

# 工業 4.0 改變了自動控制 架構的選擇標準：

為何採用 IPC 進行自動控制優於 PLC 和 PAC

WHITE PAPER

  
**KINGSTAR**

### 引言

20 多年來，設備製造商不斷地努力想尋找出最適合的控制器架構，以提供市場所需的性能和品質，同時也能保護其投資資產及長期利益。過去，PLC（可程式化邏輯控制器）、IPC（工業電腦）和 PAC（可程式化自動控制器）皆各有所長和能保證一定的效能，因此，決定使用何種系統取決於目標設備的需求。

然而，工業 4.0 和 IIoT 改變了選擇的標準，轉而偏好 IPC（工業電腦）。現今的機器控制需要前所未有的整合性和相容性，而這只有全軟體、採 Linux 或 Windows 作業系統在 x86 硬體的 IPC 才能應付。在工業 4.0 時代，除了具備基本的設備控制器功能外，機器自動化現在還必須因應雲端分析的回饋來優化性能，以及採用 OPC-UA、EtherCAT 以及 PLCopen 等標準來簡化設備通訊和構造，並且在控制器上運行同類最佳的第三方軟體（例如端點分析軟體）來提升價值，縮短產品開發與上市時間。

設備控制器現在必須能夠運行同性質最佳的第三方軟體。因為這項新的需求，徹底改變了選擇標準，PLC 或 PAC 不再受青睞，IPC 一躍成為新寵兒。因為只有具備 x86 架構的 IPC 提供大量的第三方現成軟體，而且這些軟體可立即提供給設備製造商使用。這與大部份封閉式的 PAC 或 PLC 形成對比，供應商或設備製造商必須從頭設計高品質的網路和分析應用程式，而這些都是 IPC 先天的優勢。

此白皮書將描述機器控制運用 PLC、PAC 以及 IPC 之間的區別，並探索工業 4.0 如何改變對機器控制架構的需求，進而解釋和 PLC 或 PAC 相較之下，為什麼 IPC 能提供迄今為止最佳的機器控制架構。

### 三種基本機器控制架構的比較：PLC、PAC 以及 IPC

跟過去相比，現今控制系統功能更加強大靈活，更容易配置和編程，且提供多樣化和簡化的通訊機制。市場上控制器供應商眾多，競爭非常激烈，各式控制系統架構的功能和價值差異對工程師而言，也更難以比較和瞭解。過去 20 年來，工程師往往在機器裡安裝三種基本的機器控制架構：PLC（可程式化邏輯控制器）、IPC（工業電腦）以及 PAC（可程式化自動控制器）。

1960 年代後期之前，控制系統是由控制各自分離設備的繼電器組成，獨立的迴路控制器則負責監督和控制類比功能。這種結構造成不少困難，包括控制器之間的繼電器佔據不少空間、變動十分昂貴，以及出現問題時，故障排除手法也十分複雜。

PLC 於 1970 年代初期發明，剛開始用於工業應用相關，從而取代了繼電器系統。即使體積比原始的繼電器要小，但最初研發的 PLC 仍然很大，並需要使用專用端子和有限的指令集來編寫程式。到 1970 年代後期，分散式控制系統（DCS）開始取代單一迴路控制器，幫助集中類比控制環境的過程。歷史上來說，DCS 是由多個靠近終端控制設備及可視化工程用 PC-based 工作站的輸入/輸出（IO）機架所構成。所以為了與過程迴圈相互作用，工程螢幕必須和 DCS 搭配使用。到了 1980 年代初，PLC 系統開始參照 DCS 且具備分散式組件和機架。



打從最初的概念開始，PLC 就有許多較進步的地方，包括處理能力變強、記憶體增大、能處理的位元數變多以及體積縮小。這些重大改進也為許多其他類別的自動化系統鋪路。其中兩個分別是 PAC 和 IPC。儘管 PLC 品質良好，但 PAC 和 IPC 添加了一些新功能和能力使它們獨樹一格。要比較這三種系統架構，先要對每種架構的基本優點有個基本了解。

