門從設計端完成後到加工完成需 14 天，導入系統之後約需 4 天內可完成模具生產的作業。

系統利用權限管理的機制，不會發出未經驗證或核准的資料或任務，有效避免因為錯誤資料導致加工的錯誤。透過加工現場的機聯網，將整套模具從設計、備料、機加工到組裝全製程的生產資料可以被自動收集，操作者不需要停下工作進行資料輸入、查詢等作業。這些資料完整地串聯起來後，在後製程便能在及早取得正確資料時來提前因應，有效縮短等待和準備的時間。並可將這些生產履歷作為後續優化改善的依據。

系統的導入使整體效率提升 73% 以上，模具設計工時縮短 80% 以上，機械加工的工時縮短 72% 以上，前後比較如圖 10 所示。

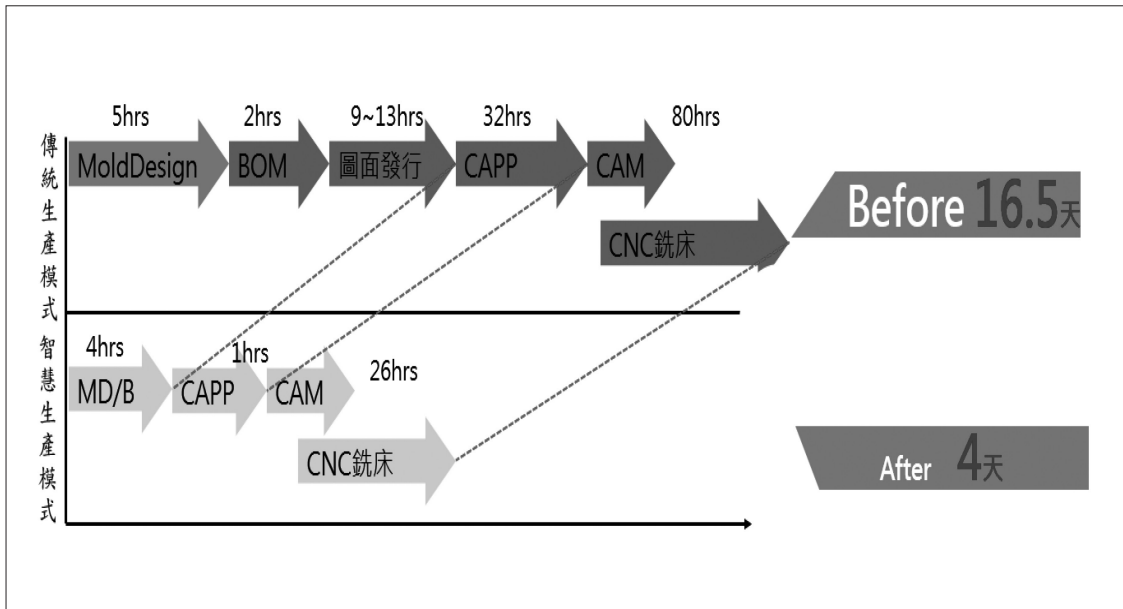


圖 10 系統導入後的量化改善效果

除上述具體的量化改善外，其他相關優點整理如下：

- (一) 提高工廠運作效率，縮短模具交期。
- (二) 利用系統降低錯誤發生，有效降低模具製造成本。
- (三) 最大化工廠設備資源的利用，創造更高的價值。
- (四) 提高生產能見度與交期準確度，滿足客戶需求。
- (五) 製造經驗與 Know-How 易於傳承、新進人員可以快速上線。

五、結論

智慧製造最重要的精神在於利用資通訊技術連結生產端與市場端的資訊，讓生產者在製造現場即可快速回應市場需求並創造價值。由於台灣機械業者多屬中小企業，因此受到資源與營業規模的限制，建議企業應

先根據本身的製造行為（流程或活動）、資源多寡、數位化資料的成熟度等，決定導入智慧製造系統的進程與規模。這樣企業才能以智慧製造對客戶提供有效的解決方案或服務，以持續保持製造網絡的優勢。

