

後疫情時代—

食品產業導入智慧製造與數位轉型應用之契機

財團法人食品工業發展研究所 黃世榮 研究員

一、後疫情時代帶來的影響

2020年新冠肺炎(COVID-19)疫情發生，臺灣疫情相對控制得宜，食品飲料製造業產值表現平穩。然而疫情促使臺灣經濟轉向內需市場，帶動即食食品、膳食菜餚、保健營養品等產品需求成長，同時加速即食外帶外送及各式網購食品組合活絡。廠商因應疫情延伸多元營運模式，食品跨足餐飲、餐飲轉入包裝食品經營，通路跨足外送平台等，滿足飲食環境變化新需求。而疫情限制社交距離與人流移動，民眾消費由實體店面轉向電商平台與社群直播，電商需求成為新常態，疫情受感受不確定環境變化，自我追求及滿足的需求更強烈。而疫情對全球食品產業供應鏈的影響，則是恐慌性需求引發供應鏈壓力，短期突發性倍增消費需求壓力推向實品供應端及上游原料端，考驗食品供應鏈彈性供料、生產及人工調度應變力。邊境管制物流停擺供需暫停，封城及邊境封鎖禁令，物流運輸限制，糧食供給能量無法與消費需求端對接，影響供應鏈運作，疫情影響船舶調度、港口裝卸與運輸效率，衍生全球性貨櫃短缺及運費成本倍增問題，影響貿易。勞力物力受阻，高勞力密集的食品加工產業，影響時間不確定的缺工隱憂。(食品所 ITIS 團隊，2021 食品產業年鑑)。

二、疫情危機與轉型契機

回顧過去幾年，全球產業生態變化的浪潮來自於各產業與跨域科技的結合，如成熟食品技術與新興科技，生物及智慧科技平台合作模式翻新、AI、3D列印、區塊鏈、微生物組等科技發展，其中人工智慧的演算法不斷演進更串起物聯網成為AIoT，同時將更多AR與區塊鏈的應用廣度拉大，食品產業亦藉由製程數位化、品質數據化、關鍵參數規格化與資訊串流等跨域技術連結，走向自動化與智慧化。雖未能全面採用創新數位化工具，源自於傳統食品產業對於工業 4.0 等跨域技術表現出未知與謹慎的態度。多仰賴系統整合廠商展示工業物聯網(IIoT)等工具其挖掘數據與連結用戶與機器的能力，並確認公司有無相對應的完善解決方案，才能完全發揮該工具之價值。但全球性的疫情，迫使人們加速了數位化應用的腳步，此時轉型已不再是口號，而是需要公司行動力，而轉型趨勢分述如下：

1. 無人工廠：如何透過自動化設備降低人工或是遠距離監控與操作，讓企業保持一定的生產力。以充填包裝機為例，許多已整合容器輸送與封口設備，多數的彈性生產技術如後段的自動化二級包裝技術像是紙板包裝、籃子載體、收縮膜或者其他品質檢測站等，隨著產品差異化增長與技術進步，開始導入了更具適應性與靈活性的機器人以優化生產線末端包裝製程，至2021年已預測全球包裝機器人市場將有10%複合年增長率，顯見生產線性能與新技術整合已大幅改變遊戲規則。其他亦有對製程設備導入現代化技術進行改善或改造，或在某關鍵製程中添加一個自動化協作平台或品質檢驗模組，像是即時數據收集與可視化功能的反饋技術，可提高產品吞吐量，從而獲得更大的投資回報。進行彈性生產技術的導入需要先進行全盤流程檢視，並確認導入的必要性，明確減少其他不必要浪費來增加價值，而以工廠內的多條生產線來說，則是維持產線調動組合的靈活性，以避免浪費並提高系統生產品質。生技製藥廠或近似無菌的充填生產線，單一瓶型產量不多，卻有不同瓶型或劑量充填與封裝之需求，受限廠房面積與人員衛生風險管控，系統整合廠商試圖將潔淨室與可模擬不同流程的六軸機械手臂整合成一多功能的充填系統，亦即機器手臂用於多瓶型的一級包裝潔淨充填技術。如AST GENiSYS® R 多型態充填系統，除具備有環境監測與電子化批次紀錄報告等滿足無菌加工標準的系統選項，所具備的機器手臂模組可於半小時內進行系統轉換並結合充填重量控制模組、開袋模組、密封模組等，可輕鬆處理各種充填尺寸與包裝型態，模組化系統設計依據當下生產需求進行彈性生產，技術門檻在於多組機械手臂的協同作業是否

