

產業研究報告

製造業機、廠、鏈智慧應用發展態勢

前言

工業 4.0 概念自 2011 年提出至今十年有餘，Siemens 等自動化大廠自然為引領產業發展的指標業者，另外 IBM、AWS 等 IT 業者也投入智慧製造，發展應用平台或數位工具。智慧製造解決方案琳琅滿目且可拆分多項應用場景，本文從製造業機、廠、鏈三環節分析新興應用發展現況，以及建構智慧製造關鍵因素，供產業解決方案商及欲建置智慧工廠的業者參考。

張家輔

Document Code: CDOC20230215001

Publication Date: Feb 2023

Check out MIC on the Internet!
<https://mic.iii.org.tw/aisp>

目錄

智慧製造市場現況	1
智慧製造新興應用	5
助建智慧製造關鍵因素	11
結論	15
附錄	16

圖目錄

圖一、智慧製造機、廠、鏈環節概觀	2
圖二、智慧製造產業地圖	3
圖三、AWS Supply chain 功能	10
圖四、企業發展智慧製造步驟	13

表目錄

表一、SCADA 與 IIoT 比較	8
--------------------	---

8

智慧製造市場現況

以數據做決策為工業4.0與3.0主要差異

工業 4.0 於 2011 年漢諾威工業博覽會提出，隨後即納入德國、美國、中國大陸等政府發展高科技產業重要概念。並於世界經濟論壇（World Economic Forum, WEF）得到更具體化的解釋，意為智慧與互聯的生產系統。旨在感知、預測物理世界並與之互動，以便即時做出支持生產的決策。

而工業 4.0 在各國重視下，也發展出各自的參考架構模型，例如德國工業 4.0 平台的 RAMI4.0（Reference Architecture Model Industry4.0），以及美國工業互聯網聯盟推出的 IIRA（Industrial Internet Reference Architecture），乃至日本 I4.0 提出的 IVRA（Industrial Value Chain Reference Architecture）。

各國對於工業 4.0 的各自表述，使統一其實踐基礎及單一標準，成為發展工業 4.0 重要的待解決問題。最後在 2021 年，由 ISO、IEC 共組的聯合小組定義中有綜觀的詮釋，認為「智慧製造」一詞相較「工業 4.0」能更好的代表全球觀點。並將智慧製造定義為：「在網路、實體、人類所處環境，製造業透過整合流程且智慧化地使用資源，以提升績效表現、提供商品及服務，且與其他企業流程協作。」

觀察上述工業 4.0 定義演變，不脫離智慧化、互聯及整合等核心概念。對比工業 3.0 電子資訊技術的蓬勃發展，利用 IT 系統用於營運流程、自動化控制機械於製造流程，進而達到自動化的生產模式。工業 4.0 更重視依數據做生產決策，意即欲以物聯網、AI、大數據、雲端等關鍵技術為基礎，構建工業 4.0 相關應用，目的在將生產從自動化走向智慧化。

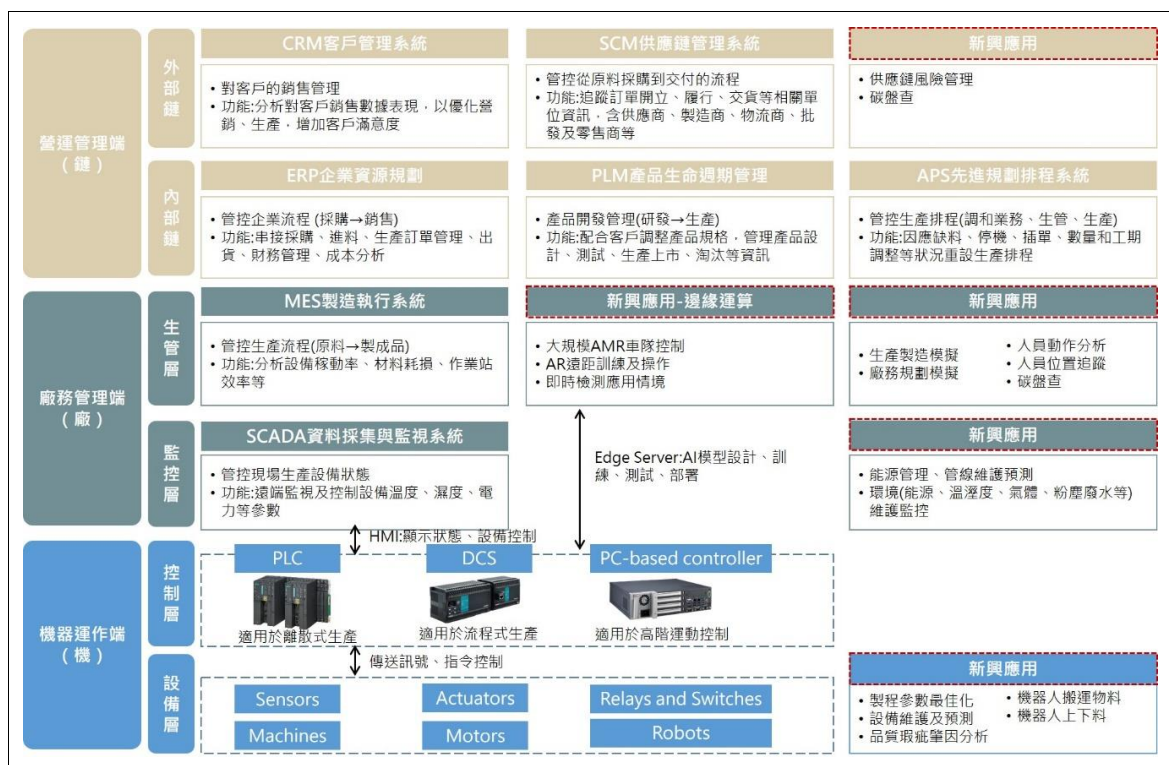
工業物聯網（Industrial Internet of Things, IIoT）實際應用是一種將數據由「下而上」彙整，輔助生產決策的技術，可透過掌握實際生產現場設備及環境數據，得用於監控或調整製程參數、預測設備維護時間等，因而與 ERP 等 IT 系統運作邏輯不同。ERP 透由事先擬定進料日期、訂單交期等設定，由「上而下」依序展開生產工單項目，然而這並不代表實際生產狀況，僅是由預設作業拆解成更細的作業項目，以方便人員管理流程；另外，智慧化設備與自動化設備差異在於物聯網能衍生的價值，如導入機器人等智慧科技，僅用於生產而非回饋透明化數據，便如同自動化機械設備，也將失去智慧製造意涵。

