

# IEC 61499：释放工业 4.0 潜能的工业自动化 可移植性标准

作者：John Conway

## 摘要

工业 4.0 和工业物联网给工业领域带来的裨益已经得到了充分验证。但是，如果无法采用真正开放的、面向数字化时代的工业自动化标准，工业企业将可能在多个方面造成损失，包括产生非必要的额外工程和资产拥有的开支，延缓企业的工艺生产和工程开发的优化与升级，进而错失最佳商机。

因此，工程开发的可移植性成为生产型企业，设计单位与自动化系统集成商共同的需求：通过可移植性解决多系统融合，系统功能升级，并大幅度缩短工程开发，释放设计与开发人员的潜能。

IEC 61499 标准为工业自动化应用实现可移植性奠定了坚实基础，可带来诸多优势，例如易于实现信息技术（IT）系统和运营技术（OT）系统之间的融合，可增加软件应用的投资回报率（可独立于任何硬件平台运行），以及可提升工程设计效率，进而从根本上缩短新产品上市时间。

## 引言

全球经济和市场的不确定性正迫使制造商迅速调整战略，以适应更频繁、更快速的市场需求应对原材料和能源成本的波动。这种趋势促使工艺制造商开始重新思考工业自动化系统的运行方式。需要重新评估的内容包括：厂商需要适应不断增加的产品品类和更短的采购，生产和产品上市与交付周期。

随着老一代工人步入退休阶段，他们所掌握的控制，运营和维护方面的知识将失去传承，工业企业也面临着员工队伍变化带来的重大挑战。新一代数字化原住民员工希望工业自动化知识能够被嵌入到他们需要使用的系统中。

工业领域的管理者们希望工业 4.0 和工业物联网技术能够帮助他们应对这些新挑战。工业 4.0 在早期已经显现了一些优势，例如人工智能和机器学习算法极大地提高了运营流程的质量，可在设备故障发生前对其进行预测以减少意外停机时间，可根据原材料现货价格实时优化生产工作，以及可以实时优化生产计划，从而尽可能提高产量。事实上，据业内分析人士估计，更灵活的全新技术能够将制造商的生产率提高 30%。<sup>1</sup> 然而，研究结果也显示，60% 的企业在试点阶段后未能在试点阶段之后让其工业物联网或智能制造项目进一步落地。<sup>2</sup>

**图 1**  
与专有工业自动化框架不同，开放式系统使企业能够获得工业 4.0 的全部优势



造成这一局面的原因多种多样，且与员工、流程和技术相关。在技术方面，大多数主流制造商无法从这些技术中获得更高回报的最大原因是其运营的工厂系统是一套封闭的专有系统。与专有工业自动化框架相反，在真正开放的系统中企业能够获得工业 4.0 的全部优势。

本文提出了一种基于 IEC 61499 标准的方法，不仅可以解决专有系统的不足，而且有利于实现 OT 系统和 IT 系统之间的融合。

<sup>1</sup> <https://www.accenture.com/us-en/insight-industrial-smart-production>

<sup>2</sup> 凯捷“释放物联网在企业运营中的商业价值”，2018 年 3 月 13 日

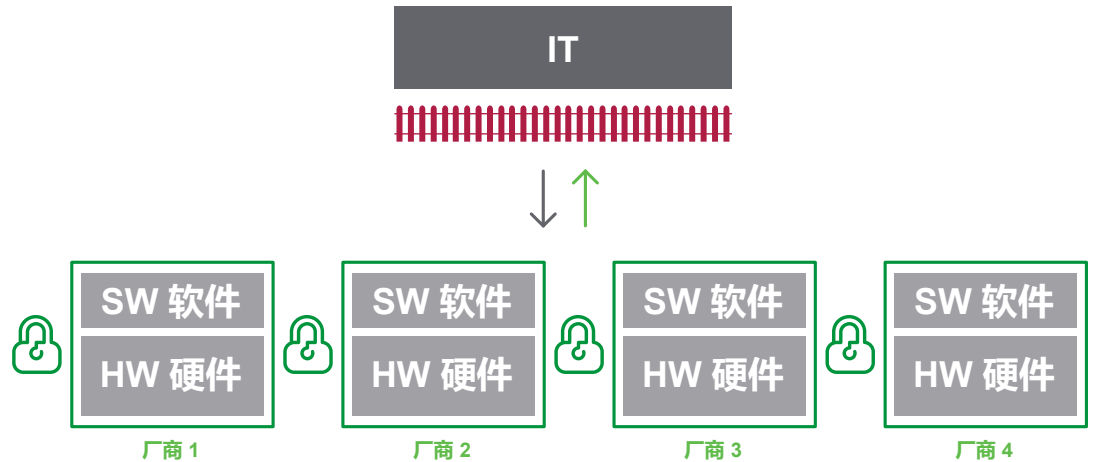
## 需要克服的障碍

为了让制造商能够进入开放工业自动化系统的新领域，工程设计团队需要认识到以下待克服的障碍：

- 非数字化架构——当今大多数自动化系统均基于 70 年代和 80 年代形成的原理而开发。该技术对实时控制进行了高度优化，但并未充分利用 IT 领域内日新月异的最新技术。而这些最新技术（包括分析、人工智能/机器学习、面向对象、面向服务的架构等）正是实现工业 4.0 愿景的重要因素。
- 以硬件为中心的业务模式——虽然硬件方面的进步有助于优化现有环境，但这不是实现数字化转型优势最关键的部分。真正关键在于以智能化的方式基于软件进行创新，以解决运营技术问题。鉴于此，业务价值将由硬件驱动稳步转向由软件驱动。