能正確匹配。依照量產需求的模組化設計大多聚焦在充填機的技術核心-充填，穩定地流場與精確的充填量，因此Fillomatic Global (FG) Industries 設計了 Robofiller 使用機械臂進行動態間歇充填，其配備 10 個充填閥，產量高達每分鐘 200 瓶，與GENiSYS® R 的手臂間同步與動作銜接，這類的模組設計屬於區塊型量產作業，亦即將單一手臂的產能最大化，因此能快速整合於直線型輸送帶上，或依照需求可有定位、傳送、清洗與封裝功能（RoboSys為完整包裝線），增加靈活性與縮短交貨期。

如何將減少人流則著眼於設計管路與泵解決大部分的物料輸送，但卻可能牽涉系統清潔與使用限制，如改以自動導引車 (AGV) 搬運物料，可提高生產線靈活性、提高品質和消除浪費，即使是大型又笨重的原物料亦可以也使用，然仍須考量場地環境限制。此外，通過將數據收集和分析轉移到移動設備上，可大幅減少操作管理人員，並捨棄有線傳輸方式，改以無線傳輸數據，並更快地回傳最新工廠訊息，例如生產瓶頸、缺料站和機器稼動數據。在數據收集方面，可以用手機代替掃碼器來追蹤零件庫存，通過行動數據分析軟體，管理人員一人分飾多角，遠端鑑別並解決生產問題。AGV 的應用技術關鍵在於精準確認工廠生產線上的位置才能有效導航，並分為相對和絕對定位兩種。絕對位置的確認是一開始已經確立的座標系利用光學法或繪製軌道映射在廠房地板。而在相對定位方法中，則須建立工廠中的參考點進行計算。使用磁帶控制AGV的方式在於鋪設磁帶軌道，因為自黏性膠帶，易於安裝且成本低，且容易轉移區域或進行軌道擴增，而AGV常加裝感測元件來檢測前方物體並以程式控制判別方式與其他移動指令。然而缺點是磁帶不適用環境惡劣的廠房，容易脫落，且由於其運輸的專用性，若無法與其他物流共用，勢必佔據較大空間，對於廠房空間較小的公司不易導入。而光學導航則是使用鮮豔的膠帶作為替代，視覺感測器可輕鬆辨識與地板顏色有強烈對比的膠帶路徑。近年來，AGV已發展出雷射探測與測距技術，（Light Detection And Ranging, LiDAR），多已在汽車自動駕駛廣泛應用，功能類似於聲納或聲音導航和測距，該技術是以雷射脈沖取代聲波向 AGV 的各方向發出，LiDAR 感測器接收周圍物體和牆壁反射的雷射脈衝，用於構建三維環境地圖並即時更新，由於光速比聲音快，因此更快地繪製區域且無需要固定路徑，遇到障礙會自行重新計算路徑，適合環境複雜且動線易受干擾的廠房，大型利樂包包裝產線使用AGV進行吸管與紙捲的輸送。

2. 降低製造供應鏈風險：一個產品的開發與製造可使用PDM架構，在專案管理的模式中貫穿產品企劃、可行性評估、研發設計、生產規畫、製造、組裝、維修的PLM系統漸成形，包括將協同工程擴大至前端供應商及後端銷售，另增加多處研發與多地生產的資料整合需求，連結與整合企業內其他異質系統的資訊流等，導入PLM成為企業競爭不可缺失的一環(陳，2013)。日本麒麟集團啤酒廠採用NEC公司的Obbligato II PLM，創建一個高精度、高效管理產品訊息系統整合市場趨勢，集中管理配方和原料資訊，打造產品資訊可視化系統，準確地管理約1000種與產品有關的訊息並且讓公司內部人員可共享產品訊息，進一步提升了麒麟集團的食品安全(NEC, 2009)。PLM解決方案能優化七項關鍵戰鬥力，提升專案及文件管理、規格管理、供應商管理、配方及原料管理、包裝及標籤管理、合規性及產品品質管理、數據整合等能力 (Oracle, 2008)。其中一環的供應商管理指的就是許多公司無法追蹤完整供應鏈資訊，因此較難創新產品及優化管理，PLM使公司建立統一的供應鏈網絡，從源頭管理供應商及採購紀錄，保持所有供應鏈和採購關係的可見性及可追蹤性。