機、廠、鏈三環節智慧製造應用方案推陳出新

參考國際自動化協會訂定 ISA-95 標準之部分架構，可將製造業營運及生產流程劃分成六個階級，並進一步歸納成機器運作端(機)、廠務管理端(廠)、營運管理端(鏈)。其中機器運作端包含各式感測器、驅動器、製程機械等組成的設備層，以及發號指令給設備的控制層；廠務管理端則包含可監控生產設備及環境的監控層，與掌握生產流程和管理工廠作業的生管層；營運管理端則包含管理企業內部營運流程的內部鏈，以及供應鏈上下游流程管理的外部鏈。(圖一)

隨著時間推演，智慧製造在機、廠、鏈逐漸演化出多項新興應用。(1)機：設備層方面之機器人生產，以及積層製造(Additive Manufacturing, AM)的3D列印、AOI檢測等多項應用。控制層也因應製程段需要即時分析的需求，發展出運算力更強的PC-based控制器；(2)廠：透過數位雙生(Digital Twin)模擬與設計最適產線，並即時呈現產能狀況、生產設備資訊，以及搭配5G及邊緣運算等技術，滿足AR、大規模AMR車隊管理的低延遲需求；(3)鏈：配合歐盟碳邊境稅、國際品牌大廠要求供應鏈碳排放調查，衍生出的碳盤查解決方案。以及供應鏈短鏈，應運而生的供應商管理數位工具。

