

前進工業4.0：

智慧自動化四要素





摘要

工業4.0對製造業的革命，好比亞馬遜對零售業的影響。這項思維試圖驅策製造業者和設備製造商，將機器自動化和設備控制器裡的資訊整合在一起。藉由系統整合，設備製造商可以發現新的資訊化產品，找出打造智慧工廠的方法，工廠也能依照需求，自動採取修正措施或尋找最佳解決途徑。

為了從這場工業4.0的浪潮中獲益，設備製造商必須具備四大要素，才能整合從感應器到雲端伺服器等不同層次的製造環境，但是對於這些製造商來說，或許更大的挑戰是從傳統硬體控制器架構轉移到智慧機器自動化的軟體架構，讓該軟體架構能在任何工業電腦 (IPC) 上運作。唯有軟體自動化，才能達到工業4.0所需要的整合性與彈性。





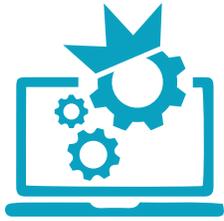
工業 4.0 的重要性

亞馬遜翻轉零售業和谷歌主宰廣告的手法，是將深度整合的數位策略套用到傳統業界。工業4.0應用了相同的概念，將類似的數位策略植入製造業的環境，期望能夠打破傳統思維。採納工業4.0的技術並將其應用到工廠的設備製造商和製造業者已經蓄勢待發，準備主導各自的垂直市場；沒有接受工業4.0概念的業者，將在這場戰役中淡出。

由德國政府發起，工業4.0運動的焦點在於把價值鏈數位化，以建立智慧製造設備。這對世界各地的製造業產生了深遠的影響。事實上，多數人都知道製造業早已興起了第四次革命，上圖簡錄了工業4.0承先啟後的變革。



工業 4.0 在許多方面，為設備製造商創造了新產品的契機：



將產品轉變成軟性服務



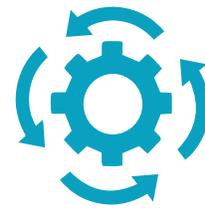
提供客製化、彈性與價值



創造新的收入來源



簡化營運流程



提升整體效率

雲端運算、智慧設備控制器和智慧邊緣裝置，是打造智慧工廠的基石。時至今日，根據富比士雜誌調查，只有三分之一的製造業者表示他們的價值鏈有高度數位化，超過 80% 的人希望在五年內將他們的價值鏈進行數位化。

再者，資誠企管顧問 (PwC) 預測，2017 到 2023 年間，製造業者和工程界每年會對物聯網 (IoT) 和工業物聯網技術 (IIoT) 投資約 310 億美元。值得注意的是，從 2016 年到 2020 年，全球物聯網和工業物聯網技術市場預期會從 1570 億成長到 4570 億美元。

然而，工業 4.0 的預測中，智慧設備控制器經常扮演被忽略的角色。眾人傾向把焦點放在可執行預測分析和人工智慧 (AI) 的雲端運算技術，以找出那些可用於設備控制器的有效資訊；不過工業 4.0 架構涵蓋的層面遠比雲端連線要廣。顧能公司 (Gartner Group) 預測，雖然 2018 年物聯網／工業 4.0 的部署中，企業產生的資料只有 10% 是由設備控制器的邊緣裝置處理，但是到 2025 以前，百分比會成長到 75%。