图 2

专有的工业自动化系统无法利用 IT 技术的进步，应用代码可移植性不足导致软件创新受阻和投资受损



- 专有系统的局限——如今，专为一个系统而编写的自动化软件应用程序无法在另一个系统上运行。在 IT 领域，过去的几十年里，Linux 等开放操作系统一直鼓励着积极踊跃的第三方应用程序开发的生态系统快速扩张。因此，开发出丰富的软件可以支持多个行业和细分市场内与 IT 相关的业务需求。而遗憾的是，在工业领域内，专有系统给创新造成了障碍：用户无法以合理的成本改进生产系统，也无法整合和匹配来自不同供应商的同类最佳产品。他们的创新速度取决于他们所使用的专有平台的供应商。

这些障碍最终会增加总成本。由于上游设计工具和下游运营工具在没有巨额投资的情况下无法与自动化系统紧密结合，因此创建覆盖整个流程/设备生命周期的高效数字化线程 (digital thread) 几乎不可能实现。

## 转向开放 自动化架构的 时机已经成熟

在工程设计方面，由于受到当前工业自动化基础设施框架的约束，价值链中的成员（如机器制造商和系统集成商等）自身也面临着一系列限制。

其中，机器制造商正面临着诸多新挑战。一方面，在模块化设计过程中，利用虚拟调试功能来打通虚拟世界和现实世界成为了一种趋势。另一方面，为了增加机器的附加值，他们亟需为客户提供增值服务和采用创新的业务模式，以帮助他们在竞争中脱颖而出，从而扩大市场并实现业务增长。而当前的自动化架构并不利于将业务扩展到软件产品和服务产品。

对于系统集成商来说，自动化系统并不提供连接 IT 领域和 OT 领域的相关工具。最终他们发现不得不制定极为复杂的劳动密集型解决方案，因而这类服务难以在市场中被广泛接受。

在最终用户方面，开放流程自动化论坛（OPAF）和过程工业自动化技术用户协会（NAMUR）等组织正在倡导改变现有的专有自动化系统框架。

基于上述种种理由，转向开放自动化架构的时机已经成熟。而 IEC 61499 标准则是解锁这个新领域的关键。技术已经发展到了一定程度，使得特定标准能够充分发挥其潜力。也就是说，现在 IEC 61499 标准可以作为能够开发出真正开放工业自动化的工程开发环境的基本组成部分，在这一环境中，创建的资产、服务等模型和软件应用程序可跨多家厂商的硬件平台进行移植。

IEC 61499 标准的哪些特征使能够解放工业 4.0 的数字化优势，并为真正开放的系统奠定坚实基础？表 1 总结了一些关键点。



## 特点 IEC 61499 标准支持

<b>面向对象</b>	IEC 61499 标准的事件驱动型功能块结构，可用于处理数据输入、输出和局部内部变量，与 IT 领域关于对象、方法和参数的概念紧密匹配。这种强有力的封装是软件组件的一种重要特点。
<b>对象嵌套</b>	复合功能块中功能块网络的无限嵌套使用户能够基于更简单、经验证的软件组件来构建复杂对象。这是提高质量和工程效率的关键驱动力。
<b>黑盒软件组件</b>	IEC 61499 标准支持传统 IEC61131-3 的 PLC 编程语言开发，也支持 C++ 等高级编程语言。功能块可以看作是一个“封装器”，开发人员可以在其中封装自己的知识产权。如果需要，开发人员可以保护自己的知识产权，并交付可以在应用程序中使用的黑盒软件组件。  这种针对工业自动化应用商店业务模式的黑盒方法是能够取得成功的关键。
<b>图形化设计语言</b>	事件驱动型功能块是自动化工程师非常熟悉的图形化设计语言。  此外，该标准还定义了“适配器”，用于隐藏不同复合功能块之间的多个事件/数据连接。适配器以插头和插座的形式定义接口。通过这种方式，可以使用“单线工程设计”将复杂的复合功能块连接起来。只有在兼容的情况下，插头才能连接到相应的插座。  这鼓励采用基于图形化模型或“低代码”的设计方法，使非自动化专家能够将黑盒软件组件连接在一起，从而形成复杂的自动化应用程序。
<b>硬件抽象化</b>	IEC 61499 标准通过将应用模型与系统模型分离，实现了以应用程序为中心的设计。应用程序编程独立于系统模型定义的底层控制设备/资源和通信基础架构拓扑。  应用程序与底层硬件的分离是促使可移植软件应用程序跨越多个厂商硬件平台的因素之一。
<b>架构灵活性</b>	该标准适用于分布式和集中式架构。系统模型通过定义应用程序的哪些部分在哪些特定设备/资源上执行来映射/分发一个或多个应用程序。  设备/资源模型管理着与过程接口（经由设备 IO 总线连接的传感器/执行器）的连接，以及与分布式应用程序所使用的其他设备的通信接口之间的连接。  应用程序、系统和设备/资源模型的结合使应用程序能够独立于底层自动化硬件进行设计，能够在无需编程的情况下将这些应用程序分布于各类设备，并使这些设备能够按照标准化的通信/数据模型跨网络进行互操作（同样无需额外编程）。  实际上，用户可以自己抉择是将应用程序分布于多台设备或将其集中在功能强大的边缘控制器上。
<b>实时和随时性能</b>	IEC 61499 标准的事件驱动特性非常适合与事务性 IT 系统交互。如今，开发人员可以在一个应用程序中同时实现实时 OT 功能与“适时”IT 功能，例如，面向一台水泵的控制功能块可以根据内置预测分析功能 (OT) 创建一个维护工单 (IT) 等。

