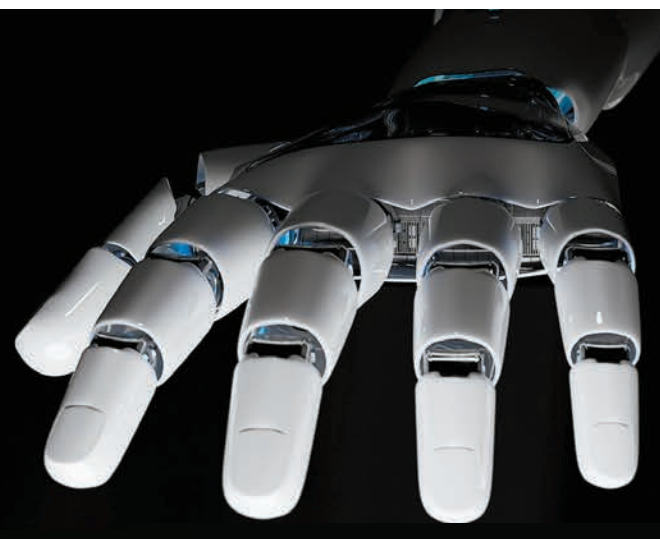
智慧工廠

未來工廠是怎樣的？試想像，廠房內每個設備都能夠互相「溝通」，按照不同的需求自動處理訂單，實行智慧生產，這就是「工業4.0」的願景。近年世界各地廣布5G網絡，5G高網速、低延遲、廣連結的優勢可應用在不同行業，隨着5G結合人工智能、物聯網等科技的快速發展，也幫助製造業轉型升級，提高生產效率，智慧工廠大行其道的日子不遠了。

記者、攝影（部分圖片）：洪嘉禧



5G網絡的普及，將催生更多智慧工廠，促進「工業4.0」的發展。

未來工廠 今日實現

上世紀五十至八十年代，工業是香港經濟重要支柱，然而隨着製造業北移，本港工業發展已今非昔比。根據政府統計處資料顯示，2020年在港從事製造業的機構單位約有7400間，就業人數約89700人；對比2010年，從事製造業的機構單位約有10300間，就業人數約111500人，可見從事製造業的機構和就業人數在十年間分別減少了近三成及兩成。

全球正處於邁向「工業4.0」（Industry 4.0）的階段，即「第四次工業革命」，或稱「智慧製造」，着重於機器的互聯性、自動化，將生產與智能數碼技術、雲端服務、物聯網及大數據融合。5G網絡的普及，被視為推動「工業4.0」向前的重要因素，5G具備高速度、低延遲、廣連結的特性，雖然其高頻段毫米波會使穿牆力和覆蓋力降低，但工廠是一個封閉且單一的場域，反而適合使用5G網絡。4G時代，工廠多採用無線通訊Wi-Fi技術，但Wi-Fi的頻段會受到很多干擾，升級到高頻段的5G後，就不會發生信號中斷的情況，讓工廠生產線運作更順暢。

工廠需要數碼轉型

「工業4.0」預期的製造工廠可以有多先進？當工廠收到訂單後，倉庫會自動調配原料，如發現庫存不足，系統會自行向供應商發出採購單。物料齊備後，機械會按照訂單要求，自動生產，完成後由自動導航運輸車把產品送往倉庫。「工業4.0」提倡的「智慧製造」，目標是生產流程全自動化，工廠必須具備智慧機械、物聯網兩大條件。香港應用科技研究院（應科院）人工智能及大數據、信息物理系統總監谷德權博士在接受本報訪問時表示：「一般工廠要升級成智慧工廠，需要實行『數碼轉型』，即是將信息轉換成數據，便於電腦處理，把生產線以及整間工廠中的眞實活動虛擬化，並對加工和裝配過程進行模擬、試驗、分析、優化。智慧工廠使用信息物理系統，機械上必須安裝傳感器，使機械可以進行智能數據採集，建構工業物聯網。」

物聯網把人、數據和機器連接起來，有助於機器之間的互聯互通，在智能城市中，感應器可收集數據，使設備相互連接，感應器產生的大量數據將傳送給基礎設施進行分析，以實行運作調整。應科院通訊技術副總裁莊哲義博士對記者表示：「智能工廠需要安裝很多傳感器，傳感器等於機械的五官，把傳感器收集的數據連接到具儲存、處理和分析的系統中，工業信息便出現大幅增長，過程中產生大量數據，而5G的廣連結可支援高密度的設備連線，在每平方公里中支援100萬部設備，而不會像4G一樣出現網絡壅塞的情況，支持大規模傳感器的網路部署。」