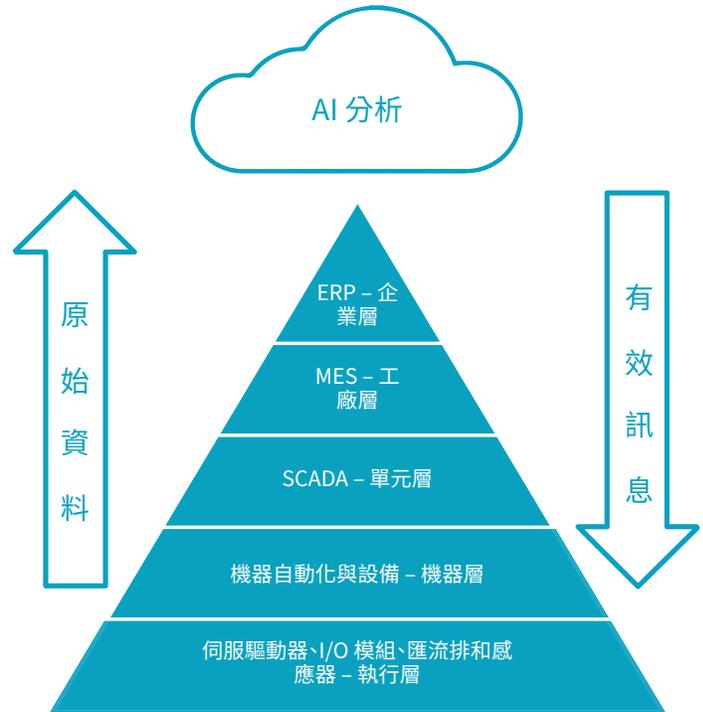
工業4.0架構中智慧設備控制器的角色

工業4.0的主要目標是收集和共享每項製造元件和機器產生的自動化資訊，以達成最佳化製造系統或工廠的整體表現。要取得真正的成功，必須分析這些資訊，來找出有效的訊息。而這些訊息會在正確的動作或精準的運作模式下出現，進而持續應用在智慧工廠中，變得更有競爭力。這不是件輕鬆的任務，因為資料必須匯總、分析再重新分配到各感應器和伺服器，進行不同層次的處理。

要達到此目標，工業4.0試圖在企業製造和供應鏈的配置下，整合與數位化下列六個執行和資訊處理層級：

1. 雲端 (人工智慧產生的有效訊息與產品契機)
2. 企業層 (ERP 伺服器)
3. 工廠層 (製造執行系統, MES)
4. 單元層 (資料採集與監控系統, SCADA)
5. 機器層 (機器自動化、設備控制器)
6. 終端層 (感應器、馬達、驅動器、I/O 模組)

下圖說明工業4.0體系中，上下層如何互相溝通。



工業4.0的成功部署，仰賴無縫的安全連線與上述企業資訊的整合。欲貫徹其精神，首先得要從機器層級的感應器收集、整合並匯總資料，接著透過SCADA將資訊往上傳給MES，再傳給ERP，最終傳給能應用人工智慧的雲端，但這還不是全部。





當工業4.0的連線能力和人工智慧,著重於發現有效訊息的同時,有個非常重要的地方經常被忽略:

若是沒有活用這些訊息, 那麼找到訊息也沒用!

如果工廠和機器不夠「聰明」到快速融入並活用這些訊息,工業4.0的潛力將永遠無法發揮。

再者,如同前先前顧能公司所說,十分重要卻常被忽略的工業4.0元素是「智慧」設備控制器。設備控制器與雲端功能一樣重要,或者可以說更重要,因為它是真正突破架構的來源:集結資訊後將其安全導入和導出雲端,簡單來說,就是實際運用了那些有效的訊息。

顧能公司也相信,終點分析會隨著時間變得極度複雜且具預測性,以改善系統的回應。如果設備控制器沒有「聰明」到能夠根據有效訊息或控制器自行產生的訊息,來適應不斷變遷的製造環境,工業4.0的願景將無法實現。



工業 4.0 的四項需求，來自智慧自動化支援

智慧設備控制器必須有多方功能和特色，以確保機器可以在智慧工廠金字塔裡扮演好自己的關鍵角色。這些功能可分為四大類：



世界級機器自動化

工業4.0的設備控制器基礎，必須在製造業允許的條件下，展現最強的機器自動化效能與最精確的即時性。它也必須在採用最常見的開放式標準以保護專案投資的情況下達到這些要求，同時必須具備足夠的彈性，以適應未來需求的變遷。

由於工業4.0聚焦於網路需求與數位化，因此它需要一個能通用於數位匯流排的標準。雖然現在有很多專用的數位匯流排解決方案，以及一些高效能、「開放」的標準，**EtherCAT目前仍然鶴立雞群，是最為廣泛使用的數位匯流排標準**，原因很簡單，因為它是實現工業4.0最安全且最好的選擇。

從效能和即時性來看，最能成為EtherCAT的匯流排敵手是PROFINET和Sercos，兩者都有很紮實的產值，但所費不貲；另一個缺點是只有部分伺服驅動器製造商採用這兩者其中一種，絕大多數的伺服驅動器製造商都向EtherCAT靠攏。選擇愈多、價格愈低，也愈能讓標準與時俱進。標準的效力和市場上支援此標準的廠商數成正比——EtherCAT不費吹灰之力就在市場上贏得了這場比賽。