由於智慧製造是一個由人、機器與製程活動高度整合的系統化過程，而非僅是自動化或是 e 化的改善。從本案例導入的經驗可知：除硬體及軟體投資外，企業也需要搭配「合理化」、「標準化」、「數位化」和「整合化」等現場改善手法方能成功。製造業應把經驗與技術變成企業的 DNA，藉此提高競爭標準，以一個高度靈活的數位化與客製化製造系統，讓競爭對手無法輕易複製其產品和服務平台，這方面的經驗與足以提供機械業者做為參考。

另一方面也說明了台灣的製造業在歷經自動化、電子化、彈性製造、精實管理等數



十年來的發展，可以利用累積的經驗和資通訊技術的軟實力，結合物聯網的技術，發展出全球領先的智慧製造系統。讓機械業者實現把客戶需求到製造工廠的端到端流程各項要素及資訊，透過機聯網的應用，將存在於工廠各處的資訊孤島連接起來。

在智慧製造系統的發展上，我們應該了解：機械使用者對於系統能夠連線收集資料這不是重點，最重要是要能夠協助使用者避免錯誤發生、有效降低製造成本、保留技術與 Know-How。資料上雲端不是只用來被儲存，而是要把大量的資料用來發展輔助決策的工具，或是將資料發展出各種有價值的服務或應用。

六、未來展望

由於台灣在製造業發展已有相當的時間，目前最佳的全球代工廠都是以台灣經驗著稱，台灣除了有極具規模的資通訊產業外，更有完整的機械聚落與工具機產業，對於未來智慧製造在機械產業的發展與應用，提出以下五點參考：

(一) 如果企業不能馬上跨入工業 4.0，不妨先做「工業 3.5」

由於相關智慧製造系統仍在發展中，大多數公司只是導入號稱工業 4.0 軟硬體系統的使用者，業者應先盤點自身資源和決策情境，做為推動數位轉型的策略思考依據。也就是說企業可以先站在既有的基礎之上，盤點自身擁有的資源和長短處，建立自身專屬的數位轉型策略和智慧製造技術藍圖，強化自身的數位能力再進入智慧製造。

(二) 資訊安全需要逐漸重視

雖然製造系統不若金融系統對於犯罪分子有吸引力，但是製造系統停擺或資料流失，所造成的經濟損失仍然是非常嚴重的，因此如何在工廠數位化初期就透過資安技術與企業內控機制，完整建構整個資安生態系，將是未來企業在推動智慧製造必須面對的一個重要課題。

(三) 加強產學合作培育智慧製造人才

智慧製造的目的之一是要把有限的人力資源從勞力作業轉換為決策判斷的角色，因此人力在製造系統中的工作將會有所轉變。因此產業將會需要更多解決設備聯網、資訊擷取、數據分析與發展決策系統的跨領域人才。對此，學校與企業應盡早準備，目前國內也有多所學校與企業以產學合作之方式，設立智慧製造或工業 4.0 中心，作為人才培訓的基地，如圖 11 所示，希望能和業界以新設備和新製造觀念引入學校教學，讓師生及早與業界接軌，縮短學用落差。

(四) 發展模組化智慧製造系統以因應不同規模的需求

台灣機械業多屬於類似 C 公司規模的中小企業居多，案例分享了導入整個模具智慧製造系統內數個模組和若干功能，畢竟全系統的所有功能對中小企業而言，可能是過於複雜不易使用，而且台灣的產業鏈早已朝向專業分工發展，如能將大型智慧製造系統分成若干小模組，發展中小型企業所適用的智慧製造模組，這樣容易被更多的中小企業採用，未來愈多的使用者將愈容易形成製造生態的改變。