圖一、智慧製造機、廠、鏈環節概觀



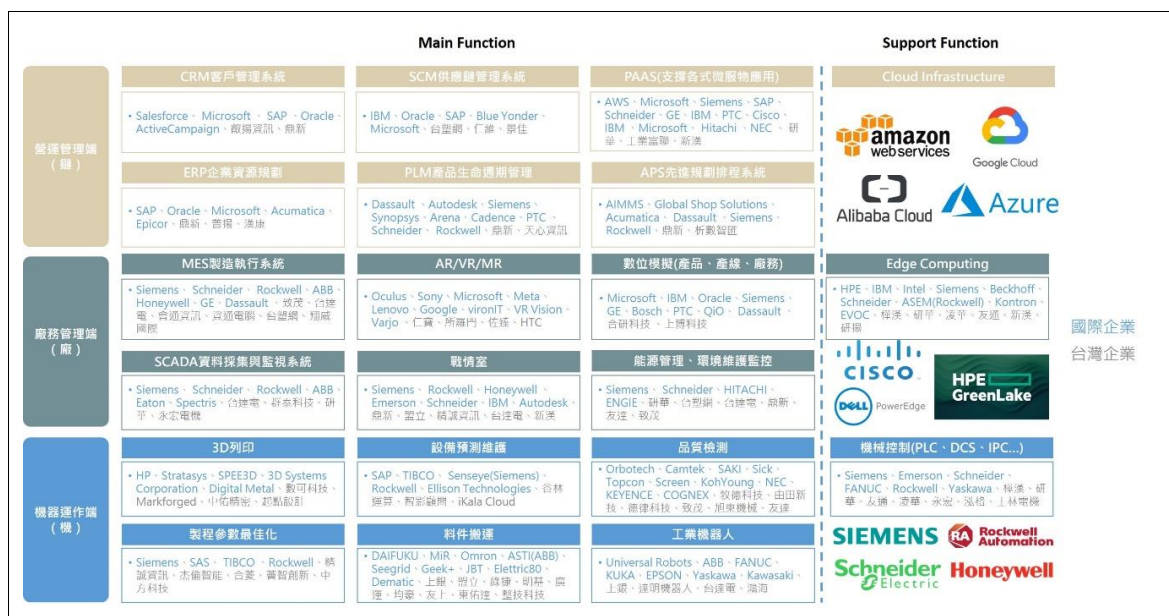
資料來源：ISA、MIC、MIC 整理，2023 年 2 月

物聯網使IT、OT界線越趨模糊

在工業 3.0 的時代，營運管理端對應到 IT 技術，而機器運作端、廠務管理端則對應到 OT 技術，且有獨立網路，IT、OT 分水嶺明顯。IT 以製造業內外部鏈應用為主，例如 ERP、產品生命週期管理系統 (Product Life cycle Management, PLM)、客戶關係管理系統 (Customer Relationship Management, CRM)、供應鏈管理系統 (Supply Chain Management, SCM) 等系統，代表大廠如 SAP、Oracle、IBM、Microsoft 等。OT 則負責現場設備控制、通訊協定、生產流程、廠務管理等廠務層級內的作業項目，代表國際大廠如 Siemens、Schneider、Rockwell、Honeywell、ABB 等。

而工業 4.0 發跡後，物聯網技術逐漸打破 IT、OT 隔閡，例如因應工控需求，設備運作端需要 IPC 分析移動機器人所處的複雜環境，乃至高階運動控制；廠務管理端則利用邊緣伺服器以達到即時分析需求。IT 進入 OT 場域，使兩者分界日趨模糊，業者市場版圖也開始朝對向擴張。例如 OT 大廠 Siemens 業務範疇向上往企業營運端開發應用，推出 IIoT 平台 MindSphere。除可掌握工廠、機械營運狀況，更能與 PLM 等 IT 系統高度整合；而 Microsoft、Google 等資訊大廠也從營運管理端，跨入到廠務管理端發展 AR 應用，AWS 亦推出基於機器學習的產品瑕疵檢測方案—Look out for Vision。

圖二、智慧製造產業地圖



資料來源：MIC，2023 年 2 月

自動化大廠積極轉型並朝智慧製造布局

回溯 Siemens、Schneider 等自動化大廠發展工業 4.0 相關契機，與 IIoT 市場成長快速，以及大數據、雲端運算、AI 等技術逐漸崛起高度相關。隨著技術日趨成熟，並得以支撐工廠智慧應用發展。自動化大廠紛紛將數位化業務納入組織規劃，或是推出智慧製造解決方案，整合原有在機器運作端技術，進一步利用 IIoT 串聯至廠務管理端，乃至營運管理端發展多元實務功能，積極朝工業 4.0 相關應用拓展業務範疇。

例如 2014 年，Siemens 發布「2020 公司願景+」，確立數位化為重點方向之一。其隨後收購一系列工業軟體公司，並收購低代碼開發平台領導公司 Mendix，以支援其工業應用平台 MindSphere 具有更快速開發應用程式的速度；同為自動化大廠的 ABB，從前便專業於運動控制、工業機器人、電氣等領域，2017 年更借力 Microsoft Azure PaaS 推出 ABB Ability 平台，提供數百項數位解決方案。其後更與 Ericsson、HP、IBM 等資通訊大廠合作，以支撐 ABB 發展數位化業務所需的 AI、邊緣運算、雲端技術、5G 等技術項目。

智慧製造新興應用

機器運作端

AOI+AI 自動參數調整，降低使用者專業知識門檻

自動光學檢測(Automated Optical Inspection, AOI)現普遍用於 PCB 及面板產業，可檢測物件缺少、定位偏差、瑕疵及尺寸大小等物件判別應用，能取代傳統人力檢測作業。然實務上由於產線人員沒有 AOI 專業知識，以設定適切的檢測標準，操作人員普遍以調高檢測標準作為因應，使 AOI 敏感度增加、造成更多誤判，需待人員二次檢測，反而喪失導入 AOI 目的。

AOI 大廠 Mek 即以 AI 作為技術基礎，可讓 AOI 學習在 PCB 製程中，自動調整數百個預設參數以辨識物件缺陷，包括掌握最佳光照水準、攝影機位置，以及調整檢測閾值等，確保 AOI 不因人為設定過高檢測標準而造成誤判，也降低對人員操作 AOI 專業知識的要求。

協作機器人效能可視化，手臂結合移動成物料運送應用

協作機器人市場成長可期。從國際機器人聯盟 (International Federation of Robotics, IFR) 2022 年公開報告可得知，2021 年協作機器人新安裝量成長 50.0%，更勝傳統工業機器人的 29.9%。協作機器人由於編程簡易、導入成本較低，較適合小批量、短期、多變的生產模式，現已在過往傳統工業機器人未能有效推廣的中小企業市場快速發展。

觀察 2022 年 RBR50 機器人創新獎評選獲獎名單，發現協作機器人創新之處開始從機器人單機設計，走向應用面周邊發展。例如手臂末端工具 (End of Arm Tooling, EOAT) 業者 OnRobot，其分析軟體 WebLytics 可預判調整機器人作業速度或工具設定，將對效能產生的影響，並能監測工具運作狀態，維持高 OEE 生產。