### 表 1

重点介绍该标准的一些重要特点，并描述该标准与即将出现的全新数字化 IT/OT 融合领域的关系。

总而言之，IEC 61499 标准定义了分布式信息和控制系统的高级系统设计语言。该标准适用于功能封装、基于图形化组件的设计、事件驱动执行和自动化应用程序的分发和部署，以便在各类自动化和控制设备以及边缘计算设备上执行。

随着 IEC 61499 标准的制定，以及诸如施耐德电气等关键自动化厂商对采用开放自动化系统平台的关注，重塑工业自动化系统领域的诸多因素就已准备就绪。

施耐德电气基于 IEC 61499 标准的早期的工程开发和现场功能验证表明，与传统编程开发相比，工程效率可以高达到 3 到 4 倍。

## 不仅仅是简单的技术变革

### 即插即用系统

转向基于 IEC 61499 标准的自动化系统不仅仅是简单的技术变革，而是可能从根本上改变工艺流程和机器设备的设计方式。

上述技术特性将推进**应用软件跨多厂商平台的可移植性和互操作性，并推动工业 APP 的应用商店模式取得成功。**

#### 应用商店模型

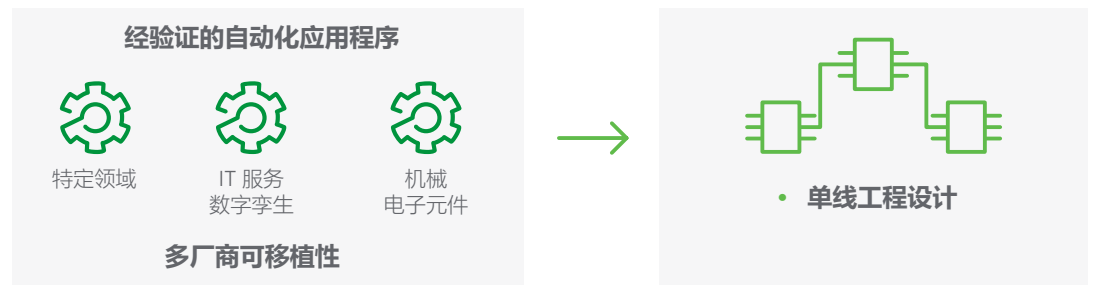
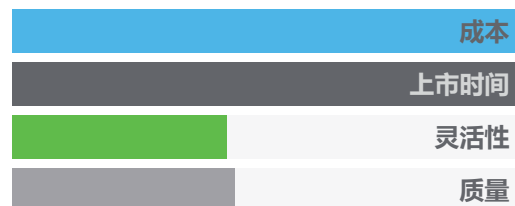


图 3  
即插即用系统

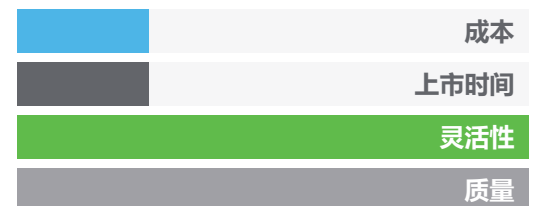
#### 当前

##### 低价值专有应用程序



#### 未来

##### 高价值可移植应用程序



从长远看，这将促成重大变化，使针对专有控制器的低价值编程转变为使用**即插即用的自动化系统**，这些系统将使用大量经过充分验证的自动化应用程序，而这些应用程序则经由一个庞大的生态圈进行开发。这些应用程序将可以在多家厂商提供的各类硬件设备上运行，其中涵盖嵌入式片上系统到功能强大的边缘计算机。

工程设计成本的降低和部署的简化，将大幅提升工业领域的生产力、灵活性和速度。



## 关于作者

**John Conway** 在自动化行业领域拥有 30 余年的丰富经验，曾担任过多个与技术和商业相关的职务。目前，他的任务是推进采用以软件为中心的开放自动化平台，从而满足工业 4.0 的需求。John 拥有英国曼彻斯特大学机械工程学士学位和法国贡比涅技术大学机械系统设计专业博士学位。

**施耐德电气**

© 2020 施耐德电气。版权所有。

998-21041914