## PLC - 可程式化邏輯控制器概述

現今的 PLC 控制器不僅威力強大且功能性佳，因此事實上一直是許多自動化項目的標準。PLC 的用途常見而廣泛，包括代工生產 (OEM) 的機器在內，但在物料運輸上就僅有幾個例子，像是包裝機、堆棧機、填充機和輸送帶。PLC 通常與硬體的人機介面 (HMI) 套件配對來處理視覺化。PLC 可處理高速 I/O、數位和類比 I/O 以及進行序列；還能進行高速計數、網路介面和運動控制。

實際運用上，所有 PLC 都配有內建現場、設備或乙太網路級別的通訊系統，例如 EtherCAT、Modbus、Profinet 以及 TCP。這些網路全都用於 PLC 對 PLC 的通訊、分散式 I/O 功能以及 HMI / SCADA (資料採集與監控系統) 通訊。PLC 通常也十分具有成本效益，相較於其他控制系統保有一定的競爭力，然而這套系統僅能處理有限的 I/O 數量。

程式的複雜度與邏輯設計也有限制。例如，硬體架構的 PLC 不支援 C++ 或物件導向的邏輯。但是基於物聯網的需求，一些先進軟體架構的 PLC 已能支援 21 世

紀物件導向程式設計 (OOP) 技術，而 PLCopen 也被視為架構 PLC 的新 OOP 標準。

## PAC - 可程式化自動控制器概述

PAC 也是設計成與 PLC 系統完全相同的基本功能，但添加了一些特點以增加功能性。也就是說，PAC 的設計目的是為了處理更大的分散式應用控制，像是大型包裝生產線、分散製造控制系統以及大型棧板或工廠製程的製程控制等。PAC 擁有更加先進和目的性的指令集，例如排序、設備控制、製程控制和批次處理；也可以為特定產業編程，提供專門針對石油、天然氣、核能以及其他專業領域的指令集。專業領域的指令集威力強大，所以要增強 PAC 的總線功能才能正確執行命令。PAC 可以與企業級資料採集與監控系統 (SCADA) 併用，控制整個工廠並採集與處理數據。PAC 通常架設於類似 IPC 的系統架構，甚至使用 x86 芯片，但他們無法運行第三方電腦軟體。設備製造商會被供應商綁在 PAC 模組中。

隨著 PAC 指令集以及對應的 HMI 資料庫逐步發展，PAC 和 DCS 之間的區隔線也愈加模糊了。DCS 的大多數功能性、整合性以及強度現在也由 PAC 的製造商提供。以前是大型 DCS 系統才能做到的先進控制能力，PAC 現在也具備了，還能在 PID 不足的不穩定或複雜的封閉迴圈控制環境中使用。

PAC 的主要優勢也可能造成其最大的負擔。大多數 PAC 是模組化硬體，所以易於擴展，且具有強大的開發語言。但如果發生無法由 PAC 處理的任務，而供應商又將設備製造商“綁定”，那麼困難就出現了。例



如，在工業 4.0 時代，越來越多的公司正尋求在設備控制器上進行邊緣分析，而非仰賴雲端。如果 PAC 無法加載第三方軟體，該機器可能就會錯失提供具競爭力和高性能的大好機會。

## IPC - 工業電腦概述

IPC 工業電腦於 1990 年代崛起，當時自動化公司剛起步設計軟體，想模擬出可以在標準電腦上運行的 PLC 環境。一開始，由於主機作業系統 (OS) 有時不太穩定，導致使用電腦進行自動化並不是一個可靠的方法。

然而，透過使用加強後的 IPC (工業電腦) 配合更穩定的作業系統，IPC 領域已有重大進展。一些製造商甚至使用即時作業系統 (Real-Time OS) 核心，製作出自己的 IPC 來進行自動化。即時作業系統能讓自動控制與作業系統環境分工處理，並在運行某些工作和功能時，能比作業系統優先進行 (例如使用 I / O 介面)。IntervalZero 上的 RTX64 就是一個即時作業系統的實例。RTX64 能將微軟 Windows 系統轉換為即時作業系統 (Real-Time OS)。