其他標準也極為重要，如PLC作業的PLCopen與IEC 61131標準。理想情況下，機器自動化平台能支援協力廠商元件和可擴張的上下游體系。例如，「即時視覺」可在控制器上直接運作，減少機器設定時間並增加機器產能，這需要堅固耐用、經得起時間考驗的即時作業系統（RTOS）來鞏固機器自動化軟體。從協力廠商將解決方案移植到一個平台的數量，可以證明該平台的可信度。協力廠商通常不太願意將自己的解決方案移植到機器自動化平台上，除非他們覺得這個平台夠可靠，並能產生夠多收入。



2

與系統整合的設備控制器

工業4.0也重新塑造機器控制的架構。先前，每個設備製造商都會提供他們自己的設備控制器，機器作業時就像孤島般各行其是。工業4.0不只要求機器和設備控制器都連到雲端，也要連到其他機器和負責監控機器和環境的感應器。這些連結開啟了遠端監控、遠端管理，甚至是遠端部署的大門。結合這些元素，新的製造思維開始推動智慧工廠的建立，這些智慧工廠比先前更聰明，能夠處理大量客製化產品和更多需求。(大量客製化是有效做出一批產品，或在相同產線製作不同產品的能力)。

為了說明工業4.0所需的多台設備控制器整合價值，這裡有兩個範例。

許多公司早已開始使用協作機器人 (co-bots) 組裝和卸載CNC機器上的零件。協作機器人大幅降低了整合成本，所以即使是小型製造廠也能使用這樣的機器人，[如這篇文章提到的Lowercase 與Axis New Jersey 合作案例](#)；但隨著工作愈來愈複雜，PLC或軟體狀態機需要扮演交通警察，來指揮多個機器人、零件供應機、視覺系統、防撞及其他作業的流程。協作機器人的指令碼可能很複雜並常常需要隱藏。對CNC上游來說，通常有CAD或CAM系統提供CNC資料，所有的組裝和卸載機制則需根據零件的形狀和大小調整。

即使有能減少整合成本的協作機器人，機械單元裡還是有許多設備控制器和可動式零件需要整合，以達到工業4.0的願景。設備製造商和工廠業者必須確保他們所選的機器和設備控制器開發平台可以輕易與系統中所有的控制器整合。要整合所有控制器的平台必須強大、開放又標準化，能夠將所有控制器無縫接軌地統整到系統中。理想情況下，所有控制器會在單一電腦上運作以簡化整合，不過設備製造商至少必須採用標準，如VDMA，來整合機器人的控制，以及PLCopen，來進行更快的整合，並使各部件的協作更為密切。

為何平台應該要開放又強大呢？用來整合控制器的開發工具必須提供工作相對應的功能。如果工作需要階梯圖，PLC語言可能就比較適合；如果控制器元件需要物件導向，C++ 也許就是最適合的。為了讓人機介面 (HMI) 最佳化使用經驗，那麼也許.NET或協力廠商的GUI開發軟體，如LabView，會更為適用。反過來說，如果機器開發者覺得用PLC邏輯比較得心應手，那麼強迫機器開發者去用C++做階梯圖的工作就不太適合。重點是打造工業4.0機器控制的最佳化整合環境必須支援多種開發語言，才能做出更符合需求的機器。



我們也必須顧慮未來，智慧工廠會想辦法達成大量客製化的願景(批次)。比方說，從前自動化公司必須建造一座工廠來製造雙門汽車，再建造另一座工廠製造四門汽車。今日的吉普汽車工廠，八種吉普車型—雙門和四門車型—都能在同一條產線組裝。應用工業4.0的概念，產線可藉著雲端和一群機器人下載作業指令進行雙門焊接，再接收指令進行四門焊接，這需要大量的整合與協調，但可以用音樂會的方式達到—指揮家和所有演奏者看著同一本樂譜演奏，所有機器人也會依車型對應的流程整齊有素地跳出裝配之舞。

這樣做無法立刻讓工廠無人化，不過仍有其可能性，因為所有的機器互相連線，使我們能遠端監控、遠端管理，更重要的是能遠端部署。設計機件工作流程的工程師很快就能夠在雲端中開發並進行遠端部署。



3.