另外，協作機器人與具備搬運料件功能的 AMR 結合亦是發展趨勢。例如 Omron 之 AMR 與協作機器人二哥達明機器人整合，以在晶圓製造、封裝等高科技場域應用，Omron 同時加大達明持股比例以深化合作；ABB 亦透過收購 ASTI 拓增 AMR 產品種類，使自動化業務版圖更趨完善。

設備預測性維護方案規模化

廠區設備過往採定期維護方式，無法及時發現設備異常問題，若設備停機將造成龐大損失。現則透過 AI 蒐集設備運行數據，分析設備使用壽命、預期維護項目和時間，為企業節省維護人員成本，降低設備突發故障的風險。

然而，每台設備故障背後的機械原理以及壽命衰退程度不同，感測器精確度差異、工廠車間環境都會成為影響預測性維護的變數。在缺乏 AI 需要的大數據、數據關聯性作為支撐的狀況下，市面普遍難以用一套 AI 模型作為整廠設備的維護解決方案，為設備預測性維護應用主要挑戰之一。

觀察 Siemens 旗下設備預測性維護企業 Senseye 對此作法，其透過掌握用戶每次對預測的回饋優化模型演算，減少可用數據過少、數據關聯性不足的問題。另外透過 AI 機器學習、統計建模、預測以及數據挖掘，清除干擾預測結果的環境噪音。同時自動為每台機器創建貼近實際情況的模型，不用為每種機器類型開發自定義模型。簡言之，Senseye 在客戶完全自定義，以及開發一體適用的 AI 模型的天秤兩端，找到中間合適的平衡作法。

廠務管理端

數位雙生平台各展特色，創新商模更為應用附加價值

數位雙生無疑是近年智慧製造熱門科技應用。相較於單純利用 CAD 建立 3D 模型的「單向」模擬，數位雙生是藉由 IoT 掌握實際待測物狀況，將數據回饋到虛擬世界，再透過 AI 分析呈現物理世界狀態的「雙向」互動過程，可用於廠務規劃、產線設計、產品設計、材料開發等應用。

觀察布局在此的方案供應商，其平台特色與自身專長高度相似。例如 IBM Digital Twin Exchange，以運算及儲存能力為平台優勢，讓內容提供商之材料清單、3D CAD 文件、工程手冊皆可上架在雲端平台，平台則匯聚各供應商面向各產業之數位雙生解決方案；PTC 則以產品資料管理 (Product Data Management, PDM) 為發展數位雙生基礎，使用軟體管理團隊之工程圖、模型、產品文件等資料，協助客戶遍佈世界各地的 IT、製造、維護、研發、品管人員統一協作步調；Siemens 則立基於 IIoT 技術，建構實體、虛擬世界間，可即時數據傳遞的通道。利於即時掌握現場設備、環境溫溼度等變數交互影響結果，以使客戶瞭解接續所應採取的生產決策。

另外，數位雙生的應用不僅能為需求端節流，甚至能開源創造新商業模式。例如產品即服務 (Product as a service)，可添加感測器於販售產品，並以客戶實際使用時間

收費；維護即服務（Maintenance as a Service），掌控販售設備的健康程度，持續為客戶維護良好的設備運作。

SCADA 仍為產業所需且借力 IoT 持續優化

資料採集與監視系統（Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA）創造時間約可追溯到 1970 年代，主要可以透過蒐集 PLC 產生之數據，監控設備運行狀態。而工業 4.0 於 2011 年被提出後，工業物連網的討論度隨之高漲。乍看之下 SCADA 與 IIoT 皆可蒐集數據並對設備進行監控，然兩者卻有截然不同的差異。（表一）

SCADA 主要解決「正在發生」的問題。當設備發生異常時，可以即時發出示警，以利維護的工程人員到現場查看。然而，如狀況無法排除導致設備需要停機維修，將降低設備稼動率；IIoT 則可解決「將發生」的問題。利用蒐集結構化、非結構化數據例如設備震動聲音等資料，以大量的歷史數據結合 AI 發展出設備壽命預測、資產管理、設備良率監控等應用，以利人員事先掌握設備異常狀況，安排檢修或準備替換零件。

IIoT 並非取代 SCADA，相反，SCADA 正利用 IoT 技術提升擴展性。例如透過遵循 OPC 統一架構（OPC Unified Architecture, OPC UA）通訊協議，SCADA 將能支援並整合更多製造商設備資訊，使新舊設備不至於形成數據孤島。另一方面，SCADA 也朝基於雲端方式建置系統，以管理更多數據。同時利用 Web 軟體開發工具，拋開過往僅能以電腦作為監控的裝置，方便使用者採用手持設備、智慧型手機、筆電等多元裝置運行的 Web 瀏覽器進行訪問。

表一、SCADA 與 IIoT 比較

	SCADA	IIoT
通訊方式	以有線網路連接至 PLC 為主	以有線或無線方式連接場域設備
蒐集數據類型	以設備產出數據為主，例如溫度、轉速、壓力、運行狀態、停機時間等參數	處理數據除設備參數，尚包含文件、圖片、聲音、影片等
擴展性	低，受限於系統架構，若數據增加易導致性能下降，跨廠分析耗時長	高，支援 MQTT、HTTPS 等協議與設備進行連接，並且可按需求擴展連線設備
數據分析目的	為當下做反應，監控設備日常運行。因而未必會保存完整歷史紀錄供其他應用分析	為未來做預測，除設備運行監控，更可用於預測設備維護時間，支援大量歷史數據供 AI 應用
主要功能	設備數據蒐集、即時監控與示警、數據報表等	同左，另含設備管理、維護保養、生產效率和質量管理等