疫情亦使產品生命週期產生巨大的改變，常規的週期分析軟體若僅僅是使用市場資訊來預測產業演變軌跡，企業可能將巨幅調整策略以適應環境的改變，其原因只是因為傳統供應鏈裡，業者的管理模式過於接近供應商，使其難以判斷消費者的需求，庫存則難以預測，此即為「長鞭效應」，此時「數位轉型」一種透過數據管理或甚至進階的演繹分析人工智慧等，可將數位科技整合應用到各個營運功能的企業數位化過程，藉由導入資訊科技改變企業流程以創新產品服務及商業模式，數位供應網絡能以新科技串連所有供應鏈環節，進而最小化線性供應鏈固有的時間延遲、風險及資源浪費。(Deloitte，2021)。然而，網路上有很多數位轉型案例，其實都是大型企業規模，真正數位轉型挑戰漂浮在海平面上的冰山一角。真正要做到同樣成效，從數據分類、分析探索、人員管理、戰情室建置與真正應用回饋，恐怕需要更多工具與時間，甚至牽涉組織的改造，市場上不乏各類數位工具，功能多樣且使用門檻高，缺乏IT人員或不懂程式語言，尚須建立特定的團隊協助整合。

而供應鏈的阻礙不非只有表現在產品上，設計產品製造的過程，設備與其零組件的維護與購買也是製造供應鏈的重要一環。其一的考量是如何讓設備本身具備靈活性，以降低零件缺鏈降低生產效率的風險，像是有共同標準化的通訊與接口，這時候就得提到「擴展場架構」，主要功能就是透過單一接點讓某設備具備更多擴充性，然而如何根據產線配置正確的擴展場架構則必須考量整體效能，當設備相互組配時，若規格（如通訊系統、訊號接受與傳輸、作業速度等）差異大，則事倍功半。如三菱電機使用了OMAC(機器自動化與控制組織) PackML（標準化包裝機械指引）模板，符合ISA-88標準（設備與控制模組），建構一充填包裝平台，具備包裝載入模組、充填模組、活塞模組、封裝模組、垂直輸送模組，由於使用統一通訊標準與共通控制規格之平台，使其在整合與替換模組上相對快速也容易。其二的考量則是避免選用專用控制元件與客製化商用現成品(Commercial off-the-shelf, COTS)軟體，免得成為特製軟體或控制執行工具的唯一客戶。工廠通常會選擇COTS製造執行系統(MES)，因為MES具備大部分所需功能性，然隨後仍須考量製程與人員的適用性對其進行大量修改，結論是使得內部程序撰寫人員成為該系統的唯一專家。藉由選擇其開發基礎來自於市場常見之作業程序軟體（例如Oracle或SQL）的MES，將不再需要特殊軟體工程師協助工廠設備的操作程序。同理，當控制元件也是依據客製化應用程序設計時，一樣存在風險，此時應選擇商用標準的控制元件，如知名大廠西門子Siemens和洛克威爾Rockwell所開發的控制元件，未來工廠方能順利進行整合與擴充。如機器手臂用於二級包裝的裝箱疊棧技術，隨著市場上產品多樣化發展和零售環境改變，飲料業倉儲系統面臨著更多元的挑戰，如大量產品須以最短時間裝箱出貨或進出倉儲等勞力需求。隨著機器人技術日漸成熟，系統整合廠商開始將其他產業的手臂應用導向無需較高精度的製造商減輕其倉儲勞力需求，最常見於飲料工廠中的機器人技術便是碼頭位置上的紙箱折疊、包裝整列夾取、入箱封合與堆棧技術，結合視覺感測元件與多軸的最短路徑計算技術，可以單一手臂多功完成上述動作與出貨效率（黃，2021）。

3. 自動化(RPA)：提高企業營運效率外，也可結合感測器、物聯網、人工智慧等強化基礎建設，掌握機台即時運轉情況，實現生產線自動化與智慧化。而廠商常常受限於上述目標必須有良好自動化基礎的迷思，實際上數據的流動性仰賴各種數位化的可能，舉例來說，智能手機等移動式裝置部署到工廠或公司內部，搭配物聯網應用程序為公司的管理提供了數據的自由性，使用IIoT的工具簡化維護、規劃等任務，甚至可提高操作人員的移動性，簡化與減少錯誤操作，強化工作流程順暢度。倉儲與生產人員的狀態管控，可使用物聯網部署藍牙或RFID連接等方法與讓管理系統能連結進出物料與生產損耗，甚至是連上伺服器設備進行交互比對與追蹤追溯。現在有許多軟體公司則有部署為SaaS模型的雲端ERP解決方案，可以為遠端顧客和獨立業務部門提供在現場環境中進行交互溝通的能力，這使得供應鏈末端的市場表現如產品上市速度與即時投資報酬率的數據分析結果能立刻回饋給公司內部的業務管理部門，強化公司管理製造上的快速決策能力（陳，2021）。