圖 11 產學合作成立的工業 4.0 實作中心及內部智慧工廠

(五) 系統發展上應盡早佈局製造平台與製造業服務化

台灣應該利用既有的資通訊技術與市場自由化特性，在製造整合的議題上取得主導權。思考如何以「製造平台」的運營模式成為全球製造業的「關鍵」和「少數」，以此來協助製造業突破目前的產業困境及國家的外交僵局，藉由平台經濟進一步掌握全球市場。「製造平台」如果能在台灣生根，將可同時帶動大數據分析、機械加工技術、設備製造業、電商交易平台、結算中心等行業在台灣發展。

希望能夠藉由智慧製造在台灣的應用與發展，能透過平台經濟的資源共享與全球協作，改變未來產業的生產與交易模式，形成新的產業鏈與營運模式，讓台灣成為全球的產業批發中心，為社會創造新商機與就業機會，讓下一代可以保有製造技術與競爭力。◆

參考文獻

1. 台灣機器工業同業公會「機器工業六十年史」，2005年10月，P.277，ISBN：986-81757-0-4
2. 行政院，行政院生產力4.0發展方案，2019年2月。
http://archives.ey.gov.tw/Upload/WebArchive/01ey/20160110/www.ey.gov.tw/News_Contentd725.html
3. 行政院，智慧機械產業推動方案規劃，2019年2月。
<http://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/e6039c49-74ee-45a5-9858-bf01bb95dc76>
4. 蔡孟勳，「何謂智慧機械（工具機篇）」，機械資訊710期，臺灣機械工業同業公會，2019年2月。
http://www.tami.org.tw/print/710/710_01.html
5. 謝尚亨，「インダストリー4/0を安装了高度金型製造システムの構築」，機械と工具2018年7月号，P.56-P.68
6. 劉建偉、游志雲、梅筱珍、魏振隆「中小企業導入虛實整合智慧製造系統之成效探討」。The Institute of Industrial and Systems Engineers Asian 2018 Conference：42.
7. 簡禎富，「如何先打造出工業3.5的能力」，哈佛商業評論，2017年4月號（打造領導人數位利四部曲），P.46-P.55，ISBN：977168102400504
8. Wiki. 2017. "CIM, Computer-Integrated Manufacturing." Wiki. Accessed December 8. <https://en.wikipedia.org/wiki/CIM>.
9. Wiki. 2017. "Industry 4.0." Wiki. Accessed December 8. https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0.
10. Borgia E. 2014. "The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues." Computer Comm 54：1-31.
11. Henning K., Wahlster W., and Helbig J. 2013. "Final Report of the Industrie 4.0 Working Group." Securing the Future of German Manufacturing Industry, Recommendations for Implementing the strategic initiative Industrie 4.0, 39. USA: National Academy of Science and Engineering.



12. Mitsuyama H., and Nakazawa T. 2017. "The Collapse and Beyond: Fantasies of Industry 4.0." *Hitotsubashi Business Review*, 108-121 °
13. Hou J., Su C., Zhu L., and Wang W. 2008. "Integration of CAD/PDM/ERP System Based on Collaborative Design." 2008 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management 1 : 561-566.
14. Lee J., Bagheri B., and Kao H.A. 2015. "A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-based Manufacturing Systems." *Manufacturing Letters* 3 : 18-23.
15. Lee J., Kao H.A., and Yang S. 2014. "Service Innovation And Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment." *Procedia CIRP* 16 : 3-8.
16. Kao Y.C., Wei C.L., Liu Y.P., Hsieh S.H., and Yu C.Y. 2018. "Application of a Cyber-Physical System and Machine-to-Machine Communication for Metal Machining Processes." The 2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), Texas, USA, May 2018 : 14-17.
17. Sun J., and Wang Y. 2012. "Research and Application of PDM and CAD Integration Technology." 2nd International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology, Liaoning, China.
18. Fanuc C. 2017. "NC Guide FOCAS2 Function Operator's Manual." CNC Application Development Kit (A08B-9010-J555#ZZ12). MBR-01893-ENV3.0-07/2017.
19. Liu R.J. 2018. "The Frontier of Global Lean Smart Manufacturing : The Disturbance and Turning Points of Industry 4.0." The Institute of Industrial and Systems Engineers Asian 2018 Conference : 26-29.