資料來源：MIC，2023 年 2 月

MES 結合低代碼縮短開發客製功能時間，貼近各產業實務流程

前文說明 SCADA 主要用於監控現場設備，其上位之製造執行系統 (Manufacturing Execution System, MES) 更為廠務端主要管理系統之一，用於掌握生產狀況、待解決生產瓶頸和所需調度資源為主要功能。MES 注重製程並確保流程順利進行，包含物料接收、庫存管理、生產計劃、生產執行、品質檢驗、成品入庫、出貨等流程統一調度。

傳統 MES 應用困難點為製造次產業流程差異性大、生產模式既複雜且多樣，難以提供一體適用的標準化功能，例如流程生產與離散生產之製程管理關注重點即有不同。與之相關的還有 MES 擴展性限制，例如企業業務擴展、生產工藝變化、生產模式轉變等，皆需客製化將系統二次開發，耗時長且複雜。另外，數據孤島、資料串聯也是傳統 MES 應用限制，例如物料和成品質量管理、物流管理、設備管理、生產管理等系統間資料須結合，才能打通流程管理。

觀察大廠 MES 產品功能，Siemens 透過收購低代碼開發平台領導公司 Mendix，打造標準化、易編程的語言，靈活支援客戶各式流程創建需求。例如某箱進料檢驗如不通過，傳統 MES 將無法在系統上放行。然在企業急用物料時，可以用低代碼快速創建新檢驗流程以標註不合格物料，而非整箱物料拒收，以貼近客製化生產流程。值得注意的是，MES 並非加入低代碼技術就能解決前段問題，Siemens 深根各製造次產業製造流程開發功能模組，和彙整產品、工藝、生產、採購、訂單、交付等業務數據串聯，同時利用低代碼重新將各模型整合和再開發，方為體現 MES 流程管理效益之關鍵。

營運管理端

供應鏈受衝擊，物料交期控管、需求預測等韌性方案應運而生

韌性供應鏈為近年製造業熱門議題，受疫情缺工、物流成本增加、地緣政治角力等多項因素影響，供應鏈中斷已嚴重影響客戶產品交期，加上不斷上升的企業營運成本，以及預期外的市場突發狀況，皆使企業已意識到打造韌性供應鏈重要性，並同時尋求管理供應鏈解方，靈活因應市場變化和降低衝擊。

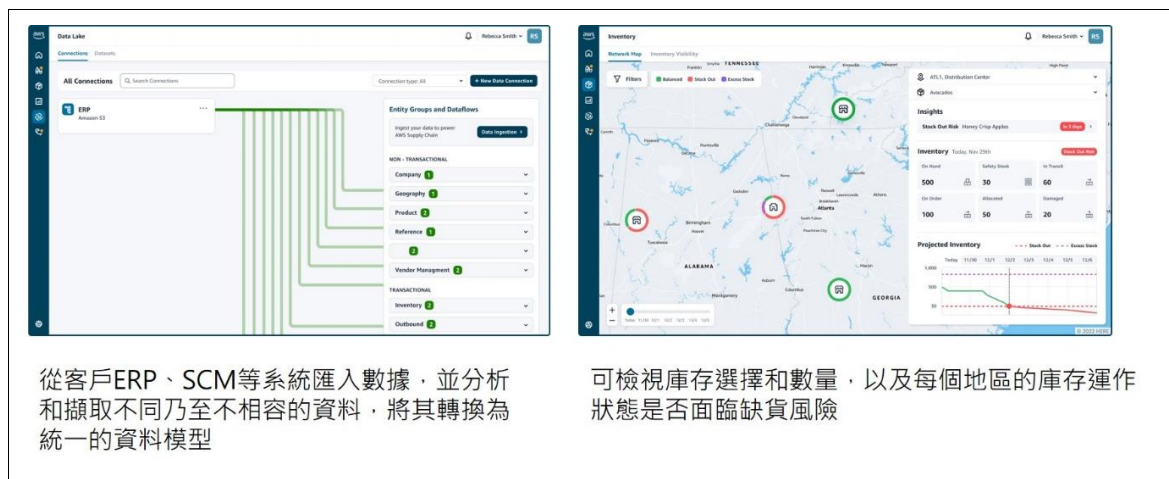
以傳統供應鏈管理作法而言，打造韌性的主要挑戰來自供應端以及需求端的活動複雜度，使庫存管理、出貨時程難以精確控管。供給端挑戰包含供應商採用電子表格做預測，並以手動方式調整生產排程，資訊透明度低導致無法快速掌握交期延遲狀況，同時亦需考量多個替代供應商及其產能等；需求端的市場預估挑戰為產品生命週期逐漸縮短、迭代速度變快，再加上銷售通路生態系複雜、促銷相關市場活動、各地區需求差異等影響銷量，使需求計劃無法按經驗準確規劃。