現階段有很多食品和飲料工廠在沒有智慧製造的概念下，各項自動化製程與設備技術(OT)是不同系統與訊息孤島，而其整合障礙在於跨系統中涉及複雜的溝通流程，結論是客製化ERP也僅只是偏向於IT的數據整合，台灣食品工廠在加工製程設備、包裝機械與軟體系統的數位鏈結技術上受限於資金與通訊標準，遲無法有效提升機台稼動率，同樣無法做到彈性生產。而從前段原料供給與後段配送銷售的全面電子化追蹤溯源系統升級與資訊安全為符合法規規範，部分已從手動轉換電子資料輸入，除降低人力成本，亦增加精確性與改善資料交換速度。在整合上大多以能源效率、生產力與生產資訊可視化等模組，為資金投入運作上可較快得到成效者。然而不論數位化建設的程度高低，資訊利用率低仍是目前數位化建設效果不彰之主因。

King's Hawaiian 的招牌圓形麵包，包括晚餐包、潛艇麵包及三明治圓麵包，目前面臨產能瓶頸並選擇在喬治亞州建造 125,000 平方英尺的高度自動化設施，目標是在 10 個月內完工並開始營運，在考量專案複雜度的情況下，整個麵包烘焙程序共需要 11 種專業機器，由不同的原始設備製造商(OEM)製造，而控制及資訊平台則需要獨特的設計環境、使用者介面及供應商支援模式。其解決方案則是找Rockwell公司使用Logix控制平台，在設施之中的所有機器提供可擴充的控制功能，建立EtherNet/IP網路提供緊密的即時通訊結構及單一設計環境，以及一致的工具，再導入FactoryTalk軟體套件提供圖形

豐富的角色型生產資料，可由廠房的所有設備及資料來源，遠端存取即時和歷史時間系列資料，而新設施則比預定時間提前一週完成整合，並讓公司加倍麵包產量 (Rockwell, 2021)。

4. 電商模式：談數位化轉型，數位應用的延伸，許多企業已經開始打造線上商店並與線下進行整合，加速對電商的布局。後疫情世代持續影響著台灣的餐飲業，除了發現目前在拓展門市上的利潤一年比一年低，且需要高額租金與人事成本。其次，人們傾向外帶或外送避免人與人近距離接觸，惟可能因為顧客所在地區，並無門市可提供外帶服務，外送服務又有距離限制，在拓展業務決策上，朝向線上購物商城與門市的餐飲服務整合型態，建立雲端下單，就近服務等拓展客源的新商業模式。須知道大部分食品工廠受限製造取向以B2B型式營運，而餐飲業則是因各店風味與熟客行銷使產品喜好各異，而以B2C型式營運，如需整合與掌握上述兩者與製造或服務之間關聯性，則應將明確目標市場喜好分析、顧客喜好導向、產品銷售量配合庫存管控，正確導入數位轉型新商業模式，以有效提升公司利潤。部分餐飲公司在執行策略上開始以智能販賣機作為載體，亦即為前台服務，後台則使用相關系統工具分析雲端數據，進行庫存管控。而機台佈點位置規劃，初期以利用會員制取得相關資料或POS系統加速正確落點分析，亦可以搭配常見人潮熱點如加油站、休息站等，進行據點評估與設置。匯集機台、門市與商城的銷售數據、分析受眾輪廓與需求，進而篩選出熱賣商品，作為未來各據點上架產品或工廠開發新品的參考依據。甚至可於雲端管理系統取得庫存資訊，立刻從門市與工廠對機台進行調貨。而會員制亦可參考星巴克餐飲公司APP透過掃碼等活動模式增加顧客互動，蒐集消費者意見回饋，加速新品開發與品質監控。

