

工業4.0的技術應用探討

“近年，各行業掀起工業4.0的概念，這是由德國提出，被稱為第四次工業革命。工業4.0不單是自動化、機械化，更實現了人與機器的相互協調合作，即是人機互動，從而降低生產成本並提升產能，是重要的工業革命進程，也是產業轉型升級的關鍵。

要實施工業4.0，當中涉及不同的技術支柱，而這些技術其實互相關聯，例如人工智能與機器學習 (AI and machine learning)、工業物聯網 (Industry Internet of Things, IIoT)、邊緣運算 (Edge computing)、網絡安全 (Cybersecurity)、數字孿生 (Digital twin) 等等。往後幾期《香港印刷》將詳細講解工業4.0的各個技術支柱，今期先分享人工智能 (AI) 及機械人在印刷包裝業的應用。”

AI 技術和製造業的關聯

AI 是指「透過電腦程式或相關科技硬件來呈現人類智慧的一種技術」，往往會跟機器學習 (Machine Learning)、機器視覺 (Machine Vision) 一併而論。機器學習就是達到人工智能的方法，其定義是機器具備學習的能力；而機器視覺可賦予設備「觀察」其作業的能力，並根據所見做出快速決策，機器視覺是配備有感測視覺儀器的檢測機器，主要應用於工廠自動化檢測及機器人等，是工業自動化的基礎技術之一。

AI 可讓企業充分利用日常營運和生產時所產生的大量信息，並建立可見性、可預測性及自動化，例如透過 AI 收集到的數據，協助執行預測性維護，以防止機械故障的問題，從而帶來更長的正常運作時間和更高的效率。

國際研究所 Capgemini Research Institute 的調查訪問了300家主要全球製造商，超過一半 (51%) 的歐洲廠家使用 AI 技術，日本 (30%) 和美國 (28%) 分別是第二和第三位，而中國則為11%。同時研究顯示，製造商將 AI 最常應用在維修 (29%) 和質量控制 (27%)。

製造商經常面對不同的挑戰，例如意外的機械故障，利用 AI 和機器學習，製造商可以提高運營效率，推出新產品，定製產品設計，並規劃未來的財務行動。以下是 AI 在製造業常用的例子：

① 預測性維護

工廠利用 AI 通過分析傳感器數據來識別潛在的停機時間和事故。AI 系統幫助工廠預測功能設備何時或是否會發生故障，以便在故障發生之前安排其維護和維修，借助 AI 驅動的預測性維護，工廠可以提高效率，同時降低機器故障成本。

② 物料價格預測

原材料的極端價格波動一直是工廠的挑戰，企業必須加以適應，才能在市場上保持競爭力。AI 系統可以更準確地預測原材料價格，並從錯誤中吸取教訓。

③ 機械人

工業機械人 (Industrial robots)，也稱為製造機械人 (Manufacturing robots)，可以自動執行重複的任務，防止或減少人為錯誤，並將人類工人的注意力轉移到更高效的操作領域。機械人應用的例子包括裝配、焊接、噴漆、產品檢測、拾取和放置、壓鑄、鑽孔、玻璃製造和研磨。

在 1960 年代，第一台工業機械人在美國誕生，並已在工廠中經開始使用，主要負責廠內在定點定位的重複工作。

協作機械人 (Cobots) 是另一種機械人應用程式，通過使用機器視覺，幫助機械人在複雜和隨機的環境中達到更精確的移動性，並能夠與工人一起安全地完成無法完全自動化的工作。協作機械人與工業機械人最大的分別，在於工業機械人缺乏與人類一起工作的智能，而且為了工人的安全，工業機械人需要圍欄隔離，而協作機械人就能夠擔任更靈活、具彈性的工作，更能應付款多量少、彈性生產等需求。



■ 印刷業可在後工序部門使用機械臂代替人手，自動執行重複的任務，減少人為錯誤。(圖片來源：「江蘇印刷」微信官方帳號)

④ 邊緣分析 (Edge analytics)

當車間安裝了工業物聯網傳感器時，產生的數據量可能非常巨大，處理數據需時，未必能夠提供近實時的數據分析。邊緣分析是能夠通過非中央組件（例如傳感器、各種連接的設備）所收集的數據，獨立選擇數據處理操作和分析，可以更快地作出決策，即使在低頻寬的情況下，例如使用協作機器人，仍可以依靠邊緣計算數據分析。

⑤ 質量保證

質量保證是指服務或產品中保持所需的質量水平。生產線或組裝線是以數據驅動、互相連結和獨立網絡。這些生產線基於一組參數和規則，提供了生產高質產品的指引。另外，AI 系統可以通過使用機器視覺技術檢測與日常應有品質的差異，因為這些差異大多數是可見的。當產品的質量低於預期時，AI 系統會向用戶發出警報，提示他們作出調整。

⑥ 倉存管理

機器學習解決方案可以協助執行庫存管理，因其擅長處理需求預測和供應計劃。AI 驅動的需求預測工具提供更準確的結果，使企業能夠更有效地管理庫存水平，從而減少庫存現金和貨品短缺的情況。

⑦ 流程優化

AI 可以幫助企業優化流程以保持生產水平，AI 流程探勘工具 (process mining tool) 能識別和解決企業流程中的瓶頸。流程探勘是透過處理實時數據，發現、監控和開發實際流程。舉一個例子，準時、準確地交付給客戶是工廠的最終目標，但是如果企業在不同地區設有基地，則很難建立一致性的交付系統。通過使用流程探勘工具，就可以將不同區域表現作出比較，甚至細化到每個流程步驟表現，包括生產期、成本和執行人員，這些資料有助簡化流程並識別瓶頸，以便管理層作出行動。