供應鏈不確定性促使供應鏈解決方案發展，SAP 於疫情爆發的 2020 年推出 SAP IBP (Integrated Business Planning)，觀察產品特色主要有二：(1)：深厚的供應鏈領域基礎。利基於 SAP 旗下 ERP、SCM 等 IT 系統高市佔率，更加瞭解各產業特性和最佳實務，以及影響供應鏈管理的企業流程，且客戶在使用 IBP 上將與既有系統兼容；(2)：情況模擬。人員可模擬多種狀況採用結果差異，例如海運受阻時，採用空運或當地生產出貨的情境，對比多個方案在利潤、收益等不同財務指標表現。

另外也觀察到依數據儲存量、運算量計價的收費方式。AWS Supply Chain 以基於雲端基礎架構方式，提供供應鏈管理解決方案(圖三)。客戶可匯入自家 ERP、SCM 資訊形成庫存可視化地圖，並進一步按庫存閥值觀察供應鏈風險。當中 AWS 的 AI 技術為提升系統使用效益關鍵。首先在資料處理方面，利用機器學習 (ML) 與自然語言處理 (NLP)，將來源系統資料關聯到統一的資料模型。而在供應商管理方面，利

用 ML 估算供應商前置時間，納入庫存風險分析。最後在市場需求規劃部分，以 ML 分析歷史銷售數據以及未完成訂單等資訊，以降低需求變動的不確定性。

圖三、AWS Supply chain 功能



資料來源：AWS，2023 年 2 月

碳盤查範疇 3 執行困難，解決方案以區塊鏈技術保護上游機密、下游驗證權利

全球淨零碳排勢在必行，歐盟已規劃於 2023 年試行「碳邊境調整機制」(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)，透過訂定出口產品的碳含量，以及進口商需採購的 CBAM 憑證來降低碳排。除了開徵碳關稅的推力，眾多國際資通訊品牌大廠也開始要求供應商綠化，台廠合作夥伴如台積電、和碩、緯創、仁寶等亦響應投入綠電。

「溫室氣體盤查議定書」(GHG Protocol) 將溫室氣體排放範疇分為三類，範疇 1 與 2 個別代表企業直接與間接產生的溫室氣體，範疇 3 則代表企業上下游及企業活動排放的溫室氣體，亦為當中最難的部分。普遍企業不僅難以驗證上游提供數據之正確性，其也多以人工鍵入表格作法，難以管理資料。據數位時代報載，波士頓顧問公司(BCG)「2021 全球企業碳盤查調查」指出，僅有 9% 調查企業有能力做完範疇 1 至 3 的碳盤查，另高達 86% 企業仍手動紀錄碳排，也顯示出仍有數位工具優化碳盤查作業之空間。

觀察大廠淨零碳排解決方案，Siemens SiGreen 主要面向範疇 3 應用，特色為以區塊鏈保護供應鏈各方數據主權。系統能以分布式帳本技術(Distributed Ledger Technology, DLT)，讓上游業者在無需揭露供應鏈機密資訊情況下提供產品碳足跡，客戶也可以反向檢驗是否有第三方的產品碳足跡認證。

而 Schneider 則以其深根能源管理領域技術，提供企業在範疇 2 方面的減碳作法，欲從電力設備運行狀況及效率掌控，進一步降低碳排放量。其 EcoStruxure Power 系統可透過掌握企業內部用電總量，包含照明、冷暖空調、空壓系統、機台等終端設備，產生用電報表，分析重度用電區域及能源績效指標等系統工具，持續優化電力系統並證明減碳績效。

助建智慧製造關鍵因素

工業 4.0 自提出至今發展十年有餘，機、廠、鏈智慧製造方案亦不斷推陳出新，然而實際能將工業 4.0 概念落實於工廠和組織中，甚至在財務指標上展示效益者卻佔少數。究其原因，企業除需在工業 3.0 發展基礎上，利用 ERP 等 IT 系統水平打通企業流程，工業 4.0 更需在機、廠、鏈垂直面向完善資訊整合方能凸顯效益。現今需求端發展工業 4.0 仍有眾多挑戰，然從產業發展動向及需求端轉型案例上，亦觀察到許多助於企業建構智慧製造的關鍵因素，以下歸納三點說明。

統一聯網標準為OT設備具互操作性、IT與OT融合基礎

與計算機和資料建立、傳送、儲存、維護等網路相關技術稱為 IT，而與工業控制系統程序控制和廠房、生產現場相關技術則稱為 OT。過往 OT 是在隔離的網路中運行，兩者尚可清楚劃分。在工業 4.0 浪潮下，提升資料利用率，甚至提升投資設備和系統的 ROI 驅動 OT、IT 融合，工業物聯網設備開始布建於廠房環境中，用以掌握生產現場狀況。