三、如何有效導入智慧製造與數位轉型？

傳統食品工廠內部生產上的許多行動多為被動狀態，由於流程無完善程序、數位管控，無法進行主動的預測，因此企業經常被迫應對情況。而政府106年開始推動智慧機械導入產業計畫，而110年仍繼續推動「食品產業智慧生產推動計畫維持既有目標並精進策略作法，策略性選擇食品次產業與其具代表性或潛力業者，以個案輔導方式協助食品業者正確應用感測元件或感測模組，即時掌握加工製程參數，透過關鍵製程參數數位化，提高生產效率與應變能力；或導入產品品質智慧檢測，提高檢測效率並減少人力與誤判率；或導入生產製程參數分析決策，兼顧產品品質並提升生產效能。

而數位轉型是一個結合數位科技與既存營運模式的過程，從營運流程、價值主張、顧客體驗及數位文化，成為以顧客的價值與體驗為核心，不同次產業轉型模式亦大不相同。對於中小規模企業的廠商來說，智慧製造使用製程設備與環境數據來創建工廠營運模型，貌似遙不可及。而因應國際數位化發展趨勢及數位轉型浪潮，政府於110年規劃「雲世代產業數位轉型」計畫，推動中小微型企業數位轉型。以雲端世代為驅動主力，轉型為主、數位為輔，逐步帶動企業改善營運流程與效能，強化產品銷售與顧客體驗，以群聚力量加速中小食品製造業的數位化發展與轉型。在規劃與推廣方面，透過協力食品子產業相對應之公協會辦理座談會等方式，從營運精實、彈性製程、產品客製、服務創新、體驗創新或行銷國際等食品產業鏈數位轉型精實面向，運用國際產業資訊及個案借鏡等多元引導模式，協助廠商思維翻轉及借鏡，辦理各子產業數位轉型推廣說明會。透過問卷、企業深度訪談、資料數據分析、專家會議等完成食品產業數位轉型人才職能需求調查，供數位轉型廠家人才培育持續精進之參考，同時規劃並辦理食品產業產/銷/人/研/財等中高階人力之數位跨域能力之課程。輔導方面，由輔導團建置數位程度與轉型方向評估表，實地赴廠進行訪視，依據工廠數位成熟度分階分型輔導，規劃適性化轉型方案，協助中小企業觸及新客戶、轉型新服務，促進商模轉型，加速企業價值創新。

四、結語

COVID-19 的疫情確實促使工廠智慧化或數位化轉型等決策加快導入，無論是智慧製造或是數位轉型，本質上都是利用數據來提高競爭力並顯著提高生產力，然而，如何有效地利用工具找出製造商難以識別的障礙與缺口，以及確認該技術是否能夠始終如一地檢測公司或工廠中存在的問題則是一大挑戰。而食品所除提供上述數位化系統整合與分析資料庫介面的規劃服務外，亦提供工廠智慧化產線生產驗證服務，依據導入解決方案相應產生修改之系統架構圖，機台與產線的配置合理性、智慧化監控平台是否符合計畫所設定功能性規格、生產轉型牽涉的流程自動化方案與可視化關鍵管控點的確認、產品轉型的品質資料庫、與新產品配方開發技術的協助、或者顧客服務轉型所需感官品評技術的體驗數據建置等解決方案。從工廠內常見工單連線、倒料檢核、調配製程參數紀錄、殺菌值計算、充填系統效能分析等，並可確認現場可視化介面與中控室呈現資料的正確性，藉此達成以正確數據驅動之智慧製造與數位轉型。

五、參考文獻

Deloitte. 2021. 數位供應網絡的崛起。 <https://www2.deloitte.com/tw/tc/pages/manufacturing/articles/digital-supply-networks.html> 瀏覽日期 2021.9.25

Rockwell Automation. <https://www.rockwellautomation.com/> 瀏覽日期 2021.9.20

McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/> 瀏覽日期 2021.9.20

NEC. 2009. キリンビールが商品情報システムを構築～キリンビールにおける“食の安全・安心”のさらなる強化を目的に、原材料・製造工程・産地などの情報を精緻に一元管理する「商品情報システム」を構築～ https://jpn.nec.com/obligato/press/prs-news_kirin.html 瀏覽日期 2021.03.22

陳志強。2013。成功導入PLM的關鍵因素之探討。國立台灣科技大學。

陳禹銘。2021。飲料產業之智慧製造趨勢。食品工業月刊。

黃世榮。2021。飲料後包裝設備彈性生產調控技術。食品工業月刊。