工業 4.0 在印刷包裝業中 AI 及機械人應用實例

雖然工業 4.0 由德國在 2011 年提出，但在印刷業推行只是起步階段，不太普及。不過隨著入行人數越來越少，不少印刷企業開始考慮引入機械人、自動化等。在世界工業機械人業界中，以瑞士的 ABB、德國的庫卡 Kuka、日本的發那科 FANUC 和安川電機 Yasukawa 最為著名，稱為工業機械人四大家族，不過國內也有不少工業機械人的製造商。

選擇機械臂，精度和穩定性是非常重要的，一般機械臂會分兩軸、四軸、六軸及八軸：

- ◆ 兩軸：即是傳統最簡單的 x-y 軸，只可處理前後左右平面移動的動作。
- ◆ 四軸：做出較複雜的動作，可以處理前後左右、再加上上升下降（即是 x-y-z）等動作。
- ◆ 六軸：應付更複雜的動作，就是以上基礎後再加上可轉動至不同的角度。
- ◆ 八軸：可觸及細微淺窄位置，價錢可能最少 10 萬元一台。

印刷業可利用機械臂取代人手的工序，特別是後工序，包括拿取及對準定位、塗膠、貼、摺、插入、壓緊定型、堆疊、定位放入器皿指定位置等動作。有些大型印刷企業甚至用上數百組機械臂，並會根據自家生產要求而加以研發。例如近期星光印刷自主研發了智能點珠機，並投入 20 多台六軸機械人，通過自動化生產全面提升產能、效率和品質。

另一個實例是瀘州老窖，這是國內一綫白酒品牌，近年對其包裝車間進行了智能化升級。以前車間全是包裝工人，如今全部換成多機械臂協作的智能包裝機械人，可精準拾取產品與包裝盒，並將產品放置在對應包裝盒內，完成標

準化、柔性化包裝任務，而且可以 24 小時運作。

工廠亦常以 AGV 小車用作運輸，AGV 全名為 Automated Guided Vehicle，即是無人搬運車，指裝備有電磁或光學等自動導引裝置，能夠沿固定的路徑行駛，AGV 小車特別在運輸、包裝、組配等工序。根據 AGV 的資料，曾經有印刷廠使用了 AGV 小車和 AGV 系統與倉庫管理系統及 ERP 系統對接，提高了該廠在生產運輸環節的質量和效率。

除了搬運小車之外，亦有企業研發外骨骼機械人，原理就是工人穿上外骨骼機械人後，就能夠得到額外的動力來輔助四肢運動，使搬運更加容易。這是一套自主學習系統，能根據每個人不同姿態，主動去學習工人的運動狀態，而不需要人去適應。當穿上後，系統就會透過壓力傳感器、角度傳感器和陀螺儀傳感器等等，檢測工人的身體姿態。上海傲鯊智能科技有限公司的上肢、腰部和下肢外骨骼機械人，可分別提供助力 10 千克至 20 千克、20 千克至 30 千克，以及最高 100 千克。而這些骨骼機械人都配傳感器，能夠提供生產加數據分析等功能。據知，印刷業尚未應用。



■ 星光印刷根據生產要求，自主研發的智能點珠機。



■ 外骨骼機械人是一套自主學習系統，能根據用家的姿態主動學習其運動狀態。工人穿上外骨骼機械人後，就可獲得額外動力進行體力勞動。

2018年，位於中山的中榮印刷集團榮獲國家「智能製造試點示範項目」，成為全國印刷包裝行業唯一獲得此殊榮的印刷企業。從2010年起，中榮印刷已把智能製造確立為未來發展規劃的重點，直至2019年上半年，中山分公司投入研發費用2,030萬元人民幣，用於開發智能化包裝雲印刷系統等十多個項目。根據中山日報報導，中榮的印刷車間，基本上只有少量工人操作；而印刷機旁，生產後已經是自動輸送至傳輸帶。除此之外，其智能倉儲立體庫（長120米、闊37米、高20米）亦嘆為觀止，原料和成品的進出庫完全依靠軌道、堆垛起重機、穿梭車和傳送帶完成，背後共有十多個智能系統構建而成的智能化生產網絡。在品質管理方面，中榮除了安裝 Landa 之外，更安裝主動質量管理系統（Active Quality Management, AQM）。中榮計劃與運營商實施中山市製造業首家直接到工廠的5G 基站建設，預計應用5G 網絡可實

現工業機械人、直播場景、網絡優化、數據採集和整個系統的整合，真正成為智能化網絡工廠。中榮印刷的變革除了帶來效率和產品品質提升之外，更帶來可控的管理。

至於在質量保證和流程優化方面，印刷機或數碼印刷機現時有 AI 系統以檢測印刷品的缺陷、自動安排定期或預防性印刷機維修工作、智能手機追蹤生產過程、配合 CIP3/4 的流程等。

結語

工業4.0是一個變革大工程，重點在於系統之間的連接和溝通，即使添置機械人或小車，如何能夠將各自傳感器接收的數據接駁起來才是關鍵，不需要人手的全自動智能生產線，難度是最高的。■

參考來源：

- *AlMultiple: Top 13 Use Cases / Applications of AI in Manufacturing in 2022*
- *Capgemini Research Institute : Scaling AI in Manufacturing Operations: A Practitioners' Perspective*
- *IBM : What is Industry 4.0*
- AGV 網
- 「包裝地帶」微信官方帳號
- 中山日報報業集團新媒體中心
- 「江蘇印刷」微信官方帳號
- 上海傲鯊智能科技有限公司官網