然而，OT、IT 融合主要面臨挑戰有三。（1）：IT、OT 關注重點不同。IT 重視資料安全性，系統更新、補強安全漏洞等升級作業頻繁。而 OT 為確保產線持續運作，對設備可靠性具有高度要求，設備修補程式期間造成的生產損失，將大過系統被攻擊的潛在風險，加深 OT 與 IT 整合抗拒力；（2）：OT 設備難更動。供應商因設備效能、保固考量，往往限制安裝其他軟體，以確保成套設備之驅動程式、作業系統、應用程式、硬體具相容性。（3）：設備數據取得困難。新舊 OT 設備聯網能力差異、不同自動化水準的供應商與其專用的工業協議，以及需額外付費方能取得的數據洞見，皆造成數據取得及彙整作業困難。

前段提及現存多種工業協議，實由自動化大廠為爭取戰略地位而成。工控市場當初成長潛力巨大，各廠為搶奪話語權，使現場總線、聯網標準皆成為競爭戰場，並發展各自支持的工控標準。例如 Siemens 支持的 PROFINET，以及 Rockwell Automation 提倡的 Ethernet/IP，另有 EtherCAT、Powerlink、Modbus/TCP 等協定。

現今，追求統一的工業通訊協議成為重要發展走向，例如 IEEE 推動的時效性網路 (Time-Sensitive Networking, TSN) 標準，利用乙太網路技術創立開放、統一的網路。也有更多的設備商透過提供 TSN 插件建立完整生態系，以打通供應商間設備相容性。

過往自動化大廠支持的通訊協定僅具 Mbit/s 的傳輸能力，在廠內控制 OT 設備需求已然足夠。而在物聯網需求下，OT、IT 數據融合使數據量大增，甚至欲建立基於雲的工業控制系統，則需依賴 TSN 支援 Gbit/s 等級的傳輸能力。在市場需求推動下，大廠逐漸放下本位主義，Siemens、Mitsubishi Electric、Schneider、KUKA、ABB 等陸續推出 TSN 產品，或與工業網際網路聯盟開發 TSN 測試台，往後各供應商 OT 設備共享同一個共通網路將逐步落實。

事先規劃工業4.0藍圖，再調整設備與再造流程

談及智慧製造，直覺將想到導入智慧科技升級製程，這種過度重視科技的思維會忽視科技與流程串連的重要性。例如採購新設備後，未與材料、生產乃至供應鏈規劃流程整合，從而打造合適的數據接口，利用數據優化生產或是內外部決策，最終導致單點成果難以複製到其他產線。

拆解智慧製造執行步驟(圖四)，首先為確認智慧製造導入目的是為了解決什麼問題，避免誤入為導入而導入的迷思。而待解決問題將依各產業特性、企業規模、業務複雜度、應用場景而有不同。例如在電子組裝業製程涉及將數百個電子元件安裝於 PCB 上，面對眾家供應商料件品質、交期控管皆是可能痛點；而在金屬加工業則面臨設備稼動率低的狀況，因設備操作具專業知識，架設機台、備刀排程皆需由老師傅操刀，若師傅身兼多職導致機台閒置，將進一步壓低設備稼動率。

第二步，掌握評估企業目前智慧化發展階段，此部分可透由檢視機、廠、鏈環節之軟體系統與硬體的智慧化程度，以掌握發展智慧製造基礎能力及缺口。例如盤點設備是否具連網能力，導入的 ERP 系統是否具備向下串聯製造、物流等流程能力，甚至內建 AI 機器學習技術，分析來自工廠、設備、人員的資料。

第三步，企業布局智慧製造需有長期規劃，不僅要考量 3~5 年發展方向及細部實行細則，亦需考量業務規模成長、生產模式調整、設備連網數量增加後，現行建立的基礎設施是否能支援，以及擬定數據蒐集的系統來源、資料量、資料複雜度設計 Data Pipeline，皆是為了後續智慧應用擴散需提前思考的細項作業。

最後，將智慧製造效益從單點向外擴散。除了將專案測試結果擴展到其他產線、工廠。另外，在營運管理方面，可透過數據治理，統一定義跨部門、跨供應商資料型態和欄位，串聯數據以更加透明檢視流程和創建智慧化應用。

圖四、企業發展智慧製造步驟



資料來源：MIC，2023 年 2 月

智慧製造應用場景多，整合方案成產業發展重點

智慧製造應用橫跨機、廠、鏈，不僅方案多樣且廣泛，各式解決方案之差異性往往需透過客戶測試方能找出合適解。不僅在導入前即讓企業費時比較方案差異，導入後亦難保證應用能隨業務擴張彈性複製或調整。在此背景下，觀察產業發生兩種變化。

其一，自動化大廠整合多項應用成解決方案。例如 ABB 在機器運作端橫向完善應用布局，工作站單點作業有工業機器人、協作機器人，產線間物流運送則透過收購 ASTI 補齊 AMR 產品種類，完善產線智慧化解決方案；Siemens 更是透過收購一系列工業軟體公司，現已成為歐洲僅次於 SAP 的第二大軟體公司，並推出整合製造與營運的解決方案 Opcenter，納入旗下的先進規劃排程系統 (Advanced Planning and Scheduling, APS)、MES、質量管理系統 (Quality Management System, QMS)、R&D 套件、企業製造智慧系統 (Enterprise Manufacturing Intelligence, EMI)，將分散的系統整合成單一方案提供給用戶。

