

工业 4.0 改变了自动控制 架构的选择标准：

为何采用 IPC 进行自动控制优于 PLC 和 PAC

WHITE PAPER


KINGSTAR

引言

20 多年来，设备制造商不断地努力想寻找出最适合的控制器架构，以提供市场所需的性能和质量，同时也能保护其投资资产及长期利益。过去，PLC（可程序化逻辑控制器）、IPC（工业电脑）和 PAC（可程序化自动控制器）皆各有所长和能保证一定的效能，因此，决定使用何种系统取决于目标设备的需求。

然而，工业 4.0 和 IIoT 改变了选择的标准，转而偏好 IPC（工业电脑）。现今的机器控制需要前所未有的整合性和兼容性，而这只有全软件、采 Linux 或 Windows 操作系统在 x86 硬件的 IPC 才能应付。在工业 4.0 时代，除了具备基本的设备控制器功能外，机器自动化现在还必须因应云端分析的回馈来优化性能，以及采用 OPC-UA、EtherCAT 以及 PLCopen 等标准来简化设备通讯和构造，并且在控制器上运行同类最佳的第三方软件（例如端点分析软件）来提升价值，缩短产品开发与上市时间。

设备控制器现在必须能够运行同性质最佳的第三方软件。因为这项新的需求，彻底改变了选择标准，PLC 或 PAC 不再受青睐，IPC 一跃成为新宠儿。因为只有具备 x86 架构的 IPC 提供大量的第三方现成软件，而且这些软件可立即提供给设备制造商使用。这与大部份封闭式的 PAC 或 PLC 形成对比，供货商或设备制造商必须从头设计高质量的网络和分析应用程序，而这些都是 IPC 先天的优势。

此白皮书将描述机器控制运用 PLC、PAC 以及 IPC 之间的区别，并探索工业 4.0 如何改变对机器控制架构的需求，进而解释和 PLC 或 PAC 相较之下，为什么 IPC 能提供迄今为止最佳的机器控制架构。

三种基本机器控制架构的比较：PLC、PAC 以及 IPC

跟过去相比，现今控制系统功能更加强大灵活，更容易配置和编程，且提供多样化和简化的通讯机制。市场上控制器供货商众多，竞争非常激烈，各式控制系统架构的功能和价值差异对工程师而言，也更难以比较和了解。过去 20 年来，工程师往往在机器里安装三种基本的机器控制架构：PLC（可程序化逻辑控制器）、IPC（工业电脑）以及 PAC（可程序化自动控制器）。

1960 年代后期之前，控制系统是由控制各自分离设备的继电器组成，独立的回路控制器则负责监督和控制模拟功能。这种结构造成不少困难，包括控制器之间的继电器占据不少空间、变动十分昂贵，以及出现问题时，故障排除手法也十分复杂。

PLC 于 1970 年代初期发明，刚开始用于工业应用相关，从而取代了继电器系统。即使体积比原始的继电器要小，但最初研发的 PLC 仍然很大，并需要使用专用端子和有限的指令集来编写程序。到 1970 年代后期，分布式控制系统（DCS）开始取代单一回路控制器，帮助集中模拟控制环境的过程。历史上来说，DCS 是由多个靠近终端控制设备及可视化工程用 PC-based 工作站的输入/输出（IO）机架所构成。所以为了与过程循环相互作用，工程屏幕必须和 DCS 搭配使用。到了 1980 年代初，PLC 系统开始参照 DCS 且具备分布式组件和机架。



打从最初的概念开始，PLC 就有许多较进步的地方，包括处理能力变强、内存增大、能处理的位数变多以及体积缩小。这些重大改进也为许多其他类别的自动化系统铺路。其中两个分别是 PAC 和 IPC。尽管 PLC 质量良好，但 PAC 和 IPC 添加了一些新功能和能力使它们独树一帜。要比较这三种系统架构，先要对每种架构的基本优点有个基本了解。

PLC –可程序化逻辑控制器概述

现今的 PLC 控制器不仅威力强大且功能性佳，因此事实上一直是许多自动化项目的标准。PLC 的用途常见而广泛，包括代工生产 (OEM) 的机器在内，但在物料运输上就仅有几个例子，像是包装机、堆栈机、填充机和输送带。PLC 通常与硬件的人机接口 (HMI) 套件配对来处理可视化。PLC 可处理高速 I/O、数字和模拟 I/O 以及进行序列；还能进行高速计数、网络接口和运动控制。