應科院莊哲義博士表示，5G的高速度、低延遲能令機械之間的協作更順暢。

人工智能助查缺陷

現時很多工廠依然由人手進行檢察缺陷工序，隨着5G和人工智能（AI）技術越趨成熟，將可以由電腦視覺通過光學技術代勞。谷博士解釋：「很多物體具有高反射、透明、曲面等特徵，令外觀缺陷檢測十分困難。例如手機需要檢測蓋板玻璃、金屬裝框是否有缺陷，裝配之後的間隙是否滿足要求。現時智慧工廠選擇使用機器視覺檢測系統，運用智慧圖像採集和先進影像處理技術，進行自動化的產品檢測。本院也在這方面具有研發經驗，並在多層、彎曲、複合表面上的缺陷檢測技術皆獲得專利。檢測過程中使用相位偏折法測量物體的三維尺寸，還原被測物體的3D原貌進行缺陷檢測。」莊博士表示：「5G的高速配合AI，令影像處理技術運行得更快，加快缺陷檢測的過程。5G的低延遲也令機械之間的協作更為順暢，每個工序所產生的數據都能實時反映，過程變得全自動化，提升生產力。」

智慧工廠減人手成本

智慧工廠尚未做到無人化，但已能減省人力，工人主要負責與機器協作，並可大幅降低工業事故風險。在智慧工廠中，昔日需要體力勞動、危害健康或低技術的工序，將會由機械人代勞。日後工廠需要的人手將是技術人員，在控制中心透過與眞實生產線同步的虛擬工廠環境監控生產線的實際運作，變成監控者。谷博士解釋：「智慧工廠將使用數位映射（Digital Twin）技術，即在虛擬環境下模擬出某個物體所處的眞實環境，讓相關人員做測試與研究。在5G的環境下，業者可以利用數位映射模擬整間工廠的運營環境，讓技術人員能夠透過數位渠道管理工廠。過程中電腦可記錄各種數據，藉由大數據分析優化製造與服務流程。VR（虛擬實境）與AR（擴增實境）在5G的輔助下也將在工廠中發揮重要作用，令管理者毋須親臨現場，遠程即時監察工廠情況。」

預測機械故障

引入5G技術後，智慧工廠內毋須再鋪設任何纜線，令廠房空間規劃更靈活，機械並會經常移動以配合新的生產線，令生產線具彈性、可重組。以往受制於有線網絡而無法使用的無人搬運車，也可在5G輔助下穿梭廠房，運送零件及製成品。配合人工智能，生產線更能做到預測性維修，莊博士表示：「通過傳感器對設備進行資料收集和狀態監測，5G提供大數據傳輸及運算，透過人工智能不斷學習，生產線在故障發生之前，就可預測故障隱患，提前防範。藉此大幅減少意外停機、操作事故的頻率，進一步提升工廠的生產效率。」

要做到智能製造，必須以5G網絡連結成物聯網，惟當所有資料上傳網絡，就會出現數據安全風險，若黑客入侵，可能令整間工廠陷入癱瘓。谷博士表示未來智慧工廠的研究將會在網絡安全問題上，如遇到黑客應如何局部進行檢測再修復，又或要考慮操作的安全問題，如物料運送是否合乎物理負荷、機械之間如何避免碰撞等。5G的高速度、低延遲、廣連結將助力「工業4.0」的發展，有望令智慧工廠的運作效率提升，將製造業帶進一個嶄新領域。

智慧工廠在芬蘭

Nokia的智慧工廠導入5G應用方案，使生產力增加三成。（Nokia官網圖片）

智慧工廠並非停留在空想階段，谷德權博士提及的情況，已經在Nokia位於芬蘭奧盧（Oulu）的智慧工廠實現了。

該廠導入了5G應用方案，廠房內設有溫度和濕度感測器，監察機器運作狀況，生產線引入了工業機械人，協助組裝與包裝產品，當中所有裝置均經由5G物聯網串聯控制，物聯網中的數據分析可在雲端執行，並為操作人員提供即時數位映射技術，在遠端定位觀察工廠內近至30厘米的實際位置。機械數據經人工智能分析後，可優化生產線與倉儲設施的供應鏈。這座智慧工廠內只有3名負責控制機械人的技術人員，工廠每天生產1000個4G和5G基站，生產商表示使用4.9G/5G私人無線網路、實時數位映射數據、物聯網分析等技術後，生產力提升了三成，並節省了數百萬歐元年度成本。