因為 IPC 是在個人電腦平台上運行，所以與標準 PLC 相比，IPC 具備更現代化處理器和更大的記憶體。IPC 的重大優勢之一，就是在一台機器能同時運行 HMI 應用程序與自動化程式，從而大大降低了設備成本。OEM 機器和其他沒有太大空間的小型專案也會廣泛使用 IPC。設備製造商還可以在同一台 IPC 上同時使用第三方軟體和機器控制；像是使用於雲端連接的安全通訊協定 OPC-UA 或在數據發送到雲端之前彙整和分析數據的第三方分析軟體。

## 工業 4.0 的需求改變了決定最佳控制架構的選擇標準

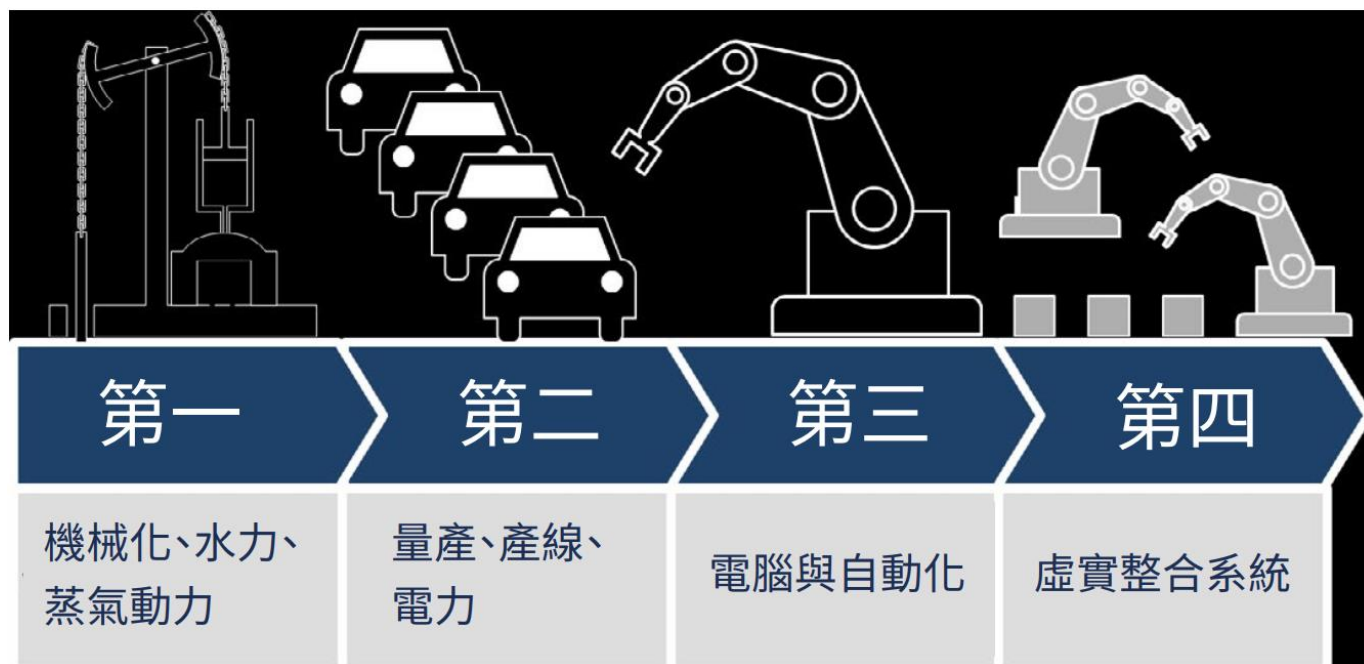
直到最近，要從 PAC、PLC 或 IPC 之間挑選一種來使用時，還是有許多因素要列入考慮，例如預算多寡、規模大小、支援度、複雜程度以及未來的擴展性。特別重要的是，也不能忽略需要安全完整性等級 (SIL) 認證以及平均故障間隔 (MTBF) 的相關系統。

此外，控制系統的品牌通常會由設備設計工程師決定。客戶現有的編程許可證類型、維護和技術培訓以及區域承包商的支援也都息息相關。這些要素都會影響總擁有成本 (Total Cost of Ownership)；品牌愈熟悉，也能減少重新培訓的時間，並且保持品質一致。

因為工業 4.0 徹底翻轉了最佳機器控制架構，可見其重要性並非誇大其辭。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。





再者，顧能公司（Gartner）曾引證，十分重要卻常被忽略的工業 4.0 的元素是「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，端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。