实际运用上，所有 PLC 都配有内建现场、设备或以太网络级别的通讯系统，例如 EtherCAT、Modbus、Profinet 以及 TCP。这些网络全都用于 PLC 对 PLC 的通讯、分布式 I/O 功能以及 HMI / SCADA (数据采集与监控系统) 通讯。PLC 通常也十分具有成本效益，相较于其他控制系统保有一定的竞争力，然而这套系统仅能处理有限的 I/O 数量。

程序的复杂度与逻辑设计也有限制。例如，硬件架构的 PLC 不支持 C++ 或面向对象的逻辑。但是基于物联网的需求，一些先进软件架构的 PLC 已能支持 21 世

纪面向对象程序设计 (OOP) 技术，而 PLCopen 也被视为架构 PLC 的新 OOP 标准。

PAC –可程序化自动控制器概述

PAC 也是设计成与 PLC 系统完全相同的基本功能，但添加了一些特点以增加功能性。也就是说，PAC 的设计目的是为了处理更大的分布式应用控制，像是大型包装生产线、分散制造控制系统以及大型栈板或工厂制程的制程控制等。PAC 拥有更加先进和目的性的指令集，例如排序、设备控制、制程控制和批处理；也可以为特定产业编程，提供专门针对石油、天然气、核能以及其他专业领域的指令集。专业领域的指令集威力强大，所以要增强 PAC 的总线功能才能正确执行命令。PAC 可以与企业级数据采集与监控系统 (SCADA) 并用，控制整个工厂并采集与处理数据。PAC 通常架设于类似 IPC 的系统架构，甚至使用 x86 芯片，但他们无法运行第三方电脑软件。设备制造商会被供货商绑在 PAC 模块中。

随着 PAC 指令集以及对应的 HMI 数据库逐步发展，PAC 和 DCS 之间的区隔线也愈加模糊了。DCS 的大多数功能性、整合性以及强度现在也由 PAC 的制造商提供。以前是大型 DCS 系统才能做到的先进控制能力，PAC 现在也具备了，还能在 PID 不足的不稳定或复杂的封闭循环控制环境中使用。

PAC 的主要优势也可能造成其最大的负担。大多数 PAC 是模块化硬件，所以易于扩展，且具有强大的开发语言。但如果发生无法由 PAC 处理的任务，而供货商又将设备制造商“绑定”，那么困难就出现了。例



如，在工业 4.0 时代，越来越多的公司正寻求在设备控制器上进行边缘分析，而非仰赖云端。如果 PAC 无法加载第三方软件，该机器可能就会错失提供具竞争力和性能的大好机会。

IPC – 工业电脑概述

IPC 工业电脑于 1990 年代崛起，当时自动化公司刚起步设计软件，想仿真出可以在标准电脑上运行的 PLC 环境。一开始，由于主机操作系统 (OS) 有时不太稳定，导致使用电脑进行自动化并不是一个可靠的方法。

然而，透过使用加强后的 IPC (工业电脑) 配合更稳定的操作系统，IPC 领域已有重大进展。一些制造商甚至使用实时操作系统 (Real-Time OS) 核心，制作出自己的 IPC 来进行自动化。实时操作系统能让自动控制与操作系统环境分工处理，并在运行某些工作和功能时，能比操作系统优先进行 (例如使用 I/O 接口)。IntervalZero 上的 RTX64 就是一个实时操作系统的实例。RTX64 能将微软 Windows 系统转换为实时操作系统 (Real-Time OS)。

因为 IPC 是在个人电脑平台上运行，所以与标准 PLC 相比，IPC 具备更现代化处理器和更大的内存。IPC 的重大优势之一，就是在同一台机器能同时运行 HMI 应用程序与自动化程序，从而大大降低了设备成本。OEM 机器和其他没有太大空间的小型项目也会广泛使用 IPC。设备制造商还可以在同一台 IPC 上同时使用第三方软件和机器控制；像是使用于云端连接的安全通讯协议 OPC-UA 或在数据发送到云端之前汇整和分析数据的第三方分析软件。