資訊共享與智能擷取

部署工業4.0最重要的地方，就是機器和控制器能夠輕易透過網路互連，這需要新增對標準通訊協定的支援，如 OPC UA、MQTT、TSN、Modbus 等。

在工業4.0模型中，智慧邊緣機器控制常會進行前置處理，以集結並累加資料，再送至雲端。機器控制可以依據收集到的有效資訊，動態變換工作量流程或流程中的規範，但要達到動態很難，系統必須非常彈性，能接受各種輸入。要做到這樣的彈性，唯有一個開放、聰明的軟體架構可以達成。

硬體控制器和PLC的外型固定，無法針對收集的資料進行第三方分析；資料必須傳給電腦。只有以軟體為主的控制平台可以最佳化資訊分享與智能擷取程序。在電腦上執行機器自動化的軟體必須夠彈性，才能確保RTOS指派給特定的CPU核心，其他第三方軟體也能指派給單一電腦上的其他核心，並可直接存取共享記憶體。如此一來，控制系統與第三方軟體都能直接溝通，並用相同資料運作。這種機制被稱為相依遮罩(affinity masking)，它比虛擬化技術要強上數倍。虛擬化無法直接存取共享記憶體，只能仰賴緩衝處理和郵件處理(mailboxing)，兩者都加了不必要的延遲。當然，延遲也會減少效能和品質。

此外，電腦環境裡的通訊協定通常是隨著軟體附贈的，而硬體控制器常需要其他I/O卡來容納不同的通訊協定連線，這些額外的I/O卡還會產生不必要的花費。

最後，連線的系統增加了網路攻擊的機會，因此保護資料和機器控制成為首要之務。系統必須有世界級的安全機制來對抗這些威脅。現在在Windows上執行的PC機器自動化軟體會比較安全，因為微軟投入大量資金，以確保作業系統與 Azure 基礎結構的高度安全性。



4.

智慧邊緣物聯網能力

邊緣運算是一種雲端運算系統最佳化的方法。它在網路邊緣(靠近資料來源處)進行資料處理,以達到最佳化的效果。智慧邊緣物聯網設備控制器是新興的案例,示範如何客製化不同裝置,讓它們在使用者的環境中工作。收集控制器、感應器、I/O模組與驅動器資料,在本機執行預測分析,加上第三方AI處理,能使整個系統反應更為靈活。



此外,通常設備控制器都能受惠於同一平台上執行的第三方商業軟體套件(如商業智慧、AI、遠端管理或部署發行控制)。沒有設備控制器廠商可以提供所有功能,所以擴增工具永遠有其價值。例如,微軟提供Azure IoT Edge,可將AI放到邊緣裝置上。

再者,建造設備控制器、設備和整套系統是費時、複雜、風險高又昂貴的工作。今日,日益增進的運算能力和連線能力,能夠快速建立與維持實際設備控制、設備或工廠的數位型態或「數位雙胞胎」,進而虛擬化此「建造」工作。當系統變得愈來愈複雜,數位雙胞胎技術也相對變得愈來愈有價值。在機器或設備系統真正建造出來,或切削第一個工件之前,工程師能夠利用軟體視覺模擬來查看哪一種機器或工件設計是最佳的。例如,可以事先辨別瓶頸或碰撞,因此在建造第一個系統前,重新設計系統來解決缺失。

當然,所有元件都必須透過緊密的整合後互相配合,所以選擇正確的軟體或技術來整合或建造工業4.0的智慧設備控制器,是邁向成功的要訣。



總結：智慧機器自動化的工業4.0需求

回顧工業4.0所需的四大要素時，可以看出整合控制器系統需要很高的彈性，而能夠做到這種彈性的方法就是軟體。

換句話說，只有在所有機器控制的系統都能整合在一起時，才能發揮工業4.0的全部潛能，所以選擇正確的軟體工具或技術，讓所有機器控制系統合作無間地工作，就是成功的關鍵。總結上述四大要素，關鍵在於：

當機器自動化開發解決方案中的許多微小功能可決定工業4.0新思維的終極成功之時，機器製造商、工廠業者及設備控制器設計師不應該忽略一個事實：他們不是在為機器或工廠選擇一個小玩意兒，而是在投入一段合作關係，此合作夥伴要能提供可用十年或更久的智慧機器自動化軟體。