其二，發展出產業鏈新角色-聚合商。物聯網產品和系統選擇多元，為使系統整合商提供貼近需求的方案，減少瞭解市面產品的時間，Intel 便打造解決方案聚合商角色。聚合商除了銷售 Intel 物聯網衍生解決方案、硬體套件，更重要的是掌握各方案商產品差異，以建議 OT、IT 系統整合商合適的應用方案組成。例如大聯大旗下世平集團即為 Intel 在亞洲的聚合商，聚合士林電機機器人伺服控制技術，創博的機器人模組

化工具，精機中心的機器人、工具機及其他模組的系統整合工具，以及中華電信 5G 企業專網能力，欲打造端到端的機器人解決方案。

打造滿足需求端智慧製造並非易事，供應商也難以一己之力完成，即使自家有提供完整方案，客戶也未必全部採用。例如原設備廠舊機升級至連網功能的價格昂貴，機聯網需求發展成利用 AI 光學字元辨識 (Optical Character Recognition, OCR)，辨識設備儀表、螢幕畫面英數字並加以儲存的替代方案。隨著機、廠、鏈應用功能不斷推陳出新，聚合商角色的出現更表示智慧製造的複雜性已超越系統整合商負荷程度，未來產業鏈設備供應商、電信商、軟體開發商、平台商、雲端服務供應商、系統整合商等角色將傾向朝共和共榮共創智慧製造商機，而非過往單打獨鬥模式發展。

結論

機、廠、鏈物聯網方案以應用整合及流程可視化為特色

製造業在近年總體環境複雜因素影響下，受供應鏈資訊透明化需求、碳盤查等推力，以及製程良率提升和成本降低等拉力驅動下，智慧製造已蔚然成為企業因應作法，或將其納入未來轉型方向。供給端更是在工業 4.0 概念被提出後，於機器運作端（機）、廠務管理端（廠）、營運管理端（鏈）三大環節推出智慧製造新興應用工具。

（1）機：透過 AI 技術複製老師傅經驗自動調整參數，降低 OT 設備操作難易度。機器人亦從產線上單點作業結合 AMR 成產線間物料搬運；（2）廠：IBM、PTC、Siemens 等數位雙生平台各展自身優勢。SCADA、MES 等工業 4.0 之前的產物，結合物聯網技術優勢，發展貼近需求端的功能；（3）鏈：供應鏈變化波動大，利用 ML 動態分析供應商管理及客戶需求多重變因，成為建構韌性關鍵技術。區塊鏈保密及可驗證的技術特色，亦成為供應鏈上下游碳盤查的合適技術。

OT和IT整合、避免應用碎片化，助建需求端發展智慧製造

儘管供給端方案推陳出新，但需求端實際建構智慧工廠仍非易事，主要困難點為需串接水平面流程，機、廠、鏈垂直層級亦需將物聯網資訊緊密整合。企業成功建構智慧製造受多重因素影響，包含企業領導階級發展走向、組織資源規劃、既有流程改造與設備升級串接、智慧製造方案選用與整合等。

觀察產業對此努力，自動化大廠逐漸降低工業聯網本位主義，在統一聯網標準達成共識，解決多家設備供應商無法互連通訊的問題；另一方面，供給端有能力者不斷收購工業軟體或互補方案商，整合旗下產品種類成完整解決方案，或透過聚合產業各方供給端角色，拼湊建構智慧製造所需拼圖。

而在需求端方面，也需意識到智慧製造並非廠長責任，高層支持以及長遠的藍圖規劃，將是智慧製造導入效益能否擴散到跨廠區、跨區域、跨價值鏈流程的重要關鍵；另外，轉型目的也應非為導入新興技術而導入，而是以終為始的規劃。首先掌握企業內部待解決問題、評估內部機廠鏈智慧化程度，方能在所需基礎設施、升級設備、串聯流程等建構智慧製造執行步驟上，與企業內部問題與現有資源高度連結。

附錄

英文名詞縮寫對照表

CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism
IIRA	Industrial Internet Reference Architecture
IIoT	Industrial Internet of Things
PLM	Product Life cycle Management
CRM	Customer Relationship Management
SCM	Supply Chain Management
AOI	Automated Optical Inspection
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
MES	Manufacturing Execution System
TSN	Time-Sensitive Networking

中英文名詞對照表

數位雙生	Digital Twin
產品即服務	Product as a service
維護即服務	Maintenance as a Service
碳邊境調整機制	Carbon Border Adjustment Mechanism
溫室氣體盤查議定書	GHG Protocol



發行所	財團法人資訊工業策進會 產業情報研究所 (MIC)
地址	106 台北市大安區敦化南路二段 216 號 19 樓
電話	(02) 6631-1200
傳真	(02) 2732-1353
全球資訊網	https://mic.iii.org.tw
會員服務專線	(02) 2378-2306
會員傳真專線	(02) 2732-8943
E-mail	members@iii.org.tw
AISP 會員網站	https://mic.iii.org.tw/aisp

以上研究報告經 MIC 整理分析所得，由於產業變動快速，並不保證上述報告於未來仍維持正確與完整，引用時請注意發佈日期，及立論之假設或當時情境。
著作權所有，非經 MIC 書面同意，不得翻印或轉載