工业 4.0 的需求改变了决定最佳控制架构的选择标准

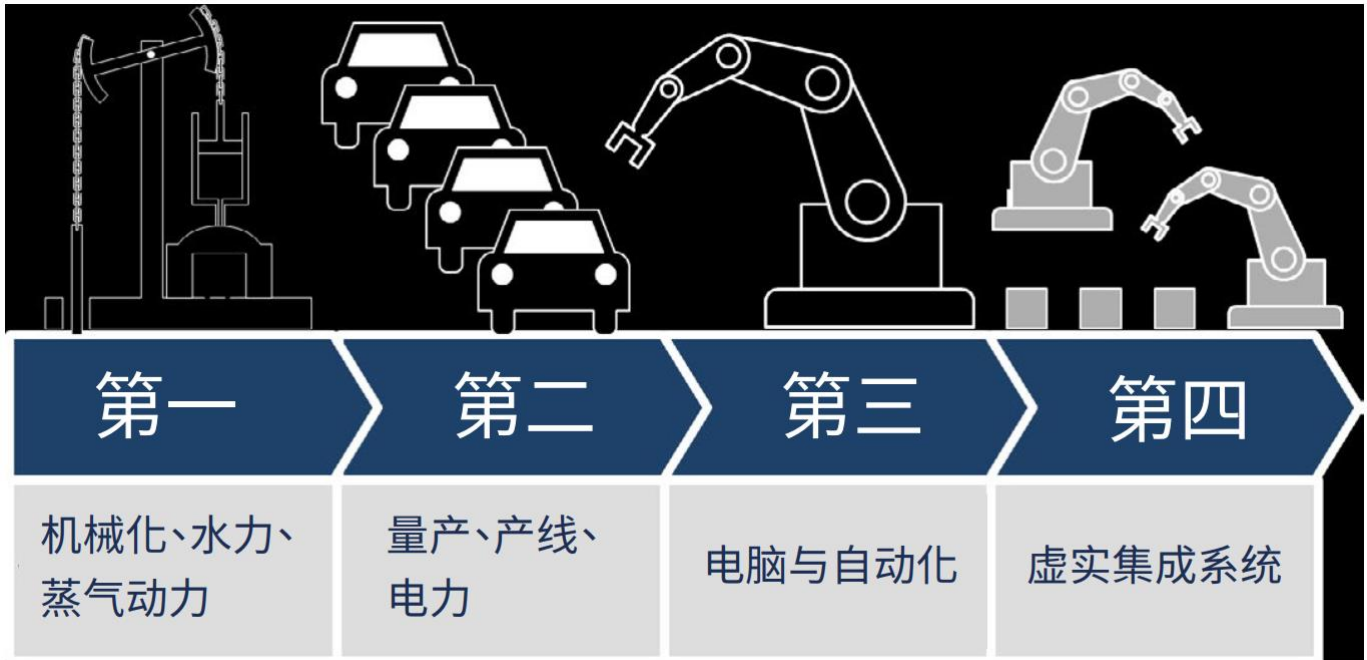
直到最近，要从 PAC、PLC 或 IPC 之间挑选一种来使用时，还是有许多因素要列入考虑，例如预算多寡、规模大小、支持度、复杂程度以及未来的扩展性。特别重要的是，也不能忽略需要安全完整性等级 (SIL) 认证以及平均故障间隔 (MTBF) 的相关系统。

此外，控制系统的品牌通常会由设备设计工程师决定。客户现有的编程许可证类型、维护和技术培训以及区域承包商的支持也都息息相关。这些要素都会影响总拥有成本 (Total Cost of Ownership)；品牌愈熟悉，也能减少重新培训的时间，并且保持质量一致。

因为工业 4.0 彻底翻转了最佳机器控制架构，可见其重要性并非夸大其辞。亚马逊翻转零售业和谷歌主宰广告的手法，是将深度集成的数字策略套用到传统业界。工业 4.0 应用了相同的概念，将类似的数字策略植入制造业的环境，期望能够打破传统思维。采纳工业 4.0 的技术并将其应用到工厂的设备制造商和制造业者已经蓄势待发，准备主导各自的垂直市场；没有接受工业 4.0 概念的业者，将在这场战役中淡出。

由德国政府发起，工业 4.0 运动的焦点在于把价值链数字化，以建立智能制造设备。这对世界各地的制造业产生了深远的影响。事实上，多数人都知道制造业早已兴起了第四次革命。