此外，正如德勤（Deloitte）在其 2019 年的觀點論文中指出軟體確實在『蠶食』（科技）世界，最有效的解決方案是在一台工業電腦運行所有軟體，不需要專屬硬體設備。他們記錄了超過 25 年的趨勢，市場已從硬體為主的經濟轉變為軟體和數位化。對於一直拒絕

改變的設備控制器而言，工業 4.0 的需求使其無法再墨守成規。

工業 4.0 改變了一切，因為所有機器控制架構如果想在軟體主導的世界佔一席之地，都必須考慮工業 4.0 的需求。工業 4.0 觀念尚未出現之前，大多數的設備製造商和用戶都認為機器會成為一座座自動化的孤島。然而，工業 4.0 要求前所未有的連接性，以求在品質、生產性能和價值上有所突破。而且不僅僅是與雲端的連接，也是產線機器之間的連接，因此一個控制器可與其他控制器分享資訊，進而改善整個產線的生產性能。工業 4.0 的目標是智慧設備控制器架構和智慧邊緣裝置，最終能成為構建智慧工廠的基礎。

但是，工業 4.0 也不僅僅著重在單一機器的單一控制器。如今緊密整合工廠的工業網路可於同一部電腦上支援多個控制器，當成網路中掌控多台設備的主要控





制器。隨著技術的發展，工廠的整合讓客戶更能彈性運用，在我們朝著工業 4.0 的未來發展路上，一切都能加以整合。

因此，在選擇機器控制架構時要考慮的因素，像是預算多寡、規模大小、支援度、複雜程度以及未來的擴展性，在決定時仍都是息息相關的，但所有這些因素還必須透過額外的條件加以審視，才知道是幫助還是損害設備製造商邁向工業 4.0 的能力。最後，工業 4.0 添加了三個原則，作為在挑選理想的機器控制架構時必須考慮的重點。

首先，工業 4.0 要求以全軟體的方式達到自動化，才能讓傳統控制器升級為“智慧控制器”。唯有「全軟體」的方式，才能提供從雲端或其他控制器擷取訊息所需的靈活性，進而即時做出變更機器作業的相關決策。其次，要採用即時作業內核的全軟體架構，才是關鍵所在，但不是任何一套軟體都能做到。理想的全軟體系統架構會要求開放性，能在單一平台上運行多個控制器，並且直接在控制器上運行第三方軟體，例如數位雙胞胎（digital twin）或分析軟體。第三，理想的機器控制架構必須包含行業標準，以減少整合和數位化製造業價值鏈時會碰到的障礙。

最後，正如德勤所記錄和資料來源之一的馬克·安德森（Marc Andreessen）所預測，只有全軟體才能策略性的有效滿足未來需求，因此唯有 IPC-based 的控制器才能將傳統控制器轉變為智慧控制器。在開放性或設計上，PLC 和 PAC 既無法支援全軟體，也無法運行第三方軟體。PAC 和 PLC 無法預見或適應未來工業 4.0

需要的更多連接需求。從一開始就選擇在 IPC 上運行的控制平台，將增加設計項目成功的機率，最終也能為相容工業 4.0 的未來做好準備。

## 結論

現今更靈活、運轉速度更快、更智慧、相互通訊、即時處理/分析數據的機器創造了足以改變世界格局的經濟和生產力機會。其中重要的是，透過結合人工智慧的工業 4.0 的訊息共享將只會提高對系統要求的處理速度。能提供功能最靈活、作業最精確和最高性能的設備自動化和機器控制系統公司，將為他們的客戶創造最大的利益價值。

直到最近，PLC、PAC 和 IPC 架構在獨立設備或自動化孤島的情況下，提供了相似的功能性，而努力升級的公司可能會陷入難以選擇最適架構的泥沼之中。靠著消除自動化孤島，替換為雲端連結的控制器網路而打下智慧製造的基礎，工業 4.0 翻轉改變了這一切。基於工業 4.0 的需求，配置 PLC 和 PAC 的機器控制架構將不會再有相同的使用年限，因為這些網路和智慧控制器都要求全軟體的途徑，而只有使用 IPC 工業電腦的控制架構才能辦到。