- 世界級機器自動化技術
- 最開放的部署方式和環境，能夠聯合雲端處理資料
- 可以在邊緣與AI合作產生有效資訊的機器自動化技術
- 動態適應與活用資訊的能力
- 能受惠於和控制器並存的第三方應用程式



邁向成功之路的要角：工業4.0智慧機器自動化軟體

有一種常見的思路，讓單一設備控制器能用這四大要素織成一匹五彩斑斕的錦緞：控制器必須用軟體建造，部署在工業電腦(IPC)上，但不是所有軟體都可以做到。設備製造商需要採用標準的智慧機器自動化軟體，而這個軟體必須能在工業電腦上執行，且能與控制系統及支援工業4.0的第三方軟體同時運作。

相對來說，專用硬體控制器(如大廠PLC、PAC或運動控制卡)因為有固定格式和簡單的使用方式所以表現很好。然而，它們在實行工業4.0的時候完全沒有彈性。在機器互連架構成為必要的同時，硬體解決方案很快會被隔絕成一座座自動化孤島。這些產品無法執行第三方分析軟體或通訊應用程式。事實上，用硬體解決方案，客戶通常需要花更多的金錢來安裝I/O卡或通訊卡，只為了能讓機器連上網路。

更糟的是，硬體控制器就只是硬體。未來是機器數位化的時代，機器要能在生產過程中適應各種情況、採取正確行動，或根據新的可用資訊採取相應措施，只有軟體控制器可以有如此大的彈性。

記住，工業4.0就是機器自我數位化，它會擷取機器所有的相關資訊，再將這些數位化資料分享出來，用於分析、改善和修正，並用在新產品上。軟體是唯一能做到這一點的方法，但也不是所有的機器自動化軟體都可以做到。

多數軟體控制器都會限制在同一台電腦上能同時運作的其他控制器數量或第三方應用程式的數量。另外，多數軟體控制器只把重心放在一種程式語言上，如PLC語言、C++或.NET，而非囊括三者，如此客戶將無法針對手邊需求，使用自己需要的語言。最後，許多軟體解決方案不是真的開放，因為你只能向銷售控制軟體的廠商購買工業電腦。相反地，許多軟體機器自動化廠商不會讓你在對手的電腦上執行他們的軟體。

最重要的是，以電腦為基礎、採用工業4.0標準、能在一般用途作業系統(如微軟Windows)上執行，亦能在同一台工業電腦上以即時系統(RTOS)強化的機器自動化軟體，才是實現工業4.0的最佳化平台。



一個真正開放的機器自動化軟體解決方案，應該要能在任何工業電腦上執行，工業電腦的配備必須配合工業自動化需求打造，且必須將系統管理造成的中斷降到最低。此類機器自動化軟體可以：

今天的市場已經有這樣的解決方案，**KINGSTAR** 就是其中一個，它是採用業界標準、為工業4.0打造的工業機器自動化軟體。

- 處理所有機器自動化需要的核心運動控制和即時性
- 處理與工業4.0相關的特定整合與通訊工作
- 仰賴微軟提供的諸多重要功能，如安全性與人工智慧
- 回應從雲端傳回的有效資訊
- 能夠擴充並支援其他軟體機器控制技術不支援的第三方套件
- 作為智慧邊緣裝置使用，能夠因應開放型電腦軟體的最小限制，增加原本未提供的功能



成功的關鍵：擁抱數位化

雖然很多國家正迎向工業4.0、提供工業策略與建立獎勵制度，但多數製造商採用工業4.0，是因為他們看見工業4.0會永遠改變製造業的生態，就向亞馬遜改造零售業一樣。

成功的關鍵是透過整體製造價值鏈，全盤接受數位化。雲端很重要，但工業4.0的基石是將專用設備控制器轉變成智慧機器控制平台，該平台可建造符合工業4.0願景的智慧工廠。要達到此目標，設備製造商必須重新思考他們的機器控制架構、改變過去不同品牌、不易整合的硬體系統、接受以工業電腦為主要運作平台的工業4.0標準機器自動化軟體。智慧、開放的軟體是唯一能打造最佳化平台的基礎。這項基礎不僅能滿足最佳化平台所需的所有功能，更是實現工業4.0光明未來的承諾。