工業轉型

再工業化展新機

香港土地資源緊絀，市區內高樓大廈林立，發展密度高，傳統工業大廈在30、40年前建造，格式、模式都難以配合「工業4.0」，谷博士表示：「現時工廠最多能做到六至七成自動化，工業設備尚未聯網，又或聯網設備通訊系統不統一，仍未做到機械互聯互通，工廠內部也有很多樑柱，不太適合機械重新配置，在建築上仍有很多地方需要改善。最近政府開始對工業邨進行改造，其中即將完工的先進製造中心AMC可以有指標作用，告訴業界香港也具備再工業化的條件。」政府近年積極推動「再工業化」政策，協助本地公司建立智能生產線及逐步進行數碼轉型，以減少對服務業的依賴，生產商可申請政府創新及科技基金的「再工業化資助計劃」而獲得資助。「再工業化」以發展新技術及智能生產為重點，政府在將軍澳工業邨興建先進製造中心AMC，預計在2022年落成，佔地110萬平方呎，為製造業提供基建設施。該中心除了預留基本生產空間外，亦會配備支援研發、物流、原型製造及設計等延伸活動的設施，出租予採用智能生產技術的製造商，進行小批量、定制的生產模式。

◀先進製造中心AMC概念圖，利用組裝合成建築法興建。（香港科學園官網圖片）

另外，科技園也將大埔工業邨8000平方呎的廠房改建作無塵空間生產口罩，也正研究把大埔及元朗工業邨的廠房改建作精密製造中心，製造口罩、防疫用品、保健品等，助中小企推動「再工業化」。莊博士表示：「香港是通往國際市場的大門，如果配件從外國入口，在地理位置上有優勢，加上『工業4.0』適合知識型經濟，香港的科技基建、通訊網絡、人才資源有潛力促成這件事，特別港企在微電子產品製造方面具研發能力及經驗，配合5G科技大潮和粵港澳大灣區帶來的機遇，相信香港擁有工業再興盛的優勢。」

智能機械臂 廿四小時工作

應科院谷德權博士介紹身旁智能機械臂的運作情況。

高度自動化是智慧工廠的特徵，利用5G構建的工業物聯網，有助機械之間的協作、溝通，智能機械將成爲未來工廠的重要元素。由應科院研發、應用在製造電子零件廠中的磁頭潔淨室機械手臂，也具備了智能機械的優點。谷德權博士解釋：「磁頭潔淨室適合使用機械人工作，因爲若有人進入了潔淨室，便會有濕氣和灰塵。本院研發的機械手臂，負責在潔淨室內搬運及交換物料。以往要由人手把被測試的磁頭由一部機搬運到另一部機，完成測試後又要運回來，耗費人力。有了機械手臂後，不但可減省人力，而且能夠24小時在黑暗的潔淨室中運作，亦毋須開冷氣，節省電力，提升效率。」

機械臂懂得自動提取適合的物料及工具到指定設備進行加工，其「智能」之處，在於臂上有一個鏡頭用來定位，圖像傳感器令它擁有視覺式的取放定位能力，由識別磁頭、提取磁頭、移動到另一個加工設備、準確放上都能達到毫米級的精度，讓機械進行自主生產。機身並設有激光雷達，令它在行駛和停泊時更精準。機械臂底座有四個車輪，車輪可橫行，毋須轉彎，即使在窄小通道都能移動，也懂得避開人與物件。機械手臂可以和工人協同工作，也可無人自主運作，預計這類智能機械，在未來工廠中將越見普及。

機械手臂能代替人力完成磁頭潔淨室的物料搬運及交換工作。

機械手臂的圖像傳感器，令到取放磁頭時定位十分精準。

機械手臂機身設有激光雷達，使行駛及停泊時能靈活移動。

機械臂底座的四個車輪可橫向移動，靈活性高。