再者，高德纳咨询（Gartner）曾引证，十分重要却常被忽略的工业 4.0 的元素是「智能」设备控制器。设备控制器与云端功能一样重要，或者说更重要，因为它是真正突破架构的来源：集结信息后将其安全导入和导出云端，简单来说，就是实际运用了那些有效的信息。高德纳咨询也相信，端点分析会随着时间变得极度复杂且具预测性，以改善系统的响应。如果设备控制器没有「聪明」到能够根据有效信息或控制器自行产生的信息，来适应不断变迁的制造环境，工业 4.0 的愿景将无法实现。

此外，正如德勤（Deloitte）在其 2019 年的观点论文中指出软件确实在『蚕食』（科技）世界，最有效的解决方案是在一台工业电脑运行所有软件，不需要专属硬设备。他们记录了超过 25 年的趋势，市场已从硬件为主的经济转变为软件和数字化。对于一直拒绝改

变的设备控制器而言，工业 4.0 的需求使其无法再墨守成规。

工业 4.0 改变了一切，因为所有机器控制架构如果想在软件主导的世界占一席之地，都必须考虑工业 4.0 的需求。工业 4.0 观念尚未出现之前，大多数的设备制造商和用户都认为机器会成为一座座自动化的孤岛。然而，工业 4.0 要求前所未有的连接性，以求在质量、生产性能和价值上有所突破。而且不仅仅是与云端的连接，也是产线机器之间的连接，因此一个控制器可与其他控制器分享信息，进而改善整个产线的生产性能。工业 4.0 的目标是智能设备控制器架构和智能边缘装置，最终能成为构建智慧工厂的基础。

但是，工业 4.0 也不仅仅着重在单一机器的单一控制器。如今紧密整合工厂的工业网络可于同一部电脑上支持多个控制器，当成网络中掌控多台设备的主要控



制器。随着技术的发展，工厂的集成让客户更能弹性运用，在我们朝着工业 4.0 的未来发展路上，一切都能加以集成。

因此，在选择机器控制架构时要考虑的因素，像是预算多寡、规模大小、支持度、复杂程度以及未来的扩展性，在决定时仍都是息息相关的，但所有这些因素还必须透过额外的条件加以审视，才知道是帮助还是损害设备制造商迈向工业 4.0 的能力。最后，工业 4.0 添加了三个原则，作为在挑选理想的机器控制架构时必须考虑的重点。

首先，工业 4.0 要求以全软件的方式达到自动化，才能让传统控制器升级为“智慧控制器”。唯有「全软件」的方式，才能提供从云端或其他控制器撷取信息所需的灵活性，进而实时做出变更机器作业的相关决策。其次，要采用实时作业内核的全软件架构，才是关键所在，但不是任何一套软件都能做到。理想的全软件系统架构会要求开放性，能在单一平台上运行多个控制器，并且直接在控制器上运行第三方软件，例如数字孪生（digital twin）或分析软件。第三，理想的机器控制架构必须包含行业标准，以减少集成和数字化制造业价值链时会碰到的障碍。

最后，正如德勤所记录和资料来源之一的马克·安德森（Marc Andreessen）所预测，只有全软件才能策略性的有效满足未来需求，因此唯有 IPC-based 的控制器才能将传统控制器转变为智慧控制器。在开放性或设计上，PLC 和 PAC 既无法支持全软件，也无法运行第三方软件。PAC 和 PLC 无法预见或适应未来工业 4.0

需要的更多连接需求。从一开始就选择在 IPC 上运行的控制平台，将增加设计元素成功的机率，最终也能为兼容工业 4.0 的未来做好准备。

结论

现今更灵活、运转速度更快、更智能、相互通讯、实时处理/分析数据的机器创造了足以改变世界格局的经济和生产力机会。其中重要的是，透过结合人工智能的工业 4.0 的信息共享将只会提高对系统要求的处理速度。能提供功能最灵活、作业最精确和最高性能的设备自动化和机器控制系统公司，将为他们的客户创造最大的利益价值。

直到最近，PLC、PAC 和 IPC 架构在独立设备或自动化孤岛的情况下，提供了相似的功能性，而努力升级的公司可能会陷入难以选择最适架构的泥沼之中。靠着消除自动化孤岛，替换为云端链接的控制器网络而打下智能制造的基础，工业 4.0 翻转改变了这一切。基于工业 4.0 的需求，配置 PLC 和 PAC 的机器控制架构将不会再有相同的使用年限，因为这些网络和智能控制器都要求全软件的途径，而只有使用 IPC 工业电脑的控制架构才能办到。

